

資料2

【参考資料】

平成23年7月6日

はじめに

- 諮問の内容
- 港湾分科会防災部会の位置付け
- 港湾の復旧・復興方針「産業・物流復興プラン」

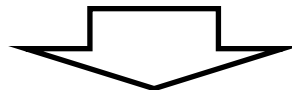
今回の津波の特徴

- ①津波高さが防波堤や防潮堤等の設計外力を大きく上回り、背後地や施設に甚大な被害。
- ②避難計画等を定める地域防災計画における想定をも上回り、多くの人命が失われた。

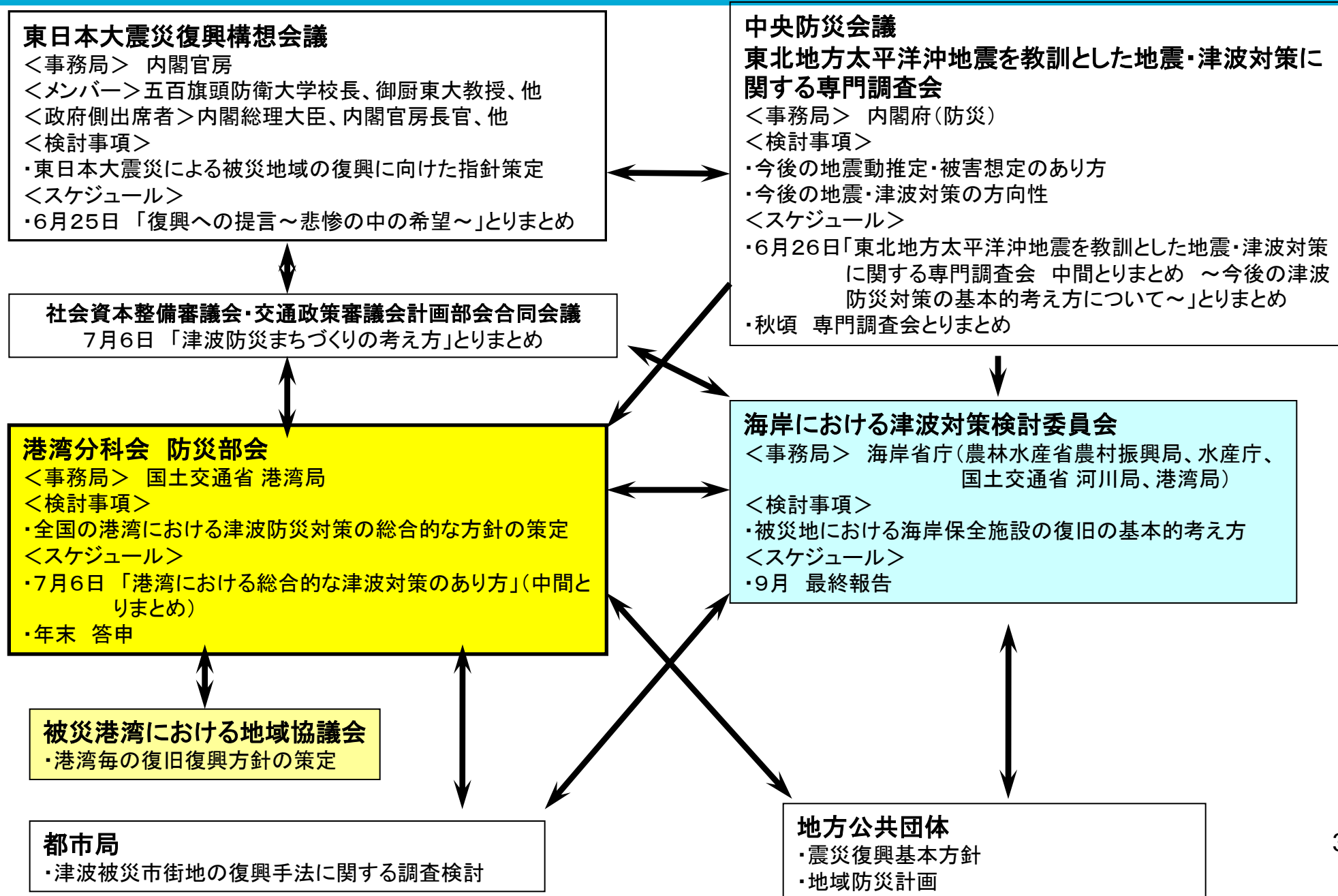


港湾分科会防災部会における検討

- ①施設の被災要因や防護効果の検証
- ②地域の実情に応じた産業やまちづくりとも連携した被災港湾の復旧方針
- ③東海・東南海・南海地震対策等の被災想定地域における津波からの防護水準や防護方式
- ④発災後に港湾の役割を果たすための津波対策
＜港湾の役割＞
 - 1) 地域の人々の生活を支える交通拠点
 - 2) 我が国の経済を支える産業・物流拠点



港湾における総合的な津波対策のあり方



港湾の復旧・復興方針「産業・物流復興プラン」

港湾機能の早期回復の必要性

臨海部のみならず内陸部も合わせた東北地方全体の産業の空洞化を防ぎ、経済復興を実現するため、

- 製造業等の操業再開に必要な原材料や製品の輸送拠点
- 火力発電所などの燃料となる石炭・石油などの受入拠点としての港湾の早期機能回復が必要

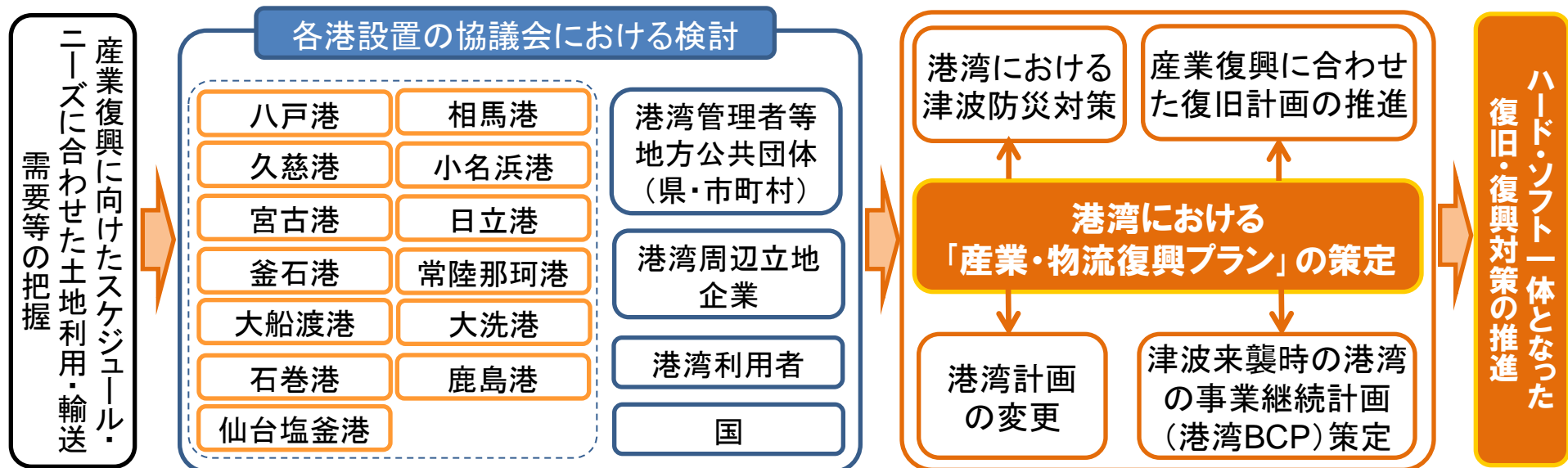
災害に強い港湾づくりの必要性

背後の産業の早期復旧とその継続性を確保するため、

- 防波堤、防潮堤等の計画的復旧による津波からの防護
- 港湾の事業継続計画(港湾BCP)の策定等のハード・ソフトの総合的な対策による災害に強い港湾づくりが必要

『エネルギー』、『石油化学』、『製紙』、『木材』、『飼料』、『鉄鋼』、『セメント』などの産業機能が立地する港湾の早期かつ集中的な復旧を図るとともに、産業機能の回復を目指して災害に強い港湾づくりを行う。

各港に設置された協議会において策定された「産業・物流復興プラン」に基づき、岸壁・防波堤等の早期復旧、避難体制の構築や土地利用の見直しなど、産業の立地状況や背後のまちづくりと連携したハード・ソフトの総合的な対策を推進



1. 東日本大震災における被害状況と津波防災施設の役割の評価

(1) 東日本大震災における港湾被害の概要

- 東北地方太平洋沖地震及び津波の概要

- これまでの中央防災会議における想定津波高と今次津波の比較

- 港湾における地震動スペクトルの比較

- 港湾施設、海岸保全施設の被災形態の例

- 漂流物の状況

(2) 津波防災施設の被災メカニズム

- 被災メカニズム

(3) 津波防災施設の役割の評価

- 東北地方の死者・行方不明者数

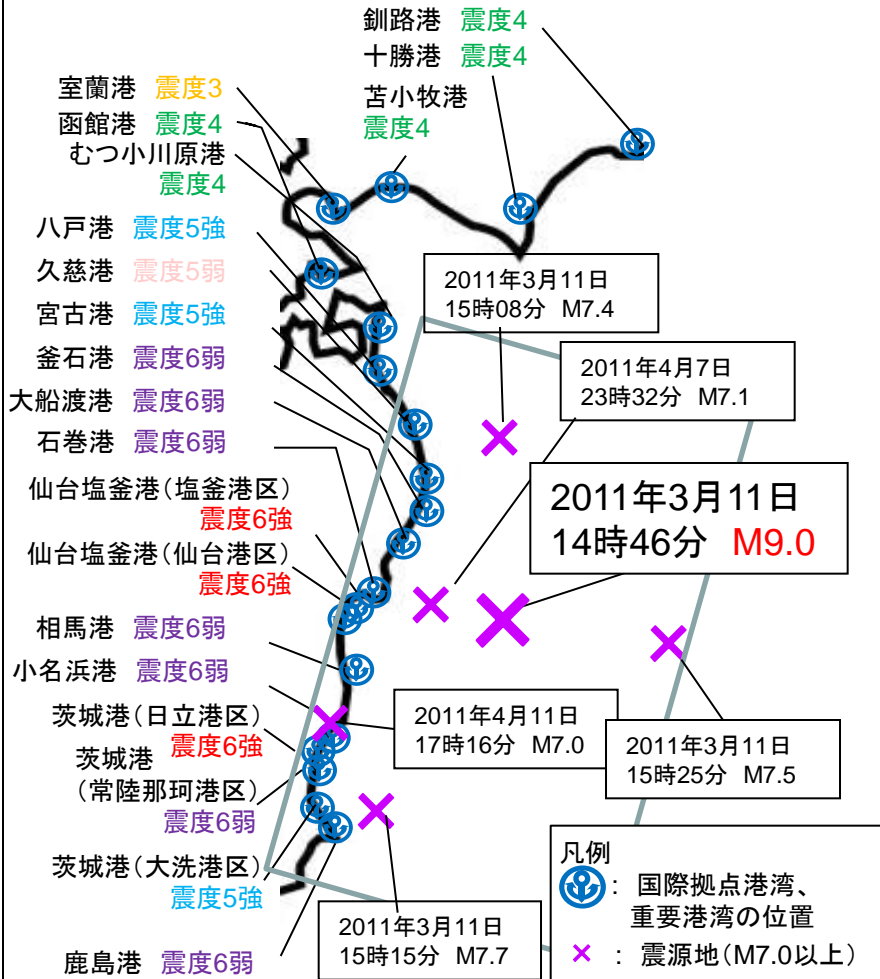
- 釜石港の浸水状況

- 釜石港湾口防波堤の減災効果

- 釜石港湾口防波堤による6分の遅延効果に対する試算

○今回の津波の特徴として、津波高さが防波堤や防潮堤等の設計外力を大きく上回り、背後地や施設に甚大な被害を与えた。また、避難計画等を定める地域防災計画における想定をも上回り、多くの人命が失われた。

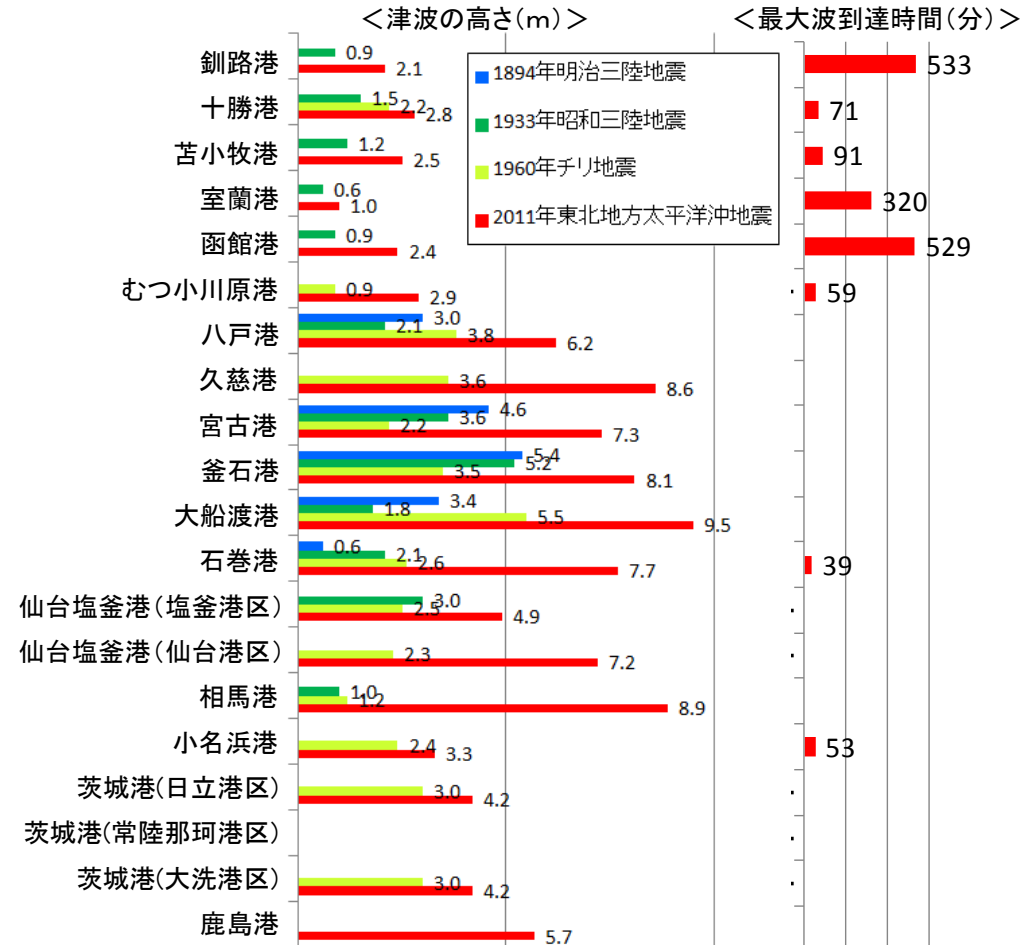
震源地、マグニチュード、震度分布



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。

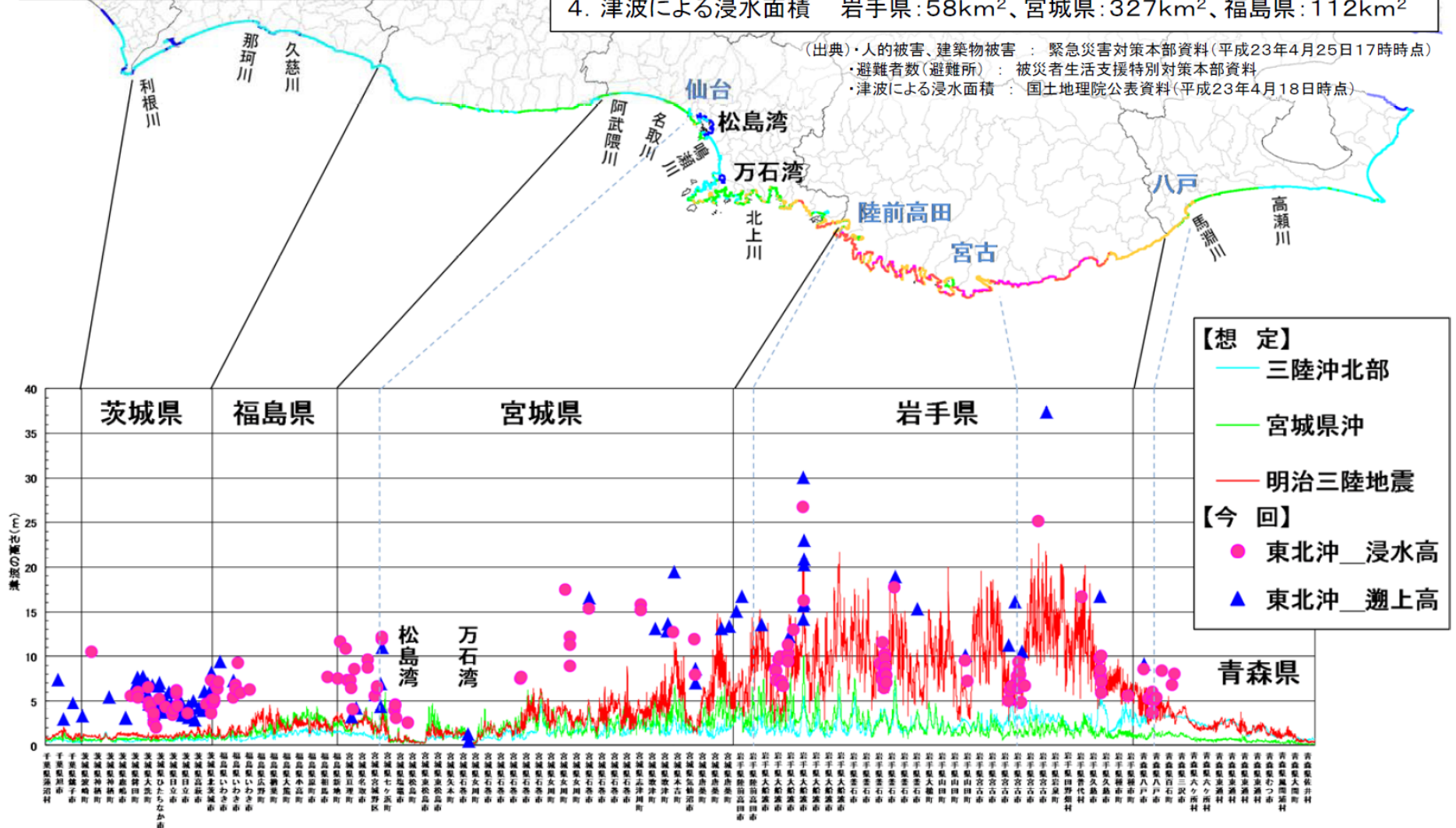


津波の高さは気象庁の公表資料、海岸工学委員会の調査結果および日本津波被害総覧(1985)より国土交通省港湾局作成。津波到達時間は気象庁及び港湾局の観測による。

想定3地震と今般の地震の津波高の比較

- | | |
|--------------|--|
| 1. 人的被害 | 死者: 14,340名、行方不明者: 11,889名 |
| 2. 建築物被害 | 全壊棟数: 68,237戸、半壊棟数: 25,563戸 |
| 3. 避難者数(避難所) | 468,653名(3月14日(ピーク時)) |
| 4. 津波による浸水面積 | 岩手県: 58km ² 、宮城県: 327km ² 、福島県: 112km ² |

(出典)・人的被害、建築物被害 : 緊急災害対策本部資料(平成23年4月25日17時時点)
 ・避難者数(避難所) : 被災者生活支援特別対策本部資料
 ・津波による浸水面積 : 国土地理院公表資料(平成23年4月18日時点)

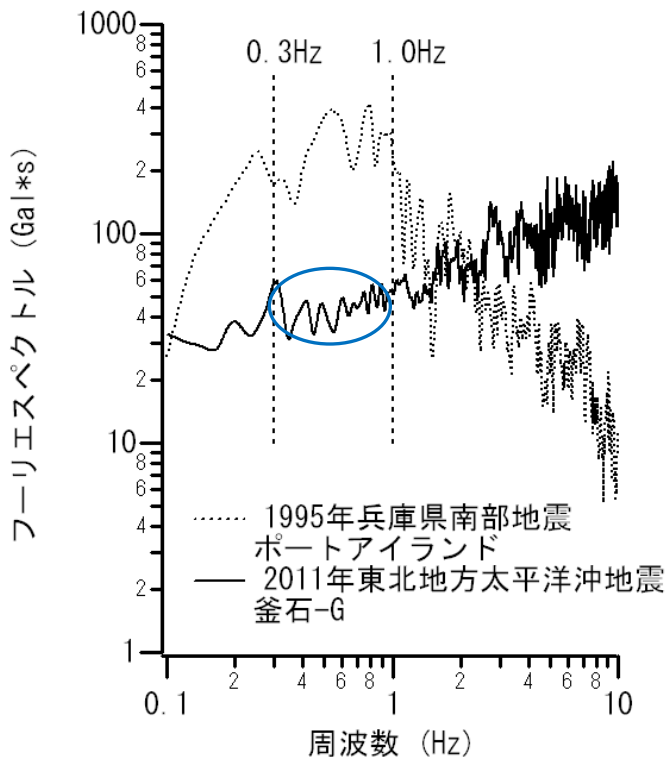


(出典)・想定3地震の津波高: 日本海溝・千島海溝周辺型地震対策に関する専門調査会想定結果
 ・2011年東北地方太平洋沖地震浸水高、遡上高: 土木学会海岸工学会調査結果

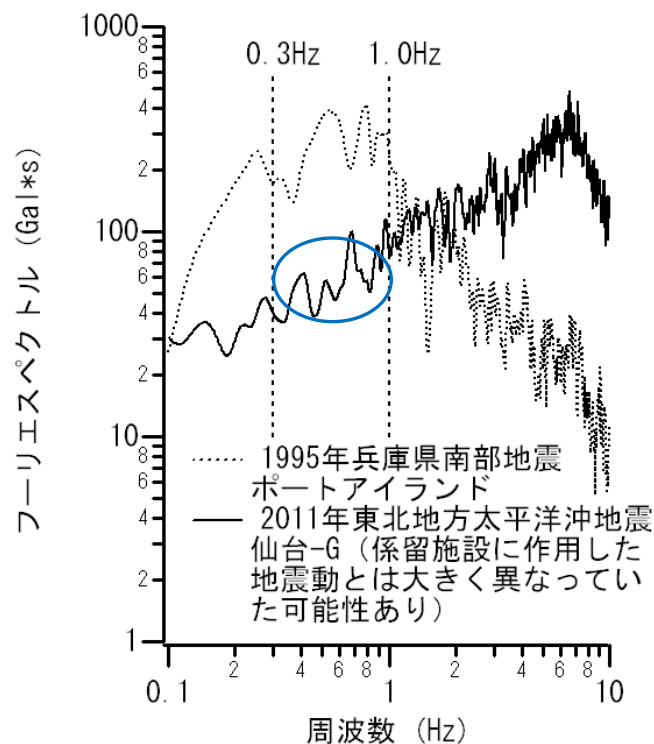
港湾における地震動スペクトルの比較

- 一般に0.3-1Hz前後の周波数帯のスペクトルが高い場合、港湾構造物への被害が大きくなる。
- 今回の地震に関する当該周波数帯のスペクトルをみると、釜石港や仙台塩釜港に比べて、南部に位置する小名浜港で卓越していた。

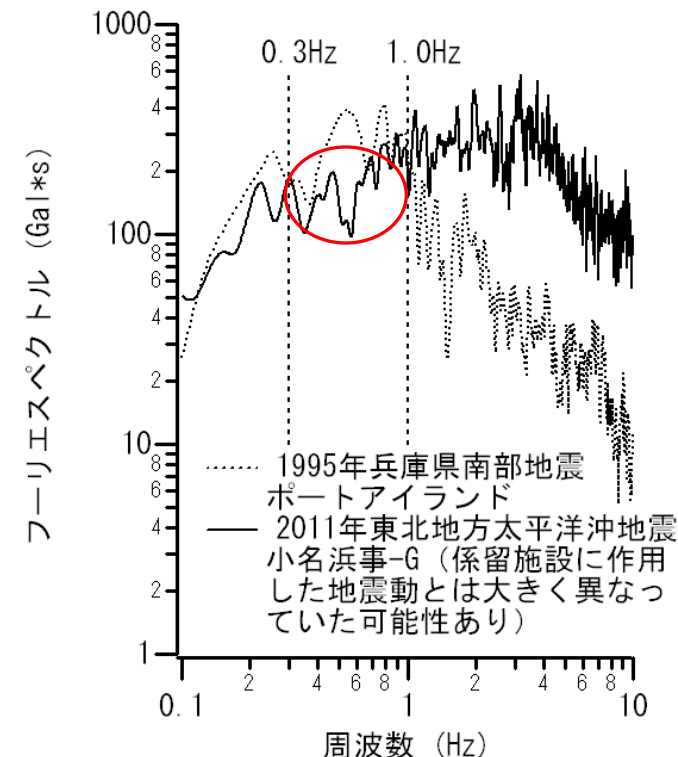
<釜石港>



<仙台塩釜港>

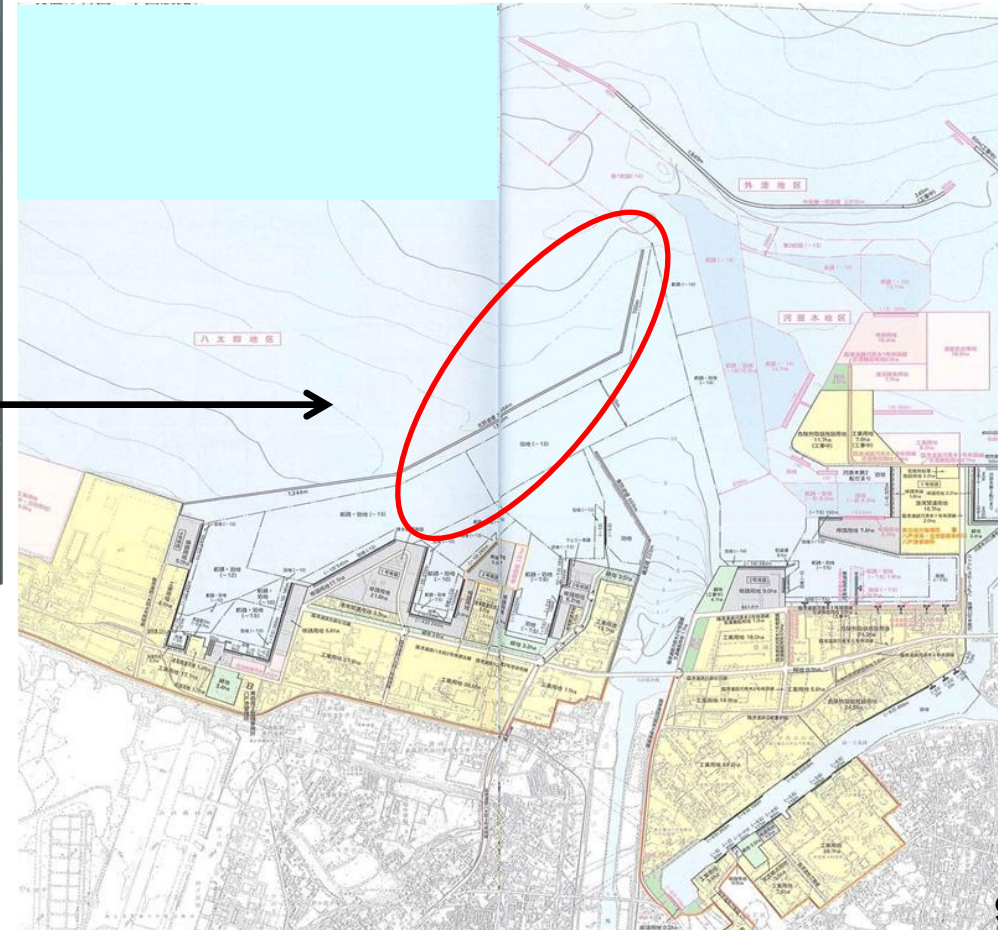
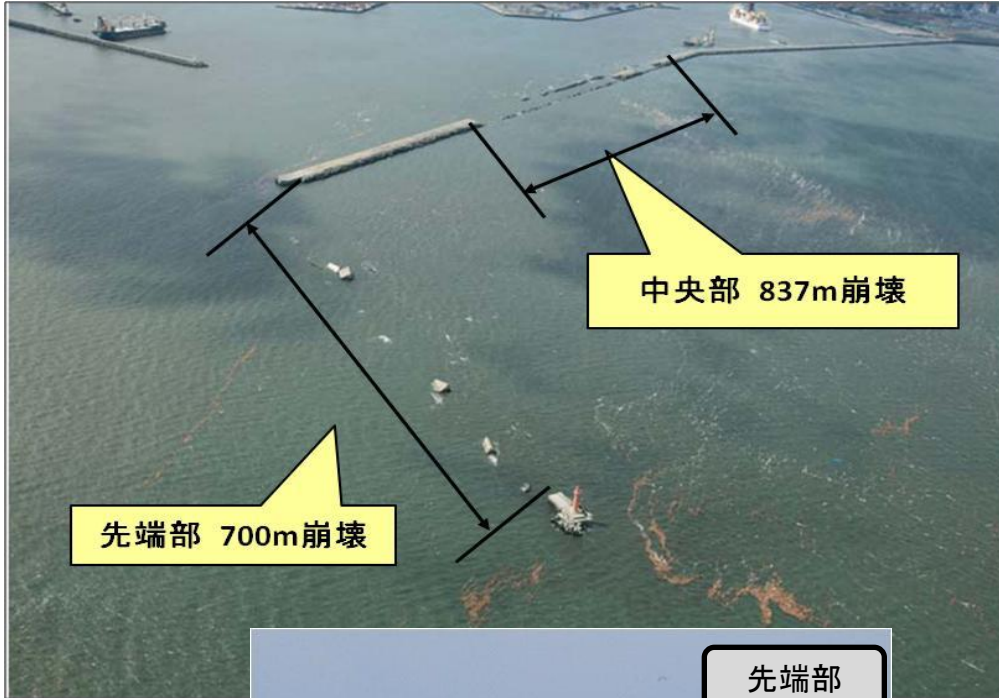


<小名浜港>



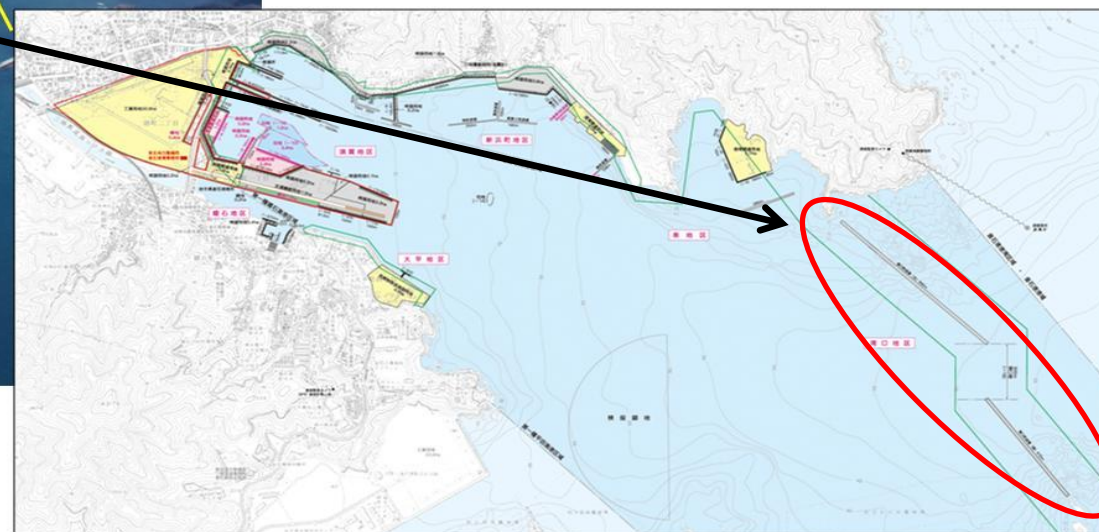
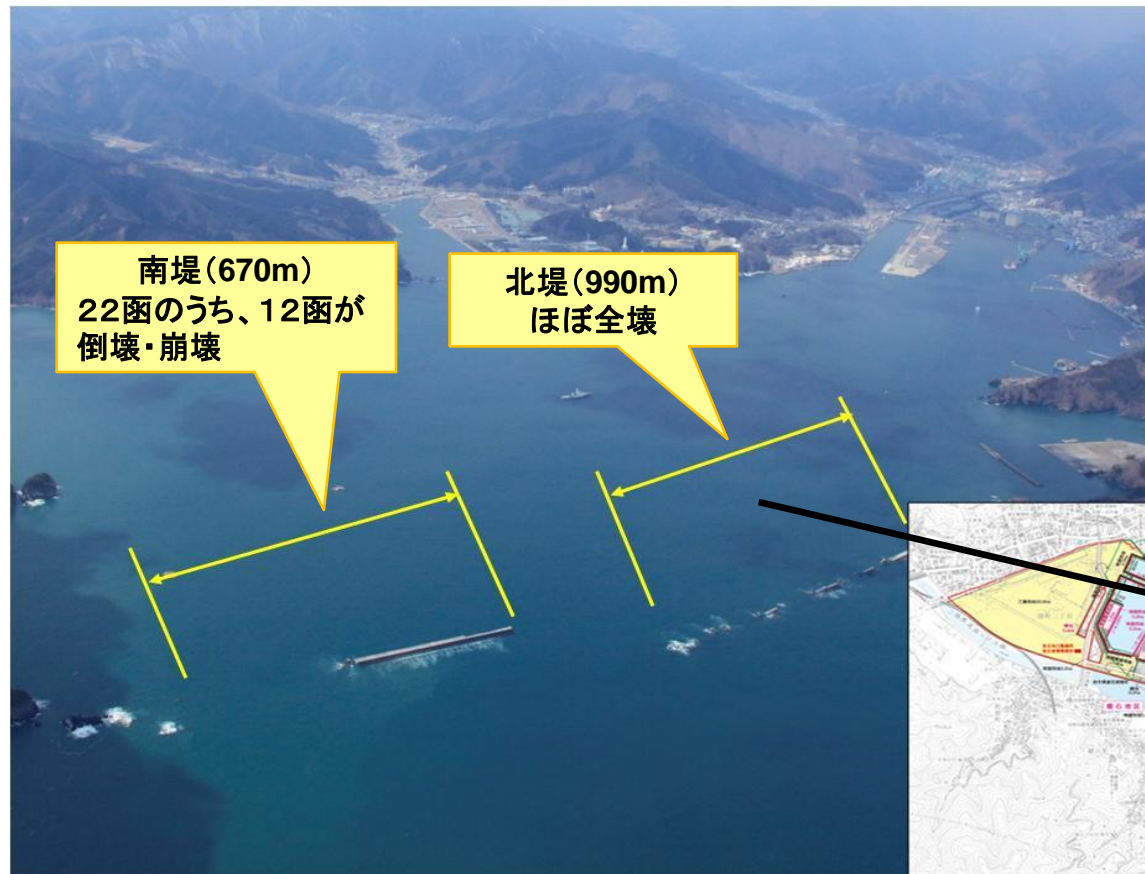
【出展】港湾空港技術研究所調査結果

防波堤の代表的被災例(八戸港 八太郎地区 北防波堤)



港湾施設、海岸保全施設の被災形態の例

防波堤の代表的被災例(釜石港 湾口防波堤)



港湾施設、海岸保全施設の被災形態の例

岸壁の代表的被災例

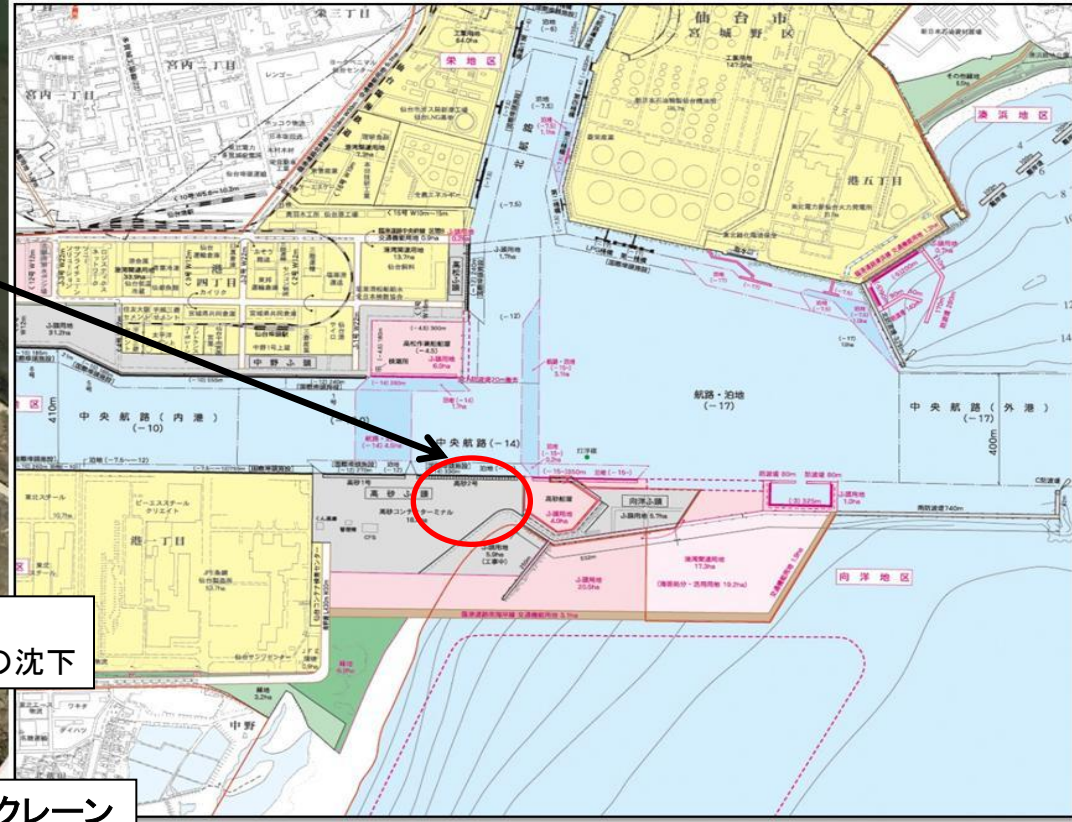
(仙台塩釜港(仙台港区)向洋地区高砂コンテナターミナル高砂2号岸壁(-14m))



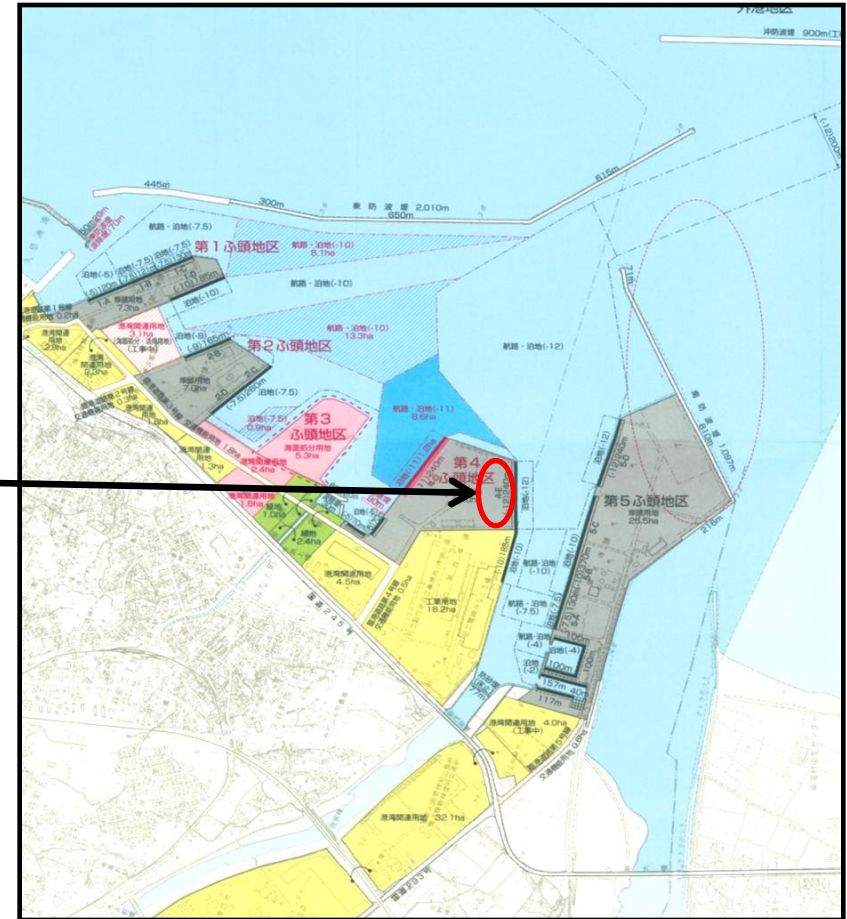
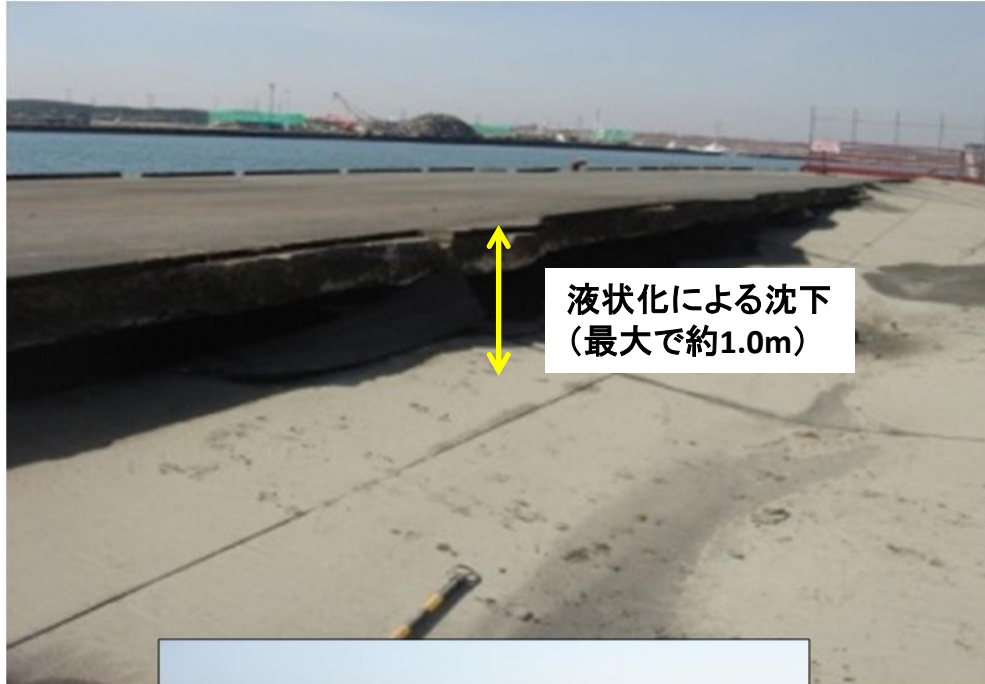
エプロン沈下、法線はらみ出し

数力所で
1m程度の沈下

ガントリークレーンの
レール



岸壁の代表的被災例(茨城港日立港区 第4埠頭岸壁(-12m))



押し波が被災要因と考えられる例



陸側が洗掘
(写真: 八戸港海岸八太郎地区)

護岸天端高T.P.+4.7
近傍痕跡高T.P.+8.03

注) 全ての写真に記載した近傍痕跡高は付近で観測された値であり、必ずしも施設直近の津波高ではない、



堤体が陸側に倒壊
(写真: 大船渡港海岸茶屋前地区)

防潮堤天端高T.P.+3.40
近傍痕跡高T.P.+8.07



陸閘が陸側に破損
(写真: 宮古港海岸高浜地区)

付近防潮堤の天端高
T.P.+8.50
近傍痕跡高T.P.+9.84

引き波が被災要因と考えられる例



海側が洗掘
(写真: 釜石港海岸須賀地区)

胸壁天端高T.P.+4.00
近傍痕跡高T.P.+8.64



堤体が海側に倒壊
(写真: 大船渡港海岸永浜地区)

防潮堤天端高T.P.+3.00
近傍痕跡高T.P.+10.02



陸閘が海側に破損・流出
(写真: 釜石港海岸須賀地区)

胸壁天端高T.P.+4.00
近傍痕跡高T.P.+7.61

荷役機械が被害を受けた例



前面岸壁天端高
T.P.+3.1
近傍痕跡高
T.P.+7.48

アンローダー倒壊(写真:仙台塩釜港(仙台港区))

上屋が被害を受けた例



前面岸壁天端高
T.P.+3.0
近傍痕跡高
T.P.+7.61

(写真:釜石港)

電気設備が被害を受けた例



防潮堤天端高
T.P.+3.10
近傍痕跡高
T.P.+9.55

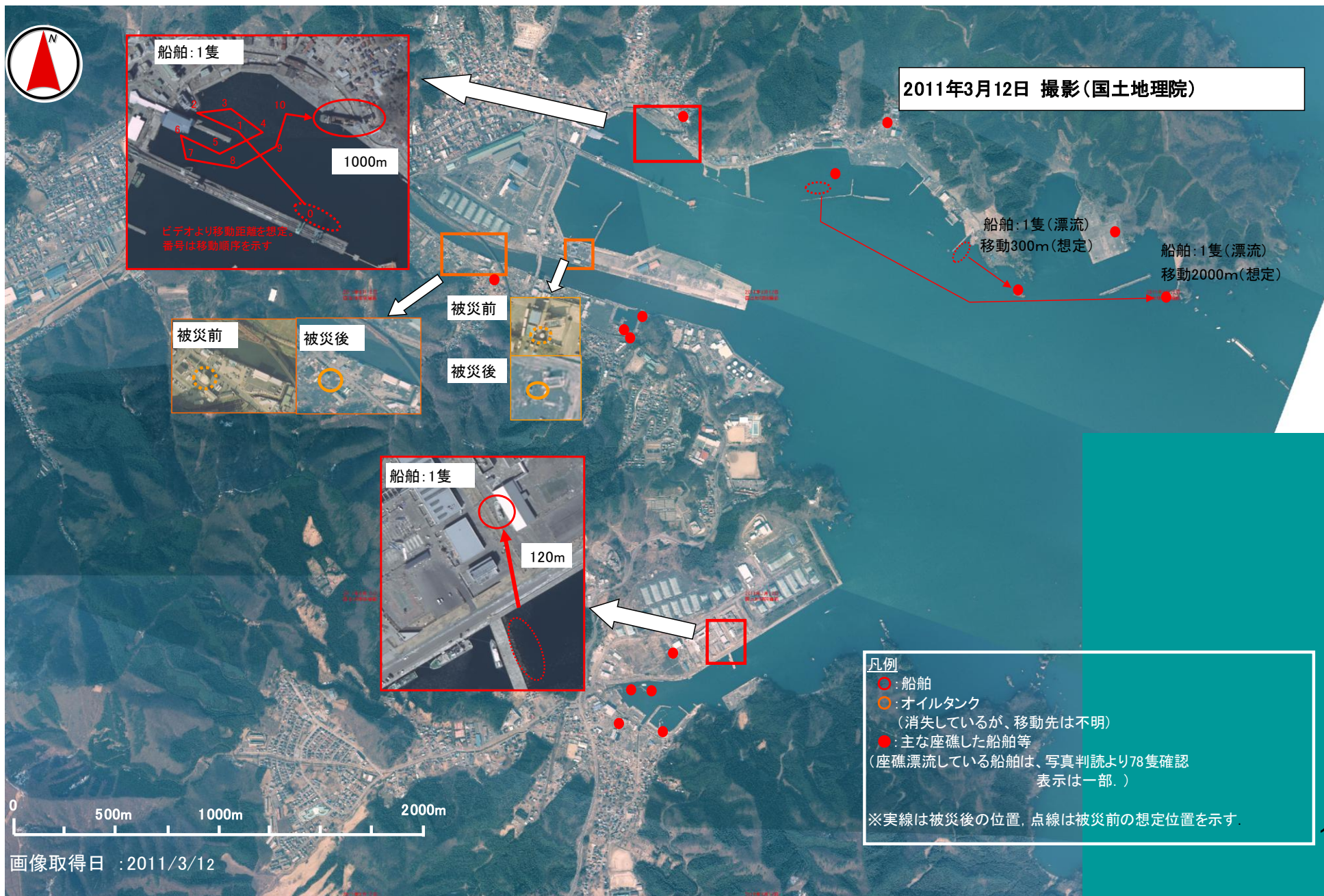
(写真:大船渡港山口地区水門)

漂流物により被害を受けた例



防潮堤天端高
T.P.+2.69
近傍痕跡高
T.P.+3.58

(写真:仙台塩釜港(塩釜港区)海岸通・港町地区)



漂流物の状況(石油タンクの流出)

○気仙沼港の例

漂着した重油タンク 3月28日撮影(港湾空港技術研究所資料より)



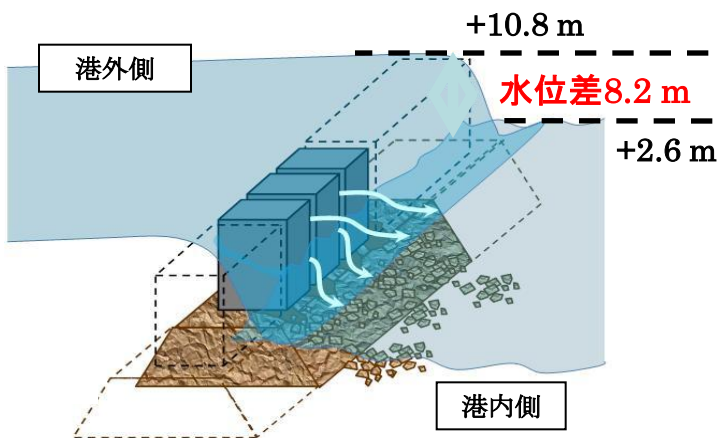
(3月12日 現地調査団撮影)



気仙沼湾口部における重油タンクの漂流
(港湾空港技術研究所資料より)

被災メカニズム(湾口防波堤)

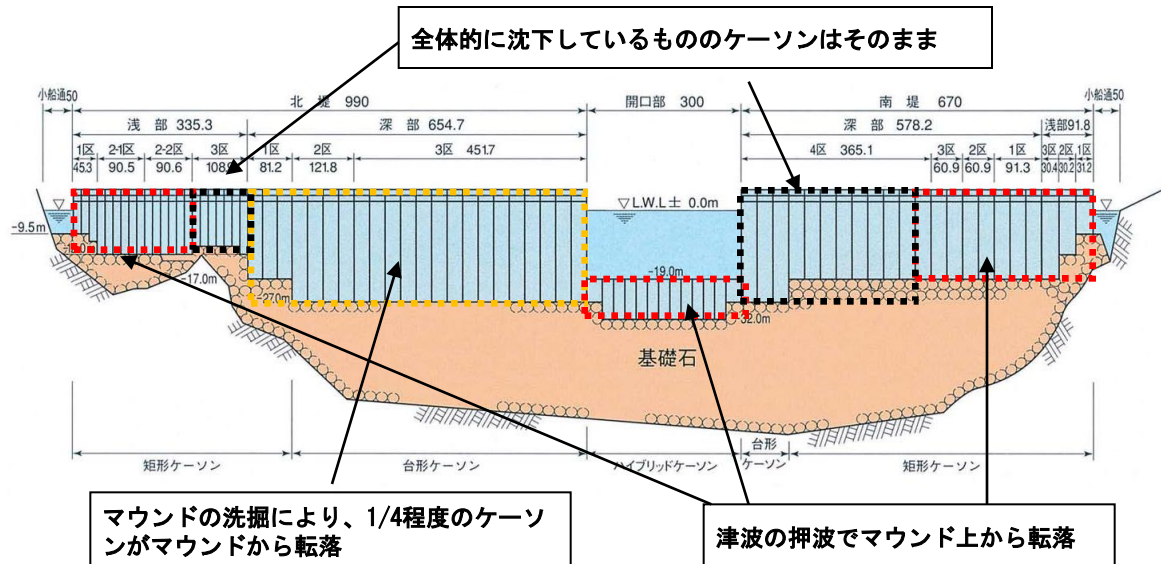
＜被災メカニズム＞



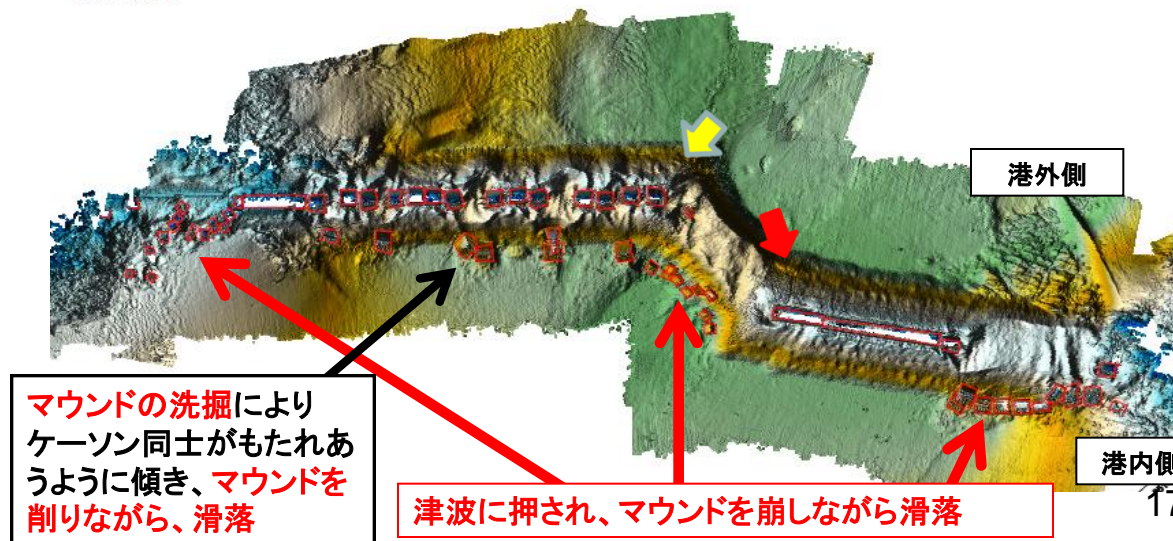
① 防波堤が津波を堰止め、ケーソン前後で8.2mの水位差発生

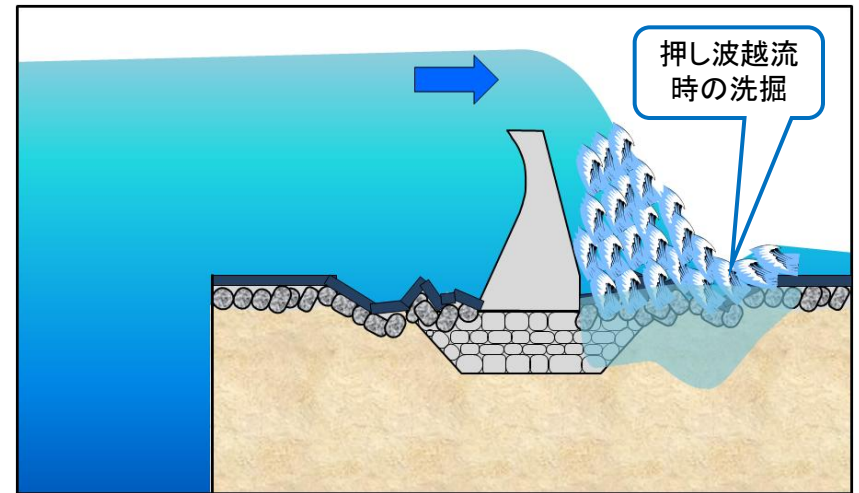
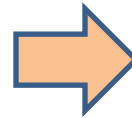
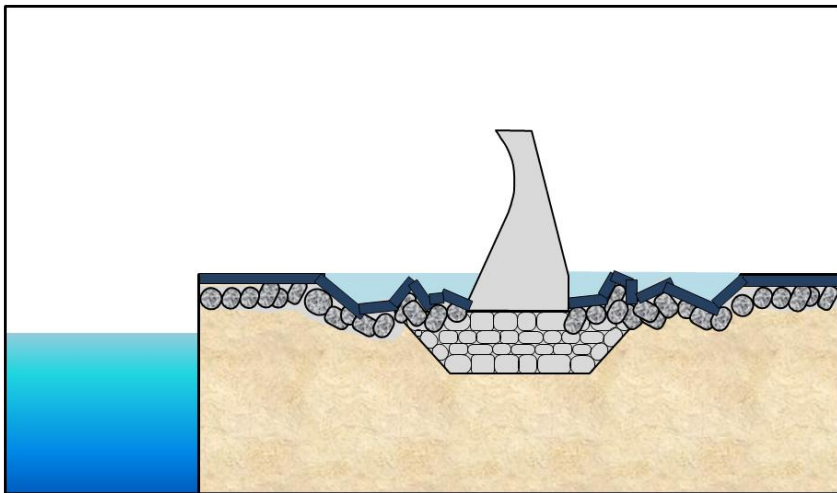
② 水位差によりケーソンに強い水平力が働くとともに、目地部に強い流れ発生

③ 強い流れでケーソンが押されたり、マウンドが洗掘され、ケーソンがマウンドから滑落

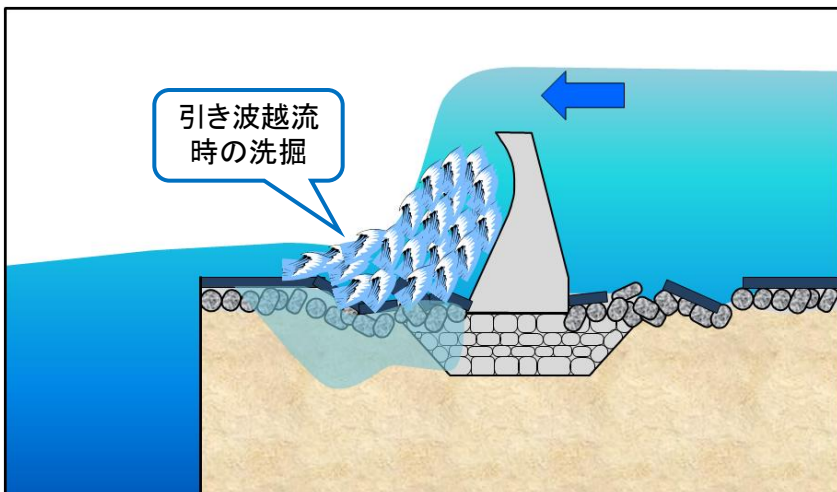


＜ナローマルチビームによる被災状況確認結果＞

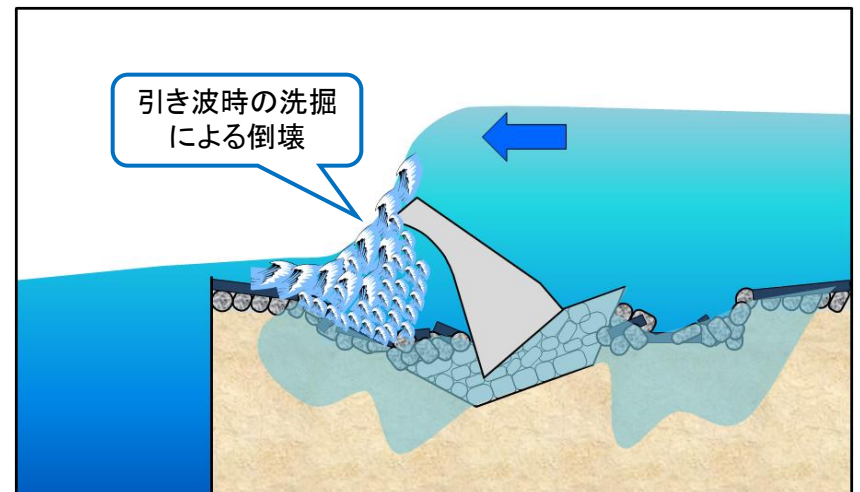
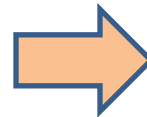




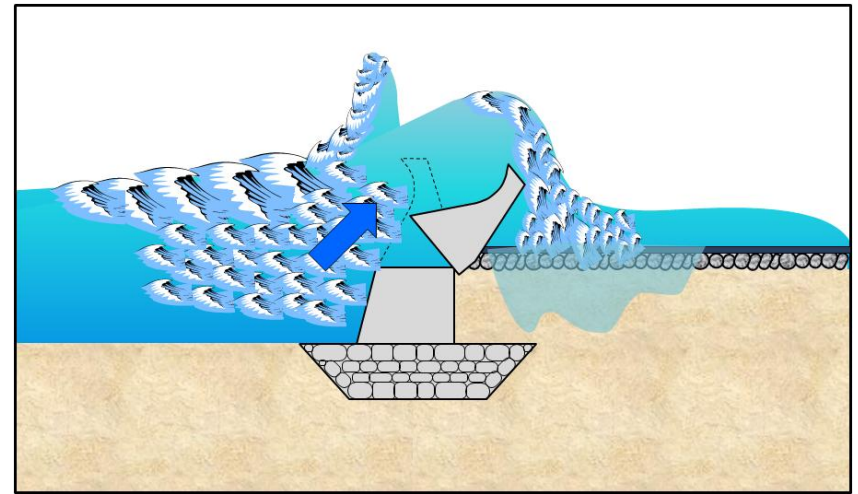
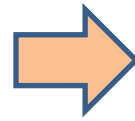
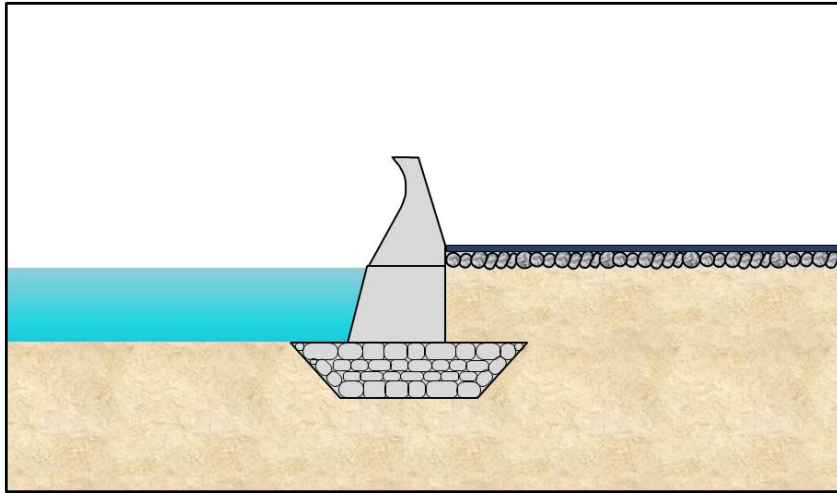
押し波による洗掘(または倒壊)



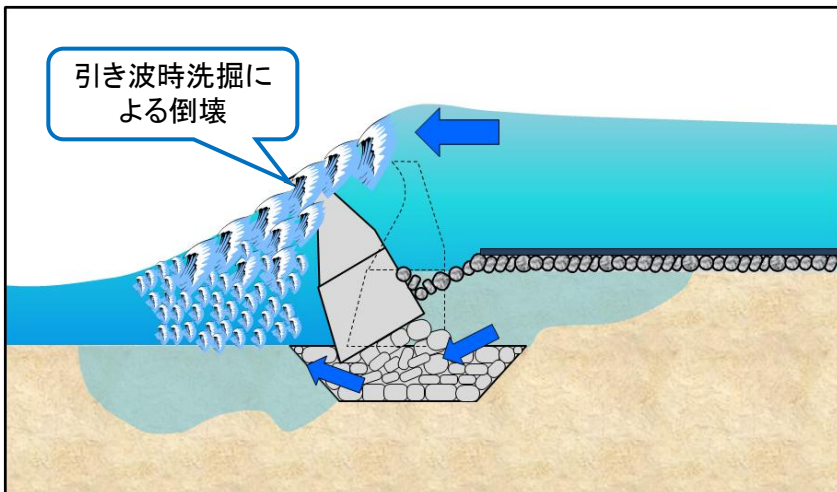
引き波による洗掘



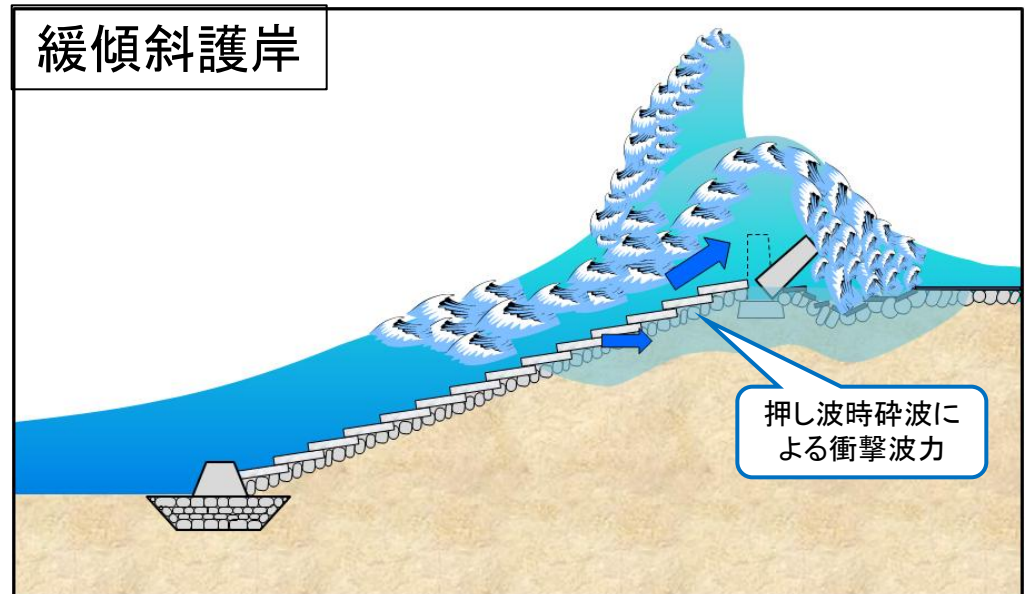
倒壊



押し波による倒壊

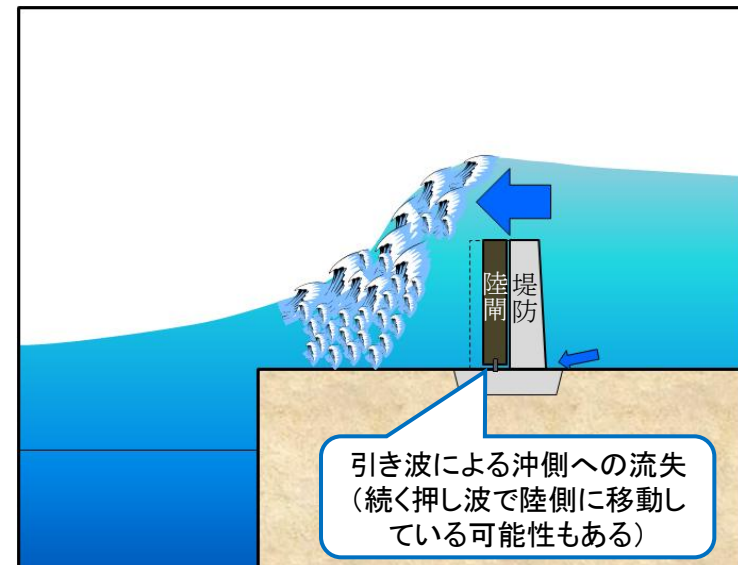
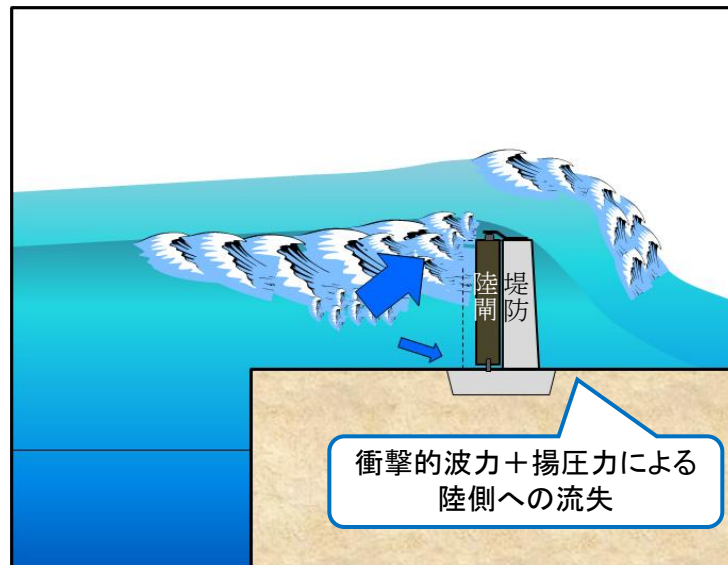
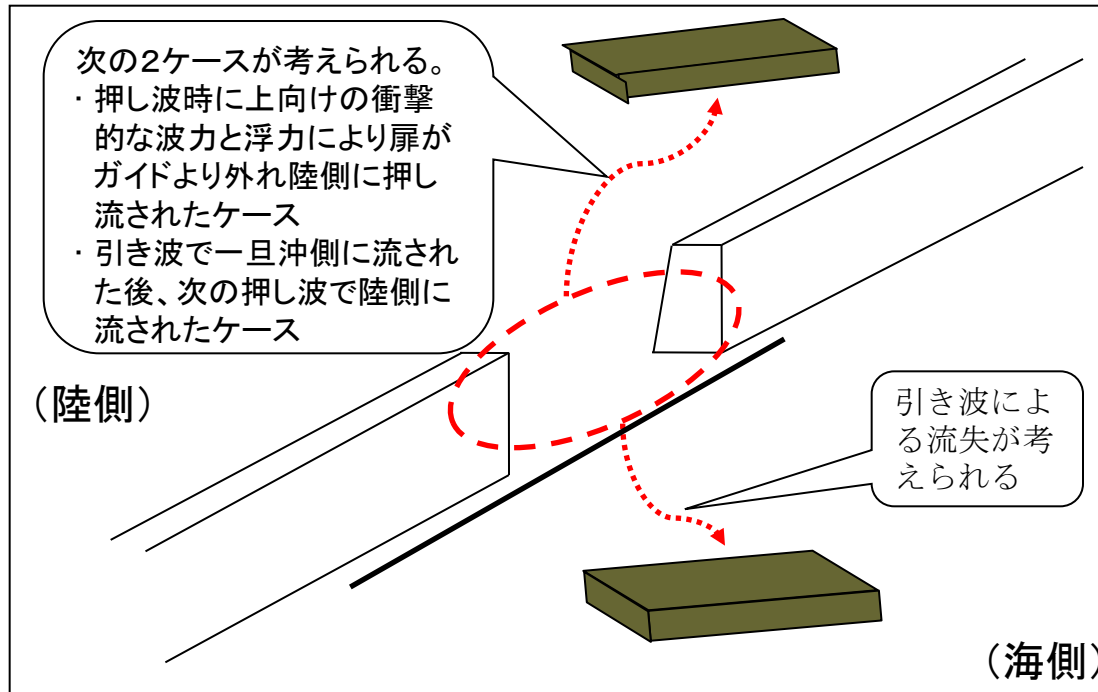


引き波による洗掘・倒壊



緩傾斜護岸

被災メカニズム(陸閘)



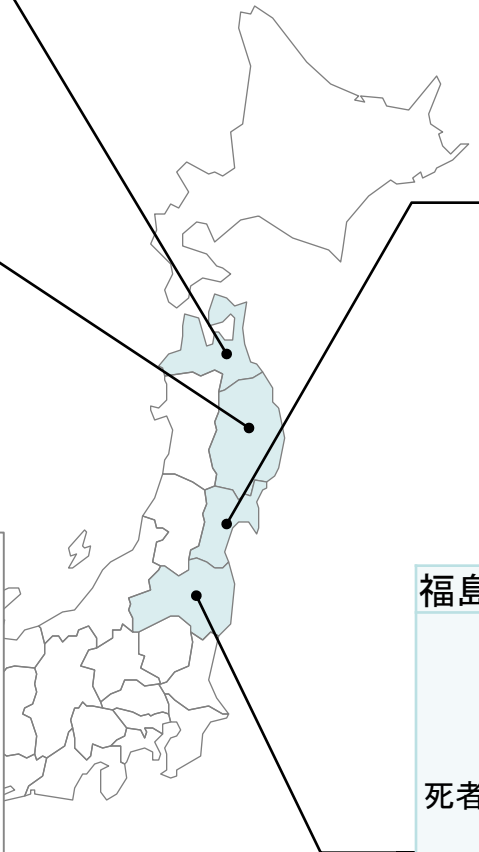
東北地方の死者・行方不明者数

青森県				
	市町村	死者数	死亡率	
死者	3 三沢市	2	0.00%	
	八戸市	1	0.00%	
	行方不明者	1	—	

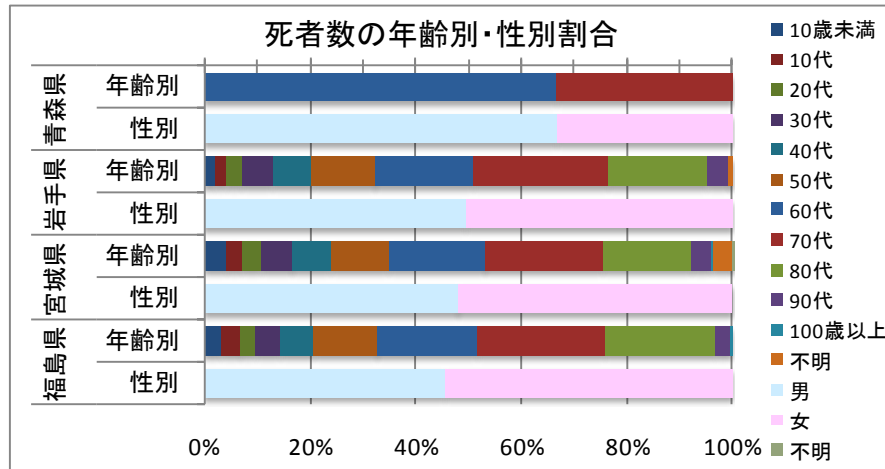
岩手県				
	市町村	死者数	死亡率	
死者	4,302 陸前高田市	898	3.85%	
	釜石市	596	1.51%	
	下閉伊郡山田町	454	2.44%	
	上閉伊郡大槌町	432	2.83%	
	宮古市	375	0.63%	
	大船渡市	273	0.67%	
	九戸郡野田村	26	0.56%	
	下閉伊郡田野畑村	17	0.44%	
	気仙郡住田町	12	0.19%	
	その他(盛岡市等)	40	—	
	行方不明者	3,401	—	

(参考)阪神・淡路大震災の死亡率
0.17%(兵庫県内)

※兵庫県HP及び平成2年国勢調査より算出



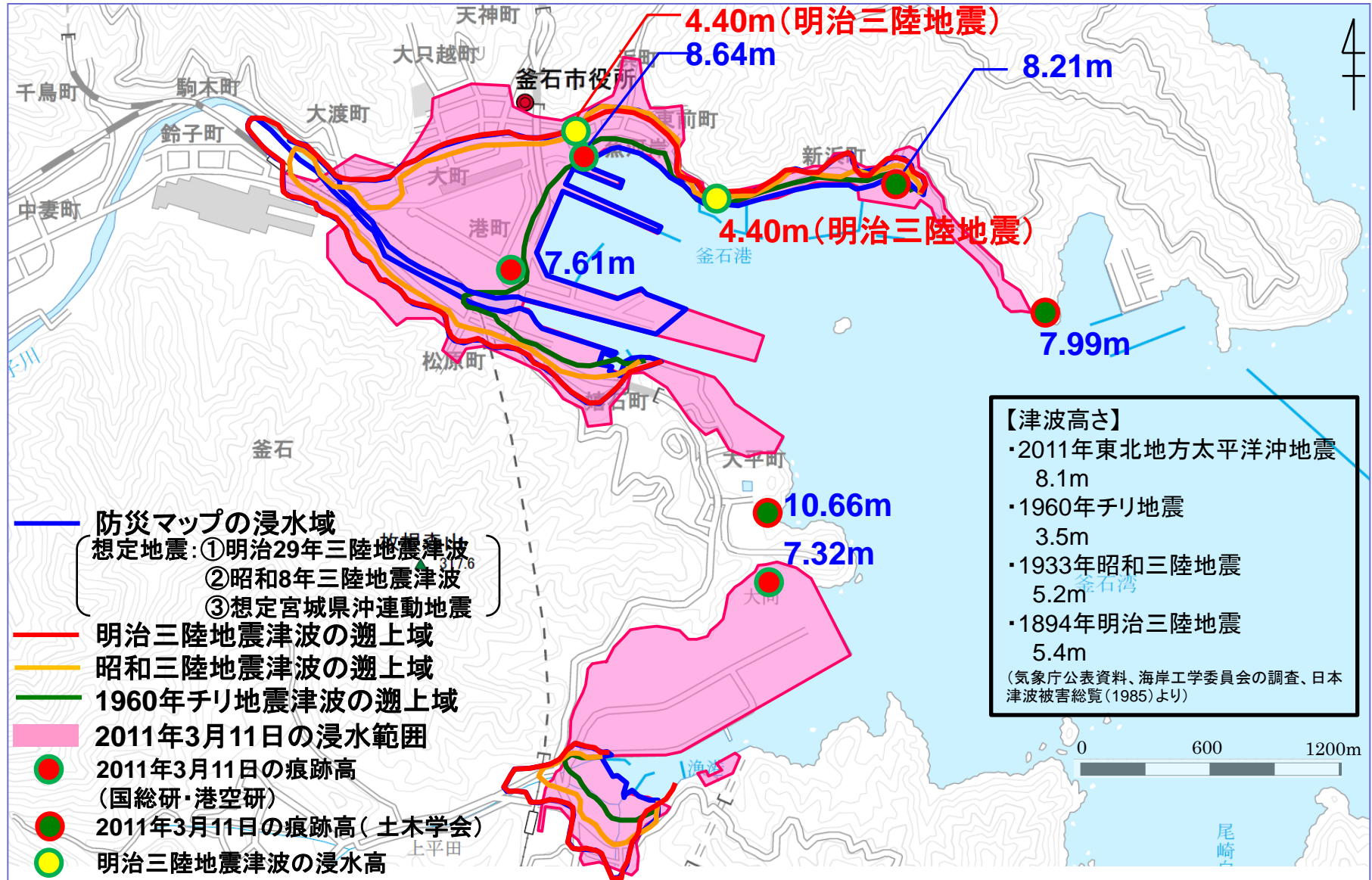
宮城県				
	市町村	死者数	死亡率	
死者	8,842 石巻市	2,479	1.54%	
	東松島市	831	1.94%	
	名取市	725	0.99%	
	気仙沼市	644	0.88%	
	仙台市	610	0.06%	
	本吉郡南三陸町	374	2.15%	
	牡鹿郡女川町	360	3.58%	
	亶理郡山元町	343	2.05%	
	亶理郡亶理町	190	0.55%	
	岩沼市	137	0.31%	
	多賀城市	102	0.16%	
	宮城郡七ヶ浜町	78	0.38%	
	塩竈市	43	0.08%	
	大崎市	13	0.01%	
	登米市	12	0.01%	
その他(涌谷町等)	70	—		
行方不明者	6,515	—		



福島県				
	市町村	死者数	死亡率	
死者	1,496 相馬市	304	0.80%	
	南相馬市	270	0.38%	
	いわき市	187	0.05%	
	相馬郡新地町	52	0.63%	
	双葉郡浪江町	23	0.11%	
	白河市	10	0.02%	
	双葉郡富岡町	10	0.06%	
	その他(須賀川市等)	35	—	
行方不明者	1,049	—		

※都道府県別死者・行方不明者数は警察庁発表(H23.5.1)
※市町村別死者数は各県警察発表

※死亡率は平成22年国勢調査を用いて算出



※浸水域は、釜石市防災マップ、国土地理院浸水範囲概況図(2011年東北地方太平洋沖地震津波)をもとに作成
 ※2011年の痕跡高のうち、国総研・港空研は国土交通省国土政策総合研究所、(独)港湾空港技術研究所の現地調査結果(T.P.基準換算)である。
 ※2011年の痕跡高のうち、土木学会は『東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループ』の現地調査結果(T.P.基準換算)である。
 ※明治三陸地震津波による浸水高は、内務省土木試験所報告の数値。

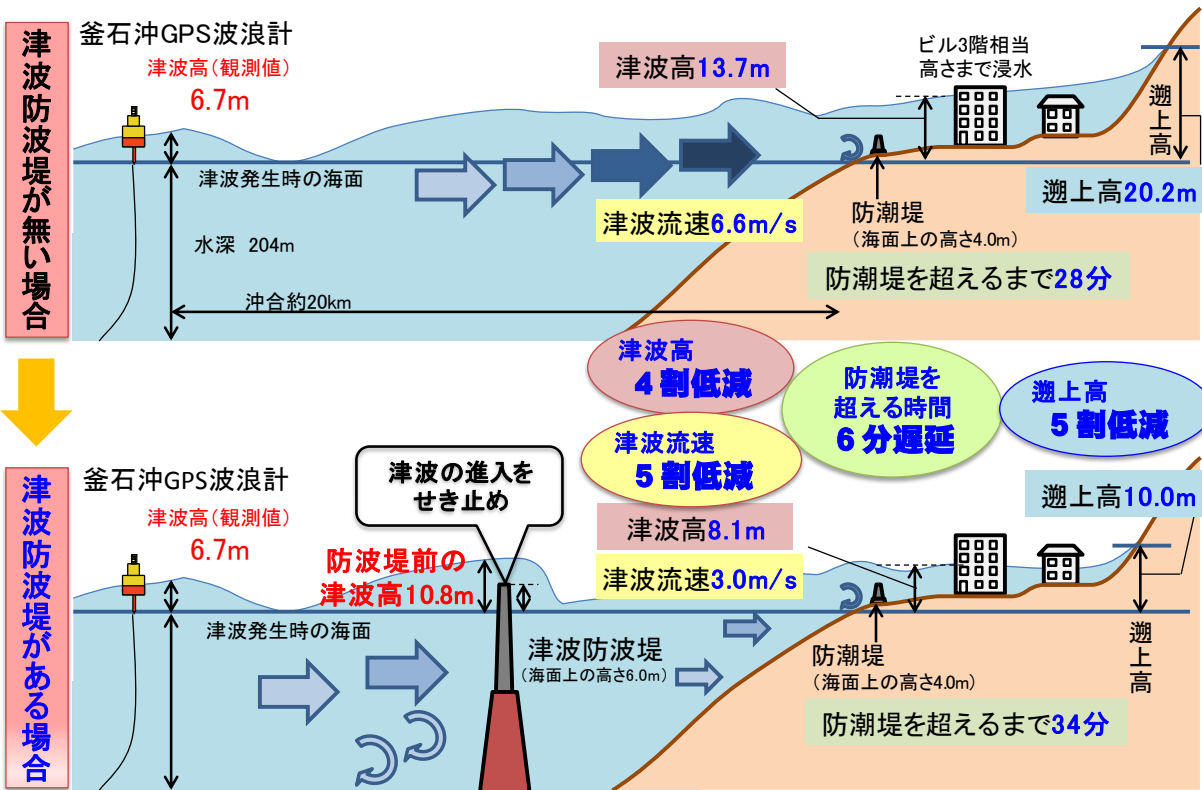
釜石港湾口防波堤の減災効果

<津波防波堤の効果>

防波堤で湾の入口を絞り、湾内への海水の流入を絞る

- ①津波高を低減
- ②港内の水位上昇を遅延（避難時間確保）
- ③流速を弱め破壊力を低減

<防波堤有／無を計算で比較>



<津波の襲来状況> 国交省釜石港湾事務所撮影



地震発生26分後：津波第1波がケーソン目地から流入



地震発生31分後：津波第1波が北堤を越流（斜下図）



地震発生34分後：津波第1波が防潮堤を越流

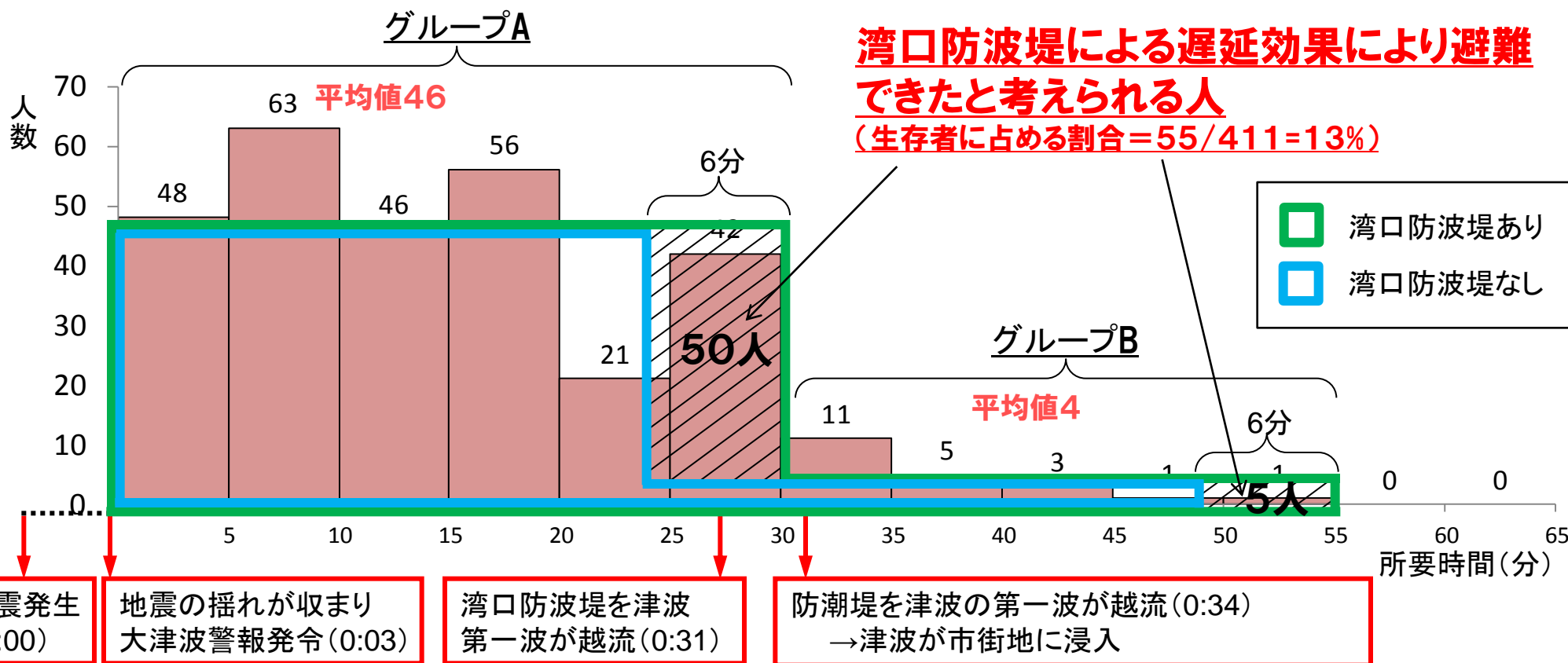


地震発生46分後：津波第1波が引き一部欠けた北堤

※ 津波防波堤がある場合の津波高さ(8.1m)は現地津波痕跡高、防潮堤を越えるまでの時間(34分)は現地事務所での計測値。それ以外はシミュレーション結果による。

釜石湾口防波堤による6分の遅延効果に対する試算

- 生存者へ避難に要した時間をアンケート調査した結果は下図のとおり(有効回答数411)。
- これより、大きく2つのグループ(A,B)に分けられる。グループAは避難時間が短く、生存者が多い。グループBは逃げ遅れ等により、生存者が少ない。
- グループAの24~30分、グループBの49~55分の避難者は、湾口防波堤の6分の遅延効果がなければ、逃げ遅れたものと考えられる。その割合は全避難者の約13%。
- なお、釜石市の避難者数約9,900人(ピーク時)に上記の効果を試算すれば約1,300人に相当する。



※グラフ上の「所要時間」は地震の揺れが収まった時間(0:03)を起点としている。

※ 平成23年5月・6月に国土交通省釜石港湾事務所と釜石市が釜石市内の避難所にて実施。避難に要した時間は、地震の揺れが収まってから避難を開始した時間と、それから避難所までの到着時間それぞれの回答の和で算定。

※ 有効回答者(サンプルサイズ)は411人であり、母集団約9,900人に対して95%の信頼度の下でサンプリング誤差は約5%。

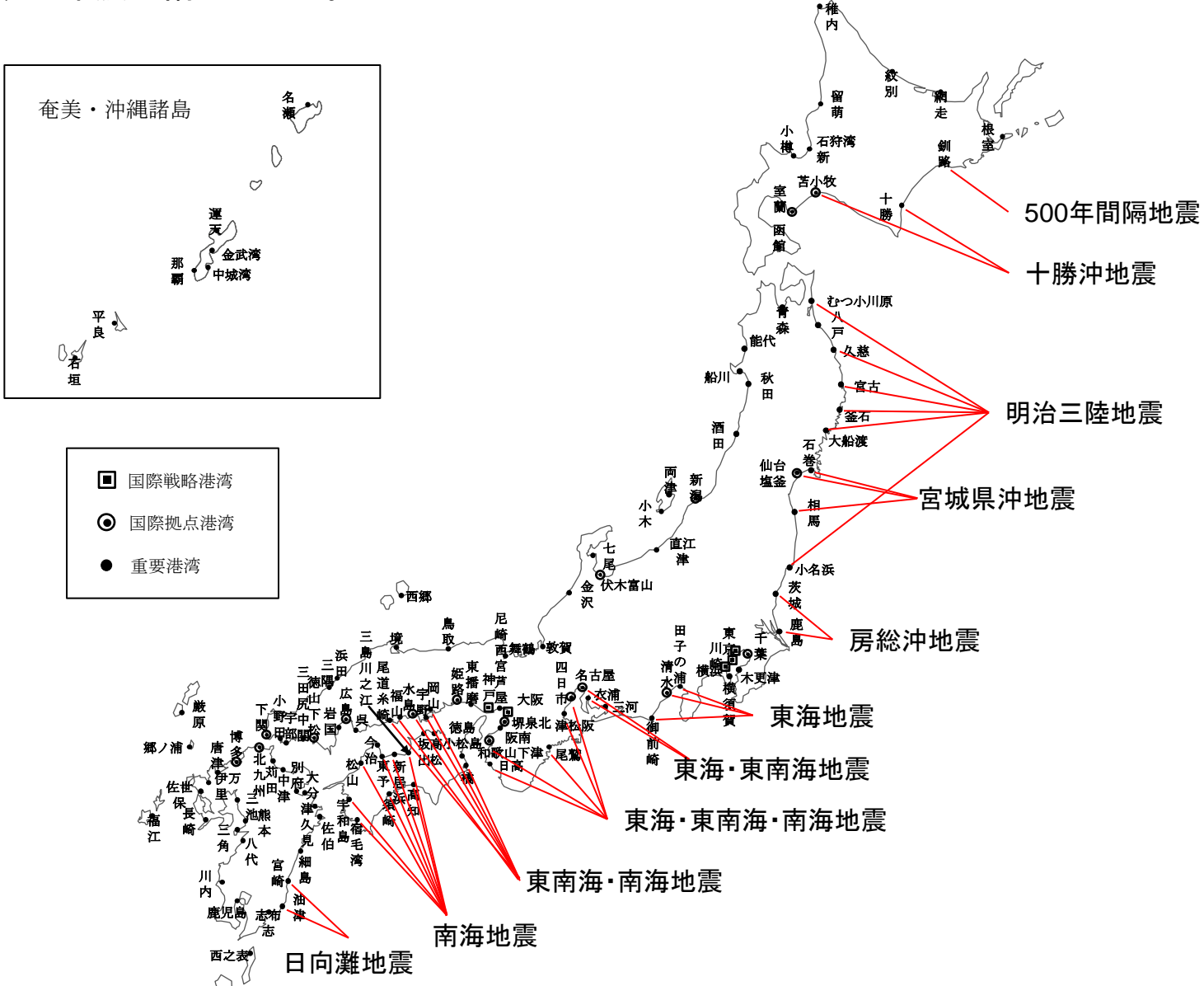
2. 津波対策における課題

- (1) 対象津波の設定と背後地の防護のあり方
 - 地域防災計画における想定地震(太平洋沿岸)
 - 海岸堤防高さ充足率
 - ハザードマップの作成・公表状況
- (2) 背後地への浸水を前提とした避難対策の充実
 - 避難所でのアンケート結果
 - 防災教育の成果等
 - 避難対策(即時浸水予測システム)
- (3) 施設の計画・設計における防護目標の確立
 - 現行技術基準における外力の考え方
- (4) 広域的な津波災害への対応
 - 主な海溝型地震の発生間隔

- 海溝沿いの主な地震の今後30年以内の発生確率
- (5) 港湾の応急対応の重要性と課題
 - 東日本大震災の広域性
 - 東北のものづくり産業を支える港湾
 - 産業物流のサプライチェーンを支える港湾
 - 被災地以外の産業活動への影響
 - 港湾の業務継続計画(港湾BCP)
 - 港湾における初動対応
 - 港湾の応急対応(仙台塩釜港(仙台港区)の航路啓開)
 - 庁舎等の機能強化

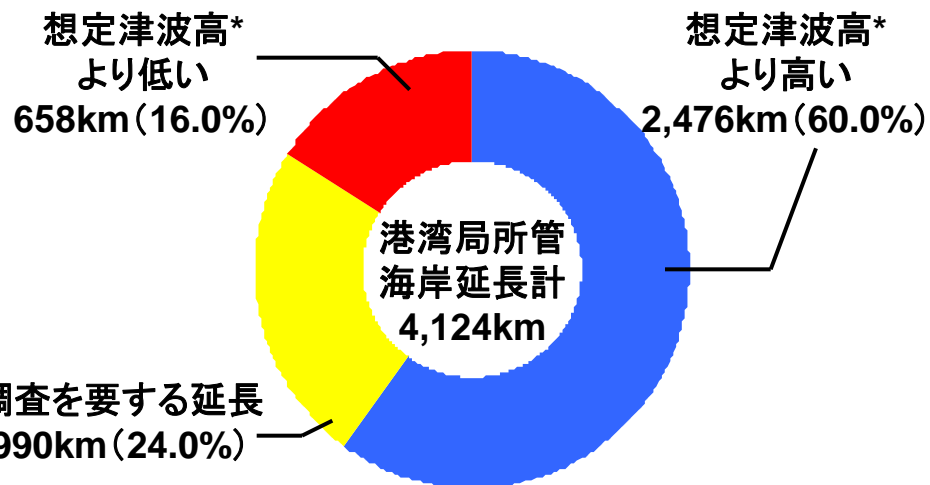
地域防災計画における想定地震(太平洋沿岸)

各港湾が所在する自治体は災害対策基本法に基づく地域防災計画において、想定地震を設定し、それに対する津波に備えている。



海岸堤防高さ充足率(港湾局所管海岸)

海岸堤防高さ充足率[H22.3]



*来るべき地震津波高さに対して、既往の津波実績や内閣府等の試算等から海岸管理者が独自に設定。

※福岡県: 約6割が想定津波高さ未設定

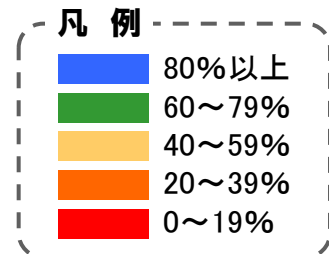
※長崎県: 想定津波高さ未設定(全海岸延長)

※熊本県: 想定津波高さ未設定(全海岸延長)

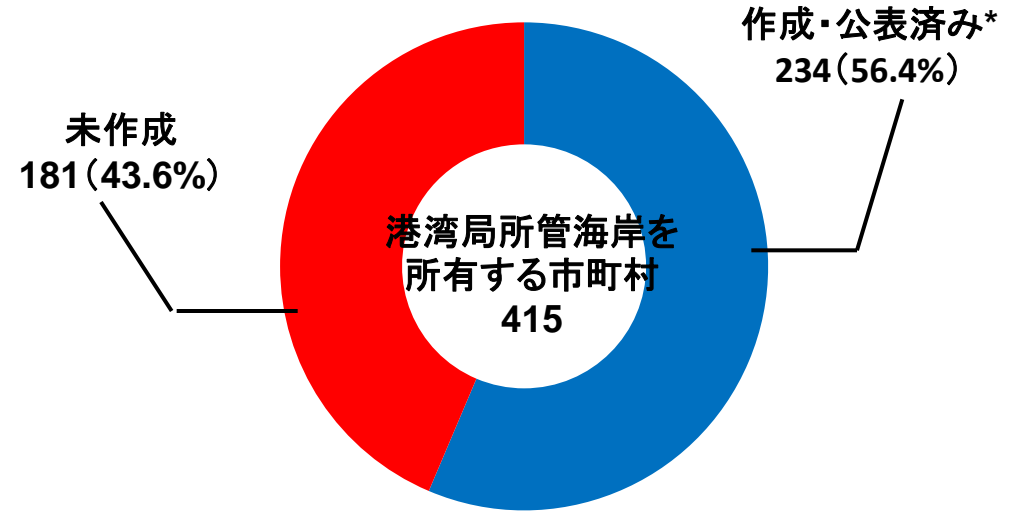
※富山県: 想定津波高さ未設定(全海岸延長)

※京都府: 想定津波高さ未設定(全海岸延長)

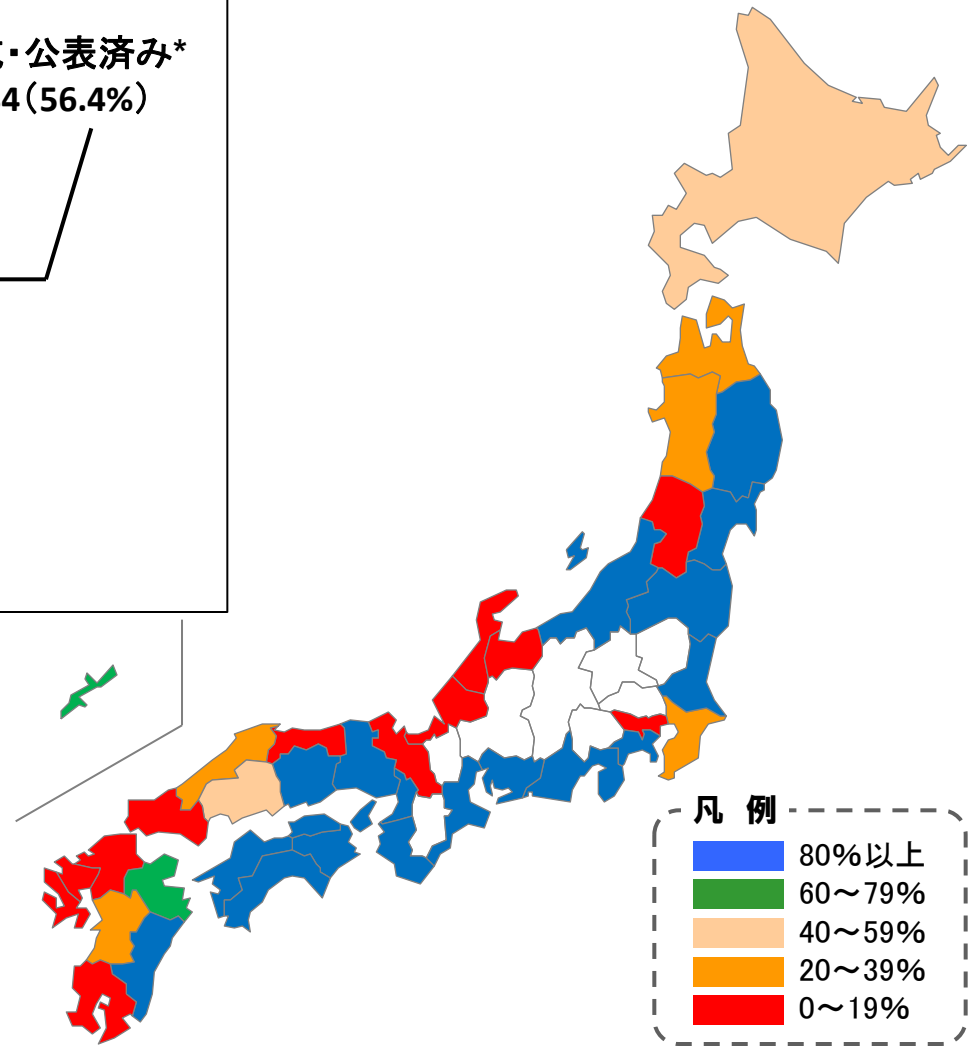
※島根県: 想定津波高さ未設定(全海岸延長)



津波ハザードマップ作成・公表率(%) [H22.3]

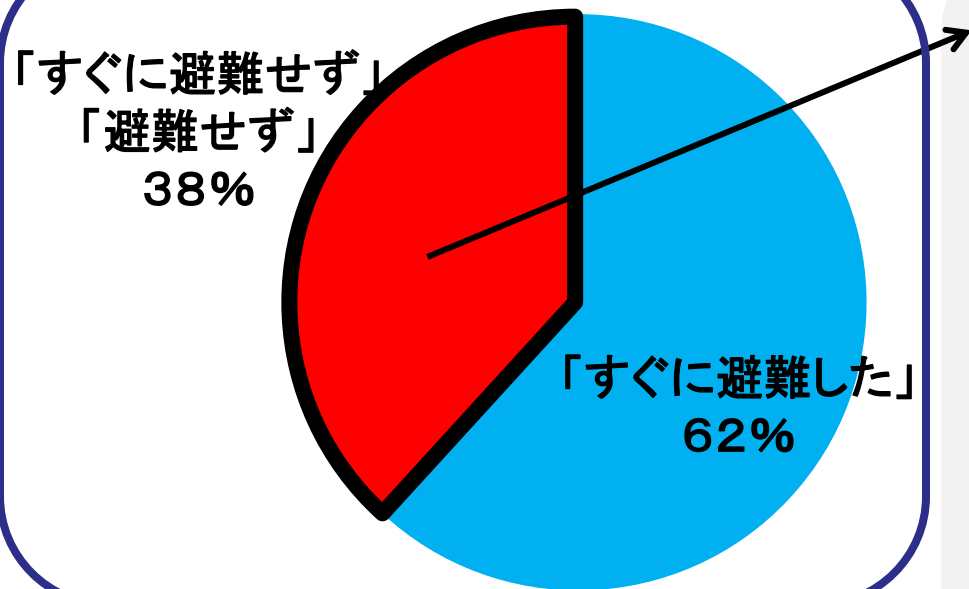


*一部の海岸で作成・公表済みの市町村を含む



避難所でのアンケート結果

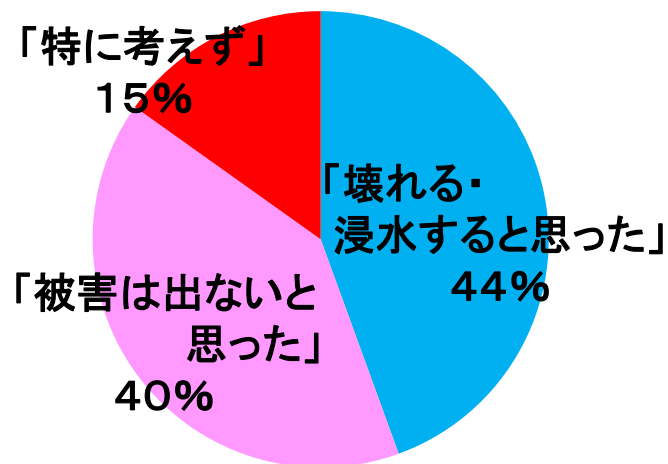
地震直後に避難したか



すぐに避難しなかった主な理由(複数回答)

- 「家族や同僚の安否を確認していた」…25%
- 「防波堤や防潮堤を超えるような津波は来ないと思った」…24%
- 「地震の後片づけをしていた」…21%
- 「過去の経験から大きな津波が来ないと思い、避難が遅れた」…20%
- 「津波のことは考えつかなかった」…14%

自宅が被災すると思ったか



避難所でのアンケート結果

■ 避難の方法について(有効回答数355)

- | | |
|-------|-----|
| 1 徒歩 | 65% |
| 2 自動車 | 33% |
| 3 自転車 | 2% |

■ スムーズに避難できたか、又はできなかったその理由(有効回答数357)

- | | |
|---|-----|
| 1 スムーズに避難できた | 71% |
| 2 最初の津波警報を聞いて、防波堤や防潮堤を越えるような津波は来ないと思った。 | 6% |
| 3 道路が渋滞していた。瓦礫で道路が塞がっていた | 6% |
| 4 一人では動けなかった。または、お年寄りなど動けない家族等がいた | 3% |
| 5 過去の経験から自分のいるところは安全だと思った | 3% |
| 6 避難場所を知らなかった。どこに逃げたらよいか分からなかった。 | 3% |
| 7 その他 | 8% |

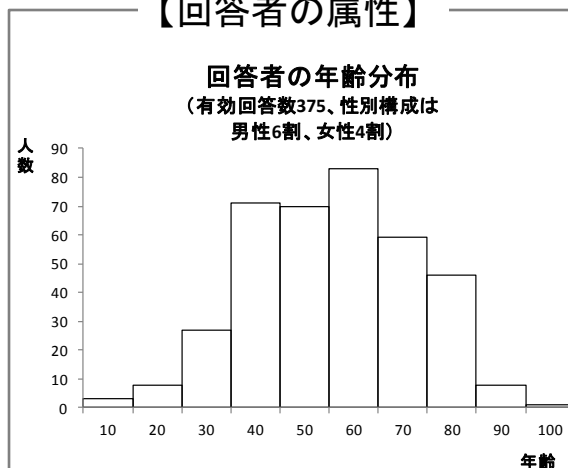
■ 津波の避難情報を何で知ったか(有効回答数332)

- | | |
|---------------|-----|
| 1 防災無線 | 41% |
| 2 避難している人から | 17% |
| 3 ラジオ | 13% |
| 4 テレビ | 9% |
| 5 自己判断(勘・経験等) | 8% |
| 6 消防等の広報車 | 5% |
| 7 その他 | 6% |

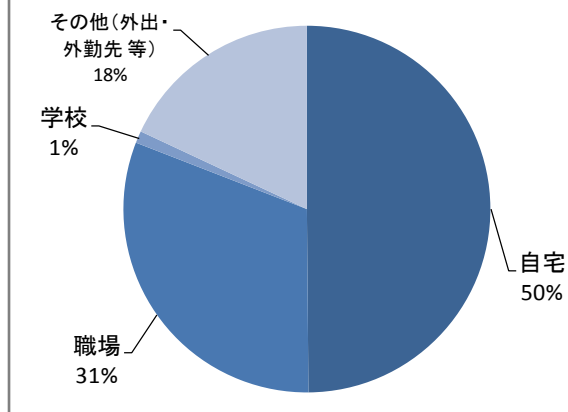
■ 津波から難を逃れた要因(有効回答数322)

- | | |
|--------------------------------|-----|
| 1 防災訓練の経験があったから | 21% |
| 2 市の広報等により常に防災意識が高かった | 19% |
| 3 家族などの伝承があったから | 16% |
| 4 避難所が近くにあった、あるいは発生時から安全な場所にいた | 11% |
| 5 周りからの指示(職場等) | 10% |
| 6 自己判断(勘・経験等) | 8% |
| 7 運や偶然 | 8% |
| 8 その他 | 7% |

【回答者の属性】



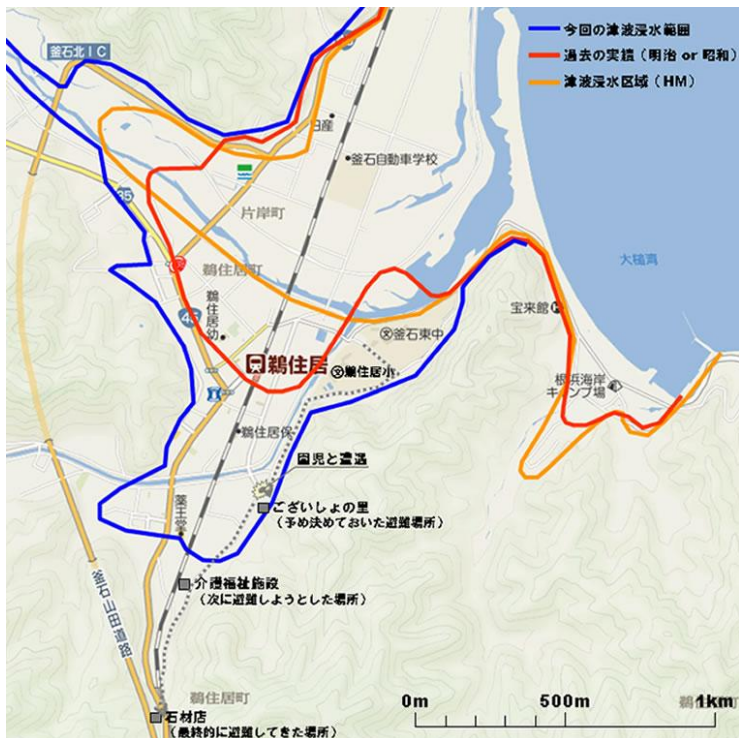
地震発生時の居場所 (有効回答数377)



防災教育の成果等

○釜石市はこれまでの継続的な津波防災教育により、地域の将来の担い手であり、地域の財産である“子どもたちの命”を守ることに成功した。

- 釜石市の小学生1,927人、中学生999人(H23.3.1時点)のうち、津波襲来時時において学校の管理下にあった児童・生徒については、適切な対応行動をとることによって、一人の犠牲者もたすことなく、大津波から生き残ることができた。
- また、市内の幼稚園児、保育園児においても、犠牲者はゼロであった。



大槌湾(鶺住居・片岸周辺)の津波浸水範囲

釜石市の防災教育における津波避難3原則

- ① 想定にとらわれるな...ハザードマップはあくまで目安。頭から信じ込まないこと。
- ② 最善を尽くせ... もっと高くまで逃げられないか、など、常に最善を求めること。
- ③ 率先し避難せよ... 全体の動きをみて避難の群れに身を投じるのではなく、率先して避難することでほかの人の避難意識を高めよ



小中学生と一緒に避難している様子

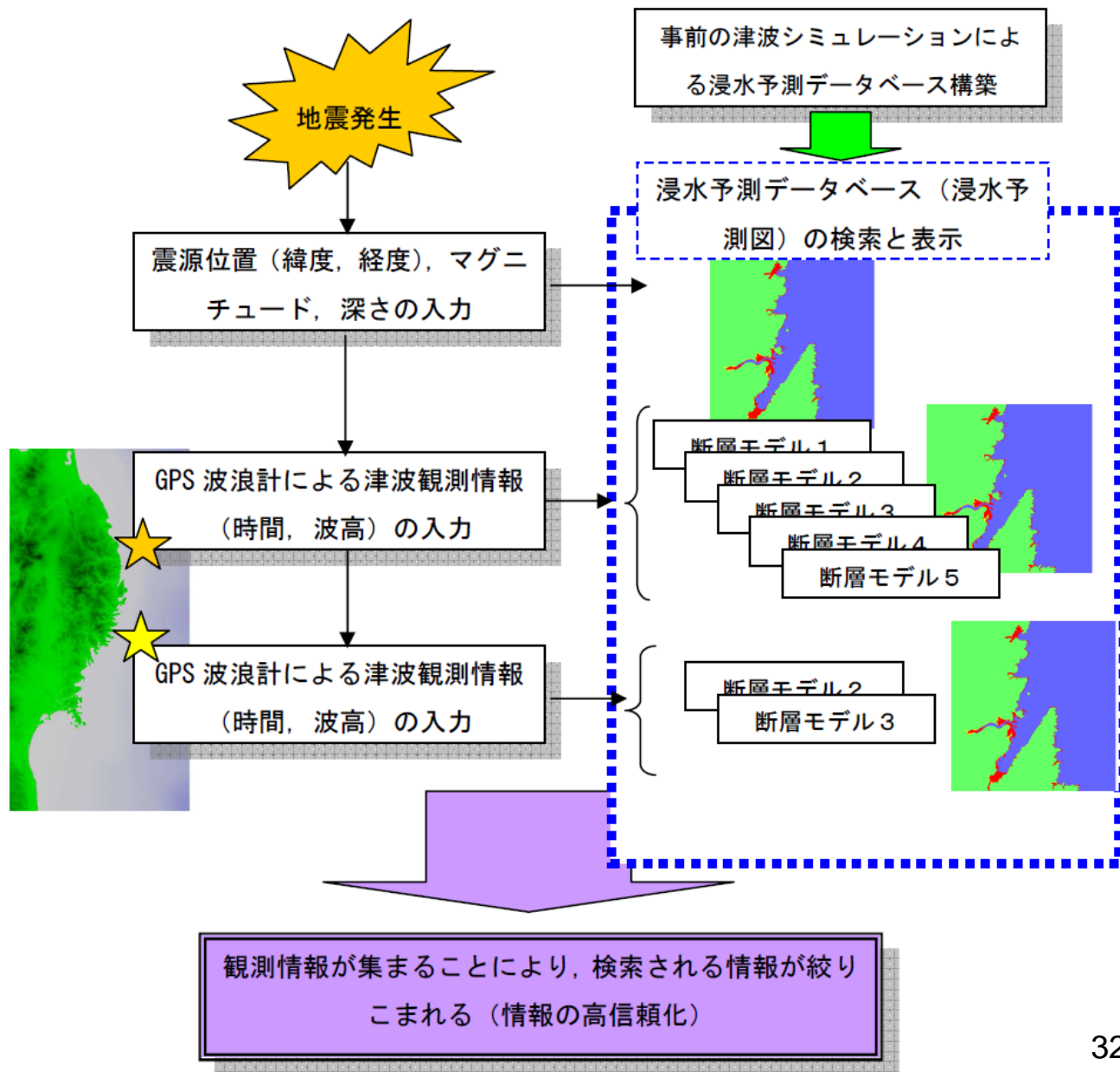


津波によって浸水した鶺住居小学校 31 (手前)と釜石東中学校(奥)

避難対策(即時浸水予測システム)

即時浸水予測システム

- 浸水予測データベースに、GPS 波浪計による津波観測情報を入力することで、浸水予測図が検索・表示されるもの。
- 観測データが集まることにより検索されるデータが絞り込まれる。
- 津波発生後初期の段階では観測されたデータ数も少ないため、検索される浸水予測図が多くなるが、徐々に観測データが多くなると検索される浸水予測図が絞り込まれる。



現行技術基準における外力の考え方

■H7年阪神大震災を受けてレベル2地震動を導入

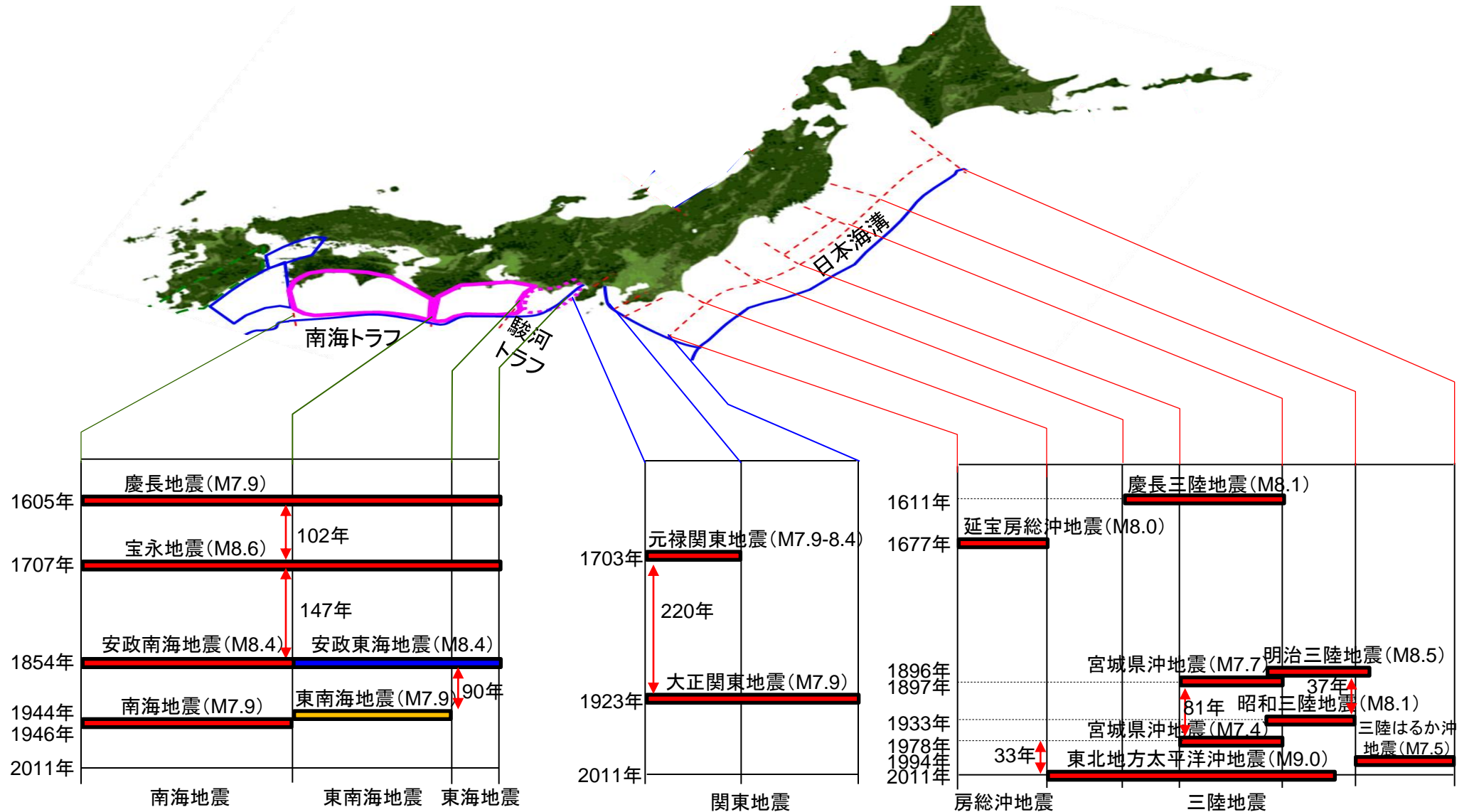
- H11年 港湾基準の改正： 地震動をレベル1、レベル2に区分。耐震強化岸壁については、レベル2地震動に対する耐震性能照査を導入。
- H16年 海岸保全施設基準の改正： 地震動をレベル1、レベル2に区分。高い耐震性能が必要とされる施設については、レベル2地震動に対する耐震性能照査を導入。

■H19年 港湾技術基準の改正

- 技術基準を性能規定化し、永続作用、変動作用、**偶発作用**を定義。
 - ・永続作用： 自重、土圧等、設計供用期間中に常に生じる作用
 - ・変動作用： 風、波浪、レベル1地震動等、設計供用期間中に生じる可能性の高い作用
 - ・**偶発作用**： **津波、レベル2地震動、偶発波浪、火災等、設計供用期間中に生じる可能性は低い**が、当該施設に大きな影響を及ぼすと想定される作用。

	地震	津波	波浪(高潮)
レベル1 (変動作用)	■レベル1地震動 供用期間中に発生する可能性の高い地震動 ⇒ 再現期間75年の地震動	■津波(偶発作用) 供用期間中に発生する可能性は低いが施設に大きな影響を及ぼす作用 ⇒ 既往最大津波、防災上適切と考えられる規模の津波等を踏まえ設定 ※最大規模の想定津波の設定レベルの考え方や方法が曖昧	■波浪(変動作用) 供用期間中に発生する可能性の高い波浪 ⇒ 再現期間50年の波浪
レベル2 (偶発作用)	■レベル2地震動 その地点で想定される最大規模の地震動 ⇒ 中央防災会議等の調査結果等を踏まえて設定		■偶発波浪 左記と同じ ⇒ 施設に最も厳しい波浪、又は再現期間100年以上の波浪 ※偶発波浪の設定レベルの考え方や方法が曖昧

主な海溝型地震の発生間隔



※参考資料「地震考古学」(中公新書)、日本被害津波総覧(東京大学出版会)、日本の地震断層パラメータハンドブック(鹿島出版会)

海溝沿いの主な地震の今後30年以内の発生確率

地震調査研究推進本部「海溝型地震の長期評価の概要」
 (算定基準日 平成23年(2011年)1月1日)より作成

参考: 今後30年間で遭遇する確率

- 交通事故で死亡…約 0.2%
- 交通事故だけが…約 20%
- 火災で死傷…約 0.2%
- 火災に被災…約 2%

【出典】地震調査委員会事務局

与那国島周辺
 (M7.8程度)
30%程度

日向灘
 (M7.1前後)
70~80%

南海
 (M8.4前後)
60%程度

東南海
 (M8.1前後)
70%程度

安芸灘~豊後水道
 (M6.7~7.4)
40%程度

東海
 (M8程度)
87%(参考値)

南関東
 (M6.7~7.2程度)
70%程度

根室沖 (M7.9程度)
40~50%程度

三陸沖 北部 (M7.1~7.6)
90%程度

宮城県沖 (M7.5前後) **99%**

三陸沖 南部海溝寄り (M7.7前後)
80~90%

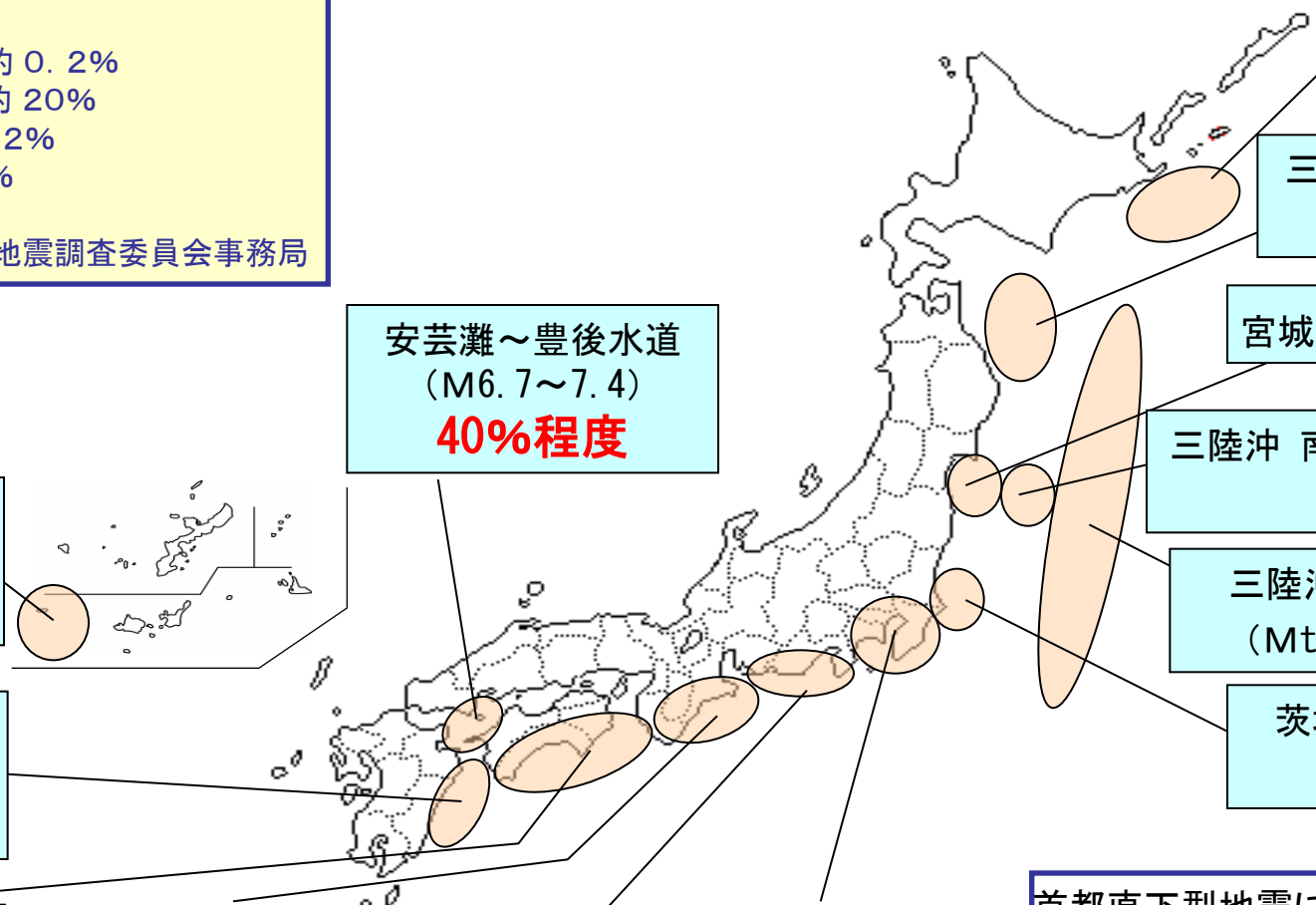
三陸沖~房総沖・津波地震
 (M8.2前後) **20%程度**

茨城県沖 (M6.7~7.2)
90%程度以上

首都直下型地震による被害想定
 (東京湾北部地震の場合: 夕方18時・風速15m/s)

- 死者数: 約11,000人
- 経済被害: 約112兆円

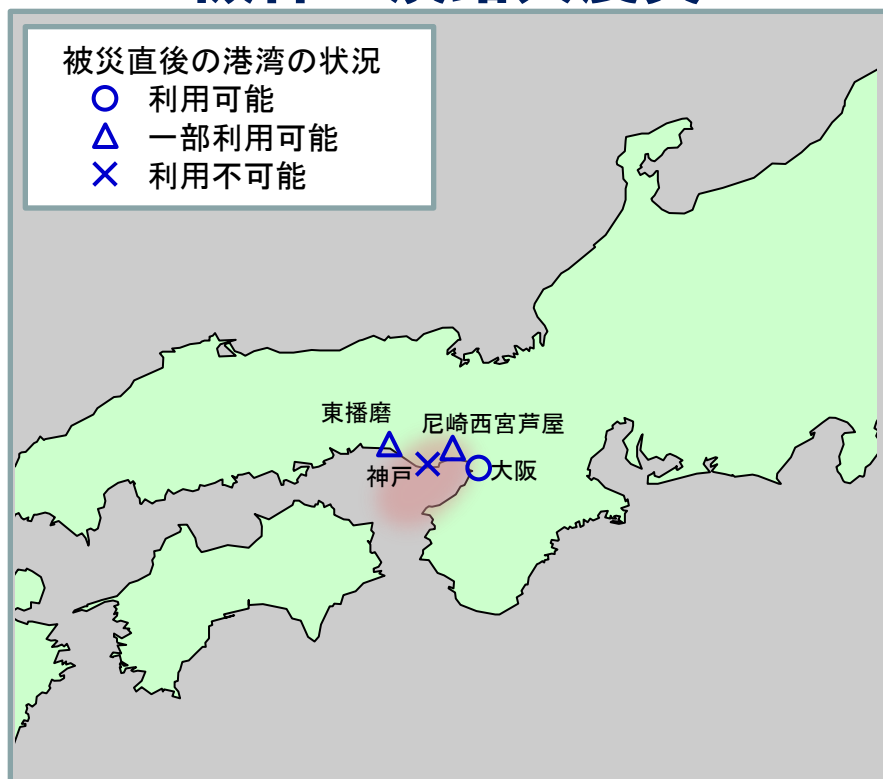
【出典】中央防災会議資料(H17.7.22)



東日本大震災の広域性

東日本大震災の被害は、神戸港以外の大阪港等の近隣港湾が利用できた阪神・淡路大震災と違い、青森県八戸港から茨城県鹿島港の広域にわたり全ての港湾が使用不可能となったため、東北一円の生活・産業に必要な物資が入ってこない状況となった。

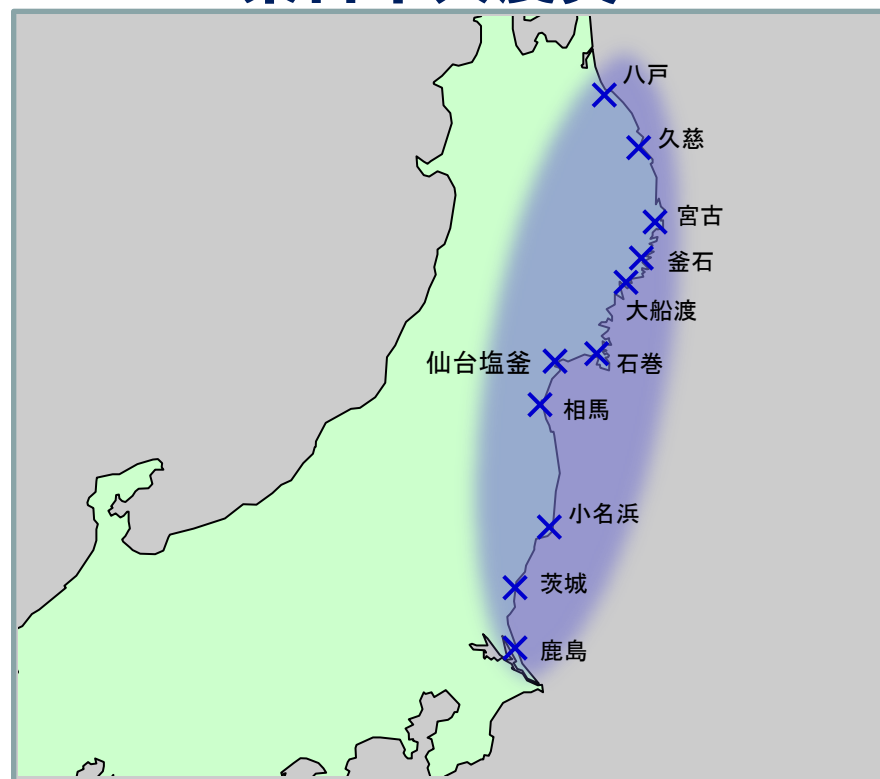
阪神・淡路大震災



避難者 32万617人
避難所 約1,200ヶ所

- ・マグニチュード7.3
- ・最大震度7
- ・死者6,434人(不明者3人)

東日本大震災



避難者 46万8,653人
避難所 2,506ヶ所

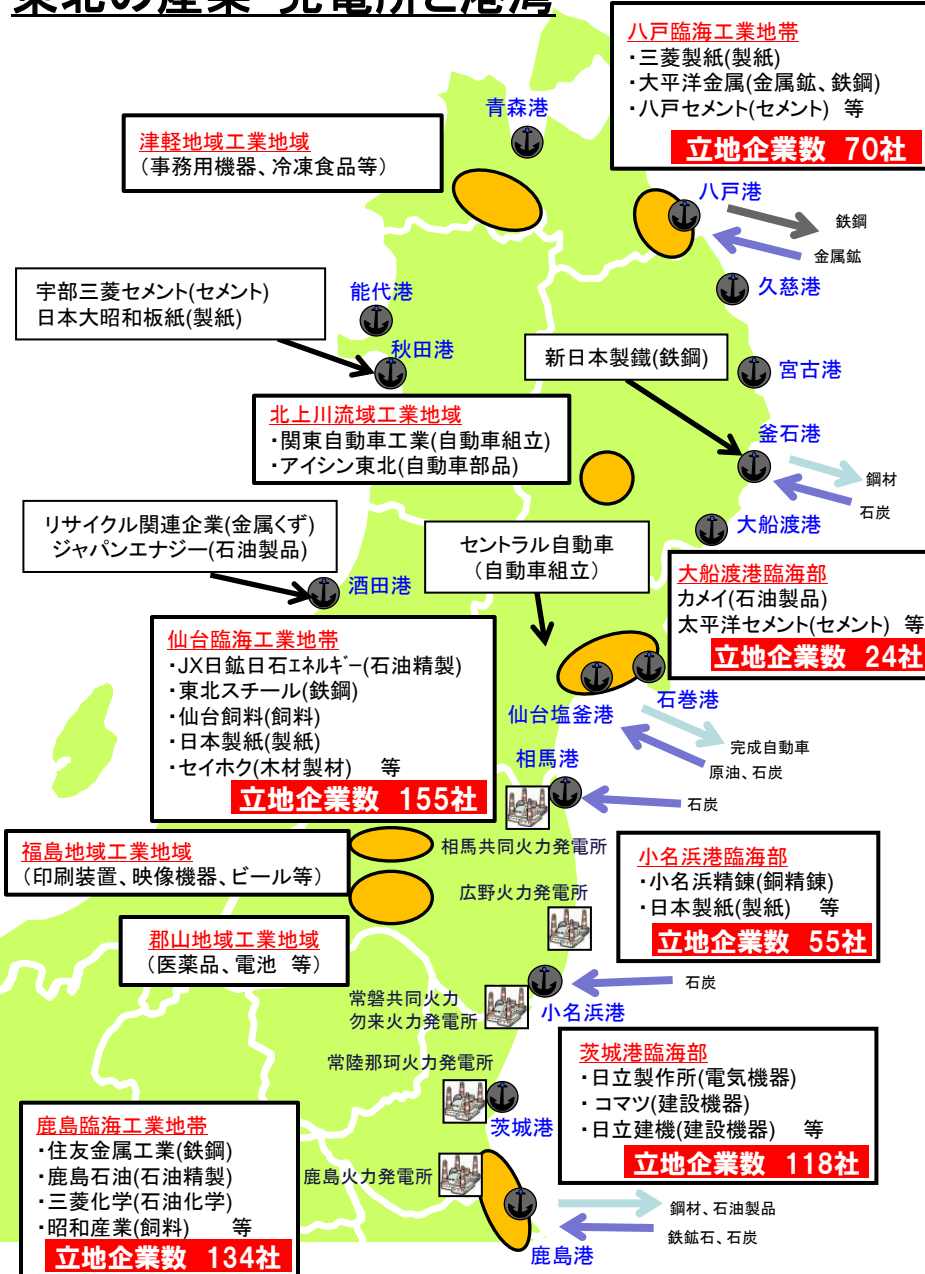
- ・マグニチュード9.0
- ・最大震度7
- ・死者1万5,434人(不明者7,931人)

赤字:ピーク時の値

※6月13日17:00時時点

東北のものづくり産業を支える港湾

東北の産業・発電所と港湾



損壊して利用不能となった岸壁 (相馬港)



荷役機械の倒壊により荷役不能となった岸壁 (仙台塩釜港)



地盤沈下や護岸損壊による浸水の被害が甚大なサイロ(石巻港)

産業を支える港湾の早期復旧が課題

緊急物資としての燃料油や、電力確保に不可欠な火力発電所に必要な石炭の輸入港湾(相馬港、小名浜港、鹿島港等)

製造業の製品・半製品等のサプライチェーンを支える国際コンテナ港湾(仙台塩釜港 等)

地元の雇用・経済を支える地場産業(製紙業・合板工場等)の生産に必要な木材チップ・原木の調達拠点(八戸港、大船渡港、石巻港 等)

畜産拠点「東北」向け飼料原料の穀物の輸入拠点(八戸港、石巻港、鹿島港 等)

産業物流のサプライチェーンを支える港湾

東北・北関東に寄港する外資定期コンテナ航路の状況

東北地方太平洋側港湾の被災により東北・北関東に寄港する基幹コンテナ航路が休止

東北地方と京浜港を結ぶ内航フィーダー航路も休止

原発事故による風評被害により、基幹コンテナ航路が京浜港を抜港

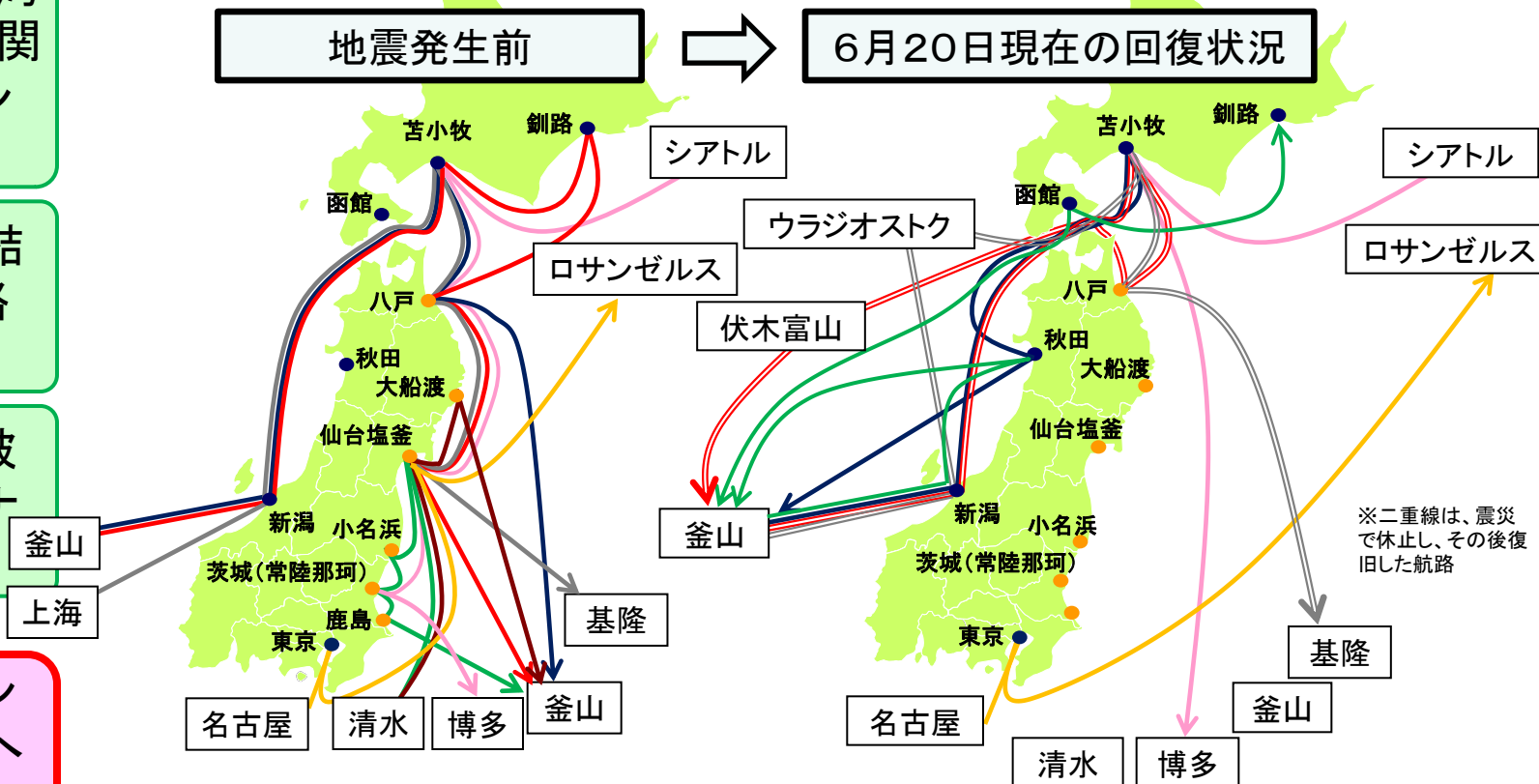
東日本地域の国際コンテナ貨物の釜山港等への流出

京浜港の地盤沈下

・京浜港 コンテナ 釜山へ流出
 国際戦略港湾 初年度に逆風
 (6月17日 神奈川新聞)

地震発生前

6月20日現在の回復状況



※二重線は、震災で休止し、その後復旧した航路

貨物量: 13,316 TEU*
 航路便数: 6.5便

貨物量: 343 TEU*
 航路便数: 2便

*貨物量は、2010年5月と2011年5月の比較

コンテナ港湾の機能回復が遅れると、日本の産業・経済全体に大きな影響が及ぶ

被災地以外の産業活動への影響(石油の代替輸送例)

- 東日本大震災により東北地方太平洋側の製油所及び油槽所が被災し、東北地方における燃料供給能力が激減。
- 東北地方太平洋側の港湾も被災しており、タンカーの入港が不可能な状況。

- 北海道や西日本の製油所の稼働率を最大限まで引き上げるとともに、被災していない日本海側港湾(秋田港、酒田港)への海上輸送や鉄道を活用して、東北地方で必要な石油等の燃料(3.8万kl/日)の供給を確保。

各地の製油所の稼働率アップによる追加増産分等を東北地方へ転送
約2万kl/日(3月17日時点)
 (※ 海上輸送分、陸上輸送分の合計)

北海道の製油所:フル稼働

東北全体では1日当たりの燃料油販売量:**3.8万kl/日**

日本海側港湾への海上輸送

東北各県への鉄道輸送

西日本の製油所:フル稼働

関東地方の製油所も被災により生産能力が低下したことで東日本の供給能力が激減。

- 主な製油所
- 製油所 (被災あり)
 - 製油所 (被災無し)
- 東北地方の主な油槽所
- 油槽所 (被災あり)
 - 油槽所 (被災無し)



仙台製油所における火災発生状況

被災地以外の産業活動への影響(配合飼料の代替輸送例)

○ 東日本大震災により、全国シェアの3割を占める東北・北関東における配合飼料工場が被災し、東北地方における飼料供給が著しく不足。各地の飼料工場で増産し、東北地方へ海上輸送や陸上輸送を行うことにより供給。

2009年
配合飼料生産量
2,435万トン

そのうち被災港湾における
生産量のシェアは31.2%

北海道から
海上輸送(フェリー含む)で代替供給
(青森港、八戸港、能代港、秋田港、
酒田港で受入)

北海道における増産量:
約 6.2万トン

九州地方・中国地方(一部)から
海上輸送で代替供給
(八戸港、仙台塩釜港、青森港、能代港、
秋田港、酒田港、新潟港で受入)

各地での配合飼料増産分等を東北地方
へ転送: 約3,500トン/日(4月25日時点)
(※ 海上輸送分、陸上輸送分の合計)

北陸における増産量:
約2.2万トン

被災港湾周辺に立地する配合飼料製造
工場は操業停止

九州における増産量:
約4.3万トン

北陸、中部、中国地方
から陸上輸送で代替供給

東北地方での配合飼料供給量
約8,800トン/日(4月25日時点)

※ 東北地方での平時の配合飼料供給量は
約1万トン/日

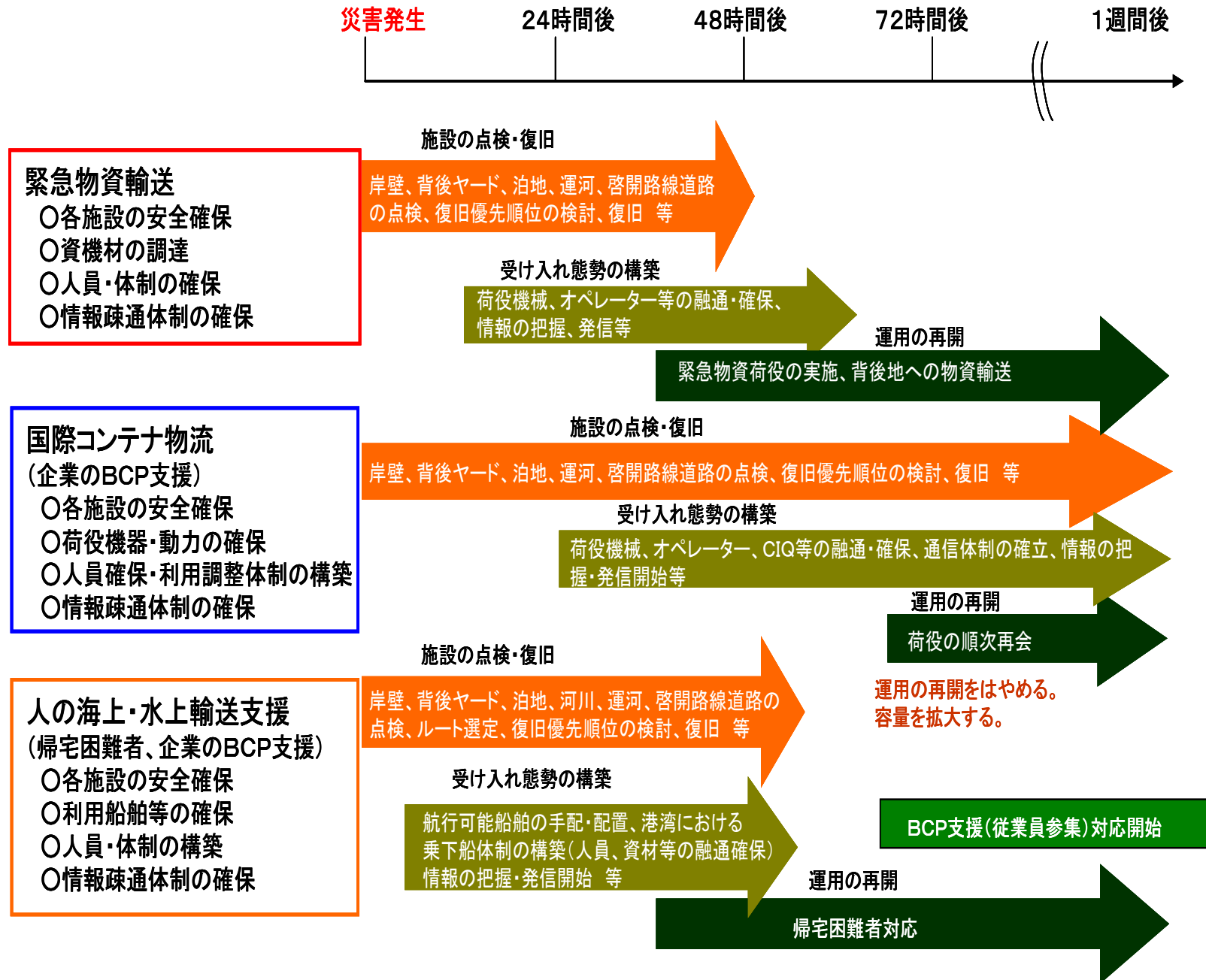
中国における増産量:
約2.8万トン

中部における増産量:
約4.3万トン

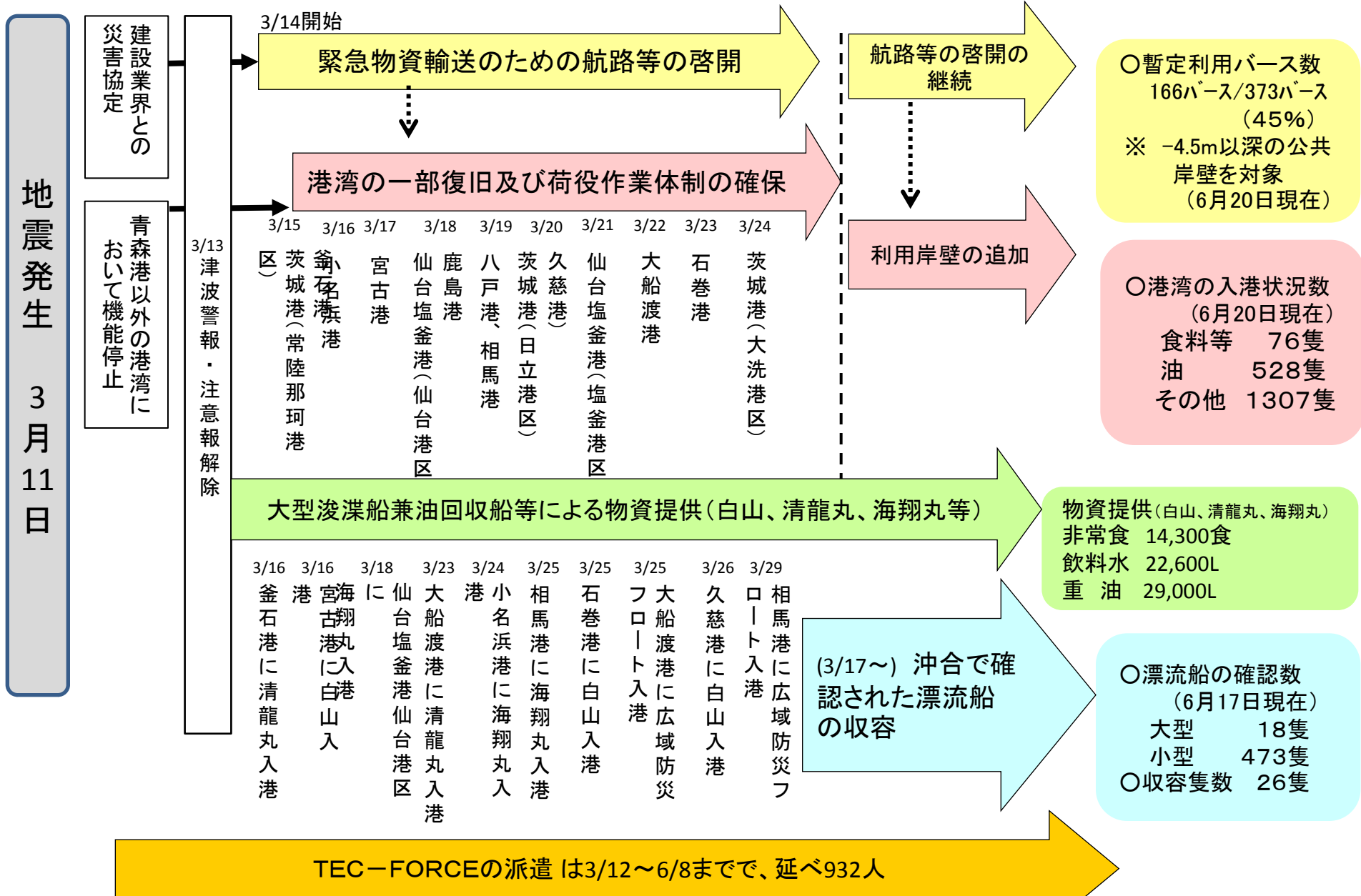
注1: 各地方における増産量は各企業へのヒアリングによるものであり、被災後から2ヶ月間(5月10日まで)の合計値 40

注2: ×は被災により3月末の段階では操業が停止していた港湾。

出典) 農水省「流通飼料価格等実態調査(2009年)」及び関係者へのヒアリングを基に国土交通省港湾局作成

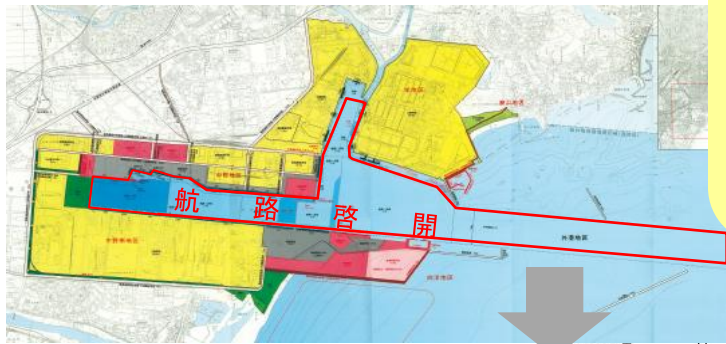


港湾における初動対応



港湾の応急対応(仙台塩釜港(仙台港区)の航路啓開) 国土交通省

■仙台塩釜港(仙台港区)の航路啓開



平成23年3月14日 海底状況の確認調査開始
 平成23年3月15日 航路啓開作業に着手、高松埠頭岸壁前面の音速
 深浅測量実施、ナローマルチビームによる海域
 地形測量実施
 平成23年3月18日 高松埠頭(-12m)1バースが開放、引き続き航路
 啓開作業及び海域地形測量 実施
 平成23年5月31日現在 公共岸壁(-4.5m以上)12バースが開放(一部暫定)

■測量による障害物分布状況 531地点



障害物の撤去状況 (5月21日 作業終了)

531点/531地点 (100%)

(揚収物の内訳)

コンテナ 335個
 自動車 26 個
 その他 74 個

参考 塩釜港区

(230地点/230地点 (100%)(4月18日 完了))

■障害物の引き揚げ作業

● 揚収地点



庁舎の被災状況

(塩釜港湾・空港整備事務所本庁舎)



港湾緊急物資の一時保管所や 被災した上屋の代替となった大型テント

(大船渡港)



3. 津波の規模や発生頻度に応じた防災・減災目標の明確化

○2段階(防災・減災)の総合的津波対策

2段階(防災・減災)の総合的津波対策

津波レベルの定義	津波の発生頻度	達成すべき防護目標	総合的津波対策		
			防災施設	土地利用	避難対策
発生頻度の高い津波 その地点で施設の供用期間に発生する可能性が高い津波	数十年～百数十年に1回	<ul style="list-style-type: none"> ・人命を守る ・財産(堤内地)を守る ・経済活動(堤内地)の継続 ・発災直後に必要な港湾機能の継続 	<ul style="list-style-type: none"> ・堤内地の浸水を防止するよう計画・設計 	<ul style="list-style-type: none"> ・堤外地の重要な港湾施設が被災しないよう計画 	<ul style="list-style-type: none"> ・最悪のシナリオを想定して計画
最大クラスの津波 その地点で想定される最大規模の津波	数百年～千年に1回	<ul style="list-style-type: none"> ・人命を守る ・経済的損失の軽減 ・大きな二次災害の防止 ・早期復旧 	<ul style="list-style-type: none"> ・堤内地の浸水を許すが、破堤等により被害が拡大しないよう計画・設計 ・必要に応じ多重防御を検討 	<ul style="list-style-type: none"> ・堤内地の浸水を前提として計画 	<ul style="list-style-type: none"> ・最悪のシナリオを想定して計画

4. 産業活動・まちづくりと連携した防護のあり方

- (1) 防護思想の転換
- (2) 防護ラインの外側(堤外地)の防護方策
 - 港湾における「減災」のイメージ
 - 水門・陸閘等の自動化・遠隔操作化
- (3) 民間施設の津波対策
- (4) 被災港湾の復旧におけるまちづくりとの調整の基本的考え方
 - 復興まちづくり計画と港湾の復旧・復興計画の調整手順

港湾における「減災」のイメージ

みなとまちエリア

産業・物流エリア

最大クラスの津波

避難場所

避難場所

臨港道路・緑地等の活用

洗掘防止対策等を講じた防潮堤

土地利用の見直し、BCP策定

現行の防護ライン

粘り強い構造を有する防波堤など

水門・陸閘等の自動化・遠隔操作化

IT(情報通信技術)を活用し、津波に関する防災情報の共有化や施設の管理制御の高度化等を進める。

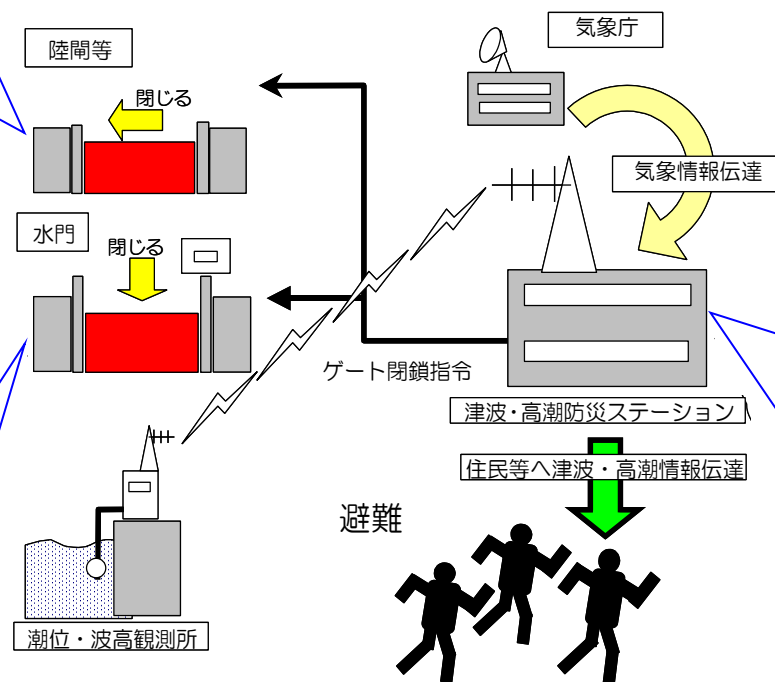
津波防災ステーション等による海岸防災機能の高度化のイメージ(水門等の自動化・遠隔操作化)



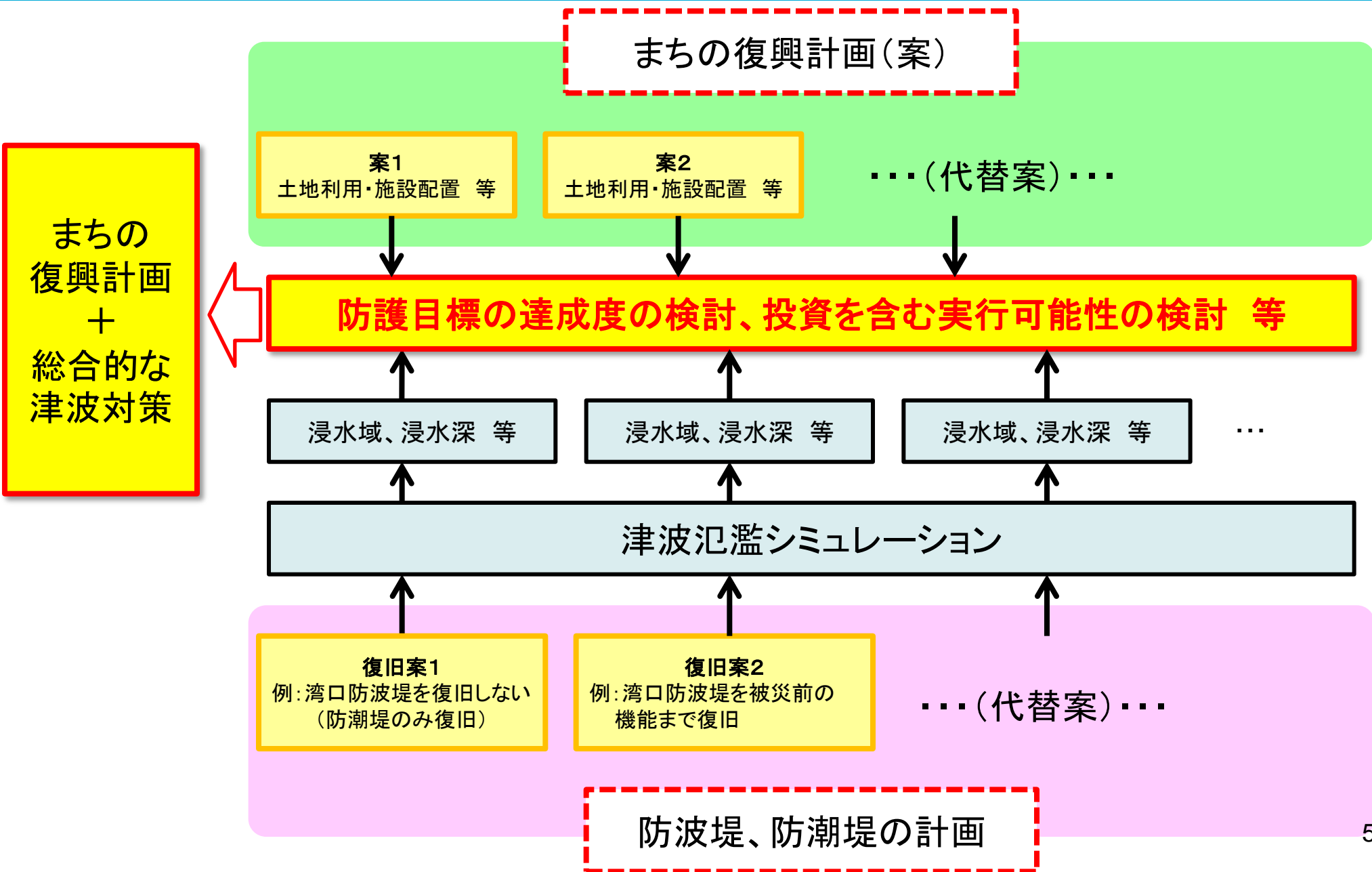
名古屋港海岸(愛知県)



東京港海岸(東京都)



相良港海岸(静岡県)

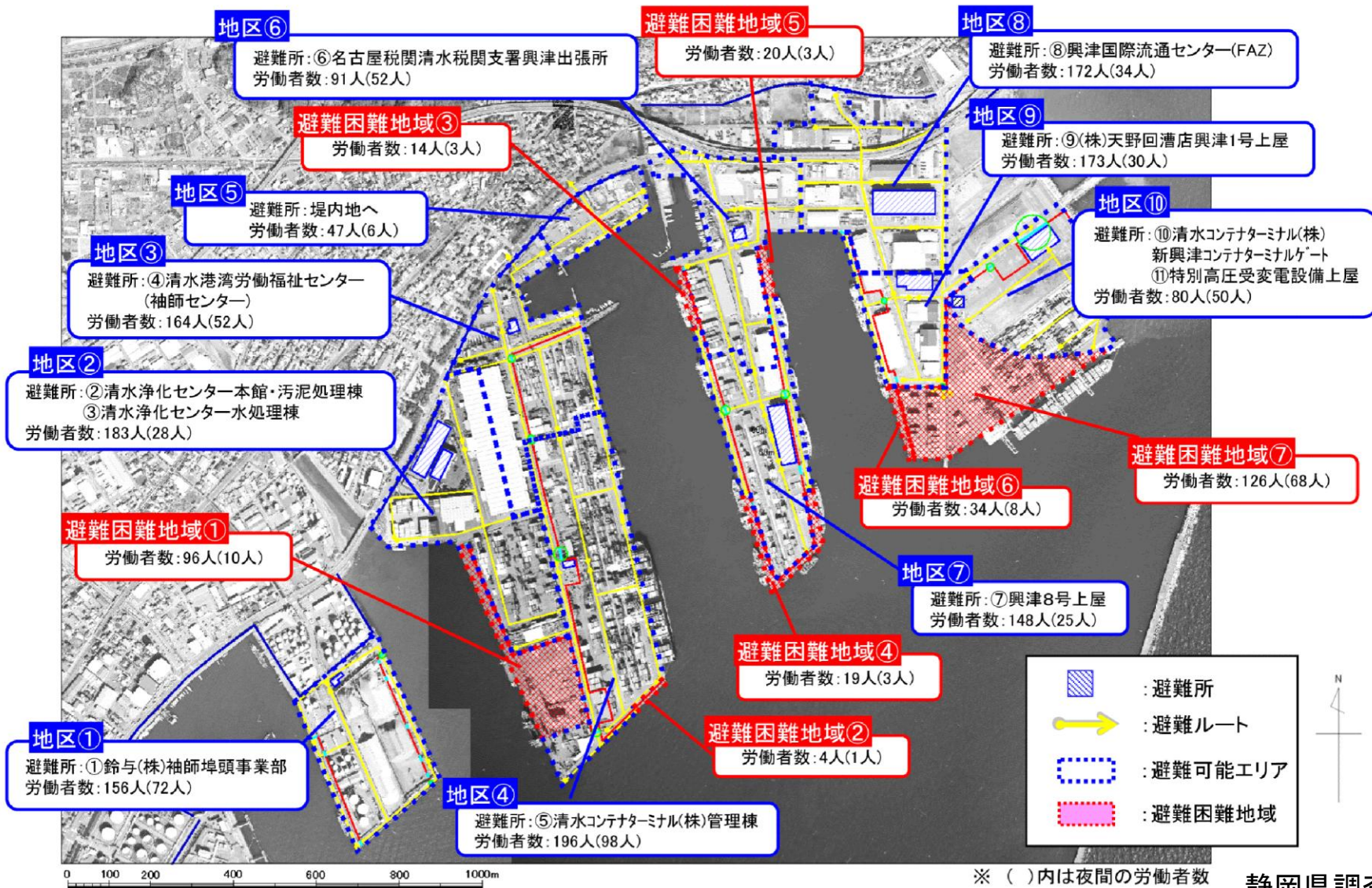


5. 避難対策の強化

- (1) 浸水想定区域における避難施設の確保
 - 港頭地区の労働者の避難施設の必要性
 - 避難に係わる施設整備等
- (2) 避難に係る情報提供システムの強化・多重化
 - 津波警報・注意報の改善
 - GPS波浪計による沖合における津波観測
 - 海象観測データの伝達体制の強化

港頭地区の労働者の避難施設の必要性

○清水港の袖師・興津・新興津地区において調査した結果、津波到達時間内に避難所への避難が不可能だと言われている埠頭内労働者は300人を超えている。



避難に係わる施設整備等

■避難に関わる施設整備

→避難が困難な地域などには、避難所として津波避難タワーを整備

→高台や避難所へアクセスするための階段等を整備

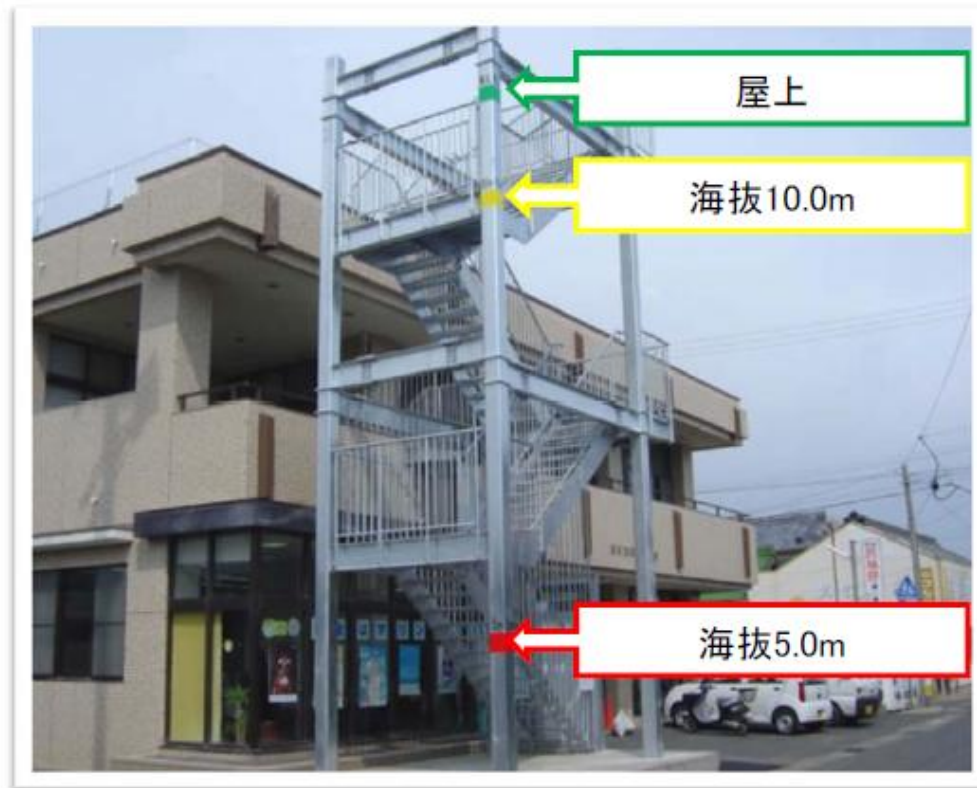
■津波避難タワーや津波避難ビルが満たすべき構造的要件

→耐震性については、耐震診断によって耐震安全性が確認されていること、または、新耐震設計基準（1981年（昭和56年）施行）に適合していることを基本とする。

→津波に対する構造安全性として、原則としてRCまたはSRC構造とし、想定浸水深に応じて、階数や津波の進行方向の奥行きを考慮する。



錦タワー（三重県大紀町）



こう
国府漁村センター緊急避難所（三重県志摩市）

※津波発生時、ここは屋上に避難することになっており、屋上の高さは海拔11.35mである。

避難に係わる施設整備等

■津波避難ビルの指定

→高台や避難場所まで避難することが困難な場合に、民間施設等を緊急的・一時的な避難場として利用するため津波避難ビルに指定

■津波避難ビルの事例

【高層ホテル:石垣市】

→市街地の沿岸にある高層ホテルと協定を結び、津波の際にホテルに逃げ込めるように指定。

【民間企業の事業所:気仙沼市】

→自治会にある食品メーカーの事業所(5階建て)に対して、緊急時の一時避難場所として、自治会が中心となって協定を締結。

【民間ビル・マンション:和歌山市】

→原則として3階建て以上の鉄筋コンクリート構造、かつ24時間何らかの形で避難ビルとして使用可能(24時間常駐者がいる、大きな障害無く進入可能な共有スペースがある等)なビルを対象に指定。

【公共施設:和歌山県広川町】

→町内に津波避難ビルに相応しい構造物が存在しなかったため、海岸近くに町役場庁舎を建設し、3階部分を避難場所として指定。





出典:内閣府調査(平成22年)



津波避難ビルの指定を受けているホテル(石垣市)
出典:石垣市HP



津波避難ビルの指定(広川町)
出典:広川町津波ハザードマップ

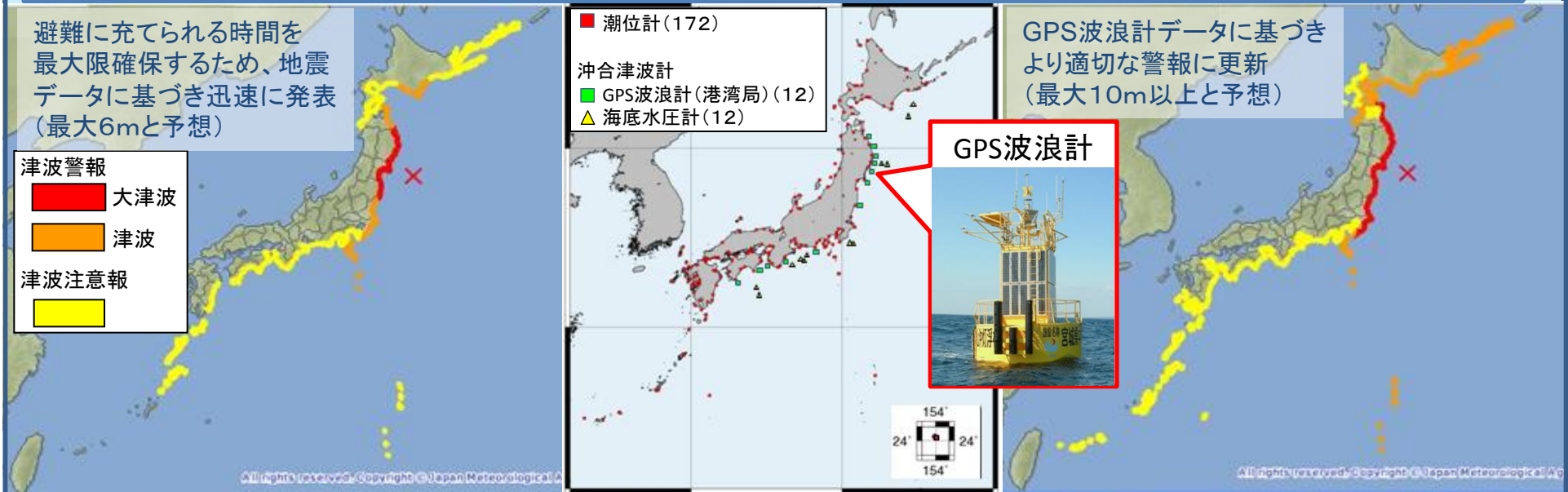
凡 例	
	浸水 3 m 以上
	浸水 1 m 以上 3 m 未満
	浸水 1 m 未満
	一時避難場所

【東北地方太平洋沖地震発生直後における津波警報等の発表状況】

第1報:地震発生後3分で発表

速やかに津波監視を開始

警報の更新:地震発生後28分



【課題】

①津波警報第1報では、技術的な限界からマグニチュードを7.9と過小評価したため、津波の高さを最大6mと予想した

②沖合津波計のデータに基づき津波警報を切り上げたが、地震発生から28分後と時間を要した

【対処案】

①マグニチュード推定手法の改善
 できるだけ早期に正確なマグニチュード推定を可能とするため、

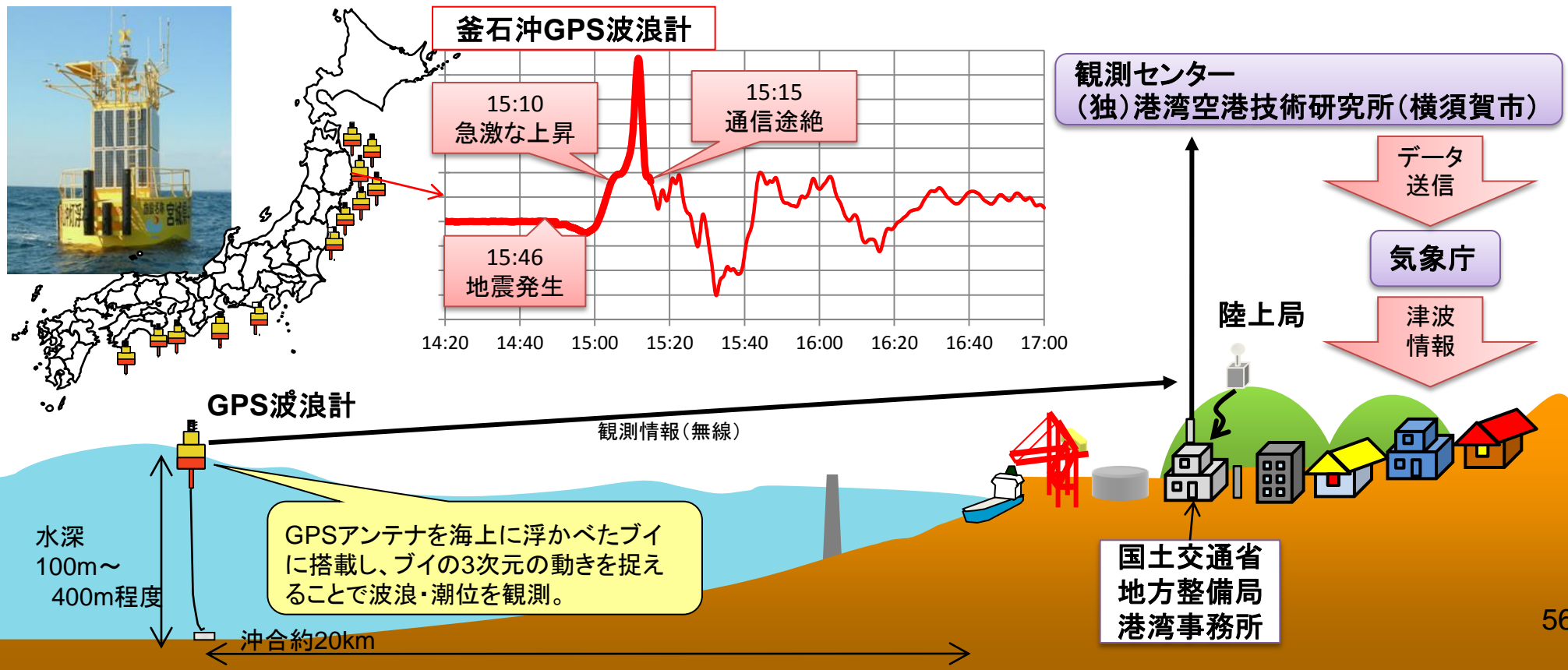
- ・地震観測網の強化
- ・地震データ処理手法の開発

②津波警報切り替え手法の改善
 できるだけ早期に適切な警報に切り替え可能とするため、

- ・沖合津波観測施設の強化につき、関係機関と連携して検討
- ・沖合津波計データに基づく津波警報切り替え手法の高度化

GPS波浪計による沖合における津波観測

- 国土交通省港湾局では沖合の波浪を観測し、港湾施設の設計及び港湾工事に活用するため、GPS波浪計を整備しており、現在12基が稼働中。津波の観測も可能であるため、気象庁にデータをリアルタイム送信中。
- 今回の震災においては、釜石沖等、東北太平洋沖のGPS波浪計において、津波の第1波を**沿岸に到達する10分ほど前に観測**。気象庁はこれを受け、津波警報及び津波高さ予想を引き上げた。
(宮城県:津波高さ予想6m→10m以上 岩手・福島県:津波高さ予想3m→6m 青森・茨城県:津波警報→大津波警報)
- 津波の**第1波を捉えた後、陸上の伝送経路の断絶により観測値をリアルタイム伝送できなくなった**が、GPS波浪計自体は健全で陸上局にデータは記録されており、地震翌々日までのデータはほぼ完全に後日回収。



海象観測データの伝達体制の強化

GPS波浪データのリアルタイム送信が続いていれば津波警報等の早期解除が可能であったと考えられる。

警報・注意報の発表時系列

11日14時49分
岩手、宮城、福島県沿岸に大津波警報を発表

12日20時20分
大津波警報から津波警報へ変更

13日7時30分
津波警報を津波注意報に変更

13日17時58分
津波注意報解除

岩手南部沖 GPS波浪計記録

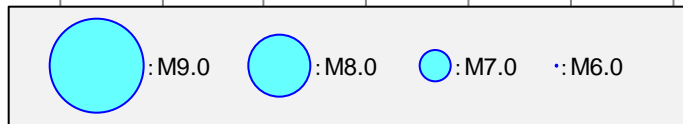
15:12
最大波6.7m

15:15
データ伝送が切断

600
400
200
0
-200
-400

地震発生時刻

- 11日 14:46 【本震】三陸沖 (M:7.9 → 9.0)
- 11日 15:06 三陸沖 (M:7.0)
- 11日 15:15 茨城県沖 (M:7.4)
- 11日 15:26 三陸沖 (M:7.2)
- 11日 15:57 茨城県沖 (M:6.1)
- 11日 16:15 福島県沖 (M:6.8)
- 11日 16:29 三陸沖 (M:6.6)
- 11日 20:37 岩手県沖 (M:6.4)
- 11日 21:13 宮城県沖 (M:6.1)
- 11日 21:16 岩手県沖 (M:6.0)
- 11日 17:47 茨城県沖 (M:6.0)
- 11日 17:19 茨城県沖 (M:6.7)
- 11日 17:12 茨城県沖 (M:6.4)
- 12日 0:13 茨城県沖 (M:6.6)
- 12日 0:19 茨城県沖 (M:6.2)
- 12日 3:11 福島県沖 (M:6.0)
- 12日 4:03 三陸沖 (M:6.2)
- 12日 4:47 秋田県沖 (M:6.4)
- 12日 5:11 三陸沖 (M:6.1)
- 12日 10:46 福島県沖 (M:6.4)
- 12日 22:15 福島県沖 (M:6.0)
- 12日 23:43 岩手県沖 (M:6.1)
- 13日 7:13 福島県沖 (M:6.0)
- 13日 8:25 宮城県沖 (M:6.2)
- 13日 10:26 茨城県沖 (M:6.4)



12 15 18 21 0 3 6 9 12 15 18 21 0 3 6 9 12 15 18

3月11日 3月12日 3月13日

6. 粘り強い構造を目指した技術的検討

- 港湾構造物の設計の目標
- 粘り強い防波堤構造のイメージ

港湾構造物の設計の目標

外力	津波	
	発生頻度の高い津波	最大クラスの津波
構造物設計要求性能	<p>↑ 小</p> <p>損傷はほとんど発生しない</p> <p>津波防波堤 防波堤(津波対応)¹⁾</p> <p>岸壁(一般)</p> <p>避難所 GPS波浪計</p>	
	<p>迅速な復旧が可能な程度の損傷</p> <p>荷役機械</p> <p>津波防波堤</p> <p>耐震強化岸壁²⁾</p>	
	<p>減災効果を保持できる程度の損傷</p> <p>防波堤(一般)</p> <p>防波堤(津波対応)¹⁾</p>	
	<p>破壊を許容</p> <p>大</p> <p>荷役機械³⁾ 岸壁(一般)³⁾ 防波堤(一般)³⁾</p>	

【参考】地震動	
L1地震動	L2地震動
<p>防波堤(一般)</p> <p>岸壁(一般)</p> <p>荷役機械</p>	<p>避難所 GPS波浪計</p> <p>耐震強化岸壁²⁾ (緊急物資輸送対応)</p>
—	<p>防波堤(津波対応)¹⁾</p> <p>津波防波堤</p> <p>耐震コンテナバース ・耐震強化岸壁 + 免震・制震荷役機械</p>
—	—
—	<p>防波堤(一般)³⁾</p> <p>荷役機械³⁾</p> <p>岸壁(一般)³⁾</p>

1) 防波堤(津波対応): 通常の防波堤であっても、背後地域の津波減災効果大きい施設
 2) 地震後に必要とされる最低限の機能(自衛隊等による緊急物資輸送船舶への対応)
 3) 性能照査を実施していない施設

粘り強い防波堤構造のイメージ

- 一般に外洋に面した港の防波堤は、津波ではなく、台風や冬季風浪等の非常に厳しい波浪条件によりケーソンの大きさが決定しており、今回のように相当大きな津波に対しても耐えうる程度の滑動抵抗力を有している。
- このため、防波堤港内側の基礎マウンドを嵩上げする等の軽微な追加対策により、ケーソンが基礎マウンド上から滑落せずに、防波堤としての最低限の機能を保持できるような「粘り強い構造」を実現することは可能。

《防波堤に作用する津波波力、波浪波力の比較(釜石港湾口防波堤北堤深部の例)》

想定津波高(明治39年三陸大津波)

TP+4.8m
(水平波力:1,135kN/m)



設計波浪高(断面はこれで決定)

$H_{max}=13.3m$ 、 $H_{1/3}=7.4m$
(水平波力:2,373kN/m)

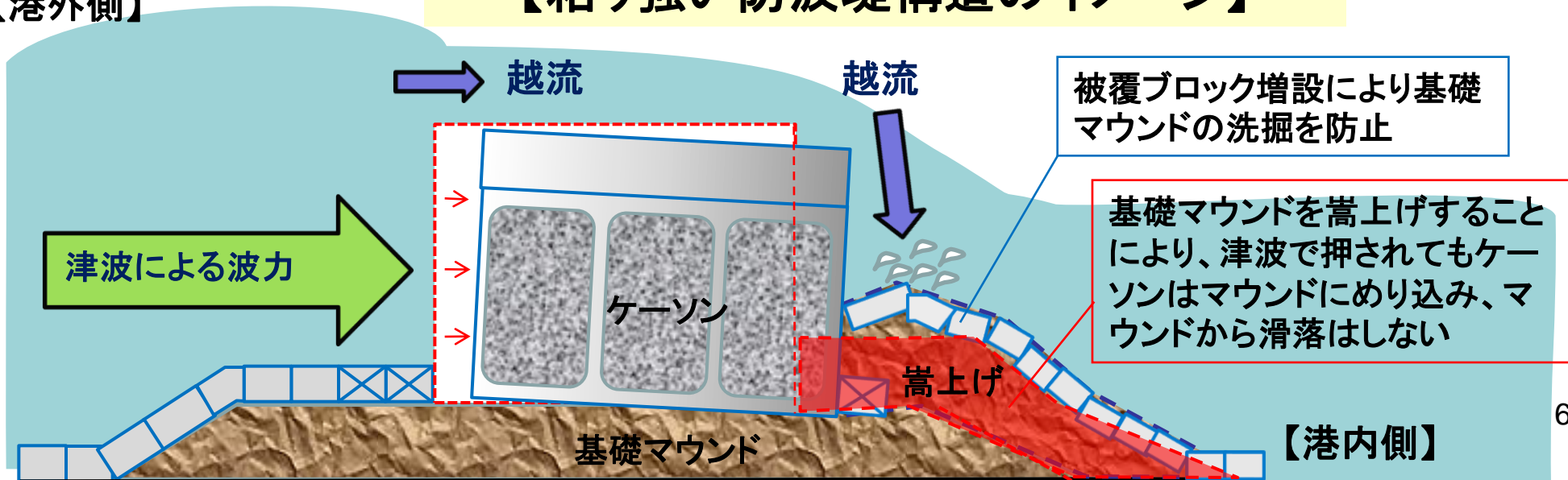


今回の津波高(シミュレーション)

TP+10.8m
(水平波力:2,481kN/m)

【港外側】

【粘り強い防波堤構造のイメージ】



【港内側】