

# 東日本大震災報告会

~港湾の被災による物流等への影響と地震・津波対策~

平成24年3月13日

国土交通省 国土技術政策総合研究所(横須賀) 浦 辺 信 一

### 本日お話しすること



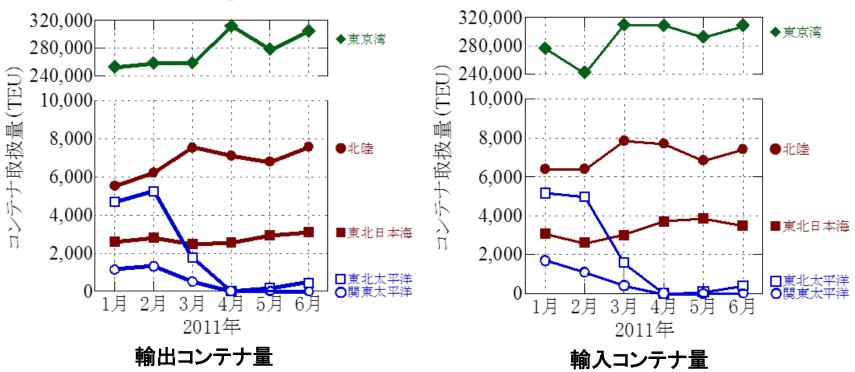
港湾の被災による物流等への影響と地震・津波対策

- ~ 震災から一年を経て、見えてきたこと ~
- 1. 震災が海上物流に与えた影響
- 2. 津波が海域環境に与えた影響
- 3. 津波による港湾施設等の被災と対応
- 4. 津波・地震動に対する設計基準の見直し
- 5. 津波観測網の強化
- 6. 地震・津波防災施策の総合的推進



### (1)震災前後のコンテナ取扱量の変化

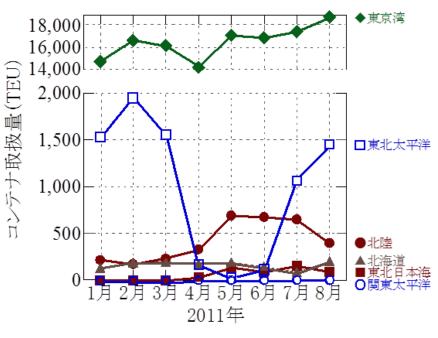
### ◆港湾取扱量 (港湾統計)



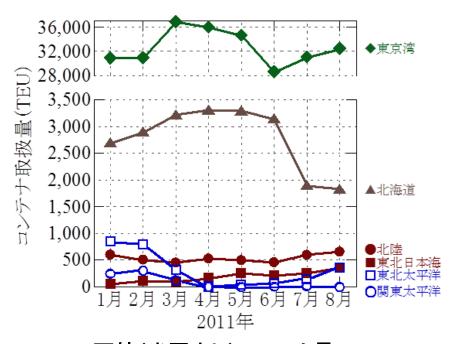
- 震災によって東北太平洋、関東太平洋の港湾の輸出入コンテナ取扱いは激減。
- 震災後は、東京湾、北陸、東北日本海の港湾が一部機能を代替



### ◆対米国取扱量 (PIERS)



東航(米国向け)コンテナ量

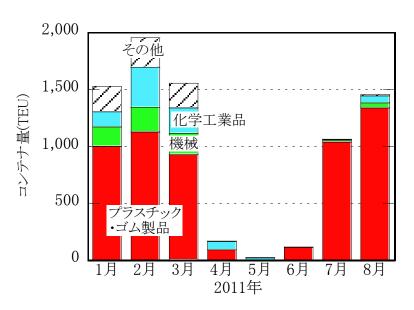


西航(米国出し)コンテナ量

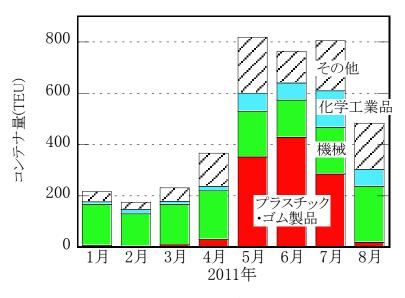
- ◆ 米国関連コンテナについては、震災後、被災地の港湾取扱いが激減したが、7月 以降港湾機能の復旧によって徐々に回復基調。
- ◆ 米国向け輸出については、東京湾、北陸の港湾、輸入については、東京湾、北海道の港湾が機能を代替。



#### ◆対米国東航品目別取扱量 (PIERS)



東北太平洋・関東太平洋



東北日本海•北陸

#### 東洋ゴム、被災の仙台工場が 震災前の7割近くに回復

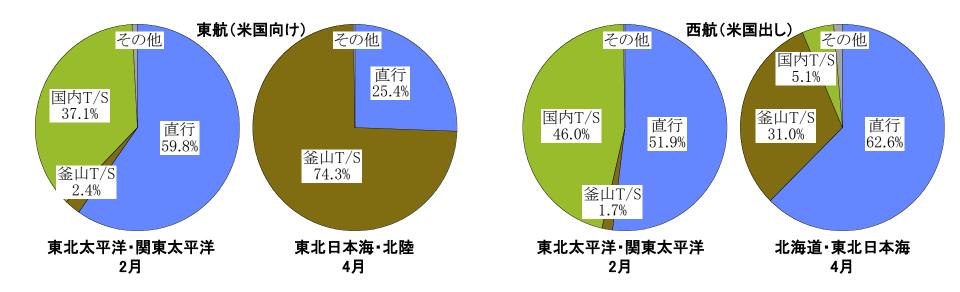
msn. 産経ニュース 2011.4.11

東洋ゴム工業は11日、東日本大震災で被災した自動車タイヤの生産拠点である仙台工場(宮城県岩沼市)の稼働状況を発表した。生産水準は10日時点で震災前の4割近くに回復し、11日には7割近くに達した。今後も徐々に引き上げ、5月にはフル操業できる見通しという。

海外への製品輸出は、従来主体だった<u>仙台港が震災の影響で今も利用できないため、首都圏や日本</u> 海側の港に陸送し、そこから船で海外に運んでいるという。



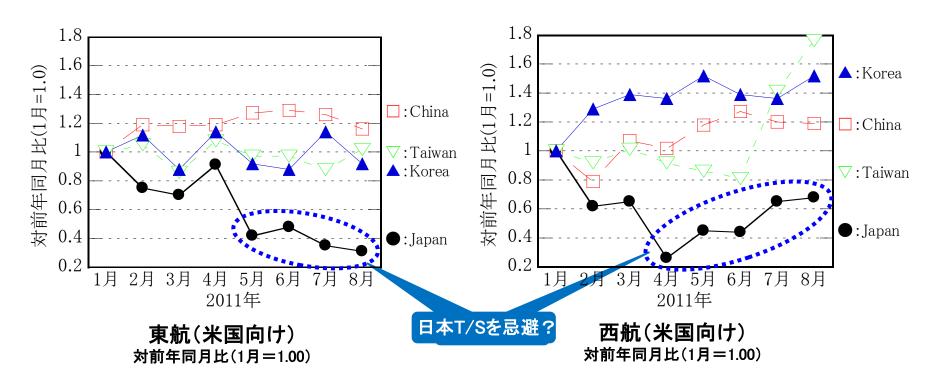
- (2)震災前後の海上物流ルートの変化
  - ◆対米国輸送経路 (PIERS)



◆ 対米国輸送経路については、震災前に比べて震災後は、大幅に釜山トランシップが増加したものと考えられる。



#### ◆対米国T/Sコンテナ量 (PIERS)

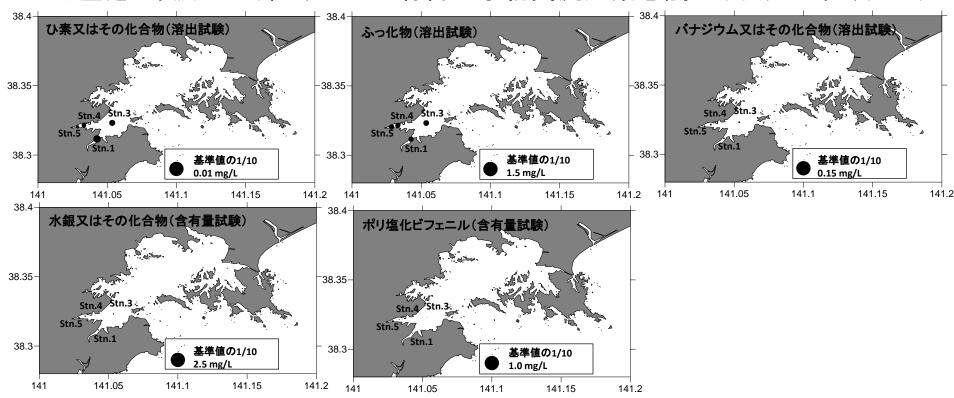


- ◆ 東アジア各国の対米国輸送におけるトランシップ貨物量は、震災後、日本だけが 激減している。
- ◆ 被災地に限らず、日本トランシップを忌避したものと考えられる。(福島原発事故の影響か?)

# 2. 津波が沿岸環境に与えた影響



▶塩釜港:津波による陸域からの有害化学物質流入緊急調査(平成23年5月5日)



- 塩釜港において津波による陸域からの有害化学物質流入緊急調査を実施した。 (平成23年5月5日)
- この結果、健康項目の34項目うち、図示した5項目で値が検出されたが、値はどれ も基準値を大きく下回っており、対策が必要なレベルではなかった。

# 2. 津波が沿岸環境に与えた影響



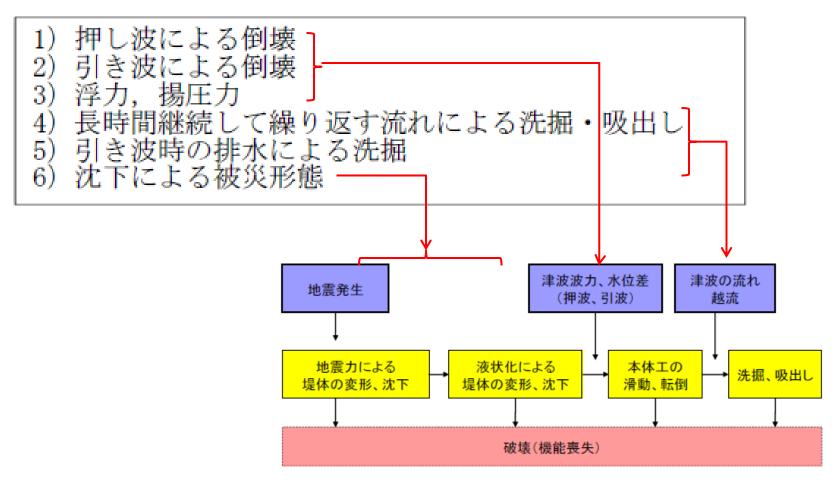
▶宮古湾:津波によるアマモ消失に関する調査(平成24年2月)



- 宮古湾において津波によるアマモの生息状態の調査を実施した。(平成24年2月)
- 津波によるアマモ場の復元については、今後継続的に調査の必要がある。



### ◆港湾施設等の被災モードの検討



被災要因と構造物の応答(被災シナリオのベース)



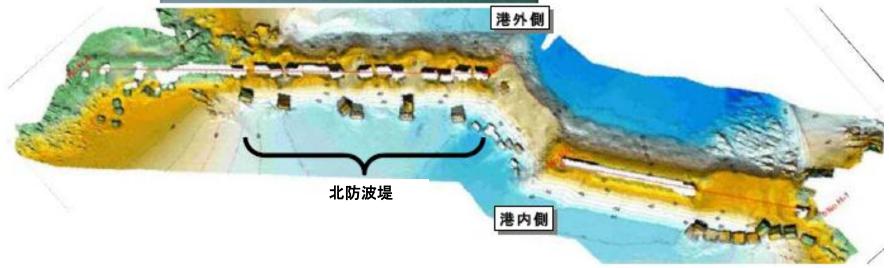
### ◆港湾施設等の被災状況(釜石港湾口防波堤)



- < 当初設計条件 >
- ①設計波(50年確率波)  $H_{\text{max}}=13.2\,\text{m}$ , T=13s
- ②津波高 頻度の高い津波=8.8m

(明治

三陸津波)



釜石湾口防波堤(津波防波堤)



◆港湾施設等の被災状況 (釜石港湾口防波堤)

- < 当初設計条件 >
- ①設計波(50年確率波)
- ②津波高

:  $H_{\text{max}}=13.2\,\text{m}$ , T=13s

: 頻度の高い津波=8.8m(明治三陸津波)

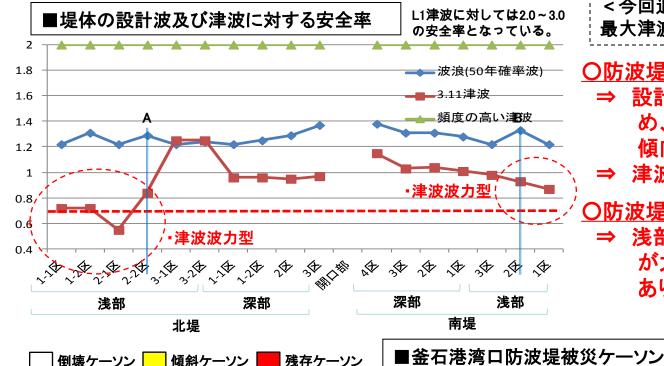
< 今回追加された設計条件 > 最大津波=13.64m(2011.3.11津波)

#### ○防波堤の浅部(両端部)

- ⇒ 設計波が小さく、堤体幅が狭いため、津波に対しては弱点部となる傾向にある。
- ⇒ 津波波力型の破壊が卓越

#### <u>〇防波堤の深部(中央部)</u>

⇒ 浅部に比べ設計波が大きく堤体幅が大きいが、安全率は1.0周辺であり倒壊してもおかしくない状況。



- ◆港湾施設等の被災状況 (八戸港北防波堤)
- < 八戸港北防波堤の当初設計条件 >
- ①設計波(50年確率波): H<sub>max=</sub>10.5 m,

T=12s

### ■中央部被災区間(越流洗掘型)

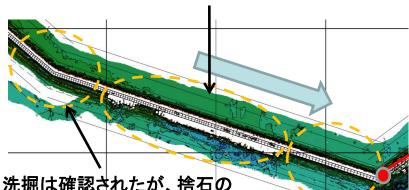
- ・沈下、傾斜、滑落したケーソンが60函
- ・隅角部に向かうほど、洗掘量が多い。波が収斂する箇所が存在した可能性が考えられる。



### ■ハネ部被災区間(津波波力型)

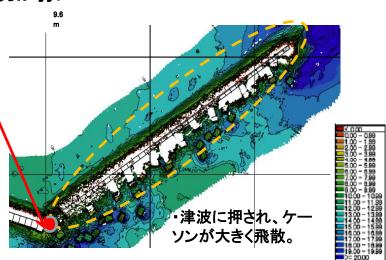
- ・沈下、傾斜、滑落したケーソンが44函
- ・基礎部に比べケーソン幅が細い。13区:17m、16区:9.6m
- ⇒滑動抵抗力が弱い

隅角部



・洗掘は確認されたが、捨石の 重量が被災箇所より大きく、ま た、基礎の厚さも若干厚いので 倒壊するまでには至らなかった と考えられる。

・両サイドが先に被災したことにより、水位が下がり、倒壊を免れたと推定される。



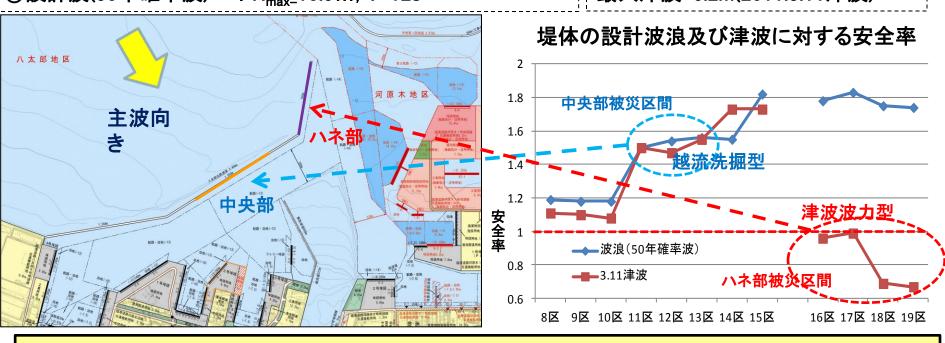


◆港湾施設等の被災状況(八戸港北防波堤)

<八戸港北防波堤の当初設計条件>

①設計波(50年確率波) : H<sub>max=</sub>10.5 m, T=12s

< 今回追加された設計条件 > 最大津波=6.2m(2011.3.11津波)



#### 〇中央部

- ⇒ 中央部は堤体幅が大きいため、津波波力に対して十分な滑動安定性を有している。
- ⇒ しかしながら、防波堤を越流する流れにより、<u>防波堤背面の基礎マウンド又は地盤面が洗掘され、最終的に</u> ケーソンが倒壊。

#### 〇ハネ部

- ⇒ ハネ部は主方向から角度があり設計波力が小さく、堤体幅が狭いため、津波波力に対する滑動安定性が低い。
- ⇒ 津波波力型の破壊が卓越。



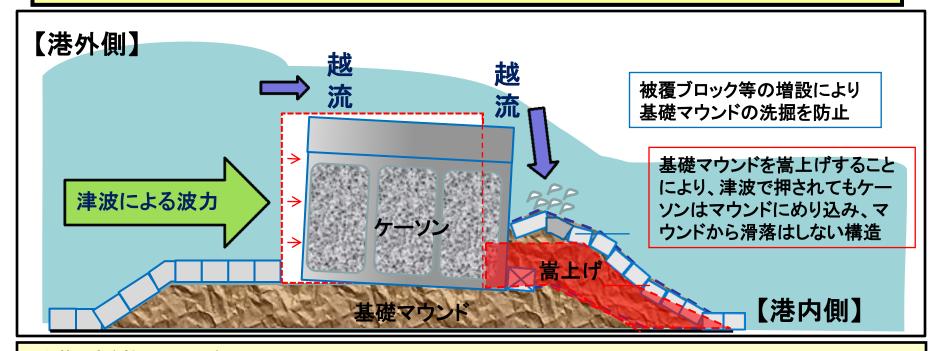
### ◆防波堤の被災パターン

♥的収集の収欠バターン				
	分類	被災の概要	主な被災施設	被災状況
防波堤	越流洗掘型	内外水位差等による津波力だけでは、ケーソンの安定性に影響を与えるに至らないが、津波の流れや越流に伴う渦等の影響でケーソン背面(港内側)のマウンドまたは地盤面が洗掘を受け、最終的にケーソンが滑動、滑落したもの	八戸港八太郎防波堤 (中央部)	港内侧
	津波波力型	内外水位差等による直接的な 津波力により、ケーソンが不 安定となり滑動、転倒、支持 力破壊が生じたもの	八戸港八太郎防波堤 (ハネ部) 釜石港湾口防波堤 (北) 大船渡港湾口防波堤 相馬港沖防波堤	港外側
	堤頭部洗掘型	堤頭部周辺の流れにより、基 礎マウンドが洗掘を受け、 ケーソンの滑落が生じたもの	宮古港竜神崎防波堤 宮古港藤原防波堤 八戸港中央防波堤 八戸港第二中央防波 堤	
	引波水位差型	第一波の押波時の津波力や 越流に伴う洗掘だけでは、不 安定までには至らないが、引 波時における内外水位差により、ケーソンが不安定となり滑 動、転倒、支持力破壊が生じ たもの	女川港防波堤	関連 は

⇒堤頭部(開口部)の津波被災以外は、今回の津波で明らかになった被災パターン



- ◆粘り強い防波堤構造のイメージ
  - ■長時間、繰り返し作用する津波による越流や流れに対して、防波堤の保有性能を 最大限活用して、津波の抑制機能を最後まで発揮する構造。



- ■対策の方向性(キーワード)
  - ○越流洗掘抑制 ⇒ 越流方向コントロール(パラペット形状)、

被覆工・消波工(重量,連結, 噛合せ等)、洗掘防止マット等

- ⇒ 捨石重量、捨石固着、捨石余盛り(時間遅延)、ボイリング抑制など
- ○壊れ方の制御⇒ 変形しても倒壊(転倒)しない。天端高さを出来るだけ保持
  - ⇒ 腹付け(ケーソンめりこみ効果)、背後マウンドの厚さ・幅など
  - ⇒ その他(パラペットの先行破壊、鋼部材導入など)



◆津波に対する港湾施設等の設計に関して、ガイドラインをまとめて公表の予定。 以降、新たな知見があれば、順次、改訂・追加を行う。

「港湾における防波堤・防潮堤の津波設計ガイドライン」骨子目次(案)

#### 序論

- 1. 総則
  - 1.1 本ガイドラインの位置づけ/ 1.2 適用範囲/ 1.3 用語の定義/ 1.4 記号
- 2. 港湾における津波対策の基本的考え方
- 2. 1 港湾における津波対策の基本的考え方/ 2. 2 港湾における防護方式と防護目標実現の考え方
- / 2.3 「粘り強さ」と「粘り強い構造」/ 2.4 津波防波堤と防潮堤による防護方式の事例
- 3. 防波堤の性能照査
- 3.1 設計条件の設定/ 3.2 防波堤の性能照査
- / 3.3 防波堤にかかる「最大クラスの津波」の作用に対する性能照査
- 4. 防潮堤の性能照査
- 4.1 設計条件の設定/ 4.2 防潮堤の性能照査
- / 4.3 防潮堤にかかる「最大クラスの津波」の作用に対する性能照査

#### 【参考資料】

参考1. 想定津波設定事例/参考2. 防波堤・防潮堤の被災状況と被災要因

/ 参考3.「粘り強い構造」の例/ 参考4.設計事例集

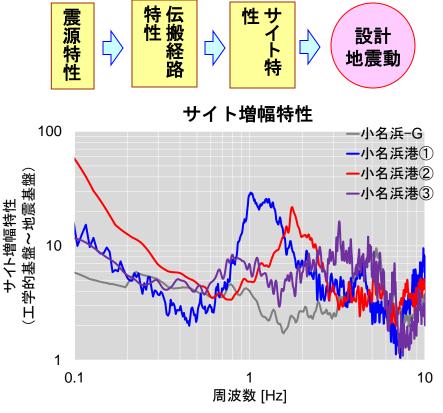


### ▶設計地震動の見直し

小名浜港では,従来用いていたサイト増幅特性(小名浜-G)と実際の港湾のサイト増幅特 性(小名浜港①~③)は大きく異なることが分かった。

設計基準の見直しにおいては、小名浜港、相馬港、茨城港等の強震観測・常時微動観測を もとに、サイト増幅特性の見直しを行い、設計地震動について合理化をはかる。



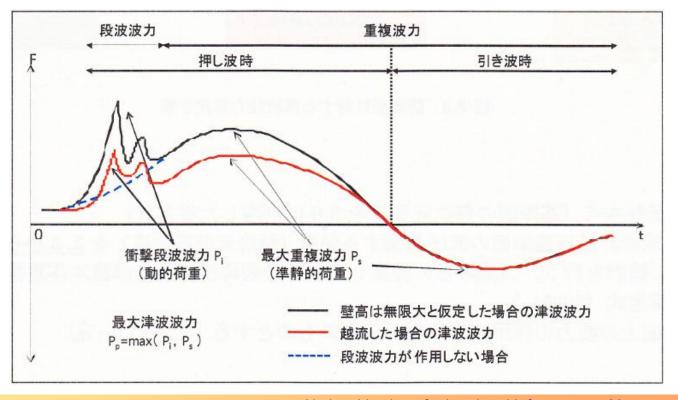




### ▶津波波力算定式の見直し

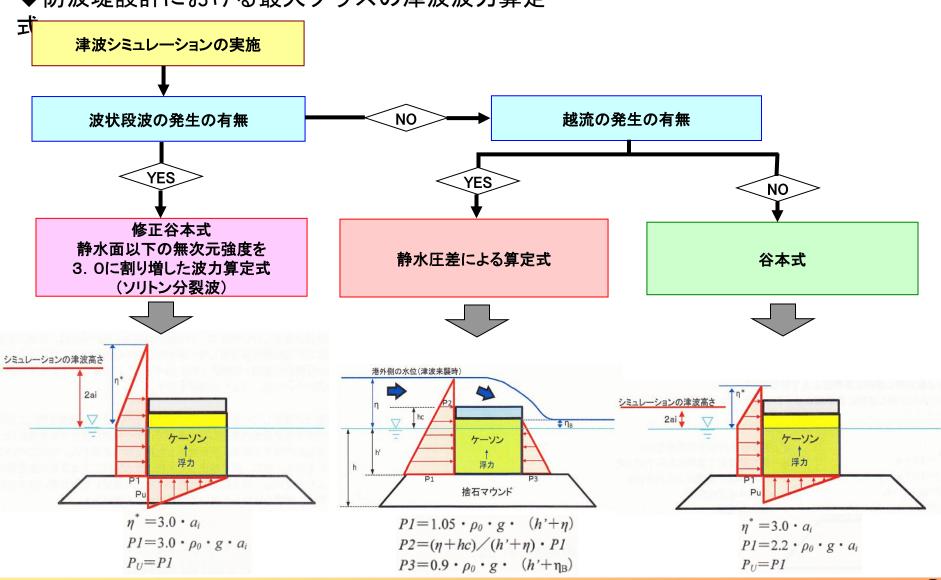
今回の震災で発生した津波は、防波堤設置水深よりも深い海域における波状段波(ソリト ン分裂波)の発生や、津波波高が大きかったため、相当長時間にわたって大規模な越流が生 じる等、これまで防波堤の設計で考えられていなかった状況に遭遇することとなった。 このため実験結果などを踏まえ、最大クラスの津波波力の算定方法について整理を行った。 当面、津波設計ガイドラインにこの成果を記載するとともに、さらに精査を行い、技術基 準の改定を行う予定である。

◆防波堤設計に おける津波波力 の区分イメージ





◆防波堤設計における最大クラスの津波波力算定





### ▶液状化判定方法の見直し

今回の震災では、等価N値と等価加速度を用いた地盤の液状化判定法による判定結果は、 実際の液状化発生状況によく適合している。

しかし、今回の地震は、最大加速度に近いレベルの振幅が、相当に長い時間継続し、これ が液状化の発生を増加させる方向にあることから、新たに地震動の継続時間の影響を判定法 に取り入れてレベル1地震動に対する液状化判定法の見直しを行う予定である。

等価N値 : 
$$(N)_{65} = \frac{N - 0.019(\sigma_{v'} - 65)}{0.0041(\sigma_{v'} - 65) + 1.0}$$

等価加速

度:

 $\alpha eq = 0.7 \frac{\tau mw}{g} g$ 

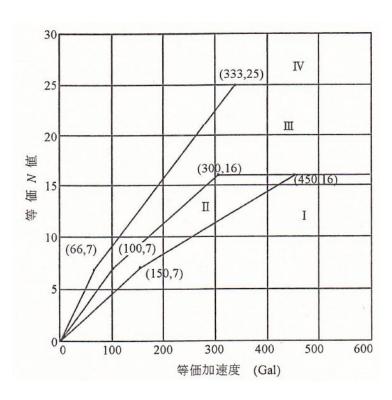
N: 土層のN値

σ ν: 土層の有効上載圧力(kN/m²)

τ max: 最大せん断応力(kN/m²)

g: 重力加速度(980Gal)

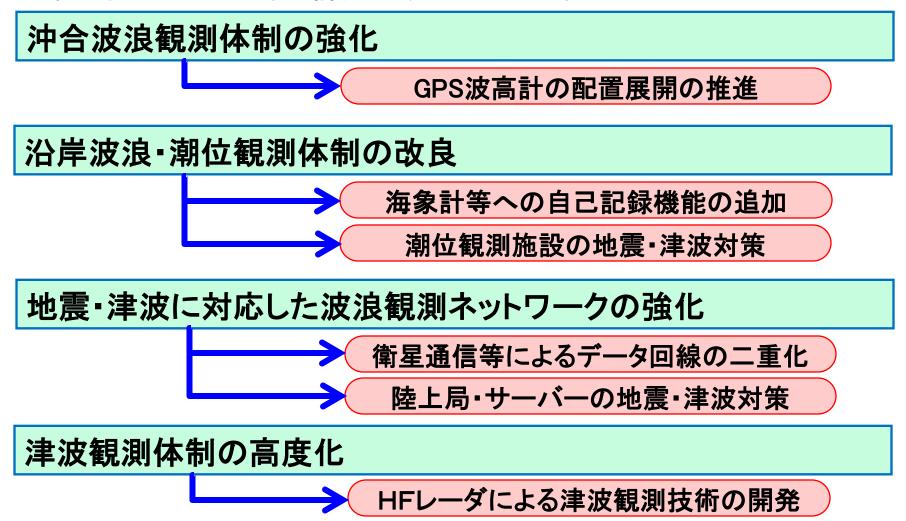
入力地震動の最大 加速度に近い加速度 の波数により等価加 速度を補正すること で、地震動の継続時 間の影響を反映する



### 5. 津波観測体制の強化



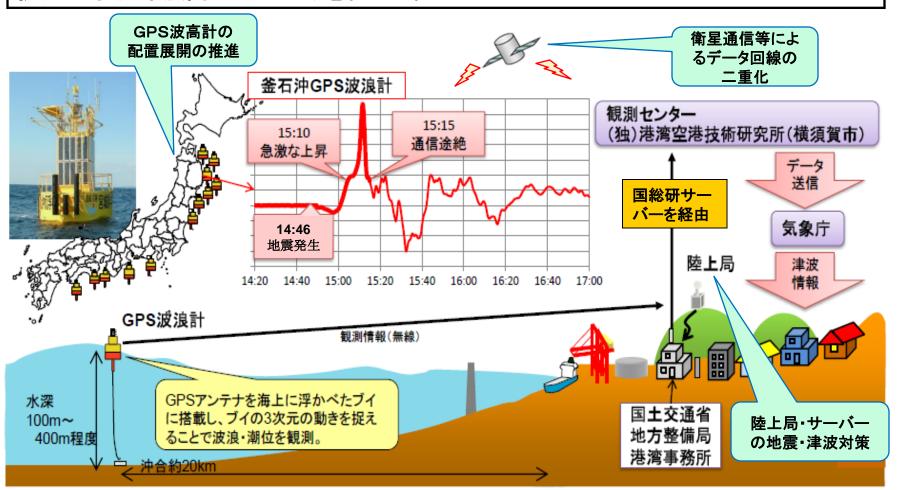
◆ 東日本大震災においては、津波観測の重要性が再認識された。 その中で以下のような課題が明かとなった。



### 5. 津波観測体制の強化



東日本大震災においては、釜石沖等、東北太平洋沖のGPS波浪計において、津波の高さの急激な上昇を観測し、気象庁はこれを受け、津波警報の対象となる区域の拡大や予測津波高さの引上げを行った。



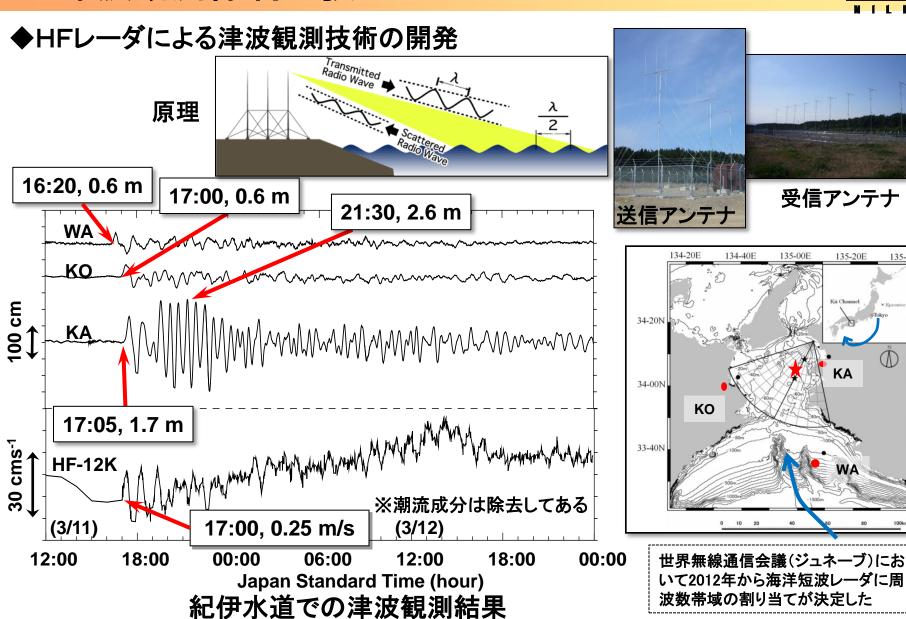
### 5. 津波観測体制の強化



135-20E

KA

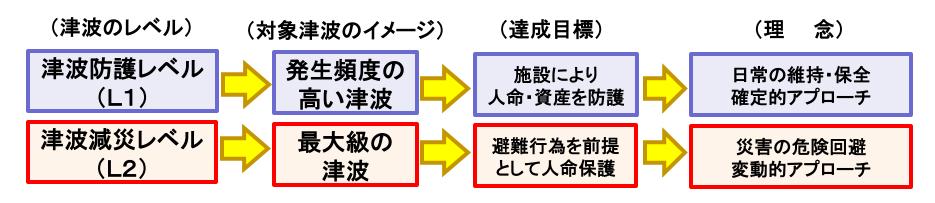
135-40E



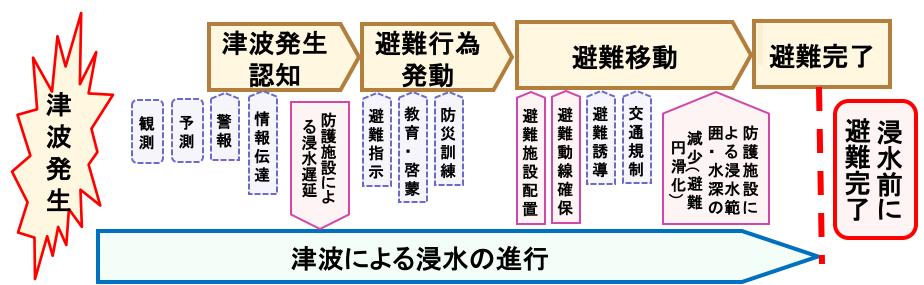
### 6. 地震・津波防災施策の総合的推進



◆津波防護の理念の転換



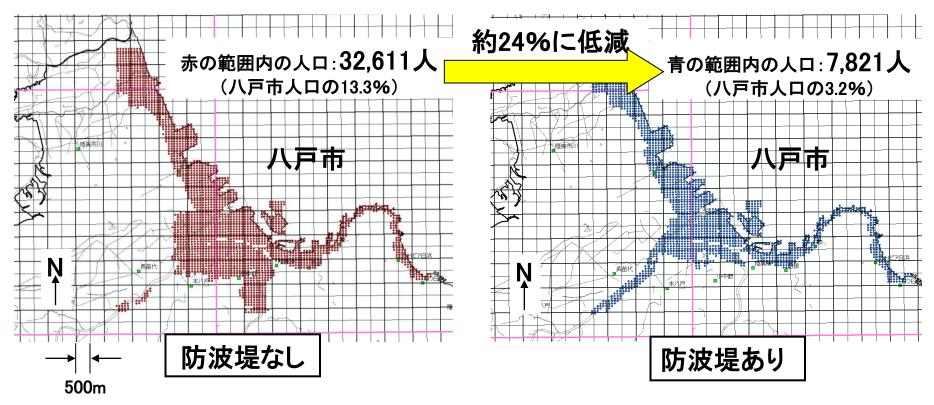
◆総合的施策のイメージ(最大級津波発生時の避難)



### 6. 地震・津波防災施策の総合的推進



### ◆浸水範囲内人口でみた防波堤による浸水範囲低減の効果(八戸港)



- ・黒線の格子は、国土地理院標準地域メッシュの第4次地域区画(約500mのメッシュ)である。
- ・青点及び赤点は、浸水範囲を示し、第4次地域区画を5等分した約100mのメッシュの中心位置である.
- ・浸水範囲は、独立行政法人港湾空港技術研究所による試算結果を用い、上述の約100mのメッシュ単位でみて、メッシュ内に少しでも浸水が生じている場合にその人口を「浸水範囲内人口」として計上した。
- ・人口データは、平成17年国勢調査による統計データをもとに100mメッシュで推計して配分したデータ(株式会社JPS「平成17年国勢調査100mメッシュ推計データ」)を用いた.
- 平成17年国勢調査による八戸市人口は244,700人である(出典:八戸市ホームページ).

### 6. 地震・津波防災施策の総合的推進



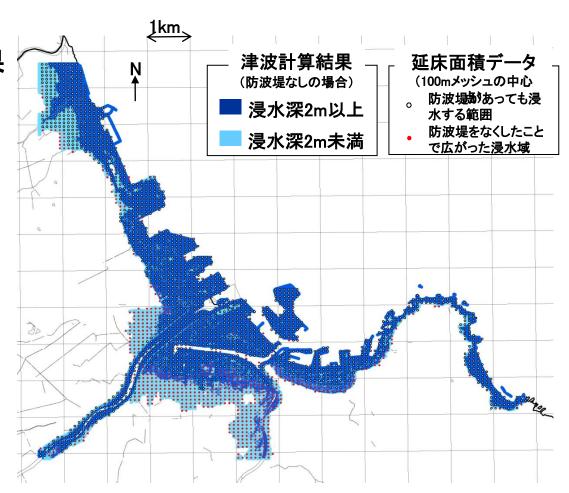
◆家屋資産被害でみた防波堤の浸水範囲・浸水深低減の効果 (八戸港)

防波堤がない場合の 浸水による家屋資産被害 2,340億円



約30%に低減

防波堤がある場合の 浸水による家屋資産被害 697億円



- 浸水範囲・浸水深は、独立行政法人港湾空港技術研究所による試算結果を用いた。
- ・家屋資産額を推定するための延床面積データは、「平成17年基準100mメッシュ延床面積データ」(財団法人日本建設情報総合センター)を用いた.
- ・浸水深による被害率は、「海岸事業の費用便益分析指針(改訂版)」(国土交通省・農林水産省、平成16年6月)の「V-1-3 想定浸水地域の資産被害額の算定」2)① (2)を参考に、浸水深2m未満で0.5、浸水深2m以上で1.0としている.
- ・家屋1m<sup>2</sup>あたり単価は、「治水経済調査マニュアル(案)」(国土交通省河川局、平成17年4月)の巻末参考資料第1表、青森県16年評価額(134.3千円/m<sup>2</sup>)を用いた。

### 6. 地震・津波防災施策の体系的推進



◆津波避難シミュレーターの開発

#### 津波避難シミュレーション

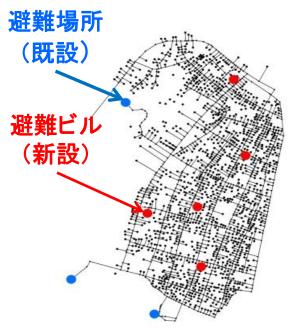
→ 線形計画法に よる避難ビル の最適配置

→ 地震の不確実性を考慮し避難所要時間を把握

防波堤整備に よる効果を評価



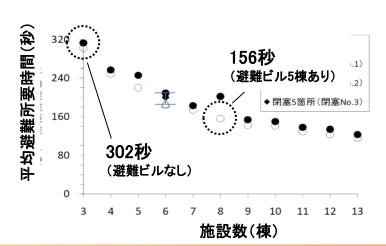
避難シミュレーターを使った防災講演会



#### 避難場所と平均避難時間



高知市種崎地区



### 6. 地震・津波防災施策の体系的推進



### 「最大級の津波」への対策

「粘り強い」構造 の防波堤・防潮堤

- 避難シミュレーションによる安全性評価
- 危険回避のため のソフト施策

- ・ 浸水開始の遅延
- 浸水範囲の低減
- •避難動線確保

- 最低限必要な避難 所要時間の把握
- ・避難場所の配置計画

- •教育•啓蒙
- •情報伝達
- •防災訓練

など

ハード・ソフト対策を総合的に組合せた津波対策手法を開発



最大級の津波に対しても安全な地域づくり



ご静聴ありがとうございました。

東日本大震災被災地の 早期の復興を お祈り申し上げます。