

本資料のうち、枠囲みの内容は、機密事項に属しますので公開できません。

柏崎刈羽原子力発電所第7号機 工事計画審査資料	
資料番号	KK7補足-019-2 改7
提出年月日	2020年5月26日

資料2

津波への配慮に関する説明書に係る補足説明資料

2020年5月

東京電力ホールディングス株式会社

補改7-1

補足説明資料目次

I. はじめに

今回提出範囲：

1. 入力津波の評価

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

2. 津波防護対象設備

- 2.1 津波防護対象設備の選定及び配置について
- 2.2 タービン建屋における耐震Sクラス設備の浸水影響について

3. 取水性に関する考慮事項

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

4. 漂流物に関する考慮事項

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

5. 浸水防護施設の設計における補足説明
 - 5.1 耐津波設計における現場確認プロセスについて
 - 5.2 津波監視設備の設備構成及び電源構成について
 - 5.3 スロッシングによる海水貯留堰貯水量に対する影響評価について
 - 5.4 浸水防護施設の漏えい試験について
 - 5.5 津波による溢水に対して浸水対策を実施する範囲の考え方について

6. 工事計画変更認可後の変更手続き
 - 6.1 工事計画変更認可後の変更手続きの要否について

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。

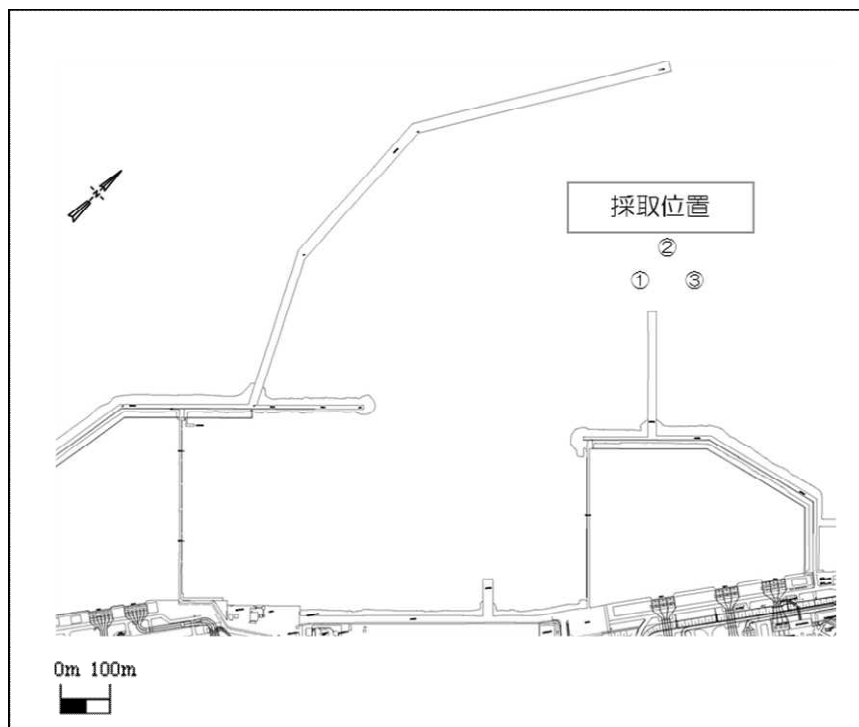


図 3.1-1 底質土砂分析における試料採取場所

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	
	飽和度 S_r %	
粒度	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

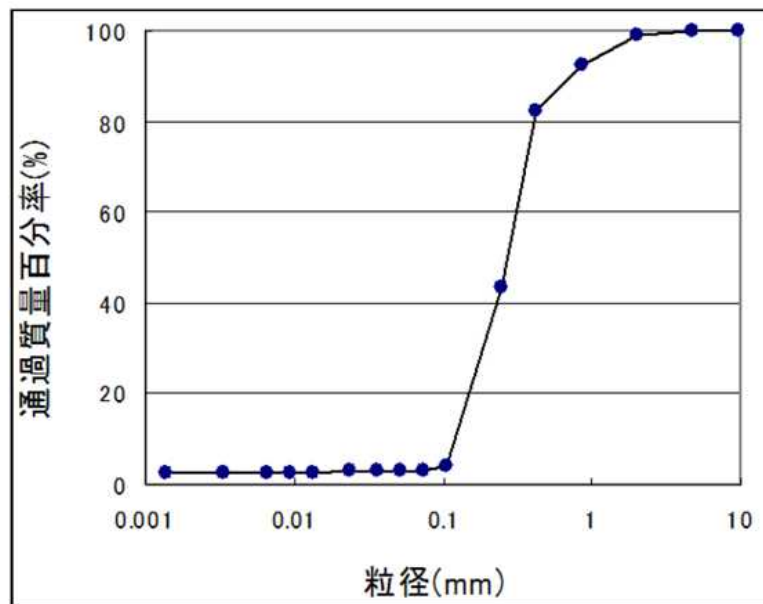


図 3.1-2 分析結果及び粒径加積曲線 (平成 19 年 8 月 24 日実施)

(2) 粒径のパラメータスタディ

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

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

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

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

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

表 3.1-1 検討ケース

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

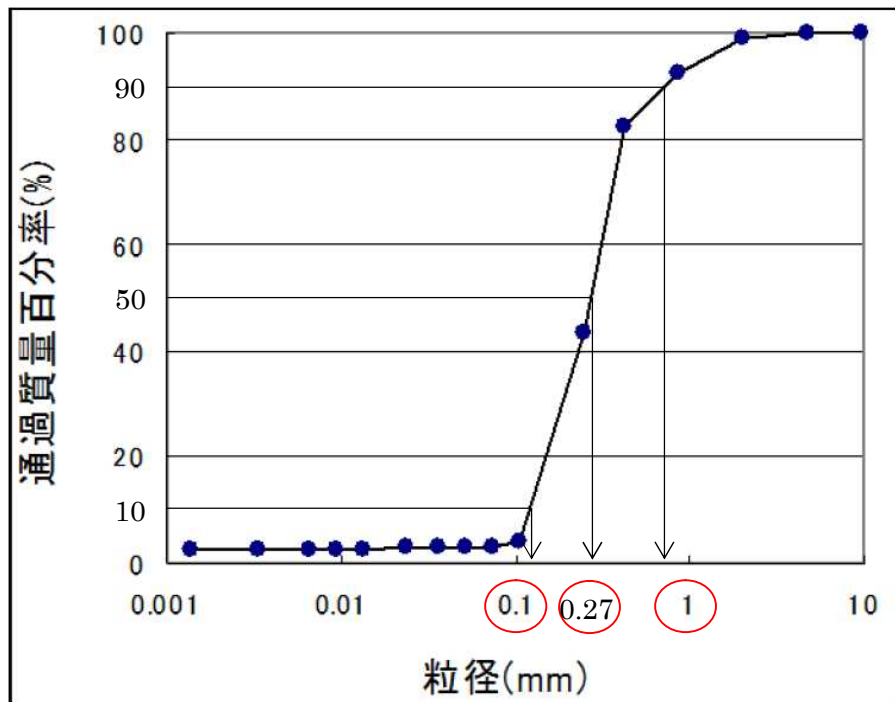


図 3.1-3 粒径加積曲線

表 3.1-2 取水口前面の堆積厚さ

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

注1：取水口前面の堆積厚さは、取水路横断方向の堆積厚さの平均値とした

注2：高橋ほか(1999)、浮遊砂濃度の上限値1%

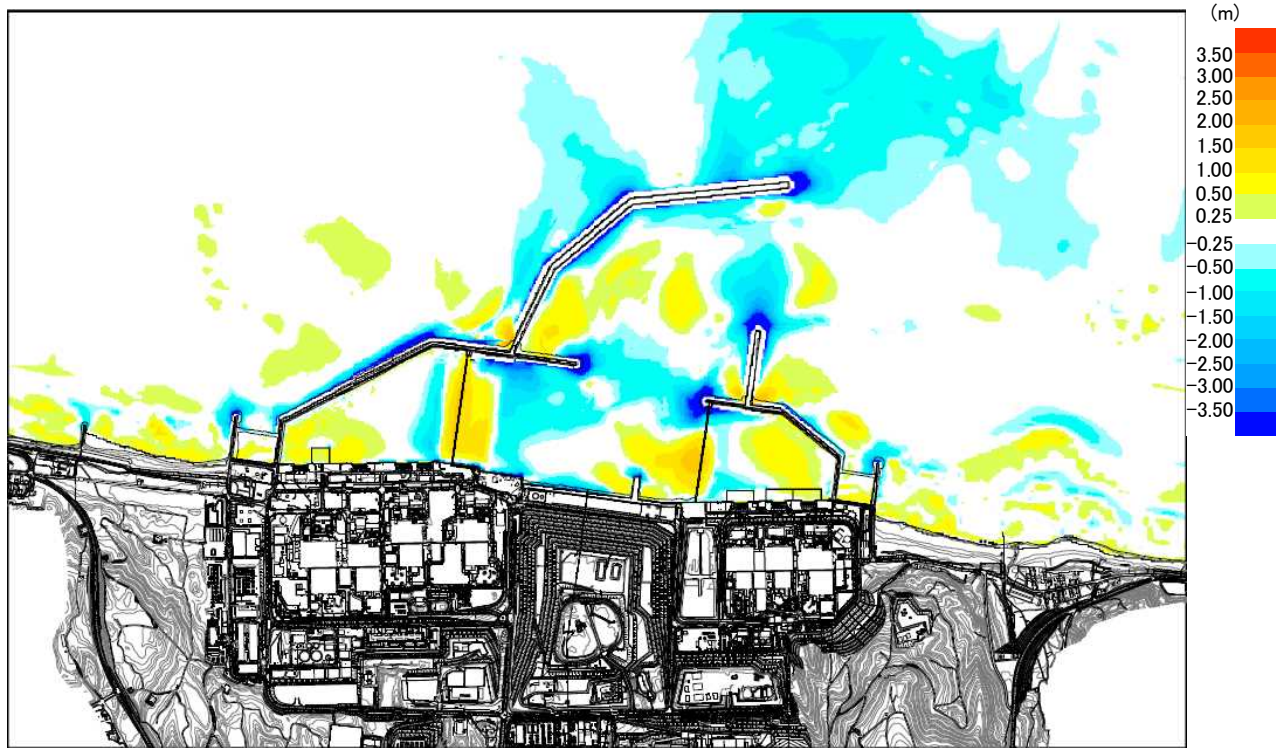


図 3.1-4(1) 堆積侵食分布図 D50 相当 (0.27mm)

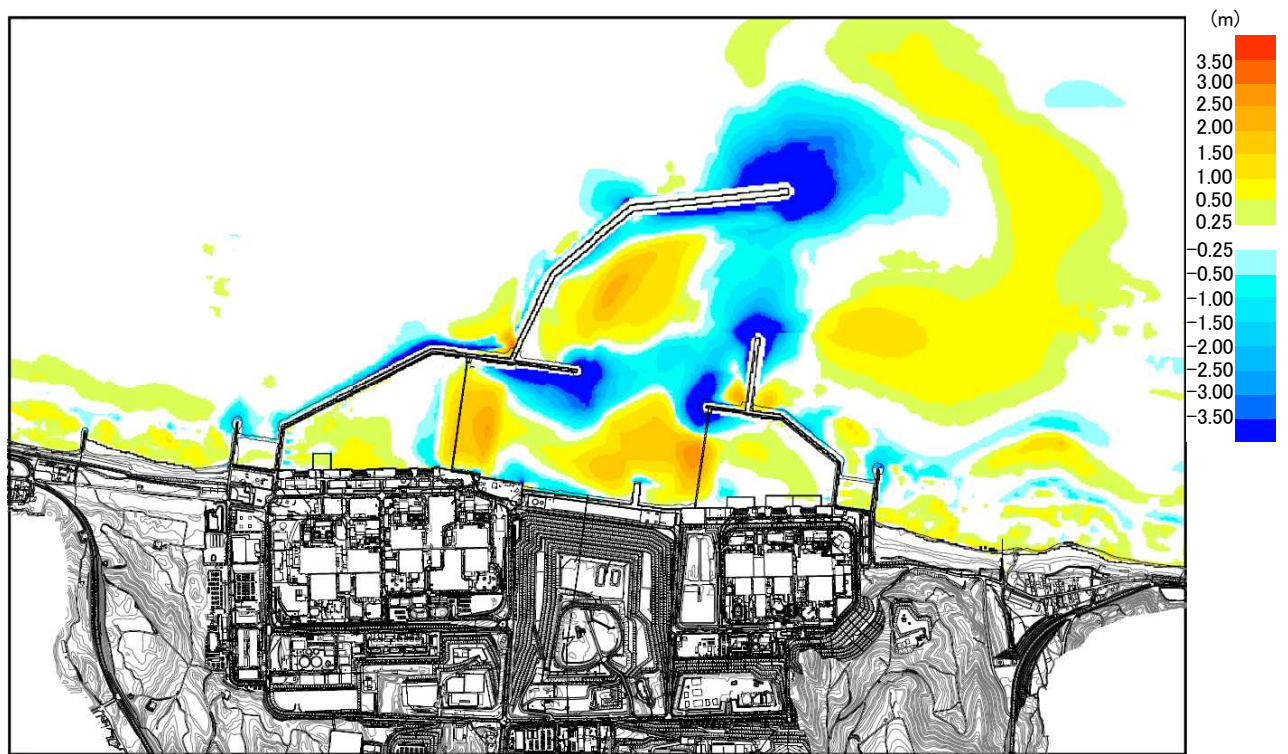


図 3.1-4(2) 堆積侵食分布図 D90 相当 (1mm)

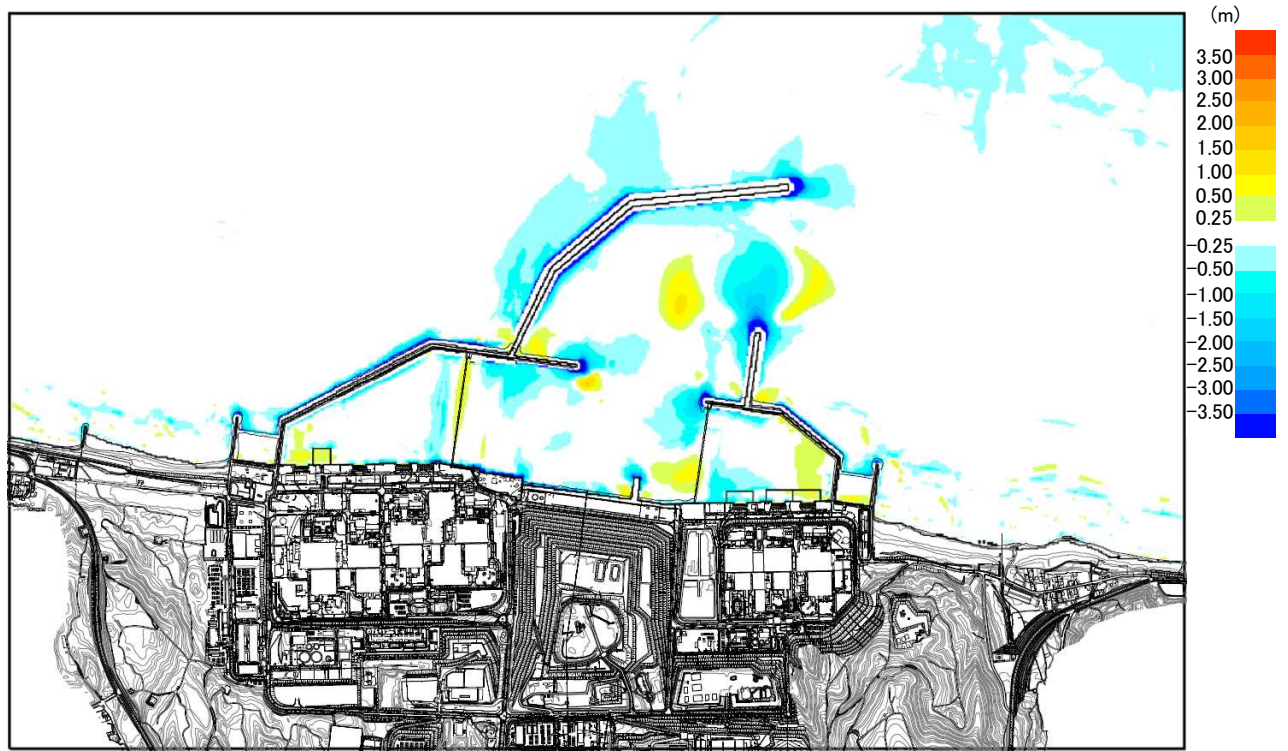


图 3.1-4(3) 堆積侵食分布図 D10 相当 (0.1mm)

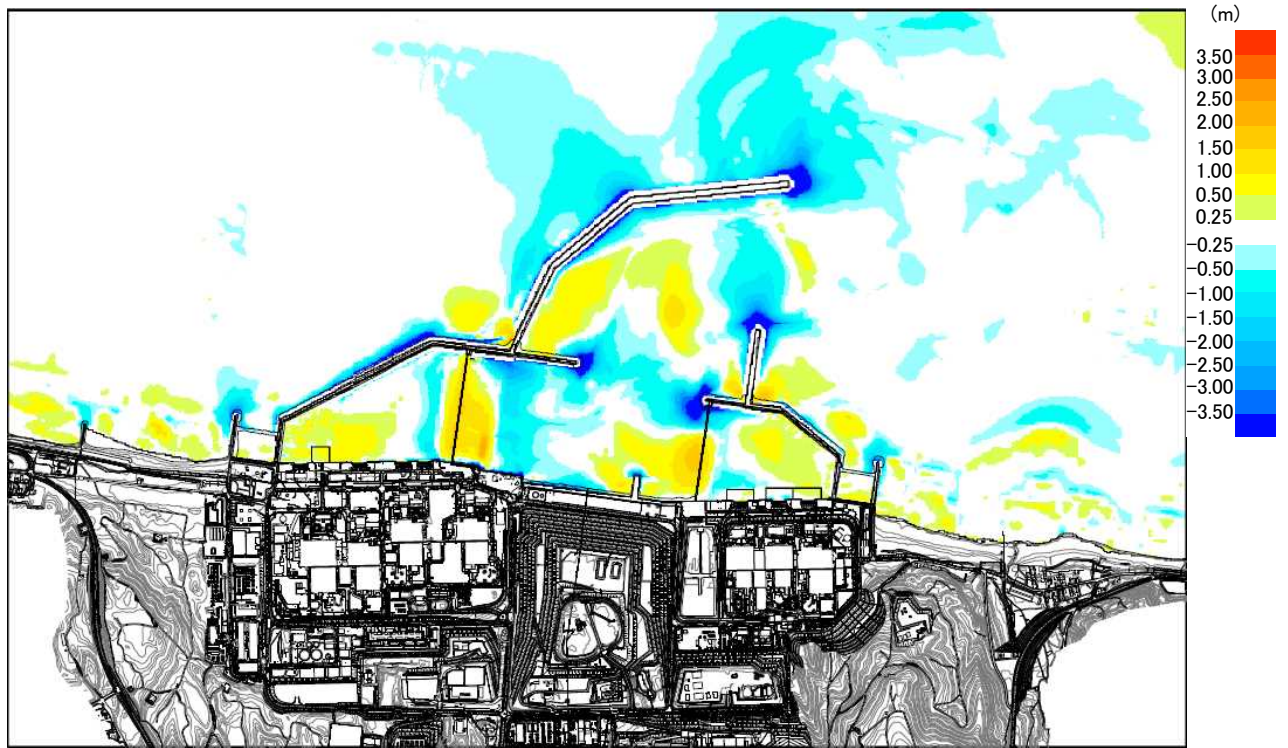


図 3.1-4(4) 堆積侵食分布図 D50 相当 (0.27mm)

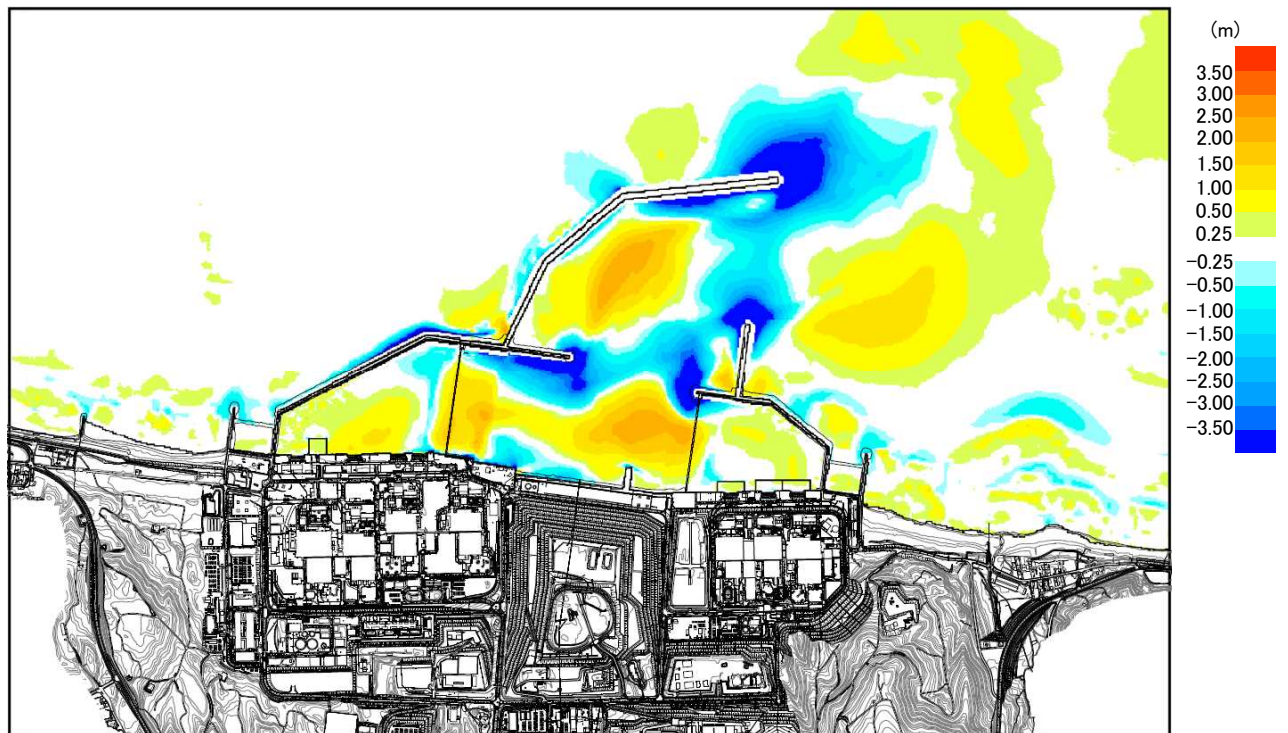


図 3.1-4(5) 堆積侵食分布図 D90 相当 (1mm)

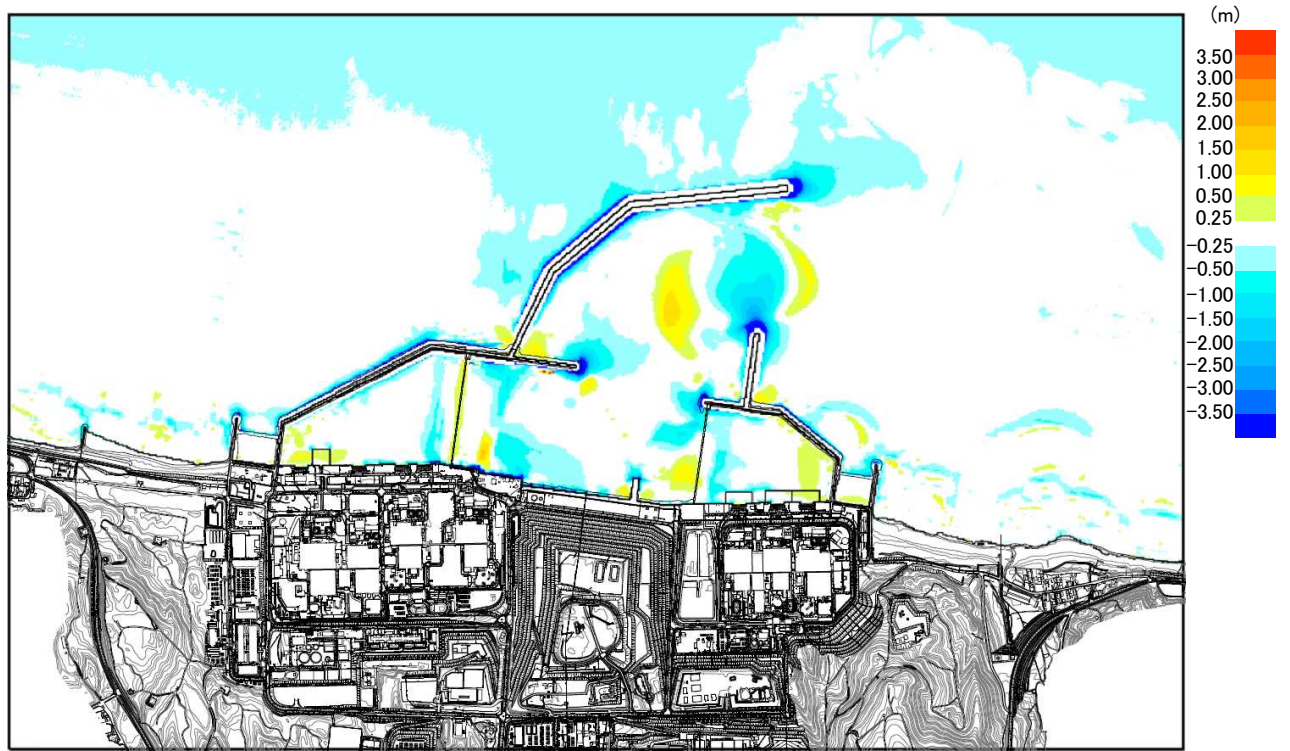


图 3.1-4(6) 堆積侵食分布図 D10 相当 (0.1mm)

(3) 防波堤をモデル化しない状態での影響評価

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

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

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

表 3.1-3 取水口前面の堆積厚さ

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

注1：取水口前面の堆積厚さは、取水路横断方向の堆積厚さの平均値とした

注2：高橋ほか(1999)、浮遊砂濃度の上限値1%

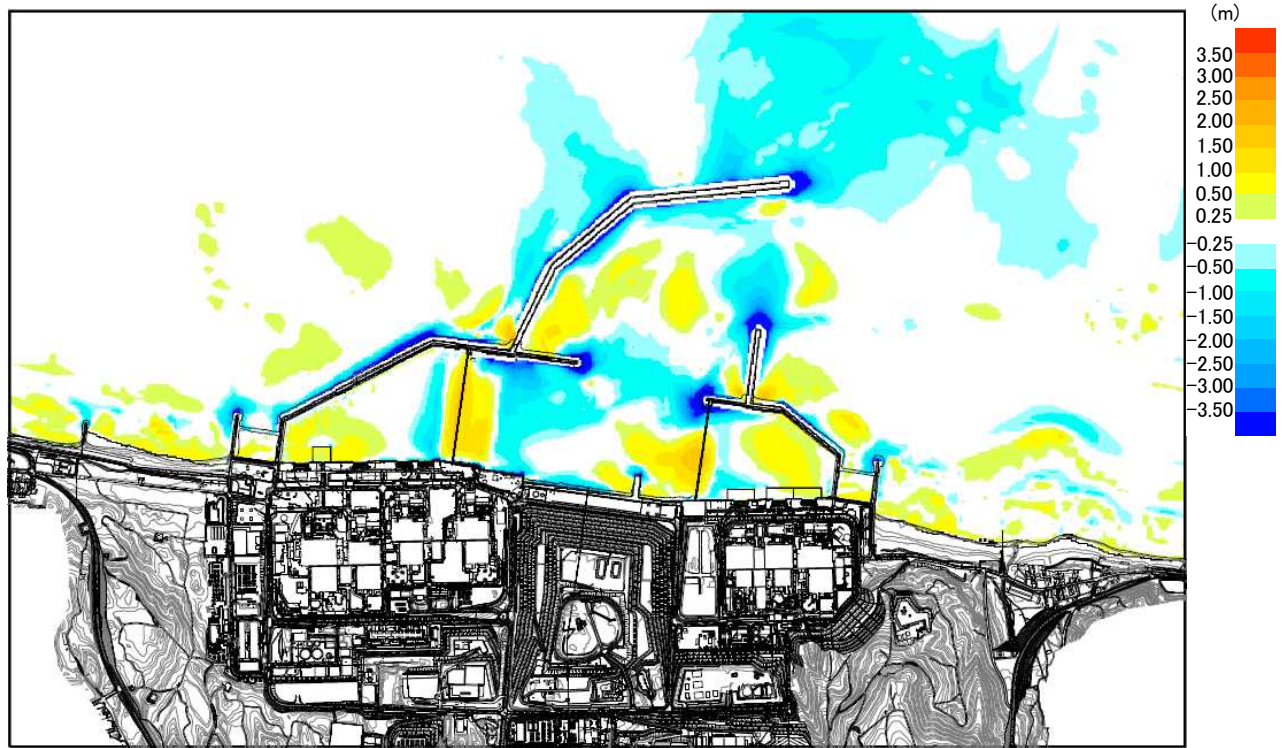


図 3.1-5(1) 防波堤あり

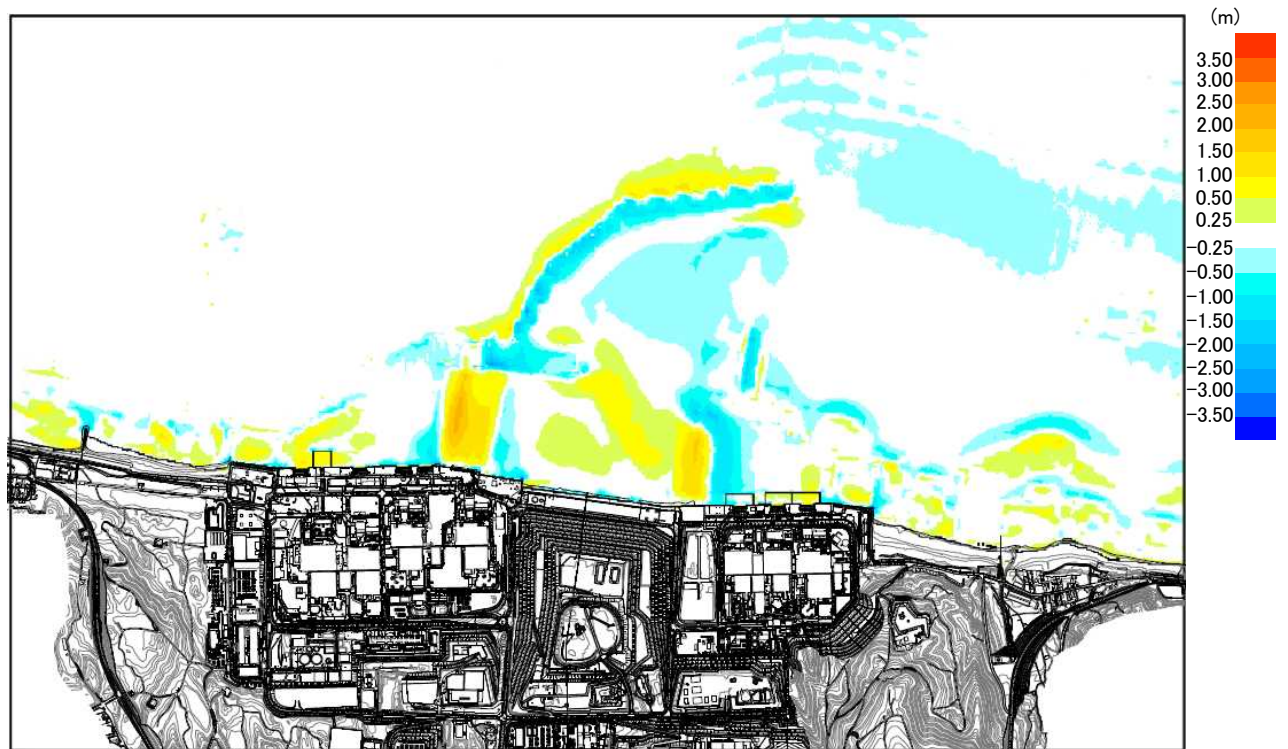


図 3.1-5(2) 防波堤なし

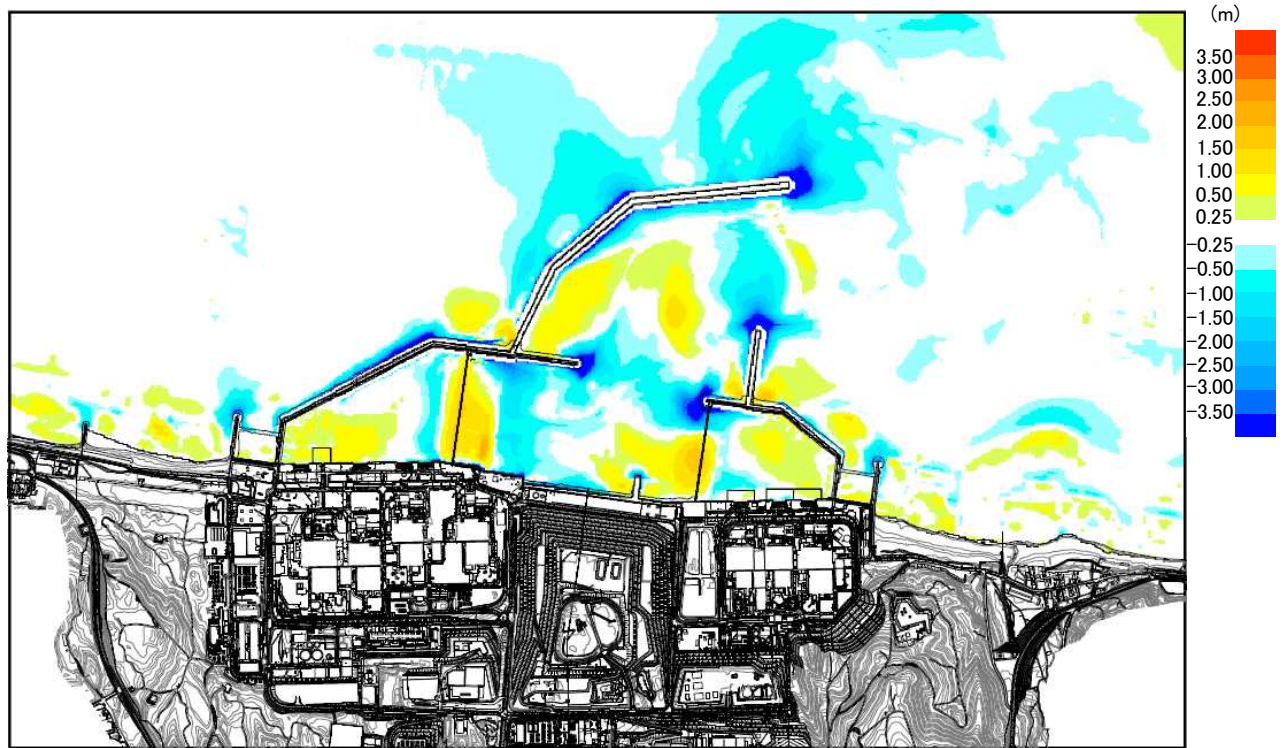


図 3.1-5(3) 防波堤あり

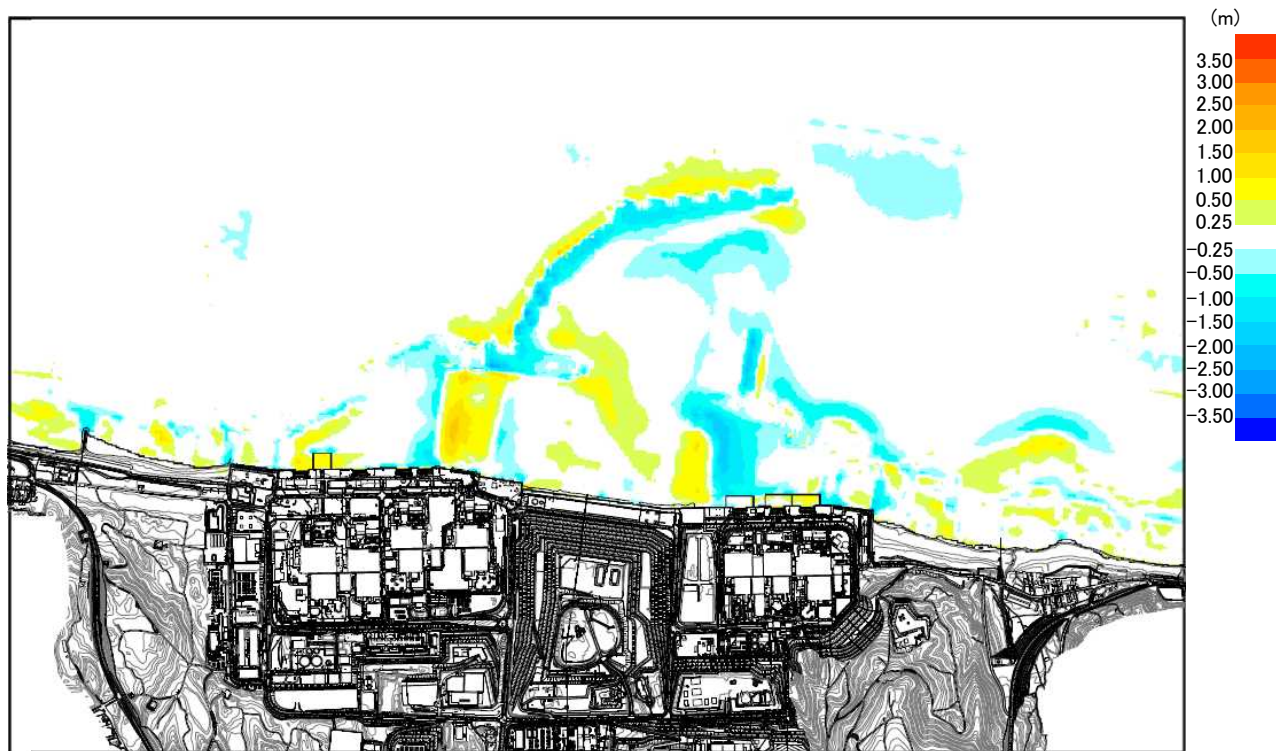


図 3.1-5(4) 防波堤なし

(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。7号機を図 3.1-6(1)～(4) に示す。

浮遊砂濃度が最も高い値を示すのは、基準津波 2（防波堤なし）のケース（7号機：図 3.1-9）で地震発生から約 140 分経過した時点で、浮遊砂濃度は 1×10^{-5} wt% 以下であった。

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

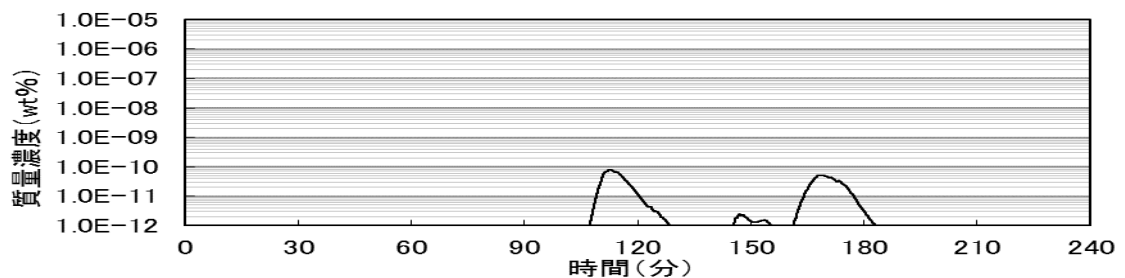


図 3.1-6(1) 7号機 基準津波 1 浮遊砂濃度時刻歴（防波堤あり）

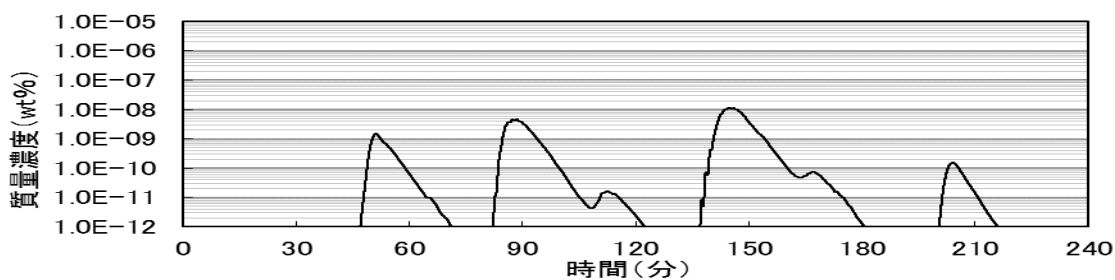


図 3.1-6(2) 7号機 基準津波 1 浮遊砂濃度時刻歴 (防波堤なし)

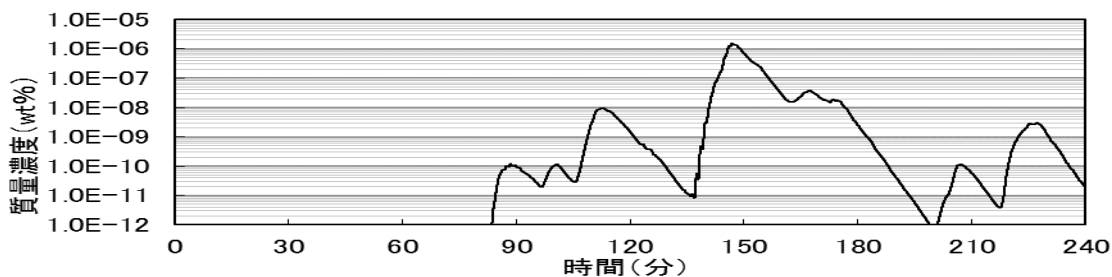


図 3.1-6(3) 7号機 基準津波 2 浮遊砂濃度時刻歴 (防波堤あり)

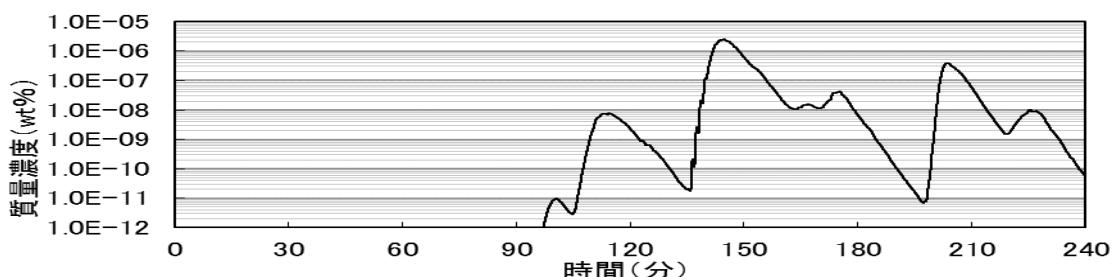


図 3.1-6(4) 7号機 基準津波 2 浮遊砂濃度時刻歴 (防波堤なし)

(5) 海水ポンプ軸受の浮遊砂に対する耐性評価

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

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。

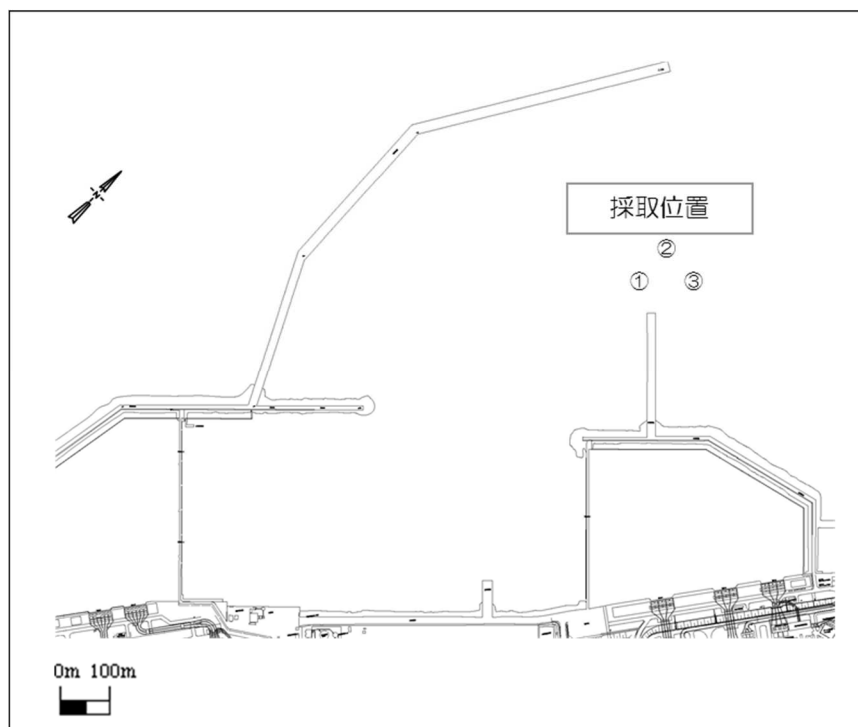


図 3.1-参 1-1 底質土砂分析における試料採取場所

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		

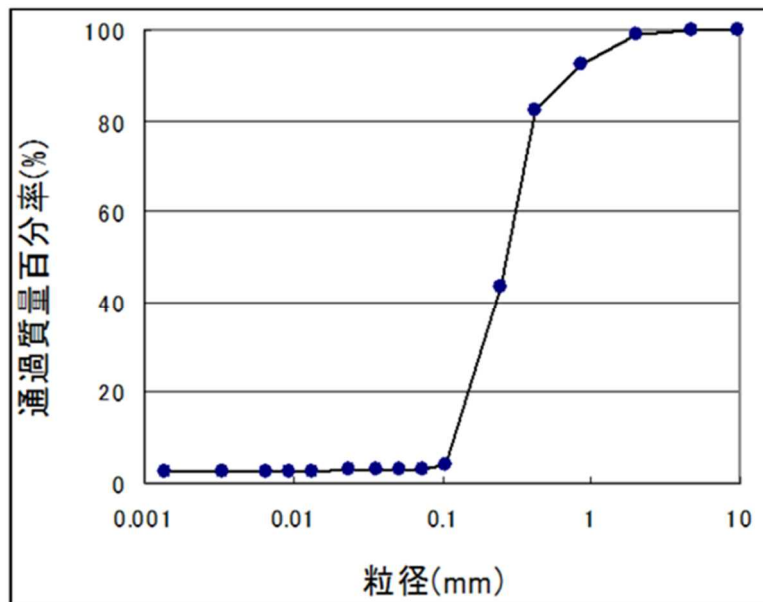


図 3.1-参 1-2 分析結果及び粒径加積曲線 (平成 19 年 8 月 24 日実施)

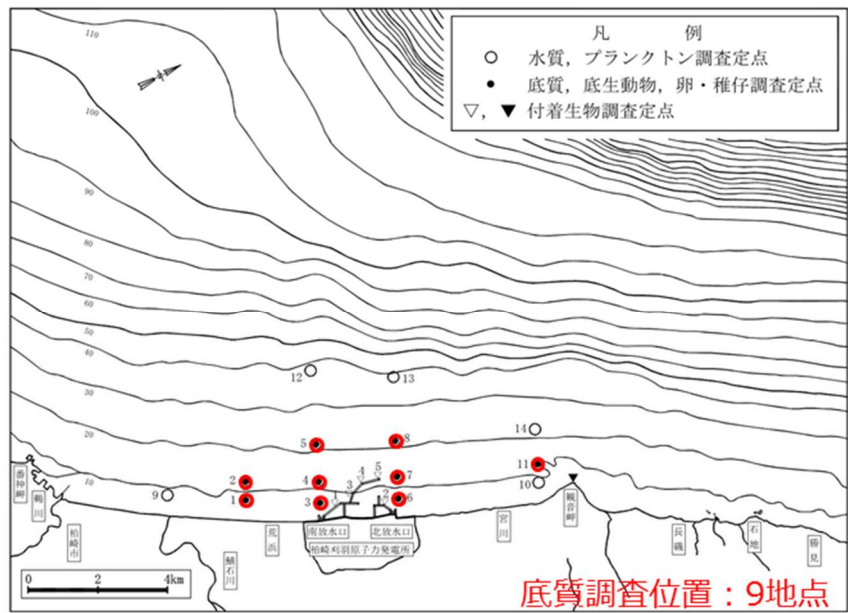


図 3.1-参 1-3 環境調査における底質調査位置

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 (%)				ｼｰﾄ 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 (%)				ｼｰﾄ 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 (%)				ｼｰﾄ 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 (%)				ｼｰﾄ 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。

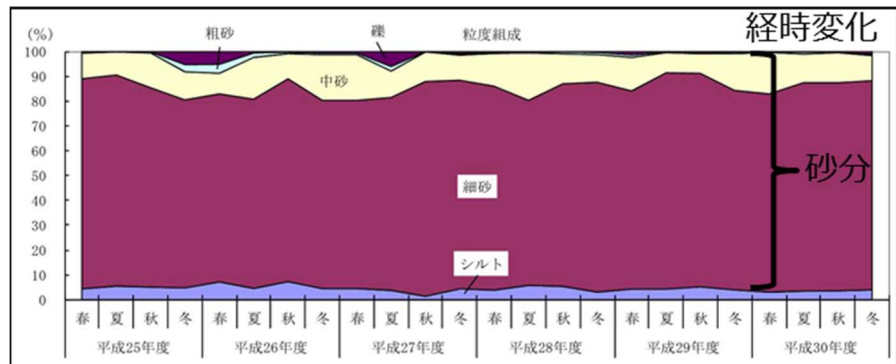
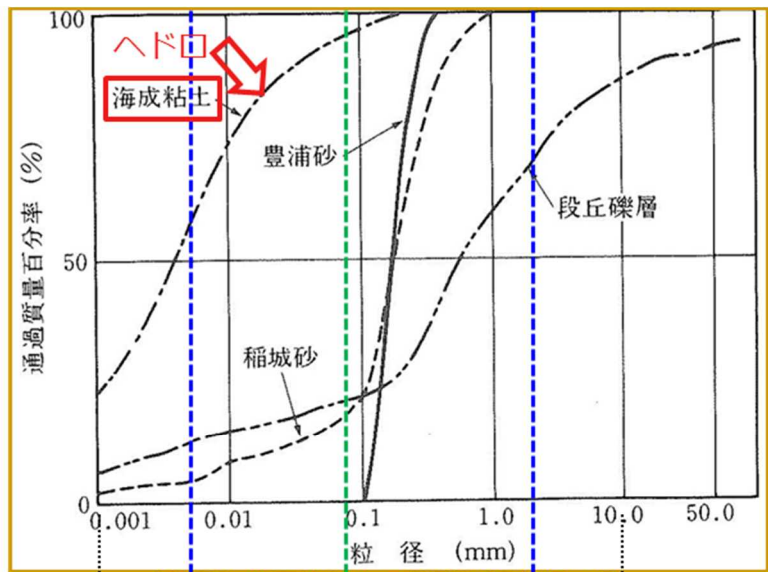


図 3.1-参 1-4 環境調査における分析結果



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

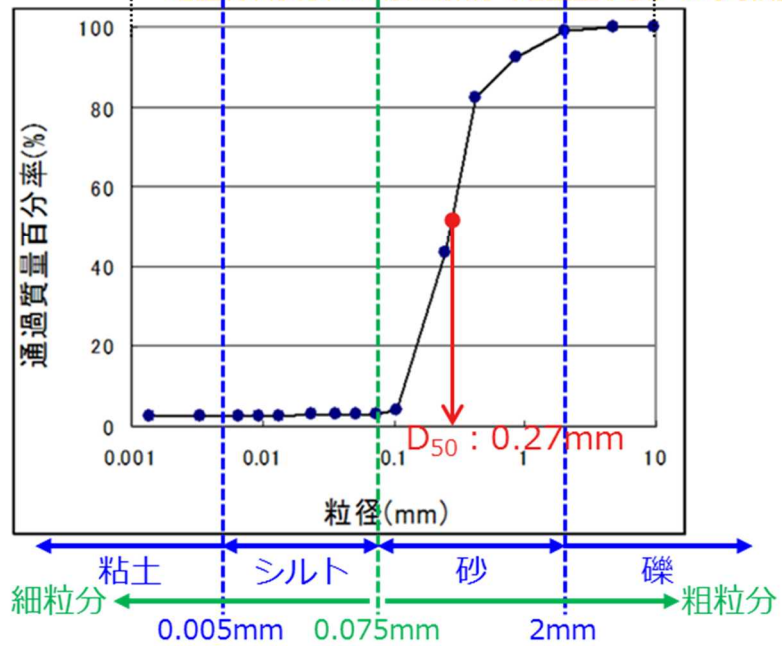


図 3.1-参 1-5 代表的な土の粒径加積曲線の例と
 発電所港湾内の底質土砂の粒径加積曲線の比較

3.2 原子炉補機冷却海水ポンプの波力に対する強度評価について

3.2 原子炉補機冷却海水ポンプの波力に対する強度評価について

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

(1) 評価条件

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

(2) 評価部位

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

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

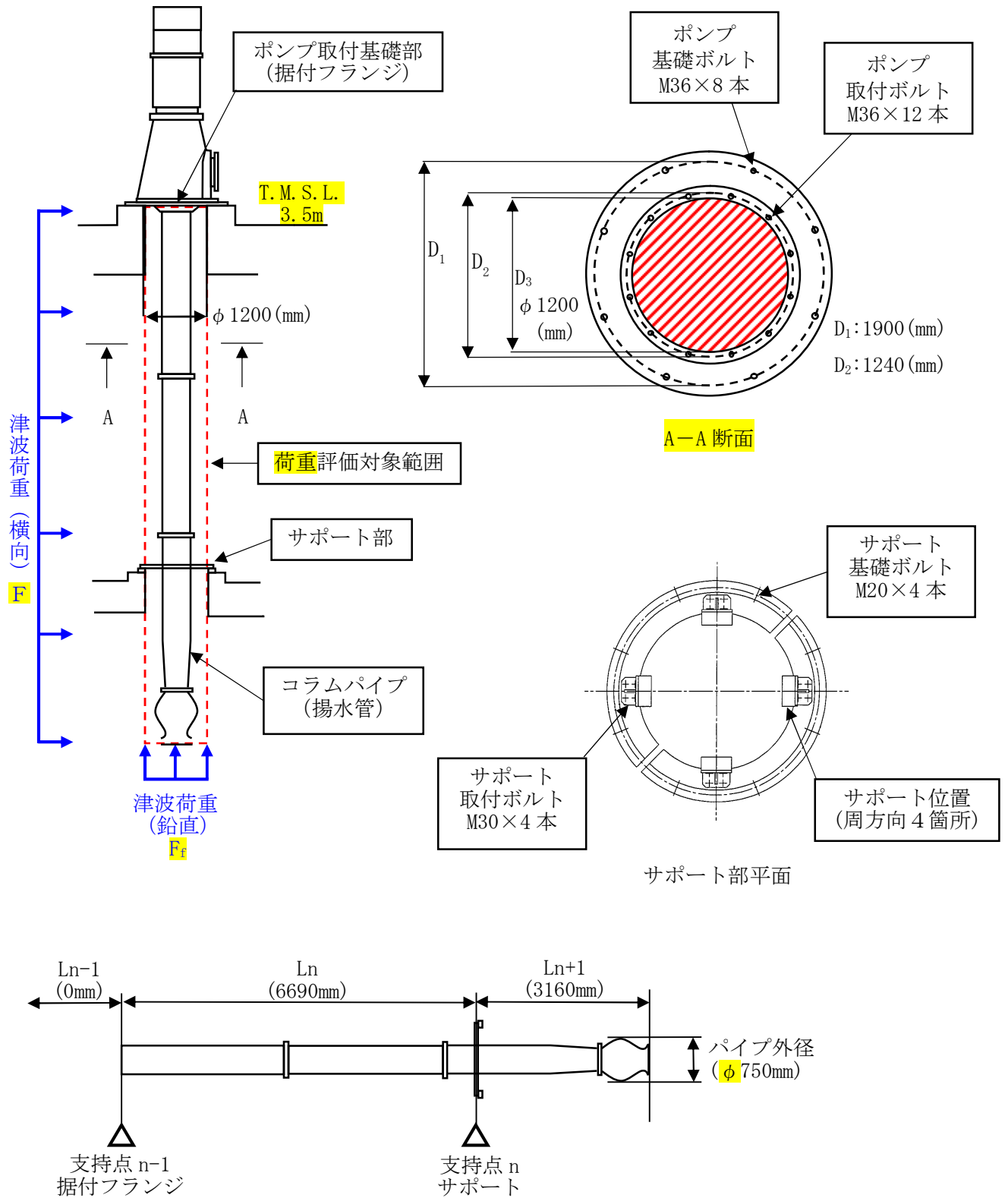


図 3.2-1 ポンプへの津波作用範囲

(3) 津波による原子炉補機冷却海水ポンプに発生する流体力と応力の計算

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

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

$$F_f = q \cdot A_f$$

F_f : 津波荷重（鉛直）(N)

D_3 : 開口部径 1200 (mm)

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

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

q : 津波波圧 (N/mm²)

C_D : 抗力係数 (平板無限大寸法) 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. 3.95 (m)

u : 流速 1.5 (m/s)

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

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)	60324

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

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

- F : 津波荷重（横方向）(N)
 C_D : 抗力係数(長四角形状面) 2.0
 ρ : 密度 1030(kg/m³)
u : 流速 1.5(m/s)
A : コラムパイプ投影面積 (6690+3160) × 750 = 7387500 (mm²)
注* : パイプ外径は保守的に太部分 750mm とする

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

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

表 3.2-2 津波襲来時発生する抗力（横方向）

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

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

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

- M_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 17121/9850 ≒ 1.738 (N/mm)
 L_{n+1} : サポート下部からポンプ呑口下端までの距離 3160 (mm)

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

$$= -8677486 \text{ (N・mm)}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

(4) ポンプ据付フランジ部のボルト評価

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

a. ポンプ基礎ボルトの評価

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

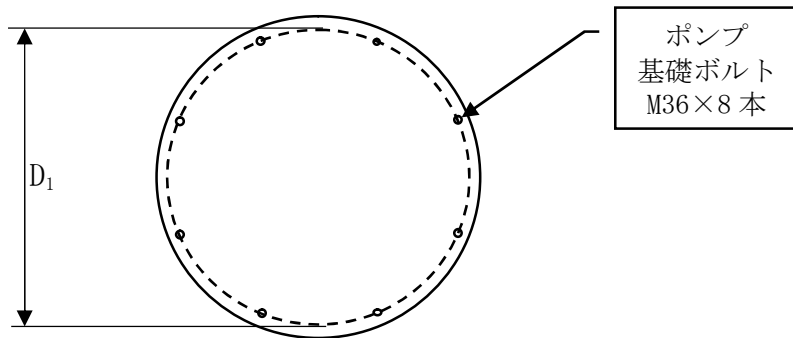


図 3.2-2 原子炉補機冷却海水ポンプ，ポンプ基礎ボルト配置

ポンプ基礎ボルトに発生する引張り応力 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） 60324(N)
- A : ポンプ基礎ボルト断面積 $\pi/4 \cdot 36^2 = 1018(\text{mm}^2)$
- b_1 : ポンプ基礎ボルト本数 8(本)

ポンプ基礎ボルトは M36，ボルト本数 8 本であり，引張り応力 σ_1 は以下となる。

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

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

ポンプ基礎ボルト材質	
ポンプ基礎ボルトに発生する引張り応力 σ_1 (MPa)	8

b. ポンプ取付ボルトの評価

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

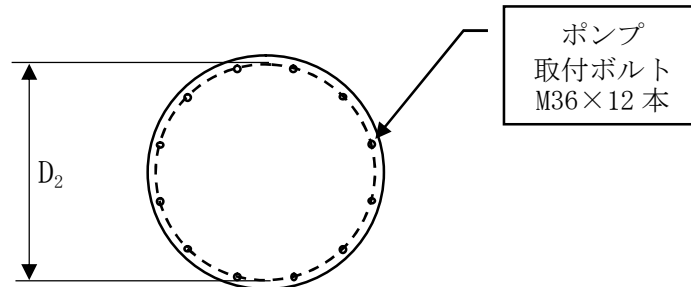


図 3.2-3 原子炉補機冷却海水ポンプ，ポンプ取付ボルト配置

ポンプ取付ボルトに発生する引張り応力 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） 60324(N)

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

b_2 : ポンプ取付ボルト本数 12(本)

ポンプ取付ボルトは M36，ボルト本数 12 本であり，引張り応力 σ_2 は以下となる。

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

表 3.2-6 据付フランジ部のポンプ取付ボルト 1 本あ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)	5

(5) コラムパイプの強度評価

コラムパイプへ津波荷重（横方向）が作用した際の曲げ応力を算出する。

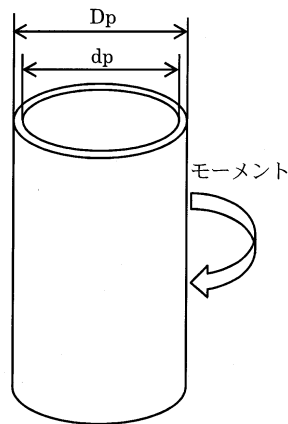


図 3.2-4 コラムパイプの応力作用イメージ図

コラムパイプへ津波荷重（横方向）が作用した際の曲げ応力 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 8677486 (N・mm)

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

D_p : コラムパイプ外径 524 (mm)

d_p : コラムパイプ内径 500 (mm)

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

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

表 3.2-7 津波荷重（横方向）のコラムパイプ曲げ応力

コラムパイプ材質	
コラムパイプに生じる曲げ応力 σ_b (MPa)	4

(6) コラムパイプサポート部のボルト評価

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

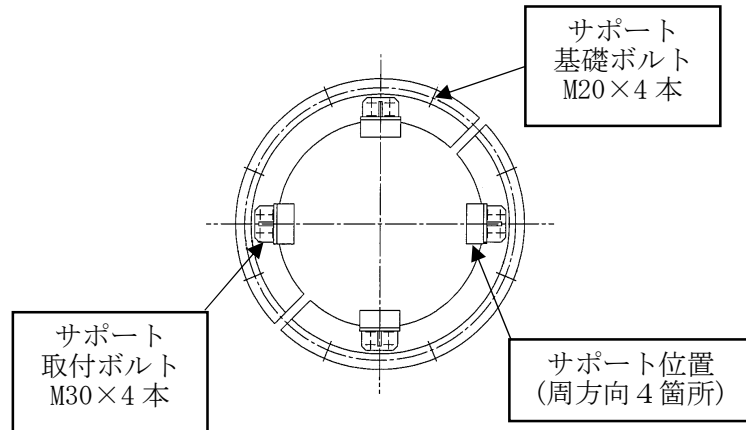


図 3.2-5 コラムパイプサポート部平面図

コラムパイプサポート部基礎ボルトに発生するせん断応力 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)
- F_n : サポート部に発生する反力 12603 (N)
- A_s : サポート部基礎ボルト断面積 $\pi/4 \cdot 20^2 = 314$ (mm²)
- n_s : サポート部基礎ボルト本数 4(本)

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

$$\tau_s = 12603 / (\pi/4 \times 20^2 \times 4)$$

≈ 10.03 (MPa) $\rightarrow 10$ (MPa) ※少数点第一位切り上げ

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)	10

(7) ポンプ内部の津波波圧評価

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

津波波圧（鉛直） q は次式より求める。

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

q : 津波波圧 (N/mm²)

C_D : 抗力係数(平板無限大寸法) 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. 3.95 (m)

u : 流速 1.5 (m/s)

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

ポンプ耐圧試験時の圧力 S を単位換算する。

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

q 津波波圧 0.0533 [N/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落されることを確認したことから、ポンプの健全性は確保されると評価する。評価結果を表 3.2-9 に示す。

表 3.2-9 評価結果一覧

評価部位		材料	項目	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
津波荷重 (鉛直)	ポンプ基礎ボルト	[]	引張り	8	[]
	ポンプ取付ボルト		引張り	5	
津波荷重 (横方向)	サポート部基礎ボルト		せん断	10	
	コラムパイプ		曲げ	4	
津波波圧 (鉛直)	ポンプ内部	津波波圧 0.0533 [N/mm 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から、ポンプ内へ津波浸入に伴う過大な圧縮空気が混入しづらい構造である。

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

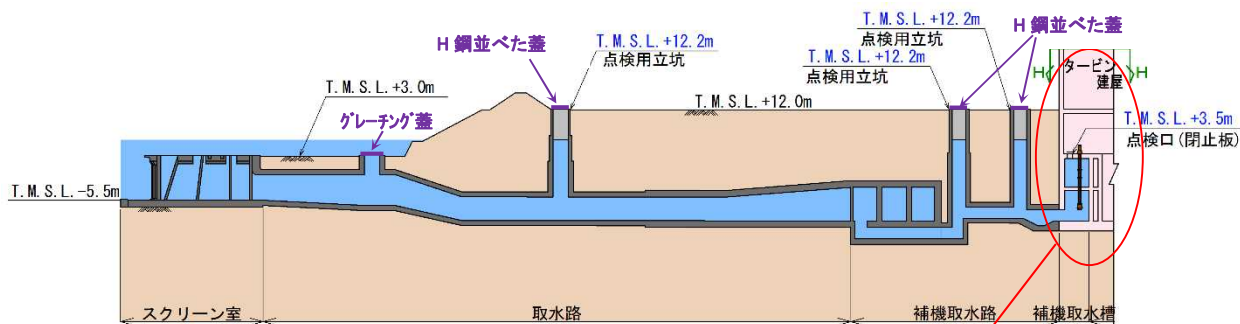


図 3.2-参 1-1 7号機取水路（断面）

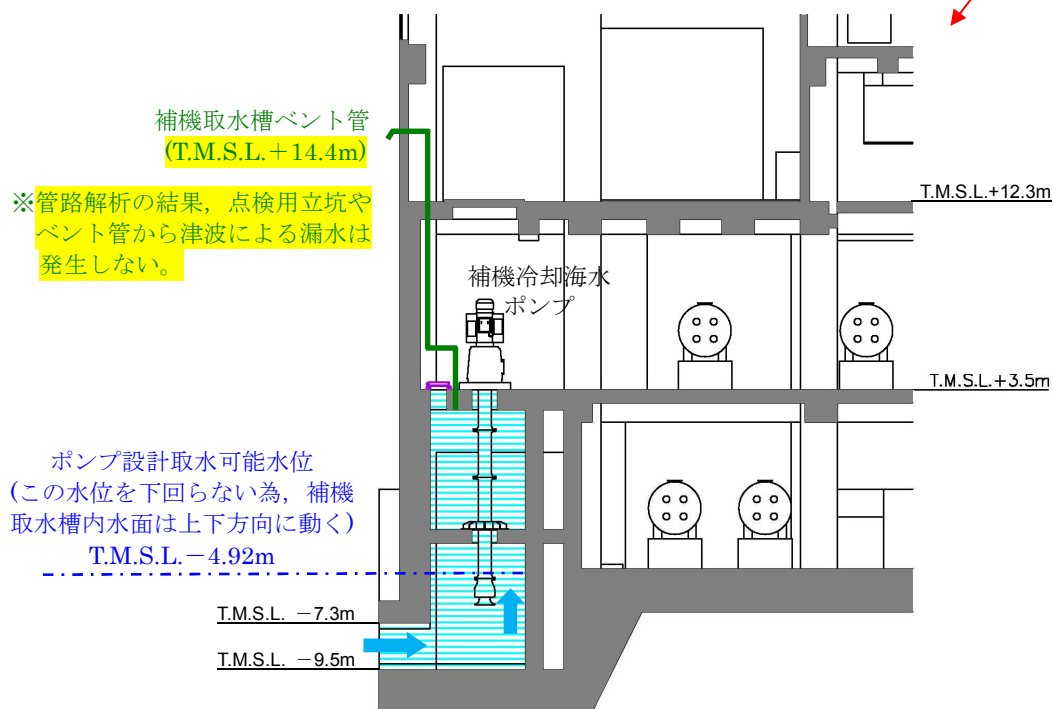


図 3.2-参 1-2 7号機補機取水槽（断面）

(2) 放水路側の影響

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

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

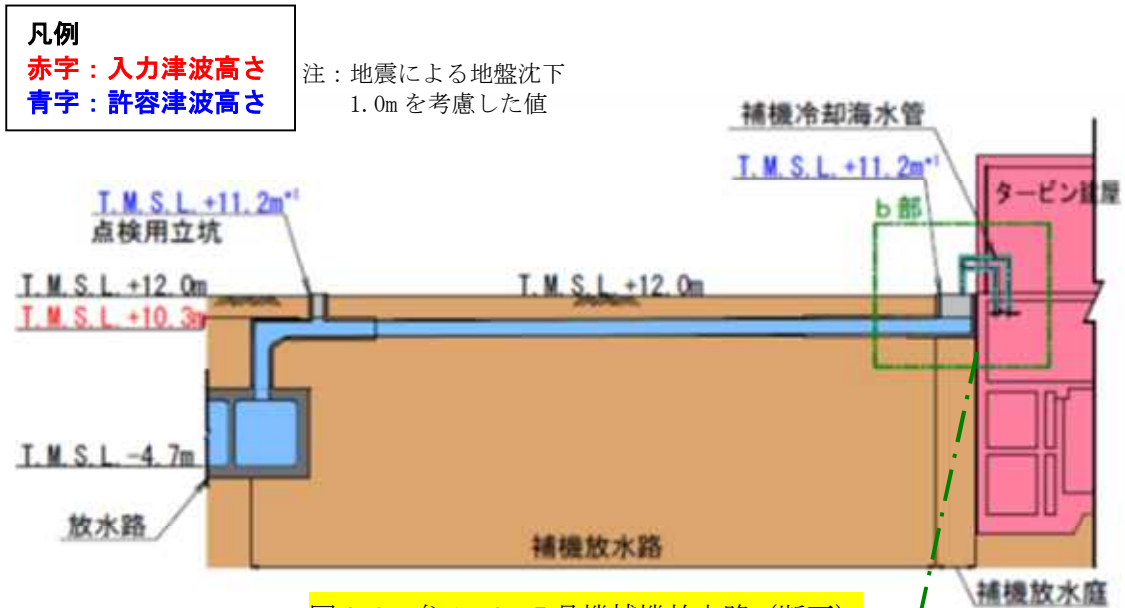


図 3.2-参 1-3 7号機補機放水路（断面）

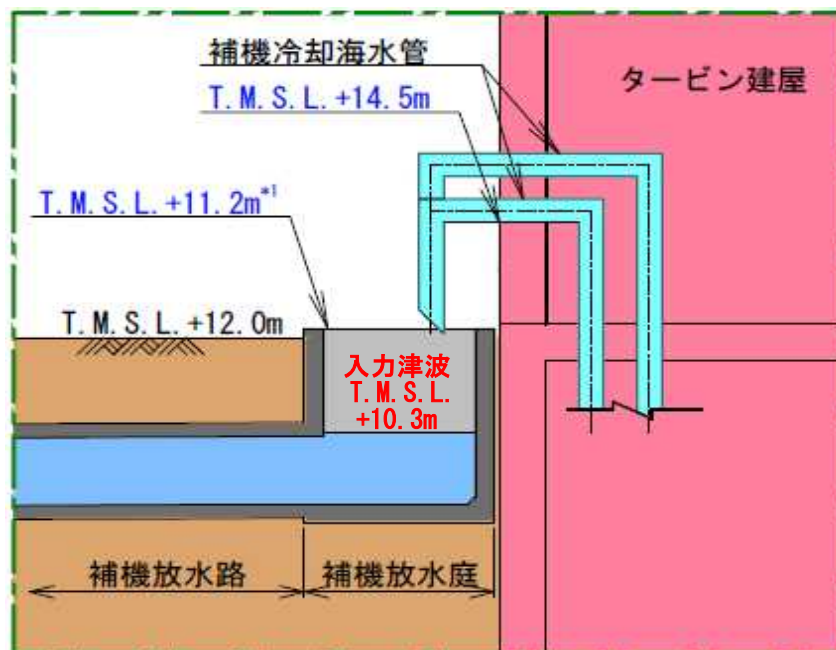


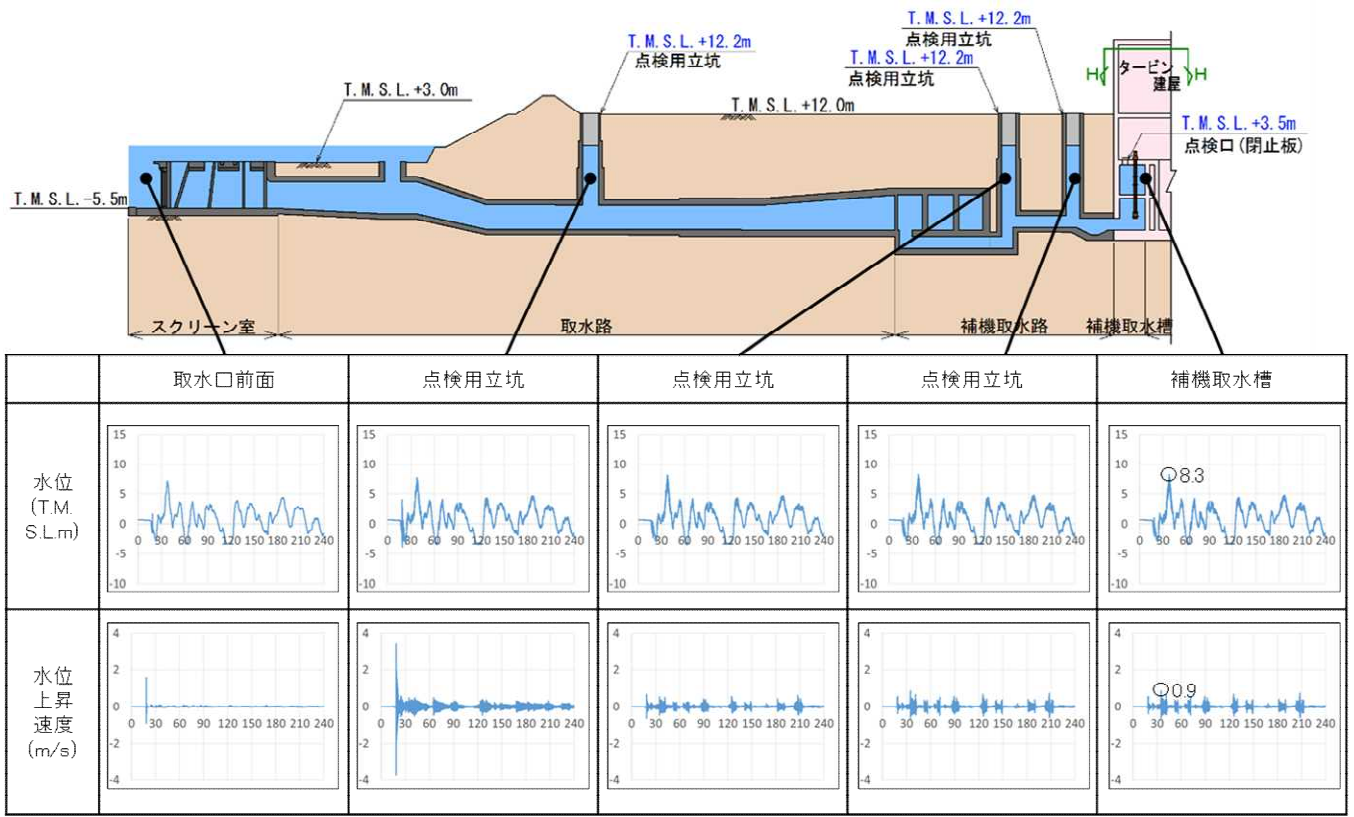
図 3.2-参 1-4 7号機補機放水庭（断面）

取水路の管路解析結果について

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

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

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



※ 横軸: 時間(分)

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

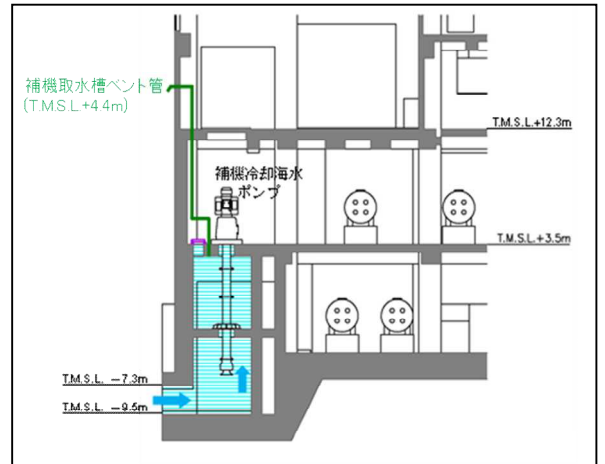
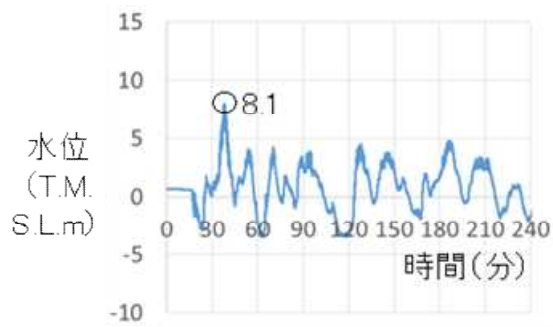


図 3.2-参 1-6 補機取水槽ベント管を追加した場合の水位時刻歴

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。

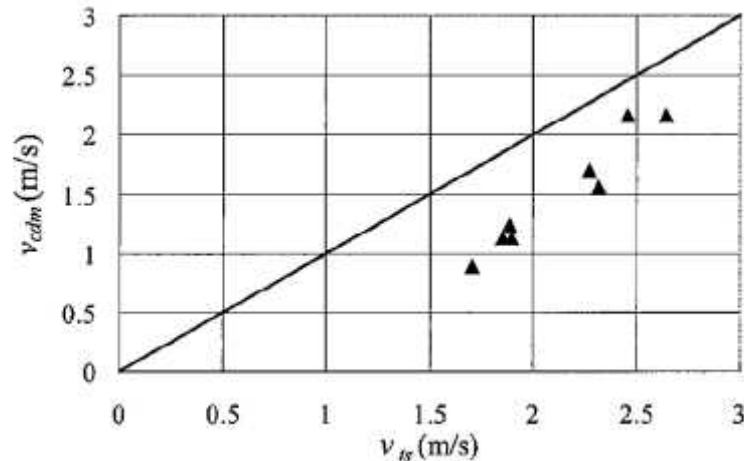


図 4.1-1 津波流速 v_{ts} と最大漂流速度 v_{cdm} の関係

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。

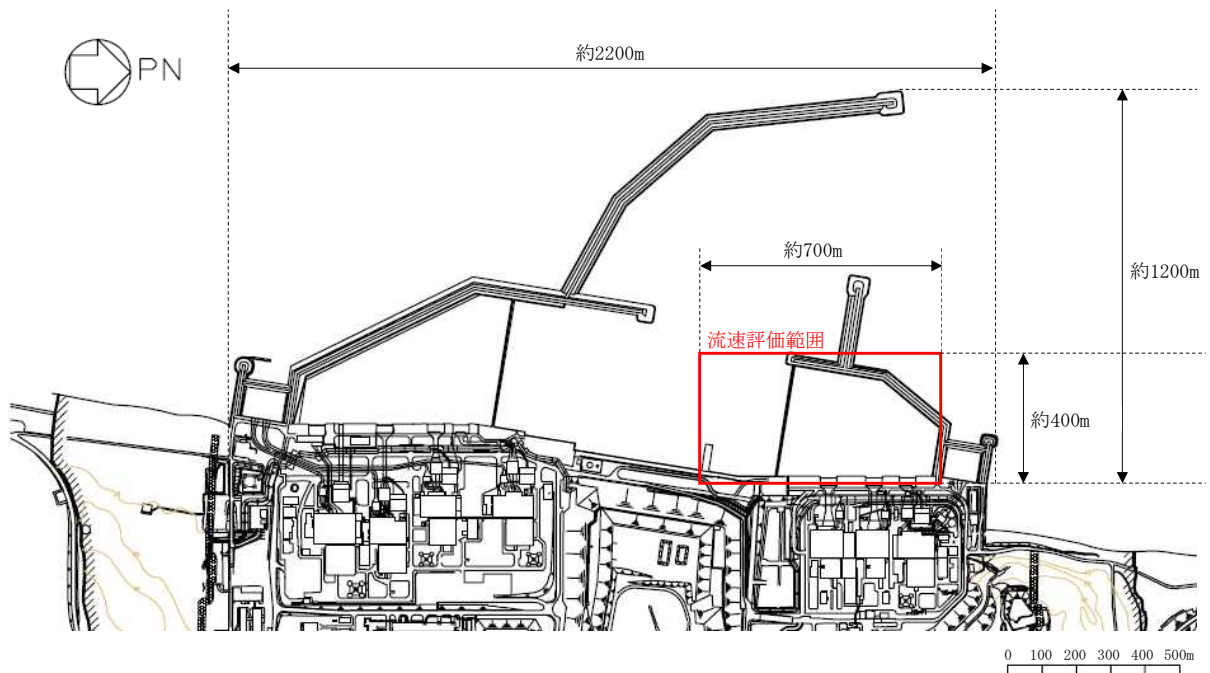


図4.1-2 海水貯留堰の漂流物衝突評価に用いる漂流速度の設定
にあたって最大流速を抽出する範囲

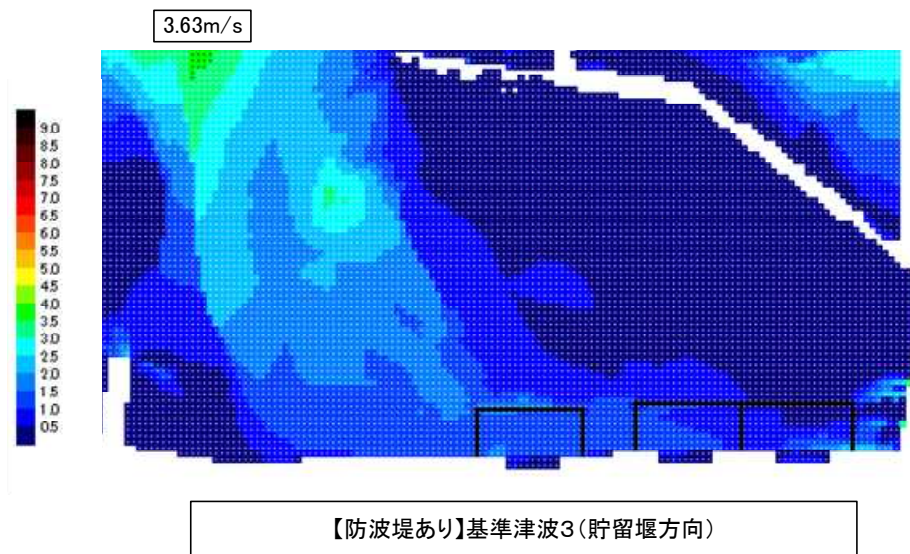
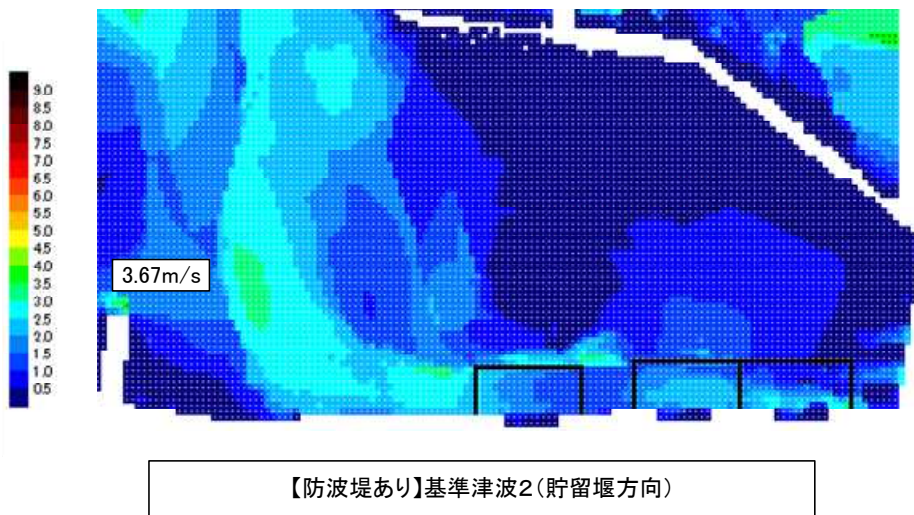
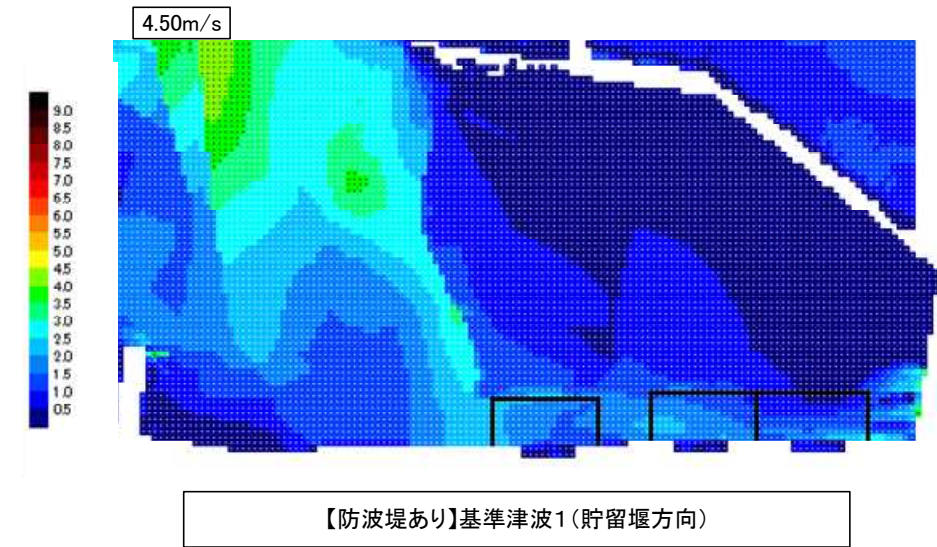
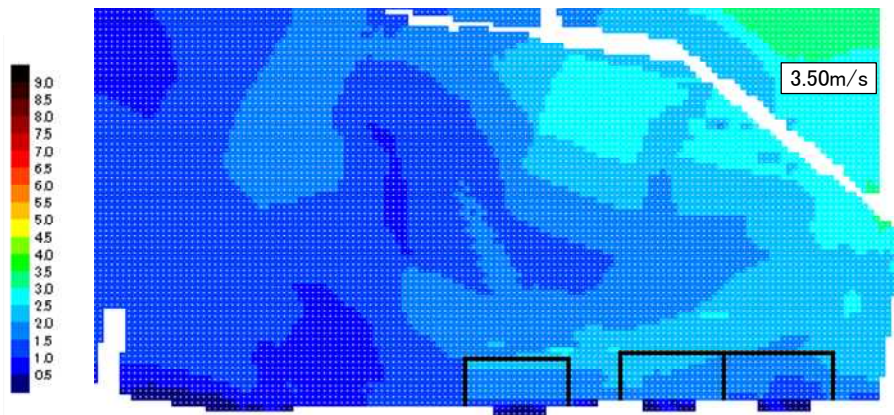
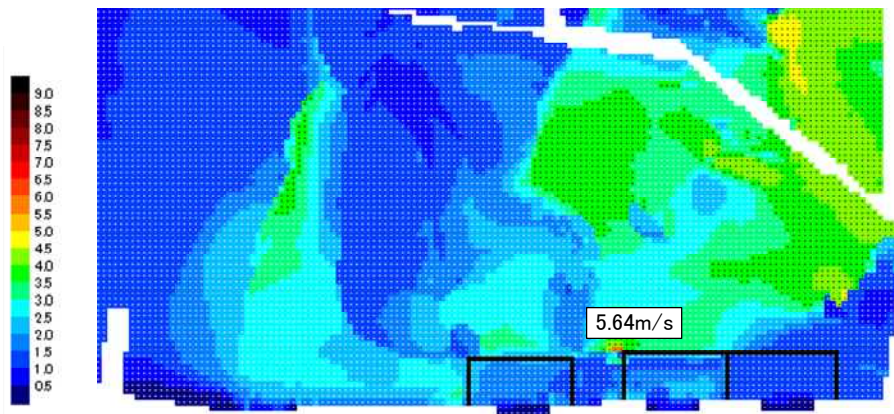


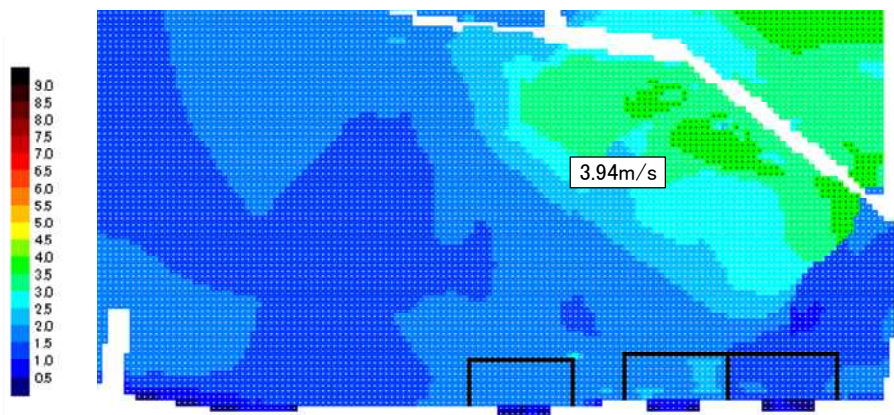
図 4.1-3 大湊側港湾内最大流速分布 (防波堤ありケース)



【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

(1) 取水口付近の漂流物に対する通水性確保

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。確認のフローを図 4.2-1 に，ま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。

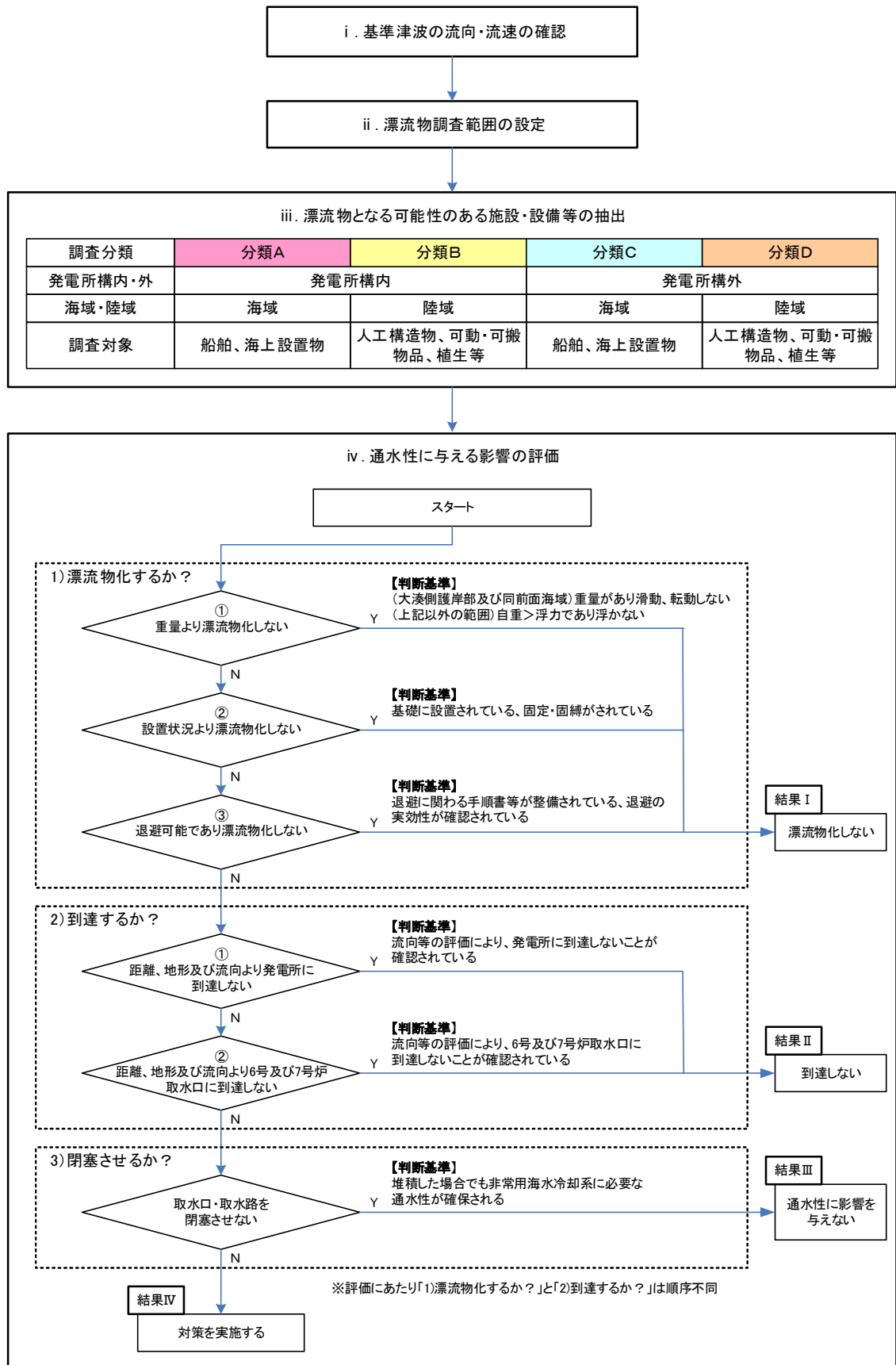


図 4.2-1 漂流物影響確認フロー

a. 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 4.2-2 に、流向及び流速を図 4.2-3 に示す。

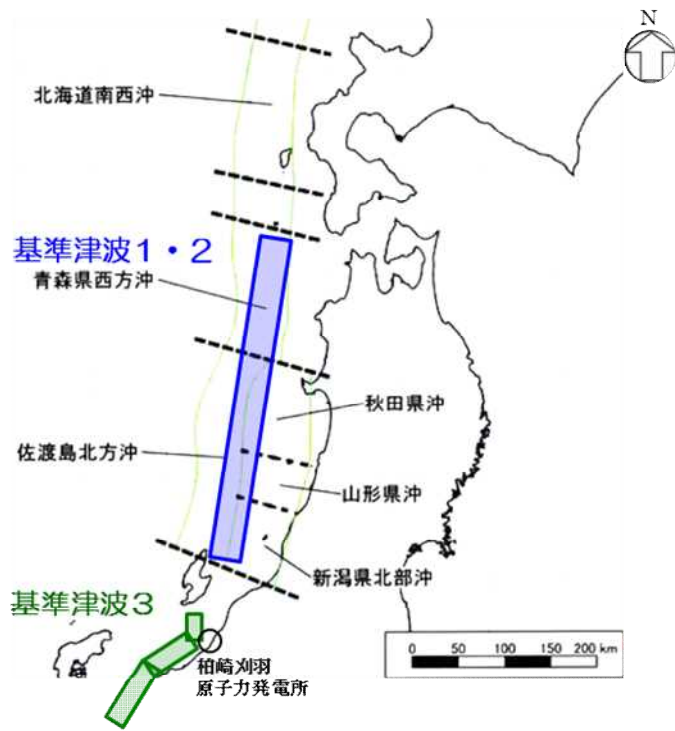
「日本海東縁部に想定される地震に伴う津波」と「敷地周辺の海底地すべりに伴う津波」の「重畳津波」である基準津波 1 は、発電所の西方より襲来し、地震発生約 15 分後に敷地前面に到達する。港湾内へは、まず北西の港湾口より引き波として進入し、約 9 分後（地震発生約 24 分後）に寄せ波に転じ、その約 15 分後（地震発生約 39 分後）に再び引き波に転ずる。

「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。

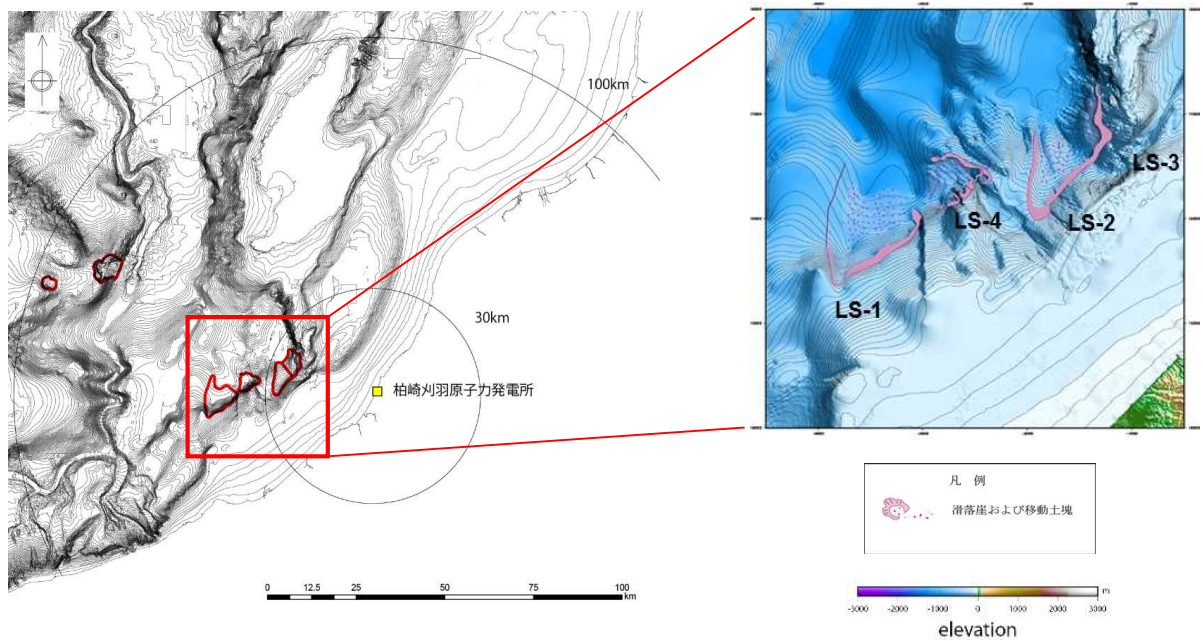
また、「海域活断層に想定される地震に伴う津波」と「敷地周辺の海底地すべりに伴う津波」の「重畳津波」である基準津波 3 は、発電所の西方より襲来し、地震発生約 9 分後に敷地前面に到達する。港湾内へは、港湾口より寄せ波として進入し、約 6 分後（地震発生約 15 分後）に引き波に転じ、その約 12 分後（地震発生約 27 分後）に再び寄せ波に転ずる。

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。

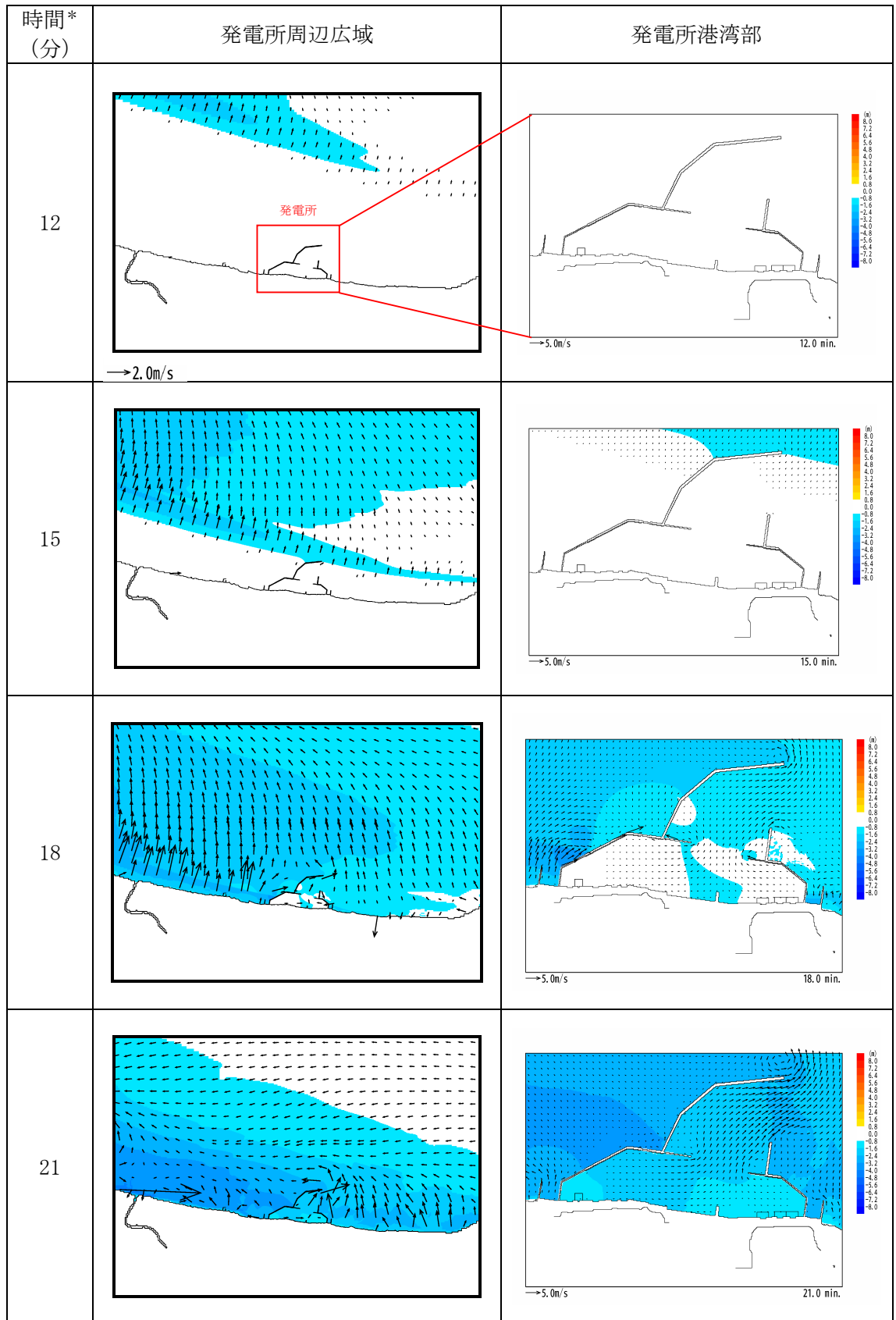


基準津波の想定波源図



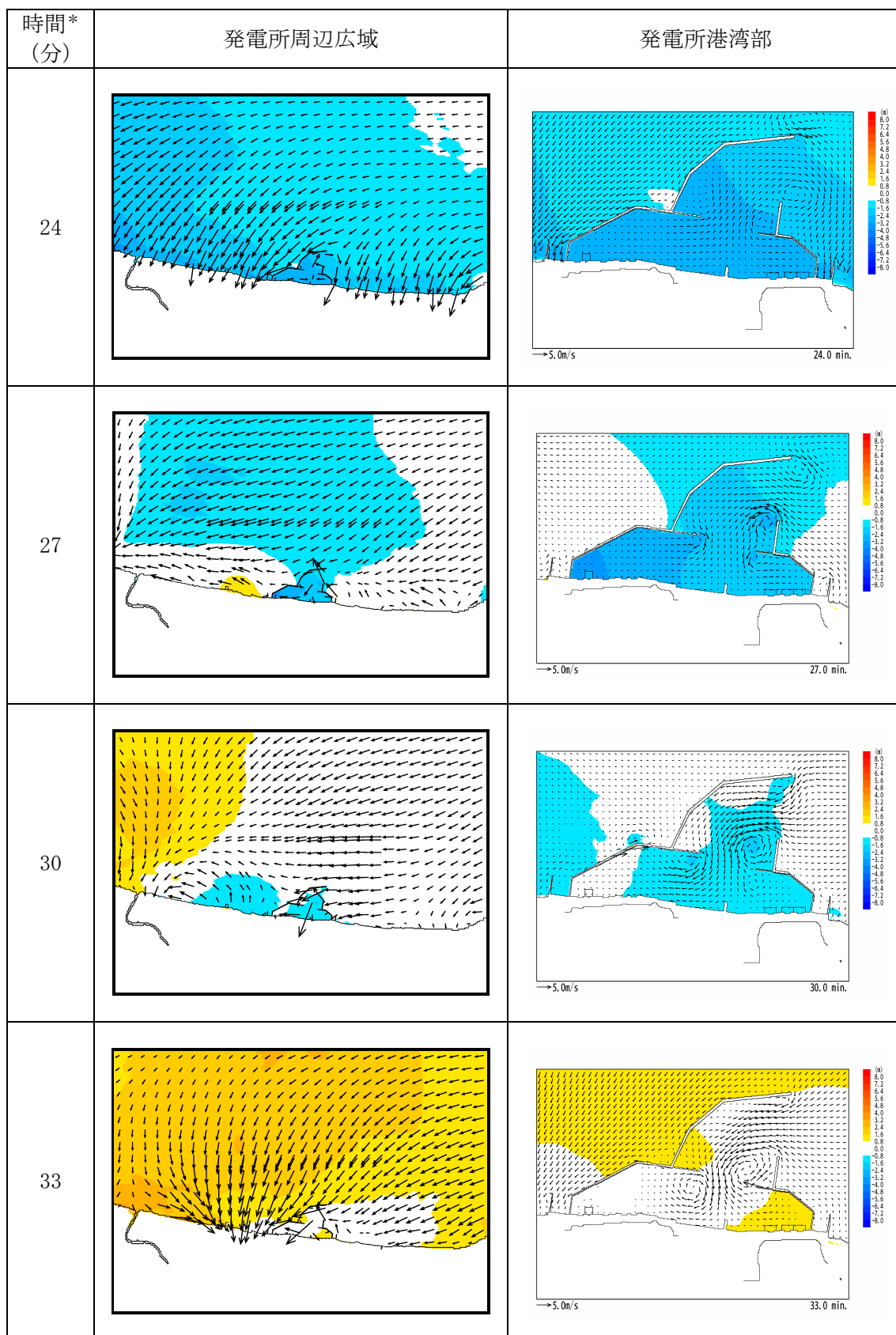
海底地すべり地形の位置図

図 4.2-2 基準津波の波源



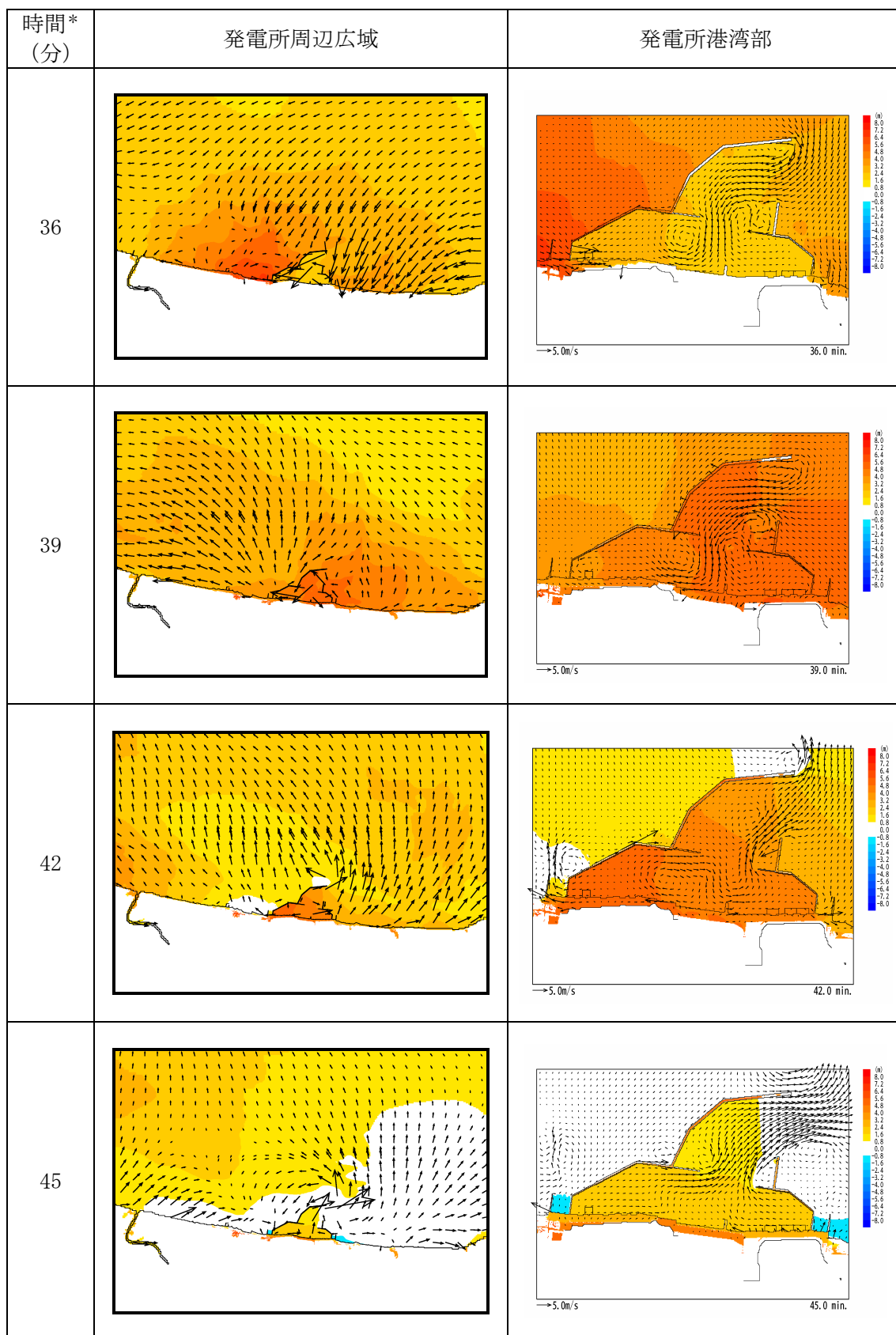
注記*：津波の原因となる地震発生後の経過時間

図 4.2-3 基準津波の流速ベクトル（基準津波 1）



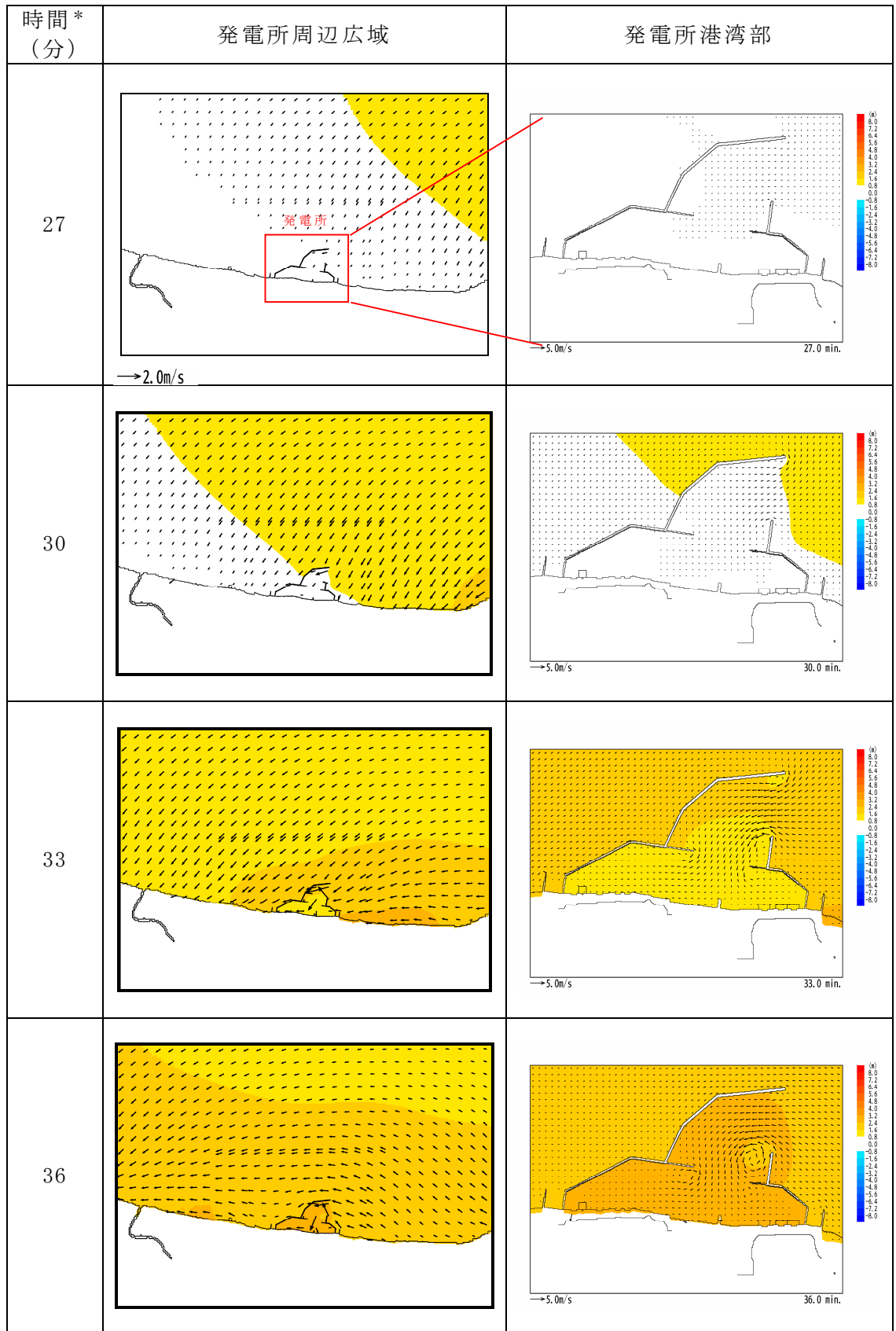
注記*：津波の原因となる地震発生後の経過時間

図 4.2-3 基準津波の流速ベクトル（基準津波 1）



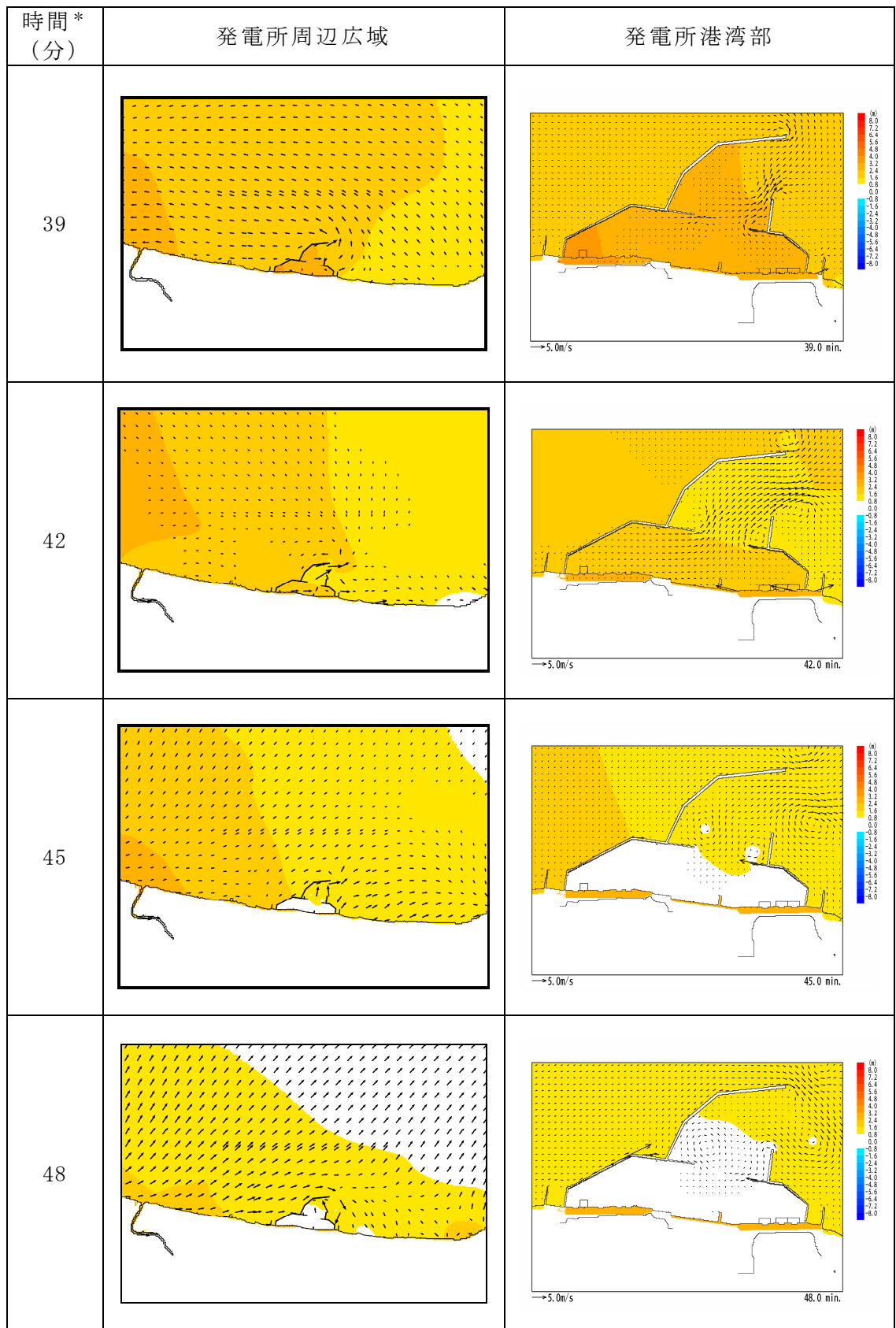
注記* : 津波の原因となる地震発生後の経過時間

図 4.2-3 基準津波の流速ベクトル (基準津波 1)



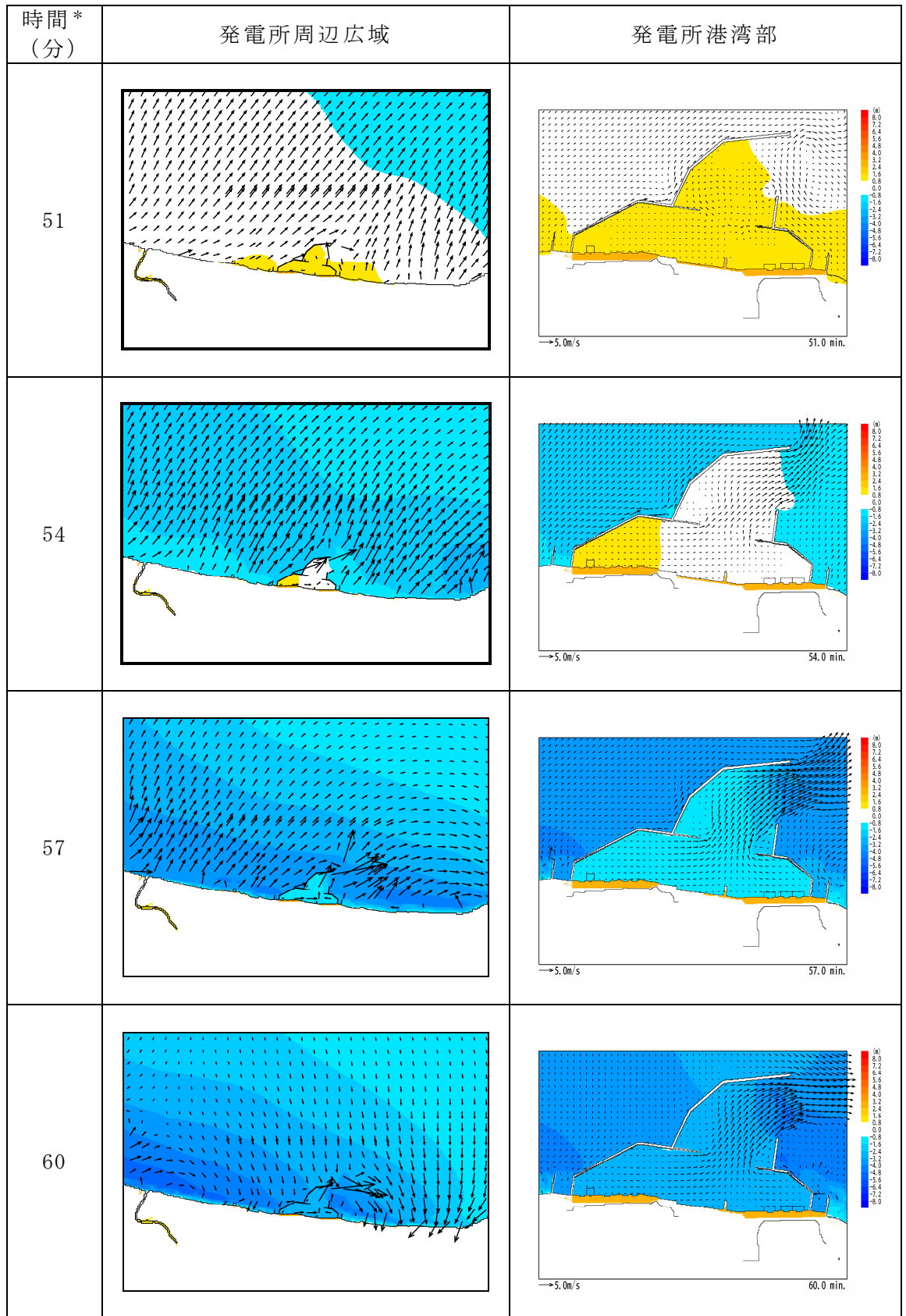
注記*：津波の原因となる地震発生後の経過時間

図 4.2-3 基準津波の流速ベクトル（基準津波 2）



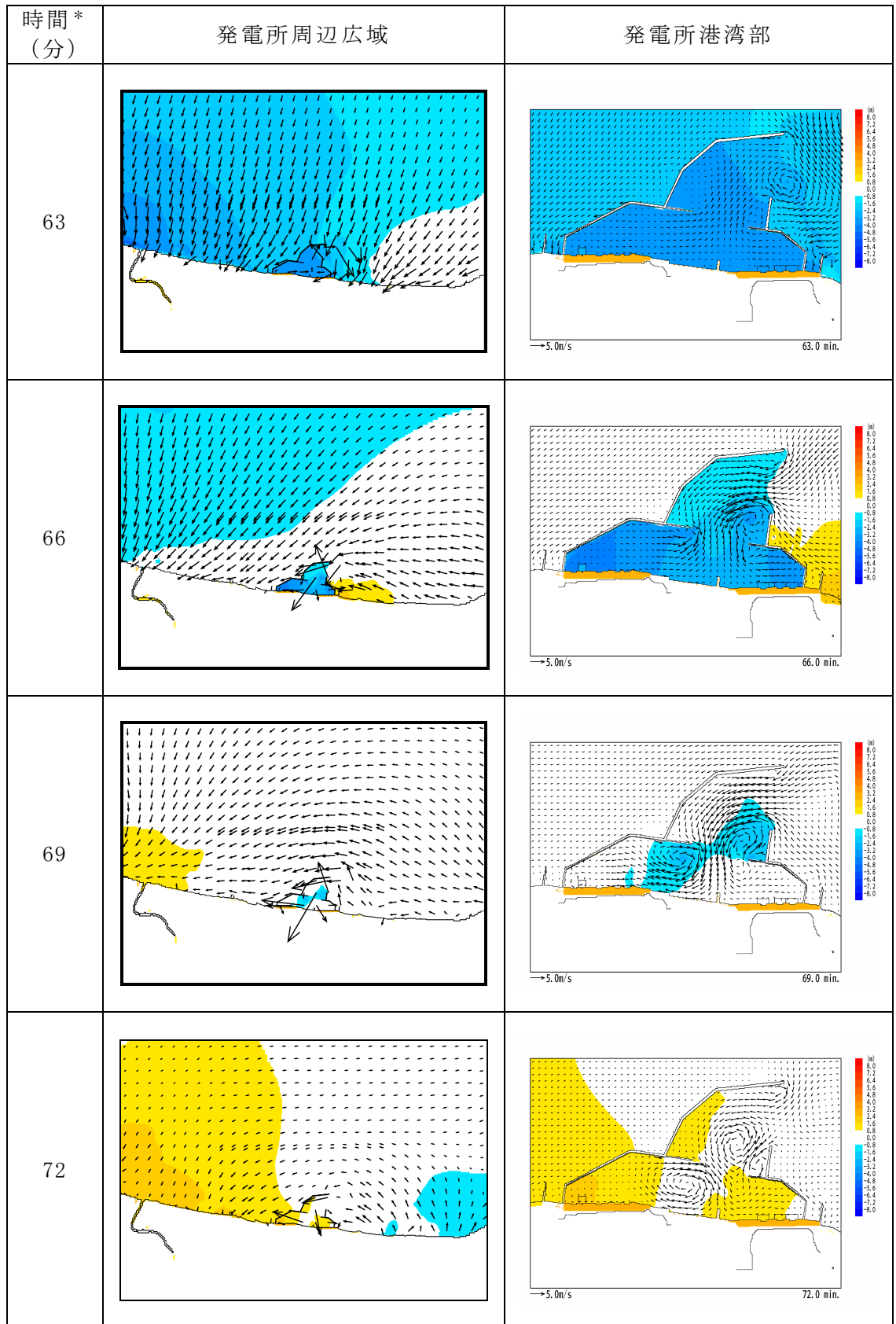
注記* : 津波の原因となる地震発生後の経過時間

図 4.2-3 基準津波の流速ベクトル (基準津波 2)



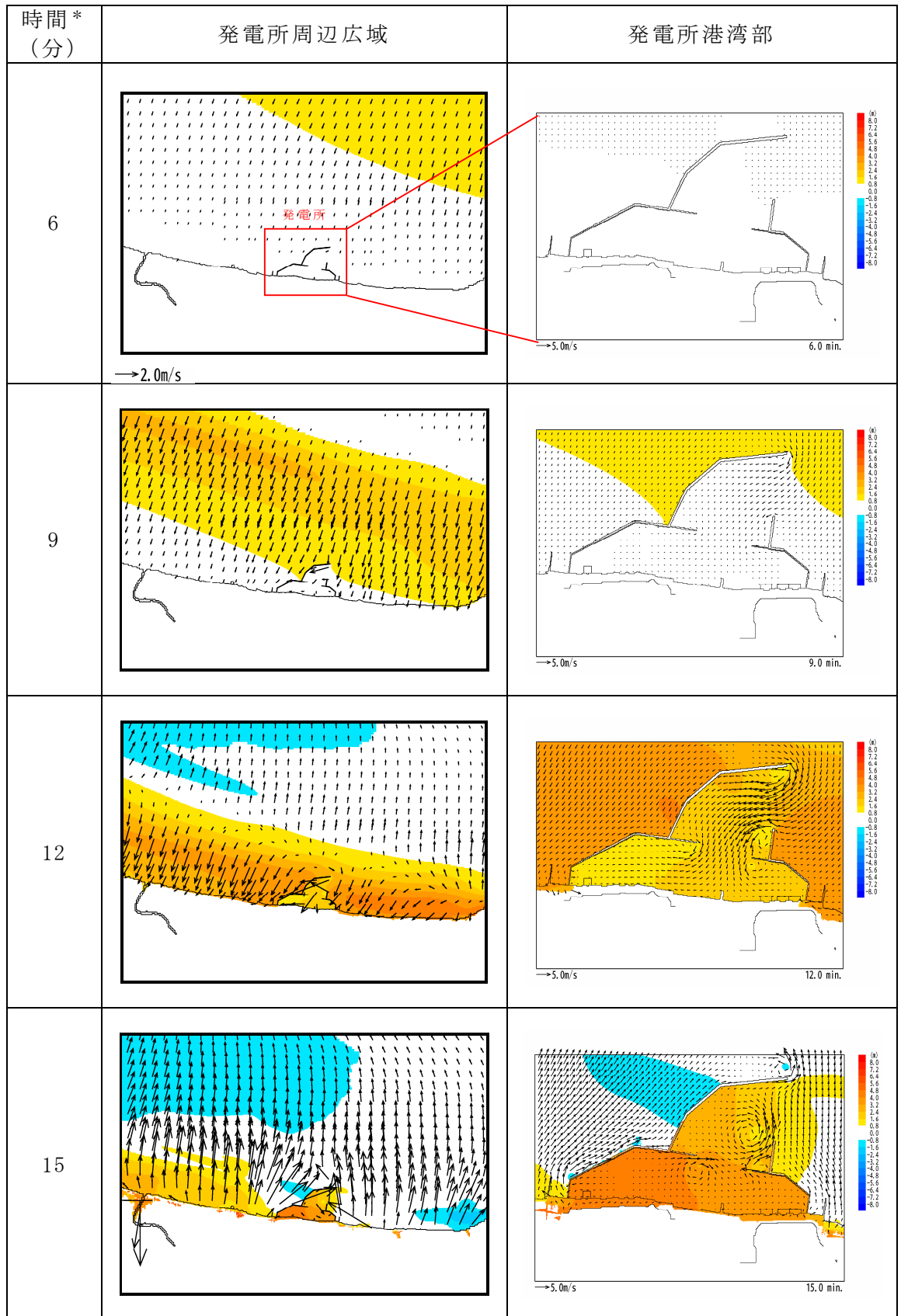
注記* : 津波の原因となる地震発生後の経過時間

図 4.2-3 基準津波の流速ベクトル (基準津波 2)



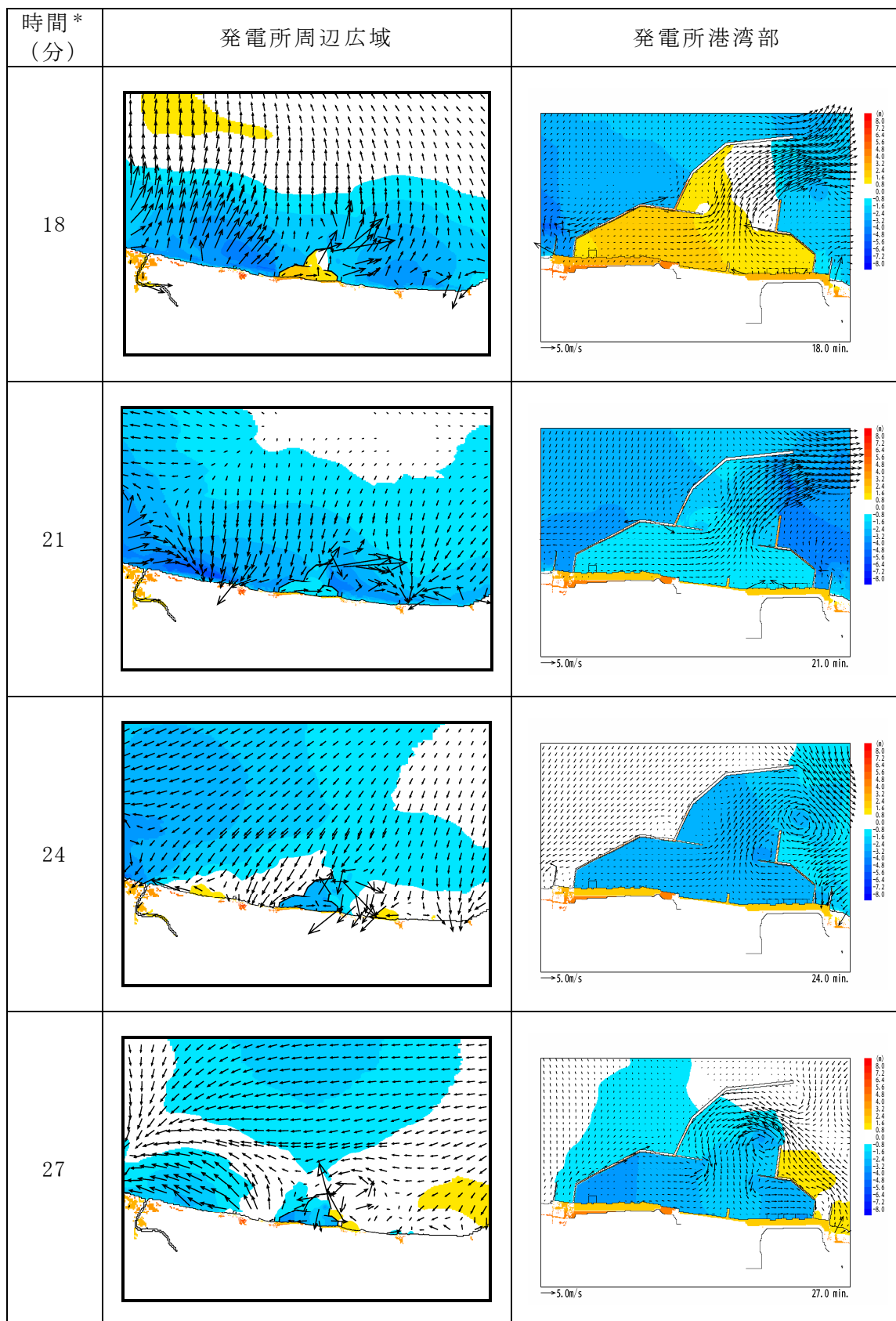
注記* : 津波の原因となる地震発生後の経過時間

図 4.2-3 基準津波の流速ベクトル (基準津波 2)



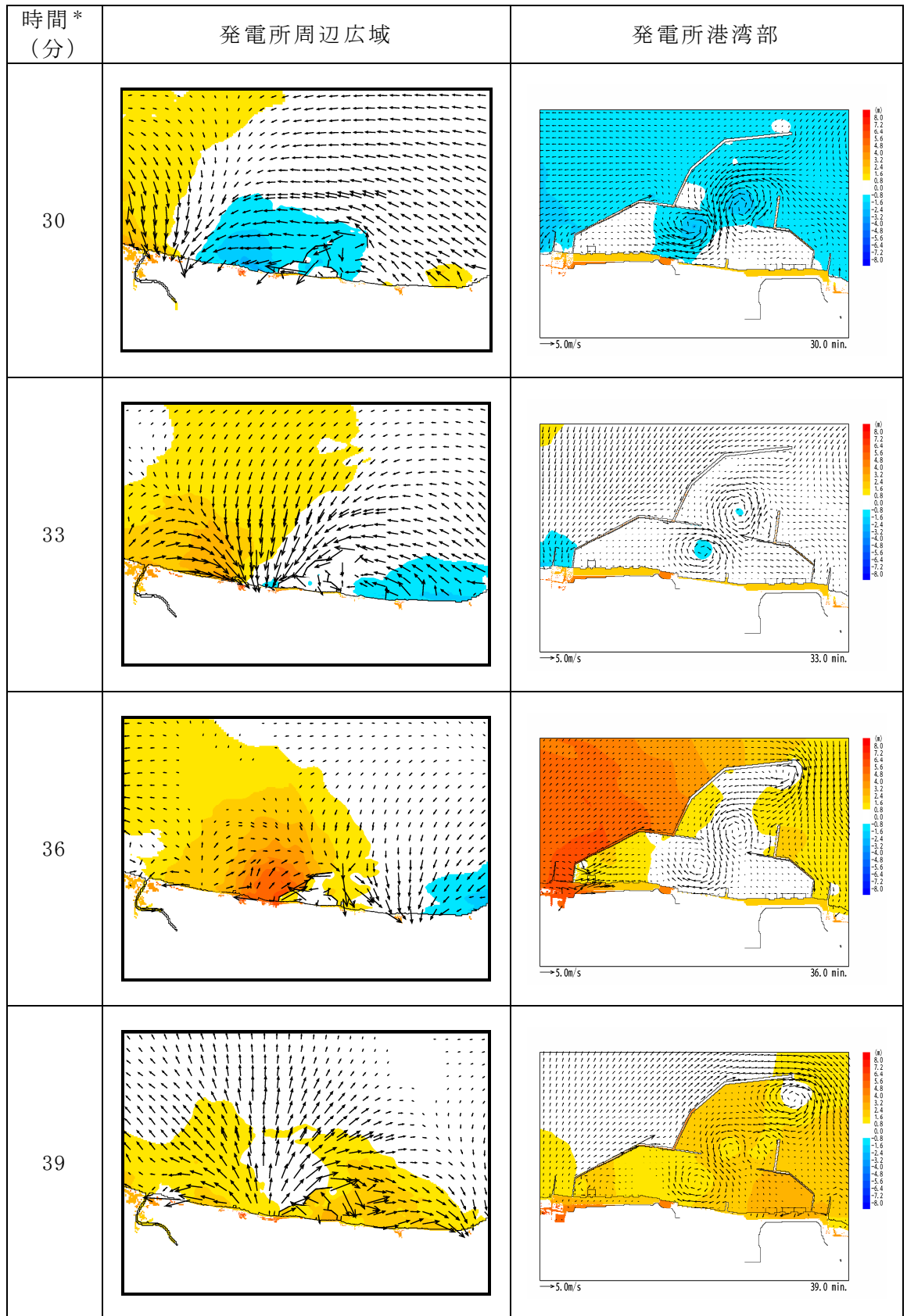
注記*：津波の原因となる地震発生後の経過時間

図 4.2-3 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 4.2-3 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 4.2-3 基準津波の流速ベクトル (基準津波 3)

b. 漂流物調査範囲の設定

基準津波 1～3 について、図 4.2-4 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 4.2-5 に示す。

図 4.2-5 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含まれている。(図 4.2-6)

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 4.2-7) 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)。

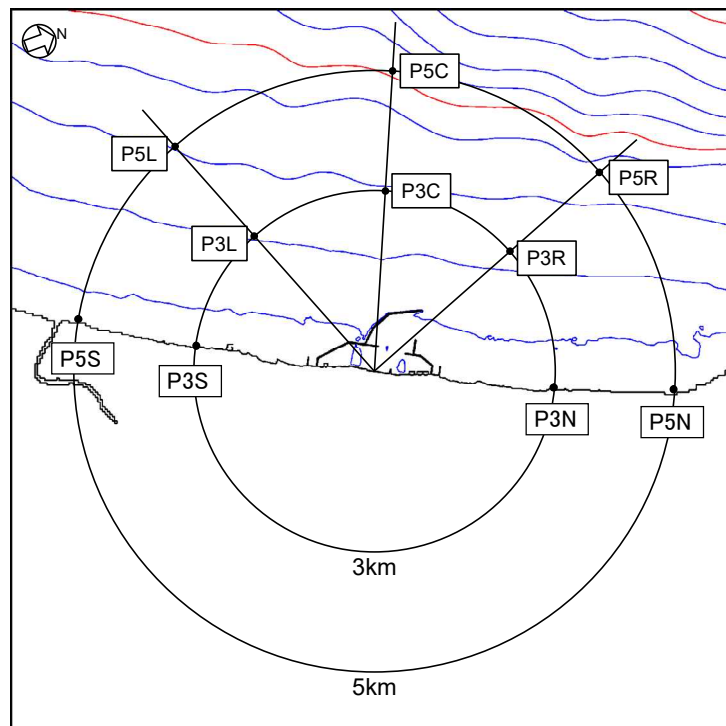


図 4.2-4 水位、流向、流速の抽出地点

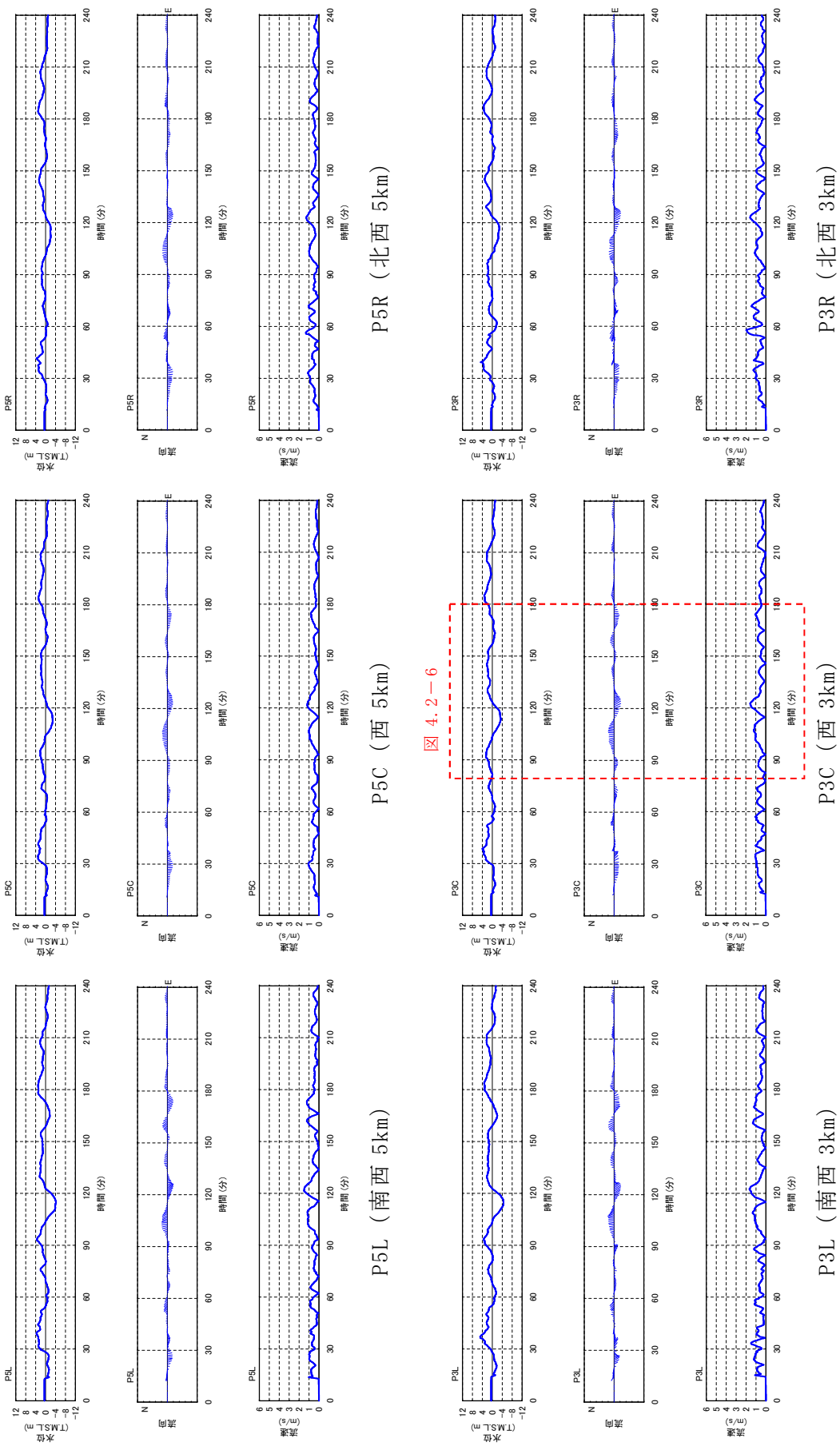


図 4.2-5 抽出地点における水位，流向，流速（基準津波 1）

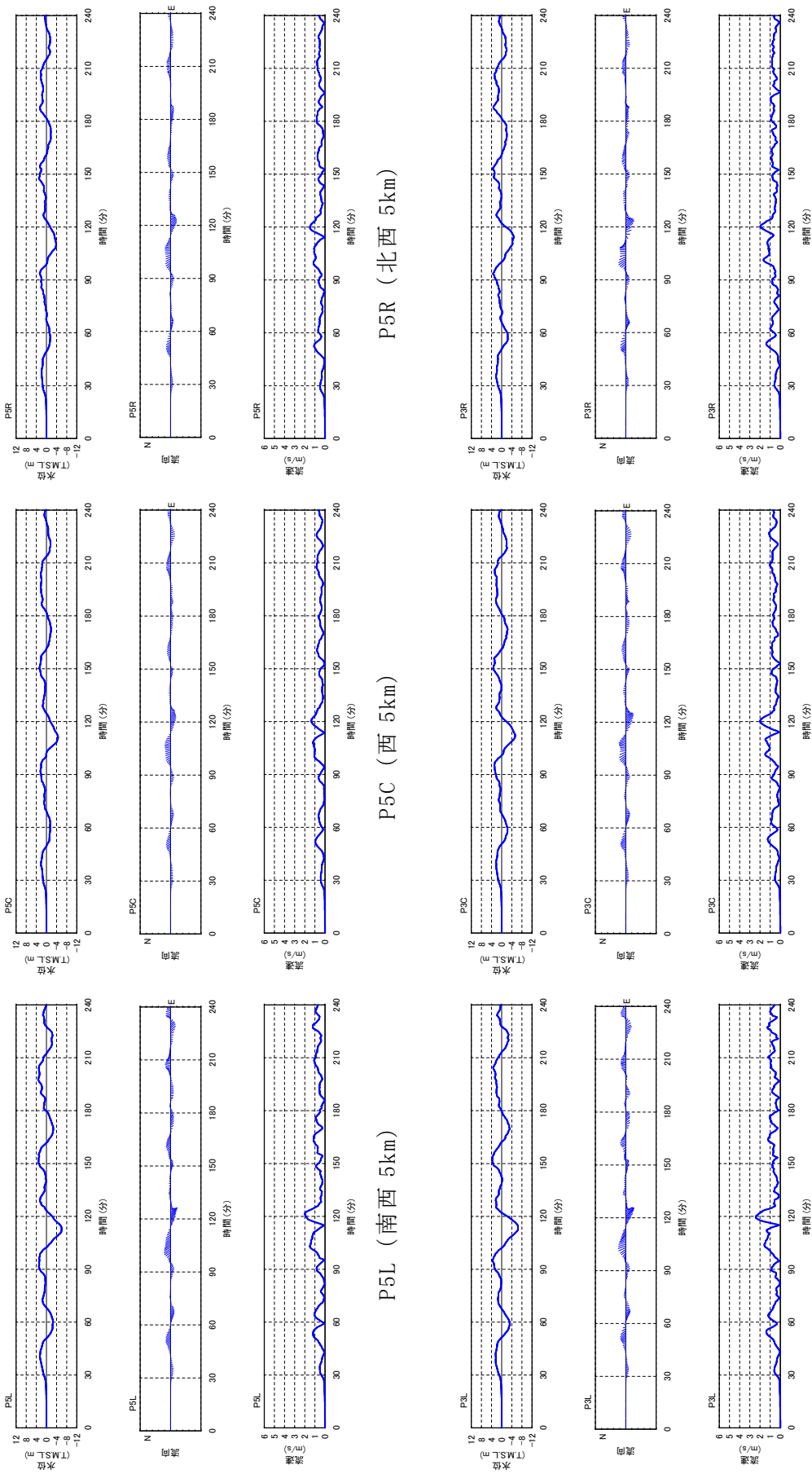


図 4.2-5 抽出地点における水位，流向，流速（基準津波 2）

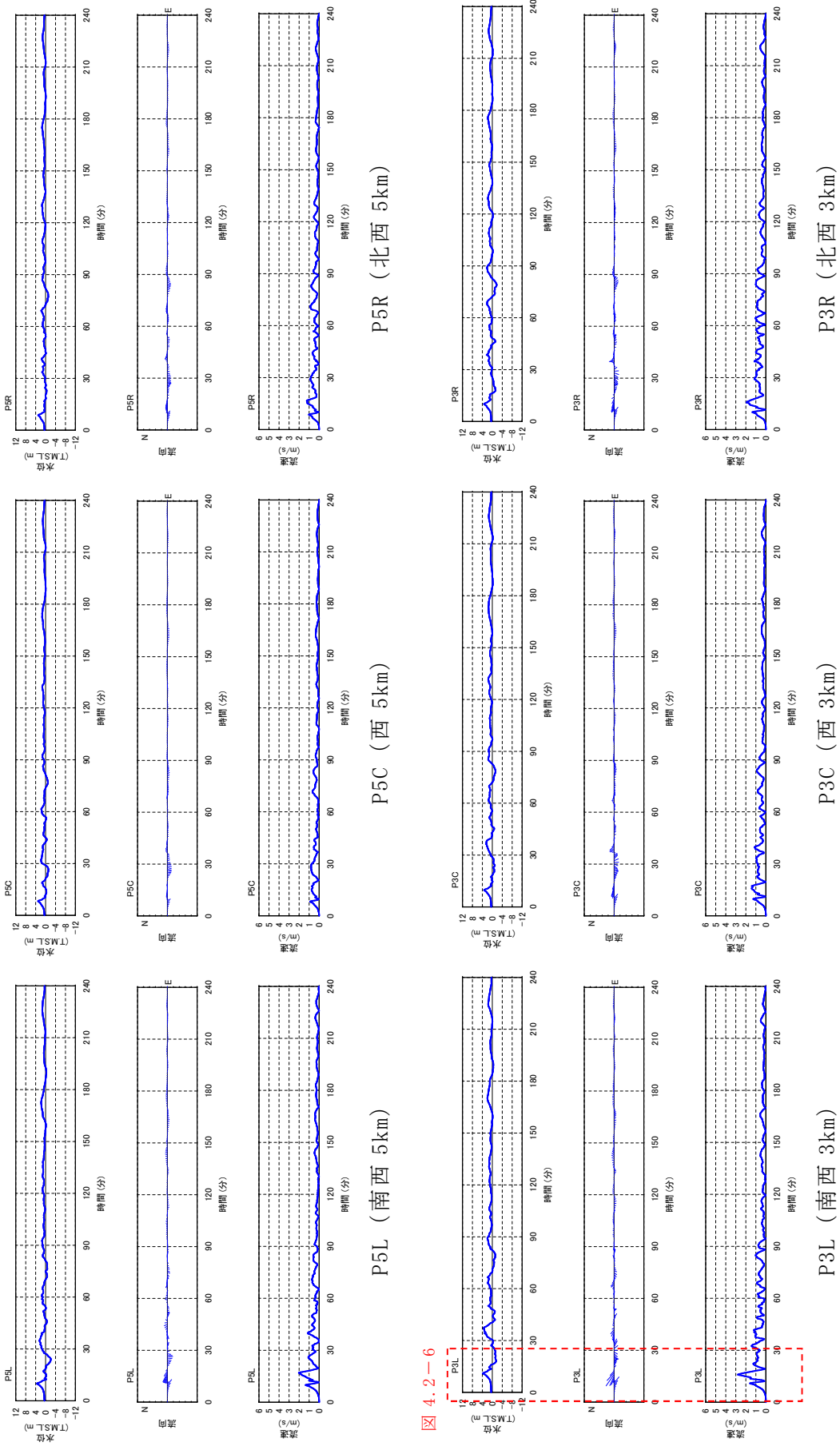
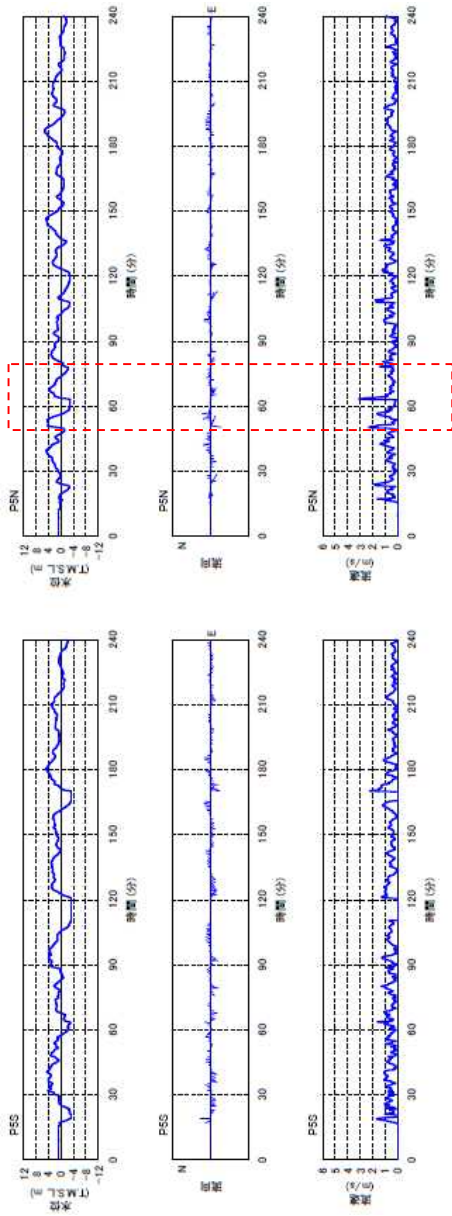


図 4.2-6

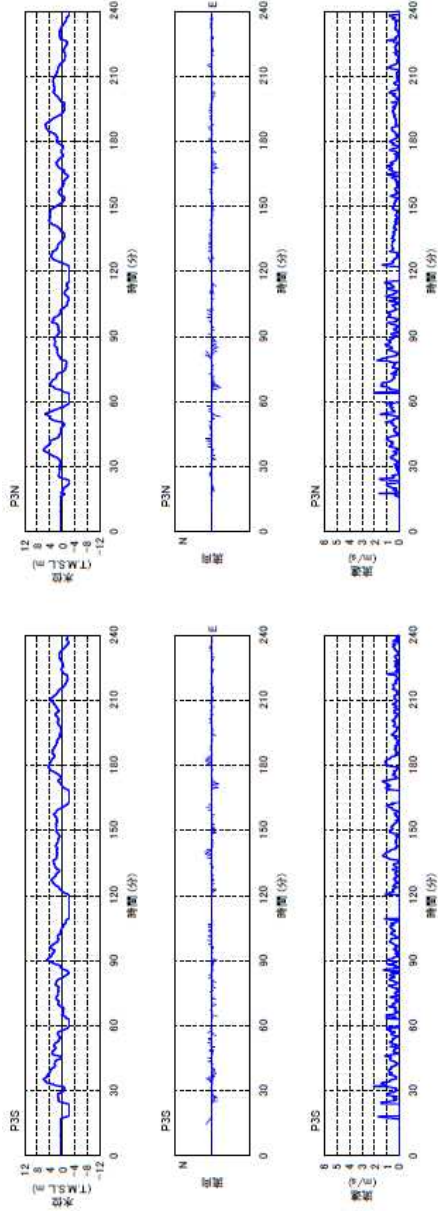
図 4.2-5 抽出地点における水位，流向，流速（基準津波 3）

図 4.2-6



P5S (南 5km)

P5N (北 5km)



P3S (南 3km)

P3N (北 3km)

図 4.2-5 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）

図 4.2-6

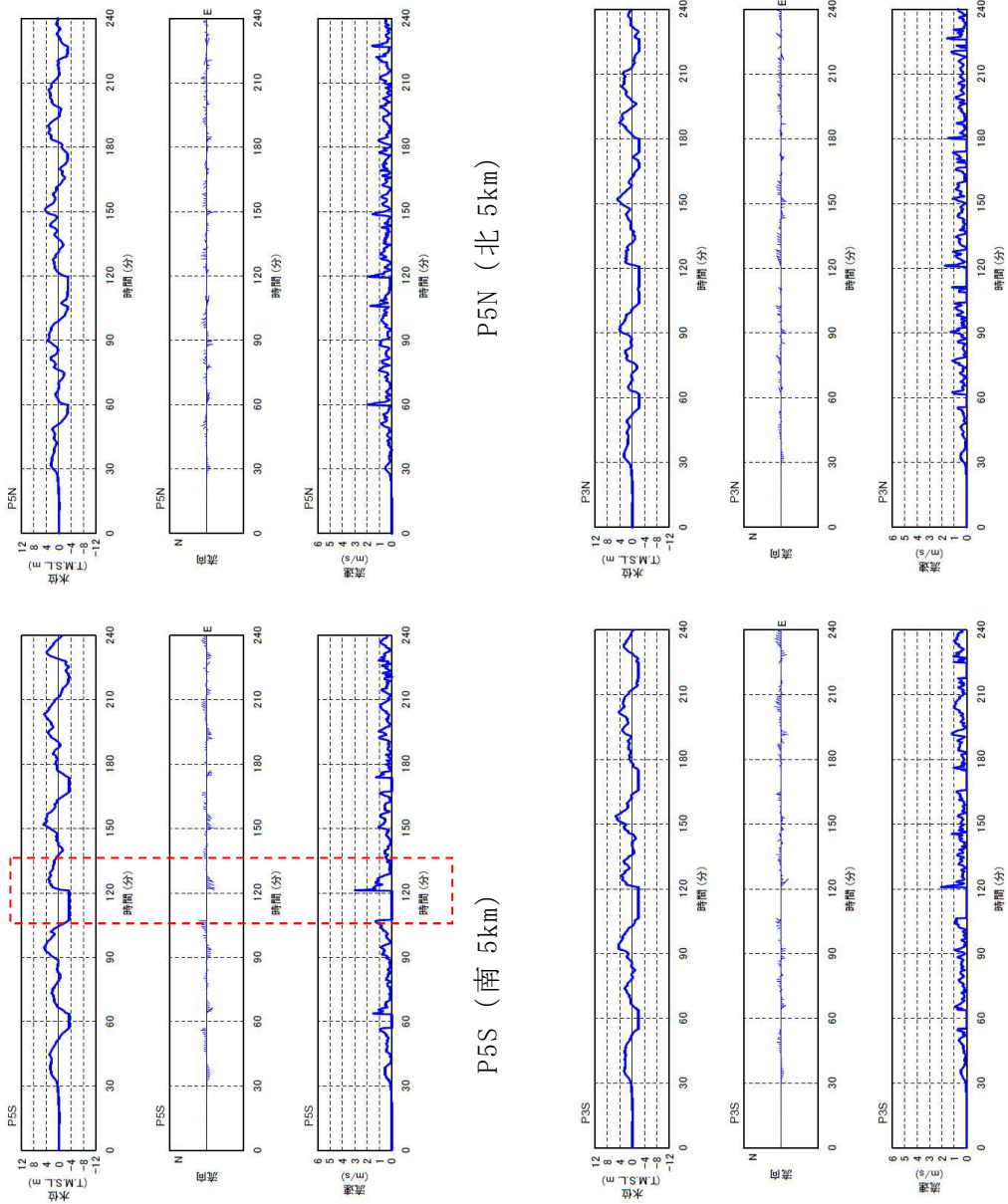
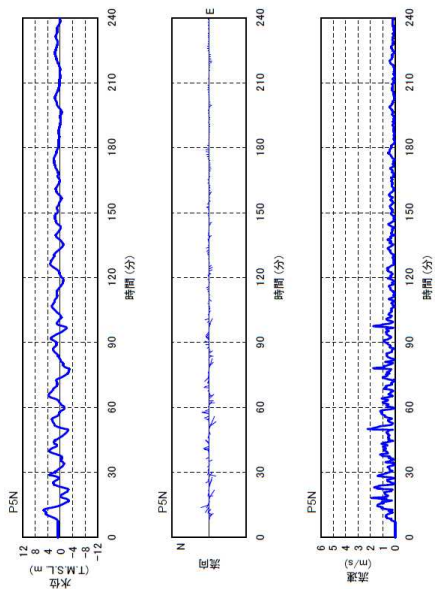
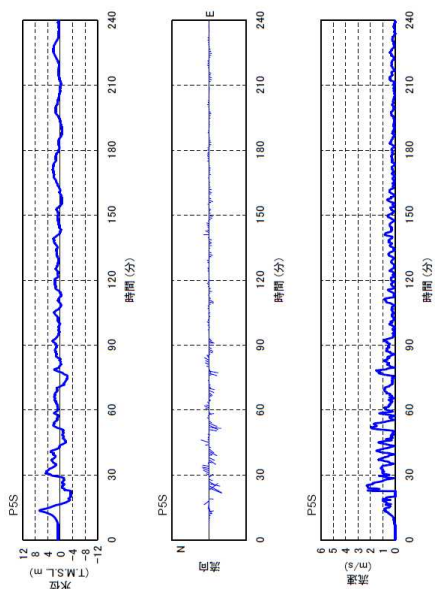


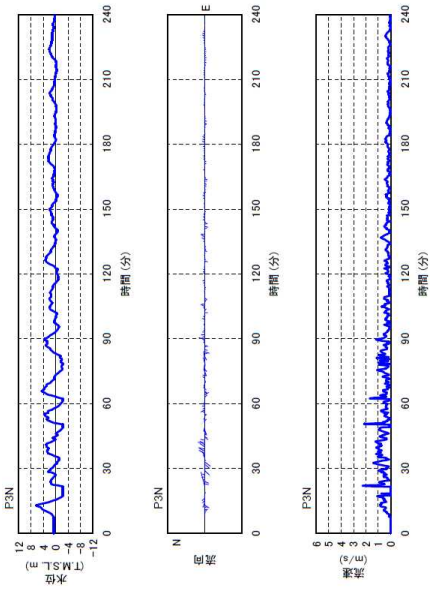
図 4.2-5 抽出地点における水位，流向，流速（基準津波 2 における沿岸部汀線方向）



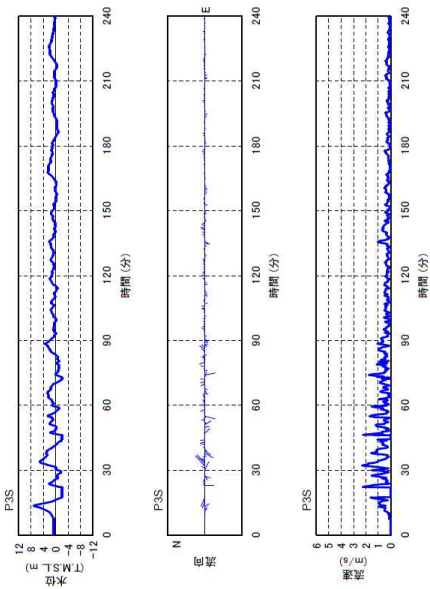
P5N (北 5km)



P5S (南 5km)

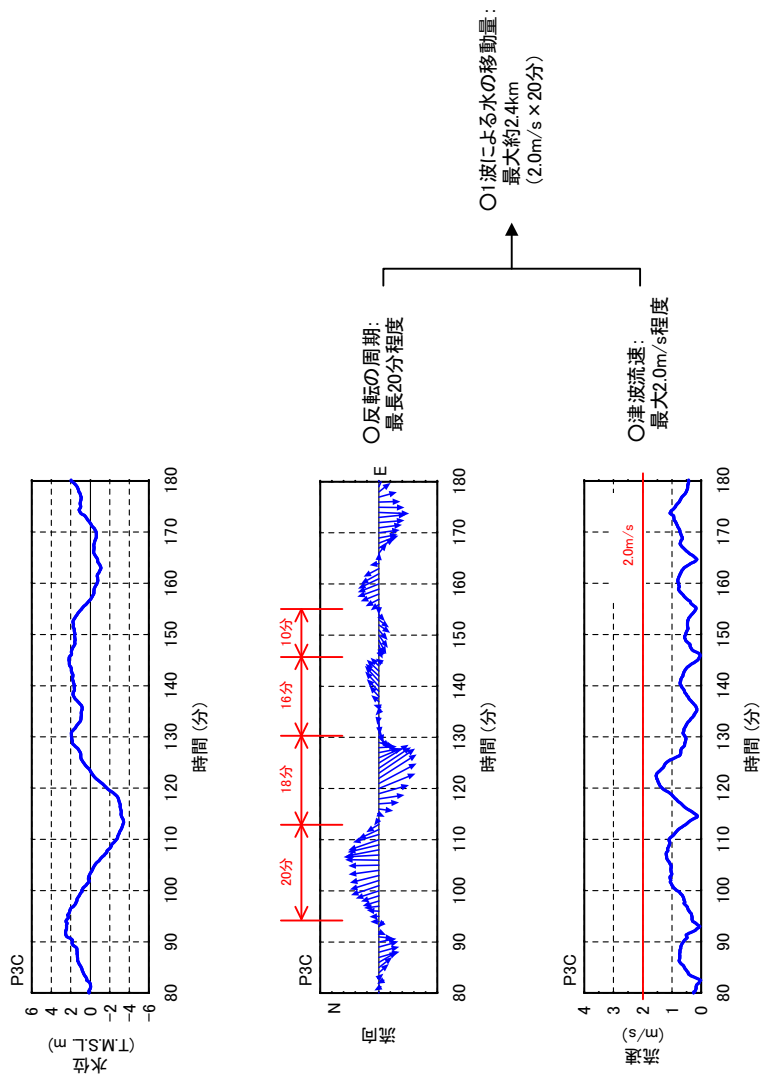


P3N (北 3km)



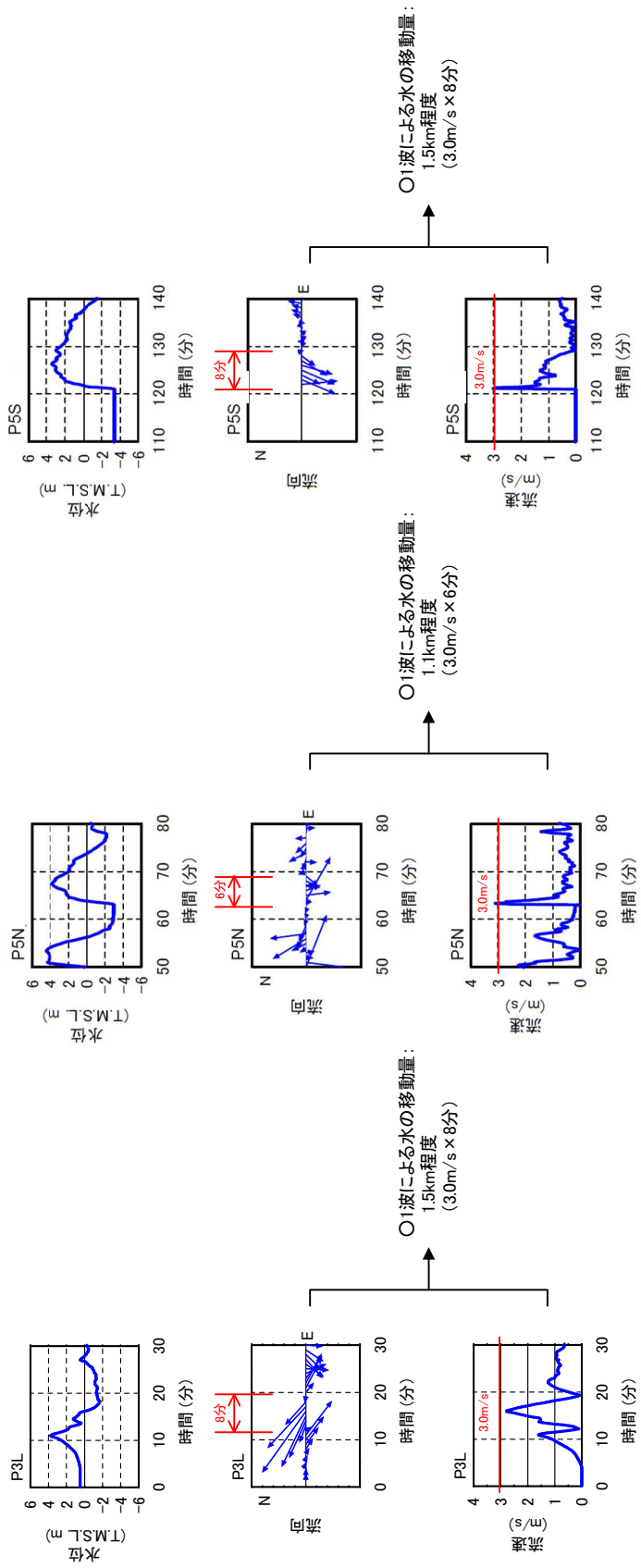
P3S (南 3km)

図 4.2-5 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 4.2-6 基準津波による水の移動量 (その 1)



基準津波3 地点P3L

基準津波1 地点P5N

基準津波2 地点P5S

図 4.2-6 基準津波による水の移動量 (その 2)

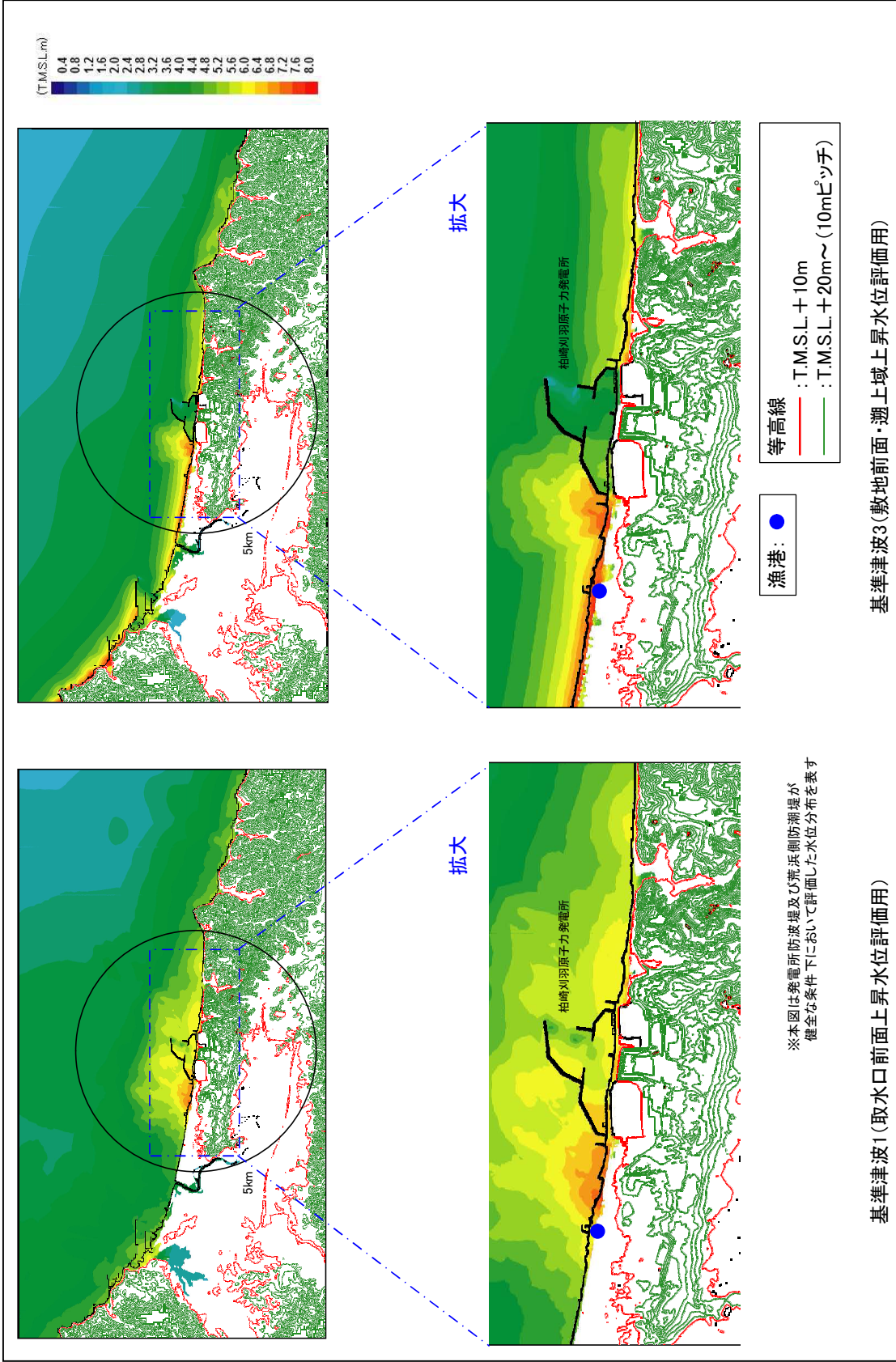


図 4.2-7 発電所周辺標高図及び最高水位分布

c. 漂流物となる可能性のある施設・設備等の抽出

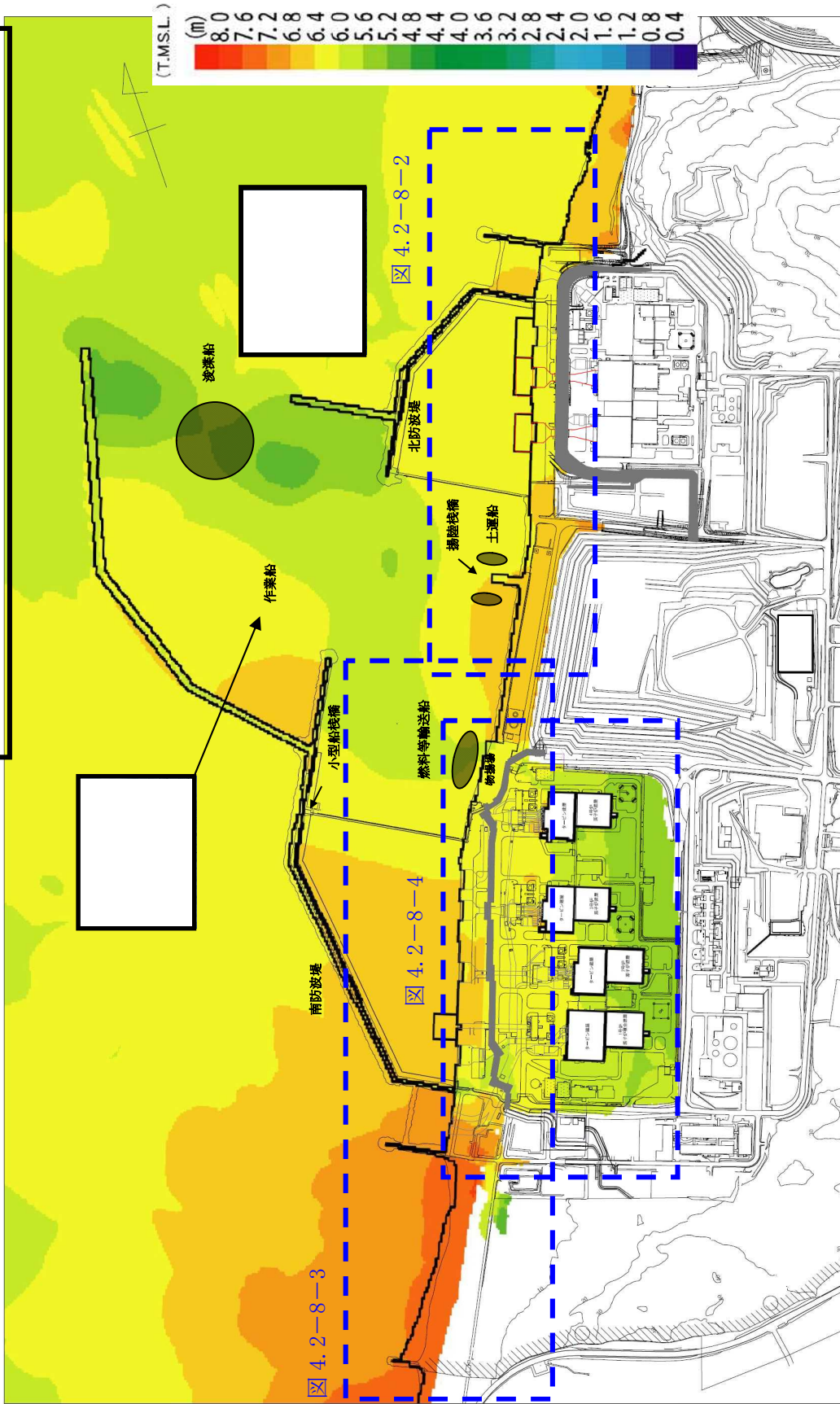
設定した漂流物調査範囲について、発電所の構内と構外、また海域と陸域とに分類して調査を実施し、漂流物となる可能性のある施設・設備等の抽出を行った。各分類における調査の対象、調査の方法及び調査の実施時期を表 4.2-1 に示す。

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		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
B	発電所 構内	陸域	<ul style="list-style-type: none"> 人工構造物 可動/可搬物品 植生等 	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 	<ul style="list-style-type: none"> 現場調査 聞き取り調査 	<ul style="list-style-type: none"> ・H26. 09. 09 ・H27. 12. 03 ・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 	<ul style="list-style-type: none"> 図上調査 現場調査 	<ul style="list-style-type: none"> ・H27. 12. 04 ・H26. 09. 08 ・H26. 09. 09

調査結果を、発電所構内について図 4.2-8 に、発電所構外について図 4.2-9 及び表 4.2-2 にそれぞれ示す。ここで、図 4.2-8 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 4.2-8-1 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	607号取水電源室 アンテナハウス	617号取水電源室	5号取水電源室	5号機放水口アンテナハウス	本溪湖の東危険物保管庫	避雷鉄塔	除塵装置	クワリー用車庫 門型クレーン	クワリー用車庫 門型クレーン
外観									
備考									
No.	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)
名称	電気・制御盤	海水貯水能モニタ	資機材 (常時保管)	資機材 (常時保管)	資機材 (一時貯入)	車両	その他一般建築物	その他一般建築物	その他一般建築物
外観									
備考	・代表を仰示	・代表を仰示	・代表を仰示 (細取角落とし)	・代表を仰示 (仮設ハウス)	・代表を仰示 (電源)	・代表を仰示	・代表を仰示 (グレーチング)	・代表を仰示 (外灯)	・代表を仰示 (貝汚泥集揚水槽)

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。

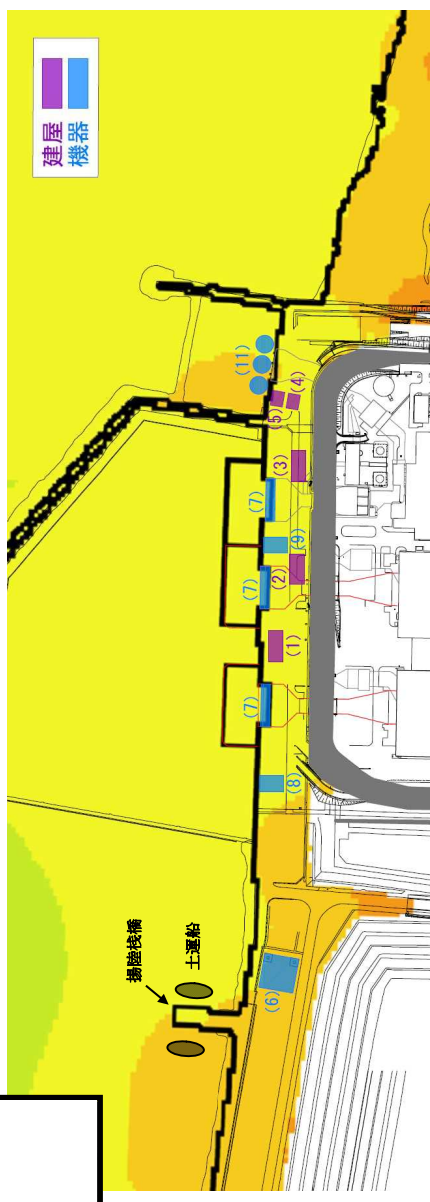


図 4.2-8-2 漂流物調査結果 (発電所構内大溪側護岸部詳細)

No.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
名称	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 (屋外放射線監視 CACP 用シールドタワー)	緊急時少量危険物保管庫①	緊急時少量危険物保管庫②	1号機前置水ポンプ建屋	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	処理大型機線が検出建屋	3/4号機取水電源室	物揚揚電源室	重油移送ポンプ室	避雷鉄塔	除塵装置	スクリーン取込用門型クレーン	スクリーン取込用門型クレーン	物揚揚 (吊壁) 150t デリッククレーン
外観									
備考									
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	海水放射能モニター	電気・制御室	資機材 (常時保管)	代表を例示	1号及び2号機用 その他一般機用	3号及び4号機用 その他一般機用	
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。

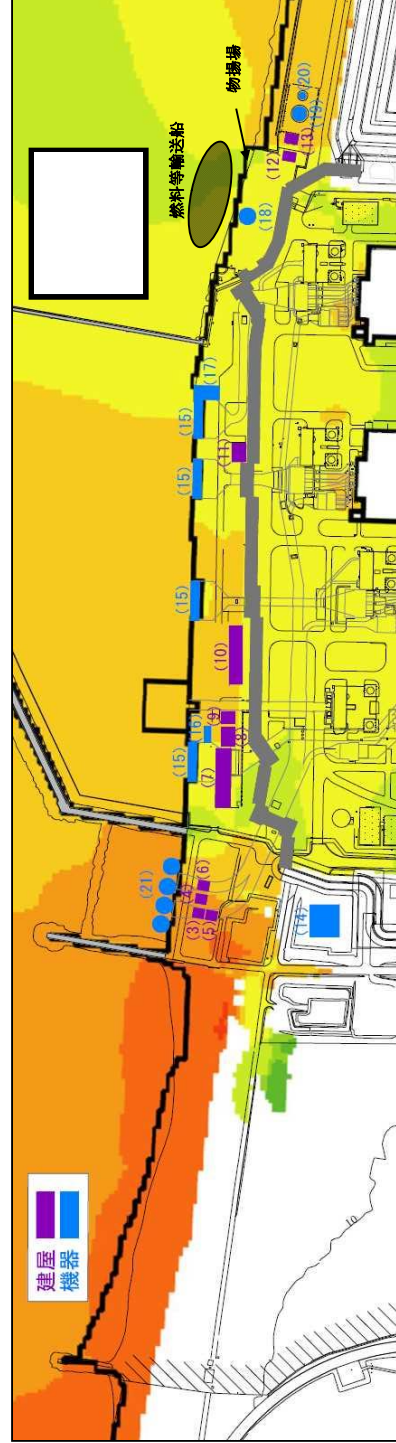






































図 4.2-8-3 漂流物調査結果 (発電所構内荒浜側護岸部詳細)

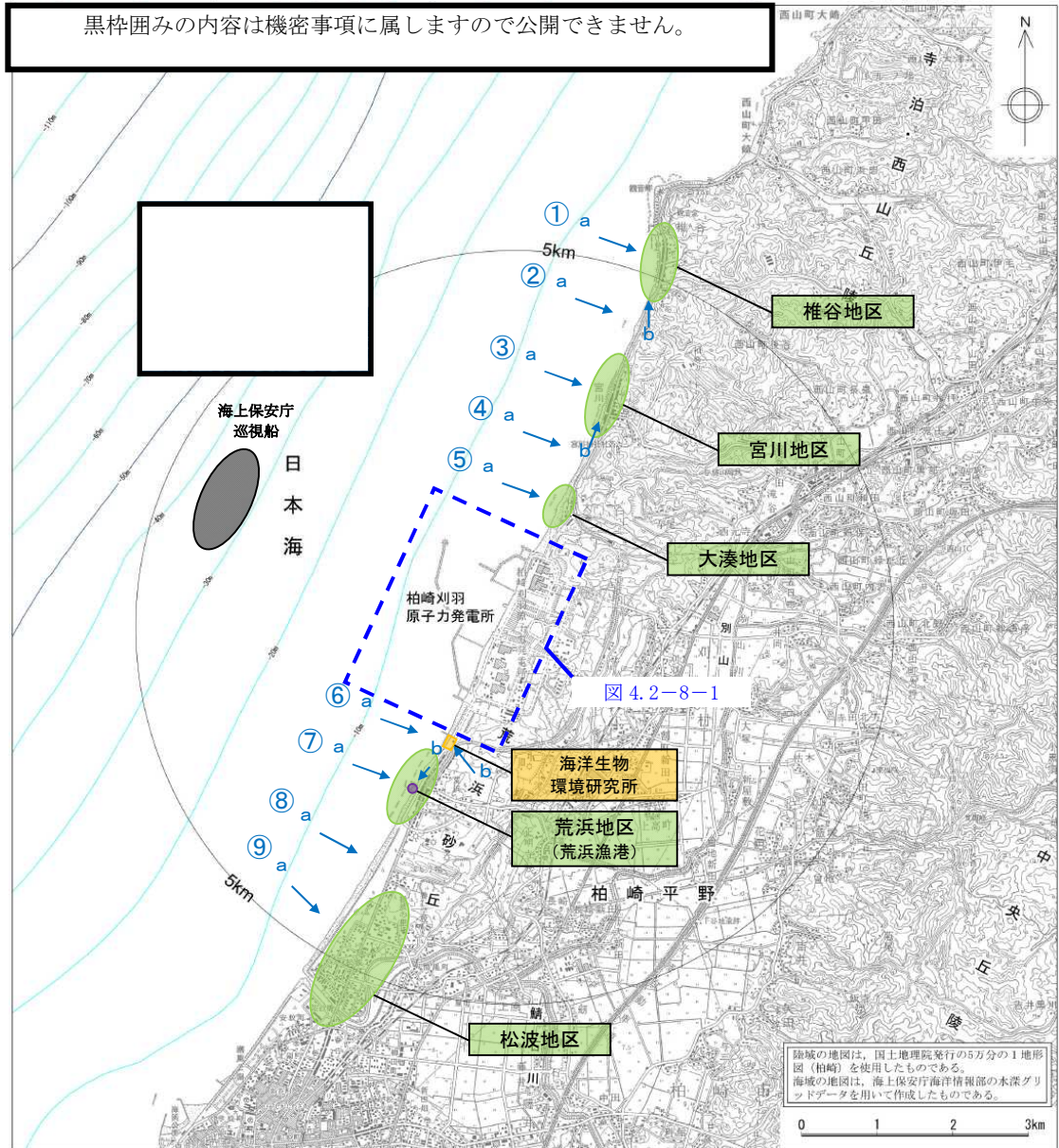
No.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
名称	海水熱交換器建屋	循環水ポンプ建屋	ボール補償器 ヒット上屋	ポンプ建屋	自然海水ポンプ室	1号機温海水ポンプ室	海水淡化装置制御室	雑用体産廃物 焼却設備建屋(荒浜側)	荒浜側洗滌設備建屋
外観									
備考	・1号機海水機器建屋を含む ・代表を例示	・代表を例示	・代表を例示	・代表を例示			・1号機海水機器建屋と一体 構造		
No.	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)
名称	ボイラー建屋	旧出入り管理所	主排気モニター建屋	第二無線局	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 ・脱水ポンプ室	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)	資機材(常時保管)	資機材(常時保管)		
外観									
備考	・代表を例示		・代表を例示(施設 変動観測装置)	・代表を例示(仮設 ハウス、鋼材)	・代表を例示(予備品)	・代表を例示(防制場昇降架 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 4.2-8-4-1 漂流物調査結果 (発電所構内荒浜側防潮堤内敷地詳細)



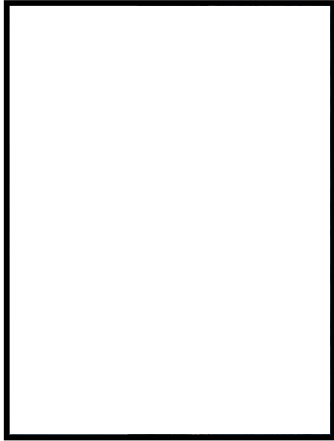

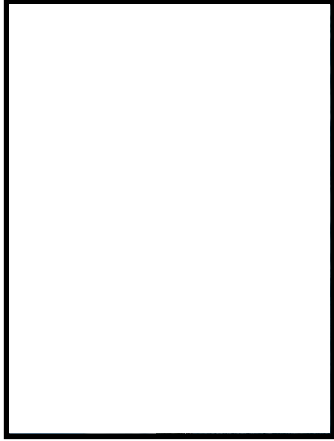
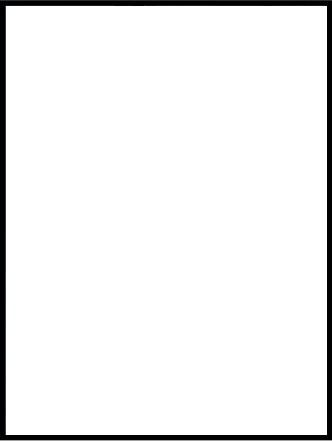
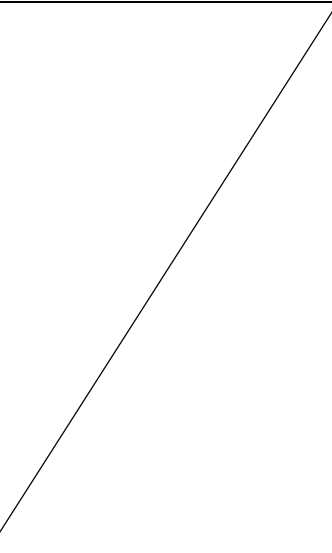
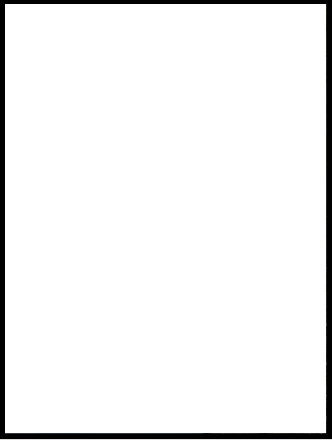
図 4.2-8-4-2 漂流物調査結果 (発電所構内荒浜側防潮堤内敷地詳細)



※図中“a→”, “b→”は図4.2-2表中の写真の撮影方向(矢視)を示す


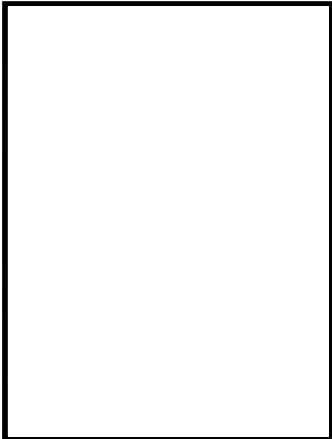
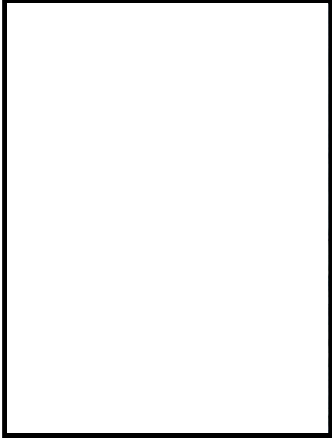
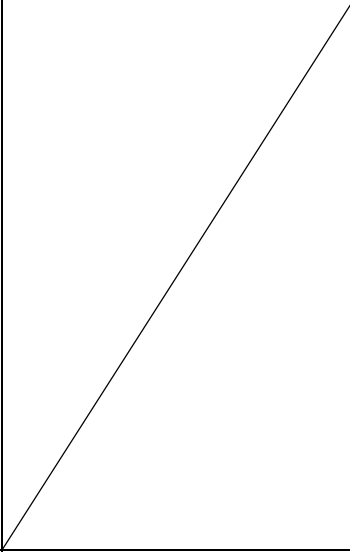
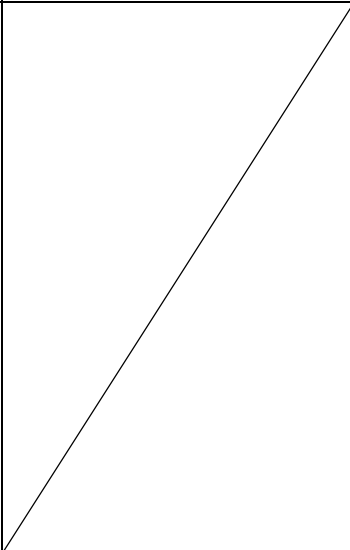
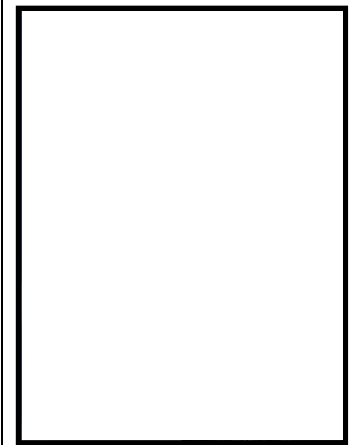
図 4.2-9 漂流物調査結果(発電所構外)

表 4.2-2 漂流物調査結果（発電所構外）（1/3）

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

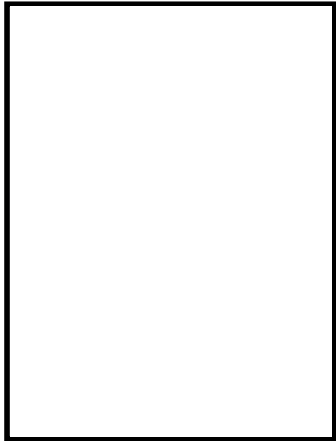

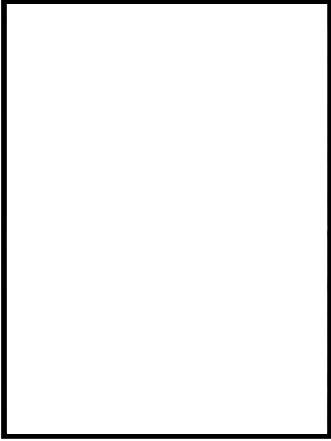
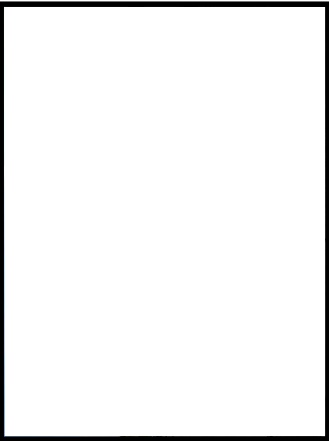
黒枠囲みの内容は個人情報に属しますので公開できません。

表 4.2-2 漂流物調査結果 (発電所構外) (2/3)

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

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	<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	<ul style="list-style-type: none"> ・家屋、倉庫等建築物 ・フェンス、電柱等構造物 ・乗用車等車両 	なし	<ul style="list-style-type: none"> ・家屋等建築物 ・フェンス、電柱等構造物 ・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。

d. 通水性に与える影響の評価

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、「漂流物化の可能性」、「取水口への到達の可能性」、「取水口・取水路の閉塞の可能性」の観点より、以下のフローに従い6号及び7号機の取水口及び取水路の通水性に与える影響評価を行った。

ここで、「漂流」は施設・設備等の比重が大きい（浮力よりも自重が大きい）場合には生じることはないが、6号及び7号機の取水口近傍の大湊側護岸部とその前面海域にある施設・設備等については、比重がある程度大きい場合でも津波による流圧力によって滑動や転動により流され、取水口に接近し、取水口・取水路の通水性に影響を及ぼす可能性が考えられる。このため、本評価では、大湊側護岸部とその前面海域の施設・設備等に対しては、この「滑動、転動」も「漂流」に含めて取り扱った。

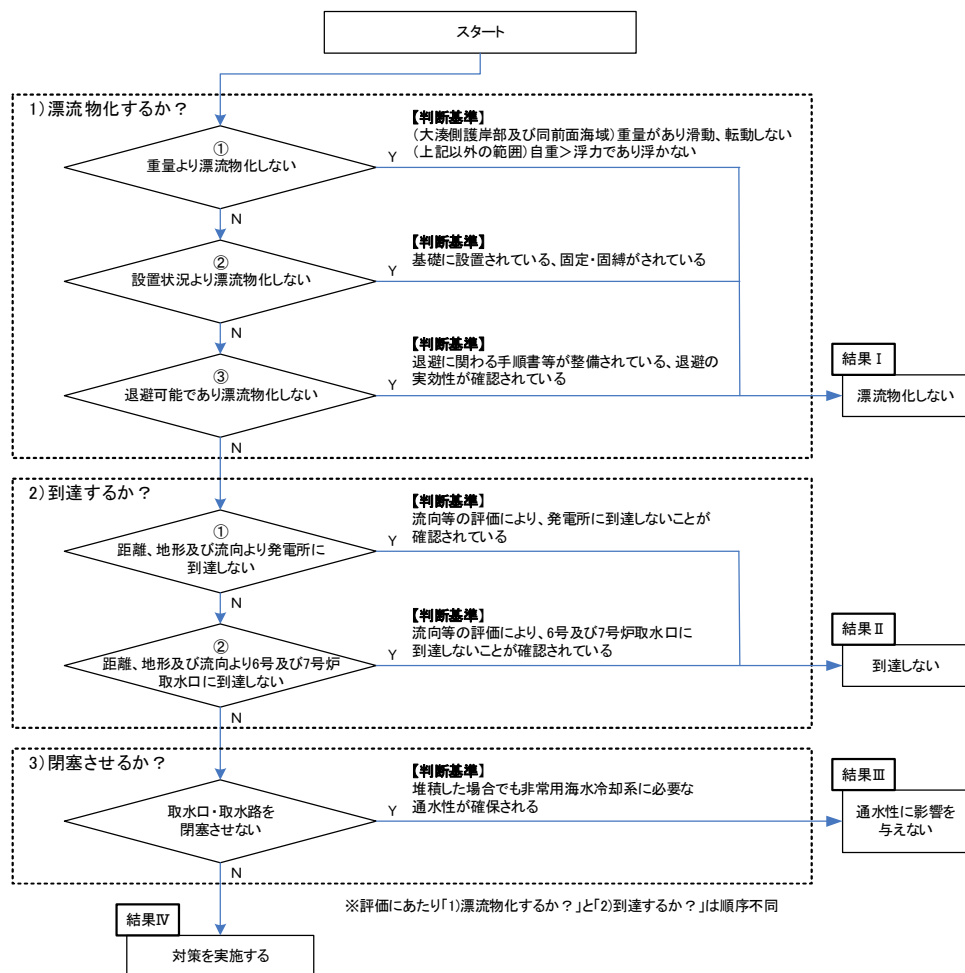


図 4.2-10 通水性に与える影響評価フロー

査により抽出された漂流物となる可能性のある施設・設備等の詳細及びそれらに対する影響評価の結果を調査分類ごとに以下に示す。

分類A（構内・海域）

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の位置に揚陸棧橋、南防波堤内側に小型船棧橋がある。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500t）及び土運船（総トン数約500t）が来航・停泊し、土運船は海象条件が悪い場合には港湾内（南突堤より内側）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20t）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4.2-8）

抽出された以上の船舶に対して図4.2-10に示したフローにより6号及び7号機の取水口及び取水路の通水性に与える影響評価を実施した。

なお、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6号及び7号機の取水口前面に位置するため、その通水性に影響を及ぼす可能性が考えられる（図4.2-8）。このため、本分類ではその影響についても合わせて評価を実施した。

以上の評価結果を以下に示す。また評価結果の一覧を表4.2-4に示す。

① 燃料等輸送船

燃料等輸送船の主な輸送行程を図 4.2-11 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 4.2-12 に示すフローを取り込んだマニュアルを整備している。

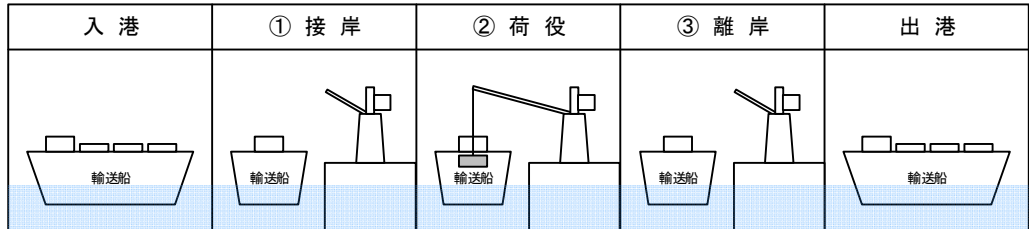


図 4.2-11 主な輸送行程

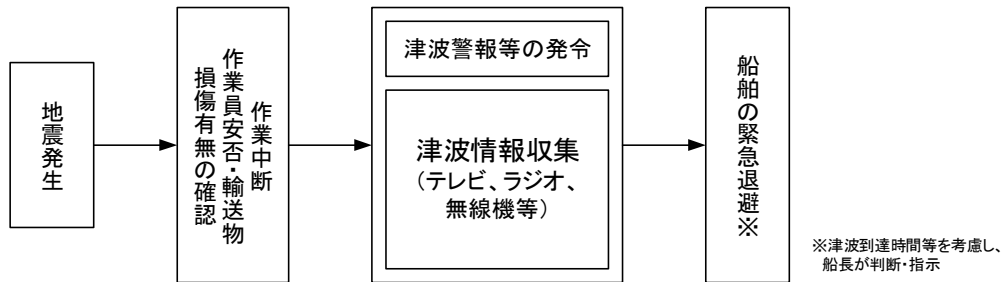
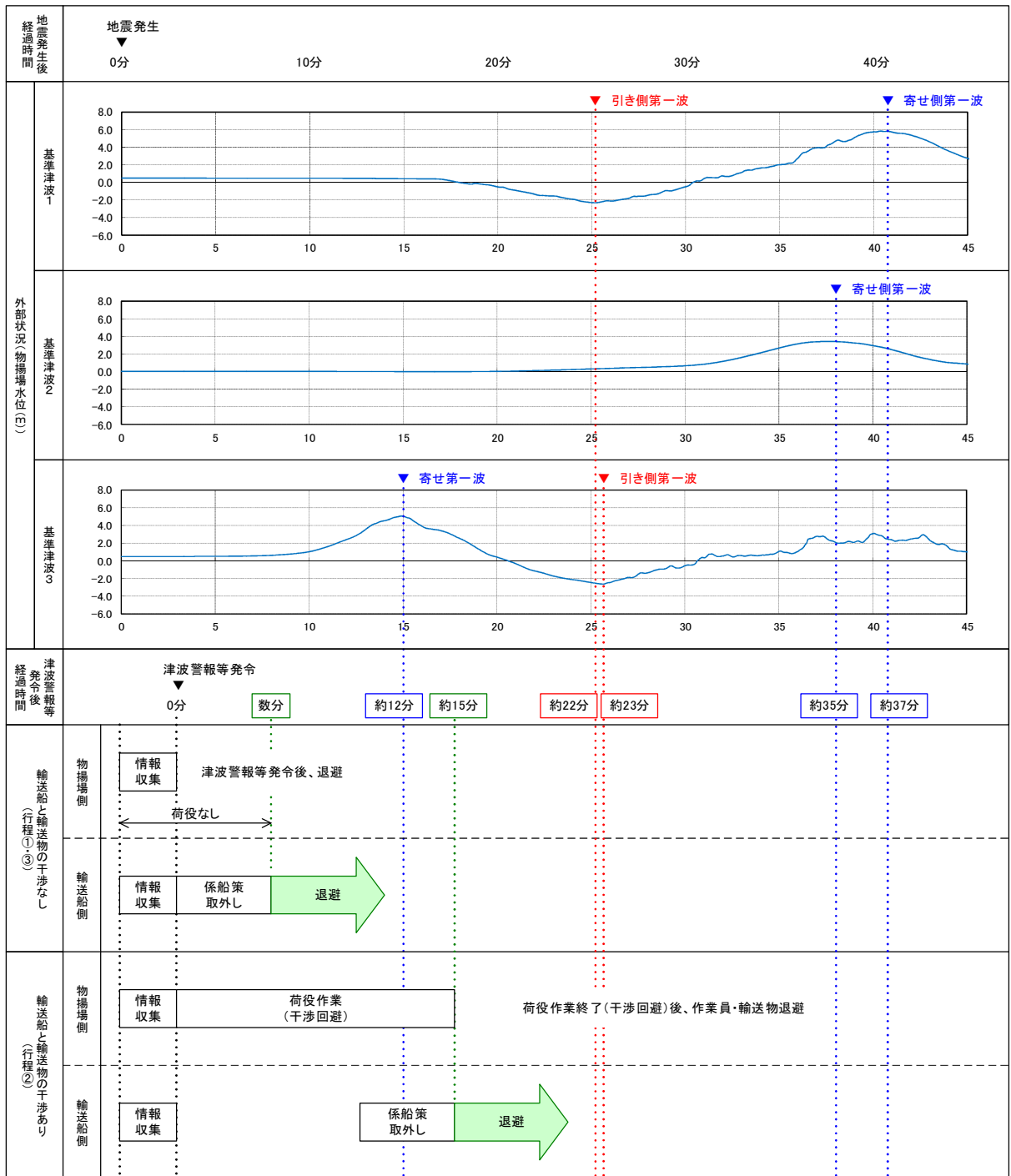


図 4.2-12 緊急退避フロー図（例）

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 4.2-13 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)
 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 4.2-13 津波の到達と燃料等輸送船の緊急退避に要する時間

図 4.2-13 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】

- 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 4.2-13 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のあることが考えられるが、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】

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 4.2-14 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。

なお、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。

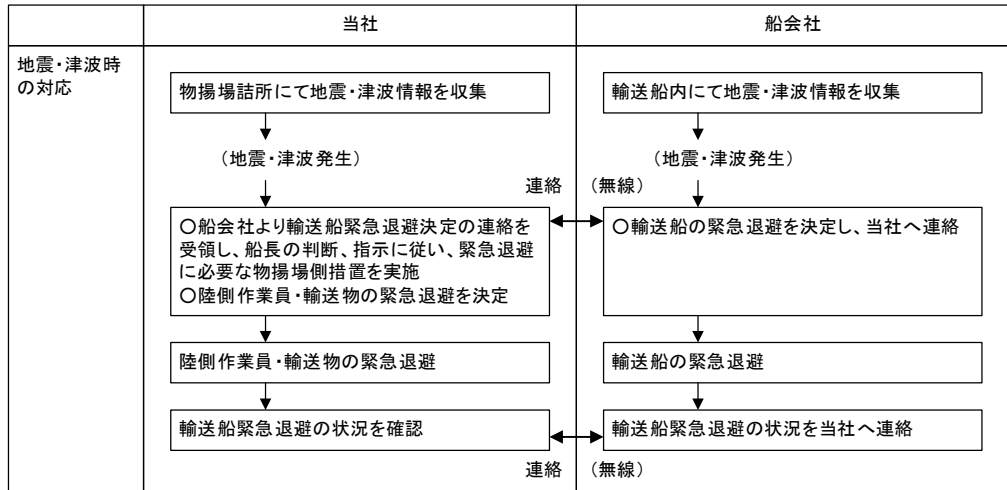


図 4.2-14 輸送船緊急退避時の当社と船会社の関係性

② 浚渫作業関連船舶

浚渫作業の主な作業工程を図 4.2-15 に示す。

工程	作業内容
1	<u>曳船・投錨作業</u> 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、揚錨船でアンカーを投錨し、浚渫船を固定する
2	<u>係船・浚渫作業</u> 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	<u>土運船曳船～排土作業</u> 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	<u>作業終了後（海象条件が良い場合）</u> 浚渫船に土運船、曳船及び投錨船を係留し待機 <u>作業終了後（海象条件が悪い場合）</u> 浚渫船に曳船及び投錨船を係留し待機 土運船については港湾内に沈めてある重りに係留し待機

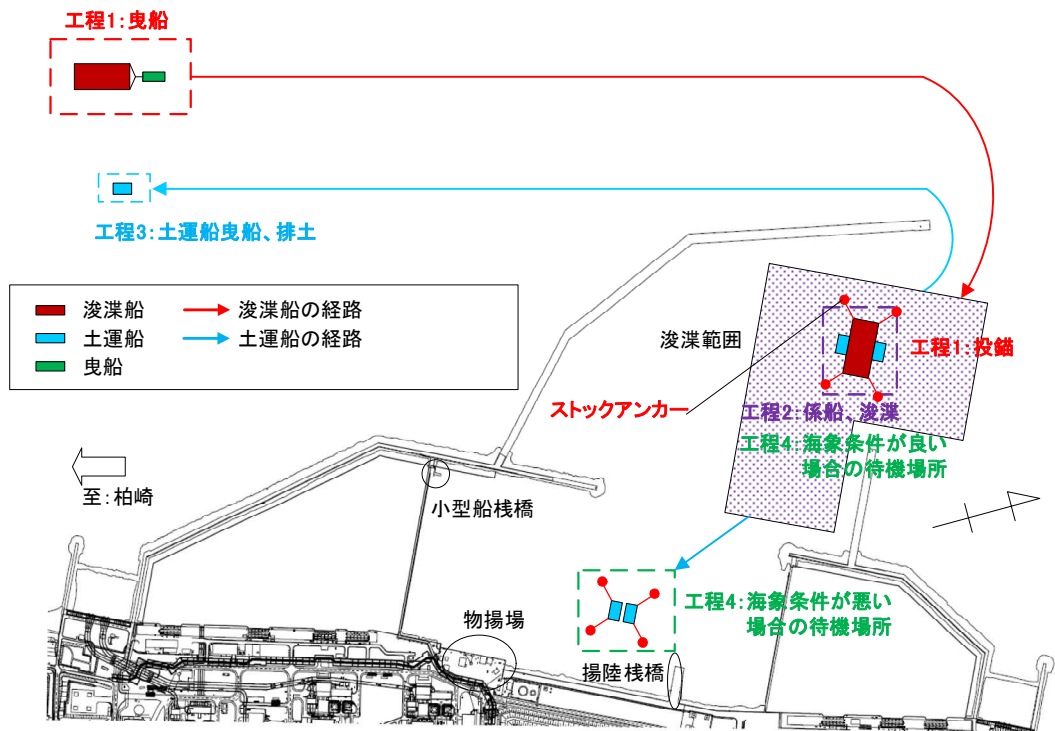
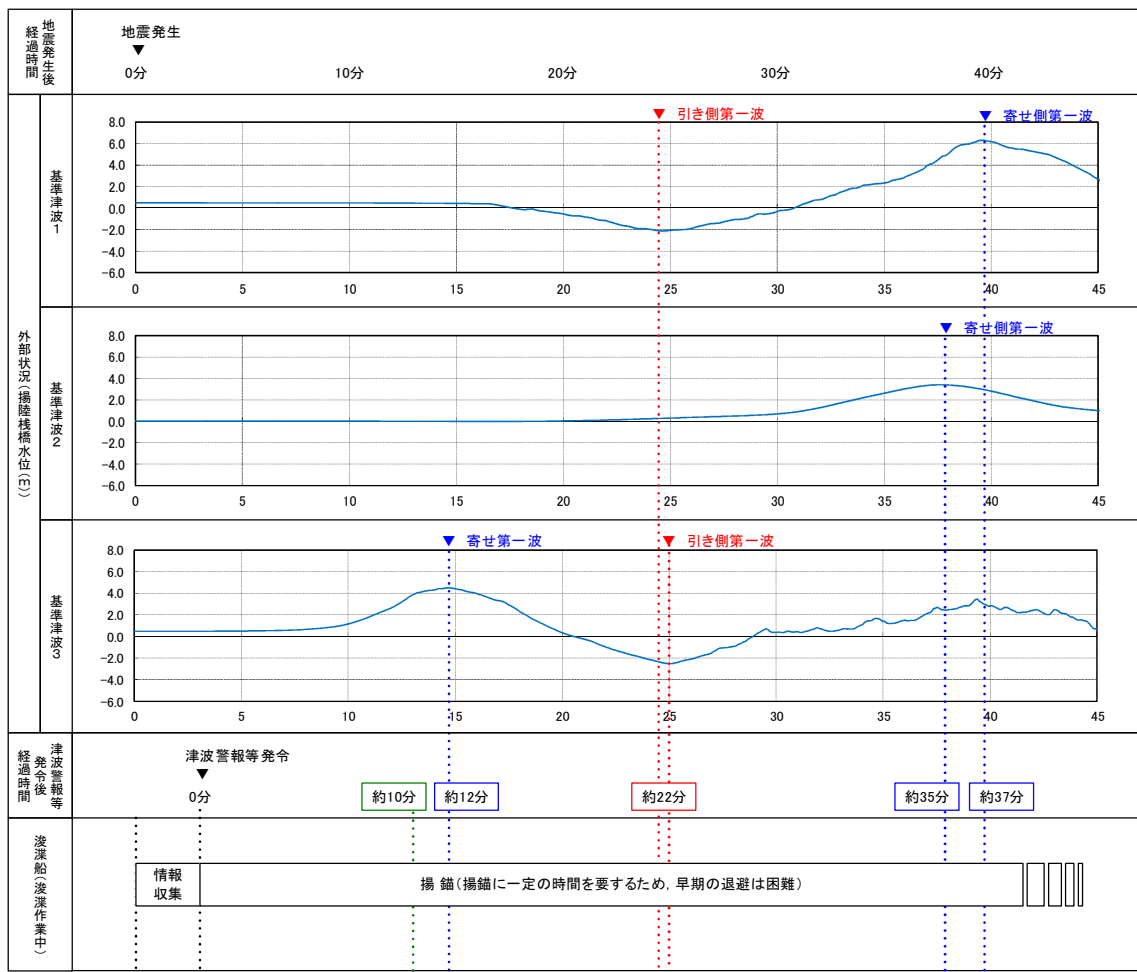


図 4.2-15 主な浚渫作業工程

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 4.2-16 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
 ・標準津波1: 朔望平均満潮位(T.M.S.L.+0.49m)、地殻変動量(0.21m)
 ・標準津波2: 朔望平均干潮位(T.M.S.L.+0.03m)、地殻変動量(0.20m)
 ・標準津波3: 朔望平均満潮位(T.M.S.L.+0.49m)、地殻変動量(0.29m)
 注4: 退避とは、揚陸棧橋から離岸することを示す

図 4.2-16 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 4.2-17 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 2.5m/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安定性のよいストックアンカーであり、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。

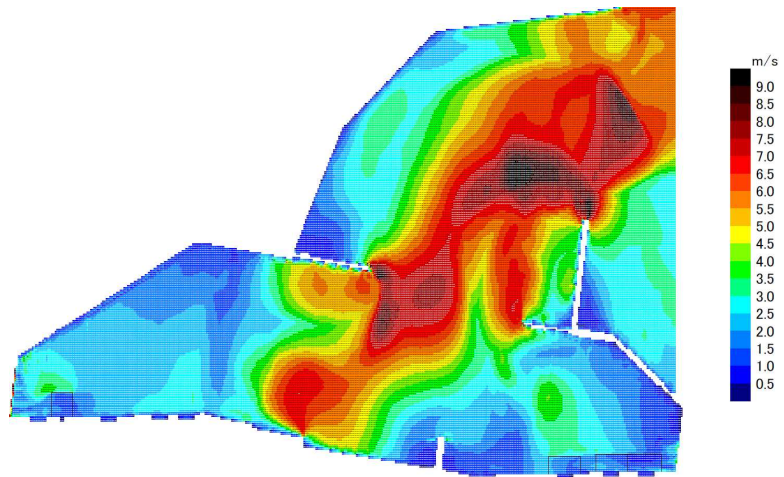
ここで、港湾内の複数位置における流速の時刻歴を示すと図 4.2-19~21 となるが、これより港湾口付近（位置 D3）では流速のピーク値は大きいものの限界流速を超える時間は限定的であること、また、港湾口から離れるに従いピーク値が下がり、位置 D1, DE1 では概ね限界流速以下となっていることがわかる。また、図 4.2-19~21 では流向についても確認を行っているが、各位置における流向は常に一定の方向に流れているわけではなく津波の押し引きに合わせ周期的に変動しており、6 号及び 7 号機の方となる北東方向の流向が卓越しているわけではないこともわかる。

また、走錨時の移動状況を確認することを目的として、図 4.2-19 における D1~D3 及び DE1 を起点とし、評価条件を表 4.2-3 に示す条件とした軌跡シミュレーションを実施した。図 4.2-22 に示す軌跡シミュレーションは、流速が 2.5m/s を超えている時間のみ漂流するとした場合の軌跡を示したものであるが、この結果より、走錨したとしても浚渫船の移動距離は限定的であり、海水貯留堰に到達しないことが分かる。なお、上記評価は水粒子の軌跡のシミュレーションであり、実際は走錨時であってもストックアンカーが抵抗となるため、浚渫船の走錨時の移動距離は更に小さくなる。

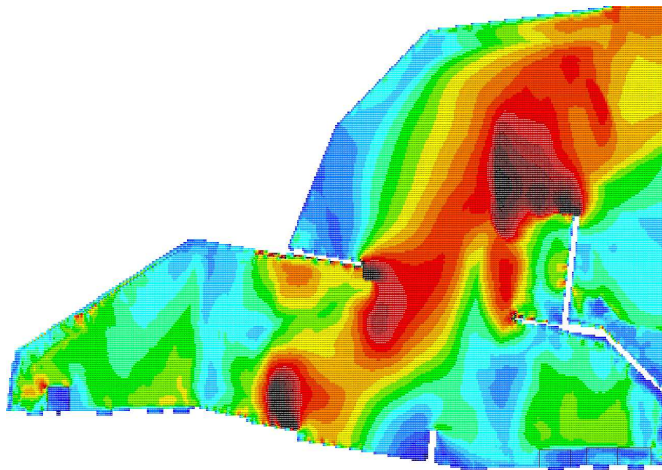
以上より、浚渫船は津波襲来時に係留位置から一時的に流され移動する可能性は考えられるものの、初期位置から津波の押し引きに合わせ移動する可能性はあるが、港湾内を漂う漂流物になることはないものと判断する。【結果 I】

なお、防波堤の損傷を模擬した条件（防波堤がない条件）における基準津波による港湾内の津波流速の最大値を評価すると図 4.2-18 に示すとおりとなり、防波堤が存在する場合より流速は小さい結果となった。これは、津波襲来下における港湾内の流向・流速（流況）は防波堤の影響を強く受け、港湾口部の津波流速に関しては、防波堤の存在により流れが集中し、流速が増大することに起因する。

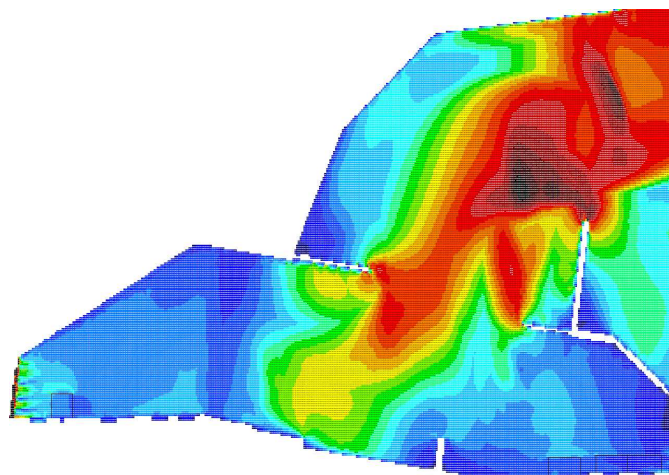
これより、本評価については、津波の原因となる地震等により防波堤が損傷する状況を想定した場合でも、その結果は、上記の防波堤が健全な状況における結果に包含されるものと判断する。



基準津波 1

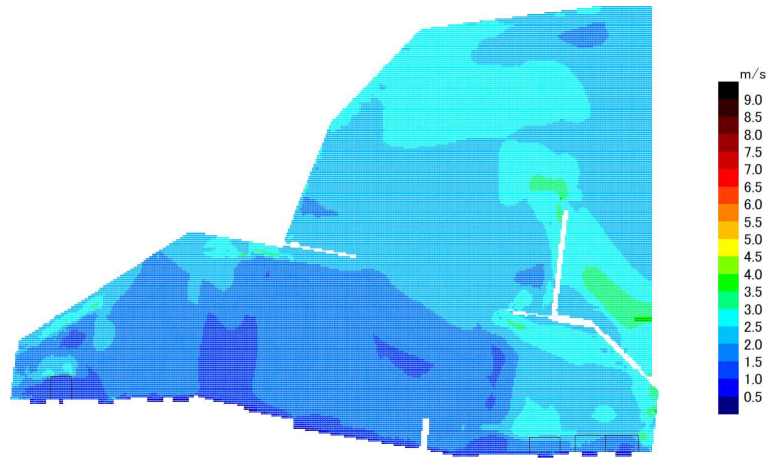


基準津波 2

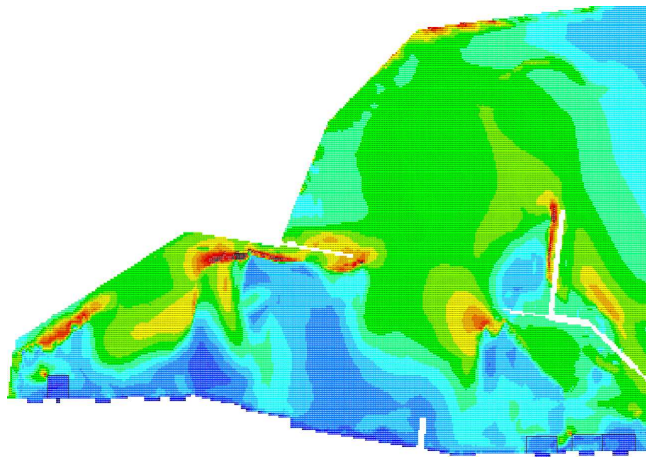


基準津波 3

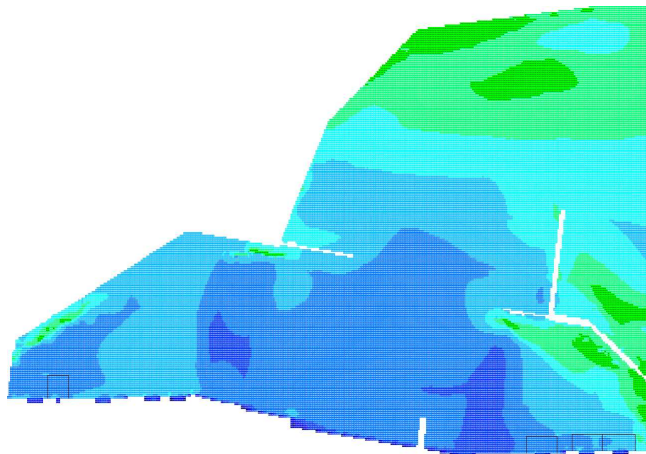
図 4.2-17 基準津波により生じる最大流速分布



基準津波 1



基準津波 2



基準津波 3

図 4.2-18 防波堤の地震等による損傷を考慮した影響評価

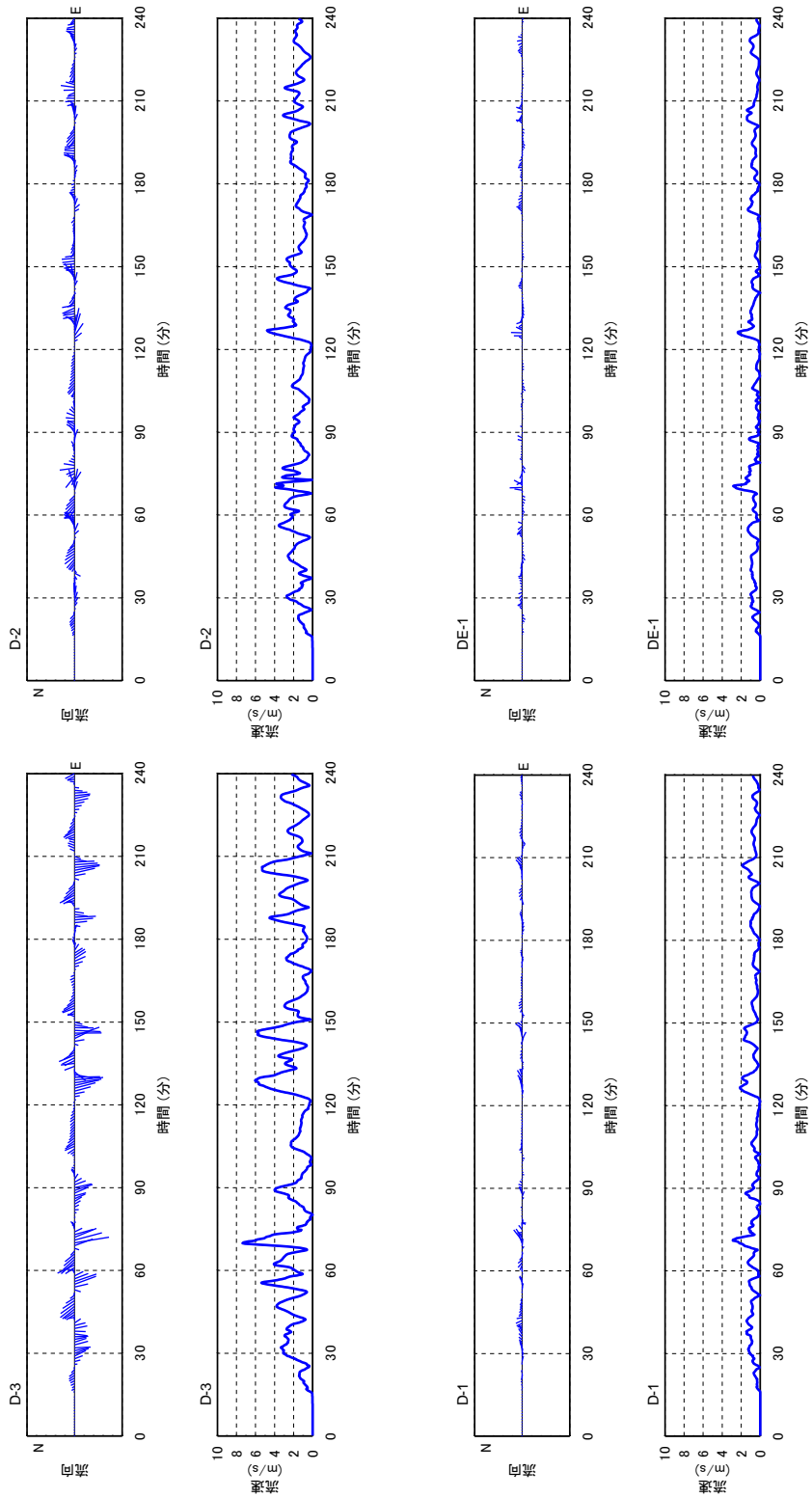
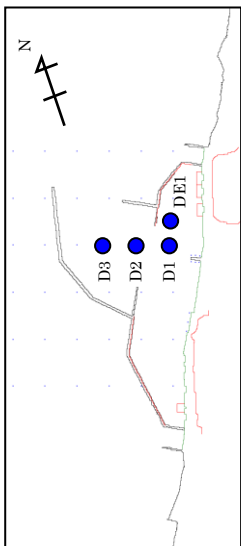


図 4.2-19 発電所港湾内における津波流速時刻歴(基準津波 1)

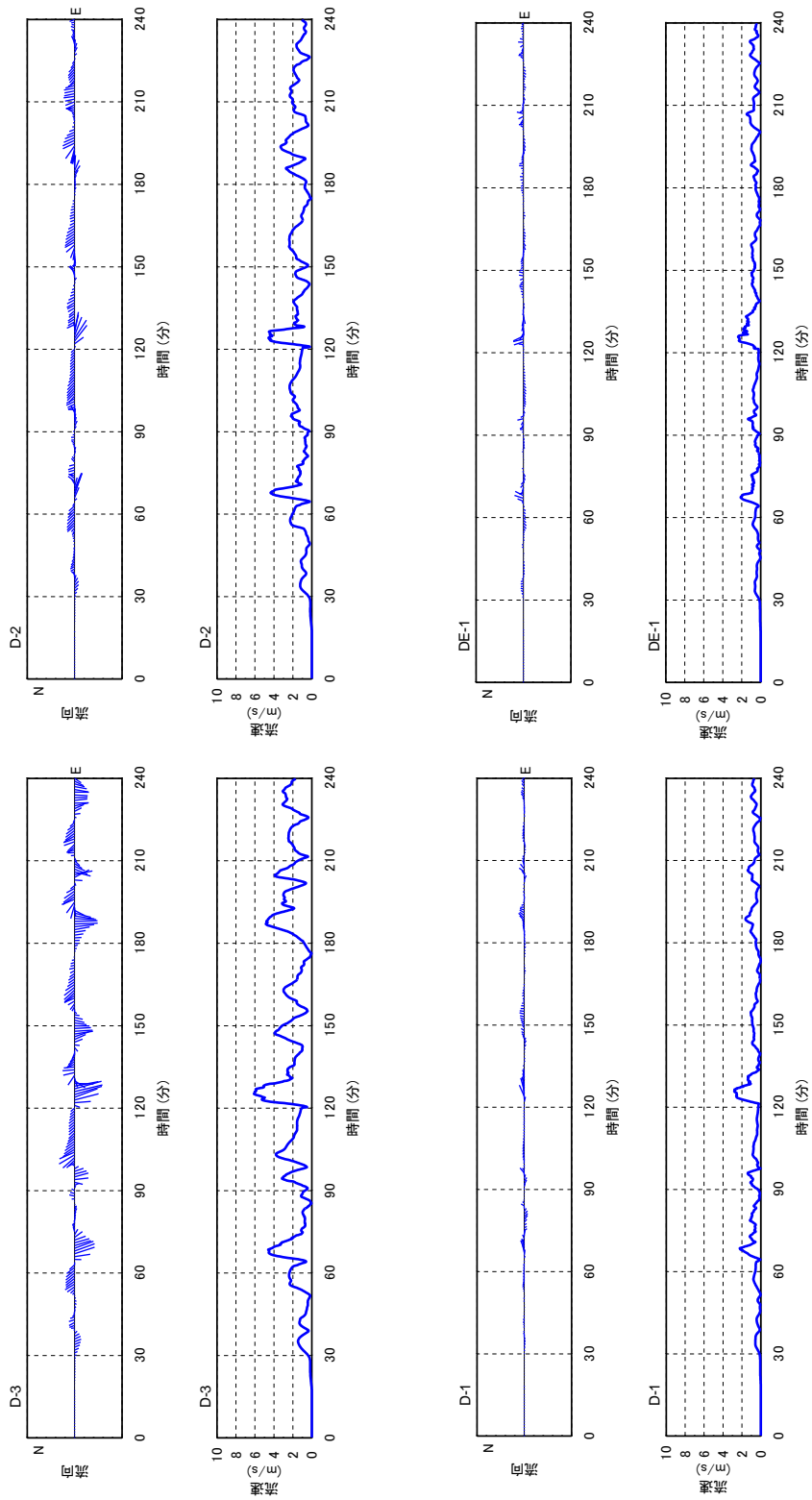
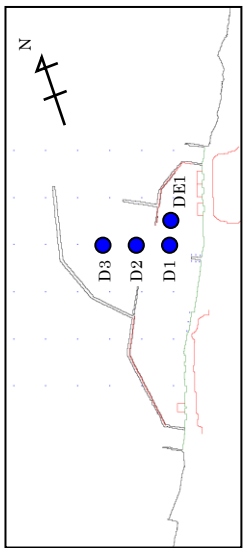


図 4.2-20 発電所港湾内における津波流速時刻歴 (基準津波 2)

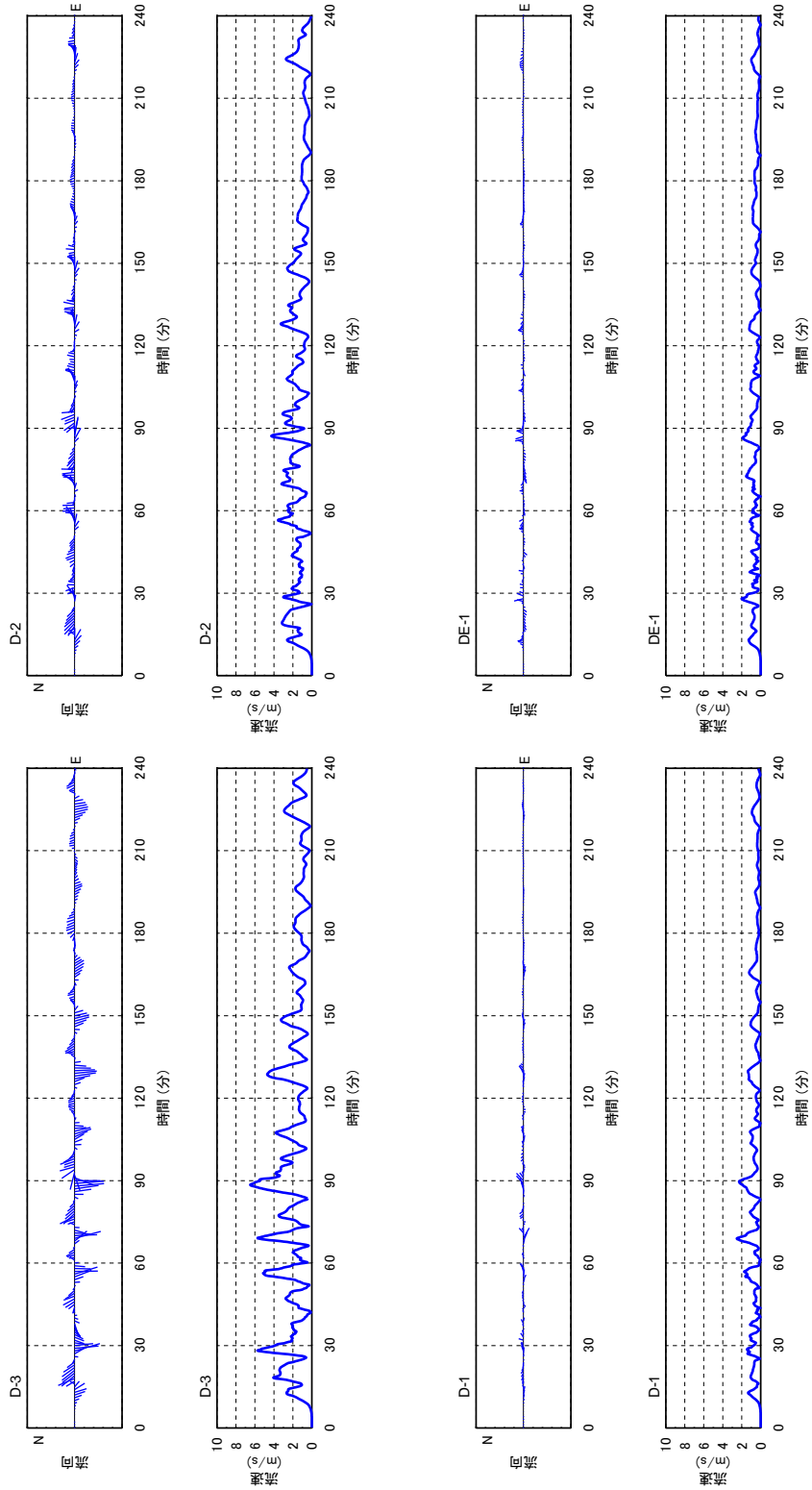
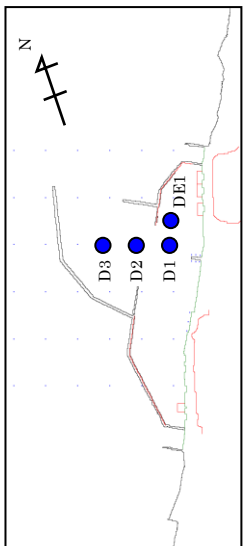
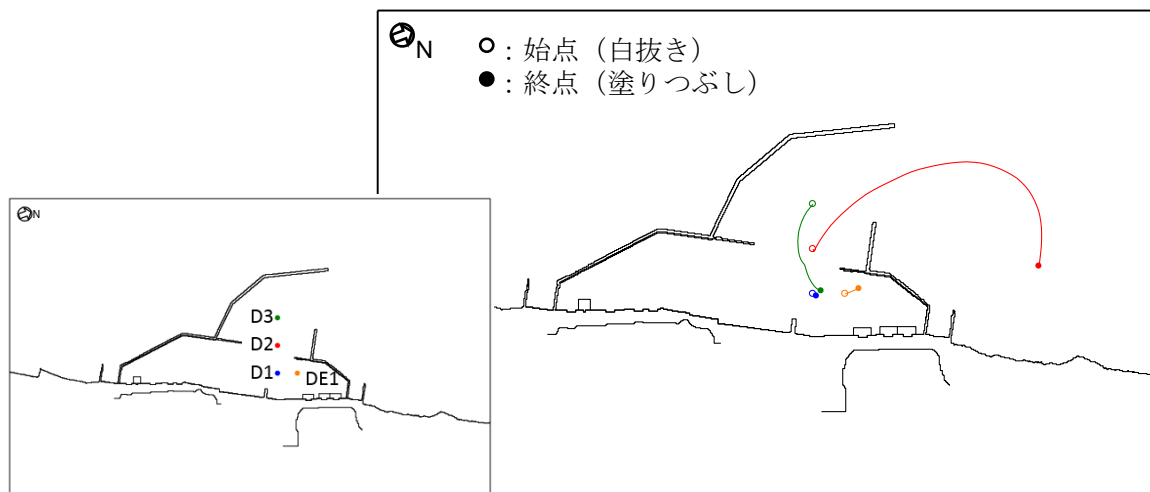


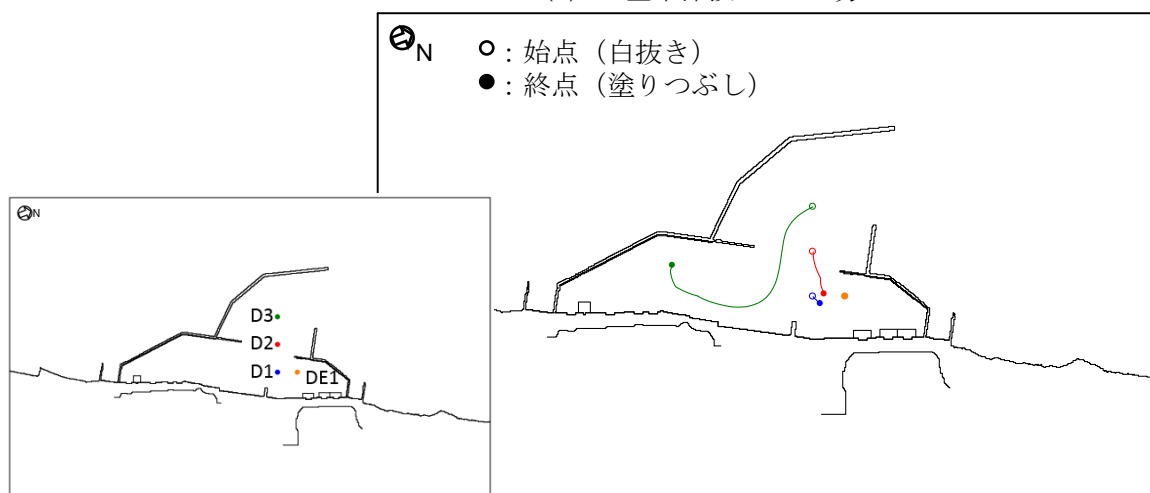
図 4.2-21 発電所港湾内における津波流速時刻歴 (基準津波 3)

表 4.2-3 軌跡シミュレーションの評価条件（浚渫船）

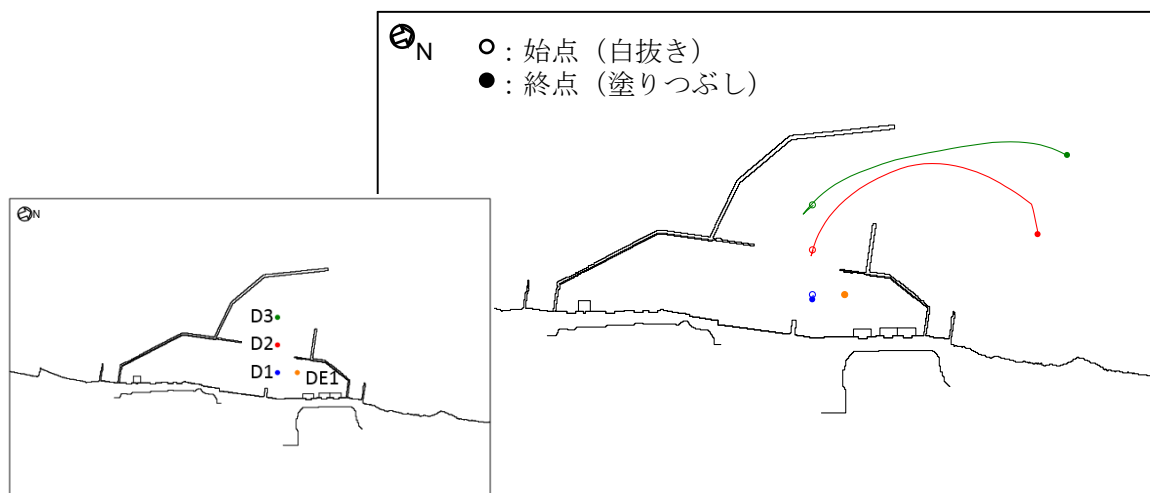
項目	評価条件	備考
評価時間	地震発生から 240 分間	—
漂流・停止条件	漂流；流速が 2.5m/s 以上 となっている期間 停止；流速が 2.5m/s を下 回っている期間	○ 津波流速がストックアンカー把駐力を 超えている期間の漂流状況を模擬する ための条件 ○ 一度、漂流し停止した場合であっても、 その後流速が 2.5m/s を超えることがあ れば再び漂流するものとして評価
基準津波	基準津波 1～3	—
防波堤	健全状態	○ 健全状態の方が港湾内の津波流速が大 きくなる傾向にあるため、健全状態で実 施



(1) 基準津波 1 : 240 分



(2) 基準津波 2 : 240 分



(3) 基準津波 3 : 240 分

図 4.2-22 浚渫船の走錨時を模擬した軌跡シミュレーション

土運船については、図 4.2-15 に示すとおり、浚渫作業中及び作業終了後の待機時（海象条件が良い場合）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、作業終了後の待機時（海象条件が悪い場合）は、予め港湾内の海底に沈め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】

浚渫船及び土運船に伴う曳船及び揚錨船については、浚渫作業中及び作業終了後の待機時（海象条件が良い場合）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、作業終了後の待機時（海象条件が悪い場合）は、港湾内で係留されている土運船に係船する。したがって、曳船及び揚錨船は港湾内を漂う漂流物となることはない。【結果 I】

以上より、浚渫作業関連船舶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。

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～10t 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～10t の作業船が港湾内外で作業を実施する。

上記の作業船については、「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」に後述するとおり、海水貯留堰への衝突リスク低減を目的として大湊側港湾内で作業を実施するゴムボート以外の船舶は津波警報発令時に退避する運用とする。

一方で、大湊側港湾内で作業を実施するゴムボートは、退避することが困難なため 6 号及び 7 号機の取水口に到達する可能性があるが、当該ゴムボートは後述する発電所付近で航行不能となった船舶（総トン数 5t）よりも小型であるため、非常用海水冷却系に必要な通水性への影響については上記航行不能船舶の評価に包含される。【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が、通水性への影響は航行不能船舶（総トン数 5t）の評価に包含される。

以上より、その他の作業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。

④ 防波堤

防波堤の配置及び構造概要を図 4.2-23 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。

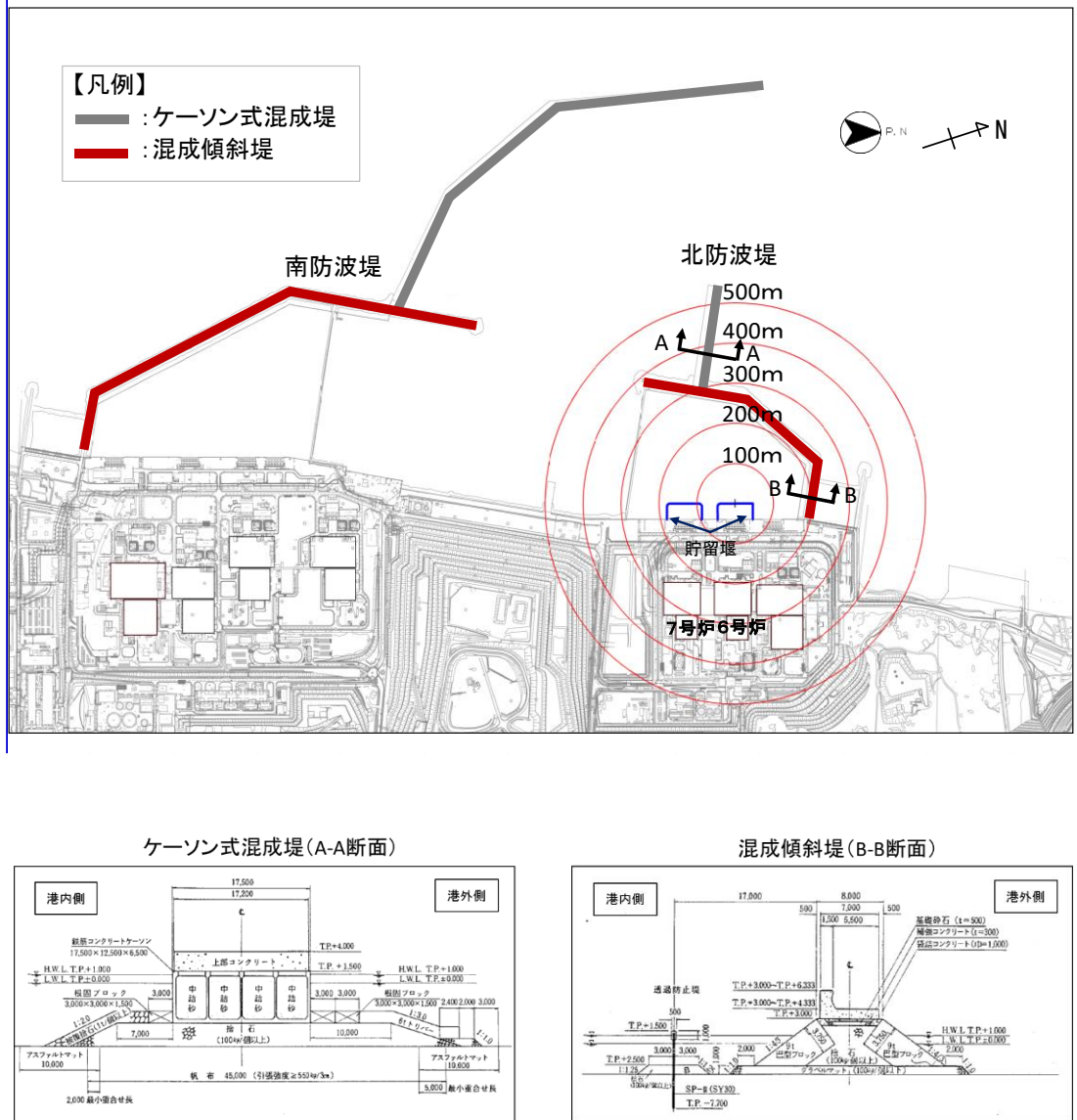


図 4.2-23 防波堤の配置及び構造概要

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、津波時の越流による洗掘により横転等が生じ「移動」する可能性が考えられる。しかしながら上述のとおり、防波堤と6号及び7号機の取水口の間には最短で約 200m の距離があることから、損傷した防波堤が、この「移動」により取水口に到達することはない。【結果Ⅱ】また、損傷した状態で津波による流圧力を受けることにより、滑動や転動による「漂流」

が生じる可能性が考えられるが、北防波堤部の津波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 4.2-23 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、「漂流」によっても 6 号及び 7 号機の取水口に到達することはない。【結果Ⅱ】

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、仮に到達するものがあつた場合でも、「③ その他作業船」に前述し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、非常用海水冷却系に必要な通水性を損なうことはない。【結果Ⅲ】

以上より、防波堤は地震あるいは津波により損傷した場合においても、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ことはないものと評価する。

以上の分類 A（構内・海域）に係る評価結果を表 4.2-4 に整理して示す。

＜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、北防波堤近傍の津波流速の条件（図 4.2-17, 18 より最大約 4m/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 : 4m/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 4.2-4 漂流物評価結果 (調査分類A：構内・海域)

評価番号	分類	内容	状況	場所	重量	取水性 影響評価 結果	(参考) 衝突影響 評価対象	備考
①		燃料等輸送船	航行/停泊	・発電所港湾内 ・物揚場	約 5,000t (総トン数)	I	—	—
		浚渫船	航行/停泊	・発電所港湾内	約 500t (総トン数)	I	—	—
②		土運船	航行/停泊	・発電所港湾内	約 500t (総トン数)	I	—	—
		曳船	航行/停泊	・発電所港湾内	約 100t (総トン数)	I	—	—
		揚錨船	航行/停泊	・発電所港湾内	約 10t (総トン数)	I	—	—
		海洋環境調査作業船	航行/停泊	・発電所全体港湾内 ・港湾外	～10t (総トン数)	I	—	—
③	船舶		航行/停泊	・大湊側港湾内 ・発電所全体港湾内	1t 未満 (総トン数)	Ⅲ	○	船種はゴムボート
		温排水水温調査作業船	航行/停泊	・発電所全体港湾内 ・港湾外	5t 未満	I	—	港湾外砂浜に退避するため、航行不能船舶として取り扱う
			航行/停泊	・発電所全体港湾内 ・港湾外	～90t (総トン数)	I	—	—
			航行/停泊	・大湊側港湾内 ・発電所全体港湾内	1t 未満 (総トン数)	Ⅲ	○	船種はゴムボート
		港湾設備保守作業船	航行/停泊	・発電所全体港湾内 ・港湾外	1t 未満 (総トン数)	I	—	港湾外砂浜に退避するため、航行不能船舶として取り扱う
			航行/停泊	・発電所全体港湾内 ・港湾外	～10t (総トン数)	I	—	—
④	防波堤	本体 (上部コンクリート), 巴型ブロック等	設置・直置き	・発電所港湾内	約 10t～	Ⅱ	—	—
		捨石	直置き	・発電所港湾内	約 100kg～	Ⅲ	—	浮遊状態で漂流しないため、衝突荷重評価の対象としない

分類B（構内・陸域）

本調査範囲（構内・陸域）は大きく、「大湊側護岸部」「荒浜側護岸部（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取水口及び取水路の通水性に与える影響評価を実施した。なお、図4.2-8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4.2-5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4.2-12に示す。

表4.2-5 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	

■分類B-1：大湊側護岸部

大湊側護岸部における評価対象（図4.2-8-2）について、表4.2-5に示した施設・設備等の分類ごとに図4.2-10に示したフローにより影響評価を実施した。結果を以下に示す。

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4.2-22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。

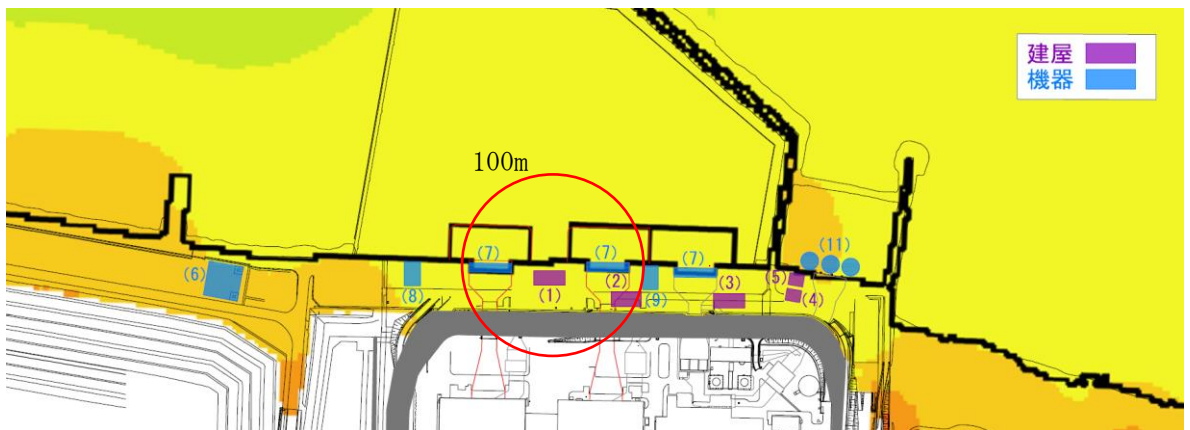


図4.2-24-1 検討対象とする鉄筋コンクリート建屋の抽出範囲

抽出した鉄筋コンクリート建屋は、ドアや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、浮力として作用することを考慮する。イメージ図を図4.2-24-2に示す。

図4.2-24-1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(補足4.2 図4.2-8-2より)が抽出された。6/7号機取水電源室は、ドアや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)を上回っていることから、漂流しない評価となる(評価詳細については添付資料3参照)。また、滑動する可能性については、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900kg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すると滑動しないと評価できる。【結果I】

また、大湊側護岸部については6号及び7号機の取水口の近傍であることから、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引き波時に流圧力により滑動、転動し、取水口前面に到達する可能性が考えられるが、次頁に示す安定質量の評価より、滑動、転動が生じ得る限界重量はコンクリートで約900kg、鋼材で約20kgであり、取水口前面に堆積し得るものは、これと同程度以下のものに限られる。同程度の小片については仮に取水口前面に堆積した場合でも、「分類A(構内・海域)」の「③ その他作業船」に前述し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、非常用海水冷却系に必要な通水性を損なうことはない。【結果III】

以上より、鉄筋コンクリート建屋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にならないものと評価する。

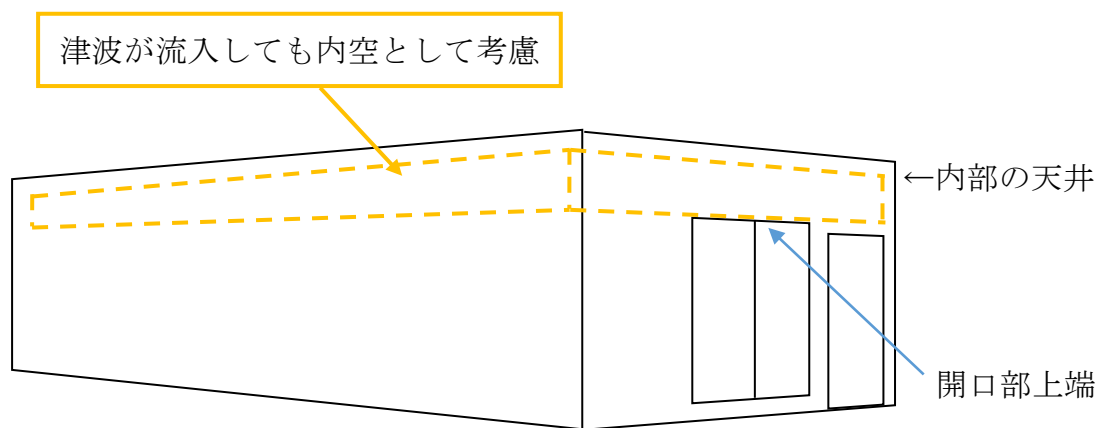


図 4.2-24-2 開口部から鉄筋コンクリート建屋内部に津波が流入しても内空として考慮する空間のイメージ図

＜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、大湊側護岸部で想定される引き波時の津波流速の条件（図 4.2-24-3 より 4m/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 900kg 程度、鋼材であれば 20kg 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、

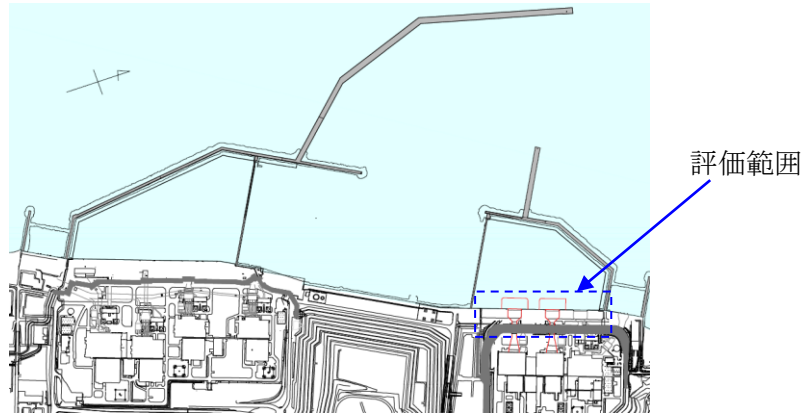
- M : 捨石等の安定質量 (t)
- ρ_r : 捨石等の密度 (t/m³)
- U : 捨石等の上面における水の流れの速度 (m/s)
- g : 重力加速度 (m/s²)
- γ : イスバッシュ(Isbash)の定数(埋め込まれた石にあっては 1.20, 露出した石にあっては 0.86)
- S_r : 捨石等の水に対する比重
- θ : 水路床の軸方向の斜面の勾配 (°)

- 条件：①津波流速 U : 4m/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
SS, SUS	7.9	7.67	18.8

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.



(Key Plan)

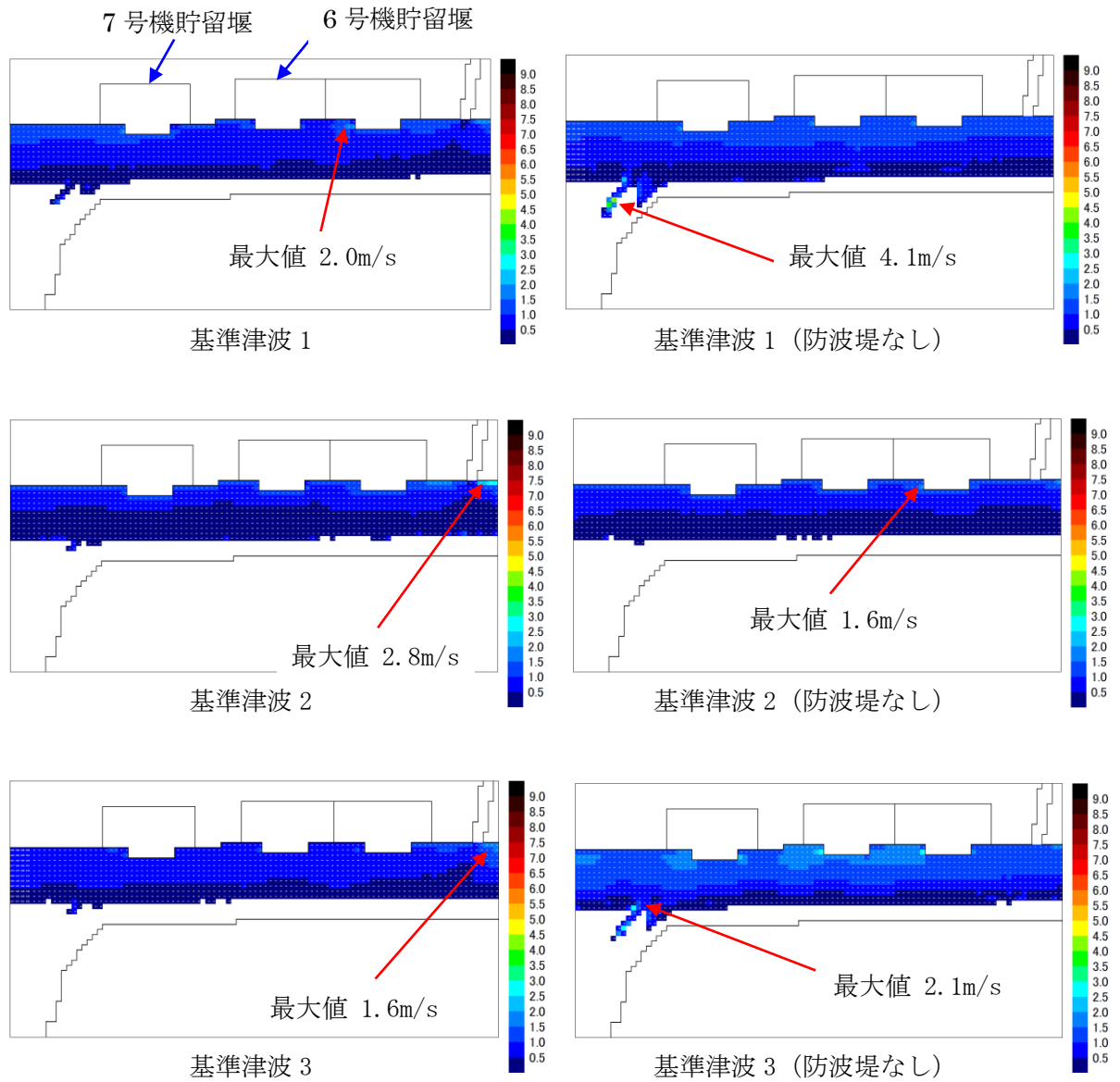


図 4.2-24-3 大湊側護岸部における海域方向最大流速

② 鉄骨造建屋

鉄骨造建屋は津波の原因となる地震もしくは津波による波力で損壊する可能性が考えられるが、水密性がなく大きな浮力が発生することがないため、建屋の形で漂流物となることはない。【結果Ⅰ】

損壊により生じ得る鉄骨についても、その重量から津波に流されることはなく、その場に留まるものと考えられるが、建屋外装材については、浮力あるいは滑動により漂流物となる可能性が考えられる。しかしながら、6号及び7号機の取水口周辺に配置されている鉄骨造建屋は図4.2-8-2に示したとおり「K6/7スクリーン点検用テントハウス」のみであり、この外装材である基布は、鉄骨に堅固に固縛されていることから、津波により鉄骨と分離することはなく、漂流物となることはない。【結果Ⅰ】

なお、「K6/7スクリーン点検用テントハウス」の建屋内包物に対する評価は「⑥ 資機材」に分類し説明する。

以上より、鉄骨造建屋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にならないものと評価する。

③ 機器類（タンク）

大湊側護岸部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）

大湊側護岸部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波力による破損・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、漂流物となることはない。【結果Ⅰ】

なお、機器類のうち除塵装置については「(b) 取水スクリーンの破損による通水性への影響」において説明する。

以上より、機器類のうちタンク以外について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にならないものと評価する。

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、車両について全て退避不可と仮定し取水性への影響を評価する。

大湊側護岸部に駐停車する車両については、「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」に後述するとおり、海水貯留堰への衝突リスク低減を目的として軽自動車以外の車両は6号及び7号機取水口に到達することが無いよう運用を含めて対策を実施する。

一方で、軽自動車6号及び7号機の取水口に到達する可能性があるが、軽自動車は後述する発電所付近で航行不能となった船舶（総トン数5t）よりも小型であるため、非常用海

水冷却系に必要な通水性への影響については上記航行不能船舶の評価に包含される。【結果Ⅲ】

以上より、大湊側護岸部に駐停車する車両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。

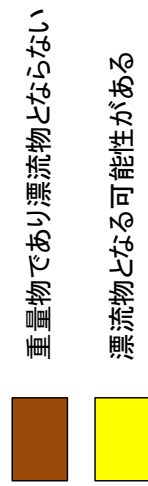
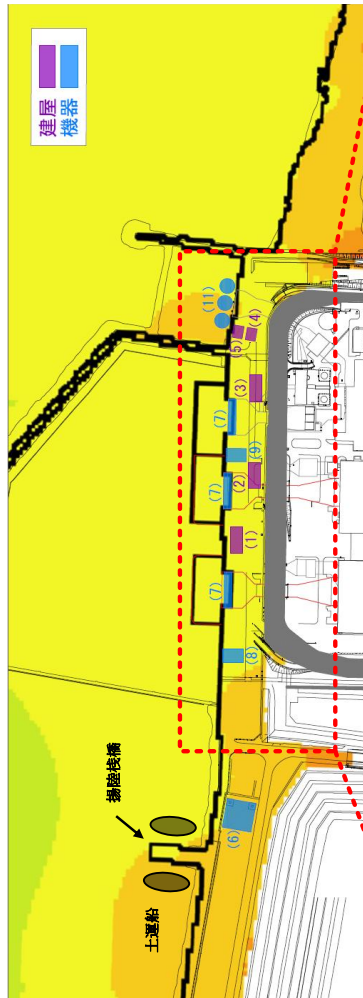
⑥ 資機材

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り、漂流物となることはない。【結果Ⅰ】

一方、軽量な（比重が小さく浮く、あるいは滑動、転動し得る）資機材としてはユニットハウス類や足場板等があり、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漂流物化することを想定するものとする。

大湊側護岸部について、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4.2-25及び表4.2-6のとおりとなり、このうち漂流物化する可能性がある軽量物を抽出すると表4.2-7となる。

大湊側護岸部 (図 4.2-8-2)



大湊側護岸部拡大図

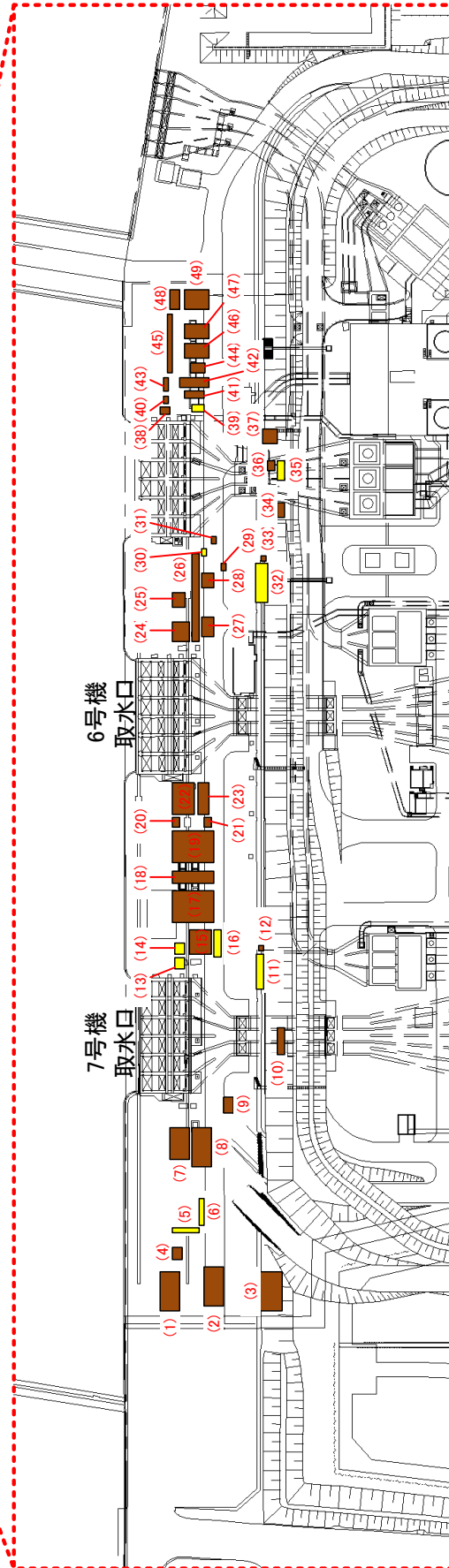


図 4.2-25 大湊側護岸部における資機材の詳細

表 4.2-6 大湊側護岸部における資機材の詳細

配置番号	項目	数量	材質	漂流物化有無 ○:無/x:有	備考
	ハウジングカバー(バー回転式スクリーン)	1	FRP	○	架台に固定される
1	ハウジングカバー(トラベリングスクリーン)	1	FRP	○	架台に固定される
2	ハウジングカバー用架台	3	鋼製	○	
	角梁とし	1式	鋼製	○	
3	角ホルダー	1	鋼製	○	
4	本体フレーム受け台	26	鋼製	○	
5	角パイプ	~30	鋼製	x	
6	角材	~30	木製	x	
7	角材	16	木製	x	
8	バスケット(バー回転式スクリーン)	38	鋼製	○	
9	バスケット(トラベリングスクリーン)	37	鋼製	○	
10	リフトインゴビーム	1	鋼製	○	
	仮設電源・動力・分電盤	1	-	○	固定又は固縛されている
11	仮設ハウス	1	-	x	
12	仮設ハウス	1	-	x	
13	仮設電源・動力・分電盤	1	-	○	固定又は固縛されている
14	仮設ハウス	1	-	x	
15	仮設電源・動力・分電盤	1	-	○	固定又は固縛されている
16	仮設ハウス	1	-	x	
	仮設電源・動力・分電盤	1	-	○	固定又は固縛されている
17	仮設ハウス	1	-	x	
18	仮設電源・動力・分電盤	1	-	○	固定又は固縛されている
19	仮設ハウス	1	-	x	
20	仮設電源・動力・分電盤	1	-	○	固定又は固縛されている
21	仮設ハウス	1	-	x	
22	仮設電源・動力・分電盤	1	-	○	固定又は固縛されている
23	仮設ハウス	1	-	x	
24	仮設電源・動力・分電盤	1	-	○	固定又は固縛されている
25	仮設ハウス	1	-	x	
26	仮設電源・動力・分電盤	1	-	○	固定又は固縛されている
27	仮設ハウス	1	-	x	
28	仮設電源・動力・分電盤	1	-	○	固定又は固縛されている
29	仮設ハウス	1	-	x	
30	仮設電源・動力・分電盤	1	-	○	固定又は固縛されている
31	仮設ハウス	2	-	x	
	仮設電源・動力・分電盤	2	-	○	固定又は固縛されている

配置番号	項目	数量	材質	漂流物化有無 ○:無/x:有	備考
	仮設ハウス	5	-	x	
32	仮設電源・動力・分電盤	~100	鋼製	x	
	車巻パイプ	~50	アルミ	x	
	足場板	2	-	x	
	水中ポンプ用配管	3	鋼製	○	
33	仮設電源・動力・分電盤	1	-	○	固定又は固縛されている
34	リフトインゴビーム	1	鋼製	○	
35	排水用ホース	4	-	x	
36	仮設電源・動力・分電盤	2	-	○	固定又は固縛されている
37	タミーフレーム	2	鋼製	○	
38	仮設手摺	28	鋼製	○	
39	仮設電源・動力・分電盤	2	-	○	固定又は固縛されている
	洗浄機	2	-	x	
40	ハウジングカバー用架台	2	鋼製	○	
41	吊钩架台	2	鋼製	○	
42	バスケット予備機(バー回転式スクリーン)	38	鋼製	○	
	バスケット予備機(トラベリングスクリーン)	38	鋼製	○	
43	リフトインゴビーム	1	鋼製	○	
	本体フレーム受け台	18	鋼製	○	
44	固定バー受け台	6	鋼製	○	
	スクリーン点検用架台	~10	鋼製	○	
45	ハウジングカバー(バー回転式スクリーン)	2	FRP	○	架台に固定される
	ハウジングカバー(トラベリングスクリーン)	2	FRP	○	架台に固定される
46	本体フレーム(バー回転式スクリーン)	1式	鋼製	○	
47	本体フレーム(トラベリングスクリーン)	1式	鋼製	○	
48	工具箱	2	鋼製	○	ウェイト等を内包する重量物
49	ハウジング本体(バー回転式スクリーン)	1式	鋼製	○	
	ハウジング本体(トラベリングスクリーン)	1式	鋼製	○	
	水中ポンプ(仮付込み)	~4	-	x	設置・使用場所が固定されない
	カラコーン	~10	-	x	設置・使用場所が固定されない
その他	車巻パイプ	~20	鋼製	x	設置・使用場所が固定されない
	脚立	~10	アルミ	x	設置・使用場所が固定されない

表 4.2-7 大湊側における軽量資機材一覧

番号	項目	数量	材質	寸法 (長さ×幅×高さm)	質量 (kg)	備考
5	角パイプ	~30	鋼製	-	-	
	角材	~30	木製	-	-	
	角材	16	木製	-	-	
11	ユニットハウス	2	-	5.44×2.30×2.60	約 1000	工具類、机・イス等を 収納
				3.60×1.84×2.60	約 800	
13	工具収納棚	1	-	1.00×1.80×1.70	約 300	工具類を収納
				5.44×2.30×2.60	約 1000	
14	角材	~50	木製	-	-	
	単管パイプ	~150	鋼製	-	-	
	足場板	~50	アルミ	-	-	
16	角パイプ	~50	鋼製	-	-	
	洗浄機	2	-	1.05×0.60×0.80	約 150	工具類、机・イス等を 収納
	ユニットハウス	5	-	4.63×2.46×2.14	約 840	
単管パイプ	~100	鋼製	-	-		
32	足場板	~50	アルミ	-	-	
	二輪車	2	-	-	-	
35	排水用ホース	4	-	-	-	
39	洗浄機	2	-	1.05×0.60×0.80	約 150	
	水中ポンプ (投げ込み)	~4	-	-	-	
その他	カラコーン	~10	-	-	-	
	単管バリケード	~20	鋼製	-	-	
	脚立	~10	アルミ	-	-	

漂流物化し6号及び7号機の取水口前面に堆積した場合における通水性に与える影響は、容積（水面下断面積）の大きさに依存して大きくなることから、表4.2-7より、通水性に対する主要な影響因子はユニットハウス類であることが分かる。図4.2-25に示した配置より、これらが漂流物化した際に一箇所に集中して堆積することはないものと考えられるが、保守的な想定として6号機取水口付近の計5個、あるいは7号機取水口付近の計5個のユニットハウス類がすべて各取水口前面に選択的に集中して堆積することを仮定しても、図4.2-33に示した取水口呑口の断面積より、取水口が閉塞することはない。したがって、前述し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、これらの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。なお、ユニットハウス類が破損した場合にはその内包物である工具類等が流出することになるが、この場合には比重が大きいものは沈降し、また小さいものは取水口上部の海面に浮遊するため、取水口に対する閉塞効果は、ユニットハウス類が形状を保ち取水口前面に堆積するとして上記の条件に包含される。また、ユニットハウス類以外の資機材についても同様であり、その閉塞効果は、積算的な効果も含め、上記のユニットハウス類が「選択的に集中する」とした保守的な想定に包含される。【結果Ⅲ】

以上より、資機材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にならないものと評価する。

⑦ その他一般構築物、植生

その他一般構築物のうち、マンホール、チェッカープレート、鋼製階段等は重量物であり漂流物となることはないと考えられる。【結果Ⅰ】

他には監視カメラや拡声器、標識類等があり、これらも基礎等に設置されている、あるいは固縛されているが、津波の原因となる地震や津波の波力により損壊あるいは転倒し、分離して漂流物となる可能性が考えられる。しかしながら、これらが漂流物化した場合でも、引き波時に6号及び7号機の取水口付近に接近するものは同取水口周辺に設置されたものに限られ、かついずれも容積（断面積）が小さいことから、その評価は「⑥ 資機材」におけるユニットハウス類が「選択的に集中する」とした保守的な想定に包含される。

【結果Ⅲ】

なお、大湊側護岸部を含め、6号及び7号機の周辺には植生はないため、津波により通水性に影響を及ぼす程度の多量の流木が6号及び7号機の取水口に到達することはないものと考えられる。【結果Ⅱ】

以上より、その他一般構築物、植生について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にならないものと評価する。

■分類B－2：荒浜側護岸部

荒浜側護岸部における評価対象（図 4.2-8-3）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護岸部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。

- ② 鉄骨造建屋及び補強コンクリートブロック造建屋

大湊側護岸部にある鉄骨造建屋は堅固に固縛した基布を外装材としたもののみであるが、荒浜側護岸部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、大湊側護岸部には補強コンクリートブロック造建屋は存在しないが、荒浜側護岸部には同構造の市水道用ポンプ室がある。

- ③ 機器類（タンク）

大湊側護岸部には該当する機器類が存在しないが、荒浜側護岸部には重油貯蔵タンク 2 基が設置されている。

また、荒浜側護岸部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。）及び低レベル放射性廃棄物（以下「LLW」という。）輸送容器について、輸送船への（からの）積み下ろしが実施される。

- ⑤ 車両

大湊側護岸部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、荒浜側護岸部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

大湊側護岸部では植生は存在しないが、荒浜側護岸部（南側敷地境界）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、津波により滑動する可能性はあるが、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が津波により滑動する可能性はあるが、これらの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。

重油貯蔵タンク 2 基については、いずれも運用を停止し空状態で保管されており、6 号及び 7 号機の起動前に撤去する計画としているため、非常用海水冷却系に必要な取水口及び取水路の通水性に影響を及ぼす漂流物となることはない。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4.2-5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護岸部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4.2-8となる。

表4.2-8 漂流物化する可能性のある施設、設備等(荒浜側護岸部)

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
		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	監視カメラ、拡声器、標識類等 注：自重よりも浮力が大きいものに限る	
		植生	

これらの施設、設備等のうち、比較的容積(水面下断面積)が大きいユニットハウス類及び車両については、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4.2-3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、ユニットハウス類や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、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た上で、その際の挙動の軌跡シミュレーション評価を実施した。評価条件を表4.2-8の条件とし、図4.2-26に示す護岸部の複数位置を初期配置とした際の軌跡のシミュレーションを実施したところ図4.2-27(1)の結果となった。

また、基本ケースのうち移動量が最も大きくなった基準津波1の軌跡を例に、図4.2-27(2)～(6)に示すとおり流速ベクトルの観点から考察を行った。

表 4.2-9 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

- 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.
- 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.

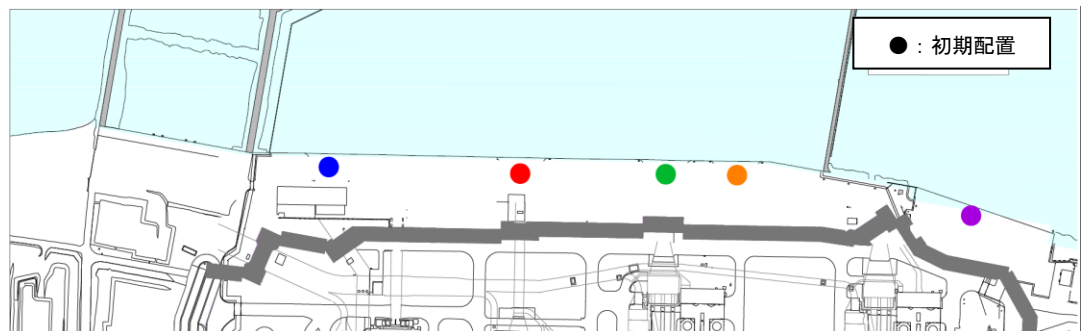


図 4.2-26 漂流物軌跡評価の初期配置（荒浜側護岸部）
















	基本ケース	防波堤損傷			護岸部 2m 沈下
		荒浜側防潮堤 なし	1m 沈降	2m 沈降	
基準津波 1					
基準津波 2					
基準津波 3					

図 4.2-27(1) 荒浜側護岸部で発生した漂流物の挙動

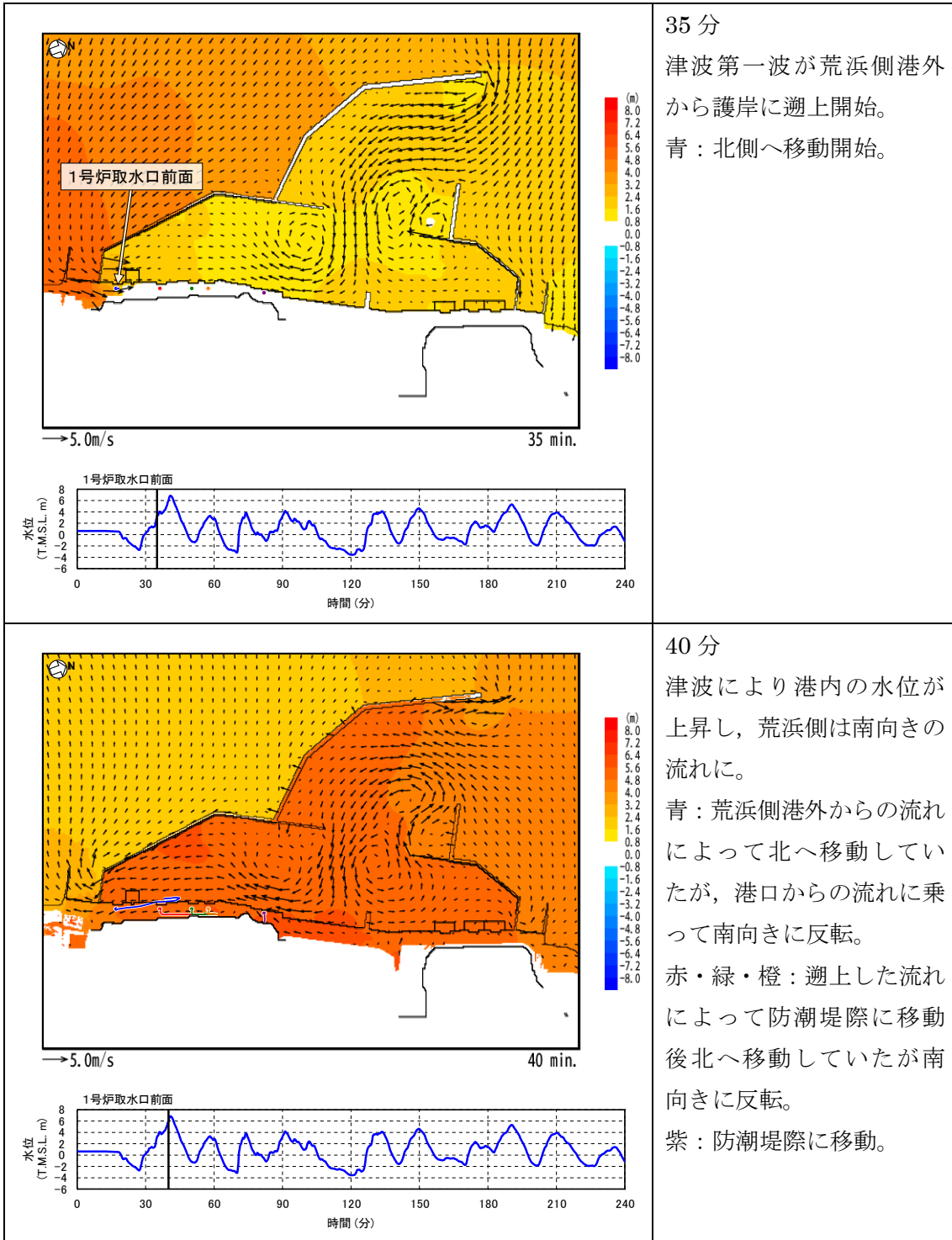


図 4.2-27(2) 流速ベクトルを用いた軌跡の考察 (基本ケース, 基準津波1)

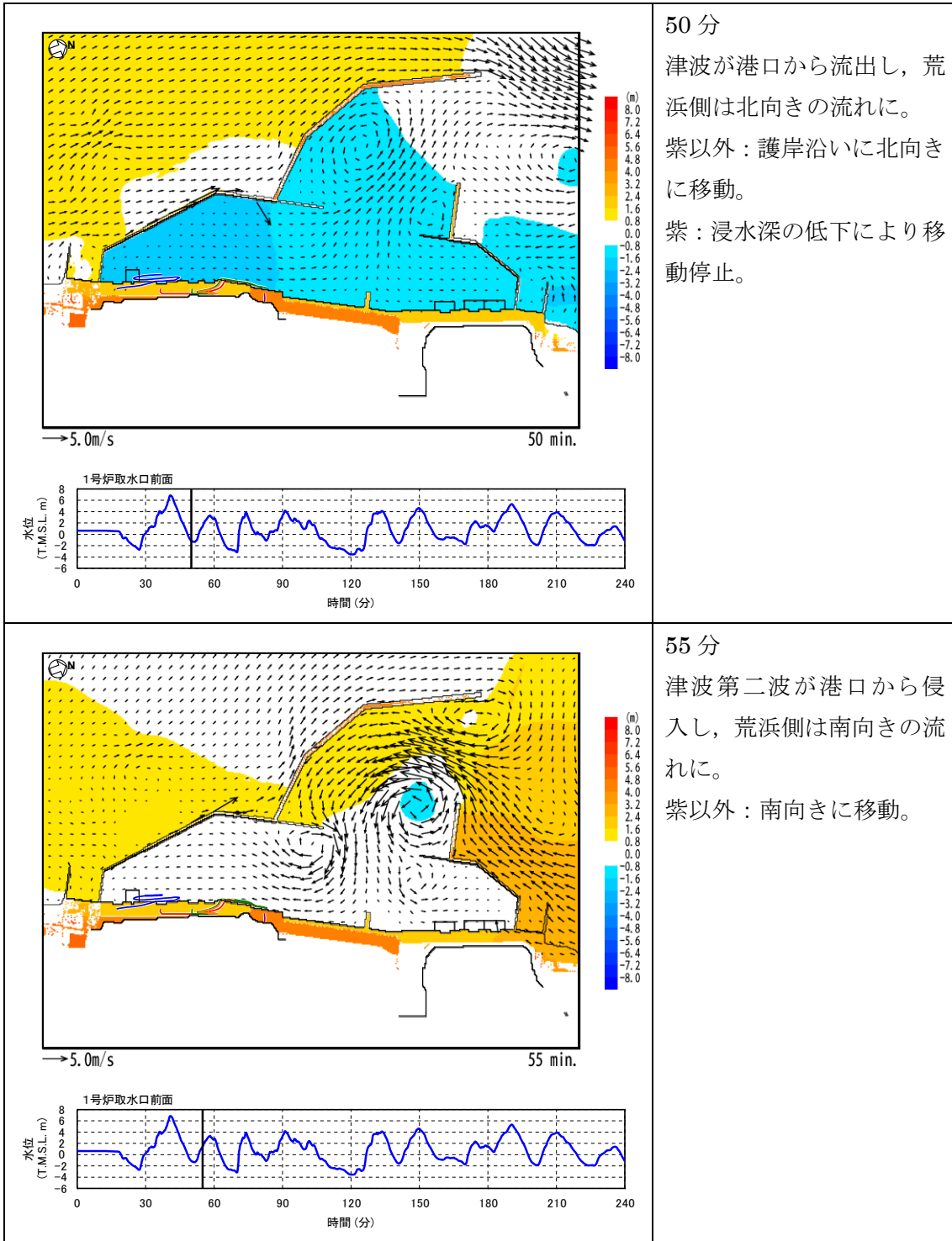


図 4.2-27(3) 流速ベクトルを用いた軌跡の考察（基本ケース，基準津波1）

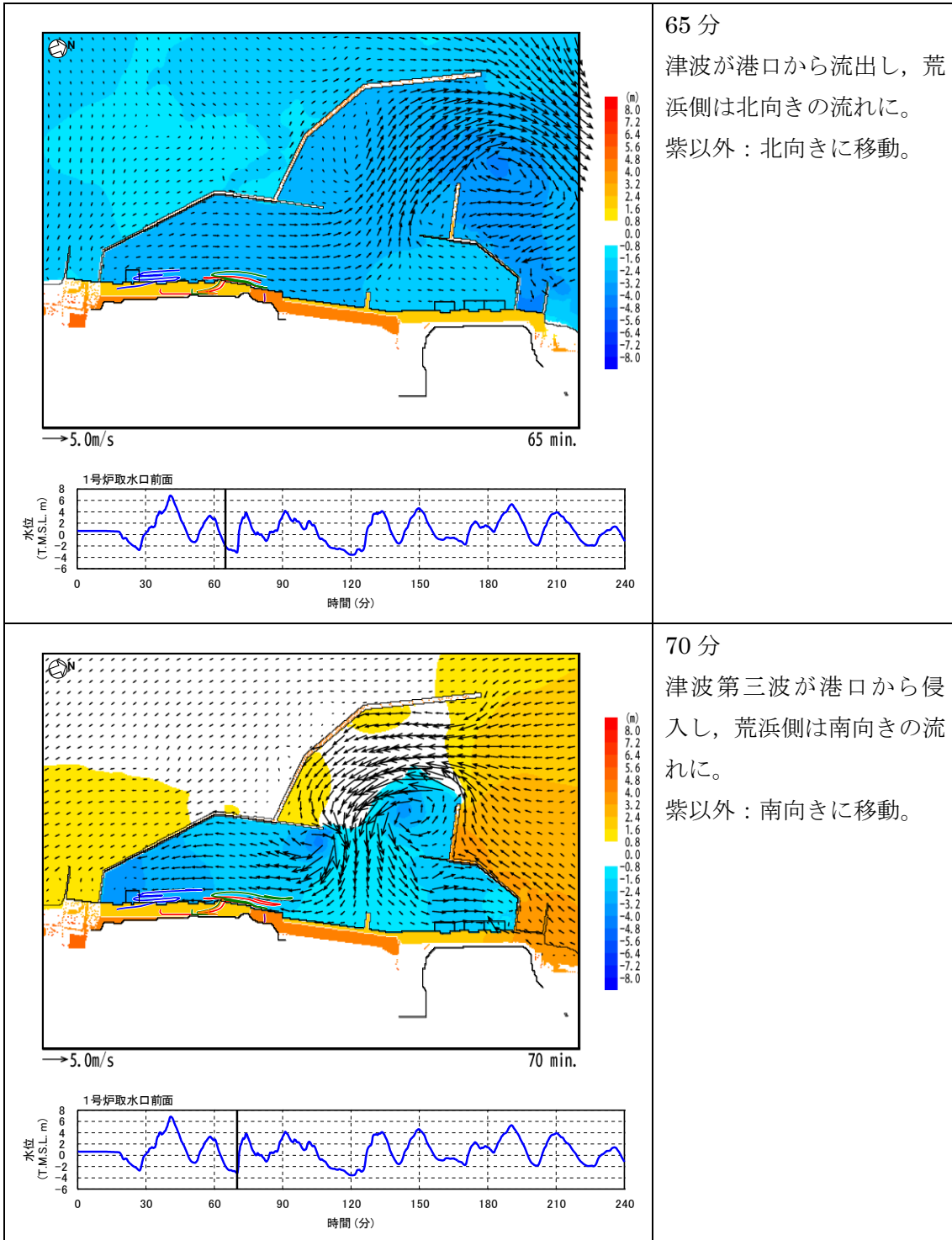


図 4.2-27(4) 流速ベクトルを用いた軌跡の考察 (基本ケース, 基準津波1)

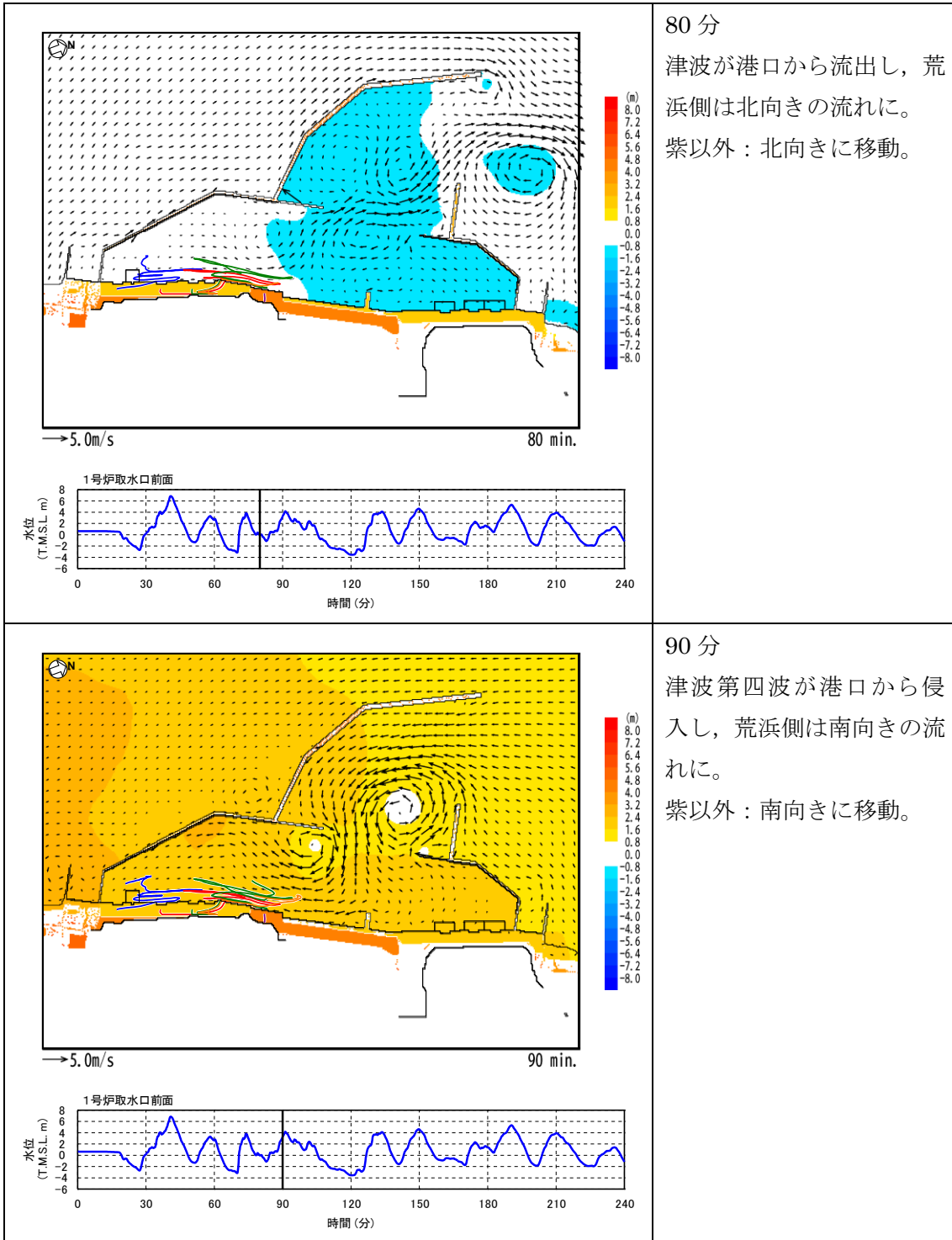


図 4.2-27(5) 流速ベクトルを用いた軌跡の考察 (基本ケース, 基準津波1)

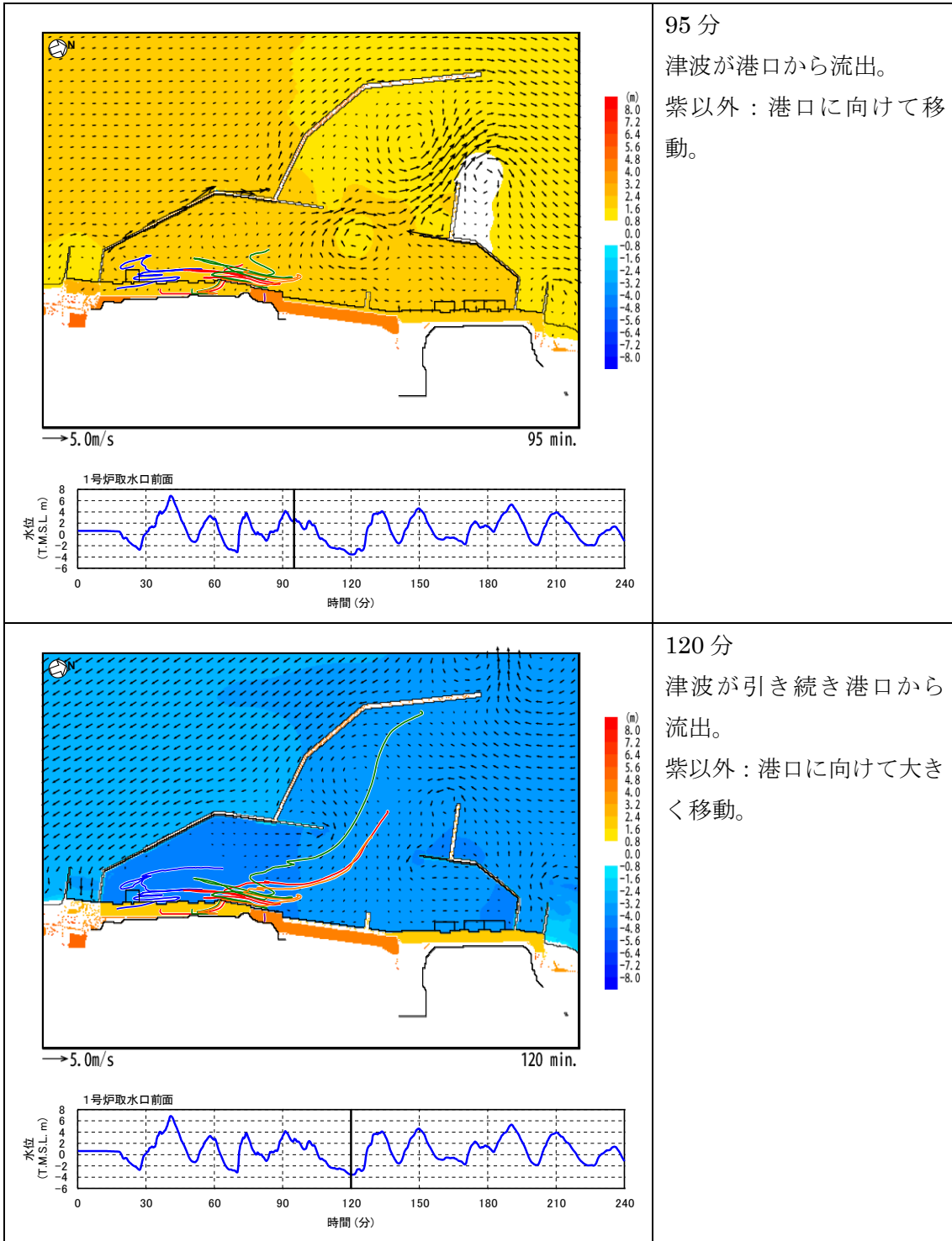


図 4.2-27(6) 流速ベクトルを用いた軌跡の考察 (基本ケース, 基準津波 1)

図 4.2-27 (1) 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 4.2-27 (2) ~ (6) に示す流速ベクトルより、荒浜側護岸部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、荒浜側護岸部で漂流物化したユニットハウス類、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 4.2-27 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 4.2-27 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。

ここで、使用済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 軸車が存在する、それらのうち 7 軸車が密度が小さく評価上厳しくなるため、その結果を代表として記載する。7 軸車は重量が約 35.70t の重量物であり、その容積は約 15.04m³ となっている、そのため、密度が 2.37t/m³ となっており、重量物であるため、漂流物化はしない。加えて、柏崎刈羽原子力発電所において使用するキャスク（空）については、重量が約 110.6t の重量物となっており、その容積は約 42.6m³ となっている。そのため、密度が 2.6t/m³ となっており、重量物であるため、漂流物化しない。

一方で、柏崎刈羽原子力発電所において使用する低レベル放射性廃棄物（以下、「LLW」という。）輸送車両は、重量が約 12.39t の重量物であり、その容積は約 4.65m³ となっている。そのため、密度が 2.67t/m³ であり漂流物化しない。空の LLW 輸送容器 2 個を積載した場合、漂流物化する可能性があるが退避時に窓を開ける運用に加え、4t の重りを積載することで総重量は約 18.77t、容積は約 16.12m³、密度は 1.16t/m³ となり、漂流物化しない。LLW を積載した場合についても、運搬の実績を踏まえ、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、漂流物化しない。

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。また、LLW 輸送容器の荷役を行うクレーンは船側に設置されており地震時にクレーンの支持力が失われることはない。

表 4.2-8 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、容積（水面下断面積）が小さいものの中には角材やカラーコーン等が挙げられるが、これらはユニットハウス類や車両とは異なり、沈降せずに漂流を続けるものがある可能性が考えられる。しかしながら、これらについても図 4.2-3 に示した港湾内の流向・流速（流況）より、基

準津波襲来下において一様に大湊側の6号及び7号機の取水口に向かうことは考え難い。図4.2-27に示した軌跡シミュレーション結果においても、120分間の評価時間より長い時間を考慮すると6号及び7号機の取水口に接近するものがあることは考えられるが、軌跡が一様に取水口に向かうような傾向は見られていない。よって、仮に取水口に到達するものがある場合でもその量は限定的であり、評価は「分類B-1：大湊側（護岸部）」の「⑥ 資機材」におけるユニットハウス類が「選択的に集中する」とした保守的な想定に包含される。

【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、これらの植生は後述する図4.2-30及び図4.2-31における港湾外の航行不能船舶の軌跡シミュレーションを参考とすれば、取水性に影響を及ぼすほど大量の植生が6号及び7号機の取水口に漂着することはない。

以上より、荒浜側護岸部における漂流物となる可能性のある施設・設備等については、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にならないものと評価する。

なお、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。

■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4.2-8-4）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護岸部、荒浜側護岸部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。

● ③ 機器類（タンク）

大湊側護岸部、荒浜側護岸部には、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

● ⑤ 車両

大湊側護岸部、荒浜側護岸部には駐車場はないが、荒浜側防潮堤内敷地には駐車場があり、津波襲来時にも駐車されている車両が存在し得る。

これらについては、漂流物となる可能性が考えられる。

一方、上記以外については、表4.2-5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護岸部、荒浜側護岸部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4.2-10となる。

表 4.2-10 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	車両
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	監視カメラ，拡声器，標識類等 注：自重よりも浮力が大きいものに限る

荒浜側防潮堤内敷地については、地震により荒浜側防潮堤の津波防護機能が喪失し津波が流入するような状況でも、現実的には重量物である同防潮堤の上部工等が津波により流されて大きく位置を変えるようなことは生じない。このため、仮に敷地部で漂流物化するものがあつた場合でも、護岸部との境界に残存する防潮堤が障害となり海域に流出することは考え難い。

また、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、仮に漂流物化し海域に流出するものがあると仮定した場合でも、荒浜側防潮堤内敷地上における漂流物の挙動の把握を目的として、表 4.2-11 に示す保守的な条件により、図 4.2-28 に示す地点を初期配置とした軌跡シミュレーションの結果（図 4.2-29）より、6号及び7号機の取水口に到達しない。

以上より、荒浜側防潮堤内敷地における漂流物となる可能性のある施設・設備等については、6号及び7号機の取水口に到達することは考え難く、非常用海水冷却系に必要な取水口及び取水路の通水性に影響を及ぼす漂流物にならないものと評価する。【結果 I，II】

表 4.2-11 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
漂流開始条件		浸水深 10cm 時点	○施設、設備等の設置状況や周辺状況（ボルトによる固定、堰の存在等）に依らず、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	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障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 4.2-28 に示す敷地部のタービン建屋（T/B）の海側と山側の複数位置を初期配置として、地震発生から 120 分間の軌跡のシミュレーションを実施したところ図 4.2-28 の結果となった。

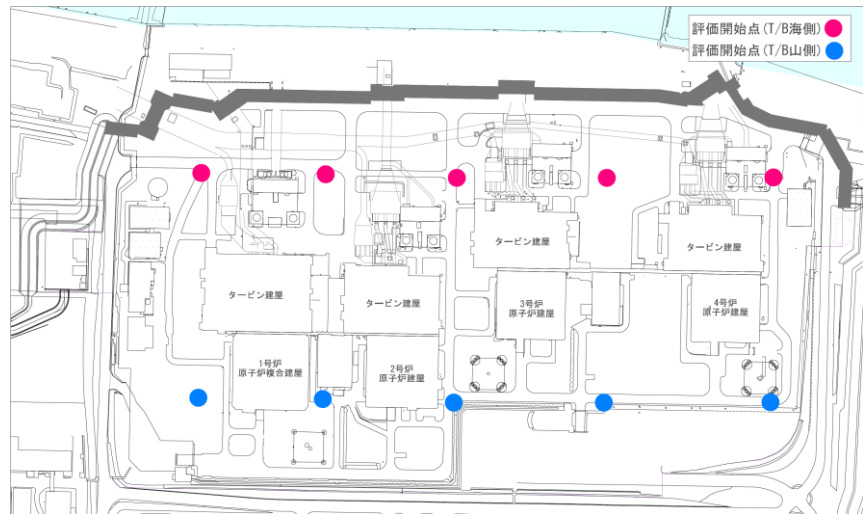


図 4.2-28 漂流物軌跡評価の初期配置（荒浜側防潮堤内敷地）

この結果において、ほとんどのケースにおいて軌跡は海域に流出してない。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（防波堤がない条件）における影響を評価した結果を図 4.2-29 に合わせて示すが、これについても結論が変わるものではないことを確認している。

これより、荒浜側防潮堤内敷地における漂流物となる可能性のある施設・設備等については、漂流物化や海域への流出に関して保守的な仮定をおいた場合でも、海域に流出する可能性は低いものと考えられる。

津波	漂流開始点	防波堤状態	
		健全	なし
基準津波 1	T/B 海側		
	T/B 山側		
基準津波 2	T/B 海側		
	T/B 山側		
基準津波 3	T/B 海側		
	T/B 山側		

図 4.2-29 荒浜側防潮堤内敷地で発生した漂流物の挙動

表 4.2-12 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	取水性影響 評価結果	(参考) 衝突影響評価対象
					主要構造/材質	寸法・容量			
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	I, III	(浮遊状態で漂流しないため, 衝突影響の評価対象としない)
			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 スクラ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	I	-
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	I	-
			スクリーン装置用門型クレーン (6号及び7号機用)	設置		スパン 20.5m/ リフト 23m	1		
			電気・制御盤	設置		-	多数		
			避雷鉄塔	設置		高さ 149.5m	1		
			海水放射能モニタ (5号~7号機用)	設置		-	1/炉		
⑤	大湊側護岸部	車両	除塵装置 (5号~7号機用)	設置	鋼材	-	-	注: (b)取水スクリーンの破損による通水性への影響」で説明	-
⑥		資機材	車両	-	-	-	-	III	(軽自動車の評価対象とする。)
			スクリーン本体・予備機, スクリン点検用架台, 角落とし・角ホルダ一, クレーン点検用荷重等, 仮設電源・動力・分電盤等	設置・直置き	鋼材・銅板, コンクリート	-	-	-	I
⑦		その他 一般構造物, 植生	ユニットハウス, 工具収納棚, 単管パイプ, 足場板等	固定・固縛	-	-	-	III	(重量の関係から, ユニットハウスを代表評価対象物とする。)
			マンホール, グレーチング, チェックカープレート, 外灯, フェンス, コンクリート蓋等	設置・固定・固縛	-	-	多数	I	-
			監視カメラ, 拡声器, 標識等	固定・固縛	-	-	多数	III	(重量の関係から, ユニットハウスを代表評価対象物とする。)
			樹木 (流木等)	-	-	-	-	II	-

表 4.2-12 漂流物評価結果 (調査分類 B : 構内・陸域) (2/5)

評価番号	場所	種類	名称	状態	仕様		数量	取水性影響評価結果	(参考) 衝突影響評価対象
					主要構造/材質	寸法・容量			
①	荒浜側護岸部 (物揚場を含む)	建屋	海象観測小屋	設置	鉄筋コンクリート建屋	建築面積約 21m ²	1	I	
			海水放射能モニター建屋	設置		建築面積約 18m ²	1		
			荒浜側少量危険物保管庫①	設置		建築面積約 83m ²	1		
			荒浜側少量危険物保管庫②	設置		建築面積約 72m ²	1		
			1/2号機取水電源室	設置		建築面積約 137m ²	1		
			1号機補機スクリーン電源室	設置		建築面積約 14m ²	1		
			3/4号機取水電源室	設置		建築面積約 140m ²	1		
			物揚場電源室	設置		建築面積約 48m ²	1		
			中水道用ポンプ室	設置		建築面積約 25m ²	1		
			海水放射能モニター建屋(屋外放射線装置 CVCF用シールド)	設置		建築面積約 7m ²	1		
②			1号機循環水ポンプ建屋	設置	鉄骨造建屋	建築面積約 1,301m ²	1	I	-
			貝処理大型機器点検用建屋	設置		建築面積約 1,173m ²	1		
③		機器類 (タンク)	重油移送ポンプ室	設置		建築面積約 160m ²	1	-	
			No.1重油貯蔵タンク	設置		3000kL	1		
			No.2重油貯蔵タンク	設置		320kL	1		
			キャスク	-		約 43m ³	-		
④		機器類 (タンク以外)	LLW輸送容器	-		約 6m ³	-	-	
			スクリーン装置用門型クレーン (1号及び2号機用)	設置		スパン 20.5m/リフト 23m	1		
			スクリーン装置用門型クレーン (3号及び4号機用)	設置		スパン 20.5m/リフト 23m	1		
			物揚場 (岸壁) 150t デリッククレーン	設置		揚程 (作業半径 15m 時, 20.85m)	1		
			電気・制御盤	設置		-	多数		
			避雷鉄塔	設置		鉄骨構造	1		
⑤		車両	海水放射能モニター (1号~4号機用)	設置	鋼材	高さ 149.5m	1/炉	-	-
			除塵装置 (1号~4号機用)	設置		-	一式/炉		
			車両	-	-	-	-	II	-
			使用済燃料輸送車両	-	-	-	-	I	-
			LLW輸送車両	-	-	-	-	I	-

表 4.2-12 漂流物評価結果 (調査分類 B : 構内・陸域) (3/5)

評価番号	場所	種類	名称	状態	仕様		数量	取水性影響評価結果	(参考) 衝突影響評価対象
					主要構造/材質	寸法・容量			
⑥	荒浜側護岸部 (物揚場を含む)	資機材	スクリーン本体・予備機, スクリーン点検用架台, 角落とし・角ホルダー, クレーン点検用荷重等, 仮設電源・動力・分電盤等	設置・直置き	鋼材・銅板, コンクリート	—	—	I	—
			ユニットハウス, 工具収納棚, 単管パイプ, 足場板等	固定・固縛	—	—	—	—	II, 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	—	—	多数	I	—
			監視カメラ, 拡声器, 標識等	固定・固縛	—	—	多数	II, III	○ (重量の関係から, ユニットハウスを 代表評価対象物と する。)
		樹木 (流木等)		—	—	—	—	III	○

表 4.2-12 漂流物評価結果 (調査分類 B : 構内・陸域) (4/5)

評価番号	場所	種類	名称	状態	仕様		数量	取水性影響評価結果	(参考) 衝突影響評価対象
					主要構造/材質	寸法・容量			
①	荒浜側防潮堤内敷地	建屋	ポンプ建屋 (1号~4号機用)	設置	鉄筋コンクリート建屋	建築面積 約 23~144m ²	6	I	-
			自然海水ポンプ室	設置		建築面積約 96m ²	1		
			1号機温海水ポンプ室	設置		建築面積約 64m ²	1		
			海水淡水化装置制御室	設置		1号機海水機器建屋に含む			
			雑固体廃棄物焼却設備建屋(荒浜側)	設置		建築面積 約 1,142m ²	1		
			荒浜側洗濯設備建屋	設置		建築面積 約 1,018m ²	1		
			旧出入り管理所	設置		建築面積約 344m ²	1		
			主排気モニター建屋 (1号~4号機用)	設置		建築面積 約 61~180m ²	3		
			第二無線局	設置		建築面積約 177m ²	1		
			連絡通路	設置		-	-		
			3/4号サービズ建屋車庫	設置		建築面積約 46m ²	1		
			自衛消防センター	設置		建築面積約 503m ²	1		
			防護本部建屋	設置		建築面積約 1507m ²	1		
			種気計装室・散水ポンプ室	設置		建築面積約 32m ²	1		
①,②			使用済燃料容器 (キヤスク) 保管施設	設置	鉄骨造建屋+	建築面積約 2187m ²	1	I	-
			1号機海水機器建屋	設置	鉄筋コンクリート建屋	建築面積 約 743~870m ²	1/炉		
②			海水熱交換器建屋 (2号~4号機用)	設置	鉄骨造建屋	建築面積 約 729~805m ²	1/炉	I	-
			循環水ポンプ建屋 (2号~4号機用)	設置		建築面積 約 238~242m ²	1/炉		
			ボール捕集ビット上屋 (2号~4号機用)	設置		建築面積 約 797~1,411m ²	2		
			ボイラー建屋	設置		建築面積 約 343~345m ²	2		
			荒浜側直員車庫	設置		建築面積約 331m ²	1		
			水素トラレーワ建屋	設置		建築面積約 136m ²	1		

表 4.2-12 漂流物評価結果 (調査分類 B : 構内・陸域) (5/5)

評価番号	場所	種類	名称	状態	仕様		数量	取水性影響評価結果	(参考) 衝突影響評価対象
					主要構造/材質	寸法・容量			
③		機器類 (タンク)	SPH サージタンク	設置	鋼材・銅板	4100m ³	1	I, II	-
			NSD 収集処理装置 (1号~4号機用)	設置	FRP・鋼材	7m×7m×H3m (タンク)	4		
			軽油タンク	設置	鋼材・銅板	344kL	2/炉		
			窒素ガス供給装置	設置	鋼材・銅板	122kL (内槽)	1		
			泡消火設備	設置	鋼材・銅板	1200L (タンク)	1/炉		
④	荒浜側防潮堤内敷地	機器類 (タンク以外)	液化酸素タンク	設置	鋼材・銅板	30008L	1	I	-
			所内ボイラー排気筒	設置	鋼材, 耐火物	Φ1.7m×29.7m	1		
			変圧器	設置	鋼材・銅板	15.3m×13.6m× 11.1m (最大)	多数		
			チラー設備	設置	鋼材・銅板	-	多数		
⑤		車両	電気・制御盤	設置	鋼材・銅板	-	多数	II	-
			計測機器	設置	鋼材・銅板	-	多数		
			車両	-	-	-	-		
⑥		資機材	角落とし・角ホルダー, 仮設電源・ 動力・分電盤, バックホー等	設置・直置き	鋼材・銅板, コンクリート	-	-	I	-
			ユニットハウス, 工具収納棚, 単管 パイプ, 足場板, サイロ, コンブレ ッサー等	固定・固縛	-	-	-		
⑦		その他 一般構築物, 植生	マンホール, グレーチング, チェツ カーブプレート, 外灯, フェンス, コ ンクリート蓋等	設置・固定・ 固縛	-	-	多数	I	-
			監視カメラ, 拡声器, 標識等	固定・固縛	-	-	多数		
			樹木 (植生等)	-	-	-	-		

分類C（構外・海域）

調査範囲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3kmに荒浜漁港がある。同漁港には、防波堤、栈橋が整備されており、小型の漁船及びプレジャーボート（総トン数5t未満）が約30隻停泊している。この他に調査範囲内に来航し得る船舶としては海上保安庁の巡視船（総トン数約3,000t）がある。

また、分類A（構内・海域）において退避するとした作業船の一部が敷地外北側の砂浜に退避し、船舶を残置する可能性がある。

一方、調査範囲内には定置網等の固定式漁具、浮筏、浮栈橋、浮体式標識灯等の海上設置物はない。

なお、発電所周辺の海域を航行する定期船としては直江津と小木、寺泊と赤泊、新潟と敦賀との間を就航する旅客船等があるが、航路上の最も近接する位置でも発電所から30km程度の距離があり、調査範囲内を航行するものはない。

抽出された以上の船舶に対して図4.2-10に示したフローにより6号及び7号機の取水口及び取水路の通水性に与える影響評価を実施した。評価結果を以下に示す。また評価結果の一覧を表4.2-13に示す。

① 漁船、プレジャーボート

図 4.2-3 に示したとおり敷地周辺の流向ベクトルは数分～数十分ごとに変化しており、発電所に向かう連続的な流れは生じていない。荒浜漁港に停泊する漁船及びプレジャーボートについては係留されているため漂流物化する可能性は小さいと考えられるが、仮に漂流物化したとしても、距離、地形及び以上に示した津波の流向から発電所に対する漂流物となることはないと考えられる。【結果Ⅱ】

また、航行中の漁船等の船舶については退避可能と考えられるが、保守的な想定として発電所近傍で航行不能となることも考慮し、その際の挙動について軌跡のシミュレーション評価を実施した。

柏崎刈羽原子力発電所の漁業制限区域は発電所沖約 1.7km、幅約 5.8km の範囲であることからこの境界までは船舶が近づき得るものとし、図 4.2-30 に示す発電所沖 1.5km の地点並びに参考として 3km 及び 5km の地点を初期配置とし、地震発生から 240 分間の軌跡のシミュレーションを実施したところ図 4.2-31 の結果となった。

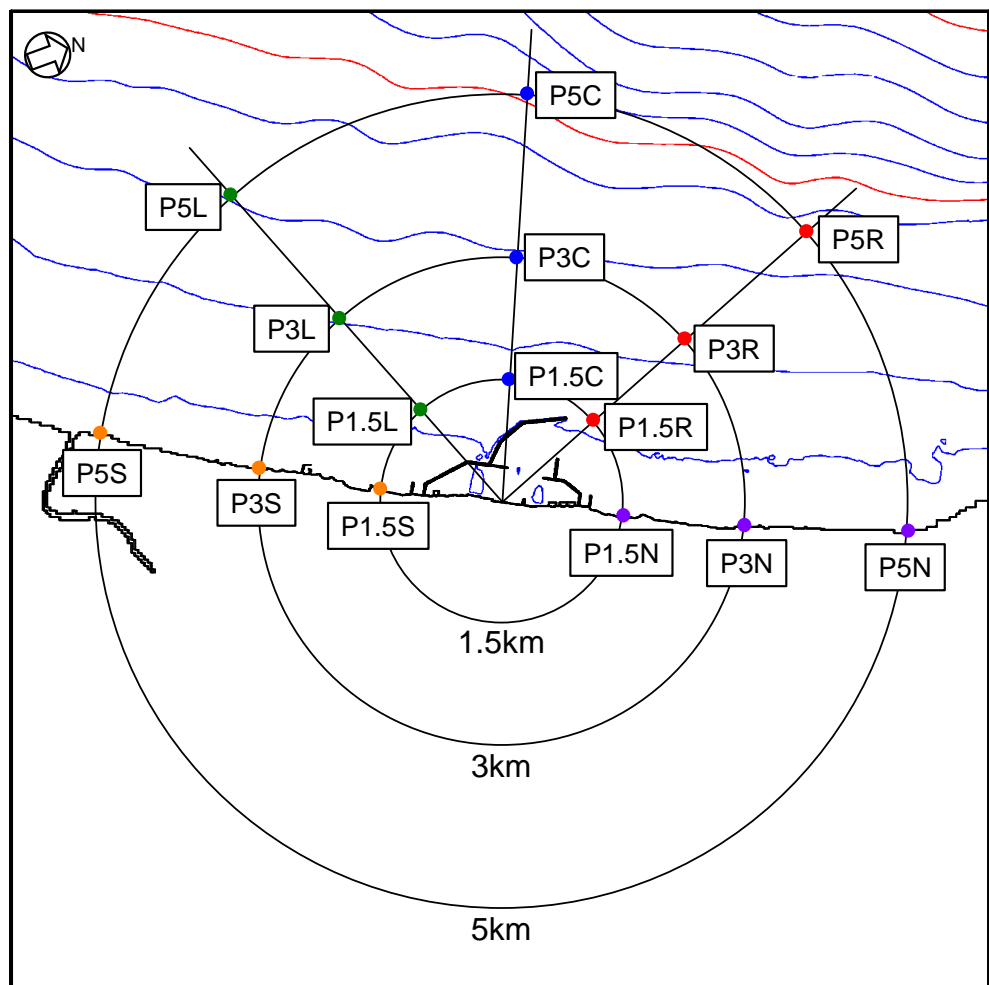
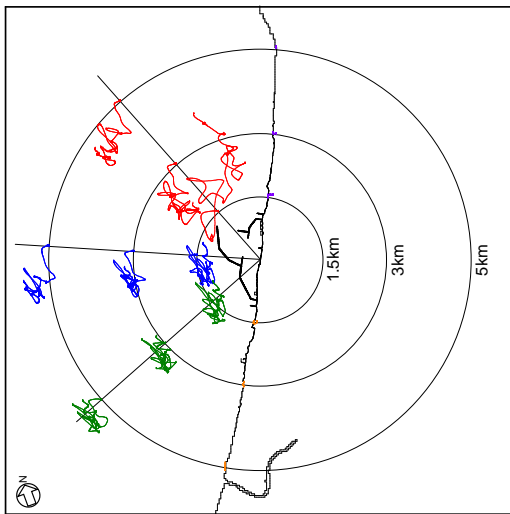
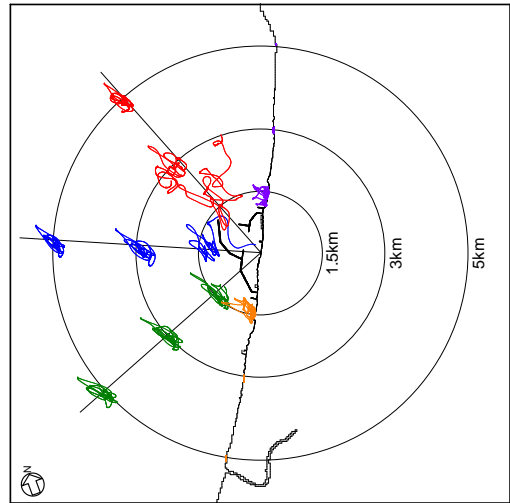


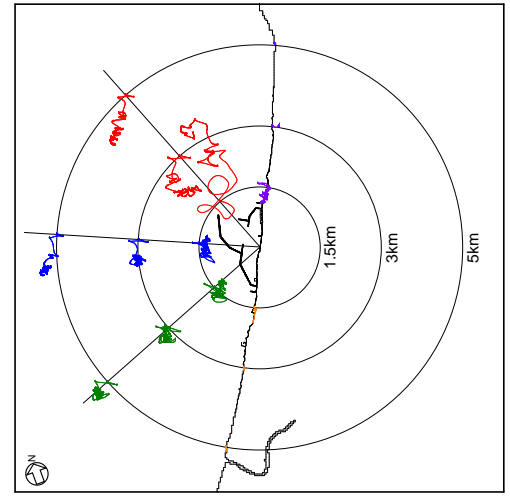
図 4.2-30 航行不能船舶軌跡シミュレーションの初期配置



基準津波 1



基準津波 2



基準津波 3

図 4.2-31 基準津波による航行不能船舶の軌跡

この結果、初期配置が P1.5C 及び P1.5R 以外のケースについては発電所の港湾内に侵入しないが、P1.5C 及び P1.5R のケースに該当するような港湾口のごく近傍で航行不能となる場合には港湾内に侵入する可能性が示された。なお、以上の評価については、津波の原因となる地震により防波堤が損傷する可能性を考慮し、防波堤が 1m 沈降した状況、2m 沈降した状況（及び参考として防波堤がないケース）を模擬した影響評価を行い、結論が変わるものではないことを確認している（図 4.2-32）。

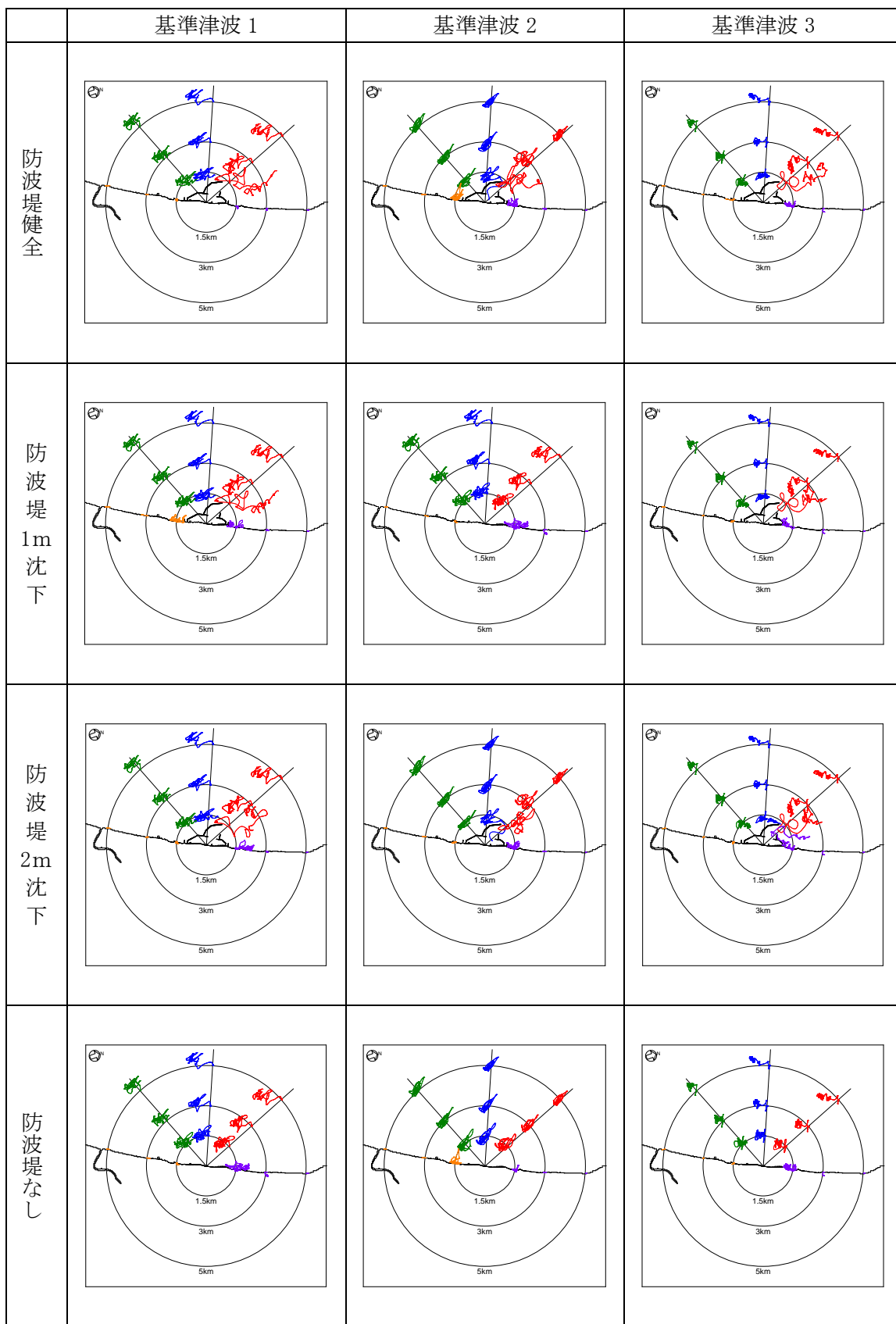


図 4.2-32 防波堤の地震等による損傷を考慮した影響評価

以上を考慮し、保守的に荒浜漁港に存在する船舶、及び発電所敷地外北側の砂浜に退避する港湾内作業船舶が航行不能となり港湾内に侵入すると仮定し取水性への影響評価を行う。この場合でも、以下に示す6号炉及び7号炉の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、漁船・作業船の寸法とから、その接近により取水口が閉塞し、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。【結果Ⅲ】

<作業船の取水路通水性に与える影響に関わる諸元>

○取水口呑口断面寸法 (図 4.2-33)

- ・高さ : (平均潮位下)
- ・幅 :
- ・面積 :

○非常用海水冷却系必要通水量

- ・通常時 (循環水系) の5%未満

※循環水系の定格流量約 $5,300\text{m}^3/\text{分}$ に対して非常用海水冷却系の定格流量は $180\text{m}^3/\text{分}$ (ポンプ全体運転)

○作業船寸法 (総トン数約 5t の漁船・作業船代表例)

- ・長さ : 約 15m
- ・幅 : 約 4m
- ・喫水 : 約 1m
- ・水面下面積 : 約 15m^2 (長手方向)

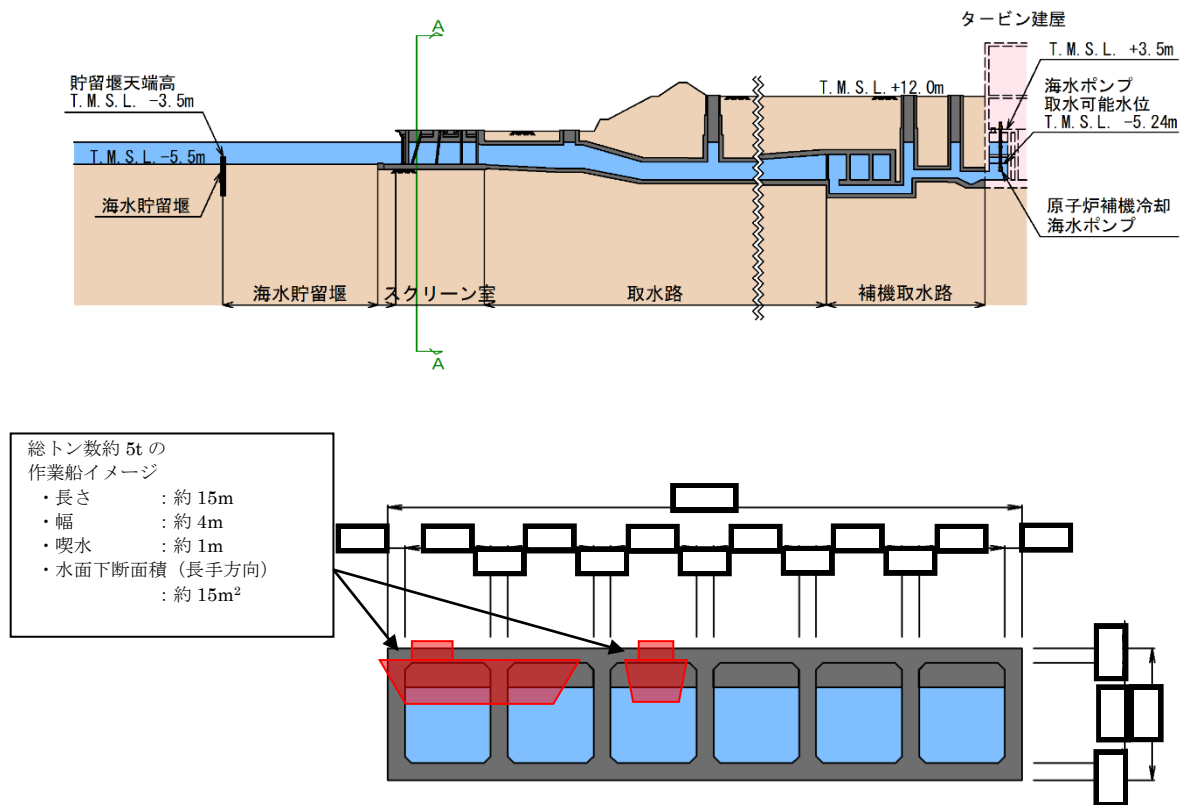


図 4.2-33 取水口呑口断面

② 巡視船

巡視船については津波襲来時には退避可能と考えられることから、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にならないものと評価する。【結果 I】

表 4.2-13 漂流物調査結果 (調査分類C: 構外・海域)

評価番号	分類	内容	状況	場所	数量	総トン数	結果
①	船舶	・漁船 ・プレジャーボート(小型動力船, 手漕ぎボート)	停泊	荒浜漁港	約 30	5t 未満	II
			航行	発電所周辺			II, III
②		・巡視船	航行/停泊	発電所周辺	1	約 3,000t	I

分類D（構外・陸域）

調査範囲内には発電所の南側に集落として荒浜地区及び松波地区が、また北側に大湊地区、宮川地区及び椎谷地区があり、家屋や倉庫等の建築物、フェンスや電柱等の構築物、乗用車等の車両がある。また、他には6号及び7号機の取水口の南方約2.5kmに研究施設があり、事務所等の建築物、タンクや貯槽等の構築物がある。これらについて、図4.2-10に示したフローにより取水口及び取水路の通水性に与える影響評価を実施した。

なお、調査においては上記（具体的には表4.2-2）に示すものの他に、浜辺に保管されたプレジャーボート類や植生も確認されたが、これらについては分類C（構外・海域）における船舶や分類B（構内・陸域）における植生に対する評価に包含されると考えられるため、記載を割愛した。

結果は表4.2-14に示すとおりであり、設置方法や重量等により多くは海域に流出し漂流物化することはないと考えられるが、建屋の外装材等の軽量の（比重が小さい）ものの中に漂流物化するものがあつた場合でも、設置位置を考慮すると、図4.2-3に示した津波の流向及び図4.2-31に示した基準津波下における航行不能船舶の挙動より、発電所に対する漂流物にはならないと考えられる。よって、発電所構外の陸域における施設・設備等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にならないものと評価する。【結果Ⅰ，Ⅱ】

表4.2-14 漂流物調査結果（調査分類D：構外・陸域）

場所	内容	状況	重量	結果
<ul style="list-style-type: none"> ・荒浜地区（荒浜漁港） ・松波地区 ・大湊地区 ・宮川地区 ・椎谷地区 	<ul style="list-style-type: none"> ・家屋等建築物 ・フェンス，電柱等構築物 	設置	—	I，Ⅱ
	<ul style="list-style-type: none"> ・乗用車等車両 	駐車	—	I，Ⅱ
<ul style="list-style-type: none"> ・海洋生物環境研究所 	<ul style="list-style-type: none"> ・事務所等建築物 ・タンク，貯槽等構築物 	設置	—	I，Ⅱ
	<ul style="list-style-type: none"> ・乗用車等車両 	駐車	—	I，Ⅱ

以上に述べた6号及び7号機の取水口付近の漂流物に対する通水性の確認結果をまとめると表4.2-15となる。これより、基準津波により漂流物となる可能性がある施設・設備等について、非常用海水冷却系に必要な取水口及び取水路の通水性に影響を与えることがないことを確認した。

表 4.2-15 漂流物調査結果 (まとめ) (1/4)

調査分類	調査範囲		評価番号	場所	分類・種類	内容、名称、構造等	数量	重量 (総トン数)	結果	(参考) 衝突影響 評価対象																																																								
	発電所 構内・構外	海域・陸域																																																																
A	発電所 構内	海域	①	・発電所全体港湾内	船舶	燃料等輸送船	1	約 5,000t (総トン数)	I 緊急回避可能、また緊急回避ができない場合も 係留されている、船体強度を有する等により漂 流物化しない。	—																																																								
											②	・発電所全体港湾内 ・発電所全体港湾内 ・発電所全体港湾内 ・発電所全体港湾内	渡津船	1	約 500t (総トン数)	I 錨泊しており、走船する可能性はあるものの漂 流物化しない。	—																																																	
																		③	・大湊側港湾内 ・発電所全体港湾内 ・港湾外	土運船	2	約 500t (総トン数)	I 渡津船に係船するか、重りに係留するため漂流 物化しない。	—																																										
																									④	・発電所全体港湾内 ・大湊側港湾内 ・発電所全体港湾内 ・港湾外	曳船	2	約 100t (総トン数)	I 渡津船に係船するか、土運船に係船するため漂 流物化しない。	—																																			
																																⑤	・発電所全体港湾内 ・大湊側港湾内 ・発電所全体港湾内 ・港湾外	揚船船	2	約 10t (総トン数)	I 渡津船に係船するか、土運船に係船するため漂 流物化しない。	—																												
																																							⑥	・発電所全体港湾内 ・大湊側港湾内 ・発電所全体港湾内 ・港湾外	海洋環境調査作業船	～4 程度	～10t (総トン数)	I 回避可能であり漂流物化しない	—																					
																																														⑦	・大湊側港湾内 ・発電所全体港湾内 ・港湾外	温排水水温調査作業船 (ゴムボート)	～2 程度	1t 未満 (総トン数)	III 漂流物化する可能性があるが、通水性に影響を 与えない。	○														
																																																					⑧	・大湊側港湾内 ・発電所全体港湾内 ・港湾外	温排水水温調査作業船 (ゴムボート以外)	～10 程度	～90t (総トン数)	I 回避可能であり漂流物化しない	—							
																																																												⑨	・大湊側港湾内 ・発電所全体港湾内 ・港湾外	港湾設備保守作業船 (ゴムボート)	～2 程度	1t 未満 (総トン数)	III 漂流物化する可能性があるが、通水性に影響を 与えない。	○
⑪	・大湊側港湾内 ・発電所全体港湾内 ・港湾外	本体 (上部コンクリート)、巴型ブロック等	—	約 10t～	II 津波により損傷する可能性はあるが、距離や重 量から、6 号及び 7 号機の取水口に到達しない。	—																																																												
							⑫	・大湊側港湾内 ・発電所全体港湾内 ・港湾外	捨石	—	約 100kg～	III 距離があることから 6 号及び 7 号機取水口まで 到達する可能性は小さいが、仮に到達しても通 水性に影響を与えない。	— (浮遊状態で漂流しない ため、衝突荷重評価の対 象としない)																																																					
														⑬	・大湊側港湾内 ・発電所全体港湾内 ・港湾外	鉄筋コンクリート建屋	4	—	I, III 重量物であり漂流物化しない。損傷により生じ た小片は、漂流物化しても通水性に影響を与え ない。	— (浮遊状態で漂流しない ため、衝突荷重評価の対 象としない)																																														
																					⑭	・大湊側港湾内 ・発電所全体港湾内 ・港湾外	鉄骨造建屋	1	—	I 重量物であり、また建屋外装材は固縛されてお り漂流しない。	—																																							
																												⑮	・大湊側港湾内 ・発電所全体港湾内 ・港湾外	スクリーン装置用門型クレーン (6 号機用)	1	—	I 重量物であり漂流物化しない。	—																																
																																			⑯	・大湊側港湾内 ・発電所全体港湾内 ・港湾外	スクリーン装置用門型クレーン (6 号及び 7 号機用)	多数	—	I 重量物であり漂流物化しない。	—																									
																																										⑰	・大湊側港湾内 ・発電所全体港湾内 ・港湾外	電気・制御盤	1	—	I 重量物であり漂流物化しない。	—																		
																																																	⑱	・大湊側港湾内 ・発電所全体港湾内 ・港湾外	避雷鉄塔	1/炉	—	I 重量物であり漂流物化しない。	—											
																																																								⑲	・大湊側港湾内 ・発電所全体港湾内 ・港湾外	海水放射能モニタ (5 号～7 号機用)	1/炉	—	I 重量物であり漂流物化しない。	—				
																																																															⑳	・大湊側港湾内 ・発電所全体港湾内 ・港湾外	除塵装置 (5～7 号機用)	一式/炉
㉑	・大湊側港湾内 ・発電所全体港湾内 ・港湾外	除塵装置 (5～7 号機用)	—	—	I 重量物であり漂流物化しない。	—																																																												

表 4.2-15 漂流物調査結果 (まとめ) (2/4)

調査分類	調査範囲		場所	分類・種類	内容、名称、構造等	数量	重量 (総トン数)	結果	(参考) 衝突影響 評価対象			
	発電所 構内・構外	海域・陸域										
B	発電所 構内	陸域	⑤	車両	軽自動車	—	約1t	III	漂流物化する可能性があるが、通水性に影響を与えない。	○		
					軽自動車以外	—	～約50t	II	漂流物化防止の対策を実施する。	—		
			⑥	資機材	スクリーン本体、予備機、スクリーン点検用架台、角落し・角ボルトダ、クレーン点検用荷重等、仮設電源・動力・分電盤等	—	—	I	—	—	—	—
					ユニットハウス、工具収納棚、単管パイプ、足場板等	—	—	III	—	—	漂流物化する可能性があるが、通水性に影響を与えない。	○
			⑦	その他一般構造物、 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	多数	—	I	—	—	—	—
					監視カメラ、拡声器、標識等	多数	—	III	—	—	漂流物化する可能性があるが、通水性に影響を与えない。	○
			①	建屋	樹木(流木等)	—	—	II	—	—	漂流物化する可能性があるが、6号及び7号機の取水口に到達しない。	—
					鉄筋コンクリート建屋	8	—	I	—	—	—	—
			②	建屋	補強コンクリートブロック建屋	1	—	I	—	—	—	—
					鉄骨造建屋	4	—	I	—	—	—	—
			③	機器類 (タンク)	No.1 重油貯蔵タンク	1	—	—	—	—	—	—
					No.2 重油貯蔵タンク	1	—	—	—	—	—	—
			④	機器類 (タンク以外)	キャスク	1	110t	I	—	—	—	—
					LLW 輸送容器	2	1.19t	II	—	—	—	—
			⑥	荒浜側護岸部 (物揚場を含む)	スクリーン装置用型クレーン(1号及び2号機用)	1	—	—	—	—	—	—
					スクリーン装置用型クレーン(3号及び4号機用)	1	—	—	—	—	—	—
物揚場(岸壁) 150t デリタッククレーン	1	—			—	I	—	—	—			
電気・制御盤	多数	—			—	—	—	—	—			
避雷鉄塔	1	—			—	—	—	—	—			
海水放射能モニタ(1号～4号機用)	1/戸	—			—	—	—	—	—			
⑥	車両	除塵装置(1号～4号機用)	一式/戸	—	—	—	—	—	—			
		使用済燃料輸送車両	1	35t	I	—	—	—	—			
⑥	車両	LLW 輸送車両	1	11t	II	—	—	—	—			
		上記以外	—	—	II	—	—	—	—			

表 4.2-15 漂流物調査結果 (まとめ) (3/4)

調査分類	調査範囲		評価番号	場所	分類・種類	内容, 名称, 構造等	数量	重量 (総トン数)	結果	(参考) 衝突影響 評価対象		
	発電所 構内・構外	海域・陸域										
B	発電所 構内	陸域	⑤	・荒浜側護岸部 (物揚場を含む)	資機材	スクリーン本体・予備機, スクリン点検用架台, 角落し・角ホルダー, クレーン点検用荷重等, 仮設 電源・動力・分電盤等	—	—	I I, III	— ○		
						ユニットハウス, 工具収納棚, 車管パイプ, 足場板 等	—	—	—	漂流物化する可能性があるが, 通水性に影響を 与えない。	○	
			⑦	・荒浜側護岸部 (物揚場を含む)	その他一般構造物, 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	多数	—	I	—	—	—
						監視カメラ, 拡声器, 標識等	多数	—	II, III	○		
			①	・荒浜側護岸部 (物揚場を含む)	建屋	樹木 (流木等)	—	—	III	—	—	○
						鉄筋コンクリート建屋	19	—	I	—	—	
			②	・荒浜側護岸部 (物揚場を含む)	建屋	鉄骨造建屋+鉄筋コンクリート建屋	1	—	I	—	—	—
						鉄骨造建屋	16	—	I	—	—	
			③	・荒浜側護岸部 (物揚場を含む)	機器類 (タンク)	SPH サージタンク	1	—	I, II	—	—	—
						NSD 収集処理装置 (1号~4号機用)	4	—	—	—	—	
			④	・荒浜側護岸部 (物揚場を含む)	機器類 (タンク以外)	軽油タンク	8	—	—	—	—	—
						窒素ガス供給装置	1	—	—	—	—	—
			⑤	・荒浜側護岸部 (物揚場を含む)	車両	泡消火設備	4	—	—	—	—	—
						液化酸素タンク	1	—	—	—	—	—
			⑥	・荒浜側護岸部 (物揚場を含む)	資機材	所内ボイラー排気筒	1	—	—	—	—	—
						変圧器	多数	—	—	—	—	—
			⑦	・荒浜側護岸部 (物揚場を含む)	その他一般構造物, 植生	チラー設備	多数	—	—	—	—	—
電気・制御盤	多数	—				—	—	—	—			
⑧	・荒浜側護岸部 (物揚場を含む)	その他一般構造物, 植生	計測機器	多数	—	—	—	—	—			
			車両	—	—	—	—	—	—			
⑨	・荒浜側護岸部 (物揚場を含む)	資機材	角落し・角ホルダー, 仮設電源・動力・分電盤, バ ックホー等	—	—	II	—	—	—			
			ユニットハウス, 工具収納棚, 車管パイプ, 足場板, サイロ, コンプレッサー等	—	—	I	—	—	—	—		
⑩	・荒浜側護岸部 (物揚場を含む)	その他一般構造物, 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	多数	—	I	—	—	—			
			監視カメラ, 拡声器, 標識等	多数	—	II	—	—	—			
⑪	・荒浜側護岸部 (物揚場を含む)	その他一般構造物, 植生	監視カメラ	—	—	II	—	—	—			
			樹木 (流木等)	—	—	II	—	—	—			

表 4.2-15 漂流物調査結果 (まとめ) (4/4)

調査分類	調査範囲		評価番号	場所	分類・種類	内容, 名称, 構造等	数量	重量 (総トン数)	結果	(参考) 衝突影響 評価対象	
	発電所 構内・構外	海域・陸域									
C	発電所 構外	海域	①	<ul style="list-style-type: none"> 荒浜漁港 発電所周辺 	船舶	<ul style="list-style-type: none"> 停泊中, または, 航行中の以下の船舶 ・漁船 ・プレジジャーボート (小型動力船, 手漕ぎボート) 	約 30	5t 未満 (総トン数)	II	漂流物化する可能性があるが, 6号及び7号機取水口に到達しない。	—
						<ul style="list-style-type: none"> 停泊中, または, 航行中の以下の船舶 ・漁船 ・プレジジャーボート (小型動力船, 手漕ぎボート) 			II, III	漂流物化する可能性があるが, 通水性に影響を与えない。	
						<ul style="list-style-type: none"> 発電所周辺 			II, III	漂流物化する可能性があるが, 通水性に影響を与えない。	
						<ul style="list-style-type: none"> 発電所周辺 			I	到達可能であり漂流物化しない。	
D	発電所 構外	陸域	—	<ul style="list-style-type: none"> 荒浜地区 (荒浜漁港) ・松波地区 ・大湊地区 ・宮川地区 ・稚谷地区 ・海洋生物環境研究所 	<ul style="list-style-type: none"> 家屋等建築物 ・フェンス, 電柱等構造物 	—	—	—	—	—	
					<ul style="list-style-type: none"> 乗用車等車両 	—	—	—	—		
					<ul style="list-style-type: none"> 事務所等建築物 ・タンク, 貯槽等構造物 	—	—	—	—		
					<ul style="list-style-type: none"> 乗用車等車両 	—	—	—	—		

なお、漂流物による影響としては前述のとおり他に「津波防護施設、浸水防止設備に衝突することによる影響（波及的影響）」があり、6号及び7号機における同影響を考慮すべき津波防護施設及び浸水防止設備としては、基準津波が到達する範囲内に設置される海水貯留堰が挙げられる。

この海水貯留堰に対して衝突による影響評価を行う対象漂流物の詳細は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」に示すが、表4.2-15には、参考としてその選定結果も合わせて示している。

土運船の港湾内での錨泊について

1. 概要

土運船は、浚渫作業中は浚渫船に係留されており、作業中に基準津波が発生した場合は浚渫船同様に緊急退避が困難であることから、作業現場において錨泊することになる。また、海況が荒れている場合は、土運船を港湾内の流況が穏やかな場所に錨泊させることとしており、そのときに基準津波が発生した場合は、当該場所において錨泊することになる。作業現場及び港湾内での錨泊については、海況によって各船舶が互いに係船した状態となる。

本資料では、海況が荒れている場合の港湾内での土運船錨泊における係留機能を基準津波に対して維持するのに必要な、常設海中設置型の鉄筋コンクリート製アンカーブロックについて検討する。この際、運用上考えられる土運船と他の船舶との係船状態を考慮し、津波の影響を最も受けると考えられる組合せを代表として評価する。

なお、錨泊位置については、航路への影響・係留の作業性を考慮し変更する可能性があるが、その際は、流速に応じたアンカーを再選定することとする。

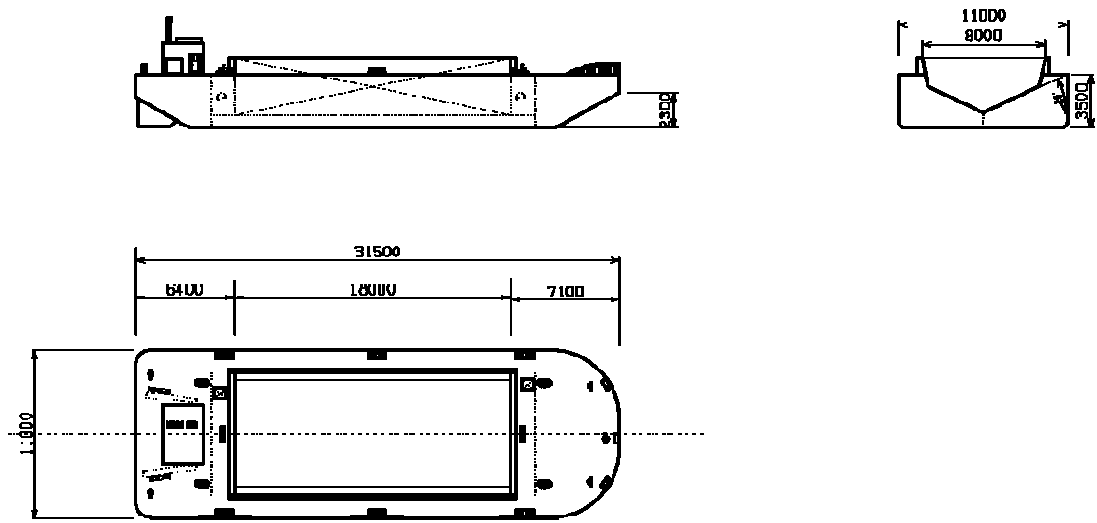
2. 評価

(1) 土運船、係船する船舶及び係船設備の仕様と錨泊状態

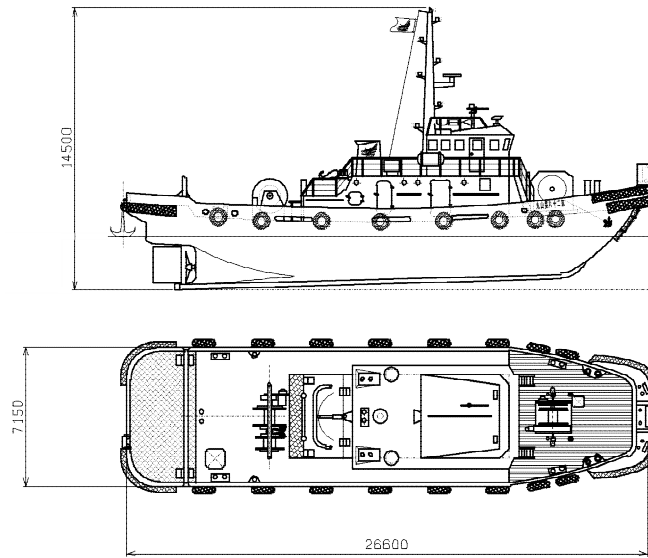
土運船と、海況によって土運船に係船する船舶のうち、津波の影響を最も受ける組合せとなる船として曳き船、及び係船設備の仕様、また錨泊概要を第1表に、土運船・曳き船の外形図を第1図・第2図に、錨泊状態を第3図に示す。なお、土運船は浚渫作業中2隻が運用され、曳き船は1隻である。

第1表 土運船、曳き船及び係船設備の仕様表

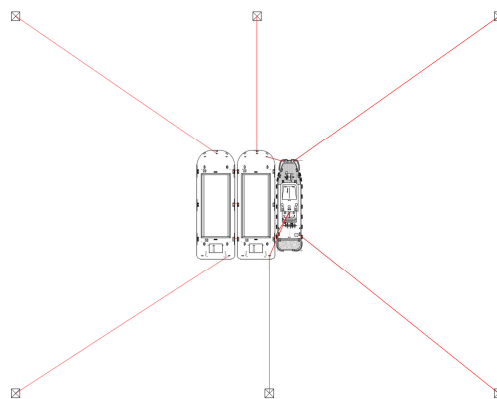
項目		仕様
土運船	全長	31.50m
	幅	11.00m
	喫水(計画)	2.66m
曳き船	全長	26.60m
	幅	7.15m
	喫水	3.00m
アンカー	型式	鉄筋コンクリート製ブロック重り
	寸法・数量	LWH=2.0m×2.0m×1.5m・6箇所(全86.4t)
係船ロープ	種類	樹脂製ロープ
錨泊概要	錨泊予定位置	揚陸棧橋南側海域
	評価流速	2.0m/s (基準津波1～3の最大流速コンター図より)



第1図 土運船の外形図



第2図 曳き船の外形図



第3図 土運船 錨泊状態

(2) アンカーの評価

アンカーの係る津波による流速及び流体力については、次の通りに評価する。

●流れによる設計流速

海底から高さ 1m の設計流速 $U_c(z)$ は、表面流速よりは遅いと考えるが、本評価においては保守的に錨泊位置の流速と同等とする。

$$U_R = 2.0$$

$$U_c(z) = 2.0$$

U_R : 海表面の流速 (基準津波を参照した評価位置最大流速)[m/s]

$U_c(z)$: 海底からの高さ 1[m]における設計流速[m/s]

●流体力の算定¹⁾

流れによる流体力については、アンカー設置状況から流れのみを考慮する場合を想定して算定する。

$$F_w = (1/2) \rho_0 C_D A U^2$$

F_w : 抗力[kN]

ρ_0 : 海水の密度[t/m³]

C_D : 抗力係数 (1.06)

U : 水平流速[m/s]

A : 流れ方向の射影面積[m²]

$$\begin{aligned} F_w &= (1/2) \times 1.026 \times 1.06 \times 3.0 \times 2.0^2 \\ &= 6.55 \end{aligned}$$

以上より、海底に設置した鉄筋コンクリート製のアンカーブロックに働く流体力 F_w は 6.55kN となる。

●土運船及び曳き船に働く流圧力²⁾

土運船及び曳き船に働く流圧力は、次の式により求めることが出来る。ここでは船の横軸方向の流れについて示す。また、曳き船は喫水において土運船よりも大きく、流圧力を受ける面積として土運船の船底以深の部分について考慮する。

$$F_{Yc} = (1/2) \cdot C_{Yc} \cdot \rho_0 \cdot V_c^2 \cdot L_{BP} \cdot T$$

- C_{Yc} : 船体横軸方向流れ抗力係数 (横方向流圧力係数)
 ρ_0 : 海水の密度[t/m³]
 V_c : 流速 (平均) [m/s]
 L_{BP} : 垂線間長[m]
 T : 喫水 (平均) [m]
 F_{Yc} : 船体横軸方向流圧力[N]

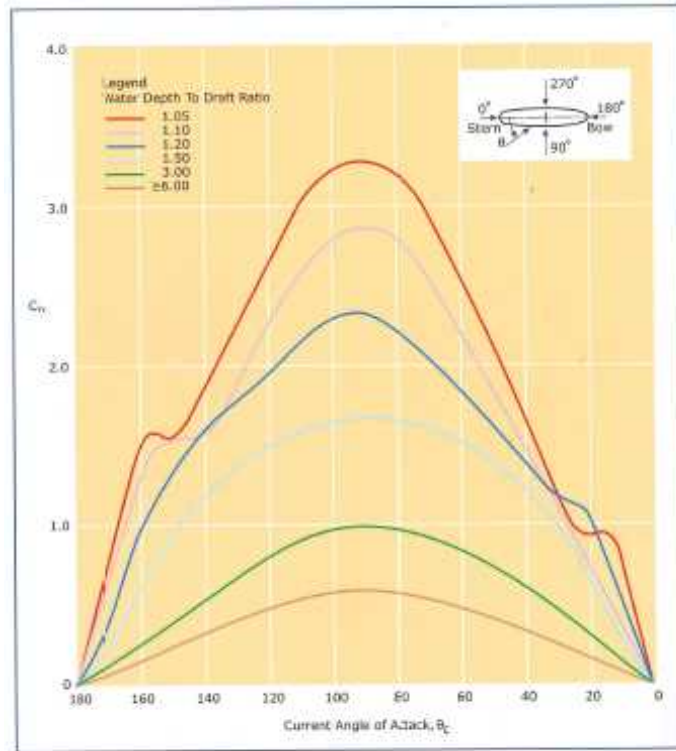


Figure A10: Lateral Current Drag Force Coefficient (C_{Yc}) - Loaded Tanker

第 4 図 横方向流圧力係数[C_{Yc}]

WD/T_M=3.06 : 土運船, WD/T_T=2.71 : 曳き船

WD : Water Depth (水深)

T : Draft (喫水)

$$\begin{aligned}
 F_{YcM} &= 1/2 \times 0.97 \times 1.026 \times 2.0^2 \times 31.5 \times 2.66 \\
 &= 167614
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_{YcT} &= 1/2 \times 1.13 \times 1.026 \times 2.0^2 \times 26.6 \times (3.00 - 2.66) \\
 &= 20967
 \end{aligned}$$

以上より, 土運船に働く基準津波による流れの流圧力 F_{YcM} は 167.6kN, 曳き船の土運船喫水以深部分に働く基準津波による流れの流圧力 F_{YcT} は 21.0kN となり, 船舶に掛かる全流圧力 F_{Yc} は, 次の通り。

$$F_{Yc} = F_{YcM} + F_{YcT} = 167.6 + 21.0 = 188.6$$

●浮力

コンクリートブロックに係る浮力を考慮する。

$$F_L = \rho_0 \cdot g \cdot V_W$$

F_L : 浮力[kN]

ρ_0 : 海水の密度[t/m³]

g : 重力加速度[=9.80665m/s²]

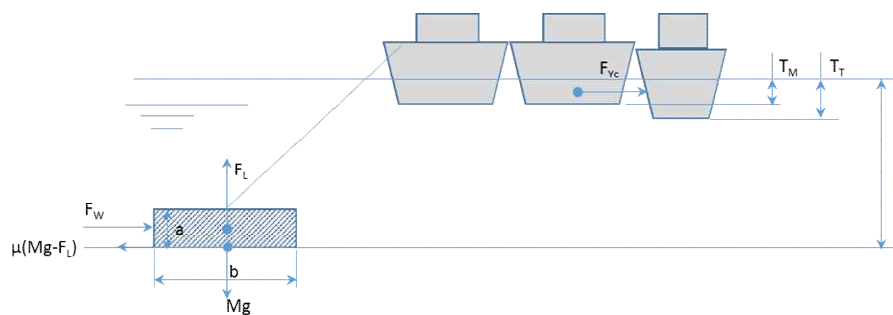
V_W : 対象の海水排除容積[m³]

$$\begin{aligned} F_L &= 1.026 \times 9.80665 \times 6.0 \\ &= 60.4 \end{aligned}$$

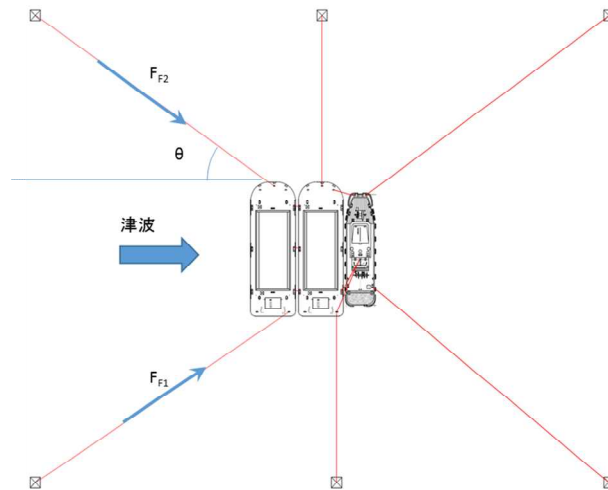
以上より、海底に設置した鉄筋コンクリート製のアンカーブロック一つに働く浮力 F_L は 60.4kN となる。

●海底に沈んだコンクリートブロックアンカーに作用する力

発生する力は、土運船に働く基準津波による流圧力 F_{Yc} 、アンカーに働く流圧力 F_W 、アンカーに働く浮力 F_L 、アンカーに働く重力 Mg 、以上の力が働くことによりアンカーと海底面の間に生じる摩擦力 F_N がある。



第5図 作用する力の関係イメージ（縦断面）



第6図 作用する力の関係イメージ（平面）

係船ロープに掛かる力と土運船に掛かる流圧力の関係は次の通り。

$$F_{Yc} = (F_{F1} + F_{F2}) \cdot \cos \theta$$

F_F : 係船ロープに掛かる引張力[kN]

θ : 係船ロープと流れ方向が成す角度[°]

F_{F1} と F_{F2} では係留位置の違いから力が異なるが、評価を簡易にするために、

$$F_F = F_{F1} = F_{F2}$$

と仮定すると、

$$F_{Yc} = 2F_F \cdot \cos \theta$$

$$\begin{aligned} F_F &= 1/2 \times 188.6 \div \cos 45^\circ \\ &= 133.3 \end{aligned}$$

以上より、係船ロープ1本に掛かる引張力 F_F は 133.3kN になる。

コンクリートブロックアンカーに掛かる荷重の合計が静止摩擦力よりも大きくなるとアンカーは滑動することから、土運船等が流されないようにするためには次式が成立する必要がある。係留初期配置の θ は 45° に設定する。

$$F_N / (F_F + F_W) > 1.2^1)$$

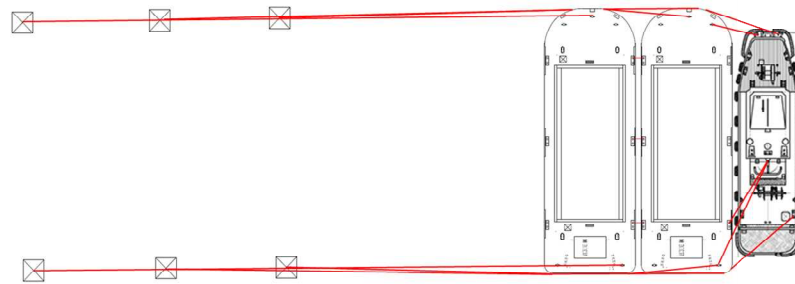
$$\begin{aligned}
 F_N &= \mu (Mg - F_L) \\
 &= 0.6 \times (14.4 \times 9.80665 - 60.4) \\
 &= 48.5
 \end{aligned}$$

- F_N : コンクリートブロックアンカーに作用する摩擦力[kN]
 μ : 海底の砂礫とコンクリートブロック間の静止摩擦係数[0.6]¹⁾³⁾
 M : コンクリートブロックアンカーの質量[kg]
 g : 重力加速度[m/s²]

$$48.5 \div (133.3 + 6.55) = 0.35 < 1.2$$

以上の結果から、設定したコンクリートブロックアンカー2つでは基準津波による最大流速により滑動して流される。滑動して流される場合、滑動したアンカーの係船ロープが流れに対して成す角度 θ' は 0° に近くなると想定される。

以下にアンカーが滑動して流された場合の概略図を示す。



第7図 アンカーが滑動して土運船が流された場合の概略図

概略図より、最大流速に対しアンカー2つでは流され、最終的に6つで係留することになる。この場合、アンカー1箇所の係船ロープに掛かる土運船の流体力の分力 $F_{F'}$ は次の通り。

$$\begin{aligned}
 F_{F'} &= 1/6 \times F_{Yc} \div \cos \theta' \\
 &= 1/6 \times 188.6 \div \cos 0^\circ \\
 &= 31.4
 \end{aligned}$$

- $F_{F'}$: 土運船が流された場合の係船ロープに掛かる力[kN]

$$\begin{aligned}
 F_N / (F_{F'} + F_w) &= 48.5 \div (31.4 + 6.55) \\
 &= 1.28 > 1.2
 \end{aligned}$$

以上より、コンクリートブロックアンカーのサイズを $LWH=2.0\text{m}\times 2.0\text{m}\times 1.5\text{m}$ として土運船等を 6 方向に設定することで基準津波による船体横軸方向の流れに対して漂流物化しない。

3. 結論

土運船等が港湾内に全 86.4t のアンカーに錨泊している時、評価流速が 2.0m/s の津波が襲来しても、漂流物化することはない。

【参考文献】

- 1) 水産庁 漁港・漁場の施設の設計参考図書 第三部 漁場 第15編 魚礁
- 2) OCIMF Mooring Equipment Guidelines 3rd Edition
- 3) 関田・西村・鳥井 多点係留ブイバースの設計 新日鉄技法第350号(1993)

鉄筋コンクリート建屋漂流有無に係る評価

(1) 概要

評価対象として抽出した建屋の密度評価は、基本的に気相部と固相部についての体積を求めて重量を除することで、密度を計算している。計算においては、ドアや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も考慮している。

(2) 計算の概要

竣工図等の図面を参考に、建屋の壁、床、天井について、体積及び重量を計算し、それらを合計することで全体積、建屋重量を算出している。(1)に記載しているように、体積については、図 4.2-添 2-1 に示すイメージ図のように空気の層が残ると仮定し、空気の層の体積を加算している。また、建屋重量を保守的に設定するため以下【建屋重量の保守的な設定について】に基づき算出を行っている。評価結果を図 4.2-添 2-2, 3 に示す。

【建屋重量の保守的な設定について】

- ・建屋内部の設置物については、重量として考慮しない
- ・ドア等の開口部については、その開口部長さ分の壁がないものとして重量を計算
- ・天井部の梁等についても、重量として考慮しない

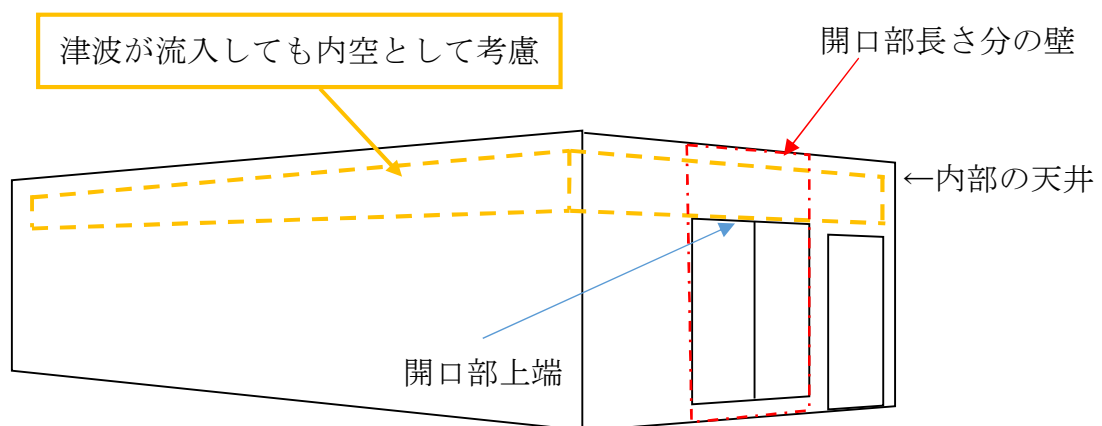


図 4.2-添 2-1 開口部から鉄筋コンクリート建屋内部に津波が流入しても内空として考慮する空間のイメージ図

・ 6/7 号機取水電源室

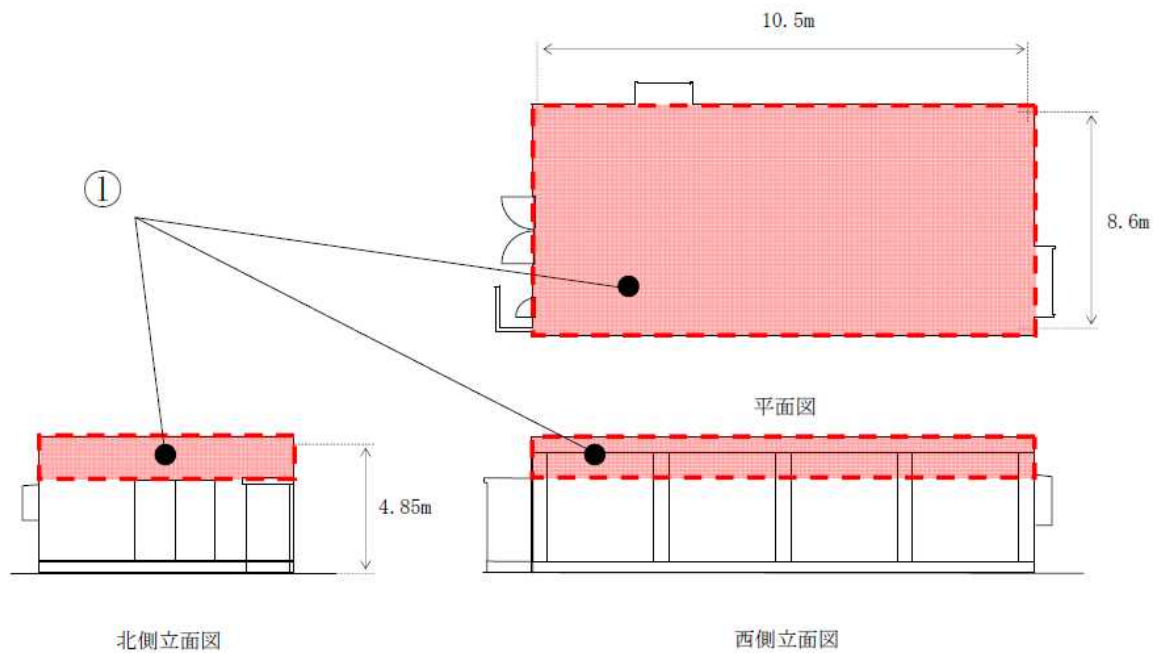


図 4.2-添 2-2 6/7 号機取水電源室

密度算定方法	②重量[t]	③体積[m ³]	④除外体積[m ³]	容器密度[t/m ³]
積荷なし	図面等	①+固相部体積	なし	②÷③

分類	図中番号	部位	体積算定方法
気相部	①	6/7 号機取水電源室 (天井部空間)	図面等より
固相部	—	建屋の壁, 床, 天井	

<密度算定 (6/7 号機取水電源室) >

密度算定方法	体積[m ³]	重量[t]	容器密度[t/m ³]
	①	②	
積荷なし	163.55	484.79	1.29

図 4.2-添 2-3 6/7 号機取水電源室の密度算定方法, 体積算定方法, 及び算定結果について

車両密度評価の詳細について

1.1 概要

評価対象として抽出した車両の密度評価は、基本的に気相部と固相部についての体積を求めて車両重量を除することで、保守性を確保できる密度となるようにした。また、一部の車種については、退避時気相部開放運用を実施しない場合と実施した場合とについて密度を算定することで、退避時気相部開放運用の有効性を確認している。

評価の流れは以下に示すとおりであり、「2. 個別詳細評価」に車種ごとの密度評価詳細について、車両の例を用いて示す。

(1) 気相部体積の算出

運転席、荷室、タイヤ、燃料タンク、エアタンク及びその他タンクについては、ある程度の密閉性があり、車両が水没した状態であってもしばらくの間気相部を維持すると考えられることから、気相部としてその体積を考慮する。

体積の算定方法としては、仕様書（カタログデータ）等に容量の記載があるものについては当該容量を体積として設定する。上記データがないものについては、図面測定を実施し、体積を算出する。

(2) 固相部体積の算出

車両重量が既知であるため、部材の密度が算出できれば部材の体積が算出できる。ここで、部材の密度については、鉄以外の構成要素が比較的多いアルミウイング付トラックの場合でも鉄の重量構成が約 68%であること¹⁾を踏まえ、鉄の密度の 65% ($7.85 \times 65\% = 5.10$ [t/m³]) として設定した。

なお、「2. 個別詳細評価」においては、より保守的な評価として、部材密度を鉄の 50%の密度として算出した結果も参考評価として併せて示す。

(3) 車両密度の算出

退避時気相部開放運用を実施しない場合は、車両重量を上記(1)と(2)を合計した体積で除することで車両密度を算出する。

退避時気相部開放運用を実施する場合は、車両重量を上記(1)の気相部体積のうち運転席及び荷室の体積を除いた体積と(2)の体積とを合計した体積で除することで車両密度を算出する。

¹⁾ 山本ほか(2010);トラックの軽量化と材料技術の動向,軽金属論文集 第60巻 第11号, P.578-284

2 個別詳細評価

2.1. 燃料等輸送容器（空）

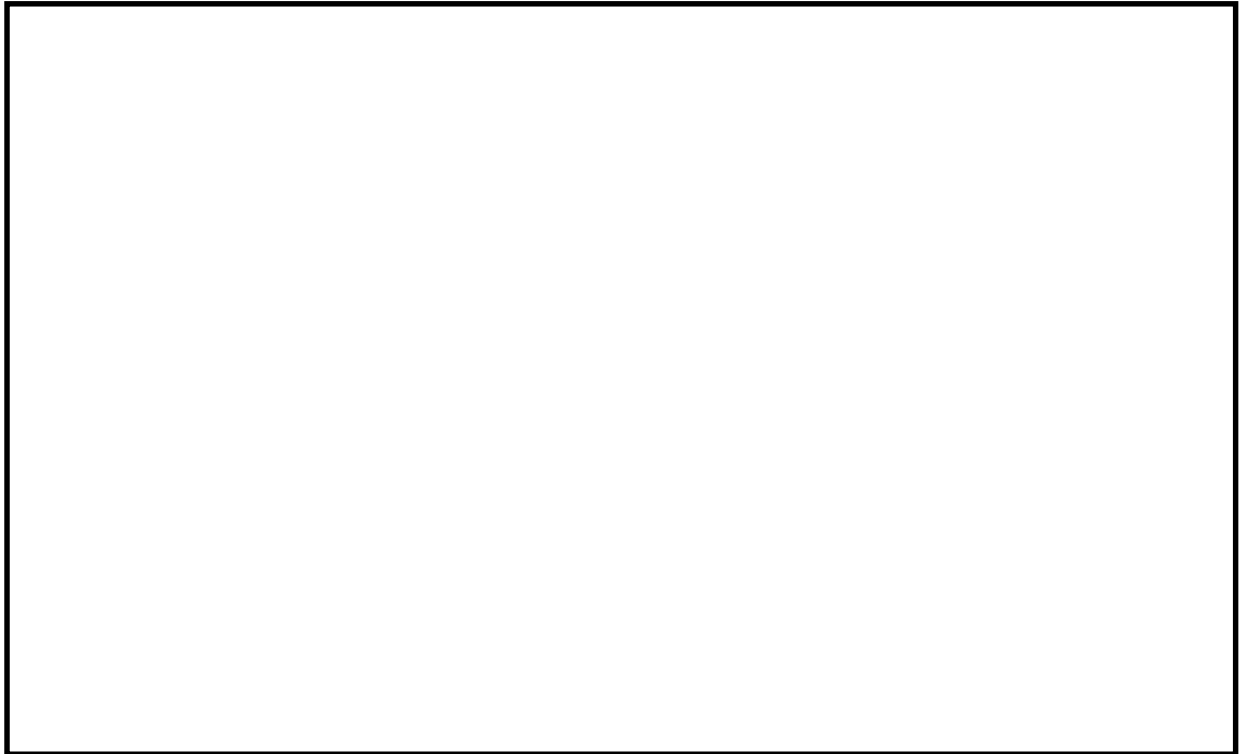


図 4.2-添 3-1 燃料等輸送容器（空）

密度算定方法	②重量[t]	③体積[m ³]	④除外体積[m ³]	容器密度[t/m ³]
積荷なし	仕様書等	①	なし	②÷③

分類	図中番号	部位	体積算定方法
気相部	①	燃料等輸送容器（内部空間）	仕様書等より
固相部	—	燃料等輸送容器	

<密度算定の例（燃料等輸送容器（空）の例）>

密度算定方法	体積[m ³]	重量[t]	容器密度[t/m ³]
	①	②	
積荷なし	42.6	110.6	2.6

図 4.2-添 3-1 燃料等輸送容器（空）の密度算定方法，体積算定方法，及び算定結果の例について

2.2. LLW 輸送容器

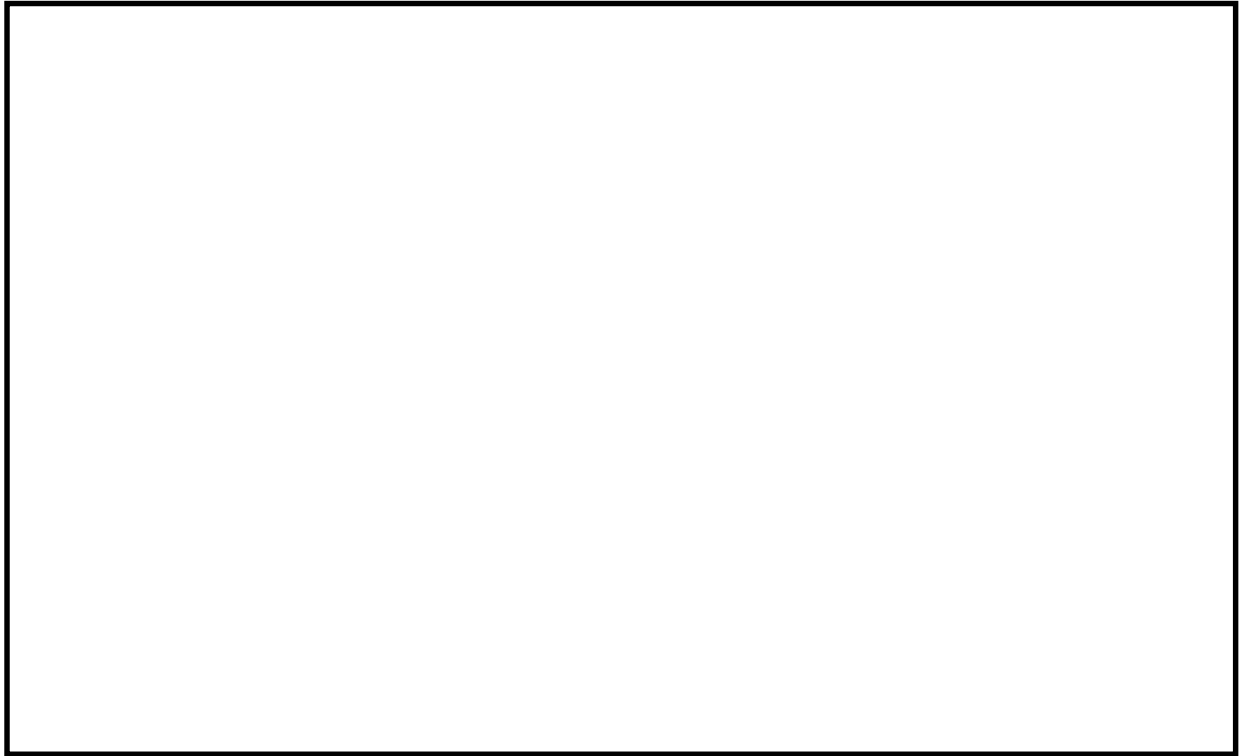


図 4.2-添 3-2 LLW 輸送容器

密度算定方法	②重量[t]	③体積[m ³]	④除外体積[m ³]	容器密度[t/m ³]
積荷なし	仕様書等	①	なし	②÷③

分類	図中番号	部位	体積算定方法
気相部	①	LLW 輸送容器 (内部空間)	仕様書等より
固相部	—	LLW 輸送容器, 隅金具等	

<密度算定の例 (LLW 輸送容器の例) >

密度算定方法	体積[m ³]	重量[t]	容器密度[t/m ³]
	①	②	
積荷なし	5.48	1.19	0.22

図 4.2-添 3-2 LLW 輸送容器の密度算定方法, 体積算定方法, 及び算定結果の例について

2.3. 使用済燃料輸送車両（未積載）

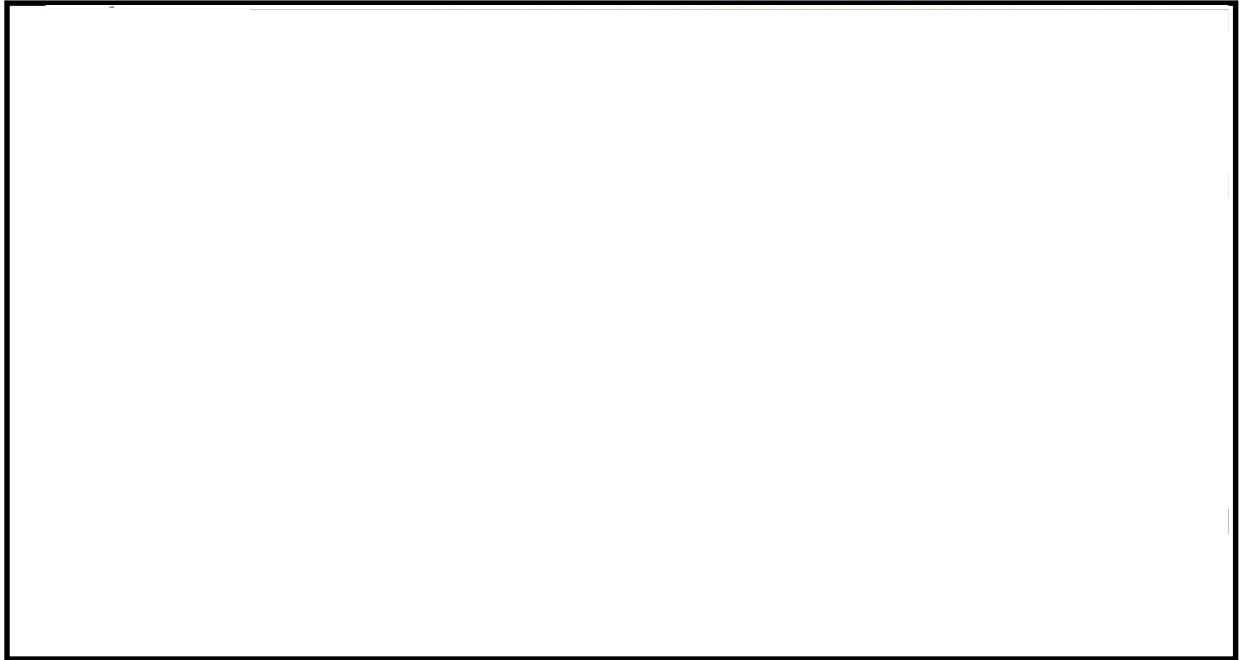


図 4.2-添 3-3 使用済燃料輸送車両(未積載)

密度算定方法	⑤車両重量 [t]	⑥部材密度 [t/m ³]	⑦体積 [m ³]	⑧除外体積 [m ³]	車両密度 [t/m ³]
気相部開放無	車検証等	7.85×0.65	①+②+③+④+(⑤÷⑥)	なし	⑤÷⑦

分類	図中番号	部位	体積算定方法
気相部	①	キャビン（室内空間：ハッチング範囲）	図面測定値から計算
	②	タイヤ	仕様書等より
	③	燃料タンク	仕様書等より
	④	エアタンク	仕様書等より
固相部	—	シャシ, パワートレイン, キャビン, 架装等	(車両重量) ÷ (鉄の65%の密度)

<密度算定の例（使用済燃料輸送車両(未積載)の例）>

密度算定方法	体積[m ³]							重量[t]	車両密度 [t/m ³]
	①	②	③	④	⑤÷⑥	⑦	⑧	⑤	
気相部開放無	3.36	3.84	0.60	0.24	6.99	15.04	—	35.70	2.37
【参考評価】 気相部開放無	3.36	3.84	0.60	0.24	9.10	17.15	—	35.70	2.08

図 4.2-添 3-3 使用済燃料輸送車両(未積載)の密度算定方法, 体積算定方法, 及び算定結果の例について

2.4. LLW 輸送車両 (積載：空)

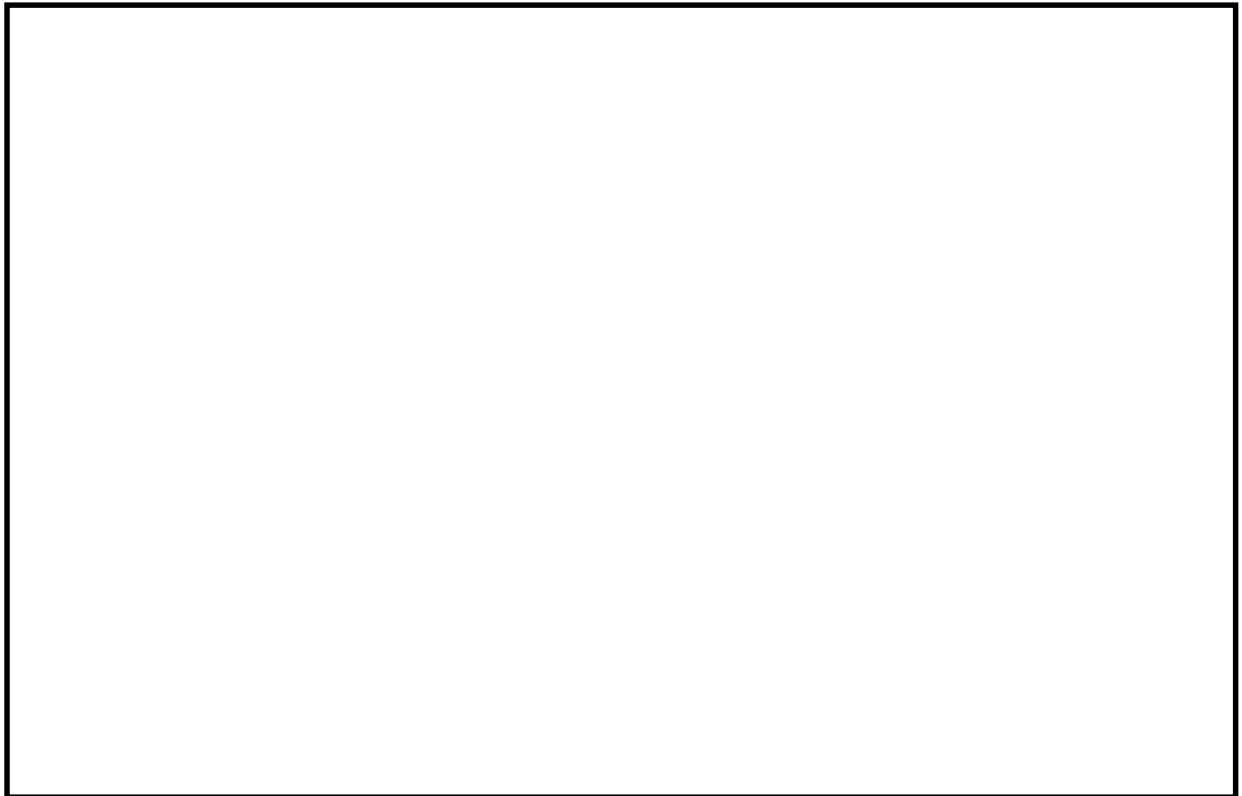


図 4.2-添 3-4 LLW 輸送車両 (積載：空)

密度算定方法	⑥車両重量 [t]	⑦部材密度 [t/m ³]	⑧積荷重量 [t]	⑨積荷密度 [t/m ³]	⑩LLW 容器重量 [t]	⑪体積 [m ³]	⑫除外体積 [m ³]	車両密度 [t/m ³]
気相部開放無	車検証等	7.85×0.65	図面等	7.85	図面等	①+②+③+④+⑤+ (⑥÷⑦)+(⑧÷⑨)	なし	(⑥+⑧+⑩) ÷⑪
気相部開放有	車検証等	7.85×0.65	図面等	7.85	図面等	①+②+③+④+⑤+ (⑥÷⑦)+(⑧÷⑨)	①	(⑥+⑧+⑩) ÷(⑪-⑫)

分類	図中番号	部位	体積算定方法
気相部	①	キャビン (室内空間：ハッチング範囲)	図面測定値から計算
	②	タイヤ	仕様書等より
	③	燃料タンク	仕様書等より
	④	エアタンク	仕様書等より
	⑤	LLW 輸送容器 (空)	仕様書等より
固相部	-	シャシ, パワートレイン, キャビン, 架装等	(車両重量) ÷ (鉄の 6.5% の密度)
		LLW 輸送容器固縛装置、重り	(積荷重量) ÷ (鉄の密度)

<密度算定の例 (15t トラック 3 軸車の例) >

密度算定方法	体積 [m ³]									重量 [t]	車両密度 [t/m ³]
	①	②	③	④	⑤	⑥÷⑦	⑧÷⑨	⑪	⑫		
気相部開放無	3.42	1.70	0.50	0.08	10.96	2.23	0.64	19.54	-	18.77	0.96
気相部開放有	3.42	1.70	0.50	0.08	10.96	2.23	0.64	19.54	3.42	18.77	1.16
【参考評価】 気相部開放有	3.42	1.70	0.50	0.08	10.96	2.90	0.64	20.22	3.42	18.77	1.12

図 4.2-添 3-4 LLW 輸送車両 (積載：空) の密度算定方法, 体積算定方法, 及び算定結果の例について

2.5. LLW 輸送車両 (未積載)

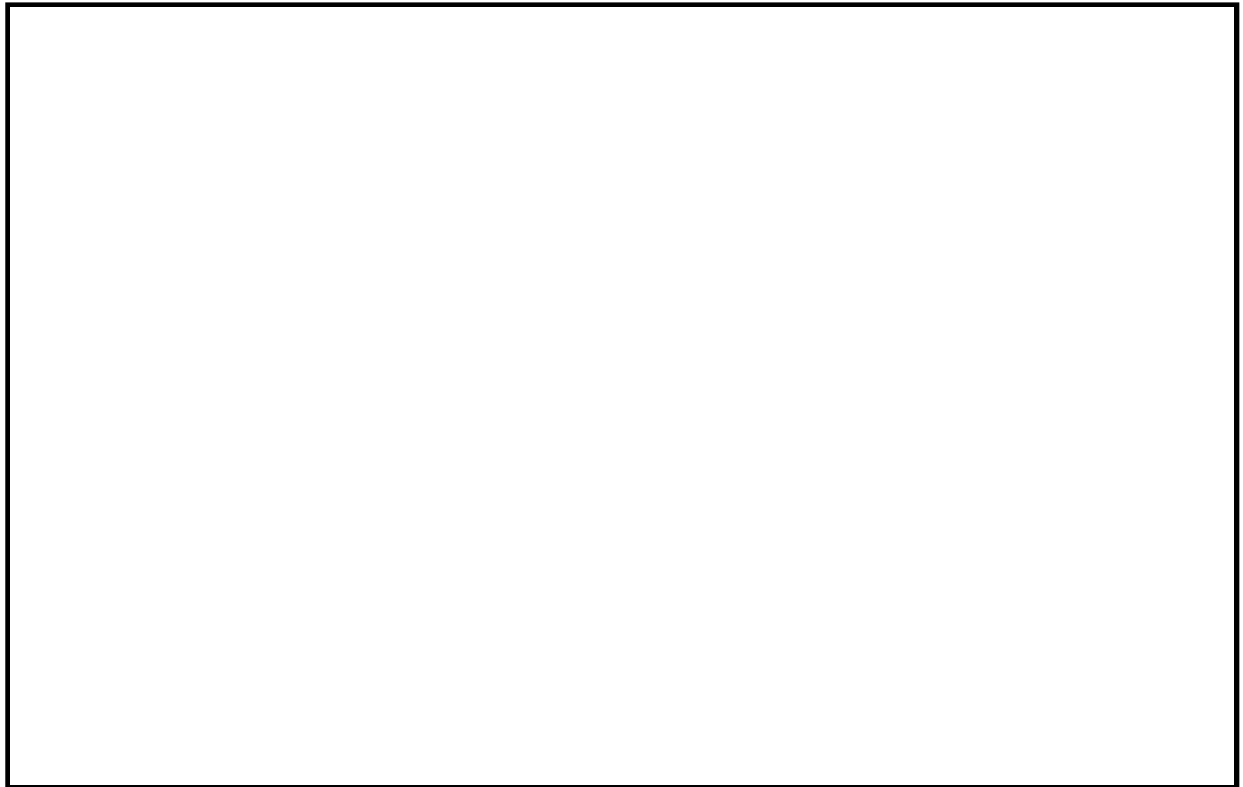


図 4.2-添 3-5 LLW 輸送車両(未積載)

密度算定方法	⑤車両重量 [t]	⑥部材密度 [t/m ³]	⑦積荷重量 [t]	⑧積荷体積 [t]	⑨LLW 容器重量[t]	⑩体積 [m ³]	⑪除外体積 [m ³]	車両密度 [t/m ³]
気相部開放無	車検証等	7.85×0.65	図面等	7.85	図面等	①+②+③+④+ (⑤÷⑥)+(⑦÷⑧)	なし	(⑤+⑦+⑨) ÷⑩
気相部開放有	車検証等	7.85×0.65	図面等	7.85	図面等	①+②+③+④+ (⑤÷⑥)+(⑦÷⑧)	①	(⑤+⑦+⑨) ÷(⑩-⑪)

分類	図中番号	部位	体積算定方法
気相部	①	キャビン (室内空間：ハッチング範囲)	図面測定値から計算
	②	タイヤ	仕様書等より
	③	燃料タンク	仕様書等より
	④	エアタンク	仕様書等より
固相部	-	シャシ, パワートレイン, キャビン, 架装等	(車両重量) ÷ (鉄の65%の密度)
		LLW 輸送容器固縛装置	(積荷重量) ÷ (鉄の密度)

<密度算定の例 (LLW 輸送車両(未積載)の例) >

密度算定方法	体積[m ³]								重量[t]	車両密度 [t/m ³]
	①	②	③	④	⑤÷⑥	⑦÷⑧	⑩	⑪		
気相部開放無	3.42	1.70	0.50	0.08	2.23	0.13	8.07	-	12.39	1.54
気相部開放有	3.42	1.70	0.50	0.08	2.23	0.13	8.07	3.42	12.39	2.67
【参考評価】 気相部開放無	3.42	1.70	0.50	0.08	2.90	0.13	8.75	-	12.39	1.42

図 4.2-添 3-5 LLW 輸送車両 (未積載) の密度算定方法, 体積算定方法, 及び算定結果の例につ

いて

4.3 燃料等輸送船の係留索の耐力について

4.3 燃料等輸送船の係留索の耐力について

(1) 概要

燃料等輸送船（以下、「輸送船」という。）は、津波警報等発令時、原則、緊急退避するが、津波流向及び物揚場と取水口との位置関係を踏まえ、短時間に津波が襲来する場合を考慮し、係留索の耐力について評価を実施する。

係留索については、船舶の大きさから一定の算式によって計算される数値（艀装数）に応じた仕様（強度、本数）を有するものを備えることが、日本海事協会（NK）の鋼船規則において定められている。

本書では、輸送船が備えている係留索の係留力及び津波による流圧力を石油会社国際海事評議会 OCIMF (Oil Companies International Maritime Forum) 刊行“Mooring Equipment Guidelines”の手法を用いて算出し、耐力評価を行う。なお、同書は船舶の係留方法・係留設備に関わる要求事項を規定するものであり、流圧力の評価については大型タンカーを主たる適用対象とするものであるが、輸送船は大型タンカーと同じ1軸船であり、水線下の形状が類似しているため、同評価を輸送船に適用することは可能と考える。

(2) 評価

a. 輸送船, 係留索, 係船柱

輸送船, 係留索, 係船柱の仕様を表 4.3-1 に, 配置を図 4.3-1 に示す。

表 4.3-1 輸送船, 係留索, 係船柱の仕様

項目		仕様
輸送船	総トン数	約 5,000 トン
	載貨重量トン	約 3,000 トン
	喫水	約 5m
	全長	100.0m (垂線間長: 94.4m)
	型幅	16.5m
	形状	(図 4.3-1 参照)
係留索	直径	60mm (ノミナル値)
	素材種別	Polyethylene Rope Grade 1
	破断荷重	279kN (キロニュートン) = 28.5tonf
	係船機ブレーキ力	28.5tonf × 0.7 ≒ 20.0tonf
係船柱	ビット数, 位置	(図 4.3-1 参照)
	係留状態	(図 4.3-1 参照)
	強度	25t, 50t

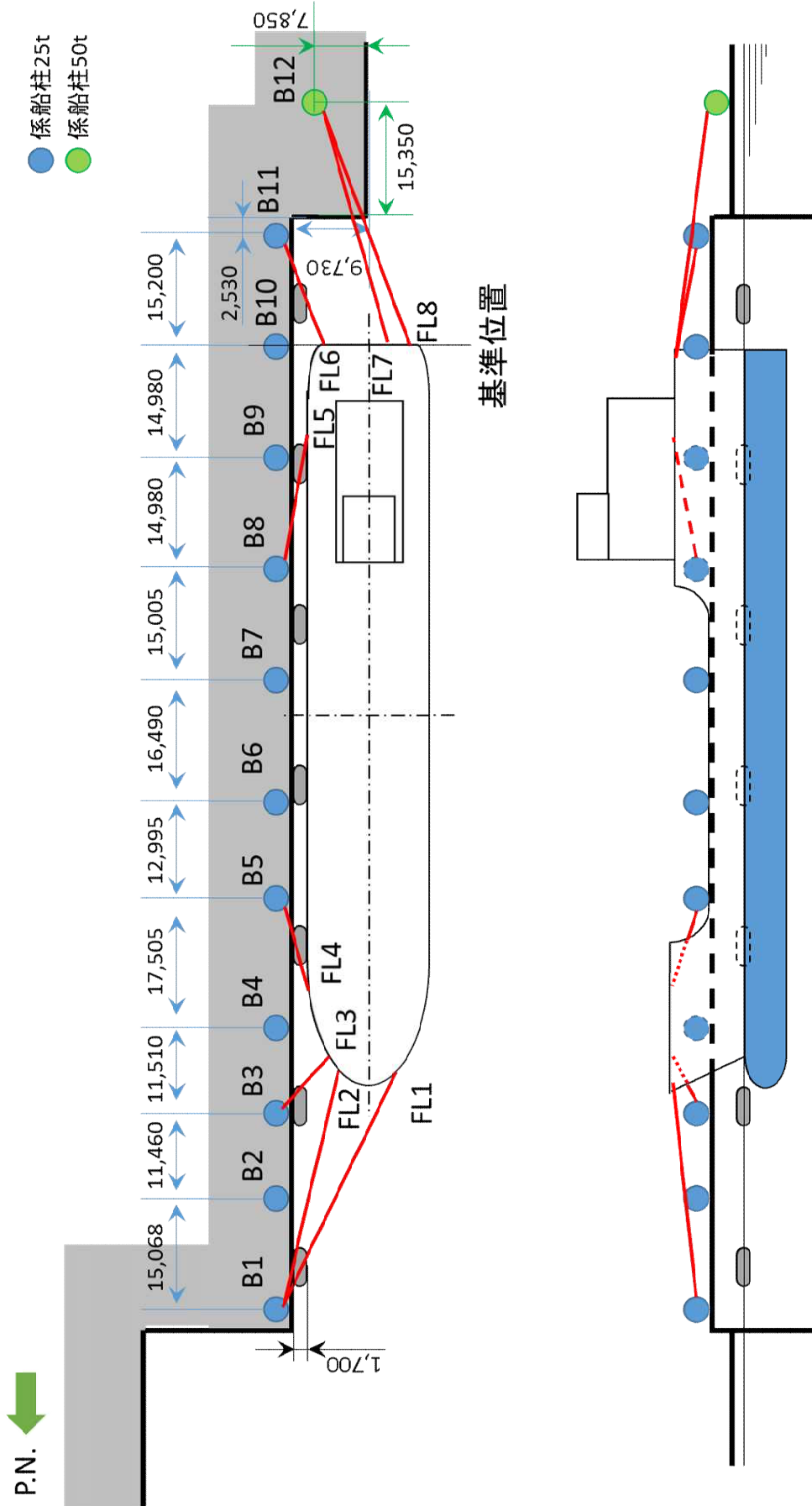


図 4.3-1 輸送船, 係留索, 係船柱の配置

b. 津波条件（流向，水位，流速）

襲来までに時間的余裕がなく，輸送船を離岸できない可能性がある基準津波 3 を評価条件とする。

基準津波 3 による物揚場近傍の流向は，図 4.3-2 に例示するとおり物揚場に対する接線方向の成分が支配的となる。これに対し，輸送船は物揚場（コンクリート製）と平行して接岸されることから，評価は輸送船の船首及び船尾方向の流圧力に対する係留索の耐力について実施する。

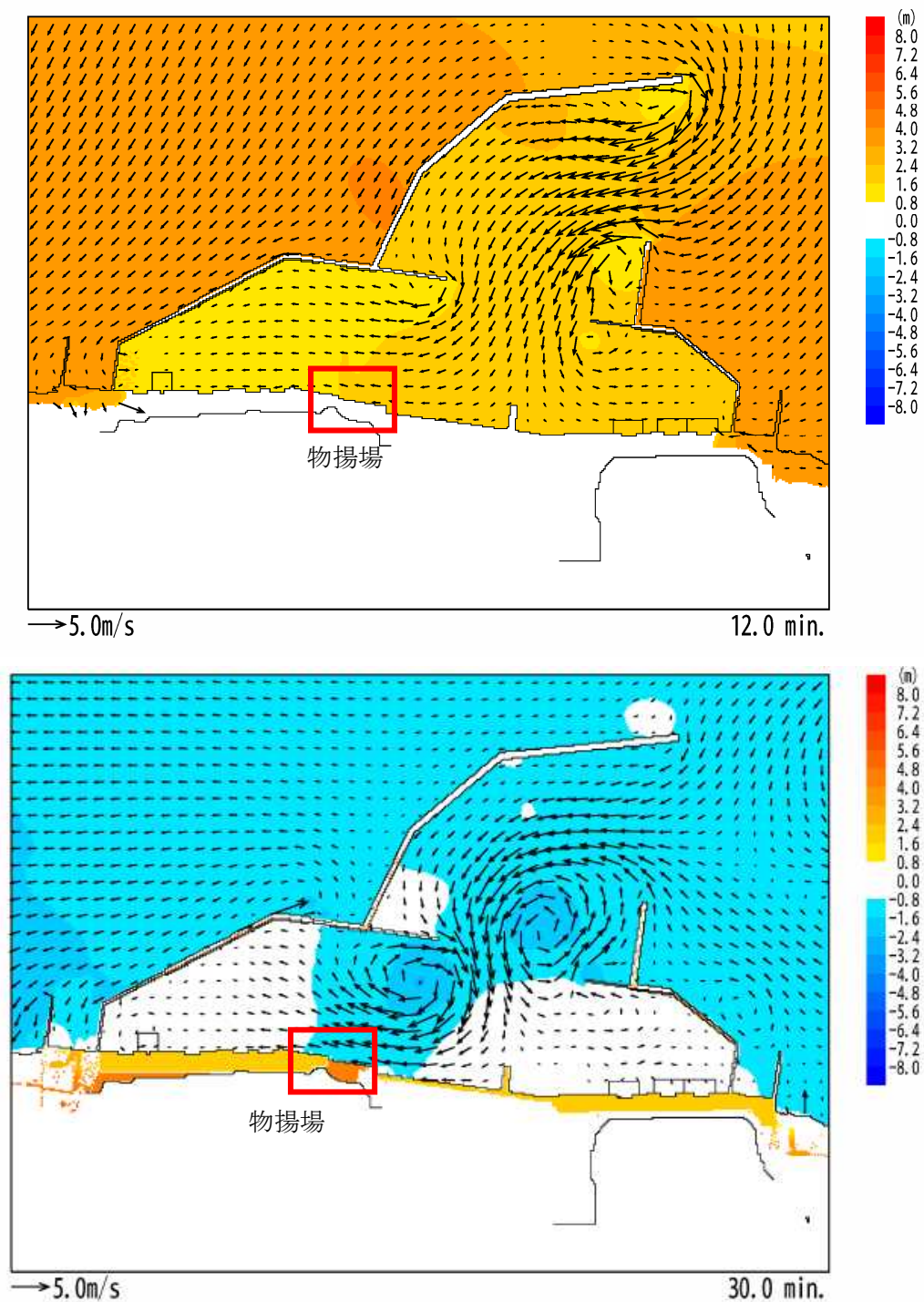


図 4.3-2 基準津波 3 の流向

一方、基準津波3の物揚場位置における水位及び接線方向成分の流速は、図4.3-3-1のとおりとなる。

図4.3-3-1に示すとおり地震発生後15分で第一波の最高점에達する。その後、引き波が発生し、流速は地震発生後30分に最大の3.2m/sに達する。

緊急退避時間との関係から、津波が最大流速に到達する前に輸送船は退避できると考えられるものの、今回は係留により対応することを仮定し、最大流速3.2m/sで生じる流圧力に対する係留力を評価する。

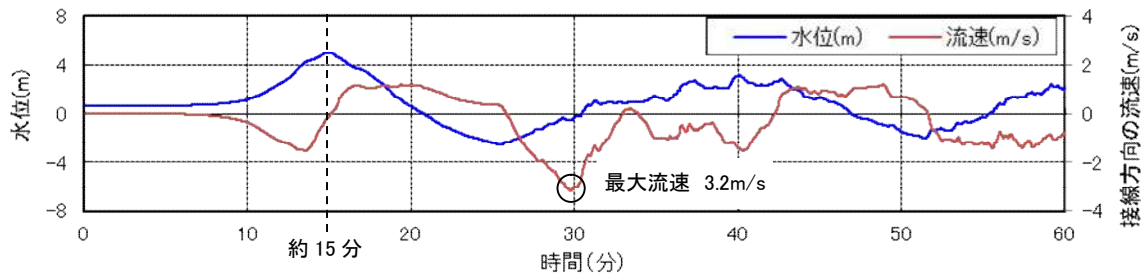


図4.3-3-1 基準津波3の水位・流速（物揚場前面）

なお、地震等により防波堤の損傷を想定した場合（防波堤なしの条件）でも、接線方向成分の流速は、図4.3-3-2に示すとおり防波堤健全時（図4.3-3-1）よりも小さいため、流速条件は健全状態における流速に包含される。

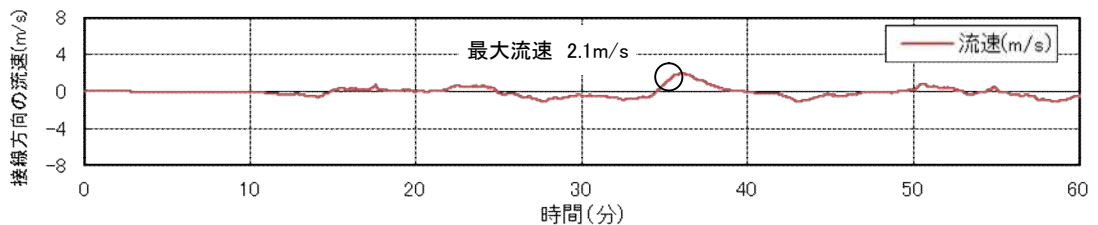
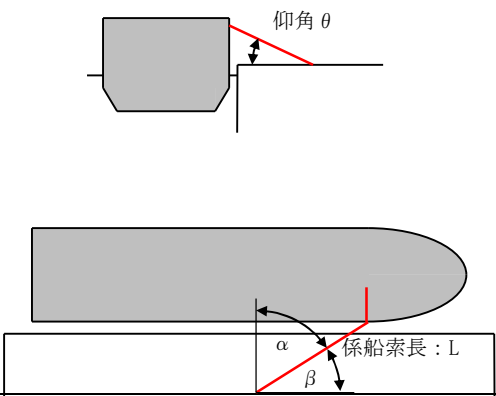


図4.3-3-2 防波堤損傷時における基準津波3の流速（物揚場前面）

c. 係留力

係留力の計算方法を表 4.3-2 に、計算結果を表 4.3-3、図 4.3-4 及び図 4.3-5 に示す。

表 4.3-2 係留力の計算方法¹⁾

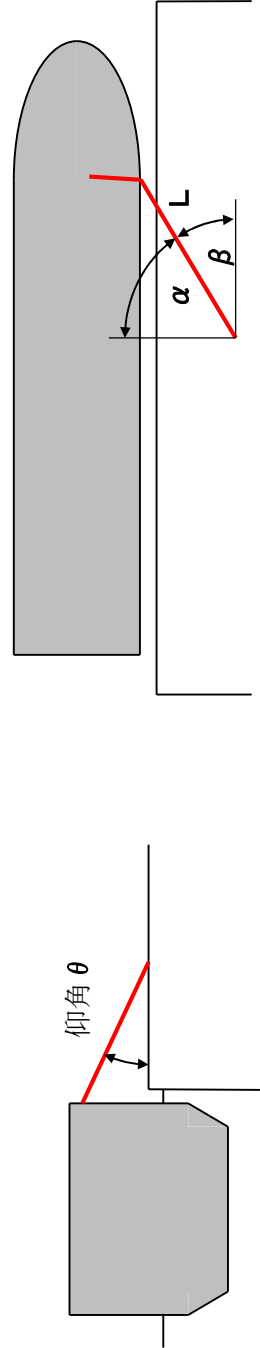
<p>【各索の係留力計算式】</p> $R_x = T \times ((\cos^2 \beta \times \cos \theta^2) / L) \times (L_c / (\cos \beta_c \times \cos \theta_c))$	
<p>R_x : 前後係留力 (tonf) (前方は添字 f, 後方は添字 a) T : 係留索 1 本に掛けることができる最大張力 (tonf) β : 係留索水平角 (物揚場平行線となす角度) (deg) θ : 係留索の仰角 (deg) L : 係留索の長さ (船外+船内) (m) β_c : 各グループ*で最も負荷の大きい係留索の係留索水平角 (物揚場平行線となす角度) (deg) θ_c : 各グループ*で最も負荷の大きい係留索の仰角 (deg) L_c : 各グループ*で最も負荷の大きい係留索の長さ (船外+船内) (m) 注記* : 係留索の機能別グループ (前方係留力または後方係留力)</p>	

参考文献

1) 日本タンカー協会 : 係留設備に関する指針 第 2 版, pp. 167, 2002.

表 4.3-3 係留力 (図 4.3-1) の計算結果

フェア リーダ	索種類	係船柱	係船索長さ[m]		係留角		索張力 T [tonf]	係留力 前後 [tonf]	Bitt Performance [tonf]			
			船外		θ	β			Bitt Load	合計	係船柱強度	
FL1	Line1	B1	36.9		5.1	-24.3	20.0	-6.91	7.31	15.96	25	
FL2	Line2	B1	34.2		5.5	-10.4	20.0	-8.60	8.65			
FL3	Line3	B3	10.5		18.1	-31.8	20.0	-16.16	20.00	20.00	25	
								-31.67				
FL4	Line4	B5	13.7		13.7	11.9	20.0	19.01	20.00	20.00	25	
								19.01				
FL5	Line5	B8	25.0		6.8	7.3	20.0	-19.70	20.00	20.00	25	
								-19.70				
FL6	Line6	B11	16.6		10.3	21.0	20.0	18.37	20.00	20.00	25	
FL7	Line7	B12	34.8		8.2	15.9	20.0	10.56	10.90	21.39	50	
FL8	Line8	B12	35.8		8.0	21.0	20.0	9.70	10.49			
								38.62				
								前後(+) 計				
								57.63				
								前後(-) 計				
								-51.37				



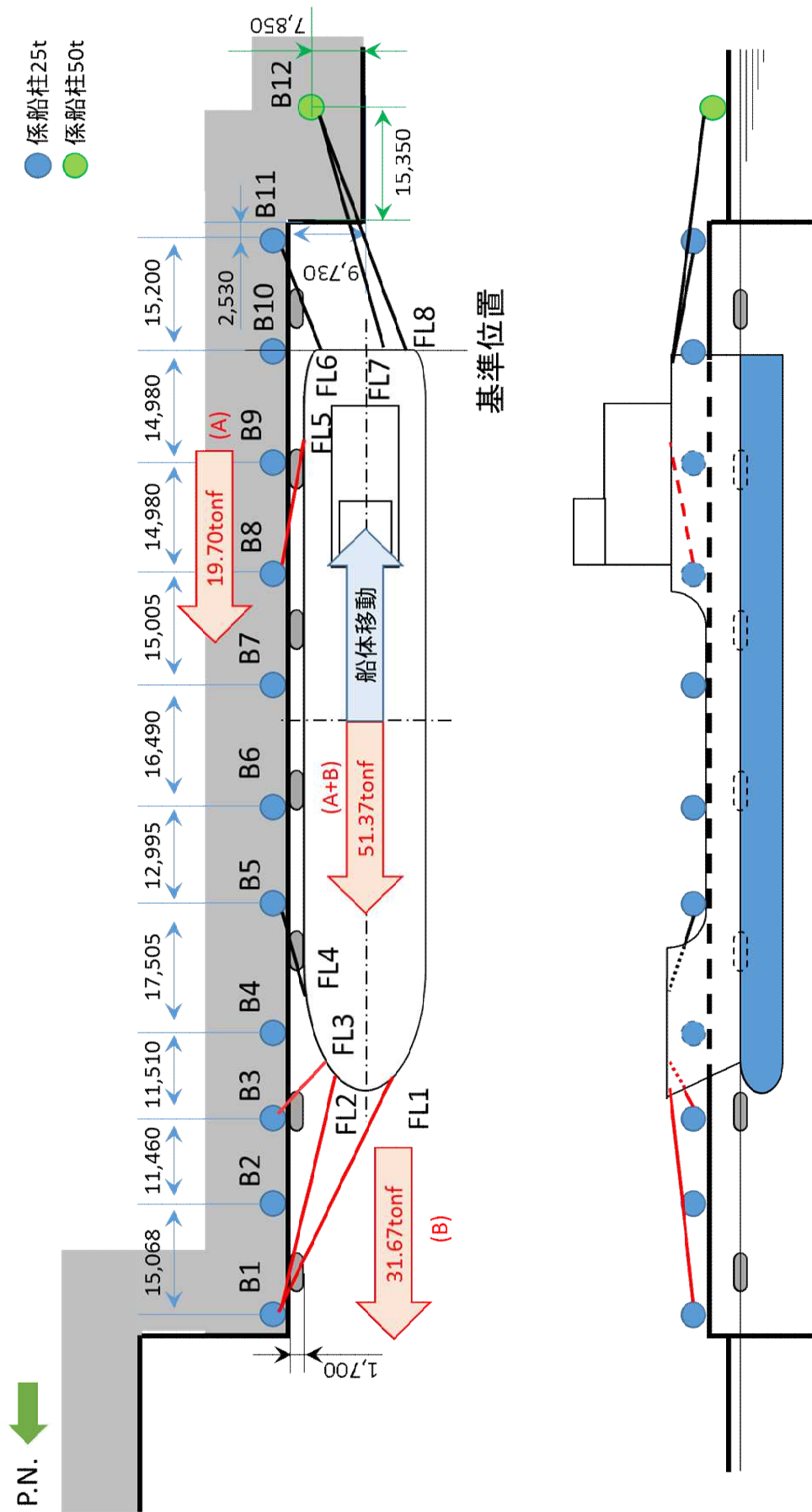


図 4.3-4 船尾方向への移動に対する船首方向係留力

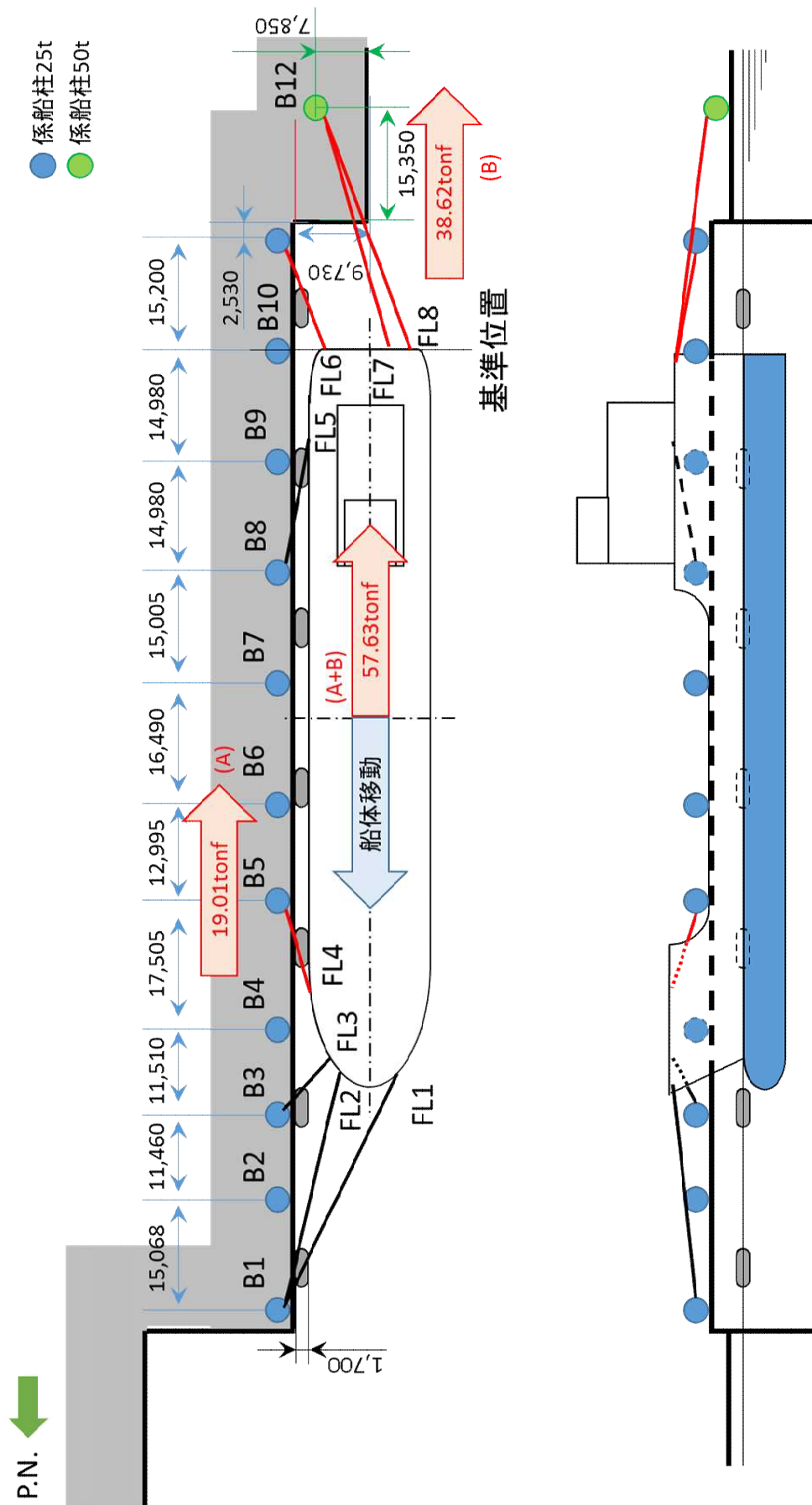


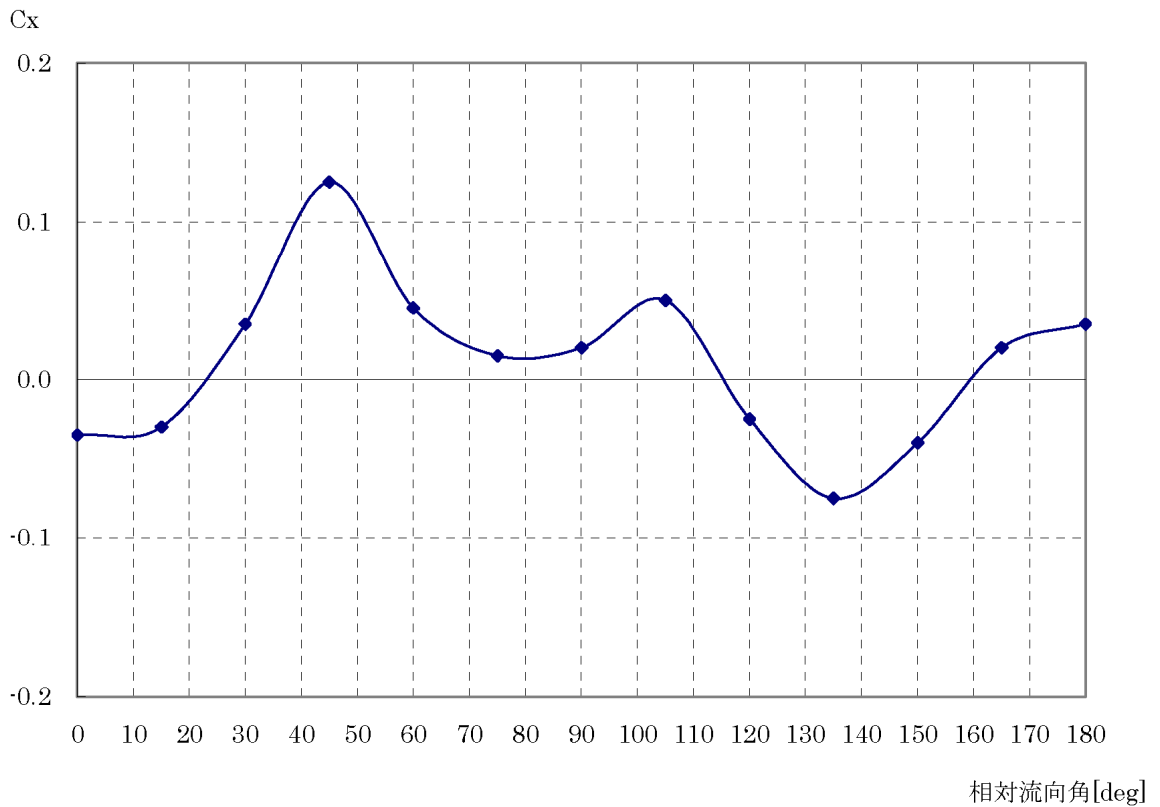
図 4.3-5 船首方向への移動に対する船尾方向係留力

d. 流圧力

流圧力の計算方法を表 4.3-4 に、係留力との比較結果を図 4.3-6 に示す。

表 4.3-4 流圧力の計算方法¹⁾

<p>【流圧力計算式】</p> $F_{Xc} = 1/2 \times C_{Xc} \times \rho_c \times V_c^2 \times L_{PP} \times d$	<p>F_{Xc} : 縦方向流圧力 (kgf) C_{Xc} : 縦方向流圧力係数 V_c : 流速 (m/s) L_{PP} : 垂線間長 (m) d : 喫水 (m) ρ_c : 水密度 (kgf・sec²/m⁴) (=104.7kgf・sec²/m⁴)</p>
--	---



参考文献

1) OCIMF : Mooring Equipment Guidelines 3rd Edition, pp.178, pp.187, pp.202, 2008.

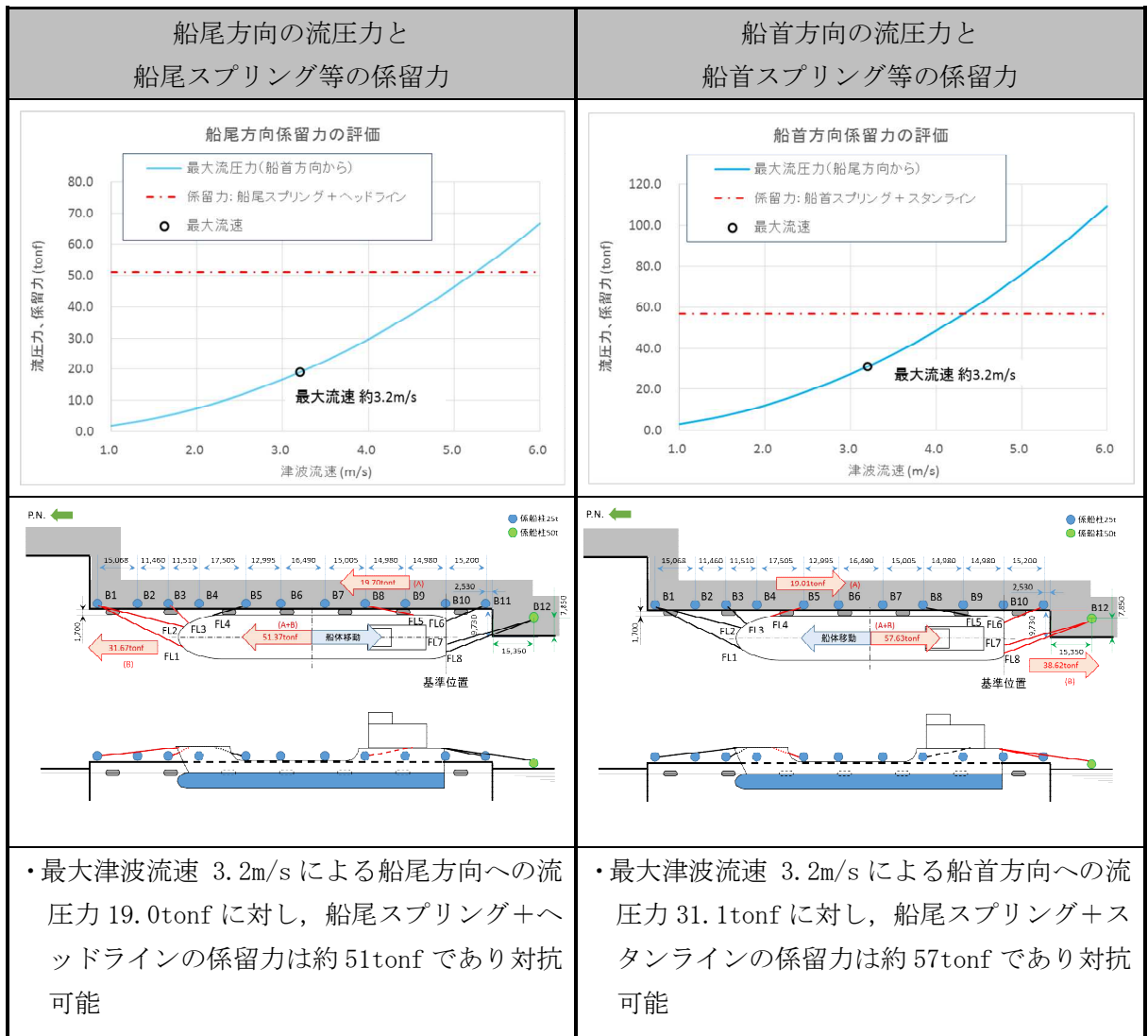


図 4.3-6 流圧力と係留力の比較

(3) 結論

津波(最大流速 3.2m/s: 図 4.3-3 参照)による流圧力に対し、係留力(約 51tonf, 約 57tonf)が上回ることを確認した。

したがって、津波に対し、輸送船が係留によって対応すると仮定した場合においても係留力により物揚場に留まり続けることができる。

燃料等輸送船の漂流物影響について

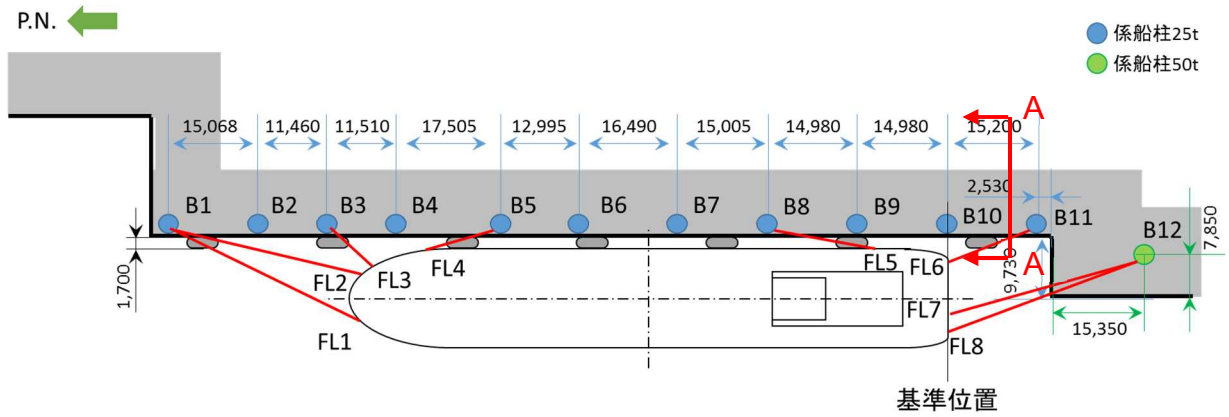
(1) 概要

「補足 4.2 (1) d. 通水性に与える影響の評価」に示しているように、燃料等輸送船は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と考えられるが、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。そのため、「補足 4.3 燃料等輸送船の係留索の耐力について」で到達が早い津波に対しては係留により漂流物化しないことを確認している。

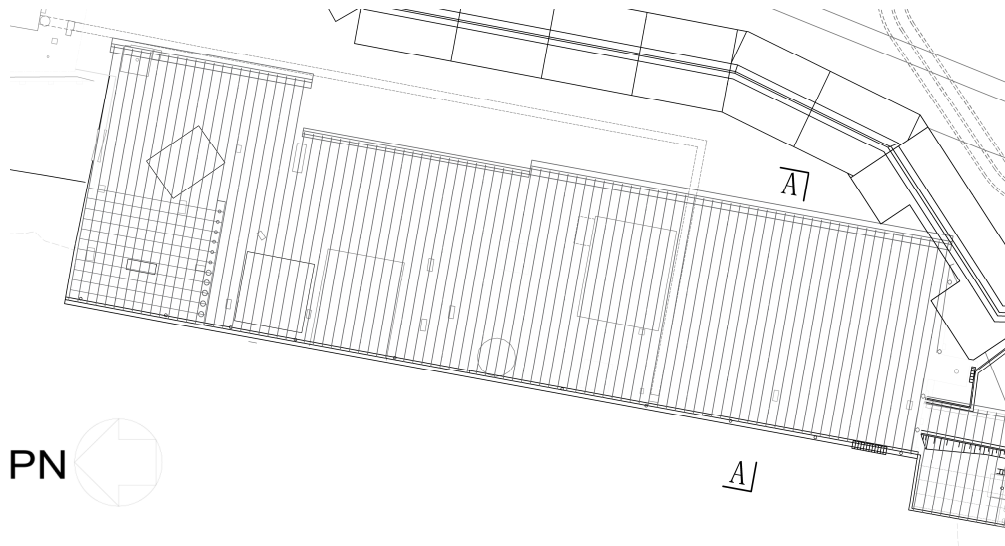
本参考資料では、係留時における基準地震動 S_s に対する燃料等輸送船の漂流物影響について検討を行った。

(2) 物揚場の設備構成

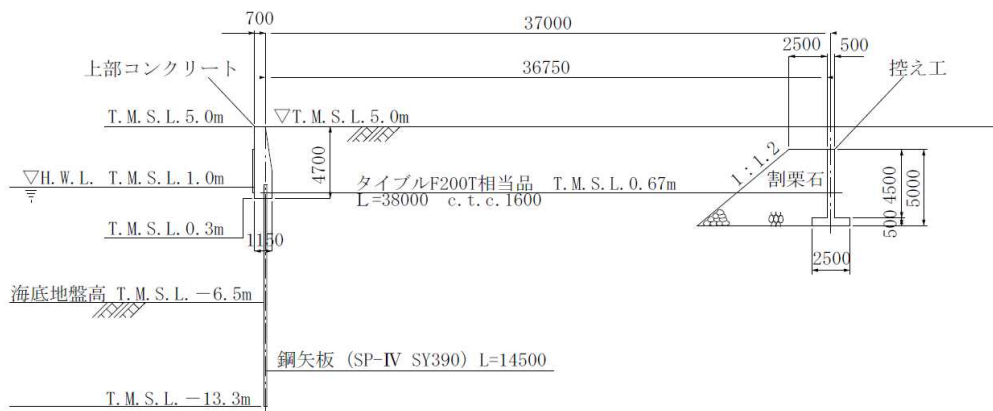
柏崎刈羽原子力発電所の物揚場における係船柱は 50t 係船柱と 25t 係船柱があり、コンクリート基礎又は鋼矢板式護岸の上部コンクリートに取り付けられている。図 4.3-参 1-1 に係船柱の配置と燃料等輸送船の係留イメージ図とそのコンクリート基礎を示す。



(1) 係船柱の配置と燃料等輸送船の係留イメージ

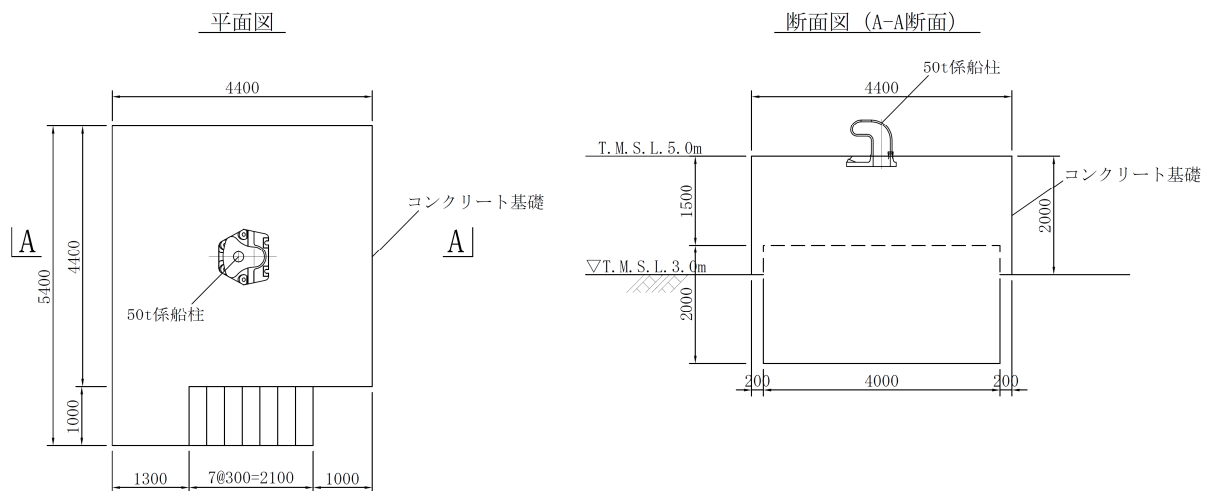


(2) 物揚場平面図



(3) 物揚場断面図 (A-A 断面)

図 4.3-参 1-1 係船柱とその基礎について



(4) 50t 係船柱コンクリート基礎図

図 4.3-参 1-1 係船柱とその基礎について

(3) 燃料等輸送船の漂流物影響

燃料等輸送船は、襲来までに時間的な余裕がある基準津波 1, 2 に対しては緊急退避が可能と整理しており、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）に対しても、津波発生時に「荷役」行程中でない場合であれば、緊急退避が可能と整理している。

ここでは緊急退避ができない可能性があるとして整理している、津波発生時に「荷役」行程中であった場合の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）について、燃料等輸送船の漂流物影響について検討を行う。検討に際しては係船柱の設置されている物揚場は、基準地震動 S_s が発生した場合、地震による周辺地盤の変状等が想定されるため、保守的に係船柱の係留機能が維持できなくなった場合についての燃料等輸送船の漂流物影響について検討を行う。

係船柱の係留機能が維持できなくなった場合に、燃料等輸送船が緊急退避するためには、以下の対応が必要となる。

- ① 航行可能状態にするための係船索の取り外し
- ② 係船索取り外し後の緊急退避

①については、係船索は船内からの切断が可能となっているため、係船柱からの取り外しができなかった場合でも、切断により対応が可能となっている。

②については、キャスクの荷役の際、物揚場は立入制限区域となっているため、乗組員は上陸できず、常に船内に待機している状態となっており、操舵に必要な人員が常に船内に確保されているため、対応が可能となっている。

①及び②の検討結果より、燃料等輸送船は万が一係船柱の係留機能が失われた場合を想定したとしても、上記対応により緊急退避が可能であり漂流物とならない。

なお、津波襲来直後すぐに緊急退避出来ない場合であっても、図 4.3-参 1-3 に示す物

揚場前面の海上の軌跡シミュレーションにおいて、6号及び7号機側に向かう流れにはならないことから、6号及び7号機の海水貯留堰に到達することはなく、①及び②を実施後緊急退避が可能である。（軌跡シミュレーションの評価条件及び、初期配置は表4.3-参1-1及び図4.3-参1-2）

表 4.3-参 1-1 軌跡シミュレーションの評価条件（燃料等輸送船）

項目		評価条件	備考
評価時間		地震発生から240分間	—
基準津波		基準津波3	○緊急退避ができない可能性があるとして整理している、基準津波3について実施
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。

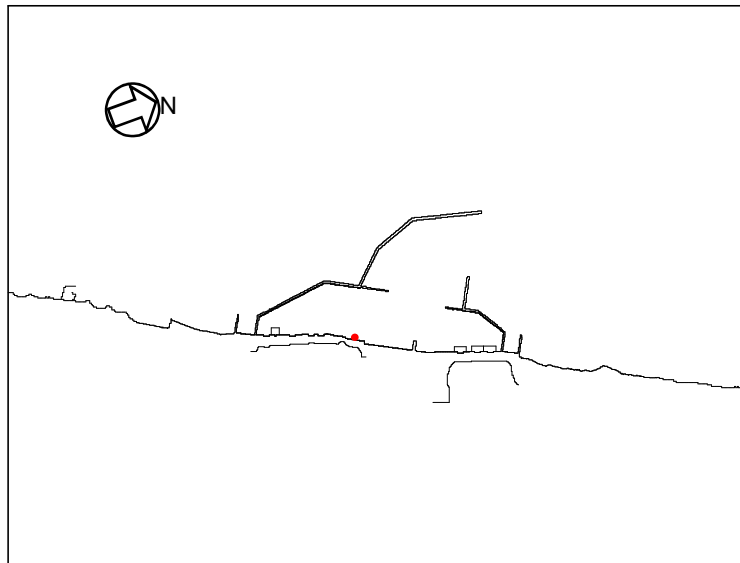


図 4.3-参 1-2 軌跡シミュレーションの初期配置（燃料等輸送船）

基準津波 3	
基本 ケース	1m 沈 降
荒浜側 防潮堤 なし	2m 沈 降
護岸部 2m 沈下	な し
防 波 堤 損 傷	

図 4.3-1-3 基準津波 3 軌跡シミュレーションの結果 (燃料等輸送船)

(4) 物揚場を構成する部材の漂流物影響

物揚場の護岸形式は鋼矢板式護岸であり、鋼矢板、上部コンクリート、タイ材及び控え工により構成される。これらの部材で構成される物揚場は(3)に記載のように基準地震動 S_s に対して健全性が確保できず、損傷することが想定される。

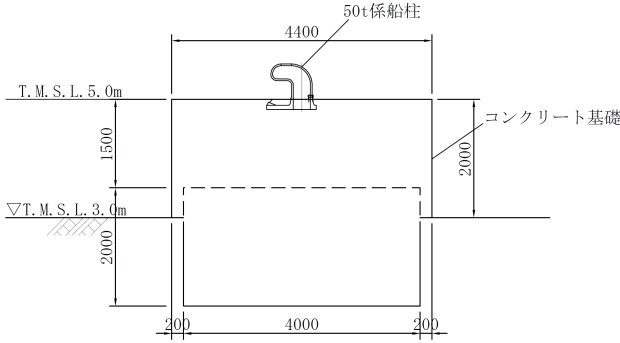
また、物揚場にはクレーンが設置されているため、これらの部材について漂流物影響について検討を行う。表 4.3-参 1-2, 3, 4 に物揚場における構成部材とその重量、主要材料、密度について記載する。これより、物揚場を構成する部材については、主要材料の密度により漂流物とならない。また、これらの部材については、滑動する可能性があるため、イスパッシュ式をもとに、部材が水の流れによって動かない最大流速（限界流速： U_d ）を算出する。算出した限界流速は、最低速度で 8.6m/s となり、図 4.3-参 1-4, 5 に示す、港湾内の流速の分布図からわかるように、物揚場位置では滑動する可能性があるが、大湊側港湾口付近ではこの限界流速（最大流速 4.0m/s 程度）を下回るため、滑動しない結果となる。上記結果と 7 号機取水口までの距離が約 700m あることを加味すると、損傷した場合を考えたとしても、6 号及び 7 号機の海水貯留堰に到達することはない。

【イスパッシュ式】

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

$$U_d = \sqrt[6]{\frac{48 g^3 (y_d)^6 (S_r - 1)^3 (\cos \theta - \sin \theta)^3 M_d}{\pi \rho_r}} \quad (\text{上式を変形})$$

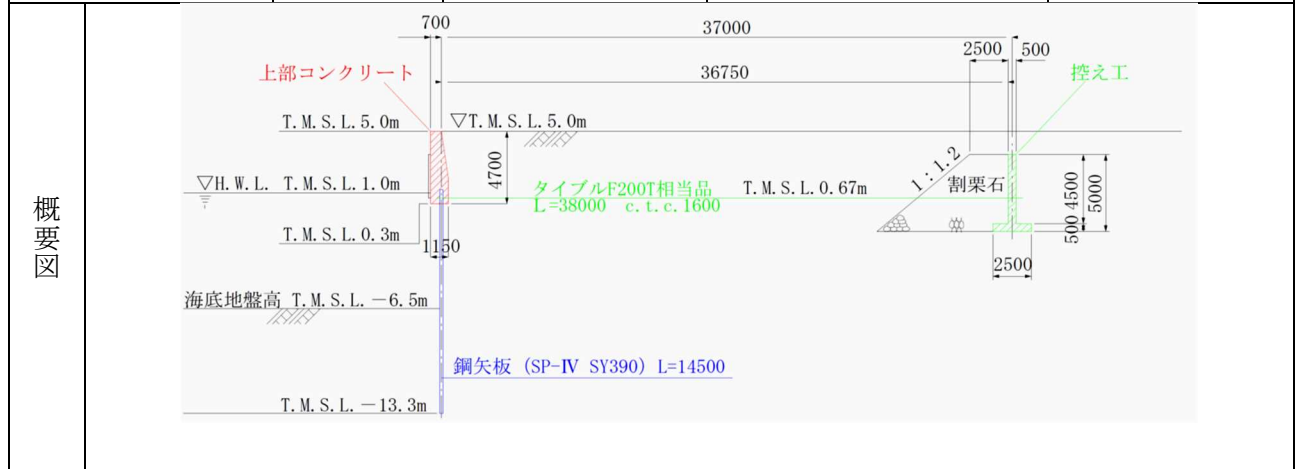
表 4.3-参 1-2 50t 係船柱基礎の重量

部材名	重量[t]	主要材料	密度[t/m ³]	限界流速[m/s]
コンクリート基礎	約 150	鉄筋コンクリート	【コンクリート】 2.3 【鋼材】 7.9	9.4*1
概要図				

注記*1：主要材料のコンクリートの密度を使用して算定。

表 4.3-参 1-3 25t 係船柱基礎（物揚場：鋼矢板式護岸）の部材の重量

部材名	重量*1	主要材料	密度[t/m ³]	限界流速[m/s]
上部コンクリート	約 120t	鉄筋コンクリート	【コンクリート】 2.3 【鋼材】 7.9	9.0*2
鋼矢板	約 30t	鋼矢板（SP-IV 型, SY390）	【鋼材】 7.9	13.6
タイ材及び控え工	約 90t	タイ材（ダブル F200T 相当品） 及び鉄筋コンクリ ート	【コンクリート】 2.3 【鋼材】 7.9	8.6*2



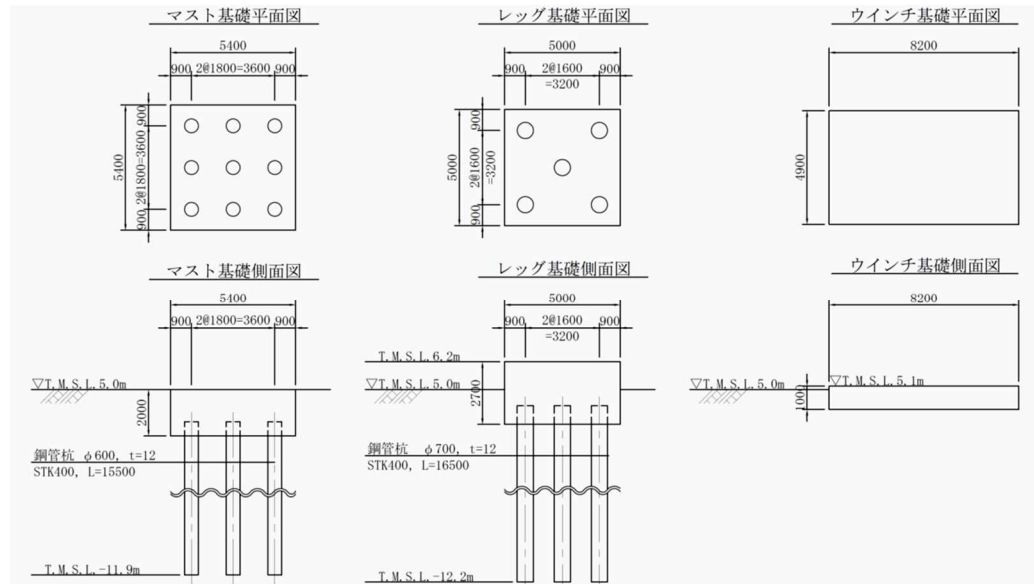
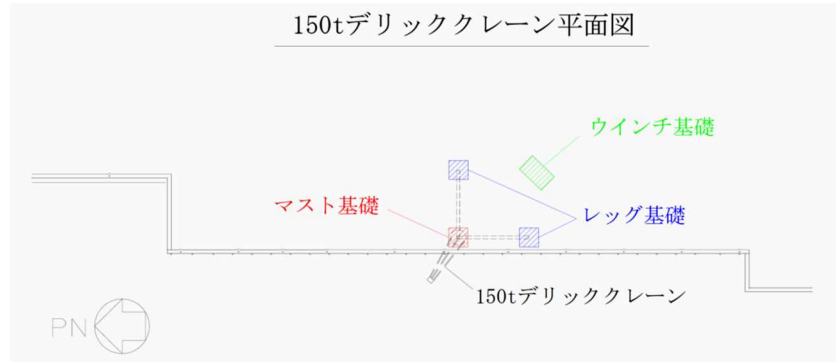
注記*1：上部コンクリート 1 スパン平均延長（10.7m）あたりの重量として算定。

注記*2：主要材料のコンクリートの密度を使用して算定。

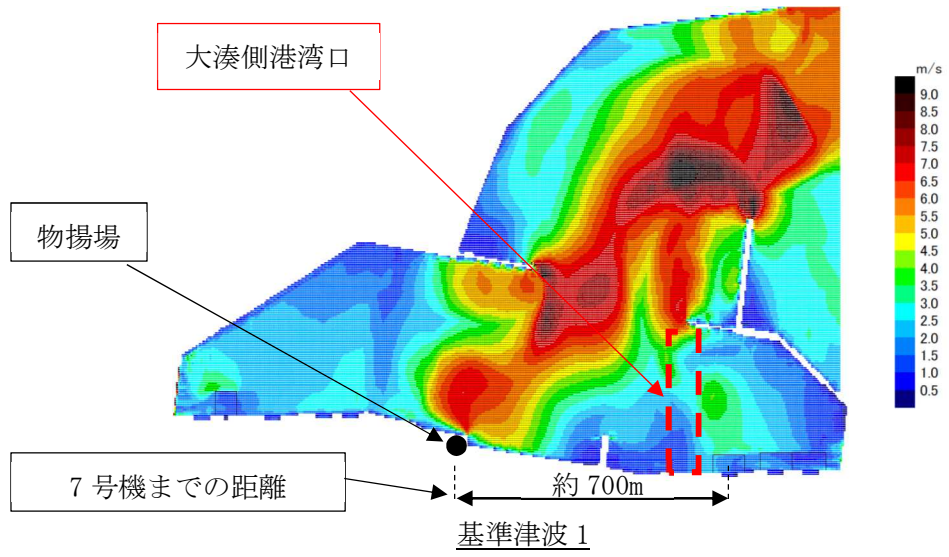
表 4.3-参 1-4 150t デリックスクレーンの重量

名称	部材名	重量	主要材料	密度[t/m ³]	限界流速[m/s]
150t デリックスクレーン	マスト基礎	約 170t	鉄筋コンクリート 及び鋼管杭 (φ 600, t=12, STK400)	【コンクリート】 2.3 【鋼材】 7.9	9.6* ¹
	レッグ基礎	約 180t	鉄筋コンクリート 及び鋼管杭 (φ 700, t=12, STK400)	【コンクリート】 2.3 【鋼材】 7.9	9.7
	ウインチ基礎	約 108t	鉄筋コンクリート	【コンクリート】 2.3	8.9* ¹

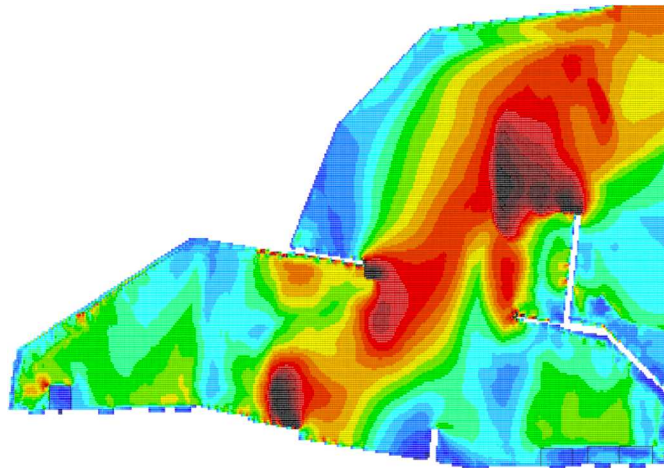
概要図



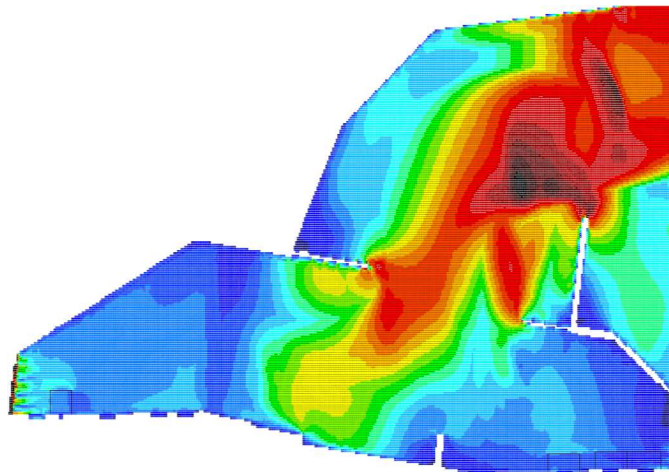
注記*1：主要材料のコンクリートの密度を使用して算定。



基準津波 1

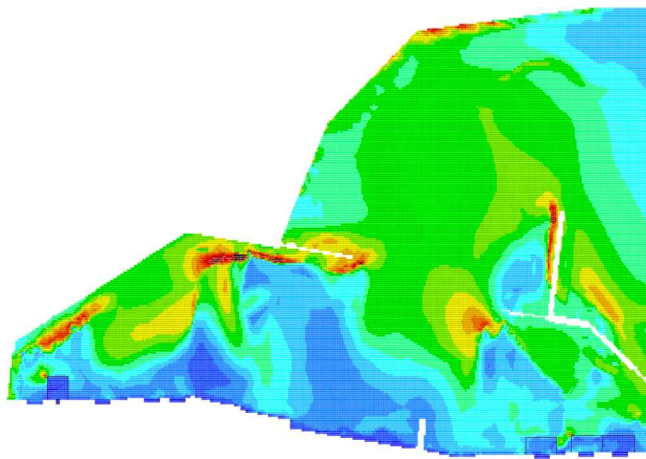
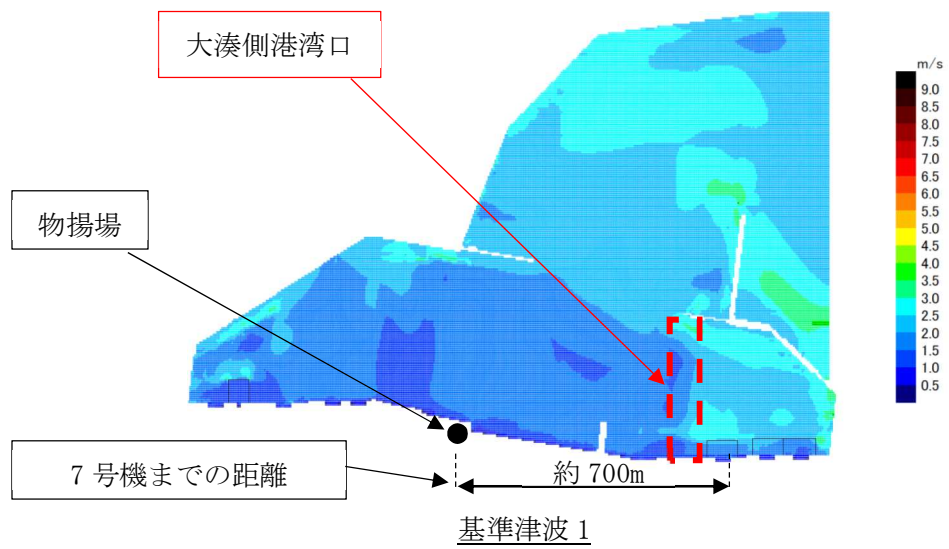


基準津波 2

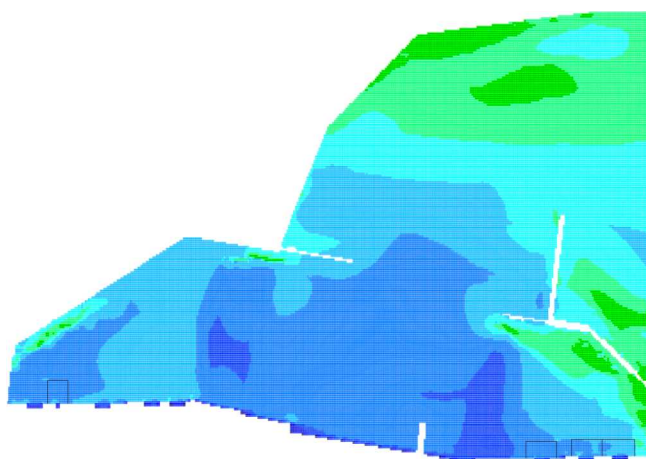


基準津波 3

図 4.3-参 1-4 基準津波により生じる最大流速分布 (防波堤あり)



基準津波 2



基準津波 3

図 4.3-参 1-5 基準津波により生じる最大流速分布 (防波堤なし)

4.4 燃料等輸送船の喫水と津波高さの関係について

4.4 燃料等輸送船の喫水と津波高さの関係について

(1) はじめに

燃料等輸送船は、津波警報等発令時、原則、緊急退避するが、津波の襲来までに時間的な余裕がなく緊急退避が困難な場合について、燃料等輸送船の喫水と津波高さとの関係に基づき、寄せ波に対して物揚場に乗り上げることのないこと、引き波に対して座礁及び転覆するおそれのないことを確認する。また、緊急退避が可能であった場合についても、退避中に引き波により、座礁及び転覆するおそれのないことを確認する。

(2) 確認条件

燃料等輸送船は、津波警報等発令時、原則、緊急退避する。輸送行程（「物揚場への接岸」～「荷役」～「物揚場からの離岸」）において、輸送船と輸送物の干渉がない「荷役」以外の行程においては、津波警報等の発令から数分程度で緊急退避が可能であるが、輸送船と輸送物が干渉し得る「荷役」行程では、緊急退避に15～30分程度を要する場合がある。

柏崎刈羽原子力発電所で襲来が想定される津波の到達時間と緊急退避に要する時間との関係を示すと図4.4-1のとおりとなる。

これを踏まえ、以下の3ケースを確認ケースとする。なお、図4.4-1より、40分程度の時間があれば緊急退避が十分可能であることから、確認の範囲は津波警報等の発令後、40分の期間とした。

ケース1：寄せ波による物揚場への乗り上げ評価

緊急退避できずに基準津波3の寄せ波第一波（*1）を受ける

注記*1：最高水位 T.M.S.L. +4.08m（発生時刻：地震後約15分）

ケース2：引き波による座礁及び転覆評価（緊急退避不能時）

緊急退避できずに基準津波3の引き波第一波（*2～3）を受ける

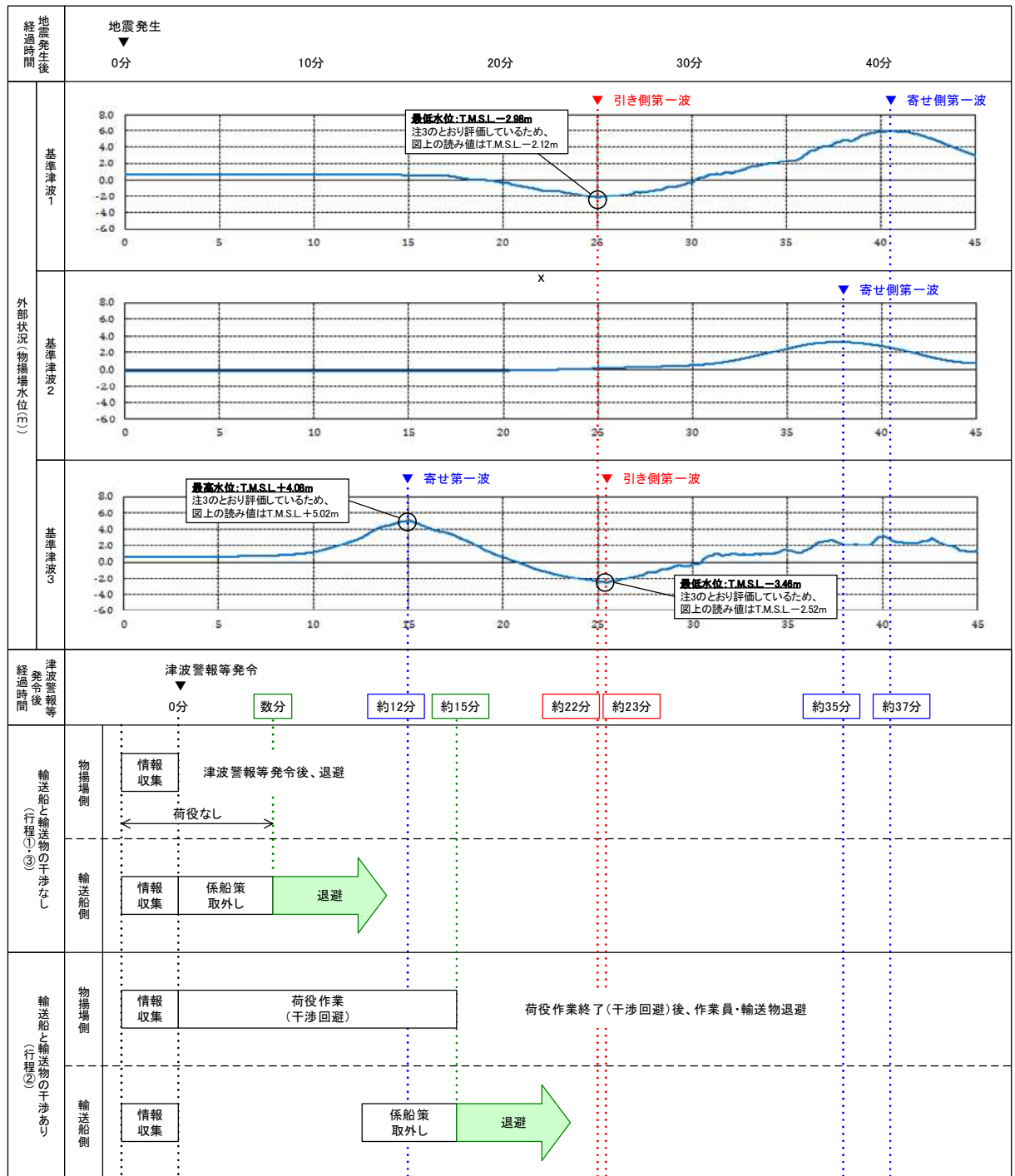
注記*2：最低水位 T.M.S.L. -3.46m（発生時刻：地震後約26分）

注記*3：基準津波1の引き波第一波は本ケースに包含される

ケース3：引き波による座礁及び転覆評価（退避中）

緊急退避中に基準津波3の引き波第一波（*4）を受ける

注記*4：ケース2と同条件



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HP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
 ・標準津波1: 朔望平均満潮位(T.M.S.L.+0.49m)、潮位のバラつき(上昇側0.16m)、地殻変動量(0.21m)
 ・標準津波2: 朔望平均干潮位(T.M.S.L.+0.03m)、潮位のバラつき(下降側0.15m)、地殻変動量(0.20m)
 ・標準津波3: 朔望平均満潮位(T.M.S.L.+0.49m)、潮位のバラつき(上昇側0.16m)、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
 注5: 行程①は「物揚場への接岸」、行程②は「荷役」、行程③は「物揚場からの離岸」を示す

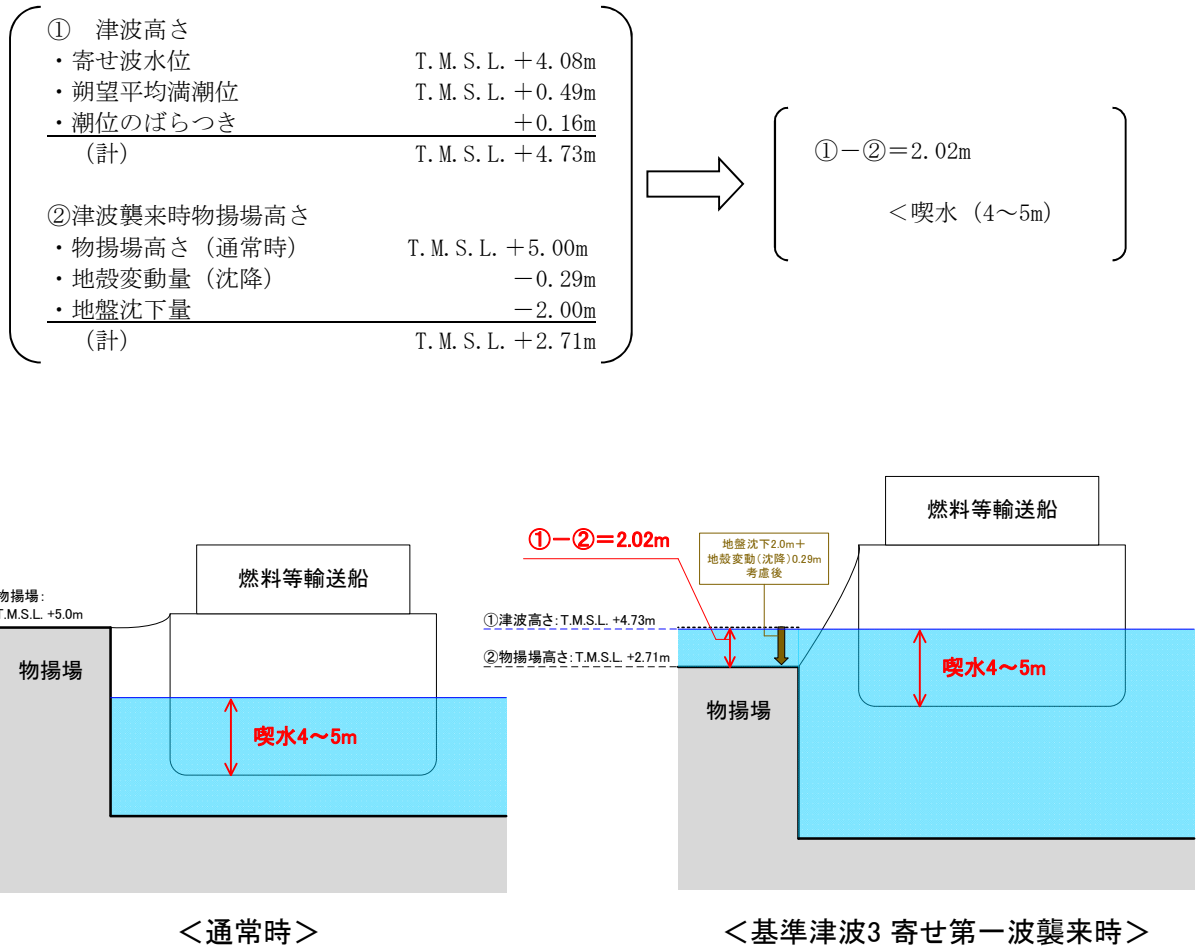
図 4.4-1 津波の到達と燃料等輸送船の緊急退避に要する時間

(3) 確認結果

a. ケース 1：寄せ波による物揚場への乗り上げ評価

寄せ波による津波高さと喫水の関係を図 4.4-2 に示す。

これより、燃料等輸送船は物揚場に乗り上げることはないことを確認した。



(備考)

- 津波の原因となる地震による地殻変動 (0.29m 沈降) を考慮した。
- 地盤変状について、基準地震動による地盤沈下を保守的に評価した値 (2.0m 沈下) を考慮しても、燃料等輸送船は物揚場に乗り上げることはない。
- なお、燃料等輸送船の喫水は、積荷、バラスト水等で変動するが、積荷なしでも過去の実績よりおよそ 4m 以上である。

図 4.4-2 寄せ波による津波高さと喫水の関係

b. ケース 2：引き波による座礁及び転覆評価（緊急退避不能時）

引き波による津波高さと喫水の関係を図 4.4-3 に示す。

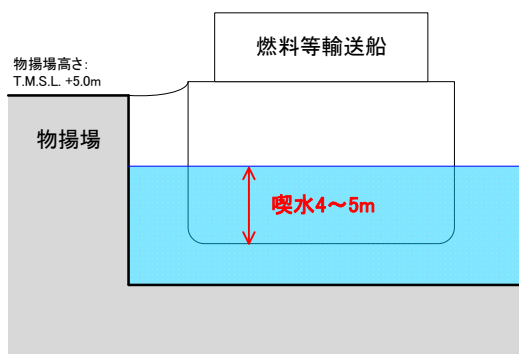
これより、燃料等輸送船は引き波のピークの際には一時的に着底し得ることが示されるが、この場合も、以下の理由より座礁及び転覆することはない（漂流物とならない）。

- 一時的な着底があったとしても、輸送船は二重船殻構造等、十分な船体強度を有しており、水位回復後に退避が可能である。
- また、着底後の引き波による流圧力、あるいは水位回復時の寄せ波による流圧力に対する転覆の可能性については、輸送船の重量及び扁平な断面形状より、その可能性はない。なお、転覆の可能性に関わる具体的な評価を別紙に示す。

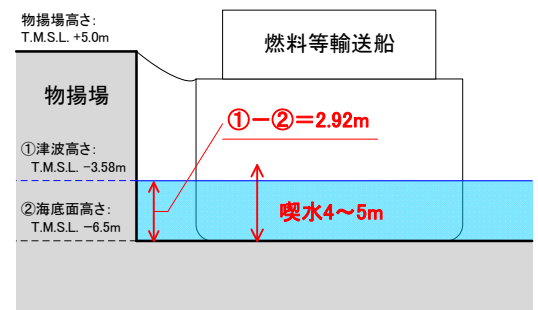
①津波高さ			
・引き波水位	T. M. S. L. -3.46m		
・朔望平均干潮位	T. M. S. L. +0.03m		
・潮位のばらつき	-0.15m		
(計)	T. M. S. L. -3.58m		
②海底面高さ		T. M. S. L. -6.50m	

⇒

①-②=2.92m
<喫水(4~5m)>



<通常時>



<基準津波3 引き第一波襲来時>

(備考)

○津波の原因となる地震による地殻変動及び地盤変状は、海底との距離が大きくなる方向に寄与するため、保守的に考慮していない。

図 4.4-3 引き波による津波高さと喫水の関係

c. ケース 3：引き波による座礁及び転覆評価（退避中）

柏崎刈羽原子力発電所の港湾内の海底面高さは、港湾内でほぼ一定であるため、本ケースにおける引き波高さと喫水との関係はケース 2 における図 4.4-3 と同等である。

したがって、図より燃料等輸送船は、退避中、引き波のピークの際には一時的に着底し得ることが示されるが、この場合も、前述と同様、輸送船の船体強度、重量及び形状より、離岸後の輸送船は、座礁及び転覆することなく、退避可能（漂流物とならない）と判断できる。

d. 結論

朔望平均満潮位・干潮位等の保守的な条件を考慮した場合でも、燃料等輸送船は、津波高さと喫水高さの関係から寄せ波により物揚場に乗り上げることはなく、また、緊急退避ができない場合及び退避中に引き波により一時的に着底した場合でも、座礁及び転覆しない（漂流物とならない）ことを確認した。

燃料等輸送船の着底時の転覆の可能性について

本別紙では、燃料等輸送船が物揚場における停泊時及び港湾内で緊急退避中に引き波により着底することを想定し、その際の転覆の可能性について評価する。

1. 評価条件

(1) 燃料等輸送船の仕様・形状

燃料等輸送船の仕様を表1に、外形図を図1及び図2に示す。転覆評価では、排水量について少ない方が保守的な評価となるため、空荷状態で評価を行った。

表1 燃料等輸送船の仕様

項目	仕様
排水量	満載状態：約7,000トン (空荷状態：4,000トン)
載貨重量トン	約3,000トン
喫水	約5m
全長	100.0m (垂線間長：94.4m)
型幅	16.5m

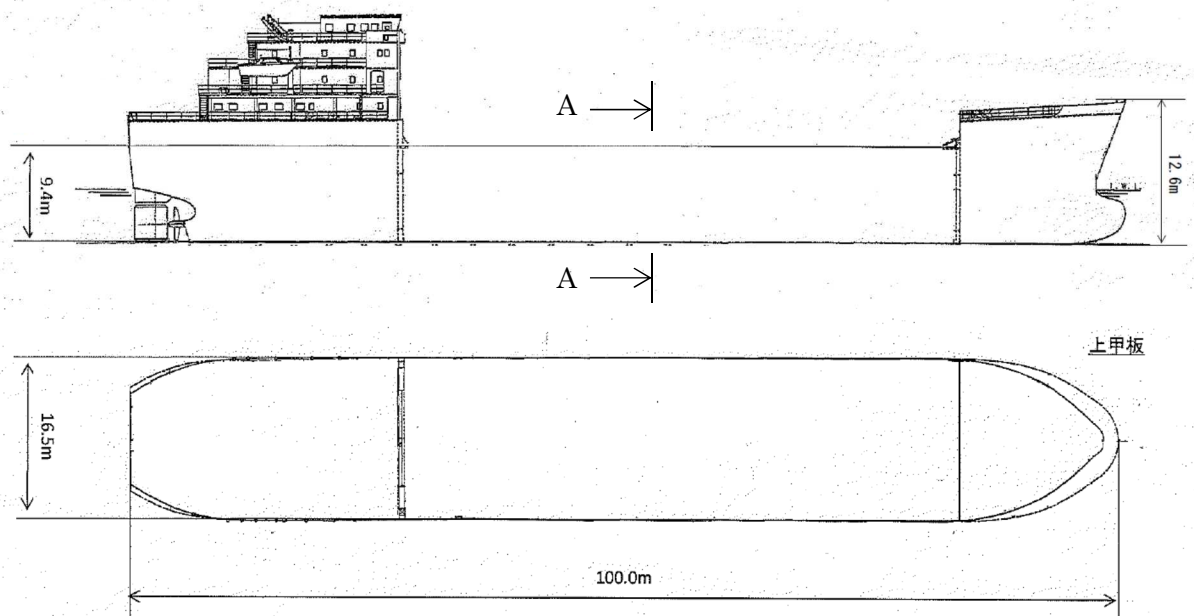


図1 燃料等輸送船外形図

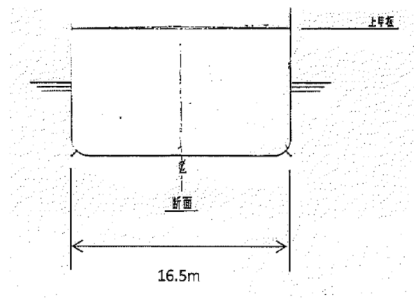


図2 燃料等輸送船外形図 (A-A 矢視)

(2) 転覆モード

小型の船舶の場合、丸型やV型の船底を有しているものがある。このような船舶の場合、図3に示すとおり引き波により着底した際には傾きが発生し、この状態で津波による流圧力を受けると転覆する可能性が考えられる。

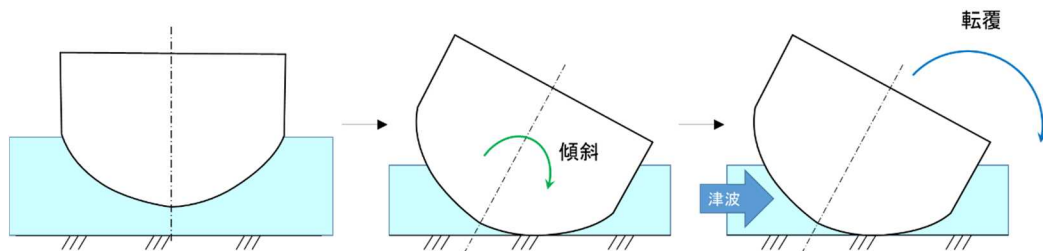


図3 丸型の船底を有する船舶の着底状態

一方、燃料等輸送船は一般のタンカーなどと同様に図2で示したとおり、断面形状が扁平であり船底が平底型である。このため、引き波により着底した場合にも傾くことなく安定していると考えられるが、ここでは保守的に、図4に示すように燃料等輸送船が津波を受けた際に船底の端部が海底に引っ掛かり、船底端部周りに回転する状況を想定し、転覆可能性の評価を行うものとする。

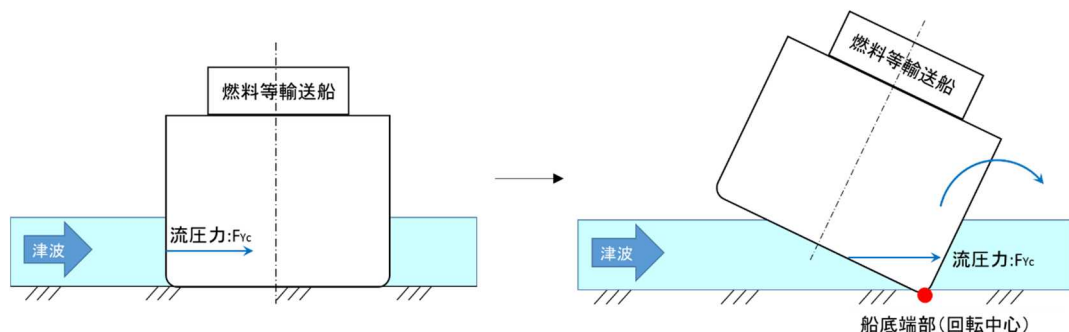


図4 想定転覆モード

2. 転覆評価

図4の転覆モードにおいて燃料等輸送船に働く力とモーメントを図5に示す。

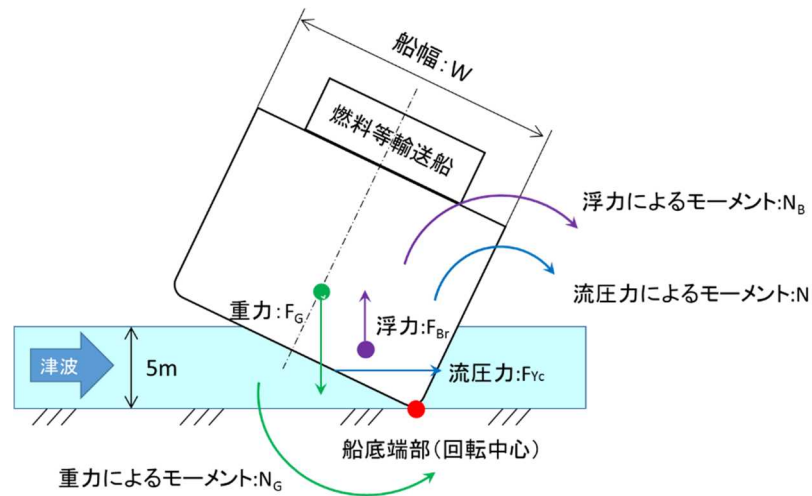


図5 燃料等輸送船に働く力とモーメント

津波を受けると流圧力 F_{Yc} によるモーメント N が発生し、船底端部を中心に燃料等輸送船を回転させる。また、浮力 F_{Br} によるモーメント N_B も流圧力によるモーメント N と同じ方向に発生する。一方、重力 F_G によるモーメント N_G がこれらのモーメントと逆方向に発生し燃料等輸送船の傾きを戻す。この際、流圧力及び浮力によるモーメントにより傾きが増大し、重心位置が回転中心の鉛直線上を超える場合には転覆する。

重心位置が回転中心の鉛直線上にあるときの傾きは約 48° であるため、ここでは傾きを 24° と仮定し、流圧力によるモーメント N と浮力によるモーメント N_B の和と重力によるモーメント N_G とのモーメントの釣り合いから転覆しないことを確認する。

重力によるモーメント N_G は次式のとおりとなる。

$$\begin{aligned} N_G &= F_G \times X(\text{GR}) \\ &= 4000 \times 4.5 \\ &= 18000 (\text{tonf} \cdot \text{m}) \end{aligned}$$

N_G : 重力によるモーメント (tonf・m)

F_G : 燃料等輸送船 (空荷状態) の重量 (tonf) (=4000)

$X(\text{GR})$: 重心と回転中心の水平方向距離 (m) (≈ 4.5)

次に流圧力によるモーメント N は次式にて計算できる。

$$N = F_{Yc} \times W \div 2$$

$$= F_{Yc} \times d \div 2$$

N : 流圧力によるモーメント (tonf・m)

F_{Yc} : 流圧力 (tonf)

W : 水位 (m)

d : 喫水 (m) (=5)

ここで、流圧力は受圧面積が最大ときに最も大きくなり、かつ、流圧力によるモーメントは流圧力の作用点と回転中心との距離が最大ときに最も大きくなるため、本評価における水位は喫水と同等とした。

また、横方向の流圧力 F_{Yc} を表 2 に示す方法で計算する。

表 2 横方向流圧力の計算方法¹⁾

<p>【流圧力計算式】</p> $F_{Yc} = 1/2 \times C_{Yc} \times \rho_c \times V_c^2 \times L_{PP} \times d$	<p>F_{Yc} : 横方向流圧力 (kgf)</p> <p>C_{Yc} : 横方向流圧力係数</p> <p>V_c : 流速 (m/s)</p> <p>L_{PP} : 垂線間長 (m) (=94.4)</p> <p>d : 喫水 (m) (=5)</p> <p>ρ_c : 水密度 (kgf・sec²/m⁴) (=104.7kgf・sec²/m⁴)</p>
---	--

このとき、流速は図 6-1 に示す早く襲来する津波の最大流速 3.2m/s を適用し、横方向流圧力係数を図 7 より 10 と仮定する。

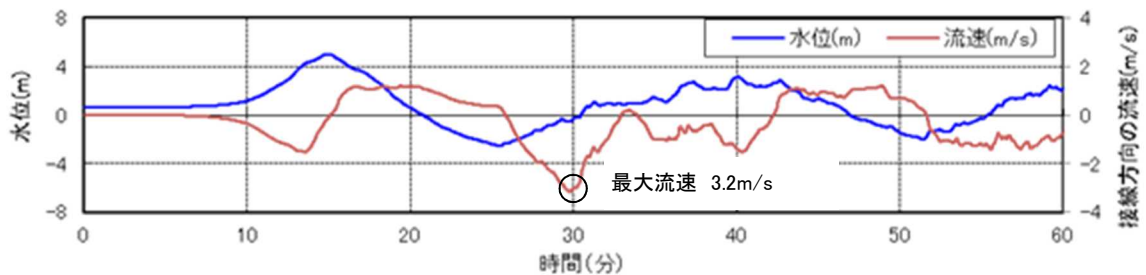


図 6-1 基準津波 3 の水位・流速 (物揚場前面)

なお、地震等により防波堤が損傷した場合でも、流速は図 6-2 に示すとおり防波堤健全時

(図 6-1) よりも小さいため、流速条件は防波堤健全時における流速に含まれる。

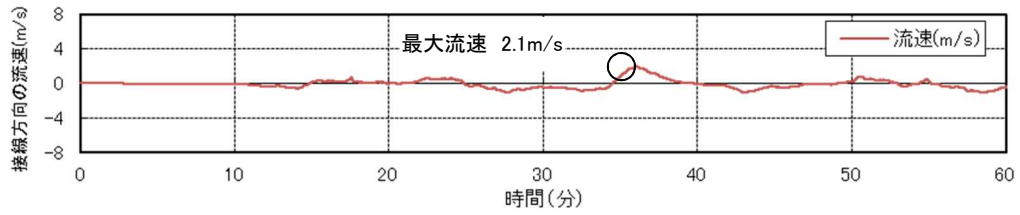


図 6-2 防波堤損傷時における基準津波 3 の流速 (物揚場前面)

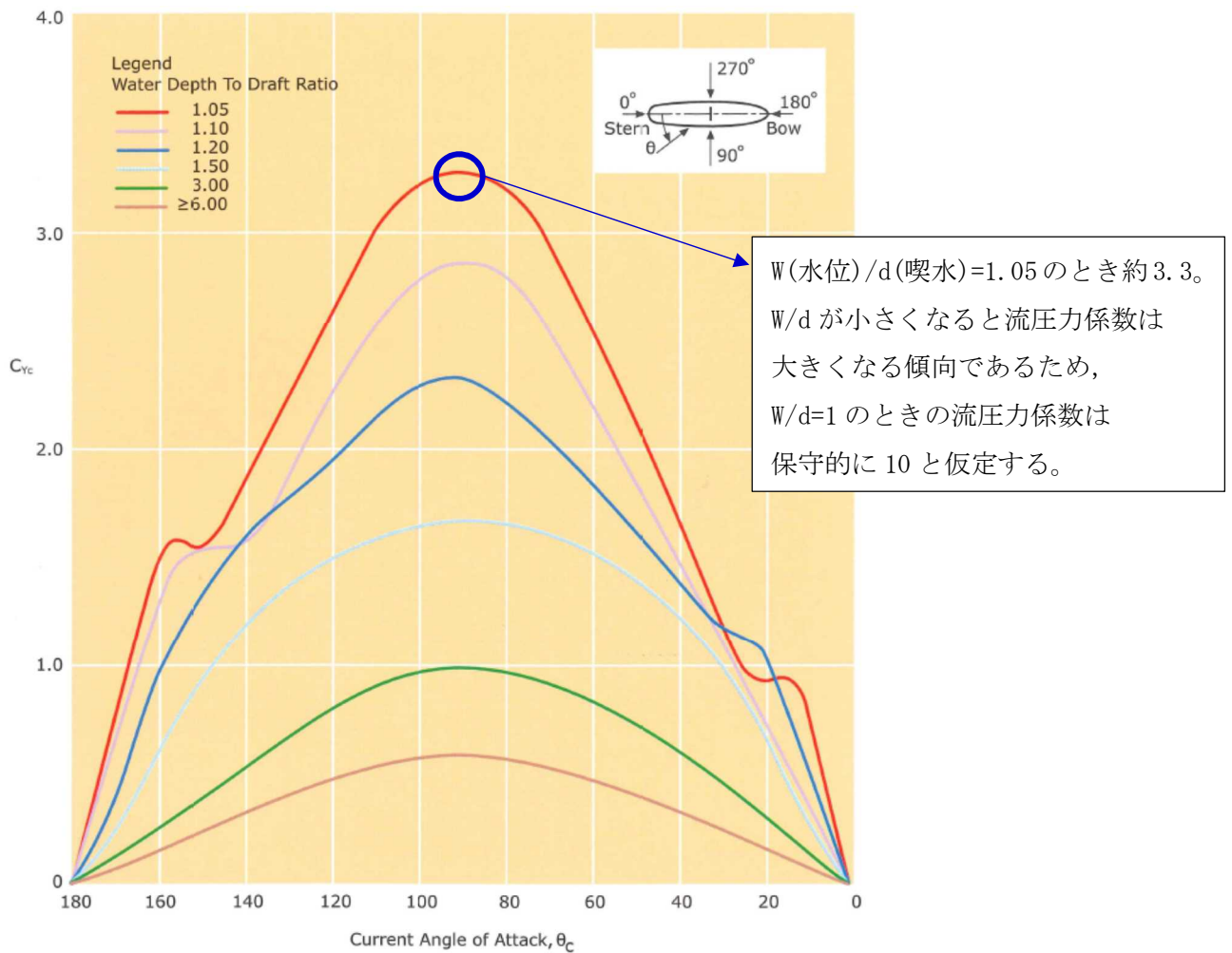


図 7 横方向の流圧力係数¹⁾

参考文献

1) OCIMF : Mooring Equipment Guidelines 3rd Edition, pp.178, pp.190, pp.202, 2008.

上記の表 2 により F_{Yc} は以下のとおりとなる。

$$\begin{aligned} F_{Yc} &= 1 \div 2 \times 10 \times 104.7 \times 3.2^2 \times 94.4 \times 5 \\ &\approx 2531000 \text{ (kgf)} \\ &= 2531 \text{ (tonf)} \end{aligned}$$

従って、流圧力によるモーメントは以下のとおりとなる。

$$\begin{aligned} N &= F_{Yc} \times d \div 2 \\ &= 2531 \times 5 \div 2 \\ &\approx 6328 \text{ (tonf} \cdot \text{m)} \end{aligned}$$

最後に浮力によるモーメント N_B は次式にて評価する。

$$\begin{aligned} N_B &= F_{Br} \times X(BR) \\ &= 1700 \times 3.0 \\ &\approx 5100 \text{ (tonf} \cdot \text{m)} \end{aligned}$$

N_B : 浮力によるモーメント (tonf·m)
 F_{Br} : 傾いた際の燃料等輸送船の浮力 (tonf) (≈ 1700)
 $X(BR)$: 浮心と回転中心の水平方向距離 (m) (≈ 3.0)

以上の結果をまとめると、以下に示すとおり重力によるモーメント N_G は流圧力によるモーメントと浮力によるモーメントの和より大きくなるため、燃料等輸送船は転覆することはない。

$$\begin{aligned} N + N_B &= 6328 + 5100 \\ &= 11428 \text{ (tonf} \cdot \text{m)} < N_G = 18000 \text{ (tonf} \cdot \text{m)} \end{aligned}$$

3. 結論

燃料等輸送船は着底後に津波による流圧力を受けてもその形状から通常の状態であれば転覆することはない。また、保守的に船底の一部が固定されるような状態を想定した場合であっても転覆しないことを確認した。

4.5 浚渫船の係留可能な限界流速について

4.5 浚渫船の係留可能な限界流速について

(1) 概要

浚渫船は、浚渫作業中に基準津波が発生した場合は緊急退避が困難であることから、作業現場において錨泊することになる。本資料では、錨泊により係留可能な限界流速を評価する。

(2) 評価

a. 浚渫船及び係船設備の仕様と錨泊状態

浚渫船及び係船設備の仕様を表 4.5-1 に、浚渫船の外形図及びストックアンカーの外觀図を図 4.5-1 に、錨泊状態を図 4.5-2 に示す。

表 4.5-1 浚渫船及び係船設備の仕様表

項目		仕様
浚渫船	総トン数	約 500 トン
	喫水	約 1.8m
	全長	43.0m
	型幅	17.0m
アンカー	型式	ストックアンカー
	重量	1.980tonf
アンカーライン	種類	ワイヤー
	数量	4本

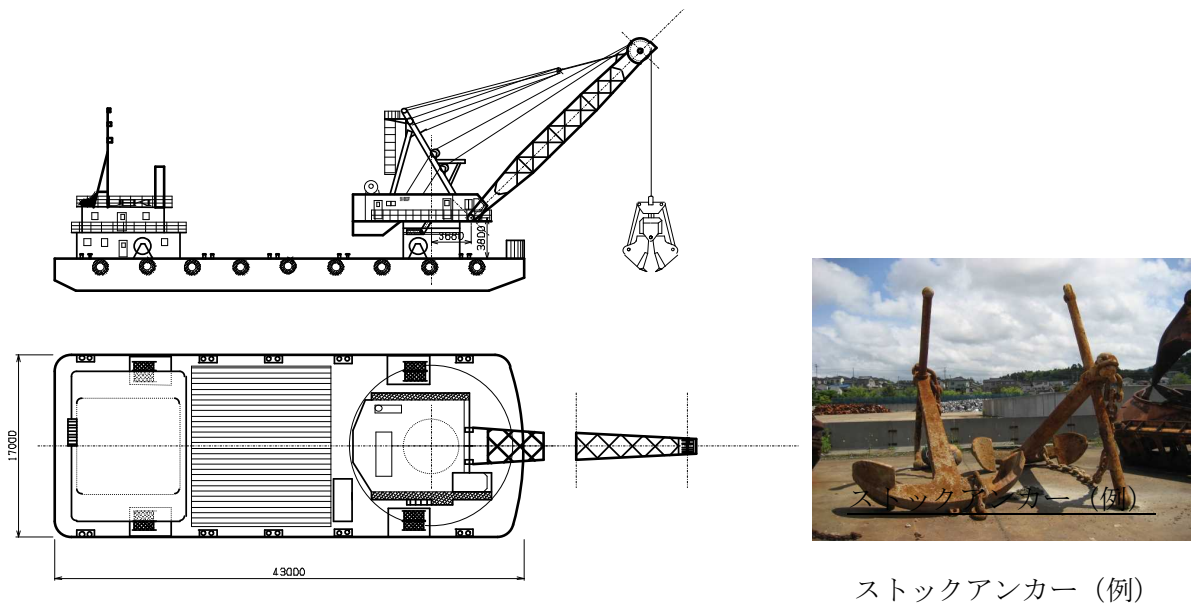


図 4.5-1 浚渫船の外形図

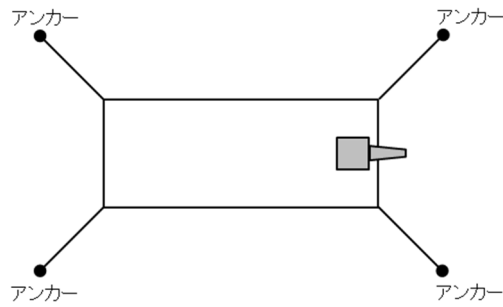


図 4.5-2 錨泊状態

b. アンカーの把駐力

アンカー1基あたりの把駐力は以下のとおり計算できる¹⁾。なお、アンカーラインはワイヤーを使用するため、その係駐力は期待しない。

$$\begin{aligned}
 P &= \omega a \times \lambda a \\
 &= 2.475 \times 0.87 \times 5.1 \\
 &\approx 10.9
 \end{aligned}$$

P : アンカー1基あたりの把駐力 (tonf)

ωa : アンカーの海水中重量 (tonf)

(= 2.475 (空気中重量) \times 0.87¹⁾)

λa : アンカーの把駐係数 (=5.1²⁾)

なお、アンカーの空気中重量は、以下の式³⁾にてストックアンカーの重量をストックレスアンカーの重量に換算した値を適用した。

$$\begin{aligned}
 \omega l &= \omega s \div 0.8 \\
 &= 1.980 \div 0.8 \\
 &= 2.475
 \end{aligned}$$

ωl : ストックレスアンカー相当重量 (tonf)

ωs : ストックアンカー重量 (tonf) (=1.980)

ここで、図 4.5-2 のとおり 4 基のアンカーを使用し錨泊しているが、速い津波を受け走錨すると図 4.5-3 の状態となる。

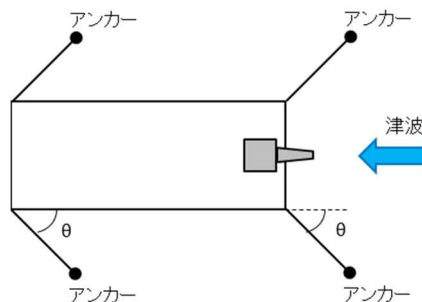


図 4.5-3 走錨状態

走錨時にはアンカーラインの角度 θ は 0° に近づくが、ここでは保守的に 45° としてアンカー4基分の把駐力を計算すると以下のとおりとなる¹⁾。

$$\begin{aligned} P2 &= P \times \cos \theta \times 4 \\ &= 10.9 \times \cos 45^\circ \times 4 \\ &\approx 30.8 \end{aligned}$$

$P2$: 4基のアンカーによる把駐力 (tonf)
 θ : アンカーラインの角度 (degree) (=45)

参考文献

- 1) 本田啓之輔：操船通論，pp. 110, pp. 115, pp. 125, 成山堂書店，2011.
- 2) 佐藤治夫：錨の把駐性能に関する一考察，[海自然と文化] 東海大学紀要海洋学部，第3巻第3号，pp. 35, 2005.
- 3) 日本海事協会：鋼船規則C編 船体構造及び船体艤装，pp. 178, pp. 183, 2016.

(3) 係留可能な限界流速

算出した把駐力における係留可能な限界流速を算出する。津波の流速と流圧力は表 4.5-2 に示す計算式にて関係付けられるため、この式から限界流速を算出できる。また、一般的に縦方向よりも横方向の流圧力が大きくなるので、横方向の流圧力に対する限界流速を求める。

表 4.5-2 流圧力の計算方法¹⁾

<p>【流圧力計算式】</p> $F_{Yc} = 1/2 \times C_{Yc} \times \rho_c \times V_c^2 \times L_{PP} \times d$	<p>F_{Yc} : 横方向流圧力 (kgf) C_{Yc} : 横方向流圧力係数 (=1 ; 図 4.5-4 より) V_c : 流速 (m/s) L_{PP} : 垂線間長 (m) (=43) d : 喫水 (m) (=1.8) ρ_c : 水密度 (kgf・sec²/m⁴) (=104.7kgf・sec²/m⁴)</p>
--	--

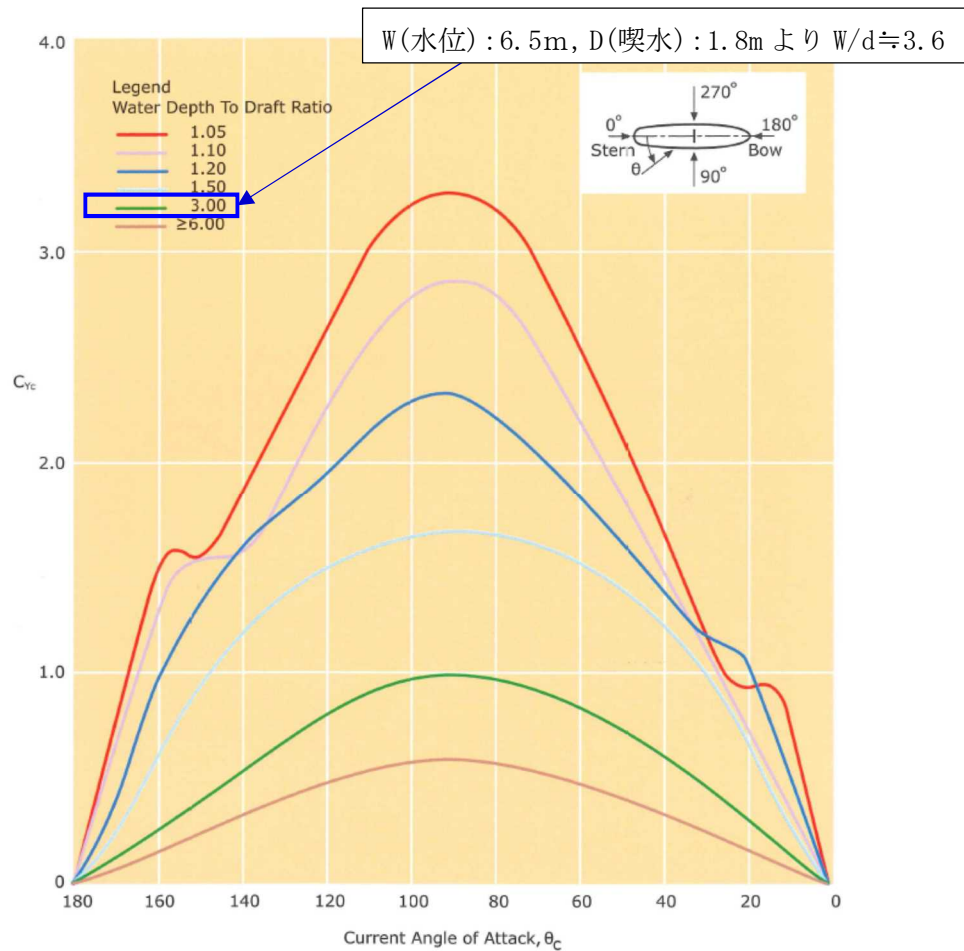


図 4.5-4 横方向流圧力係数 [C_{Yc}]¹⁾

なお、浚渫船の船首・船尾形状は、タンカーの船首のような流線型ではなく、舷側のような平坦な形状であるため、タンカーの横方向流圧力係数を適用する。

ここで、 $F_{Yc}=P$ とすると限界流速 V_L (m/s) は以下のとおり計算できる。

$$P = \frac{1}{2} \times C_{Yc} \times \rho_c \times V_L^2 \times L_{pp} \times d$$

$$V_L = \sqrt{2 \times P \div (C_{Yc} \times \rho_c \times L_{pp} \times d)}$$

$$= \sqrt{2 \times 30.8 \div (1 \times 104.7 \div 1000 \times 43 \times 1.8)}$$

$$\approx 2.7$$

従って、浚渫船の錨泊時に係留可能な限界流速は 2.7m/s 程度である。

参考文献

1) OCIMF : Mooring Equipment Guidelines 3rd Edition, pp.178, pp.190, pp.202, 2008.

4.6 漂流物の衝突荷重算定式の適用性について

4.6 漂流物の衝突荷重算定式の適用性について

(1) 衝突荷重算定式記載の規格・基準類

耐津波設計に係る工認審査ガイドにおいて挙げられている参考規格・基準類のうち、漂流物の衝突荷重又は衝突エネルギーについて記載されているものは、「道路橋示方書・同解説 I 共通編（平成 14 年 3 月）」¹⁾と「津波漂流物対策施設設計ガイドライン平成 26 年 3 月」²⁾である。後者は、鋼管杭等の支柱の変形及びワイヤーロープの伸びにより衝突エネルギーを吸収する考え方であり、弾性設計には適さないと考えられるため、前者を漂流物の衝突荷重として採用することが適切と考えられる。

① 道路橋示方書・同解説 I 共通編（(社)日本道路協会，平成 14 年 3 月）¹⁾

○ 適用範囲・考え方：

橋（橋脚）に自動車，流木あるいは船舶等が衝突する場合の衝突荷重を算定する式である。

○ 算定式：

$$\text{衝突力 } P = 0.1 \times W \times v$$

ここに，P：衝突力(kN)

W：流送物の重量(kN)

v：表面流速(m/s)

② 津波漂流物対策施設設計ガイドライン（沿岸技術研究センター，寒地港湾技術研究センター，平成 26 年）²⁾

○ 適用範囲・考え方：

「漁港・漁場の施設の設計の手引き（全国漁港漁場協会 2003 年版）」の接岸エネルギーの算定方法に準じて設定されたものであり，漁船の他，車両・流木・コンテナにも適用されるが，支柱及び漂流物補足スクリーンの変形でエネルギーを吸収させることにより漂流物の進入を防ぐための津波漂流物対策施設の設計に適用される式である。

○ 算定式：

$$\text{船舶の衝突エネルギー } E = E_0 = W \times V^2 / (2g)$$

(船の回転により衝突エネルギーが消費される (1/4 点衝突) 場合 $E = E' = W \times V^2 / (4g)$)

$$\text{ここに, } W = W_0 + W' = W_0 + (\pi/4) \times D^2 L \gamma_w$$

W : 仮想重量 (kN)

W₀ : 排水トン数 (kN)

W' : 付加重量 (kN)

D : 喫水 (m)

L : 横付けの場合は船の長さ, 縦付けの場合は船の幅 (m)

γ_w : 海水の単位体積重量 (kN/m³)

g : 重力加速度

(2) 漂流物の衝突荷重算定式の適用事例

安藤ら (2006)³⁾によれば, 南海地震津波による被害を想定して高知港を対象に, 平面二次元津波数値シミュレーション結果に基づいた被害予測手法の検討を行い, 特に漂流物の衝突による構造物の被害, 道路交通網等アクセス手段の途絶について検討を行い, 港湾全体における脆弱性評価手法を検討している。この中で荷役設備・海岸施設の漂流物による被害を検討するに当たって漂流物の衝突力を算定しており, 船舶に対しては道路橋示方書を採用している。

表-1 各施設の許容漂流速度

		選 定 式	対象施設		
			クレーン	水門	倉庫
車両		陸上遡上津波と漂流物の衝突力に関する実験的研究 ⁴⁾	4.8 m/s	1.5 m/s	1.5 m/s
コンテナ	20ft	陸上遡上津波と漂流物の衝突力に関する実験的研究 ⁴⁾	4.9 m/s	1.5 m/s	1.5 m/s
	40ft	陸上遡上津波と漂流物の衝突力に関する実験的研究 ⁴⁾	4.7 m/s	1.5 m/s	1.5 m/s
船舶	小型	衝突荷重 (道路橋示方書)	5.0m/s超	5.0m/s超	5.0m/s超
	大型	衝突荷重 (道路橋示方書)	5.0m/s超	1.8 m/s	1.8 m/s
木材		陸上遡上津波と漂流物の衝突力に関する実験的研究 ⁴⁾	5.0m/s超	1.7 m/s	1.7 m/s

(3) 漂流物による衝突力評価式に関する既往の研究論文

道路橋示方書等の基準類以外でも、漂流物による衝突力評価に対する研究が複数存在している。以下に、これらの研究概要を例示するが、木材やコンテナ等を対象とした事例が多く、船舶の衝突を考慮した事例は少ない。

○ 適用範囲・考え方：

「平成 23 年度建築基準整備促進事業 40. 津波危険地域における建築基準等の整備に資する検討」（東京大学生産技術研究所（2011）⁴⁾）では、「漂流物の衝突による建築物への影響の評価については、研究途上の段階であり、また、被害調査においても、被害をもたらした漂流物の詳細な情報を得ることは難しいため、既往の知見の検証は困難であった」としている。また、津波による漂流物が建築物に衝突する際の衝突力に関する研究を以下に示しているが、「対象としている漂流物は(a), (b), (d), (e)」が流木、(c), (d), (e)がコンテナである（(e)は任意の漂流物を対象としているものの実質流木とコンテナしか算定できない。）としている。

○ 算定式(a)：

(a) 松富の評価式⁵⁾

津波による円柱形上の流木が縦向きに衝突する場合の衝突力を次式のとおり提案している。

$$F_m = 1.6 C_{MA} [v_{A0} / (gD)^{0.5}]^{1.2} (\sigma_f / \gamma L)^{0.4} \times \gamma D^2 L$$

ここに、 C_{MA} ：見かけの質量係数

（段波・サージでは 1.7，定常流では 1.9）

v_{A0} ：流木の衝突速度， D ：流木の直径

L ：流木の長さ

σ_f ：流木の降伏応力

γ ：流木の単位体積重量

g ：重力加速度

○ 算定式(b) :

(b) 池野らの評価式⁶⁾

円柱以外にも角柱，球の形状をした木材による衝突力を次式のとおり提案している。

$$F_H = S \times C_{MA} \times (V_H / (g^{0.5} D^{0.25} L^{0.25}))^{2.5} \times g M$$

ここに， F_H ：漂流物の衝突力(kN)

S ：係数(5.0)

C_{MA} ：見かけの質量数

(円柱横向き：2.0 (2次元)，1.5 (3次元)，

角柱横向き：2.0～4.0 (2次元)，1.5 (3次元)，

円柱縦向き：2.0程度，球：0.8程度)

V_H ：漂流物移動速度(m/s)

D ：漂流物の代表高さ(m)

L ：漂流物の代表長さ(m)

M ：漂流物の質量(t)

g ：重力加速度

○ 算定式(c) :

(c) 水谷らの評価式⁷⁾

津波により漂流するコンテナの衝突力を次式のとおり提案している。

$$F_m = 2 \rho_w \eta_m B_c V_x^2 + W V_x / (g dt)$$

ここに， F_m ：漂流衝突力(kN)

dt ：衝突時間(s)

η_m ：最大遡上水位(m)

ρ_w ：水の密度(t/m³)

B_c ：コンテナ幅(m)

V_x ：コンテナの漂流速度(m/s)

W ：コンテナ重量(kN)

g ：重力加速度

○ 算定式(d) :

(d) 有川らの評価式⁸⁾

コンクリート構造物に鋼構造物（コンテナ等）が漂流衝突する際の衝突力を次式のとおり提案している。

$$F = \gamma_p X^{2/5} (5/4 \times m)^{3/5} v^{6/5}$$

$$X = 4 \times \sqrt{a} \div (3\pi \times (k_1 + k_2)), \quad k = (1 - \nu^2) / (\pi E),$$

$$m = (m_1 \times m_2) \div (m_1 + m_2)$$

ここに、a：衝突面半径の1/2

（コンテナ衝突面の縦横長さの平均の1/4）

E：ヤング率（コンクリート板）

ν ：ポアソン比

m：質量(t)

v：衝突速度(m/s)

γ_p ：塑性によるエネルギー減衰効果(0.25)

mやkの添え字は衝突体と被衝突体を示す。

(4) まとめ

既往の知見によると、さまざまな衝突力算定式が提案されているが、いずれも柏崎刈羽原子力発電所で想定する作業船の衝突力とは状況が異なる。既往の事例等を参照しても、船舶の衝突荷重の算出を道路橋示方書に示される算定式を採用している。

以上から、柏崎刈羽原子力発電所で想定する作業船の衝突荷重は道路橋示方書による方法で算定することとする。

【参考文献】

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 I 共通編，平成 14 年 3 月。
- 2) 沿岸技術研究センター，寒地港湾技術研究センター：津波漂流物対策施設設計ガイドライン，平成 26 年 3 月。
- 3) 安藤誠，小田勝也，岡本修，熊谷兼太郎：地震津波に対する脆弱性評価手法の検討，沿岸技術研究センター論文集，No. 6，pp. 5-8，2006。
- 4) 東京大学生産技術研究所：平成 23 年度建築基準整備促進事業「40. 津波危険地域における建築基準等の整備に資する検討」中間報告書その 2，平成 23 年 10 月。
- 5) 松富英夫：流木衝突力の実用的な評価式と変化特性，土木学会論文集，No. 621，II-47，pp. 111-127，1999. 5. 6) 池野正明，田中寛好：陸上遡上津波と漂流物の衝突力に関する実験的研究，海岸工学論文集，第 50 巻，pp. 721-725，2003. 7) 水谷法美，高木祐介，白石和睦，宮島正悟，富田孝史：エプロン上のコンテナに作用する津波力と漂流衝突力に関する研究，海岸工学論文集，第 52 巻，pp. 741-745，2005. 8) 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，海岸工学論文集，第 54 巻，pp. 846-850，2007。