

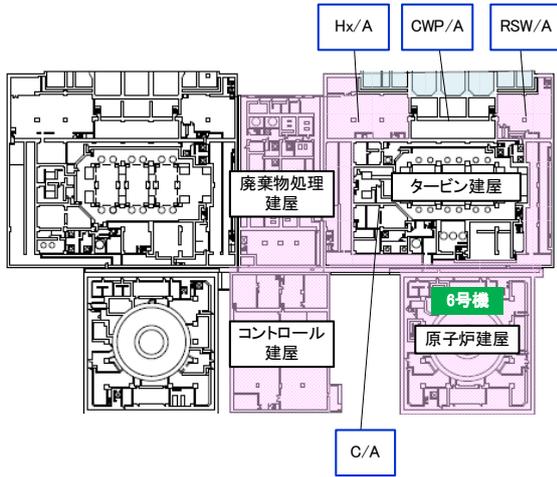
設計基準対象施設・重大事故等対処施設の
津波防護対象設備を内包する建屋及び区画

取水槽及び補機取水槽

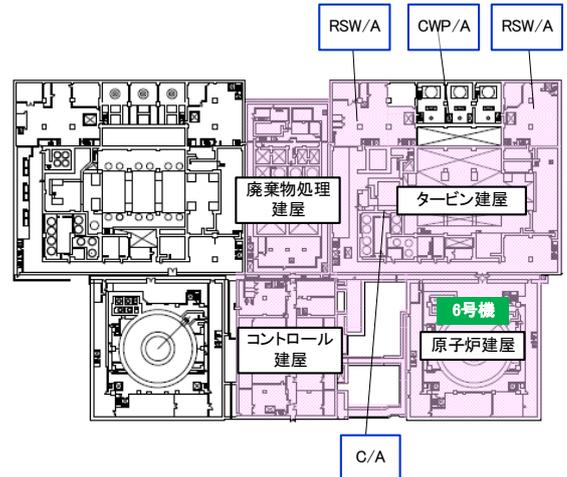
凡例

- タービン建屋内の主要なエリア
- ・CWP/A : 循環水ポンプを設置するエリア
- ・RSW/A : 非常用海水冷却系を設置するエリア
- ・C/A : 復水器を設置するエリア
- ・Hx/A : タービン補機冷却水系熱交換器を設置するエリア

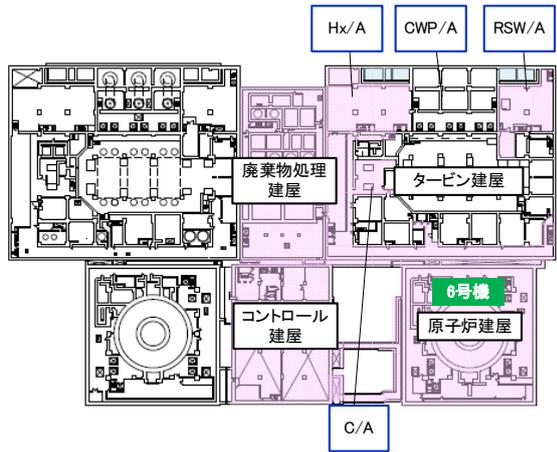
* 地上1階以上については、保守的に浸水防護重点化範囲と設定



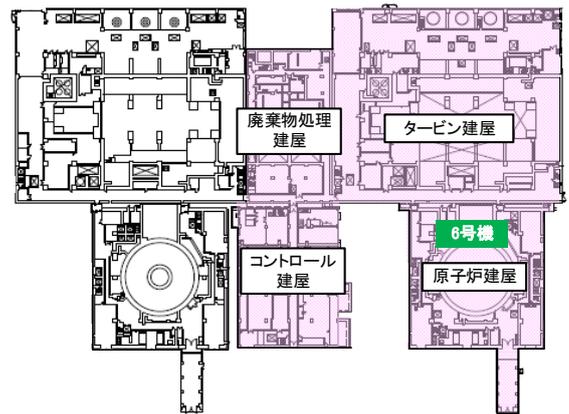
地下3階(タービン建屋地下2階)
* タービン建屋床面高さT.M.S.L.-5.1m



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



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



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

図 2.3-2 (2) 浸水防護重点化範囲

(3) 内郭防護として保守的に想定する溢水事象の整理

柏崎刈羽 6号では、タービン建屋内において低耐震機器等の破損により、内部溢水及び津波による溢水が発生する。工認審査ガイド「3.5.2 浸水防護重点化範囲の境界における浸水対策」を踏まえ、内郭防護として図 2.3-3 に示す溢水事象を保守的に想定する。タービン建屋内で発生する溢水事象である(a)～(c)については次頁以降に示す各事象における事象進展を考慮し、設置許可基準規則別記 3 における「津波による溢水」に該当するか否かの整理を行う。

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

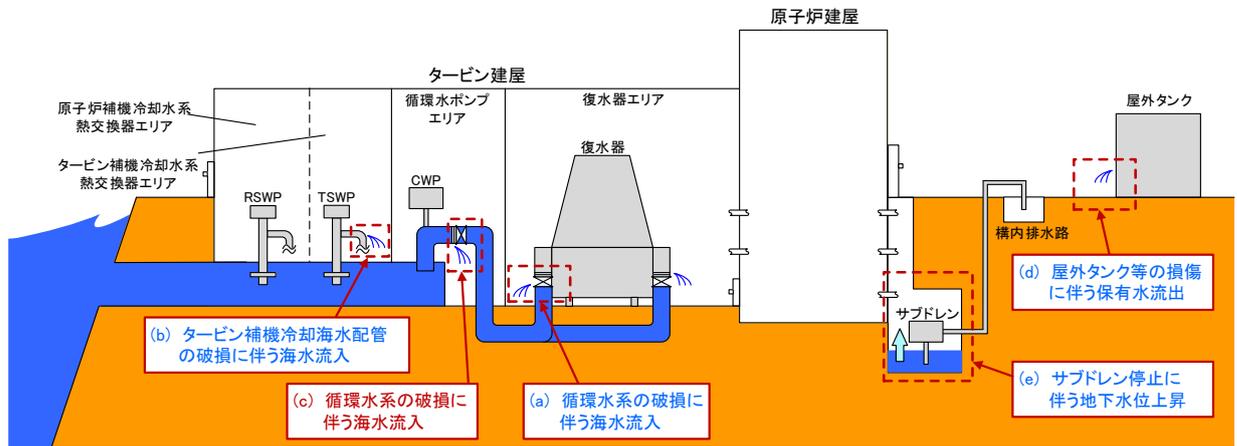


図 2.3-3 内郭防護において保守的に想定する溢水事象

(a) 復水器エリアにおける循環水配管の破損に伴う溢水の事象進展

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

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

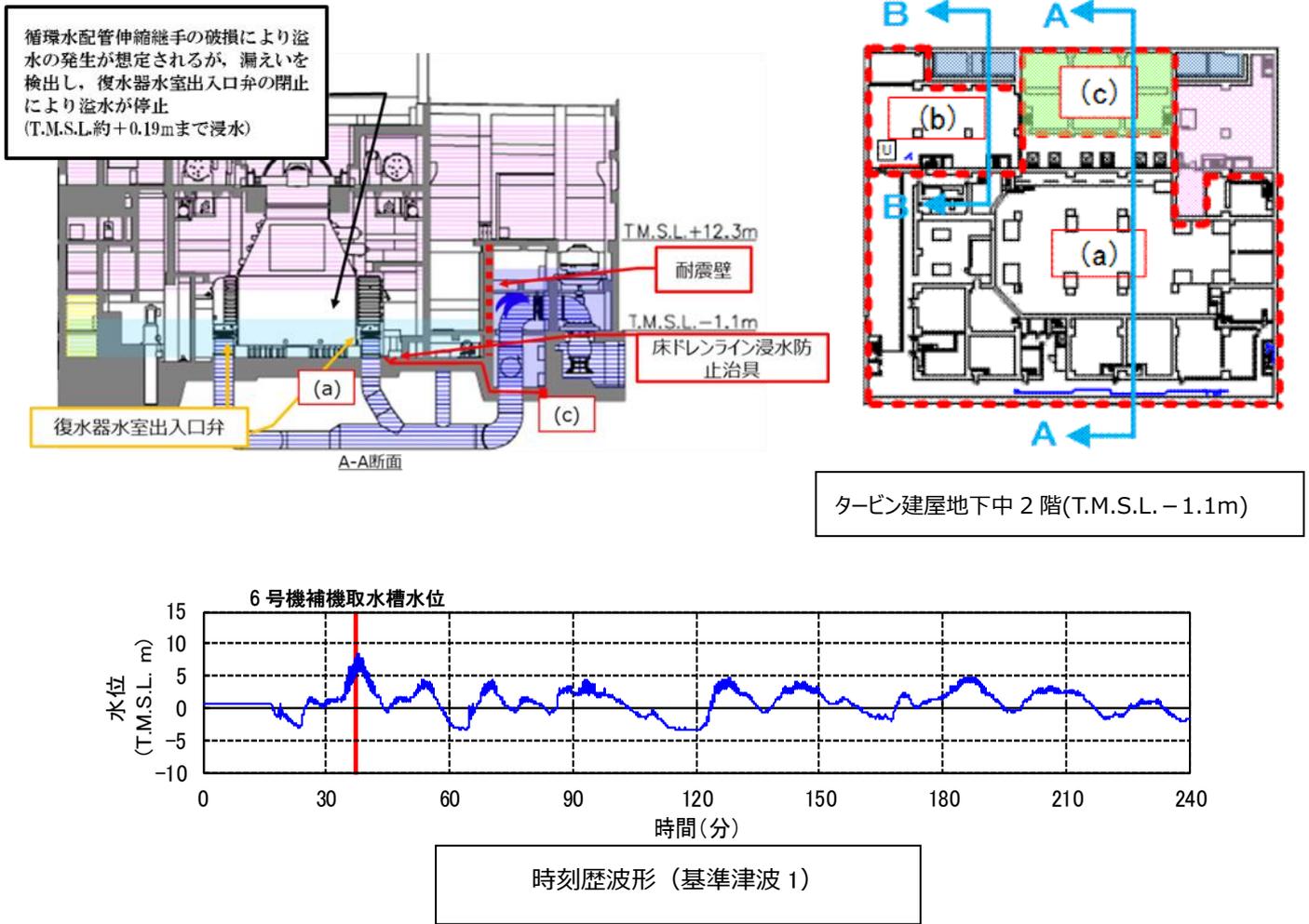


図 2.3-4 復水器エリアにおける溢水事象

(b) タービン補機冷却海水配管の破損に伴う溢水の事象進展

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

①，②よりタービン補機冷却海水配管の破損に伴う溢水は内部溢水事象と整理

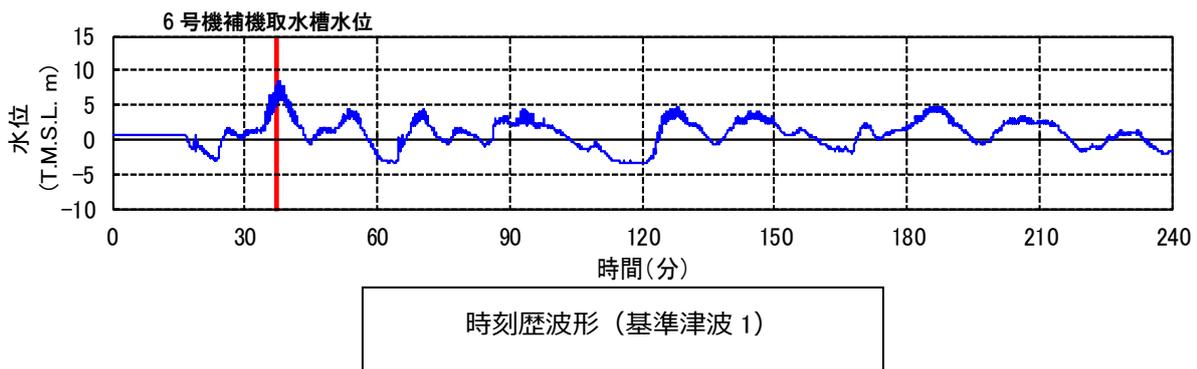
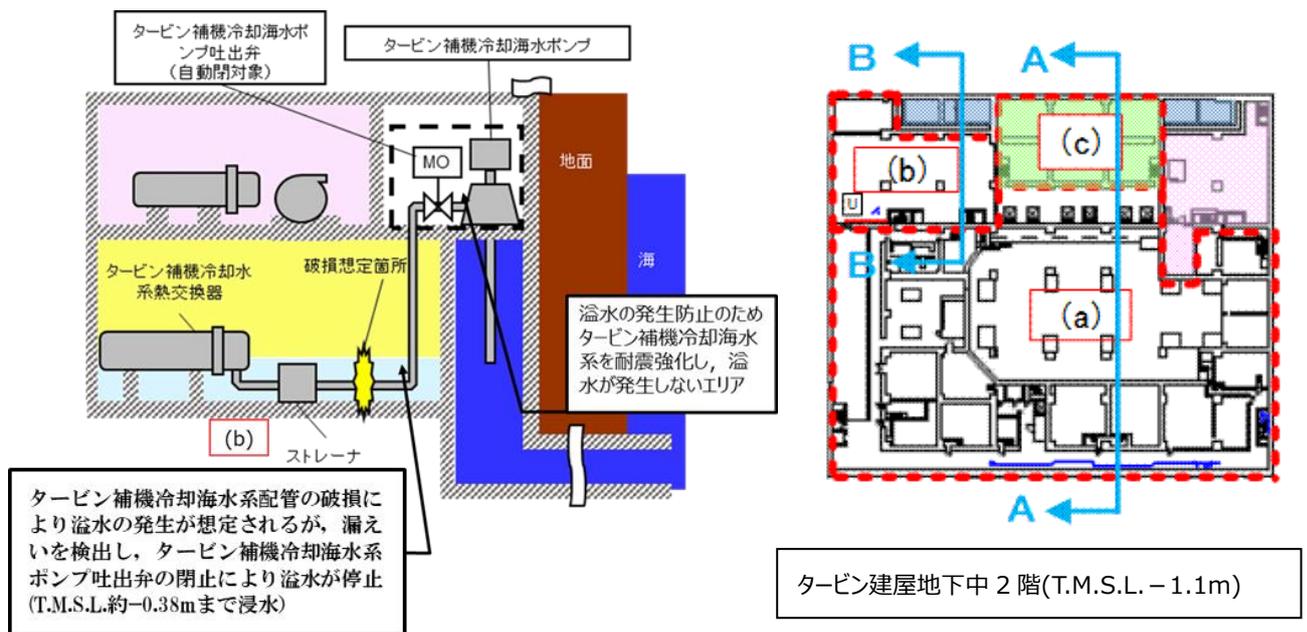


図 2.3-5 タービン補機冷却系熱交換器エリアにおける溢水事象

(c) 循環水ポンプエリアにおける循環水系の破損に伴う溢水の事象進展

- ① 地震により系統保有水及び海水が循環水ポンプエリアに流入（内部溢水事象）
- ② 循環水ポンプの押し込みにより，水位が T.M.S.L. 約+12.18m まで上昇
- ③ 循環水ポンプ電動機の浸水によりポンプが停止，内部溢水が停止
- ④ 津波の到達により津波が流入（津波事象）

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

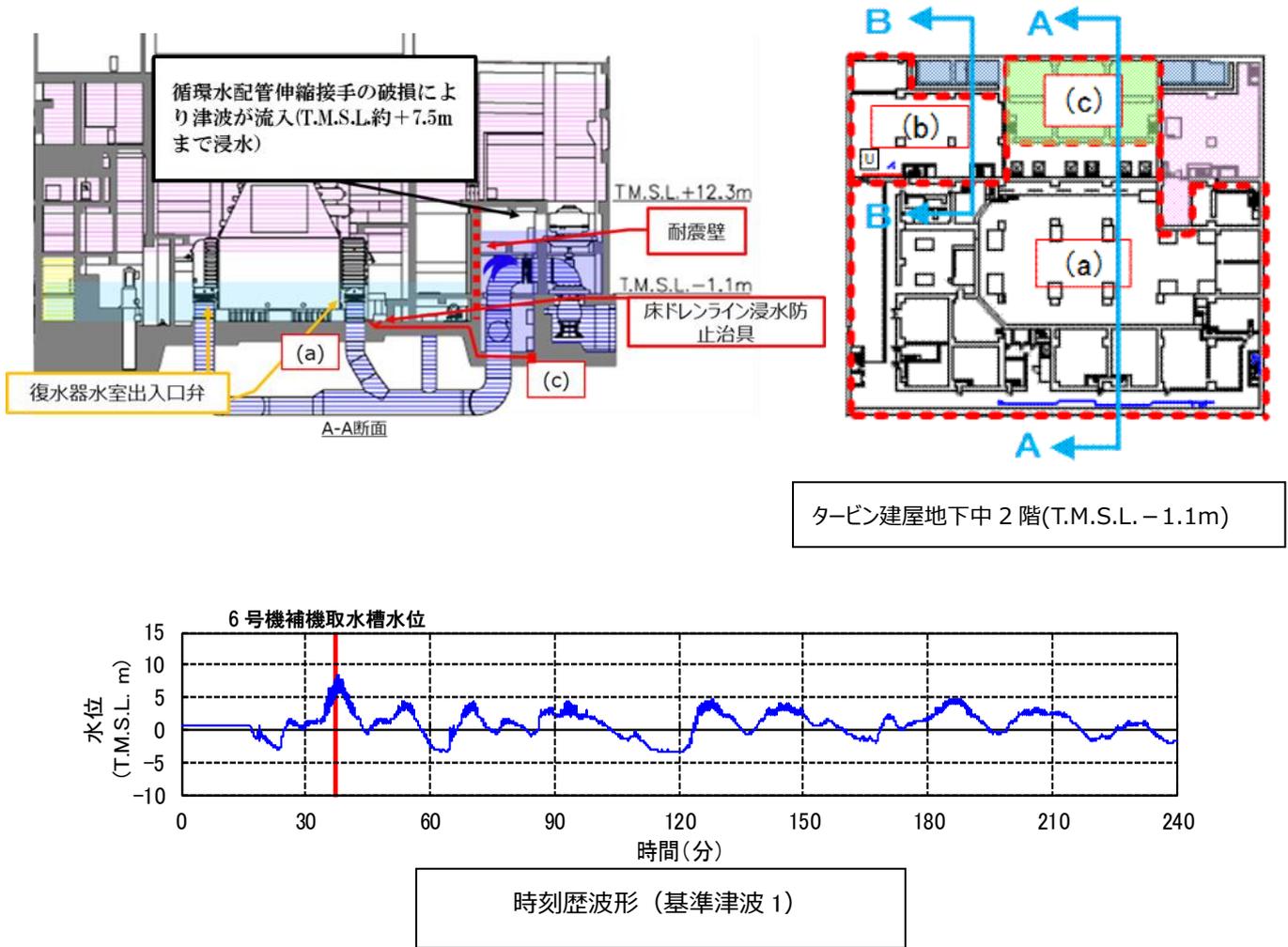


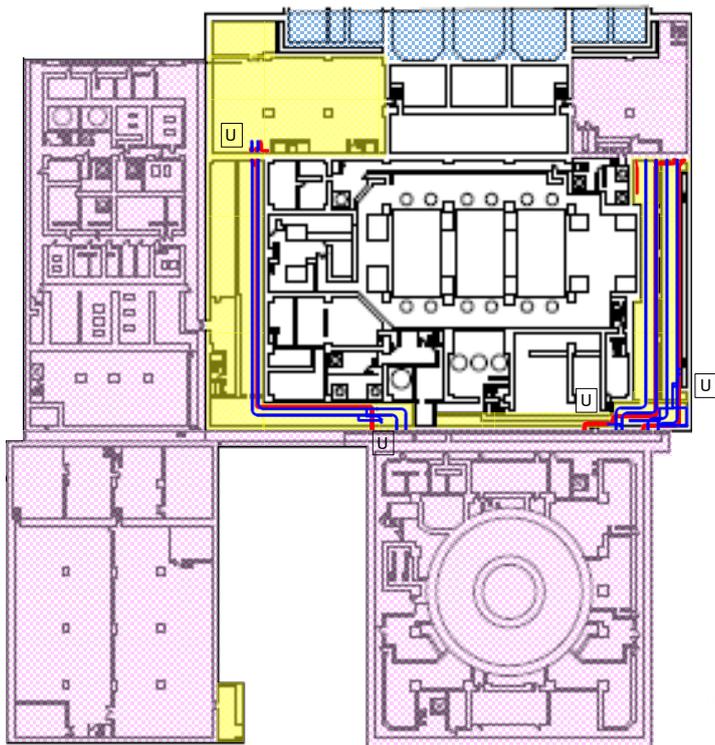
図 2.3-6 循環水ポンプエリアにおける溢水事象

(4) 各溢水事象を踏まえた設計方針

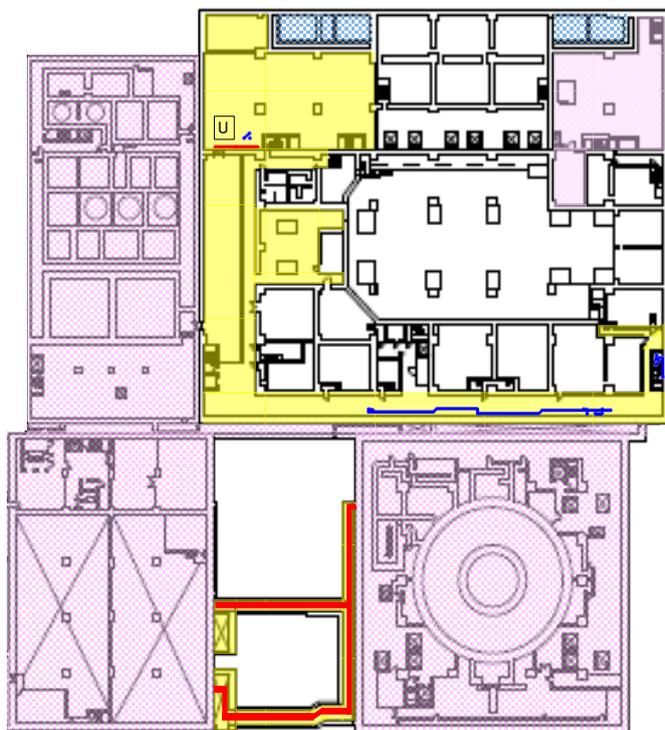
(3)において整理を行った津波による溢水が発生する区画については、津波による影響を可能な限り小さくすることを目的とし、設置許可基準規則別記3における「浸水防護重点化範囲への浸水の可能性のある経路及び浸水口を特定し、それらに対して浸水対策を施すこと」を適用し、同エリアと浸水防護重点化範囲の境界に浸水対策を実施する。内部溢水による溢水が発生する区画については、同エリアと接続する浸水防護重点化範囲の特性を考慮し、浸水防護重点化範囲内に設置される施設・設備の安全機能喪失を防止する設計とする。表2.3-1に各溢水事象を踏まえた浸水防護重点化範囲の設計方針をまとめる。また、図2.3-7に表2.3-1の設計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

表 2.3-1 浸水防護重点化範囲の設計方針

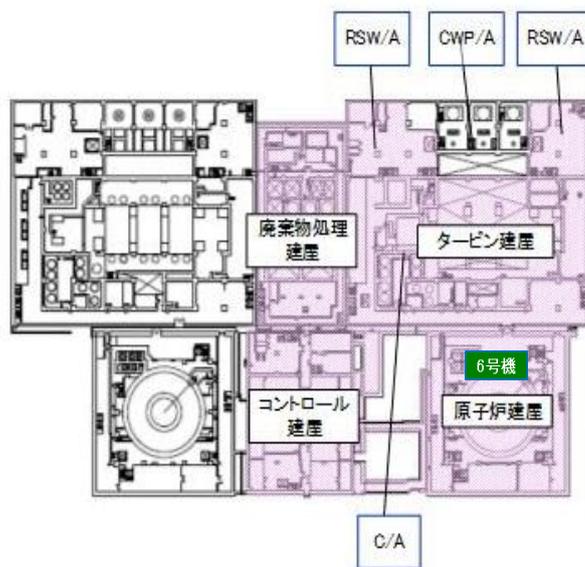
| | 浸水防護重点化範囲 | 浸水防護重点化範囲 (浸水を想定するエリア) |
|-------------------------|---|---|
| 範囲内に設置する設備 | 耐震Sクラス動的機器(ポンプ, 電源盤等), 耐震Sクラス静的機器(配管, 電路等) | 耐震Sクラス静的機器(配管, 電路等)(浸水により機能喪失しないことを確認) |
| 津波による浸水が発生する区画に隣接する場合 | 浸水経路に対して浸水対策を実施し, 当該範囲の浸水を防止することで, 安全上重要な機器の機能喪失を防止 | 浸水経路に対して浸水対策を実施し, 当該範囲の浸水を防止することで, 安全上重要な機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



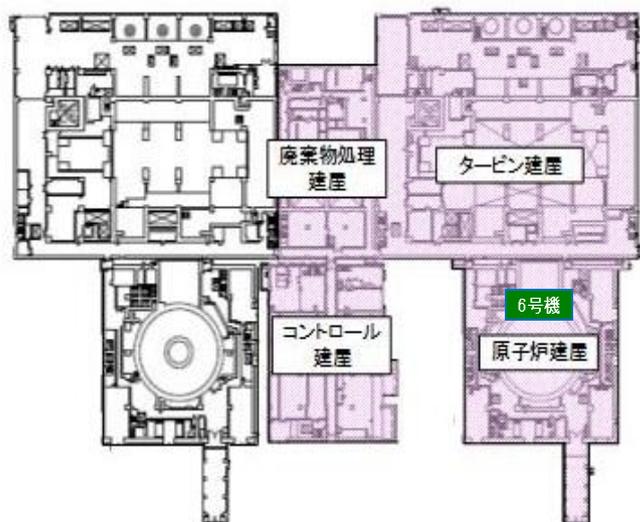
(1) タービン建屋地下2階 (T.M.S.L. -5.1m)



(2) タービン建屋地下中2階 (T.M.S.L. -1.1m)



(3) タービン建屋地下1階 (T.M.S.L. 4.9m)



(4) タービン建屋1階 (T.M.S.L. 12.3m)

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

図 2.3-7 タービン建屋の浸水防護重点化範囲

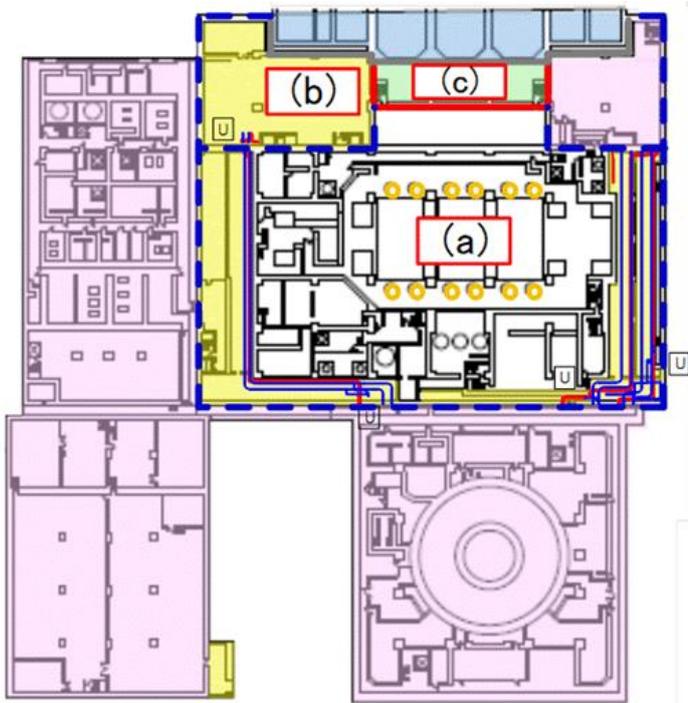
(5) 浸水防護重点化範囲等との境界の位置付けの整理

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

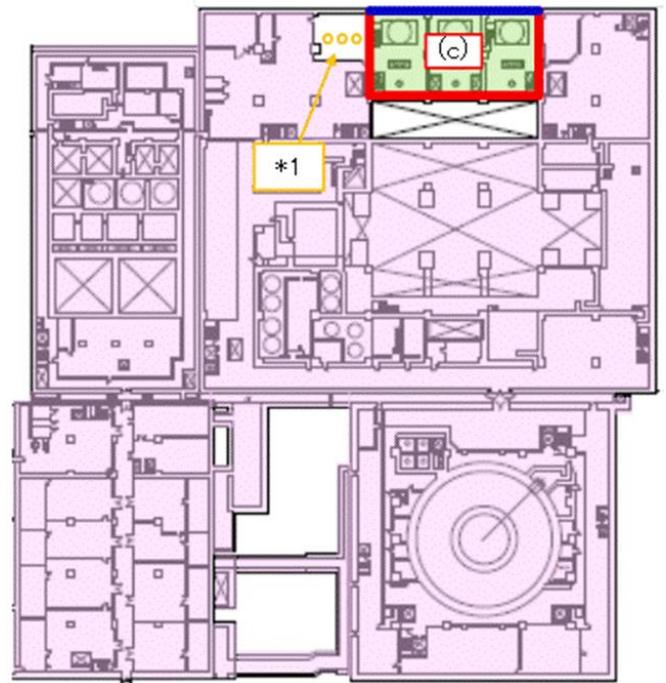
表 2.3-2 によりタービン建屋内の各境界を整理した結果を図 2.3-8 に示す。

表 2.3-2 浸水防護重点化範囲等の境界の整理

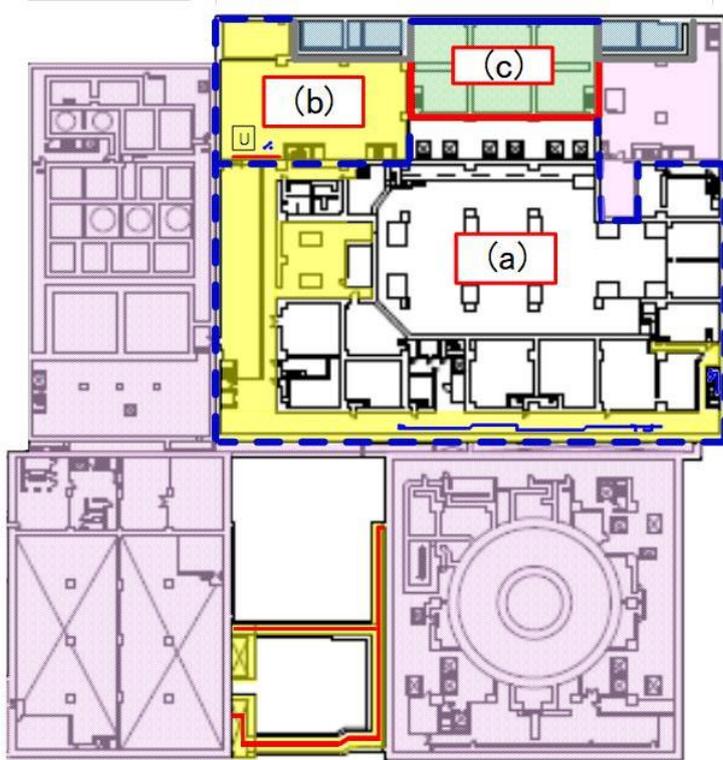
| 溢水が発生する区画 | 溢水伝播の防止先 | 境界における対策の位置付け | 図2.3-8での線種 | 備考 |
|-----------|-----------------------|----------------|---|---|
| 津波による溢水 | 浸水防護重点化範囲 | 津波対策 (内郭防護) |  | - |
| | 浸水防護重点化範囲(浸水を想定するエリア) | | | |
| | その他区画 | 内部溢水対策 |  | <ul style="list-style-type: none"> • その他区画を介し、浸水防護重点化範囲へ浸水することを防止する箇所の止水対策は、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



(1) タービン建屋地下2階 (T.M.S.L. -5.1m)



(3) タービン建屋地下1階 (T.M.S.L. 4.9m)



(2) タービン建屋地下中2階 (T.M.S.L. -1.1m)

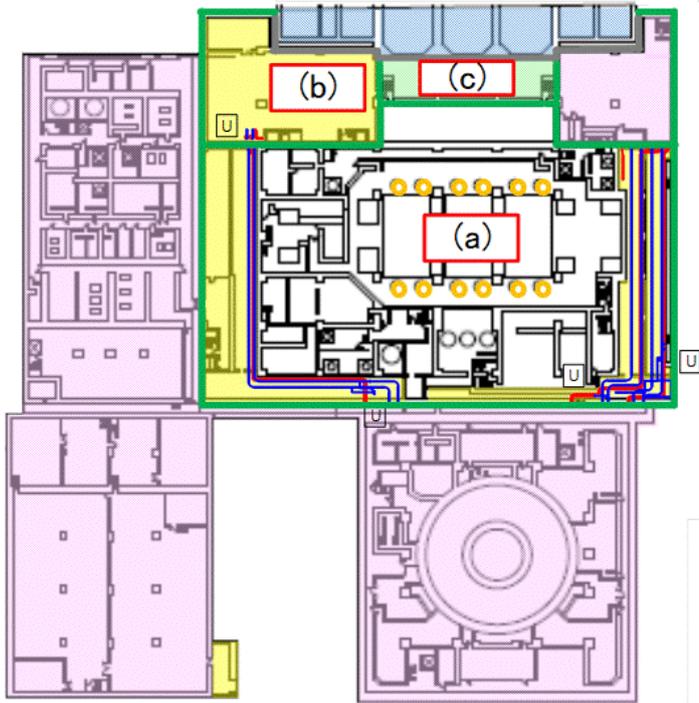
- : 浸水防護重点化範囲
- : 浸水防護重点化範囲 (浸水を想定するエリア)
- : 外郭防護 (参考)
- : 静的な耐震Sクラス電路
- : 静的な耐震Sクラス配管

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

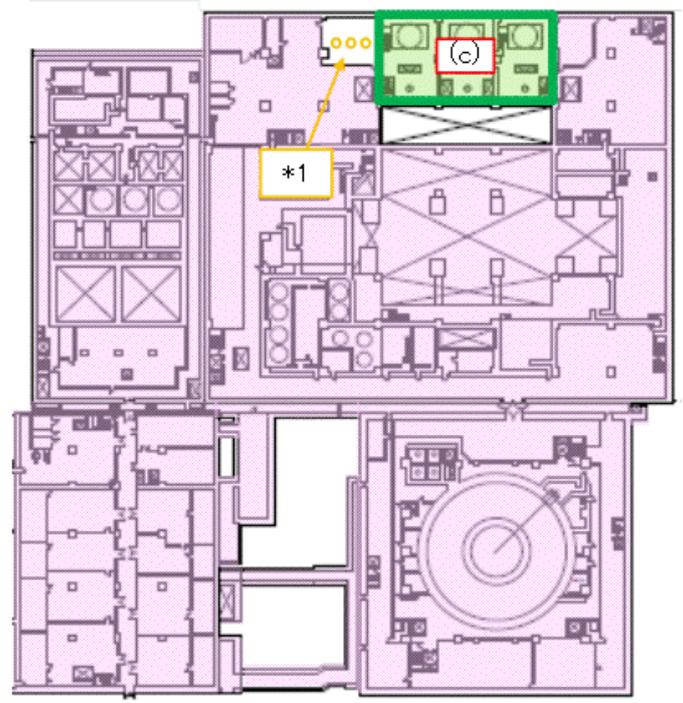
図 2.3-8 タービン建屋内の境界の整理

(6) 浸水防護重点化範囲等の浸水対策

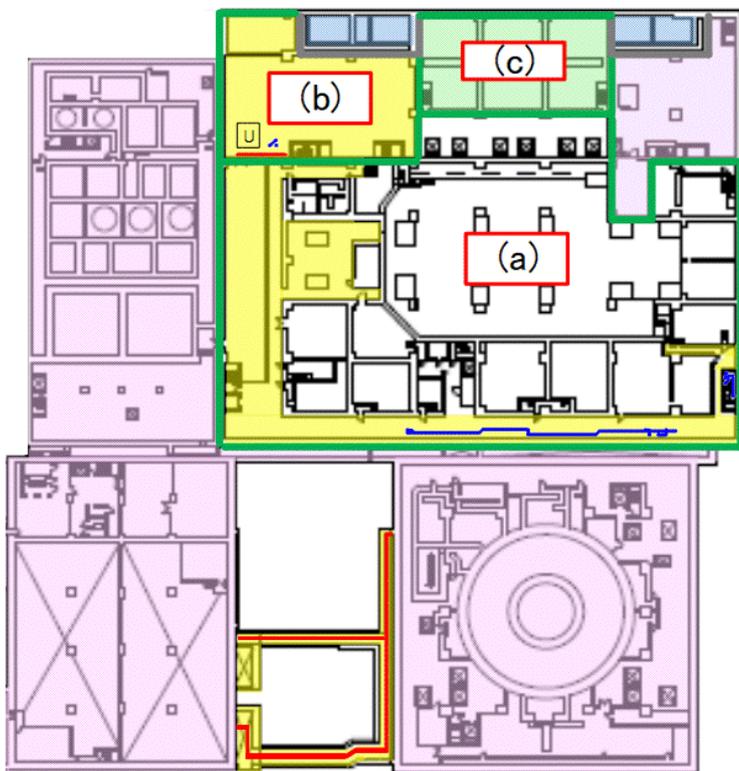
図 2.3-8 で整理を行った各境界に対し，柏崎刈羽 6 号において耐津波設計における内郭防護として設計，工事認可申請上説明を行う止水対策範囲を図 2.3-9 に示す。図 2.3-9 に示す通り，内郭防護として浸水防止設備を設置する範囲は，VI-1-1-9「発電用原子炉施設の溢水防護に関する説明書」における溢水の対策範囲も含むが，これらの範囲に設置する溢水の対策設備についても，柏崎刈羽 6 号においては，耐津波設計と同等の耐震設計を行う。



(1) タービン建屋地下2階 (T.M.S.L. -5.1m)



(3) タービン建屋地下1階 (T.M.S.L. 4.9m)



(2) タービン建屋地下中2階 (T.M.S.L. -1.1m)

- : 浸水防護重点化範囲
- : 浸水防護重点化範囲 (浸水を想定するエリア)
- : 耐津波設計において内郭防護の浸水対策を実施する範囲
- : 外郭防護 (参考)

- : 静的な耐震Sクラス電路
- : 静的な耐震Sクラス配管

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

図 2.3-9 内郭防護として浸水対策を実施する範囲

(7) 浸水防護重点化範囲（浸水を想定するエリア）の基準適合性について

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

表 2.3-3 工認審査ガイドへの適合状況

| | ガイドに記載されている 「規制基準における要求事項等」, 「確認内容」 | 浸水防護重点化範囲 (浸水を想定するエリア) とその境界 |
|---|---|--|
| 3.5.2 浸水防護 重点化範 囲の境界 における 浸水対策 | 地震による溢水に加えて津波の流入を考慮した浸水範囲, 浸水量を安全側に想定すること。 | 津波による溢水は想定されない。ただし, 地震後の溢水については, 弁が閉止するまでにポンプが起動し続け配管破損箇所からの溢水が流入すると想定 |
| | 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に流入する可能性のある経路(扉, 開口部, 貫通口等)を特定し, それらに対して流入防止の対策を施すこと。 | 境界の壁には貫通口等があるため浸水を想定するが, 溢水量低減のために弁を自動閉止するインターロックを設置 |
| | <p>【確認内容】(3)</p> 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>【確認内容】(4)</p> 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。 | 復水器エリアは T.M.S.L. 約+0.19m 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-0.38m まで浸水すると想定。重要な安全機能を有する設備等として静的機器(耐震 S クラス配管・電路等)があるが, 「安全性評価」を実施, 機能が喪失しないことを確認 |

(8) まとめ

柏崎刈羽 6 号の耐津波設計においては、下記の通り、可能な限り止水対策を実施した上で、浸水防護重点化範囲（浸水を想定するエリア）に津波による溢水の流入を防止し、同エリア内で発生する内部溢水については、溢水により安全機能に影響がないことを浸水量評価により行っている。

【浸水防護重点化範囲（浸水を想定するエリア）へ内郭防護】

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

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

海洋を溢水源とする内部溢水浸水エリアの床ドレンライン浸水防止治具の対策状況

(1) 海洋を溢水源とする内部溢水浸水エリアと各エリア間移行水の伝播防止

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

(a) C/A

浸水高さ T.M.S.L. 約+0.19m

循環水系隔離システムによる溢水影響緩和に期待した浸水深

（同エリア内の低耐震機器破損による溢水量も含む）

(b) Hx/A

浸水高さ T.M.S.L. 約-0.38m

タービン補機冷却海水系隔離システムによる溢水影響緩和に期待した浸水深

（同エリア内の低耐震機器破損による溢水量も含む）

(c) CWP/A

浸水高さ T.M.S.L. 約+12.18m

循環水ポンプ電動機が機能喪失し溢水が停止する保守的な浸水深

内部溢水影響評価並びに溢水伝播防止（止水対策）を設定するにあたり、(a) C/A、(b) Hx/A及び(c) CWP/Aの各エリア間移行水の伝播防止を行い合理的な止水対策範囲を設定している。合理的対策の例として、(c) CWP/Aから他エリアに対して伝播防止対策を施さないと、全てのエリアがT.M.S.L. 約+12.18mの浸水深となり伝播した先の止水対策範囲が拡大するため、溢水発生区画間ではあるものの各エリア間移行水の伝播防止を設定している。

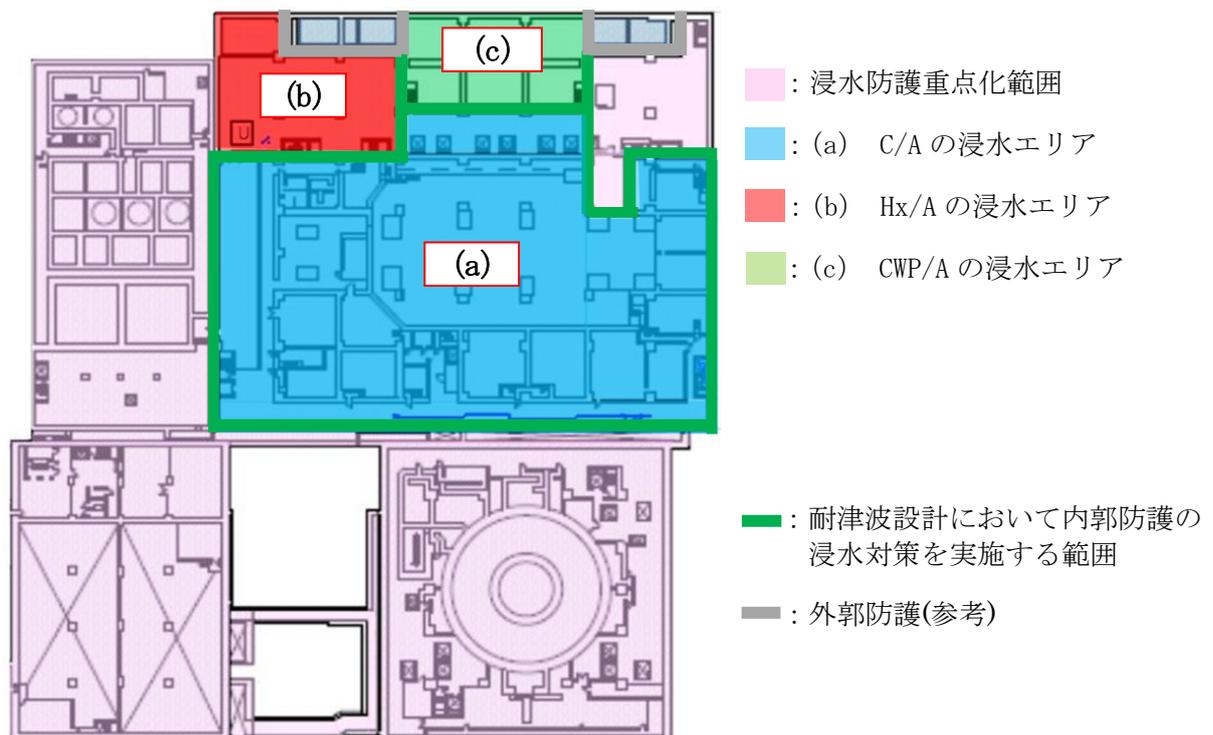


図 2.3-参 1-1 浸水防護重点化範囲と浸水エリア図

資料 2-2.3-参 1-1

(2) 各エリア間移行水を伝播防止する床ドレンライン浸水防止治具の対策状況

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

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

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

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

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

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

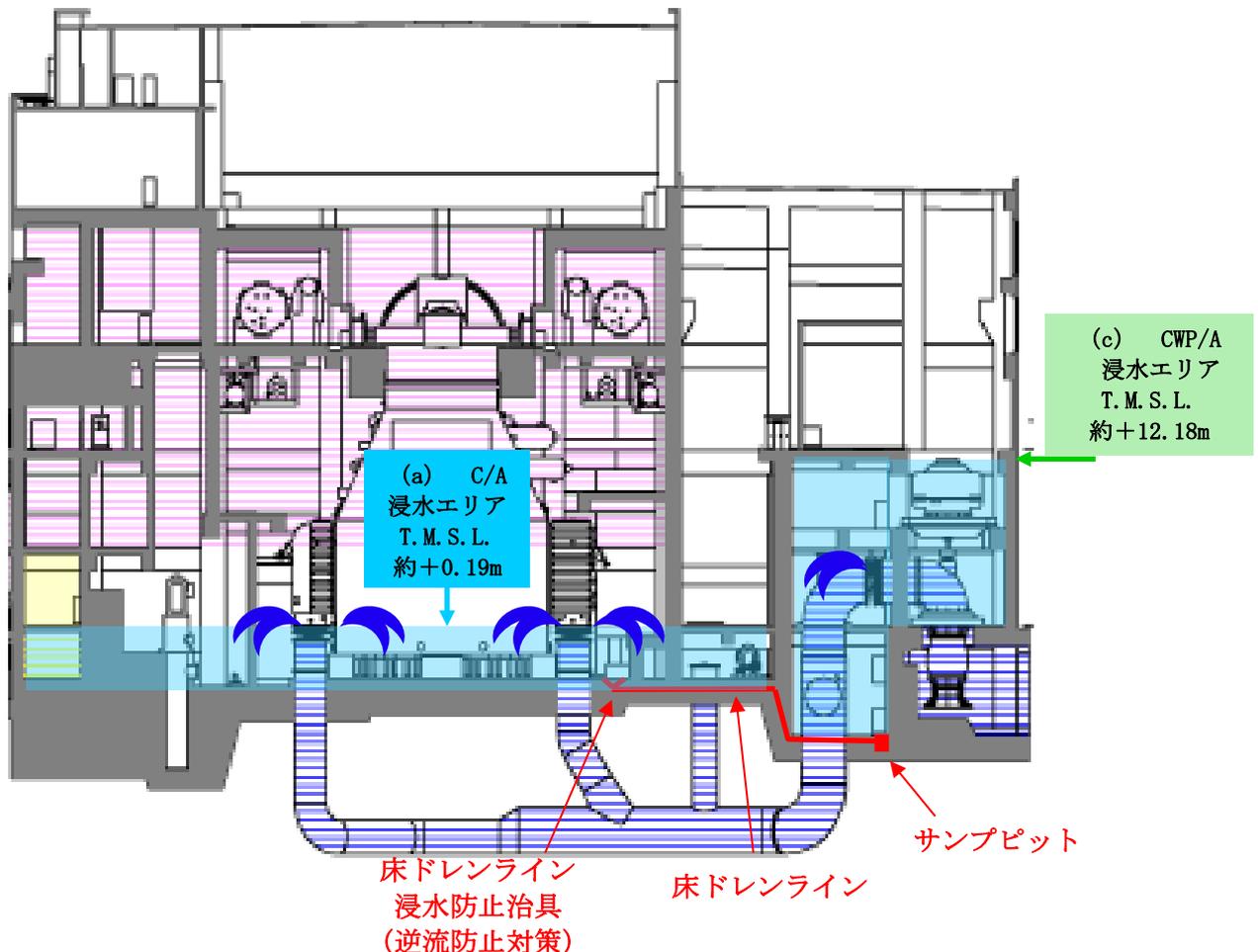


図 2.3-参 1-2 床ドレンライン浸水防止治具配置概要図

3. 取水性に関する考慮事項

3.1 砂移動による影響確認について

3.1 砂移動による影響確認について

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

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

(1) 柏崎刈羽原子力発電所周辺海域における底質土砂の分析結果

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

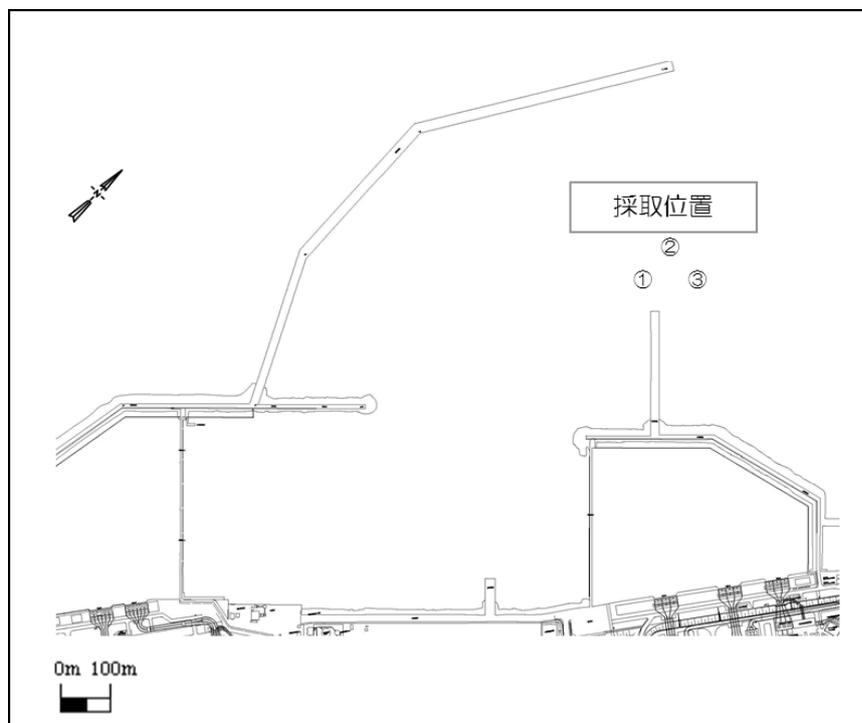


図 3.1-1 底質土砂分析における試料採取場所

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

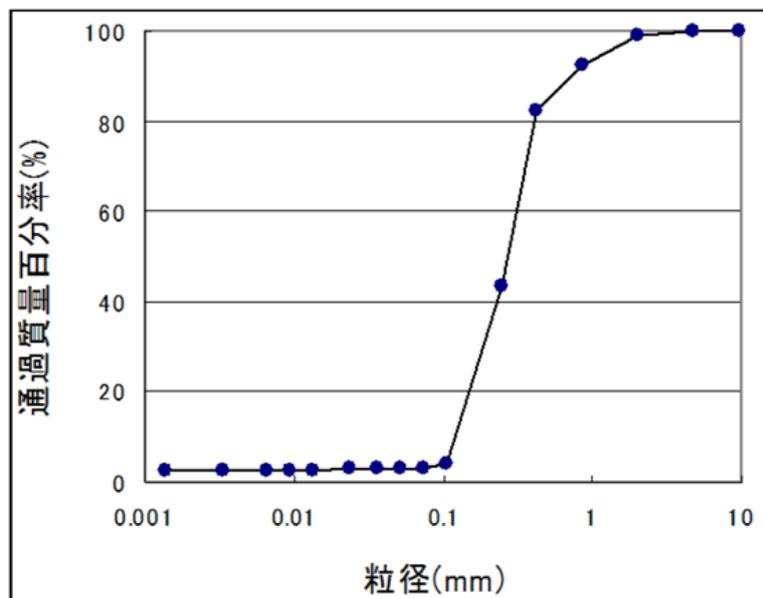


図 3.1-2 分析結果及び粒径加積曲線 (平成 19 年 8 月 24 日実施)

(2) 粒径のパラメータスタディ

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

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

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

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

6号機取水口前面における堆積厚さは基本ケースと比較して同等以下となり、最大約 0.3m となっている。6号機取水口前面における取水口呑口の下端高さは T.M.S.L. -5.5m であり、取水可能高さに対して堆積厚さは十分小さいため、海底の砂の移動は取水口への通水性に影響しないことを確認した。

表 3.1-1 検討ケース

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

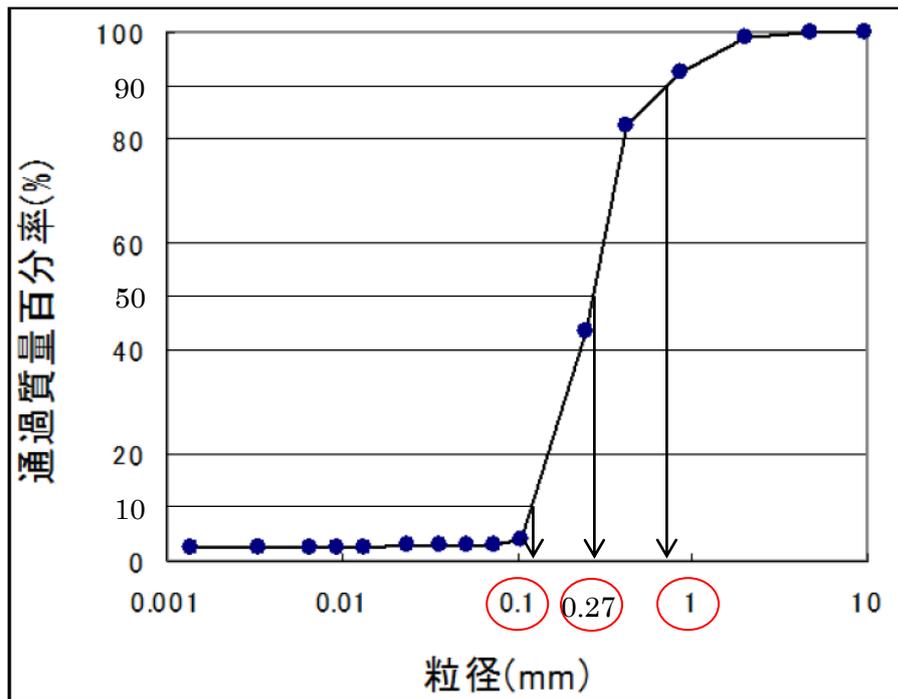


図 3.1-3 粒径加積曲線

表 3.1-2 取水口前面の堆積厚さ

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

注1：取水口前面の堆積厚さは、取水路横断方向の堆積厚さの平均値とした

注2：高橋ほか（1999），浮遊砂濃度の上限値1%

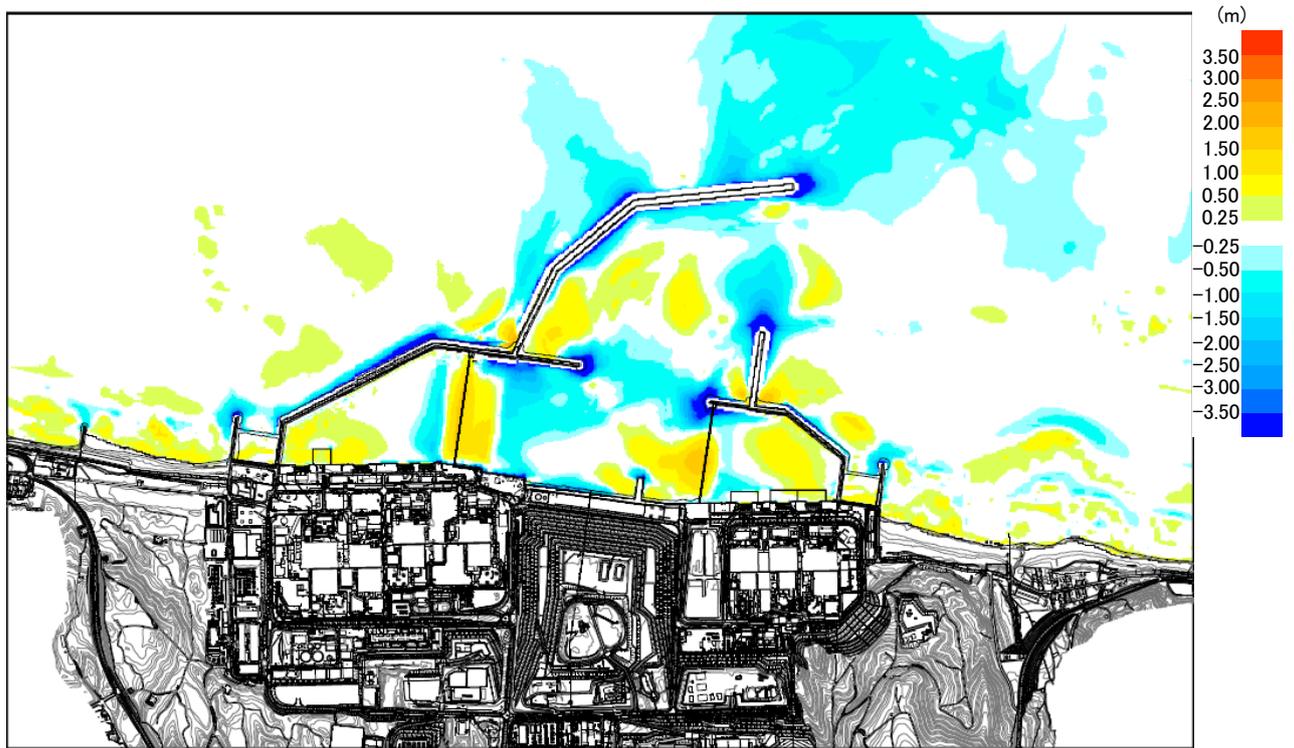


图 3.1-4(1) 堆積侵食分布図 D50 相当 (0.27mm)

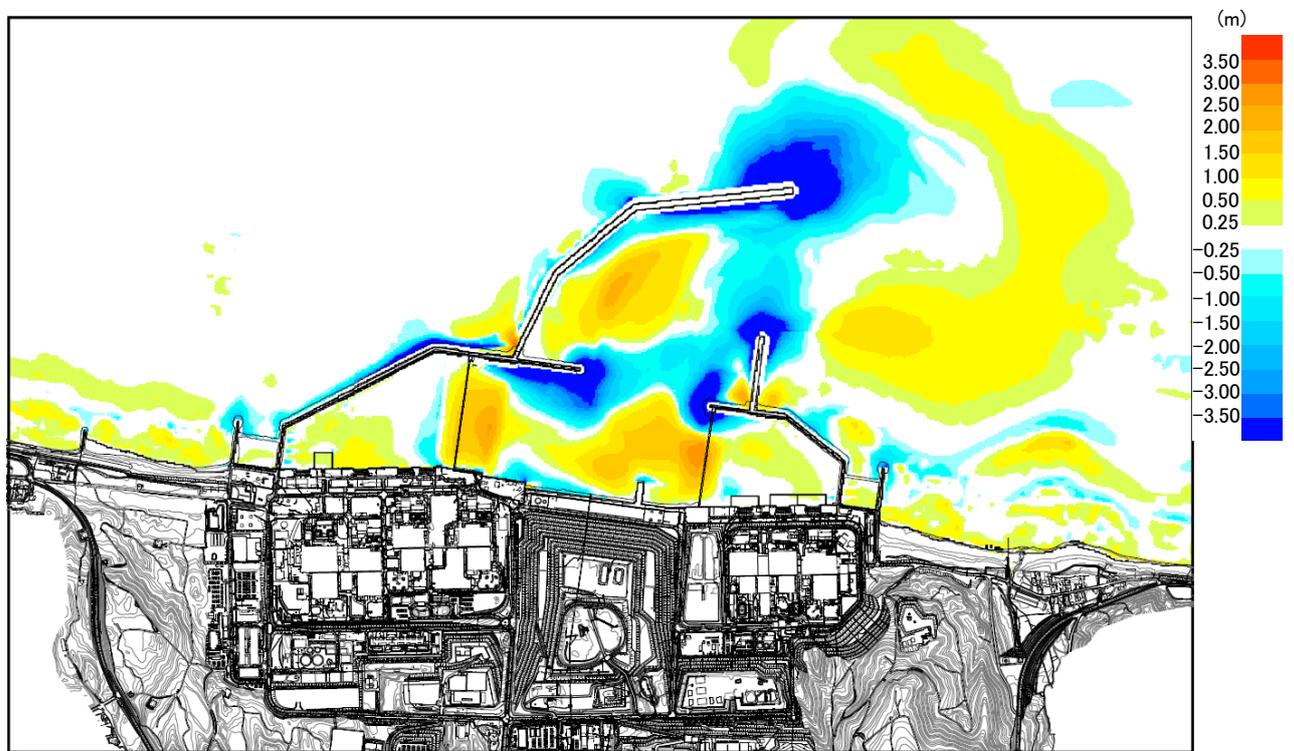


图 3.1-4(2) 堆積侵食分布図 D90 相当 (1mm)

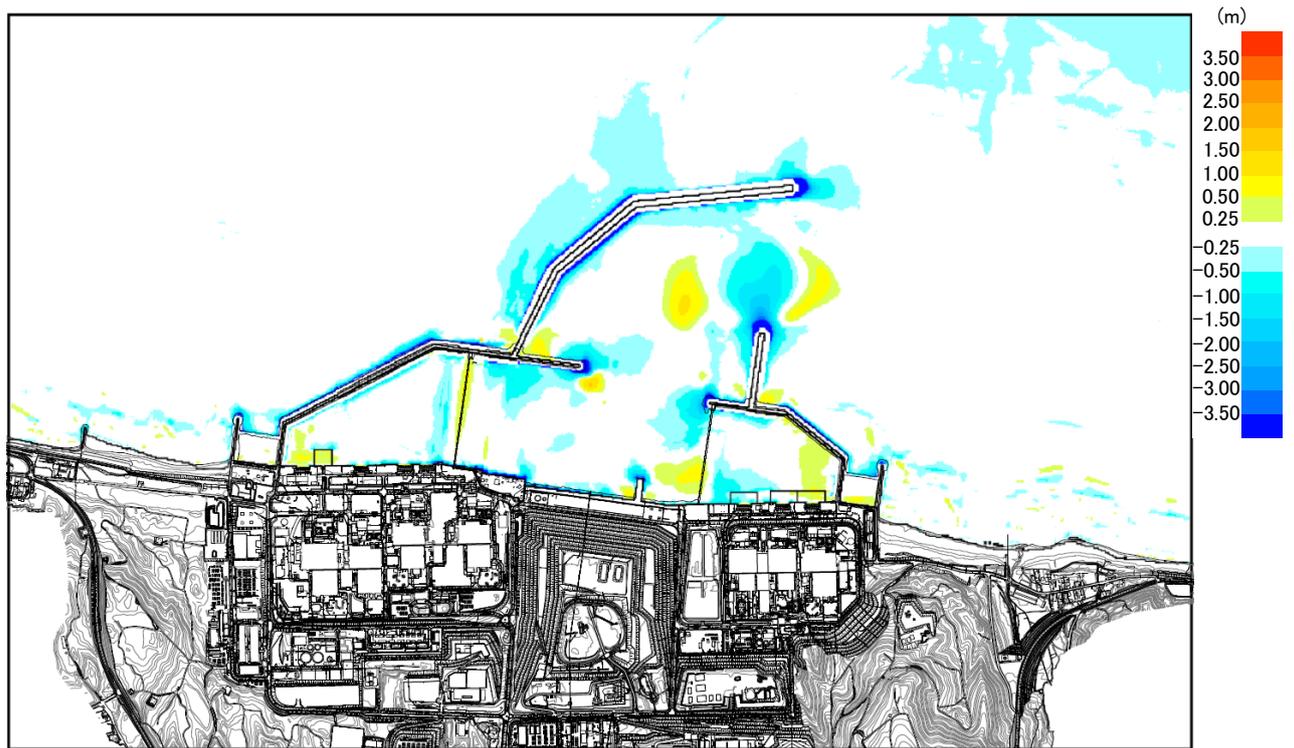


图 3.1-4(3) 堆积侵蚀分布图 D10 相当 (0.1mm)

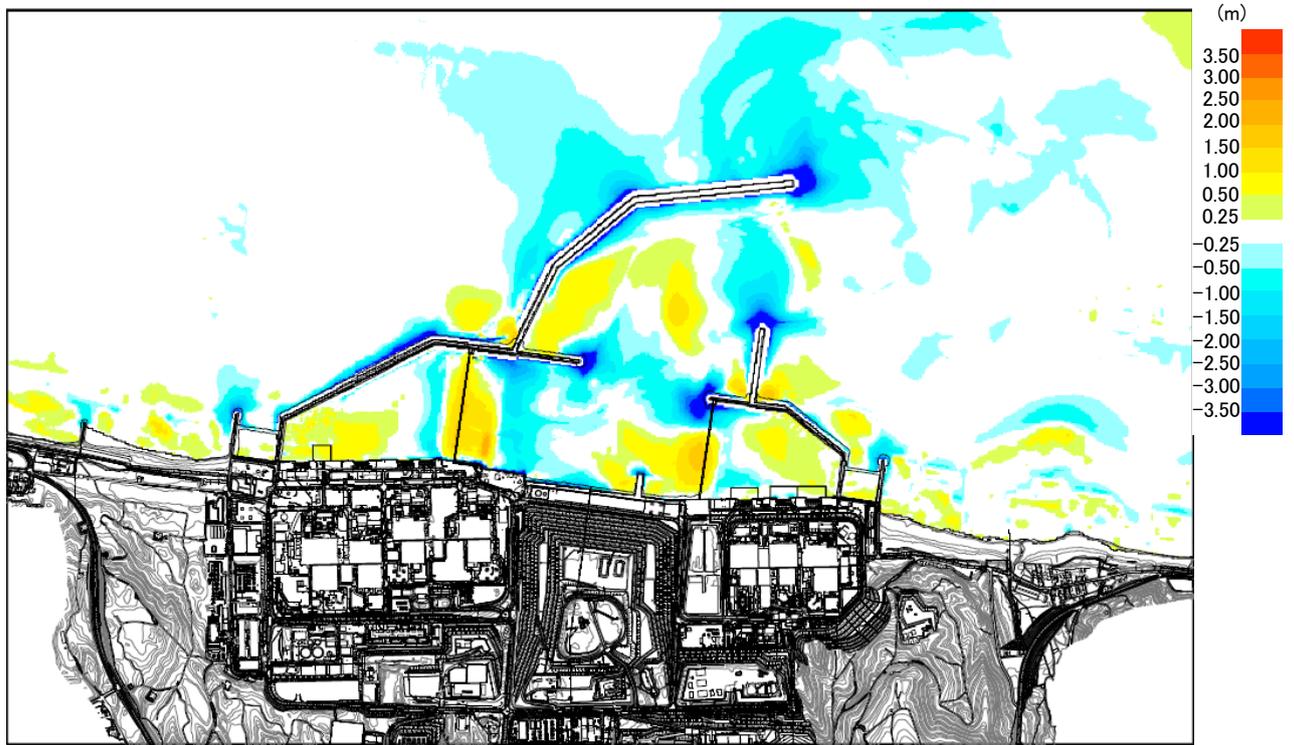


図 3.1-4(4) 堆積侵食分布図 D50 相当 (0.27mm)

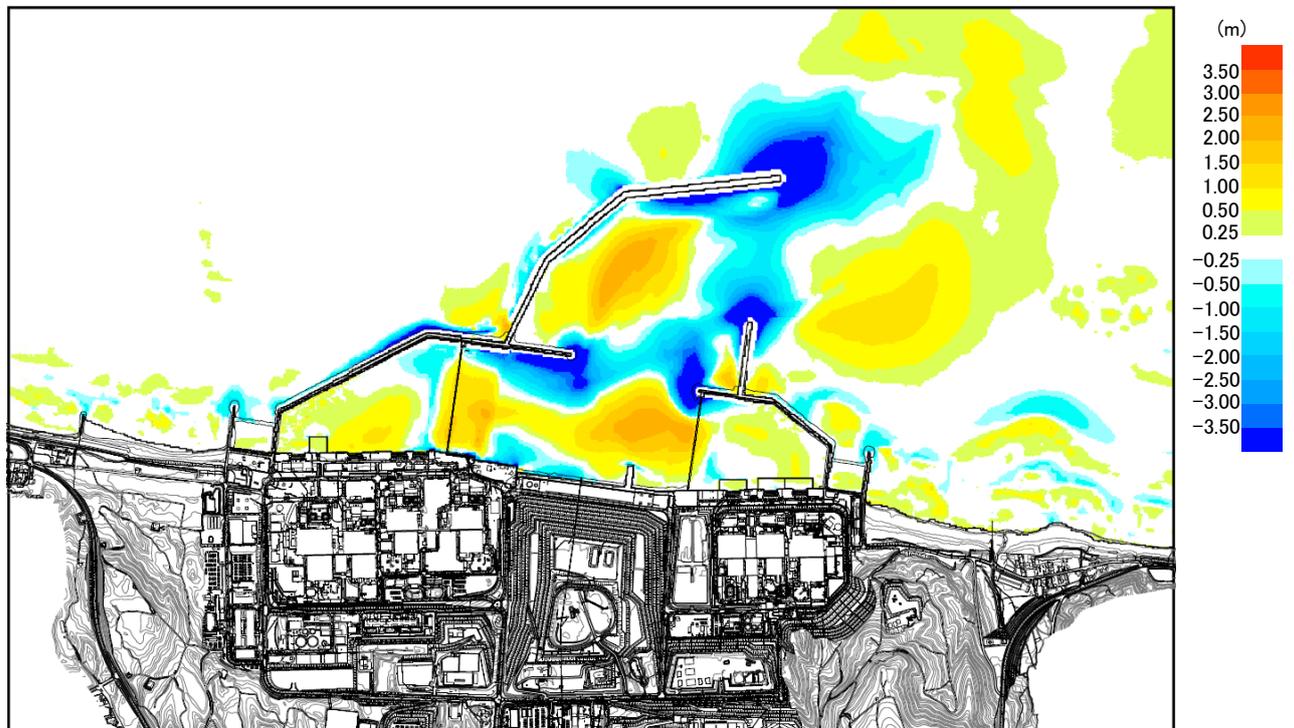


図 3.1-4(5) 堆積侵食分布図 D90 相当 (1mm)

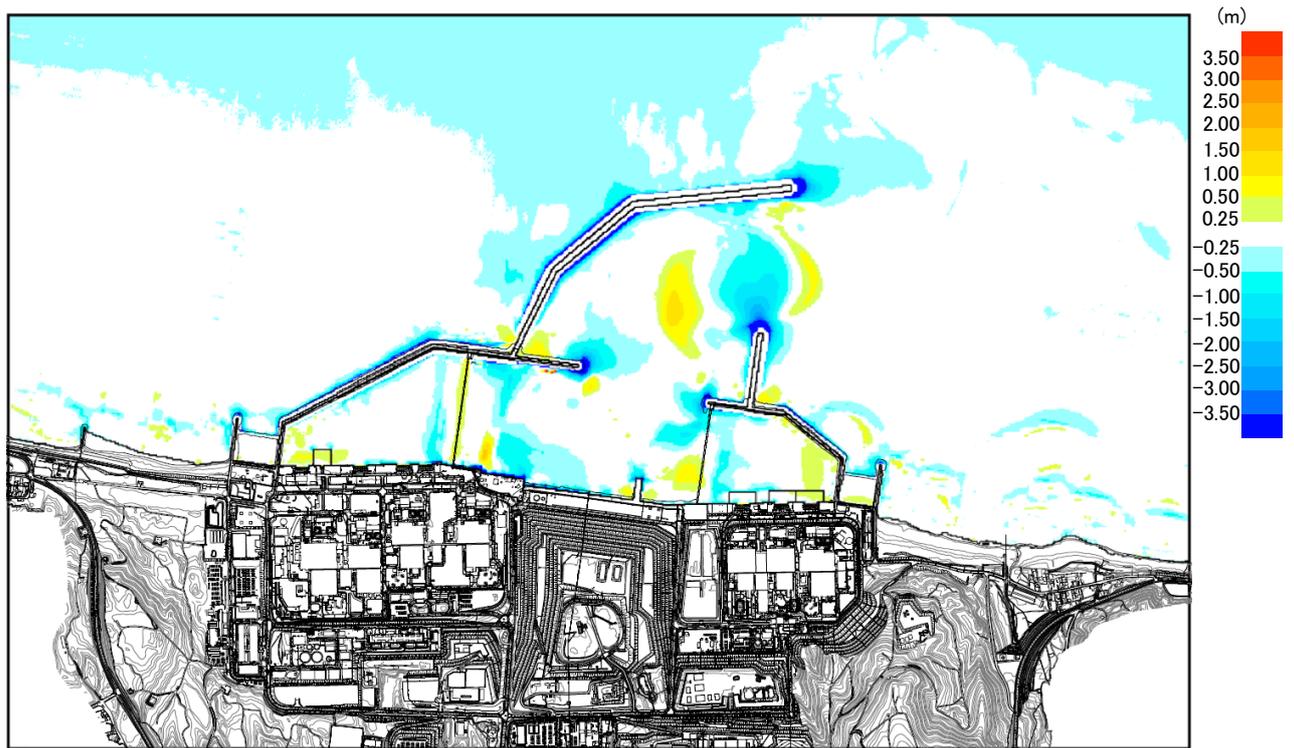


图 3.1-4(6) 堆積侵食分布图 D10 相当 (0.1mm)

(3) 防波堤をモデル化しない状態での影響評価

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

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

6 号機取水口前面における堆積厚さは防波堤をモデル化した状態と比較して 0.4~0.6m 大きくなり、最大約 0.9m となっているものの、取水可能高さに対して堆積厚さは十分小さいため、海底の砂の移動は取水口への通水性に影響しないことを確認した。

表 3.1-3 取水口前面の堆積厚さ

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

注1：取水口前面の堆積厚さは、取水路横断方向の堆積厚さの平均値とした

注2：高橋ほか(1999)、浮遊砂濃度の上限値1%

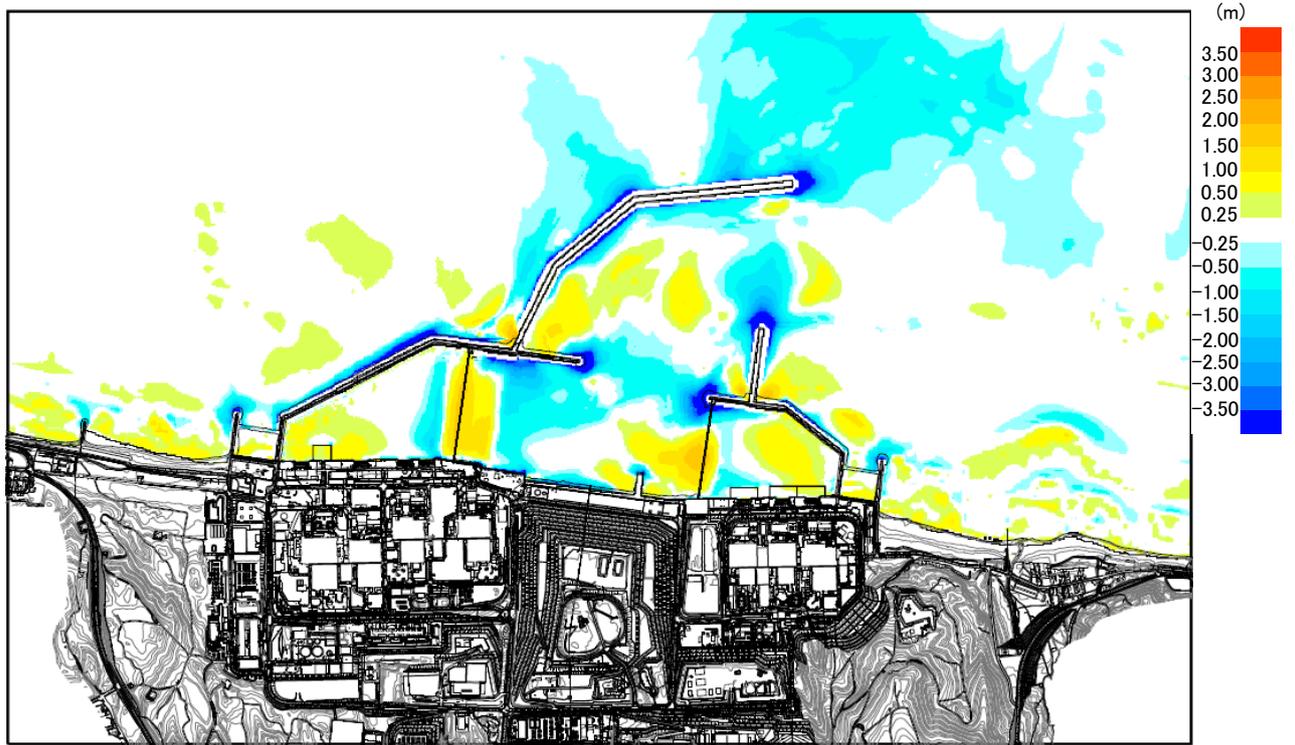


図 3.1-5(1) 防波堤あり

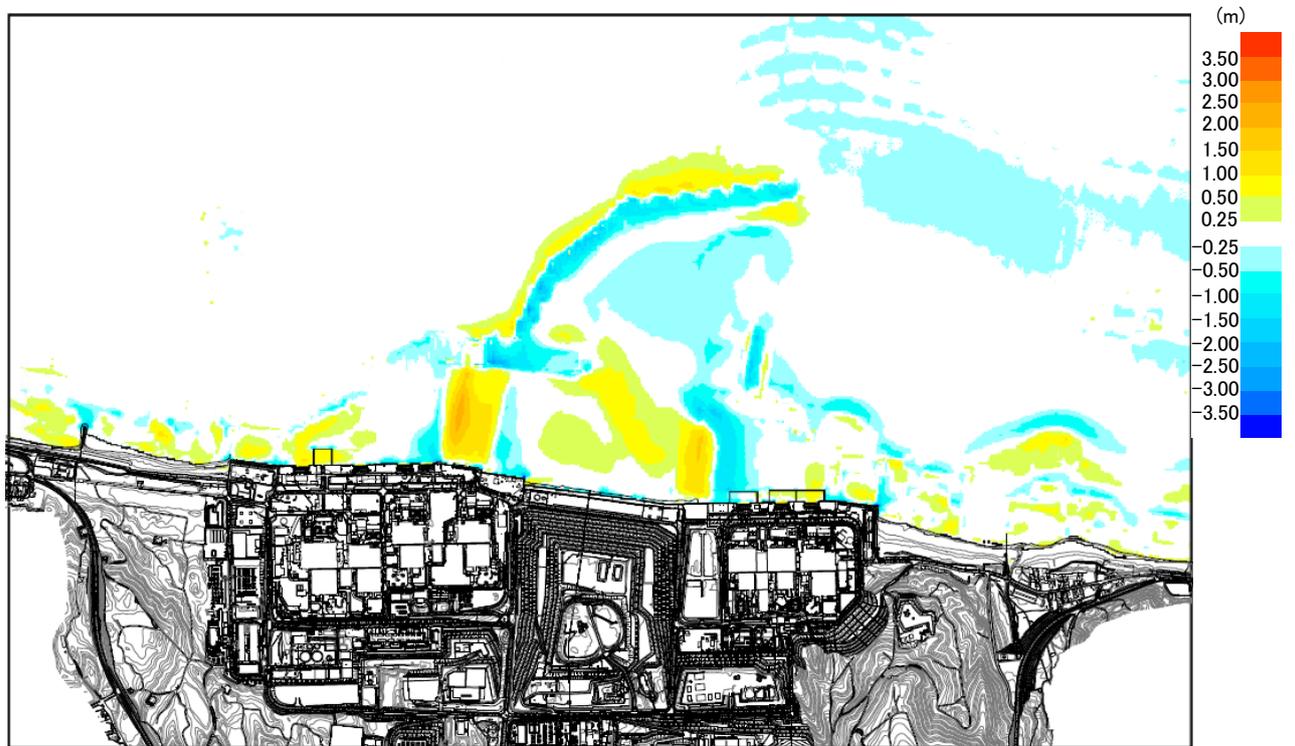


図 3.1-5(2) 防波堤なし

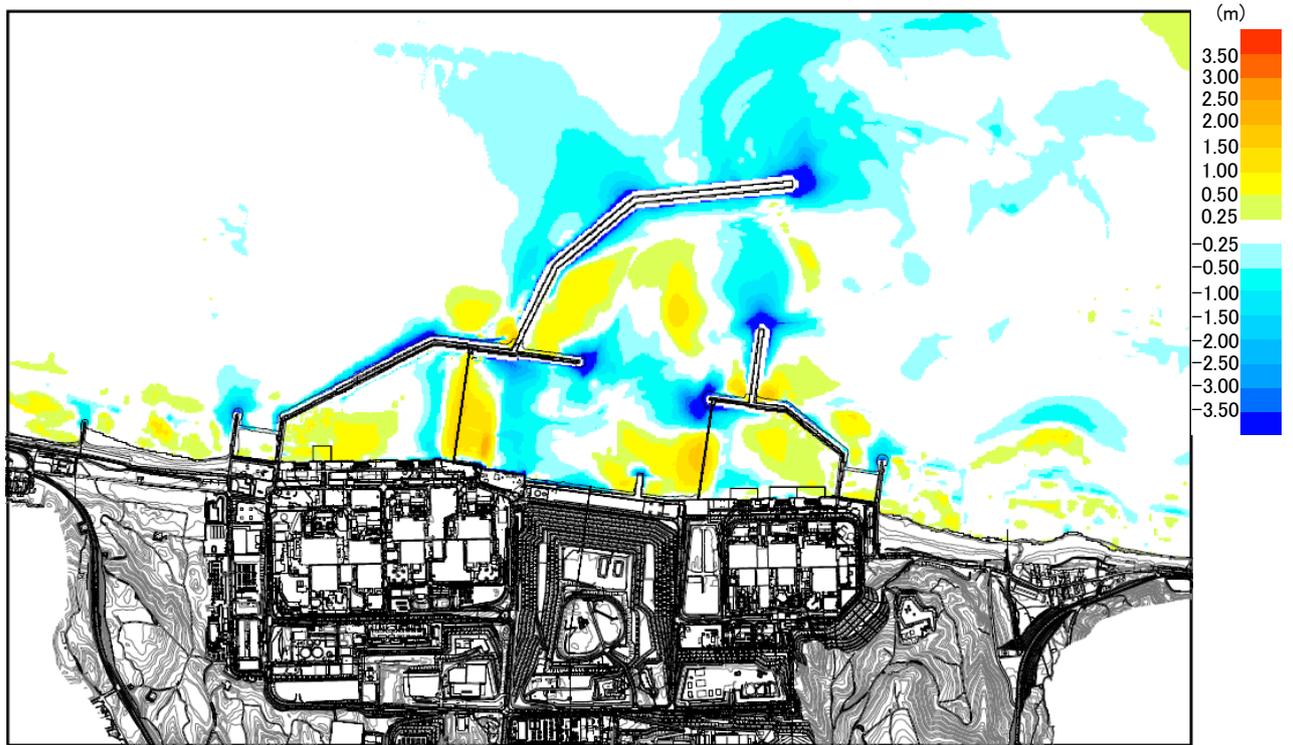


図 3.1-5(3) 防波堤あり

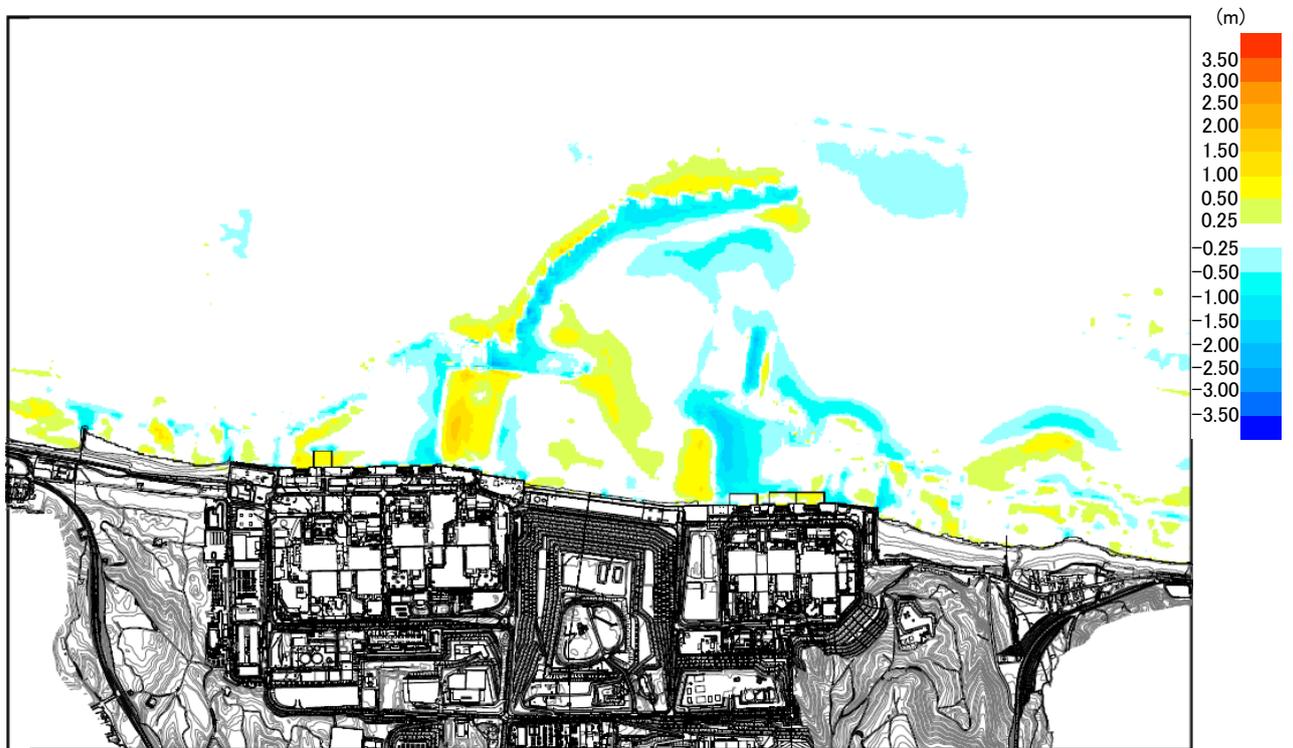


図 3.1-5(4) 防波堤なし

(4) 海水ポンプ軸受けの浮遊砂耐性について

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

a. 取水路における砂移動解析方法

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

砂移動解析の入力条件を表 3.1-4 に示す。

表 3.1-4 砂移動解析の入力条件

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

b. 取水路における砂移動解析結果

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

浮遊砂濃度が最も高い値を示すのは、基準津波 2（防波堤なし）のケース（6号機：図 3.1-6(4)）で地震発生から約 140 分経過した時点で、浮遊砂濃度は 1×10^{-5} wt% 以下であった。なお、海水ポンプ取水位置における砂の堆積量は 0.0cm となっている。

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

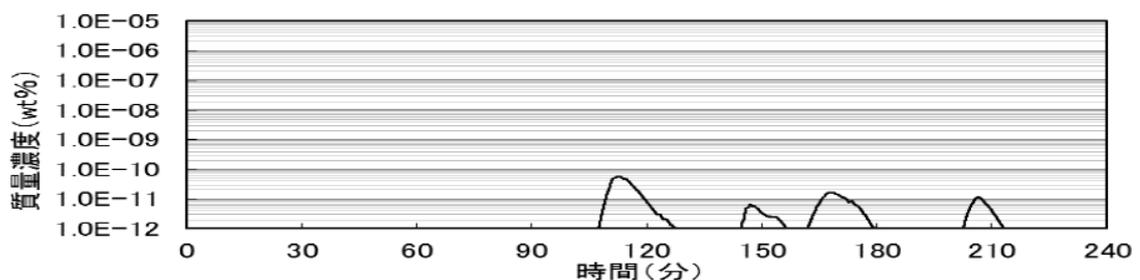


図 3.1-6(1) 6号機 基準津波 1 浮遊砂濃度時刻歴（防波堤あり）

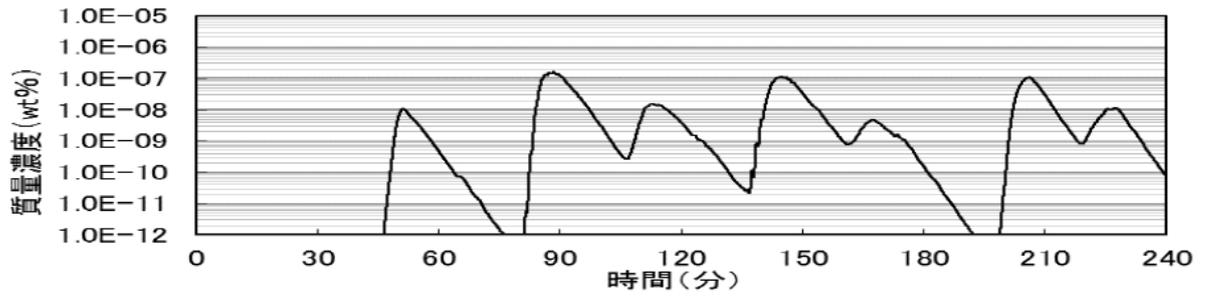


図 3.1-6(2) 6号機 基準津波 1 浮遊砂濃度時刻歴 (防波堤なし)

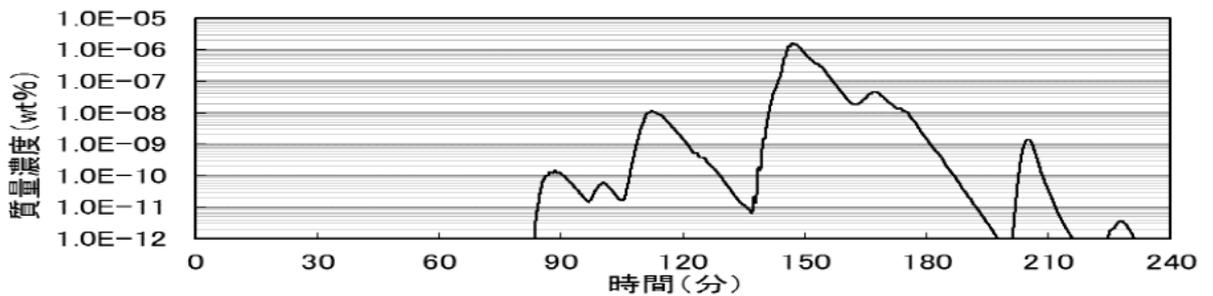


図 3.1-6(3) 6号機 基準津波 2 浮遊砂濃度時刻歴 (防波堤あり)

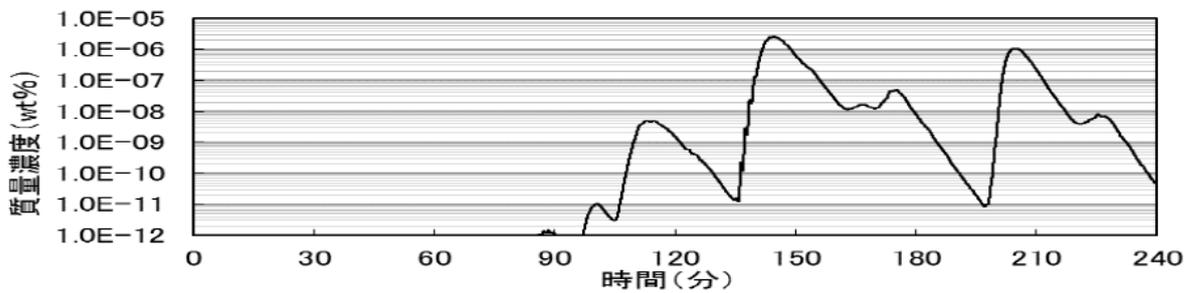


図 3.1-6(4) 6号機 基準津波 2 浮遊砂濃度時刻歴 (防波堤なし)

(5) 海水ポンプ軸受の浮遊砂に対する耐性評価

基準津波襲来時を想定した取水路における砂移動解析によって得られた海水ポンプ取水地点の浮遊砂濃度は、6号機において 1×10^{-5} wt%以下であった。

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

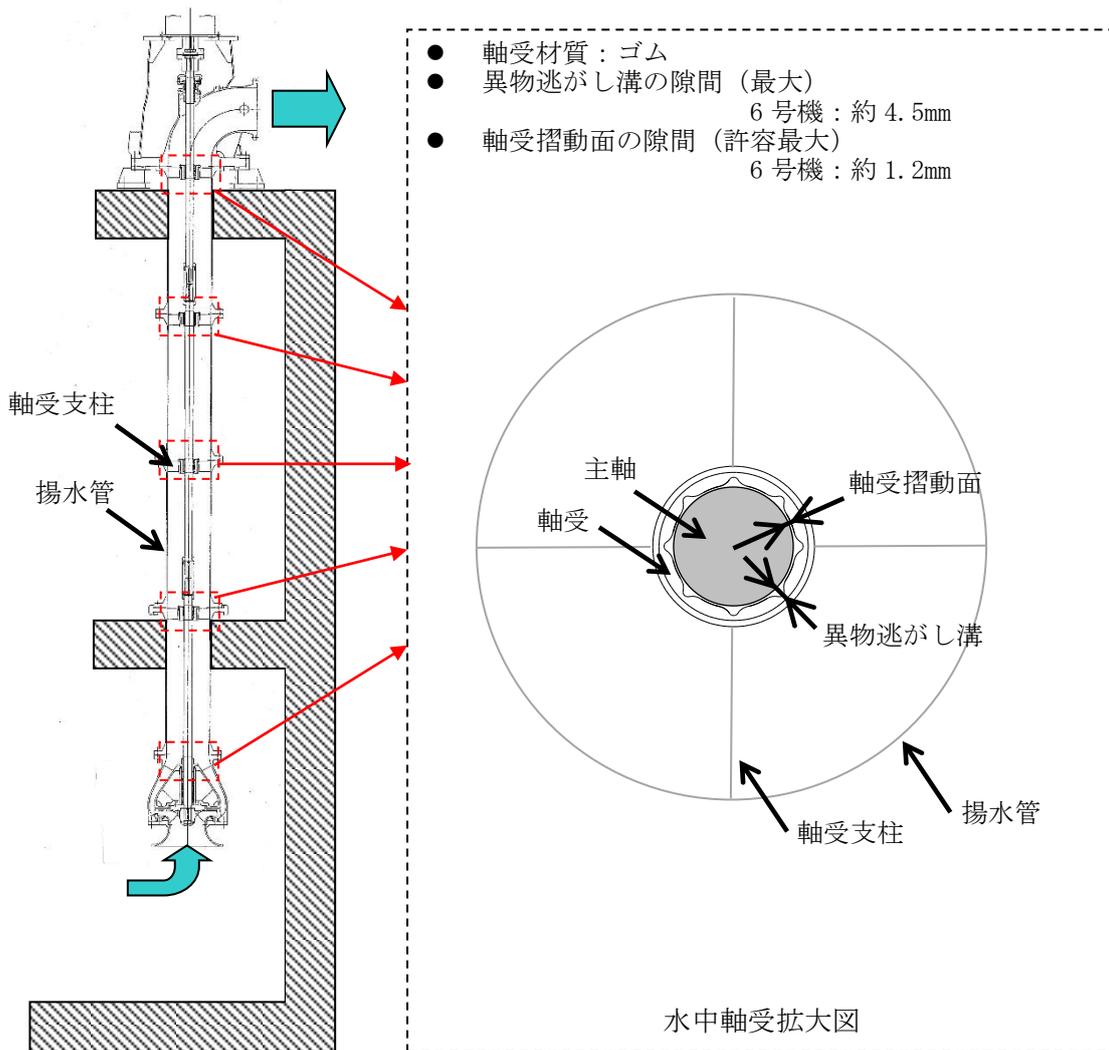


図 3.1-7 原子炉補機冷却海水ポンプ軸受構造図

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

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

主軸外径と軸受内径の差である摺動面隙間 (6号機：約 1.2mm (許容最大)) に対し、これより粒径の小さい砂分が混入した場合は海水とともに摺動面を通過するか、または主軸の回転によって異物逃がし溝 (6号機：約 4.5mm) に導かれ連続排出される。

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

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

原子炉補機海水系ストレーナ内部にはパンチプレート式のエレメント（6号機：穴径8mm、ピッチ11mm）が設けられており、当該穴径以上の大きさの異物をエレメントにより捕捉することにより、ストレーナ以降にある原子炉補機冷却水系熱交換器伝熱管に影響を与える異物の混入を防止している。

一方で、当該穴径以下の大きさの微小砂はストレーナを通過する可能性があるが、ストレーナ以降の最小流路幅（原子炉補機冷却水系熱交換器伝熱管内径）は、6号機で約23mmであり、エレメントの穴径に対し十分大きいことから閉塞の可能性はないものと考えられ、原子炉補機冷却海水系の機能は維持可能である（図3.1-8）。

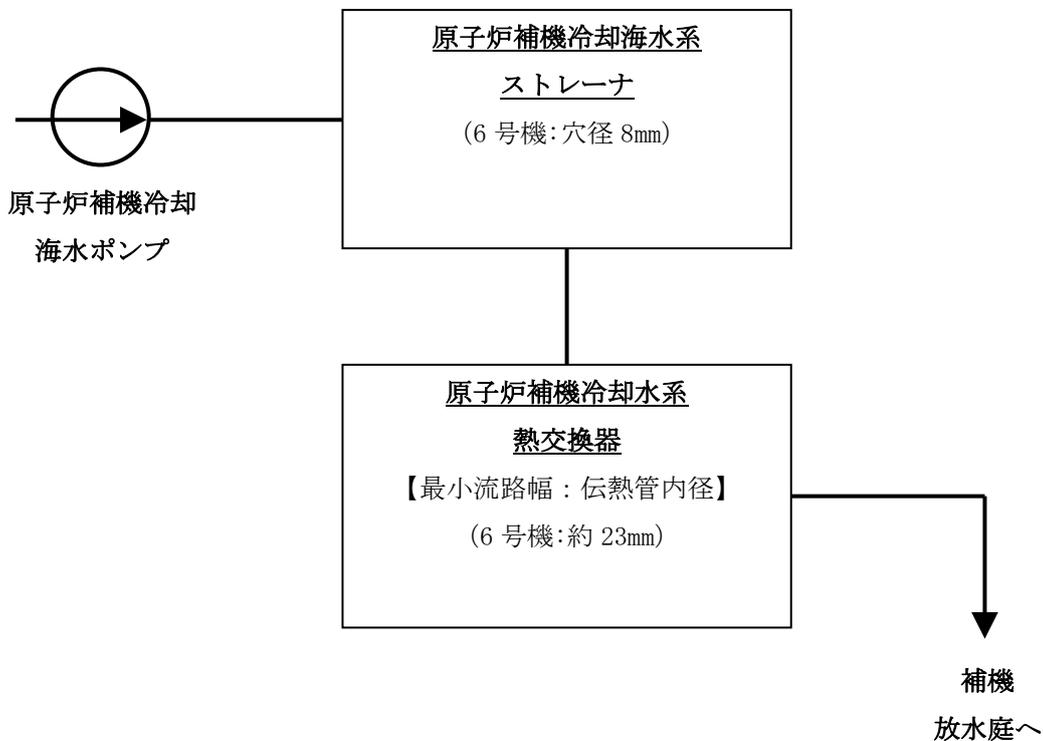


図 3.1-8 原子炉補機冷却海水系の系統概略図

(6) 平均粒径よりも大きな粒径を有する砂の浮遊可能性評価

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

① Rubey 式により沈降速度を算出（河川・海岸の砂移動で一般的に使用）

wf : 沈降速度[cm/s] s : 砂の水中比重 g : 重力加速度[cm/s²] d : 砂粒の粒径[cm]

ν : 水の動粘性係数[cm²/s]

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

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

u_{*c} : 限界摩擦速度 [cm/s] d : 砂粒の粒径 [cm]

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

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

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

$$0.0065 \leq d \leq 0.0565 \Rightarrow u_{*c}^2 = 8.41d^{11/32}$$

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

③ 砂の掃流および浮遊領域を判定（荒井・清水「現場のための水理学3」より）

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

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

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

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

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

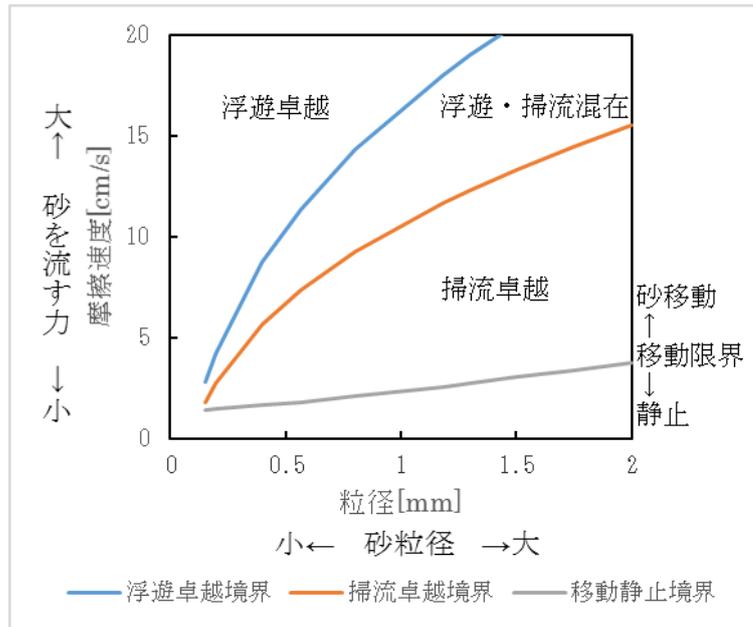


図 3.1-9 砂移動の形態

参考文献

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

周辺海域における底質土砂の粒度分析結果について

(1) 周辺海域における底質土砂の粒度分析結果について

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

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

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

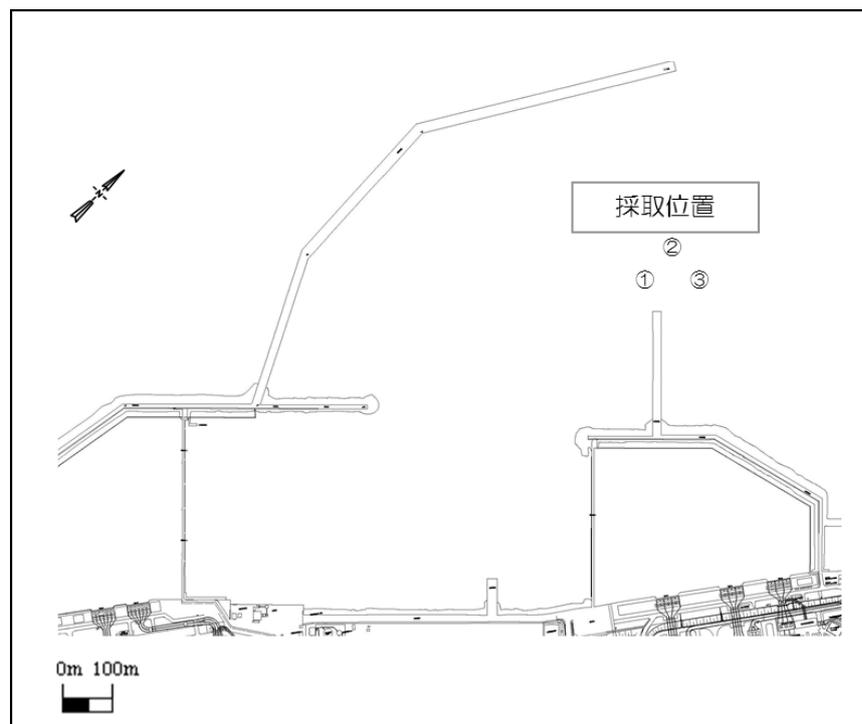


図 3.1-参 1-1 底質土砂分析における試料採取場所

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

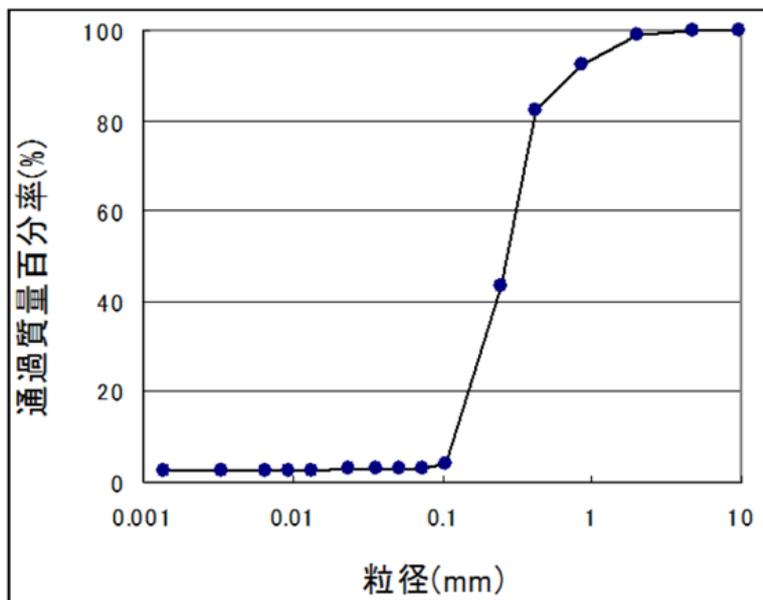


図 3.1-参 1-2 分析結果及び粒径加積曲線 (平成 19 年 8 月 24 日実施)

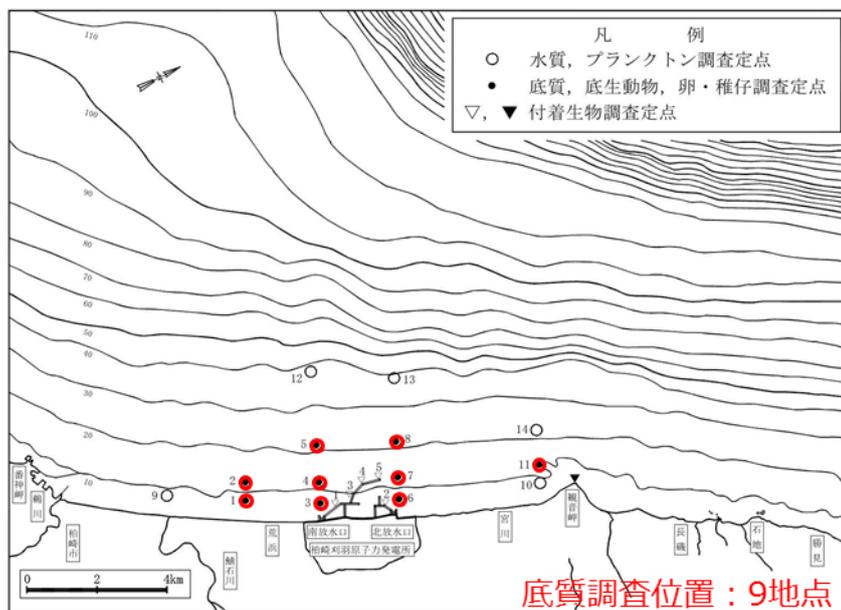


図 3.1-参 1-3 環境調査における底質調査位置

赤枠：砂分(粒径0.075~2.0mm)

付表-3 底質項目測定結果

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

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

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

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

注：表中の「ND」は定量限界値未満であることを示す。

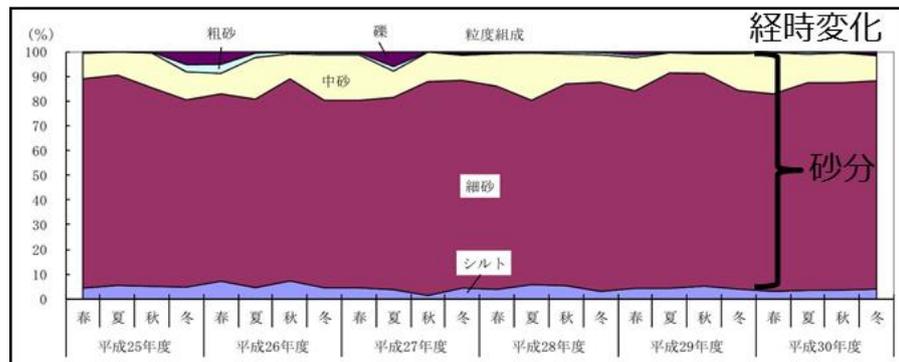
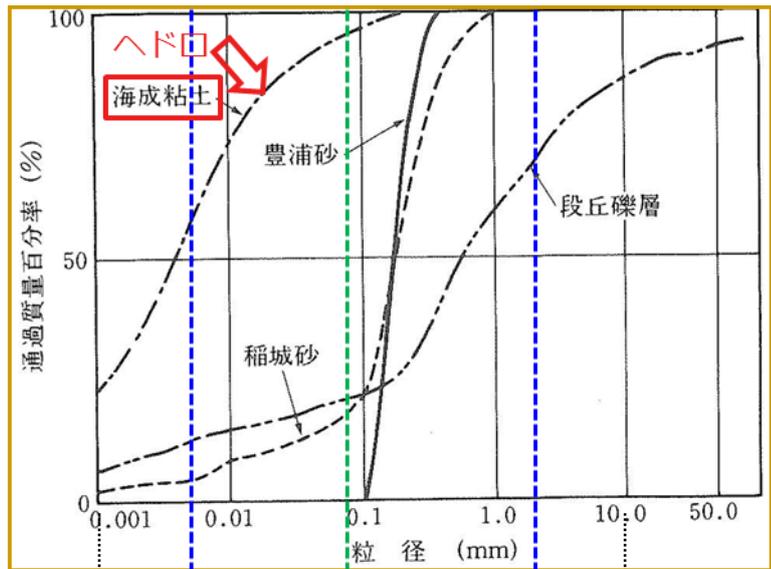


図 3.1-参 1-4 環境調査における分析結果



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

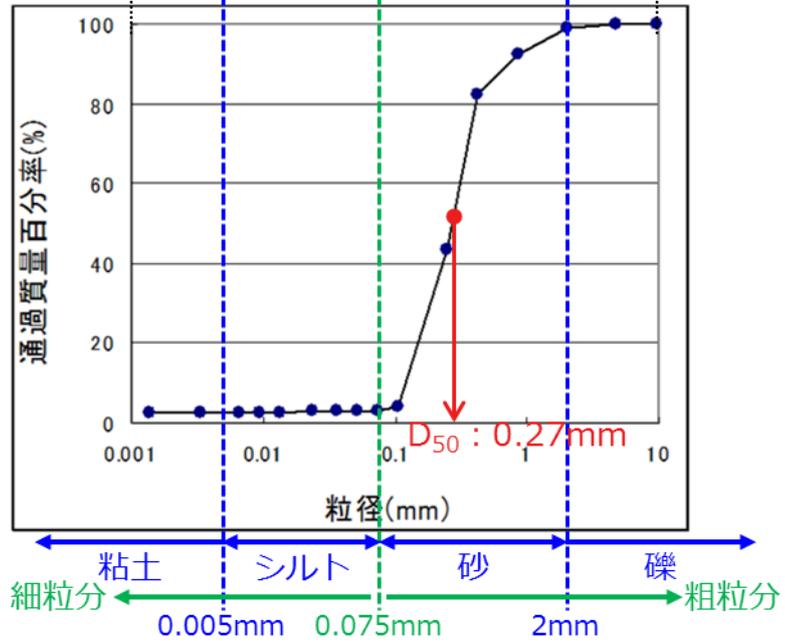


図 3.1-参 1-5 代表的な土の粒径加積曲線の例と
 発電所港湾内の底質土砂の粒径加積曲線の比較

3.2 原子炉補機冷却海水ポンプの波力に対する強度評価について

3.2 原子炉補機冷却海水ポンプの波力に対する強度評価について

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

(1) 評価条件

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

(2) 評価部位

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

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

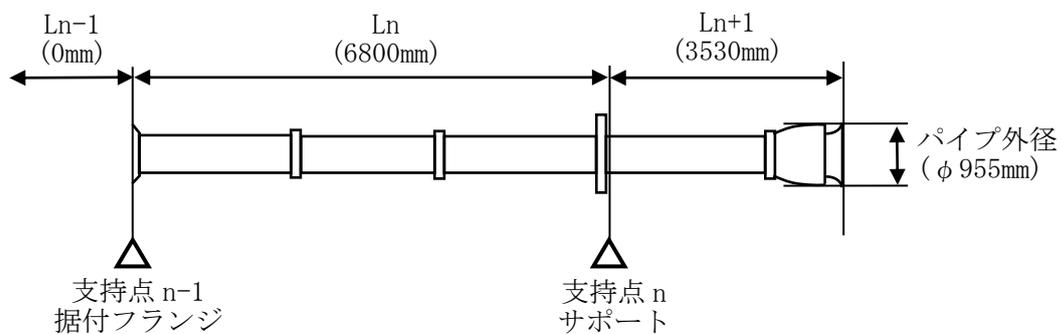
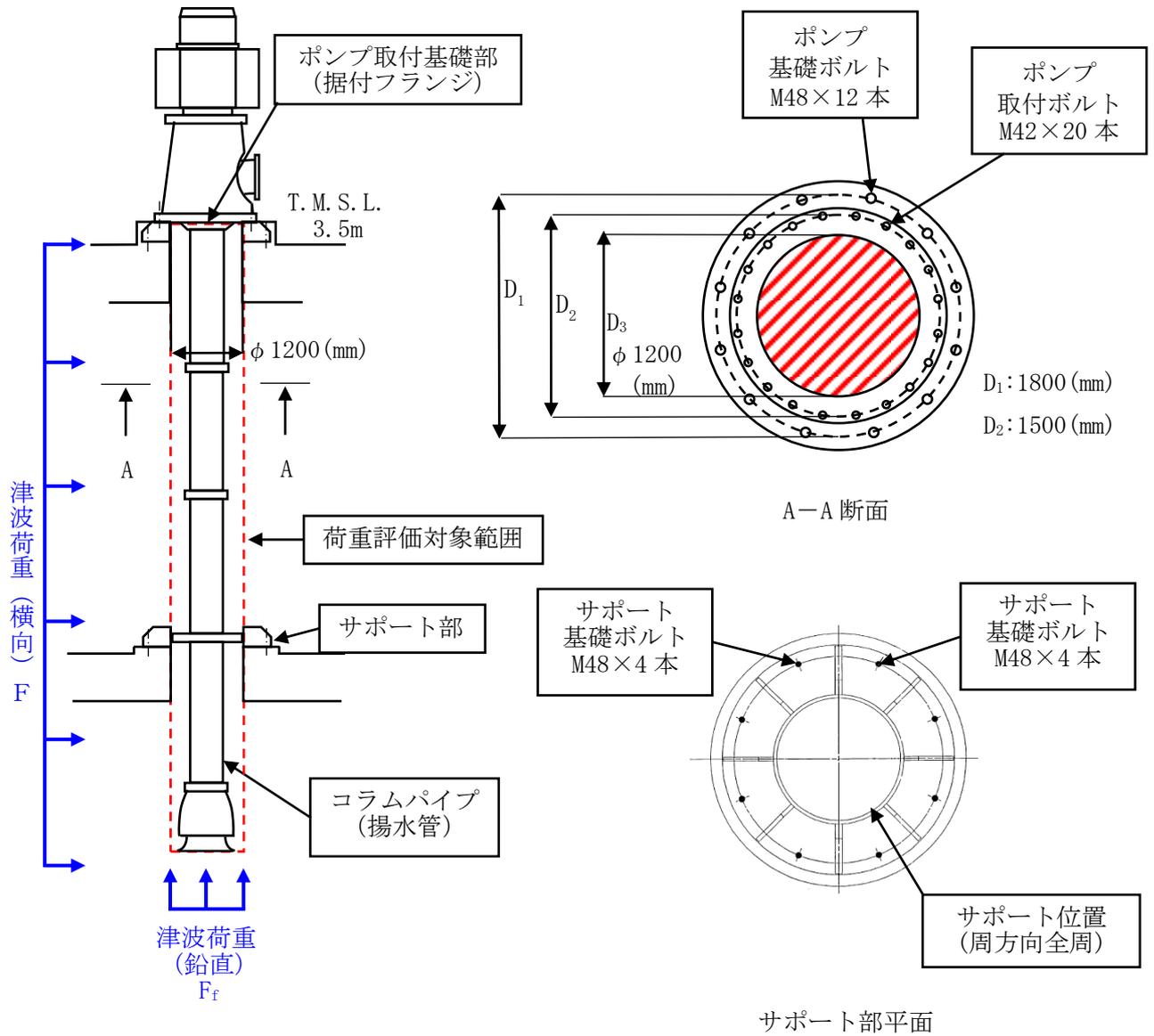


図 3.2-1 ポンプへの津波作用範囲

(3) 津波による原子炉補機冷却海水ポンプに発生する流体力と応力の計算

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

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

$$F_f = q \cdot A_f$$

F_f : 津波荷重（鉛直）(N)

D_3 : 開口部径 1200(mm)

A_f : 開口断面積 $\pi/4 \times 1200^2$

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

q : 津波波圧 (N/mm²)

C_D : 抗力係数 2.01

ρ : 密度 1030(kg/m³)

g : 重力加速度 9.80665(m/s²)

h : 津波高さ T. M. S. L. 9(m)

z : 据付フランジの高さ T. M. S. L. 3.85(m)

u : 流速 1.5(m/s)

表 3.2-1 津波襲来時発生する抗力（鉛直）

| | |
|--|---------|
| ポンプ据付フランジ部開口断面積 A_f (mm ²) | 1130973 |
| 津波荷重（鉛直） F_f (N) | 61467 |

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

$$F=0.5 \cdot C_D \cdot \rho \cdot u^2/10^6 \cdot A$$

- F : 津波荷重（横方向）(N)
 C_D : 抗力係数 2.01
 ρ : 密度 1030(kg/m³)
 u : 流速 1.5(m/s)
 A : コラムパイプ投影面積 (6800+3530) × 955=9865150 (mm²)
 注* : パイプ外径は保守的に太部分 955mm とする

表 3.2-2 津波襲来時発生する抗力（横方向）

| | |
|--------------------------------|---------|
| コラムパイプ投影面積 A(mm ²) | 9865150 |
| 津波荷重（横方向）F(N) | 22977 |

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

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

- M_n : サポート部のコラムパイプモーメント (N・mm)
 W : コラムパイプ長にかかる津波荷重 (N/mm)
 (津波荷重（横方向）(N)/コラムパイプ長(mm))
 L_{n+1} : サポート下部からポンプ呑口下端までの距離 3530 (mm)

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

| | |
|---|-----------|
| コラムパイプ長にかかる津波荷重 W(N/mm) | 2.224 |
| サポート部のコラムパイプモーメント M _n (N・mm) | -13858256 |

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

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

- F_n : サポート部に発生する反力(N)
 W : コラムパイプ長にかかる津波荷重(N/mm)
 (津波荷重(横方向)(N)/コラムパイプ長(mm))
 L_n : フランジ下部からサポート部までの距離 6800(mm)
 L_{n+1} : サポート部からポンプ呑口下端までの距離 3530(mm)
 M_{n-1} : ポンプ据付フランジ部に発生するモーメント 0(N・mm)
 M_n : サポート部のコラムパイプモーメント (N・mm)

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

| | |
|------------------------------|-------|
| コラムパイプサポート部に発生する反力 F_n (N) | 17452 |
|------------------------------|-------|

(4) ポンプ据付フランジ部のボルト評価

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

a. ポンプ基礎ボルトの評価

据付フランジ部に津波荷重（鉛直）を受けた際のポンプ基礎ボルトの引張り応力を算出する。ポンプ基礎ボルトは図 3.2-2 に示すように円周上に配置されているため、12本のボルトで荷重を受け持つものとして発生応力を算出する。

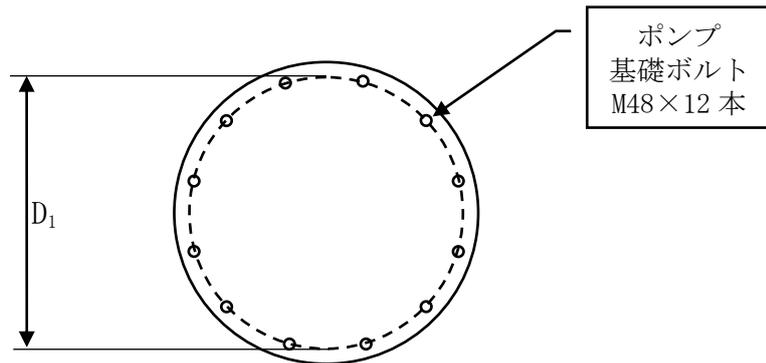


図 3.2-2 原子炉補機冷却海水ポンプ，ポンプ基礎ボルト配置

ポンプ基礎ボルトに発生する引張り応力 σ_1 は次式で求める。

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

- F_f : 津波荷重（鉛直）(N)
- A : ポンプ基礎ボルト断面積(mm²)
- b_1 : ポンプ基礎ボルト本数(本)

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

| | |
|-------------------------------------|---|
| ポンプ基礎ボルト材質 | |
| ポンプ基礎ボルトに発生する引張り応力 σ_1 (MPa) | 3 |

b. ポンプ取付ボルトの評価

据付フランジ部に津波荷重（鉛直）を受けた際のポンプ取付ボルトの引張り応力を算出する。ポンプ取付ボルトは図 3.2-3 に示すように円周上に配置されているため、20本のボルトで荷重を受け持つものとして発生応力を算出する。

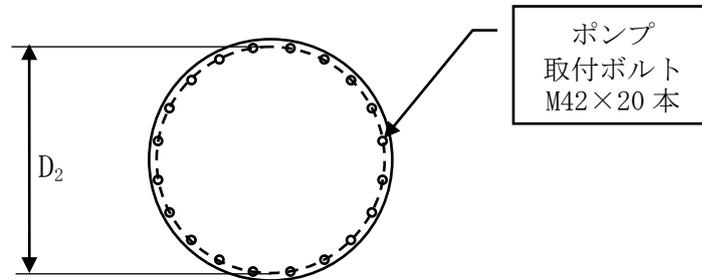


図 3.2-3 原子炉補機冷却海水ポンプ，ポンプ取付ボルト配置

ポンプ取付ボルトに発生する引張り応力 σ_2 は次式で求める。

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

- F_f : 津波荷重（鉛直）(N)
- A : ポンプ取付ボルト断面積 (mm^2)
- b_2 : ポンプ取付ボルト本数(本)

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

| | |
|-------------------------------------|---|
| ポンプ取付ボルト材質 | |
| ポンプ取付ボルトに発生する引張り応力 σ_2 (MPa) | 3 |

(5) コラムパイプの強度評価

コラムパイプへ津波荷重（横方向）が作用した際の曲げ応力を算出する。

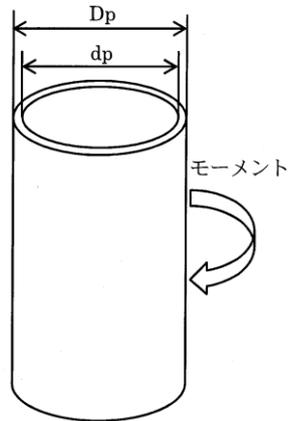


図 3.2-4 コラムパイプの応力作用イメージ図

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

$$\sigma_b = Mn/Z_b$$

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

- σ_b : コラムパイプに生じる曲げ応力 (MPa)
- Mn : サポート部のコラムパイプモーメント (N・mm)
- Z_b : コラムパイプ断面係数 (mm³)
- D_p : コラムパイプ外径 (mm)
- d_p : コラムパイプ内径 (mm)

表 3.2-7 津波荷重（横方向）のコラムパイプ曲げ応力

| | |
|---------------------------------|---|
| コラムパイプ材質 | |
| コラムパイプに生じる曲げ応力 σ_b (MPa) | 5 |

(6) コラムパイプサポート部のボルト評価

コラムパイプへ津波荷重（横方向）が作用した際、コラムパイプサポート部ボルトのせん断応力を算出する。尚、コラムパイプサポート部の基礎ボルトは4本で荷重を受け持つ。

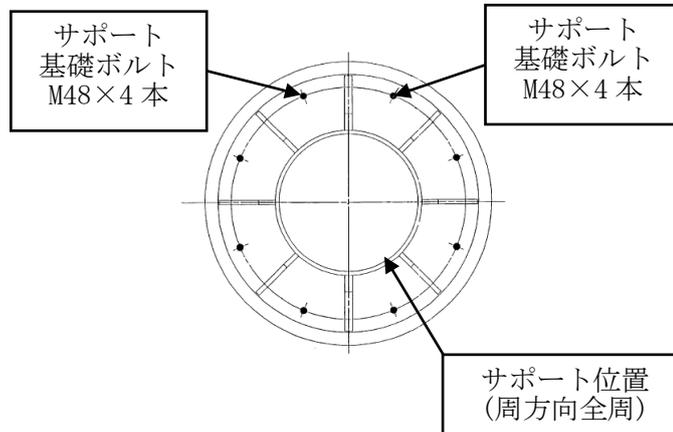


図 3.2-5 コラムパイプサポート部平面図

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

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

- τ_s : サポート部基礎ボルトに発生するせん断応力 (MPa)
- Fn : サポート部に発生する反力 (N)
- As : サポート部基礎ボルト断面積 (mm^2)
- n_s : サポート部基礎ボルト本数 (本)

表 3.2-8 サポート部基礎ボルト 1 本あたりに発生するせん断応力

| | |
|-------------------------------------|---|
| サポート部基礎ボルト材質 | |
| サポート部基礎ボルトに発生するせん断応力 τ_s (MPa) | 3 |

(7) ポンプ内部の津波波圧評価

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

津波波圧（鉛直） q は次式より求める。

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

q : 津波波圧 (N/mm²)

C_D : 抗力係数 2.01

ρ : 密度 1030 (kg/m³)

g : 重力加速度 9.80665 (m/s²)

h : 津波高さ T.M.S.L. 9 (m)

z : 据付フランジの高さ T.M.S.L. 3.85 (m)

u : 流速 1.5 (m/s)

$$\begin{aligned} q &= (1030 \times 9.80665 \times (9 - 3.85) + 0.5 \times 2.01 \times 1030 \times 1.5^2) / 10^6 \\ &= 0.0543 \text{ [N/mm}^2\text{]} \end{aligned}$$

ポンプ耐圧試験時の圧力 S を単位換算する。

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

q 津波波圧 0.0543 [N/mm²] < S 耐圧試験圧 1.1767 [N/mm²] より問題なし。

(8) 評価結果

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

表 3.2-9 評価結果一覧

| 評価部位 | | 材料 | 項目 | 発生応力 (MPa) | 許容応力 (MPa) |
|------------|------------|--|-----|------------|------------|
| 津波荷重 (鉛直) | ポンプ基礎ボルト | [] | 引張り | 3 | [] |
| | ポンプ取付ボルト | | 引張り | 3 | |
| 津波荷重 (横方向) | サポート部基礎ボルト | | せん断 | 3 | |
| | コラムパイプ | | 曲げ | 5 | |
| 津波波圧 (鉛直) | ポンプ内部 | 津波波圧 0.0543 [N/mm ²] < 耐圧試験圧 1.1767 [N/mm ²] より問題なし。 | | | |

取水路／放水路へ津波浸入時の原子炉補機冷却海水ポンプへの影響について

(1) 取水路側の影響

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

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

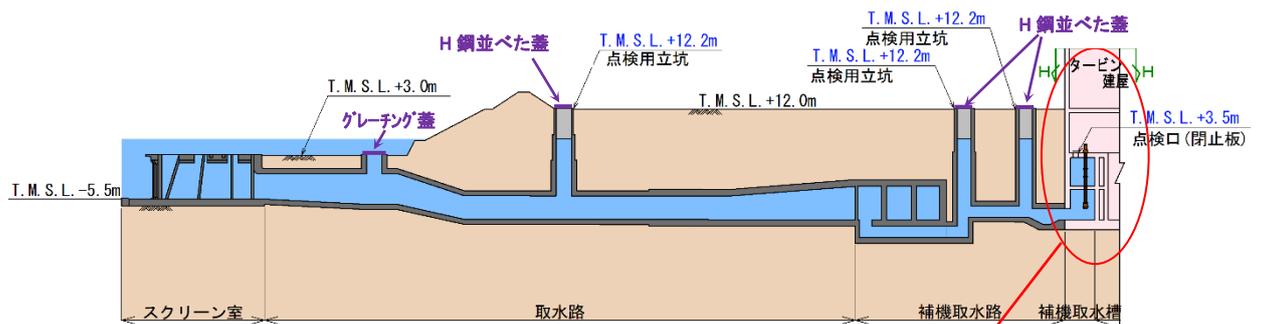


図 3.2-参 1-1 6号機取水路（断面）

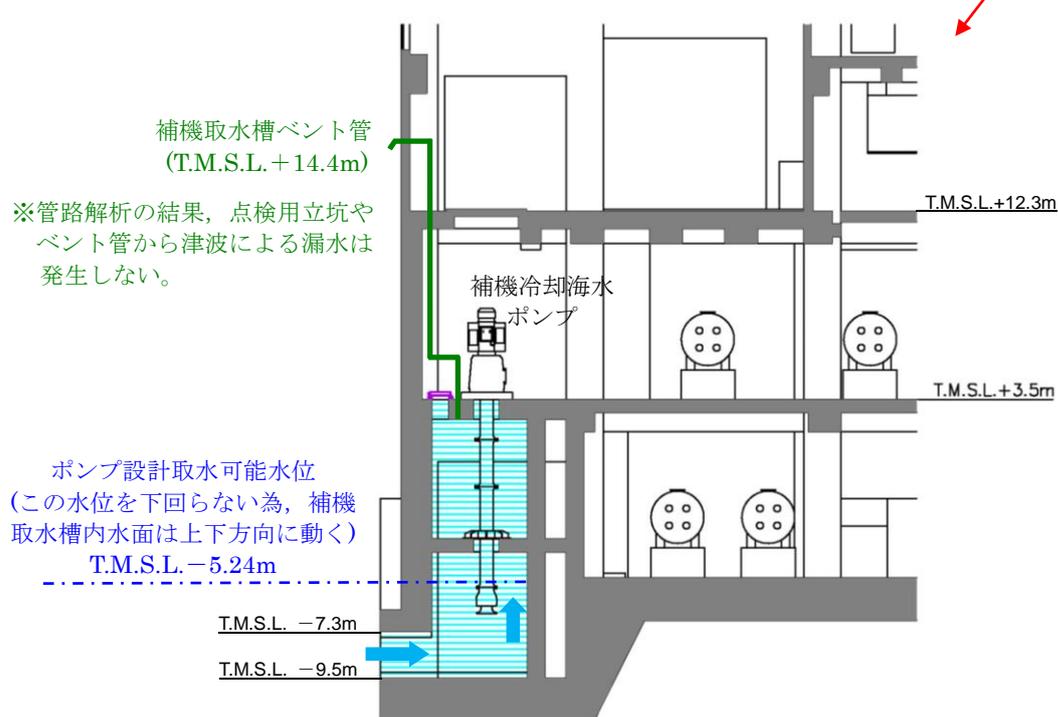


図 3.2-参 1-2 6号機補機取水槽（断面）

(2) 放水路側の影響

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

補機放水庭津波高さ T.M.S.L. +8.8m < 配管出口 T.M.S.L. 約+12m

凡例
赤字：入力津波高さ
青字：許容津波高さ

注：地震による地盤沈下
 1.0m を考慮した値

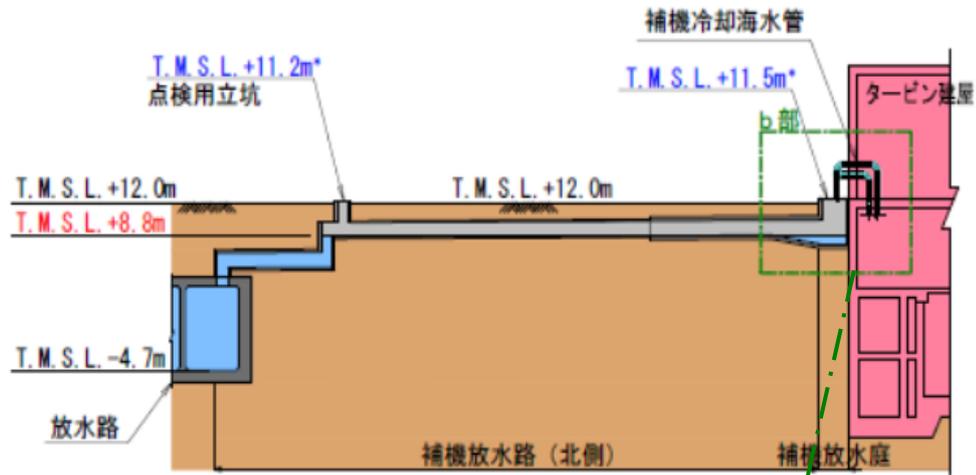


図 3.2-参 1-3 6号機補機放水路（断面）

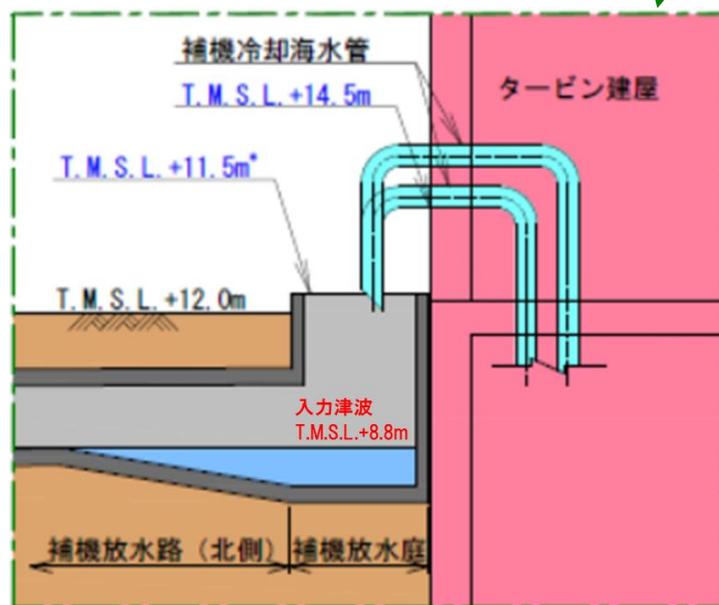


図 3.2-参 1-4 6号機補機取水槽（断面）

取水路の管路解析結果について

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

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

また、上記管路解析について、補機取水槽の補機取水槽ベント管を管路解析モデルに追加した場合の水位時刻歴を図 3.2-参 1-6 に示す。図 3.2-参 1-6 より、補機取水槽の補機取水槽ベント管を考慮した場合、最高水位は T.M.S.L.+8.4m となることから、補機取水槽ベント管から地上部への溢水はないと評価される。

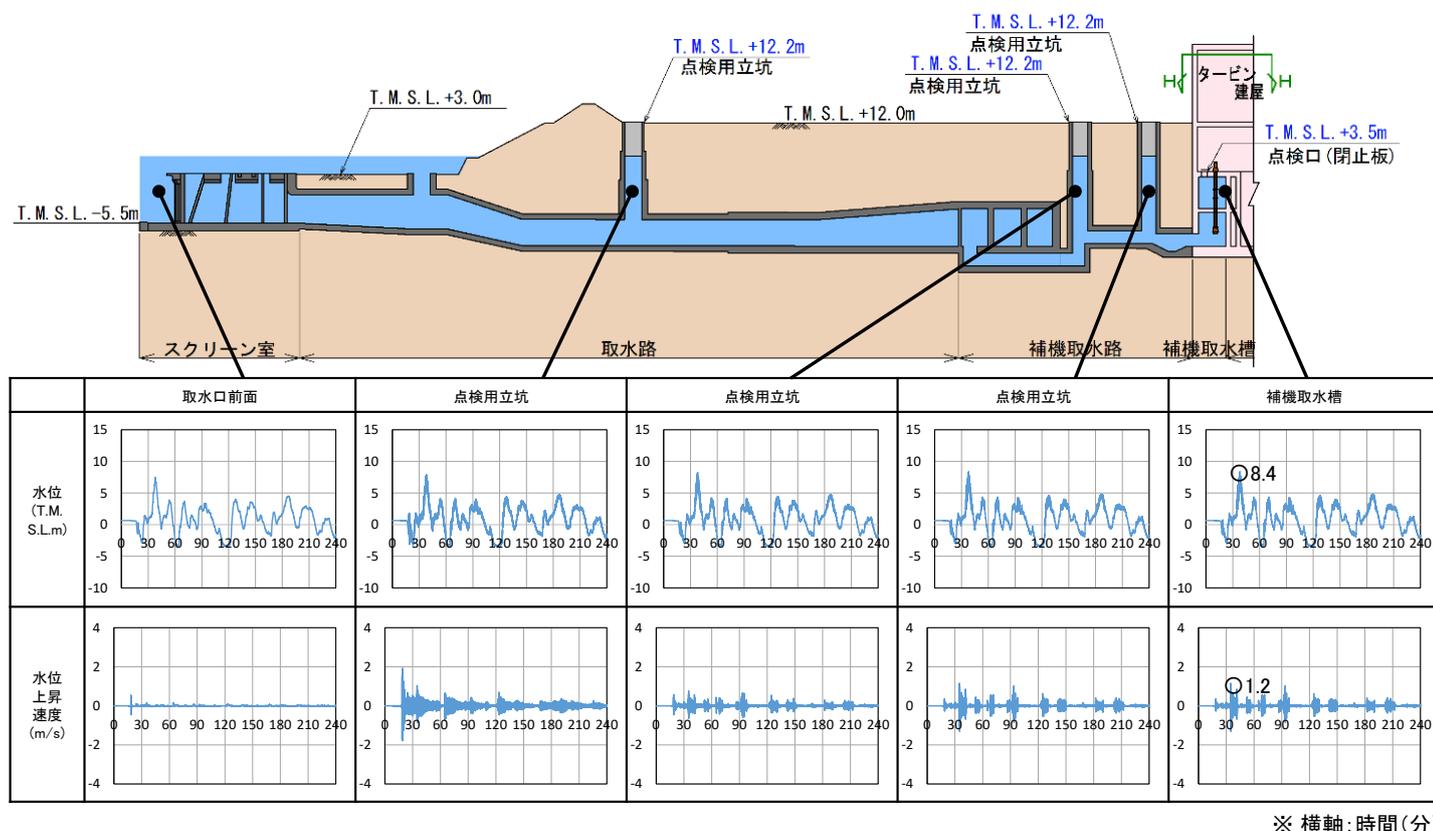


図 3.2-参 1-5 6号機補機取水槽（上昇側）において考慮する入力津波
各位置での水位時刻歴と流速（水位上昇速度）時刻歴

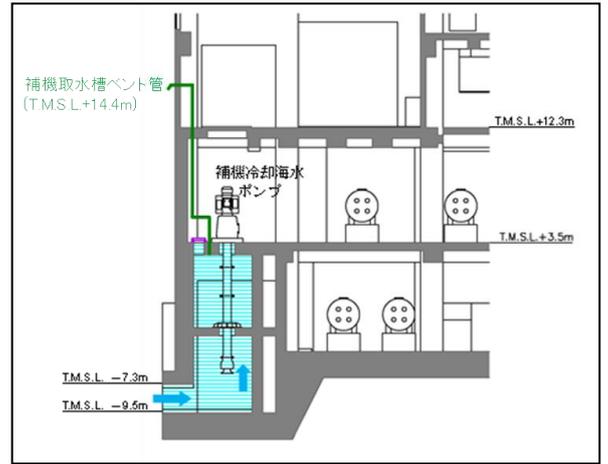
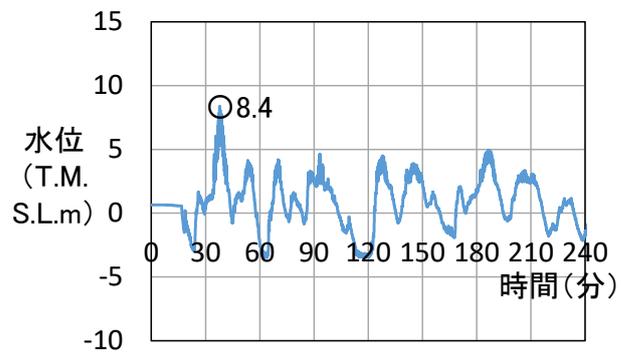


図 3.2-参 1-6 補機取水槽ベント管を追加した場合の水位時刻歴

3.3 除塵装置の取水性への影響について

3.3 除塵装置の取水性への影響について

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

(1) 津波による破損に対する評価

a. 確認方法

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

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

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

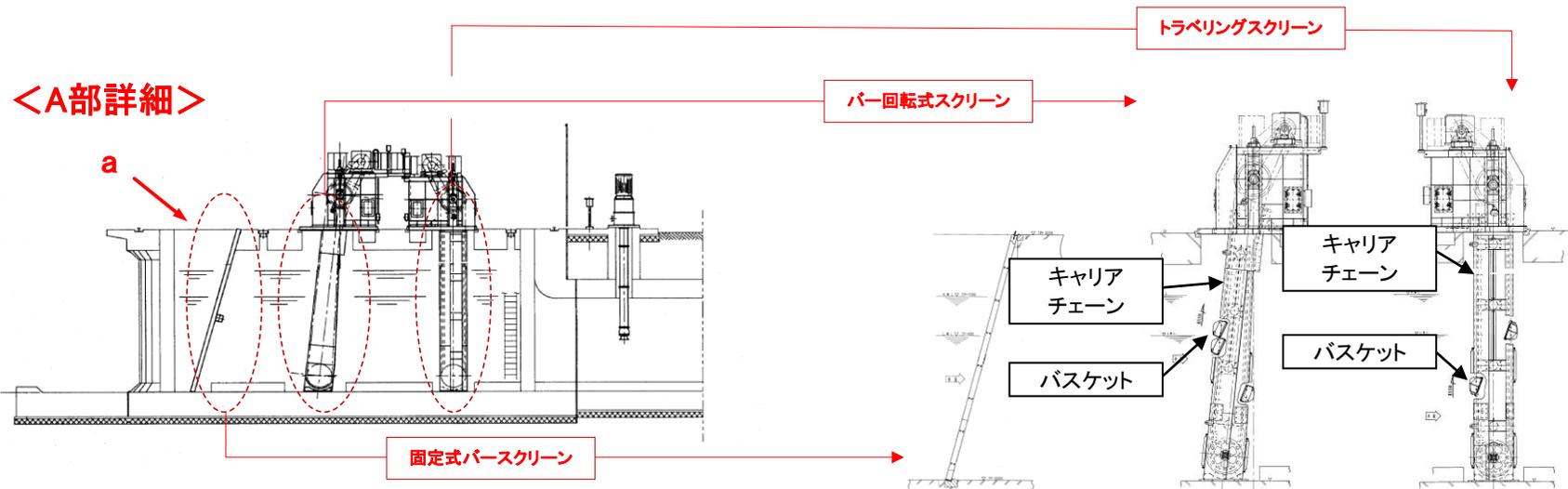
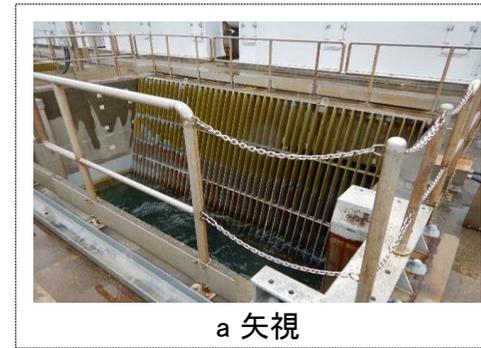
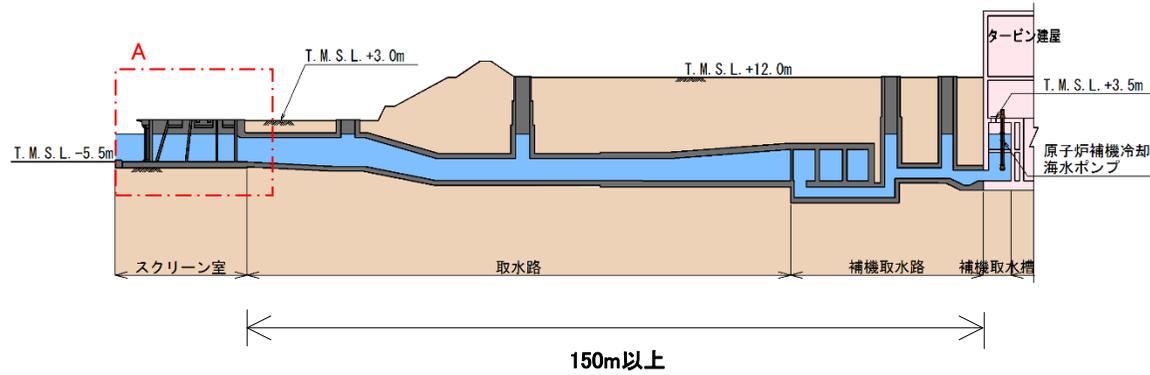


図 3.3-1 除塵装置の概要

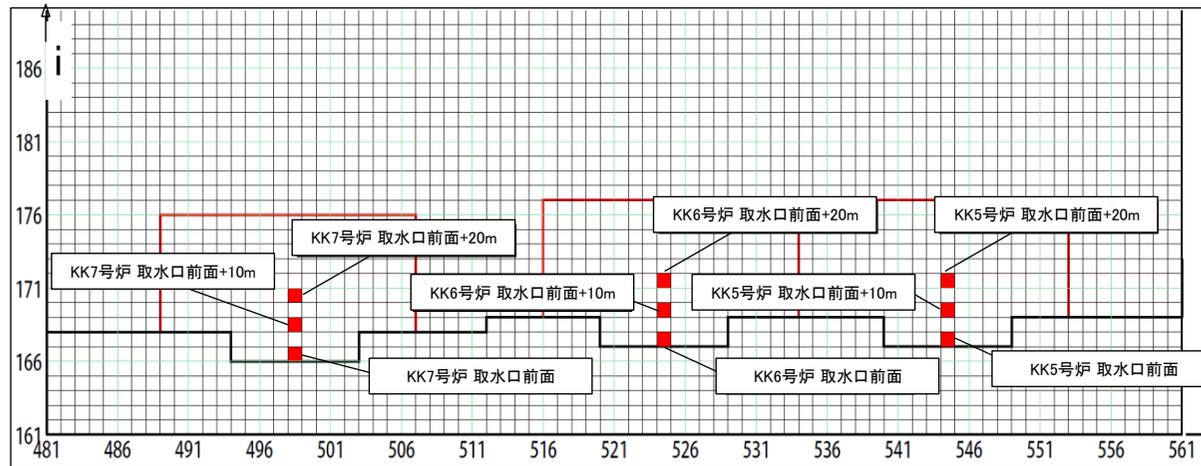
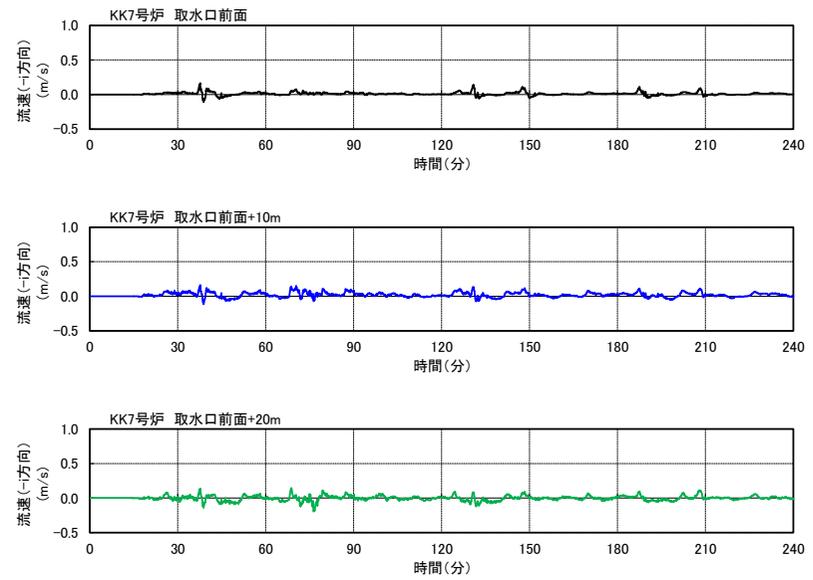
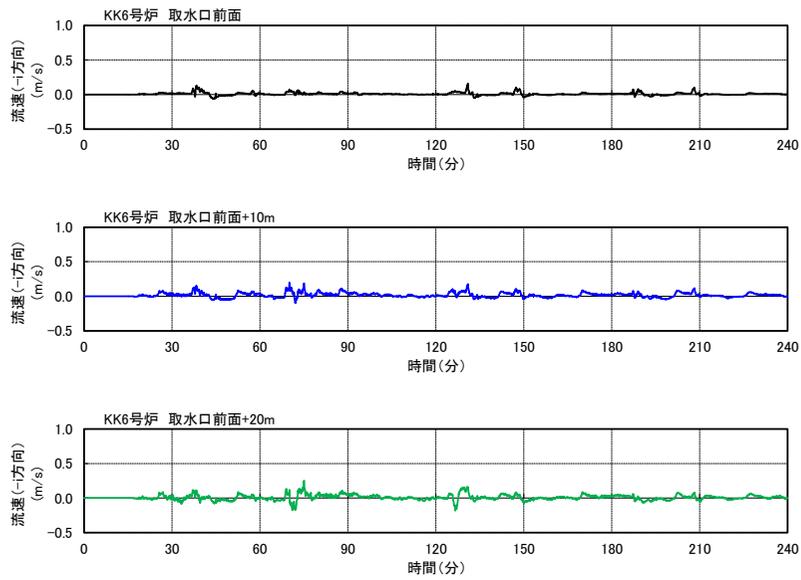


図 3.3-2-1 除塵装置部津波流速 (基準津波 1)

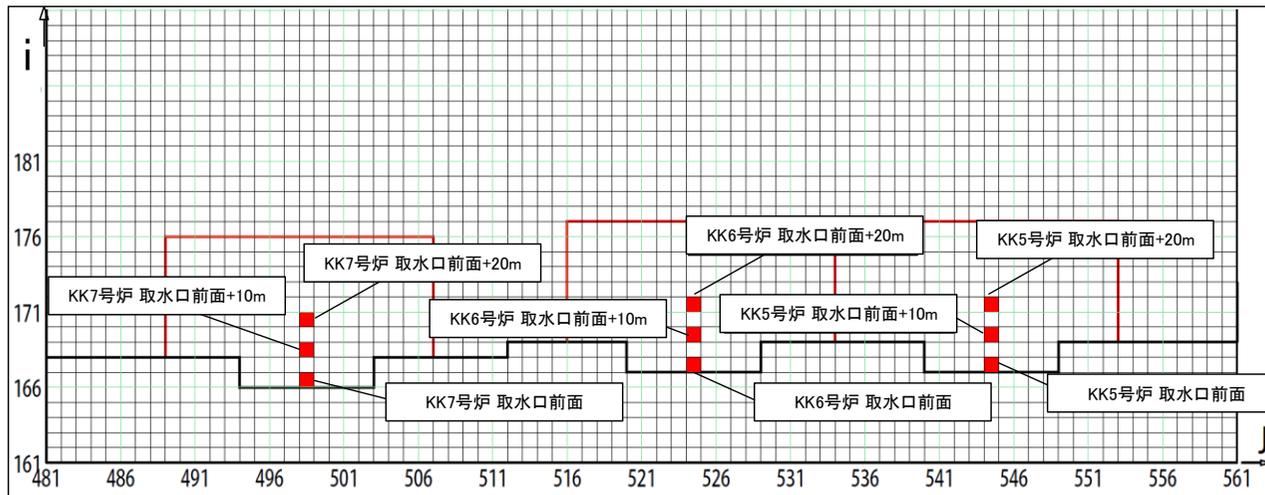
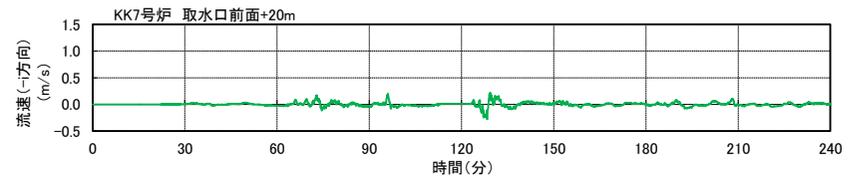
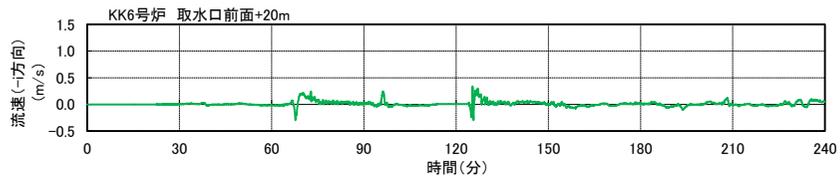
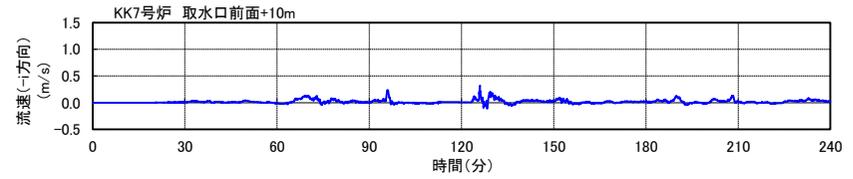
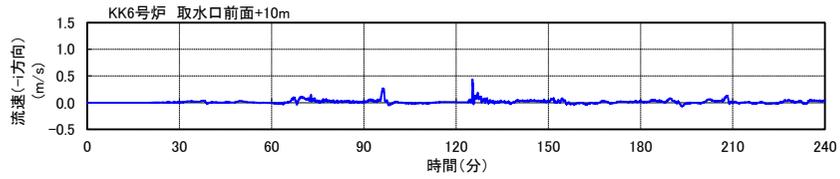
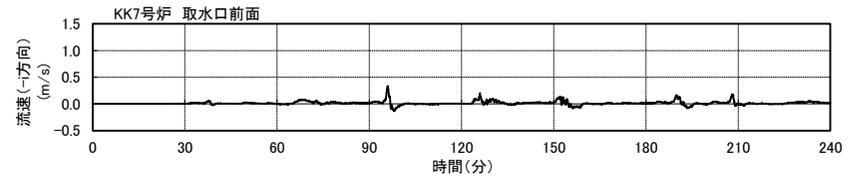
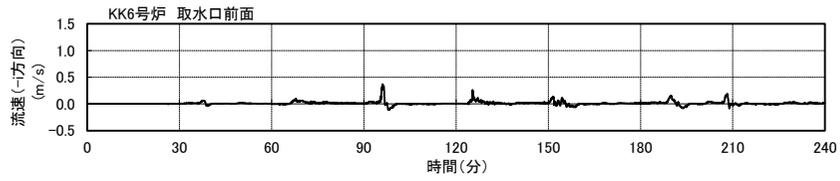


图 3.3-2-2 除塵装置部津波流速 (基準津波 2)

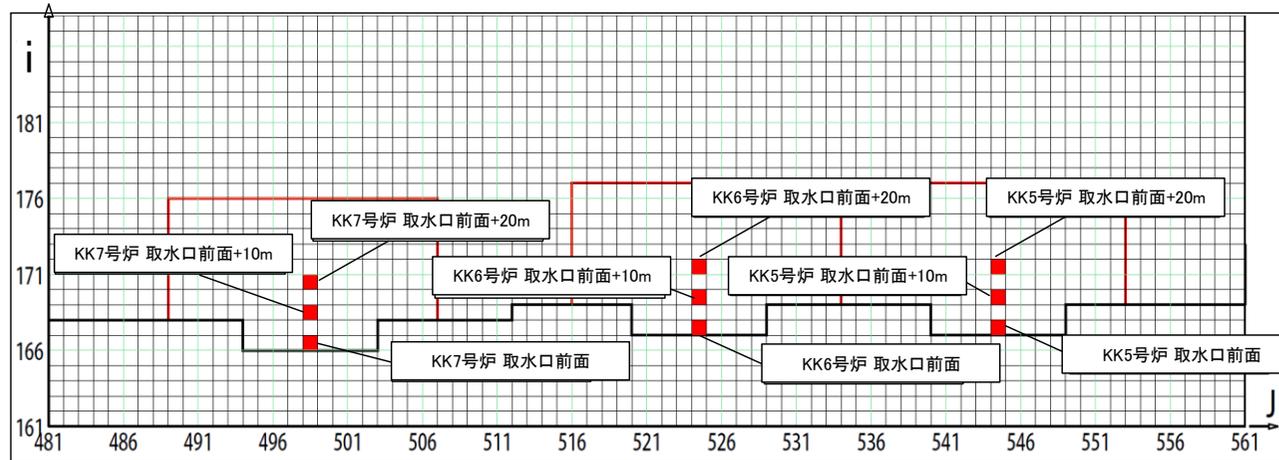
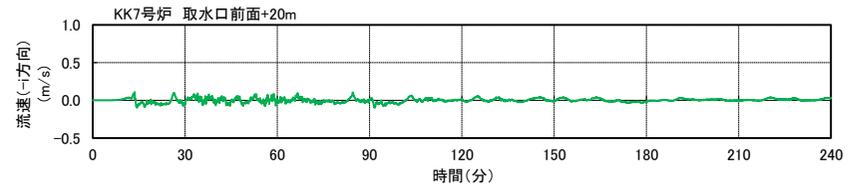
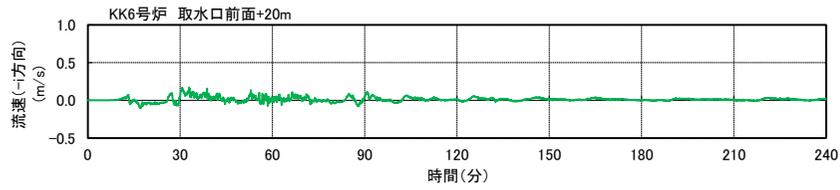
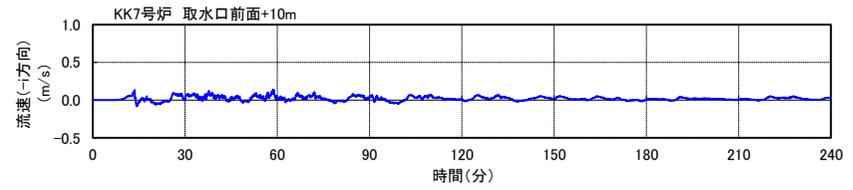
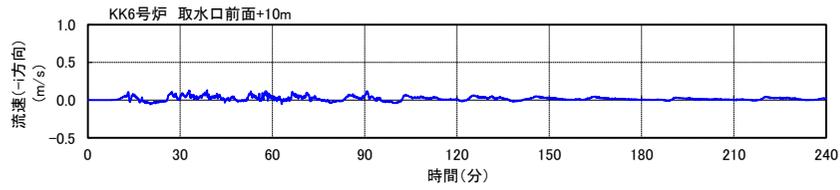
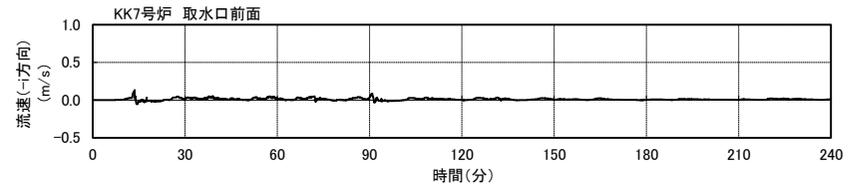
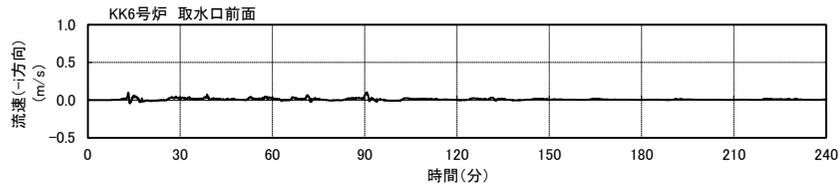
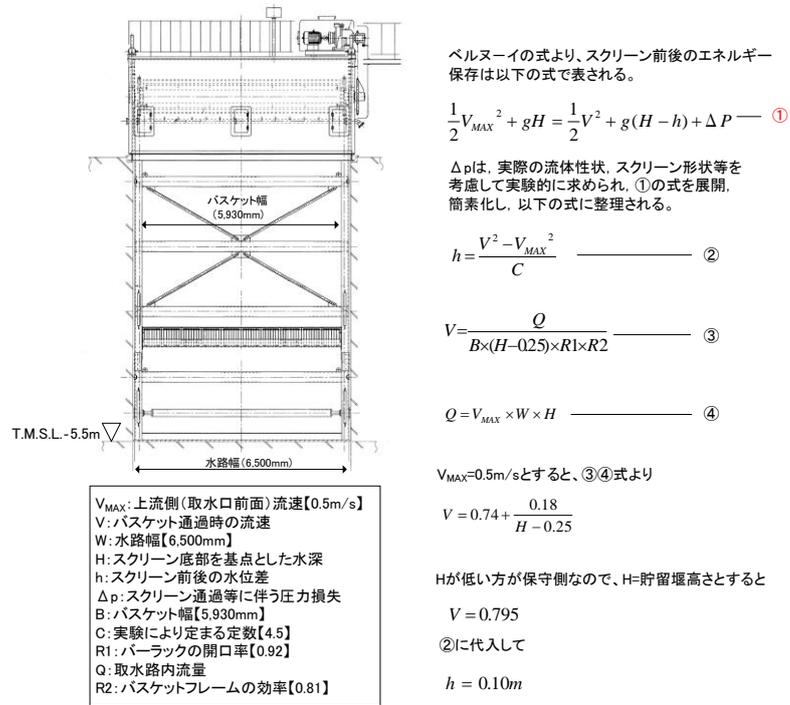


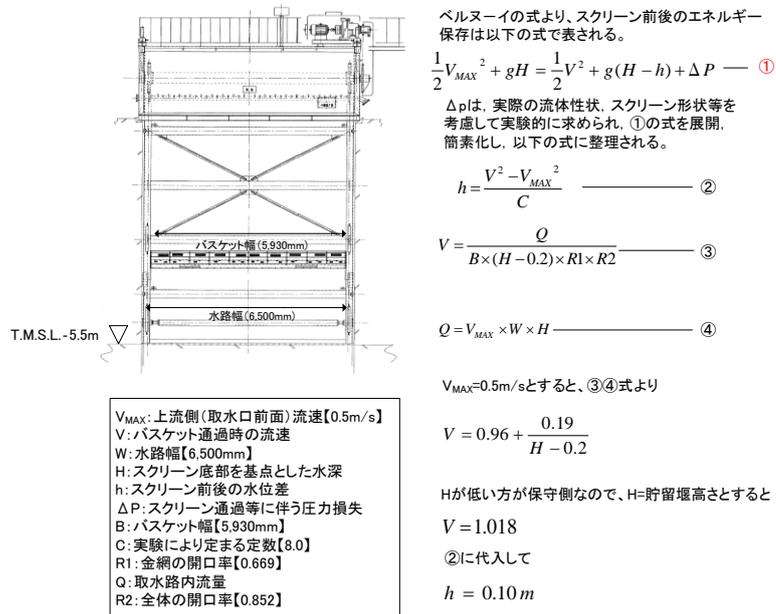
図 3.3-2-3 除塵装置部津波流速 (基準津波 3)

b. 確認結果

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



バー回転式スクリーン



トラベリングスクリーン

図 3.3-3 津波流速により生じるスクリーン部水位差

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

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

表 3.3-1 除塵装置の強度確認結果

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

c. 地震、漂流物による破損に対する評価

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

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

また、分離・脱落した構成部材が非常用海水冷却系のポンプ等の機器に影響を与える可能性については、6号機では図 3.3-1 に示したとおり除塵装置と補機冷却用海水取水槽（以下「補機取水槽」という。）との間に約 150m の距離があることから、構成部材は補機取水槽に到達する前に沈降し、ポンプ等の機器に影響を与えることはないものと考えられる。

3.4 常用海水ポンプ停止手順について

3.4 常用海水ポンプ停止手順について

(1) 概要

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

(2) 津波による水位低下時の常用海水ポンプの停止に関わる運用

6号機では、大津波警報が発令された場合は、原子炉手動スクラムする運用としている。

また、6号機の取水路は、常用系（循環水系、タービン補機冷却海水系）と非常用系（原子炉補機冷却海水系）が併用され、6号機の取水口前面に非常用取水設備として海水貯留堰を設置している。

このため、津波による水位低下を確認した際には、非常用系の原子炉補機冷却海水ポンプの取水量喪失を防止し、機能を確保するため、「取水槽水位低」警報(6号機 T. M. S. L. -1700mm)にて常用系（循環水系、タービン補機冷却海水系）の海水ポンプ（循環水ポンプ、タービン補機冷却海水ポンプ）を手動停止することとしている。

なお停止する手順の整備については、保安規定に定めて管理する。

運用フローを図 3.4-1 に示す。

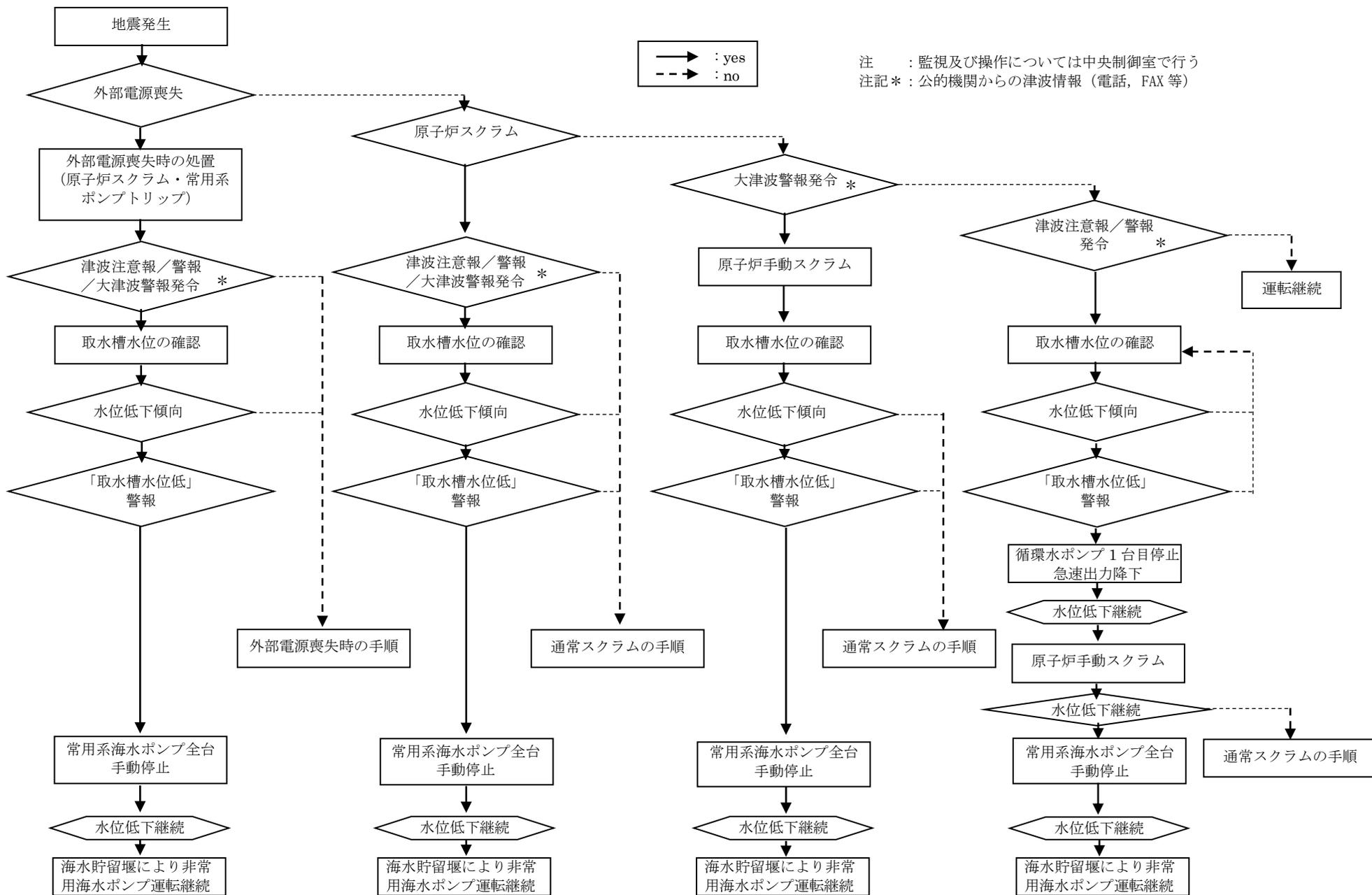


図 3.4-1 津波時の対応フロー

(3) 津波による水位低下時の常用海水ポンプの停止に関わる時系列

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

表 3.4-1 補機取水槽水位下降時の常用海水ポンプ停止に関わる時系列

| 経過時間(分) | 補機取水槽水位 (T. M. S. L. [mm]) | | 対応 |
|----------|-------------------------------|------------|---|
| 大津波警報 | 6号機 | — | 確認：取水槽水位(以降, 連続監視) 操作：原子炉手動スクラム |
| 津波注意報/警報 | | | 確認：取水槽水位(以降, 連続監視) |
| 54分 | 6号機 | -1700mm | 確認：「取水槽水位低」警報 操作：常用海水ポンプの手動停止 |
| 56～63分 | 6号機 | -3500mm 以下 | 海水貯留堰内の保有水にて原子炉補機冷却海水ポンプ運転継続 |
| 63～108分 | 6号機 | -3500mm 以上 | 海水貯留堰天端標高 (T. M. S. L. -3500mm) 以上に水位回復し, 海水により原子炉補機冷却海水ポンプ運転継続 |
| 108～122分 | 6号機 | -3500mm 以下 | 海水貯留堰内の保有水にて原子炉補機冷却海水ポンプ運転継続 |
| 122分以降 | 6号機 | -3500mm 以上 | 海水貯留堰天端標高 (T. M. S. L. -3500mm) 以上に水位回復し, 海水により原子炉補機冷却海水ポンプ運転継続 |

常用系の海水ポンプ停止インターロック追設に伴う悪影響について

(1) 概要

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

そのため、津波による水位低下を確認した際には、非常用系の原子炉補機冷却海水ポンプの取水量喪失を防止し、機能を確保するため常用系の海水ポンプを手動停止する運用を基本としている。これに加え、常用系の海水ポンプの停止を確実にを行うため、基準地震動 S_s への耐震性は考慮していないが、自主設備として常用系の海水ポンプ停止インターロックを設置する。インターロックの動作水位は手動停止を行う取水槽水位（6号機 T.M.S.L. -1700mm）から、さらに水位低下した取水槽水位（6号機 T.M.S.L. -3300mm）とする。非常用系の原子炉補機冷却海水ポンプの設計取水可能水位は6号機 T.M.S.L. -5240mm であるため、原子炉補機冷却海水ポンプの運転継続に支障をきたすことはない。

(2) 悪影響について

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

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

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

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

4. 漂流物に関する考慮事項

4.1 設計に用いる遡上波の流速について

4.1 設計に用いる遡上波の流速について

(1) はじめに

津波による漂流物の漂流速度は、津波流速に支配される。文献*によると漂流物の最大漂流速度は津波流速より小さくなっているが、安全側に漂流速度として津波流速を用いる。

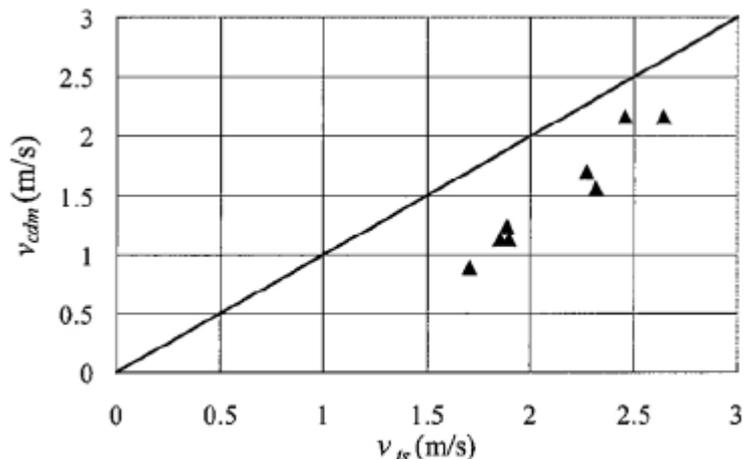


図 4.1-1 津波流速 v_{ts} と最大漂流速度 v_{cdm} の関係

注*：有川太郎，大坪大輔，中野史丈，下迫健一郎，石川信隆：遡上津波によるコンテナ漂流力に関する大規模実験，土木学会論文集，Vol. 54，P846-850，2007

津波流速は、津波遡上解析により得られる値を用いる。また、漂流物が評価対象物に衝突する際の荷重の大きさは、評価対象物方向の漂流速度に依存するため、後述する大湊側港湾内全域の各地点の評価対象物（6号及び7号機海水貯留堰）方向の津波流速を算出し、その中で最大となる津波流速を漂流物の衝突荷重の評価に用いる漂流速度として設定する。

(2) 海水貯留堰の評価に用いる津波流速

海水貯留堰の評価に用いる漂流速度の設定は、保守的に大湊側港湾内全域の海水貯留堰方向の流速の最大津波流速とする（図4.1-2参照）。

漂流速度の設定に当たっては、図4.1-2に示す大湊側港湾内全域を格子間隔5mで分割し、その各格子における流向ベクトル及び流速の時刻歴評価を行い、全評価格子内の時刻歴における最大の海水貯留堰方向の流速を設定する。ここで、海水貯留堰方向とはそれぞれの格子において評価した流向ベクトルについて、それを延長した場合6号及び7号海水貯留堰に交差するものとしている。

また、パラメータスタディについては、基準津波1～3それぞれについて防波堤有無の評価を実施し、保守的にそれらの評価の中で最大となる海水貯留堰方向の流速を漂流速度として設定する。

結果として、基準津波2の防波堤なしケースの地震発生後約121分において海水貯留堰方向の最大流速5.64m/sが抽出されたことから、保守的に6.0m/sを海水貯留堰の衝突荷重評価に用いる漂流速度として設定する。

なお、6号及び7号機海水貯留堰方向の最大流速分布を図4.1-3及び図4.1-4に示す。

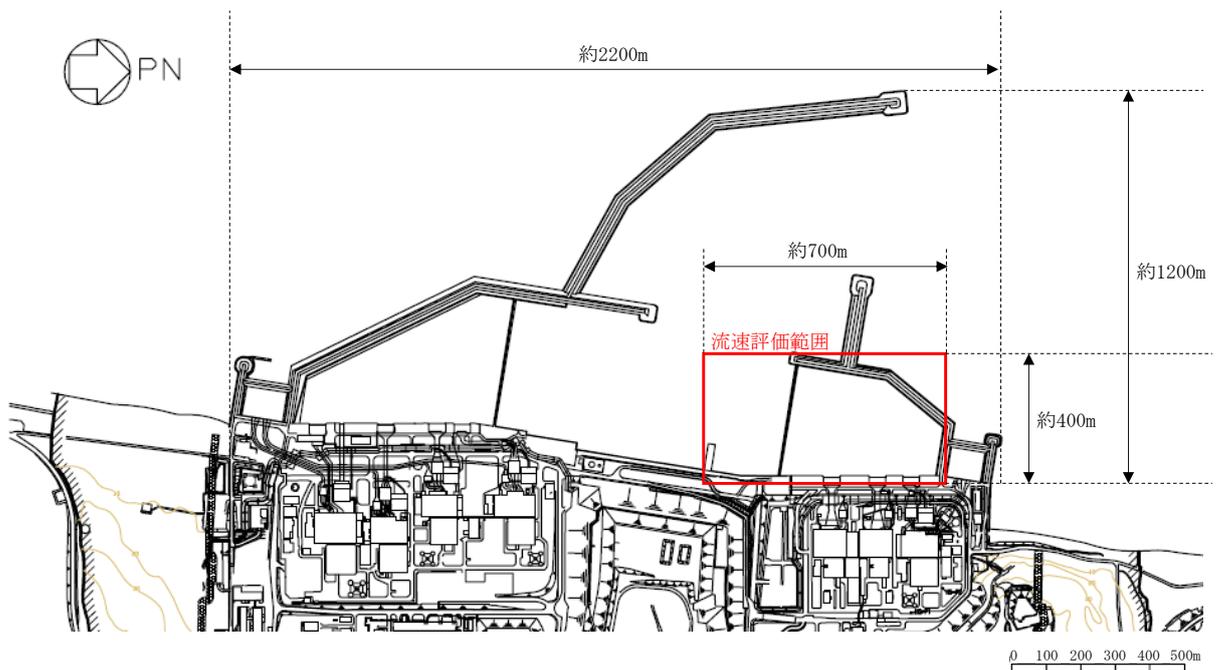
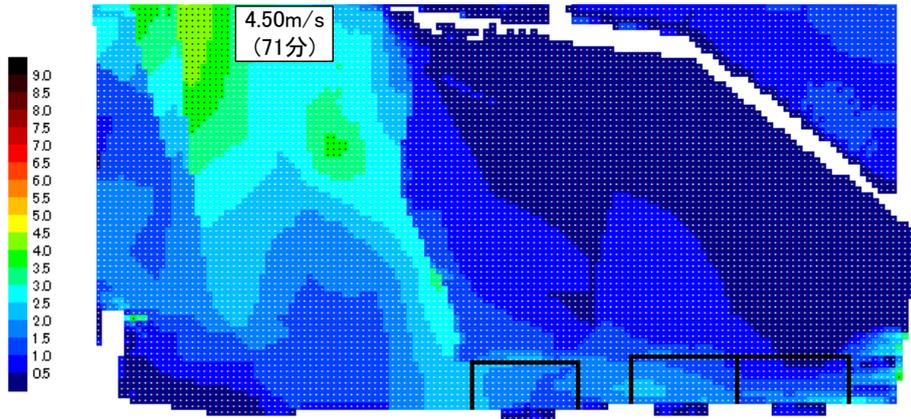
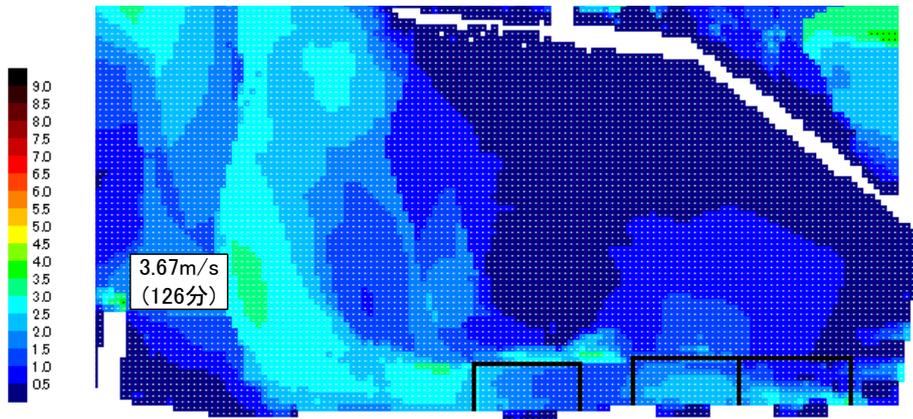


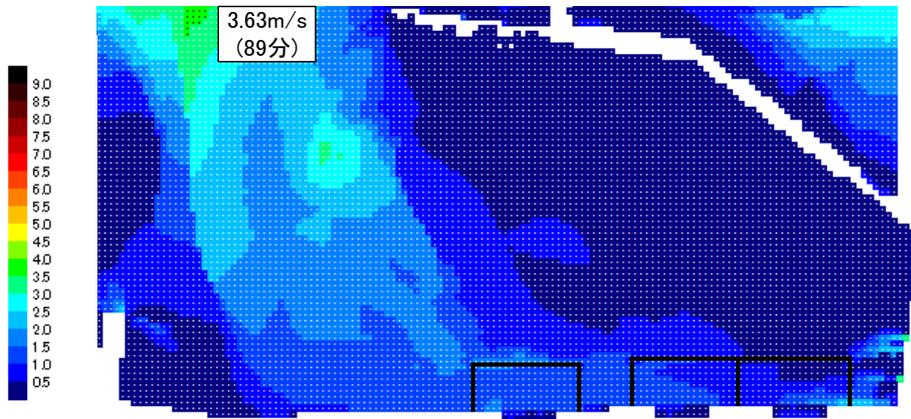
図4.1-2 海水貯留堰の漂流物衝突評価に用いる漂流速度の設定
にあたって最大流速を抽出する範囲



【防波堤あり】基準津波1(貯留堰方向)

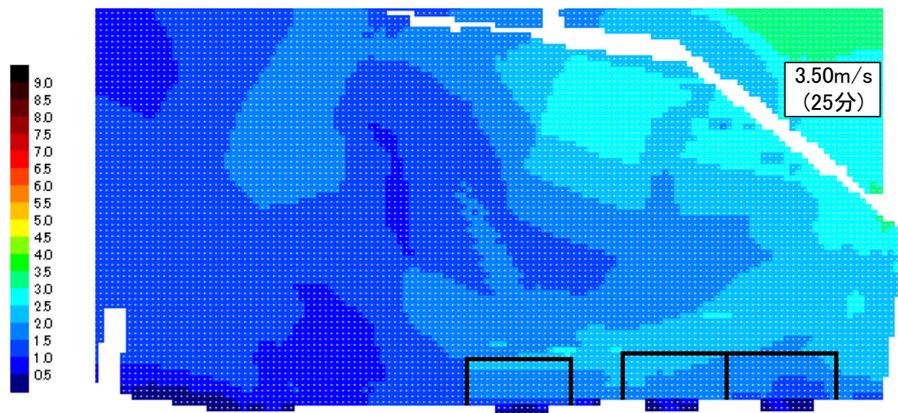


【防波堤あり】基準津波2(貯留堰方向)

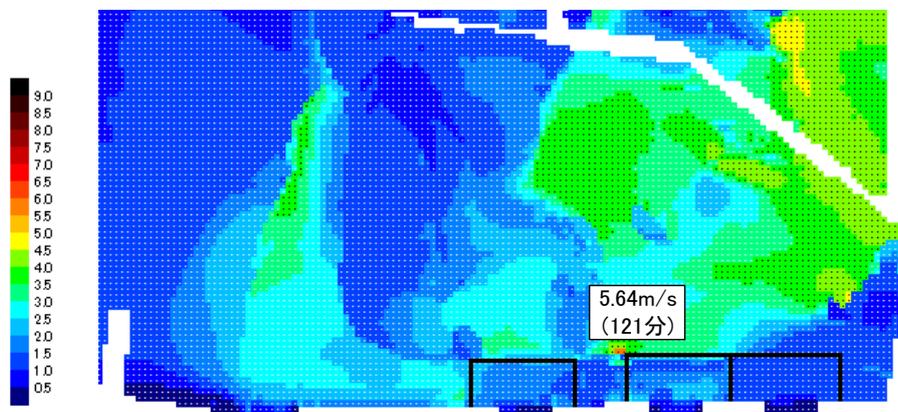


【防波堤あり】基準津波3(貯留堰方向)

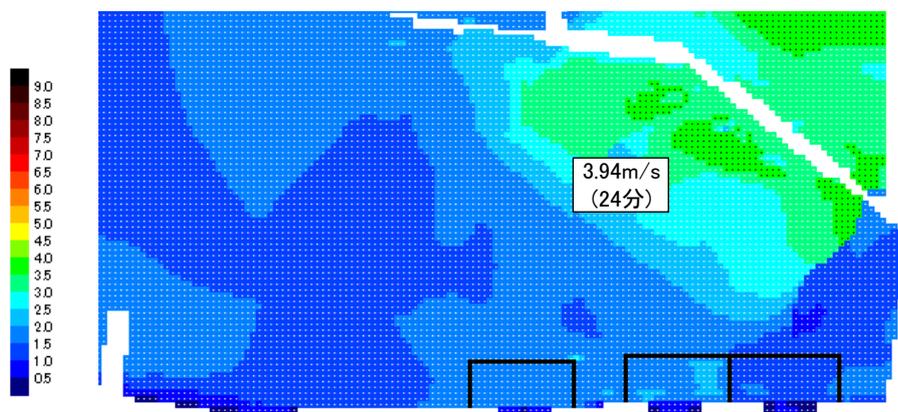
図 4.1-3 大湊側港湾内最大流速分布 (防波堤ありケース)



【防波堤なし】基準津波1(貯留堰方向)



【防波堤なし】基準津波2(貯留堰方向)



【防波堤なし】基準津波3(貯留堰方向)

図 4.1-4 大湊側港湾内最大流速分布 (防波堤なしケース)

4.2 漂流物による影響確認について

4.2 漂流物による影響確認について

基準津波に伴い発生する漂流物について、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として、漂流物による取水性への影響を確認するとともに、漂流物による波及的影響の検討として、津波防護施設及び浸水防止設備への衝突影響を確認した。

上記確認は、図 4.2-1 に示すフローに従い実施しており、取水性への影響確認については本項に、衝突影響の確認については「4.7 漂流物衝突を考慮した津波防護施設の設計について」に示す。

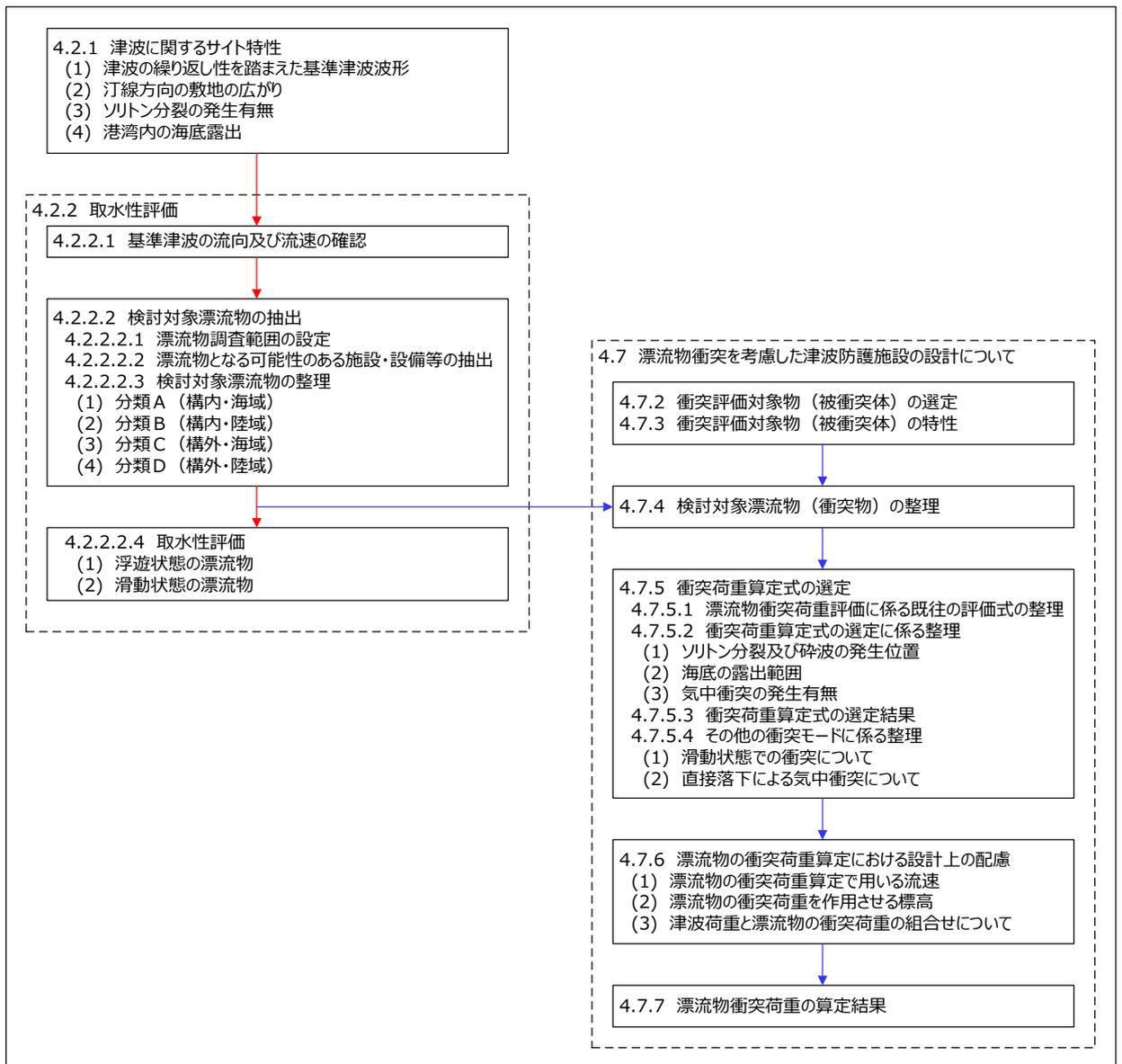


図 4.2-1 漂流物による影響確認フロー

4.2.1 津波に関するサイト特性

漂流物影響確認にあたっては以下に示す柏崎刈羽原子力発電所の津波に関するサイト特性を考慮した。

(1) 津波の繰り返し性を踏まえた基準津波波形

柏崎刈羽原子力発電所は、日本海側に立地しており、中国大陸、佐渡島又は能登半島からの反射波の影響で津波の繰り返しが長期間継続する。

漂流物の影響確認にあたっては、水位の振幅が比較的小さくなる、地震発生後12時間まで津波による影響が継続すると想定することとし、影響確認において考慮する6号機取水口前面における基準津波の水位時刻歴を図4.2-2及び図4.2-3に示す。

(2) 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。漂流物の影響確認にあたっては、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こととした。

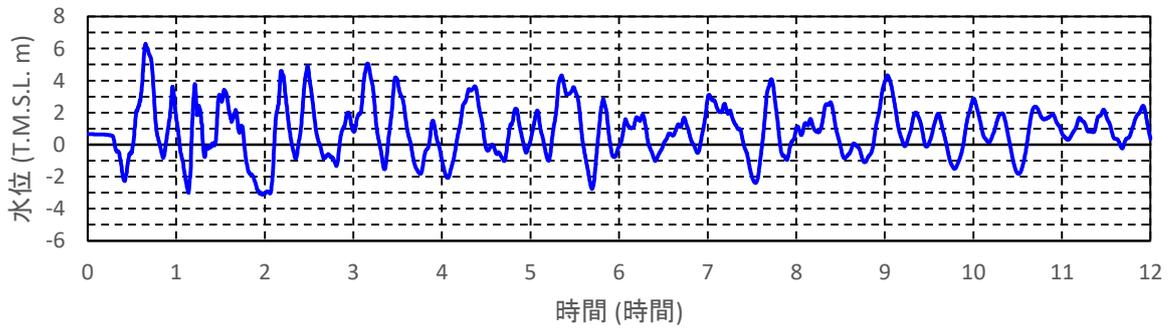
なお、検討対象とする漂流物の抽出にあたっては、敷地の遡上範囲を踏まえ、構内陸域を図4.2-4に示す通り分類し、分類ごとに漂流物の抽出を行った。

(3) ソリトン分裂の発生有無

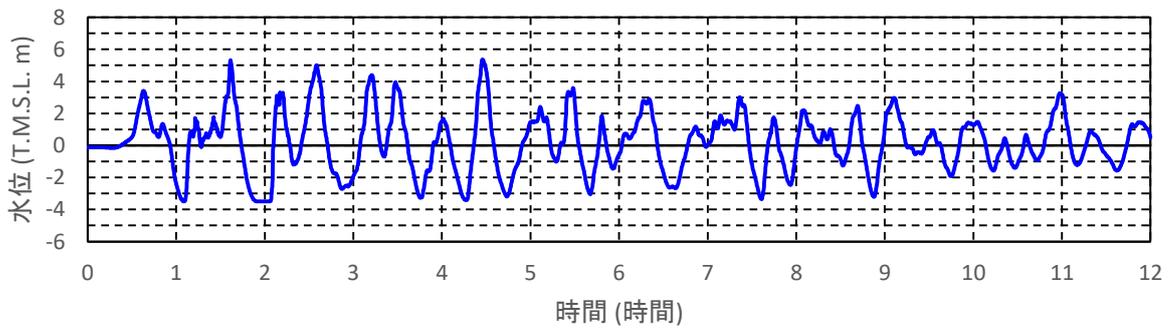
柏崎刈羽原子力発電所における基準津波1~3において、ソリトン分裂及び碎波が発生しないことを確認した。(確認結果については「4.7 漂流物衝突を考慮した津波防護施設の設計について」添付資料1参照)

(4) 港湾内の海底露出

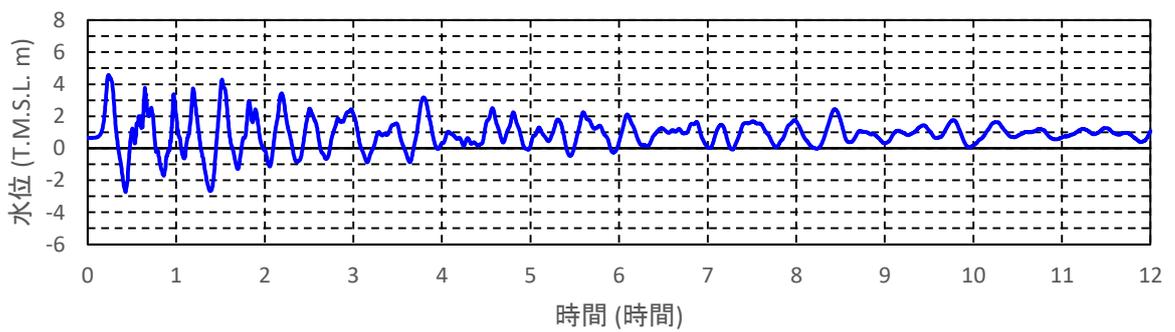
基準津波2の一部時間帯において港湾内の海底が露出する事象が確認される。漂流物の影響確認、特に漂流物の衝突形態の検討にあたっては、上記事象を考慮することとした。なお、港湾内の露出範囲を図4.2-5に示す。



基準津波 1

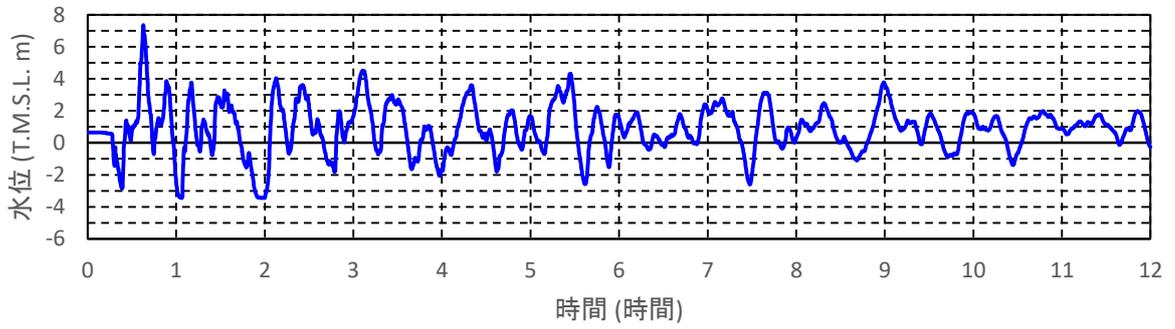


基準津波 2

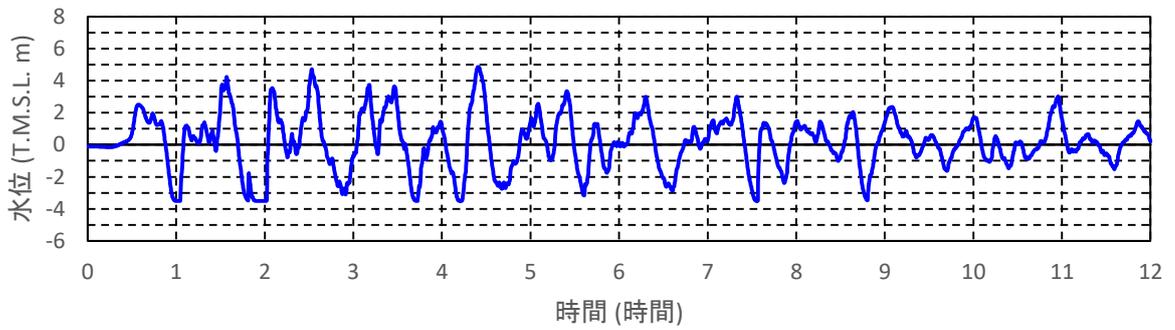


基準津波 3

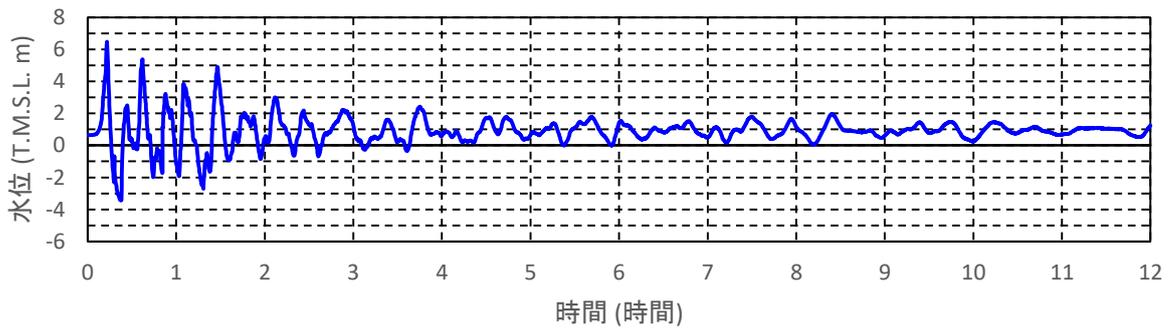
図 4.2-2 6号機取水口前面水位時刻歴 (防波堤あり)



基準津波 1

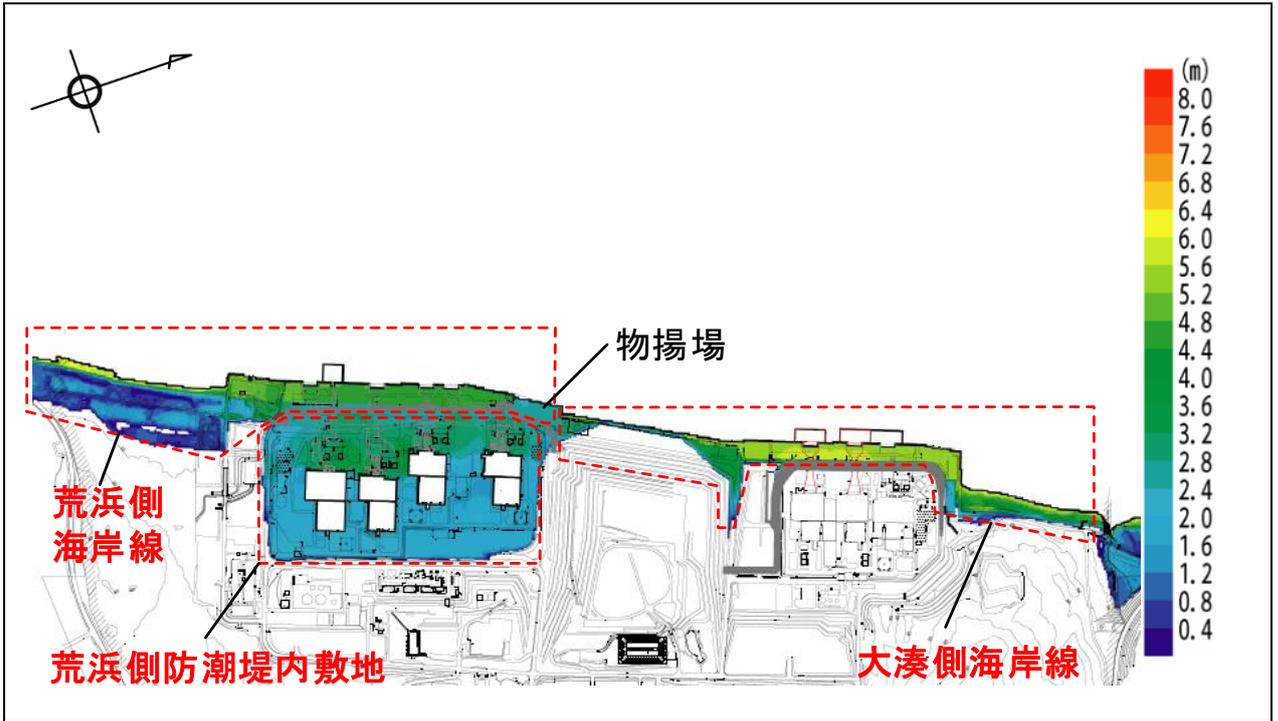


基準津波 2

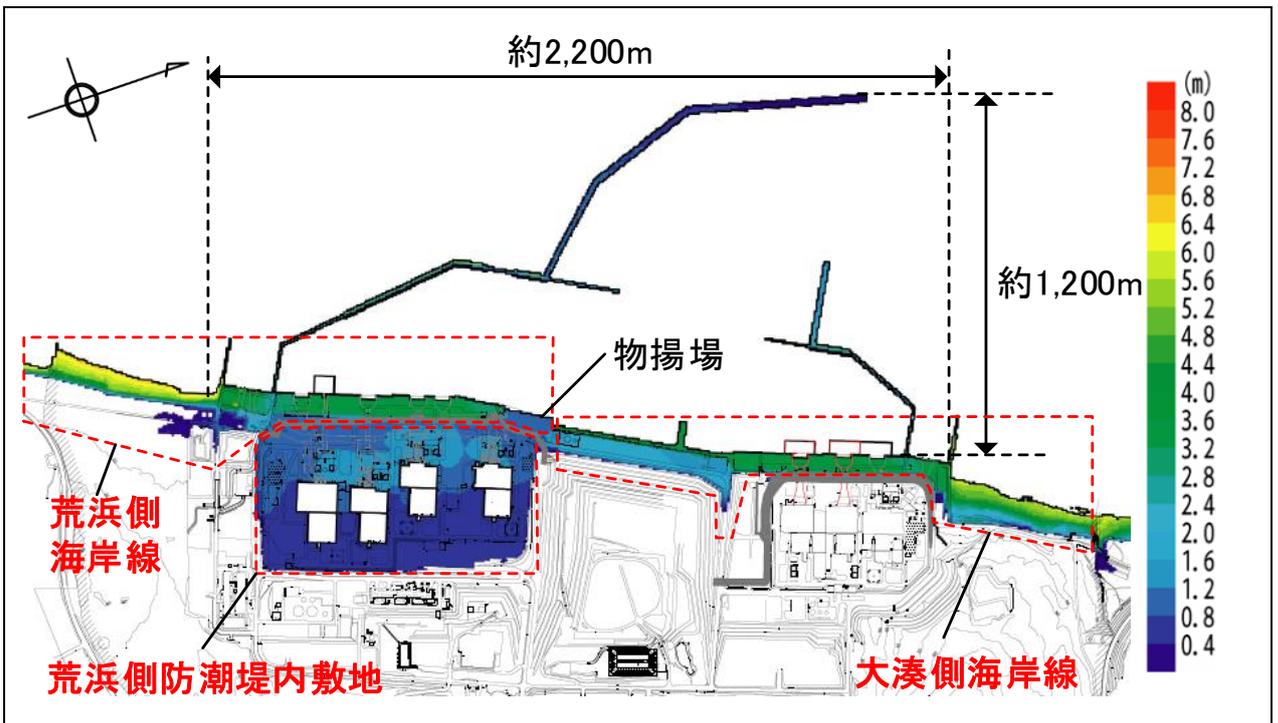


基準津波 3

図 4.2-3 6号機取水口前面水位時刻歴 (防波堤なし)



＜発電所全体遡上域の最高水位を与える津波による浸水深分布＞



＜荒浜側防潮堤内敷地の最高水位を与える津波による浸水深分布＞

図 4.2-4 発電所敷地における浸水深分布と敷地の分類

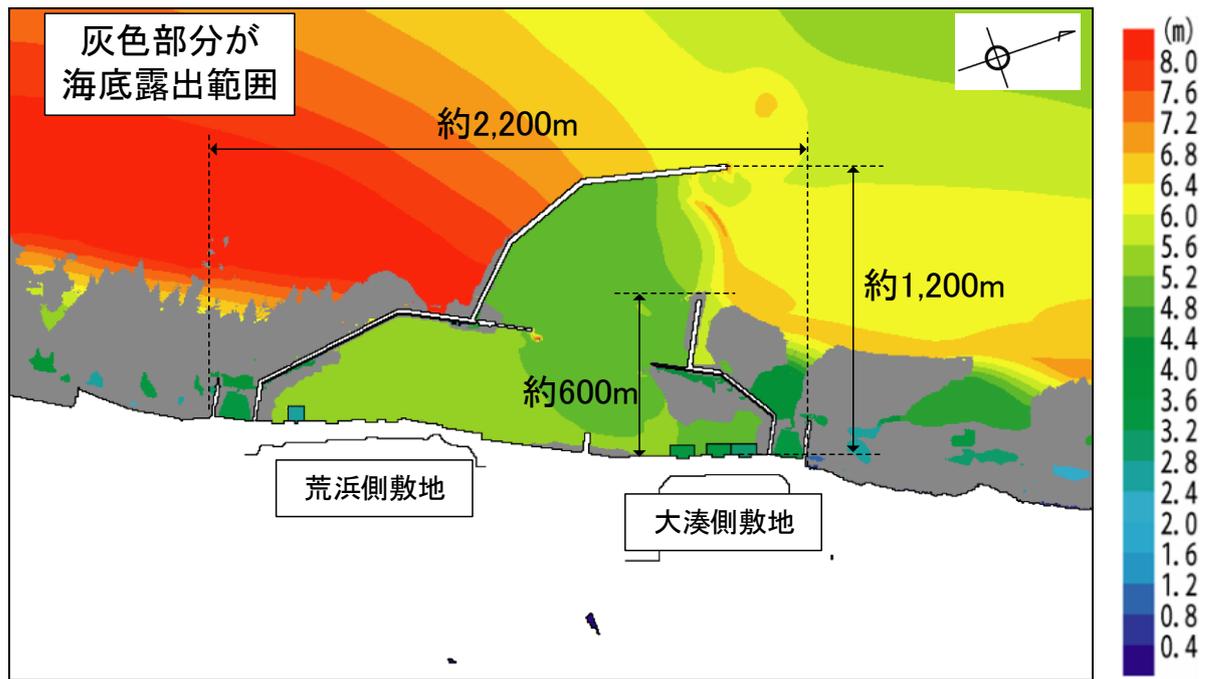


図 4.2-5 引き波による港湾内の海底露出範囲 (基準津波 2)

4.2.2 取水性評価

基準津波により漂流物となる可能性がある施設・設備等が、取水口あるいは取水路を閉塞させ、非常用海水冷却系（原子炉補機冷却海水系）に必要な通水性に影響を及ぼす可能性について確認した。確認の結果を以降に示す。

なお、確認の条件として、漂流物化の検討等の対象範囲（津波の遡上域）や漂流物の漂流の様相（漂流の向き、速度等）に有意な影響を与える可能性が考えられる防波堤及び荒浜側防潮堤の状態については、津波影響軽減施設あるいは津波防護施設として位置付けているものではないことから、健全な状態に加え、それらの存在が非保守側の効果を持つ可能性が想定される場合には、地震等により損傷した状態も考慮した。

4.2.2.1 基準津波の流向及び流速の確認

基準津波 1～3 の波源を図 4.2-6 に、流向及び流速を図 4.2-7 に示す。

「日本海東縁部に想定される地震に伴う津波」と「敷地周辺の海底地すべりに伴う津波」の「重畳津波」である基準津波 1 は、発電所の西方より襲来し、地震発生の約 15 分後に敷地前面に到達する。港湾内へは、まず北西の港湾口より引き波として進入し、約 9 分後（地震発生約 24 分後）に寄せ波に転じ、その約 15 分後（地震発生約 39 分後）に再び引き波に転ずる。

「日本海東縁部に想定される地震に伴う津波」である基準津波 2 は、発電所の北西より襲来し、地震発生の約 30 分後に敷地前面に到達する。港湾内へは、港湾口より寄せ波として進入し、約 9 分後（地震発生約 39 分後）に引き波に転じ、その約 27 分後（地震発生約 66 分後）に再び寄せ波に転ずる。

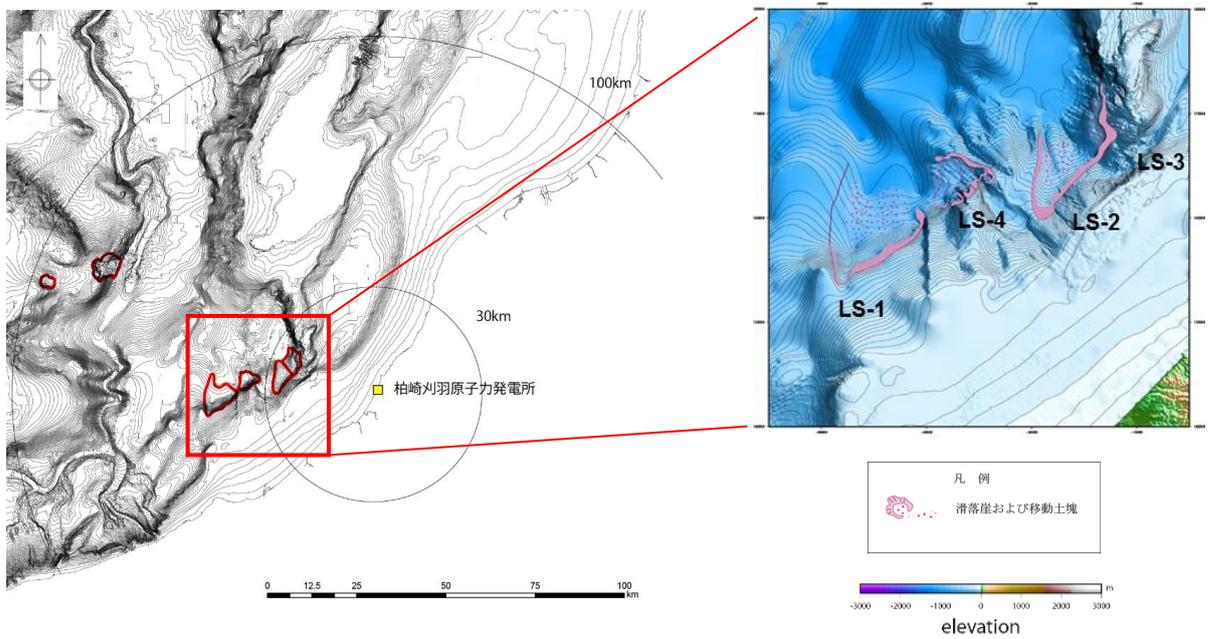
また、「海域活断層に想定される地震に伴う津波」と「敷地周辺の海底地すべりに伴う津波」の「重畳津波」である基準津波 3 は、発電所の西方より襲来し、地震発生の約 9 分後に敷地前面に到達する。港湾内へは、港湾口より寄せ波として進入し、約 6 分後（地震発生約 15 分後）に引き波に転じ、その約 12 分後（地震発生約 27 分後）に再び寄せ波に転ずる。

港湾内の主たる流れは基準津波 1～3 でいずれも、港湾口からの寄せ波時の海水の流入、引き波時の流出に応じ、1 号～4 号機が設置された荒浜側と 5 号～7 号機が設置された大湊側で方向の異なる二つの渦が生じる形となる。

なお、以上に示した流向及び流速は、発電所港湾施設である防波堤が健全という条件下で得られたものであり、後段に示す「通水性に与える影響の評価」では前述のとおり、防波堤の存在が非保守側の効果を持つ可能性が想定される場合には、地震等による防波堤の損傷を考慮した影響確認を行っている。

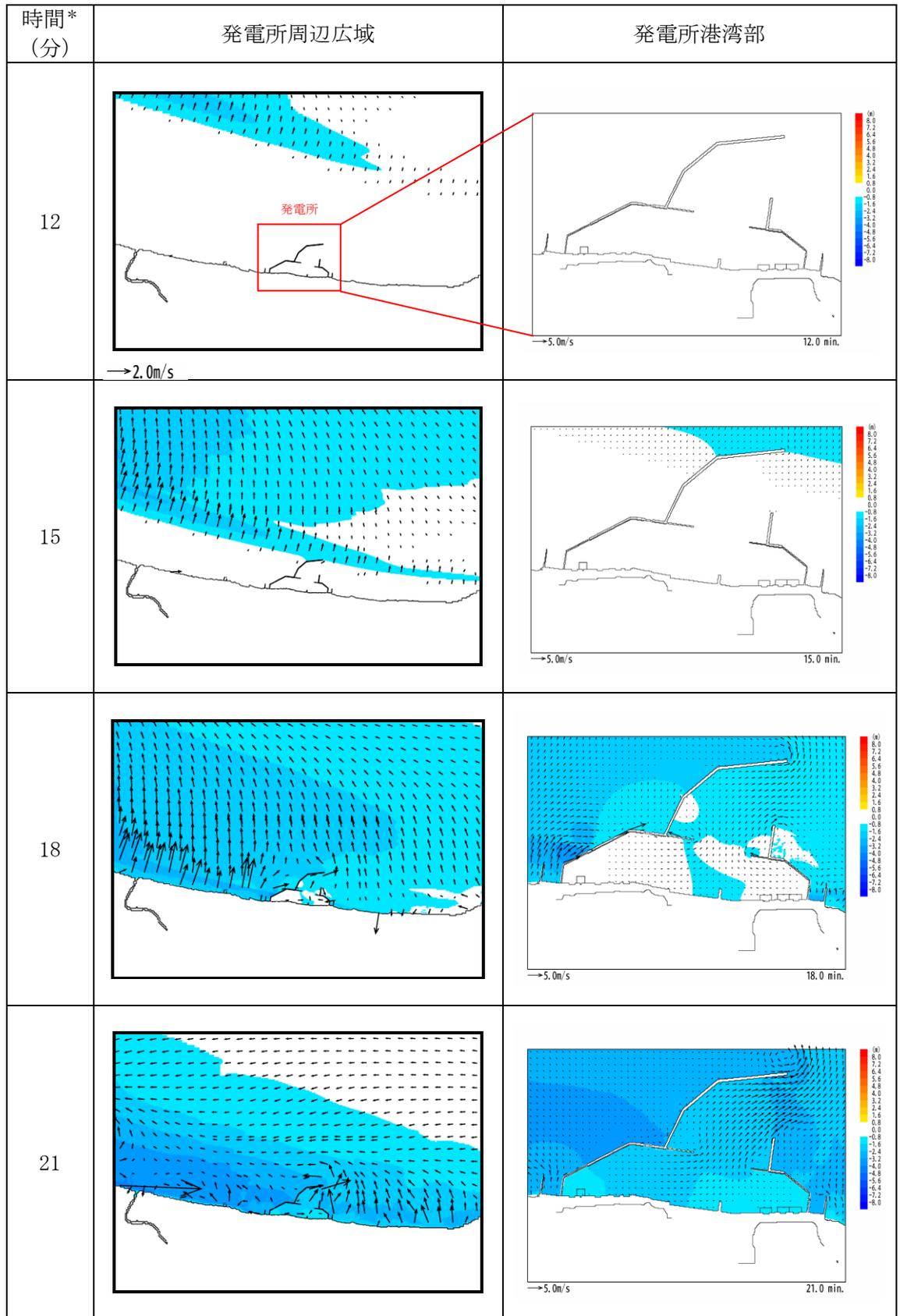


基準津波の想定波源図



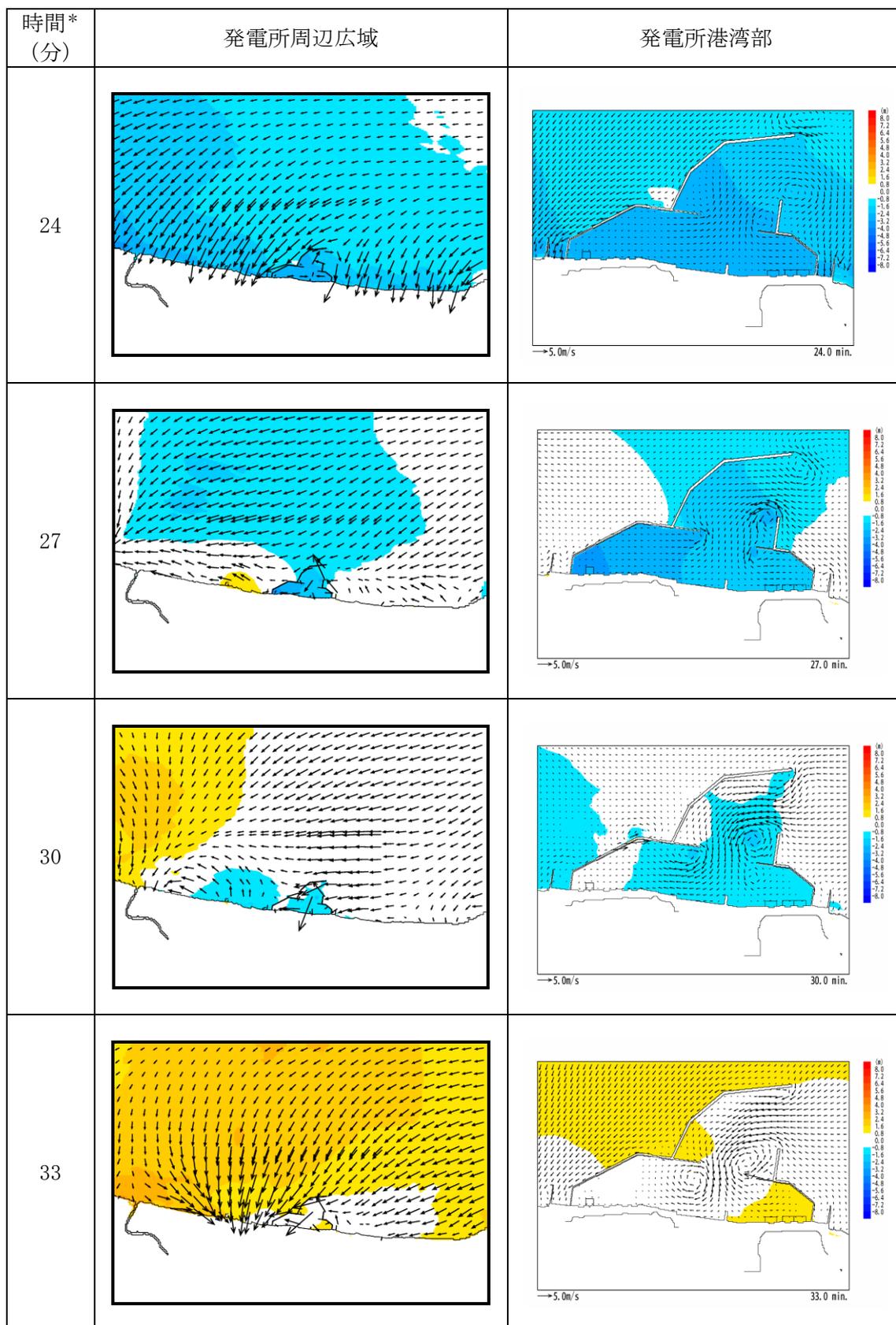
海底地すべり地形の位置図

図 4.2-6 基準津波の波源



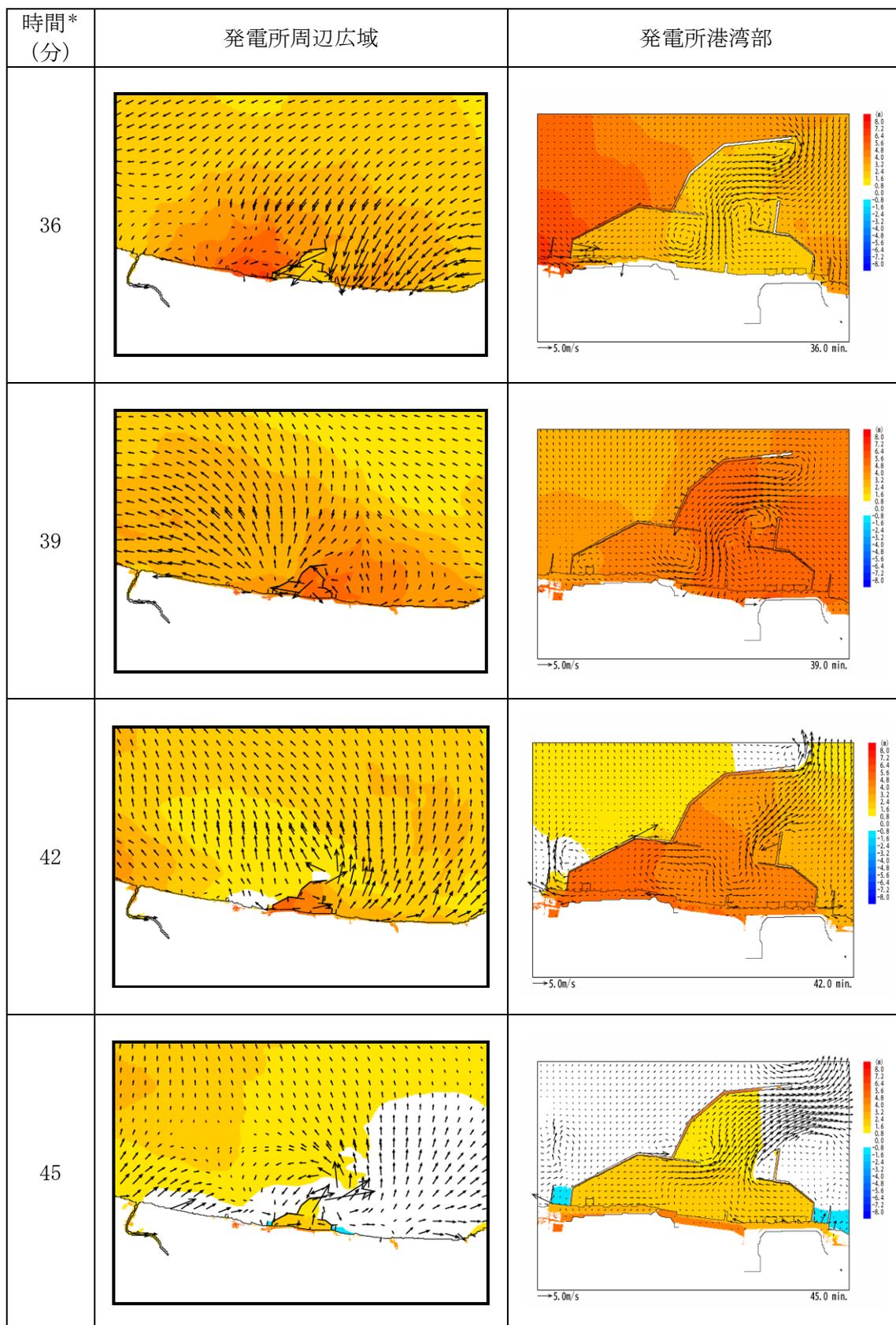
注記*：津波の原因となる地震発生後の経過時間

図 4.2-7 基準津波の流速ベクトル（基準津波 1）



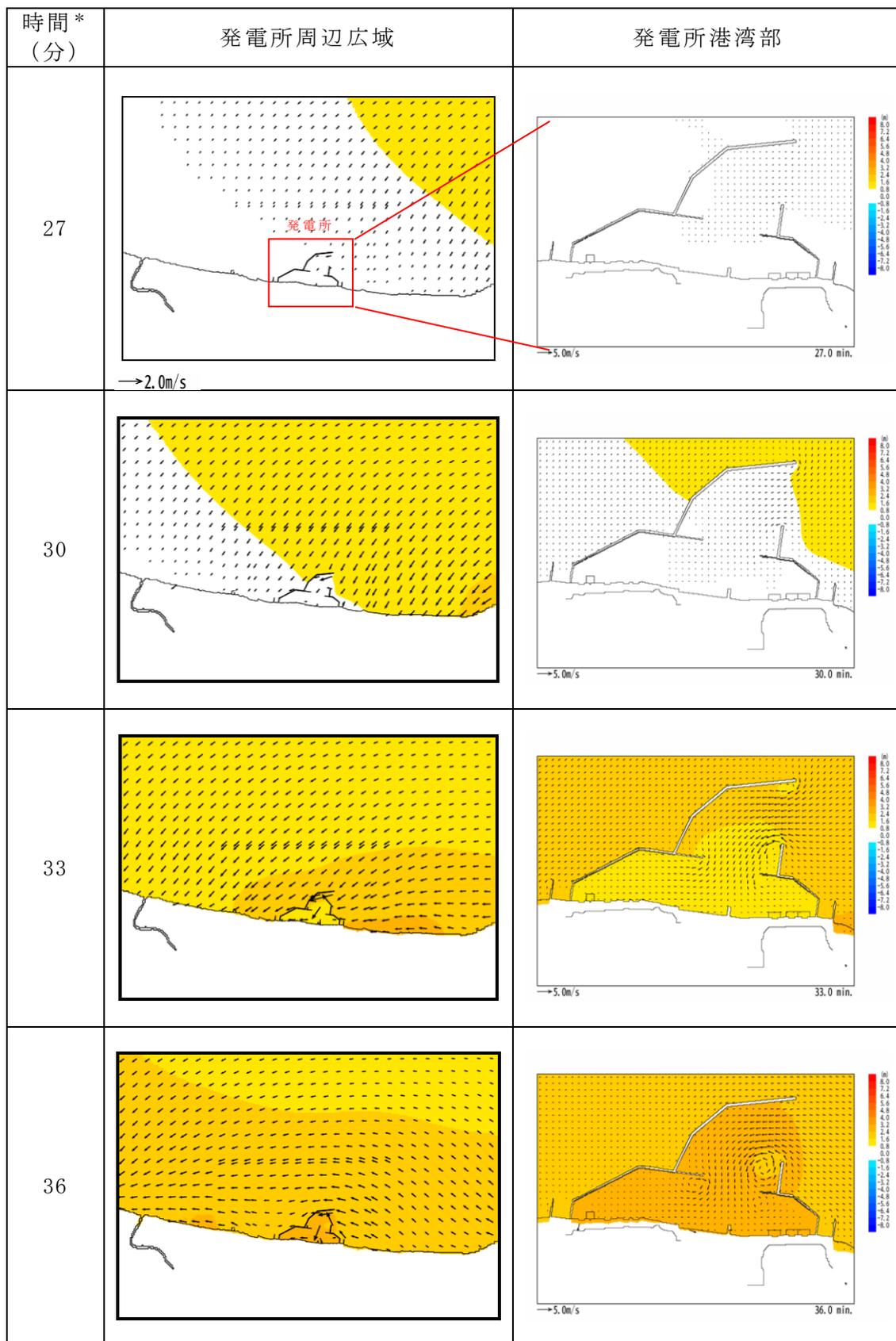
注記*：津波の原因となる地震発生後の経過時間

図 4.2-7 基準津波の流速ベクトル（基準津波 1）



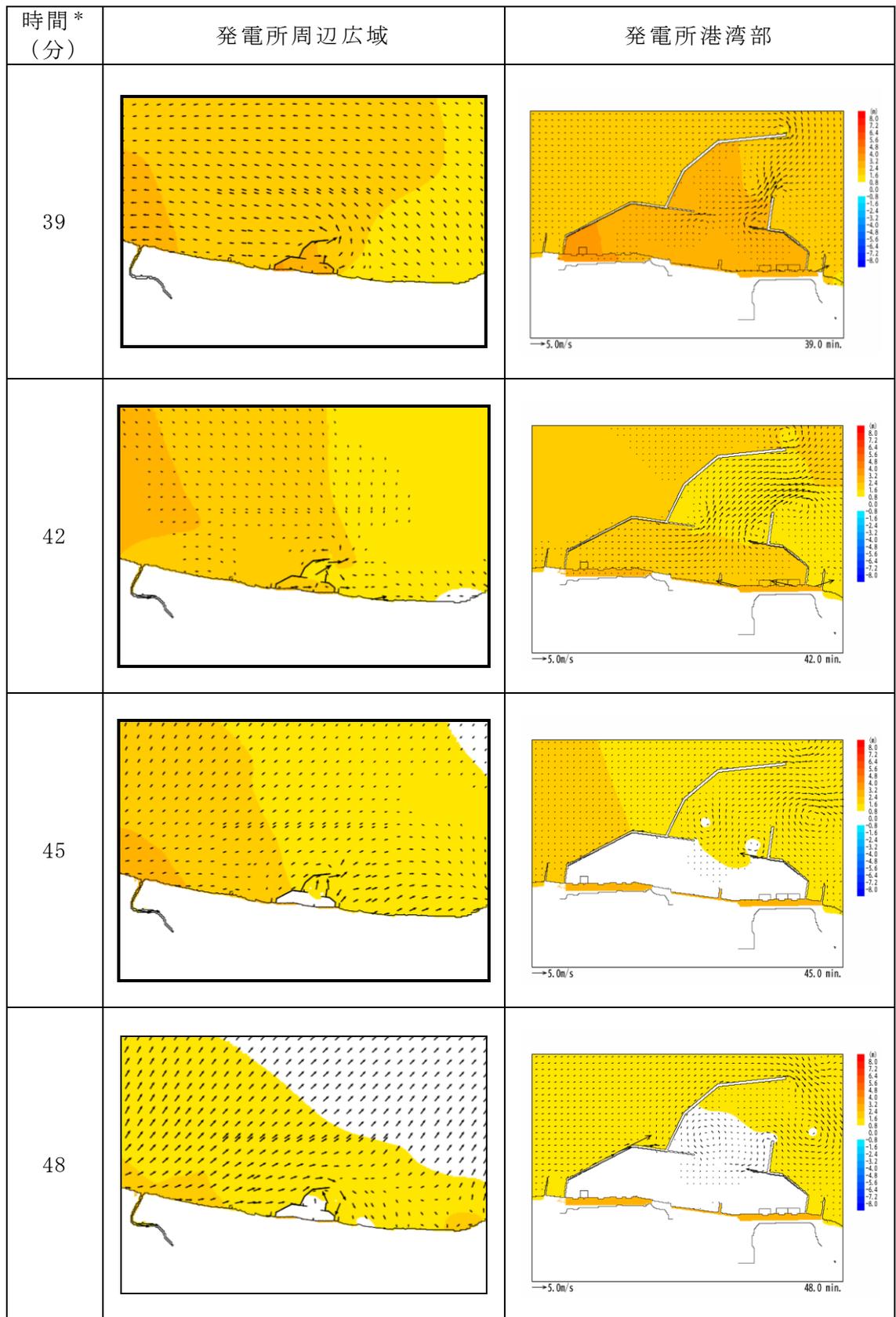
注記* : 津波の原因となる地震発生後の経過時間

図 4.2-7 基準津波の流速ベクトル (基準津波 1)



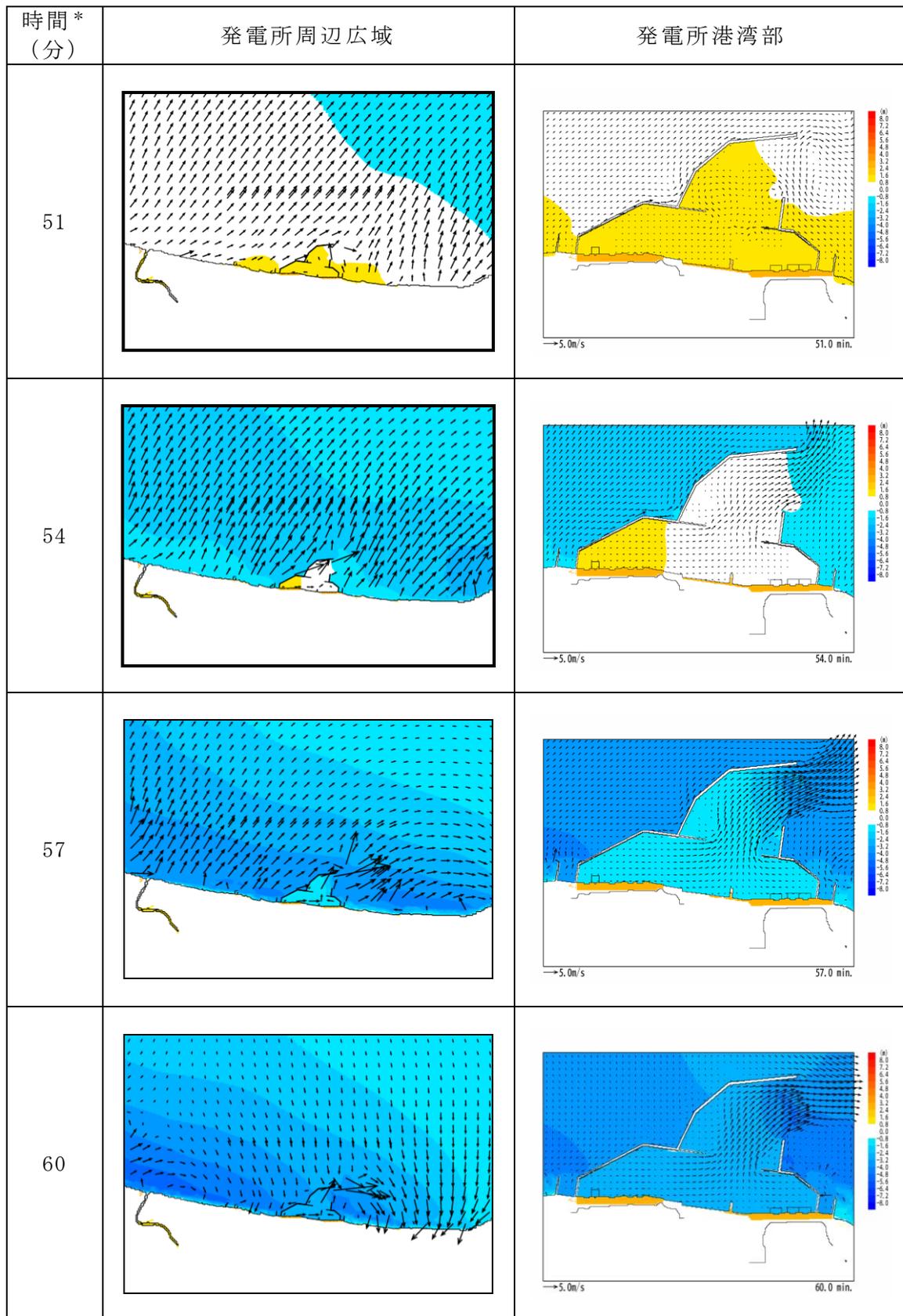
注記* : 津波の原因となる地震発生後の経過時間

図 4.2-7 基準津波の流速ベクトル (基準津波 2)



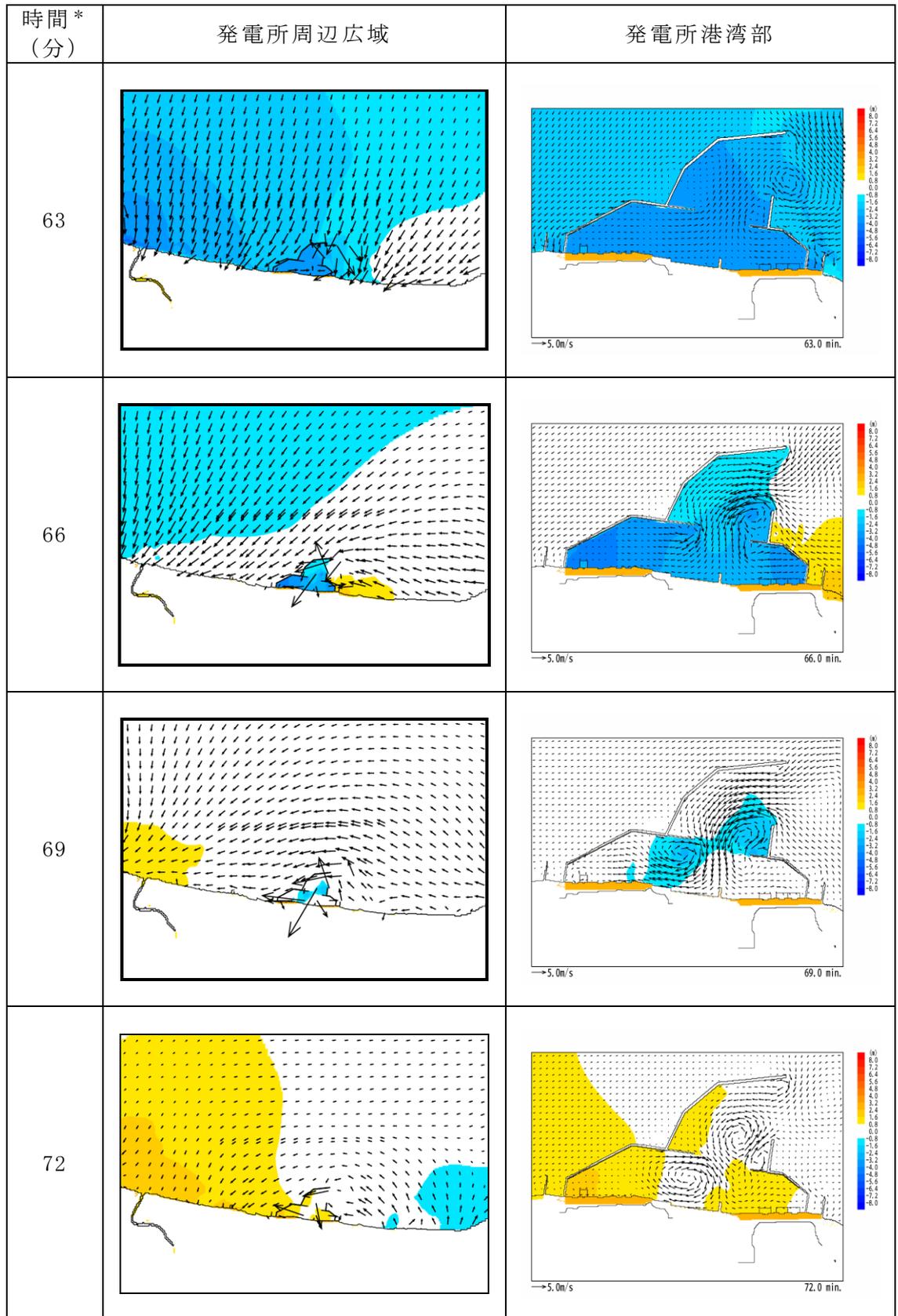
注記* : 津波の原因となる地震発生後の経過時間

図 4.2-7 基準津波の流速ベクトル (基準津波 2)



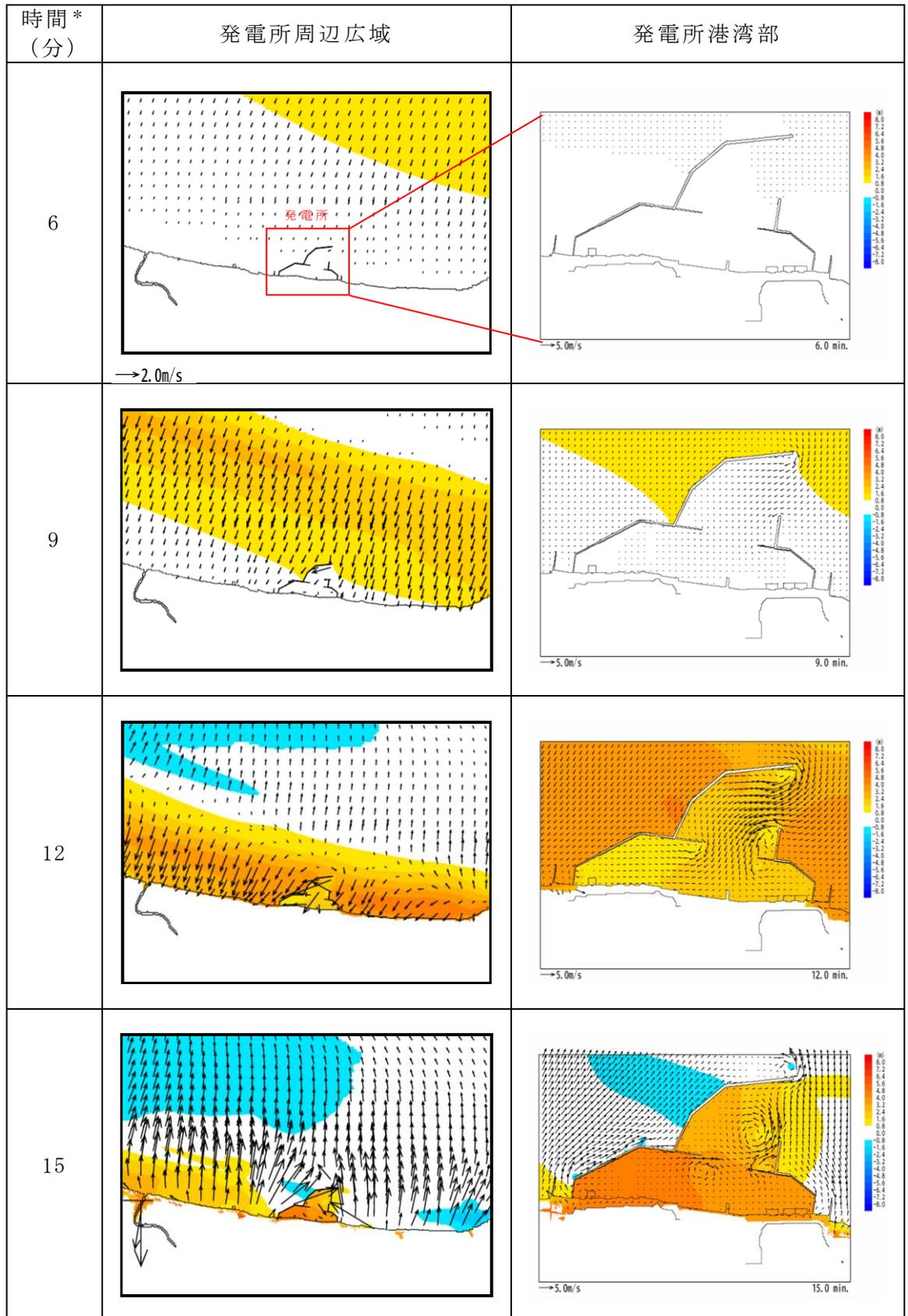
注記* : 津波の原因となる地震発生後の経過時間

図 4.2-7 基準津波の流速ベクトル (基準津波 2)



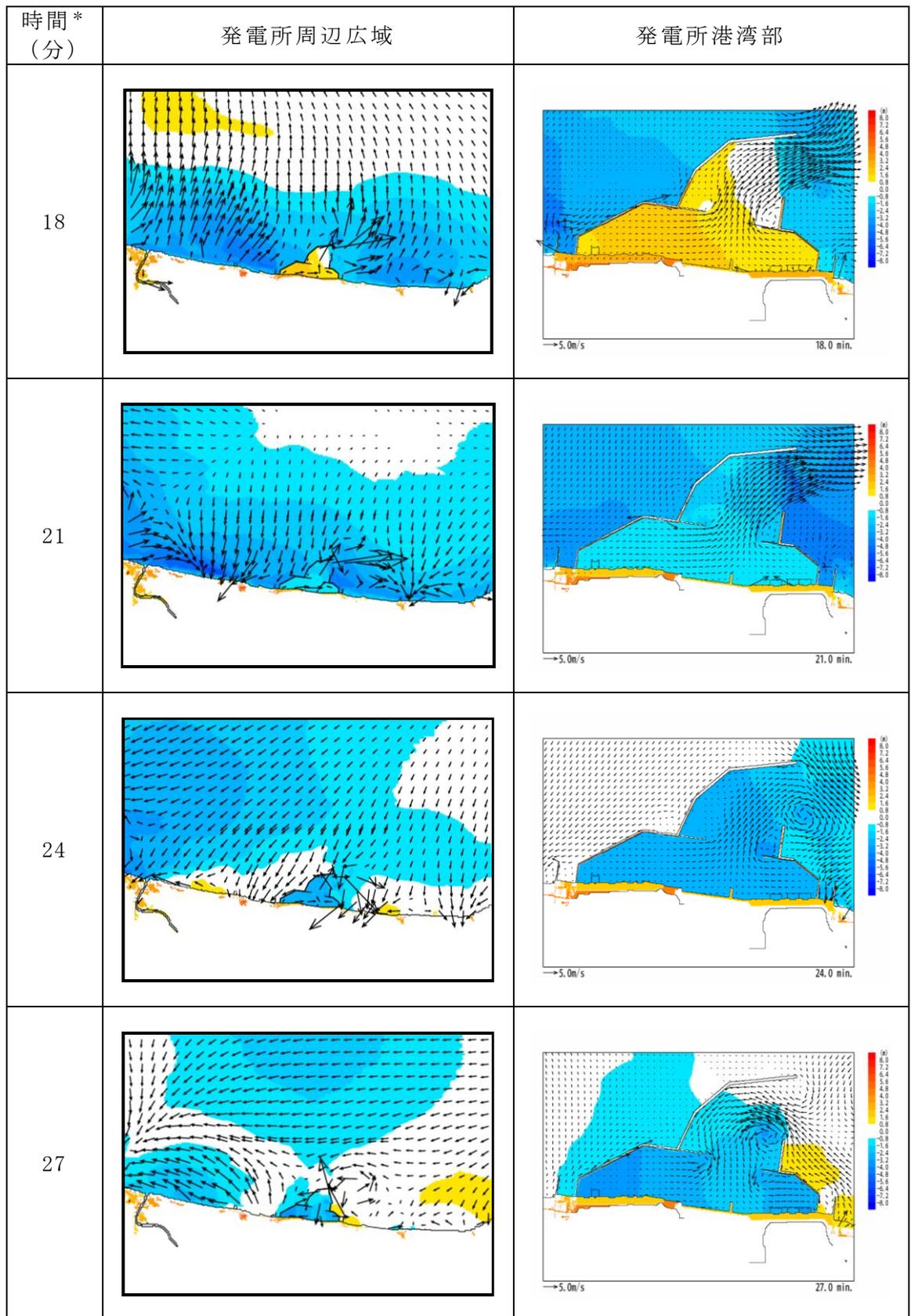
注記*：津波の原因となる地震発生後の経過時間

図 4.2-7 基準津波の流速ベクトル（基準津波 2）



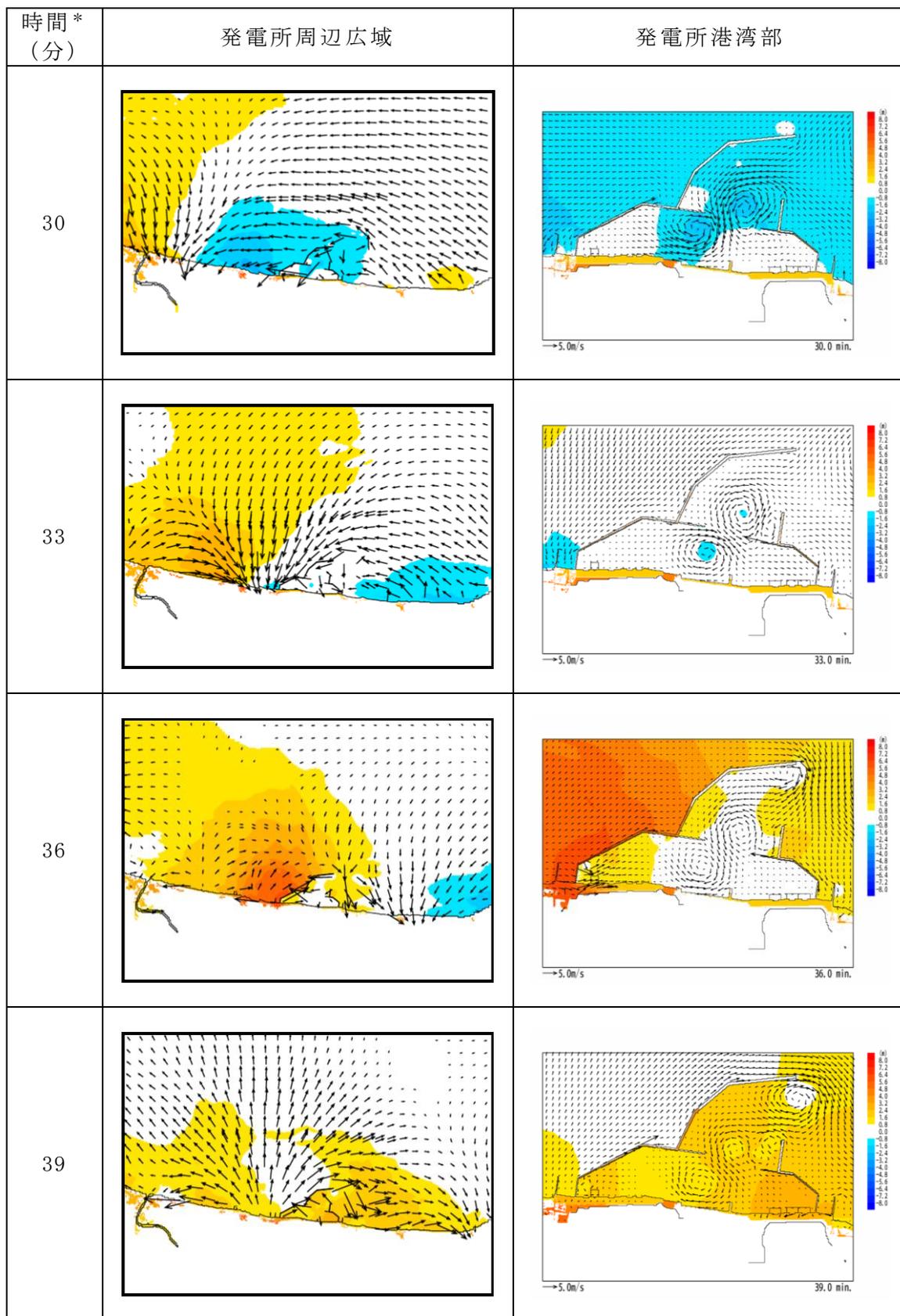
注記*：津波の原因となる地震発生後の経過時間

図 4.2-7 基準津波の流速ベクトル（基準津波 3）



注記*：津波の原因となる地震発生後の経過時間

図 4.2-7 基準津波の流速ベクトル（基準津波 3）



注記* : 津波の原因となる地震発生後の経過時間

図 4.2-7 基準津波の流速ベクトル (基準津波 3)

4.2.2.2 検討対象漂流物の抽出

4.2.2.2.1 漂流物調査範囲の設定

基準津波 1～3 について、図 4.2-8 に示す沿岸域の 6 地点及び汀線の 4 地点において、水位、流向、流速の時系列データを抽出した。結果を図 4.2-9 に示す。

図 4.2-9 より、基準津波 3 の第二波を除き、津波流速は最大で 2.0m/s 程度、流向は寄せ波と引き波とではほぼ向きが反転し、その反転の周期は最長で 20 分程度である。一方、基準津波 3 の第二波は、最大流速は 3m/s 程度であるが、反転の周期は 8 分程度である。したがって、津波の（寄せ波）1 波による水の移動量は、基準津波 3 の第二波を除く津波の最大流速が保守的に最長となる反転の周期の間継続すると仮定することにより、最大で約 2.4km ($2.0\text{m/s} \times 20\text{分}$) と評価できる。また、沿岸部における汀線方向の流向、流速についても確認を行っているが、結果は上記の評価に包含されている。(図 4.2-10)

海域における漂流物調査範囲は、保守的な想定として、引き波による反対方向の流れを考慮せず、寄せ波の 2 波分が最大流速で一定方向に流れるものとし、この際の移動量 4.8km を安全側に切り上げた発電所周辺 5km 圏内と設定した。また陸域については、基準津波の遡上域を考慮し、この 5km 圏内における海岸線に沿った標高 10m 以下 (図 4.2-11) の範囲と設定した (発電所構内は、荒浜側防潮堤の地震による損傷の可能性も想定し、同防潮堤の内側も含む)。

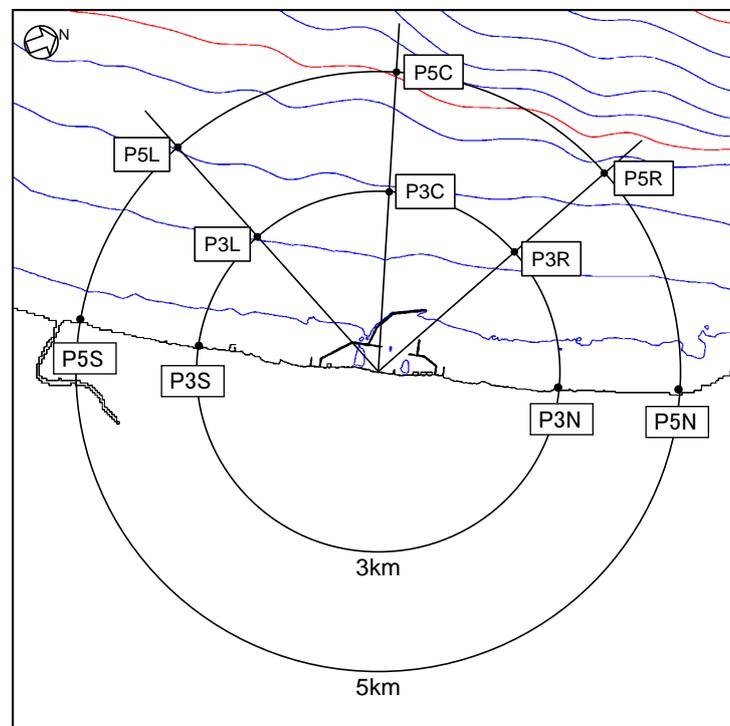
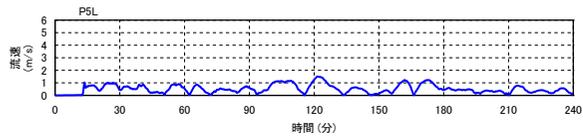
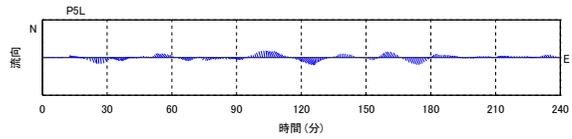
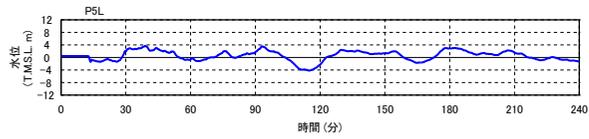
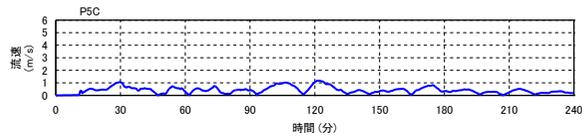
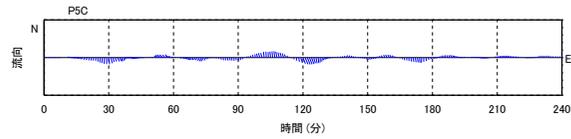
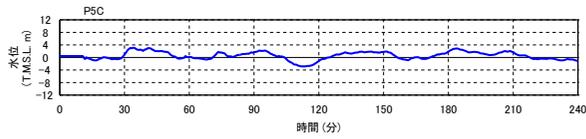


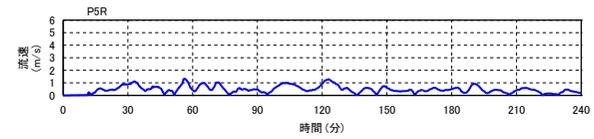
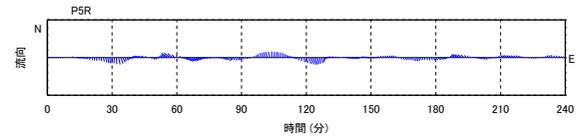
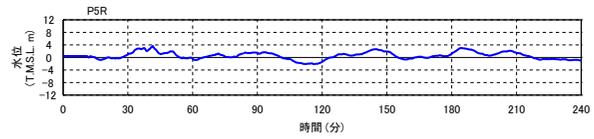
図 4.2-8 水位、流向、流速の抽出地点



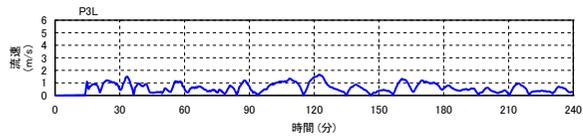
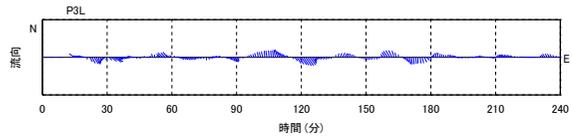
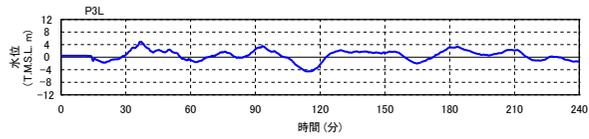
P5L (南西 5km)



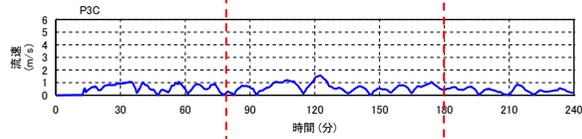
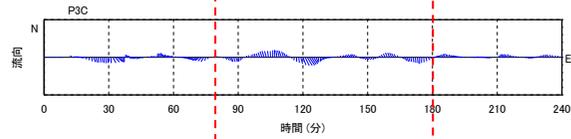
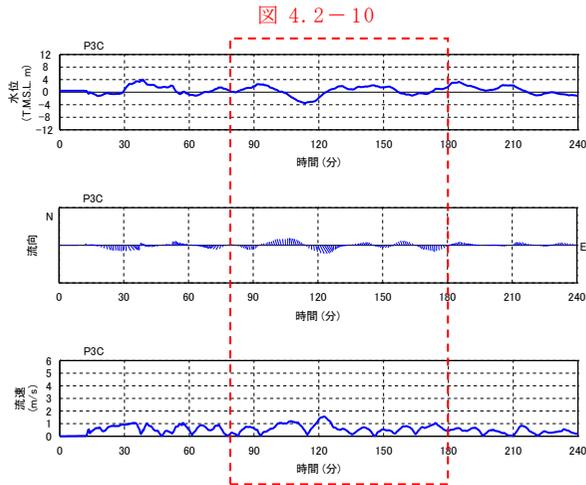
P5C (西 5km)



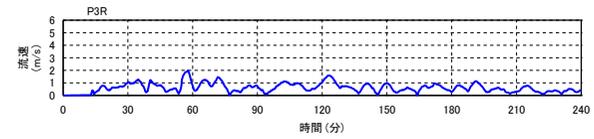
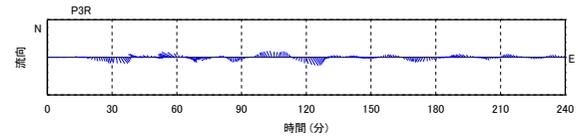
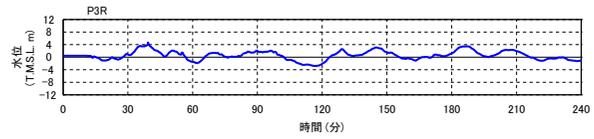
P5R (北西 5km)



P3L (南西 3km)

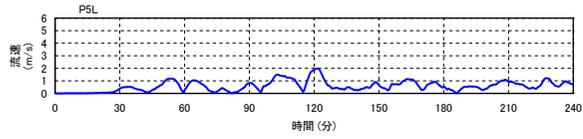
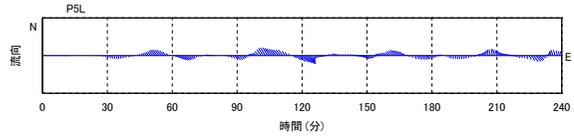
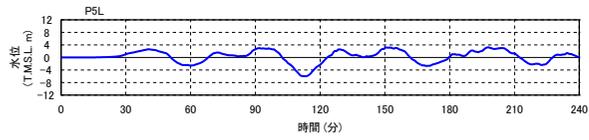


P3C (西 3km)

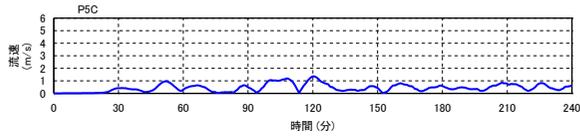
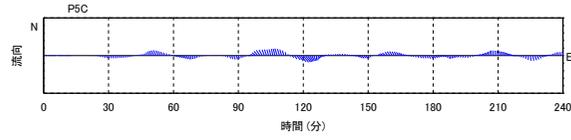
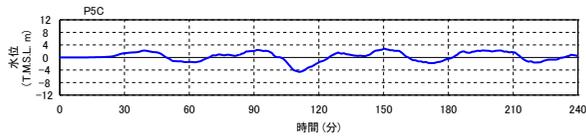


P3R (北西 3km)

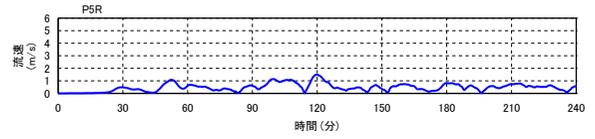
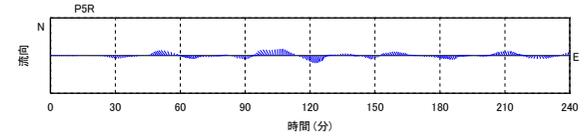
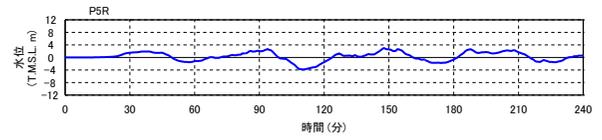
図 4.2-9 抽出地点における水位, 流向, 流速 (基準津波 1)



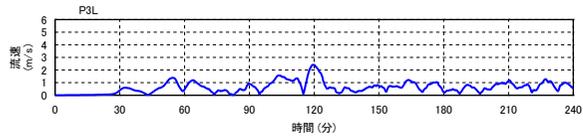
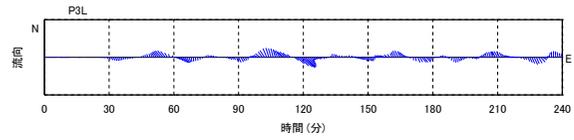
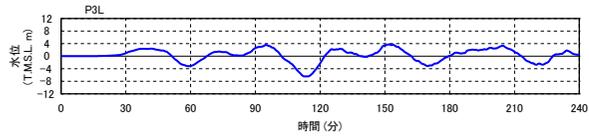
P5L (南西 5km)



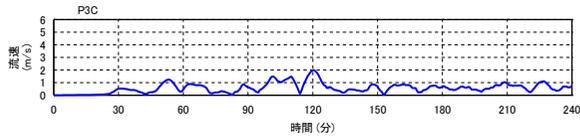
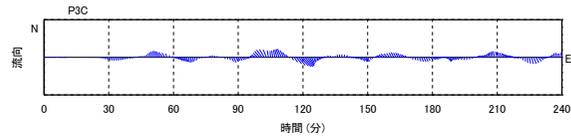
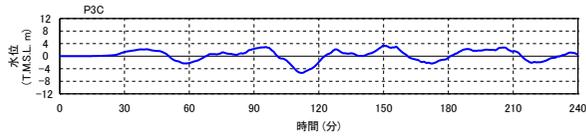
P5C (西 5km)



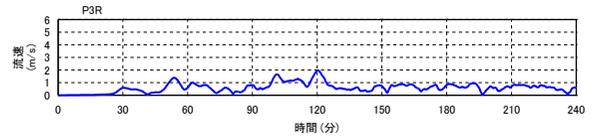
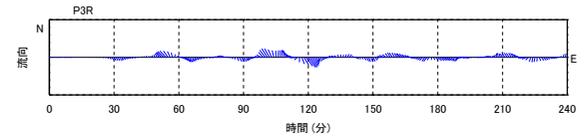
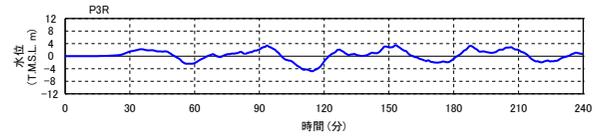
P5R (北西 5km)



P3L (南西 3km)

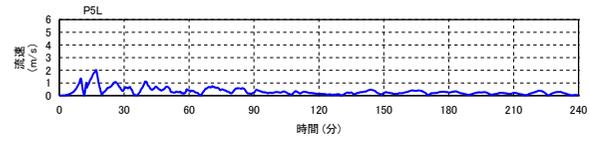
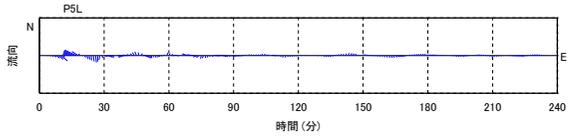
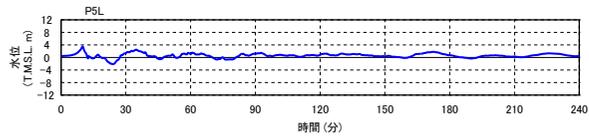


P3C (西 3km)

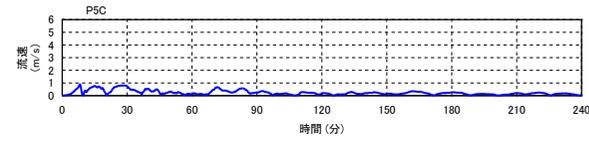
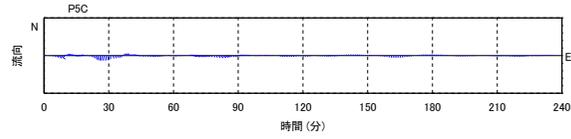
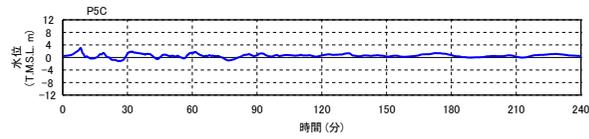


P3R (北西 3km)

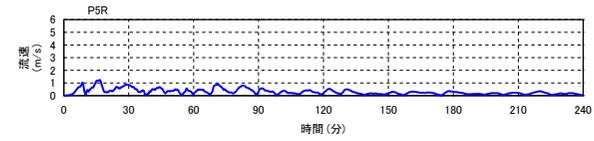
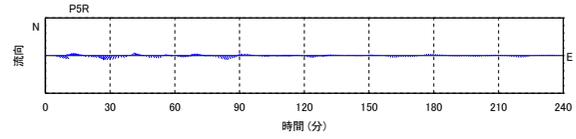
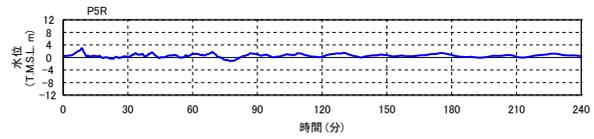
図 4.2-9 抽出地点における水位, 流向, 流速 (基準津波 2)



P5L (南西 5km)

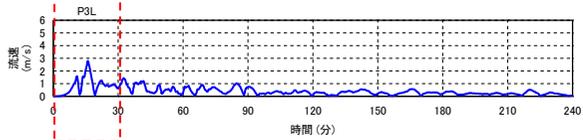
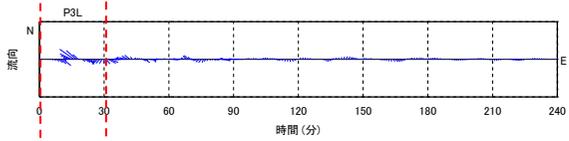
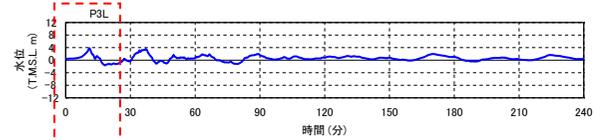


P5C (西 5km)

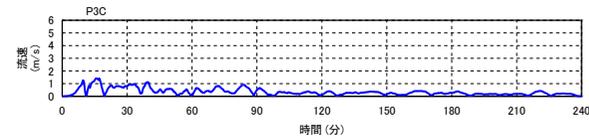
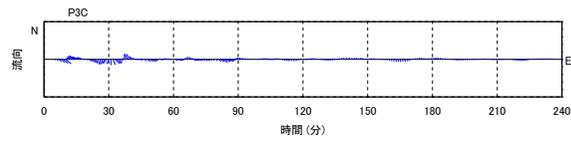
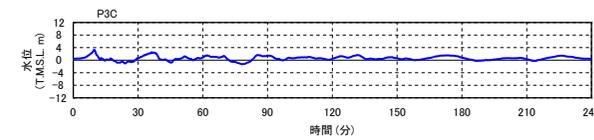


P5R (北西 5km)

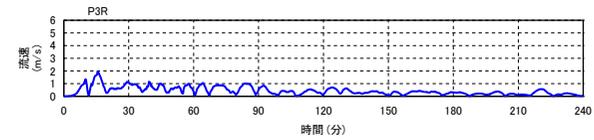
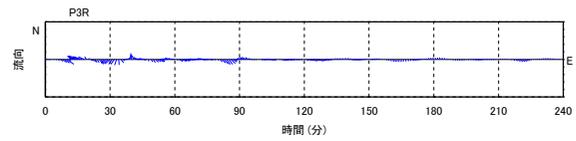
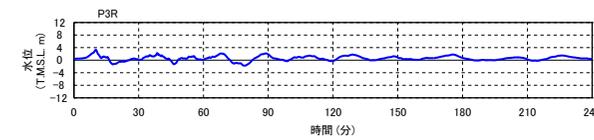
図 4.2-10



P3L (南西 3km)



P3C (西 3km)



P3R (北西 3km)

図 4.2-9 抽出地点における水位，流向，流速（基準津波 3）

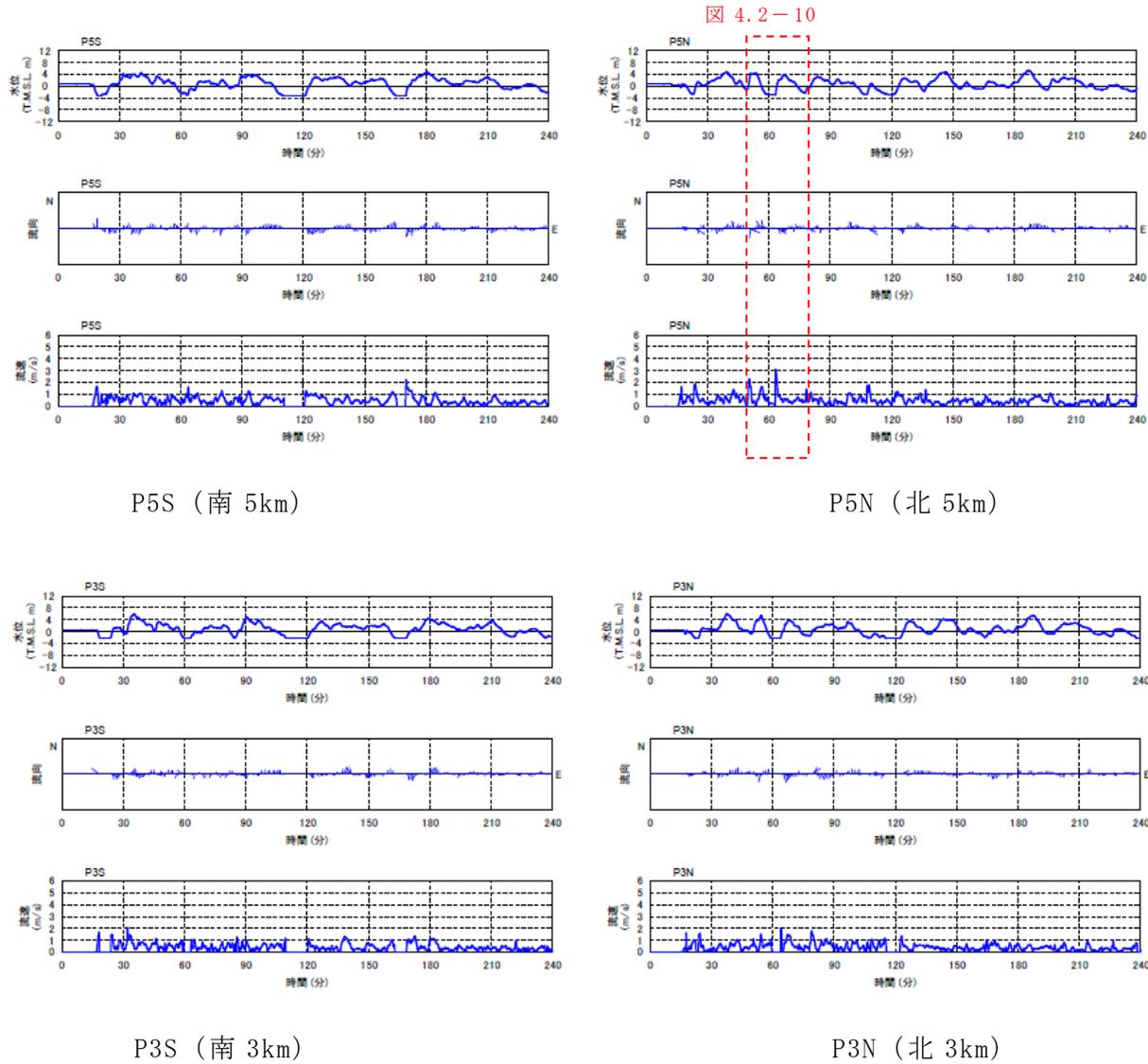
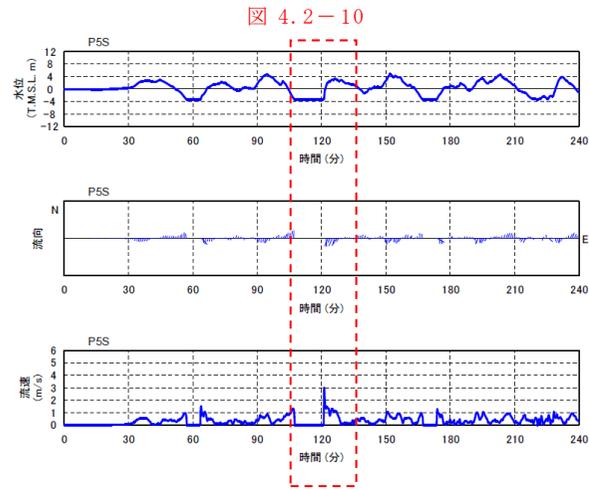
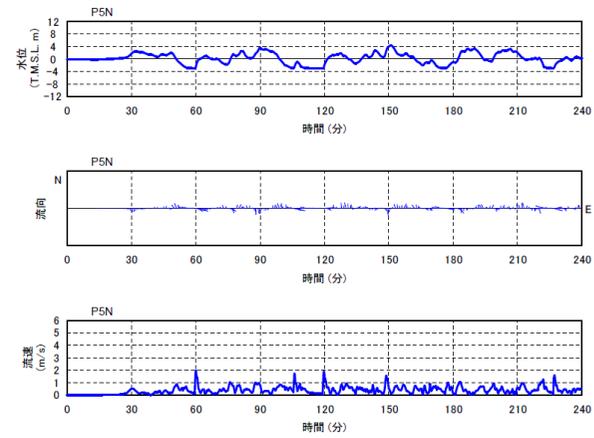


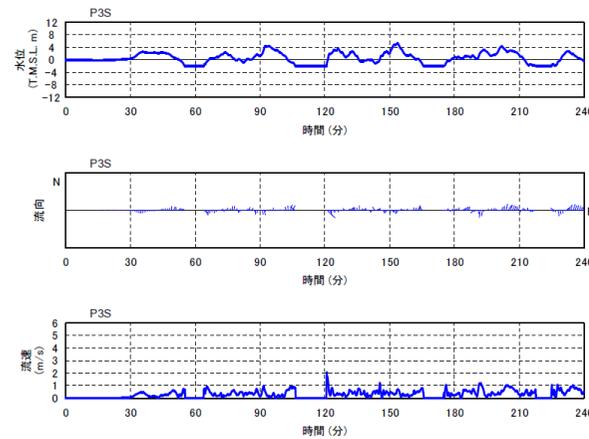
図 4.2-9 抽出地点における水位，流向，流速（基準津波 1 における沿岸部汀線方向）



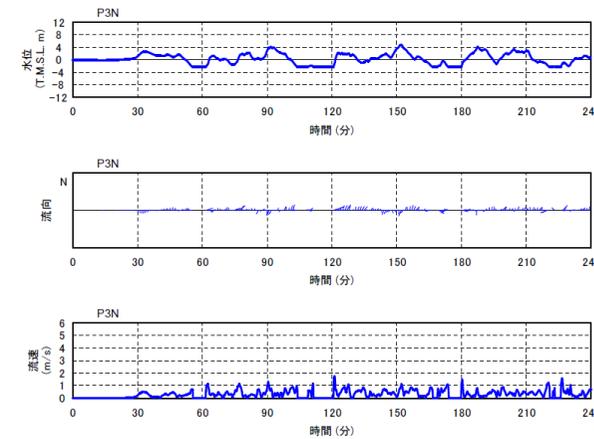
P5S (南 5km)



P5N (北 5km)



P3S (南 3km)



P3N (北 3km)

図 4.2-9 抽出地点における水位，流向，流速（基準津波 2 における沿岸部汀線方向）

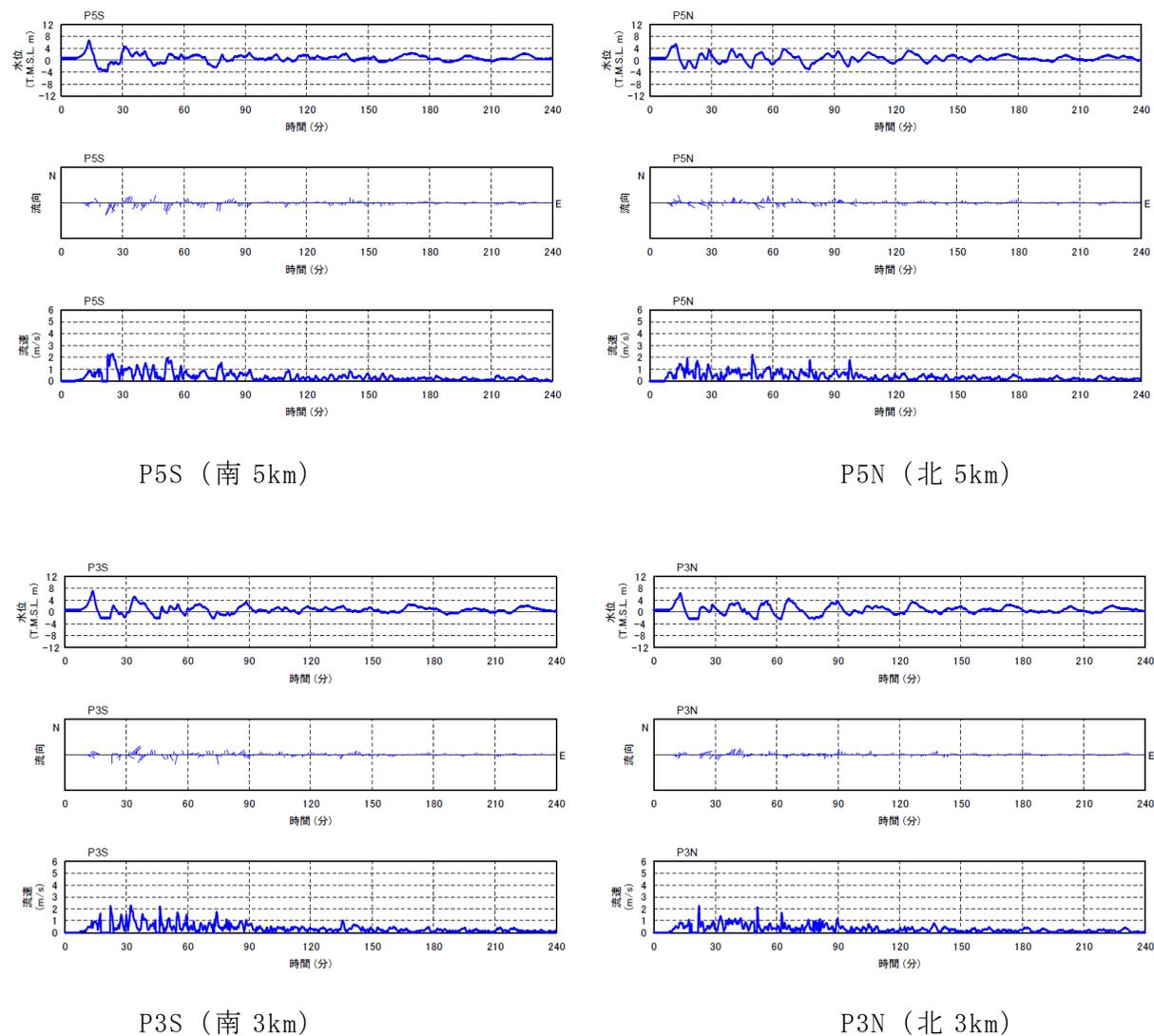
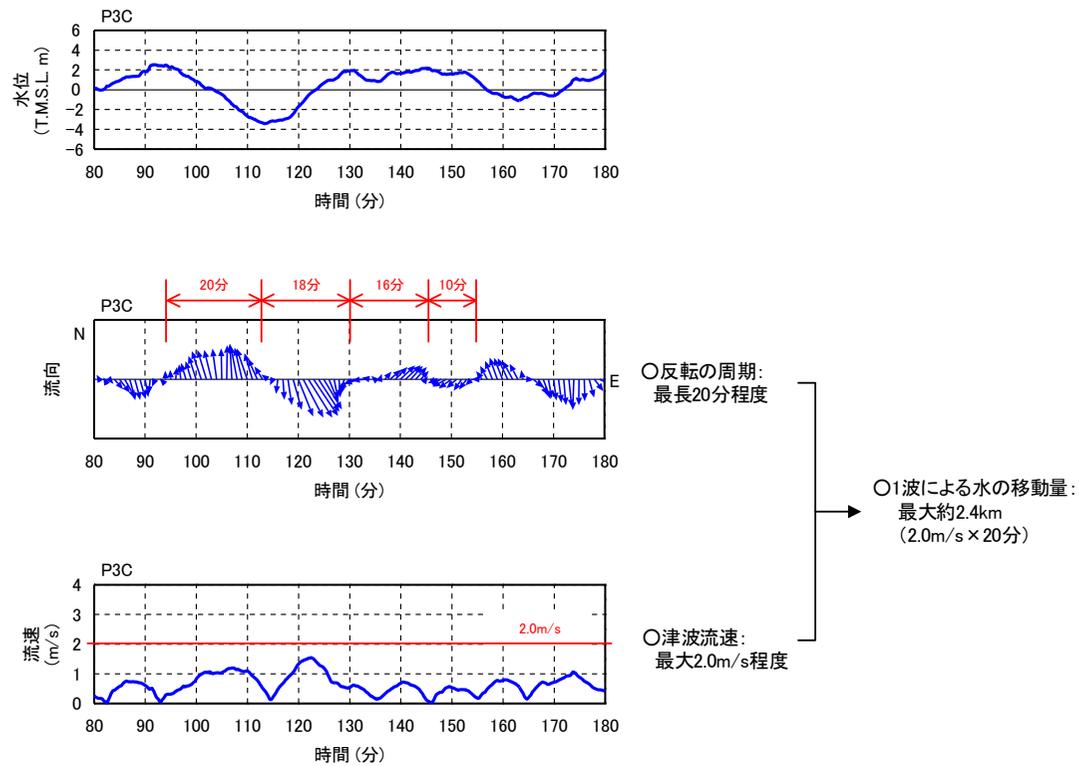


図 4.2-9 抽出地点における水位，流向，流速（基準津波 3 における沿岸部汀線方向）



基準津波1 地点P3C(代表例)

図 4.2-10 基準津波による水の移動量 (その 1)

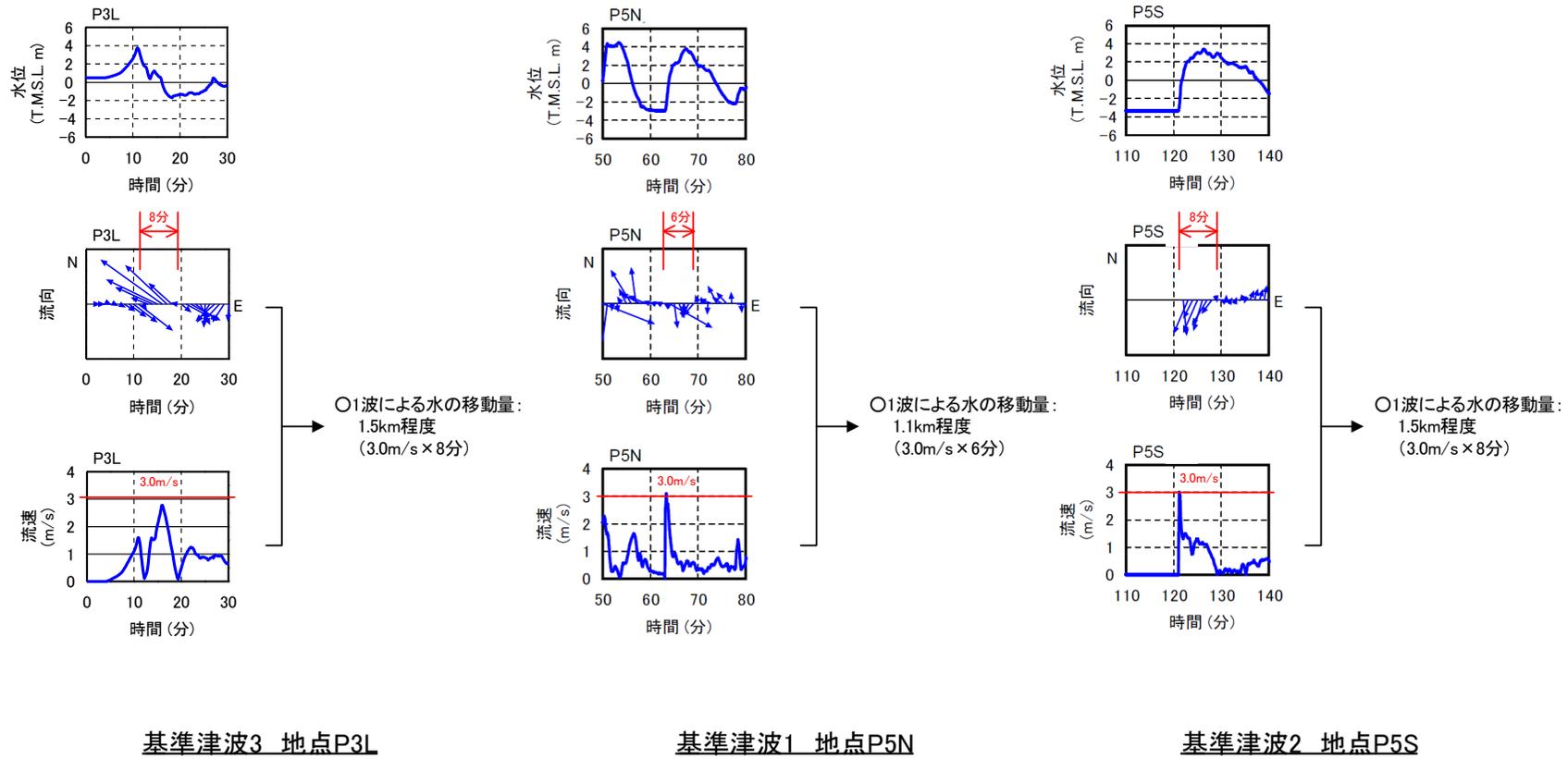


図 4.2-10 基準津波による水の移動量 (その 2)

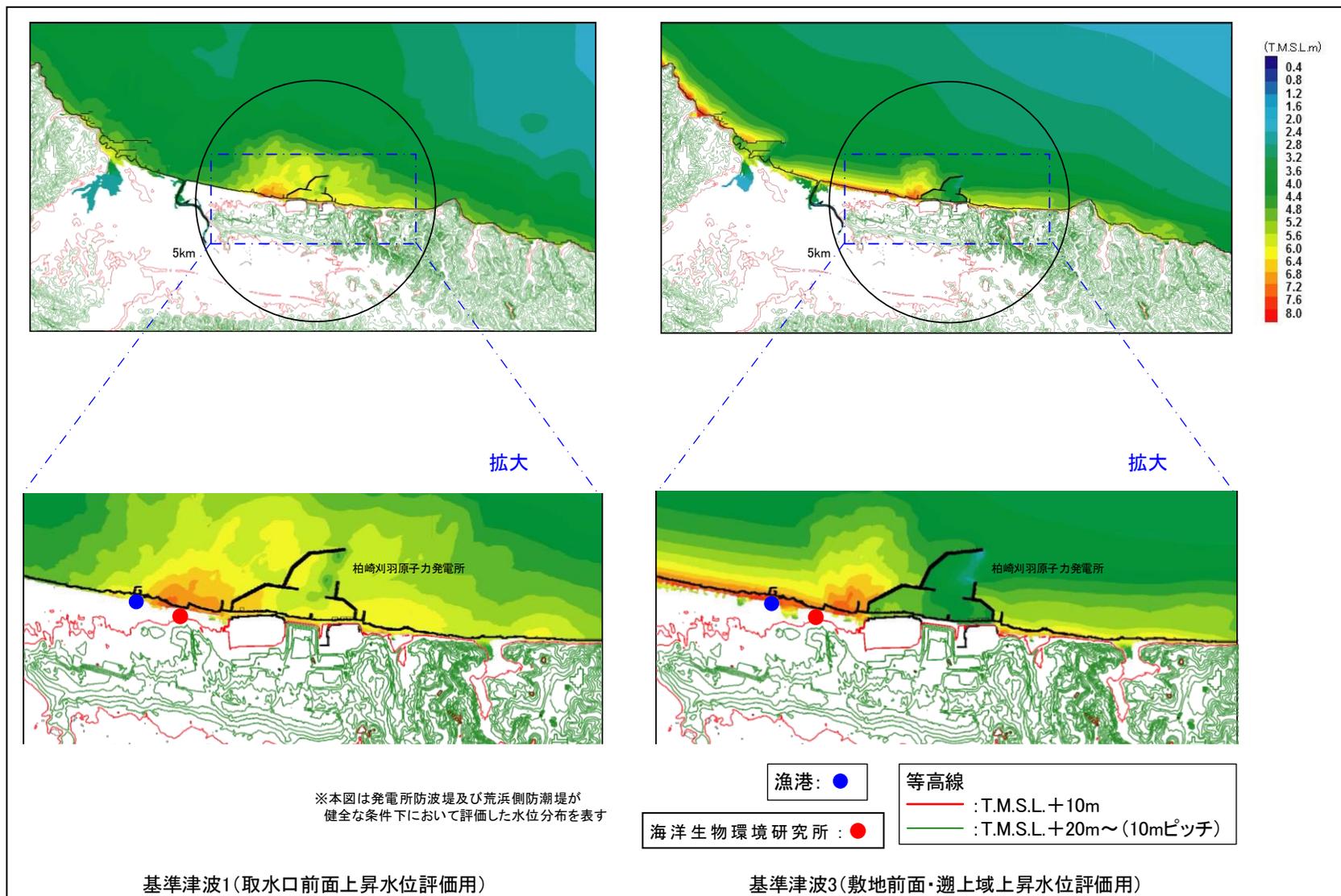


図 4.2-11 発電所周辺標高図及び最高水位分布

4.2.2.2.2 漂流物となる可能性のある施設・設備等の抽出

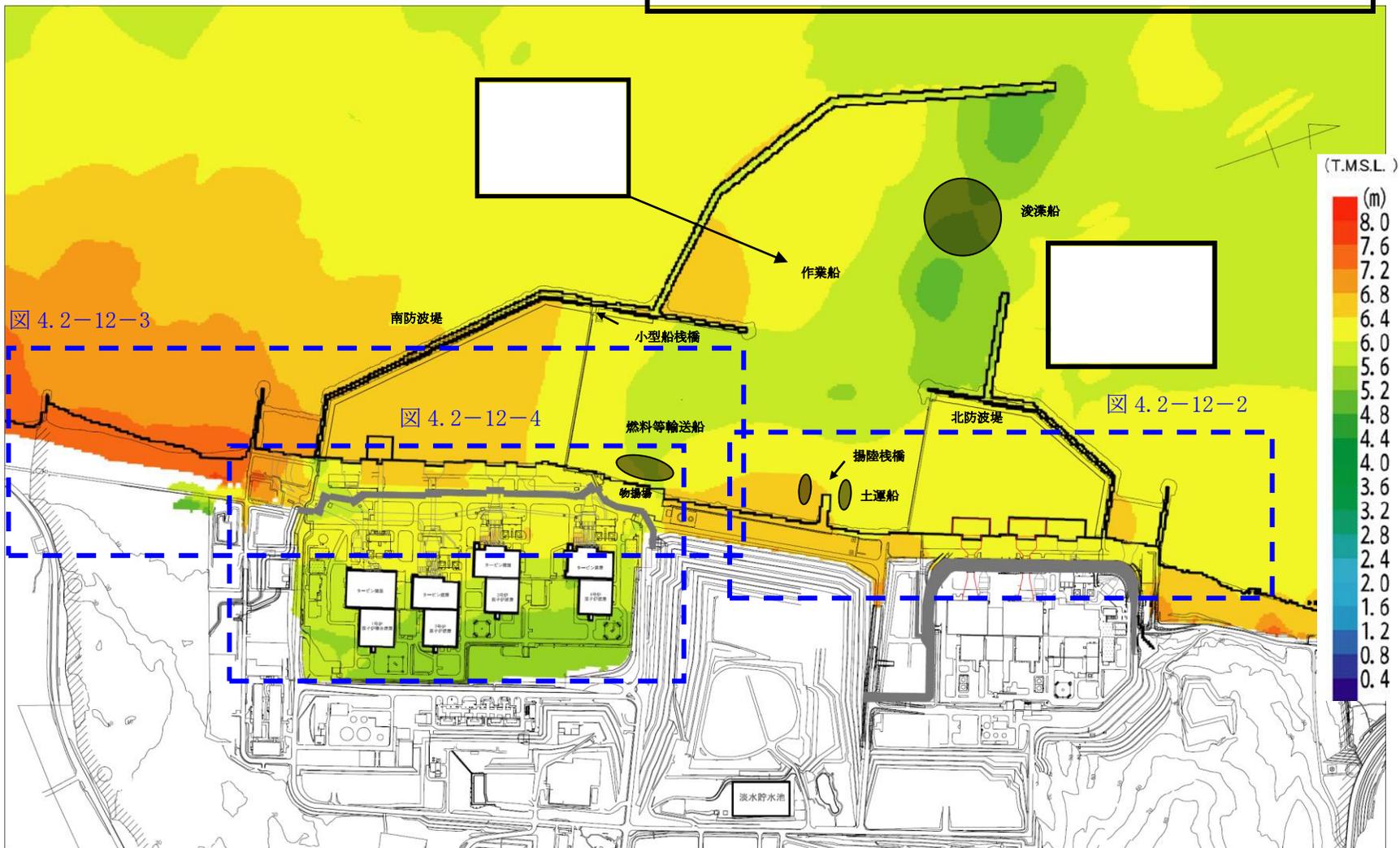
設定した漂流物調査範囲について、発電所の構内と構外、また海域と陸域とに分類して調査を実施し、漂流物となる可能性のある施設・設備等の抽出を行った。各分類における調査の対象、調査の方法及び調査の実施時期を表 4.2-1 に示す。

表 4.2-1 漂流物の調査方法

| 調査分類 | 調査範囲 | | 調査対象 | 調査方法 | 調査実施時期 | |
|--------|----------|--|---|---|-------------------------|-----------|
| | 発電所構内・構外 | 海域・陸域 | | | | |
| A | 発電所構内 | 海域 | <ul style="list-style-type: none"> 船舶 海上設置物 | 資料調査 | H27.12.02～ H27.12.08 | |
| | | | | 聞き取り調査 | H27.12.02～ H28.01.29 | |
| | | | | 現場調査 | H27.12.02 | |
| 資料調査 | | H27.12.01 H28.11.14～ H28.11.17 | | | | |
| 現場調査 | | H27.12.02 H28.04.27 H28.04.28 H28.11.18 | | | | |
| 聞き取り調査 | | H27.12.02～ H28.01.29 H28.04.27～ H28.05.13 H28.12.9～ H28.12.15 | | | | |
| C | 発電所構外 | 海域 | <ul style="list-style-type: none"> 船舶 海上設置物 | 現場調査 | H26.09.09 | |
| | | | | 聞き取り調査 | H27.12.03 H27.12.04 | |
| | | | | 資料調査 | H27.12.04 | |
| D | | 陸域 | | <ul style="list-style-type: none"> 人工構造物 可動/可搬物品 植生等 | 図上調査 | H26.09.08 |
| | | | | | 現場調査 | H26.09.09 |

調査結果を、発電所構内について図 4.2-12 に、発電所構外について図 4.2-13 及び表 4.2-2 にそれぞれ示す。ここで、図 4.2-12 中には、参考として基準津波 1' の遡上波による最高水位分布を併せて示している。

黒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。



注：参考として基準津波1'の遡上波による最高水位分布を合わせて図示する

図 4.2-12-1 漂流物調査結果（発電所構内全体）

| No. | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) |
|-----|------------------------|------------|-----------------|--------------------|-------------|--------|-----------------|--------------------|--------------------|
| 名称 | K67 スクリーン点検用 テントハウス | 6/7号機取水電源室 | 5号機取水電源室 | 5号機放水ロサンプリング建屋 | 大湊側少量危険物保管庫 | 避雷鉄塔 | 除塵装置 | スクリーン装置用 門型クレーン | スクリーン装置用 門型クレーン |
| 外観 | | | | | | | | | |
| 備考 | | | | | | | ・代表を例示 | ・6号及び7号機用 | ・5号機用 |
| No. | (10) | (11) | (12) | (13) | (14) | (15) | (16) | (17) | (18) |
| 名称 | 電気・制御盤 | 海水放射能モニタ | 資機材 (常時保管) | 資機材 (常時保管) | 資機材 (一時持込) | 車両 | その他一般構築物 | その他一般構築物 | その他一般構築物 |
| 外観 | | | | | | | | | |
| 備考 | ・代表を例示 | ・代表を例示 | ・代表を例示 (鋼製角落とし) | ・代表を例示 (仮設 ハウス) | ・代表を例示 (電源) | ・代表を例示 | ・代表を例示 (グレーチング) | ・代表を例示 (外灯) | ・代表を例示 (貝汚泥置場水槽) |

黒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。



図 4.2-12-2 漂流物調査結果 (発電所構内大湊側護岸部詳細)

| | | | | | | | | | |
|-----|--------------|-------------|-------------|----------------------------------|----------------------|----------------|-----------------------|------------------|-----------------------|
| No. | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) |
| 名称 | 市水道用ポンプ室 | 海象観測小屋 | 海水放射能モニター建屋 | 海水放射能モニター建屋 (屋外放射線装置 CVCF 用シールド) | 荒浜側少量危険物保管庫① | 荒浜側少量危険物保管庫② | 1号機循環水ポンプ建屋 | 1/2号機取水電源室 | 1号機補機スクリーン電源室 |
| 外観 | | | | | | | | | |
| 備考 | | | | | | | | | |
| No. | (10) | (11) | (12) | (13) | (14) | (15) | (16) | (17) | (18) |
| 名称 | 貝処理大型機器点検用建屋 | 3/4号機取水電源室 | 物揚場電源室 | 重油移送ポンプ室 | 避雷鉄塔 | 除塵装置 | スクリーン装置用門型クレーン | スクリーン装置用門型クレーン | 物揚場 (岸壁) 150tデリッククレーン |
| 外観 | | | | | | | | | |
| 備考 | | | | | | ・代表を例示 | ・1号及び2号機用 | ・3号及び4号機用 | |
| No. | (19) | (20) | (21) | (22) | (23) | (24) | (25) | (26) | |
| 名称 | No.1重油貯蔵タンク | No.2重油貯蔵タンク | 海水放射能モニタ | 電気・制御盤 | 資機材 (常時保管) | 資機材 (常時保管) | その他一般構築物 | その他一般構築物 | |
| 外観 | | | | | | | | | |
| 備考 | ・運用停止済み | ・運用停止済み | ・代表を例示 | ・代表を例示 | ・代表を例示 (角落とし, 角ホルダー) | ・代表を例示 (仮設ハウス) | ・代表を例示 (フェンス, グレーチング) | ・代表を例示 (防潮堤昇降架台) | |

黒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。

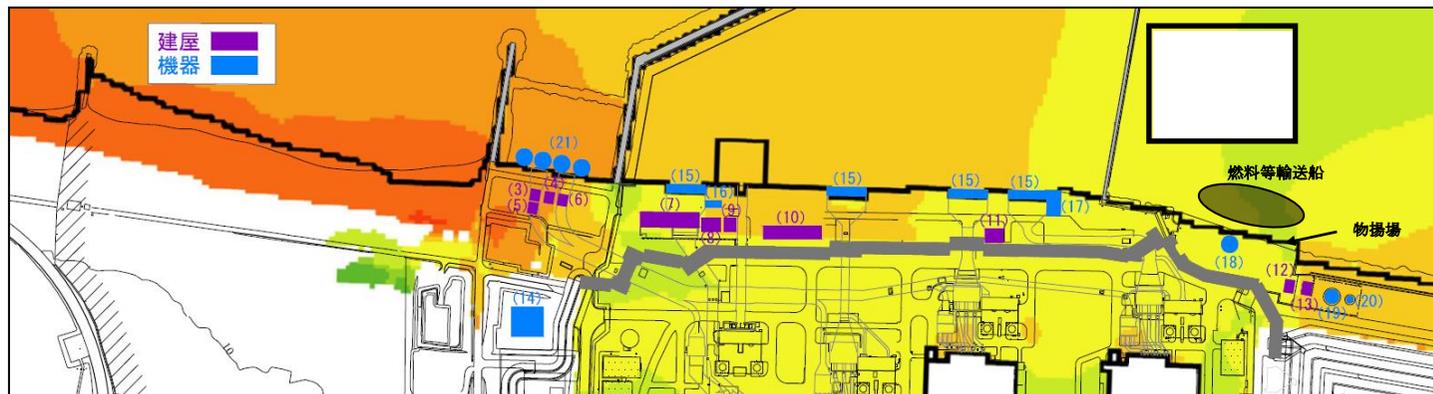


図 4.2-12-3 漂流物調査結果 (発電所構内荒浜側護岸部詳細)

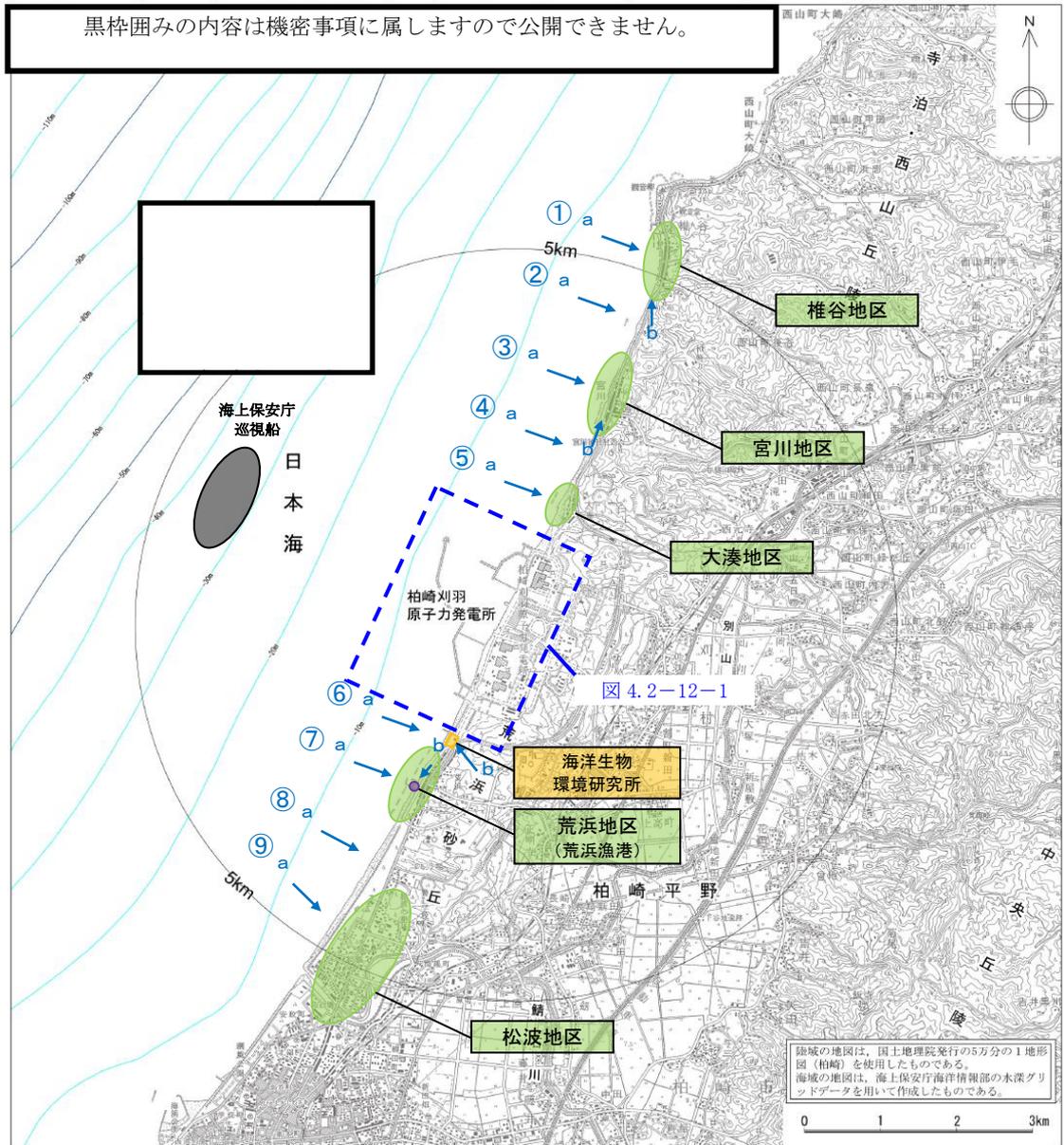
| | | | | | | | | | |
|-----|-------------------------|---------------------|----------------------|-----------------------|--------------|---------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|
| No. | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) |
| 名称 | 海水熱交換器建屋 | 循環水ポンプ建屋 | ボール捕集器 ピット上屋 | ポンベ建屋 | 自然海水ポンプ室 | 1号機温海水ポンプ室 | 海水淡水化装置制御室 | 雑固体廃棄物 焼却設備建屋(荒浜側) | 荒浜側洗濯設備建屋 |
| 外観 | | | | | | | | | |
| 備考 | ・1号機海水機器建屋を含む ・代表を例示 | ・代表を例示 | ・代表を例示 | ・代表を例示 | | | ・1号機海水機器建屋と一体 構造 | | |
| No. | (10) | (11) | (12) | (13) | (14) | (15) | (16) | (17) | (18) |
| 名称 | ボイラー建屋 | 旧出入り管理所 | 主排気モニター建屋 | 第二無線局 | 連絡通路 | 車庫 | 自衛消防センター | 防護本部建屋 | 使用済燃料容器(キャスク) 保管施設 |
| 外観 | | | | | | | | | |
| 備考 | ・代表を例示 | | ・代表を例示 | | ・代表を例示 | ・代表を例示 | | | |
| No. | (19) | (20) | (21) | (22) | (23) | (24) | (25) | (26) | (27) |
| 名称 | 水素トレーラ建屋 | 液酸タンク建屋, 液化酸素タンク | 電気計装室 ・散水ポンプ室 | SPH サージタンク | 変圧器 | 所内ボイラー排気筒 | NSD 収集処理装置 | 窒素ガス供給装置 | チラー設備 |
| 外観 | | | | | | | | | |
| 備考 | | | | | ・代表を例示 | | ・代表を例示 | | ・代表を例示 |
| No. | (28) | (29) | (30) | (31) | (32) | (33) | | | |
| 名称 | 軽油タンク | 泡消火設備 | 計測機器 | 資機材(常時保管) | 資機材(常時保管) | その他一般構築物 | | | |
| 外観 | | | | | | | | | |
| 備考 | ・代表を例示 | ・代表を例示 | ・代表を例示(地殻 変動観測装置) | ・代表を例示(仮設 ハウス, 鋼材) | ・代表を例示(弁予備品) | ・代表を例示(防潮堤昇降架 台) | | | |

黒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。

図 4.2-12-4-1 漂流物調査結果(発電所構内荒浜側防潮堤内敷地詳細)



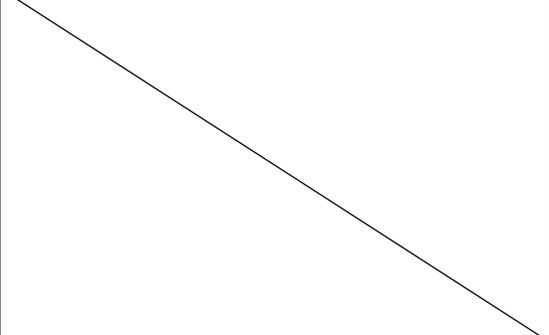
図 4.2-12-4-2 漂流物調査結果（発電所構内荒浜側防潮堤内敷地詳細）



注：図中“a→”，“b→”は図4.2-2表中の写真の撮影方向（矢視）を示す

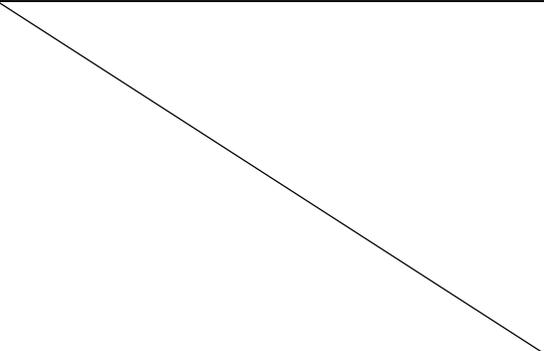
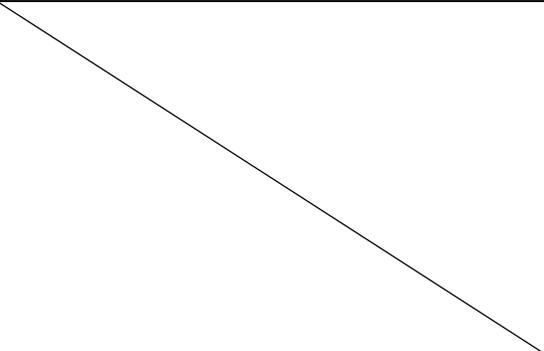
図4.2-13 漂流物調査結果（発電所構外）

表 4.2-2 漂流物調査結果（発電所構外）（1/3）

| 調査エリア | | ①【椎谷地区】 | ② | ③【宮川地区】 |
|-------|--------------|--|--|--|
| 外観 | 矢視 a |  |  |  |
| | 矢視 b |  |  |  |
| 調査結果 | 調査分類 C 海域 | なし | なし | なし |
| | 調査分類 D 陸域 | <ul style="list-style-type: none"> ・家屋等建築物 ・フェンス，電柱等構築物 ・乗用車等車両 | なし | <ul style="list-style-type: none"> ・家屋等建築物 ・フェンス，電柱等構築物 ・乗用車等車両 |

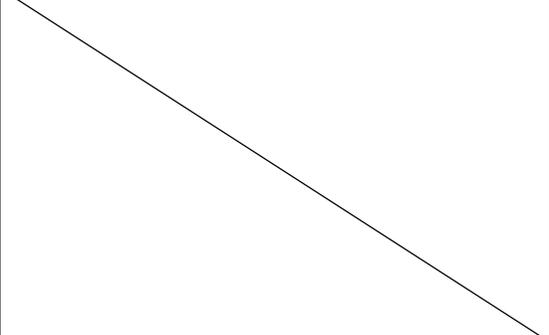
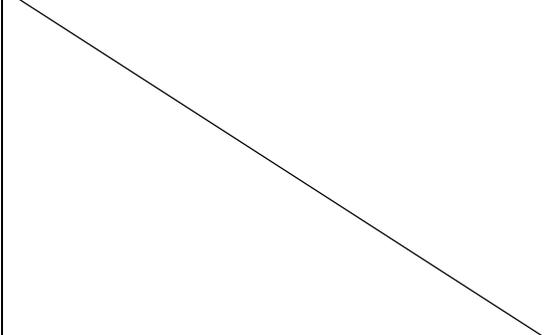
黒枠囲みの内容は個人情報に属しますので公開できません。

表 4.2-2 漂流物調査結果（発電所構外）（2/3）

| 調査エリア | | ④ | ⑤【大湊地区】 | ⑥【海洋生物環境研究所】 |
|-------|--------------|---|--|--|
| 外観 | 矢視 a |  |  |  |
| | 矢視 b |  |  |  |
| 調査結果 | 調査分類 C 海域 | なし | なし | なし |
| | 調査分類 D 陸域 | なし | <ul style="list-style-type: none"> ・家屋等建築物 ・フェンス，電柱等構築物 ・乗用車等車両 | <ul style="list-style-type: none"> ・事務所等建築物 ・タンク，貯槽等構築物 ・乗用車等車両 |

黒枠囲みの内容は個人情報に属しますので公開できません。

表 4.2-2 漂流物調査結果（発電所構外）（3/3）

| 調査エリア | | ⑦【荒浜地区（荒浜漁港）】 | ⑧ | ⑨【松波地区】 |
|-------|--------------|---|--|--|
| 外観 | 矢視 a |  |  |  |
| | 矢視 b |  |  |  |
| 調査結果 | 調査分類 C 海域 | <ul style="list-style-type: none"> ・漁船 ・プレジャーボート | なし | なし |
| | 調査分類 D 陸域 | <ul style="list-style-type: none"> ・家屋，倉庫等建築物 ・フェンス，電柱等構築物 ・乗用車等車両 | なし | <ul style="list-style-type: none"> ・家屋等建築物 ・フェンス，電柱等構築物 ・乗用車等車両 |

黒枠囲みの内容は個人情報に属しますので公開できません。

4.2.2.2.3 検討対象漂流物の整理

調査により抽出された漂流物となる可能性のある施設・設備等に対して、「浮遊状態」及び「滑動状態」の観点より、図4.2-14のフローに従い検討対象漂流物に関する整理を実施した。

ここで、図4.2-15に示す通り、大湊側港湾内の海底標高がT.M.S.L.約-5.5mであるのに対し、その南側の海底標高はT.M.S.L.約-10mであるため、仮に荒浜側海岸線又は荒浜側防潮堤内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取水口に到達することはないため、滑動による漂流物化有無を評価する対象範囲は大湊側港湾内及び大湊側海岸線とした。

図4.2-14のフローに従い行った検討対象漂流物の整理結果を調査分類ごとに以下に示す。

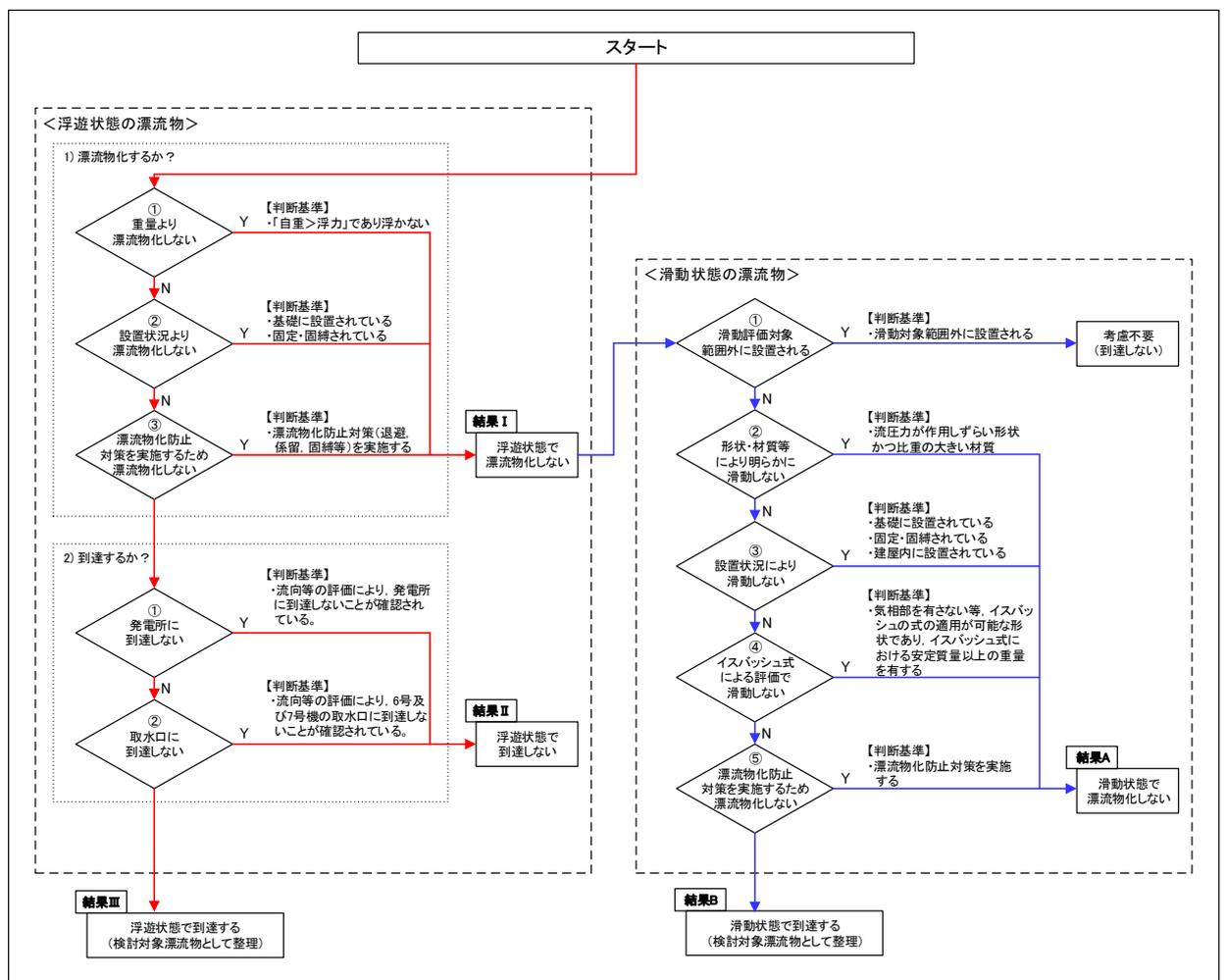


図4.2-14 通水性に与える影響評価フロー

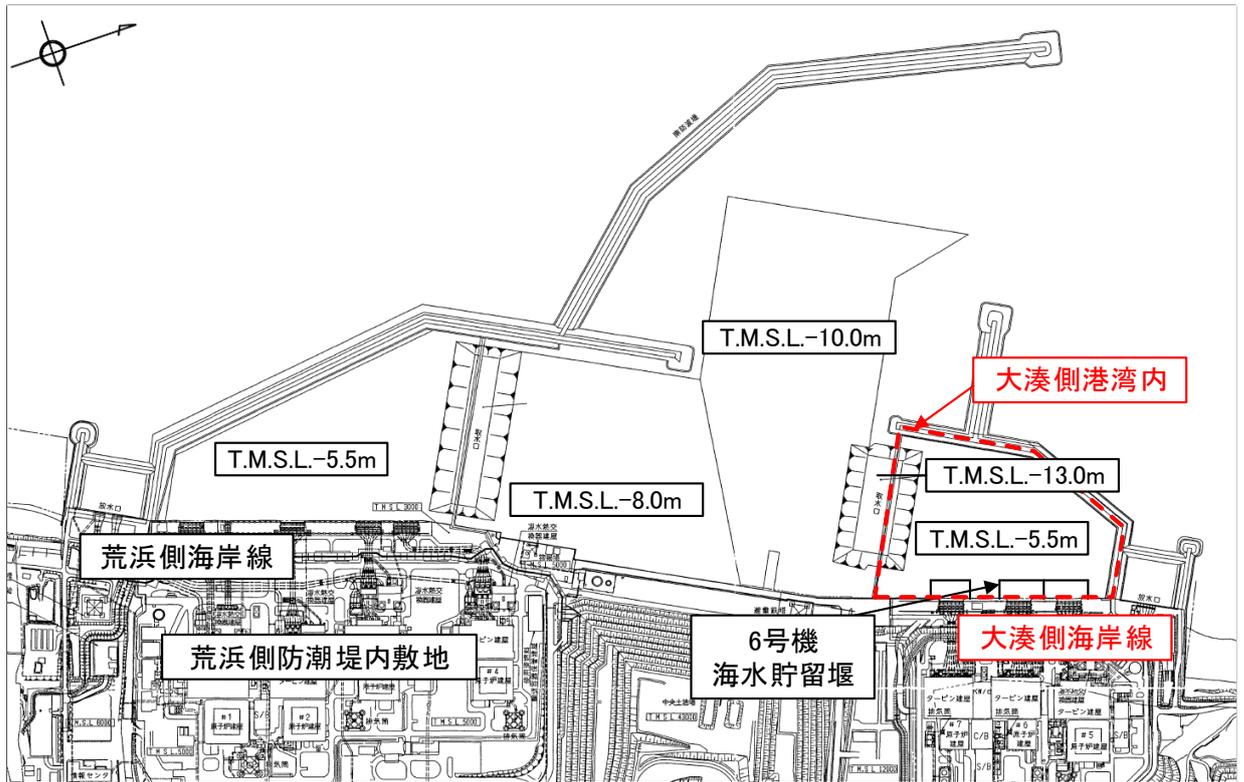


図 4.2-15 滑動評価対象範囲

(1) 分類 A (構内・海域)

(a) 浮遊状態の漂流物に関する整理

発電所の構内(港湾内)にある港湾施設としては、6号及び7号機の取水口の南方約800mの位置に物揚場が、また、南方約350mの位置に揚陸栈橋、南防波堤内側に小型船栈橋がある。港湾周辺及び港湾内に定期的に来航する船舶としては、燃料等輸送船(総トン数約5,000t)が年に数度来航し、物揚場に停泊する。また、港湾の入口に1~数年に一度、2~3ヶ月程度の期間、浚渫作業のために浚渫船(総トン数約1,000t)及び土運船(総トン数約500t)が来航・停泊し、土運船は港湾内(揚陸栈橋付近)にも停泊する。他には、港湾設備保守点検、海洋環境監視調査等のための作業船(総トン数5t未満~約90t)が港湾の周辺及び港湾内に定期的に来航し、必要に応じ港湾施設にも停泊する。以上の他には発電所の港湾付近に定期的に来航する船舶はなく、また、発電所の港湾内には港湾口部の浮標を除き海上設置物もない。(図4.2-12)

抽出された以上の船舶に対して図4.2-14に示したフローに従い、検討対象漂流物に関する整理を実施した。

① 燃料等輸送船

燃料等輸送船の主な輸送行程を図 4.2-16 に示す。

津波警報等発令時には、燃料等輸送船は原則、緊急退避（離岸）することとしており、東日本大震災以降に、図 4.2-17 に示すフローを取り込んだマニュアルを整備している。

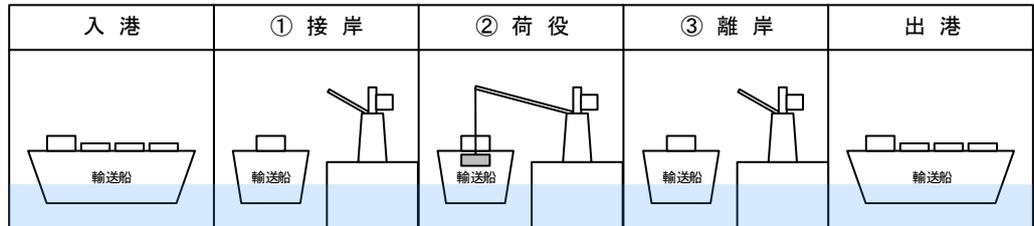


図 4.2-16 主な輸送行程

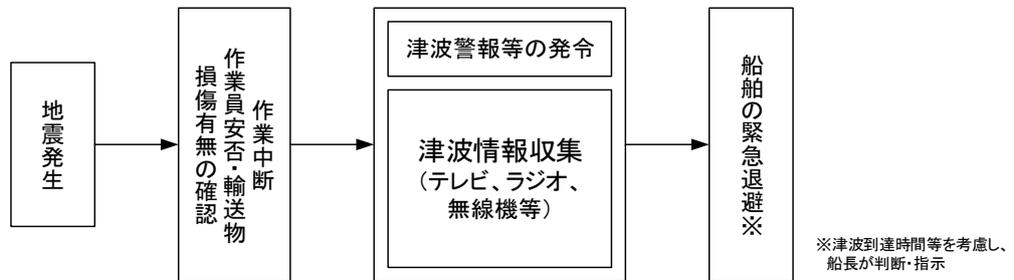
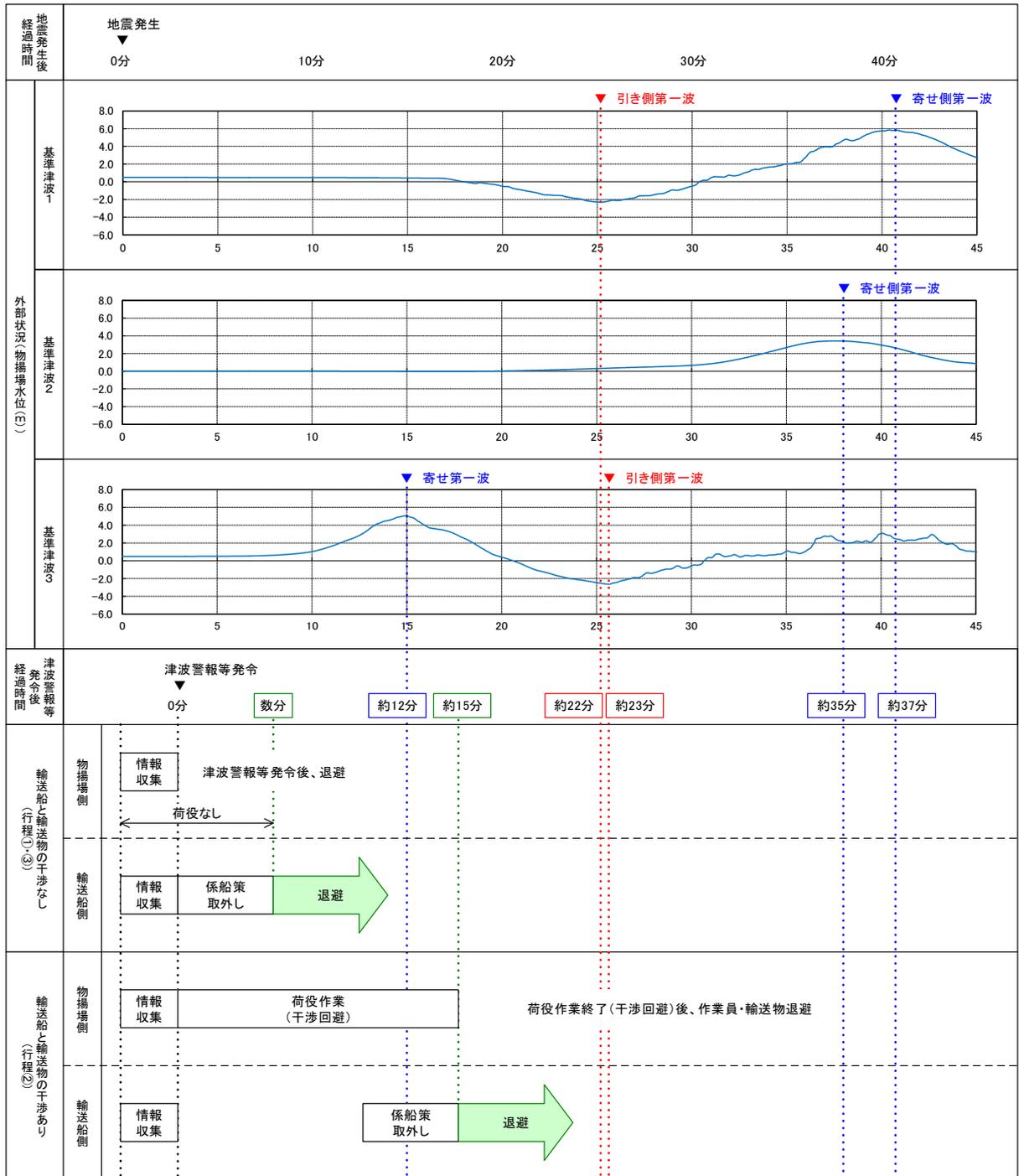


図 4.2-17 緊急退避フロー図（例）

このマニュアルに沿って実施した訓練実績では、輸送船と輸送物の干渉がある「荷役」行程において津波警報等が発令した場合でも、警報発令後の 30 分程度で退避が可能であった。また、この実績に基づき、設備保全のための作業等を省略した緊急時に必要な最小限の作業のみの積み上げを行った結果、警報発令後の 15 分程度で緊急退避が可能であることを確認した。なお、全輸送行程の大部分は輸送船と輸送物の干渉のない「荷役」以外の行程であり、実績より、この場合には津波警報等発令後の数分で緊急退避が可能であることを確認している。

以上を踏まえ、津波の到達と緊急退避に要する時間との関係を示すと図 4.2-18 のとおりとなる。



注1：津波警報等発令後経過時間は、地震発生後の3分後(気象庁HPIに記載の発表目標時間)に津波警報等が発令するものとして記載
 注2：津波の到達時間は、引き側及び寄せ側ともピークの到達時間を記載
 注3：本図の津波水位は、それぞれ以下の数値を予め含めて評価した結果を示している
 ・基準津波1：期望平均満潮位(T.M.S.L.+0.49m)、地殻変動量(0.21m)
 ・基準津波2：期望平均満潮位(T.M.S.L.+0.03m)、地殻変動量(0.20m)
 ・基準津波3：期望平均満潮位(T.M.S.L.+0.49m)、地殻変動量(0.29m)
 注4：輸送船の退避とは、物揚場から離岸することを示す

図 4.2-18 津波の到達と燃料等輸送船の緊急退避に要する時間

図 4.2-18 より、燃料等輸送船は、柏崎刈羽原子力発電所に襲来が想定される津波のうち、襲来までに時間的な余裕がある基準津波に対しては緊急退避が可能であるが、時間的な余裕がない津波（津波警報等発令から 12 分程度で到達する基準津波 3）に対しては、津波発生時に「荷役」行程中であった場合、津波襲来時には離岸のための荷役作業（干渉回避）中となり緊急退避ができない可能性がある。しかしながら、この場合も以下の理由から輸送船は航行不能とはならず、漂流物になることはない。【結果 I ; 1)③】

- 輸送船は岸壁に係留されている。
- 津波高さと喫水高さの関係から、輸送船は岸壁を越えない。
- 岸壁に接触しても防げん材を有しており、かつ通達（海査第 520 号：照射済核燃料等運搬船の取扱いについて）に基づく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。

また、図 4.2-18 より、緊急退避が可能であった場合でも、退避中に港湾内で引き波による水位低下に遭う可能性が考えられるが、この際に一時的に着底することがあったとしても、輸送船は二重船殻構造等十分な船体強度を有しているため、水位回復後に航行の再開が可能であり、緊急退避に支障はない。【結果 I ; 1)③】

なお、以上の評価に関わる、津波に対する係留索の耐力評価を補足説明資料 4.3 に、岸壁への乗り上げ及び着底並びに着底に伴う座礁及び転覆の可能性に関する喫水と津波高さとの関係を補足説明資料 4.4 に示す。

以上より、燃料等輸送船は非常用海水冷却系に必要な 6 号及び 7 号機の取水口及び取水路の通水性に影響を及ぼす漂流物とはならないものと評価する。

なお、燃料等輸送船の緊急退避は輸送事業者・船会社（以下、船会社）と協働で行うことになるが、その運用における当社と船会社の関係を示すと図 4.2-19 のとおりとなる。すなわち、地震・津波が発生した場合には、速やかに作業を中断するとともに、船会社からの輸送船緊急退避の決定連絡を受け、当社にて輸送船と輸送物の干渉回避や係船索取り外し等の陸側の必要な措置を実施し、また陸側作業員・輸送物の退避を決定するなど、両者で互いに連絡を取りながら協調して緊急退避を行う。ここで、電源喪失時にも物揚場のクレーンを使用して上記の対応ができるように、同クレーンには非常用電源を用意している。

これら一連の対応を行うため、当社では、当社－船会社間の連絡体制を整備するとともに前述の地震・津波発生時の緊急時対応マニュアルを定めており、その上で船会社との間で互いのマニュアルを共有した上で、合同で緊急退避訓練を実施することにより、各々のマニュアルの実効性を確認している。

また、上記退避の実効性を高める観点から、燃料等の輸送作業と港湾内浚渫作業は同時期に実施しない運用とする。

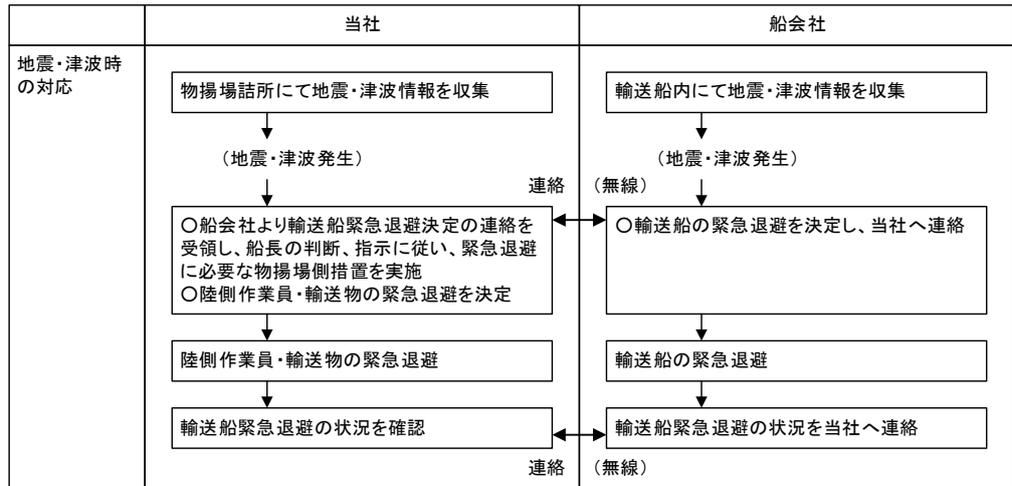


図 4.2-19 輸送船緊急退避時の当社と船会社の関係性

なお、ここでいう燃料等輸送船とは、具体的には燃料輸送船と低レベル放射性廃棄物（以下、「LLW」という。）輸送船の2種類を指しているが、本項では燃料輸送船を代表として漂流有無に関する評価を示している。LLW 輸送船に関する評価は、表 4.2-3 に示すとおり、両船舶の構造の類似性及び同様の退避手順を定めている（定める）ことから燃料輸送船の評価と同様と整理できる。

表 4.2-3 燃料輸送船と LLW 輸送船との比較

| 項目 | 燃料輸送船 | LLW 輸送船 |
|----------|---------------|-------------|
| 船名 | | |
| 総トン数 | 4,910 トン | 4,568 トン |
| 積載荷重トン数 | 2,810 トン | 3,018 トン |
| 全長 | 100.0m | 99.95m |
| 船幅 | 16.5m | 16.5m |
| 深さ | 9.4m | 8.2m |
| 喫水（計画満載） | 5.0m | 5.4m |
| 船殻構造 | 二重構造 | 二重構造 |
| 船底形状 | 平底構造 | 平底構造 |
| 退避に係る手順 | 退避に係る手順を定めている | 退避に係る手順を定める |

黒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。

② 浚渫作業関連船舶

浚渫作業の主な作業工程を図 4.2-20 に示す。

| 工程 | 作業内容 |
|----|---|
| 1 | 曳船・投錨作業 曳船により浚渫船（非航式）を、近隣の柏崎港から港湾内の所定の位置まで曳船し、揚錨船でアンカを投錨し、浚渫船を固定する |
| 2 | 係船・浚渫作業 曳船により土運船を浚渫船に横付けし、もやいロープで係船した後、浚渫作業を実施する（2 台の土運船を浚渫船の両側に係船する） |
| 3 | 土運船曳船～排土作業 土運船に浚渫土が一定量積み込まれたら、もやいロープを外し、曳船で還元区域（港湾外）まで曳船し、排土する |
| 4 | 作業終了後 浚渫船は浚渫位置でアンカにより係留する 土運船は基本的に揚陸棧橋に設置してある重りに係留する 曳船及び揚錨船は基本的に土運船に係船する |

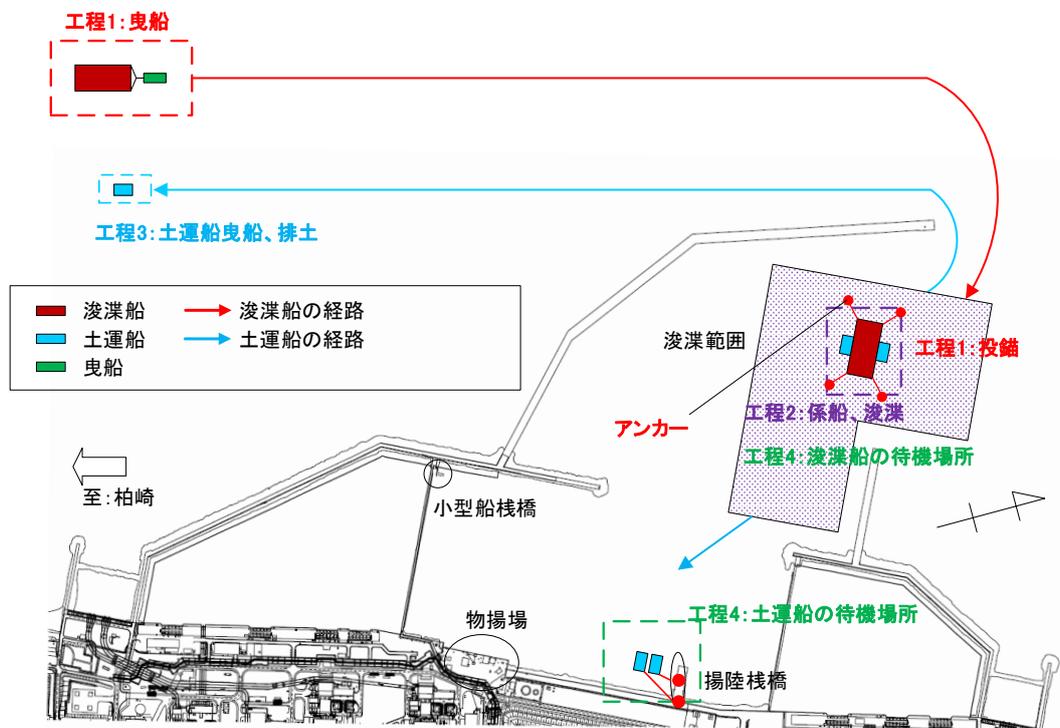
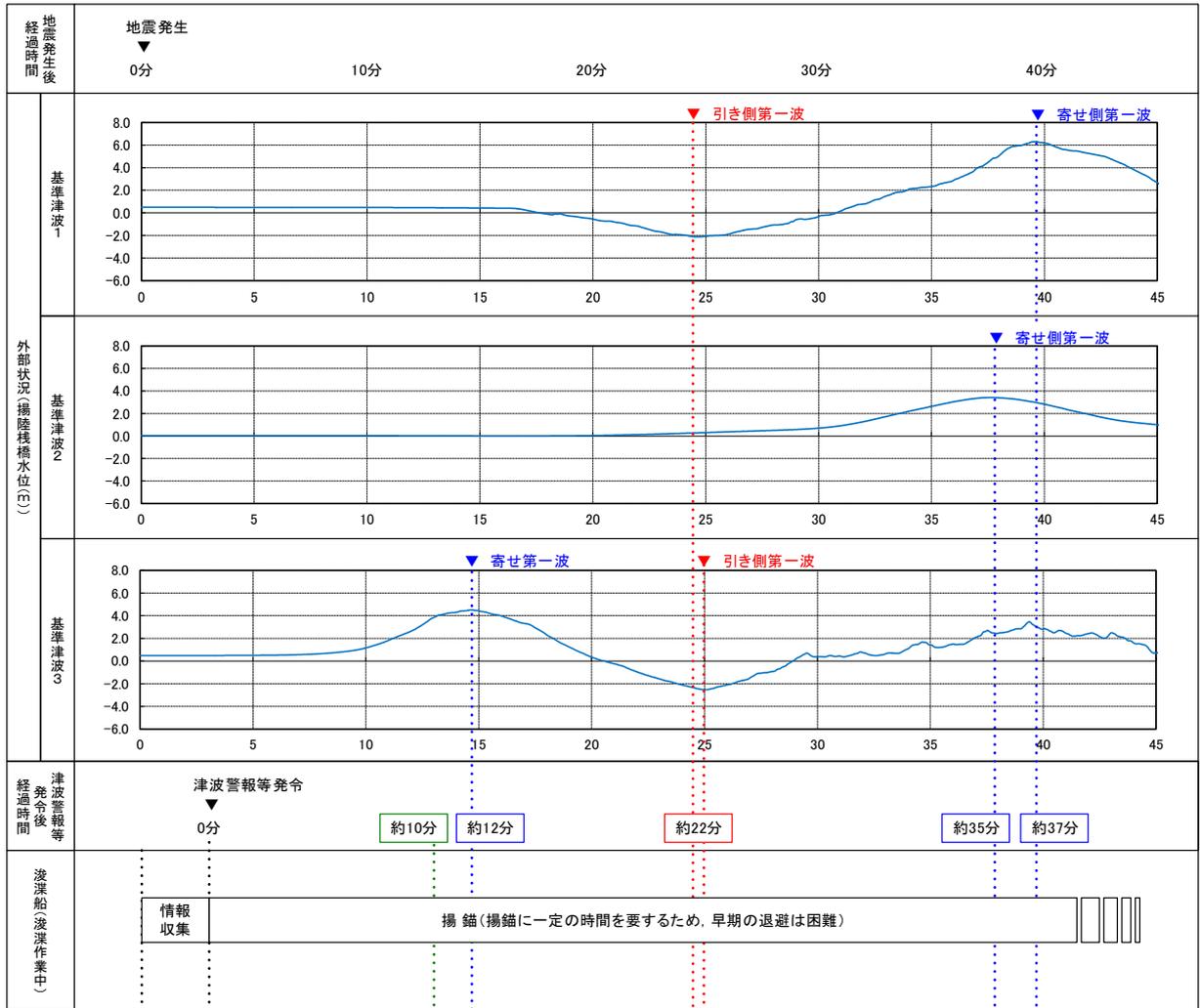


図 4.2-20 主な浚渫作業工程

津波警報等発令時には、予め施工者が定めて当社が承認した安全計画書に基づき、原則として作業を中止して即時に退避を行うが、時間的な余裕がなく緊急退避が困難な場合には、施工者の判断により係留により津波に備える。

ここで、浚渫船について、緊急退避までに最も時間を要する浚渫作業中に基準津波が発生する状況を想定し、この際の津波の到達と緊急退避に要する時間との関係を示すと図 4.2-21 のとおりとなる。



注1: 津波警報等発令後経過時間は、地震発生3分後(気象庁HPIに記載の発表目標時間)に津波警報等が発令するものとして記載
 注2: 津波の到達時間は、引き側及び寄せ側ともピークの到達時間を記載
 注3: 本図の津波水位は、それぞれ以下の数値を予め含めて評価した結果を示している
 ・基準津波1: 朔望平均満潮位(T.M.S.L.+0.49m)、地殻変動量(0.21m)
 ・基準津波2: 朔望平均干潮位(T.M.S.L.+0.03m)、地殻変動量(0.20m)
 ・基準津波3: 朔望平均満潮位(T.M.S.L.+0.49m)、地殻変動量(0.29m)

図 4.2-21 津波の到達と浚渫船及び曳船の緊急退避に要する時間

これより、浚渫船については、浚渫作業中に基準津波が発生した場合には緊急退避が困難であることから、作業現場において係留で津波に備えることになる。

基準津波により生じる港湾内の津波流速の最大値を示すとそれぞれ図 4.2-22 となり、浚渫船が係留される港湾口の最大流速は 8~9m/s 程度であるが、これに対し、錨の把駐力より評価した係留可能な限界流速は 3.5m/s 程度である。このため、浚渫船は基準津波の寄せ波や引き波のピークの際には走錨する可能性がある。

しかしながら、浚渫船で使用する錨は高把駐力のストックレスアンカーであり、また港湾内の海底は砂地であり錨への泥の付着等が生じにくいことから、一度、走錨した場合でも流速が低下した後には錨の再かきこみにより把駐力が回復することにより、浚渫船はピーク外（限界流速以下程度）ではその場に留まることとなる。

上記を考慮し、走錨時の移動状況を確認することを目的として、流向・流速・軌跡シミュレーションに関する検討を実施した結果、走錨したとしても浚渫船の移動距離は限定的であり、取水口に到達しないことが確認された。

なお、浚渫船走錨時の流向・流速・軌跡シミュレーションの検討結果詳細については参考資料 1(a) に示し、ここでは軌跡シミュレーションの結果を抜粋して表 4.2-4 及び図 4.2-23 として示す。

以上より、浚渫船は津波襲来時に係留位置から一時的に流され移動する可能性は考えられるものの、初期位置から津波の押し引きに合わせ移動する可能性はあるが、港湾内を漂う漂流物にはならないと判断した。**【結果 I ; 1)③】**

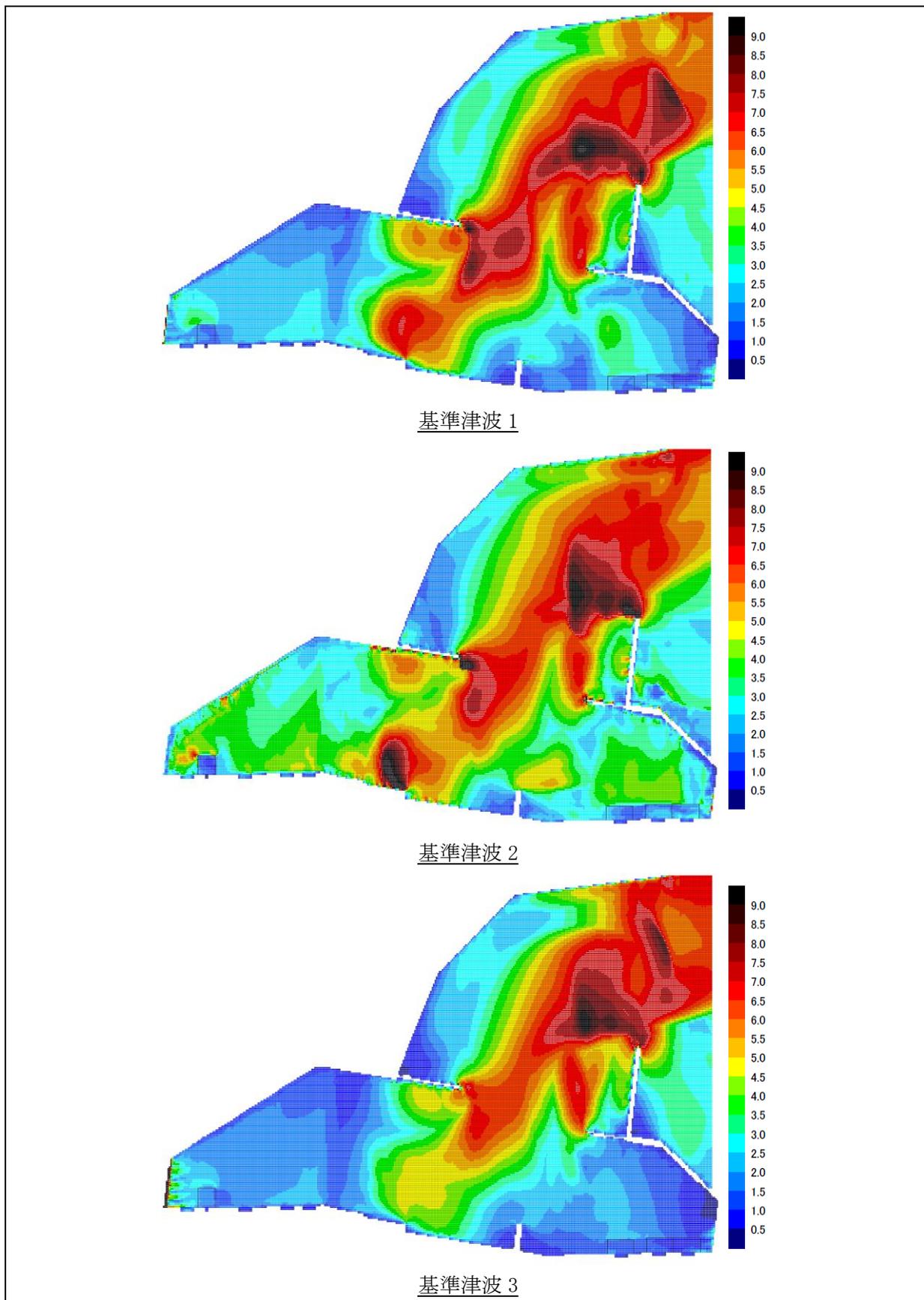


図 4.2-22(1) 基準津波により生じる最大流速分布 (防波堤ありケース)

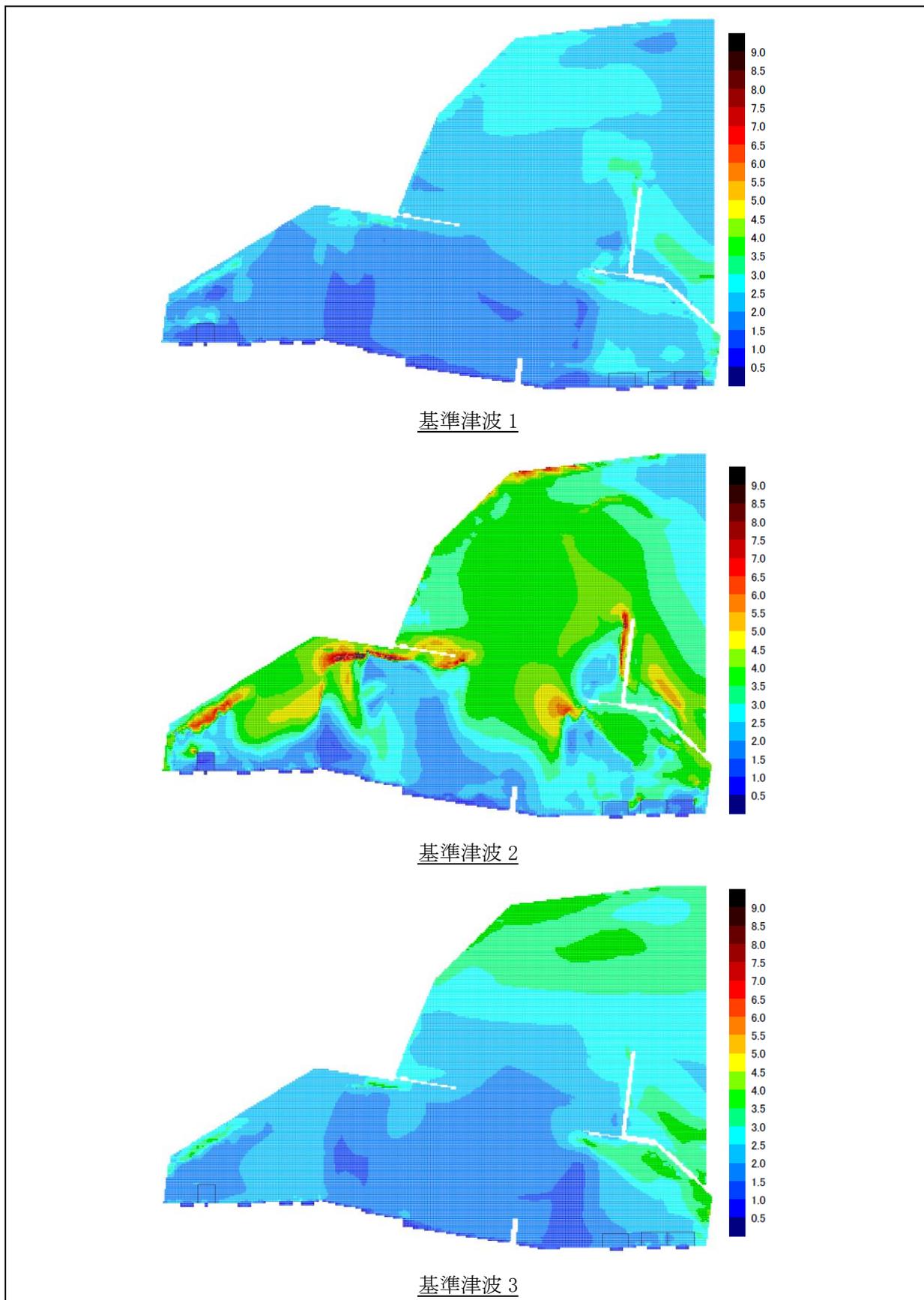
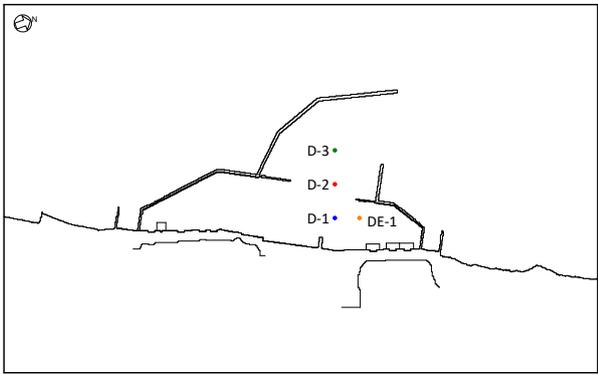


図 4.2-22(2) 基準津波により生じる最大流速分布 (防波堤なしケース)

表 4.2-4 軌跡シミュレーションの評価条件 (浚渫船)

| 項目 | | 評価条件 |
|-------|--------|---|
| 基準津波 | | 基準津波 1～3 |
| 地形モデル | 防波堤 | 健全, 1m 沈下, 2m 沈下, なし |
| | 護岸部・敷地 | 健全 |
| | 荒浜側防潮堤 | 健全 |
| 評価時間 | | 12 時間 |
| 漂流条件 | | 流速 : 3.5m/s 以上で移動, 3.5m/s 未満で停止 浸水深 : - |
| 初期配置 | |  |

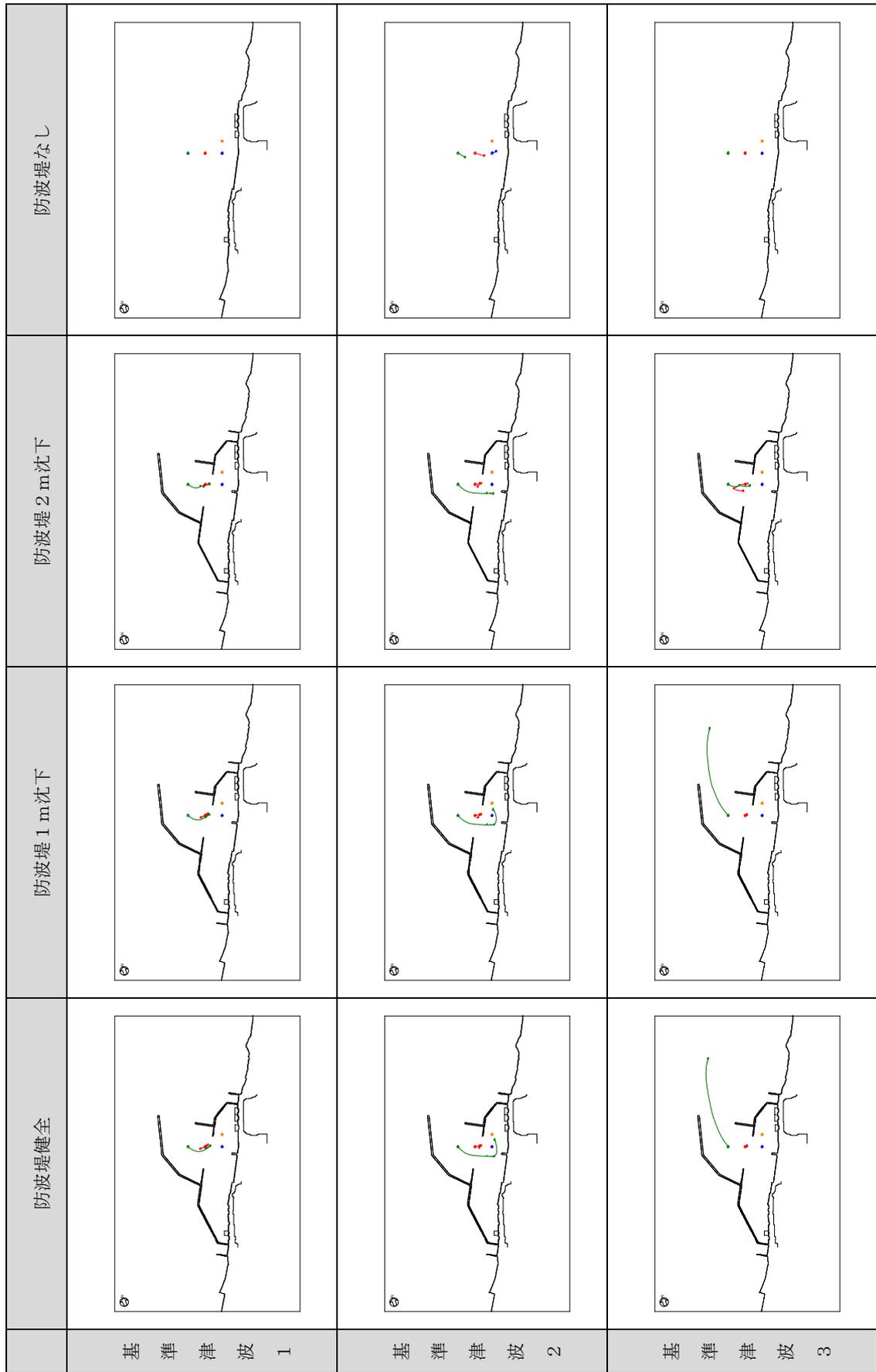


図 4.2-23 液漂船の走錨を模擬した軌跡シミュレーション結果

土運船については、図 4.2-20 に示すとおり、浚渫作業中は浚渫船に係船されており、基準津波が発生した場合は前述の浚渫船と同様の動きを示すことから港湾内を漂う漂流物になることはない。

一方で、作業終了後等の待機時は、場合によっては浚渫船とは別の場所で待機することもあるが、その際は揚陸栈橋に設置した重りに係留することになるため、この場合でも港湾内を漂う漂流物になることはない。(添付資料 1 参照)

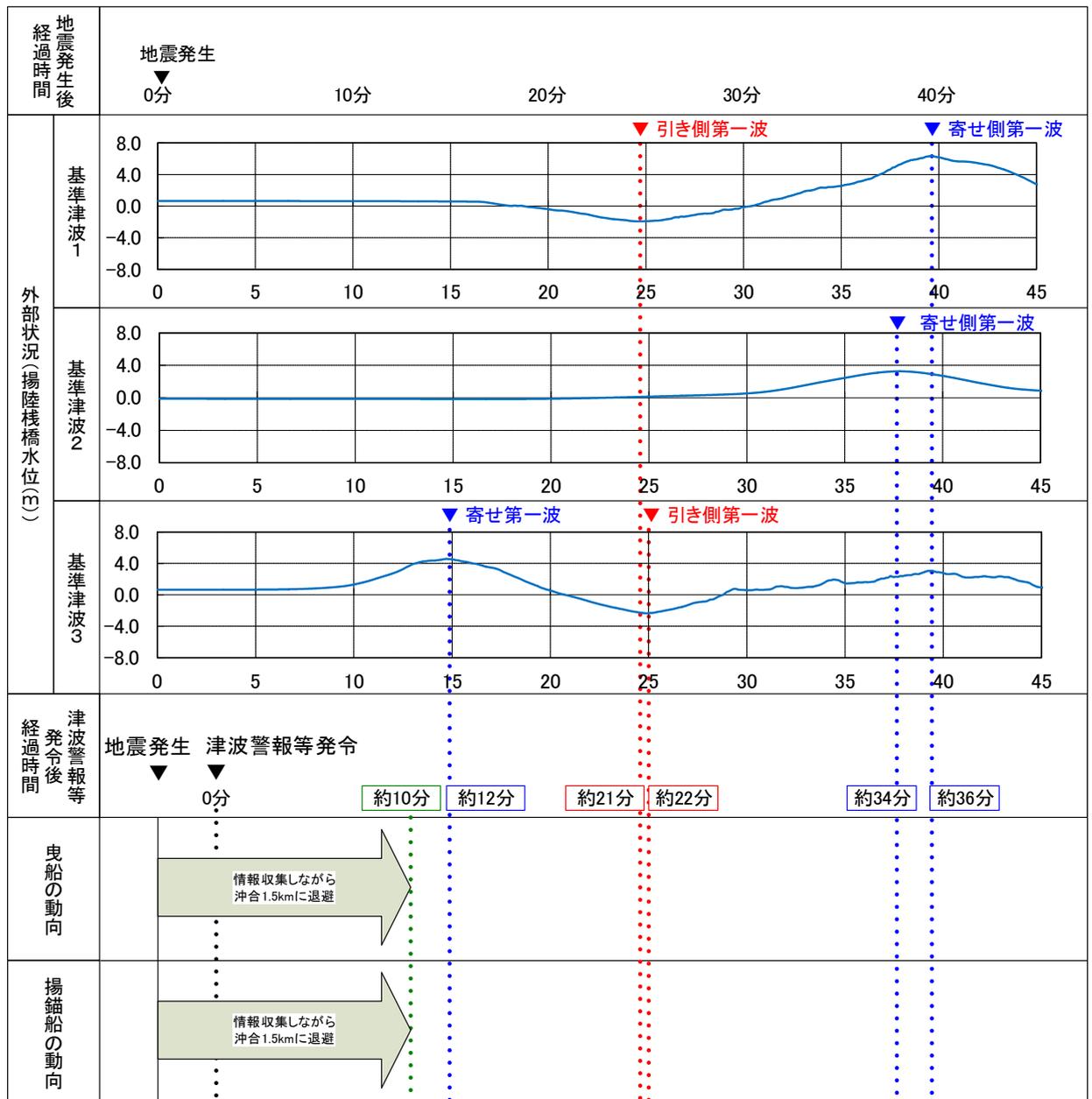
【結果 I ; 1)③】

浚渫船及び土運船に伴う曳船及び揚錨船については、浚渫作業中は浚渫船に係船されており、基準津波が発生した場合は退避することから港湾内を漂う漂流物になることはない(曳船及び揚錨船の緊急退避に要する時間と津波の到達時間との関係を図 4.2-24 に示す。)

一方で、作業終了後等の待機時は、基準津波発生に伴い退避するか、浚渫船又は揚陸栈橋に係留した土運船に係船しておくことで漂流物化を防止する。

【結果 I ; 1)③】

以上より、浚渫作業関連船舶は港湾内を漂う漂流物とはならないものと評価する。



注1：津波警報等発令後経過時間は、地震発生の3分後(気象庁HPIに記載の発表目標時間)に津波警報等が発令するものとして記載
注2：津波の到達時間は、引き側及び寄せ側ともピークの到達時間を記載
注3：本図の津波水位は、それぞれ以下の数値を予め含めて評価した結果を示している
・基準津波1: 朔望平均満潮位(T.M.S.L.+0.49m)、地殻変動量(0.21m)
・基準津波2: 朔望平均干潮位(T.M.S.L.+0.03m)、地殻変動量(0.20m)
・基準津波3: 朔望平均満潮位(T.M.S.L.+0.49m)、地殻変動量(0.29m)

図 4.2-24 津波の到達と曳船及び揚錨船の緊急退避に要する時間

③ その他作業船

港湾の周辺及び港湾内への船舶の来航を伴う作業のうち港湾内設備保守点検では、総トン数 5t 未満～90t の作業船が、また温排水や放射線の環境への影響を確認するための海洋環境監視調査でも同様に総トン数 5t 未満～90t の作業船が港湾内外で作業を実施する。

港湾内の作業船舶に関しては、図 4.2-25 に示すとおり、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）のいずれかで作業を実施する。

このうち、大湊側港湾内及び荒浜側港湾内で作業を実施する船舶については、カーテンウォール等が障害物となることで、船舶を用いての退避が困難となり、船舶を大湊側港湾内又は荒浜側港湾内に残置して人員のみ防波堤又は護岸部の陸域に避難する可能性がある。その場合、当該船舶が 6 号及び 7 号機取水口に到達する可能性があるとともに、海水貯留堰に衝突する可能性があるため、海水貯留堰への衝突影響の観点も鑑みたりスク低減として、大湊側港湾内及び荒浜側港湾内については、剛性が比較的小さく海水貯留堰に有意な影響を与える漂流物とならないゴムボート以外は入港禁止とする運用とする。

一方で、発電所全体港湾内及び港湾外（発電所付近）で作業する船舶については、図 4.2-26 に示す通り、到達が早い津波（基準津波 3 の場合であって、津波警報発令後から約 12 分後に到達）に対しても沖合 1.5km あるいは構外の海岸まで退避可能であるため、上記船舶は津波時に退避する運用とする。

ここで、発電所全体港湾内で作業する船舶の退避にあたっては、図 4.2-25 に示す通り防波堤間の離隔距離は港口で約 500m、構内でも約 400m であり、船舶の大きさ（表 4.2-5 参照）と比較すると十分に広いことから、複数船舶が同時に退避することは可能である。なお、船舶退避の実効性を高める観点から、燃料等の輸送作業と港湾内浚渫作業は同時期に実施しない運用とする。

上記を整理すると、基本的にその他作業船は津波時に退避するため、港湾内を漂う漂流物にはならないと判断した。**【結果 I ; 1)③】**

一方で、その他作業船のうち、大湊側港湾内及び荒浜側港湾内で作業を実施するゴムボートについては、6 号及び 7 号機取水口に到達する可能性があるため、検討対象漂流物として整理した。**【結果 III】**

なお、退避する船舶の一部は、構外の海岸線に退避することとなるが、それらについては「発電所近傍で航行不能となった船舶」として取り扱うこととし、その詳細は後述する。

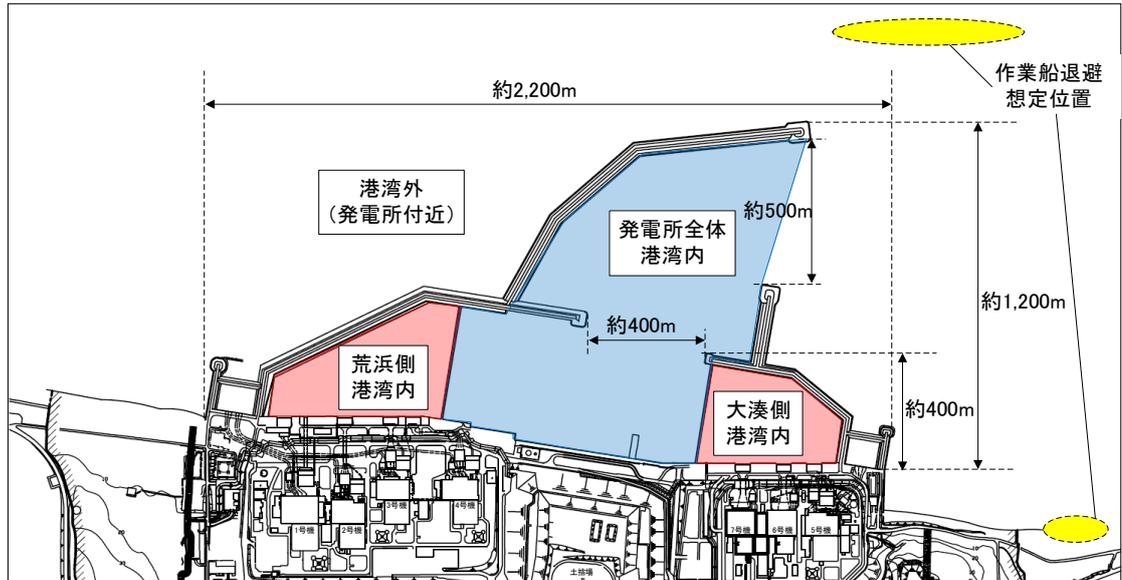
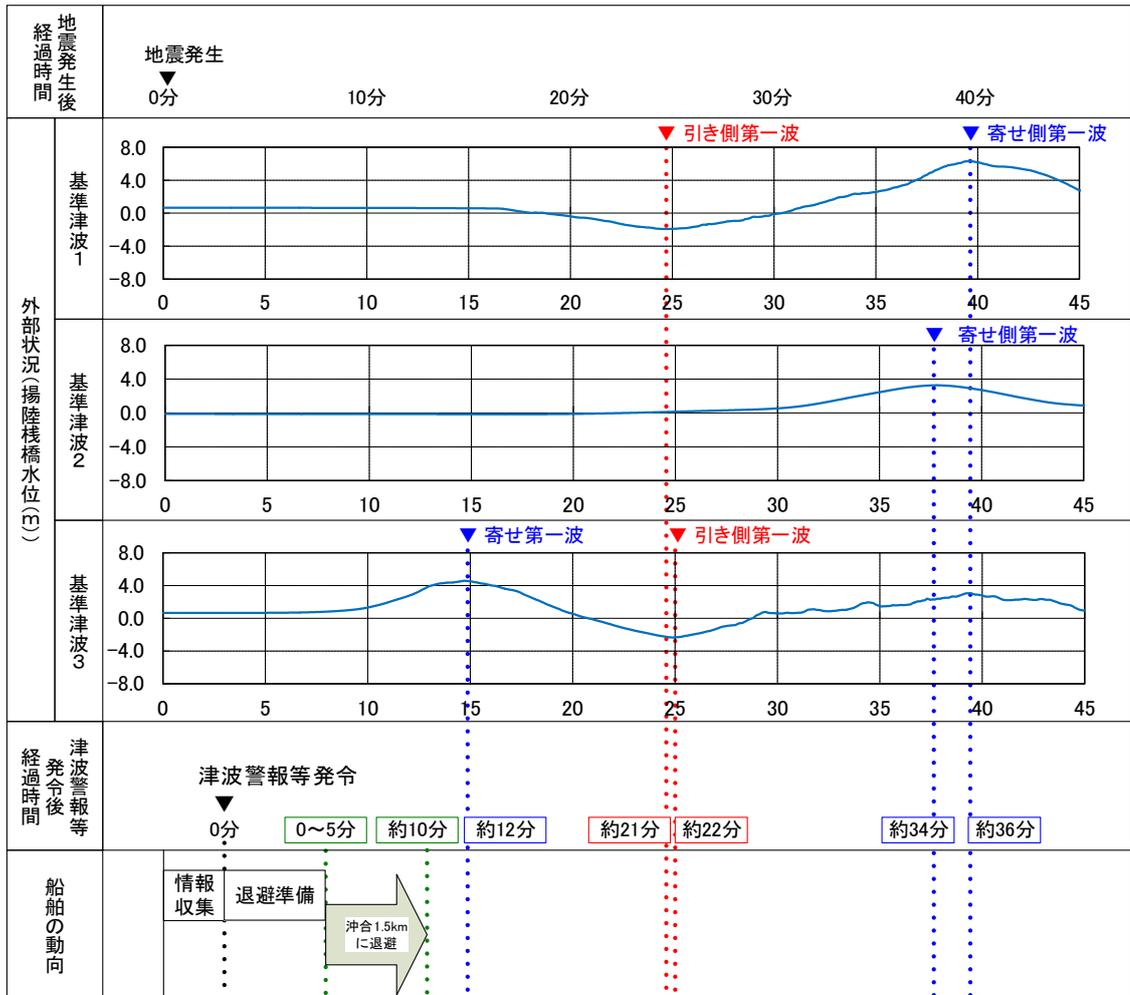


図 4.2-25 港湾内作業船舶の作業エリア分類及び作業船退避想定位置



注1 津波警報等発令後経過時間は、地震発生の3分後(気象庁HPIに記載の発表目標時間)に津波警報等が発令するものとして記載
 注2 津波の到達時間は、引き側及び寄せ側ともピークの到達時間を記載
 注3 本図の津波水位は、それぞれ以下の数値を予め含めて評価した結果を示している
 ・基準津波1: 期望平均満潮位(T.M.S.L.+0.49m)、地殻変動量(0.21m)
 ・基準津波2: 期望平均干潮位(T.M.S.L.+0.03m)、地殻変動量(0.20m)
 ・基準津波3: 期望平均満潮位(T.M.S.L.+0.49m)、地殻変動量(0.29m)

図 4.2-26 港湾内作業船の退避に係る時系列

表 4.2-5 各種船舶の主要寸法

| 船舶の種類別 | 主要寸法 | |
|--------|-----------|-----------|
| | 幅 | 長さ |
| 燃料等輸送船 | 約 17m | 約 100m |
| 浚渫船 | 約 21m | 約 50m |
| 土運船 | 約 11m | 約 32m |
| 曳船 | 約 6m～7m | 約 15m～27m |
| 作業船 | 約 1.5m～4m | 約 5m～12m |

④ 防波堤

防波堤の構成部材はコンクリート、捨石等であるとともに、気相部を有する構造ではないため浮遊状態の漂流物にはならないと判断した。**【結果 I ; 1)①】**

(b) 滑動状態の漂流物に関する整理

(a)にて【結果 I】として整理された施設・設備等について滑動有無の整理を実施する。ただし、(a)にて【結果 I】として整理された施設・設備等のうち、船舶については退避もしくは係留により漂流物化防止対策を実施することからここでの整理対象は防波堤とする。

発電所港湾の境界を形成する防波堤については地震、津波時の健全性が確認されたものではないため、地震、津波による損傷を想定すると、損傷した構成要素が滑動、転動により流される可能性は否定できず、北防波堤については図 4.2-15 に示す滑動評価対象範囲内に位置するため、取水性に影響を及ぼす可能性が考えられる。このため、北防波堤の各種構成要素について滑動有無を評価した。

防波堤の配置及び構造概要を図 4.2-27 に示す。

図に示されるとおり、防波堤は北防波堤と南防波堤とから成り、ともに混成傾斜堤とケーソン式混成堤により構成されている。6号及び7号機の取水口との位置関係としては、取水口前面（海水貯留堰）から最短約 200m の位置に北防波堤の混成傾斜堤が配置されている。

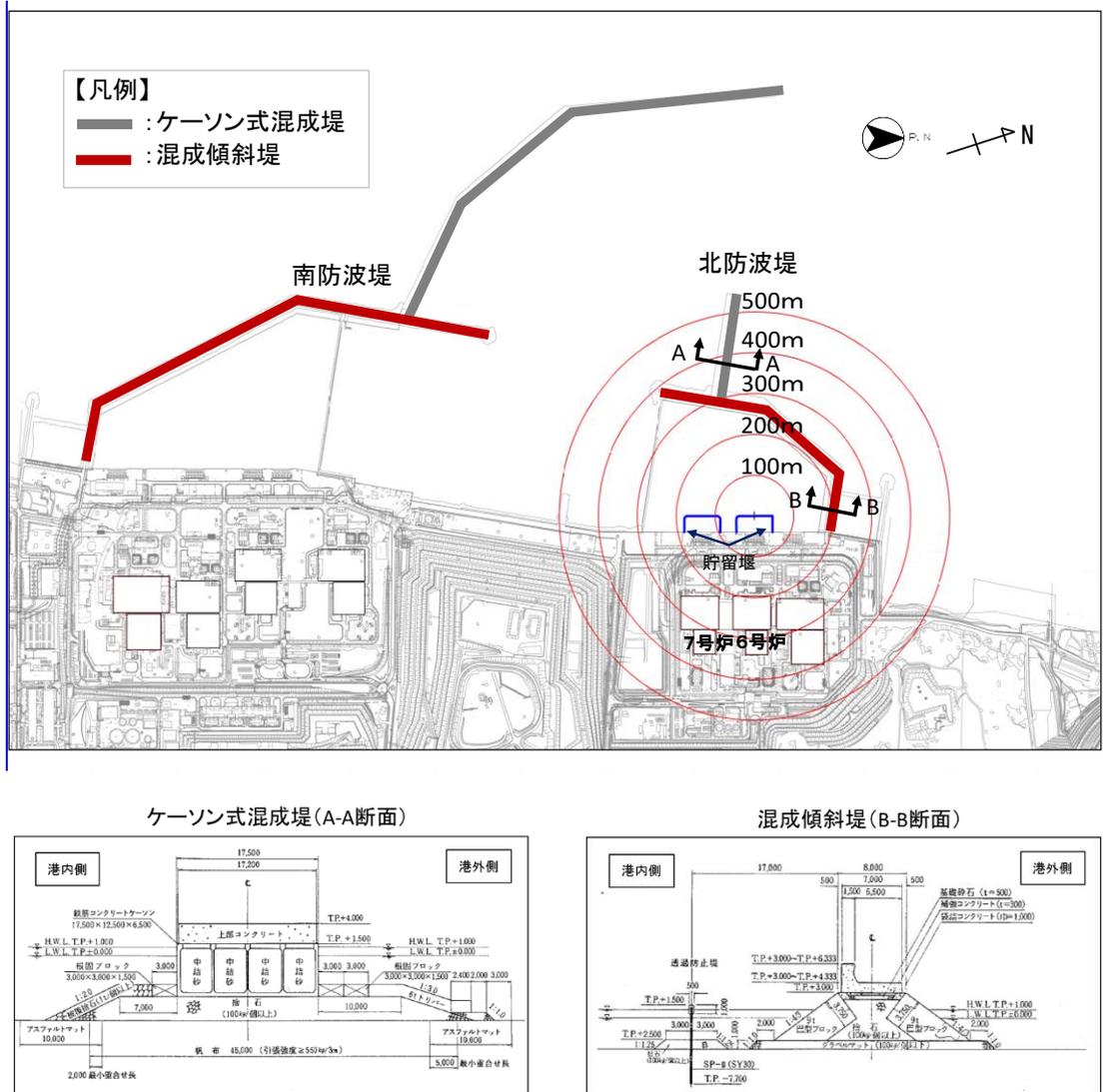


図 4.2-27 防波堤の配置及び構造概要

防波堤は津波影響軽減施設として設計しているものではないため、地震や津波波力により損傷した状態で津波による流圧力を受けることで、滑動が生じる可能性が考えられるが、図 4.2-28 に示す考え方により設定した滑動評価用流速に対して次頁に示す安定質量の評価を行うと、コンクリートの安定質量は約 900kg と算定される。これに対し、図 4.2-27 に示す防波堤の主たる構成要素である本体（上部コンクリート）、巴型ブロック等はいずれも 1t 以上の重量があることから、損傷した防波堤は、滑動することはない。【結果A；④】

なお、1t よりも軽量なものとしては 100kg 程度の捨石等があるが、これは巴型ブロック等の下層に敷かれていること、6 号及び 7 号機の取水口との間に距離があることを考えると、津波により滑動、転動し、取水口に到達する可能性は小さいと考えられるが、保守的に滑動するものとして検討対象漂流物として整理した。【結果B】

以上の分類 A（構内・海域）に係る評価結果を表 4.2-6 に整理して示す。

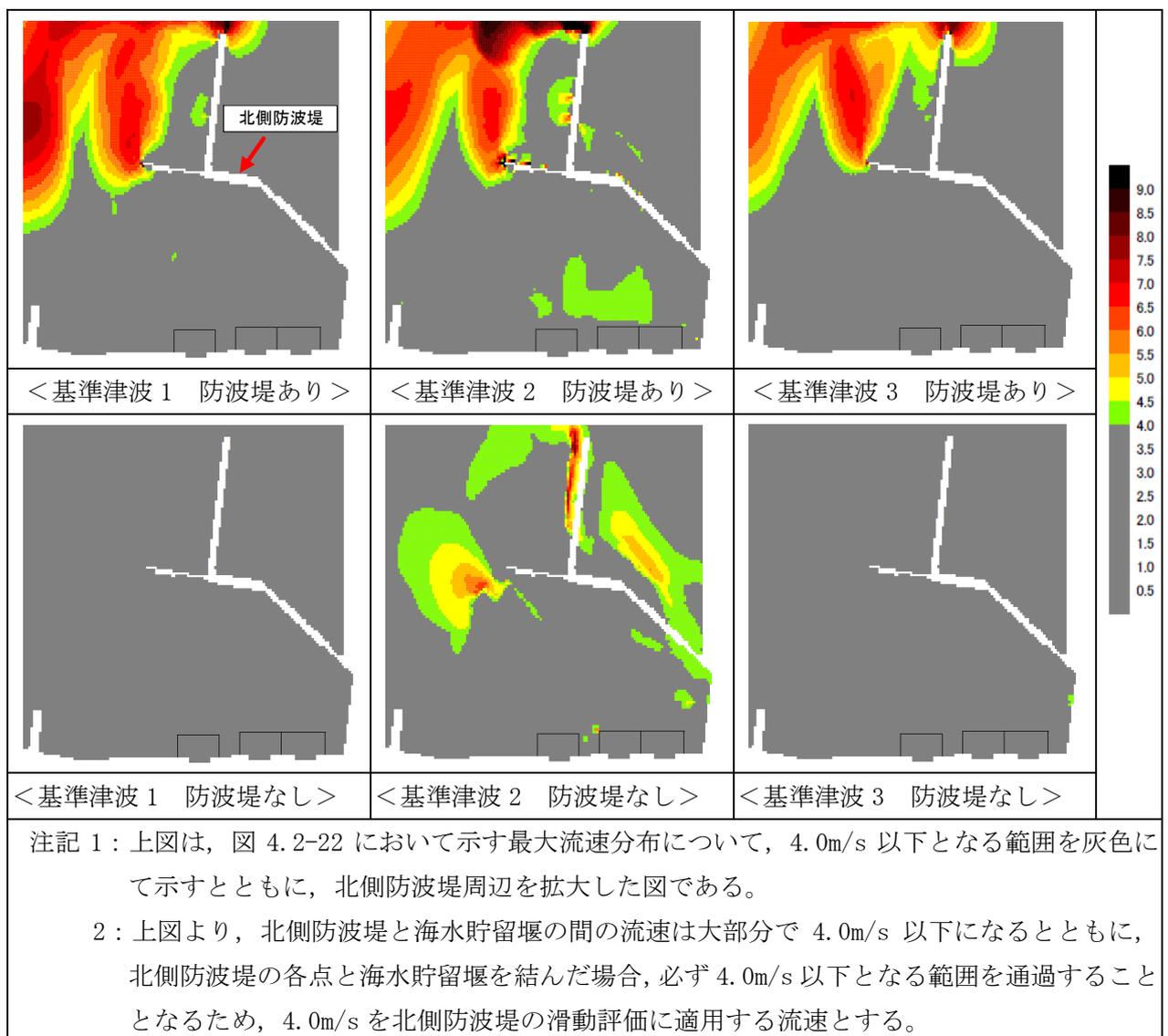


図 4.2-28 北側防波堤の滑動評価に用いる流速の考え方

＜安定質量の試算＞

「港湾の施設の技術上の基準・同解説」¹⁾の流れに対する被覆材の所要質量の評価手法に基づき、北防波堤近傍の評価用流速（図 4.2-28 より約 4.0m/s）における安定質量を算定すると下表の結果となる。これより、コンクリート塊については、質量が 900kg 程度あれば安定することが分かる。

なお、本手法は石を別の石の上に乗せた状態における流圧力と摩擦力の釣り合い式及び流圧力と重力によるモーメントの釣り合い式から導出されている²⁾。津波により損傷した防波堤は本手法の想定状態と類似していると考えられ、本手法を適用できる。

港湾の施設の技術上の基準・同解説（抜粋）

1. 7. 3 流れに対する被覆石及びブロックの所要質量

(1) 一般

水の流れに対するマウンドの捨石等の被覆材の所要質量は、一般的に、適切な水理模型実験又は次式によって算定することができる。式中において、記号 γ はその添字に関する部分係数であり、添字 k 及び d はそれぞれ特性値及び設計用値を示す。

$$M_d = \frac{\pi \rho_r U_d^6}{48 g^3 (\gamma_d)^6 (S_r - 1)^3 (\cos \theta - \sin \theta)^3} \quad (1.7.18)$$

ここに、

- M : 捨石等の安定質量 (t)
- ρ_r : 捨石等の密度 (t/m³)
- U : 捨石等の上面における水の流れの速度 (m/s)
- g : 重力加速度 (m/s²)
- γ : イスバッシュ(Isbash)の定数(埋め込まれた石にあつては 1.20,露出した石にあつては 0.86)
- S_r : 捨石等の水に対する比重
- θ : 水路床の軸方向の斜面の勾配 (°)

- 条件：①津波流速 U : 4.0m/s
- ②重力加速度 g : 9.8m/s²
- ③イスバッシュの定数 γ : 0.86
- ④斜面の勾配 : 0.0°

| 材料 | ρ (t/m ³) | S_r (= $\rho / 1.03$) | M(kg) |
|--------|----------------------------|--------------------------|-------|
| コンクリート | 2.3 | 2.23 | 871 |

参考文献

- 1) (社) 日本港湾協会：港湾の施設の技術上の基準・同解説（下巻），pp. 561, 2007.
- 2) 三井順，松本朗，半沢稔：イスバッシュ式の導出過程と防波堤を越流する津波への適用性，土木学会論文集 B2（海岸工学），Vol. 71, No. 2, pp. I_1063-I_1068, 2015.

表 4.2-6 漂流物評価結果（調査分類A：構内・海域）

| 状態 | 分類 | 内容 | 場所 | 重量 | 整理結果 | 検討対象漂流物 | 備考 |
|----|-----|----------------------|--------------------|--------------------|-------|---------|----------------|
| 浮遊 | 船舶 | 燃料等輸送船 | ・発電所港湾内 ・物揚場 | 約 5,000t (総トン数) | I 1)③ | — | 退避 |
| | | 浚渫船 | ・発電所港湾内 | 約 1000t (総トン数) | I 1)③ | — | 係留 |
| | | 土運船 | ・発電所港湾内 | 約 500t (総トン数) | I 1)③ | — | 係留 |
| | | 曳船 | ・発電所港湾内 | 約 100t (総トン数) | I 1)③ | — | 退避 or 係留 |
| | | 揚錨船 | ・発電所港湾内 | 約 10t (総トン数) | I 1)③ | — | 退避 or 係留 |
| | | 海洋環境調査作業船 | ・発電所全体港湾内 ・港湾外 | ～10t (総トン数) | I 1)③ | — | 退避 |
| | | 温排水水温調査作業船 | ・大湊側港湾内 ・荒浜側港湾内 | 1t 未満 (総トン数) | Ⅲ | ○ | 船種はゴムボート |
| | | | ・発電所全体港湾内 ・港湾外 | ～90t (総トン数) | I 1)③ | — | 退避 |
| | | 港湾設備保守作業船 | ・大湊側港湾内 ・荒浜側港湾内 | 1t 未満 (総トン数) | Ⅲ | ○ | 船種はゴムボート |
| | | | ・発電所全体港湾内 ・港湾外 | ～10t (総トン数) | I 1)③ | — | 退避 |
| 滑動 | 防波堤 | 本体（上部コンクリート）、巴型ブロック等 | ・発電所港湾内 | 約 10t～ | A④ | — | イスバッシュ式より滑動しない |
| | | 捨石 | ・発電所港湾内 | 約 100kg～ | B | ○ | — |

(2) 分類B（構内・陸域）

本調査範囲（構内・陸域）は大きく、「大湊側海岸線」,「荒浜側海岸線（物揚場を含む。以下同じ。）」及び荒浜側防潮堤の損傷を想定した際の遡上域である「荒浜側防潮堤内敷地」とから成る。

本調査範囲については6号及び7号機の取水口との位置関係の観点から、上記の三つの範囲に区分した上で、このサブ分類ごとに検討対象漂流物に関する整理を実施した。なお、図4.2-12に示した本調査範囲にある漂流物となる可能性のある施設・設備等は、大別すると表4.2-7のように分類でき、評価はこの施設・設備等の分類ごとに行った。

評価結果をそれぞれ以下に、また評価結果の一覧を後出の表4.2-17に示す。

表 4.2-7 漂流物となる可能性のある施設・設備等の分類

| 種類 | | | 備考 |
|----|--------------|--|----|
| ① | 建屋 | 鉄筋コンクリート建屋 | — |
| ② | | 鉄骨造建屋, 補強コンクリートブロック造建屋 | — |
| ③ | 機器類 | タンク | — |
| ④ | | タンク以外 | — |
| ⑤ | 車両 | — | |
| ⑥ | 資機材 | 一時的に持ち込む可能性がある資機材を含む | |
| ⑦ | その他一般構築物, 植生 | マンホール, グレーチング, チェッカープレート, 外灯, 監視カメラ, フェンス, シルトフェンス固定治具等の金属鋼材を主な材料とする一般構築物, 樹木等 | |

a. 分類B-1：大湊側海岸線

大湊側海岸線における評価対象（図4.2-12-2）について、表4.2-7に示した施設・設備等の分類ごとに図4.2-14に示したフローにより検討対象漂流物に関する整理を実施した。結果を以下に示す。

(a) 浮遊状態の漂流物に関する整理

① 鉄筋コンクリート建屋

鉄筋コンクリート建屋に関しては、東北地方太平洋沖地震に伴う津波の事例では、4階建ての鉄筋コンクリート造の建物が約70m移動したとの報告があるため、漂流物化有無に関する評価を行った。

評価においては、上記報告の移動距離約70mを考慮し、図4.2-29-1に示す通り、6号及び7号機取水口位置から100mの範囲内の鉄筋コンクリート建屋を評価対象とした。

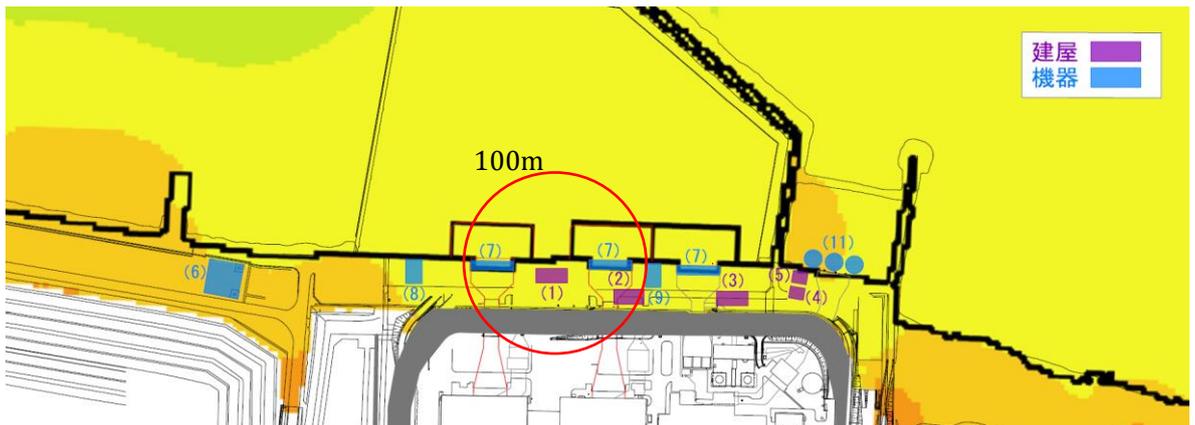


図 4.2-29-1 検討対象とする鉄筋コンクリート建屋の抽出範囲

抽出した鉄筋コンクリート建屋は、ドア、窓等の開口部の上端から天井までの空間に空気の層が残り、浮力として作用することを考慮する。イメージ図を図4.2-29-2に示す。

図4.2-29-1より検討対象とする鉄筋コンクリート建屋は、(2)の6/7号機取水電源室(図4.2-12-2より)が抽出された。6/7号機取水電源室は、ドア、窓等の開口部の上端から天井までの空間に空気の層が残ると想定したとしても、施設体積をもとにした密度(1.2t/m³以上)が海水の密度(1.05t/m³*1)を上回っていることから、浮遊状態の漂流物にはならないと判断した(評価詳細については添付資料3参照)。【結果I ; 1)①】

注記*1 耐津波設計として、施設・設備の設計(浚渫船の係留に関する設計等)においては海水密度として1.03t/m³を用いているが、漂流物の浮遊有無の評価にあたっては、保守的に津波時の浮遊砂濃度を高橋他(1999)において示される浮遊砂濃度の上限値1%と設定した場合の海水密度を用いた。

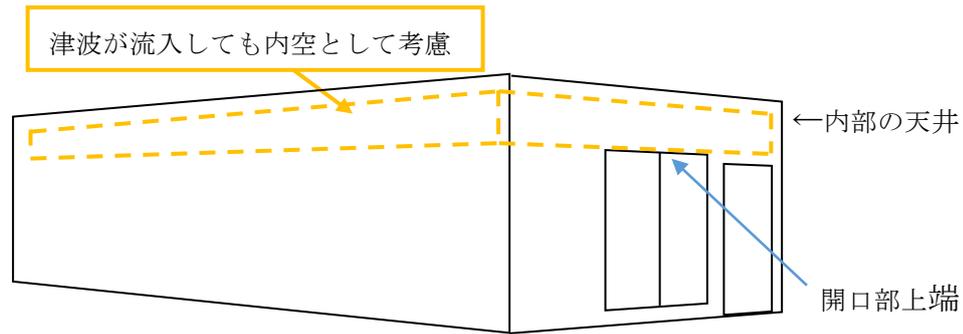


図 4.2-29-2 開口部から鉄筋コンクリート建屋内部に津波が流入しても内空として考慮する空間のイメージ図

② 鉄骨造建屋

大湊側海岸線に設置されている鉄骨造建屋は図 4.2-12-2 に示したとおり「K6/7 スクリーン点検用テントハウス」が該当するが、上記テントハウスは漂流物に関するリスク低減の観点から撤去することとする。

③ 機器類（タンク）

大湊側海岸線には本分類に該当する機器類は存在しない。

④ 機器類（タンク以外）

大湊側海岸線にある機器類としてはクレーン、電気・制御盤、避雷鉄塔等がある。これらについては津波の原因となる地震もしくは津波による破損・変形等の可能性が考えられるが、いずれも金属製であり、水密性もなく大きな浮力が発生することもないため、浮遊状態の漂流物にはならないと判断した。**【結果Ⅰ；1)①】**

なお、機器類のうち除塵装置については「補足 3.3 除塵装置の取水性への影響について」において説明する。

⑤ 車両

車両については、大津波警報発令により退避することが基本となるが、津波の起因事象の一つである地震による地面の変状により、退避ルート of 健全性を確保できない可能性がある。上記状況を考慮し、車両については全て退避不可という仮定の下、検討対象漂流物に関する整理を実施した。

ここで、一部車両については、海水貯留堰への衝突影響の観点も鑑みたりスク低減として、図 4.2-30 に示すフローに従い表 4.2-8 に示す漂流物化防止対策を定めることとする。具体的には大湊側海岸線に駐停車する車両について、車種ごとに以下の運用を定めることとし、それらを整理し表 4.2-9 に示す。

以下の運用を定めることにより、軽自動車以外の車両については浮遊状態の漂流物にはならないと整理される。**【結果Ⅰ；1)③】**

一方で、軽自動車については検討対象漂流物として整理する。**【結果Ⅲ】**

(ア) 小型建設用車両（スキッドローダー、高所作業車等）

小型建設用車両は、取水路及びその関連設備の保全を実施する際に必要な車両となる。

一方で、その密度は $3.26\text{t}/\text{m}^3$ 程度（各車種に対する密度評価の詳細は後述の燃料輸送容器の評価と併せて添付資料 3 に示す。）であり、海水密度 $1.05\text{t}/\text{m}^3$ よりも大きいことから小型建設用車両は浮遊状態の漂流物にはならないと判断した。

(イ) 軽自動車

軽自動車は、取水路及びその関連設備の保全を実施する際に必要な車両となる。また、その密度は $0.25\text{t}/\text{m}^3$ 程度であり漂流物化し 6 号及び 7 号機の取水口に到達する可能性がある。

一方で、軽自動車は体積及び重量が小さいため取水性への影響及び海水貯留堰への衝突影響は比較的軽微と考えられることから、6 号及び 7 号機の取水口に到達するものとしてその影響を評価することとする。

(ウ) 乗用車

乗用車は、取水路及びその関連設備の保全を実施する際に必要な車両となる。また、その密度は $0.28\text{t}/\text{m}^3$ 程度であり漂流物化し 6 号及び 7 号機の取水口に到達する可能性があるとともに、衝突時に海水貯留堰の機能に影響を与える可能性がある。

一方で、乗用車の利用目的は主に人員運搬であるため軽自動車での代替が可能な場合があることから、可能な場合は代替車両を利用する。なお、代替車両の利用が困難な状況が生じた場合は、停車時間を人員乗降に要する必要最低限の時間のみに制限するとともに、駐車は禁止とする運用とする。ここで、万一停車時間中に津波警報が発令された場合は、退避時気相部開放措置を実施する運用とすることで、その密度を $3.03\text{t}/\text{m}^3$ 程度とし漂流物化を防止する。

上記より、乗用車は浮遊状態の漂流物にはならないと判断した。

なお、退避時気相部開放措置の実効性について添付資料 4 に示す。

(エ) 中型トラック

中型トラックは、取水路及びその関連設備の保全を実施する際に必要な車両となる。また、その密度は $0.80\text{t}/\text{m}^3$ 程度であり漂流物化し 6 号及び 7 号機の取水口に到達する可能性があるとともに、衝突時に海水貯留堰の機能に影響を与える可能性がある。

一方で、中型トラックの利用目的は主に資機材運搬であるため、軽自動車又は後述する大型トラックでの代替が可能な場合があることから、可能な場合は代替車両を利用する。なお、代替車両の利用が困難な状況が生じた場合は、退避時気相部開放措置を実施する運用とすることで、その密度を $2.55\text{t}/\text{m}^3$ 程度とし漂流物化を防止する。

上記より、中型トラックは浮遊状態の漂流物にはならないと判断した。

(オ) ユニック

ユニックは、取水路及びその関連設備の保全を実施する際に必要な車両となる。また、その密度は $0.97\text{t}/\text{m}^3$ 程度であり漂流物化し6号及び7号機の取水口に到達する可能性があるとともに、衝突時に海水貯留堰の機能に影響を与える可能性がある。

一方で、ユニックの利用目的は主に設備吊り上げであるため、後述する大型建設用車両での代替が可能な場合があることから、可能な場合は代替車両を利用する。代替車両の利用が困難な場合は、退避時気相部開放措置を実施する運用とすることで、その密度を $2.81\text{t}/\text{m}^3$ 程度とし漂流物化を防止する。

上記より、ユニックは浮遊状態の漂流物にはならないと判断した。

(カ) 大型トラック（トレーラ含む。）

大型トラック（トレーラを含む。）は、取水路及びその関連設備の保全を実施する際に必要な車両となる。

一方で、その密度は $1.36\text{t}/\text{m}^3$ 程度であり、海水密度 $1.05\text{t}/\text{m}^3$ よりも大きいことから大型トラックは浮遊状態の漂流物にはならないと判断した。

(キ) バキューム車

バキューム車は、取水路及びその関連設備の保全を実施する際に必要な車両となる。また、その密度は $0.51\text{t}/\text{m}^3$ 程度であり漂流物化し6号及び7号機の取水口に到達する可能性があるとともに、衝突時に海水貯留堰の機能に影響を与える可能性がある。

一方で、バキューム車の利用目的は主に汚泥集積であるため、後述する大型建設用車両での代替が可能な場合があることから、可能な場合には代替車両を利用する。代替車両の利用が困難な場合は、退避時気相部開放措置を実施する運用とすることで、その密度を $1.37\text{t}/\text{m}^3$ 程度とし漂流物化を防止する。

上記より、バキューム車は浮遊状態の漂流物にはならないと判断した。

(ク) 大型建設用車両（クレーン、高所作業車等）

大型建設用車両（クレーン、高所作業車等）は、取水路及びその関連設備の保全を実施する際に必要な車両となる。

一方で、その密度は $1.26\text{t}/\text{m}^3$ 程度であり、海水密度 $1.05\text{t}/\text{m}^3$ よりも大きいことから大型建設用車両は浮遊状態の漂流物にはならないと判断した。

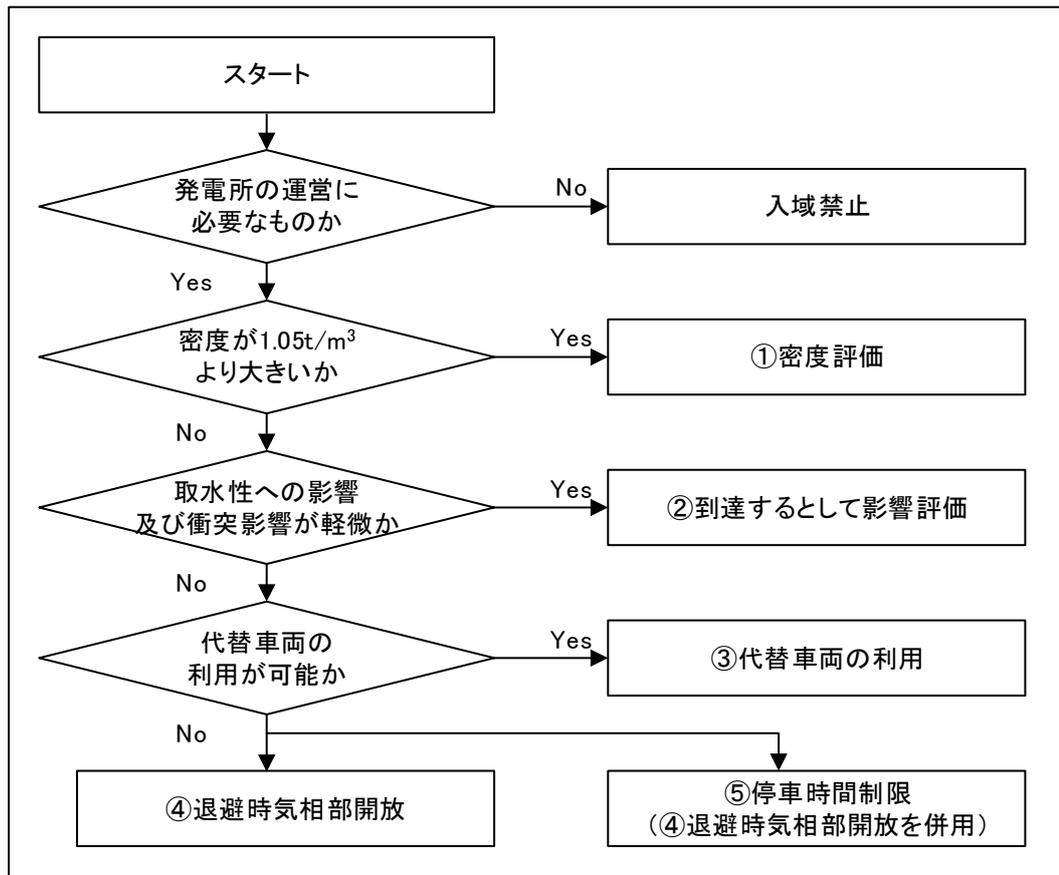


図 4.2-30 車両運用選定フロー

表 4.2-8 大湊側海岸線に駐停車する車両に対して定める運用

| 分類 No. | 運用 | 運用詳細 |
|--------|-------------|--|
| ① | 密度評価 | 人員乗車部等が気相部となることを考慮した車両密度評価を実施し、密度が 1.05t/m ³ より大きいことを確認する。 |
| ② | 到達するとして影響評価 | 取水口及び海水貯留堰に到達するものとして影響評価を実施する。 |
| ③ | 代替車両の利用 | 分類 No. ①又は②で整理される車両にて代替する。 |
| ④ | 退避時気相部開放 | 津波警報発令時に当該車両を用いての退避が困難と判断した場合は、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運用とする。 ただし、人員を常時当該車両付近に配置することを前提条件とする。（添付資料 4 参照） |
| ⑤ | 停車時間制限 | 人員及び機材の積み下ろし等に要する時間が短い車両のみ大湊側護岸部に停車することも可とする。 （ただし、積み下ろし等が完了次第範囲外に移動する。） 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退避時気相部開放を適用する。 |

表 4.2-9 大湊側海岸線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] | 密度[t/m ³]* ¹ | | 参考密度[t/m ³]* ² | |
|-------------------------------|----------|---|---------|-------------------------------------|--------------------|---------------------------------------|--------------------|
| | | | | 開放無し* ³ | 開放有り* ⁴ | 開放無し* ³ | 開放有り* ⁴ |
| 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 | 2.73 | 不要 |
| 軽自動車 | 人員/資機材運搬 | ②到達するとして影響評価 | 0.83 | 0.25 | 選択しない | 0.24 | 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 | 3.03 | 0.27 | 2.57 |
| 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 | 0.77 | 2.21 |
| 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 | 0.92 | 2.41 |
| 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 | 1.26 | 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 | 0.50 | 1.27 |
| 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 | 1.26 | 不要 | 1.18 | 不要 |

注記*1: 部材密度を 5.10t/m³ (鉄の密度×0.65) とした場合の車両全体の密度 (密度評価詳細については添付資料 3 参照)

*2: 部材密度を 3.92t/m³ (鉄の密度×0.50) とした場合の車両全体の密度を参考密度として記載

*3: 「⑤退避時気相部開放」を適用しない場合の密度を記載

*4: 「⑤退避時気相部開放」を適用する場合の密度を記載

⑥ 資機材

資機材としては現場に常時保管されているものと一時的に持ち込む可能性があるものがあるが、前者のうちスクリーンやスクリーン点検架台・治具、角落とし、また後者のうち発電機や動力盤など、鋼製あるいはコンクリート製の物品については重量物であるため、浮遊状態の漂流物にはならないと判断した。**【結果Ⅰ；1)①】**

一方、軽量な（比重が小さく浮く）資機材としてはユニットハウス等があり、これらについても固縛する運用とするため漂流物となる可能性は小さいと考えられるが、番線固縛等において品質が一定でない可能性も考慮し、ここでは保守的に、津波により固縛部が損傷し、ユニットハウス等自体あるいはその内包物が浮遊状態で漂流することを想定するものとする。**【結果Ⅲ】**

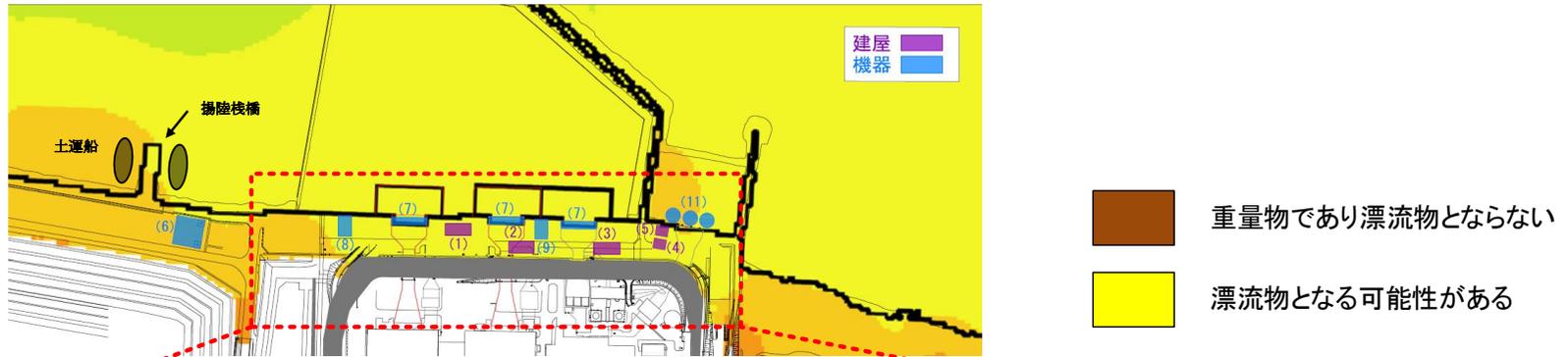
大湊側海岸線について、常時保管されている、あるいは一時的に持ち込む可能性のある資機材（重量物を含む）の詳細を示すと図 4.2-31 及び表 4.2-10 のとおりとなる。

表 4.2-10 には、浮遊状態での漂流有無に関する評価も併せて示すが、結論としては、ユニットハウス、角材、排水用ホース、カラーコーンについては浮遊状態で漂流する可能性があるため、評価対象漂流物として整理した。**【結果Ⅲ】**

上記以外の資機材については、「重量より漂流物化しない」又は「設置状況より漂流物化しない」と評価されるため、浮遊状態の漂流物にはならないと判断した。

【結果Ⅰ；1)①,②】

大湊側海岸線 (図 4.2-12-2)



大湊側護岸部拡大図

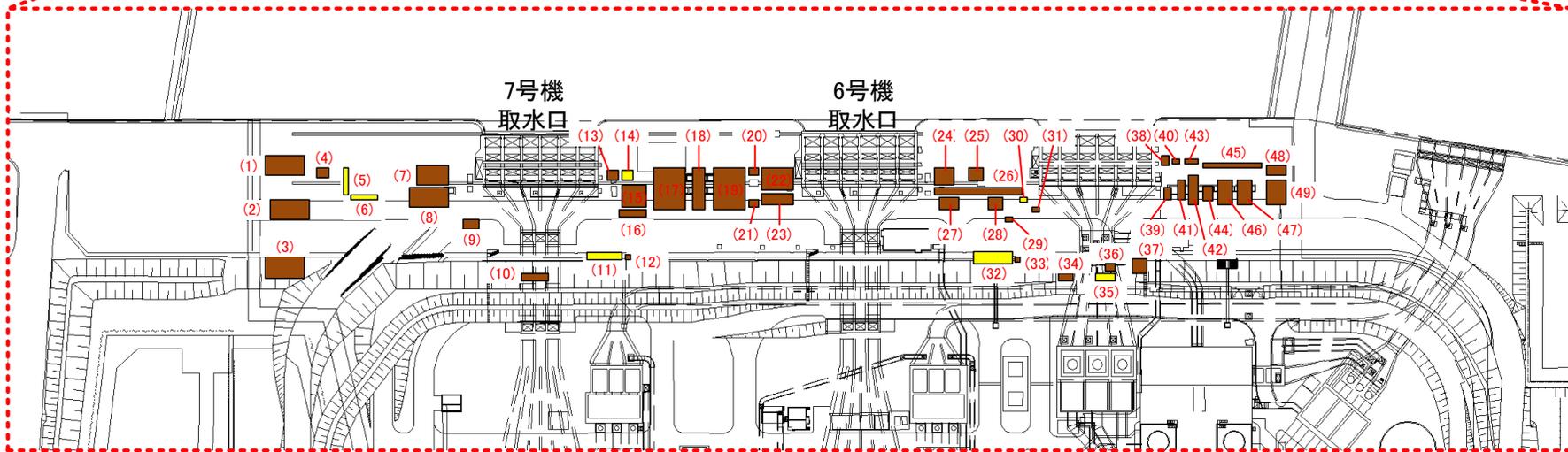


図 4.2-31 大湊側海岸線における資機材の詳細

表 4.2-10 大湊側海岸線における資機材の浮遊評価 (1/2)

| 配置 番号 | 項目 | 数量 | 材質 | 浮遊状態での漂流有無 | | |
|----------|-----------------------|------|-----|------------|-------|---------------|
| | | | | 有無 | 結果*1 | 理由*2 |
| 1 | ハウジングカバー(バー回転式スクリーン) | 1 | FRP | 無し | I 1)② | 架台に固定される (イ) |
| | ハウジングカバー(トラベリングスクリーン) | 1 | FRP | 無し | I 1)② | 架台に固定される (イ) |
| | ハウジングカバー用架台 | 3 | 鋼製 | 無し | I 1)① | 比重より浮遊しない (ロ) |
| 2 | 角落とし | 1式 | 鋼製 | 無し | I 1)① | 比重より浮遊しない (ロ) |
| 3 | 角ホルダー | 1 | 鋼製 | 無し | I 1)① | 比重より浮遊しない (ロ) |
| 4 | 本体フレーム受け架台 | 26 | 鋼製 | 無し | I 1)① | 比重より浮遊しない (ロ) |
| 5 | 角パイプ | ~30 | 鋼製 | 無し | I 1)① | 比重より浮遊しない (ロ) |
| | 角材 | ~30 | 木製 | 有り | III | — |
| 6 | 角材 | 16 | 木製 | 有り | III | — |
| 7 | バスケット(バー回転式スクリーン) | 38 | 鋼製 | 無し | I 1)① | 比重より浮遊しない (ロ) |
| 8 | バスケット(トラベリングスクリーン) | 37 | 鋼製 | 無し | I 1)① | 比重より浮遊しない (ロ) |
| 9 | リフティングビーム | 1 | 鋼製 | 無し | I 1)① | 比重より浮遊しない (ロ) |
| 10 | 仮設電源・動力・分電盤 | 1 | — | 無し | I 1)① | 比重より浮遊しない (ハ) |
| 11 | ユニットハウス | 3 | — | 有り | III | — |
| 12 | 仮設電源・動力・分電盤 | 1 | — | 無し | I 1)① | 比重より浮遊しない (ハ) |
| 13 | 工具収納棚 | 1 | — | 無し | I 1)① | 比重より浮遊しない (ハ) |
| 14 | ユニットハウス | 1 | — | 有り | III | — |
| | 角材 | ~50 | 木製 | 有り | III | — |
| 15 | ハウジング本体(バー回転式スクリーン) | 1式 | 鋼製 | 無し | I 1)① | 比重より浮遊しない (ロ) |
| | ハウジング本体(トラベリングスクリーン) | 1式 | 鋼製 | 無し | I 1)① | 比重より浮遊しない (ロ) |
| 16 | 単管パイプ | ~150 | 鋼製 | 無し | I 1)① | 比重より浮遊しない (ロ) |
| | 足場板 | ~50 | アルミ | 無し | I 1)① | 比重より浮遊しない (ニ) |
| | 角パイプ | ~50 | 鋼製 | 無し | I 1)① | 比重より浮遊しない (ロ) |
| | スクリーン点検用架台・治具 | ~20 | 鋼製 | 無し | I 1)① | 比重より浮遊しない (ロ) |
| | 開口部養生板・治具 | ~30 | 鋼製 | 無し | I 1)① | 比重より浮遊しない (ロ) |
| | 渡り歩廊 | 1 | 鋼製 | 無し | I 1)① | 比重より浮遊しない (ロ) |
| 17 | 本体フレーム(バー回転式スクリーン) | 1式 | 鋼製 | 無し | I 1)① | 比重より浮遊しない (ロ) |
| | 本体フレーム(トラベリングスクリーン) | 1式 | 鋼製 | 無し | I 1)① | 比重より浮遊しない (ロ) |
| 18 | スクリーン点検用架台 | ~150 | 鋼製 | 無し | I 1)① | 比重より浮遊しない (ロ) |
| | 渡り歩廊 | 1 | 鋼製 | 無し | I 1)① | 比重より浮遊しない (ロ) |
| 19 | 角落とし | 1式 | 鋼製 | 無し | I 1)① | 比重より浮遊しない (ロ) |
| 20 | 仮設作業床 | 2 | 鋼製 | 無し | I 1)① | 比重より浮遊しない (ロ) |
| 21 | 台車乗り上げ台 | 3 | 鋼製 | 無し | I 1)① | 比重より浮遊しない (ロ) |
| 22 | 安全スクリーン | 1 | 鋼製 | 無し | I 1)① | 比重より浮遊しない (ロ) |
| 23 | リフティングビーム | 1 | 鋼製 | 無し | I 1)① | 比重より浮遊しない (ロ) |
| 24 | 固定バー | 2 | 鋼製 | 無し | I 1)① | 比重より浮遊しない (ロ) |
| 25 | ハウジング本体(バー回転式スクリーン) | 1式 | 鋼製 | 無し | I 1)① | 比重より浮遊しない (ロ) |
| | ハウジング本体(トラベリングスクリーン) | 1式 | 鋼製 | 無し | I 1)① | 比重より浮遊しない (ロ) |

注記*1 図 4.2-14 におけるいずれの結果に該当するかを表す。

*2 判断基準は以下のとおり。

(イ) 材質がFRP (比重: 約 1.5t/m³) であるため浮遊しないと、架台に固定されている。

(ロ) 材質が鋼製 (比重: 約 7.9t/m³) であるため浮遊しない。

(ハ) 主たる構成要素が鋼製 (比重: 約 7.9t/m³) であるため浮遊しない。

(ニ) 材質がアルミ (比重: 約 2.7t/m³) であるため浮遊しない。

表 4.2-10 大湊側海岸線における資機材の浮遊評価 (2/2)

| 配置 番号 | 項目 | 数量 | 材質 | 漂流物化有無 | | |
|-------------|-----------------------|------|-----|--------|-------|---------------|
| | | | | 有無 | 結果*1 | 理由*2 |
| 26 | キャリングチェーン | 1式 | — | 無し | I 1)① | 比重より浮遊しない (ハ) |
| 27 | 本体フレーム(バー回転式スクリーン) | 1式 | 鋼製 | 無し | I 1)① | 比重より浮遊しない (ロ) |
| 28 | 本体フレーム(トラベリングスクリーン) | 1式 | 鋼製 | 無し | I 1)① | 比重より浮遊しない (ロ) |
| 29 | 高所作業車 | 1 | — | 無し | I 1)① | 比重より浮遊しない (ハ) |
| 30 | 洗浄機 | 2 | — | 無し | I 1)① | 比重より浮遊しない (ハ) |
| 31 | 仮設電源・動力・分電盤 | 2 | — | 無し | I 1)① | 比重より浮遊しない (ハ) |
| 32 | ユニットハウス | 5 | — | 有り | III | — |
| | 単管パイプ | ~100 | 鋼製 | 無し | I 1)① | 比重より浮遊しない (ロ) |
| | 足場板 | ~50 | アルミ | 無し | I 1)① | 比重より浮遊しない (ニ) |
| | 二輪車 | 2 | — | 無し | I 1)① | 比重より浮遊しない (ハ) |
| | 水中ポンプ用配管 | 3 | 鋼製 | 無し | I 1)① | 比重より浮遊しない (ロ) |
| 33 | 仮設電源・動力・分電盤 | 1 | — | 無し | I 1)① | 比重より浮遊しない (ハ) |
| 34 | リフティングビーム | 1 | 鋼製 | 無し | I 1)① | 比重より浮遊しない (ロ) |
| 35 | 排水用ホース | 4 | — | 有り | III | — |
| 36 | 仮設電源・動力・分電盤 | 2 | — | 無し | I 1)① | 比重より浮遊しない (ハ) |
| 37 | ダミーフレーム | 2 | 鋼製 | 無し | I 1)① | 比重より浮遊しない (ロ) |
| 38 | 仮設手摺 | 28 | 鋼製 | 無し | I 1)① | 比重より浮遊しない (ロ) |
| 39 | 仮設電源・動力・分電盤 | 2 | — | 無し | I 1)① | 比重より浮遊しない (ハ) |
| | 洗浄機 | 2 | — | 無し | I 1)① | 比重より浮遊しない (ハ) |
| 40 | ハウジングカバー用架台 | 2 | 鋼製 | 無し | I 1)① | 比重より浮遊しない (ロ) |
| 41 | 点検架台 | 2 | 鋼製 | 無し | I 1)① | 比重より浮遊しない (ロ) |
| 42 | バスケット予備機(バー回転式スクリーン) | 38 | 鋼製 | 無し | I 1)① | 比重より浮遊しない (ロ) |
| | バスケット予備機(トラベリングスクリーン) | 38 | 鋼製 | 無し | I 1)① | 比重より浮遊しない (ロ) |
| 43 | リフティングビーム | 1 | 鋼製 | 無し | I 1)① | 比重より浮遊しない (ロ) |
| 44 | 本体フレーム受け架台 | 18 | 鋼製 | 無し | I 1)① | 比重より浮遊しない (ロ) |
| | 固定バー受け架台 | 6 | 鋼製 | 無し | I 1)① | 比重より浮遊しない (ロ) |
| | スクリーン点検用架台 | ~10 | 鋼製 | 無し | I 1)① | 比重より浮遊しない (ロ) |
| 45 | ハウジングカバー(バー回転式スクリーン) | 2 | FRP | 無し | I 1)② | 架台に固定される (イ) |
| | ハウジングカバー(トラベリングスクリーン) | 2 | FRP | 無し | I 1)② | 架台に固定される (イ) |
| 46 | 本体フレーム(バー回転式スクリーン) | 1式 | 鋼製 | 無し | I 1)① | 比重より浮遊しない (ロ) |
| 47 | 本体フレーム(トラベリングスクリーン) | 1式 | 鋼製 | 無し | I 1)① | 比重より浮遊しない (ロ) |
| 48 | 工具箱(ウェイト等を内包) | 2 | 鋼製 | 無し | I 1)① | 比重より浮遊しない (ロ) |
| 49 | ハウジング本体(バー回転式スクリーン) | 1式 | 鋼製 | 無し | I 1)① | 比重より浮遊しない (ロ) |
| | ハウジング本体(トラベリングスクリーン) | 1式 | 鋼製 | 無し | I 1)① | 比重より浮遊しない (ロ) |
| そ の 他 | 水中ポンプ(投げ込み) | ~4 | — | 無し | I 1)① | 比重より浮遊しない (ハ) |
| | カラーコーン | ~10 | — | 有り | III | — |
| | 単管バリケード | ~20 | 鋼製 | 無し | I 1)① | 比重より浮遊しない (ロ) |
| | 脚立 | ~10 | アルミ | 無し | I 1)① | 比重より浮遊しない (ニ) |

注記*1 図 4.2-14 におけるいずれの結果に該当するかを表す。

*2 判断基準は以下のとおり。

(イ) 材質がFRP (比重: 約 1.5t/m³) であるため浮遊しないと、架台に固定されている。

(ロ) 材質が鋼製 (比重: 約 7.9t/m³) であるため浮遊しない。

(ハ) 主たる構成要素が鋼製 (比重: 約 7.9t/m³) であるため浮遊しない。

(ニ) 材質がアルミ (比重: 約 2.7t/m³) であるため浮遊しない。

⑦ その他一般構築物，植生

その他一般構築物としては，マンホール，チェッカープレート，鋼製階段，監視カメラ，拡声器，標識等が存在するが，それらはその比重より浮遊状態の漂流物にはならないと判断した。

【結果 I ; 1)①】

なお，大湊側海岸線の津波遡上範囲には植生は存在しない。

(b) 滑動状態の漂流物に関する整理

(a)にて**【結果 I】**として整理された施設・設備等について滑動有無の整理を実施する。

① 鉄筋コンクリート建屋

鉄筋コンクリート建屋については，(a)において6/7号機取水電源室について**【結果 I】**として評価されているため，上記建屋について滑動有無を評価する。

主材料であるコンクリートの密度(2.3t/m³)を想定した場合，以下に示すとおり，滑動，転動が生じ得る限界重量は約10t程度であり，6/7号機取水電源室の重量が数百トンオーダーであることを考慮し，滑動状態の漂流物にはならないと判断した。**【結果 A ; ④】**

また，地震等の影響により損壊したコンクリート片や鉄筋等が滑動，転動する可能性が考えられるが，取水口に到達し得るものは上記限界重量10t以下のものに限られる。上記を考慮し，保守的に重量10tのコンクリート片が滑動により取水口に到達し得るとして検討対象漂流物として整理した。**【結果 B】**

＜安定質量の試算＞

「港湾の施設の技術上の基準・同解説」¹⁾の流れに対する被覆材の所要質量の評価手法に基づき、大湊側海岸線で想定される引き波時の津波流速の条件（図 4.2-32 より 6m/s 未満程度）における安定質量を算定すると下表の結果となる。これより、コンクリート塊であれば 10t 程度、鋼材であれば 220kg 程度で安定することが分かる。

なお、本手法は石を別の石の上に乗せた状態における流圧力と摩擦力のつり合い式及び流圧力と重力によるモーメントの釣り合い式から導出されている²⁾。津波により損傷した建屋の破損片は本手法の想定状態と類似していると考えられ、本手法を適用できる。

港湾の施設の技術上の基準・同解説（抜粋）

1. 7. 3 流れに対する被覆石及びブロックの所要質量

(1) 一般

水の流れに対するマウンドの捨石等の被覆材の所要質量は、一般的に、適切な水理模型実験又は次式によって算定することができる。式中において、記号 γ はその添字に関する部分係数であり、添字 k 及び d はそれぞれ特性値及び設計用値を示す。

$$M_d = \frac{\pi \rho_r U_d^6}{48 g^3 (\gamma_d)^6 (S_r - 1)^3 (\cos \theta - \sin \theta)^3} \quad (1.7.18)$$

ここに、

- M : 捨石等の安定質量 (t)
- ρ_r : 捨石等の密度 (t/m³)
- U : 捨石等の上面における水の流れの速度 (m/s)
- g : 重力加速度 (m/s²)
- γ : イスバッシュ(Isbash)の定数(埋め込まれた石にあっては 1.20, 露出した石にあっては 0.86)
- S_r : 捨石等の水に対する比重
- θ : 水路床の軸方向の斜面の勾配 (°)

- 条件：①津波流速 U : 6m/s
 ②重力加速度 g : 9.8m/s²
 ③イスバッシュの定数 γ : 0.86
 ④斜面の勾配 : 0.0°

| 材料 | ρ (t/m ³) | S_r (= $\rho / 1.03$) | M (kg) |
|---------|----------------------------|--------------------------|----------|
| コンクリート | 2.3 | 2.23 | 9,912 |
| SS, SUS | 7.9 | 7.67 | 214 |

参考文献

1) (社) 日本港湾協会：港湾の施設の技術上の基準・同解説（下巻），pp. 561，2007.
 2) 三井順，松本朗，半沢稔：イスバッシュ式の導出過程と防波堤を越流する津波への適用性，土木学会論文集 B2（海岸工学），Vol. 71，No. 2，pp. I_1063-I_1068，2015.

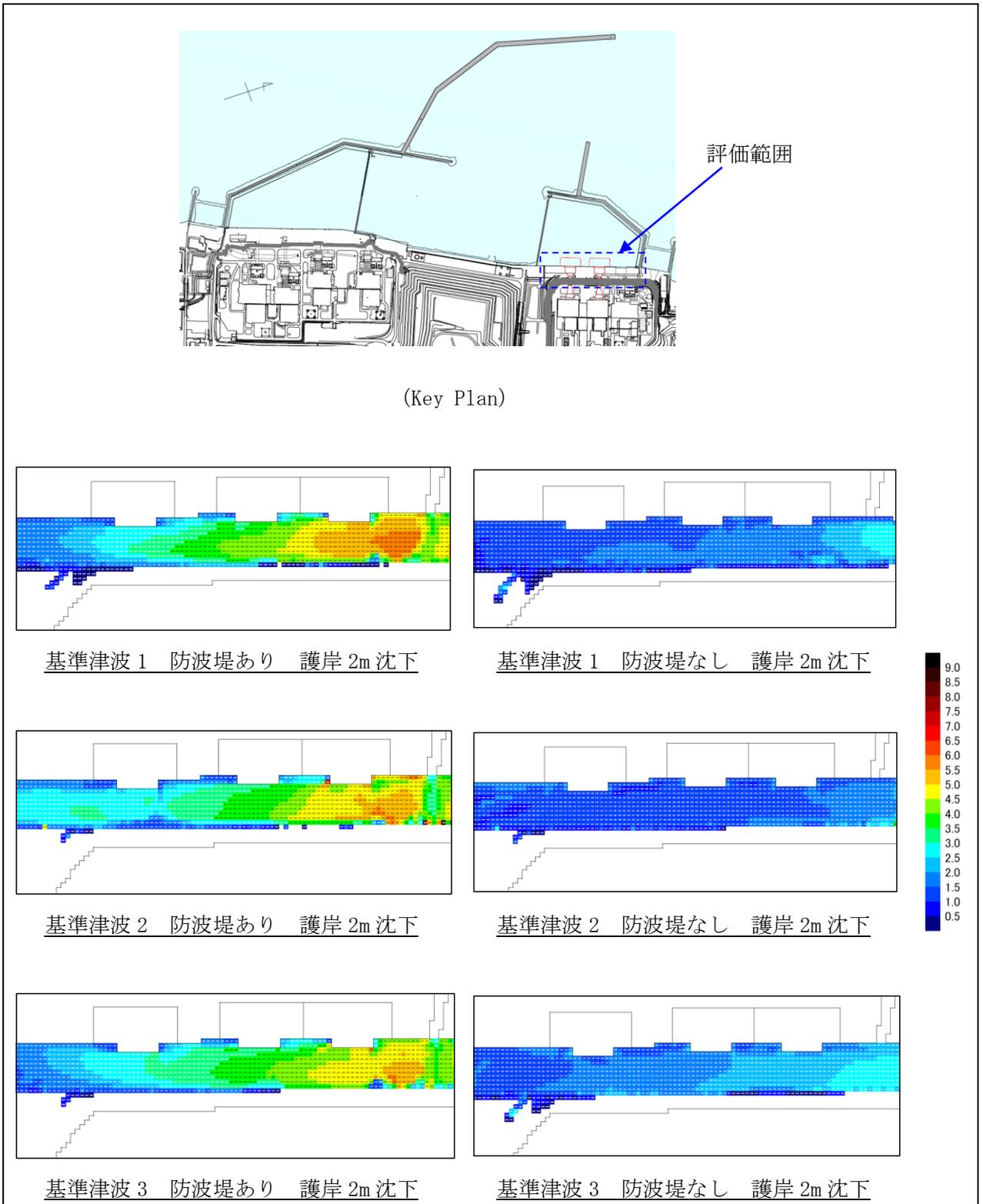


図 4.2-32 大湊側海岸線における流速分布 (引き波方向)

② 鉄骨造建屋

鉄骨造建屋である K6/7 スクリーン点検用テントハウスについては撤去することから、滑動状態の漂流物にはならない。

③ 機器類（タンク）

大湊側海岸線には本分類に該当する機器類は存在しない。

④ 機器類（タンク以外）

機器類（タンク以外）については、(a)においてクレーン、電気・制御盤、避雷鉄塔について【結果 I】として評価されているため、上記機器について滑動有無を評価する。

クレーン及び避雷鉄塔については、流圧力が作用しづらい形状であるとともに、主要構成材質が比重の大きい鉄であることから滑動状態の漂流物にはならないと判断した。

【結果 A ; ②】

また、電気・制御盤については建屋内に設置される機器であることから滑動状態の漂流物にはならないと判断した。**【結果 A ; ③】**

⑤ 車両

車両については、前述のイスバッシュの評価式を用いて滑動限界流速を算定し、車両が駐停車する大湊側護岸部の主要位置での流速（6m/s）との比較を行い車種ごとに滑動有無を評価する。なお、滑動限界流速算定にあたっては、車両の密度としては気相部に海水が充満した際の平均的な密度を用いた。

評価結果を表 4.2-11 に示すが、評価結果より、大型建設用車両（クレーン）は滑動状態の漂流物にはならないと判断した。**【結果 A ; ④】**

一方で、それ以外の車両については滑動の可能性が示されたため、検討対象漂流物として整理した。なお、滑動するもののうち最も重量が大きくなるのはバキューム車（約 14t）となる。**【結果 B】**

表 4.2-11 車両の滑動に係る評価結果一覧（車種ごとの代表例）

| 車種 | 用途 | 車両重量[t] | イスバッシュ式による滑動限界流速[m/s] | 滑動有無 |
|-------------------------------|----------|---------|-----------------------|------|
| 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 | 1.07 | 5.1 | 有り |
| 軽自動車 | 人員/資機材運搬 | 0.83 | 浮遊するため評価対象外 | |
| 乗用車 | 人員運搬 | 2.00 | 2.4 | 有り |
| 中型トラック | 資機材運搬 | 5.60 | 4.5 | 有り |
| ユニック | 設備吊り上げ | 5.11 | 4.3 | 有り |
| 大型トラック | 資機材運搬 | 9.70 | 5.2 | 有り |
| バキューム車 | 汚泥集積 | 14 | 4.1 | 有り |
| 大型建設用車両 (高所作業車等) | 高所作業等 | 7.32 | 5.1 | 有り |
| 大型建設用車両 (クレーン) | 設備吊り上げ等 | 19.9 | 7.5 | 無し |

⑥ 資機材

資機材については、表 4.2-10 において資機材の浮遊有無を評価しており、この中で「結果 I」に該当する設備について滑動有無の評価を行う。

評価結果の一覧を表 4.2-12 に示すが、表 4.2-12 において「結果 B」とされる設備について、検討対象漂流物として整理した。**【結果 B】**

なお、評価にあたっては、材質が鋼製であり、気相部を有さない設備についてはイスパッシュの評価式が適用可能と判断し、前述の鋼材の安定質量(213kg)を滑動有無の判定基準とした。

表 4.2-12 大湊側海岸線における資機材の滑動評価 (1/2)

| 配置番号 | 項目 | 数量 | 材質 | 滑動状態での漂流有無 | | | |
|------|-----------------------|------|-----|------------|----|-----|--------------|
| | | | | 重量[kg] | 有無 | 結果* | 理由 |
| 1 | ハウジングカバー(バー回転式スクリーン) | 1 | FRP | 340 | 有り | B | — |
| | ハウジングカバー(トラベリングスクリーン) | 1 | FRP | 330 | 有り | B | — |
| | ハウジングカバー用架台 | 3 | 鋼製 | 800 | 無し | A ④ | イスパッシュの評価式より |
| 2 | 角落とし | 1式 | 鋼製 | 2,500 | 無し | A ④ | イスパッシュの評価式より |
| 3 | 角ホルダー | 1 | 鋼製 | 約 100 | 有り | B | — |
| 4 | 本体フレーム受け架台 | 26 | 鋼製 | 80 | 有り | B | — |
| 5 | 角パイプ | ~30 | 鋼製 | 9.5 | 有り | B | — |
| 7 | バスケット(バー回転式スクリーン) | 38 | 鋼製 | 515 | 無し | A ④ | イスパッシュの評価式より |
| 8 | バスケット(トラベリングスクリーン) | 37 | 鋼製 | 555 | 無し | A ④ | イスパッシュの評価式より |
| 9 | リフティングビーム | 1 | 鋼製 | 800 | 無し | A ④ | イスパッシュの評価式より |
| 10 | 仮設電源・動力・分電盤 | 1 | — | 60 | 有り | B | — |
| 12 | 仮設電源・動力・分電盤 | 1 | — | 40 | 有り | B | — |
| 13 | 工具収納棚 | 1 | — | 300 | 有り | B | — |
| 15 | ハウジング本体(バー回転式スクリーン) | 1式 | 鋼製 | 9800 | 無し | A ④ | イスパッシュの評価式より |
| | ハウジング本体(トラベリングスクリーン) | 1式 | 鋼製 | 9100 | 無し | A ④ | イスパッシュの評価式より |
| 16 | 単管パイプ | ~150 | 鋼製 | 2.73 | 有り | B | — |
| | 足場板 | ~50 | アルミ | 2.5 | 有り | B | — |
| | 角パイプ | ~50 | 鋼製 | 9.5 | 有り | B | — |
| | スクリーン点検用架台・治具 | ~20 | 鋼製 | 10 | 有り | B | — |
| | 開口部養生板・治具 | ~30 | 鋼製 | 27 | 有り | B | — |
| | 渡り歩廊 | 1 | 鋼製 | 80 | 有り | B | — |
| 17 | 本体フレーム(バー回転式スクリーン) | 1式 | 鋼製 | 9,140 | 無し | A ④ | イスパッシュの評価式より |
| | 本体フレーム(トラベリングスクリーン) | 1式 | 鋼製 | 8,578 | 無し | A ④ | イスパッシュの評価式より |
| 18 | スクリーン点検用架台 | ~150 | 鋼製 | 50 | 有り | B | — |
| | 渡り歩廊 | 1 | 鋼製 | 80 | 有り | B | — |
| 19 | 角落とし | 1式 | 鋼製 | 2,500 | 無し | A ④ | イスパッシュの評価式より |
| 20 | 仮設作業床 | 2 | 鋼製 | 500 | 無し | A ④ | イスパッシュの評価式より |
| 21 | 台車乗り上げ台 | 3 | 鋼製 | 40 | 有り | B | — |
| 22 | 安全スクリーン | 1 | 鋼製 | 5000 | 無し | A ④ | イスパッシュの評価式より |
| 23 | リフティングビーム | 1 | 鋼製 | 1,000 | 無し | A ④ | イスパッシュの評価式より |
| 24 | 固定バー | 2 | 鋼製 | 8,200 | 無し | A ④ | イスパッシュの評価式より |
| 25 | ハウジング本体(バー回転式スクリーン) | 1式 | 鋼製 | 10,400 | 無し | A ④ | イスパッシュの評価式より |
| | ハウジング本体(トラベリングスクリーン) | 1式 | 鋼製 | 8,900 | 無し | A ④ | イスパッシュの評価式より |

注記* 図 4.2-14 におけるいずれの結果に該当するかを表す。

表 4.2-12 大湊側海岸線における資機材の滑動評価 (2/2)

| 配置 番号 | 項目 | 数量 | 材質 | 漂流物化有無 | | | |
|-------------|-----------------------|-----------|-----|---------|----|-----|--------------|
| | | | | 重量[kg] | 有無 | 結果* | 理由 |
| 26 | キャリングチェーン | 1式 | 鋼製 | 800 | 無し | A ④ | イスマッシュの評価式より |
| 27 | 本体フレーム(バー回転式スクリーン) | 1式 | 鋼製 | 8,000 | 無し | A ④ | イスマッシュの評価式より |
| 28 | 本体フレーム(トラベリングスクリーン) | 1式 | 鋼製 | 7,800 | 無し | A ④ | イスマッシュの評価式より |
| 29 | 高所作業車 | ⑤車両において評価 | | | | | |
| 30 | 洗浄機 | 2 | — | 150 | 有り | B | — |
| 31 | 仮設電源・動力・分電盤 | 2 | — | 25 | 有り | B | — |
| 32 | 単管パイプ | ~100 | 鋼製 | 2.73 | 有り | B | — |
| | 足場板 | ~50 | アルミ | 2.5 | 有り | B | — |
| | 二輪車 | 2 | — | 7 | 有り | B | — |
| | 水中ポンプ用配管 | 3 | 鋼製 | 80 | 有り | B | — |
| 33 | 仮設電源・動力・分電盤 | 1 | — | 25 | 有り | B | — |
| 34 | リフティングビーム | 1 | 鋼製 | 1,000 | 無し | A ④ | イスマッシュの評価式より |
| 36 | 仮設電源・動力・分電盤 | 2 | — | 60 | 有り | B | — |
| 37 | ダミーフレーム | 2 | 鋼製 | 1,000以上 | 無し | A ④ | イスマッシュの評価式より |
| 38 | 仮設手摺 | 28 | 鋼製 | 35 | 有り | B | — |
| 39 | 仮設電源・動力・分電盤 | 2 | — | 60 | 有り | B | — |
| | 洗浄機 | 2 | — | 150 | 有り | B | — |
| 40 | ハウジングカバー用架台 | 2 | 鋼製 | 350 | 無し | A ④ | イスマッシュの評価式より |
| 41 | 点検架台 | 2 | 鋼製 | 600 | 無し | A ④ | イスマッシュの評価式より |
| 42 | バスケット予備機(バー回転式スクリーン) | 38 | 鋼製 | 1,000以上 | 無し | A ④ | イスマッシュの評価式より |
| | バスケット予備機(トラベリングスクリーン) | 38 | 鋼製 | 1,000以上 | 無し | A ④ | イスマッシュの評価式より |
| 43 | リフティングビーム | 1 | 鋼製 | 800 | 無し | A ④ | イスマッシュの評価式より |
| 44 | 本体フレーム受け架台 | 18 | 鋼製 | 50 | 有り | B | — |
| | 固定バー受け架台 | 6 | 鋼製 | 60 | 有り | B | — |
| | スクリーン点検用架台 | ~10 | 鋼製 | 50 | 有り | B | — |
| 45 | ハウジングカバー(バー回転式スクリーン) | 2 | FRP | 374 | 有り | B | — |
| | ハウジングカバー(トラベリングスクリーン) | 2 | FRP | 346 | 有り | B | — |
| 46 | 本体フレーム(バー回転式スクリーン) | 1式 | 鋼製 | 8,000 | 無し | A ④ | イスマッシュの評価式より |
| 47 | 本体フレーム(トラベリングスクリーン) | 1式 | 鋼製 | 7,800 | 無し | A ④ | イスマッシュの評価式より |
| 48 | 工具箱(ウェイト等を内包) | 2 | 鋼製 | 1000未満 | 有り | B | — |
| 49 | ハウジング本体(バー回転式スクリーン) | 1式 | 鋼製 | 10,400 | 無し | A ④ | イスマッシュの評価式より |
| | ハウジング本体(トラベリングスクリーン) | 1式 | 鋼製 | 8,900 | 無し | A ④ | イスマッシュの評価式より |
| そ の 他 | 水中ポンプ(投げ込み) | ~4 | — | 100未満 | 有り | B | — |
| | 単管バリケード | ~20 | 鋼製 | 14 | 有り | B | — |
| | 脚立 | ~10 | アルミ | 100未満 | 有り | B | — |
| | 発電機 | 一式 | — | 約2,000 | 有り | B | — |

注記* 図 4.2-14 におけるいずれの結果に該当するかを表す。

⑦ 一般構築物

資機材に含まれない一般構築物として、マンホール、チェッカープレート、鋼製階段、監視カメラ、拡声器、標識、海水放射能モニタ等が挙げられる。

これらのうち、マンホール、チェッカープレート、鋼製階段については流圧力を受けづらい構造であるとともに、構成材料が鉄であるため滑動状態の漂流物にはならないと判断した。**【結果A ; ②】**

一方で、それ以外については滑動する可能性があるため、検討対象漂流物として扱う。

【結果B】

b. 分類 B-2：荒浜側海岸線

荒浜側海岸線における評価対象（図 4.2-12-3）のうち、種類や設置・運用状況において、前項で示した大湊側海岸線における評価対象に包含されないものとしては次の四点が挙げられる。

なお、荒浜側海岸線については、図 4.2-15 に示す滑動評価対象範囲外となるため、浮遊状態の漂流物に関する整理を実施した。

② 鉄骨造建屋及び補強コンクリートブロック造建屋

荒浜側海岸線にある鉄骨造建屋には耐酸アクリル被覆鋼板等の金属板を外装材としたものがある。

また、大湊側海岸線には補強コンクリートブロック造建屋は存在しないが、荒浜側海岸線には同構造の市水道用ポンプ室がある。

③ 機器類（タンク）

荒浜側海岸線に位置する物揚場ではタンクに類似した形状である使用済燃料輸送容器（以下「キャスク」という。）及び LLW 輸送容器について、輸送船への（からの）積み下ろしを実施される。

なお、図 4.2-12-3 において示される No.1 重油貯蔵タンク及び No.2 重油貯蔵タンクについては撤去することとしている。

⑤ 車両

大湊側海岸線同様に荒浜側護岸部に一定期間、駐車され得る車両が存在する。

また、荒浜側海岸線に位置する物揚場においてキャスク及び LLW 輸送容器を輸送船へ（から）積み下ろしを実施する際に、各輸送車両が物揚場に駐停車する。

⑦ 植生

大湊側海岸線では植生は存在しないが、荒浜側海岸線において植生が存在する。

このうち、鉄骨造建屋の金属製の外装材（津波の原因となる地震や津波の波力による損壊により生じ得る分離片）については、重量（比重）より沈降するため、荒浜側の護岸部から大湊側の 6 号及び 7 号機取水口に到達するような漂流物となることはない。また、補強コンクリートブロック造の建屋については、津波により損壊し、損壊により生じたコンクリート片は重量（比重）より沈降するため、荒浜側の護岸部から大湊側の 6 号及び 7 号機取水口に到達するような漂流物となることはない。**【結果 I】**

一方、タンク（キャスク及び LLW 輸送容器）、車両（燃料輸送車両及び LLW 輸送車両を含む）、植生については、漂流物となる可能性が考えられる。

上記の四点以外については、表 4.2-7 に示した①～⑦のいずれの分類の施設、設備等についても、前項で示した大湊側海岸線における種類や設置・運用状況に包含される。

これより、荒浜側護岸部において漂流物化する可能性がある施設、設備等を整理すると、表 4.2-13 となる。

表 4.2-13 漂流物化する可能性のある施設、設備等（荒浜側海岸線）

| 種類 | | | 漂流物化する可能性のある施設、設備等 |
|----|-------------|-----------------------|---|
| ① | 建屋 | 鉄筋コンクリート建屋 | なし 注：地震・津波による損壊により生じ得るコンクリート片等は重量（比重）より沈降するため、荒浜側護岸部から大湊側の 6 号及び 7 号機取水口に到達するような漂流物とならない |
| ② | | 鉄骨造建屋，補強コンクリートブロック造建屋 | なし 注：地震・津波による損壊により生じ得るコンクリート片等は重量（比重）より沈降するため、荒浜側護岸部から大湊側の 6 号及び 7 号機取水口に到達するような漂流物とならない |
| ③ | 機器類 | タンク | キャスク，LLW 輸送容器 |
| ④ | | タンク以外 | なし |
| ⑤ | 車両 | | 車両（使用済燃料輸送車両，LLW 輸送車両を含む。） |
| ⑥ | 資機材 | | ユニットハウス類，角材，カラーコーン等 注：自重よりも浮力が大きいものに限る |
| ⑦ | その他一般構築物，植生 | | 植生 |

これらの施設、設備等のうち、車両については、6号及び7号機の取水口に到達した場合には、取水口・取水路の通水性に影響を及ぼす可能性があるが、これらについてはある程度の水密性を有する車両であっても海域に流出すると 10 分程度で浸水が生じ沈降する¹⁾。このため、取水口まで 700m を超える距離があること及び図 4.2-7 に示される津波襲来下における港湾内の流向・流速（流況）において荒浜側から大湊側に向かう継続した流れが生じていないことを考慮すると、車両は取水口に到達することなく水没するものと考えられる。

これを確認するため、荒浜側海岸線における浮遊する漂流物について、保守的な想定として、これらが 60 分間水没せずに漂流し続けるとした上で、その際の流向・流速・軌跡シミュレーションに係る検討を実施した。上記検討の詳細は参考資料 1(b)に示し、ここでは軌跡シミュレーションの結果を抜粋して表 4.2-14、図 4.2-33 及び図 4.2-34 に示し、基本ケースのうち移動量が最も大きくなった基準津波の 1 に係る流向・流速・軌跡シミュレーションの例を図 4.2-35 に示す。

表 4.2-14 軌跡シミュレーションの評価条件（荒浜側護岸部）

| 項目 | 評価条件 | 備考 | |
|-----------|------------------|---|-----------------------------|
| 評価時間 | 地震発生から 120 分間 | ○到達までに時間を要する基準津波 1, 2 の第一波到達時間(地震発生から約 40 分)と保守的に想定した漂流継続時間 60 分にさらに裕度を加味して設定。 | |
| 漂流開始条件 | 浸水深 10cm 時点 | ○普通乗用車の場合であれば浸水深 50cm 以上で車体が漂流する可能性があることが確認されている ²⁾ など、実際は浸水深がある程度の深さにならないと漂流は開始しないが、保守的に、わずかでも浸水が生じた時点（解析上の取り扱いとして浸水深 10cm）で漂流が開始するものとする。 | |
| 地形 モデル | 斜面崩壊・ 地盤変状 | 健全状態 | ○荒浜側護岸部の沈下について、影響評価として確認する。 |
| | 荒浜側 防潮堤 | 健全状態 | ○損傷状態について、影響評価として確認する。 |
| | 防波堤 | 健全状態 | ○損傷状態について、影響評価として確認する。 |

参考文献

- 1) 野島和也, 櫻庭雅明, 小園裕司: 水没を考慮した実務的な津波漂流物による被害リスク算定, 土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol.70, No.2, pp. I-261-I_265, 2014.
- 2) 戸田圭一, 石垣泰輔, 尾崎平, 西田知洋, 高垣裕彦: 氾濫時の車の漂流に関する水理実験, 河川技術論文集, 第 18 巻, pp. 499-504, 2012.

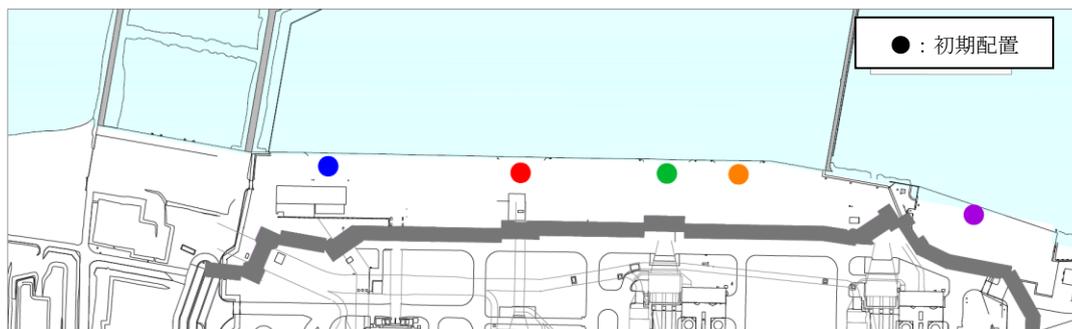


図 4.2-33 漂流物軌跡評価の初期配置（荒浜側護岸部）

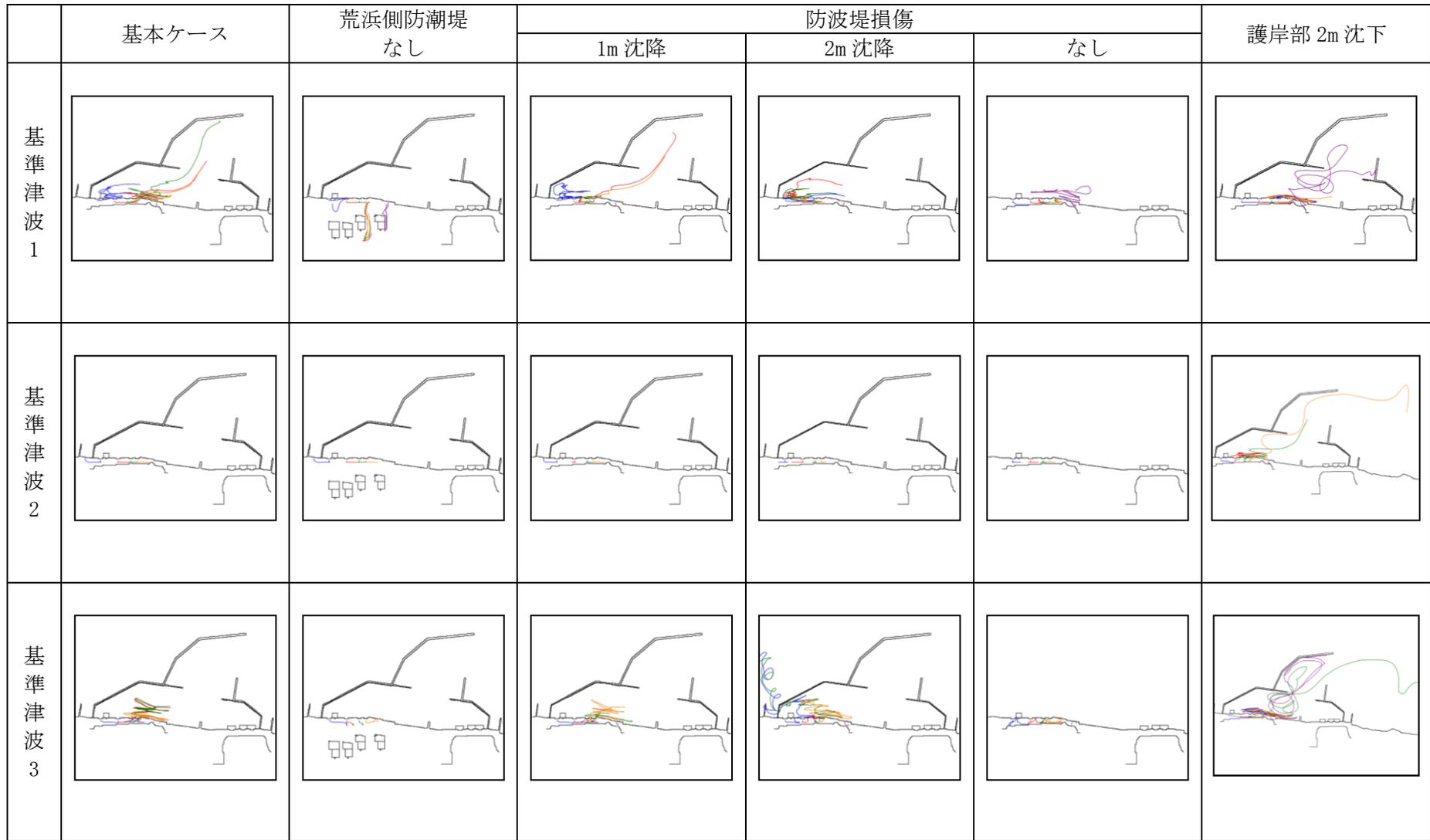


図 4.2-34 荒浜側護岸部で発生した漂流物の挙動

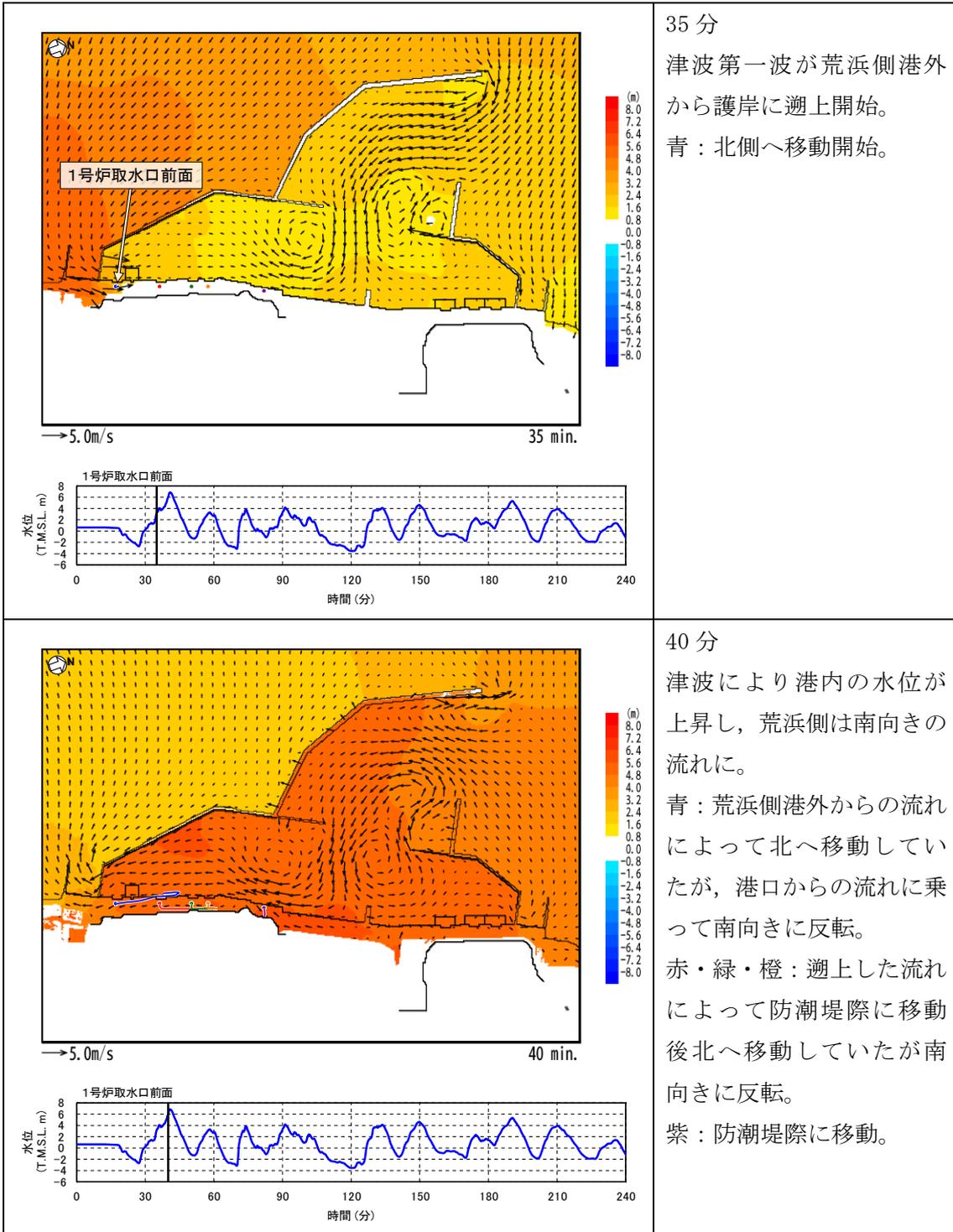


図 4.2-35(1) 流速ベクトルを用いた軌跡の考察 (基本ケース, 基準津波 1)

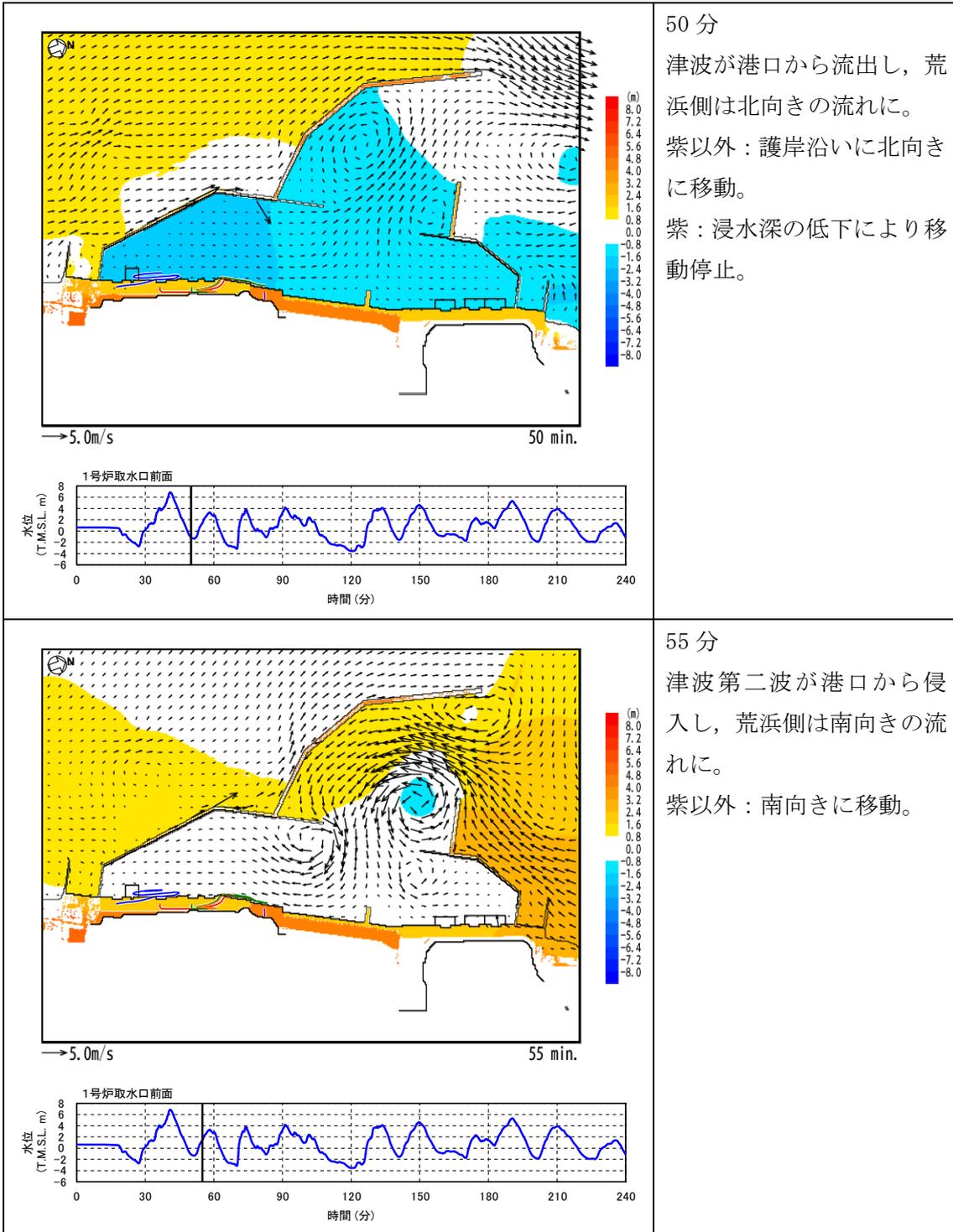


図 4.2-35(2) 流速ベクトルを用いた軌跡の考察（基本ケース，基準津波1）

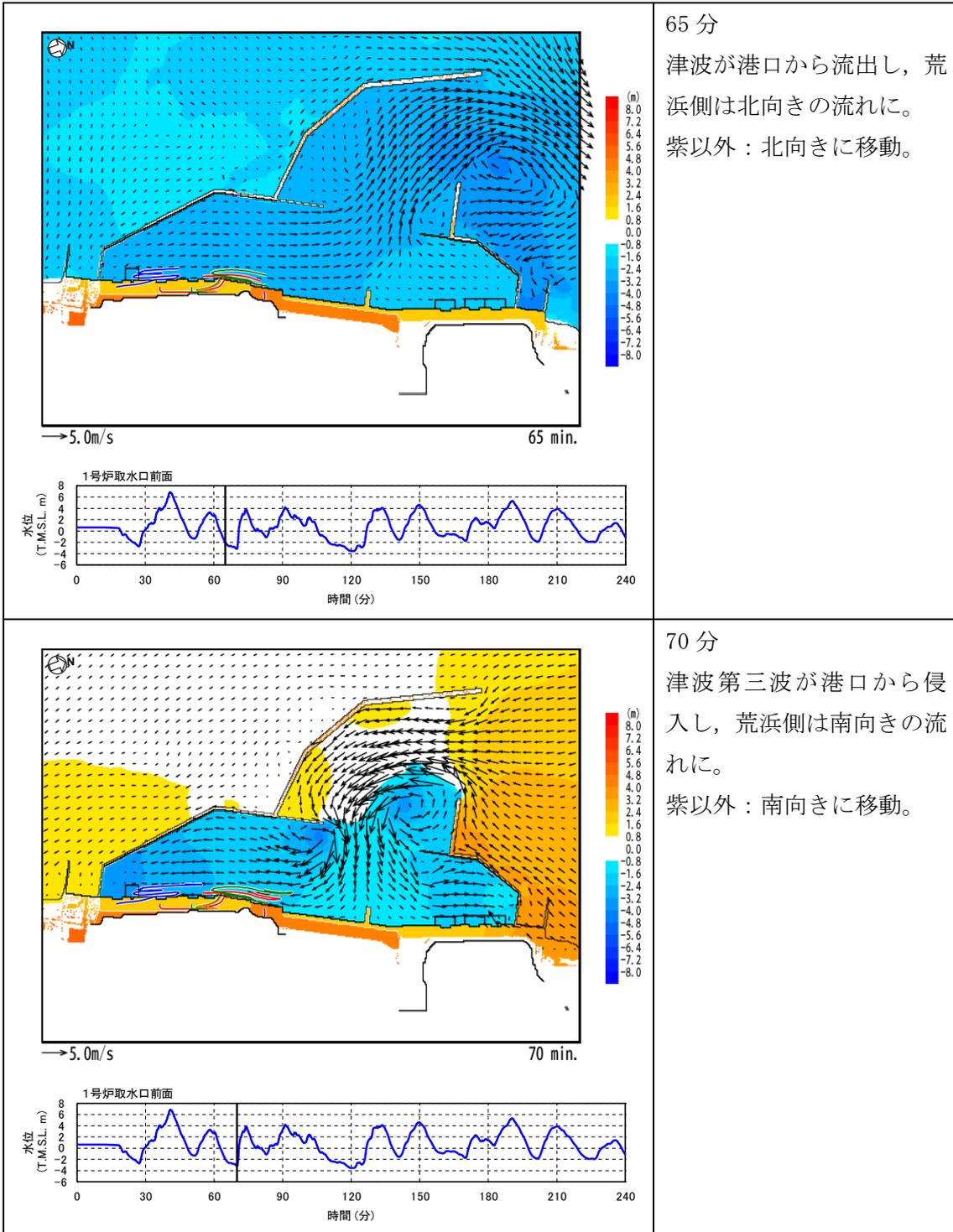


図 4.2-35(3) 流速ベクトルを用いた軌跡の考察（基本ケース，基準津波1）

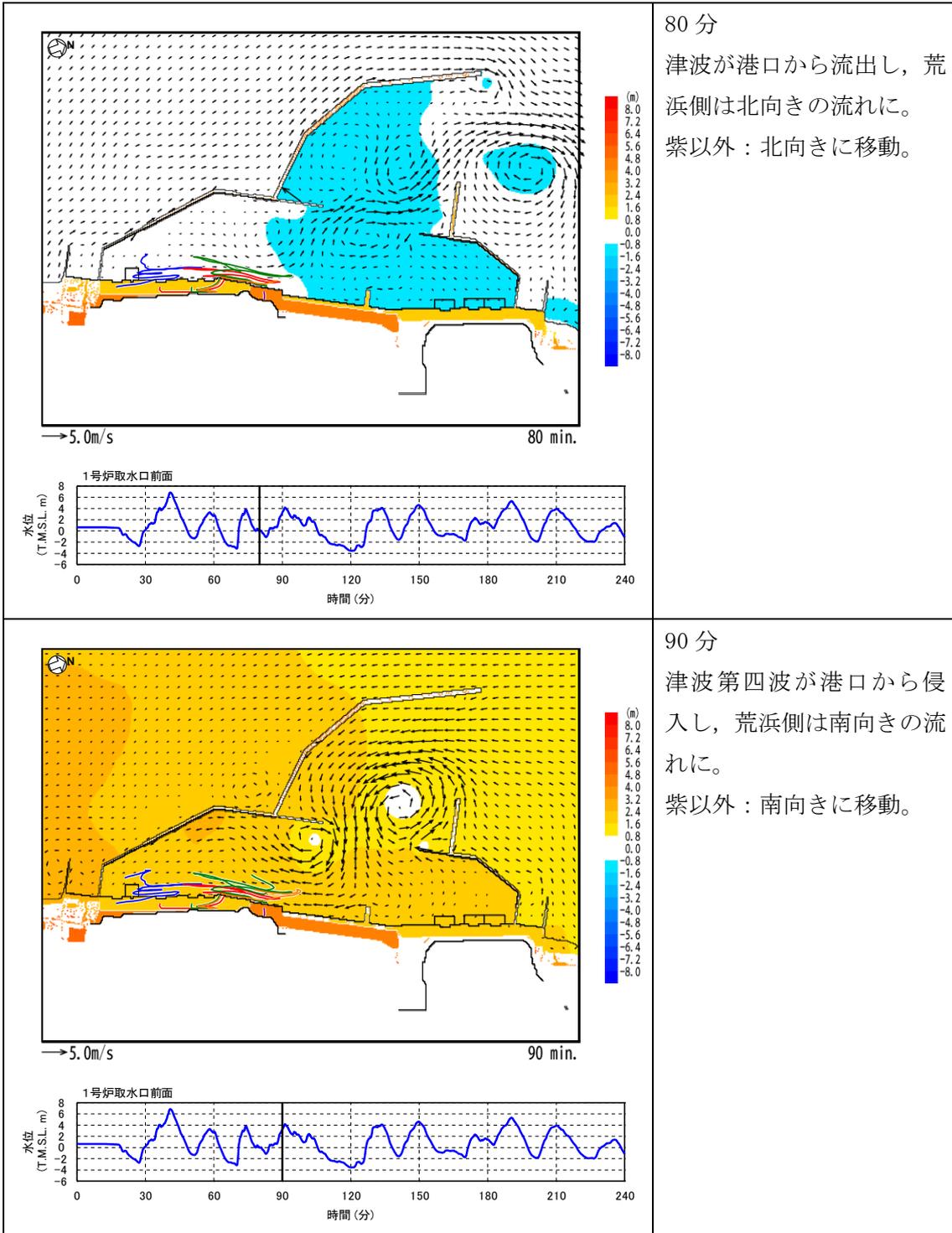


図 4.2-35(4) 流速ベクトルを用いた軌跡の考察（基本ケース，基準津波1）

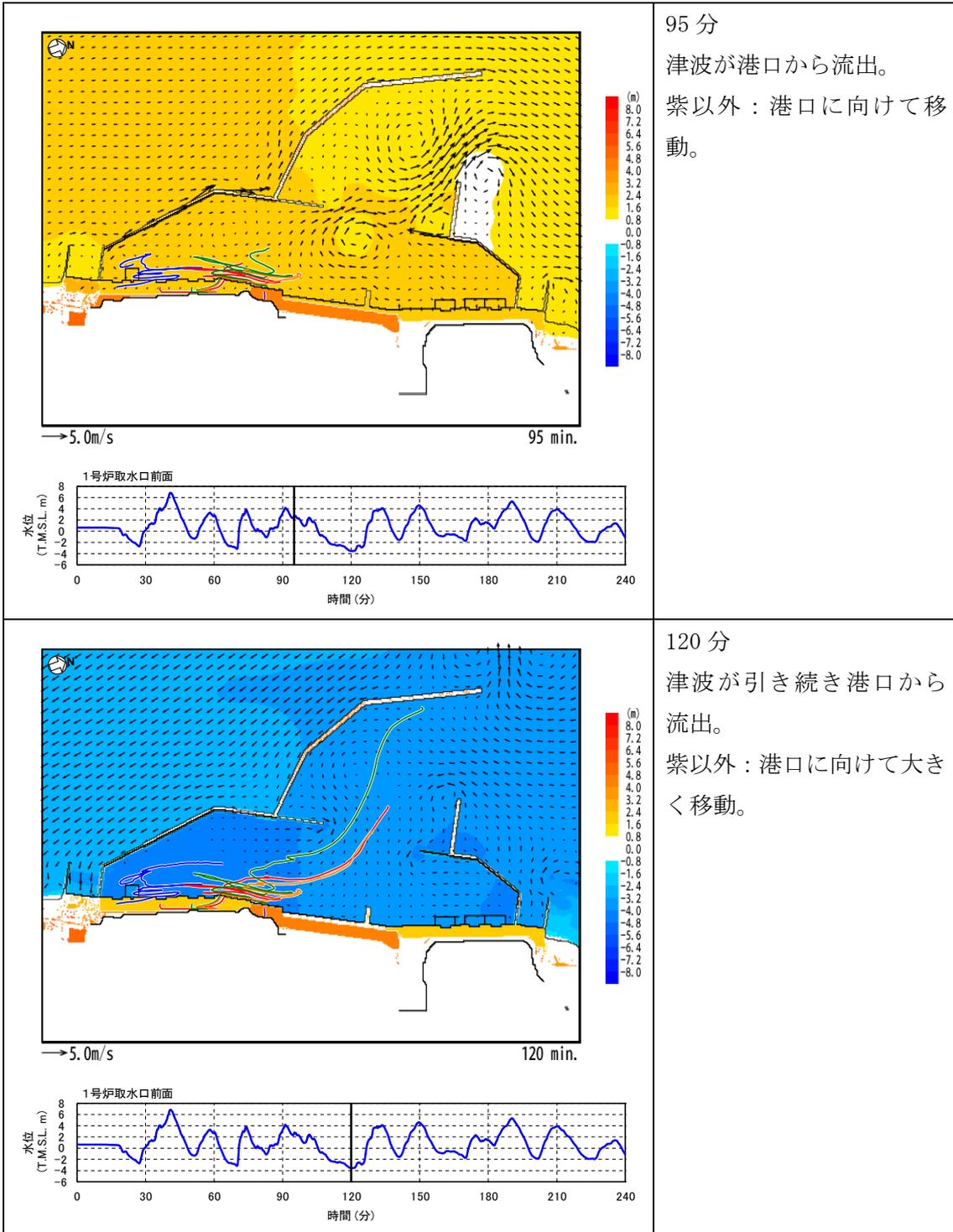


図 4.2-35(5) 流速ベクトルを用いた軌跡の考察（基本ケース，基準津波1）

図 4.2-34 に示す軌跡シミュレーションの結果において、いずれのケースにおいても軌跡が 6 号及び 7 号機の取水口に到達する様子は見られていない。また、図 4.2-35 (1) ~ (5) に示す流向・流速・軌跡シミュレーションの検討結果より、荒浜側海岸線周辺の主たる流れは津波の流入・流出に応じて変化し、長期間一様に海水貯留堰に向かう流れではないことが確認される。以上を踏まえると、荒浜側海岸線で漂流物化した車両が大湊側の 6 号及び 7 号機の取水口に到達し、取水口前面に堆積することはない。**【結果Ⅱ】**

なお、以上の評価において、荒浜側防潮堤については護岸部に置かれた施設、設備等の海域への流出という観点で保守側の効果を持つと考えられるが、図 4.2-34 に示した防潮堤の損傷を模擬した条件（防潮堤がない条件）における評価結果より、結論が変わるものではないことを確認している。また、津波の原因となる地震により防波堤が損傷する可能性も考慮し、防波堤の損傷を模擬した条件（1m 沈降、2m 沈降及び防波堤がない条件）における影響評価及び液状化等による地盤の沈下の可能性も考慮し、これを模擬した条件（2m 沈下）における影響評価も実施しており、その結果を図 4.2-34 に示している。同図より、これらの影響を考慮しても結論が変わるものではないことを確認している。

なお、荒浜側海岸線には使用済み燃料等の搬出入を実施する物揚げ場が含まれ、当該場所において使用済み燃料輸送車両及び LLW 輸送車両が駐停車するとともに、タンクとしてキャスク及び LLW 輸送容器が搬出入の際に一時的に存在することとなる。

使用済み燃料輸送車両のうち柏崎刈羽原子力発電所において使用する輸送車両は 7 軸車と 8 軸車が存在し、それらのうち密度が小さい 7 軸車の場合であってもその密度は約 2.37t/m^3 （重量約 35.70t、容積約 15.04m^3 ）であるため、浮遊状態の漂流物にはならないと判断した。また、キャスクについては、空の状態であってもその密度は約 2.6t/m^3 （重量約 110.6t、容積約 42.6m^3 ）であるため、浮遊状態の漂流物にはならないと判断した。**【結果Ⅰ；1)①】**

一方で、LLW 輸送車両については、その密度が約 2.67t/m^3 （重量約 12.39t、容積約 4.65m^3 ）であるため浮遊状態で漂流しないが、空の LLW 輸送容器 2 個を積載した場合、浮遊状態で漂流する可能性があるため、退避時気相部開放運用の適用に加え、4t の重りを積載しその密度を約 1.16t/m^3 （総重量約 18.77t、容積約 16.12m^3 ）とすることで浮遊状態での漂流物化を防止する。また、LLW 容器内に LLW を積載した場合の総重量が上記 4t の重りを積載した場合の総重量と同様となるように、輸送容器 1 個当たり 2t 以上の LLW を積載する運用とすることで、浮遊状態での漂流物化を防止する。**【結果Ⅰ；1)③】**

なお、LLW 輸送容器と LLW 輸送車両の固縛については、固縛装置を使用しており、これは運輸省令「核燃料物質等車両運搬規則第 4 条第 2 項」に要求のある「輸送物等は、運搬中において移動、転倒、転落等により、輸送物の安全性が損なわれないように積載しなければならない。」を満足するため上下方向 2G、前後方向 2G、左右方向 1G が同時に作用する場合にも強度上耐えられるよう設計している。LLW 輸送容器は、「危険物船舶運送及び貯蔵規則第 78 条第 2 項」に要求のある、IP-2 型輸送物として設計しており、積重ね試験や側面負荷試験等の試験条件において解析基準値を満足している。蓋の固定については規定の締め付けトルクで固定ボルトが締結されていることを確認し輸送を行っている。

LLW 輸送ルートについては、物揚場から大湊側護岸部を經由して固体廃棄物処理建屋まで

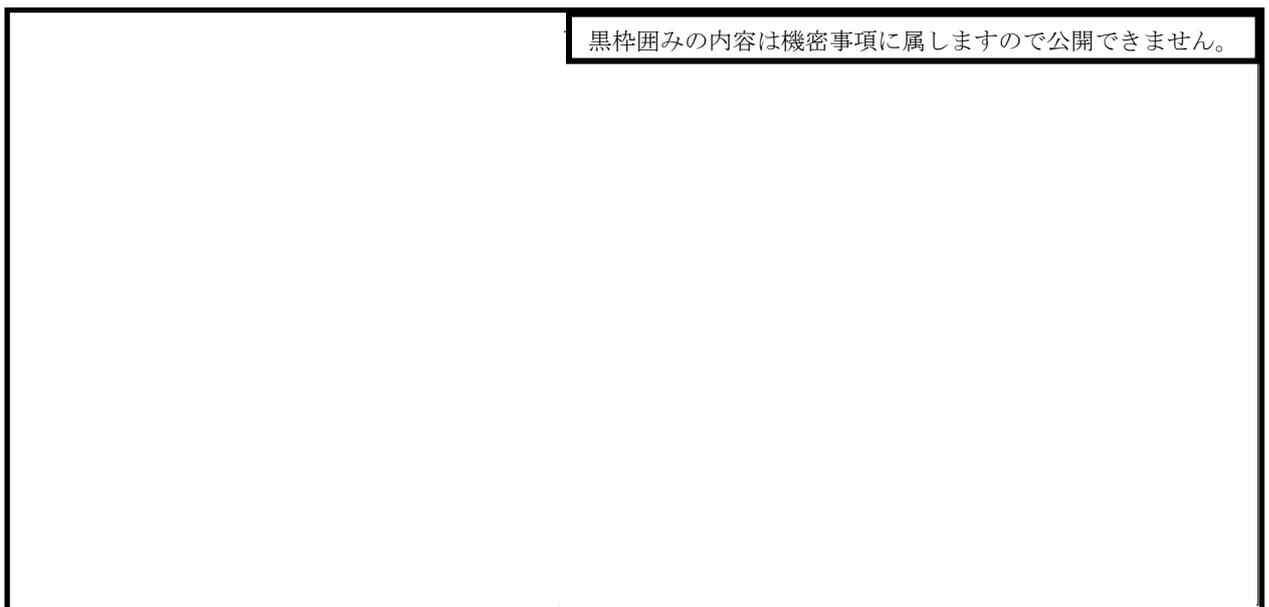
輸送するが、6号及び7号機の取水口近傍の護岸部を通過するルートとはなっていない。

LLW 輸送容器のクレーンでの荷役については、クレーンは船側に設置され、船側のクレーン操作により全て遠隔で行われる。固縛装置と LLW 輸送容器の脱着については、固縛装置の「ツイストロックハンドルのカバー開けて横にスライドすること」(30 秒程度) によって脱着ができる設計となっており、緊急退避が必要となる場合についても、LLW 輸送車両に固縛を実施後退避が可能となっている。図 4.2-36 に LLW 輸送容器蓋、固縛装置の概要及び護岸部における LLW 輸送車両の運搬ルートを示す。



(1) LLW 輸送容器の蓋の締結部

(2) 固縛装置のツイストロックハンドル



(3) LLW 輸送車両の運搬ルート

図 4.2-36 LLW 輸送に関する概要説明

なお、表 4.2-13 に示した荒浜側護岸部で漂流物化する可能性のある施設、設備等のうち、資機材（ユニットハウス、角材、排水用ホース、カラーコーン）については浮遊状態で漂流する可能性があるため検討対象漂流物として整理した。**【結果Ⅲ】**

また、荒浜側護岸部には敷地南側境界において植生が存在するが、これらについても検討対象漂流物として整理した。**【結果Ⅲ】**

以上の評価において、沈降しない漂流物については、基準津波の主要波が過ぎた後も港湾内で漂流を続ける可能性があるため、津波後の中長期的な対応までを考えたときは、前述の大湊側護岸部（分類B-1）、また後述の荒浜側防潮堤内敷地（分類B-3）で発生するものがあることも踏まえると、徐々に6号及び7号機の取水口前面に集積が進み、時間とともに通水性を悪化させる可能性が考えられる。この場合でも、これらの漂流物は取水口上部の海面に浮遊するため、取水口を閉塞させることはないと考えられるが、非常用海水冷却系の取水性を安定的に確保する観点から、津波が襲来した後は、補機取水槽の水位の変動傾向や現場状況に基づき、必要な場合には取水口前面の集積物の除去を行う運用を定めることとする。

c. 分類 B-3：荒浜側防潮堤内敷地

荒浜側防潮堤内敷地における評価対象（図 4.2-12-4）のうち，種類や設置・運用状況において，前項までに示した大湊側海岸線及び荒浜側海岸線における評価対象に包含されないものとしては次の点が挙げられる

なお，荒浜側防潮堤内敷地については，図 4.2-15 に示す滑動評価対象範囲外となるため，浮遊状態の漂流物に関する整理を実施した。

③ 機器類（タンク）

大湊側海岸線及び荒浜側海岸線には，今後も継続して置かれる該当機器類が存在しないが，荒浜側防潮堤内敷地には次の機器類が存在する。

- ・ 1号～4号機 軽油タンク（各2基）
- ・ 1号～4号機 泡原液貯蔵タンク（泡消火設備）
- ・ 1号～4号機 NSD 収集タンク（NSD 収集処理装置）
- ・ SPH サージタンク
- ・ 液化窒素貯槽（窒素ガス供給装置）
- ・ 液化酸素タンク

これらについては，浮遊状態で漂流する可能性が考えられる。

一方，上記以外については，表 4.2-7 に示した①～⑦のいずれの分類の施設，設備等についても，前項までに示した大湊側海岸線及び荒浜側海岸線における種類や設置・運用状況に包含される。

これより，荒浜側防潮堤内敷地において漂流物化する可能性がある施設，設備等を整理すると，表 4.2-15 となる。

表 4.2-15 漂流物化する可能性のある施設、設備等

(荒浜側防潮堤内敷地)

| 種類 | | 漂流物化する可能性のある施設、設備等 |
|----|-------------|--|
| ① | 建屋 | 鉄筋コンクリート建屋 なし 注：地震・津波による損壊により生じ得るコンクリート片等は重量（比重）より沈降するため、荒浜側護岸部から大湊側の6号及び7号機取水口に到達するような漂流物とならない |
| ② | | 鉄骨造建屋，補強コンクリートブロック造建屋 なし 注：地震・津波による損壊により生じ得るコンクリート片等は重量（比重）より沈降するため、荒浜側護岸部から大湊側の6号及び7号機取水口に到達するような漂流物とならない |
| ③ | 機器類 | タンク 軽油タンク，泡原液貯蔵タンク，NSD 収集タンク，SPH サージタンク，液化窒素貯槽，液化酸素タンク |
| ④ | | タンク以外 なし |
| ⑤ | 車両 | なし 注：荒浜側海岸線の移動評価に包含される |
| ⑥ | 資機材 | なし 注：容積・重量ともに軽自動車あるいはユニットハウスに包絡されるため評価対象外とした |
| ⑦ | その他一般構築物，植生 | なし 注：容積・重量ともに軽自動車あるいはユニットハウスに包絡されるため評価対象外とした |

6号及び7号機の取水口・取水路の通水性の観点で影響が大きい比較的容積が大きい軽油タンクやSPHサージタンクについては、内包物を含めた自重や据付ボルト類、堰や遮蔽壁等の周辺状況より、漂流物化することはないものと考えられる。

加えて、荒浜側防潮堤が地震等の影響により消失した場合を仮定し、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に係る検討を実施した結果、荒浜側防潮堤内敷地においてタンクが浮遊状態で漂流した場合であっても、それらは海域に流出することはないと、6号及び7号機の取水口に到達することがないことが確認された。**【結果Ⅱ】**

流向・流速・軌跡シミュレーションに係る検討の詳細は参考資料1(c)に示し、ここでは軌跡シミュレーションの結果を抜粋して表4.2-16及び図4.2-37に示す。

なお、タンク以外の設備で浸水深50cm未満で浮遊するものについては海域に流出する可能性があるが、それらは容積、重量共に大湊側海岸線あるいは荒浜側海岸線で浮遊状態で取水口に到達すると整理した軽自動車又はユニットハウスに包絡されると考えられるため、ここでは評価対象外とした。

表 4.2-16 軌跡シミュレーションの評価条件
(荒浜側防潮堤内敷地)

| 項目 | 評価条件 | 備考 | |
|-----------|-----------------|---|---|
| 評価時間 | 地震発生から 12 時間 | — | |
| 漂流開始条件 | 浸水深 50cm 時点 | ○タンクの自重及びタンクに作用する浮力を考慮し、漂流開始条件を浸水深 50cm とした。(添付資料 5 参照) | |
| 地形 モデル | 斜面崩壊・ 地盤変状 | 荒浜側護岸部・ 防潮堤内敷地 2m 沈下 | ○地盤変状 (2m 沈下) が敷地における浸水範囲、浸水深を増大させ、引き波時の海域への流出を促すと考えられるため、評価条件として地盤変状を考慮する。 |
| | 荒浜側防潮堤 | なし | ○海域への流出にあたり障害となる防潮堤の存在は考慮しない。 |
| | 荒浜側敷地 建屋 | 主要建屋を 考慮 | ○建屋の存在が漂流物の海域への流出の阻害要因となる可能性を考慮し、主要建屋 (1~4 号機原子炉建屋、タービン建屋) のみを考慮する。 |
| | 防波堤 | 健全状態 | ○損傷状態について、影響評価として確認する。 |

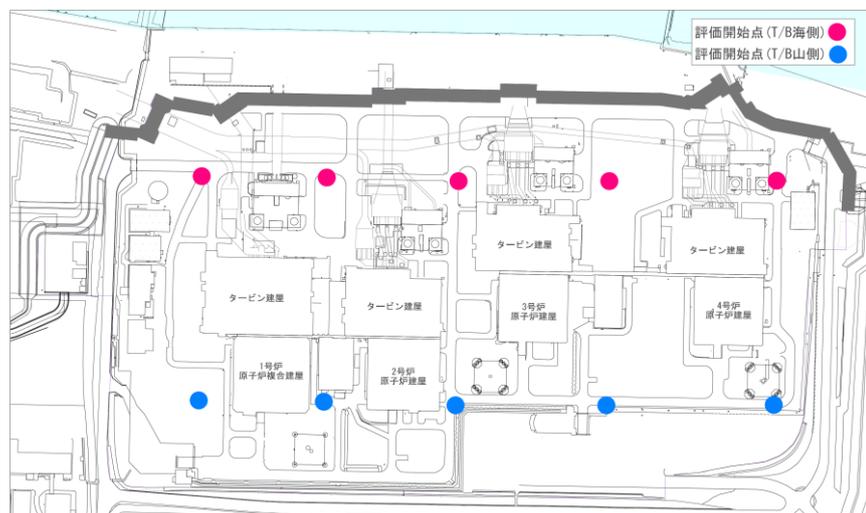


図 4.2-37 (1) 漂流物軌跡評価の初期配置 (荒浜側防潮堤内敷地)

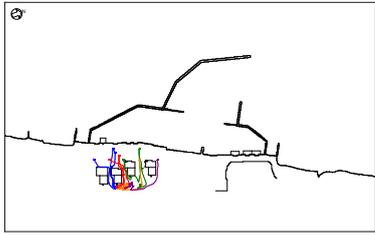
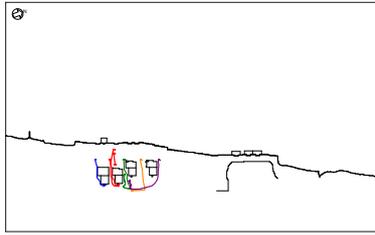
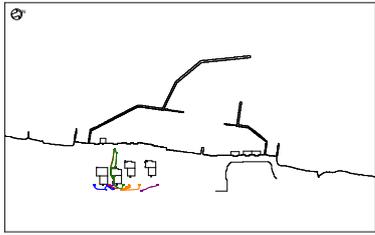
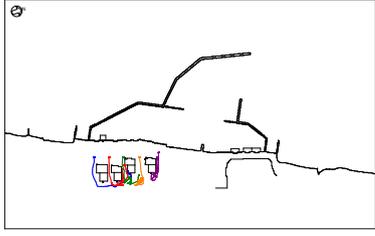
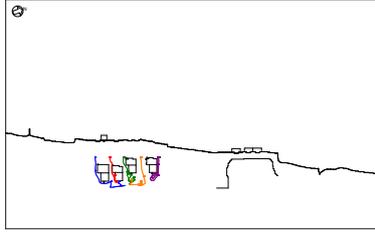
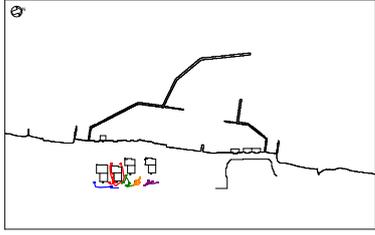
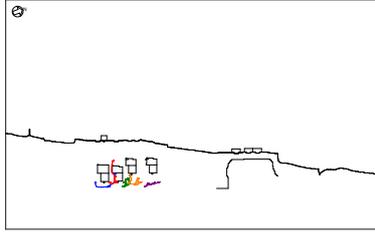
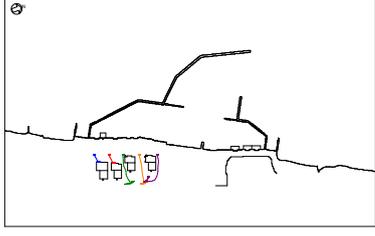
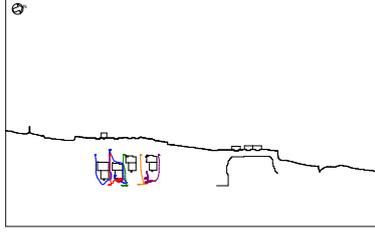
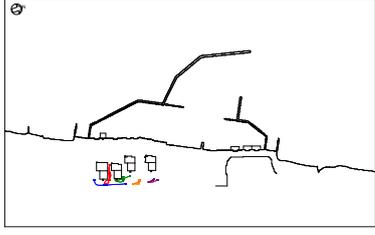
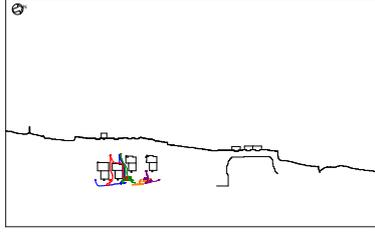
| | | 防波堤健全 | 防波堤なし |
|--------|----|---|---|
| 基準津波 1 | 海側 |  |  |
| | 山側 |  |  |
| 基準津波 2 | 海側 |  |  |
| | 山側 |  |  |
| 基準津波 3 | 海側 |  |  |
| | 山側 |  |  |

図 4.2-37 (2) 荒浜側防潮堤内敷地で発生した漂流物の挙動

表 4.2-17 漂流物評価結果（調査分類B：構内・陸域）（1/5）

| 評価 番号 | 場 所 | 種 類 | 名 称 | 状 態 | 仕 様 | | 数 量 | 浮遊状態 での到達 | | 滑動状態 での到達 | |
|----------|------------|---------------------|---|--------------|------------------|------------------------|----------|-------------------------------|----------|--------------|----------|
| | | | | | 主要構造/材質 | 寸法・容量 | | 到達 有無 | 評価 結果 | 到達 有無 | 評価 結果 |
| ① | | 建屋 | 6/7号機取水電源室 | 設置 | 鉄筋コンクリート建屋 | 建築面積約182m ² | 1 | 無し | I 1)① | 有り *1 | B |
| | | | 5号機取水電源室 | 設置 | | 建築面積約84m ² | 1 | | | | |
| | | | 5号機放水口サンプリング建屋 | 設置 | | 建築面積約53m ² | 1 | | | | |
| | | | 大湊側少量危険物保管庫 | 設置 | | 建築面積約59m ² | 1 | | | | |
| ② | | | K6/7スクリーン点検用テントハウス | 設置 | 鉄骨造建屋 | 建築面積約250m ² | 1 | 撤去する | | | |
| ④ | | 機器類 (タンク以外) | スクリーン装置用門型クレーン (5号機用) | 設置 | 鉄骨構造 | スパン20.5m/ リフト23m | 1 | 無し | I 1)① | 無し | A② |
| | | | スクリーン装置用門型クレーン (6号及び7号機用) | 設置 | 鉄骨構造 | スパン20.5m/ リフト23m | 1 | | | | |
| | | | 電気・制御盤 | 設置 | 鋼材・鋼板 | — | — | | | | |
| | | | 避雷鉄塔 | 設置 | 鉄骨構造 | 高さ149.5m | 1 | | | | |
| | | | 除塵装置 (5号~7号機用) | 設置 | 鋼材 | — | 一式 /炉 | 注:「補足3.3 除塵装置の取水性への影響について」で説明 | | | |
| ⑤ | 大湊側 海岸線 | 車両 | 小型建設用車両 | 駐停車 | — | 約2.6m×1.0m×1.8m | — | 無し | I 1)① | 有り | B |
| | | | 軽自動車 | 駐停車 | — | 約3.5m×1.5m×1.7m | — | 有り | III | — | — |
| | | | 乗用車 | 駐停車 | — | 約4.7m×1.7m×2.0m | — | 無し | I 1)③ | 有り | B |
| | | | 中型トラック | 駐停車 | — | 約8.7m×2.3m×3.0m | — | 無し | I 1)③ | 有り | B |
| | | | ユニック | 駐停車 | — | 約8.2m×2.3m×3.1m | — | 無し | I 1)③ | 有り | B |
| | | | 大型トラック | 駐停車 | — | 約12.0m×2.5m×3.1m | — | 無し | I 1)① | 有り | B |
| | | | バキューム車 | 駐停車 | — | 約9.5m×2.5m×3.4m | — | 無し | I 1)③ | 有り | B |
| | | | 大型建設用車両 (高所作業車) | 駐停車 | — | 約5.8m×1.9m×3.2m | — | 無し | I 1)① | 有り | B |
| | | | 大型建設用車両 (クレーン) | 駐停車 | — | 約8.4m×2.2m×3.2m | — | 無し | I 1)① | 無し | A④ |
| ⑥ | | 資機材 | スクリーン本体・予備機, 角落とし, 安全スクリーン, ダミーフレーム等 | 設置 ・直置き | 鋼材・鋼板, コンクリート | — | — | 無し | I 1)① | 無し | A④ |
| | | | ハウジングカバー, 角ホルダー, 仮設電源・動力, 分電 盤, 工具収納棚, 単管パイプ, 足場板, スクリーン点検 用架台, 渡り歩廊, 水中ポンプ, 発電機等 | 設置 ・直置き | — | — | — | 無し | I 1)① | 有り | B |
| | | | ユニットハウス, 角材, 排水用ホース, カラーコーン | 固定 ・固縛 | — | — | — | 有り | III | — | — |
| ⑦ | | その他 一般構築物, 植生 | マンホール, グレーチング, チェッカープレート, 外灯, フェンス, コンクリート蓋等 | 設置・固定 ・固縛 | — | — | — | 無し | I 1)① | 無し | A② |
| | | | 監視カメラ, 拡声器, 標識, 海水放射能モニタ等 | 固定・固縛 | — | — | — | 無し | I 1)① | 有り | B |

注記*1 重量約10tのコンクリート片