

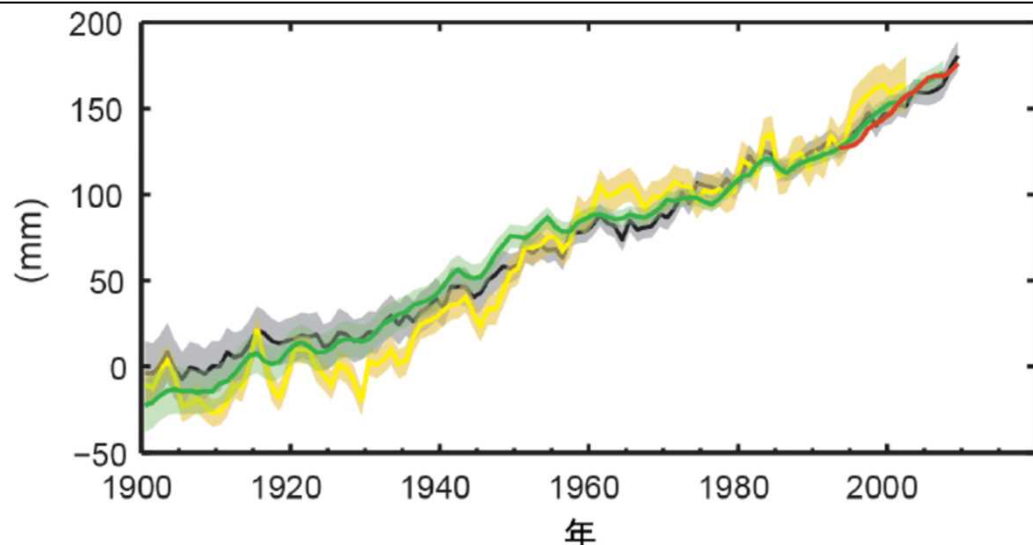
海岸分野に係る気候変動影響のこれまでの検討

令和元年10月2日

近年の気象・災害

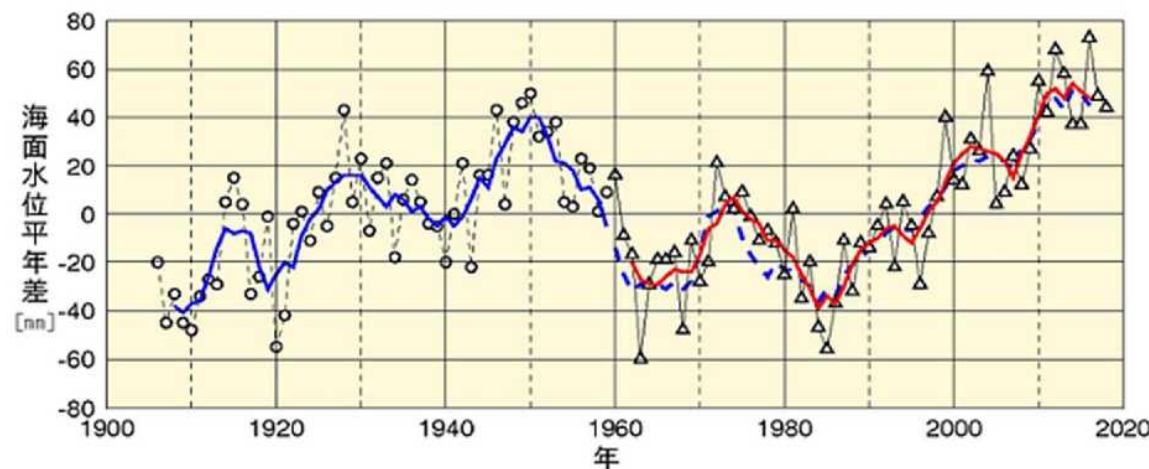
近年の海面水位の変動について

- 世界平均の海面水位は、明瞭な上昇傾向がある。
- 日本沿岸の海面水位は、1906～2018年の期間では上昇傾向は見られないものの、1980年代以降、上昇傾向が見られる。
- 1971～2010年の期間で1年あたり1.1[0.6～1.6]mmの割合で上昇し、1993～2010年の期間で1年あたり2.8[1.3～4.3]mmの割合で上昇した。近年だけで見ると、日本沿岸の海面水位の上昇率は、世界平均の海面水位の上昇率と同程度になっている。
- 日本沿岸の海面水位は、1906～2018年の期間を通して、10年から20年周期の変動がある。



世界平均海面水位の経年変化

最も長期間連続するデータセットの1900～1905年平均を基準とした世界平均海面水位(全データは、衛星高度計データの初めの年である1993年で同じ値になるようにあわせてある。)

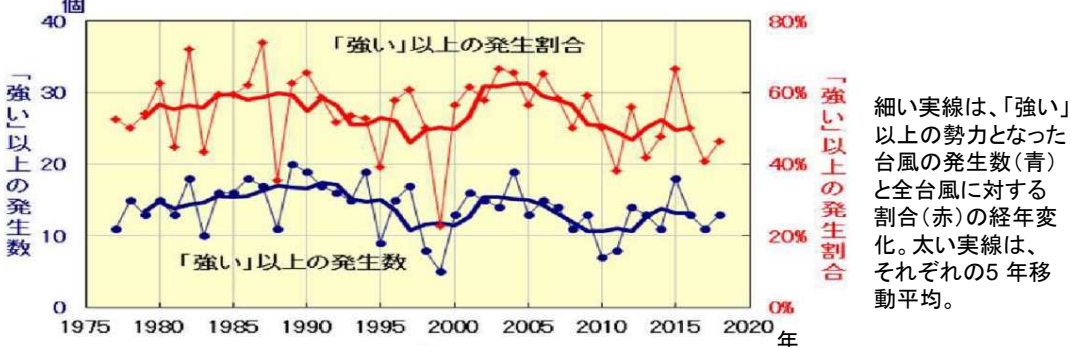
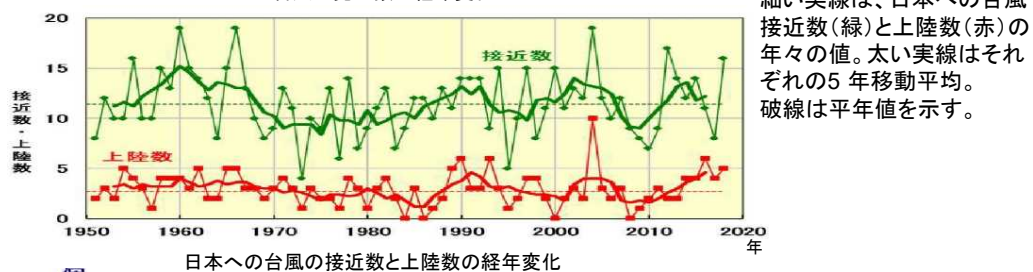
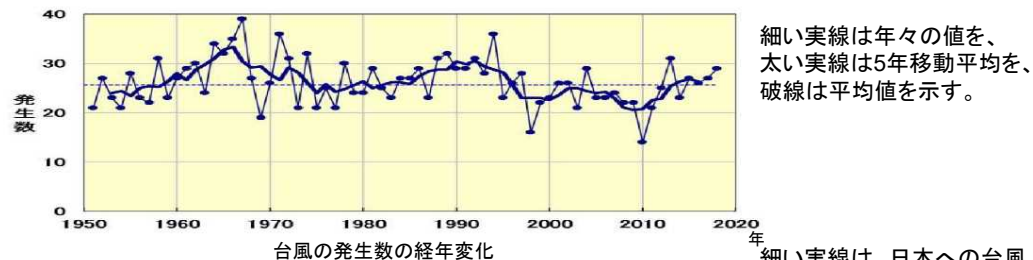


日本沿岸の年平均海面水位の経年変化(1906～2018年)

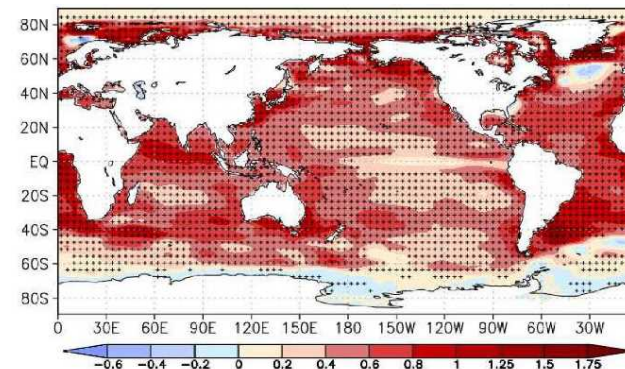
日本沿岸で約100年間の潮位記録を持ち、かつ地盤変動の影響が小さい4地点の検潮所を選択。地点毎に年平均海面水位の約100年間の平均値を算出し、年平均海面水位からこの平均値を引いた値を4地点で平均した値の推移を示している。青実線は4地点平均の平年差の5年移動平均値、赤実線は4海域平均の平年差の5年移動平均値を示す。

近年の台風について

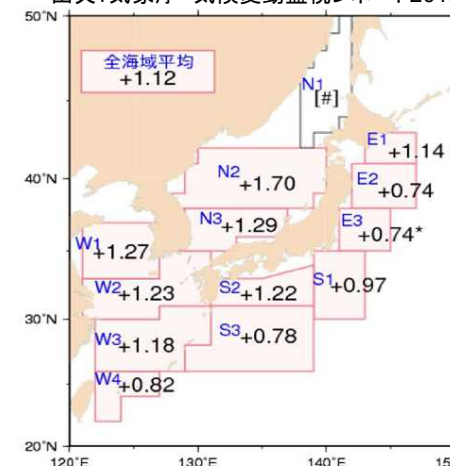
- これまでの台風の発生状況から、発生数、日本への接近数、上陸数ともに長期的に明瞭な変化は見られない。
- 平成16年は本土上陸台風が10個に達し、高潮・高波による被災は、神戸港、関西国際空港、高知県室戸市、香川県高松市と広範囲に及んだ。また、平成21年には台風第18号により三河湾、平成30年には台風第21号により大阪湾において顕著な高潮災害、さらに、令和元年は台風第15号により東京湾において顕著な高波災害が発生した。
- 近年の日本近海の海水温は上昇傾向にあり、台風の発達に影響を及ぼすことが予想される。



「強い」以上の勢力となった台風の発生数と全台風に対する割合の経年変化
出典: 気象庁 気候変動監視レポート2018



1891～2018年の期間から算出した変化傾向を示す。+記号は変化傾向が信頼度水準95%で統計的に有意であることを示す。



1900～2018年までの上昇率を示す。上昇率の数字に印が無い場合は、信頼度水準99%以上で有意な変化傾向があることを、「*」が付加されている場合は信頼度水準95%以上で有意な変化傾向があることを示す。上昇率が[#]とあるものは、100年間の変化傾向が明確に見出せないことを示す。

国内外の異常気象の事例

○ 沿岸部に影響を及ぼす異常気象事例として、強大化した台風の来襲による高潮、高波浪の発生が挙げられる。

サイクロン・シドル(2007年11月11日)

最低中心気圧 944hPa 最大風速69m/s

- ・バングラデシュにて甚大な高潮被害発生。

出典:バングラデシュサイクロン災害緊急調査報告(土木学会調査報告)

サイクロン・ナルシス(2008年5月2日)

最低中心気圧 962hPa 最大風速66m/s

- ・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・ナルシスは、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。バングラデシュにて甚大な高潮被害発生。

出典:国土交通省港湾局交通政策審議会港湾分科会 防災・保全部会 資料

ハリケーン・カトリーナ(2005年8月29日)

最低中心気圧 902hPa(カテゴリー5) 上陸時の気圧 918hPa(カテゴリー4)

- ・ルイジアナ州、ミシシッピ州、アラバマ州のメキシコ湾岸で甚大な被害が発生、ニューオーリンズ市域では80%に相当する約370km²が浸水。
- ・メキシコ湾に直接面した海岸では、高潮・高波によって建物が破壊された。また、バージやボート、コンテナの漂流被害が発生した。

出典:ハリケーン・カトリーナによる米国メキシコ湾岸の高潮災害の現地調査(港湾空港技術研究所資料No.1121)

ハリケーン・サンディ(2012年10月)

最低中心気圧 940hPa(カテゴリー3)

- ・2012年10月22日にカリブ海で発生したハリケーン・サンディは、ニュージャージー州に上陸し、ノースカロライナ州からメイン州までの沿岸地域を中心に多くの被害をもたらした。
- ・米国災害史上最大の大都市圏高潮災害となった。
- ・観測史上最大となった高潮による都市域への浸水は甚大な影響を及ぼした。

出典:国土交通省 米国ハリケーン・サンディに関する現地調査 報告書より

平成11年台風第18号(1999年9月21日)

最低中心気圧 930hPa 上陸時の気圧 950hPa

- ・熊本県に上陸。八代海で高潮が発生、不知火町では高潮浸水により12名の犠牲者が発生した。宇土市では高波による越波の浸水被害が発生した。

出典:気象庁WEB

平成16年台風第16号(2004年8月27日)

最低中心気圧 910hPa 上陸時の気圧 950hPa

- ・鹿児島県に上陸後九州を縦断。瀬戸内海の沿岸に高潮が発生し、高松市などで甚大な被害が発生した、高松港や宇野港で既往最高潮位を観測した。

出典:気象庁WEB

平成20年冬期風浪(2008年2月24日)

- ・富山湾沿岸において、地元では寄り回り波と呼ばれるうねり性波浪の高波が発生し、海岸施設、港湾施設及び背後地の被災が発生した。

出典:気象庁WEB

平成30年台風第21号(2018年9月4日)

最低中心気圧 915hPa 神戸市付近上陸時の気圧 955hPa

- ・関西国際空港の滑走路の浸水をはじめとして、航空機や船舶の欠航、鉄道の運休等の交通障害、断水や停電、電話の不通等ライフラインへの被害が発生。

出典:気象庁WEB

令和元年台風第15号(2019年9月9日)

最低中心気圧 955 hPa、千葉市付近上陸時の気圧 960 hPa

- ・工業団地の浸水、コンテナターミナルの浸水、鉄道の運休、停電、断水、通信障害等の被害が発生。

平成25年台風第30号(Haiyan)(2013年11月8日)

最低中心気圧 895hPa

最大風速65m/s、最大瞬間風速90m/s

- ・8日午前フィリピン中部に上陸、暴風・高潮被害が発生。
- ・現地調査結果によると、甚大な被害を受けたサンペドロ湾周辺は、暴風と高潮による被害が大部分で高潮は沿岸部で5m~6mに達し、津波のように段波状になって沿岸部を襲ったものとされる。

出典:気象庁WEB(台風位置表)、2013年フィリピン台風Haiyan高潮災害に関するJSCE-PICE合同調査団報告会資料

：海外の事例

：国内の事例

平成16年台風第16号及び台風第18号

- 神戸市中央区新港町・海岸通り付近は、高潮により1m程度冠水(ピーク時の6時には約1.7mの浸水深)し、国道の遮断や商店街の浸水など多大な被害が生じた。また、神戸港沖で稼働する大阪湾広域臨海環境整備センター(フェニックス事業)の神戸廃棄物処分場の南及び西護岸の被覆部が倒壊した。
- 関西国際空港では、一部の護岸においてセキュリティフェンス及び飛行場周道路舗装が破損し、また、飛行場周道路舗装の法面部分が崩壊した。
- 瀬戸内海沿岸では、台風第16号によって最大潮位偏差が1mを超える高潮が発生し、瀬戸内海沿岸の各県において被害が発生した。中でも高松港と宇野港では既往最大の観測潮位となり大きな被害を引き起こした。

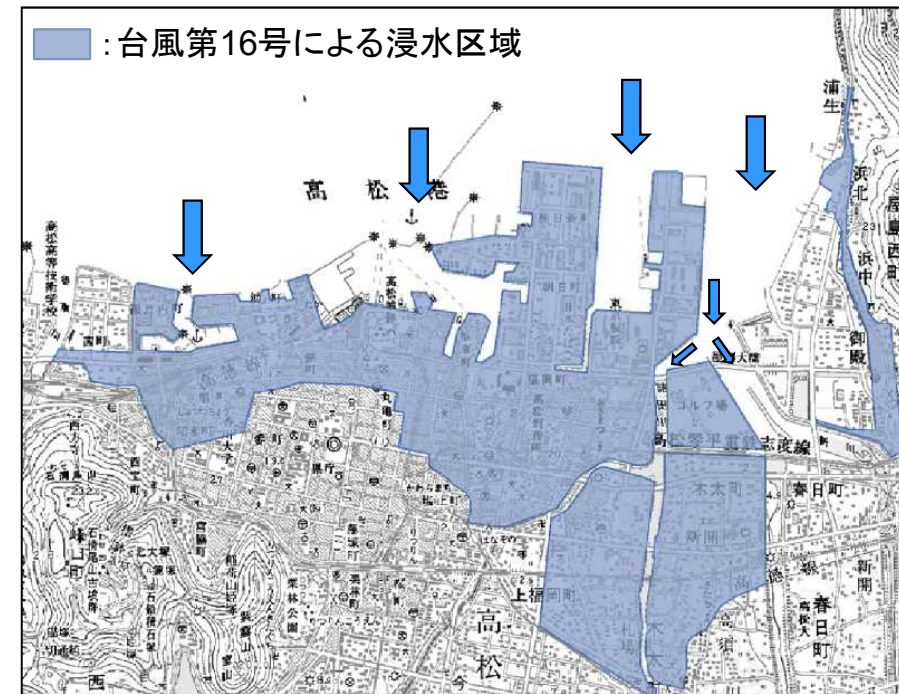


神戸港六甲沖処分場西護岸(上)及び
関西国際空港C護岸の被災状況(下)



高松市の浸水状況(上・下)

出典: 国土技術政策総合研究所資料, No.268, December2005



平成16年台風第16号による高松市の浸水範囲

出典: 香川県WEB(かがわ防災Webポータル)

出典: 港湾空港技術研究所資料, No.1101, June2005

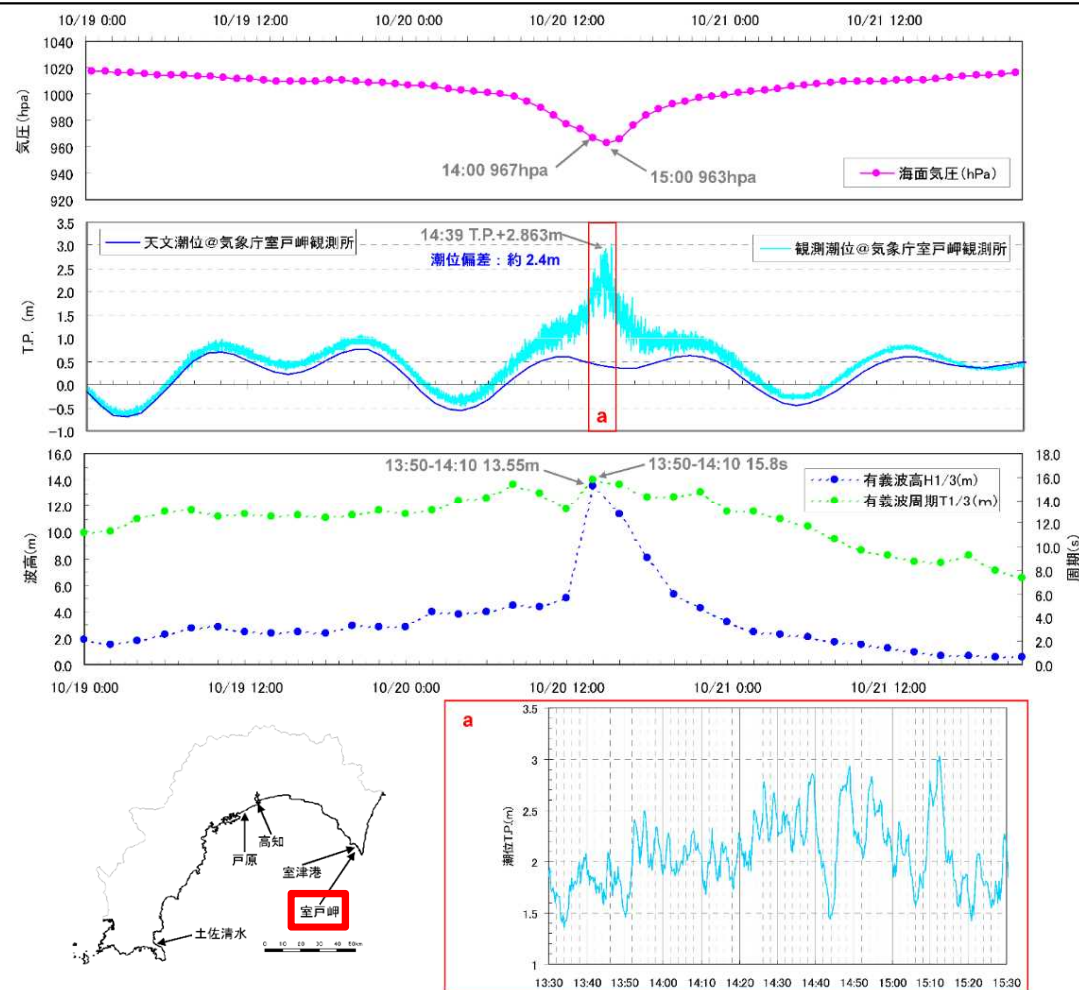
平成16年台風第23号

- 平成16年10月20日、台風第23号に伴う激しい高波により、高知県室戸市の菜生海岸において海岸堤防が約30mにわたって倒壊した。越波等により背後の家屋13戸が被災、3名死亡、4名が負傷した。
- ナウファス室津波浪観測地点において、既往最大観測波高となる有義波高13.55m（沖波換算で100年確率波高を超える）が観測された。同時に、室戸岬検潮所における潮位偏差は既往最大値を1m上回る2.53mを記録した。



平成16年台風第23号による菜生海岸の被災状況

出典: 国土技術政策総合研究所資料No.273 2004年の高潮・高波災害



被災時刻前後の海面気圧、潮位、波高・周期の変化(室戸岬)

出典: 菜生海岸災害調査検討委員会 報告書

2012年ハリケーン・サンディ

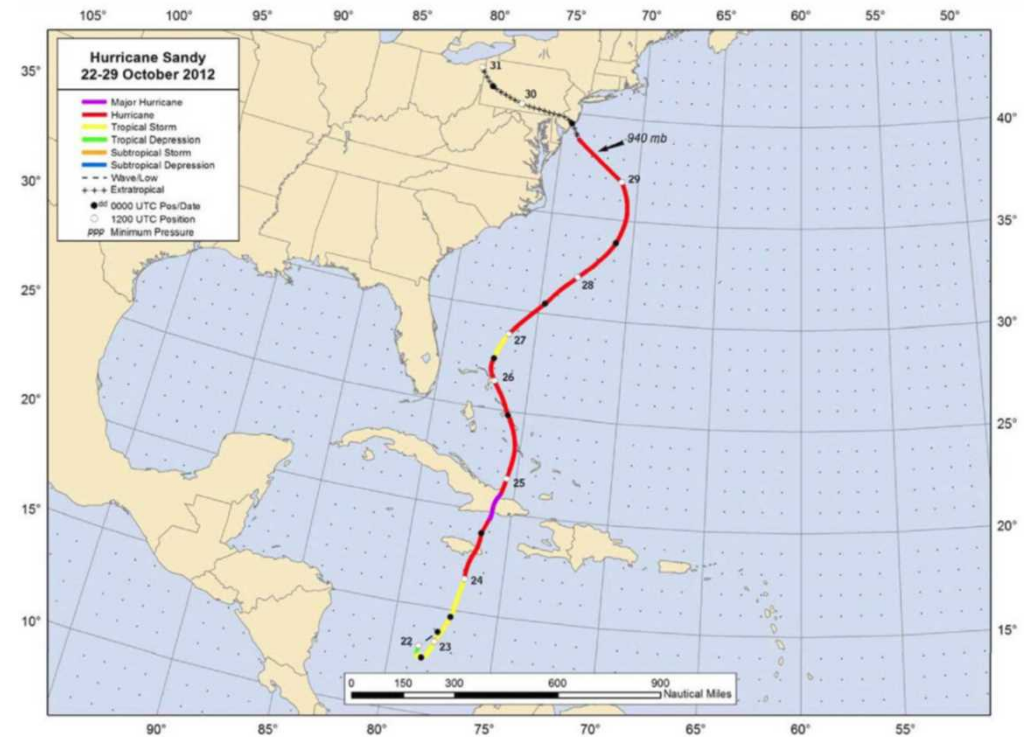
- 2012年10月29日「ハリケーン・サンディ」は、ニュージャージー州に、最大風速36m/sの勢力を保ったまま上陸。
- 米国、カナダで死者132名（うちニューヨーク市内で43名）。
- 大規模な停電、事業所停止等により大都市の中枢機能が麻痺、NY証券取引所も2日閉鎖。
- ニューヨークの地下鉄等トンネル16本が浸水する等の甚大な被害が発生。深さ約40mのトンネルのほぼ入口まで浸水。
- 被害額はニューヨーク州で30億ドル、ニュージャージー州で294億ドル。



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

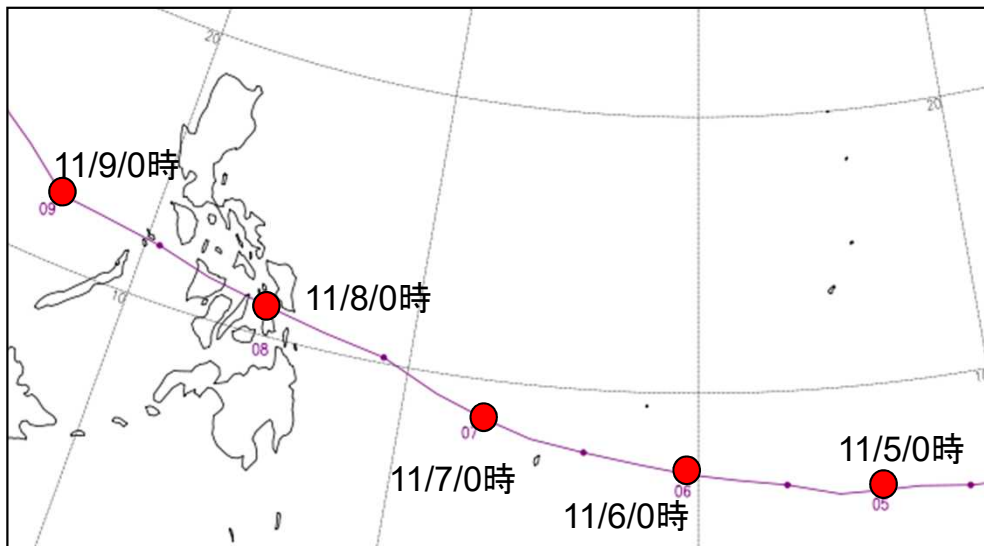


ハリケーン・サンディの軌跡(2012年10月22日～29日)

出典: 米国ハリケーン・サンディに関する現地調査報告書(第二版)国土交通省・防災関連学会合同調査団

2013年台風第30号

- 2013年台風第30号(Haiyan)は11月4日にミクロネシア連邦チューク諸島付近で発生し、11月6日の15時には猛烈な台風(920hPa、最大風速55m/s)まで発達した。
- 11月8日にフィリピンレイテ島に上陸する直前の中心気圧は895hPaで最大風速は65m/sであった。
- 高潮及び高波の被害はサンペドロ湾周辺に集中し、沿岸部の浸水深は5～6mで、遡上高は場所によって10mを超えていたことが現地調査団により確認されている。



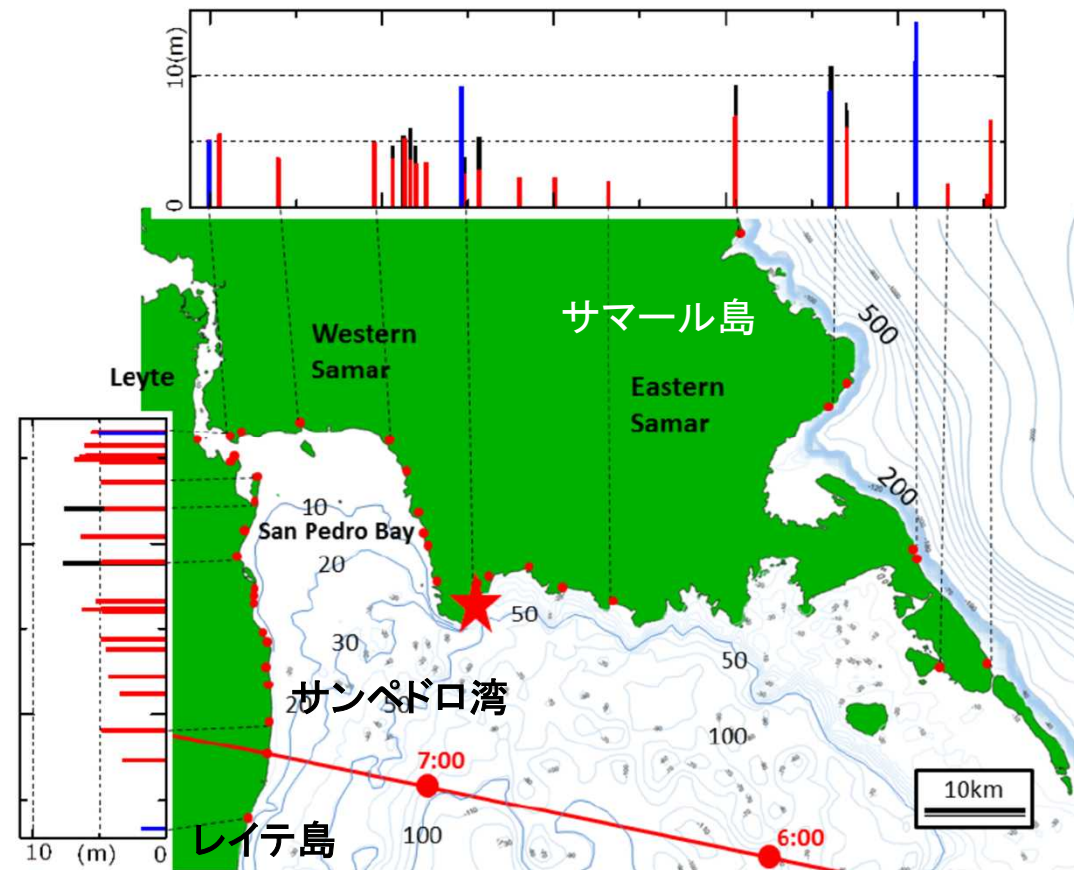
2013年台風第30号(Haiyan)の経路図

出典: 気象庁 台風位置表



タクロバン空港ターミナル及びタナワン精油所の被災状況

出典: 2013年フィリピン台風Haiyan高潮災害に関するJSCE-PICE合同調査団報告会資料



2013年台風第30号(Haiyan)による高潮浸水深・遡上高

出典: 2013年フィリピン台風Haiyan高潮災害に関するJSCE-PICE合同調査団報告会資料

平成30年台風第21号

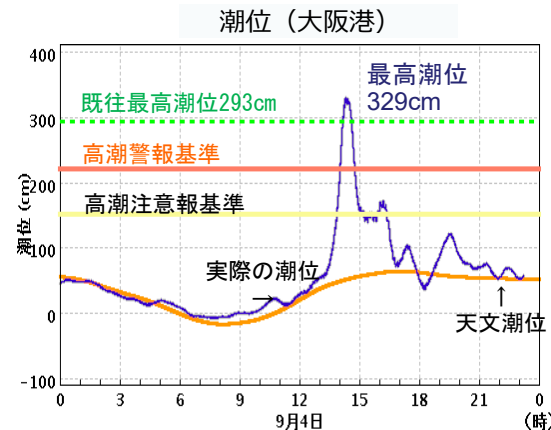
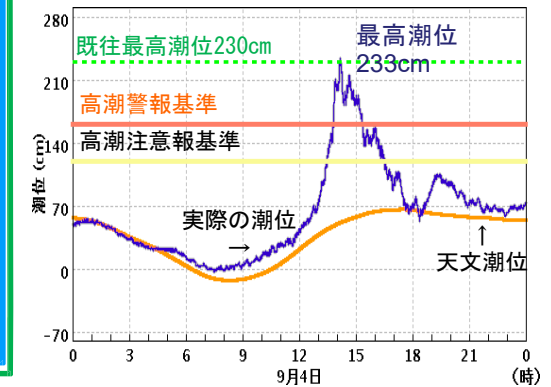
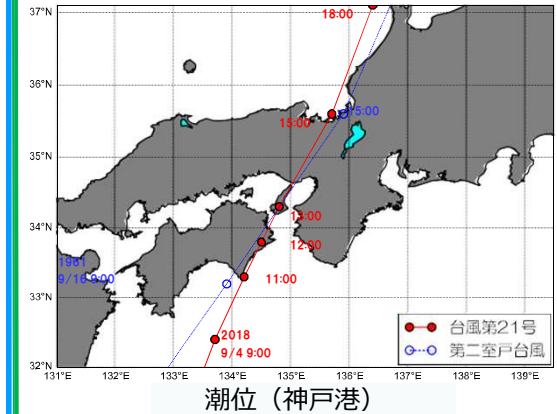
(出典:大阪湾港湾等における高潮対策検討委員会資料)

被災状況

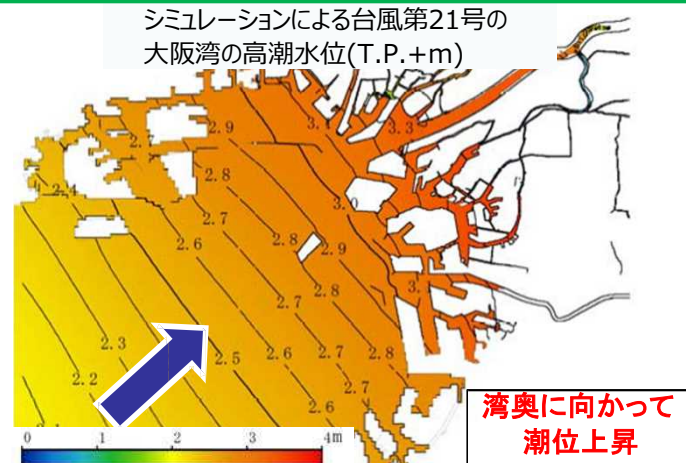


被災の把握

台風第21号と第二室戸台風コース比較

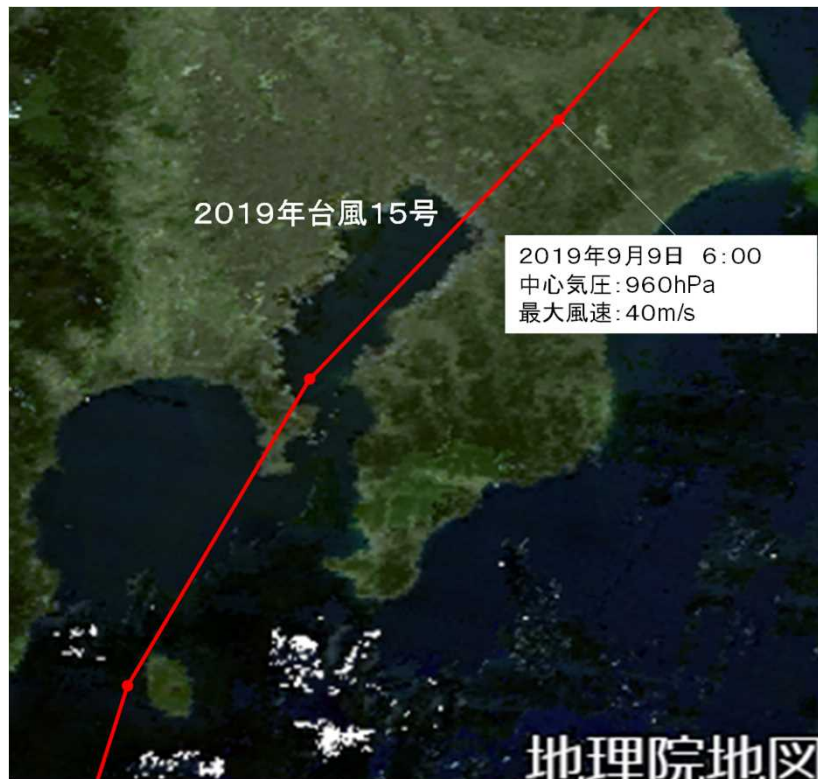


- ✓ 非常に強い台風第21号は、勢力を落とさず9月4日午後2時頃に神戸に上陸。急激に潮位が上昇し大阪港、神戸港において、既往最高潮位(第二室戸台風)を超える潮位を観測。
- ✓ 最高潮位は湾奥にいくにつれて高くなり、尼崎が最も高い。
- ✓ 台風第21号による高潮・高波・強風により浸水、倒壊、漂流被害等が発生。
- ✓ 高潮による浸水は、潮位が施設の天端高を超えた越流、潮位は施設の天端高を越えず、高波による越波により発生。



令和元年台風第15号

- 令和元年台風第15号(Faxai)は9月5日に南鳥島近海で発生し、9月8日21時には非常に強い台風(955hPa、最大風速45m/s)まで発達した。
- 9月9日に千葉市付近に上陸する直前の中心気圧は960hPaで、最大風速は40m/sであった。
(関東に上陸した台風では、中心気圧は記録に残っている1951年以降で最低であり、最大風速は記録に残っている1991年以降で最強であった。)
- 高波・暴風により、東京湾では護岸損傷による工業団地の浸水、走錨した船舶の衝突による橋梁の損傷(通行止め)、コンテナの崩れ等が発生。



令和元年台風第15号の経路(速報)

出典: 気象庁WEB



護岸損傷
(横浜港金沢区福浦)



船舶の衝突による橋梁損傷
(通行止め)(横浜港南本牧)



空コンテナの崩れによる道路閉塞
(東京港中央防波堤外側バンプール)



シャーシ置場の冠水
(横浜港南本牧)

国際的な気候変動影響の検討

IPCC第5次評価報告書の概要

- 気候変動に関する政府間パネル(IPCC)第40回総会が2014年10月27日～31日にデンマーク・コペンハーゲンにおいて開催され、IPCC第5次評価報告書統合報告書が承認・公表された。
- 統合報告書では、①観測された変化及びその要因、②将来の気候変動、リスク、影響、③適応、緩和、持続可能な開発に向けた将来経路、④適応及び緩和の4つの主題のもと、第1～第3作業部会の内容を横断的にとりまとめている。

●SPM 1.1 気候システムの観測された変化

気候システムの温暖化には疑う余地がなく、また1950年代以降、観測された変化の多くは数十年から数千年にわたり前例のないものである。大気と海洋は温暖化し、雪氷の量は減少し、海面水位は上昇している。世界の平均気温は、1880年から2012年の間に0.85℃上昇した。また、世界の平均海面は1901年から2010年の間に0.19m上昇した。

●SPM 2.2 気候システムにおいて予測される変化

地上気温は、評価された全てのシナリオにおいて21世紀にわたって上昇すると予想される。海洋では温暖化と酸性化、世界平均海面水位の上昇が続くと考えられる。

今世紀末の気温上昇は0.3～4.8℃になる可能性が高い。世界平均海面水位は、RCP2.6シナリオで0.26から0.55m、RCP8.5シナリオで0.45から0.82mの上昇が見込まれる。

●SPM 3.2 緩和及び適応によって低減される気候変動リスク

現行を上回る追加的な緩和努力がないと、たとえ適応があったとしても、21世紀末までの温暖化は、深刻で広範にわたる不可逆的な世界規模の影響に至るリスクが、高いレベルから非常に高いレベルに達する。

●SPM 3.3 適応経路の特徴

適応は気候変動影響のリスクを低減できるが、特に気候変動の程度がより大きく、速度がより速い場合には、その有効性には限界がある。

●SPM 4.2 適応のための対応の選択肢

適応の選択肢は全ての分野に存在するが、実施の状況や気候関連のリスクを低減する潜在性は分野や地域で異なる。

○沿岸システム及び低平地：沿岸適応オプションは、統合沿岸管理、地域社会参加エコシステムの取組、災害リスク削減に基づく適応策をますます含み、妥当な戦略や管理計画に取り込まれる。

参考：IPCC第5次評価報告書統合報告書(CLIMATE CHANGE 2014, SYNTHESIS REPORT)、経済産業省和訳資料

< RCPシナリオの概要 >¹⁾

略称		シナリオ (予測) のタイプ	< 将来予測 > ²⁾	
			世界平均地上気温 (可能性が高い予測幅)	世界平均海面水位 (可能性が高い予測幅)
	RCP 2.6	低位安定化シナリオ (世紀末の放射強制力 2.6W/m ²) 将来の気温上昇を2℃以下に抑えるという目標のもとに開発された排出量の最も低いシナリオ	+0.3~1.7℃	+0.26~0.55m
	RCP 4.5	中位安定化シナリオ (世紀末の放射強制力 4.5W/m ²)	+1.1~2.6℃	+0.32~0.63m
	RCP 6.0	高位安定化シナリオ (世紀末の放射強制力 6.0W/m ²)	+1.4~3.1℃	+0.33~0.63m
	RCP 8.5	高位参照シナリオ (世紀末の放射強制力 8.5W/m ²) 2100年における温室効果ガス排出量の最大排出量に相当するシナリオ	+2.6~4.8℃	+0.45~0.82m

※RCPシナリオ：代表濃度経路シナリオ(Representative Concentration Pathways)

※放射強制力：何らかの要因(例えばCO₂濃度の変化、エアロゾル濃度の変化、雲分布の変化等)により地球気候系に変化が起こったときに、その要因が引き起こす放射エネルギーの収支(放射収支)の変化量(Wm⁻²)。正のときに温暖化の傾向となる。

※世界平均地上気温と世界平均海面水位は、1986～2005年の平均に対する2081～2100年の偏差

※出典：1)JCCCA, IPCC第5次評価報告書特設ページ, 2014, <http://www.jccca.org/ipcc/ar5/rcp.html>

2)文部科学省・経済産業省・気象庁・環境省, IPCC第5次評価報告書 第1次作業部会報告書

(自然科学的根拠)の公表について, 2013.9, <http://www.env.go.jp/press/files/jp/23096.pdf>

IPCC 海洋・雪氷圏特別報告書 (SROCC※)

※SROCC: Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate

- IPCC第51回総会(令和元年9月20日～24日)において、「変化する気候下での海洋・雪氷圏に関するIPCC特別報告書(海洋・雪氷圏特別報告書)」の政策決定者向け要約が承認されるとともに、報告書本編が受諾された。
- 2100年までの平均海面水位の予測上昇範囲は、RCP2.6では0.29-0.59m、RCP8.5では0.61-1.10mと第5次評価報告書から上方修正された。

概要

海洋・雪氷圏に関する過去・現在・将来の変化、並びに高山地域、極域、沿岸域、低平な島嶼及び外洋における影響(海面水位の上昇、極端現象及び急激な現象等)に関する新たな科学的文献を評価することを目的としている。

各報告書の構成

- ・ 海洋・雪氷圏特別報告書(SROCC)
 - 第1章: 報告書の構成と背景
 - 第2章: 高山地域
 - 第3章: 極域
 - 第4章: 海面水位上昇並びに低海拔の島嶼、沿岸域及びコミュニティへの影響**
 - 第5章: 海洋、海洋生態系及び依存するコミュニティの変化
 - 第6章: 極端現象、急激な変化及びリスク管理
- ・ 政策決定者向け要約(SPM)
 - はじめに
 - セクションA: 観測された変化及び影響
 - セクションB: 予測される変化及びリスク**
 - セクションC: 海洋及び雪氷圏の変化に対する対応の実施

シナリオ	1986～2005年に対する2100年における平均海面水位の予測上昇量範囲(m)	
	第5次評価報告書	SROCC
RCP2.6	0.26-0.55	0.29-0.59
RCP8.5	0.45-0.82	0.61-1.10

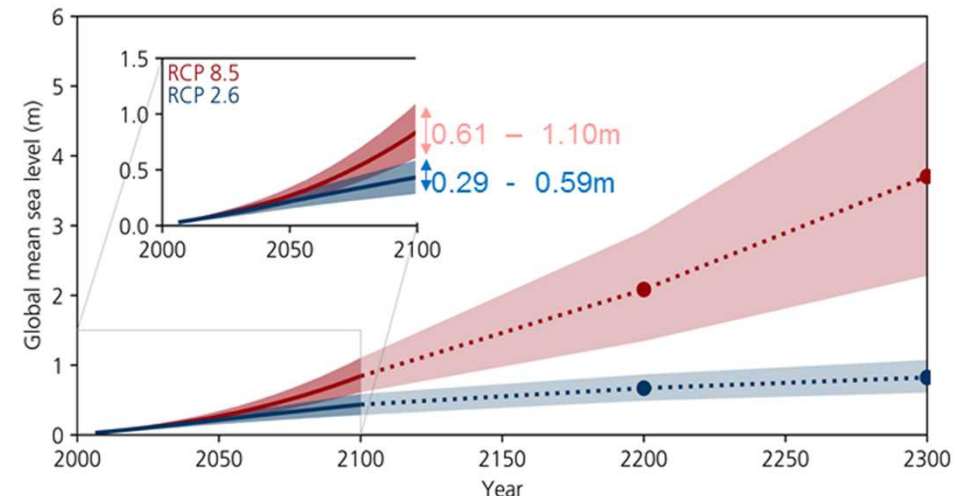


図: 1986～2005年に対する2300年までの予測される海面上昇(確信度: 低)
(挿入図は、RCP2.6及びRCP8.5の2100までの予測範囲の評価を示す 確信度: 中)

海岸分野に係る気候変動影響のこれまでの検討

海岸分野に係る気候変動影響のこれまでの検討

- 海岸分野では、関係省庁等でこれまで、適応策の方向性に係る方針や対策のあり方を議論・整理してきた。
- 今後、外力の定量化や設計の考え方等の検討が必要。

- | | |
|---------|---|
| 平成20年6月 | 社会資本整備審議会河川分科会
水災害分野における地球温暖化に伴う気候変化への適応策のあり方について(答申) |
| 平成21年3月 | 交通政策審議会港湾分科会
地球温暖化に起因する気候変動に対する港湾政策のあり方(答申) |
| 平成23年6月 | 海岸における地球温暖化適応戦略検討委員会
海岸保全施設の更新等に合わせた地球温暖化適応策検討マニュアル(案) |
| 平成27年7月 | 沿岸部(海岸)における気候変動の影響及び適応の方向性検討委員会
沿岸部(海岸)における気候変動の影響及び適応の方向性 |

増大する外力への対応 高潮への段階的な対応

出典：水災害分野における地球温暖化に伴う気候変化への適応策のあり方について（答申）（H20.6）

海面水位の上昇や台風の激化に対応するため、コンクリート構造の多い高潮堤防等においては、施設更新などにあわせて、増大する外力を見込んだ高潮堤防等の嵩上げを行い、浸水頻度を減少させる必要がある。

具体的には、今後の海面水位の上昇や台風の激化に係る研究の進展を踏まえ、嵩上げは段階的に考え、

- ・第1段階：既に上昇した海面水位上昇分を見込む
- ・第2段階：既に上昇した海面上昇分に加え、構造物の耐用年数を考え、外挿や予測計算などでその期間における海面水位上昇分を見込む
- ・第3段階：第2段階における考え方に加え、台風の激化に伴う高潮上昇分を見込む
- ・なお、海面水位の上昇に伴い構造物に作用する外力が目標を超えた場合でも壊れにくい構造設計の考え方を検討していく必要がある。

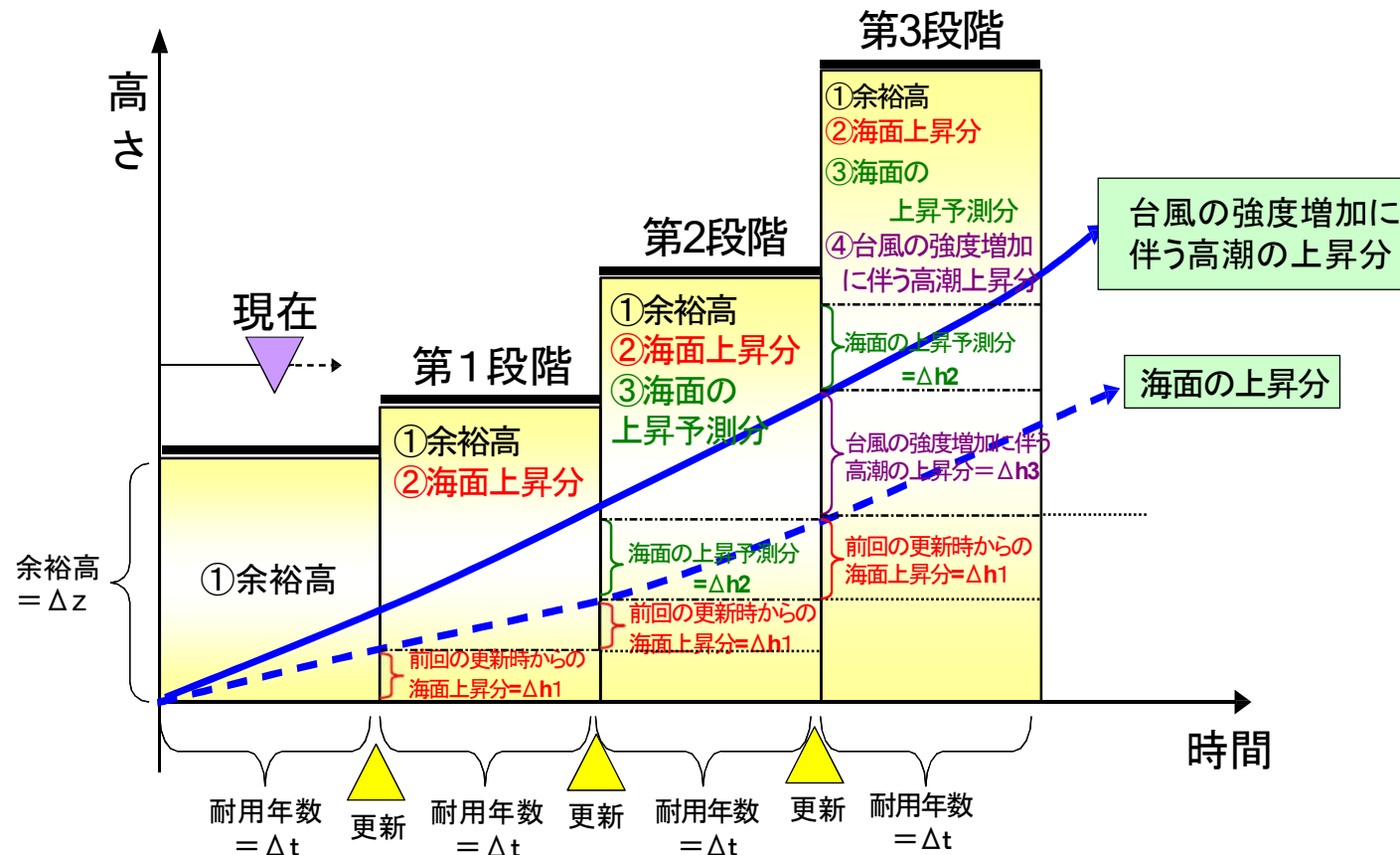


図 高潮への段階的対応

増大する外力への対応 高潮への段階的な対応

出典：地球温暖化に起因する気候変動に対する港湾政策のあり方 答申 参考資料(H21.3)

海面水位の上昇等に対応した
柔軟な防護能力等の向上

高潮等発生時の災害リスク
軽減のための予防的措置

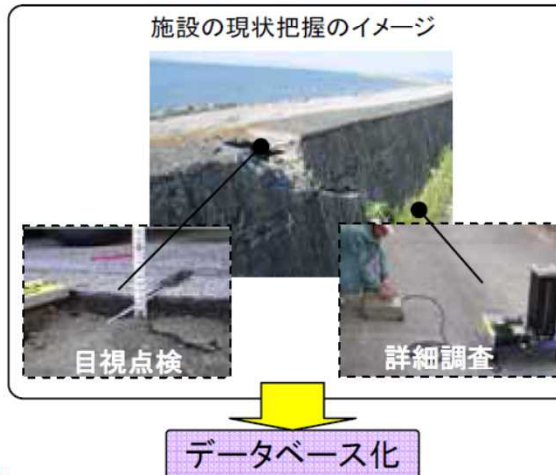
災害時対応能力の向上

特に先行して取り組む施策

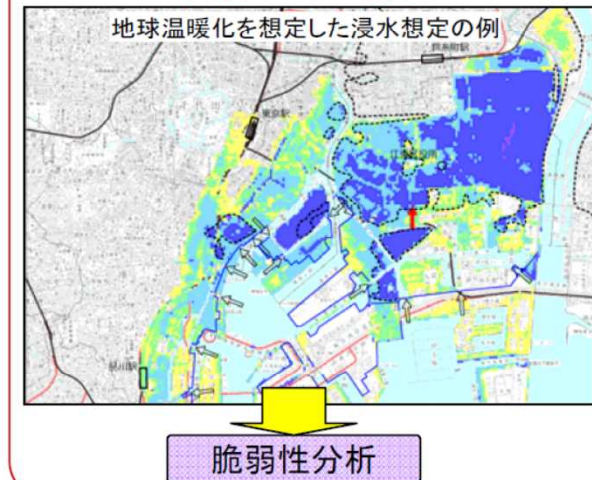
監視体制の強化及び予測精度の向上



防護水準等の把握



災害リスクの評価



既往施策の更なる推進



ソフト施策の充実・強化



研究開発の推進



地球温暖化に適応するための海岸保全施設の更新等の考え方

- 国及び海岸管理者が、地球温暖化の影響による海面上昇等に戦略的に適応するため、海岸保全施設の更新等に合わせた嵩上げ等のハード対策や避難対策等のソフト対策の検討手順を示すことを目的として「海岸保全施設の更新等に合わせた地球温暖化適応策検討マニュアル(案)」を平成23年6月に策定。

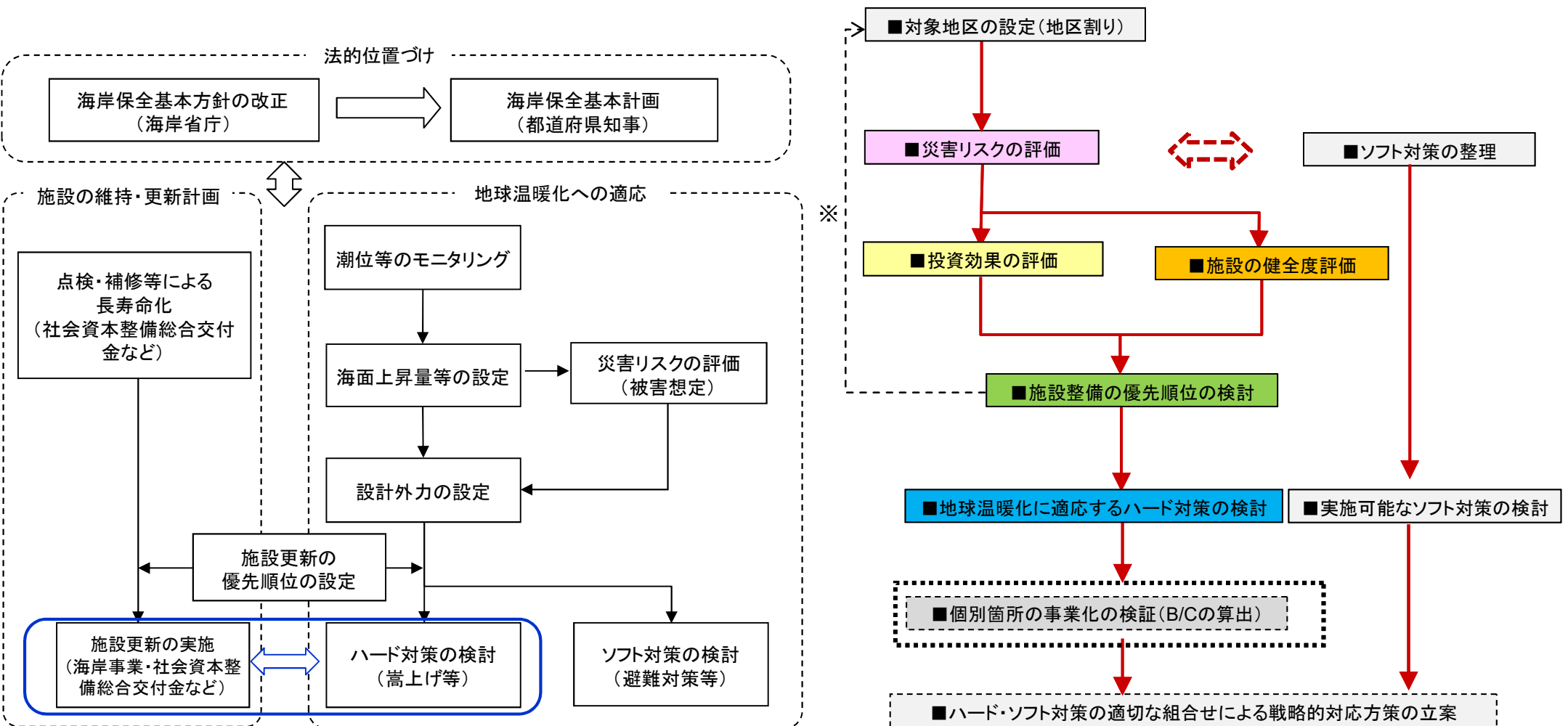


図 海岸保全施設の更新等に合わせた地球温暖化への戦略的対応

※ 定期的に外力条件の確認を行い、一定程度の期間(10年程度)で見直すことが望ましい。

図 地球温暖化適応戦略の検討フロー

海岸保全施設の更新等に合わせた地球温暖化適応策検討マニュアル(案)の概要

- 施設健全度と簡易手法によって評価された投資効果をもとに施設整備の優先度を評価し、施設の余裕高等を踏まえた段階的な更新を行っていく。

表 施設整備の優先順位の評価

		施設の健全度(更新・改良の必要時期)		
		現状で必要	将来必要	当分必要なし
投資効果	大	①	③	④
	小	②	④	④

- ①: 速やかに嵩上げ等を実施
- ②: ソフト対策との併用も検討した上で嵩上げの必要性を判断
- ③: 施設の健全度の再評価、観測データの活用により定期的に外力条件の確認を行い、結果次第で予防保全に合わせた嵩上げ等を検討
- ④: モニタリングの継続

※海面上昇に伴う外力の増大、作用位置の変化によって生じる越波量の増大及び堤体の滑動・転倒に対する安定性の低下等を考慮する必要があるため

投資効果の評価

地球温暖化への適応検討における投資効果は、浸水シミュレーション、レベル湛水法、簡易手法のいずれかにより評価を行うものとし、将来における人口・資産等の減少における地域内の偏在があれば、その偏在を考慮したうえで評価することを基本とする。

簡易手法による評価は、①背後域人口、②施設天端高、③地盤高、④重要施設の有無、の4項目について整理し、①と②と③の積と④の和をもとに全体の投資効果を評価する。

- ・積による算定 : ①背後域人口 × ②施設天端高 × ③地盤高
- ・和による算定 : ①～③の積と④の和

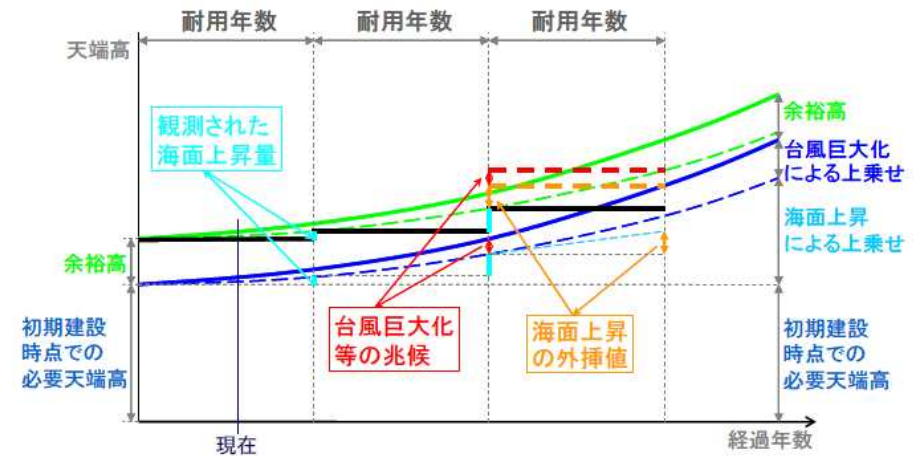


図 地球温暖化に対する漸近適応策 (磯部、2008)

施設健全度の評価

LCMマニュアル(案)に基づき、現時点で点検調査を実施した結果をもとに、施設のスパン毎の健全度を評価した上で、施設全体の健全度を評価することを基本とする。また、耐震性の評価は、簡易チャート式耐震診断システムにて施設を絞り込んだ上で、FLIP(2次元有効応力解析)等による照査を行い、地震時の天端沈下量や変状に伴う防護機能の低下について評価することを基本とする。

気候変動に伴う影響に関する基本的認識

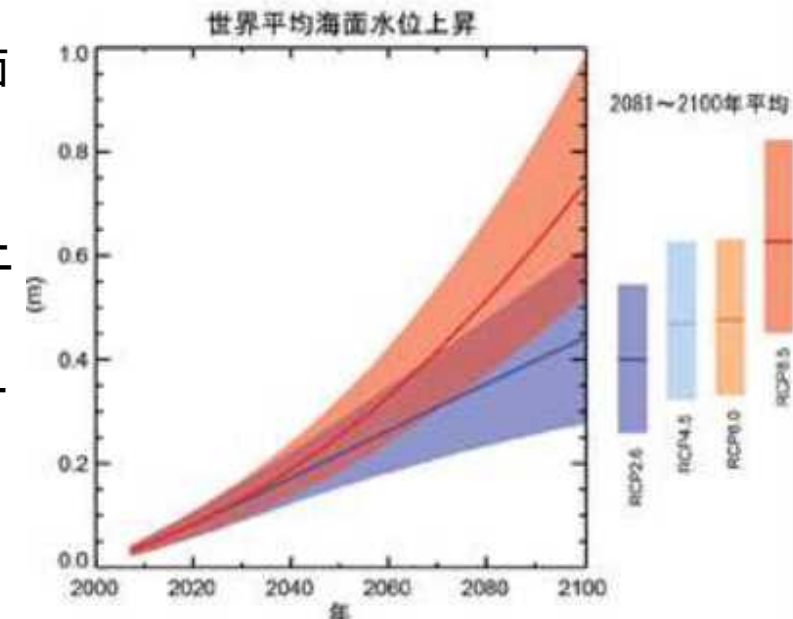
出典：沿岸部(海岸)における気候変動の影響及び適応の方向性検討委員会 第3回資料

(1)強い台風の増加による高潮偏差・波浪の増大

- IPCC第5次評価報告書によれば、世界平均地上気温の上昇、海水温の上昇など、台風の発達・勢力維持に影響を及ぼす要因が悪化することが予想されている。
- 強い台風の増加または勢力維持は、台風に伴う高潮偏差及び波浪の増大に影響することから、その海岸への影響を検討する必要がある。
- 電力中央研究所報告(報告書番号:V08026)によれば、1℃の水温上昇に対する台風の中心気圧の低下は、サンプル平均で7hPa程度(上空の気温変化の不確実性を考慮すると2～12hPa程度)で、低緯度の強い台風ほど気圧低下も大きい。

(2)海面水位の上昇

- IPCC第5次評価報告書によれば、RCP8.5シナリオで世界平均海面水位の上昇量が最大で0.82mとなることが予想されている。
- 気候変動監視レポート2012(気象庁)によれば、我が国沿岸の海面水位は現時点では、世界平均の海面水位に見られるような明瞭な上昇傾向は見られないところである。
- 一方で、中長期的には海面水位の上昇の影響が現れることはメカニズムとして明らかであり、海面上昇が顕在化した場合、沿岸部に甚大な影響が想定されることから、適応策の検討にあたっては、最悪のケースを視野に入れておく必要がある。



出典：IPCC第5次評価報告書第1作業部会報告書

気候変動による海岸への影響

出典:沿岸部(海岸)における気候変動の影響及び適応の方向性検討委員会 第1回資料

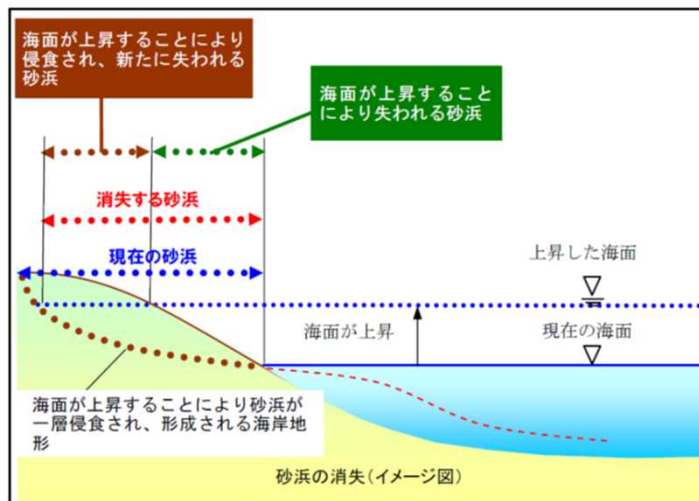
気候変動による海象への影響として以下の事象が予想される。

- 海面水位の上昇に伴う海岸侵食の進行
- 強い台風の増加に伴う高潮浸水被害リスクの増大

海岸侵食の進行

- ・ 将来の気候変動により海面水位が1m上昇すると、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結果。

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。



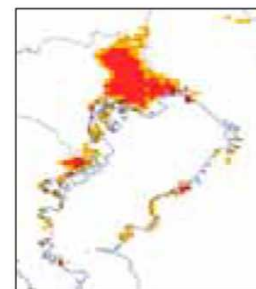
参考文献:三村信男(1993)、砂浜に対する海面上昇の影響評価、海岸工学論文集、第40巻、P1046-1050

高潮災害リスクの増大

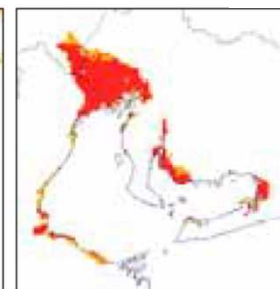
平均海面が59cm上昇した場合、**三大湾**(東京湾、伊勢湾、大阪湾)の**ゼロメートル地帯の面積、人口は5割増加**する。

	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

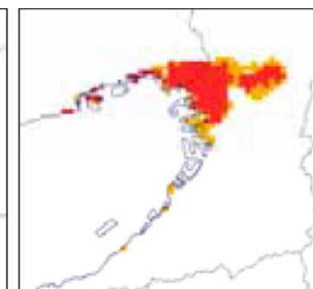
※国土数値情報を元に作成
※3次メッシュ(1km×1kmの標高情報が潮位を下回るものを図示。面積、人口の集計は3次メッシュデータにより行っている。
※河川・湖沼等の水面の面積については含まない。
※海面が1m上昇した場合の面積、人口の60%分を増分として計算



東京湾(横浜市～千葉市)



伊勢湾(川越町～東海市)



大阪湾(芦屋市～大阪市)



出典:水災害分野における地球温暖化に伴う気候変化への適応策のあり方について(答申)
平成20年6月、社会資本整備審議会

気候変動による海浜への影響

出典:沿岸部(海岸)における気候変動の影響及び適応の方向性検討委員会 第1回資料

- 気候変動による影響により、海面水位の上昇、強い台風の増加に伴う波浪と高潮の増大の影響が予測される。これにより、海浜の減少が想定される。
- 海岸保全施設前面の海浜の減少により、海岸保全施設に作用する波力や洗掘量が増大し、被災の可能性が大きくなる。
- 砂浜の減少により、希少種の減少や消失の可能性、景観の悪化などの環境面への影響と、海水浴場の減少や観光資源としての価値の減少など利用面への影響が予測される。

気候変動による影響

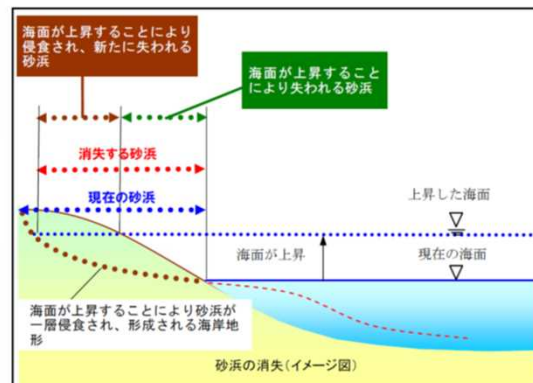
- ・ 海面水位の上昇
- ・ 海面水位の上昇による波高増大
- ・ 台風の強大化による波高の増大

想定される被害

防護に対する被害

- ・ 水位上昇による汀線の後退、海岸侵食
- ・ 海岸保全施設に作用する外力や洗掘の増加

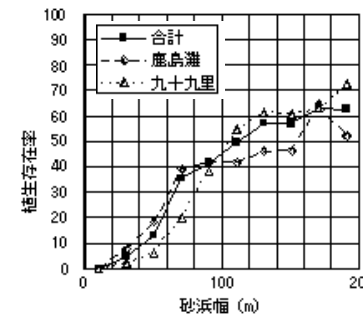
海面が上昇すると、海面上昇そのもの及びそれに伴う海岸侵食の2つの要因によって砂浜が消失する。



出典: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

環境に対する被害

- ・ 植生の減少・消滅の危険性

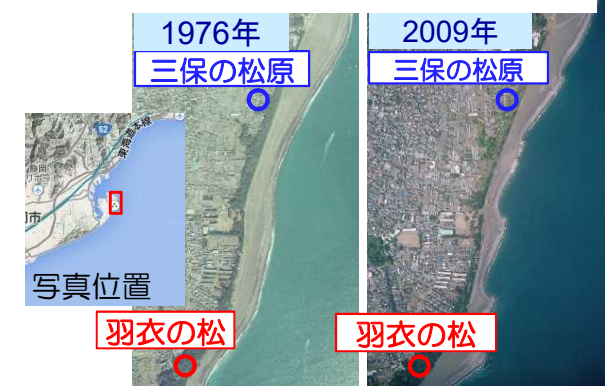


砂浜幅と植生存在率の関係

出典:加藤史訓・鳥居謙一・橋本新(2001):海浜植物の生息に必要な砂浜幅の検討、海岸工学論文集Vol.48

・ 砂浜景観の悪化

※下記例は砂浜の変化例ではありますが、温暖化による影響例として示したものではありません。



静岡県・清水海岸における海浜の変遷

出典:国土地理院撮影の空中写真(1976年、2009年)
国土地理院 地図・空中写真閲覧サービスより

利用に対する被害

- ・ 海水浴場の減少などレジャーへの影響
- ・ 観光資源としての価値の減少



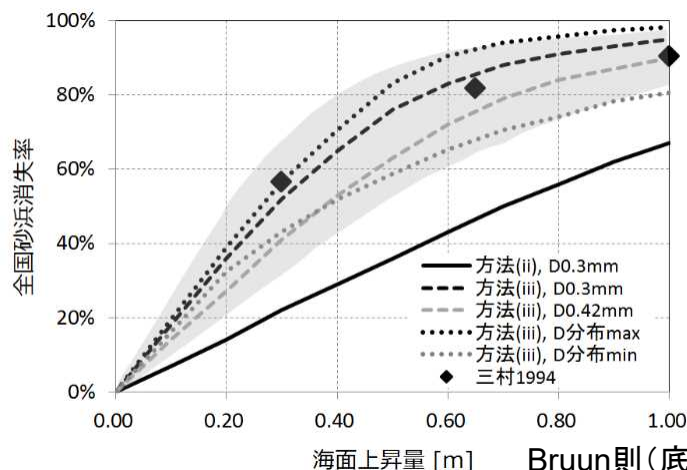
清水海岸
三保松原から
みた富士山

出典:清水海岸ポータルサイトWEB
静岡県交通基盤部
静岡土木事務所

気候変動による海浜（砂浜）への影響

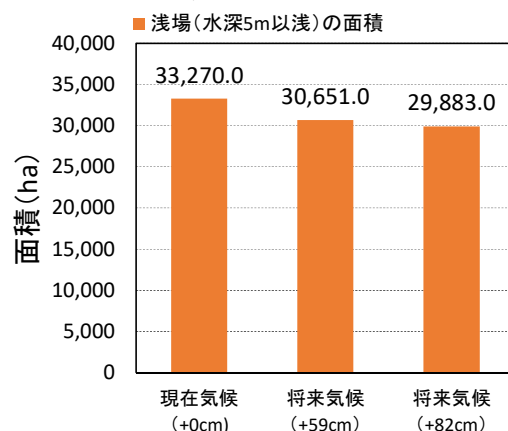
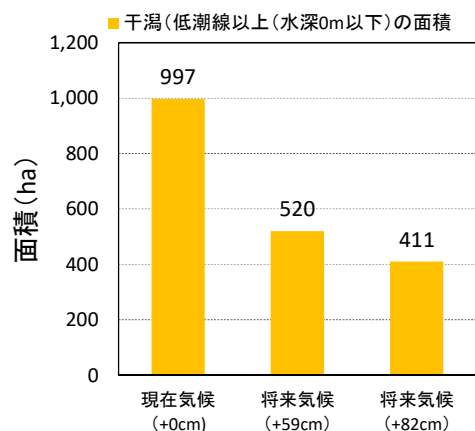
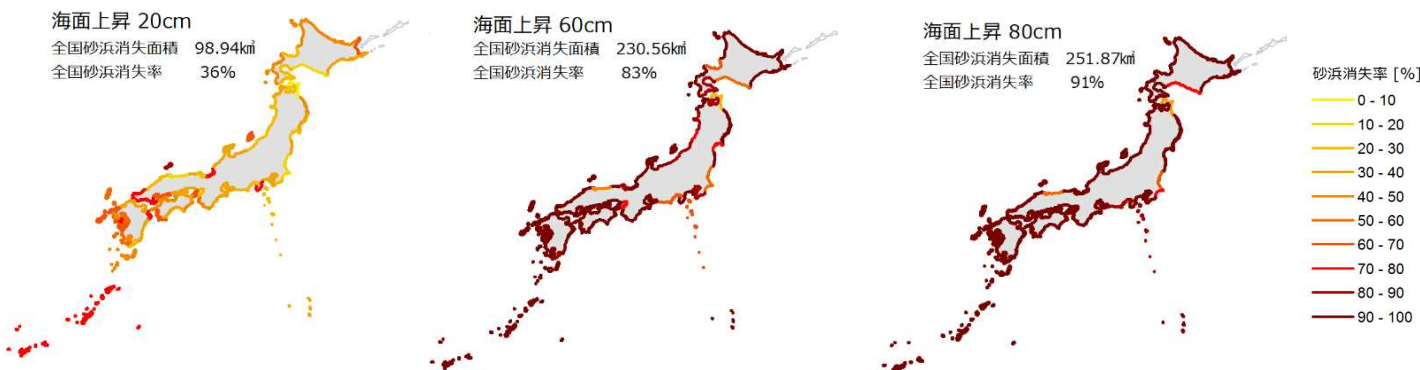
出典：沿岸部（海岸）における気候変動の影響及び適応の方向性検討委員会 第2回資料

- 気候変動による影響により、海面水位の上昇、強い台風の増加に伴う波浪と高潮の増大の影響が予測される。これにより、海浜の減少が想定される。（再掲）
- 海岸保全施設前面の海浜の減少により、海岸保全施設に作用する波力や洗掘量が増大し、被災の可能性が大きくなる。（再掲）
- 有働・武田（2014）によれば、Bruun則による砂浜消失率の予測結果では、20cmの海面上昇で36%、60cmの海面上昇で83%、80cmの海面上昇で91%の砂浜が消失する。



Bruun則（底質粒径0.3mm）による海面上昇量に対する砂浜消失率の将来予測結果

出典：有働恵子・武田百合子（2014）：海面上昇による全国の砂浜消失将来予測における不確実性評価、第22回地球環境シンポジウム講演集。



海面水位の上昇による東京湾の干潟・浅場の変化

注1) 水深データは、海上保安庁の「沿岸の海の基本図（海底地形図1993年7月）、電子海図（2004年3月）、港湾計画図をもとに作成
注2) 干潟・浅場の面積集計は、東京港港湾区域及び千葉港港湾区域のアクアライン以北までを集計

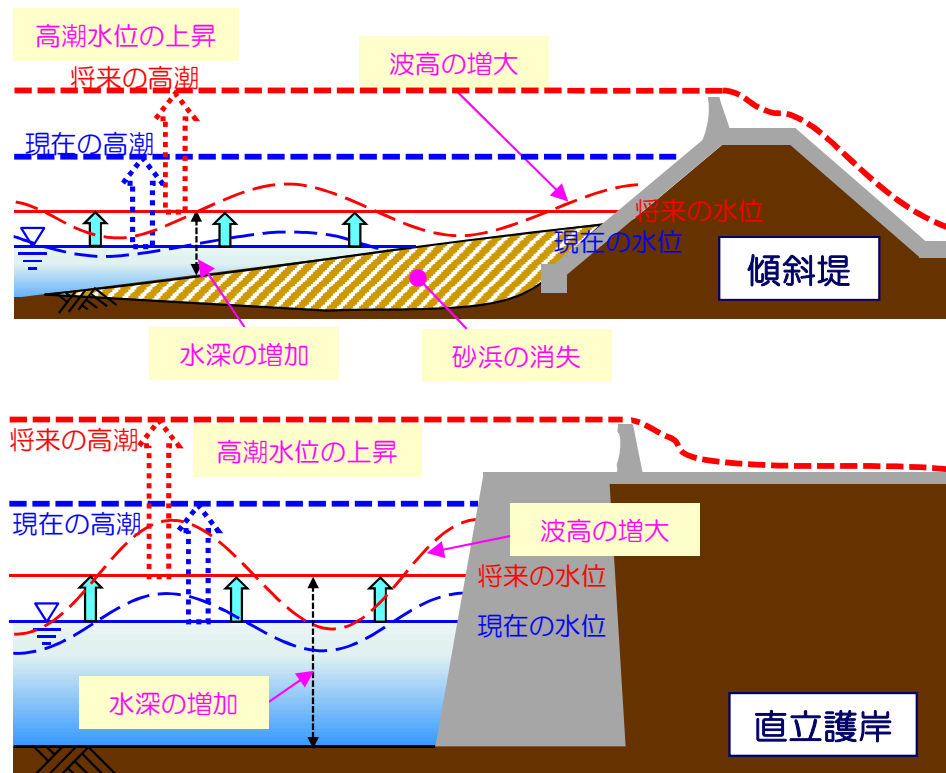
気候変動による海岸堤防・護岸等への影響(1)

出典:沿岸部(海岸)における気候変動の影響及び適応の方向性検討委員会 第3回資料

- 気候変動による影響として、海面水位の上昇と、強い台風の増加による高潮と波高の増大が予測される。
- 堤防・護岸等の前面の砂浜が消失することにより、堤体が受ける波力の増大が予測される。
- 波力の増大による堤体の滑動・転倒、被覆工の被災、洗掘量の増加が懸念される。

気候変動による影響

- ・ 海面水位の上昇による堤体前面水位の上昇
- ・ 台風の強大化による高潮水位の上昇
- ・ 台風の強大化による波高の増大
- ・ 前浜の減少による堤防・護岸等への影響



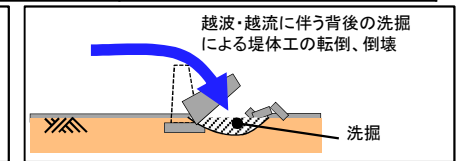
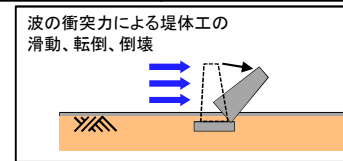
想定される被害

- ・ 堤体の滑動、転倒、倒壊
- ・ 越波・越流に伴う洗掘による堤体の被災、破堤
- ・ 海浜の減少による防護機能の低下
- ・ 被覆工、上部工の被災

堤防・護岸の被災パターン

自立型 (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	下部滑り出し 破壊(滑動)	上部被災
転倒	上部倒壊	中部被災
パラベット倒壊	天端の陥没	下部被災
天端クラック・ 沈下・陥没	堤体の 曲げ破壊	全体被災
出典)加藤史訓・野口賢二・諏訪義雄(2011): 海岸堤防・護岸の被災に関する実態調査, 土木学会論文誌B3(海洋開発), Vol.67, No.2, 1_7-1_12		
		天端の陥没

胸壁の被災パターン



気候変動による海岸堤防・護岸等への影響(2)

出典:沿岸部(海岸)における気候変動の影響及び適応の方向性検討委員会 3回資料

- 現在でも設計条件を超える波高や高潮偏差により堤防の被害が発生しており、将来気候における高波や高潮偏差の増大に伴い、さらに被害が増加することが懸念される。
- 森ら(2010)¹⁾、志村ら(2013)²⁾によれば、気象庁・気象研究所による温暖化予測結果を用いた波浪の将来変化予測では、日本近海では冬季に50年確率波高に有意な変化はなく、夏季には50年確率値において約20%の波高の増加となり、冬季・春季・秋季では平均有義波高が減少する傾向にある。
- また、間瀬ら³⁾によれば、波浪観測データを分析した結果、気候変動との関連は明らかではないものの、太平洋沿岸では秋季から冬季にかけての波高が増加傾向にあり、日本海沿岸では、冬季気圧配置によって生じた高波の波高及び周期が増加し、波高の増加率は北の地域の方が大きい。

堤防の被災事例

高知県菜生海岸において平成16年の台風第23号に伴う高波・高潮により海岸堤防が倒壊し、背後の人家へ被害を及ぼした。

○NOWPHAS波浪観測記録 H1/3=13.5m、T1/3=15.8s

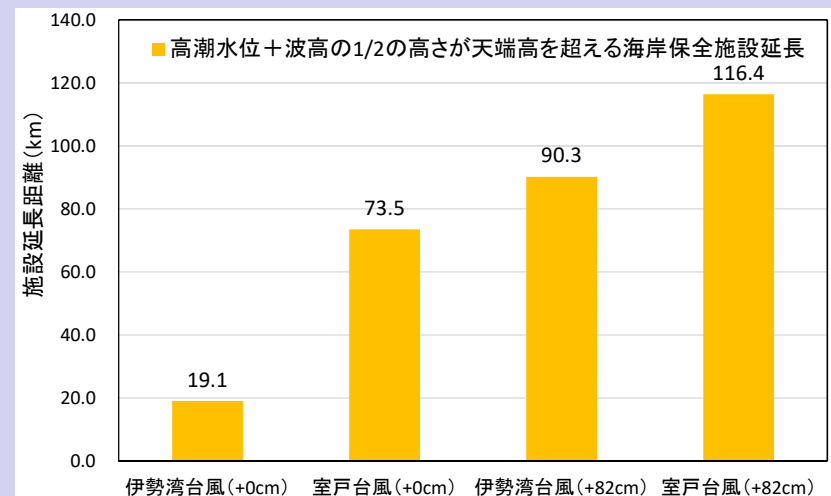
○観測有義波高から推測された沖波 H_o =17.2mは、当海岸の計画波高 H_o =13.5m及び1/100確率波 H_o =16.0mを上回った。

○被災時の潮位はT.P.+2.863mと計画潮位T.P.+2.2mを上回った。



出典:菜生海岸災害調査検討委員会報告書(平成17年3月)、高知県、国土交通省。

東京湾における検討事例



出典:第2回 沿岸部(港湾)における気候変動の影響及び適応の方向性検討委員会
検討資料より国土交通省港湾局作成

【海岸線延長】

- ・東京港海岸保全施設整備計画(平成24年12月、東京都港湾局)
- ・東京湾沿岸海岸保全基本計画(千葉県区間)(平成25年11月、千葉県)
- ・東京湾沿岸海岸保全基本計画(神奈川県区間)(平成16年、神奈川県)

1) 森 信人・志村智也・安田誠宏・間瀬 肇(2010):地球温暖化に伴う極大波高の将来変化予測, 土木学会論文集B2(海岸工学)Vol.66, No.1, pp1231-1235.

2) 志村智也・森 信人・安田誠宏・間瀬 肇(2013):海面水温アンサンブル実験に基づく波浪の将来変化傾向とその不確実性評価, 土木学会論文集B2(海岸工学)Vol.69, No.2, pp1266-1270.

3) 間瀬 肇・田中遼・森 信人・安田誠宏(2009):日本海沿岸における波浪の経年変化特性に関する研究, 海岸工学論文集56-2, pp1251-1255

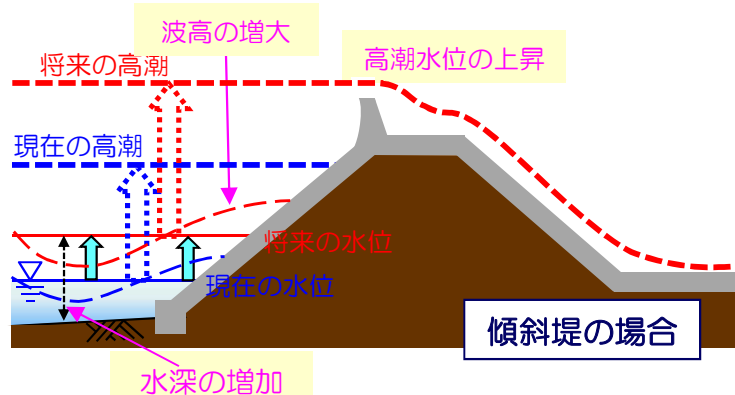
気候変動による背後地への影響(1)

出典: 沿岸部(海岸)における気候変動の影響及び適応の方向性検討委員会 第3回資料

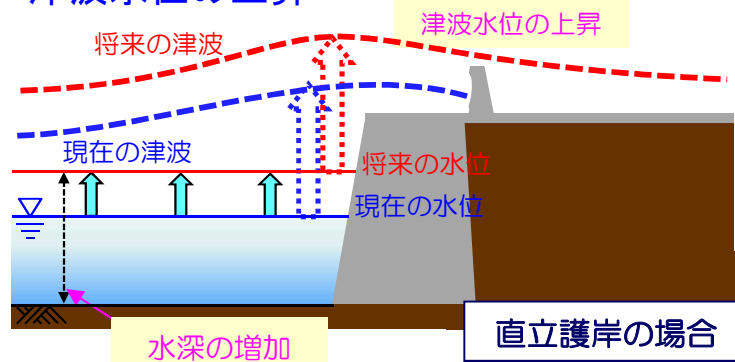
- 気候変動による影響により、海面水位の上昇、強い台風の増加に伴う波浪の強大化と高潮の増大、津波水位の上昇が予想される。
- 堤防・護岸からの越波・越流や、破堤による影響による浸水被害が増加する。

気候変動による影響

- ・ 海面水位の上昇
- ・ 強い台風の増加による高潮水位の上昇
- ・ 強い台風の増加による波高増大

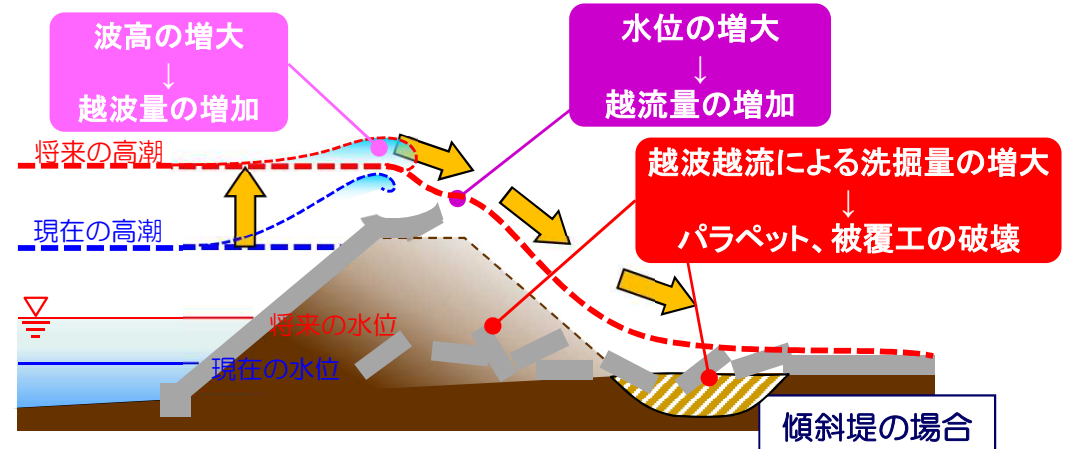


- ・ 津波水位の上昇

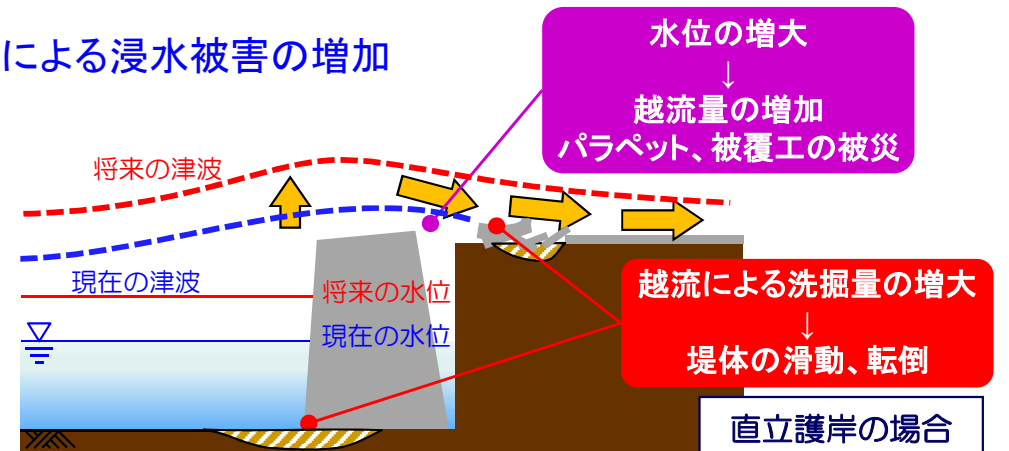


想定される被害

- ・ 越波・越流による浸水被害の増加
- ・ 破堤による海水の流入に伴う浸水被害の増加



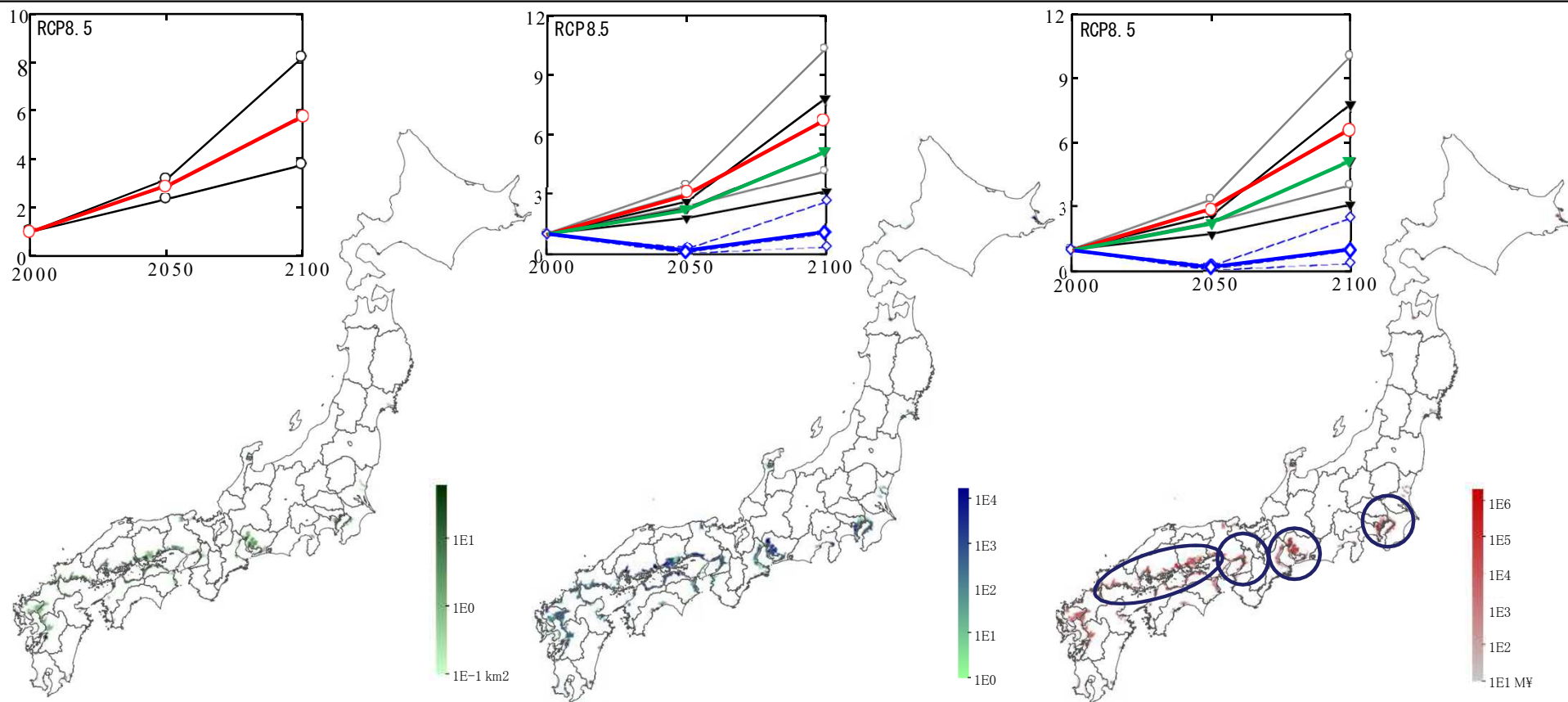
- ・ 津波による浸水被害の増加



気候変動による背後地への影響(2)

出典: 沿岸部(海岸)における気候変動の影響及び適応の方向性検討委員会 第3回資料

- 鈴木(2014)¹⁾によれば、全国的には三大湾、瀬戸内海、有明・八代海沿岸で相対的に高潮浸水リスクが高く、三大湾や瀬戸内海の被害額は、他の地域と比べて大きい。
- 人口減少を考慮しても、適応を実施しなければ浸水リスクは増加する。



高潮による浸水面積の地域分布¹⁾

高潮による浸水人口の地域分布¹⁾

高潮による浸水被害額の地域分布¹⁾

※) 海面上昇量と高潮偏差の増大はAR5のRCP8.5の上限ケースをもとに設定され、上図は2100年の結果である。

※) 図の凡例は、以下の通り。

○: Case0、▼: Case1、◇: Case2。RCP8.5シナリオにおける予測の平均値、予測の幅の上限値と下限値を上中下3つの点で示している。

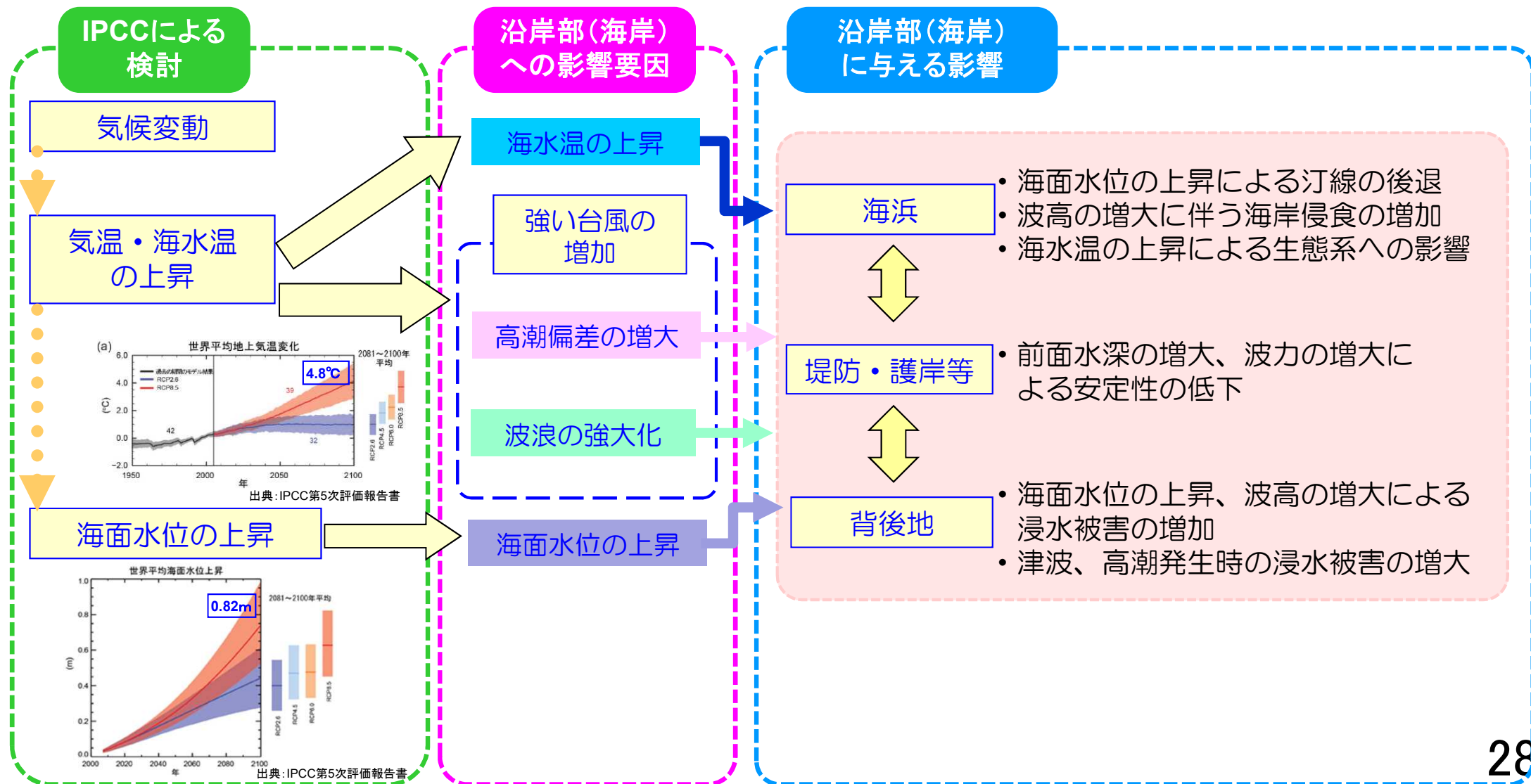
—○— : 人口一定(2000年) —▼— : 人口減少考慮 —◇— : 人口減少+2050年までに2100年に必要となる適応策を実施

1) 鈴木 武(2014): 地球温暖化・人口変動・適応を考慮した高潮被害の全国予測, 沿岸域学会誌Vol.27, No.3.

気候変動に伴う沿岸部(海岸)への影響要因とその影響

出典: 沿岸部(海岸)における気候変動の影響及び適応の方向性_概要(H27.7)

- IPCC第5次評価報告書によれば、気候変動により「気温・海水温の上昇」、「海面水位の上昇」が予測されている。沿岸部(海岸)においては、それぞれ「強い台風の増加」(すなわち「高潮偏差の増加」、「波浪の増大」)及び「海面水位の上昇」等の影響要因が懸念される。



沿岸部（海岸）における適応の基本的な方向性

出典：沿岸部（海岸）における気候変動の影響及び適応の方向性_概要（H27.7）

- 気候変動とその変化に関する知見、両答申を踏まえつつ、適応策の目標及び基本的な方向性を設定。

適応策の目標

- 沿岸部（海岸）において、気候変動に伴う「強い台風の増加等による高潮偏差・波浪の増大」及び「中長期的な海面水位の上昇」により、深刻な影響が懸念される。
- このため、海象のモニタリングを行いながら気候変動による影響の兆候を的確に捉え、背後地の社会経済活動及び土地利用の中長期的な動向を勘案して、ハード・ソフトの施策を最適な組み合わせ（ベストミックス）で戦略的かつ順応的に進めることで、「高潮等の災害リスク増大の抑制」及び「海岸における国土の保全」を図る。

基本的な方向性

○災害リスクの評価と災害リスクに応じた対策

- ・一連の防護ラインの中で災害リスクの高い箇所の把握

○防護水準等を超えた超過外力への対応

- ・背後地の状況等を考慮しつつ粘り強い構造の堤防等の整備を推進
- ・高潮等に対する適切な避難のための迅速な情報伝達等ソフト面の対策

○増大する外力に対する施策の戦略的展開

- ・海象のモニタリング結果の定期的な評価 ・ハード・ソフト施策の最適な組合せ
- ・順応的な嵩上げを可能にする技術等、適応に関する技術開発

○進行する海岸侵食への対応の強化

- ・河川の上流から海岸までの流砂系における総合的な土砂管理対策とも連携する等、関係機関との連携の下に広域的・総合的な対策を推進

○他分野の施策や関係者との連携等

- ・各種制度・計画に適応の観点を組み込むことによる効果的な適応の実施（適応の主流化）等

沿岸（海岸）において取り得る適応策（案）

出典：沿岸部（海岸）における気候変動の影響及び適応の方向性_概要（H27.7）

- 気候変動の沿岸部（海岸）に与える影響に対して取り得る適応策を例示。個々の場所の特性や気候変動の影響の発現動向に応じ適切な施策を適切なタイミングで講じていくことが肝要。

主 な 項 目	影 響	適 応 策（△：ソフト対策、□：ハード対策）
砂浜・国土保全への影響	○海岸保全施設前面の汀線の後退による防護機能の低下 ○砂浜を有する景観の変化・悪化 ○海水浴場の減少などレジャーへの影響など、観光資源としての価値の減少	□養浜・侵食対策の実施 △海岸侵食対策にかかる新技術の開発等 △防護ラインのセットバックや都市機能の移転・集約の機会等を捉えた土地利用の適正化
生態系への影響	○砂浜植生の減少・消滅の危険性 ○藻場の磯焼け、二枚貝などの生息環境の変化	△環境に配慮した整備や新工法等に関する調査研究 □環境に配慮した整備の実施
堤防・護岸等への影響	○堤体の滑動、転倒、倒壊 ○被覆工、上部工の被災 ○越波、越流に伴う洗掘による堤体の被災、破堤 ○汀線の後退による防護機能の低下	△海象のモニタリング △超過外力が作用する場合の海岸保全施設への影響の把握 □粘り強い構造の堤防等の整備 △ライフサイクルコストを考慮した最適な更新等の考え方の検討 □養浜・侵食対策の実施
背後地への影響	○越波・越流による浸水被害の増加 ○破堤による海水の流入に伴う浸水被害の増加	△海岸保全施設の防護機能の把握 △ライフサイクルコストを考慮した最適な更新等の考え方の検討 □被災リスクの高い箇所及び更新時期を踏まえた海岸保全施設の戦略的な整備 △海象のモニタリング □関係機関と連携した排水機能の確保 □高潮位時の逆流防止対策 △市町村によるハザードマップ作成の支援 △避難判断に資する情報の分析・提供 △避難計画策定・訓練実施の促進（操作規則との整合確保を含む） △防護ラインのセットバックや都市機能の移転・集約の機会等を捉えた土地利用の適正化