

柏崎刈羽原子力発電所第7号機 漂流物に係る論点整理について

TEPCO

検討状況をご説明するため、
骨子のみ抜粋版

2020年7月10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。

1. 概要
2. 漂流物に関する検討事項の整理
 - 2.1 漂流物に対する要求事項
 - 2.2 津波に関するサイト特性
 - 2.3 検討対象及び検討内容
3. 取水性評価
 - 3.1 取水性評価対象漂流物の選定
 - 3.2 通水性への影響評価
4. 漂流物衝突評価
 - 4.1 被衝突体の特性の整理
 - 4.2 衝突影響評価対象漂流物の整理
 - 4.3 既往の漂流物衝突荷重算定式の適用性の整理
 - 4.4 漂流物衝突荷重の算定結果

1. 概要

1.概要

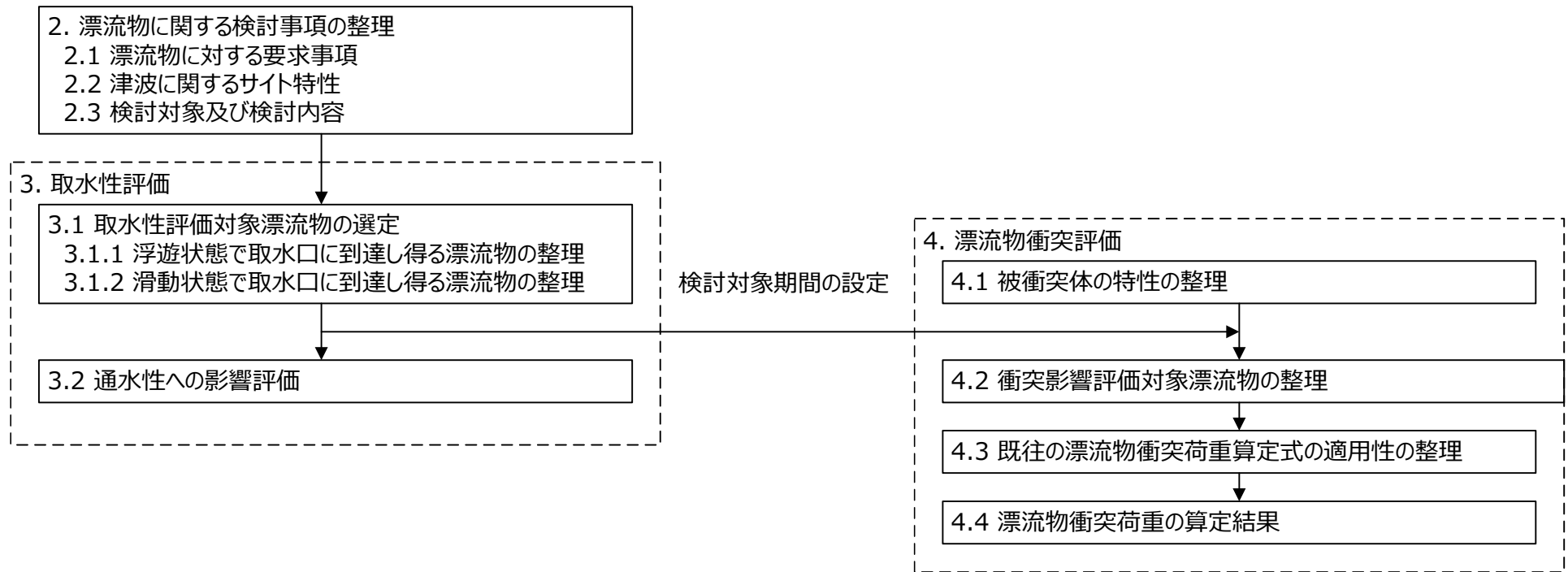


図1-1:漂流物に関する検討の流れ

2. 漂流物に関する検討事項の整理

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。

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ある
- 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以上の広がりを有している。
- 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する必要がある。

(4) 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する。

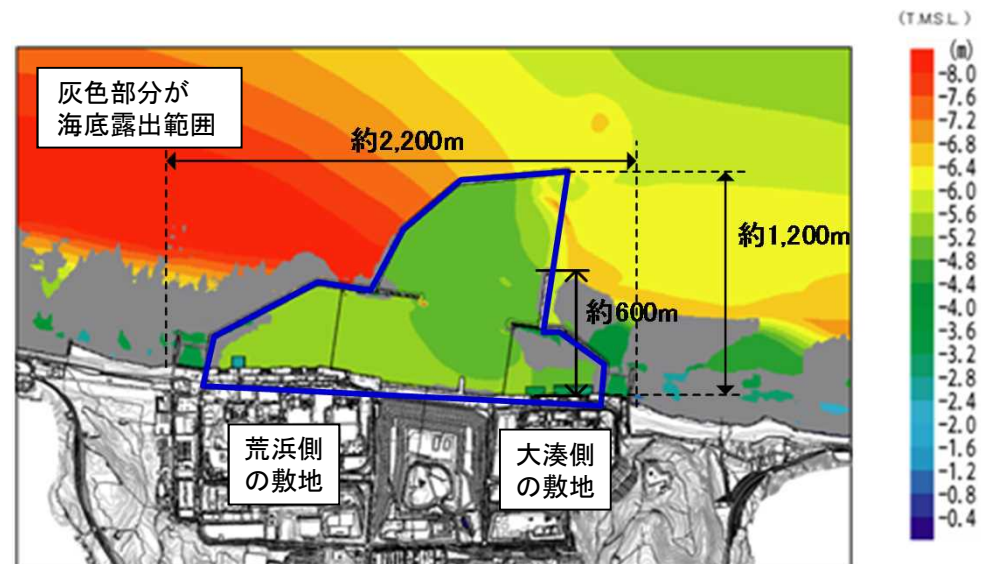


図2-1：発電所敷地の概要と港湾内海底の露出範囲

2.2 津波に関するサイト特性 (2/2)

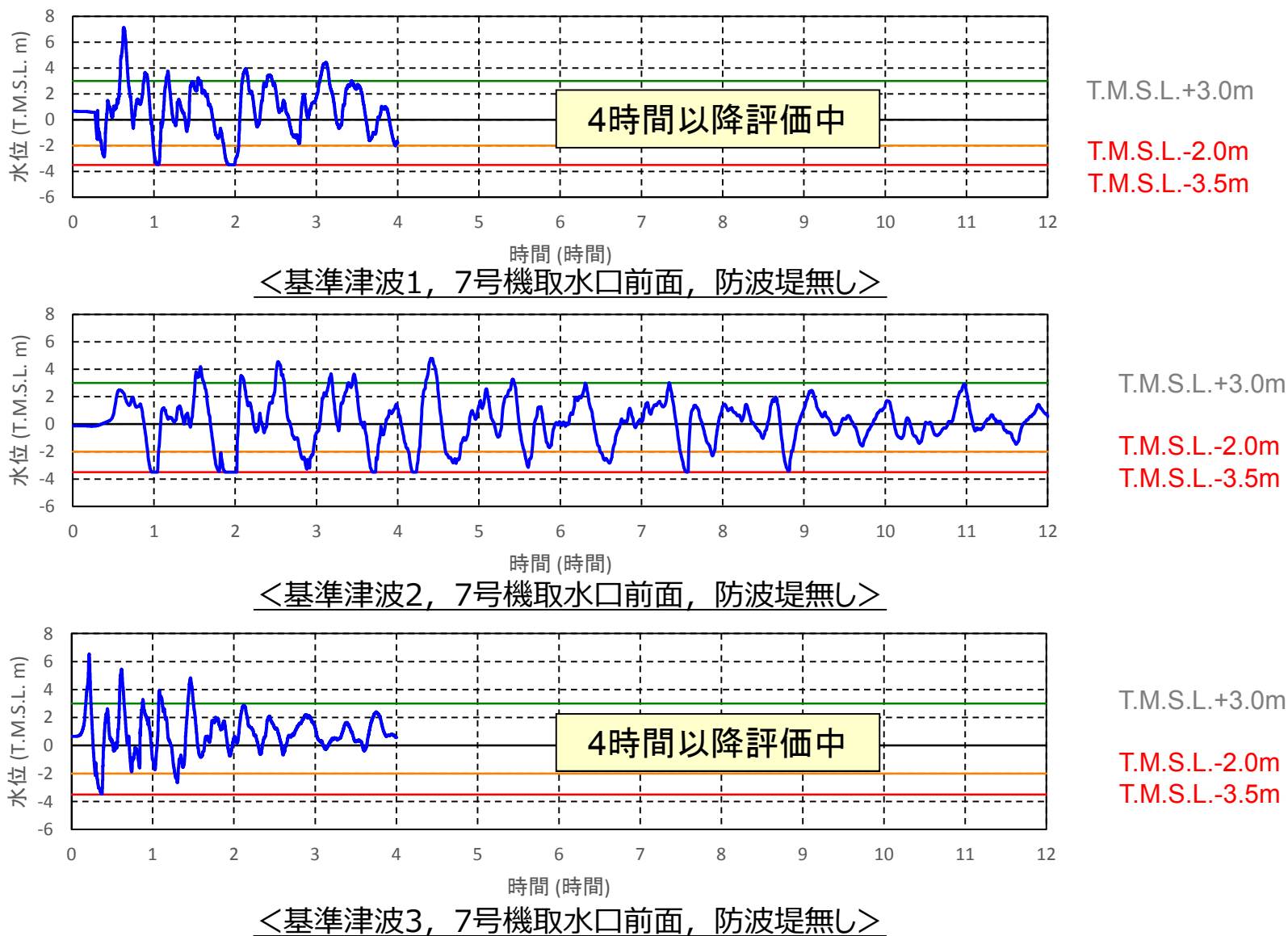


図2-2：基準津波1～3の時刻歴波形

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
- 海水貯留堰に衝突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ベースとするが、後述する被衝突体に関する特性を考慮し、検討対象期間を設定し、再整理を実施
- 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

3. 取水性評価

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する。
- 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する。

- 「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

3.1.1.1 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時間の間で海水貯留堰に到達し得る漂流物を整理
- 検討の結果、構外 (海域・陸域) からは有意な漂流物 (航行不能船舶を含む。)が海水貯留堰に到達する可能性は極めて小さいと整理

航行不能船舶の到達可能性について詳細評価中

(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・軌跡シミュレーションを考慮し、到達しないと整理
- 荒浜側防潮堤内敷地に設置・仮置きされる施設・設備等については、護岸部に残存する防潮堤が障害となり、基本的には海域に流出することはない。

3.1.1 浮遊状態で取水口に到達し得る漂流物の整理 (2/7)

3.1.1.1 STEP1の整理概要

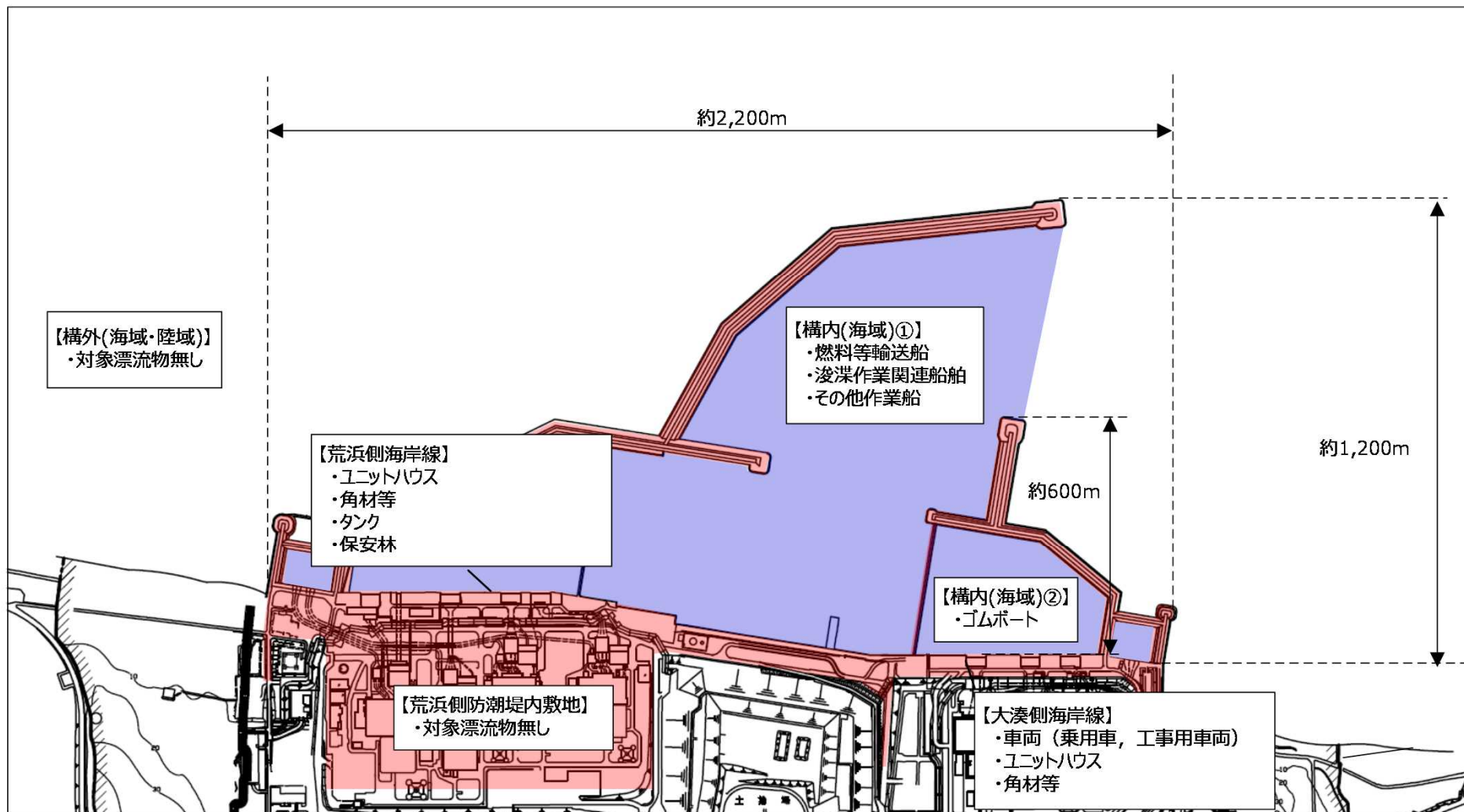
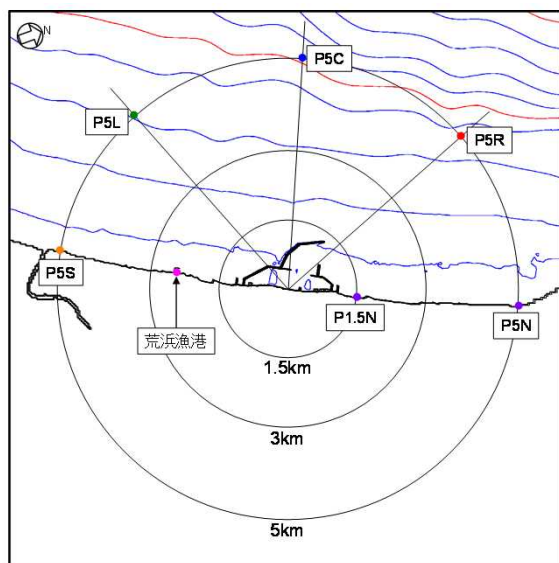


図3-1：STEP1で抽出される漂流物の概略配置

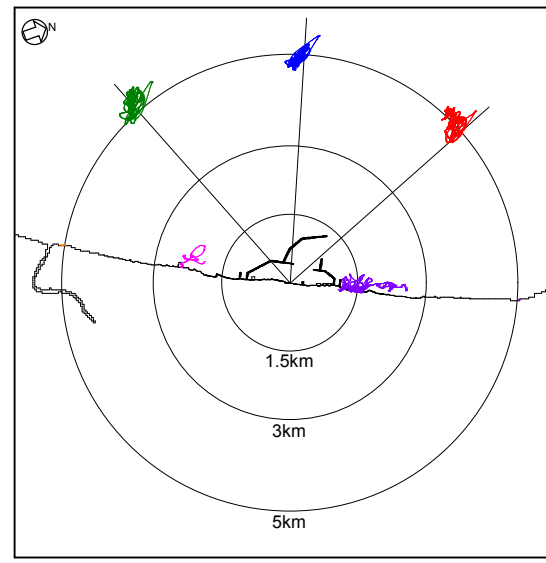
3.1.1 浮遊状態で取水口に到達し得る漂流物の整理 (3/7)

3.1.1.2 STEP1 <構外 (海域・陸域) の評価詳細①>

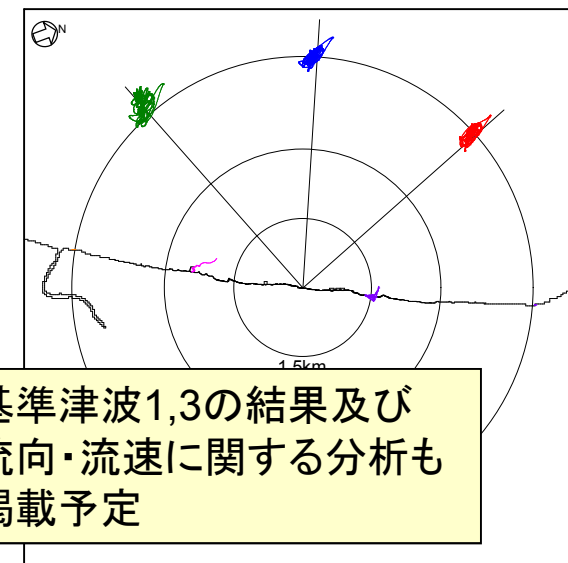
- 基準津波 1～3 について、流向・流速の検討に加え、軌跡シミュレーションを実施し **12時間の間で海水貯留堰に到達し得る漂流物** を整理 (基準津波1,3については評価中)
- 検討の結果、初期配置が沖合1.5kmの港湾口近傍の漂流物について海水貯留堰に到達する可能性が示された
- 発電所近傍に海上設置物は無く、発電所周辺に定期航路は無いことに加え、発電所周辺の海上で航行不能となる船舶は極めてまれであることから構外 (海域) からの漂流物は取水口に到達しないと整理
- なお、発電所近傍に位置する荒浜漁港に停泊する船舶も、発電所に到達しないことを確認



<初期配置>



<基準津波 2, 防波堤健全, 12時間>



基準津波1,3の結果及び
流向・流速に関する分析も
掲載予定

<基準津波 2, 防波堤無し, 12時間>

図3-2：構外 (海域・陸域) を初期配置とした軌跡シミュレーション

<構外（海域）の航行不能船舶が取水口に到達する可能性について

- 発電所周辺海域は、「漁業制限区域（図3-3参照）」に設定されており、基本的には当該区域内に一般船舶が長時間滞在することはない。
- 仮に発電所周辺海域を一般船舶が航行していたとしても、航行可能な状態であれば津波から退避することが可能である。
- したがって、取水口に到達する可能性が有る一般船舶は、発電所付近を航行中に偶発的な要因により航行不能となり、漂流している期間（回収されるまでの期間）に基準津波が発生する場合に限定される。
- 以下の方法により、発電所周辺海域での航行不能船舶の発生確率を算定するとともに、基準津波との組合せ要否を評価する。

◆ 発電所周辺海域での航行不能船舶の発生確率

$$X = Y \times S$$

- X : 発電所周辺海域で航行不能船舶が発生する確率[1/年]
- Y : 単位面積辺りの航行不能船舶の発生頻度[件/km²・年]
- S : 発電所周辺海域の面積[km²]

◆ 基準津波との組合せ要否

- 以下条件に該当する場合は、基準津波と組み合わせるべき事象とする。

$$X \times T \times Z \geq 1.0 \times 10^{-7} [1/\text{年}]^{\ast}$$

- T : 一般的な航行不能船舶の漂流時間[年]
- Z : 基準津波の発生頻度

※ JEAG4601-補1984 I.2.2「地震との独立事象」を参照

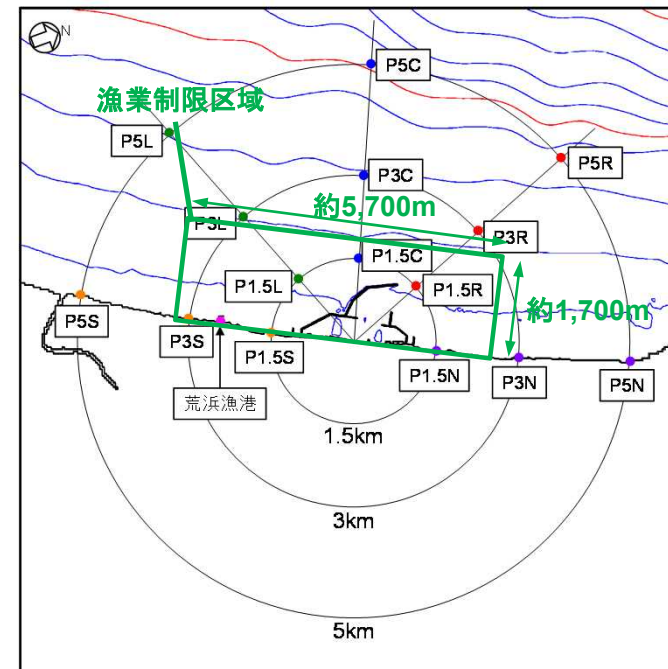


図3-3：発電所周辺の漁業制限区域

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)

3.1.1.3 STEP1 <整理結果>

表3-1：浮遊状態漂流物の整理 (STEP1)

最終確認中

| 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 | 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，ホース，カラーコーン | 数kg |
| | | 荒浜側海岸線 | 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 |
| | | | 資機材 | ユニットハウス | 1t 未満 |
| | | | | 角材，ホース，カラーコーン | 数kg |
| | | 植生 | 保安林 | 約140kg | |
| | | 荒浜側防潮堤内敷地 | — | 対象無し | — |

3.1.1.4 STEP2 <整理方針>

- 表3-1に示す漂流物のうち、「船舶」、「車両」及び「タンク」について以下のとおり漂流物化防止対策を実施し、取水口に到達しない設計（運用）とする。

(1) 船舶

- 燃料等輸送船は退避する。
- 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図る。
- その他作業船についても基本は退避する。ただし、大湊側港湾内で作業を実施する場合は退避不可となる状況を想定し、ゴムポートのみ利用可能とする使用制限を行う。

(2) 車両

- 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する。

(3) タンク（LLW輸送容器）

- 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 を超える状態となるような運用とする。

3.1.1 浮遊状態で取水口に到達し得る漂流物の整理 (7/7)

3.1.1.5 STEP2 <整理結果>

表3-2：浮遊状態漂流物の整理 (STEP2)

最終確認中

| 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 | 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 | 約0.7t～約45t |
| | | | 資機材 | ユニットハウス | 1t 未満 |
| | | 角材, ホース, カラーコーン | | 数kg | |
| | | 荒浜側海岸線 | 資機材 | ユニットハウス | 1t 未満 |
| | | | | 角材, ホース, カラーコーン | 数kg |
| | | 植生 | 保安林 | 約140kg | |
| 荒浜側防潮堤内敷地 | — | 対象無し | — | | |

3.1.2 滑動状態で取水口に到達し得る漂流物の整理 (1/3)

3.1.2.1 整理方針

- 図3-7に示す通り、大湊側港湾内は海底標高がT.M.S.L.-5.5mであるのに対し、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としても海水貯留堰に到達することはないため、**滑動評価の対象は、大湊側港湾内に設置・仮置きされる施設・設備等**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・設備等とする。
- 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

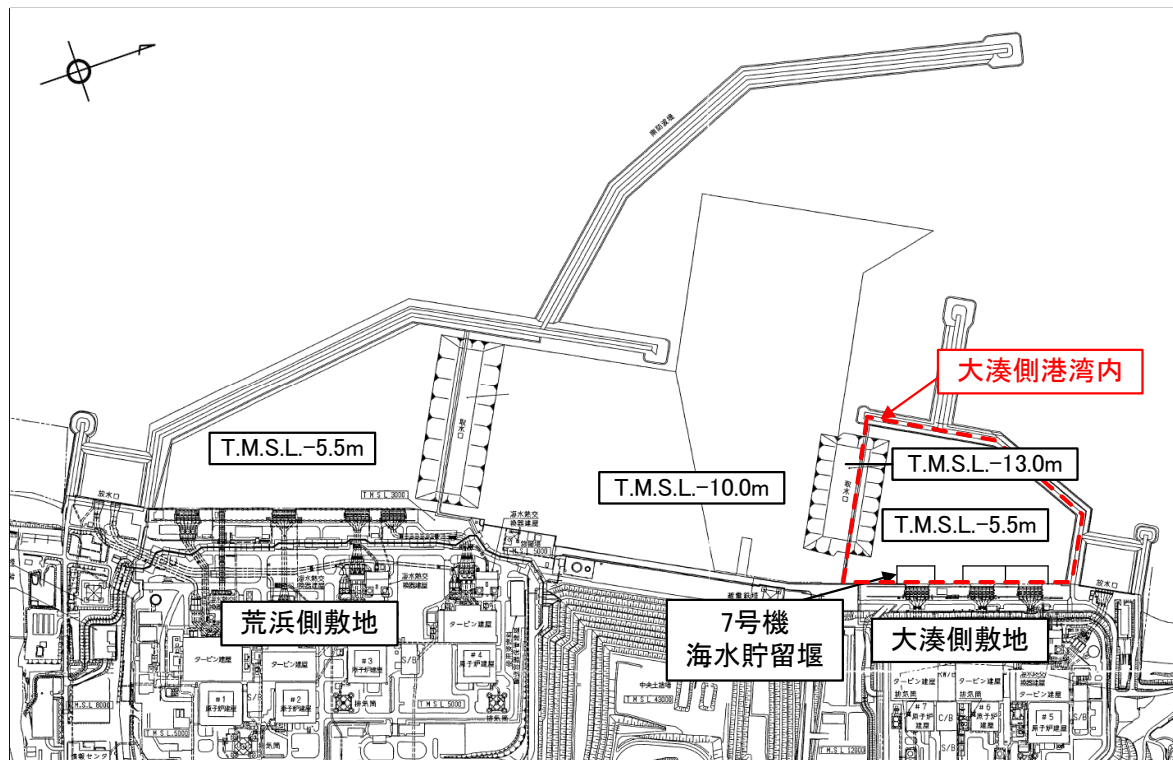


図3-4：港湾内海底標高



<鋼製角落し>



<角ホルダー>

図3-5：滑動しないと評価する設備の例

3.1.2 滑動状態で取水口に到達し得る漂流物の整理 (2/3)

<滑動する漂流物の挙動について>

- 基準津波 2 における大湊側護岸部の流向・流速の時系列の一例を図3-6に記載
- 図3-6より、海域方向には比較的大きな流速は出ておらず、滑動する場合でも、陸域方向への移動が支配的になると考えられる。
- 一方で、滑動限界流速を1.0m/sと仮定し、流速が1.0m/s以上となる期間の軌跡シミュレーション等を実施した結果、陸域（汀線）方向に移動する動きが支配的だが、パラメータによっては滑動により海域に移動するケースも確認された（図3-7参照）

⇒大湊側護岸部で滑動を否定できない施設・設備等は、保守的に取水口に到達するものとして抽出

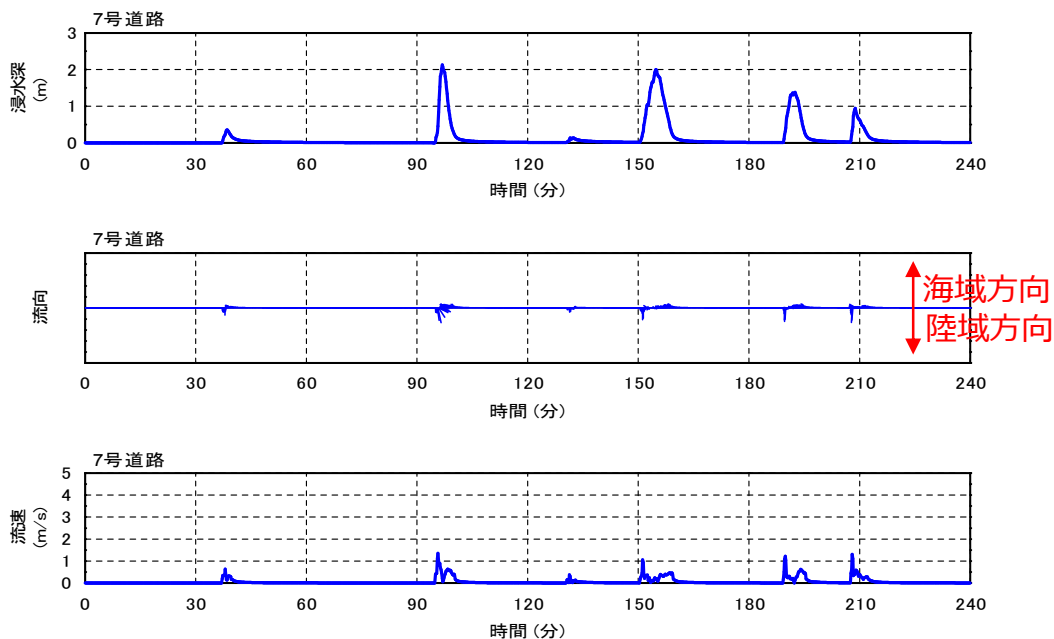
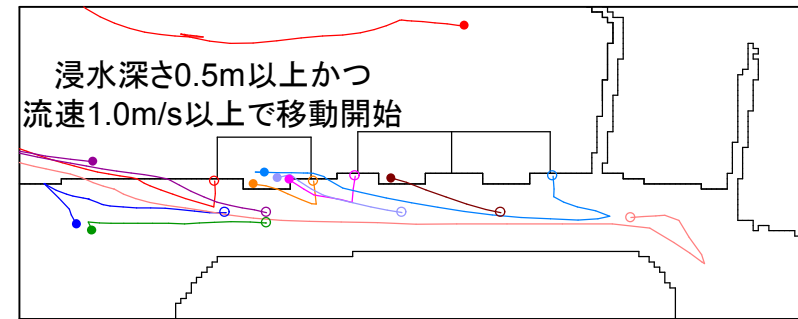
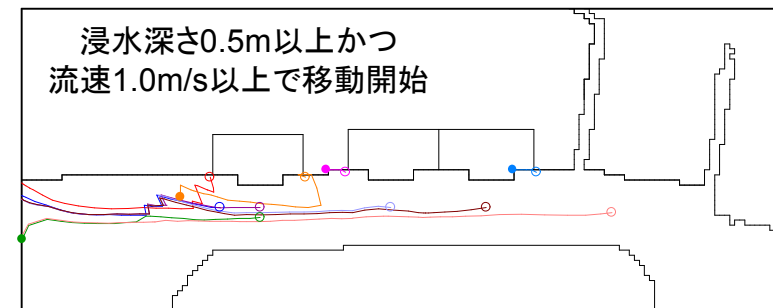


図3-6：大湊側護岸部における浸水深，流向及び流速の時系列（基準津波 2）



<基準津波1 防波堤健全・護岸2m沈下 4時間>



<基準津波2 防波堤健全・護岸2m沈下 12時間>

図3-7：大湊側護岸部を始点とした軌跡シミュレーション

3.1.2 滑動状態で取水口に到達し得る漂流物の整理 (3/3)

3.1.2.2 整理結果

表3-3：滑動状態漂流物の整理

現在整理中

| 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・砕石 | 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，バキューム車等 (建設用車両は評価中) | 最大約14t (変更の可能性有り) |
| | | | 機器類 (タンク以外) | 電気・制御盤，海水放射線モニタ | 精査中 |
| | | | 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 | 1.0t未満 |
| 一般構築物 | 監視カメラ，拡声器，標識，鉄骨（小片） | 100kg以下 | | | |

3.2 通水性への影響評価

- 「浮遊状態」で到達し得る施設・設備等のうち、最も水面下断面積が大きい「発電所付近で航行不能となった船舶」を代表として通水性への影響を評価（図3-8参照）
- 「滑動状態」で到達し得る施設・設備等のうち、最も断面積が大きい「バキューム車（暫定）」を代表として通水性への影響を評価（図3-9参照）

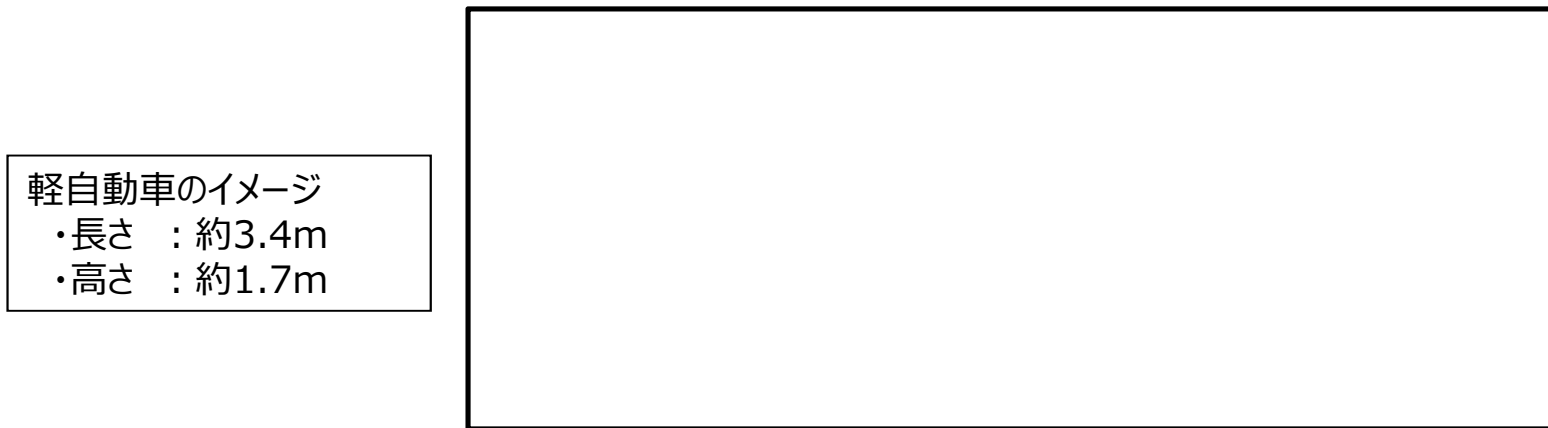


図3-8：軽自動車と取水口呑口との関係（イメージ）

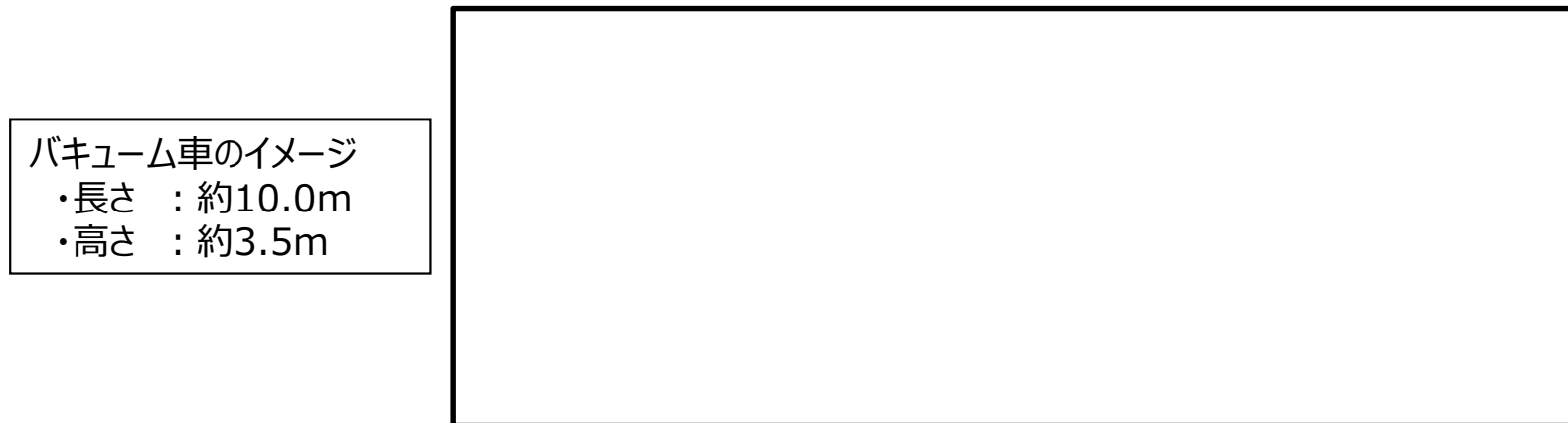


図3-9：バキューム車と取水口呑口との関係（イメージ）

4. 漂流物衝突評価

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**

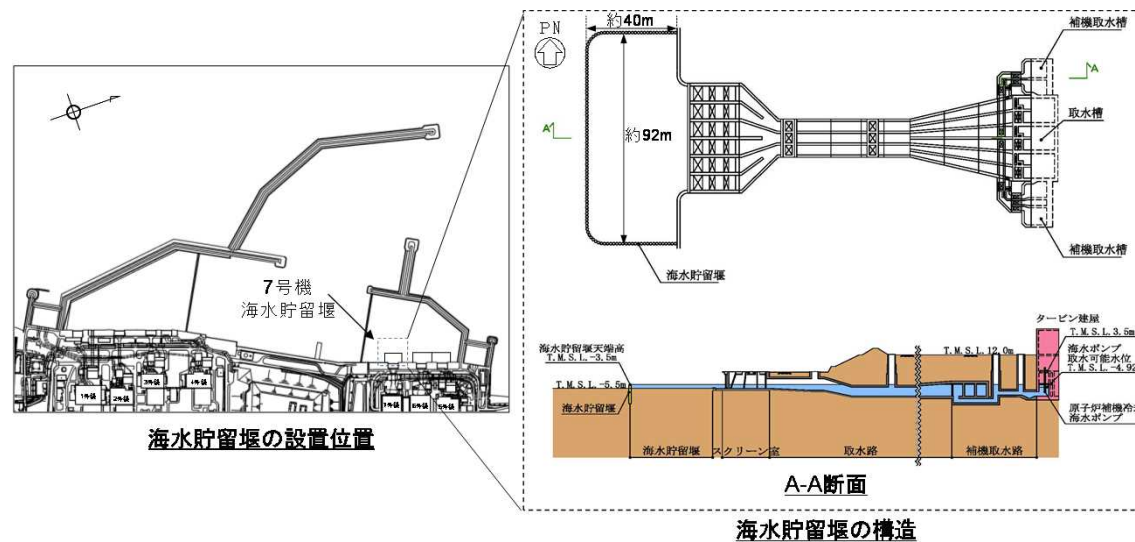


図4-1：海水貯留堰の位置及び構造（7号機を代表として記載）

(4) 設置形態を考慮した衝突モード

- 天端がT.M.S.L.-3.5mであるため、漂流物の喫水等を考慮すると、基本的には引き波により水位が低下した後の押波時に衝突事象が発生
- 衝突し得る漂流物としては、海水貯留堰前面の海域に存在する漂流物に加え、背面の護岸部 (T.M.S.L.+3.0m) に設置・仮置き等される施設・設備等が護岸部遡上波により漂流・滑動し、海水貯留堰前面の海域に移動する事象も考慮の必要有り
- 浮遊状態で漂流する漂流物の一般的な喫水 (1m程度) を考慮すると、浮遊状態で漂流物の衝突が生じるのは水位がT.M.S.L.-2.0m以下になる期間に限定される。

(5) 漂流物衝突検討対象期間の設定

- 「2.2 津波に関するサイト特性」に示す基準津波1～3の水位時刻歴より、海水位がT.M.S.L.-2.0mを下回るのは、**基準津波1**；●時間まで、**基準津波2**；●時間まで、**基準津波3**；●**時間**までとなる。
- 漂流物の整理にあたっては、上記期間を参照する。

4.2 衝突影響評価対象漂流物の整理

- 基準津波 1～3 について、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は表3-4に示すとおり。
- 浮遊状態の漂流物に関しては、前頁に示す通り検討対象期間を限定することが可能。
- 検討対象期間を限定し、津波の流向・流速を検討することにより、「●●」について海水貯留堰に到達しないことを確認

検討対象期間を限定することで、除外可能な漂流物に関する検討結果を追而

4.3 既往の漂流物衝突荷重算定式の適用性の整理

- 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、初期配置等を踏まえ、各式の適用性を以下のとおり整理

表4-1：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。 | 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（陸域）又は「直近（海域）」からの流木に対して適用可能と判断する。 |
| 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。 | 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。 |
| 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 | 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。 |
| 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。 | 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。 |
| 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。 | 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（陸域）又は「直近（海域）」からの流木に対して適用可能と判断する。 |
| 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。 | 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（陸域）又は「直近（海域）」からの漂流物に対して適用可能と判断する。 |
| FEMA (2019) | 流木 乗用車 石材・コンクリート 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。 | 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（陸域）又は「直近（海域）」からの漂流物に対して適用可能と判断する。 |

4.4 漂流物衝突荷重の算定結果

表4-2：漂流状態で衝突する漂流物の衝突荷重算定結果

整理中

| 種類 | 内容・名称 | 重量 | 状態 | 適用式 | 漂流物衝突荷重[kN] |
|-----|------------|---------|----|------------------|--------------|
| 船舶 | 作業船（ゴムボート） | 1.0t 未満 | 浮遊 | FEMA (2012) | 軽車両に包含 |
| 資機材 | ユニットハウス等 | 1.0t 未満 | 浮遊 | FEMA (2012) | 軽車両に包含 |
| 車両 | 軽自動車 | 1.0t 以下 | 浮遊 | FEMA (2012) | 499 |
| 植生 | 流木 | 140kg | 浮遊 | 道路橋示方書 (2002) | 1 |
| | | | | FEMA (2012) | (参考値) 143 |

表4-3：滑動状態で衝突する漂流物の衝突荷重算定結果

整理中

| 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 | 約10t | 滑動 | 4.4.1参照 | 〇〇※ |
| 機器類 | 電気・制御盤 | 約4t | 滑動 | 4.4.1参照 | 〇〇※ |
| 資機材 | ハウジングカバー等 | 1.0t未満 | 滑動 | 4.4.1参照 | バキューム車に包含 |
| 一般構築物 | 監視カメラ等 | 1.0t未満 | 滑動 | 4.4.1参照 | バキューム車に包含 |

4.4.1 滑動状態での衝突荷重について

1. 滑動状態で衝突する漂流物の衝突荷重

- 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/SEI7-16 (米国土木学会の基準, 2016) に従うように記載されている。
- ASCE/SEI7-16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例示されている。

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

- ここで、ASCE/SEI7-16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 (499kN) に包含される。

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

2. 海水貯留堰護岸接続部への落下防止対策

- 海水貯留堰護岸接続部附近への落下防止対策として、必要に応じて「津波漂流物対策施設設計ガイドライン, 平成26年3月, 沿岸技術研究センター」に示されている津波漂流物対策施設等の自主対策設備の設置についても検討する。
- 「津波漂流物対策施設設計ガイドライン」によれば、津波漂流物対策施設については、漂流物が衝突しても変形しながら完全には破断せずに漂流物を捕捉し、張力を保持することにより衝突荷重を抵抗することを基本としており、基準地震動Ssに対する耐震設計や、繰り返しの津波に対する弾性設計の考え方とは異なる。