

本資料のうち、枠囲みの内容は、機密事項に属しますので公開できません。

柏崎刈羽原子力発電所第7号機 工事計画審査資料	
資料番号	KK7補足 - 019 改2
提出年月日	2020年 9月 30日

## 工事計画に係る説明資料

( 発電用原子炉施設の自然現象等による損傷の防止に関する説明書 )

2020年9月

東京電力ホールディングス株式会社

1. 工事計画添付書類に係る補足説明資料

添付書類の記載内容を補足するための資料を以下に示す。

資料 No.	添付書類名称	補足説明資料（内容）	備考
1	発電用原子炉施設の自然現象等による損傷の防止に関する説明書 (発電用原子炉施設に対する自然現象等による損傷の防止に関する説明書)	1. 外部事象の重畳の考え方について	
		2. 自然現象の組合せによる荷重の考え方について	
		3. 積雪について	
		4. 航空機落下確率評価について	
2	発電用原子炉施設の自然現象等による損傷の防止に関する説明書 (津波への配慮に関する説明書)	1. 入力津波の評価	
		2. 津波防護対象設備	
		3. 取水性に関する考慮事項	
		4. 漂流物に関する考慮事項	
		5. 浸水防護施設の設計における補足説明	
		6. 工事計画変更認可後の変更手続き	
3	発電用原子炉施設の自然現象等による損傷の防止に関する説明書 (竜巻への配慮に関する説明書)	1. 設計竜巻の最大風速 92m/s の設定について	
		2. 外部事象防護対象施設のうち竜巻の影響を考慮する施設の抽出について	
		3. 外部事象防護対象施設に波及的影響を及ぼす可能性がある施設の選定について	
		4. 建屋開口部の調査結果について	
		5. 飛来物の選定について	
		6. 砂利等の極小飛来物による外部事象防護対象施設への影響について	
		7. 屋外の重大事故等対処設備の竜巻防護設計について	
		8. フジタモデルを適用した場合における竜巻感度解析の K6/7 原子炉設置変更許可への影響確認について	

資料 No.	添付書類名称	補足説明資料（内容）	備考
4	発電用原子炉施設の自然現象等による損傷の防止に関する説明書 (火山への配慮に関する説明書)	1. 降下火砕物の影響を考慮する施設の選定について	
		2. 降下火砕物の凝集による閉塞の影響について	
		3. 降下火砕物の影響を考慮する施設の影響評価について	
5	発電用原子炉施設の自然現象等による損傷の防止に関する説明書 (外部火災への配慮に関する説明書)	1. 外部火災の影響を考慮する施設の選定について	
		2. 発電所敷地内の火災について	
		3. 発電所敷地外の火災・爆発について	
		4. ばい煙及び有毒ガスの影響評価について	

別紙 工認添付書類と設置許可まとめ資料との関係

工認添付書類と設置許可まとめ資料との関係  
 (発電用原子炉施設の自然現象等による損傷の防止に関する説明書)

工認添付書類	設置許可まとめ資料			引用内容
発電用原子炉施設に対する自然現象等による損傷の防止に関する説明書	DB	第5条	津波による損傷の防止	資料そのものを概ね引用
	DB	第6条	外部からの衝撃による損傷の防止(外部事象)	資料そのものを概ね引用
	SA	第40条	津波による損傷の防止	資料そのものを概ね引用
津波への配慮に関する説明書	DB	第5条	津波による損傷の防止	資料そのものを概ね引用
	SA	第40条	津波による損傷の防止	資料そのものを概ね引用
竜巻への配慮に関する説明書	DB	第6条	外部からの衝撃による損傷の防止(竜巻)	資料そのものを概ね引用
火山への配慮に関する説明書	DB	第6条	外部からの衝撃による損傷の防止(火山)	資料そのものを概ね引用
外部火災への配慮に関する説明書	DB	第6条	外部からの衝撃による損傷の防止(外部火災)	資料そのものを概ね引用

資料1

発電用原子炉施設に対する自然現象等による  
損傷の防止に関する説明書に係る補足説明資料

## 補足説明資料目次

### I. はじめに

1. 外部事象の重畳の考え方について
2. 自然現象の組合せによる荷重の考え方について
3. 積雪について
4. 航空機落下確率評価について

## I. はじめに

本補足説明資料は、以下の説明書についての内容を補足するものである。

本補足説明資料と添付書類との関連を表-1に示す。

- ・ V-1-1-3「発電用原子炉施設の自然現象等による損傷の防止に関する説明書」のうち、  
V-1-1-3-1「発電用原子炉施設に対する自然現象等による損傷の防止に関する説明書」

表-1 補足説明資料と添付書類との関連

工事計画添付書類に係る補足説明資料（外部事象）	該当添付書類
資料1 発電用原子炉施設に対する自然現象等による損傷の防止に関する説明書に係る補足説明資料	V-1-1-3-1 発電用原子炉施設に対する自然現象等による損傷の防止に関する説明書
1. 外部事象の重畳の考え方について	V-1-1-3-1-1 発電用原子炉施設に対する自然現象等による損傷の防止に関する基本方針
2. 自然現象の組合せによる荷重の考え方について	
3. 積雪について	
4. 航空機落下確率評価について	



1. 外部事象の重畳の考え方について

## 1. 外部事象の重畳の考え方について

設計上考慮すべき事象として設定した 61 事象に地震，津波を加えた 63 事象に対する「単一の事象における評価基準の重畳への適合性」の確認結果を踏まえて整理を行い，重畳を考慮すべき事象として 32 事象が抽出された。抽出された 32 事象同士の重畳を考慮した場合に，発電用原子炉施設に与える影響パターンの分類を行い，詳細評価が必要となった発電用原子炉施設への影響が想定される組合せについては個別に評価を実施し，問題ないことを確認している。

なお，詳細評価のうち荷重評価については，荷重の大きさ等の観点で代表性のある，地震，津波\*，積雪，火山の組合せに対して影響評価を実施し，評価結果については，V-2「耐震性に関する説明書」及びV-3「強度に関する説明書」に示す。（重畳の考え方及び詳細評価が必要と判断された組合せの評価結果については「別紙-1」を，組合せ荷重の考え方については「2. 自然現象の組合せによる荷重の考え方について」を参照）

注記\*：津波を含む荷重の組合せの詳細については，資料 2「津波への配慮に関する説明書に係る補足説明資料」参照

□ : 設置変更許可まとめ資料「第6条：外部からの衝撃による損傷の防止」より抜粋

## 添付資料 17

## 重畳の考え方について

## 1.1 検討対象

## 1.1.1 検討対象事象

検討対象とする外部事象は、文献より集約、整理した 83 事象（自然現象 55 事象、人為事象 28 事象）から類似事象・随伴事象の観点で設計上考慮すべき事象を整理した 61 事象（自然現象 42 事象及び人為事象 19 事象）に対して、地震、津波を加えた 63 事象とする。

## 1.1.2 単一の事象における評価基準の重畳検討への適合性

単一の自然現象/人為事象として一次評価で評価基準 A~D と判定された事象についても、重畳を考えた場合にはプラントの安全性に影響を及ぼす可能性があるため、検討対象の評価基準を見直す。単一の自然現象/人為事象で設定した評価基準及び重畳の検討への適用性について表 1 に示す。また、人為事象のうち、意図的事象については重畳の検討の対象外とする。基準 D については、対象事象のうち他事象との相関性（1.2.1 節で検討）が存在する場合に留意する。

表 1 評価基準の重畳検討への適用性

評価基準	重畳への適用性検討
<b>基準 A</b> プラントに影響を与えるほど接近した場所で発生しない。	○：発生しない事象については重畳検討においても考慮する必要がない。
<b>基準 B</b> ハザードの進展・襲来が遅く、事前にそのリスクを予知・検知し、ハザードを排除できる。	×：他事象の影響により進展・襲来が早くなる可能性がないか、また予知・検知・排除が困難な状況とならないか検討する。
<b>基準 C</b> プラント設計上、考慮された事象と比べて、設備等への影響度が同等もしくはそれ以下、又は、プラントの安全性が損なわれない。	×：影響度が他事象以下であっても、重畳を考慮する場合には他事象にその影響度が上乗せされるため、検討する必要がある。
<b>基準 D</b> 影響が他の事象に包絡される。	△：基本的には包絡される他事象において検討するが、他事象との相関性や新たな影響モードの発生については適切に考慮する。

検討対象とした外部事象のうち、表 1 の評価基準に該当する事象は以下のとおり。

**基準 A**

自然 [雪崩]、[結氷板]、[流水]、[氷壁]、[砂嵐]、[洪水]、[池・河川の水位低下]、[河川の迂回]、  
[干ばつ]、[隕石]、[衛星の落下]、[土石流]  
人為 [航空機落下]、[ダムの崩壊]、[パイプライン事故]、[タービンミサイル]

**基準 D**

自然[ひょう、あられ]

→衝突影響について、[竜巻]にて評価。

[氷風]、[雨氷]、[みぞれ]、[氷晶]

→堆積荷重の影響については[積雪]や[火山]に包絡される。閉塞（空調）の影響については[積雪]に包絡される。

【極限的な圧力(気圧高/気圧低)】

→気圧差による影響については【竜巻】に包絡される。

【高潮】，【波浪】，【風津波】，【静振】

→高潮（風津波）は耐津波設計において考慮されている。波浪，静振の影響は一時的であるため，防潮堤の設計津波に対する余裕や降水の影響評価で包絡できる。

【海中の地滑り】

→第5条（津波による損傷の防止）において【津波】事象として考慮。

【地面隆起(相対的な水位低下)】，【泥湧出】

→基礎地盤安定性において評価されている。地面隆起に伴い海面が相対的に下降するが，潮位変化による取水への影響はない。影響モードについては，【地震】事象として考慮。

【地下水（多量/枯渇）】

→土壌に地下水が浸透することにより，地滑りや建屋への浸水が考えられるが，地滑りについては，【地滑り】にて考慮し，浸水については，【地下水による浸食】にて考慮。なお，地下水を水源とした設備はないことから，枯渇による影響はない。

人為【産業施設の事故】，【輸送事故】

→【火災・爆発】，【有毒ガス】において評価。

【油流出】

→【火災・爆発】，【船舶の衝突】において評価。

### 1.1.3 重畳検討対象の抽出結果

抽出された，重畳の検討対象となる自然現象及び人為事象を以下の表 2 に示す。

表 2 重畳検討対象

No.	自然現象	No.	自然現象
1	地震	18	土の伸縮
2	津波	19	海岸浸食
3	降水	20	地下水による浸食
4	積雪	21	森林火災
5	霜，霜柱	22	生物学的事象
6	風（台風）	23	塩害，塩雲
7	竜巻	24	太陽フレア，磁気嵐
8	霧，霏		
9	高温		
10	低温（凍結）	No.	人為事象
11	高温水（海水温高）	1	火災・爆発
12	低温水（海水温低）	2	有毒ガス
13	落雷	3	船舶の衝突
14	火山	4	電磁的障害
15	地滑り	5	サイト内外での掘削
16	海中の地滑り	6	内部溢水
17	土地の浸食，カルスト	7	重量物輸送
		8	化学物質の放出による水質悪化

6 条-別添 1(外事)-1-添付 17-2

## 1.2 事象の特性の整理

### 1.2.1 相関性のある自然現象の特定

自然現象は、特定の現象がほかの現象を誘発したり、同様の原因（低気温時に頻発等）を有したりする等の因果関係を有し、同時期に発生する事象群が存在する。これらの相関性を持つ自然現象を特定する。相関性のある自然現象を抽出した結果を表 3 に示す。

表 3 相関性のある自然現象

相関タイプ	自然現象（※可能性のある最大の組み合わせ）
①低温系	[積雪], [雪崩], [霜], [霜柱], [低温], [低温水] ----- ([吹風], [雨氷], [みぞれ], [氷晶]) <sup>*1</sup>
②高温系	[高温], [高温水]
③風水害系	[降水], [風(台風)]又は[竜巻] <sup>*2</sup> , [落雷], [地下水による浸食] ----- ([高潮], [波浪], [風津波], [静振]) <sup>*3</sup> , [極限的な圧力(気圧高/気圧低)] <sup>*4</sup> , [地下水(多量/枯渇)]
④地震系(津波)	[地震], [津波] ----- ([地面隆起(相対的な水位低下)], [海中の地滑り]) <sup>*5</sup>
⑤地震系(火山)	[地震], [火山] <sup>*6</sup>

\*1 [吹風, 雨氷, みぞれ], [氷晶]は、包絡されているとしている積雪と同じ相関タイプに分類されることから、最も影響が厳しい積雪で代表して考慮する。

\*2 [風(台風)]と[竜巻]は、特定の箇所に同時に負荷がかからないため、どちらか一方のみを考慮する。

\*3 [高潮], [波浪], [風津波], [静振]は、包絡されているとしている津波と異なり、台風等との相関性が存在する。ただし、規模の大きな事象を想定した場合も止水対策の設計余裕の範囲内であると考え、津波で代表して評価する。

\*4 [極限的な圧力(気圧高/気圧低)]については、包絡されているとしている竜巻と同じ相関タイプに分類されることから、影響が厳しい竜巻で代表して考慮する。

\*5 [地面隆起(相対的な水位低下)], [海中の地滑り]については、それぞれ包絡されているとしている地震, 津波と同じ相関タイプに分類されることから、地震と津波の影響評価の中で考慮する。

\*6 火山性地震の場合の、火山と地震を想定する。

### 1.2.2 影響モードのタイプ分類

組み合わせを検討するに当たって、自然現象の影響モードを表 4 の 4 つのタイプに分類する(図 1 参照)。ただし、表 4 で分類されている自然現象は現象毎に大枠で分類したものであり、実際に詳細検討する際には各現象の影響モード毎に検討する(1.3.2 節)。

ここで生物学的事象については、海生生物(くらげ等)と齧歯類(ネズミ等)で影響タイプが異なるため、分けて考慮する。

表 4 影響モードのタイプ分類

影響タイプ	特性	現象
コンスタント型, 季節型	年間を通してプラントに影響を及ぼすような自然現象（ただし、常時負荷がかかっているわけではない）。若しくは特定の季節で恒常的な自然現象。	[降水], [風(台風)], [積雪], [霜, 霜柱], [霧, 霧], [高温], [低温(凍結)], [高温水(海水温高)], [低温水(海水温低)], [生物学的事象(くらげ等)], [地下水による浸食]
持続型	恒常的ではないが、影響が長期的に持続するような自然現象。影響持続時間が長ければ数週間に及ぶ可能性があるもの。	[火山]
瞬間型	瞬間的にしか起こらないような自然現象。影響持続時間が数秒程度（長くても数日程度）のもの。	[地震], [津波], [竜巻], [落雷], [地滑り], [海水中の地滑り], [森林火災], [生物学的事象(ネズミ等)], [太陽フレア], [磁気嵐]
緩慢型	事象進展が緩徐であり、発電所の運転に支障をきたすほどの短時間での事象進展がないと判断される自然現象。	[土地の浸食, カルスト], [土の伸縮], [海岸浸食], [塩害, 塩雲]

※ 複数の型が該当する自然現象は、保守的な型を割り当てる。(上側が保守的)  
 例えば風(台風)について、風圧力は瞬間型だが、作業性等の検討においては定常的な負荷が想定されるため、コンスタント型に分類

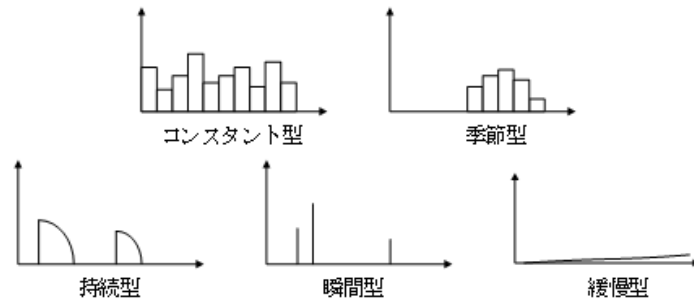


図 1 影響モード分類

### 1.3 重畳影響分類

#### 1.3.1 重畳影響分類方針

自然現象の組み合わせについては、以下のような点で画一的な整理（検討除外基準の設定等）が難しいことから、1.1.3節で抽出された事象の全ての組み合わせに対して網羅的に検討を実施する。

・例えば瞬間型同士の重畳については、同時に発生する可能性が極めて小さいことから基本的には重畳を考慮する必要がないが、影響モードや評価対象設備によっては影響持続時間が長くなることもあるため、個別に検討が必要となる。（例：竜巻の直接的な影響は瞬間型だが、竜巻により避雷鉄塔が壊れた場合には避雷鉄塔が修復されるまで影響が持続する。そのため、竜巻と落雷は両方とも瞬間型に分類されるが、重畳を考慮する必要がある。）

また、組み合わせを考慮する事象数、規模、及び相関性をもつ自然現象への配慮について以下に示す。

##### 1.3.1-1 事象数

影響が厳しい事象が重畳することは稀であることから、基本的には2つの事象が重畳した場合の影響を検討する。ただし、発生頻度が高い事象については、考慮する組み合わせに関係なく、ベースとして負荷がかかっている状況を想定する（図2参照）。例えば、地震と火山の組み合わせを考慮する場合も、ベース負荷として積雪や降水の影響についても考慮する。

ただし、1.2.1節で示した、相関性のある低温系、高温系、風水害系、地震系については、それぞれが同時に発生しているものとして考慮する。

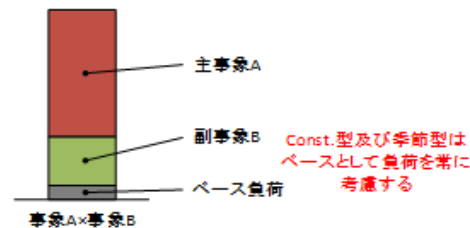


図2 ベース負荷の考え方

##### 1.3.1-2 規模

組み合わせる事象の規模については、基本的には単純性・保守性のために、主事象として設計基準で想定している規模、副事象として年超過確率 $10^{-2}$ （プラント寿命期間を考慮して設定）の規模の事象を想定する。ただし、随伴事象等の相関性が高い事象の組み合わせについては、設計基準規模の事象同士が重畳することを考慮する。

上記の相関性が低い事象の組み合わせの規模の考え方については、Turkstra規則よりも保守的な設定<sup>※</sup>としている。Turkstra規則の考え方は、建築基準法や、土木学会「性能設計における土木構造物に対する作用の指針」、国土交通省「土木・建築にかかる設計の基本」、ANSI(米国国家規格協会)等で採用されている。Turkstra規則は主たる作用（主事象）の最大値と従たる作用（副事象）の任意時点の値の和として作用の組み合わせを考慮する。

※Turkstra規則はもともと、従たる作用は平均的な値（例えば、地震×積雪を考慮する場合に、地震荷重を $S_s$ とすると、積雪増積荷重は平均積雪深を想定しているため、年超過確率 $10^{-2}$ の規模は保守側である（添付資料15「4. 重畳評価の保守性について」参照）。

1.3.1-3 相関性をもつ自然現象への配慮

1.3.1-1 節のとおり、相関性をもつ自然現象は同時に発生することを想定し、相関性をもつ事象のセット+他事象の組み合わせを考慮する。

相関性をもつ事象のセット+他事象を検討するための前処理として、相関性をもつ事象のセット内で、単一事象時に想定している影響モード以外の新たな影響モードの有無、及び増長されるモードの有無を確認し、特別な配慮が必要か検討した結果を以下に示す。

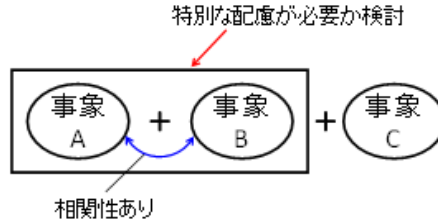


図 3 相関性をもつ自然現象への配慮

①低温系, ②高温系

雪崩とひょう、あられは特定の箇所に同時に負荷がかからない。そのほかの事象については、それぞれが異なる影響モード(表 5参照)であることから重畳した場合も影響が増長するような影響モードは存在せず、新たな影響モードについても起こり得ない。

表 5 低温系, 高温系の影響モード

自然現象		影響モード
低温系	[積雪]	堆積荷重
	[雪崩]	衝突荷重*
	[ひょう, あられ]	衝突荷重*
	[霜, 霜柱]	-
	[低温(凍結)]	外気温度低(凍結)
	[低温水(海水温度低)]	-
高温系	[高温]	外気温度高(冷却機能低下:空調)
	[高温水(海水温度高)]	海水温度高(冷却機能低下:海水系)

\* 衝突荷重は特定の箇所に同時に負荷がかからない。

③風水害系

風水害系の影響モードを表 6 に示す。竜巻に伴う止水対策(水密扉等)への影響については、設計基準竜巻に対して機能が損なわれない設計とする。竜巻に伴う落雷対策への影響については、避雷鉄塔が倒壊する可能性があるが、落雷以外の事象への影響は存在しない(他事象との重畳を評価する際には考慮不要)。



表 6 風水害系の影響モード

自然現象		影響モード
風水害系	[降水]	浸水, 堆積荷重
	[風(台風)]	風圧荷重, 取水口閉塞
	[竜巻]	風圧荷重, 気圧差荷重, 飛来物衝突荷重, 取水口閉塞
	[落雷]	雷サージ&誘導電流
	[地下水による浸食]	地盤不安定, 浸水

\* 風(台風)と竜巻は同じ風圧荷重の影響モードが存在するが、竜巻評価における基準風速策定の際に用いている風速データについては風(台風)の影響を含んだ値となっていることから、風(台風)の組み合わせ荷重については竜巻評価に包絡されている。

④地震系(津波)

地震に伴う津波については、止水対策等により安全機能が損なわれない設計とする(第5条耐津波設計方針で説明)。

⑤地震系(火山)

地震系(火山)の影響モードを表7に示す。火山性地震における、火山のプラントへの影響については、地震の本震と同時にプラントに襲来する可能性は低く、ある程度の特差をもって襲来するものと思われる。また、火山性地震についてはそのほかの地震源による地震よりも大幅に危険性が低いことが評価されており(火山影響評価で実施)、プラントへの地震動による影響は無視できる。

表 7 地震系(火山)の影響モード

自然現象		影響モード
地震系 (火山)	[地震]	地震荷重, 地盤沈下, 地面隆起(相対的な水位低下)
	[火山]	堆積荷重, 取水口閉塞, 空調閉塞, 腐食, 相間短絡

以上より、相関性をもつ事象のセットについて、単一事象時に想定している影響モード以外の新たな影響モードがないこと、及び増長されるモードが存在しないことが確認されたため、相関性をもつ事象のセット+他事象での増長する影響を確認する際に、相関性をもつ事象について特別に配慮する必要はない。

### 1.3.1-4 影響パターン

組み合わせを考慮した場合に発電用原子炉施設に与える影響パターンを以下の3つの観点で分類した。

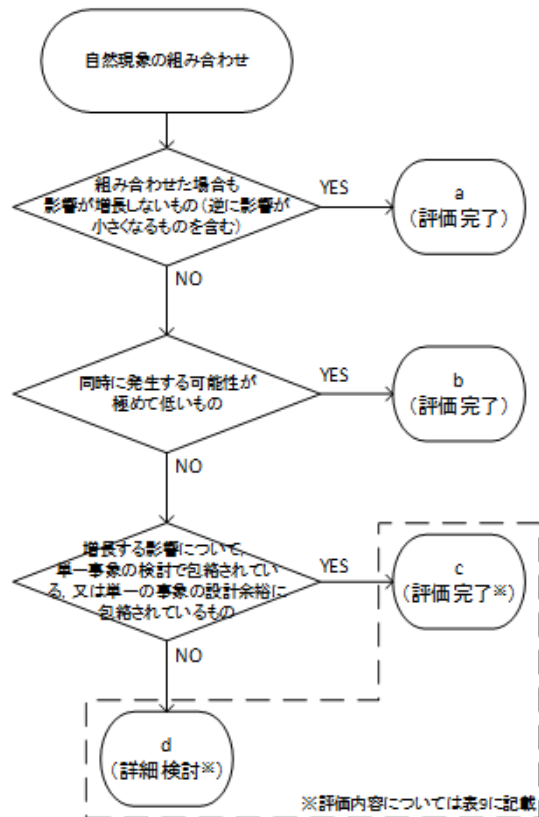
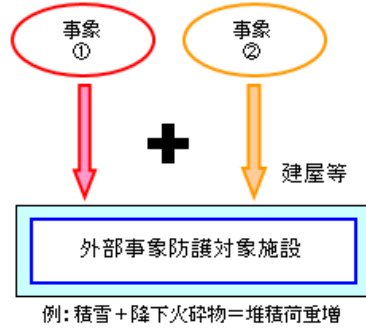


図 4 影響パターン選定フロー

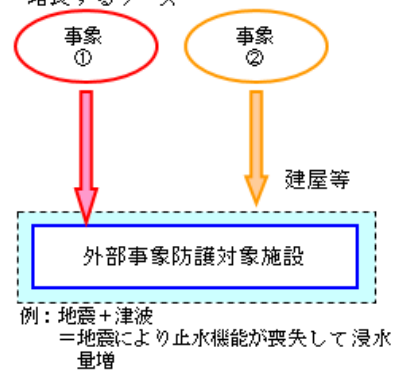
上記 a, b に該当する自然現象の組み合わせについては、安全施設の安全機能が損なわれない。

上記 c, d に該当する自然現象の組み合わせについては、事象が単独で発生した場合の影響と比較して、複数の事象が重畳することで影響が増長される組み合わせとなるが、その増長する影響パターンについては図 5 のとおり 4 つに分類した。

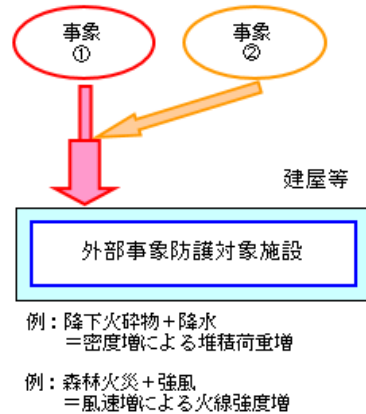
I. 各事象から同じ影響がそれぞれ作用し、重ね合わさって増長するケース



II. 事象②によって外部事象防護対象施設を外部事象から防護する建屋等が機能喪失することにより、事象①の影響が増長するケース



III-1. 他事象の作用により前提条件が変化し、影響が増長するケース



III-2. 他事象の作用により影響が及ぶようになるケース

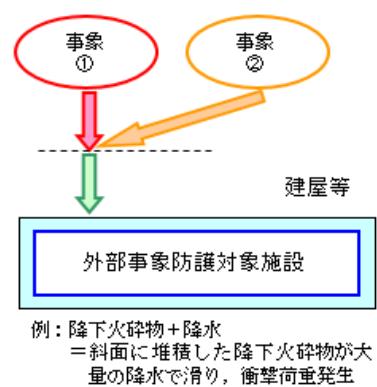


図 5 重畳による増長パターン分類

### 1.3.2 重畳影響分類結果

事象の重畳影響について1.3.1に基づき、a, b, c, dに分類（c, dについては更にI, II, III-1, III-2に分類）した結果について表 8に示す。



表 8 自然現象／人為事象の重畳マトリックス (2/3)

No.	事象		No.	事象		8		9		10		11		12		13		14		15				16	17	18	19
	事象②	事象①		種雪		霜、霜柱		低温(凍結)		低温(凍結)		低温(凍結)		低温(凍結)		低温(凍結)		霧、霧		火山				地中での堆積物	海中の堆積物	土地の浸食、カラスト	土の伸縮
				①貯重(堆積物)	②相間風路	③閉塞(空洞)	④-	①外気温度低(凍結)	①外気温度低(凍結)	①外気温度低(凍結)	①外気温度低(凍結)	①外気温度低(凍結)	①外気温度低(凍結)	①外気温度低(凍結)	①外気温度低(凍結)	①外気温度低(凍結)	①外気温度低(凍結)	①外気温度低(凍結)	①外気温度低(凍結)	①外気温度低(凍結)	①外気温度低(凍結)	①外気温度低(凍結)	①外気温度低(凍結)	①外気温度低(凍結)	①外気温度低(凍結)	①外気温度低(凍結)	①外気温度低(凍結)
1	地震	損傷・機能喪失モード																									
2	地震系	損傷・機能喪失モード																									
3	降水																										
4	風(台風)																										
5	風水害系																										
6	落雷																										
7	雪害																										
8	積雪																										
9	低温系																										
10	霜、霜柱																										
11	低温																										
12	低温																										
13	低温																										
14	霧、霧																										
15	火山																										
16	地中																										
17	海中の堆積物																										
18	土地の浸食、カラスト																										
19	土の伸縮																										
20	海岸浸食																										
21	森林火災																										
22	生物学的事象																										
23	嵐雪、暴風																										
24	太陽フレア、磁嵐																										
25	火災、爆発																										
26	有毒ガス																										
27	船舶の衝突																										
28	電磁的障害																										
29	クレーン・吊り具の倒壊																										
30	内河航行																										
31	重要物輸送																										
32	化学物質の流出による水質悪化																										



#### 1.4 個別評価

プラントへの影響が想定される重畳（1.3.2でc,dに分類されたもの）について、個別に検討を実施する。ここで、「重畳の結果を個別に評価するもの」、「他の重畳事象で代表させるもの」、「単一の事象の検討で包絡されている、若しくは単一の事象の設計余裕に包絡されているもの（1.3.2のe）」に整理し検討する。（例：積雪+降水の増積荷重は、積雪+火山の増積荷重以下であることからそちらで代表させる。）

検討結果を表 9に示す。荷重評価については、荷重の大きさ等の観点で代表性のある、地震、積雪、火山の組み合わせに対して影響評価を実施し、問題ないことを確認した。

表 9 事象の重畳 個別検討対象抽出結果 (1/6) (太字は重畳の結果を個別に評価するもの)

No.	重畳事象 (事象①×事象②)	影響パターン (増長パターン)	検討結果
1	地震(地震荷重)×積雪(堆積) ※ベース負荷として降水(堆積)を考慮	d(III-1)	安全施設は、地震又は積雪が個別に発生した場合に安全機能が喪失しないことを確認している。仮に、建屋等に雪が堆積している状態で地震が発生した場合に、事象個別での評価から増長する影響が考えられることから、影響評価を実施する。 →評価対象施設に対する影響評価を実施し、問題ないことを確認した。(添付資料 15)
2	地震(地震荷重)×火山(堆積) ※ベース負荷として積雪(堆積)及び降水(堆積)を考慮	d(III-1)	安全施設は、地震又は火山が個別に発生した場合に安全機能が喪失しないことを確認している。仮に、建屋等に降下火砕物が堆積している状態で地震が発生した場合に、事象個別での評価から増長する影響が考えられることから、影響評価を実施する。 →評価対象施設に対する影響評価を実施し、問題ないことを確認した。(添付資料 15)
3	風(風荷重)×積雪(堆積) ※ベース負荷として降水(堆積)を考慮	d(III-1)	安全施設は、風又は積雪が個別に発生した場合に安全機能が喪失しないことを確認している。仮に、建屋等に雪が堆積している状態で風が発生した場合に、事象個別での評価から増長する影響が考えられる。 →No.1,2で代表(添付資料 15)
4	風(風荷重)×火山(堆積) ※ベース負荷として積雪(堆積)及び降水(堆積)を考慮	d(III-1)	安全施設は、風又は火山が個別に発生した場合に安全機能が喪失しないことを確認している。仮に、建屋等に降下火砕物が堆積している状態で風が発生した場合に、事象個別での評価から増長する影響が考えられる。 →No.1,2で代表(添付資料 15)
5	積雪(堆積)×火山(堆積) ※ベース負荷として降水(堆積)を考慮	d(I)	安全施設は、積雪又は火山が個別に発生した場合に安全機能が喪失しないことを確認している。仮に、建屋等に降下火砕物と積雪が同時に堆積した場合に、事象個別での評価から増長する影響が考えられることから、影響評価を実施する。 →火山において評価
6	積雪(堆積)×降水(堆積)	d(I, III-1)	安全施設は、積雪又は降水が個別に発生した場合に安全機能が喪失しないことを確認している。仮に、建屋等に雪が堆積している状態で雨水が染み込むことにより荷重増加した場合に、事象個別での評価から増長する影響が考えられる。 →No.5(水分を含む)で代表



表 9 事象の重量 個別検討対象抽出結果 (2/6)  
(太字は重量の結果を個別に評価するもの)

No.	重量事象 (事象①×事象②)	影響パターン (増長パターン)	検討結果
7	火山 (堆積) × 降水 (堆積)	d (I, III-1)	安全施設は、火山区は降水が個別に発生した場合に安全機能が喪失しないことを確認している。仮に、建屋等に降水火砕物が堆積している状態で雨水が染み込むことにより荷重増加した場合に、事象個別での評価から増長する影響が考えられる。 →No.5 (水分を含む) で代表
8	竜巻 (衝突) × 地震 (地震荷重)	d (II)	安全施設は、竜巻又は地震が個別に発生した場合に安全機能が喪失しないことを確認している。仮に、地震により竜巻対策である固縛器具が破損した場合に、事象個別での評価から増長する影響が考えられる。 →固縛器具が破損した場合は、安全上支障のない期間で復旧するものとする。
9	低温 (凍結) × 地震 (地震荷重)	d (II)	安全施設は、低温又は地震が個別に発生した場合に安全機能が喪失しないことを確認している。仮に、地震により常用換気空調系が破損した場合に、事象個別での評価から増長する影響が考えられる。 →常用換気空調系が破損する規模の地震が発生した場合には、プラントは自動停止している可能性が極めて高く、また自動停止しない場合も低温影響については速度が緩やかであることからスクリーニングアウト。
10	落雷 (雷サージ&誘導電流) × 地震 (地震荷重)	d (II)	安全施設は、落雷又は地震が個別に発生した場合に安全機能が喪失しないことを確認している。仮に、地震により避雷鉄塔が損壊した場合に雷撃電流が増加する可能性があり、事象個別での評価から増長する影響が考えられる。 →避雷鉄塔が破損する規模の地震が発生した場合には、プラントは自動停止している可能性が極めて高いことからスクリーニングアウト。また、避雷鉄塔に期待しない場合の残留による影響評価についても実施し、問題ないことを確認した。(添付資料 16)
11	落雷 (雷サージ&誘導電流) × 風 (風圧)	d (II)	安全施設は、落雷又は風が個別に発生した場合に安全機能が喪失しないことを確認している。仮に、風の影響等により避雷鉄塔が損壊した場合に雷撃電流が増加する可能性があり、事象個別での評価から増長する影響が考えられる。 →No.10 で代表

表 9 事象の重畳 個別検討対象抽出結果 (3/6) (太字は重畳の結果を個別に評価するもの)

No.	重畳事象 (事象①×事象②)	影響パターン (増長パターン)	検討結果
12	落雷(雷サージ&誘導電流)×竜巻(衝突)	d(II)	安全施設は、落雷又は竜巻が個別に発生した場合に安全機能が喪失しないことを確認している。仮に、竜巻の飛来物等により避雷針塔が損壊した場合に雷撃電流値が増加する可能性があり、事象個別での評価から増長する影響が考えられる。 →No.10で代表
13	落雷(雷サージ&誘導電流)×津波(波力等)	d(II)	安全施設は、落雷又は津波が個別に発生した場合に安全機能が喪失しないことを確認している。仮に、津波の波力等により避雷針塔が損壊した場合に雷撃電流値が増加する可能性があり、事象個別での評価から増長する影響が考えられる。 →No.10で代表
14	地下水による浸食(浸水)×地震(地震荷重)	d(II)	安全施設は、地下水又は地震が個別に発生した場合に安全機能が喪失しないことを確認している。仮に、地震荷重により排水設備が損壊した場合に、事象個別での評価から増長する影響が考えられる。 →内部溢水において評価
15	地下水(浸水)×降水(浸水)	d(III-1)	安全施設は、地下水又は降水が個別に発生した場合に安全機能が喪失しないことを確認している。仮に、雨水により地下水水量が増加した場合に、事象個別での評価から増長する影響が考えられる。 →内部溢水において評価
16	積雪(相間短絡)×降水(堆積)	d(III-1)	安全施設は、積雪又は降水が個別に発生した場合に安全機能が喪失しないことを確認している。仮に、降水により雪が湿った場合、相間短絡の可能性が高まり、事象個別での評価から増長する影響が考えられる。 →相間短絡が発生したとしても外部電源喪失であり、非常用ディーゼル発電機が建屋内施設であることから積雪・降水の影響は受けられないため、対応可能。

表 8 事象の重畳 個別検討対象抽出結果 (4/6)

(太字は重畳の結果を個別に評価するもの)

No.	重畳事象 (事象①×事象②)	影響ハザード (増長パターン)	検討結果
17	積雪(相間短絡)×火山(相間短絡)	d(I)	安全施設は、積雪又は火山が個別に発生した場合に安全機能が喪失しないことを確認している。例に、降下火砕物火山と積雪が同時期に堆積した等で相間短絡の可能性が高まり、事象個別での評価から増長する影響が考えられる。 →相間短絡が発生したとしても外部電源喪失であり、非常用ディーゼル発電機が建屋内施設であることから積雪・降下火砕物の影響は受けないため、対応可能。
18	火山(相間短絡)×降水(堆積)	d(III-1)	安全施設は、火山又は降水が個別に発生した場合に安全機能が喪失しないことを確認している。例に、降水により降下火砕物が溜った場合、相間短絡の可能性が高まり、事象個別での評価から増長する影響が考えられる。 →相間短絡が発生したとしても外部電源喪失であり、非常用ディーゼル発電機が建屋内施設であることから降下火砕物・降水の影響は受けないため、対応可能。
19	積雪(空腔)×火山(空腔)	d(I)	安全施設は、積雪又は火山が個別に発生した場合に安全機能が喪失しないことを確認している。例に、積雪と降下火砕物が同時期に堆積した場合、非常用換気空調系への影響が増長し、事象個別での評価から増長する影響が考えられることから、影響評価を実施する。 →堆積高さで厳しいのは、主事象が積雪(設計基準 167cm)、副事象が火山(VEI4 3.5cm)の組み合わせ(合計170.5cm)となるが、その場合も非常用換気空調系給・排気口(一番低い箇所の地上高 2.8m)まで達しない。
20	地滑り(衝突)×積雪(堆積)	d(III-1)	安全施設は、地滑り又は積雪が個別に発生した場合に安全機能が喪失しないことを確認している。例に、雪が堆積した状態で地滑りが発生した場合、事象個別での評価から増長する影響が考えられる。 →地滑りの規模が増加することが考えられるが、周辺斜面と建物については、十分の余裕を持った距離が保たれている。
21	地滑り(衝突)×降水(堆積)	d(III-1)	安全施設は、地滑り又は降水が個別に発生した場合に安全機能が喪失しないことを確認している。例に、地滑りが発生した際に雨水で地面が湿っている場合、事象個別での評価から増長する影響が考えられる。 →No.20と同様

表 9 事象の重畳 個別検討対象抽出結果 (5/6) (太字は重畳の結果を個別に評価するもの)

No.	重畳事象 (事象①×事象②)	影響パターン (増長パターン)	検討結果
22	火山 (増積) × 降水 (増積)	d(III-2)	安全施設は、火山又は降水が個別に発生した場合に安全機能が喪失しないことを確認している。降下火砕物が雨水により濡ることによって地滑りのような状況が発生する可能性があり、事象個別での評価から増長する影響が考えられる。 →地滑り評価で代表する。
23	低温 (凍結) × 風 (風圧)	c(III-1)	安全施設は、低温又は風が個別に発生した場合に安全機能が喪失しないことを確認している。仮に、低温状態で風が発生した場合に熱伝達の変化が想定され、事象個別での評価から増長する影響が考えられる。 →低温 (単独) の評価条件において風速は 15m/s (淡水貯水池は 3.1m/s) を仮定し、24時間の影響評価を実施している。対して年超過確率 10 <sup>-2</sup> の規模は、最大風速 (10 分間平均) で新潟市 27.9m/s、上越市 19.5m/s となるが、以下の理由で低温 (単独) の評価条件で十分包絡されるものと考えられる。 ・台風を除いて、低温 (単独) の評価条件を超えるような風が長期間継続することは考えにくい。 ・台風については、発生時期が 6~10 月に集中することから低温が重畳する可能性は小さい。 ・低温 (単独) の風速以外の評価条件において土からの放熱に期待しない等の保守性を有している。 ・淡水貯水池については、低温 (単独) の評価条件と年超過確率 10 <sup>-2</sup> の規模との差が大きいものの、凍った場合も代替設備により対応可能。
24	火災・爆発 (熱影響等) × 風 (風圧)	c(III-1)	安全施設は、火災・爆発又は風が個別に発生した場合に安全機能が喪失しないことを確認している。仮に、火災発生時に風が発生した場合に風速・風向による火災熱影響の評価条件の変化が想定され、事象個別での評価から増長する影響が考えられる。 →森林火災等ではカイドに基づき 10m/s の風速により評価を実施している。年超過確率 10 <sup>-2</sup> の規模は、最大風速 (10 分間平均) で新潟市 27.9m/s、上越市 19.5m/s となるが、単一の評価条件における保守性 (風向設定、温度設定、湿度設定等) や影響継続時間 (長くても数時間程度の火災影響時に最大風速が発生する可能性は小さい) を考慮すると、影響が及ぶ可能性は極めて小さいと考えられる。

表 9 事象の重量 個別検討対象抽出結果 (6/6)  
(太字は重量の結果を個別に評価するもの)

No.	重量事象 (事象①×事象②)	影響パターン (優先パターン)	検討結果
25	風 (風圧) × 竜巻 (風圧等)	c(1)	安全施設は、風又は竜巻が個別に発生した場合に安全機能が喪失しないことを確認している。仮に、台風等により気圧分布が形成されている状況で竜巻が発生した場合に、事象個別での評価から増長する影響が考えられる。 →設計竜巻設定の際に使用している観測データは、風の影響についても含んだデータとなっていることから竜巻評価に包絡されている、又は設計竜巻設定の際の余裕に包絡されているものと考えられる。
26	内部溢水 (被水・没水) × 地震 (地震荷重)	c(III-1)	安全施設は、溢水又は地震が個別に発生した場合に安全機能が喪失しないことを確認している。仮に、溢水対策等が地震により損傷した場合に、事象個別での評価から増長する影響が考えられる。 →内部溢水において評価
27	取水口閉塞関係 例：風×生物学的事象 (<<らげ等)	d(1)	安全施設は、生物学的事象等が個別に発生した場合に安全機能が喪失しないことを確認している。例として、台風等で飛来物が発生した際に同時期にくらげが発生した場合等に、事象個別での評価から増長する影響が考えられる。 →事象単独の場合と比較して、作業量が増加するおそれがあるが、除塵装置や閉じ整備された手順等と同様の対応により対処可能である。

## 2. 自然現象の組合せによる荷重の考え方について

## 2. 自然現象の組合せによる荷重の考え方について

「1. 外部事象の重畳の考え方について」において抽出された組合せによる荷重の考え方について以下に示す。

### 2.1 積雪と降下火砕物との重畳の考え方について

設備影響評価における降下火砕物の条件としては、想定される降下火砕物の層厚を 35cm と設定している。また、設計基準における積雪の条件は、規格・基準類として、建築基準法及び同施行令第 86 条第 3 項に基づく新潟県建築基準法施行細則で定められている積雪量、観測記録として、柏崎市に設置されている気象庁地域気象観測システム（アメダス）に記録されている日降雪量の最大値、及び観測記録をもとに算出した年超過確率結果を参照し、設計基準積雪量を 167cm（ベース負荷を含む。）と設定している。（年超過確率に基づき想定する積雪量は、「3. 積雪について」に基づき算出）

一方、火山（降下火砕物）と積雪は相関性が低い事象の組合せであるため、重畳を考慮する際は、Turkstra 規則を適用する。Turkstra 規則の考え方は、建築基準法や、土木学会「性能設計における土木構造物に対する作用の指針」、国土交通省「土木・建築にかかる設計の基本」、ANSI（米国国家規格協会）等で採用されている。Turkstra 規則は、主たる作用（主事象）の最大値と、従たる作用（副事象）の任意時点の値（平均値）の和として作用の組合せを考慮する。単純性・保守性のために、主事象は設計基準で想定している規模、副事象はプラント寿命期間中に発生し得る程度の規模（年超過確率  $10^{-2}$ ）を想定する。この想定は、副事象として想定すべき任意時点の値（平均値）より厳しい値を想定することとなるため、保守性があると考えられる。

以上の考えをもとに、設計基準で想定している規模の降下火砕物（35cm）に重畳させる積雪量は、1日あたりの積雪量の年超過確率  $10^{-2}$  の値（84.3cm）に日最深積雪量の平均値（31.1cm）を合算した 115.4cm とした。

なお、主事象を積雪、副事象を降下火砕物とした場合は、設計基準として想定している積雪量 167cm（ベース負荷を含む。）に降下火砕物 3.5cm\* の荷重を重畳させることを想定するが、前者の荷重に包含される。

また、降下火砕物又は積雪堆積状態における地震発生時の評価については、2.2 節に記載する。

注記\*：降下火砕物については、確率論的評価を実施していないことから、副事象として想定する噴火規模は、設計基準規模として設定している噴火規模（VEI5）から 1 段階噴火規模を下げた VEI4 相当として設定した。

## 2.2 積雪・降下火砕物堆積状態での地震発生時の評価について

自然現象の重畳評価において抽出された組合せ「雪・降下火砕物が堆積している状態での地震発生」に風荷重の重畳を仮定した場合の評価について、自然現象の重畳評価においては主荷重（設計基準規模）×従荷重（年超過確率 $10^{-2}$ 規模）を想定することを基本としていることから、表2-1に評価ケースを8パターンに整理した結果を示す。

これらの組合せのうち、No.1（主荷重：地震，従荷重：積雪），及びNo.5（主荷重：降下火砕物，従荷重：地震（ベース負荷：積雪））の2通りの評価が荷重の大きさ等の観点で代表性のあるケースとなる。代表性の判断の際の基準を表2-2に示す。

表2-1 重畳評価ケース

No.	主荷重 (設計基準規模)	従荷重 ( $10^{-2}$ 規模)	ベース負荷 (平均規模)	備考
1	地震 (S s 等)	積雪 (84.3cm)	積雪 (31.1cm)	—
2	地震 (S s 等)	降下火砕物 (3.5cm)	積雪 (31.1cm)	No.1 に包絡
3	風 (40.1m/s)	降下火砕物 (3.5cm)	積雪 (31.1cm)	No.1 に包絡
4	風 (40.1m/s)	積雪 (84.3cm)	積雪 (31.1cm)	No.1 に包絡
5	降下火砕物 (35.0cm)	地震 ( $10^{-2}$ 相当地震動)	積雪 (31.1cm)	—
6	積雪 (135.9cm)	地震 ( $10^{-2}$ 相当地震動)	積雪 (31.1cm)	No.5 に包絡
7	降下火砕物 (35.0cm)	風 (27.9m/s)	積雪 (31.1cm)	No.5 に包絡
8	積雪 (135.9cm)	風 (27.9m/s)	積雪 (31.1cm)	No.5 に包絡

注1：除雪等に期待できる施設は堆積荷重について除雪等の能力を考慮した値とする。

注2：降下火砕物については、確率論的評価を実施していないことから、従荷重として考慮する場合は、設計基準規模として設定している噴火規模 (VEI5) から1段階噴火規模を下げたVEI4相当を考慮する。



表 2-2 水平荷重・堆積荷重の比較

a. 水平荷重

		せん断力 (kN) (6号機原子炉建屋躯体 38.2(m)-49.7(m))	判定
主荷重比較 (上: No. 1, 2, 下: No. 3, 4)	設計用地震力	$43.35 \times 10^3$	地震 > 風
	風 (40.1m/s)	$2.65 \times 10^3$	
従荷重比較 (上: No. 5, 6, 下: No. 7, 8)	地震 ( $10^{-2}$ 相当地震動)	$9.7 \times 10^3$	地震 > 風
	風 (27.9m/s)	$1.29 \times 10^3$	

b. 堆積荷重

		堆積荷重 (N/m <sup>2</sup> )	判定
従荷重比較 (上: No. 1, 4, 下: No. 2, 3)	積雪 (115.4cm)	3393	積雪 (115.4cm) > 降下火砕物 (3.5cm) + 積雪 (31.1cm)
	降下火砕物 (3.5cm) + 積雪 (31.1cm)	1429	
主荷重比較 (上: No. 6, 8, 下: No. 5, 7)	積雪 (167.0cm)	4910	積雪 (167.0cm) < 降下火砕物 (35.0cm) + 積雪 (31.1cm)
	降下火砕物 (35.0cm) + 積雪 (31.1cm)	6063	

### 3. 積雪について

### 3. 積雪について

#### 3.1 基本方針

予想される最も苛酷と考えられる条件として設計基準を設定の上、外部事象防護対象施設の機能が積雪による荷重、積雪による給気口等の閉塞に対し維持され、安全機能が損なわれないよう設計する。

#### 3.2 設計基準積雪量の設定

設計基準積雪量は以下の(1)及び(2)を参照するとともに、参考として(3)を評価・確認のうえ、積雪時の柏崎刈羽原子力発電所における除雪を考慮し、設定する。

##### (1) 規格・基準類（別紙－1 参照）

積雪に対する規格・基準として、建築物については建築基準法及び同施行令第 86 条第 3 項に基づく新潟県建築基準法施行細則において、地域ごとに設計積雪量が定められている。柏崎市においては 130cm であり、刈羽村においては 170cm である。これらの値は、ひと冬の間観測される最も大きな積雪深の値である年最大積雪深を基本として定められており、除雪に対して十分な維持管理が行われ、また、危険を覚知した時には速やかに雪下ろしが可能な形状の建築物等又はその部分については、同条第 6 項の規定により垂直積雪量を 1メートルと想定することができるとされている。

##### (2) 観測記録（別紙－2 参照）

柏崎市に設置されている気象庁地域気象観測システム（以下「アメダス」という。）によれば、日降雪量の最大値は 72cm（1984 年 12 月 28 日）であり、最深積雪量は 171cm（1984 年 3 月 8 日）、日最深積雪量の平均値は 31.1cm である。また、アメダスが設置される以前に柏崎市の農業気象観測所にて最深積雪量 194cm（1927 年 2 月 13 日）が観測されている。刈羽村における積雪の観測記録としては、最深積雪量は 280cm（1974 年 3 月 13 日）である。

##### (3) 年超過確率評価（別紙－3 参照）

年超過確率の評価は、気象庁「異常気象リスクマップ」\*の評価方法を用いる。評価結果となるハザード曲線を図 3-1 に示す。また、「(2) 観測記録」での日降雪量の最大値（72cm）について年超過確率を確認した結果、 $3.0 \times 10^{-2}$ となった。

参考として、1 日あたりの積雪量の年超過確率  $10^{-4}$  の値は 135.9cm となり、1 日あたりの積雪量の年超過確率  $10^{-2}$  の値は 84.3cm となった。

注記\*：気象庁（<http://www.jma.go.jp/jma/index.html>）

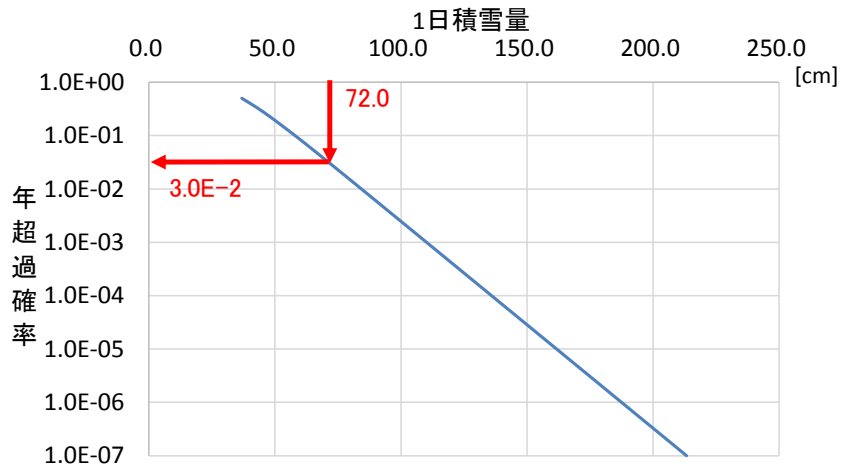


図3-1 1日積雪量ハザード曲線

(4) 積雪時の柏崎刈羽原子力発電所の対応について

柏崎刈羽原子力発電所においては、冬季には毎日降雪量を確認、除雪の必要性を判断することとしている。また、雪が降る日が多く、年に数回の頻度で発電所構内における除雪活動を行っている。

構内の道路又はアクセスルートについては、社外委託により、9台の除雪機で除雪を行っている。

なお、この除雪ルートについては、構内道路に加え可搬設備を用いる場合に必要な建屋近傍を含むルートとなっている。

また、建屋屋上の除雪に関しては、気象情報（降雪予報）、事務所周辺地盤面及び構内に設置している監視システム等による積雪量を監視し、除雪を実施することとしている。

高台に配備している設備については、同様に積雪時に除雪を実施し、必要な時に迅速、かつ確実に運転できるようにしている。

上記のとおり、発電所構内の除雪体制が確立されていること、さらに、積もるまでに一定の時間を要することから、設計基準積雪量としては、1日あたりの積雪量を考慮する。

(5) 設計基準の策定

設計基準として使用する値としては、「(2) 観測記録」の値72cmが「(3) 年超過確率評価」において  $3.0 \times 10^{-2}$  であったことから、更なる裕度を確保するために年超過確率  $10^{-4}$  の値135.9cmを設計基準積雪量と定める。

ただし、1日あたりの積雪量であることから、それ以前に積もった積雪分を考慮していないため、過去の観測記録から、日最深積雪量の平均値(31.1cm)を加えた値を設計基準積雪量として用いることとする。

従って、設計基準積雪量を以下のとおり設定した。

$$\begin{aligned}
 \text{設計基準積雪量} &= \text{1日あたりの積雪量の年超過確率 } 10^{-4} \text{ の値 (135.9cm)} \\
 &\quad + \text{日最深積雪量の平均値 (31.1cm)} \\
 &= 167.0\text{cm}
 \end{aligned}$$

新潟県垂直積雪量（積雪荷重）運用基準（一部抜粋）\*

建築基準法施行令（以下「政令」）の一部が改正（平成12年政令第211号）され、政令第86条の規定において、垂直積雪量を特定行政庁が規則で定めることとなったことから、新潟県建築基準法施行細則（平成12年県規則第125号）に第14条第3項を追加し、その数値を定め、政令改正との整合を図り、新潟県特定行政庁における垂直積雪量（積雪荷重）運用基準を定めている。

運用基準の積雪に関する記載は以下のとおりである。

（目的）

第1条 この基準は、建築基準法施行令（昭和25年政令第338号、以下『政令』という。）第86条の規定による積雪荷重についての運用その他必要な事項を定めて、建築物及び工作物（以下、「建築物等」という。）の構造上の安全を確保することを目的とする。

（適用範囲）

第2条 この基準は、新潟県特定行政庁が所管する区域内の建築物等に適用する。

（垂直積雪量）

第3条 垂直積雪量は、知事が定めた数値(下表)以上とし、かつ、建築物等の敷地の位置における局所的地形要因による影響等を考慮して設計するものとする。

2 山間部等における積雪の状況は、標高が同程度であっても建築物の敷地の位置によって大きく異なることがあることから、十分に考慮して設計するものとする。

（自然落雪による低減）

第4条 政令第86条第4項の規定による屋根の積雪荷重は、屋根ふき材、屋根形状、気温、雪の性状等により雪の自然落下が期待でき、十分な維持管理が行われ、また、危険を覚知した時には速やかに雪下ろしが可能な形状の建築物等又はその部分については、同条第6項の規定により垂直積雪量を1メートルまで減らして計算することができるものとする。

注記\*：新潟県HP（<http://www.pref.niigata.lg.jp/jutaku/1223229707455.html>）

## 柏崎市における積雪の観測記録及び日最深積雪量の平均値の算出

## ○柏崎市における積雪の観測記録

年超過確率の推定に使用するデータについては、柏崎刈羽原子力発電所の最寄りのアメダスとする。柏崎市における毎年の積雪観測記録を表1に示す。

表1 柏崎市における毎年の積雪観測記録  
(気象庁ホームページより)

寒候年	雪 (cm)		
	降雪の合計	日降雪の最大	最深積雪
1981	594*	67*	122*
1982	224*	32*	34*
1983	516	61	107*
1984	951	51	171
1985	733	72	139
1986	966	64	162
1987	347	44	50
1988	446	37	75
1989	135	24	25
1990	227	49	59
1991	396	37	73*
1992	84*	29*	26*
1993	140	23	24
1994	315	43	62
1995	425	27	59
1996	523	39	78
1997	274	26	29
1998	272	37	42
1999	274	31	42
2000	350	40	63
2001	441	32	67
2002	170	41	36
2003	294	34	54
2004	240	36	43
2005	434	43	68
2006	461	40	53
2007	53	23	22
2008	250	24	34
2009	138	20	19
2010	427	66	105
2011	278	29	67
2012	514	35	111

注記\* : 資料不足値

統計値を求める対象となる資料が許容する資料数を満たさない場合。

統計処理では、上記の観測記録を使用して評価を実施。

○日最深積雪量の平均値の算出

日最深積雪量の平均値は、柏崎市のアメダスの観測記録から積雪が確認された日数(N)と、その日の最深積雪量 ( $S_{Ni}$ ) から算出する。

$$(\text{日最深積雪量の平均値}) = \frac{1}{N} \sum_i S_{Ni}$$

上式は、積雪が確認された場合の平均的な積雪量を与える式となる。

柏崎市のアメダスの記録から、日最深積雪量の平均値を計算すると以下のとおりとなる。

観測期間：1980年11月～2013年3月

積雪が確認された日数(N)：1925日

最深積雪量の合計：59766cm

$$\text{日最深積雪量の平均値} = \frac{59,766}{1,925} = 31.1 \text{ [cm]}$$

## 年超過確率の推定方法

## 1. 評価方法

年超過確率の推定は、気象庁の「異常気象リスクマップ」<sup>[1]</sup>の確率推定方法を採用して評価を実施する。

評価フローを図1に示す。

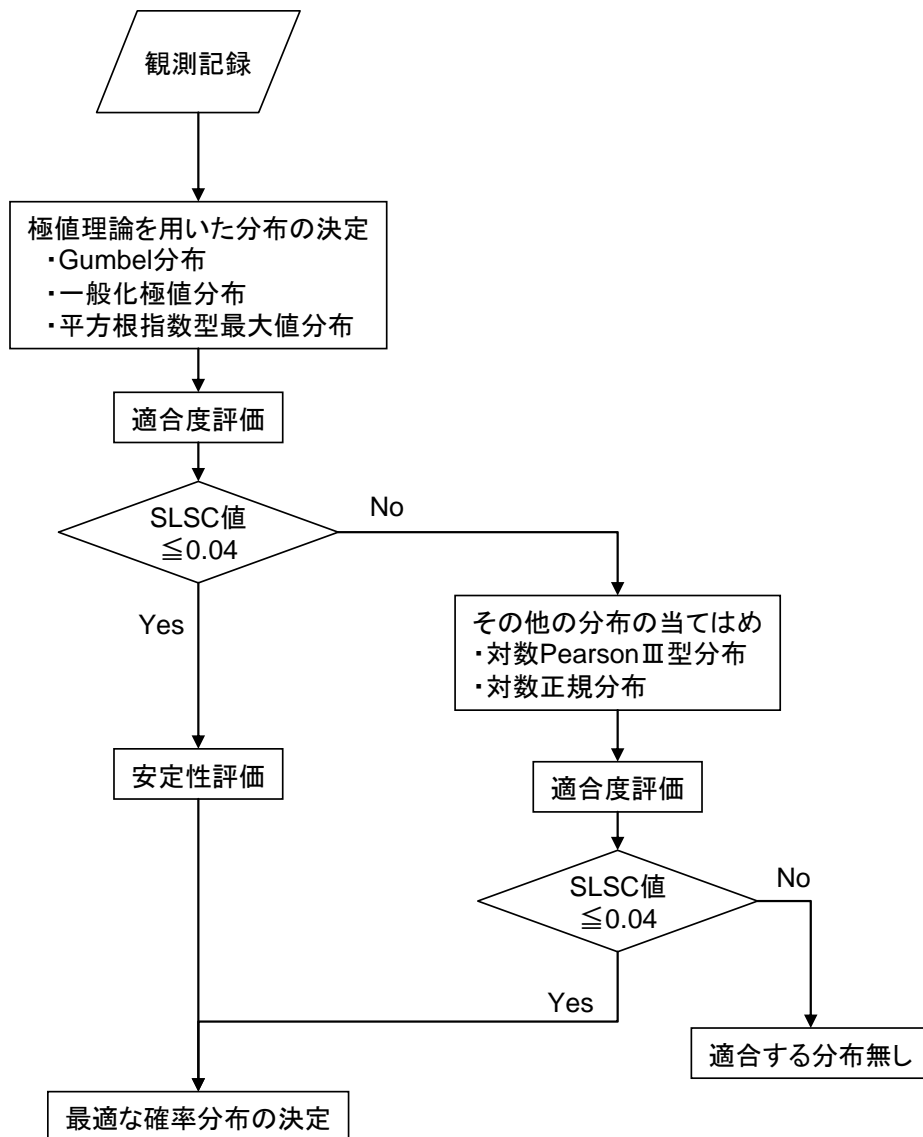


図1 年超過確率評価フロー



(1) 確率分布の算出

観測記録から確率分布の分布特性を表す母数を推定し、確率分布形状を特定する。ここでは、極値理論からの分布（Gumbel 分布、平方根指数型最大値分布、一般化極値分布）や従来から使用されている分布（対数 PearsonⅢ型分布、対数正規分布）の中から最適な確率分布を決定する。

確率分布モデルの母数推定については、以下に示す L 積率法（L Moments）や最尤法等の手法を用いる<sup>[2]</sup>。

L 積率法

第 1 次の L 積率  $\lambda_1$ 、第 2 次の L 積率  $\lambda_2$ 、第 3 次の L 積率  $\lambda_3$  はそれぞれ以下のように定義される。

$$\begin{aligned}\lambda_1 &= b_0 \\ \lambda_2 &= 2b_1 - b_0 \\ \lambda_3 &= 6b_2 - 6b_1 + b_0\end{aligned}$$

ここで、

$$b_0 = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N x_j$$

$$b_1 = \frac{1}{N(N-1)} \sum_{j=1}^N (j-1) x_j$$

$$b_2 = \frac{1}{N(N-1)(N-2)} \sum_{j=1}^N (j-1)(j-2) x_j$$

$N$  : 標本数

$x_j$  :  $N$  個の標本を昇順に並び替えたときの小さい方から  $j$  番目の値

最尤法

以下に示す対数尤度関数  $L$  が最大となる  $a, b$  を算出

$$L(a, b) = \sum_{j=1}^N \ln f(x_j)$$

$f(x)$  : 確率密度関数

また、例として極値理論からの分布（Gumbel 分布、平方根指数型最大値分布、一般化極値分布）の母数推定方法、及び非超過確率  $p$  に対応する値の算出方法を表 1 に示す。

表 1 極値分布の母数推定法について

分布	母数推定法	母数	クオンタイル (非超過確率 $p$ に対応する値)
Gumbel 分布	L 積率法 (2 母数)	$a = \frac{\lambda_2}{\ln 2}$ $c = \lambda_1 - 0.5772157a$	$x_p = c - a \cdot \ln[-\ln(p)]$
一般化 極値分布 (GEV 分布)	L 積率法 (3 母数)	$k = 7.859d + 2.9554 * d^2$ ここで $d = \frac{2\lambda_2}{\lambda_3 + 3\lambda_2} - \frac{\ln 2}{\ln 3}$ $a = \frac{k\lambda_2}{(1 - 2^{-k}) \cdot \Gamma(1 + k)}$ $c = \lambda_1 - \frac{a}{k} \cdot [1 - \Gamma(1 + k)]$	$x_p = c + \frac{a}{k} \cdot \{1 - [-\ln(p)]^k\}$
平方根指数型 最大値分布	最尤法 (2 母数)	$L(a, b) = \sum_{j=1}^N \ln f(x_j)$ $= N \ln a + N \ln b - N \ln 2 - \sum_{j=1}^N \sqrt{bx_j}$ $- a [\sum_{j=1}^N \exp(-\sqrt{bx_j}) + \sum_{j=1}^N \sqrt{bx_j} \exp(-\sqrt{bx_j})]$	$x_p = \frac{t_p^2}{b}$ ここで $\ln(1 + t_p) - t_p = \ln\left[-\frac{1}{a} \ln(p)\right]$

(2) 適合度評価

算出した分布がどの程度、観測記録と適合しているかを確認し分布の適合度を評価する。

本評価では、分布の適合度を SLSC (Standard Least Squares Criterion) と呼ばれる指標で評価する。

SLSC は、観測値をプロットポジション公式で並べた場合と、確率分布から推定した場合との確率の差を指標化した値である。(図 2)

SLSC が小さいほど、適合度が高く、経験的な分布とよくフィットする。本評価では SLSC が 0.04 以下で適合していると判断する。

プロットポジション公式とは、経験的に求められた公式であり、観測値の個数、大きさの順に並べたときの順位と再現期間との関係を数式化したものである。同公式では、いくつかの式が提案されているが、本評価においては多くの分布系によく適合する以下の式を採用する。

$$T(i) = \frac{N + 0.2}{i - 0.4}$$

ここで、 $N$  はデータの個数であり、大きい方から  $i$  番目のデータの再現期間\* (一日あたりの降雪量の確率年)  $T(i)$  とする。

注記\* : ある現象 (例えば 1 日 80cm が降雪すること) が 1 回起こり得る「50 年」「100 年」という期間<sup>[1]</sup>

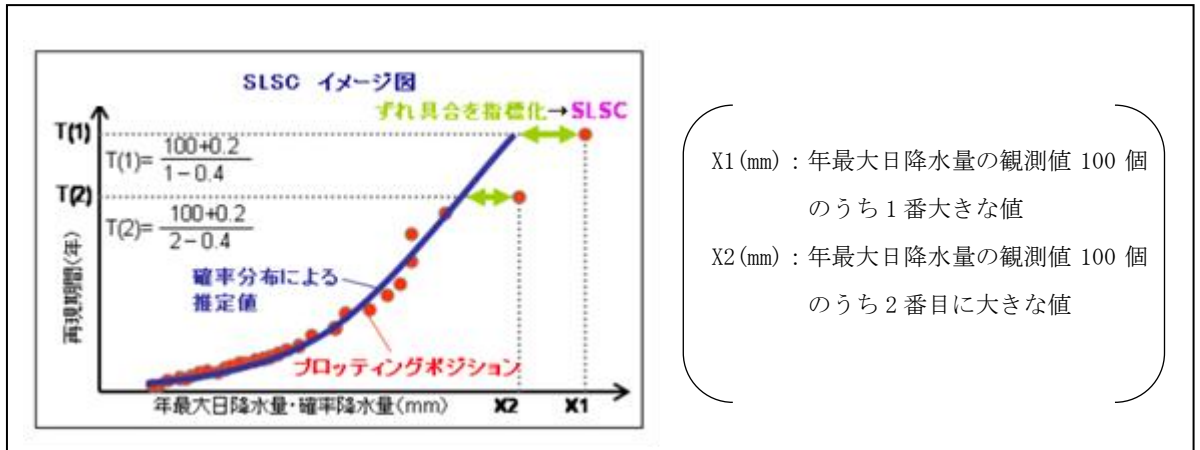


図 2 SLSC のイメージ図 (確率降水量の場合) [1]

このとき、SLSC 値は、データ値と関数値 (それぞれ標準化した値) を 2 乗平均した以下の式で表される [2]。

$$SLSC = \frac{\sqrt{\xi^2}}{|s_{0.99} - s_{0.01}|}$$

ここで、

$$\xi^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (s_i - r_i)^2$$

$s_{0.99}$ ,  $s_{0.01}$  : それぞれ非超過確率 0.99 と 0.01 に対する当該確率分布の標準変量

$s_i$  : 順序統計量データ  $x_i$  を推定母数で変換した標準変量

$r_i$  : プロットイングポジションに対応した理論クオンタイルを推定母数で変換した標準変量

### (3) 安定性評価

(2) で分布の適合度を評価し、SLSC が 0.04 以下を満足した場合には、次に分布の安定性を評価する。現在得られている観測値をランダムに抜き取った場合に、結果が大きく変化しないことを評価する。本評価では安定性評価には Jack knife 法を用いる。

## 2. 評価結果

一日あたりの積雪量に対する年超過確率の算出結果を表2に示す。

表2 一日あたりの積雪量に対する年超過確率

	Gumbel 分布	平方根指数型 最大値分布	一般化 極値分布
SLSC	0.038	0.067	0.038

確率年	積雪量		
10	58.0	68.0	57.9
100	84.3	117.6	88.8
10000	135.9	249.8	165.2

確率年	Jack knife 推定誤差		
10	4.8	2.8	4.8
100	8.4	3.5	10.2
10000	15.9	5.0	43.7

## 3. 参考文献

- [1] 気象庁 HP ( <http://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/riskmap/index.html> )
- [2] 星清, 1998 : 水文統計解析, 開発土木研究所月報 No. 540

#### 4. 航空機落下確率評価について

#### 4. 航空機落下確率評価について

##### 4.1 工事計画認可申請時の航空路の確認について

柏崎刈羽原子力発電所の航空機落下確率評価において考慮すべき航空路については、工事計画認可申請時に、設置変更許可申請書添付書類六に記載している航空路（添付資料 1）から防護設計の要否を判断する基準を超えるような変更がないことを航空路誌（令和元年 10 月 10 日改訂版）（添付資料 2）にて確認している。

##### 4.2 工事計画認可申請時のその他のデータの確認について

柏崎刈羽原子力発電所の航空機落下確率評価で使用される、最近の 20 年間（平成 10 年～平成 29 年）の航空機落下事故評価に用いる最新データ<sup>\*1</sup>、<sup>\*2</sup>において、設置許可変更申請時のデータに対して有意な変更がないことを確認している。

以上より、航空機落下確率評価において使用するその他のデータにおいて、防護設計の要否を判断する基準を超えるような変更がないことを確認している。

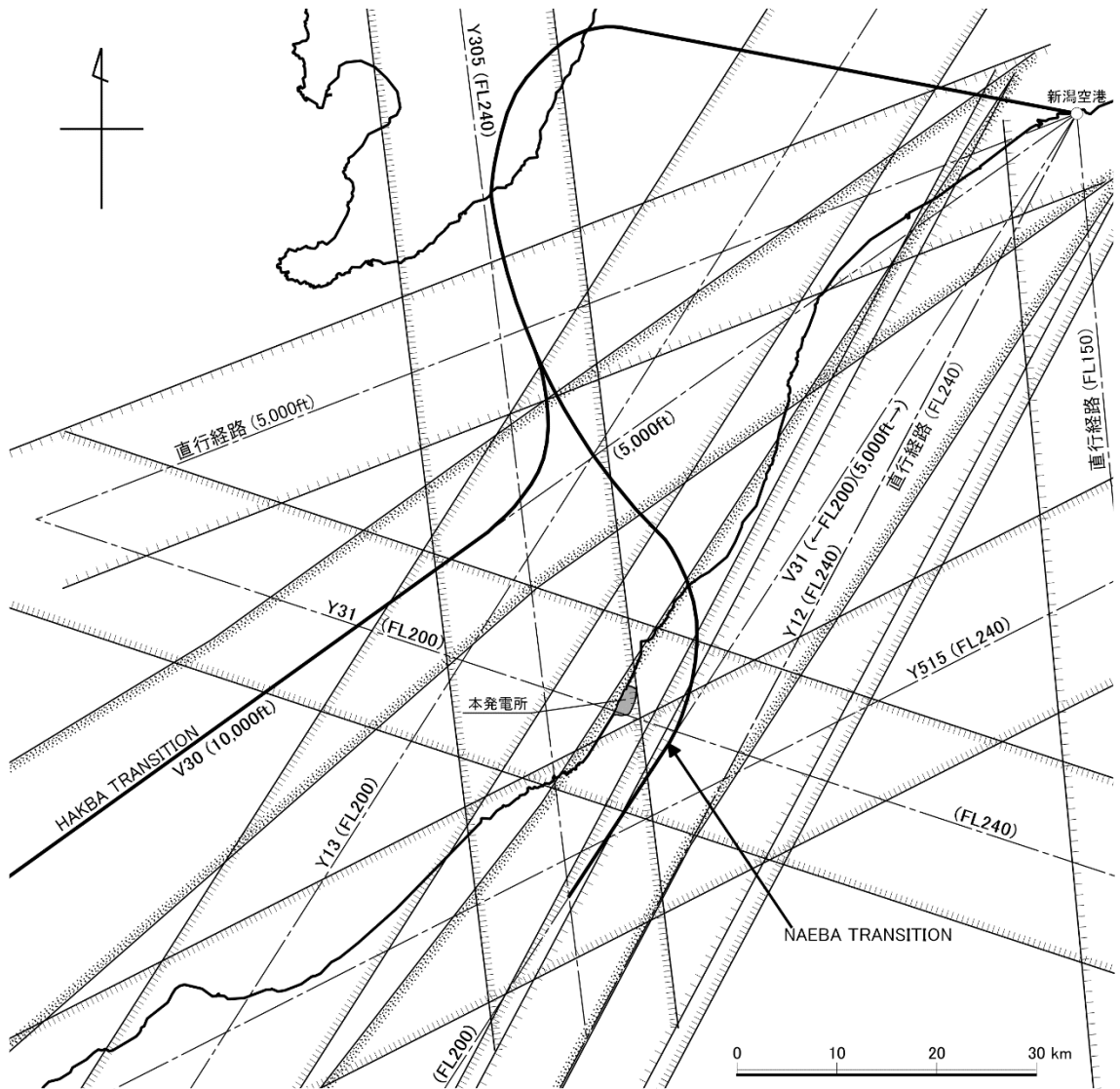
注記\*1：航空機落下事故に関するデータ（平成 10～29 年）（令和元年 12 月 原子力規制庁）

\*2：航空輸送統計年報，第 1 表 総括表，1. 輸送実績

##### 4.3 今後の確認について

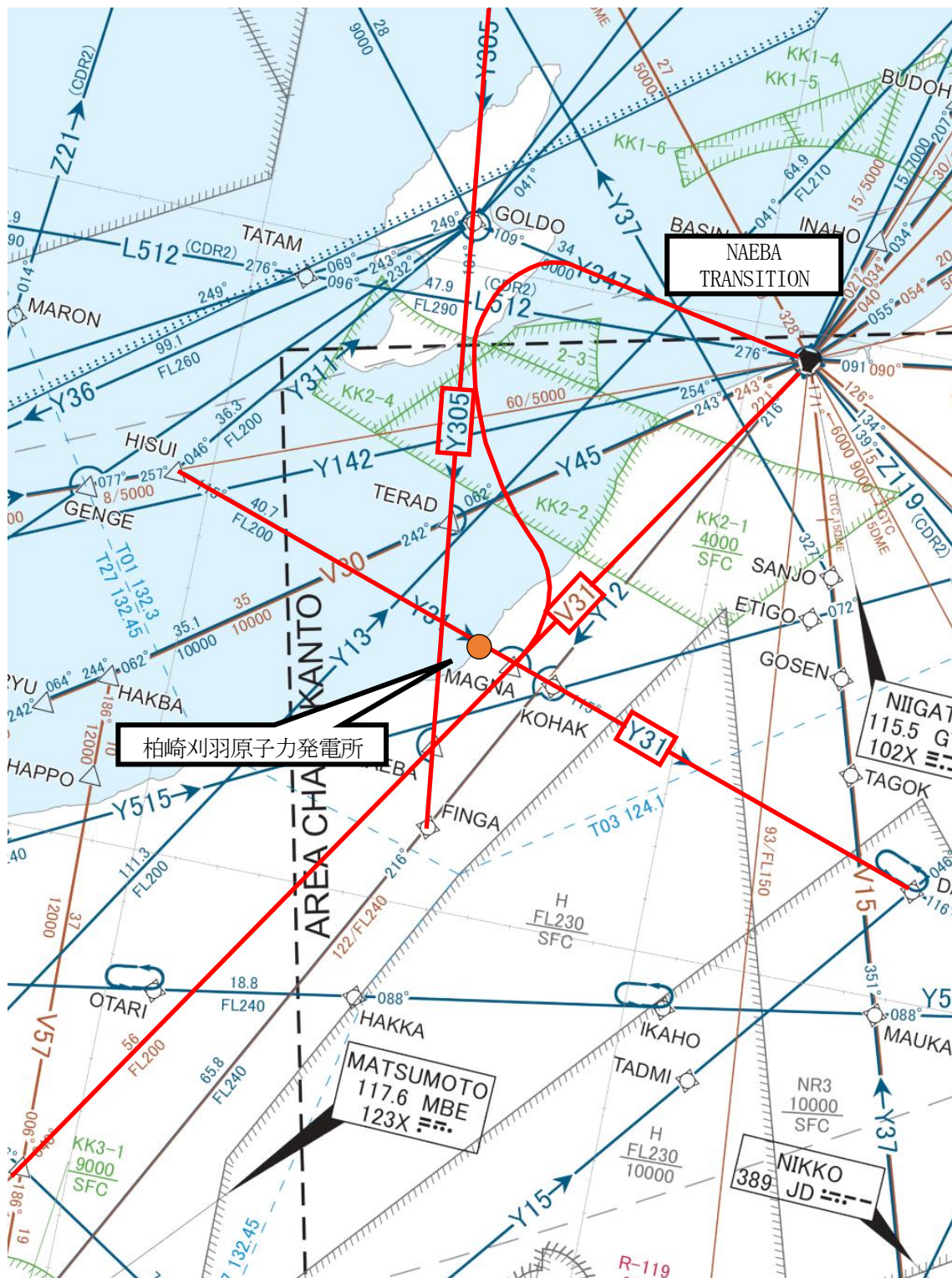
今後は外部火災評価のうち、航空機墜落による火災影響を定期的に評価する際に、航空路を含めた航空機落下確率評価に用いる最新データの変更状況を確認し、防護設計の要否を判断する基準を超える変更がないことを確認する。

設置変更許可申請時の航空路（設置変更許可申請書 添付書類六より引用）



- 凡例 -
- 航空路
  - 広域航法経路
  - 直行経路
  - 航空路等の中心線
  - 転移経路
  - 民間飛行場
  - 内 最低飛行高度

工事計画認可申請時の航空路（「航空路誌（令和元年 10 月 10 日改訂版）」より抜粋）



注：赤実線は柏崎刈羽原子力発電所の航空機落下確率を算出する上で考慮している航空路のおおよその経路を示す。

出典：AIP JAPAN ENROUTE CHART - ICAO (10 OCT 2019) (一部加筆)



【設置変更許可まとめ資料「第6条：外部からの衝撃による損傷の防止」より概ね抜粋】

柏崎刈羽原子力発電所における航空機落下確率

発電所周辺の飛行場，航空路，訓練空域等を考慮した上で，「航空機落下確率評価基準」に従い，以下の項目について柏崎刈羽原子力発電所における航空機落下確率を評価する。

1. 評価対象事故

表1 評価対象事故

発電所及び号機	(1) 計器飛行方式民間航空機の落下事故		(2) 有視界飛行方式民間航空機の落下事故	(3) 自衛隊機又は米軍機の落下事故	
	1) 飛行場での離着陸時における落下事故	2) 航空路を巡航中の落下事故		1) 訓練空域内で訓練中及び訓練空域外を飛行中の落下事故	2) 基地－訓練空域間往復時の落下事故
柏崎刈羽原子力発電所6号及び7号機	×*1	○	○	○*2 訓練空域外を飛行中の落下事故	×*3

○：対象，×：対象外

注記\*1：柏崎刈羽原子力発電所は，新潟空港からの最大離着陸地点以遠に位置するため評価対象外とした。（別紙－1）

（柏崎刈羽原子力発電所－新潟空港の距離：約75km，新潟空港－最大離着陸地点の距離：約19km）

\*2：発電所周辺上空には自衛隊機又は米軍機の訓練空域はない。（別紙－2）

\*3：柏崎刈羽原子力発電所は基地－訓練空域間の往復の想定範囲内に入らないため評価対象外とした。

2. 落下確率評価結果

(1) 計器飛行方式民間航空機の落下事故

a. 航空路を巡航中の落下事故

発電所上空の航空路等としては、航空路 (V31) , 広域航法経路 (Y31, Y305) , 転移経路 (NAEBA TRANSITION) がある。「航空機落下確率評価基準」に従い、以下の式により航空路等を巡航中の航空機の落下確率を求める。

$$P_c = \frac{f_c \cdot N_c \cdot A}{W}$$

$P_c$  : 対象施設への巡航中の航空機落下確率(回/年)

$N_c$  : 評価対象とする航空路等の年間飛行回数(飛行回/年)

$A$  : 発電用原子炉施設の標的面積(km<sup>2</sup>)

$W$  : 航空路幅(km)

$f_c=G_c/H_c$  : 単位飛行距離当たりの巡航中の落下事故率(回/(飛行回・km))

$G_c$  : 巡航中事故件数 (=0.5 回)

$H_c$  : 延べ飛行距離 (=9,439,243,077 飛行回・km)

表 2 落下確率評価 (計器飛行方式民間航空機)

パラメータ	発電所名称及び号機			
	柏崎刈羽原子力発電所 6号及び7号機			
対象航空路*1	航空路 (V31)	転移経路 (NAEBA TRANSITION)	広域航法経路 (Y31)	広域航法経路 (Y305)
$N_c^{*2}$	14600	4015	3650	182.5
$A^{*3}$	0.01	0.01	0.01	0.01
$W^{*4}$	14	14	18.52	18.52
$f_c^{*5}$	0.5/9,439,243,077=5.29×10 <sup>-11</sup>			
$P_c$	5.52×10 <sup>-10</sup>	1.51×10 <sup>-10</sup>	1.04×10 <sup>-10</sup>	5.21×10 <sup>-12</sup>
$P_c$ (合計)	8.13×10 <sup>-10</sup>			

注記\*1 : 柏崎刈羽原子力発電所周辺の航空図 (AIP エンルートチャート) により確認。

(別紙-2)

\*2 : 国土交通省航空局への問い合わせた結果の、上半期・下半期のピーク日の数値の大きい方を 365 倍した値。ただし、飛行回数が 0 回の航空路は保守的に 0.5 回とみなし、年間 182.5 回とする。(別紙-3)

\*3 : 原子炉建屋、コントロール建屋等の水平面積の合計値は 0.01km<sup>2</sup> 以下であるので標的面積は 0.01km<sup>2</sup> とする。(別紙-4)

\*4 : 「航空路の指定に関する告示」及び「飛行方式設定基準」による。

\*5 : 巡航中事故件数は、平成 3 年～平成 22 年の間で 0 件であるが、保守的に 0.5 件とする。

延べ飛行距離は、平成4年～平成23年の「航空輸送統計年報、第1表 総括表、1. 輸送実績」における運航キロメートルの国内の値を合計した値。(別紙-5)

上記より、航空路等を巡航中の航空機の落下確率 ( $P_c$ ) は、約  $8.13 \times 10^{-10}$  (回/年) となる。

(2) 有視界飛行方式民間航空機の落下事故

「航空機落下確率評価基準」に従い、全国平均の落下確率を用いて、以下の式により柏崎刈羽原子力発電所における落下確率を求める。

$$P_v = \frac{f_v}{S_v} (A \cdot \alpha)$$

$P_v$ : 対象施設への航空機落下確率(回/年)

$f_v$ : 単位年当たりの落下事故率(回/年)

$S_v$ : 全国土面積 (=37.2 万 km<sup>2</sup>)

$A$ : 発電用原子炉施設の標的面積 (=0.01km<sup>2</sup>)

$\alpha$ : 対象航空機の種類による係数

$P_v$ の導出に当たって、大型固定翼機、小型固定翼機、大型回転翼機及び小型回転翼機を考慮し、 $f_v$ 及び $\alpha$ として下表の値を用いている。

表3 落下確率評価 (有視界飛行方式民間航空機)

発電所名称 及び号機 パラメータ値	柏崎刈羽原子力発電所 6号及び7号機
$f_v^*$	大型固定翼機 0.5/20=0.025 小型固定翼機 35/20=1.75 大型回転翼機 2/20=0.10 小型回転翼機 30/20=1.50
$S_v^*$	372,000
$A$	0.01
$\alpha^*$	大型固定翼機, 大型回転翼機 : 1.0 小型固定翼機, 小型回転翼機 : 0.1
$P_v$	$1.20 \times 10^{-8}$

注記\* : 「平成23年度 航空機落下事故に関するデータの整備」(平成24年9月 独立行政法人原子力安全基盤機構)

上記より、有視界飛行方式民間航空機の落下確率 ( $P_v$ ) は、約  $1.20 \times 10^{-8}$  (回/年) となる。

(3) 自衛隊機又は米軍機の落下事故

「航空機落下確率評価基準」に従い、以下のとおり落下確率を求める。

a. 訓練空域外を飛行中の落下事故

柏崎刈羽原子力発電所周辺上空には、自衛隊及び米軍の訓練空域は存在しない。したがって、「航空機落下確率評価基準」に従い、以下のとおり訓練空域外を飛行中の自衛隊機及び米軍機の落下確率を求める。

$$P_{so} = \left( \frac{f_{so}}{S_o} \right) \cdot A$$

$P_{so}$  : 訓練空域外での対象施設への航空機落下確率(回/年)

$f_{so}$  : 単位年当たりの訓練空域外落下事故率 (=8回/20年(自衛隊機)  
 (=5回/20年(米軍機))

$S_o$  : 全国土面積から全国の陸上の訓練空域の面積を除いた面積  
 (=29.5万 km<sup>2</sup>(自衛隊機)  
 (=37.2万 km<sup>2</sup>(米軍機))

$A$  : 発電用原子炉施設の標的面積 (=0.01km<sup>2</sup>)

表4 落下確率評価(自衛隊機又は米軍機)

発電所名称 及び号機 パラメータ値	柏崎刈羽原子力発電所 6号及び7号機
$f_{so}^*$	自衛隊機 8/20=0.4 米軍機 5/20=0.25
$S_o^*$	自衛隊機 37.2万-7.7万=29.5万 米軍機 37.2万-0.05万=37.2万
$A$	0.01
$P_{so}$	$1.36 \times 10^{-8}$ (自衛隊機) + $6.72 \times 10^{-9}$ (米軍機) = $2.02 \times 10^{-8}$

注記\* : 「平成23年度 航空機落下事故に関するデータの整備」(平成24年9月 独立行政法人原子力安全基盤機構)

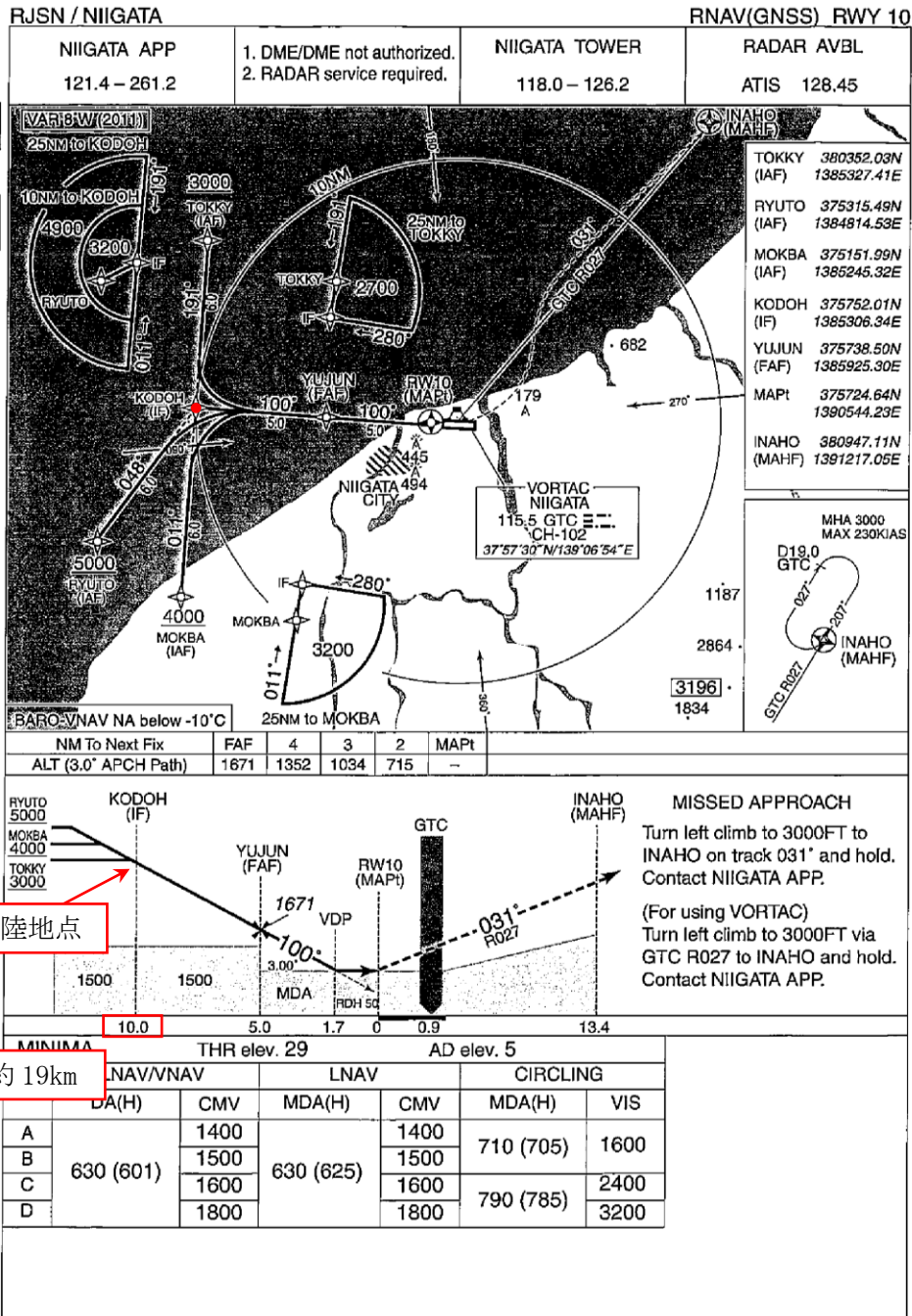
上記より、訓練空域外を飛行中の自衛隊機及び米軍機の落下確率( $P_{so}$ )は、約 $2.02 \times 10^{-8}$ (回/年)となる。

以上により、柏崎刈羽原子力発電所における航空機落下確率は、下表のとおり、計器飛行方式民間航空機の落下確率、有視界飛行方式民間航空機の落下確率、訓練空域外を飛行中の自衛隊機及び米軍機の落下確率の和として算定され、保守的に有効数字3桁目を切り上げ、約 $3.4 \times 10^{-8}$ (回/炉・年)となる。

表5 落下確率評価結果

評価対象落下事故	落下確率 (回/炉・年)
計器飛行方式民間航空機の落下事故	約 $8.13 \times 10^{-10}$
有視界飛行方式民間航空機の落下事故	約 $1.20 \times 10^{-8}$
訓練空域外を飛行中の落下事故	約 $2.02 \times 10^{-8}$
合 計	約 $3.4 \times 10^{-8}$

INSTRUMENT APPROACH CHART

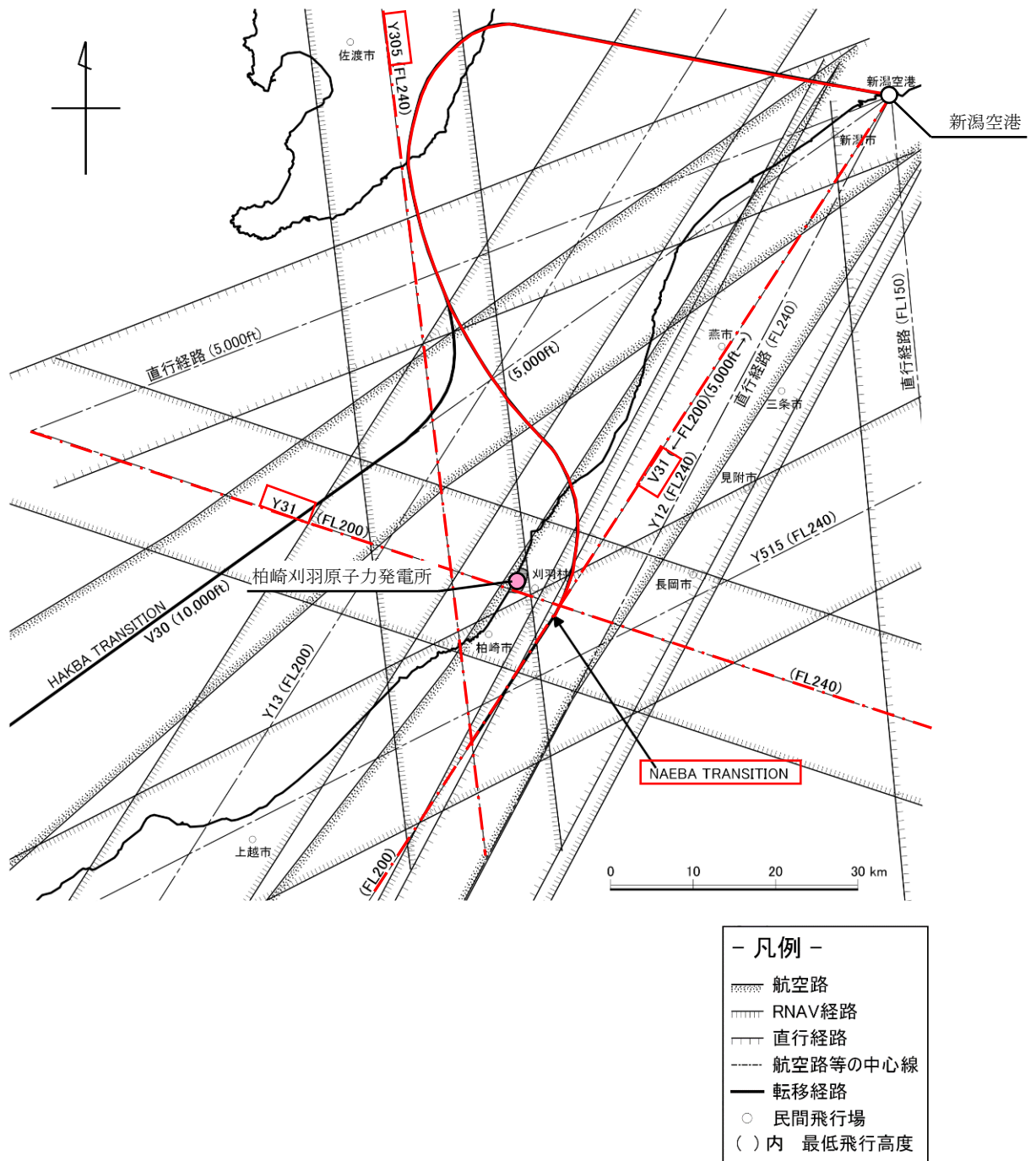


最大離着陸地点

10NM = 約 19km

(出典: AIP-JAPAN, 国土交通省航空局, 平成 25 年 3 月)

図 1 新潟空港の最大離着陸地点



(出典：AIP-JAPAN, 国土交通省航空局, 平成 25 年 3 月)

図 1 柏崎刈羽原子力発電所周辺の航空図

表1 評価対象となる航空路の飛行回数

(飛行回数)

東京航空交通管制部 ピークデイ*1	航空路 (V31)	広域航法経路 (Y305)	広域航法経路 (Y31)	転移経路 (NAEBA TRANSITION)
H24年上半期 (H24.6.8) 交通量	40	0	10	11
H24年下半期 (H24.9.19) 交通量	37	0	9	10
評価に用いる数値	$40 \times 365 \text{ 日} =$ 14600 便/年間	$0.5 \times 365 \text{ 日} =$ 182.5 便/年間*2	$10 \times 365 \text{ 日} =$ 3650 便/年間	$11 \times 365 \text{ 日} =$ 4015 便/年間

注記\*1 : 国土交通省航空局に問い合わせ入手したデータ。ここでピークデイとは、東京航空交通管制部が全体として取り扱った交通量が半年間で最も多かった日のことであり、当該経路における交通量が半年間で最も多かった日とは必ずしも一致しない。

\*2 : 実際の便数は0であるが、保守的に0.5とする。



表 1 航空機落下確率評価に係わる標的面積

単位：km<sup>2</sup>

発電所	号機	原子炉建屋* <sup>1</sup>	コントロール建屋 (中央制御室) * <sup>2</sup>	合計* <sup>3</sup>	標的面積
柏崎刈羽 原子力発電所	7	0.003538	0.002378	0.005916	0.01

工事計画認可申請書記載の建屋寸法から面積を算出した。

注記\*1：ディーゼル発電機室は原子炉建屋に含む。

\*2：中央制御室は6号及び7号機合計。

\*3：海水熱交換器区域は地下に設置のため除外。

## 延べ飛行距離について

延べ飛行距離は、平成4年～平成23年の「航空輸送統計年報、第1表 総括表、1. 輸送実績」における運航キロメートルの国内便のみの合計値とする。

なお、国際便については、日本国内での運行距離ではないため考慮していない。また、日本に乗り入れている外国機は運行距離の実績の公開記録がないため考慮していない。

ただし、国際便及び外国機が日本国内で墜落した場合は事故件数としてカウントし、事故率が保守的となるようにしている。

表1 日本国機の運行距離

	日本国機の運行距離 (飛行回・km)
平成4年	307,445,013
平成5年	326,899,203
平成6年	343,785,576
平成7年	380,948,123
平成8年	397,146,610
平成9年	420,920,228
平成10年	449,784,623
平成11年	459,973,069
平成12年	480,718,878
平成13年	489,803,107
平成14年	498,685,881
平成15年	519,701,117
平成16年	517,485,172
平成17年	527,370,038
平成18年	555,543,154
平成19年	559,797,874
平成20年	554,681,669
平成21年	544,824,157
平成22年	548,585,258
平成23年	555,144,327
合計	9,439,243,077

資料2

津波への配慮に関する説明書に係る補足説明資料

## 補足説明資料目次

### I. はじめに

#### 1. 入力津波の評価

- 1.1 潮位観測記録の評価について
- 1.2 遡上・浸水域の評価の考え方について
- 1.3 港湾内の局所的な海面の励起について
- 1.4 管路解析のモデルについて
- 1.5 入力津波の不確かさの考慮について
- 1.6 遡上解析のモデルについて

#### 2. 津波防護対象設備

- 2.1 津波防護対象設備の選定及び配置について
- 2.2 タービン建屋における耐震Sクラス設備の浸水影響について
- 2.3 耐津波設計における浸水防護重点化範囲との境界について

#### 3. 取水性に関する考慮事項

- 3.1 砂移動による影響確認について
- 3.2 原子炉補機冷却海水ポンプの波力に対する強度評価について
- 3.3 除塵装置の取水性への影響について
- 3.4 常用海水ポンプ停止手順について

#### 4. 漂流物に関する考慮事項

- 4.1 設計に用いる遡上波の流速について
- 4.2 漂流物による影響確認について
- 4.3 燃料等輸送船の係留索の耐力について
- 4.4 燃料等輸送船の喫水と津波高さの関係について
- 4.5 浚渫船の係留可能な限界流速について
- 4.6 漂流物の衝突荷重算定式の適用性について
- 4.7 漂流物衝突を考慮した津波防護施設の設計について

5. 浸水防護施設の設計における補足説明

- 5.1 耐津波設計における現場確認プロセスについて
- 5.2 津波監視設備の設備構成及び電源構成について
- 5.3 スロッシングによる海水貯留堰貯水量に対する影響評価について
- 5.4 浸水防護施設の漏えい試験について
- 5.5 津波による溢水に対して浸水対策を実施する範囲の考え方について
- 5.6 復水器水室出入口弁の津波に対する健全性について
- 5.7 タービン補機冷却海水ポンプ吐出弁の津波に対する健全性について
- 5.8 7号機と隣接する6号機からの津波浸水、内部溢水の波及的影響について
- 5.9 地震を発生要因としない津波による溢水について
- 5.10 バブラー管への津波荷重について

6. 工事計画変更認可後の変更手続き

- 6.1 工事計画変更認可後の変更手続きの可否について

補足説明資料	設置許可まとめ資料『第5条 津波による損傷の防止』 引用内容
1.1 潮位観測記録の評価について	添付資料7 入力津波に用いる潮位条件について
1.2 遡上・浸水域の評価の考え方について	添付資料4 地震時の地形等の変化による津波遡上経路への影響について
1.3 港湾内の局所的な海面の励起について	添付資料5 港湾内の局所的な海面の励起について
1.4 管路解析のモデルについて	添付資料6 管路解析の詳細について
1.5 入力津波の不確かさの考慮について	—
1.6 遡上解析のモデルについて	添付資料3 津波シミュレーションに用いる数値計算モデルについて
2.1 津波防護対象設備の選定及び配置について	添付資料1 基準津波に対して機能を維持すべき設備とその配置
2.2 タービン建屋における耐震Sクラス設備の浸水影響について	—
2.3 耐津波設計における浸水防護重点化範囲との境界について	—
3.1 砂移動による影響確認について	添付資料17 基準津波に伴う砂移動評価について 添付資料18 柏崎刈羽原子力発電所周辺海域における底質土砂の分析結果について 添付資料19 海水ポンプ軸受の浮遊砂耐性について
3.2 原子炉補機冷却海水ポンプの波力に対する強度評価について	—
3.3 除塵装置の取水性への影響について	別添1 2.5 (2) c. (b) 取水スクリーンの破損による通水性への影響
3.4 常用海水ポンプ停止手順について	添付資料16 津波による水位低下時の常用海水ポンプの停止に関わる運用及び常用海水ポンプ停止後の慣性水流による原子炉補機冷却海水ポンプの取水性への影響
4.1 設計に用いる遡上波の流速について	添付資料25 漂流物の評価において考慮する津波の流速・流向について
4.2 漂流物による影響確認について	別添1 2.5 (2) c. (a) 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
4.3 燃料等輸送船の係留索の耐力について	添付資料21 燃料等輸送船の係留索の耐力について

補足説明資料	設置許可まとめ資料『第5条 津波による損傷の防止』 引用内容
4.4 燃料等輸送船の喫水と津波高さの関係について	添付資料 22 燃料等輸送船の喫水と津波高さの関係について
4.5 浚渫船の係留可能な限界流速について	添付資料 23 浚渫船の係留可能な限界流速について
4.6 漂流物の衝突荷重算定式の適用性について	添付資料 29 基準類における衝突荷重算定式について
4.7 漂流物衝突を考慮した津波防護施設の設計について	—
5.1 耐津波設計における現場確認プロセスについて	別添 3 柏崎刈羽原子力発電所 6 号及び 7 号炉耐津波設計において現場確認を要するプロセス
5.2 津波監視設備の設備構成及び電源構成について	—
5.3 スロッシングによる海水貯留堰貯水量に対する影響評価について	—
5.4 浸水防護施設の漏えい試験について	—
5.5 津波による溢水に対して浸水対策を実施する範囲の考え方について	—
5.6 復水器水室出入口弁の津波に対する健全性について	—
5.7 タービン補機冷却海水ポンプ吐出弁の津波に対する健全性について	—
5.8 7 号機と隣接する 6 号機からの津波浸水、内部溢水の波及的影響について	—
5.9 地震を発生要因としない津波による溢水について	—
5.10 バブラー管への津波荷重について	—
6.1 工事計画変更認可後の変更手続きの要否について	—

## I. はじめに

本補足説明資料は、以下の説明書についての内容を補足するものである。

本補足説明資料と添付書類との関連を表-1に示す。

- ・ V-1-1-3「発電用原子炉施設の自然現象等による損傷の防止に関する説明書」のうち、  
V-1-1-3-2「津波への配慮に関する説明書」



表-1 補足説明資料と添付書類との関連

工事計画添付書類に係る補足説明資料 (津波への配慮に関する説明書)	該当添付書類
資料2 津波への配慮に関する説明書に係る補足説明資料	V-1-1-3-2 津波への配慮に関する説明書
1. 入力津波の評価	—
1.1 潮位観測記録の評価について	V-1-1-3-2-2
1.2 遡上・浸水域の評価の考え方について	「基準津波の概要」
1.3 港湾内の局所的な海面の励起について	V-1-1-3-2-3
1.4 管路解析のモデルについて	「入力津波の設定」
1.5 入力津波の不確かさの考慮について	V-1-1-3-2-5
1.6 遡上解析のモデルについて	「津波防護に関する施設の設計方針」
2. 津波防護対象設備	—
2.1 津波防護対象設備の選定及び配置について	V-1-1-3-2-1
2.2 タービン建屋における耐震 S クラス設備の浸水影響について	「耐津波設計の基本方針」
2.3 耐津波設計における浸水防護重点化範囲との境界について	V-1-1-3-2-4 「入力津波による津波防護対象設備への影響評価」

表-1 補足説明資料と添付書類との関連

工事計画添付書類に係る補足説明資料 (津波への配慮に関する説明書)		該当添付書類		
3. 取水性に関する考慮事項		—		
	3.1 砂移動による影響確認について	V-1-1-3-2-4 「入力津波による津波防護対象設備への影響評価」		
	3.2 原子炉補機冷却海水ポンプの波力に対する強度評価について			
	3.3 除塵装置の取水性への影響について			
	3.4 常用海水ポンプ停止手順について			
	4. 漂流物に関する考慮事項		—	
		4.1 設計に用いる遡上波の流速について	V-1-1-3-2-4 「入力津波による津波防護対象設備への影響評価」	
		4.2 漂流物による影響確認について		
		4.3 燃料等輸送船の係留索の耐力について		
		4.4 燃料等輸送船の喫水と津波高さの関係について		
		4.5 浚渫船の係留可能な限界流速について		
		4.6 漂流物の衝突荷重算定式の適用性について		
		4.7 漂流物衝突を考慮した津波防護施設の設計について		

表-1 補足説明資料と添付書類との関連

工事計画添付書類に係る補足説明資料 (津波への配慮に関する説明書)		該当添付書類
5. 浸水防護施設の設計における補足説明		—
5.1 耐津波設計における現場確認プロセスについて		V-1-1-3-2-3 「入力津波の設定」 V-1-1-3-2-4 「入力津波による津波防護対象設備への影響評価」
5.2 津波監視設備の設備構成及び電源構成について		V-1-1-3-2-5 「津波防護に関する施設の設計方針」
5.3 スロッシングによる海水貯留堰貯水量に対する影響評価について		V-1-1-3-2-4 「入力津波による津波防護対象設備への影響評価」 V-1-1-3-2-5 「津波防護に関する施設の設計方針」
5.4 浸水防護施設の漏えい試験について		
5.5 津波による溢水に対して浸水対策を実施する範囲の考え方について		
5.6 復水器水室出入口弁の津波に対する健全性について		
5.7 タービン補機冷却海水ポンプ吐出弁の津波に対する健全性について		
5.8 7号機と隣接する6号機からの津波浸水、内部溢水の波及的影響について		
5.9 地震を発生要因としない津波による溢水について		
5.10 バブラー管への津波荷重について		

	6. 工事計画変更認可後の変更手続き	—
	6.1 工事計画変更認可後の変更手続きの要否について	V-1-1-3-2-3 「入力津波の設定」 V-1-1-3-2-4 「入力津波による津波防護対象設備への影響評価」

## 1. 入力津波の評価

## 1.1 潮位観測記録の評価について

## 1.1 潮位観測記録の評価について

### (1) はじめに

入力津波による水位変動に用いる潮位条件には、観測地点「柏崎」における平成 22 年 1 月から平成 26 年 12 月まで（2010 年 1 月～2014 年 12 月）の 5 ヶ年の潮位観測記録より求めた朔望平均潮位を使用している。ここでは、観測記録の抽出期間の妥当性を確認するため、10 ヶ年の潮位観測記録について同様の分析を行い、潮位条件への影響の有無を確認した。

また、柏崎刈羽原子力発電所の潮位観測に用いている観測地点「柏崎」（国土交通省国土地理院柏崎験潮場）は、敷地から南西約 11km と離れていることから、発電所港湾の近傍に設置されている波高計記録と比較し、妥当性を確認した。

### (2) 観測記録の抽出期間の影響について

入力津波による水位変動に用いる平成 22 年 1 月から平成 26 年 12 月まで（2010 年 1 月～2014 年 12 月）の 5 ヶ年の潮位観測記録に対して、平成 17 年 1 月からの 10 ヶ年（2005 年 1 月～2014 年 12 月）の潮位観測記録のデータ分析を行った。分析結果を表 1.1-1 に示す。

表 1.1-1 から 5 ヶ年及び 10 ヶ年の朔望満潮位、朔望干潮位及びそれらの標準偏差について、いずれも同程度であることを確認した。また、図 1.1-1 に 10 ヶ年（2005 年 1 月～2014 年 12 月）の潮位変化を示す。

表 1.1-1 朔望潮位に関する分析結果

	朔望満潮位 (m)		朔望干潮位 (m)	
	5 ヶ年	10 ヶ年	5 ヶ年	10 ヶ年
平均値	T. M. S. L. +0.49	T. M. S. L. +0.49	T. M. S. L. +0.03	T. M. S. L. +0.01
標準偏差	0.16	0.15	0.15	0.14

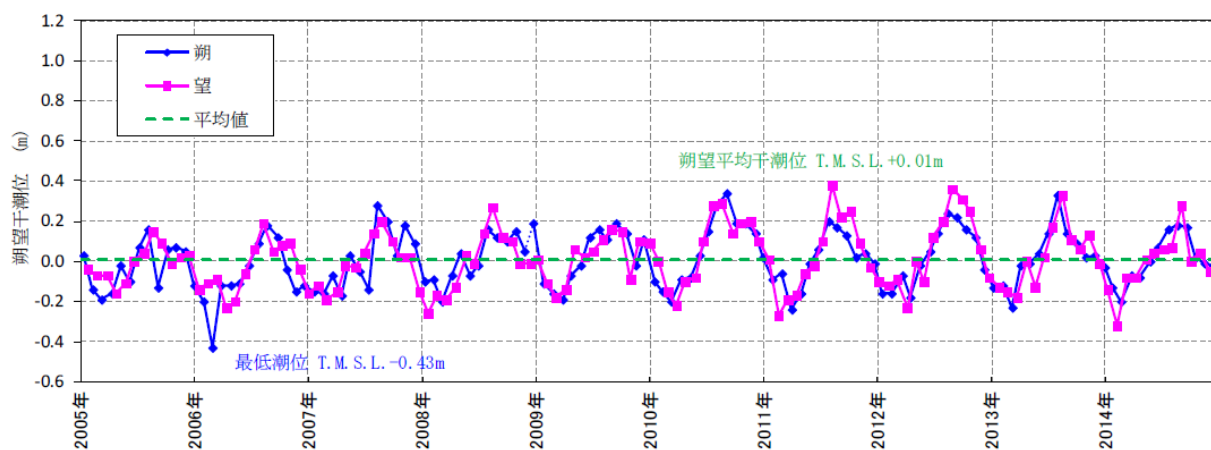
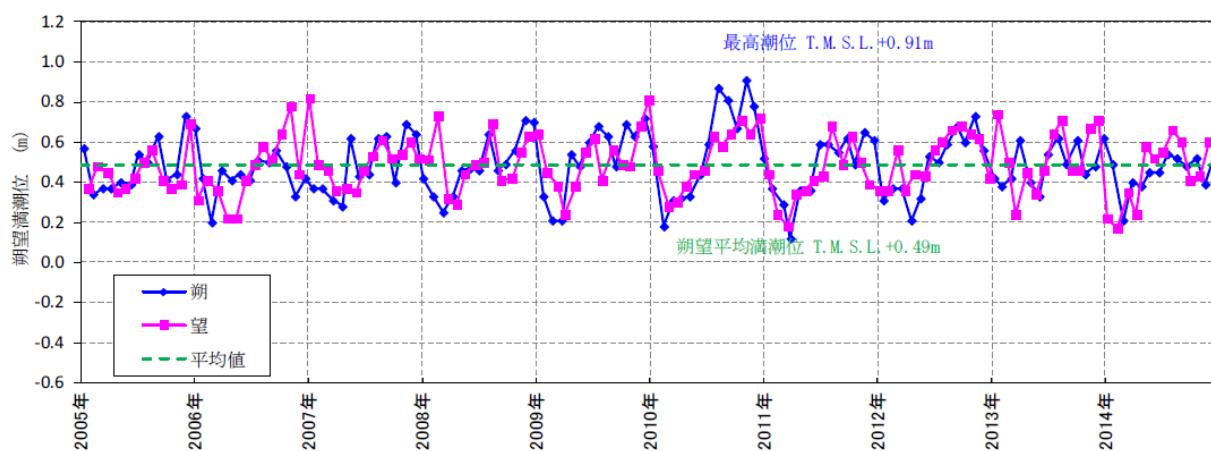


図 1.1-1 10 ヵ年 (2005 年 1 月～2014 年 12 月) の潮位変化  
(上：潮望満潮位，下：潮望干潮位)



(3) 柏崎験潮場と敷地港外の波高計との比較について

柏崎刈羽原子力発電所の潮位観測に用いている観測地点「柏崎」（国土交通省国土地理院 柏崎験潮場）は、敷地から南西約 11km と離れているため、発電所港湾の近傍に設置されている波高計記録と比較した。

柏崎験潮場の位置を図 1.1-2 に、敷地港外に設置されている波高計位置図を図 1.1-3 に示す。

柏崎験潮場と波高計の違いを下記に示す。

- a. 波高計は、超音波式沿岸波高計であり、海底に超音波送受波器を設置し、水中から発射した超音波が海面で反射して戻るまでの時間を計ることにより、海面の水位変動を 0.5 秒間隔で計測している。概念図を図 1.1-4 に示す。
- b. 柏崎験潮場は、フロート式の潮位計であり、導水管を通して井戸に出入りする海水の昇降を 30 秒間隔で計測し、日ごとの満干潮位を示している。波浪などの海水面の短周期変動成分を取り除き、観測基準点からの高さを標高に換算している。標高の基準としては、東京湾平均海面を用いている。概念図を図 1.1-5 に示す。

波高計の記録と潮位計の記録を比較するため、計測された水位を、波高計の記録の短周期成分を取り除き、1 時間平均値として整理した。対象期間については、1 年間を通して潮位データが比較できることを考慮し、欠測が少ない期間とした。潮位計と波高計の各月の朔望満干潮位の推移を図 1.1-6 に、朔望平均満潮位・干潮位を表 1.1-2 に示す。

検討結果から、柏崎験潮場潮位と波高計の波形には大きな差がなく、柏崎験潮場と波高計の朔望満潮位及び朔望干潮位の差は朔望平均満潮位で 4cm、朔望平均干潮位で 5cm 程度であり、大きな差がないことを確認した。

注記\*：比較対象期間

- ① 2006 年 1 月～2006 年 12 月
- ② 2011 年 1 月～2011 年 12 月
- ③ 2012 年 1 月～2012 年 12 月

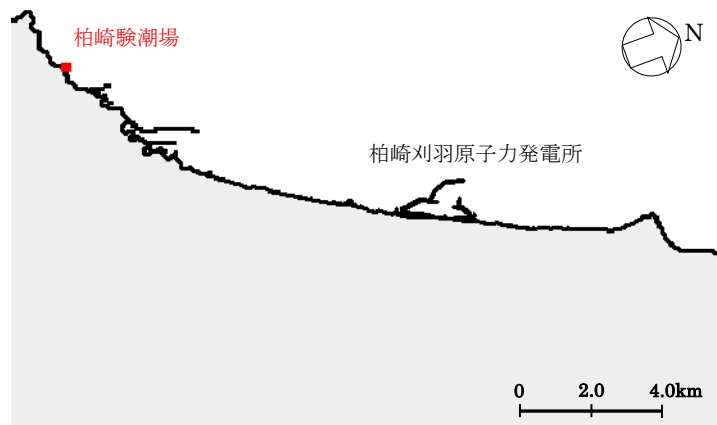


図 1.1-2 柏崎験潮場の位置

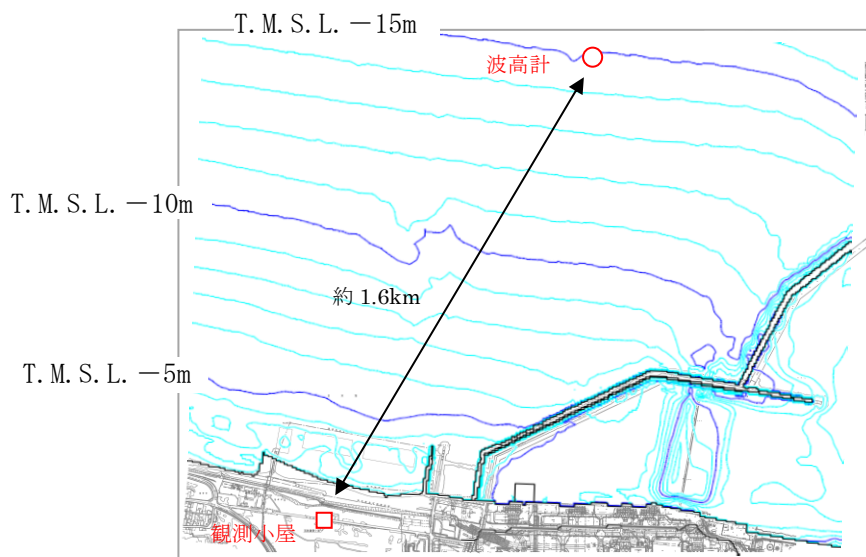


図 1.1-3 波高計の設置位置

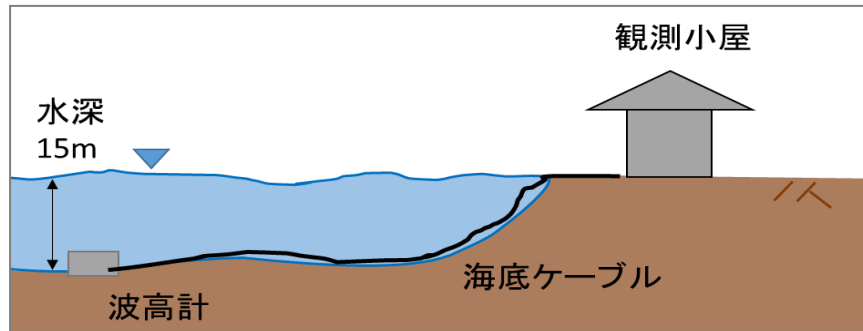


図 1.1-4 超音波式沿岸波高計の概念図

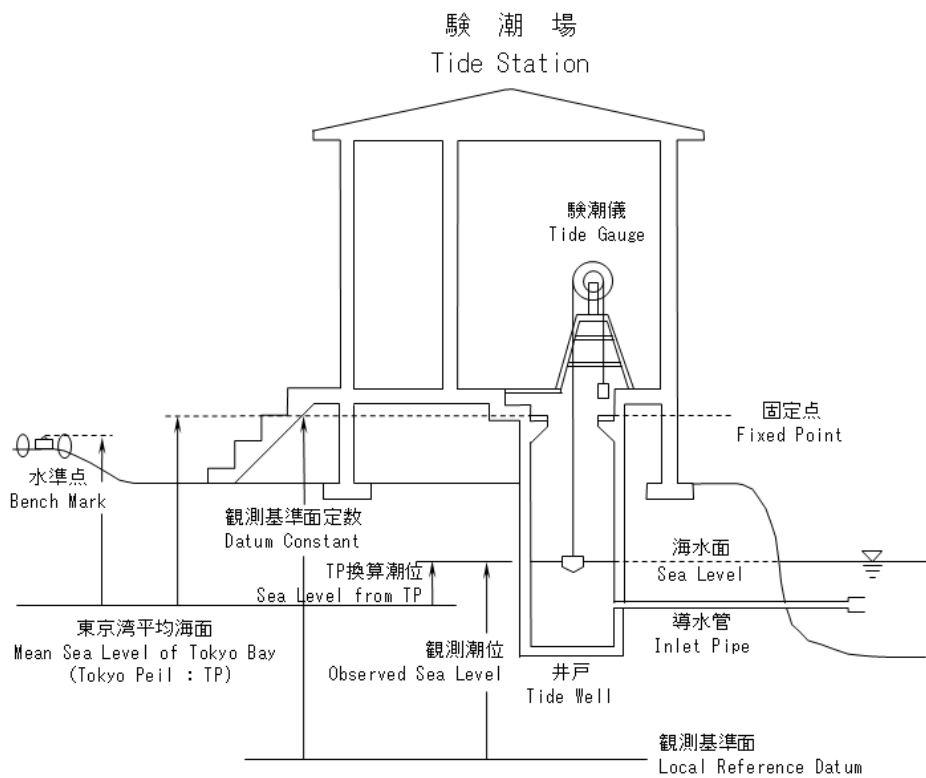


図 1.1-5 潮位計の概念図 (国土地理院 HP より)

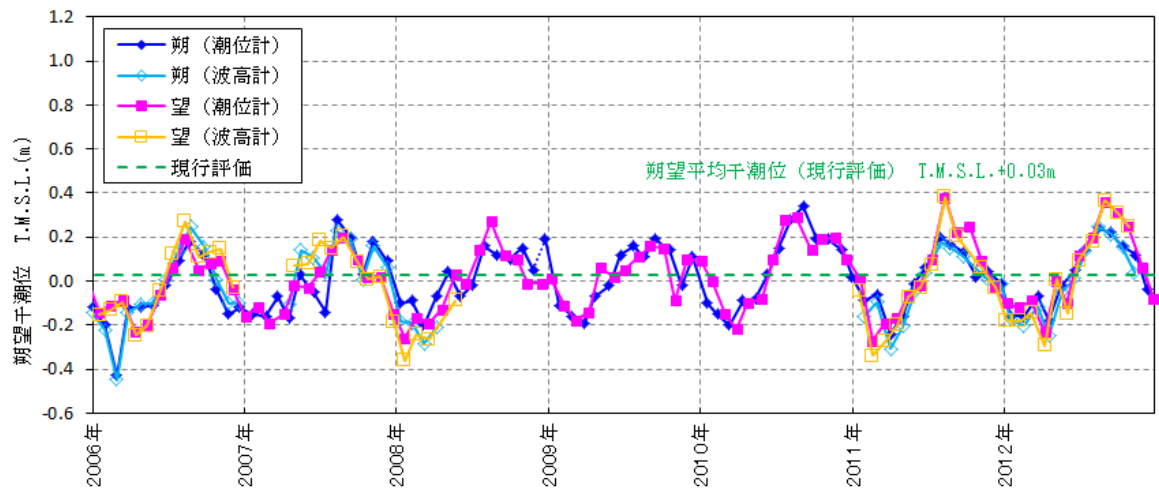
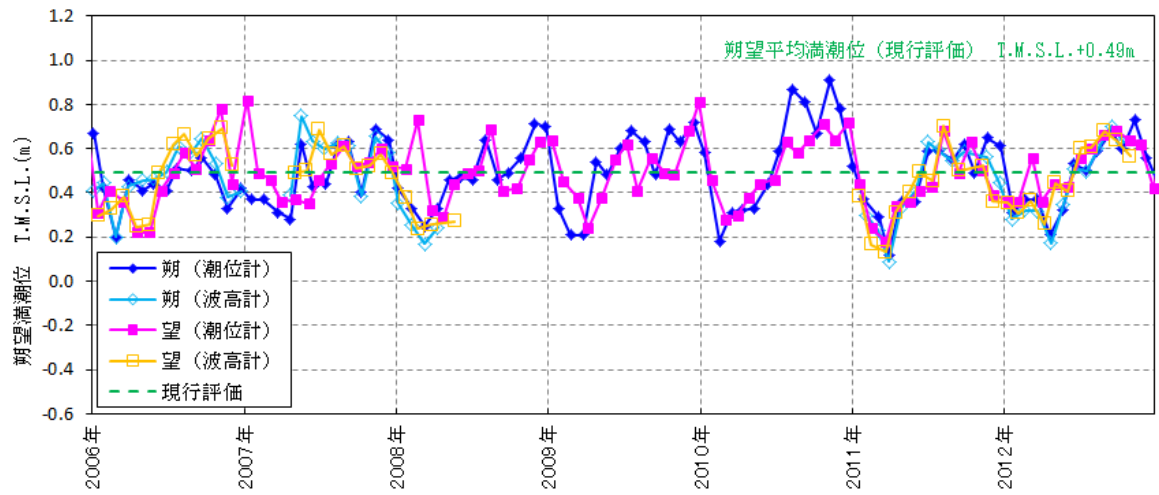


図 1.1-6 各月の朔望満干潮位の推移  
(上図：満潮位，下図：干潮位)

表 1.1-2 朔望平均の比較

	観測期間	朔望満潮位 (m)	朔望干潮位 (m)
敷地波高計	2006年1月～2006年12月	T. M. S. L. +0.47	T. M. S. L. -0.04
	2011年1月～2011年12月	T. M. S. L. +0.42	T. M. S. L. -0.03
	2012年1月～2012年12月	T. M. S. L. +0.46	T. M. S. L. +0.01
	平均値	T. M. S. L. +0.45	T. M. S. L. -0.02
柏崎験潮場	2010年1月～2010年12月	T. M. S. L. +0.55	T. M. S. L. +0.06
	2011年1月～2011年12月	T. M. S. L. +0.45	T. M. S. L. +0.02
	2012年1月～2012年12月	T. M. S. L. +0.50	T. M. S. L. +0.04
	2013年1月～2013年12月	T. M. S. L. +0.51	T. M. S. L. +0.02
	2014年1月～2014年12月	T. M. S. L. +0.45	T. M. S. L. +0.00
	現行評価 (平均値)	T. M. S. L. +0.49	T. M. S. L. +0.03

## 1.2 遡上・浸水域の評価の考え方について

## 1.2 遡上・浸水域の評価の考え方について

### (1) 遡上・浸水域の評価の考え方

遡上・浸水域の評価に当たっては、遡上解析を実施して、遡上波の回り込みを含め敷地への遡上の可能性を検討する必要がある。

遡上・浸水域の評価においては、遡上・浸水域が広めの評価（安全側の評価）となるよう、以下のとおり初期条件を設定し、遡上解析を実施する。

#### a. 基準地震動 $S_s$ による被害想定 of 考慮

基準地震動  $S_s$  に伴う地形変化、標高変化が生じる可能性について検討を行った結果、遡上解析の初期条件として下記を考慮することとする。

- (a) 基準地震動  $S_s$  による損傷が想定される荒浜側防潮堤及び防波堤については、それらが無い状態での津波評価を実施する。
- (b) 基準地震動  $S_s$  による沈下が想定される敷地については、沈下量を設定し地形に反映して、津波評価を実施する。
- (c) 基準地震動  $S_s$  による崩壊が想定される周辺斜面については、斜面崩壊を考慮し、土砂の堆積形状を設定し地形に反映して、津波評価を実施する。

#### b. 潮位のばらつきの考慮

朔望平均満潮位 (T.M.S.L. +0.49m) に加え、潮位のばらつきとして 0.16m を考慮し、初期潮位 T.M.S.L. +0.65m として遡上解析を実施する。

#### c. 入力津波の波源としている地震により生じる地殻変動

入力津波の波源としている地震により生じる地殻変動として、水位上昇側の基準津波である基準津波 1 及び 3 に対しては 0.21m 及び 0.29m の沈降を考慮する。水位下降側の基準津波である基準津波 2 に対しては、安全側の評価になるように 0.20m の沈降を考慮していない。地殻変動量については初期条件として考慮し、基準津波の水位を算出している。

### (2) 敷地の沈下量設定

護岸付近の地盤及び敷地は、地震時の液状化に伴う地盤の沈下が想定されることから、沈下量を算定し、地形モデルに反映する沈下量を設定する。なお、液状化に伴う沈下量の算定は、排水による沈下と側方流動による沈下に分けて算定する。なお、遡上域及び荒浜側防潮堤が損傷した場合に遡上する可能性がある敷地として、護岸付近の地盤及び荒浜側防潮堤内の敷地について、沈下量の設定を行うこととした。

a. 液状化に伴う排水沈下

(a) 検討概要

護岸付近及び荒浜側防潮堤内敷地の地盤は、西山層、古安田層\*、埋戻土層等から構成されている。沈下量は、図 1.2-1 に示す流れに従って、地質断面図により算定した。

注記\*：安田層下部層の MIS10～MIS7 と MIS6 の境界付近の堆積物については、本資料では〔古安田層〕と仮称する。

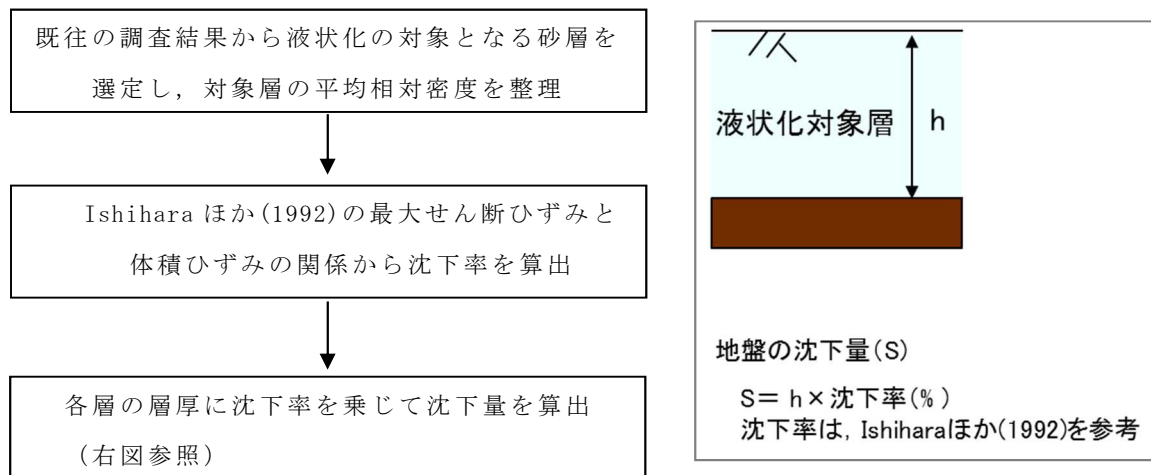


図 1.2-1 液状化に伴う排水沈下量の算定フロー

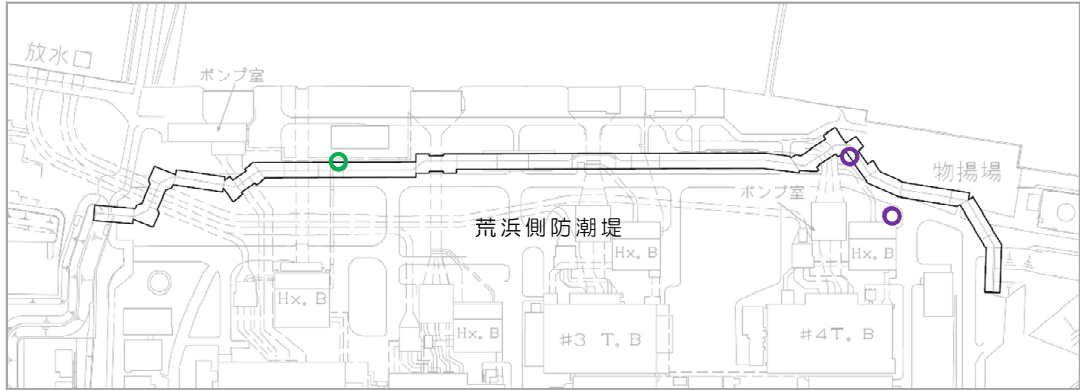
(b) 評価対象層の選定及び相対密度の設定

排水沈下量算定の対象層としては、砂層の分布状況等から、古安田層中の砂層、新期砂層・沖積層及び埋戻土層を選定した。各層の沈下率は、Ishihara ほか(1992)の地盤の相対密度に応じた最大せん断ひずみと体積ひずみ(沈下率)の関係から設定した。相対密度の調査位置を図 1.2-2 に、各層の相対密度を図 1.2-3 に示す。

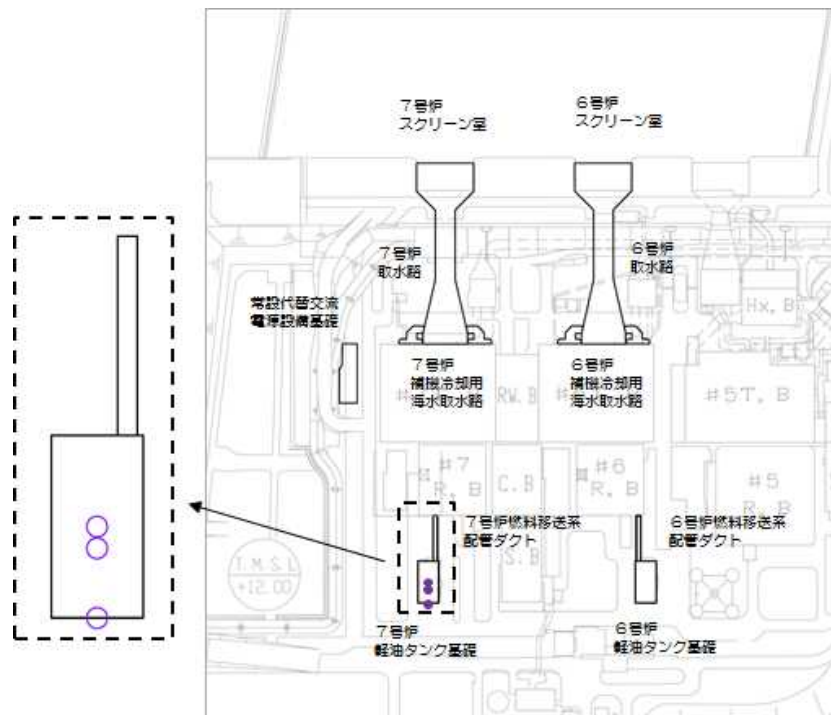
沈下率は、図 1.2-4 に示すとおり、相対密度のばらつきを考慮するとともに、最大せん断ひずみによらず体積ひずみ(沈下率)の最大値を採用し、保守的に埋戻土層 2.8%、新期砂層・沖積層 1.7%、古安田層中の砂層 2.1%と設定した。



- : 埋戻土層調査位置
- : 新期砂層・沖積層調査位置



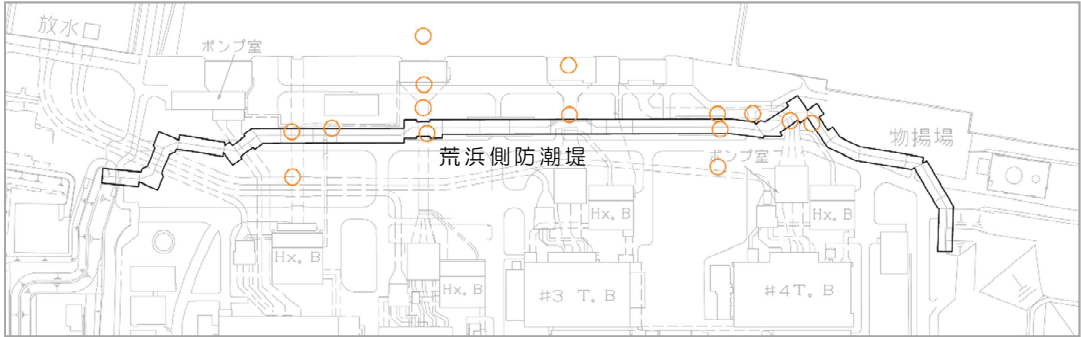
荒浜側



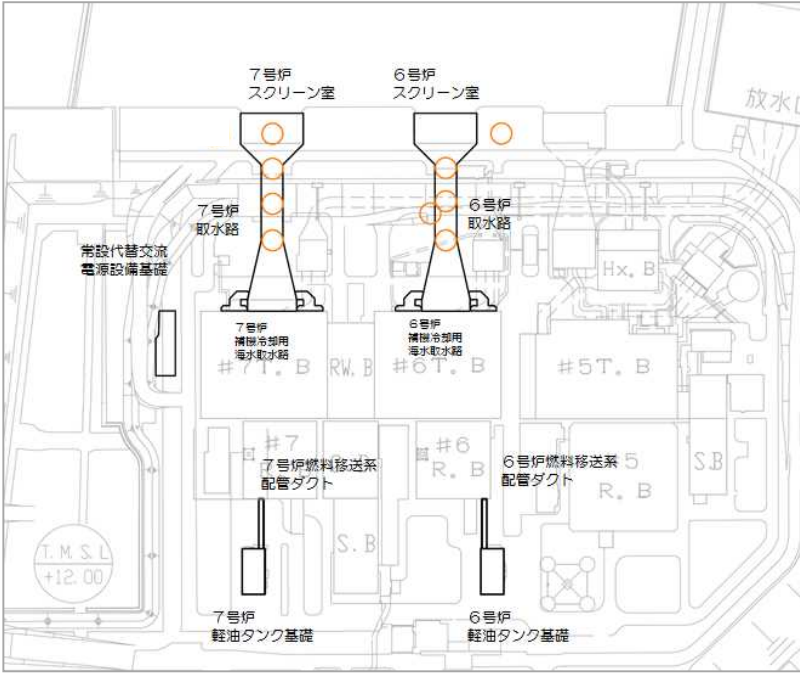
大湊側

図 1.2-2 (1) 相対密度の調査位置〔埋戻土層及び新期砂層・沖積層〕

○ : 調査位置



荒浜側



大湊側

図 1.2-2(2) 相対密度の調査位置〔古安田層内の砂層〕

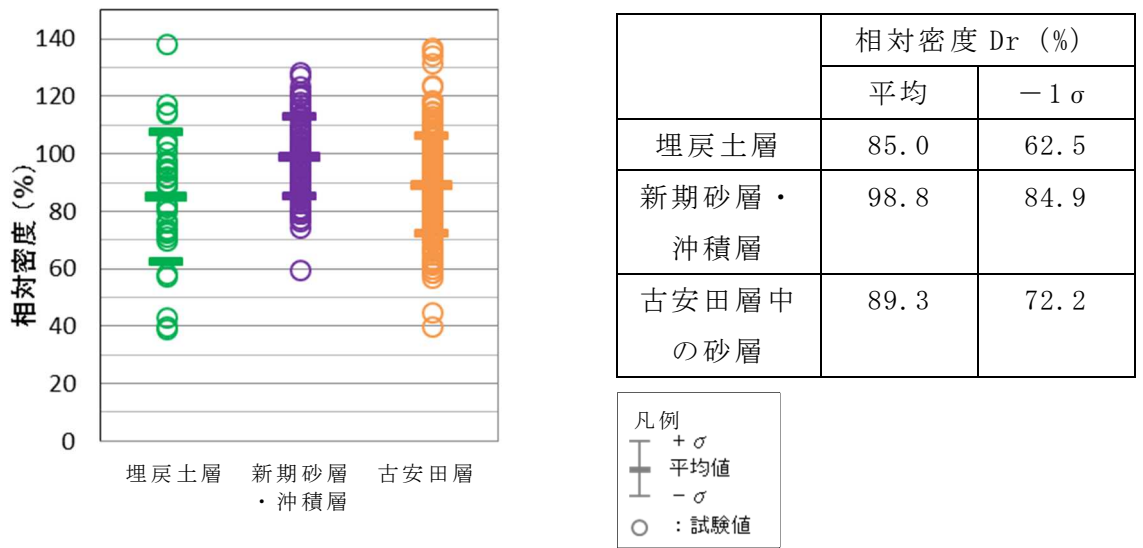


図 1.2-3 地盤の相対密度

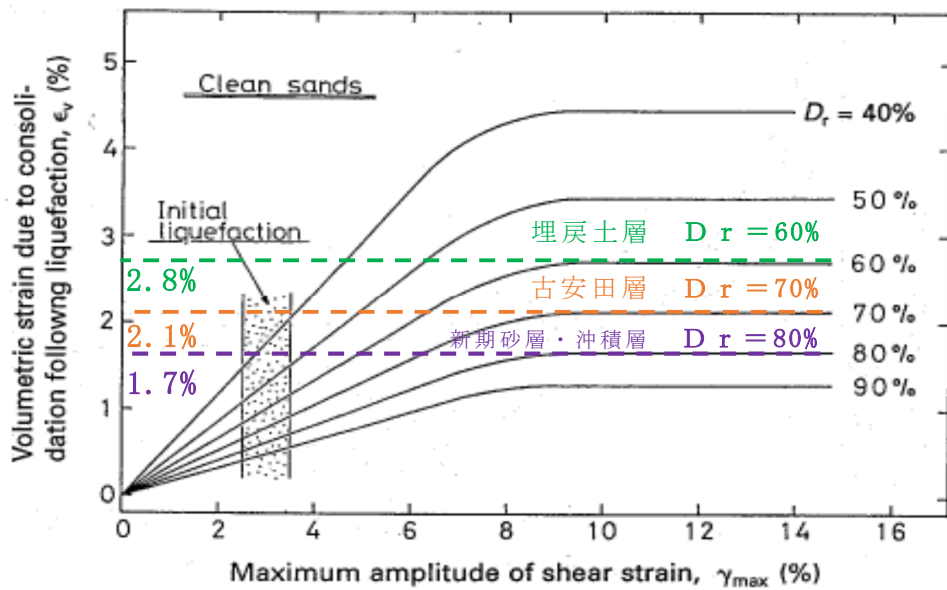


図 1.2-4 Ishihara ほか(1992)の地盤の最大せん断ひずみと体積ひずみの関係から設定した沈下率

(c) 護岸付近の排水沈下量

護岸付近の排水沈下量は、大湊側を6号及び7号機の取水路に直交する地質断面図、荒浜側を荒浜側防潮堤沿いの地質断面図に基づき算定した。平面図及び地質断面図を図1.2-5に示す。

各砂層の層厚と沈下率から算出した沈下量の分布を図1.2-6に示す。大湊側護岸付近の平均沈下量は0.53m、最大沈下量は0.64m、荒浜側護岸付近の平均沈下量は0.46m、最大沈下量は0.68mとなった。

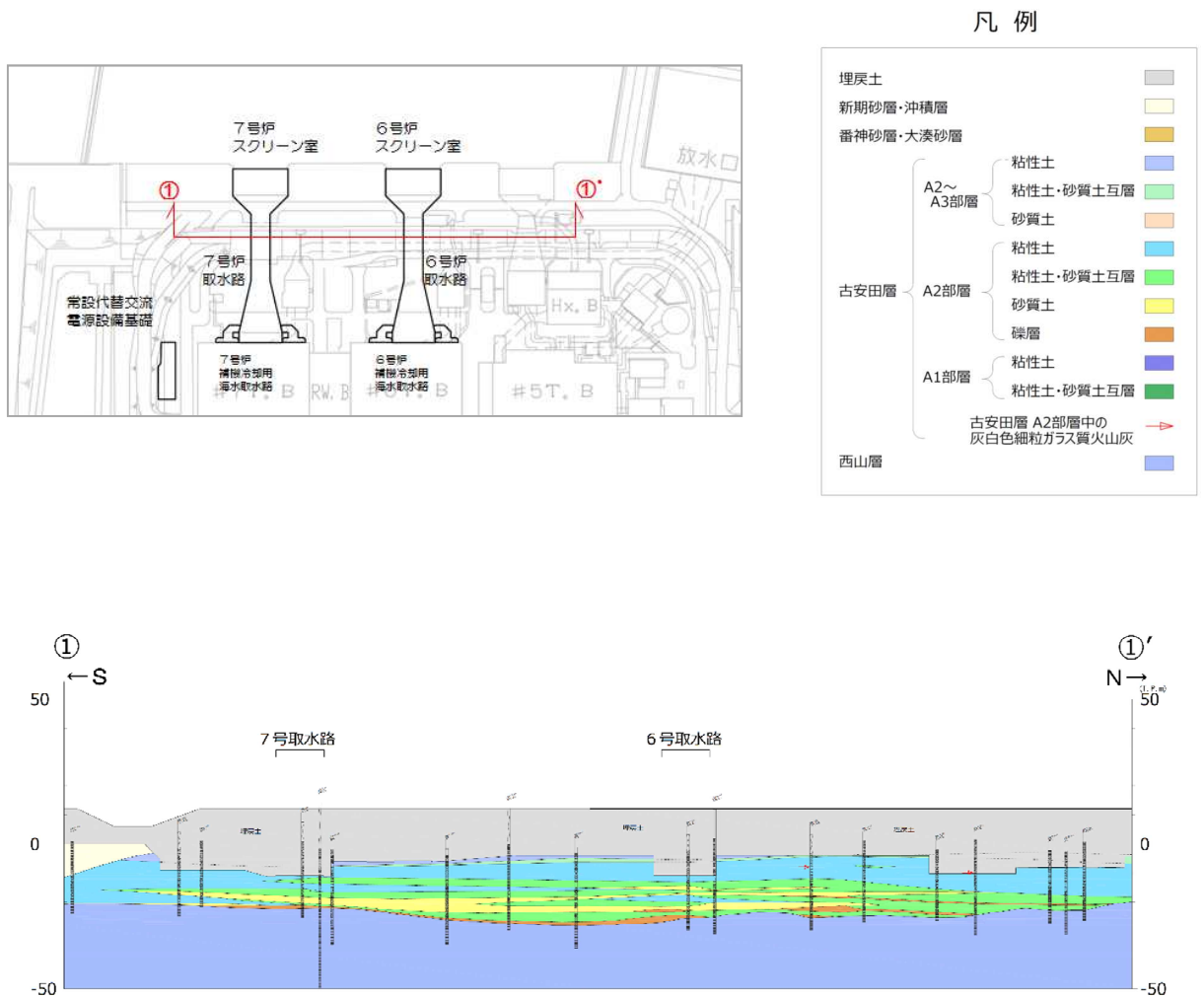


図 1.2-5 (1) 地質断面図 (大湊側 ①-①' 断面)

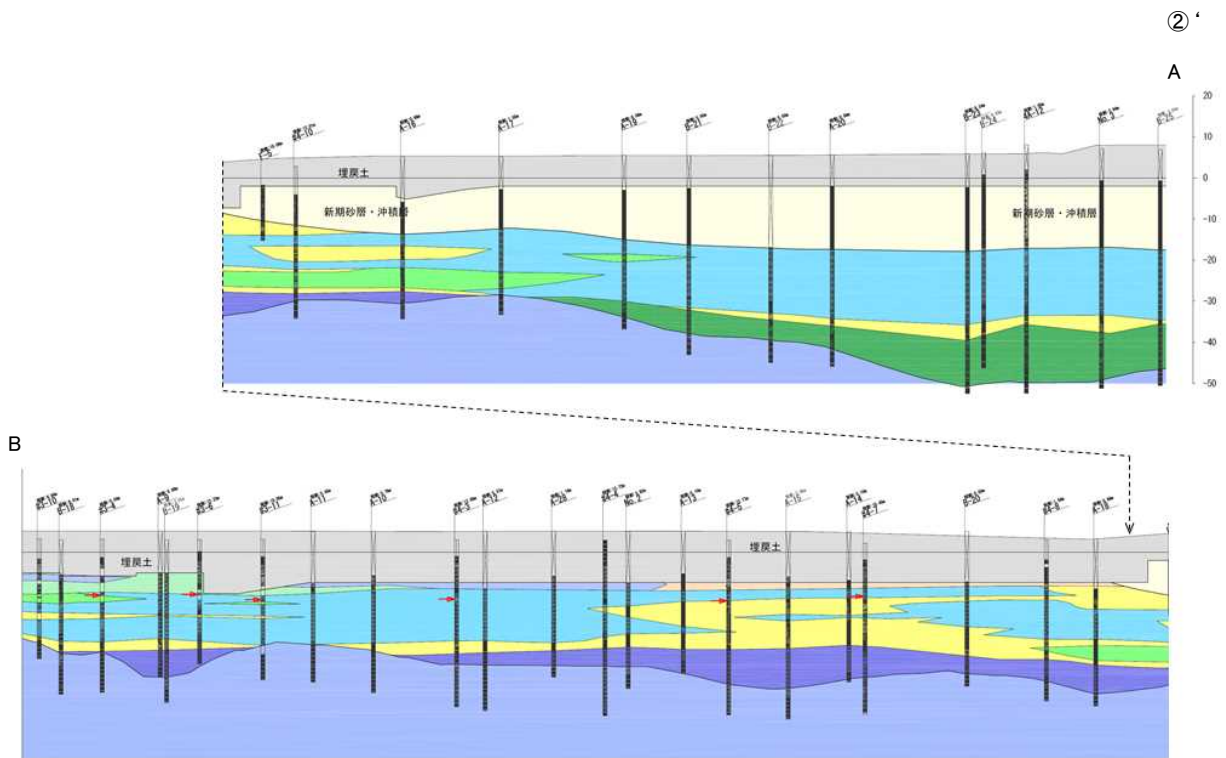
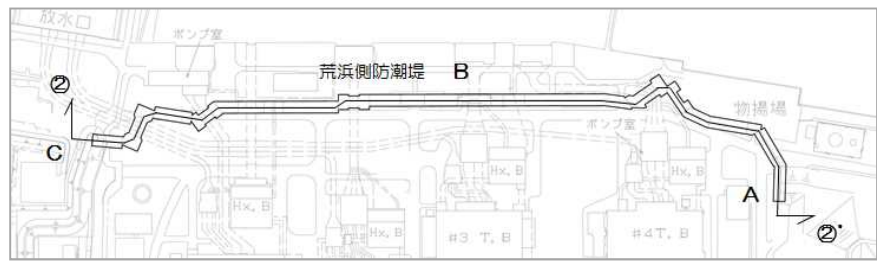


図 1.2-5 (2) 地質断面図 (荒浜側 ②-②' (A-B) 断面)



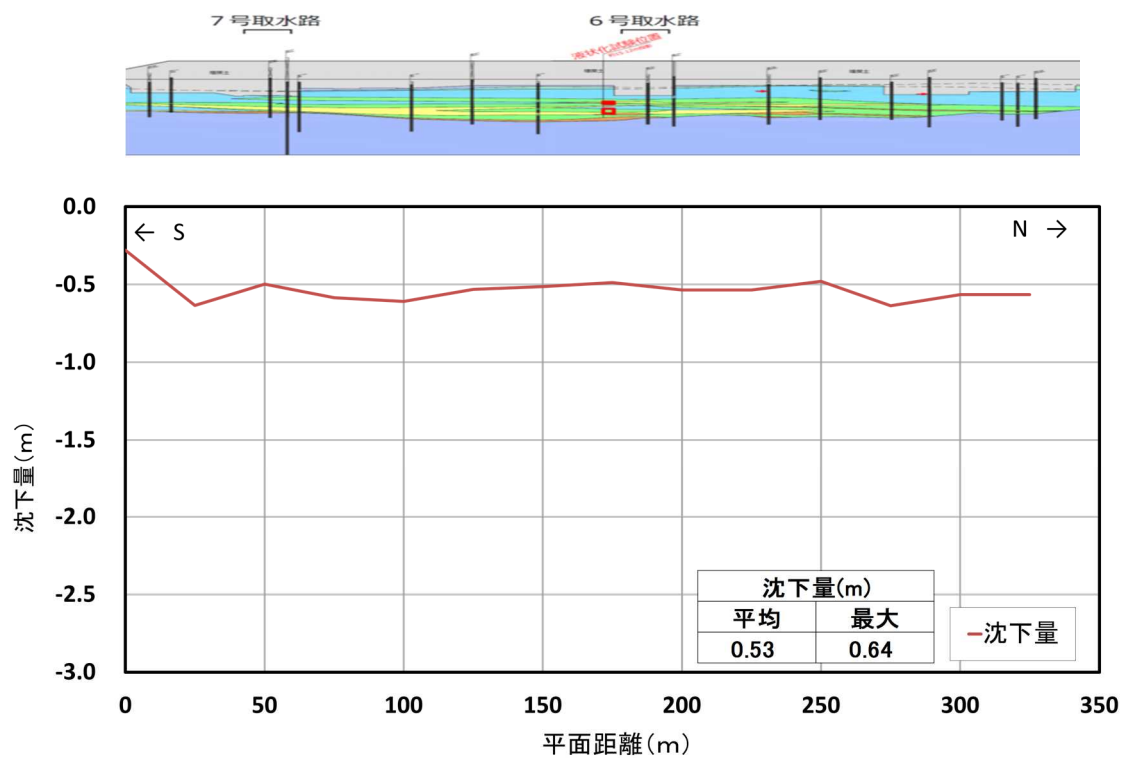


图 1.2-6(1) 排水沈下量 (大湊側護岸付近)

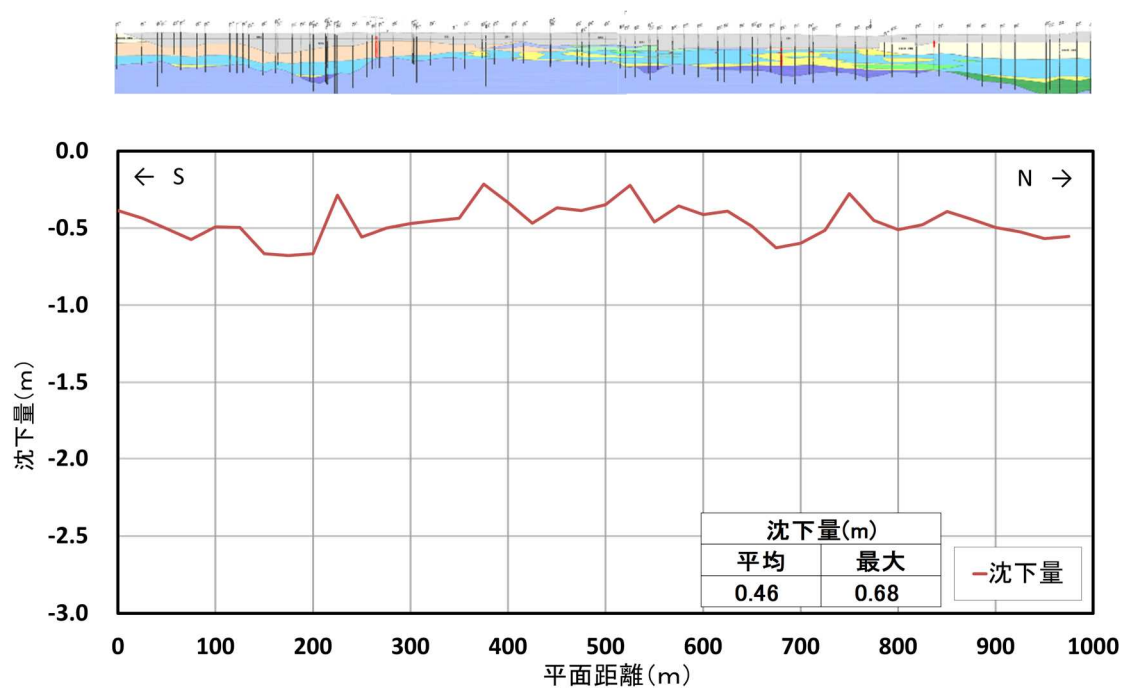


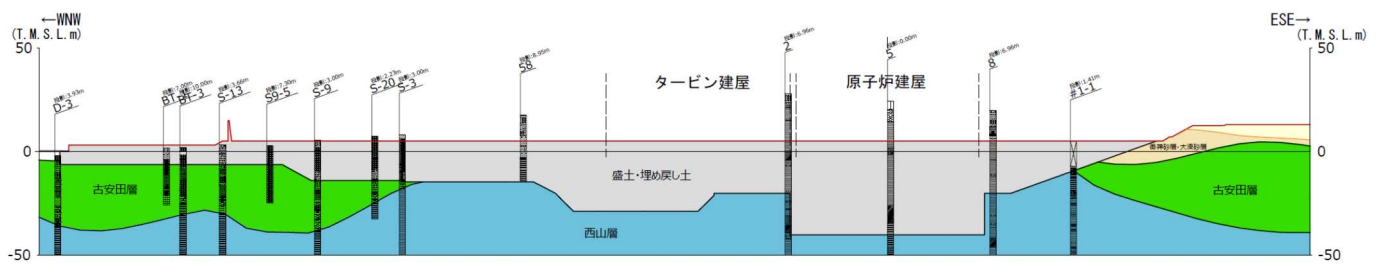
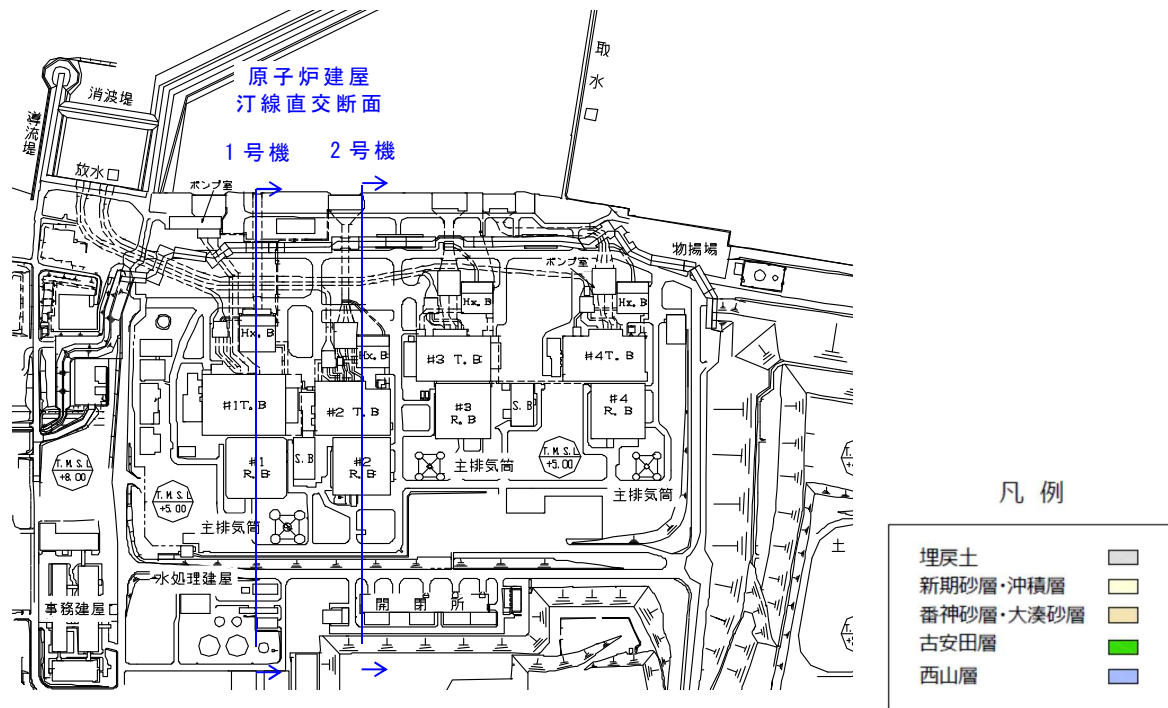
图 1.2-6(2) 排水沈下量 (荒浜側護岸付近)

(d) 荒浜側防潮堤内敷地の排水沈下量

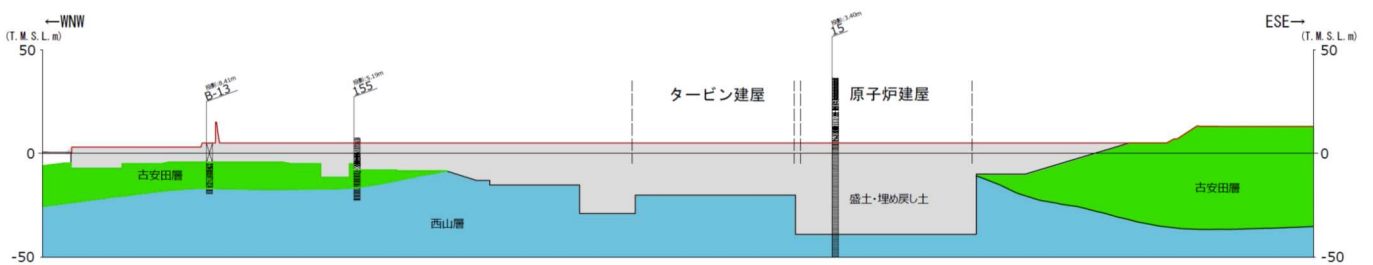
荒浜側防潮堤内の敷地 (T. M. S. L. +5m) の沈下量は、護岸付近と同様な考え方で、1～4号機の原子炉建屋に直交する地質断面図及び原子炉建屋山側の汀線に平行な地質断面図に基づき算定した。平面図及び地質断面図を図1.2-7に示す。なお、古安田層については、液状化しない粘性土も広く分布しているが、ここでは全層を液状化評価対象層として保守的に沈下量を算定した。

各砂層の層厚と沈下率から算出した沈下量の分布を図1.2-8に示す。1号機汀線直交断面の沈下量は、海側で平均0.77m、最大1.03m、山側で平均0.77m、最大1.06mとなった。2号機汀線直交断面の沈下量は、海側で平均0.53m、最大0.58m、山側で平均0.83m、最大1.05mとなった。3号機汀線直交断面の沈下量は、海側で平均0.72m、最大0.95m、山側で平均0.93m、最大1.15mとなった。4号機汀線直交断面の沈下量は、海側で平均0.83m、最大0.97m、山側で平均0.88m、最大1.07mとなった。山側汀線平行断面の沈下量は、平均0.69m、最大1.01mとなった。



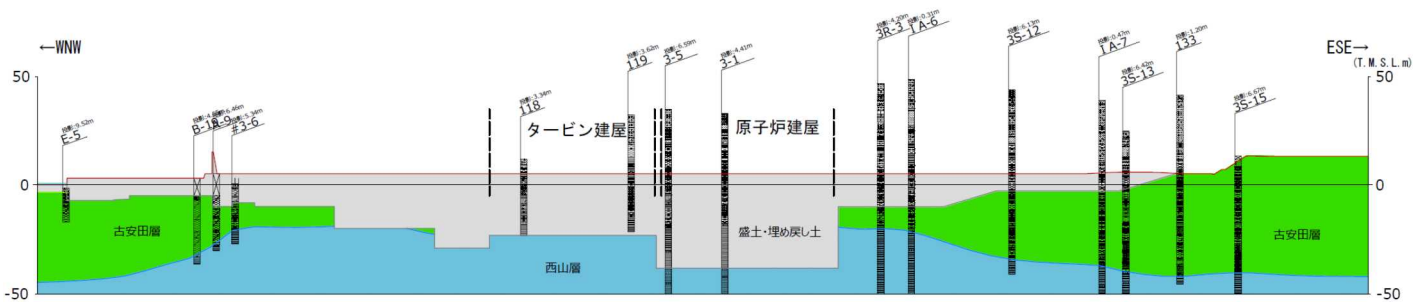
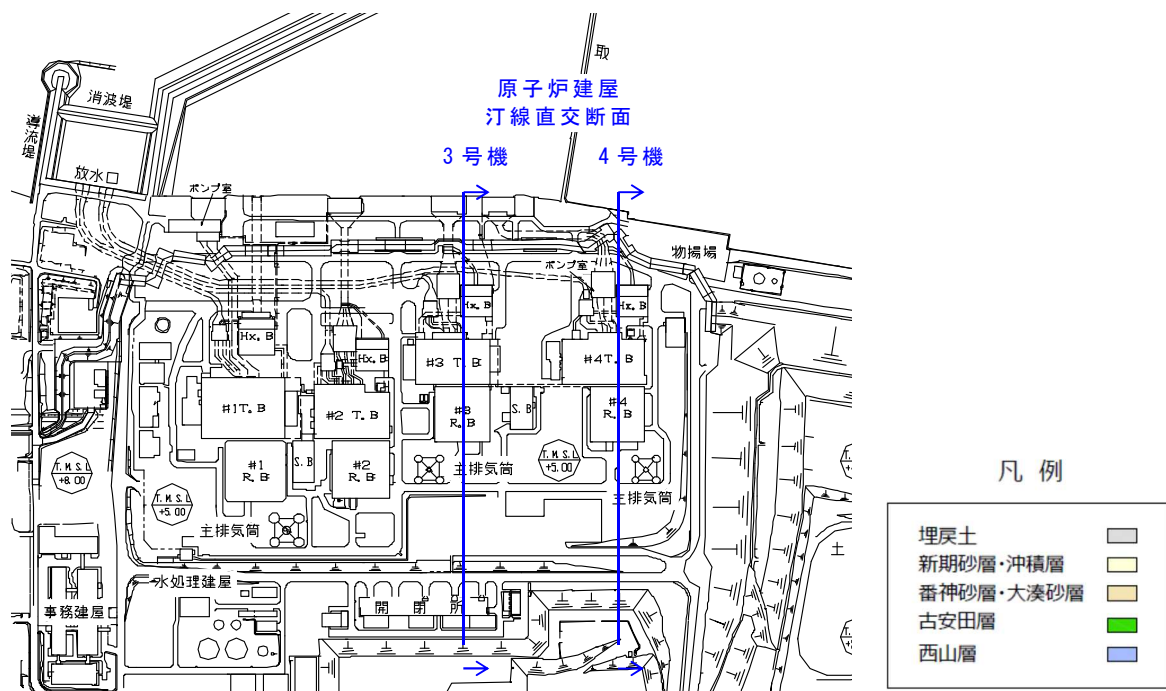


1号機汀線直交断面

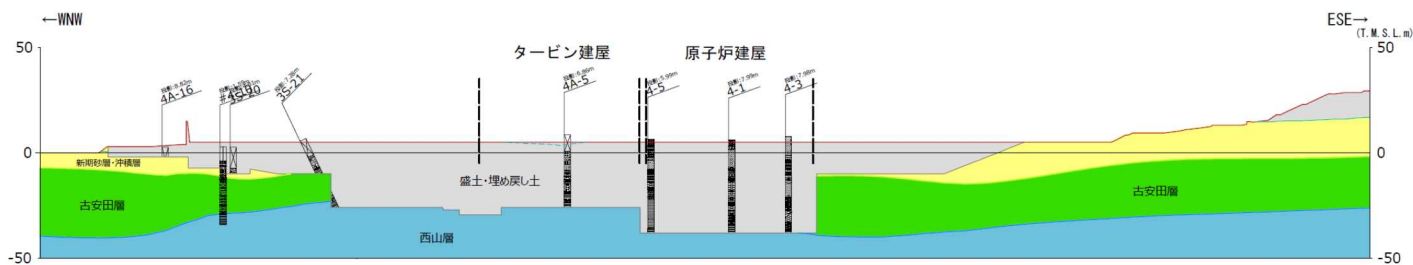


2号機汀線直交断面

図 1.2-7 (1) 地質断面図 (1, 2号機汀線直交断面図)



3号機汀線直交断面



4号機汀線直交断面

図 1.2-7(2) 地質断面図 (3, 4号機汀線直交断面図)

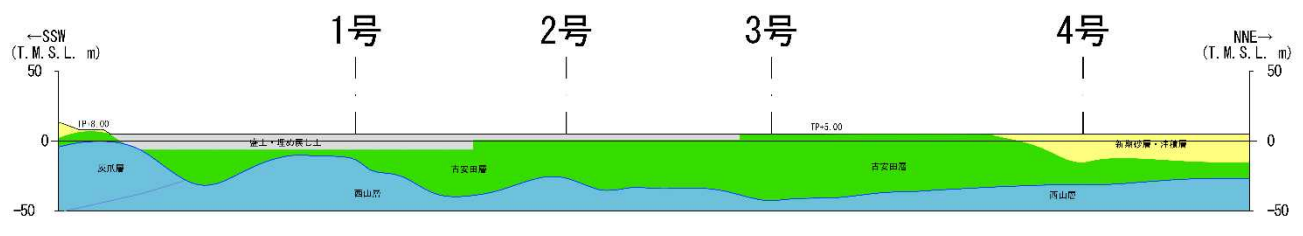
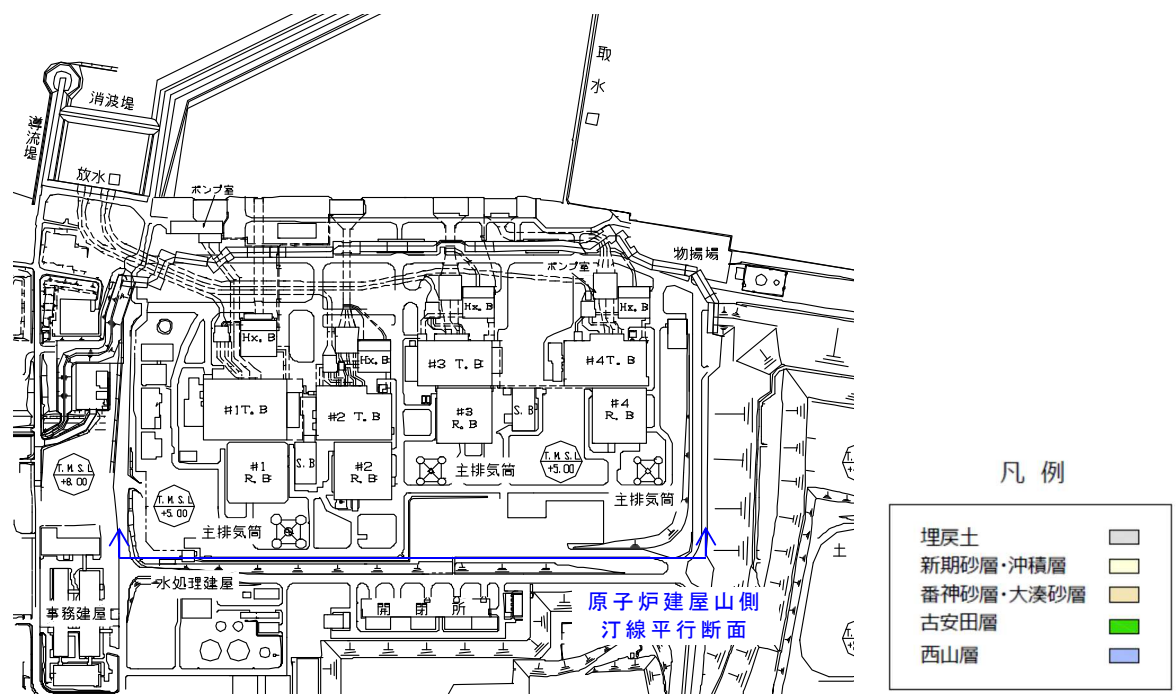


図 1.2-7(3) 地質断面図 (原子炉建屋山側 汀線平行断面図)

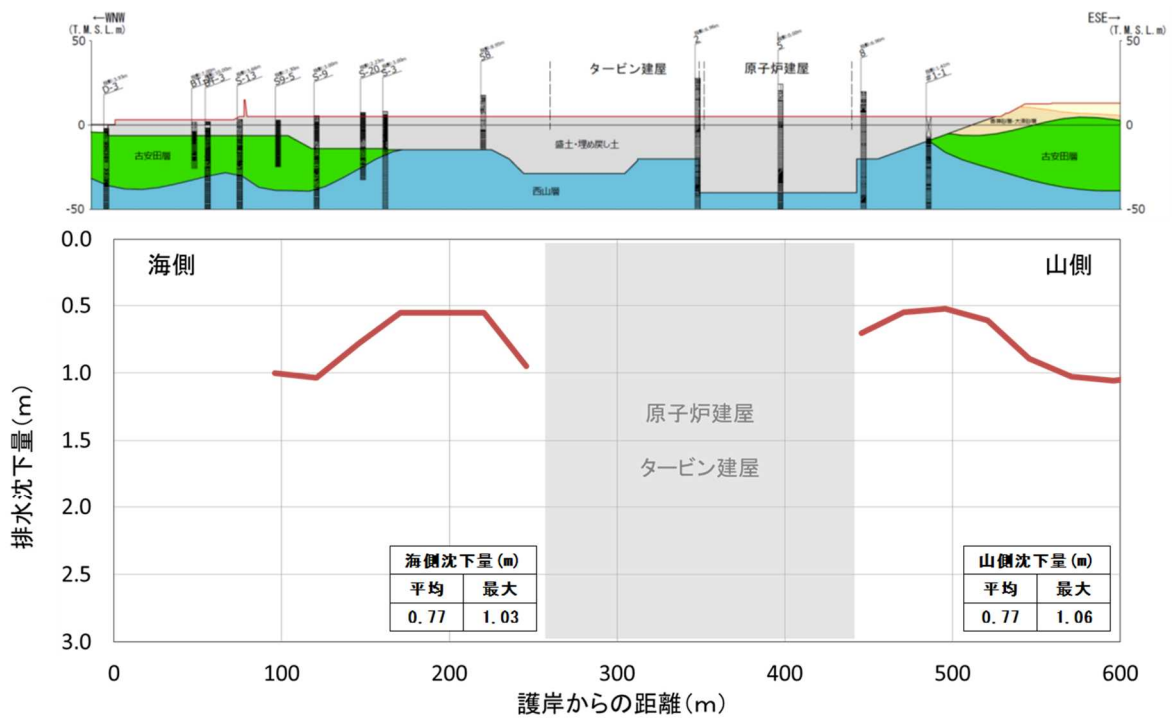


図 1.2-8(1) 排水沈下量 (1号機汀線直交断面)

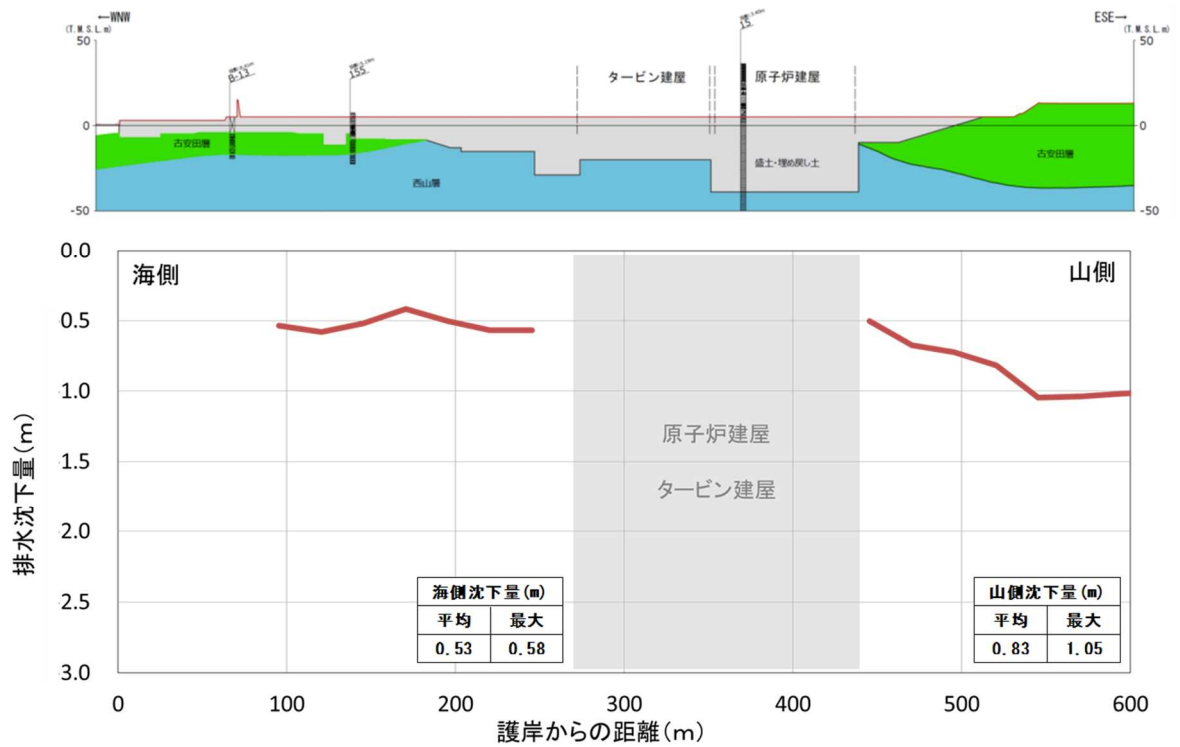


図 1.2-8(2) 排水沈下量 (2号機汀線直交断面)

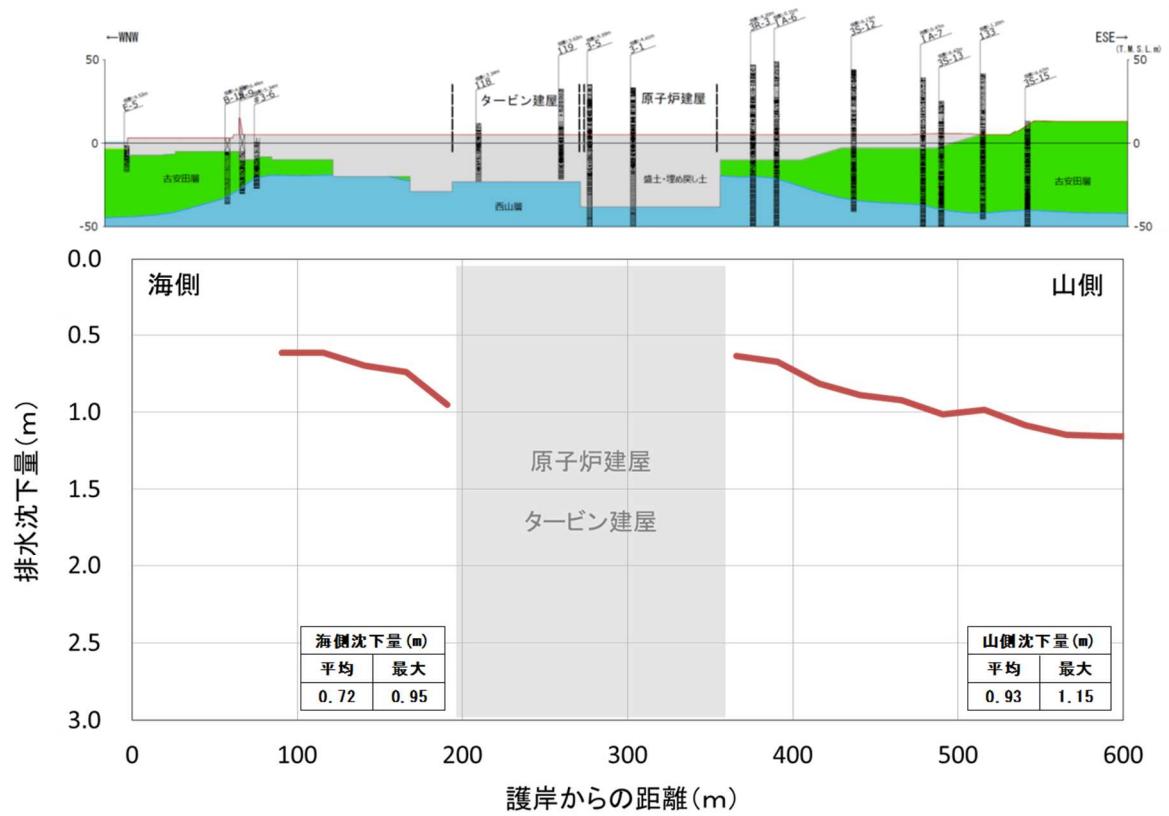


図 1.2-8(3) 排水沈下量 (3号機汀線直交断面)

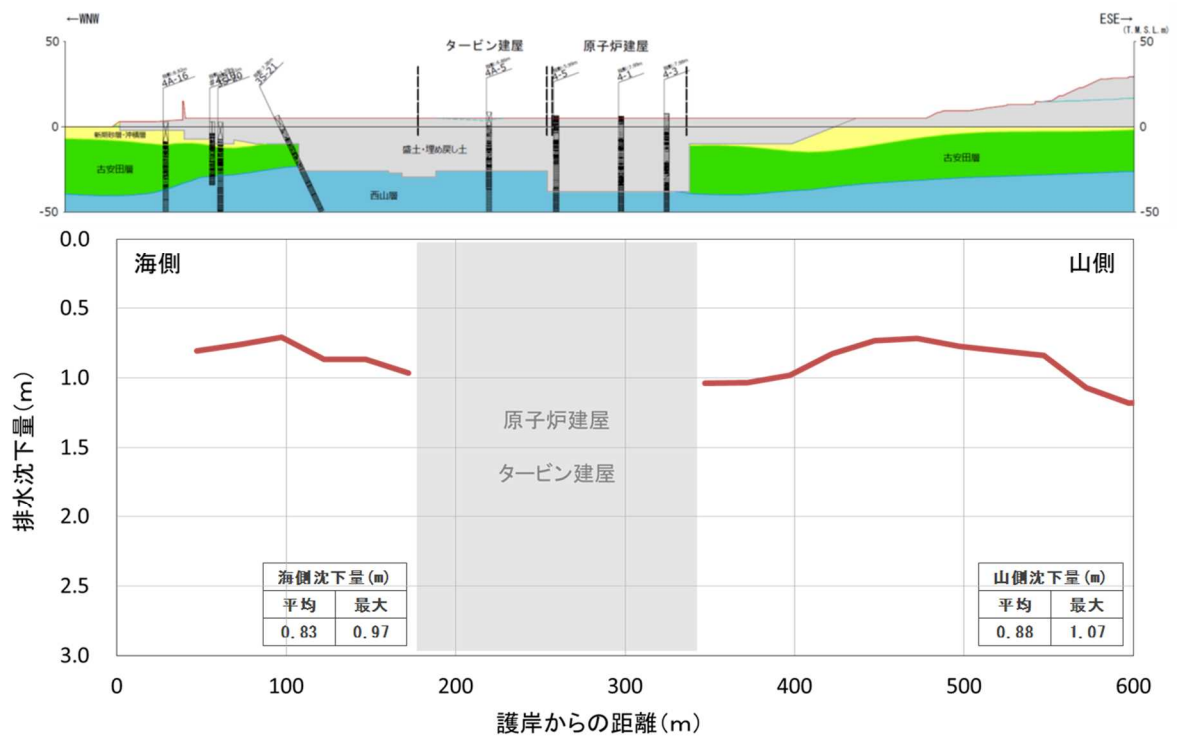


図 1.2-8(4) 排水沈下量 (4号機汀線直交断面)

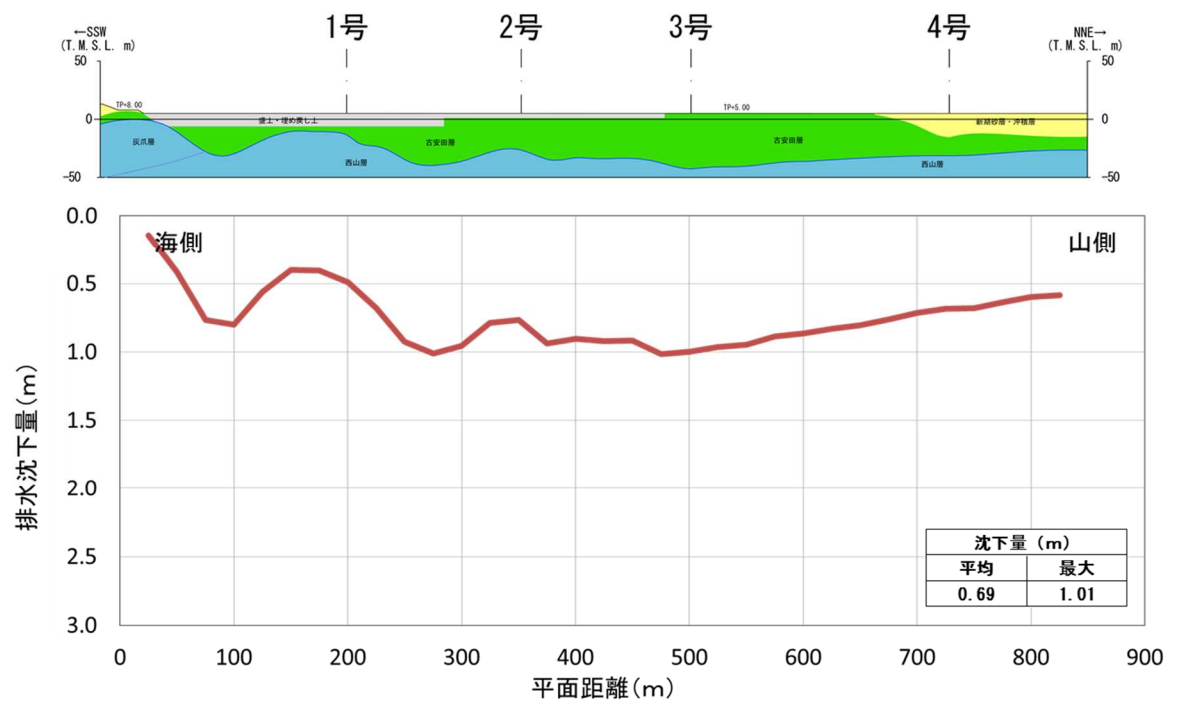


图 1.2-8(5) 排水沈下量 (原子炉建屋山側汀線平行断面)

b. 液状化に伴う側方流動による沈下

(a) 評価方針

護岸付近の地盤については、地震時の地盤の液状化に伴う側方流動が想定されることから、二次元有効応力解析（解析コード「FLIP Ver.7.2.3\_5」）により側方流動による沈下量を算定した。評価を行う解析断面には、図 1.2-9 に示すとおり、荒浜側 2 断面、大湊側 1 断面を選定した。

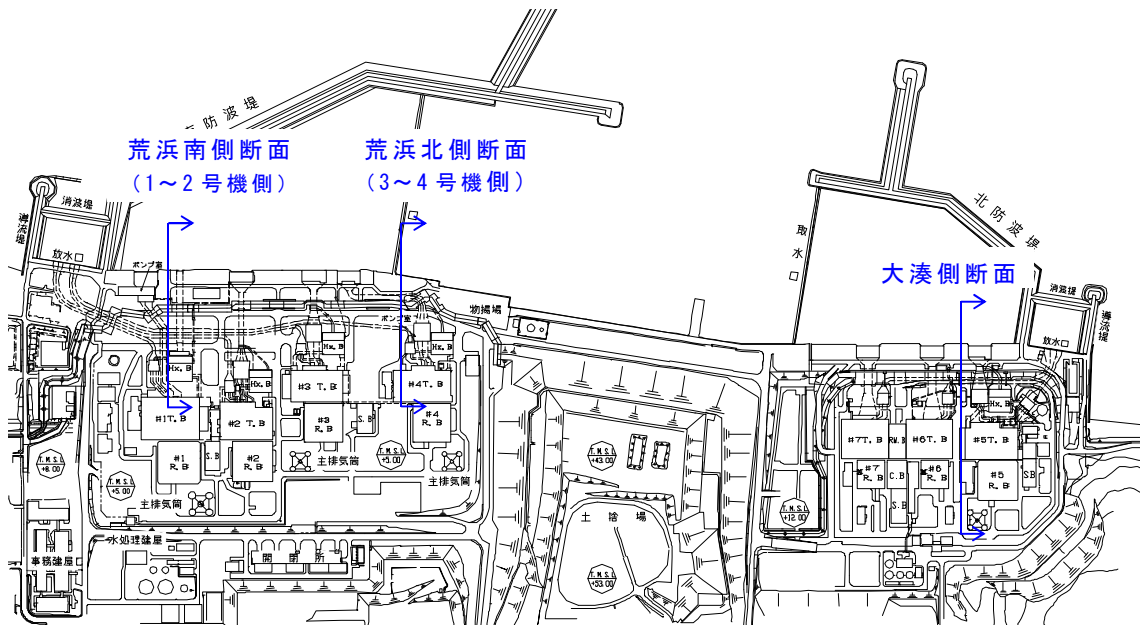


図 1.2-9 評価断面位置

(b) 解析条件

荒浜南側（1～2号機側）、荒浜北側（3～4号機側）及び大湊側の解析モデル図を図 1.2-10 に示す。地盤は、地質区分に基づき平面ひずみ要素でモデル化し、護岸矢板、控え杭は、非線形はり要素でモデル化した。

地下水位は、地震荷重に伴う液状化による変形を保守的に考慮するために、朔望平均満潮位（T.M.S.L. +0.49m）に余裕を考慮した T.M.S.L. +1.00m とした。

入力地震動は、荒浜側、大湊側それぞれの解放基盤面で定義される基準地震動  $S_s$  を、一次元波動論によって解析モデル下端位置で評価した波形を用いた。

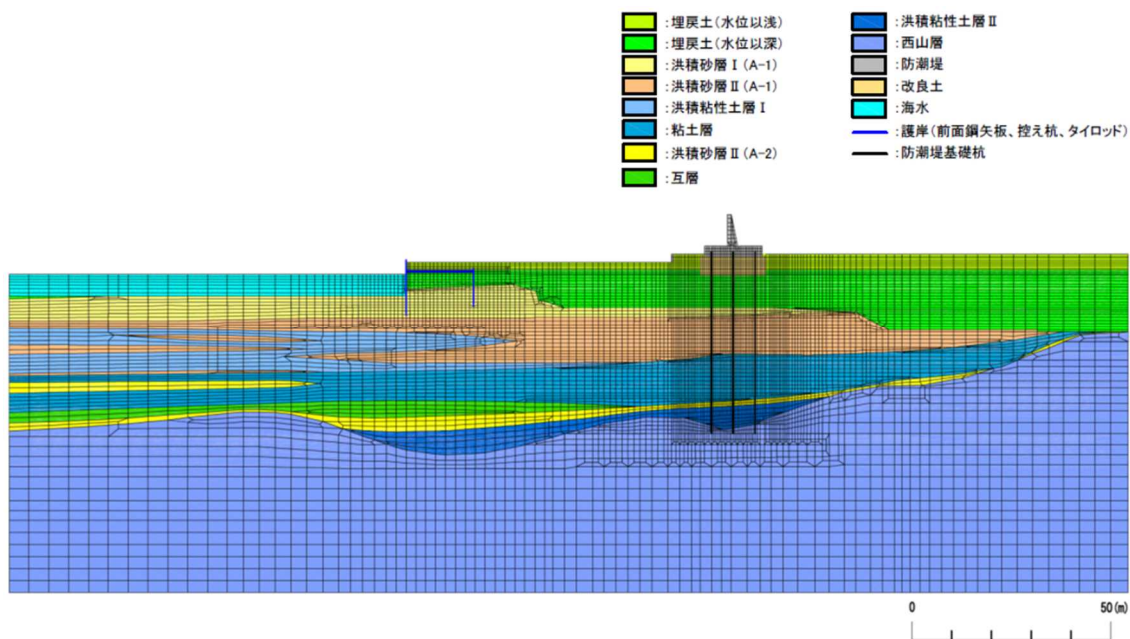


図 1.2-10(1) 解析モデル図〔荒浜南側(1~2号機側)〕

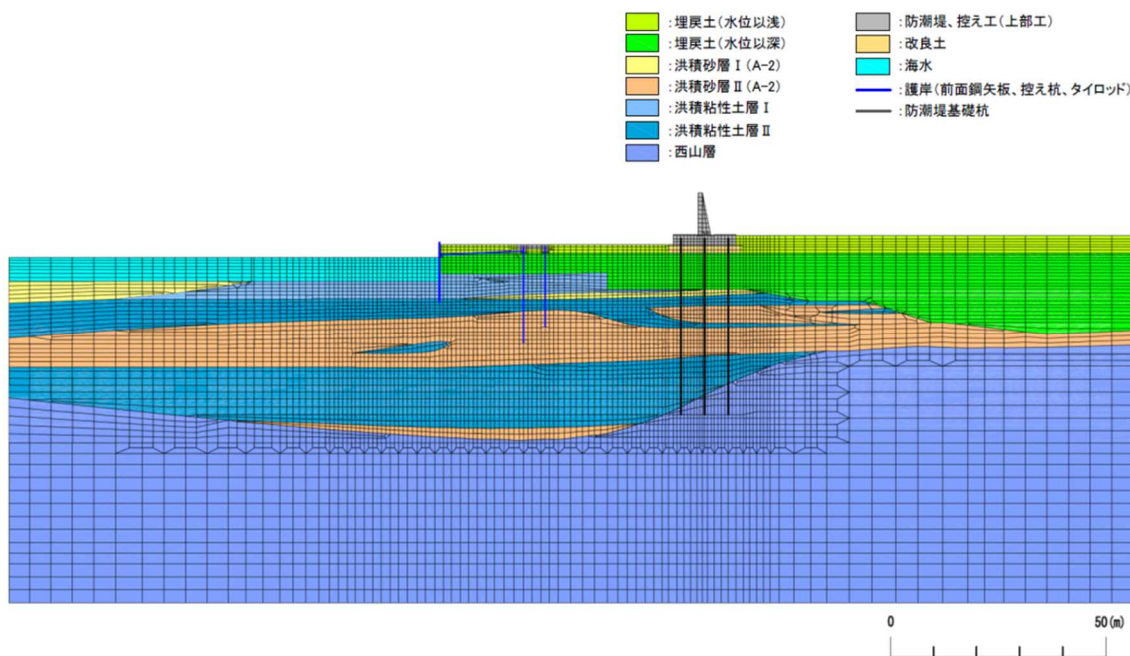


図 1.2-10(2) 解析モデル図〔荒浜北側(3~4号機側)〕



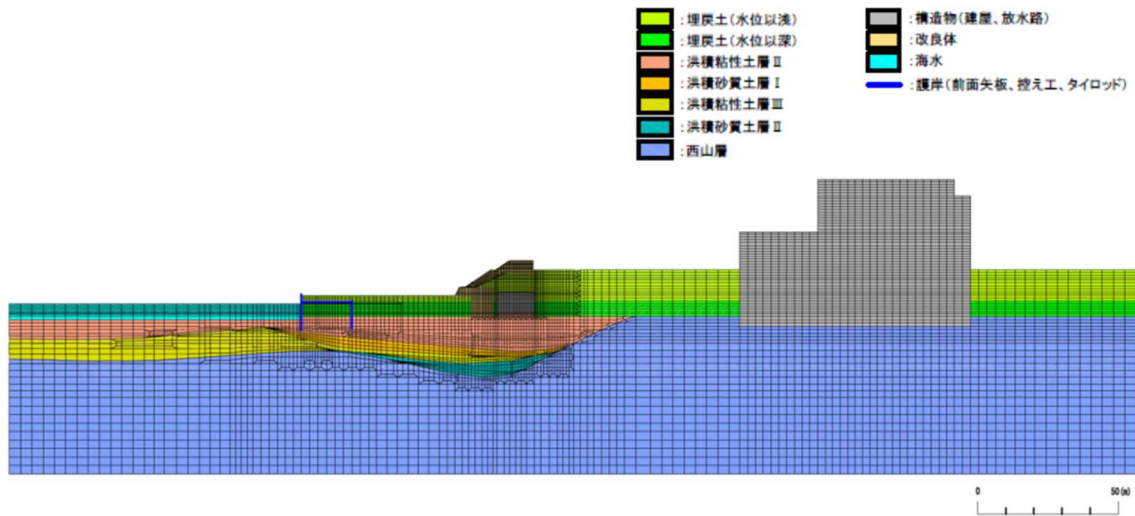


図 1.2-10(3) 解析モデル図〔大湊側〕

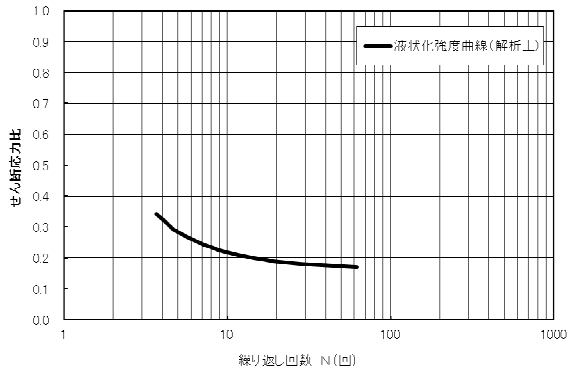
地盤の物性値は，発電用原子炉設置変更許可申請（原管発官 25 台 192 号）に係る審査資料「KK67-0090 設置基準対象施設について」の「第 4 条 地震による損傷の防止」のうち、「別紙-11 液状化影響の検討方針について（耐震）」の検討方針に基づき設定した。

液状化の評価対象として取り扱う埋戻土層，洪積砂層Ⅰ（A-1），洪積砂層Ⅱ（A-1），洪積砂層Ⅰ（A-2），洪積砂層Ⅱ（A-2），及び洪積砂質土層Ⅰ，Ⅱ（0-1）の有効応力解析に用いる液状化パラメータは，液状化試験結果（繰返しねじりせん断試験結果）に基づき，地盤のばらつき等を考慮し，保守的に設定した。

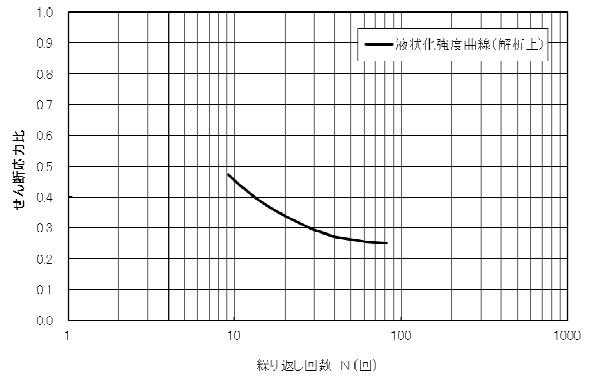
荒浜側及び大湊側の試験結果等から設定した解析上の液状化強度曲線を，それぞれ図 1.2-11，図 1.2-12 に示す。

上記の液状化強度特性を設定する土層の液状化強度特性以外の物性及び液状化評価の対象とならない土層の物性値については，既工認物性値\*を適用した。

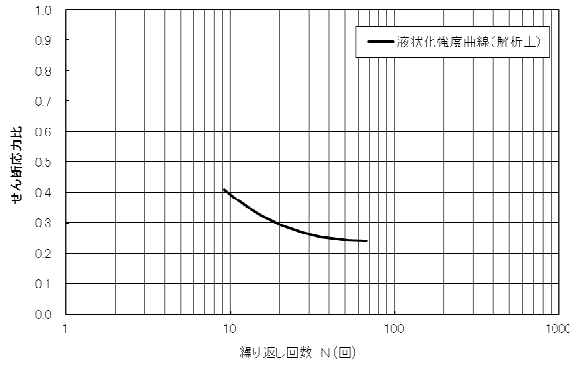
注記\*：総文発官 3 第 167 号 平成 3 年 5 月 17 日付け 柏崎刈羽原子力発電所 第 7 号機『工事計画認可申請書』



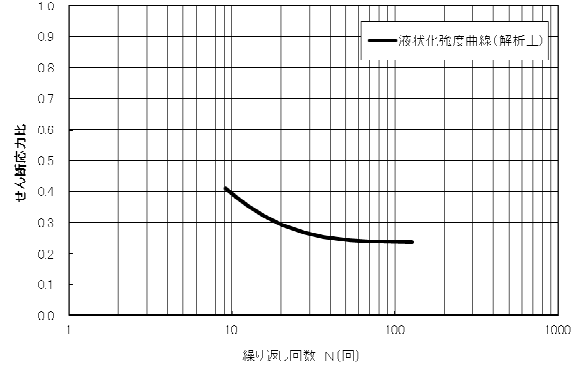
(1) 埋戻土層



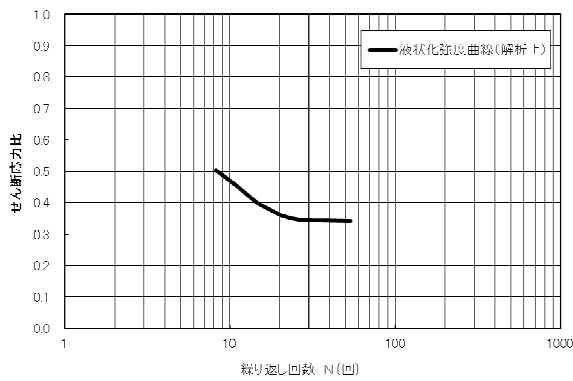
(2) 洪積砂層 I (A-1)



(3) 洪積砂層 II (A-1)

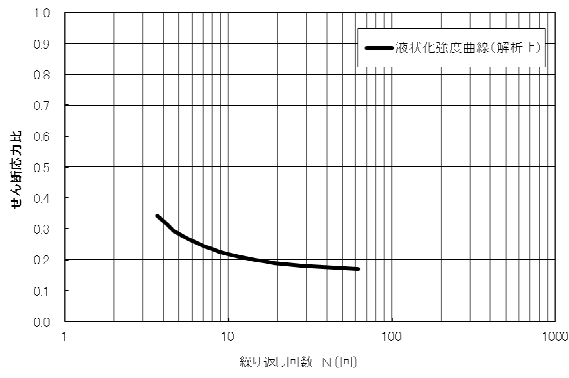


(4) 洪積砂層 I (A-2)

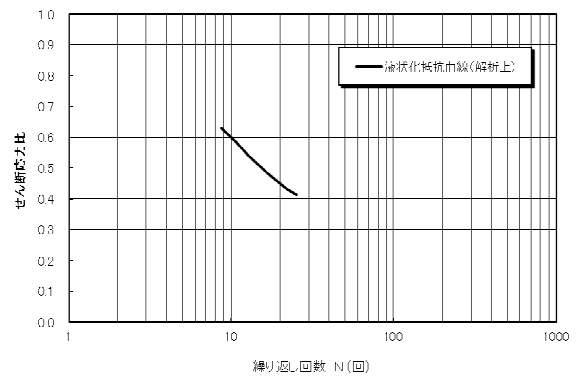


(5) 洪積砂層 II (A-2)

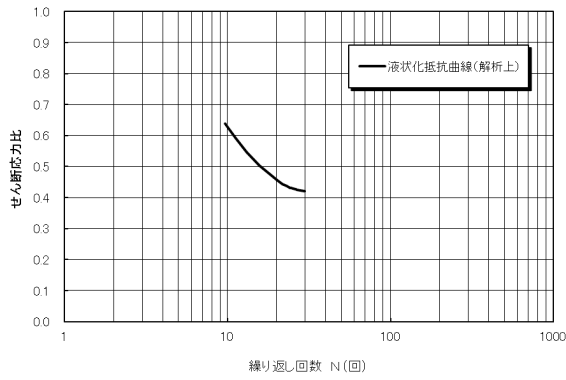
図 1.2-11 液状化強度曲線 (荒浜側)



(1) 埋戻土層



(2) 洪積砂質土層 I (0-1)



(3) 洪積砂質土層 II (0-1)

図 1.2-12 液状化強度曲線 (大湊側)

(c) 評価結果

荒浜南側（1～2号機側）、荒浜北側（3～4号機側）及び大湊側の地表面の残留変形量を、それぞれ図 1.2-13、図 1.2-14、図 1.2-15 に示す。

荒浜南側（1～2号機側）の護岸付近については、護岸から 30m 程度の範囲や防潮堤前面では護岸矢板や控え杭、防潮堤の海側への変位に伴い、局所的に 1～6m 程度の沈下が生じているものの、護岸から 30m～60m の範囲では概ね 1m 以下の沈下である。また、防潮堤山側については、防潮堤背面の局所的な最大 1.5m 程度の沈下を除き概ね 50cm 以下の沈下であり、側方流動による沈下への影響は小さい。

荒浜北側（3～4号機側）の護岸付近については、護岸から 30m 程度の範囲や防潮堤前面では護岸矢板や控え杭、防潮堤の海側への変位に伴い、局所的に 1m 程度の沈下が生じているものの、それ以外の範囲では概ね 50cm 以下であり側方流動による沈下への影響は小さい。また、防潮堤山側については、防潮堤背面の局所的な最大 2m 程度の沈下を除き概ね 50cm 以下の沈下であり、側方流動による沈下への影響は小さい。

大湊側の護岸付近については、護岸から 30m 程度の範囲や防潮堤前面では護岸矢板や控え杭、防潮堤の海側への変位に伴い、局所的に 3m 程度の沈下が生じているものの、それ以外の範囲では概ね 50cm 以下であり側方流動による沈下への影響は小さい。また、防潮堤山側については、概ね 50cm 以下の沈下であり、側方流動による沈下への影響は小さい。

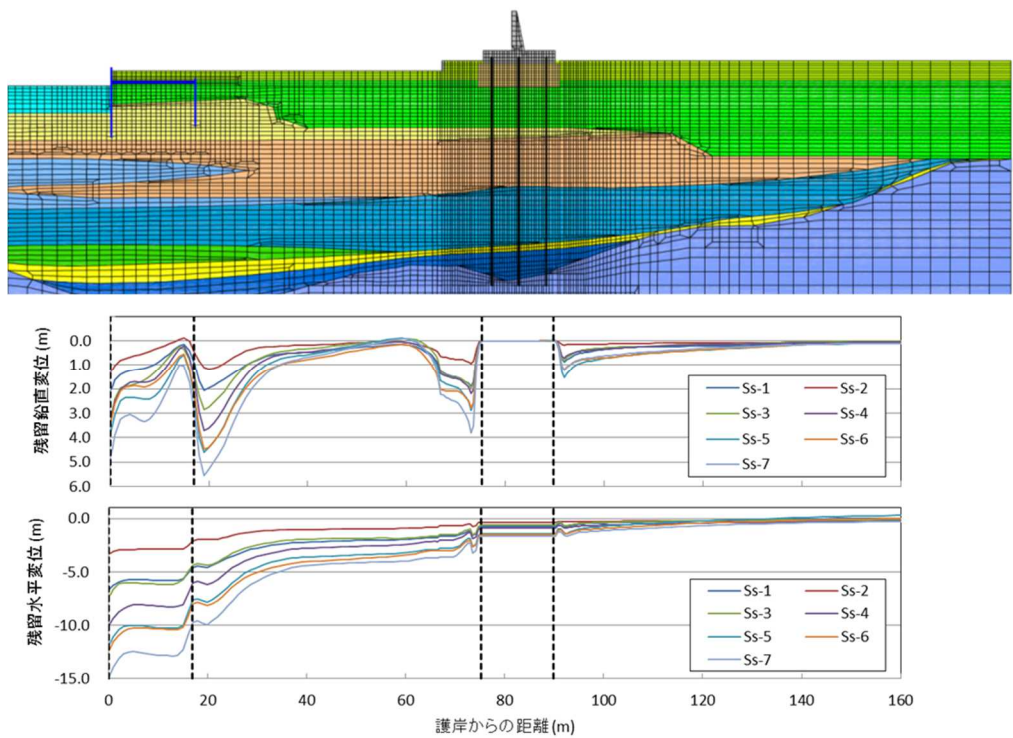


図 1.2-13 地表面残留変形量〔荒浜南側（1～2号機側）〕

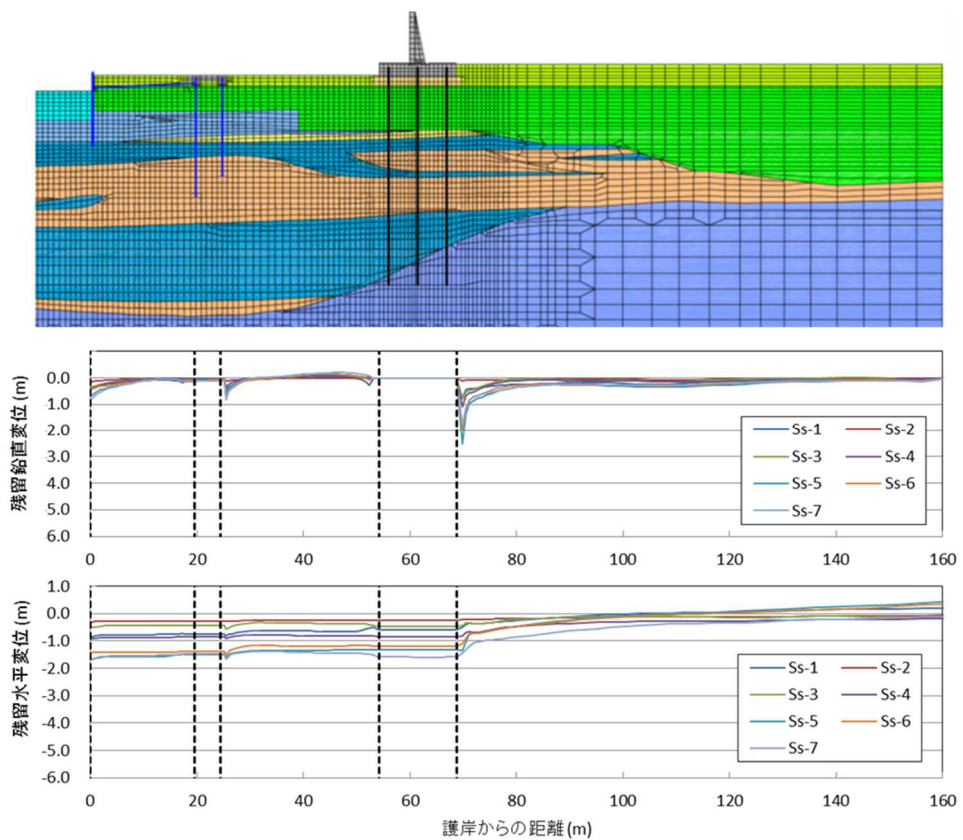


図 1.2-14 地表面残留変形量〔荒浜北側（3～4号機側）〕

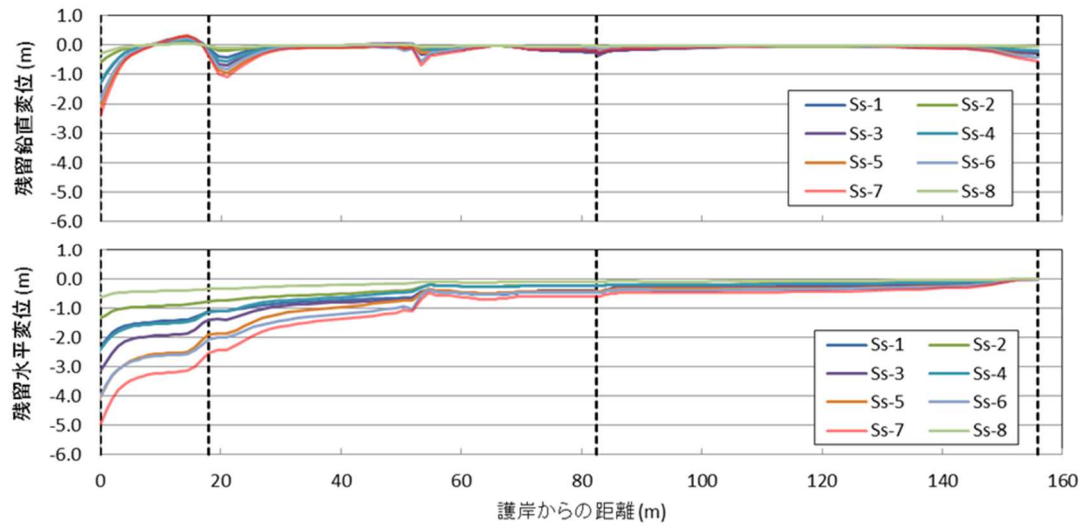
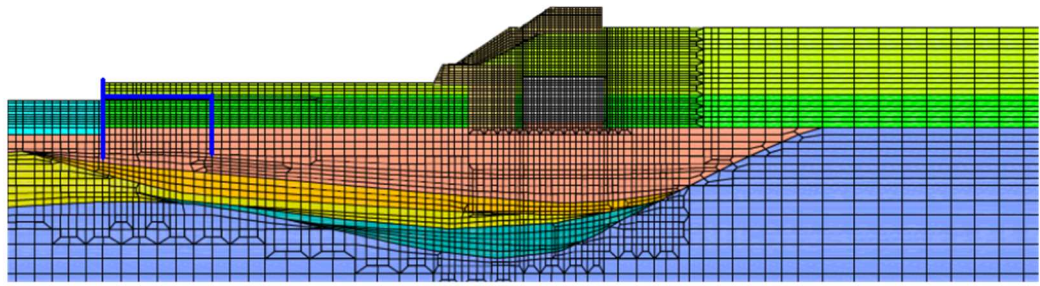


図 1.2-15 地表面残留変形量〔大湊側〕

c. 津波評価における沈下量の設定

荒浜南側（1～2号機側）、荒浜北側（3～4号機側）及び大湊側の側方流動による沈下に、排水沈下を加えた液状化による地表面沈下量を、それぞれ図 1.2-16、図 1.2-17、図 1.2-18 に示す。なお、排水沈下については、保守的に「a. 液状化に伴う排水沈下」で算出した沈下分布の最大値を採用し、各断面に加えた。

荒浜側は、南側（1～2号側）の護岸付近の一部で局所的に側方流動による大きな沈下が生じているものの、護岸付近及び荒浜側防潮堤内敷地（T.M.S.L. + 5m）における沈下量は概ね 2m 以内である。

大湊側の沈下量は、護岸付近の一部で局所的に側方流動による大きな沈下が生じているものの、護岸付近における沈下量は概ね 2m 以内である。

上記より、津波遡上解析における荒浜側の護岸付近、荒浜側防潮堤内敷地（T.M.S.L. + 5m）及び大湊側の護岸付近の沈下量は、保守的にすべての範囲を 2m に設定し、津波評価の地形モデルとして反映する。沈下を考慮する範囲を図 1.2-19 に示す。荒浜南側の護岸付近の局所的な沈下の影響については、2m の沈下に加え、護岸から 30m 程度の範囲をなくした地形モデルにより影響検討を実施する。

なお、上記の沈下量については、以下の事項を考慮し十分に保守的な設定としており、地盤の支持性能評価において実施した追加地質調査及び地質区分の細分化に影響を受けるものではない。

- ・「a. 液状化に伴う排水沈下」においては相対密度のばらつきを考慮するとともに最大せん断ひずみによらず体積ひずみ（沈下率）の最大値を採用していること
- ・「b. 液状化に伴う側方流動による沈下」においては有効応力解析に用いる液状化パラメータに地盤のばらつき等を考慮して保守的に設定していること
- ・地表面沈下量においてはこれらを足し合わせ、ほぼ全ての範囲でこれを上回るように保守的に 2m に設定し、津波評価の地形モデルに反映していること

2007 年新潟県中越沖地震に伴う敷地の沈下量は、建屋近傍の揺すり込み沈下等の局所的な変状を除けば、沈下量は荒浜側、大湊側ともに最大で 0.3～0.5m である。（発電用原子炉設置変更許可申請（原管発官 25 台 192 号）に係る審査資料「KK67-0090 設置基準対象施設について」の「第 4 条 地震による損傷の防止」のうち、「別紙-11 液状化影響の検討方針について（耐震）」参照）

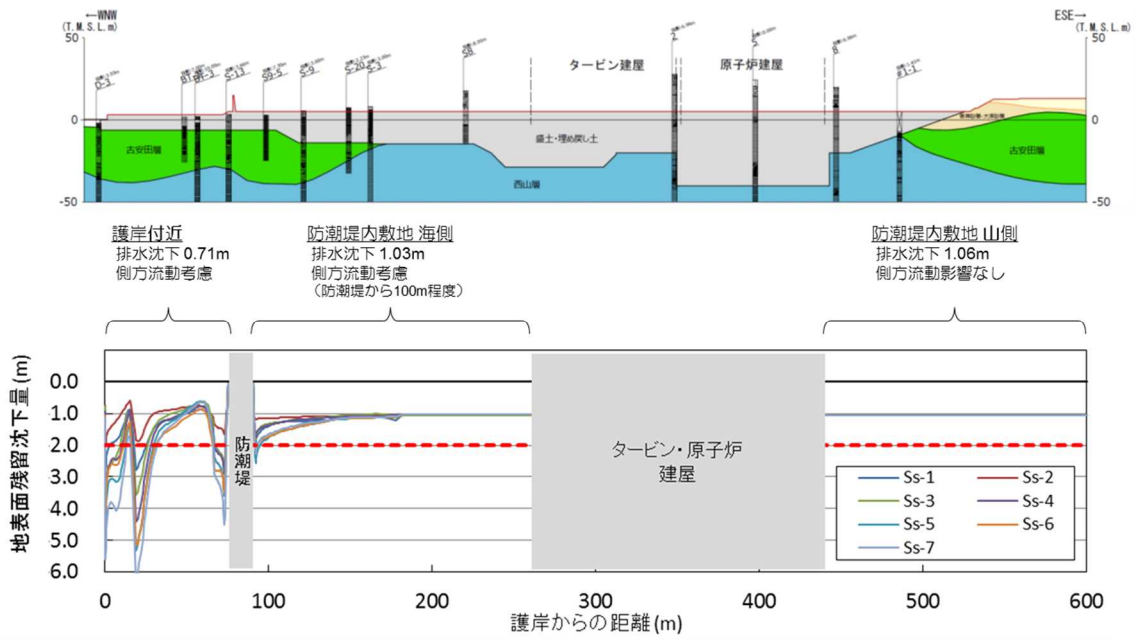


図 1.2-16 液状化による地表面沈下量〔荒浜南側（1～2号機側）〕

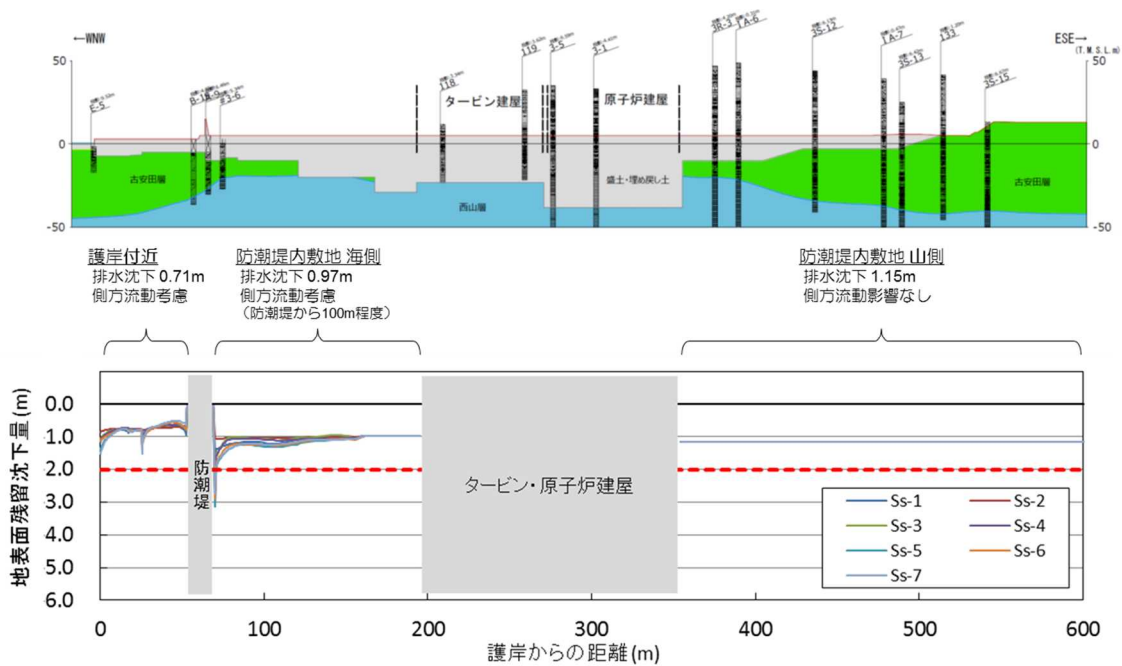


図 1.2-17 液状化による地表面沈下量〔荒浜北側（3～4号機側）〕



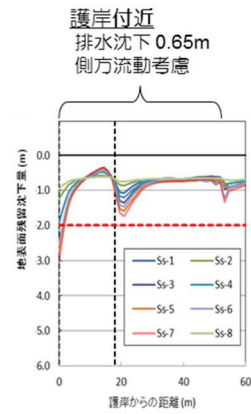
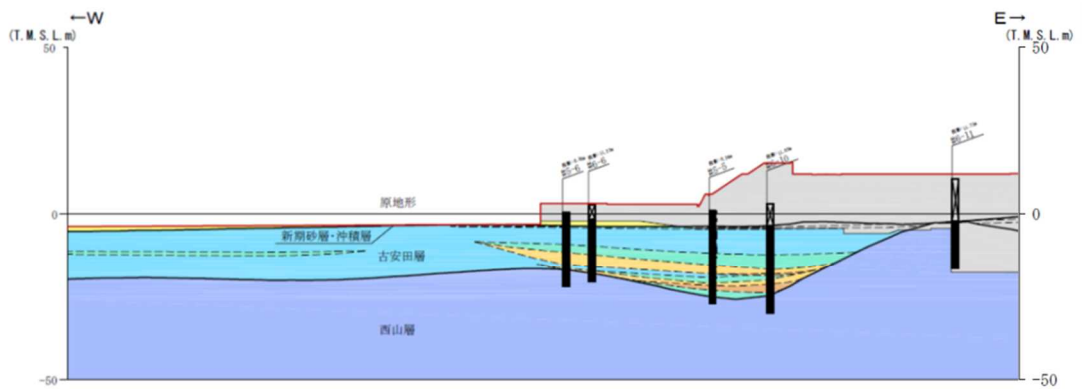


図 1.2-18 液状化による地表面沈下量〔大湊側〕

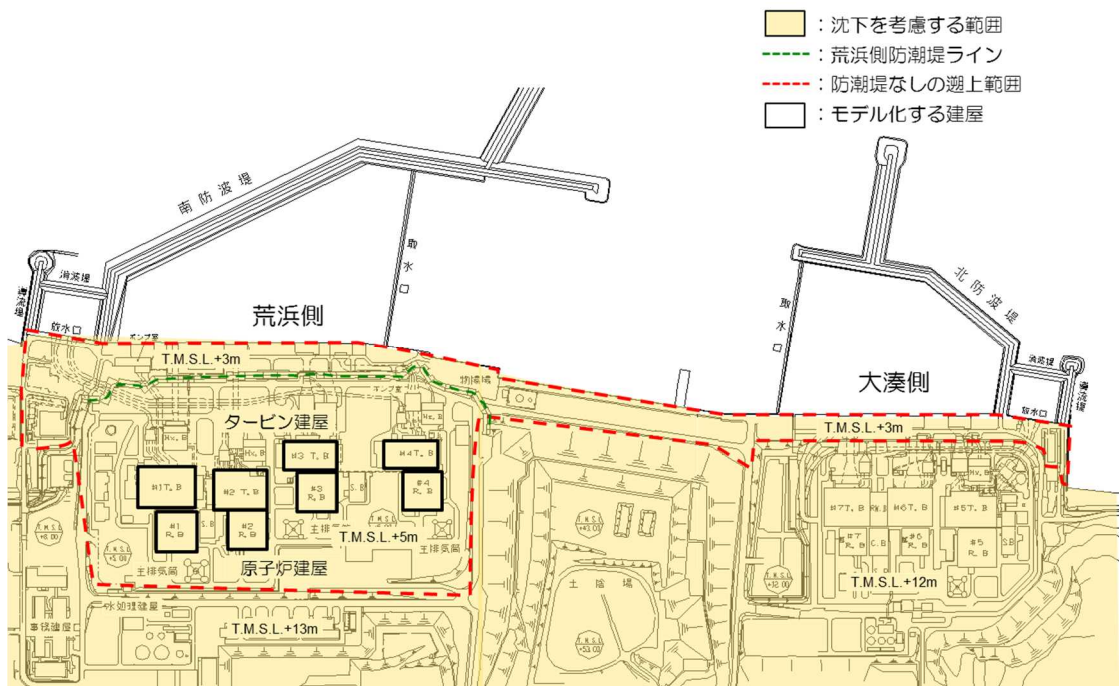


図 1.2-19 津波評価において沈下を考慮する範囲

(3) 敷地周辺斜面の崩壊形状の設定

敷地周辺斜面は、基準地震動  $S_s$  による震動で斜面が崩壊する可能性があることから、斜面崩壊を考慮した地形モデルを作成した。なお、地形モデルの作成にあたっては、遡上が想定される中央土捨場の斜面及び荒浜側防潮堤内敷地の周辺斜面の崩壊を考慮することとした。

斜面の崩壊角度については、図 1.2-20 に示すとおり、安息角と内部摩擦角の関係及び土砂の移動時の内部摩擦角の下限値を考慮し、崩壊土砂の堆積時の角度を  $15^\circ$  に設定した。崩壊形状については、図 1.2-21 に示す斜面の崩壊範囲に応じた崩壊形状の設定方法から、崩壊前の土砂形状の法肩位置を基点に、勾配が  $15^\circ$  となるように崩壊形状を保守的に設定した。なお、中央土捨場の海側斜面については、さらに保守的に崩壊土砂が海域まで到達する場合を想定し、「宅地防災マニュアルの解説」(図 1.2-22) を参考に法尻から法肩までの高さ (H) の 2 倍として崩壊形状を設定した。

上記の崩壊形状の設定に基づき、各斜面の崩壊形状を設定した。崩壊を考慮する斜面範囲を図 1.2-23 に、代表的な位置における斜面の崩壊形状として、荒浜側防潮堤内敷地における周辺斜面の断面図を図 1.2-24 に、中央土捨場海側斜面の断面図を図 1.2-25 に示す。

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

■ 砂の安息角と内部摩擦角

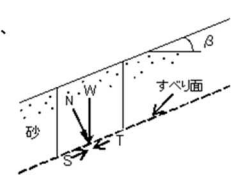
図の応力状態時の斜面が安定するには、すべり力  $T$  と抵抗力  $S$  の間に、 $T \leq S$  の条件が成り立つ必要がある。これを展開すると、以下ようになる。

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

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

$$\phi \geq \beta$$

$\beta$  : 斜面勾配  
 $W$  : 砂の重量  
 $N$  : 垂直応力  
 $T$  : すべり力  
 $S$  : 抵抗力



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

■ 土砂の移動時の内部摩擦角

【土砂災害防止に関する基礎調査の手引き：(財)砂防フロンティア整備推進機構、H13.6】  
 急傾斜値の崩壊に伴う土石等の内部摩擦角  $\phi$

- $15^\circ \sim 40^\circ$

【砂防設計公式集(マニュアル)：(社)全国治水砂防協会、S59.11】  
 土石流の力や高さの検討に用いる土砂の内部摩擦角  $\phi$

- 普通土(固いもの) :  $25^\circ \sim 35^\circ$
- 普通土(やや軟らかいもの) :  $20^\circ \sim 30^\circ$
- 普通土(軟らかいもの) :  $15^\circ \sim 25^\circ$

図 1.2-20 崩壊土砂の堆積角度

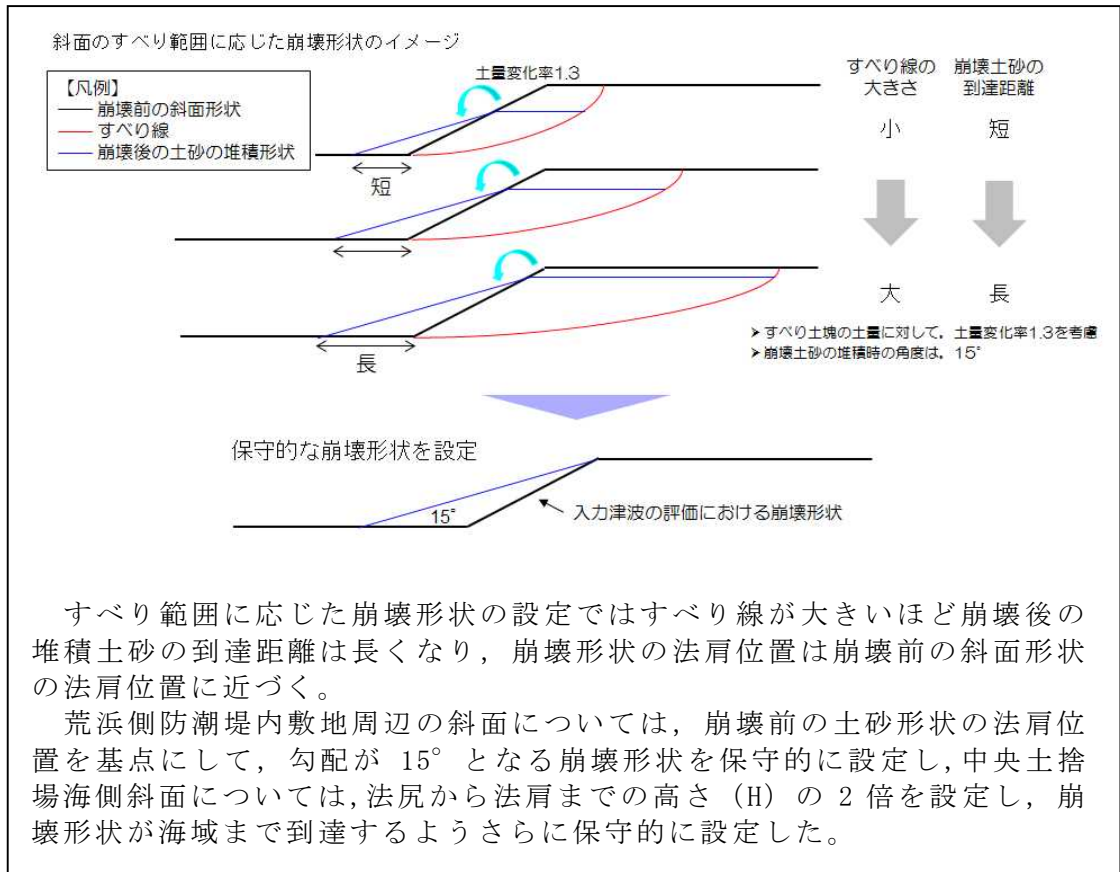


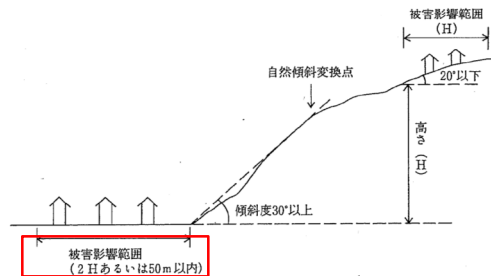
図 1.2-21 斜面崩壊形状の設定イメージ

土砂災害に係る危険箇所のうち、宅地造成に伴う災害に最も関連の深い急傾斜地崩壊危険箇所の考え方を以下に示す。

【危険箇所としての要件】

- ① 水平面となす角度が30度以上であること。
- ② 斜面の高さが5 m以上であること。
- ③ 斜面上部又は下部に人家が5戸以上あること（官公署、学校、病院、旅館等がある場合は5戸未満でも可）。

斜面上部又は下部とは、下図に示すように急傾斜地（傾斜30度以上のがけ）の下端及び上端から当該急傾斜地の高さの、それぞれ2倍及び1倍程度の範囲（概ね50mを限度とする）をいう。



図X.1 急傾斜地崩壊危険箇所の要件

図 1.2-22 「宅地防災マニュアルの解説」における急傾斜地崩壊危機箇所の要件

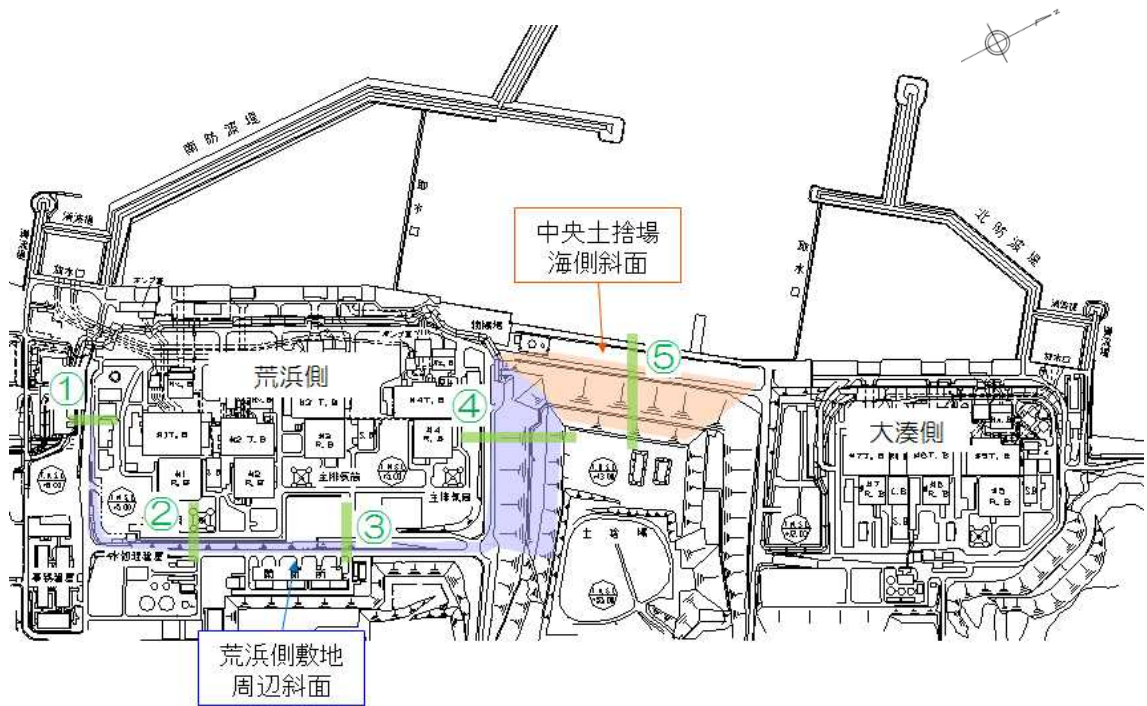


図 1.2-23 崩壊を考慮する斜面範囲

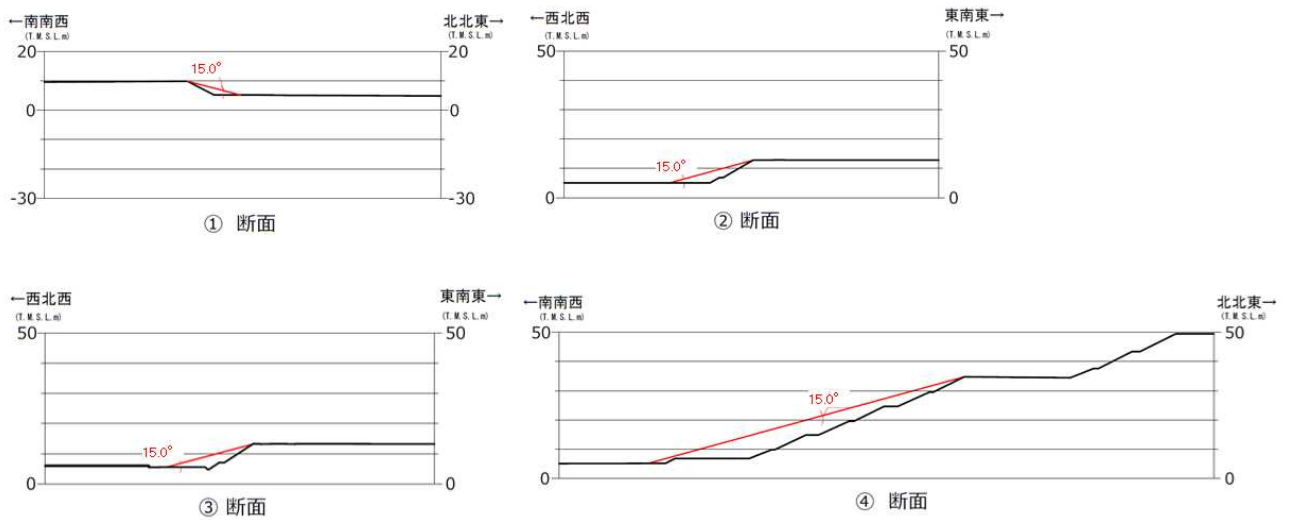


図 1.2-24 荒浜側防潮堤内敷地の周辺斜面断面図

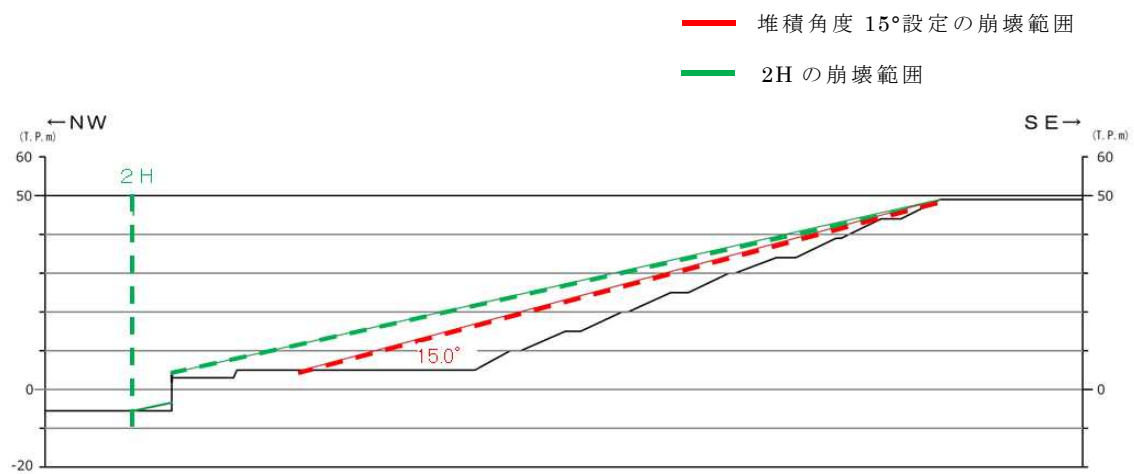


図 1.2-25 中央土捨場海側の斜面断面図 (⑤ 断面)

#### (4) 津波評価条件

##### a. 概要

敷地への遡上及び流下経路上の地盤等について、「(2) 敷地の沈下量の設定」及び「(3) 敷地周辺斜面の崩壊形状の設定」を踏まえ、以下に示す地震による地形等の変化を考慮した津波遡上解析を実施し、敷地への遡上経路に及ぼす影響及び入力津波の設定において考慮すべき地形変化について検討する。

- (a) 基準地震動  $S_s$  による損傷が想定される荒浜側防潮堤及び防波堤については、それらが無い状態での津波評価を実施する。
- (b) 護岸付近及び荒浜側防潮堤内の敷地 (T. M. S. L. +5m) を含む敷地は、基準地震動  $S_s$  による沈下を想定し、保守的に設定した沈下量 2m を地形に反映して、津波評価を実施する。
- (c) 敷地の中央に位置する中央土捨場及び荒浜側防潮堤内敷地 (T. M. S. L. +5m) の周辺斜面は、基準地震動  $S_s$  による斜面崩壊を考慮し、保守的に設定した土砂の堆積形状を地形に反映して、津波評価を実施する。

##### b. 荒浜側防潮堤の損傷状態に関する検討

検討にあたり、荒浜側防潮堤の損傷が荒浜側敷地への遡上(水位、浸水範囲)に与える影響について、複数の損傷状態を設定して検討した。荒浜側防潮堤の概要図を図 1.2-26 に示す。

防潮堤は基準地震動  $S_s$  に対し基礎杭の支持性能が不足する見通しであるものの、躯体が損傷したり、津波時に漂流物となる可能性は小さいと想定されるが、地震後および津波後の状態を精緻に想定することは困難であることから、ここでは防潮堤の一部または全部が損傷した場合について、保守的に損傷部分の防潮堤がないものと仮定し、敷地への遡上影響について検討した。検討ケースを表 1.2-1 に、ケース 2~5 の損傷状態を図 1.2-27 に示す。なお、検討には、地震による津波の最大ケースである、日本海東縁部 (2 領域モデル) および海域の活断層 (5 断層連動モデル) の波源を用いた。

各ケースの最高水位分布を図 1.2-28 に示す。いずれの波源においても「防潮堤なし」が荒浜側敷地の遡上(水位、浸水範囲)への影響が大きく、保守的な評価となる。

また、荒浜側防潮堤の損傷が荒浜側敷地への遡上(流況)に与える影響について、同様に検討した。敷地内の漂流物が海域へ流出する状況を考慮して、海域方向の最大流速分布について比較した。なお、検討には、浸水範囲が大きい日本海東縁部 (2 領域モデル) の波源を用いた。

各ケースの最大流速分布を図 1.2-29 に示す。最大流速及び流速が大きくな

る範囲は「防潮堤なし」が最も大きく、漂流物の海域への流出という観点で保守的な評価となる。

以上より、以降の検討では、荒浜側防潮堤の損傷状態として「防潮堤なし」の状態を地形モデルに反映して津波評価を実施する。

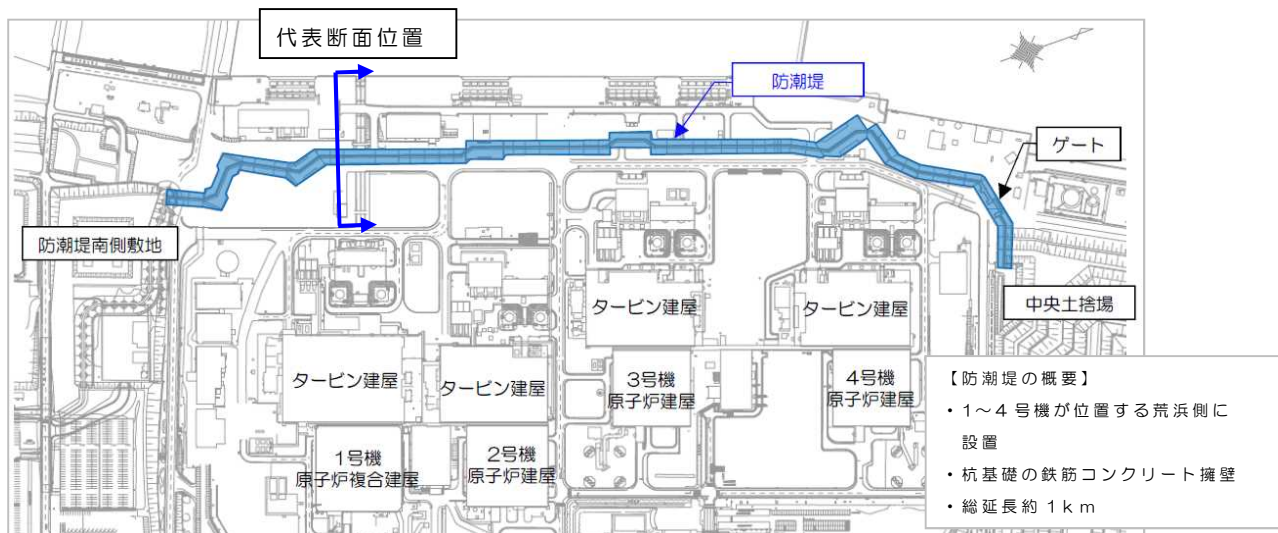


図 1.2-26(1) 荒浜側防潮堤の概要

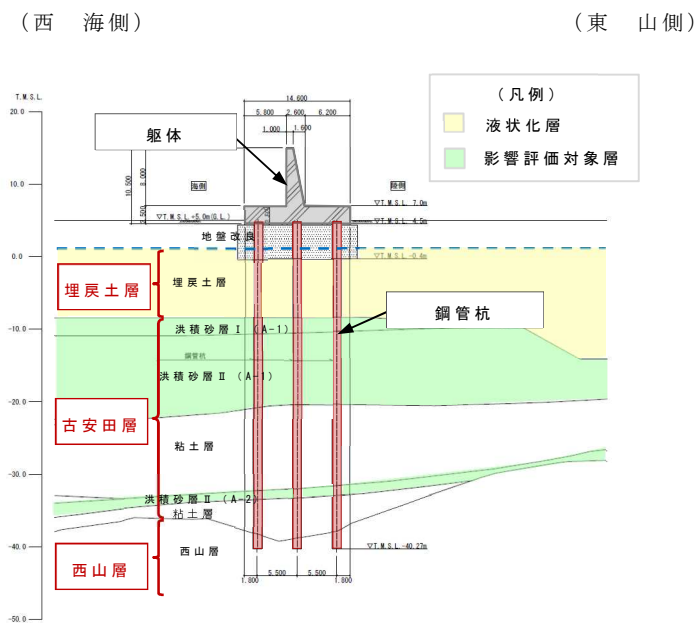


図 1.2-26(2) 代表断面位置

表 1.2-1 検討ケース

検討ケース	ケース設定の考え方
1) 防潮堤なしケース	
2) 南部なしケース	防潮堤ありの遡上解析において比較的水位が高かった南側に着目
3) 1ブロックなしケース	2) に対して，流入範囲をさらに絞った場合の影響
4) 中央部なしケース	防潮堤の中央部が損傷した場合の影響
5) 北部なしケース	大湊側に近い北側が損傷した場合の影響
6) 南北なしケース	損傷個所が複数の場合の影響

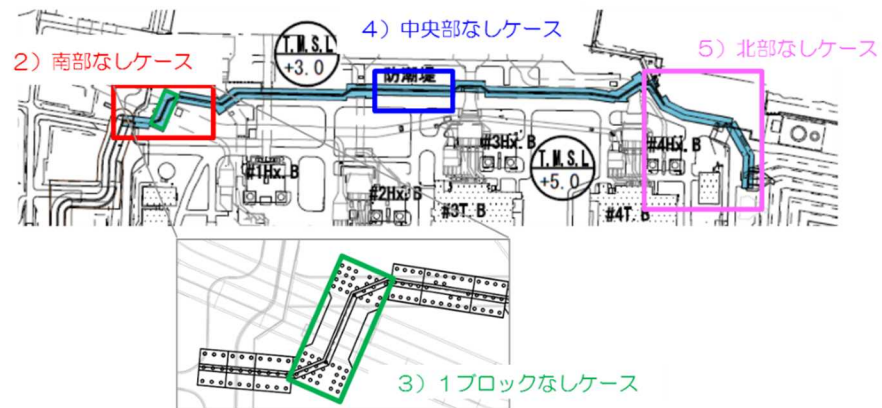


図 1.2-27 各検討ケースの防潮堤損傷状態



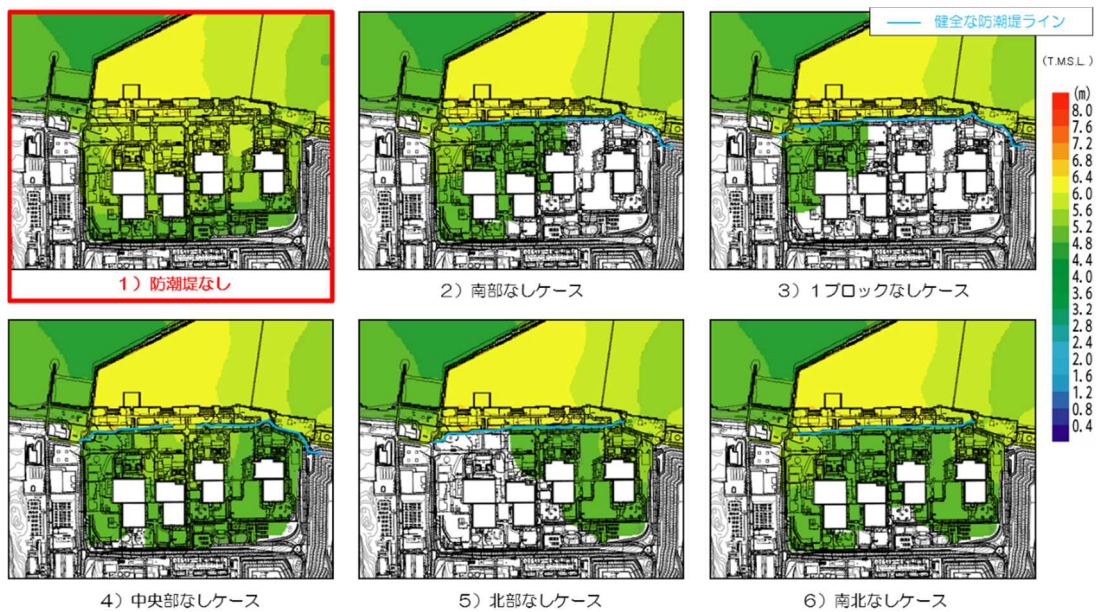


図 1.2-28(1) 最高水位分布〔日本海東縁部 (2領域モデル)〕

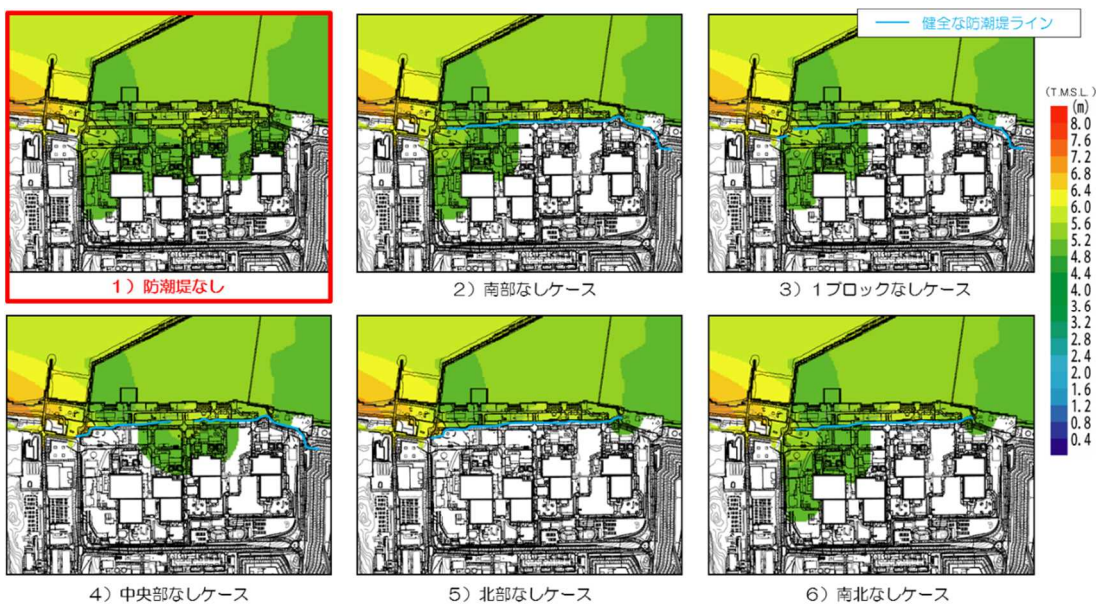
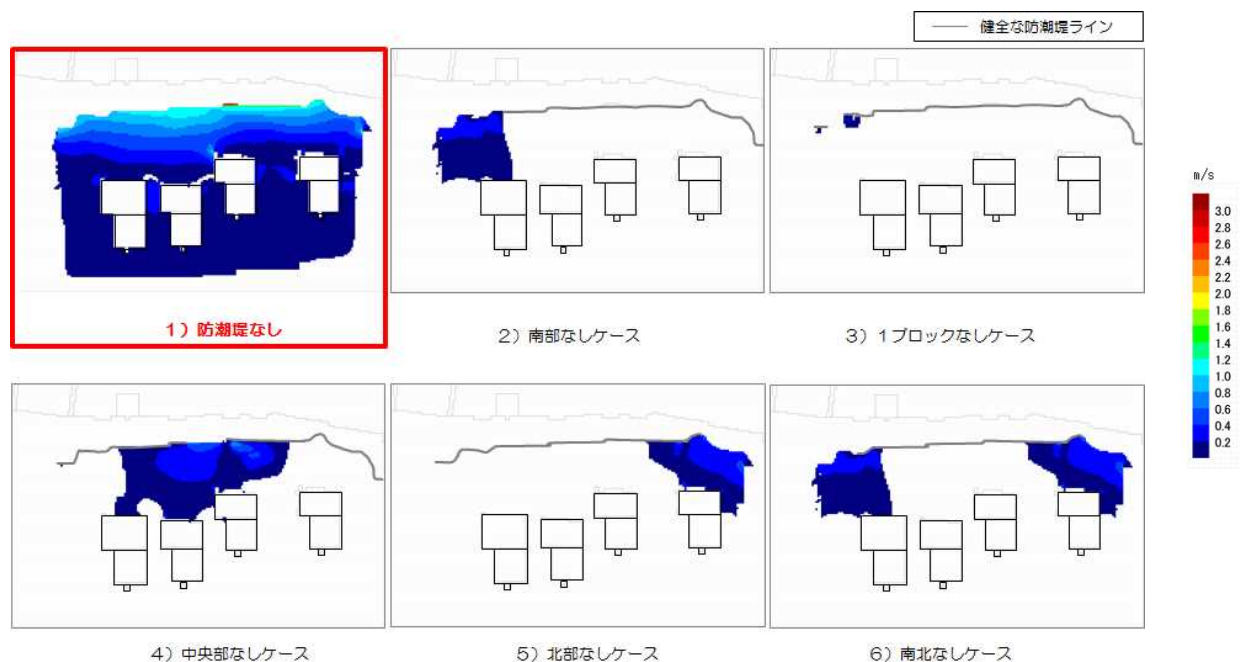


図 1.2-28(2) 最高水位分布〔海域の活断層 (5断層連動モデル)〕



注記\*：水深 0.2m 以上の最大流速分布

図 1.2-29 最大流速分布（海域方向）

〔日本海東縁部（2領域モデル）〕

c. 荒浜側防潮堤敷地内の施設に関する検討

防潮堤の損傷を考慮した場合、防潮堤内の敷地へ津波が遡上することから、防潮堤内敷地の施設が遡上に与える影響について検討した。

防潮堤内敷地に設置されている施設等を、表 1.2-2、図 1.2-30 に示す。ここでは、防潮堤が地震により損傷している状態であることを踏まえ、防潮堤内敷地の主要な建屋である 1～4 号機原子炉建屋及びタービン建屋を考慮したケースと、西山層に岩着しているその他の施設を追加したケースについて検討した。各ケースの防潮堤内敷地の地形モデルを図 1.2-31 に示す。なお、検討には、浸水範囲が大きい日本海東縁部（2領域モデル）の波源を用いた。

防潮堤内敷地の最高水位の一覧を表 1.2-3 に、最高水位分布を図 1.2-32 に示す。表 1.2-3 より、最高水位は主要建屋を考慮したケースの方が若干高く、保守的な評価となる。また、図 1.2-32 より、各ケースで考慮した施設前面において反射の影響が認められるものの、最高水位分布の全体の傾向に有意な差は認められない。

以上より、以降の検討では、防潮堤の損傷を考慮した検討においては、主要な建屋である 1～4 号機原子炉建屋及びタービン建屋をモデル化した地形モデルを用いて津波評価を実施する。

表 1.2-2(1) 荒浜側防潮堤内敷地 建屋名称一覧

No.	名称	No.	名称
1	1号機原子炉複合建屋	31	第二無線局舎
2	1号機タービン建屋	32	3号機原子炉建屋
3	1号機海水機器建屋	33	3号機タービン建屋
4	所内ボイラー建屋	34	4号機原子炉建屋
5	1/2号機サービス建屋	35	4号機タービン建屋
6	荒浜側洗濯設備建屋	36	3号機海水熱交換器建屋
7	1号機N2ポンベ室	37	4号機海水熱交換器建屋
8	1号機温海水ポンプ建屋	38	3/4号機サービス建屋
9	自然海水ポンプ室	39	4号機連絡通路
10	1号機主排気モニター建屋	40	3号機主排気モニター建屋
11	2号機主排気モニター建屋	41	3号機消火用CO2ポンベ建屋
12	2号機原子炉建屋	42	3号機西側ポンベ建屋
13	2号機タービン建屋	43	3号機循環水ポンプ建屋
14	旧出入り管理所	44	4号機循環水ポンプ建屋
15	連絡通路 I 期(一部撤去)	45	4号機主排気モニター建屋
16	2号機海水熱交換器建屋	46	4号機復水器連続洗浄装置制御盤室 及びH <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> ポンベ建屋
17	雑固体廃棄物焼却設備建屋(荒浜側)	47	4号機消火用CO2ポンベ建屋
18	所内ボイラー建屋(増築)	48	3号機ボール捕集器ピット上屋
19	荒浜側補助ボイラー建屋増築	49	3/4号機サービス建屋車庫
20	1/2号機サービス建屋増築	50	連絡通路
21	2号機消火用CO2ポンベ建屋	51	4号機ボール捕集器ピット上屋
22	2号機西側ポンベ建屋	52	防護本部建屋
23	2号機循環水ポンプ建屋	53	使用済燃料容器(キャスク)保管施設
24	2号機ボール捕集器ピット上屋	54	使用済燃料容器(キャスク)保管施設増築
25	1/2号機連絡通路	55	荒浜側直員車庫A棟
26	1/2号機サービス建屋見学者用通路	56	荒浜側直員車庫B棟
27	水素トレーラー建屋	57	自衛消防センター
28	液酸タンク建屋	58	自衛消防センター増築
29	電気計装室・散水ポンプ室		
30	荒浜側連絡通路増築		

表 1.2-2(2) 荒浜側防潮堤内敷地 機器名称一覧

No.	名称	No.	名称
1	SPHサージタンク	31	3号機励磁電源変圧器
2	空冷チラー設備	32	3/4号機低起動変圧器
3	環境改善用冷凍設備	33	4号機主変圧器
4	窒素ガス供給装置	34	4号機所内変圧器
5	1/2号機排気筒	35	4号機励磁電源変圧器
6	1/2号機NSD収集処理設備		
7	1号機主変圧器		
8	1号機所内変圧器		
9	1号機励磁電源変圧器		
10	1/2号機低起動変圧器		
11	2号機主変圧器		
12	2号機所内変圧器		
13	2号機励磁電源変圧器		
14	空冷チラー設備		
15	1号機軽油タンク		
16	2号機軽油タンク		
17	1号機泡消火設備		
18	2号機泡消火設備		
19	(3A)補助ボイラー用変圧器		
20	補助ボイラー(5A)変圧器		
21	補助ボイラー(5B)変圧器		
22	3/4号機NSD収集処理設備		
23	3号機泡消火設備		
24	4号機泡消火設備		
25	3号機軽油タンク		
26	4号機軽油タンク		
27	3号機排気筒		
28	4号機排気筒		
29	3号機主変圧器		
30	3号機所内変圧器		

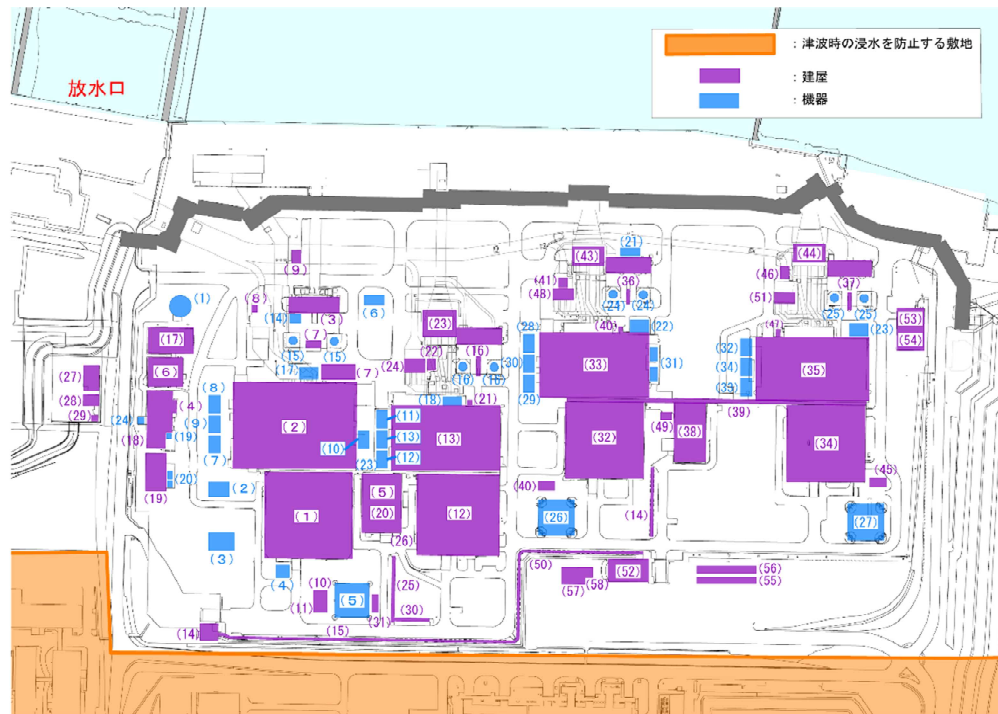


図 1.2-30 荒浜側防潮堤内敷地 建屋・機器配置図



図 1.2-31(1) 地形モデル図

〔主要建屋（原子炉建屋，タービン建屋）を考慮したケース〕



図 1.2-31(2) 地形モデル図〔西山層岩着施設を追加したケース〕

表 1.2-3 津波評価結果〔日本海東縁部（2領域モデル）〕

波源	地形モデル		荒浜側防潮堤内 最高水位 T. M. S. L. (m)
	沈下, 斜面崩壊	施設条件	
日本海東縁部 (2領域モデル)	なし	主要建屋 考慮	+6.3
		西山層岩着施設 追加	+6.2
	2m 沈下, 斜面崩壊 考慮	主要建屋 考慮	+6.3
		西山層岩着施設 追加	+6.1

注記\* : 主要建屋 : 1~4号機原子炉建屋およびタービン建屋

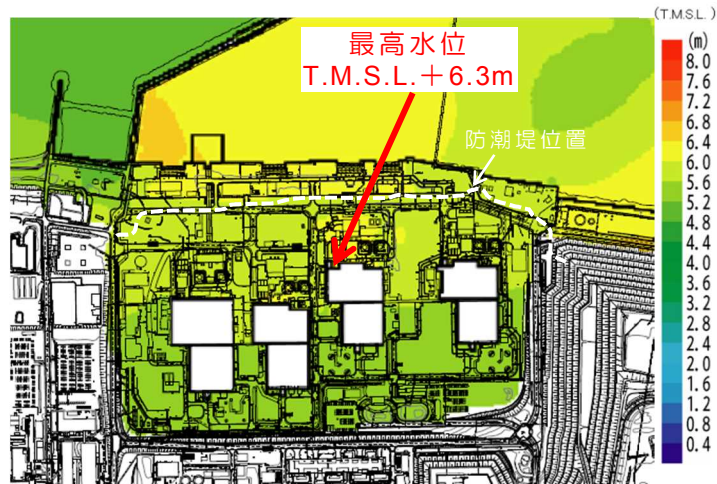


図 1.2-32(1) 最高水位分布（沈下，斜面崩壊なし）  
〔主要建屋（原子炉建屋，タービン建屋）を考慮したケース〕

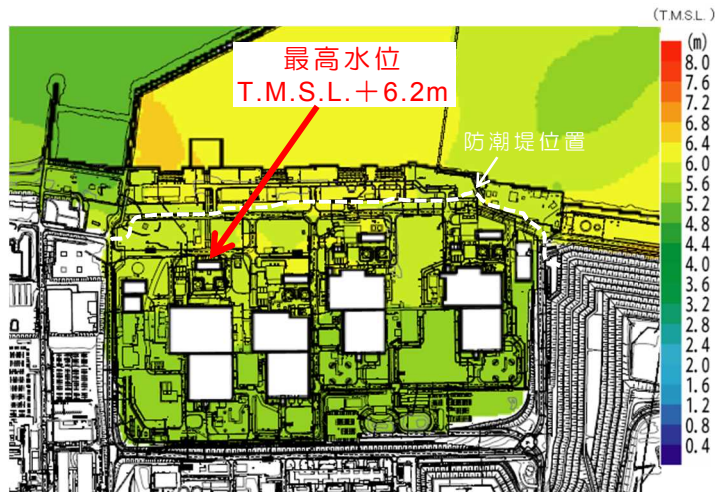


図 1.2-32(2) 最高水位分布（沈下，斜面崩壊なし）  
〔西山層岩着施設を追加したケース〕

d. 津波評価解析の検討条件

検討に用いる基準津波の概要を表 1.2-4 に示す。上記の防潮堤の損傷状態に関する検討を踏まえた本検討の検討ケースを表 1.2-5 に、各検討ケースで設定する沈下形状を図 1.2-33 に示す。津波遡上解析に用いる地形モデルの代表例を図 1.2-34 に示す。

また、防潮堤の損傷を考慮したケースでは、c. の検討を踏まえ、図 1.2-35 に示すとおり、防潮堤内敷地の主要な建屋である 1~4 号機原子炉建屋及びタービン建屋を考慮する。なお、両建屋については、西山層に岩着していることから沈下は考慮しない。

表 1.2-4 基準津波の概要

名称	対象水位	地形モデル	水位評価地点	津波波源	
				地震（断層モデル）	地すべり
基準津波 1	水位 上昇側	防潮堤 あり／なし	・港湾内 (1-7号機取水口前面) ・荒浜側防潮堤内敷地	日本海東縁部 (2領域モデル)	LS-2
基準津波 2	水位 下降側	防潮堤 あり	・港湾内 (1-7号機取水口前面)	日本海東縁部 (2領域モデル)	—
基準津波 3	水位 上昇側		・荒浜側防潮堤前面	海域の活断層 (5断層連動モデル)	LS-2

表 1.2-5 検討ケース一覧

津波波源	防波堤	防潮堤	沈下，斜面崩壊
基準津波 1			なし
基準津波 2	あり	あり	1m沈下，斜面崩壊
基準津波 3	なし	なし	2m沈下，斜面崩壊
			2m沈下+護岸一部なし 斜面崩壊

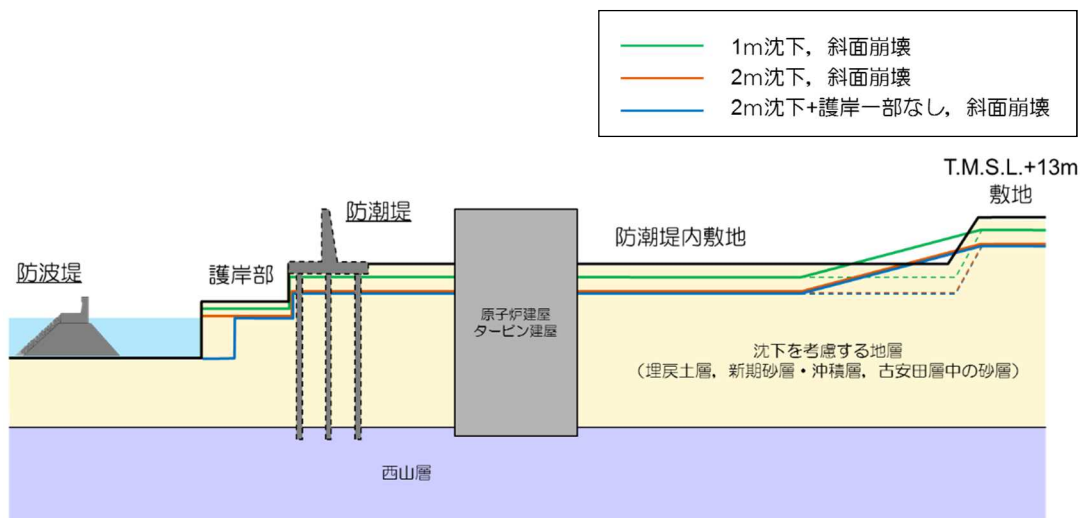


図 1.2-33 各検討ケースの沈下・斜面崩壊形状イメージ



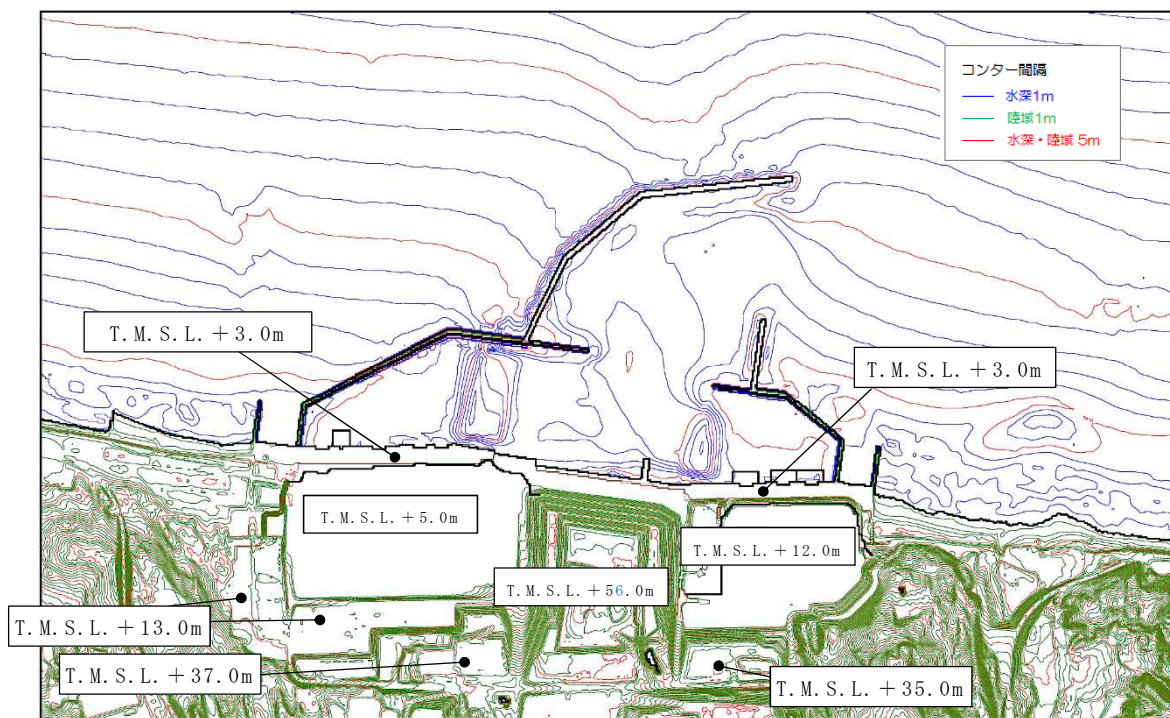


図 1.2-34(1) 津波遡上解析の地形モデル  
(敷地近傍, 防潮堤あり, 現地形)

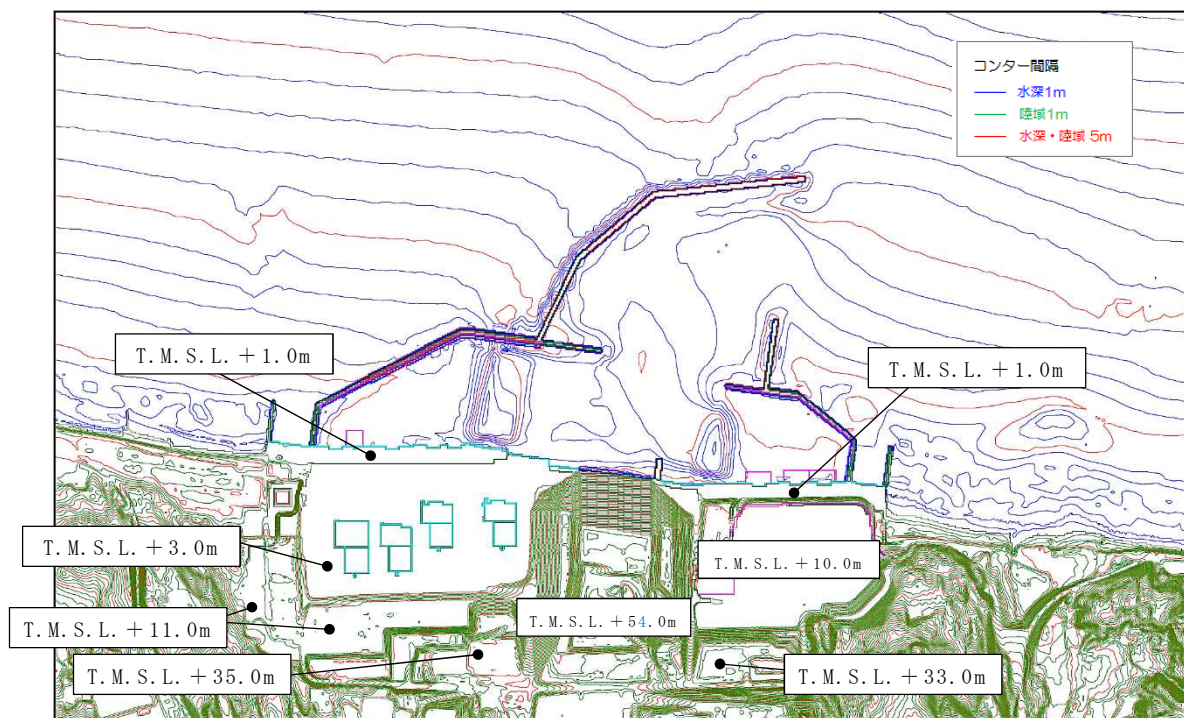


図 1.2-34(2) 津波遡上解析の地形モデル  
(敷地近傍, 防潮堤なし, 沈下 2m, 斜面崩壊あり)

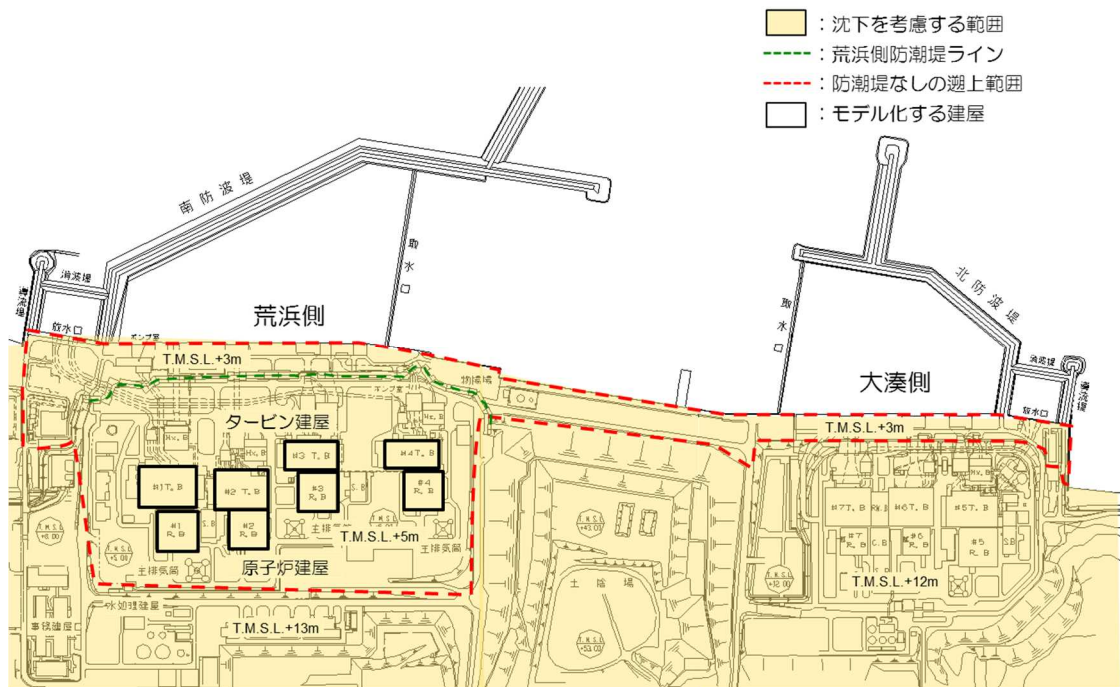


図 1.2-35 荒浜側防潮堤内敷地において考慮する建屋

e. 津波評価結果

(a) 津波評価結果

津波評価結果として、基準津波 1（水位上昇側）における各取水口前面及び荒浜側防潮堤内敷地の最高水位の一覧を表 1.2-6 に、基準津波 2（水位下降側）における各取水口前面の最低水位の一覧を表 1.2-7 に、基準津波 3（水位上昇側）における荒浜側防潮堤前面の最高水位を表 1.2-8 に示す。

表 1.2-6 津波評価結果（最高水位）〔基準津波 1〕

波源	防波堤	防潮堤	地形	取水口前面水位 T.M.S.L. (m)							荒浜側防潮堤内敷地水位 T.M.S.L. (m) ( ): 浸水深*	
				1号炉	2号炉	3号炉	4号炉	5号炉	6号炉	7号炉		
基準津波 1	防波堤あり	防潮堤あり	現地形	6.9	6.8	6.7	6.6	6.3	6.4	6.3	-	
			1m沈下+斜面崩壊	7.0	6.9	6.8	6.7	6.3	6.3	6.3	-	
			2m沈下+斜面崩壊	6.9	6.9	6.7	6.6	6.4	6.4	6.4	-	
		防潮堤なし	現地形	6.7	6.7	6.6	6.5	6.3	6.4	6.3	6.9	(1.9)
			1m沈下+斜面崩壊	6.5	6.5	6.4	6.3	6.2	6.2	6.3	6.5	(2.5)
			2m沈下+斜面崩壊	6.3	6.3	6.3	6.1	6.1	6.1	6.1	6.7	(3.7)
		2m沈下, 護岸一部削除+斜面崩壊	6.3	6.2	6.1	6.1	6.2	6.1	6.1	6.9	(3.9)	
	防波堤なし	防潮堤あり	現地形	6.5	6.3	6.2	6.2	7.4	7.5	7.2	-	
			1m沈下+斜面崩壊	6.5	6.3	6.2	6.2	7.4	7.6	7.4	-	
			2m沈下+斜面崩壊	6.4	6.2	6.2	6.1	7.4	7.6	7.4	-	
		防潮堤なし	現地形	6.4	6.2	6.1	6.1	7.3	7.5	7.2	6.4	(1.4)
			1m沈下+斜面崩壊	6.3	6.1	6.2	6.2	7.3	7.6	7.5	6.7	(2.7)
			2m沈下+斜面崩壊	6.2	6.1	6.2	6.3	7.2	7.4	7.5	6.6	(3.6)

注記\* : 浸水深は、浸水深の最大値を示しており、最高水位の地点と異なる場合がある。

表 1.2-7 津波評価結果（最低水位）〔基準津波 2〕

波源	防波堤	防潮堤	地形	取水口前面水位 T.M.S.L. (m)						
				1号炉	2号炉	3号炉	4号炉	5号炉	6号炉	7号炉
基準津波 2	防波堤 あり	防潮堤 あり	現地形	-5.4	-5.3	-5.4	-5.4	-3.0	-3.5	-3.5
			1m沈下+ 斜面崩壊	-5.3	-5.3	-5.4	-5.4	-3.0	-3.5	-3.5
			2m沈下+ 斜面崩壊	-5.3	-5.3	-5.4	-5.4	-3.0	-3.5	-3.5
		防潮堤 なし	現地形	-5.4	-5.3	-5.4	-5.4	-3.0	-3.5	-3.5
			1m沈下+ 斜面崩壊	-5.3	-5.3	-5.4	-5.4	-3.0	-3.5	-3.5
			2m沈下+ 斜面崩壊	-5.2	-5.3	-5.3	-5.4	-3.0	-3.5	-3.5
	防波堤 なし	防潮堤 あり	現地形	-5.4	-5.4	-5.5	-5.5	-3.0	-3.5	-3.5
			1m沈下+ 斜面崩壊	-5.4	-5.4	-5.5	-5.5	-3.0	-3.5	-3.5
			2m沈下+ 斜面崩壊	-5.4	-5.4	-5.5	-5.5	-3.0	-3.5	-3.5
		防潮堤 なし	現地形	-5.4	-5.4	-5.5	-5.5	-3.0	-3.5	-3.5
			1m沈下+ 斜面崩壊	-5.4	-5.4	-5.5	-5.5	-3.0	-3.5	-3.5
			2m沈下+ 斜面崩壊	-5.3	-5.4	-5.4	-5.4	-3.0	-3.5	-3.5

注記\*1：5，6，7号機取水口前面の水位は、貯留堰の高さ  
注記\*2：評価の際には、地殻変動を保守的に扱う

表 1.2-8 津波評価結果（最高水位）〔基準津波 3〕

波源	防波堤	防潮堤	地形	荒浜側防潮堤水位 T.M.S.L. (m) ( ):浸水深*2	
基準津波 3	防波堤 あり	防潮堤 あり*1	現地形	7.8	(3.0)
			1m沈下+ 斜面崩壊	7.7	(3.8)
			2m沈下+ 斜面崩壊	7.5	(4.7)
	防波堤 なし		現地形	7.8	(3.7)
			1m沈下+ 斜面崩壊	7.9	(4.7)
			2m沈下+ 斜面崩壊	7.8	(5.7)

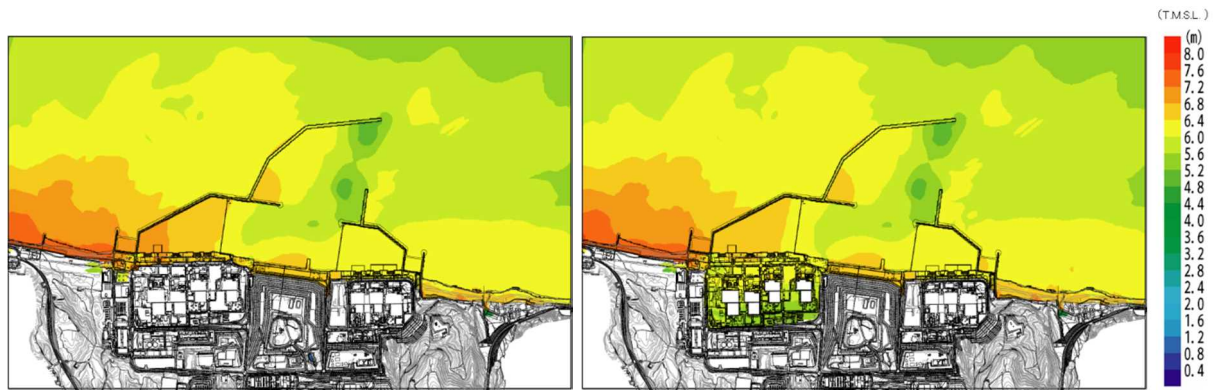
注記\*1：基準津波3は、防潮堤前面を評価地点としたときの波源であるため、「防潮堤あり」のみ実施。  
注記\*2：浸水深は、浸水深の最大値を示しており、最高水位の地点と異なる場合がある。

(b) 荒浜側防潮堤の有無による水位への影響について（水位上昇側）

荒浜側防潮堤の有無に対する最高水位分布の比較を図 1.2-36 に、水位時刻歴波形の比較を図 1.2-37 に示す。また、表 1.2-6 に示す基準津波 1 における取水口前面水位データを防潮堤有無に分けて比較した図を図 1.2-38 に示す。

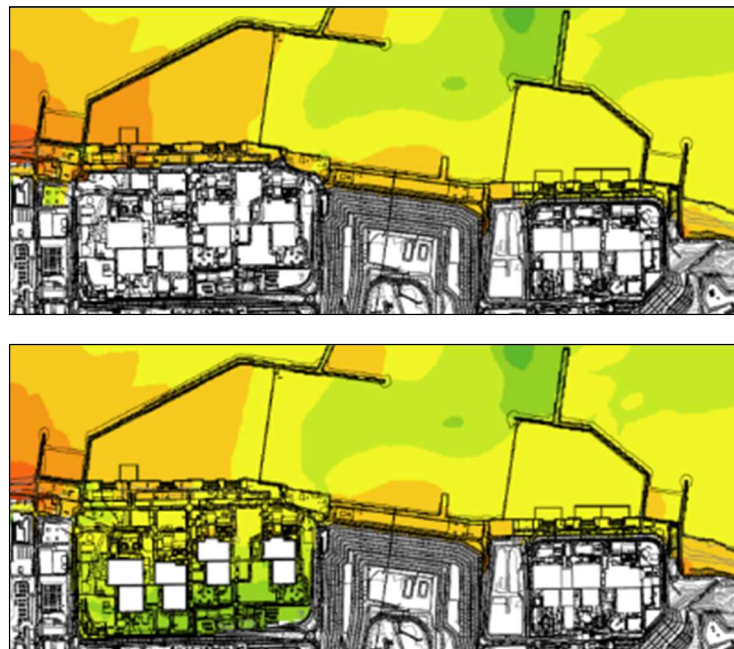
図 1.2-36、図 1.2-37 より、防潮堤の有無により敷地への遡上に影響があるものの、海域の最高水位分布に有意な差は認められず、取水口前面の水位時刻歴波形に有意な差は認められない。図 1.2-38 より、防潮堤ありと比べて防潮堤なしの取水口前面水位は同程度もしくは若干低下する傾向が認められる。以上のことから、防潮堤がある状態は若干保守的な評価であり、海域の水位や流況への影響は小さい。

また、いずれのケースも津波防護対象設備を内包する建屋及び区画への遡上はなく、防潮堤の有無が敷地の遡上経路へ大きな影響を及ぼすことはない。



1) 広域図 (防潮堤あり)

2) 広域図 (防潮堤なし)



3) 敷地及び港湾付近 拡大図 (上: 防潮堤あり, 下: 防潮堤なし)

図 1.2-36 荒浜側防潮堤の有無に対する最高水位分布の比較  
(基準津波 1, 沈下・斜面崩壊なし)

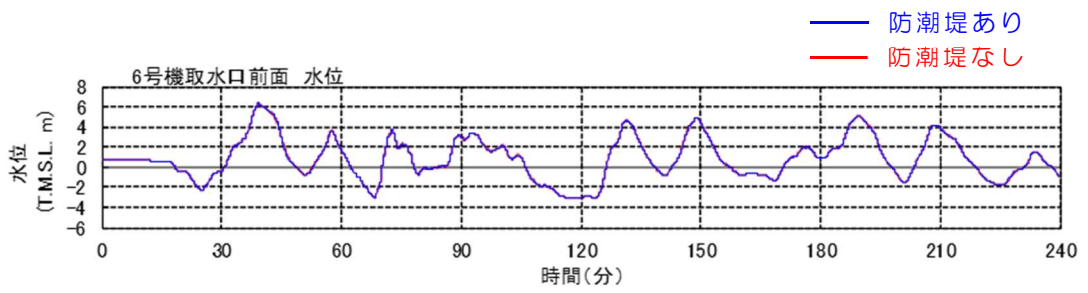


図 1.2-37 荒浜側防潮堤の有無に対する水位時刻歴波形の比較  
(基準津波 1, 6号機取水口前面)

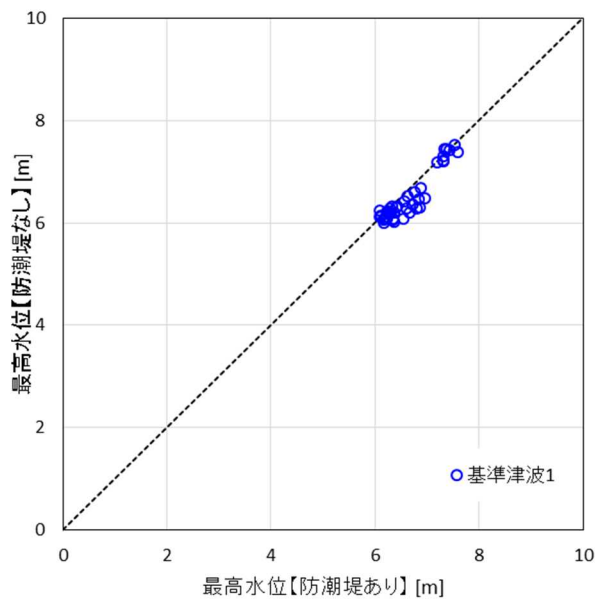


図 1.2-38 荒浜側防潮堤の有無に対する取水口前面水位比較  
(基準津波 1 における取水口前面水位データ)

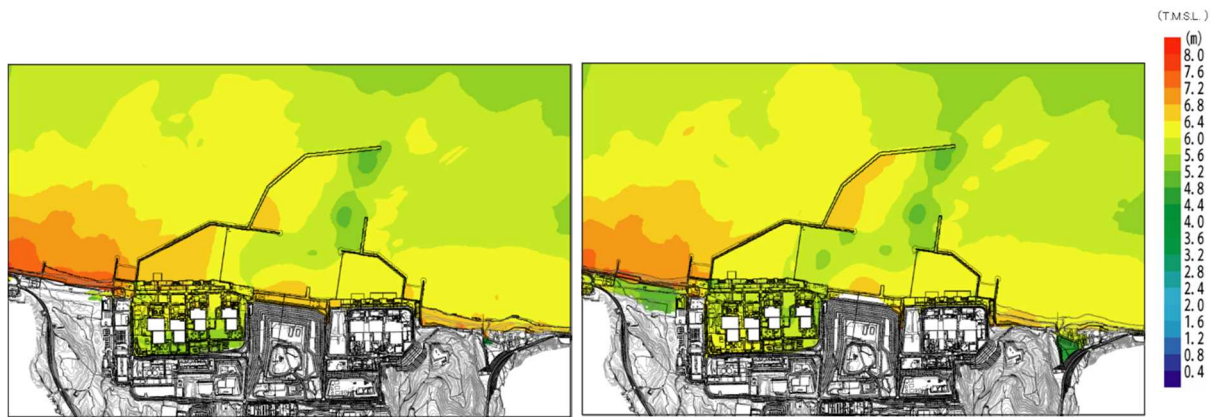
(c) 沈下・斜面崩壊の有無による水位への影響について（水位上昇側）

沈下・斜面崩壊の有無に対する最高水位分布の比較を図 1.2-39 に、水位時刻歴波形の比較を図 1.2-40 に示す。また、表 1.2-6 に示す基準津波 1 における取水口前面水位及び防潮堤内敷地、表 1.2-8 に示す基準津波 3 における防潮堤前面水位データを沈下・斜面崩壊の有無に分けて比較した図を図 1.2-41 に示す。

図 1.2-39、図 1.2-40 より、沈下及び斜面崩壊の有無により海域の最高水位分布に有意な差は認められず、取水口前面や防潮堤内敷地の水位時刻歴波形に有意な差は認められない。また、図 1.2-41 より、沈下・斜面崩壊の有無に対して取水口前面、防潮堤内敷地及び防潮堤前面水位に若干のばらつきは認められるものの有意な差は認められない。以上のことから、各評価地点の水位や海域の流況への影響は小さい。

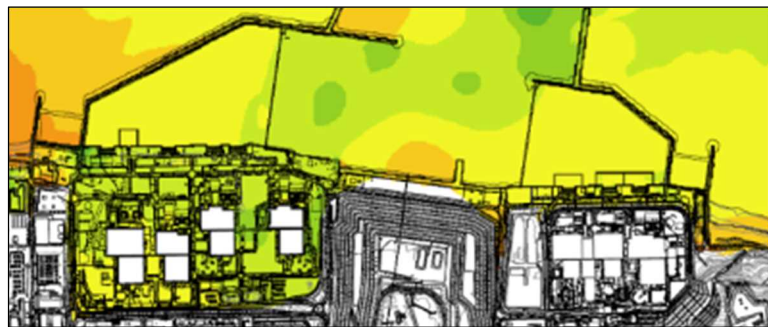
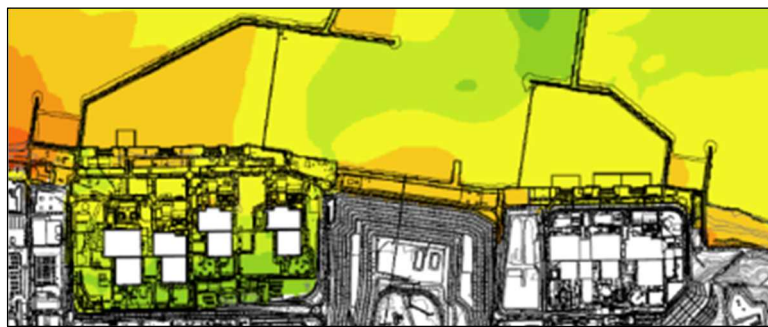
また、いずれのケースも津波防護対象設備を内包する建屋及び区画への遡上はなく、防潮堤の有無が敷地の遡上経路へ大きな影響を及ぼすことはない。





1) 広域図 (沈下・斜面崩壊なし)

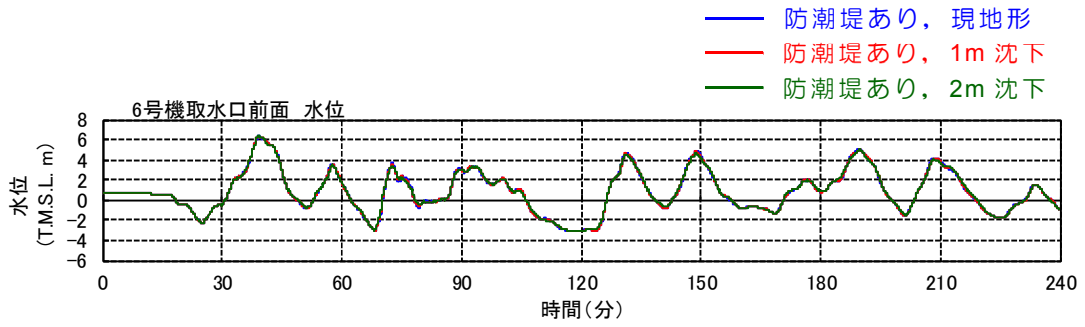
2) 広域図 (沈下 2m・斜面崩壊あり)



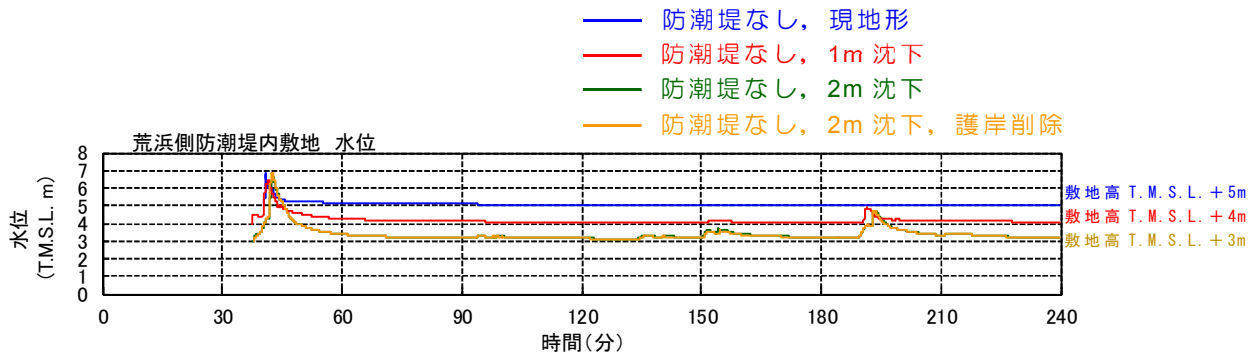
3) 敷地及び港湾付近 拡大図

(上：沈下・斜面崩壊なし，下：沈下 2m・斜面崩壊あり)

図 1.2-39 沈下・斜面崩壊の有無に対する最高水位分布の比較  
(基準津波 1, 防潮堤なし)



1) 基準津波 1, 6号機取水口前面



注記\*: 遡上後も敷地に若干水が残るため、水位が生じている。

2) 基準津波 1, 荒浜側防潮堤内敷地

図 1.2-40 沈下・斜面崩壊の有無に対する水位時刻歴波形の比較

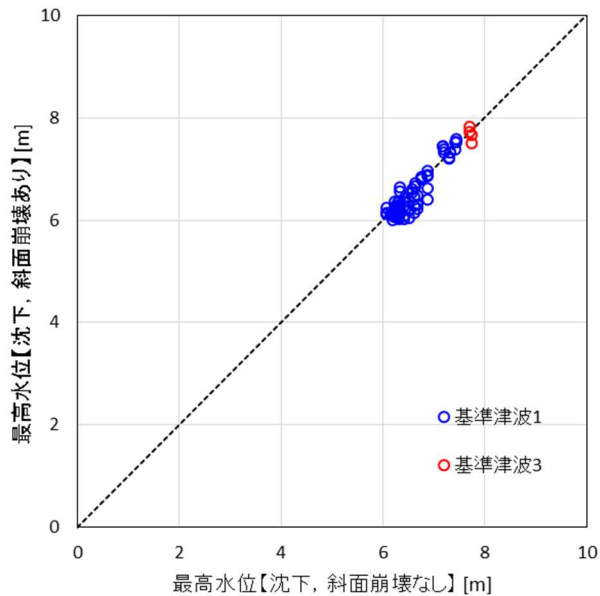
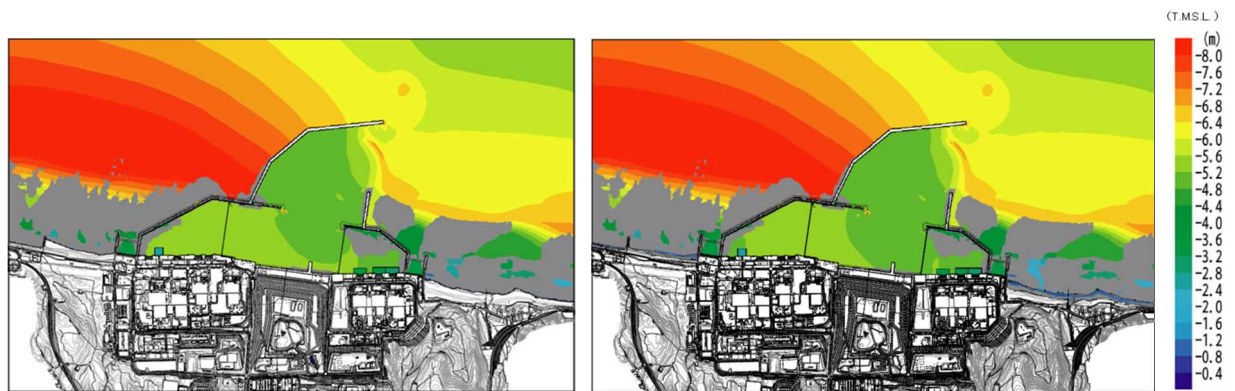


図 1.2-41 沈下・斜面崩壊の有無に対する水位比較

(基準津波 1 における取水口前面水位及び防潮堤内敷地, 基準津波 3 における防潮堤前面水位データ)

(d) 荒浜側防潮堤及び沈下・斜面崩壊の有無による影響について(水位下降側) 防潮堤及び沈下・斜面崩壊の有無に対する最低水位分布の比較を図 1.2-42 に，取水口前面の水位時刻歴波形の比較を図 1.2-43 に示す。

図 1.2-42，図 1.2-43 より，防潮堤及び沈下・斜面崩壊の有無により海域の最低水位分布や取水口前面の水位時刻歴波形に有意な差は認められず，津波水位が貯留堰を下回る時間への影響もないことから，海域の取水口前面水位や流況への影響は小さい。



注記\* 全水深 10cm 以下を露出域 (灰色部) として表示

- 1) 防潮堤あり / 沈下・斜面崩壊なし      2) 防潮堤なし / 沈下 2m・斜面崩壊あり

図 1.2-42 防潮堤及び沈下・斜面崩壊の有無に対する最低水位分布の比較 (基準津波 2)

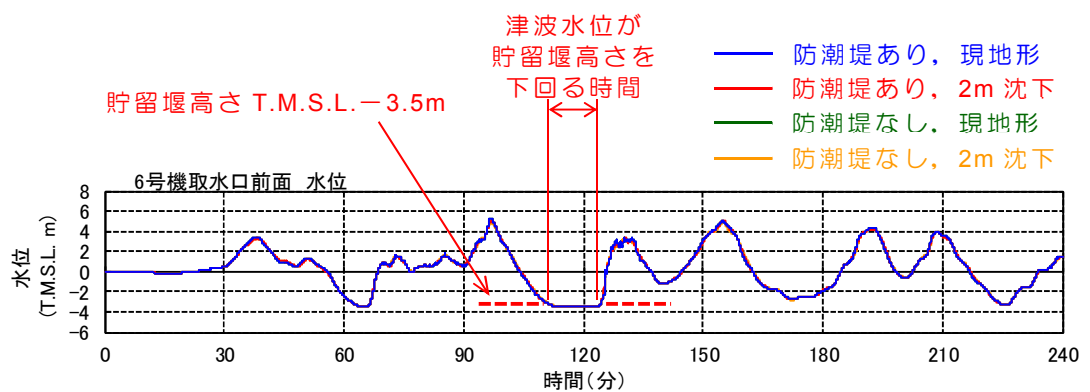


図 1.2-43 防潮堤及び沈下・斜面崩壊の有無に対する水位時刻歴波形の比較 (基準津波 2, 水位下降側, 6号機取水口前面)

(e) 防波堤の有無による水位への影響について（水位上昇・下降側）

防波堤の有無に対する最高水位分布の比較を図 1.2-44 に、最低水位分布の比較を図 1.2-45 に示す。なお、防波堤なしについては、防波堤を取り除いた状態（傾斜堤捨石マウンドを含む）を地形モデルに反映しており、海底地形は図 1.2-46 に示すとおり港湾内外に標高差がある。

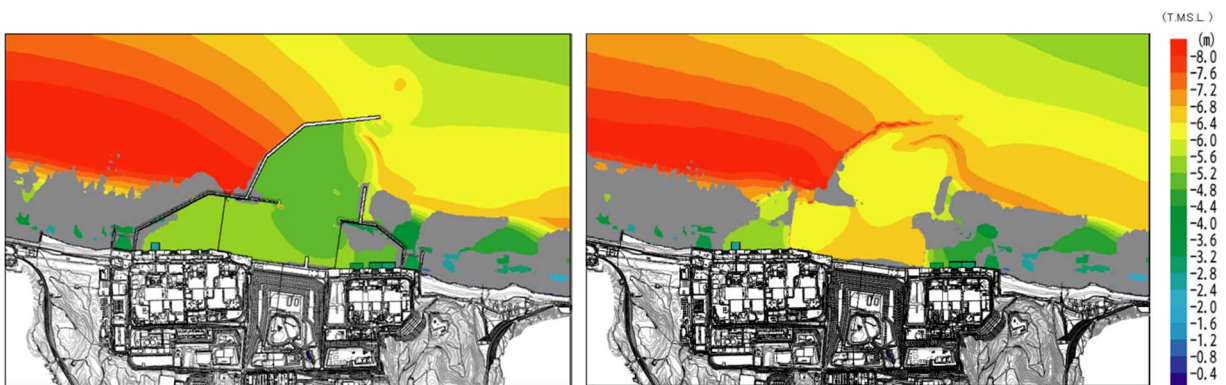
図 1.2-44、図 1.2-45 より、防波堤の有無により海域の最高・最低水位分布に変化が認められ、海域の流況への影響があるものの、いずれのケースも津波防護対象設備を内包する建屋及び区画への遡上はなく、防潮堤の有無が敷地の遡上経路へ大きな影響を及ぼすことはない。



1) 防波堤あり

2) 防波堤なし

図 1.2-44 防波堤の有無に対する最高水位分布の比較  
（基準津波 1，防潮堤なし，沈下・斜面崩壊あり）



注記\* 全水深 10cm 以下を露出域（灰色部）として表示

1) 防波堤あり

2) 防波堤なし

図 1.2-45 防波堤の有無に対する最低水位分布の比較  
（基準津波 2，防潮堤あり，沈下・斜面崩壊なし）

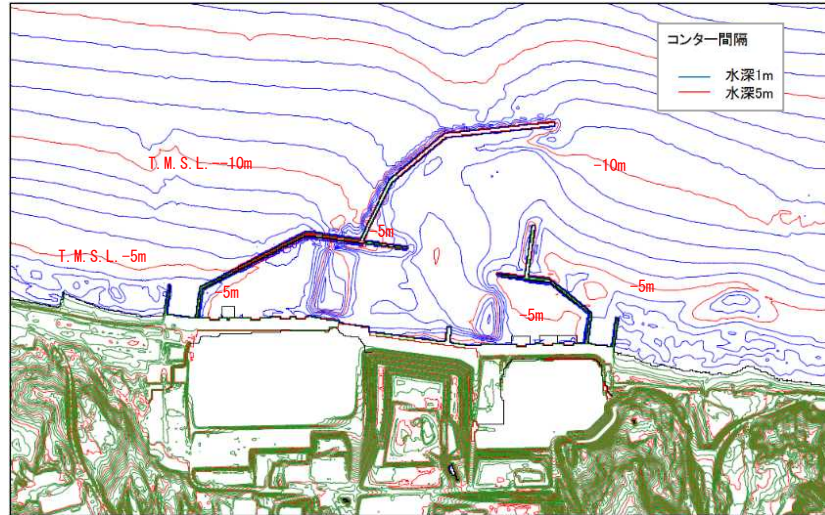


図 1.2-46 海底地形図

(f) 津波の遡上経路に対する地形の影響及び入力津波水位の設定について

地形変化を考慮した津波評価を実施した結果、全検討ケースにおいて津波防護対象設備を内包する建屋及び区画への遡上はなく、地形変化が敷地の遡上経路へ影響を及ぼすことはない。また、(b)～(e)の検討を踏まえ、入力津波の設定及びそれを用いた設計における地形の考え方は以下のとおりとし、表 1.2-9 に示す。

- イ. 取水口前面の水位（上昇側：基準津波 1）については、防潮堤がある状態が若干保守的な評価となること、沈下・斜面崩壊の有無に対して、海域の最大水位分布や取水口前面の水位時刻歴波形に有意な差は認められず、影響が小さいことから、現地形（防潮堤あり、沈下・斜面崩壊なし）を基本とし、敷地への遡上に対する評価（取水水路の管路解析を含む）等を行う。
- ロ. 取水口前面の水位（下降側：基準津波 2）については、防潮堤及び沈下・斜面崩壊の有無に対して、海域の最大水位分布や取水口前面の水位時刻歴波形に有意な差は認められず、影響が小さいことから、現地形（防潮堤あり、沈下・斜面崩壊なし）を基本とし、水位低下時の貯留堰による取水性の評価等を行う。
- ハ. 荒浜側防潮堤内敷地の水位（上昇側：基準津波 1）については、沈下・斜面崩壊の有無に対して、敷地の水位時刻歴波形に有意な差は認められず、影響が小さいことから、沈下・斜面崩壊を考慮しない地形を基本とし、防潮堤がない状態におけるアクセスルート等への遡上に対する評価や大湊側敷地への流入経路（電気洞道）に対する評価を行う。
- ニ. 荒浜側防潮堤前面の水位（上昇側：基準津波 3）については、沈下・斜面崩壊の有無に対して、敷地の水位時刻歴波形に有意な差は認められず、影響が小さいことから、沈下・斜面崩壊を考慮しない地形を基本とし、防潮堤が健全な状態における敷地への遡上に対する評価を行う。
- ホ. 流向・流速を用いた評価については、設計・評価に及ぼす影響の度合いは必ずしも明かでないと考えられることから、現地形（防潮堤あり、沈下・斜面崩壊なし）を基本とし、評価項目・対象に応じて、評価に影響を及ぼすと想定される状態をすべて考慮して評価を行う。なお、敷地の遡上域を除く港湾等の海域における流向・流速を用いた評価については、防潮堤の有無及び沈下・斜面崩壊の有無に対して、海域の最大水位分布や取水口前面の水位時刻歴波形に有意な差は認められず、海域の水位や流況への影響は小さいことから、現地形（防潮堤あり、沈下・斜面崩壊なし）を基本とする。
- ヘ. 防波堤の有無については、防波堤の有無に対して海域の最大水位分布に変化が認められ、海域の流況に影響を及ぼすことから、すべての評価項目に対して防波堤がない状態を考慮した影響評価を行う。

表 1.2-9 耐津波設計における地形の考え方

評価項目	防潮堤	沈下 斜面崩壊	防波堤	主な評価対象
取水口前面水位 (水位上昇側)	あり	なし	あり なし	・遡上波の地上部からの到達・流入防止 ・取放水路等の経路から津波流入防止
取水口前面水位 (水位下降側)	あり	なし	あり なし	・非常用冷却系の取水性確保 (水位低下時の貯留堰による貯留量確保)
荒浜側防潮堤内敷地水位 (水位上昇側)	なし	なし	あり なし	・アクセスルート等への遡上波到達防止 ・電気洞道からの大湊側敷地への流入防止
荒浜側防潮堤前面水位 (水位上昇側)	あり	なし	あり なし	・遡上波の地上部からの到達・流入防止 (防潮堤が健全な状態)
流向・流速* (波力, 漂流物評価等)	あり なし	あり なし	あり なし	・砂の移動・堆積に対する安全性評価 ・漂流物に対する安全性評価 ・津波防護施設, 浸水防止設備の設計

注記\* : 評価項目・対象に応じて, 考慮する状態を設定。

海域の評価については, 現地形 (防潮堤あり, 沈下・斜面崩壊なし) を基本とする。

### 1.3 港湾内の局所的な海面の励起について



### 1.3 港湾内の局所的な海面の励起について

基準津波による発電所周辺における最高水位分布を図 1.3-1 に、時刻歴波形の評価地点を図 1.3-2 に示す。また、津波の伝播経路を考慮し、港口と港内中央、港内中央と港奥（北側・南側）、港内中央と取水口前面（6号及び7号機）、基準津波策定位置と港口における基準津波 1 の水位をそれぞれ重ね合わせた水位時刻歴波形を図 1.3-3 及び図 1.3-4 に示す。

図 1.3-1 より、港湾の内外で最高水位分布や傾向に大きな差異はない。また、図 1.3-3 より、港内の伝播に伴い、上昇側のピーク値が多少大きくなるものの、周期特性や時間の経過に伴う減衰傾向に大きな差はなく、港内の固有周期との共振による特異な増幅は生じていない。

また、図 1.3-4 より、港口と基準津波策定位置は大きな波形の傾向は変わらないが、港口の方が基準津波策定位置より変動が大きくなっている。これは、水深が浅くなることによる一般的な増幅による水位変動であると推察される。

(T.M.S.L. m)

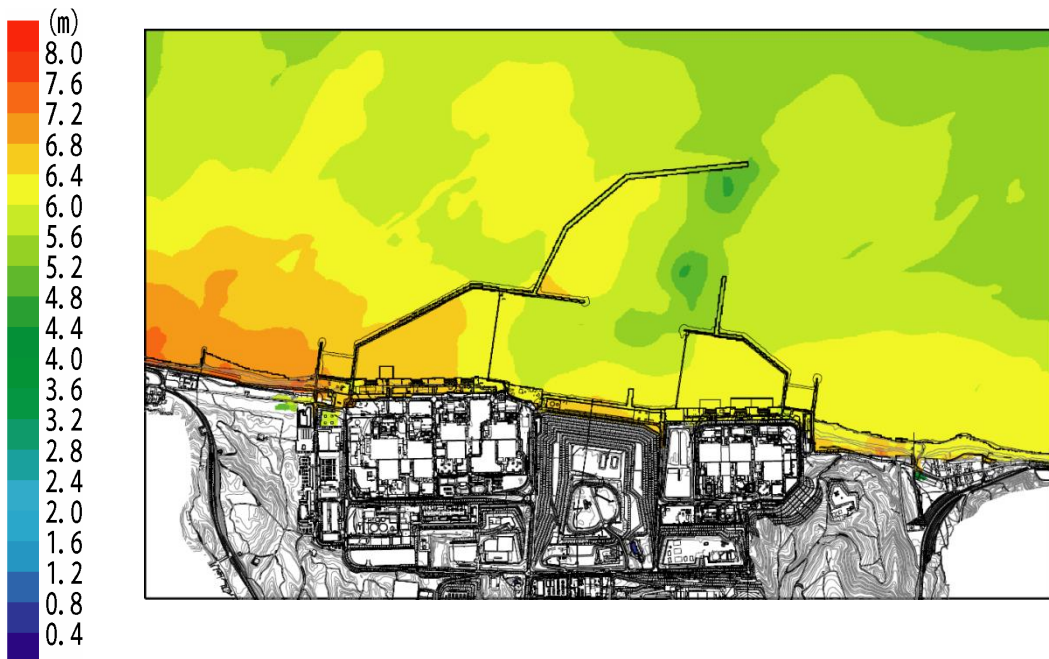


図 1.3-1 最高水位分布

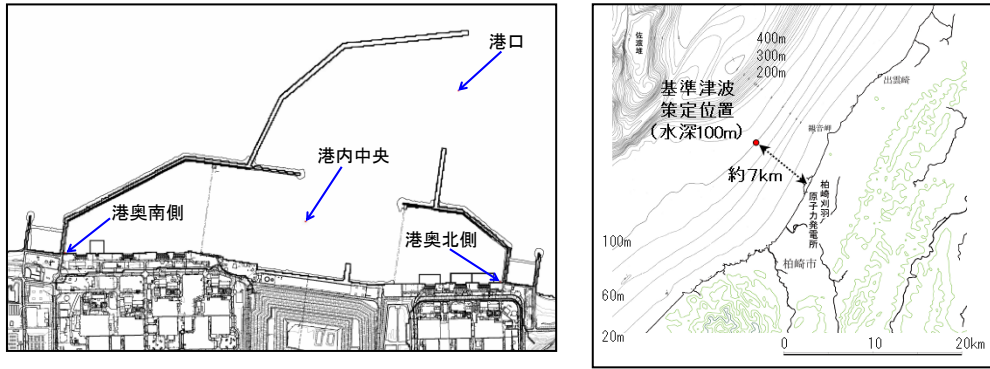


図 1.3-2 評価位置 (左：港湾内，右：基準津波策定位置)

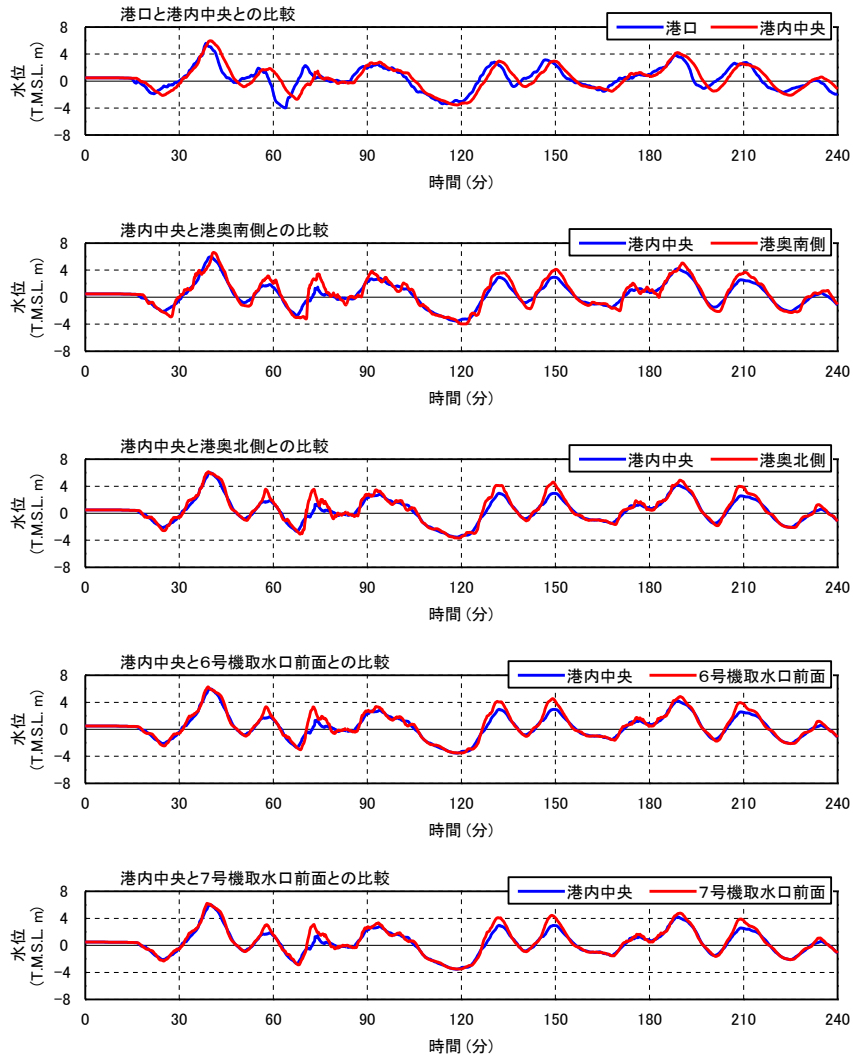


図 1.3-3 水位時刻歴波形 (日本海東縁部：2 領域モデル+LS-2)

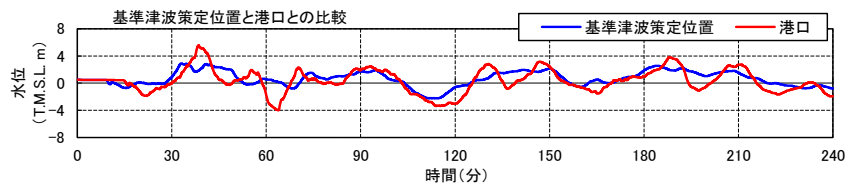


図 1.3-4 水位時刻歴波形 (基準津波策定位置と港口の比較)

## 1.4 管路解析のモデルについて

## 1.4 管路解析のモデルについて

### (1) はじめに

海洋から取水路及び放水路を経て各評価地点までの水路の水理特性を考慮した管路解析（解析コード「SURGE」）を実施した。取水路は、敷地前面の港湾内（取水口前面）における最大ケース（基準津波1）及び最小ケース（基準津波2）を入力波形として解析を実施した。なお、影響評価として、防波堤の損傷を考慮した管路解析を実施した。

### (2) 管路解析に基づく評価

管路解析を行う上での不確かさの考慮として、表 1.4-1 に示す各項目についてパラメータスタディを実施し、入力津波の選定及び津波水位への影響を確認した。

管路解析の解析条件を表 1.4-2 に、貝代を考慮する範囲を図 1.4-1 に示す。取水路及び放水路の構造図を図 1.4-2、図 1.4-3 に示す。

表 1.4-1 条件設定

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

注記\*：取水路のみ

表 1.4-2 管路解析における解析条件 (1/2)

計算領域	取水口～スクリーン室～取水路～取水槽～取水路分岐～補機取水路～補機取水槽		
計算時間間隔 $\Delta t$	0.005 秒 (取水路) 0.001 秒 (放水路)		
潮位のバラツキ	+0.16m (上昇側), -0.15m (下降側)		
地殻変動	-0.29m (下降側)		
取水条件		ポンプ種類	ポンプ稼働条件
	6 ・ 7 号 機	CWP (循環水ポンプ)	0 (m <sup>3</sup> /h) *
		RSW (原子炉補機冷却海水ポンプ)	1,800 (m <sup>3</sup> /h/台) x6 台 =10,800 (m <sup>3</sup> /h)
		TSW (タービン補機冷却海水ポンプ)	0 (m <sup>3</sup> /h)
	5 号 機	CWP (循環水ポンプ)	0 (m <sup>3</sup> /h) *
		RSW (原子炉補機冷却海水ポンプ)	2,500 (m <sup>3</sup> /h/台) x4 台 =10,000 (m <sup>3</sup> /h)
		TSW (タービン補機冷却海水ポンプ)	2,700 (m <sup>3</sup> /h/台) x3 台 =8,100 (m <sup>3</sup> /h)
		HPSW (高压炉心スプレィディーゼル補機冷却海水ポンプ)	400 (m <sup>3</sup> /h)
放水条件	取水条件で記載した取水量がそのまま放水されるものとして設定		
ポンプ停止条件	全ポンプ 0 (m <sup>3</sup> /h)		
摩擦損失係数 (マニングの粗度係数)	n=0.02m <sup>-1/3</sup> ・s (貝付着あり) n=0.015m <sup>-1/3</sup> ・s (貝付着なし)		
貝の付着代	貝代 10cm を考慮		

注記\* : 非常用海水冷却系の海水ポンプ (原子炉補機冷却海水ポンプ) の取水源を確保することを目的に、取水口前面には海水貯留堰を設置し、津波による水位低下時には循環水ポンプを停止する運用とすることから、管路解析の前提として「循環水ポンプ停止」とした。

表 1.4-2 管路解析における解析条件 (2/2)

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

基礎方程式を下記に示す。

管路解析では、非定常の開水路及び管路流れの連続式・運動方程式を用いた。

#### 【開水路】

・運動方程式

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

・連続式

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

#### 【管路】

・運動方程式

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

・連続式

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

ここに、  $t$  : 時間  $Q$  : 流量  $v$  : 流速  $x$  : 管底に沿った座標

$A$  : 流水断面積

$H$  : 圧力水頭+位置水頭 (管路の場合), 位置水頭 (開水路の場合)

$z$  : 管底高  $g$  : 重力加速度

$n$  : マニングの粗度係数  $R$  : 径深

$\Delta x$  : 管路の流れ方向の長さ  $f$  : 局所損失係数

#### 【水槽及び立坑部】

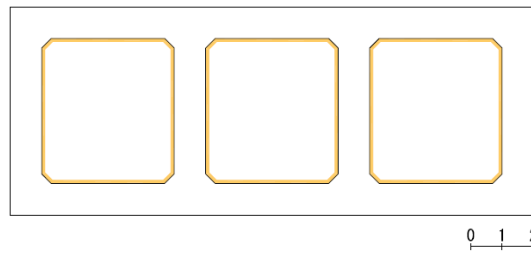
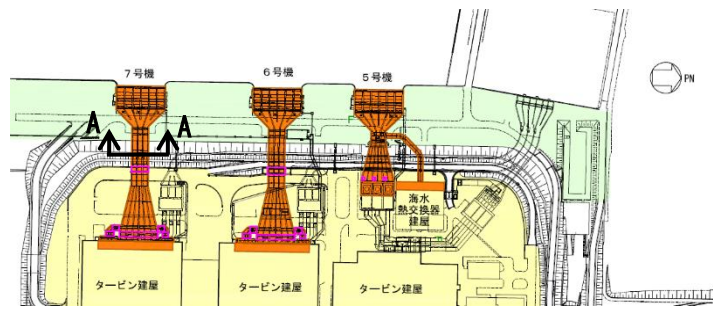
$$A_p \frac{dH_p}{dt} = Q_s$$

ここに  $A_p$  : 水槽の平面積 (水位の関数となる)

$H_p$  : 水槽水位

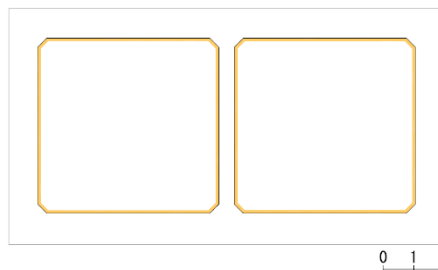
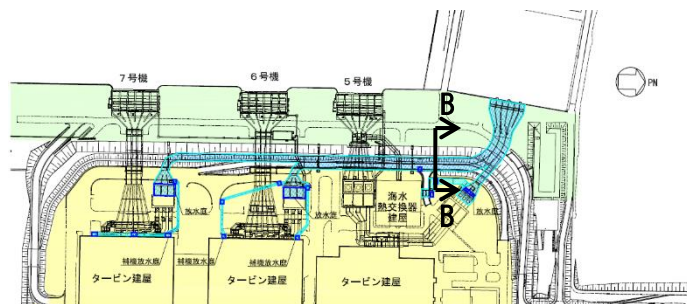
$Q_s$  : 水槽へ流入する流量の総和

$t$  : 時間



— 貝代付着考慮範囲

図 1.4-1 (1) 貝代考慮範囲 (7号機取水路 A-A断面図)



— 貝代付着考慮範囲

図 1.4-1 (2) 貝代考慮範囲 (6・7号機放水路 B-B断面図)



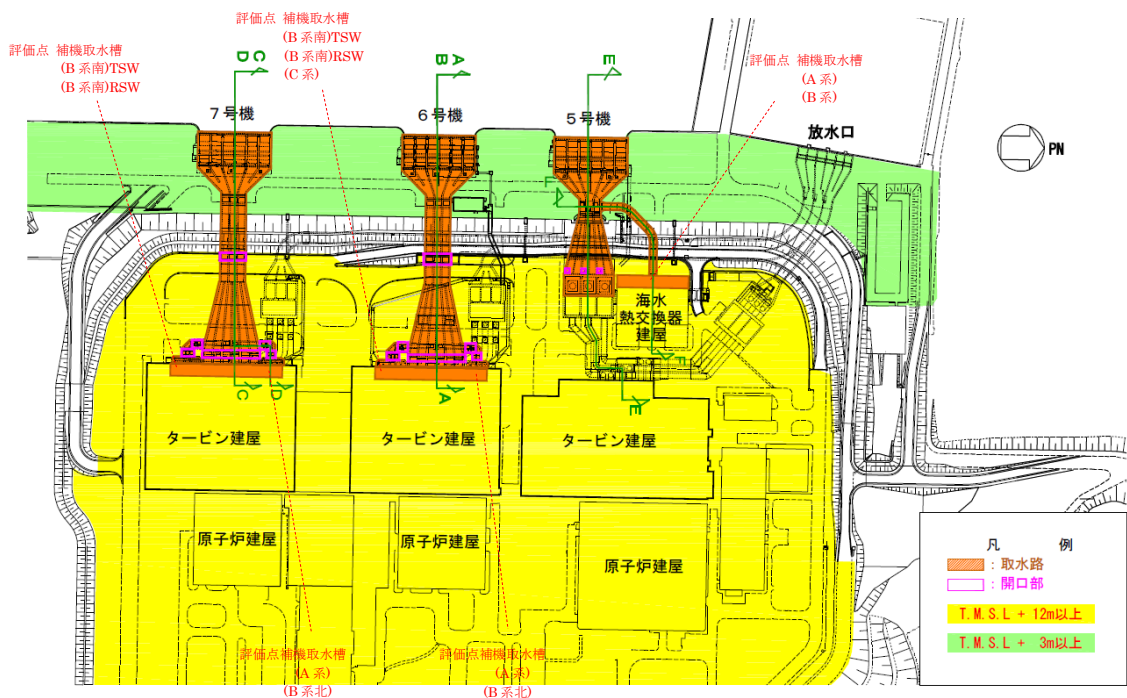


図 1.4-2 (1) 大湊側取水路配置平面図

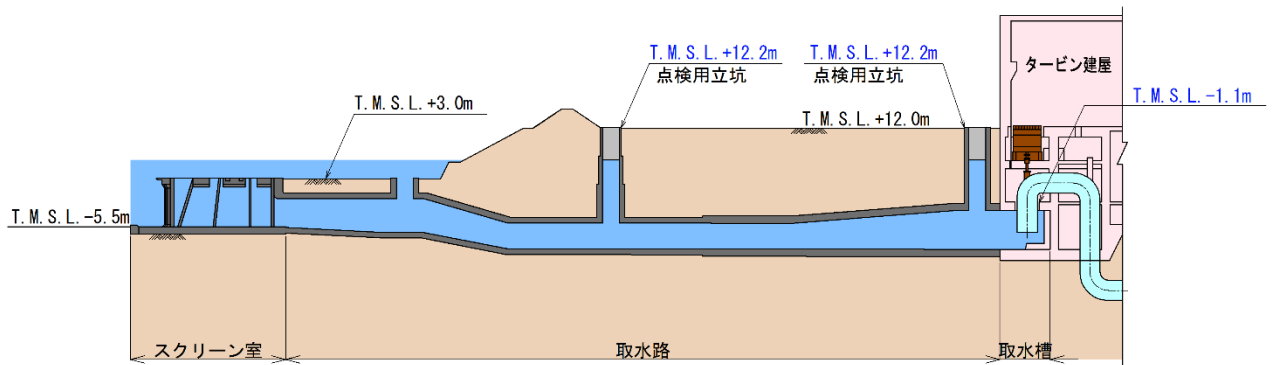


図 1.4-2 (2) 6号機取水路 (A-A 断面)

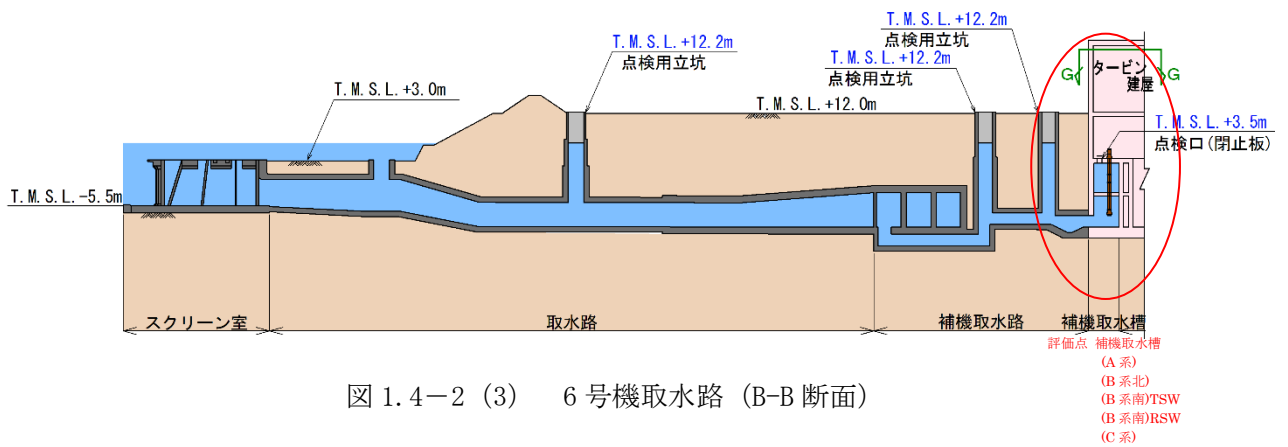


図 1.4-2 (3) 6号機取水路 (B-B 断面)

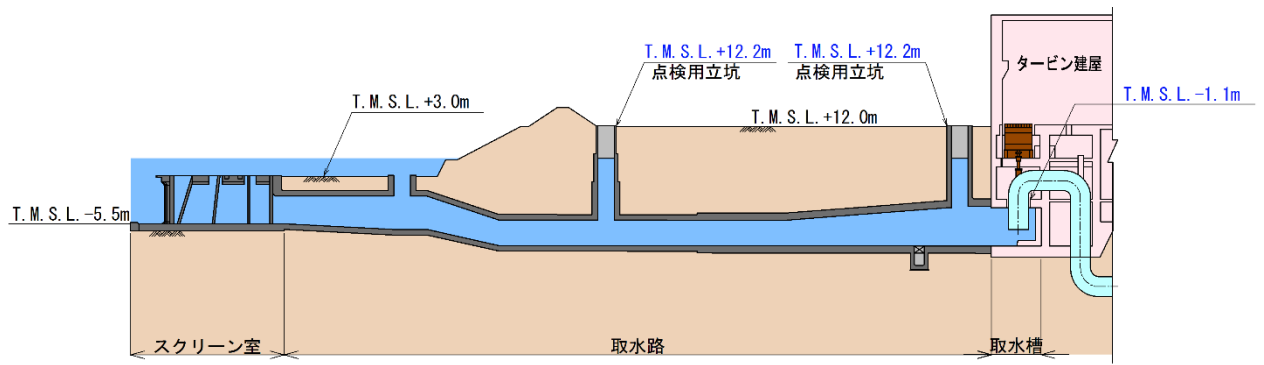


図 1.4-2 (4) 7号機取水路 (C-C 断面)

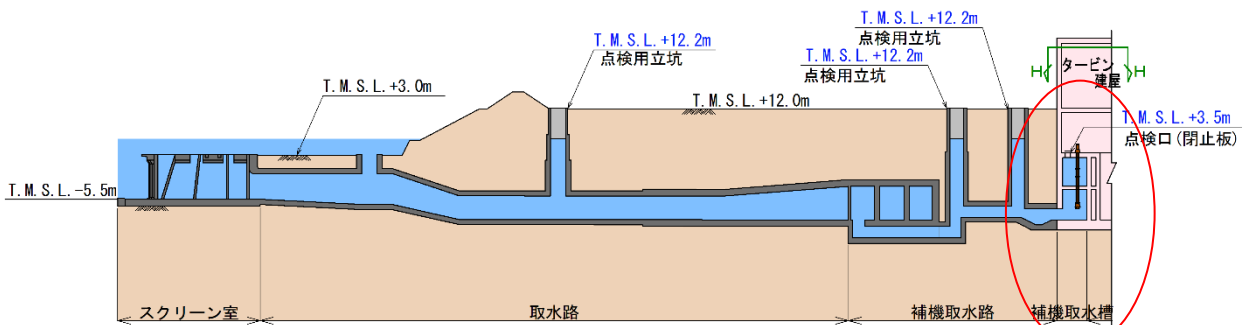


図 1.4-2 (5) 7号機取水路 (D-D 断面)

評価点 補機取水槽  
(A系)  
(B系北)  
(B系南)TSW  
(B系南)RSW  
(C系)

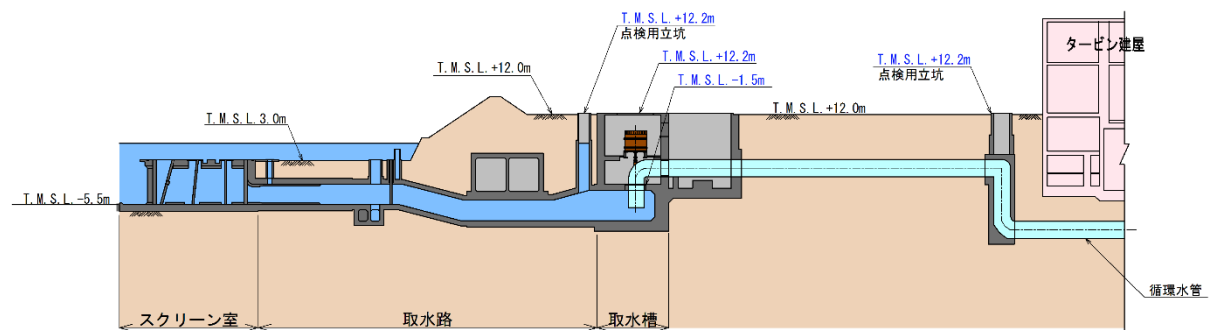


図 1.4-2 (6) 5号機取水路 (E-E 断面)

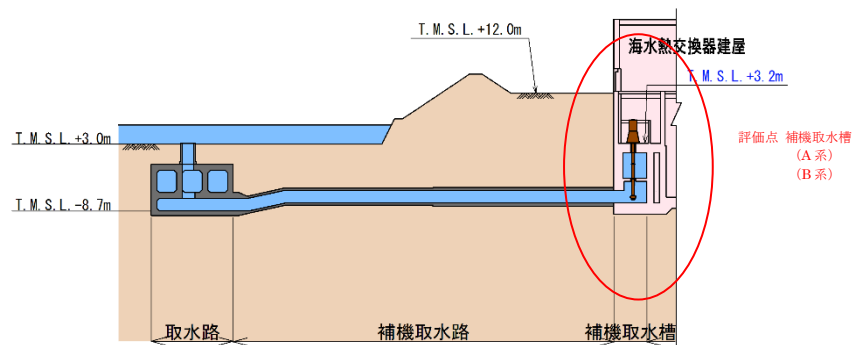


図 1.4-2 (7) 5号機取水路 (F-F 断面)

評価点 補機取水槽  
(A系)  
(B系)

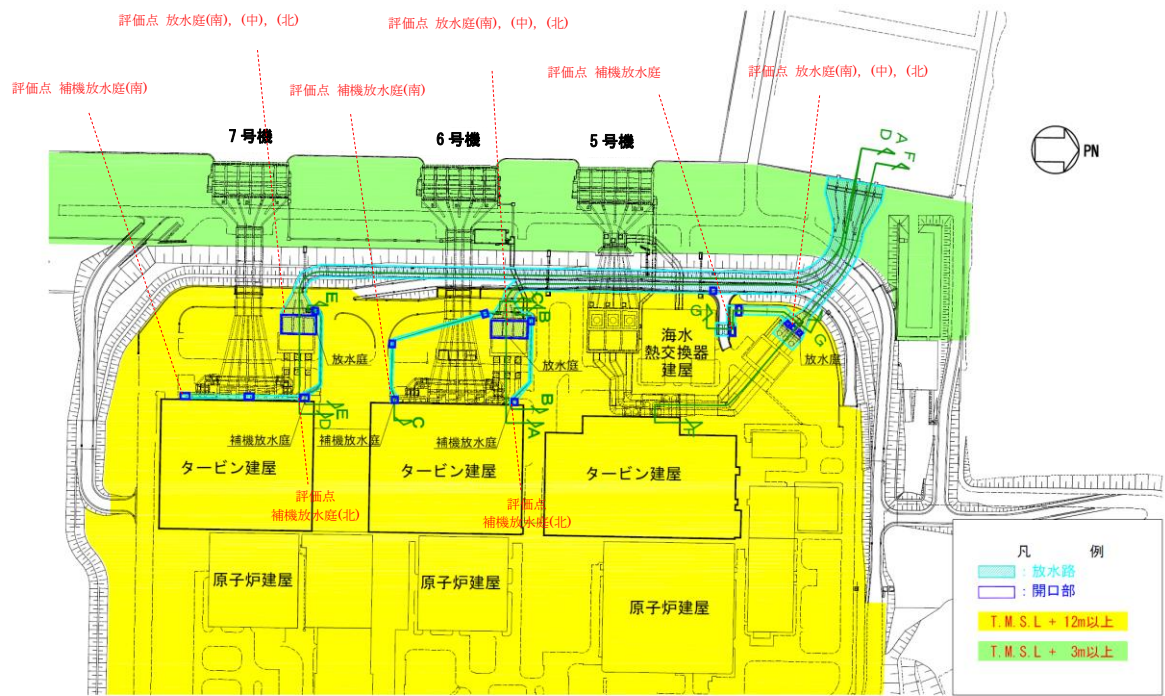


図 1.4-3 (1) 大湊側放水路配置平面図

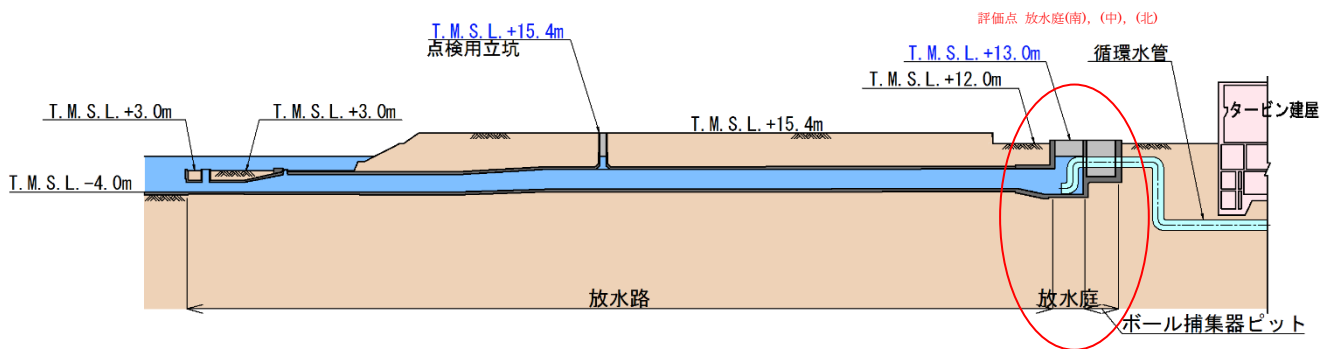


図 1.4-3 (2) 6号機放水路 (A-A 断面)

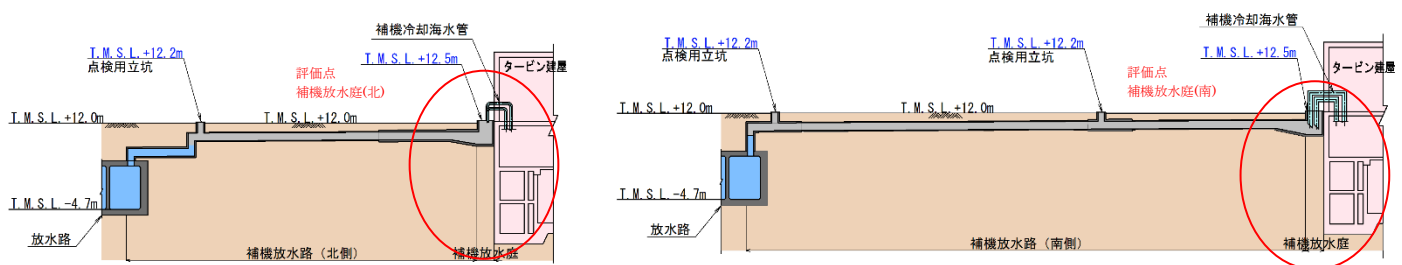


図 1.4-3 (3) 6号機放水路 (左: B-B 断面, 右: C-C 断面)

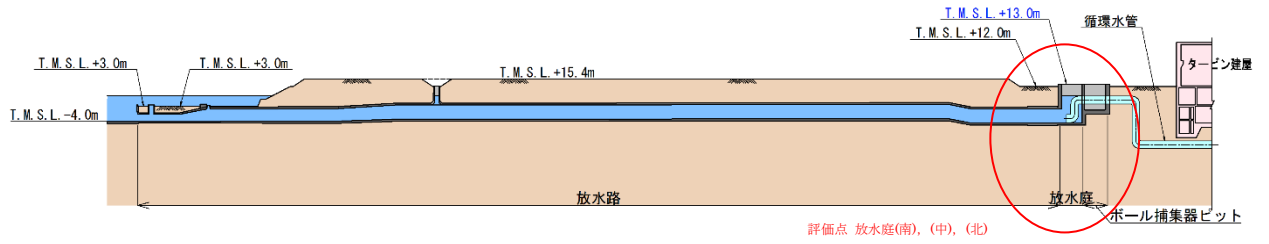


図 1.4-3 (4) 7号機放水路 (D-D 断面)

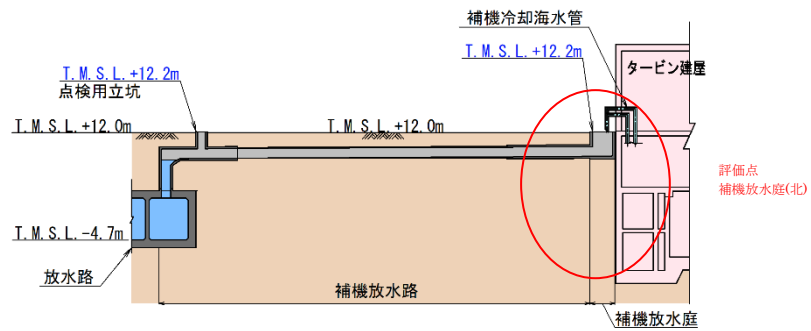


図 1.4-3 (5) 7号機放水路 (E-E 断面)

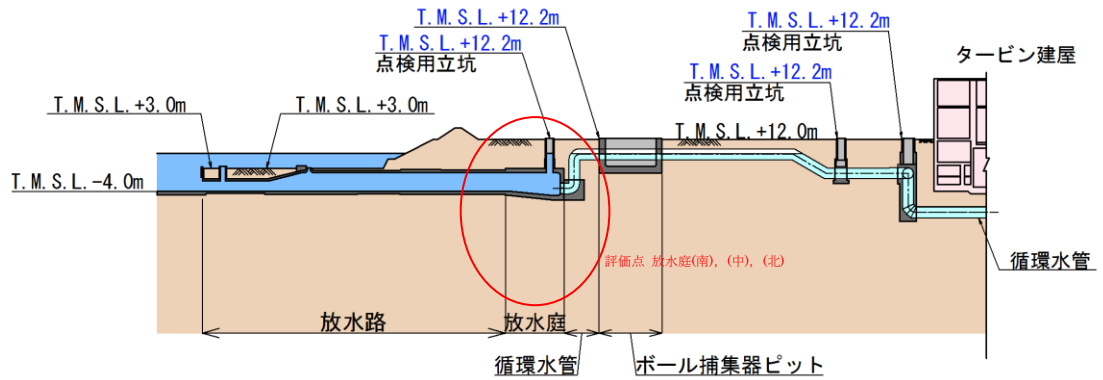


図 1.4-3 (6) 5号機放水路 (F-F 断面)

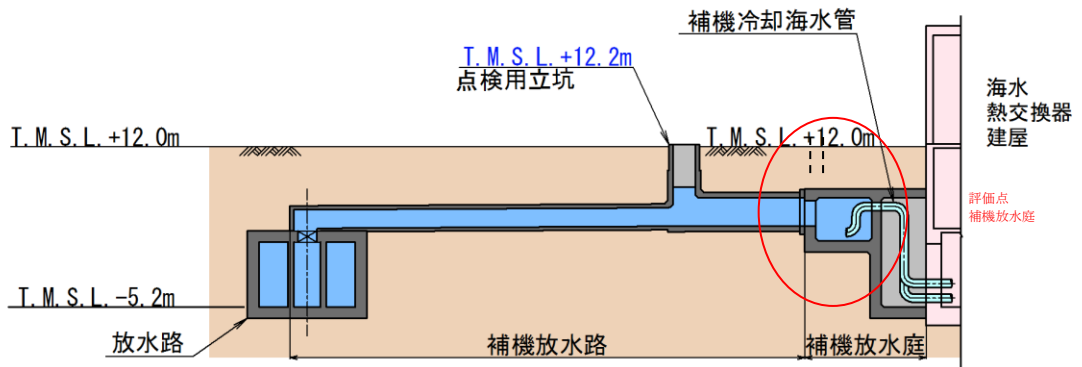


図 1.4-3 (7) 5号機放水路 (G-G 断面)

## 1.5 入力津波の不確かさの考慮について

## 1.5 入力津波の不確かさの考慮について

### (1) 考慮の程度の妥当性についての検討の方針

浸水防護施設の設計においては、入力津波が有する数値計算上の不確かさを考慮する。

入力津波が有する数値計算上の不確かさについては、各施設・設備の設置位置で算定された津波高さを安全側に評価することで考慮している。

今回、考慮の程度の妥当性について、数値計算上の不確かさの要因である、「敷地の地形および敷地周辺の人工構造物等のパラメータによる影響」(遡上解析におけるパラメータによる影響及び管路解析におけるパラメータによる影響) (以下「パラメータによる影響」という。)を考慮した数値計算上のばらつきについてパラメータスタディを実施し、入力津波への影響評価結果を比較することで確認をする。

### (2) 検討の対象

検討の対象設備を表 1.5-1 に示す。

表 1.5-1 検討の対象設備

設置位置	設備名称	設備分類	対象
タービン建屋	取水槽閉止板	浸水防止設備	○
補機冷却用海水取水槽	取水槽水位計	津波監視設備	○

(3) 入力津波高さが有する数値計算上の不確かさについて

a. 入力津波高さに影響を与え得る要因

(a) 朔望平均潮位

水位上昇側に対しては朔望平均満潮位 T.M.S.L. +0.49m, 水位下降側に対しては朔望平均干潮位 T.M.S.L. +0.03m をそれぞれの初期条件として考慮し, 基準津波の水位を算出している。

(b) 入力津波の波源としている地震により生じる地殻変動

入力津波の波源としている地震により生じる地殻変動として, 水位上昇側の基準津波である基準津波 1 及び 3 に対しては 0.21m 及び 0.29m の沈降を考慮する。水位下降側の基準津波である基準津波 2 に対しては, 安全側の評価になるように 0.20m の沈降を考慮していない。地殻変動量については初期条件として考慮し, 基準津波の水位を算出している。

(c) 潮位のばらつき

水位上昇側に対しては+0.16m, 水位下降側に対しては-0.15m を潮位のばらつきとして考慮する。潮位のばらつきについては遡上解析により求めた津波水位に加えることで考慮している。

(d) パラメータによる影響

入力津波高さに影響を与える, 数値計算上の不確かさの要因である, 「パラメータによる影響」としては, 以下のものを考慮する。

<遡上解析におけるパラメータによる影響>

- ・地震による斜面崩壊・地盤変状
- ・地震による荒浜側防潮堤損傷
- ・地震による防波堤損傷

<管路解析におけるパラメータによる影響>

- ・スクリーン損失の有無
- ・貝付着の有無
- ・原子炉補機冷却海水ポンプ稼働の有無

管路解析におけるパラメータによる影響については, 上記のパラメータのうち影響を与え得るパラメータを管路毎に設定し, 影響を考慮する。

b. 数値計算上の不確かさの考慮の程度

パラメータによる影響を考慮した各施設・設備の設置位置における入力津波高さの算定式は以下の式で表される。

$$\text{入力津波高さ} = \text{①} + \text{②} + \text{③}$$

①：基準津波

- ・朔望平均潮位
- ・入力津波の波源としている地震により生じる地殻変動

②：潮位のばらつき

③：パラメータによる影響

表 1.5-2 及び表 1.5-3 に各施設・設備の設置位置における流入，遡上に伴う入力津波高さ，潮位のばらつき及び数値計算上の不確かさの要因である「パラメータによる影響」の考え方を示す。また，パラメータによる影響の入力津波高さに対する考慮の程度についても表 1.5-2 及び表 1.5-3 に合わせて示す。



表 1.5-2 各施設・設備の設置位置におけるパラメータによる影響の考慮の程度  
(浸水防止設備及び津波監視設備)

設置位置	浸水防護施設	設備分類	入力津波高さ (水位上昇側)	パラメータによる影響の考慮の程度	パラメータによる影響で考慮した条件
タービン建屋 補機冷却用 海水取水槽	取水槽 閉止板	浸水防止 設備	<p>▽T. M. S. L. +8.3m 潮位のばらつき +0.16m ▽T. M. S. L. +8.1m パラメータによる影響 +0.9m ▽T. M. S. L. +7.2m 基準津波 1*による 水位</p>	+0.9m	<ul style="list-style-type: none"> <li>・防波堤の有無</li> <li>・スクリーン損失の有無</li> <li>・貝付着の有無</li> <li>・原子炉補機冷却海水ポンプ稼働の有無</li> </ul>
	取水槽 水位計	津波監視 設備			

注記\*：朔望平均潮位及び入力津波の波源としている地震により生じる地殻変動を初期条件として見込んだ上で入力津波高さを算定している。

表 1.5-3 各施設・設備の設置位置におけるパラメータによる影響の考慮の程度  
(非常用海水冷却系の取水性)

設置位置	入力津波高さ (水位下降側)	パラメータによる影響の考慮の程度	パラメータによる影響で考慮した条件
タービン建屋 補機冷却用海水取水槽	<p>基準津波 2*1による 水位*2 ▽T. M. S. L. -3.7m 潮位のばらつき -0.15m ▽T. M. S. L. -3.9m パラメータによる影響 -0.4m ▽T. M. S. L. -4.3m</p>	-0.4m	<ul style="list-style-type: none"> <li>・防波堤の有無</li> <li>・スクリーン損失の有無</li> <li>・貝付着の有無</li> <li>・原子炉補機冷却海水ポンプ稼働の有無</li> </ul>

注記\*1：朔望平均潮位を初期条件として見込んだ上で入力津波高さを算定している。

注記\*2：水位下降側の地殻変動量については安全側の評価になるように0.20mの沈降を考慮していない。

c. 数値計算上の不確かさに与える影響

(a) 遡上解析におけるパラメータによる影響

基準津波 1, 2 について斜面崩壊・地盤変状, 荒浜側防潮堤損傷及び防波堤損傷の有無を考慮し, パラメータスタディを実施した結果を表 1.5-4 及び表 1.5-5 にまとめる。これらの結果から入力津波の設定にあたり考慮する地形変化は以下のものとする。

イ. 地震による斜面崩壊・地盤変状

遡上解析の結果, 表 1.5-4 及び表 1.5-5 より大湊側敷地前面水位 (最高, 最低) に対しては, 斜面崩壊・地盤変状は現地形が保守的であり, 有意な影響を与えないことが確認された。このため入力津波のうち大湊側敷地前面水位の設定に当たっては, 現地形を代表条件とする。

ロ. 地震による荒浜側防潮堤損傷

遡上解析の結果, 表 1.5-4 及び表 1.5-5 より大湊側敷地前面水位 (最高, 最低) に対しては, 現地形 (荒浜側防潮堤が健全な状態) が保守的であり, 有意な影響がないことが確認された。このため入力津波のうち, 大湊側敷地前面水位の設定に当たっては, 現地形を代表条件とする。

ハ. 地震による防波堤損傷

防波堤の状態は, 港湾外の流況には有意な影響を与えないものと考えられる。このため入力津波のうち港湾外の流況の設定に当たっては, 現地形 (防波堤が健全な状態) を代表条件とする。

一方, 港湾外の流況を除く, 港湾内の流向や流速, 砂堆積高さ等に対しては有意な影響を与えるものと考えられるため, これらについては, 本要因 (及び他の要因) をパラメータとした遡上解析により得られるすべての結果を入力津波として取り扱い, 設計・評価を行うものとする。

表 1.5-4 遡上解析結果（最高水位）「基準津波 1」

波源	防波堤	防潮堤	地形	取水口前面水位 T. M. S. L. (m)						
				1号機	2号機	3号機	4号機	5号機	6号機	7号機
基準 津波 1	あり	あり	現地形	6.9	6.8	6.7	6.6	6.3	6.4	6.3
			1m 沈下+ 斜面崩壊	7.0	6.9	6.8	6.7	6.3	6.3	6.3
			2m 沈下+ 斜面崩壊	6.9	6.9	6.7	6.6	6.4	6.4	6.4
		なし	現地形	6.7	6.7	6.6	6.5	6.3	6.4	6.3
			1m 沈下+ 斜面崩壊	6.5	6.5	6.4	6.3	6.2	6.2	6.3
			2m 沈下+ 斜面崩壊	6.3	6.3	6.3	6.1	6.1	6.1	6.1
			2m 沈下, 護岸一部 削除+斜面崩壊	6.3	6.2	6.1	6.1	6.2	6.1	6.1
		なし	あり	現地形	6.5	6.3	6.2	6.2	7.4	7.5
	1m 沈下+ 斜面崩壊			6.5	6.3	6.2	6.2	7.4	7.6	7.4
	2m 沈下+ 斜面崩壊			6.4	6.2	6.2	6.1	7.4	7.6	7.4
	なし		現地形	6.4	6.2	6.1	6.1	7.3	7.5	7.2
			1m 沈下+ 斜面崩壊	6.3	6.1	6.2	6.2	7.3	7.6	7.5
			2m 沈下+ 斜面崩壊	6.2	6.1	6.2	6.3	7.2	7.4	7.5

表 1.5-5 遡上解析結果（最低水位）「基準津波 2」

波源	防波堤	防潮堤	地形	取水口前面水位 T. M. S. L. (m)						
				1号機	2号機	3号機	4号機	5号機	6号機	7号機
基準 津波 2	あり	あり	現地形	-5.4	-5.3	-5.4	-5.4	-3.0	-3.5	-3.5
			1m 沈下+ 斜面崩壊	-5.3	-5.3	-5.4	-5.4	-3.0	-3.5	-3.5
			2m 沈下+ 斜面崩壊	-5.3	-5.3	-5.4	-5.4	-3.0	-3.5	-3.5
		なし	現地形	-5.4	-5.3	-5.4	-5.4	-3.0	-3.5	-3.5
			1m 沈下+ 斜面崩壊	-5.3	-5.3	-5.4	-5.4	-3.0	-3.5	-3.5
			2m 沈下+ 斜面崩壊	-5.2	-5.3	-5.3	-5.4	-3.0	-3.5	-3.5
			2m 沈下, 護岸一部 削除+斜面崩壊	-5.1	-5.2	-5.2	-5.3	-3.0	-3.5	-3.5
		なし	あり	現地形	-5.4	-5.4	-5.5	-5.5	-3.0	-3.5
	1m 沈下+ 斜面崩壊			-5.4	-5.4	-5.5	-5.5	-3.0	-3.5	-3.5
	2m 沈下+ 斜面崩壊			-5.4	-5.4	-5.5	-5.5	-3.0	-3.5	-3.5
	なし		現地形	-5.4	-5.4	-5.5	-5.5	-3.0	-3.5	-3.5
			1m 沈下+ 斜面崩壊	-5.4	-5.4	-5.5	-5.5	-3.0	-3.5	-3.5
			2m 沈下+ 斜面崩壊	-5.3	-5.4	-5.4	-5.4	-3.0	-3.5	-3.5

(b) 管路解析におけるパラメータによる影響

管路解析の入力波形としては取水口前面における水位が最高となるケース（基準津波 1）を上昇側の評価に用い、水位が最低となるケース（基準津波 2）を下降側の評価に用いた。

イ. 取水路の管路解析にて考慮する条件による影響

取水路から補機冷却用海水取水槽に至る経路においては、「(a) 遡上解析におけるパラメータによる影響」にて考慮した防波堤の有無をはじめ、スクリーン損失の有無、貝付着の有無及び原子炉補機冷却海水ポンプ稼働の有無による影響をうけることから、これらを管路解析の条件として考慮する。取水路の管路解析にて考慮する条件による影響評価結果のうち上昇側最高水位、下降側最低水位一覧を表 1.5-6 及び表 1.5-7 に示す。

表 1.5-6 取水路の管路解析結果（上昇側最高水位）

「斜面崩壊・地盤変状：なし，荒浜側防潮堤損傷：なし」

波源	防波堤	スクリーン	貝代	ポンプ稼働	水位 T.M.S.L. (m)					
					取水口前面	補機取水槽 (A系)	補機取水槽 (B系北)	補機取水槽 (B系南) TSW	補機取水槽 (B系南) RSW	補機取水槽 (C系)
基準津波 1	あり	あり	あり	あり	+6.3	+6.9	+6.5	+6.5	+6.5	+7.1
				なし	+6.3	+7.1	+6.6	+6.7	+6.7	+7.1
			なし	あり	+6.3	+6.5	+6.5	+6.5	+6.5	+6.7
				なし	+6.3	+6.7	+6.6	+6.6	+6.6	+6.7
		なし	あり	あり	+6.3	+7.0	+6.6	+6.5	+6.5	+7.1
				なし	+6.3	+7.2	+6.6	+6.7	+6.7	+7.1
			なし	あり	+6.3	+6.6	+6.6	+6.6	+6.6	+6.7
				なし	+6.3	+6.8	+6.6	+6.7	+6.7	+6.7
	なし	あり	あり	あり	+7.2	+8.0	+7.5	+7.3	+7.3	+8.1
				なし	+7.2	+8.1	+7.6	+7.4	+7.4	+8.1
			なし	あり	+7.2	+8.0	+7.3	+7.4	+7.4	+8.0
				なし	+7.2	+8.2	+7.5	+7.6	+7.6	+8.0
		なし	あり	あり	+7.2	+8.1	+7.6	+7.4	+7.4	+8.2
				なし	+7.2	+8.2	+7.6	+7.5	+7.5	+8.2
なし	あり	+7.2	+8.1	+7.4	+7.4	+7.4	+8.1			
なし	なし	+7.2	+8.3	+7.6	+7.6	+7.6	+8.1			

：防波堤あり，なしの最高水位

表 1.5-7 取水路の管路解析結果（下降側最低水位）

「斜面崩壊・地盤変状：なし，荒浜側防潮堤損傷：なし」

波源	防波堤	スクリーン	貝代	ポンプ稼働	水位 T. M. S. L. (m)					
					取水口前面	補機取水槽 (A系)	補機取水槽 (B系北)	補機取水槽 (B系南) TSW	補機取水槽 (B系南) RSW	補機取水槽 (C系)
基準津波2	あり	あり	あり	あり	-3.5	-3.6	-3.7	-3.7	-3.7	-3.6
				なし	-3.5	-3.6	-3.7	-3.7	-3.7	-3.6
			なし	あり	-3.5	-3.6	-3.7	-3.7	-3.7	-3.6
				なし	-3.5	-3.6	-3.7	-3.7	-3.7	-3.6
		なし	あり	あり	-3.5	-3.7	-3.7	-3.7	-3.7	-3.7
				なし	-3.5	-3.7	-3.7	-3.7	-3.7	-3.7
			なし	あり	-3.5	-3.7	-3.7	-3.7	-3.7	-3.7
				なし	-3.5	-3.6	-3.7	-3.7	-3.7	-3.7
	なし	あり	あり	あり	-3.5	-3.8	-4.0	-3.9	-3.9	-3.7
				なし	-3.5	-3.8	-3.9	-3.8	-3.8	-3.7
			なし	あり	-3.5	-3.8	-3.9	-3.9	-3.9	-3.8
				なし	-3.5	-3.8	-3.9	-3.8	-3.8	-3.8
		なし	あり	あり	-3.5	-4.0	-4.3	-4.1	-4.1	-3.9
				なし	-3.5	-3.9	-4.2	-4.0	-4.0	-3.9
なし	なし	あり	-3.5	-3.9	-4.1	-4.0	-4.0	-3.9		
		なし	-3.5	-3.9	-4.1	-4.0	-4.0	-3.9		

：防波堤あり，なしの最低水位

(c) 数値計算上の不確かさに与える影響のまとめ

「(a) 遡上解析におけるパラメータによる影響」及び「(b) 管路解析におけるパラメータによる影響」の結果を踏まえ設定した各施設・設備の設置位置における設計又は評価に用いる入力津波高さを表 1.5-8 に示す。

表 1.5-8 各施設・設備の設置位置における設計又は評価に用いる入力津波高さ

区分	設定位置	入力津波高さ
上昇側水位	タービン建屋	T. M. S. L. +8.3m <sup>*1</sup>
下降側水位	補機冷却用海水取水槽	T. M. S. L. -4.3m <sup>*2</sup>

注記\*1 : 朔望平均潮位及び入力津波の波源としている地震により生じる地殻変動を初期条件として見込んだ上で入力津波高さを算定し、潮位のばらつき+0.16m も考慮している。

注記\*2 : 朔望平均潮位を初期条件として見込んだ上で入力津波高さを算定し、潮位のばらつき-0.15m も考慮している。水位下降側の地殻変動量については安全側の評価になるように 0.20m の沈降を考慮していない。

## 1.6 遡上解析のモデルについて



## 1.6 遡上解析のモデルについて

遡上解析に用いる数値計算モデルについては、平面二次元モデルを用いており、基礎方程式は非線形長波（浅水理論）に基づく。基礎方程式及び計算条件を図 1.6-1 に示す。なお、解析には基準津波の評価において妥当性を確認した遡上解析プログラム（解析コード「TSUNAMI」）を用いた。

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

計算格子間隔については、土木学会(2016)を参考に、敷地に近づくにしたがって最大 1,440m から最小 5.0m まで徐々に細かい格子サイズを用い、津波の挙動が精度よく計算できるよう適切に設定した。敷地近傍及び敷地については、海底・海岸地形、敷地の構造物等の規模や形状を考慮し、格子サイズ 5.0m でモデル化している。なお、文献<sup>(1),(2)</sup>によると「最小計算格子間隔は 10m 程度より小さくすることを目安とする」との記載があることから、格子サイズ 5.0m は妥当である。

地形のモデル化にあたっては、最新の地形データを用いることとし、海域では一般財団法人日本水路協会(2011)、一般財団法人日本水路協会(2008～2011)、深淺測量等による地形データを用い、陸域では、国土地理院(2013)等による地形データ等を用いた(表 1.6-1)。また、取水路・放水路等の諸元及び敷地標高については、発電所の竣工図等を用いた。なお、遡上域において実地形とモデル化した地形の比較を行い、実地形に概ね一致したモデル化が行われていることを確認している(図 1.6-2)。

遡上解析に用いた計算領域とその水深及び計算格子分割を図 1.6-3 に示し、津波水位評価地点の位置を図 1.6-4 に示す。

防波堤の越流および陸上の遡上を考慮し、防波堤については、水位がその天端を超える場合に本間公式(1940)を用い、発電所の護岸を遡上する場合については、相田公式(1977)を用いた。各計算方法について、図 1.6-5 に示す。

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

遡上解析のフローを図 1.6-6 に、地殻変動量の考慮について概念図を図 1.6-7 に示す。図 1.6-6 及び図 1.6-7 に示すとおり、潮位は初期条件として考慮し、地殻変動も地形に反映して遡上解析を実施している。

上記を用いた遡上解析手法及び数値解析プログラムについては、土木学会(2016)に基づき、既往津波である 1964 年新潟地震津波及び 1983 年日本海中部地震津波の再現性を確認し、津波の痕跡高と遡上解析による津波高との比から求める幾何平均  $K$  及び幾何標準偏差  $\kappa$  が、再現性の指標である  $0.95 < K < 1.05$ 、 $\kappa < 1.45$  を満足していることから妥当なものと判断した(図 1.6-8、図 1.6-9)。

■ 基礎方程式

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

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

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

$t$ : 時間  $x, y$ : 平面座標  
 $\eta$ : 静水面から鉛直上方にとった水位変動量  
 $M$ :  $x$ 方向の線流量  $N$ :  $y$ 方向の線流量  
 $h$ : 静水深  $D$ : 全水深 ( $D=h+\eta$ )  $g$ : 重力加速度  
 $K_h$ : 水平渦動粘性係数  
 $\gamma_h^2$ : 摩擦係数 ( $=gn^2/D^{1.3}$ ),  $n$ : マニングの粗度係数

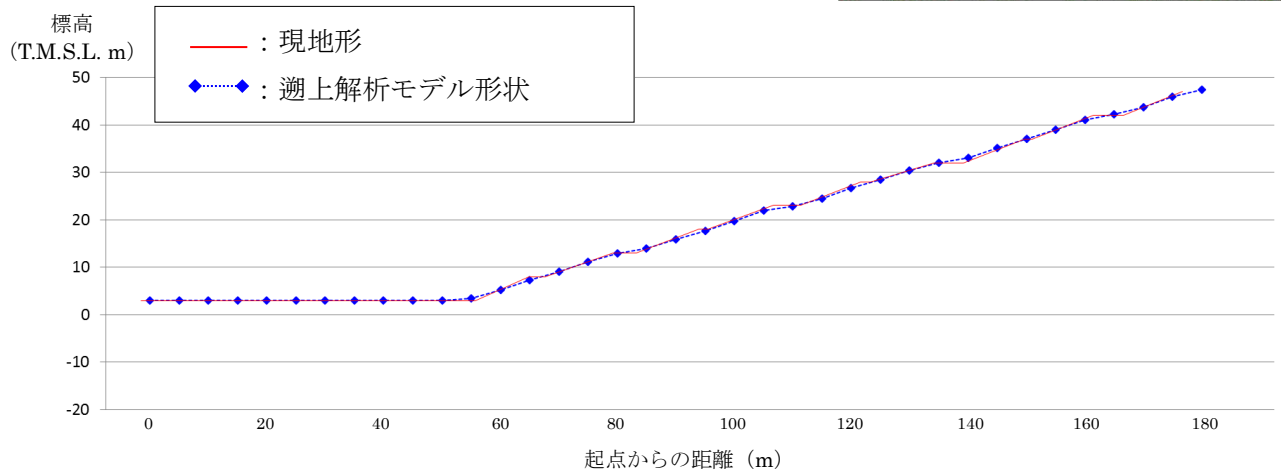
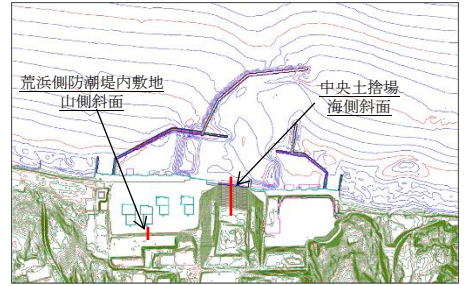
■ 計算条件

項目	計算条件
計算時間間隔	C.F.L.条件を満たすように0.1秒に設定
潮位条件	朔望平均満潮位に潮位のばらつきを考慮
基礎方程式及び数値計算スキーム	非線形長波理論(浅水理論)に基づく後藤・小川(1982)の方法
沖側境界条件	後藤・小川(1982)の自由透過の条件
陸側境界条件	敷地周辺: (計算格子間隔80m~5m)の領域は小谷ほか(1998)の陸上遊上境界条件 それ以外は完全反射条件
越流境界条件	越流は本間公式(1940)や相田公式(1977)で考慮
海底摩擦係数	マニングの粗度係数( $n=0.03m^{-1/3}s$ ): 土木学会(2016)
陸上摩擦係数	マニングの粗度係数( $n=0.03m^{-1/3}s$ ): 土木学会(2016)
水平渦動粘性係数	考慮していない( $K_h=0$ )
初期条件	Manshinha and Smylie(1971)の方法により海底面の鉛直変位分布を求めて初期水位として与える。
計算時間	4時間(第一波が到達してから十分な時間)

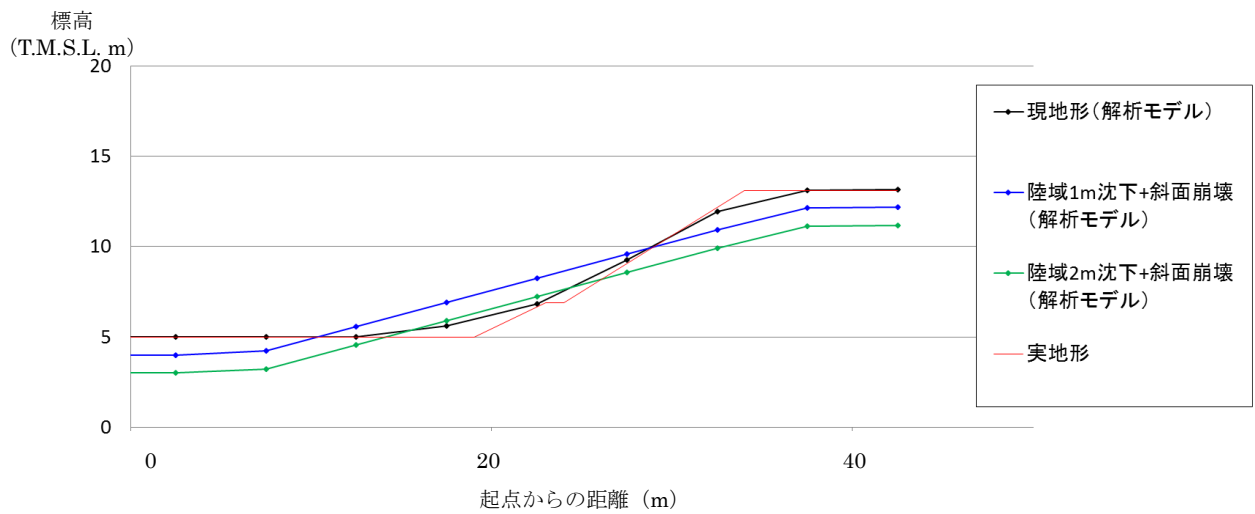
図 1.6-1 基礎方程式及び計算条件

表 1.6-1 地形データ

項目	データ
広域 海底地形	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ JTOP030v2 (2011.8) : 一般財団法人 日本水路協会</li> <li>➢ GEBCO_08 (2009.11) : IOC, IHO</li> <li>➢ M7000シリーズ<sup>*</sup> (2008~2011) : 一般財団法人 日本水路協会</li> </ul>
陸域, 発電所近傍, 港湾内	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 基盤地図5mメッシュ(2013.7) : 国土地理院</li> <li>➢ 深浅測量(2014.4)</li> <li>➢ 防波堤標高測量 (2013.10)</li> <li>➢ 海水貯留堰の追加</li> </ul>



(1) 中央土捨場 海側斜面



(2) 荒浜側防潮堤内敷地 山側斜面

図 1.6-2 実地形とモデル化した地形の比較

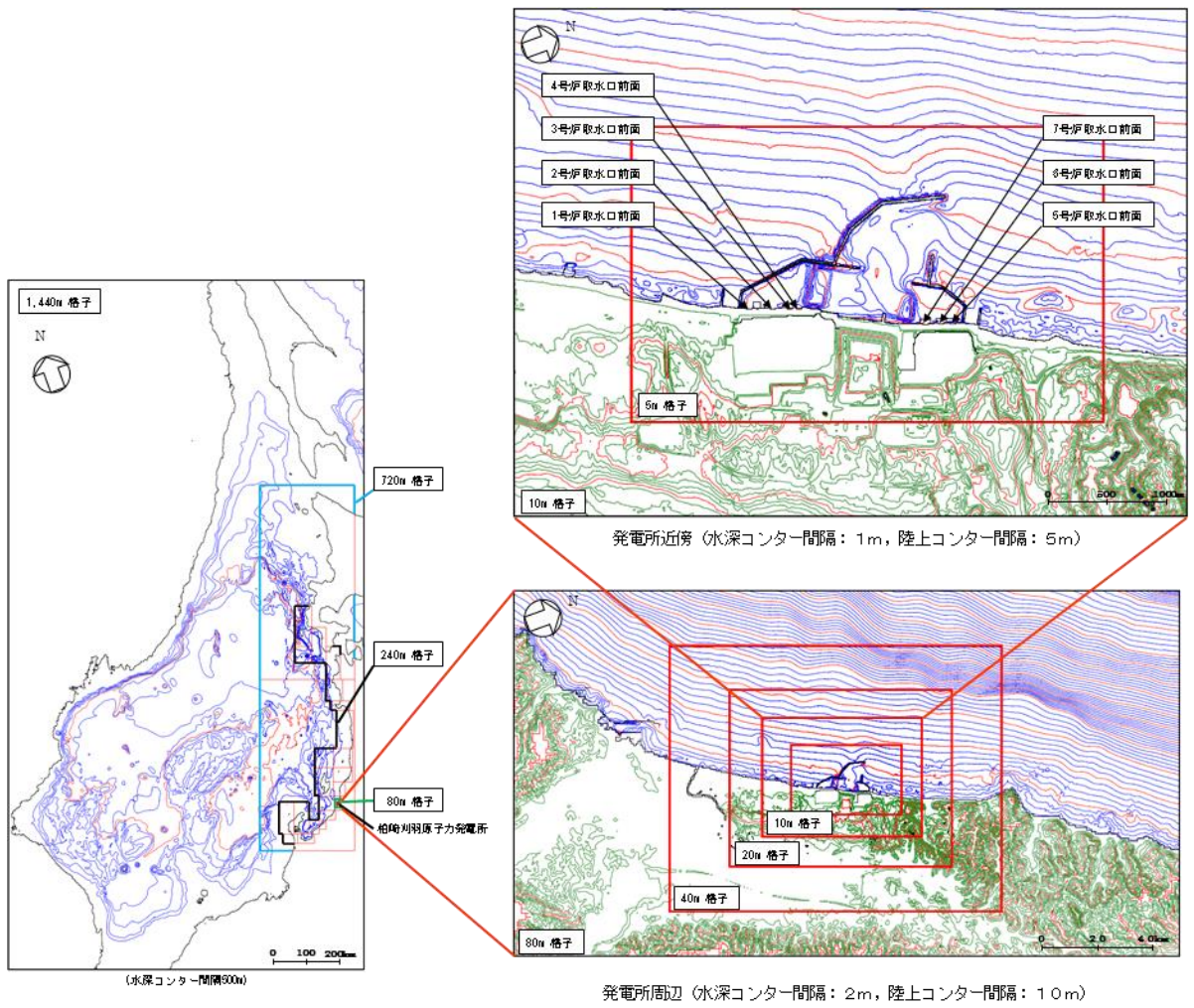


図 1.6-3 水深と計算格子分割図



図 1.6-4 津波水位評価地点

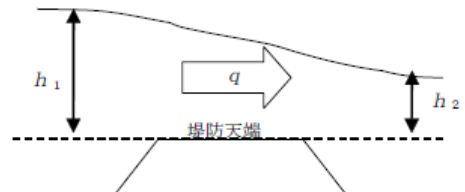
■本間公式（本間(1940)）

防波堤については、水位がその天端を超える場合に本間公式を用いて越流量を計算する。天端高を基準とした堤前後の水深を  $h_1$ ,  $h_2$  ( $h_1 > h_2$ ) としたとき、越流量  $q$  は下記のとおりである。

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

(潜り越流)

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



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

■相田公式（相田(1977)）

発電所の護岸を遡上する場合については、相田公式を用いて越流量を計算する。流量係数  $C_1$  を用いて、護岸内側への越流量  $q$  は下記のとおりである。

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

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

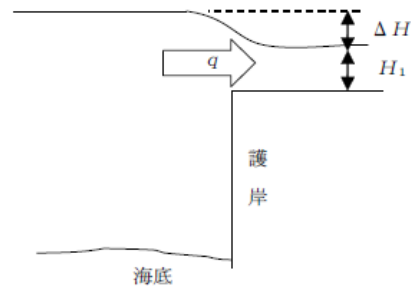


図 1.6-5 本間公式及び相田公式

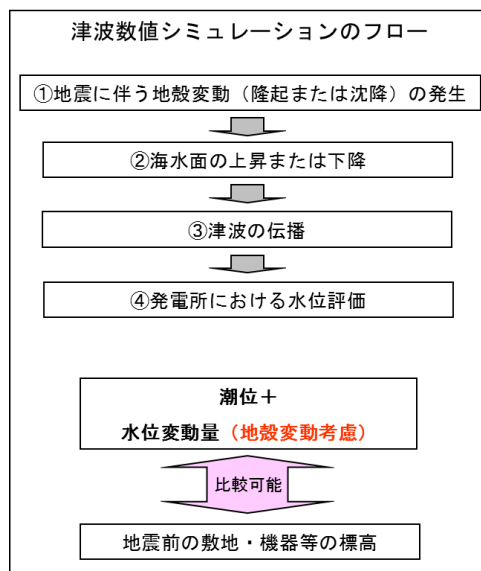
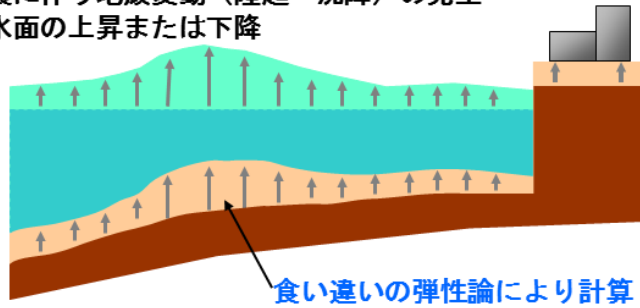


図 1.6-6 遡上解析のフロー図

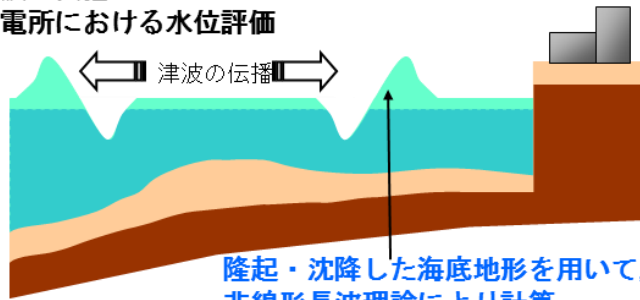
- ①地震に伴う地殻変動（隆起・沈降）の発生
- ②海水面上昇または下降



食い違いの弾性論により計算

Mansinha and Smylie(1971)

- ③津波の伝播
- ④発電所における水位評価



隆起・沈降した海底地形を用いて、  
非線形長波理論により計算  
浅水変形や回折も考慮

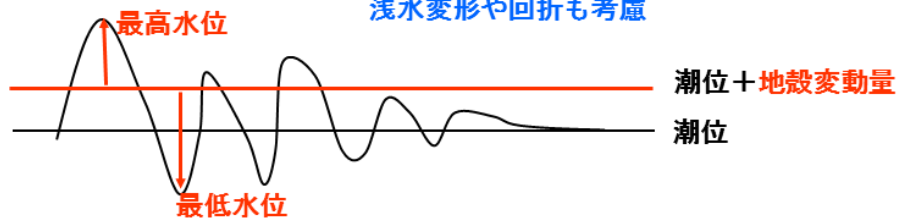
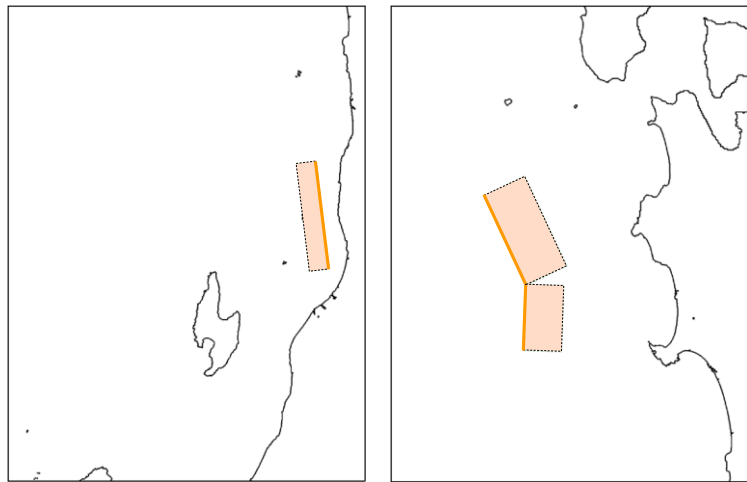


図 1.6-7 地殻変動量の概念図



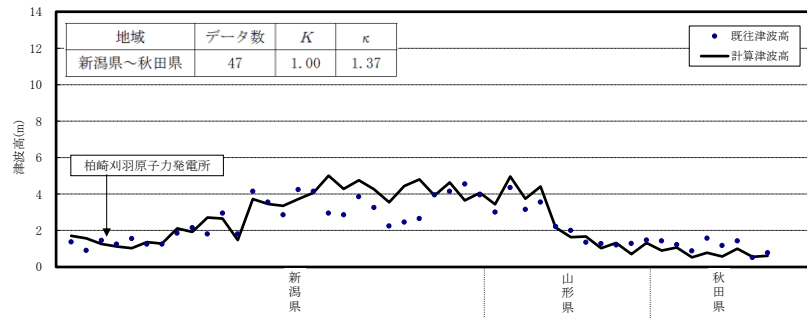
1964年新潟地震津波

1983年日本海中部地震津波

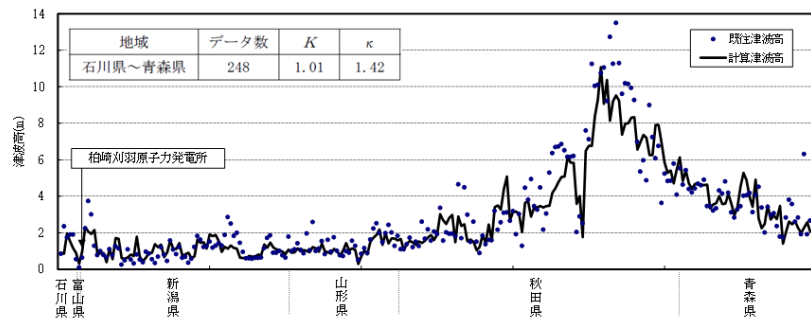
既往地震の断層モデル

	Mw	断層長さ L (km)	断層幅 W (km)	すべり量 D (m)	上縁深さ d (km)	走向 $\theta$ (°)	傾斜角 $\delta$ (°)	すべり角 $\lambda$ (°)	備考
1964年 新潟地震	7.43	65	20	3.85	0.0	194	56	90	東電 オリジナル モデル
1983年 日本海 中部地震	7.74	40	30	7.60	2.0	22	40	90	相田 (1984) Model-10
		60	30	3.05	3.0	355	25	80	

図 1.6-8 既往地震の断層モデル



1964年新潟地震津波



1983年日本海中部地震津波

図 1.6-9 既往津波の再現性

参考文献

- (1) 独立行政法人原子力安全基盤機構（2014）：確率論的手法に基づく基準津波算定手引き.
- (2) 国土交通省水管理・国土保全局海岸室他（2012）：津波浸水想定の設定の手引き.



## 2. 津波防護対象設備

## 2.1 津波防護対象設備の選定及び配置について

## 2.1 津波防護対象設備の選定及び配置について

### (1) 設計基準対象施設

#### a. 概要

設置許可基準規則第五条では「設計基準対象施設は、基準津波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」ことが要求されており、その解釈を定める同解釈別記3では、耐震Sクラスに属する設備（津波防護施設、浸水防止設備、津波監視設備を除く）について津波から防護すること、重要な安全機能への津波による影響を防止することが求められている。

このため、設計基準対象施設のうち津波から防護する設備を図2.1-1のフローに基づき選定する。

#### b. 防護対象範囲

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）及び耐震Sクラスに属する設備とし、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）及び耐震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。）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とともに、上位の設備に波及的影響を及ぼさない設計とする。

なお、耐震Sクラスに属する設備のうち津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備は、設備を津波から防護する機能を有する設備であり、設置許可基準規則解釈別記3において「入力津波に対して津波防護機能、浸水防止機能及び津波監視機能が保持できること」が要求されているものであり、これを満足するように設計する。

建屋及び区画の設定範囲について表2.1-1に示し、配置図を図2.1-2に示す。また、具体的な津波防護対象設備リストを表2.1-2に示し、配置図を図2.1-3に示す。

なお、クラス3設備については主要な設備の一覧と配置をそれぞれ表2.1-3及び図2.1-4に示す。また、表2.1-3においてクラス3設備設置場所における浸水の有無、基準適合性（機能維持の方針と適合の根拠）及び上位の設備に波及的影響を及ぼす可能性の有無についても併せて示す。

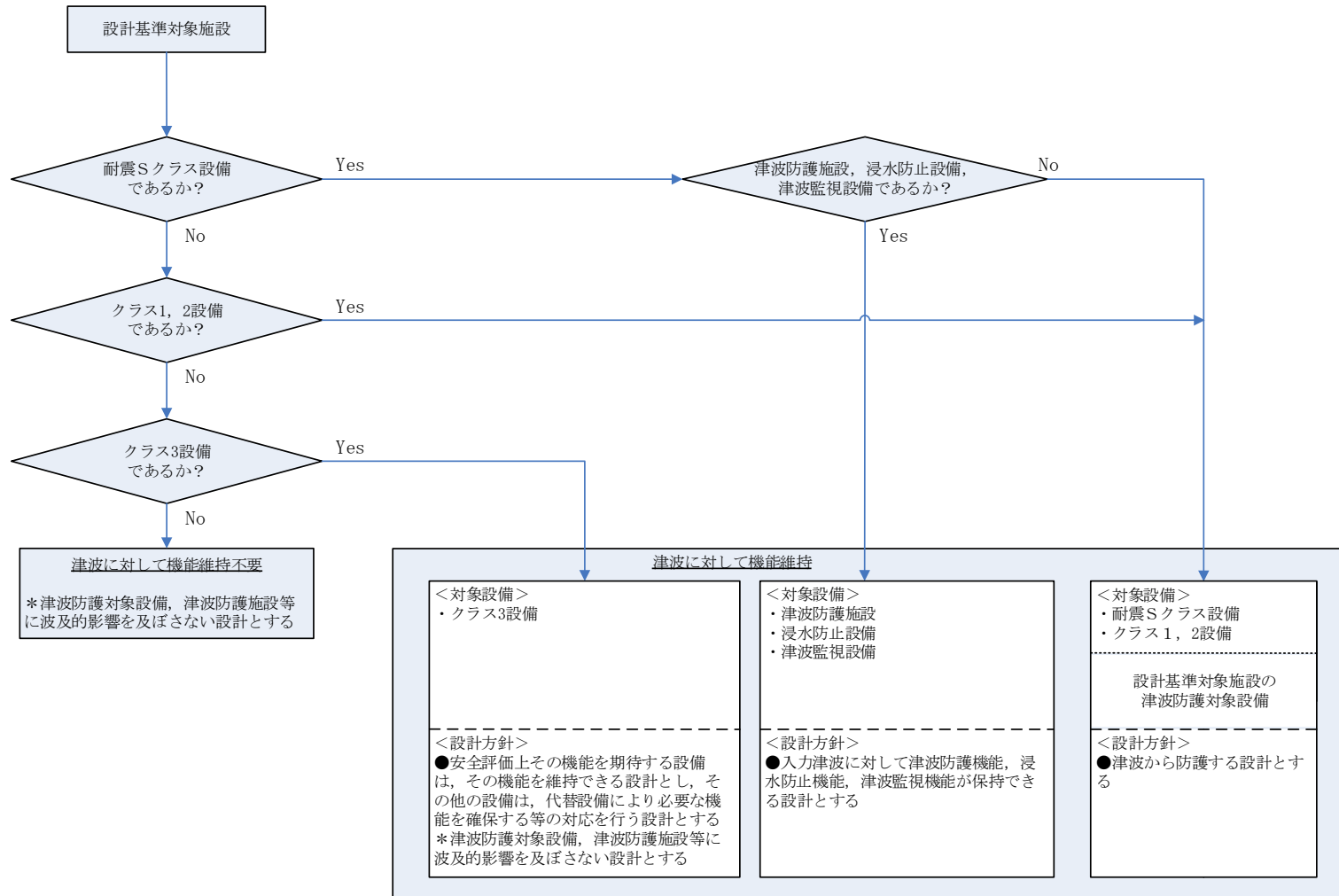


図 2.1-1 設計基準対象施設の津波防護対象選定フロー

表 2.1-1 設計基準対象施設の津波防護対象設備を内包する建屋及び区画

設計基準対象施設の津波防護対象設備を内包する建屋および区画	周辺敷地高さ
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 7号機 原子炉建屋</li> <li>・ 7号機 タービン建屋</li> <li>・ 廃棄物処理建屋 (6号及び7号機共用)</li> <li>・ コントロール建屋 (6号及び7号機共用)</li> <li>・ 7号機 燃料設備の一部を敷設する区画</li> </ul>	T. M. S. L. +12m

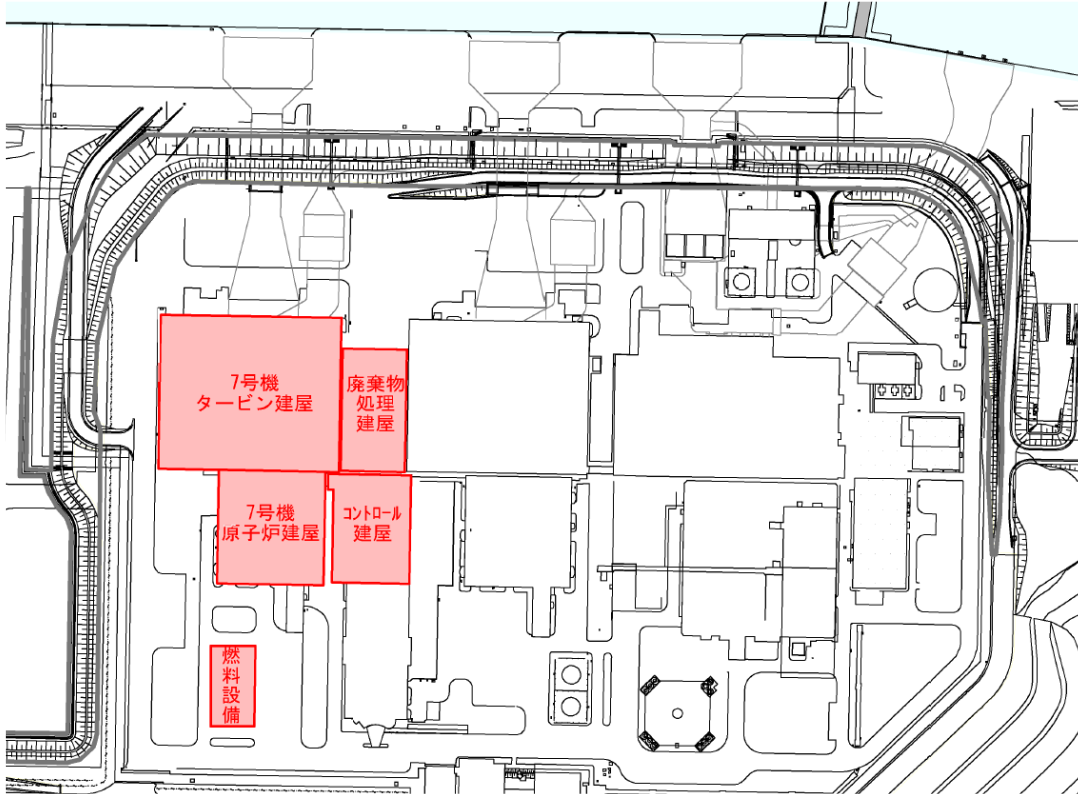


図 2.1-2 設計基準対象施設の津波防護対象設備を内包する建屋及び区画図

表 2.1-2 設計基準対象施設の津波防護設備一覧

機器名称	設置場所	設置フロア (T. M. S. L.)	図示番号	備考
1. 原子炉本体				
原子炉圧力容器	原子炉格納容器	+4.9m	7-1-1	
2. 核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設				
燃料取替機	原子炉建屋	+31.7m	7-2-1	
原子炉建屋クレーン	原子炉建屋	+38.2m	7-2-2	
使用済燃料貯蔵プール	原子炉建屋	+31.7m	7-2-3	
キャスクピット	原子炉建屋	+31.7m	7-2-4	
使用済燃料貯蔵ラック	原子炉建屋	+31.7m	7-2-5	
制御棒・破損燃料貯蔵ラック	原子炉建屋	+31.7m	7-2-6	
新燃料貯蔵設備	原子炉建屋	+31.7m	7-2-7	
制御棒貯蔵ハンガ	原子炉建屋	+31.7m	7-2-8	
使用済燃料貯蔵プール冷却浄化設備 主要弁	原子炉建屋	—	—	
使用済燃料貯蔵プール冷却浄化設備 主配管	原子炉建屋	—	—	
3. 原子炉冷却系統施設				
(1) 原子炉冷却材再循環設備				
原子炉冷却材再循環ポンプ	原子炉格納容器	+3.6m	7-3-1	
(2) 原子炉冷却材の循環設備				
主蒸気逃がし安全弁逃がし弁機能用アキュムレータ	原子炉格納容器	+17.7m	7-3-2	
主蒸気逃がし安全弁自動減圧機能用アキュムレータ	原子炉格納容器	+17.4m	7-3-3	
主蒸気逃がし安全弁	原子炉格納容器	+16.3m	7-3-4	
原子炉冷却材の循環設備 主要弁	原子炉建屋 タービン建屋	—	—	主蒸気系 復水給水系
原子炉冷却材の循環設備 主配管	原子炉建屋 タービン建屋	—	—	主蒸気系 復水給水系
(3) 残留熱除去設備				
残留熱除去系熱交換器	原子炉建屋	-8.2m	7-3-5	
残留熱除去系ポンプ	原子炉建屋	-8.2m	7-3-6	
残留熱除去系ストレーナ	原子炉建屋	-7.1m	7-3-7	
残留熱除去設備 主要弁	原子炉建屋	—	—	残留熱除去系
残留熱除去設備 主配管	原子炉建屋	—	—	残留熱除去系

表 2.1-2 設計基準対象施設の津波防護設備一覧

機器名称	設置場所	設置フロア (T. M. S. L.)	図示番号	備考
(4) 非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備				
高压炉心注水系ポンプ	原子炉建屋	-8.2m	7-3-8	
原子炉隔離時冷却系ポンプ (蒸気タービン含む)	原子炉建屋	-8.2m	7-3-9	
高压炉心注水系ストレーナ	原子炉建屋	-7.1m	7-3-10	
原子炉隔離時冷却系ストレーナ	原子炉建屋	-7.1m	7-3-11	
非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備 主要弁	原子炉建屋 廃棄物処理建屋	—	—	高压炉心注水系 原子炉隔離時冷却系
非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備 主配管	原子炉建屋 廃棄物処理建屋	—	—	高压炉心注水系 原子炉隔離時冷却系
(5) 原子炉冷却材補給設備				
復水貯蔵槽	廃棄物処理建屋	-1.1m	7-3-12	
(6) 原子炉補機冷却設備				
原子炉補機冷却水系熱交換器	タービン建屋	+3.5m -4.8m	7-3-13	
原子炉補機冷却水ポンプ	タービン建屋	+3.5m -4.8m	7-3-14	
原子炉補機冷却海水ポンプ	タービン建屋	+3.5m	7-3-15	
原子炉補機冷却海水系ストレーナ	タービン建屋	+3.5m -4.8m	7-3-16	
原子炉補機冷却設備 主要弁	原子炉建屋 タービン建屋	—	—	原子炉補機冷却水系 原子炉補機冷却海水系
原子炉補機冷却設備 主配管	原子炉建屋 タービン建屋	—	—	原子炉補機冷却水系 原子炉補機冷却海水系
(7) 原子炉冷却材浄化設備				
原子炉冷却材浄化系再生熱交換器	原子炉建屋	-1.7m	7-3-17	
原子炉冷却材浄化系非再生熱交換器	原子炉建屋	-8.2m	7-3-18	
原子炉冷却材浄化系ポンプ	原子炉建屋	-8.2m	7-3-19	
原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器	原子炉建屋	+4.8m	7-3-20	
原子炉冷却材浄化設備 主要弁	原子炉建屋	—	—	原子炉冷却材浄化系
原子炉冷却材浄化設備 主配管	原子炉建屋	—	—	原子炉冷却材浄化系

表 2.1-2 設計基準対象施設の津波防護設備一覧

機器名称	設置場所	設置フロア (T. M. S. L.)	図示番号	備考
4. 計測制御系統施設				
(1) 制御材				
制御棒	原子炉格納容器	—	—	原子炉内
(2) 制御材駆動装置				
制御棒駆動機構	原子炉格納容器	—	7-4-1	
水圧制御ユニット	原子炉建屋	-8.2m	7-4-2	
制御棒駆動水圧設備 主要弁	原子炉建屋	—	—	制御棒駆動系
制御棒駆動水圧設備 主配管	原子炉建屋 タービン建屋 廃棄物処理建屋	—	—	制御棒駆動系
(3) ほう酸水注入設備				
ほう酸水注入系ポンプ	原子炉建屋	+23.5m	7-4-3	
ほう酸水注入系貯蔵タンク	原子炉建屋	+23.5m	7-4-4	
ほう酸水注入設備 主要弁	原子炉建屋	—	—	ほう酸水注入系
ほう酸水注入設備 主配管	原子炉建屋	—	—	ほう酸水注入系
(4) 計測装置				
出力領域計測装置	原子炉格納容器	—	—	原子炉内
起動領域計測装置	原子炉格納容器	—	—	原子炉内
水平方向地震加速度検出器 (原子炉建屋下部)	原子炉建屋	-8.2m	7-4-5	
鉛直方向地震加速度検出器 (原子炉建屋下部)	原子炉建屋	-8.2m	7-4-6	
水平方向地震加速度検出器 (原子炉建屋上部)	原子炉建屋	+23.5m	7-4-7	
核計装記録計盤	コントロール建屋	+17.3m	7-4-8	
原子炉系記録計盤	コントロール建屋	+17.3m	7-4-9	
プロセス放射線モニタ盤	コントロール建屋	+17.3m	7-4-10	
格納容器雰囲気モニタ盤	コントロール建屋	+17.3m	7-4-11	
苛酷事故盤/格納容器補助盤	コントロール建屋	+17.3m	7-4-12	
安全保護系盤 (区分 I ~IV)	コントロール建屋	+17.3m	7-4-13	
ESF 盤	コントロール建屋	+17.3m	7-4-14	
中央運転監視盤 1	コントロール建屋	+17.3m	7-4-15	
中央運転監視盤 2	コントロール建屋	+17.3m	7-4-16	
運転監視補助盤 1 (警報表示盤)	コントロール建屋	+17.3m	7-4-17	



表 2.1-2 設計基準対象施設の津波防護設備一覧

機 器 名 称	設置場所	設置フロア (T. M. S. L.)	図示番号	備考
運転監視補助盤 2 (系統監視盤)	コントロール建屋	+17.3m	7-4-18	
運転監視補助盤 3 (大型スクリーン)	コントロール建屋	+17.3m	7-4-19	
原子炉系計装ラック	原子炉建屋	+4.8m	7-4-20	
炉心流量計装ラック	原子炉建屋	-8.2m	7-4-21	
主蒸気流量計装ラック	原子炉建屋	+4.8m	7-4-22	
残留熱除去系計装ラック	原子炉建屋	-8.2m	7-4-23	
高圧炉心注水系計装ラック	原子炉建屋	-8.2m	7-4-24	
原子炉隔離時冷却系計装ラック	原子炉建屋	-8.2m	7-4-25	
ドライウェル圧力計器架台	原子炉建屋	+23.5m	7-4-26	
格納容器内雰囲気モニタサンプリングラック	原子炉建屋	+27.2m	7-4-27	
タービン主蒸気系計装ラック/原子炉保護用主蒸気圧力計器架台	タービン建屋	+12.3m	7-4-28	
タービン蒸気加減弁急速閉圧力計器収納箱/原子炉保護用加減弁急閉計器ラック	タービン建屋	+20.4m	7-4-29	
原子炉保護用復水器器内圧力計器架台	タービン建屋	+20.4m	7-4-30	
制御棒充填水ライン圧力	原子炉建屋	-8.2m	7-4-31	
ほう酸水注入系ポンプ吐出圧力	原子炉建屋	+23.5m	7-4-32	
残留熱除去系熱交換器入口温度	原子炉建屋	-8.2m	7-4-33	
残留熱除去系熱交換器出口温度	原子炉建屋	-8.2m	7-4-34	
主蒸気管トンネル温度	原子炉建屋 タービン建屋	+18.1m +17.0m	7-4-35	
主蒸気止め弁原子炉保護用	タービン建屋	+17.0m	7-4-36	
サプレッションプール水温度	原子炉格納容器	-6.3m	7-4-37	

表 2.1-2 設計基準対象施設の津波防護設備一覧

機器名称	設置場所	設置フロア (T. M. S. L.)	図示番号	備考
5. 放射性廃棄物の廃棄施設				
排気筒	原子炉建屋	+38.2m	—	
気体廃棄物処理系活性炭式希ガスホール	タービン建屋	+4.9m	7-5-1	
液体廃棄物処理設備 主要弁	原子炉建屋 タービン建屋 コントロール建屋 廃棄物処理建屋 サービス建屋	—	—	液体廃棄物処理系
液体廃棄物処理設備 主配管	原子炉建屋 タービン建屋 コントロール建屋 廃棄物処理建屋 サービス建屋	—	—	液体廃棄物処理系
6. 放射線管理施設				
(1) 放射線管理用計測装置				
主蒸気管放射線モニタ	原子炉建屋	+23.5m	7-6-1	
格納容器内雰囲気放射線モニタ	原子炉建屋	+14.7m +7.3m	7-6-2	
燃料取替エリア排気放射線モニタ	原子炉建屋	+31.7m	7-6-3	
原子炉区域換気空調系排気放射線モニタ	原子炉建屋	+23.5m	7-6-4	
(2) 換気設備				
非常用ガス処理系排風機	原子炉建屋	+23.5m	7-6-5	
非常用ガス処理系フィルタ	原子炉建屋	+23.5m	7-6-6	
中央制御室送風機	コントロール建屋	+17.3m	7-6-7	
中央制御室再循環送風機	コントロール建屋	+12.3m	7-6-8	
中央制御室排風機	コントロール建屋	+17.3m	7-6-9	
中央制御室再循環フィルタ	コントロール建屋	+12.3m	7-6-10	
換気設備 主要弁	原子炉建屋 コントロール建屋	—	—	非常用ガス処理系 中央制御室換気空調系
換気設備 主配管	原子炉建屋 コントロール建屋	—	—	非常用ガス処理系 中央制御室換気空調系

表 2.1-2 設計基準対象施設の津波防護設備一覧

機器名称	設置場所	設置フロア (T. M. S. L.)	図示番号	備考
(3) 生体遮蔽装置				
原子炉遮へい壁	原子炉建屋	+12.3m	7-6-11	
7. 原子炉格納施設				
(1) 原子炉格納容器				
原子炉格納容器	原子炉格納容器	—	—	
上部ドライウエル機器搬入用ハッチ	原子炉格納容器	+19.1m	7-7-1	
下部ドライウエル機器搬入用ハッチ	原子炉格納容器	-0.9m	7-7-2	
サプレッションチェンバ出入口	原子炉格納容器	+6.4m	7-7-3	
上部ドライウエル所員用エアロック	原子炉格納容器	+19.1m	7-7-4	
下部ドライウエル所員用エアロック	原子炉格納容器	-0.7m	7-7-5	
配管貫通部	原子炉格納容器	—	—	
電気配線貫通部	原子炉格納容器	—	—	
(2) 原子炉建屋				
原子炉建屋原子炉区域	原子炉建屋	—	—	
原子炉建屋機器搬出入口	原子炉建屋	+12.5m	7-7-6	
原子炉建屋エアロック	原子炉建屋	+12.3m	7-7-7	
(3) 圧力低減設備その他の安全設備				
真空破壊弁	原子炉格納容器	+6.1m	7-7-8	
ダイヤフラムフロア	原子炉格納容器	+12.3m	7-7-9	
ベント管	原子炉格納容器	—	—	
原子炉格納容器スプレイ管 (ドライウエル側)	原子炉格納容器	+20.6m	7-7-10	
原子炉格納容器スプレイ管 (サプレッションチェンバ側)	原子炉格納容器	+10.8m	7-7-11	
可燃性ガス濃度制御系再結合装置加熱器	原子炉建屋	+12.3m	7-7-12	
可燃性ガス濃度制御系再結合装置ブロワ	原子炉建屋	+12.3m	7-7-13	
圧力低減設備その他の安全設備 主要弁	原子炉建屋 コントロール建屋	—	—	不活性ガス系 可燃性ガス濃度制御系
圧力低減設備その他の安全設備 主配管	原子炉建屋 コントロール建屋 サービス建屋	—	—	不活性ガス系 可燃性ガス濃度制御系

表 2.1-2 設計基準対象施設の津波防護設備一覧

機 器 名 称	設置場所	設置フロア (T. M. S. L.)	図示番号	備考
8. その他発電用原子炉の附属施設				
(1) 非常用電源設備				
非常用ディーゼル発電設備 内燃機関	原子炉建屋	+12.3m	7-8-1	
非常用ディーゼル発電設備 燃料設備	原子炉建屋 屋外	+12.3m +12.0m	7-8-2 —	・主配管含む ・屋外設置範囲は図 2.1 -2 参照
非常用ディーゼル発電設備 発電機	原子炉建屋	+12.3m	7-8-3	
バイタル交流電源装置	コントロール建屋	+6.5m	7-8-4	
	コントロール建屋	+6.5m +0.2m	7-8-5	
	原子炉建屋	+4.8m	7-8-6	
	原子炉建屋 タービン建屋	+4.8m, +12.3m +4.9m, -1.1m	7-8-7	
コントロールセンタ (非常用)	原子炉建屋 タービン建屋	+4.8m, +12.3m +4.9m, -1.1m	7-8-8	
動力変圧器 (非常用)	原子炉建屋 タービン建屋	+4.8m, +12.3m +4.9m, -1.1m	7-8-9	
所内母線負荷用 6.9kV 遮断器	原子炉建屋	+4.8m	7-8-10	
ディーゼル発電機用 6.9kV 遮断器	原子炉建屋	+4.8m	7-8-11	
非常用電源ケーブル	原子炉建屋 タービン建屋	—	—	

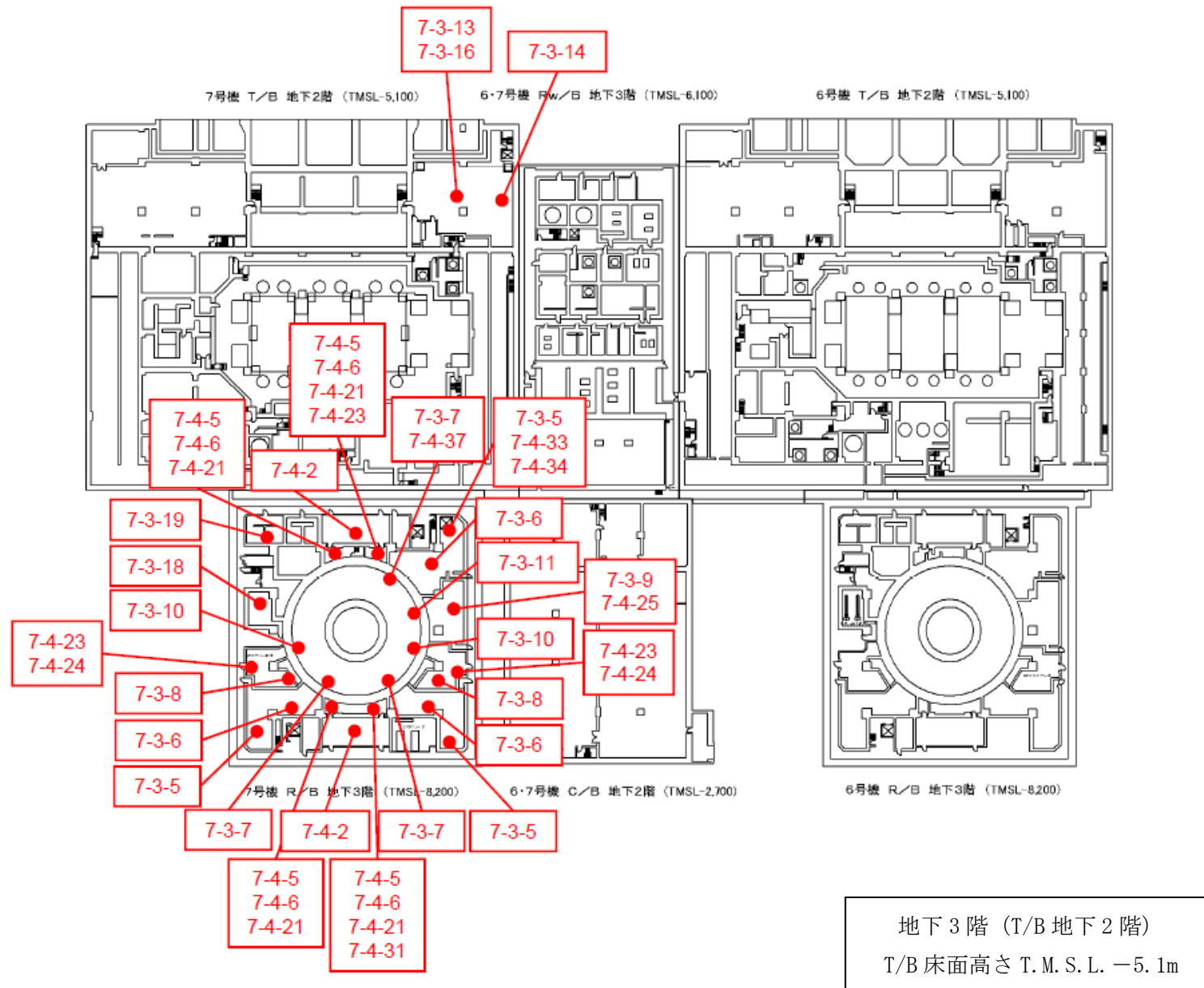


図 2.1-3 設計基準対象施設の津波防護対象設備の配置

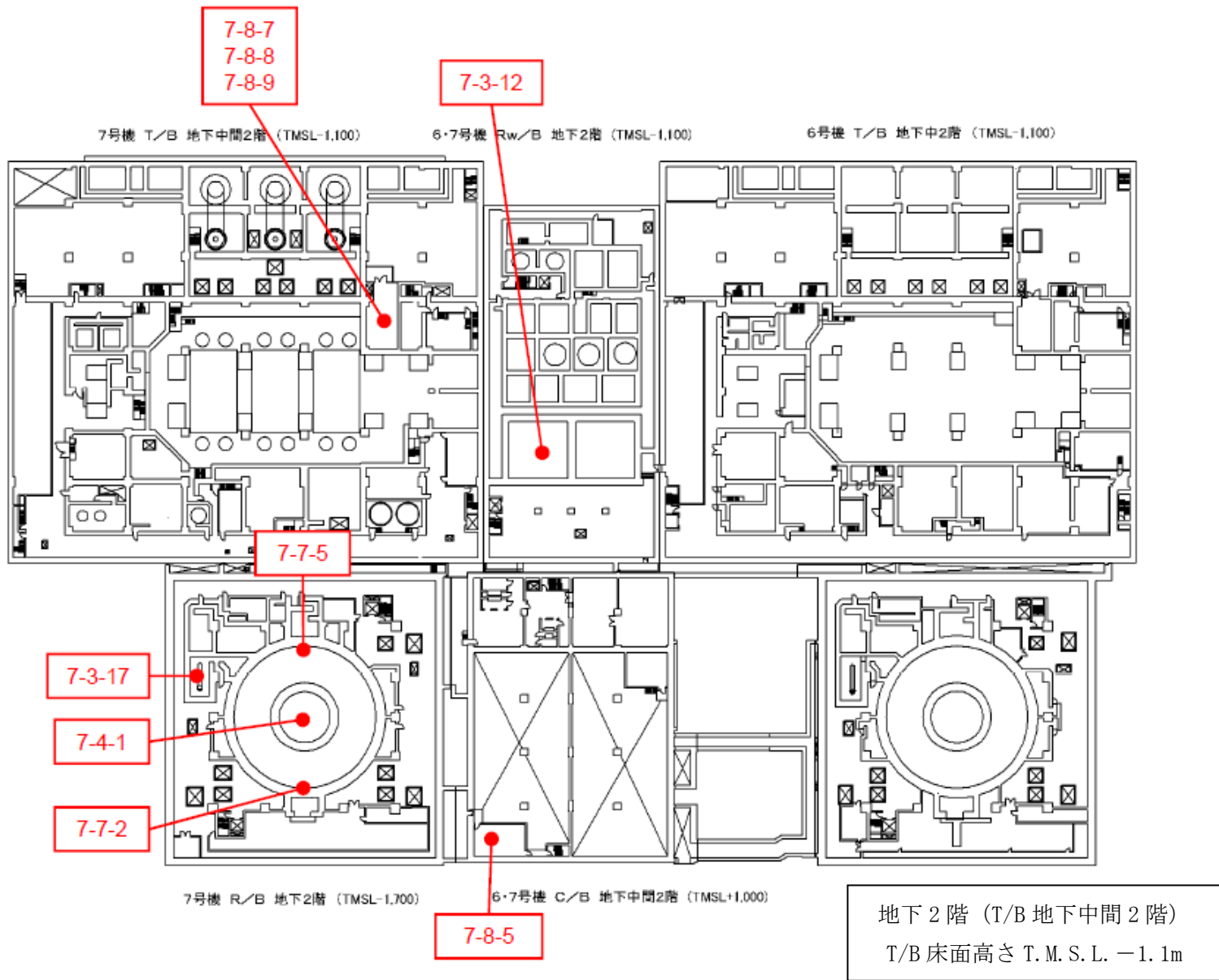


図 2.1-3 設計基準対象施設の津波防護対象設備の配置



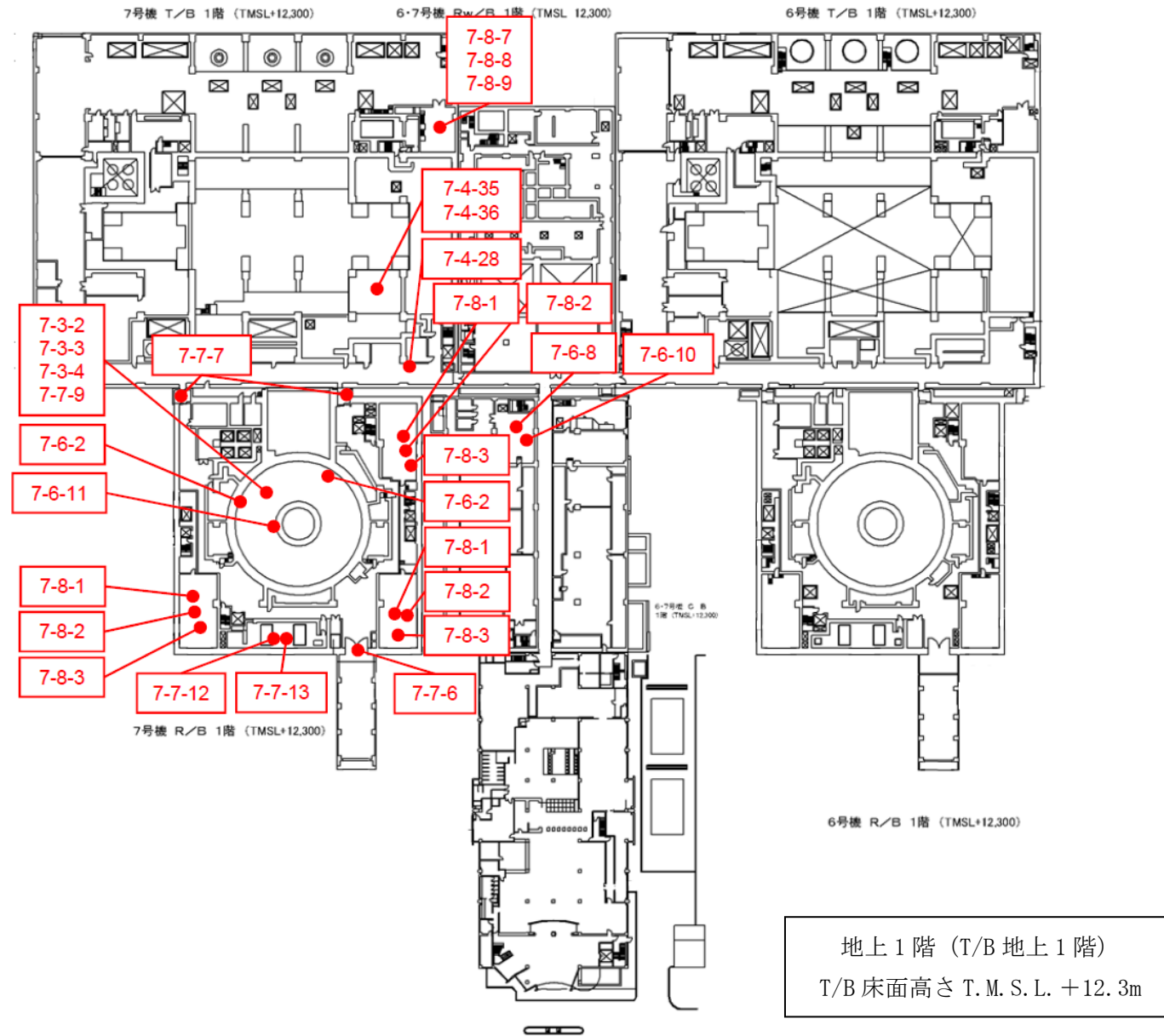


図 2.1-3 設計基準対象施設の津波防護対象設備の配置



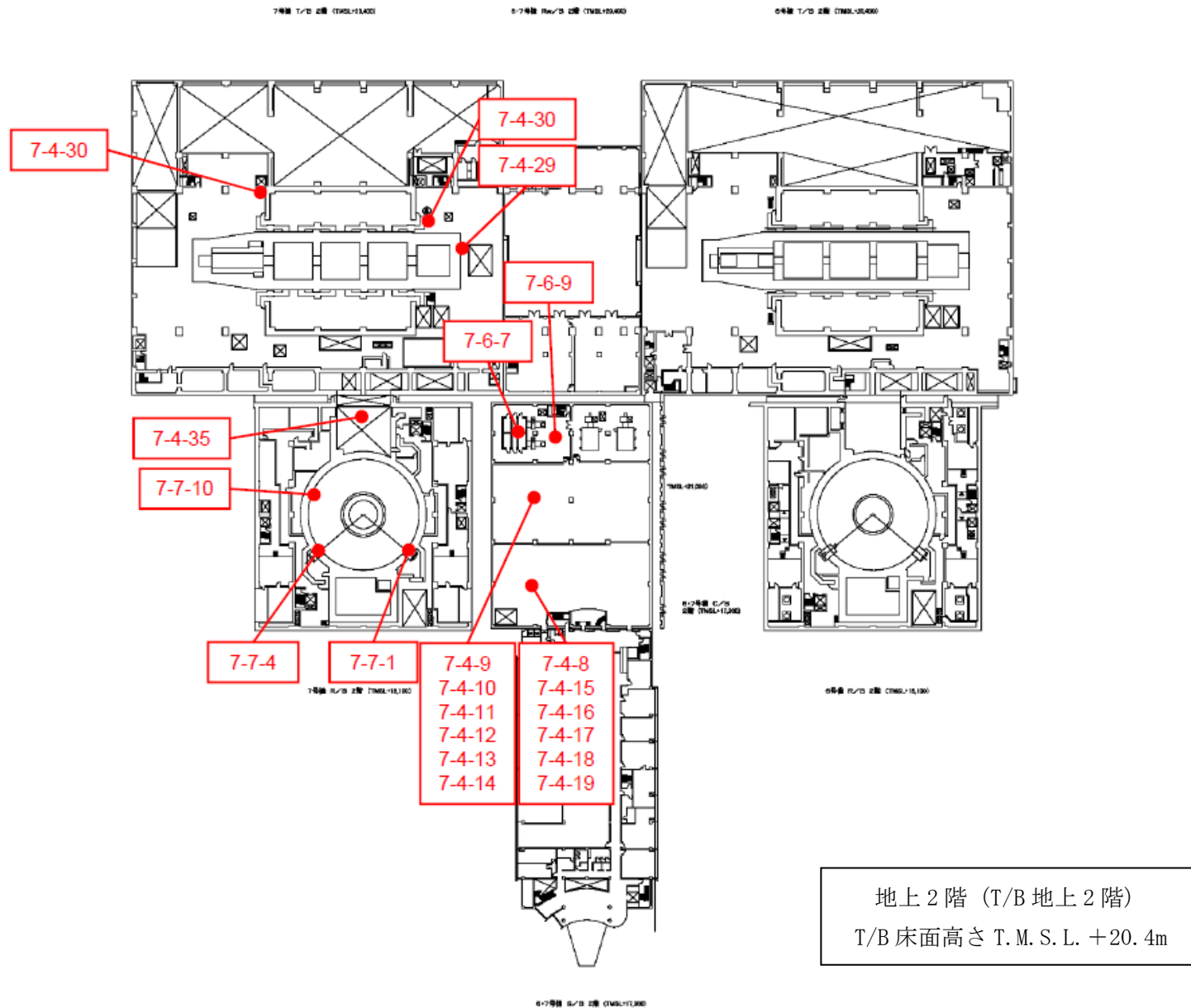


図 2.1-3 設計基準対象施設の津波防護対象設備の配置

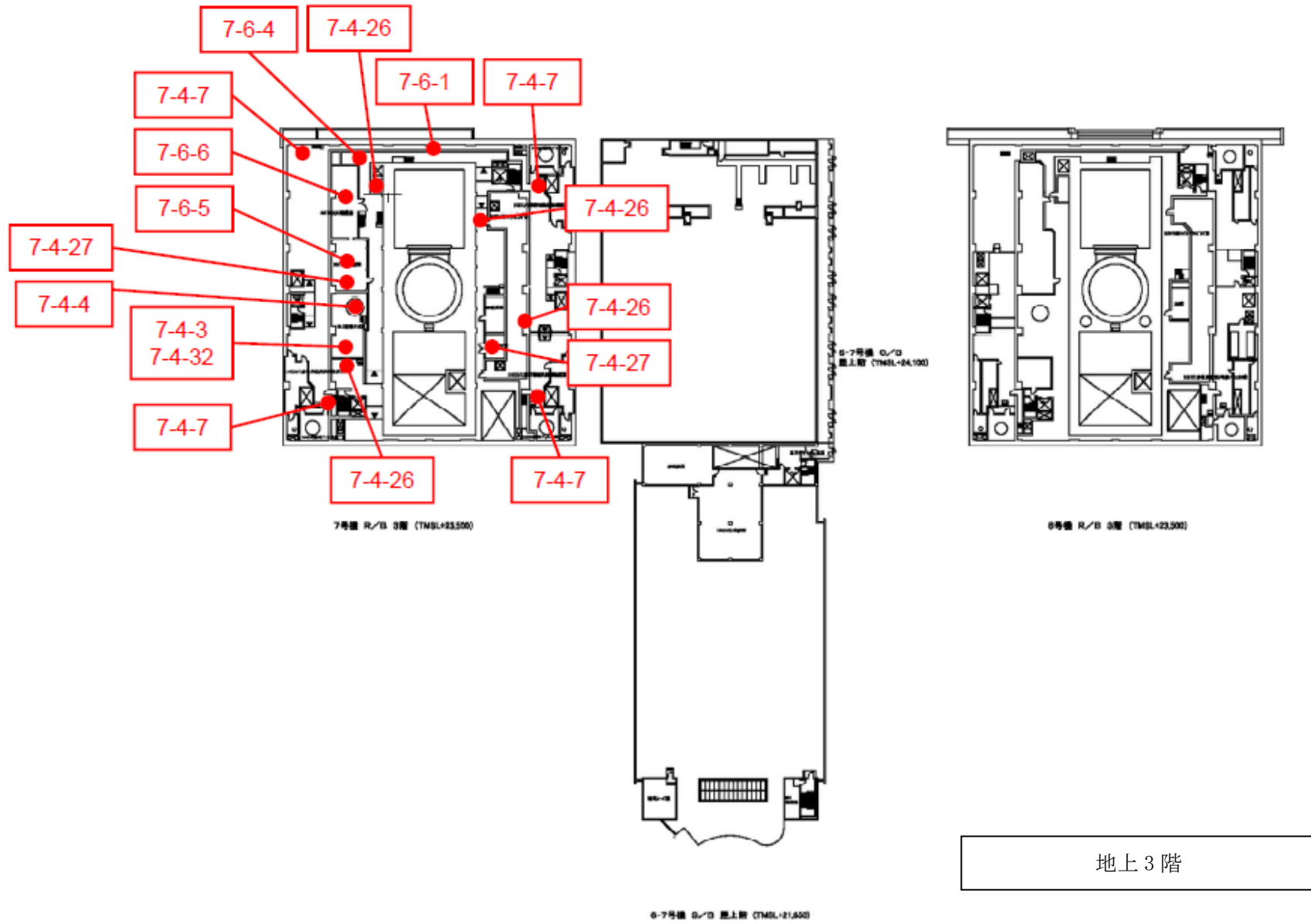


図 2.1-3 設計基準対象施設の津波防護対象設備の配置

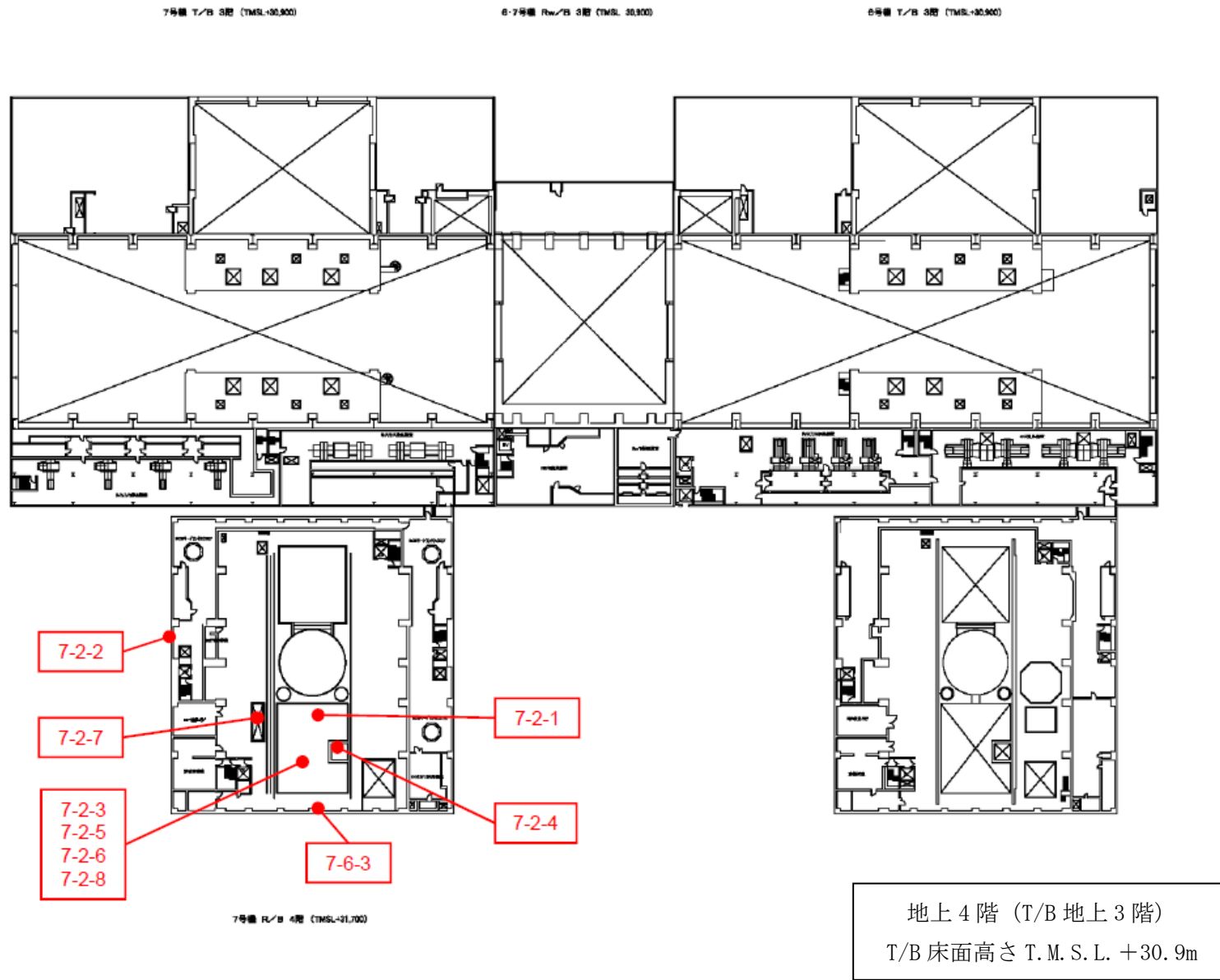


図 2.1-3 設計基準対象施設の津波防護対象設備の配置

表 2.1-3 クラス 3 設備の設置場所及び基準適合性一覧

分類	機能(機器)名称	主要機器の設置場所		浸水有無	適合性		波及影響有無		備考	
		設置エリア*1	設置標高 (T.M.S.L.) *2		機能維持の 方針	適合の 根拠*3	有無	根拠*4		
1. 原子炉冷却材圧力バウンダリから除外される計装等の小口径配管, 弁【原子炉冷却材保持機能】										
PS3	計装配管, 弁	原子炉建屋	—	無	浸水を防止	A	無	a		
	試料採取系配管, 弁	原子炉建屋	—	無	浸水を防止	A	無	a		
	ドレン配管, 弁	原子炉建屋	—	無	浸水を防止	A	無	a		
	ベント配管, 弁	原子炉建屋	—	無	浸水を防止	A	無	a		
2. 原子炉再循環系【原子炉冷却材の循環機能】										
PS3	原子炉再循環ポンプ	原子炉建屋	+3.6m	無	浸水を防止	A	無	a		
3. 放射性廃棄物処理施設(放射能インベントリの小さいもの)【放射性物質の貯蔵機能】										
PS3	サブプレッションプール水排水系 (サブプレッションプール水サージタンク)		大湊側敷地	+12m	無	浸水を防止	A	無	a	5, 6, 7, 号機共用
	復水貯蔵槽		廃棄物処理建屋	-1.1m	無	浸水を防止	A	無	a	
	液体廃棄物処理系	低伝導度廃液系	原子炉建屋 タービン建屋 廃棄物処理建屋	—	無	浸水を防止	A	無	a	6, 7 号機共用
		高伝導度廃液系	原子炉建屋 タービン建屋 廃棄物処理建屋 サービス建屋	—	無	浸水を防止	A	無	a	5, 6, 7 号機共用
	固体廃棄物処理系	冷却材浄化沈降分離槽, 使用済樹脂槽	廃棄物処理建屋	-1.1m	無	浸水を防止	A	無	a	6, 7 号機共用
		濃縮廃液タンク	廃棄物処理建屋	-6.1m	無	浸水を防止	A	無	a	5, 6, 7 号機共用
		固体廃棄物貯蔵庫	浸水を防止する敷地	+55m	無	浸水を防止	A	無	a	1~7 号機共用
	使用済燃料輸送容器保管建屋		荒浜側敷地	+5m	有	浸水に対しても機能維持	C	無	b	1~7 号機共用
	焼却炉建屋		荒浜側敷地	+5m	有	浸水に対しても機能維持	C	無	b	1~7 号機共用
	新燃料貯蔵庫		原子炉建屋	+26.5	無	浸水を防止	A	無	a	
	新燃料貯蔵ラック		原子炉建屋	+26.5	無	浸水を防止	A	無	a	

注記\*1 : 浸水を防止する敷地内の建屋内に設置する設備については建屋名称等を記載する。また、浸水を防止する敷地内の建屋外であって大湊側敷地に設置する設備は「大湊側敷地」と記載する。左記以外の設備であり、浸水を防止する敷地内に設置する設備は「浸水を防止する敷地」と記載する。

2 : 機器の設置エリアが複数にまたがる場合等には「—」を記載する。

3 : 適合の根拠は以下のとおり。

A : 「浸水を防止する敷地」あるいは基準津波が到達しない高所に設置するため、基準津波の影響を受けない。 B : V-1-1-3-2-4 参照 C : 津波時にも機能喪失しないため

4 : 波及的影響「無」とした理由は以下のとおり。

a : 浸水しないため、漂流物化しない。 b : 周辺に漂流物による波及的影響を考慮すべき津波防護施設、浸水防止設備が存在しない。 c : V-1-1-3-2-4 参照

表 2.1-3 クラス 3 設備の設置場所及び基準適合性一覧

分類	機能(機器)名称		主要機器の設置場所		浸水有無	適合性		波及影響有無		備考
			設置エリア*1	設置標高 (T.M.S.L.) *2		機能維持の 方針	適合の 根拠*3	有無	根拠*4	
4. タービン, 発電機及びその励磁装置, 復水系 (復水器を含む), 給水系, 循環水系, 送電線, 変圧器, 開閉所【電源供給機能】										
PS3	発電機及びその励磁装置(発電機, 励磁機)		タービン建屋	+20.4m	無	浸水を防止	A	無	a	
	直接関連系 (発電機及び励磁 装置)	固定子冷却装置	タービン建屋	+12.3m	無	浸水を防止	A	無	a	
		発電機水素ガス冷却装置	タービン建屋	+12.3m	無	浸水を防止	A	無	a	発電機水素ガス乾燥機の 設置標高を記載
		軸密封油装置	タービン建屋	+12.3m	無	浸水を防止	A	無	a	
		励磁電源系	タービン建屋	+12.3m	無	浸水を防止	A	無	a	
	蒸気タービン (主タービン, 主要弁, 配管)		タービン建屋	+20.4m	無	浸水を防止	A	無	a	主タービンの設置標高を記載
	直接関連系 (蒸気タービン)	主蒸気系 (主蒸気/駆動源)	原子炉建屋 タービン建屋	—	無	浸水を防止	A	無	a	
		タービン制御系	タービン建屋	-1.1m	無	浸水を防止	A	無	a	高圧制御油圧ユニットの設置 標高を記載
		タービン潤滑油系	タービン建屋	+12.3m	無	浸水を防止	A	無	a	主油タンクの設置標高を記載
	復水系 (復水器を含む) (復水器, 復水ポン プ, 配管, 弁)		タービン建屋	-5.1m	無	浸水を防止	A	無	a	低圧復水ポンプの設置 標高を記載
	直接関連系(復水 系(復水器含む))	復水器空気抽出系 (蒸気式空気抽出系, 配 管, 弁)	タービン建屋	+12.3m	無	浸水を防止	A	無	a	蒸気式空気抽出器の設置標高 を記載
	給水系(電動駆動給水ポンプ, タービン駆動 給水ポンプ, 給水加熱器, 配管, 弁)		タービン建屋	+4.9m	無	浸水を防止	A	無	a	電動駆動給水ポンプの 設置標高を記載
	直接関連系 (給水系)	駆動用蒸気	タービン建屋	+20.4m	無	浸水を防止	A	無	a	湿分分離加熱器の設置 標高を記載
循環水系(循環水ポンプ, 配管, 弁)		タービン建屋	-1.1m	無	浸水を防止	A	無	a	循環水ポンプの設置標高を記 載	
直接関連系 (循環水系)	取水設備 (屋外トレンチを含む)	大湊側護岸部	—	有	浸水に対しても機能維持	B	無	c		

注記\*1 : 浸水を防止する敷地内の建屋内に設置する設備については建屋名称等を記載する。また、浸水を防止する敷地内の建屋外であって大湊側敷地に設置する設備は「大湊側敷地」と記載する。左記以外の設備であり、浸水を防止する敷地内に設置する設備は「浸水を防止する敷地」と記載する。

2 : 機器の設置エリアが複数にまたがる場合等には「—」を記載する。

3 : 適合の根拠は以下のとおり。

A : 「浸水を防止する敷地」あるいは基準津波が到達しない高所に設置するため、基準津波の影響を受けない。 B : V-1-1-3-2-4 参照 C : 津波時にも機能喪失しないため

4 : 波及的影響「無」とした理由は以下のとおり。

a : 浸水しないため、漂流物化しない。 b : 周辺に漂流物による波及的影響を考慮すべき津波防護施設、浸水防止設備が存在しない。 c : V-1-1-3-2-4 参照

表 2.1-3 クラス 3 設備の設置場所及び基準適合性一覧

分類	機能(機器)名称	主要機器の設置場所		浸水有無	適合性		波及影響有無		備考	
		設置エリア*1	設置標高 (T.M.S.L.) *2		機能維持の方針	適合の根拠*3	有無	根拠*4		
PS3	常用所内電源系（発電機又は外部電源系から所内負荷までの配電設備及び電路（MS-1 関連以外））	各主要建屋	—	無	浸水を防止	A	無	a		
	直流電源系（蓄電池、蓄電池から常用負荷までの配電設備及び電路（MS-1 関連以外））	各主要建屋	—	無	浸水を防止	A	無	a		
	計装制御電源系（電源装置から常用計測制御装置までの配電設備及び電路（MS-1 関連以外））	各主要建屋	—	無	浸水を防止	A	無	a		
	500kV 及び 154kV 送電線	浸水を防止する敷地	+12m 以上	無	浸水を防止	A	無	a	1～7 号機共用	
	起動用開閉所変圧器，予備電源変圧器，工事用変圧器	浸水を防止する敷地	+12m 以上	無	浸水を防止	A	無	a	1～7 号機共用	
		ケーブル洞道 (ケーブルを敷設)	+8.8m	無	浸水を防止	C	無	a	1～7 号機共用	
	直接関連系 (変圧器)	油劣化防止装置	浸水を防止する敷地	+12m 以上	無	浸水を防止	A	無	a	1～7 号機共用
		冷却装置	浸水を防止する敷地	+12m 以上	無	浸水を防止	A	無	a	1～7 号機共用
	起動変圧器	大湊側敷地	+12m	無	浸水を防止	A	無	a	6,7 号機共用	
	所内変圧器	大湊側敷地	+12m	無	浸水を防止	A	無	a	6,7 号機共用	
	直接関連系 (変圧器)	油劣化防止装置	大湊側敷地	+12m	無	浸水を防止	A	無	a	6,7 号機共用
		冷却装置	大湊側敷地	+12m	無	浸水を防止	A	無	a	6,7 号機共用
	共通用高圧母線，共通用低圧母線	コントロール建屋	—	無	浸水を防止	A	無	a	6,7 号機共用	
開閉所（母線，遮断器，断路器，電路）	浸水を防止する敷地	+12m 以上	無	浸水を防止	A	無	a	1～7 号機共用		
5. 原子炉制御系，運転監視補助装置（制御棒価値ミニマイザ），原子炉核計装の一部，原子炉プラントプロセス計装の一部【プラント計測・制御機能】										
PS3	原子炉制御系（制御棒価値ミニマイザを含む），原子炉核計装，原子炉プラントプロセス計装	原子炉建屋 コントロール建屋	—	無	浸水を防止	A	無	a		

注記\*1：浸水を防止する敷地内の建屋内に設置する設備については建屋名称等を記載する。また，浸水を防止する敷地内の建屋外であって大湊側敷地に設置する設備は「大湊側敷地」と記載する。左記以外の設備であり，浸水を防止する敷地内に設置する設備は「浸水を防止する敷地」と記載する。

2：機器の設置エリアが複数にまたがる場合等には「—」を記載する。

3：適合の根拠は以下のとおり。

A：「浸水を防止する敷地」あるいは基準津波が到達しない高所に設置するため，基準津波の影響を受けない。 B：V-1-1-3-2-4 参照 C：津波時にも機能喪失しないため

4：波及的影響「無」とした理由は以下のとおり。

a：浸水しないため，漂流物化しない。 b：周辺に漂流物による波及的影響を考慮すべき津波防護施設，浸水防止設備が存在しない。 c：V-1-1-3-2-4 参照

表 2.1-3 クラス 3 設備の設置場所及び基準適合性一覧

分類	機能(機器)名称		主要機器の設置場所		浸水 有無	適合性		波及影響有無		備考
			設置エリア*1	設置標高 (T.M.S.L.)*2		機能維持の 方針	適合の 根拠*3	有無	根拠*4	
6. 補助ボイラ設備, 計装用圧縮空気系【プラント運転補助機能】										
PS3	補助ボイラ設備(補助ボイラ, 給水タンク, 給水ポンプ, 配管, 弁)		補助ボイラ建屋	+12.3m	無	浸水を防止	A	無	a	・補助ボイラの設置標高を記載 ・5, 6, 7号機共用
	直接関連系 (補助ボイラ設備)	補助ボイラ用変圧器から補助ボイラ給電部までの配電設備及び電路	補助ボイラ建屋	+12.3m	無	浸水を防止	A	無	a	・補助ボイラ変圧器の設置標高を記載 ・5, 6, 7号機共用
	所内蒸気系及び戻り系(ポンプ, 配管, 弁)		原子炉建屋 タービン建屋 廃棄物処理建屋 補助ボイラ建屋	—	無	浸水を防止	A	無	a	5, 6, 7号機共用
	計装用圧縮空気設備(空気圧縮機, 中間冷却器, 配管, 弁)		原子炉建屋 タービン建屋 廃棄物処理建屋 コントロール建屋 サービス建屋 補助ボイラ建屋	-1.1m	無	浸水を防止	A	無	a	計装用圧縮空気系空気圧縮機の設置標高を記載
	直接関連系 (計装用圧縮 空気設備)	後部冷却器	タービン建屋	-1.1m	無	浸水を防止	A	無	a	
		気水分離器	タービン建屋	-1.1m	無	浸水を防止	A	無	a	
		空気貯槽	タービン建屋	-1.1m	無	浸水を防止	A	無	a	
	原子炉補機冷却水系(MS-1)関連以外(配管, 弁)		原子炉建屋 タービン建屋 廃棄物処理建屋	—	無	浸水を防止	A	無	a	
タービン補機冷却水系(タービン補機冷却ポンプ, 熱交換器, 配管, 弁)		タービン建屋 コントロール建屋 サービス建屋	-5.1m	無	浸水を防止	A	無	a	タービン補機冷却水系熱交換器の設置標高を記載	

注記\*1 : 浸水を防止する敷地内の建屋内に設置する設備については建屋名称等を記載する。また、浸水を防止する敷地内の建屋外であって大湊側敷地に設置する設備は「大湊側敷地」と記載する。左記以外の設備であり、浸水を防止する敷地内に設置する設備は「浸水を防止する敷地」と記載する。

2 : 機器の設置エリアが複数にまたがる場合等には「—」を記載する。

3 : 適合の根拠は以下のとおり。

A : 「浸水を防止する敷地」あるいは基準津波が到達しない高所に設置するため、基準津波の影響を受けない。 B : V-1-1-3-2-4 参照 C : 津波時にも機能喪失しないため

4 : 波及的影響「無」とした理由は以下のとおり。

a : 浸水しないため、漂流物化しない。 b : 周辺に漂流物による波及的影響を考慮すべき津波防護施設、浸水防止設備が存在しない。 c : V-1-1-3-2-4 参照

表 2.1-3 クラス 3 設備の設置場所及び基準適合性一覧

分類	機能(機器)名称		主要機器の設置場所		浸水有無	適合性		波及影響有無		備考
			設置エリア*1	設置標高 (T.M.S.L.)*2		機能維持の方針	適合の根拠*3	有無	根拠*4	
PS3	直接関連系 (タービン補機冷却水系)	サージタンク	タービン建屋	+38.6m	無	浸水を防止	A	無	a	
	タービン補機冷却海水系(タービン補機冷却海水ポンプ, 配管, 弁, ストレーナ)		タービン建屋	+3.5m	無	浸水を防止	A	無	a	タービン補機冷却海水ポンプの設置標高を記載
	復水補給水系(復水移送ポンプ, 配管, 弁)		原子炉建屋 タービン建屋 廃棄物処理建屋	-6.1m	無	浸水を防止	A	無	a	復水移送ポンプの設置標高を記載
	直接関連系 (復水補給水系)	復水貯蔵槽	廃棄物処理建屋	-1.1m	無	浸水を防止	A	無	a	
7. 燃料被覆管【核分裂生成物の原子炉冷却材中の放散防止機能】										
PS3	燃料被覆管		原子炉建屋	—	無	浸水を防止	A	無	a	
	上/下部端栓		原子炉建屋	—	無	浸水を防止	A	無	a	
	タイロッド		原子炉建屋	—	無	浸水を防止	A	無	a	
8. 原子炉冷却材浄化系, 復水浄化系【原子炉冷却材の浄化機能】										
PS3	原子炉冷却材浄化系(再生熱交換器, 非再生熱交換器, ポンプ, ろ過脱塩装置, 配管, 弁)		原子炉建屋	-8.2m	無	浸水を防止	A	無	a	原子炉冷却材浄化ポンプの設置標高を記載
	復水浄化系(復水ろ過装置, 復水脱塩装置, 配管, 弁)		タービン建屋 廃棄物処理建屋	+4.6 m	無	浸水を防止	A	無	a	復水ろ過器の設置標高を記載

注記\*1 : 浸水を防止する敷地内の建屋内に設置する設備については建屋名称等を記載する。また、浸水を防止する敷地内の建屋外であって大湊側敷地に設置する設備は「大湊側敷地」と記載する。左記以外の設備であり、浸水を防止する敷地内に設置する設備は「浸水を防止する敷地」と記載する。

2 : 機器の設置エリアが複数にまたがる場合等には「—」を記載する。

3 : 適合の根拠は以下のとおり。

A : 「浸水を防止する敷地」あるいは基準津波が到達しない高所に設置するため、基準津波の影響を受けない。 B : V-1-1-3-2-4 参照 C : 津波時にも機能喪失しないため

4 : 波及的影響「無」とした理由は以下のとおり。

a : 浸水しないため、漂流物化しない。 b : 周辺に漂流物による波及的影響を考慮すべき津波防護施設、浸水防止設備が存在しない。 c : V-1-1-3-2-4 参照



表 2.1-3 クラス 3 設備の設置場所及び基準適合性一覧

分類	機能(機器)名称		主要機器の設置場所		浸水有無	適合性		波及影響有無		備考
			設置エリア*1	設置標高 (T.M.S.L.) *2		機能維持の 方針	適合の 根拠*3	有無	根拠*4	
9. 逃がし安全弁(逃がし弁機能), タービンバイパス弁【原子炉圧力上昇の緩和機能】										
MS3	逃がし安全弁(逃がし弁機能)		原子炉建屋	—	無	浸水を防止	A	無	a	
	直接関連系 (逃がし安全弁(逃がし安全弁機能))	原子炉圧力容器から逃がし安全弁までの主蒸気配管	原子炉建屋	—	無	浸水を防止	A	無	a	
		駆動用窒素源(アキュムレータ, アキュムレータから逃がし安全弁までの配管, 弁)	原子炉建屋	—	無	浸水を防止	A	無	a	
	タービンバイパス弁		タービン建屋	+14.0m	無	浸水を防止	A	無	a	
	直接関連系 (タービンバイパス弁)	原子炉圧力容器からタービンバイパス弁までの主蒸気配管	原子炉建屋 タービン建屋	—	無	浸水を防止	A	無	a	
駆動用油圧源(アキュムレータ, アキュムレータからタービンバイパス弁までの配管, 弁)		タービン建屋	—	無	浸水を防止	A	無	a		
10. 原子炉冷却材再循環系(再循環ポンプトリップ機能), 制御棒引き抜き監視装置【出力上昇の抑制機能】										
MS3	原子炉再循環制御系, 制御棒引抜阻止インターロック, 選択制御棒挿入系の操作回路		コントロール建屋	—	無	浸水を防止	A	無	a	
11. 制御棒駆動水圧系, 原子炉隔離時冷却系【原子炉冷却材の補給機能】										
MS3	制御棒駆動水圧系(ポンプ, 復水貯蔵槽, 復水貯蔵槽から制御棒駆動機構までの配管及び弁)		原子炉建屋 タービン建屋 廃棄物処理建屋	-8.2m	無	浸水を防止	A	無	a	制御棒駆動水圧系ポンプの設置標高を記載
	直接関連系 (制御棒駆動水圧系)	ポンプサクシオンフィルタ	原子炉建屋	-8.2m	無	浸水を防止	A	無	a	
		ポンプミニマムフローライン配管, 弁	原子炉建屋	—	無	浸水を防止	A	無	a	

注記\*1 : 浸水を防止する敷地内の建屋内に設置する設備については建屋名称等を記載する。また, 浸水を防止する敷地内の建屋外であって大湊側敷地に設置する設備は「大湊側敷地」と記載する。左記以外の設備であり, 浸水を防止する敷地内に設置する設備は「浸水を防止する敷地」と記載する。

2 : 機器の設置エリアが複数にまたがる場合等には「—」を記載する。

3 : 適合の根拠は以下のとおり。

A : 「浸水を防止する敷地」あるいは基準津波が到達しない高所に設置するため, 基準津波の影響を受けない。 B : V-1-1-3-2-4 参照 C : 津波時にも機能喪失しないため

4 : 波及的影響「無」とした理由は以下のとおり。

a : 浸水しないため, 漂流物化しない。 b : 周辺に漂流物による波及的影響を考慮すべき津波防護施設, 浸水防止設備が存在しない。 c : V-1-1-3-2-4 参照

表 2.1-3 クラス 3 設備の設置場所及び基準適合性一覧

分類	機能(機器)名称		主要機器の設置場所		浸水有無	適合性		波及影響有無		備考
			設置エリア*1	設置標高(T.M.S.L.)*2		機能維持の方針	適合の根拠*3	有無	根拠*4	
MS3	原子炉隔離時冷却系(ポンプ,タービン,復水貯蔵槽,復水貯蔵槽から注入先までの配管,弁)		原子炉建屋 廃棄物処理建屋	-8.2m	無	浸水を防止	A	無	a	原子炉隔離時冷却系ポンプの設置標高を記載
	直接関連系 (原子炉隔離時冷却系)	タービンへの蒸気供給配管,弁	原子炉建屋	—	無	浸水を防止	A	無	a	
		ポンプミニマムフローライン配管,弁	原子炉建屋	—	無	浸水を防止	A	無	a	
		潤滑油冷却器及びその冷却器までの冷却水供給配管	原子炉建屋	-8.2m	無	浸水を防止	A	無	a	潤滑油冷却器の設置標高を記載
12. 原子炉冷却材再循環ポンプ MG セット【原子炉冷却材の再循環流量低下の緩和機能】										
MS3	原子炉冷却材再循環ポンプ MG セット		廃棄物処理建屋	+20.4m	無	浸水を防止	A	無	a	
13. 原子力発電所緊急時対策所, 試料採取系, 通信連絡設備, 放射能監視設備, 事故時監視計器の一部, 消火系, 安全避難通路, 非常用照明【緊急時対策上重要なもの及び異常状態の把握機能】										
MS3	5号機原子炉建屋内緊急時対策所		5号機原子炉建屋	+12.3m以上	無	浸水を防止	A	無	a	6,7号機共用
	直接関連系 (5号機原子炉建屋内緊急時対策所)	情報収集設備	5号機原子炉建屋	+12.3m以上	無	浸水を防止	A	無	a	6,7号機共用
		通信連絡設備	5号機原子炉建屋	+12.3m以上	無	浸水を防止	A	無	a	6,7号機共用
		資料及び器材	5号機原子炉建屋	+12.3m以上	無	浸水を防止	A	無	a	6,7号機共用
		遮へい設備	5号機原子炉建屋	+12.3m以上	無	浸水を防止	A	無	a	6,7号機共用
		試料採取系(異常時に必要な下記の機能を有するもの,原子炉冷却材放射性物質濃度カウンタ分析,原子炉格納容器雰囲気放射性物質濃度カウンタ分析)	原子炉建屋	—	無	浸水を防止	A	無	a	

注記\*1: 浸水を防止する敷地内の建屋内に設置する設備については建屋名称等を記載する。また, 浸水を防止する敷地内の建屋外であって大湊側敷地に設置する設備は「大湊側敷地」と記載する。左記以外の設備であり, 浸水を防止する敷地内に設置する設備は「浸水を防止する敷地」と記載する。

2: 機器の設置エリアが複数にまたがる場合等には「—」を記載する。

3: 適合の根拠は以下のとおり。

A: 「浸水を防止する敷地」あるいは基準津波が到達しない高所に設置するため, 基準津波の影響を受けない。 B: V-1-1-3-2-4 参照 C: 津波時にも機能喪失しないため

4: 波及的影響「無」とした理由は以下のとおり。

a: 浸水しないため, 漂流物化しない。 b: 周辺に漂流物による波及的影響を考慮すべき津波防護施設, 浸水防止設備が存在しない。 c: V-1-1-3-2-4 参照

表 2.1-3 クラス 3 設備の設置場所及び基準適合性一覧

分類	機能(機器)名称		主要機器の設置場所		浸水有無	適合性		波及影響有無		備考
			設置エリア*1	設置標高 (T.M.S.L.) *2		機能維持の 方針	適合の 根拠*3	有無	根拠*4	
MS3	通信連絡設備	衛星電話設備, 無線連絡設備, 携帯型音声呼出電話設備	コントロール建屋 5号機原子炉建屋	—	無	浸水を防止	A	無	a	6,7号機共用
		上記以外のもの	各主要建屋 荒浜側敷地 大湊側敷地	—	有	代替手段の 確保	C	無	b	1~7号機共用
	放射能監視設備	固定モニタリング設備	浸水を防止する敷地	+12m以上	無	浸水を防止	A	無	a	1~7号機共用
		気象観測設備	荒浜側敷地周辺	+10m以上	無	浸水を防止	A	無	a	1~7号機共用 津波の最大遡上高さ T.M.S.L. +8.3m に対して, T.M.S.L. +10.3m の位置に設置。機能喪失した場合でも可搬型気象観測装置が利用可能
		焼却炉建屋排気筒モニタ 焼却炉建屋放射線モニタ	焼却炉建屋(荒浜側) 焼却炉建屋(大湊側)	+5m	有	津波時に機能 要求無し	C	無	b	1~7号機共用
		上記以外の設備	原子炉建屋 タービン建屋 廃棄物処理建屋 コントロール建屋 排気筒	—	無	浸水を防止	A	無	a	事故時のプラント操作のための 情報の把握機能を含む
	事故時監視計器の一部	原子炉建屋 コントロール建屋	—	無	浸水を防止	A	無	a		
	津波監視カメラ	原子炉建屋	+76m	無	浸水を防止	A	無	a	6,7号機共用	
	消火系(水消火設備, 泡消火設備, 二酸化炭素消火設備, 等)	原子炉建屋 タービン建屋 コントロール建屋 廃棄物処理建屋 サービス建屋 大湊側敷地 大湊側 DD ポンプ建屋	—	無	浸水を防止	A	無	a		

注記\*1 : 浸水を防止する敷地内の建屋内に設置する設備については建屋名称等を記載する。また, 浸水を防止する敷地内の建屋外であって大湊側敷地に設置する設備は「大湊側敷地」と記載する。左記以外の設備であり, 浸水を防止する敷地内に設置する設備は「浸水を防止する敷地」と記載する。

2 : 機器の設置エリアが複数にまたがる場合等には「—」を記載する。

3 : 適合の根拠は以下のとおり。

A : 「浸水を防止する敷地」あるいは基準津波が到達しない高所に設置するため, 基準津波の影響を受けない。 B : V-1-1-3-2-4 参照 C : 津波時にも機能喪失しないため

4 : 波及的影響「無」とした理由は以下のとおり。

a : 浸水しないため, 漂流物化しない。 b : 周辺に漂流物による波及的影響を考慮すべき津波防護施設, 浸水防止設備が存在しない。 c : V-1-1-3-2-4 参照

表 2.1-3 クラス 3 設備の設置場所及び基準適合性一覧

分類	機能(機器)名称		主要機器の設置場所		浸水有無	適合性		波及影響有無		備考
			設置エリア*1	設置標高 (T.M.S.L.) *2		機能維持の 方針	適合の 根拠*3	有無	根拠*4	
MS3	直接関連系 (消火系)	圧力調整用消火ポンプ, 電動駆動消火ポンプ, デ ィーゼル駆動消火ポン プ	給水建屋 大湊側 DD ポンプ建屋	+12.3m	無	浸水を防止	A	無	a	5~7号機共用
		ろ過水タンク	浸水を防止する敷地	+12m	無	浸水を防止	A	無	a	1~7号機共用
		火災検出装置(受信機含 む)	原子炉建屋 タービン建屋 コントロール建屋 廃棄物処理建屋 サービス建屋 大湊側敷地	—	無	浸水を防止	A	無	a	6,7号機共用
		防火扉, 防火ダンパ, 耐 火壁, 隔壁(消火設備の 機能を維持担保するた めに必要なもの)	原子炉建屋 タービン建屋 コントロール建屋 廃棄物処理建屋 サービス建屋	—	無	浸水を防止	A	無	a	6,7号機共用
	安全避難通路		各主要建屋	—	無	浸水を防止	A	無	a	6,7号機共用
	直接関連系 (安全避難通 路)	安全避難用扉	各主要建屋	—	無	浸水を防止	A	無	a	6,7号機共用
	非常用照明		各主要建屋	—	無	浸水を防止	A	無	a	6,7号機共用

注記\*1 : 浸水を防止する敷地内の建屋内に設置する設備については建屋名称等を記載する。また、浸水を防止する敷地内の建屋外であって大湊側敷地に設置する設備は「大湊側敷地」と記載する。左記以外の設備であり、浸水を防止する敷地内に設置する設備は「浸水を防止する敷地」と記載する。

2 : 機器の設置エリアが複数にまたがる場合等には「—」を記載する。

3 : 適合の根拠は以下のとおり。

A : 「浸水を防止する敷地」あるいは基準津波が到達しない高所に設置するため、基準津波の影響を受けない。 B : V-1-1-3-2-4 参照 C : 津波時にも機能喪失しないため

4 : 波及的影響「無」とした理由は以下のとおり。

a : 浸水しないため、漂流物化しない。 b : 周辺に漂流物による波及的影響を考慮すべき津波防護施設、浸水防止設備が存在しない。 c : V-1-1-3-2-4 参照

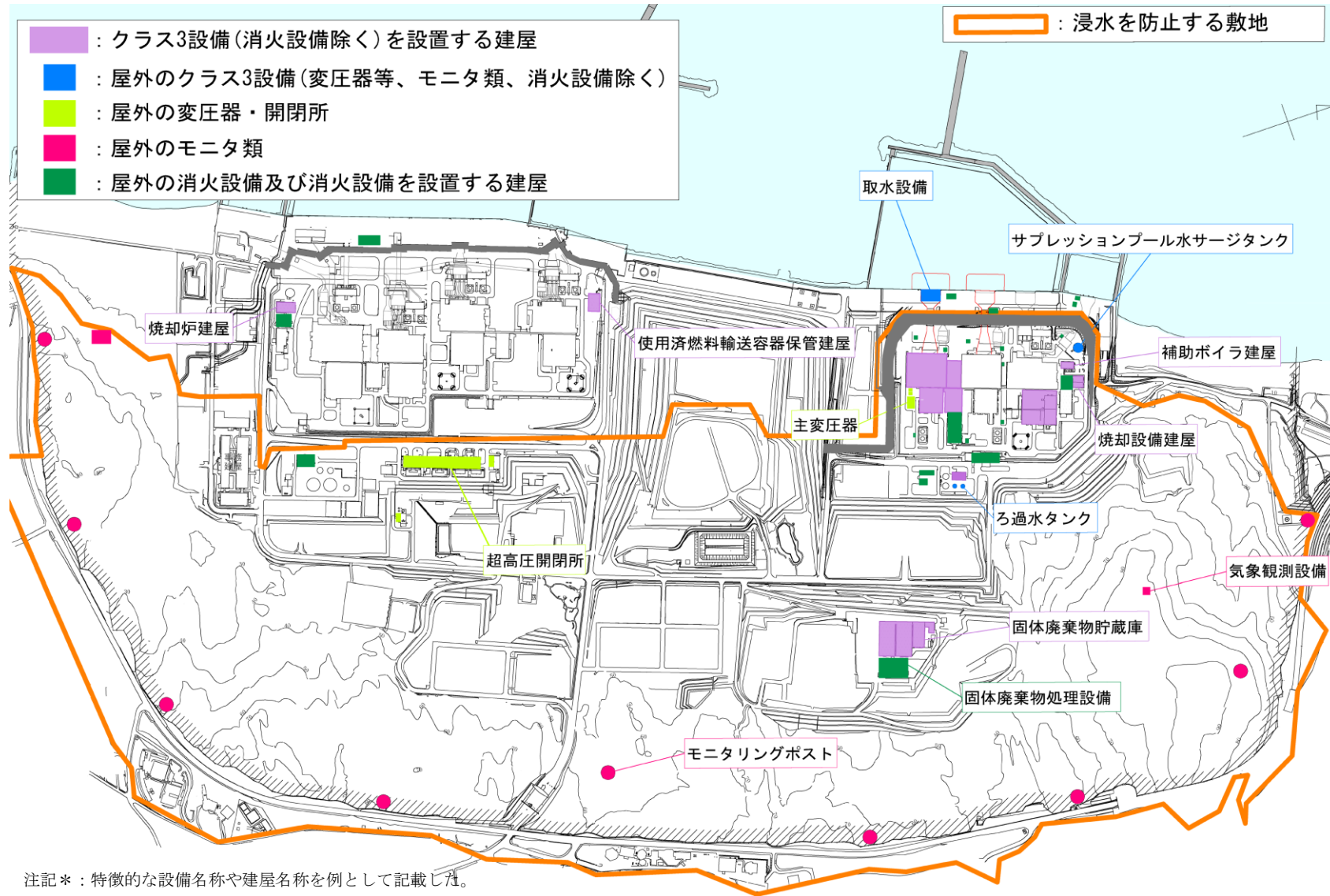


図 2.1-4 設計基準対象施設の津波防護対象設備の配置

## (2) 重大事故等対処施設

### a. 概要

「設置許可基準規則第四十条（津波による損傷の防止）」においては、「重大事故等対処施設は、基準津波に対して重大事故等に対処するために必要な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」ことを要求している。また、同解釈では、同条の解釈に当たり「別記3に準ずる」ことが求められている。

このため、津波から防護する設備は重大事故等対処設備とする。

### b. 津波防護対象範囲

基準津波に対して機能を維持すべき設備は重大事故等対処設備とし、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。なお、可搬型重大事故等対処設備に関しては設置許可基準規則第四十三条において運搬等のための通路が確保できることが求められており、これを満足するように適切な措置を講じる方針とする。

重大事故等対処施設の津波防護対象設備を内包する建屋および区画は、図 2.1-5 に示すように、設計基準対象施設の津波防護対象設備が内包される建屋および区画に加え、5号機原子炉建屋内緊急時対策所を内包する5号機原子炉建屋、格納容器圧力逃がし装置及び常設代替交流電源設備を敷設する区画、5号機東側保管場所、5号機東側第二保管場所、大湊側高台保管場所及び荒浜側高台保管場所に設定する。

表 2.1-4 重大事故等対処施設の津波防護対象設備を内包する建屋及び区画

分類		該当する建屋・区画	
I	大湊側の敷地 (T.M.S.L. +12m) に設 置される建屋・区画	A : 設計基準対象施設の 津波防護対象設備の浸 水防護重点化範囲内	1) 原子炉建屋 2) タービン建屋 3) コントロール建屋 4) 廃棄物処理建屋 5) 燃料設備の一部 (軽油タンク, 燃料 移送ポンプ) を敷設する区画
		B : 設計基準対象施設の 津波防護対象設備の浸 水防護重点化範囲外 (T.M.S.L. +12m の敷 地面上の区画)	1) 格納容器圧力逃がし装置を敷設する 区画
			2) 常設代替交流電源設備を敷設する 区画
			3) 5号機原子炉建屋 (緊急時対策所を 設定する区画 : T.M.S.L. +27.8m)
			4) 5号機東側保管場所
5) 5号機東側第二保管場所			
II	大湊側の敷地よりも高所に設置される建屋・区画	1) 大湊側高台保管場所 (T.M.S.L. +35m)	
		2) 荒浜側高台保管場所 (T.M.S.L. +37m)	





表 2.1-5 重大事故等対処施設一覧及び配置

主要設備	設備分類	設置箇所	
		整理番号	箇所名称
ホイールローダ	可搬	II	高台保管場所
ATWS 緩和設備 (代替制御棒挿入機能)	常設	I A	原子炉建屋等
制御棒	常設	I A	原子炉建屋等
制御棒駆動機構 (水圧駆動)	常設	I A	原子炉建屋等
制御棒駆動系水圧制御ユニット	常設	I A	原子炉建屋等
制御棒駆動系配管 [流路]	常設	I A	原子炉建屋等
ATWS 緩和設備 (代替冷却材再循環ポンプ・トリップ機能)	常設	I A	原子炉建屋等
ほう酸水注入系ポンプ	常設	I A	原子炉建屋等
ほう酸水注入系貯蔵タンク	常設	I A	原子炉建屋等
ほう酸水注入系配管・弁 [流路]	常設	I A	原子炉建屋等
高压炉心注水系配管・弁・スパージャ [流路]	常設	I A	原子炉建屋等
高压代替注水系ポンプ	常設	I A	原子炉建屋等
高压代替注水系 (蒸気系) 配管・弁 [流路]	常設	I A	原子炉建屋等
主蒸気系配管・弁 [流路]	常設	I A	原子炉建屋等
原子炉隔離時冷却系 (蒸気系) 配管・弁 [流路]	常設	I A	原子炉建屋等
高压代替注水系 (注水系) 配管・弁 [流路]	常設	I A	原子炉建屋等
復水補給系配管 [流路]	常設	I A	原子炉建屋等
高压炉心注水系配管・弁 [流路]	常設	I A	原子炉建屋等
残留熱除去系配管・弁 (7号機のみ) [流路]	常設	I A	原子炉建屋等
給水系配管・弁・スパージャ [流路]	常設	I A	原子炉建屋等
原子炉隔離時冷却系ポンプ	常設	I A	原子炉建屋等
原子炉隔離時冷却系 (注水系) 配管・弁・ストレーナ [流路]	常設	I A	原子炉建屋等
復水補給水系配管 [流路]	常設	I A	原子炉建屋等
高压炉心注水系ポンプ	常設	I A	原子炉建屋等
高压炉心注水系配管・弁・ストレーナ・スパージャ [流路]	常設	I A	原子炉建屋等
逃がし安全弁 [操作対象弁]	常設	I A	原子炉建屋等
逃がし弁機能用アキュムレータ	常設	I A	原子炉建屋等
自動減圧機能用アキュムレータ	常設	I A	原子炉建屋等
主蒸気系配管・クエンチャ [流路]	常設	I A	原子炉建屋等
代替自動減圧ロジック (代替自動減圧機能)	常設	I A	原子炉建屋等
自動減圧系の起動阻止スイッチ	常設	I A	原子炉建屋等

表 2.1-5 重大事故等対処施設一覧及び配置

主要設備	設備分類	設置箇所	
		整理番号	箇所名称
AM 用切替装置 (SRV)	常設	I A	原子炉建屋等
逃がし安全弁用可搬型蓄電池	可搬	I A	原子炉建屋等
高圧窒素ガスポンベ	可搬	I A	原子炉建屋等
高圧窒素ガス供給系配管・弁 [流路]	常設	I A	原子炉建屋等
自動減圧機能用アキュムレータ [流路]	常設	I A	原子炉建屋等
逃がし弁機能用アキュムレータ [流路]	常設	I A	原子炉建屋等
高圧炉心注水系注入隔離弁	常設	I A	原子炉建屋等
原子炉建屋ブローアウトパネル	常設	I A	原子炉建屋等
復水移送ポンプ	常設	I A	原子炉建屋等
復水補給水系配管・弁 [流路]	常設	I A	原子炉建屋等
残留熱除去系配管・弁・スパージャ [流路]	常設	I A	原子炉建屋等
可搬型代替注水ポンプ (A-2 級)	可搬	II	高台保管場所
可搬型代替注水ポンプ (A-2 級)	可搬	I B5)	第二保管場所
ホース・接続口 [流路]	可搬	II	高台保管場所
ホース・接続口 [流路]	可搬	I B5)	第二保管場所
残留熱除去系ポンプ	常設	I A	原子炉建屋等
残留熱除去系配管・弁・ストレーナ・スパージャ [流路]	常設	I A	原子炉建屋等
残留熱除去系熱交換器	常設	I A	原子炉建屋等
熱交換器ユニット	可搬	II	高台保管場所
大容量送水車 (熱交換器ユニット用)	可搬	II	高台保管場所
代替原子炉補機冷却海水ストレーナ	可搬	II	高台保管場所
原子炉補機冷却系配管・弁・サージタンク [流路]	常設	I A	原子炉建屋等
残留熱除去系熱交換器 [流路]	常設	I A	原子炉建屋等
ホース [流路]	可搬	II	高台保管場所
遠隔手動弁操作設備	常設	I A	原子炉建屋等
遠隔空気駆動弁操作作用ポンベ	可搬	I A	原子炉建屋等
不活性ガス系配管・弁 [流路]	常設	I A	原子炉建屋等
耐圧強化ベント系 (W/W) 配管・弁 [流路]	常設	I A	原子炉建屋等
耐圧強化ベント系 (D/W) 配管・弁 [流路]	常設	I A	原子炉建屋等
遠隔空気駆動弁操作設備配管・弁 [流路]	常設	I A	原子炉建屋等
非常用ガス処理系配管・弁 [流路]	常設	I A	原子炉建屋等
主排気筒 (内筒) [流路]	常設	I A	原子炉建屋等

表 2.1-5 重大事故等対処施設一覧及び配置

主要設備	設備分類	設置箇所	
		整理番号	箇所名称
原子炉補機冷却水ポンプ	常設	I A	原子炉建屋等
原子炉補機冷却海水ポンプ	常設	I A	原子炉建屋等
原子炉補機冷却水系熱交換器	常設	I A	原子炉建屋等
原子炉補機冷却系配管・弁・海水ストレーナ [流路]	常設	I A	原子炉建屋等
原子炉補機冷却系サージタンク [流路]	常設	I A	原子炉建屋等
残留熱除去系配管・弁 [流路]	常設	I A	原子炉建屋等
格納容器スプレイ・ヘッダ [流路]	常設	I A	原子炉建屋等
ホース・接続口	可搬	II	高台保管場所
ホース・接続口	可搬	I B5)	第二保管場所
残留熱除去系配管・弁・ストレーナ [流路]	常設	I A	原子炉建屋等
フィルタ装置	常設	I B1)	FCVS 敷設区画
よう素フィルタ	常設	I B1)	FCVS 敷設区画
ラプチャーディスク	常設	I B1)	FCVS 敷設区画
ラプチャーディスク	常設	I A	原子炉建屋等
ドレン移送ポンプ	常設	I B1)	FCVS 敷設区画
ドレンタンク	常設	I B1)	FCVS 敷設区画
スクラバ水 pH 制御設備	可搬	II	高台保管場所
フィルタベント遮蔽壁	常設	I B1)	FCVS 敷設区画
配管遮蔽	常設	I B1)	FCVS 敷設区画
耐圧強化ベント系配管・弁 [流路]	常設	I A	原子炉建屋等
格納容器圧力逃がし装置配管・弁 [流路]	常設	I A	原子炉建屋等
格納容器圧力逃がし装置配管・弁 [流路]	常設	I B1)	FCVS 敷設区画
残留熱除去系配管・弁・ストレーナ・ポンプ [流路]	常設	I A	原子炉建屋等
コリウムシールド	常設	I A	原子炉建屋等
不活性ガス系	常設	I A	原子炉建屋等
可搬型窒素供給装置	可搬	II	高台保管場所
サプレッションチェンバ	常設	I A	原子炉建屋等
格納容器内水素濃度 (SA)	常設	I A	原子炉建屋等
格納容器内水素濃度	常設	I A	原子炉建屋等
格納容器内酸素濃度	常設	I A	原子炉建屋等
静的触媒式水素再結合器	常設	I A	原子炉建屋等
静的触媒式水素再結合器動作監視装置	常設	I A	原子炉建屋等

表 2.1-5 重大事故等対処施設一覧及び配置

主要設備	設備分類	設置箇所	
		整理番号	箇所名称
原子炉建屋水素濃度	常設	I A	原子炉建屋等
可搬型代替注水ポンプ (A-1 級)	可搬	II	高台保管場所
常設スプレイヘッダ	常設	I A	原子炉建屋等
ホース・接続口 [流路]	可搬	I A	原子炉建屋等
燃料プール代替注水系配管・弁 [流路]	常設	I A	原子炉建屋等
可搬型スプレイヘッダ	可搬	I A	原子炉建屋等
使用済燃料貯蔵プール水位 (SA)	常設	I A	原子炉建屋等
使用済燃料貯蔵プール水位 (SA 広域)	常設	I A	原子炉建屋等
使用済燃料貯蔵プール温度 (SA)	常設	I A	原子炉建屋等
使用済燃料貯蔵プール温度 (SA 広域)	常設	I A	原子炉建屋等
使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ (高レンジ・低レンジ)	常設	I A	原子炉建屋等
使用済燃料貯蔵プール監視カメラ (使用済燃料貯蔵プール監視カメラ用空冷装置を含む)	常設	I A	原子炉建屋等
燃料プール冷却浄化系ポンプ	常設	I A	原子炉建屋等
燃料プール冷却浄化系熱交換器	常設	I A	原子炉建屋等
燃料プール冷却浄化系配管・弁 [流路]	常設	I A	原子炉建屋等
燃料プール冷却浄化系スキマサージタンク [流路]	常設	I A	原子炉建屋等
燃料プール冷却浄化系ディフューザ [流路]	常設	I A	原子炉建屋等
大容量送水車 (原子炉建屋放水設備用)	可搬	II	高台保管場所
放水砲	可搬	II	高台保管場所
放射性物質吸着材	可搬	II	高台保管場所
汚濁防止膜	可搬	II	高台保管場所
小型船舶 (汚濁防止膜設置用)	可搬	II	高台保管場所
泡原液搬送車	可搬	II	高台保管場所
泡原液混合装置	可搬	II	高台保管場所
復水貯蔵槽	常設	I A	原子炉建屋等
サプレッション・チェンバ	常設	I A	原子炉建屋等
防火水槽	常設	—	大湊側敷地
淡水貯水池	常設	—	高台
CSP 外部補給配管・弁 [流路]	常設	I A	原子炉建屋等
大容量送水車 (海水取水用)	可搬	II	高台保管場所
第一ガスタービン発電機	常設	I B2)	第一 GTG 設置区画

表 2.1-5 重大事故等対処施設一覧及び配置

主要設備	設備分類	設置箇所	
		整理番号	箇所名称
軽油タンク	常設	I A	原子炉建屋等
タンクローリ (16kL)	可搬	II	高台保管場所
第一ガスタービン発電機用燃料タンク	常設	I B2)	第一 GTG 設置区画
第一ガスタービン発電機用燃料移送ポンプ	常設	I A	原子炉建屋等
軽油タンク出口ノズル・弁 [燃料流路]	常設	I A	原子炉建屋等
ホース [燃料流路]	可搬	II	高台保管場所
第一ガスタービン発電機用燃料移送系配管・弁 [燃料流路]	常設	I A	原子炉建屋等
第一ガスタービン発電機用燃料移送系配管・弁 [燃料流路]	常設	I B2)	第一 GTG 設置区画
第一ガスタービン発電機～非常用高圧母線 C 系及び D 系電路 [電路]	常設	I A	原子炉建屋等
第一ガスタービン発電機～非常用高圧母線 C 系及び D 系電路 [電路]	常設	I B2)	第一 GTG 設置区画
第一ガスタービン発電機～AM 用 MCC 電路 [電路]	常設	I A	原子炉建屋等
第一ガスタービン発電機～AM 用 MCC 電路 [電路]	常設	I B2)	第一 GTG 設置区画
電源車	可搬	II	高台保管場所
タンクローリ (4kL)	可搬	II	高台保管場所
タンクローリ (4kL)	可搬	I B5)	第二保管場所
電源車～緊急用電源切替箱接続装置電路 [電路]	可搬	II	高台保管場所
緊急用電源切替箱接続装置～非常用高圧母線 C 系及び D 系電路 [電路]	常設	I A	原子炉建屋等
電源車～動力変圧器 C 系電路 [電路]	可搬	II	高台保管場所
動力変圧器 C 系～非常用高圧母線 C 系及び D 系電路 [電路]	常設	I A	原子炉建屋等
緊急用電源切替箱接続装置～AM 用 MCC 電路 [電路]	常設	I A	原子炉建屋等
電源車～AM 用動力変圧器電路 [電路]	可搬	II	高台保管場所
AM 用動力変圧器～AM 用 MCC 電路 [電路]	常設	I A	原子炉建屋等
電源車～代替原子炉補機冷却系電路 [電路]	可搬	II	高台保管場所
号機間電力融通ケーブル (常設)	常設	I A	原子炉建屋等
号機間電力融通ケーブル (可搬型)	可搬	I A	原子炉建屋等
号機間電力融通ケーブル (可搬型)	可搬	II	高台保管場所
号機間電力融通ケーブル (常設) ～非常用高圧母線 C 系及び D 系電路 [電路]	常設	I A	原子炉建屋等

表 2.1-5 重大事故等対処施設一覧及び配置

主要設備	設備分類	設置箇所	
		整理番号	箇所名称
号機間電力融通ケーブル（可搬型）～緊急用電源切替箱接続装置電路〔電路〕	可搬	I A	原子炉建屋等
号機間電力融通ケーブル（可搬型）～緊急用電源切替箱接続装置電路〔電路〕	可搬	II	高台保管場所
直流 125V 蓄電池 A	常設	I A	原子炉建屋等
直流 125V 蓄電池 A-2	常設	I A	原子炉建屋等
AM 用直流 125V 蓄電池	常設	I A	原子炉建屋等
直流 125V 充電器 A	常設	I A	原子炉建屋等
直流 125V 充電器 A-2	常設	I A	原子炉建屋等
AM 用直流 125V 充電器	常設	I A	原子炉建屋等
直流 125V 蓄電池及び充電器 A～直流母線電路〔電路〕	常設	I A	原子炉建屋等
直流 125V 蓄電池及び充電器 A-2～直流母線電路〔電路〕	常設	I A	原子炉建屋等
AM 用直流 125V 蓄電池及び充電器～直流母線電路〔電路〕	常設	I A	原子炉建屋等
ホース〔燃料流路〕	可搬	II	高台保管場所
電源車～緊急用電源切替箱接続装置電路〔電路〕	可搬	I B5)	第二保管場所
緊急用電源切替箱接続装置～直流母線電路〔電路〕	常設	I A	原子炉建屋等
AM 用動力変圧器～直流母線電路〔電路〕	常設	I A	原子炉建屋等
緊急用断路器	常設	I A	原子炉建屋等
緊急用電源切替箱断路器	常設	I A	原子炉建屋等
緊急用電源切替箱接続装置	常設	I A	原子炉建屋等
AM 用動力変圧器	常設	I A	原子炉建屋等
AM 用 MCC	常設	I A	原子炉建屋等
AM 用操作盤	常設	I A	原子炉建屋等
AM 用切替盤	常設	I A	原子炉建屋等
非常用高圧母線 C 系	常設	I A	原子炉建屋等
非常用高圧母線 D 系	常設	I A	原子炉建屋等
非常用ディーゼル発電機	常設	I A	原子炉建屋等
燃料移送ポンプ	常設	I A	原子炉建屋等
燃料ディタンク	常設	I A	原子炉建屋等
非常用ディーゼル発電機燃料移送系配管・弁〔燃料流路〕	常設	I A	原子炉建屋等

表 2.1-5 重大事故等対処施設一覧及び配置

主要設備	設備分類	設置箇所	
		整理番号	箇所名称
非常用ディーゼル発電機～非常用高圧母線電路〔電路〕	常設	I A	原子炉建屋等
直流 125V 蓄電池 B	常設	I A	原子炉建屋等
直流 125V 蓄電池 C	常設	I A	原子炉建屋等
直流 125V 蓄電池 D	常設	I A	原子炉建屋等
直流 125V 充電器 B	常設	I A	原子炉建屋等
直流 125V 充電器 C	常設	I A	原子炉建屋等
直流 125V 充電器 D	常設	I A	原子炉建屋等
直流 125V 蓄電池及び充電器B～直流母線電路〔電路〕	常設	I A	原子炉建屋等
直流 125V 蓄電池及び充電器C～直流母線電路〔電路〕	常設	I A	原子炉建屋等
直流 125V 蓄電池及び充電器D～直流母線電路〔電路〕	常設	I A	原子炉建屋等
原子炉圧力容器温度	常設	I A	原子炉建屋等
原子炉圧力	常設	I A	原子炉建屋等
原子炉圧力 (SA)	常設	I A	原子炉建屋等
原子炉水位 (広帯域)	常設	I A	原子炉建屋等
原子炉水位 (燃料域)	常設	I A	原子炉建屋等
原子炉水位 (SA)	常設	I A	原子炉建屋等
高圧代替注水系系統流量	常設	I A	原子炉建屋等
復水補給水系流量 (RHR A 系代替注水流量)	常設	I A	原子炉建屋等
復水補給水系流量 (RHR B 系代替注水流量)	常設	I A	原子炉建屋等
原子炉隔離時冷却系系統流量	常設	I A	原子炉建屋等
高圧炉心注水系系統流量	常設	I A	原子炉建屋等
残留熱除去系系統流量	常設	I A	原子炉建屋等
復水補給水系流量 (格納容器下部注水流量)	常設	I A	原子炉建屋等
ドライウエル雰囲気温度	常設	I A	原子炉建屋等
サプレッション・チェンバ気体温度	常設	I A	原子炉建屋等
サプレッション・チェンバ・プール水温度	常設	I A	原子炉建屋等
格納容器内圧力 (D/W)	常設	I A	原子炉建屋等
格納容器内圧力 (S/C)	常設	I A	原子炉建屋等
サプレッション・チェンバ・プール水位	常設	I A	原子炉建屋等
格納容器下部水位	常設	I A	原子炉建屋等
格納容器内雰囲気放射線レベル(D/W)	常設	I A	原子炉建屋等
格納容器内雰囲気放射線レベル(S/C)	常設	I A	原子炉建屋等

表 2.1-5 重大事故等対処施設一覧及び配置

主要設備	設備分類	設置箇所	
		整理番号	箇所名称
起動領域モニタ	常設	I A	原子炉建屋等
平均出力領域モニタ	常設	I A	原子炉建屋等
復水補給水系温度（代替循環冷却）	常設	I A	原子炉建屋等
フィルタ装置水位	常設	I B5)	FCVS 敷設区画
フィルタ装置入口圧力	常設	I A	原子炉建屋等
フィルタ装置出口放射線モニタ	常設	I B5)	FCVS 敷設区画
フィルタ装置水素濃度	常設	I A	原子炉建屋等
フィルタ装置金属フィルタ差圧	常設	I B5)	FCVS 敷設区画
フィルタ装置スクラバ水 pH	常設	I B5)	FCVS 敷設区画
耐圧強化ベント系放射線モニタ	常設	I A	原子炉建屋等
残留熱除去系熱交換器入口温度	常設	I A	原子炉建屋等
残留熱除去系熱交換器出口温度	常設	I A	原子炉建屋等
高圧炉心注水系ポンプ吐出圧力	常設	I A	原子炉建屋等
残留熱除去系ポンプ吐出圧力	常設	I A	原子炉建屋等
復水貯蔵槽水位（SA）	常設	I A	原子炉建屋等
高圧窒素ガス供給系 ADS 入口圧力	常設	I A	原子炉建屋等
高圧窒素ガス供給系窒素ガスポンベ出口圧力	常設	I A	原子炉建屋等
RCW サージタンク水位	常設	I A	原子炉建屋等
原子炉補機冷却水系熱交換器出口冷却水温度	常設	I A	原子炉建屋等
ドレンタンク水位	常設	I B1)	FCVS 敷設区画
遠隔空気駆動弁操作用ポンベ出口圧力	常設	I A	原子炉建屋等
M/C C 電圧	常設	I A	原子炉建屋等
M/C D 電圧	常設	I A	原子炉建屋等
第一 GTG 発電機電圧	常設	I B2)	第一 GTG 設置区画
非常用 D/G 発電機電圧	常設	I A	原子炉建屋等
非常用 D/G 発電機電力	常設	I A	原子炉建屋等
非常用 D/G 発電機周波数	常設	I A	原子炉建屋等
非常用 D/G 発電機電圧（他号機）	常設	I A	原子炉建屋等
非常用 D/G 発電機電力（他号機）	常設	I A	原子炉建屋等
非常用 D/G 発電機周波数（他号機）	常設	I A	原子炉建屋等
P/C C-1 電圧	常設	I A	原子炉建屋等
P/C D-1 電圧	常設	I A	原子炉建屋等
P/C C-1 電圧（他号機）	常設	I A	原子炉建屋等



表 2.1-5 重大事故等対処施設一覧及び配置

主要設備	設備分類	設置箇所	
		整理番号	箇所名称
P/C D-1 電圧 (他号機)	常設	I A	原子炉建屋等
直流 125V 主母線盤 A 電圧	常設	I A	原子炉建屋等
直流 125V 主母線盤 B 電圧	常設	I A	原子炉建屋等
直流 125V 充電器盤 A-2 蓄電池電圧	常設	I A	原子炉建屋等
AM 用直流 125V 充電器盤蓄電池電圧	常設	I A	原子炉建屋等
第一 GTG 発電機周波数	常設	I B2)	第一 GTG 設置区画
電源車電圧	可搬	II	高台保管場所
電源車周波数	可搬	II	高台保管場所
M/C E 電圧	常設	I A	原子炉建屋等
P/C E-1 電圧	常設	I A	原子炉建屋等
直流 125V 主母線盤 C 電圧	常設	I A	原子炉建屋等
安全パラメータ表示システム (SPDS)	常設	I A	原子炉建屋等
可搬型計測器	可搬	I A	原子炉建屋等
中央制御室	常設	I A	原子炉建屋等
中央制御室待避室	常設	I A	原子炉建屋等
中央制御室遮蔽	常設	I A	原子炉建屋等
中央制御室待避室遮蔽 (常設)	常設	I A	原子炉建屋等
中央制御室待避室遮蔽 (可搬型)	可搬	I A	原子炉建屋等
中央制御室可搬型陽圧化空調機	可搬	I A	原子炉建屋等
中央制御室待避室陽圧化装置 (空気ポンペ)	可搬	I A	原子炉建屋等
データ表示装置 (待避室)	常設	I A	原子炉建屋等
差圧計	可搬	I A	原子炉建屋等
酸素濃度・二酸化炭素濃度計	可搬	I A	原子炉建屋等
中央制御室可搬型陽圧化空調機用仮設ダクト [流路]	可搬	I A	原子炉建屋等
中央制御室待避室陽圧化装置 (配管・弁) [流路]	常設	I A	原子炉建屋等
中央制御室換気空調系給排気隔離弁 (MCR 外気取入ダンパ, MCR 非常用外気取入ダンパ, MCR 排気ダンパ) [流路]	常設	I A	原子炉建屋等
中央制御室換気空調系ダクト (MCR 外気取入ダクト, MCR 排気ダクト) [流路]	常設	I A	原子炉建屋等
可搬型蓄電池内蔵型照明	可搬	I A	原子炉建屋等
非常用ガス処理系排風機	常設	I A	原子炉建屋等
非常用ガス処理系フィルタ装置 [流路]	常設	I A	原子炉建屋等

表 2.1-5 重大事故等対処施設一覧及び配置

主要設備	設備分類	設置箇所	
		整理番号	箇所名称
非常用ガス処理系乾燥装置 [流路]	常設	I A	原子炉建屋等
主排気筒 (内筒) [流路]	常設	I A	原子炉建屋等
可搬型モニタリングポスト	可搬	II	高台保管場所
可搬型モニタリングポスト	可搬	I B3)	5号機原子炉建屋
データ処理装置 [伝送路]	常設	I B3)	5号機原子炉建屋
可搬型ダスト・よう素サンプラ	可搬	I B3)	5号機原子炉建屋
GM 汚染サーベイメータ	可搬	I B3)	5号機原子炉建屋
NaI シンチレーションサーベイメータ	可搬	I B3)	5号機原子炉建屋
可搬型気象観測装置	可搬	II	高台保管場所
電離箱サーベイメータ	可搬	I B3)	5号機原子炉建屋
小型船舶(海上モニタリング用)	可搬	II	高台保管場所
ZnS シンチレーションサーベイメータ	可搬	I B3)	5号機原子炉建屋
モニタリング・ポスト用発電機	常設	—	モニタリングポスト No. 2, 5, 8 エリア付近 (T. M. S. L. +12m 以上)
5号機原子炉建屋内緊急時対策所 (対策本部)	常設	I B3)	5号機原子炉建屋
5号機原子炉建屋内緊急時対策所 (対策本部) 高気密室	常設	I B3)	5号機原子炉建屋
5号機原子炉建屋内緊急時対策所 (対策本部) 遮蔽	常設	I B3)	5号機原子炉建屋
5号機原子炉建屋内緊急時対策所 (対策本部) 可搬型陽圧化空調機	可搬	I B3)	5号機原子炉建屋
5号機原子炉建屋内緊急時対策所 (対策本部) 可搬型外気取入送風機	可搬	I B3)	5号機原子炉建屋
5号機原子炉建屋内緊急時対策所 (対策本部) 陽圧化装置 (空気ボンベ)	可搬	I B3)	5号機原子炉建屋
5号機原子炉建屋内緊急時対策所 (対策本部) 二酸化炭素吸収装置	常設	I B3)	5号機原子炉建屋
酸素濃度計 (対策本部)	可搬	I B3)	5号機原子炉建屋
二酸化炭素濃度計 (対策本部)	可搬	I B3)	5号機原子炉建屋
差圧計 (対策本部)	可搬	I B3)	5号機原子炉建屋
可搬型エリアモニタ (対策本部)	可搬	I B3)	5号機原子炉建屋
5号機原子炉建屋内緊急時対策所 (対策本部) 可搬型陽圧化空調機用仮設ダクト [流路]	可搬	I B3)	5号機原子炉建屋

表 2.1-5 重大事故等対処施設一覧及び配置

主要設備	設備分類	設置箇所	
		整理番号	箇所名称
5号機原子炉建屋内緊急時対策所（対策本部）陽圧化装置（配管・弁）〔流路〕	常設	I B3)	5号機原子炉建屋
5号機原子炉建屋内緊急時対策所（待機場所）	常設	I B3)	5号機原子炉建屋
5号機原子炉建屋内緊急時対策所（待機場所）遮蔽	常設	I B3)	5号機原子炉建屋
5号機原子炉建屋内緊急時対策所（待機場所）室内遮蔽	常設	I B3)	5号機原子炉建屋
5号機原子炉建屋内緊急時対策所（待機場所）可搬型陽圧化空調機	可搬	I B3)	5号機原子炉建屋
5号機原子炉建屋内緊急時対策所（待機場所）陽圧化装置（空気ポンペ）	可搬	I B3)	5号機原子炉建屋
酸素濃度計（待機場所）	可搬	I B3)	5号機原子炉建屋
二酸化炭素濃度計（待機場所）	可搬	I B3)	5号機原子炉建屋
差圧計（待機場所）	可搬	I B3)	5号機原子炉建屋
可搬型エリアモニタ（待機場所）	可搬	I B3)	5号機原子炉建屋
5号機原子炉建屋内緊急時対策所（待機場所）可搬型陽圧化空調機用仮設ダクト〔流路〕	可搬	I B3)	5号機原子炉建屋
5号機原子炉建屋内緊急時対策所（待機場所）陽圧化装置（配管・弁）〔流路〕	常設	I B3)	5号機原子炉建屋
5号機原子炉建屋内緊急時対策所用可搬型電源設備	可搬	I B4)	5号機東側保管場所
5号機原子炉建屋内緊急時対策所用可搬型電源設備	可搬	II	高台保管場所
可搬ケーブル	可搬	I B3)	5号機原子炉建屋
負荷変圧器	常設	I B3)	5号機原子炉建屋
交流分電盤	常設	I B3)	5号機原子炉建屋
携帯型音声呼出電話設備	可搬	I A	原子炉建屋等
携帯型音声呼出電話設備	可搬	I B3)	5号機原子炉建屋
無線連絡設備（常設）	常設	I A	原子炉建屋等
無線連絡設備（常設）	常設	I B3)	5号機原子炉建屋
無線連絡設備（可搬型）	可搬	I B3)	5号機原子炉建屋
衛星電話設備（常設）	常設	I A	原子炉建屋等
衛星電話設備（常設）	常設	I B3)	5号機原子炉建屋
衛星電話設備（可搬型）	可搬	I B3)	5号機原子炉建屋
5号機屋外緊急連絡用インターフォン	常設	I B3)	5号機原子炉建屋
安全パラメータ表示システム（SPDS）	常設	I B3)	5号機原子炉建屋
無線連絡設備（屋外アンテナ）〔伝送路〕	常設	I A	原子炉建屋等

表 2.1-5 重大事故等対処施設一覧及び配置

主要設備	設備分類	設置箇所	
		整理番号	箇所名称
無線連絡設備（屋外アンテナ）〔伝送路〕	常設	I B3)	5号機原子炉建屋
衛星電話設備（屋外アンテナ）〔伝送路〕	常設	I A	原子炉建屋等
衛星電話設備（屋外アンテナ）〔伝送路〕	常設	I B3)	5号機原子炉建屋
無線通信装置〔伝送路〕	常設	I A	原子炉建屋等
無線通信装置〔伝送路〕	常設	I B3)	5号機原子炉建屋
有線（建屋内）（携帯型音声呼出電話設備，無線連絡設備（常設），衛星電話設備（常設），5号機屋外緊急連絡用インターフォンに係るもの）〔伝送路〕	常設	I A	原子炉建屋等
有線（建屋内）（携帯型音声呼出電話設備，無線連絡設備（常設），衛星電話設備（常設），5号機屋外緊急連絡用インターフォンに係るもの）〔伝送路〕	常設	I B3)	5号機原子炉建屋
有線（建屋内）（安全パラメータ表示システム（SPDS）に係るもの）〔伝送路〕	常設	I A	原子炉建屋等
有線（建屋内）（安全パラメータ表示システム（SPDS）に係るもの）〔伝送路〕	常設	I B3)	5号機原子炉建屋
統合原子力防災ネットワークを用いた通信連絡設備	常設	I B3)	5号機原子炉建屋
データ伝送設備	常設	I A	原子炉建屋等
データ伝送設備	常設	I B3)	5号機原子炉建屋
衛星無線通信装置〔伝送路〕	常設	I B3)	5号機原子炉建屋
有線（建屋内）（衛星電話設備（常設）に係るもの）〔伝送路〕	常設	I A	原子炉建屋等
有線（建屋内）（衛星電話設備（常設）に係るもの）〔伝送路〕	常設	I B3)	5号機原子炉建屋
有線（建屋内）（統合原子力防災ネットワークを用いた通信連絡設備，データ伝送設備に係るもの）〔伝送路〕	常設	I A	原子炉建屋等
有線（建屋内）（統合原子力防災ネットワークを用いた通信連絡設備，データ伝送設備に係るもの）〔伝送路〕	常設	I B3)	5号機原子炉建屋
原子炉圧力容器	常設	I A	原子炉建屋等
原子炉格納容器	常設	I A	原子炉建屋等
使用済燃料プール	常設	I A	原子炉建屋等
原子炉建屋原子炉区域	常設	I A	原子炉建屋等

表 2.1-5 重大事故等対処施設一覧及び配置

主要設備	設備分類	設置箇所	
		整理番号	箇所名称
海水貯留堰	常設	—	取水路付近
スクリーン室	常設	—	取水路付近
取水路	常設	—	取水路付近
補機冷却用海水取水路	常設	—	取水路付近
補機冷却用海水取水槽	常設	—	取水路付近

注：ハッチングは設計基準対象施設の津波防護対象設備の浸水防護重点化範囲内に設置される設備を表す。

## 2.2 タービン建屋における耐震Sクラス設備の浸水影響について

## 2.2 タービン建屋における耐震Sクラス設備の浸水影響について

7号機のタービン建屋内には浸水するエリアに静的な耐震Sクラス設備（配管及び電路）が存在する。そのため、それらの存在するエリアを浸水防護重点化範囲として設定し、以下方針に従い影響評価を行った。

### (1) 静的な耐震Sクラス設備（配管及び電路）の浸水防護重点化範囲の設定について

以下「基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド」にある記載を踏まえ、静的な耐震Sクラスの設備についても浸水防護重点化範囲を設定することとする。

「基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド（抜粋）」

#### 4.4 重要な安全機能を有する施設の隔離（内郭防護）

##### 4.4.1 浸水防護重点化範囲の設定

###### 【確認内容】

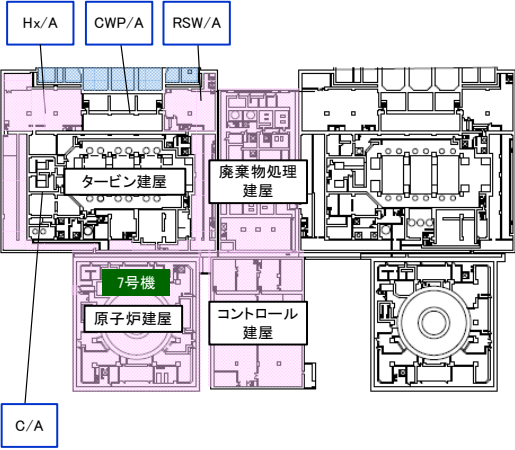
(1) 重要な安全機能を有する設備等（耐震Sクラスの機器・配管系）のうち、基本設計段階において位置が明示されているものについては、それらの設備等を内包する建屋、区画が津波防護重点範囲として設定されていることを確認する。

図 2.2-1 に静的な耐震Sクラスの設備の浸水防護重点化範囲を追加した7号機の浸水防護重点化範囲を示す。

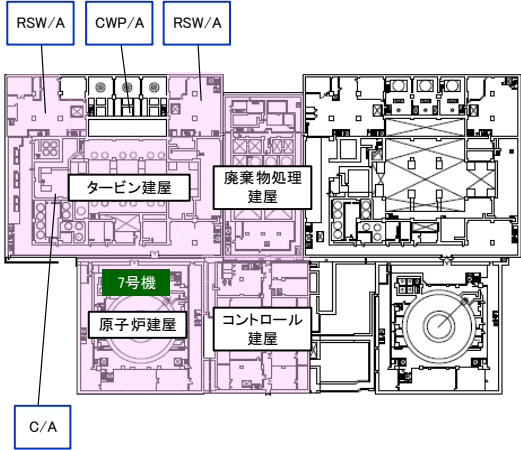
**浸水防護重点化範囲**

取水槽及び補機取水槽

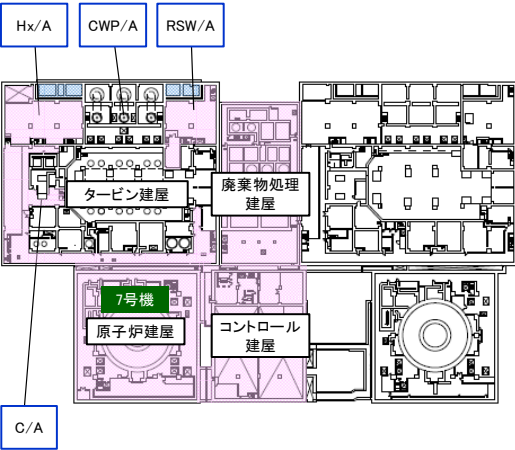
凡例  
 ○タービン建屋内の主要なエリア  
 ・CWP/A：循環水ポンプを設置するエリア  
 ・RSW/A：非常用海水冷却系を設置するエリア  
 ・C/A：復水器を設置するエリア  
 ・Hx/A：タービン補機冷却水系熱交換器を設置するエリア  
 \*地上1階以上については、保守的に浸水防護重点化範囲と設定



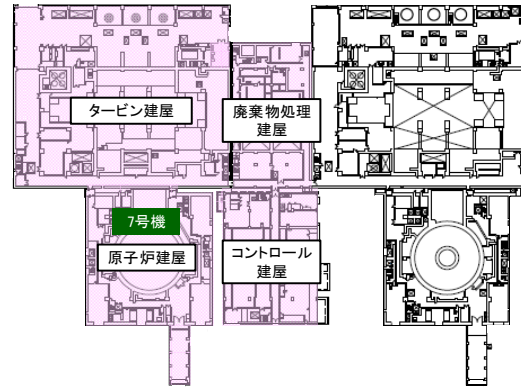
地下3階(タービン建屋地下2階)  
 \*タービン建屋床面高さT.M.S.L.-5.1m



地下1階(タービン建屋地下1階)  
 \*タービン建屋床面高さT.M.S.L.4.9m



地下2階(タービン建屋地下中間2階)  
 \*タービン建屋床面高さT.M.S.L.-1.1m



地上1階(タービン建屋地上1階)  
 \*タービン建屋床面高さT.M.S.L.12.3m

図 2.2-1 浸水防護重点化範囲



(2) 浸水防護重点化範囲の評価方針について

静的な耐震Sクラスの設備が設置されている浸水防護重点化範囲の一部については、地震に起因する溢水により浸水する。そのため、「耐津波設計方針に係る工認審査ガイド」に基づき範囲内への浸水が重要な安全機能を有する設備等の機能に影響を及ぼさないことを確認する。静的な耐震Sクラスの設備が設置され浸水を想定するエリアを図2.2-2及び図2.2-3に示す。

「耐津波設計方針に係る工認審査ガイド（抜粋）」

3.5 重要な安全機能を有する施設の隔離（内郭防護）

3.5.2 浸水防護重点化範囲の境界における浸水対策

【規制基準における要求事項等】

津波による溢水を考慮した浸水範囲、浸水量を安全側に想定すること。浸水範囲、浸水量の安全側の想定に基づき、浸水防護重点化範囲への浸水の可能性のある経路、浸水口（扉、開口部、貫通口等）を特定し、それらに対して浸水対策を施すこと。

【確認内容】

（中略）

(4) 浸水範囲への浸水が安全機能への影響がないことを確認するため、浸水防護重点化範囲への浸水量（漏水量）を確認するとともに、範囲内への浸水が重要な安全機能を有する設備等の機能に影響を及ぼさないことを確認する。浸水量評価及び安全評価の確認の詳細を「7. 浸水量評価に基づく安全性評価」に示す。

浸水防護重点化範囲

浸水防護重点化範囲  
(浸水を想定するエリア)

取水槽及び補機取水槽

— 配管(Sクラス)  
原子炉補機冷却水系  
— 電路(Sクラス)  
原子炉補機冷却水系

地下3階(タービン建屋地下2階)  
\*タービン建屋床面高さT.M.S.L.-5.1m

U 上階へ

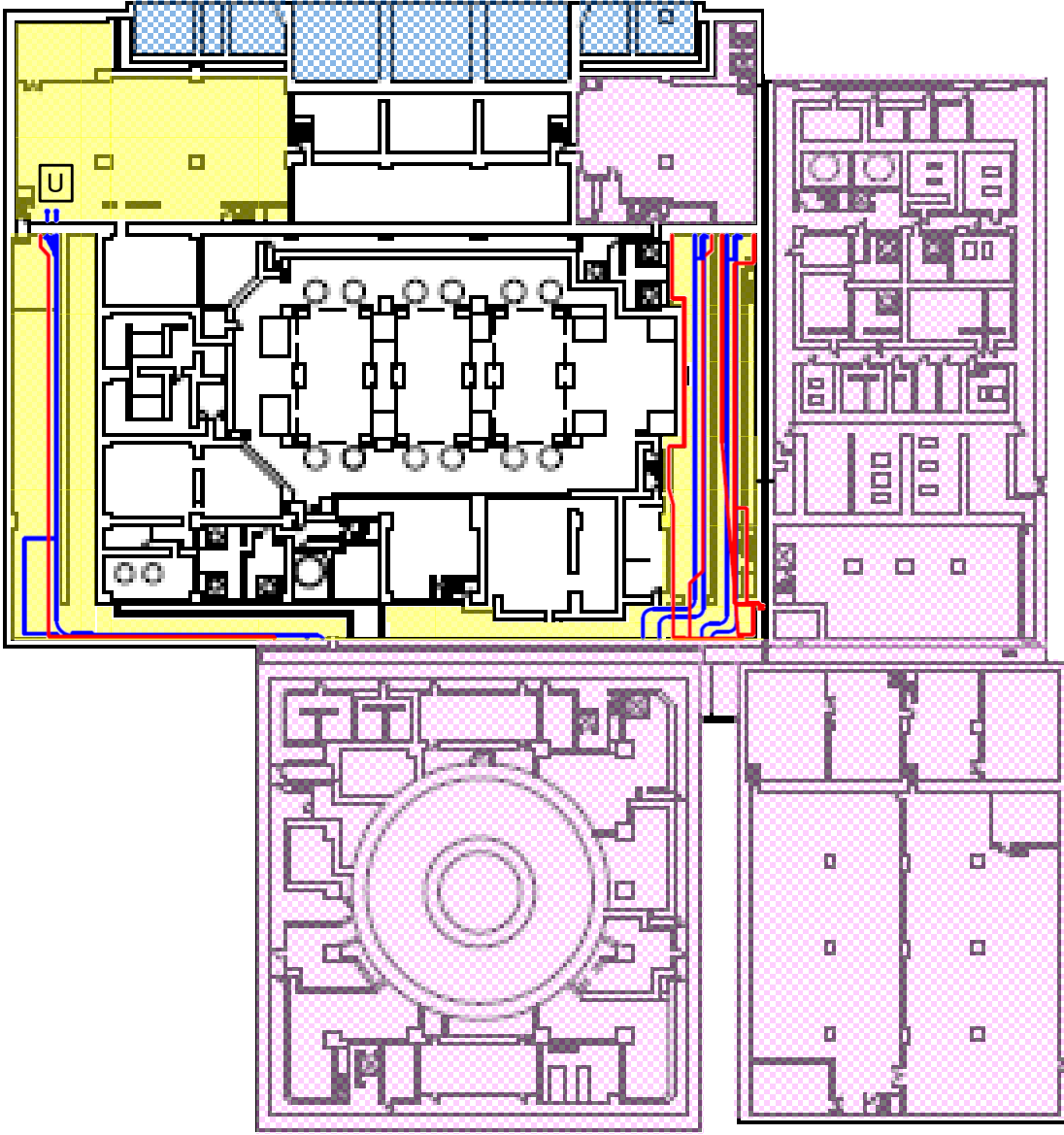


図 2.2-2 浸水防護重点化範囲詳細図 (タービン建屋地下2階)

浸水防護重点化範囲

浸水防護重点化範囲  
(浸水を想定するエリア)

取水槽及び補機取水槽

— 配管(Sクラス)  
原子炉補機冷却水系  
— 電路(Sクラス)  
原子炉補機冷却水系

U 上階へ

地下2階(タービン建屋地下中間2階)  
\*タービン建屋床面高さT.M.S.L.-1.1m

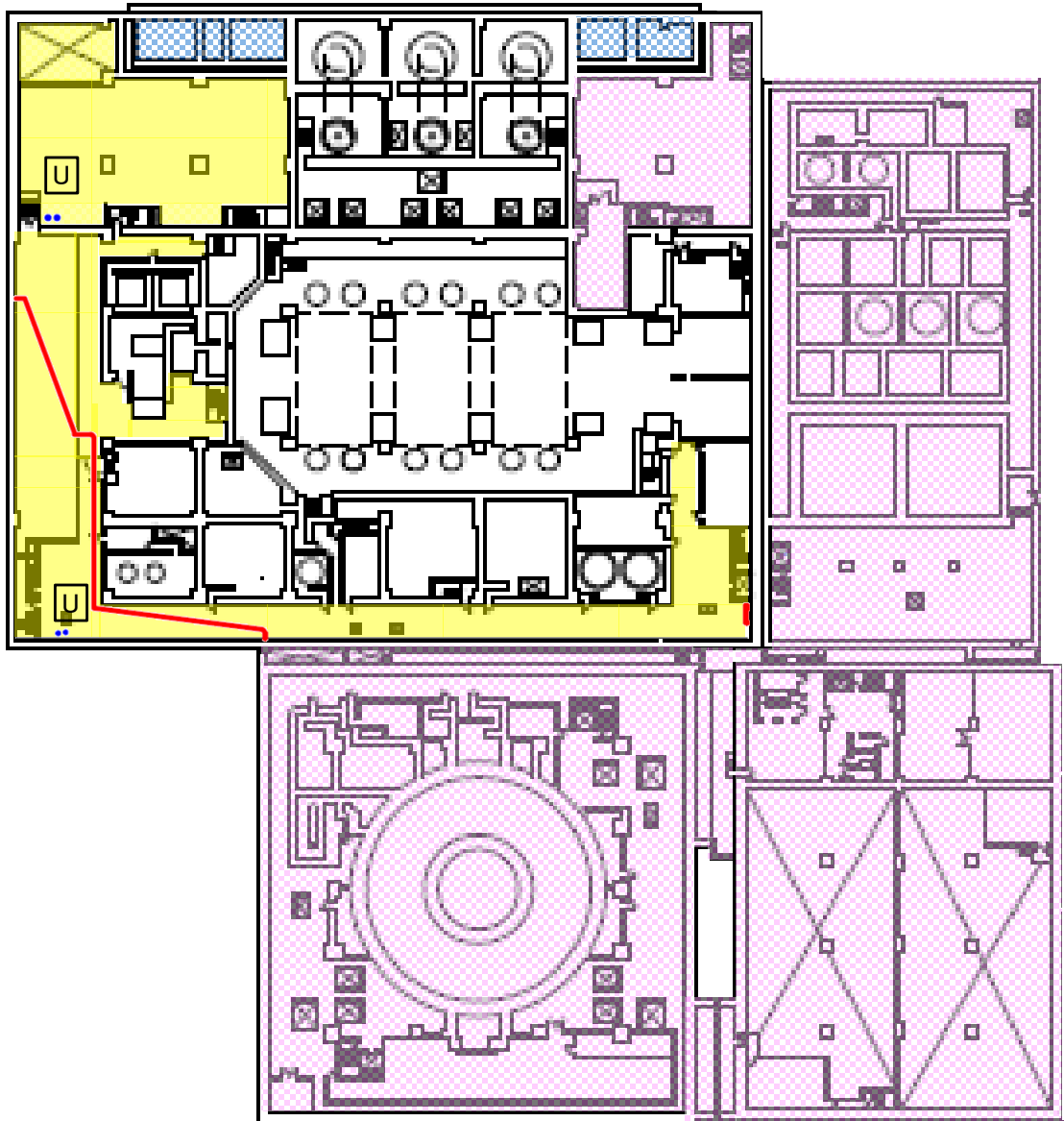


図 2.2-2 浸水防護重点化範囲詳細図 (タービン建屋地下中 2 階)

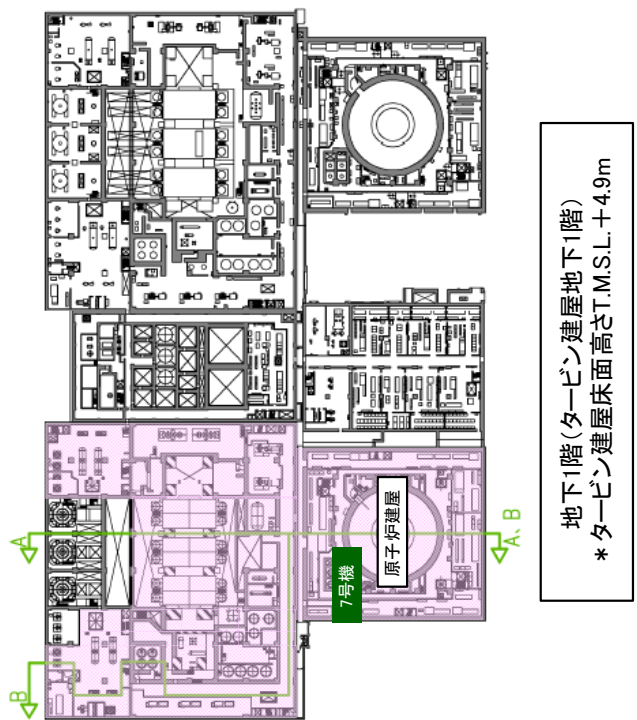
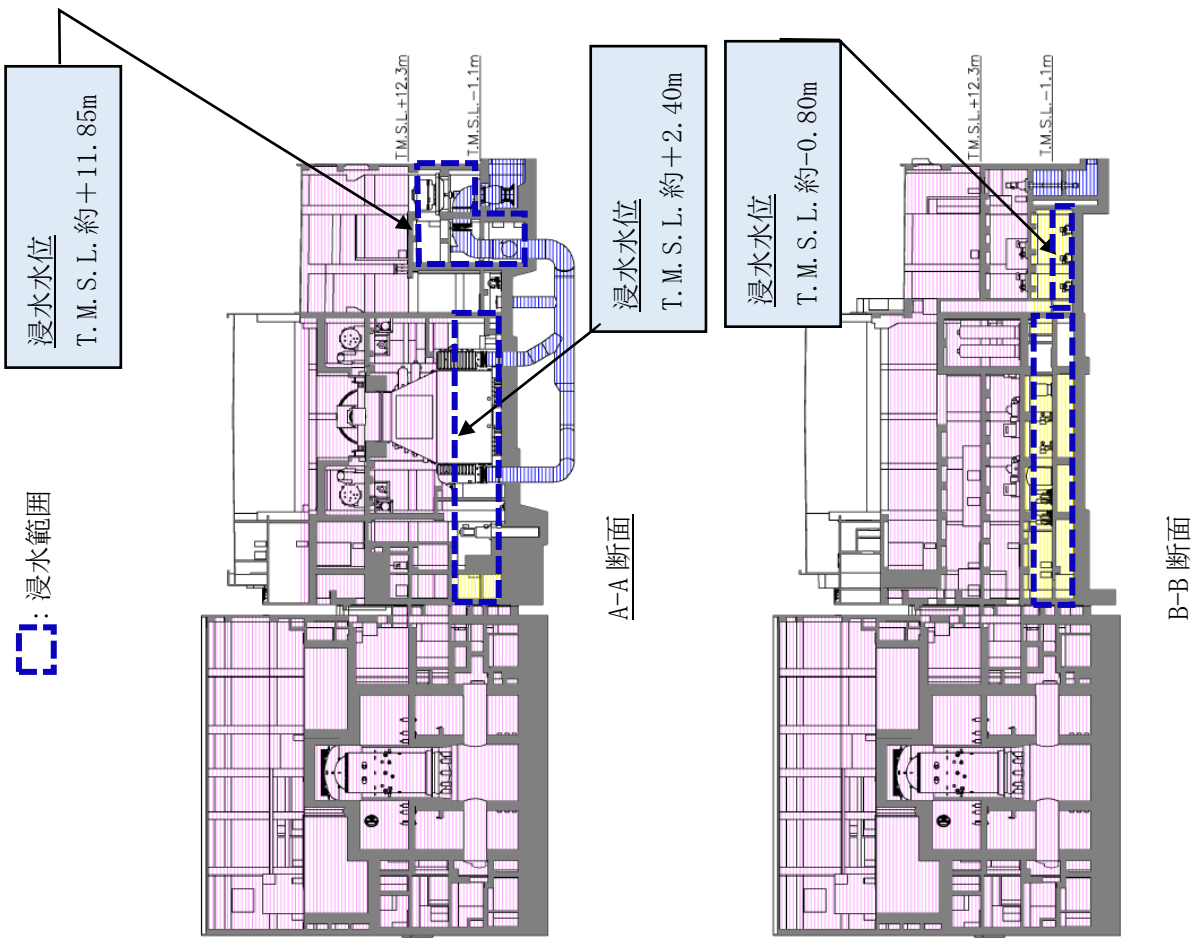


図2.2-3 浸水防護重点化範囲断面図

(3) 評価方法

タービン建屋内の復水器を設置するエリア（以下「復水器エリア」という。）及びタービン補機冷却水系熱交換器を設置するエリア（以下「タービン補機熱交換器エリア」という。）では、地震に起因する溢水（津波来襲前の隔離システムでの弁閉止までの伸縮継手部の破損箇所からの海水溢水及び低耐震クラス機器の破損による溢水）が発生するため、(2)で示した方針に基づき、Sクラス配管、電路（ケーブル）等への影響の有無を確認する。

影響評価は、下記表 2.2-1 に示すように、「① 水圧による損傷」及び「② 電気接続部の没水」の観点について配管及び電路（ケーブル）等に対して行う。

水圧の評価で使う溢水水位については、復水器エリアの溢水水位 T.M.S.L. 約+2.40m 及びタービン補機熱交換器エリアの溢水水位 T.M.S.L. 約-0.80m のうち保守的な評価となる復水器エリアの溢水水位 T.M.S.L. 約+2.40m を用いて評価を行う。

表 2.2-1 配管及び電路（ケーブル）等の影響評価方法

設備	系統	影響評価内容	
		① 水圧による損傷	② 電気接続部の没水
配管	原子炉補機冷却水系	・浸水による水頭圧（外圧）による配管の構造的損傷の可能性	—
電路（ケーブル）等	原子炉補機冷却水系	・浸水による水頭圧（外圧）による電路（ケーブル）の構造的損傷の可能性	・浸水する電路（ケーブル）の電気接続部の有無確認 ・電気接続部があれば、その没水による影響評価

(4) 評価結果

a. 配管

① 水圧による損傷評価（配管）

配管の外圧による許容圧力は「発電用原子力設備規格 設計・建設規格（2005 年版（2007 年追補含む）） J S M E S N C 1 - 2005 / 2007 （（社）日本機械学会）」に基づき、下記式を用いて算出を行った。表 2.2-2 に示す結果より、配管の許容圧力が復水器エリアにおける溢水水位 T.M.S.L. 約+2.40m を上回ることを確認した。

配管については、保守的に外形 (Do) / 板厚 (t) が最大となる配管を代表として選定した。なお、評価では内圧は大気圧とした。

$$t_s = \frac{3P_e D_o}{4B}$$

$$P_e = \frac{4Bt_s}{3D_o} \quad (\text{上記式を変形})$$

表 2.2-2 ① 水圧による損傷評価（配管）

	原子炉補機冷却水系配管
外径 Do [mm]	609.6
板厚 t [mm]	9.5
製造上最小厚さ ts [mm]	
付録材料図 表 Part7 に より定まる値 B	21.9
材質	SM400C
許容圧力 Pe [MPa]	0.40
水頭圧 [MPa]	0.08 *1
許容圧力 > 水頭圧 判定	○

注記\*1：タービン建屋最地下階床面（T.M.S.L. -5.1m）からタービン建屋溢水水位（T.M.S.L. 約+2.40m）までの水位の高さ（7.5m）の水頭圧を切り上げた値

b. 電路（ケーブル）等

① 水圧による損傷評価（電路（ケーブル））

電路（ケーブル）はシース（材料：難燃性特殊耐熱ビニル）で覆った構造であり、浸水時の水圧条件（静水圧換算：7.5m 以上）を考慮した設計であるため、没水時の外圧により機能喪失しない。また、海水に対する影響については、海水による浸水試験（試験時間：200 時間）を実施し、外観及び絶縁抵抗に影響がないことを確認している。

② 電気接続部の没水（電路（ケーブル）等）

没水する電路（ケーブル）等については溢水により機能を喪失する接続部（端子部）がないことを設備図書を用いて机上調査にて確認した。

## タービン建屋内のケーブルの海水による浸水影響について

## (1) ケーブルの浸水影響評価

タービン建屋内に設置している原子炉補機冷却水系等のケーブルは、原子炉建屋（格納容器外）に使用するケーブルを使用している。ケーブル仕様を表 2.3-参 1-1 に示す。これらのケーブルは、溢水により海水に没水する可能性があることからその健全性を確認する。

表 2.3-参 1-1 タービン建屋内に設置している原子炉補機冷却水系等のケーブル

名称	シース	絶縁体	系統
6600V 架橋ポリエチレン絶縁 難燃性特殊耐熱ビニルシース電力ケーブル	難燃性 特殊 耐熱 ビニル	架橋 ポリエチレン	原子炉補機冷却水系 原子炉補機冷却海水系
600V 難燃性架橋ポリエチレン絶縁 難燃性特殊耐熱ビニルシース電力ケーブル		難燃性架橋 ポリエチレン	
難燃性架橋ポリエチレン絶縁 難燃性特殊耐熱ビニルシースケーブル			
静電遮へい付難燃性架橋ポリエチレン絶縁 難燃性特殊耐熱ビニルシースケーブル			

## (2) ケーブルの耐環境試験

タービン建屋内に設置している原子炉補機冷却水系等のケーブルに対し、設置区画の環境条件における 40 年間の運転期間を包絡する環境、さらに原子炉建屋（格納容器外）の事故時環境を模擬した劣化条件による耐環境試験を実施し、劣化による影響を確認する。

## a. 試験条件

表 2.3-参 1-2 に示す劣化条件により、劣化を模擬したケーブルに対して、以下の試験条件でマンドレル耐電圧試験を行う。

試験条件：ケーブル外径の約 40 倍の直径を持つ金属円筒の周囲にケーブルを巻き付け、真水中に浸漬させた状態で絶縁体厚さに対し、50 (Hz) または 60 (Hz) の交流電圧を印加。

表 2.3-参 1-2 建屋内環境条件及び試験時の劣化条件

対象ケーブル設置区画 環境条件		試験時の劣化条件		
周囲温度 (°C)	放射線量 (Gy / 40 年)	加速熱劣化	放射線照射線量 (Gy)	事故時雰囲気曝露
40	$7.0 \times 10^4$	121°C* 168 時間*	$5.0 \times 10^5$	最高 171°C 最高約 0.43MPa 約 25 時間

注記\* : アレニウスの法則による 40°C, 40 年を包絡する値

b. 試験結果

タービン建屋内に設置している原子炉補機冷却水系等のケーブルに対し、設置区画の環境条件における 40 年間の運転期間を包絡する環境、さらに原子炉建屋（格納容器外）の事故時環境を模擬した劣化条件による耐環境試験を実施し、機械的・電氣的な健全性を確認した。

(3) ケーブルの浸水課電試験

タービン建屋内に設置している原子炉補機冷却水系等のケーブルは、海水等による浸水課電試験を実施し、海水の浸水による影響を確認する。

a. 試験条件

浸水課電試験に用いた水溶液を以下に、課電試験条件を表 2.3-参 1-3 に示す。

試験水溶液：標準海水，硫酸水溶液（3wt%），カセイソーダ水溶液（3wt%），  
水酸化カルシウム水溶液（0.5wt%）



表 2.3-参 1-3 浸水課電試験条件

名称	電圧 (V)	時間*3 (h)	水溶液温度*4 (°C)
6600V架橋ポリエチレン絶縁 難燃性特殊耐熱ビニルシース電力ケーブル	4000*1	200	90
600V難燃性架橋ポリエチレン絶縁 難燃性特殊耐熱ビニルシース電力ケーブル	480*2	200	90
難燃性架橋ポリエチレン絶縁 難燃性特殊耐熱ビニルシースケーブル	480*2	200	90
静電遮へい付難燃性架橋ポリエチレン絶縁 難燃性特殊耐熱ビニルシースケーブル	480*2	200	90

注記\*1：大地間電圧に余裕を考慮した値

\*2：パワーセンタ及びモータコントロールセンタ電圧と同電圧値

\*3：7日間（168時間）に余裕を考慮した値

\*4：ケーブル絶縁体の連続許容温度

b. 試験結果

浸水課電試験の結果は表 2.3-参 1-4 のとおりであり、海水等の浸水による影響は十分小さいことを確認した。

表 2.3-参 1-4 浸水課電試験結果

名称	絶縁抵抗 (MΩ-km)				
	判定基準*	結果			
		標準毎水	硫酸水溶液 (3wt%)	カセイソーダ水溶液 (3wt%)	水酸化カルシウム水溶液 (0.5wt%)
6600V架橋ポリエチレン絶縁 難燃性特殊耐熱ビニルシース電力ケーブル	100 ≧	15000	12000	7000	12000
600V難燃性架橋ポリエチレン絶縁 難燃性特殊耐熱ビニルシース電力ケーブル		1300	1100	1400	1300
難燃性架橋ポリエチレン絶縁 難燃性特殊耐熱ビニルシースケーブル		2000	1300	1600	1800
静電遮へい付難燃性架橋ポリエチレン絶縁 難燃性特殊耐熱ビニルシースケーブル		10000	5000	10000	10000

注記\*：高圧電動機絶縁抵抗判定基準 5MΩ（回転電気機械一般（JEC-2100-2008）に基づき計算）を上回る値，低圧電路絶縁性能判定基準 0.4MΩ（電気設備に関する技術基準を定める省令（電気設備の技術基準の解釈））を上回る値

(4) まとめ

タービン建屋内に設置している原子炉補機冷却水系等のケーブルに対し、設置区画の環境条件における40年間の運転時間を包絡する環境、さらに原子炉建屋（格納容器外）の事故時環境を模擬した劣化条件による耐環境試験を実施し、健全性を確認した。また、海水等による浸水課電試験を実施し、海水等の浸水による影響が十分小さいことを確認した。

耐環境試験におけるマンドレル耐電圧試験は、海水中ではなく真水中で行われているが、いずれも導電性を有する水中であり、浸水課電試験の絶縁抵抗測定結果に、水溶液による有意な違いがないことから、試験する水溶液によるマンドレル耐電圧試験結果への影響は十分小さい。

したがって、タービン建屋内に設置している原子炉補機冷却水系等のケーブルは海水に没水しても健全性は維持される。

### 2.3 耐津波設計における浸水防護重点化範囲との境界について

## 2.3 耐津波設計における浸水防護重点化範囲との境界について

### (1) 概要

本補足説明資料は、柏崎刈羽7号において設定を行ったタービン建屋内の浸水防護重点化範囲について、タービン建屋内で発生する内郭防護に関する溢水事象を考慮した上での、それぞれの浸水対策の位置付け及びその基準適合性の説明を行う。また、上記溢水事象において期待する溢水量低減のための内部溢水対策設備（「復水器水室出入口弁」及び「タービン補機冷却海水ポンプ吐出弁」：図 2.3-1）についても、耐津波設計における位置付けの整理を行う。

なお、地震を伴わない津波単独の襲来事象に対しては、タービン建屋内において津波浸水は発生しない。

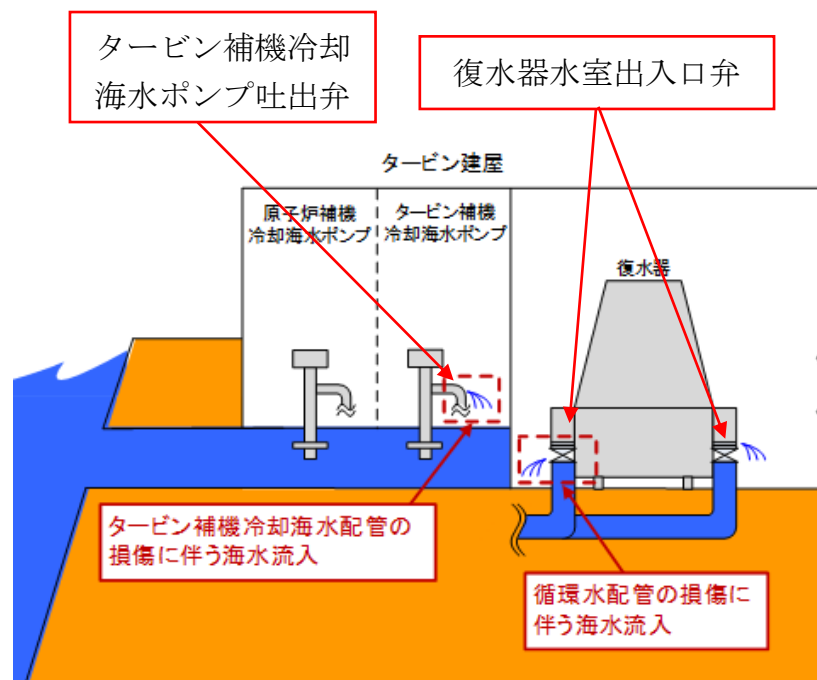


図 2.3-1 「復水器水室出入口弁」及び「タービン補機冷却海水ポンプ吐出弁」設置概要図

(2) 浸水防護重点化範囲の設定について

防護対象となる重要な安全機能を有する設備等を区画単位にグルーピングした上で、当該単位を浸水防護重点化範囲として設定する。設定においては、静的なSクラス機器(配管、電路等)のみが存在するエリアについても浸水防護重点化範囲として設定する。

図 2.3-2 (1) に設置許可時と工事認可申請における浸水防護重点化範囲の変更点の図を示すとともに、図 2.3-2 (2) に工事認可申請における「浸水防護重点化範囲」を示す。

- ・CWP/A : 循環水ポンプを設置するエリア
- ・RSW/A : 非常用海水冷却系を設置するエリア
- ・C/A : 復水器を設置するエリア
- ・Hx/A : タービン補機 冷却水系統交換器を設置するエリア

浸水防護重点化範囲

取水槽及び補機取水槽

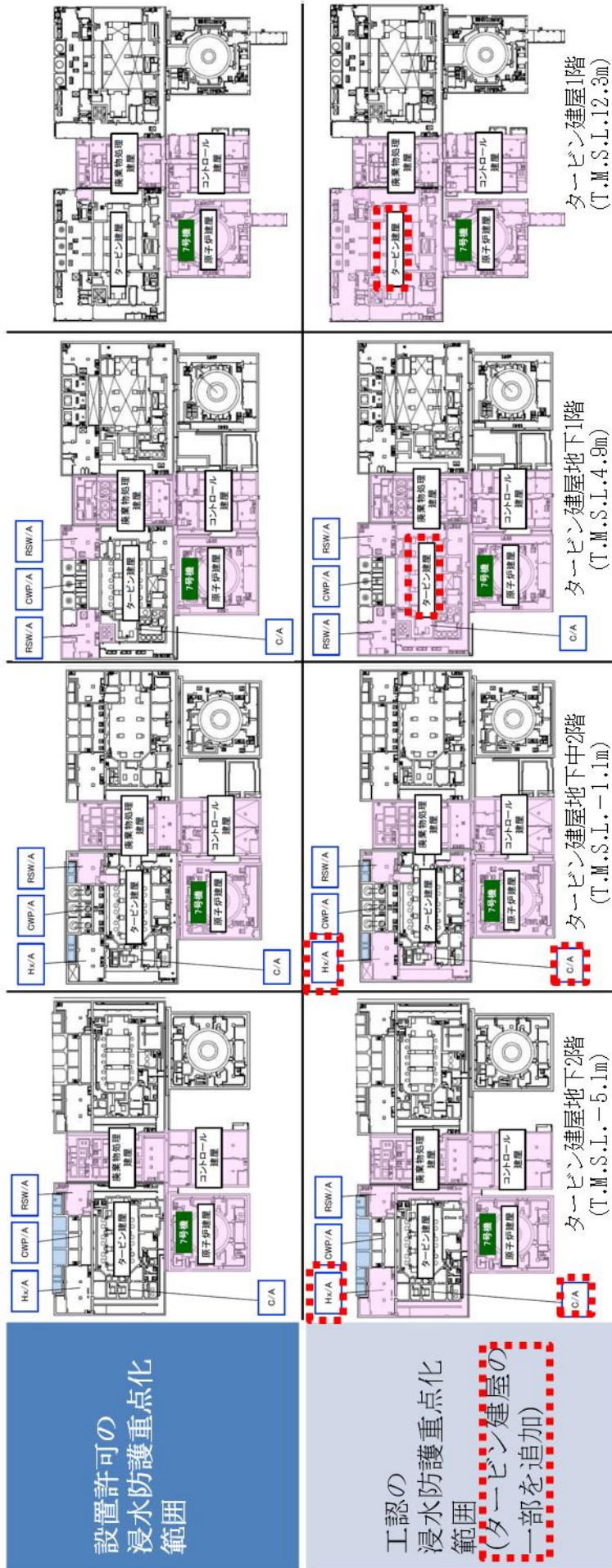


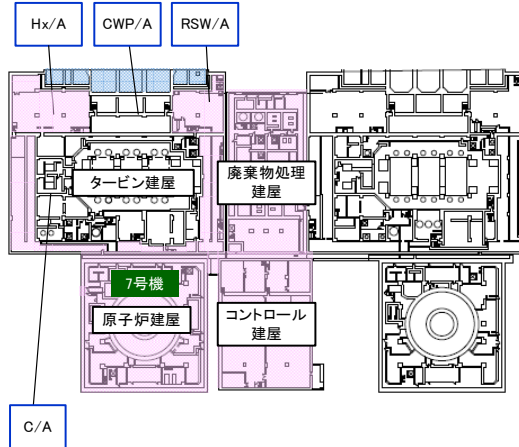
図 2.3-2 (1) 設置許可時と工事認可申請における浸水防護重点化範囲の変更点

浸水防護重点化範囲

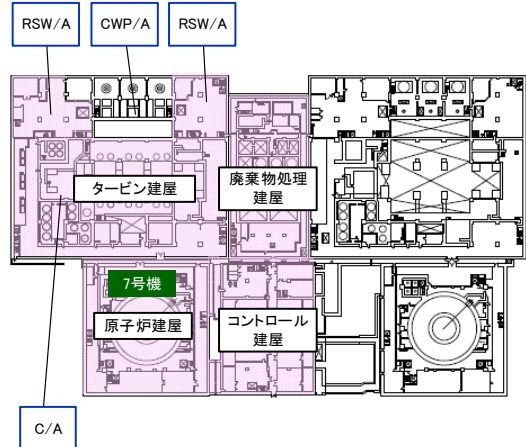
取水槽及び補機取水槽

凡例

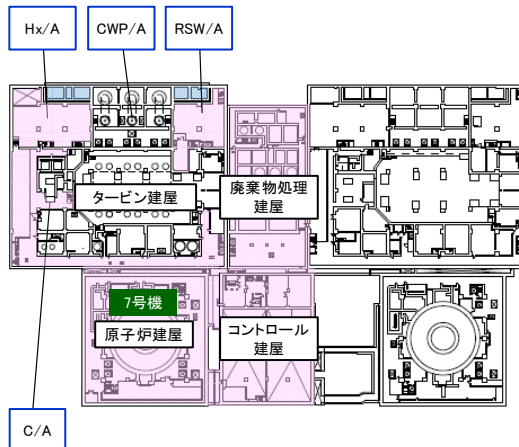
- タービン建屋内の主要なエリア
  - ・CWP/A : 循環水ポンプを設置するエリア
  - ・RSW/A : 非常用海水冷却系を設置するエリア
  - ・C/A : 復水器を設置するエリア
  - ・Hx/A : タービン補機冷却水系熱交換器を設置するエリア
- \* 地上1階以上については、保守的に浸水防護重点化範囲と設定



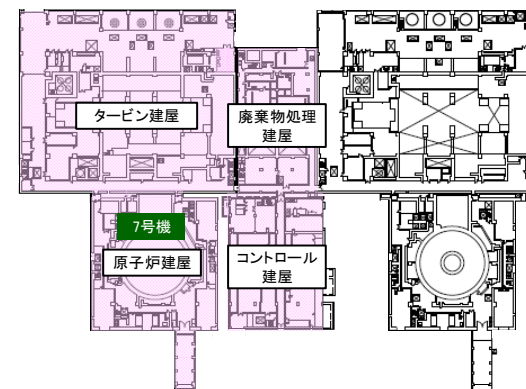
地下3階(タービン建屋地下2階)  
\* タービン建屋床面高さT.M.S.L.-5.1m



地下1階(タービン建屋地下1階)  
\* タービン建屋床面高さT.M.S.L.4.9m



地下2階(タービン建屋地下中間2階)  
\* タービン建屋床面高さT.M.S.L.-1.1m



地上1階(タービン建屋地上1階)  
\* タービン建屋床面高さT.M.S.L.12.3m

図 2.3-2 (2) 浸水防護重点化範囲

(3) 内郭防護として保守的に想定する溢水事象の整理

柏崎刈羽7号では、タービン建屋内において低耐震機器等の破損により、内部溢水及び津波による溢水が発生する。工認審査ガイド「3.5.2 浸水防護重点化範囲の境界における浸水対策」を踏まえ、内郭防護として図2.3-3に示す溢水事象を保守的に想定する。タービン建屋内で発生する溢水事象である(a)～(c)については次頁以降に示す各事象における事象進展を考慮し、設置許可基準規則別記3における「津波による溢水」に該当するか否かの整理を行う。

- (a) 復水器エリアにおける循環水系の破損に伴う海水流入 ⇒ 内部溢水事象
- (b) タービン補機冷却海水配管の破損に伴う海水流入 ⇒ 内部溢水事象
- (c) 循環水ポンプエリアにおける循環水系の破損に伴う海水流入 ⇒ 内部溢水事象、その後津波による溢水事象
- (d) 屋外タンク等の損傷に伴う保有水流出 ⇒ 内部溢水事象
- (e) サブドレン停止に伴う地下水位上昇 ⇒ 内部溢水事象

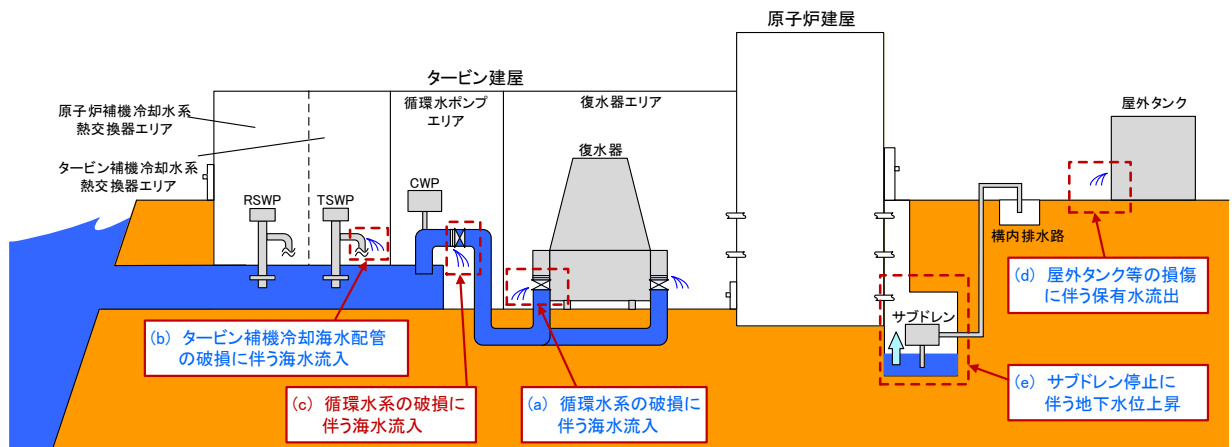


図 2.3-3 内郭防護において保守的に想定する溢水事象



(a) 復水器エリアにおける循環水配管の破損に伴う溢水の事象進展

- ① 地震により系統保有水及び海水が復水器エリアに流入（内部溢水事象）
- ② 津波が到達する前に復水器水室出入口弁が閉止しているため、津波の流入無し（弁の閉止；地震   津波の最高水位到達；地震後約 40 分（基準津波 1），地震後約 15 分（到達の早い基準津波 3））

①，②より復水器エリアにおける循環水配管の破損に伴う溢水は内部溢水事象と整理

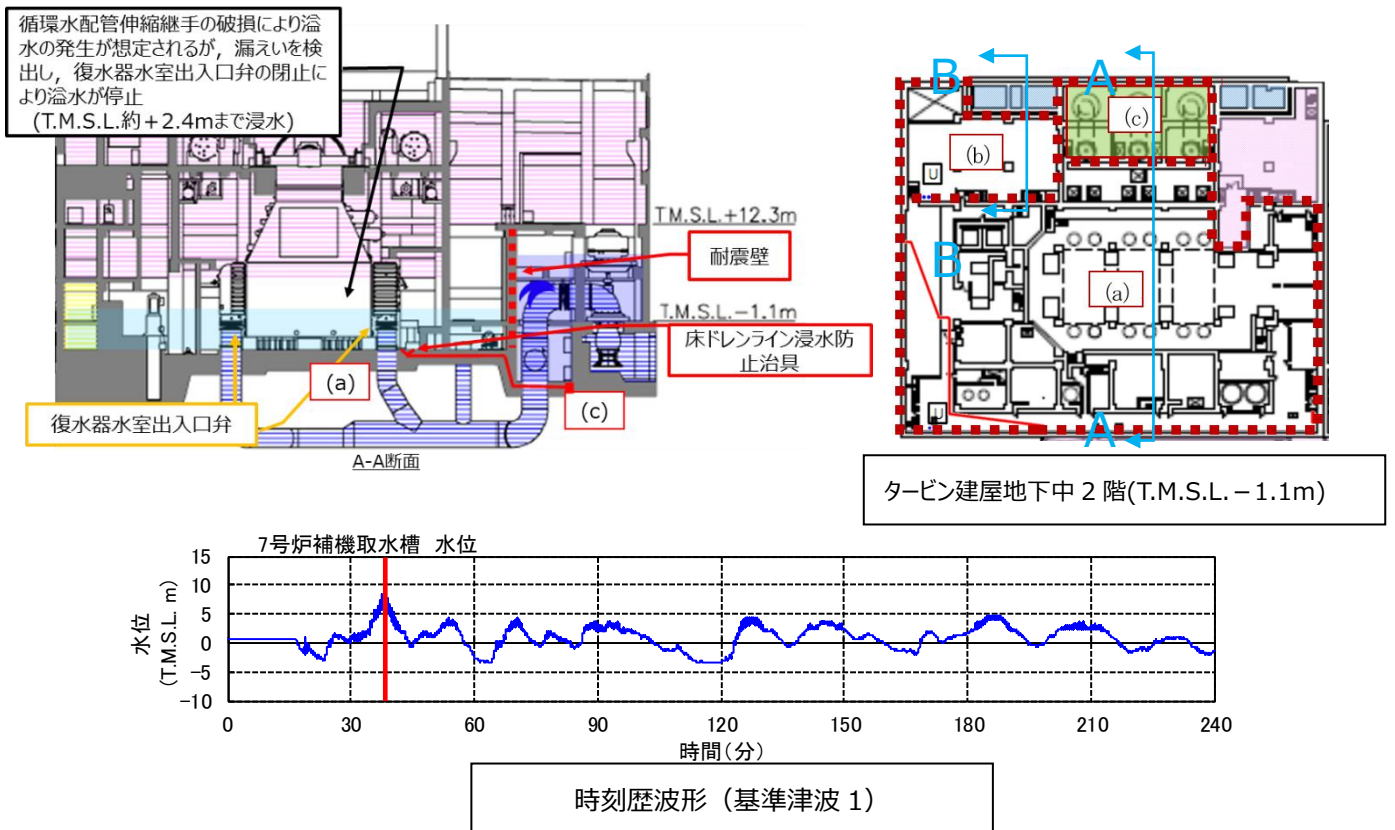


図 2.3-4 復水器エリアにおける溢水事象

(b) タービン補機冷却海水配管の破損に伴う溢水の事象進展

- ① 地震により系統保有水及び海水がタービン補機冷却系熱交換器エリアに流入（内部溢水事象）
- ② 津波が到達する前に吐出弁が閉止しているため、津波の流入無し（弁の閉止；地震後   津波の最高水位到達；地震後約 40 分（基準津波 1），地震後約 15 分（到達の早い基準津波 3））

①，②よりタービン補機冷却海水配管の破損に伴う溢水は内部溢水事象と整理

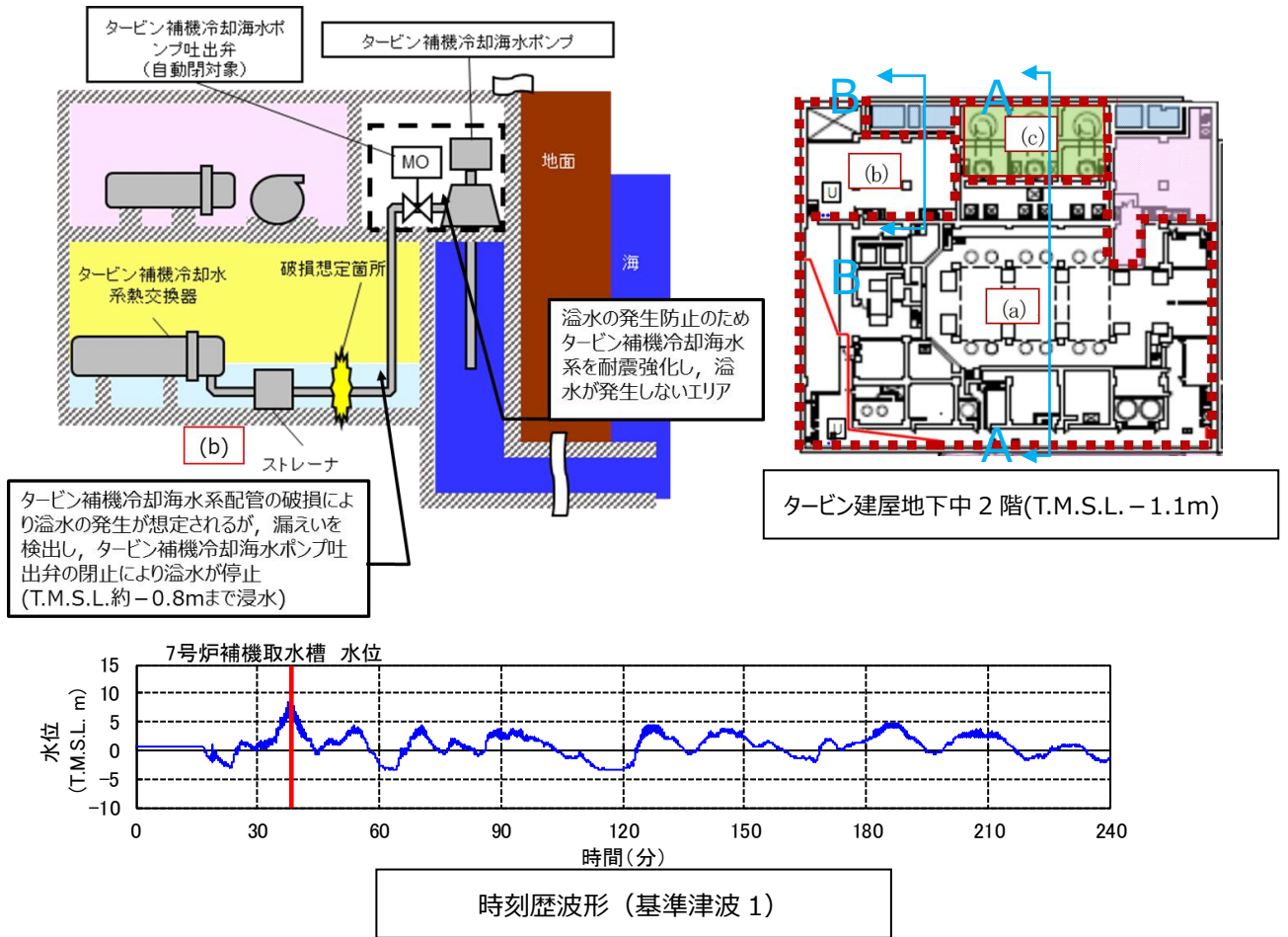


図 2.3-5 タービン補機冷却系熱交換器エリアにおける溢水事象

(c) 循環水ポンプエリアにおける循環水系の破損に伴う溢水の事象進展

- ① 地震により系統保有水及び海水が循環水ポンプエリアに流入（内部溢水事象）
- ② 循環水ポンプの押し込みにより，水位が T.M.S.L. 約+11.85m まで上昇
- ③ 循環水ポンプ電動機の浸水によりポンプが停止，内部溢水が停止
- ④ 津波の到達により津波が流入（津波事象）

①～④より循環水ポンプエリアにおける循環水系の破損に伴う溢水は最初に内部溢水事象がおき，その後津波事象と整理

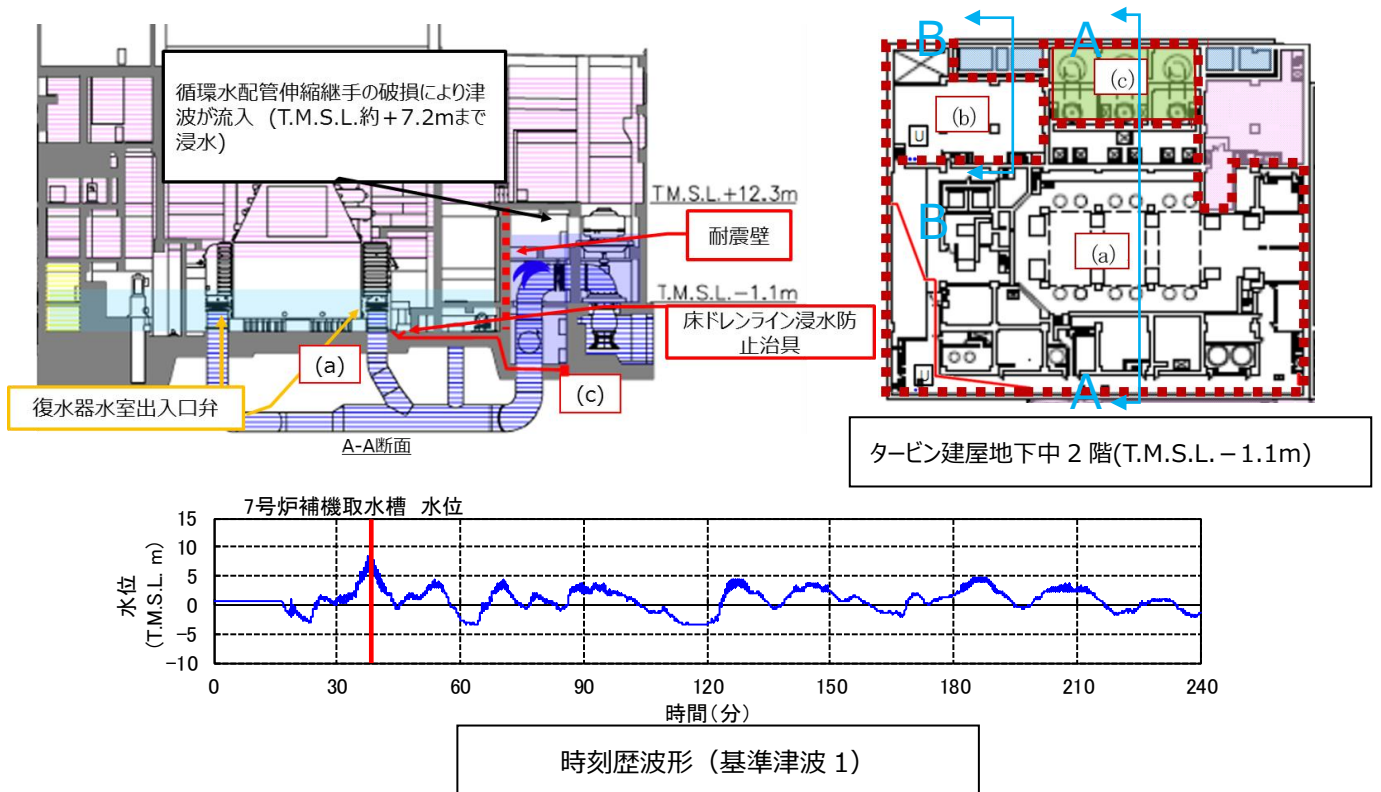


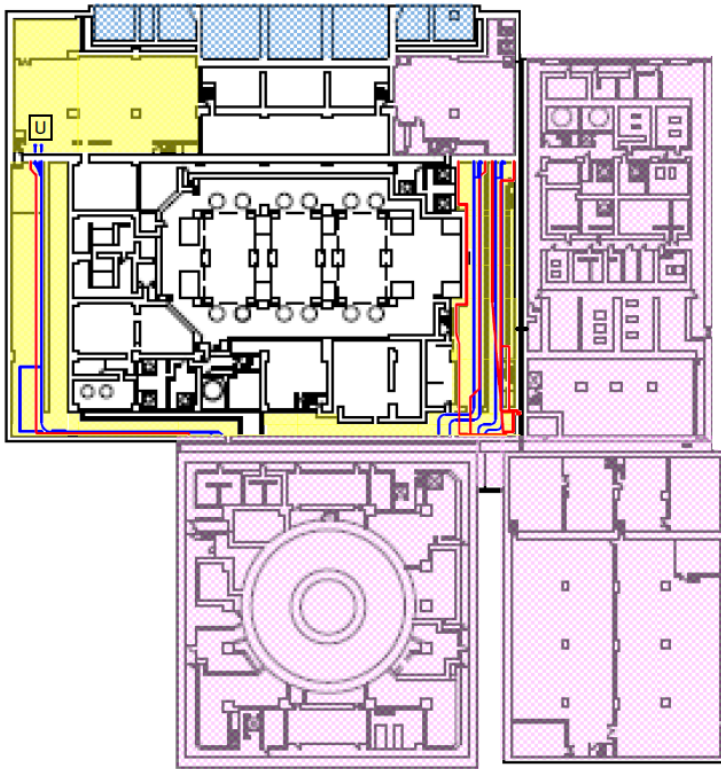
図 2.3-6 循環水ポンプエリアにおける溢水事象

(4) 各溢水事象を踏まえた設計方針

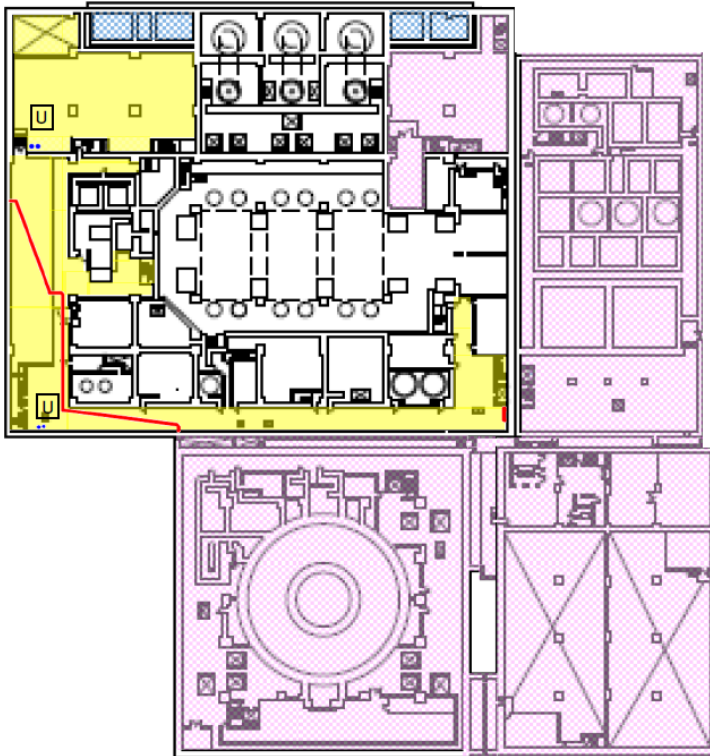
(3)において整理を行った津波による溢水が発生する区画については、津波による影響を可能な限り小さくすることを目的とし、設置許可基準規則別記3における「浸水防護重点化範囲への浸水の可能性のある経路及び浸水口を特定し、それらに対して浸水対策を施すこと」を適用し、同エリアと浸水防護重点化範囲の境界に浸水対策を実施する。内部溢水による溢水が発生する区画については、同エリアと接続する浸水防護重点化範囲の特性を考慮し、浸水防護重点化範囲内に設置される施設・設備の安全機能喪失を防止する設計とする。表2.3-1に各溢水事象を踏まえた浸水防護重点化範囲の設計方針をまとめる。また、図2.3-7に表2.3-1の設計方針に基づき色分けを行った浸水防護重点化範囲図を示す。

表 2.3-1 浸水防護重点化範囲の設計方針

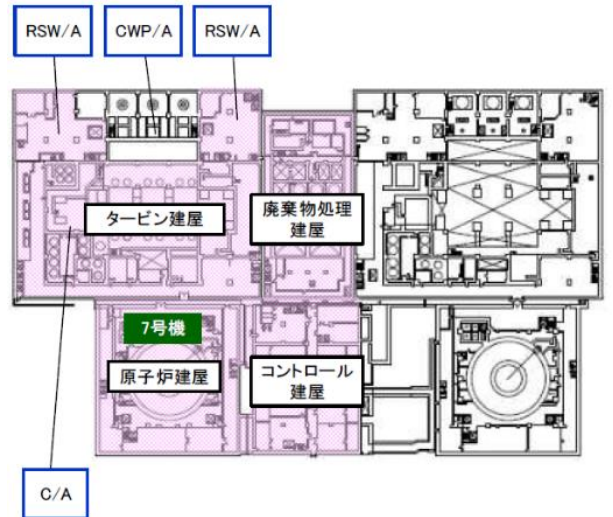
	浸水防護重点化範囲	浸水防護重点化範囲 (浸水を想定するエリア)
範囲内に設置する設備	耐震Sクラス動的機器(ポンプ, 電源盤等), 耐震Sクラス静的機器(配管, 電路等)	耐震Sクラス静的機器(配管, 電路等)(浸水により機能喪失しないことを確認)
津波による浸水が発生する区画に隣接する場合	浸水経路に対して浸水対策を実施し, 当該範囲の浸水を防止することで, 安全上重要な機器の機能喪失を防止	浸水経路に対して浸水対策を実施し, 当該範囲の浸水を防止することで, 安全上重要な機器の機能喪失を防止
内部溢水による浸水が発生する区画に隣接する場合	動的機器については, 浸水により機能喪失するため, 区画内が浸水することが無い設計とする必要がある	浸水を前提とし, 安全性評価を実施し, 安全上重要な機器が機能喪失しないことを確認



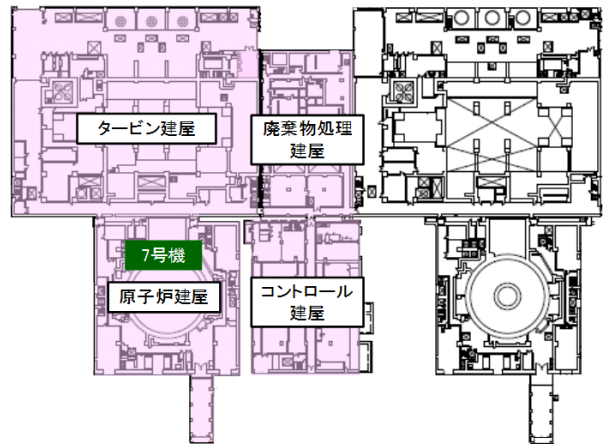
(1) タービン建屋地下2階 (T.M.S.L. -5.1m)



(2) タービン建屋地下中2階 (T.M.S.L. -1.1m)



(3) タービン建屋地下1階 (T.M.S.L. 4.9m)



(4) タービン建屋1階 (T.M.S.L. 12.3m)

- : 浸水防護重点化範囲
- : 浸水防護重点化範囲 (浸水を想定するエリア)
- : 静的な耐震Sクラス電路
- : 静的な耐震Sクラス配管
- U : 上階へ




図 2.3-7 タービン建屋の浸水防護重点化範囲

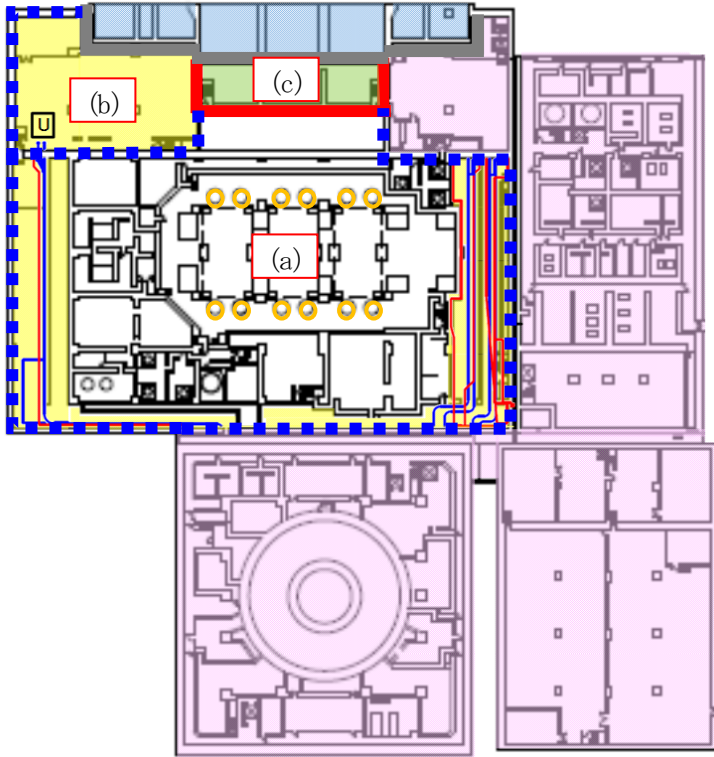
(5) 浸水防護重点化範囲等との境界の位置付けの整理

耐津波工認審査ガイドを踏まえ、発生する溢水の種類(津波, 内部溢水)により以下表 2.3-2 の通り境界の整理を行う。

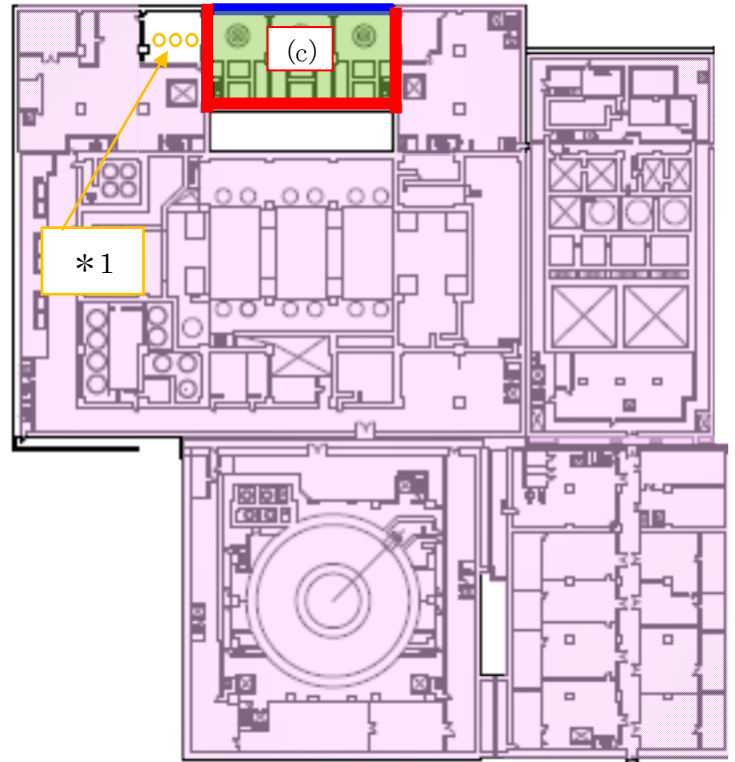
表 2.3-2 によりタービン建屋内の各境界を整理した結果を図 2.3-8 に示す。

表 2.3-2 浸水防護重点化範囲等の境界の整理

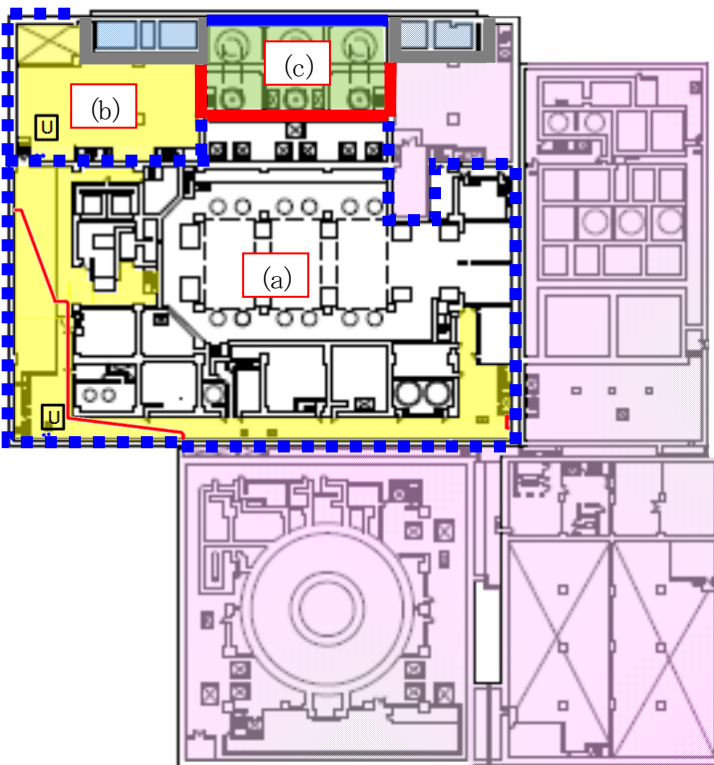
溢水が発生する区画	溢水伝播の防止先	境界における対策の位置付け	図2.3-8での線種	備考
津波による溢水	浸水防護重点化範囲	津波対策 (内郭防護)		-
	浸水防護重点化範囲(浸水を想定するエリア)			
	その他区画	内部溢水対策		<ul style="list-style-type: none"> <li>• その他区画を介し、浸水防護重点化範囲へ浸水することを防止する箇所の止水対策は、津波対策に含める</li> </ul>
内部溢水による溢水	浸水防護重点化範囲	内部溢水対策		-
	浸水防護重点化範囲(浸水を想定するエリア)			
	その他区画			



(1) タービン建屋地下2階 (T.M.S.L. -5.1m)



(3) タービン建屋地下1階 (T.M.S.L. 4.9m)



(2) タービン建屋地下中2階 (T.M.S.L. -1.1m)

- : 浸水防護重点化範囲
- : 浸水防護重点化範囲 (浸水を想定するエリア)
- : 外郭防護 (参考)
- : 静的な耐震Sクラス電路
- : 静的な耐震Sクラス配管

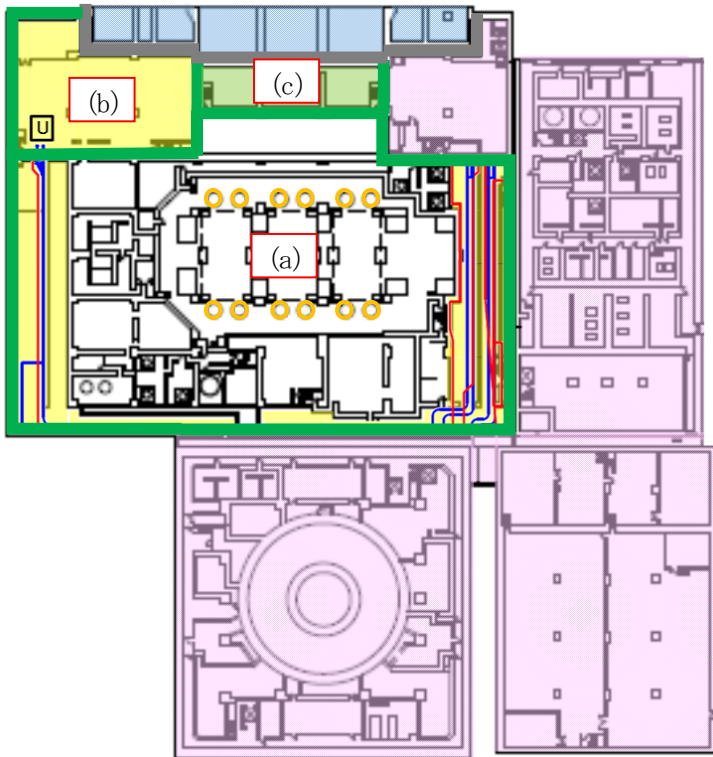
注記\*1: 溢水の発生防止のためタービン補機冷却海水系を耐震強化し、溢水が発生しないエリア

図 2.3-8 タービン建屋内の境界の整理

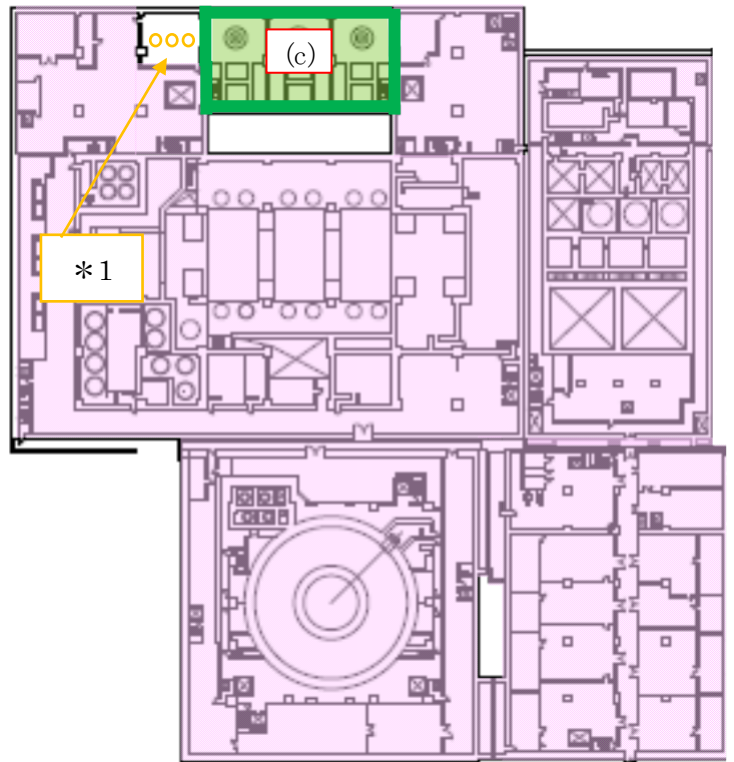
(6) 浸水防護重点化範囲等の浸水対策

図 2.3-8 で整理を行った各境界に対し，柏崎刈羽 7 号において耐津波設計における内郭防護として設計，工事認可申請上説明を行う止水対策範囲を図 2.3-9 に示す。図 2.3-9 に示す通り，内郭防護として浸水防止設備を設置する範囲は，V-1-1-9「発電用原子炉施設の溢水防護に関する説明書」における溢水の対策範囲も含むが，これらの範囲に設置する溢水の対策設備についても，柏崎刈羽 7 号においては，耐津波設計と同等の耐震設計を行う。

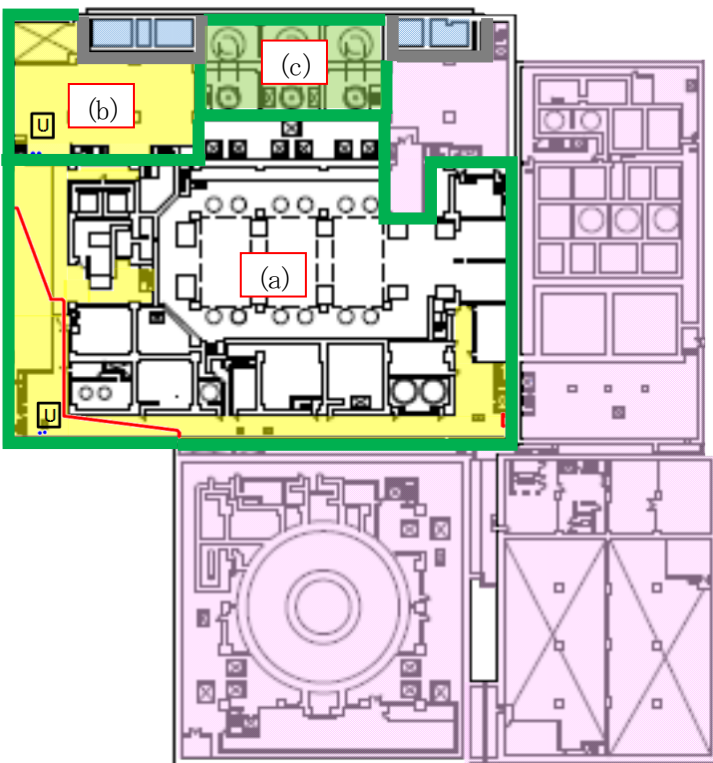




(1) タービン建屋地下2階 (T.M.S.L. -5.1m)



(3) タービン建屋地下1階 (T.M.S.L. 4.9m)



(2) タービン建屋地下中2階 (T.M.S.L. -1.1m)

- : 浸水防護重点化範囲
- : 浸水防護重点化範囲 (浸水を想定するエリア)
- : 耐津波設計において内郭防護の浸水対策を実施する範囲
- : 外郭防護 (参考)
- : 静的な耐震Sクラス電路
- : 静的な耐震Sクラス配管

注記\*1: 溢水の発生防止のためタービン補機冷却海水系を耐震強化し、溢水が発生しないエリア

図 2.3-9 内郭防護として浸水対策を実施する範囲

(7) 浸水防護重点化範囲（浸水を想定するエリア）の基準適合性について

表 2.3-3 に浸水防護重点化範囲（浸水を想定するエリア）に関し、工認審査ガイドへの適合状況を整理する。

表 2.3-3 工認審査ガイドへの適合状況

	ガイドに記載されている 「規制基準における要求事項等」, 「確認内容」	浸水防護重点化範囲 (浸水を想定するエリア) とその境界
3.5.2 浸水防護 重点化範 囲の境界	津波による溢水を考慮した浸水範囲, 浸水量を安全側に想定すること。	津波による溢水は想定されない。ただし, 地震後の溢水については, 弁が閉止するまでにポンプが起動し続け配管破損箇所からの溢水が流入すると想定
における 浸水対策	浸水範囲, 浸水量の安全側の想定に基づき, 浸水防護重点化範囲への浸水の可能性のある経路, 浸水口 (扉, 開口部, 貫通口等) を特定し, それらに対して浸水対策を施すこと。	境界の壁には貫通口等があるため浸水を想定するが, 溢水量低減のために弁を自動閉止するインターロックを設置
	<p><b>【確認内容】 (3)</b> 浸水防護重点化範囲の境界において特定した経路, 浸水口における浸水防止設備の位置・仕様・強度を確認する。(中略) 確認の詳細を「5. 浸水防止設備に関する事項」に示す。</p>	—
	<p><b>【確認内容】 (4)</b> 浸水範囲への浸水が安全機能への影響がないことを確認するため, 浸水防護重点化範囲への浸水量 (漏水量) を確認するとともに, 範囲内への浸水が重要な安全機能を有する設備等の機能に影響を及ぼさないことを確認する。浸水量評価及び安全評価の確認の詳細を「7. 浸水量評価に基づく安全性評価」に示す。</p>	復水器エリアは T.M.S.L. 約+2.4m まで浸水, タービン補機冷却系熱交換器エリアは T.M.S.L. 約-0.8m まで浸水すると想定。重要な安全機能を有する設備等として静的機器 (耐震 S クラス配管・電路等) があるが, 「安全性評価」を実施, 機能が喪失しないことを確認

(8) まとめ

柏崎刈羽7号の耐津波設計においては、下記の通り、可能な限り止水対策を実施した上で、浸水防護重点化範囲（浸水を想定するエリア）に津波による溢水の流入を防止し、同エリア内で発生する内部溢水については、溢水により安全機能に影響がないことを浸水量評価により行っている。

【浸水防護重点化範囲（浸水を想定するエリア）へ内郭防護】

- ・内部溢水対策で設置する復水器水室出入口弁及びタービン補機冷却海水ポンプ吐出弁隔離システムと、循環水ポンプを設置するエリア((c)のエリア)の壁に設ける津波による溢水の止水対策により、地震時の内部溢水は発生するものの津波による海水の流入を防止。
- ・地震時に発生した内部溢水の浸水に対しては、当該エリアに設置する耐震Sクラスの静的機器が機能喪失しないことを確認。

また、内部溢水の対策設備として位置付ける、復水器水室出入口弁及びタービン補機冷却海水ポンプ吐出弁は、溢水量低減が主目的であるものの、地震後の津波の到達前に閉止している弁であるため、閉止後に作用する津波に対して、弁の閉止状態の維持ができることの確認を「補足 5.6 復水器水室出入口弁の津波に対する健全性について」「5.7 タービン補機冷却海水ポンプ吐出弁の津波に対する健全性について」において行った。

海洋を溢水源とする内部溢水浸水エリアの床ドレンライン浸水防止治具の対策状況

(1) 海洋を溢水源とする内部溢水浸水エリアと各エリア間移行水の伝播防止

タービン建屋内の地震起因機器破損に伴う海洋を溢水源とする内部溢水は、復水器を設置するエリア（以下「C/A」という。）、タービン補機冷却水系熱交換器を設置するエリア（以下「Hx/A」という。）及び循環水ポンプ（以下「CWP/A」という。）で発生し、(a) C/A と (b) Hx/A においては各溢水隔離システムにより溢水量低減対策を行っている。

(a) C/A

浸水高さ T.M.S.L. 約+2.4m

循環水系隔離システムによる溢水影響緩和に期待した浸水深

（同エリア内の低耐震機器破損による溢水量も含む）

(b) Hx/A

浸水高さ T.M.S.L. 約-0.8m

タービン補機冷却海水系隔離システムによる溢水影響緩和に期待した浸水深

（同エリア内の低耐震機器破損による溢水量も含む）

(c) CWP/A

浸水高さ T.M.S.L. 約+11.85m

循環水ポンプ電動機が機能喪失し溢水が停止する保守的な浸水深

内部溢水影響評価並びに溢水伝播防止（止水対策）を設定するにあたり、(a) C/A、(b) Hx/A 及び (c) CWP/A の各エリア間移行水の伝播防止を行い合理的な止水対策範囲を設定している。合理的対策の例として、(c) CWP/A から他エリアに対して伝播防止対策を施さないと、全てのエリアが T.M.S.L. 約+11.85mの浸水深となり伝播した先の止水対策範囲が拡大するため、溢水発生区画間ではあるものの各エリア間移行水の伝播防止を設定している。

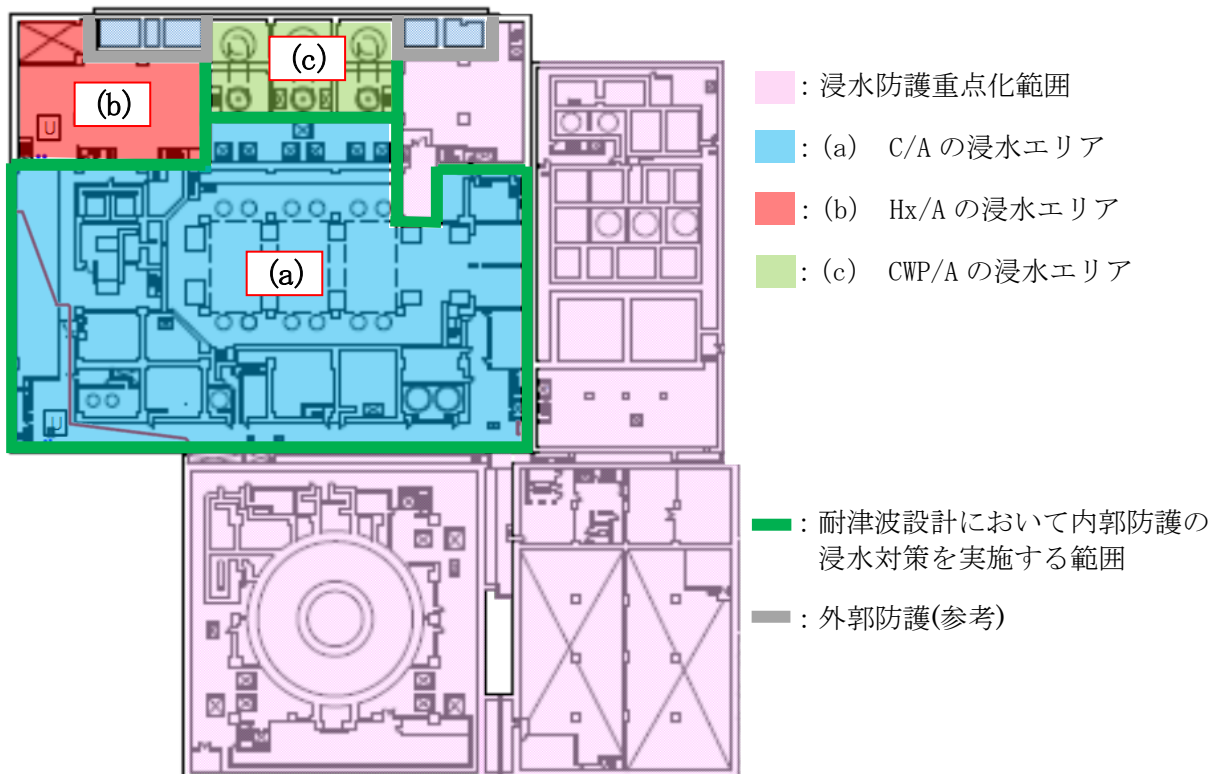


図 2.3-参 1-1 浸水防護重点化範囲と浸水エリア図

(2) 各エリア間移行水を伝播防止する床ドレンライン浸水防止治具の対策状況

前項で述べた各エリア間移行水の伝播防止として、壁・床躯体の区画境界に対策する水密扉や貫通部処置と併せて実施している、床ドレンライン浸水防止治具の対策状況について説明する。

建屋内排水系の床ドレンライン排水経路は、地震起因の内部溢水発生時に各エリア間を水頭圧差により逆流するため、床ドレンライン浸水防止治具により伝播防止対策を実施している。

表 2.3-参 1-1 通常状態における建屋内排水系の床ドレンラインの排水経路(1)

通常時のドレン発生エリア	通常時のドレン収集エリア
(a) C/A から排水	(c) CWP/A に設置する サンプルピットにて収集 (NSD サンプ) (SWSD サンプ)
(b) Hx/A から排水	

表 2.3-参 1-1 地震起因の内部溢水発生時、建屋内排水系の床ドレンラインの逆流経路(2)

内部溢水発生時の逆流伝播先エリア	内部溢水発生時の伝播基エリア
(a) C/A へ逆流 (床ドレンライン浸水防止治具で対策)	(c) CWP/A に設置する サンプルピットに接続する床ドレン ラインを逆流 (NSD サンプ) (SWSD サンプ)
(b) Hx/A へ逆流 (床ドレンライン浸水防止治具で対策)	

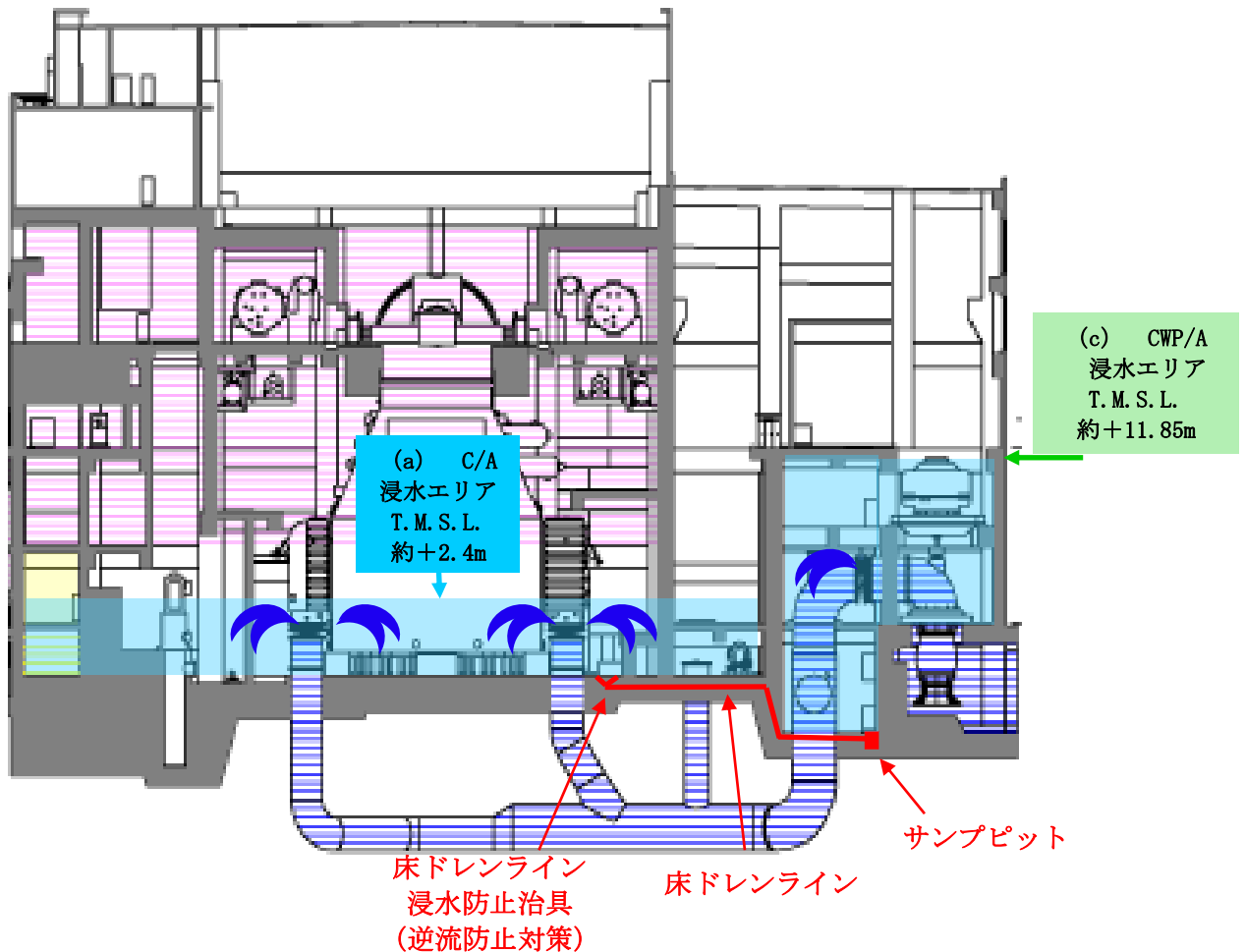


図 2.3-参 1-2 床ドレンライン浸水防止治具配置概要図

### 3. 取水性に関する考慮事項

### 3.1 砂移動による影響確認について

### 3.1 砂移動による影響確認について

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

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

#### (1) 柏崎刈羽原子力発電所周辺海域における底質土砂の分析結果

底質土砂の性状について、平成 19 年 8 月に実施した発電所港湾内での底質土砂の分析結果（粒径分布）では、粒径 2.0mm～0.075mm の砂分が主体で、平均粒径は 0.27mm であった。また 2.0mm 以上の礫分はごく僅かであり、ほとんどが砂である。試料採取場所を図 3.1-1 に、分析結果を図 3.1-2 に示す。

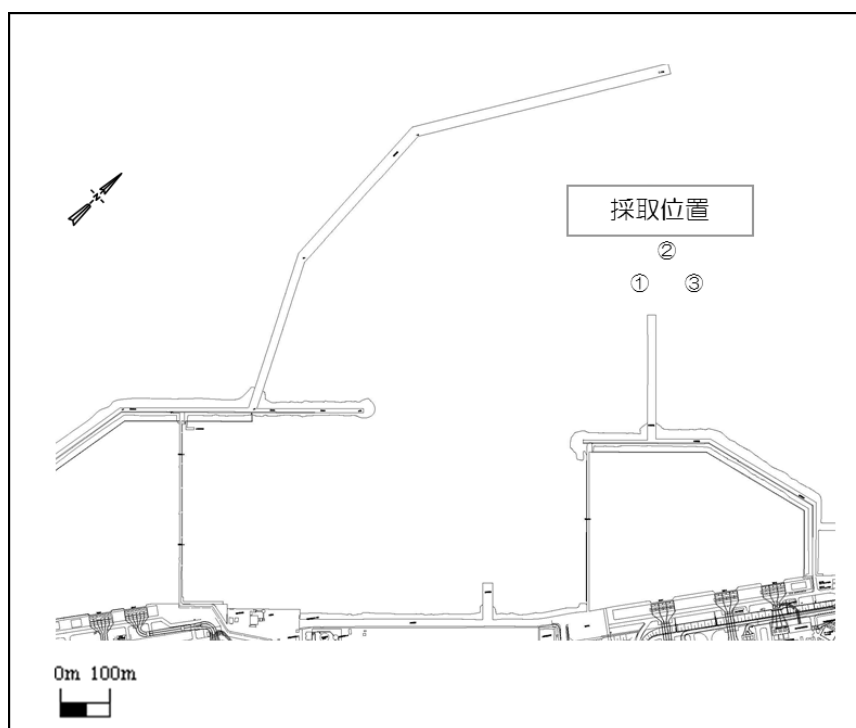


図 3.1-1 底質土砂分析における試料採取場所



試料番号 (深さ)		海底堆積物(北防)
一般	湿潤密度 $\rho_s$ g/cm <sup>3</sup>	
	乾燥密度 $\rho_d$ g/cm <sup>3</sup>	
	土粒子の密度 $\rho_s$ g/cm <sup>3</sup>	2.693
	自然含水比 $w_n$ %	30.7
	間隙比 $e$	
粒度	飽和度 $S_r$ %	
	石分 (75mm以上) %	
	礫分 <sup>1)</sup> (2~75mm) %	0.8
	砂分 <sup>2)</sup> (0.075~2mm) %	96.0
	シルト分 <sup>3)</sup> (0.005~0.075mm) %	0.6
	粘土分 <sup>4)</sup> (0.005mm未満) %	2.6
	最大粒径 mm	9.5
均等係数 $U_c$	2.00	

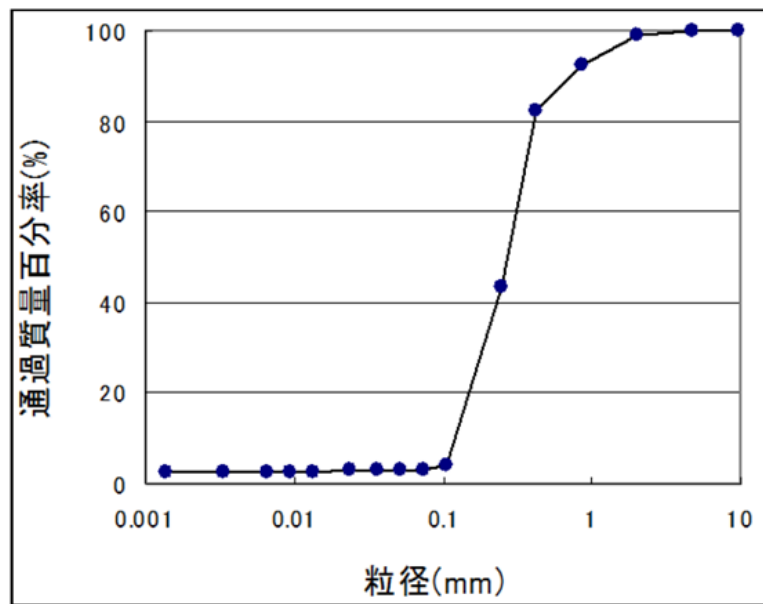


図 3.1-2 分析結果及び粒径加積曲線 (平成 19 年 8 月 24 日実施)

(2) 粒径のパラメータスタディ

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

検討は、平均粒径 (D50) に加えて、D10 及び D90 を粒径としたケースを追加した。検討ケースを表 3.1-1 に示す。粒径は、図 3.1-3 に示す粒径加積曲線より、D10 相当は 0.1mm、D90 相当は 1mm に設定した。

砂移動評価は、基本ケースにおいて、堆積厚さが厚く評価された高橋ほか(1999)の方法を用いた。評価結果を表 3.1-2 に、堆積侵食分布図を図 3.1-4 に示す。

評価結果から、粒径を変えることにより、全体としては評価地点によって堆積厚さに数十 cm 程度の変動が認められる。

7号機取水口前面における堆積厚さは基本ケースと比較して同等以下となり、最大約 0.6m となっている。7号機取水口前面における取水口呑口の下端高さは T.M.S.L. -5.5m であり、取水可能高さに対して堆積厚さは十分小さいため、海底の砂の移動は取水口への通水性に影響しないことを確認した。

表 3.1-1 検討ケース

粒径	備考
0.27mm	D50 相当, 基本ケース (既往ケース)
1mm	D90 相当
0.1mm	D10 相当

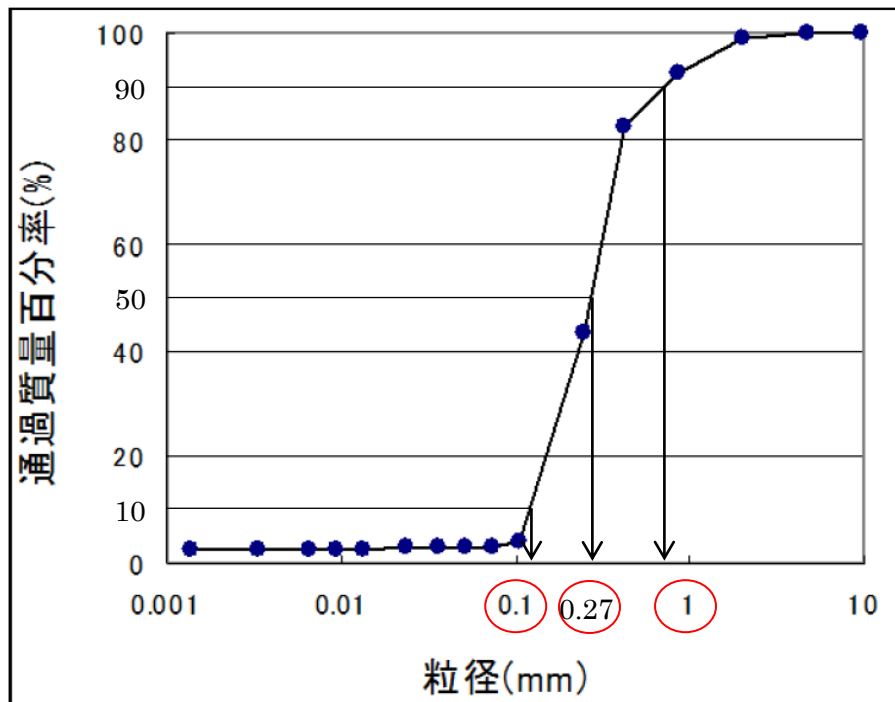


図 3.1-3 粒径加積曲線

表 3.1-2 取水口前面の堆積厚さ

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

注1：取水口前面の堆積厚さは、取水路横断方向の堆積厚さの平均値とした

注2：高橋ほか (1999)，浮遊砂濃度の上限値 1%

水位上昇側・基準津波 1

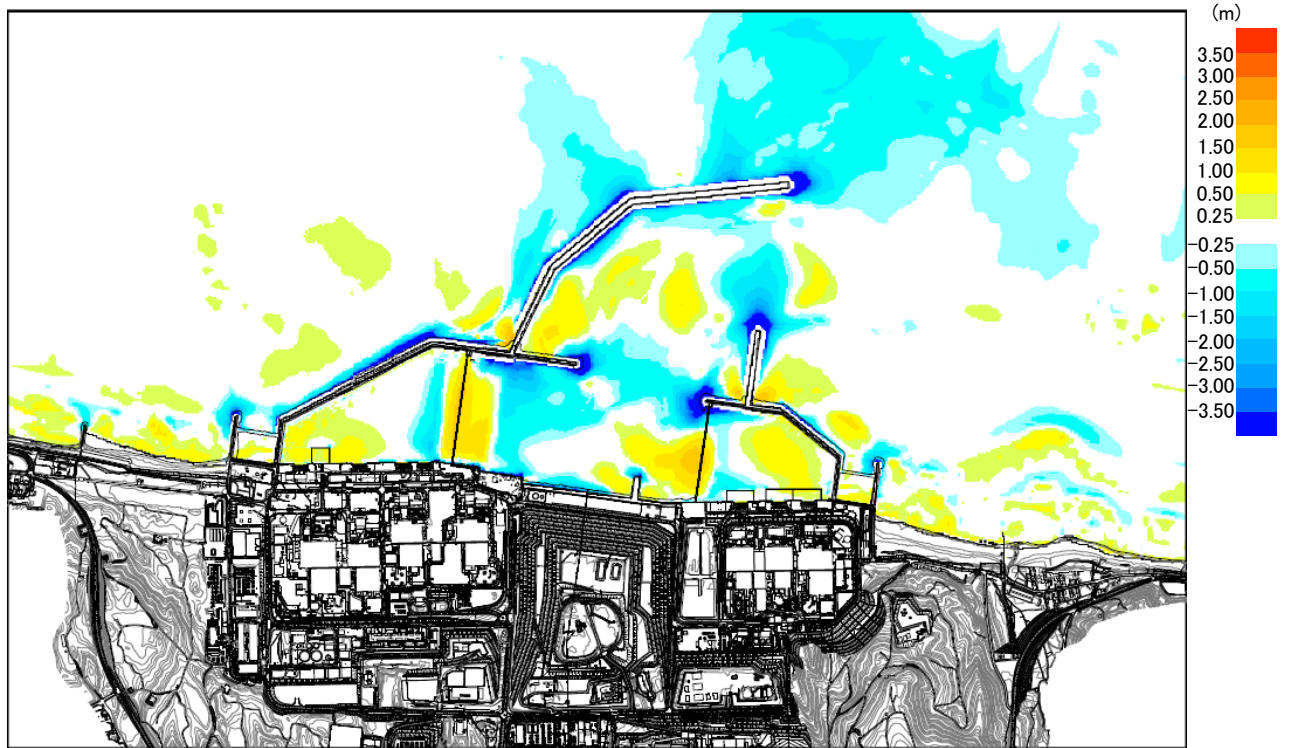


図 3.1-4(1) 堆積侵食分布図 D50 相当 (0.27mm)

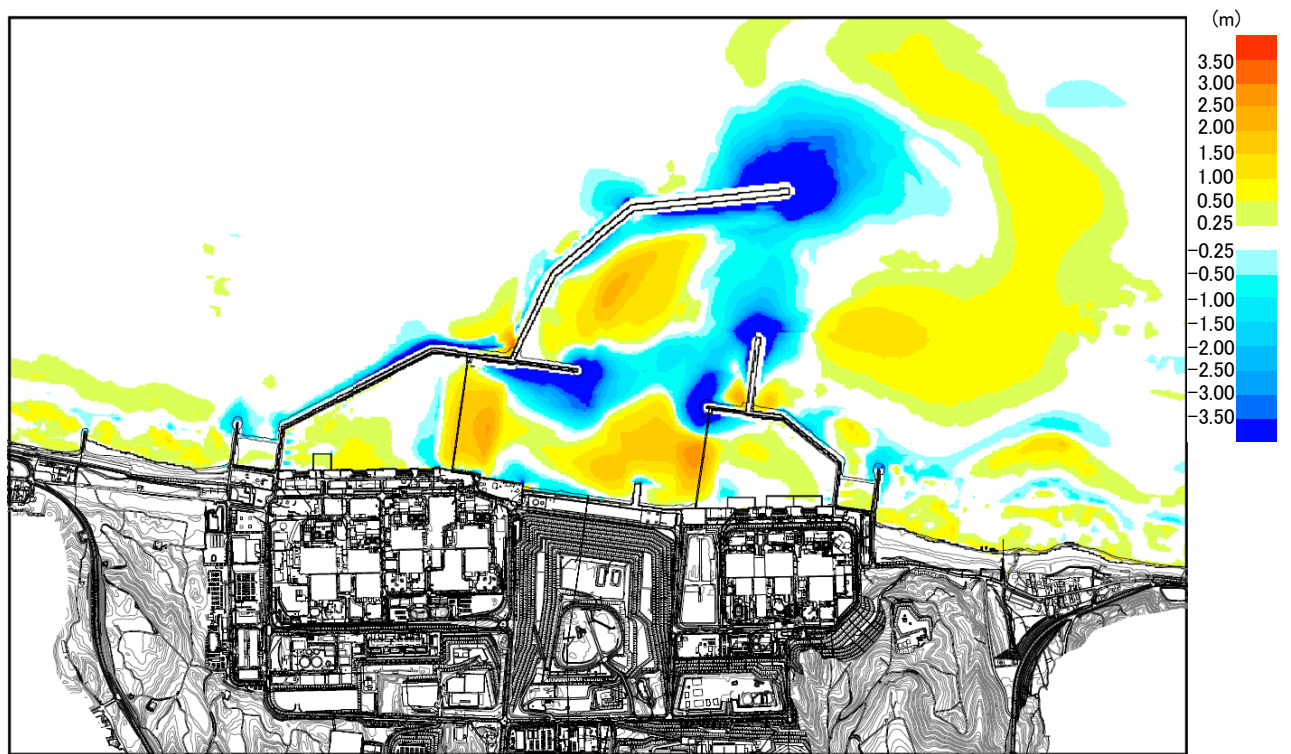


図 3.1-4(2) 堆積侵食分布図 D90 相当 (1mm)

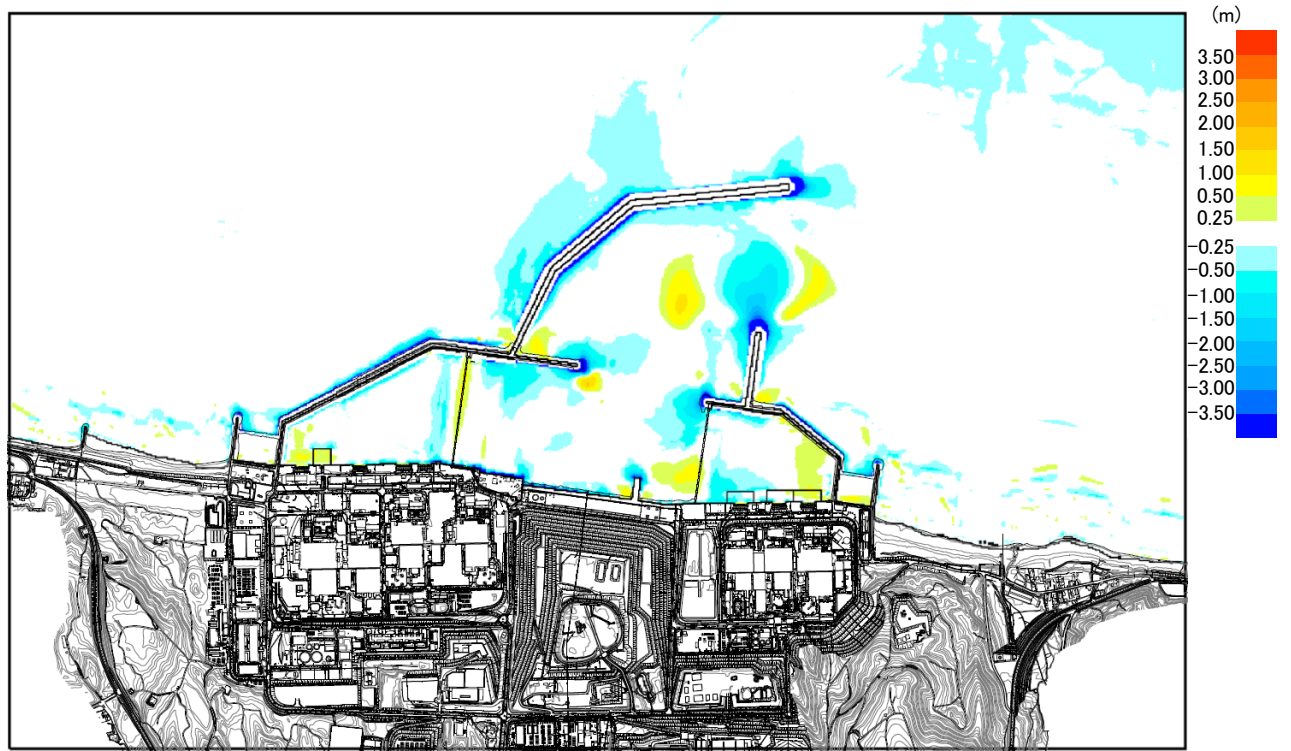


图 3.1-4(3) 堆積侵食分布図 D10 相当 (0.1mm)

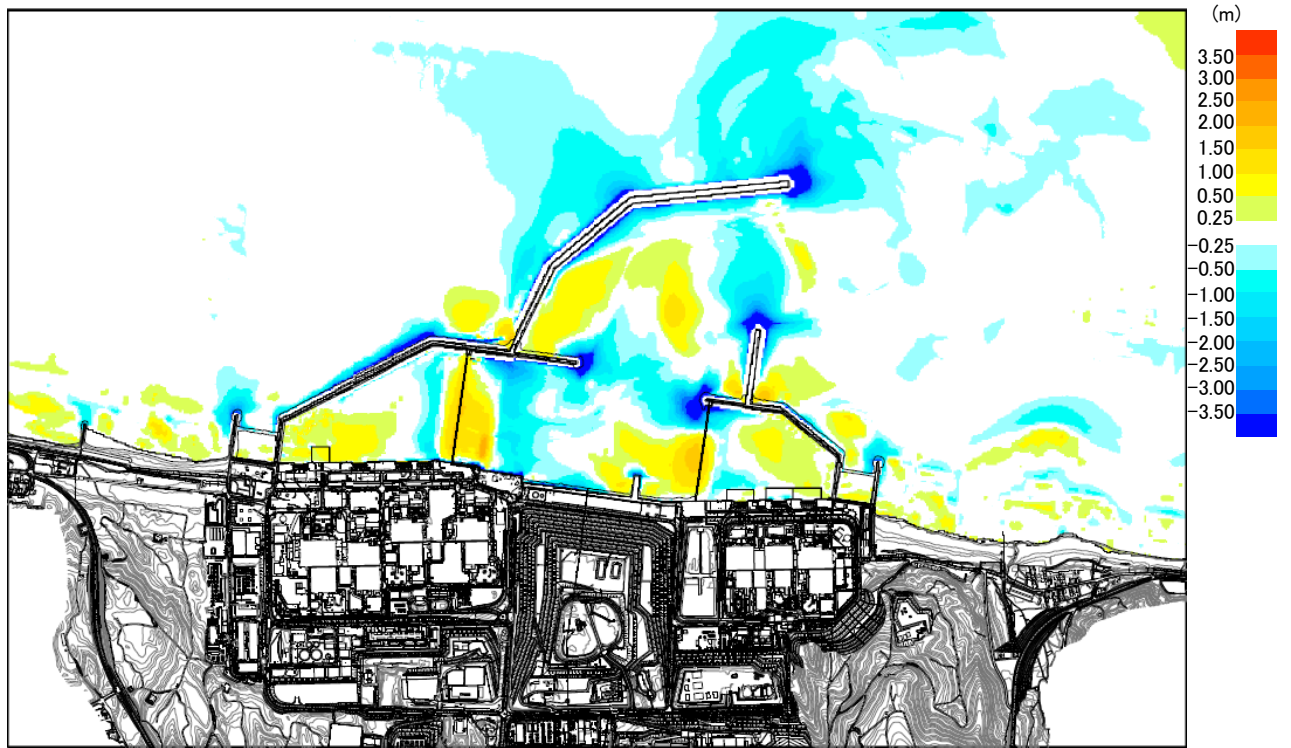


図 3.1-4(4) 堆積侵食分布図 D50 相当 (0.27mm)

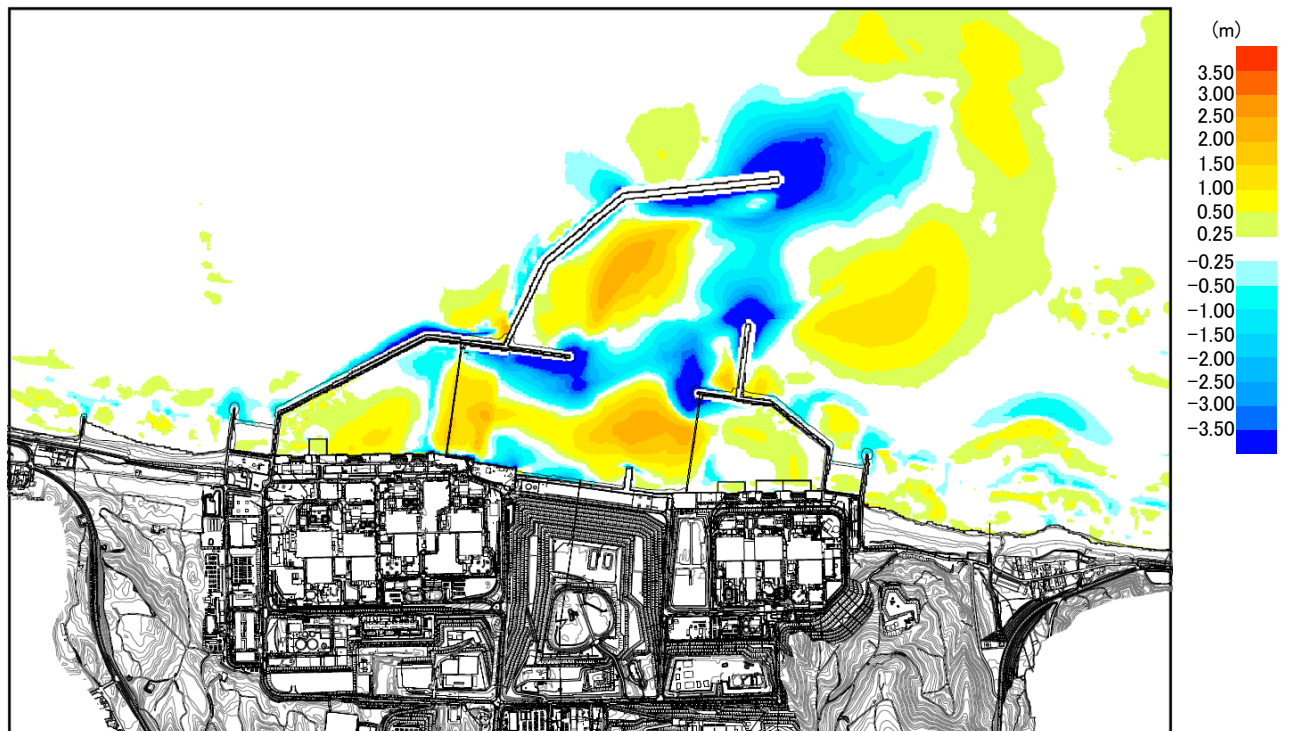


図 3.1-4(5) 堆積侵食分布図 D90 相当 (1mm)

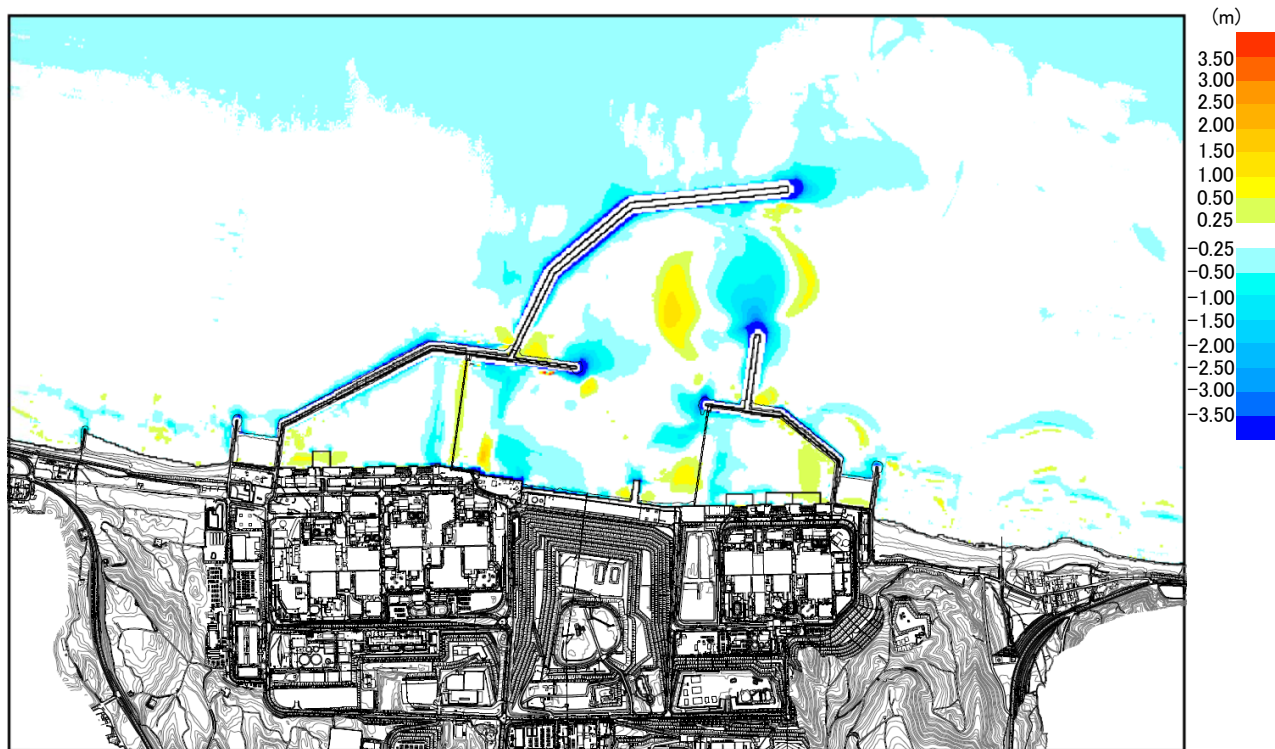


图 3.1-4(6) 堆积侵蚀分布图 D10 相当 (0.1mm)

(3) 防波堤をモデル化しない状態での影響評価

砂移動評価においては、防波堤は健全な状態と仮定して解析を実施している。ここでは、影響評価として、地震時における防波堤の損傷を考慮して、防波堤をモデル化しない状態とした砂移動解析を実施し、堆積厚さへの影響を検討した。なお、解析条件は「(2) 粒径のパラメータスタディ」と同様に、高橋ほか(1999)を参考に、平均粒径を用いて実施した。評価結果を表 3.1-3 に示し、堆積侵食分布図を図 3.1-5 に示す。

評価結果から、防波堤の有無により、全体としては評価地点によって堆積厚さに数十 cm 程度の変動が認められる。

7号機取水口前面における堆積厚さは防波堤をモデル化した状態と比較して0.1~0.2m大きくなり、最大約0.8mとなっているものの、取水可能高さに対して堆積厚さは十分小さいため、海底の砂の移動は取水口への通水性に影響しないことを確認した。

表 3.1-3 取水口前面の堆積厚さ

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

注1：取水口前面の堆積厚さは、取水路横断方向の堆積厚さの平均値とした

注2：高橋ほか(1999)、浮遊砂濃度の上限値1%



水位上昇側・基準津波 1

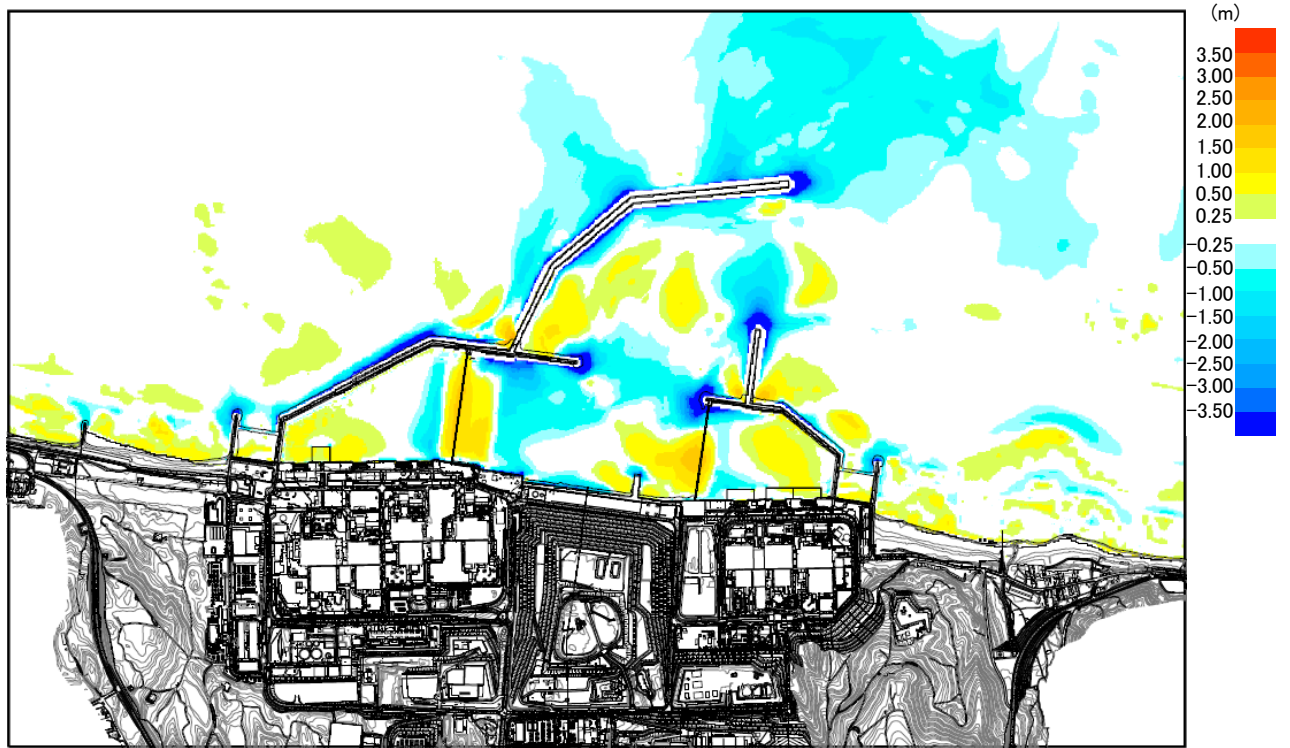


図 3.1-5(1) 防波堤あり

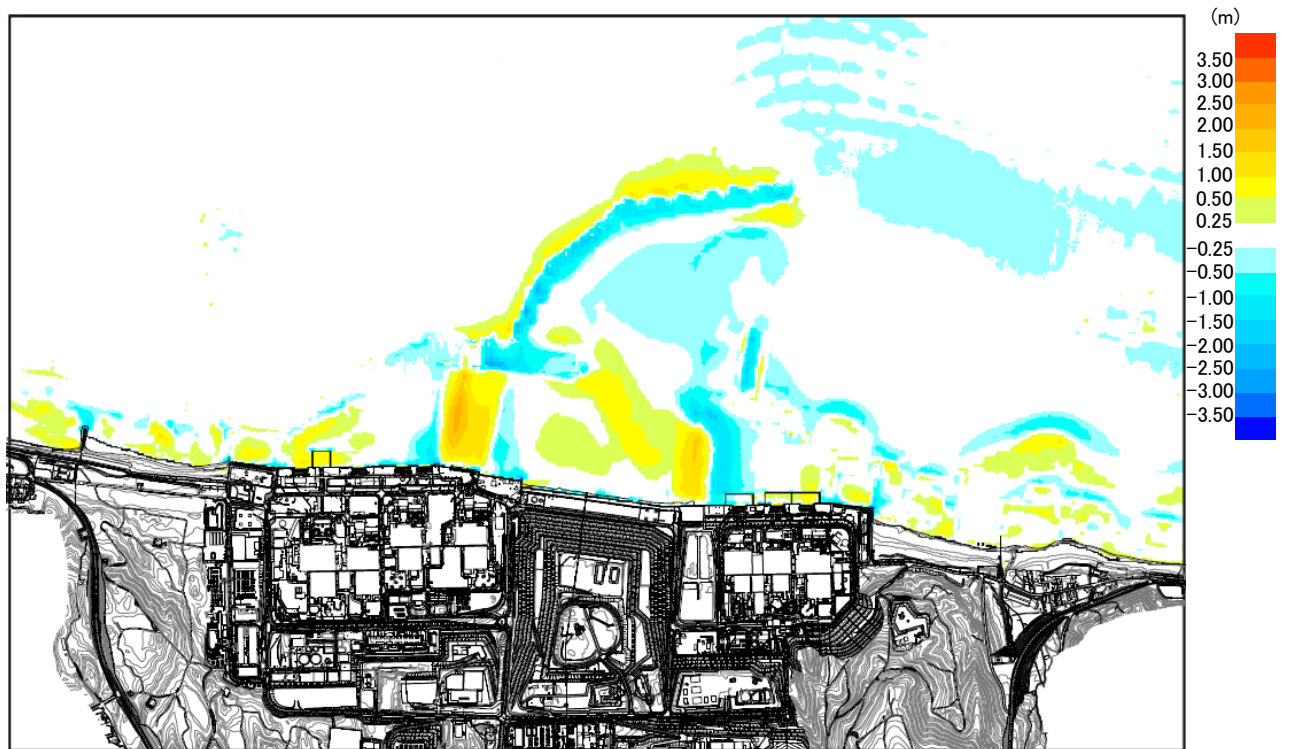


図 3.1-5(2) 防波堤なし

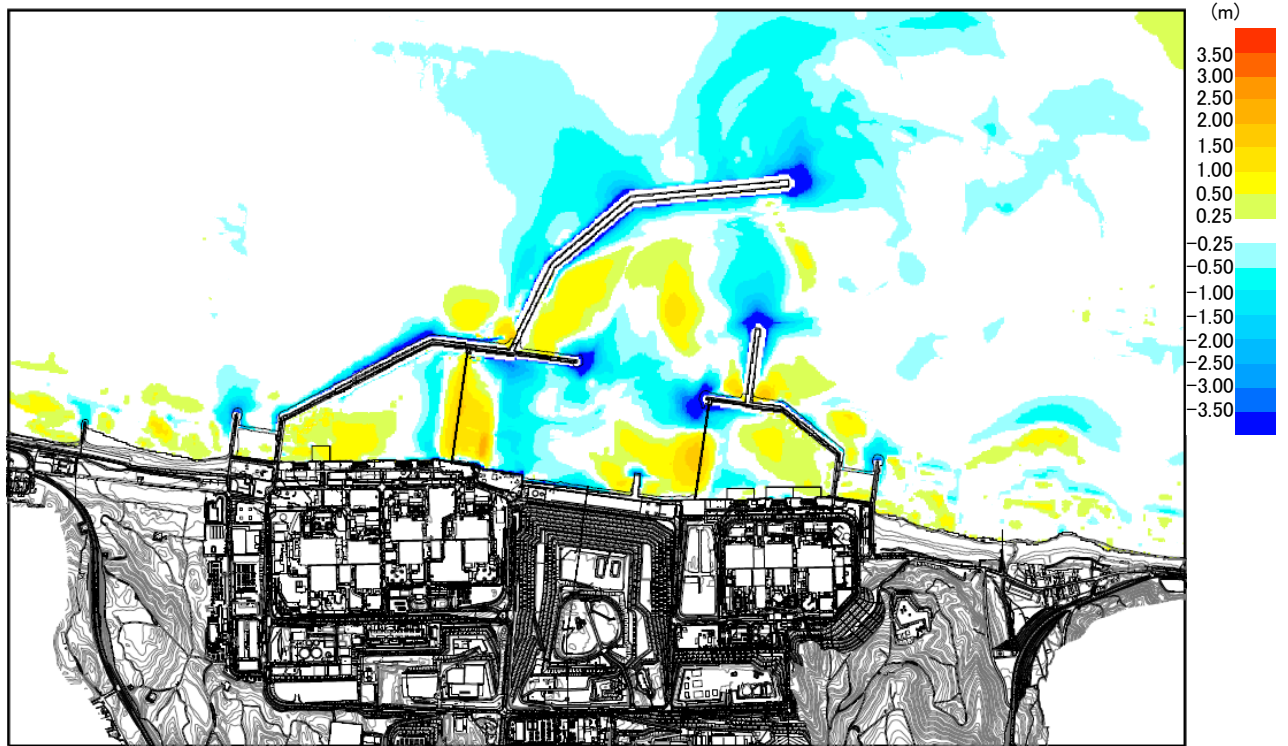


図 3.1-5(3) 防波堤あり

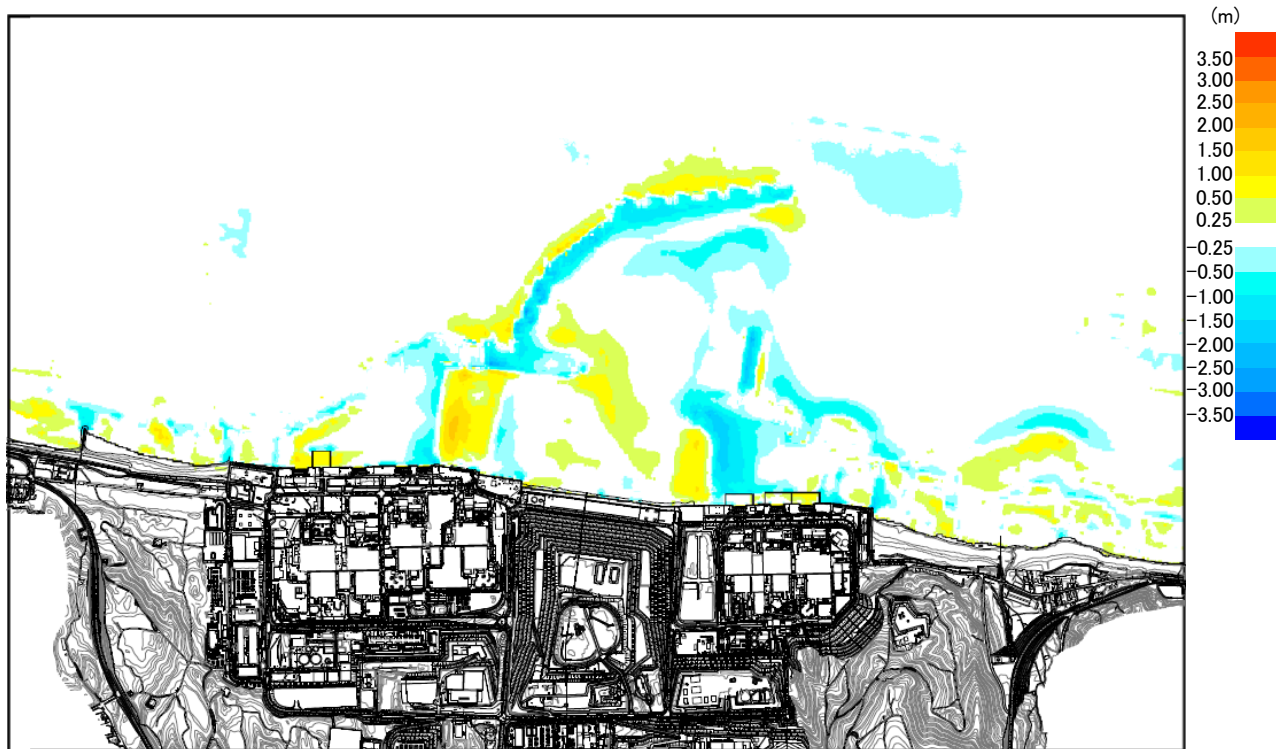


図 3.1-5(4) 防波堤なし

(4) 海水ポンプ軸受けの浮遊砂耐性について

基準津波襲来時を想定した取水路における砂移動解析を実施し、解析により得られた海水ポンプ取水地点の浮遊砂濃度を基に、海水ポンプ軸受けの浮遊砂に対する耐性について評価する。

a. 取水路における砂移動解析方法

取水路における砂移動解析については、取水路の管路解析及び砂の移動・堆積の数値シミュレーションの解析結果を用いて、「高橋ほか（1999）の手法」<sup>[1]</sup>に基づく砂移動解析を実施し、浮遊砂濃度を算出する。

砂移動解析の入力条件を表 3.1-4 に示す。

表 3.1-4 砂移動解析の入力条件

項目	入力値	設定根拠
平均粒径 (mm)	0.27	敷地前面海域における浚渫砂の物理特性試験結果
空隙率	0.4	高橋ほか（1992）
砂の密度 (kg/m <sup>3</sup> )	2,690	敷地前面海域における浚渫砂の物理特性試験結果
浮遊砂体積濃度上限値 (%)	1	高橋ほか（1999）

b. 取水路における砂移動解析結果

基準津波の波源および防波堤有無の各ケースにおいて、海水ポンプ取水地点における浮遊砂濃度時刻歴を示す。7号機を図 3.1-6(1)～(4) に示す。

浮遊砂濃度が最も高い値を示すのは、基準津波 2（防波堤なし）のケース（7号機：図 3.1-9）で地震発生から約 140 分経過した時点で、浮遊砂濃度は  $1 \times 10^{-5}$  wt% 以下であった。なお、海水ポンプ取水位置における砂の堆積量は 0.0cm となっている。

波源	基準津波 1, 2		
砂移動モデル	高橋ほか（1999）		
算出点	海水ポンプ取水地点	浮遊砂体積濃度上限値	1%

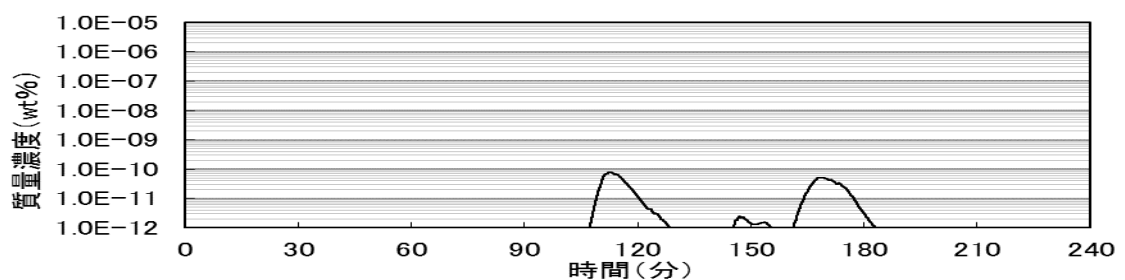


図 3.1-6(1) 7号機 基準津波 1 浮遊砂濃度時刻歴（防波堤あり）

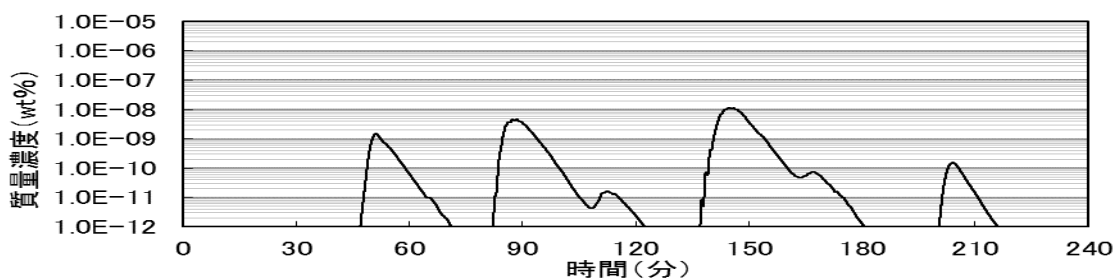


図 3.1-6(2) 7号機 基準津波 1 浮遊砂濃度時刻歴 (防波堤なし)

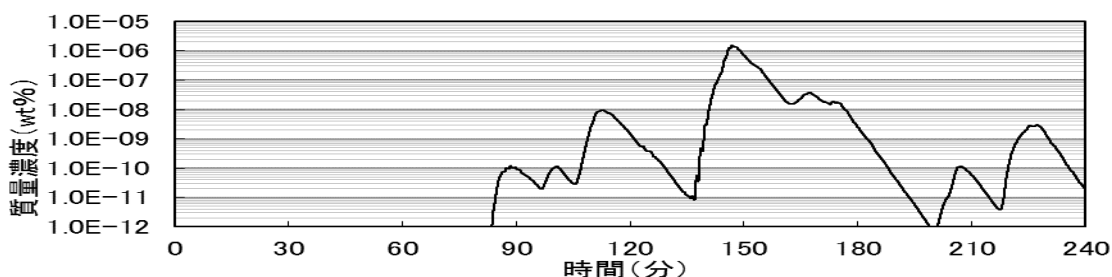


図 3.1-6(3) 7号機 基準津波 2 浮遊砂濃度時刻歴 (防波堤あり)

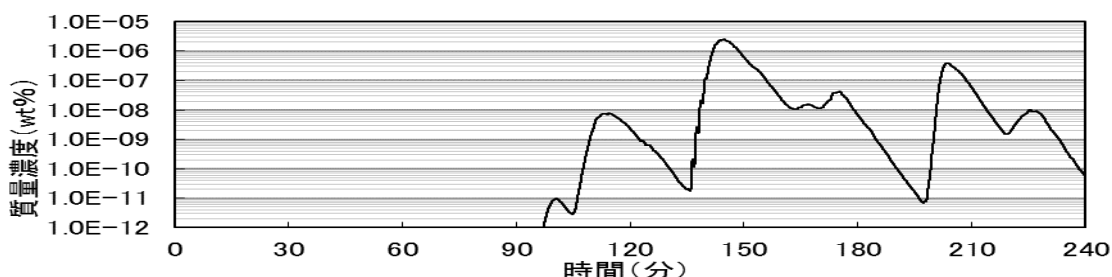


図 3.1-6(4) 7号機 基準津波 2 浮遊砂濃度時刻歴 (防波堤なし)

(5) 海水ポンプ軸受の浮遊砂に対する耐性評価

基準津波襲来時を想定した取水路における砂移動解析によって得られた海水ポンプ取水地点の浮遊砂濃度は、7号機において $1 \times 10^{-5}$ wt%以下であった。

浮遊砂濃度 $1 \times 10^{-5}$ wt%は、原子炉補機冷却海水ポンプ（1台：流量 $1,800\text{m}^3/\text{h}$ ）が海水とともに取水する浮遊砂量は $3\text{g}/\text{min}$ 程度と微量であることを示す。また、取水された多くの海水は、軸受摺動面隙間より断面積比で約60倍ある揚水管内側流路を通過することを踏まえると、軸受摺動面に混入する浮遊砂量は $3\text{g}/\text{min}$ よりさらに減少することが見込まれることから、基準津波襲来時の浮遊砂による軸受摩耗への影響はないと評価する。図 3.1-7 に原子炉補機冷却海水ポンプ軸受構造図を示す。

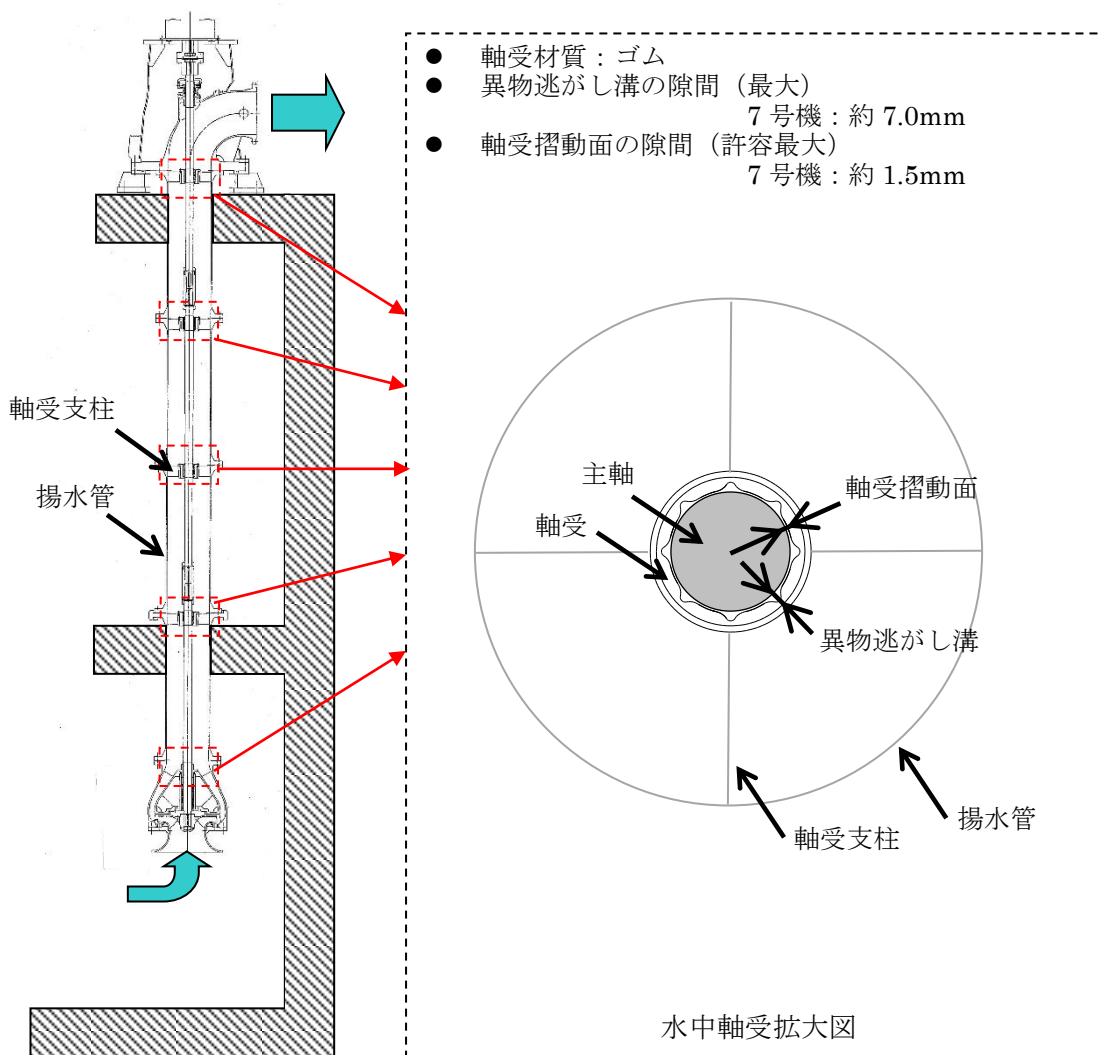


図 3.1-7 原子炉補機冷却海水ポンプ軸受構造図

また、発電所港湾内土砂の粒径分布を分析した結果、粒径 2.0mm 以上の礫分は約 0.8wt% (最大粒径 9.5mm)、粒径 2.0mm~0.075mm の砂分は約 96.0wt%、粒径 0.075mm 未満のシルト、粘土分は約 3.2wt%と砂分が主体であり、平均粒径は約 0.27mm である。

原子炉補機冷却海水ポンプで取水した浮遊砂を含む多くの海水は、揚水管内側流路を通過するが、一部の海水はポンプ軸受の潤滑水として軸受摺動面に流入する構造である。

主軸外径と軸受内径の差である摺動面隙間 (7号機：約 1.5mm (許容最大)) に対し、これより粒径の小さい砂分が混入した場合は海水とともに摺動面を通過するか、または主軸の回転によって異物逃がし溝 (7号機：約 7.0mm) に導かれ連続排出される。

一方、摺動面隙間より粒径が大きい 2.0mm 以上の礫分は浮遊し難いものであることに加え、港湾内土砂の約 0.8wt%と極僅かであることから、摺動面の隙間から混入することは考えにくい。万が一、摺動面に混入したとしても回転軸の微小なずれから発生する主軸振り回り (歳差運動) により、粉碎もしくは排砂機能により摺動面を伝って異物逃がし溝に導かれ排出されることから、軸受摺動面や異物逃がし溝が閉塞することによるポンプ軸固着への影響はない。

原子炉補機冷却海水ポンプの揚水管内側流路を通過し、原子炉補機冷却海水系の系統に混入した微小の浮遊砂については、原子炉補機海水系ストレーナを通過し、原子炉補機冷却水系熱交換器を経て補機放水庭へ排出される。

原子炉補機海水系ストレーナ内部にはパンチプレート式のエレメント（7号機：穴径7mm、ピッチ10mm×18mm）が設けられており、当該穴径以上の大きさの異物をエレメントにより捕捉することにより、ストレーナ以降にある原子炉補機冷却水系熱交換器伝熱管に影響を与える異物の混入を防止している。

一方で、当該穴径以下の大きさの微小砂はストレーナを通過する可能性があるが、ストレーナ以降の最小流路幅（原子炉補機冷却水系熱交換器伝熱管内径）は、7号機で約16mmであり、エレメントの穴径に対し十分大きいことから閉塞の可能性はないものと考えられ、原子炉補機冷却海水系の機能は維持可能である（図3.1-8）。

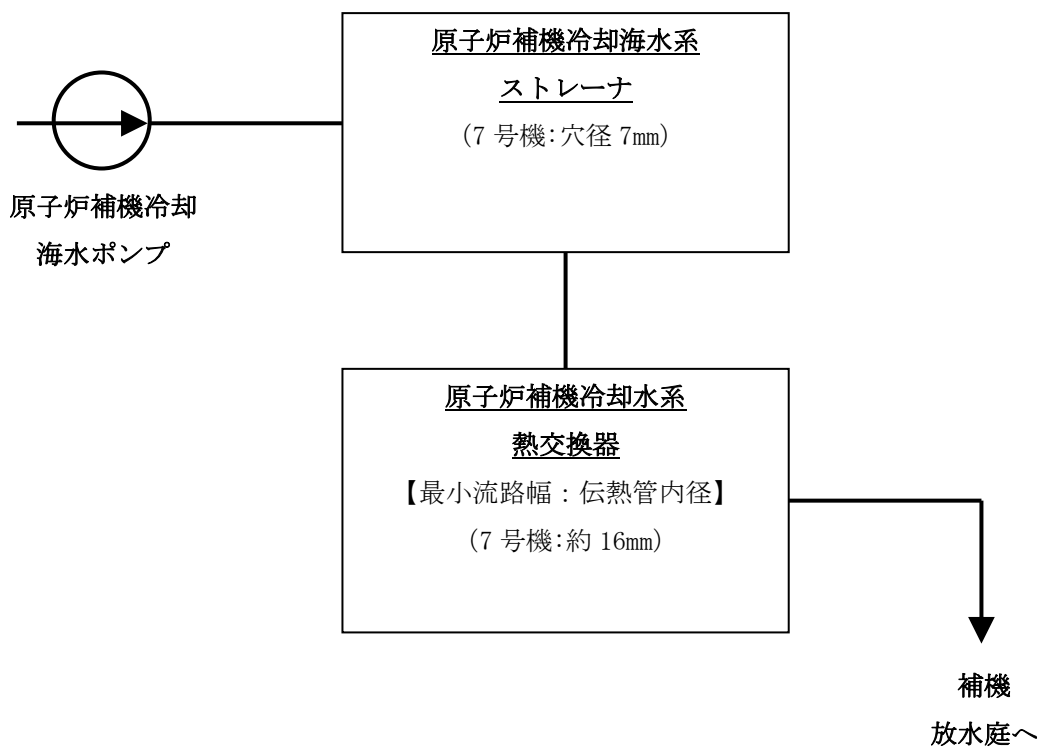


図 3.1-8 原子炉補機冷却海水系の系統概略図

(6) 平均粒径よりも大きな粒径を有する砂の浮遊可能性評価

砂移動に関する技術知見としては、①～③式により砂移動の形態を作図することができ、これにより砂粒径が大きいほど、砂は移動しない、もしくは浮遊しにくいことを示すことができる。図3.1-9に示す通り、平均粒径約0.27mmより大きな粒径を有する砂については、浮遊しにくい結果となり、万が一、摺動面に混入したとしても(5)に記載の通り影響がない

① Rubey 式により沈降速度を算出（河川・海岸の砂移動で一般的に使用）

$wf$  : 沈降速度[cm/s]    $s$  : 砂の水中比重    $g$  : 重力加速度[cm/s<sup>2</sup>]    $d$  : 砂粒の粒径[cm]

$\nu$  : 水の動粘性係数[cm<sup>2</sup>/s]

$$\frac{w_f}{\sqrt{sgd}} = \sqrt{\frac{2}{3} + \frac{36v^2}{sgd^3}} - \sqrt{\frac{36v^2}{sgd^3}}$$

② 岩垣式により砂粒の粒径から限界摩擦速度を算出（河川・海岸の砂移動で一般的に使用）

$u_{*c}$  : 限界摩擦速度 [cm/s]     $d$  : 砂粒の粒径 [cm]

$$0.303 \leq d \Rightarrow u_{*c}^2 = 80.9d$$

$$0.118 \leq d \leq 0.303 \Rightarrow u_{*c}^2 = 134.6d^{3/22}$$

$$0.0565 \leq d \leq 0.118 \Rightarrow u_{*c}^2 = 55d$$

$$0.0065 \leq d \leq 0.0565 \Rightarrow u_{*c}^2 = 8.41d^{1/32}$$

$$d \leq 0.0065 \Rightarrow u_{*c}^2 = 226d$$

③ 砂の掃流および浮遊領域を判定（荒井・清水「現場のための水理学3」より）

$u^*$  : 摩擦速度 [cm/s]     $u_{*c}$  : 限界摩擦速度 [cm/s]     $w_f$  : 沈降速度 [cm/s]

砂静止・・・ $u^* < u_{*c}$     砂移動・・・ $u^* > u_{*c}$

$$\text{掃流卓越領域} \cdots \cdots \cdots \frac{u^*}{w_f} < 1.08$$

$$\text{掃流・浮遊の混在領域} \cdots \cdots \cdots 1.08 < \frac{u^*}{w_f} < 1.67$$

$$\text{浮遊卓越領域} \cdots \cdots \cdots 1.67 < \frac{u^*}{w_f}$$

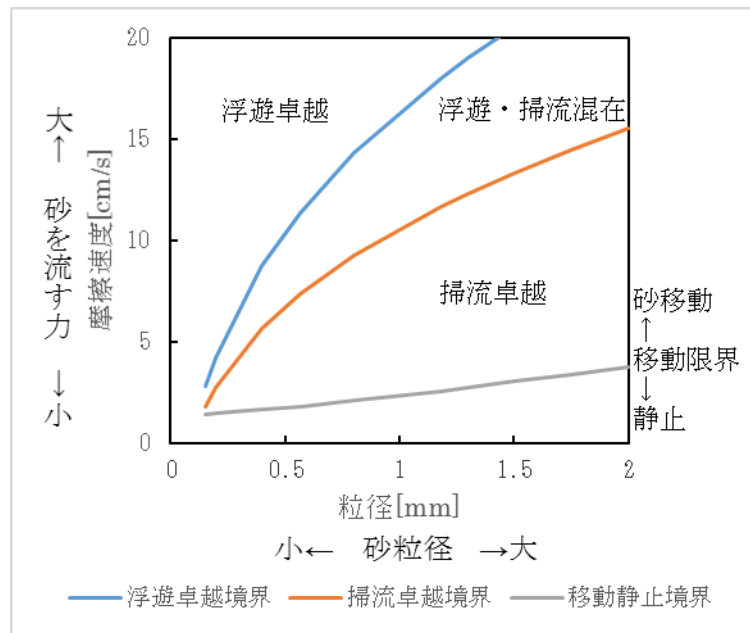


図 3.1-9 砂移動の形態

参考文献

- [ 1 ] : 「掃流砂層・浮遊砂層間の交換砂量を考慮した津波移動床モデルの開発」,  
高橋智幸・首藤伸夫・今村文彦・浅井大輔・海岸工学論文集, 46, 606-610,  
1999.



周辺海域における底質土砂の粒度分析結果について

(1) 周辺海域における底質土砂の粒度分析結果について

柏崎刈羽原子力発電所は日本海に面するなだらかな丘陵に位置し、海岸部には荒浜砂丘が分布する。その周辺海域の底質土砂は砂分が主体である。平成 19 年 8 月に実施した発電所港湾内での底質土砂の分析結果（粒径分布）では、粒径 2.0mm～0.075mm の砂分が主体（全体の 96%）で、平均粒径は 0.27mm であった。試料採取場所を図 3.1-参 1-1、分析結果を図 3.1-参 1-2 に示す。

また、発電所周辺海域において継続的に環境調査を実施しており、海域 9 地点で実施している底質調査においても、粒径 2.0mm～0.075mm の砂分が主体であることを確認している。環境調査における底質調査位置を図 3.1-参 1-3、分析結果を図 3.1-参 1-4 に示す。

代表的な土の粒径加積曲線の例と発電所港湾内の底質土砂の粒径加積曲線を比較し、図 3.1-参 1-5 に示す。内湾に堆積するような極めて粒径が小さい海成粘土とは異なり、発電所周辺海域に堆積する底質土砂は粒径が大きい砂分が主体であることが確認される。

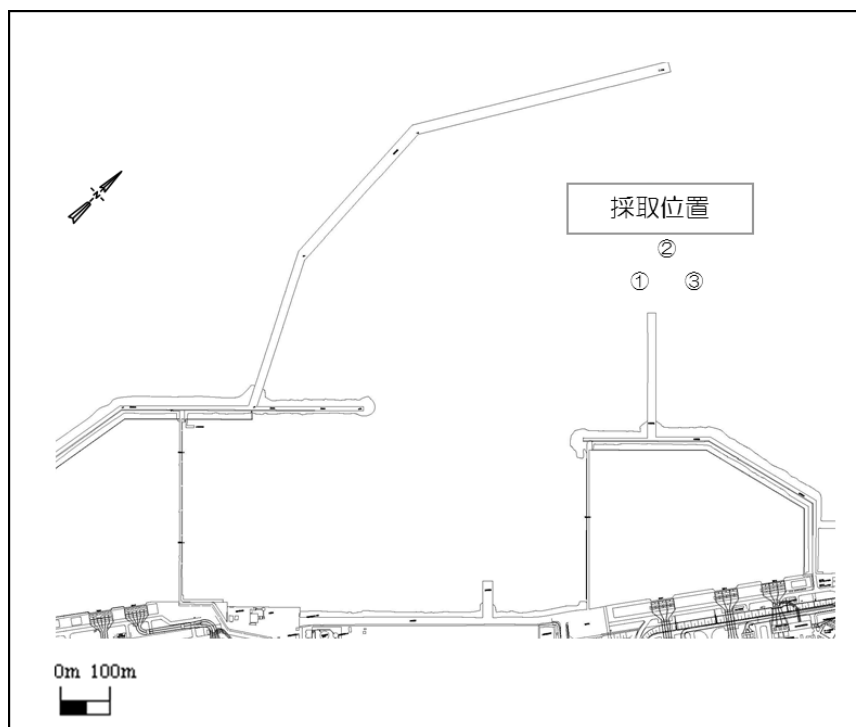


図 3.1-参 1-1 底質土砂分析における試料採取場所

試料番号 (深さ)		海底堆積物(北防)
一	湿潤密度 $\rho_s$ g/cm <sup>3</sup>	
	乾燥密度 $\rho_d$ g/cm <sup>3</sup>	
	土粒子の密度 $\rho_s$ g/cm <sup>3</sup>	2.693
	自然含水比 $w_n$ %	30.7
般	間隙比 $e$	
	飽和度 $S_r$ %	
粒	石分 (75mm以上) %	
	礫分 <sup>〃</sup> (2~75mm) %	0.8
	砂分 <sup>〃</sup> (0.075~2mm) %	96.0
	シルト分 <sup>〃</sup> (0.005~0.075mm) %	0.6
	粘土分 <sup>〃</sup> (0.005mm未満) %	2.6
	最大粒径 mm	9.5
	均等係数 $U_c$	2.00
度		

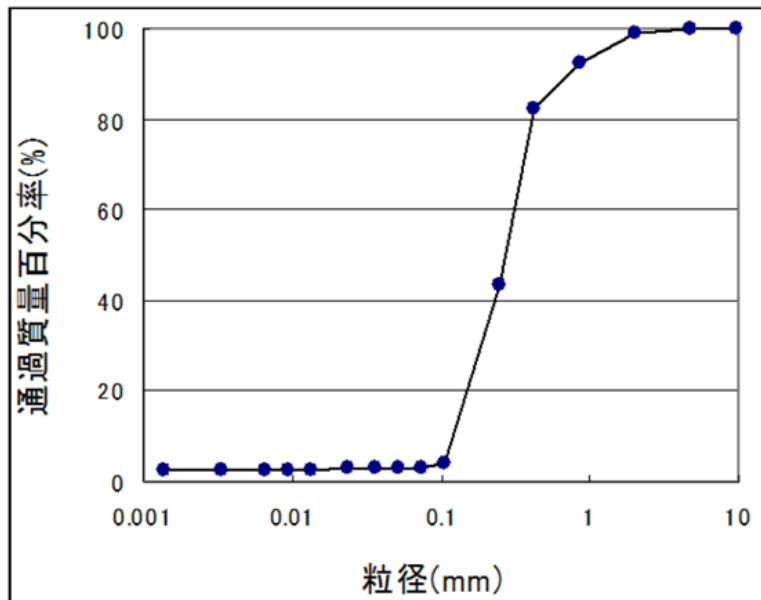


図 3.1-参 1-2 分析結果及び粒径加積曲線 (平成 19 年 8 月 24 日実施)

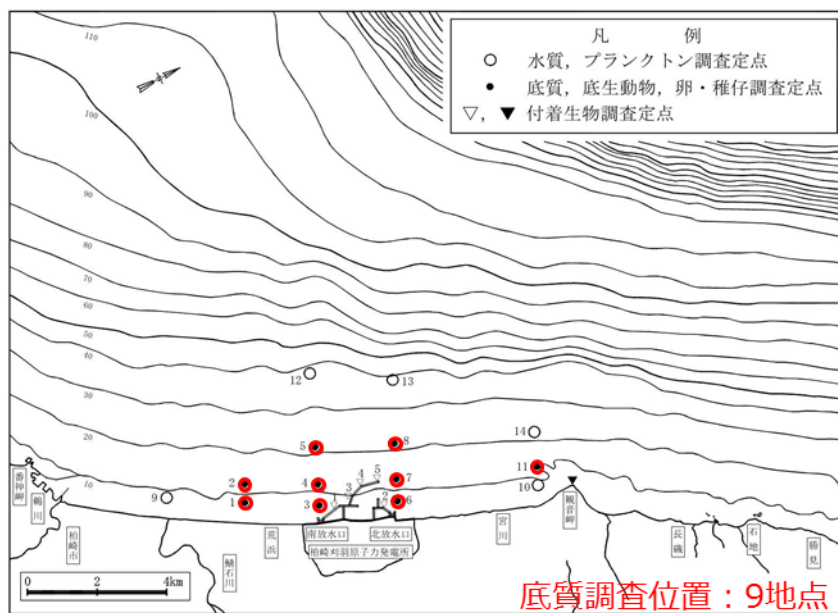


図 3.1-参 1-3 環境調査における底質調査位置

赤枠：砂分(粒径0.075~2.0mm)

付表-3 底質項目測定結果

H30年度 春				調査期日：平成30年5月11日				
項目 定 点	COD (mg/g乾泥)	全硫化物 (mg/g乾泥)	強熱減量 (%)	粒 度 組 成 (%)				
				礫 2.0mm 以上	粗砂 0.85~ 2.00mm	中砂 0.25~ 0.85mm	細砂 0.075~ 0.25mm	シルト 0.075mm 未満
1	0.3	ND	1.0	0.0	0.1	42.6	56.1	1.2
2	0.7	0.003	1.5	0.1	0.3	7.8	88.1	3.7
3	0.5	ND	1.2	0.0	0.3	24.2	74.1	1.4
4	0.7	ND	0.9	0.9	0.3	3.5	91.1	4.2
5	0.9	ND	1.4	0.0	0.0	3.6	92.0	4.4
6	0.4	ND	1.4	0.0	0.3	39.2	59.2	1.3
7	1.4	0.002	1.8	0.1	0.3	5.1	88.7	5.8
8	0.6	ND	1.7	0.0	0.0	3.5	93.6	2.9
11	0.6	ND	1.2	0.1	0.7	20.9	75.7	2.6
平均(全点)	0.7	0.001	1.3	0.1	0.3	16.7	79.8	3.1

H30年度 夏				調査期日：平成30年8月23日				
項目 定 点	COD (mg/g乾泥)	全硫化物 (mg/g乾泥)	強熱減量 (%)	粒 度 組 成 (%)				
				礫 2.0mm 以上	粗砂 0.85~ 2.00mm	中砂 0.25~ 0.85mm	細砂 0.075~ 0.25mm	シルト 0.075mm 未満
1	0.5	ND	1.4	0.2	0.5	32.6	65.4	1.3
2	1.0	ND	1.7	0.2	0.1	4.7	91.5	3.5
3	0.5	ND	1.2	0.1	0.7	16.4	81.1	1.7
4	0.9	0.001	0.8	1.5	0.2	2.3	89.6	6.4
5	1.1	0.001	1.4	0.1	0.1	2.5	92.0	5.3
6	1.0	0.001	1.6	0.2	0.4	9.1	86.9	3.4
7	1.3	0.001	1.5	0.2	0.7	6.5	88.2	4.4
8	1.0	ND	1.5	0.0	0.1	3.0	93.9	3.0
11	0.8	0.001	1.2	0.9	4.4	26.0	66.1	2.6
平均(全点)	0.9	0.001	1.4	0.4	0.8	11.5	83.9	3.5

H30年度 秋				調査期日：平成30年11月8日				
項目 定 点	COD (mg/g乾泥)	全硫化物 (mg/g乾泥)	強熱減量 (%)	粒 度 組 成 (%)				
				礫 2.0mm 以上	粗砂 0.85~ 2.00mm	中砂 0.25~ 0.85mm	細砂 0.075~ 0.25mm	シルト 0.075mm 未満
1	0.4	ND	1.1	0.0	0.1	35.7	63.0	1.2
2	0.8	ND	1.4	0.1	0.1	1.6	95.0	3.2
3	0.6	ND	1.0	0.1	0.6	19.6	76.8	2.9
4	0.7	ND	0.7	1.1	0.3	2.5	90.6	5.5
5	0.9	ND	1.2	0.1	0.1	2.9	91.9	5.0
6	0.6	ND	1.3	0.1	0.6	29.8	66.8	2.7
7	1.0	0.001	1.2	0.2	0.9	10.1	83.4	5.4
8	0.7	ND	1.3	0.0	0.1	3.2	94.2	2.5
11	0.7	ND	0.6	0.0	0.0	3.6	92.4	4.0
平均(全点)	0.7	0.001	1.1	0.2	0.3	12.1	83.8	3.6

H30年度 冬				調査期日：平成31年3月7日				
項目 定 点	COD (mg/g乾泥)	全硫化物 (mg/g乾泥)	強熱減量 (%)	粒 度 組 成 (%)				
				礫 2.0mm 以上	粗砂 0.85~ 2.00mm	中砂 0.25~ 0.85mm	細砂 0.075~ 0.25mm	シルト 0.075mm 未満
1	0.6	ND	1.7	7.6	0.4	7.2	82.1	2.7
2	0.6	ND	1.6	0.0	0.1	16.5	80.2	3.2
3	0.5	ND	0.6	0.8	1.6	11.8	81.1	4.7
4	0.6	ND	0.4	2.3	1.0	3.3	86.8	6.6
5	0.8	0.002	1.5	0.0	0.0	3.9	90.9	5.2
6	0.6	ND	1.5	0.2	0.3	18.8	78.9	1.8
7	0.8	0.002	1.3	0.3	0.6	5.2	88.0	5.9
8	0.8	ND	1.6	0.0	0.0	3.1	93.3	3.6
11	0.4	ND	0.9	0.1	0.6	20.7	76.3	2.3
平均(全点)	0.6	0.001	1.2	1.3	0.5	10.1	84.2	4.0

注：表中の「ND」は定量限界値未満であることを示す。

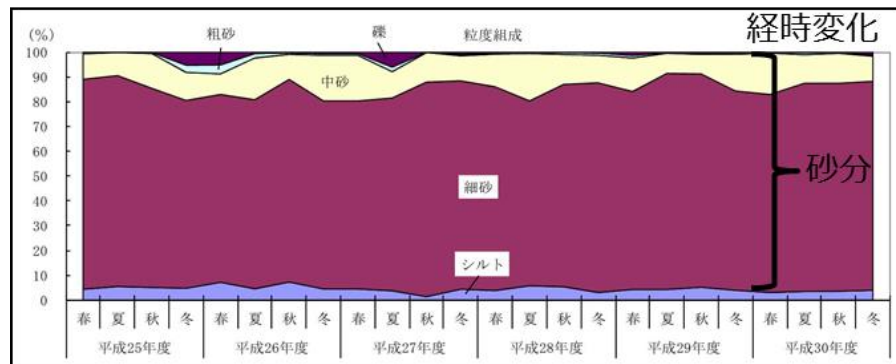
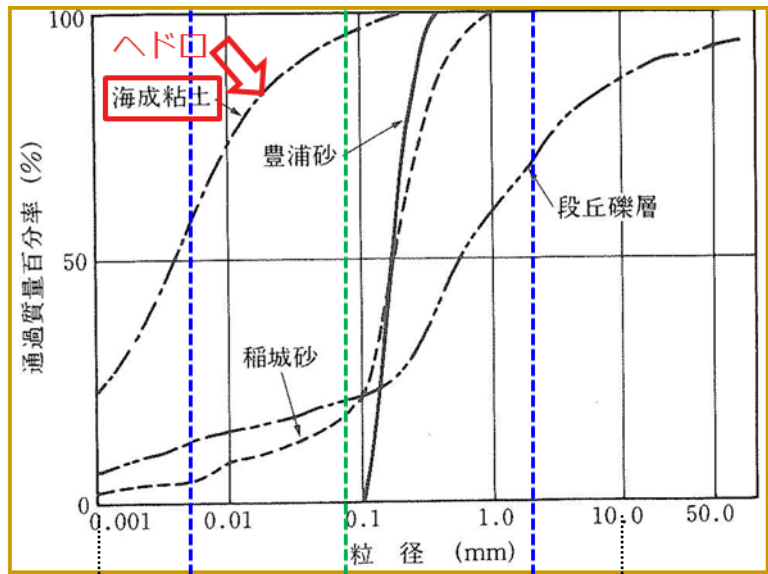


図 3.1-参 1-4 環境調査における分析結果



【参考】 代表的な土の粒径加積曲線の例  
 地盤材料試験の方法と解説（地盤工学会）より引用

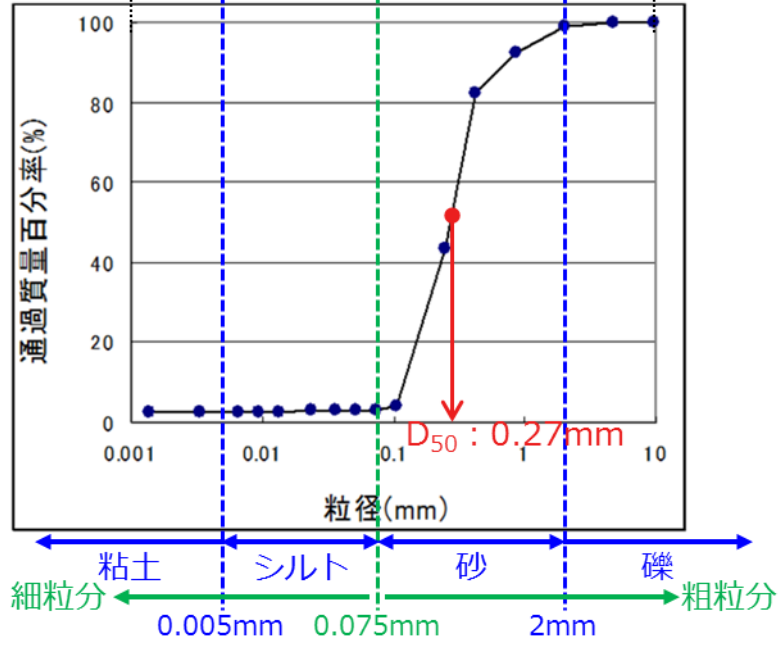


図 3.1-参 1-5 代表的な土の粒径加積曲線の例と  
 発電所港湾内の底質土砂の粒径加積曲線の比較

### 3.2 原子炉補機冷却海水ポンプの波力に対する強度評価について

### 3.2 原子炉補機冷却海水ポンプの波力に対する強度評価について

地震に伴う津波発生時の津波を受けた際の原子炉補機冷却海水ポンプの健全性を評価する。

#### (1) 評価条件

- a. 基準津波のうち、取水路の管路解析により算出された7号機補機取水槽（以下「補機取水槽」という。）の最大水位上昇速度は0.9m/sであるが、原子炉補機冷却海水ポンプの波力に対する強度評価では、大湊側（5～7号機）で最大となる6号機補機取水槽の最大水位上昇速度1.2m/sを基に、保守的に1.5m/sを設定し、原子炉補機冷却海水ポンプに作用する流体力（抗力）を算出する。
- b. 原子炉補機冷却海水ポンプに作用する流体力は、補機取水槽の位置、構造から鉛直上向きの津波荷重（鉛直）が作用するポンプ据付フランジ部と、コラムパイプ（揚水管）については津波荷重（横方向）の発生荷重を評価する。
- c. 流木、がれき等の影響は想定しないものとする。
- d. 原子炉補機冷却海水ポンプの建屋内設置部（据付フランジ部より上の部分）津波防護対象設備を内包する建屋及び区画として津波から防護されているため、ポンプの中で流体力を受ける範囲として、据付フランジ下部が流体力を受けるものとして評価を実施する。
- e. 放水路からの津波については、補機放水庭の津波高さを考慮しても原子炉補機冷却海水系排水配管が大気開放される構造となっており、影響がないため考慮しない。

#### (2) 評価部位

図3.2-1に示すようにポンプ取付基礎部の開口断面、コラムパイプの投影面、コラムパイプサポート部に津波荷重が作用するとして評価する。詳細な評価部位としては、ポンプ基礎ボルト、ポンプ取付ボルト、コラムパイプ（揚水管）、コラムパイプサポート部ボルトに発生する荷重及び応力を評価する。

なお、ポンプ内部については、作用する津波波圧（鉛直）がポンプ耐圧試験圧に包落されることを確認する。

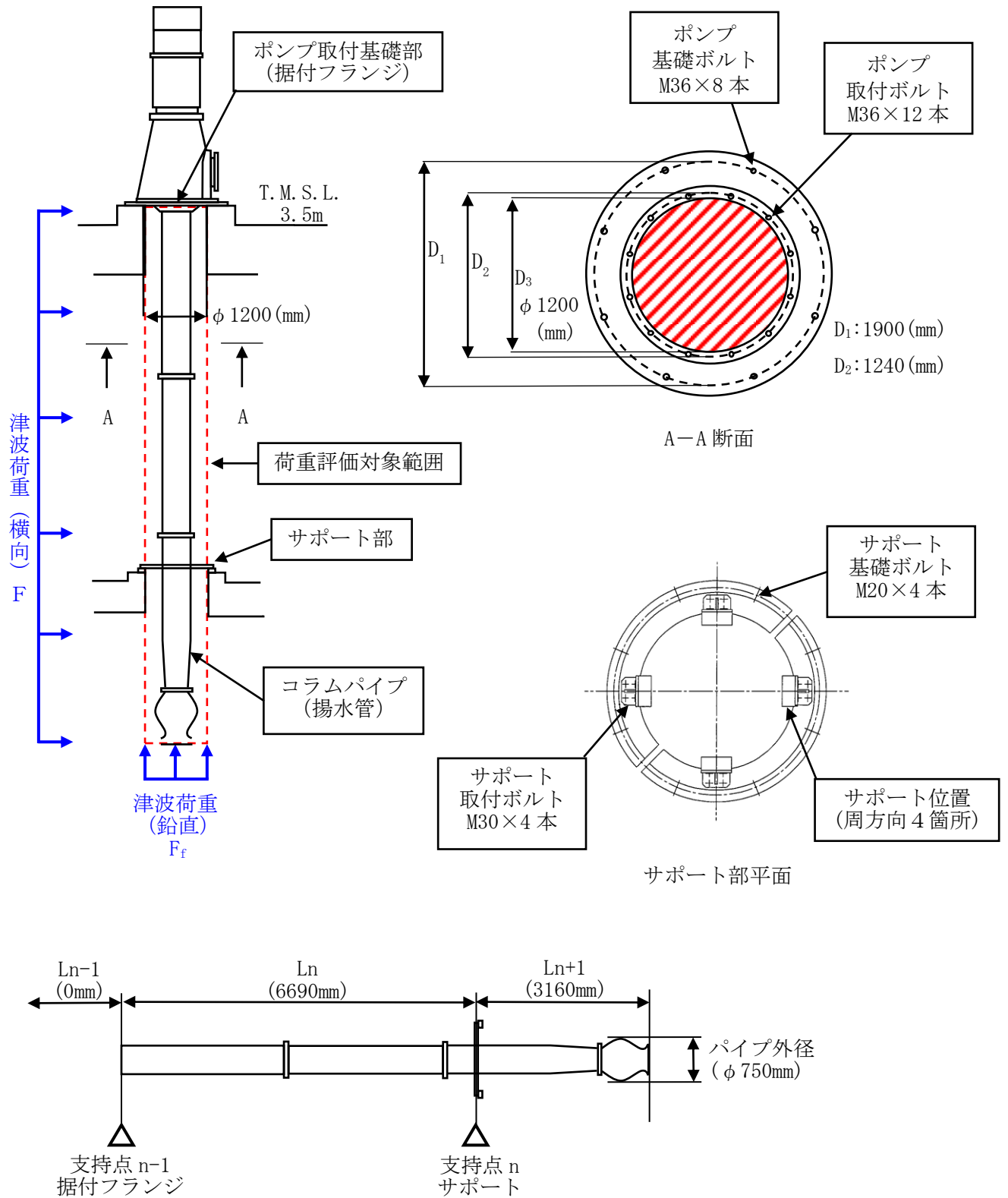


図 3.2-1 ポンプへの津波作用範囲



(3) 津波による原子炉補機冷却海水ポンプに発生する流体力と応力の計算

ポンプ据付フランジ下部に津波荷重（鉛直）の作用と，コラムパイプに津波荷重（横方向）が作用することを想定し流体力を検討した。なお，津波荷重（鉛直）は流速を抑制する構造物（コンクリート躯体等）は無視して評価を行う。

- a. ポンプ据付フランジ部の開口断面積  $A_f$  に作用する津波荷重（鉛直） $F_f$  は次式より求める。

$$F_f = q \cdot A_f$$

$F_f$  : 津波荷重（鉛直）(N)

$D_3$  : 開口部径 1200(mm)

$A_f$  : 開口断面積  $\pi/4 \times 1200^2 = 1130973 \text{ (mm}^2\text{)}$

$$q = (\rho \cdot g \cdot (h - z) + 0.5 \cdot C_D \cdot \rho \cdot u^2) / 10^6$$

$q$  : 津波波圧 (N/mm<sup>2</sup>)

$C_D$  : 抗力係数(平板無限大寸法) 2.01

$\rho$  : 密度 1030(kg/m<sup>3</sup>)

$g$  : 重力加速度 9.80665(m/s<sup>2</sup>)

$h$  : 津波高さ T.M.S.L. 9(m)

$z$  : 据付フランジの高さ T.M.S.L. 3.95(m)

$u$  : 流速 1.5(m/s)

$$F_f = (1030 \times 9.80665 \times (9.000 - 3.950) + 0.5 \times 2.01 \times 1030 \times 1.5^2) / 10^6 \times 1130973 \\ = 60324 \text{ (N)}$$

表 3.2-1 津波襲来時発生する抗力（鉛直）

ポンプ据付フランジ部開口断面積 $A_f$ (mm <sup>2</sup> )	1130973
津波荷重（鉛直） $F_f$ (N)	60324

b. コラムパイプの投影面積 A に作用する津波荷重（横方向）F は次式より求める。

$$F=0.5 \cdot C_D \cdot \rho \cdot u^2 \cdot A$$

- F : 津波荷重（横方向）(N)  
 C<sub>D</sub> : 抗力係数(長四角形状面) 2.0  
 ρ : 密度 1030(kg/m<sup>3</sup>)  
 u : 流速 1.5(m/s)  
 A : コラムパイプ投影面積 (6690+3160) × 750 = 7387500 (mm<sup>2</sup>)  
 注\* : パイプ外径は保守的に太部分 750mm とする

$$F = (0.5 \times 2.0 \times 1030 \times 1.5^2) / 10^6 \times 7387500$$

$$= 17121 \text{ (N)}$$

表 3.2-2 津波襲来時発生する抗力（横方向）

コラムパイプ投影面積 A (mm <sup>2</sup> )	7387500
津波荷重（横方向）F (N)	17121

c. コラムパイプへ津波荷重（横方向）が作用した際、サポート部のコラムパイプモーメント Mn は次式より求める。

$$M_n = -1/2W \cdot L_{n+1}^2$$

- M<sub>n</sub> : サポート部のコラムパイプモーメント (N・mm)  
 W : コラムパイプ長にかかる津波荷重 17121/9850 ≒ 1.738 (N/mm)  
 L<sub>n+1</sub> : サポート下部からポンプ呑口下端までの距離 3160 (mm)

$$M_n = -0.5 \times 1.738 \times 3160^2$$

$$= -8677486 \text{ (N・mm)}$$

表 3.2-3 津波襲来時発生する抗力（横方向）を受けた際の  
サポート部のコラムパイプモーメント

コラムパイプ長にかかる津波荷重 W (N/mm)	1.738
サポート部のコラムパイプモーメント M <sub>n</sub> (N・mm)	-8677486

- d. コラムパイプへ津波荷重（横方向）が作用した際、コラムパイプサポート部に発生する反力  $F_n$  は次式より求める。

$$F_n = M_{n-1}/L_n - M_n/L_n + 1/2W \cdot L_n + W \cdot L_{n+1}$$

- $F_n$  : サポート部に発生する反力(N)  
 $W$  : コラムパイプ長にかかる津波荷重  $17121/9850 \approx 1.738$  (N/mm)  
 $L_n$  : フランジ下部からサポート部までの距離 6690 (mm)  
 $L_{n+1}$  : サポート部からポンプ呑口下端までの距離 3160 (mm)  
 $M_{n-1}$  : ポンプ据付フランジ部に発生するモーメント 0 (N・mm)  
 $M_n$  : サポート部のコラムパイプモーメント  $-8677486$  (N・mm)

$$\begin{aligned}
 F_n &= (0/6690) - (-8677486/6690) + (0.5 \times 1.738 \times 6690) + (1.738 \times 3160) \\
 &= 12603 \text{ (N)}
 \end{aligned}$$

表 3.2-4 津波襲来時発生する抗力（横方向）を受けた際のコラムパイプサポート部に発生する反力

コラムパイプサポート部に発生する反力 $F_n$ (N)	12603
------------------------------	-------

(4) ポンプ据付フランジ部のボルト評価

原子炉補機冷却海水ポンプの据付フランジ部はポンプ基礎ボルト、ポンプ取付ボルトによって建屋床面に固定されている。そのため、評価条件を以下の通りとし評価を行う。

a. ポンプ基礎ボルトの評価

据付フランジ部に津波荷重（鉛直）を受けた際のポンプ基礎ボルトの引張り応力を算出する。ポンプ基礎ボルトは図 3.2-2 に示すように円周上に配置されているため、8本のボルトで荷重を受け持つものとして発生応力を算出する。

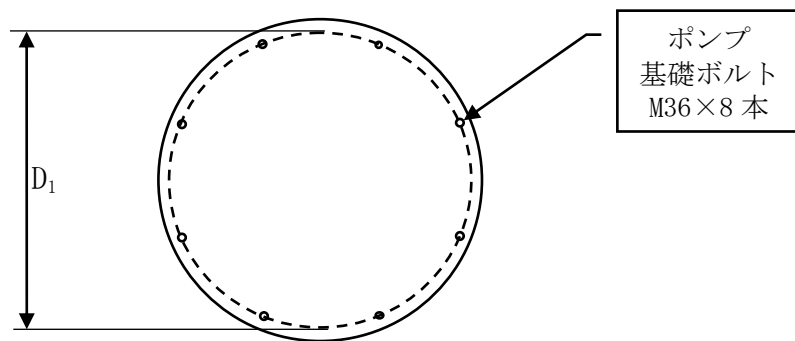


図 3.2-2 原子炉補機冷却海水ポンプ，ポンプ基礎ボルト配置

ポンプ基礎ボルトに発生する引張り応力  $\sigma_1$  は次式で求める。

$$\sigma_1 = F_f / (A \cdot b_1)$$

- $F_f$  : 津波荷重（鉛直） 60324(N)
- $A$  : ポンプ基礎ボルト断面積  $\pi/4 \cdot 36^2 = 1018(\text{mm}^2)$
- $b_1$  : ポンプ基礎ボルト本数 8(本)

ポンプ基礎ボルトは M36，ボルト本数 8 本であり，引張り応力  $\sigma_1$  は以下となる。

$$\begin{aligned} \sigma_1 &= 60324 / ((\pi/4) \times 36^2 \times 8) \\ &\approx 7.4(\text{MPa}) \rightarrow 8.0(\text{MPa}) \quad \text{※少数点第一位切り上げ} \end{aligned}$$

表 3.2-5 据付フランジ部のポンプ基礎ボルト 1 本当たりに発生する引張り応力

ポンプ基礎ボルト材質	
ポンプ基礎ボルトに発生する引張り応力 $\sigma_1$ (MPa)	8

b. ポンプ取付ボルトの評価

据付フランジ部に津波荷重（鉛直）を受けた際のポンプ取付ボルトの引張り応力を算出する。ポンプ取付ボルトは図 3.2-3 に示すように円周上に配置されているため、12本のボルトで荷重を受け持つものとして発生応力を算出する。

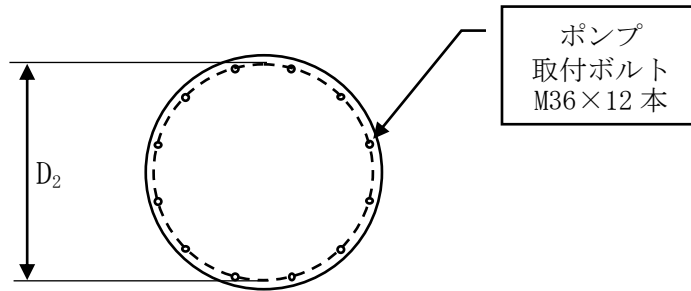


図 3.2-3 原子炉補機冷却海水ポンプ，ポンプ取付ボルト配置

ポンプ取付ボルトに発生する引張り応力  $\sigma_2$  は次式で求める。

$$\sigma_2 = F_f / (A \cdot b_2)$$

$F_f$  : 津波荷重（鉛直） 60324(N)

$A$  : ポンプ取付ボルト断面積  $\pi/4 \cdot 36^2 = 1018(\text{mm}^2)$

$b_2$  : ポンプ取付ボルト本数 12(本)

ポンプ取付ボルトは M36，ボルト本数 12 本であり，引張り応力  $\sigma_2$  は以下となる。

$$\begin{aligned} \sigma_2 &= 60324 / ((\pi/4) \times 36^2 \times 12) \\ &\doteq 4.9(\text{MPa}) \rightarrow 5.0(\text{MPa}) \quad \text{※少数点第一位切り上げ} \end{aligned}$$

表 3.2-6 据付フランジ部のポンプ取付ボルト 1 本当たりに発生する引張り応力

ポンプ取付ボルト材質	
ポンプ取付ボルトに発生する引張り応力 $\sigma_2$ (MPa)	5

(5) コラムパイプの強度評価

コラムパイプへ津波荷重（横方向）が作用した際の曲げ応力を算出する。

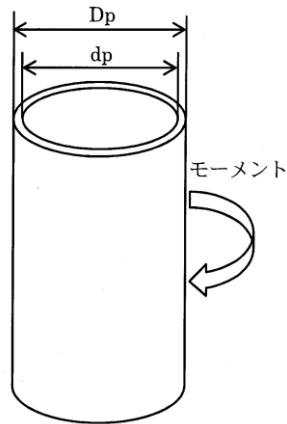


図 3.2-4 コラムパイプの応力作用イメージ図

コラムパイプへ津波荷重（横方向）が作用した際の曲げ応力  $\sigma_b$  は次式より求める。

$$\sigma_b = Mn / Z_b$$

$$Z_b = \pi / (32 \times D_p) \cdot (D_p^4 - d_p^4)$$

$\sigma_b$  : コラムパイプに生じる曲げ応力 (MPa)

Mn : サポート部のコラムパイプモーメント 8677486 (N・mm)

$Z_b$  : コラムパイプ断面係数  $\pi / (32 \times 524) \times (524^4 - 500^4) \approx 2415395.334 \text{ (mm}^3\text{)}$

$D_p$  : コラムパイプ外径 524 (mm)

$d_p$  : コラムパイプ内径 500 (mm)

$$\sigma_b = 8677486 / (\pi / (32 \times 524) \times (524^4 - 500^4))$$

$$\approx 3.59 \rightarrow 4 \text{ (MPa)} \quad \text{※少数点第一位切り上げ}$$

表 3.2-7 津波荷重（横方向）のコラムパイプ曲げ応力

コラムパイプ材質	
コラムパイプに生じる曲げ応力 $\sigma_b$ (MPa)	4

(6) コラムパイプサポート部のボルト評価

コラムパイプへ津波荷重（横方向）が作用した際、コラムパイプサポート部ボルトのせん断応力を算出する。なお、コラムパイプサポート部の取付ボルト、基礎ボルトはいずれも4本で荷重を受け持つため、評価上厳しくなるボルト径が小さいM20基礎ボルトを評価する。

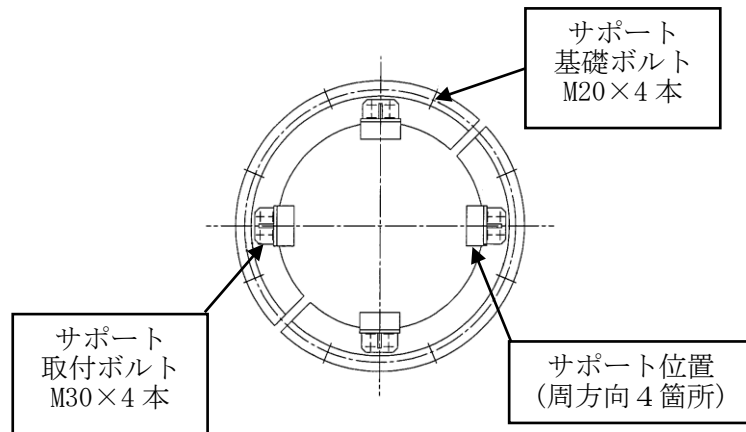


図 3.2-5 コラムパイプサポート部平面図

コラムパイプサポート部基礎ボルトに発生するせん断応力  $\tau_s$  は次式で求める。

$$\tau_s = Fn / (As \cdot n_s)$$

- $\tau_s$  : サポート部基礎ボルトに発生するせん断応力 (MPa)
- $F_n$  : サポート部に発生する反力 12603 (N)
- $A_s$  : サポート部基礎ボルト断面積  $\pi/4 \cdot 20^2 = 314$  (mm<sup>2</sup>)
- $n_s$  : サポート部基礎ボルト本数 4(本)

サポート部基礎ボルトはM20、ボルト本数4本であり、せん断応力  $\tau_s$  は以下となる。

$$\begin{aligned} \tau_s &= 12603 / (\pi/4 \times 20^2 \times 4) \\ &\doteq 10.03 \text{ (MPa)} \rightarrow 10 \text{ (MPa)} \quad \text{※少数点第一位切り上げ} \end{aligned}$$

表 3.2-8 サポート部基礎ボルト1本あたりに発生するせん断応力

サポート部基礎ボルト材質	
サポート部基礎ボルトに発生するせん断応力 $\tau_s$ (MPa)	10

(7) ポンプ内部の津波波圧評価

ポンプ内部に津波波圧（鉛直）を受けた際の影響については、作用する津波波圧がポンプ耐圧試験圧に包落されることを確認する。

津波波圧（鉛直） $q$ は次式より求める。

$$q = (\rho \cdot g \cdot (h - z) + 0.5 \cdot C_D \cdot \rho \cdot u^2) / 10^6$$

$q$  : 津波波圧 (N/mm<sup>2</sup>)

$C_D$  : 抗力係数(平板無限大寸法) 2.01

$\rho$  : 密度 1030 (kg/m<sup>3</sup>)

$g$  : 重力加速度 9.80665 (m/s<sup>2</sup>)

$h$  : 津波高さ T.M.S.L. 9 (m)

$z$  : 据付フランジの高さ T.M.S.L. 3.95 (m)

$u$  : 流速 1.5 (m/s)

$$\begin{aligned} q &= (1030 \times 9.80665 \times (9 - 3.95) + 0.5 \times 2.01 \times 1030 \times 1.5^2) / 10^6 \\ &= 0.0533 \text{ [N/mm}^2\text{]} \end{aligned}$$

ポンプ耐圧試験時の圧力  $S$  を単位換算する。

$$S = 12 \text{ kgf/cm}^2 = 12 \times 9.80665 / 10^2 = 1.1767 \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

$q$  津波波圧 0.0533 [N/mm<sup>2</sup>] <  $S$  耐圧試験圧 1.1767 [N/mm<sup>2</sup>] より問題なし。



(8) 評価結果

津波荷重（流速 1.5m/s）において，原子炉補機冷却海水ポンプに発生する応力は許容応力以下であること，また，ポンプ内部への津波波圧（鉛直）に対しては，ポンプ耐圧試験圧に包落されることを確認したことから，ポンプの健全性は確保されると評価する。評価結果を表 3.2-9 に示す。

表 3.2-9 評価結果一覧

評価部位		材料	項目	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
津波荷重 (鉛直)	ポンプ基礎ボルト	[ ]	引張り	8	[ ]
	ポンプ取付ボルト		引張り	5	
津波荷重 (横方向)	サポート部基礎ボルト		せん断	10	
	コラムパイプ		曲げ	4	
津波波圧 (鉛直)	ポンプ内部	津波波圧 0.0533 [N/mm <sup>2</sup> ] < 耐圧試験圧 1.1767 [N/mm <sup>2</sup> ] より問題なし。			

取水路／放水路へ津波浸入時の原子炉補機冷却海水ポンプへの影響について

(1) 取水路側の影響

取水路並びに補機取水路への津波浸入時、図 3.2-参 1-1 に示すとおり点検用立坑があり（開口部蓋はグレーチング又はH鋼を並べており通気性有り）、津波の押し波時の圧力を逃がせる構造である。また、タービン建屋際の補機取水槽天井部（ポンプ設置床面）にも圧力を逃がす補機取水槽ベント管が敷設されており、補機取水槽内も空気圧縮による過大な圧力が上昇しづらい構造である。更に、ポンプコラムパイプ（揚水管）は引き波時にも海水貯留堰設置により、図 3.2-参 1-2 に示すとおりポンプコラムパイプ呑口を海水水位が下回ることがないことから、ポンプ内へ津波浸入に伴う過大な圧縮空気が混入しづらい構造である。

取水口から補機取水槽まで全長 150m 以上あり、津波浸入時の管路解析結果は補機取水槽部において流速 1.2m/s と比較的緩やかであること。また、海水水位がポンプ呑口を下回らないことから、津波で押し込まれた際は補機取水槽内の水面が上昇し、ポンプに対して鉛直上向きに作用するが保守的に津波荷重（横方向）の評価も実施している。

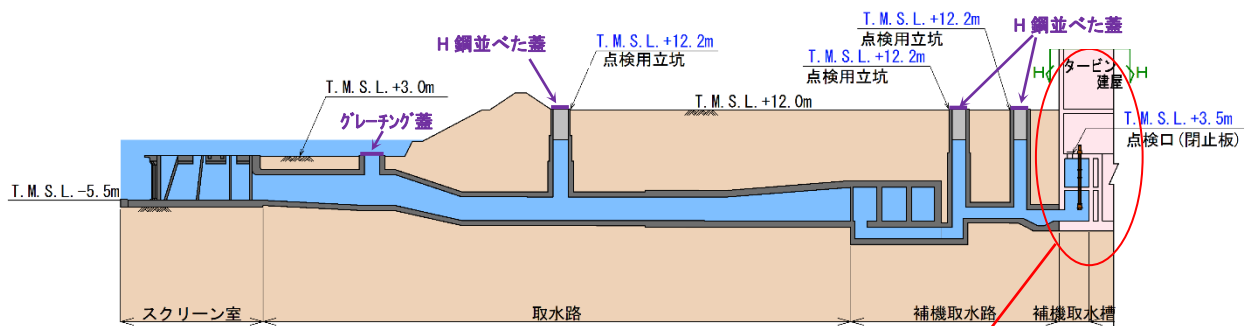


図 3.2-参 1-1 7号機取水路（断面）

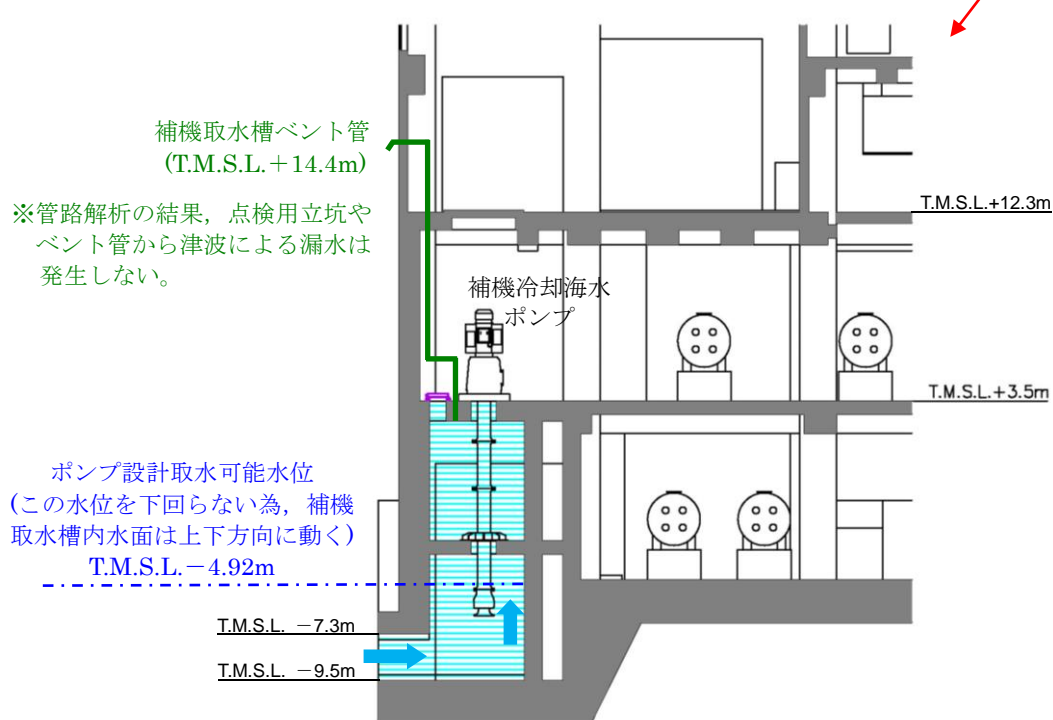


図 3.2-参 1-2 7号機補機取水槽（断面）

(2) 放水路側の影響

原子炉補機冷却海水系の配管出口は、図 3.2-参 1-3 と 4 に示すとおり大気開放していること、並びに放水路側の津波浸入高さが当該配管に到達しないことから、原子炉補機冷却海水ポンプに対して当該系統配管内に津波逆流で過大な圧力をあたえることはない。

補機放水庭津波高さ T.M.S.L. +10.3m < 配管出口 T.M.S.L. 約+12m

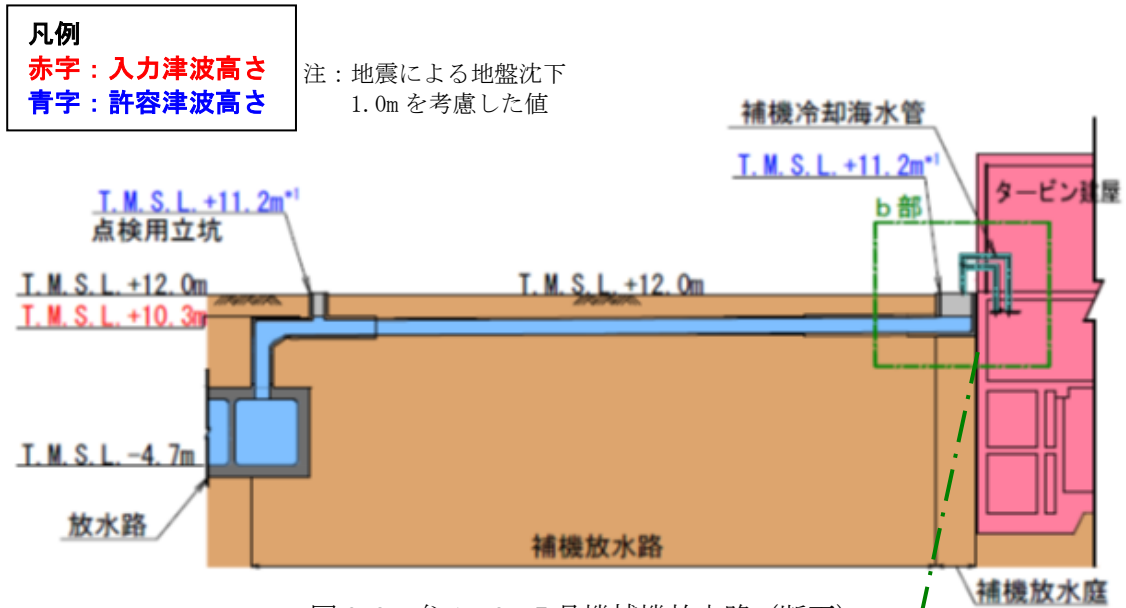


図 3.2-参 1-3 7号機補機放水路（断面）

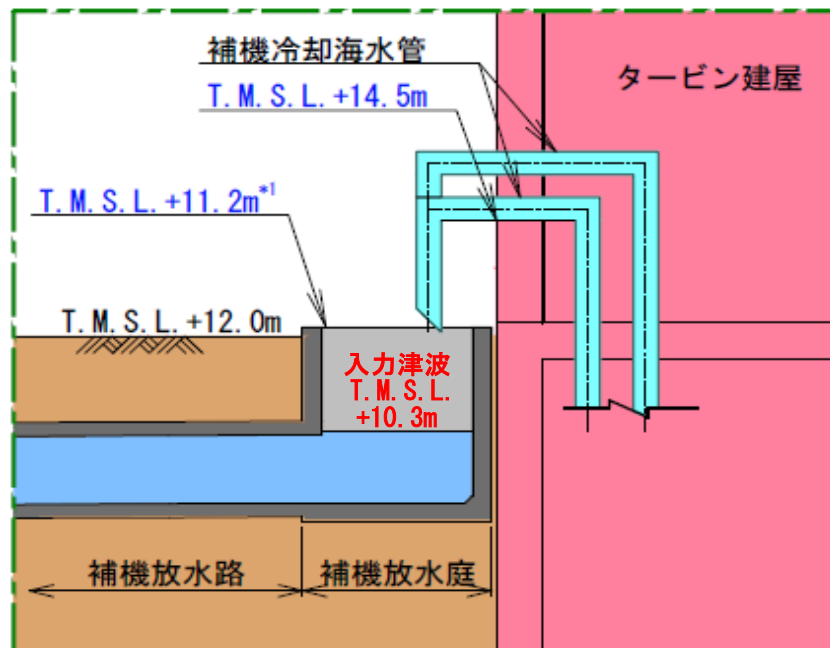


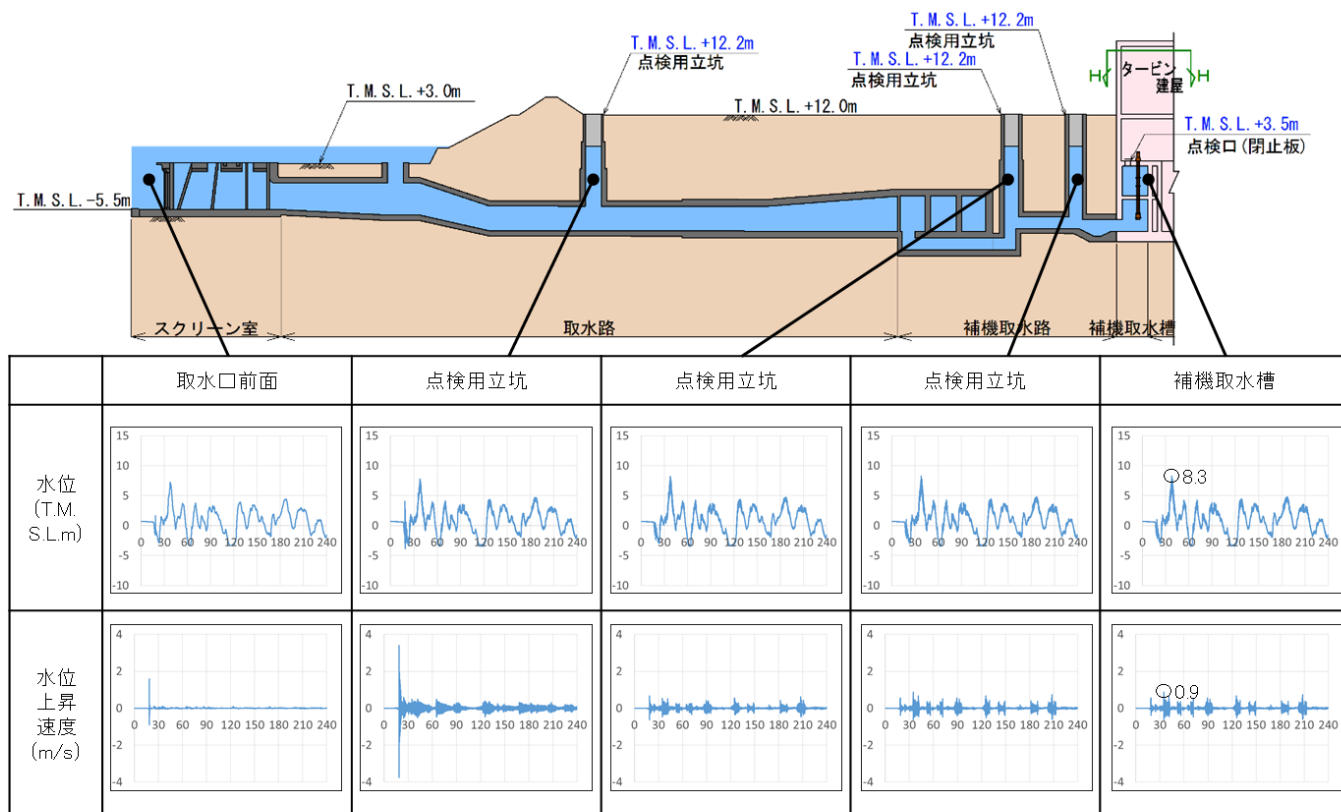
図 3.2-参 1-4 7号機補機放水庭（断面）

取水路の管路解析結果について

補機取水槽における流速（水位上昇速度）は取水口前面における津波の水位時刻歴波形を入力条件とし、取水口～補機取水槽までの水理特性を考慮した管路解析により算出している（詳細は「補足 1.4 管路解析のモデルについて」参照）。

7号機補機取水槽（上昇側）において考慮する入力津波について、取水口前面・各点検用立坑・補機取水槽での水位時刻歴と流速（水位上昇速度）時刻歴を図 3.2-参 1-5 に示す。図 3.2-参 1-5 より、各点検用立坑・補機取水槽の水位・流速（水位上昇速度）は同様の変動傾向を示し、最高水位についても同程度であり、点検用立坑から地上部への溢水はないと評価される。なお、7号機補機取水槽の最大水位上昇速度は 0.9m/s であるが、原子炉補機冷却海水ポンプの波力に対する強度評価では、大湊側（5～7号機）で最大となる6号機補機取水槽の最大水位上昇速度 1.2m/s を基に、保守的に 1.5m/s を設定している。

また、上記管路解析について、補機取水槽の補機取水槽ベント管を管路解析モデルに追加した場合の水位時刻歴を図 3.2-参 1-6 に示す。図 3.2-参 1-6 より、補機取水槽の補機取水槽ベント管を考慮した場合、最高水位は T.M.S.L.+8.1m となることから、補機取水槽ベント管から地上部への溢水はないと評価される。



※ 横軸: 時間(分)

図 3.2-参 1-5 7号機補機取水槽（上昇側）において考慮する入力津波  
各位置での水位時刻歴と流速（水位上昇速度）時刻歴

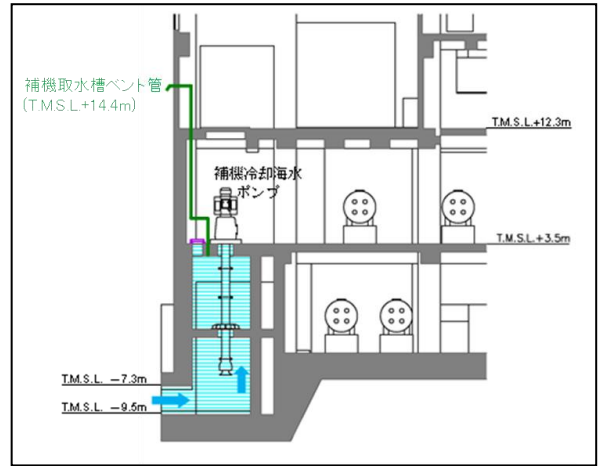
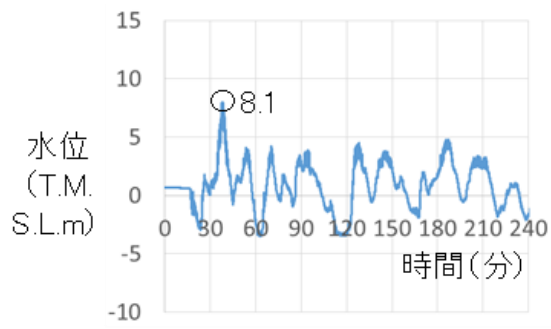


図 3.2-参 1-6 補機取水槽ベント管を追加した場合の水位時刻歴

### 3.3 除塵装置の取水性への影響について

### 3.3 除塵装置の取水性への影響について

スクリーン室には、除塵装置として固定式バースクリーン、バー回転式スクリーン及びトラベリングスクリーンが設置されている。これらの除塵装置が基準津波による水位差により破損してそれ自体が漂流物となる可能性があるため、取水性へ影響を及ぼすことがないことを確認する。また、除塵装置については他に、低耐震クラス（Cクラス）設備であることから津波の原因となる地震による破損の可能性、また津波に伴う漂流物の衝突による破損の可能性が考えられることから、これらの影響についても合わせて確認する。

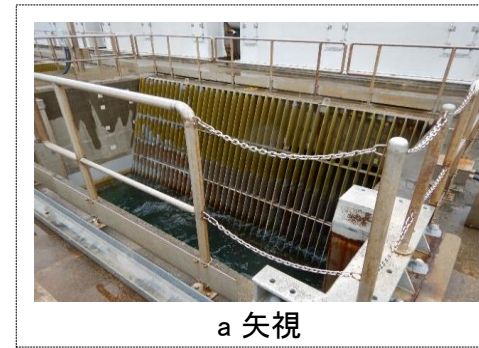
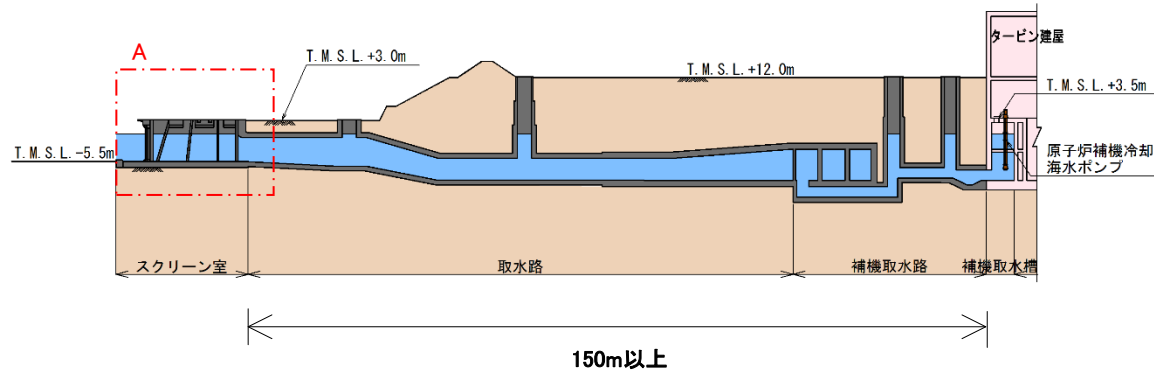
#### (1) 津波による破損に対する評価

##### a. 確認方法

除塵装置の概要は図 3.3-1 に示すとおりであり、バー回転式スクリーン及びトラベリングスクリーンはいずれも多数のバスケットがキャリアチェーンにより接合される構造となっている。このため、入力津波の流速により生じるスクリーン部の水位差（損失水頭）により、キャリアチェーン及びバスケットが破損し、バスケットが分離して漂流物化する可能性について確認する。

確認条件（津波流速）は、図 3.3-2 に示すとおり基準津波の遡上解析により算出した、6号及び7号機の海水貯留堰内（取水口前面）流速の評価結果を踏まえ、0.5m/sとする。

なお、固定式バースクリーンは鋼材を溶接接合した構造となっており、仮に津波により変形するようなことがあっても個々の鋼材が分離し漂流物化する可能性はないと考えられるため、評価の対象は上記の二種類のスクリーンとした。



資料 2-3.3-2

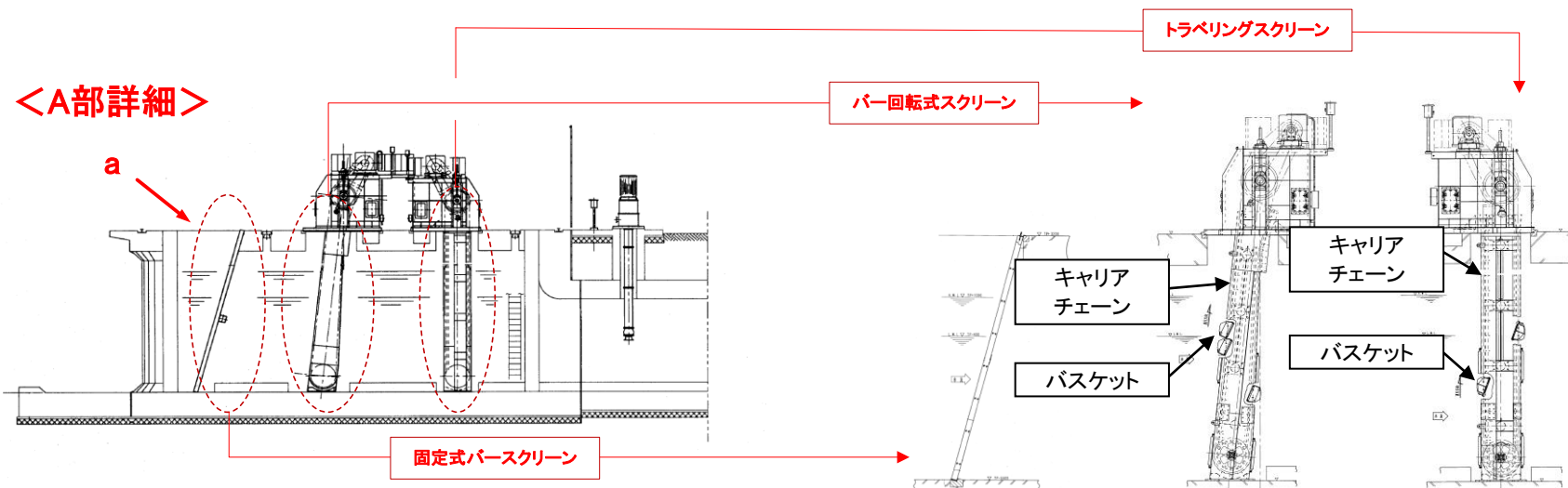


図 3.3-1 除塵装置の概要



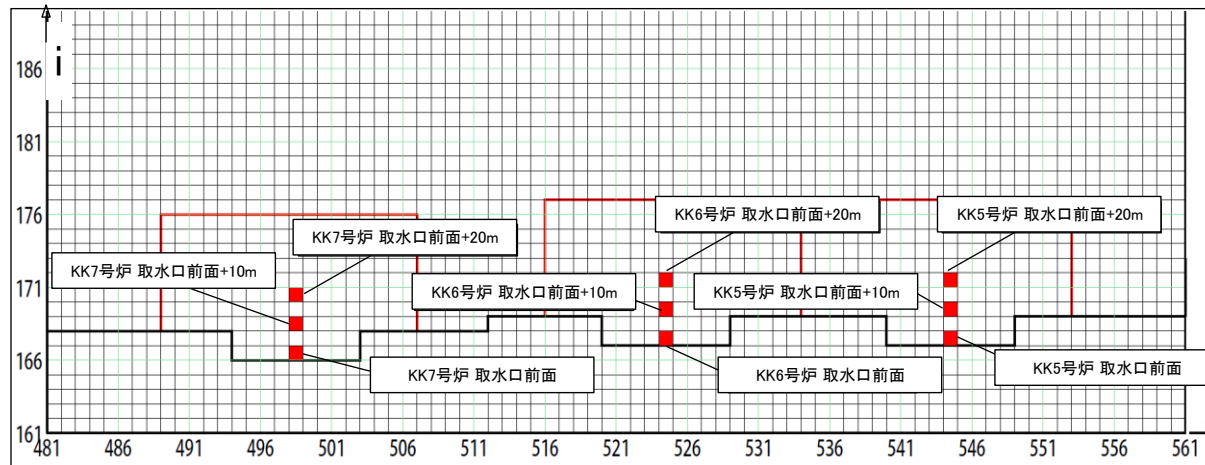
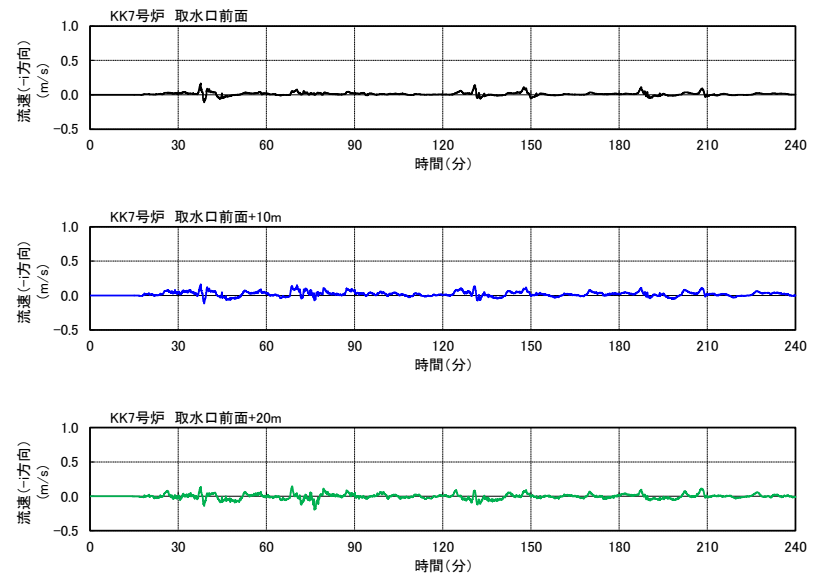
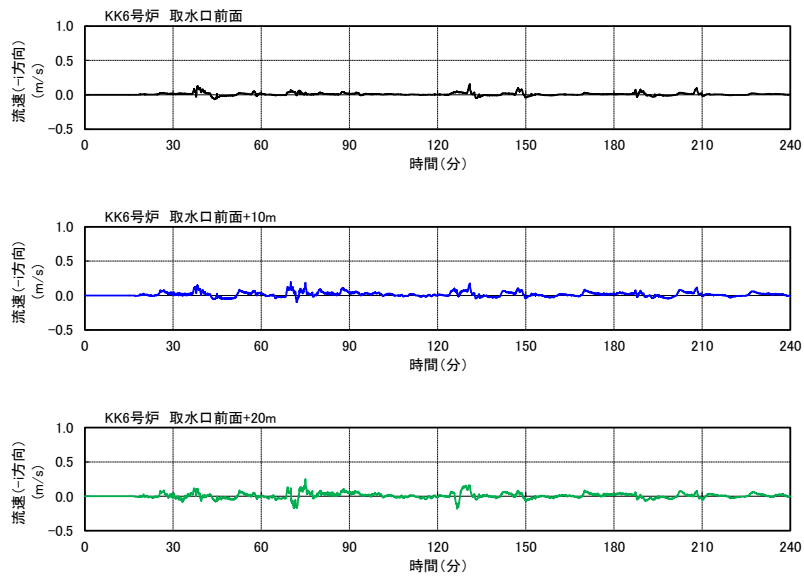


図 3.3-2-1 除塵装置部津波流速 (基準津波 1)

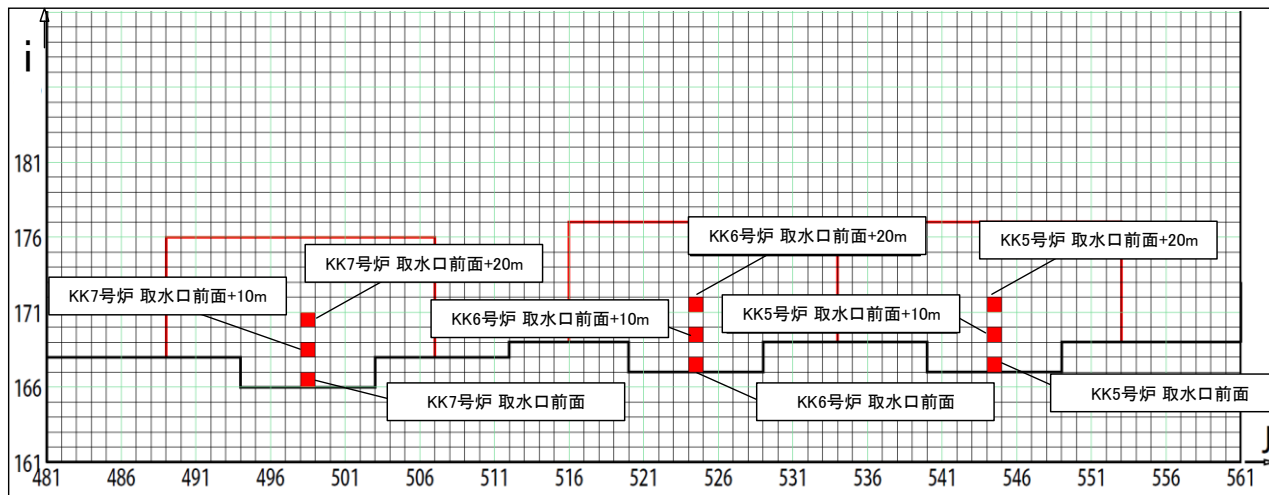
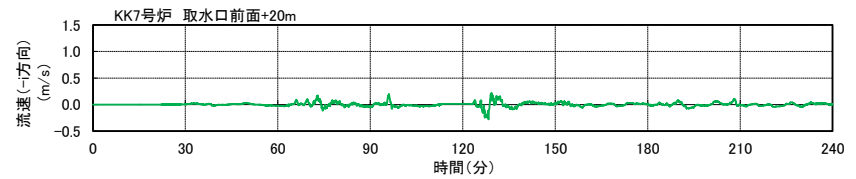
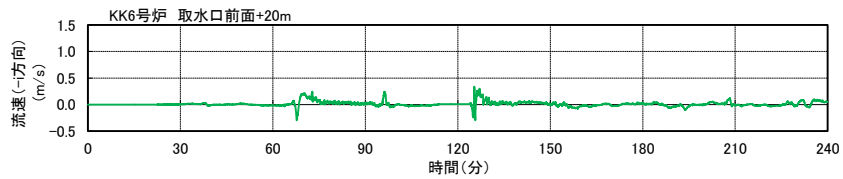
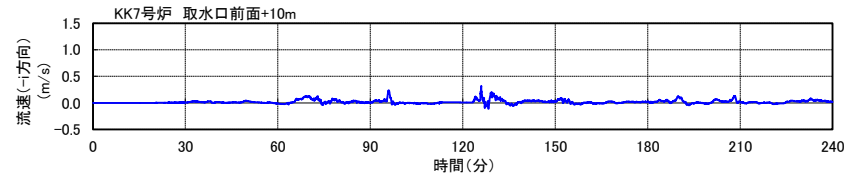
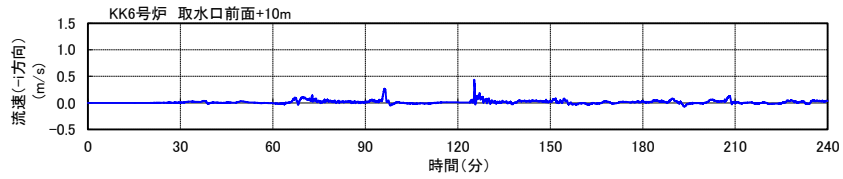
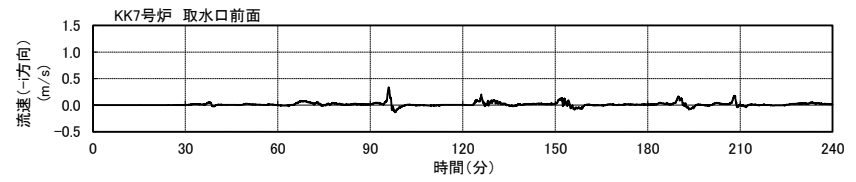
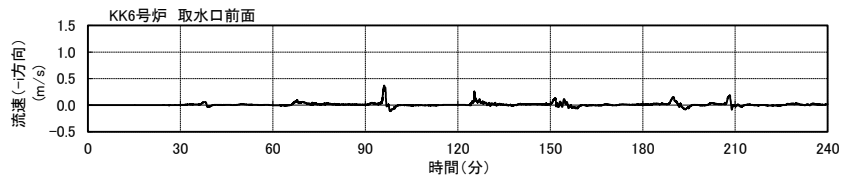


图 3.3-2-2 除塵装置部津波流速 (基準津波 2)

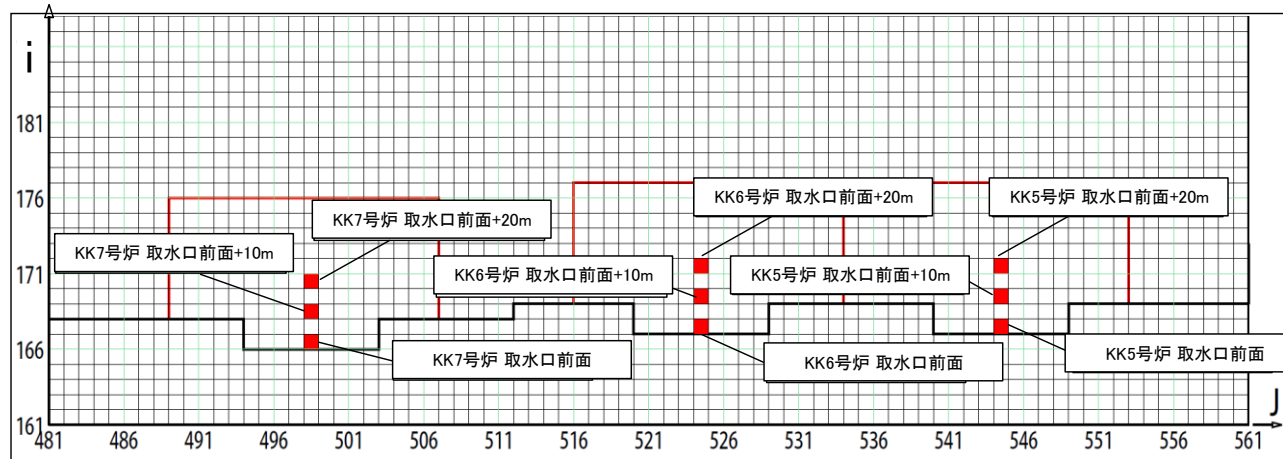
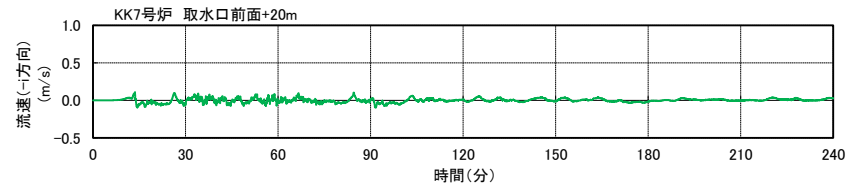
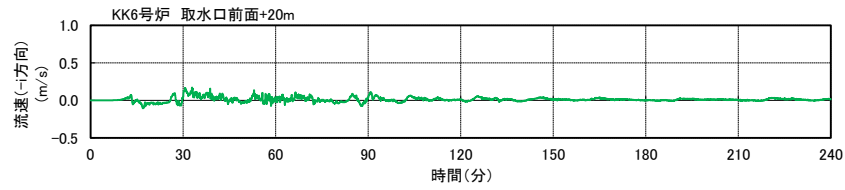
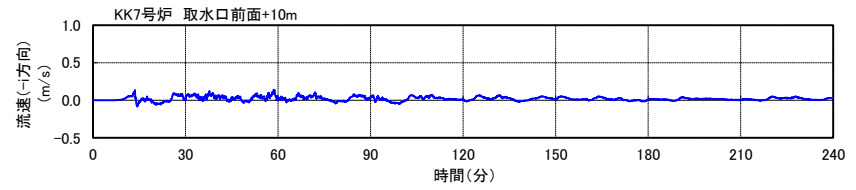
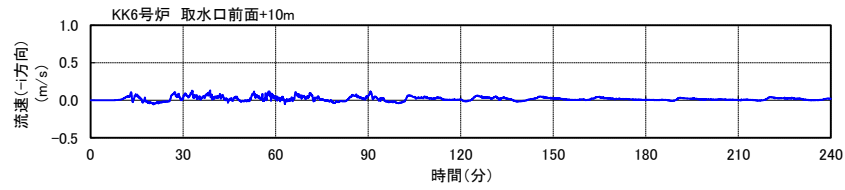
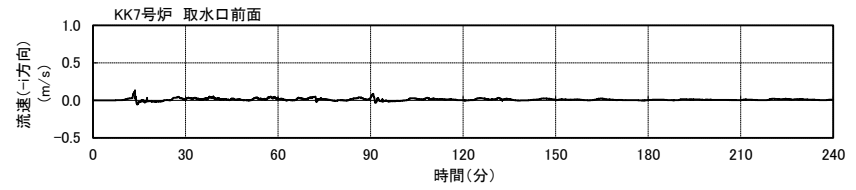
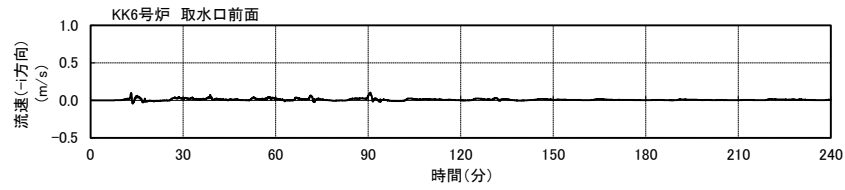


图 3.3-2-3 除塵装置部津波流速 (基準津波 3)

b. 確認結果

スクリーン部の水位差（損失水頭）をそれぞれ図 3.3-3 のとおり算出した。

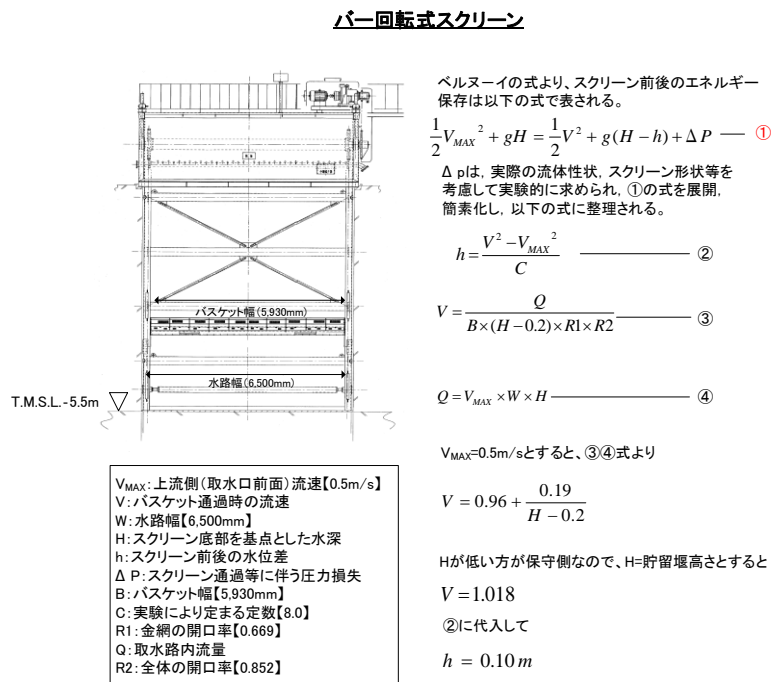
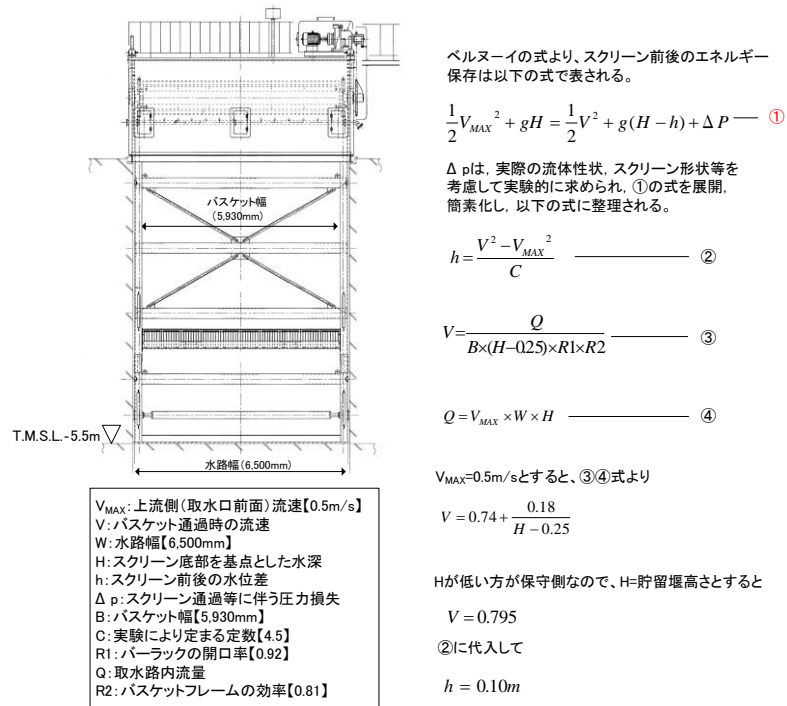


図 3.3-3 津波流速により生じるスクリーン部水位差

これを各部材の設計水位差と比較して示すと表 3.3-1 に示すとおりとなる。

これより、いずれの設備においても確認条件の津波流速 0.5m/s により発生する水位差は設計水位差内であることから、津波により設備が破損し漂流物化することはなく、取水性に影響を及ぼすものでないことを確認した。

表 3.3-1 除塵装置の強度確認結果

設備	部材	設計水位差	流速 0.5m/s 時 の水位差	(参考) 設計水位差における 発生値/許容値
バー回転式 スクリーン	バスケット	2.0m	0.10m	147 N/mm <sup>2</sup> /240 N/mm <sup>2</sup> (発生応力/許容応力)
	キャリア チェーン	1.5m		98.4 kN/588 kN (張力/破壊強度)
トラベリング スクリーン	バスケット	2.0m	0.10m	157 N/mm <sup>2</sup> /240 N/mm <sup>2</sup> (発生応力/許容応力)
	キャリア チェーン	1.5m		94.7 kN/588 kN (張力/破壊強度)

c. 地震、漂流物による破損に対する評価

除塵装置は低耐震クラス（Cクラス）であることから津波の原因となる地震に対して健全性は保証されておらず、また、前項で示したとおり津波時には除塵装置部に総トン数 10t 程度の船舶が漂流物として到達する可能性があるが、この衝突に対しても健全性が保障されているものではない。しかしながら、地震あるいは漂流物の衝突により除塵装置が破損し、変形あるいは分離・脱落し取水路内で堆積した場合でも、除塵装置は本来、通水を前提とした設備であり、主たる構成要素であるバスケットが隙間の多い構造であることから、取水路を閉塞させることはないものと考えられる。

したがって、前項で述べた取水口呑口の断面寸法と非常用海水冷却系に必要な取水路の通水量を考慮すると、除塵装置の変形や分離による堆積により非常用海水冷却系に必要な通水性が損なわれることはないものと考えられる。

また、分離・脱落した構成部材が非常用海水冷却系のポンプ等の機器に影響を与える可能性については、7号機では図 3.3-1 に示したとおり除塵装置と補機冷却用海水取水槽（以下「補機取水槽」という。）との間に約 150m の距離があることから、構成部材は補機取水槽に到達する前に沈降し、ポンプ等の機器に影響を与えることはないものと考えられる。

### 3.4 常用海水ポンプ停止手順について

### 3.4 常用海水ポンプ停止手順について

#### (1) 概要

本資料は、津波による水位低下時の常用海水ポンプの停止手順について説明するものである。

#### (2) 津波による水位低下時の常用海水ポンプの停止に関わる運用

7号機では、大津波警報が発令された場合は、原子炉手動スクラムする運用としている。

また、7号機の取水路は、常用系（循環水系、タービン補機冷却海水系）と非常用系（原子炉補機冷却海水系）が併用され、7号機の取水口前面に非常用取水設備として海水貯留堰を設置している。

このため、津波による水位低下を確認した際には、非常用系の原子炉補機冷却海水ポンプの取水量喪失を防止し、機能を確保するため、「取水槽水位低」警報（7号機 T. M. S. L. -2000mm）にて常用系（循環水系、タービン補機冷却海水系）の海水ポンプ（循環水ポンプ、タービン補機冷却海水ポンプ）を手動停止することとしている。

なお停止する手順の整備については、保安規定に定めて管理する。

運用フローを図 3.4-1 に示す。

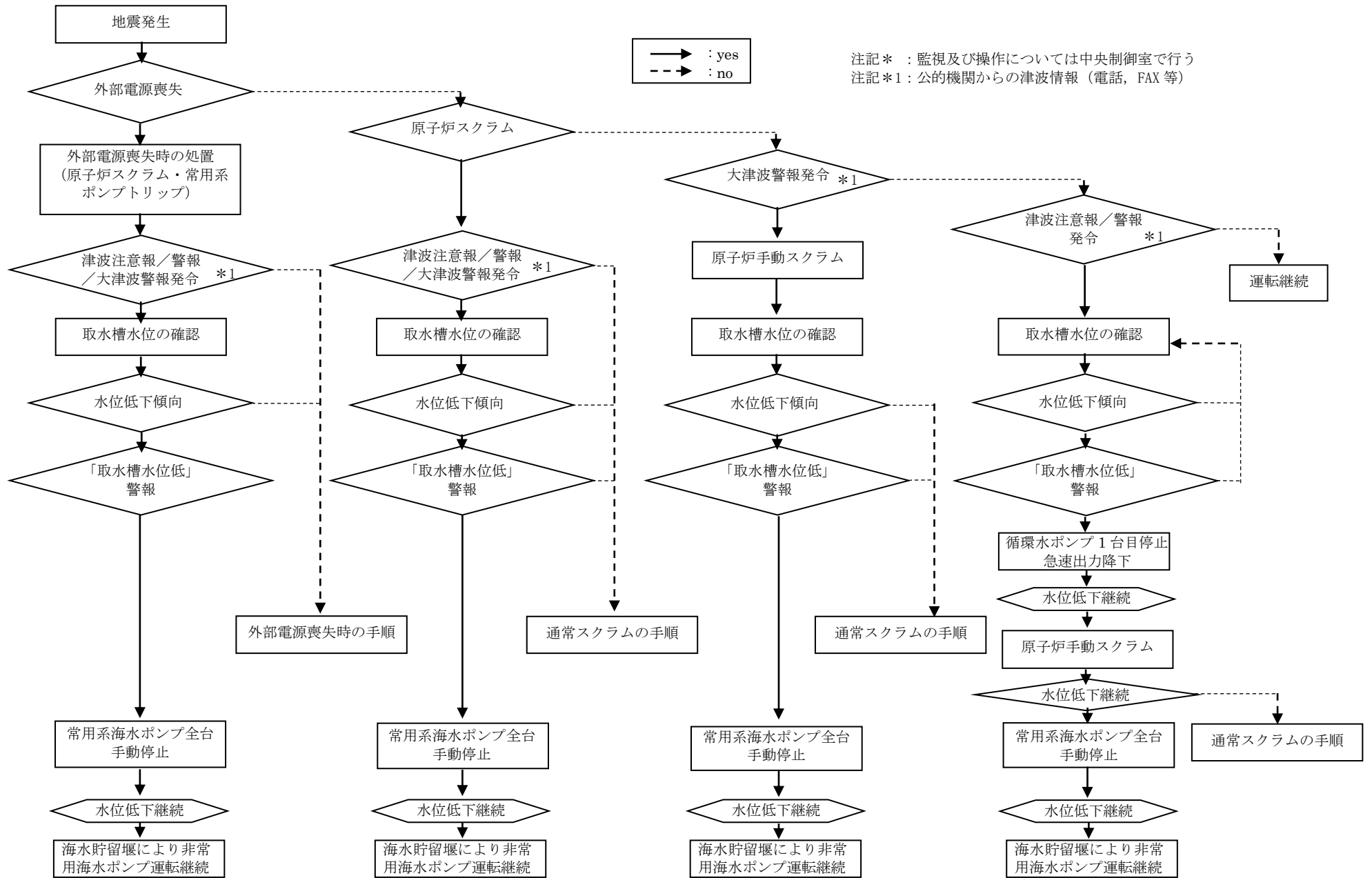


図 3.4-1 津波時の対応フロー



(3) 津波による水位低下時の常用海水ポンプの停止に関わる時系列

下降側の津波である基準津波 2 の襲来時における補機冷却用海水取水槽の水位下降時の常用海水ポンプ停止に関わる時系列を整理した。整理した結果を表 3.4-1 に示す。

表 3.4-1 補機取水槽水位下降時の常用海水ポンプ停止に関わる時系列

経過時間(分)	補機取水槽水位 (T. M. S. L. [mm])		対応
大津波警報	7号機	—	確認：取水槽水位(以降, 連続監視) 操作：原子炉手動スクラム
津波注意報/警報			確認：取水槽水位(以降, 連続監視)
54分	7号機	-2000mm	確認：「取水槽水位低」警報 操作：常用海水ポンプの手動停止
56～63分	7号機	-3500mm 以下	海水貯留堰内の保有水にて原子炉補機冷却海水ポンプ運転継続
63～106分	7号機	-3500mm 以上	海水貯留堰天端標高 (T. M. S. L. -3500mm) 以上に水位回復し, 海水により原子炉補機冷却海水ポンプ運転継続
106～122分	7号機	-3500mm 以下	海水貯留堰内の保有水にて原子炉補機冷却海水ポンプ運転継続
122分以降	7号機	-3500mm 以上	海水貯留堰天端標高 (T. M. S. L. -3500mm) 以上に水位回復し, 海水により原子炉補機冷却海水ポンプ運転継続

常用系の海水ポンプ停止インターロック追設に伴う悪影響について

(1) 概要

非常用海水冷却系の取水性において、耐津波設計に係る工認審査ガイドでは「取水路又は取水ピットが循環水系と非常系で併用される場合においては、循環水系運転継続等による取水量の喪失を防止できる措置が施されていること。」が要求されている。

そのため、津波による水位低下を確認した際には、非常用系の原子炉補機冷却海水ポンプの取水量喪失を防止し、機能を確保するため常用系の海水ポンプを手動停止する運用を基本としている。これに加え、常用系の海水ポンプの停止を確実にを行うため、基準地震動 Ss への耐震性は考慮していないが、自主設備として常用系の海水ポンプ停止インターロックを設置する。インターロックの動作水位は手動停止を行う取水槽水位（7号機 T.M.S.L. -2000mm）から、さらに水位低下した取水槽水位（7号機 T.M.S.L. -3300mm）とする。非常用系の原子炉補機冷却海水ポンプの設計取水可能水位は7号機 T.M.S.L. -4920mm であるため、原子炉補機冷却海水ポンプの運転継続に支障をきたすことはない。

(2) 悪影響について

常用系の海水ポンプ自動停止インターロックを設けるに当たり悪影響がないか確認した。

電氣的悪影響については、常用系電気回路において過電流が発生した場合は電氣的遮断が行われること。また、当該回路と非常用系海水ポンプ動作回路とは別回路の分離構成であり悪影響を及ぼさない。

なお、インターロック動作による循環水ポンプ停止は、主復水器の冷却循環水を停止し、炉心除熱を低下させる方向であるが、これまで設計事象の想定範囲である外部電源喪失（常用系海水ポンプ停止）の過渡事象に包絡され問題がないことを確認している。

インターロック誤動作の観点では、取水槽水位低下検知信号（2 out of 3）と原子炉スクラム信号の and 条件が成立した場合に動作する設計としており、通常運転時に誤動作する可能性は十分に低いと考えられる。