

島根原子力発電所2号炉

津波による損傷の防止

指摘6 漂流物衝突荷重の設定方針

(コメント回答)

令和2年7月
中国電力株式会社

審査会合における指摘事項

No.	審査会合日	指摘事項の内容	回答頁
13	H31.2.26	・道路橋示方書による漂流物衝突荷重の算定の妥当性について、工学的な判断に基づいた根拠を提示して説明すること。	P2
45	R元.6.27 (本日回答)	・漂流物の衝突荷重算定式の選定方針については、津波の特性（流向、流速等）、漂流物の配置位置及び対象漂流物の種類等を踏まえて各算定式の適用性を評価し、その評価プロセスを含めて説明すること。	P3~9

指摘事項に対する回答【No. 1 3, 4 5】

■ 指摘事項（第686回会合 平成31年2月26日）

【No. 1 3 漂流物衝突荷重の設定方針】

- 道路橋示方書による漂流物衝突荷重の算定の妥当性について、工学的な判断に基づいた根拠を提示して説明すること。

■ 回答

- 漂流物衝突荷重は道路橋示方書に基づいて算定することとしていたが、詳細設計段階で工学的な判断に基づいた算定式の選定を行う。

■ 指摘事項（第736回会合 令和元年6月27日）

【No. 4 5 漂流物衝突荷重の設定方針】

- 漂流物の衝突荷重算定式の選定方針については、津波特性(流向, 流速等), 漂流物の配置位置及び対象漂流物の種類等を踏まえて各算定式の適用性を評価し、その評価プロセスを含めて説明すること。

■ 回答

- 設置変更許可段階においては、島根原子力発電所における基準津波の津波特性を流況解析結果より確認し、漂流物衝突荷重の設定に考慮する漂流物として、港湾内で漂流物となる作業船及び荷揚場設備等並びに発電所近傍を航行する可能性のある漁船を抽出するとともに、道路橋示方書を含む既往の様々な衝突荷重の算定式とその根拠について整理した。詳細設計段階において、抽出した漂流物の配置、種類等を踏まえ、算定式の適用性を確認し、漂流物衝突荷重を算定する。(P3~9)

1. 基準津波の特性(流向・流速)について (1/4)

- 島根原子力発電所の津波防護施設に対して、各基準津波（1～6）における流況（流向・流速）を確認した。
- 施設護岸港湾内及び港湾外の防波壁前面、並びに1号放水連絡通路防波扉前面における、最大流速発生時の流況確認結果を以下に示す。

対象箇所※	基準津波※	流向※	最大流速※	発生時刻
施設護岸港湾外 防波壁前面	基準津波 1 (防波堤あり)	南	9.0m/s	181分27.10秒
施設護岸港湾内 防波壁前面	基準津波 1 (防波堤なし)	南東	9.0m/s	192分40.85秒
1号放水連絡通路 防波扉前面	基準津波 1 (防波堤なし)	南西	9.8m/s	192分55.35秒

※ 5条-別添1-添付18「漂流物の評価において考慮する津波の流速・流向について」参照

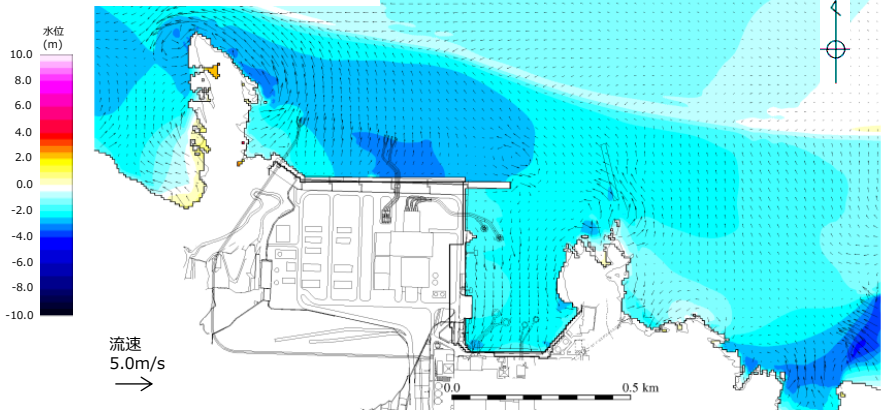
- 上記各対象箇所の最大流速発生時刻近傍（最大時刻，最大時刻前後30秒）における水位分布と流向・流速ベクトル図，及び最大流速発生時刻における流速分布図を次項以降に示す。

1. 基準津波の特性(流向・流速)について (2/4)

基準津波1(防波堤あり)_施設護岸港湾外防波壁前面

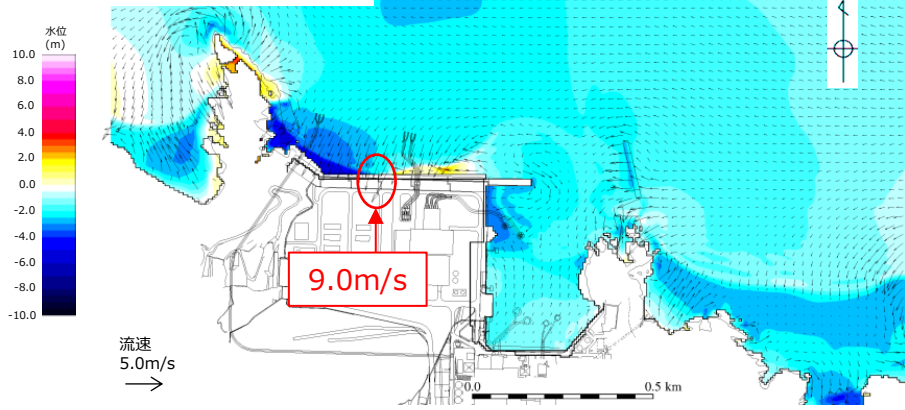
180分57.10秒(最大流速発生時刻 - 30秒)

水位分布と流向・流速ベクトル



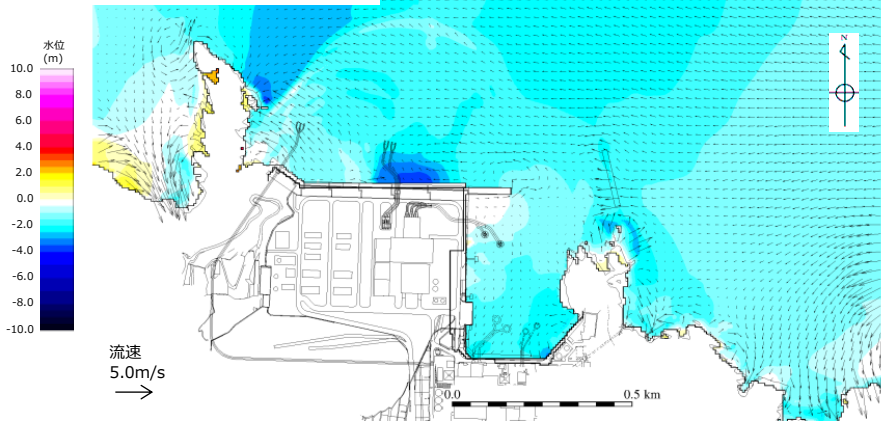
181分27.10秒(最大流速発生時刻)

水位分布と流向・流速ベクトル



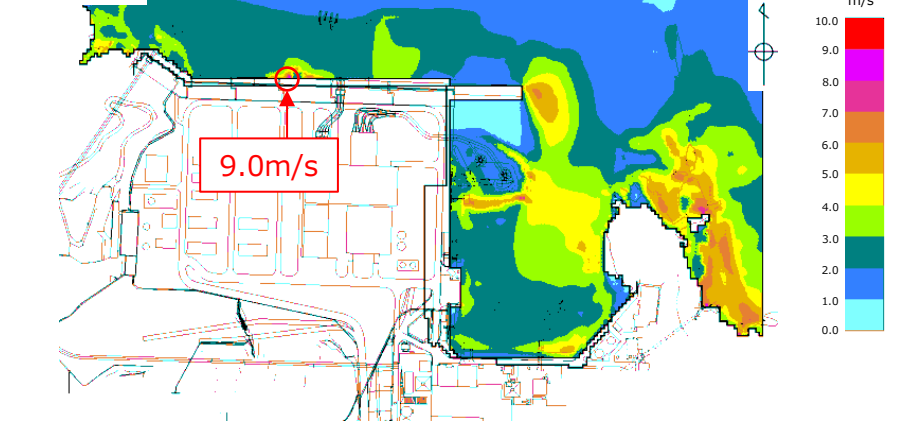
181分57.10秒(最大流速発生時刻 + 30秒)

水位分布と流向・流速ベクトル



181分27.10秒(流速方向:南)

流速分布



左上：最大流速発生時刻 - 30秒の水位分布と流速ベクトル
左下：最大流速発生時刻 + 30秒の水位分布と流速ベクトル

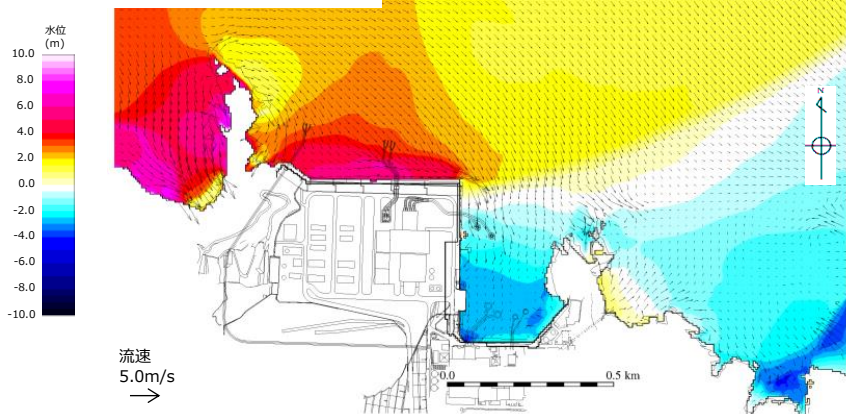
右上：最大流速発生時刻の水位分布と流速ベクトル
右下：最大流速発生時刻の流速分布

1. 基準津波の特性(流向・流速)について (3/4)

基準津波1(防波堤なし)_施設護岸港湾内防波壁前面

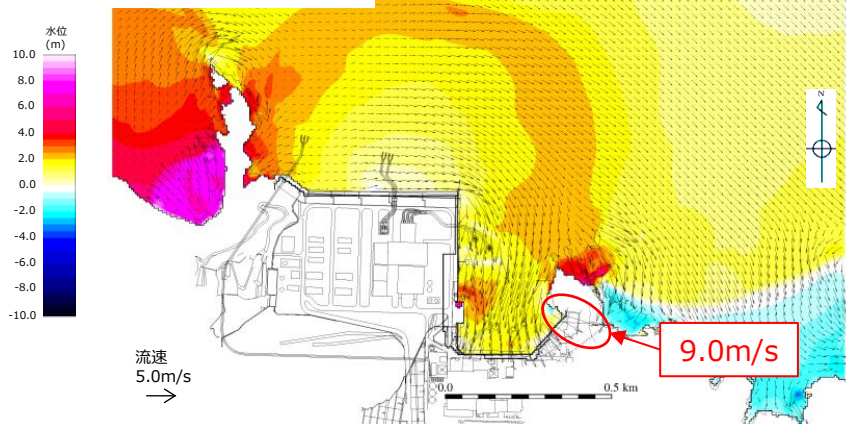
192分10.85秒(最大流速発生時刻 - 30秒)

水位分布と流向・流速ベクトル



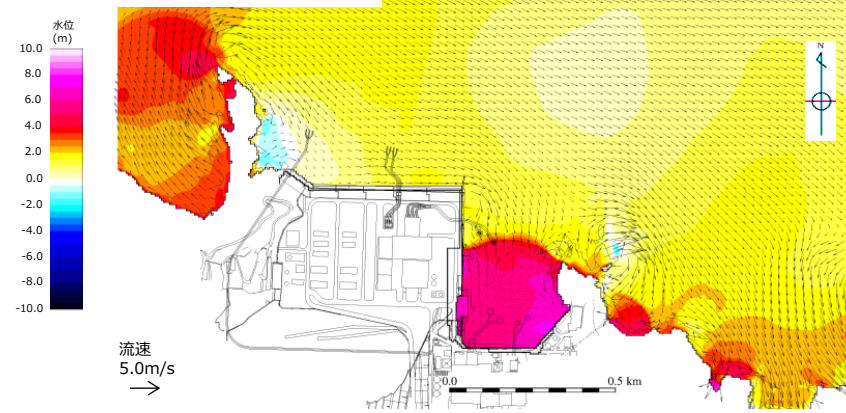
192分40.85秒(最大流速発生時刻)

水位分布と流向・流速ベクトル



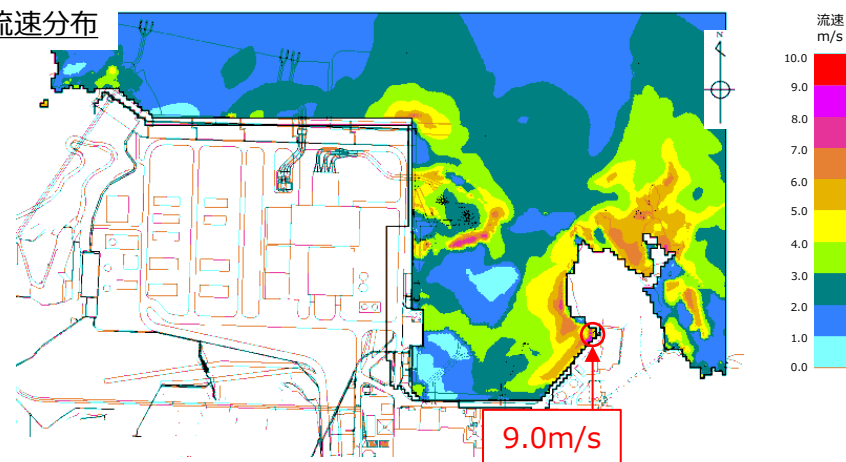
193分10.85秒(最大流速発生時刻 + 30秒)

水位分布と流向・流速ベクトル



192分40.85秒(流速方向 : 南東)

流速分布



左上：最大流速発生時刻 - 30秒の水位分布と流速ベクトル
左下：最大流速発生時刻 + 30秒の水位分布と流速ベクトル

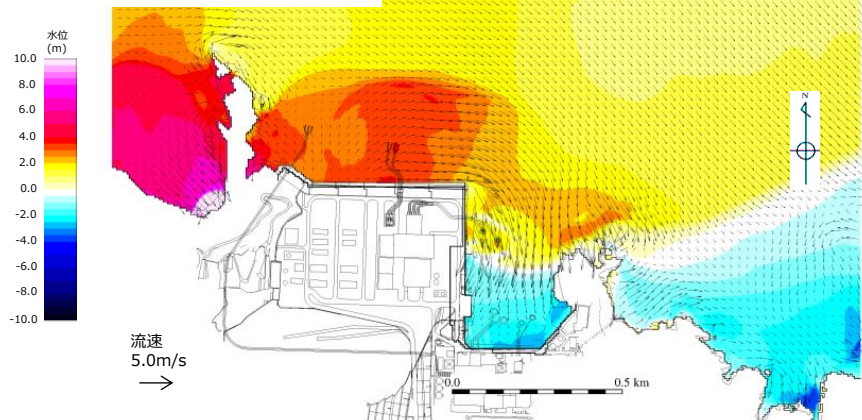
右上：最大流速発生時刻の水位分布と流速ベクトル
右下：最大流速発生時刻の流速分布

1. 基準津波の特性(流向・流速)について (4/4)

基準津波1(防波堤なし)_1号放水連絡通路防波扉前面

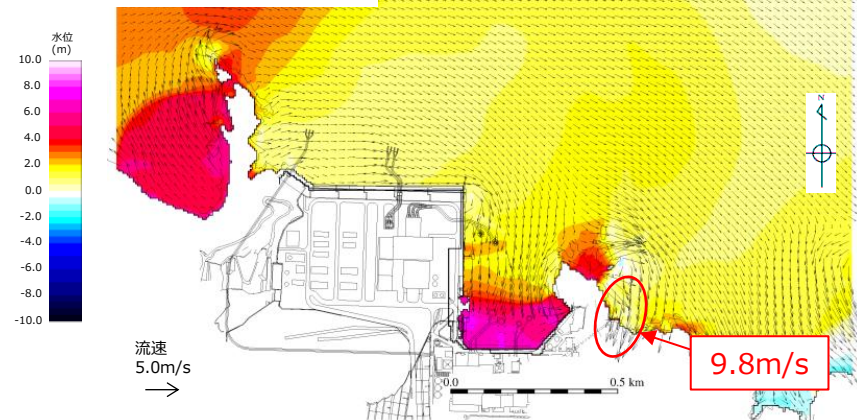
192分25.35秒(最大流速発生時刻 - 30秒)

水位分布と流向・流速ベクトル



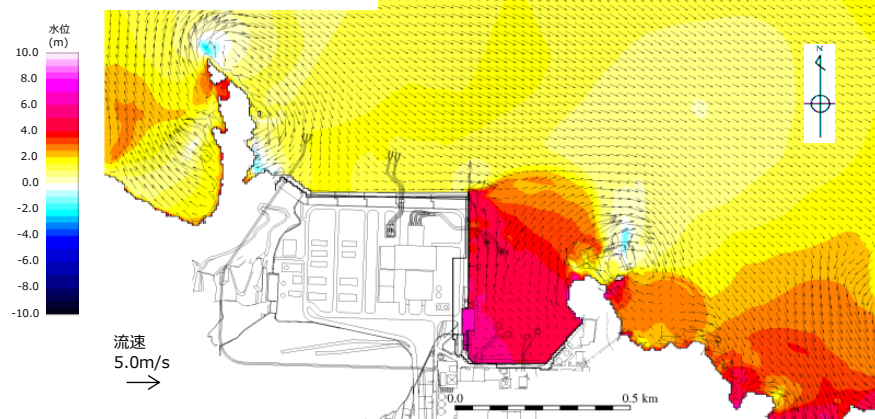
192分55.35秒(最大流速発生時刻)

水位分布と流向・流速ベクトル



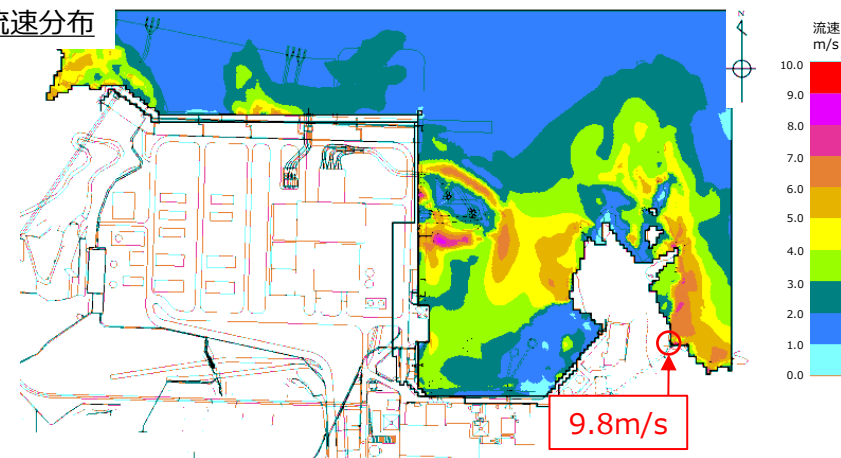
193分25.35秒(最大流速発生時刻 + 30秒)

水位分布と流向・流速ベクトル



192分55.35秒(流速方向:南西)

流速分布



左上：最大流速発生時刻 - 30秒の水位分布と流速ベクトル
左下：最大流速発生時刻 + 30秒の水位分布と流速ベクトル

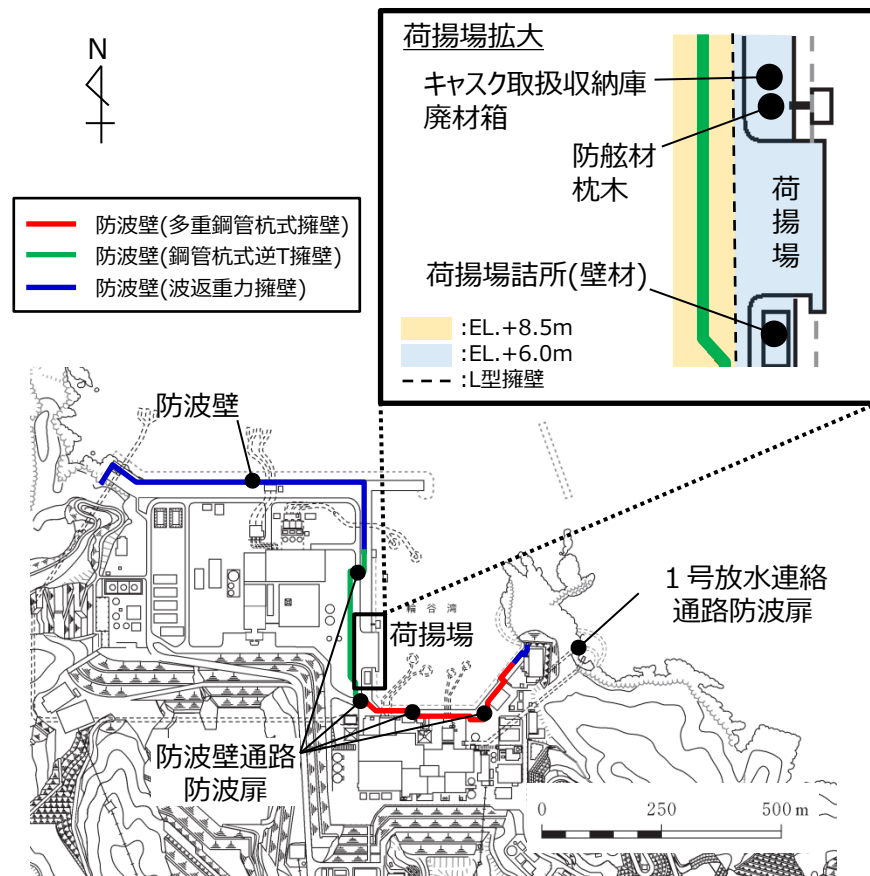
右上：最大流速発生時刻の水位分布と流速ベクトル
右下：最大流速発生時刻の流速分布

2. 漂流物の配置位置及び種類等

- 漂流物衝突荷重の設定に考慮する漂流物として、港湾内で漂流物となる作業船及び荷揚場設備等並びに発電所近傍を航行する可能性のある漁船を抽出した。
- 抽出した漂流物の配置位置、種類及び重量を以下に示す。

配置位置		名称	種類	重量 (船舶:総トン数)
構内	海域	温排水影響調査作業船	船舶	約10t
		人工リーフ海藻草調査作業船		約3~6t
		格子状定線水温測定作業船		約3t
		港漏油拡散防止業務作業船		1t未満~約10t
		環境試料採取作業船		1t未満~約3t
		海象計点検作業船		約2~10t
		使用済燃料の輸送に伴う作業船		約2~10t
		フラップゲート点検作業船		約7t
	陸域※	荷揚場詰所(壁材)	鉄骨造建物	—
陸域※	キャスク取扱収納庫	機器類	カバー部:約4.3t 定盤部:約7.9t	
	防舷材(フォーム式, 空気式)	その他漂流物となり得る物	フォーム式:約1t 空気式:約0.5t	
	枕木		約12kg	
	廃材箱		約0.9t	
構外	海域	漁船	船舶	最大19t

※ 発電所構内陸域において想定される漂流物は荷揚場上に設置



発電所における漂流物配置位置と種類

3. 既往の漂流物荷重算定式の整理

- 漂流物荷重算定式は、運動量理論に基づく推定式や実験に基づく推定式等があり、対象漂流物の種類や仕様により適用性が異なるため、既往の荷重算定式を整理した。以下に、算定式のまとめ一覧を示す。

	出典	種類	概要	算定式の根拠（実験条件）
①	松富ほか (1999)	流木	津波による流木の衝突力を提案している。本式は円柱形状の流木が縦向きに衝突する場合の衝突力評価式である。	「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 ・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。
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衝突力を提案している。	「実験に基づく推定式」(縮尺1/100の模型実験)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が衝突する場合の衝突力を定めている。	漂流物が流下(漂流)してきた場合に,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。
④	津波漂流物対策施設設計ガイドライン (2014)	漁船等	漁船の仮想重量と漂流物流速から衝突エネルギーを提案している。	「漁港・漁場の施設の設計の手引」(2003)に記載されている,接岸エネルギーの算定式に対し,接岸速度を漂流物速度とすることで,衝突エネルギーを算定。
⑤	FEMA (2012)	流木・コンテナ	漂流物による衝突力を正確に評価するのは困難としながら,一例として評価式を示している。	「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としている。
⑥	水谷ほか (2005)	コンテナ	津波により漂流するコンテナの衝突力を提案している。	「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
⑦	有川ほか (2007)	流木・コンテナ	コンクリート構造物に鋼製構造物(コンテナ等)が漂流衝突する際の衝突力を提案している。	「接触理論に基づく推定式」(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

4. 漂流物の衝突荷重算定式の選定方針

- 島根原子力発電所における基準津波の津波特性として、施設護岸港湾内及び港湾外の防波壁前面で最大流速9.0m/s(流向:南東・南), 1号放水連絡通路防波扉前面で最大流速9.8m/s(流向:南西)となることを確認した。以上より、津波防護施設における津波による漂流物衝突荷重の評価には、安全側に流速10.0m/sを用いる。
- 漂流物衝突荷重の設定に考慮する漂流物として、港湾内で漂流物となる作業船及び荷揚場設備等並びに発電所近傍を航行する可能性のある漁船を抽出した。
- 漂流物衝突荷重について、道路橋示方書を含む既往の算定式とその根拠について整理した。
- 詳細設計段階において、抽出した漂流物の配置、種類等を踏まえ、算定式の適用性を確認し、漂流物衝突荷重を算定する。