

【参考資料 I】

津波による被害評価に関する情報

目 次

I－1	本資料の位置付け	1
I－2	津波による浸水施設被害評価に関する情報	2
2. 1	津波による浸水施設被害評価の一覧	2
2. 2	津波による浸水被害を受けた産業と復旧に要する期間	8
I－3	津波による漂流物被害評価に関する情報	9

I - 1 本資料の位置づけ

平成 23 年 3 月 11 日の大震災により東日本の太平洋沿岸の広範囲で甚大な被害が生じた。港湾施設および周辺に立地する事業所等の施設は、津波による浸水および漂流物による被害を受けたため、各施設の復旧が鋭意努められてきた。

こうした被害・復旧の状況について整理をすることは、今後、港湾における総合的な津波対策について検討する際に、さらに港湾における津波浸水シミュレーションにより各施設の被害程度を推定する評価基準を定める際に有用な情報となる。

そこで、津波による浸水および漂流物の観点で各施設の被害程度の推定を行うため、岡本ら(2006)の報告資料を中心に被災内容・被災想定・被災目安について検討し、整理を行った。

また、産業・物流の被害・復旧状況の観点で各施設の被害程度と復旧日数の推定を行うため、柴崎(2012)の報告資料から、各企業・工場(原発事故の影響を受けたものを除く)において震災後の復旧日数と、各企業・工場の浸水深の関係を示した。

港湾における被害評価を行う際は、本参考資料を参考としつつも評価時点での最新の知見に基づき適切に行う必要があることに留意されたい。

I-2 津波による浸水施設被害評価に関する情報

注) 出典・参考資料欄の○は東日本大震災以前の知見であり、
●は東日本大震災による知見である。

2. 1 津波による浸水施設被害評価の一覧

	直接被害施設	被害内容	被害想定	出典・参考資料	被災目安（浸水）
浸水被害施設	港湾管理施設	事業所	荷役・集荷・運送等の業務の停止／港湾の生産活動の停止	○首藤(1992)、津波強度と被害、津波工学研究報告、第9号、pp.101-136	・鉄筋コンクリートビルは浸水深5mまで持ちこたえ、17mで全面破壊
	港湾関連企業	非常用電源施設		○首藤(2000)、津波対策小史、津波工学研究報告、第17号、pp.1-19	・鉄筋コンクリートビルは津波高5mまでは持ちこたえる
	産業施設			○飯塚ほか(2000)、津波氾濫流の被害想定、海岸工学論文集、第47巻 pp.381-385	・鉄筋コンクリート造の大破：浸水深(m)7.0以上、流速(m/s)9.1以上、抗力(Kn/m)332-603以上 ・コンクリート・ブロック造の大破：浸水深(m)7.0、流速(m/s)9.1、抗力(Kn/m)332-603 ・木造の大破：浸水深(m)2.0、流速(m/s)4.9、抗力(Kn/m)27.4-49.0
浸水被害施設			荷役・集荷・運送等の業務の停止／港湾の生産活動の停止	○加納・中野(2005)、津波外力によるRC造・S造建物への被害想定、NTT建築総合研究所、研究報告、pp.6	・鉄筋コンクリート造建物は津波高4.24mで損傷限界、1階外壁は1.07mで安全を失う ・鉄骨造建物は津波高1.11mで損傷限界
				●国土交通省、東日本大震災による被災現況調査結果について（第1次報告）、 http://www.mlit.go.jp/report/press/city07_hh_000053.html	・浸水深2m前後で建物被災状況に大きな差があり、津波高2m以下の場合には建物が全壊となる場合には大幅に低下する。
				●国土交通省、東日本大震災による被災現況調査結果について（第2次報告）、 http://www.mlit.go.jp/report/press/toshi07_hh_000056.html	・鉄筋コンクリート造及び鉄骨造の建物は、その建物が再使用困難な破損が生じる割合が低い
浸水被害施設		車両	荷役活動の停止／水濡れした港湾貨物の移動・処理	○馬場康之、水没した自動車からの避難に関する実験的研究、水工学論文集、53巻 2009.2	・普通車・トラック：過去の被災例や実験等では、水没初期に自動車が浮く状況や水没の進行に伴い車内への浸水が生じることが報告されている。
	在来ふ頭コンテナミナル	クレーン・フォークリフトの蔵置		○岡本ら(2006)、港湾と背後地域における間接被害を含めた津波被害波及過程及びその評価方法、国土交通省国土技術政策総合研究所資料、第306号	・浸水高2m未満で浸水被害率0.5(半壊)、浸水高2m以上で浸水被害率1.0(全壊)

直接被害施設			被害内容	被害想定	出典・参考資料	被災目安（浸水）
	コンテナ 荷役施設				●国土交通省（2011）、港湾荷役機械及び関連施設の耐津波対策検討業務 報告書（平成 24 年 3 月、港湾局技術監理室） ※アンローダー構造体については、以下の流出条件を参照。 ○東北地方整備局(2005)、沿岸部と背後地の連携による総合的な津波被害軽減方策検討委員会、資料 ○（社）日本海難防止協会、日本海北部海域における津波発生時の港湾在泊船舶の安全対策に関する調査研究	コンテナクレーン ・[走行部]：走行モーター、減速機、レールクランプへの浸水により、洗浄、分解点検、破損部品の交換等が必要となる。 ・[構造体]：コンテナの漂流により、脚・シルベーム・給電ケーブル等が破損 ・[電気設備]：エンジン部への海水の侵入により、オーバーホールが必要となる。 アンローダー ・[走行部]：走行モーター、減速機、レールクランプへの浸水により、洗浄、分解点検、破損部品の交換等が必要となる。 ・[構造体]：船舶の衝突により海中へ落下または破損(水位上昇 3 m 以上で 500～1 万 t、水位上昇 4 m で 1 万 t 以上の船舶が流出)する。 ・[電気設備]：エンジン部への海水の侵入により、オーバーホールが必要となる。
					●桜井ら（2011）、平成 23 年(2011 年)東北地方太平洋沖地震・被害調査報告書(相馬市周辺、仙台塩釜港周辺)、IHI 技報、Vol.51、No.4	・例：相馬港のアンローダーは、稼働中に地震発生し、それに続く津波警報によって稼働状態のまま、アンローダーのオペレータが避難。続いて、同じく津波から退避するために船が離岸、移動開始。アンローダーの先端部分が船倉に入られた状態で、船に引かれることになったため、アーム先端に曲げ力（モーメント）が発生。この力でアームが折れる（座屈）。さらに船が移動し、アンローダー先端（大部分）が切断する（引きちぎられる）。アンローダー先端部を喪失したことによって、カウンタウェイトとの平衡が崩れる。アンローダーの揺脚が折れ曲がり後方（カウンタウェイト側）へ転倒。その際にコンベヤも巻き込み損傷。
					●国土交通省交通政策審議会港湾分科会防災部会、配付資料（資料 3-1）津波に対する港湾の安全性評価、 http://www.mlit.go.jp/policy/shingikai/port01_sg_000111.html	・仙台塩釜港の例、浸水は 3 m 弱。ただし、走行部が 0.6 m 程度の浸水でオーバーホール等が必要
水産ふ頭	漁業事務所 漁業市場	漁協事務所・市場の浸水／水産加工場の浸水	水産物取引機能の停止／水産加工業務の停止	○首藤(2000)、津波対策小史、津波工学研究報告、第 17 号、pp.1-19 ○飯塚ほか(2000)、津波氾濫流の被害想定、海岸工学論文集、第 47 巻 pp.381-385	・鉄筋コンクリートビルは津波高 5 m までは持ちこたえる ・鉄筋コンクリート造の大破：浸水深(m)7.0 以上、流速 (m/s)9.1 以上、抗力(Kn/m)332-603 以上	

直接被害施設		被害内容	被害想定	出典・参考資料	被災目安（浸水）
		水産加工場		○加納・中野(2005)、津波外力による RC 造・S 造建物への被害想定、NTT 建築総合研究所、研究報告、pp6 ●国土交通省、東日本大震災による被災現況調査結果について（第 1 次報告）、http://www.mlit.go.jp/report/press/city07_hh_000053.html ●国土交通省、東日本大震災による被災現況調査結果について（第 2 次報告）、http://www.mlit.go.jp/report/press/toshi07_hh_000056.html	・コンクリート・ブロック造の大破：浸水深(m)7.0、流速(m/s)9.1、抗力(Kn/m)332-603 ・木造の大破：浸水深(m)2.0、流速(m/s)4.9、抗力(Kn/m)27.4-49.0 ・鉄筋コンクリート造建物は津波高 4.24 m で損傷限界、1 階外壁は 1.07 m で安全を失う ・鉄骨造建物は津波高 1.11 m で損傷限界 ・浸水深 2 m 前後で建物被災状況に大きな差があり、津波高 2 m 以下の場合には建物が全壊となる場合には大幅に低下する。 ・鉄筋コンクリート造及び鉄骨造の建物は、その建物が再使用困難な破損が生じる割合が低い
	マリーナ	クラブハウス	クラブハウスの浸水	○首藤(2000)、津波対策小史、津波工学研究報告、第 17 号、pp.1-19 ○飯塚ほか(2000)、津波氾濫流の被害想定、海岸工学論文集、第 47 巻 pp.381-385 ○加納・中野(2005)、津波外力による RC 造・S 造建物への被害想定、NTT 建築総合研究所、研究報告、pp6 ●国土交通省、東日本大震災による被災現況調査結果について（第 1 次報告）、http://www.mlit.go.jp/report/press/city07_hh_000053.html ●国土交通省、東日本大震災による被災現況調査結果について（第 2 次報告）、http://www.mlit.go.jp/report/press/toshi07_hh_000056.html	・鉄筋コンクリートビルは津波高 5 m までは持ちこたえる ・鉄筋コンクリート造の大破：浸水深(m)7.0 以上、流速(m/s)9.1 以上、抗力(Kn/m)332-603 以上 ・コンクリート・ブロック造の大破：浸水深(m)7.0、流速(m/s)9.1、抗力(Kn/m)332-603 ・木造の大破：浸水深(m)2.0、流速(m/s)4.9、抗力(Kn/m)27.4-49.0 ・鉄筋コンクリート造建物は津波高 4.24 m で損傷限界、1 階外壁は 1.07 m で安全を失う ・鉄骨造建物は津波高 1.11 m で損傷限界 ・浸水深 2 m 前後で建物被災状況に大きな差があり、津波高 2 m 以下の場合には建物が全壊となる場合には大幅に低下する。 ・鉄筋コンクリート造及び鉄骨造の建物は、その建物が再使用困難な破損が生じる割合が低い
		修理工場	修理工場の浸水		・鉄筋コンクリート造及び鉄骨造の建物は、その建物が再使用困難な破損が生じる割合が低い
	フェリー・RORO・旅客船ふ頭	ターミナルビル	ターミナルビル(発券所、待合室)の浸水／航送車両の浸水	車両・旅客の輸送停止 ○首藤(2000)、津波対策小史、津波工学研究報告、第 17 号、pp.1-19 ○飯塚ほか(2000)、津波氾濫流の被害想定、海岸工学論文集、第 47 巻 pp.381-385	・鉄筋コンクリートビルは津波高 5 m までは持ちこたえる ・鉄筋コンクリート造の大破：浸水深(m)7.0 以上、流速(m/s)9.1 以上、抗力(Kn/m)332-603 以上

直接被害施設		被害内容	被害想定	出典・参考資料	被災目安（浸水）
					・コンクリート・ブロック造の大破：浸水深(m)7.0、流速(m/s)9.1、抗力(Kn/m)332-603 ・木造の大破：浸水深(m)2.0、流速(m/s)4.9、抗力(Kn/m)27.4-49.0
				○加納・中野(2005)、津波外力による RC 造・S 造建物への被害想定、NTT 建築総合研究所、研究報告、pp6 ●国土交通省、東日本大震災による被災現況調査結果について（第 1 次報告）、http://www.mlit.go.jp/report/press/city07_hh_000053.html ●国土交通省、東日本大震災による被災現況調査結果について（第 2 次報告）、http://www.mlit.go.jp/report/press/toshi07_hh_000056.html	・鉄筋コンクリート造建物は津波高 4.24 m で損傷限界、1 階外壁は 1.07 m で安全を失う ・鉄骨造建物は津波高 1.11 m で損傷限界
					・浸水深 2 m 前後で建物被災状況に大きな差があり、津波高 2 m 以下の場合には建物が全壊となる場合には大幅に低下する。
	航送車両				○馬場康之、水没した自動車からの避難に関する実験的研究、水工学論文集、53 巻 2009.2
平面の臨港道路		臨港道路の浸水	港内での移動の困難	●宮城県、資料 ●国土交通省国土技術政策総合研究所港湾研究部、港湾における大規模津波災害への対応、http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tnn0655pdf/ks065514.pdf	・津波漂流物が堆積、照明塔の倒壊 ・例：仙台塩釜港仙台港区は災害廃棄物による臨港道路の閉塞
各種処理施設	下水処理施設	下水処理・排水ポンプ・ゴミ焼却施設等の管理室(コントロールルーム)の浸水	処理系施設の管理業務の停止	●国土交通省、東日本大震災における下水施設の津波被害と想定方法、http://www.mlit.go.jp/common/000190785.pdf ●富沢ら(2011)、上下水道施設における東日本大震災後の復旧・復興への取組み、東芝レビュー Vol. 66, No. 8、http://www.toshiba.co.jp/tech/review/2011/08/66_08pdf/a07.pdf	・例：南蒲生浄化センターは GL+4.0 m の浸水被害が発生し、コンクリート構造物等の破損・屋外設備等の流出、機械電気設備の浸水被害・処理機能の停止(長期稼働停止)、瓦礫や土砂の堆積・船舶等が流出し構造物を破壊 ・下水道施設は、建物の破壊や冠水など極めて甚大な被害を受け、場内の地下部分には塩水が滞留し、電気設備などの水没した状態が長期間続いた。
				排水処理施設	●東北地方整備局河川部、東日本大震災における活動記録(報告)～全国からの排水ポンプ車や TEC-FORCE の応援が貢献～、

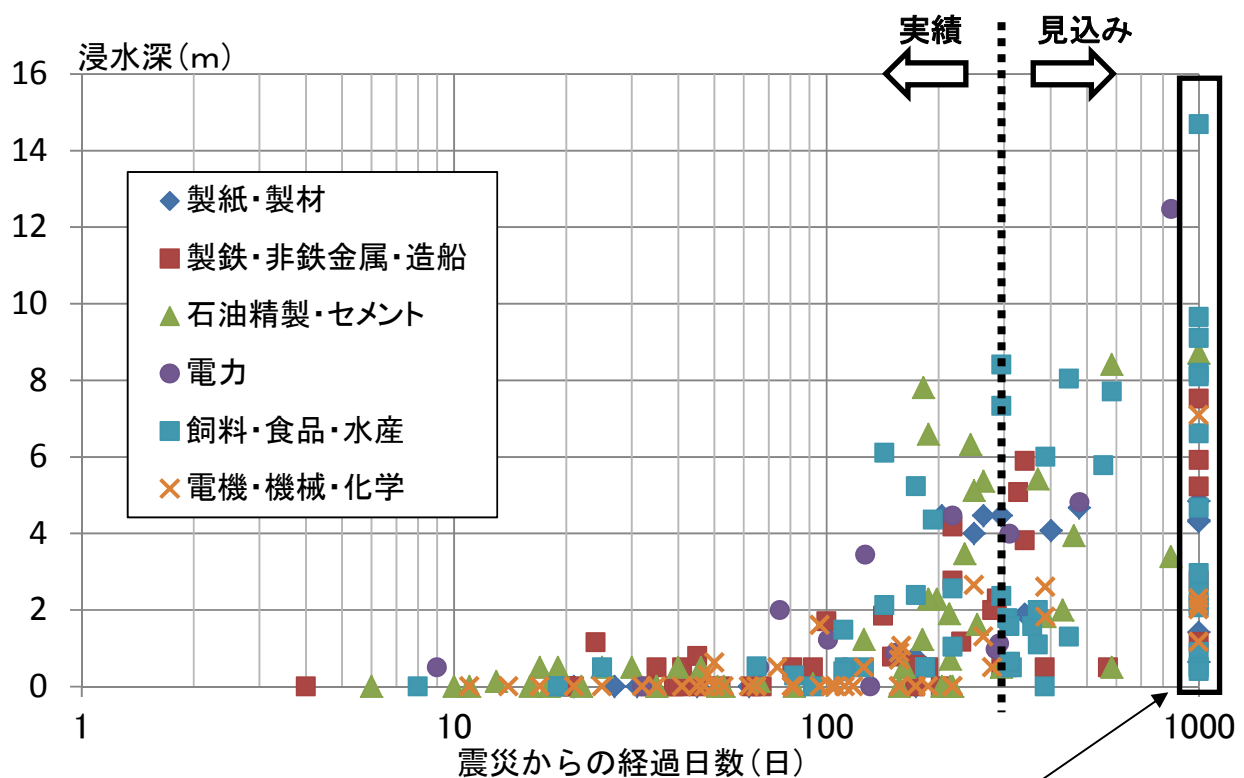
直接被害施設		被害内容	被害想定	出典・参考資料	被災目安（浸水）
				http://www.thr.mlit.go.jp/bumon/b00037/k00290/river-hp/kasen/shinsaikanren/data/03sennaikuukousaisei%20haisuiponnpu/2katudoukiroku%EF%BC%88houkoku%EF%BC%89.pdf	
		ゴミ焼却施設		●全国都市清掃会議、東日本大震災とごみ焼却施設の耐震設計等について、2012.1、 http://www.inkan-jk.or.jp/creen/img/jiki-kouen-3-.pdf	・例：石巻広域クリーンセンターは津波による浸水で、装置、電気設備の損傷。非常用発電機室が防塵室で浸水を免れた
	緑地等 防風林・防潮林		緑地等の利用停止	○首藤(1985)、防潮林の津波に対する効果と限界、海岸工学論文集、pp.465-469 ○首藤(2000)、津波対策小史、津波工学研究報告、第17号、pp.1-19	・樹木の直径が10 cm以下では津波浸水深4.65 m以上で折損 ・直径10 cm以下では浸水深4 m以上では倒伏。折損 ・直径30～40 cmあっても浸水深が8m以上になると折損 ・津波高4 mでは部分的被害が発生するものの漂流被害を阻止するが、津波高8 mでは全面的被害が発生する上に漂流物として被害を拡大させる
	ライフライン施設	電力施設	各施設の管理室（コントロールルーム）の浸水 港湾の生産活動の停止		
		ガス施設		●総合資源エネルギー調査会・高圧ガス及び火薬類保安分科会・高圧ガス部会、東日本大震災を踏まえた高圧ガス施設等の地震・津波対策について	・浸水高3 m以上でタンクの倒壊・転倒が発生 ・浸水高1 m未満でもリスクが大きい事象の発生 ・浸水高3 m以上の事業所は高圧ガス設備（定置式）の流出が発生 ・浸水高1 m以上の事業所で高圧ガス容器の流出が発生
	水域施設	航路・泊地・船溜まり 流出した船舶・コンテナ・自動車・瓦礫等の沈没や土砂流入による埋没 ----- 大規模な洗掘	荷役・集荷・運送等の業務の停止／ 港湾の生産活動の停止 ----- 静穏度の悪化による物流効率化の悪化	●高橋ら(2011)、2011年東日本大震災による港湾・海岸・空港の地震・津波被害に関する調査、港湾空港技術研究所資料、No.1231	
	岸壁		船舶や消波ブロックの打上げ／コンテナ・瓦礫等の漂流物の散乱／岸壁の倒壊・法線の出入り（主原因は地震動である可能性が高い）	●高橋ら(2011)、2011年東日本大震災による港湾・海岸・空港の地震・津波被害に関する調査、港湾空港技術研究所資料、No.1231	

	直接被害施設	被害内容	被害想定	出典・参考資料	被災目安（浸水）
		いが、引き波時の土砂の吸出し やマウンドの洗掘も影響）			

2. 2 津波による浸水被害を受けた産業と復旧に要する期間

柴崎(2012)は、全国紙、県紙・ローカル紙、業界紙等から情報収集し(2011年3月12日～12月31日)、青森県八戸港から茨城県鹿島港までの港湾地区を中心とした太平洋沿岸市町村に立地する企業の津波による被害(浸水深)とフル操業までの復旧に要した日数との関係をまとめた(下図)。

図より、津波による浸水深が2m以上になると産業にかかわらずフル操業までの日数が概ね100日を超えていることが分かる。浸水深と復旧までの日数の産業間での違いは明確ではなく、津波の影響が多種の産業に影響を及ぼした可能性を示唆している。



- ・完全復旧の目途が立っていないもの
- ・閉鎖もしくは高台・内陸等への移転が決定したもの

I-3 津波による漂流物被害評価に関する情報

注) 出典・参考資料欄の○は東日本大震災以前の知見であり、
●は東日本大震災による知見である。

	漂流物	被害内容	被害想定	出典・参考資料	被災目安（流出）
漂流物被害	原木・チップ [○]	荷捌地・野積上からの原木・チップ・砂・鉱物等の流出／車両・船舶の流出	船舶の入出港規制・流出物回収による港湾活動の停止／荷役・保管・荷捌・運送等の港湾活動の停止／火災による荷役・生産の停止	○後藤智明(1983)、津波による木材の流出に関する計算、第30回海岸工学講演会論文集	・流出開始：h≧木材の高さ
	砂・鉱物			○岡本ら(2006)、港湾と背後地域における間接被害を含めた津波被害 波及過程及びその評価方法、国土交通省国土技術政策総合研究所資料、第306号	・浸水高0m超で流出被害率1.0
				○岡本ら(2006)、港湾と背後地域における間接被害を含めた津波被害 波及過程及びその評価方法、国土交通省国土技術政策総合研究所資料、第306号	・浸水高0m超で流出被害率1.0
	車両			○国土交通省交通政策審議会港湾分科会防災部会、配付資料（資料3-1）津波に対する港湾の安全性評価、 http://www.mlit.go.jp/policy/shingikai/port01_sg_000111.html	・普通車・トラック：流出開始 h≧浸水深0.5m以上
				○利根川の洪水（利根川研究会編、1995年）	
				○国土交通省河川局海岸室、津波シミュレーションを踏まえた被害軽減方策～海岸保全施設について～、 http://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/past_shinngikai/kaigandukuri/gijutsu-kondan/tsunami/shiryoku02.pdf	・トレーラー・シャーシ：流出開始≧浸水深1.43m以上（台車までの高さを1mと設定し、台車の高さにコンテナの流出条件（空コン＝0.43m）を加えたものである。流出開始 1.00m+0.43m＝1.43m≦h）
				●総合資源エネルギー調査会・高圧ガス及び火薬類保安分科会・高圧ガス部会、東日本大震災を踏まえた高圧ガス施設等の地震・津波対策について	・タンクローリー：浸水高2m以上で流出
				○首藤(2000)、津波対策小史、津波工学研究報告、第17号、pp.1-19	・漁船は津波高2mで被害発生、津波高4mで被害率50%、津波高8mで被害率100%
	船舶			○東北地方整備局(2005)、沿岸部と背後地の連携による総合的な津波被害軽減方策検討委員会	・500GT未満：水位上昇2m以上あるいは流速4.0m/s以上 ・500～1万GT未満：水位上昇3m以上あるいは流速3.5m/s以上 ・1万GT以上：水位上昇4m以上あるいは流速3.0m/s以上

	漂流物	被害内容	被害想定	出典・参考資料	被災目安（流出）
				○(社)日本海難防止協会(2006)、日本海北部海域における津波発生時の港湾在泊船舶の安全対策に関する調査研究	・4 m/sec を超える場合に船舶の係留索破断が始まるものとして、総トン数に応じて流速が4～8 m/sec で船舶が流出するものとする
	コンテナ	空コンテナの流出 実入りコンテナの流出		○国土技術政策総合研究所(2004)、大規模地震津波対策検討調査	・空コンテナ：流出開始 $h \geq 0.20$ m ・実入りコンテナ(国内)：流出開始 ≥ 0.50 m ・実入りコンテナ(国際)：流出開始 ≥ 1.50 m
				○東北地方整備局(2005)、沿岸部と背後地の連携による総合的な津波被害軽減方策検討委員会	・空コンテナ：流出開始 $h \geq 0.43$ m ・実入りコンテナ(国内)：流出開始 ≥ 0.62 m ・実入りコンテナ(国際)：流出開始 ≥ 1.20 m
				○岡本ら(2006)、港湾と背後地域における間接被害を含めた津波被害波及過程及びその評価方法、国土交通省国土技術政策総合研究所資料、第306号	・空コンテナ：浸水深 0.8m 超で流出被害率 1.0(全損)
	漁具	漁具の漂流・流出・沈没		○永野修美ほか(1989)、数値計算による沿岸域でのチリ津波の再現性、海岸工学論文集、vol.36,pp183-187	・養殖棚：流速が 1.0 m/s 以上で被害が発生
				○首藤(2000)、津波対策小史、津波工学研究報告、第17号、pp.1-19	・養殖筏：津波高 1.0 m/s 以上で被害発生
	栈橋	栈橋の漂流・流出・沈没		●徳島県、平成23年度第1回「ケンチャリア津波対策検討委員会」の資料 3.津波等による被害及び対策事例	・浮栈橋は水位と同調するため、杭から抜けなければ、溪流艇・栈橋ともに損傷は小さい。 ・水位と同調しない係留方式(係留環・アンカー等)は、津波の高さ・流れに負ける可能性がある。
	タンク	原油・重油・ナフサ・薬品等の流出		●消防庁危険物保安室・特殊災害室、東日本大震災を踏まえた危険物施設等の地震・津波対策のあり方に係る検討報告書	・浸水深 3 m 未満の津波の場合、タンク本体及び付属配管への被害は発生していない
●総合資源エネルギー調査会・高圧ガス及び火薬類保安分科会・高圧ガス部会、東日本大震災を踏まえた高圧ガス施設等の地震・津波対策について			・浸水深 3 m 以上でタンクの倒壊・転倒が発生 ・浸水深 1 m 未満でもリスクが大きい事象の発生 ・浸水深 3 m 以上の事業所は高圧ガス設備(定置式)の流出が発生 ・浸水深 1 m 以上の事業所で高圧ガス容器の流出が発生		