

「地球温暖化に起因する気候変化に対する港湾政策のあり方」 中間報告(案) 資料集

平成20年9月18日
国土交通省 港湾局

IPCC第4次評価報告書において予測されている気候変化とその影響

6つの社会シナリオを設定し、**21世紀末**の平均気温上昇と**平均海面水位上昇**を予測。

2030年までは、社会シナリオによらず10年当たり0.2 の昇温を予測。

2100年においては、全ての社会シナリオで海面水位が上昇。

熱帯低気圧の強度は強まると予測

北極海の晩夏における海氷が、21世紀後半までにほぼ完全に消滅するとの予測もある。

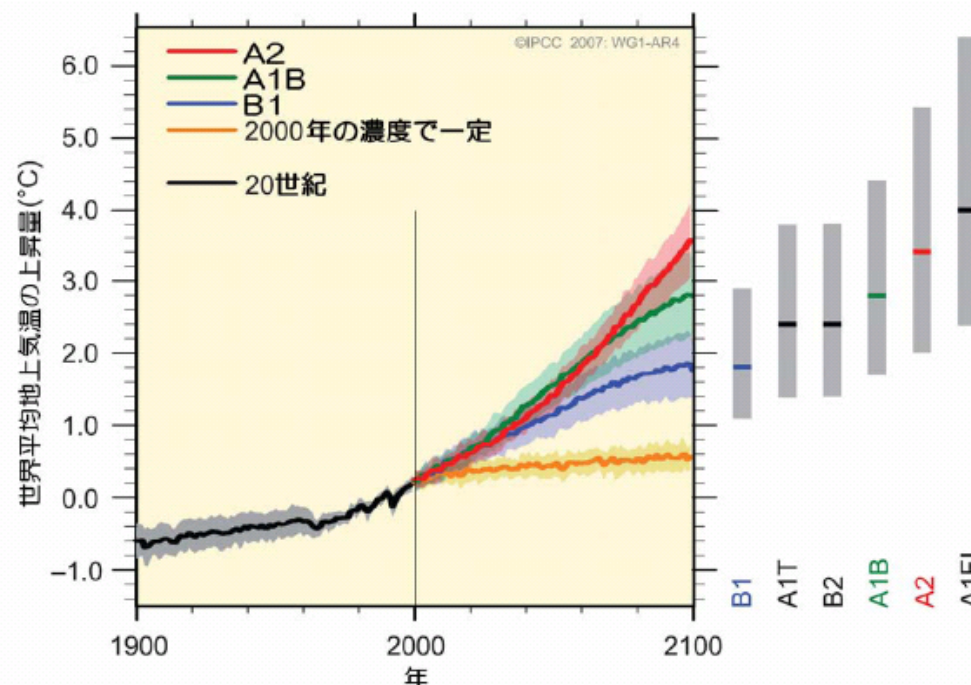
大気中の二酸化炭素濃度上昇により、海洋の酸性化が進むと予測。

2100年の水準で温室効果ガスの排出が継続した場合、2200年までに世界平均気温が更に0.5 上昇。

膨張熱のみで2300年までに1980～1999年と比較して0.3～0.8mの海面上昇が予測される。

(表) 気温上昇と海面上昇の予測

	【最良のケース】 環境の保全と経済の 発展が地球規模で 両立する社会	【最悪のケース】 化石エネルギー源を 重視しつつ高い経済 成長を実現する社会
気温上昇	約1.8 (1.1 ~ 2.9)	約4.0 (2.4 ~ 6.4)
海面上昇	18 ~ 38 cm	26 ~ 59 cm



(図) 世界平均地上気温の上昇予測

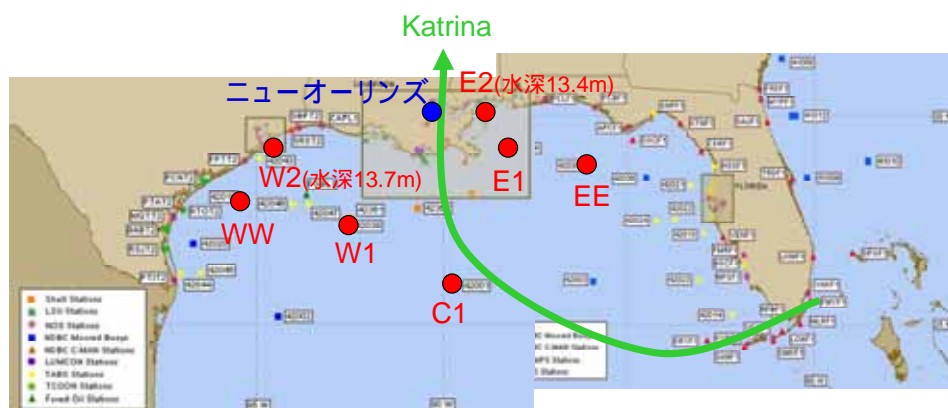
(出典: IPCC第4次評価報告書統合報告書)

近年の自然災害(ハリケーン・カトリーナ)

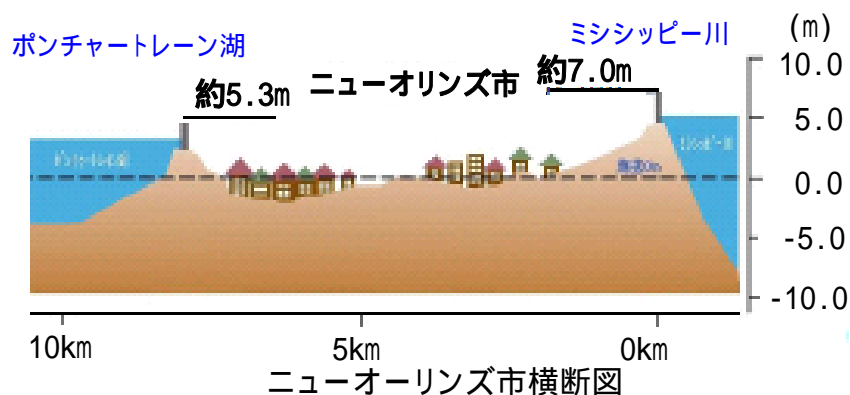
1.(1)

2005年8月に米国メキシコ湾沿岸で発生したハリケーン・カトリーナによる高潮により、ニューオーリンズ東部沿岸において、6～9m以上の潮位を記録した(ポンチャートレーン湖の堤防の高さは約5m)。また、周辺地域では、運河堤防、湖岸堤防など約50ヶ所が決壊した。

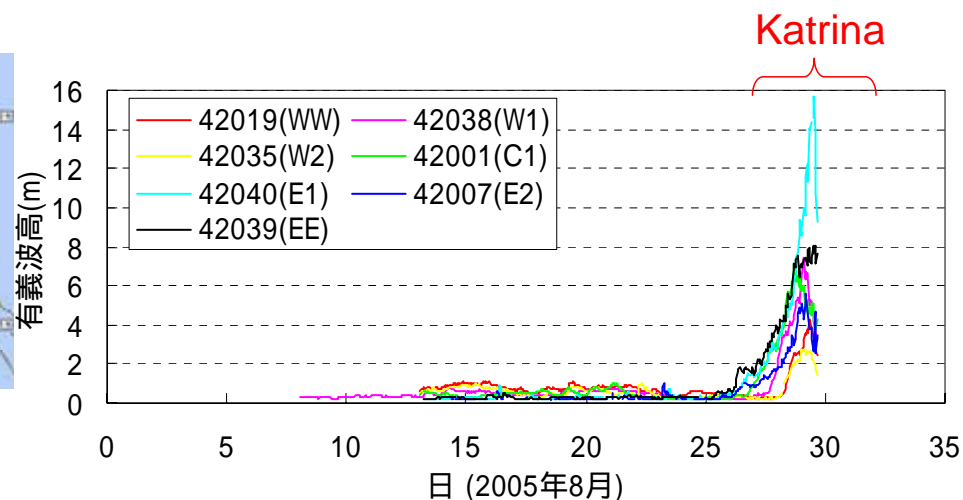
これにより、1,464人以上の死者、約30万戸の全壊家屋、約960億ドル(約11兆円)の被害額といった甚大な被害が発生した。また、最も被害の大きかった、ニューオーリンズ市では、市域全体の約8割が水没し、約16万戸以上の家屋において浸水被害が発生した。



ハリケーン・カトリーナの進路と観測点



ニューオーリンズ市横断面図



観測点におけるハリケーン・カトリーナの時系列有義波高

	WW	W2	W1	C1	E2	E1	EE
最大有義波高	4.3m	2.8m	7.4m	7.1m	5.6m	15.7m	8.1m
周期	14s	14s	16s	14s	14s	14s	12s

観測点におけるハリケーン・カトリーナの最大有義波高と周期

NOAAのHPからダウンロードしたデータをもとに作成

2008年5月2日夜にミャンマー・ヤンゴン南西部イワラジ河口デルタに上陸したサイクロン・ナルジスは、上陸時風速50m/sであり、ハリケーン・カトリーナに匹敵するカテゴリー4に相当。
サイクロン接近に伴い発生した高潮により多くの人命が失われ、多くの家屋が破壊。ヤンゴン港も破壊され、係留中の船舶の多数が沈没。



サイクロン・ナルジスの進路

UNOSAT(<http://unosat.web.cern.ch/unosat/>)より



栈橋の被災状況



ヤンゴン河上流の船舶の岸への乗り上げ

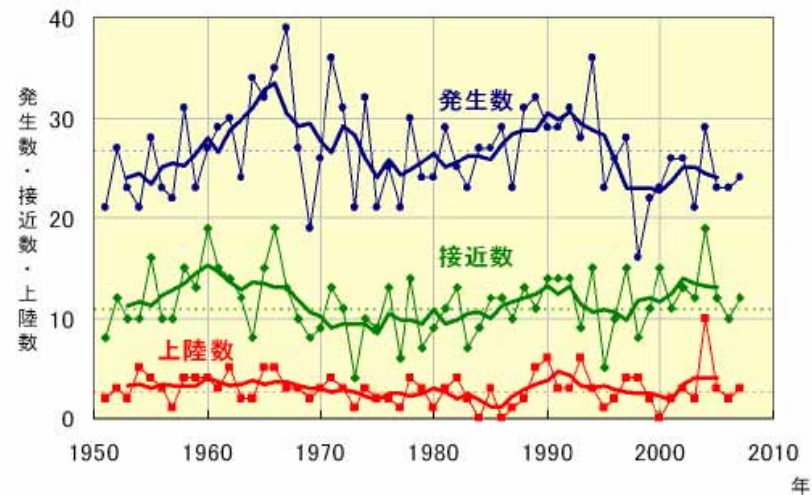
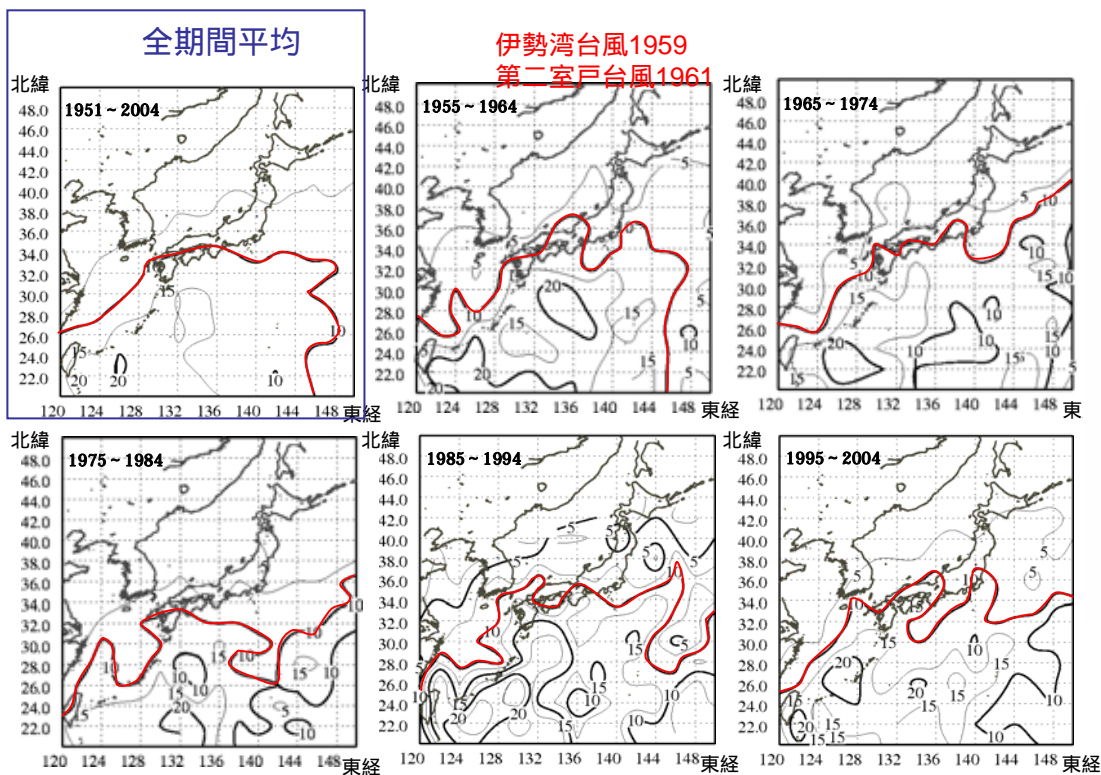
(独)港湾空港技術研究所
ヤンゴン港における高潮災害の緊急現地調査報告
(速報)より

台風経路の変化(我が国への台風の上陸頻度)

1.(1)

伊勢湾台風や第二室戸台風が来襲した1955年～1964年以降、我が国の九州以北を通過する台風の数は一時的に減少を続けていたが、1985～1994年以降再び増加傾向にあり、1995年～2004年の10年間に最大数を記録している。

最近の数年は、台風の発生数が平年を下回る年がほとんどとなっている一方で、接近数が平年を上回る傾向が見られる。



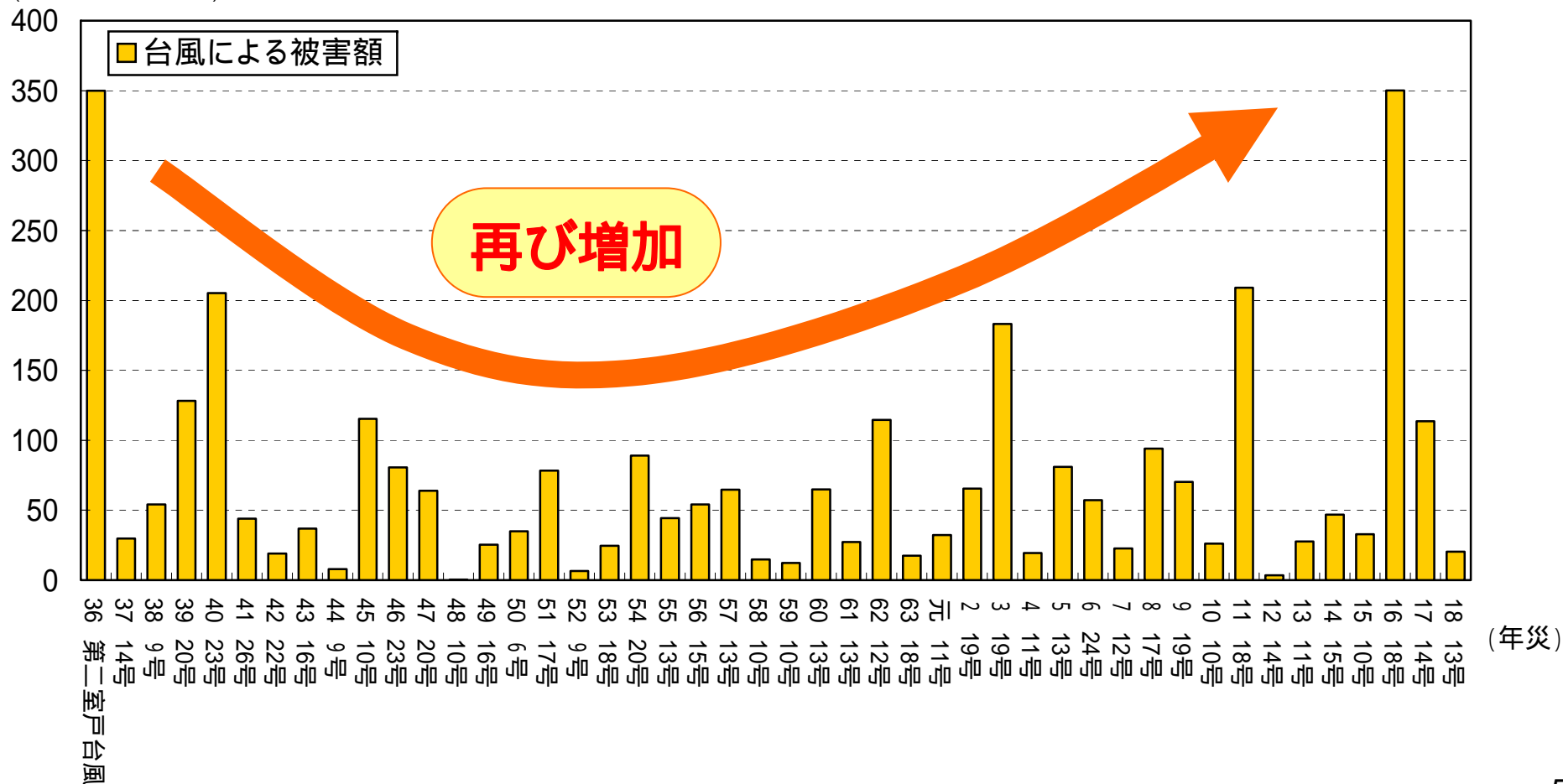
台風の発生数、日本への接近数及び上陸数の経年変化
 細い実線は台風の発生数(青)、日本への接近数(緑)及び上陸数(赤)の経年変化。
 太い実線はそれぞれの5年移動平均。
 細い波線はそれぞれの平年値(1971～2000年の平均値)
 (出典：気候変動監視レポート2007、気象庁)

1951年から2004年までの54年間に我が国沿岸海域を通過した全ての台風について、緯度経度各2度間隔の領域内の台風通過回数をコンター表示
 (出典：清水勝義・永井紀彦・里見茂・李在炯・富田雄一郎・久高将信・額田恭史：長期波浪観測値と気象データに基づく波候の変動解析，土木学会，海岸工学論文集 第53巻，pp.131-135，2006.)

台風による**港湾・海岸保全施設の被害額**をみると、第二室戸台風が襲来した昭和36年(1961年)以降低い水準で推移していたが、近年、**再び甚大な被害が発生する傾向**がみられる。

台風による港湾・海岸施設の被害額の推移

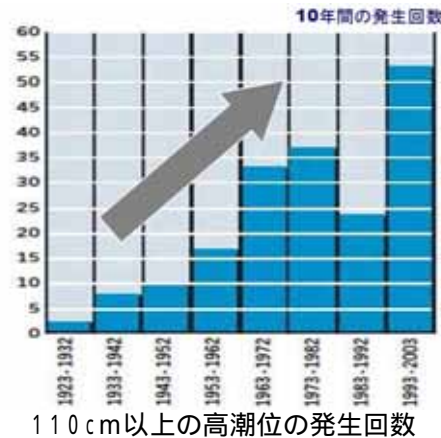
(億円：H2年価格)



イタリア・ベニスにおける潮位上昇と適応策

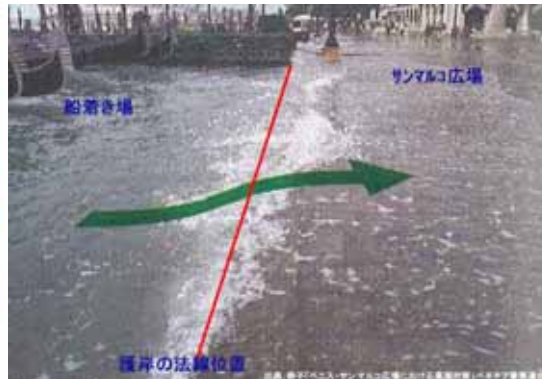
1.(1)

イタリア・ベニスでは近年潮位の上昇がみられ、観測地点における潮位は、1990年代初頭と比較して23cm上昇している。また、2003～2005年の間に110cm以上の異常潮位の観測が6回も記録されている。これらの要因については、地下水の汲み上げによる基準点の地盤沈下も指摘されているが、海面水位事態の上昇も大きく影響しているものといわれている。



110cm以上の高潮位の発生回数

出典: ベネチア事業連合資料



冠水するベニスSt Mark's Square

出典: ベネチア事業連合資料

岸壁、護岸、舗道を嵩上げ



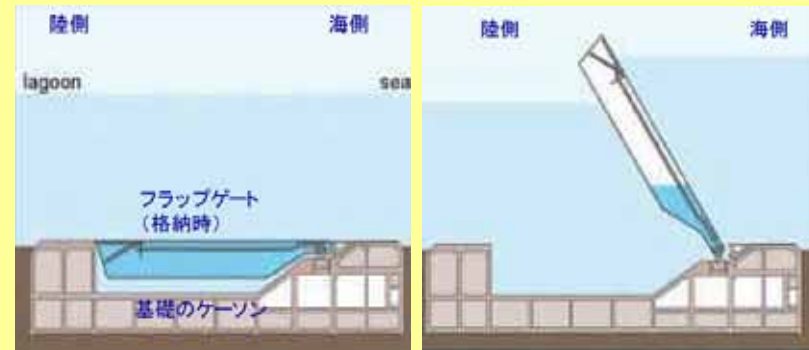
ベニスSt Mark's Squareの嵩上げ

排水機能を補強



出典: 冊子「ベニス・サンマルコ広場における高潮対策」ベネチア事業連合

水路にフラップ・ゲート式可動堰を設置



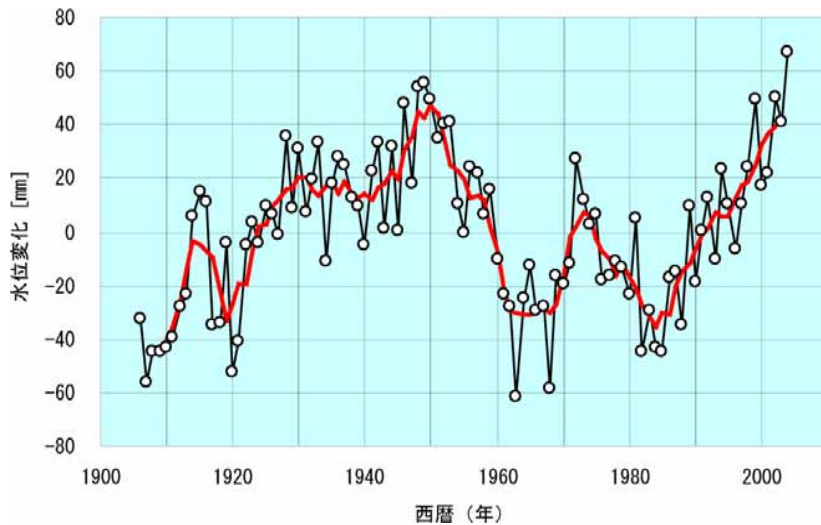
出典: 「ラグーンに流入する高潮対策として水路に設置される可動堰について」ベネチア水路局

日本沿岸の海面水位変動傾向

1.(1)

- 日本沿岸の海面水位の変動傾向をみると、過去100年間では有意な上昇傾向は見られないが、一定の周期の下で、最近では上昇を続けており、海水温の上昇による熱膨張の影響の可能性が示唆されている。
- (独)港湾空港技術研究所が実施している長期的観測結果(神奈川県横須賀市)によれば、基準点の地盤沈下量を補正した後の海面水位は、約2.5mm/年の割合で上昇している。
- 測量が頻繁に実施されている検潮所地点を対象に、水位変動を含む地盤変動と、一等水準点からの測量結果から求めた地盤高の変動との差を比較し、海面水位の変動を求めたところ、28年間(1973 - 2000)で御前崎周辺において0.7 - 2.85 mm/年及び山陰地方で0.5-6.55mm/年の割合で海面水位が上昇しているという解析結果が報告されている。

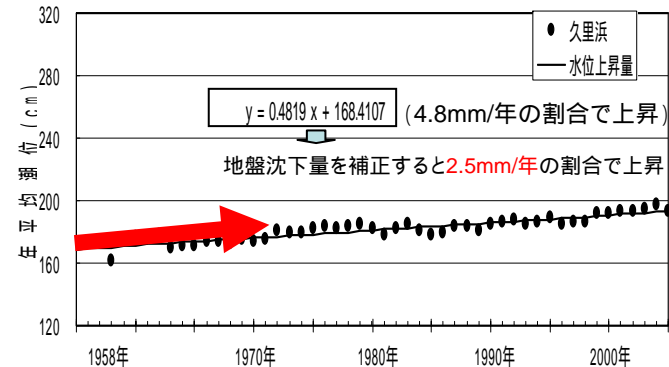
日本沿岸の平均的な海面水位の推移



日本沿岸で約100年間の潮位記録をもち、かつ地盤変動の影響が小さい5地点の検潮所を選択している。地点ごとに年平均海面水位の約100年間の平均を算出し、年平均海面水位からこの平均値を引いた値を、5地点で平均した値の推移を示している(細線)。赤線は5年移動平均を示す。

異常気象レポート2005(気象庁)より

年平均潮位の推移((独)港湾空港技術研究所内の検潮所)



出典: 久里浜湾における長期検潮記録解析(永井ら,1996,港湾技術研究所報告) 長期検潮記録を用いた平均水位・潮位・長周期波解析(永井ら,1997,海岸工学論文集)

地盤変動量と加藤・津村の結果, 及び水位変動量(御前崎周辺、山陰地方)



検潮所取付水準点からBMまで(), およびBMから球分体まで()の水準測量結果を利用し、検潮所球分体の標高変化を求める。

		単位: mm/year		
		全国同時観平均計算結果	「加藤・津村の方法」	水位変動量
御前崎周辺	油壺	-3.22	-3.92	0.70
	伊東	26.42	24.75	1.67
	清水港	-3.58	-5.44	1.86
	御前崎	-5.96	-8.81	2.85
山陰	内浦	1.70	0.31	1.39
	境	-1.84	-1.34	0.50
	舞鶴	-0.35	-2.98	2.63
	浜田	4.13	-2.42	6.55

出典: 平成15年度 異常潮位検討調査(国土交通省 中国地方整備局 広島港湾空港技術調査事務所)

代表的な長期波浪観測点における既往最大波

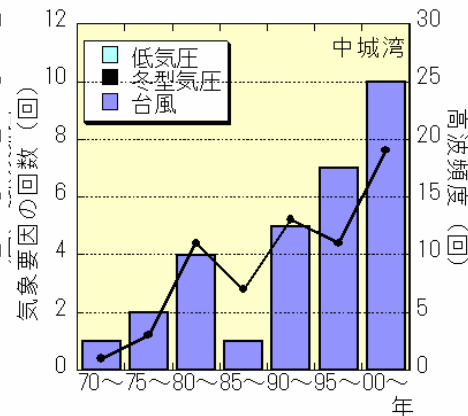
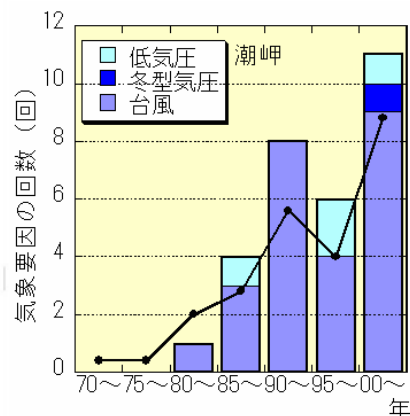
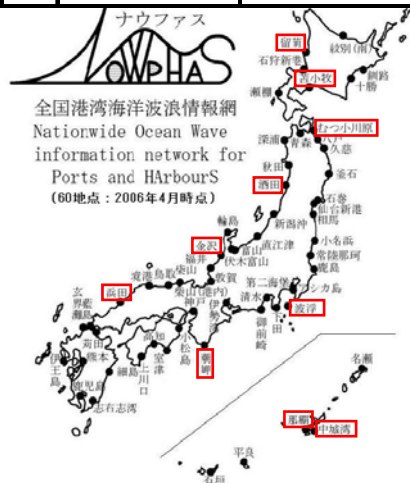
1.(1)

ナウファス(全国港湾海洋波浪情報網)の観測点ごとの**既往最大有義波の発生日時**をみると、**2000年以降に集中**がみられる。

また、台風、低気圧等による**有義波高5m以上の高波の発生頻度**をみると、最近増加傾向を示している観測点もみられる。

地点名	現計測機種	設置水深 (m)	観測期間	既往観測最大有義波		起 時	発 生 要 因	
				H1/3(m)	T1/3(s)			
太平洋側	苫小牧	海象計	50.7	70.01～現在	6.10	15.5	72年 2月28日 10時	二つ玉低気圧
	むつ小川原	USW	43.8	74.04～現在	9.56	12.5	91年 2月17日 0時	二つ玉低気圧及び冬型気圧配置
	波浮	USW	48.3	73.04～現在	8.48	12.3	00年 7月 8日 4時	台風0003号
	潮岬	海象計	54.7	70.08～現在	10.22	15.7	04年10月20日 18時	台風0423号
	中城湾	海象計	39.6	73.11～現在	11.93	13.6	04年10月19日 12時	台風0423号
日本海側	留萌	海象計	49.8	70.01～現在	7.8	10.6	04年 9月 8日 14時	台風0418号
	酒田	USW, 傾斜計	45.9	70.01～現在	10.65	13.8	04年11月27日 6時	冬型気圧配置
	金沢	海象計	21.1	70.01～現在	8.14	10.3	01年12月15日 6時	冬型気圧配置
	浜田	海象計	50.1	74.03～現在	7.93	11.2	90年12月11日 18時	日本海低気圧及び冬型気圧配置
	那覇	USW	52.9	73.07～現在	9.24	14.1	90年10月 6日 20時	台風9021号

波浪の強大化の可能性



グラフの読み方

- 棒グラフ：気象要因の回数(回) (左軸に対応)
- 折れ線グラフ：高波頻度(回) (右軸に対応)

全期間を通して観測された上位30位までの高波観測数を5年毎に整理したものの。

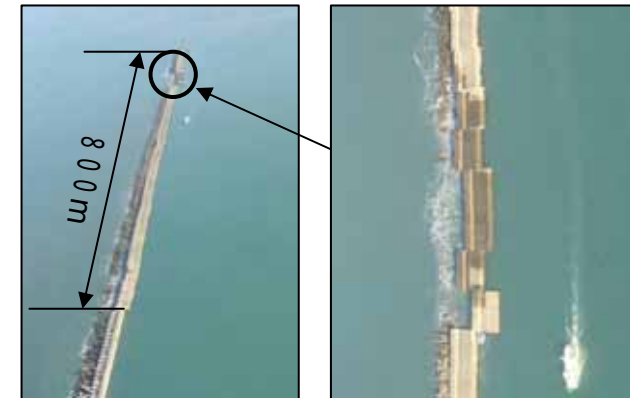
有義波高5m以上を記録した台風・低気圧等の回数をいう。

長周期波による被害の事例 (本年2月の低気圧による日本海沿岸地域の被災例)

1.(1)

平成20年2月23日から24日にかけて発達した低気圧の影響により、北日本の日本海側地域を中心に、高波や暴風による被害が発生した。
これにより、富山県内では、波に流されるなどして**2人が死亡し、家屋や倉庫等の損壊・浸水が約300棟**に上ったほか、沿岸部では**海岸や漁港、港湾施設にも大きな被害**が発生した。

伏木富山港における被害



消波ブロックが散乱し、堤体が移動した伏木地区防波堤



伏木地区万葉ふ頭緑地臨港道路万葉1号線波浪により冠水



新湊地区波除堤の決壊

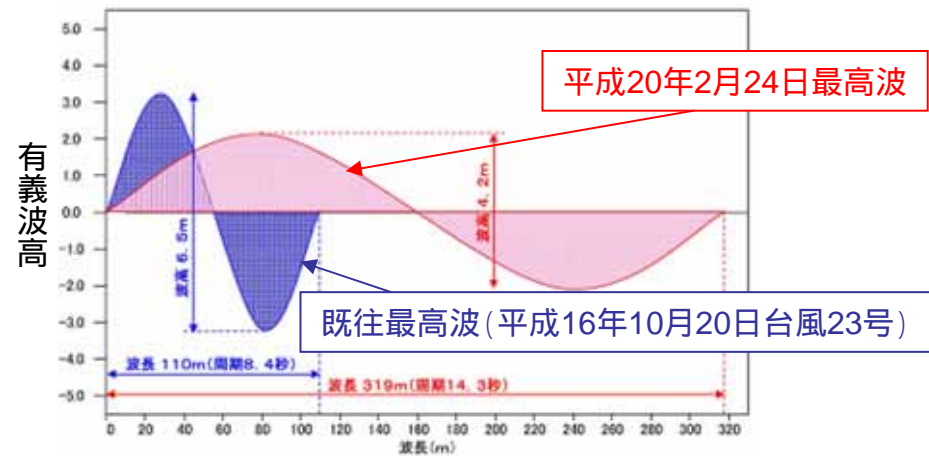
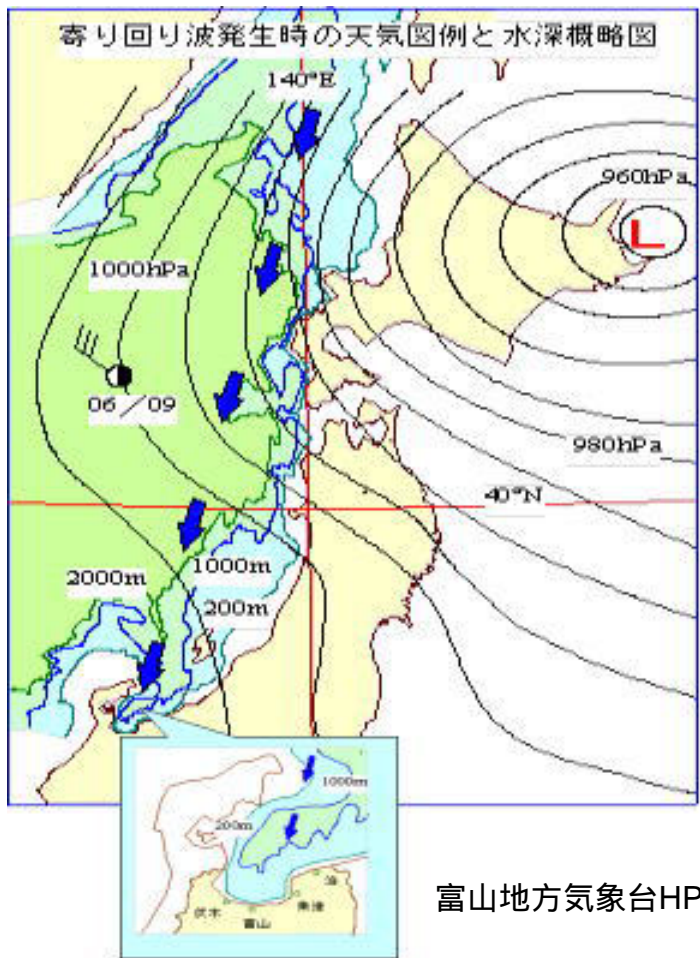


新湊地区原木流失(港内)

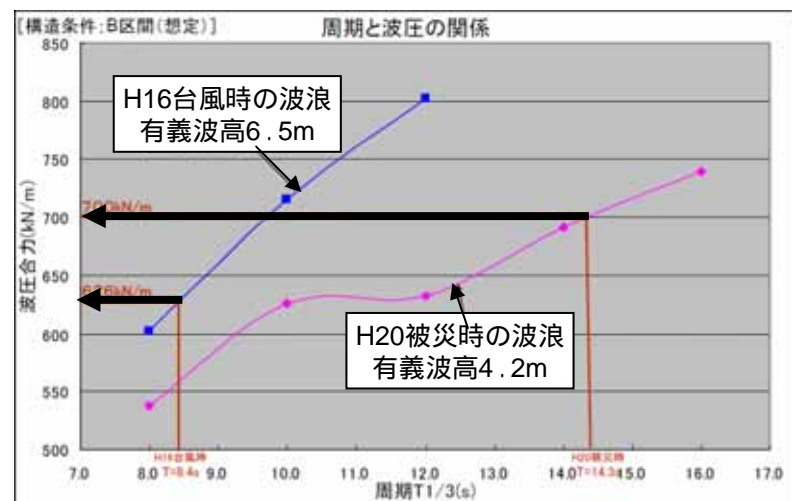
長周期波による被害の事例 (本年2月の低気圧による日本海沿岸地域の被災例)

1.(1)

今回の富山県等における被害は、日本海で発達した低気圧により、通常より**周期の長い「うねり性波浪」(寄り回り波)**が発生したことによるものと考えられている。寄り回り波は、**波高が低くても大きな波力**を有し、これにより予想を上回る被害を生じたことが分析されている。

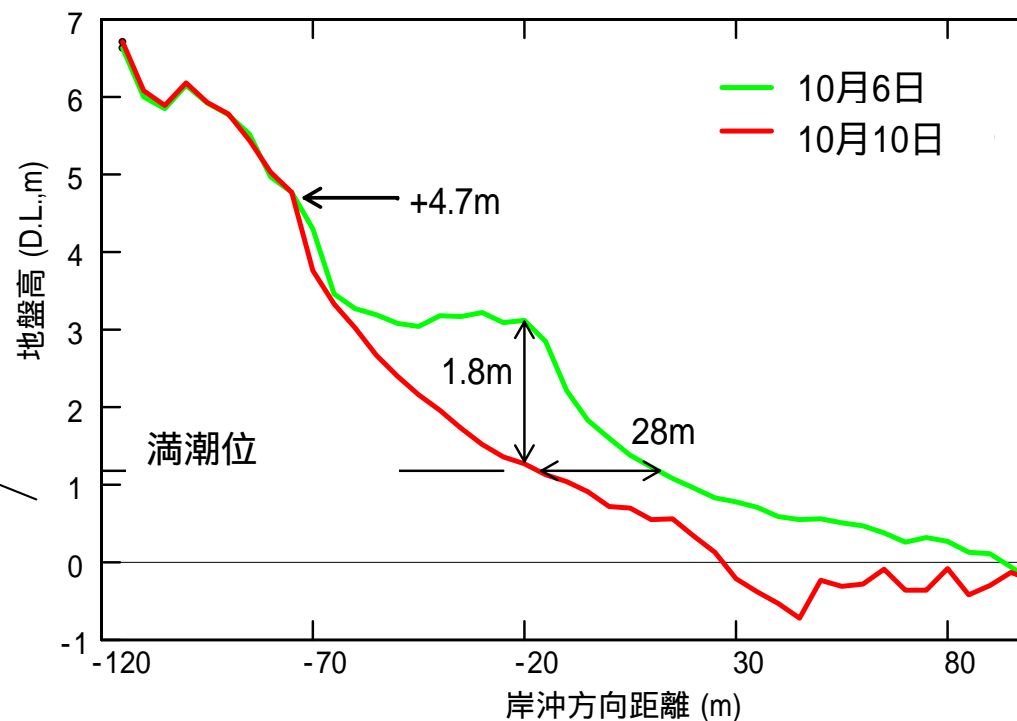
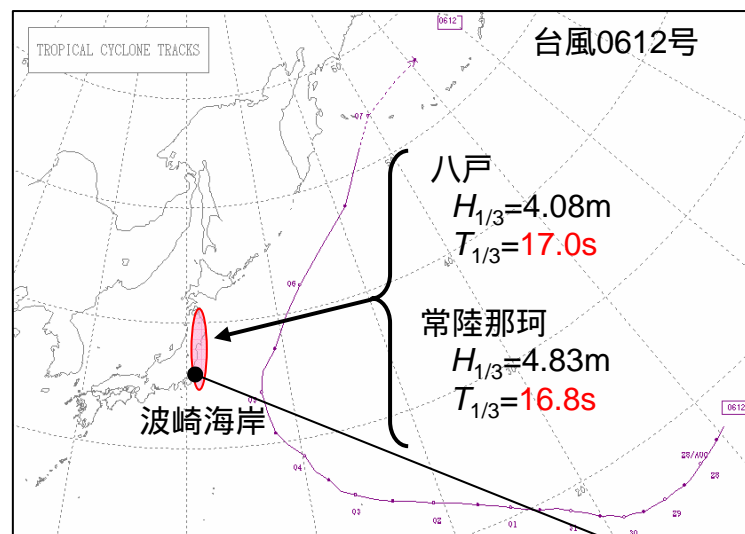


既往最高波浪と被災波の比較



周期の波圧の関係

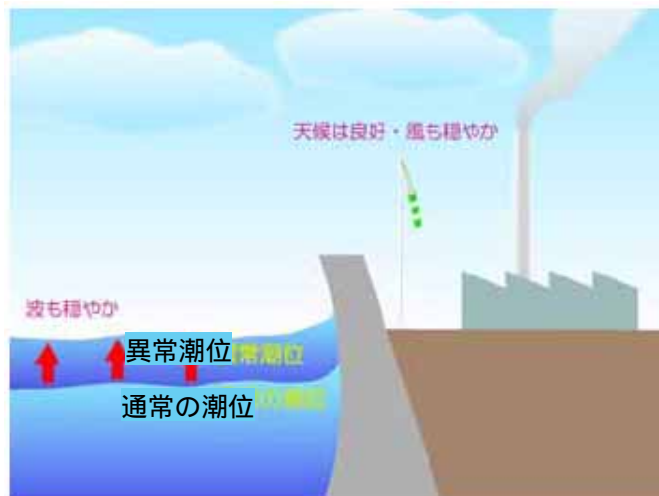
最近では、低気圧が通過する際に長周期波による荷役障害や港湾・海岸の施設被害が発生し、さらには、既往最大波浪による大規模な海岸侵食といった災害がみられる。



波崎海岸における断面変化(2006年10月)



一般的に、「気象擾乱が来襲していないにもかかわらず、潮位が高い状態」にあるものを異常潮位と呼ぶ。



異常潮位のイメージ図

平成14年の異常潮位による浸水状況(広島港)



【異常潮位の要因】

異常潮位の要因として、考えられているものは以下のとおり

陸棚波の伝搬

黒潮の離接岸・蛇行等に伴う海況変動

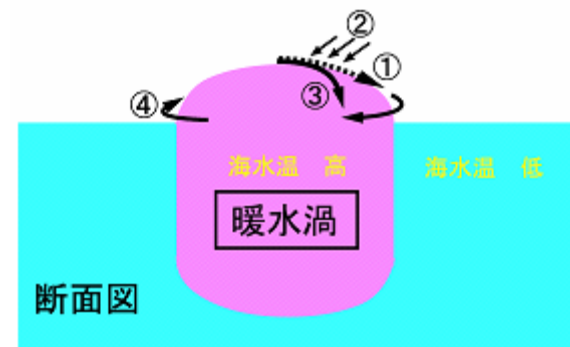
親潮の南下、北上に伴う海況変動

表層に近い部分の水温変動

高気圧性中規模渦(暖水渦*)の接近

【暖水渦のメカニズム】

- ①海面高度の低い周囲の海域に向かって流れる
- ②コリオリ力により右向きのかかる
- ③実際には右に曲がりながら流れる
- ④そのため暖水渦では右回りの渦となる

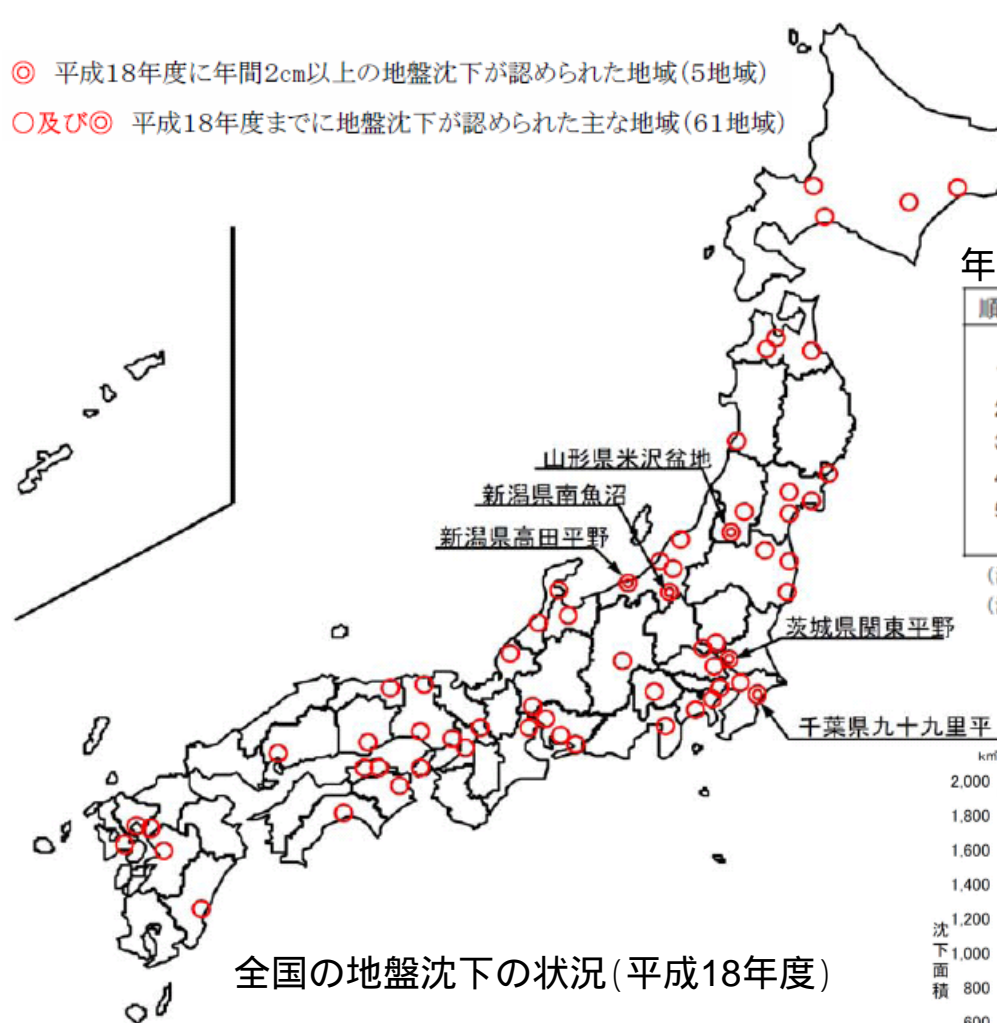


(出典:気象庁HP)

地盤沈下の動向

1.(1)

- ◎ 平成18年度に年間2cm以上の地盤沈下が認められた地域(5地域)
- 及び◎ 平成18年度までに地盤沈下が認められた主な地域(61地域)

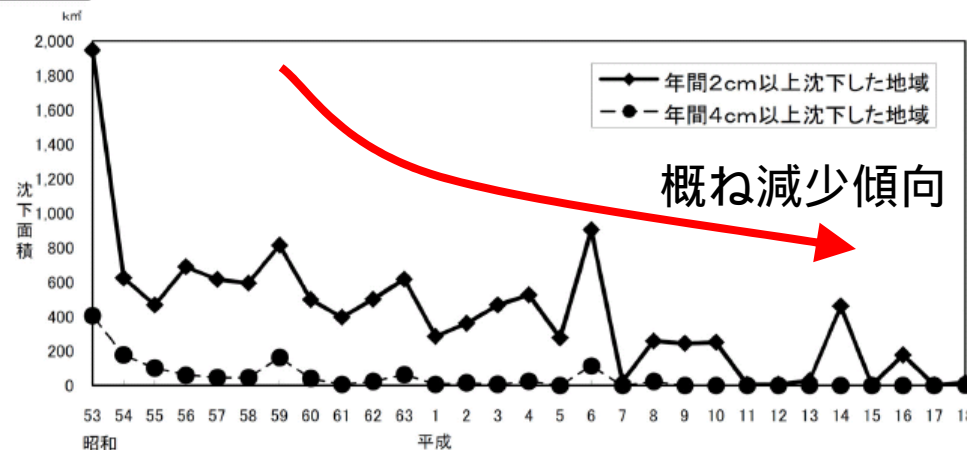


年間2cm以上沈下した地点の地域別沈下量(平成18年度)

順位	沈下量(cm)	地域名	市町村名
1	6.3	新潟県南魚沼	(南魚沼市)
2	3.3	山形県米沢盆地	(米沢市)
3	2.5	茨城県関東平野	(つくば市)
4	2.4	千葉県九十九里平野	(東金市)
5	2.1	新潟県高田平野	(上越市)

(注1) 沈下量は、各地域内の最大沈下量を示す。
 (注2) 市町村名は最大沈下量が確認された市町村

全国の地盤沈下の状況(平成18年度)



(出典:『平成18年度 全国の地盤沈下地域の概況』
 平成19年11月 環境省水・大気環境局)

全国の地盤沈下地域の面積

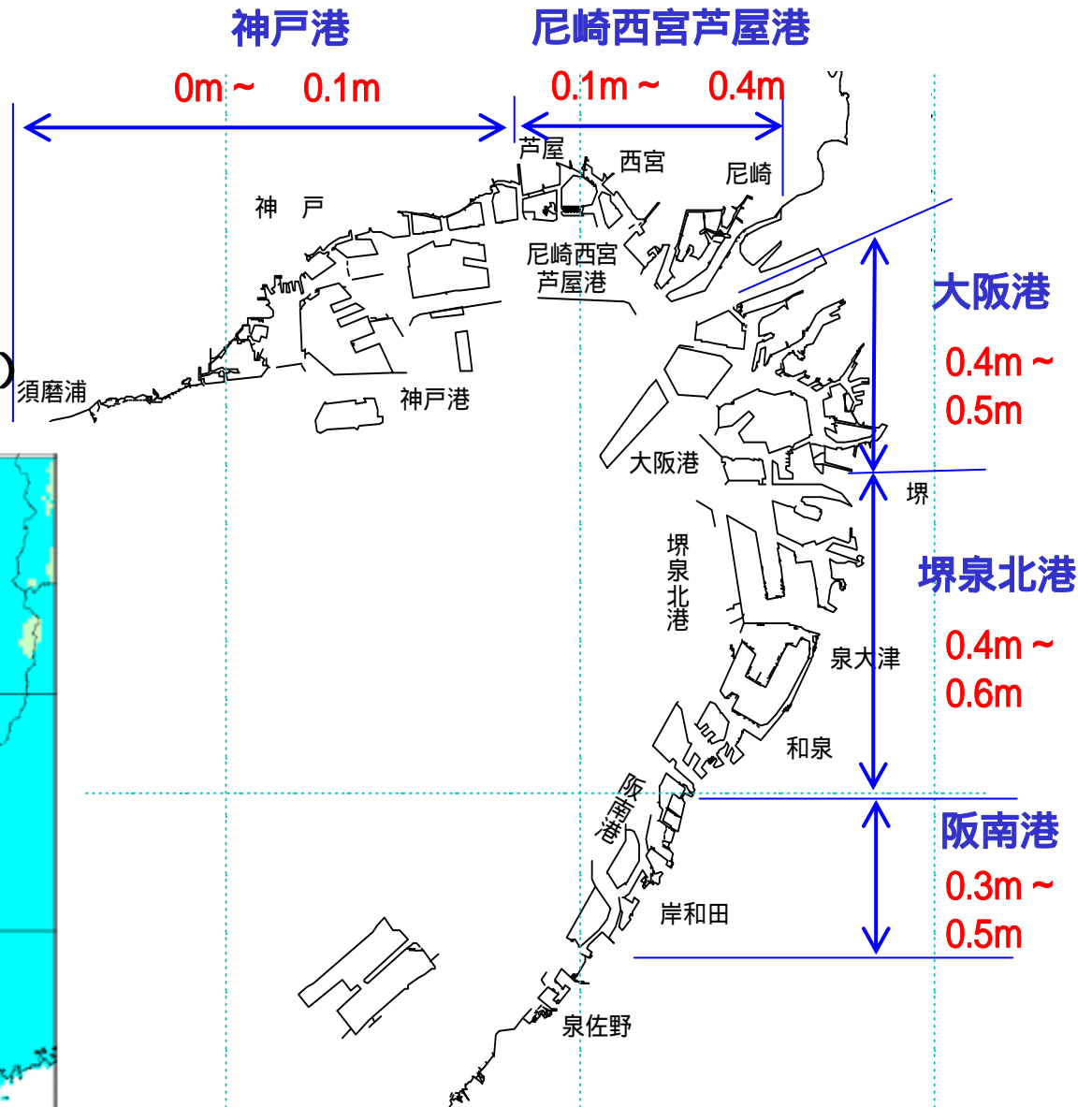
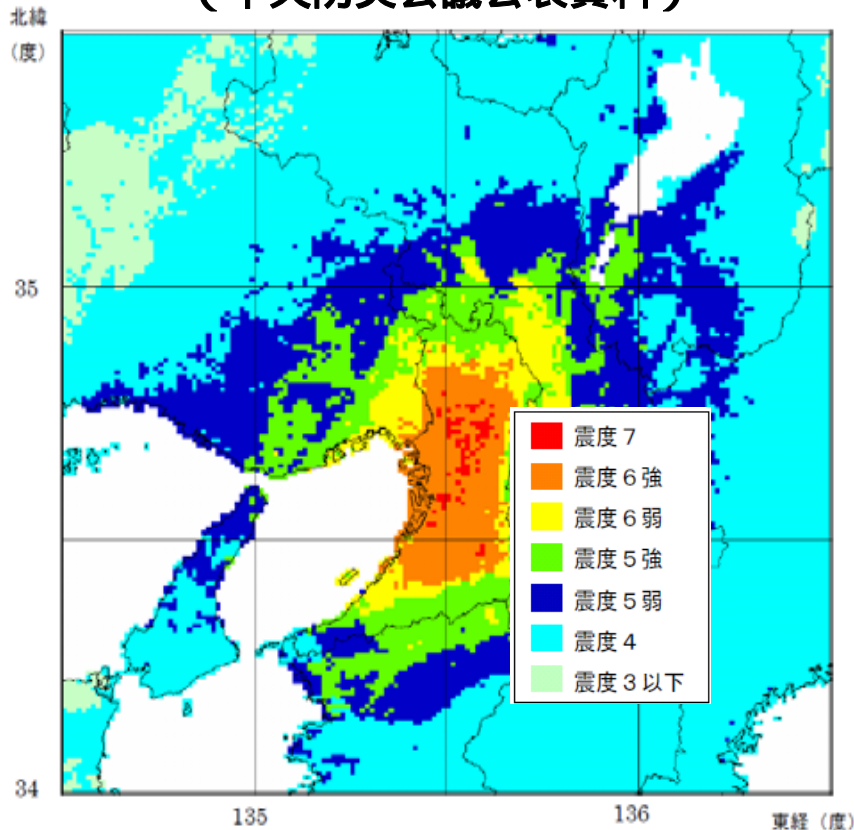
上町断層帯 地震発生時における海岸堤防天端の不足高さ

1.(1)

赤字は「地震に伴い地盤が沈降した場合の海岸堤防天端の不足高さ」

= 天端余裕高 - 地盤沈下量
(0.2m ~ 0.7m)

上町断層帯の地震の震度 (M 7.6)
(中央防災会議公表資料)



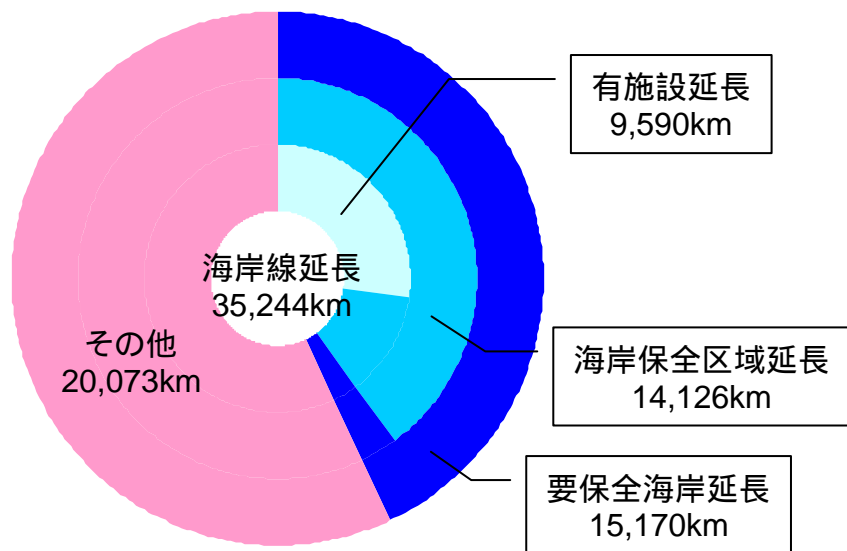
中央防災会議東南海、南海地震等に関する専門調査会資料より、国土交通省港湾局にて作成

老朽化が進行する海岸保全施設

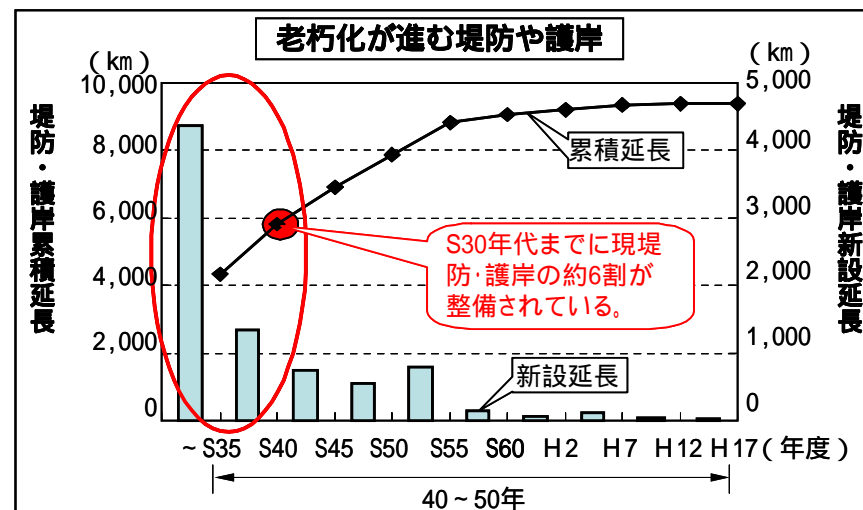
1.(2)

海岸の要保全延長約1万5千kmのうち堤防・護岸が存在するのは約1万kmのみ。
堤防・護岸のうち約6割は昭和30年代までに築造されたもので、老朽化が進行。
耐震性を有していない施設も存在。

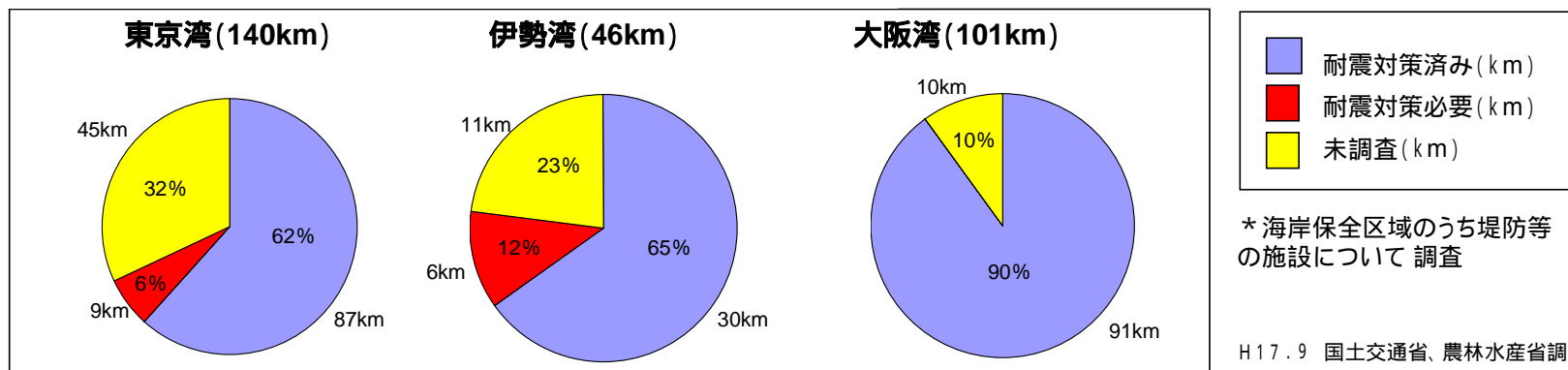
我が国の海岸の概要



(平成19年度版 海岸統計より)

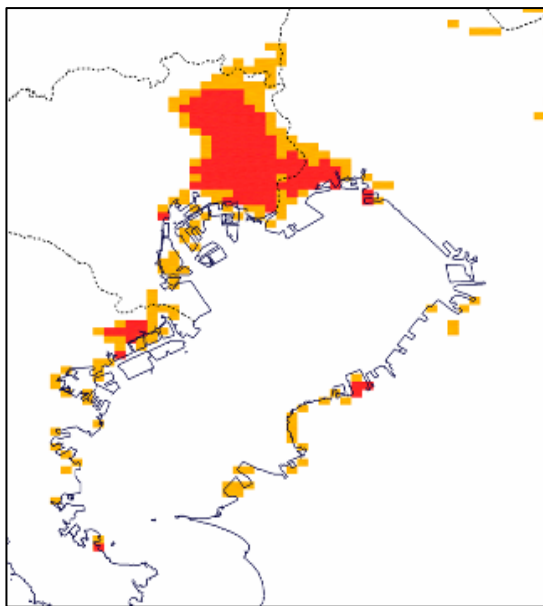


【三大湾のゼロメートル地帯における海岸堤防の耐震性】



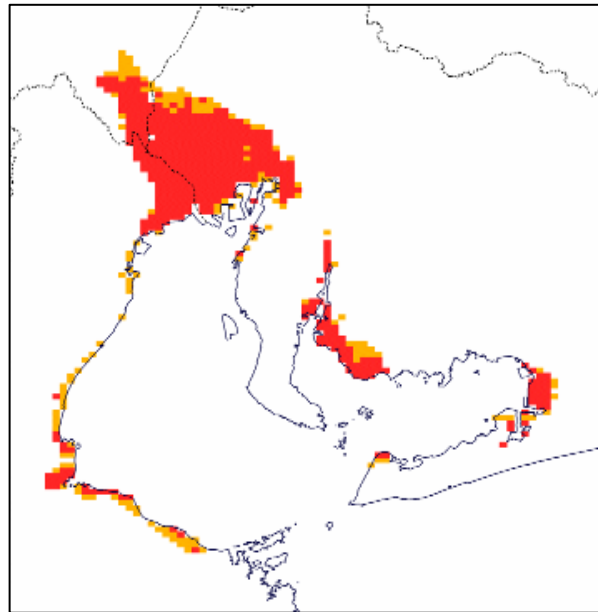
H17.9 国土交通省、農林水産省調べ

平均海面が59cm上昇した場合、三大湾(東京湾、伊勢湾、大阪湾)のゼロメートル地帯の面積、人口は5割増加する。



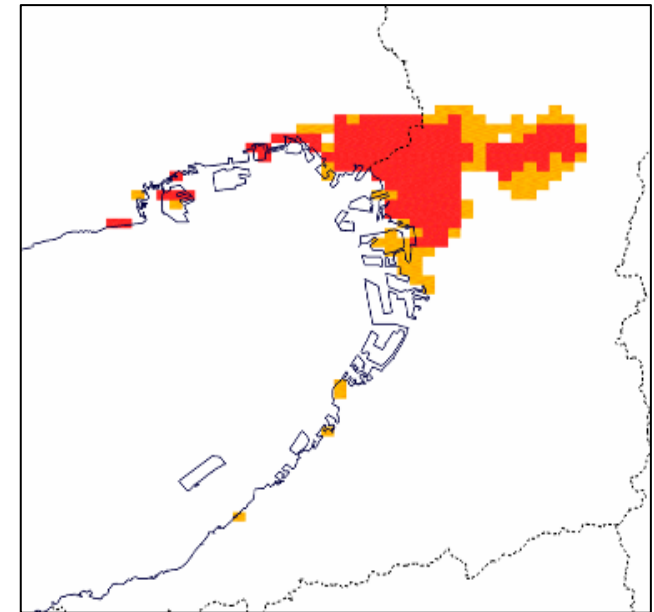
東京湾(横浜市～千葉市)

■ 176万人 (現状) → ■ 270万人 (海面上昇後)



伊勢湾(川越町～東海市)

■ 90万人 (現状) → ■ 112万人 (海面上昇後)



大阪湾(芦屋市～大阪市)

■ 138万人 (現状) → ■ 211万人 (海面上昇後)

	現状	海面上昇後	倍率
面積(km ²)	577	879	1.5
人口(万人)	404	593	1.5

国土数値情報をもとに作成
 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
 海面が1m上昇した場合の面積、人口の60%分を増分として計算

台風の設定

- ・ 室戸台風級の台風を想定 (911.9hPa)
- ・ 東京湾奥で潮位が最も高くなる台風コースを設定

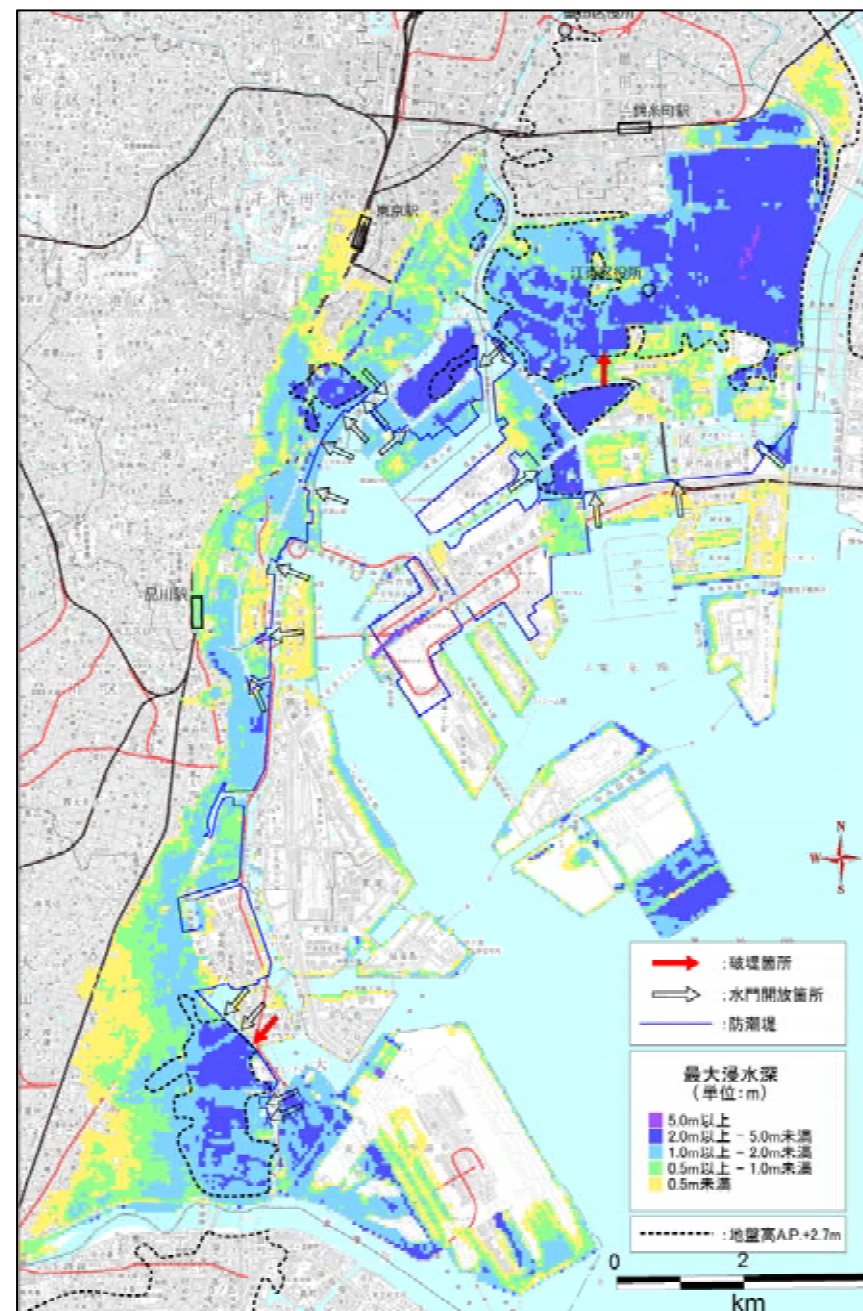
計算条件

- ・ 初期の海面条件は、地球温暖化による水位上昇を考慮し、朔望平均満潮位 + 0.6mを設定
- ・ 護岸は2箇所(大田区、江東区)で破堤、水門はすべて開放
- ・ 水門は計算開始時から損傷により開放。護岸の損壊箇所から高潮のピーク(潮位偏差の最大値)よりも1時間前に浸水開始
- ・ 浸水想定計算範囲は荒川～多摩川の間の間

計算結果(速報値)

- ・ 最大浸水面積 : 約60百万m²
- ・ 浸水量 : 約84百万m³
- ・ 一般資産被害額(間接被害除く) : 約22兆円

計算結果については、一定の条件に基づいて算出されたものであり、計算結果を上回る被害が発生する可能性がある。



台風の設定

- ・ 室戸台風級の台風を想定
(911.9hPa)
- ・ 東京湾奥で潮位が最も高くなる
台風コースを設定

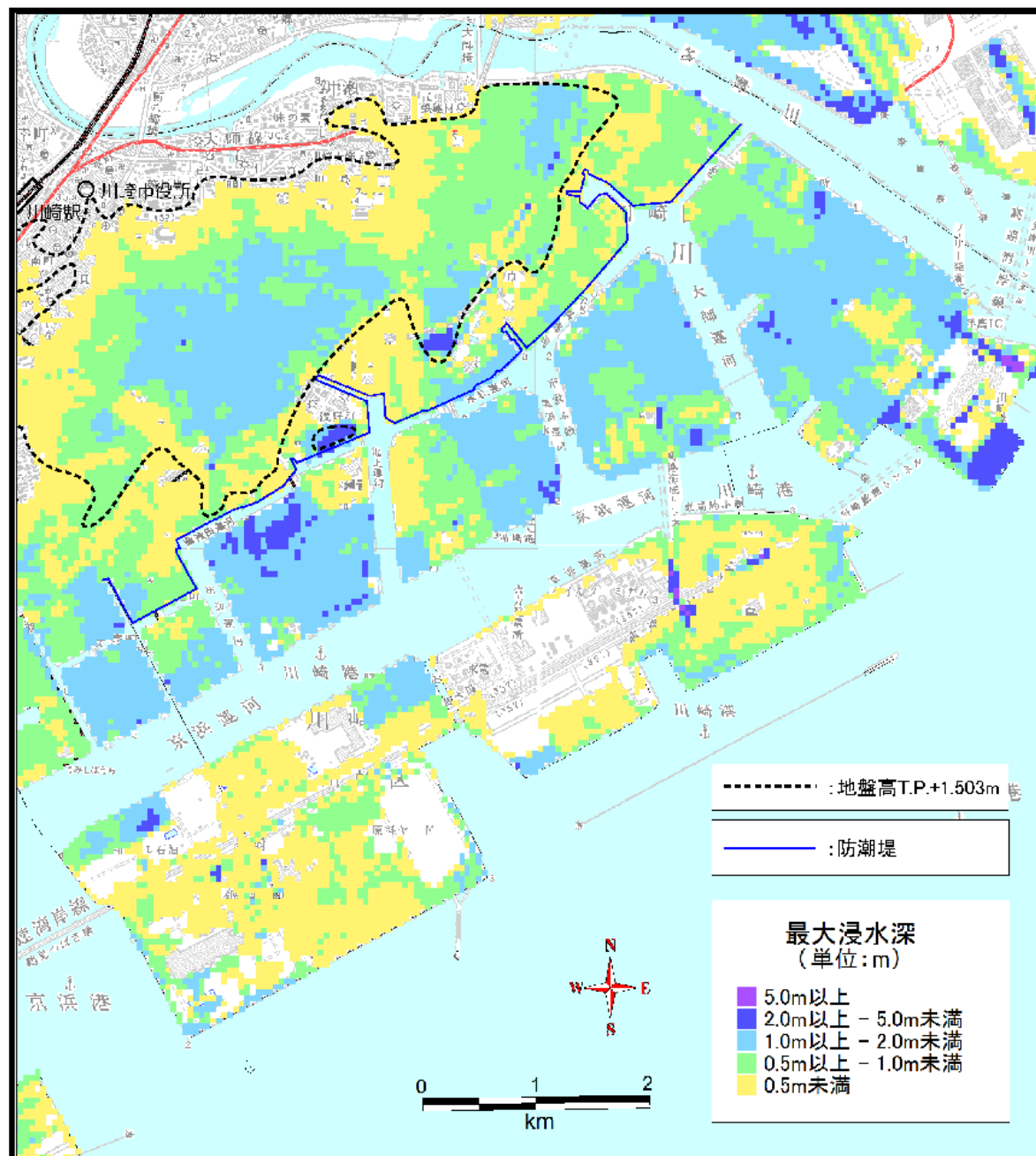
計算条件

- ・ 初期の海面条件は、地球温暖化
による水位上昇を考慮し、朔望
平均満潮位 + 0.6mを設定
- ・ 浸水想定計算範囲は川崎市

計算結果(速報値)

- ・ 最大浸水面積 : 約29百万m²
- ・ 浸水量 : 約24百万m³
- ・ 一般資産被害額(間接被害除く)
: 約1.9兆円

計算結果については、一定の条件に基づいて算出されたものであり、計算結果を上回る被害が発生する可能性がある。



台風の設定

- ・ 室戸台風級の台風を想定 (911.9hPa)
- ・ 東京湾奥で潮位が最も高くなる台風コースを設定

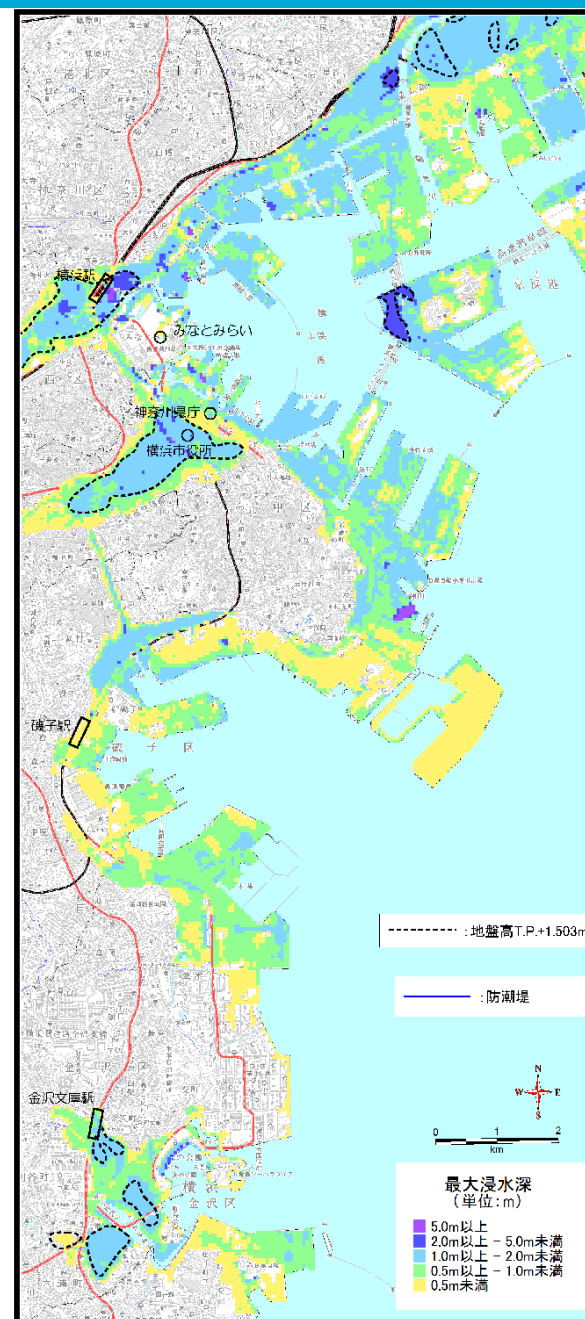
計算条件

- ・ 初期の海面条件は、地球温暖化による水位上昇を考慮し、朔望平均満潮位 + 0.6mを設定
- ・ 浸水想定計算範囲は横浜市

計算結果(速報値)

- ・ 最大浸水面積：約44百万m²
- ・ 浸水量：約39百万m³
- ・ 一般資産被害額(間接被害除く)：約4.6兆円

計算結果については、一定の条件に基づいて算出されたものであり、計算結果を上回る被害が発生する可能性がある。



横須賀港における高潮浸水想定について(試算)

1.(2)

台風の設定

- ・ 室戸台風級の台風を想定 (911.9hPa)
- ・ 東京湾奥で潮位が最も高くなる台風コースを設定

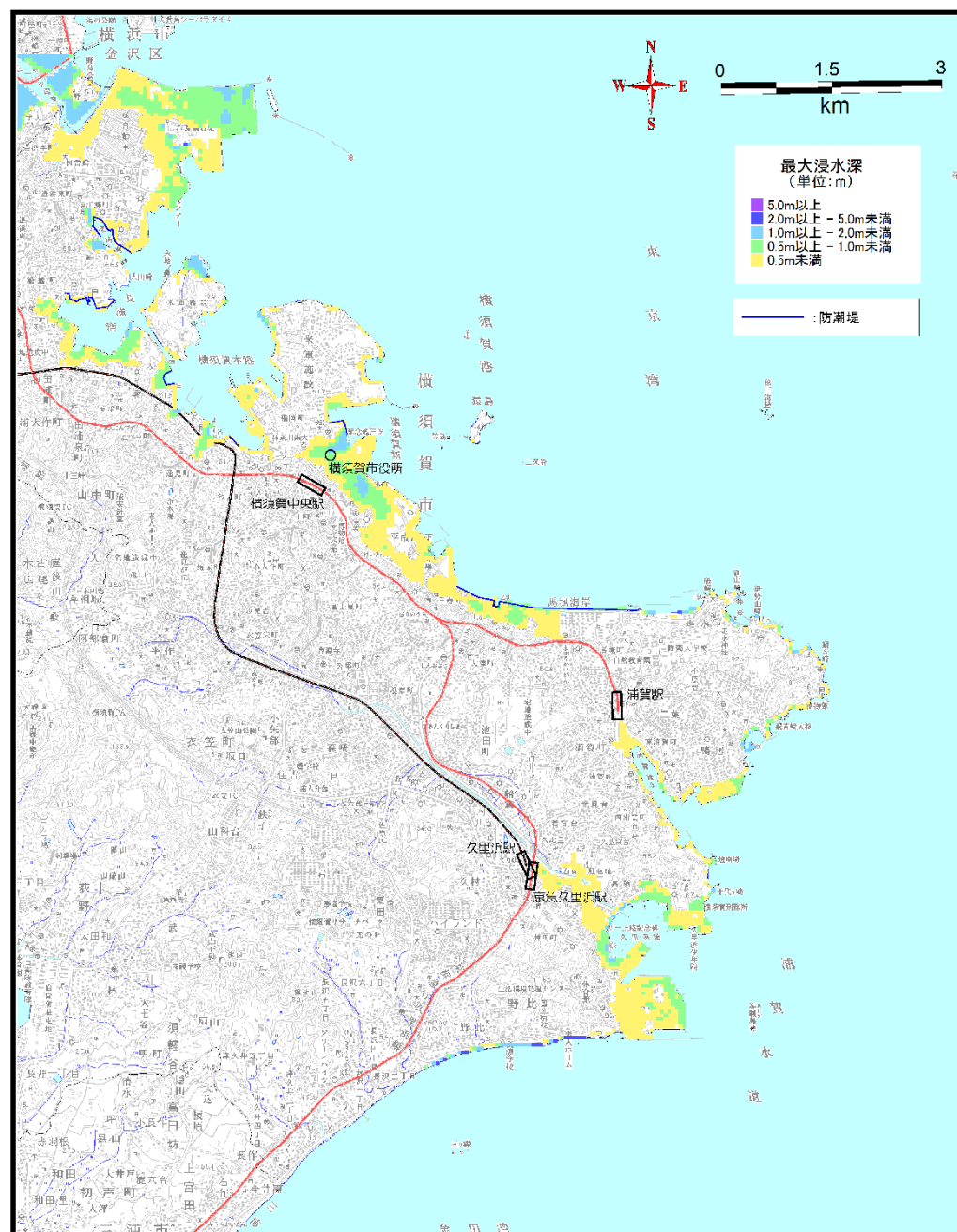
計算条件

- ・ 初期の海面条件は、地球温暖化による水位上昇を考慮し、朔望平均満潮位 + 0.6m を設定
- ・ 浸水想定計算範囲は横須賀市

計算結果(速報値)

- ・ 最大浸水面積 : 約8.1百万m²
- ・ 浸水量 : 約4.1百万m³
- ・ 一般資産被害額(間接被害除く)
: 約0.30兆円

計算結果については、一定の条件に基づいて算出されたものであり、計算結果を上回る被害が発生する可能性がある。



台風の設定

- ・ 異常気象による海水温上昇により室戸台風の沖縄付近の規模を想定(900.0hPa)
- ・ 室戸台風コースを西に40km平行移動
- ・ 大阪湾に対して最も危険な台風コースを設定

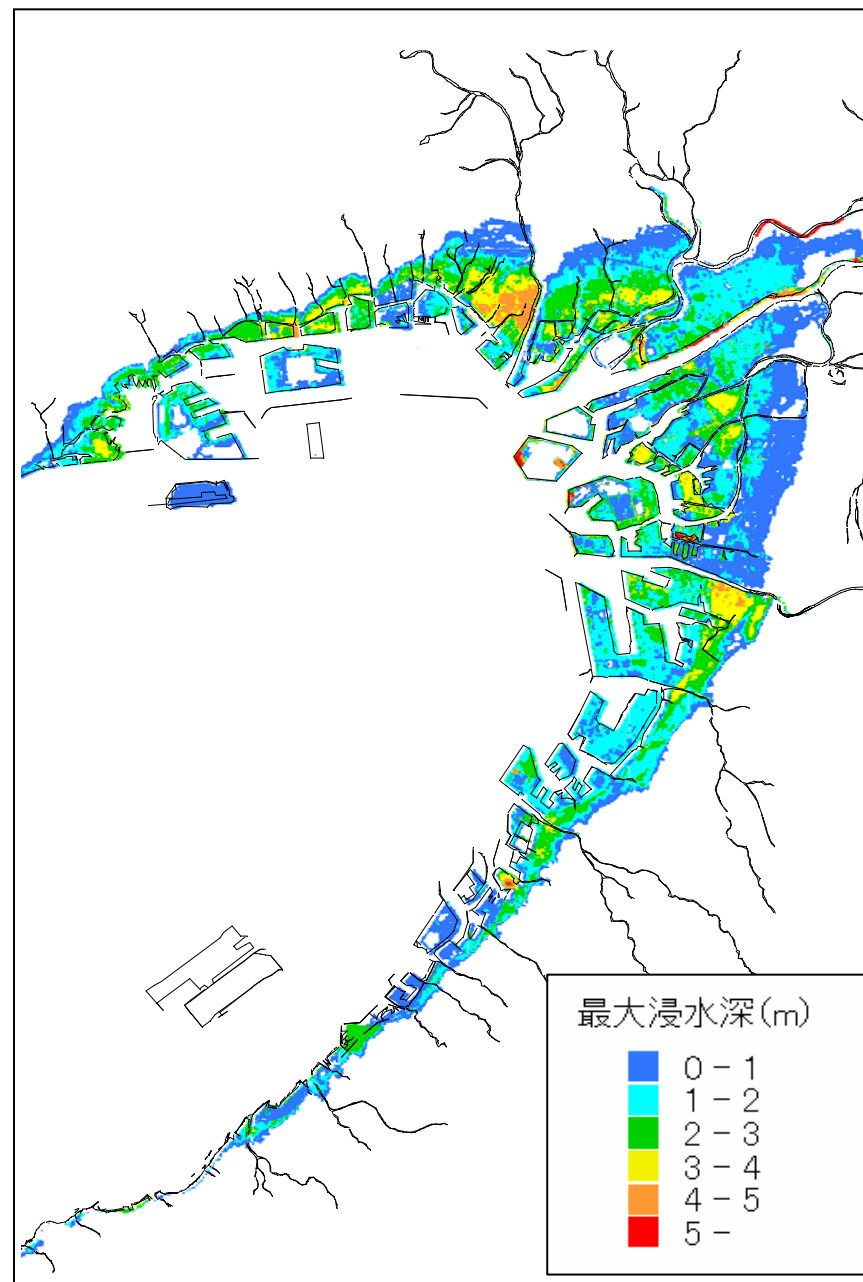
計算条件

- ・ 初期の海面条件は、地球温暖化による海面上昇等の変動要素を考慮し、朔望平均満潮位+0.2m
- ・ 堤防や水門を浸水後被害が最大になるように損壊または開放場所を設定
- ・ 水門は計算開始時から損傷により開放、堤防の損壊箇所から高潮ピーク(潮位偏差の最大値)1時間前に浸水開始
- ・ 浸水想定計算範囲は兵庫県神戸市~大阪府岬町間の区間

計算結果(速報値)

- ・ 最大浸水面積: 約250百万m²
- ・ 浸水量: 約390百万m³
- ・ 一般資産被害額: 約50兆円

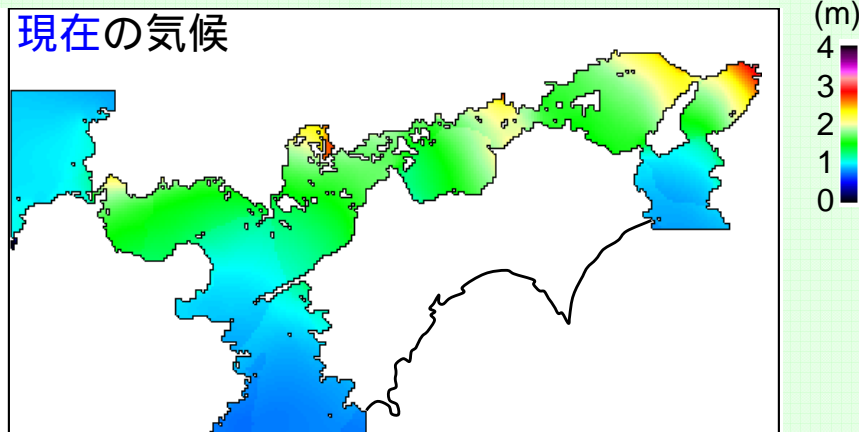
計算結果については、一定の条件に基づいて算出されたものであり、計算結果を上回る被害が発生する可能性がある。



地球温暖化による気候変動による、海面水位の上昇、台風の強大化により、瀬戸内海における高潮偏差が上昇し、これにより計画高潮位の発生確率が著しく上昇するといった研究報告も存在する。

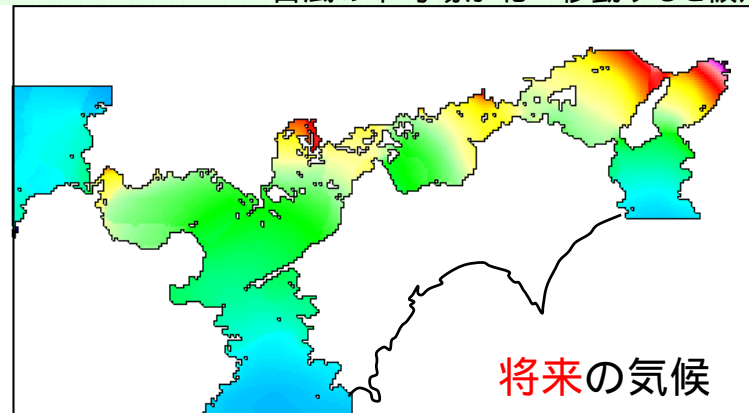
100年確率の高潮偏差

現在の気候



台風が強大化すると...

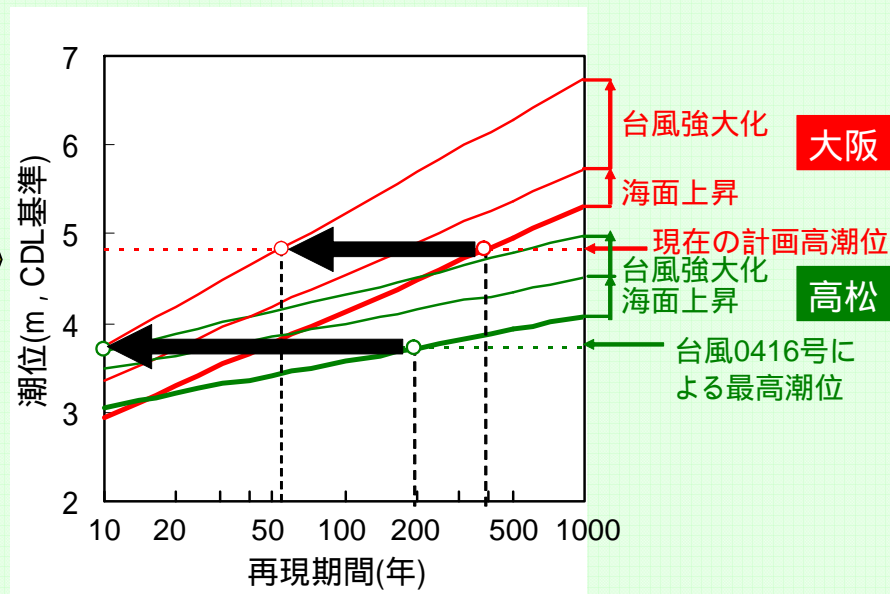
台風の平均場が北へ移動すると仮定



将来の気候

大阪の計画最高潮位の再現年数: 400年 60年
高松の台風0416による最高潮位: 200年 10年

極地統計の性格上、上記の値を中心にバラツキがある。



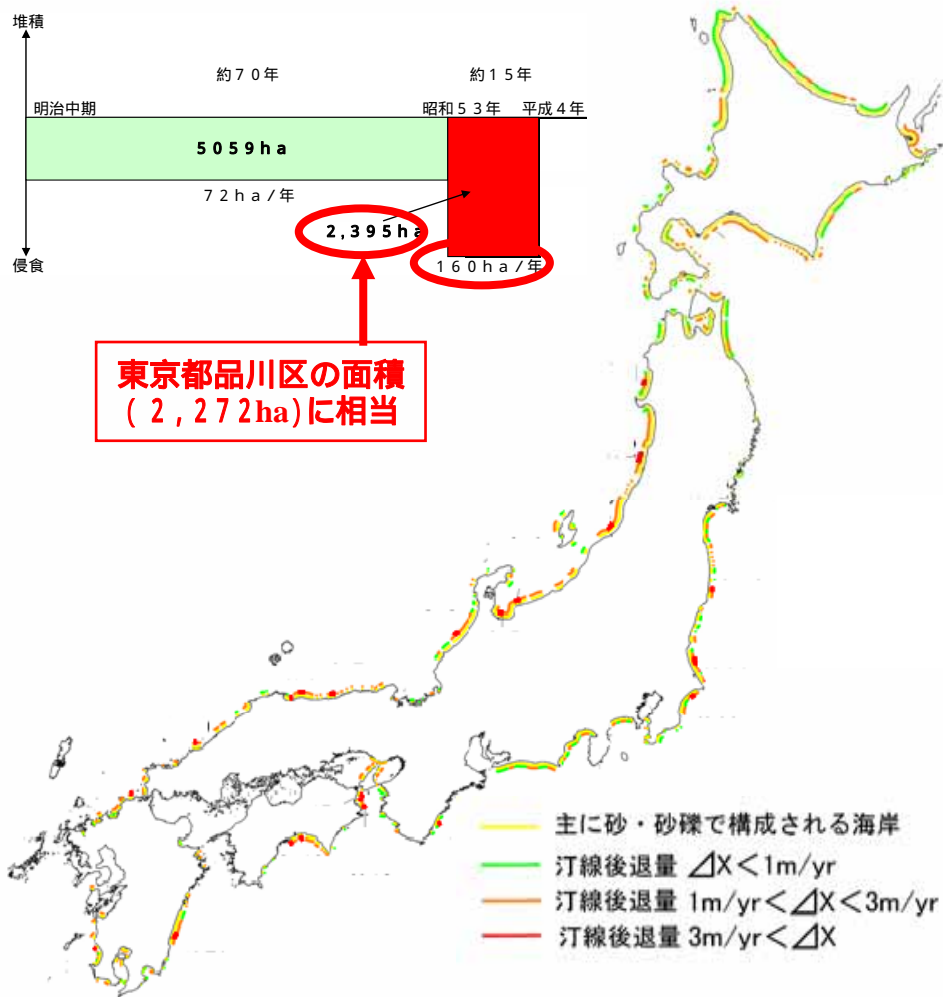
海面上昇は40cmを想定。

潮位(=天文潮+高潮偏差)の極値分布

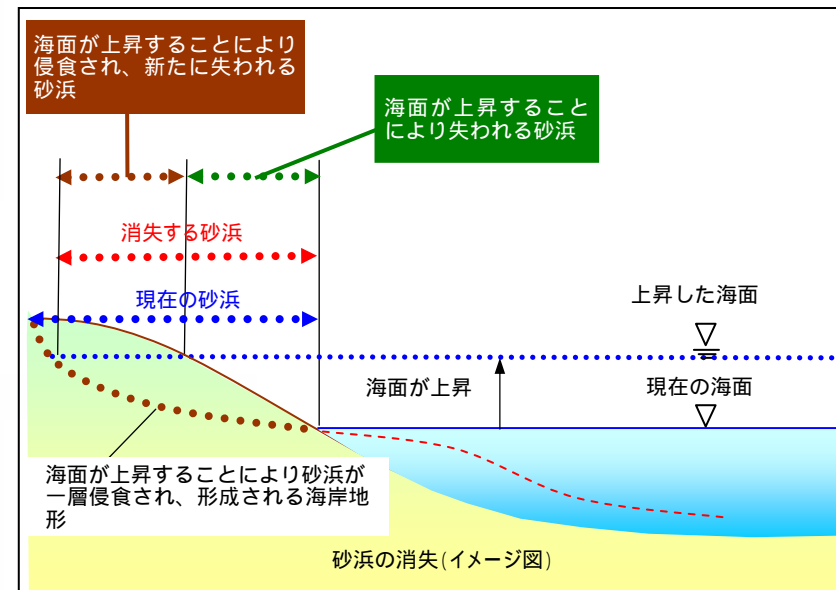
海岸侵食の進行

1.(2)

近年、我が国の海岸線では毎年160haの砂浜が海岸侵食の進行によって失われていると試算される。仮に1m海面上昇すれば、海岸侵食が更に進行し、我が国の砂浜の約9割が消失するとの試算もある。



海面が上昇すると、海面上昇そのもの及びそれに伴う海岸侵食の2つの要因によって砂浜が消失する。

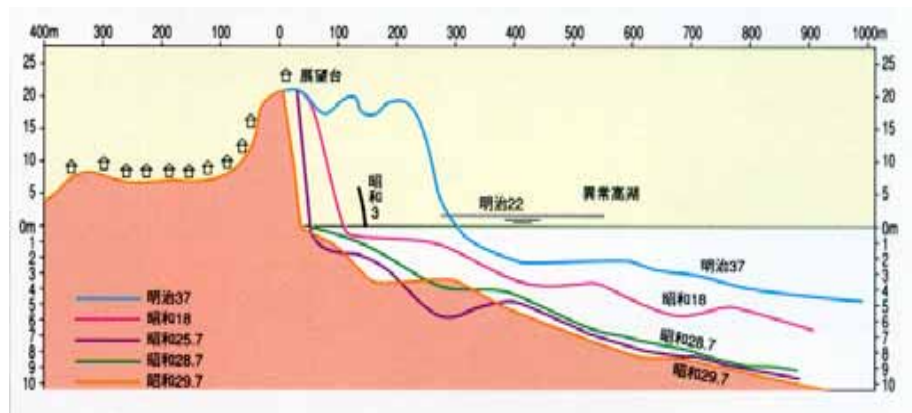


参考文献: 三村信男(1993)、砂浜に対する海面上昇の影響評価、海岸工学論文集、第40巻、P1046-1050

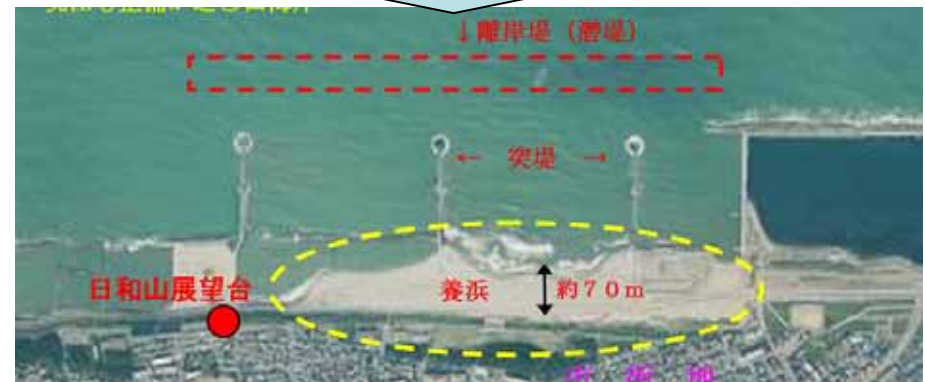
国土交通省河川局調査(1993年)による
1978年の国土地理院発行の地形図と1991年の国土地理院整備の海岸情報数値データを比較し、年毎の侵食速度を算出

新潟港海岸では、戦前より海岸侵食が急速に進行し、最大で360mの汀線後退がみられたが、昭和60年代より、潜堤と養浜とを組み合わせた面的防護方式の侵食対策を開始し、海浜の安定化に成功した。関係機関や関連事業と緊密な連携をとりつつ、サンドバイパス等の総合的な土砂管理の取り組みを推進。

【新潟港海岸における面的防護方式による浸食対策】



日和山展望台付近の断面図



【宮津港海岸におけるサンドバイパス】



天端高の低い係留施設や荷さばき地等が浸水し、港湾機能に著しい支障をきたすことが懸念される。

平成11年台風18号により北九州港でエプロン上からコンテナが漂流

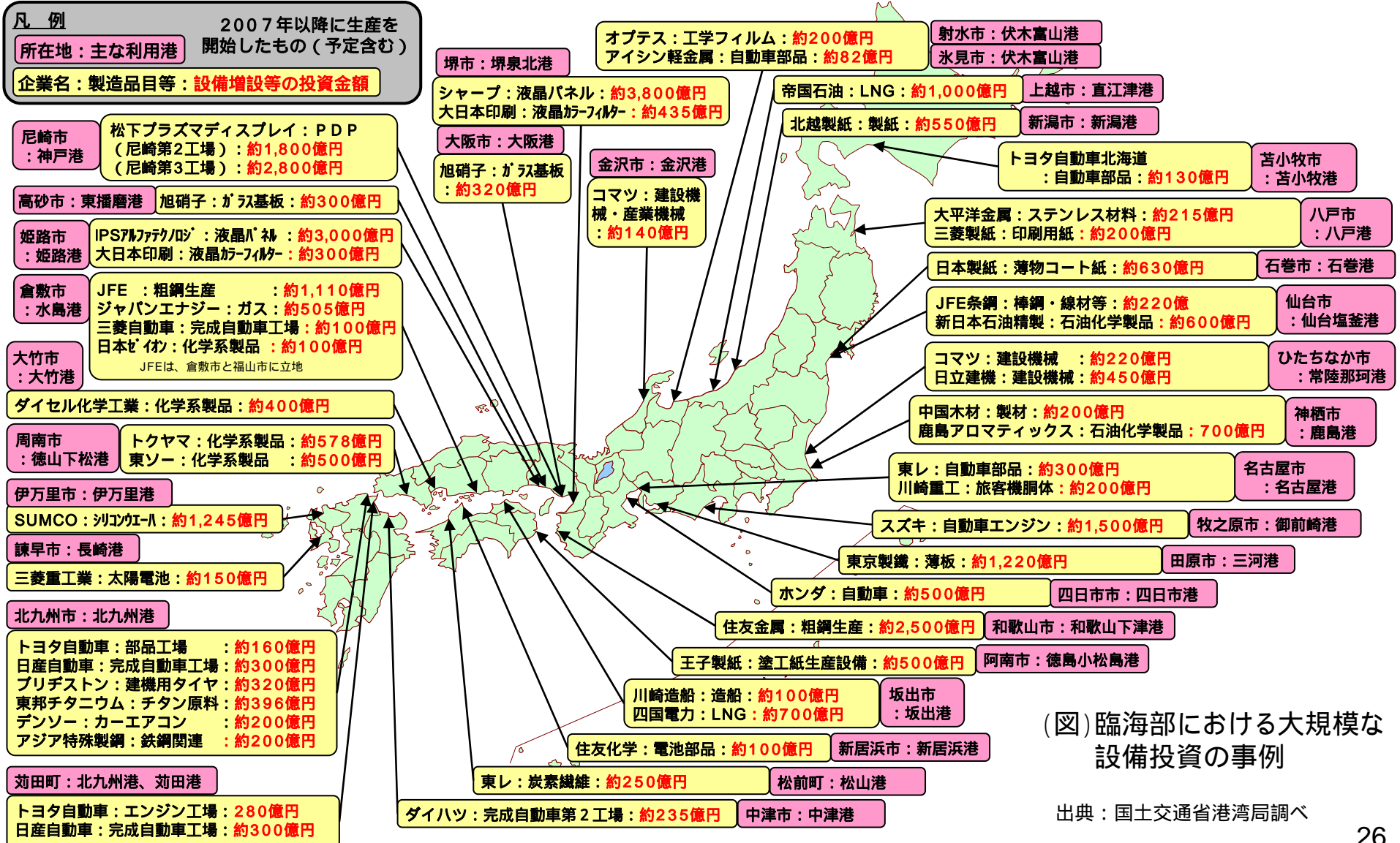


(出典:「平成15年度大規模地震津波対策検討調査報告書」 国土技術政策総合研究所)

生産機能への支障

1.(2)

我が国では臨海部に産業が集積しており、面積割合では全国の31.0%である港湾所在市町村における工業出荷額は全国の45.1%を占める。



(図) 臨海部における大規模な設備投資の事例

出典: 国土交通省港湾局調べ

平成18年11月7日 14時10分頃、新潟港(東港)のコンテナターミナルにおいて、ガントリークレーン(平成8年8月設置)が倒壊し、港湾関係者3名が負傷。
当時、新潟県には暴風、波浪警報が発令されており、国土交通省風速計で29m/sを観測したほか、新潟地方気象台によると、11月としては観測史上3番目(1937~2006年)に強い瞬間最大風速34.7m/sを記録。



倒壊箇所

