

海・船の視点から見た港湾強靱化の課題

講演場所：国土交通省港湾局

講演日時：2020年6月30日

講演者：神戸大学名誉教授
久保雅義

大規模災害の経済損失額(想定額)

※経済損失額は、新潟県(中越地震)、熊本県(熊本地震)、内閣府

	経済損失(想定)額
新潟県中越地震(平成16年)	約3兆円
熊本地震(平成28年)	約3.8兆円
東日本大震災(平成23年)	約16.9兆円(推計)
首都直下地震	約95.3兆円(想定)
南海トラフ巨大地震	約207.8兆円(想定)

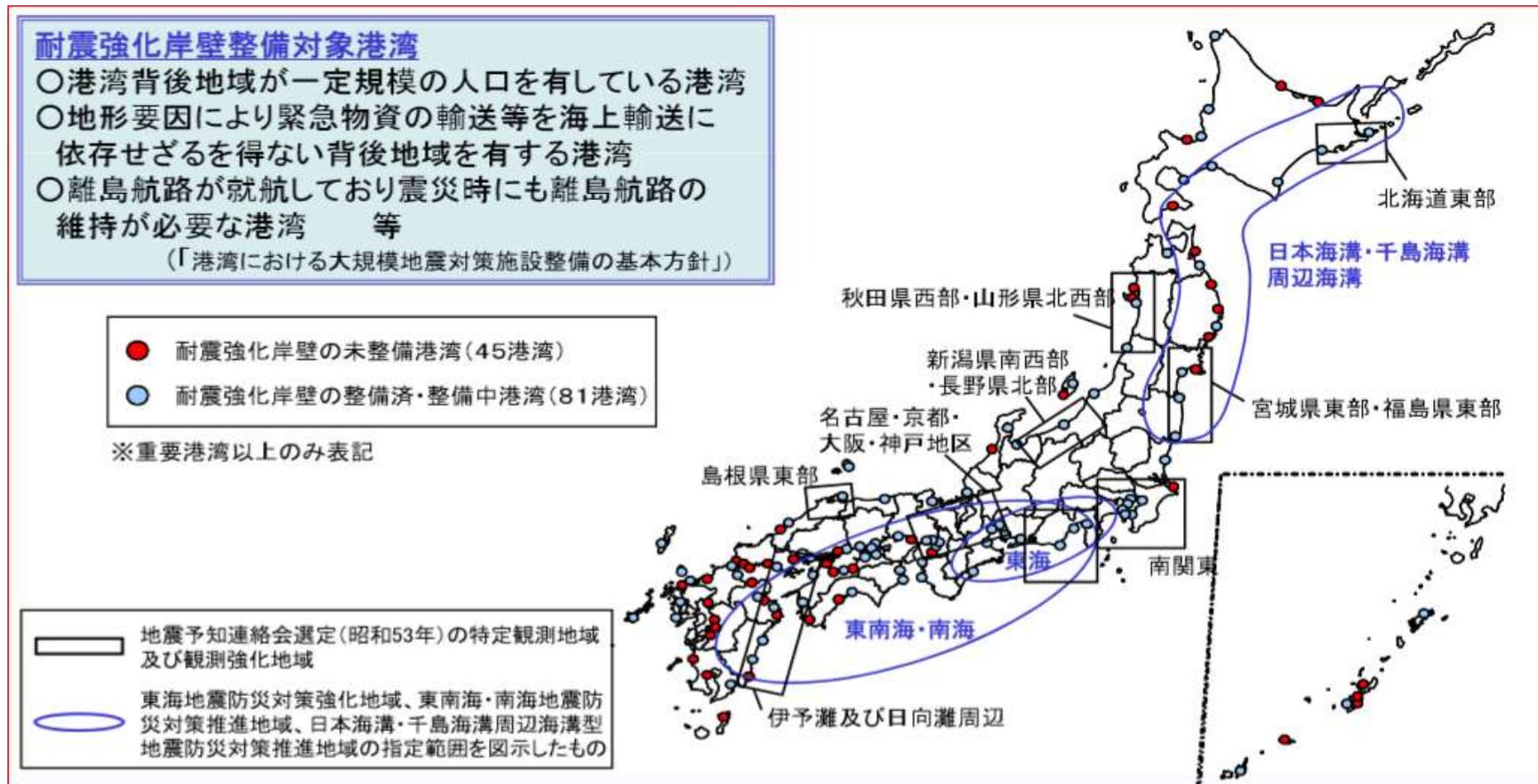
内閣府 防災情報より

- 重要ポイント1 南海トラフ巨大地震の経済損失額は東日本大震災の12倍超
- 重要ポイント2 国の負債は1000兆円 国の1年間の国家予算100兆円
- 重要ポイント3 首都直下地震と南海トラフ巨大地震合計すると約300兆円の損失

耐震強化岸壁の整備の背景

国土交通省資料より抜粋

- 大規模地震発生時に緊急物資や避難者等を輸送するための耐震強化岸壁の整備を港湾における大規模地震対策施設整備の基本方針」(1996年12月策定)に基づき推進。**注)阪神淡路大震災1995年1月17日に発生**
- 地震が切迫している地域においても耐震強化岸壁が未整備の港湾が多い。



耐震強化岸壁の整備 - 国土交通省

全国各地で大規模地震の発生が切迫するなか、2006年(平成18年)3月に「耐震強化岸壁緊急整備プログラム」を策定。耐震強化岸壁が未整備の県や港湾において、整備率を向上させていくことが喫緊の課題。

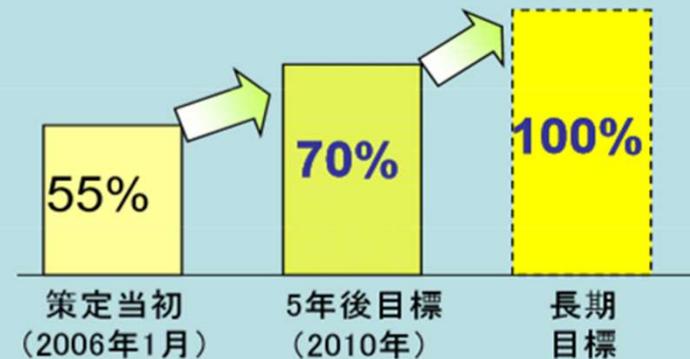
耐震強化岸壁緊急整備プログラム
(2006～2010年度(平成18～22年度)の5年間)

- ▶ 全国の耐震強化岸壁整備率を概ね70%へ向上。
- ▶ 臨海都道府県の全てで耐震強化岸壁を整備。

耐震強化岸壁整備完了 **170バース**
整備中 **46バース**
(2009年(平成21年)8月現在)

全国平均整備率(%) = $(170 + 46) / 336 = 64\%$
完了 整備中 計画

長期的には耐震強化岸壁整備率100%を目指す!!!



【耐震強化岸壁の整備率】

岸壁の耐震強化は**事後対策**から始まったが、それ以後**事前対策**へ変わってきている。

東日本大震災における津波下で港内係留船が受けた災害 アンケート結果から見た事

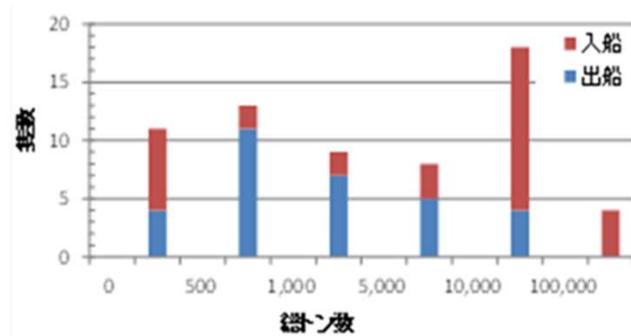


図1 船の総トン数と港内での係留方法の関係

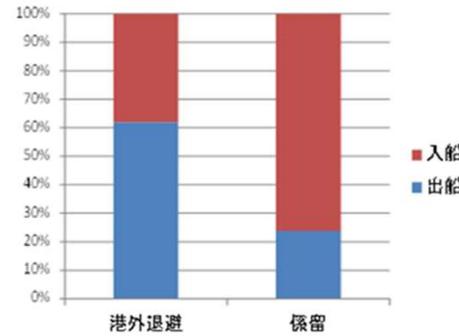


図2 港外退避した船舶と津波来襲時に係留状態であった船舶の係留方法による違い

No.	Port	港外退避	係留避泊	係留事故	Number of ships
1p	ON	3	0	0	3
2p	OF	3	0	0	3
3p	KM	5	0	2	7
4p	SO	1	0	2	3
5p	O	5	6	2	13
6p	KJ	2	0	0	2
7p	KS	4	3	6	13
1a	H	8	0	1	9
2a	S	13	0	2	15
3a	HN	1	0	4	5
4a	T-w	20	3	0	23
5a	T-e	2	0	0	2
Total		67	12	19	98

表1 港外退避、係留避泊、係留事故の関係

我々は港湾の係留船災害に焦点を当て、東日本大震災における津波下で港内係留船がどのような災害を受けたかを太平洋沿岸域の41の主要港湾に対してアンケート調査を実施した。

図1は船の大きさによる入船係留と出船係留をまとめたものである。これより船の総トン数が小さい場合には出船係留が多いが、総トン数が大きくなると入船係留が多くなる事が分かる。

つぎに図2を見ると、港外退避した船は出船係留の船が多く、港内に係留したままで津波を受けた船舶は入船係留であったことが分かった。

表1は港外退避、港内係留避泊、係留事故の関係を表しているが、港外避泊の多い港では、係留事故が少ないことが分かる。これらの調査結果より、津波発生時には港外避泊が望ましいことが窺える。

岸壁及びドルフィンの耐震性の考え方

- **岸壁の耐震性の意味**

岸壁の耐震性とは、地震の震度に対して岸壁自身が耐えられるか否かと言う判定である。
地震の後に来襲する津波の中で、船が係留して風や波を受けた時に岸壁が耐えられるか否かと言う検討は行っていない。

- **ドルフィンの耐震性の意味**

ドルフィンの耐震性とは、地震の震度に対してドルフィン自身が耐えられるか否かと言う判定である。地震の後に来襲する津波の中で、船を係留して風や波を受けた時にドルフィンが耐えられるか否かと言う検討ではない。

- **岸壁やドルフィン係留で津波を凌ぐ場合の確認**

岸壁やドルフィンに係留した状態で津波避泊を行う場合には、対象船舶を岸壁またはドルフィンへ係留し、**津波作用時に、岸壁または杭と係留船の結合状態で係留施設と係留船舶の連成振動問題を解くことが必要になる。**しかしこのような研究は今のところなされていない。

参考文献

東日本大震災におけるドルフィン振動による超大型原油タンカーの係留索切断検証、榊原繁樹、阿部郁男、津金正典、久保雅義、土木学会論文集B2(海岸工学)、第70巻、No.2、pp.l_916-l_920、2014.

2014年4月に日本海難防止協会から発表された
「大地震及び大津波来襲時の航行安全対策に関する調査研究」報告書に付随する「港内津波対策の手引き」より

2-3 津波に対する船舶対応表

表 2-5 津波に対する船舶対応表

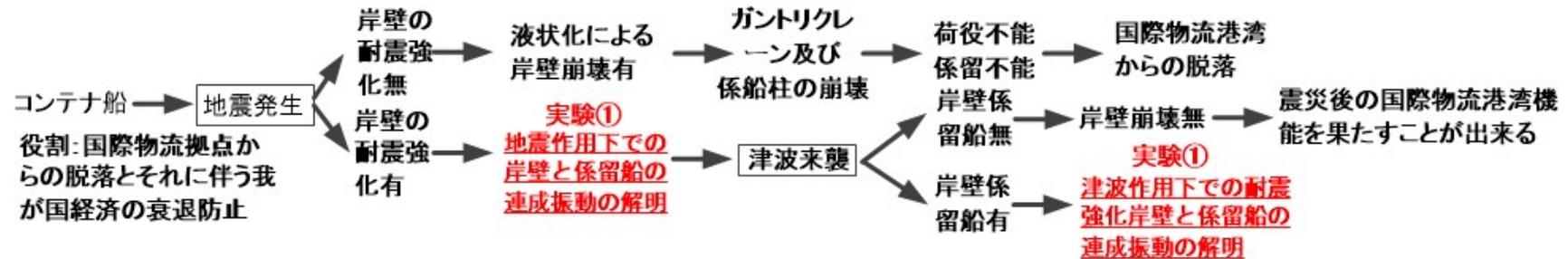
津波警報・注意報の種類		船舶の対応						
		大型船、中型船（漁船を含む）				小型船 （プレジャーボート、小型漁船等）		
		港内着岸船		錨泊船、浮標係留船 （作業船を含む）	航行船	港内着岸船	航行船、錨泊船	
一般船舶 （作業船を含む）	危険物積載船舶							
大津波警報	10m超 （10m<予想高さ） 10m （3m<予想高さ≤10m） 5m （3m<予想高さ≤5m）	無し	荷役・作業中止 係留避泊又は陸上避難	荷役・作業中止 係留避泊又は陸上避難	作業中止 港内避泊	港内避泊	陸上避難	着岸後陸上避難 又は港内避泊
	有り	荷役・作業中止 港外退避	荷役・作業中止 港外退避	作業中止 港外退避	港外退避	陸揚げ固縛又は係留強化の後 陸上避難 （場合によっては港外退避）	着岸のうえ陸揚げ固縛若しくは 係留強化の後陸上避難又は 港外退避	
津波警報	3m （1m<予想高さ≤3m）	無し	荷役・作業中止 係留避泊	荷役・作業中止 係留避泊	作業中止 港内避泊	港内避泊	陸上避難	着岸後陸上避難 又は港内避泊
		有り	荷役・作業中止 港外退避又は係留避泊	荷役・作業中止 港外退避	作業中止 港外退避	港外退避	陸揚げ固縛又は係留強化の後 陸上避難 （場合によっては港外退避）	着岸のうえ陸揚げ固縛若しくは 係留強化の後陸上避難又は 港外退避
津波注意報	1m （0.2m<予想高さ≤1m）		荷役・作業中止 係留避泊又は港外退避	荷役・作業中止 係留避泊又は港外退避	作業中止、港内避泊 （場合によっては港外退避）	港外退避	陸揚げ固縛又は係留強化の後 陸上避難 （場合によっては港外退避）	着岸のうえ陸揚げ固縛若しくは 係留強化の後陸上避難又は 港外退避
備考			事業者側で予め対応マニュアルを作成	錨地として使用されている海域のうち津波発生時に流速が速くなる可能性の高い海域を予め調査しておく			小型船でも十分津波に対応できる海域が港外に存在し、かつ避難する時間的余裕がある場合は港外退避でも可	

津波来襲までの時間的余裕

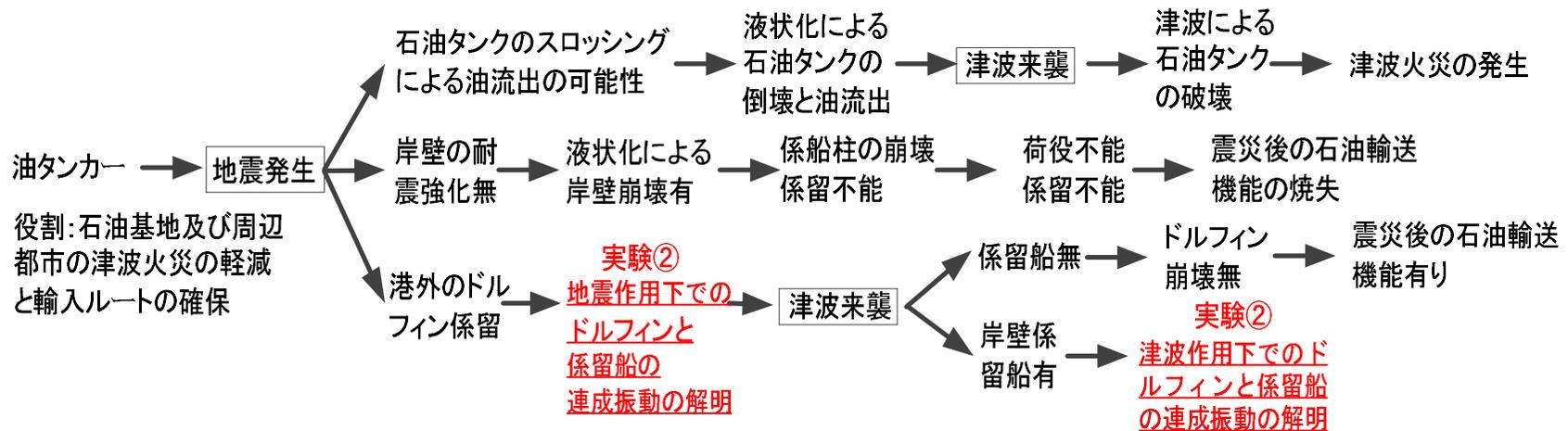
- 有り： 大津波・津波警報が発せられた時点から避難に要する十分な時間（船舶を港外避難、陸揚げ固縛等の安全な状態に置くまで）が有る場合
- 無し： 大津波・津波警報が発せられた時点から避難に要する十分な時間（船舶を港外避難、陸揚げ固縛等の安全な状態に置くまで）が無い場合
- 大型船： タグボート等の補助船、パイロットを必要とし単独での出港が困難な船舶をいう。
- 中型船： 大型船及び小型船以外の船舶をいう。
- 小型船： プレジャーボート、漁船等のうち、港内において陸揚げできる程度の船舶（造船所での陸揚げは含まない）をいう。
- 陸上避難： 船舶での退避は高い危険が予想されるので、乗組員等は陸上の高い場所に避難する。可能な限り船舶の流出防止、危険物の安全措置をとる。
- 港外退避： 港外の水深が深く、十分広い海域、神合いに避難する（港外退避中に航行困難となった場合は港内避泊）。
- 港内避泊： 港内の緊急避難海域で錨、機関、スラスターにより津波に対抗する（小型船は流速の遅い水域で津波、漂流物を避航）。
- 係留避泊： 係留強化、機関の併用等により係留状態のまま津波に対抗する（陸上作業員等の緊急避難場所として乗船させることも考慮する。）。
- 陸揚げ固縛： プレジャーボート、漁船等の小型船を陸揚げし、津波等により海上に流出しないよう固縛する。

* 上記の表は標準的なものであり、それぞれの地域（港）の特性に応じた対応策を検討しておくことが望ましい。
また、船舶においては利用港で検討された対応策が反映された津波対応マニュアルを作成しておくことが望ましい。

船舶運航者は**被害者**になる可能性と港湾施設破壊者ひいては国際物流停滞という**加害者**になる可能性がある



実験と理論的検討がなされえていない以上、耐震強化岸壁の設計にあわないので係留すべきでない



実験と理論的検討がなされえていない以上、耐震強化岸壁の設計にあわないので係留すべきでない

耐震岸壁の定義

- 岸壁建設側の耐震岸壁の定義

船舶を岸壁に係留せずに岸壁が単独にある場合に地震が発生した時に岸壁が壊れないように設計されている。

しかし岸壁に船に係留すると

①地震時の岸壁と係留船の連成振動

②津波来襲時の岸壁と係留船の連成振動

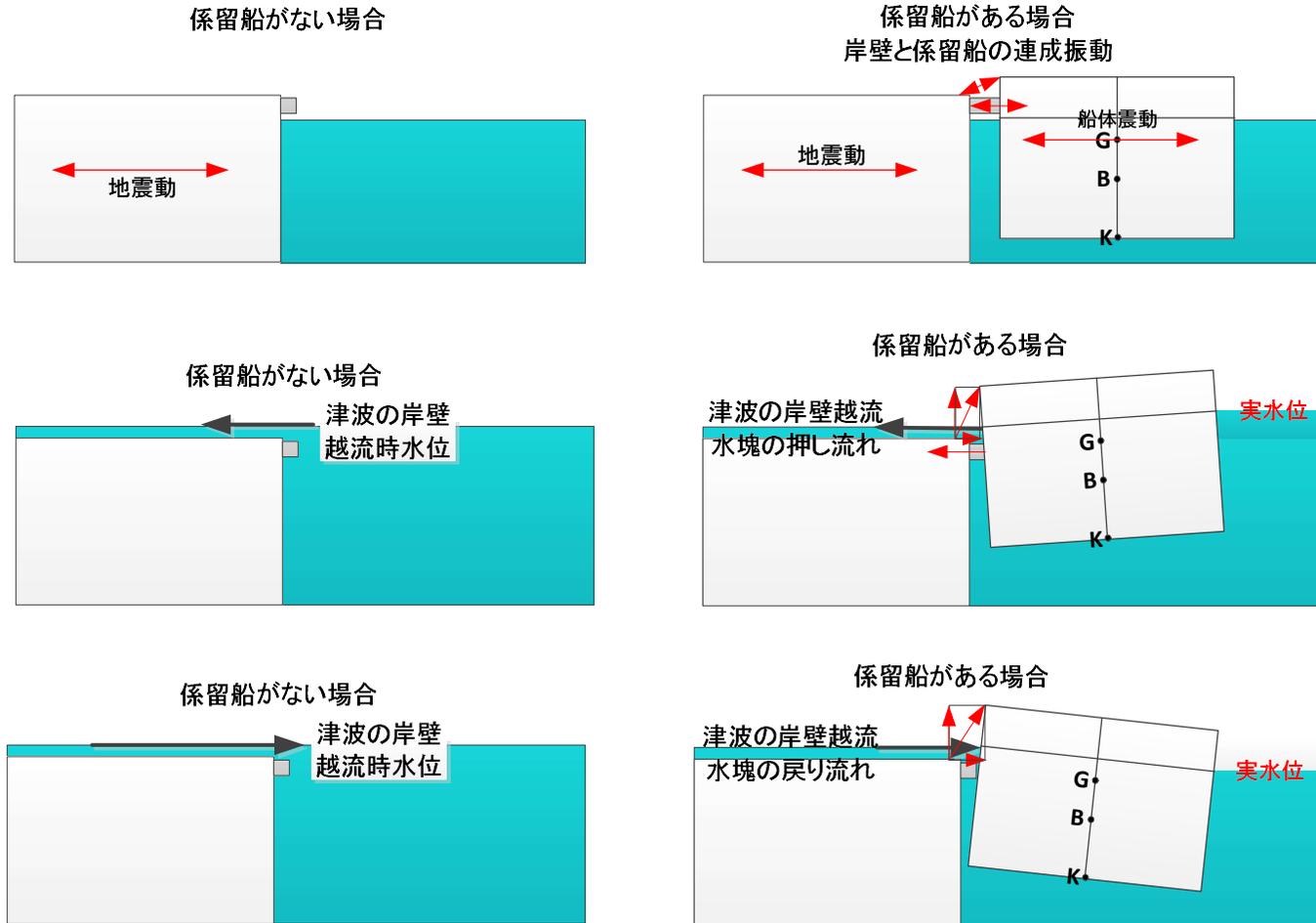
2面から検討が必要になるが検討されていない。

小型船は津波の時には緊急出港することがアンケート調査で明らかになっているが大型船は入船係留が多いために係留避泊になるとの結果となっている。

- 地震津波時の岸壁利用者の岸壁に対する理解
港外避泊ができない場合は係留強化で対応する。

地震と津波越流時の岸壁と係留船の力関係

押流れ及び戻流れの時、岸壁を吊り上げ沖側に引きずり出す力が働く。
耐震岸壁の設計者はこのような外力が働くことは想定していない。

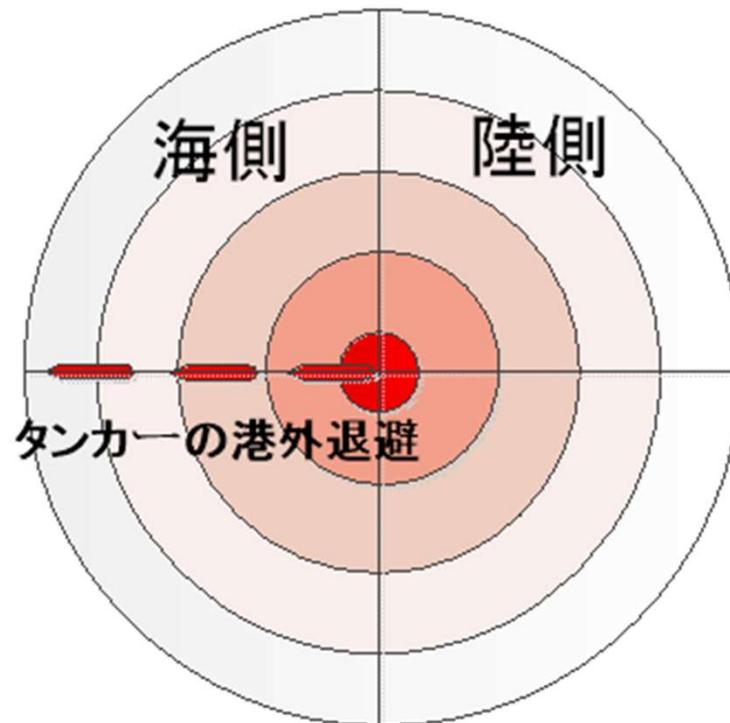


結果的に想定外の設計外力を係留施設に与えて岸壁を壊し、**阪神淡路大震災後の23年間に亘る事業継続計画をぶち壊す結果を引き起こす可能性がある。**

エネルギー港湾での港内避泊

大型タンカー係船岸が抱える問題点

入港時は満載状態なので、UKCが小さく船の回頭が難しいため入船係留になる。
出船係留にすると荷役設備の配置換えが必要になる。



エネルギー港湾では津波の陸側への遡上が1~2mとされていることにより、流出油は陸側にも海側にも拡散するものと予想される。**エネルギー港湾での港湾津波火災は過去に実績がある。**

発火源の集積(港内避泊)
エネルギー基地+エネルギー輸送船

発火源の分散(港外避泊)
エネルギー基地とエネルギー輸送船
の隔離⇒**係留船舶の港外退避**

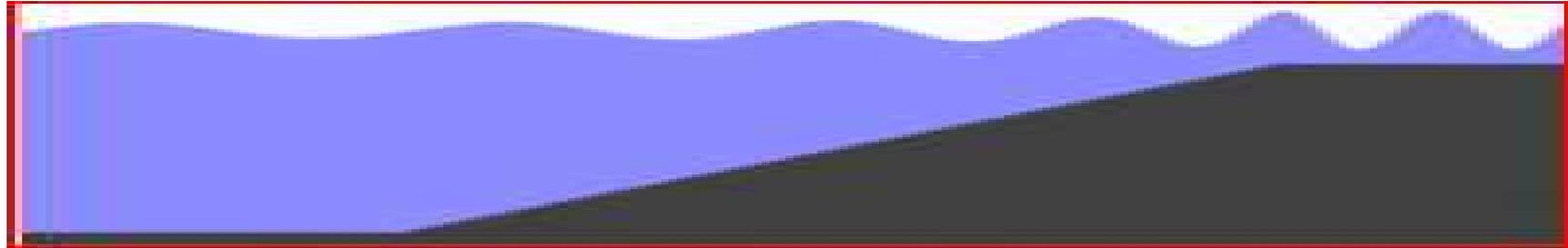
港湾津波火災の事例：東日本大震災における宮城・気仙沼市の津波で冠水、大規模な火災

港湾火災の可能性のあるエネルギー港湾にタンカーが港内避泊することは火に油を注ぐ形となる。**加害者の立場に立つ可能性がある。**

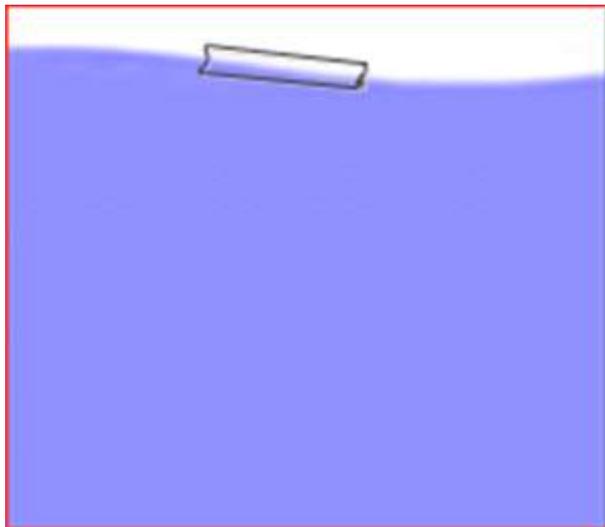
港外避泊の利点

穏やかな海面勾配
中での船体運動

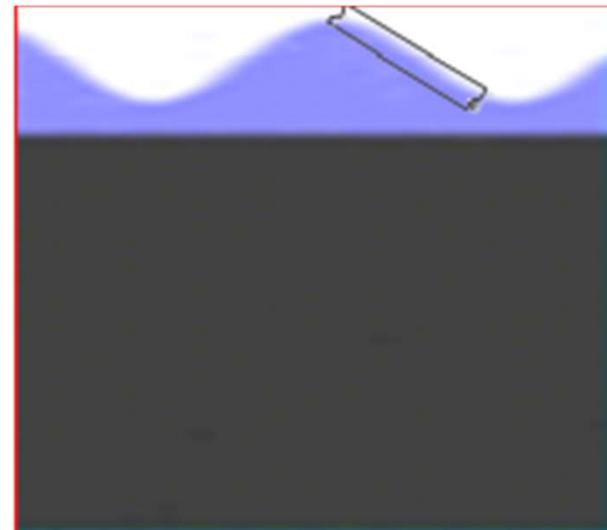
きつい海面勾配の
中での船体運動



穏やかな海面勾配の中での船体運動



きつい海面勾配の中での船体運動



事前対応と事後対応

○事前対応

人○ 生活○ 移動手段○ 会社組織○ 情報伝達手段○
相手企業○ 物資○ 物資輸送○

○事後対応

人？ 生活？ 移動手段？ 会社組織？ 情報伝達手段？
相手企業？ 物資？ 物資輸送？

○事後対応の弱点

ビジネスは他との競争である。

復旧に手間取っている間に競争に負けてしまう。

神戸港の事例

世界の港湾別コンテナ取扱量で、神戸港は**1980年に世界3位**だった。

1995年の阪神・淡路大震災で**23位**に急落し、**2018年は64位**。

アジア経済の急成長で国内港は軒並み地位を落としたが、神戸港の衰退は際立つ。震災以降、横浜港、東京港にも抜かれ、国内首位に返り咲くことはなかった。国土交通省港湾局調べ

事前対応と事後対応の比較

・事前対応の経費

- ①出船係留にするには荷役施設の配置換え等の工事が必要になり、一時的業務停止が発生する。
- ②係留施設の一部変更が必要になる。
- ③耐震岸壁は事前対応の事例である。

・事後対応の経費

- ①係留施設に被害が出れば、荷役ができなくなり長期間における業務停止が発生することが予想される。
- ②想定外の費用発生の可能性がある。

・船側と港湾側で連携した対応の必要性が発生

陸上におけるBCPの始りは事後対応であったが、それ以後は事前対応に移行している。

海側においても事前対応することで被災が軽減され、結果的に復旧が早くなるという利点がある。

今後船側と港湾建設側で連携した対応が必要である。

船舶運航者側の地震津波への対応

- 従来災害が起これば、国が復旧費を計上して、復旧事業を行ってきた。
- しかしこれほど災害が多発すると、復旧費計上の前に日本経済が回らなくなるのではないかと、いった懸念が出てくる。
- 関東大震災が起これば、日本の中枢の本社機能が停止し、経済基盤が回らなくなり、企業の海外移転も起こる可能性があると言われている。
- 災害に対する事前対応の意識改革が求められている。

岸壁設計者と岸壁利用者の意見交換

- 1996年から2020年迄25年間にわたって築いてきた耐震岸壁を壊してはいけない。
- 岸壁設計者と岸壁利用者の意見交換が全くできないまま今日に至ったことに大きな問題であった。
- 今回このような委員会が持たれたことは大変有意義なことであり、感謝している。