

# 東海第二発電所

## 基準津波を超え敷地に遡上する津波に対する 防護の考え方について

平成28年7月19日  
日本原子力発電株式会社

本資料のうち、☐は商業機密又は核物質防護上の観点から公開できません。

# 目 次

---

1. はじめに
  2. 敷地に遡上する津波に対する防護の考え方
  3. 重大事故等対処設備の津波防護設計
    - (1) 津波防護の設計方針と防護対象施設・設備
    - (2) 防護設計の成立性
  4. 敷地に遡上する津波を起因とする事故シーケンス対応の成立性
    - (1) 敷地に遡上する津波起因の事故シーケンスに対する有効性評価
    - (2) 敷地に遡上する津波時の可搬型重大事故等対処設備のアクセス成立性評価
- 添付1 基準津波を超える津波に対する防護対策の選定
- 添付2 敷地に遡上する津波襲来後の海水取水作業手順

# 1. はじめに

- 東海第二発電所では、基準津波を超え敷地に遡上する津波を起因とする事故シーケンスについて、新たに追加する事故シーケンスグループ「津波浸水による注水機能喪失」として抽出
  - ・ 敷地に遡上する津波を起因とする「津波浸水による注水機能喪失」の事故シーケンスグループは、炉心損傷防止対策（重大事故等対処設備）の有効性評価の対象とする内部事象、地震起因の事故シーケンスと同程度に有意な頻度
- 津波防護設計において想定する津波高さとして、炉心損傷頻度を有意に低減させるため、「防潮堤高さ（T.P.+20m）の1.5倍に当たるT.P.+30m（防潮堤位置）※1, 2」を設定
- 本資料では、東海第二発電所における敷地に遡上する津波に対する防護の考え方、防護設計等についての成立性を説明する

（※1）ここで示す津波高さ（T.P.+30m）は、仮想的に防潮堤位置に無限鉛直壁を設定した場合の最高水位（駆け上がり高さ）であり、防潮堤がない状態の津波高さはT.P.+20m程度である。

（※2）年超過確率 $6.2 \times 10^{-7}$ ／年

項 目	炉心損傷頻度 （全炉心損傷頻度への寄与割合）
津波浸水による注水機能喪失	$3.5 \times 10^{-5}$ ／炉年（約43%）
全炉心損傷頻度 （内部事象、地震及び津波レベル1PRAによる炉心損傷頻度の合計）	$8.1 \times 10^{-5}$ ／炉年

## 2. 敷地に遡上する津波に対する防護の考え方

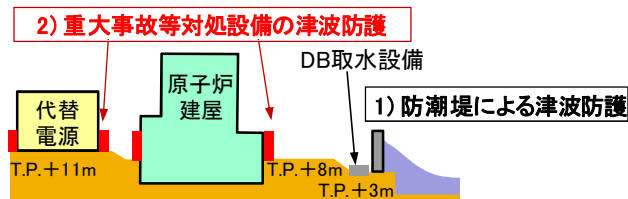
### 津波に対する防護の考え方

- 基準津波を超える津波に対しては、「基準津波に対する防潮堤の設計裕度」及び「設計基準対象施設とは独立した重大事故等対処施設の津波防護」により対応
  - 津波防護対策について、以下の観点から比較検討し、津波防護対策を選定（添付1）
    - ✓ 対策の実現性（対策の確実性、対策の難易度）
    - ✓ 安全設計への影響（設計基準対象施設の信頼性への影響）
    - ✓ 重大事故対応への影響
    - ✓ 対策による炉心損傷頻度低減効果
  - 重大事故等対処設備に対し、津波の発生頻度に応じ独立した多重の津波防護層を構築
    - ✓ 比較的発生頻度の高い津波（次ページの領域①～③）に対しては、独立した多重の津波防護層を維持
    - ✓ 発生頻度の低い津波（領域④）に対しては、設計基準対象施設である防潮堤に過度に依存せず、重大事故等対処設備を内包する施設による津波防護を実施

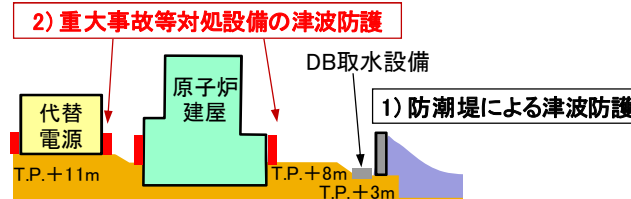
## 2. 敷地に遡上する津波に対する防護の考え方

領域	津波高さ (防潮堤位置での無限鉛 直壁遡上高さ)	有効な津波防護層			
		設計基準事故対処設備(DB)	重大事故等対処設備(SA)	層の多重性	
				DB	SA
①	～T.P.+17.2m (基準津波)	1)防潮堤による津波防護	1)防潮堤による津波防護 2)重大事故等対処設備の津波防護	○	◎
②	～T.P.+20m (防潮堤高さ)	1)防潮堤による津波防護	1)防潮堤による津波防護 2)重大事故等対処設備の津波防護	○	◎
③	～T.P.+約24m (敷地浸水;～T.P.+8m)	— (但し, 原子炉建屋内の設備は健全)	1)防潮堤による津波防護 2)重大事故等対処設備の津波防護	×	◎
④	～T.P.+約30m (敷地浸水;T.P.+8m超)	— (但し, 原子炉建屋内の設備は健全)	2)重大事故等対処設備の津波防護	×	○

【領域①】 ～T.P. +17.2m (年超過確率  $8 \times 10^{-5}$  /年)



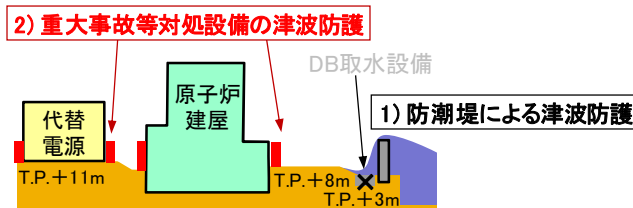
【領域②】 ～T.P. +20m (年超過確率  $3 \times 10^{-5}$  /年)



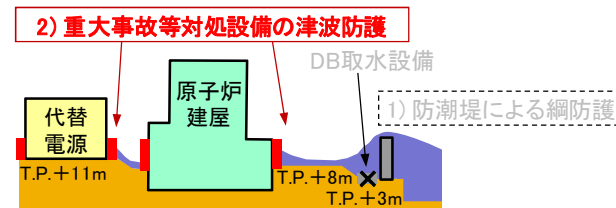
凡例

◎; 2層維持  
○; 1層維持  
×; 喪失

【領域③】 ～T.P. +約24m (年超過確率  $6 \times 10^{-6}$  /年)



【領域④】 ～T.P. +約30m (年超過確率  $6 \times 10^{-7}$  /年)

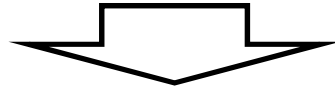


- 基準津波からT.P.+30m津波までの約60%の領域において, 防潮堤の設計裕度により事故シーケンスの発生を防止 (領域①, ②;  $8 \times 10^{-5} \sim 3 \times 10^{-5}$  /年)
- 基準津波からT.P.+30m津波までの約40%の領域において, 重大事故等対処設備により事故の影響を緩和 (領域③, ④;  $3 \times 10^{-5} \sim 6 \times 10^{-7}$  /年)

## 2. 敷地に遡上する津波に対する防護の考え方

### 敷地に遡上する津波を起因とする事故シーケンスに対する基本戦略

- (1) 事故後短期は、海水による最終ヒートシンク機能に依存しない常設重大事故等対処設備により対応
- (2) 事故後中長期は、「可搬型重大事故等対処設備を用いた海水による最終ヒートシンク機能の復旧」と「海水による最終ヒートシンク機能に依存しない常設重大事故等対処設備による継続的対応」により手段を多様化



- ① 常設重大事故等対処設備は、短期～中長期対応が可能となるよう必要な対策と資源を確保
- ② 可搬型重大事故等対処設備は、時間余裕のある最終ヒートシンクの復旧に対してのみ期待

### 基本戦略を踏まえた設計上の考慮

- ① 常設重大事故等対処設備による短期～中長期対応に必要な対策と資源の確保
  - a. 常設重大事故等対処設備を内包する施設等により津波から防護
  - b. 常設代替高圧電源装置への燃料供給を自動化し、7日間以上の燃料貯蔵量を確保
  - c. 常設重大事故等対処設備の水源タンクを大型化し、7日間以上の水量を確保
- ② 可搬型重大事故等対処設備による対応手段のための効率的なアクセスルート復旧対策
  - a. 敷地浸水後の早期排水を考慮した、防潮堤フラップゲートの排水能力の確保
  - b. 復旧作業の早期開始のため、T.P.+8mに複数の取水箇所及びアクセスルートを設定
  - c. アクセス性を阻害する可能性のある敷地内設備の漂流防止
  - d. 牽引力等に余裕のある大型重機の配備

### 3. 重大事故等対処設備の津波防護設計

#### (1) 津波防護の設計方針と防護対象施設・設備

##### 防護対象設備の選定と敷地に遡上する津波に対する防護の方法

- 敷地に遡上する津波を起因とする事故シーケンス対応に必要な設備を下表のとおり選定
- 原子炉建屋を主として建屋外壁で津波から防護することで、下表に加え安全機能を有する建屋内の設備を可能な限り防護し、対応の多重性・多様性を確保

必要な安全機能	主な防護対象設備と防護方法			
	常設SA設備	防護方法	可搬型SA設備	防護方法
原子炉注水	<ul style="list-style-type: none"> <li>・原子炉隔離時冷却系</li> <li>・逃がし安全弁</li> <li>・低圧代替注水系(常設)※</li> <li>・高圧代替注水系</li> <li>・低圧炉心スプレイ系</li> <li>・低圧注水系</li> </ul>	原子炉建屋内 同上 地下設置 原子炉建屋内 同上 同上	—	—
格納容器注水／除熱	<ul style="list-style-type: none"> <li>・代替格納容器スプレイ冷却系(常設)※</li> <li>・格納容器下部注水系(常設)※</li> <li>・格納容器圧力逃がし装置</li> <li>・耐圧強化ベント系</li> <li>・残留熱除去系</li> <li>・代替循環冷却系</li> </ul>	地下設置 同上 原子炉建屋内 高所/原子炉建屋内 原子炉建屋内 同上	・代替残留熱除去系海水系 (接続口及びSA用海水ピットを含む)	高所/防護施設内 (地下設置)
SFP注水／除熱	<ul style="list-style-type: none"> <li>・代替燃料プール注水系(常設)※</li> <li>・代替燃料プール冷却系</li> <li>・原子炉建屋ベント系</li> <li>・残留熱除去系</li> </ul>	地下設置 原子炉建屋内 高所設置 原子炉建屋内	・代替残留熱除去系海水系 (接続口及びSA用海水ピットを含む)	高所/防護施設内 (地下設置)
電源	<ul style="list-style-type: none"> <li>・常設代替交流電源設備※</li> <li>・常設代替直流電源設備※</li> </ul>	防護壁及び地下設置	—	—
水源	<ul style="list-style-type: none"> <li>・代替淡水貯槽</li> <li>・サプレッション・プール</li> </ul>	地下設置 原子炉建屋内	—	—

※ 設備の一部は原子炉建屋内にも設置する。



### 3. 重大事故等対処設備の津波防護設計

#### (1) 津波防護の設計方針と防護対象施設・設備

- 安全機能を有する防護対象設備は、以下の設計方針にて防護を実施
  - 敷地に遡上する津波の影響を受けない高所又は地下に設置
  - 敷地に遡上する津波の影響を地上で受ける設備は、その影響を考慮した設計
    - ・津波波力及び漂流物衝突荷重を考慮
    - ・波及的影響防止措置を考慮

	考慮すべき事項	設計方針	具体的対策
防護対象設備	津波波力	・建物は進行波の水深に対し、3倍の静水圧相当を考慮	<b>【地上設置の設備】</b> ①原子炉建屋 建屋壁及び水密扉の補強 ②常設代替交流電源設備・常設代替直流電源設備 新設重大事故等対処設備の津波防護壁の設置 ③格納容器圧力逃がし装置 屋外設備への防護柵の設置  <b>【地下設置の設備】</b> ④SA用海水ピット ⑤代替淡水貯槽 ⑥可搬型設備接続口   を地下に設置
	漂流物の衝突	・漂流物 浚渫台船44tを想定 (漂流物の調査結果に基づき、最も影響の大きいものを選定)	
波及的影響を与える設備	倒壊による防護対象施設への影響	・波力、漂流物の衝突に対しても倒壊しない設計	⑦排気筒 津波波力及び漂流物の衝突を評価し、各構造部材の健全性を確認
	タンクの漂流防止	・漂流物とならない設計	⑧大型屋外タンク 追設アンカーにより固定

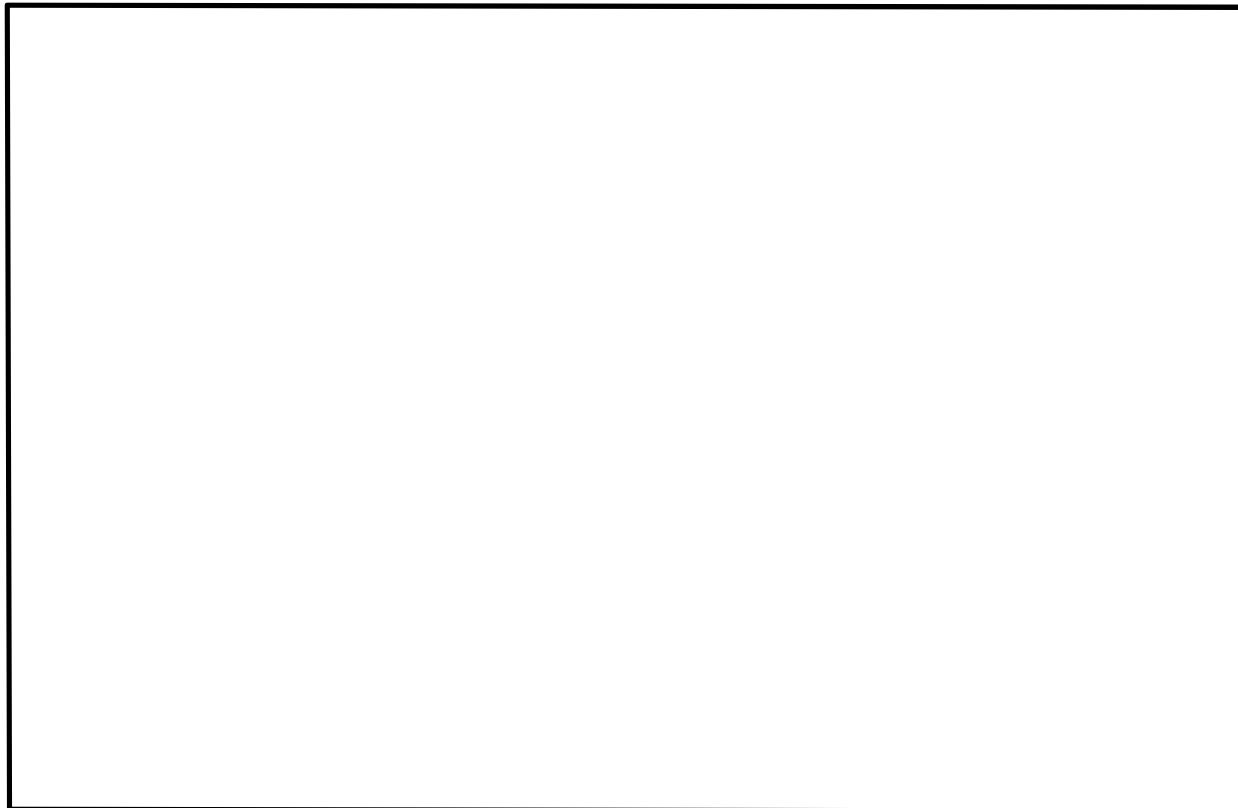


### 3. 重大事故等対処設備の津波防護設計

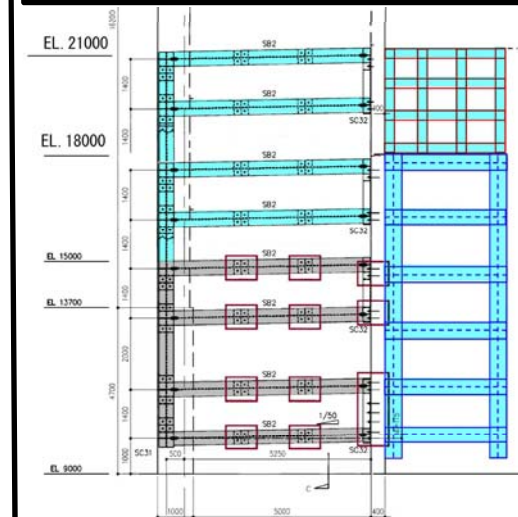
#### (2) 津波防護設計の成立性 ①原子炉建屋(1/2)

- 敷地に遡上する津波対策として, 原子炉建屋の T.P.+21m まで対策を実施
  - ・波力, 漂流物に対し, H鋼による壁構造の強化
  - ・浸水に対し, 開口部等の水密化による対策

＜外壁補強対策図＞



原子炉建屋浸水対策図



- : 壁の補強用H鋼【既設】
- : 壁の追加補強用H鋼【追設】

### 3. 重大事故等対処設備の津波防護設計

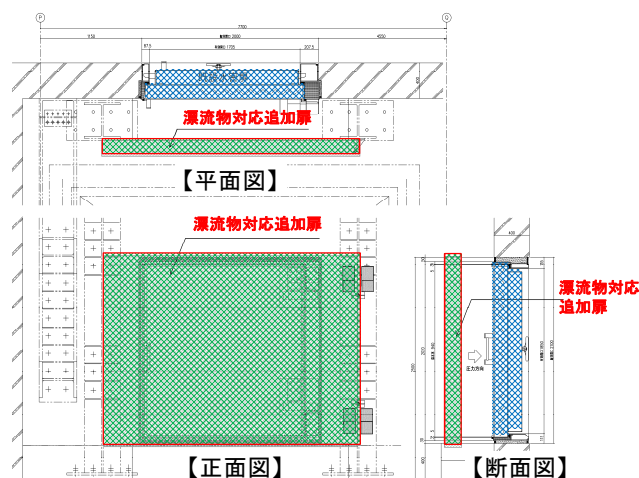
#### (2) 津波防護設計の成立性 ①原子炉建屋(2/2)

- ・敷地に遡上する津波対策として、水密扉の追加設置及び貫通部の止水対策を実施
- ・既設水密扉については、津波波力及び漂流物対策として補強を実施

##### <水密扉の設置例>

水密扉① 概要図	
設置高さ	T. P. +9m 想定する進行波の水深 6m(T. P. +15m)
耐圧性能	静水圧 18m

水密扉② 概要図	
設置高さ	T. P. +8m 想定する進行波の水深 7m(T. P. +15m)
耐圧性能	静水圧 21m

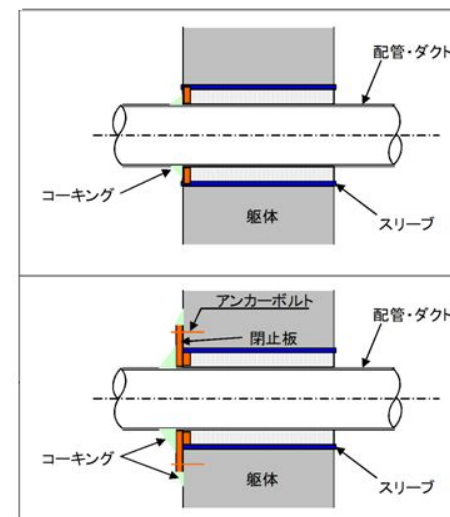


##### <水密扉① 補強対策図>

- ・壁の強化及び水密化の構造成立性を確認

##### <貫通部止水対策>

貫通部については、一律耐水圧30m対応  
(想定する最大浸水深は原子炉建屋B2FLで25m)  
追加範囲については同様の条件にて止水対策を実施



原子炉建屋1階 水密扉配置箇所

■: 水密扉対象箇所

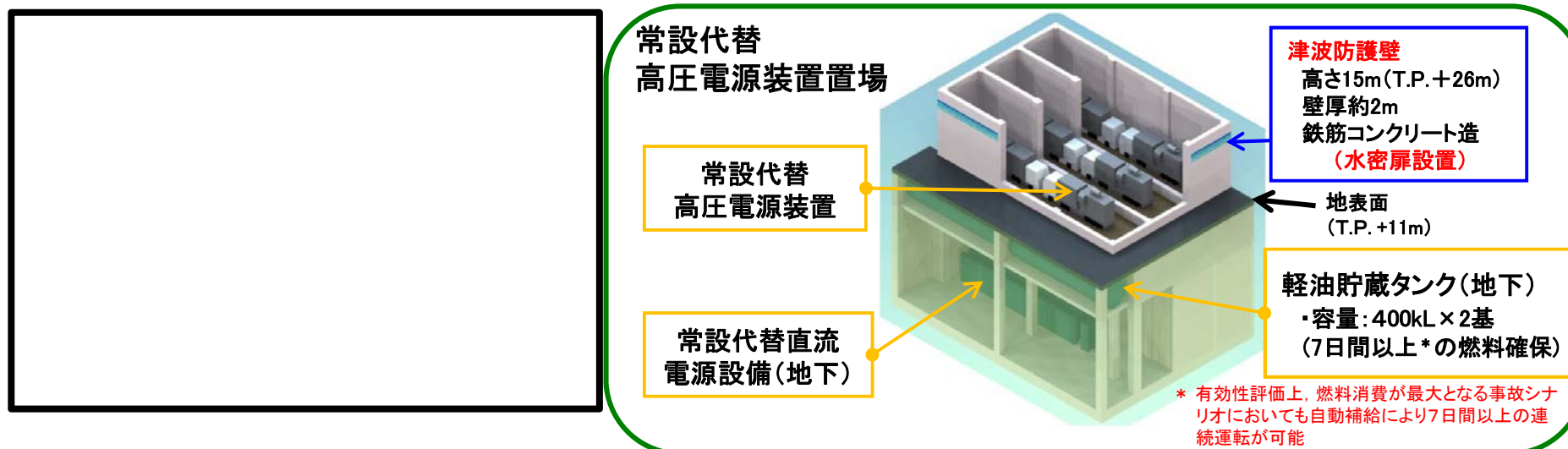
### 3. 重大事故等対処設備の津波防護設計

#### (2) 津波防護設計の成立性 ②常設代替交流電源設備・常設代替直流電源設備

- 敷地に遡上する津波対策として、常設代替高圧電源装置に高さ15m (T.P.+26m) の津波防護壁を設置

※ 原子炉建屋の壁厚約1.5mと同等以上の約2mとする計画。

- ・ 津波防護壁は、波力、漂流物に対し健全性を確保できる壁厚※を確保
- ・ 軽油貯蔵タンク及び常設代替直流電源設備は、波力等の影響を受けない地下に設置



#### <配置の考え方>

- ・ 常設重大事故等対処設備として、設計基準事故対処設備である非常用ディーゼル発電機、可搬型重大事故等対処設備である可搬型代替低圧電源車から100m以上の離隔を確保が必要。(地下には、24時間必要な負荷に給電できる容量の蓄電池を設置するため、電圧降下の観点からは原子炉建屋近傍への配置が必要)
- ・ 可搬型設備の保管場所は、津波影響のない高所に配置する予定だが、同様に常設代替交流電源設備を高台に配置すると、常設代替高圧電源装置、可搬型代替低圧電源車、送電鉄塔(送電線含む)が近接し、航空機衝突により、これらが同時に機能喪失する可能性が増加。

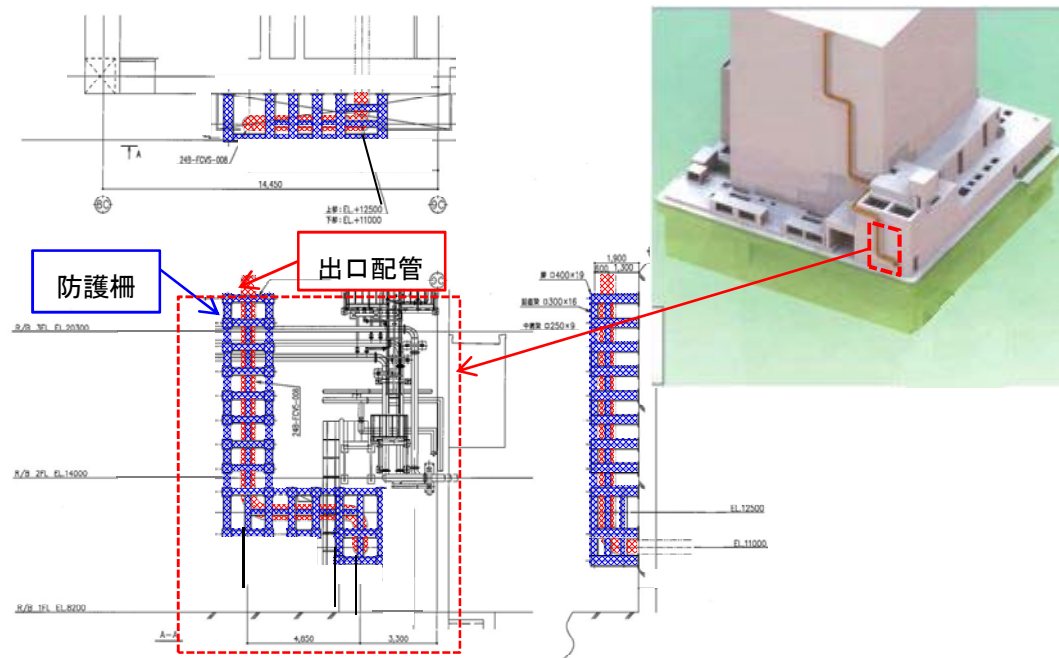
- ・ 津波防護壁の構造成立性を確認

### 3. 重大事故等対処設備の津波防護設計

#### (2) 津波防護設計の成立性 ③格納容器圧力逃がし装置

➤ 敷地に遡上する津波対策として、原子炉建屋外壁に敷設する格納容器圧力逃がし装置（フィルタベント）出口配管には、津波漂流物からの防護対策を実施

- ・防護柵の設置 (T.P.+21m までの範囲)
- ・防護柵は角型鋼管にて十分な強度を確保
- ・フィルタベント出口配管に、直接漂流物が衝突しないように配管軸に沿って角型鋼板を設置



#### ＜配置の考え方＞

- ・フィルタベント格納槽の出口配管は、非常用ガス処理系(耐圧強化ベント)配管が敷設されている排気筒との同時損傷の可能性を低減させるため、排気筒が設置されている方向とは、90°異なる原子炉建屋南側壁面に沿って敷設

- ・津波防護柵の構造成立性を確認

### 3. 重大事故等対処設備の津波防護設計

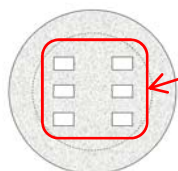
#### (2) 津波防護設計の成立性 ④SA用海水ピット

➤敷地に遡上する津波対策として、SA用海水ピット、引込管及び取水塔は、津波波力及び漂流物から防護するため地下に設置



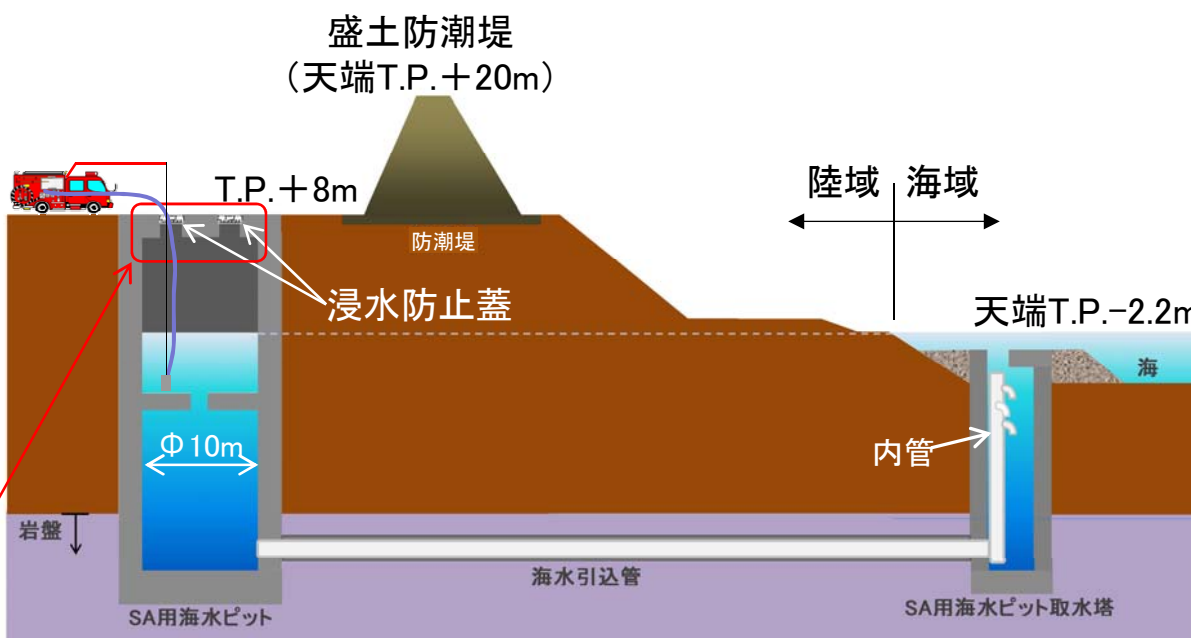
【配置計画図】

可搬型水中ポンプ  
投入用開口部



浸水防止蓋  
6個

(SA用海水ピット上部平面図)



【取水塔～SA用海水ピット断面図】

海砂の巻き込み抑制のため  
内管を設置

＜配置の考え方＞

- ・敷地浸水後の排水等を考慮して、T.P.+8mに取水箇所を設置
- ・地盤の条件のよい場所に配置

・SA用海水ピット、引込管及び取水塔の構造成立性を確認

### 3. 重大事故等対処設備の津波防護設計

#### (2) 津波防護設計の成立性 ⑤代替淡水貯槽

➤敷地に遡上する津波対策として、重大事故等の収束に必要な水の供給設備を、津波波力及び漂流物から防護するため地下に設置

##### 【設備仕様】

・有効貯水容量：4,300m<sup>3</sup>

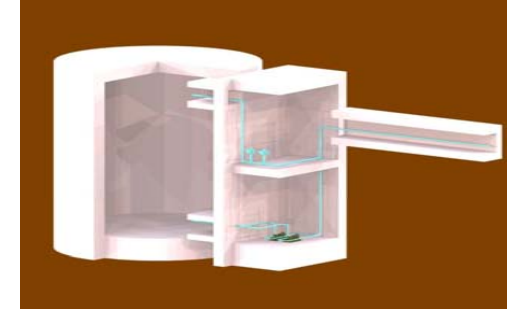
(7日間以上の原子炉注水及び使用済燃料プール注水に必要な容量を確保)

・鉄筋コンクリート造

##### <参考>

復水貯蔵タンク

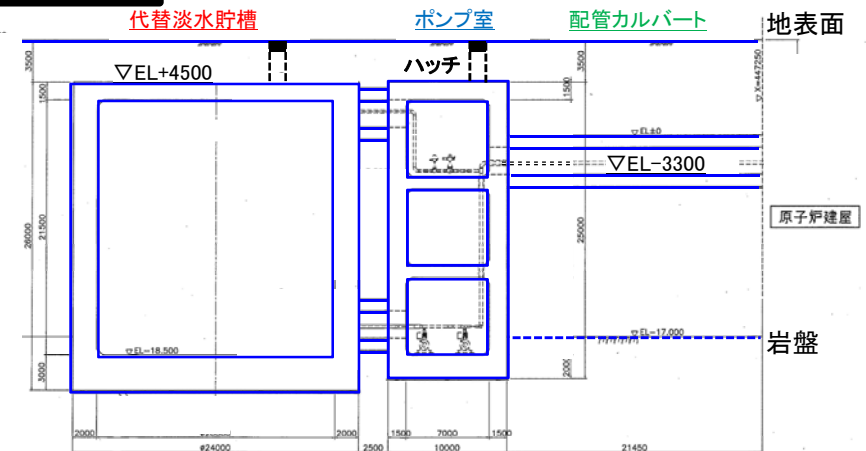
有効保有水量：約1200 m<sup>3</sup> (約600 m<sup>3</sup>/基×2基)



##### <配置の考え方>

- ・常設低圧代替注水系として原子炉建屋近傍への配置
- ・敷地に遡上する津波等からの防護のため地下に配置
- ・岩盤が比較的浅く、地盤の条件のよい場所

以上より、原子炉建屋機器搬入口前のエリアが最適と評価



【断面図】

・代替淡水貯槽の構造成立性を確認

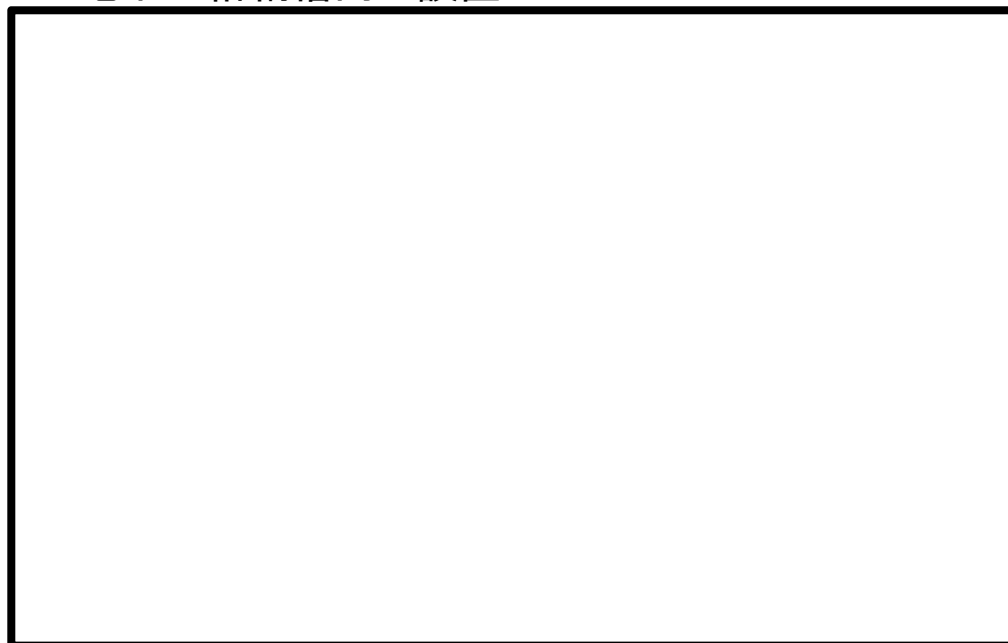




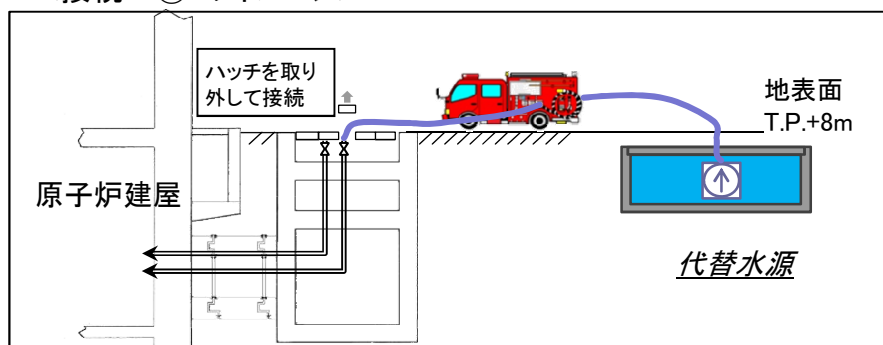
### 3. 重大事故等対処設備の津波防護設計

#### (2) 津波防護設計の成立性 ⑥可搬型設備接続口

- 敷地に遡上する津波対策として、可搬型設備の接続口は、津波波力及び漂流物から防護するため地下の格納槽内に設置



＜接続口② のイメージ＞



#### ＜配置の考え方＞

- ・接続口は、共通要因によって接続できなくなることを防止するため、建屋の異なる面の隣接しない位置又は屋外に適切な離隔距離をもって複数箇所設置

場所	種類・用途
接続口①	<div>                     低圧代替注水系(可搬型)                      代替格納容器スプレイ冷却系(可搬型)                      格納容器下部注水系(可搬型)                      代替燃料プール注水系(可搬型)                      格納容器頂部注水系(可搬型)                 </div> 兼用
	代替燃料プール冷却系(冷却用海水系)
	格納容器窒素供給系 (格納容器圧力逃がし装置用)
	可搬型代替低圧電源車
	可搬型整流器
接続口②	<div>                     低圧代替注水系(可搬型)                      代替格納容器スプレイ冷却系(可搬型)                      格納容器下部注水系(可搬型)                      代替燃料プール注水系(可搬型)                      格納容器頂部注水系(可搬型)                 </div> 兼用
	代替燃料プール冷却系(冷却用海水系)
	代替残留熱除去系海水系
	格納容器窒素供給系 (格納容器圧力逃がし装置用)
	可搬型代替低圧電源車
接続口③	可搬型整流器
	代替残留熱除去系海水系



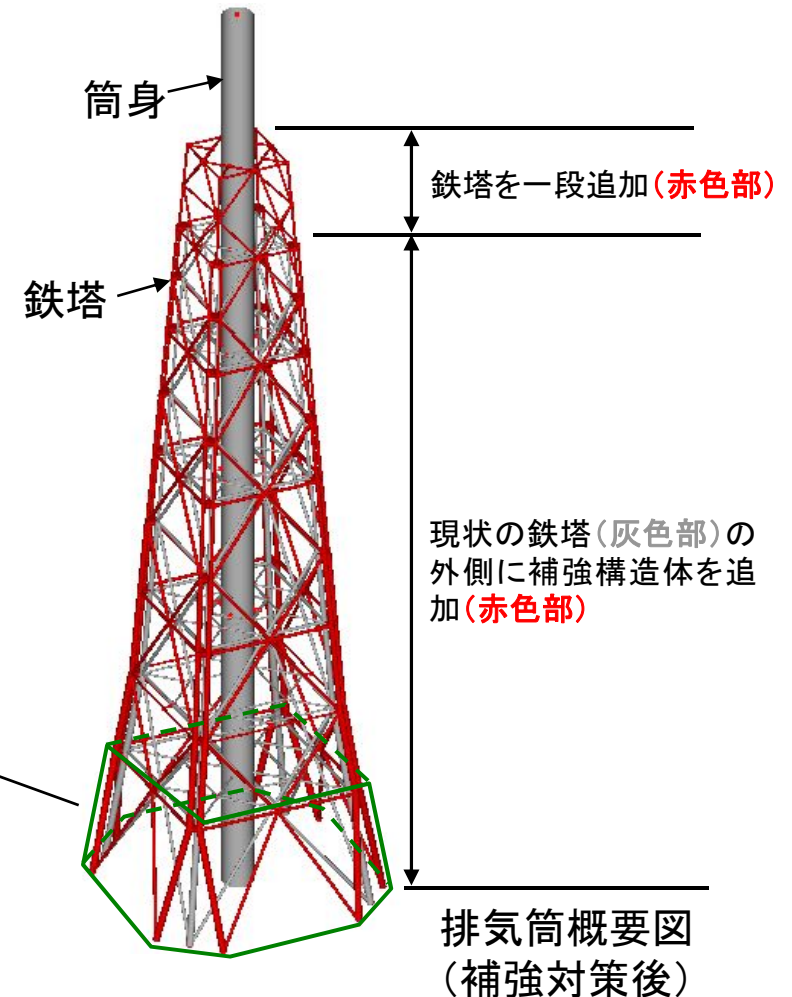
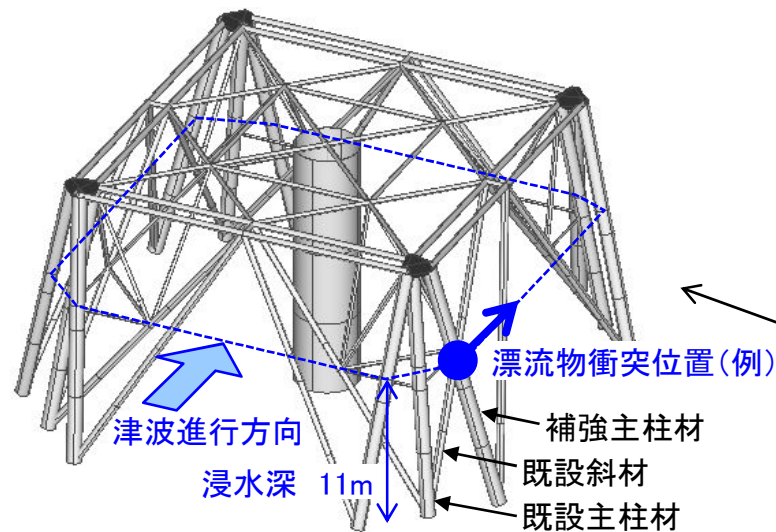
### 3. 重大事故等対処設備の津波防護設計

#### (2) 津波防護設計の成立性 ⑦排気筒(波及的影響防止)

- 敷地に遡上する津波による波力及び漂流物の衝突を評価した結果、排気筒の各構造部材は許容応力内に収まり、排気筒は倒壊しないことを確認
- ・敷地遡上解析に基づき、排気筒各構造部材への津波波力の作用及び漂流物の衝突をモデル化し、健全性を評価

排気筒評価結果(例)

評価部位	応力度 (N/mm <sup>2</sup> )		材料強度 (N/mm <sup>2</sup> )		判 定
	圧縮 $\sigma_c$	曲げ $\sigma_b$	圧縮 $f_c$	曲げ $f_b$	
既設斜材	94	81	225	258	$0.74 \leq 1.00$ (OK)
既設主柱材	29	73	252	258	$0.40 \leq 1.00$ (OK)
補強主柱材	20	60	358	413	$0.21 \leq 1.00$ (OK)



- ・排気筒が倒壊せず、波及的影響を与えないことを確認

### 3. 重大事故等対処設備の津波防護設計

#### (2) 津波防護設計の成立性 ⑧屋外タンク(波及的影響防止)

➤ 敷地に遡上する津波により大型タンクが漂流しないよう追設アンカーによる固定

- ・ 漂流防止対策

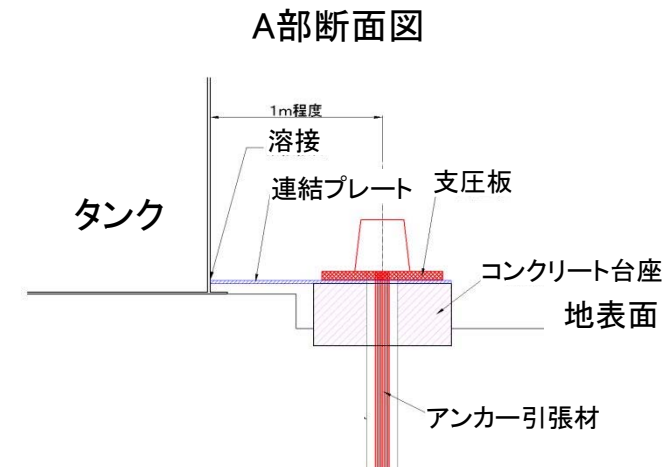
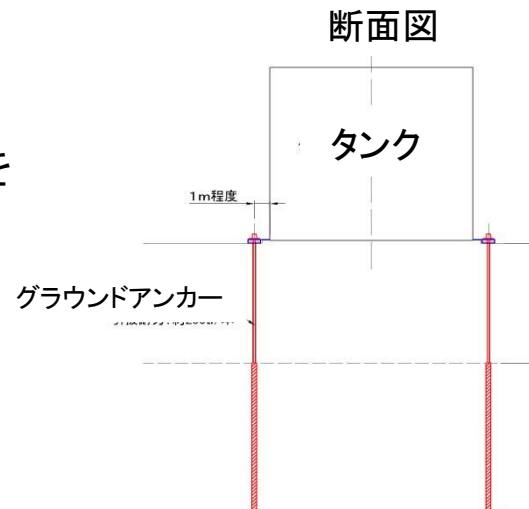
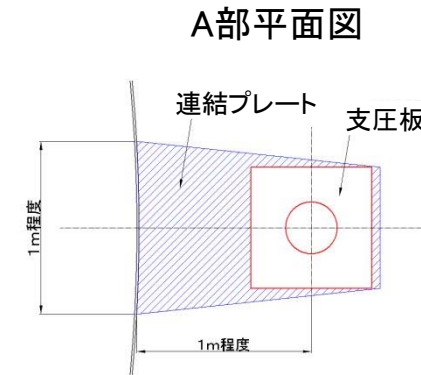
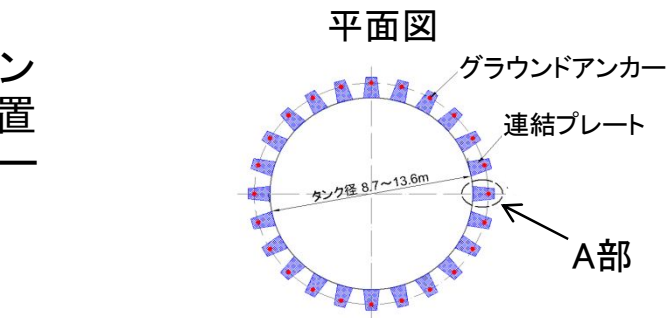
タンク周囲にグラウンドアンカーを設置し、タンクに設置する連結プレートとアンカーとを連結

- ・ 設計条件

波力等による損壊, 浮力等を考慮

- ・ アクセスルートを阻害する可能性がある大型タンクを対象

多目的タンク  
原水タンク  
ろ過水貯蔵タンク  
純水貯蔵タンク  
600t純水タンク

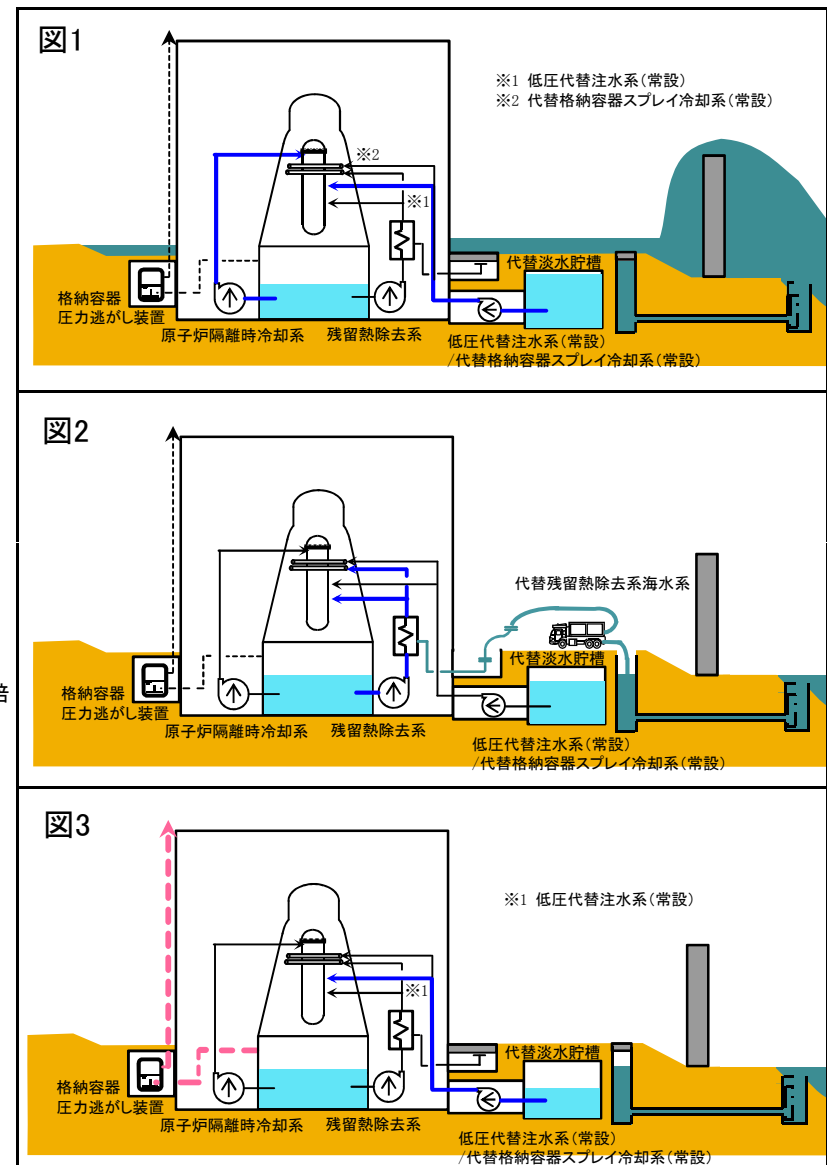
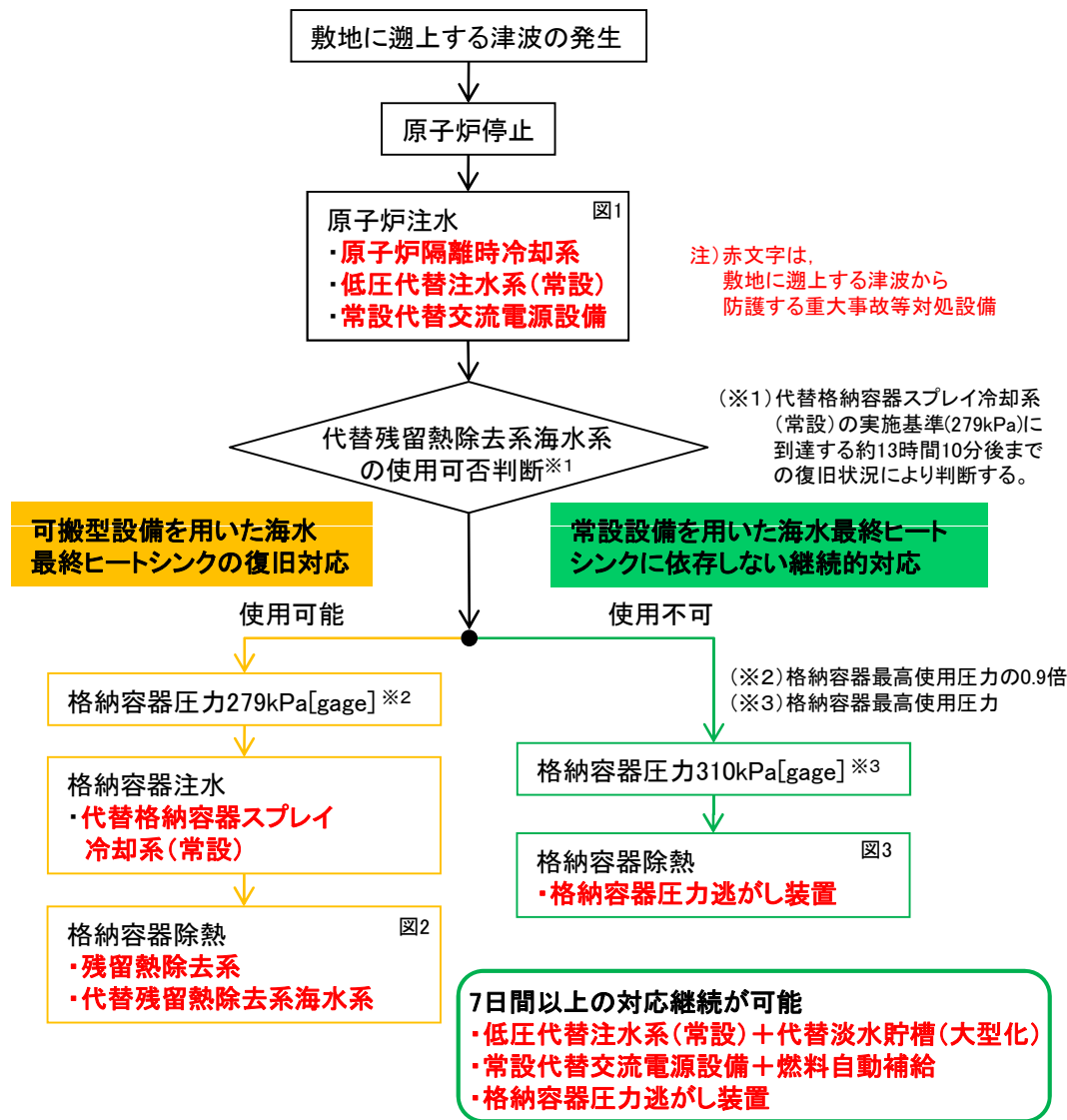


・ 大型タンクが漂流せず, 波及的影響を与えないことを確認

## 4. 敷地に遡上する津波を起因とする事故シーケンス対応の成立性

### (1) 敷地に遡上する津波起因の事故シーケンスに対する有効性評価

#### 敷地に遡上する津波の対応フロー



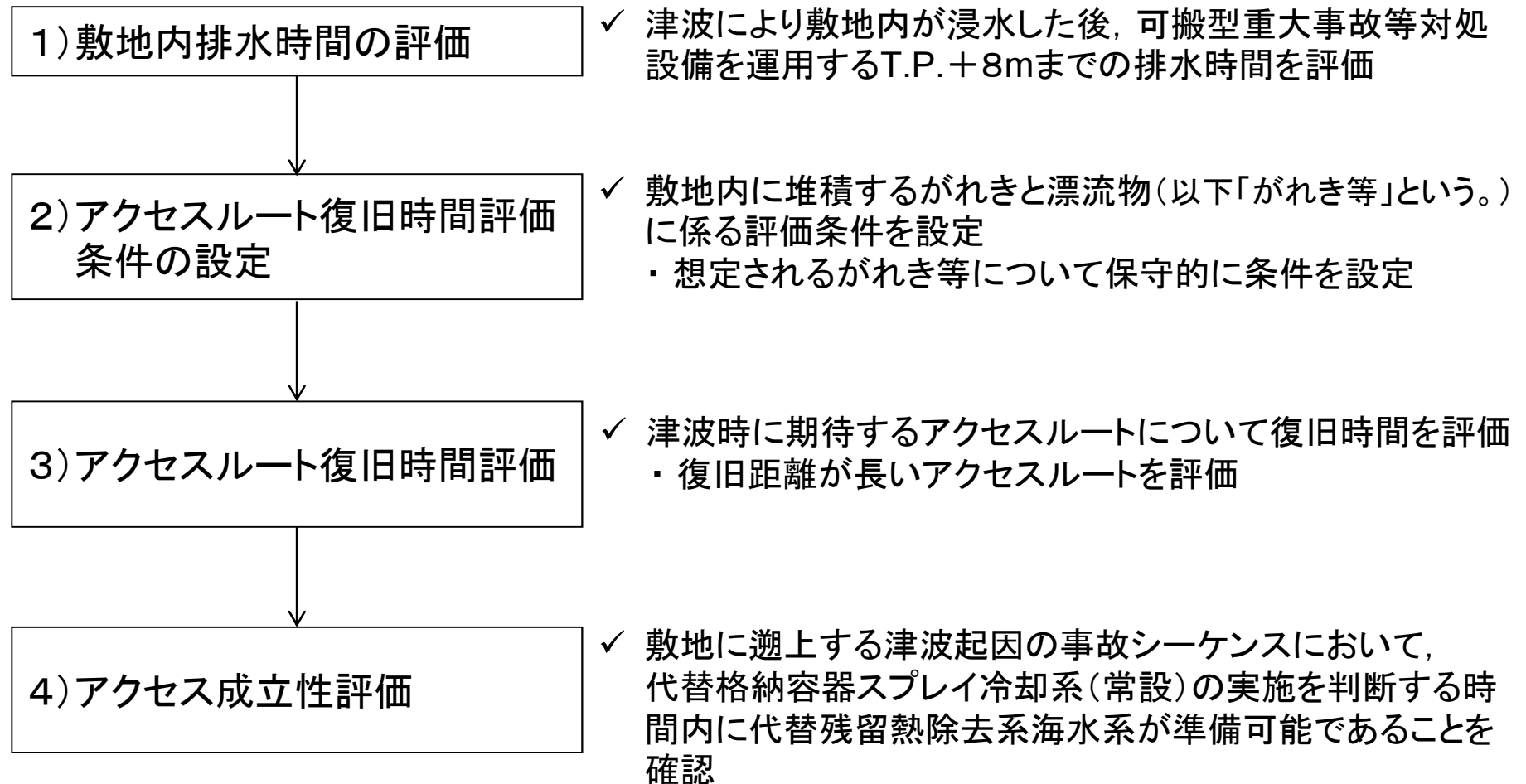
## 4. 敷地に遡上する津波を起因とする事故シーケンス対応の成立性

### (2) 敷地に遡上する津波時の可搬型重大事故等対処設備のアクセス成立性評価

#### ➤ アクセス成立性評価の内容

以下のフローでアクセス成立性の評価を実施

##### 【評価フロー】



## 4. 敷地に遡上する津波を起因とする事故シーケンス対応の成立性

### (2) 敷地に遡上する津波時の可搬型重大事故等対処設備のアクセス成立性評価

#### 1) 敷地内排水時間の評価: 約4時間40分

- ✓ 津波の襲来後, 防潮堤の天端高さ(T.P.+18m)まで防潮堤内全域が浸水
- ✓ 以下の保守的な条件で評価
  - ・ 防潮堤が健全な状態でフラップゲートによりT.P.+8mまで排水できる時間とし, 一般排水路からの排水は考慮せず
  - ・ 防潮堤内の滞留水は原子炉建屋を含む敷地内の建屋がないものとして保守的な水量を想定

#### 2) アクセスルート復旧時間評価条件の設定

評価項目		評価条件	使用値
共通	漂流物到達範囲	・ 防潮堤がない状態での発電所周辺の津波遡上範囲, 周辺地形, 津波流向より設定	約740,000m <sup>2</sup>
	構内がれき等の分布	・ 津波波力又は浮遊により発生したがれき等は, 構内に一様分布(建屋が設置されている場所を除く)	約319,500m <sup>2</sup>
がれき等	樹木	・ 漂流物到達範囲に植生する全ての樹木(305,000m <sup>2</sup> ) ・ 植生調査結果に基づく樹木植生条件(0.1本/m <sup>2</sup> , 50kg/本)	約20本/100m <sup>2</sup> (10kg/m <sup>2</sup> )
	車両	・ 漂流物到達範囲(構外)の駐車車両台数 ・ 発電所に入出入りする業務車両台数	50台 (2,500kg/台)
	土砂	・ 津波による堆積土砂量(津波流速, 津波高さ等から飽和土砂体積濃度を算出※) ※今井ほか(2015)による	約1cm (車両通行に影響なし)
	建屋	・ 漂流物到達範囲(構外)の建屋(鉄筋コンクリート造, 鉄骨造)倒壊によるがれき量※ ・ 構内の低耐震建屋(鉄筋コンクリート造, 鉄骨造)倒壊によるがれき量※ ※鉄骨造建屋の軽量建屋部材のみ構内一様分布, その他は倒壊範囲に堆積	約19,300t (60kg/m <sup>2</sup> )
	機器類	・ 漂流物到達範囲(構外)の機器量 ・ 低耐震建屋内及び屋外(構内)の機器量	約2,200t (6kg/m <sup>2</sup> )
	船舶	・ 海上における漂流物調査範囲内の船舶(緊急退避, 津波流向・移動距離を考慮)	東海港非自行船(浚渫台船) 1隻※ <sup>1</sup> 操業漁船1隻※ <sup>2</sup> ※ <sup>3</sup>

※1 緊急退避できないため, 発電所への漂着を想定(複数のアクセスルートのうち, 浚渫台船のないルートを選択するため復旧時間に考慮せず)

※2 発電所周辺で操業する35隻のうち, 1隻がアクセスルート上に漂着することを想定(重機による撤去が可能であり復旧時間に考慮)

※3 発電所構内とアクセスルート1ルートの面積比から, アクセスルート上に漂着する漁船を1隻と想定



## 4. 敷地に遡上する津波を起因とする事故シーケンス対応の成立性

### (2) 敷地に遡上する津波時の可搬型重大事故等対処設備のアクセス成立性評価

#### 3) アクセスルート復旧時間評価

敷地に遡上する津波発生時におけるアクセスルートのがれき等撤去時間を算出した。

##### 【アクセスルート選択方法】

津波監視カメラ及び周辺監視カメラ等により、敷地内の浸水状況及びがれき等堆積状況等を確認し、取水箇所、接続口及びアクセスルートを選択

##### 【がれき等撤去時間評価】

- ・アクセスルートは、がれき等撤去が困難な鉄塔及び鉄筋コンクリート造建屋倒壊範囲、並びに敷地内低地(T.P.+8m未満)以外を選択
- ・取水箇所は、保管場所から距離が遠い「SA用海水ピット」を選択
- ・接続口は、SA用海水ピットから距離が遠い「原子炉建屋東側」を選択
- ・アクセスルート復旧時間は、T.P.+8mにおけるがれき等の撤去時間をサイクルタイム※1※2により算出

※1 がれき等が一様分布している場合において、がれき等の集積を行いアクセスルートの外側へ押出し、定位置に戻るまでの一連の作業に要する時間(180秒/50m)

※2 アクセスルート近傍施設のがれき等が堆積する範囲はがれき量に応じて設定

	がれき等撤去時間(がれき撤去範囲)		
	ルートA	ルートB	ルートC
アクセスルート	1時間27分 (1,100m)	1時間11分 (810m)	1時間39分 (1,320m)
取水箇所周辺	32分 (30m×50m)	同左	同左
接続口周辺	5分 (10m×20m)	同左	同左
(合計)	2時間04分	1時間48分	2時間16分

## 4. 敷地に遡上する津波を起因とする事故シーケンス対応の成立性

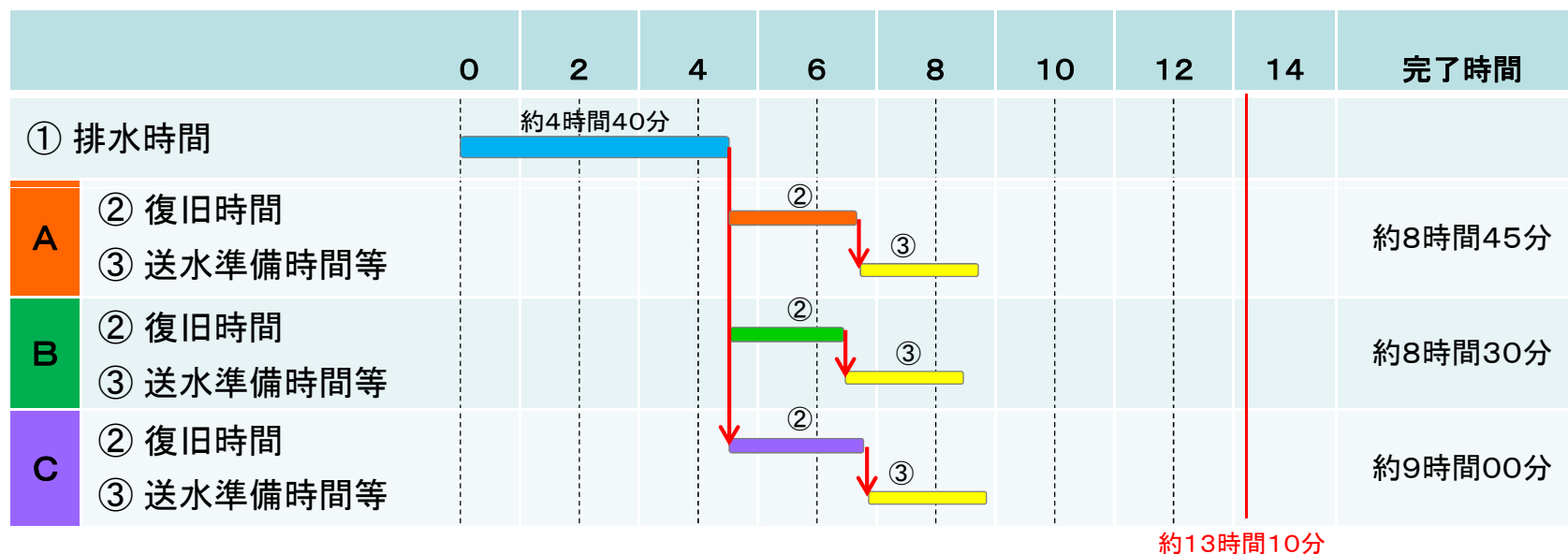
### (2) 敷地に遡上する津波時の可搬型重大事故等対処設備のアクセス成立性評価

#### 4) アクセス成立性評価

- ① 敷地内浸水後の排水時間(T.P.+8mまで): 約4時間40分
- ② アクセスルート復旧時間: 前ページ表のとおり
- ③ 代替残留熱除去系海水系(ポンプ・ホース)接続準備時間等<sup>※1</sup>: 約2時間<sup>※2</sup>

※1 海水取水作業(添付2)等を含む

※2 訓練時間より設定



○敷地に遡上する津波起因の事故シーケンスにおいて、代替格納容器スプレイ冷却系(常設)の実施を判断する時間(約13時間10分)内に代替残留熱除去系海水系が準備可能であることを確認



# 添付1 基準津波を超える津波に対する防護対策の選定

津波による非常用海水ポンプ  
機能喪失に起因して発生する  
事故シーケンス

最終ヒートシンク喪失(LUHS)、全交流動力電源喪失(SBO)

事故シーケンスに  
対処するための防護方策

非常用海水ポンプを含む  
設計基準事故対処設備を津波から防護  
(津波起因の事故シーケンスの発生防止)

重大事故等対処設備を津波から防護  
(津波起因の事故シーケンスの影響緩和)

防護対策の実現性等を比較  
(別紙1)

- ①対策の実現性(対策の確実性、対策の難易度)
- ②安全設計への影響(設計基準対象施設の信頼性への影響)
- ③重大事故対応への影響

防護対策の効果を参照  
(別紙2)

- ④敷地に遡上する津波に対する対策案の炉心損傷頻度の低減効果(概算)を参照
  - ・ 各対策案の炉心損傷頻度低減効果に有意な差が無いことを確認

防護対策の選定  
(対策(d))

津波起因の事故シーケンスの発生防止	津波起因の事故シーケンスの影響緩和
<p>□ 基準津波に対する防潮堤の設計裕度により、設計基準事故対処設備を津波から防護(～T.P. +20m:防潮堤位置における津波高さ)</p> <p>[考慮事項]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 設計基準対象施設の設計変更に伴う対策の実現性・安全設計への影響</li> <li>・ 設計基準対象施設の移設に伴う対策の実現性・重大事故対応への影響</li> </ul>	<p>□ 重大事故等対処設備は、津波高さに応じて段階的に、基準津波に対する防潮堤の設計裕度及び当該設備を内包する施設により津波から防護(～T.P. +30m:防潮堤位置における津波高さ)</p> <p>□ 最終ヒートシンク機能は、可搬型重大事故等対処設備による最終ヒートシンク(海水)機能と常設重大事故等対処設備による最終ヒートシンク(大気)機能の多様化</p> <p>[考慮事項]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 既設設備の移設等に伴う対策の難易度(対策(e))</li> <li>・ 可搬型設備を用いた海水最終ヒートシンク復旧作業の容易性(海水冷却系に中間ループがないため代替熱交換器車が不要)</li> <li>・ 新設する代替淡水貯槽※の大容量化により大気による最終ヒートシンクに期待した長期対応が可能</li> </ul>

(※)復水貯蔵タンクからポンプにつながる配管の一部が耐震Bクラスのタービン建屋にあるため、常設重大事故等対処設備の水源として代替淡水貯槽を新設

# 別紙1 基準津波を超える津波に対する防護対策の比較

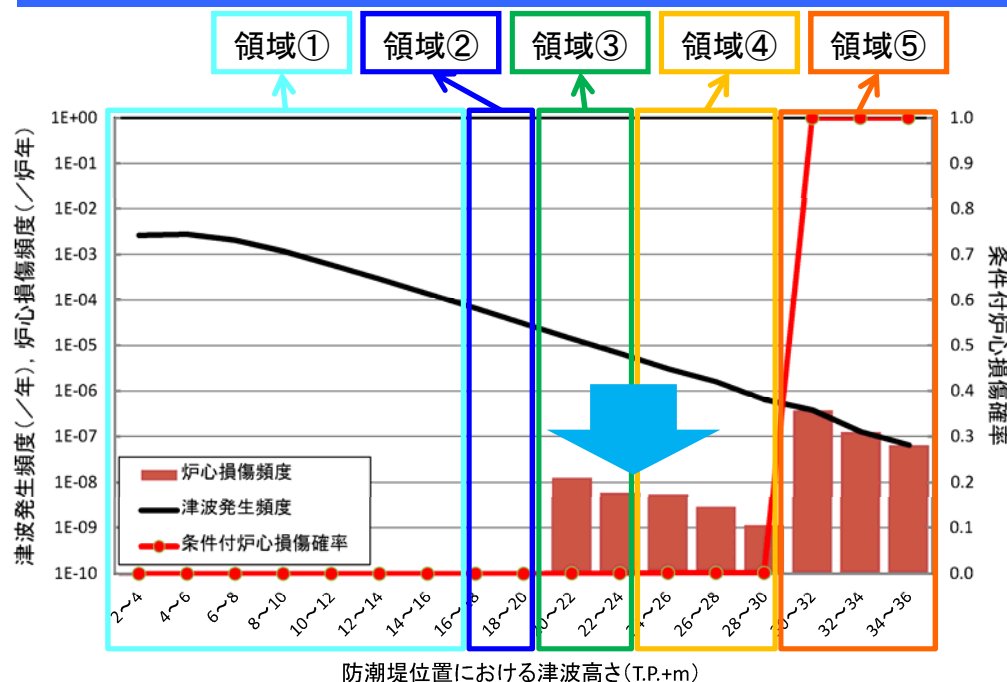
◆敷地に遡上する津波に対する対策案の比較を以下に示す。

対策	対策の概要	対策イメージ	対策の実現性		安全設計への影響	重大事故対応への影響
			対策の確実性	対策の難易度		
(a)設計基準事故対処設備による対応(1)	・防潮堤高さの増加(T.P.+30m)		・対策の確実性に影響を及ぼす要因はない	高(参考1) ・設置スペースに制約があるため、難易度が高い	・構造体高さ・重量増加により、Ssに対する設計裕度が低下	なし
(b)設計基準事故対処設備による対応(2)	・海水ポンプ室の水密化 ・原子炉建屋の水密化		・防潮堤損傷により、海水系に影響	高(参考2) ・狭隘な海水ポンプ室に対して壁補強等が必要であるため、難易度が高い	・空調設備設置による海水系の信頼性に影響 ・躯体重量増加により、Ssに対する設計裕度が低下	なし
(c)設計基準事故対処設備による対応(3)	・防潮堤の移設及び高さの増加(T.P.+30m) ・海水ポンプ室の移設		・対策の確実性に影響を及ぼす要因はない	高(参考3) ・海水系機能を保持しつつ取水路等の構築が必要であるため、難易度が高い	・安全設計に影響を及ぼす要因はない	・防潮堤、海水ポンプ室移設に伴いアクセスルート確保に影響
(d)重大事故等対処設備による対応(手段の多様化) ・可搬型重大事故等対処設備を用いた海水最終ヒートシンクの復旧 ・海水最終ヒートシンクに依存しない常設重大事故等対処設備による長期的対応	・原子炉建屋の水密化 ・常設代替電源装置の津波防護 ・常設重大事故等対処設備の水源の大容量化		同上	低	同上	・可搬型設備の使用に当たっては、アクセスルートの復旧が必要
(e)重大事故等対処設備及び設計基準事故対処設備による対応 ・常設重大事故等対処設備を用いた海水最終ヒートシンクの復旧	・常設代替海水取水設備の設置 ・常設代替電源装置の津波防護 ・原子炉建屋の水密化		同上	高(参考4) ・接続箇所までの配管トレンチの設置は、既設設備の移設等が必要であるため、難易度が高い	同上	なし

(補足)上記対策のほか、「(f)海水ポンプモータの水密モータ化」、「(g)水中ポンプの採用」、「(h)残留熱除去系の空冷化(エアフィンクーラ方式)」について検討したが、以下の理由から対策候補から除外している

- ・(f)及び(g)：実機適用には設計・検証が必要な段階であり、現時点での採用は難しい
- ・(h)：系統熱負荷が大きく、かつ海水冷却に対し熱効率が悪いいため、設備が大型化し広い設置スペースが必要、また、エアフィンクーラまでの新たな配管の設置が必要であり、実現性に乏しい

## 別紙2 対策(d)における炉心損傷頻度低減効果



領域③、④で期待する主な緩和設備

安全機能	期待する緩和設備※1	非信頼度※2 (／要求時)	領域③	領域④
炉心冷却	原子炉隔離時冷却系	4E-3	○	○
	低圧代替注水系(常設)	2E-1	○	○
格納容器除熱	格納容器圧力逃がし装置	1E-3	○	○
	残留熱除去系+代替残留熱除去系海水系	1E-1	○	—※3

※1: 重大事故等対処設備を防護する場合に期待する緩和設備

※2: 原子炉隔離時冷却系はシステム非信頼度の評価結果, その他の緩和設備は人的過誤確率で代表させて非信頼度を保守的に設定

※3: 領域④では敷地に遡上する津波がT.P.+8m超の敷地浸水となることを考慮し, 保守的に可搬型設備に期待しない

重大事故等対処設備を津波から防護した場合の炉心損傷頻度(概算)

領域	津波高さ (防潮堤位置での無限鉛直壁遡上高さ)	炉心損傷頻度 (／炉年)
①	～T.P.+17.2m [基準津波]	—
②	～T.P.+20m [防潮堤高さ]	—
③	～T.P.+約24m [敷地浸水; ～T.P.+8m]	約2E-8
④	～T.P.+約30m [敷地浸水; T.P.+8m超]	約1E-8
⑤	T.P.+30m～	約6E-7
合 計		約7E-7

- 敷地に遡上する津波に対する防護対策を考慮した場合の炉心損傷頻度は, 津波防護高さを超える津波(領域⑤)の発生頻度(残余リスク)に支配される。
- ✓ 他の津波防護対策の場合においても, 本評価と同様, 残余リスクが支配的となるため, 炉心損傷頻度に有意な差異は生じない。

## (参考1) 防潮堤高さの増加

### ◆海水ポンプエリア防潮堤の概要(現設計:取水路横断部)

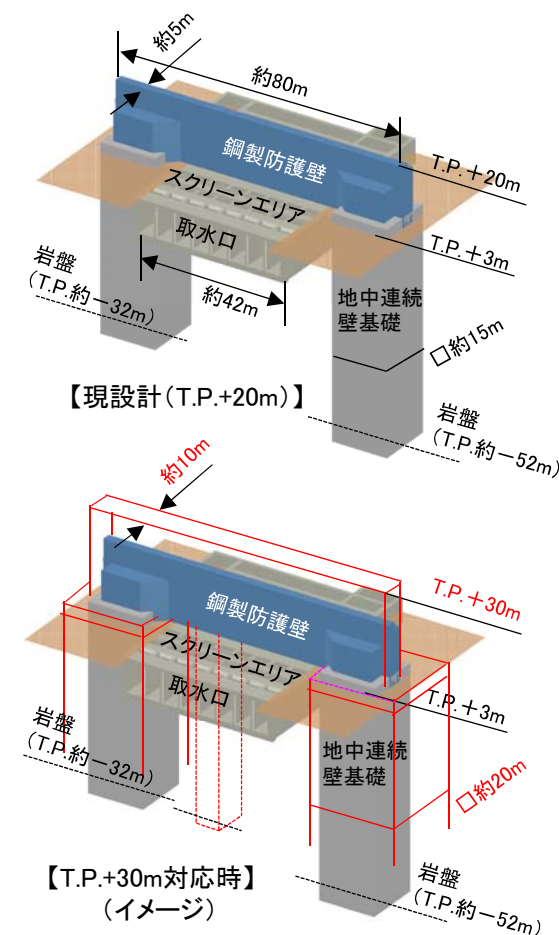
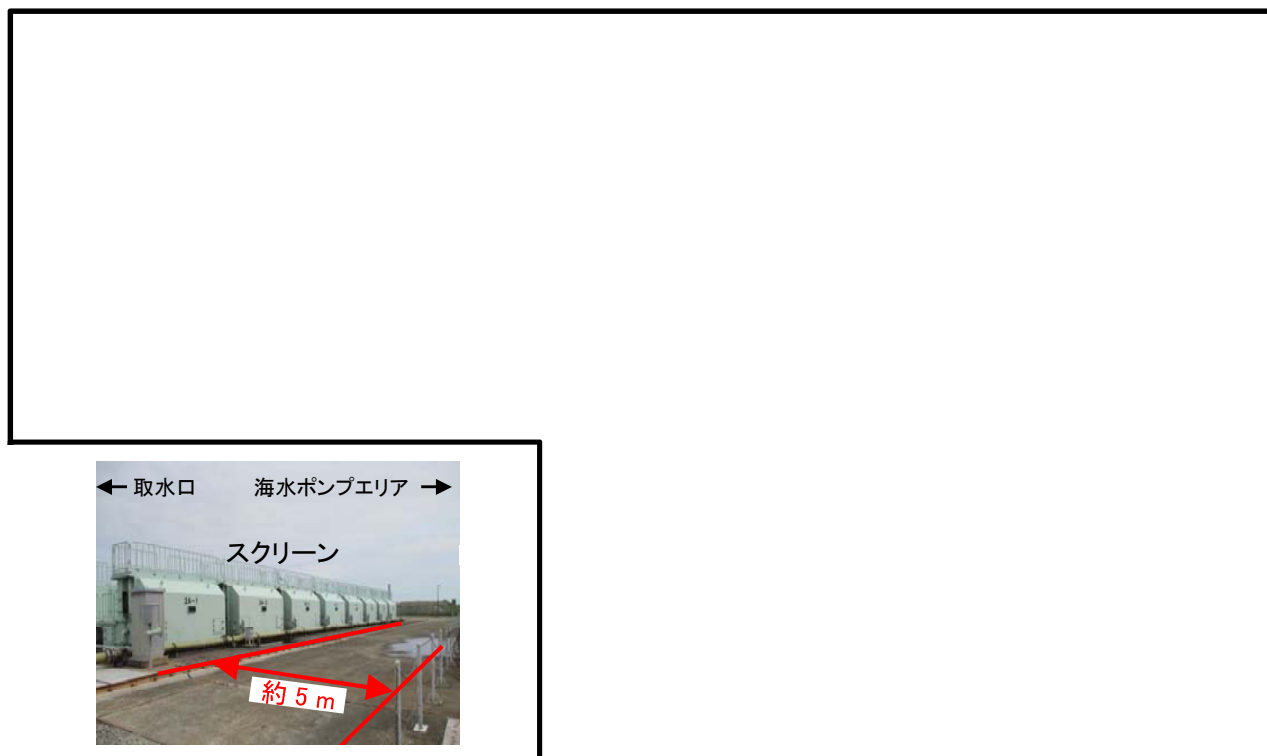
- ・取水路を跨ぐ形で設置(上部工:鋼製防護壁※, 下部工:地中連続壁基礎(岩着))

※:取水口から海水ポンプ室間の距離が短く, 設置可能幅が約5mに制限されるため, 鋼製防護壁を採用

### ◆防潮堤高さ増加対策(地上部高さ:27m)

- ①波力が増加するため, 鋼製防護壁を拡幅
- ②支持力確保のため, 地中連続壁基礎寸法を拡大(支持力不足時は, 取水路内への地中連続壁基礎の追加が必要)
- ③設置幅確保のため, スクリーンに移設(新規開口設置, 既設開口閉鎖)
- ④非常用海水ポンプ取水性の影響評価(取水路内への地中連続壁基礎の追加必要時)

### ◆上記対策は, 設置スペースに制約があるため難易度が高い





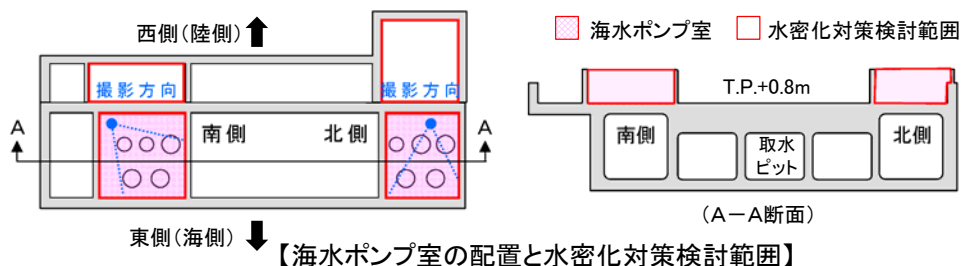
## (参考2) 海水ポンプ室の水密化

### ◆海水ポンプ室の概要

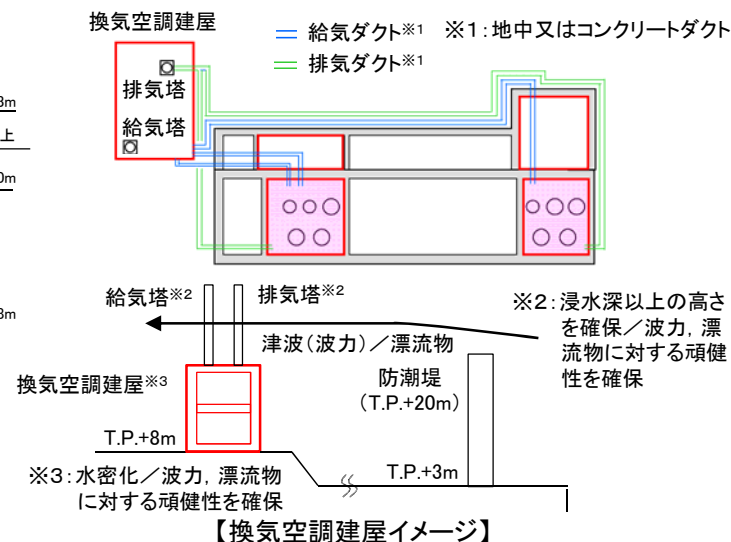
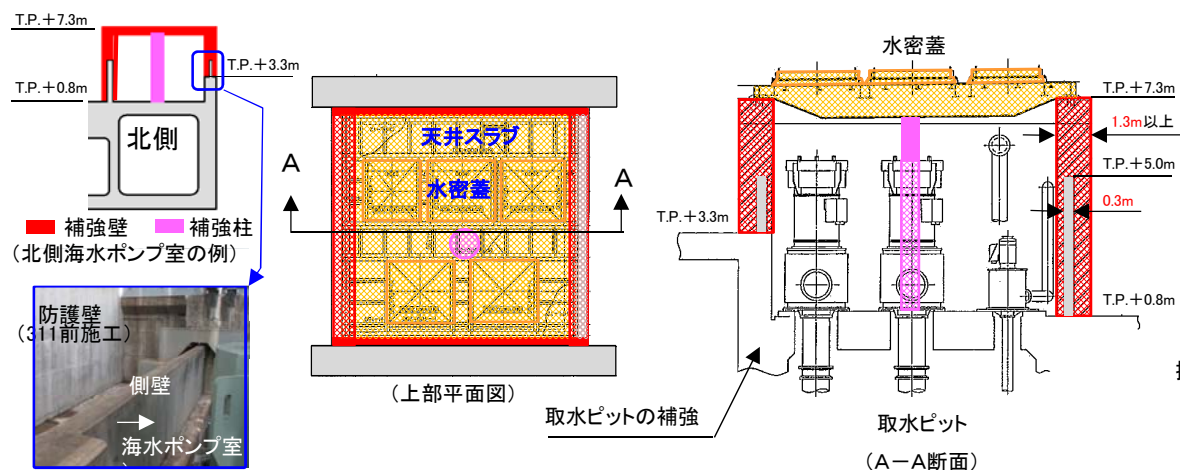
- ・ 取水路奥の北側及び南側に位置し、非常用海水ポンプ、補機冷却系海水ポンプを設置
- ・ ポンプ据付レベル: T.P.+0.8m

### ◆海水ポンプ室の水密化対策

- ①部材重量・津波荷重等に耐えるため、海水ポンプ室・取水ピットの壁厚増加、海水ポンプ室への柱追設等による補強
- ②壁厚増加時に干渉する海水ポンプ室内の機器・配管等に移設
- ③電動機の排熱対策として、新たに建屋を設置し、空調設備を設置
- ④空調設備給排気口からの浸水対策(高所化), 波力・漂流物対策(頑健化)



【海水ポンプ設置状況(左:南側, 右:北側)】



◆上記対策は、狭隘な海水ポンプ室に対して壁の補強等が必要であるため難易度が高い

## (参考3) 防潮堤の移設・高さの増加及び海水ポンプ室の移設

### ◆海水ポンプエリア防潮堤及び海水ポンプ室の概要

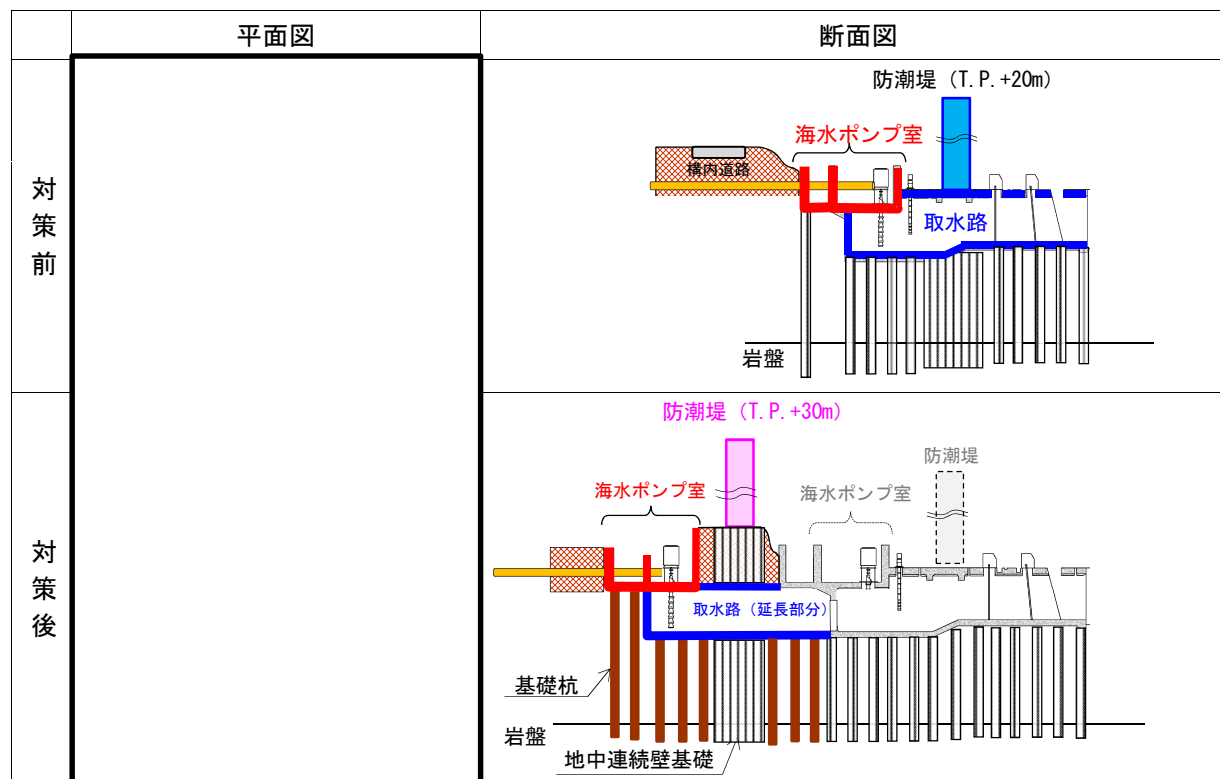
・海水ポンプ防潮堤の概要は参考1, 海水ポンプ室の概要は参考2のとおり

### ◆海水ポンプ室防潮堤の移設・高さの増加及び海水ポンプ室の移設対策

- ①非常用及び常用海水系機器・配管の撤去・新設(ヒートシンク確保のため代替配管敷設)
- ②広範囲の地盤掘削・土留工(移設位置付近の固体廃棄物貯蔵庫等との干渉回避)
- ③取水路, 海水ポンプ室の再構築
- ④事故時アクセスルート(構内道路)の確保
- ⑤非常用海水ポンプ取水性の影響評価(取水路内への地中連続壁基礎の追加必要時)

### ◆上記対策は, 海水系機能を保持しつつ取水路等の構築が必要であるため難易度が高い

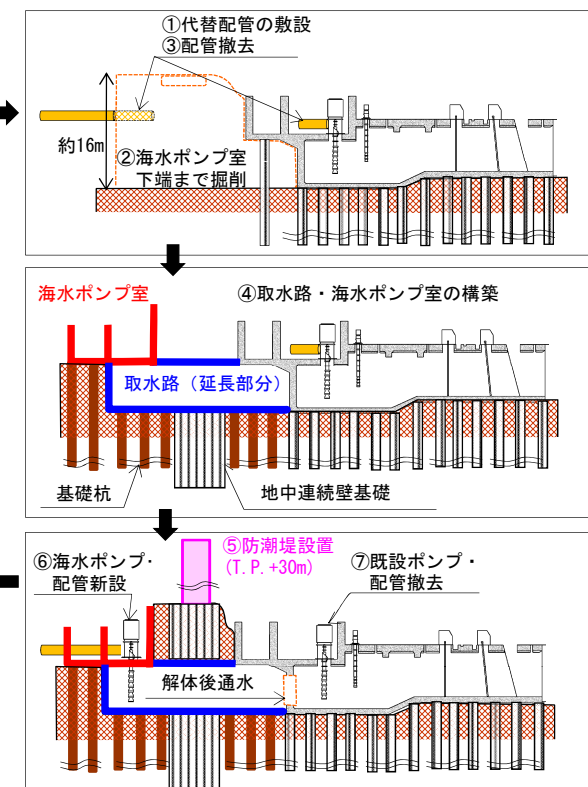
【海水ポンプ室防潮堤の移設・高さの増加及び海水ポンプ室の移設対策の前後比較】



□ 対策前 □ 対策後

【防潮堤移設イメージ】

【対策工事手順概要 (イメージ)】



## (参考4) 常設代替海水取水設備の設置

### ◆常設代替海水取水設備の概要

- ・津波波力、漂流物衝突等を考慮した頑健性・水密性を有する建屋の設置
- ・代替海水ポンプ、空調設備等の設置
- ・残留熱除去系熱交換器を格納する原子炉建屋までの配管敷設(配管用トレンチ含む)

### ◆常設代替海水取水設備設置可否に係る検討

- 残留熱除去系海水配管は、原子炉建屋東側から建屋内に敷設



- 常設代替海水取水設備用配管を敷設する場合、配管トレンチにより原子炉建屋東からの敷設が必要



- 原子炉建屋東側には、以下に示す既設設備が存在、また新設設備を設置予定

＜既設設備＞

- ①排気筒(耐震性向上のため地盤完了予定)
- ②放射性廃棄物処理系配管地下トレンチ
- ③廃棄物処理系サンプルタンク室(約70m<sup>3</sup>×3基)
- ④オフガス系HEPAフィルタ室

＜新設予定設備＞

- ⑤可搬型設備接続口
- ⑥格納容器圧力逃がし装置格納槽



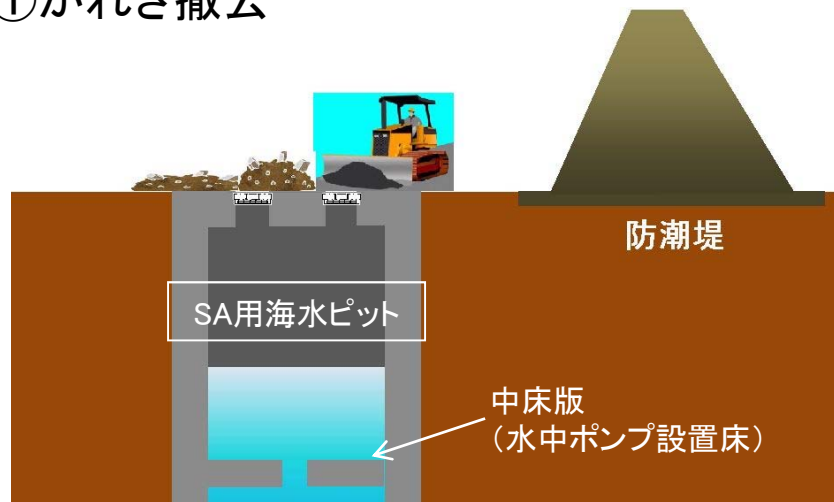
- 常設代替海水取水設備用地下トレンチ敷設ルートには多くの干渉物が存在

### ◆常設代替海水取水設備設置は、干渉する設備の移設等が必要であるため難易度が高い

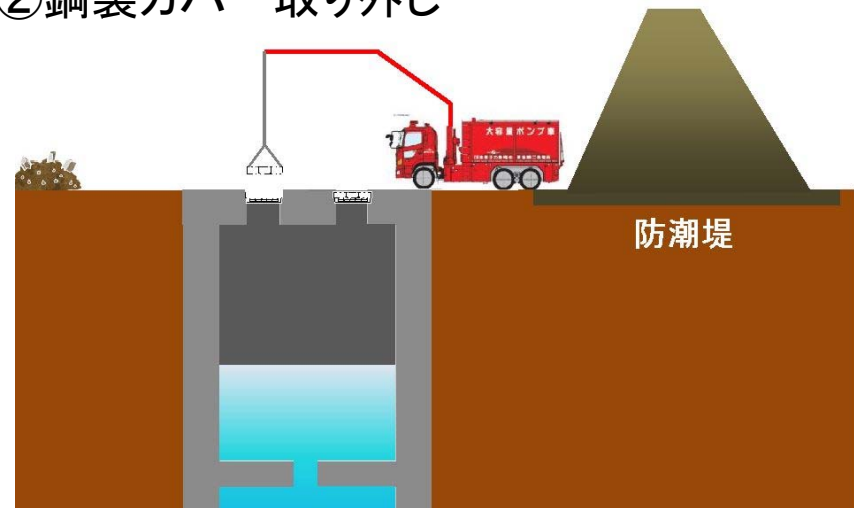


## 添付2 敷地に遡上する津波襲来後の海水取水作業手順

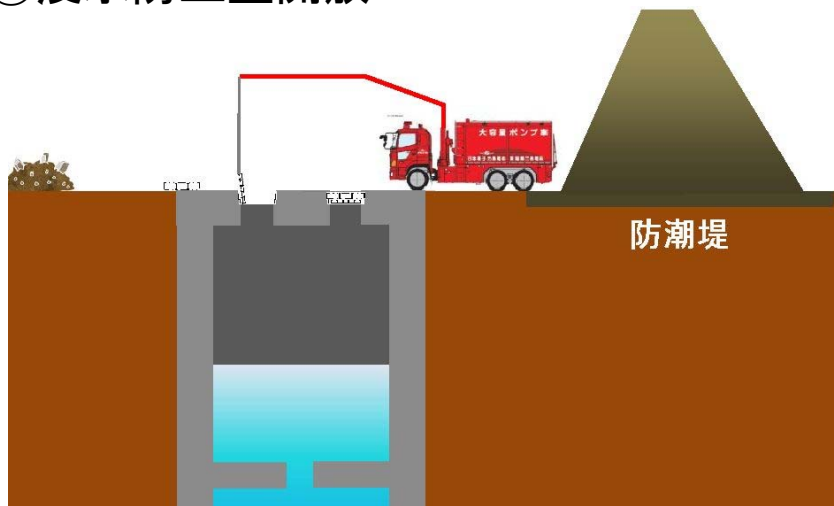
①がれき撤去



②鋼製カバー取り外し



③浸水防止蓋開放



④水中ポンプ投入, 送水

