

平成30年2月22日

日本原子力発電㈱

漂流物に係る検討について

1. 検討方針について

東海第二発電所における漂流物荷重に係る検討は、図-1に示す「漂流物評価フローにより評価する対象の施設・設備の配置」を考慮し、図-2に漂流物に係る全体的な検討フローを示す。

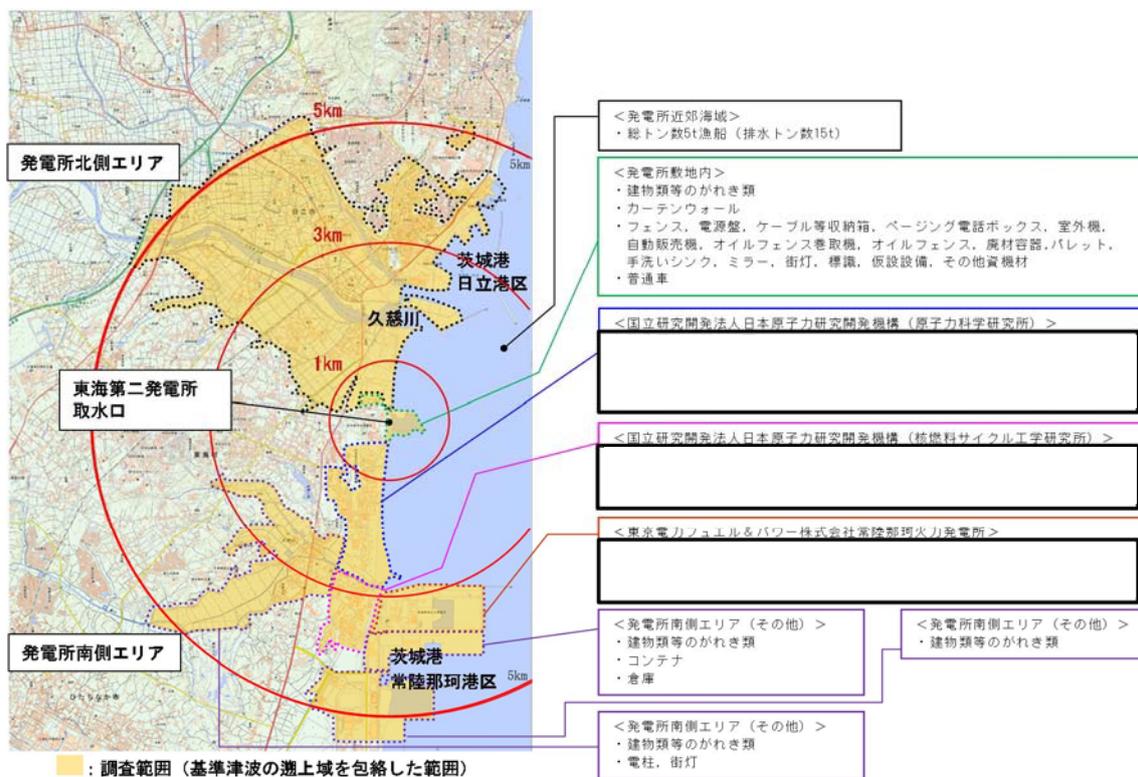


図-1 漂流物評価フローにより評価する対象の施設・設備の配置

□ は、商業機密又は防護上の観点から公開できません。

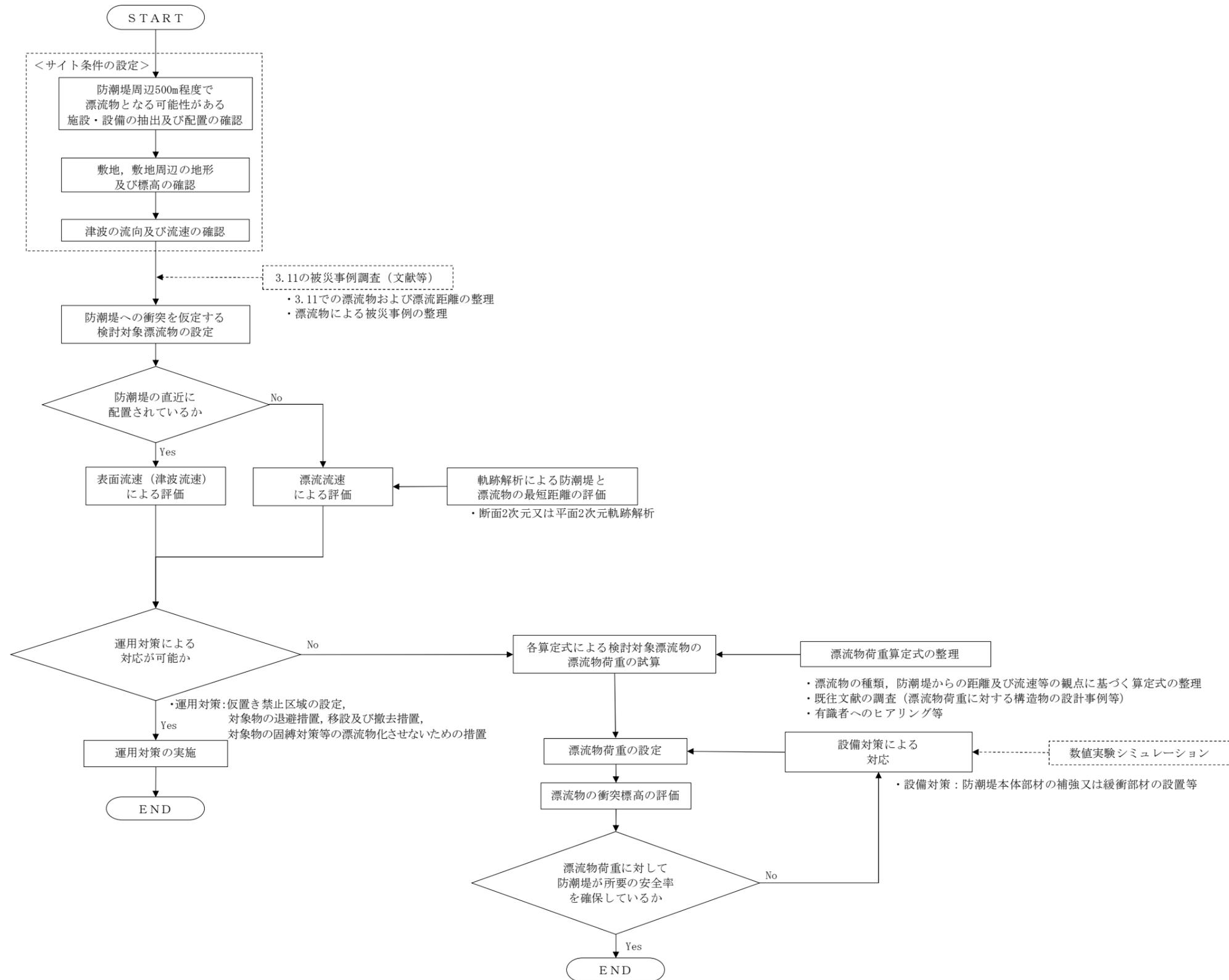
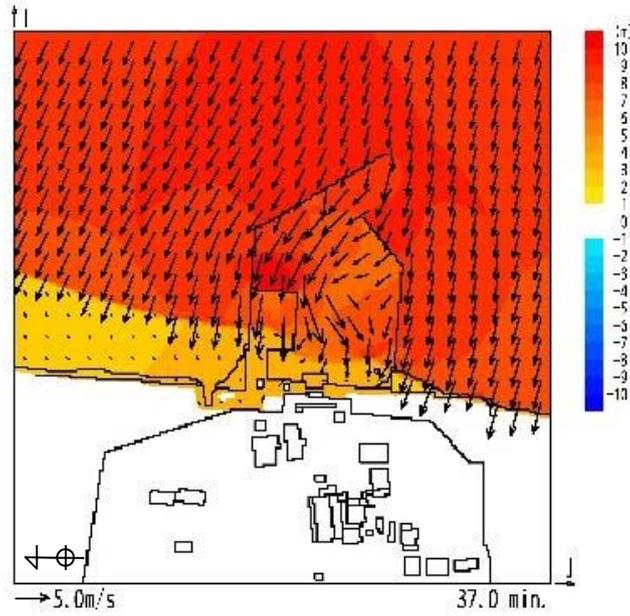


図-2 漂流物に係る全体的な検討フロー

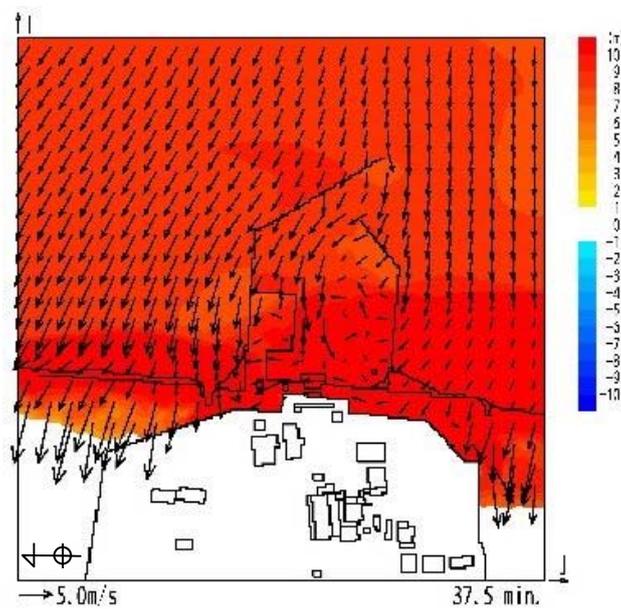
2. 漂流物位置と地形と流況の整理

(1) 流況の整理

東海第二発電所での基準津波による発電所敷地前面海域の流向ベクトルを図-3 に示す。津波は、防潮堤東側の法線方向から遡上し、北側及び南側では防潮堤に沿うような流れとなっている。



(37.0 分※)



(37.5 分※)

※：津波の原因となる地震発生後の経過時間

図-3 発電所敷地前面海域の流向ベクトル（防波堤あり（既往モデル）の場合）

(2) 検討対象漂流物の選定

東海第二発電所の防潮堤周辺 500m 範囲において漂流物となる可能性が否定できない施設・設備の配置を図-4に示す。防潮堤東側エリアについては、津波が法線方向に遡上することから、津波による漂流物の衝突を仮定するために、代表エリアとして検討対象漂流物の選定を行った。

図-5, 写真-1 及び表-1 に防潮堤東側エリアに設置されている構築物を示す。防潮堤東側エリアの構築物は、撤去又は移設することを基本とし、撤去又は移設ができない場合には、耐震性等を評価した上で、必要に応じ補強対策を検討する。

検討対象漂流物は、漂流物となる可能性が否定できない施設・設備のうち、防潮堤の前面に仮置きや残置の可能性があるものを選定した。表-2 に仮置きや残置の可能性があるものの一覧を示す。仮置きや残置の可能性があるものは、運用での対応が可能であるかを検討した上で、検討対象漂流物を選定する。

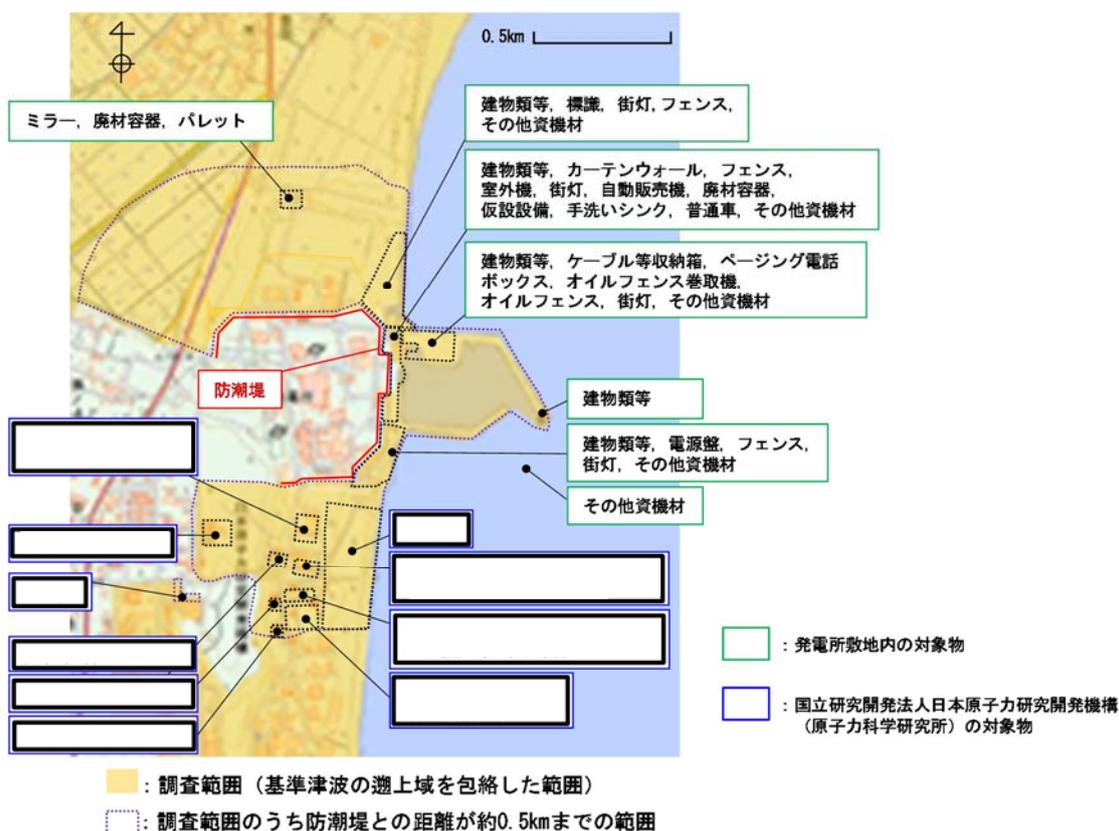


図-4 漂流物となる可能性が否定できない施設・設備の配置 (防潮堤から 500m の範囲)

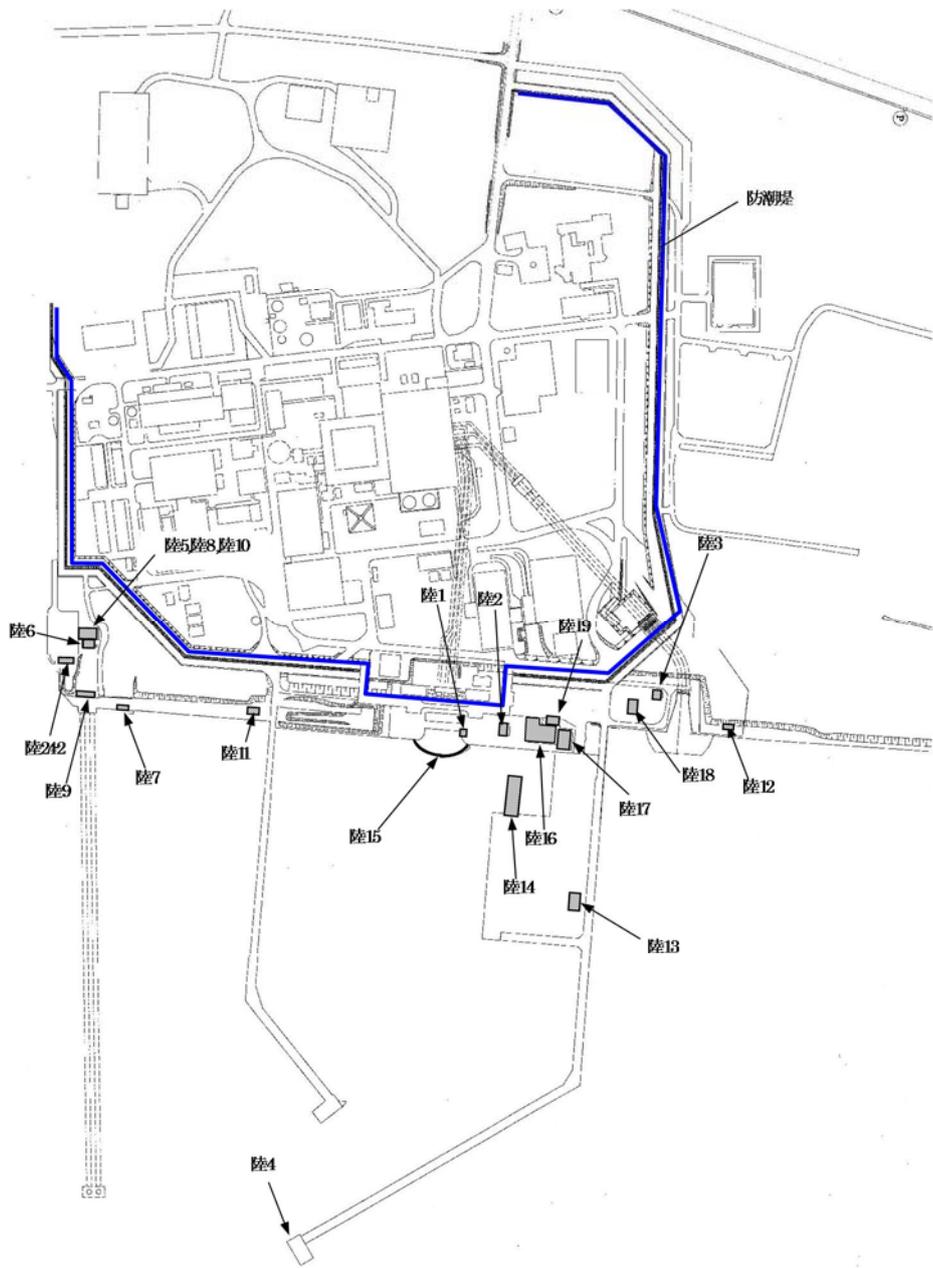


図-5 防潮堤東側に設置されている構築物位置図

			
陸 1 検潮小屋	陸 2 海水電解装置建屋	陸 3 放水口モニター小屋	陸 4 北防波堤灯台
			
陸 5 復水冷却用水路スクリーン室	陸 6 塩素処理室	陸 7 放水口放射能測定機器上屋	陸 8 ロータリースクリーン室
			
陸 9 主ゲート	陸 10 次亜塩素酸ソーダ注入室	陸 11 合併処理浄化槽設備	陸 12 海上レーダー
			
陸 13 物揚場倉庫	陸 14 栈橋	陸 15 カーテンウォール	陸 16 メンテナンスセンター
			
陸 17 輸送本部建屋	陸 18 輸送本部倉庫	陸 24 再利用物品置場テント	

写真-1 防潮堤東側に設置されている構築物

表-1 防潮堤東側に設置されている構築物一覧表

番号	名称	主要構造（形状）	寸法	対策
陸1	検潮小屋	鉄筋 コンクリート造	2.9m×2.9m×2.3m	撤去又は移設することを基本とし、撤去又は移設が出来ない場合は、耐震性等を評価した上で、必要に応じ漂流化しないための補強対策を検討する。
陸2	海水電解装置建屋	鉄筋 コンクリート造	8m×11m×3.7m	
陸3	放水口モニター小屋	鉄筋 コンクリート造	4m×5m×3m	
陸4	北防波堤灯台	鉄筋 コンクリート造	Φ3m×9m	
陸5	復水冷却用水路 スクリーン室	鉄筋 コンクリート造	—	
陸6	塩素処理室	鉄筋 コンクリート造	10m×13m×10m	
陸7	放水口放射能 測定機器上屋	鉄筋 コンクリート造	3m×5m×3m	
陸8	ロータリースクリーン室	鉄筋 コンクリート造	13m×21m×11m	
陸9	主ゲート	鉄筋 コンクリート造	4m×18m×10m	
陸10	次亜塩素酸ソーダ注入室	鉄筋 コンクリート造	—	
陸11	合併処理浄化槽設備	鉄筋 コンクリート造	10m×15m×10m	
陸12	海上レーダー	鋼製支柱	—	
陸13	物揚場倉庫	コンクリート製ブ ロック	7m×12m×3m	
陸14	栈橋	鋼製コンクリート造	1.2m×40m×4m	
陸15	カーテンウォール	鉄筋 コンクリート造 (鋼材支柱)	—	
陸16	メンテナンスセンター	鉄骨造	34m×19m×11m	
陸17	輸送本部建屋	鉄骨造	22m×13m×7m	
陸18	輸送本部倉庫	鉄骨造	12m×8m×4m	
陸24 -2	再利用物品置場テント	—	—	

表-2 漂流物となる可能性が否定できない仮置きや残置の可能性のあるもの (1/2)

場所	種類	想定質量 (t)	防潮堤との距離	対策の要否	対策不要である根拠	対策	検討対象
東側	船舶	15 (排水トン数)	500m	否	—	—	○
	流木	—	500m 以内	要	—	定期的な撤去運用	—
	フェンス	0.9	100m 以内	否	受圧面積が小さく、津波が透過することから、漂流には至らないと考えられるため。	—	—
	電源盤	0.6	100m 以内	否	他サイトにおける 2011 年東北地方太平洋沖地震による被災事例から、津波により電源盤が転倒したとしても、電源ケーブル等に拘束され、漂流には至らないと考えられるため。	—	—
	ケーブル等収納箱	0.04	100～300m	要	—	移設・撤去 又は固縛	—
ページング電話ボックス	0.02	100～300m	否	軽量な対象物であり、ケーブル等により拘束され、漂流には至らないと考えられるため。	—	—	

表-2 漂流物となる可能性が否定できない仮置きや残置の可能性のあるもの (2/2)

場所	種類	想定質量 (t)	防潮堤との距離	対策の要否	対策不要である根拠	対策	検討対象
東側	室外機	0.3	100m 以内	否	基礎に固定されている構造であり、仮に津波で転倒したとしても配管やケーブル等により拘束され、漂流には至らないと考えられるため。	—	—
	自動販売機	0.5	100m 以内	要	—	移設・撤去 又は固縛	—
	オイルフェンス巻取機	1.5	100～300m	要	—	移設・撤去 又は固縛	—
	オイルフェンス	0.07	100～300m	要	—	移設・撤去 又は固縛	—
	廃材容器	0.04	100m 以内	要	—	移設・撤去 又は固縛	—
	手洗いシンク	0.02	100m 以内	要	—	移設・撤去 又は固縛	—
	仮設設備	0.2	100m 以内	否	プラント停止期間中のための仮運用設備であり、プラント起動前に撤去するため。	—	—
	普通車	1.4	100m 以内	要	—	退避措置又は固縛	—

3. 漂流物荷重の試算

(1) 各種基準類の漂流物荷重算定式の整理

漂流物の位置と地形及び流況の整理で抽出された漂流物となる可能性が否定できない施設・設備のうち、仮置きや残置の可能性のあるものについて、被衝突体への衝突を仮定した場合の漂流物荷重の試算を行う。各種基準類の漂流物荷重算定式を表-3に示す。漂流物荷重の試算は、漂流物の種類や想定質量等、漂流物荷重算定式の適用性考慮する。

表-3 各種基準類の漂流物荷重算定式の整理

	出典	種類	概要及び算定式	算定式の適用性が確認された範囲 (実験条件等)
①	松富ほか (1999)	流木	津波による流木の漂流荷重を提案している。本式は円柱形状の流木が縦向きに衝突する場合の漂流荷重算定式である。 $F_m / (\gamma D^2 L) = (1.2 \sim 1.5) C_{MA} \{v_{A0} / (gD)^{0.5}\}^{1.2} (\sigma_v / \gamma L)^{0.4}$ F_m : 衝突力, γ : 流木の単位体積重量, D : 木材の直径, L : 木材の長さ, g : 重力加速度, C_{MA} : 見かけの質量係数(水の緩衝機能も加味), v_{A0} : 衝突速度, σ_v : 木材の降伏応力	「実験に基づく推定式」 ・見かけの質量係数に関する水路実験 (実験 : 高さ 0.5m, 幅 0.3m, 長さ 11.0m) 流木 (丸太) の直径 : 4.8cm~12cm, 流木の重量 : 305~8615gf ・衝突荷重に関する空中での実験 水理模型実験及び空中衝突実験において、流木 (植生林ではない丸太) を被衝突体の前面 (2.5m 以内) に設置した状態で衝突させている。東海第二のサイト条件を踏まえ、被衝突体の直近に衝突体があることを仮定する場合に適用性がある可能性がある。個別の流木 (丸太) の種類等に応じて、実現現象を再現するようなパラメータを適切に定めることに難がある。
②	池野・田中 (2003)	流木	円柱以外にも角柱, 球の形状をした木材による漂流荷重を提案している。 $F_H / (gM) = S \cdot C_{MA} \cdot \{V_H / (g^{0.5} D^{0.25} L^{0.25})\}^{2.5}$ F_H : 衝突力, g : 重力加速度, M : 漂流物の質量, S : 係数 (=5.0), C_{MA} : 付加質量係数, V_H : 漂流物移動速度, D : 漂流物の直径 (角柱の場合は正方形断面辺長), L : 漂流物の長さ	「実験に基づく推定式」 (縮尺 1/100 の模型実験) 漂流物の形状 : 円柱, 角柱, 球 漂流物重量 : 0.588N~29.792N 受圧板を陸上構造物と想定し、衝突体を受圧板前面 80cm (現地換算 80m) 離れた位置に設置した状態で衝突させた実験である。模型縮尺 (1/100) を考慮した場合、現地換算で直径 2.6~8m の仮定となり、東海第二のサイト条件を考慮すると適用性が無いものと判断する。
③	道路橋示方書 (2002)	流木等	橋 (橋脚) に自動車, 流木あるいは船舶等による漂流荷重を定めている。 $P = 0.1WU$ P : 衝突力, W : 流送物の重量, U : 表面流速	新規基準に基づく審査において適用された実績がある。 漂流物が流下 (漂流) して来た場合に、表面流速 (津波流速) を与えることで漂流流速に対する荷重を算定できることから、被衝突体の前面海域からの漂流物を想定する場合に適用性があると判断する。
④	FEMA (2012)	流木 コンテナ	漂流物による漂流荷重を正確に評価するのは困難としながら、一例として算定式を示している。 $F_i = 1.3u_{max} \sqrt{km_d(1+c)}$ F_i : 衝突力, c : 付加質量係数, u_{max} : 漂流物を運ぶ流体の最大流速, m_d, k : 漂流物の質量と有効軸剛性	「運動方程式に基づく衝突力方程式」 非減衰系の振動方程式に基づいており、衝突体及び被衝突体の両方とも完全弾性体で、かつ衝突時のエネルギー減衰が一切考慮されていない前提条件での算定式であることから、漁船等のように衝突時に塑性変形を伴う漂流物の荷重算定には適さない。漂流物が地表面を転がるような場合は、衝突流速を 50% として良い可能性があるとの記載がある。 個別の漂流物に対して、実現現象を再現するような軸剛性を適切に定めることに難がある。
⑤	水谷ほか (2005)	コンテナ	漂流するコンテナの漂流荷重を提案している。 $F_m = 2\rho_w \eta_m B_c V_x^2 + \left(\frac{WV_x}{gdt} \right), V_x \cong C_x = 2\sqrt{g\eta_m}$ F_m : 衝突力, g : 重力加速度, W : コンテナの重量, B_c : コンテナ幅, ρ_w : 遡上波の最大水位, dt : 衝突時間, ρ_w : 水の密度, V_x : コンテナの漂流速度, C_x : 津波の遡上流速	「実験に基づく推定式」 (縮尺 1/75 の模型実験) 使用コンテナ : 長さを 20ft と 40ft, コンテナ重量 : 0.2N~1.3N 程度, 遡上流速 : 1.0m/s 以下, 材質 : アクリル 被衝突体の直近のエプロン上にコンテナを設置して衝突力を求めた算定式である。個別の漂流物に対して、実現現象を再現するような衝突時間を適切に定めることに難がある。
⑥	有川ほか (2007, 2010)	流木 コンテナ	鋼製構造物 (コンテナ等) による漂流荷重を提案している。 $F = \gamma_p x^{\frac{2}{5}} \left(\frac{5}{4} \tilde{m} \right)^{\frac{3}{5}} v^{\frac{6}{5}}, x = \frac{4\sqrt{a}}{3\pi} \frac{1}{k_1 + k_2}, k = \frac{(1-v^2)}{\pi E}, \tilde{m} = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2}$ a : 衝突面半径の 1/2 (ここではコンテナ衝突面の縦横長さの平均の 1/4), E : ヤング係数, ν : ポアソン比, m : 質量, v : 衝突速度, γ_p : 塑性によるエネルギー減衰効果, 添字 1,2 は衝突体と被衝突体を表す	「実験に基づく推定式」 (縮尺 1/5 の模型実験) 使用コンテナ : 長さ 1.21m, 高さ 0.52m, 幅 0.49m 衝突速度 : 1.0~2.5m/s 程度, 材質 : 鋼製 水理模型実験では、コンテナを被衝突体の前面 1.21m (現地換算 6.05m) に設置して衝突力を求めた算定式である。 個別の漂流物に対して、実現現象を再現するような剛性に係る k 値を適切に定めることに難がある。

(2) 各種基準類の漂流物荷重算定式の整理結果

各種基準類の漂流物荷重算定式の整理結果を表-4に示す。運用対策が不可能である場合において、漂流物荷重の試算を行う場合は、表-4に示す各算定式での適用条件（種類、被衝突体からの距離、適用流速、衝突標高）を踏まえた上で行うものとする。

表-4 各種基準類の漂流物荷重算定式の整理結果

	出典	被衝突体からの距離	種類	適用流速	衝突標高
①	松富ほか	直近	流木	表面流速 (津波流速)	防潮堤 低標高部
②	池野・田中	直近	流木	—	—
③	道路橋示方書	前面海域	流木等	表面流速 (津波流速)	防潮堤 天端
④	FEMA	直近	流木 コンテナ	表面流速 (津波流速)	防潮堤 低標高部
⑤	水谷ほか	直近	コンテナ	表面流速 (津波流速)	防潮堤 低標高部
⑥	有川ほか	直近	流木 コンテナ	表面流速 (津波流速)	防潮堤 低標高部

以上