

今後さらに取り組むべき適応策 (高潮、海面水位の上昇)について

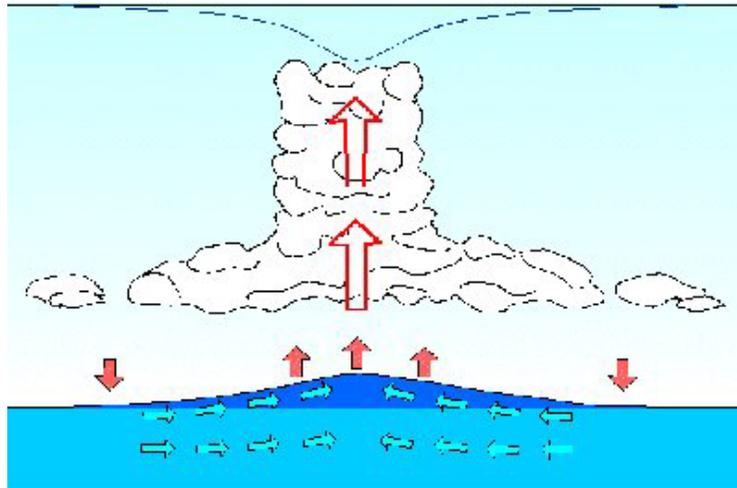
(構成)

- I. 高潮対策の現状
- II. 東日本大震災を踏まえた津波対策
- III. 外力設定について
- IV. 警戒避難体制の充実
- V. 砂浜の保全(海岸侵食対策)

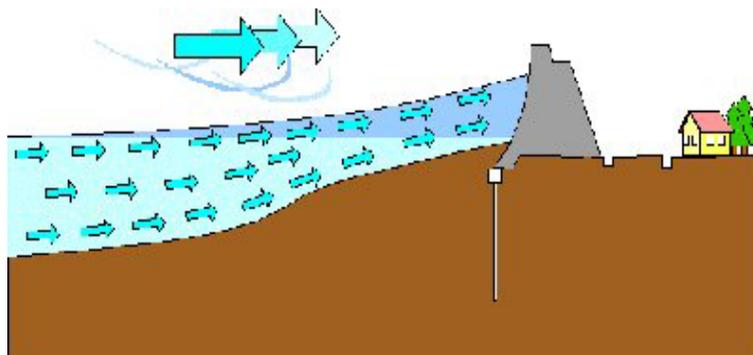
I . 高潮対策の現状

高潮の特徴

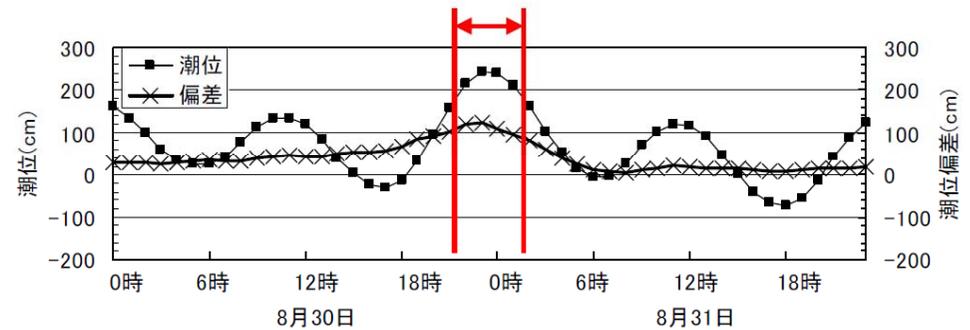
- 高潮は、主に気圧低下による海面の吸い上げや風による吹き寄せにより発生する。
- 地震による津波と異なり、潮位の高い状態が数時間にわたり発生する。また、事前の準備時間が長い。



気圧低下による吸い上げ効果のイメージ

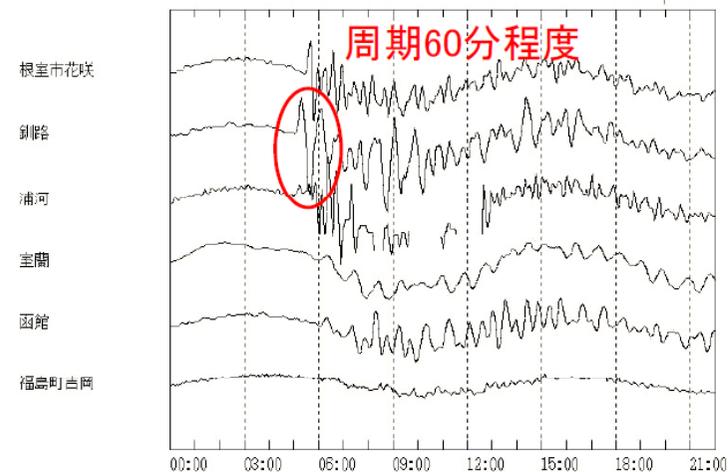


風による吹き寄せ効果のイメージ



高潮による潮位記録(平成16年 高松高潮災害)

北海道太平洋沿岸
2003/09/25 00:00 - 2003/09/26 22:00



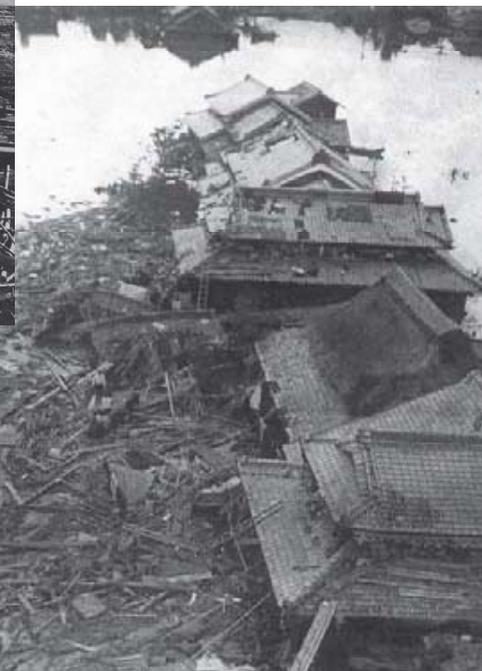
津波による潮位記録(平成15年 十勝沖地震)

高潮による主な被害(昭和34年 伊勢湾台風)

- 我が国においては、これまで高潮により多くの被害が発生している。
- 例えば、昭和34年伊勢湾台風では、伊勢湾周辺地域、とりわけ湾奥部の名古屋市を中心とする臨海低平地を中心に死者、行方不明者5,012人、住家全・半壊177,574戸の甚大な被害が発生。
- 伊勢湾台風による高潮は、伊勢湾全体の海面を1時間近くにわたって2m程度上昇させ、破堤総延長は湾奥部低平地を中心に220箇所33km近くに及んでいる。
- 背後地がゼロメートル地帯であったことから、排水完了までに3ヶ月後の12月下旬まで要した。



海岸堤防の被災状況

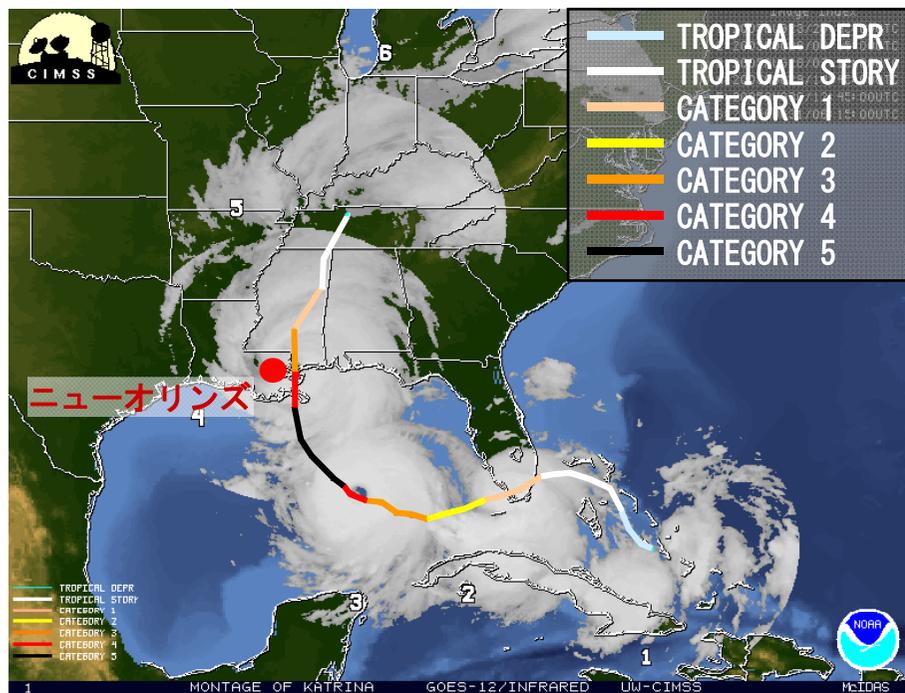


流木による住家への被害状況

(出典:中央防災会議 災害教訓の継承に関する専門調査会資料)

高潮による主な被害(平成17年 ハリケーン・カトリーナ)

- 死者1,800人以上、避難者約130万人、全壊家屋約30万戸、約960億ドルの膨大な被害が発生。
- ニューオリンズ市では、約8割が水没し、市民の約8割(約40万人)が避難。
- 避難時の混乱や孤立者の救助、避難所環境やライフラインの途絶による生活環境の悪化、衛生環境や治安の悪化など、災害対応において数多くの課題が発生。



ハリケーン・カトリーナ進路

(出典:NOAAのHPに一部加筆)



ニューオリンズ市の
浸水状況

湿地用ボートによる救助

(出典:FEMAのHPより)

高潮による主な被害(平成24年 ハリケーン・サンディ)

- 米国、カナダで死者132名(うちニューヨーク市内で43名)。
- 大規模な停電、事業所停止等により大都市の中核機能が麻痺。
- ニューヨークの地下鉄等トンネル16本が浸水する等の甚大な被害が発生。深さ約40mのトンネルのほぼ入り口まで浸水。
- ハリケーン・サンディでは、避難命令や浸水防止対策など各機関がとるべき行動をプログラム化した「タイムライン」に基づく対応で被害を軽減。



市街地の冠水状況 ©USACE



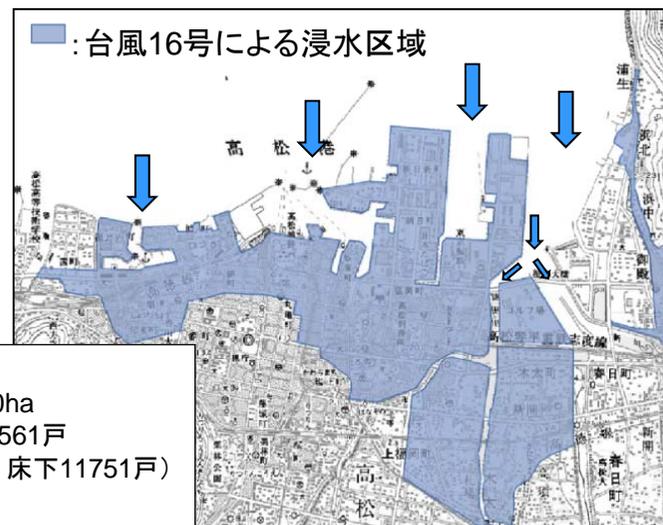
市街地の停電状況 ©USACE



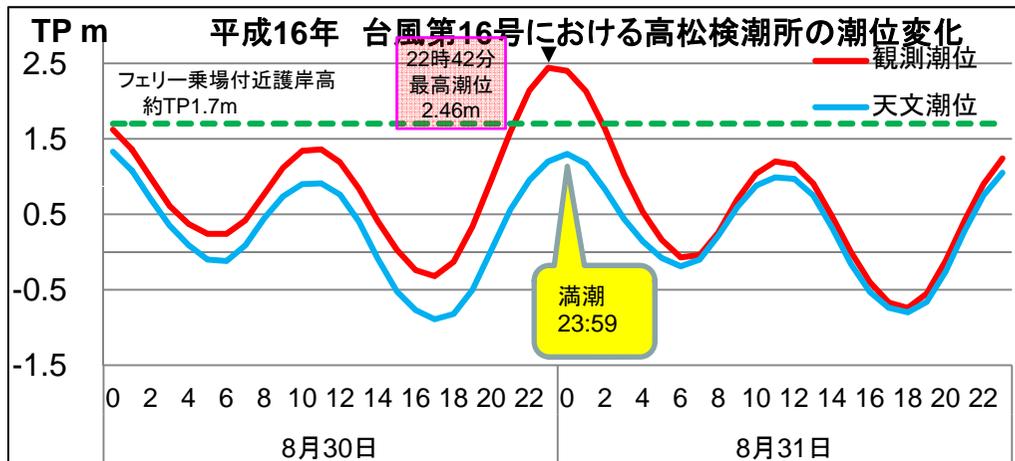
地下鉄86ストリート駅の浸水状況 ©MTA

高潮による被害形態(平成16年 台風16号、高松市)

- 潮位が堤防天端等を超え、背後地が広域にわたり浸水する。
- 例えば、平成16年9月、香川県高松市では、台風16号による高潮で潮位が護岸を約70cm程度上回り、980ha、15,651戸の浸水が発生し、死者2名の被害が発生した。



被害概要
 浸水面積 980ha
 浸水戸数 15,561戸
 (床上3810戸、床下11751戸)
 死者2名



台風16号による高松市内の浸水被害状況

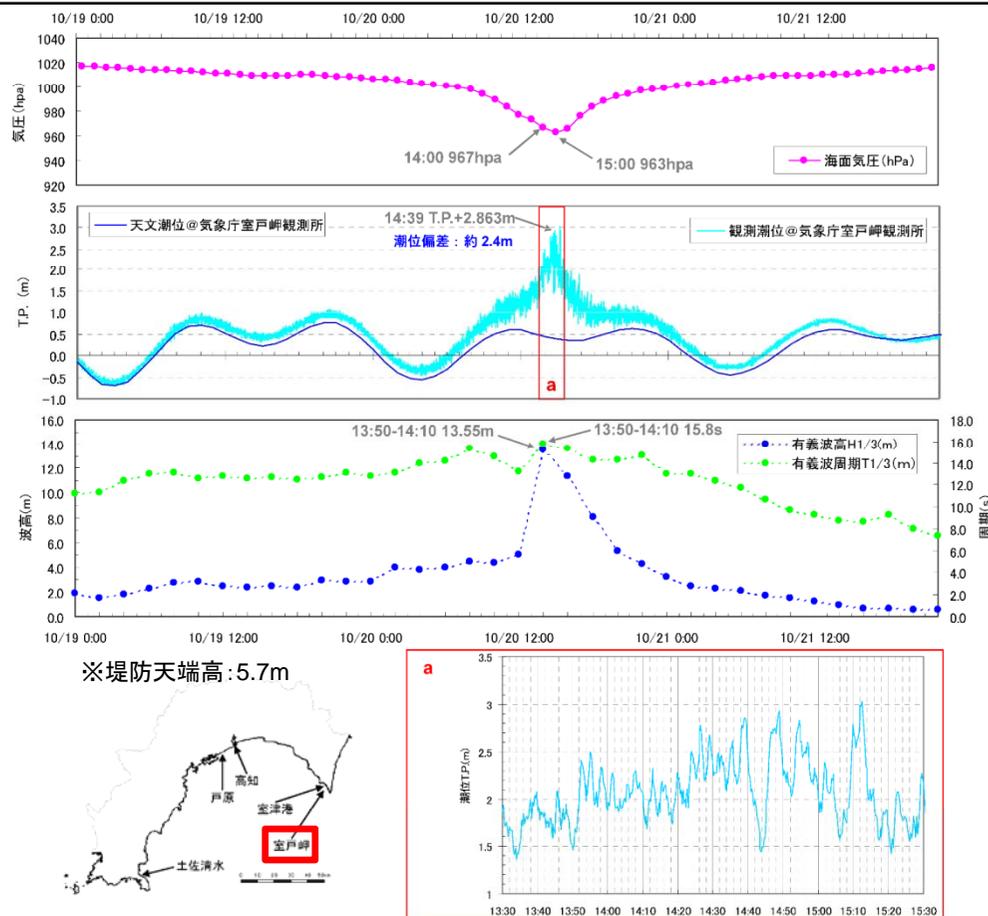
高潮による被害形態(平成16年 台風23号、室戸市)

- 潮位は堤防天端等を超えないものの、波が堤防を越え、堤防の一部が損傷するとともに、浸水被害を生じる。
- 例えば、平成16年10月、高知県室戸市では、台風23号により堤防を越波し、堤防が約30mにわたって倒壊するとともに、全壊・半壊家屋8棟、一部損壊4棟、床上・床下浸水9戸、死者3名、負傷者4名の被害が発生した。



被害概要
 被害戸数 21戸
 (全半壊8戸、一部損壊4戸、
 浸水9戸)
 死者3名、負傷者4名

台風23号による菜生海岸の被災状況



被災時刻前後の海面気圧, 潮位, 波高・周期の変化(室戸岬)

高波による被害形態(平成20年 黒部市、入善町)

- 潮位は堤防天端等を超えないものの、波が堤防を越え、浸水被害を生じる。
- 例えば、平成20年2月、富山県黒部市、入善町では、低気圧の影響により、寄り回り波と呼ばれる周期の長いうねり性の高波により堤防を越波し、約4.7ha、黒部市42棟、入善町119棟が浸水し、死者1名、重傷者2名の被害が発生した。



下新川海岸 高波による越波状況
(入善町芦崎地区)



下新川海岸 浸水状況
(入善町芦崎地区)

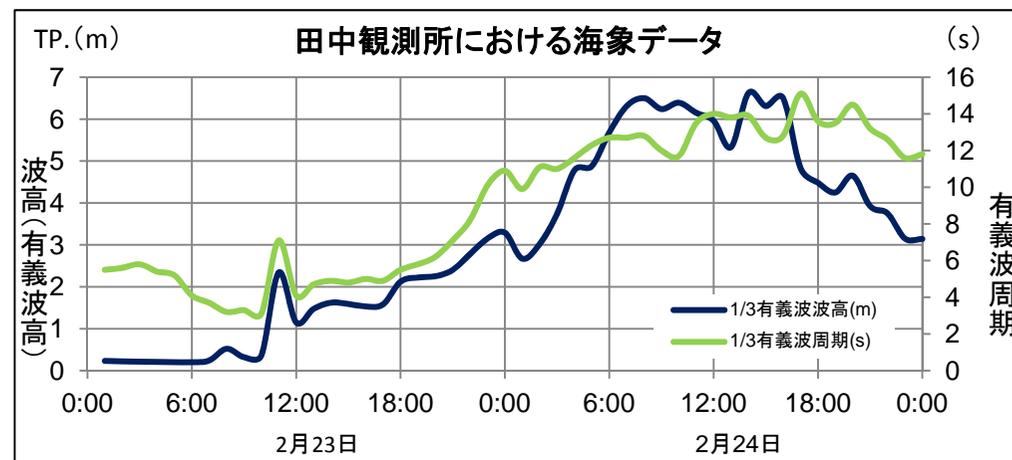
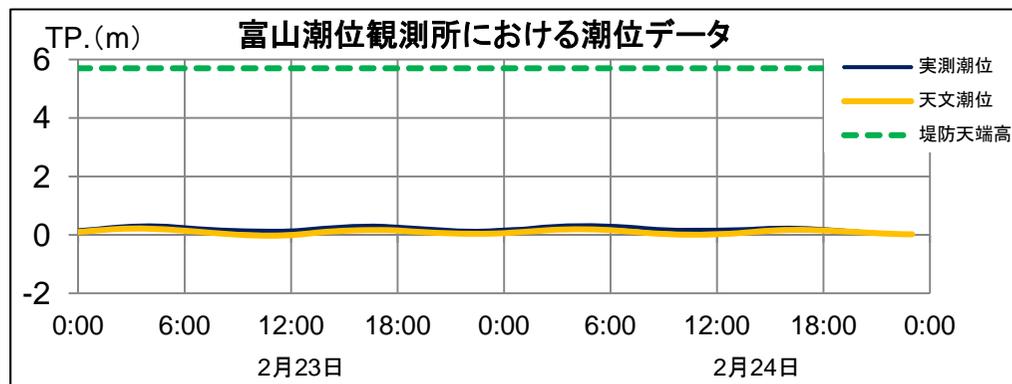


下新川海岸 海岸堤防の越波状況
(黒部市生地地区)



下新川海岸 住家の破壊状況
(黒部市生地地区)

被害概要
 浸水面積 約4.7ha
 浸水戸数 161戸
 死者1名、重傷者2名

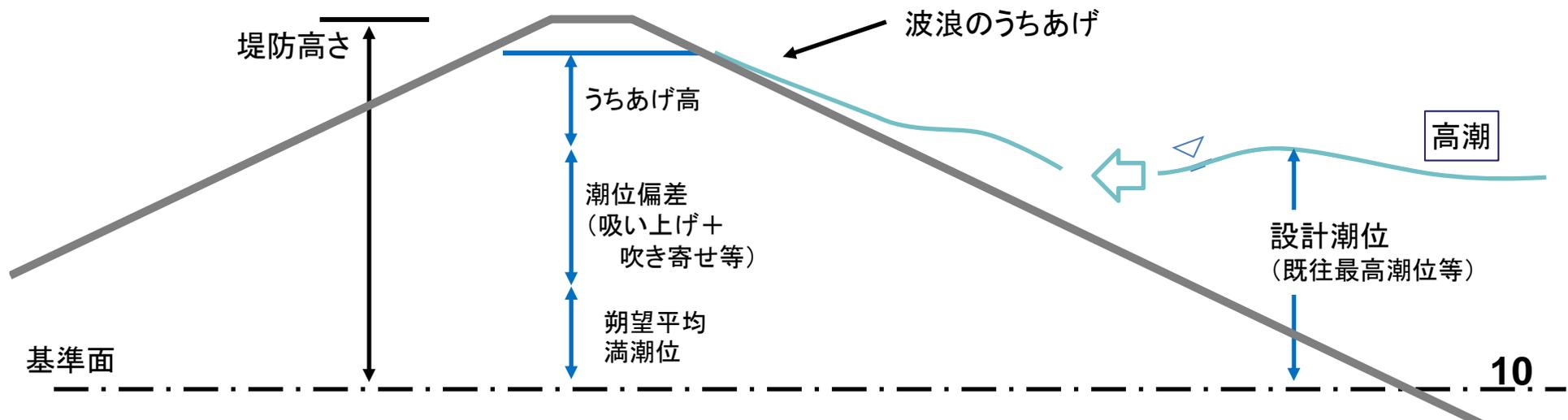


海岸堤防の設計について

- 堤防高については、「設計潮位(朔望平均満潮位+吸い上げ+吹き寄せ)+うちあげ高+余裕高」により設定されている。
- 設計潮位については、既往最高潮位等により設定されている。
- 打ち上げ高については、有義波高の概念を採用し、うちあげ時のしぶきや波の不規則性による多少の越波を許容することとし、30~50年に一度程度の計画波高により設定されている。
- 多少の越波を許容することから、裏法をコンクリート被覆する三面張り構造を基本としている。

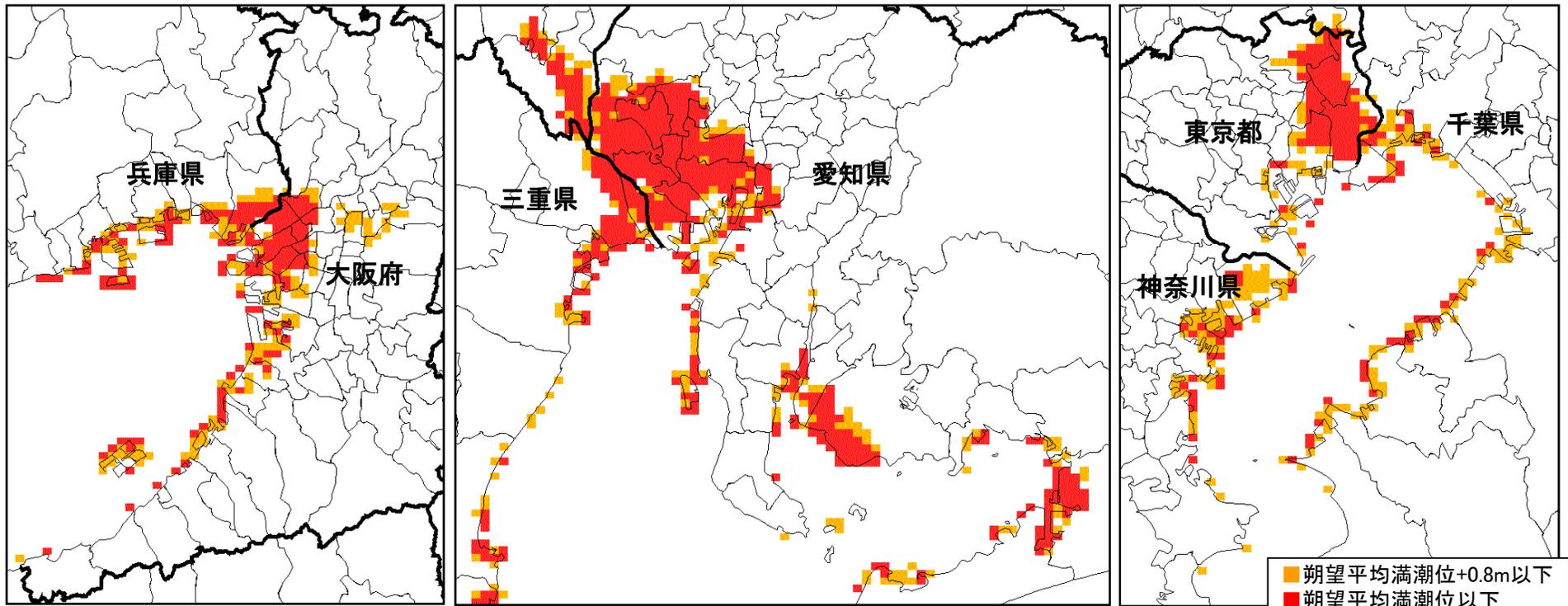


高潮による越波状況(高知海岸)



気候変動による高潮災害リスクの増大懸念

- 気候変動に伴い、台風の強大化、海面水位の上昇が懸念されている。
- 高潮、波浪の外力が増大するとともに、堤防高が相対的に低くなる。
- 仮に海面水位が80cm上昇すると、三大湾のゼロメートル地帯が拡大(面積が約6割、人口が約4割増加)するなど、高潮災害のリスクが増大する。



大阪湾

伊勢湾

東京湾

	現状	海面上昇後	倍率
面積(km ²)	約500	約780	1.6
人口(万人)	約310	約440	1.4

高潮による水害リスクを有するエリアが拡大する

※国土数値情報をもとに水管理・国土保全局で作成。
 ※3次メッシュ(1km×1km)の標高情報が潮位を下回るものを図示。面積、人口の集計は3次メッシュデータにより行っている。

※河川・湖沼等の水面の面積については含まない。 11

気候変動による高潮災害リスクの増大懸念

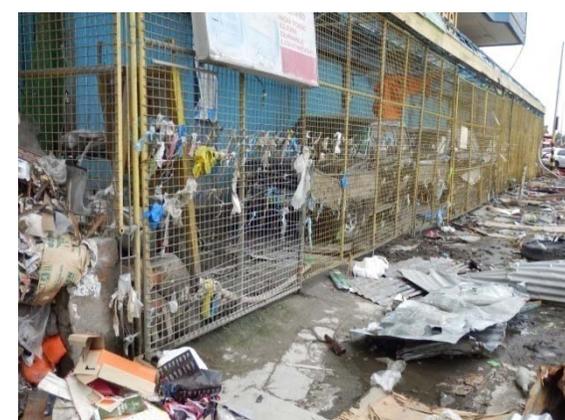
- 強大化した台風により、被害が生じることも考えられる。
- 例えば、平成25年11月、レイテ島を中心としたフィリピン中部では、過去最大クラスの規模の台風30号(HAIYAN)により段波状の高潮が発生し、死者6,166名、行方不明者1,785名、被災者1,608万名に及ぶ甚大な被害が発生した。
- 気象庁によると、同台風の中心気圧は895hPa、瞬間最大風速は90m/s。



フィリピン東部レイテ州タナワンの被害状況



フィリピン東部レイテ州タクロバンの被害状況



タクロバンの高潮の痕跡

Ⅱ．東日本大震災を踏まえた津波対策

東日本大震災を踏まえた津波防災対策の基本的な考え方

- 東日本大震災では、これまでの想定をはるかに超えた巨大な地震・津波により甚大な被害を受けたことから、最大クラス(L2)の津波に対してはハード整備とソフト対策を組み合わせた多重防御により被害を最小化させるとした減災の考え方が新たに示された。
- 比較的発生頻度の高い津波(L1)に対しては、人命、資産等を守り、国土を保全する観点から、引き続き、海岸堤防の整備を進めていくこととされた。

最大クラスの津波(L2)

- **最大クラスの津波**に対して、ハード対策とまちづくりや警戒避難体制の確立などを組み合わせた「**多重防御**」により、人命への被害を極力生じさせないことを目指す。

最大クラスの津波(L2)

2011年 東北地方太平洋沖地震の津波高さ

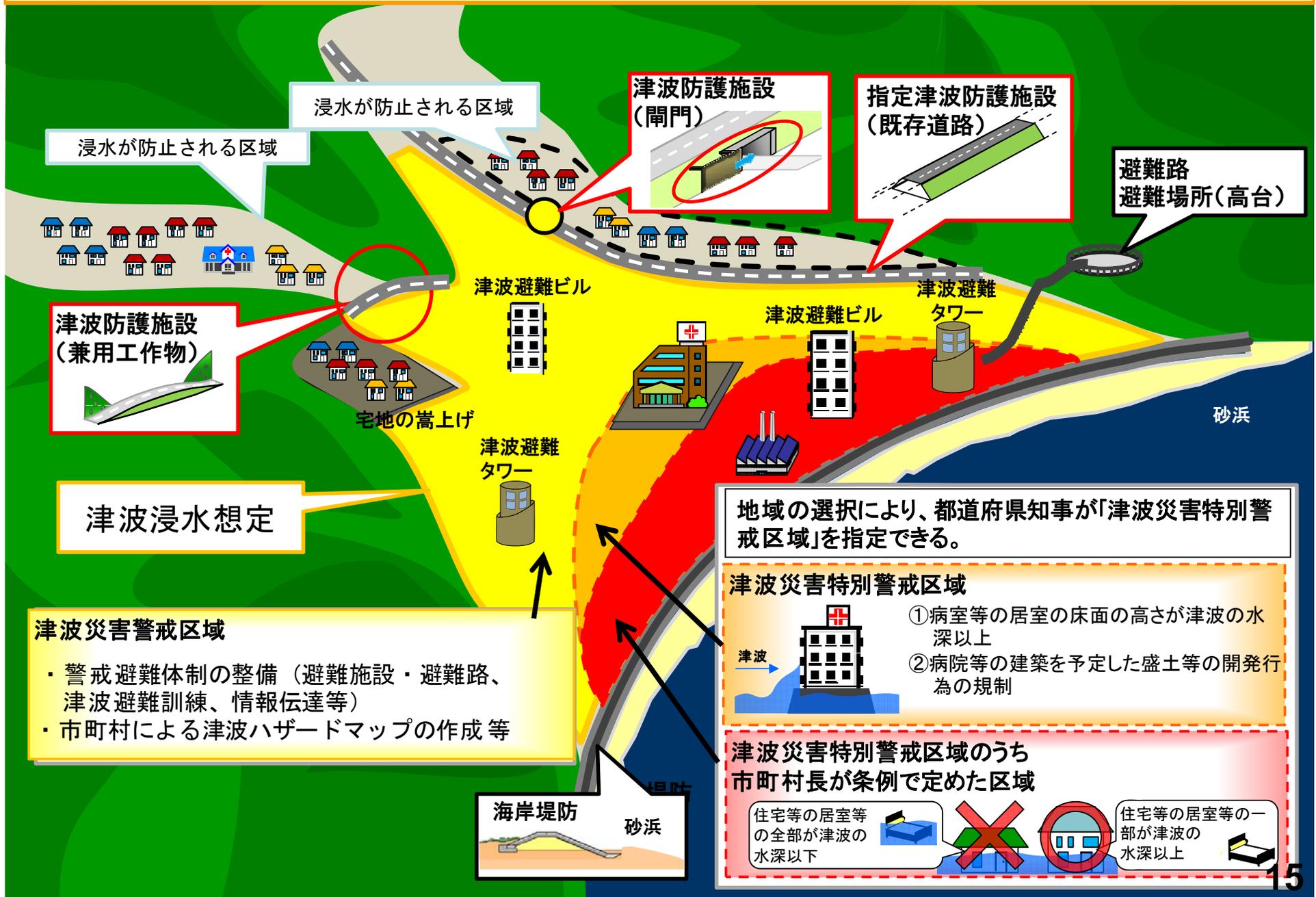
比較的頻度の高い津波(L1)

- **比較的発生頻度の高い津波(数十年から百数十年に一度程度)**に対して、**海岸保全施設の整備による対応を基本**として、人命、資産、国土(海岸線)等を確実に守ることを目指す。
- また、設計対象の津波高を超えた場合でも施設の効果が**粘り強く発揮できるような**構造物の技術開発・整備を実施。

1896年 明治三陸地震の津波高さ

比較的頻度の高い津波(L1)

津波防災地域づくりの推進

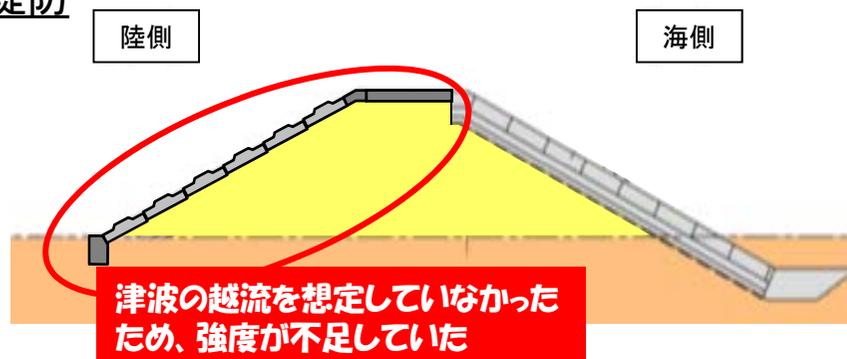


粘り強い構造の海岸堤防

- 海岸堤防等については、設計対象の津波高を超えた場合でも施設の効果が粘り強く発揮され、津波による浸水被害を軽減、あるいは避難のためのリードタイムを長くできるように技術開発や整備を進めることとなった。



従来の堤防



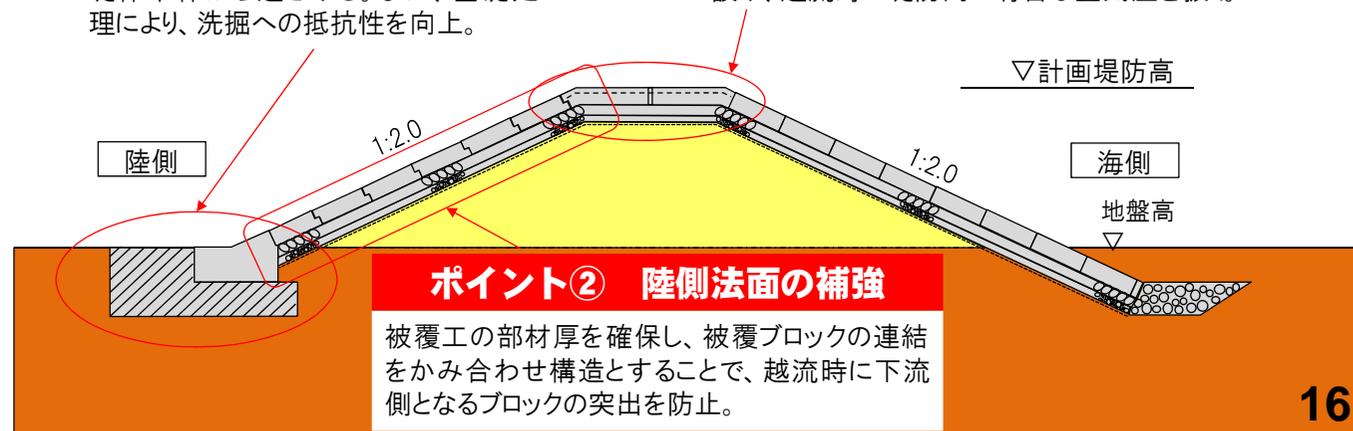
<粘り強い海岸堤防のポイント>

ポイント① 法尻部の強化

越流水の方向を変え、裏法尻の洗掘を堤体本体から遠ざける。また、基礎処理により、洗掘への抵抗性を向上。

ポイント③ 天端被覆工の補強

天端被覆工の部材厚を確保。また、空気抜き孔を設け、越流時に堤防内の有害な空気圧を抜く。



Ⅲ. 外力設定について

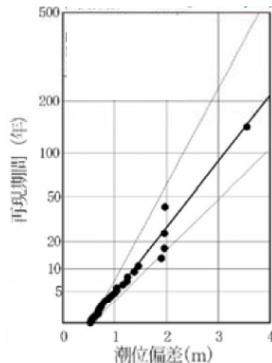
【論点】外力設定について

(危機管理の目標とする高潮(最大クラス)について)

- 危機管理の目標とする高潮を設定し、ハード対策とまちづくりや警戒避難体制の確立などを組み合わせた「多重防御」により、人命への被害を極力生じさせないことを目指す。
- 危機管理の目標となる最大クラスの高潮については、統計的・力学的手法の研究が進められているが、現段階での導入には課題がある状況。

【手法1】極値統計解析

(イメージ)高潮偏差の極値統計解析



【概要】

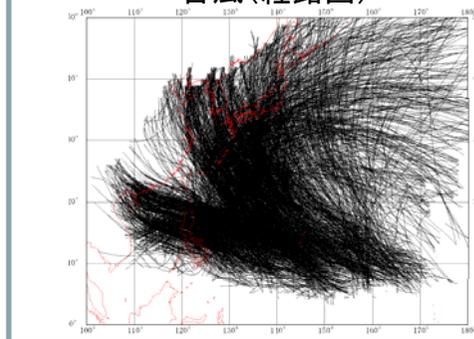
・既往の潮位観測データから、極値統計解析により、再現期間(年)毎の高潮偏差の分布を推定するもの。

【特徴・課題】

・我が国においては、既往の潮位観測データが限られている(約60年)ため、再現期間(年)の長い潮位偏差を推定するほど、推定誤差は大きくなる。
(例えば、1934年の室戸台風は、統計が始まる1951年よりも前の台風)

【手法2】確率台風モデル

(イメージ)確率台風モデルで作成した台風(経路図)



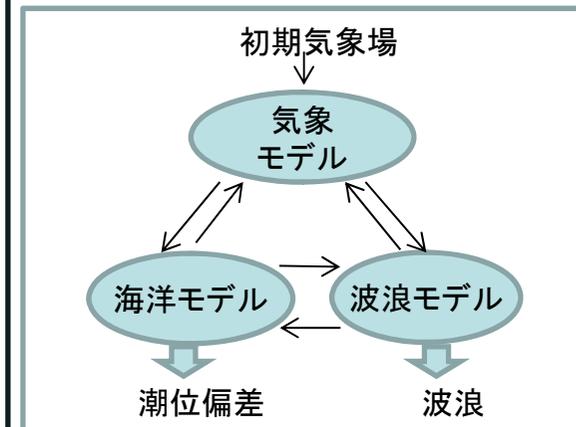
【概要】

・既往の台風の位置、気圧等の統計に基づき、任意の年間に発生する台風を乱数によるシミュレーションで推定するもの。

【特徴・課題】

・100年、1000年単位で発生する台風を計算できるが、乱数計算のため800hpa台の台風も算出される。
・既往の限られた観測データ(約60年)でモデル作成、乱数計算しており、実際の気象現象をどの程度再現しているか不明。

【手法3】力学的手法



【概要】

・統計的手法ではなく、大気海洋力学的手法により、気象、海洋、波浪の推定を行うもの。

【特徴・課題】

・複数のモデル(気象、海洋、波浪)を用いて、計算する必要。
・計算上必要となる台風内部データの設定が必要。
・可能最大値の再現期間不明。

【論点】外力設定について

(危機管理の目標とする高潮(最大クラス)について)

- 例えば、我が国既往最大規模の台風(室戸台風911.6hPa)等を想定し、潮位偏差が最大となるコースを複数選定して危機管理の目標とする外力とする。
- 統計的・力学的手法など危機管理の目標とする外力については、引き続き技術開発を進める。

条件等	伊勢湾台風規模	スーパー室戸台風
台風中心気圧(上陸時)	930hPa	900hPa
台風コース	室戸台風コース(図3.2.1参照)	室戸台風コースを西に40km平行移動(図3.2.1参照)
上陸時からの中心気圧の減衰	伊勢湾台風と同様	伊勢湾台風と同様
台風半径	伊勢湾台風の毎時の観測値	伊勢湾台風の毎時の観測値
台風の移動速度	室戸台風と同様	室戸台風と同様
基準潮位	T. P. +0.9m (O. P. +2.2m)	T. P. +0.9m+0.2m = T. P. +1.1m (O. P. +2.4m)
高潮発生確率*(潮位偏差の確率)	1/200相当*	1/750相当*
備考	現計画で想定する台風と同様	

※高潮発生確率については参考値

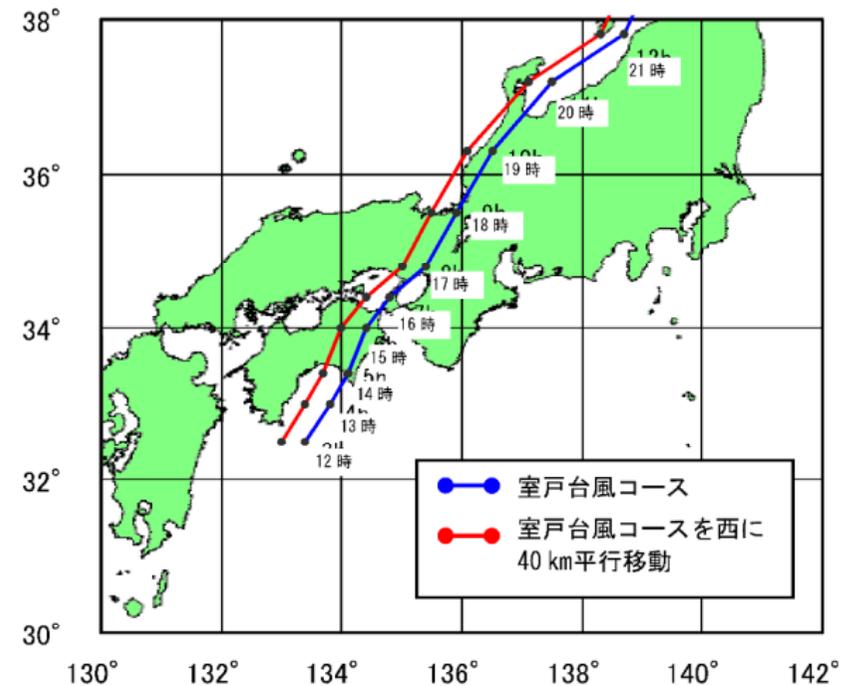


図 3.2.1 想定台風コース

大阪湾における大規模高潮浸水想定実施例

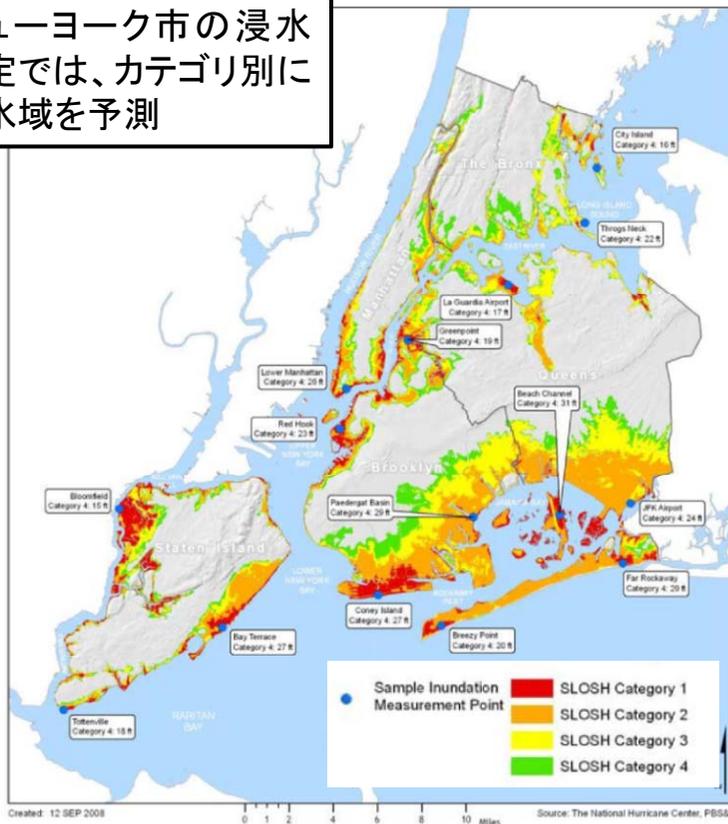
※出典:大阪湾高潮対策危機管理行動計画
ガイドライン(大阪湾高潮対策協議会)

【論点】外力設定について

(危機管理の目標とする高潮(規模別設定)について)

- 危機管理の目標とする高潮については、最大クラスだけでなく、例えば台風の強度、あるいは潮位が計画高潮位を超えるおそれがあるなど、規模別に提示することも検討する。
- 高潮の打ち上げ高が数m程度で設計されている海岸では、危機管理の目標とする高潮(最大クラス)でも天端を潮位が上回ることはないものと考えられるが、既存堤防の設計外力を超えていることから、最もリスクの大きい箇所破堤すると仮定するなど、一定条件下での破堤を想定してはどうか。

ニューヨーク市の浸水想定では、カテゴリ別に浸水域を予測



ハリケーンのカテゴリの分類

Saffir-Simpson Hurricane Scale				
Category	Storm Surge (ft)	Winds (mph)	Damage	Damage Description
1	6.1-10.5	74-95	Moderate	<ul style="list-style-type: none"> Damage primarily to trees and unanchored homes Some damage to poorly constructed signs Coastal road flooding
2	13.0-16.6	96-110	Moderate-Severe	<ul style="list-style-type: none"> Some roofing material, door, and window damage to buildings Considerable damage to shrubbery and trees Flooding of low-lying areas
3	14.8-25	111-130	Extensive	<ul style="list-style-type: none"> Some structural damage to residences and utility buildings Foliage blown off trees and large trees blown down Structures close to the coast will have structural damage by floating debris
4	24.6-31.3	131-155	Extreme	<ul style="list-style-type: none"> Curtainwall failures with utilities and roof structures on residential buildings Shrubs, trees, and signs all blown down Extensive damage to doors and windows Major damage to lower floors of structures near the shore
5	Not predicted	>155	Catastrophic	<ul style="list-style-type: none"> Complete roof failure on many residences and industrial buildings Some complete building and utility failures Severe, extensive window and door damage Major damage to lower floors of all structures close to shore

ニューヨーク市における高潮の浸水想定例

出典: New York City Natural Hazard Mitigation Plan March 2009

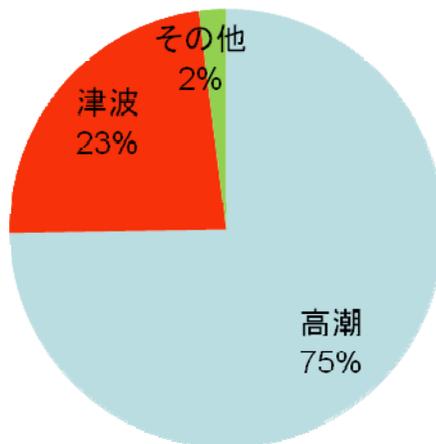
【論点】外力設定について

(施設整備の目標とする高潮)

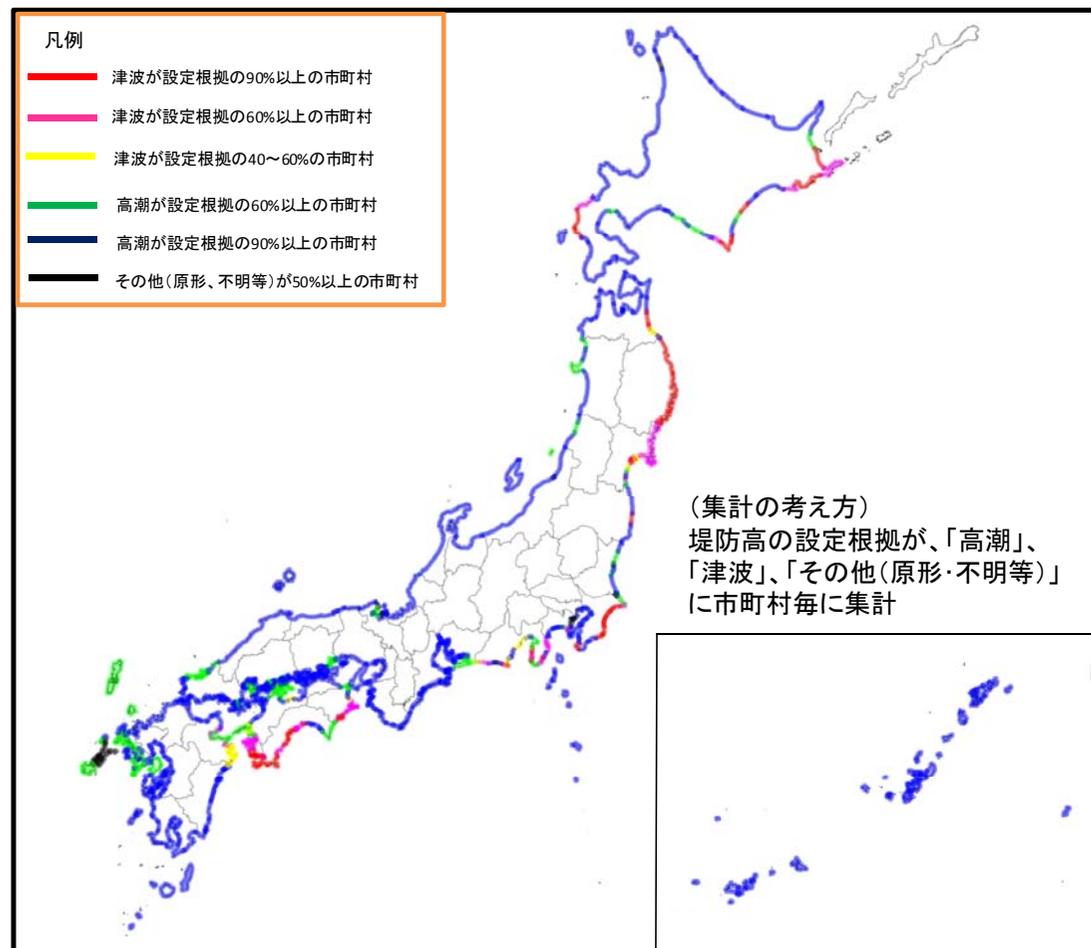
- 施設整備の目標とする高潮を設定し、人命、資産、国土(海岸線)等を確実に守ることを目指す。
- 一連区間での防御ラインを再確認するとともに、海岸堤防等の老朽化が進行していることを踏まえ、点検等により、維持管理を着実に実施する。
- 将来の更新、改良などの際に、温暖化等の最新の知見に基づき適応していく。

○高潮・津波外力別の堤防高設定状況
(農林水産省・国土交通省調べ)(H26.9)

海岸堤防高の設定状況



高潮により海岸堤防が設定されている
海岸が75%



【論点】外力設定について

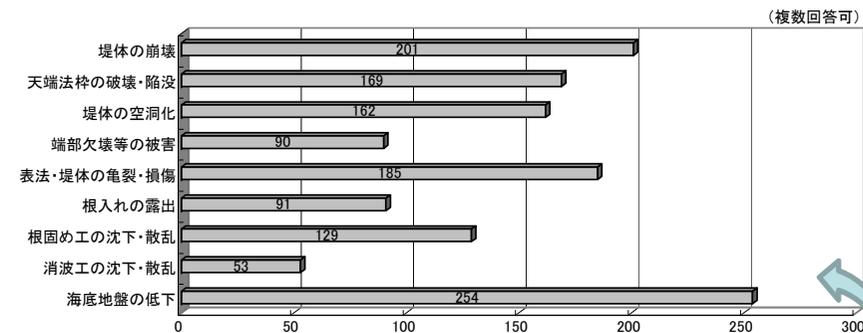
(粘り強い構造について)

- 設計対象の外力を超えた場合でも、避難時間を稼ぎ、浸水域、浸水深を減少させるため、施設の効果粘り強く発揮できるような構造の技術開発・整備を実施する。
- 越波については、従前より裏法を被覆することにより対応してきているが、越流の可能性の有無、波の大きさなど想定される外力、堤防前面の砂浜や背後地の状況等を考慮して、当該地域に応じた粘り強い構造等を検討する。

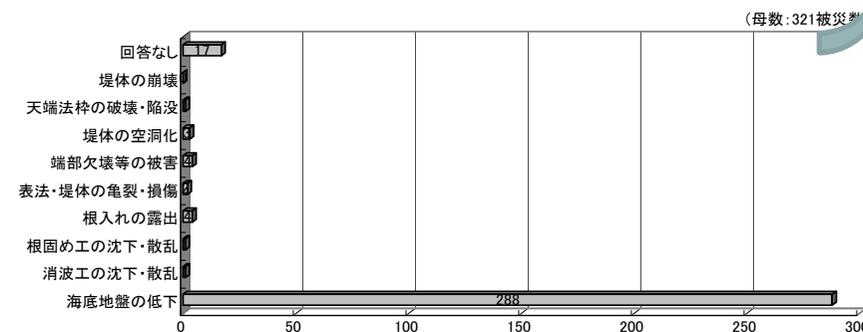
○海岸堤防等の被災形態の整理

自立構造型 (直立タイプ)	被覆構造型 (傾斜タイプ)	コンクリートブロック被覆型 (緩傾斜タイプ)
滑動 8件 	下部滑り出し破壊 (滑動) 53件 	上部被災 50件
転倒 5件 	上部倒壊 6件 	中部被災 35件
パラペット倒壊 5件 	天端の陥没 15件 	下部被災 68件
天端クラック・沈下・陥没 2件 	堤体の曲げ破壊 10件 	全体被災 17件
-	-	天端の陥没 6件

○被災に至るまでに確認された被災形態



○被災に至る初期の被災形態



※出典: 海岸堤防・護岸の被災に関する実態調査 (加藤史訓・野口賢二・諏訪義雄(2011): 土木学会論文集)

海底地盤の低下から被災が始まっていることが多い 22

IV. 警戒避難体制の充実

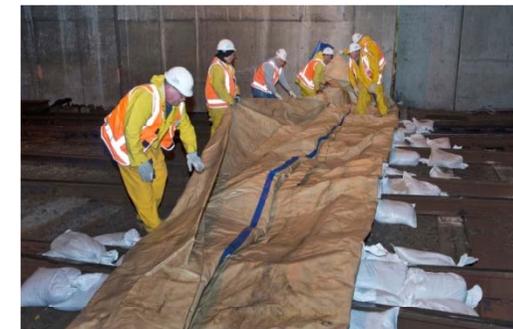
【論点】警戒避難体制の充実

(タイムライン)

- 高潮(潮位が堤防天端を超える)については、気象庁が高潮(特別)警報を発令し、これを目安とし、市町村が避難勧告の発令を判断している例が多い。
- 一方、避難勧告が発令されても、避難率が低い状態である。避難勧告が発令された時点で、暴風により避難自体が困難となることが想定される。また、避難率が100%となった場合の受け入れ体制も十分確保されていない状態である。
- 高潮について、タイムラインを導入できないか。



タイムラインのイメージ



水のうによる止水対策

※出典:国土交通省・防災関連学会合同調査団「米国ハリケーン・サンディに関する現地調査報告書」

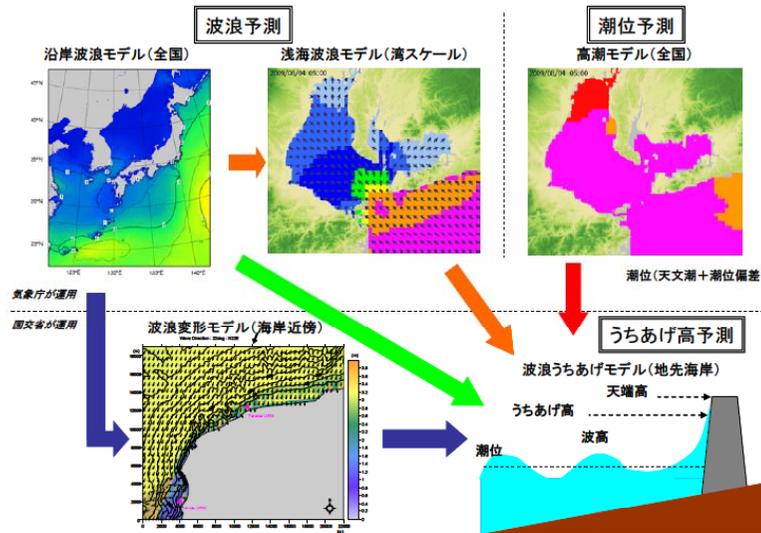


陸閘の閉鎖作業

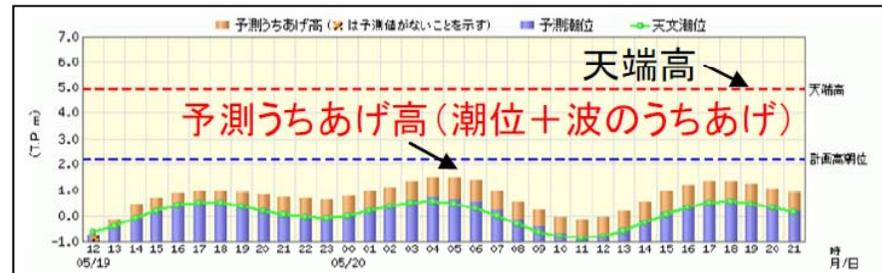
【論点】警戒避難体制の充実

- 高波(越波や冬期風浪によるうねり)については、気象庁が波浪警報を発令しているが、施設の整備状況を踏まえた被害の程度が不明確なため、避難勧告等には十分に活用されていない。
- 下新川海岸などでは、有義波高の予測によって住民の避難勧告等が行われている。一方、国総研においては、気象庁の沿岸波浪モデル等を活用して、うちあげ高予測システムを開発している。
- 高波について、市町村が被害の恐れのある区域を特定して避難勧告を発令できるよう、予報を導入すべきではないか。

○国総研による波浪うちあげ高予測システムの概要



波浪うちあげ高予測システムは、気象庁による各海岸の潮位予測値と波浪予測値を外力の入力データとして、うちあげ高予測を行うものである。
 本予測では予測されたうちあげ高は天端高と比較できるように表示され、越波がいつ頃激しくなるのか判断できるようになっている。



○入善町の避難勧告基準【一部抜粋】: 田中観測所の波高に関連する部分

避難準備情報	<ul style="list-style-type: none"> ・当町にうねり(寄り回り波)の情報を含む波浪警報が発令されたとき。 ・暫定予測式により田中観測所で<u>有義波高が4.5mを超えると予測され</u>、水防警報「出動」が発令されたとき。 他
避難勧告	<ul style="list-style-type: none"> ・田中観測所において1時間後に<u>4.5mを超えると予測され</u>、又は有義波高が4.0mを超え、水防警報「距離確保準備」が発令されたとき。 他
避難指示	<ul style="list-style-type: none"> ・田中観測所において有義波高が4.5mを超え、水防警報「距離確保」が発令されたとき。 他

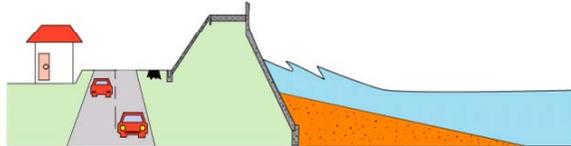
V. 砂浜の保全(海岸侵食対策)

砂浜の保全

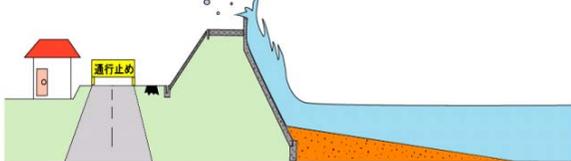
- 海岸の侵食は、砂浜の減少等により良好な景観・環境の形成や海岸利用を阻害するだけでなく、我が国の貴重な国土の消失であり、また、越波の増大や海岸保全施設の耐力を低下させるという防災面でも問題がある。
- また、砂浜が消失することで、海岸環境の悪化や海岸利用への影響が懸念される。

○砂浜は、沖で波を砕き、岸での波を弱める。

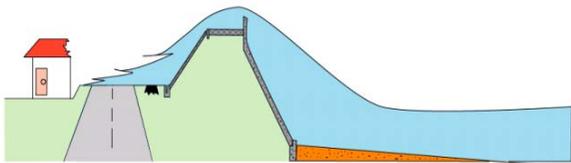
①砂浜があると、岸での波を弱める



②海岸侵食により、砂浜が少なくなると越波が増大



③さらに侵食が進み、砂浜がなくなると海水が浸入



④浸入した海水により、破堤につながる



砂浜の消失は越波の増大、海水の浸入を招き、背後地の安全性を低下させる。



海岸における良好な環境の例



海岸利用の例

砂浜の保全

- 台風や冬季風浪による高波で、短期間に砂浜(国土)が消失している。

[西湘海岸]



[富士海岸]



[皆生海岸]



【論点】砂浜の保全

(新技術導入の推進)

- 侵食対策を推進するにあたって、総合土砂管理を更に推進するとともに、新技術を導入した侵食対策を進めるべきではないか。

○岩盤型施設
海岸保全対策実施(常時)



海岸保全対策実施(高波浪時)



岩盤型施設の整備イメージ

○埋設型護岸(サンドパック)



埋設型護岸(サンドパック)による
侵食対策(施工時写真)

○粒径を考慮した養浜の実施状況



材料 砕石(10mm~40mm)

粒径を考慮した養浜の実施状況