

柏崎刈羽原子力発電所第7号機 設計及び工事計画認可申請に係る論点整理について

TEPCO

2020年8月4日
東京電力ホールディングス株式会社

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。

【説明内容】

➤ 下記の設計及び工事計画認可申請に係る論点に関する指摘事項に対する回答について説明する。

■ 論点整理・指摘事項への回答

No.	説明項目（論点/指摘事項への回答）	関連する 主な説明事項
1	海水貯留堰等の設計において考慮する津波による荷重等について【指摘事項に対する回答】	[3]－1
2	耐津波設計における浸水防護重点化範囲等の設計について【指摘事項に対する回答】	－
3	建物・構築物における地震応答解析モデルの既工認からの変更点【指摘事項に対する回答】	[3]－4
4	建物・構築物の応力解析における弾塑性解析の採用【指摘事項に対する回答】	[3]－6

<論点1>

海水貯留堰等の設計において考慮する津波による荷重等について
【指摘事項に対する回答】

▶ 原子力発電所の新規制基準適合性に係る審査会合の指摘事項に対する回答

No.	実施日	指摘事項
1	令和2年6月9日 第866回 審査会合	衝突荷重の算定における一連のプロセスの中で、基準津波の押し波や引き波が長時間繰り返し襲来する状況、評価対象物が海水貯留堰である等の柏崎の特異性を踏まえ、選定時刻等の前提条件、衝突物選定の網羅性、抽出された衝突物の初期配置を踏まえた衝突荷重の算定式の適用性等を明確化し、代表性及び保守性を有した衝突荷重の算定となっていることを説明すること。また、衝突物の選定プロセスを踏まえ、取水口に到達する漂流物の選定プロセスとの差異が明確になるように整理した上で説明すること。
2	令和2年6月9日 第866回 審査会合	衝突物の選定について、軌跡解析の評価結果に加えて経時的な津波の流向及び流速を併せた評価結果を説明すること。また、基準津波 1 から基準津波 3 の防波堤の有無等の条件ごとに網羅的に評価結果を説明すること。
3	令和2年6月9日 第866回 審査会合	大湊側護岸部に停車する可能性がある車両について、津波が繰り返し遡上することにより、車両が滑動することを踏まえ、取水口への到達評価及び海水貯留堰への到達評価の結果を説明すること。また、到達する場合には、運用による防止措置又は影響評価の結果を併せて説明すること。
4	令和2年6月9日 第866回 審査会合	津波波力の設定について、実際には海水貯留堰に動水圧が作用することを踏まえ、越流前及び越流時の海水貯留堰に対する圧力分布を解析等で評価した上で、防波堤の耐津波設計ガイドラインを適用することの適用性及び保守性を説明すること。

1. 漂流物による影響について
 - 1.1 概要
 - 1.2 漂流物に関する検討事項の整理
 - 1.2.1 漂流物に対する要求事項
 - 1.2.2 津波に関するサイト特性
 - 1.2.3 検討対象及び検討内容
 - 1.3. 取水性評価
 - 1.3.1 取水性評価対象漂流物の選定
 - 1.3.2 通水性への影響評価
 - 1.4. 漂流物衝突評価
 - 1.4.1 被衝突体の特性の整理
 - 1.4.2 衝突荷重評価対象漂流物の整理
 - 1.4.3 衝突荷重算定式の適用性の整理
 - 1.4.4 衝突荷重の算定方法（浮遊状態の漂流物）
 - 1.4.5 衝突荷重の算定方法（滑動状態の漂流物）
 - 1.4.6 荷重算定における設計上の配慮
 - 1.4.7 漂流物衝突荷重の算定結果
2. 海水貯留堰の設計において考慮する波力について
 - 2.1 海水貯留堰における津波波力設定方針

1. 漂流物による影響について

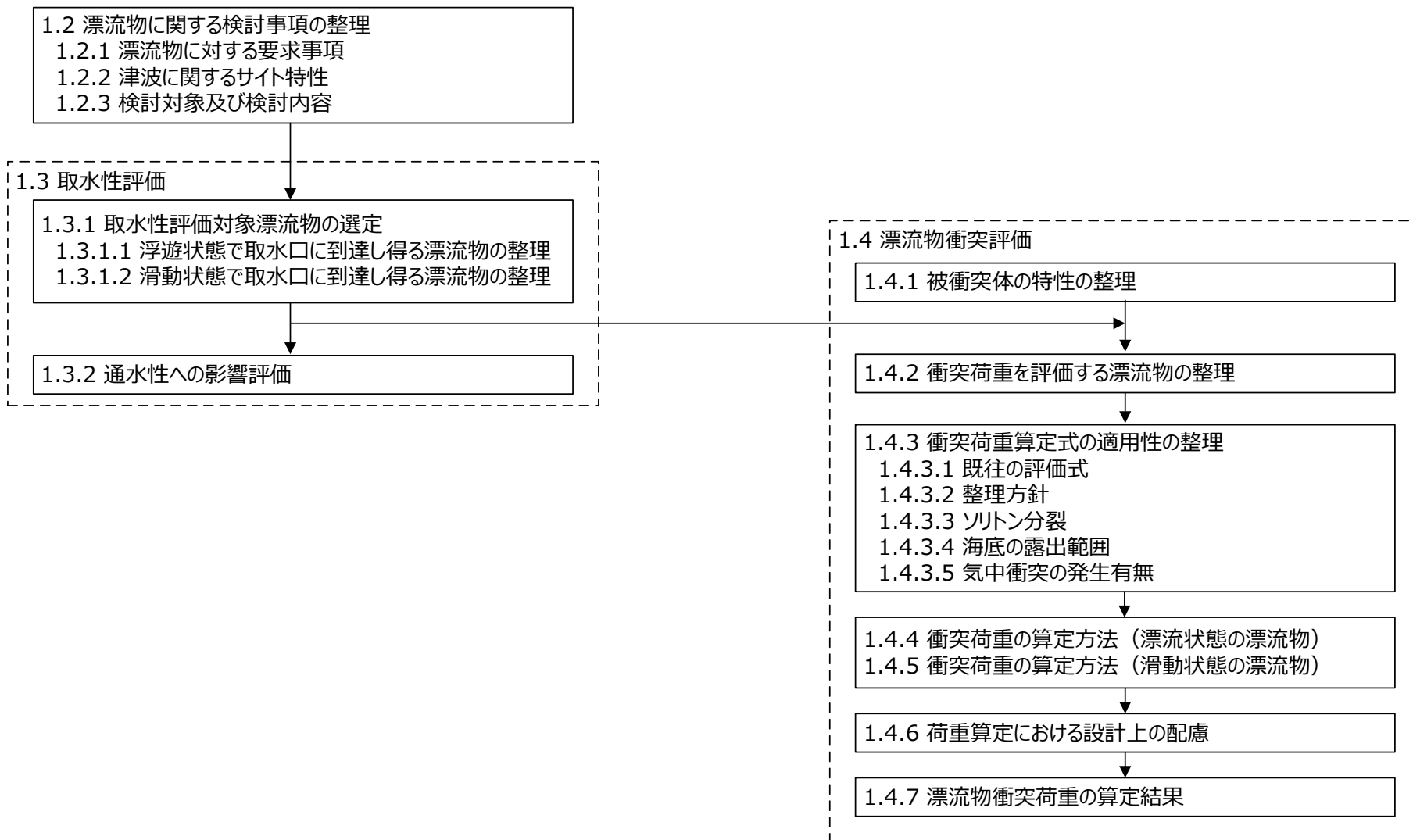


図1.1-1：漂流物に関する検討の流れ

1.2 漂流物に関する検討事項の整理

1.2.1 漂流物に対する要求事項

工認審査ガイドより、基準津波に伴う漂流物に対し、以下の設計を行う必要があると整理

- 基準津波に伴う漂流物により、非常用海水冷却系の通水性が損なわれないこと
(取水性評価)
- 基準津波に伴う漂流物の波及的影響により、津波防護施設、浸水防止設備が機能喪失しないこと (衝突評価)

<工認審査ガイド抜粋>

3.6.2 津波の二次的な影響による非常用海水冷却系の機能保持確認

【確認内容】

(3) 基準津波に伴う取水口付近の漂流物については、(3.1.2)の遡上解析結果における取水口付近を含む敷地前面及び遡上域の寄せ波及び引き波の方向、速度の変化を分析した上で、漂流物の可能性を検討し、漂流物により取水口が閉塞しないこと、又は閉塞防止措置を施していることを確認する。

3.7 津波防護施設、浸水防止設備の設計・評価に係る検討事項

3.7.1 漂流物による波及的影響の検討

【規制基準における要求事項等】

津波防護施設の外側の発電所敷地内及び近傍において建物・構築物、設置物等が破損、倒壊、漂流する可能性について検討すること。

上記の検討の結果、漂流物の可能性がある場合には、防潮堤等の津波防護施設、浸水防止設備に波及的影響を及ぼさないよう、漂流防止措置または津波防護施設、浸水防止設備への影響防止措置を施すこと。

1.2.2 津波に関するサイト特性 (1/2)

(1) 基準津波の選定

- 敷地前面（港湾内）の最高水位を与える津波として基準津波 1（日本海東縁部；2 領域モデル）を選定
- 敷地前面（港湾内）の最低水位を与える津波として基準津波 2（日本海東縁部；2 領域モデル）を選定
- 敷地高さが低い荒浜側敷地への遡上影響を評価するため、荒浜側防潮堤前面敷地（防潮堤健全状態）における最高水位を与える津波として基準津波 3（海域の活断層；5 断層連動モデル）を選定

(2) 津波の繰返し性（津波波形は次頁参照）

- 中国大陸，佐渡島あるいは能登半島からの反射波の影響で，津波の繰返しが比較的長時間継続
- 第一波が最高（最低）水位とならない場合も有り
- ただし一部例外はあるものの，全体傾向としては一定時間経過後は時間の経過とともに津波の振幅は減衰

(3) 汀線方向の敷地の広がり

- 発電所の敷地は汀線方向に2km以上の広がりを有する
- 漂流物に関する検討にあたっては，6号及び7号機の海水貯留堰を設置する大湊側の敷地のみならず，荒浜側の敷地に設置される施設・設備等についても考慮の必要有り

(4) ソリトン分裂の発生有無

- 基準津波1～3において，ソリトン分裂及び砕波の発生は無し

(5) 海底露出

- 引き波時の一部で港湾内の広範囲の海底が露出

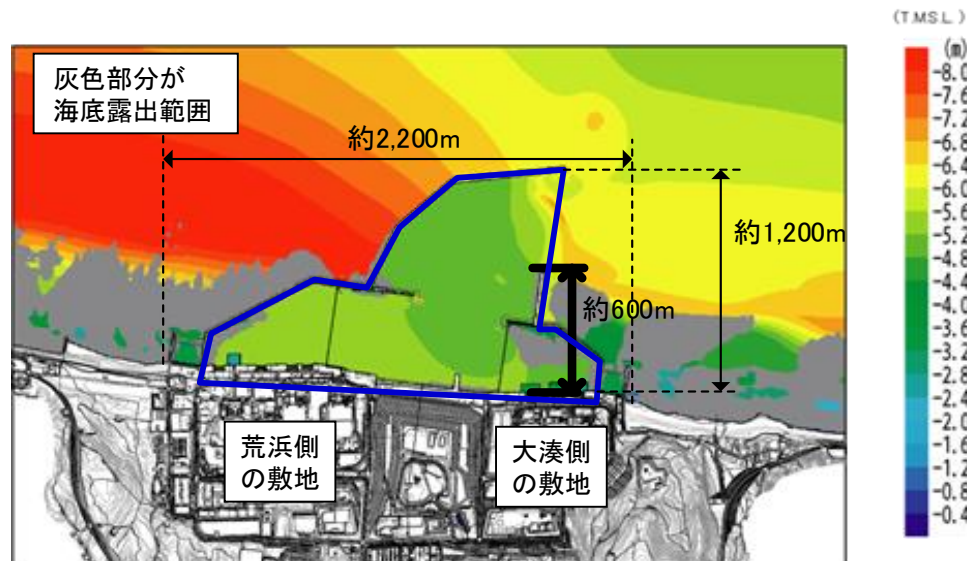
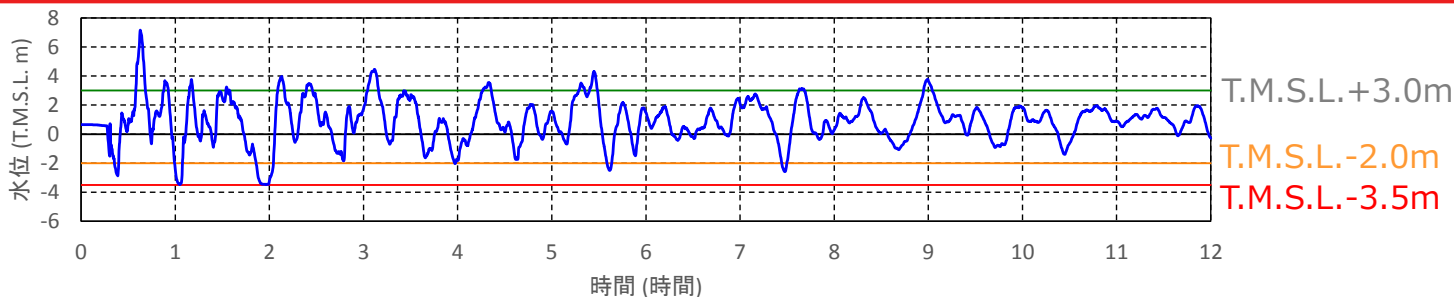
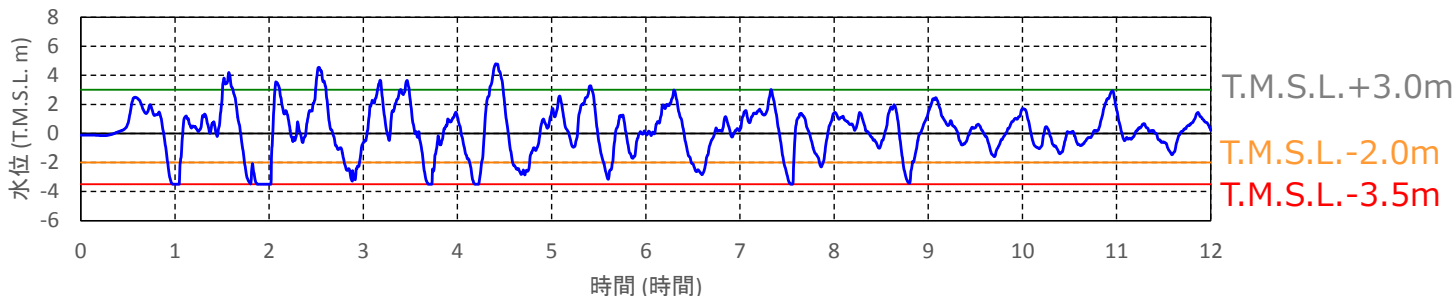


図1.2-1：発電所敷地の概要と港湾内海底の露出範囲

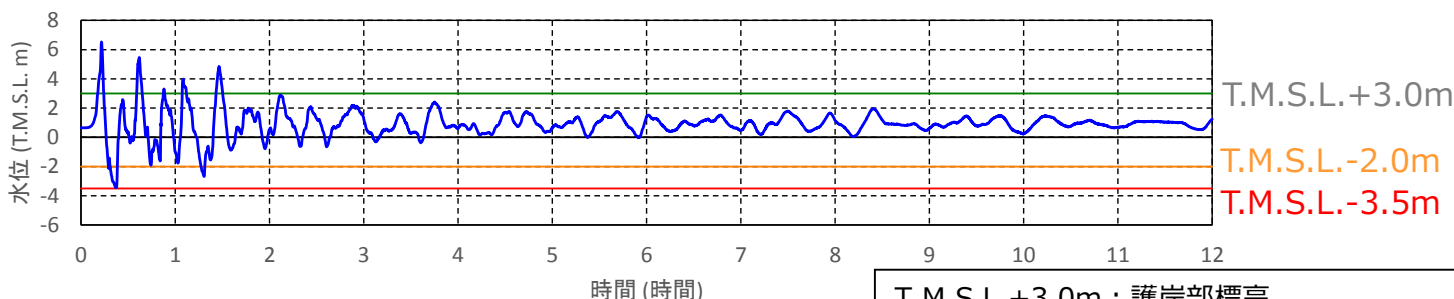
1.2.2 津波に関するサイト特性 (2/2)



<基準津波1, 7号機取水口前面, 防波堤無し>



<基準津波2, 7号機取水口前面, 防波堤無し>



<基準津波3, 7号機取水口前面, 防波堤無し>

図1.2-2：基準津波1～3の時刻歴波形

T.M.S.L.+3.0m：護岸部標高

⇒ 水位が当該標高以上の場合に護岸部浸水が発生

T.M.S.L. -2.0m：浮遊状態の漂流物(喫水1m)が衝突し得る水位（上限）

⇒ 水位が当該標高以上の場合には浮遊状態での漂流物衝突発生せず

T.M.S.L. -3.5m：海水貯留堰天端標高

⇒ 水位が当該標高以上の場合には気中衝突発生せず

1.2.3 検討対象及び検討内容

【取水性評価】

- 取水口に到達し得る漂流物を抽出し、それらにより通水性が損なわれない（取水口が閉塞しない）ことを確認
- 漂流物の抽出にあたっては、漂流の他、滑動も考慮し取水口への到達有無を判断
- また、前述の津波に関するサイト特性（津波の繰返し性）も考慮し保守的となるよう漂流物を抽出

【漂流物衝突評価】

- 表1.2-1に示す整理を実施し、被衝突体として6号及び7号機海水貯留堰を選定
- 海水貯留堰に到達し得る漂流物を抽出し、それらの衝突により海水貯留機能が喪失しないことを確認
- 漂流物の抽出にあたっては、【取水性評価】において考慮する漂流物を考慮
- 衝突荷重の算定にあたっては、漂流物の衝突モードを考慮し、適切な荷重算定式を適用

表1.2-1：被衝突体に関する整理

津波防護施設及び浸水防止設備	範囲内／外※	漂流物衝突評価対象	対象外とする理由
7号機海水貯留堰	範囲内	○	—
6号機海水貯留堰	範囲内	○	—
取水槽閉止板	範囲内	×	取水路最奥の補機冷却用海水取水槽に設置するものであり、漂流物が到達しないため
水密扉	範囲外	×	基準津波が直接到達する範囲外に設置されるため
床ドレンライン閉止治具	範囲外	×	基準津波が直接到達する範囲外に設置されるため
貫通部止水処置	範囲外	×	基準津波が直接到達する範囲外に設置されるため

※ 基準津波が直接到達する範囲内に設置されるか、範囲外に設置されるか

1.3 取水性評価

1.3.1 取水性評価対象漂流物の選定

- 「津波の繰返し性」を踏まえ、水位変動がある程度収まる地震発生後12時間までの期間に取水口に到達し得る漂流物を取水性評価対象漂流物として抽出
- 抽出する漂流物は、浮遊状態で到達し得るものに加え、滑動状態で到達し得るものについても抽出

- 「浮遊状態」で到達し得るものについて、以下のSTEPで整理

- STEP1：漂流物化防止対策を実施しない場合に、取水口に到達する漂流物を抽出
- STEP2：漂流物化防止対策により、漂流物化させない設備を除外

- 「滑動状態」で到達し得るものについて、以下の観点で整理

- 滑動という事象の特性を踏まえ、構内（海域・陸域）のうち、施設・設備等の滑動有無を評価する対象範囲を設定
- 評価対象物の特性を踏まえ、滑動有無を評価

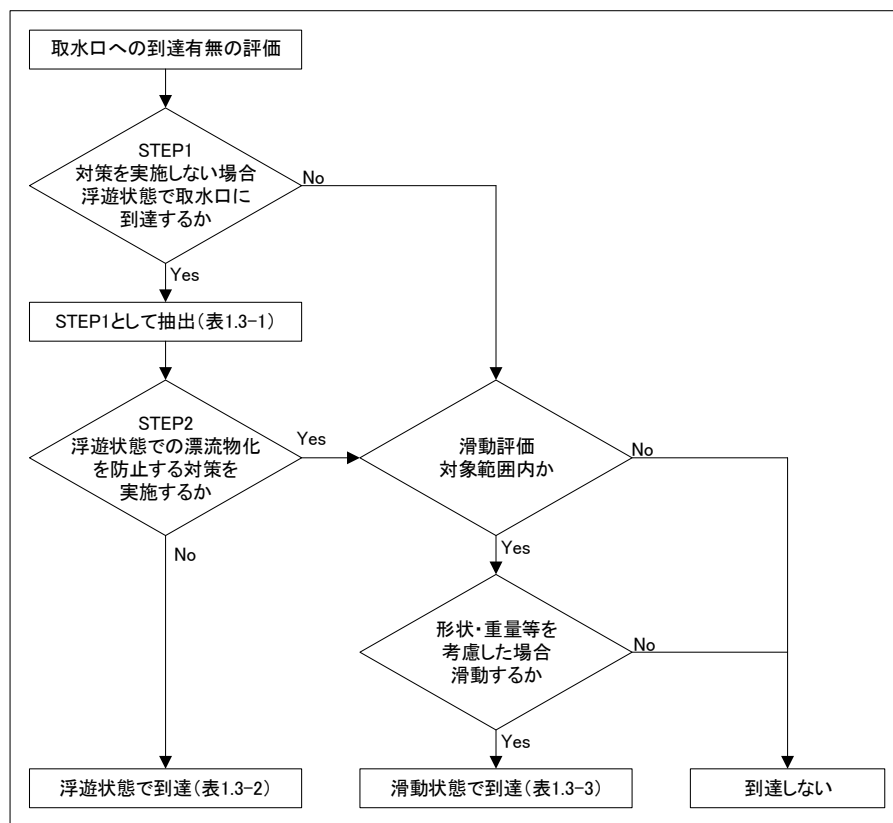


図1.3-1：取水口への到達有無の評価フロー

STEP1の整理概要

(1) 構外 (海域・陸域)

- 基準津波 1～3 について、流向・流速の検討に加え、軌跡シミュレーションを実施し 12時間の間で取水口に到達し得る漂流物 を整理
- 検討の結果、津波発生時に港湾口付近に漂流物が存在した場合、取水口に到達する可能性が示されたことから、発電所近傍で航行不能となった船舶を到達し得る漂流物 と整理

(2) 構内 (海域)

- 港湾内に入港する、燃料等輸送船、浚渫作業関連船舶 及び その他作業船 について、浮遊状態で到達し得る漂流物として整理

(3) 構内 (陸域)

- 大湊側海岸線 に設置・仮置きされる施設・設備等については、浮遊するものは到達し得る漂流物 として整理
- 荒浜側海岸線 に設置・仮置きされる施設・設備等については、検討対象期間が12時間と比較的長期間であることを考慮し、基本的には 浮遊するものは到達し得る漂流物 として整理。
ただし、浮遊時間が10分程度に限定される 車両 については、120分間の流向・流速を考慮し、到達しない と整理
- 荒浜側防潮堤内敷地 については、荒浜側防潮堤が無いと仮定しても、有意な漂流物が海域に流出し、取水口に到達することは無い と整理

STEP1の整理概要

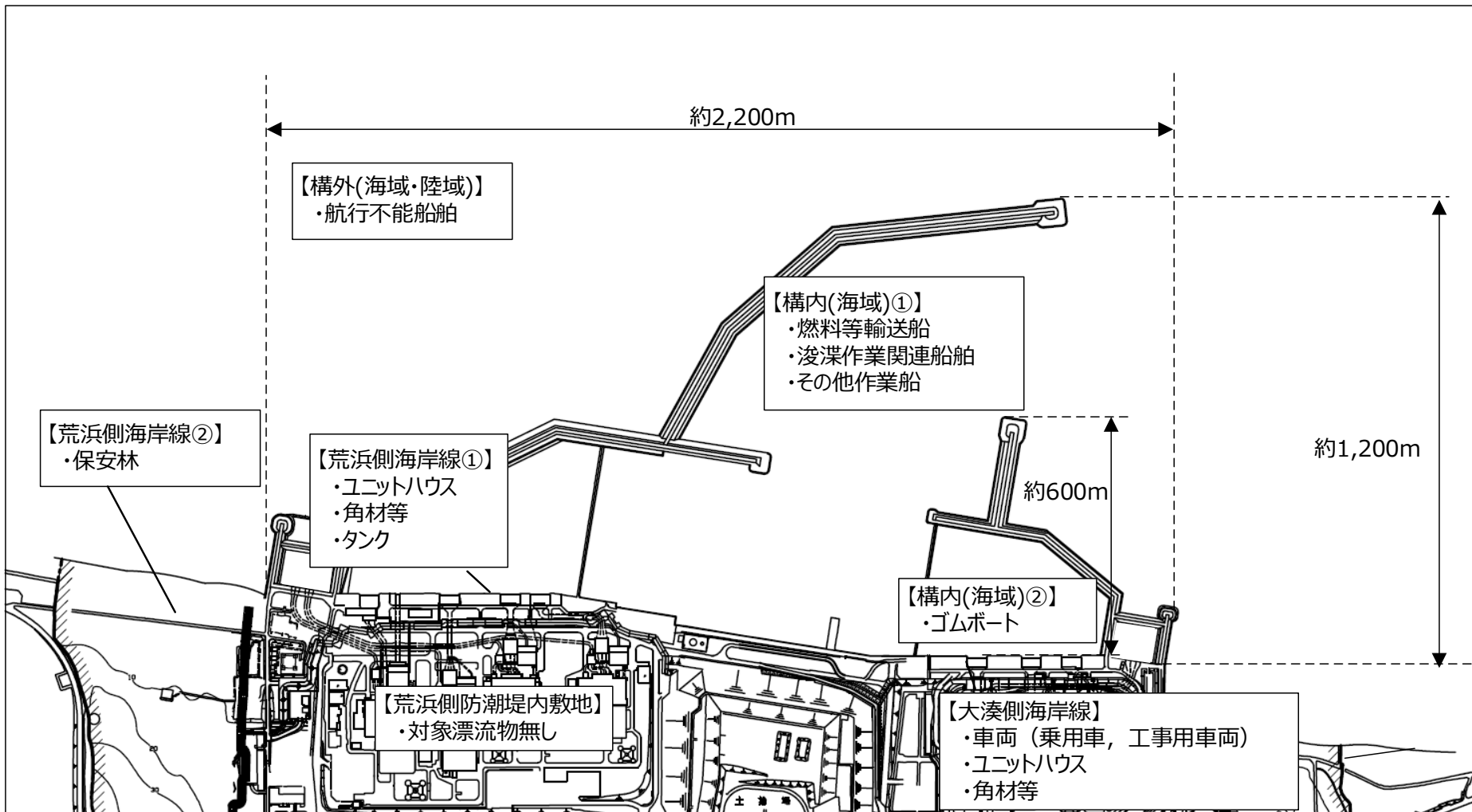
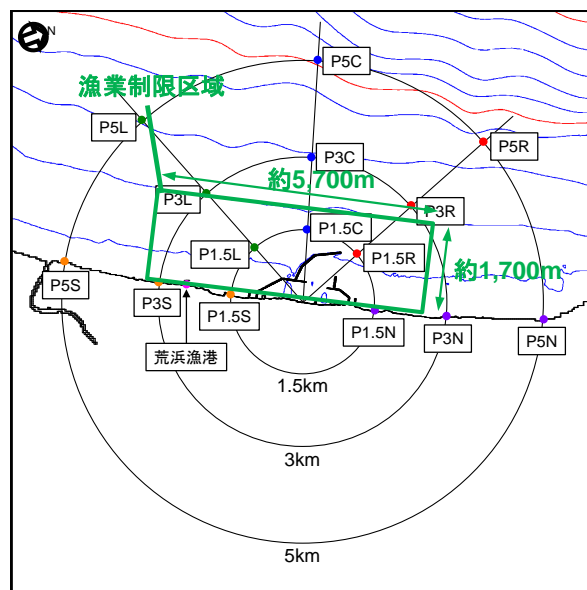


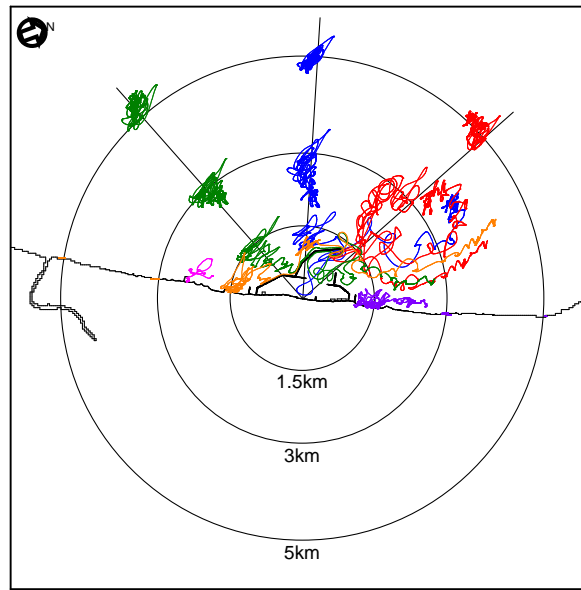
図1.3-2 : STEP1で抽出される漂流物の概略配置

STEP1 <構外 (海域・陸域) の評価詳細>

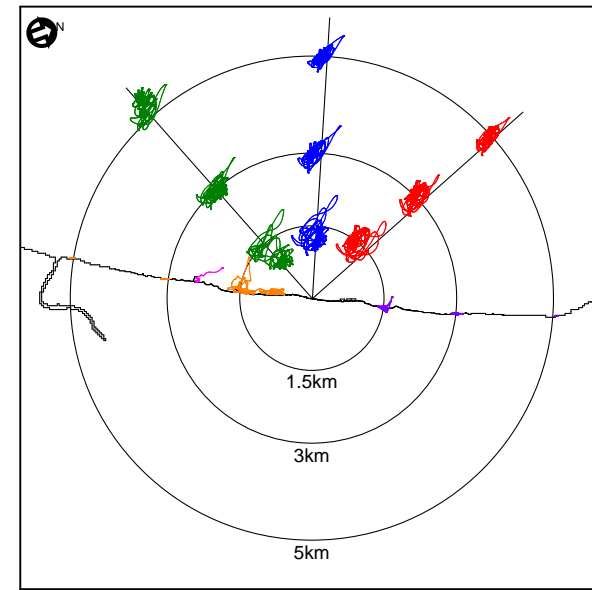
- 基準津波 1～3 について、流向・流速・軌跡シミュレーションの検討を実施し、12時間の間で取水口に到達し得る漂流物を整理
- 検討の結果、初期配置が港湾口近傍の漂流物について取水口に到達する可能性有りと整理 (結果詳細は参考資料1-1参照。ここでは軌跡シミュレーションの結果を図1.3-3に示す。)
- 発電所近傍に海上設置物は無く、発電所周辺に定期航路は無いが、航行不能となった船舶が津波時に港湾口近傍に存在する場合取水口に到達する可能性があるため、航行不能船舶を抽出
- 発電所近傍に位置する荒浜漁港に停泊する船舶については、発電所に到達しないことを確認



<初期配置>



<基準津波 2, 防波堤健全, 12時間>



<基準津波 2, 防波堤無し, 12時間>

図1.3-3 : 構外 (海域・陸域) の漂流物の挙動

STEP1 <荒浜側防潮堤内敷地の評価詳細>

- 荒浜側防潮堤内敷地には特有の設備として、漂流時の影響が大きいタンク類を設置
- タンクに係る詳細評価として荒浜側防潮堤内敷地における流向・流速・軌跡シミュレーションの検討を以下のとおり実施（結果詳細は参考資料1-2参照。ここでは軌跡シミュレーションの結果を図1.3-5に示す。）
- なお、荒浜側防潮堤が無いと仮定しても、資機材等の漂流影響は荒浜側海岸線における評価と同様と整理可能

⇒ 流向・流速に関する検討の結果、荒浜側防潮堤が無いと仮定してもタンク類が海域に流出し、取水口に到達することはないことを確認

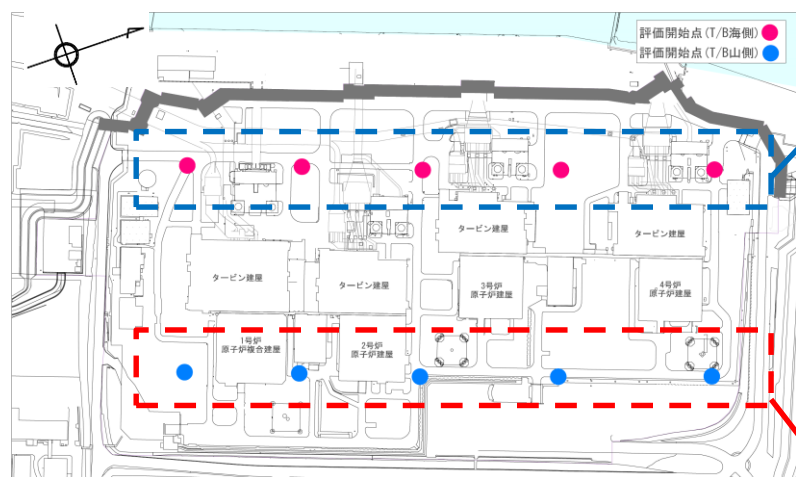


図1.3-4：軌跡シミュレーションの初期配置

注1) 地震発生から12時間を評価

注2) 浸水深50cmで漂流開始

注3) 基準津波1の場合を例示するが、基準津波2及び3の場合でも、同様の結果となることを確認

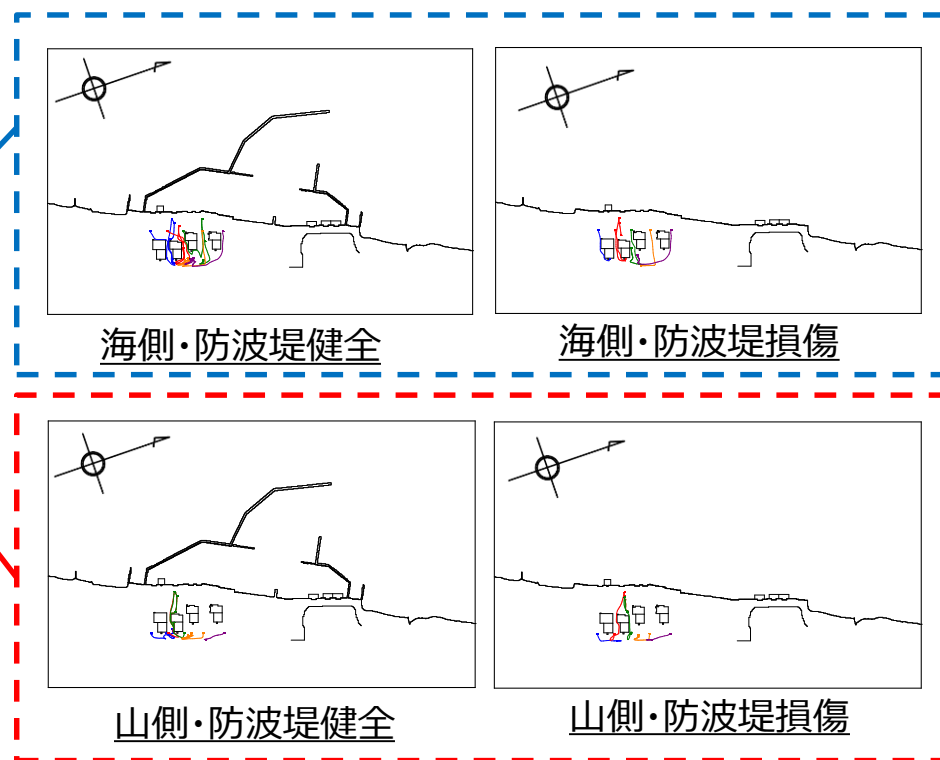


図1.3-5：荒浜側防潮堤内敷地の漂流物の挙動

1.3.1.1 浮遊状態で取水口に到達し得る漂流物の整理 (5/7)

STEP1 <整理結果>

表1.3-1：浮遊状態漂流物の整理 (STEP1)

設置場所情報			種類	内容・名称・構造等	重量
海域/陸域	構内/構外	場所			
海域	構外	発電所周辺	船舶	発電所近傍で航行不能となった船舶	約15t
	構内	発電所港湾内	船舶	燃料等輸送船	総トン数 約5,000t
				浚渫作業関連船舶	総トン数 約500t
				港湾設備保守点検作業船 (大湊側港湾内及び荒浜側港湾内のゴムボート含む。)	30t 未満
				海洋環境監視調査作業船	30t 未満
温排水水温調査作業船 (大湊側港湾内及び荒浜側港湾内のゴムボート含む。)	15t 未満				
陸域	構外	発電所周辺	—	対象無し	—
	構内	大湊側海岸線	車両	対象：軽自動車，乗用車，中型／大型トラック，ユニック，バキューム車，小型／大型建設用車両	約0.7t～約45t
			資機材	ユニットハウス	1t 未満
		角材，排水用ホース，カラーコーン		数kg	
		荒浜側海岸線（護岸部）	タンク	LLW輸送容器	約1.2t
				LLW輸送容器を積載した車両	約19t
		荒浜側海岸線（護岸部外）	資機材	ユニットハウス	1t 未満
				角材，排水用ホース，カラーコーン	数kg
荒浜側海岸線（護岸部外）	植生	保安林	約140kg		
荒浜側防潮堤内敷地	—	対象無し	—		

STEP2 <整理方針>

- 表1.3-1に示す漂流物のうち、「船舶」、「車両」及び「タンク」について以下の漂流物化防止対策により、取水口に到達しない設計（運用）を志向

(1) 船舶（参考4-1～参考4-3参照）

- 燃料等輸送船は退避
- 浚渫作業関連船舶（浚渫船、揚錨船、曳船及び土運船）については、係留等により漂流防止を実施
- その他作業船についても基本は退避
ただし、大湊側港湾内及び荒浜側港湾内（カーテンウォールより内側）で作業を実施する場合は退避不可となる状況を想定し、ゴムボートのみ利用可能とする使用制限を実施

(2) 車両（参考4-4参照）

- 軽車両については浮遊し、到達し得るものと整理
- 密度評価を実施し、 1.05t/m^3 を超える物は浮遊しないと整理
- 軽車両以外の車両で、密度が 1.05t/m^3 以下となるものは、代替車両（軽自動車か密度が 1.05t/m^3 を超える車両）を利用するか、浮遊しないよう退避時気相部開放運用を適用

(3) タンク（LLW輸送容器）（参考4-5参照）

- LLW輸送容器については、LLW輸送車両への固縛、重りの積載等により密度が 1.05t/m^3 を超える状態を維持する運用を実施

STEP2 <整理結果>

表1.3-2：浮遊状態漂流物の整理 (STEP2)

設置場所情報			種類	内容・名称・構造等	重量
海域/陸域	構内/構外	場所			
海域	構外	発電所周辺	船舶	発電所近傍で航行不能となった船舶	約15t
	構内	発電所港湾内	船舶	港湾設備保守点検作業船 (ゴムボート)	1t 未満
				温排水水温調査作業船 (ゴムボート)	1t 未満
陸域	構外	発電所周辺	—	対象無し	—
	構内	大湊側海岸線	車両	軽自動車	1t 以下
			資機材	ユニットハウス	1t 未満
		資機材		角材, 排水用ホース, カラーコーン	数kg
			荒浜側海岸線 (護岸部)	資機材	ユニットハウス
		角材, 排水用ホース, カラーコーン			数kg
		荒浜側海岸線 (護岸部外)	植生	保安林	約140kg
荒浜側防潮堤内敷地	—	対象無し	—		

整理方針

- 図1.3-6に示す通り，大湊側港湾内海底標高がT.M.S.L.-5.5mに対し，その南側の海底標高は約T.M.S.L.-10m（一部約T.M.S.L.-13m）であることから，仮に荒浜側敷地等に設置される施設・設備等が滑動により海域に流出した場合でも海水貯留堰に到達することはないため，滑動評価は，**大湊側港湾内及び大湊側敷地の津波遡上範囲に設置・仮置きされる施設・設備等を対象**として実施（浮遊状態で到達し得る漂流物は除く。）
- 上記滑動評価の対象について，形状・重量・構成部材等を考慮し，滑動有無を評価

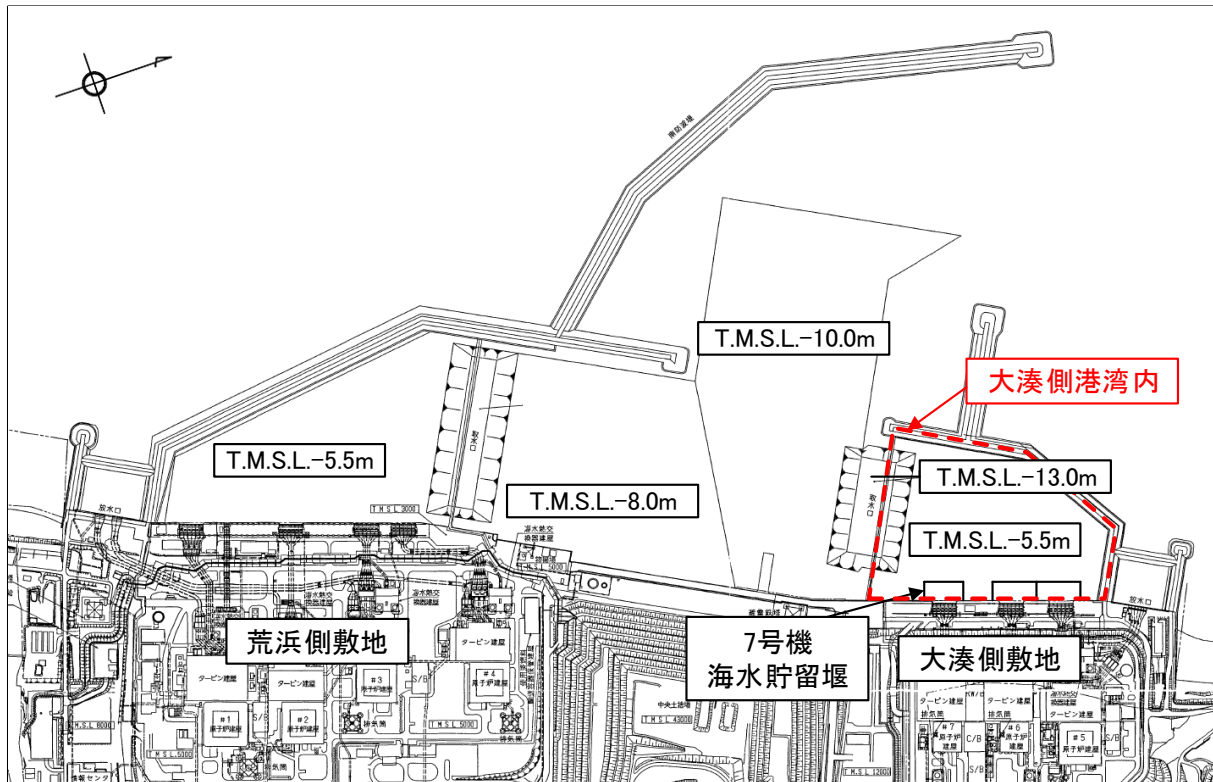


図1.3-6：港湾内海底標高



<鋼製角落し>



<角ホルダー>

図1.3-7：滑動しないと評価する設備の例

1.3.1.2 滑動状態で取水口に到達し得る漂流物の整理 (2/2)

整理結果

表1.3-3：滑動状態漂流物の整理

設置場所情報			種類	内容・名称・構造等	重量
海域/陸域	構内/構外	場所			
海域	構外	発電所周辺	—	対象無し	—
	構内	発電所港湾内	防波堤	捨石・碎石	約100kg
陸域	構外	発電所周辺	—	対象無し	—
	構内	大湊側海岸線	車両	乗用車, 中型/大型トラック, ユニック, バキューム車, 小型建設用車両	最大約14t
			資機材	足場板, 角パイプ, 工具収納棚, 単管パイプ, 洗浄機, 二輪車, 水中ポンプ, 単管バリケード, 脚立, 仮設電源・動力・分電盤, ハウジングカバー (バー回転式スクリーン, トラベリングスクリーン), スクリーン点検用架台・治具, 開口部養生板・治具, 渉り歩廊, 仮設作業床, 台車乗り上げ台, 仮設手摺, 工具箱, 受け架台, 発電機	1t 未満
		一般構築物	監視カメラ, 拡声器, 標識, 鉄骨 (小片), コンクリート (小片), 海水放射能モニタ	100kg以下	

浮遊状態漂流物

- 「浮遊状態」で到達し得る漂流物のうち、最も水面下断面積が大きい「発電所近傍で航行不能となった船舶」が取水口に到達するとして影響評価を実施
- また、集積影響の考慮として、長期間浮遊する漂流物のうち、最も喫水が大きい航行不能船舶の喫水高さで一様に取水口が塞がれたと仮定し影響評価を実施

<通水性への影響評価 (各種諸元) >

- 取水口呑口断面寸法
 - 高さ : 7.6m (平均潮位下約5.5m)
 - 幅 : 39m (6.5m×6門)
 - **平均潮位下断面積 : 約210m²**
- 非常用海水冷却系必要水量
 - 通常時 (循環水系) の5%未満
 - ・循環水系定格流量 ; 約5,300m³/分
 - ・非常用海水冷却系定格流量 ; 約180m³/分
- 航行不能船舶寸法
 - 長さ : 約15m
 - 幅 : 約4m
 - 喫水 : 約1m
 - 水面下断面積 : 約15m²
- 集積影響評価
 - 幅 : 39m
 - 喫水 : 約1m
 - **水面下断面積 : 約39m²**

図1.3-8 : 浮遊状態の漂流物による通水性への影響評価



- ✓ 非常時通水量(非常用海水冷却系定格流量)は、通常時通水量(循環水系定格流量)の5%未満
- ✓ 集積影響を保守的に考慮した場合でも、80%以上の開口面積が確保可能であり、非常用海水冷却系の取水性に影響は無い

滑動状態漂流物

- 「滑動状態」で到達し得る漂流物のうち、最も断面積が大きい「バキューム車」が取水口に到達するとして影響評価を実施
- また、集積影響の考慮として、最も高さの大きいバキューム車の高さで一様に取水口が塞がれたと仮定し影響評価を実施

<通水性への影響評価 (各種諸元)>

- 取水口呑口断面寸法
 - 高さ : 7.6m (平均潮位下約5.5m)
 - 幅 : 39m (6.5m×6門)
 - 平均潮位下断面積 : 約210m²
- 非常用海水冷却系必要水量
 - 通常時 (循環水系) の5%未満
 - ・循環水系定格流量 ; 約5,300m³/分
 - ・非常用海水冷却系定格流量 ; 約180m³/分
- バキューム車寸法
 - 長さ : 約10m
 - 幅 : 約3.5m
 - 断面積 : 約35m²
- 集積影響評価
 - 幅 : 39m
 - 高さ : 約3.5m
 - 断面積 : 約140m²

図1.3-9 : 滑動状態の漂流物による通水性への影響評価



- ✓ 非常時通水量(非常用海水冷却系定格流量)は、通常時通水量(循環水系定格流量)の5%未満
- ✓ 集積影響を保守的に考慮した場合でも、30%以上の開口面積が確保可能であり、非常用海水冷却系の取水性に影響は無い

1.4 漂流物衝突評価

1.4.1 被衝突体の特性の整理 (1/2)

(1) 被衝突体

- 海水貯留堰

(2) 設置目的

- 引き波時の水位が、原子炉補機冷却海水ポンプの設計取水可能水位 (T.M.S.L.-4.92m) を下回っている間でもポンプの取水が可能となるよう海水の貯留機能を有する海水貯留堰を設置

(3) 位置・構造・仕様等

- 6号及び7号機のそれぞれの取水口前面に鋼管矢板を接続する形で設置
- 天端高さはT.M.S.L.-3.5m (海底面高さはT.M.S.L.-5.5m) であり、**通常時は海中に没水**

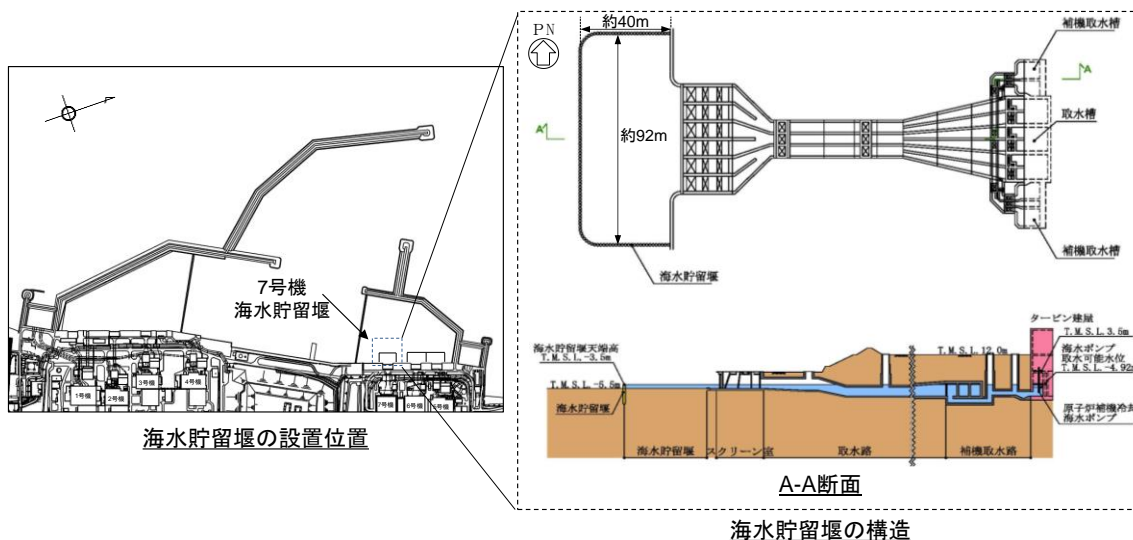


図1.4-1：海水貯留堰の位置及び構造（7号機を代表として記載）

(4) 設置形態を考慮した衝突モード

- 取水口に到達し得る漂流物はすべて海水貯留堰にも到達し衝突すると想定
- 浮遊状態で漂流する漂流物が海水貯留堰に気中衝突する事象は、水位がT.M.S.L.-3.5mを下回る期間のみ発生
- 基準津波1～3の水位時刻歴より、水位がT.M.S.L.-3.5mを下回る期間は、表1.4-1のとおり

表1.4-1：海水貯留堰の天端が露出する期間

基準津波	防波堤の状況	海水貯留堰の天端が露出する期間 (7号機取水口前面水位がT.M.S.L.-3.5mを下回る期間)
1	健全	無し
	1m沈下	無し
	2m沈下	無し
	無し (消失)	地震発生後2時間まで
2	健全	地震発生後2時間まで
	1m沈下	地震発生後2時間まで
	2m沈下	地震発生後2時間まで
	無し (消失)	地震発生後9時間まで
3	健全	無し
	1m沈下	無し
	2m沈下	無し
	無し (消失)	地震発生後1時間まで

1.4.2 衝突荷重評価対象漂流物の整理

- 衝突荷重を評価する漂流物は表1.3-2及び表1.3-3に整理する取水性評価の対象漂流物と同様とし、両者を合わせて表1.4-2に整理する。

表1.4-2：衝突荷重を評価する漂流物（取水性評価対象漂流物と同様）

状態	設置場所情報			種類	内容・名称・構造等	重量		
	海域/陸域	構内/構外	場所					
浮遊	海域	構外	発電所周辺	船舶	発電所近傍で航行不能となった船舶	約15t		
		構内	発電所港湾内	船舶	作業船（ゴムボート）	1t 未満		
	陸域	構内	大湊側海岸線	車両	軽自動車	1t 以下		
				資機材	ユニットハウス 角材, 排水用ホース, カラーコーン	1t 未満 数kg		
			荒浜側海岸線	資機材	ユニットハウス 角材, 排水用ホース, カラーコーン	1t 未満 数kg		
				植生	保安林	約140kg		
			海域	構内	発電所港湾内	防波堤	捨石・砕石	約100kg
			滑動	陸域	構内	大湊側海岸線	車両	乗用車, 中型/大型トラック, ユニック, バキューム車, 小型建設用車両
資機材	足場板, 角パイプ, 工具収納棚, 単管パイプ, 洗浄機, 二輪車, 水中ポンプ, 単管バリケード, 脚立, 仮設電源・動力・分電盤, ハウジングカバー（バー回転式スクリーン, トラベリングスクリーン）, スクリーン点検用架台・治具, 開口部養生板・治具, 涉水歩廊, 仮設作業床, 台車乗り上げ台, 仮設手摺, 工具箱, 受け架台, 発電機	1t 未満						
一般構築物	監視カメラ, 拡声器, 標識, 鉄骨（小片）, コンクリート（小片）, 海水放射能モニタ	100kg以下						

1.4.3.1 衝突荷重算定式の適用性の整理 ～既往の評価式～

- 既往の漂流物衝突荷重算定式について、各式導出にあたって実施した実験の条件に加え、前記で整理した衝突荷重を算定する衝突物の種類、漂流物の存在位置等を踏まえ、各式の適用性を以下のとおり整理

表1.4-3：既往の漂流物衝突荷重算定式及び適用性の整理

出典	種類	記載概要	適用性
松富ほか (1999)	流木	<ul style="list-style-type: none"> 円柱形状の流木が縦向きに衝突する場合の衝突荷重算定式を提案 水理模型実験及び空中衝突試験において、流木を被衝突体の前面に設置した状態で衝突させている。 	<p>実現象を再現するパラメータを適切に定める必要があるという課題はあるものの、「直近海域」からの流木に対して適用可能と判断する。</p>
池野・田中 (2003)	流木	<ul style="list-style-type: none"> 円柱、角柱及び球の形状をした木材による漂流物の衝突荷重算定式を提案 衝突体を被衝突体の前面に設置した状態で衝突させている。 	<p>実験の模型縮尺（1/100）を考慮すると、原子力発電所における漂流物衝突事象への適用は困難と判断する。</p>
道路橋示方書 (2002)	流木等	<ul style="list-style-type: none"> 橋（橋脚）に自動車、流木あるいは船舶等が衝突する場合の漂流物の衝突荷重算定式を提案 漂流物が流下（漂流）してきた場合に、表面流速を与えることで漂流流速に対する荷重を算定可能 	<p>漂流物流下（漂流）してきた場合を想定している算定式であり、「前面海域」からの漂流物に対して適用可能と判断する。</p>
水谷ほか (2005)	コンテナ	<ul style="list-style-type: none"> 漂流するコンテナによる漂流物の衝突荷重算定式を提案 被衝突体の直近のエプロン上にコンテナを設置した状態で衝突させている。 	<p>エプロン上にコンテナを設置して衝突力を求めるという特殊な実験により得られた式であり、柏崎刈羽原子力発電所において想定している状況と異なるため、適用は困難と判断する。</p>
有川ほか (2007, 2010)	流木 コンテナ	<ul style="list-style-type: none"> 鋼製構造物（コンテナ等）による漂流物の衝突荷重を提案 コンテナを被衝突体の前面に設置した状態で衝突させている。 	<p>剛性に係る「k」値を設定することが困難であるため、「k」値が実験で直接確認されている流木以外への適用は困難と判断し、「直近海域」からの漂流物に対して適用可能と判断する。</p>
FEMA (2012)	流木 コンテナ	<ul style="list-style-type: none"> 非減衰系の振動方程式に基づき導出した荷重算定式を提案 適用にあたっては、個別の漂流物に対して軸剛性を適切に定める必要がある。 	<p>実現象を再現する軸剛性を適切に定める必要があるという課題はあるものの、「直近海域」からの漂流物に対して適用可能と判断する。</p>
FEMA (2019)	流木 乗用車 石材・コンクリート コンテナ 船舶・台船	<ul style="list-style-type: none"> 非減衰系の振動方程式に基づき導出した荷重算定式を提案 適用にあたっては、個別の漂流物に対して軸剛性を適切に定める必要がある。 先行版では、過度に保守的な漂流物衝突荷重であることを踏まえ、最新のASCE7-16の知見に基づき漂流物荷重算定式が見直されているものである。 ASCE7-16によれば、海底を滑動する際の衝突荷重が例示されている。 	<p>実現象を再現する軸剛性を適切に定める必要があるという課題はあるものの、「直近海域」からの漂流物に対して適用可能と判断する。</p>

- 柏崎刈羽原子力発電所の津波に関するサイト特性及び被衝突体の特性を踏まえ、既往の評価式の適用性を以下の観点で整理を実施
 - ソリトン分裂及び砕波の発生有無
 - ⇒ 分裂波又は砕波の発生位置よりも陸側に漂流物が侵入する場合，表1.4-3における「直近海域」からの漂流物に該当すると整理
 - 海底露出の範囲
 - ⇒ 港湾内の海底が露出する際に，露出範囲内に漂流物が存在する場合，表1.4-3における「直近海域」からの漂流物に該当すると整理
 - 気中衝突の有無
 - ⇒ 海水貯留堰の天端が露出する際（取水口前面水位がT.M.S.L.-3.5mとなる際）に，海水貯留堰の近傍に漂流物が存在する場合，表1.4-3における「直近海域」からの漂流物に該当すると整理

1.4.3.3 衝突荷重算定式の適用性の整理 ～ソリトン分裂～

- 分裂波又は砕波の発生位置よりも陸側に漂流物が侵入する場合，表1.4-3における「直近海域」からの漂流物に該当と判断
- 数値解析により，以下のとおりソリトン分裂及び砕波発生有無を評価

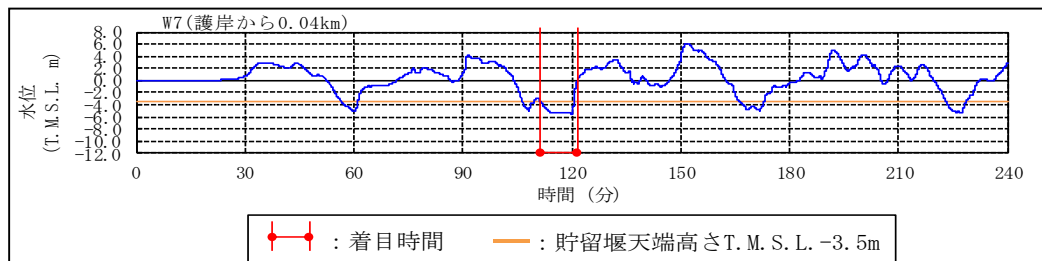


図1.4-2：最大水面勾配が確認された時刻（基準津波2，118分）

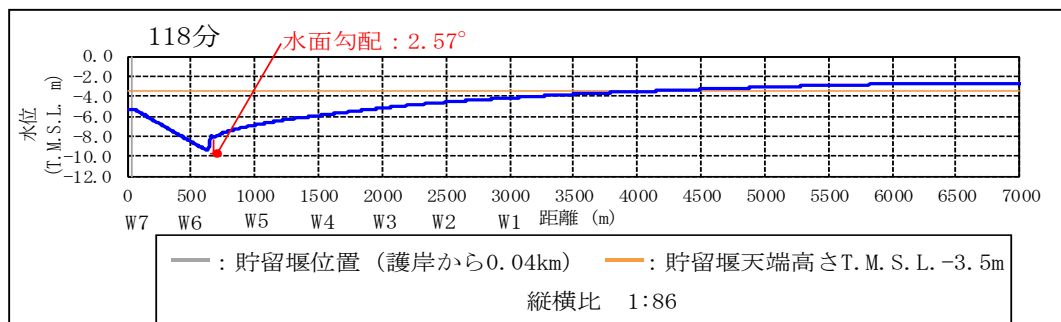


図1.4-3：最大水面勾配が確認された時刻の津波波形（空間分布）

- 基準津波の波形等から砕波が発生するような段波形状は見られない。
- 水面勾配は最大で 2.57° であり，松山ら（2005）における水面勾配の砕波限界 $30^\circ \sim 40^\circ$ に比べ十分小さい。

- 上記評価より，ソリトン分裂及び砕波のいずれも発生しないと整理
- 柏崎刈羽原子力発電所においては，ソリトン分裂及び砕波の観点では，「直近海域」からの漂流物は存在しないと判断

1.4.3.4 衝突荷重算定式の適用性の整理 ～海底の露出範囲～

- 基準津波2の地震発生後2時間付近の引き波時に、沖合約600mまでの港湾内で海底が露出する事象を確認
- 表1.4-2に示す浮遊状態の漂流物のうち、「航行不能船舶」及び「保安林」以外の漂流物は上記時間帯で海底露出範囲に存在する可能性があるため、「直近海域」からの漂流物に該当すると整理
- 一方で、「航行不能船舶」及び「保安林」については流向・流速・軌跡シミュレーションの結果から、上記時間帯で港湾内露出範囲に侵入しないことが確認されたため、海底露出範囲の観点では、「直近海域」からの漂流物には該当しないと整理

(検討結果の詳細参考1-3参照。ここでは軌跡シミュレーションの結果を図1.4-5に示す。)

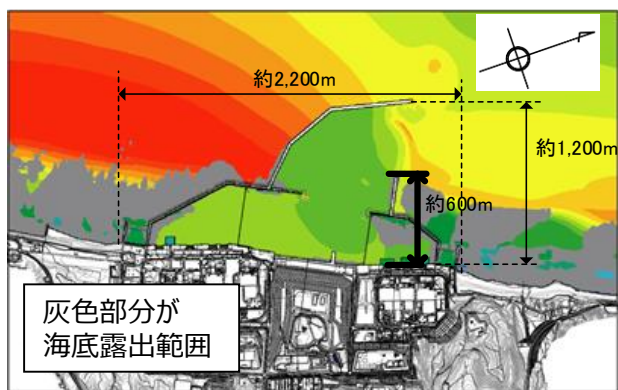


図1.4-4：引き波による港湾内海底の露出範囲
(基準津波2)

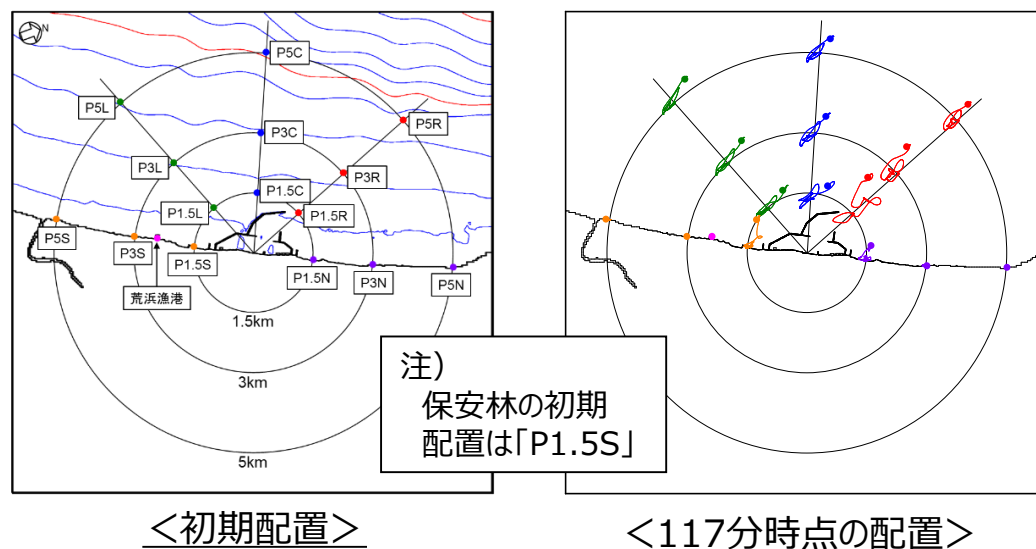
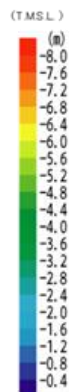


図1.4-5：港湾内海底の露出時の航行不能船舶及び保安林の配置

1.4.3.5 衝突荷重算定式の適用性の整理 ～気中衝突の発生有無～(1/6) **TEPCO**

- 取水口前面水位が海水貯留堰の天端高さT.M.S.L.-3.5mまで低下する期間に漂流物が海水貯留堰近傍に存在する場合、気中衝突の発生の可能性有り
- 「航行不能船舶」及び「保安林」について、取水口前面水位がT.M.S.L.-3.5mを下回るケースにおける挙動を確認し、気中衝突の発生有無を評価
- 気中衝突有無の判定にあたっては、前記の港湾内の露出範囲（汀線から600m）及び、港湾内の流向を考慮※し、図1.4-6に示す範囲を気中衝突が発生し得る海水貯留堰近傍となると整理し、表1.4-3における「直近海域」として扱い、それ以外を「前面海域」として扱う
- 地震発生後から取水口前面水位がT.M.S.L.-3.5mまで低下する期間において、上記「直近海域」に侵入する場合は、「直近海域」からの漂流物に該当するものと整理

※ 参考1-1、図参1-1-2、265minに示す通り、港湾内に流入した津波は大きく大湊側に向かう流れと荒浜側に向かう流れに分岐する。ここでは上記分岐境界を保守的に南側突堤付近と整理し、「直近海域」と「前面海域」の境界線を設定した。

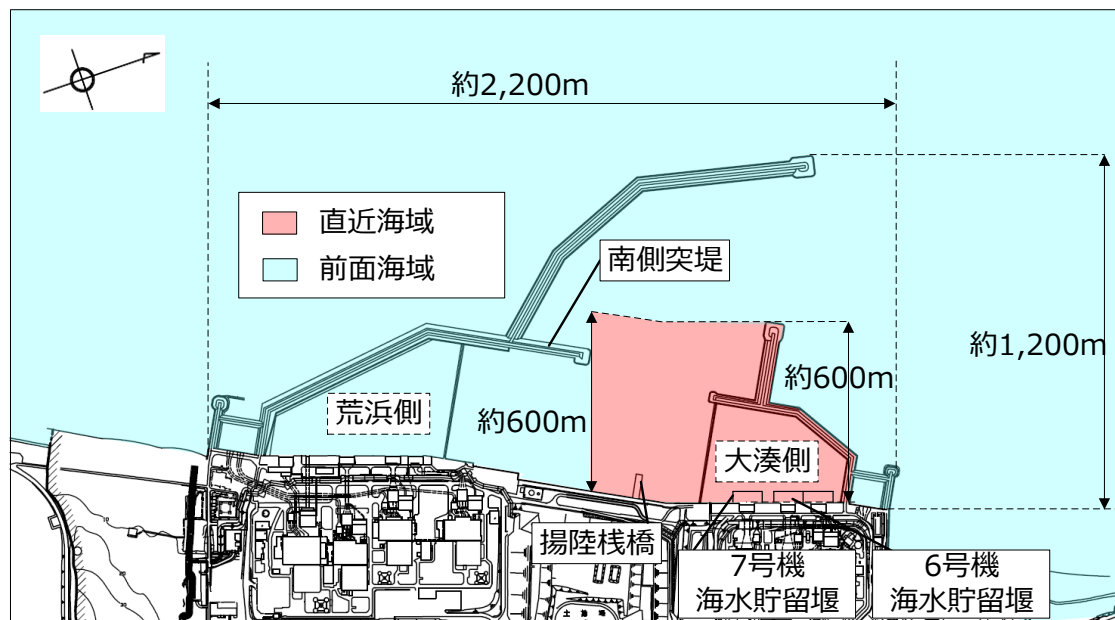


図1.4-6：気中衝突評価有無の評価における「直近海域」と「前面海域」の整理

- 基準津波1～3の防波堤あり／なしのケースについて、12時間の取水口前面水位時刻歴及び発電所周辺の漂流物の挙動を確認し、以下のとおり整理

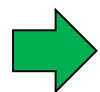
【防波堤あり】

- 基準津波1,3では取水口前面水位がT.M.S.L.-3.5mまで低下しない。
- 基準津波2では取水口前面水位がT.M.S.L.-3.5mまで低下するとともに、流向・流速・軌跡シミュレーションの傾向から、12時間のうちいずれかの時間帯で「直近海域」に侵入する可能性が示された。

【防波堤なし】

- 基準津波1～3全てのケースで取水口前面水位がT.M.S.L.-3.5mまで低下する。
- ただし、流向・流速・軌跡シミュレーションの傾向から、12時間のうちいずれの時間帯でも「直近海域」に侵入しないと判断できる。

※ 発電所周辺海域における漂流物の挙動に係る検討の詳細は参考1-4参照。
次頁には軌跡シミュレーションの結果を示す。



取水口前面水位がT.M.S.L.-3.5mまで低下するとともに12時間のいずれかの時間帯で航行不能船舶等が「直近海域」に侵入する可能性が示された、基準津波2（防波堤ありケース）について、取水口前面水位がT.M.S.L.-3.5mまで低下している期間において、漂流物が「直近海域」に侵入するか詳細検討を実施する。

1.4.3.5 衝突荷重算定式の適用性の整理 ～気中衝突の発生有無～(3/6) **TEPCO**

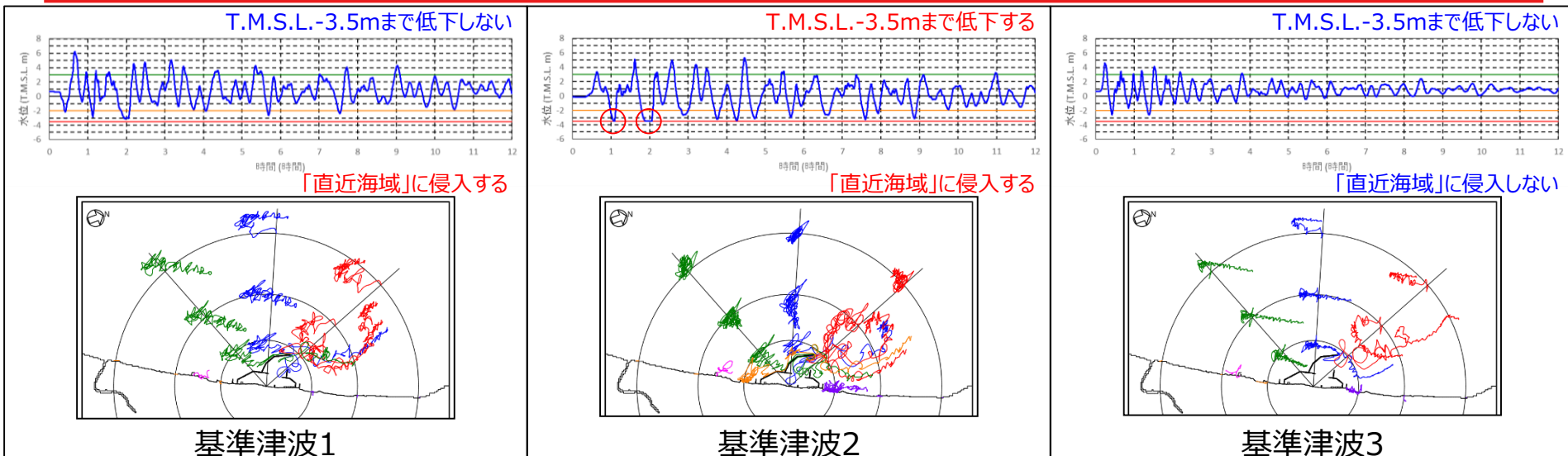


図1.4-7：7号機取水口前面水位と発電所周辺の漂流物の挙動（防波堤あり）

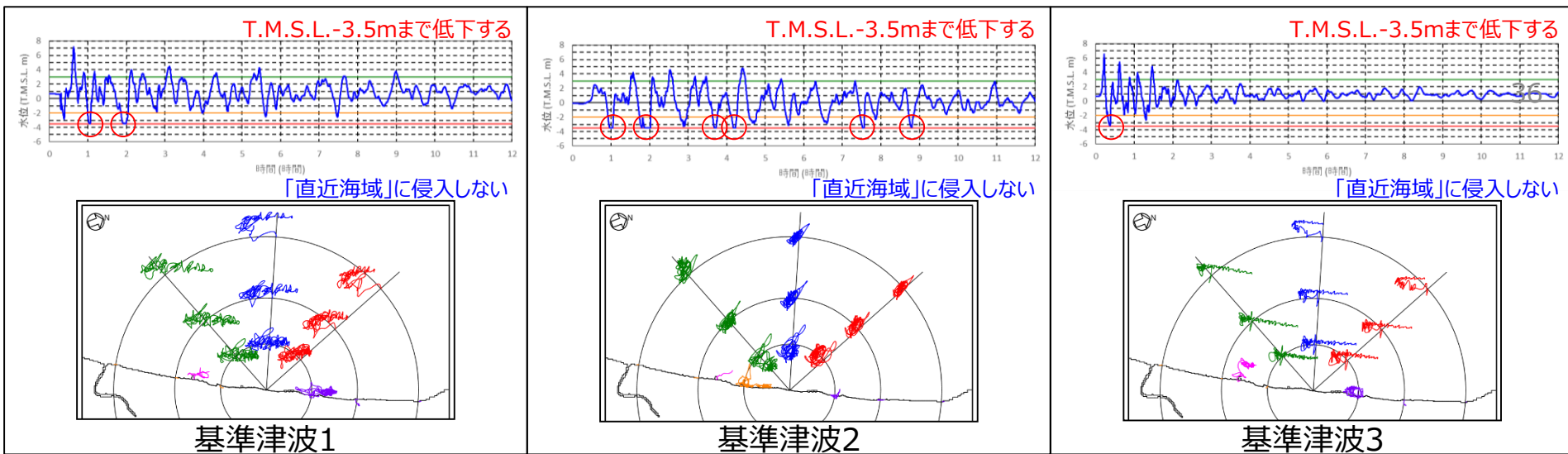


図1.4-8：7号機取水口前面水位と発電所周辺の漂流物の挙動（防波堤なし）

1.4.3.5 衝突荷重算定式の適用性の整理 ～気中衝突の発生有無～(5/6) **TEPCO**

- 海水貯留堰の天端が露出する基準津波2（防波堤ありケース）の地震発生後2時間頃までの発電所周辺の漂流物の挙動を、津波の経時的な流向・流速を用いて考察した。
- **発電所前面海域の主たる流れ**は、津波第二波後の引き波、津波第三波による押し波・引き波に応じて変化し、**長期間一様な流れとなっていない**ことが確認された。
- したがって**海水貯留堰の天端が露出している期間に「直近海域」への侵入は無く、気中衝突も発生しない**ものと判断する。

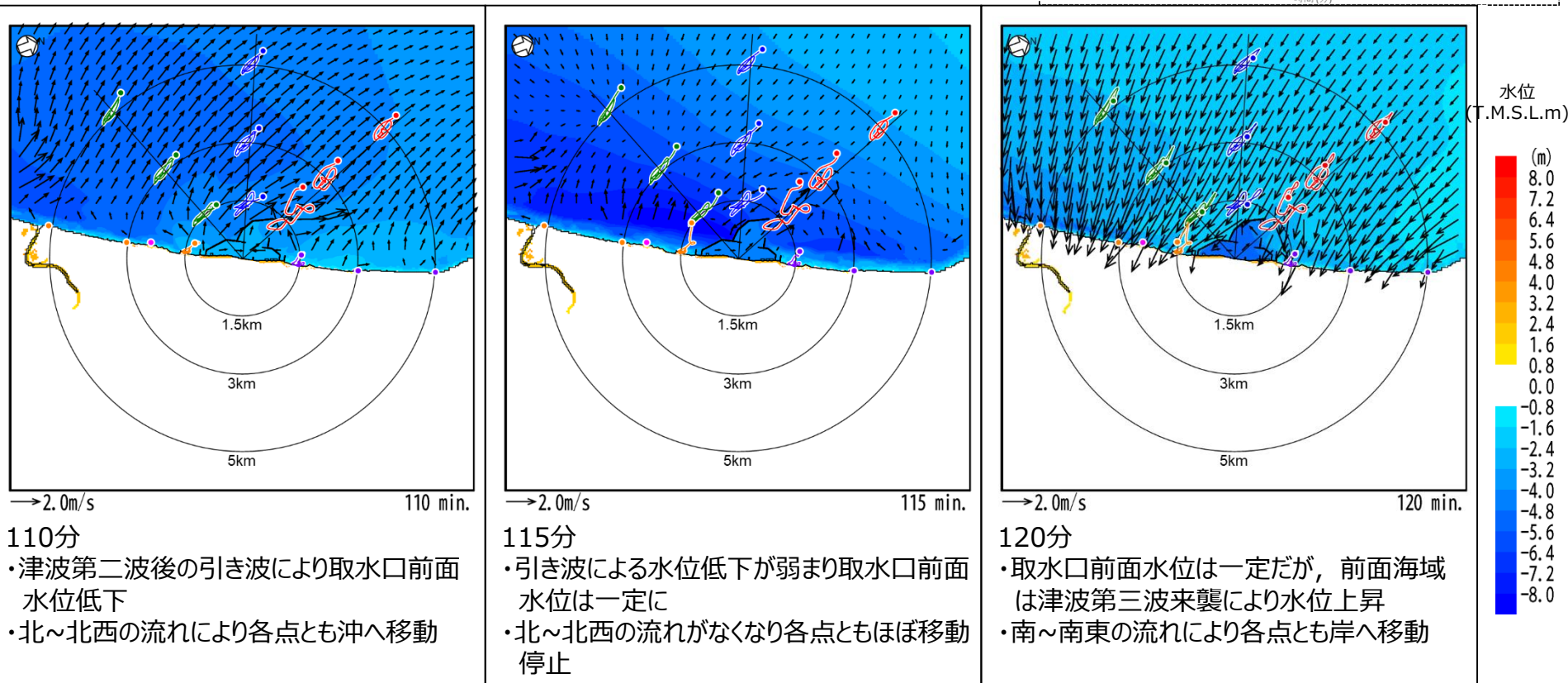
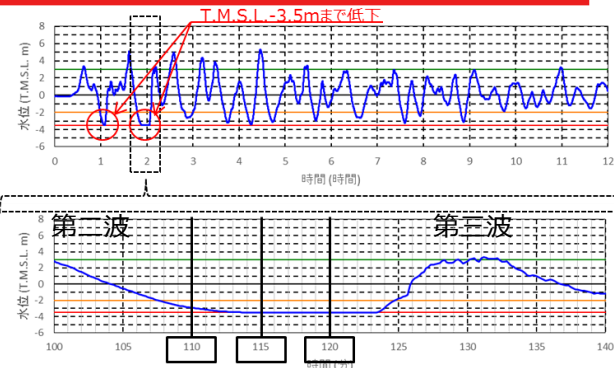


図1.4-9：経時的な流向・流速を用いた発電所周辺の漂流物の挙動に係る検討（基準津波2，防波堤あり）

1.4.3.5 衝突荷重算定式の適用性の整理 ～気中衝突の発生有無～(6/6) **TEPCO**

- また、港口付近（赤点）についても、津波第二波後の引き波、津波第三波による押し波・引き波に応じて変化することが確認された。
- 港口付近への移動は主に津波来襲により生じる流れにより生じており、この際、取水口前面水位が上昇し、高い状態となっている。

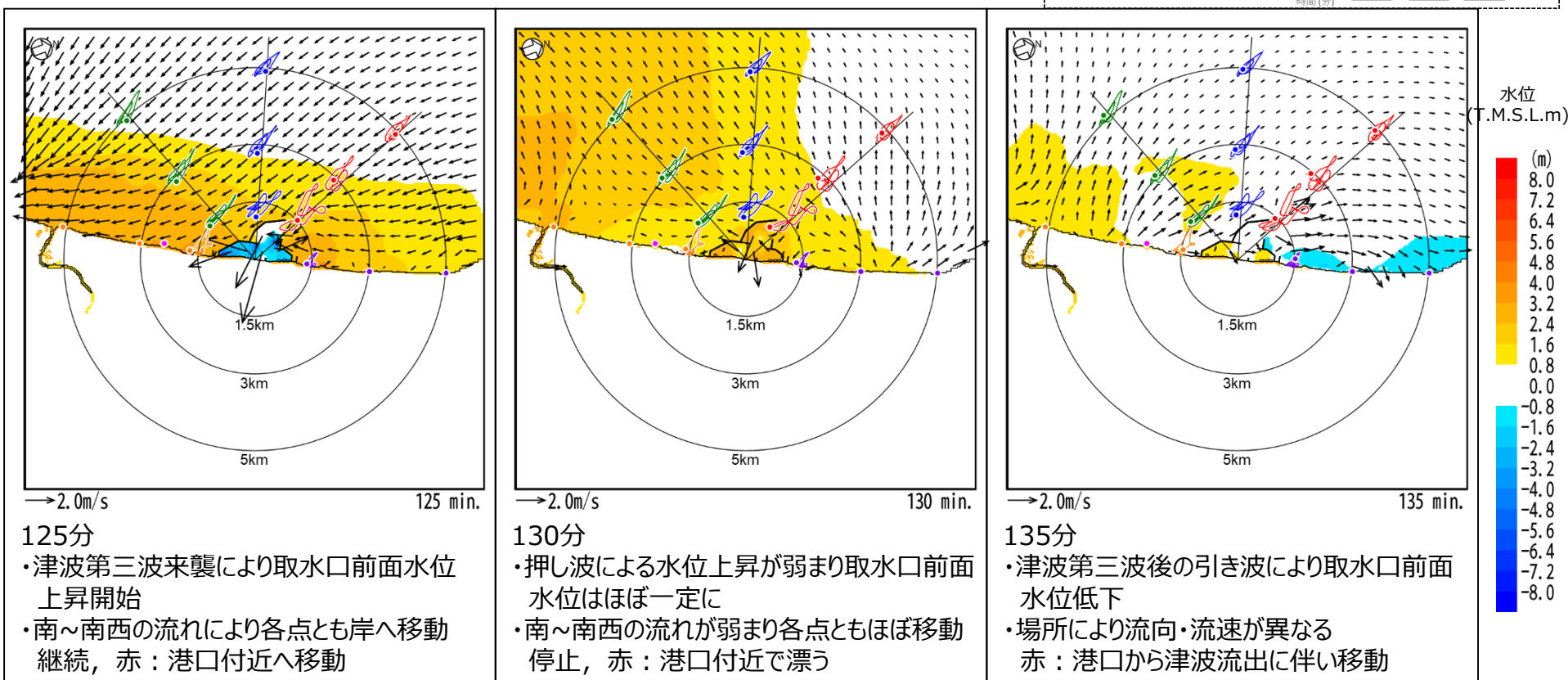
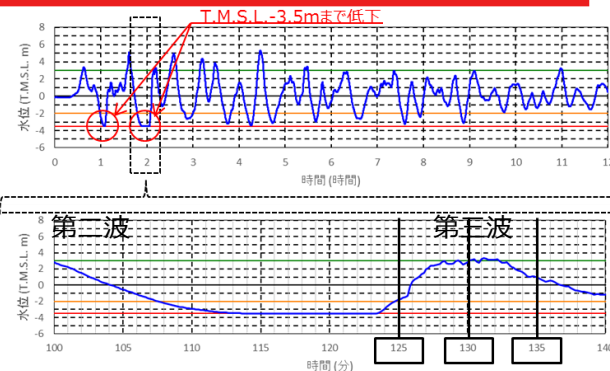


図1.4-10：経時的な流向・流速を用いた発電所周辺の漂流物の挙動に係る検討（基準津波2，防波堤あり）

1.4.4 衝突荷重の算定方法（浮遊状態の漂流物）

- 以上の検討を踏まえ、漂流物の存在位置及び種類・材質等による包含関係を考慮し、具体的に衝突荷重を算定する浮遊状態の漂流物と適用式を表1.4-4のとおり整理

表1.4-4：浮遊状態漂流物の整理（STEP2）

設置場所情報			種類	内容・名称・構造等	重量	漂流物の存在位置	包含関係	算出対象	適用式
海域/陸域	構内/構外	場所							
海域	構外	発電所周辺	船舶	発電所近傍で航行不能となった船舶	約15t	前面海域	－	○	道路橋示方書(2002)
	構内	発電所港湾内	船舶	作業船（ゴムボート）	1 t未満	直近海域	軽自動車に包含	×	－
陸域	構内	大湊側海岸線	車両	軽自動車	1t 以下	直近海域	－	○	FEMA(2012)
			資機材	ユニットハウス	1t 未満	直近海域	軽自動車に包含	×	－
				角材, ホース, カラーコーン	数kg	直近海域	軽自動車に包含	×	－
		荒浜側海岸線	資機材	ユニットハウス	1t 未満	直近海域	軽自動車に包含	×	－
				角材, ホース, カラーコーン	数kg	直近海域	軽自動車に包含	×	－
			植生	保安林	約140kg	前面海域	－	○	道路橋示方書(2002)

<滑動状態での衝突について>

- 海底を滑動するものの衝突荷重算定式は、比較的少ない。
- FEMA (2019) によれば、漂流物の衝突に関して、最新のASCE/SEI 7-16（米国土木学会基準，2016）に従うように記載されている。
- ASCE/SEI 7-16によれば、流速4m/sの条件下で石材・コンクリート殻（2,270kg）が海底を滑動する際の衝突荷重が以下のとおり例示されている。重要度係数 I_{tsu} は、津波のリスク分類に応じて1.0~1.25が適用されるが、ここでは $I_{tsu} = 1.25$ とする。

$$F_i = 36 \times I_{tsu} = 36 \times 1.25 = 45 \text{ (kN)} \quad (\text{ここで, } F_i : \text{設計衝突力, } I_{tsu} : \text{重要度係数})$$

- 参考としてASCE/SEI 7-16の例示に基づき、バキューム車（14t）が海底を滑動した場合の衝突荷重を算定すると、下記のとおりとなり、FEMA（2012）より算定した軽自動車の衝突荷重（499 kN）に包含される。

$$F_i = 36 \times 1.25 \times (6/4) \times (14,000/2,270)^{0.5} = 168 \text{ (kN)} \quad (\text{流速 : } 6\text{m/s, 衝突物重量 : } 14\text{tで補正})$$

- 車両の有効軸剛性は石材・コンクリート殻が塊として有する剛性に比べ小さいと想定される。したがって、車両の有効軸剛性を精緻に考慮して衝突荷重を算定すると、上記で算定したものより小さくなるものと考えられる。
- なお、その他滑動状態で衝突する可能性があるものとして、資機材（ハウジングカバー等）や一般構築物（監視カメラ等）が挙げられるが、それらの重量は1.0t以下であるため、バキューム車の荷重に包含される。

<海水貯留堰への直接落下について>

- 引き波時に大湊側護岸部を滑動する車両等が海水貯留堰の護岸接続部直上から海域に落下し、海水貯留堰に直接衝突する事象について検討した。
- 引き波時に車両等が護岸部を滑動するには護岸部に一定程度の水深が必要だが、**海水貯留堰が露出する時刻**には**護岸部の海水はほとんど残らず滑動が停止**しているため、**直接衝突することはない**。
- また、護岸部で滑動し**落下の可能性のある時間帯**は、取水口前面海域の**水位が海水貯留堰の天端標高T.M.S.L.-3.5mよりも高く**、**気中落下衝突のような衝撃的な荷重は発生しない**。

※ 基準津波(1,2,3), 防波堤(有り,無し), 護岸部沈下(無し, 2m沈下)でパラメータスタディを実施し, 全てのケースで上記を確認済み。
 ここでは海水貯留堰の天端が一番長い時間露出する, 基準津波2・防波堤あり・護岸沈下2mのケースを例示。

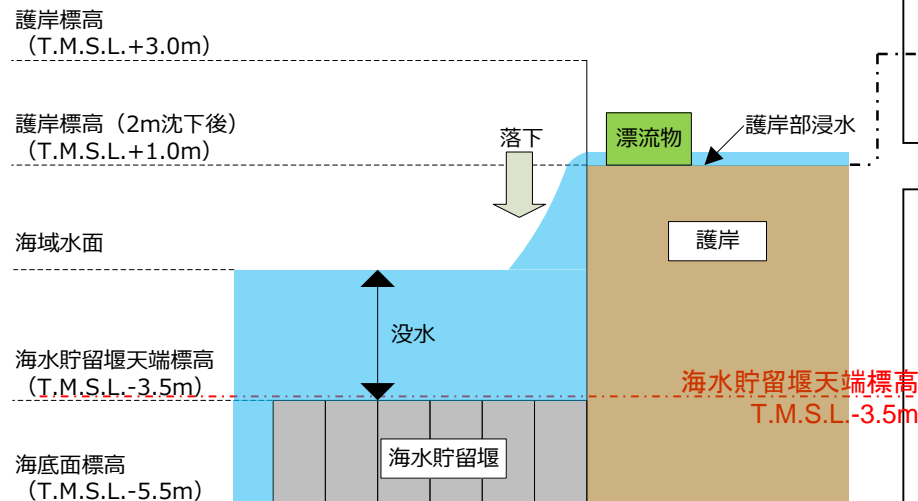
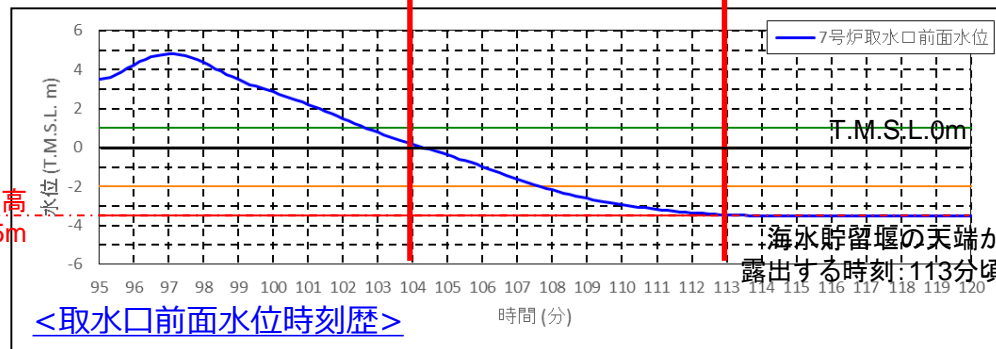
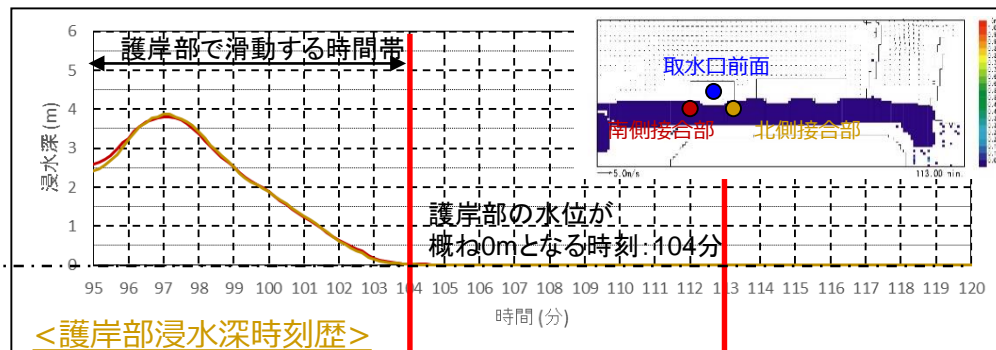


図1.4-11: 直接落下時の状況

1.4.6 荷重算定における設計上の配慮

① 漂流物衝突速度

⇒大湊側港湾内全域における海水貯留堰方向の最大流速5.64m/sを切り上げ6.0m/s

② 衝突荷重を作用させる標高

⇒最も厳しくなる海水貯留堰天端に衝突荷重を作用させる

③ 津波荷重と漂流物衝突荷重の組合せ

⇒保守的に津波の最大荷重（越流直前の波力）と漂流物による最大荷重が同時に作用と仮定

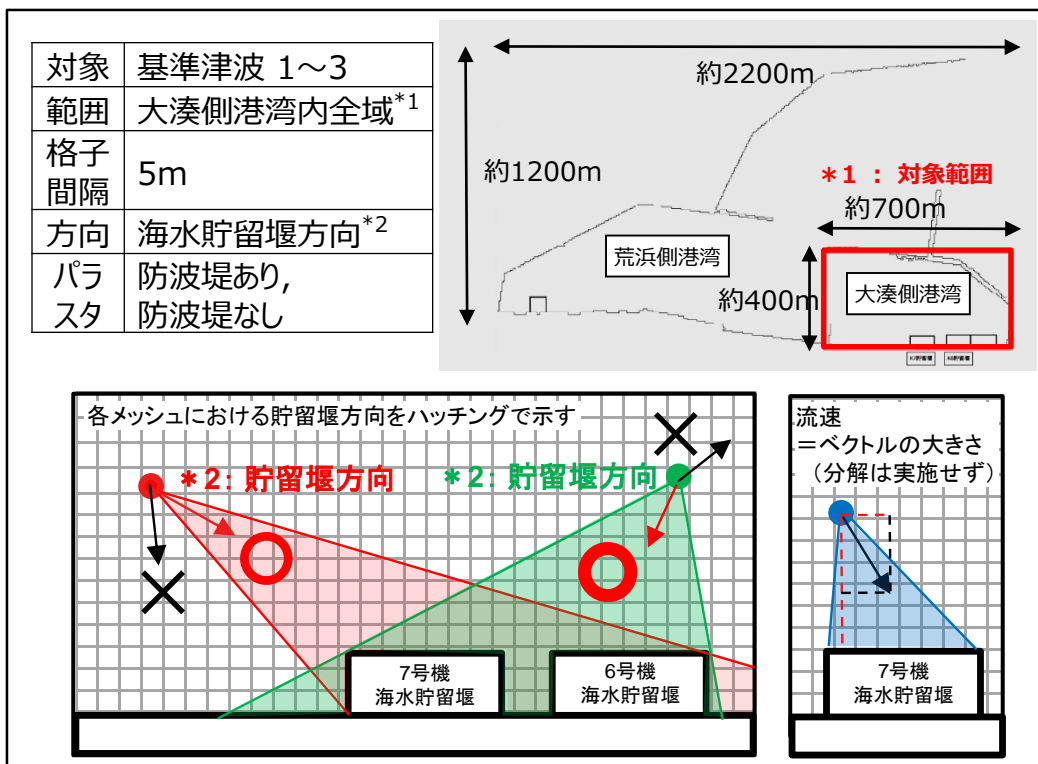


図1.4-12：津波流速設定条件

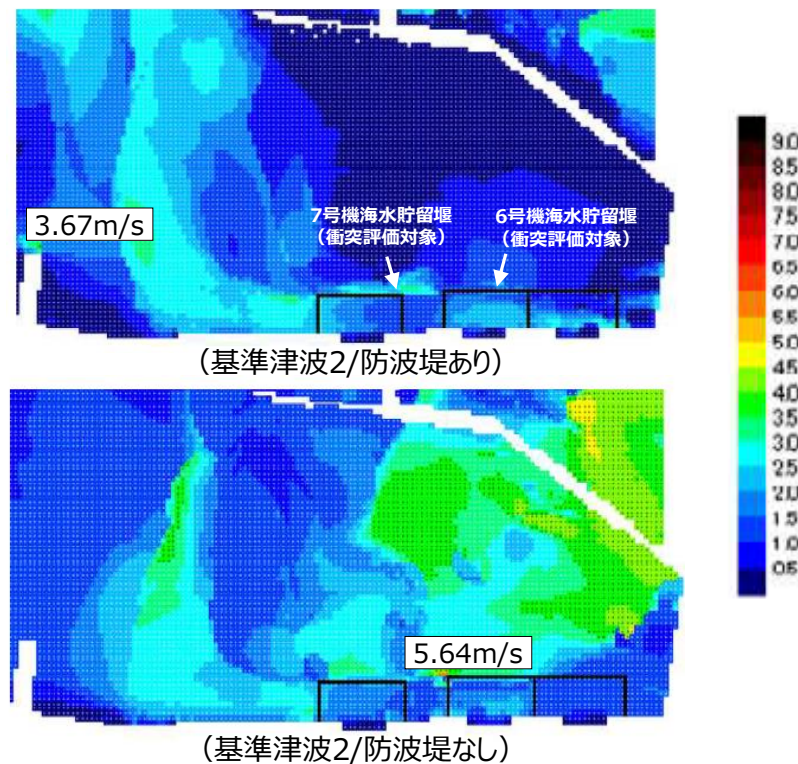


図1.4-13：大湊側港湾内最大流速分布
(基準津波2)

* 対象とする基準津波1~3のうち、最大流速を抽出した基準津波2の最大流速分布を示す

1.4.7 漂流物衝突荷重の算定結果

表1.4-5：漂流状態で衝突する漂流物の衝突荷重算定結果

種類	内容・名称	重量	漂流物の存在位置	適用式	漂流物衝突荷重[kN]
船舶	航行不能船舶	15t	前面海域	道路橋示方書（2002）	89
車両	軽自動車	1t 以下	直近海域	FEMA（2012）	499
流木	保安林	約140kg	前面海域	道路橋示方書（2002）	1
				FEMA（2012）	（参考値※）143
				松富ほか（1999）	（参考値※）424
				有川ほか（2010）	（参考値※）274

※ 保安林については前述のとおり「前面海域」からの漂流物と整理できるため道路橋示方書にて衝突荷重を算定。ただし、基準津波発生時に、既に港湾内に流木（津波由来のものではない。）が存在する可能性を考慮し、参考として流木の重量を保安林の重量と同等と仮定し、FEMA(2012)等による算定値を記載。それらの荷重はいずれも軽自動車に包絡される。

表1.4-6：滑動状態で衝突する漂流物の衝突荷重算定結果

種類	内容・名称	重量	状態	荷重算定方法	漂流物衝突荷重[kN]
車両	バキューム車等	14t	滑動	1.4.5参照	（参考値）168

2. 海水貯留堰の設計において 考慮する波力について

2.1 海水貯留堰における津波波力設定方針（1/2）

【1.はじめに】

- 海水貯留堰に作用する津波波力にあたっては、「防波堤の耐津波設計ガイドライン（国土交通省港湾局）」に基づいて、静水圧による津波波力（津波避難ビルの暫定指針※1等）を考慮している。
- 柏崎刈羽原子力発電所の敷地前面海域では、ソリトン分裂は認められないことから、非線形長波理論に基づいた平面2次元解析の結果を用いて津波波力を算定することは妥当であると考えられる。
- また、襲来する津波は、水面勾配が最大で2.57°と緩やかであり、ゆっくりとした水位上昇と下降を繰り返す特性を有することから、海水貯留堰の内外の静水圧差より津波波力を算定することは妥当であると考えられる。
- 本検討では、津波の特性を踏まえ、平面2次元解析から得られる水深と流速を用いて作用する流体力を算定し、流体力と静水圧差による津波波力とを比較することにより、「防波堤の耐津波設計ガイドライン」に基づく静水圧による津波波力の算定方法の適用性を確認する。

【2.検討方針】

- 図2-1に示す検討フローに従って検討を行う。

【3.流体力算定式】

- 本検討では、FEMA(2012)による算定式を適用する。
- FEMA（2012）の算定では、水深 h と流速 u の2乗の積を流束とし、流束の時刻歴最大値を適用していることから、津波シミュレーション結果より流束の最大値を抽出した上で、流体力を算定する。

$$F_D = (1/2) \times C_D \times \rho_s \times B \times (hu^2)_{\max}$$

ここで、 F_D ：流体力 C_D ：抗力係数
 ρ_s ：堆積物を含む流体密度
 B ：構造物の幅 h ：浸水深さ
 u ：構造物位置での流速

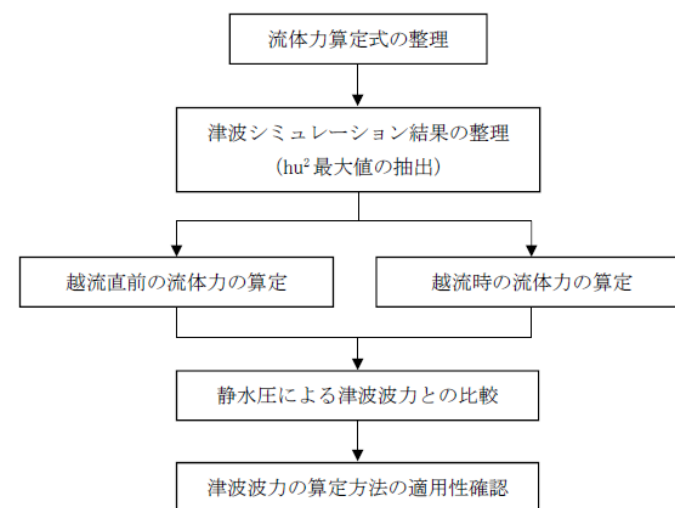


図2-1：検討フロー

※1：東日本大震災における津波による建築物被害を踏まえた津波避難ビル等の構造上の要件に係る暫定指針

2.1 海水貯留堰における津波波力設定方針（2/2）

【4. 流体力算定で用いる流速と水深】

- 海水貯留堰に作用する流体力の算定にあたっては、**海水貯留堰前面の水位が最も低くなることや海水貯留堰の最大内外水位差が最も大きくなることを考慮し、基準津波2の結果を抽出する。**
- **津波の流速及び水深の抽出**にあたっては、図2-2に示す**海水貯留堰外側の各格子における流速と水深の時刻歴を算出し、全時刻歴における流速と水深により求められる流束 hu^2 の最大値を確認する。**
- 越流直前及び越流時ともに、防波堤なしのケースでの6号機海水貯留堰西側前面で流束 hu^2 の最大値を確認した（図2-3）。

hu^2 最大値抽出位置（越流直前及び越流時共通）

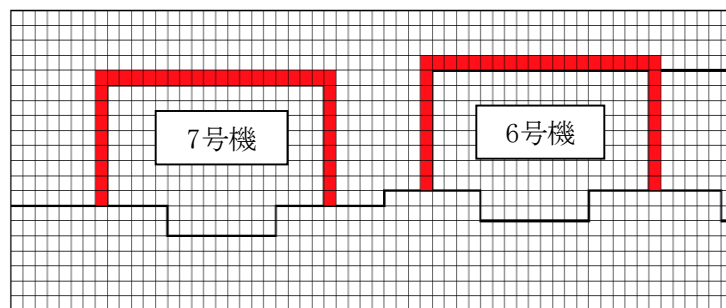


図2-2：流速及び水深の評価位置

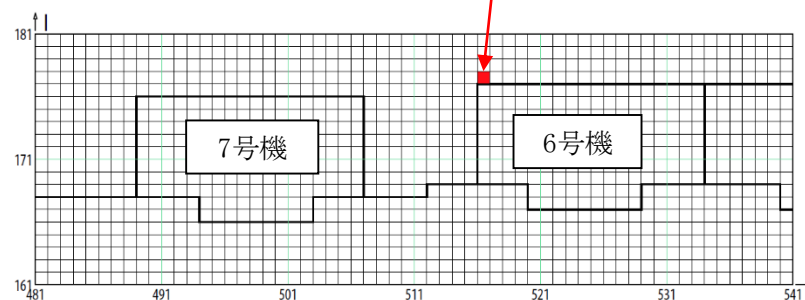


図2-3：流束 hu^2 最大値抽出位置

【5. 流体力と津波波力との比較結果】

- 流体力と津波波力の比較を表2-4に示す。

【6. まとめ】

- 津波による流体力と海水貯留堰の設計で考慮している津波波力を比較した結果、**越流直前および越流時のいずれの場合も、「防波堤の耐津波設計ガイドライン」に基づく静水圧による津波波力が大きくなることから、その適用性を確認した。**

表2-4：流体力と津波波力の比較

	津波による 流体力 (kN/m)	海水貯留堰の設計 で考慮している津波波力 (kN/m)
越流直前	29.5	80.8
越流時	36.1	40.4

参考資料

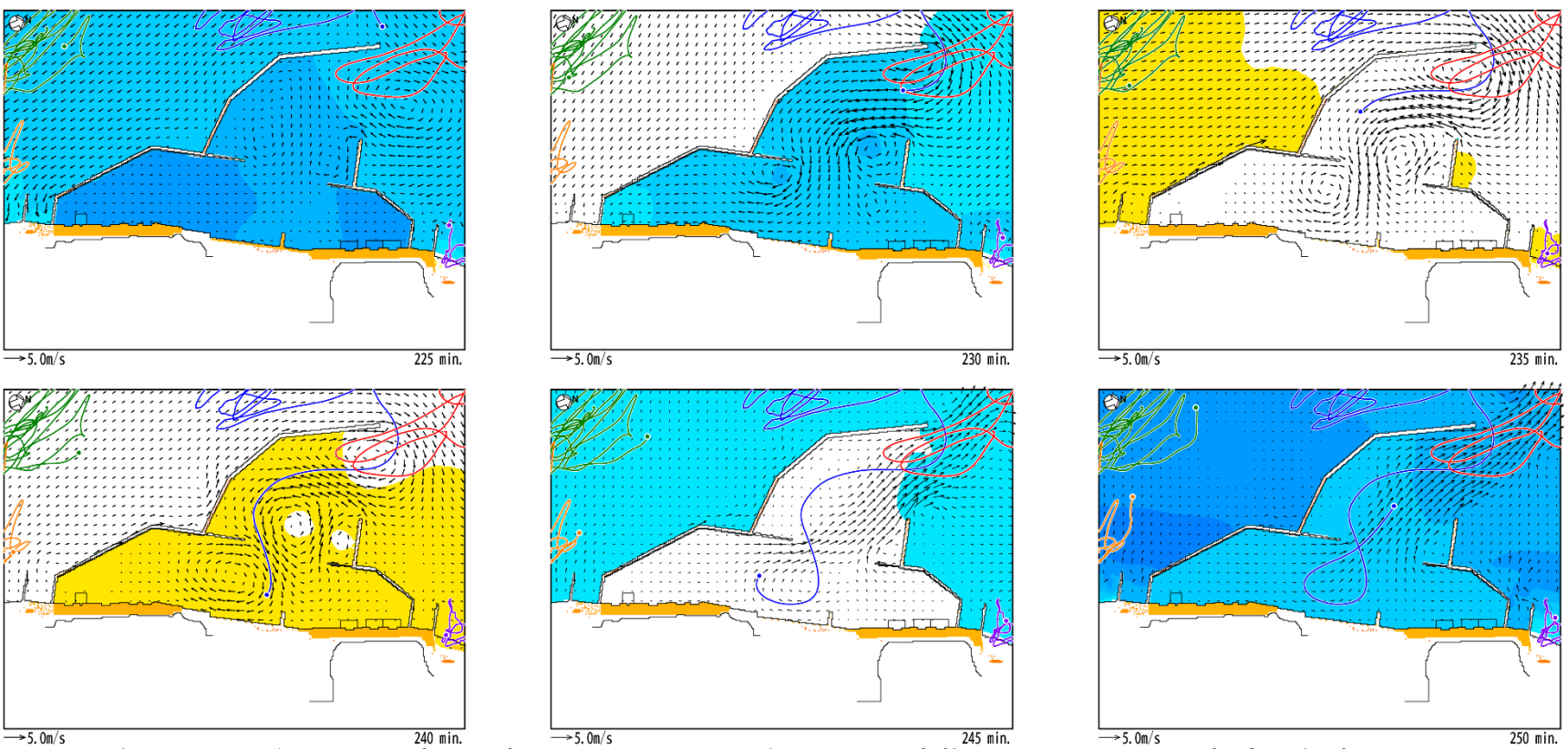
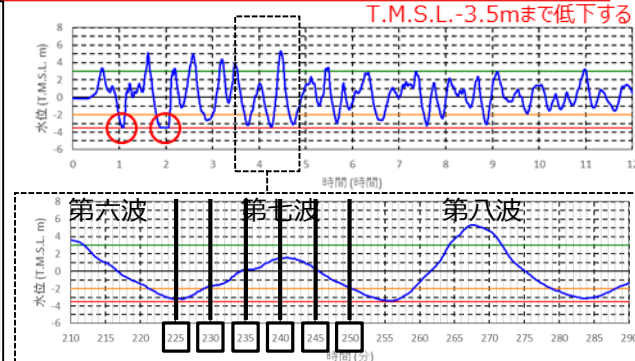
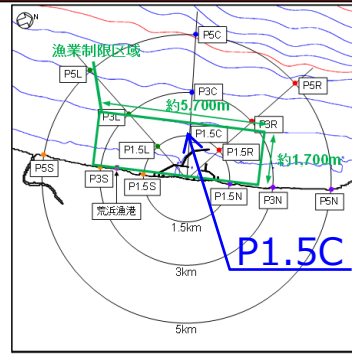
【参考1】 流向・流速を用いた検討の概要

No.	本文図との対応	内容
参考1-1	「図1.3-3：構外（海域・陸域）の漂流物の挙動」	<p>取水口に到達する可能性がある漂流物の挙動に関する検討</p> <p>港口から港湾内への流れは主に押し波によって発生し、これにより漂流物が取水口に到達する可能性がある</p>
参考1-2	「図1.3-5：荒浜側防潮堤内敷地の漂流物の挙動」	<p>荒浜側防潮堤内敷地の漂流物の挙動に関する検討</p> <p>津波の押し波・引き波に応じて山側・海側へ移動する流れが生じるが海域には流出しない</p>
参考1-3	「図1.4-5：港湾内海底の露出時の航行不能船舶及び保安林の配置」	<p>港湾内海底露出に対する漂流物の挙動に関する検討</p> <p>港湾内の海底が露出する期間に「航行不能船舶」及び「保安林」は港湾内露出範囲に浸入しない</p>
参考1-4	「図1.4-8：7号機取水口前面水位と発電所周辺の漂流物の挙動（防波堤あり）」 「図1.4-9：7号機取水口前面水位と発電所周辺の漂流物の挙動（防波堤なし）」	<p>海水貯留堰露出に対する漂流物の挙動に関する検討</p> <p>海水貯留堰の天端が露出している期間に「直近海域」への侵入は無く、気中衝突は発生しない</p>
参考1-5	「図1.4-9：7号機取水口前面水位と発電所周辺の漂流物の挙動（防波堤なし）」 （基準津波1）	<p>発電所北側1.5km付近の漂流物の挙動に関する検討</p> <p>貯留堰方向への移動量が大きい期間においては海水貯留堰の天端は露出することなく、また、「直近海域」への侵入も無いため、気中衝突は発生しない</p>

【参考1-1】 取水口に到達する可能性がある漂流物の挙動に関する検討（1/2）

基準津波 2：防波堤あり

■ 漂流物が取水口に到達する可能性がある基準津波2（防波堤ありケース）において、初期配置を港口近傍（P1.5C, 右図）とした場合に、港湾内へ移動する期間の漂流物の挙動を、津波の経時的な流向・流速を用いて考察した。

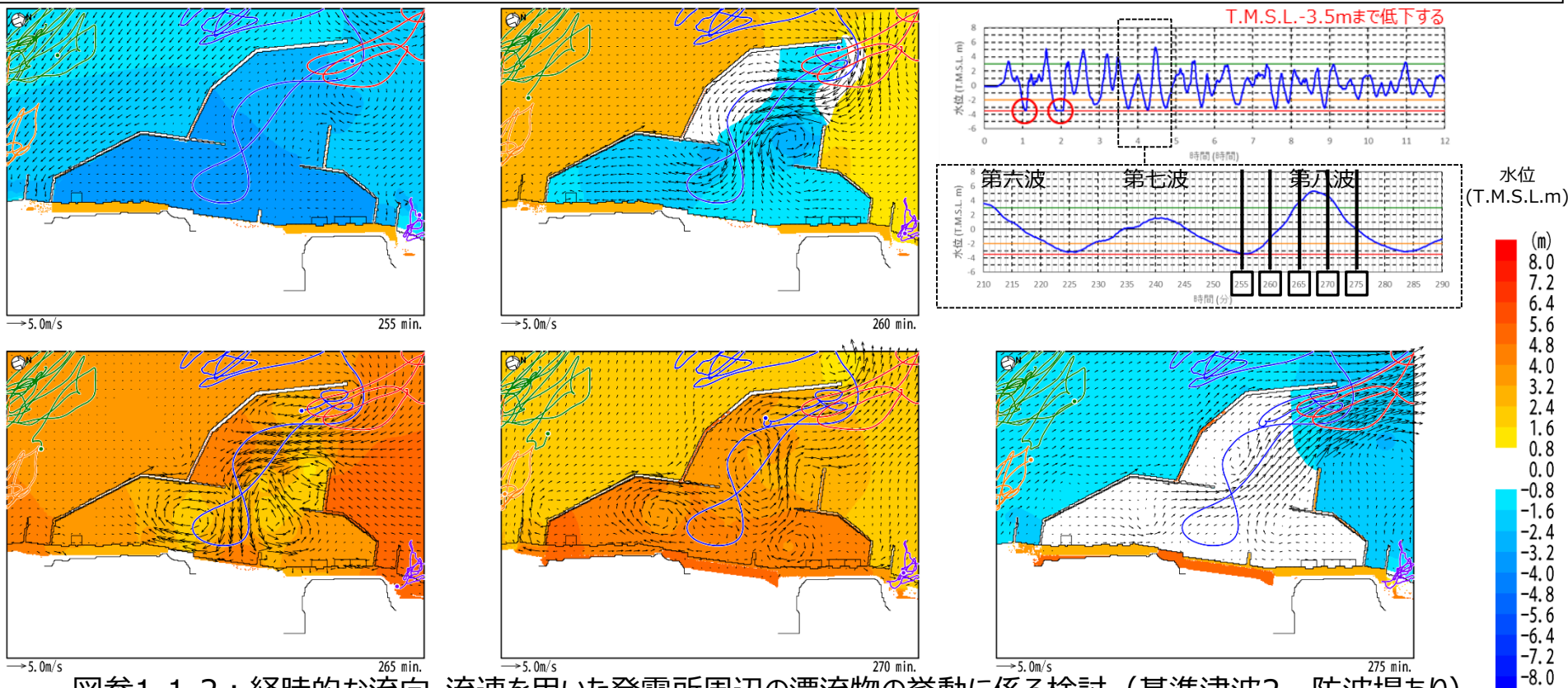


図参1-1-1：経時的な流向・流速を用いた発電所周辺の漂流物の挙動に係る検討（基準津波2，防波堤あり）

【参考1-1】 取水口に到達する可能性がある漂流物の挙動に関する検討（2/2）

基準津波 2：防波堤あり

- 津波第六波引き波の後（225分）から津波第七波の押し波（240分）にかけて、港口から津波が流入し港湾中央付近に向かう流れが発生する。
- 津波第七波の引き波（245分）からその引き波の後（255分）にかけて、港内から津波が流出し港口に向かう流れが発生する。
- 津波第七波引き波の後（255分）から津波第八波の押し波（265分）にかけて、港口から再び津波が流入し港湾中央付近に向かう流れが発生する。また、港口付近では局所的に渦状の流れが発生する。
- 津波第八波の引き波（270分、275分）により、港内から津波が流出し港口に向かう流れが発生する。
- このように港口から港湾内への流れは主に押し波によって発生し、これにより漂流物が取水口に到達する可能性がある。



図参1-1-2：経時的な流向・流速を用いた発電所周辺の漂流物の挙動に係る検討（基準津波2，防波堤あり）

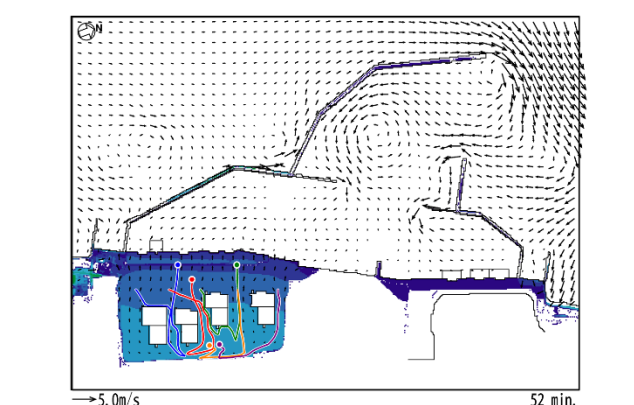
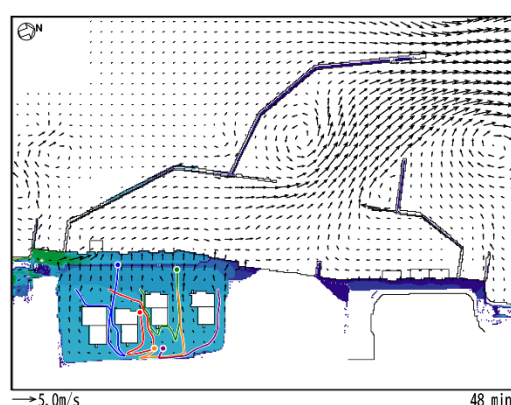
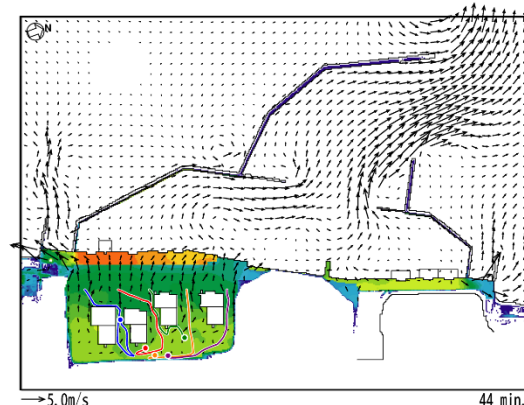
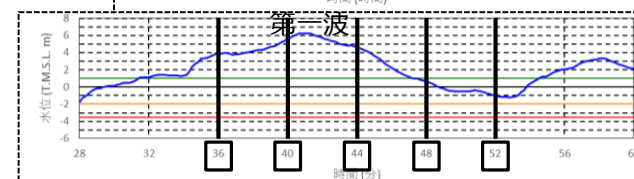
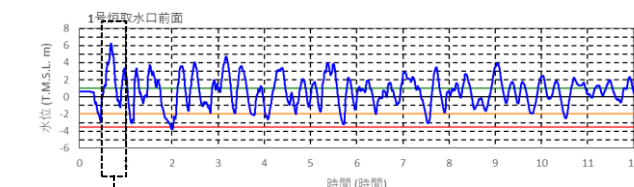
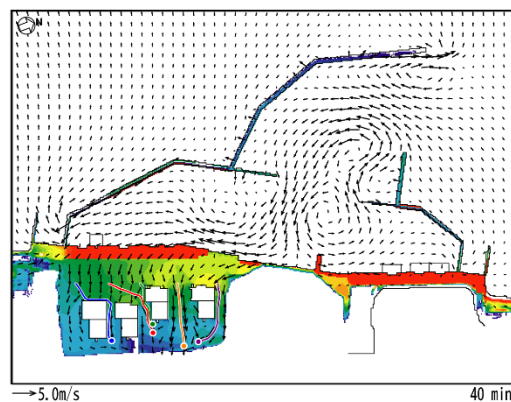
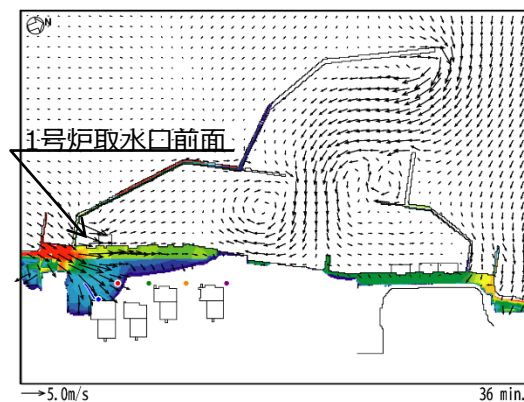
【参考1-2】 荒浜側防潮堤内敷地の漂流物の挙動に関する検討①

基準津波 1：海側・防波堤あり

- 基準津波1（防波堤あり・荒浜側防潮堤なし・敷地2m沈下ケース）の初期配置：荒浜側防潮堤内敷地・海側において、移動量が最も大きい期間の漂流物挙動を、津波の経時的な流向・流速を用いて考察した。
- 津波第一波が南西方向より遡上。建屋海側では遡上した津波により南側より順次、建屋南側・建屋間・建屋北側を通り建屋山側に向かう流れにより、漂流物が移動（40分頃まで）。
- その後、津波第一波の引き波により建屋間から海側へ向かう流れが生じ、引き波発生時の位置・浸水深・流速に応じ、建屋間を通り漂流物が海側へ移動（40分頃以降）。
- 津波の押し波・引き波に応じて山側・海側へ移動する流れが生じるが海域には流出しないことを確認した。



海側・防波堤健全

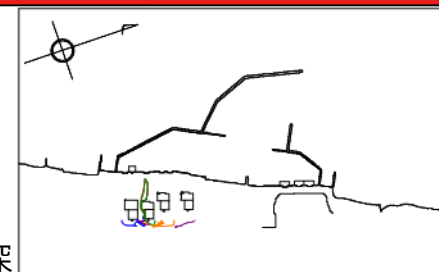


図参1-2-1：経時的な流向・流速を用いた荒浜側防潮堤内敷地の漂流物の挙動に係る検討（基準津波1，海側・防波堤あり）

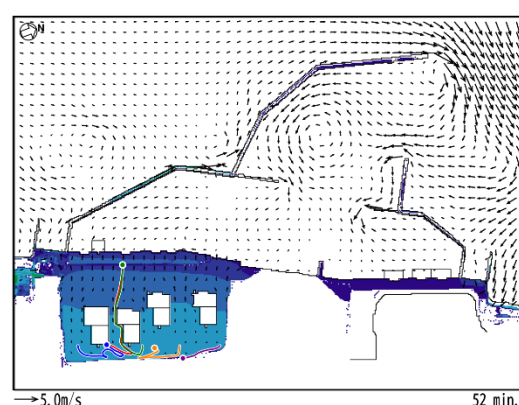
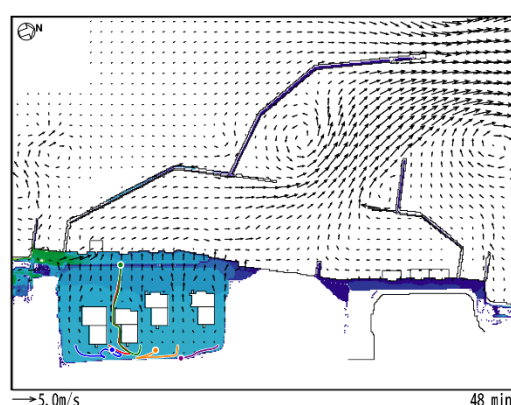
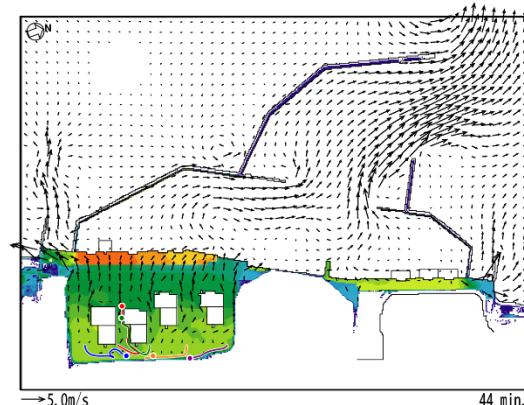
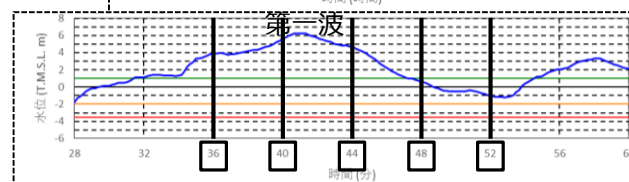
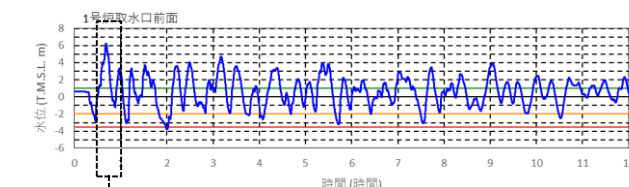
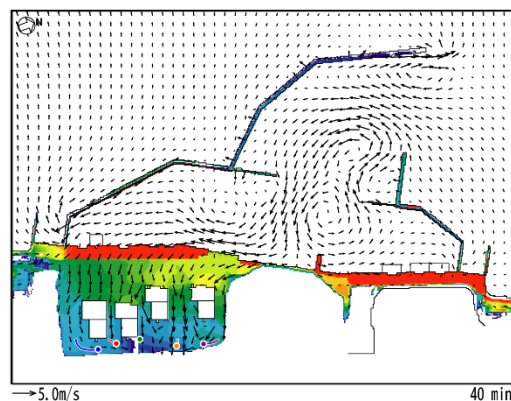
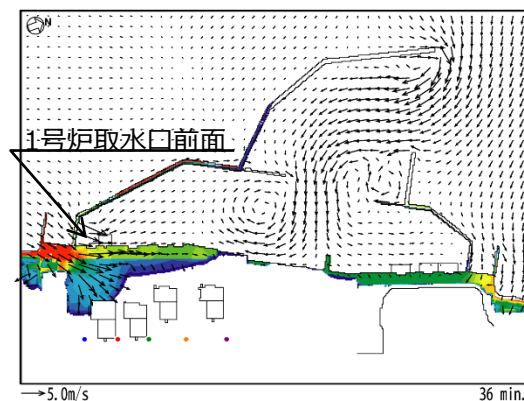
【参考1-2】 荒浜側防潮堤内敷地の漂流物の挙動に関する検討②

基準津波 1：山側・防波堤あり

- 基準津波1（防波堤あり・荒浜側防潮堤なし・敷地2m沈下ケース）の初期配置：荒浜側防潮堤内敷地・山側において、移動量が最も大きい期間の漂流物挙動を、津波の経時的な流向・流速を用いて考察した。
- 津波第一波が南西方向より遡上。建屋南側・建屋間・北側より津波が遡上し、建屋山側では、北側・南側それぞれから中央付近に向かう流れにより、漂流物が移動（40分頃まで）。
- その後、津波第一波の引き波により建屋間から海側へ向かう流れが生じ、引き波発生時の位置・浸水深・流速に応じ、建屋間を通り漂流物が海側へ移動（40分頃以降）。
- 津波の押し波・引き波に応じて山側・海側へ移動する流れが生じるが海域には流出しないことを確認した。



山側・防波堤健全

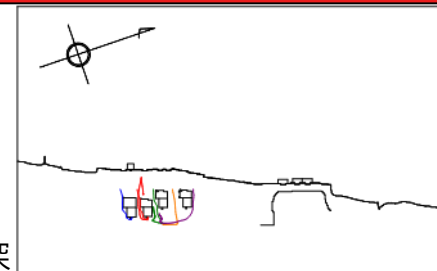


図参1-2-2：経時的な流向・流速を用いた荒浜側防潮堤内敷地の漂流物の挙動に係る検討（基準津波1，山側・防波堤あり）

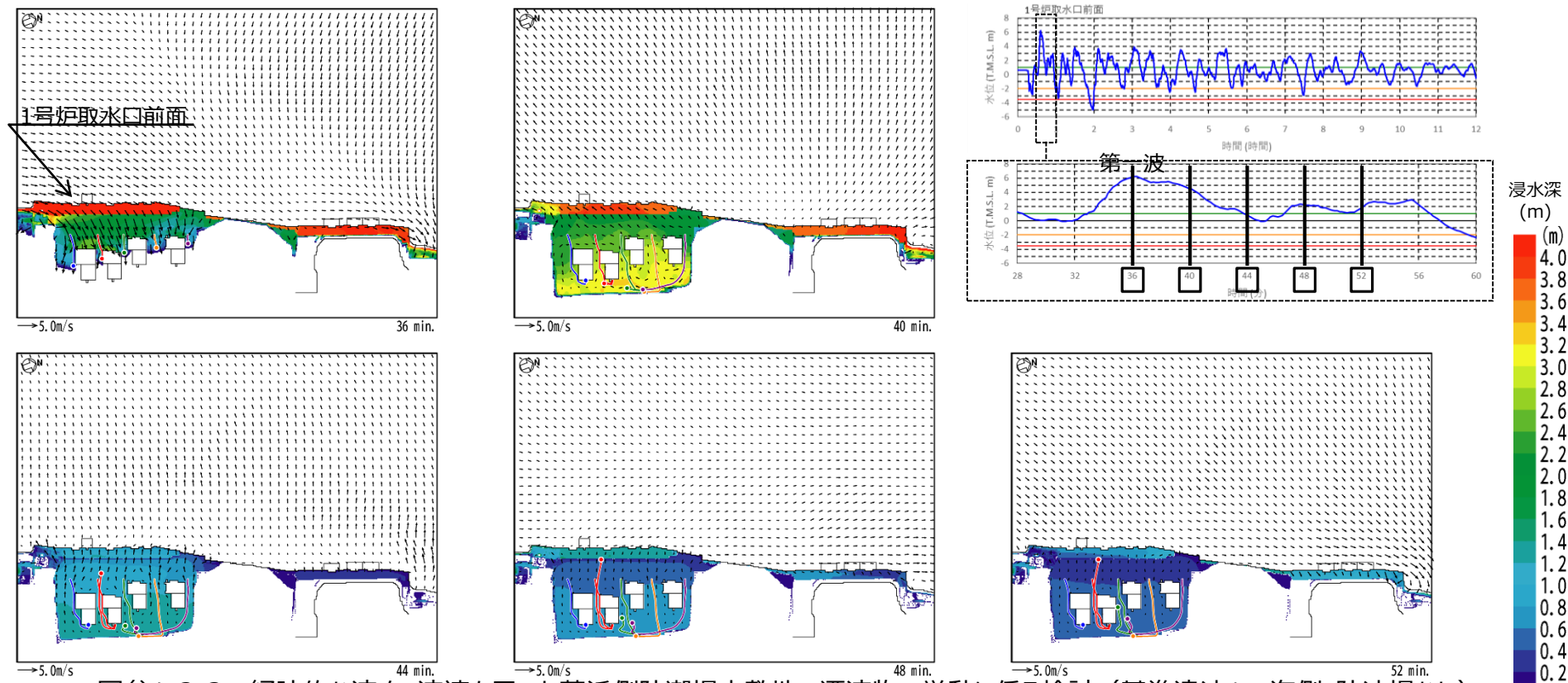
【参考1-2】 荒浜側防潮堤内敷地の漂流物の挙動に関する検討③

基準津波 1：海側・防波堤なし

- 基準津波1（防波堤なし・荒浜側防潮堤なし・敷地2m沈下ケース）の初期配置：荒浜側防潮堤内敷地・海側において、移動量が最も大きい期間の漂流物挙動を、津波の経時的な流向・流速を用いて考察した。
- 津波第一波が敷地前面より遡上。建屋海側では遡上した津波により、建屋南側・建屋間・建屋北側を通り建屋山側に向かう流れにより、漂流物が移動（40分頃まで）。
- その後、津波第一波の引き波により建屋間から海側へ向かう流れが生じ、引き波発生時の位置・浸水深・流速に応じ、建屋間を通り漂流物が海側へ移動（40分頃以降）。
- 津波の押し波・引き波に応じて山側・海側へ移動する流れが生じるが海域には流出しないことを確認した。



海側・防波堤損傷

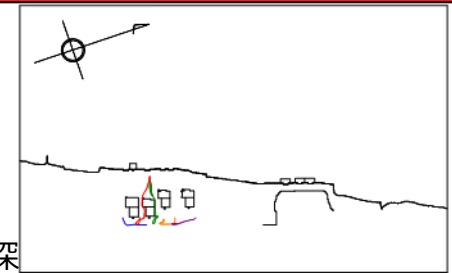


図参1-2-3：経時的な流向・流速を用いた荒浜側防潮堤内敷地の漂流物の挙動に係る検討（基準津波1，海側・防波堤なし）

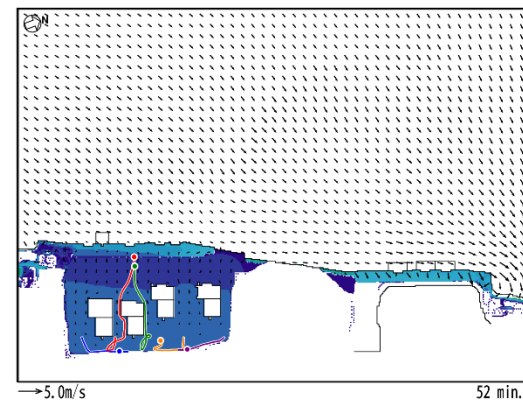
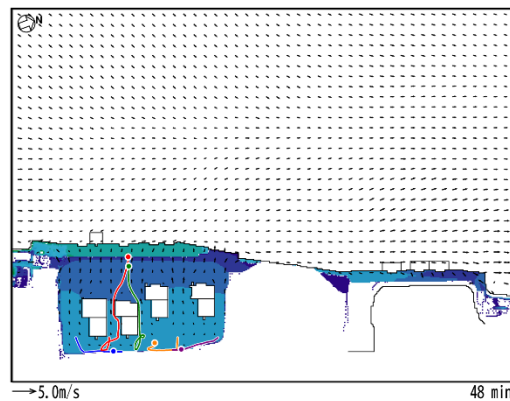
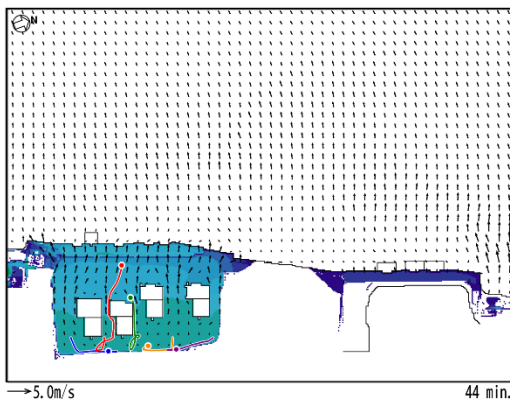
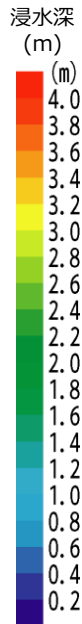
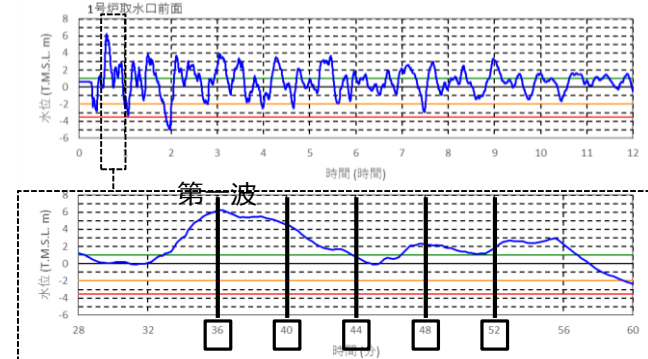
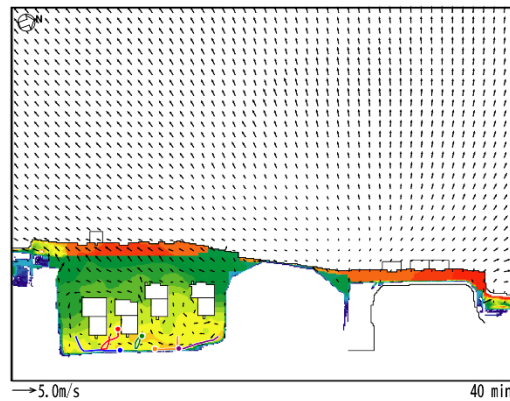
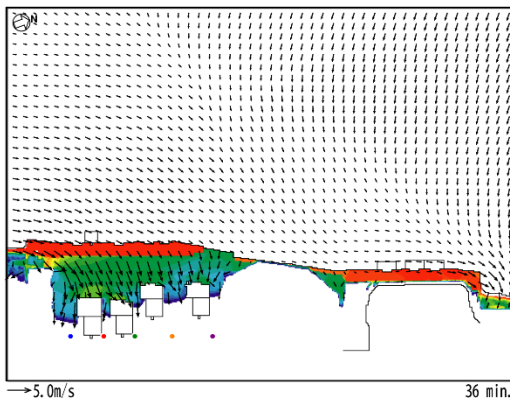
【参考1-2】 荒浜側防潮堤内敷地の漂流物の挙動に関する検討④

基準津波 1：山側・防波堤あり

- 基準津波1（防波堤あり・荒浜側防潮堤なし・敷地2m沈下ケース）の初期配置：荒浜側防潮堤内敷地・山側において、移動量が最も大きい期間の漂流物挙動を、津波の経時的な流向・流速を用いて考察した。
- 津波第一波が敷地前面より遡上。建屋南側・建屋間・北側より津波が遡上し、建屋山側では、北側・南側それぞれから中央付近に向かう流れにより、漂流物が移動（40分頃まで）。
- その後、津波第一波の引き波により建屋間から海側へ向かう流れが生じ、引き波発生時の位置・浸水深・流速に応じ、建屋間を通り漂流物が海側へ移動（40分頃以降）。
- 津波の押し波・引き波に応じて山側・海側へ移動する流れが生じるが海域には流出しないことを確認した。



山側・防波堤損傷



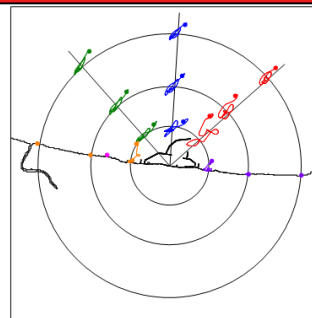
図参1-2-4：経時的な流向・流速を用いた荒浜側防潮堤内敷地の漂流物の挙動に係る検討（基準津波1，山側・防波堤なし）

【参考1-3】 港湾内海底露出に対する漂流物の挙動に関する検討（1/2）

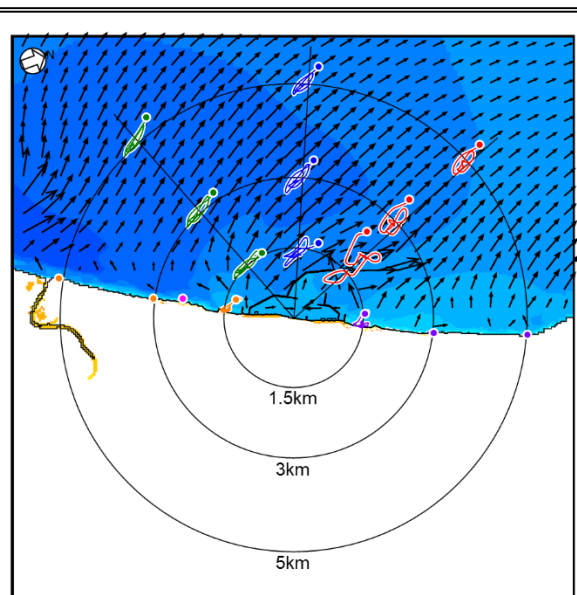
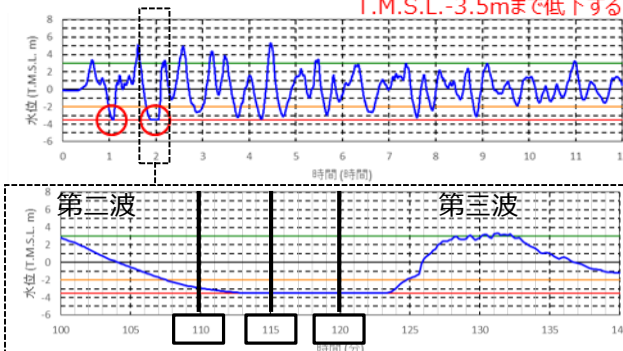
基準津波 2：防波堤あり

T.M.S.L.-3.5mまで低下する

- 港湾内の海底が露出する基準津波2（防波堤ありケース，右図）の地震発生後2時間頃までの発電所周辺の漂流物の挙動を，津波の経時的な流向・流速を用いて考察した。
- 発電所前面海域の主たる流れは，津波第二波後の引き波，津波第三波による押し波・引き波に応じて変化し，長期間一様な流れとなっていないことが確認された。

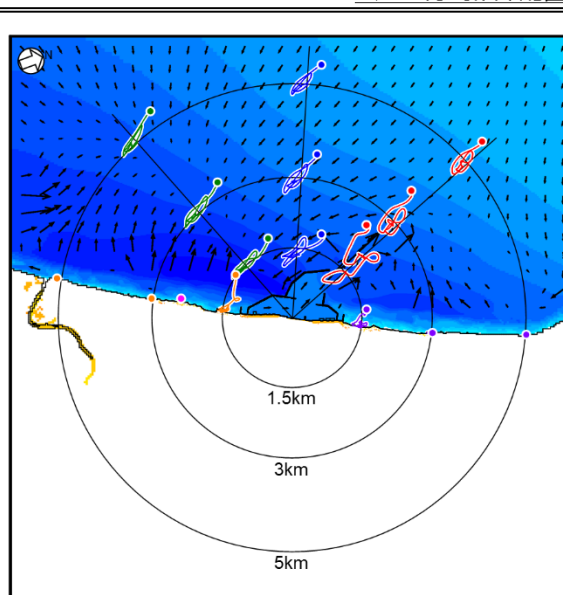


<117分時点の配置>



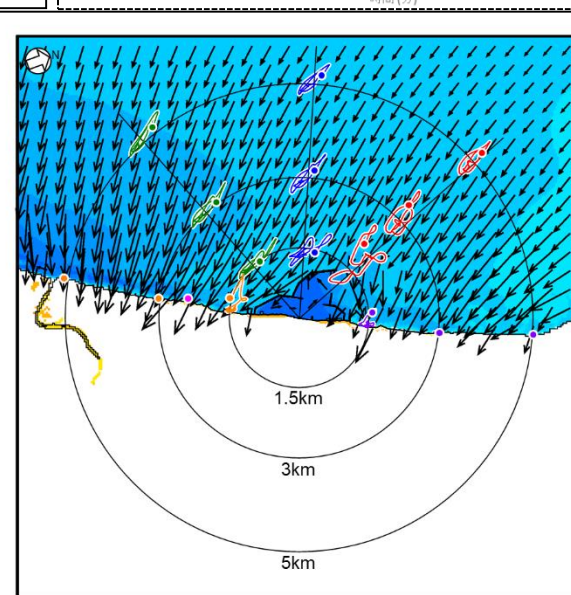
→2.0m/s 110 min.

- 110分
- ・津波第二波後の引き波により取水口前面水位低下
 - ・北～北西の流れにより各点とも沖へ移動



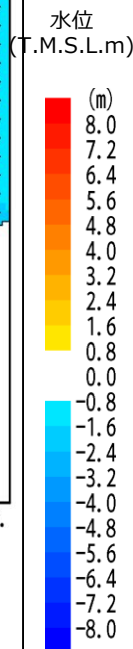
→2.0m/s 115 min.

- 115分
- ・引き波による水位低下が弱まり取水口前面水位は一定に
 - ・北～北西の流れがなくなり各点ともほぼ移動停止



→2.0m/s 120 min.

- 120分
- ・取水口前面水位は一定だが，前面海域は津波第三波来襲により水位上昇
 - ・南～南東の流れにより各点とも岸へ移動

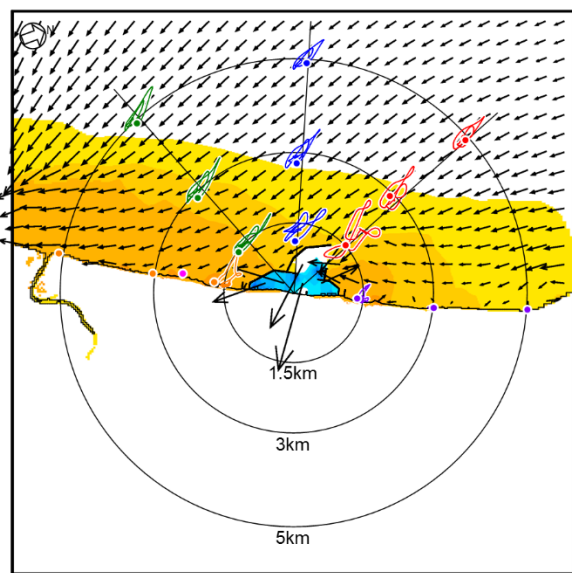
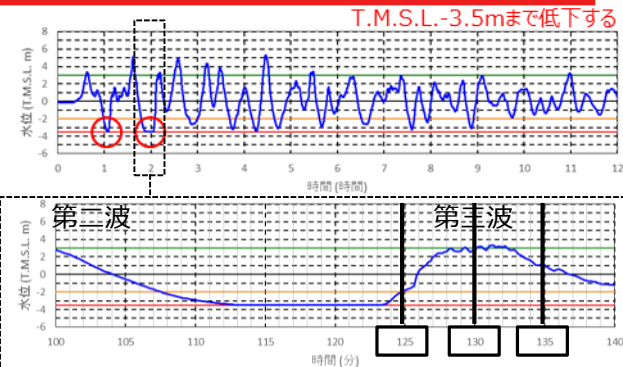


図参1-3-1：経時的な流向・流速を用いた発電所周辺の漂流物の挙動に係る検討（基準津波2，防波堤あり）

【参考1-3】 港湾内海底露出に対する漂流物の挙動に関する検討 (2/2)

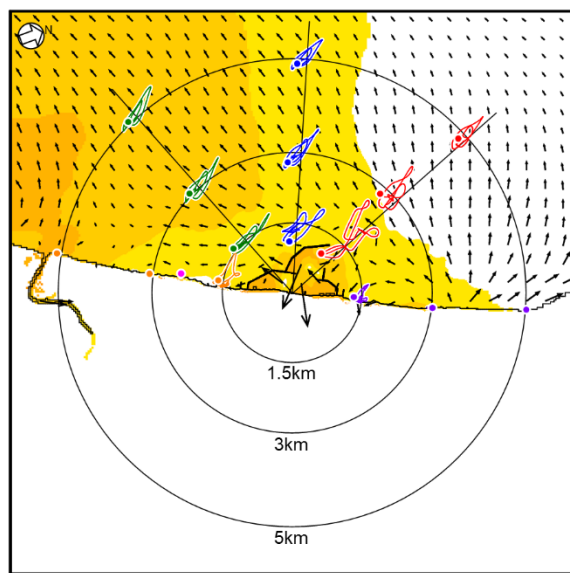
基準津波 2 : 防波堤あり

■ 港湾内の海底が露出する期間に「航行不能船舶」及び「保安林」は港湾内露出範囲に浸入しないことが確認される。



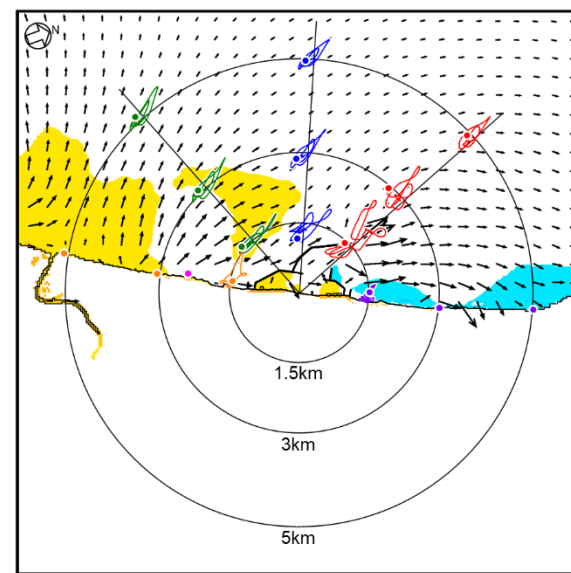
125分

- 津波第三波来襲により取水口前面水位上昇
- 南～南西の流れにより各点とも岸へ移動継続, 赤：港口付近へ移動



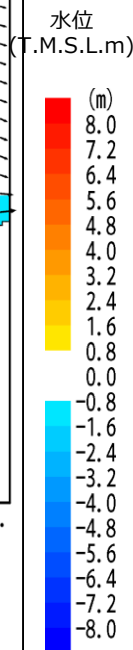
130分

- 押し波による水位上昇が弱まり取水口前面水位はほぼ一定
- 南～南西の流れが弱まり各点ともほぼ移動停止, 赤：港口付近で漂う



135分

- 津波第三波後の引き波により取水口前面水位低下
- 場所により流向・流速が異なる
- 赤：港口から津波流出に伴い移動

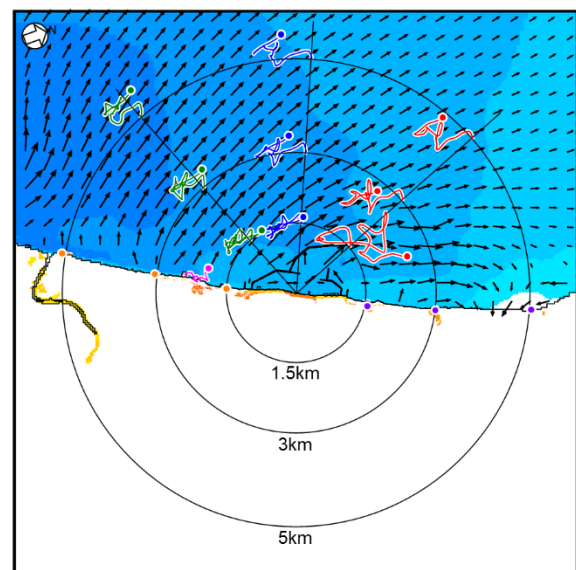
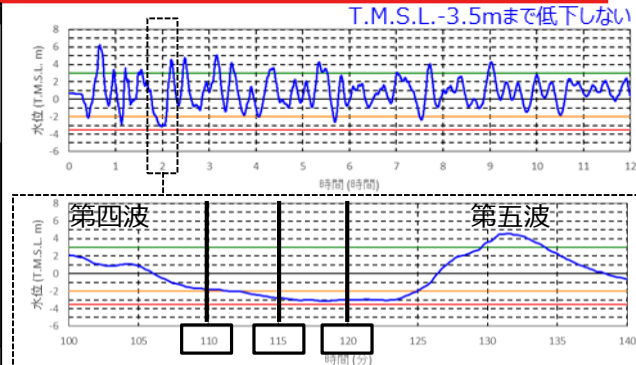
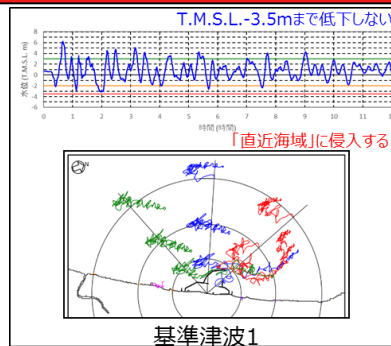


図参1-3-2：経時的な流向・流速を用いた発電所周辺の漂流物の挙動に係る検討 (基準津波2, 防波堤あり)

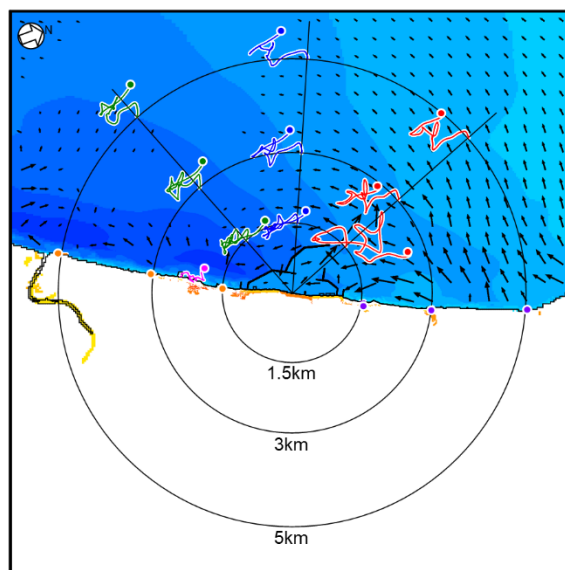
【参考1-4】 海水貯留堰露出に対する漂流物の挙動に関する検討① (1/2)

基準津波 1 : 防波堤あり

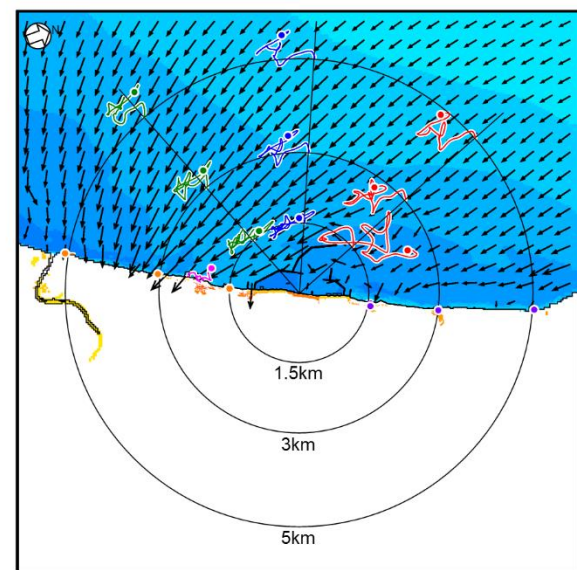
- 海水貯留堰の天端が露出しない基準津波1（防波堤ありケース，右図）の地震発生後2時間頃までの発電所周辺の漂流物の挙動を，津波の経時的な流向・流速を用いて考察した。
- 発電所前面海域の主たる流れは，津波第四波後の引き波，津波第五波による押し波・引き波に応じて変化し，長期間一様な流れとなっていないことが確認された。



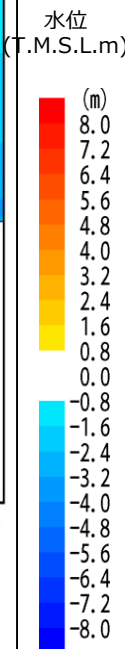
- 2.0m/s 110 min.
- 110分
- ・津波第四波後の引き波により取水口前面水位低下
 - ・北～北西の流れにより各点とも沖へ移動



- 2.0m/s 115 min.
- 115分
- ・引き波による水位低下が弱まり取水口前面水位はほぼ一定に
 - ・北～北西の流れがなくなり各点ともほぼ移動停止



- 2.0m/s 120 min.
- 120分
- ・取水口前面水位はほぼ一定だが，前面海域は津波第五波来襲により水位上昇
 - ・南～南東の流れにより各点とも岸へ移動

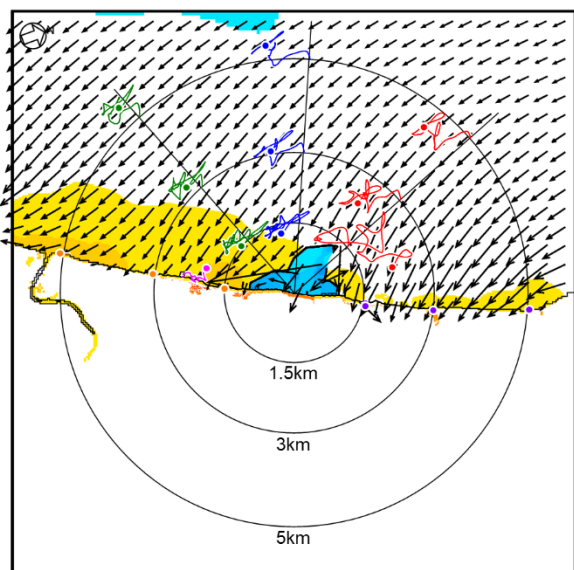
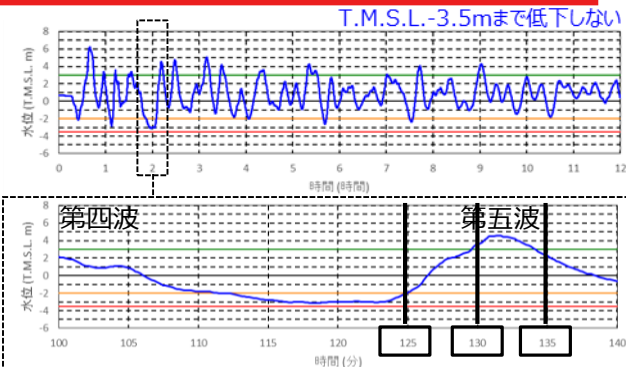


図参1-4-1：経時的な流向・流速を用いた発電所周辺の漂流物の挙動に係る検討（基準津波 1，防波堤あり）

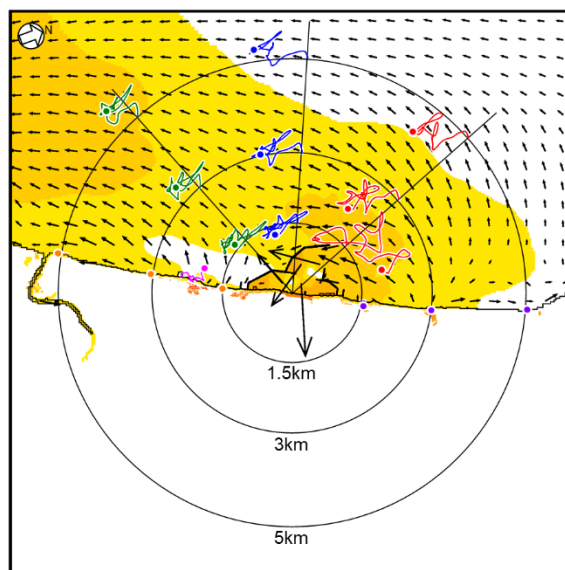
【参考1-4】 海水貯留堰露出に対する漂流物の挙動に関する検討① (2/2)

基準津波 1 : 防波堤あり

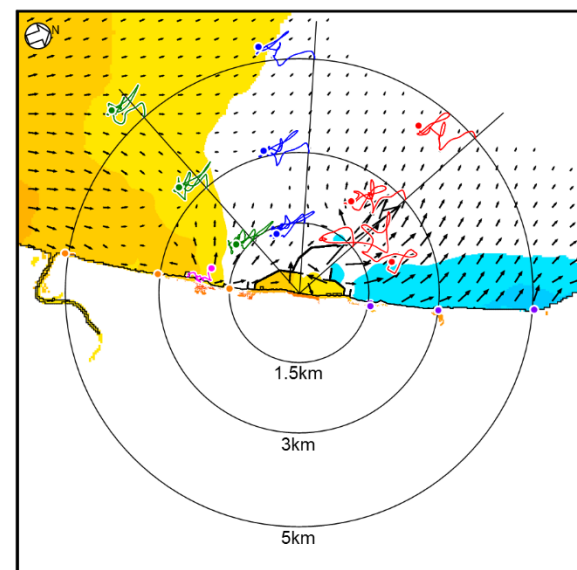
- 海水貯留堰の天端が露出しないため、気中衝突は発生しないものと判断する。
- なお、取水口水位が最も低下する期間においても「直近海域」への侵入はない。



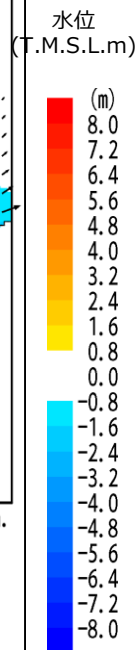
- 125分
- ・津波第五波来襲により取水口前面水位上昇
 - ・南～南東の流れにより各点とも岸へ移動継続



- 130分
- ・押し波による水位上昇により取水口前面水位上昇継続
 - ・南～南東の流れが弱まり各点ともほぼ移動停止、西～南西に流れが変化



- 135分
- ・津波第五波後の引き波により取水口前面水位低下
 - ・場所により流向・流速が異なる各点ともほぼ移動停止

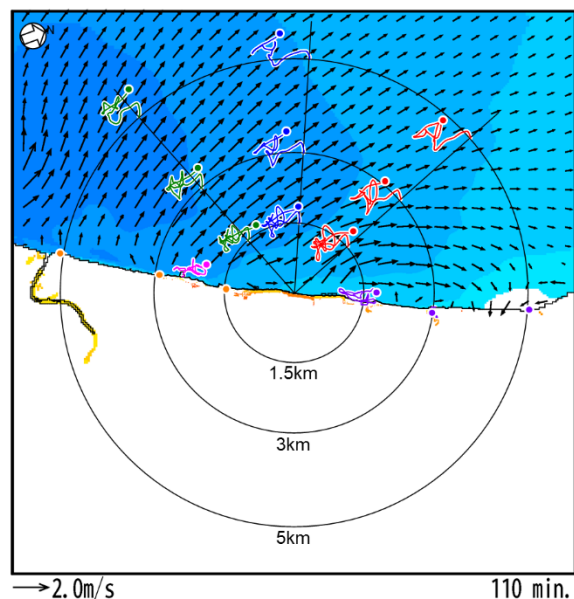
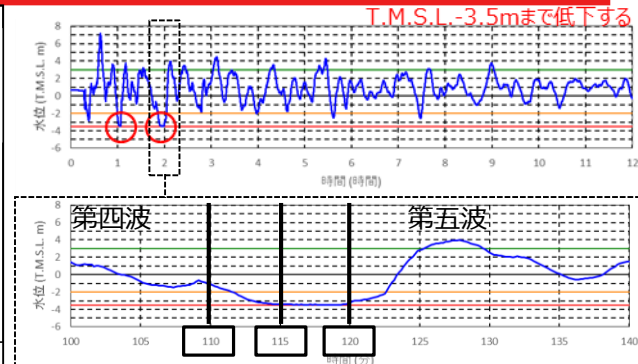
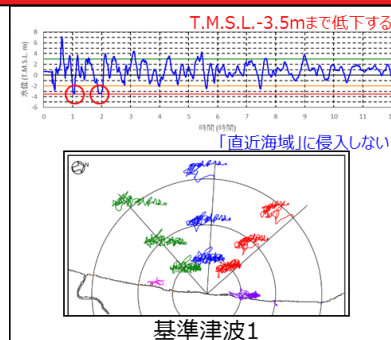


図参1-4-2：経時的な流向・流速を用いた発電所周辺の漂流物の挙動に係る検討（基準津波 1，防波堤あり）

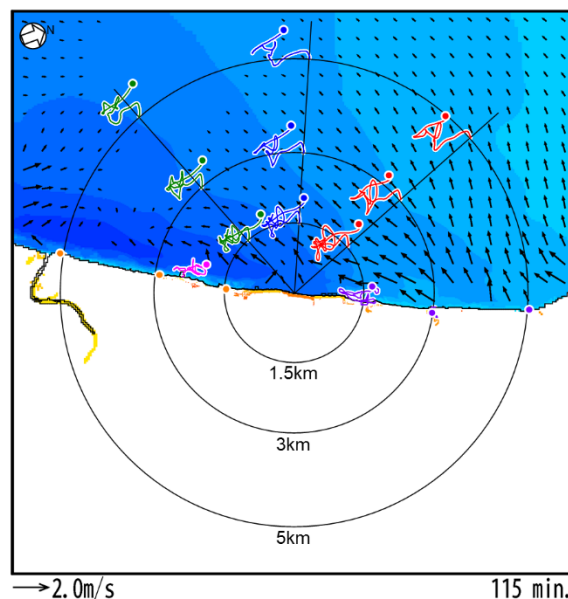
【参考1-4】 海水貯留堰露出に対する漂流物の挙動に関する検討② (1/2)

基準津波 1：防波堤なし

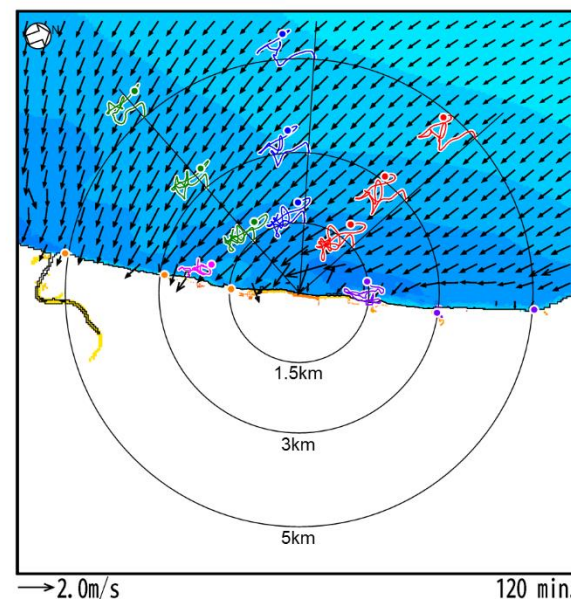
- 海水貯留堰の天端が露出する基準津波1（防波堤なしケース、右図）の地震発生後2時間頃までの発電所周辺の漂流物の挙動を、津波の経時的な流向・流速を用いて考察した。
- 発電所前面海域の主たる流れは、津波第四波後の引き波、津波第五波による押し波・引き波に応じて変化し、長期間一様な流れとなっていないことが確認された。



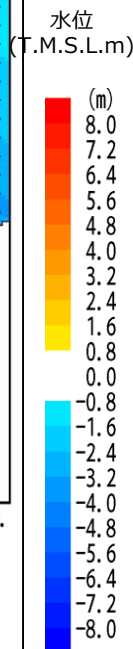
- 110分
- ・津波第四波後の引き波により取水口前面水位低下
 - ・北～北西の流れにより各点とも沖へ移動



- 115分
- ・引き波による水位低下が弱まり取水口前面水位は一定に
 - ・北～北西の流れがなくなり各点ともほぼ移動停止



- 120分
- ・取水口前面水位は一定だが、前面海域は津波第五波来襲により水位上昇
 - ・南～南東の流れにより各点とも岸へ移動



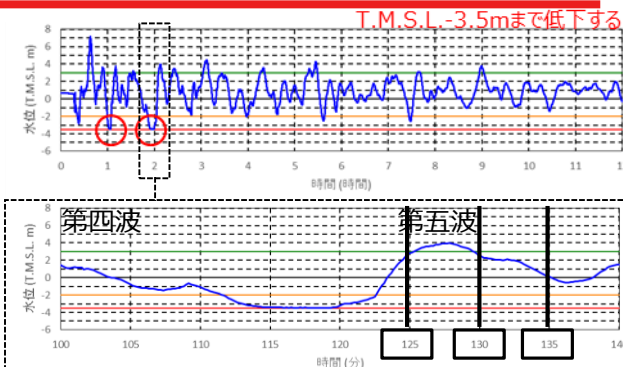
図参1-4-3：経時的な流向・流速を用いた発電所周辺の漂流物の挙動に係る検討（基準津波1，防波堤なし）

【参考1-4】 海水貯留堰露出に対する漂流物の挙動に関する検討② (2/2)

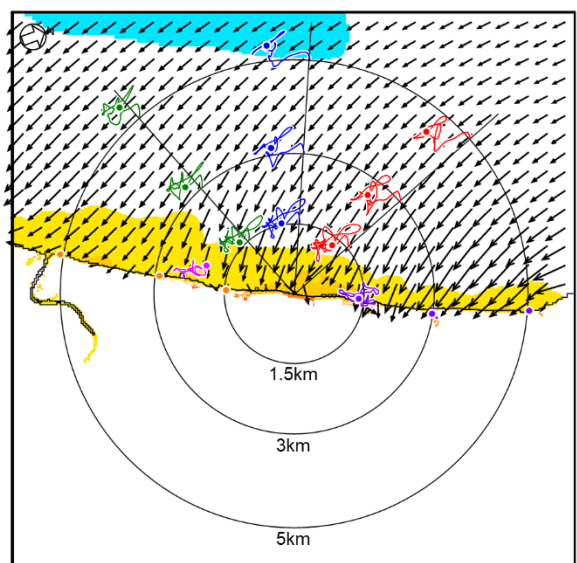
基準津波 1 : 防波堤なし



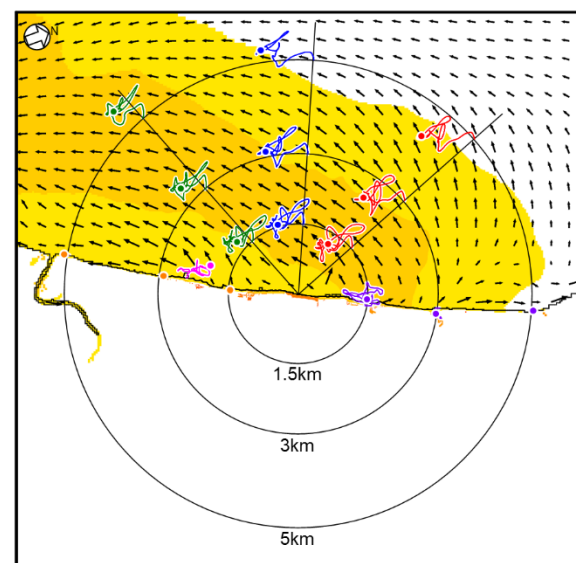
T.M.S.L. - 3.5mまで低下する



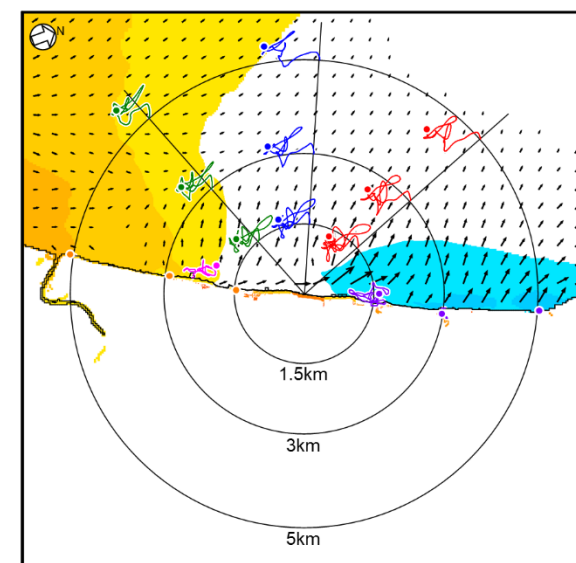
■ 海水貯留堰の天端が露出している期間に「直近海域」への侵入は無く、気中衝突も発生しないものと判断する。



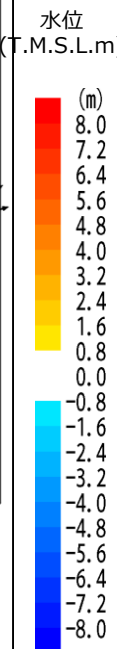
→2.0m/s 125 min.
 125分
 ・津波第五波来襲により取水口前面水位上昇
 ・南～南東の流れにより各点とも岸へ移動継続



→2.0m/s 130 min.
 130分
 ・津波第五波後の引き波により取水口前面水位低下
 ・南～南東の流れが弱まり各点ともほぼ移動停止、西～南西に流れが変化



→2.0m/s 135 min.
 135分
 ・引き波により取水口前面水位低下継続
 ・場所により流向・流速が異なる
 各点ともほぼ移動停止

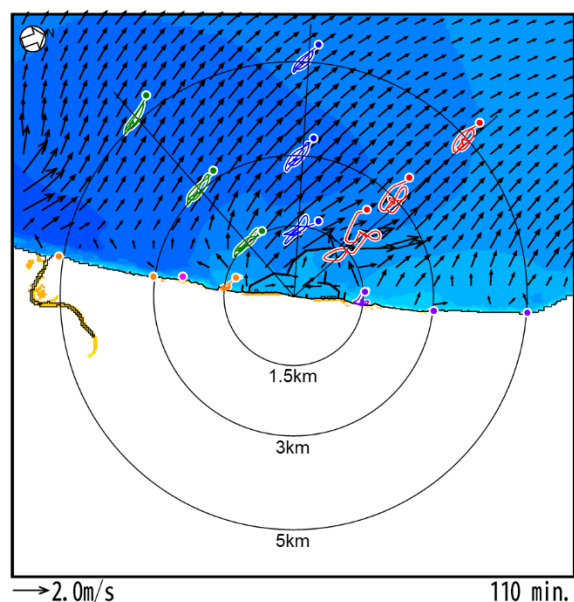
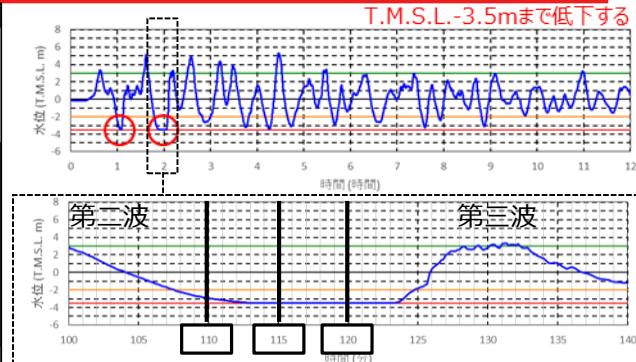
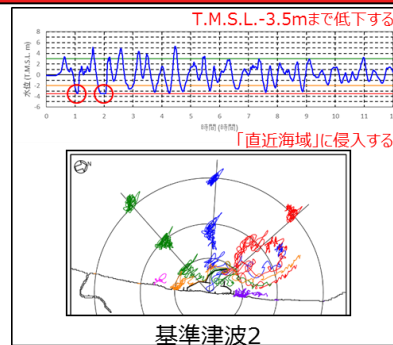


図参1-4-4：経時的な流向・流速を用いた発電所周辺の漂流物の挙動に係る検討（基準津波 1，防波堤なし）

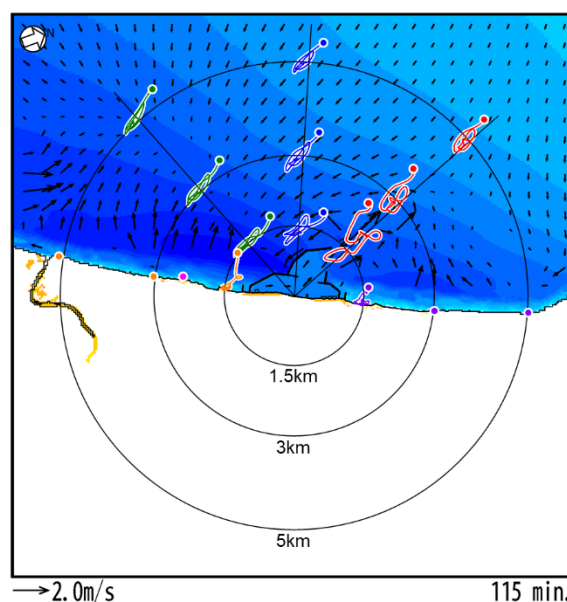
【参考1-4】 海水貯留堰露出に対する漂流物の挙動に関する検討③ (1/2)

基準津波 2 : 防波堤あり

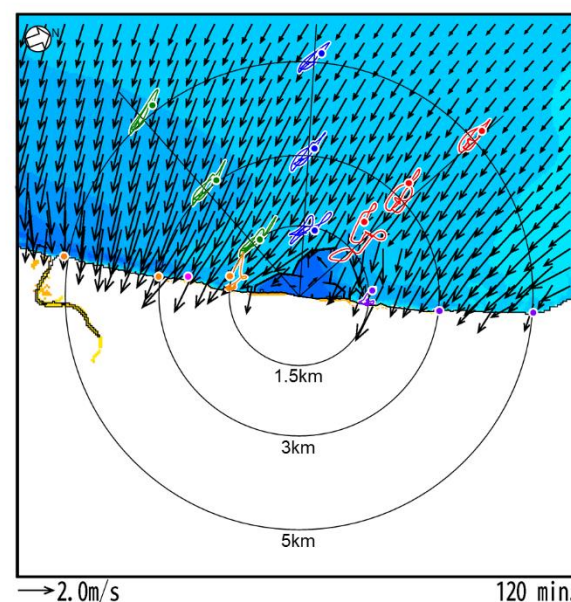
- 海水貯留堰の天端が露出する基準津波2（防波堤ありケース、右図）の地震発生後2時間頃までの発電所周辺の漂流物の挙動を、津波の経時的な流向・流速を用いて考察した。
- 発電所前面海域の主たる流れは、津波第二波後の引き波、津波第三波による押し波・引き波に応じて変化し、長期間一様な流れとなっていないことが確認された。



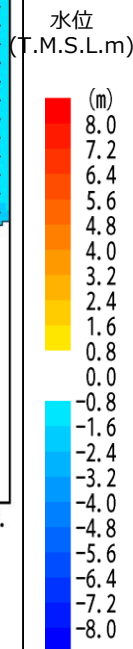
- 110分
- ・津波第二波後の引き波により取水口前面水位低下
 - ・北～北西の流れにより各点とも沖へ移動



- 115分
- ・引き波による水位低下が弱まり取水口前面水位は一定に
 - ・北～北西の流れがなくなり各点ともほぼ移動停止



- 120分
- ・取水口前面水位は一定だが、前面海域は津波第三波来襲により水位上昇
 - ・南～南東の流れにより各点とも岸へ移動

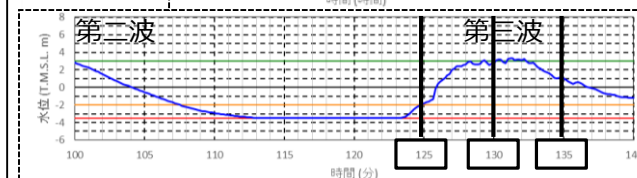
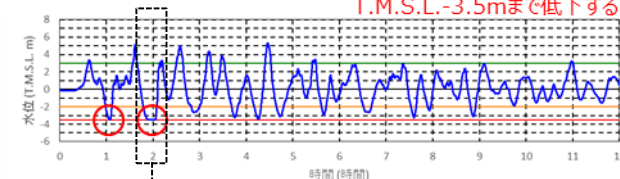


図参1-4-5：経時的な流向・流速を用いた発電所周辺の漂流物の挙動に係る検討（基準津波2，防波堤あり）

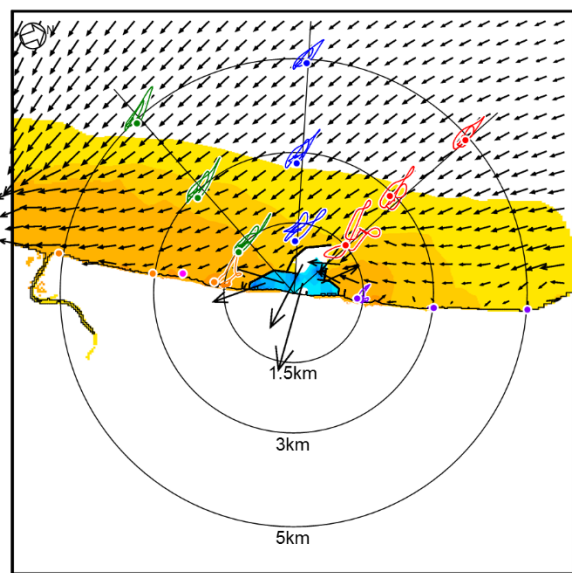
【参考1-4】 海水貯留堰露出に対する漂流物の挙動に関する検討③ (2/2)

基準津波 2 : 防波堤あり

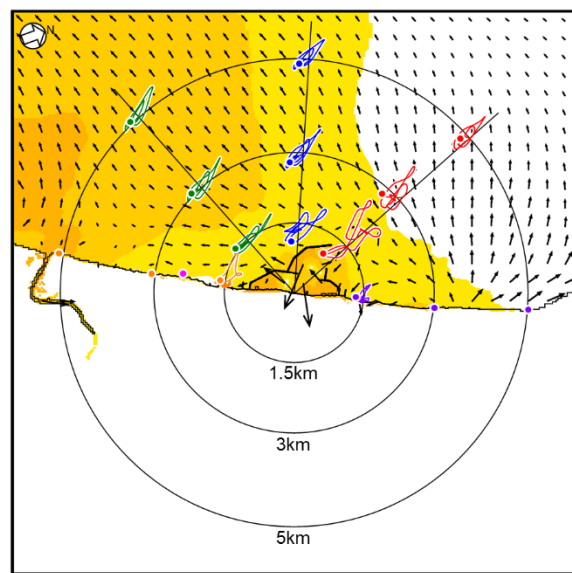
T.M.S.L.-3.5mまで低下する



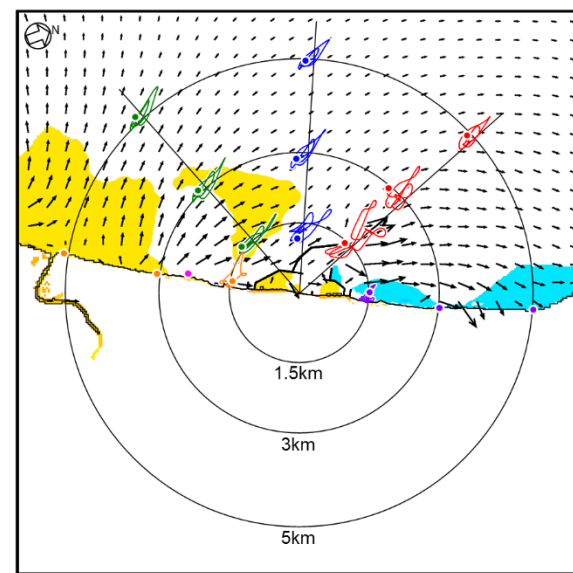
■ 海水貯留堰の天端が露出している期間に「直近海域」への侵入は無く、気中衝突も発生しないものと判断する。



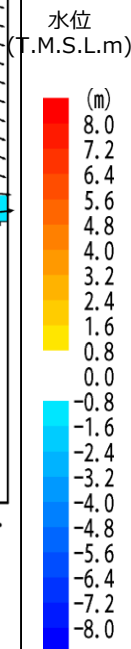
→2.0m/s 125 min.
 125分
 ・津波第三波来襲により取水口前面水位上昇
 ・南～南西の流れにより各点とも岸へ移動継続、赤：港口付近へ移動



→2.0m/s 130 min.
 130分
 ・押し波による水位上昇が弱まり取水口前面水位はほぼ一定に
 ・南～南西の流れが弱まり各点ともほぼ移動停止、赤：港口付近で漂う



→2.0m/s 135 min.
 135分
 ・津波第三波後の引き波により取水口前面水位低下
 ・場所により流向・流速が異なる
 赤：港口から津波流出に伴い移動

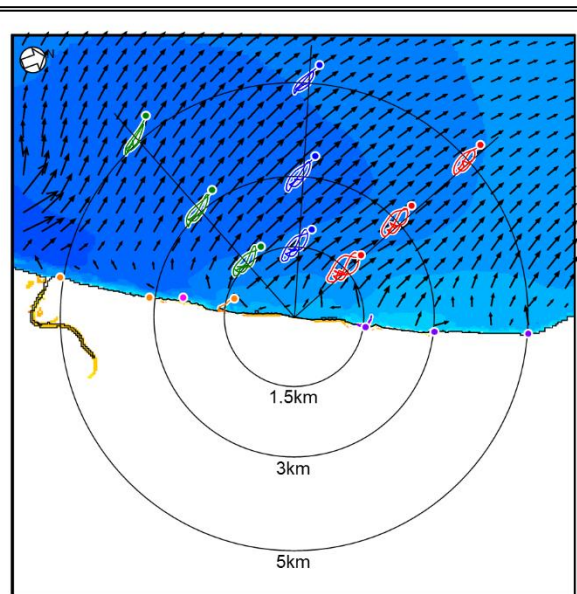
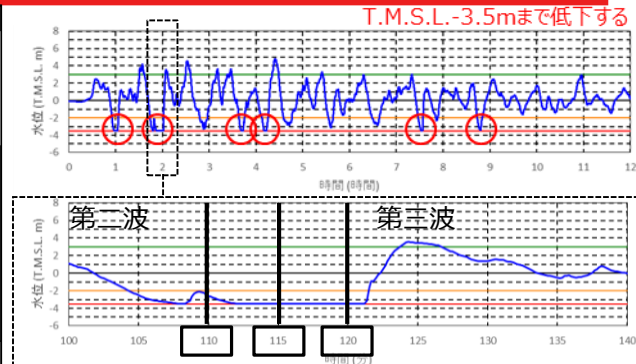
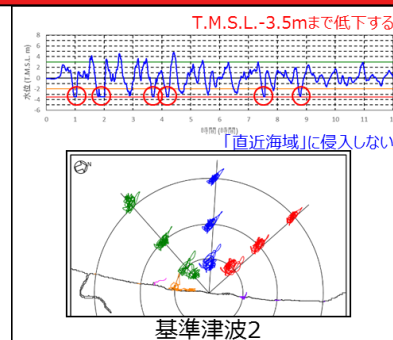


図参1-4-6：経時的な流向・流速を用いた発電所周辺の漂流物の挙動に係る検討（基準津波2，防波堤あり）

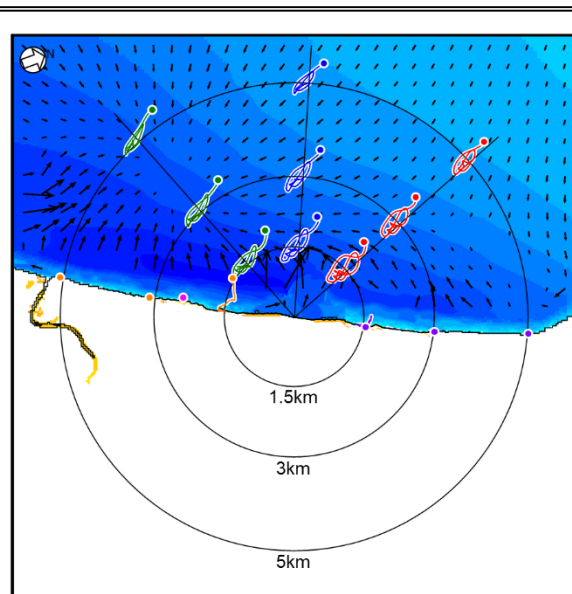
【参考1-4】 海水貯留堰露出に対する漂流物の挙動に関する検討④ (1/2)

基準津波 2：防波堤なし

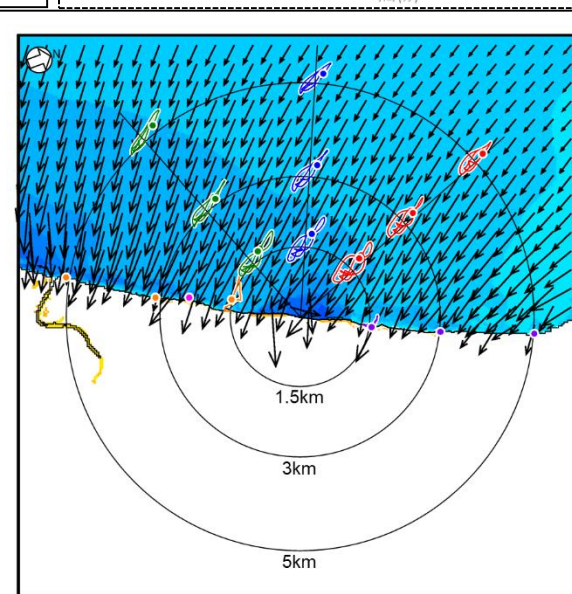
- 海水貯留堰の天端が露出する基準津波2（防波堤なしケース、右図）の地震発生後2時間頃までの発電所周辺の漂流物の挙動を、津波の経時的な流向・流速を用いて考察した。
- 発電所前面海域の主たる流れは、津波第二波後の引き波、津波第三波による押し波・引き波に応じて変化し、長期間一様な流れとなっていないことが確認された。



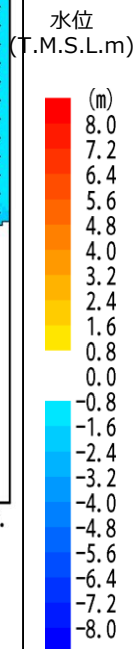
- 2.0m/s 110 min.
- 110分
- ・津波第二波後の引き波により取水口前面水位低下
 - ・北～北西の流れにより各点とも沖へ移動



- 2.0m/s 115 min.
- 115分
- ・引き波による水位低下が弱まり取水口前面水位は一定に
 - ・北～北西の流れがなくなり各点ともほぼ移動停止



- 2.0m/s 120 min.
- 120分
- ・取水口前面水位は一定だが、前面海域は津波第三波来襲により水位上昇
 - ・南～南東の流れにより各点とも岸へ移動

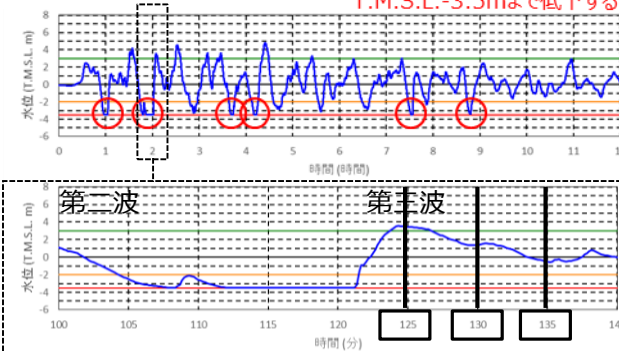


図参1-4-7：経時的な流向・流速を用いた発電所周辺の漂流物の挙動に係る検討（基準津波2，防波堤なし）

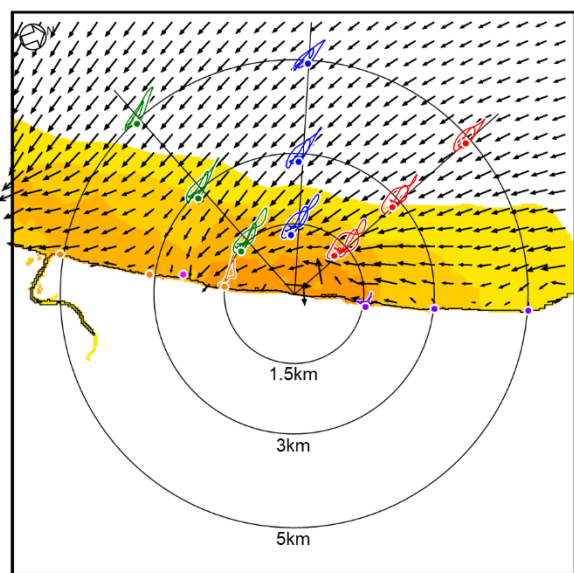
【参考1-4】 海水貯留堰露出に対する漂流物の挙動に関する検討④ (2/2)

基準津波 2 : 防波堤なし

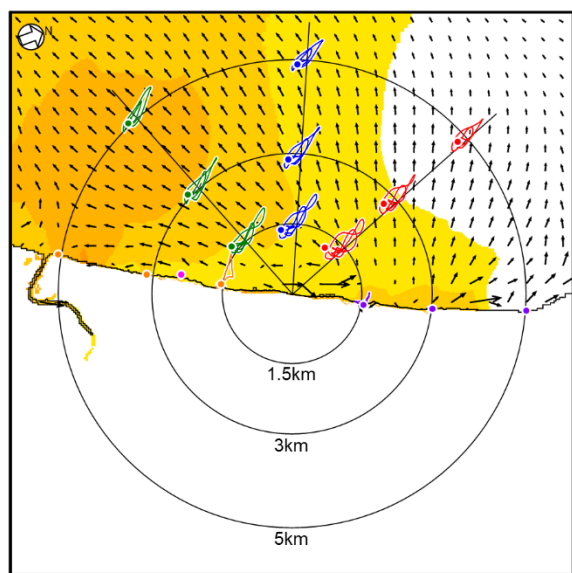
T.M.S.L.-3.5mまで低下する



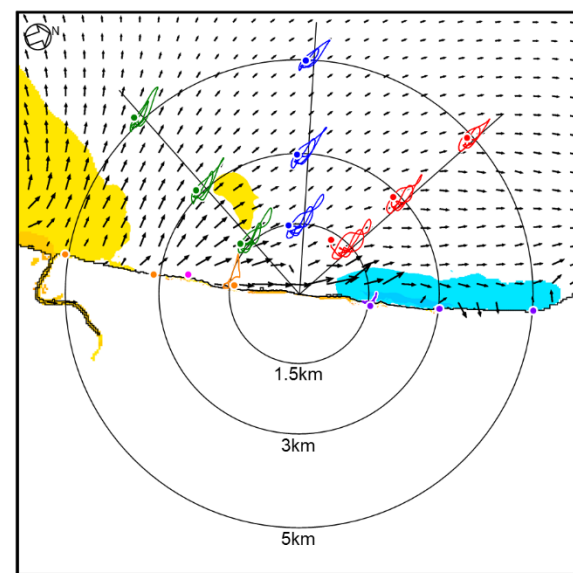
■ 海水貯留堰の天端が露出している期間に「直近海域」への侵入は無く、気中衝突も発生しないものと判断する。



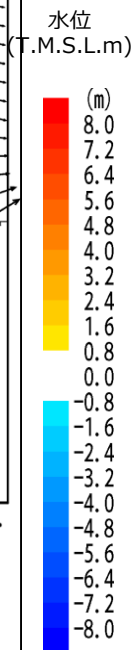
→2.0m/s 125 min.
 125分
 ・津波第三波来襲により取水口前面水位上昇
 ・南～南西の流れにより各点とも岸へ移動継続



→2.0m/s 130 min.
 130分
 ・津波第三波後の引き波により取水口前面水位低下
 ・西～北西の流れにより各点とも沖へ移動



→2.0m/s 135 min.
 135分
 ・引き波により取水口前面水位低下継続
 ・場所により流向・流速が異なる
 各点ともほぼ移動停止

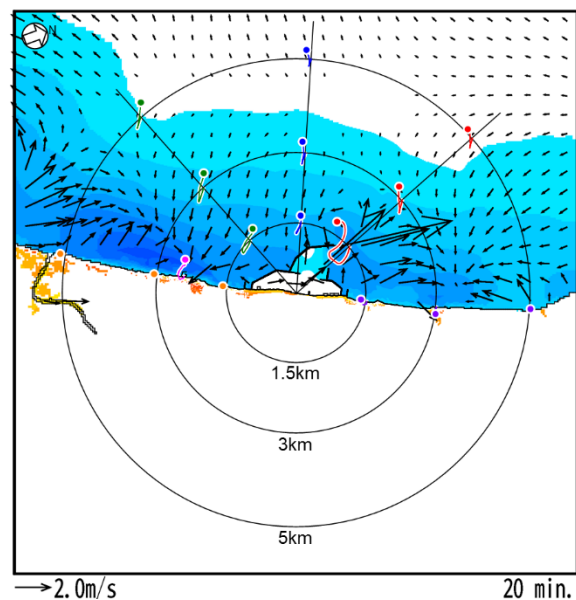
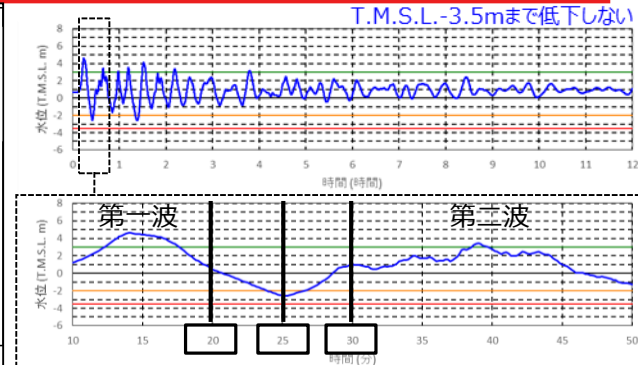
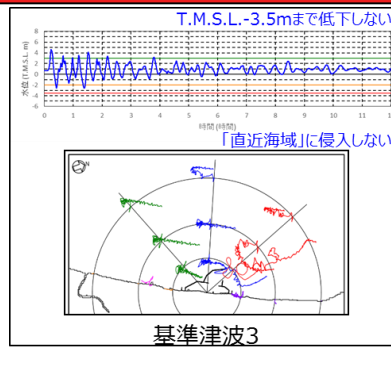


図参1-4-8：経時的な流向・流速を用いた発電所周辺の漂流物の挙動に係る検討（基準津波2，防波堤なし）

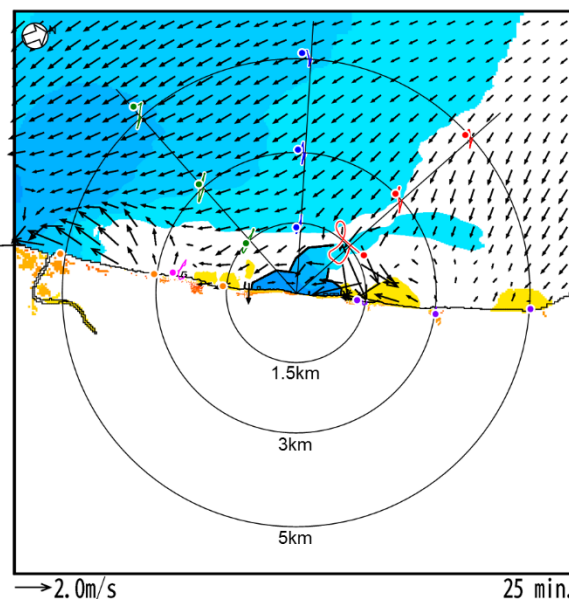
【参考1-4】 海水貯留堰露出に対する漂流物の挙動に関する検討⑤ (1/2)

基準津波 3 : 防波堤あり

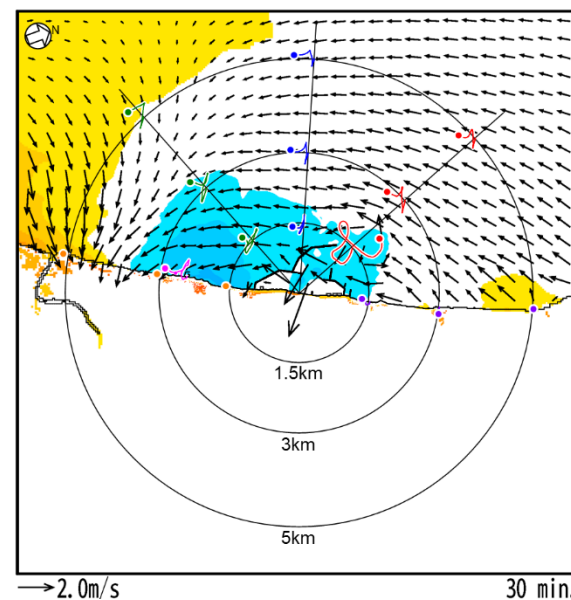
- 海水貯留堰の天端が露出しない基準津波3（防波堤ありケース，右図）の地震発生後30分頃までの発電所周辺の漂流物の挙動を，津波の経時的な流向・流速を用いて考察した。
- 発電所前面海域の主たる流れは，津波第一波後の引き波，津波第二波による押し波・引き波に応じて変化し，長期間一様な流れとなっていないことが確認された。



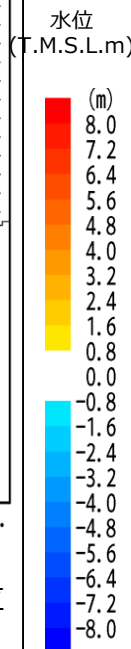
- 20分
- ・津波第一波後の引き波により取水口前面水位低下
 - ・港口からの津波流出など場所により流向・流速が異なる，各点とも沖へ移動



- 25分
- ・引き波による水位低下により取水口前面水位はほぼ最低に
 - ・南東～南西の流れにより各点とも岸へ移動



- 30分
- ・引き波後の水位低下から取水口前面水位は回復
 - ・西～南西の流れにより各点ともほぼ汀線平行方向へ移動

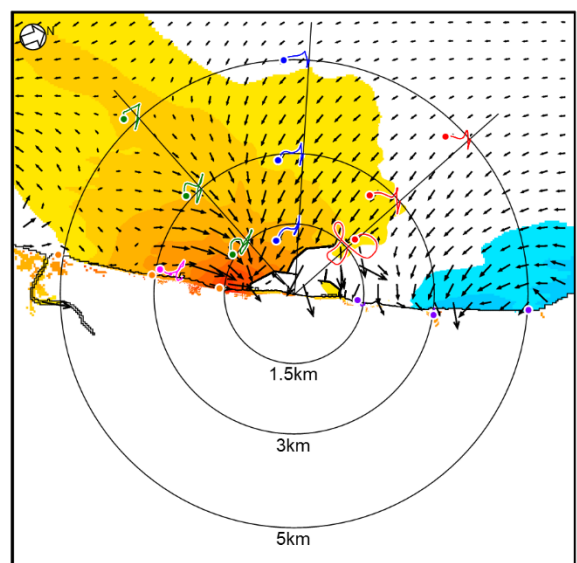
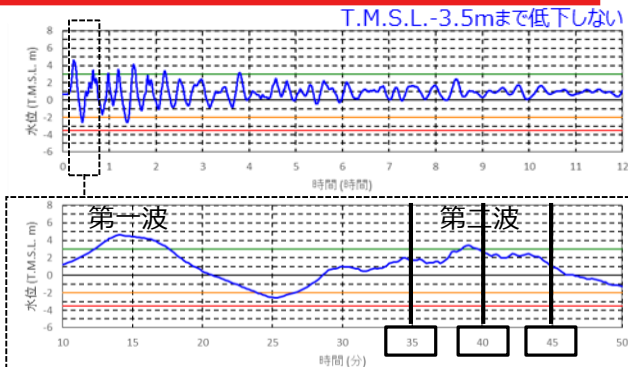


図参1-4-9：経時的な流向・流速を用いた発電所周辺の漂流物の挙動に係る検討（基準津波 3，防波堤あり）

【参考1-4】 海水貯留堰露出に対する漂流物の挙動に関する検討⑤ (2/2)

基準津波 3 : 防波堤あり

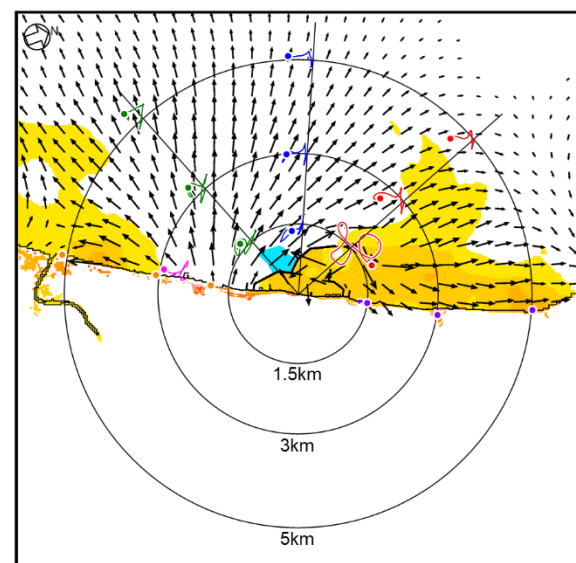
- 海水貯留堰の天端が露出しないため、空中衝突は発生しないものと判断する。
- なお、取水口水位が最も低下する期間においても「直近海域」への侵入はない。



→2.0m/s 35 min.

35分

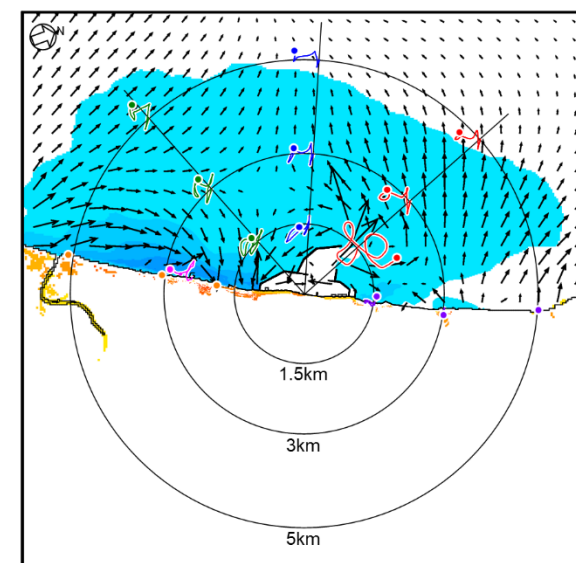
- ・津波第二波来襲により取水口前面水位上昇
- ・津波第二波により南防波堤基部に集中する流れが発生、各点ともこれに応じ移動



→2.0m/s 40 min.

40分

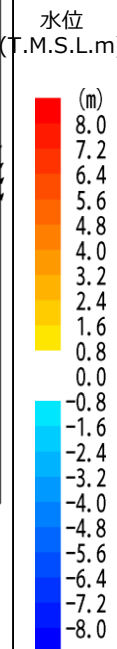
- ・押し波による水位上昇により取水口前面水位はほぼ最高に
- ・津波第二波が北西方向に移動、各点ともこれに応じ移動



→2.0m/s 45 min.

45分

- ・津波第二波後に取水口前面水位低下
- ・北～西の流れにより各点とも沖へ移動

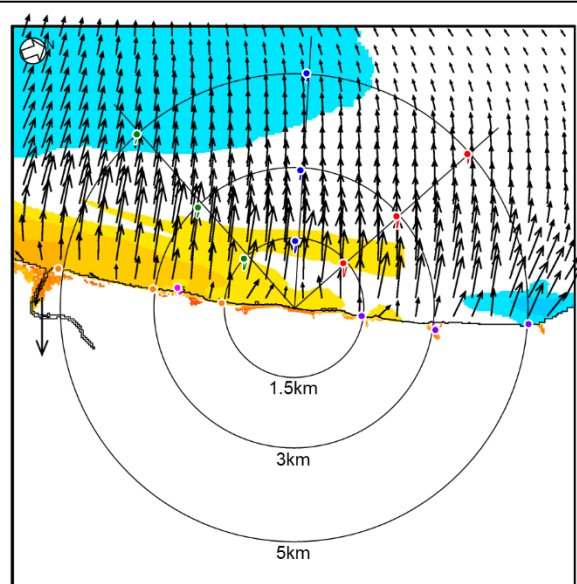
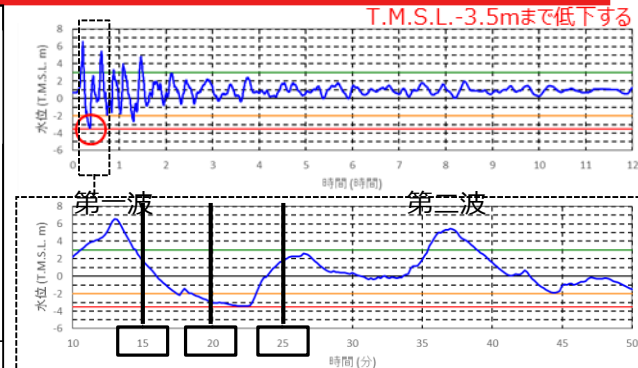
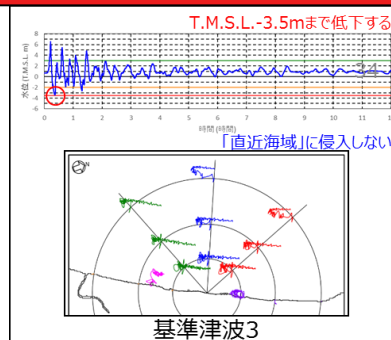


図参1-4-10：経時的な流向・流速を用いた発電所周辺の漂流物の挙動に係る検討（基準津波 3，防波堤あり）

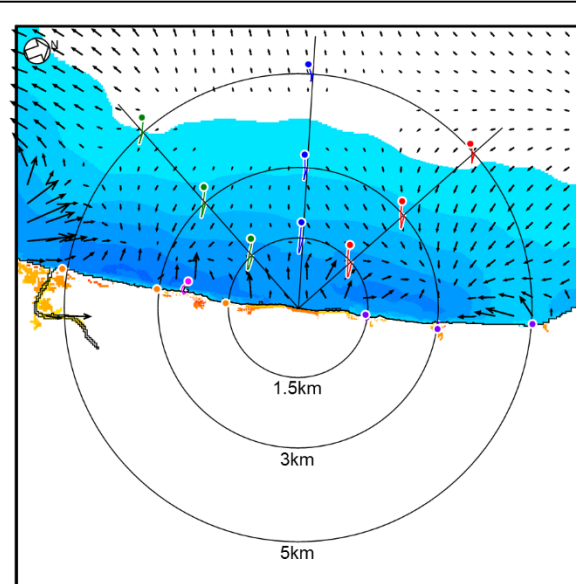
【参考1-4】 海水貯留堰露出に対する漂流物の挙動に関する検討⑥ (1/2)

基準津波 3 : 防波堤なし

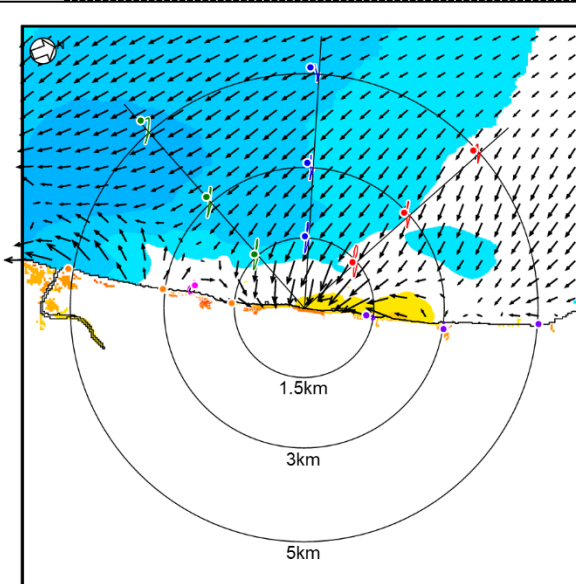
- 海水貯留堰の天端が露出する基準津波3（防波堤なしケース、右図）の地震発生後30分頃までの発電所周辺の漂流物の挙動を、津波の経時的な流向・流速を用いて考察した。
- 発電所前面海域の主たる流れは、津波第一波後の引き波、津波第二波による押し波・引き波に応じて変化し、長期間一様な流れとなっていないことが確認された。



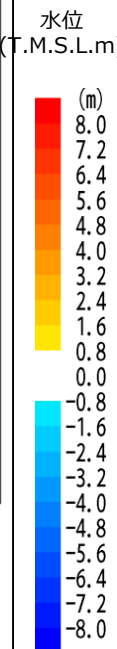
- 15分
- ・津波第一波後の引き波により取水口前面水位低下
 - ・北西の流れにより各点とも沖へ移動



- 20分
- ・引き波による水位低下が弱まり取水口前面水位は最低に近づく
 - ・北西の流れがなくなり各点ともほぼ移動停止



- 25分
- ・引き波後の水位低下から取水口前面水位は回復
 - ・南～南東の流れにより各点とも岸へ移動



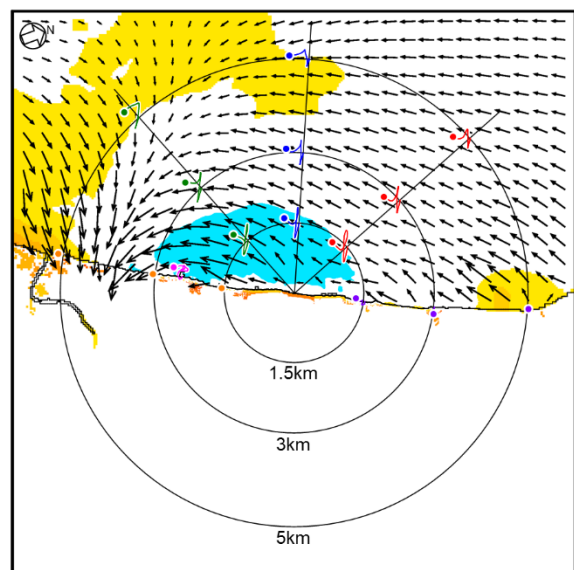
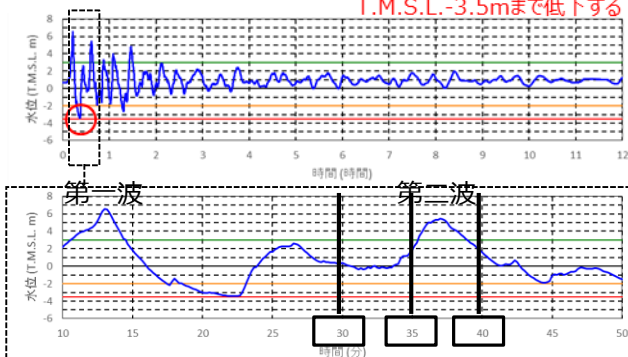
図参1-4-11：経時的な流向・流速を用いた発電所周辺の漂流物の挙動に係る検討（基準津波 3，防波堤なし）

【参考1-4】 海水貯留堰露出に対する漂流物の挙動に関する検討⑥ (2/2)

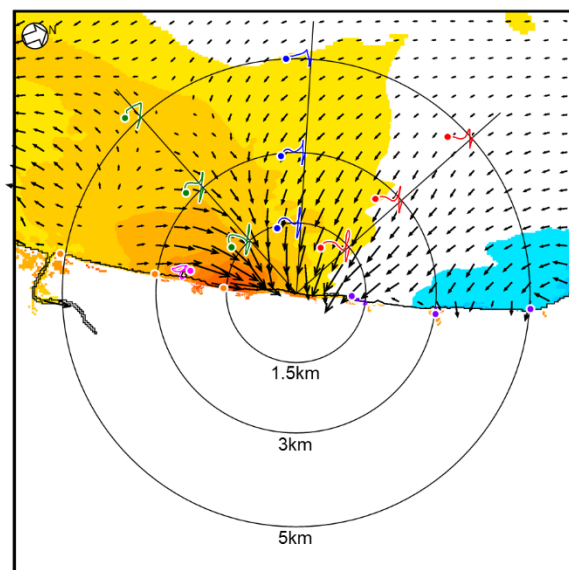
基準津波 3 : 防波堤なし

T.M.S.L.-3.5mまで低下する

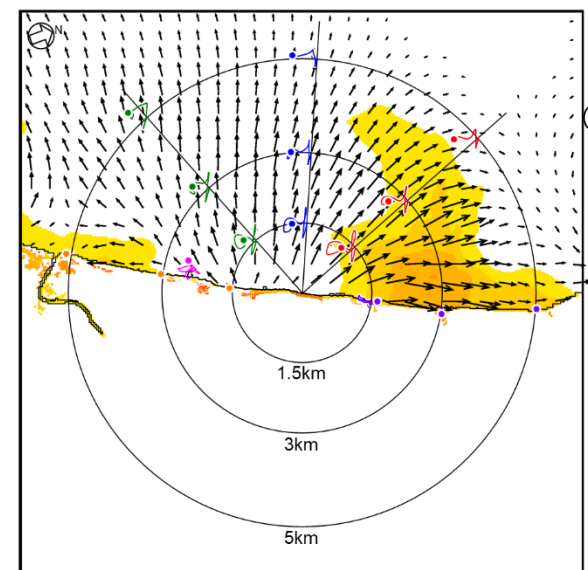
- 海水貯留堰の天端が露出している期間に「直近海域」への侵入は無く、気中衝突も発生しないものと判断する。



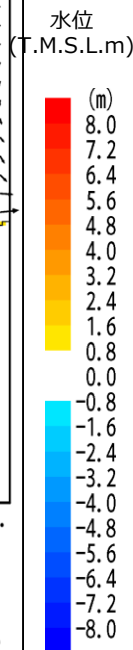
- 30分
- ・水位回復後に取水口前面水位はほぼ一定に
 - ・西～南西の流れにより各点ともほぼ汀線平行方向へ移動



- 35分
- ・津波第二波来襲により取水口前面水位上昇
 - ・津波第二波により南防波堤付近に集中する流れが発生、各点ともこれに応じ移動



- 40分
- ・津波第二波後に取水口前面水位低下
 - ・津波第二波が北西方向に移動、各点ともこれに応じ移動

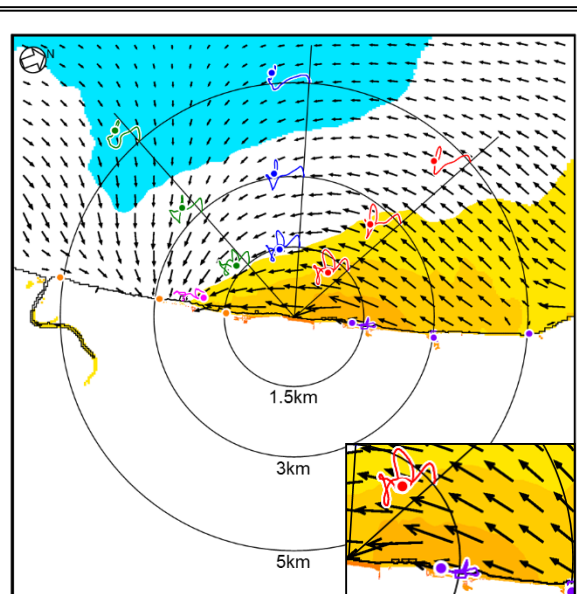
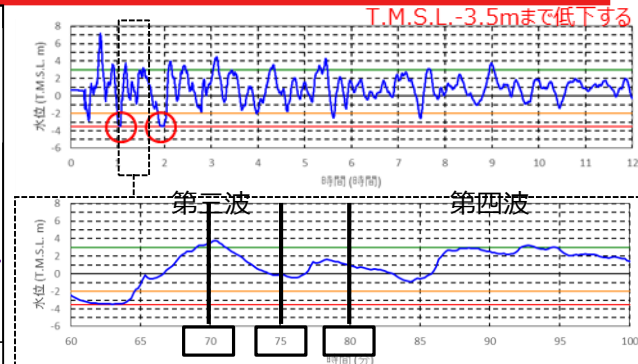
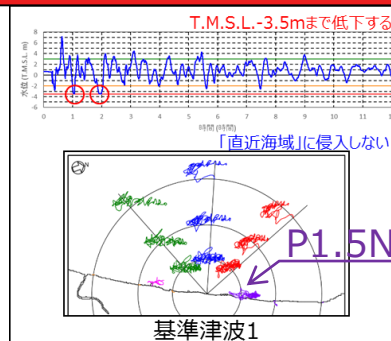


図参1-4-12 : 経時的な流向・流速を用いた発電所周辺の漂流物の挙動に係る検討 (基準津波 3, 防波堤なし)

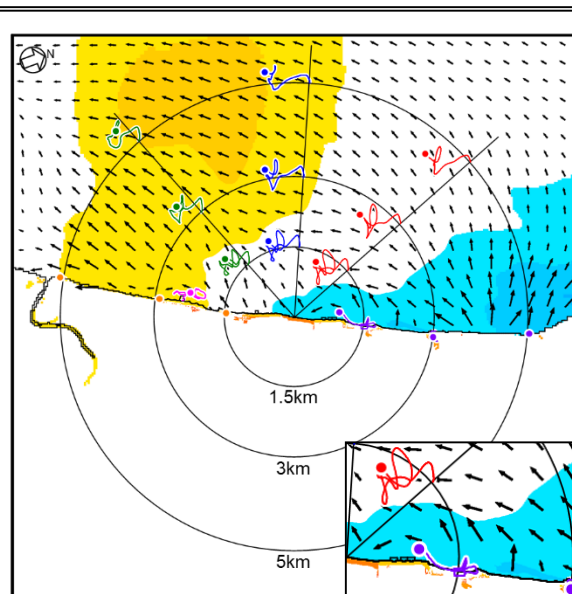
【参考1-5】 発電所北側1.5km付近の漂流物の挙動に関する検討 (1/2)

基準津波 1：防波堤なし

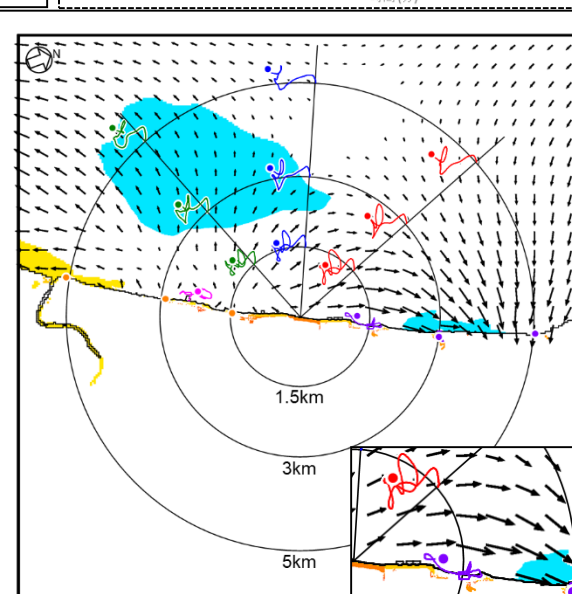
■ 海水貯留堰の天端が露出する基準津波 1（防波堤なしケース）において、初期配置：北側1.5km（P1.5N, 右図）周辺で貯留堰方向への移動量が大きい期間の漂流物の挙動を、津波の経時的な流向・流速を用いて考察した。



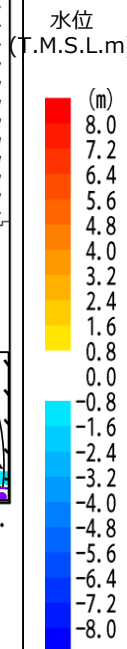
→2.0m/s 70 min.
 70分
 ・津波三波後来襲により取水口前面水位は上昇
 ・P1.5N：津波第三波来襲による押し波で貯留堰方向へ移動



→2.0m/s 75 min.
 75分
 ・津波第三波後に取水口前面水位低下
 ・P1.5N：津波第三波が南西方向に移動、貯留堰方向への流れが弱まりほぼ移動停止



→2.0m/s 80 min.
 80分
 ・若干の変動はあるが、取水口前面水位は低下継続
 ・P1.5N：津波第三波移動後の水位低下位置へ津波流入、貯留堰逆方向へ移動

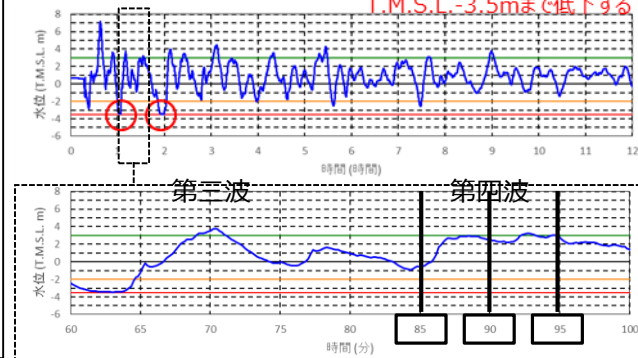


図参1-5-1：経時的な流向・流速を用いた発電所周辺の漂流物の挙動に係る検討（基準津波 1，防波堤なし）

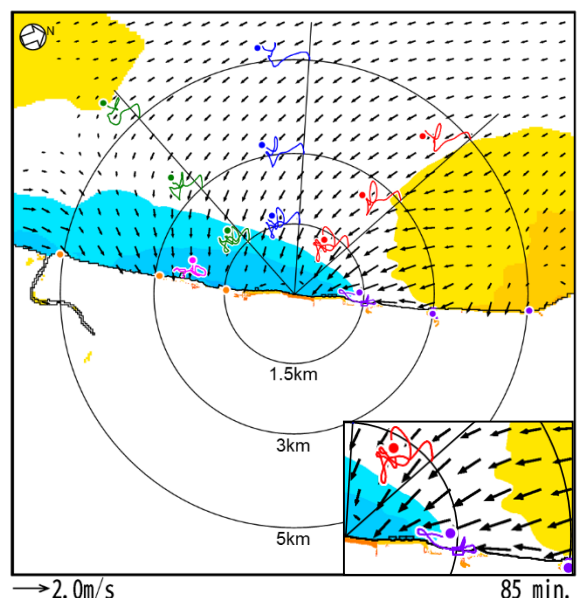
【参考1-5】 発電所北側1.5km付近の漂流物の挙動に関する検討 (2/2)

基準津波 1 : 防波堤なし

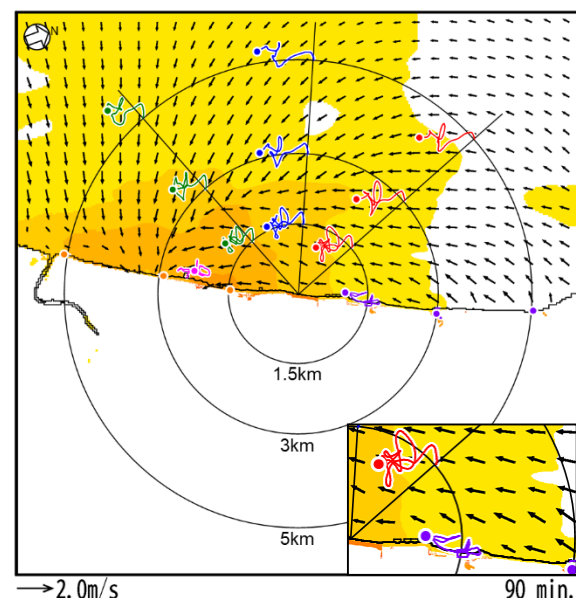
T.M.S.L. - 3.5mまで低下する



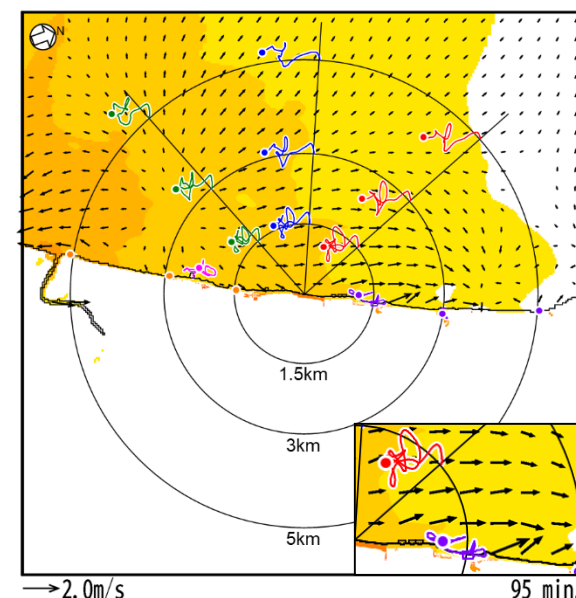
- 当該位置周辺の主たる流れは、津波第三波及び津波第四波の経時的な位置の変化及びそれによる押し波・引き波に応じて変化し、長期間一様な流れとなっていないことが確認された。
- 貯留堰方向への移動量が大い期間においては海水貯留堰の天端は露出することなく、また、「直近海域」への侵入も無いため、気中衝突も発生しないものと判断する。



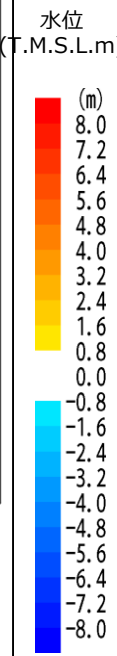
- 85分
- ・取水口前面水位はほぼ一定に
 - ・P1.5N：津波第四波来襲による押し波で貯留堰方向へ移動開始



- 90分
- ・津波第四波来襲により取水口前面水位は上昇
 - ・P1.5N：津波第四波が南西方向に移動、貯留堰方向への流れが弱まりほぼ移動停止



- 95分
- ・取水口前面水位は高い状態を維持
 - ・P1.5N：津波第四波の移動後に北向きの流れに転じる、貯留堰逆方向へ移動

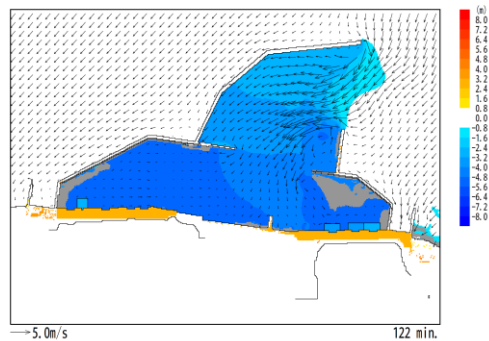
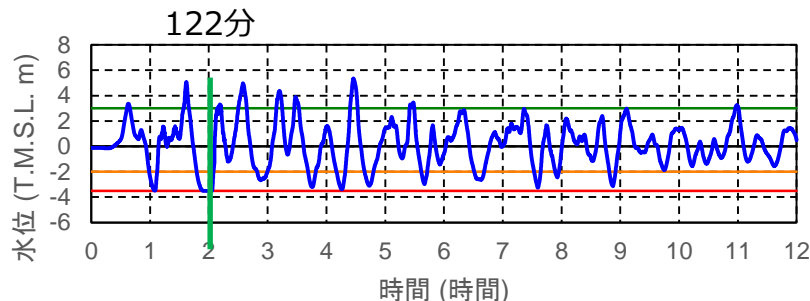


図参1-5-2：経時的な流向・流速を用いた発電所周辺の漂流物の挙動に係る検討 (基準津波 1, 防波堤なし)

【参考2】 港湾内の海底の露出が確認される時刻

■ 図参2-1に示すとおり、港湾内が広く露出するのは基準津波2の120分付近に限定される。

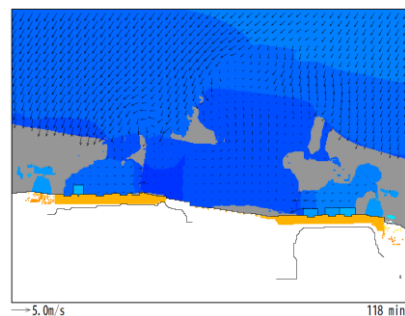
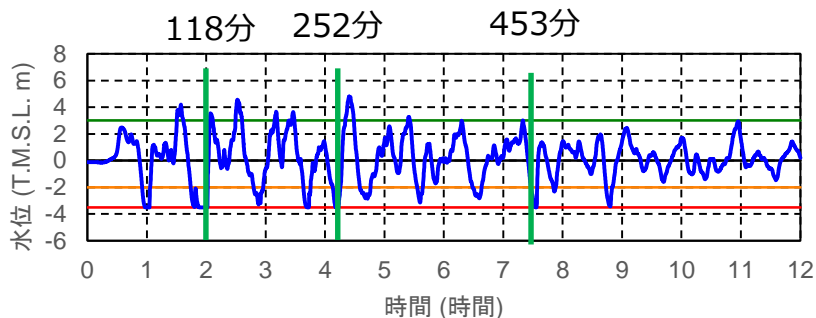
<基準津波2 防波堤有り>



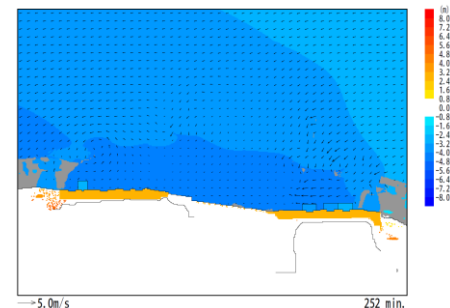
122分時点の海底露出範囲

以降T.M.S.L.-3.5m
となる期間無し

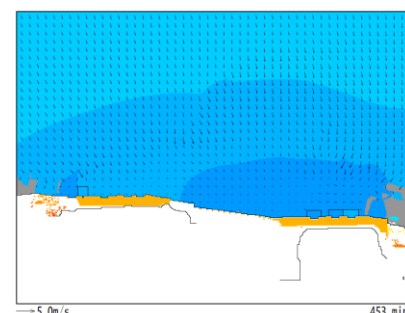
<基準津波2 防波堤無し>



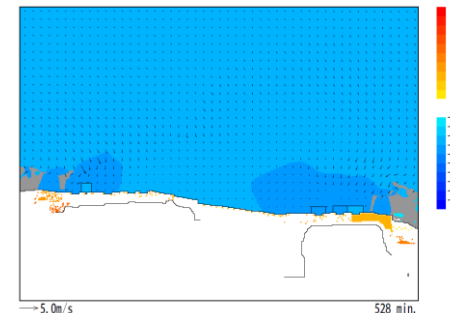
118分時点の海底露出範囲



252分時点の海底露出範囲



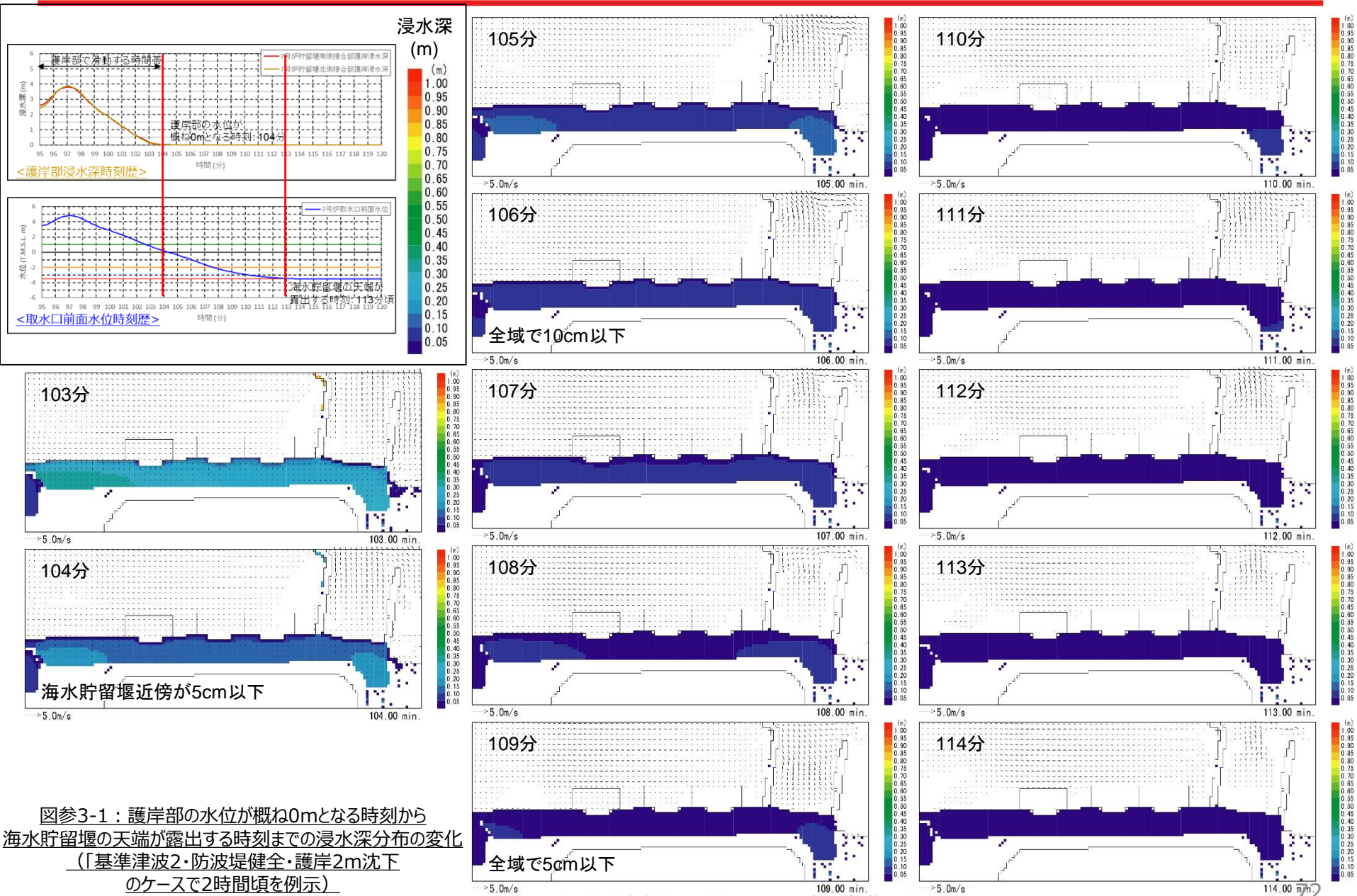
453分時点の海底露出範囲



528分時点の海底露出範囲

図参2-1 : 港湾内海底露出時刻に係る整理

【参考3】海水貯留堰天端露出時刻における護岸部浸水深さ分布



図参3-1：護岸部の水位が概ね0mとなる時刻から海水貯留堰の天端が露出する時刻までの浸水深分布の変化 (「基準津波2・防波堤健全・護岸2m沈下」のケースで2時間頃を例示)

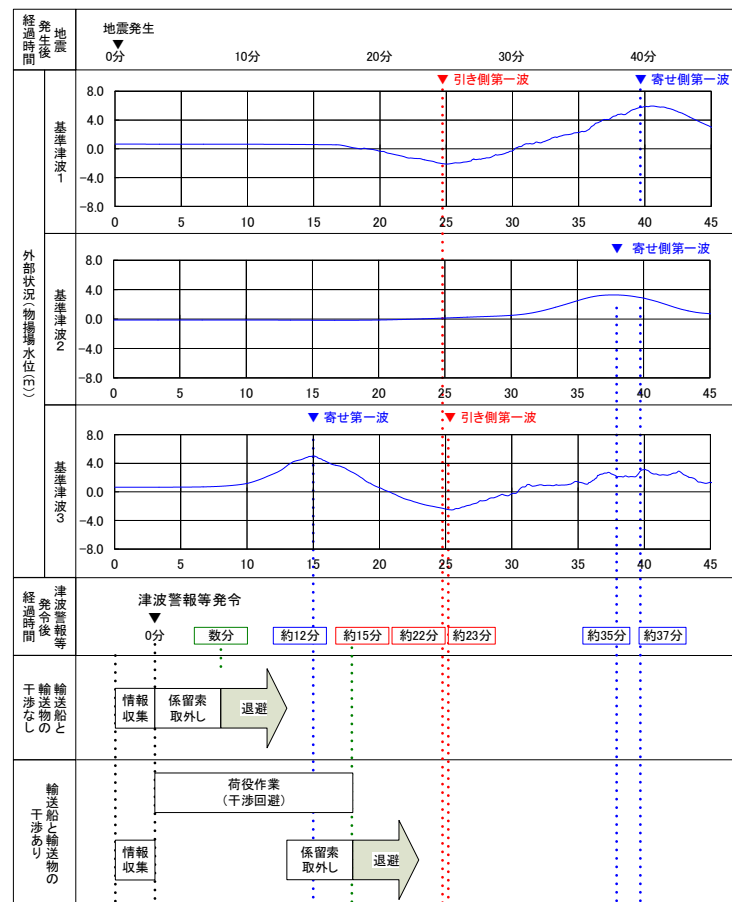
【参考4】漂流物化防止対策

- 構内海域に存在する、「燃料等輸送船」、「浚渫作業関連船舶」及び「その他作業船」について以下のとおり漂流物化防止対策を実施する。

【燃料等輸送船】

- 襲来までに時間的な余裕がある津波（基準津波1及び2）に対しては緊急退避が可能
- 時間的な余裕がない津波（基準津波3）に対しては、津波発生時に「荷役」行程中であった場合、緊急退避ができない可能性があるが、以下の理由から航行不能とはならず、第一波経過後に退避が可能
 - 津波高さと同水位の関係から、岸壁を超えない。
 - 岸壁に接触しても防げん材を有しているとともに、二重船殻構造等十分な船体強度を有する。
 - 船舶内に人員が常駐している。

⇒ 燃料等輸送船は海水貯留堰に到達しないと整理

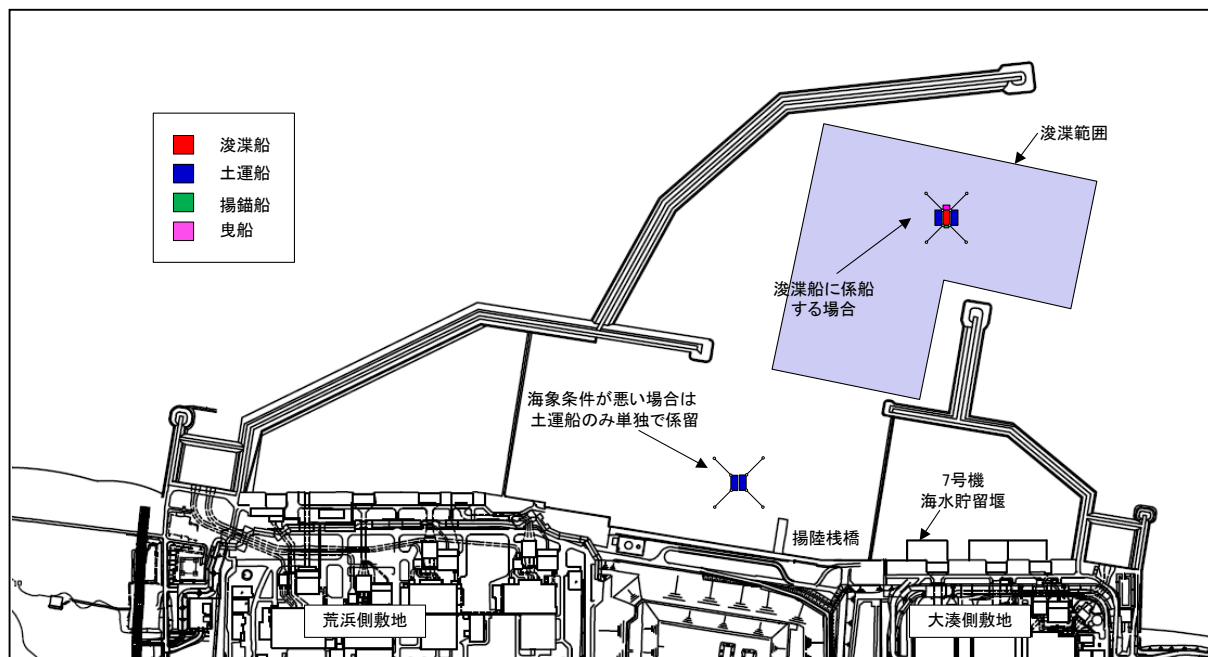


図参4-1-1：燃料等輸送船の退避に係る時系列

【浚渫作業関連船舶】

- 浚渫作業関連船舶としては、「浚渫船」、「揚錨船」、「曳船」及び「土運船」が該当
- 「浚渫船」はストックアンカーにて係留
- 「揚錨船」及び「曳船」は状況に応じて退避するか、浚渫船に係船
- 「土運船」については、基本的に「浚渫船」に係船
- 海象条件が悪い場合は、土運船が港湾内で単独で待機している状況があるが、その際は、土運船は、事前に海中に沈めた重りに係留

⇒ 浚渫作業関連船舶は海水貯留堰に到達しないと整理

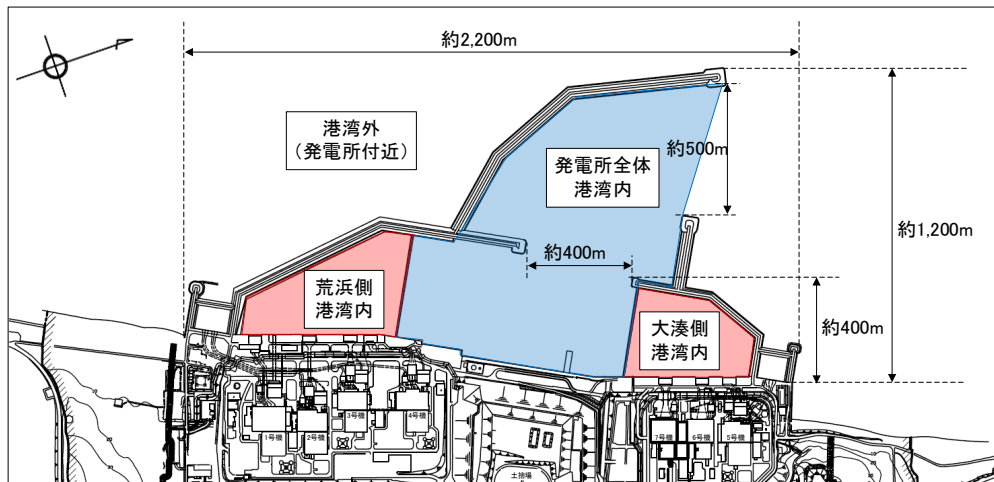


図参4-2-1：浚渫作業関連船舶の津波時の配置

【参考4-3】 漂流物化防止対策 ～「その他作業船」～

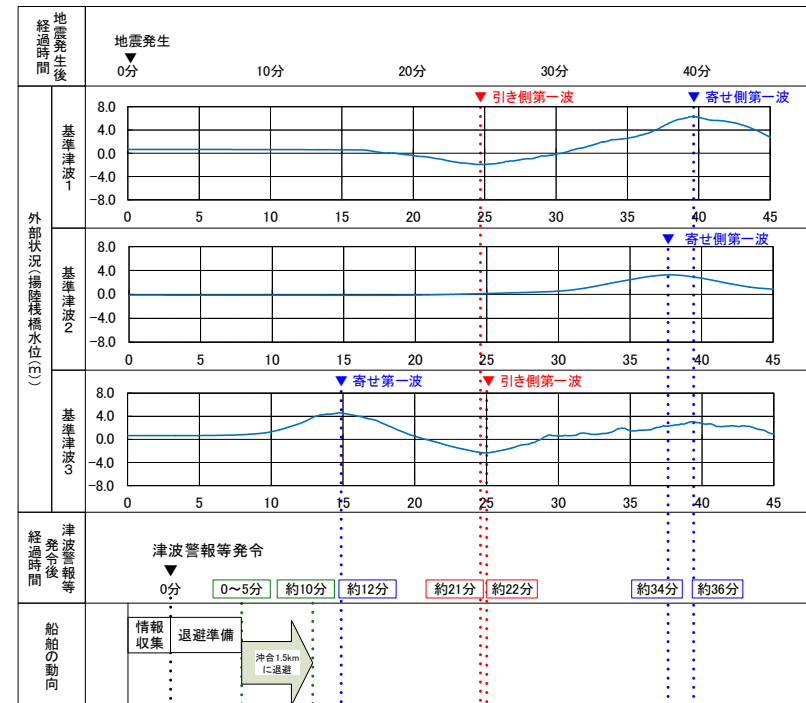
漂流物衝突によるリスクを低減するため、港湾内作業船に対して以下の対策を実施

- 港湾内の作業船舶は、「大湊側港湾内」、「荒浜側港湾内」、「発電所全体港湾内又は「港湾外（発電所付近）」で作業を実施（図参4-3-1参照）
- 「発電所全体港湾内」又は「港湾外（発電所付近）」で作業する船舶は、到達が早い基準津波3に対しても沖合1.5kmまで（あるいは構外の海岸に）退避可能であるため（図参4-3-2参照），津波時には港湾内から退避する運用とする。
- 「大湊側港湾内」及び「荒浜側港湾内」で作業する船舶は退避できない可能性を考慮し，剛性が小さいゴムボートを使用する運用とする。



図参4-3-1：港湾内作業船の作業エリア分類

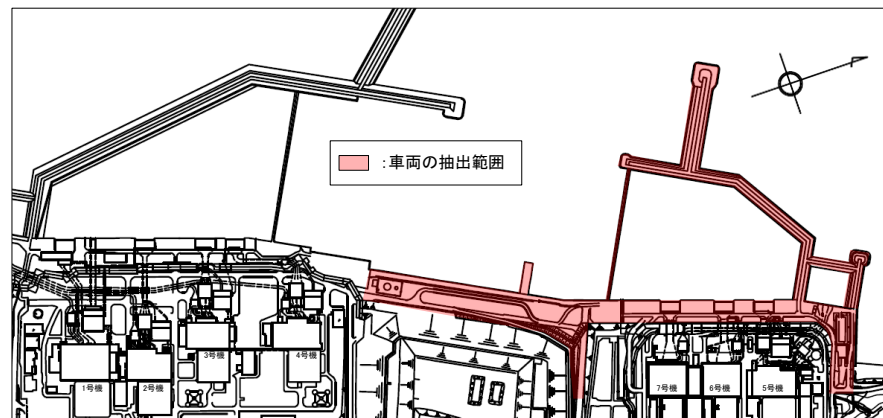
⇒ 「大湊側港湾内」及び「荒浜側港湾内」で作業するゴムボートのみ衝突するものとして抽出



図参4-3-2：港湾内作業船の退避に係る時系列

【参考4-4】 漂流物化防止対策 ～「車両」(1/4)～

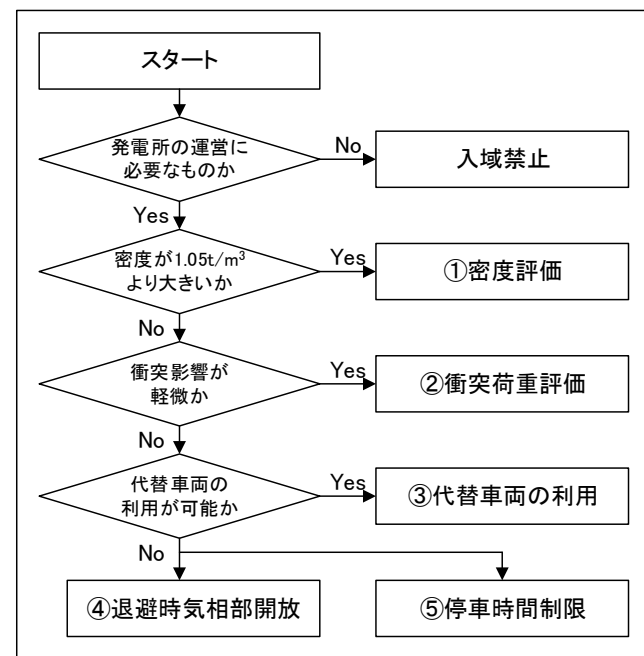
- 大湊側海岸線の車両として、図参4-4-1に示す範囲に駐停車する車両を抽出
- 当該範囲に駐停車する車両について、図参4-4-2のフローに基づき運用を選択し、漂流物衝突によるリスク低減を図る。(車種ごとに適用する運用を次頁に示す。)



図参4-4-1：車両の抽出範囲

表参4-4-1：大湊側護岸部に駐停車する車両に対して定める運用

No.	運用名称	運用詳細
①	密度評価	車両密度評価を実施し、密度が $1.05\text{t}/\text{m}^3$ *より大きいことを確認する。
②	衝突荷重評価	保守的となる衝突荷重算定式を選択した上で衝突荷重評価を実施し、海水貯留堰の機能に影響が無いことを確認する。
③	代替車両の利用	分類No.①又は②で整理される車両で代替する。
④	退避時気相部開放	津波警報発令時に、気相部を開放（窓、扉及びタンクを開放）した上で人員が退避する。
⑤	停車時間制限	人員及び機材の積み下ろし時のみ図参4-4-1の範囲に停車を可とする。万一護岸部に停車している期間に津波警報が発令された場合は、④気相部開放を適用する。



図参4-4-2：車両運用選択フロー

*津波時の浮遊砂濃度を保守的に1%と設定した場合の海水密度

【参考4-4】 漂流物化防止対策 ～「車両」(2/4)～

表参4-4-2：大湊側護岸部に駐停車する車両の抽出結果（車種ごとの代表例）及び適用する運用の一覧

車種	用途	適用する運用の分類	車両重量[t]	気相部開放無し時の密度[t/m ³]	気相部開放有り時の密度[t/m ³]
小型建設用車両 (スキッドローダー, 高所作業車等)	汚泥集積	①密度評価	1.07	3.26	不要
軽自動車	人員/資機材運搬	②衝突荷重評価	0.83	0.25	選択しない
乗用車	人員運搬	③代替車両（軽自動車）の利用 (困難な場合は⑤停車時間制限)	2.00	0.28	3.26
中型トラック	資機材運搬	③代替車両（軽自動車又は大型トラック）の利用 (困難な場合は④退避時気相部開放)	4.02	0.80	2.55
ユニック	設備吊り上げ	③代替車両（大型建設用車両）の利用 (困難な場合は④退避時気相部開放)	5.11	0.97	2.81
大型トラック（トレーラー含む）	資機材運搬	①密度評価	9.70	1.36	不要
バキューム車	汚泥集積	③代替車両（大型建設用車両）の利用 (困難な場合は④退避時気相部開放)	6.18	0.51	1.37
大型建設用車両 (クレーン, 高所作業車等)	設備吊り上げ等	①密度評価	7.32	1.18	不要

※ 大湊側護岸部の主要作業（取水路等点検作業）の至近実績から縦軸をリストアップ

- ⇒ ・軽自動車以外は、密度評価あるいは運用対策の実施により海水貯留堰に衝突しないものと整理
- ・軽自動車のみ海水貯留堰に衝突する可能性があるものとして抽出

退避時気相部開放運用の実効性

【運用の概要】

大湊側護岸部に車両を駐停車する場合であって、津波警報発令時に車両による退避が困難な場合は、気相部開放措置（窓を全開にする、ドアを開放する、タンク蓋を開放する。）した上で人員が退避すること。

【適用可能な対象車両】

中型トラック、ユニック、バキューム車

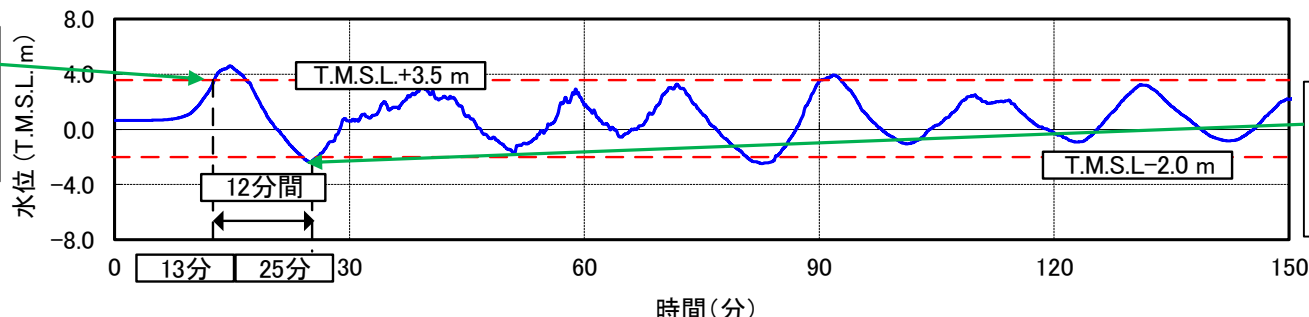
【運用の前提条件】

本運用を適用する場合は、気相部開放措置を実行可能な作業者を常に車両の付近に配置する体制とする。（ただし、車両操作等との兼務は可とする。）

【車両の水没時間と衝突時間の関係】

- JAFの実施した試験映像より、気相部開放運用を適用した場合、遅くとも浸水後7分経過時点で車両は水没する。
- 基準津波波形より、押波により車両が漂流し、引き波で海域に流出し、次の押波で海水貯留堰に衝突するまでは少なくとも12分間は要する。
- 気相部開放運用を実施することにより、貯留堰に衝突するまでに車両を水没させることが可能となる。

浸水深さが50cm
(T.M.S.L.+3.5m)
となった時点で漂流
開始

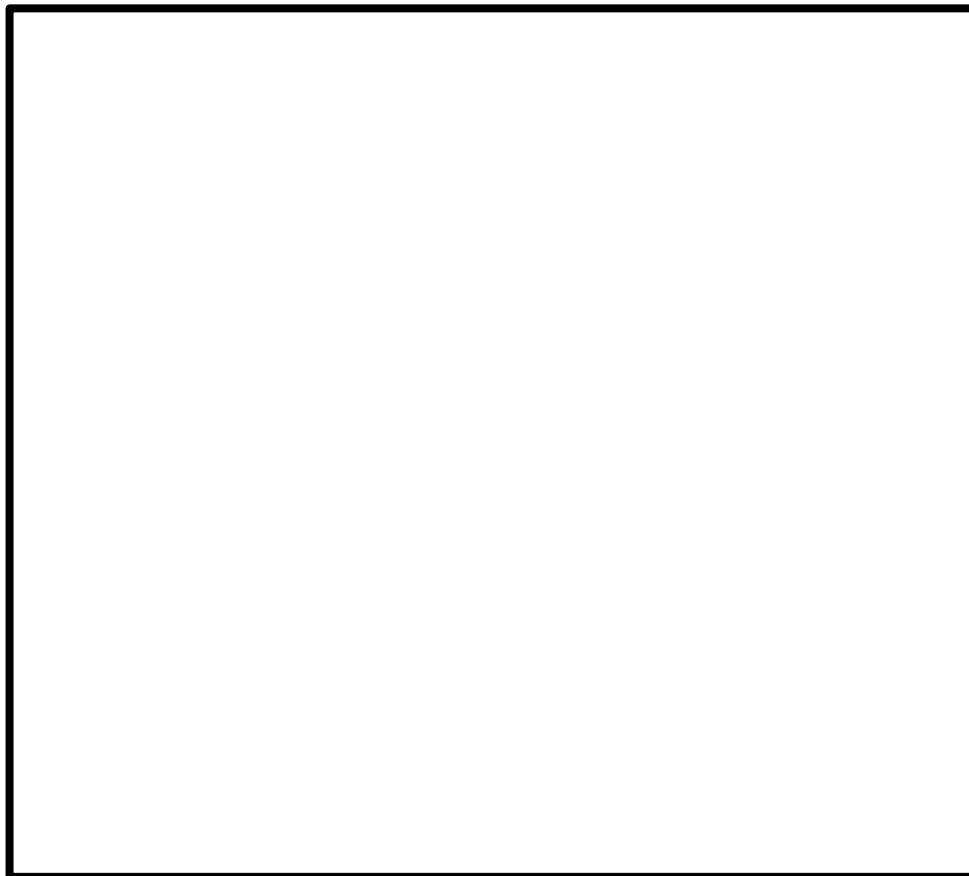


水位がT.M.S.L.
-2.0m以下となった後
に押波となった瞬間に
衝突すると仮定

図参4-4-3：衝突時間の整理（基準津波3の揚陸栈橋における時刻歴波形を代表として記載）

バキューム車の退避時気相部開放運用

- バキューム車については、退避時気相部開放運用として、タンクカバーの開放も実施
- タンクカバー開放完了までに要する時間は約5分であり、完了後に退避するとしても、津波の到達までに十分な時間余裕がある。

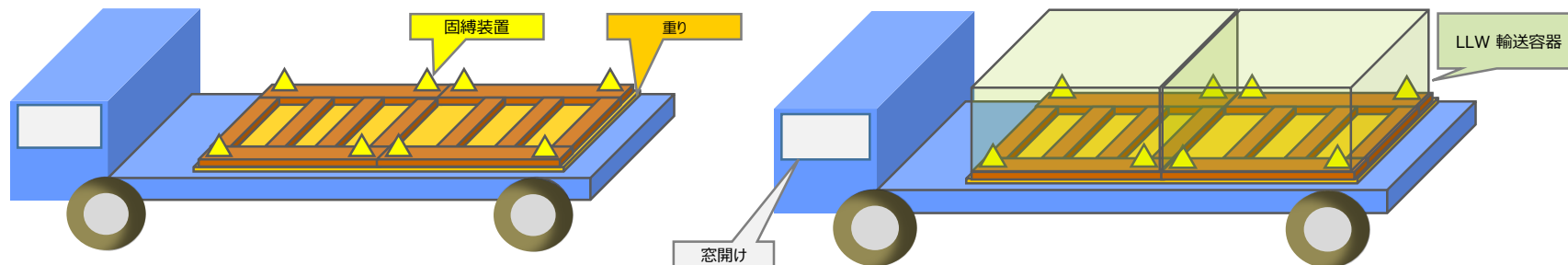


＜タンクカバー開放手順＞

- ① (C) カバー手動ロックを解除
 - ② 運転席にてPTOスイッチオン
 - ③ (D) カバー開放レバー操作
- ※開放完了まで約5分

図参4-4-4：バキューム車の退避時気相部開放運用イメージ

- ▶ LLW輸送容器については、空荷の場合もしくは内容物が軽量の場合は漂流物となる可能性があるため、LLW輸送車両に固縛するとともに、空荷の場合は4t以上の重りを積載する。
- ▶ また、併せて退避時気相部開放措置を適用する。



図参4-5-1：LLW輸送車両の漂流物化防止対策イメージ図

<論点2>

耐津波設計における浸水防護重点化範囲等の設計について
【指摘事項に対する回答】

▶ 原子力発電所の新規制基準適合性に係る審査会合の指摘事項に対する回答

No.	実施日	指摘事項
1	令和2年7月9日 第874回 審査会合	浸水防護重点化範囲の設定について、技術基準規則12条（溢水）の観点からの説明となっているが、技術基準規則6条（耐津波）への適合性への観点について整理して説明すること。特に浸水防護重点化範囲のうち浸水を想定するエリアについての基準への適合の考え方、論理を説明すること。
2	令和2年7月9日 第874回 審査会合	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並び復水器エリアと循環水ポンプエリアの境界の止水対策の位置付けについて、耐津波、溢水の観点から整理し、設計方針・設計条件について説明すること。また、溢水対策に含まれていない津波対策の有無についても整理して説明すること。

□ 技術基準規則第6条

設計基準対象施設が基準津波によりその安全性が損なわれるおそれがないよう、防護措置その他の適切な措置を講じなければならない。

□ 設置許可基準規則 別記3（青字部は独自に追記）

3 第5条第1項の「安全機能が損なわれるおそれがないものでなければならない」を満たすために、基準津波に対する設計基準対象施設の設計に当たっては、以下の方針によること。

- 一 Sクラスに属する施設の設置された敷地において、基準津波による遡上波を地上部から到達又は流入させないこと。また、取水路及び排水路等の経路から流入させないこと。（外郭防護1）
- 二 取水・放水施設及び地下部等において、漏水する可能性を考慮の上、漏水による浸水範囲を限定して、重要な安全機能への影響を防止すること。（外郭防護2）
- 三 上記の前二号に規定するものの他、Sクラスに属する施設については、浸水防護をすることにより津波による影響等から隔離すること。そのため、Sクラスに属する設備を内包する建屋及び区画については、浸水防護重点化範囲として明確化するとともに、津波による溢水を考慮した浸水範囲及び浸水量を保守的に想定した上で、浸水防護重点化範囲への浸水の可能性のある経路及び浸水口（扉、開口部及び貫通口等）を特定し、それらに対して浸水対策を施すこと。（内郭防護）

1. 浸水防護重点化範囲の設定

1.1 浸水防護重点化範囲の設定

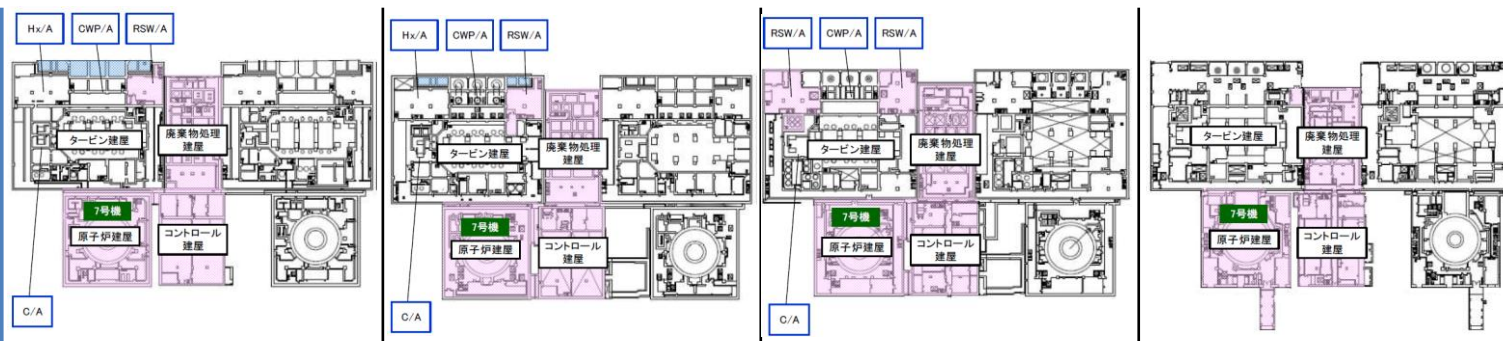
- 設置変更許可時に説明を行った浸水防護重点化範囲に以下エリアを追加。
- タービン建屋地下2階，地下中2階のタービン補機冷却水系熱交換器を設置するエリア(Hx/A)及び復水器を設置するエリア(C/A)の一部には，静的なSクラス機器(配管，電路等)が存在するため，浸水防護重点化範囲と設定する。
- タービン建屋地下1階，1階にも静的なSクラス機器(配管，電路等)が存在するため浸水防護重点化範囲と設定する。

浸水防護重点化範囲

取水槽及び補機取水槽

- ・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

設置許可の
浸水防護重点化
範囲



工認の
浸水防護重点化
範囲
(タービン建屋の
一部を追加)

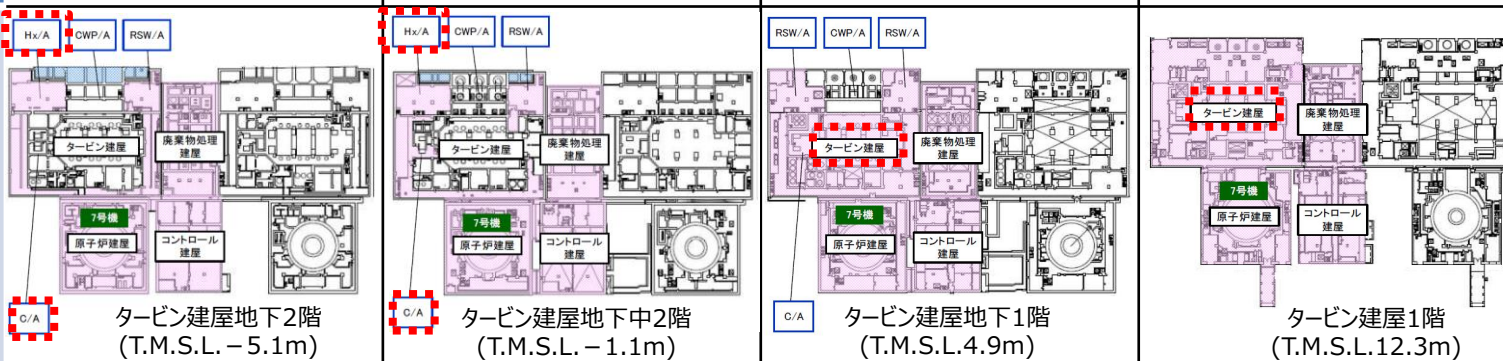


図1：浸水防護重点化範囲

1.2 内郭防護として保守的に想定する溢水事象(その1)

- 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に示す事象を保守的に想定する。
- 図2における各溢水事象について、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」に該当するか否かを以下のとおり整理
 - (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](#)

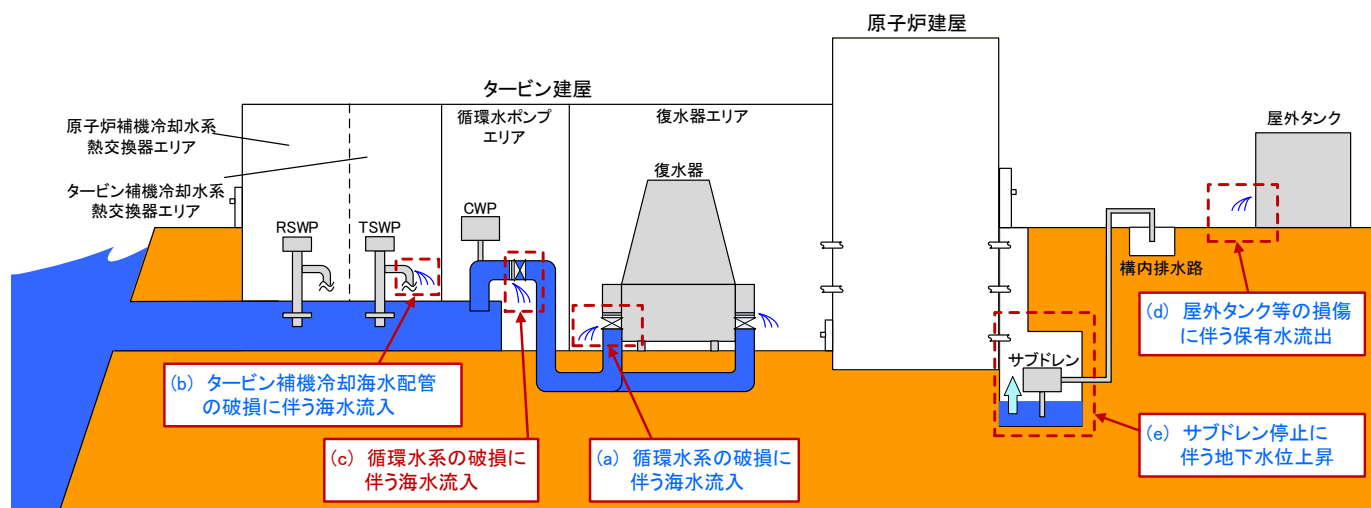


図2：内郭防護において保守的に想定する溢水事象

1.2 内郭防護として保守的に想定する溢水事象(その2)

(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（弁の閉止は地震後約15分、津波の最高水位到達は地震後約40分(基準津波1) (到達の早い基準津波3の場合でも地震後約15分))

⇒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

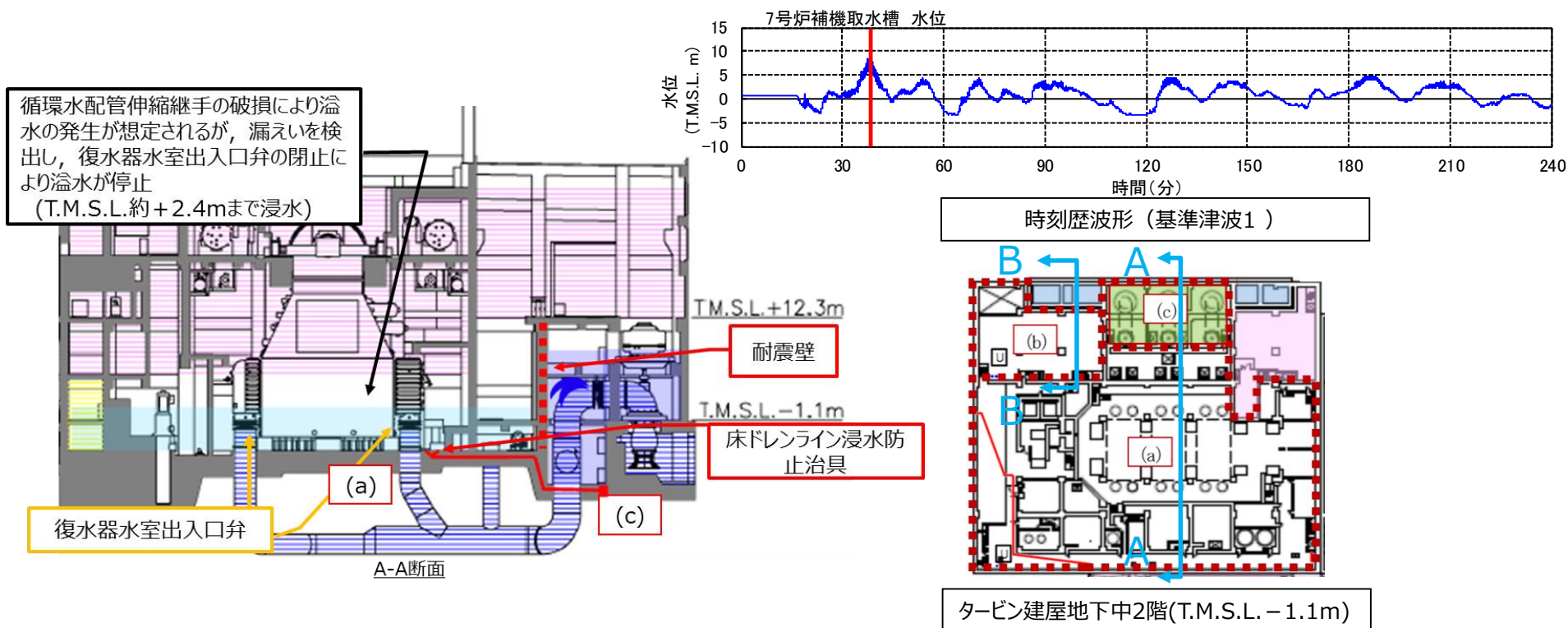


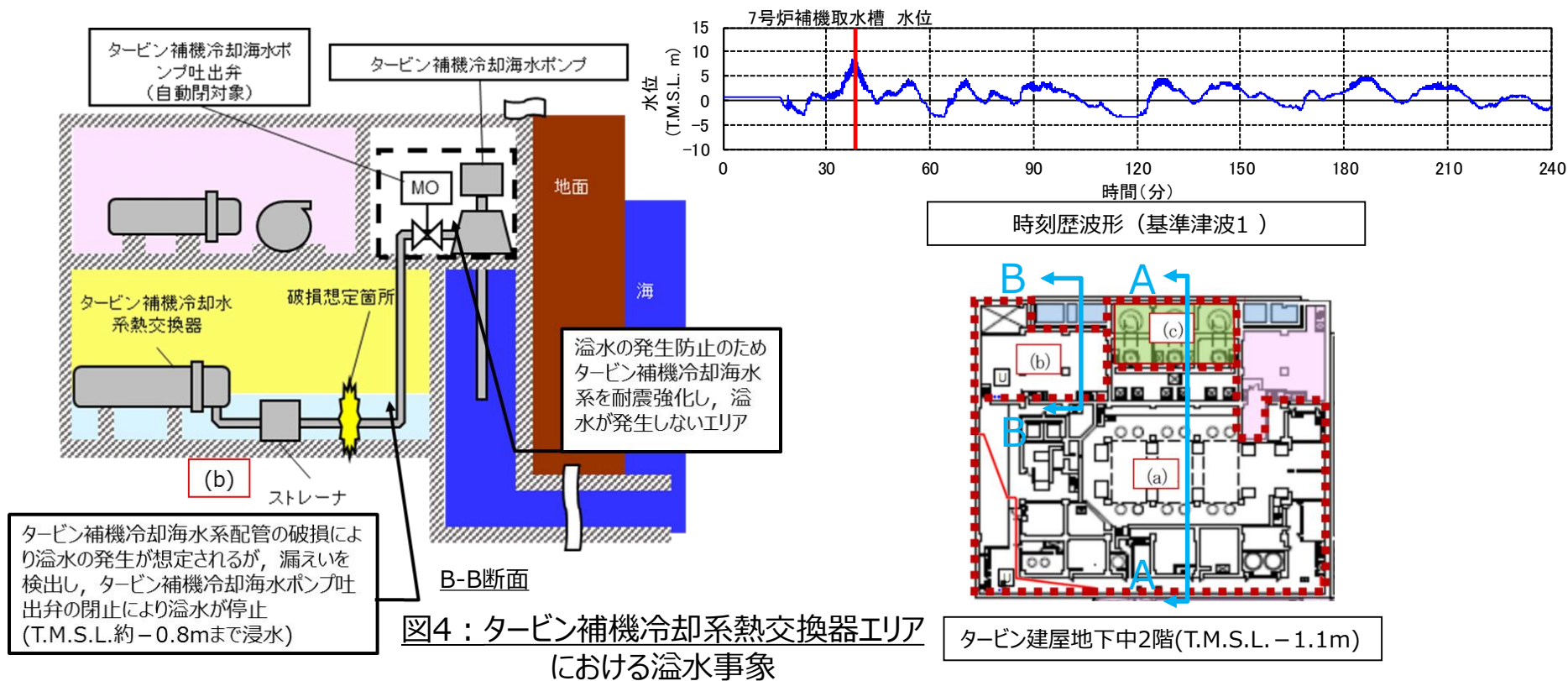
図3：復水器エリアにおける溢水事象

1.2 内郭防護として保守的に想定する溢水事象(その3)

(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 (弁の閉止は地震後 津波の最高水位到達は地震後約40分(基準津波1) (到達の早い基準津波3の場合でも地震後約15分))

⇒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



1.2 内郭防護として保守的に想定する溢水事象(その4)

(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**)

⇒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は**内部溢水事象**が発生し、その後、**津波事象**と整理

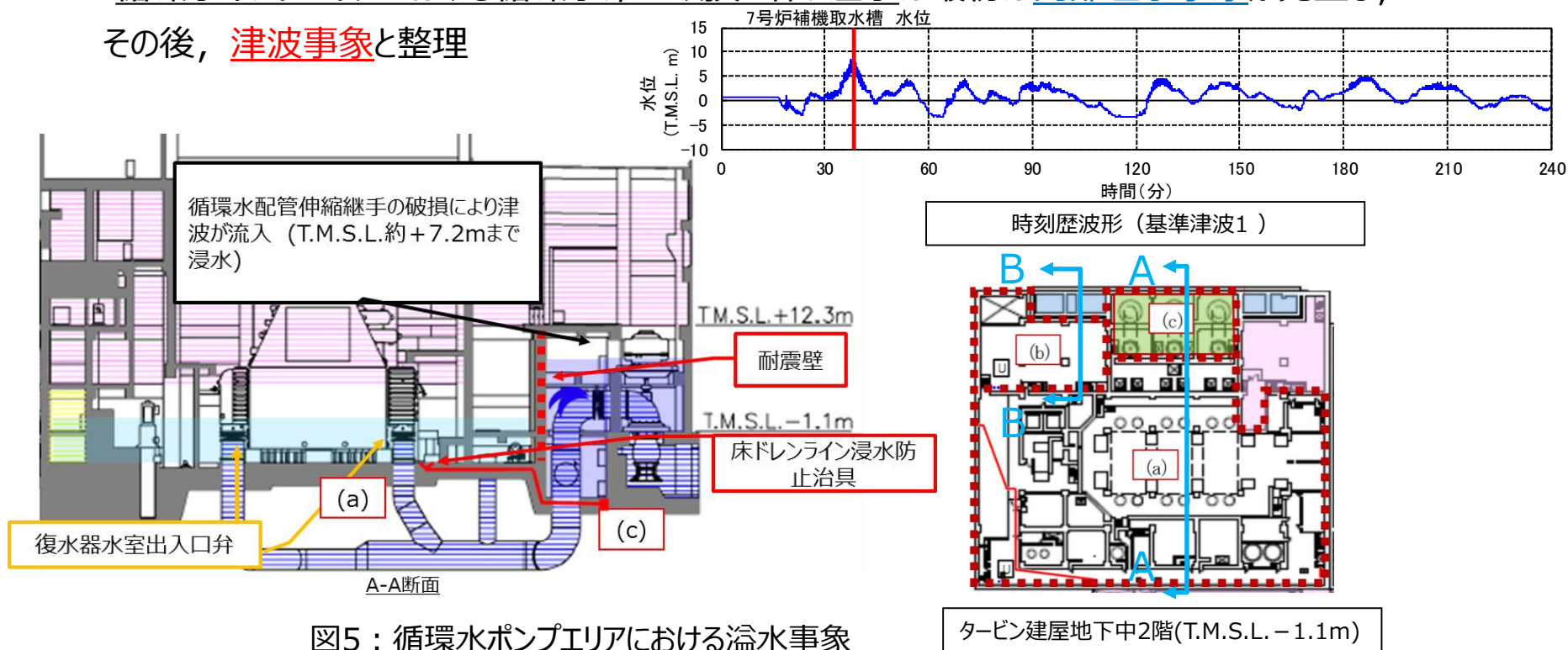


図5：循環水ポンプエリアにおける溢水事象

1.3 各溢水事象を踏まえた設計方針

- 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、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防止対策を実施する。
- 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。
- 具体的には表1に示す設計とする。

表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

1.4 設備特性に基づく浸水防護重点化範囲の分類

□ 前頁の考え方に基づき、図1で示した「浸水防護重点化範囲」について、それぞれの区画の特性を踏まえ、以下のとおり整理

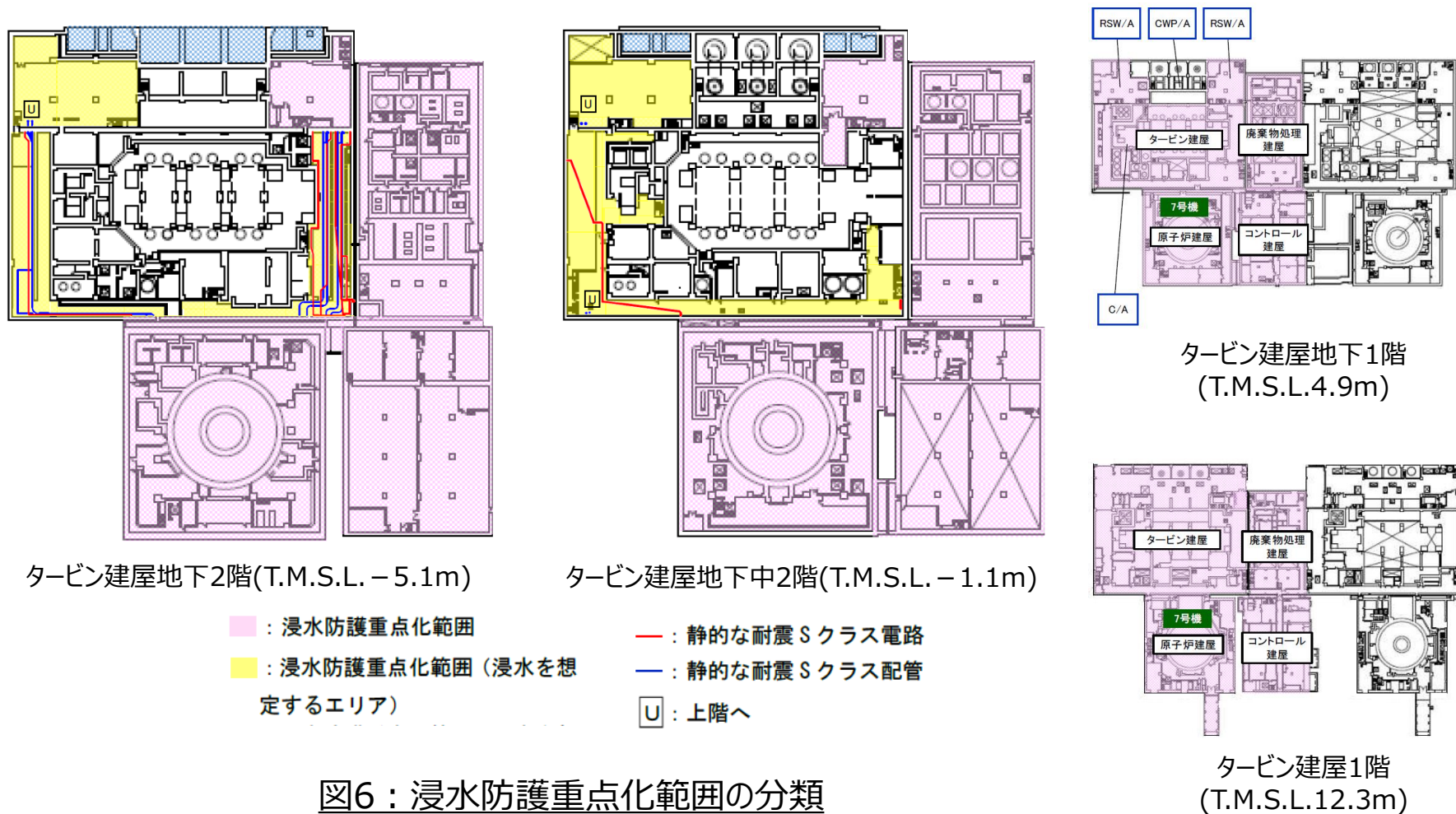


図6：浸水防護重点化範囲の分類

2. 浸水対策

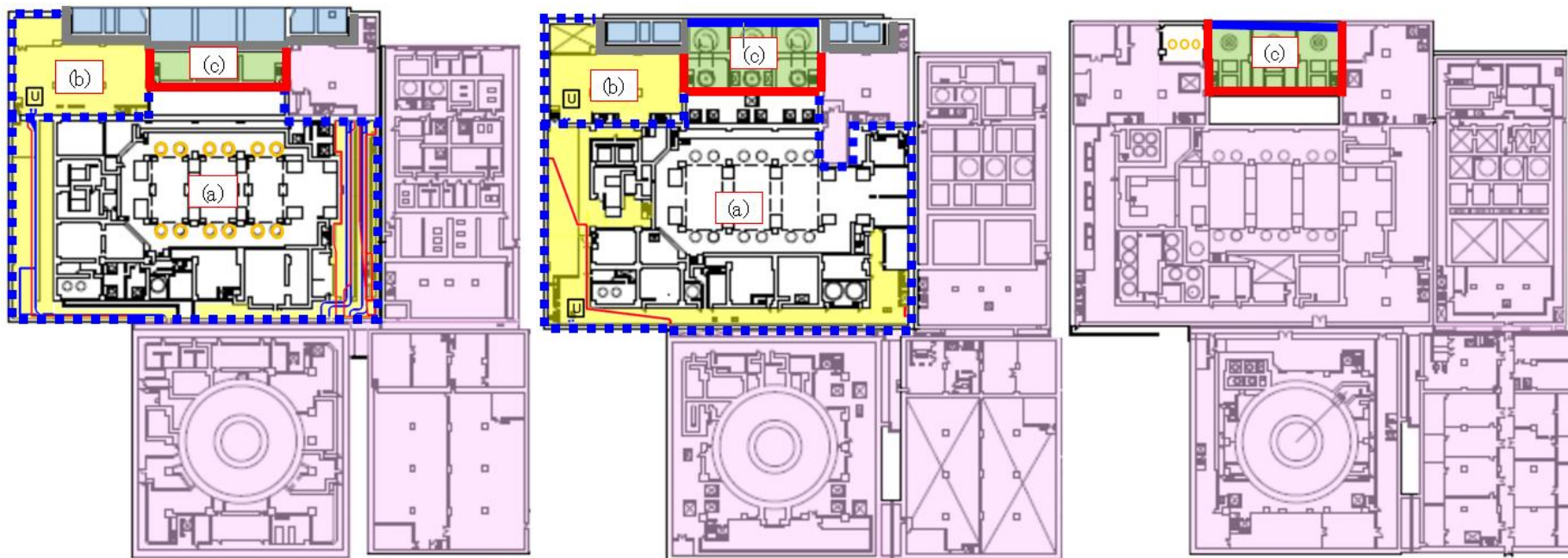
2.1 各境界の位置付けの整理

- 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)により以下通り境界の整理を行う。

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7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)			<ul style="list-style-type: none"> • 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
	その他区画	内部溢水対策		-
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)			<ul style="list-style-type: none"> • 一部境界は、互いのエリアの溢水を伝播させないため、内部溢水対策を実施
	その他区画			

2.2 浸水防護重点化範囲等の止水対策(その1)

- 地震等により機器が破損した場合は、津波及び地震による溢水の流入を防止する。技術基準規則6条（耐津波）へ適合させるため、津波による溢水が想定される範囲との境界部に、止水対策を内郭防護として実施する必要がある。



(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)

— : 津波対策 (内郭防護)

— : 内部溢水対策

— : 外郭防護(参考)

(a) : 復水器を設置するエリア(C/A)

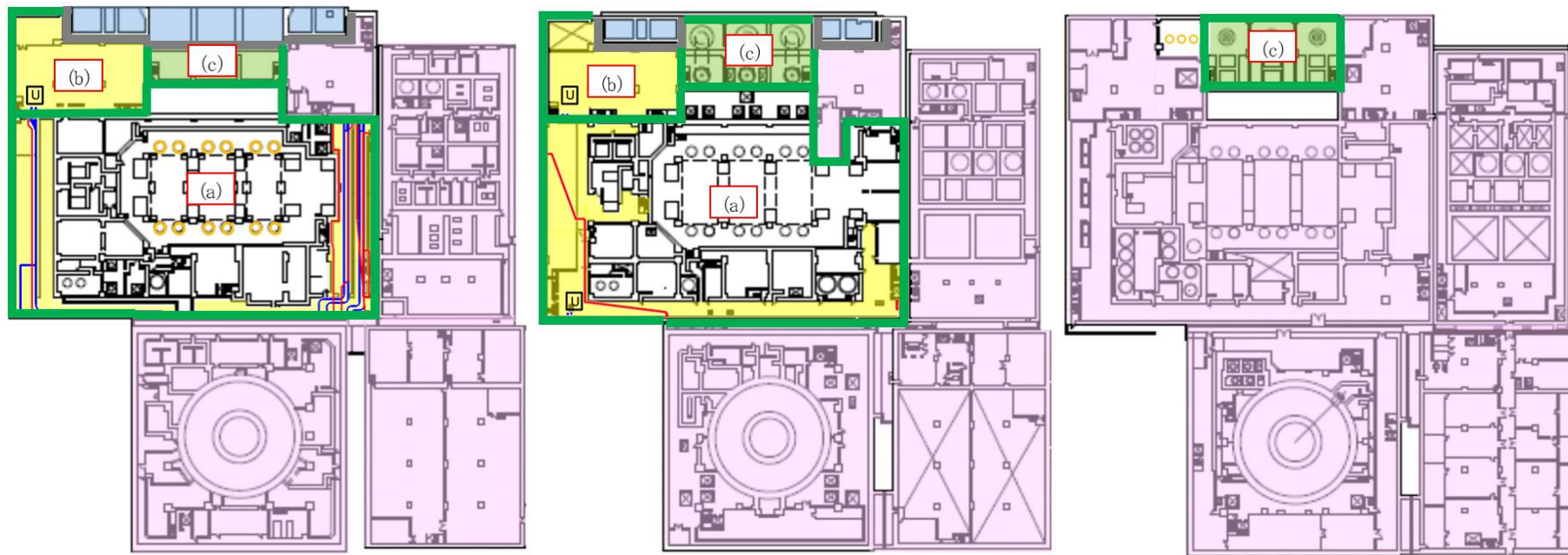
(b) : タービン補機冷却水系熱交換器を設置するエリア(Hx/A)

(c) : 循環水ポンプを設置するエリア(CWP/A)

図7：タービン建屋内の止水対策の整理（その1）

2.2 浸水防護重点化範囲等の止水対策(その2)

- 前頁の基準適合範囲の整理に対し、当社は内部溢水対策も含める形で耐津波設計における内郭防護の設計を行い、工認補正申請している（2018年12月）。なお、内郭防護の浸水対策範囲を図8に示す。



(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)

— : 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)

(a) : 復水器を設置するエリア(C/A)
 (b) : タービン補機冷却水系熱交換器を設置するエリア(Hx/A)
 (c) : 循環水ポンプを設置するエリア(CWP/A)

図8：タービン建屋内の止水対策の整理（その2）

2.3 『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(そのTEPCO)

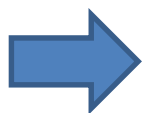
- 浸水防護重点化範囲(浸水を想定するエリア)に関し耐津波工認ガイドへの適合状況を表2に整理する。

表2：工認審査ガイドの適合状況

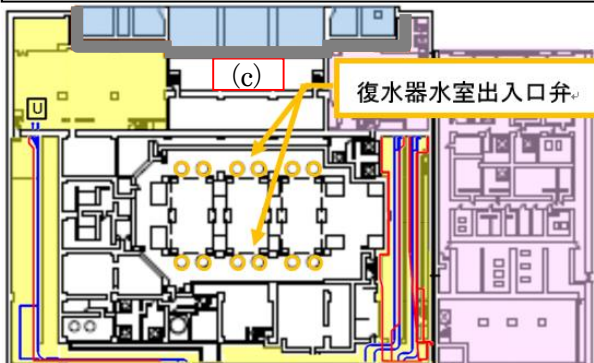
ガイドに記載されている「規制基準における要求事項等」, 「確認内容」	浸水防護重点化範囲(浸水を想定するエリア)とその境界
<p>3.5.2 浸水防護重点化範囲の境界における浸水対策</p>	<p>津波による溢水は想定されない。ただし、地震後の溢水については、弁が閉止するまでにポンプが起動し続け配管破損箇所からの溢水が流入すると想定</p>
<p>津波による溢水を考慮した浸水範囲、浸水量を安全側に想定すること。</p>	<p>境界の壁には貫通口等があるため浸水を想定するが、溢水量の低減ために弁を自動閉止するインターロックを設置</p>
<p>浸水範囲、浸水量の安全側の想定に基づき、浸水防護重点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。</p>	<p>—</p>
<p>【確認内容】(3) 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>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)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</p>
<p>【確認内容】(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。</p>	

2.3 『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(その2)

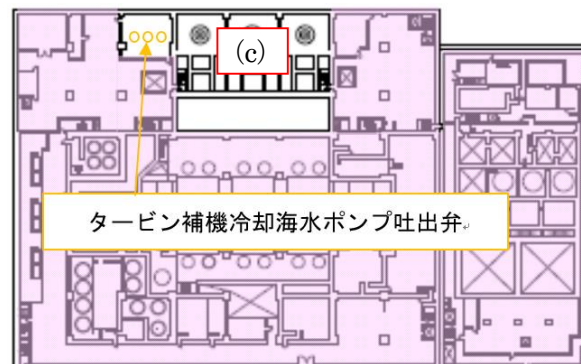
- 『浸水防護重点化範囲(浸水を想定するエリア)』については、
 - ✓ 内部溢水対策で設置する復水器水室出入口弁及びタービン補機冷却海水ポンプ吐出弁の隔離システムと、循環水ポンプを設置するエリア((c)のエリア)の壁並びに止水対策により、地震時の内部溢水は発生するものの津波の流入は防止。
 - ✓ なお、地震時に発生した内部溢水の浸水に対して、当該エリアに設置する耐震 S クラスの静的機器が機能喪失しないことを確認。



- 上記の通り、可能な限り浸水対策を実施し、浸水範囲からの溢水が浸水防護重点化範囲へ浸水する場合を想定して浸水量評価を実施し、安全機能への影響がないことを確認
 - 技術基準規則第6条及び耐津波工認ガイドに適合していると整理
- 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り、地震後の津波到達前に閉止しているため内部溢水対策設備と整理するが、閉止後の弁に作用する津波に対して、弁閉止状態維持が必要であることから、耐津波設計方針に追加



タービン建屋地下2階(T.M.S.L. -5.1m)



タービン建屋地下1階(T.M.S.L.4.9m)

参考資料

- 「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、内部溢水の評価の前提となる溢水量を低減させる主目的である。
- 一方、耐津波設計においても弁の閉止状態が保たれていることが期待されるため、以下の工認図書を提出。

- ✓ 弁の耐津波設計における設計方針
⇒「V-1-1-3-2 津波への配慮に関する説明書」に追記
- ✓ Ss地震後も弁が動作可能なこと
⇒「V-2-別添2 溢水防護に係る施設の耐震性に関する説明書」に新規追加
- ✓ 余震(S d地震)及び津波の波力を受けた場合でも弁の閉止状態が維持されること
⇒「V-1-1-3-2 津波への配慮に関する説明書」に関連する補足説明書に新規追加

【参考2】耐震 Sクラスの静的機器(配管, 電路等)の浸水評価について **TEPCO**

- 浸水防護重点化範囲(浸水を想定するエリア)については, 安全性評価を実施し, 安全機能に影響がないことを確認する(表参-1参照)。

表参-1：配管, 電路等の浸水影響評価結果

設備	系統	影響評価内容		検討結果	
		① 水圧による損傷	② 電気接続部の没水	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	—	配管設置箇所で想定される最大の水頭圧 0.08MPa* ¹ に対し許容圧力(0.40MPa)が上回ることを確認	—
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	電路設置箇所で想定される最大の水圧条件(静水圧換算：7.5m以上)を考慮した設計であることを確認	電気接続部がないことを確認

注記*1：タービン建屋内最地下階の水位7.5mからの換算値

<論点3>

建物・構築物における地震応答解析モデルの既工認からの変更点
【指摘事項に対する回答】

▶ 原子力発電所の新規制基準適合性に係る審査会合の指摘事項に対する回答

No.	実施日	指摘事項
1-1	令和2年6月16日 第867回 審査会合	隣接建屋の影響について、柏崎刈羽原子力発電所が軟岩サイトに立地していること及び6・7号機がツインプラントであるため建屋群が近接していることから、他サイトに比べて影響が大きいと考えられるため、評価内容を説明すること。（7月16日回答部分）
1-2	令和2年7月16日 第877回 審査会合	建屋の隣接効果の確認について、線形解析に基づく応答比率（隣接応答倍率）を用いて非線形挙動を示す建屋及び機器・配管系の影響評価を行うことの妥当性を説明すること。
1-3	令和2年7月16日 第877回 審査会合	機器・配管系への影響検討について、今回の検討における設計用床応答曲線Ⅰ及び設計用床応答曲線Ⅱの位置付け、詳細評価の算定プロセス、評価対象設備並びに詳細評価結果（隣接応答倍率と裕度の変化率の関係）の考察を詳細に説明すること。

■ 指摘事項No.1-2

建屋の隣接効果の確認について、線形解析に基づく応答比率（隣接応答倍率）を用いて非線形挙動を示す建屋及び機器・配管系の影響評価を行うことの妥当性を説明すること。



■ 回答

① 躯体関係の応答増幅の影響検討（P.112及びP.113）

- ・荷重と変位の関係から、線形（隣接考慮）／線形（隣接非考慮）に基づく応答倍率は、非線形（隣接考慮）／非線形（隣接非考慮）に基づく応答倍率より保守的に設定が可能である。
- ・躯体関係の評価においては、上記のとおり、保守的に設定した隣接応答倍率を用いて、各部位の解析手法に応じた評価を実施していることから、保守的な評価となる。なお、せん断ひずみで評価する耐震壁については、非線形性を考慮した影響評価が必要となることから、エネルギー一定則により非線形性も踏まえた適切な評価を実施している。

② 建物付帯設備の応答増幅の影響検討（P.112、P.117及びP.118）

- ・躯体関係同様に、保守的に設定した隣接応答倍率を、計算式による応力・変形量評価（建屋の非線形性等を考慮した地震応答解析に基づく水平地震力を用いた評価）に掛けることで保守的な評価が可能である。

③ 機器・配管系への影響検討（P.121）

- ・原子炉建屋、原子炉格納容器、原子炉本体基礎の剛性低下により、荷重及び加速度の応答は、線形でモデル化した場合よりも非線形でモデル化した方が低減されたものとなる。また、床応答スペクトルは周期方向の変動があると考えられるが、設計で考慮している拡幅等を踏まえるとその影響は小さいと考えられる。以上より、線形解析に基づく応答比率を用いて非線形挙動を示す建屋に設置された機器・配管系の影響評価を行うことは妥当である。

■ 指摘事項No.1-3

機器・配管系への影響検討について、今回の検討における設計用床応答曲線Ⅰ及び設計用床応答曲線Ⅱの位置付け、詳細評価の算定プロセス、評価対象設備並びに詳細評価結果（隣接応答倍率と裕度の変化率の関係）の考察を詳細に説明すること。



■ 回答

①設計用床応答曲線Ⅰ及び設計用床応答曲線Ⅱの位置づけ（P.123）

- ・地震応答計算書に基づく設計用床応答曲線(設計用床応答曲線Ⅰ)、設計用床応答曲線Ⅰを上回るように作成したもの(設計用床応答曲線Ⅱ)の2種類を設定している。
- ・このうち設計用床応答曲線Ⅰを用いた評価において許容値を満たすことを耐震性が確保される判断基準としている。

②詳細評価の算定プロセス（P.125）

- ・詳細評価では、水平方向の設計用Ⅰ（設計用床応答曲線Ⅰ及び設計用最大応答加速度Ⅰ）に隣接応答倍率を考慮した耐震条件による耐震評価を行い、発生値が許容値を満足することを確認する。
- ・詳細評価に用いる床応答スペクトル（水平方向）は、設計用床応答曲線Ⅰに対して簡易評価で用いた隣接応答倍率を一律に乗じる方法により算出することを基本とし、裕度が隣接応答倍率以上とならなかった場合には、固有周期に応じた個々の隣接応答倍率に乗じる方法により算出する。

③評価対象設備（P.121）

- ・検討対象は、原子炉建屋、コントロール建屋、タービン建屋及び廃棄物処理建屋に設置されるSクラス機器、常設SA機器(常設耐震重要重大事故防止設備、常設重大事故緩和設備、常設重大事故防止設備(設計基準拡張)(当該設備が属する耐震重要度分類がSクラスのもの)、常設重大事故緩和設備(設計基準拡張))、波及的影響を防止すべき機器としている。

④詳細評価結果の考察（P.131）

- ・影響評価結果において、隣接応答倍率に対して、簡易評価から詳細評価への裕度の減少が比較的小さい傾向がみられる。これは簡易評価で設計用Ⅱを使用し、一方で、詳細評価で設計用Ⅰに対して隣接応答倍率を乗じたものを使用していること等複数の要因が考えられる。

隣接建屋の影響に関する検討

【概要】

- 柏崎刈羽原子力発電所は、軟岩サイトに立地していること及び第6、7号機がツインプラントであるため、図1に示すとおり、建屋群（耐震安全上重要な建物・構築物（原子炉建屋、コントロール建屋、タービン建屋及び廃棄物処理建屋））が近接していることから、隣接建屋の影響を確認する必要がある。
- しかしながら、建物・構築物の地震応答解析は、構造的に一体となっている建屋ごとに独立して構築した質点系モデルを用いて実施しており、耐震評価においては、隣接建屋の影響は考慮していない。
- 以上より、隣接建屋の影響が原子炉建屋、コントロール建屋、タービン建屋及び廃棄物処理建屋の構造健全性に与える影響を確認する。

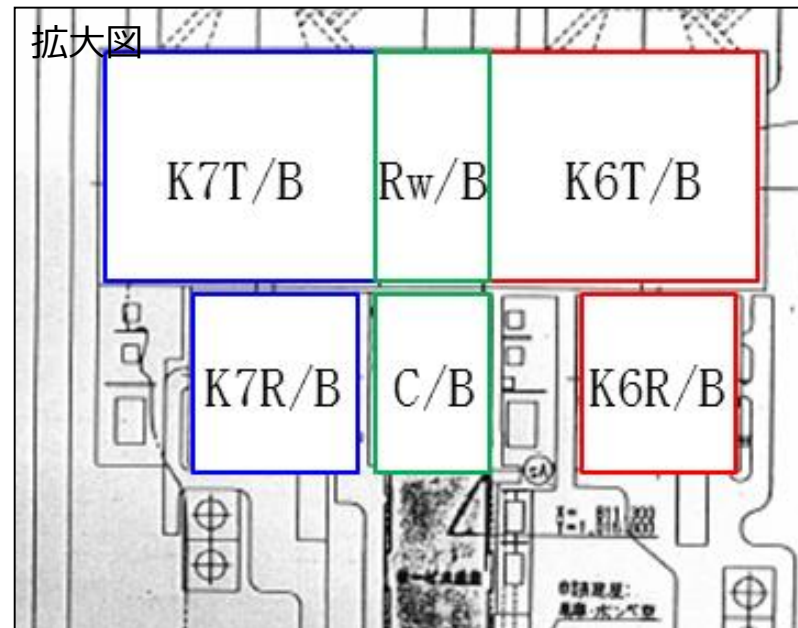
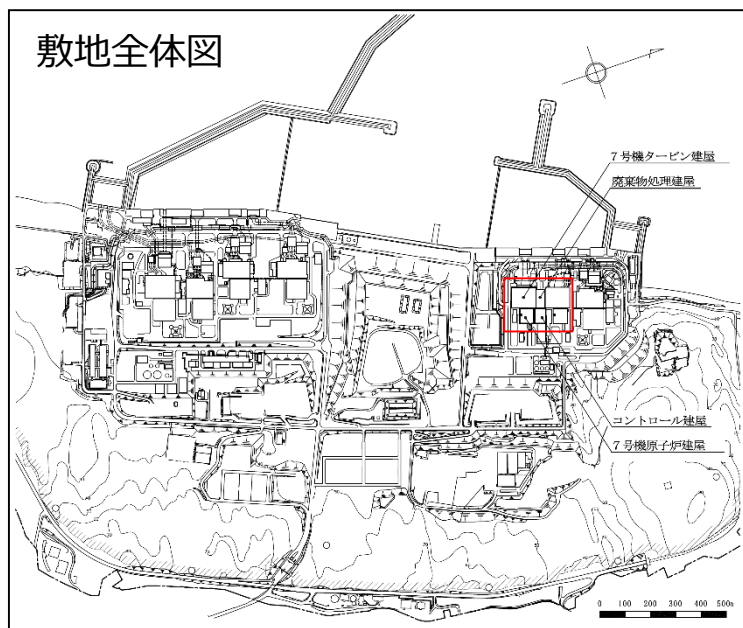


図1 柏崎刈羽原子力発電所第7号機配置図

隣接建屋の影響に関する検討

【検討概要】

- 第7号機の原子炉建屋、コントロール建屋、タービン建屋及び廃棄物処理建屋について、実際の建屋配置状況に則して各建屋を配置する場合（隣接モデル）と、各建屋を単独でモデルする場合（単独モデル）の地震応答解析を実施し、両者の建屋応答を比較することで隣接建屋が建物・構築物の耐震評価に与える影響を確認する。
- 検討にあたっては、第7号機は第6号機と隣接しているため、6号機原子炉建屋及び6号機タービン建屋をモデル化対象建屋に含む。図2に評価に用いる隣接モデル及び各建屋の単独モデルについて示す。

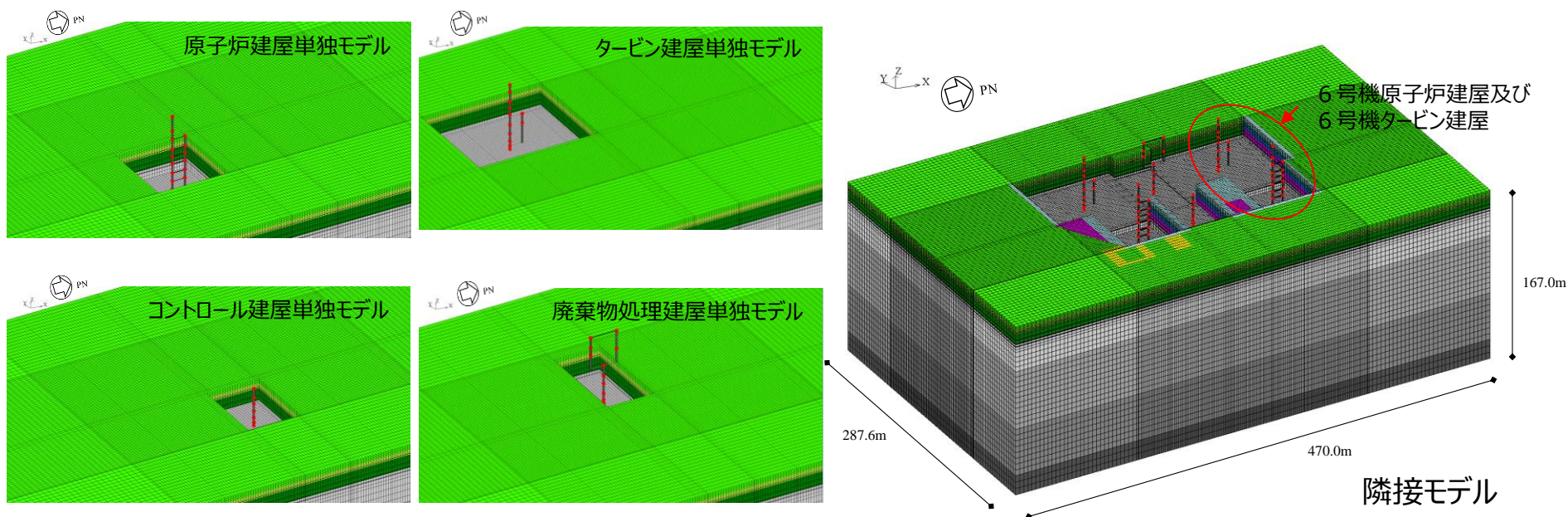


図2 評価に用いる隣接モデル及び各建屋の単独モデル（左：各建屋の単独モデル、右：隣接モデル）

隣接建屋の影響に関する検討

【解析条件】

- 建屋のモデル化は、各建屋の地震応答計算書（「V-2-2-1 原子炉建屋の地震応答計算書」等）に基づく。
- 地盤のモデル化は、ソリッド要素でモデル化し、NS方向470m、EW方向287.6mの領域をモデル化し、地盤モデル底面は解放基盤位置（T.M.S.L.-155.0m）とする。地盤モデルの境界は、底面粘性境界、側面粘性境界かつ繰り返し境界とする。
- 入力地震動は、全周期帯の応答が大きく、耐震評価への影響が大きい弾性設計用地震動Sd-1とする。表1に弾性設計用地震動Sd-1に基づく地盤物性を示す。
- 建屋の基礎は剛体として考慮し、弾性設計用地震動Sdに基づく解析であることから、浮き上がりは考慮せず、底面ばねについては完全固着として、基礎底面と支持地盤が同一に挙動するように結合する。建屋側面と側面地盤間の結合イメージを図3に示す。

表1 地盤物性（弾性設計用地震動Sd-1）

標高 T.M.S.L. (m)	地層	せん断波 速度 V_s (m/s)	単位体積 重量 γ_t (kN/m ³)	ポアソン比 ν	せん断 弾性係数 G ($\times 10^5$ kN/m ²)	初期せん断 弾性係数 G_0 ($\times 10^5$ kN/m ²)	剛性 低下率 G/G_0	減衰 定数 (%)
+12.0	新期砂層	150	18.1	0.347	0.140	0.389	0.38	19
+8.0		200	18.1	0.308	0.170	0.657	0.28	23
+4.0	古安田層	330	17.3	0.462	1.28	1.92	0.66	4
-8.0		490	17.0	0.451	4.03	4.18	0.97	3
-33.0	西山層	530	18.6	0.446	4.51	4.75	0.95	3
-90.0		590	17.3	0.432	5.83	6.14	0.95	3
-136.0		650	19.3	0.424	7.90	8.32	0.95	3
-155.0	椎谷層	720	19.9	0.416	10.5	10.5	1.00	-

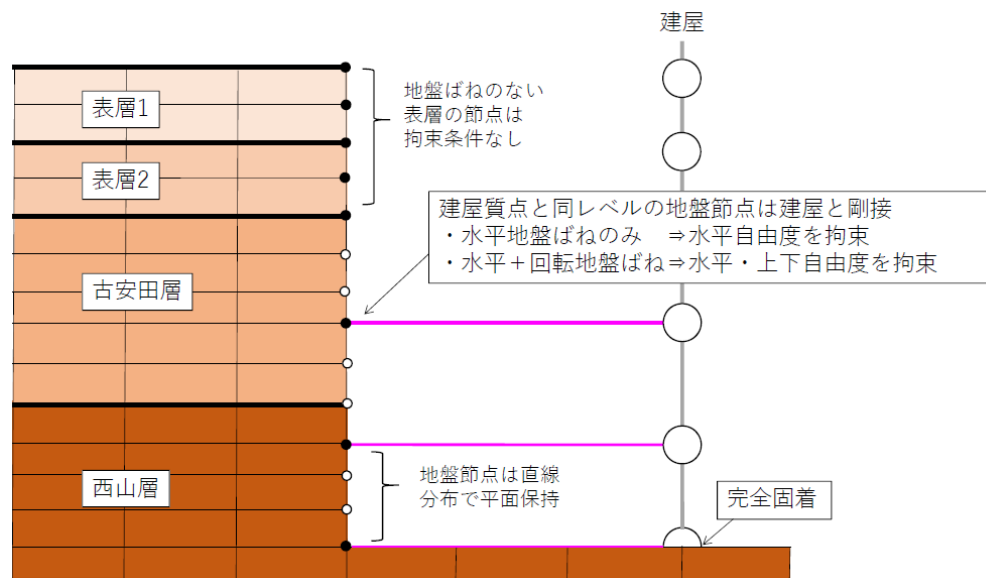


図3 建屋側面と側面地盤間の結合イメージ

隣接建屋の影響に関する検討

【解析結果（原子炉建屋）】

- 地震応答解析より得られた原子炉建屋の最大応答値について、全建屋を考慮した隣接モデル（ALL）と原子炉建屋を単独でモデル化したケース（S1）の比較結果を図4（1/2）に示す。

【傾向分析】

- 原子炉建屋の加速度については、地上部より上層において、隣接建屋を考慮した場合、応答が大きくなる傾向が見られる。
- せん断力については、建屋下層において、隣接建屋の影響により応答が小さくなる傾向が見られるものの、建屋中間層では応答が大きくなる傾向が見られる。

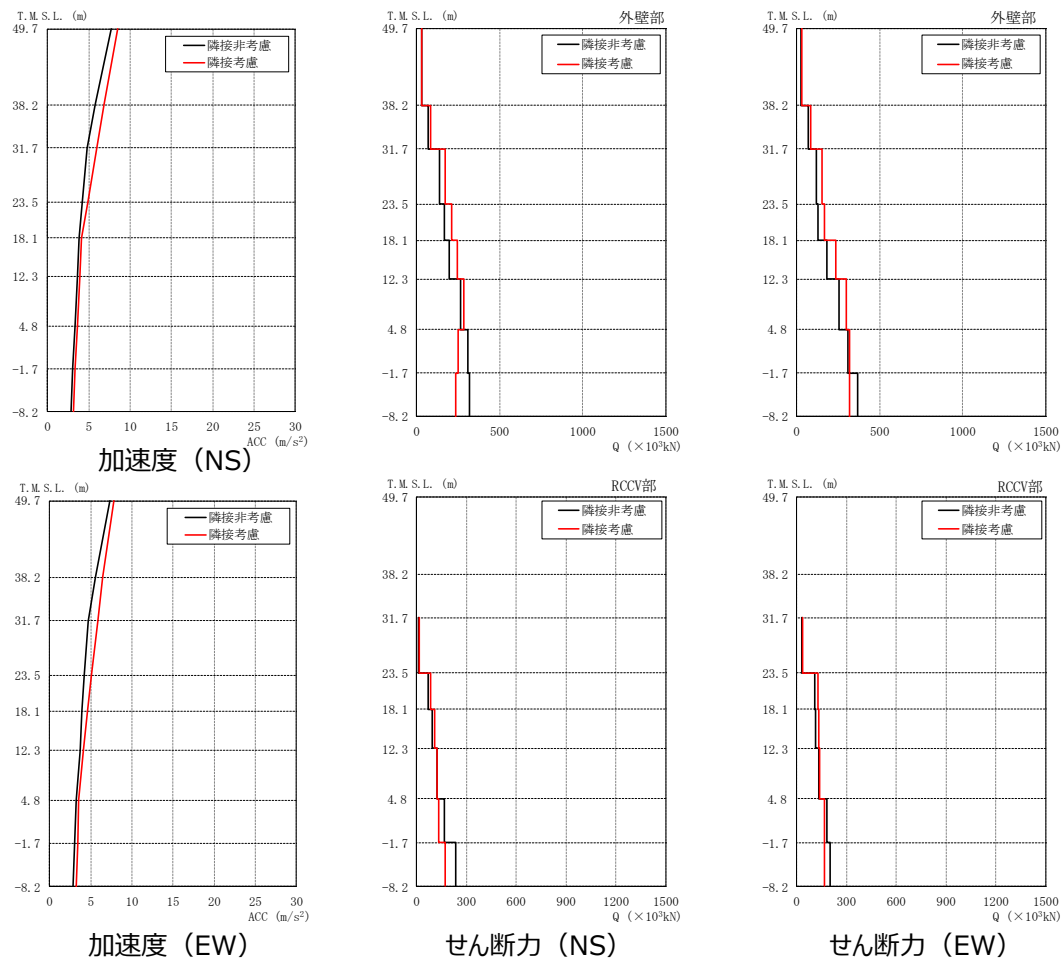


図4（1/2） 最大応答値の比較（左：加速度、右：せん断力）

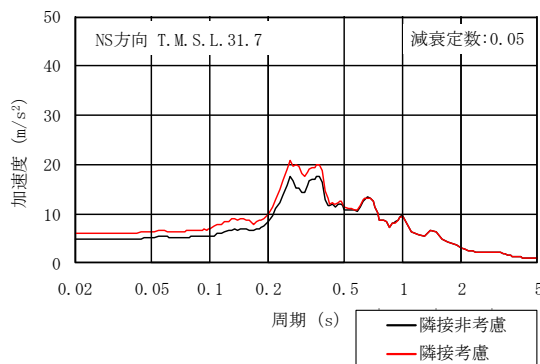
隣接建屋の影響に関する検討

【解析結果（原子炉建屋）】

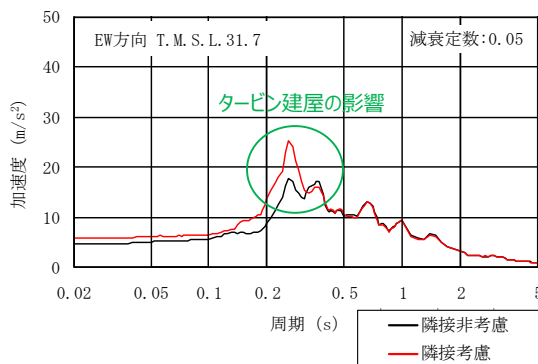
- 地震応答解析より得られた原子炉建屋の最大応答値について、全建屋を考慮した隣接モデル（ALL）と原子炉建屋を単独でモデル化したケース（S1）の比較結果を図4（2/2）に示す。

【傾向分析】

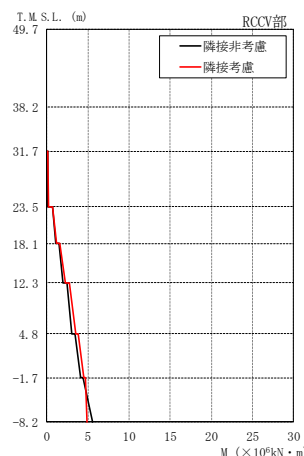
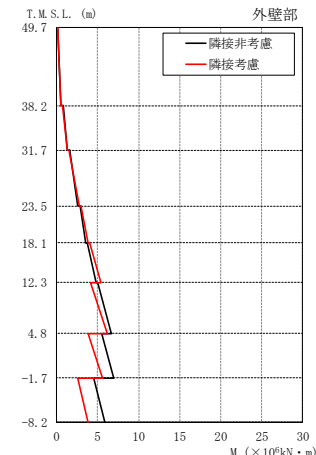
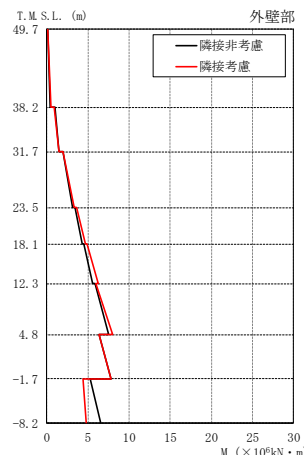
- 原子炉建屋の曲げモーメントについては、建屋下層において、隣接建屋の影響により応答が小さくなる傾向が見られる。
- 原子炉建屋のオペフロ階（T.M.S.L.31.7m）における加速度応答スペクトル（EW）については、加振方向に隣接するタービン建屋の固有周期付近（1次～3次程度）で隣接影響と推測される応答増幅が伺える。また、加速度応答スペクトル（NS）については、6棟連成の影響による応答性状となっている。



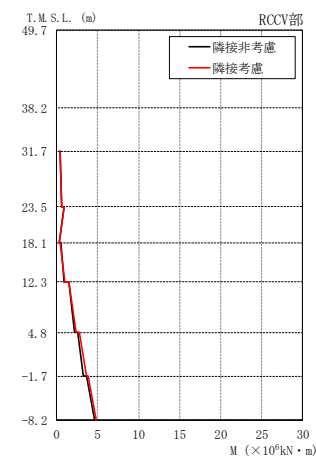
加速度応答スペクトル（NS）



加速度応答スペクトル（EW）



曲げモーメント（NS）



曲げモーメント（EW）

図4（2/2） 最大応答値の比較（左：加速度応答スペクトル、右：曲げモーメント）

隣接建屋の影響に関する検討

【応答増幅の影響について】

- 隣接建屋の影響によって応答が増幅又は減少する効果があることを確認した。影響が見られる応答成分や方向に違いが見られることから、これらの効果を建屋毎に確認する。
- 本ページ以降において、「耐震評価を実施している躯体関係の応答増幅の影響検討」、「建物付帯設備（建物・構築物）の応答増幅の影響検討」及び「機器・配管系への影響検討」について、それぞれ結果を示す。

【躯体関係の応答増幅の影響検討】

- 検討対象を表 2 に示す。
- 隣接建屋を考慮した応答倍率（隣接考慮／隣接非考慮）と、各検討対象の評価結果より影響検討を行う。

表 2 検討対象

検討対象	建屋名称
耐震壁	原子炉建屋
	コントロール建屋
	タービン建屋
	廃棄物処理建屋

検討対象	建屋名称
原子炉格納容器コンクリート部 (RCCV)	原子炉建屋

検討対象	建屋名称
使用済燃料貯蔵プール(SFP)	原子炉建屋

検討対象	建屋名称
基礎スラブ	原子炉建屋
	コントロール建屋
	タービン建屋
	廃棄物処理建屋

検討対象	建屋名称
屋根トラス	原子炉建屋

検討対象	建屋名称
主排気筒	原子炉建屋

検討対象	建屋名称
復水貯蔵槽(CSP)	廃棄物処理建屋

隣接建屋の影響に関する検討

【躯体関係の応答増幅の影響検討】

- 評価に用いる隣接応答倍率は、弾性設計用地震動Sd-1に基づく応答倍率を用いることとしている。図5に示すとおり、線形（隣接考慮）／線形（隣接非考慮）に基づく応答倍率は、非線形（隣接考慮）／非線形（隣接非考慮）に基づく応答倍率より保守的に設定することができる。
- 隣接応答倍率を、建屋の非線形性等を考慮した地震応答解析及び応力解析に基づく耐震評価結果に掛けることによって、応答増幅の影響検討を行う。
- 表3に躯体関係の応答増幅の影響検討結果の概要を示す。

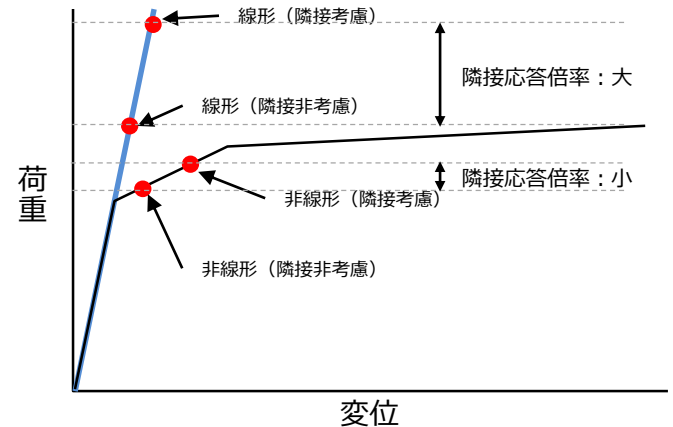


図5 荷重と変位の関係

表3 躯体関係の応答増幅の影響検討結果の概要

検討対象	建屋名称	評価に用いる隣接応答倍率	概略評価結果
耐震壁	原子炉建屋、コントロール建屋、タービン建屋、廃棄物処理建屋	各建屋のせん断力の隣接応答倍率	せん断ひずみ：OK
基礎スラブ	原子炉建屋、コントロール建屋、タービン建屋、廃棄物処理建屋	各建屋の基礎スラブ直上のせん断力及び曲げモーメントの隣接応答倍率	コンクリート・鉄筋 または必要鉄筋量：OK 面外せん断力：OK
屋根トラス	原子炉建屋	隣接応答倍率（隣接ケースの検定値／単独ケースの検定値）	主トラス、つなぎばり、 上弦面水平ブレース：OK
原子炉格納容器 コンクリート部（RCCV）	原子炉建屋	せん断力及び曲げモーメントの隣接応答倍率	コンクリート・鉄筋：OK、膜力：OK 面内せん断力：OK、面外せん断力：OK
使用済燃料貯蔵 プール（SFP）	原子炉建屋	加速度、せん断力及び曲げモーメントの隣接応答倍率	コンクリート・鉄筋：OK、軸力：OK 面内せん断力：OK、面外せん断力：OK
主排気筒	原子炉建屋	隣接応答倍率（隣接ケースの検定値／単独ケースの検定値）	鉄塔部、筒身部、基礎：OK
復水貯蔵槽 （CSP）	廃棄物処理建屋	せん断力及び曲げモーメントの隣接応答倍率	必要鉄筋量：OK 面外せん断力：OK

隣接建屋の影響に関する検討

表 4 線形解析に基づく隣接応答倍率を用いることの妥当性について

No.	検討対象	解析手法	線形解析に基づく隣接応答倍率を用いることの妥当性
1	・耐震壁	・地震応答解析	<ul style="list-style-type: none"> ・耐震評価にあたっては、基準地震動Ssによる地震応答解析により算定されたせん断ひずみが許容値以内であることを確認している。 ・隣接応答倍率を踏まえた評価としては、せん断ひずみに隣接応答倍率を乗じた評価を基本とするが、図6に示すとおり、耐震壁の非線形性を考慮する必要がある場合はエネルギー一定則による評価を実施しており、非線形性も踏まえた適切な評価を実施している。
2	<ul style="list-style-type: none"> ・基礎スラブ ・原子炉格納容器コンクリート部 ・使用済燃料貯蔵プール ・復水貯蔵槽 	<ul style="list-style-type: none"> ・応力解析（地震応答解析による加速度、せん断力及び曲げモーメントに基づく地震荷重を入力） 	<ul style="list-style-type: none"> ・耐震評価にあたっては、地震応答解析により算定された加速度、せん断力及び曲げモーメントに基づく地震荷重を用いて応力解析を実施し、発生値が許容値以内であることを確認している。 ・隣接応答倍率を踏まえた評価としては、簡易評価（隣接応答倍率を発生値に乗じた評価）、もしくは詳細評価（隣接応答倍率を考慮した地震荷重による評価）により、許容値以内であることを確認しているが、線形解析に基づく隣接応答倍率が保守的であるため、評価結果は保守的である。
3	<ul style="list-style-type: none"> ・屋根トラス ・主排気筒 	<ul style="list-style-type: none"> ・時刻歴応答解析（解析モデル下端レベルの時刻歴応答波形を入力） 	<ul style="list-style-type: none"> ・耐震評価にあたっては、解析モデル下端レベルにおける原子炉建屋の時刻歴応答波形に基づく時刻歴応答解析を実施し、主要耐震部材の耐震性を確認している。 ・隣接応答を踏まえた評価としては、隣接応答倍率（隣接モデルによる応答波形を入力した場合と単独モデルによる応答波形を入力した場合の検定値の比率）を、耐震評価の検定値に乘じることにより許容値以内であることを確認しているが、線形解析に基づく隣接応答倍率が保守的であるため、評価結果は保守的である。

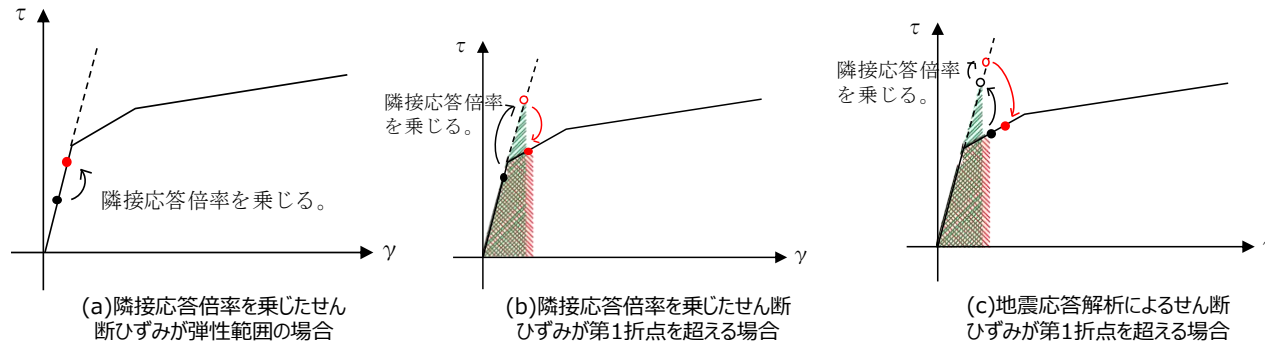
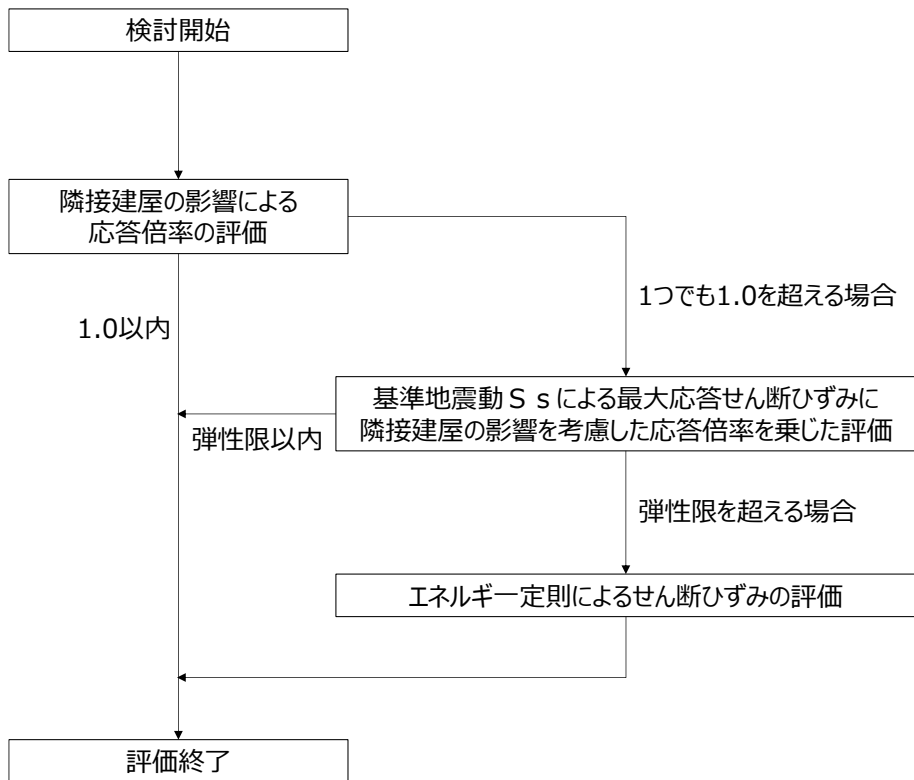


図 6 エネルギー一定則によるせん断ひずみの評価方法（耐震壁）

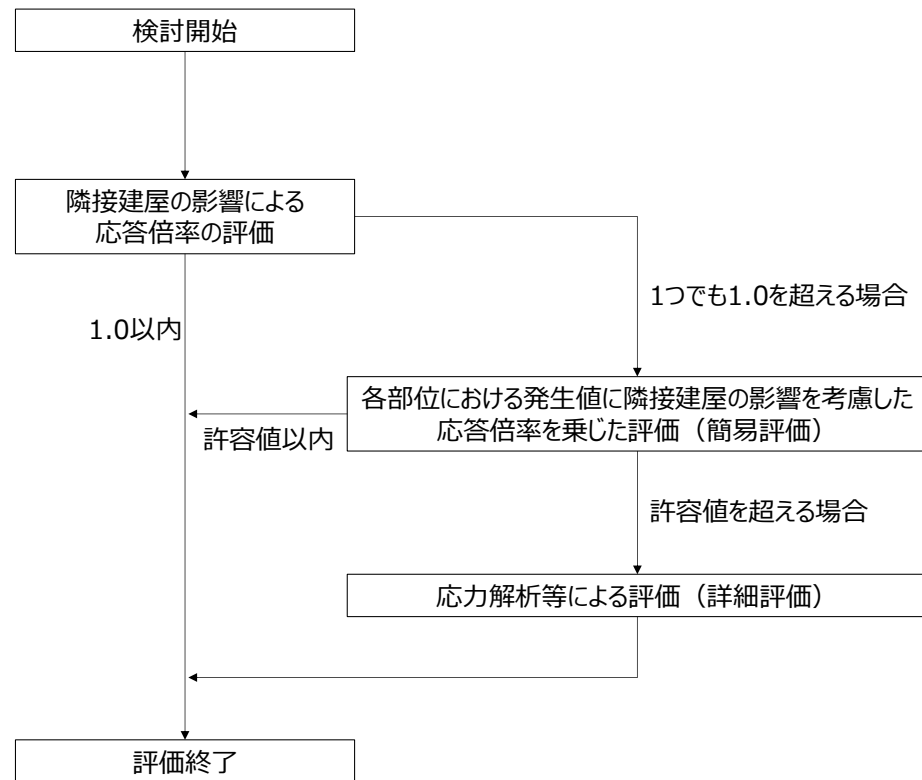
隣接建屋の影響に関する検討

【躯体関係の応答増幅の影響検討】

- 原子炉建屋耐震壁、原子炉建屋基礎スラブ及び原子炉格納容器コンクリート部の影響検討について、図7に評価フローを示す。また、次ページ以降にフローに基づく具体的な評価内容について示す。



(a) 原子炉建屋耐震壁



(b) 原子炉建屋基礎スラブ及び原子炉格納容器コンクリート部

図7 評価フロー

隣接建屋の影響に関する検討

【原子炉建屋の耐震壁の応答増幅の影響検討】

- 原子炉建屋の耐震壁については構造強度の観点から、地震応答解析による評価結果として最大せん断ひずみが許容限界 (2.0×10^{-3}) を超えないことを確認している。
- 耐震壁の応答増幅の検討においては、最大せん断ひずみにせん断力の隣接応答倍率を乗じた場合の評価を行う。評価に際しては、材料の不確かさを考慮した最大せん断ひずみを用いる。
- 原子炉建屋の耐震壁において、隣接応答倍率を乗じた場合の最大せん断ひずみは、 0.721×10^{-3} (EW方向、地下1階壁) であり、許容限界 (2.0×10^{-3}) 以内であることから、構造健全性に問題ないことを確認した。

【原子炉建屋の基礎スラブの応答増幅の影響検討】

- 上部構造物から伝わる基礎スラブへの地震時反力を地震荷重として考慮することから、基礎スラブ直上の部材におけるせん断力及び曲げモーメントの隣接応答倍率を用いる。評価に用いる隣接応答倍率を表5に示す。
- 原子炉建屋の基礎スラブについては、耐震計算書において、すべての地震応答解析の最大応答値を包絡した保守的な荷重に基づく応力解析を実施している。RCCV底部及び周辺部基礎においては、検定値が最大となる評価項目の検定値に、隣接応答倍率の最大値1.07を乗じることとする。
- 評価結果を表6に示す。耐震壁同様に、隣接建屋の影響を考慮しても構造健全性に影響はないことを確認した。

表5 評価に用いる隣接応答倍率

項目	NS方向	EW方向
せん断力 (建屋部)	0.75	0.86
せん断力 (RCCV部)	0.74	0.82
曲げモーメント (建屋部)	0.82	0.66
曲げモーメント (RCCV部)	1.07	1.06
最大値	1.07	1.06

表6 隣接建屋を考慮した基礎スラブの評価結果

部位	評価項目		方向	検定値	隣接応答倍率	評価結果
RCCV底部	面外せん断力	面外せん断応力度	放射	0.832*	1.07	0.891*
周辺部基礎	面外せん断力	面外せん断応力度	EW	0.785	1.07	0.840

注記* : 応力平均化後の値を示す。

隣接建屋の影響に関する検討

【原子炉格納容器コンクリート部（RCCV）の応答増幅の影響検討】

- RCCVについては、V-2-9-2-1「原子炉格納容器コンクリート部の耐震性についての計算書」の評価結果に対して部位に応じたせん断力の応答倍率を乗じた評価（以下、「簡易評価」という。）を実施する。
- 簡易評価では、RCCVの耐震計算書における荷重状態Ⅲ～Ⅴのすべての組合せケースについて、応力解析による発生値に応答倍率を乗じた評価値を許容値と比較する。
- 簡易評価結果から、「組合せケース5-3（荷重状態Ⅴ・（異常＋地震）時（3））」のMS/FDW開口における面外せん断応力度の評価値のみが許容値を超えることを確認した。
- そのため、当該ケースについて、RCCVの耐震計算書の地震荷重に部位に応じたせん断力及び曲げモーメントの応答倍率を乗じた地震荷重を用いて応力解析（以下、「詳細評価」という。）を実施する。
- 詳細評価結果を表7に示す。表7に示すとおり、簡易評価ではNGとなったMS/FDW開口の面外せん断応力度について発生値が許容値以内であることを確認した。また、その他部位の各評価項目についても、発生値が許容値を超えないことを確認した。以上より、構造健全性に問題ないことを確認した。

表7 詳細評価結果

評価項目		発生値（許容値）				
		シェル部及びトップスラブ部		貫通部		局部
		シェル部	トップスラブ部	MS/FDW開口	L/Dアクセス トンネル開口	
等価膜力 + 曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ ($\times 10^{-3}$)	0.425 (3.00)	0.314 (3.00)	0.365 (3.00)	0.455 (3.00)	0.439 (3.00)
	鉄筋ひずみ ($\times 10^{-3}$)	1.08 (5.00)	0.692 (5.00)	1.22 (5.00)	1.26 (5.00)	0.902 (5.00)
膜力	圧縮応力度 (N/mm ²)	8.50 (21.4)	—	—	—	0.126 (21.4)
面内せん断力	面内せん断応力度 (N/mm ²)	2.15 (5.73)	—	—	—	1.59 (6.25)
面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm ²)	0.788 (1.73)	2.11 (2.60)	1.86 (2.05)	0.666 (2.09)	1.18 (1.83)

隣接建屋の影響に関する検討

【建物付帯設備（建物・構築物）の応答増幅の影響検討】

- 検討対象を表 8 に示す。
- 隣接建屋を考慮した応答倍率（隣接考慮／隣接非考慮）と、各検討対象の評価結果より影響検討を行う。
- 具体的には、各検討対象の耐震性の計算方法に応じて、最大応答加速度の比較または最大応答せん断力の比較から求まる隣接応答倍率 α を、隣接非考慮時の最大検定値に乗じて求めた各検査対象の検定値が 1 を超過しないことを確認する。

表 8 検討対象

検討対象	建屋名称
中央制御室待避室遮蔽	コントロール建屋

検討対象	建屋名称
燃料取替床 ブローアウトパネル	原子炉建屋

検討対象	建屋名称
主蒸気系トンネル室 ブローアウトパネル	原子炉建屋

検討対象	建屋名称
原子炉建屋エアロック	原子炉建屋

検討対象	建屋名称
取水槽閉止板	タービン建屋

検討対象	建屋名称
水密扉	原子炉建屋
	タービン建屋

検討対象	建屋名称
水密扉付止水堰	原子炉建屋
	タービン建屋

検討対象	建屋名称
止水堰	原子炉建屋
	タービン建屋

隣接建屋の影響に関する検討

表9 線形解析に基づく隣接応答倍率を用いることの妥当性について

No.	検討対象	耐震評価内容	線形解析に基づく隣接応答倍率を用いることの妥当性
1	<ul style="list-style-type: none"> ・中央制御室待避室遮蔽 ・燃料取替床 ブローアウトパネル ・主蒸気系トンネル室 ブローアウトパネル ・原子炉建屋エアロック ・取水槽閉止板 ・水密扉 ・水密扉付止水堰 ・止水堰 	<p>計算式による応力・変形量評価 (地震応答解析による加速度・せん断力に基づく地震荷重を入力)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・耐震評価にあたっては、地震応答解析により算定された加速度・せん断力に基づく水平地震力を用いて計算式による応力・変形量評価を実施し、発生値が許容値以内であることを確認している。 ・隣接応答倍率を踏まえた評価としては、いずれの建物付帯設備についても、簡易評価（隣接応答倍率を発生値に乗じた評価）により、許容値以内であることを確認しているが、線形解析に基づく隣接応答倍率が保守的であるため、評価結果は保守的である。

隣接建屋の影響に関する検討

【建物付帯設備（建物・構築物）の応答増幅の影響検討】

建物付帯設備（建物・構築物）の影響検討について、図8に評価フローを示す。なお、評価に用いる隣接応答倍率は、躯体関係の評価と同様に、弾性設計用地震動Sd-1に基づく応答倍率を用いる。

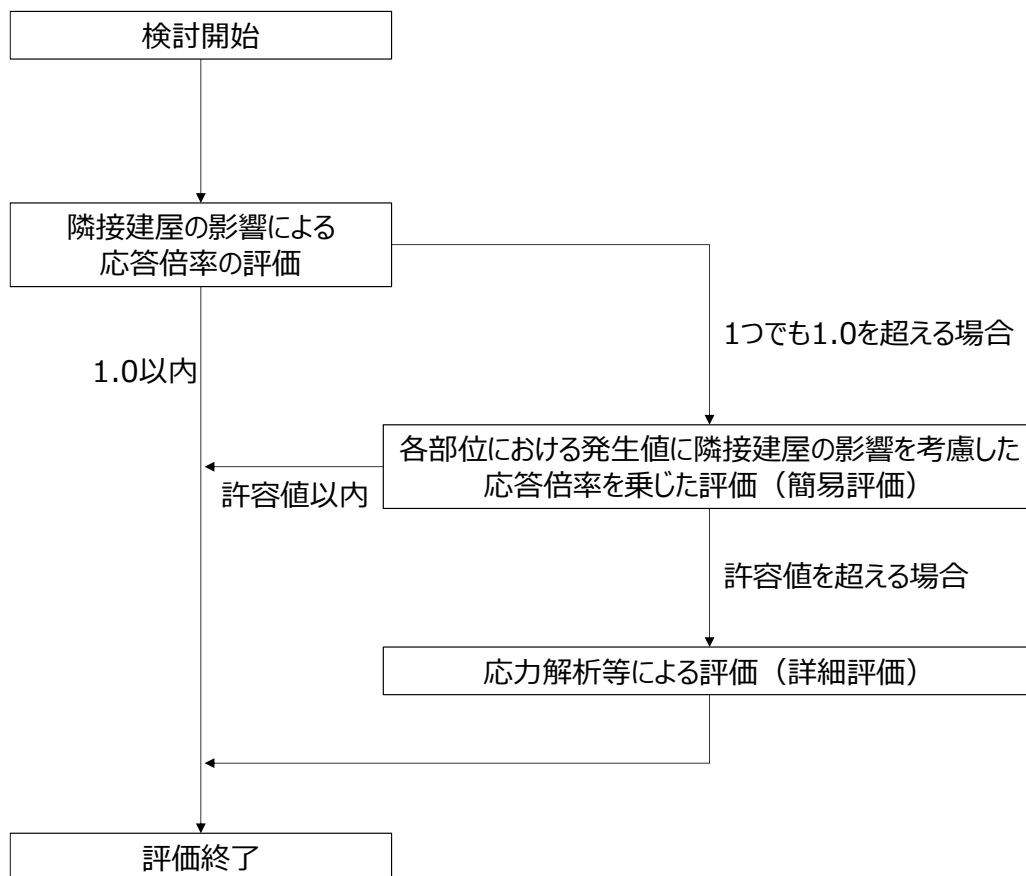


図8 評価フロー

隣接建屋の影響に関する検討

【建物付帯設備（建物・構築物）の応答増幅の影響検討】

表10に建物付帯設備（建物・構築物）の応答増幅の影響検討結果を示す。

表10 影響検討結果

検討対象	最大 検定値	隣接応答倍率		検定値 ×α	
		倍率α	応力種別・方向		
中央制御室待避室遮蔽 C/B 2階 T.M.S.L.17.3m	新設壁	0.850	1.00*	せん断・NS	0.850
燃料取替床ブローアウトパネル R/B 4階 T.M.S.L.41.1m~45.18m	Sd閉機能維持	0.489	1.09	加速度・NS	0.534
	Ss開機能維持	0.119	1.12	せん断・EW	0.134
主蒸気系トンネル室ブローアウトパネル R/B 1階 T.M.S.L.12.3m~23.5m	Sd閉機能維持	0.001	1.20	加速度・EW	0.002
	Ss開機能維持	0.136	1.27	せん断・NS	0.173
FCS室エアロック R/B 1階 T.M.S.L.12.3m	ヒンジピン	0.374	1.16	組合せ(曲げ, せん断)・EW	0.434
ギャラリー室エアロック R/B 4階 T.M.S.L.34.5m	締付ローラー	0.123	1.24	定格荷重・EW	0.153
タービン補機冷却用海水取水槽閉止板 T/B 地下1階 T.M.S.L.4.9m	戸当り	0.05	1.04	曲げ・NS	0.06
水密扉 R/B 地下2階 T.M.S.L.-1.7m	アンカーボルト	0.73	1.08	せん断・EW	0.79
水密扉 R/B 1階 T.M.S.L.12.3m	締付装置受けピン	0.21	1.16	組合せ(曲げ, せん断)・EW	0.25
水密扉 T/B 地下1階 T.M.S.L.4.9m	アンカーボルト	0.69	1.04	せん断・NS	0.72
水密扉付止水堰 R/B 4階 T.M.S.L.31.7m	止水堰部アンカーボルト	0.51	1.25	せん断・NS	0.64
水密扉付止水堰 T/B 1階 T.M.S.L.12.3m	止水堰部アンカーボルト	0.28	1.04	せん断・NS	0.30
鋼製落とし込み型堰 T/B 1階 T.M.S.L.12.3m	アンカーボルト	0.42	1.04	引張・NS	0.44
鋼板組合せ堰 R/B 4階 T.M.S.L.31.7m	アンカーボルト	0.24	1.25	引張・NS	0.30

注記*：隣接応答倍率は0.96であり1を下回るため倍率αを1.00とした。

隣接建屋の影響に関する検討

【機器・配管系への影響検討／検討方針】

- 検討対象は、原子炉建屋、コントロール建屋、タービン建屋及び廃棄物処理建屋に設置されるSクラス機器、常設SA機器(常設耐震重要重大事故防止設備、常設重大事故緩和設備、常設重大事故防止設備(設計基準拡張))(当該設備が属する耐震重要度分類がSクラスのもの)、常設重大事故緩和設備(設計基準拡張))、波及的影響を防止すべき機器とし耐震計算書に記載の評価（構造強度評価及び機能維持評価）の結果に対して隣接建屋の影響を確認する。
- 隣接応答倍率（隣接考慮／隣接非考慮）と各検討対象の裕度（許容値／発生値）の比較による簡易評価および隣接応答倍率を考慮した耐震条件による詳細評価を行う。（図9）
- 原子炉建屋、原子炉格納容器、原子炉本体基礎の荷重-変位関係を考える際、コンクリートのひび割れを考慮した第一折れ点を越えた領域では、剛性低下が生じる。剛性低下により、線形でモデル化する場合よりも、非線形でモデル化の方が荷重応答としては、低減されたものとなる。また、荷重と加速度（震度）は対応するため、非線形でモデル化の方が加速度応答としても、低減されると考えられる。床応答スペクトルは剛性低下により、長周期側にシフトする周期帯があると考えられる。しかし、設計に用いる床応答スペクトルにおいて考慮する周期幅の拡幅等を踏まえるとその影響は小さいと考えられる。よって、震度や荷重においては、線形に基づく応答倍率を用いて、機器・配管系の影響評価を実施することは、妥当であると考えられる。

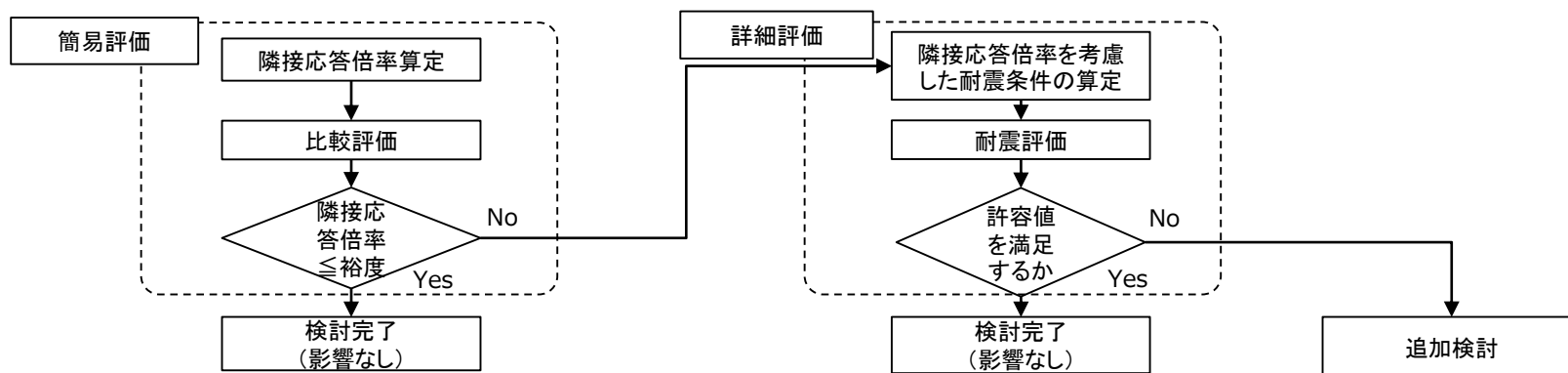


図9 影響検討フロー（機器・配管系）

隣接建屋の影響に関する検討

【機器・配管系への影響検討／原子炉建屋の床応答スペクトル】

- 地震応答解析より得られた原子炉建屋の加速度応答に基づく床応答スペクトルについて、全建屋を考慮した隣接モデル（ALL）と原子炉建屋を単独でモデル化したケース（S1）の比較結果を図10に示す。

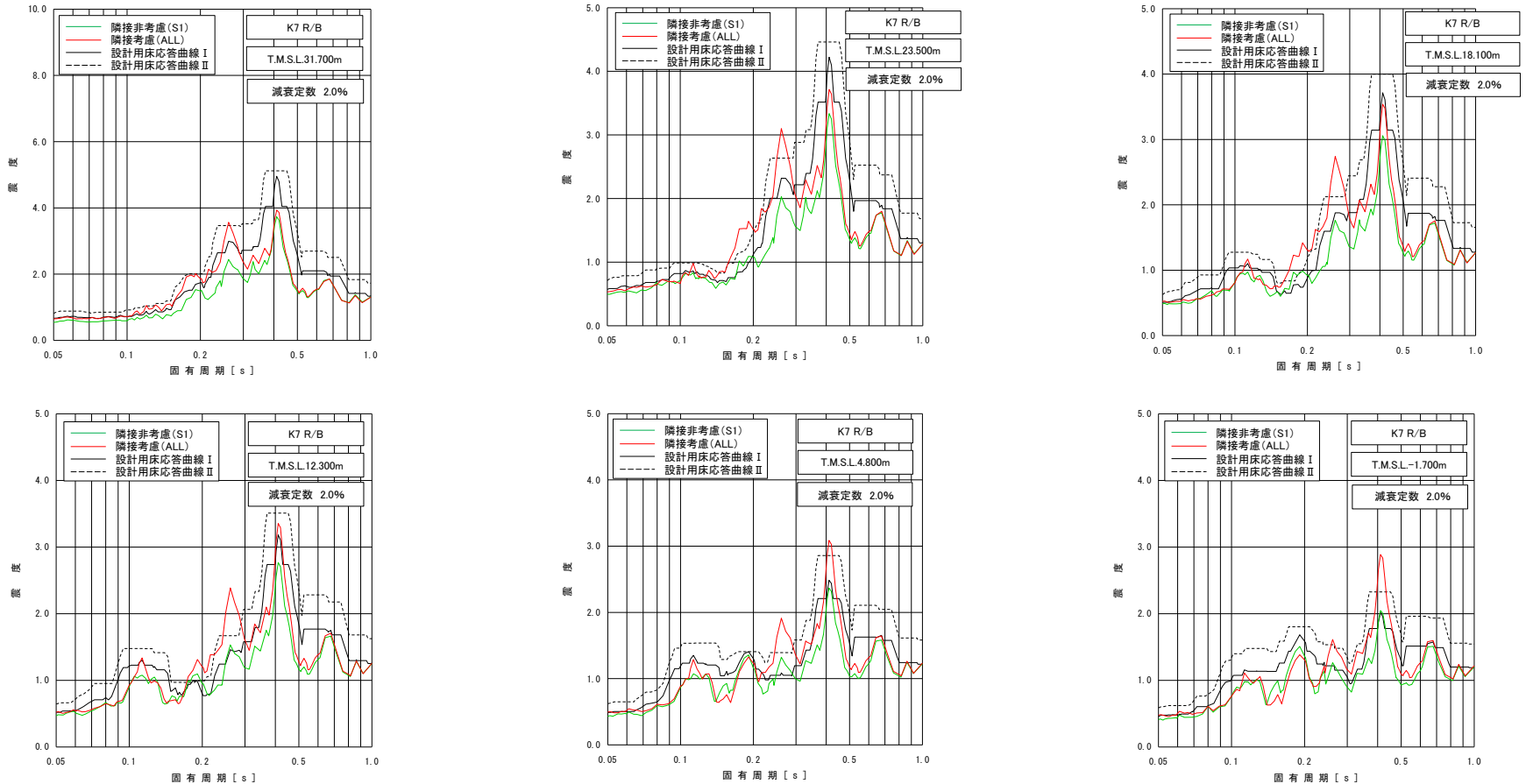


図10 床応答スペクトルの比較（R/B、水平方向（NS、EW包絡）、減衰定数2.0%）

隣接建屋の影響に関する検討

【機器・配管系への影響検討／耐震条件の考え方】

- 耐震条件として、設計用最大応答加速度Ⅰ及び設計用床応答曲線Ⅰ（以下、「設計用Ⅰ」という）及び設計用最大応答加速度Ⅱ及び設計用床応答曲線Ⅱ（以下、「設計用Ⅱ」という）を設定している。
 - 設計用Ⅰ：建物・構築物の地震応答解析より得られた応答に材料物性の不確かさ等の影響を考慮して作成した設計用最大応答加速度及び設計用床応答曲線
 - 設計用Ⅱ：設計用Ⅰ以上となるように作成した設計用最大応答加速度及び設計用床応答曲線

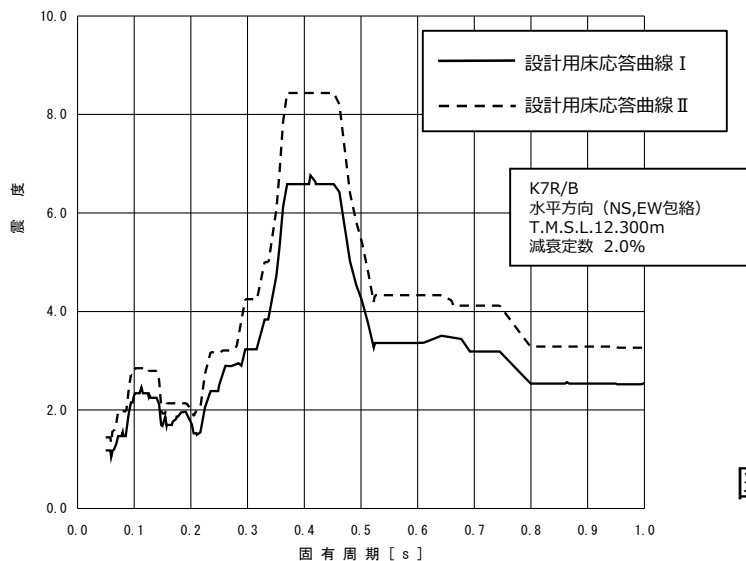


図11 設計用Ⅰ及び設計用Ⅱの例

- 耐震計算書においては、機器毎に設計用Ⅰ又は設計用Ⅱのいずれかを用いて計算した結果を示している。
- 設計用Ⅱは設計用Ⅰ以上となるように大きめに設定した耐震条件であり、設計用Ⅰを用いた評価において許容値を満たすことが、耐震性が確保されることの判断基準となる。
- 隣接影響検討においても同様に、機器・配管系の設計に設計用Ⅱを用いたものであっても、設計用Ⅰを用いた隣接影響評価により影響がないことを確認できれば、耐震性が確保されていることが確認できる。

隣接建屋の影響に関する検討

【機器・配管系への影響検討／簡易評価】

- 簡易評価では、各検討対象の耐震計算書に記載される裕度が隣接応答倍率以上となることを確認する。
- 評価に用いる隣接応答倍率は、機器の一次固有周期以下で最大となる値を用いる方法（方法A）により算出することを基本とし、裕度が隣接応答倍率以上とならなかった場合には、機器の各固有周期において最大となる値を用いる方法（方法B）により算定する。（図12）
- 設計用Ⅱによる簡易評価で隣接応答倍率が裕度を上回った場合は、設計用Ⅰでの裕度が隣接応答倍率以上となることを確認する。

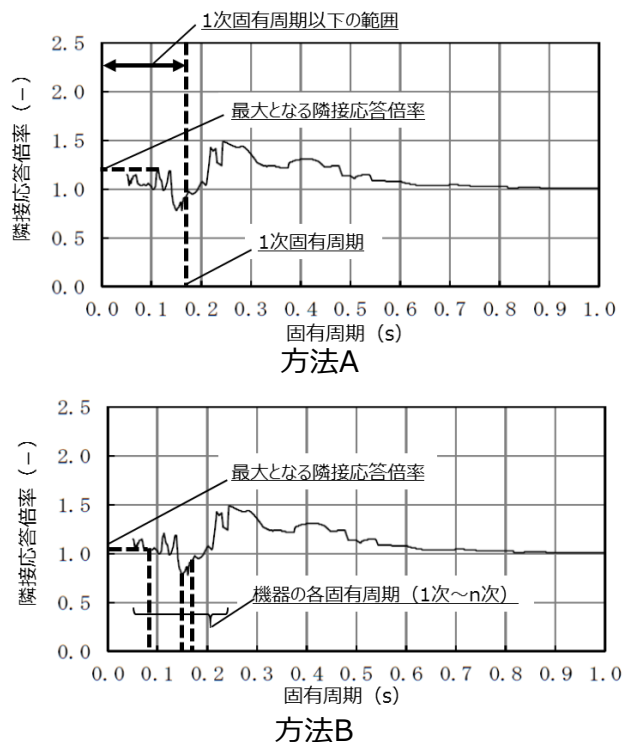


図12 簡易評価における隣接応答倍率の算定方法

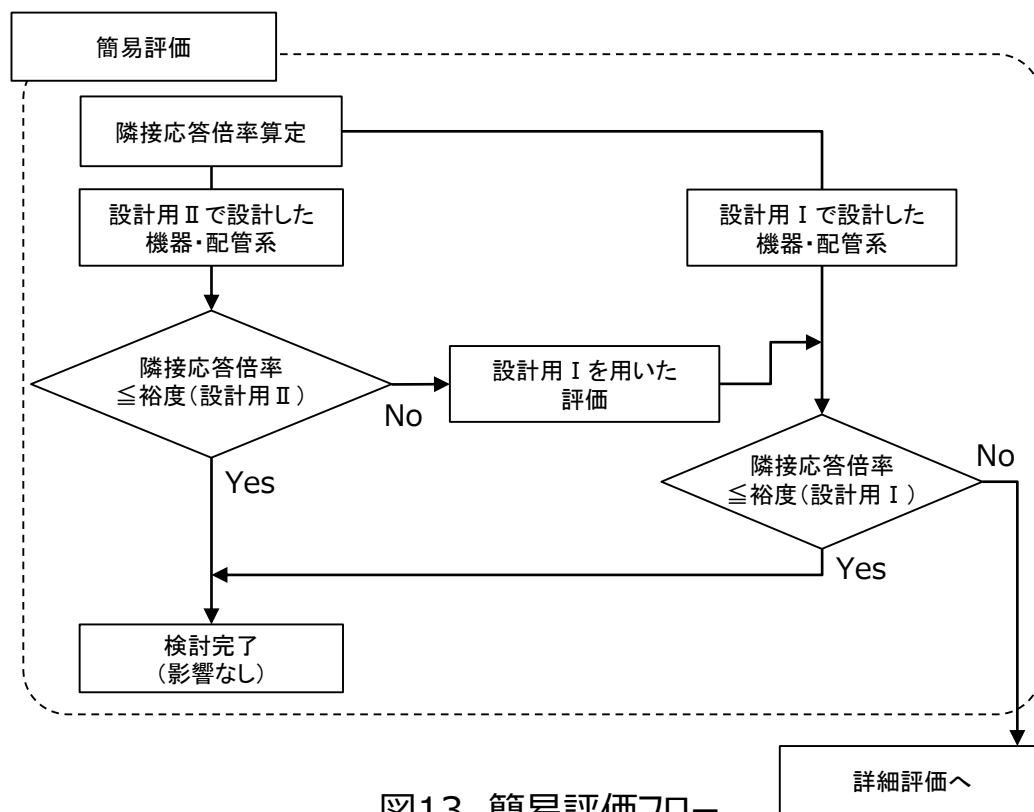


図13 簡易評価フロー

隣接建屋の影響に関する検討

【機器・配管系への影響検討／詳細評価】

- 詳細評価では、隣接建屋の影響として水平方向の設計用 I に隣接応答倍率を考慮した耐震条件による耐震評価を行い、発生値が許容値を満足することを確認する。
- 詳細評価に用いる床応答スペクトル（水平方向）は、設計用床応答曲線 I に対して簡易評価で用いた隣接応答倍率を一律に乘じる方法（方法a）により算出することを基本とし、余裕が隣接応答倍率以上とならなかった場合には、固有周期に応じた個々の隣接応答倍率を乘じる方法（方法b）により算出する。（図14）

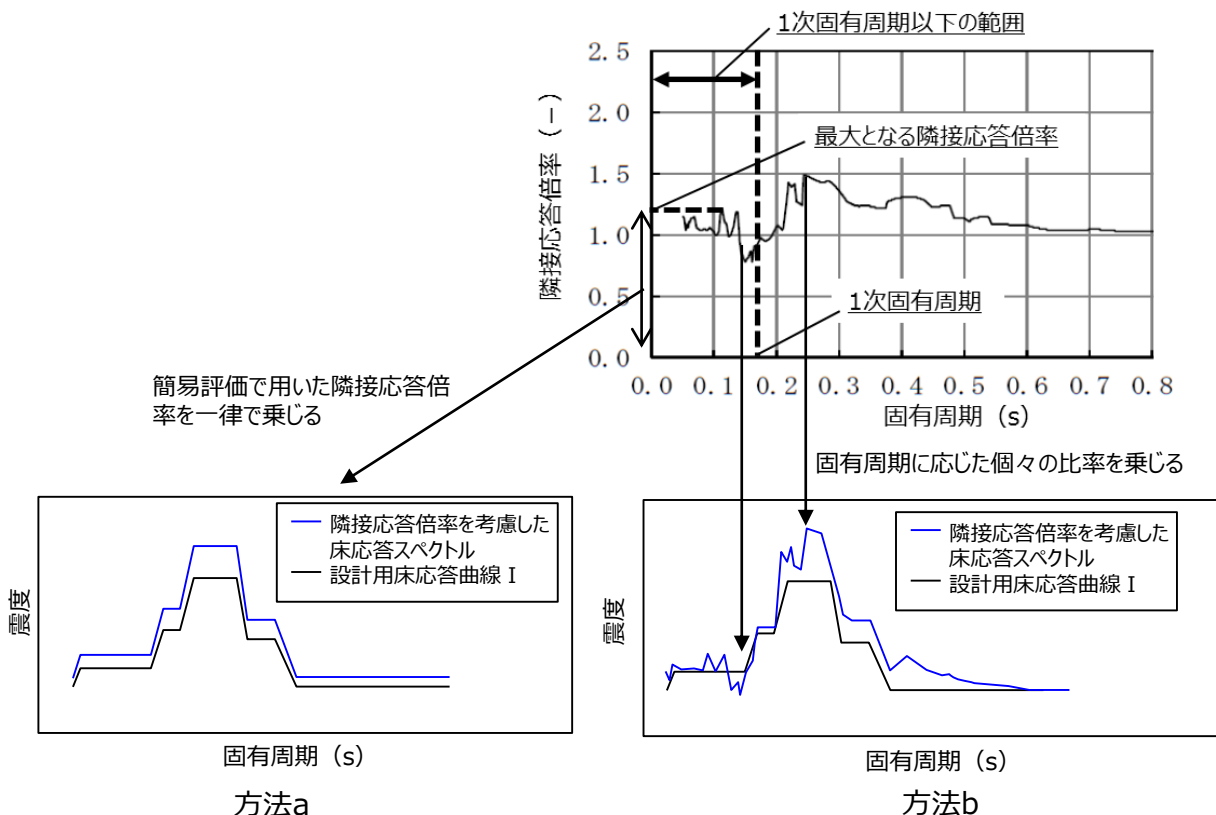


図14 詳細評価に用いる床応答スペクトル（水平方向）の算出方法

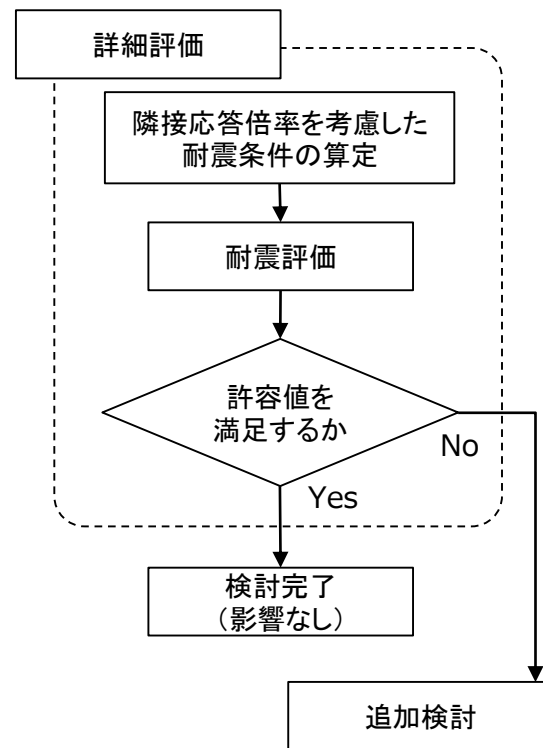


図15 詳細評価フロー

隣接建屋の影響に関する検討

【機器・配管系への影響検討／時刻歴応答解析を行っている機器・配管系に対する検討】

- 機器・配管系のうち、時刻歴応答解析を行っているものとして、原子炉建屋クレーンがある。
- クレーン本体が水平方向に車輪部でのすべり挙動を示すため、時刻歴応答解析で求める計算値（クレーン本体応力、浮上り量、吊具荷重）は、鉛直入力による応答が支配的である。
- 隣接影響評価においては、隣接建屋による水平方向の応答増幅の影響を確認する観点から、水平方向の応答増幅の影響が考えられる部位（脱線防止ラグ）を代表部位として評価している。
- 代表部位については最大応答加速度による隣接応答倍率を用いた簡易評価を行い、裕度が隣接応答倍率を上回ることを確認している。

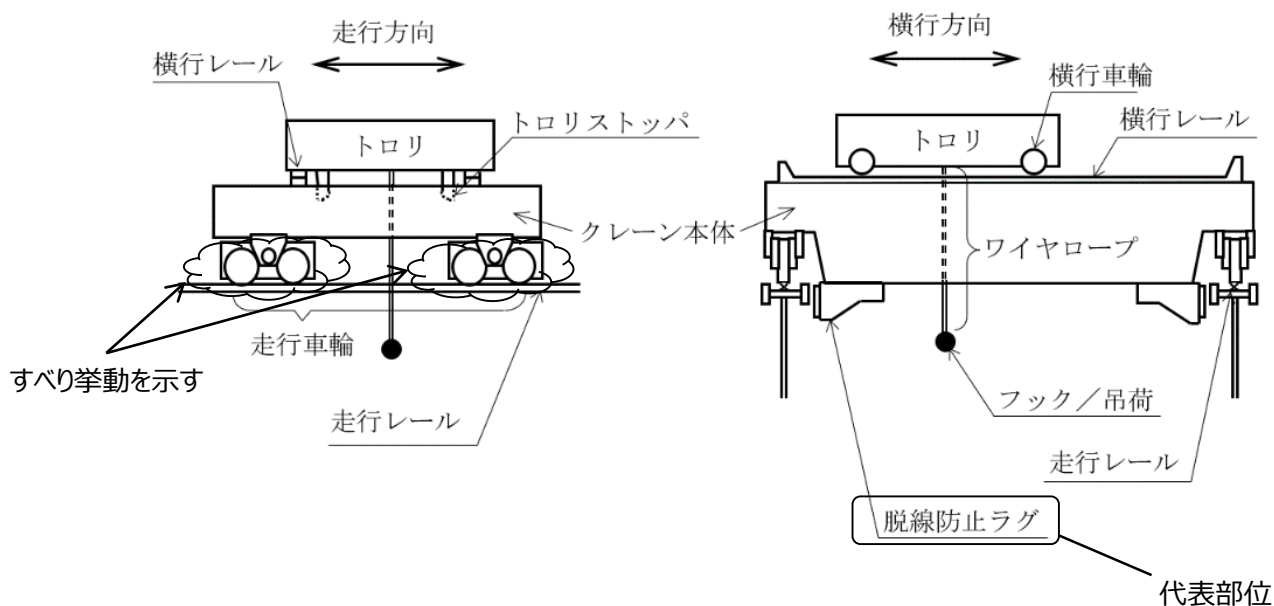


図16 構造図（原子炉建屋クレーン）

隣接建屋の影響に関する検討

【機器・配管系への影響検討／連成系モデルで評価する機器・配管系に対する検討】

- 原子炉建屋との連成系モデルで評価する機器については、原子炉建屋との接続点における隣接応答倍率を用いてその他の対象設備と同じ影響検討により耐震性に影響が無いことを確認する。（確認結果を表12に示す）
- 原子炉建屋との接続点は、ダイヤフラムフロア、原子炉建屋基礎版及び燃料交換ベローズがあるが、剛性が大きく地震力の伝達に支配的と考えられるダイヤフラムフロア及び原子炉建屋基礎版を代表として、影響確認に用いる接続点として選定する。（図17参照）なお、確認に用いる接続点における隣接応答倍率については、原子炉建屋モデルにおける同位置での隣接応答倍率を用いる。

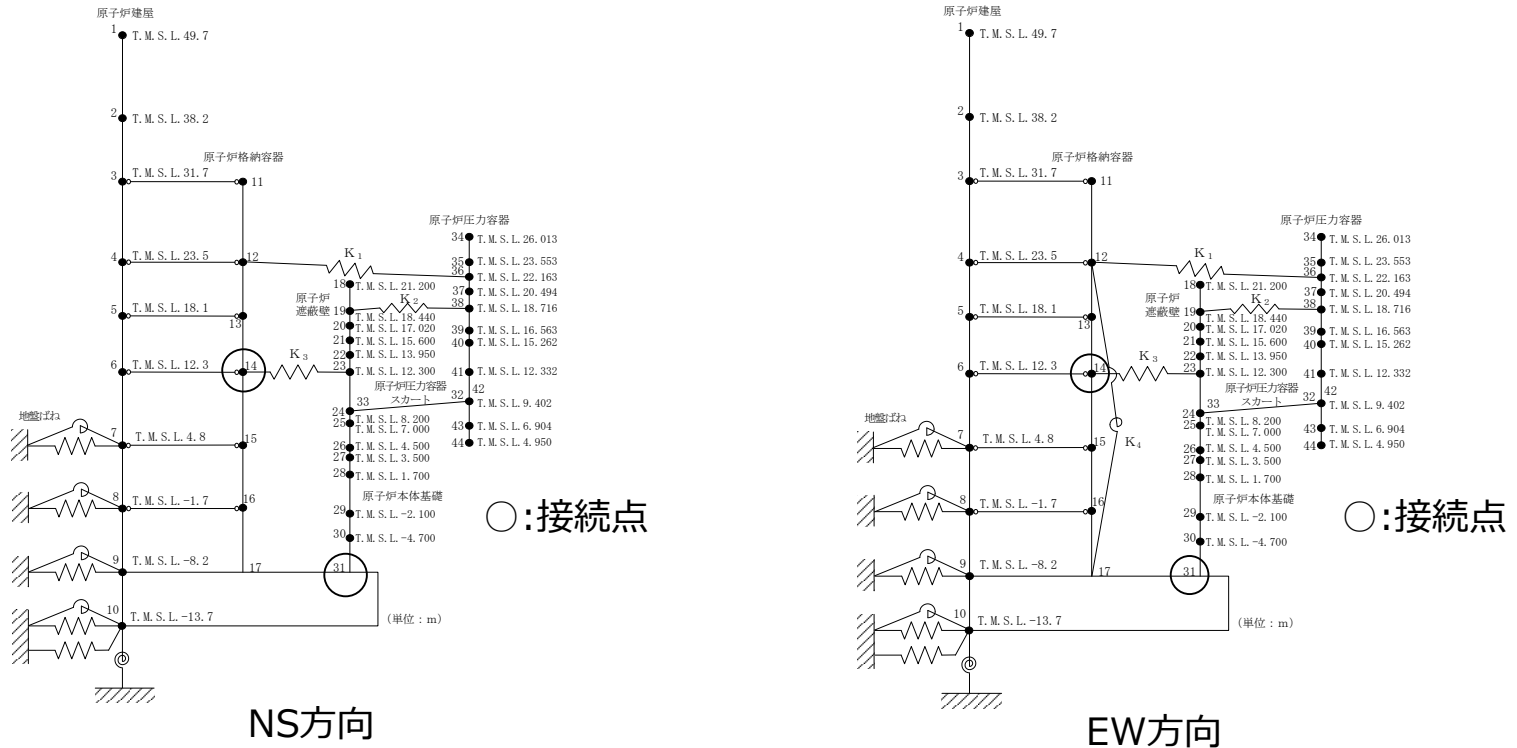


図17 原子炉建屋と連成系モデルとの接続点

隣接建屋の影響に関する検討

【機器・配管系への影響検討／評価結果】

- 表11に簡易評価で「隣接応答倍率>裕度」となり詳細評価が必要となった機器について、影響検討結果を示す。

表11 影響検討結果 (1/2)

No.	機器名称	建屋	標高 T. M. S. L. (m)	減衰 定数	一次 固有 周期 (s)	使用 耐震 条件	簡易評価				詳細評価				
							評価 部位	応力 分類	裕度	隣接応答 倍率 [算定方法]	評価条件 算出方法	発生値 (MPa)	許容値 (MPa)	裕度	結果
1	配管 (CUW-PD-1)	K7R/B	23.5	2.0%	0.130	II (FRS)	配管	一次 +二次	0.87* ¹ (0.0359)	1.19 [方法A]	方法a	360	366	1.01	○
2	配管 (HPCF-R-3)	K7R/B	-1.7	2.0%	0.173	I (FRS)	配管	一次 +二次	0.99* ¹ (0.0003)	1.19 [方法A]	方法a	385* ¹ (0.0004)	376	0.97	○
3	配管 (HPCF-W-1)	Rw/B	-1.1	2.0%	0.147	II (FRS)	配管	一次 +二次	1.06	1.42 [方法A]	方法a	338	356	1.05	○
4	配管 (MUWC-W-1)	Rw/B	-1.1	2.0%	0.172	II (FRS)	配管	一次 +二次	1.06	1.56 [方法A]	方法a	342	354	1.03	○
5	配管 (RCW-T-4)	K7T/B	-1.1	2.0%	0.147	I (FRS)	配管	一次 +二次	0.56* ¹ (0.2071)	1.09 [方法A]	方法a	827* ¹ (0.2546)	450	0.54	○
6	配管 (HPCF-R-024)	K7R/B	4.8	3.0%	0.076	II (FRS)	配管	一次 +二次	1.13	1.16 [方法A]	方法a	389	434	1.11	○
7	配管 (RCW-T-1)	K7T/B	-1.1	2.0%	0.139	I (FRS)	配管	一次 +二次	0.98* ¹ (0.0189)	1.09 [方法A]	方法a	486* ¹ (0.0202)	466	0.95	○
8	配管 (RCW-T-3)	K7T/B	-1.1	2.0%	0.098	I (FRS)	配管	一次 +二次	0.61* ¹ (0.1617)	1.09 [方法A]	方法a	762* ¹ (0.1628)	466	0.61	○
9	配管 (RCW-T-5)	K7T/B	-1.1	2.0%	0.161	I (FRS)	配管	一次 +二次	1.03	1.09 [方法A]	方法a	454	466	1.02	○
10	配管 (SGTS-R-3)	K7R/B	23.5 ~49.7	2.0%	0.160	I (FRS)	配管	一次 +二次	1.19	1.28 [方法A]	方法b	378	422	1.12	○
11	配管 (HCVS-R-1)	K7R/B	12.3 ~31.7	2.0%	0.165	I (FRS)	配管	一次 +二次	1.22	1.62 [方法A]	方法b	248	300	1.21	○
12	配管 (FCVS-R-5)	K7R/B	18.1 ~31.7	2.0%	0.164	I (FRS)	配管	一次 +二次	1.40	1.59 [方法A]	方法b	320	342	1.07	○

注記*1: 一次+二次応力の計算結果が許容応力を上回るが、疲労評価を実施し疲労累積係数が許容値1を満足することで、耐震性を有することを確認している。()内に疲労累積係数を示す。

隣接建屋の影響に関する検討

【機器・配管系への影響検討／評価結果】

- 表11に簡易評価で「隣接応答倍率> 裕度」となり詳細評価が必要となった機器について、影響検討結果を示す。

表11 影響検討結果 (2/2)

No.	機器名称	建屋	標高 T. M. S. L. (m)	減衰 定数	一次 固有 周期 (s)	使用 耐震 条件	簡易評価				詳細評価				
							評価 部位	応力 分類	裕度	隣接応答 倍率 [算定方法]	評価条件 算出方法	発生値 (MPa)	許容値 (MPa)	裕度	結果
13	使用済燃料 貯蔵プール 水位・温度 (SA)	K7R/B	31.7	1.0%	0.160	I (FRS)	架構	組合せ	1.38	1.58 [方法A]	方法a	160	205	1.28	○
14	使用済燃料 貯蔵プール 水位・温度 (SA 広域)	K7R/B	18.1 ~31.7	1.0%	0.151	I (FRS)	支持 架台 (部材)	組合せ	1.02	1.56 [方法A]	方法a	203	205	1.00	○
15	下部ドライウェ ルアクセストン ネルスリーブ及 び鏡板 (所員用 エアロック付)	K7R/B	-1.7	1.0%	0.089	I (FRS)	P3	一次 +二次	0.86 ^{*1} (0.266)	1.16 [方法A]	方法a	528 ^{*1} (0.509)	393	0.74	○
							P2	一次 +二次	0.88 ^{*1} (0.237)	1.16 [方法A]	方法a	518 ^{*1} (0.462)	393	0.75	○
16	下部ドライウェ ル所員用 エアロック	K7R/B	-1.7	1.0%	0.089	I (FRS)	P12	一次 +二次	0.80 ^{*1} (0.369)	1.16 [方法A]	方法a	570 ^{*1} (0.712)	393	0.68	○
17	原子炉補機 冷却系 熱交換器	K7T/B	4.9	—	—	I (ZPA)	胴板	一次 +二次	0.78 ^{*1} (0.827)	1.04 [—]	—	683 ^{*1} (0.667 ^{*2})	497	0.72	○

注記*1: 一次+二次応力の計算結果が許容応力を上回るが、疲労評価を実施し疲労累積係数が許容値1を満足することで、耐震性を有することを確認している。()内に疲労累積係数を示す。

*2: 個別に設定する等価繰返し回数(120回)を用いて算出した値。なお、耐震計算書では一律に設定する等価繰返し回数(200回)を用いている。

隣接建屋の影響に関する検討

【機器・配管系への影響検討／評価結果（連成系モデルで評価する機器・配管系）】

- 表12に簡易評価で「隣接応答倍率> 裕度」となり詳細評価が必要となった機器（原子炉建屋との連成系モデルで評価する機器）の影響検討結果を示す。

表12 影響検討結果（連成系モデルで評価する機器・配管系）

No.	機器名称	建屋	標高 T. M. S. L. (m)	減衰 定数	一次 固有 周期 (s)	使用 耐震 条件	簡易評価				詳細評価				
							評価 部位	応力 分類	裕度	隣接応答 倍率 [算定方法]	評価条件 算出方法	発生値 (MPa)	許容値 (MPa)	裕度	結果
1	管 (MS-PD-28)	K7R/B (PCV)	18.44	2.0%	0.228	Ⅱ (FRS)	配管	一次 +二次	1.11	1.87 [方法A]	方法b	260	300	1.15	○
2	管 (MS-PD-29)	K7R/B (PCV)	18.44	2.0%	0.247	Ⅱ (FRS)	配管	一次 +二次	1.31	1.87 [方法A]	方法a	321 ^{*1} (0.6689)	300	0.93	○
3	管 (MS-PW-11)	K7R/B (PCV)	1.7	0.5%	0.273	Ⅱ (FRS)	配管	一次 +二次	1.06	1.87 [方法A]	方法a	301 ^{*1} (0.0003)	278	0.92	○
4	管 (MS-PW-13)	K7R/B (PCV)	1.7	0.5%	0.219	Ⅱ (FRS)	配管	一次 +二次	1.38	1.87 [方法A]	方法a	269	278	1.03	○
5	クエンチャサポ ート基礎	K7R/B (PCV)	1.7	0.5%	0.273	Ⅱ (FRS)	基礎 ボルト	引張 応力度	1.69	1.87 [方法A]	方法a	304	454	1.49	○
6	原子炉格納容器 配管貫通部 (X-62)	K7R/B (PCV)	12.3	2.0%	0.249	Ⅱ (FRS)	スリーブ フランジ プレート 結合部	一次 +二次	1.02	1.61 [方法B]	方法a	350	393	1.12	○
7	出力領域モニタ	K7R/B (炉内)	10.161 ～ 14.433	1.0%	0.308	Ⅰ (FRS)	校正用導 管カバー チューブ	一次一般 膜+一次 曲げ応力	1.27	1.36 [方法B]	方法b	223	225	1.00	○

注記*1： 一次+二次応力の計算結果が許容応力を上回るが、疲労評価を実施し疲労累積係数が許容値1を満足することで、耐震性を有することを確認している。（）内に疲労累積係数を示す。

隣接建屋の影響に関する検討

【機器・配管系への影響検討／評価結果に対する考察】

- 影響評価結果（表11,12）において、隣接応答倍率に対して、簡易評価から詳細評価への裕度の減少が比較的小さい傾向がみられる。これは以下の要因により生じているものと考えている。
 - （1）簡易評価では耐震計算書に記載される裕度を用いており、設計用Ⅱを用いているものがあるが、詳細評価では全て設計用Ⅰに対して隣接応答倍率を乗じたもので耐震計算をおこなっていること。
（表11 No.1,3,4,6 及び 表12 No.1～6）
 - （2）隣接応答倍率の考慮方法として、簡易評価では最大の隣接応答倍率を用いるが、詳細評価では「固有周期に応じた個々の隣接応答倍率を乗じる方法（方法b）」により床応答スペクトルを算出していること。
（表11 No.10,11,12 及び 表12 No.1,7）
 - （3）簡易評価では「鉛直方向」を含めた全体の応力に対する裕度と隣接応答倍率を比較しているが、詳細評価においては、隣接建屋による水平方向の応答増幅の影響を確認する観点から、水平方向のみに隣接応答倍率を考慮していること。（表11 No.1～17 及び 表12 No. 1～7）
 - （4）簡易評価では「地震荷重」「自重」「配管内圧」を含めた全体の応力に対する裕度と隣接応答倍率を比較しているが、詳細評価においては、「地震荷重」のみに隣接応答倍率を考慮していること。
（表11 No.1～17 及び 表12 No. 1～7）

隣接建屋の影響に関する検討

【まとめ】

隣接建屋の影響について確認した結果を、以下①～③に示す。

①耐震評価を実施している躯体関係の応答増幅の影響検討

原子炉建屋、コントロール建屋、タービン建屋及び廃棄物処理建屋の躯体関係について、応答増幅による影響評価を行い、いずれの施設においても、構造健全性に問題ないことを確認した。

②建物付帯設備（建物・構築物）の応答増幅の影響検討

原子炉建屋、コントロール建屋、タービン建屋及び廃棄物処理建屋に内包される付帯設備について、応答増幅による影響評価を行い、いずれの施設においても、構造健全性に問題ないことを確認した。

③機器・配管系への影響検討

原子炉建屋、コントロール建屋、タービン建屋及び廃棄物処理建屋に設置される機器について、建物の応答増幅による影響評価を行い、いずれの機器においても、耐震性への影響がないことを確認した。

隣接建屋の影響に関する検討（参考）

【解析結果（コントロール建屋）】

- 地震応答解析より得られたコントロール建屋の最大応答値について、全建屋を考慮した隣接モデルとコントロール建屋を単独でモデル化したケースの比較結果を図18に示す。

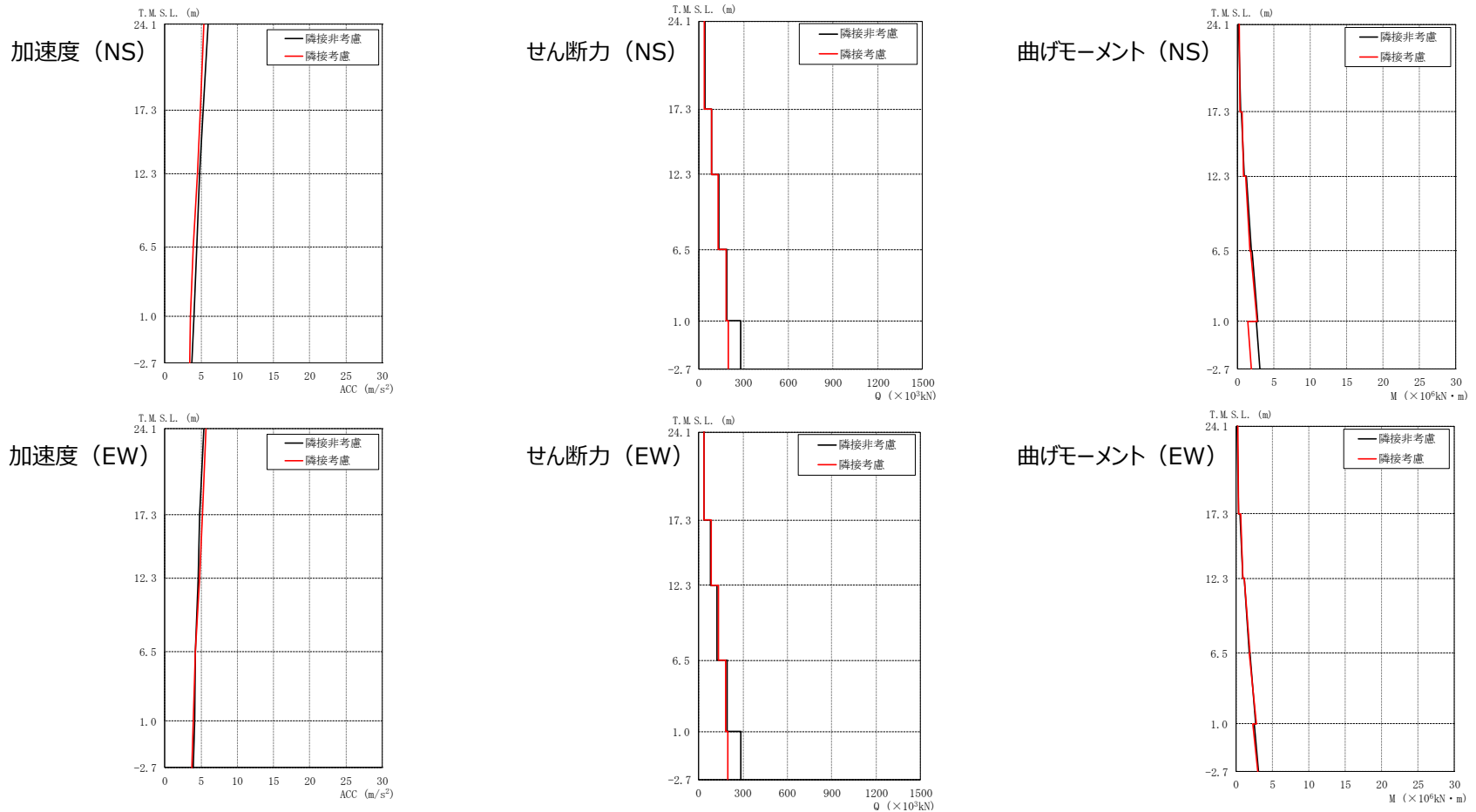


図18 最大応答値の比較（左から、加速度・せん断力・曲げモーメント）

隣接建屋の影響に関する検討（参考）

【解析結果（タービン建屋）】

- 地震応答解析より得られたタービン建屋の最大応答値について、全建屋を考慮した隣接モデルとタービン建屋を単独でモデル化したケースの比較結果を図19に示す。

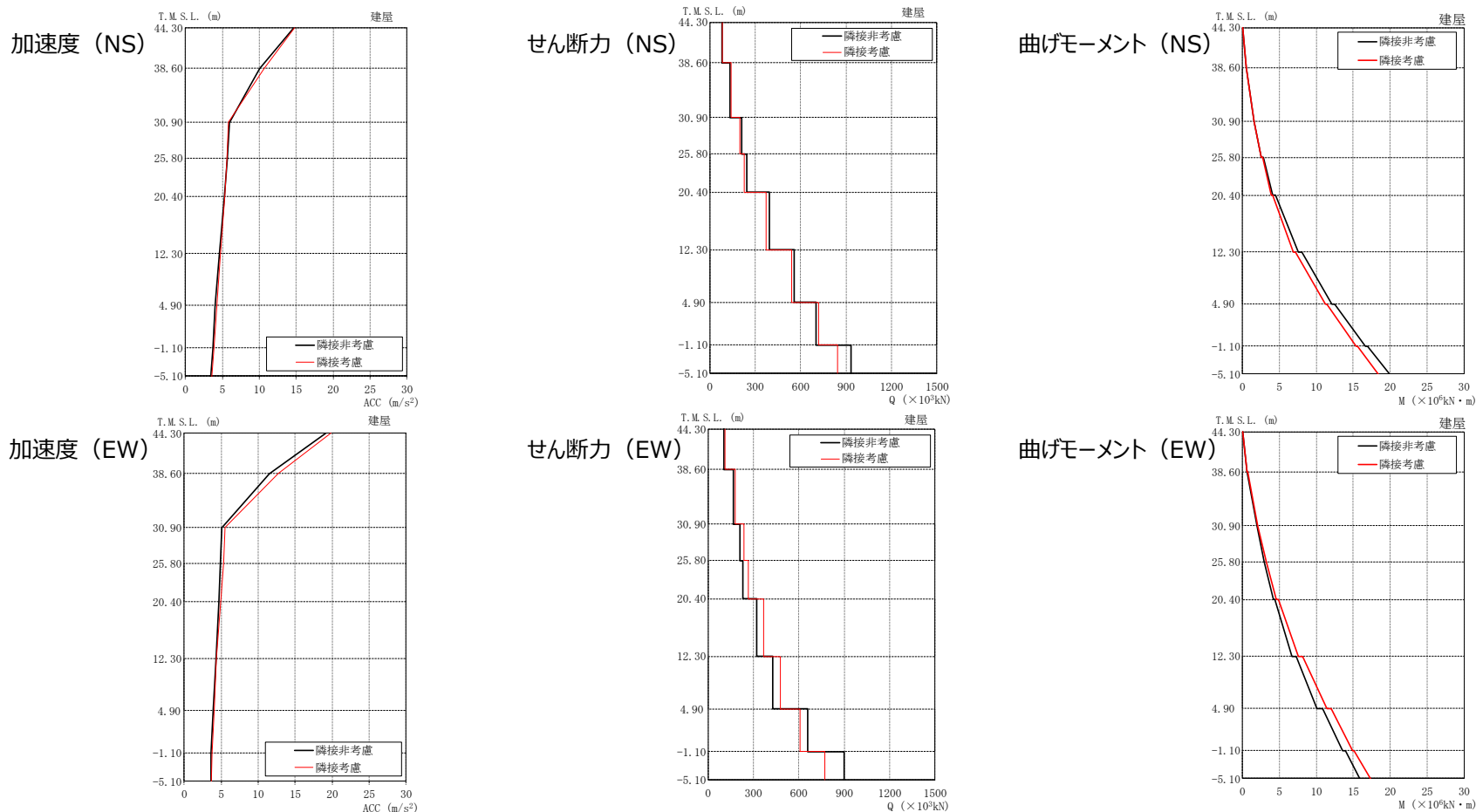


図19 最大応答値の比較（左から、加速度・せん断力・曲げモーメント）

隣接建屋の影響に関する検討（参考）

【解析結果（廃棄物処理建屋）】

- 地震応答解析より得られた廃棄物処理建屋の最大応答値について、全建屋を考慮した隣接モデルと廃棄物処理建屋を単独でモデル化したケースの比較結果を図20に示す。

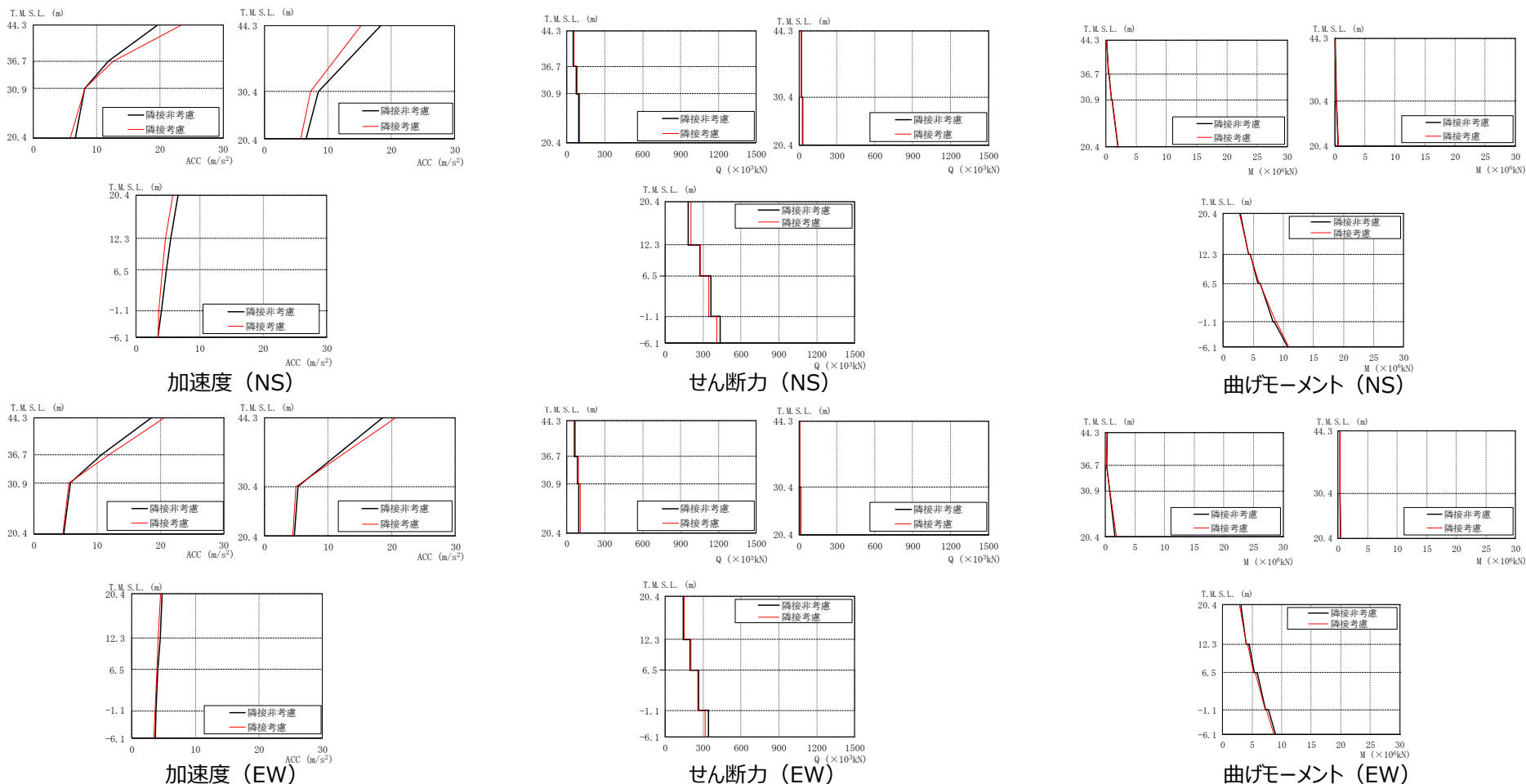
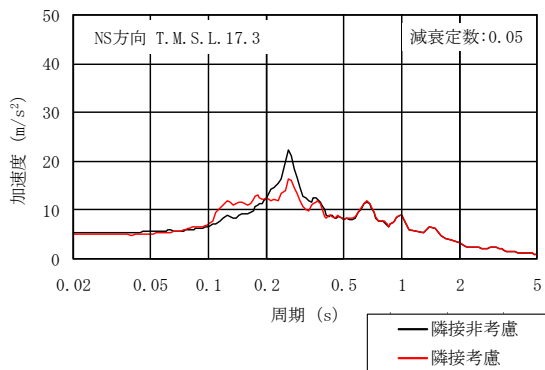


図20 最大応答値の比較（左から、加速度・せん断力・曲げモーメント）

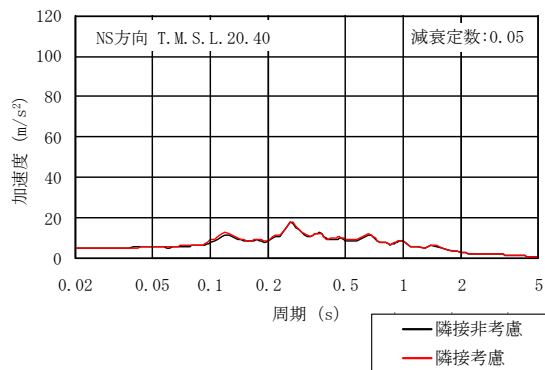
隣接建屋の影響に関する検討（参考）

【解析結果（各建屋の加速度応答スペクトル）】

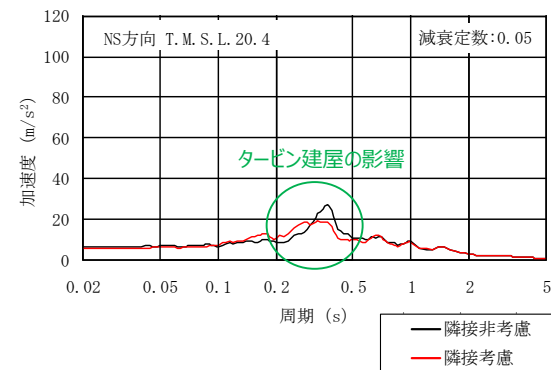
- 地震応答解析より得られた各建屋の加速度応答スペクトルについて、全建屋を考慮した隣接モデルと各建屋を単独でモデル化したケースの比較結果を図21に示す。



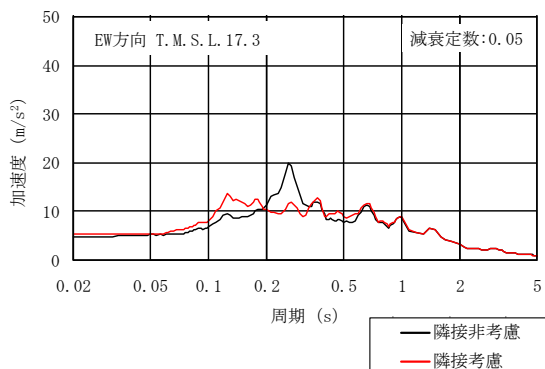
コントロール建屋 2階 (NS)



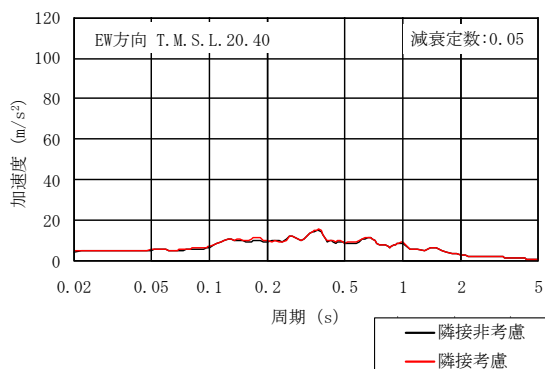
タービン建屋 2階 (NS)



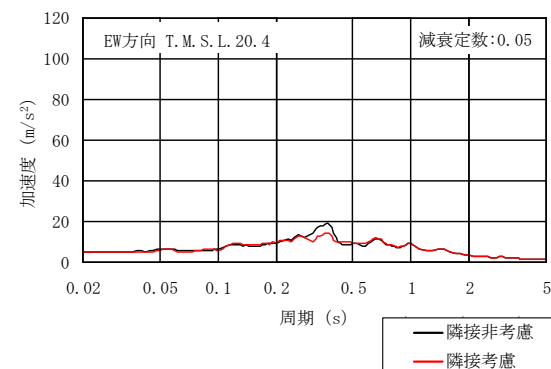
廃棄物処理建屋 2階 (NS)



コントロール建屋 2階 (EW)



タービン建屋 2階 (EW)



廃棄物処理建屋 2階 (EW)

図21 最大応答値の比較（左から、コントロール建屋 2 階、タービン建屋 2 階、廃棄物処理建屋 2 階）

隣接建屋の影響に関する検討（参考）

【解析結果（傾向）】

原子炉建屋以外の各建屋における解析結果の傾向を、以下の①～③に示す。

①コントロール建屋の傾向（図18及び図21）

- ・加速度について、NS方向では、全体的に応答が小さくなる傾向が見られるものの、EW方向では建屋上層の応答が若干大きくなる傾向が見られる。
- ・せん断力及び曲げモーメントについては、建屋下層において、応答が小さくなる傾向が見られる。
- ・加速度応答スペクトルについては、隣接考慮モデルでは6棟連成の影響による応答性状となっている。

②タービン建屋の傾向（図19及び図21）

- ・加速度については、建屋上層の鉄骨部において、応答が大きくなる傾向が見られる。
- ・せん断力については、建屋下層において、応答が小さくなる傾向が見られるものの、建屋中間層において、NS方向は小さく、EW方向は大きくなる傾向が見られる。
- ・曲げモーメントについては、NS方向では全体的に小さく、EW方向では全体的に大きくなる傾向が見られる。
- ・加速度応答スペクトルについて、建屋規模の大きいタービン建屋では比較的隣接影響は小さい。

③廃棄物処理建屋の傾向（図20及び図21）

- ・加速度については、建屋下層においては、小さくなる傾向が見られるものの、建屋上層の鉄骨部において、一部応答が大きくなる傾向が見られる。
- ・せん断力については、全体的に変動は小さいものの、一部応答が大きくなる傾向が見られる。
- ・加速度応答スペクトルについては、廃棄物処理建屋のNS方向について、加振方向に隣接するタービン建屋の固有周期の隣接影響と思われる応答が伺える。

<論点4>

建物・構築物の応力解析における弾塑性解析の採用
【指摘事項に対する回答】

本日のご説明内容

▶ 原子力発電所の新規制基準適合性に係る審査会合の指摘事項に対する回答

No.	実施日	指摘事項
1	令和2年7月30日 第880回 審査会合	床スラブの拘束効果の変動による感度解析について、コンクリート強度のばらつきに着目した条件設定の考え方をより明確にした上で、補助壁、中間壁、外壁等が床スラブの拘束効果に与える影響及びこれらの拘束効果がRCCVの評価結果に与える影響について、感度解析結果と関連付けて考察し説明すること。



■ 回答

- 第880回 審査会合資料における「2.1 床スラブの拘束効果の変動による感度解析」における条件設定の考え方を明確にした上で、その検討結果と「2.2 補助壁等による床スラブの拘束効果への影響」の検討結果の関連を「2. 床スラブの拘束効果」のまとめとして整理した。

第880回 審査会合資料における「2. 床スラブの拘束効果」のまとめ

2.1 床スラブの拘束効果の変動による感度解析

- コンクリート強度による床スラブの拘束効果の変動として、コンクリート強度を大きくし、ヤング係数比で約14%増加させた感度解析を、床スラブによる拘束の影響が大きいと考えられるRCCVシェル部及び局部で検定値が最も大きいケースについて実施した。
- 実際にはRCCVと床スラブのコンクリートが同一であることを踏まえると、このような拘束効果の変動は生じないものと考えられるが、床スラブに加えてRCCVのコンクリート強度も大きくする場合、両者の剛性が同等となり、解析結果の差が小さくなると予測され、拘束効果及び評価結果に与える影響の把握には適さないと考えられるため、RCCVの剛性に対して床スラブの剛性が極端に大きくなるように、RCCVのコンクリート強度は変更せず、床スラブのみ変更した解析を実施した。
- 解析結果において、検定値の変化がほとんどないことから、床スラブの拘束効果の変動が評価結果に与える影響が小さいことを確認した。

2.2 補助壁等による床スラブの拘束効果への影響

- 補助壁等による床スラブの拘束効果の変動は、外壁等により約5～9%、補助壁及び中間壁により約5%となり、小さいことを確認した。

まとめ

- 床スラブの拘束効果の変動は、外壁等と補助壁及び中間壁で併せて約10～14%となり、2.1における感度解析で考慮した変動と同程度であり、2.1で床スラブの拘束効果の変動による感度が小さかったことを踏まえると、補助壁等による床スラブの拘束効果の変動が評価結果に与える影響も小さいと考えられる。

【参考】

主な説明事項		
[1] 詳細設計段階における設置変更 許可審査時からの設計変更	1	中央制御室待避室の遮蔽設計の見直し
	2	5号機原子炉建屋内緊急時対策所の遮蔽設計の見直し
	3	5号機原子炉建屋内緊急時対策所可搬型電源設備の保管方法の変更
	4	復水移送ポンプ周りの手動弁の電動弁化及び屋内アクセスルートの見直し
[2] 設計方針に関する説明事項	1	使用済燃料貯蔵プール水位の監視
	2	重大事故等時の格納容器評価における評価条件
	3	火災感知器の配置
	4	地下水に対する浸水防護対策
	5	竜巻設計飛来物の感度解析
	6	ブローアウトパネル及びブローアウトパネル閉止装置
[3] 耐震・強度評価に関する説明事項	1	津波漂流物の衝撃荷重（海水貯留堰）
	2	地盤物性の設定
	3	基礎地盤傾斜による建物・構築物及び機器の耐震性への影響
	4	建物・構築物における地震応答解析モデルの既工認からの変更点
	5	原子炉本体基礎の復元力特性
	6	建物・構築物の応力解析における弾塑性解析の採用
	7	格納容器圧力逃がし装置基礎の地震応答解析モデルのモデル化方針
	8	屋外重要土木建造物のモデル化方針
	9	耐震評価における等価繰返し回数
	10	加振試験に基づく使用済燃料貯蔵ラックの減衰定数の設定
	11	弁の動的機能維持評価（一定の余裕の確保）
	12	燃料集合体の耐震性
	13	制御棒・破損燃料貯蔵ラックにおける排除水体積質量減算の適用
	14	ECCSストレナの耐震・強度評価への流動解析の適用