

## 第1回 コンビナート港湾における地震・津波対策検討会議

### 議 事 次 第

日時：平成24年5月30日(水)

13:00～15:00

場所：4階特別会議室

1. 開 会
2. 開会挨拶
3. 参加者紹介
4. 設立趣旨説明
5. 議事
  - (1) 各省庁における検討状況報告
    - ①港湾における地震・津波に対する取り組みについて  
(国土交通省)
    - ②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  
(経済産業省)
    - ③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ついて  
(消防庁)
  - (2) その他コンビナート防災にかかる意見、報告等
  - (3) 今後の検討の方向性について
6. その他
7. 閉 会

-----  
(配付資料)

議事次第

配席図

出席者名簿

資料－1 コンビナート港湾における地震・津波対策検討会議について

資料－2 港湾における地震・津波に対する取り組みについて

資料－3 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

資料－4 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ついて

資料－5 コンビナート港湾における地震・津波対策の課題について

第1回 コンビナート港湾における地震・津波対策検討会議  
出席者名簿

(構成員)

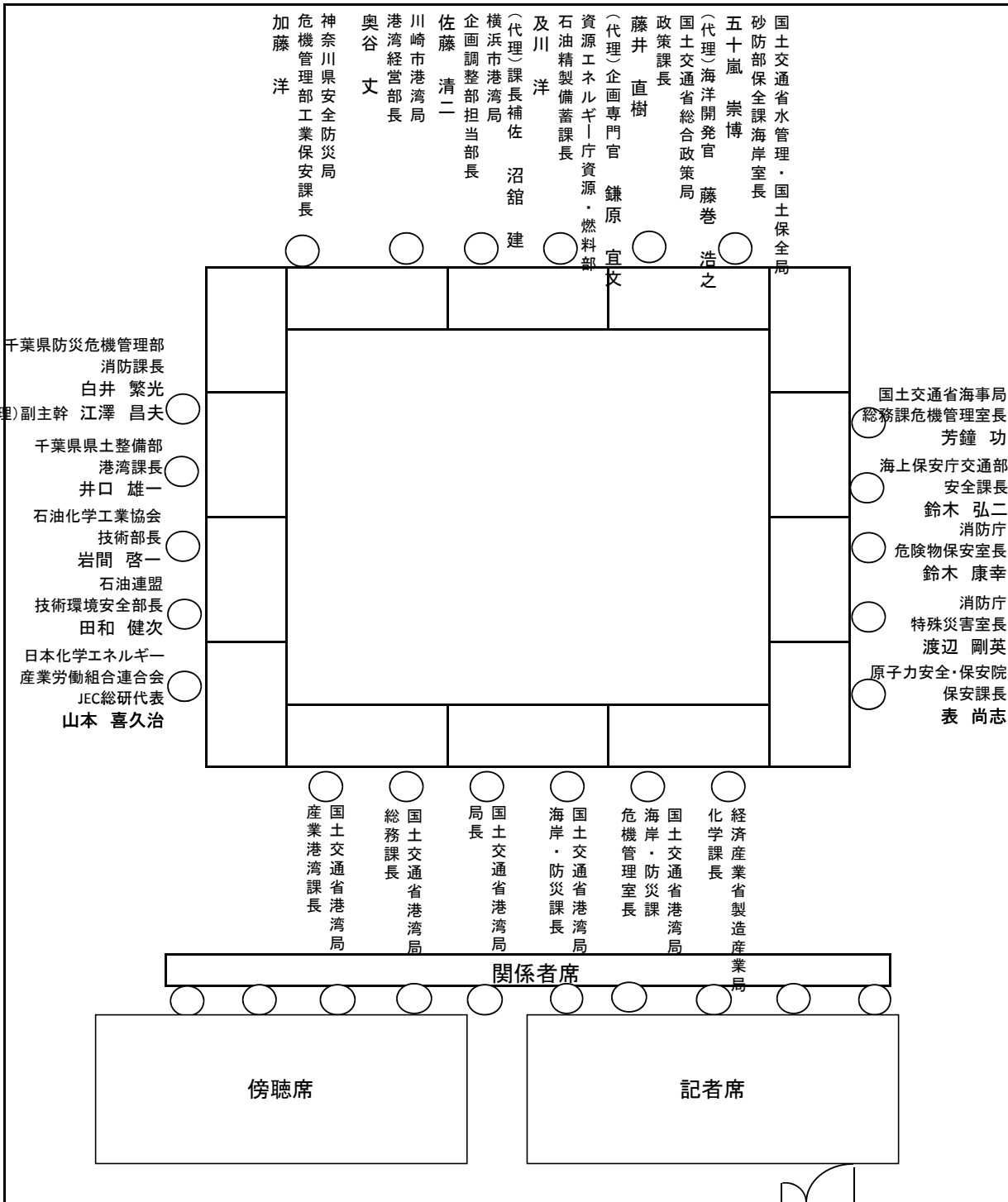
平成24年5月30日時点

氏名	所属	職名	出欠
山本 喜久治	日本化学エネルギー産業労働組合 連合会	JEC 総研代表	
田和 健次	石油連盟	技術環境安全 部長	
岩間 啓一	石油化学工業協会	技術部長	
井口 雄一	千葉県県土整備部港湾課	課長	
白井 繁光	千葉県防災危機管理部消防課	課長	(代理)江澤 昌夫
加藤 洋	神奈川県安全防災局危機管理部工 業保安課	課長	
奥谷 丈	川崎市港湾局港湾経営部	部長	
佐藤 清二	横浜市港湾局	企画調整部担 当部長	
宮本 昭彦	経済産業省製造産業局化学課	課長	
及川 洋	資源エネルギー庁資源・燃料部石 油精製備蓄課	課長	(代理)沼舘 建
藤井 直樹	国土交通省総合政策局政策課	課長	(代理)鎌原 宜文
五十嵐 崇博	国土交通省水管理・国土保全局砂 防部保全課海岸室	室長	(代理)藤巻 浩之
芳鐘 功	国土交通省海事局総務課危機管理 室	室長	
米田 浩	国土交通省港湾局総務課	課長	
高田 昌行	国土交通省港湾局産業港湾課	課長	
丸山 隆英	国土交通省港湾局海岸・防災課	課長	
鈴木 弘二	海上保安庁交通部安全課	課長	

(オブザーバー)

鈴木 康幸	消防庁危険物保安室	室長	
渡辺 剛英	消防庁特殊災害室	室長	
表 尚志	原子力安全・保安院保安課	課長	

# 第1回 コンビナート港湾における地震・津波対策検討会議



締切

扉

廊下

受付

「コンビナート港湾における地震・津波対策検討会議」について(案)

平成 23 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震及びこれに伴う津波は、東北から関東の沿岸部を中心に広範囲にわたり未曾有の被害をもたらした。特に沿岸部にコンビナートが立地する港湾においても、地震及び津波による被害が発生するとともに、隣接施設や近隣市街地にも影響が及ぶ事態が発生した。

切迫性が指摘されている首都直下地震及び東海・東南海・南海地震等の大規模地震が発生した場合、人口・産業が集積する首都圏から九州において甚大な被害をもたらすとともに、我が国全体の産業活動への重大な影響が生じることが想定され、臨海部のみならず我が国の経済・産業活動やエネルギー供給や市民生活にも大きな影響を及ぼすことが懸念される。

このような状況を踏まえると、今回の震災の教訓を今後の地震・津波対策に生かすことは極めて重要であり、現在、関係する省庁や地方公共団体においては審議会や検討会を通じて安全対策の検討が進められているところである。また、今般の震災を踏まえ、中央防災会議等において行われている検討を踏まえた対応が求められる。

大規模地震・津波に対するコンビナート港湾及び周辺部の安全を確保するとともに、臨海部の産業・物流・エネルギー供給の維持を図るため、関係団体、地方公共団体、関係行政機関等との意見交換を踏まえ、今後の課題及び対策について整理するため、コンビナート港湾にかかる地震・津波対策について関係省庁による検討会議を開催するものである。

# 港湾における地震・津波に対する取り組みについて

---

国土交通省港湾局海岸・防災課

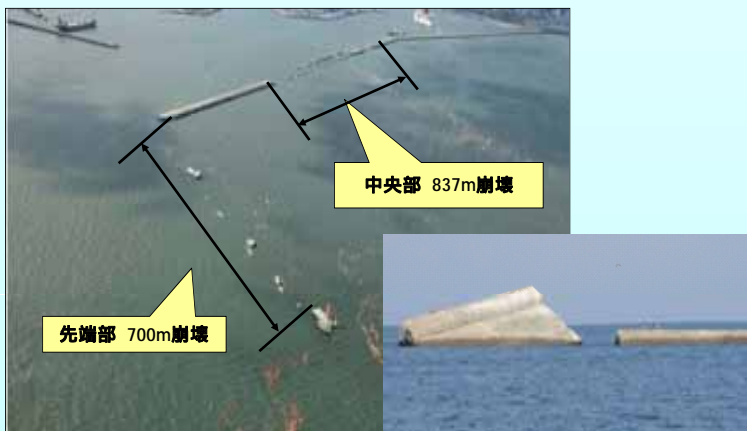
津波による被害は、東北地方から北関東に至る太平洋沿岸の広範囲で甚大であり、第一線防波堤の全壊や半壊、防潮堤の倒壊、ガレキ・コンテナ等による被害、荷役機械の損傷等がみられた。

## 第一線防波堤の被災

釜石港 湾口防波堤



八戸港 八戸港 八太郎地区 北防波堤



## 防潮堤の被災

大船渡港 茶屋前地区 防潮堤



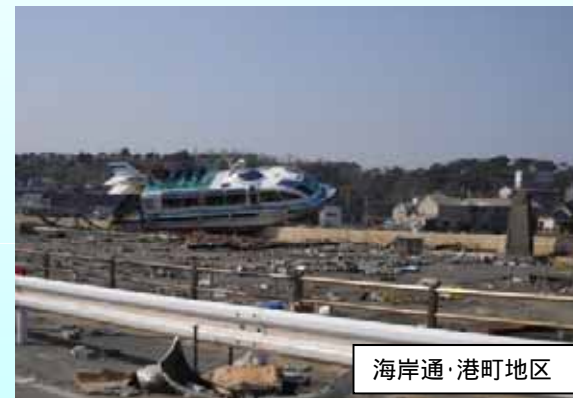
## 荷役機械の被災

仙台塩釜港(仙台港区)



## 漂流物による被災

仙台塩釜港(塩釜港区)



## コンテナの散乱

仙台塩釜港(仙台港区)





地震動、液状化による被害は、仙台湾より南部に位置する港湾で顕著であり、地震動により係留施設や護岸が被災したほか、液状化により岸壁背後のエプロンや荷さばき地が沈下し、荷役に支障が生じるなど被害がみられた。

## 地震動による岸壁等の被災

相馬港

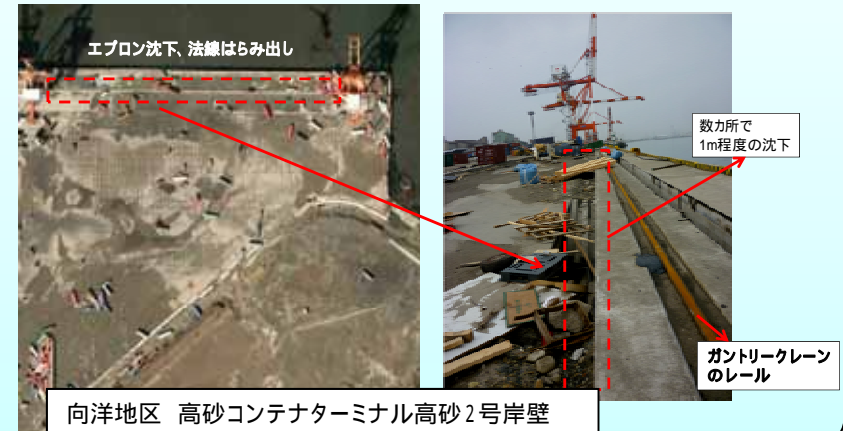


小名浜港



## 地震動・液状化による荷役機械の被災

仙台塩釜港 仙台港区

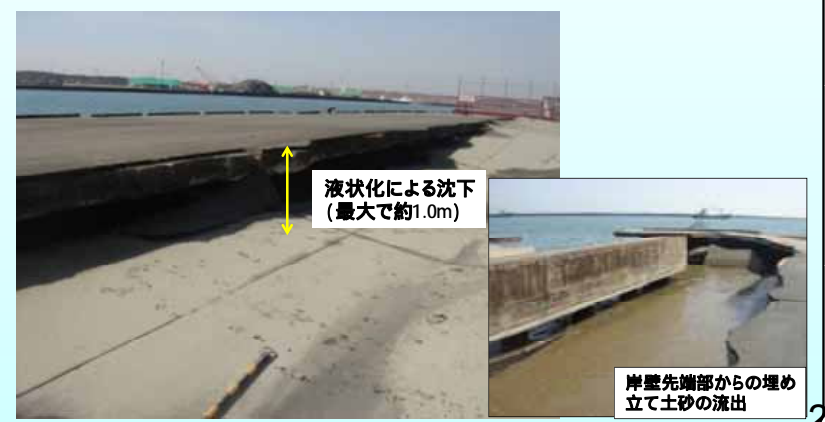


## 液状化によるエプロン・臨港道路・岸壁の被災

茨城港 常陸那珂港区



茨城港 日立港区



# 鹿島港における被害(地震・津波・船舶漂流等の複合災害)



凡例 ● 航路埋没



# 鹿島港における船舶の漂流・衝突・座礁の事例

## < 津波来襲時の船舶の動静分析概要 >

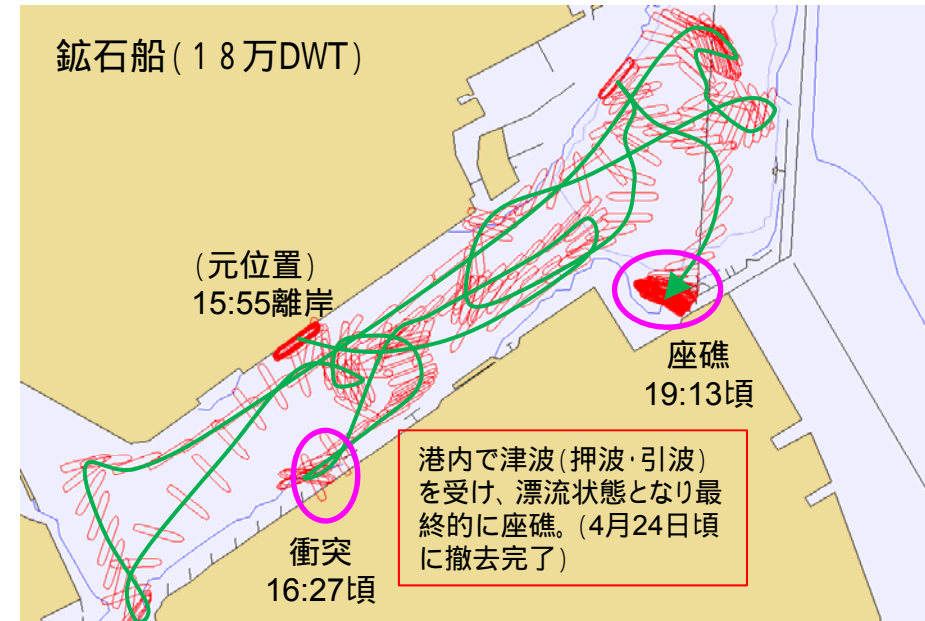
- 14:46 地震発生
- 14:49 気象庁より「大津波警報」
- 15:15 港長より避難勧告発令
- 鹿島港において、AIS (船舶自動識別装置) により、船舶の動きを再現。(験潮器は津波で流出。)
- AISを搭載する在港船舶は、原油タンカー (26万DWT)、鉱石船 (18万DWT) 等、計38隻確認。
- 地震発生を受けて、緊急離岸するも、津波を受けた在港船は、港内において漂流・衝突・座礁するなど、非常に危険な状況であった。



船が漂流し、5号バースのローディングアームに衝突

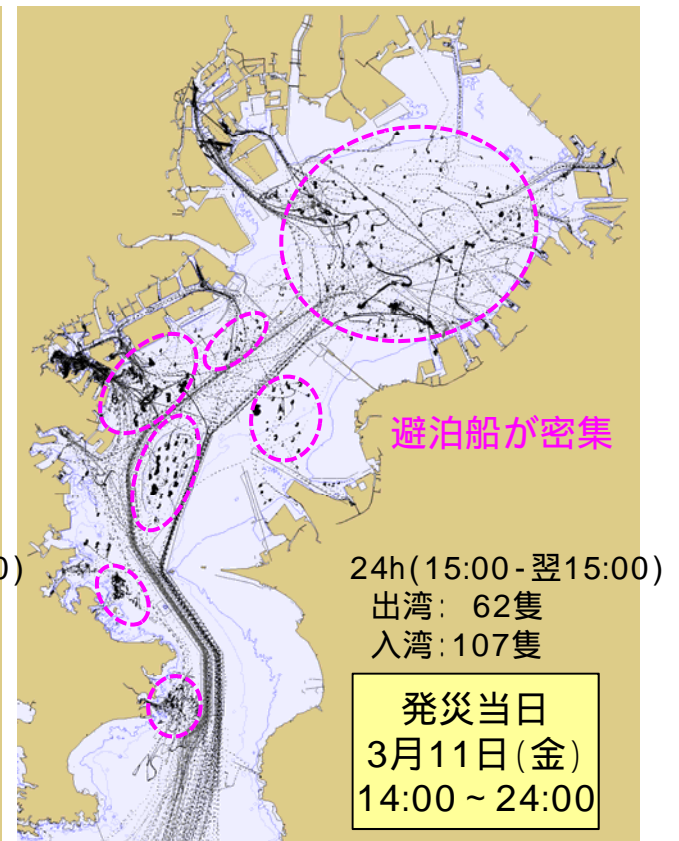
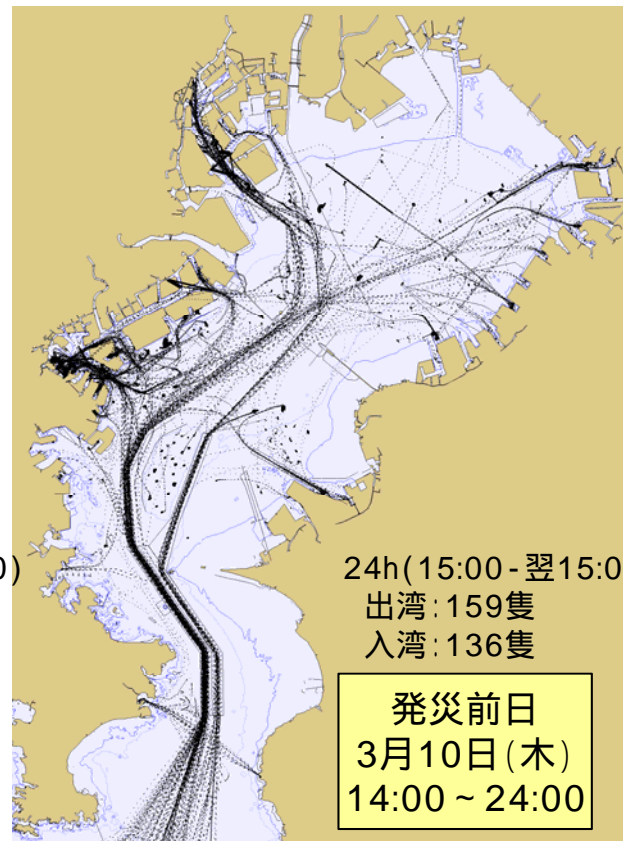
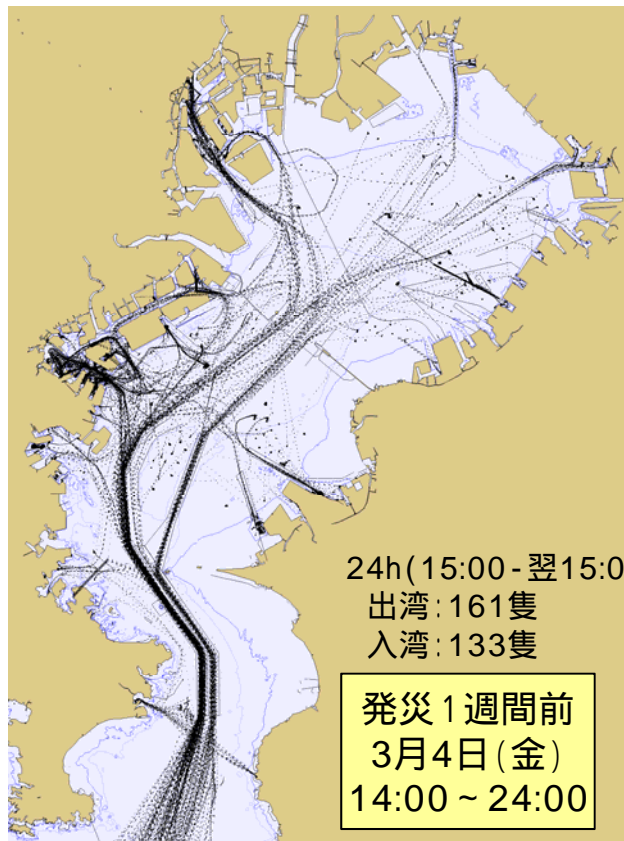


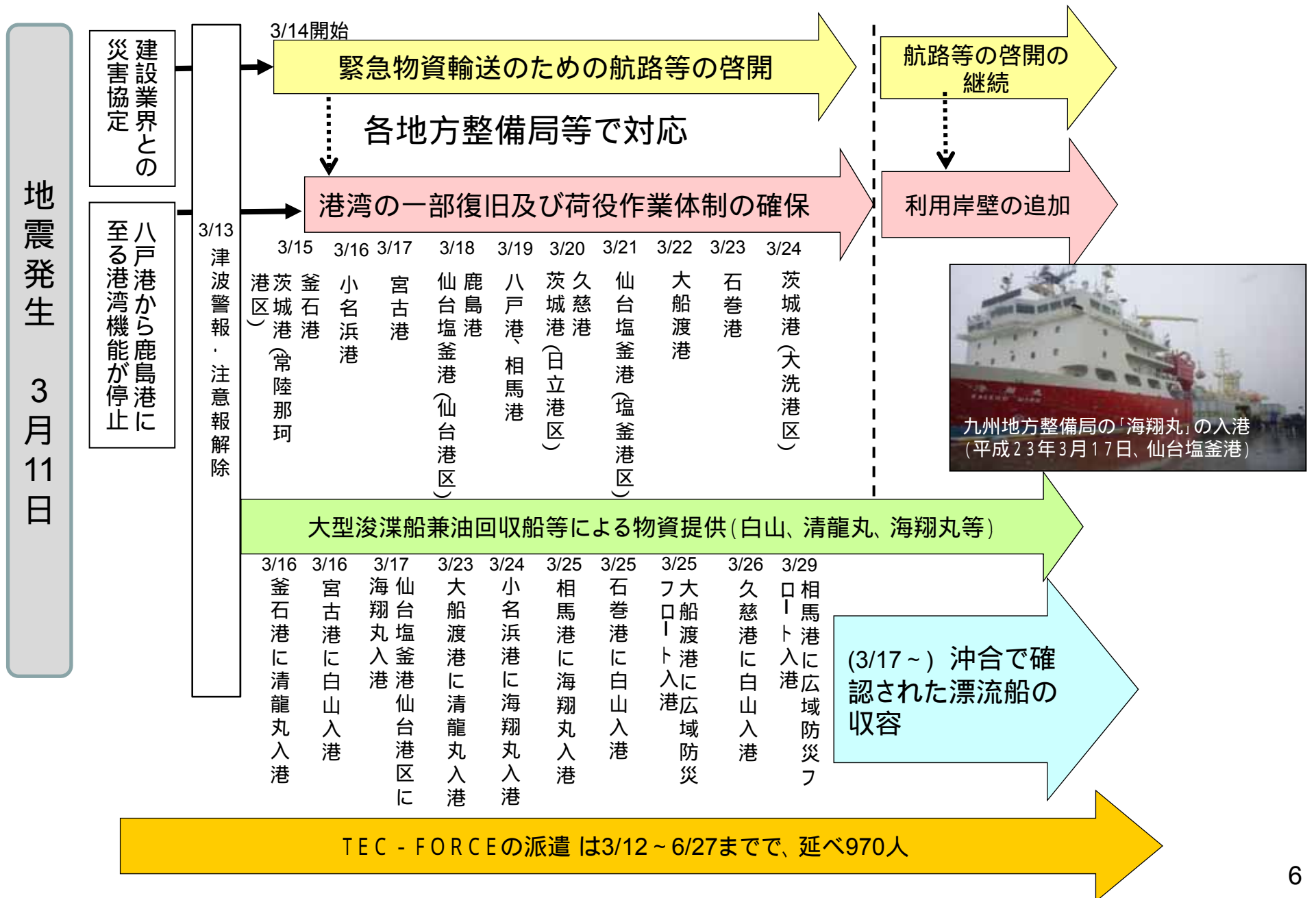
鉱石船



## < 発災当日の船舶の動静分析概要 >

- 14:46 地震発生      14:49 気象庁より「大津波警報」
- 15:30～35 各港長より退避勧告の発令(回線混乱により、情報伝達に遅れ 船長判断で退避行動)
- 急いで出湾している傾向は見られず、湾内又は港内に避泊。  
発災後24時間の**出湾隻数は6割減**、**入湾隻数は2割減** (前日・前週日比)      **湾内に船舶が滞留**
- 震災当日は、前日・前週日と比較して、**避泊船舶が増加**しており、震災翌日まで継続。
- 海事関係者によれば、出港まで時間を要する大型船は、避泊場所を探すのが困難であった。







# 仙台塩釜港(仙台港区)の航路啓開

## 仙台塩釜港(仙台港区)の航路啓開



## 測量による障害物分布状況 531地点

● 揚収地点



障害物の撤去状況 (5月21日 作業終了)

531点

(揚収物の内訳)

コンテナ 335個、自動車 26 個、その他 74 個

## 障害物の引き揚げ作業



- 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17日 高松埠頭(-12m)1バースが利用可能となり、九州地方整備局の海翔丸が入港し、支援物資及び資機材を搬出。
- 平成23年3月18日 高松埠頭(-12m)1バースが一般開放、引き続き航路啓開作業及び海域地形測量 実施
- 平成24年1月10日 公共岸壁(-4.5m以上)22バース中21バースが開放(一部暫定)
- 平成24年1月22日 外貿定期コンテナ航路である北米航路(日本郵船)が再開

# 燃料油不足への港湾の役割(仙台塩釜港(塩釜港区))

地震・津波により東北・関東地方の太平洋側の製油所及び油槽所が被災し、東日本全体の燃料供給能力が激減。

・3月15日より航路啓開作業を開始し、3月21日には震災後初めて塩釜港区に石油タンカーが入港し、被災地の燃料油不足の解消に大きく貢献。

## ガソリン、食料不足深刻

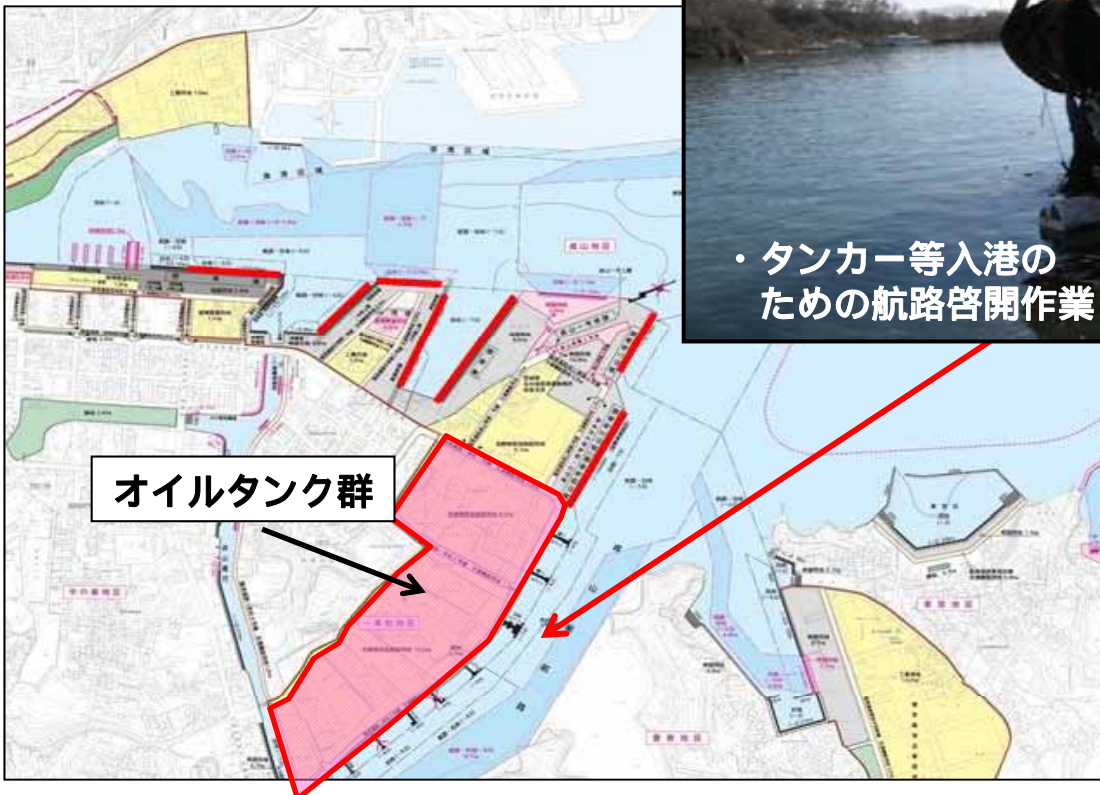


平成23年3月14日  
読売新聞17面  
(山形県版朝刊)

## 貞山堀航路



・タンカー等入港のための航路啓開作業



オイルタンク群



平成23年3月21日 石油タンカー入港  
(写真提供 : 海上保安庁)

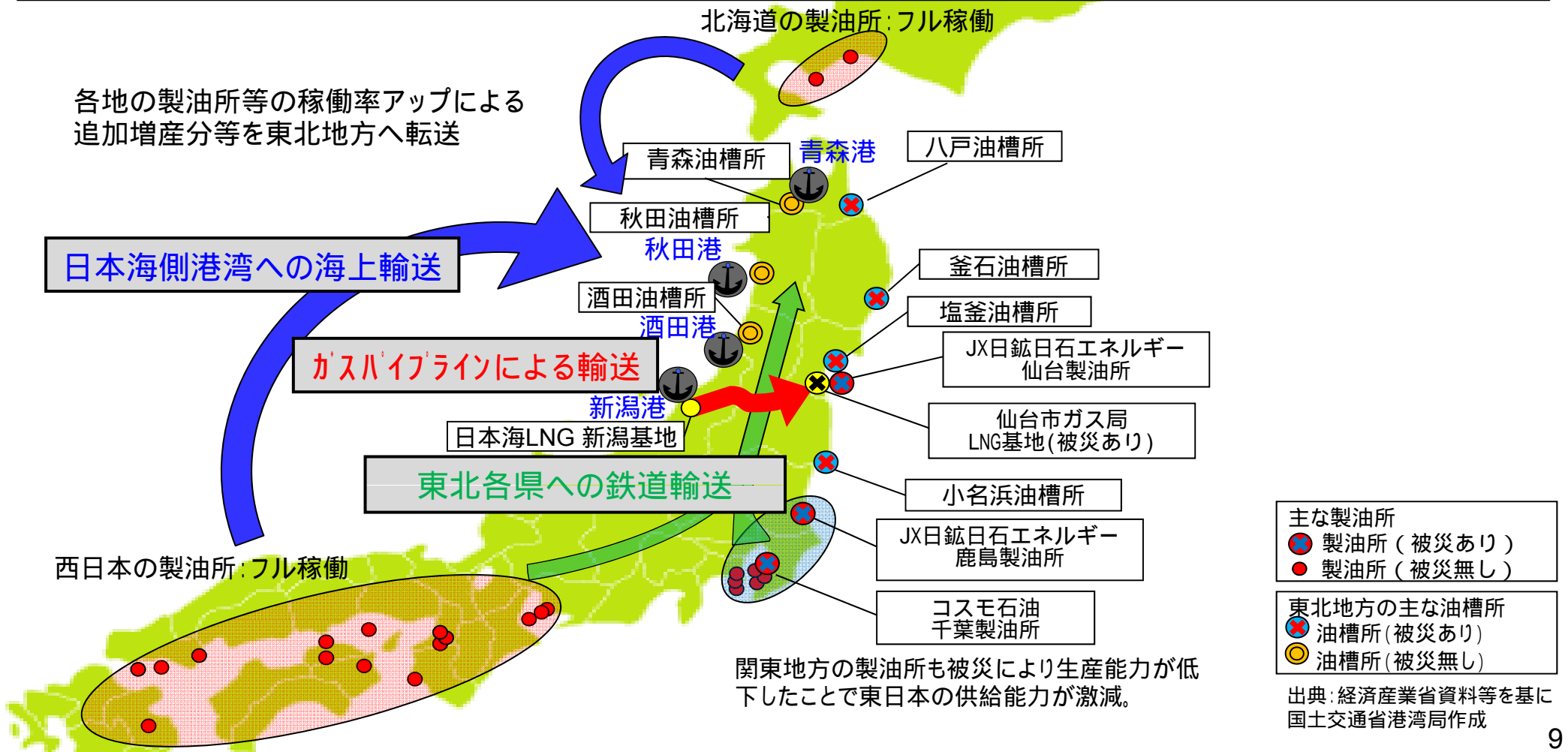


# 東日本大震災による石油・ガスの流通への影響

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、東北地方における石油供給能力が激減。  
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。

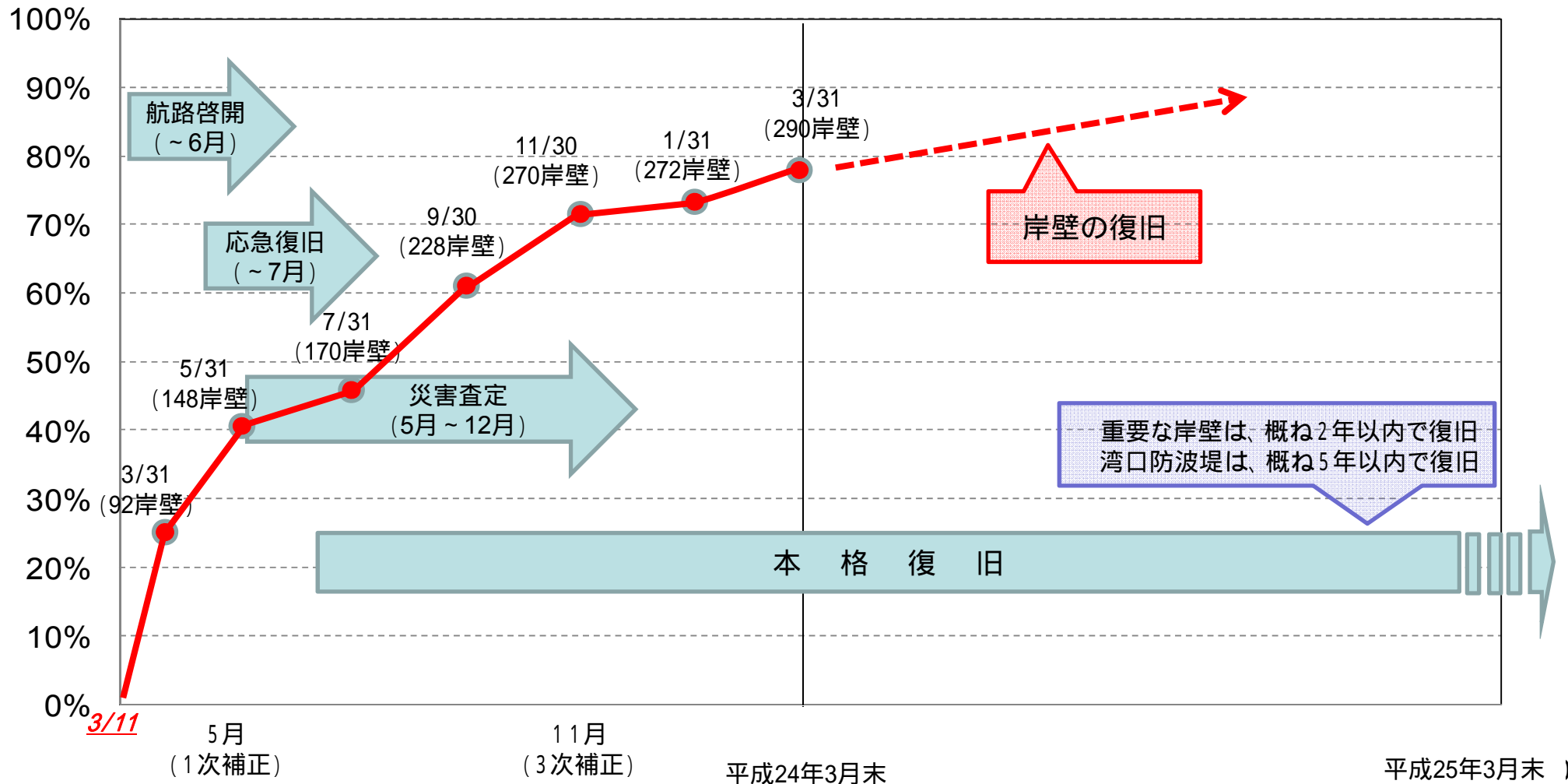
北海道や西日本の製油所の稼働率を最大限まで引き上げるとともに、被災していない日本海側港湾(秋田港、酒田港、新潟港)への海上輸送や、鉄道を活用して、東北地方で必要な石油の燃料供給を確保。

なお、仙台都市圏へのガスの供給については、新潟からの広域パイプラインが連結されていたため、早期復旧可能であった。



# 被災地の港湾における利用可能岸壁の推移

八戸港～鹿島港(地方港湾含む)の公共岸壁373岸壁については、3月31日現在で約8割(290岸壁)が暫定利用可能となっている。  
 産業・物流上特に重要な港湾施設については、概ね2年以内での復旧を目指す。  
 湾口防波堤等については、まちづくりや産業活動に極力支障が生じないように、概ね5年以内での復旧を進める。



## 課題

### 東日本大震災の教訓

防災・減災目標の明確化と避難対策の充実の必要性  
防波堤による津波からの減災効果の発現  
地域経済を支える物流基盤の耐震性・耐津波性確保の必要性  
初動から復興に至る時間軸に沿った対応の必要性  
災害に強い物流ネットワーク構築の必要性

### 切迫性が指摘される大規模地震への対応

東海・東南海・南海地震等が連動して発生する巨大地震  
や首都直下地震に対する早急な対応

## 基本的考え方

災害時においても国民生活及び産業活動を支えるため、**島国日本の人口・資産を守り、港湾の物流機能を維持する**

### 1. 防災・減災目標の明確化

津波の規模、発生頻度に応じた防護目標の明確化  
水門・陸閘等の施設の管理・運用体制の見直し

### 2. 港湾BCPに基づく港湾の災害対応力の強化

港湾BCPの策定による物流機能の早期回復  
港湾施設の耐震性・耐津波性の確保  
(粘り強い構造とする補強対策の検討等)  
港湾における液状化対策の検証

### 3. 港湾間の連携による災害に強い海上輸送ネットワークの構築

広域的な港湾間の連携による海上輸送ネットワークの維持  
三大湾や瀬戸内海の船舶航行の安全性の確保

## 施策方針

### 1. 港湾の津波からの防護

防災・減災目標に従った津波防護対策、避難対策の推進  
(防潮堤等による背後市街地の防護、最大クラスの津波に対する施設による防護水準確保の検討、港湾における避難対策、避難に係る情報提供システムの強化・多重化など)

水門・陸閘等の施設の管理・運用体制の構築  
(安全確保を最優先とした管理体制、自動化・遠隔操作化の促進など)

### 2. 港湾の災害対応力の強化

耐震強化岸壁を核とする港湾の防災拠点の形成  
(復旧・復興の拠点となる防災拠点の位置づけ、耐震強化岸壁背後のオープンスペースの確保など)

施設や機能の重要度に応じた耐震性・耐津波性の向上  
(国際物流ターミナル、エネルギー基地など重要度の高い施設の耐震性・耐津波性の向上)

### 3. 災害に強い海上輸送ネットワークの構築に向けた対策の推進

海上輸送ネットワークの核となる施設における耐震性・耐津波性の向上  
(全国的・国際的な観点から重要なターミナルについての地震・津波からの早期復旧など)

湾域において船舶航行の安全性を確保する対策の推進  
(船舶の避難ルールの策定、避泊水域や航路配置のあり方の検討など)

広域的なバックアップ体制の構築  
(被害が広域化する最悪のシナリオを考慮した港湾相互のバックアップ体制など)

# 東海・東南海・南海地震等の津波を想定した対策検討の必要性

東海・東南海・南海地震等の切迫性が指摘されており、それに伴い、巨大津波の発生が懸念されている。  
東海・東南海・南海地震による被害が予想される地域と東京湾は、全国のコンテナ取扱貨物量の約8割、製造品出荷額の約5割を占めており、地震・津波対策の検討が急がれる。

「東海地震に係る地震防災対策強化地域」、「東南海・南海地震防災対策推進地域」及び東京湾沿岸

## 東海・東南海・南海地震による被害が予想される地域と東京湾の状況

### コンテナ取扱貨物量

全国のコンテナ取扱貨物取扱量約1,802万TEUのうち、約1,428万TEU (**79.3%**)

### 製造品出荷額

全国の製造品出荷額約265兆円のうち、約140兆円 (**52.8%**)

## 東海・東南海・南海地震等の今後30年以内の発生確率

日向灘のプレート間 (M7.6前後)  
**10%**

南海 (M8.4前後)  
**60%程度**

東南海 (M8.1前後)  
**70%**

東海 (M8程度)  
**88% (参考値)**

南関東 (M6.7~7.2程度)  
**70%程度**

東海・東南海・南海の3連動地震 (M9.0)

コンテナ取扱貨物量:平成21年指定統計より  
対象:「東海地震に係る地震防災対策強化地域」、「東南海・南海地震防災対策推進地域」及び東京湾沿岸にある港湾(木更津港、千葉港、東京港、横浜港、川崎港、横須賀港)

製造品出荷額:平成21年工業統計より  
対象:「東海地震に係る地震防災対策強化地域」、「東南海・南海地震防災対策推進地域」及び東京湾沿岸の自治体(千葉県:館山市、南房総市、富津市、木更津市、袖ヶ浦市、市原市、中央区、美浜区、習志野市、船橋市、市川市、浦安市、東京都:江戸川区、台東区、中央区、港区、品川区、大田区、神奈川県:川崎区、鶴見区、神奈川区、西区、中区、南区、磯子区、金沢区、横須賀市、三浦市)



津波の規模や発生頻度に応じて、防護の目標を明確化して対策を進める必要があり、中央防災会議等における議論を踏まえ、基本的には2つのレベルの津波を想定する。

## 発生頻度の高い津波

数十年～百数十年に1回発生する規模の津波。

## 最大クラスの津波

数百年～千年に1回発生する規模の津波

防災・減災目標

### 人命を守る

堤内地の財産を守る

経済的損失の軽減

堤内地の経済活動の継続

大きな二次災害の防止

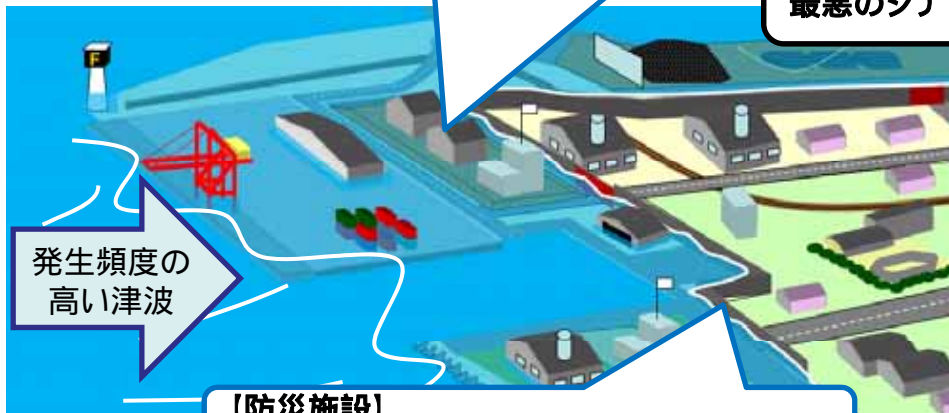
発災直後に必要な港湾機能の継続

早期復旧

【土地利用】  
堤外地の重要な港湾施設が被災しないよう計画

【避難計画】  
最悪のシナリオを想定して計画

【土地利用】  
堤内地の浸水を前提として計画



【防災施設】  
堤内地の浸水を防止するよう計画・設計

【防災施設】  
堤内地への浸水を許すが、破堤等により被害が拡大しないよう計画・設計、必要に応じ多重の防護方式を活用

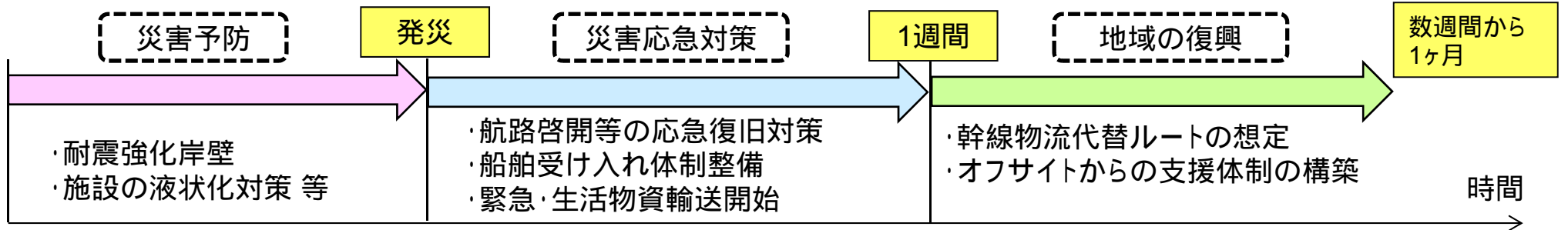


港湾BCPは、大規模な地震等災害の発生を想定し、発災後の港湾の災害応急対策から地域の復興までのシナリオをあらかじめ計画するとともに、これを最も効果的・効率的に行うための災害予防の対策として、耐震性・耐津波性の高い施設を計画するもの。

港湾BCPの基本構成

港湾関係者の協働の下、以下の対策を実施。

- ・発災後の港湾の災害応急対策・地域の復興までのシナリオ(行動計画)。
- ・耐震性・耐津波性を高めるべき耐震強化岸壁、臨港道路の耐震化等の施設計画。



## 港湾BCPのイメージ

行動計画

- ・被災後の応急復旧体制の構築
- ・船舶受け入れ体制整備
- ・緊急・生活物資輸送

広域的なバックアップ

施設計画

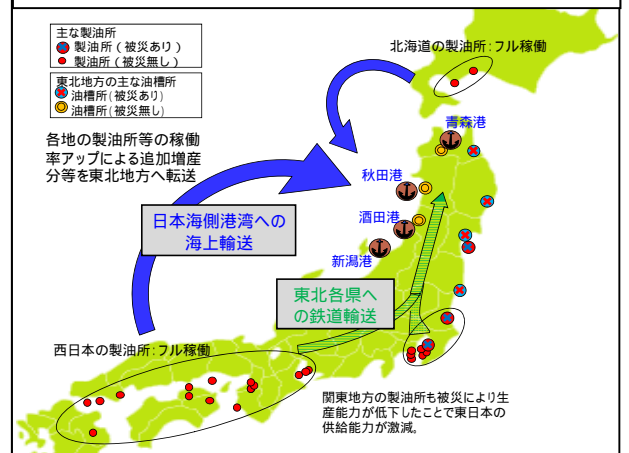
- 緊急輸送動線
- 耐震化されたアクセス道路
- 耐震強化岸壁

フェリーを利用した被災地への緊急車輛の輸送(平成23年3月17日 苫小牧港)



広域的なバックアップ

東日本大震災時の日本海側港湾を利用した石油等の代替輸送



# 港湾施設の耐震性・耐津波性の確保

耐震強化岸壁の機能を十分に発揮するため、地震・津波による被災リスクや費用対効果を勘案しつつ、背後の埠頭用地・臨港道路の耐震化・液状化対策及び前面の航路・泊地の安全性の確保を適切に講じる必要がある。

## 【耐震性・耐津波性の確保 イメージ】

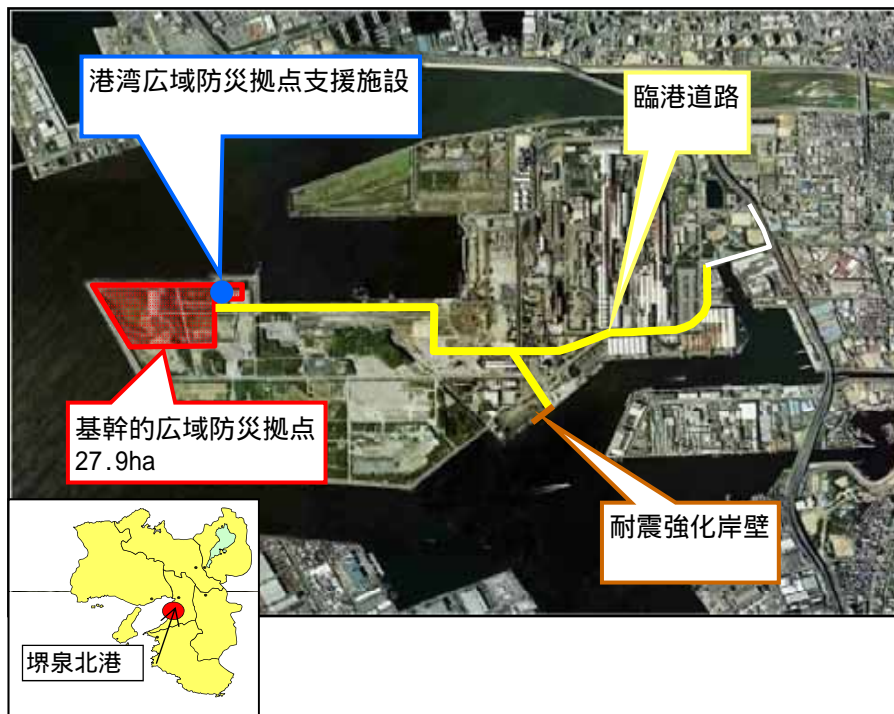


# 広域的な緊急物資輸送体制の確立(基幹的広域防災拠点)

複数の都道府県に被害が及ぶような大規模災害発生時に緊急物資輸送の中継拠点や広域支援部隊のベースキャンプとして機能する基幹的広域防災拠点を京阪神都市圏及び東京湾臨海部に整備するとともに国による災害時の運用体制を強化する。

< 堺泉北港堺2区 > 平成24年4月に供用開始  
敷地面積; 約27.9ha

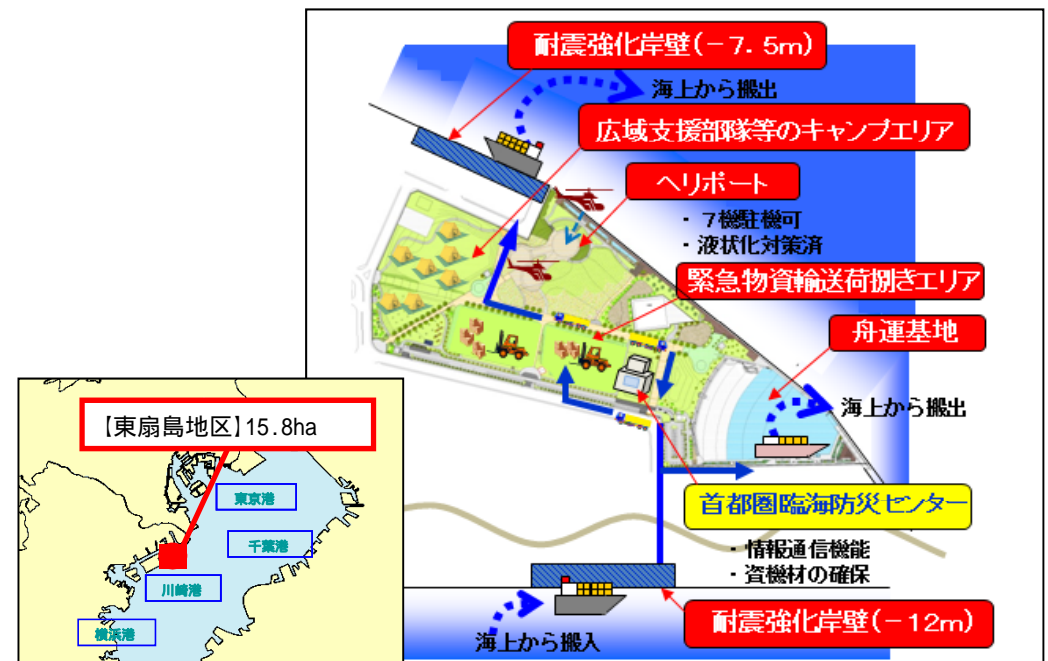
東南海・南海地震等の大規模災害発生時において、緊急物資の輸送活動等を円滑に実施するため、平成20年度より整備に着手。



< 川崎港東扇島地区 > 平成20年度より供用開始  
敷地面積; 約15.8ha

首都直下地震等の大規模災害発生時には、国土交通大臣が管理し、緊急物資輸送の中継拠点や広域支援部隊のベースキャンプとして機能。一方、平常時は川崎市管理の緑地として市民に開放。

災害時の運用体制を強化するため、ヘリコプターや船舶による緊急物資輸送訓練や拠点の応急復旧訓練等を、関係機関と協働して年間2回程度実施。



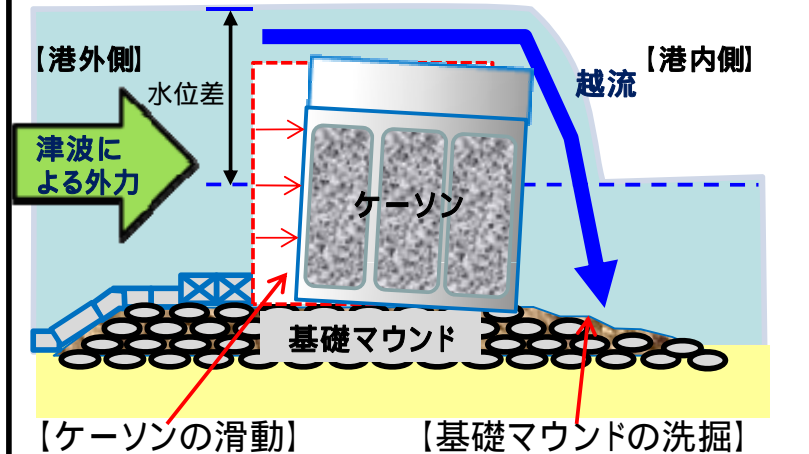


倒壊した場合に早期復旧が困難となる防波堤については、通常時の港内静穏度確保や二次災害防止等の減災の観点からも粘り強い構造を目指す必要がある。

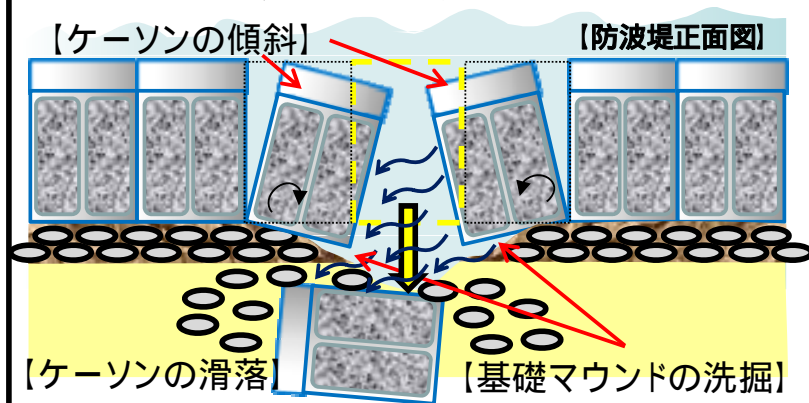
このため、水理模型実験等による技術的検討を進め、得られた検討成果をもとに、港湾の施設の技術上の基準を改正するとともに、費用対効果を勘案しつつ、防波堤を粘り強い構造とする補強対策を検討することが必要。

## 今回の津波による被災メカニズム

- 1) 津波の越流による港内外の水位差で押されるとともに、港内側マウンドが越流等により洗掘され、ケーソンが滑落

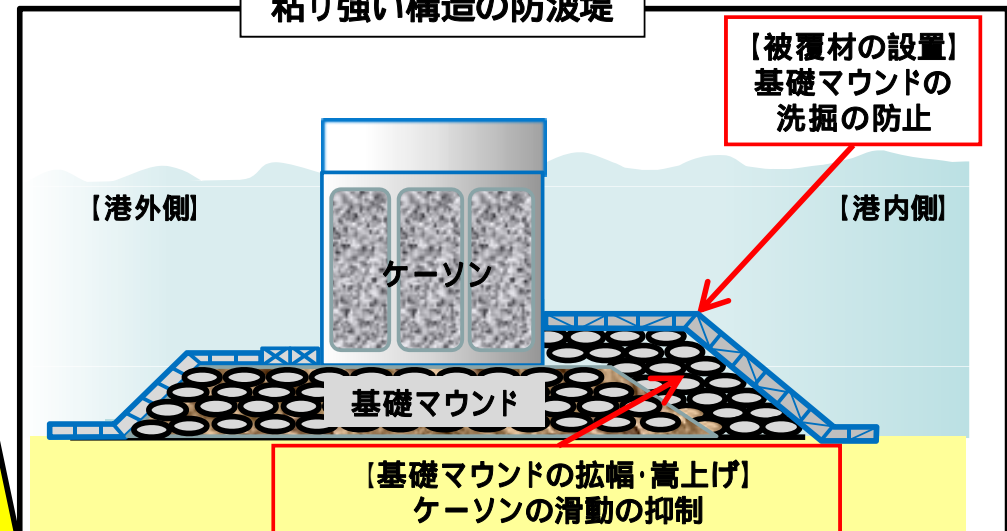


- 2) ケーソンが滑落した部分に流れが集中、マウンドの洗掘が両側に進行し、マウンド上に残ったケーソンも傾斜

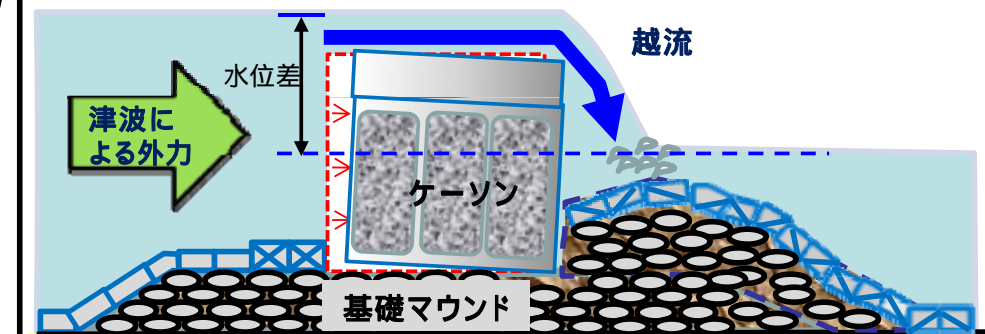


「粘り強く持ちこたえる」構造としての工夫

## 粘り強い構造の防波堤



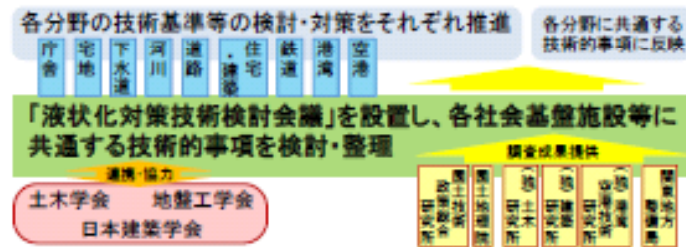
(津波の来襲時)



ケーソンは滑動するが、基礎マウンドにめり込み、マウンドからの滑落は生じにくい。マウンドの港内側にも被覆材を設置し、洗掘を抑止。

## 1. 検討体制

関係学会と連携して液状化の被害実態等の把握や液状化判定法の検証及び発生メカニズムの確認・解析等を行い、各社会基盤施設等に共通する技術的事項を検討・整理。



## 2. 検討結果の概要

今回地震の被害実態を把握し、それと代表的な液状化判定法である現行のFL法での判定結果を比較分析。現行FL法を直ちに直視する必要性は低いことを確認するとともに、高度化に向けた今後の課題を整理。

### 被害実態等の把握

現地踏査等により関東地方で液状化発生箇所を抽出。

※ 地表面の礫砂等の現地確認結果で抽出しており、全ての液状化発生箇所が抽出できたものではないことに注意が必要。

液状化発生箇所の抽出結果を活用

### 液状化判定法の検証及び発生メカニズムの確認・解析等

#### 液状化判定法(FL法)の検証

<FL法:地震動と地盤の特性から液状化発生の可能性の有無を判定する代表的な手法>

#### 今回地震での実態と判定結果の比較

- 液状化発生箇所と周辺等の112箇所を判定を実施。
- 液状化発生箇所であるが「液状化しない」と判定されるケース(見逃し)は無かった。
- 非液状化箇所の結果を踏まえて更なる研究が必要であるが、FL法は概ね今回地震に整合していると評価。

判定結果	被害実態 (単位:箇所)		合計
	液状化発生箇所	非液状化箇所	
液状化	53	35	88
非液状化	0	24	24
合計	53	59	112

「見逃し」は無かった。

#### 地震動特性を考慮する係数の検証

係数Cw

- 現行FL法では、揺れの長い海溝型地震と揺れの短い直下型地震それぞれに係数を設けて計算し、地震動特性を考慮している。
- その係数(Cw)について、今回地震の波形で妥当性が説明できるかどうかを分析。
- 一般的に液状化しやすいとされる地盤について概ね整合して地震動特性を反映できると評価。

海溝型特性と概ね一致

#### その他の分析

##### 造成年代の影響

埋立等による造成年代の新しい地盤が、古い地盤より液状化しやすい傾向が見られた。

##### 継続時間の影響

地震動の継続時間が長かった今回地震では、過去の短い地震と比較して液状化しやすい傾向が見られた。

##### 余震の影響分析

液状化直後の地盤は液状化しやすく、余震でも液状化する事例を確認。

・関東地方で少なくとも96市区町村の広い範囲で液状化現象が発生。  
・特に、東京湾岸や利根川下流域等の埋立地等で集中して発生。

・現行の液状化判定法(FL法)は今回地震についても液状化発生を概ね整合して判定できる(見逃さない)結果が得られた。  
・非液状化箇所の判定結果を踏まえて更なる研究が必要であるが、現行の液状化判定法(FL法)を直ちに直視する必要性は低いことを確認。

今後、液状化判定法等の高度化に向けて、更なるデータ収集・分析を進めることが必要。



## 各種の社会基盤施設等に共通する技術的事項の検討

関係学会とも連携して「液状化対策技術検討会議」において検討し、下記の成果をとりまとめ。

- ・ 現行の液状化判定法(FL法)は、今回地震についても液状化発生を概ね整合して判定できる(見逃さない)結果。
- ・ 現行の液状化判定法(FL法)を直ちに見直す必要性は低いことを確認。
- ・ 今後、液状化判定法等の高度化に向けて、更なる研究が必要。

### 公共インフラ

- ・ 施設の特性を踏まえて、各技術基準のあり方を検討する。
- ・ 各施設において、本復旧に合わせ、必要な液状化対策を実施する。

### 住宅・宅地

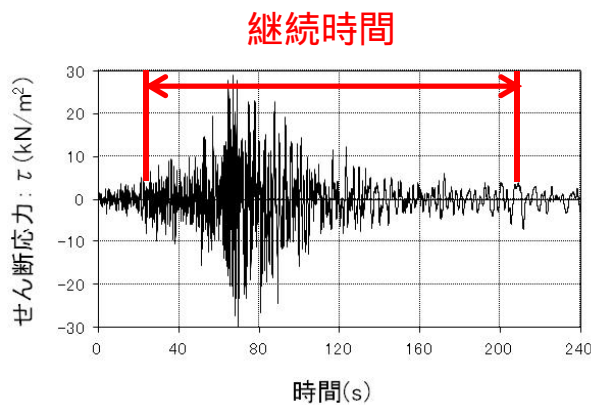
- ・ 有識者の意見や、地方公共団体の地盤の液状化等に対する対応方針を踏まえつつ、工法やコスト削減方策等を含め、公共施設と隣接宅地等との一体的な液状化対策について検討する。
- ・ 住宅性能表示制度を活用した住宅購入者等への液状化関係の情報提供について検討する。

## 地震の継続時間を考慮した液状化判定手法の確立

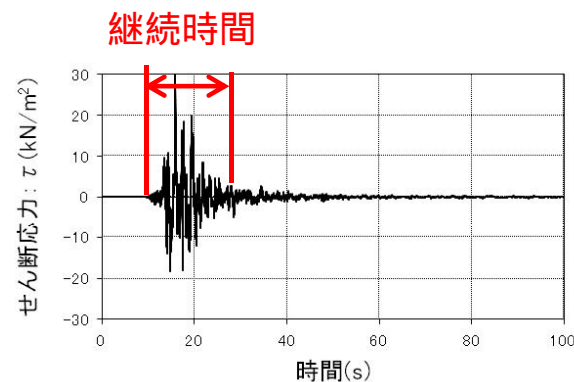
今回の震災では、地震動の継続時間が長かったため、液状化被害が拡大。しかし、これまでの液状化判定方法は、継続時間が考慮されていなかった。



継続時間を考慮した液状化判定方法に見直し、港湾における液状化の予測精度の向上を図る。



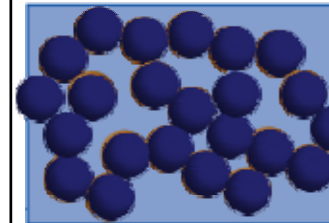
地震動の継続時間が長い波形  
(東日本大震災)



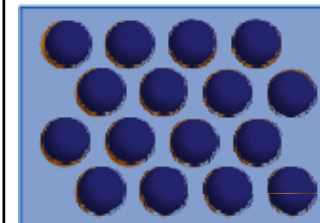
地震動の継続時間が短い波形  
(阪神大震災)

## 【参考】 液状化現象とは

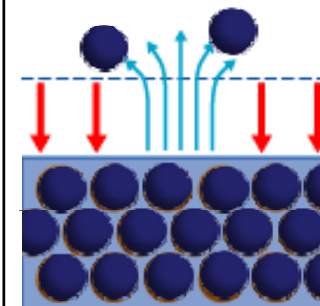
液状化とは、水を十分に含んだ暖かい砂地盤が強い地震で激しく揺すられたときに起こる現象。



【図1/地震前】  
砂粒子がかみ合い安定している状態



【図2/液状化時】  
砂粒子のかみ合いがはずれ泥水化した状態

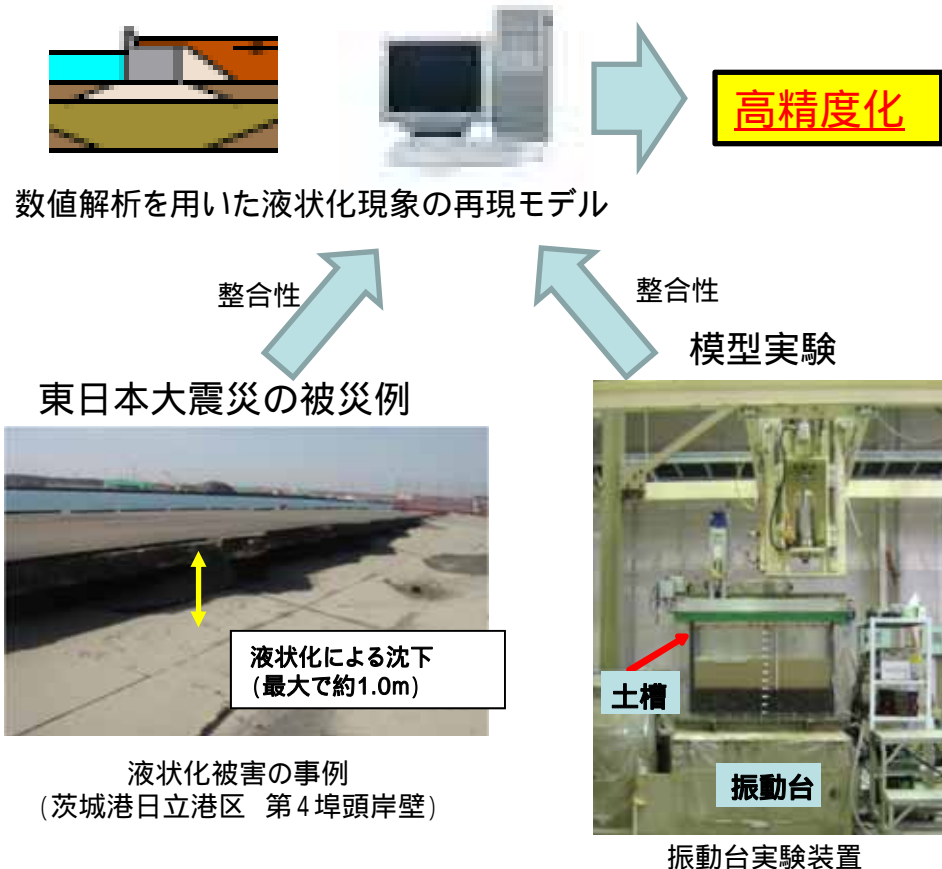


【図3/地震後】  
砂粒子が再堆積し地盤が沈下した状態(噴砂、噴水)

## 液状化現象の再現モデルの構築

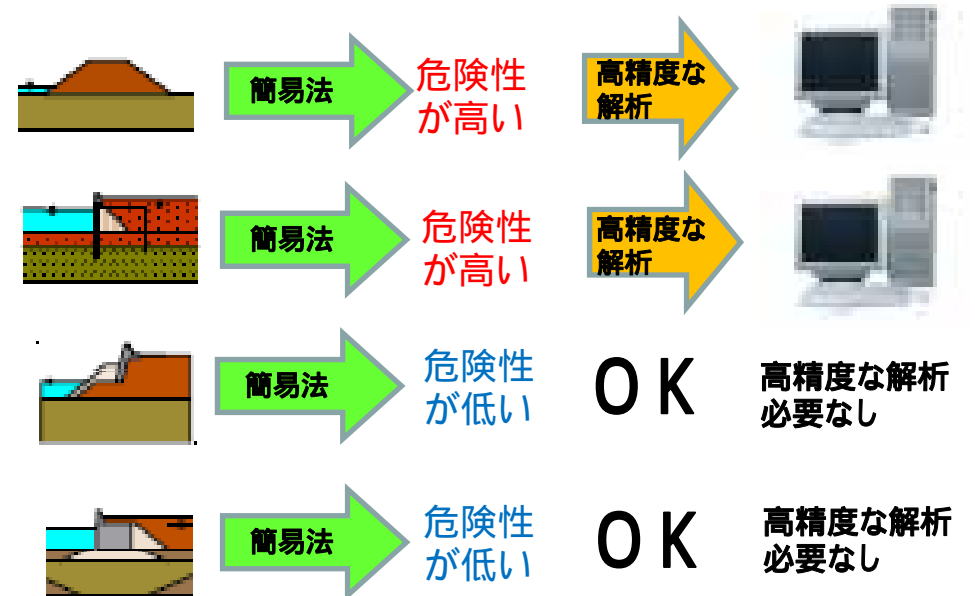
### 精度の高い再現モデルの構築

「数値解析を用いた液状化現象の再現モデル」について、東日本大震災の被災例や模型実験との整合性の確認を行い、より精度の高い再現モデルを構築する。



### 簡易な再現モデルの構築

様々な条件を設定した数値解析結果を予めデータベース化し、個別施設の条件を照合するだけで液状化に対する危険性を簡易に判定することが出来るシステムを構築する。



**あらかじめ危険性が高い施設を抽出  
→時間と費用の節約**



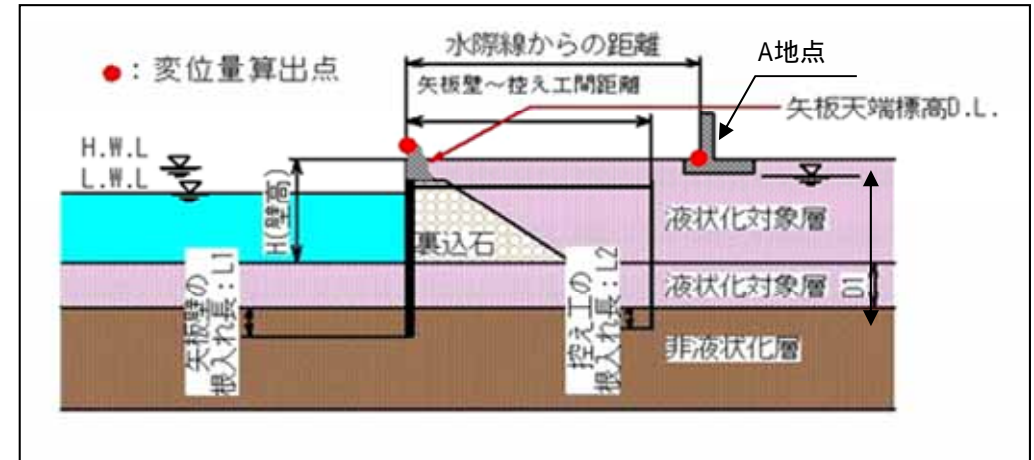
## 【同じ構造物での算定結果を比較】

### チャート式耐震診断システム

矢板型	残留変位 ( ケースA注 )	
	水平cm	鉛直cm
天端	-213	-6
A地点	-	-195

構造形式：矢板型（控え・直杭式）を準用  
 地震波の種類：ケースA注)における地震動波形  
 最大加速度 127 gal (PSI値=62cm/s<sup>1/2</sup>)  
 液状化対象層：埋立土(盛砂含む) 16.5m  
 等価N値：「5」

## チャート式耐震診断システム 構造形式：矢板型



注) ケースA

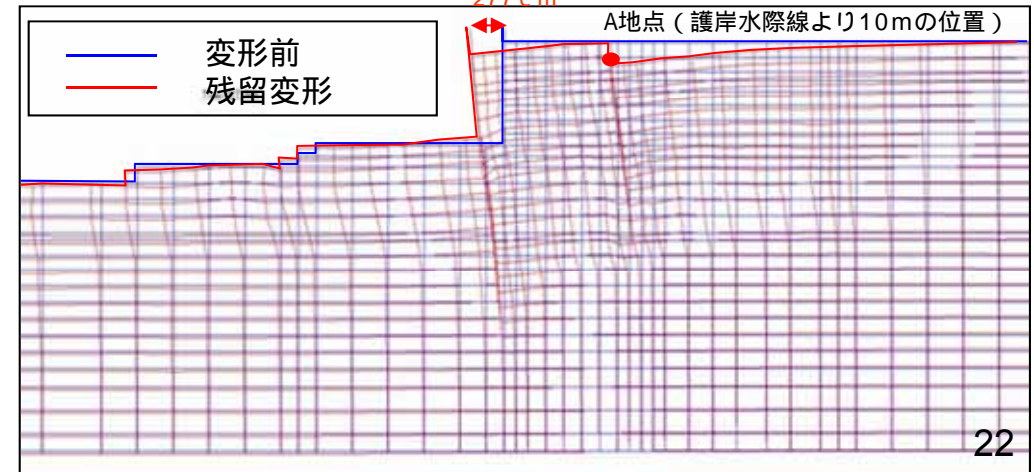
暫定モデル：平成15年に中央防災会議で想定した東海・東南海・南海地震について、現在の中央防災会議の議論等をふまえ、国土交通省港湾局において強めに想定した暫定モデル

### FLIP 応答解析

矢板型	残留変位 ( ケースA注 )	
	水平cm	鉛直cm
天端	-277	-93
A地点	-	-151

構造形式：矢板型（控え・矢板式）  
 地震波の種類：ケースA注)における地震動波形  
 最大加速度 127 gal  
 等価N値：「4.5～31.1」  
 その他パラメータ：工学的基盤、飽和・水中・湿潤重量密度、粘着力、せん断抵抗角、せん断弾性係数、ポアソン比、砂質土と粘性土の間隙率、減衰係数 等

### FLIP 応答解析結果



残留変形図

# 適合性確認対象施設

## 1 . 適合性確認対象施設【法第56条の2の2第2項】

技術基準対象施設であつて、**公共安全その他の公益上影響が著しい**と認められるものとして国土交通省令で定めるもの（国土交通大臣が定めた設計方法を用いる場合を除く）

## 2 . 公共安全その他の公益上影響が著しいと認められるもの

当該施設の建設又は改良が技術基準に適合していない場合、人命、財産、物資の円滑な輸送等に著しい影響を及ぼすおそれがある技術基準対象施設

## 3 . 適合性確認対象施設（公共・民間の区別なし）

（技術基準への適合性確認の対象施設【港湾法施行規則第28条の2】）

外郭施設

係留施設（水深7.5m以上、旅客船・危険物船等、耐震強化施設）

臨港交通施設のうち道路及び橋梁

廃棄物埋立護岸

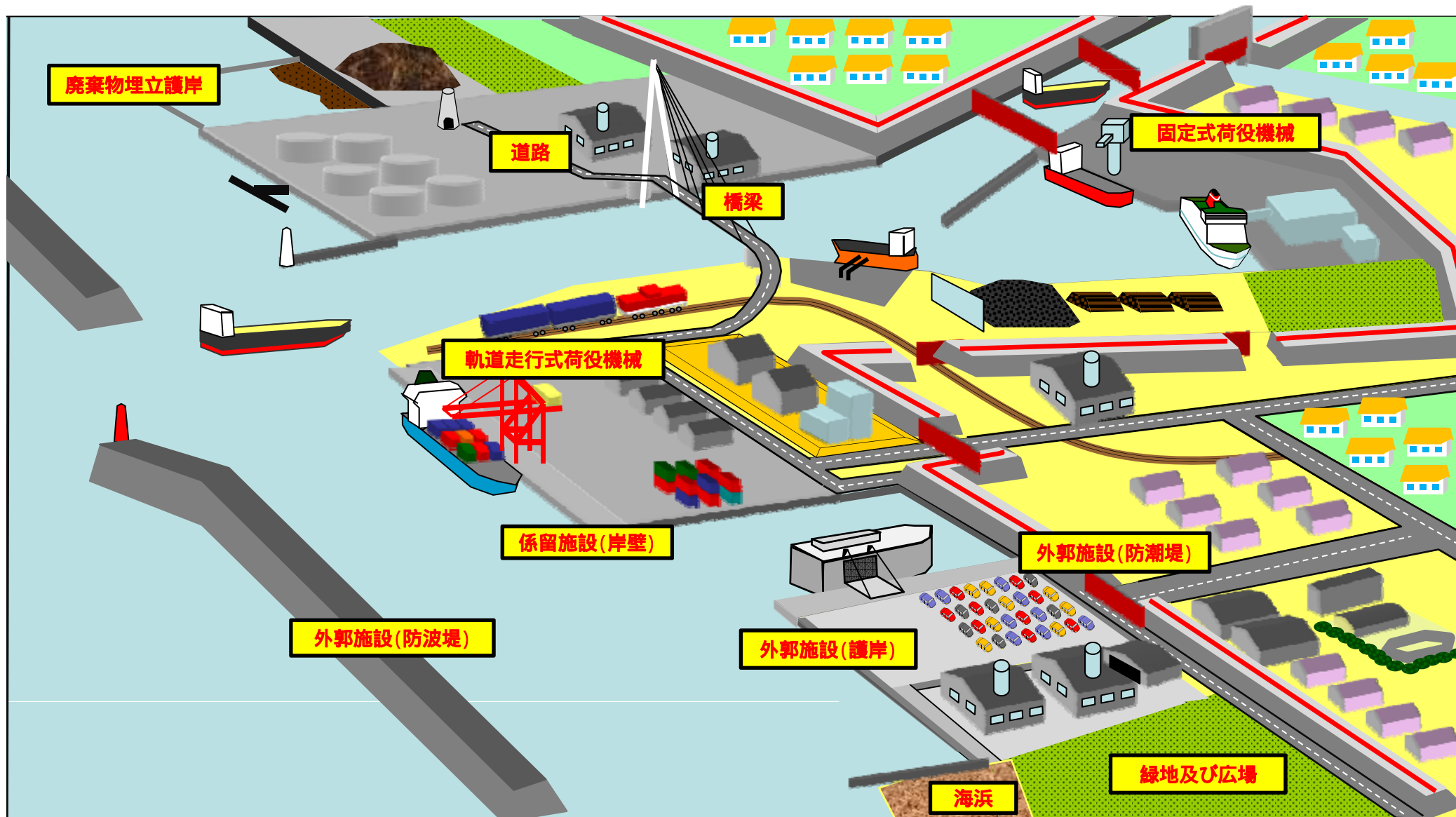
海浜

荷役機械、緑地及び広場（大規模地震対策施設に限る）



# 適合性確認対象施設

適合性確認対象施設



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 (概要)

原子力安全・保安院 保安課

# I. 検討体制・経過等

## 検討体制

### 【部会長】

小林 英男 国立大学法人横浜国立大学 安心・安全の科学研究教育センター客員教授

### 【委員】

石井 宏治 社団法人日本エルピーガスプラント協会会長  
 片倉 百樹 公益社団法人日本冷凍空調学会会長  
 川本 宜彦 社団法人エルピーガス協会会長  
 岸野 洋也 一般社団法人日本ガス協会技術部長  
 吉川 孝 社団法人日本産業機械工業会化学機械部会部会長  
 鯉江 泰行 石油化学工業協会保安・衛生委員長  
 越 光男 国立大学法人東京大学大学院工学系研究科総合研究機構特任教授  
 酒井 信介 国立大学法人東京大学大学院工学系研究科機械工学専攻教授  
 佐藤 清 神奈川県安全防災局危機管理部長  
 作田 穎治 高圧ガス保安協会会長  
 高 巖 麗澤大学大学院国際経済研究科教授  
 棚橋 信之 石油連盟環境安全委員長  
 東嶋 和子 科学ジャーナリスト  
 豊田 昌洋 一般社団法人日本産業・医療ガス協会会長  
 内藤 英代 消費科学連合会企画委員  
 平野 敏右 高圧ガス保安協会参与  
 深尾 定男 一般社団法人全国高圧ガス溶材組合連合会会長  
 松澤 純 日本LPガス協会会長  
 三浦 佳子 消費生活コンサルタント  
 矢端 和之 社団法人日本溶接容器工業会会長

## 検討経過

平成23年7月11日(月) 第16回 高圧ガス部会

- ・東北地方太平洋沖地震について
- ・高圧ガス保安の今後の取組について 他

平成23年9月28日(水) 第17回 高圧ガス部会

- ・東北地方太平洋沖地震における高圧ガス施設被害状況について
- ・第16回高圧ガス部会での指摘事項について

平成23年11月29日(火) 第18回 高圧ガス部会

- ・東日本大震災における被害と対応について
- ・第17回高圧ガス部会の指摘事項について

平成24年1月24日(火) 第19回 高圧ガス部会

- ・東日本大震災における被害と対応について

平成24年3月7日(水) 第20回 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(案)



## Ⅱ. 東日本大震災による高圧ガス施設の被害の状況の調査

### 1. 被害状況に関するアンケート

#### (1) 東北3県アンケート調査

東北3県（岩手、宮城、福島）の事業所へのアンケート（3,730事業所中、1,817事業所が回答）

#### (2) コンビ則適用事業所調査

2m以上の津波警報及び震度5強以上を観測した都道府県に所在するコンビナート等保安規則適用事業所へのアンケート（158の全事業所が回答）

### 2. 被害状況に関する追加詳細調査

#### (1) 地震被害に関する詳細調査

被害状況に関するアンケートで地震による被害があった旨の回答を得た事業所に対し詳細アンケートを実施（東北3県アンケート45事業所中31事業所、コンビ則適用事業所調査35事業所中35事業所が回答。）。

#### (2) 津波被害に関する追加詳細調査

被害状況に関するアンケート調査で津波による被害があった旨の回答を得た事業所（一般則等73事業所）

### 3. 高圧ガス保安法に基づく事故報告の調査

地震被害に関する詳細調査（6事業所）

### 4. 現地調査

宮城県、茨城県事業所への現地調査

### 5. ブレース破損に関する分析

### 6. コスモ石油(株)千葉製油所の火災・爆発事故に関する調査

# 1. 高圧ガス施設等の被害状況に関するアンケート調査結果

## (1) 東北3県アンケート調査

### ①地震・津波による事業所の被害状況

- ・地震による被害 389事業所
- ・津波による被害 85事業所
- ・両方による被害 31事業所

### ②高圧ガス施設等の種類別被害発生件数（上位5件）

- ・配管・弁等の変形・破損
- ・容器置場等の倒壊・破損
- ・計装設備の破損・不具合
- ・防消火設備等の破損・不具合
- ・貯槽等の基礎アンカーボルトの緩み・破断

### ③津波の事業所浸水深

- ・最大は20メートル以上であった。5メートル以上10メートル未満が最も多かった。

### ④津波による設備・容器の流出状況

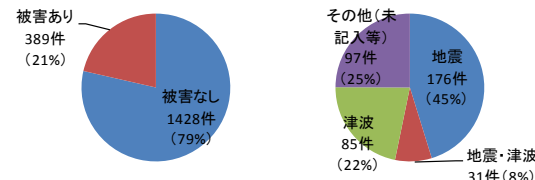
#### 1) 設備・容器の流出状況

- ・設備の流出、ローリーの流出はそれぞれ14事業所、容器の流出は114事業所で発生

#### 2) 容器の流出状況

- ・約3万5千本が流出。平成24年4月現在で、流出容器による事故は1件発生。

### ①地震・津波による事業所の被害状況

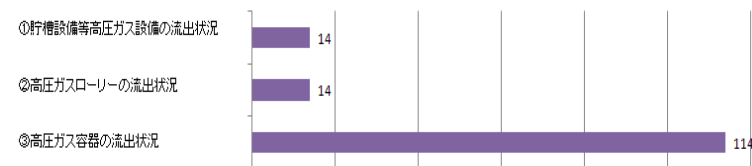


今回の地震による被害の有無 地震又は津波の被害状況

### ③津波の事業所浸水深



### ④ 1) 設備・容器の流出状況



### ④ 2) 容器の流出状況

物性	流出	回収	
	本数	本数	回収率
可燃性	17,923	11,405	64%
支燃性	1,662	1,093	66%
不活性	12,769	11,970	94%
毒性	1	0	0%
記載なし	2,737	2,662	97%
合計	35,092	27,130	77%

# 1. 高圧ガス施設等の被害状況に関するアンケート調査結果

## (2) コンビ則適用事業所調査

地震・津波による高圧ガス設備の被害の状況については、回答のあった158事業所中、42事業所において被害の回答があった。このうち火災・爆発については、宮城県の製油所の火災によるLPガス出荷施設の焼損、千葉県製の製油所のLPガス出荷施設の火災・爆発事故及び当該事故による近隣事業所の火災2件の合計4件であった。

道府県	事業所数	被害の有無 (事業所数)		被害の分類毎の事業所数(複数回答あり)					被害を受けた事業所の 震度・加速度の最低値	
		無し	有り	火災・爆発	漏洩	高圧ガス の通る部 分の損傷	基礎等 の構造物 の損傷	不明・調査 中	震度	gal
北海道	4	4								
青森県	2	1	1			1	1		5弱	
宮城県	3	0	3	1	2	3	2	1	6強	464
福島県	2	0	2			1	1	1	6弱	310
栃木県	2	0	2		1		2		5強	259
群馬県	1	1	0							
茨城県	42	20	22		1	8	11	6	5強	197
千葉県	43	36	7	3	2	3	1		5弱	98
神奈川県	57	52	5			4	2		5弱	111
新潟県	1	1								
静岡県	1	1								
合計	158	116	42	4	6	20	20	8		



## 2. 被害状況に関する追加詳細調査

### (1) 地震被害に関する詳細調査

#### (1) 耐震設計構造物の損傷状況

通達又は耐震設計基準に適合している設備の大部分で設計地震動の範囲では損傷が発生しなかった。設計地震動を超える地震動を受け損傷を受けた設備でも、耐震設計基準のレベル2耐震性能を維持していた。

通達及び耐震設計基準に適合していない設備であっても大きな被害が生じていない。

(1) 耐震設計構造物の損傷状況

	通達適合設備			レベル1地震動適合設備			レベル2地震動適合設備			(参考)未確認設備		
	計	一般則 液石則	コンビ則	計	一般則 液石則	コンビ則	計	一般則 液石則	コンビ則	計	一般則 液石則	コンビ則
通達及び耐震設計基準に適合している設備の損傷の数	7	1	6	34(2)	29	5(2)	2	1	1	43(2)	9(2)	8 1(2)
実際の地震動	レベル1地震動以下	0	0	0	2	0	2	0	0	0	2	0 0 0
	レベル1地震動超 レベル2地震動以下	5	0	5	4	2	2	1	0	1	10	1 0 1
	レベル2地震動超	2	1	1	28(2)	27	1(2)	1	1	0	31(2)	8(2)

プレース破断: 2  
うち、一つは水張り中  
プレースについては別途検討

配管サポート損傷: 1  
配管損傷: 1  
いずれも腐食によると推定。

液状化による貯槽の傾き

#### (2) 耐震設計基準適用外の設備等の損傷状況

配管の損傷、熱交換器の損傷、アンカーボルトの損傷等が発生している。損傷により、漏洩が7件発生していたが軽微な漏洩であった。

(2) 耐震設計基準適用外の設備等の損傷状況

損傷の内訳	レベル1地震動以下	レベル1地震動超 レベル2地震動以下	レベル2地震動超	
塔槽類の損傷等	0	1	0	
熱交換器の損傷	0	1	22	
配管の損傷等	不同沈下	0	1	6
	液状化 地震等	1	11	0
煙突損傷	4	8	15	
設備傾斜	不同沈下	0	1	1
	液状化	3	3	0
脚部損傷	0	0	0	
電気計装機器の損傷	1	0	3	
機器固定ボルト破断	0	1	0	
アンカーボルト	損傷	0	0	13
	緩み	0	1	32
架台の損傷	0	2	2	
基礎損傷等	不同沈下	0	2	1
	液状化	0	6	0
	地震等	1	1	3
計		10	39	101

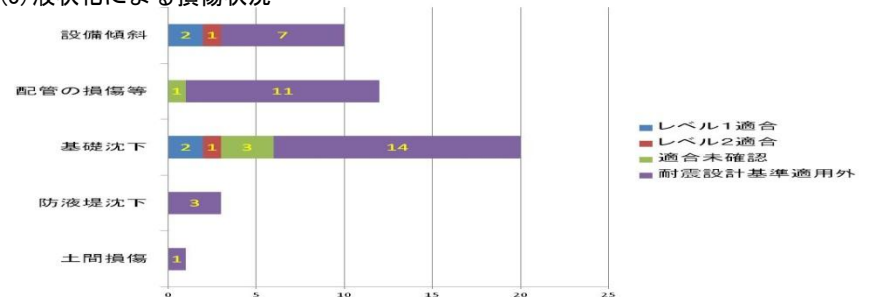
漏洩1件  
 漏洩1件  
 漏洩3件  
 漏洩2件

#### (3) 液状化による損傷状況

17事業所で液状化による設備等の損傷が46件発生。損傷内容は基礎の沈下、配管の変形・破損、設備の傾きであった。その中で1事業所で配管の破損による漏洩が発生しているが、火災等の災害の発生はなかった。

損傷が発生した設備の立地条件は、17事業所中13事業所が海岸、沼の埋立地、2事業所が湿地、1事業所は護岸近傍と比較的液状化が発生しやすい場所に立地。1事業所の土地の履歴は不明。

(3) 液状化による損傷状況



## 2. 被害状況に関する追加詳細調査 (2) 津波被害に関する追加詳細調査

### ①集計方法

東北3県アンケートの回答事業所のうち、津波による被害があり、かつ、津波の浸水深の記載があった回答を元に事業所の浸水深毎、当該被害のリスクの重大性毎に分類し、発生件数を取りまとめた。また、高圧ガス設備等の流出についても発生件数を取りまとめた。

### ②まとめ

1) 事業所の浸水深に応じ、被害内容が重大な事象の発生件数が多くなる傾向にある。

- 高圧ガスの大量漏洩など、保安上想定される被害のリスクが大きい貯槽等の倒壊・転倒は、浸水深3m以上で発生。
- 緊急遮断装置、計装設備等の破損・不具合等、適切な保安措置ができなくなり、保安上のリスクが大きい事象については、浸水深1m未満でも発生。
- 高圧ガスが大量漏洩する危険性があるなど、保安上想定される被害のリスクが極めて大きい高圧ガス設備の流出は、浸水深3m以上の事業所で発生。
- 高圧ガスローリーの流出は、浸水深2m以上の事業所で発生。
- 高圧ガス容器の流出は、浸水深1m以上の事業所で発生。

2) 貯槽等の倒壊・転倒及び高圧ガス設備の流出の原因

設備の倒壊・流出について関係者への聞き取り等により、現場の状況等から原因を推定したところ、①浸水により生じた貯槽の浮力、②津波の波力、③漂流物の衝突によるもの又はその組み合わせによるものと考えられる。

浸水深	津波の被害を受けた事業所数	津波による被害の状況(複数回答あり)										
		貯槽等の倒壊・転倒	緊急遮断装置の破損・不具合	計装設備、ガス漏洩検知警報設備、消防火設備の破損・不具合	動機器、静機器の損傷・不具合	配管・弁等の変形・破損・不具合	貯槽等の基礎、脚部等の損傷	容器置場等の倒壊・破損、容器の転倒	事務所等の倒壊・破損	流出の状況		
										高圧ガス設備の流出	高圧ガスローリーの流出	高圧ガス容器の流出
5m以上	20	4	5	11	8	12	12	9	13	7	1	13
		20%	25%	55%	40%	60%	60%	45%	65%	35%	5%	65%
3m以上 5m未満	20	1	12	17	12	17	5	10	13	1	2	9
		5%	60%	85%	60%	85%	25%	50%	65%	5%	10%	45%
2m以上 3m未満	13	0	4	7	6	5	3	3	7	0	5	5
		0%	31%	54%	46%	38%	23%	23%	54%	0%	38%	38%
1m以上 2m未満	16	0	2	6	5	6	1	3	3	0	0	4
		0%	13%	38%	31%	38%	6%	19%	19%	0%	0%	25%
1m未満	4	0	0	2	1	1	0	2	3	0	0	0
		0%	0%	50%	25%	25%	0%	50%	75%	0%	0%	0%
合計	73	5	23	43	32	41	21	27	39	8	8	31

※パーセンテージは、各津波高さ毎の事業所数における被害の割合

### 3. 高圧ガス保安法に基づく事故報告の調査

#### ①調査方法等

高圧ガス保安法に基づき自治体から提出された事故報告から、東北3県アンケート、コンビ則事業所調査で把握できていない、高圧ガス保安法適用設備の被害を抽出。地震による被害については、地震被害に関する追加詳細調査と同様の調査、分析を実施。

#### ②調査結果

##### 1) 被害の状況

6事業所で地震による被害が発生。いずれも人的被害と周辺への被害は発生せず、軽微な事故であった。

- 漏洩したガスが滞留し爆発が1事業所
- ガスの漏洩が1事業所
- 配管の破損等が1事業所 他 軽微な損傷3事業所

##### 2) 地震被害に関する詳細調査の結果

###### イ) 耐震設計構造物の被害

- 耐震設計基準に適合している設備で、想定した設計地震動を超えた地震動を受け、軽微な損傷（漏洩無し）が1事業所で発生。
- 耐震設計基準の適合未確認の設備で、レベル1地震動を超えた地震動を受け、軽微な損傷（漏洩無し）が2事業所で発生した。

###### ロ) 耐震設計基準適用外の設備

- 2事業所で配管の損傷（漏洩有り）が発生。
- うち、1事業所で漏洩した可燃性ガスの爆発が発生。※

#### 地震被害に関する詳細調査の結果のまとめ

		レベル1 地震動適合 設備	レベル2 地震動適合 設備	適合未確認	耐震設計 基準適用外	合計
設備の損傷の数		1	0	2	3	6
実際の地震動	レベル1 地震動以下	0	0	1	1	2
	レベル1 地震動超 レベル2 地震動以下	1	0	1	2	4
	レベル2 地震動超	0	0	0	0	0

・CE貯槽のアンカーボルトが1cm程度浮き上がり。

・水素スタンドのディスペンサーから漏えい。

・CE貯槽が支柱(レグ)にめり込むように変形。(亀裂及び漏えいはなし。)

・CE貯槽のアンカーボルト2本の緩み。

・水素の圧縮機の配管が破損し漏えい。漏えいした水素が防音ボックス内に滞留、着火し、パuffersタンクや配管等を焼損。  
・圧縮機本体を支えていた空気バネが地震により破損、本体が傾きフレキ管が変形(漏えいなし)

#### ※爆発した事案の概要

地震により圧縮機のずれ防止の固定ボルトが破断し、圧縮機ユニットの移動により接続配管が破損してガスが漏洩し、同時に地震による停電により、機械室の換気装置が停止したために、漏洩したガスが滞留して爆発したものである。本事故では停電に伴い貯槽の緊急遮断弁が閉止し、漏洩は当該設備内のガスのみであったため、大きな火災事故に至らなかった。



## 4. 宮城県及び茨城県内の高圧ガス施設等の被災状況現地調査

### (1) 宮城県内高圧ガス施設等の被害状況の現地調査

- ① 調査日 平成23年8月22日～24日
- ② 調査対象 仙台市、多賀城市、石巻市の高圧ガス製造事業所6事業所、高圧ガス運送事業所2事業所
- ③ 被害の状況
  - 宮城県については、地震による高圧ガス設備等の大きな被害は発生していないが、津波による設備等の被害、電源の喪失、高圧ガス容器の転倒・流出が多数発生した。
  - 容器のチェーン、角リング等を用いた固定は、津波対策においても有効であった。



### (2) 茨城県内高圧ガス施設の被害状況の現地調査

- ① 調査日 平成23年9月8日
- ② 調査対象 鹿島コンビナートの高圧ガス製造事業所2事業所
- ③ 被害の状況
  - 茨城県においては、地震によりLPガスの球形貯槽2基(ブタンと水満水)のブレース(筋交い)が損傷した。
  - 液状化により、地下に埋設していたトレンチが浮上し、内部の配管が変形した。液状化は、造成時に池を埋め立てた地域で発生していた。



完全に破断  
破断した付近は少し横に  
広がった形に変形。  
○ イメージ  
注: 錆は破断後に発生

# 5. ブレースの破損に関する分析

## (1) 目的

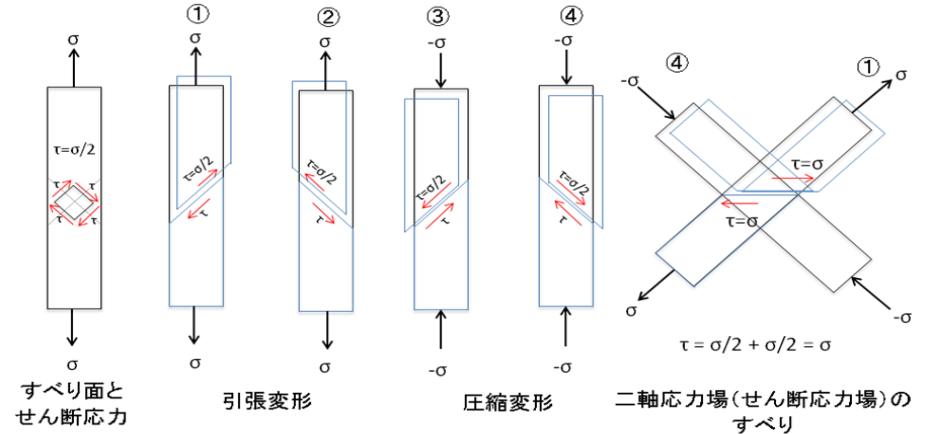
球形貯槽のブレースの破断は球形貯槽にとっては保安上許容できない損傷である。今回の震災において、球形貯槽のブレースの破断が3件発生したことから、ブレースについて高圧ガス保安協会に委託して強度解析を行った。

## (2) 解析結果

ブレースの破断が生じた貯槽のデータを高圧ガス保安協会において解析した結果、以下のことが判明した。

- これらの貯槽のブレースは、ブレースの交点が溶接接合されている構造という共通点があった。
- ブレースが地震動を受けた際には、片方のブレースには引張応力がかかり、もう片方には圧縮応力がかかることになる。分析してみると、ブレースの交点を溶接接合している場合、引張応力と圧縮応力が交点で合成され、交点に2倍のせん断応力が働くことがわかった。
- 一方、現行の耐震設計基準では、ブレースは一本ずつの評価しかしていないことから、交点を溶接したブレースの正確な評価はできないことが判明した。

## 塑性変形のモデル化（すべり）とせん断応力



## LPG球形タンクのブレース(筋交い)の損傷。



## 6. コスモ石油(株)千葉製油所の火災・爆発事故に関する調査

### (1) 事故の概要

- ①発生日 平成23年3月11日(金)
- ②東北地方太平洋沖地震と直後の余震により、液化石油ガス(LPガス)出荷設備の球形貯槽1基が倒壊。隣接のLPガス配管を破損しLPガスが漏洩。火災・爆発が発生。
- ③被害
  - 1) 人的被害 重傷1名、軽傷5名
  - 2) 物的被害  
事業所内 : LPガス出荷設備(球形貯槽17基)が全焼、全損。  
隣接事業所 : 延焼、飛散物落下による損傷等。  
近隣住宅地 : 民家等118軒のガラス等破損。飛散物落下。近隣住民約千人(五井地区)に一時避難勧告(8時間)。

### ④貯槽倒壊の原因

倒壊した貯槽には、水(LPガスより重い)が入っていたため、地震の揺れに耐えられなかった(貯槽の中を空にして定期修理を行った後、LPガスを入れる前に空気を除去するために水を入れていた。)

### (2) 高圧ガス保安法との関係

- ① 高圧ガスの製造許可  
発災したLPガス出荷設備は、昭和37年から43年にかけて、千葉県から高圧ガス製造許可を受けて設置。
- ② 認定完成・保安検査実施者  
同事業所は、自ら法定検査を実施できる者として、経済産業大臣が認定(都道府県による検査を免除)。

### (3) 事故に関連する法令遵守状況等

- ①耐震性能  
発災したLPガス出荷設備は、昭和44年に建設されており、耐震設計基準の適用を受けていない。ただし、通達に基づき一定の耐震性を有することを確認。
- ②事故調査の過程で以下の法令違反が判明。
  - ・一部の貯槽の緊急遮断弁を開状態で固定。
  - ・プロパンガスで許可を受けた貯槽でブタンガスを貯蔵。
- ③事故調査の過程で以下の不適切な措置が判明。
  - ・倒壊した貯槽は水を入れたまま12日間置かれていた 等

### (4) 原子力安全・保安院としての対応

- ①コスモ石油(株)に対する措置  
コスモ石油(株)千葉製油所の認定取り消し、同社への嚴重注意と改善報告指示。
- ②業界全体への水平展開
  - 1) 耐震設計構造物の保安の確保  
平成23年5月26日、貯槽等に水等を満たす場合には、その状態での耐震性をチェックし、耐震性が不足している場合には倒壊しても漏洩が起きないように措置を講ずること等を要請。(平成23年12月22日に、当該注意喚起内容を技術基準の例示に追加。即日施行。)
  - 2) 緊急遮断弁の適切な管理  
平成23年6月30日、高圧ガス製造者等に対し、緊急遮断弁は、必要なときに、安全に、かつ、速やかに閉止できる状態を維持しなければならない旨、注意喚起。

### Ⅲ. 高圧ガス設備の耐震基準の適合状況について

- 今回の震災を受け、高圧ガス設備の耐震性能の保有状況を確認するため、通達及び耐震設計基準への適合状況についてアンケート調査を実施した。
- 調査の結果、耐震設計基準を制定した昭和57年以降約30年余り経過しているが、アンケートの結果では、塔及びその支持構造物(以下「塔類」という。)については通達適合が5割程度、耐震設計基準適合が4割程度、貯槽及びその支持構造物(以下「槽類」という。)については通達適合が3割弱程度、耐震基準適合が5割弱程度となっている。すなわち、塔類については1割程度、槽類については3割程度が、通達又は耐震設計基準の適合性が確認されていない状況であることが判明した。
- また、配管系にかかる耐震設計基準を制定した平成9年から15年近く経過しているが、既存配管系の耐震設計基準への適合率は1割程度に過ぎず、9割程度は適合性について確認がされていない状況であることが判明した。

#### (1) 既存設備の塔類の適合状況

規則名	回答事業 所数		既存設備(昭和57年3月末までに許可を受けて設置)							
			基数	通達適合基数・率		レベル1 適合基数・率		レベル2対 象基数		
				レベル2適合基数・率	レベル2適合基数	レベル2適合率	レベル2適合基数	レベル2適合率		
一般	4,725	本体及び支持構造物	134	31	23.1%	75	56.0%	46	43	93.5%
		基礎	117	19	16.2%	69	59.0%	43	43	100.0%
液石	2,757	本体及び支持構造物	27	0	0.0%	9	33.3%	2	1	50.0%
		基礎	31	0	0.0%	12	38.7%	2	0	0.0%
コンビ	273	本体及び支持構造物	2,736	1,385	50.6%	1,117	40.8%	39	3	7.7%
		基礎	2,356	1,044	44.3%	726	30.8%	38	4	10.5%
冷凍	1,101	本体及び支持構造物	19	8	42.1%	3	15.8%	2	0	0.0%
		基礎	19	5	26.3%	3	15.8%	2	0	0.0%
各規則合 計		本体及び支持構造物	2,916	1,424	48.8%	1,204	41.3%	89	47	52.8%
		基礎	2,523	1,068	42.3%	810	32.1%	85	47	55.3%

#### (2) 既存設備の槽類の適合状況

規則名	回答事業 所数		既存設備(昭和57年3月末までに許可を受けて設置)							
			基数	通達適合基数・率		レベル1 適合基数・率		レベル2対 象基数		
				レベル2適合基数・率	レベル2適合基数	レベル2適合率	レベル2適合基数	レベル2適合率		
一般	4,725	本体及び支持構造物	2,073	240	11.6%	1,155	55.7%	148	57	38.5%
		基礎	2,018	234	11.6%	1,105	54.8%	144	57	39.6%
液石	2,757	本体及び支持構造物	2,132	535	25.1%	802	37.6%	1,511	335	22.2%
		基礎	2,074	486	23.4%	770	37.1%	1,422	303	21.3%
コンビ	273	本体及び支持構造物	1,719	759	44.2%	790	46.0%	490	150	30.6%
		基礎	1,593	657	41.2%	583	36.6%	497	131	26.4%
冷凍	1,101	本体及び支持構造物	35	12	34.3%	6	17.1%	3	1	33.3%
		基礎	34	8	23.5%	4	11.8%	3	1	33.3%
各規則合 計		本体及び支持構造物	5,959	1,546	25.9%	2,753	46.2%	2,152	543	25.2%
		基礎	5,719	1,385	24.2%	2,462	43.0%	2,066	492	23.8%

#### (3) 既存設備の配管系の適合状況

規則名	回答事業 所数		既存設備(平成10年3月末までに許可を受けて設置)					
			基数	レベル1 適合基数・率		レベル2対 象基数		
				レベル2適合基数・率	レベル2適合基数	レベル2適合率	レベル2適合基数	
一般	4,725	本体及び支持構造物	332	76	22.9%	38	5	13.2%
		基礎	145	39	26.9%	12	4	33.3%
液石	2,757	本体及び支持構造物	656	80	12.2%	208	27	13.0%
		基礎	376	37	9.8%	86	15	17.4%
コンビ	273	本体及び支持構造物	7,694	868	11.3%	410	71	17.3%
		基礎	2,520	358	14.2%	230	48	20.9%
冷凍	1,101	本体及び支持構造物	70	9	12.9%	5	1	20.0%
		基礎	29	4	13.8%	2	1	50.0%
各規則合 計		本体及び支持構造物	8,752	1,033	11.8%	661	104	15.7%
		基礎	3,070	438	14.3%	330	68	20.6%



## IV. 高圧ガス施設等の地震・津波に対する対応について

### 1. 高圧ガス施設等の地震対策について

#### (1) 東日本大震災を踏まえた地震対策について

コスモ石油(株)千葉製油所の火災・爆発を含め球形貯槽のブレース（脚部の筋交い）の破断3件を除き、耐震設計基準の見直し等、新たな義務づけを必要とする事故、損傷は無かった（コスモ石油(株)千葉製油所の事故については、同社に対する措置及び事業者全体に対する義務づけを含めた措置が既に別途講じられている。）。一方、耐震設計基準等への適合が義務づけられていない設備（以下「既存設備」という。）において耐震設計基準等に適合していない割合が最大9割程度（配管系の場合）あることが判明した。

これらを踏まえ、以下の対応を行う。

- ① 球形貯槽のブレースについて、耐震設計基準等の見直し、補強の方法の検討。
- ② 既存設備の耐震設計基準等への適合状況について、事業者は、確認及び有価証券報告書等による公表。自治体及び国は、フォローアップ。
- ③ 事業者は、液状化のリスク調査と対策の実施。
- ④ 地震調査研究推進本部等の検討を踏まえ、耐震設計基準等における地域係数等の見直しを検討。  
等

## IV. 高圧ガス施設等の地震・津波に対する対応について

### 2. 高圧ガス施設等の津波対策について(1/2)

#### (2) 高圧ガス設備の津波対策について

浸水深に応じ、重大な事象の発生件数が多くなる傾向にあった。緊急遮断装置、計装設備等の破損・不具合といった、これらの設備が動作しなくなることにより、想定される被害のリスクが大きい事象は、1 m未満の浸水深でも発生した。貯槽等の倒壊・転倒及び高圧ガス設備の流出原因は、津波の波力、貯槽の浮力、漂流物の衝突によると考えられる。

これらを踏まえ、以下の対応を行う。

- ① 高圧ガス設備の安全な停止、高圧ガスの封じ込め、ガスの廃棄などにより、津波到達までの間に高圧ガス設備を安全に維持できる状態にするための機能を持たせることを技術基準で義務づけ。配管が破損した際に高圧ガスの漏洩を最小限にするための地震防災遮断弁の遠隔操作、動力が喪失した場合に安全性が向上するように機能する作動、操作等の技術基準を設定。事業者は、ハード面の対応に併せて、従業員の安全な避難と設備の安全な停止等を両立できる判断基準、権限、手順等を危害予防規程に基づき規定。
- ② 事業者は、設備等の破損・流出による被害を想定し、被害低減策を実施するほか、被害想定を自治体に提供することを危害予防規程に基づき規定。  
自治体は、事業者による被害想定を地域の津波対策に反映するほか、必要な場合、事業者に対して設備の流出抑制措置等を求める。
- ③ 事業者は、容器及びローリーについて、津波到達までの間に事業所外への流出を最低限にするための措置を講ずるため、判断基準、権限、手順等を危害予防規程に基づき規定。

## IV. 高压ガス施設等の地震・津波に対する対応について

### 2. 高压ガス施設等の津波対策について(2/2)

- ④ 容器流出の防止に向け、容器の形、大きさに応じた最適な方法につき、関係団体毎にガイドラインを策定・普及。審議会による策定状況等のフォローアップ。
- ⑤ 流出容器については、所有者が回収の責任を有するが、個々の事業者では回収が困難な場合もあることから、自治体と関係団体が連携して回収協力体制を構築することが望ましい。事業者は、流出容器回収の対応方針（回収協力体制が構築された場合の参加を含む。）を危害予防規程に基づき規定。  
自治体は、流出容器への対処方法を津波発生後に迅速に周知。
- ⑥ 事業者は、事業所内の人命を保護するための対策（情報伝達、避難方法等のルール化、定期的な訓練）を実施。
- ⑦ 設備が波力、浮力及び漂流物により受ける影響を評価するための手法を新たに検討。 等

< 報告書概要 >

**検討会の目的**

東日本大震災により、危険物施設や石油コンビナート施設(以下「危険物施設等」という。)においても地震の揺れや津波による被害が発生している。

このことを踏まえ、今回の地震の揺れや津波で被害を受けている危険物施設等の実態調査を行うための調査方針や具体的な調査方法について検討を行うとともに、実態調査の分析結果を踏まえて危険物施設等における地震・津波対策のあり方について検討を行う。

**検討会委員**

(座 長) 亀井 浅道 元横浜国立大学安心・安全の科学研究教育センター 特任教授

(委 員)

安藤 研司	(社)日本化学工業協会 環境安全部 部長	平 久大	仙台市消防局警防部 危険物保安課長
石井 俊昭	石油連盟 環境安全委員会安全専門委員会消防・防災部会長	田口 欣宏	(社)全日本トラック協会 推薦委員
伊藤 英雄	危険物保安技術協会 事故防止調査研修センター長	中井 浩之	電気事業連合会 工務部副部長
今村 文彦	東北大学大学院工学研究科 教授	西 晴樹	消防研究センター 火災災害調査部原因調査室長
上野 康弘	(社)日本ガス協会 技術部部長	畑山 健	消防研究センター 主任研究官
海老塚 真	(社)日本鉄鋼連盟 防災委員会委員	林 康郎	全国石油商業組合連合会 環境安全対策グループグループ長
大竹 晃行	東京消防庁予防部 危険物課長	松本 洋一郎	東京大学大学院工学系研究科 教授
大谷 英雄	横浜国立大学大学院環境情報研究院 教授	三浦 徹	(社)日本損害保険協会 推薦委員
木村 真	石油化学工業協会 消防防災専門委員会委員	緑川 元康	全国危険物安全協会 業務部長
功刀 博文	日本危険物物流団体連絡会 事務局長	宮原 清	日本塗料商業組合 専務理事
越谷 成一	川崎市消防局予防部 危険物課長	渡辺 正俊	(独)石油天然ガス・金属鉱物資源機構石油備蓄部 部長

**検討項目**

- (1) 東日本大震災を踏まえた危険物施設等に係る実態調査について
- (2) 実態調査を踏まえた危険物施設等の地震・津波対策のあり方について

**危険物施設における被害状況の概要**

○調査した16道都県内の全危険物施設211,877施設の約1.6%(3,341施設)が何らかの被害を受けている(図1参照)。

○地震による被害は、震度6弱以上の地震の揺れによる被災率が平均2.6%と、震度5強以下の地震の揺れによる被災率の平均(0.2%)の13倍となっている(図2参照)。

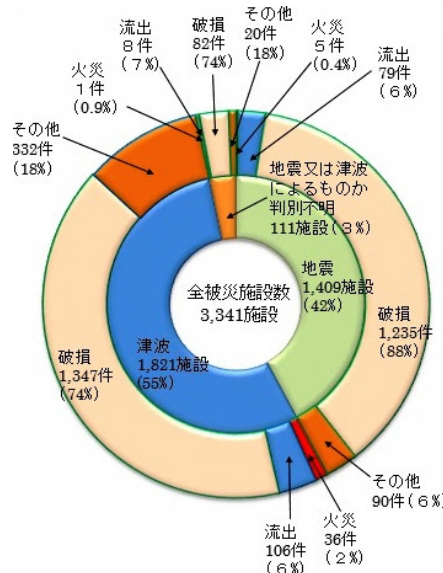


図1 被害の主な原因と被害の内訳

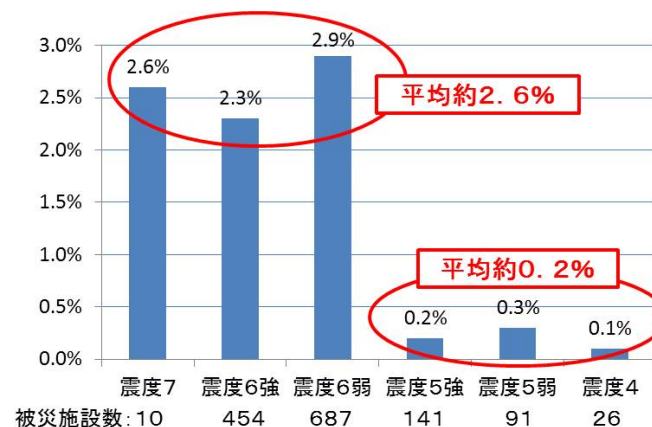
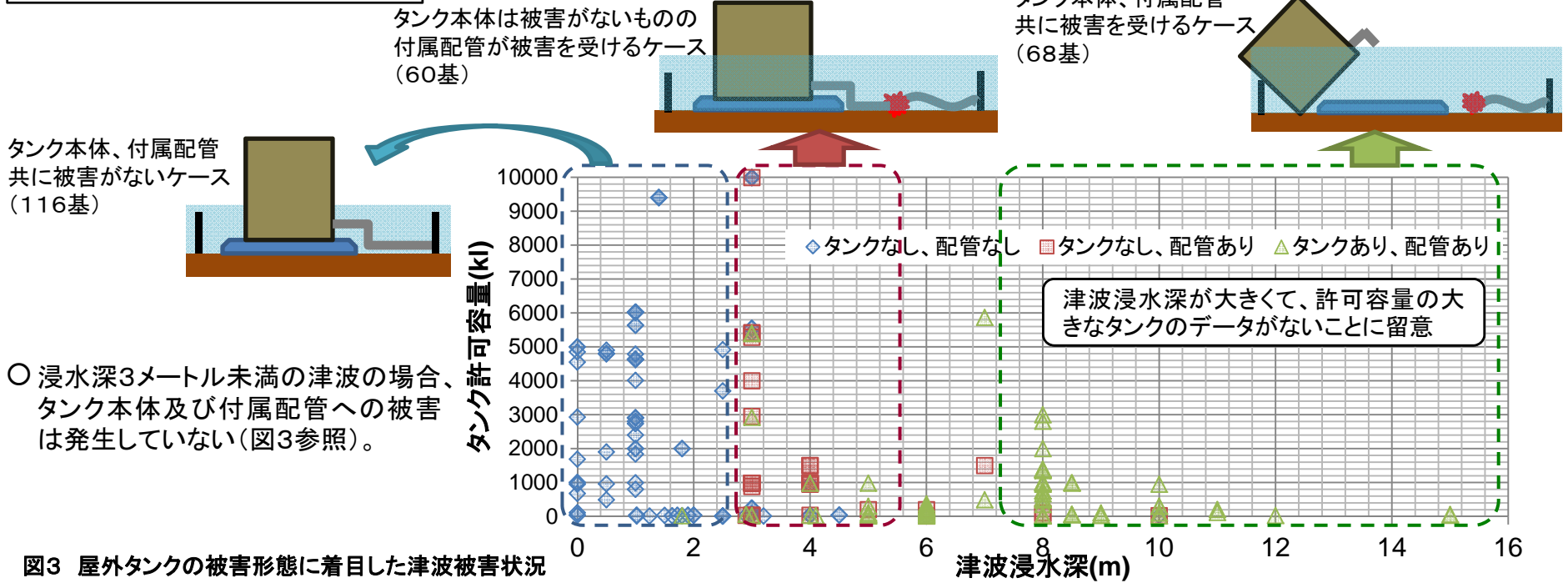


図2 地震による震度階級別被災率

※震度は、施設の所在する地域を管轄する消防本部において観測された最大震度を用いた。また、「地震による震度階級別被災率」とは、各震度の地震により被害を受けた施設数の、当該震度を観測した地域に所在する施設数に占める割合をいう。



**(危険物施設における被害状況の概要)**



**危険物施設における地震・津波被害を踏まえた地震・津波対策のあり方(提言)**

**1 配管や建築物などの耐震性能の再確認(危険物施設に共通の対策)**

地震の揺れによる危険物施設の配管や建築物等が破損する被害が発生していることから、施設の基準適合の状況や維持管理の状況を含め、事業者自らが配管等の耐震性能、液状化の可能性等を再確認することが必要である。

**2 津波の発生を念頭に置いた緊急停止措置等の対応を予防規程等に明記(危険物施設に共通の対策)**

津波の発生を念頭に置いた防災対策が十分に講じられていないことから、津波が発生するおそれのある状況において、従業員等が避難する際の緊急停止措置等の対応について予防規程等に明記することが必要である。

**3 屋外タンク貯蔵所に特有の課題**

- ア 地震による基礎地盤の沈下被害は特異な事例2基で発生していることから、事業者に対して被災事例の特徴を周知する必要がある。
- イ スロッシングに伴う浮き屋根の漏油等の被害は耐震基準に適合していないタンク及び耐震基準の対象でないタンクの両方で発生していることから、これらのタンクの浮き屋根について、構造強度等の再確認が必要である。また、簡易フロート型の浮き蓋についても沈没等の被害が発生していることから、今後策定する浮き蓋の耐震基準に適合するよう、速やかな措置が必要である。
- ウ 津波によりタンクの付属配管が移動して流出事故が発生していることから、1,000kl以上の屋外タンクに緊急しゃ断弁を設置することが必要である(津波浸水深3m以上とならないタンク等は除く。)。また、津波の発生を念頭に置いた応急措置を予防規程に明記する際には、津波被害シミュレーションを活用した被害想定を行った上で行う必要がある。

## 石油コンビナート施設の被害状況の概要

### ○ 震度5弱以上又は津波観測値が2.0m以上であった特別防災区域内に存する249事業所に対して行った調査結果

#### (特定防災施設等の被害状況)

施設等区分	設置事業所数	被害事業所数	被害原因		
			地震	津波	
特定防災施設等	流出油等防止堤	46	10	7	3
	消火用屋外給水施設	179	33	17	16
	非常通報設備	249	39	22	17
構内通路		248	69	51	18

注:被害原因の「津波」は、地震及び津波による被害、地震又は津波による被害を含む。

#### (消防車両・船舶の被害状況)

区分	総数	被害車両数
消防車両	208	10
船舶	49	11

#### (その他の防災資機材等の被害状況)

防災資機材等区分	被害事業所数
オイルフェンス	16
その他	6

注:消防車両、船舶及びその他防災資機材等の被害は津波による被害のみ発生している。  
 オイルフェンスは、地震による被害が1事業所、津波(地震・津波による被害を含む)による被害が15事業所で発生している。

## 石油コンビナート施設等における地震・津波被害を踏まえた地震・津波対策のあり方

### 1 特定防災施設等及び防災資機材等

地震・津波の発生頻度に応じた特定防災施設等及び防災資機材等の地震・津波対策について取りまとめられた。

#### (1) 地震

##### ア 発生頻度が高い地震

機能が維持されること。ただし、応急措置により直ちに機能を回復できるのであれば、軽微な損傷の発生はさしつかえない。

##### イ 甚大な被害をもたらす発生頻度が低い地震

応急措置又は代替措置により、機能を速やかに回復することができるよう計画を策定する。

#### (2) 津波

##### ア 発生頻度の高い津波

直ちに復旧できるようにするために、浸水対策を講ずるとともに、応急措置の準備を行う。

##### イ 発生頻度は低いものの甚大な被害をもたらす津波(最大クラスの津波)

応急措置又は代替措置により、機能を速やかに回復することができるよう計画を策定する。

### 2 自衛防災組織等

#### (1) 大容量泡放射システム

大容量泡放射システム運搬車両の確保や運搬経路の複数化等の検討すべき事項を整理し、今後検討

#### (2) 自衛防災組織等の活動

地震発生時、津波警報発令時及び津波襲来後の活動について他の防災組織等との連携等の検討すべき事項を整理し、今後検討

#### (3) 周辺住民の避難

避難対象区域の設定方法等の検討すべき事項を整理し、今後検討

# 大規模石油タンクの地震対策について

## ・屋外貯蔵タンク本体の耐震対策

〔 タンクの地盤区分や固有周期を考慮した耐震設計を要求 〕

## ・屋外貯蔵タンクの地盤の液状化対策

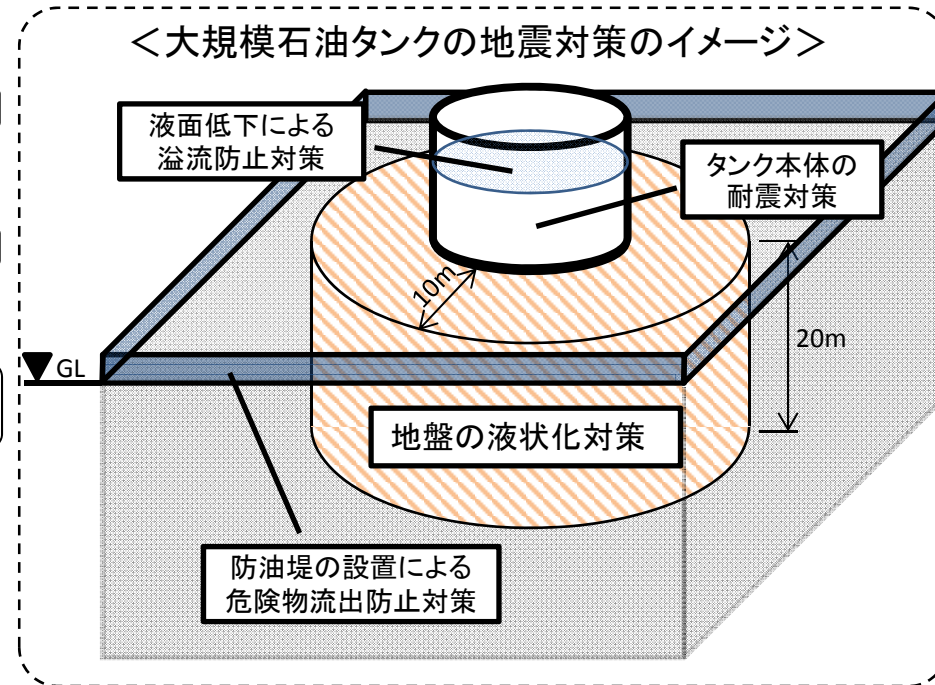
〔 液状化指数が5以下等を要求 〕

## ・屋外貯蔵タンク上部からの溢流対策

〔 例えば、東京湾岸の直径60mタンクでは、タンク側板最上部と液面との空間高さを4.1m以上とすることを要求 〕

## ・屋外貯蔵タンクからの危険物流出に備えた防油堤の設置

〔 防油堤の容量を、タンク容量の1.1倍以上確保することを要求  
防油堤についても耐震設計を要求 〕



＜参考：東日本大震災における被害状況＞ 調査対象：16都道県に設置されている26,572施設の屋外タンク貯蔵所

### 【地震動によるタンク本体の破損被害】

大規模な危険物流出を伴う被害はなし

### 【液状化による被害】

大規模な危険物流出を伴う被害はなし  
(不等沈下が2施設で発生)

### 【浮き屋根タンク被害】

・スロッシングによる溢流報告なし  
・浮き屋根の耐震基準に適合したものでの沈下・傾斜報告なし

・万が一、タンク内の石油が流出した場合、防油堤、流出油等防止堤及びオイルフェンス等による流出拡大防止対策が求められている。

・石油コンビナート施設の安全性向上は極めて重要であり、地震・津波対策を推進していくことが必要。

・なお、国土交通省関東地方整備局の「臨海部の地震被災影響検討委員会」(座長：濱田政則早稲田大学教授(元・土木学会会長))においては、消防法令により液状化対策が講じられているタンク地盤についても「液状化対策はされていないもの」という誤った前提条件を置いて検討していること等から、その検討結果の妥当性には大いに疑問があると言わざるを得ない。

# 石油コンビナート等災害防止法の概要（1）

## ～石油コンビナート等の防災対策～

石油コンビナートなど、大量の石油や高圧ガスが取り扱われている区域は、石油コンビナート等災害防止法により、都道府県・市町村・特定事業者が相互に協力・連携し、総合的な防災体制が確立されている。

### ○石油コンビナート等特別防災区域

大量の石油や高圧ガスが取り扱われている地域を指定

### ○特定事業所

$$\frac{\text{石油の貯蔵・取扱量}}{1万K\ell} + \frac{\text{高圧ガスの処理量}}{200万m^3} \geq 1$$

$$\frac{\text{石油の貯蔵・取扱量}}{1,000K\ell} + \frac{\text{高圧ガスの処理量}}{20万m^3} + \dots \geq 1$$

#### 第1種事業所

大量の石油又は高圧ガスを取り扱う事業所

#### レイアウト事業所

第1種事業所のうち石油と高圧ガスを取り扱う事業所

#### 第2種事業所

一定量以上の石油又は高圧ガス等を取り扱う事業所

### 石油コンビナート等 災害防止法

消防法など他の法律による規制・義務のほか、本法律による規制・義務が課せられる

消防法

高圧ガス  
保安法

特定事業所



### ○総合的な防災体制

#### 石油コンビナート等防災本部

防災対策に関する石油コンビナート等防災計画を作成

- 本部長：都道府県知事
- 本部員：特定地方行政機関の長、市町村長・消防機関の長、特定事業者の代表者等

#### <石油コンビナート等防災計画の内容>

- ・関係機関等の防災に関する組織の整備及び防災に関する事務
- ・特定事業所及びその他の関係機関等の職員への防災教育及び防災訓練に関する事項
- ・防災のための施設、設備、機械器具、資材の設置、維持、備蓄、輸送等に関する事項
- ・災害の想定に関する事項
- ・災害が発生した場合等における情報の収集及び伝達並びに広報に関する事項
- ・災害に対する応急措置の実施に関する事項
- ・災害時における避難、交通の規制、警戒区域の設定等に関する事項 等

#### 石油コンビナート等 現地対策本部

災害時に緊急に統一的な防災活動を実施する必要があるときに設置

- 現地本部長：本部長が指名する者
- 現地本部員：本部長が指名する者



# 石油コンビナート等災害防止法の概要（2）

## ～特別防災区域内の特定事業者の義務～

特定事業者は、特定事業所における災害の発生及び拡大の防止に関し万全の措置を講ずるとともに、特別防災区域内の災害の拡大の防止に関し、他の事業者と協力し、相互に一体となって必要な措置を講ずる責務を有する。

### 特定事業者の義務

特定事業所毎に行う。

#### ○ 自衛防災組織の設置

災害の発生又は拡大を防止するために必要な業務を実施

- 防災管理者の選任  
→ 自衛防災組織の統括
- 防災規程の策定  
→ 防災業務に関する事項
- 防災要員の配置  
→ 配備する防災資機材に必要な人数を配置
- 防災資機材の配備  
→ 取り扱う石油類の種類・量に応じた化学車等の配備

#### ○ 特定防災施設 の設置

災害の拡大防止のために設置

- 流出油等防止堤
- 消火用屋外給水施設
- 非常通報設備

#### ○ 異常現象の通報

### レイアウト規制

大量の石油と高圧ガスを取り扱う第1種事業所に対する災害の拡大を防止するための規制

#### <主な内容>

- 用途に応じた施設の配置及び面積の制限
- 基準に応じた通路の幅員の確保
- 通路を横断する配管の高さ制限
- 消防隊が活動するための空地の確保 等

#### <共同防災組織>

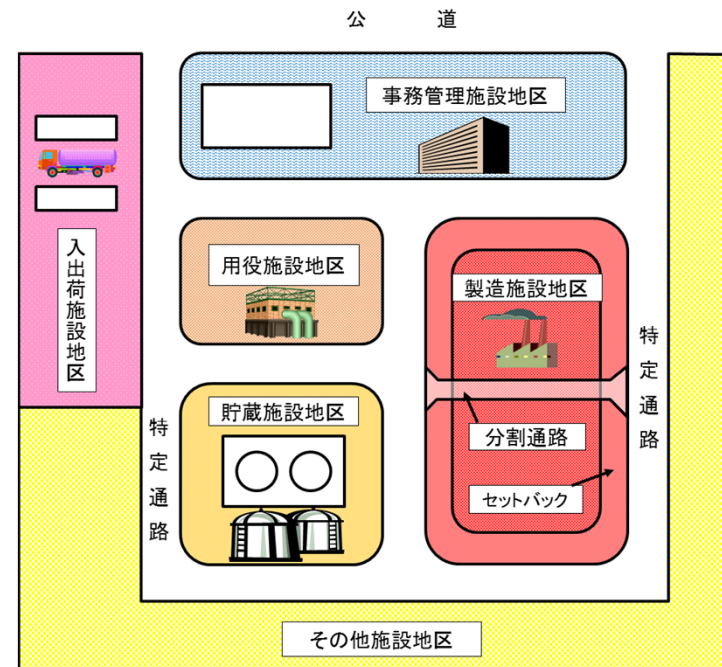
一の特別防災区域内に所在する特定事業所は、業務の一部を行わせるため共同防災組織を設置することができる。

#### <広域共同防災組織>

二つ以上の特別防災区域にわたる区域であって、政令で定めるもの(※1)においては、特定事業所の自衛防災組織の業務のうち政令で定めるもの(※2)を行わせるための広域的な共同防災組織を設置することができる。

(※1)現在12地区が指定

(※2)大容量泡放射システムに関する業務



# 石油コンビナート等災害防止法の概要（3）

## ～特定事業者における防災対策のイメージ～

自衛防災組織に備えなければならない防災資機材(法16条)

### ①化学消防車等

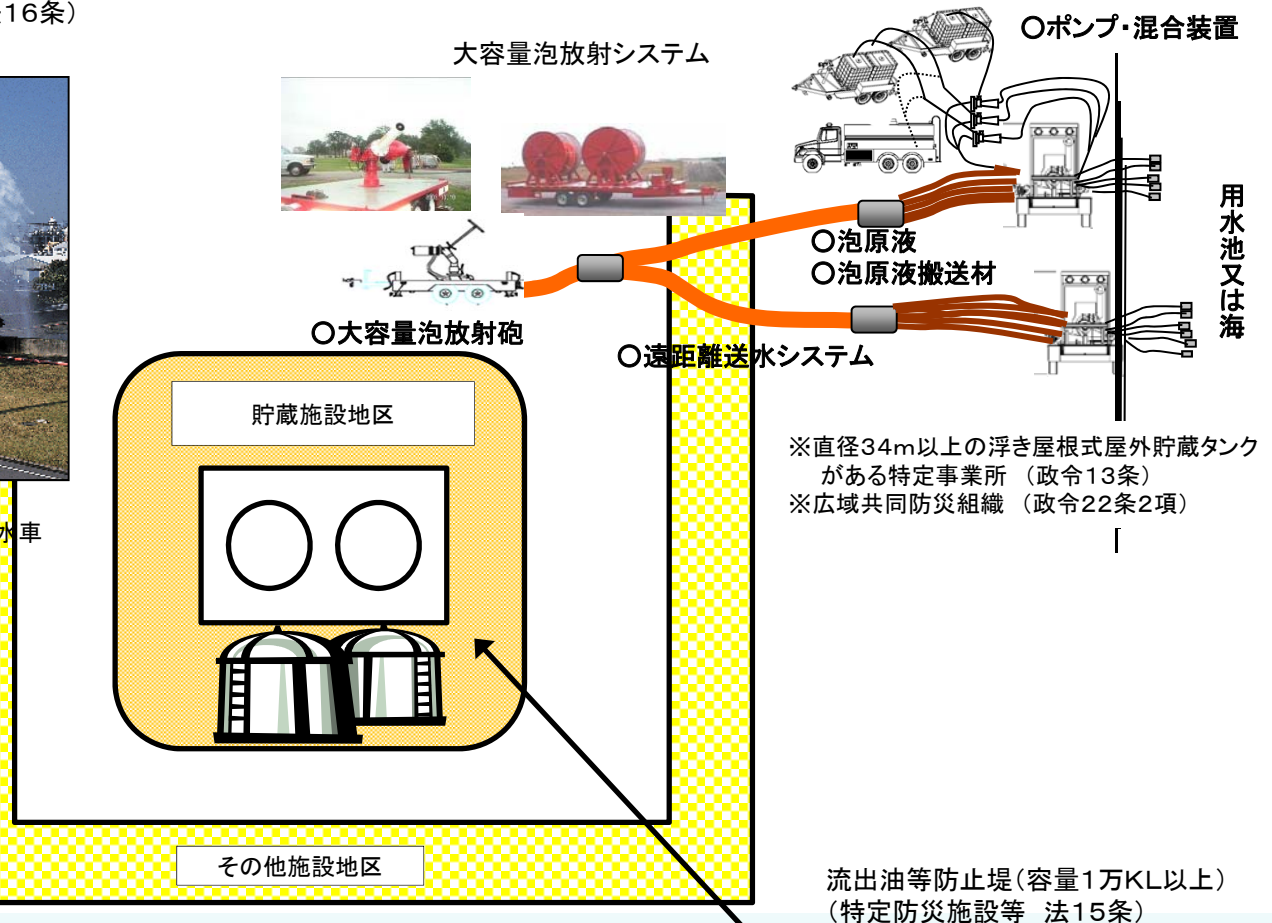


※左の車両から  
泡原液搬送車、大型化学消防車  
大型高所放水車

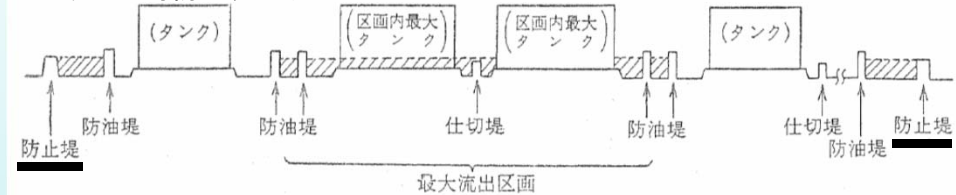
- ※オイルフェンス(政令17条)  
(石油の貯蔵・取扱量)
- 百万KL以上 長さ2160m
- 十万KL以上百万KL未満 長さ1620m
- 一万KL以上十万KL未満 長さ1080m
- ※油回収船(政令18条)
- 百万KL以上の場合は備え付けが必要

自衛防災組織に備えなければならない防災資機材(法16条)

### ②オイルフェンス



### <流出油等防止堤の断面イメージ>



※「仕切堤」は容量1万KL以上のタンクの周囲に設置、「防油堤」はタンク区画ごとに設置、「防止堤」は防油堤のすべてを囲むように設置

今時震災の教訓を踏まえ、各施設の安全規制を所管する各省庁においては地震・津波対策の検証が進められているが、大規模地震や津波災害に備えるため、今後さらに検討が必要な点や現場での対策実施にあたっての課題はないか整理・検討する必要がある。

