

東日本大震災の教訓を踏まえたこれまでの取組み

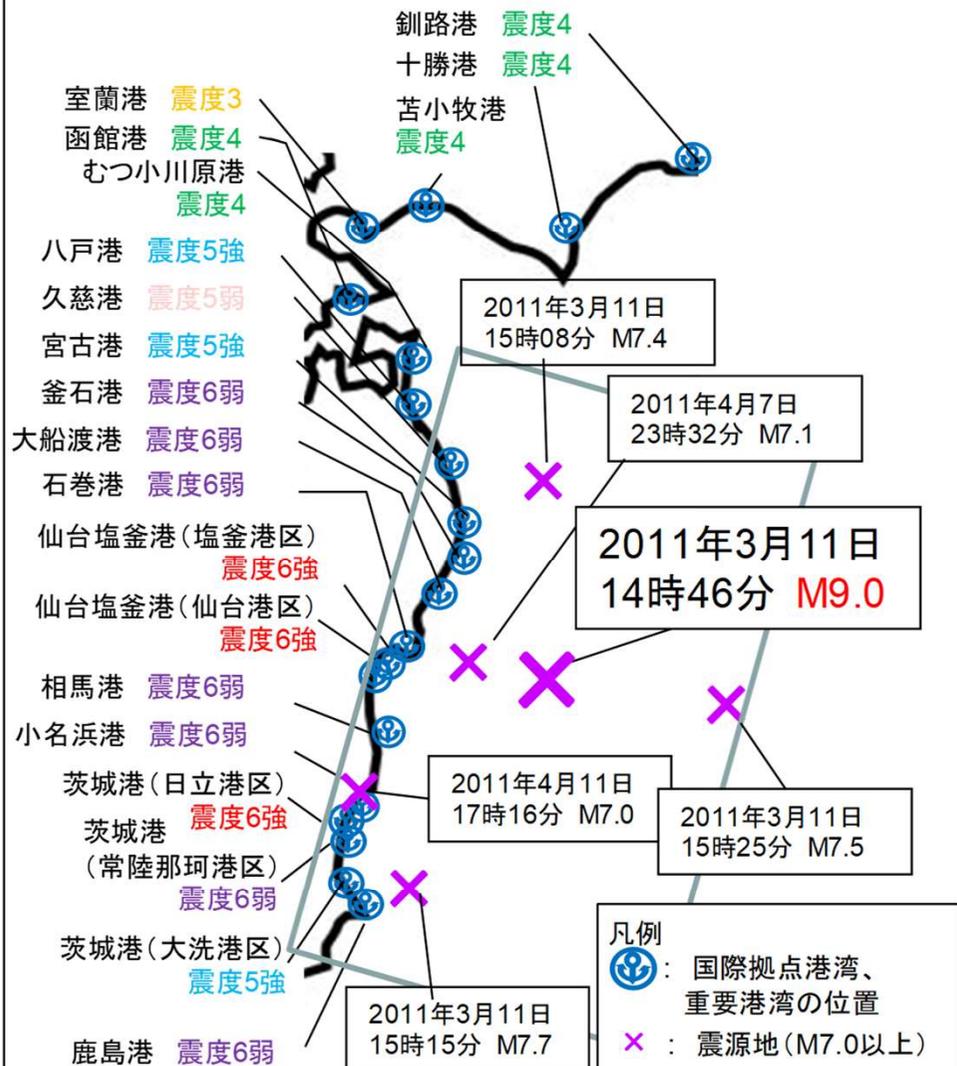
国土交通省 港湾局

令和2年6月30日

1. 東日本大震災における港湾の被害状況及び船舶の退避行動
2. 東日本大震災の教訓を踏まえた取組み
3. 既往の関連研究

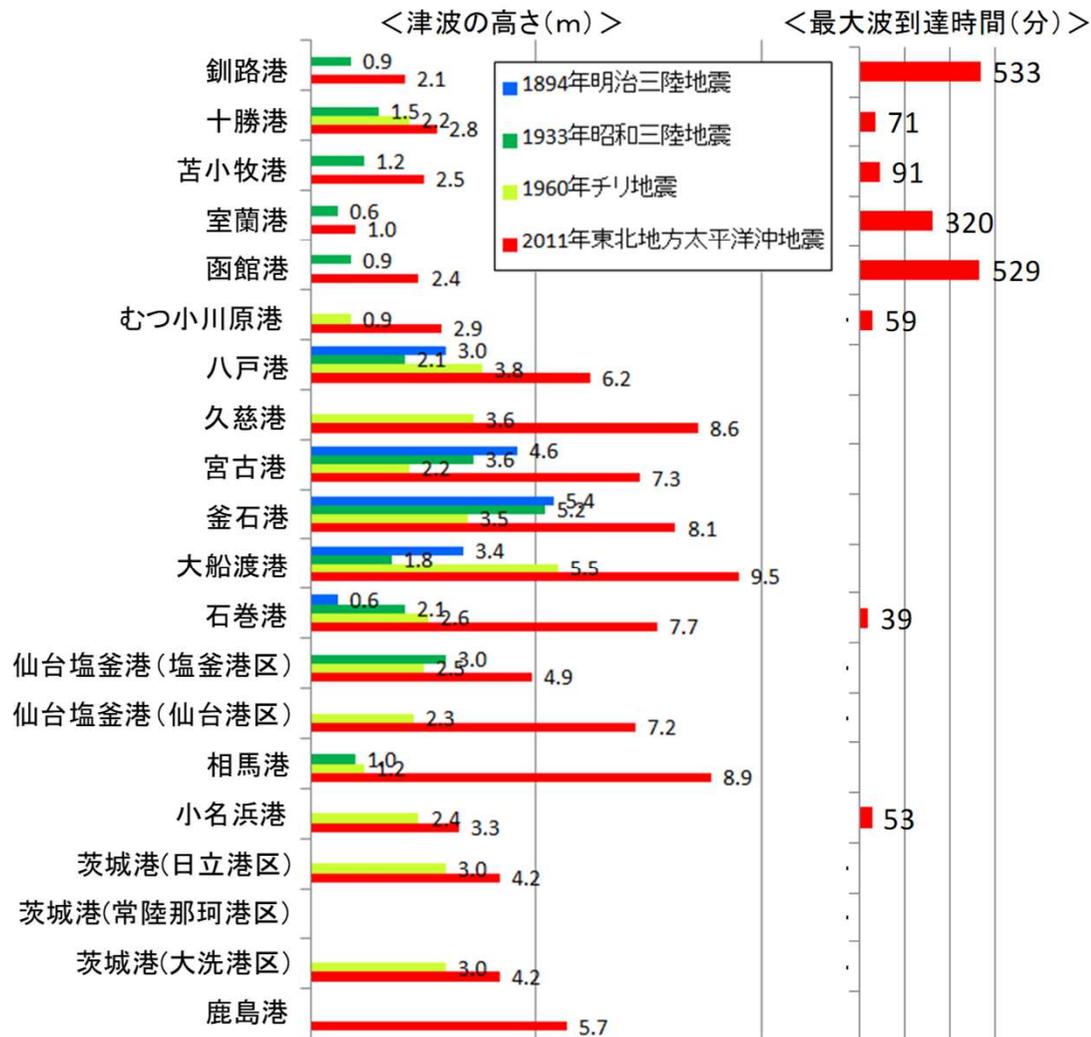
東北地方太平洋沖地震及び津波の概要

震源地、マグニチュード、震度分布



気象庁の公表資料より国土交通省港湾局作成

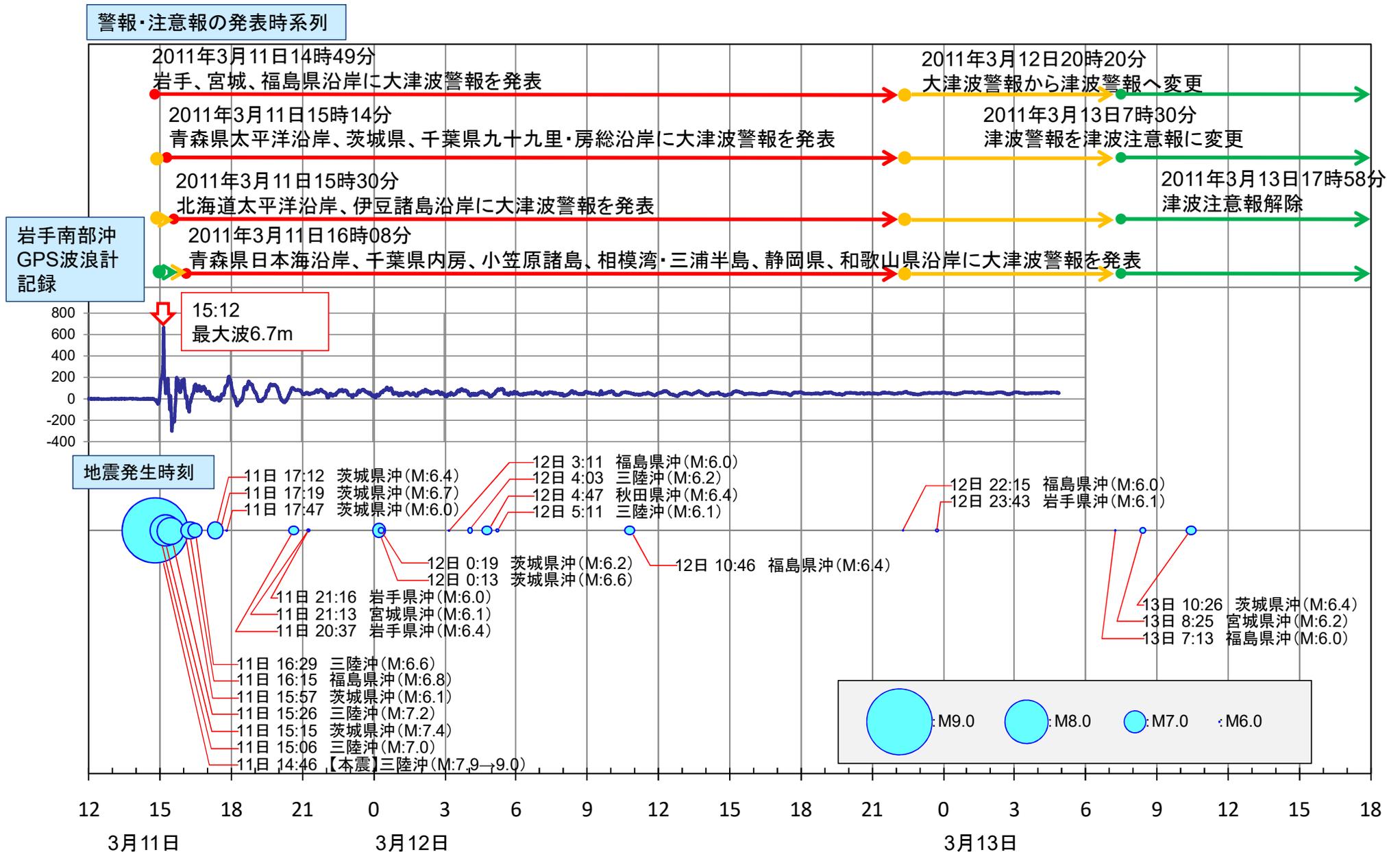
津波の高さ及び到達時間*



* 津波高さは港内の代表的地点の値、到達時間は東北地方太平洋沖地震の発生(14:46)から津波の最大波が到達した時間で港周辺の計測地点における値。

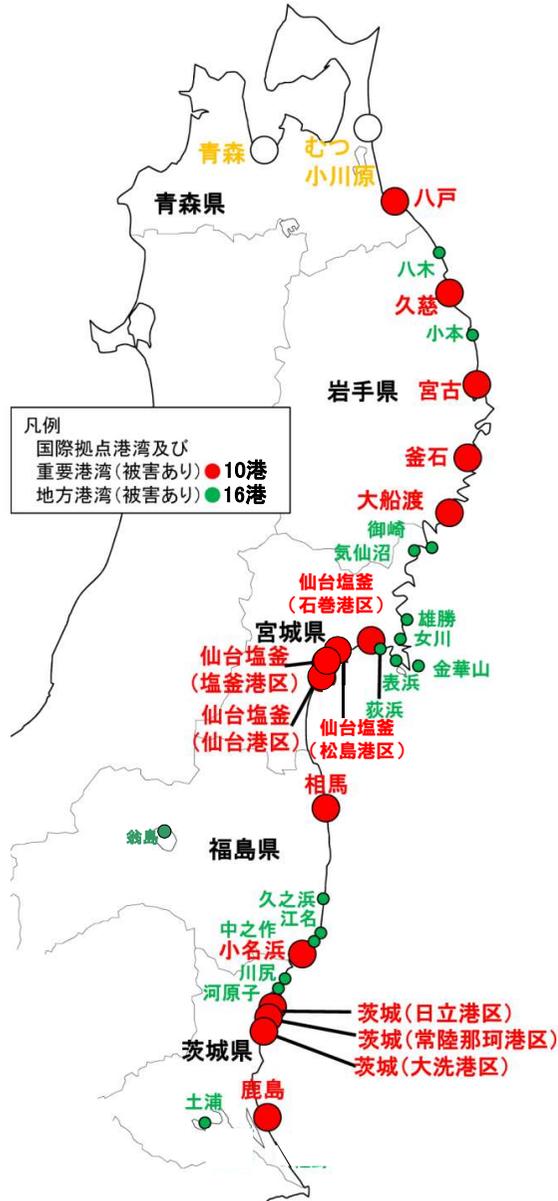
津波の高さは気象庁の公表資料、海岸工学委員会の調査結果および日本津波被害総覧(1985)より国土交通省港湾局作成。津波到達時間は気象庁及び港湾局の観測による。

東北地方太平洋沖地震発生に伴う津波警報・注意報等の時系列変化



東日本大震災による港湾の被災状況

○東日本大震災により、青森県から茨城県の港湾において26港が被災。



【八戸港】
・防波堤転倒・水没
・航路埋没
・護岸ケーソン倒壊

八太郎地区北防波堤
転倒・水没状況

【久慈港】
・波除堤上部コンクリート全壊
・臨港道路損傷
・護岸倒壊

半崎地区波除堤
上部コンクリート全壊状況

【宮古港】
・港内浮遊物(丸太・養殖関連)
・岸壁エプロン空洞化・沈下
・防波堤水没・損壊

港内浮遊物状況

【釜石港】
・湾口防波堤傾斜・水没
・岸壁はらみ出し
・臨港道路表層アスファルトめくれ

湾口防波堤(北堤)堤頭部

【大船渡港】
・湾口防波堤倒壊
・岸壁荷崩き地沈下
・岸壁上部コンクリート隆起

湾口防波堤消失状況

【仙台塩釜港石巻港区】
・穀物岸壁(私有)倒壊
・岸壁エプロン沈下
・臨港道路法肩部崩壊・流出

雲雀野中央ふ頭岸壁(-13m)
エプロン沈下・陥没状況

【仙台塩釜港塩釜港区】
・岸壁エプロン陥没
・岸壁はらみ出し・エプロン沈下
・港内浮遊物(自動車・養殖関連)

東ふ頭岸壁(-7.5m)
陥没状況

【仙台塩釜港仙台区】
・コンテナターミナルコンテナ散乱
・岸壁エプロン沈下
・港内浮遊物(コンテナ・自動車)

高砂コンテナターミナル
岸壁エプロン沈下

【相馬港】
・防波堤傾斜・水没
・岸壁倒壊(部分的)・陥没
・多目的クレーン海中転落

沖防波堤傾斜状況

【小名浜港】
・石炭岸壁エプロン沈下・陥没
・護岸エプロン沈下・はらみ出し
・ガントリークレーン損壊

5・6号ふ頭先端護岸
はらみ出し状況

【茨城港日立港区】
・岸壁背後ヤードの陥没
・岸壁の流出
・岸壁エプロンの陥没 等

先端護岸の流出
(第2ふ頭先端護岸)

【茨城港常陸那珂港区】
・臨港道路の液状化
・ガントリークレーンレールのずれ及び曲がり 等

液状化による臨港道路の不等沈下
(臨港道路5号線)

【茨城港大洗港区】
・岸壁背後ヤードの剥離
・岸壁背後の段差
・岸壁本体のずれ 等

背後ヤードの剥離
(第3ふ頭)

【鹿島港】
・航路障害物(コンテナ)
・岸壁エプロンの段差
・岸壁エプロンの陥没 等

航路障害物撤去(コンテナ)
北地区航路・泊地

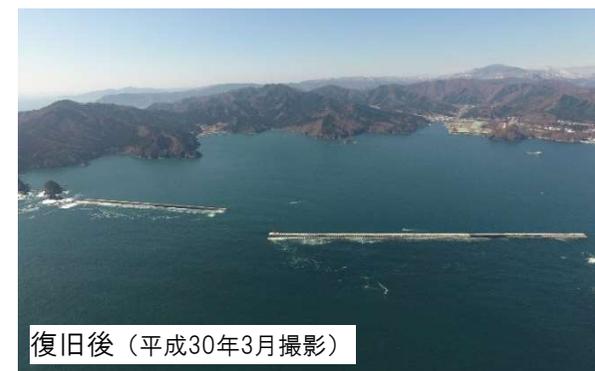
(参考)東日本大震災からの復旧・復興

- 各港の産業・物流復興プランに基づき、産業、物流上特に重要な港湾施設として復旧工程計画に定められた131施設について、平成29年度末の釜石港湾口防波堤、相馬港沖防波堤の完了により、すべて復旧完了。
- 引き続き、上記施設を除く船揚場などの港湾施設及び海岸保全施設についても早期の復旧完了を目指すとともに、地域経済の再生と活性化を目指し、早期の復興・創生を図るために必要となる港湾施設の整備を推進。

■復旧工程計画の進捗状況

港名	進捗 (平成29年度末時点)
八戸港	完了 (全131施設)
久慈港	
宮古港	
釜石港	
大船渡港	
仙台塩釜港(石巻港区)	
仙台塩釜港(仙台港区・塩釜港区)	
相馬港	
小名浜港	
茨城港	
鹿島港	

■釜石港の復旧状況



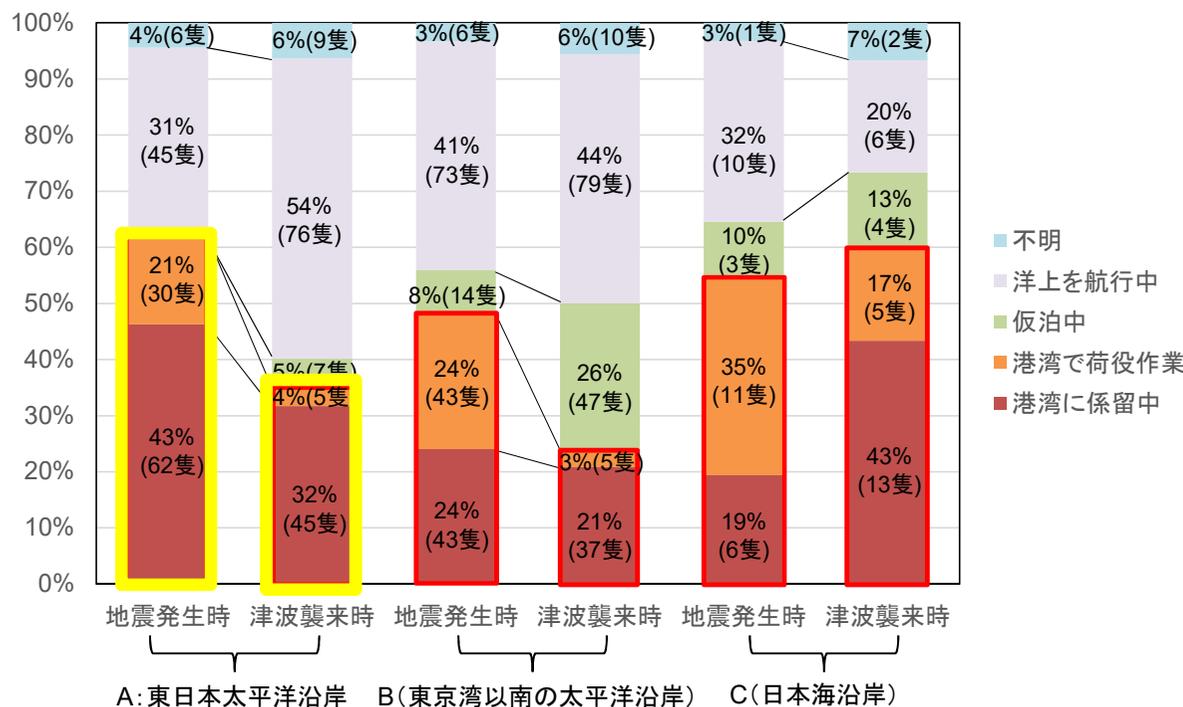
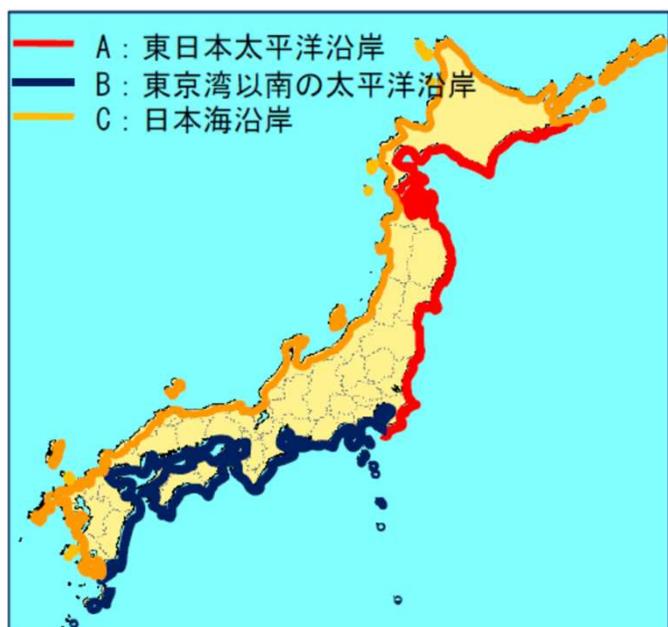
■小名浜港国際物流ターミナル整備事業(復興事業)

小名浜港は、東北地域や首都圏への電力供給等に対応するための石炭供給拠点としての役割があり、石炭運搬船の大型化に対応できるよう岸壁(-18m)等の整備を進めている。



東日本大震災における地震・津波来襲時の船舶の位置

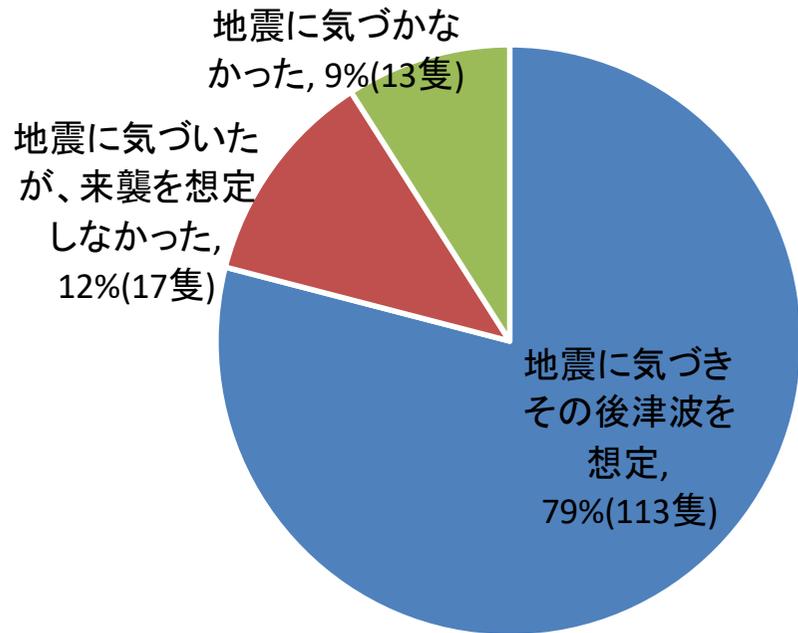
- 東日本太平洋沿岸において、**地震発生時に港湾で係留・荷役中の船舶は64%。一方、津波来襲時には36%へ減少。**
- 東京湾以南の太平洋沿岸において、係留・荷役作業中の船舶が地震発生時の48%から、津波来襲時には24%に減少。一方、仮泊の船舶は8%から26%へ増加。
- 日本海沿岸において、係留・荷役作業中の船舶が35%から、津波来襲時には17%へ減少。一方、港湾に係留中の船舶は19%から43%へ増加。



- ➡ 東日本太平洋沿岸では、速やかに沖合退避する船舶が多かった一方、荷役作業を中断し係留避泊を行う船舶が多かった。
- ➡ その他の沿岸では、荷役作業の中断と港内での仮泊を行う船舶が多かった。

船長の認識

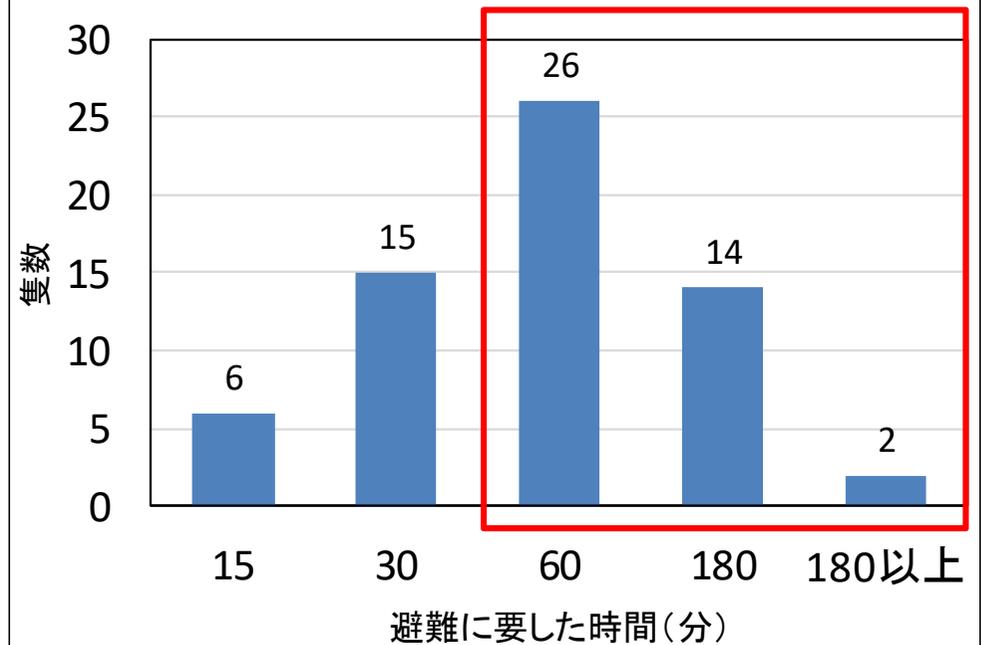
- 東日本太平洋沿岸において、地震に気づいた船舶は9割、その後の津波を想定した船舶は8割にのぼる。



※地震発生時に港外にいた船舶も含む

避難に要した時間

- 東日本太平洋沿岸において、船舶が避難に要した時間は、60分程度が多くを占めている。

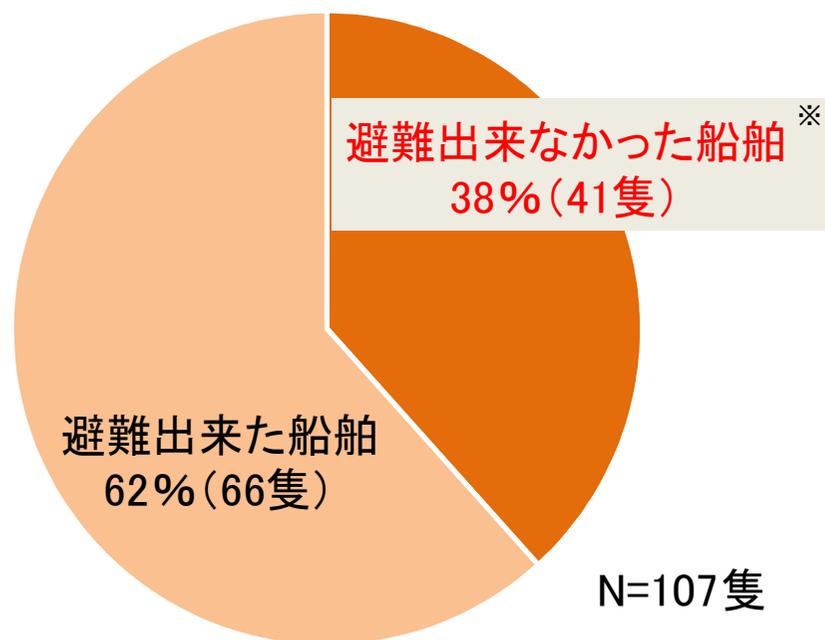


※地震発生時に港外にいた船舶も含む

⇒多くの船舶が地震に気づき津波を想定した避難行動に着手したものの、避難に多くの時間を要した。

船舶の避難可否

- 東日本太平洋沿岸において、避難出来なかった船舶は約4割。

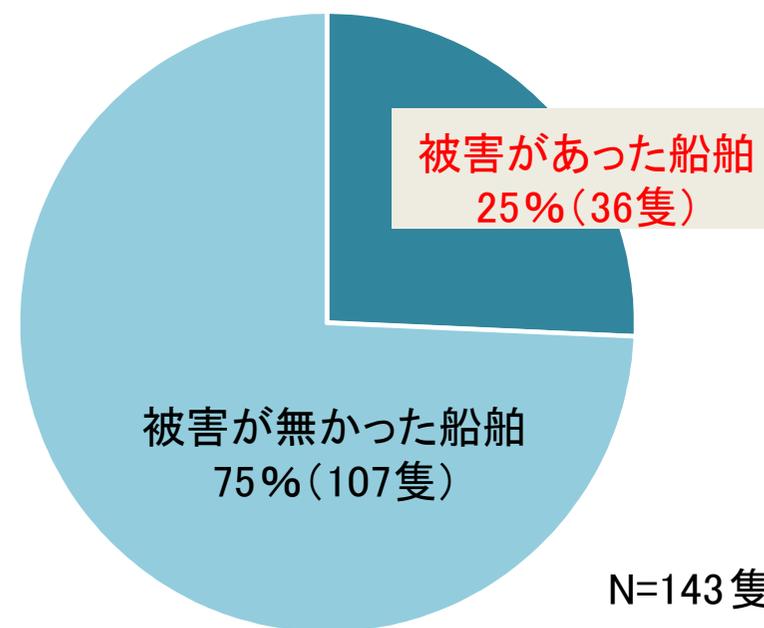


東日本太平洋沿岸における船舶避難の可否
(地震発生時に港外にいた船舶も含む)

※一部、不明船舶含む

船舶の被害状況

- 東日本太平洋沿岸において、25%の船舶に被害(座礁・岸壁への乗り上げ、転覆、沈没等含む)が発生。



東日本太平洋沿岸における船舶避難の可否
(地震発生時に港外にいた船舶も含む)

事例①: 大船渡港におけるセメント専用船の緊急離岸事例

概要

沖合退避

緊急離岸

港内避泊

係留強化

船舶漂流

陸上避難

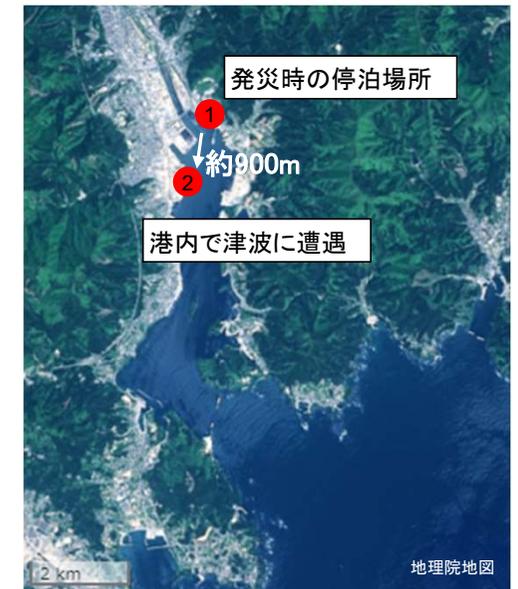
- 大船渡港野島棧橋Bバースに係留中のセメント専用船R丸(全長:133m、トン数:6544GT)において、14時46分の地震発生から1~2分後、船長が緊急離岸を判断し、速やかにエンジン稼働等の離岸準備に着手。
- 船舶代理店から綱取り業者の手配が困難である旨電話連絡が入ったことを受け、甲板長が棧橋に降り、係留索の切り離し、縄梯子を使い、同船に再び乗船したことを確認し、15:01分頃緊急離岸。
- その後、港内中央付近で第1波の津波が来襲し、錨を下ろし、港内避泊。

課題等

- 大津波警報発令を受け、綱取り業者が陸上避難判断をしたため、離岸作業に係る業者手配が出来なかった。
- 係留索が他船の係留索の下にあったため、索の切り離し作業に時間を要した。
- 係留索を甲板長が棧橋に降りて外さざるを得なかった。
- 沖合退避を試みようとしたものの、津波到達までに時間的余裕が無く、港内で津波に遭遇した。

地震発生後の時系列の動き

14:46	地震発生直後、船長が津波に備えた緊急離岸判断 (船長指示) ・離岸準備への着手 ・機関長が上陸中であったため、即帰還するよう指示 ・係留索が他船の係留索の下にあったが、とにかく切り離すよう指示
14:56頃	機関長不在により、エンジン稼働出来ない旨、乗組員から報告 船舶代理店から「避難を優先するので綱離しに行けない」旨、連絡 機関長が帰還し、エンジン稼働
15:01頃	甲板長が棧橋に降り、最後の索を切り離し、縄梯子で再乗船したことを確認し、離岸 港外への沖合退避前に港内で津波の遭遇 ※同船より先に沖合退避を試みた他船も津波を確認し、再度、港内に逃げ込み (参考:津波高) 15:15 3.5m、15:18:8.0m以上
	瓦礫、漂流船、上げ波・引き波の中、錨とエンジンで港内避泊位置を確保(約2時間)
21:20頃	錨のみで耐えられる程度に船舶が安定



地震発生後のセメント専用船R丸の動き

事例②: 八戸港における貨物船の緊急離岸事例

概要

沖合退避

緊急離岸

港内避泊

係留強化

船舶漂流

陸上避難

- 八戸港でクレーンによる資材の積荷役、空気圧送方式による粉体荷役中の貨物船(56,752GT、全長210m)において、津波警報発令(予想津波高:2m)を受け、地震発生7分後に荷役中止の上、係留避泊を判断するも、地震発生から約50分後に大津波警報(予想津波高:8m)に修正されたことを受け、船長が緊急離岸を判断。
- 地震発生から約1時間後、出港準備中に津波第1波が到達したため、サイドスラスタ等を活用し船体を岸壁に押しつけるように操船し抵抗するも、津波により船が流され始めたため、岸壁から離れるように操船し、係留索を切り離しの上、緊急離岸。
- その後、港内に発生した潮流や上げ波・引き波によって流されながらも、エンジンと錨で抵抗。

課題等

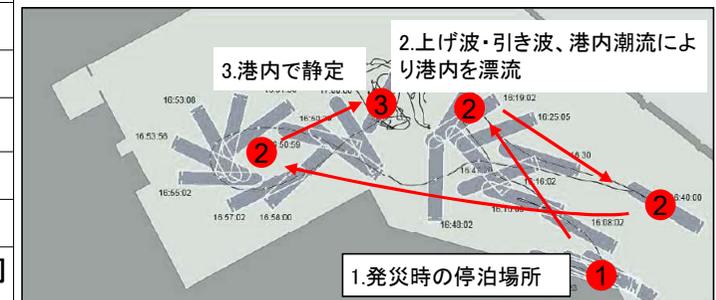
- 綱取り業者の到着に通常でも20分程度の時間を要するため、自船乗組員のみで出港準備せざるを得なかった。
- 係留索をシーナイフで切断できず、離岸に時間を要した。

地震発生後の時系列の動き

14:46	荷役中に地震発生
14:52	津波警報発令((津波予想高:2m))を確認
14:55	係留避泊を念頭に、船長が以下内容を指示 <ul style="list-style-type: none"> ・船首尾に人員配置 ・ローディングホースを切り離し荷役中止 ・電気推進装置を起動し、発電機を2台に増発
15:35	大津波警報(津波予想高:8m)に修正されたことを受け、船長が緊急離岸を判断し、船員に係留索の取り外しを指示
15:48	係留索取り外し中に津波第1波が到来
15:50	津波第一波が船に到達したため、船体を岸壁方向に押しつけて抵抗
15:55	津波により船が流され始めたため、岸壁から離れるように操船
15:58	船体が流されるうちに船体重量により係留索が徐々に破断
16:08	残りの係留索を全て切り離すため、全量巻き出し切り離しを行った上で離岸
	港内に発生した潮流や上げ波・引き波伴う急激な海面変動により、船体が制御困難になり約1時間漂流したのち、エンジンと錨で抵抗
18:56	港内中央で静定し、その後に到来した津波に対してエンジンと錨で船位保持



八戸港全景(地理院地図)



津波による港内での本船の挙動

近畿運輸局「津波に遭遇した船の行動事例集」を基に港湾局作成

事例③: 仙台塩釜港(仙台地区)における大型石油タンカーの緊急離岸事例

概要

沖合退避

緊急離岸

港内避泊

係留強化

船舶漂流

陸上避難

- 仙台塩釜港(仙台地区)で荷役中の大型石油タンカー(154,159GT、全長326m)において、地震発生を受け、荷役作業を緊急停止したのち、ローディングアームの切り離し作業に着手し、緊急離岸準備開始。
- 第2管区海上保安本部より水先人手配不可との連絡を受け、自力での緊急離岸を判断するも、オイルフェンスの回収等に時間を要する間に津波が来襲し、船体が港内方向へ押し出されるとともに、係留索が破断し漂流開始。
- その後、エンジンと錨で津波に抵抗し港内漂流をしながら、引き波に流されつつ港外退避。

課題等

- 各要員がターミナル内外で被災したことにより、離岸に必要な人員確保に時間を要した。
- 停電によりローディングアームや縄梯子の駆動源が喪失した。
- 引き波によりタグボートが流されてしまい、オイルフェンス回収に時間を要した。

地震発生後の時系列の動き

14:46	荷役作業中に地震発生
14:53	棧橋長より緊急離岸の指示が船長に入ったため、荷役を緊急停止し、ローディングアームの切り離し作業開始
15:03	安全管理G監督(陸上サイド)に対し、離岸準備中である旨、船長から報告
15:10	第2管区海上保安本部より水先人手配不可との連絡が入り、船長が自力での緊急離岸を決断
15:15	タグボート4隻が到着し、オイルフェンス回収作業を開始
15:30	ローディングアームの切り離しは完了したが、引き波が始まり、タグボートによるオイルフェンス回収が難航
15:35	オイルフェンスを引いていたタグボートのロープが切断したため、同フェンスの回収を断念し、全てを放って緊急離岸を決断
15:50	離岸前に津波が来襲し、船体が港内方向へ押し出されると共に、係留索が次々と破断
	洗濯機内部のように港内を漂流するもエンジンと錨により抵抗
17:05	引き波に流されながら港外退避



地震発生後の本船の挙動

事例④: 鹿島港における貨物船の係留強化・船舶漂流事例

概要

沖合退避

緊急離岸

港内避泊

係留強化

船舶漂流

陸上避難

- 鹿島港内の製鉄所製品積み出し岸壁で係留中の貨物船(499GT)において、荷役作業中に地震が発生し、代理店が事務所へと避難するよう船員に指示。
- 船員はハッチ閉鎖、陸電外し、船首尾3本の増し舳い、船固めを行った後、陸上の避難場所へ移動。
- 地震発生から約40分後に到来した津波第1波により係留索が切れ、小港湾で渦に巻き込まれ、北航路へと漂流していくのを避難場所から確認。

課題等

- 係留強化したものの、不十分で船が流されてしまった。
- 非常持ち出し袋を用意していなかったため、船から何も持たずに避難してしまった。

地震発生後の時系列の動き

14:46	荷役休憩中に地震が発生し、船員は離岸・沖だしを検討
	事務所へと陸上避難するよう、代理店が船員へ指示
	船首尾3本の増し舳い等を行った後、事務所へと陸上避難
15:30頃	津波第一波(約1m)が到達し、船首係留索が破断
15:45頃	船首に続き、船尾係留索も破断
	小港湾の中で渦に巻き込まれたように船体が回転
16:27頃	船が漂流し、北航路を南下していく様子を船員が事務所から確認



地震発生後の本船の挙動

(参考)鹿島港における漂流船舶の発生

- 東日本大震災の際、鹿島港には23隻の船舶が係留しており、13隻が沖合退避または係留避泊を選択。
- 一方、港内漂流が10隻で発生し、総トン数1万GTを超える大型船舶については、9隻中8隻で漂流事案が発生。

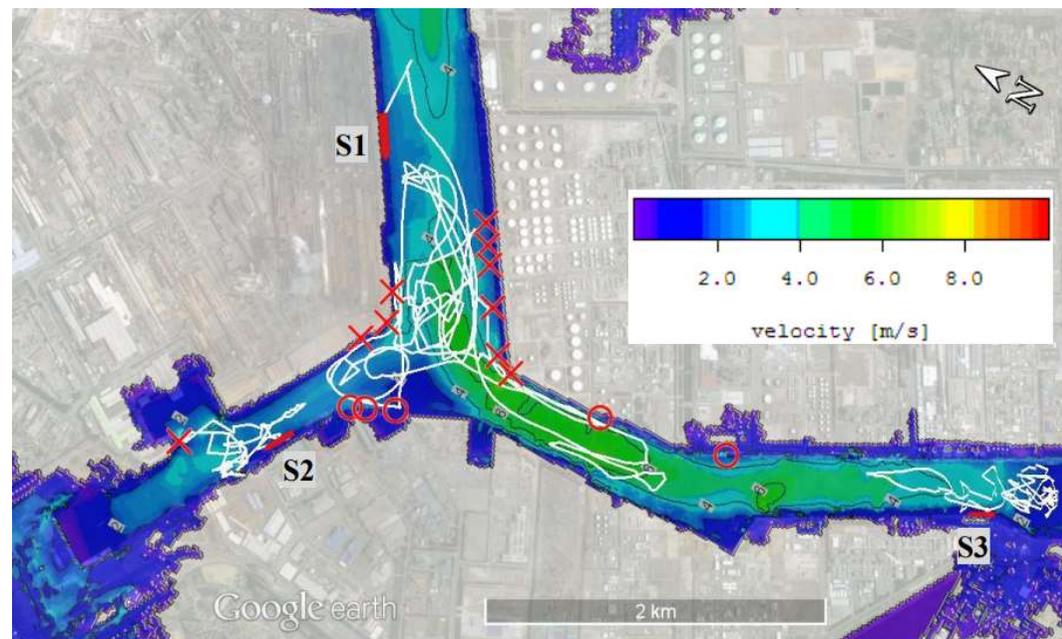
原油タンカーの漂流・座礁・衝突事例 (AIS挙動)



14:46	地震発生
14:49	大津波警報発令
16:00	緊急離棧するも押し波により港内を漂流
16:52	引き波により航路脇で座礁
17:24	押し波により防波堤に衝突

出典:国土交通省港湾分科会第4回防災部会
配付資料6「東日本大震災時における船舶の避難行動について」

港内における津波漂流船舶の発生事例 (AIS挙動)



- 地震発生時の係留位置
- 漂流の軌跡
- 軽度な衝突被害
- 重度な衝突被害

※対象船舶: AISを搭載して鹿島港内に係留していた総トン数190GT以上の船舶

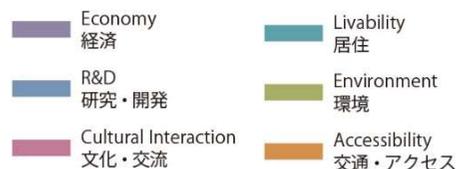
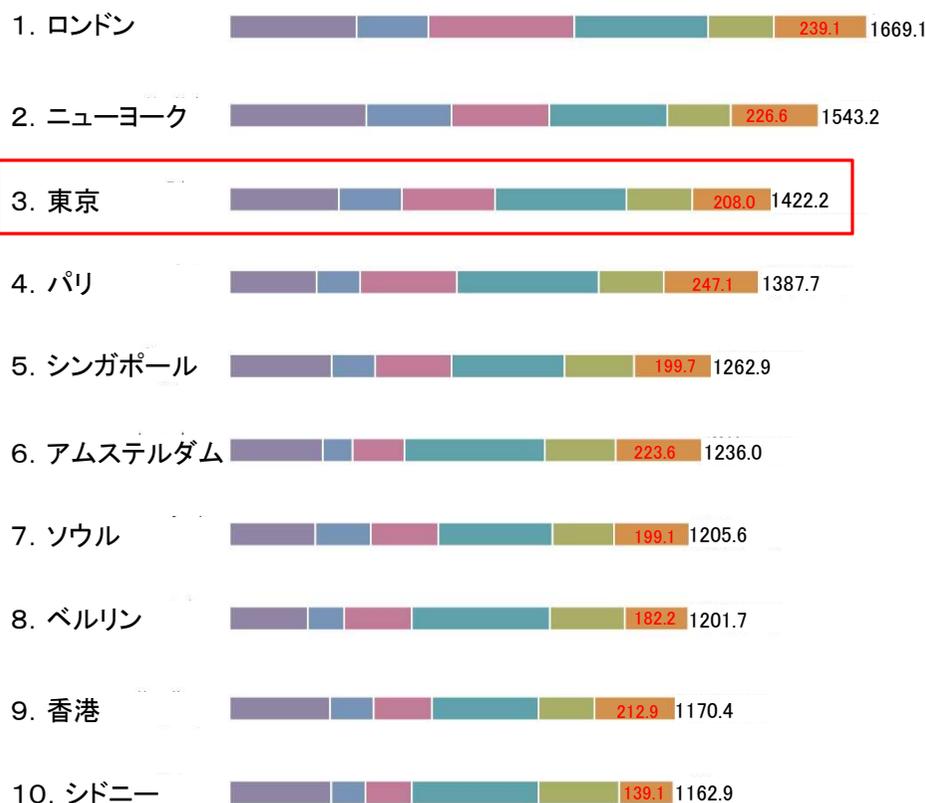
- ・S1:総トン数約10.5万GT
- ・S2:総トン数約3.6万GT
- ・S3:総トン数約1.5万トン

出典:松田信彦,富田孝史: AISを用いた津波漂流船舶の挙動と衝突被害分析,
(土木学会論文集B2(海岸工学))Vol71, No2, I_1657-I_1662, 2015

1. 東日本大震災における港湾の被害状況及び船舶の退避行動
2. 東日本大震災の教訓を踏まえた取組み
3. 既往の関連研究

○東京は、ロンドン・ニューヨークに次ぎ、世界の都市総合ランキング3位。
 ○一方、東京・横浜圏は、自然災害(暴風、高潮、洪水、地震、津波)に関する世界の危険都市ランキングで全世界616都市のうち、ワースト1位。

世界の都市総合ランキング



※赤字は、「交通・アクセス」のポイント数

出典: 森記念財団 都市戦略研究所
世界の都市総合ランキング2019版

暴風・高潮・洪水・地震・津波に対する世界の危険都市総合ランキング

順位	都市名	想定被災人口 [万人] ※1	順位	都市名	労働損失 日数指数 ※2
1	東京・横浜	5,710	1	東京・横浜	4.50
2	マニラ (フィリピン)	3,460	2	大阪・神戸	2.71
3	珠江デルタ (中国)	3,450	3	名古屋	2.69
4	大阪・神戸	3,210	4	珠江デルタ (中国)	1.78
5	ジャカルタ (インドネシア)	2,770	5	アムステルダム・ロッ テルダム(オランダ)	0.96
6	名古屋	2,290	6	ロサンゼルス (米国)	0.93
7	コルカタ (インド)	1,790	7	ニューヨーク・ニュー アーク(米国)	0.62
8	上海 (中国)	1,670	8	サンフランシスコ (米国)	0.47
9	ロサンゼルス (米国)	1,640	9	パリ (フランス)	0.46
10	テヘラン (イラン)	1,560	10	台北 (台湾)	0.39

出典: Swiss Re社 Mind the risk 数値は「GfK GeoMarketing Map Edition World/Imagery:2013ESRLi-cubed,GeoEye」をもとに算出

※1. 5つの危機毎の想定被災人口の累計値

※2. 5つの危機毎に出勤できなかった日の潜在的経済価値を1位の都市を基準に指標化したものの合計(最大5)

大規模地震発生 の 切迫性

- ・南海トラフ地震を始めとする大規模地震の切迫性が指摘されているところ。
- ・海底を震源とする大規模地震の場合、大津波の発生も懸念される。

【海溝沿いの主な地震の今後30年以内の発生確率】



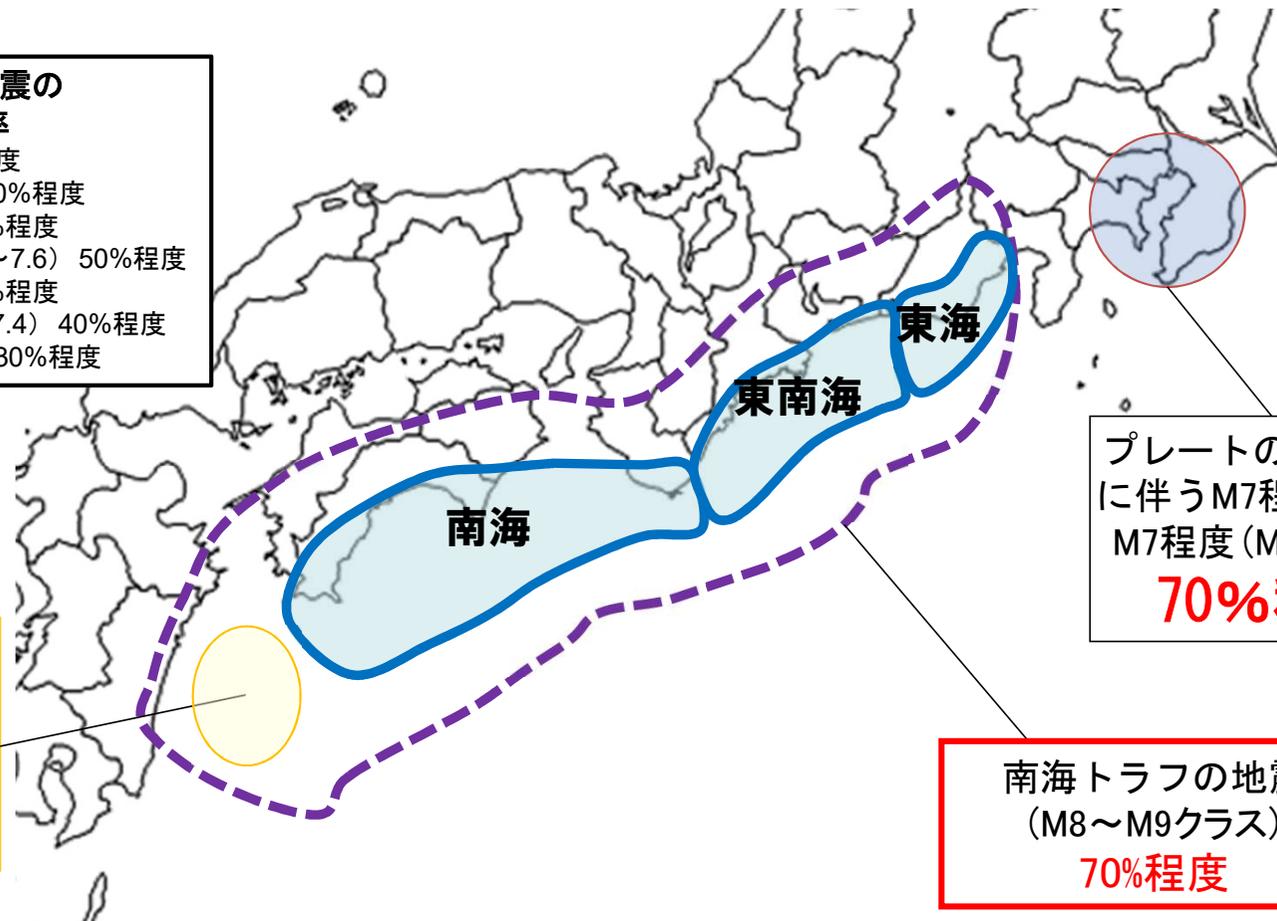
平成15年の中央防災会議で提示された震源域



地震調査研究推進本部「活断層及び海溝型地震の長期評価結果一覧」(2013年5月24日改訂)における南海トラフの地震の震源域

その他海溝沿いの主な地震の 今後30年以内の発生確率

- 根室沖(M7.9程度) 60%程度
- 三陸沖北部(M7.1~7.6) 90%程度
- 宮城県沖(M7.0~7.3) 60%程度
- 三陸沖南部海溝寄り(M7.2~7.6) 50%程度
- 茨城県沖(M6.9~7.6) 70%程度
- 安芸灘~豊後水道(M6.7~7.4) 40%程度
- 与那国島周辺(M7.8程度) 30%程度



日向灘の
ひとまわり小さい
プレート間地震
(M7.1前後)
70~80%

プレートの沈み込み
に伴うM7程度の地震
M7程度 (M6.7~7.3)
70%程度

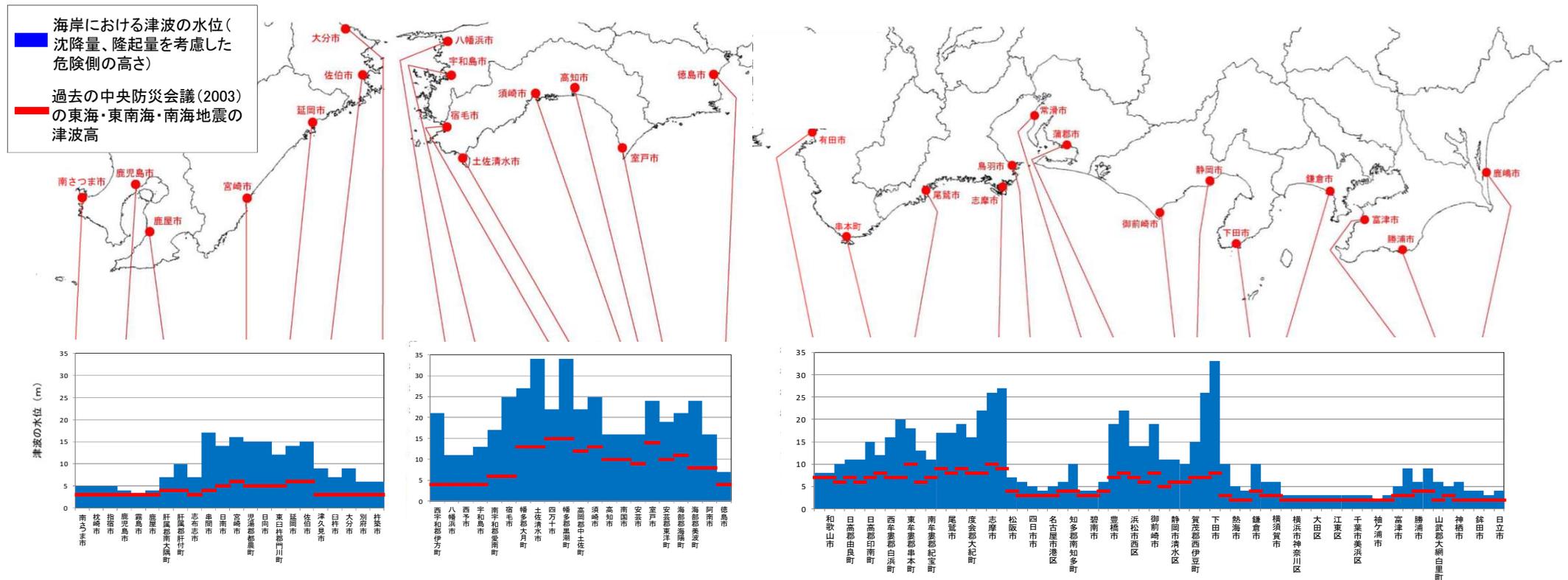
南海トラフの地震
(M8~M9クラス)
70%程度

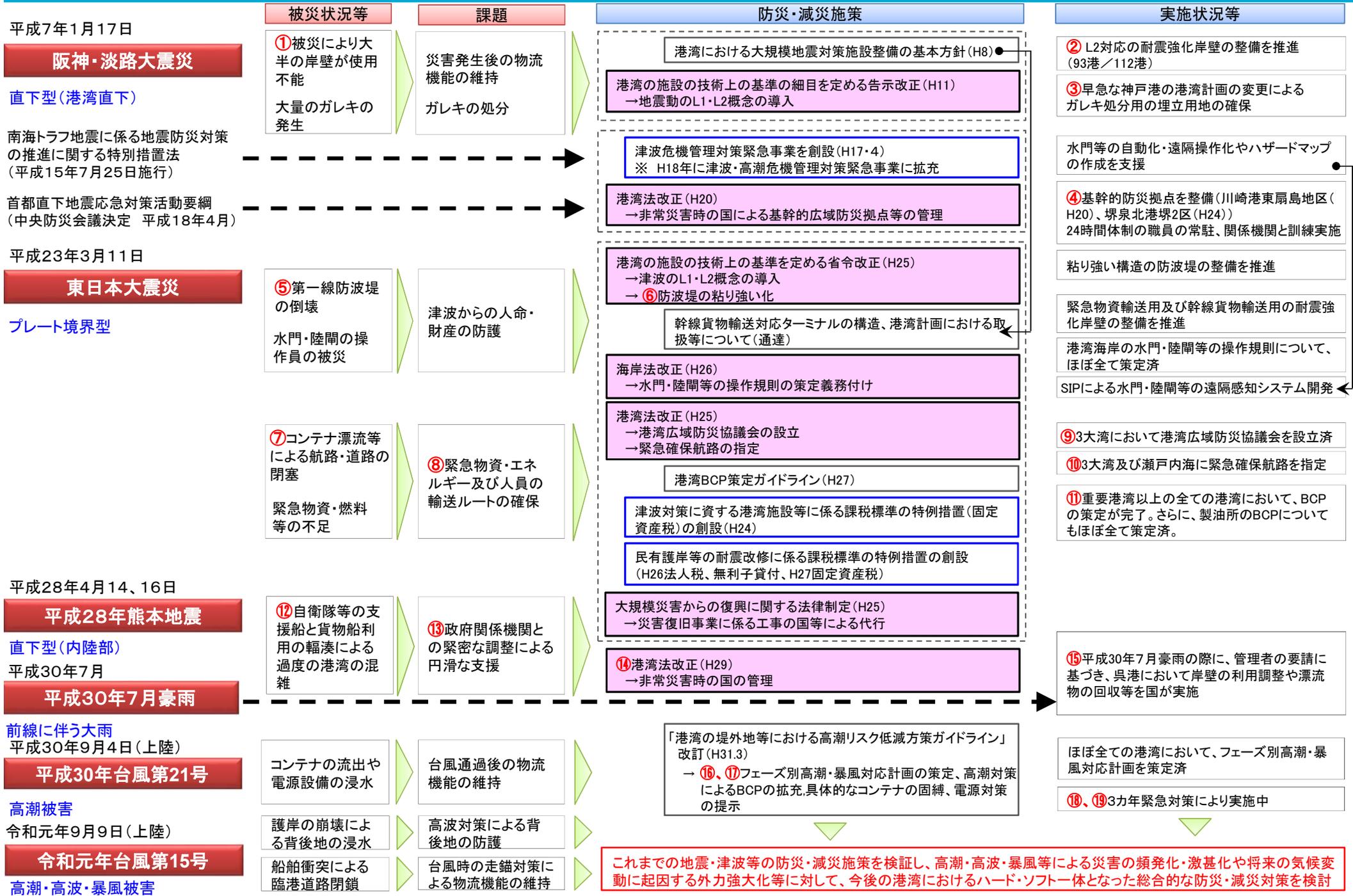
地震調査研究推進本部「活断層及び海溝型地震の長期評価結果一覧」(2017年1月13日改訂)に基づき港湾局作成

南海トラフの巨大地震による津波高の推計結果(内閣府資料より)

- 関東から四国・九州の太平洋沿岸等の極めて広い範囲で大きな津波が想定される。
- 過去の中央防災会議における想定津波高*と比較し、想定津波高が10m以上と想定される市町村数が約2倍となる(10市町村→21市町村)となる。
- ※中央防災会議(2003)の東海・東南海・南海地震の津波高
- 浸水域は最大で約1,015 km²と予測されており、東日本大震災の約1.8倍の広さに相当する。

最大クラスの津波





※日本海溝・千島海溝沿いの海溝型地震について:平成16年に「日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震に係る地震防災対策の推進に関する特別措置法」が制定されており、現在は、内閣府日本海溝・千島海溝沿いの巨大地震モデル検討会において津波・地震動の推計等の検討が行われている。

東日本大震災・熊本地震の教訓を踏まえるとともに、切迫する大規模災害や台風に備えるため、「港湾及びその背後地を守る」、「災害時も海上輸送ネットワークを維持する」という観点から、ハード、ソフト両面の施策を推進する。

港湾背後地を守る

- 東日本大震災では多くの防波堤や防潮堤が被災。水門・陸閘等の操作に従事していた方が多数犠牲に。
- 港湾の堤外地には多くの物流機能等が立地し、発生頻度の高い津波や高潮等であっても浸水するなど災害に対して脆弱。



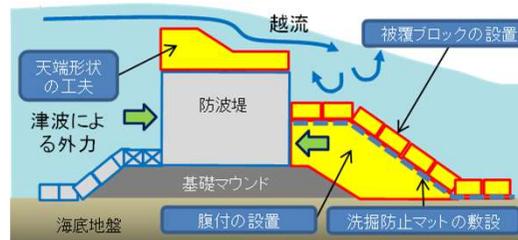
釜石港の湾口防波堤被災状況



港湾の立地条件(清水港の例)

防波堤、防潮堤における「粘り強い構造」の導入

- 大規模津波に対しても倒壊しにくい、「粘り強い構造」の防波堤及び防潮堤を導入。



水門・陸閘等を安全かつ確実な運用体制の構築

- 安全性、確実性確保のための操作規則の策定。
- 統廃合・常時閉鎖と自動化・遠隔操作化を促進。
- 新技術の適用促進に向けた取組み等の実施。
- ライフサイクルコスト低減、防護機能確保等のための長寿命化計画の策定(維持管理マニュアルを改定)



浮上式フラップゲートの事例(徳島県撫養港)



遠隔操作化の事例(宮城県)

港湾の特殊性を考慮した津波防災対策

- 避難計画の策定を推進。津波等からの避難施設等の整備を交付金等により支援。
- 民間企業の津波防災対策(防潮堤の高上げ等)を、固定資産税の特例措置により支援。

港湾における高潮対策

- 設計に用いる波浪を最新の知見で更新し、主要な施設に対する耐波性能を照査や重要かつ緊急性の高い施設や地盤の嵩上げ・補強を実施

海上輸送ネットワークを維持する

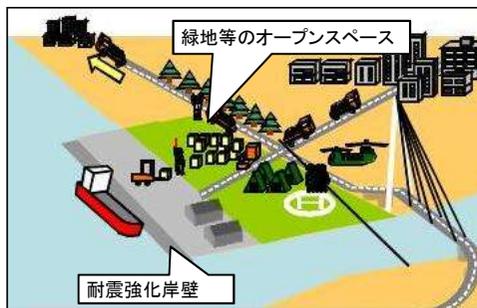
- 東日本大震災では、岸壁の被災、漂流物等の船舶の航行障害により、緊急物資や燃料の輸送等に支障。
- 今後、切迫する南海トラフ巨大地震や津波、巨大化する台風による高潮等に備え、災害に強い物流ネットワークの構築が必要。



航路啓開の状況(仙台塩釜港)

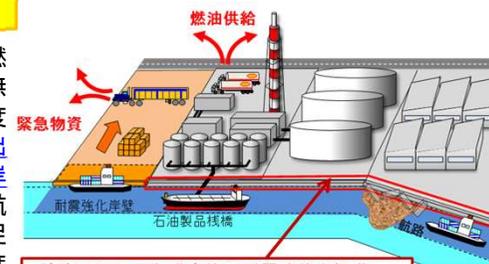
耐震強化岸壁を核とする港湾の防災拠点の形成

- 基幹的広域防災拠点を整備(川崎港東扇島地区、堺泉北港堺2区)。
- 大規模地震直後に各地域への緊急物資輸送を可能にするため、耐震強化岸壁を整備。
- 緊急物資輸送訓練等を関係機関と協働で実施。



民有護岸等の耐震改修の促進

- 非常災害時において、緊急物資や燃料等の輸送・供給を確保するため、無利子貸付や税制特例といった支援制度により耐震強化岸壁や石油製品入出荷棧橋等に至る航路沿いの民有護岸等の改良を促進。(特に、緊急確保航路に接続する港湾において重点的に促進するため、平成30年度より支援制度を拡充)



航路沿いの民有護岸等の耐震改修を促進し、災害時の航路機能を確保

港湾BCP等による災害対応力の強化

- 災害発生時に港湾の重要機能を最低限維持するため、港湾の事業継続計画(港湾BCP)を策定(高潮・高波災害にも対応した港湾の事業継続計画策定ガイドライン(改訂)(R2.5))
- 非常災害が発生した場合に、船舶の交通を緊急に確保するため、三大湾及び瀬戸内海において緊急確保航路を指定するとともに航路啓開計画を検討。
- 熊本地震の教訓を踏まえ、非常災害時において、港湾管理者からの要請があり、かつ、地域の実情等を勘案して必要があると認めるときは、国が港湾施設の利用調整等の管理業務を行うことができることとする制度を創設。

【東日本大震災の船舶被害】

地震による津波が短時間で到達。大船渡港においては、地震発生後30分強で津波高さ8.0m以上の津波を観測。

出典：平成23年3月地震・火山月報(防災編)気象庁

被災船舶	被災隻数(隻)
大型船(20GT~)	58
小型船(~20GT)	89
外航船	18
プレジャーボート等	約15,500
漁船	約20,000



船舶の陸上乗り揚げ

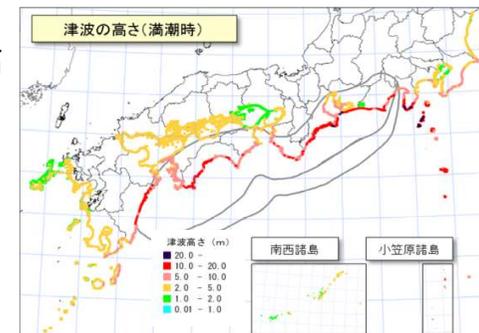
【今後想定される大規模地震及び津波】

大津波を引き起こす南海トラフ巨大地震等が30年以内に発生する確率は70%程度

(地震調査研究推進本部 平成25年5月発表)

南海トラフ巨大地震発生時の予測津波高
出典：内閣府中央防災会議
南海トラフ巨大地震被害想定について
(第二次報告)

短時間で大きな津波が
来襲する地域あり



【ケース①「駿河湾～紀伊半島沖」に大すべり域を設定】

津波避難体制強化のため、船舶津波避難マニュアルの作成が必要

船舶津波避難マニュアル作成の手引きの策定(平成25年度)

- 船舶運航事業者において、船舶の津波対応行動に係る船長や管理者の判断に必要な情報やその情報収集方法を整理し、通常運航する航路、港湾施設、使用岸壁等の特性、地域の航行制限、旅客ターミナルの立地状況等を考慮した上、個船ごとにマニュアルが作成されることを支援していくための手引きを策定。

簡易マニュアル様式の策定(平成27年度)

- 船舶運航事業者の津波避難マニュアル作成を促進させるため、6頁構成の穴埋め形式とした簡易マニュアル様式を策定。

「貨物船用津波避難対応シート」及び「旅客船用津波避難対応シート」の策定(平成28年度)

- 中小船舶運航事業者にとってのマニュアルの作成負担の大きさを考慮し、船舶が津波に見舞われたとき、適切な対応行動をとるための必要最小限のポイントを一覧にした「貨物船用津波対応シート」及び「旅客船用津波対応シート」を策定し、中小船舶運航事業者による津波避難マニュアル作成を支援。

船舶津波避難マニュアルとは・・・

津波の来襲を事前に想定し、船舶をどのように避難させるかを整理してまとめたもの。
あらかじめ船舶ごとに作成しておき、船長が避難方法を判断するために活用する。

船舶津波避難マニュアル

マニュアル記載事項例

- 入手すべき情報
- 情報入手先、緊急連絡先リスト
- 使用する港の津波対策、安全水域、避難場所
- 港外退避、係留強化等に必要な事項、要する時間
- 津波対応行動の判断基準、実施方法
- 定期的な見直しのやり方

等

定期的な見直し

訓練の実施、マニュアルの見直し

津波対応行動の実施

地震発生

情報の収集
(警報発令直後)

<周辺状況確認>
 ○津波情報の収集
 ○本船の状況把握
 ○周囲の状況把握 等

<本船状況確認>
 入出港中 航海中
 着岸中 荷役中

津波対応行動の判断
(船長)

警報レベル	津波高さ	着岸中		錨泊中	
		津波到達時間			
		30分以上	30分以内	30分以上	30分以内
大津波警報	3m以上	港外退避	上陸退避	港外退避	港外退避
津波警報	1~3m	港外退避	係留	港外退避	港外退避
津波注意報	1m未満	係留	係留	錨泊	錨泊

津波対応行動の実施



<判断に応じた措置>
 ○陸上避難指示の確認 ○機関始動準備or停止
 ○係留索解除or増締め 等

津波来襲

一元的な海上交通管制の構築(管制室と海上交通センターの統合)

H30.1.31 運用開始



一元的な海上交通管制の構築(海上交通安全法等の一部改正)

(1) 非常災害発生時における海上交通機能の維持

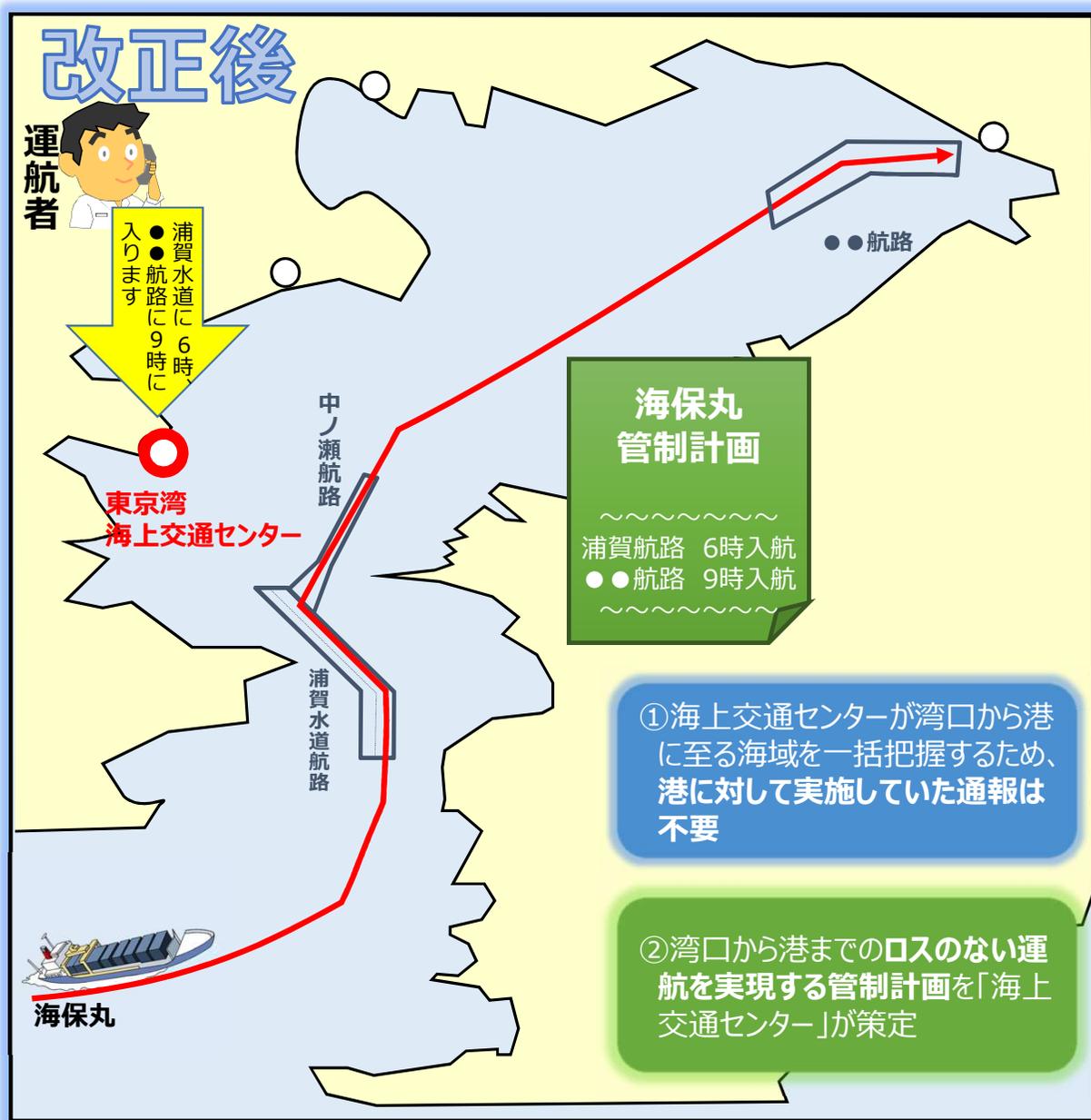


非常災害時に多数の船舶による湾内の混乱を防止し、船舶を適切な海域に誘導するための改正

- ① 船舶に対する移動命令制度の創設
- ② 情報聴取義務海域の拡大
- ③ 船名等の通報制度の創設

一元的な海上交通管制の構築(海上交通安全法等の一部改正)

(2) 平時における運航者の利便性の向上



湾口と各港で別々に行っていた管制を一体的に実施し、運航者の利便性を向上するための改正

- ① 通報手続の一本化
- ② オーダーメイドの管制計画の策定

① 海上交通センターが湾口から港に至る海域を一括把握するため、港に対して実施していた通報は不要

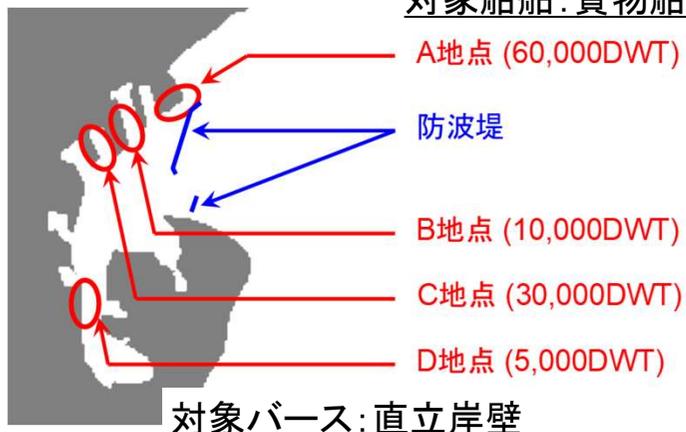
② 湾口から港までのロスのない運航を実現する管制計画を「海上交通センター」が策定

1. 東日本大震災における港湾の被害状況及び船舶の退避行動
2. 東日本大震災の教訓を踏まえた取組み
3. 既往の関連研究

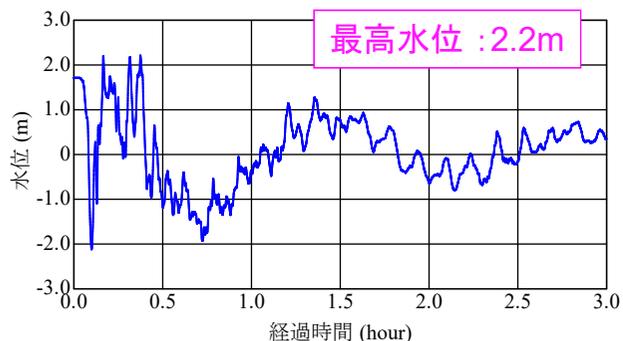
港湾空港技術研究所における津波対策に関する研究概要

清水港を対象とした数値計算による係留船舶への津波影響の評価 (港空研資料No.1190、2009年)

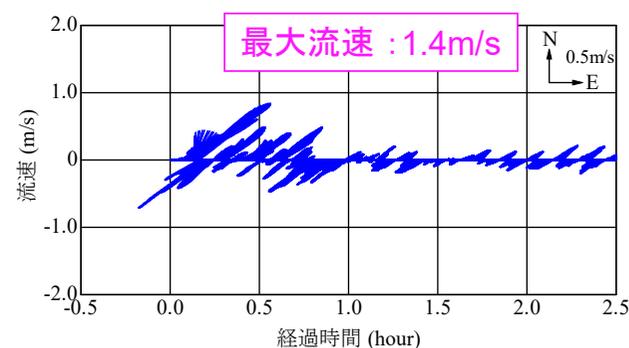
清水港と対象バース



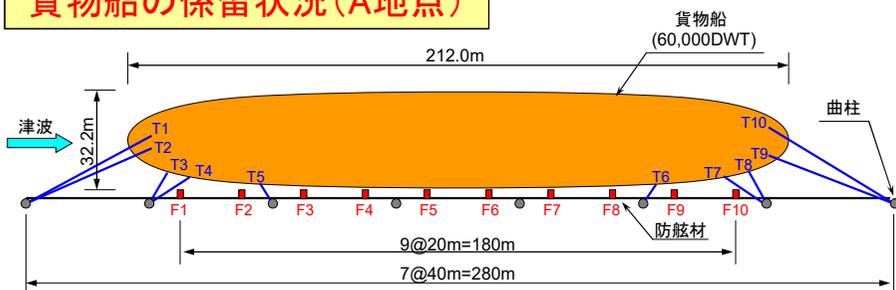
津波水位・津波流速(A地点)



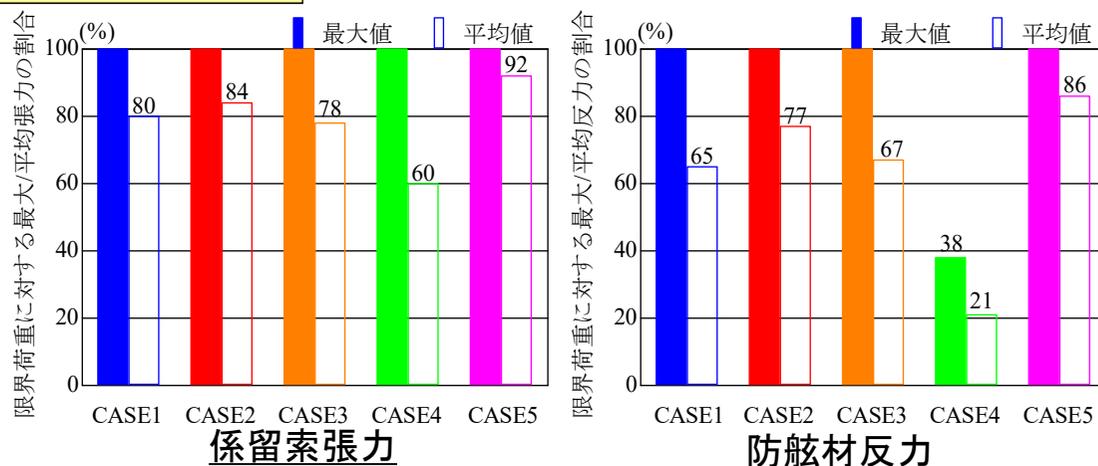
東海地震津波 (中央防災会議、2003)



貨物船の係留状況(A地点)



津波対策の効果



係留索による津波対策

ケース	係留方法
CASE1	通常の係留方法
CASE2	高強度係留索の使用
CASE3	船首索・船尾索の増し取り
CASE4	係留索の延長
CASE5	岸壁から離れた直柱の利用

本研究の結論

- ◆ 津波はバースに沿って流れ、船舶の前後動揺に対して大きく影響する。
- ◆ 船型の大きい船舶の方が係留施設に与える影響は大きくなる。
- ◆ 船側索のような短い係留索の張力が特に大きくなり易い傾向にある。
- ◆ 全ての係留索を長く取ると、係留索に概ね均等に張力がかかるようになる。
- ◆ 係留索を長く取する方法が津波に対して効果的な係留方法である。

港湾空港技術研究所における津波対策に関する研究概要

津波が係留船舶に及ぼす影響に関する模型実験と数値計算 (港空研資料No.1213、2010年)

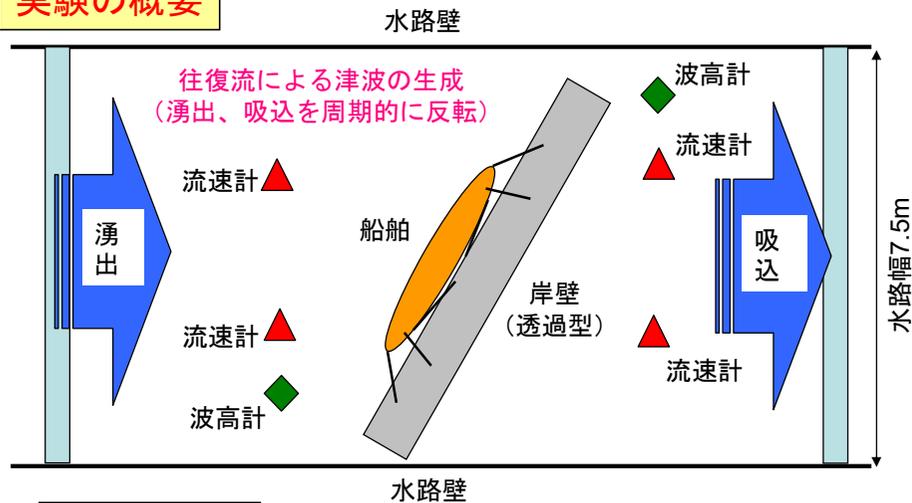
船舶の諸元

50,000DWTコンテナ船

縮尺1/50

	全長 (m)	垂線間長 (m)	船幅 (m)	喫水 (m)	排水量 (m ³)
実機	216.5	193.5	31.5	11.0	48,000
模型	4.33	3.87	0.63	0.22	0.384

実験の概要



実験の様子



実験ケース

入射方向 : 0°、30°、60°、90°

周期 : 85s、170s、254s
(10min、20min、30min)

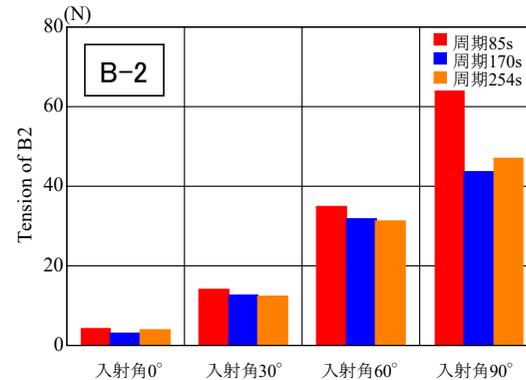
最大流速 : 99mm/s、152mm/s、255mm/s
(0.70m/s、1.07m/s、1.80m/s)

津波初動 : 押し波、引き波

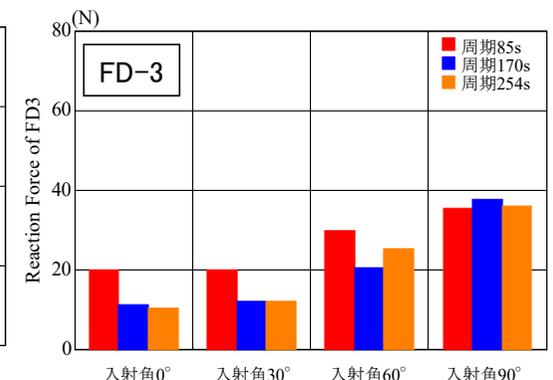
積載量 : 満載、半載

()内は現地換算値

津波による係留力の最大値(実験結果)



係留索張力



防舷材反力

本研究の結論

- ◆ 津波の最大流速が大きく周期が短い条件で、船舶の動揺量が大きい。
- ◆ 津波が船体に直角に近い流向のとき、船舶の動揺量が最も大きくなる。
- ◆ 船側方向に津波が作用する場合に係留施設の損傷する可能性が高い。
- ◆ 津波流れを考慮した船体動揺計算で係留船舶の津波応答を再現できる。

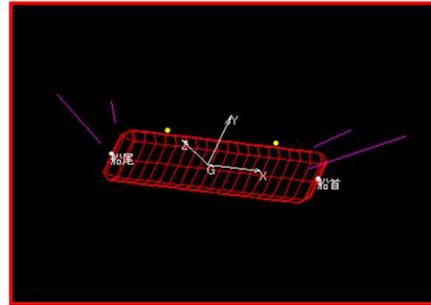
海上技術安全研究所における津波対策に関する研究概要

洋上LNG受入施設の導入に関する 技術的調査研究(H27-28)

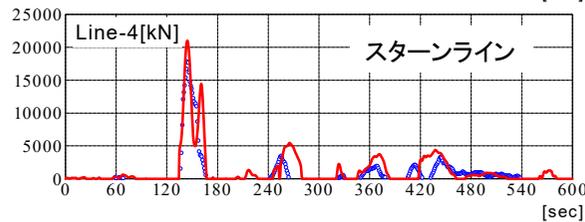
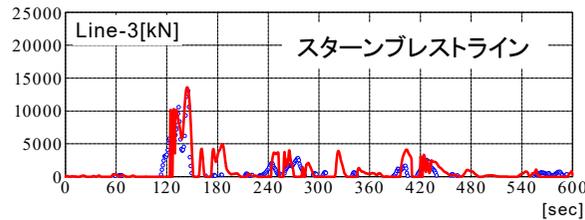
着岸状態の船舶が津波に遭遇した場合の浮体動揺と係船索張力を推定。
→ 模型試験結果とも良い一致を示す。



岸壁係船状態を模擬した模型試験



数値シミュレーション



実験結果(青)と計算結果(赤)の比較

岸壁係船された浮体の動揺(6自由度)シミュレーションおよび係船索張力等の評価は可能となっている。

岸壁側に設置されているフェンダーに作用する力もシミュレーション可能。

避航時における水深影響

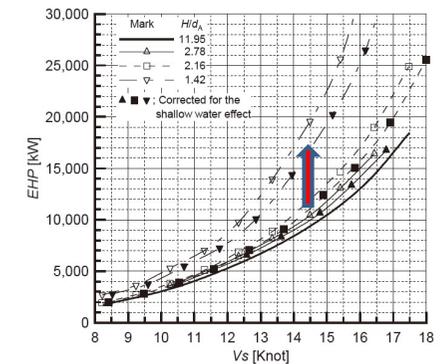
水深が浅くなると以下の影響が出ることが分かっている

- ① 船体に働く抵抗は増加→船速は減少
- ② 船体中央部の圧力が下がる→船体が沈み込む
- ③ 旋回抵抗が増加→旋回性能は悪くなる

港内は水深影響が大きいことを念頭に入れておく必要がある

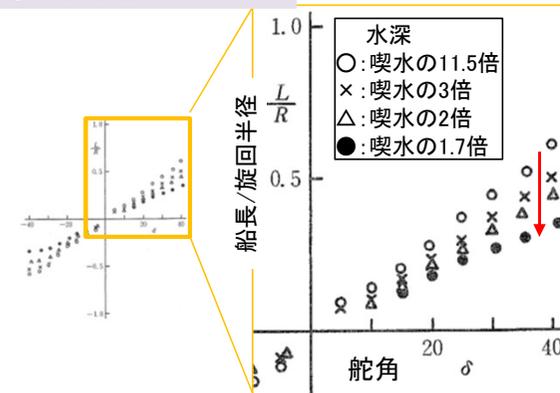
① 船体に働く抵抗は増加

有効馬力(EHP)は水深が喫水の2倍あたりを境に急激に増加する傾向にある。
↓
船速が大きいほどと顕著



出典: 藤沢ら「浅水試験による抵抗・自航性能と船速・馬力評価」日本船舶海洋工学会論文集(2017)

③ 旋回性能は悪くなる



水深が浅くなるにつれて旋回半径が大きくなる。
↓
舵角が大きいほど、より顕著

出典: 高島末夫「船の操縦性に関する実験的研究-I」水大技報(1971)

洋上LNG受入施設の導入に関する 技術的調査研究(H27-28)

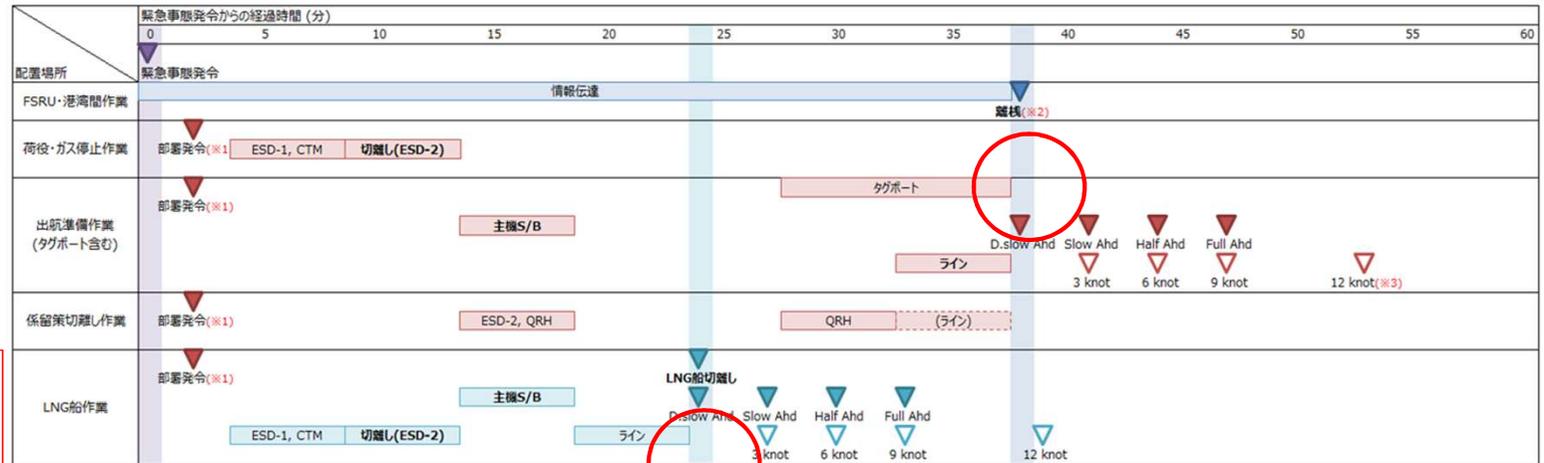
□ 緊急離棧タイムラインの作成 (棧橋係留のSTSの一例(※FSRU・LNG船:DFD推進))

地震発生後から緊急離棧完了まで
どの程度の時間がかかるのか？

- ・船種
 - ・当日の作業内容(シフト)
 - ・港側の状況
- 等により変化する。



地震発生後から緊急離棧完了まで
どの程度の時間がかかるのか？
を把握しておく必要がある



(※1) 部署発令後、数分以内に乗組員が集まると仮定。
 (※2) 緊急離棧作業の段取り等が上回のようにスムーズにいかない恐れがあることに留意。
 (※3) 15分間で12knotあげると仮定。海域の状況にもよる。

□ 所要時間と航行距離の関係の検討

- 港外退避所要時間 = 緊急離棧時間 + 航行時間
 - ・ 緊急離棧時間: タイムラインに基づき算出
 - ・ 航行時間: 航行速度より算出

仮定条件

- ・ 離棧後15分で12knotまで増速
- ・ その後も12knotで航行



各港から、津波影響が小さくなる水深までの航行距離なども把握しておく必要がある。