資料3

第２回愛媛県海岸保全基本計画検討委員会

－気候変動による海岸に関する将来の外力の変化－

日時：　令和6年1月３０日　１３：００～１５：００
場所：　愛媛県中予地方局大会議室

気候変動による海岸に関する将来の外力の変化

- 資料-3の内容
  - 海岸保全施設の計画外力と、気候変動による影響
  - 平均海面上昇の変化傾向（外力検討専門部会成果）
  - 将来気候における潮位　（　〃　）
  - 将来気候における波浪　（　〃　）
  - まとめ

外力専門部会	
第1回 令和5年6月1日	1. 気候変動を踏まえた海岸保全に関する動向 2. 気候変動を踏まえた海岸保全に関する外力の検討方針 3.今後の予定
第2回 令和5年9月13日	1. 第1回専門部会の意見と対応 2. 気候変動を考慮した外力検討の実施方針の設定 3. 気候変動を考慮した高潮の解析 4. 今後の予定
第3回 令和5年11月30日	1. 第2回専門部会の意見と対応 2. 平均海面水位の上昇量の解析 3. 気候変動を考慮した高潮の解析 4. 気候変動を考慮した波浪の解析 5. 今後の予定

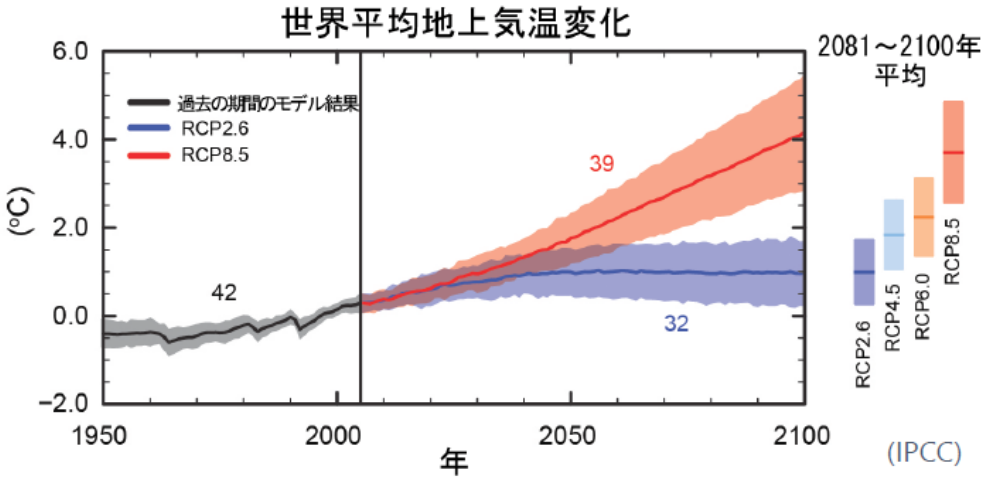
気候変動による海岸に関する将来の外力の変化

2°C上昇シナリオと4°C上昇シナリオ

文部科学省 MINISTRY OF EDUCATION, CULTURE, SPORTS, SCIENCE AND TECHNOLOGY-JAPAN　気象庁 Japan Meteorological Agency

- 将来の気候は、主に、IPCC第5次評価報告書でも用いられた**2°C上昇シナリオ（RCP2.6）**及び**4°C上昇シナリオ（RCP8.5）**に基づき予測。
- **2°C上昇シナリオ（RCP2.6）**は、21世紀末※の世界平均気温が、工業化以前と比べて0.9～2.3°C（20世紀末※と比べて0.3～1.7°C）上昇する可能性の高いシナリオ。
  ➡ パリ協定の2°C目標が達成された世界 であり得る気候の状態に相当。
- **4°C上昇シナリオ（RCP8.5）**は、21世紀末※の世界平均気温が、工業化以前と比べて3.2～5.4°C（20世紀末※と比べて2.6～4.8°C）上昇する可能性の高いシナリオ。
  ➡ 現時点を超える追加的な緩和策を取らなかった世界 であり得る気候の状態 に相当。

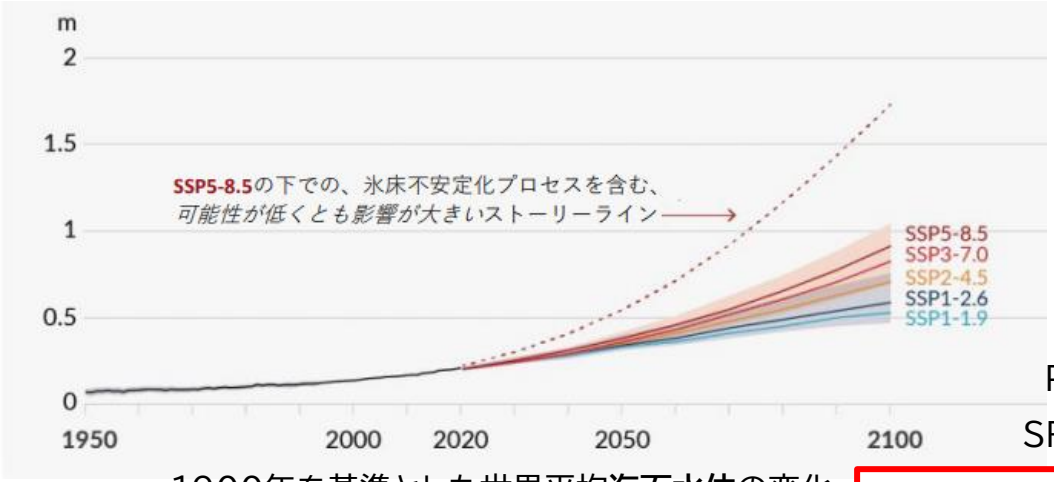
※ 20世紀末：1986～2005年の平均、21世紀末：2081～2100年の平均



日本の気候変動2020 文部科学省 気象庁

気候変動による海岸に関する将来の外力の変化

シナリオ



1900年を基準とした世界平均**海面水位**の変化

2100年までの平均海面水位の予測上昇範囲

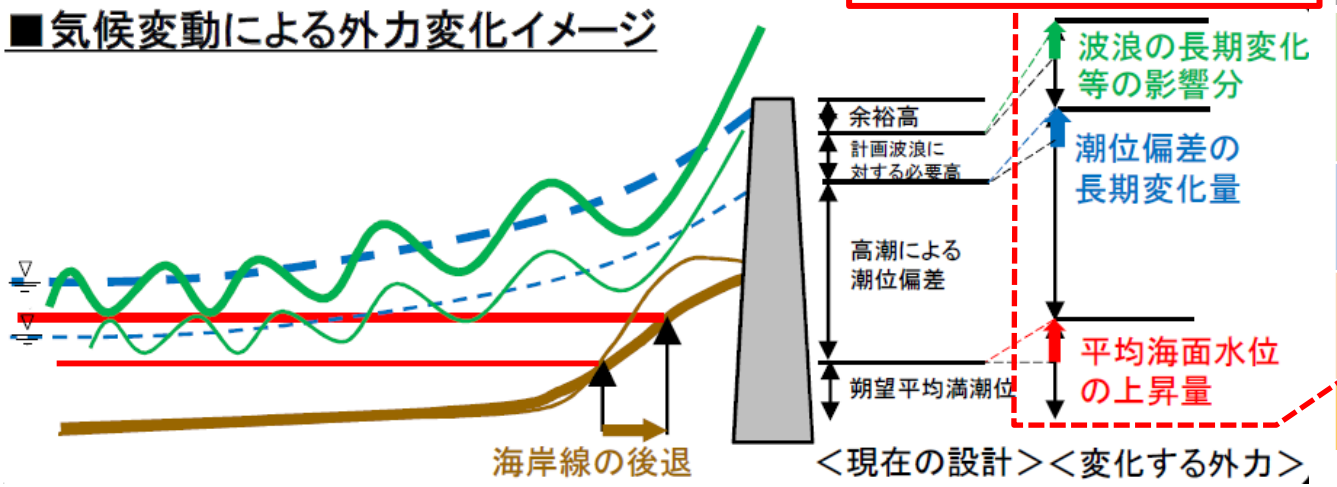
	RCP 2.6 シナリオ **(2度上昇)**	RCP8.5 シナリオ **(4度上昇)**
IPCC (第５次)	0.26～0.53m **(平均0.39m)**	0.51～0.92m **(平均0.71m)**
SROCC	**0.29～0.59m (平均0.44m)**	**0.61～1.10m (平均0.85m)**

PCC: Intergovernmental Panel on Climate Change

SROCC:気候変動における海洋と寒冷圏に関する特別報告書

外力専門部会で検討

■気候変動による外力変化イメージ



	将来予測
波浪	波高の平均値は下がるが、極値は上がる 波向きが変わる
高潮時の潮位偏差	極値は上がる
平均海面水位	上昇する
海岸侵食	砂浜の6～8割が消失

気候変動を踏まえた海岸保全のあり方検討委員会提言(2020.7月)

気候変動による海岸に関する将来の外力の変化

専門部会での検討

学識経験者：
日向教授（愛媛大）、安田教授（関西大）、熊野准教授（愛媛大）、渡邊主任研究員（国総研）

外力専門部会	
第1回 令和5年6月1日	1. 気候変動を踏まえた海岸保全に関する動向 2. 気候変動を踏まえた海岸保全に関する外力の検討方針 3.今後の予定
第2回 令和5年9月13日	1. 第1回専門部会の意見と対応 2. 気候変動を考慮した外力検討の実施方針の設定 3. 気候変動を考慮した高潮の解析 4. 今後の予定
第3回 令和5年11月30日	1. 第2回専門部会の意見と対応 2. 平均海面水位の上昇量の解析 3. 気候変動を考慮した高潮の解析 4. 気候変動を考慮した波浪の解析 5. 今後の予定

気候変動による海岸に関する将来の外力の変化

将来予測手法（平均海面上昇、高潮、波浪）

外力	検討方法
平均海面水位	観測潮位に基づき、当該海岸の平均海面上昇の変化傾向を分析 ※長期地盤変動、黒潮蛇行の影響可能性について整理
潮位偏差（高潮）	現行の算定方法（過去台風での潮位偏差）に基づき、代表気象擾乱（台風）発生時の潮位偏差を算出⇒現在気候に対する将来気候の変化率を算出 ※潮位については朔望平均満潮位となるよう再設定 ・現行の設計潮位：　既往最高潮位（満潮発生時刻付近でない） ・今後用いる設計潮位：　朔望平均満潮位＋潮位偏差（高潮）
波浪	現行の海岸保全施設設計基準に基づき生起確率を考慮し設計波を求める。 現在気候と将来気候の設計波を、それぞれ求め変化率を算出

現在気候と将来気候：大規模アンサンブル気候予測データベース（d2PDF／d4PDF）のデータを活用

潮位偏差（高潮）

対象台風	考え方	地球温暖化の影響	適用性
A. 想定台風	伊勢湾台風や室戸台風等の規模を想定した特定事例		
A-1. パラメトリック台風モデル	例えば、Myers モデル等経験的台風モデル [4]	・d2PDF、d4PDF 等の計算結果に基づく中心気圧の低下量で簡易的に考慮	・従来、想定台風で外力を設定してきた沿岸で適用性がある。 ・B-1 の多数アンサンブルデータセットと組み合わせることで確率評価が可能。
A-2. 領域気象モデルを用いた力学的計算	WRF 等の領域気象モデル	・d2PDF、d4PDF 等の計算結果から将来変化を現在の気候場に上乗せして仮想的に考慮（擬似温暖化手法）[5]	・従来、想定台風で外力を設定してきた沿岸では適用性があるが、同一条件であっても過去の高潮推算とは異なる結果になることに留意が必要。

波浪

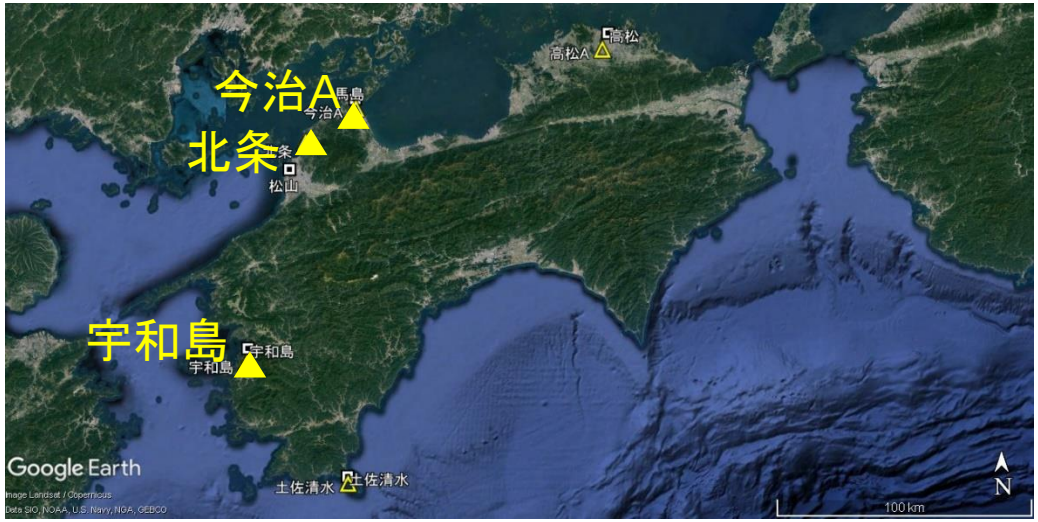
B. 不特定多数の台風	数多くのサンプルを確保できれば確率評価が可能		
B-1. 全球気候モデル台風 領域気候モデル台風	d2PDF、d4PDF 等全域もしくはダウンスケール領域気候モデルで気候計算される台風を利用	・d2PDF、d4PDF 等に温暖化の影響は含まれているが、バイアス補正が必要 [6]	・多数のサンプルが確保可能であり、外力が発生確率で設定されている沿岸で適用性がある。
B-2. 気候学的アプローチ	台風の熱力学的最大発達強度(MPI)を考慮し、環境場から最大クラスの台風を推定	・MPI の理論を応用して、d2PDF、d4PDF 等の気候値から気候的最大高潮偏差をシームレスに推定する手法等 [7]	・従来、想定台風で外力を設定してきた沿岸で適用性がある。
B-3. 確率台風モデル	台風属性の統計的特性をもとにモンテカルロシミュレーションにより人工的に台風を発生させる統計的手法	・d4PDF 台風トラックデータ（バイアス補正）を用いた確率台風モデルの作成事例あり [8]	・多数のサンプルが確保可能であり、外力が確率年で設定されている沿岸で適用性がある。

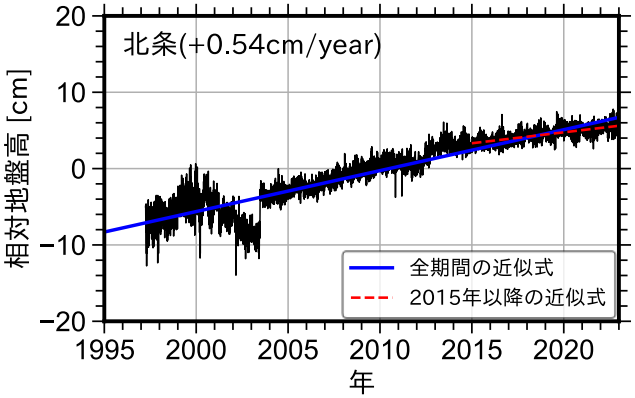
平均海面上昇の算出

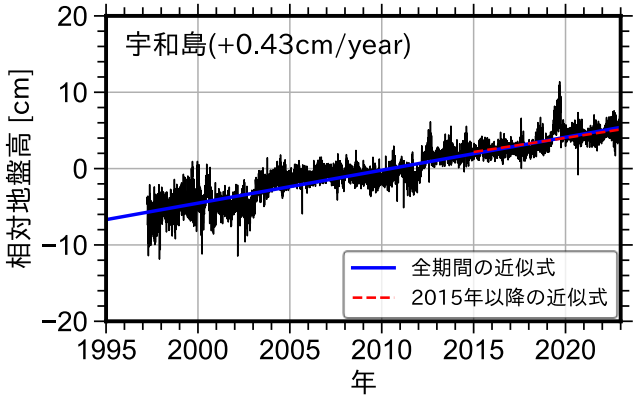
平均海面上昇の算出

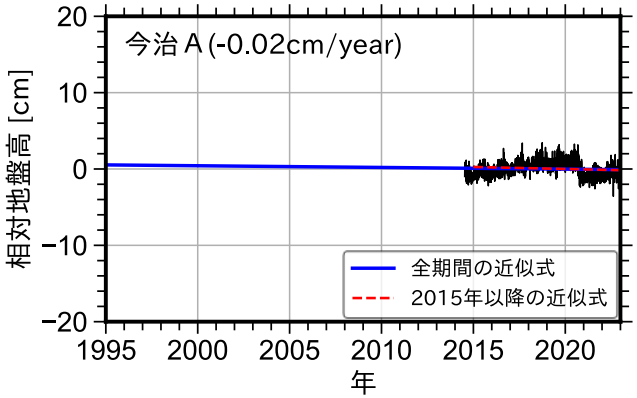
地盤高の経年変化傾向の分析

- 各地点の地盤の経年変化傾向の時系列図を見ると、ほとんどの地点において地盤が経年的に隆起している傾向が確認できる。
- 2015年以降の近年のみで見ると、わずかに地盤変動の傾きが緩やかになっている。
  ※地盤の隆起：相対的に潮位は小さくなる。







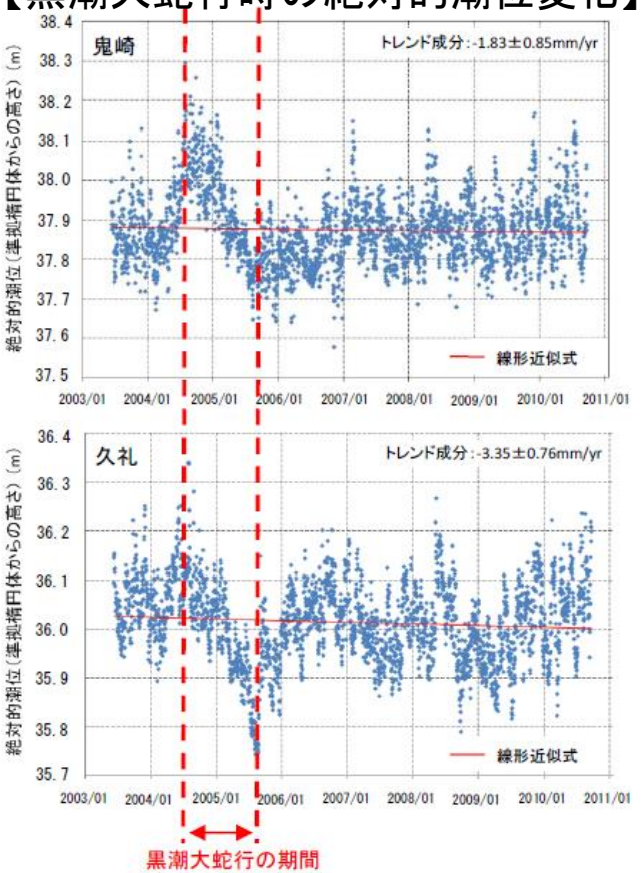


※地盤の年あたりの変動量(cm/year)は、全期間（青線）による値を表示

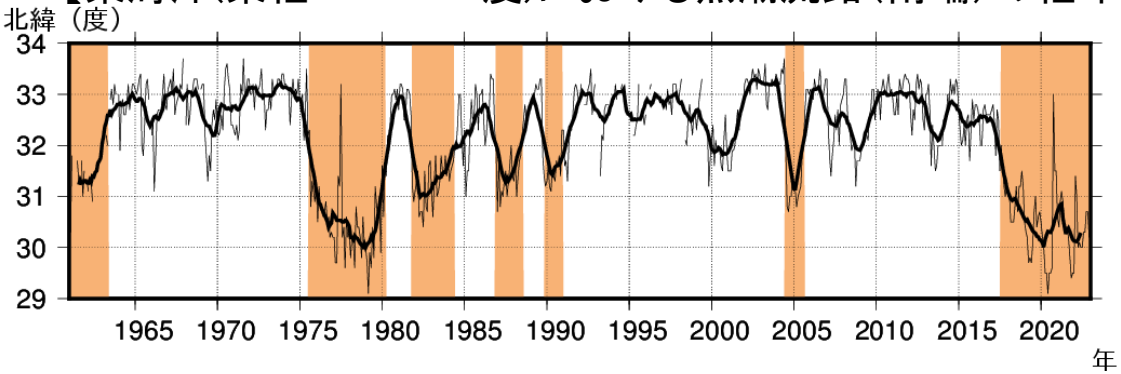
黒潮蛇行の影響（平均海面上昇の算出）

- 三浦ら（国土地理院）の検討では、黒潮大蛇行時に絶対的潮位が変化することが指摘されている。一方、潮位への影響の補正・除去方法は今後の課題としている。
- 現段階では確立された手法がないため、将来的な課題とし、気候変動に関する知見の収集やモニタリングを続け、必要に応じて見直していく方針とする。

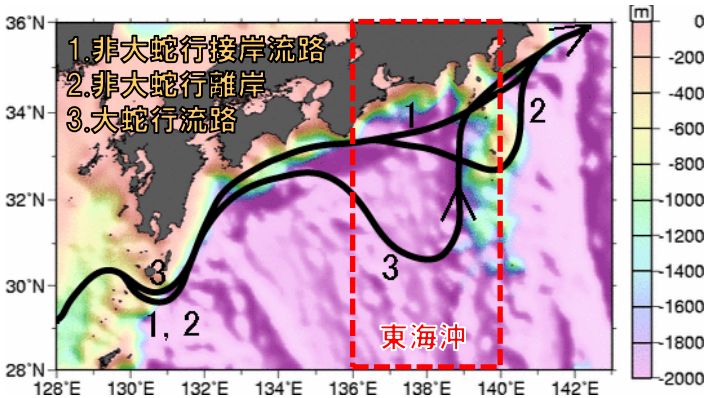
【黒潮大蛇行時の絶対的潮位変化】



【東海沖(東経136～140度)における黒潮流路（南端）の経年変動】



【黒潮の典型的流路】

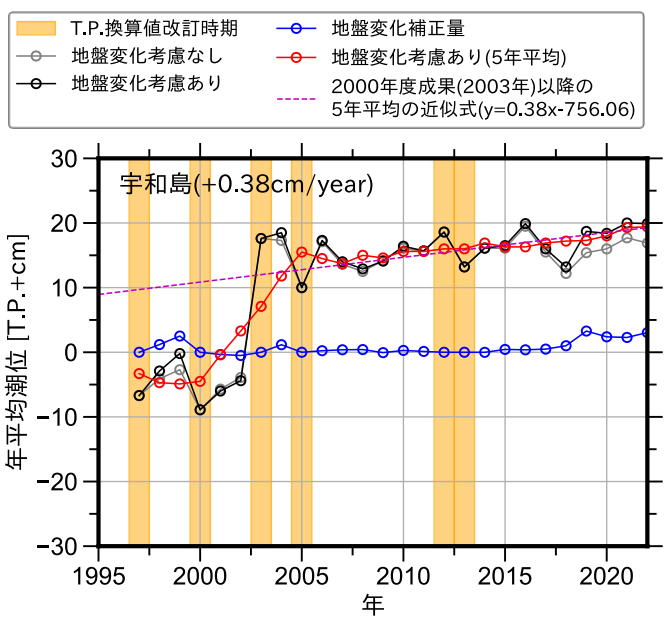


- 気象庁では黒潮流路（南端）の経年変動を整理している。
- 2017年8月以降から、大蛇行が継続している。

[出典1]三浦優司・川元智司：験潮場のGPS連続観測点を用いた潮位データ観測手法の検討，国土地理院時報，pp.21-33，2013.
[出典2]黒潮の数ヶ月から十年規模の変動（流路）：
https://www.data.jma.go.jp/kaiyou/data/shindan/b_2/kuroshio_stream/kuroshio_stream.html

愛媛県沿岸における年平均潮位の変化傾向(1)

- 電子基準点の地盤変化と同年数の潮位の観測データが確保できた愛媛県内の地点は松山と宇和島の2地点であった。これらの地点において、地盤変動成分を除去した。短期間ではあるが参考として来島航路(今治)も同様に整理した。
- 長期間のデータがある宇和島、松山を見ると、2000年度成果による影響が大きい。そこで、2000年度成果が反映された2003年以降の5年平均した年平均潮位の変化傾向(上昇量)を整理すると、宇和島では+0.38cm/year、松山で+0.23cm/year、来島航路(今治)で-0.10cm/yearとなる。
- 気象庁が提案した四国周辺(領域Ⅲ)の平均海面の上昇量は、95年間で39cm(22～56cm)の上昇量であるため、0.41cm/yearである。長期間のデータがある宇和島、松山は気象庁の公表値の幅に入っており、同様な傾向であることを確認した。
- 気象庁の解析結果と比較し、愛媛県内の観測潮位が四国周辺(領域Ⅲ)において特異な地点ではないことが確認できたため、設計高潮位に用いる平均海面の上昇量は気象庁が公表した0.41cm/yearを使用する。

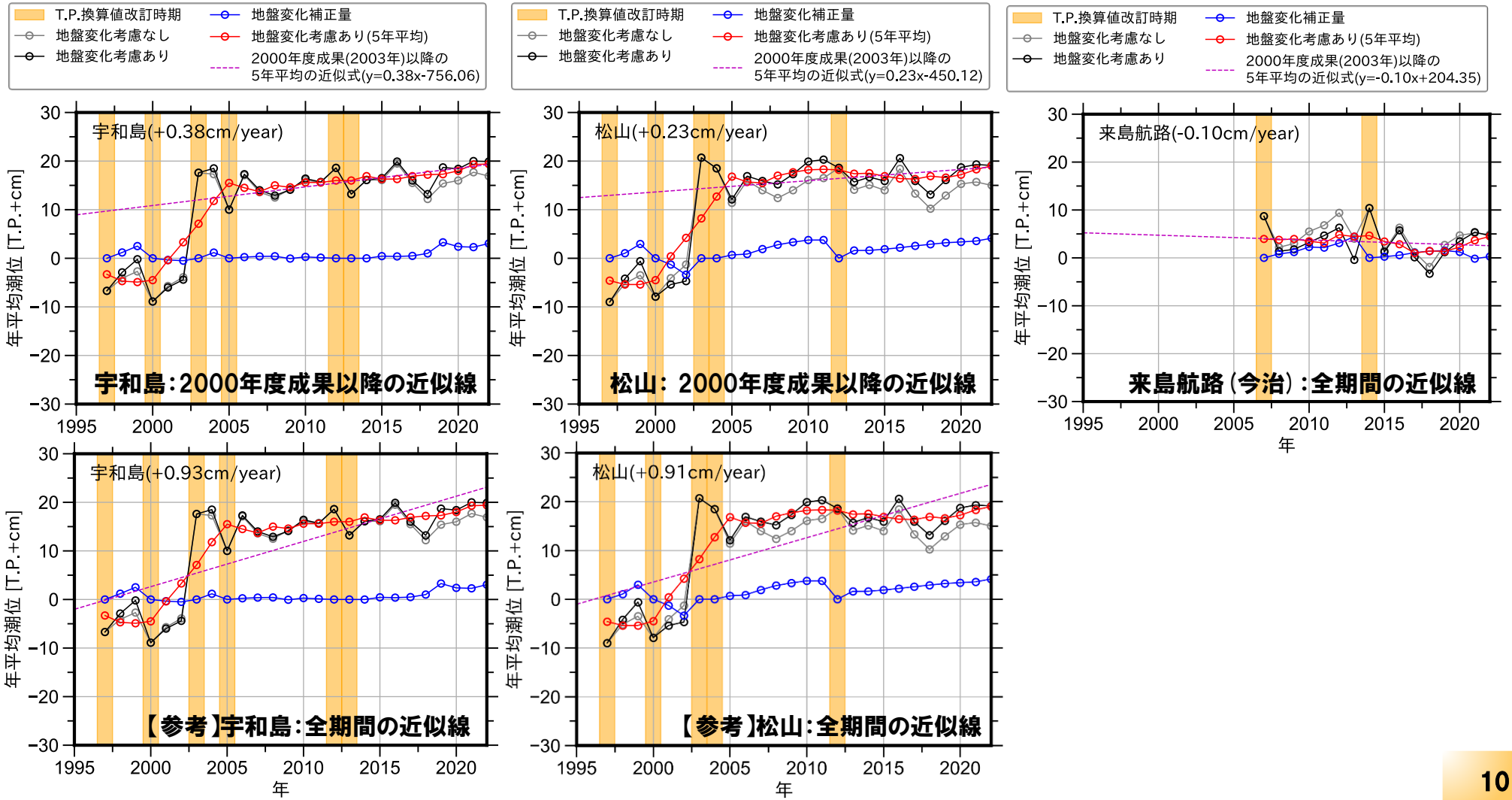


【地盤変化の考慮方法・図の見方】

- 左図のオレンジハッチはT.P.換算値の改訂時期(改訂年)を示しており、地盤変化の影響が顕著となったときに改訂されたと推察される。
- そのため、改訂年では青線の地盤変化の補正量をゼロとし、翌年以降は改訂年からの相対的な地盤変化量を用いて補正した。ここで、電子基準点の地盤高のデータは、毎日1回の観測データとなっているため、年平均値に処理してから使用した。
- 灰色線は地盤変化考慮なしの結果であり、黒線は青線の補正量によって地盤変化を考慮した結果である。赤線は黒線を5年平均処理した結果であり、その近似線をピンク線で示した。

愛媛県沿岸における年平均潮位の変化傾向(2)

- 本委員会では設計高潮位の計画に用いる平均海面の上昇量は気象庁が公表した0.41cm/yearを使用する。ただし、将来の平均海面の上昇量は、不確実性があることや黒潮の流路によって影響を受けるため、気候変動に関する知見の収集やモニタリングを続け、必要に応じて見直していく方針とする。



設計高潮位の算出

設計高潮位における天文潮成分の考え方

□ 海岸保全施設の基準・同解説によると、設計高潮位の設定方法は以下のように説明される。

赤字：技術基準一部改訂の通知文による補足（R03）

設計高潮位の設定に当たっては、
(1)既往最高潮位
(2)朔望平均満潮位に既往の潮位偏差の最大値を加えたもの
(3)朔望平均満潮位に推算の潮位偏差の最大値を加えたもの
に気象の状況及び将来の見通しを勘案して必要と認められる値を加えたもののうちから、当該海岸保全施設の背後地の状況等を考慮して海岸管理者が総合的に判断して定めるものとする。
　また、必要に応じて、当該満潮位の時に当該潮位偏差及び設計波が発生する可能性を考慮して、当該潮位偏差の最大値の範囲内において下方補正や、平均海水面変動を考慮して上方補正することもできるものとする.

＜将来の設計高潮位＞

※ **将来の設計高潮位＝(朔望平均満潮位＋平均海面の上昇量)＋将来の潮位偏差（高潮）**

※施設天端高の設定に用いる潮位偏差で、高潮浸水想定のようなL2高潮とは異なる

天文潮位成分は、以下のとおり解釈できる。
・(1)に対しては、既往最高潮位発生時の天文潮位
・(2),(3)に対しては、朔望平均満潮位

設計潮位の算出

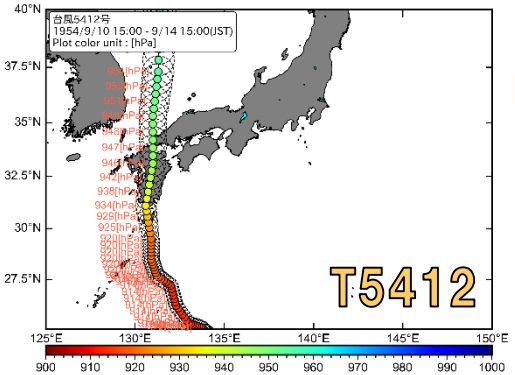
■朔望平均潮位の整理（天文潮位成分）

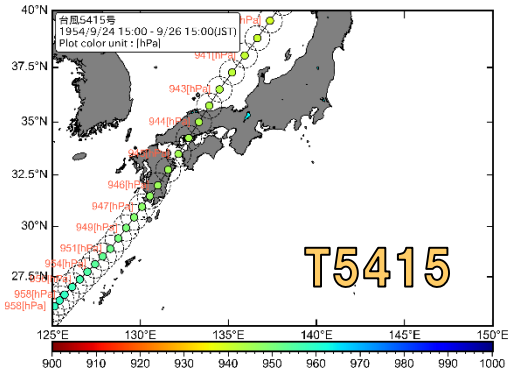
■潮位偏差（高潮）の算出

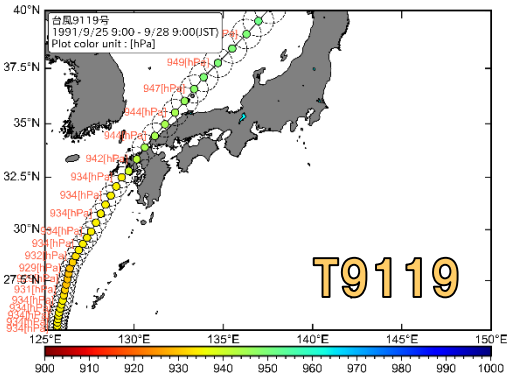
(1)d4PDFを用いた台風中心気圧の補正量の算出

(2)現在気候および将来気候の台風条件の設定

再現期間[年]	補正後の台風中心気圧[hPa]			差分（将来－過去）[hPa]	
	過去実験	2K上昇	4K上昇	2K上昇	4K上昇
2	967.8	968.9	986.0	1.1	18.2
5	956.4	955.3	959.9	−1.1	3.5
10	951.7	948.4	947.6	−3.4	−4.1
20	948.3	944.1	941.9	−4.2	−6.4
50	944.6	940.1	937.4	−4.5	−7.2
100	940.7	936.2	933.3	−4.5	−7.4

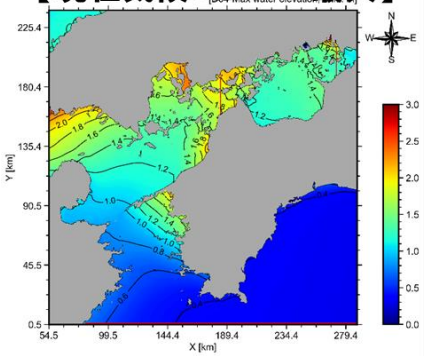




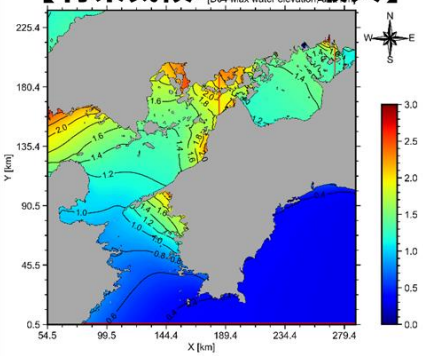


(3)高潮推算シミュレーション

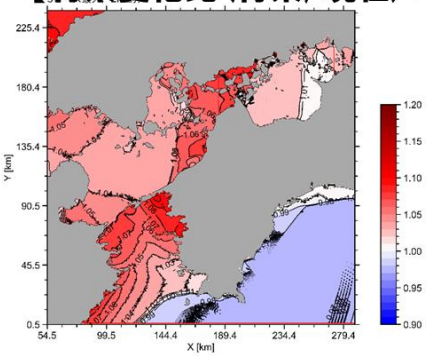
【現在気候：3コース最大】



【将来気候：3コース最大】



【将来変化比（将来/現在）：3コース】



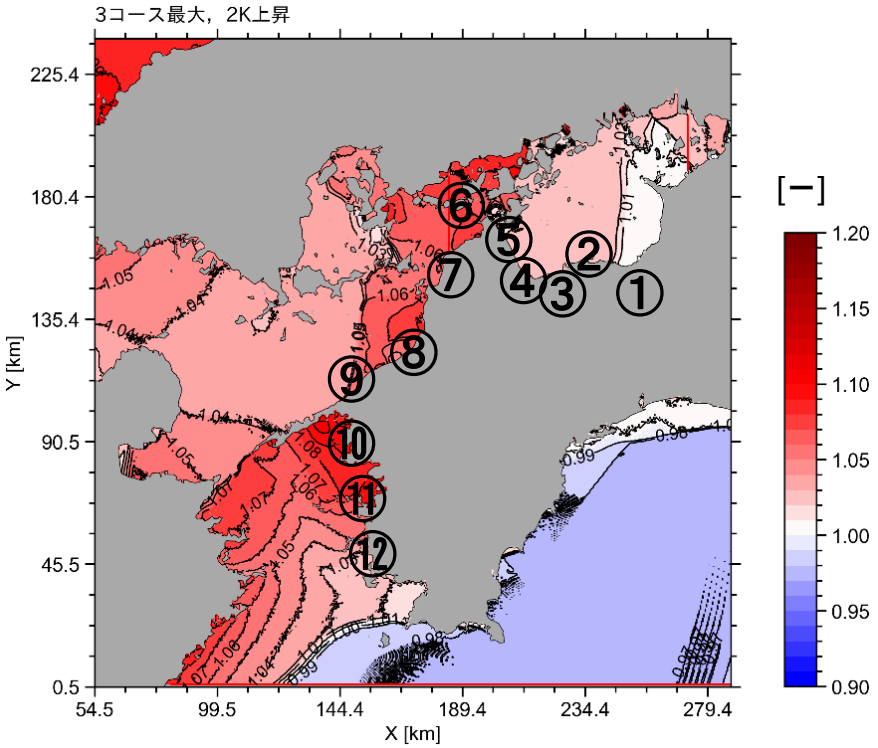
潮位偏差（高潮）の将来変化比の算出

潮位偏差（高潮）の将来予測（2K上昇シナリオ）

- 50年確率の中心気圧を用いた愛媛県沿岸の潮位偏差（高潮）は、燧灘の①～⑤区間で1～3%程度、安芸灘・伊予灘の⑥～⑨区間で3～7%、豊後水道の⑩～⑫区間で3～9%程度の増加が予測される。
- ただし、将来予測シナリオや台風コースの違いによる変動が大きくことが推察され、確信度は低い。

【各沿岸での将来変化比】

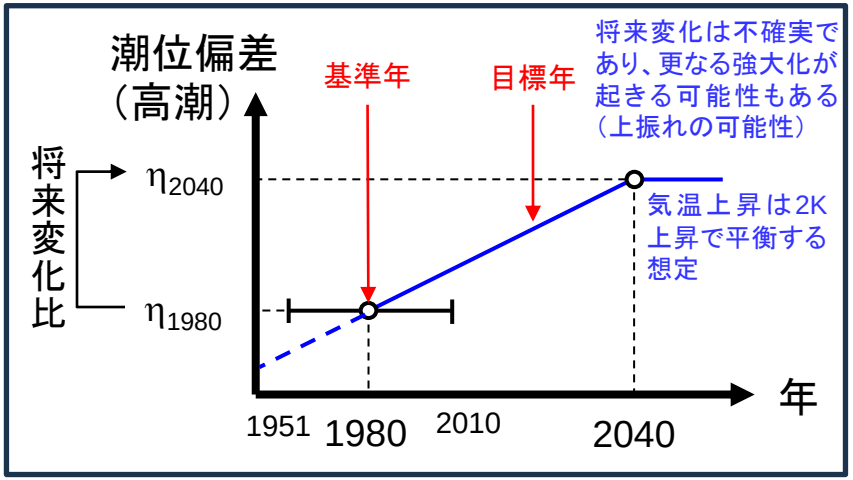
区間	現行政区分	現在気候の潮位偏差（高潮）[m]	将来気候の潮位偏差（高潮）[m]	将来変化比 [将来/現在]
①	四国中央市	1.31	1.32	1.007
②	新居浜市	1.21	1.25	1.026
③	西条市1	1.14	1.17	1.026
④	西条市2	1.13	1.16	1.026
⑤	今治市1	1.21	1.24	1.023
⑥	今治市2	1.37	1.41	1.027
⑦	松山市	1.59	1.69	1.059
⑧	伊予市等	1.87	2.00	1.068
⑨	伊方町1	1.11	1.15	1.040
⑩	伊方町2	1.62	1.77	1.089
⑪	宇和島市等	1.29	1.39	1.078
⑫	愛南町	0.70	0.71	1.026



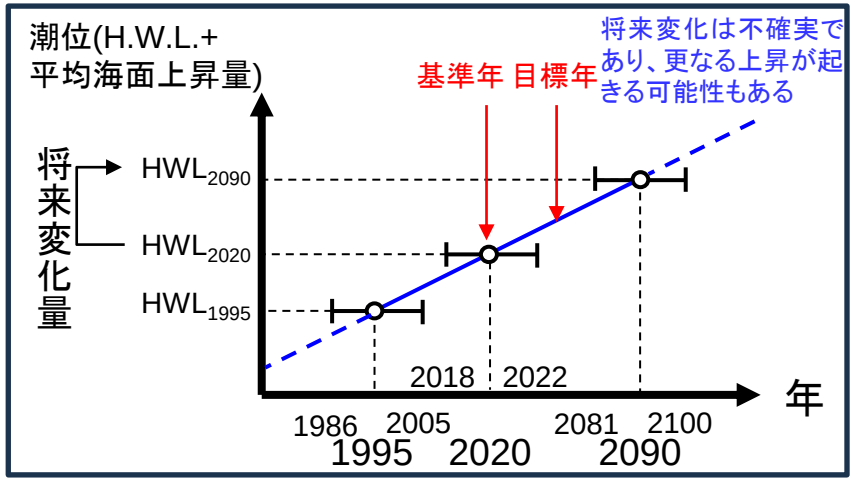
任意年の設計高潮位への反映

□ 気候変動の時間スケールを考慮する場合について、外力の設定方針（案）を示す。

【潮位偏差（高潮）の時間変化の考え方】



【潮位の時間変化の考え方】



□ 潮位偏差の将来変化比は、1980年と2040年の比率とする。

- □ d4PDFの過去実験は1951～2010年であり、平均すると1980年相当となる。
- □ 気温上昇は2040年から一定値（2K上昇）になると想定されており、2040年までは線形増加とする。

□ 目標年（設計供用期間末の年）が2040年以前であれば、左図をもとに算定する。

- □ 基準年（現況の設計外力の算定年）は、1980年とする。

□ 潮位の将来変化量（朔望平均満潮位H.W.L.+平均海面の上昇量）は、2020年～2090年の増分とする。

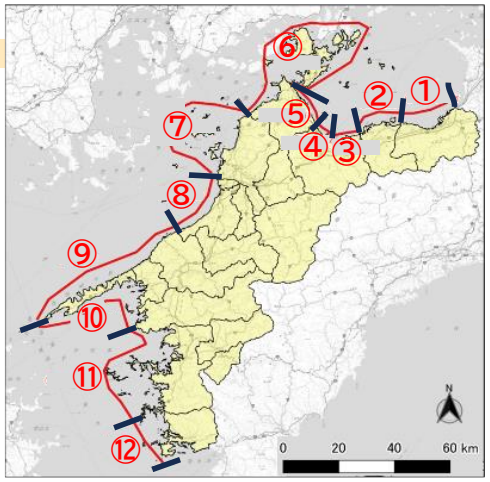
- □ 「日本の気候変動2020」では1986～2005年（20世紀末）を基準とし、2081～2100年（21世紀末）までの水位上昇を想定しているため、これらの平均年を採用し、将来変化量は線形増加（0.41cm/year）として扱う。

□ 目標年（設計供用期間末の年）が2090年以前であれば、左図をもとに算定する。

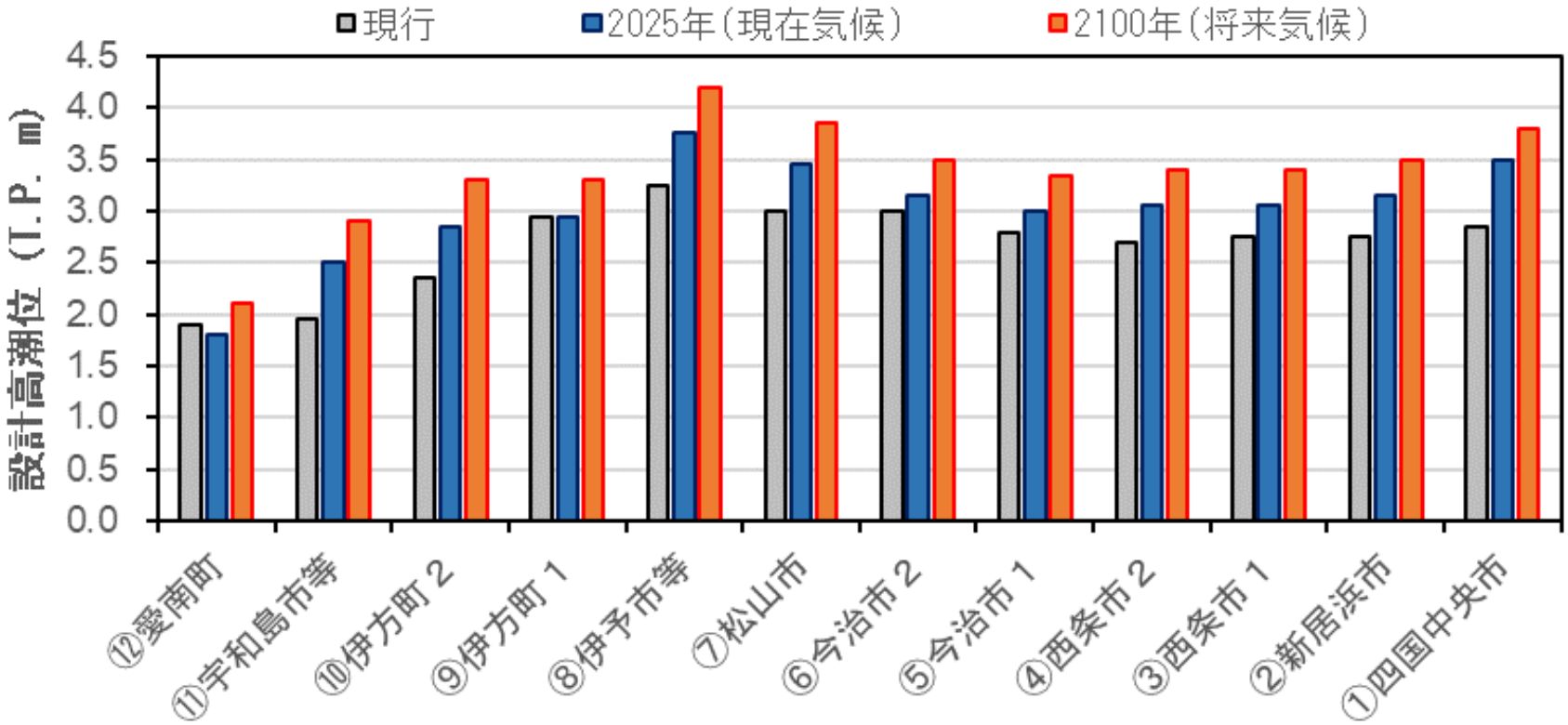
- □ 朔望平均満潮位H.W.L.は2018～2022年で算定したため、基準年は、平均の2020年とする。

任意年の設計高潮位への反映

- 各年の潮位偏差（高潮）の将来変化比や平均海面の上昇量を整理し、任意年（目標年）に設定した将来の設計高潮位を算出できる考え方を整理した。



■現行設計高潮位と、見直した潮位条件、将来気候の設計高潮位



設計波高の算出

将来気候の設計波高の設定方針

【波浪推算モデルの設定】

- 波浪推算の計算条件を設定する。
- 実績台風の再現計算により、経験的台風モデルの最大旋衡風速半径r_0を設定する。

経験的台風モデルのパラメータ調整

↓

【d4PDFの分析とバイアス補正】

＜バイアス補正＞　※高潮モデルと同じ

↓

【波浪推算：B-1の手法】

＜擾乱の選定＞

- 愛媛県沿岸周辺を通過したd4PDFの台風トラックデータを整理する。
- 計算ケースは現在気候：650ケース、将来気候：390ケース（65ケース×6種）。

↓

＜気象場の推算＞

- 経験的台風モデルを用いて、現在気候と将来気候の気象場（風場）を推算する（d4PDFのバイアス補正済み台風トラックデータを使用）。

↓

＜波浪推算の実施＞

- 作成した気象場に対する波浪推算を実施する（計1040ケース）。

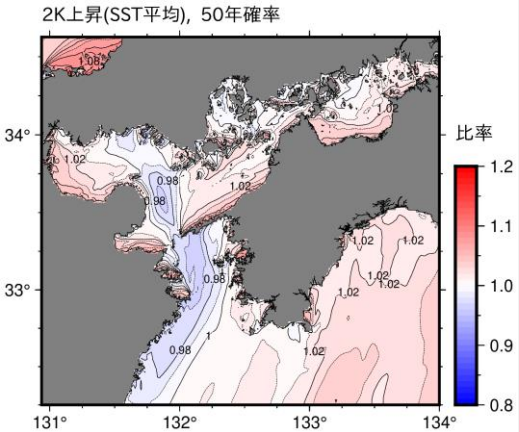
擾乱は台風中心気圧をもとに選定

↓

【結果の整理】

- 現在・将来の波浪推算結果から50年確率波高の平面分布を作成する。
- 50年確率波高の将来変化比（将来／現在）を整理し、将来の設計波高を算定する。

【波高の将来変化比のイメージ】



赤：将来気候において波高が上昇
青：将来気候において波高が減少

経験的台風モデルの設定：　最大旋衡風速半径r_0

- 一般的に、経験的台風モデルを使用すると、波浪が過小評価となる。台風以外の風が無視されるため。
- 波浪を実態に近づけるため、経験的台風モデルの最大旋衡風速半径（r_0）を本多モデルで調整する。※実績台風は観測値を元にr_0を調整できるが、d4PDFの台風ではモデル化が必要。

【本多モデル（2018）によるr_0算定】

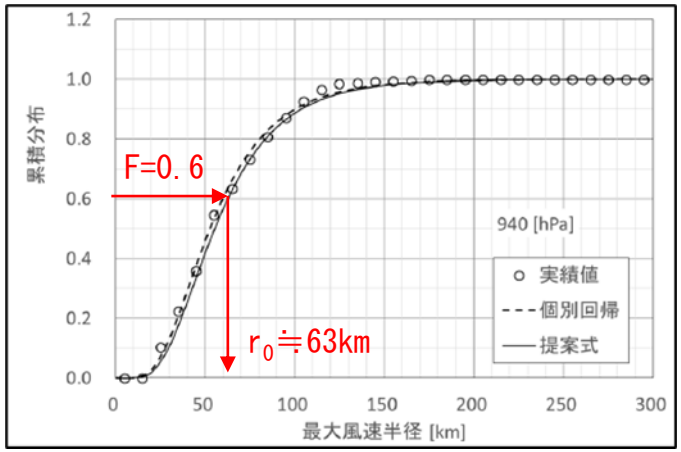
$$r_0 = \exp\{\mu + \sigma \cdot \Phi^{-1}(F)\}$$

$$\mu = \ln\left\{\alpha_\mu \exp\left(\frac{p_c - \beta_\mu}{\gamma_\mu}\right)\right\}$$

$$\sigma = \ln\left\{\alpha_\sigma \exp\left(\frac{p_c - \beta_\sigma}{\gamma_\sigma}\right)\right\}$$

Φ^{-1}は標準正規分布の逆関数, p_cは中心気圧

パラメータ	設定値（全ステージ）
$\alpha_\mu, \beta_\mu, \gamma_\mu$	83.31, 967, 66.18
$\alpha_\sigma, \beta_\sigma, \gamma_\sigma$	1.819, 967, 247.8



図：本多モデルによるr_0の分布

- 本多モデルは、Fを設定すれば、中心気圧に応じてr_0が算出される。
- 最適なF値を検討する。

本多和彦・鮫島和範（2018）：台風の中心気圧と最大風速半径の関係式の確率評価，国土技術政策総合研究所資料，No. 1040，23p.

経験的台風モデルの設定：パラメータFの検討

- 宮崎日向沖、高知西部沖、苅田の観測データを用いたパラメータFを設定値を検討
- 回帰分析を行い、F＝0.9を採用する。

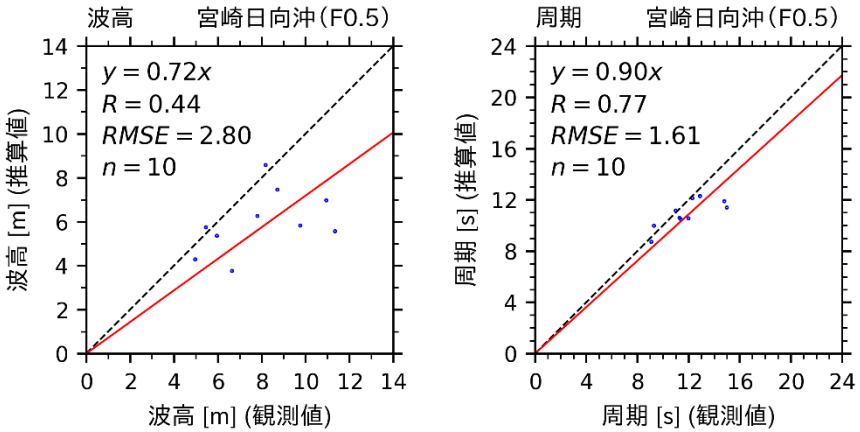


図1：相関解析（宮崎日向沖、F=0.5）

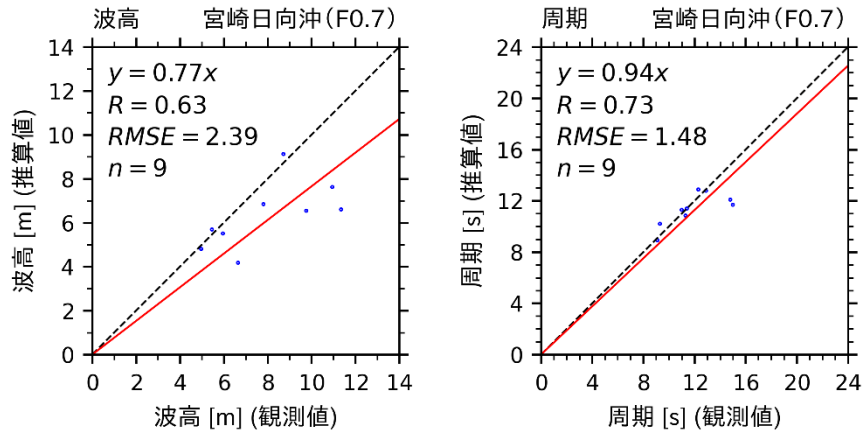


図2：相関解析（宮崎日向沖、F=0.7）

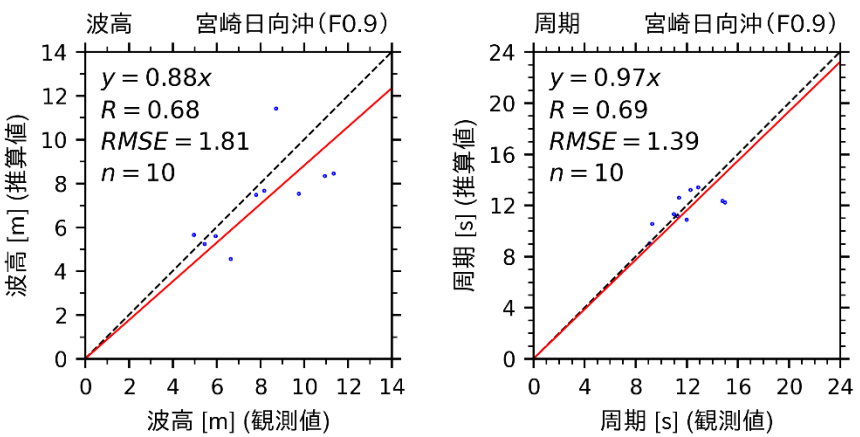


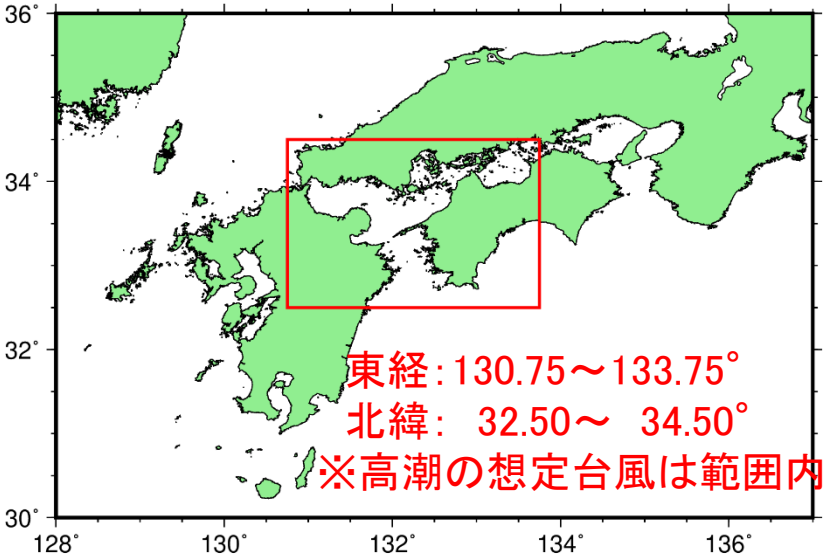
図3：相関解析（宮崎日向沖、F=0.9）

- F=0.5は波高が過小評価傾向
- F=0.9は、回帰係数（傾き）が1.0に近い。

波浪推算シミュレーション計算ケースの設定

- 愛媛県周辺を通過する台風のうち、中心気圧の低い台風を選定する。
- 検討ケース数は、10年確率値以上が算定できる個数を確保する（平均発生率 λ>0.1）。

【台風の検討範囲（赤枠）】



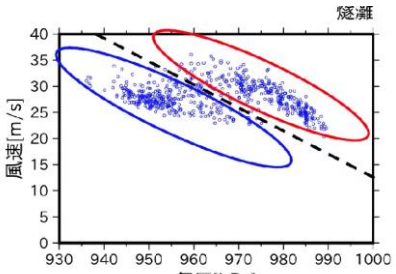
表：台風の採用ケース数

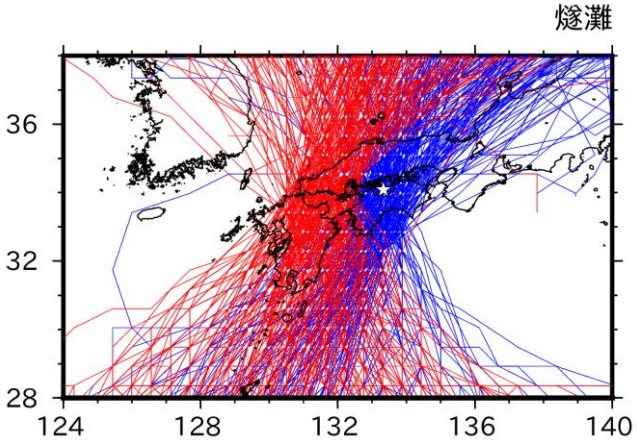
種類	年数	採用ケース数	平均発生率 λ
d4PDF過去実験	6000	650	0.108
d4PDF2K上昇	549	390※（65×6モデル）	0.118

※2K上昇は、SST（表層海水温シナリオ）が6種類あり、全ケースは65×6＝390ケース（SSTは6種類をそれぞれ同数抽出する。）

検討に用いた台風経路

◆風速の強弱の2グループに分けて経路を整理
◆観測地点の西側の通り台風は、風速が強い傾向にある。
（右図は燧灘の風速の事例）

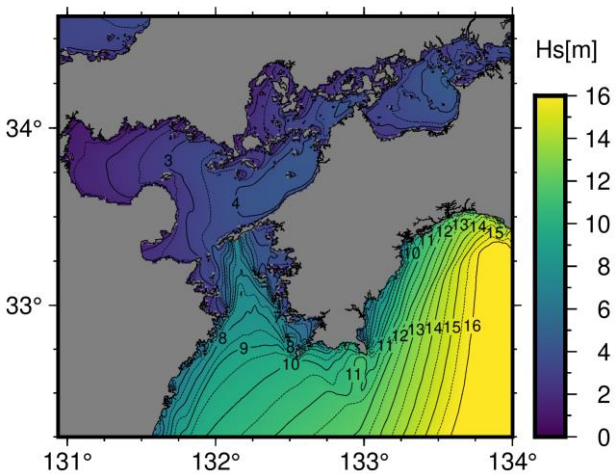




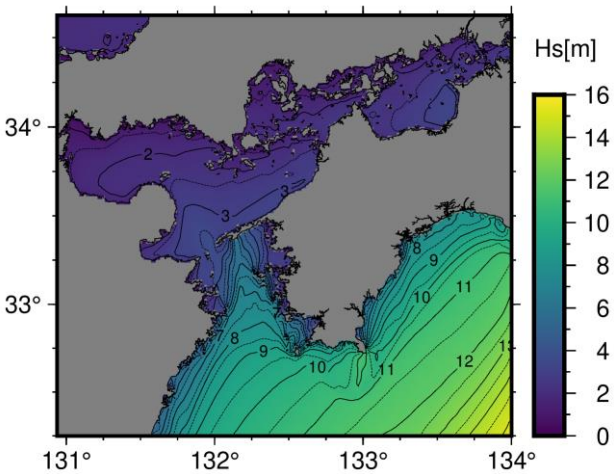
波浪推算の実施

- 各台風について、経験的台風モデル（本多モデル, F=0.9）で海上風を推算する。
- 推定された風速データを入力値として、波浪推算を実施する。
- 各台風ケースについて、最大波高分布を整理する。

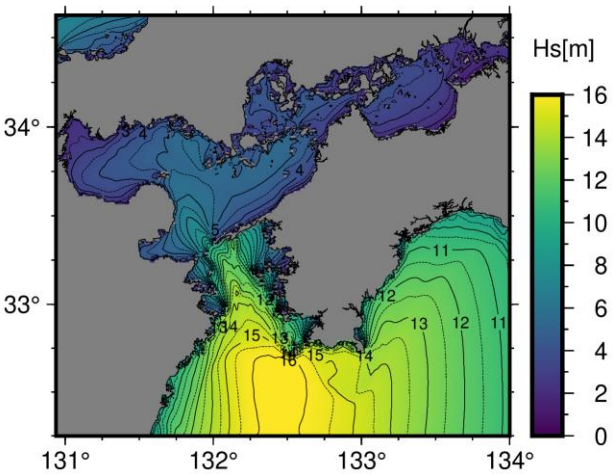
【最大波高分布の一例】



ケース1



ケース2



ケース3

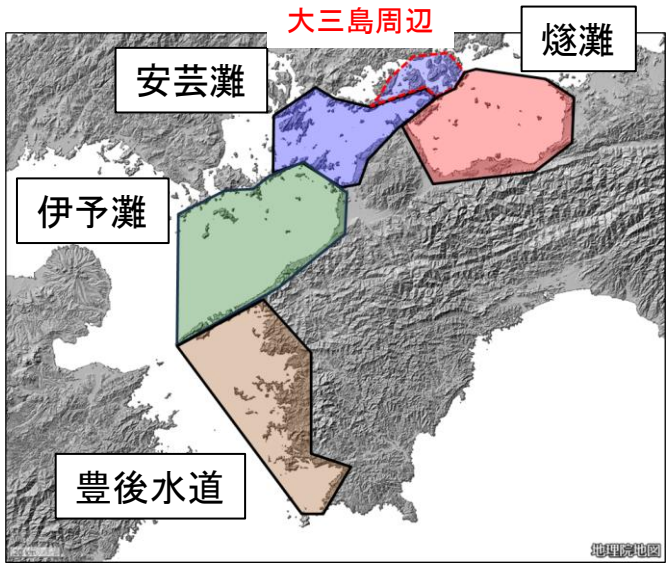
・・・

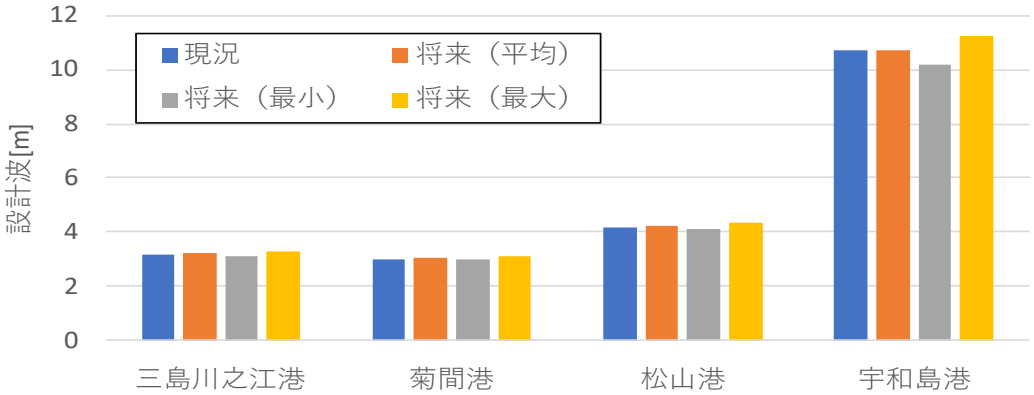
- 各ケースで、最大波高の分布は様々。
- これらを統計的に処理して、確率波を算定する。
- 確率波高の算出は、ノンパラメトリック法（ブートストラップ法）を用いる。

設計波への反映：　各海域での算出

□ 海域を以下の4つに分割し、各海域の波高変化比を算出した。

港湾	海域	SST平均の将来変化比（最小～最大）	50年確率波高[m]	
			現況	SST平均の将来値（最小～最大）
三島川之江港沖	燧灘	1.02（0.99～1.04）	3.16	3.22（3.13～3.29）
菊間港沖	安芸灘	1.01（0.99～1.03）	3.01	3.04（2.98～3.10）
松山港沖	伊予灘	1.02（0.99～1.04）	4.16	4.24（4.12～4.33）
宇和島港沖	豊後水道	1.00（0.95～1.05）	10.73	10.73（10.19～11.27）





□ 燧灘：三崎～百貫島～弓削島～伯方島～大島～来島海峡を結ぶライン

□ 安芸灘：来島海峡～伯方島～大三島～大崎下島～呉～江田島～柱島～周防大島～中島～興居島を結ぶライン

□ 伊予灘：興居島～中島～周防大島～長島～佐田岬を結ぶライン

□ 豊後水道：佐田岬～沖ノ島～柏島を結ぶライン

※大三島周辺（赤点線区域）は、保守側の値として、安芸灘の結果を流用する。

まとめ

海岸保全に影響する外力の将来変化予測結果（まとめ）

■既往計画（改定前）

	潮　位	潮位偏差（高潮）	波　浪
設定方法	既往最高潮位発生時の潮位	既往最高潮位発生時の潮位	30年確率、50年確率波
備考			SMB法、波浪推算モデルを使用

■気候変動の影響を踏まえた計画外力

海面上昇量

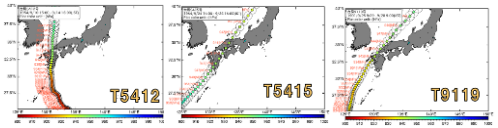
- ◆ 気候変動の影響を踏まえた海岸保全施設の計画外力の設定に関する参考資料※を参照。（※R3年8月課長補佐事務連絡）
- ◆ 21世紀末における愛媛県沿岸を含む領域の平均海面上昇量は、2℃上昇シナリオで20世紀末に対し約0.39m(0.22～0.56)上昇するとの報告がある。

※黒潮蛇行による影響についても無視できないことから、沿岸域の水位をモニタリングする。

潮位偏差（高潮）・波浪

【潮位偏差】

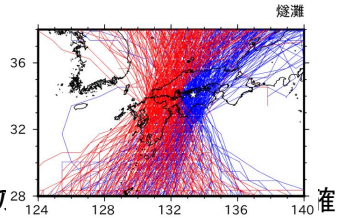
再現期間[年]	補正後の台風中心気圧[hPa]			差分（将来－過去）[hPa]	
	過去実験	2K上昇	4K上昇	2K上昇	4K上昇
2	967.8	968.9	986.0	1.1	18.2
5	956.4	955.3	959.9	−1.1	3.5
10	951.7	948.4	947.6	−3.4	−4.1
20	948.3	944.1	941.9	−4.2	−6.4
50	944.6	940.1	937.4	−4.5	−7.2
100	940.7	936.2	933.3	−4.5	−7.4



- ◆ 潮位偏差は、既往最高潮位をもたらした実績台風（T5412、T5415、T9119）の中心気圧と同程度の生起確率となる中心気圧を設定し、その際の外力を推算して、将来の計画外力とする。　→方法A-1
- ◆ 中心気圧の将来変化をd4PDFの台風トラックデータから算出する。台風半径、移動速度、経路は実績台風と同じものを採用する。

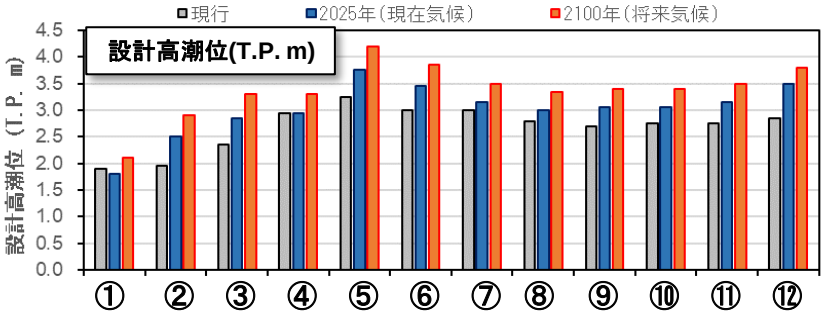
【波浪】

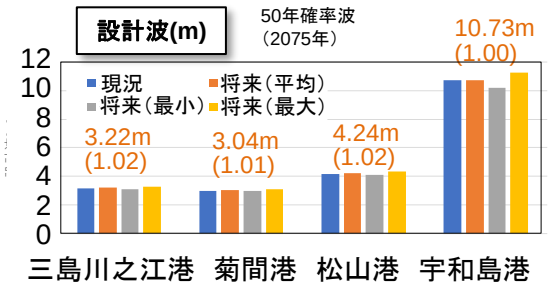
種類	年数	採用ケース数	平均発生率 λ
d4PDF過去実験	6000	650	0. 108
d4PDF2K上昇	549	390※（65×6モデル）	0. 118



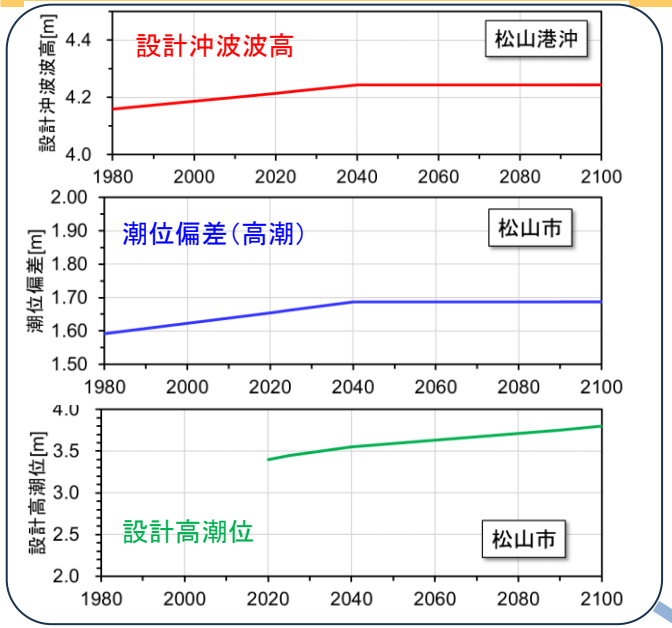
- ◆ 波浪は、将来気候下で発生する台風について、推算地点の値を確率処理して、現行計画と同じ生起確率の値を将来外力とする。
- ◆ 解析ケースは、d4PDFの台風トラックデータから愛媛県周辺を通過する中心気圧の確率値以上が算定できる個数（平均発生率 λ>0.1）を選定する。

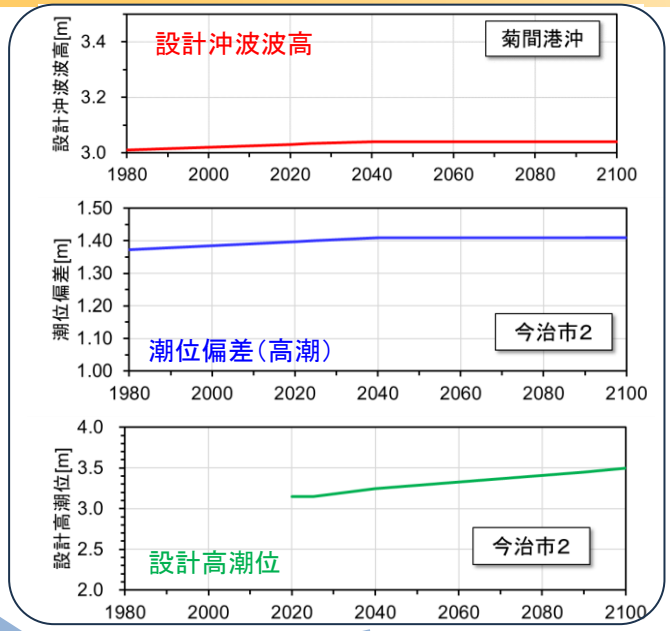
区間 現行政区分		現在気候の潮位偏差[m]	将来気候の潮位偏差[m]	将来変化比[将来/現在]
①	四国中央市	1.31	1.32	1.007
②	新居浜市	1.21	1.25	1.026
③	西条市1	1.14	1.17	1.026
④	西条市2	1.13	1.16	1.026
⑤	今治市1	1.21	1.24	1.023
⑥	今治市2	1.37	1.41	1.027
⑦	松山市	1.59	1.69	1.059
⑧	伊予市等	1.87	2.00	1.068
⑨	伊方町1	1.11	1.15	1.040
⑩	伊方町2	1.62	1.77	1.089
⑪	宇和島市等	1.29	1.39	1.078
⑫	愛南町	0.70	0.71	1.026

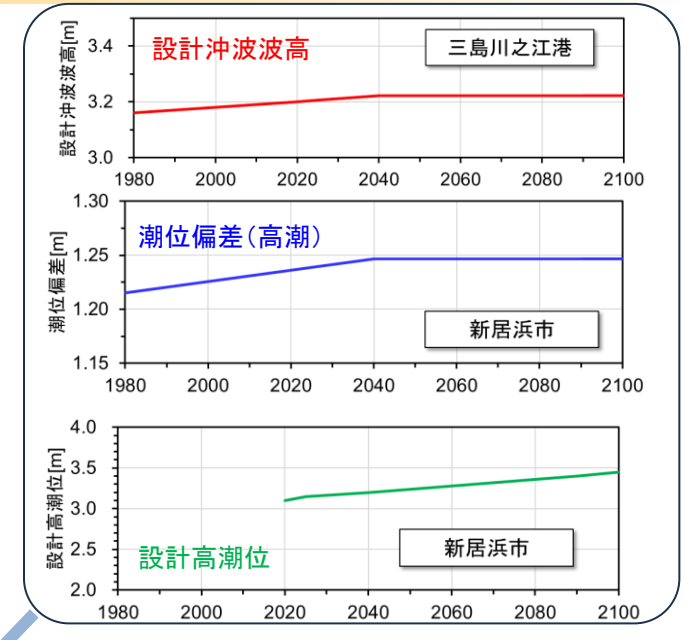


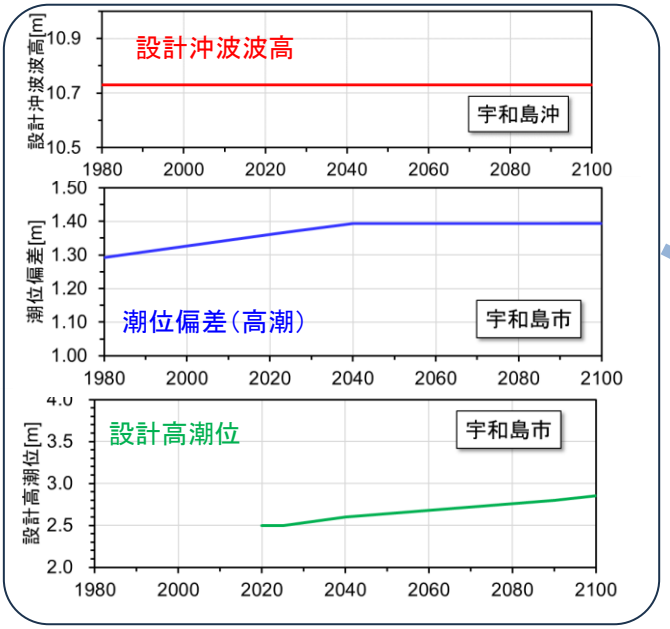


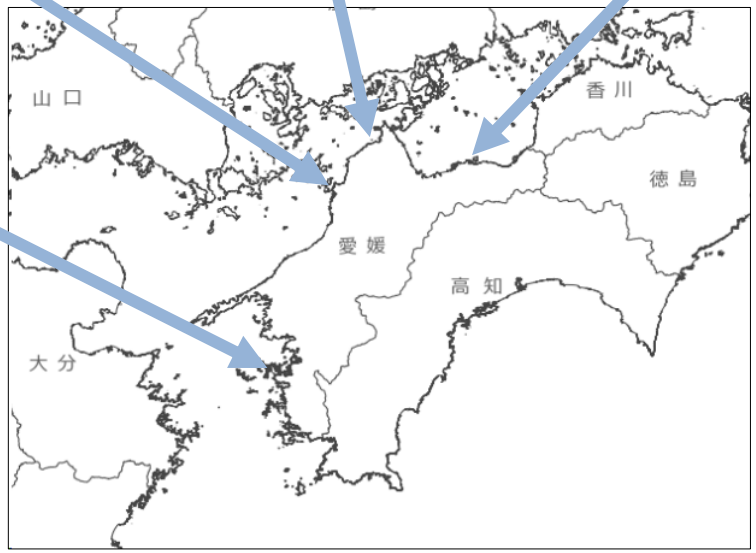
海岸保全に影響する外力の将来変化予測結果（まとめ）











参考資料

～4K上昇の潮位偏差（高潮）検討結果～

～気候変動の影響を踏まえた海岸保全施設の計画外力の設定に関する留意事項等（本省資料）～

現在気候および将来気候の台風条件の設定

＜中心気圧＞※条件をわかりやすくするため、いずれの台風も同様な条件に設定

- 最も勢力が強いT9119の中心気圧が約50年確率かつ供用期間が50年間の施設が多いことから現在気候および将来気候の中心気圧（接近時）は50年確率を設定する。
- T5412,T5415の中心気圧を参照すれば将来には気候変動の影響を受けないといった考え方もできる。しかしながら、これらの台風は再現期間が短く、台風の低頻度化の影響を強く受けている。気候変動の不確実性から評価が難しい位置付けであるため、台風の強大化の影響を明確に受けている50年確率の中心気圧を参照する方が望ましいと考える。

＜最大旋衡風速半径＞

- 最大旋衡風速半径は、経験的台風モデルにおいて台風の中心位置からの同心円状の気圧勾配や強風が吹く位置を決定づけるパラメータであり、中心気圧と相関がある。そのため、最大旋衡風速半径は一意に定まる河合らの式を用いて、中心気圧毎に推定する。

＜移動速度＞

- 移動速度は、実績台風や高潮浸水想定による設定を踏襲する。

【現在および将来の再現期間毎の中心気圧】

再現期間[年]	補正後の台風中心気圧[hPa]			差分（将来－過去）[hPa]	
	過去実験	2K上昇	4K上昇	2K上昇	4K上昇
2	967.8	968.9	986.0	1.1	18.2
5	956.4	955.3	959.9	−1.1	3.5
10	951.7	948.4	947.6	−3.4	−4.1
20	948.3	944.1	941.9	−4.2	−6.4
50	944.6	940.1	937.4	−4.5	−7.2
100	940.7	936.2	933.3	−4.5	−7.4

※T5412，T5415，T9119は現行の設計高潮位の根拠となる既往最高潮位をもたらした台風

※本資料は4K上昇の条件を設定

[出典]河合ら：2004年に発生した台風の特徴と高潮の予測・再現計算，港湾空港技術研究所資料，No.1103，34p.，2005.

現在気候および将来気候の高潮推算

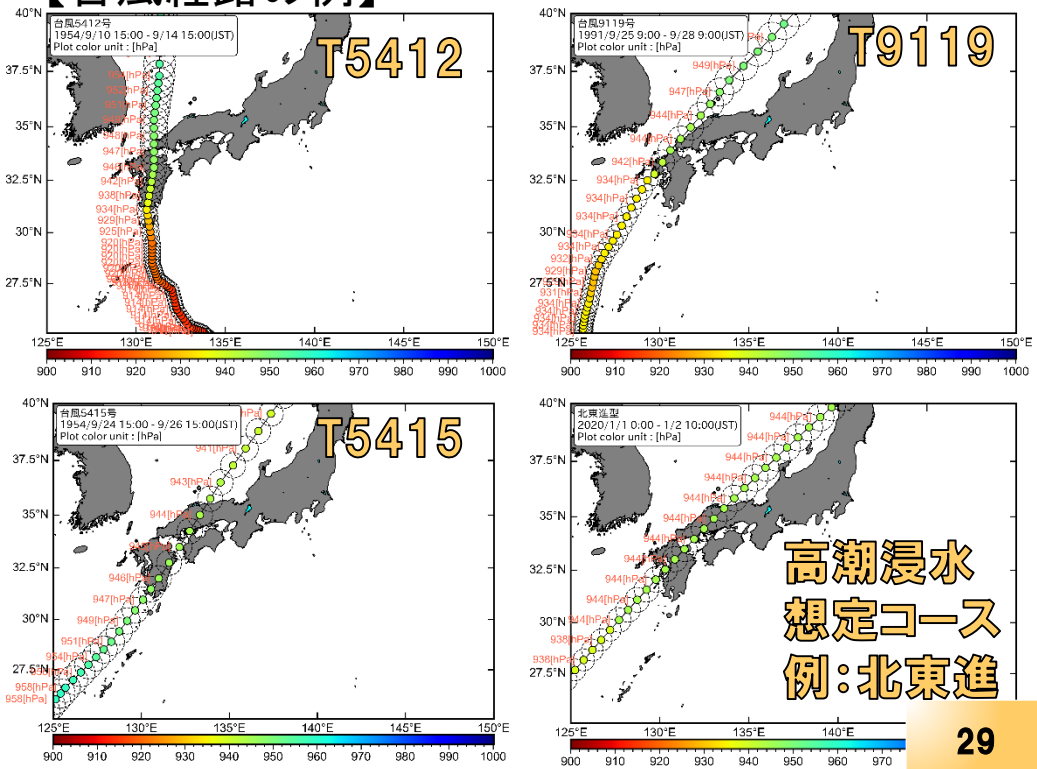
- 第2回専門部会で構築した高潮推算モデルを用いた現在気候および将来気候の高潮推算（高潮）結果を再整理する。
- 現在気候および将来気候の潮位偏差（高潮）について、各沿岸に影響する台風を考慮するために、各台風による推算の潮位偏差を空間的に最大包絡を取る対応が良いと判断した。
- ただし、汀線においても最大包絡を取るのは過剰と考え、各沿岸における代表値は汀線において平均した値を整理する。

※T5412, T5415, T9119は現行の設計高潮位の根拠となる既往最高潮位をもたらした台風
※中心気圧は前述の通り、50年確率を設定（現在：944.6hPa, 将来：940.1hPa）

【現在・将来気候の計算条件】

項目	設定
格子領域	5,400m格子～150m格子まで5領域のネスティング
座標系	平面直角座標系
計算時間間隔	CFL条件から設定
基礎方程式	非線形長波式
海面抵抗係数	本多・光易（1980）モデル
ラディエーションストレス	考慮なし ※再現計算の予備検討から波浪の効果（SWANを利用）はほぼ影響しないことを確認済み
層分割	単層モデル（1層）
海底粗度係数	n = 0.025
沖側境界条件	他領域と水位・流量を接続（第1領域は自由透過）
陸側境界条件	完全反射（浸水計算は実施しない）
計算潮位	各海岸のM.S.L.の平均値（T.P.+0.0m）
対象とする台風	T5412, T5415, T9119の現在気候および将来気候 高潮浸水想定コース（北東進、東北東進、東進、西進、北北西進）の現在気候および将来気候

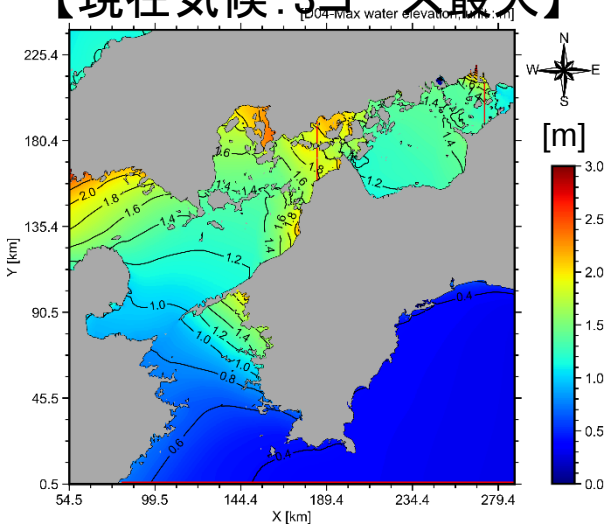
【台風経路の例】



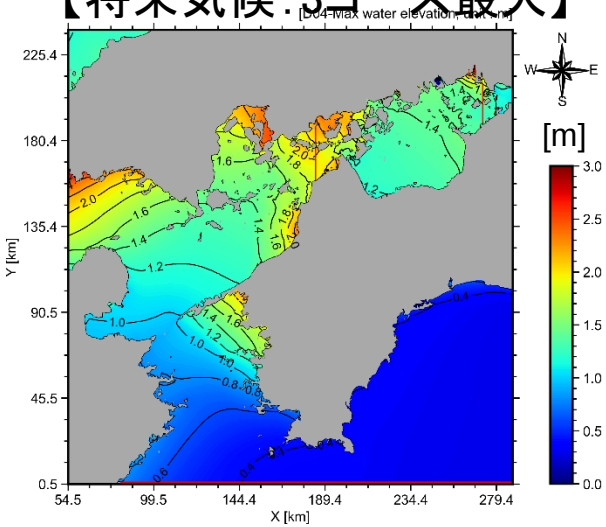
最大潮位偏差の平面分布の最大包絡（2K上昇）

- 3コース（T5412,T5415,T9119）および8コース（T5412,T5415,T9119+高潮浸水想定5コース）で空間的に最大包絡を取った潮位偏差を整理した。8コースによる整理は参考とする。

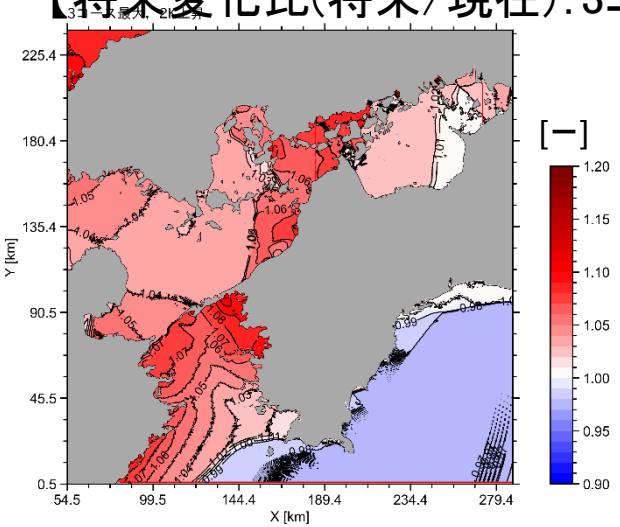
【現在気候：3コース最大】



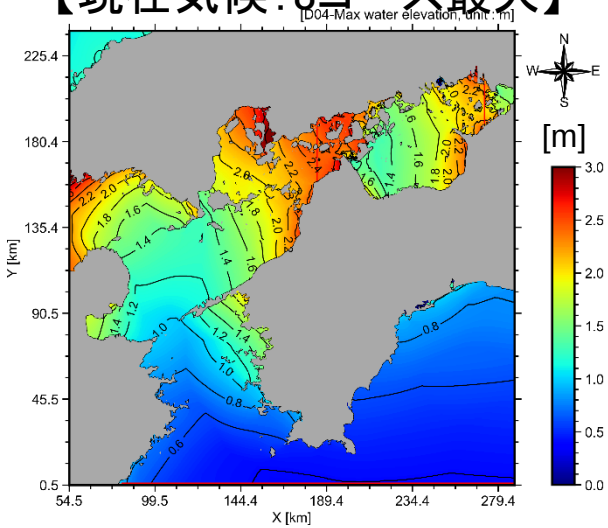
【将来気候：3コース最大】



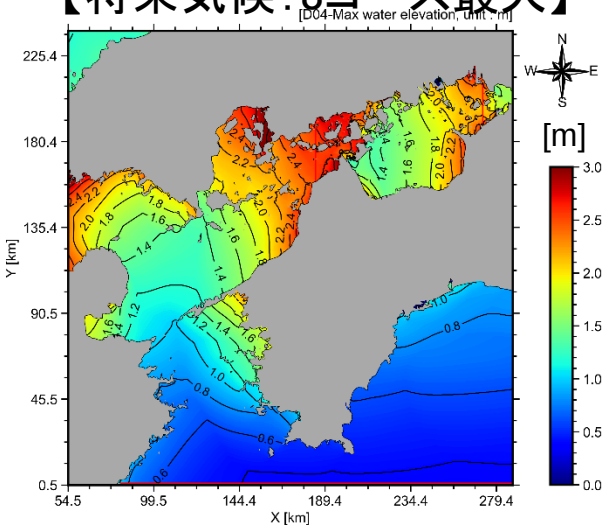
【将来変化比(将来/現在)：3コース】



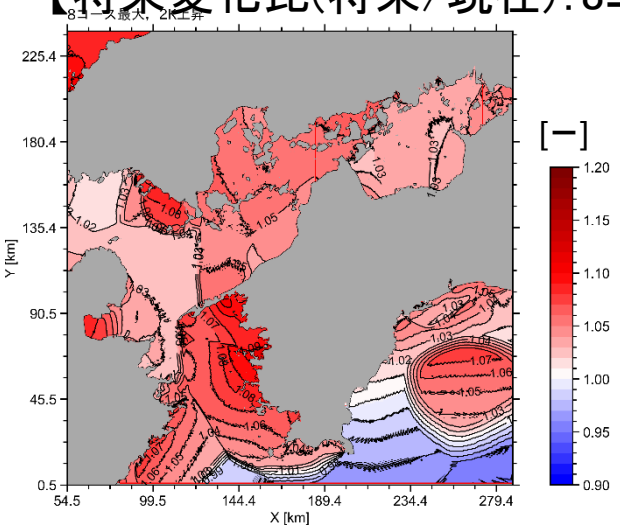
【現在気候：8コース最大】



【将来気候：8コース最大】



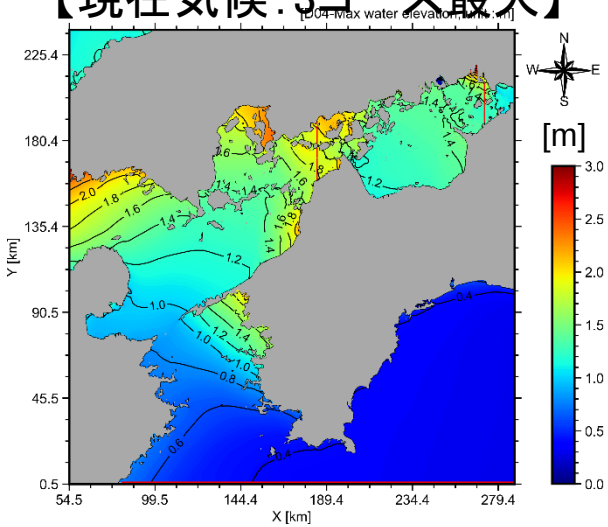
【将来変化比(将来/現在)：8コース】



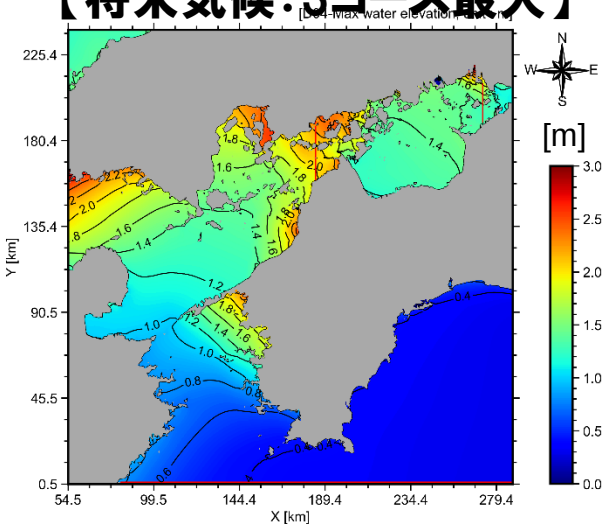
最大潮位偏差の平面分布の最大包絡(4K上昇)

- 3コース(T5412,T5415,T9119)および8コース(T5412,T5415,T9119+高潮浸水想定5コース)で空間的に最大包絡を取った潮位偏差を整理した。8コースによる整理は参考とする。

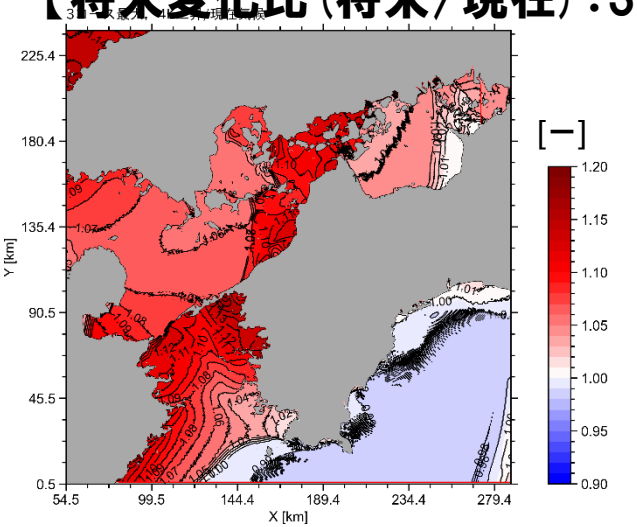
【現在気候:3コース最大】



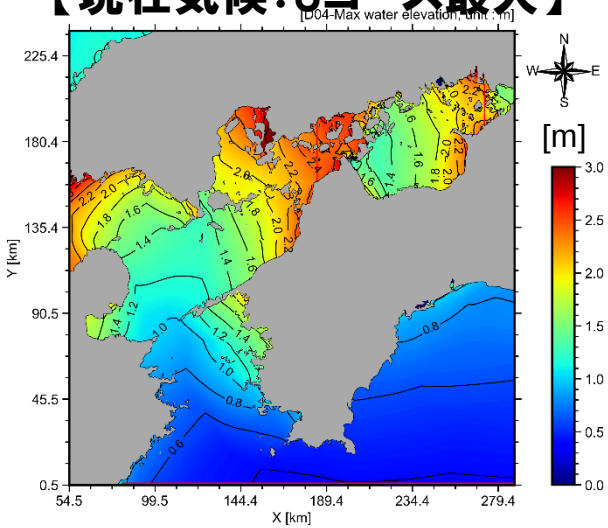
【将来気候:3コース最大】



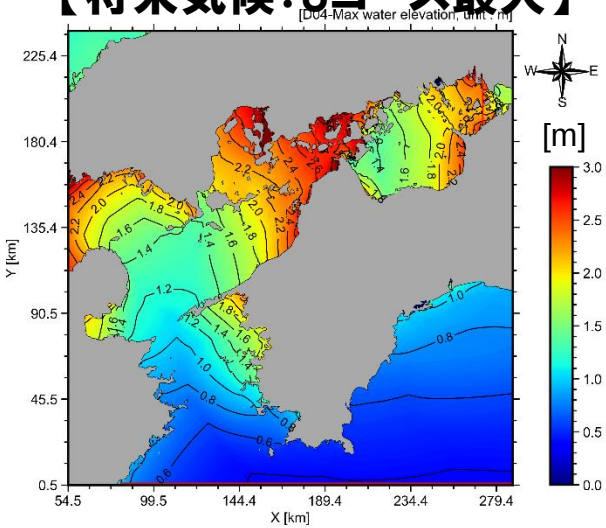
【将来変化比(将来/現在):3コース】



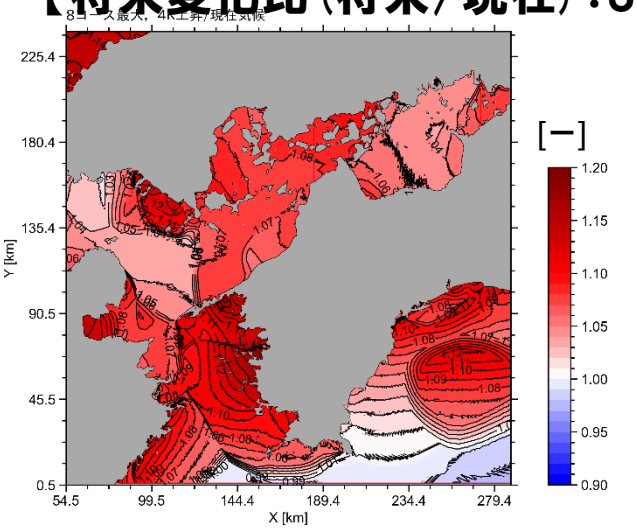
【現在気候:8コース最大】



【将来気候:8コース最大】

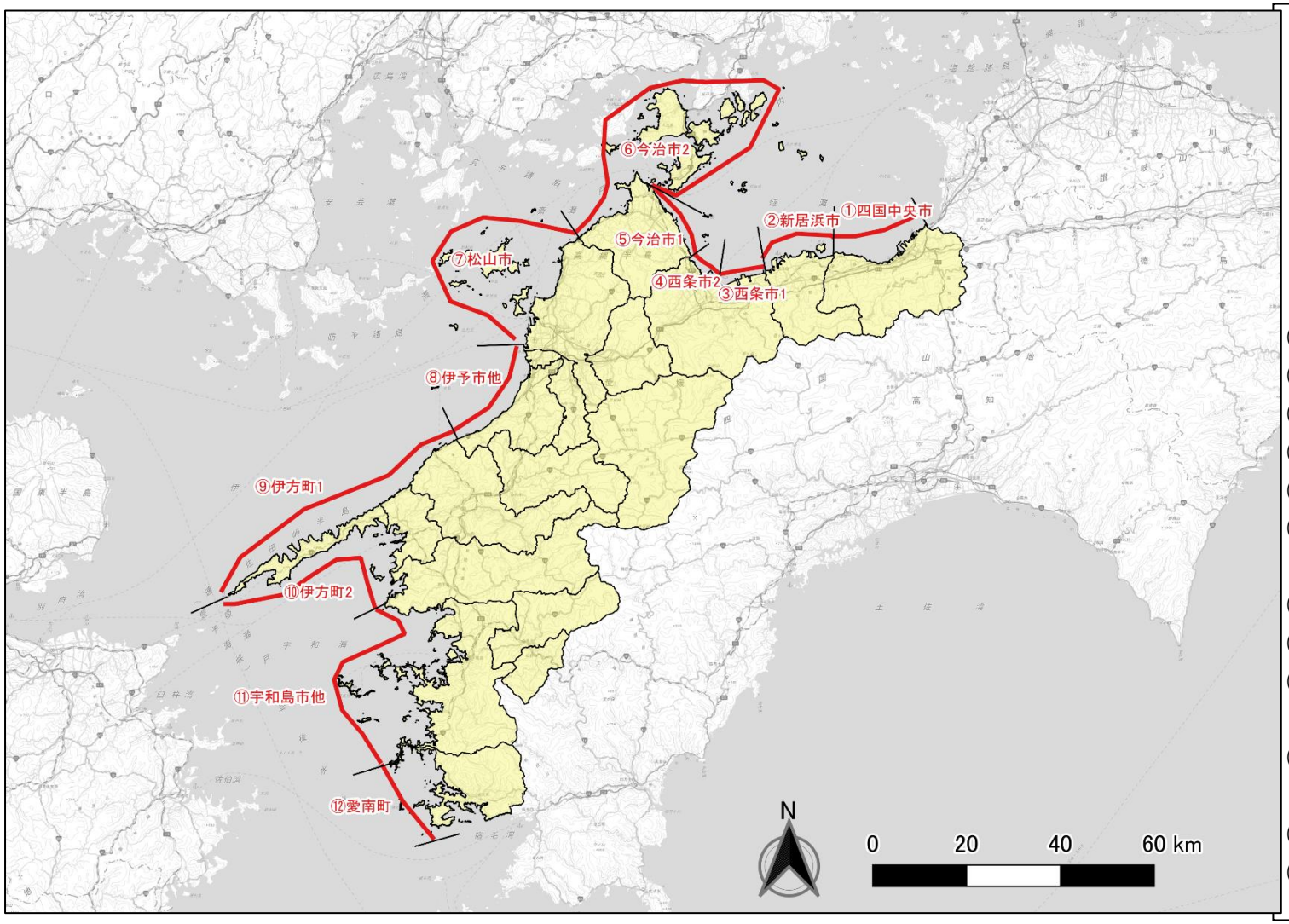


【将来変化比(将来/現在):8コース】



設計高潮位の算出区間の整理

【設計高潮位の算出区間（全12区間）】



- 現行の設計高潮位は平成29年度に変更されている。
- 設定する設計高潮位は、現行の設計高潮位の算出区間と同様な区間を設定する。

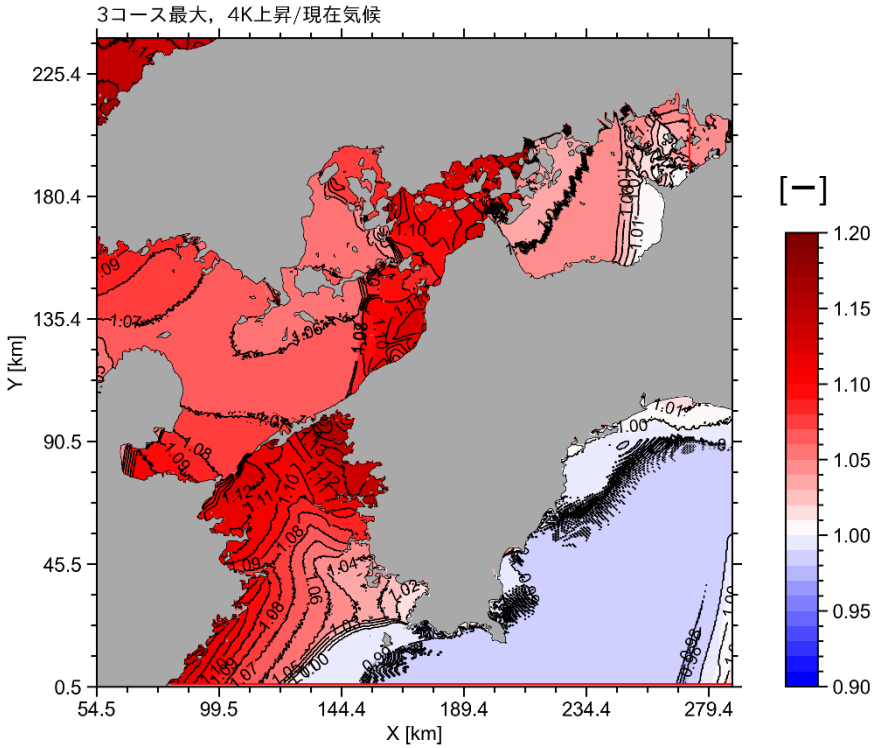
①：四国中央市
②：新居浜市
③：西条市禎瑞～船屋
④：西条市河原津～今在家
⑤：今治市砂場町～桜井
⑥：今治市菊間町～小浦町、島嶼部
⑦：松山市
⑧：伊予市、松前町
⑨：伊方町(伊予灘側)、八幡浜市(伊予灘側)、大洲市
⑩：伊方町(宇和島側)、八幡浜市(宇和島側)、西予市三瓶町
⑪：宇和島市、西予市明浜町
⑫：愛南町

潮位偏差の将来変化比の算出(2K上昇)

□ 各沿岸での潮位偏差の将来変化比を算出する。

【各沿岸での将来変化比】

区間 現行政区分		現在気候の潮位偏差[m]	将来気候の潮位偏差[m]	将来変化比[将来/現在]
①	四国中央市	1.31	1.32	1.007
②	新居浜市	1.21	1.25	1.026
③	西条市1	1.14	1.17	1.026
④	西条市2	1.13	1.16	1.026
⑤	今治市1	1.21	1.24	1.023
⑥	今治市2	1.37	1.41	1.027
⑦	松山市	1.59	1.69	1.059
⑧	伊予市等	1.87	2.00	1.068
⑨	伊方町1	1.11	1.15	1.040
⑩	伊方町2	1.62	1.77	1.089
⑪	宇和島市等	1.29	1.39	1.078
⑫	愛南町	0.70	0.71	1.026



潮位偏差の将来予測(2K上昇シナリオ)

□ 50年確率の中心気圧を用いた愛媛県沿岸の潮位偏差は、燧灘の①～⑤区間で1～3%程度、安芸灘・伊予灘の⑥～⑨区間で3～7%、豊後水道の⑩～⑫区間で3～9%程度の増加が予測される。

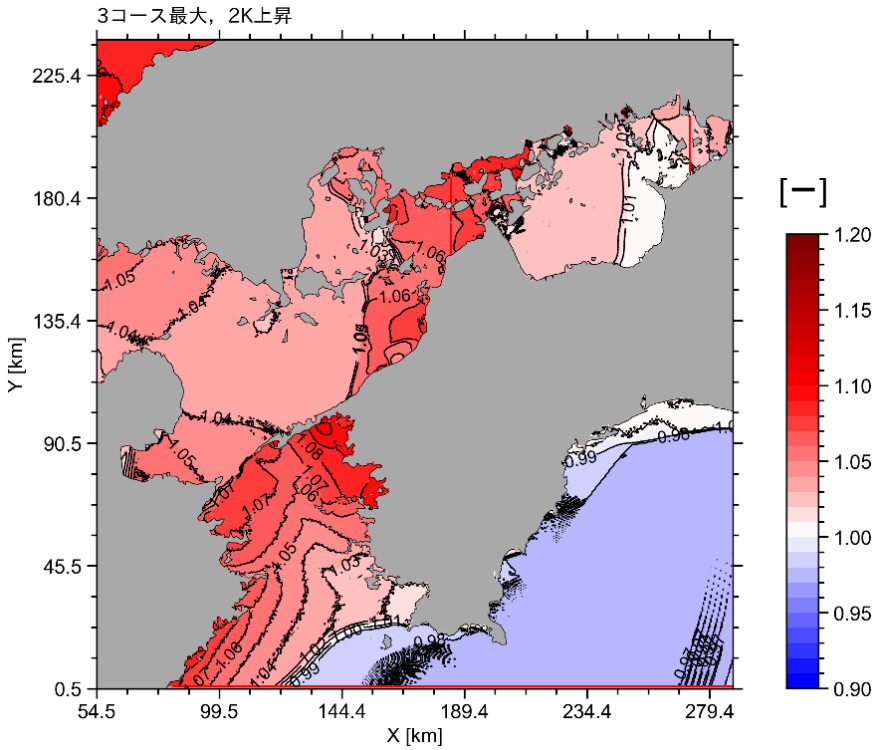
□ ただし、将来予測シナリオや台風コースの違いによる変動が大きくことが推察され、確信度は低い。

潮位偏差の将来変化比の算出(4K上昇)

□ 各沿岸での潮位偏差の将来変化比を算出する。

【各沿岸での将来変化比】

区間		現在気候の潮位偏差[m]	将来気候の潮位偏差[m]	将来変化比[将来/現在]
現行政区分				
①	四国中央市	1.31	1.33	1.013
②	新居浜市	1.21	1.27	1.045
③	西条市1	1.14	1.19	1.046
④	西条市2	1.13	1.18	1.045
⑤	今治市1	1.21	1.26	1.040
⑥	今治市2	1.37	1.44	1.048
⑦	松山市	1.59	1.74	1.093
⑧	伊予市等	1.87	2.08	1.112
⑨	伊方町1	1.11	1.18	1.070
⑩	伊方町2	1.62	1.85	1.142
⑪	宇和島市等	1.29	1.45	1.123
⑫	愛南町	0.70	0.72	1.037



潮位偏差の将来予測(4K上昇シナリオ)

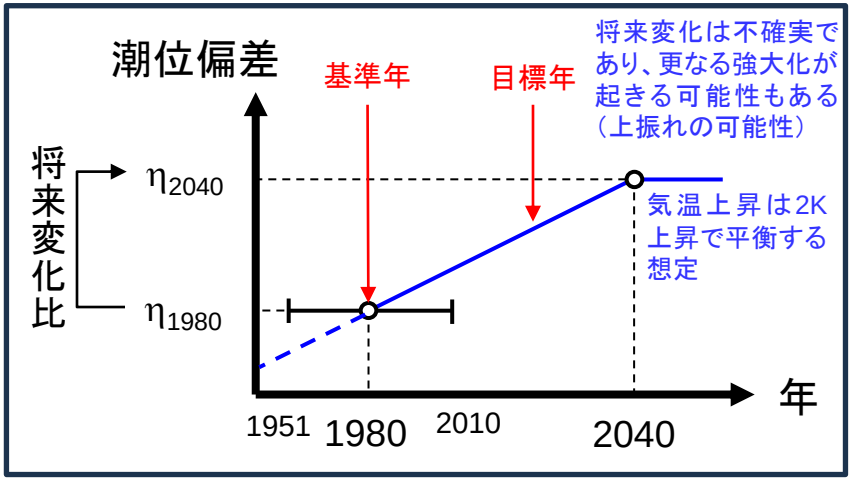
□ 50年確率の中心気圧を用いた愛媛県沿岸の潮位偏差は、燧灘の①～⑤区間で1～5%程度、安芸灘・伊予灘の⑥～⑨区間で5～11%、豊後水道の⑩～⑫区間で4～14%程度の増加が予測される。

□ ただし、将来予測シナリオや台風コースの違いによる変動が大きくことが推察され、確信度は低い。

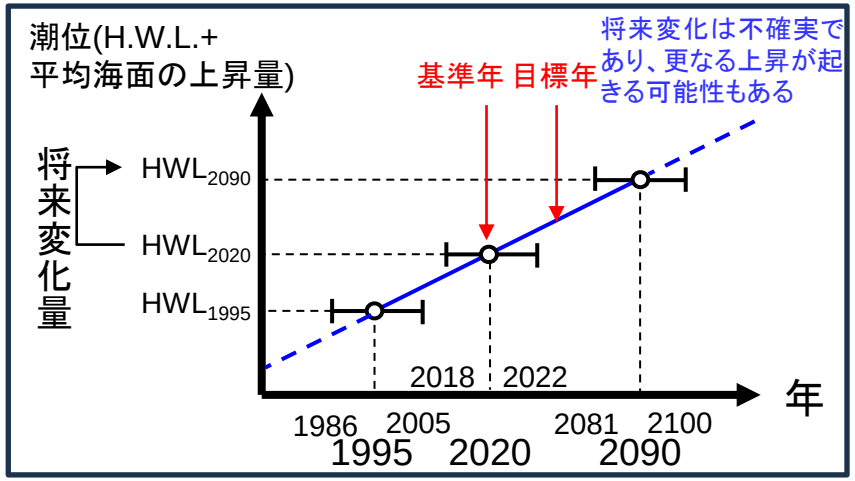
任意年の設計高潮位への反映(2K上昇)

□ 気候変動の時間スケールを考慮する場合について、外力の設定方針(案)を示す。

【潮位偏差の時間変化の考え方】



【潮位の時間変化の考え方】



□ 潮位偏差の将来変化比は、1980年と2040年の比率とする。

- □ d4PDFの過去実験は1951～2010年であり、平均すると1980年相当となる。
- □ 気温上昇は2040年から一定値(2K上昇)になると想定されており、2040年までは線形増加とする。

□ 目標年(設計供用期間末の年)が2040年以前であれば、左図をもとに算定する。

- □ 基準年(現況の設計外力の算定年)は、1980年とする。

□ 潮位の将来変化量(朔望平均満潮位H.W.L.+平均海面の上昇量)は、2020年～2090年の増分とする。

- □ 「日本の気候変動2020」では1986～2005年(20世紀末)を基準とし、2081～2100年(21世紀末)までの水位上昇を想定しているため、これらの平均年を採用し、将来変化量は線形増加(0.41cm/year)として扱う。

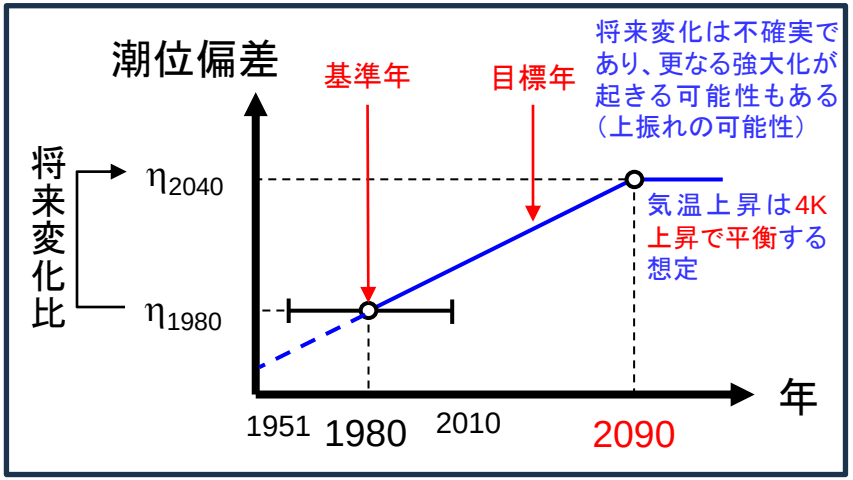
□ 目標年(設計供用期間末の年)が2090年以前であれば、左図をもとに算定する。

- □ 朔望平均満潮位H.W.L.は2018～2022年で算定したため、基準年は、平均の2020年とする。

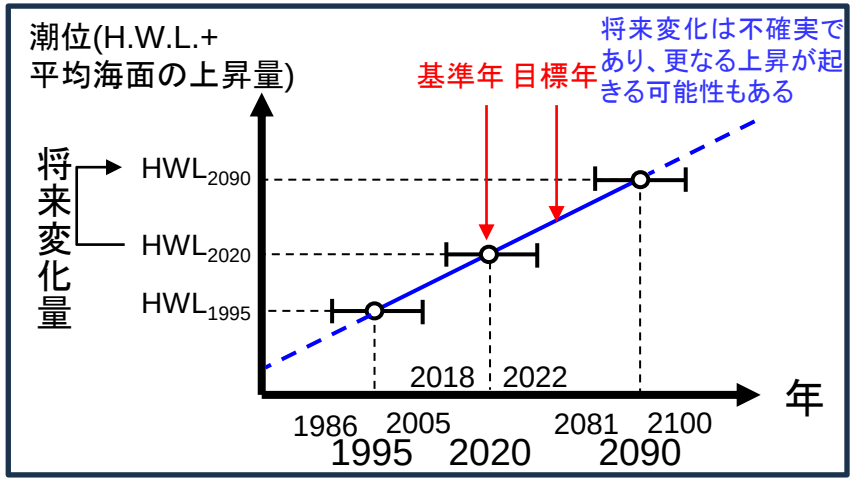
任意年の設計高潮位への反映(4K上昇)

□ 気候変動の時間スケールを考慮する場合について、外力の設定方針(案)を示す。

【潮位偏差の時間変化の考え方】



【潮位の時間変化の考え方】



□ 潮位偏差の将来変化比は、1980年と2090年の比率とする。

- □ d4PDFの過去実験は1951～2010年であり、平均すると1980年相当となる。
- □ 気温上昇は2090年から一定値(2K上昇)になると想定されており、2090年までは線形増加とする。

□ 目標年(設計供用期間末の年)が2090年以前であれば、左図をもとに算定する。

- □ 基準年(現況の設計外力の算定年)は、1980年とする。

□ 潮位の将来変化量(朔望平均満潮位H.W.L.+平均海面の上昇量)は、2020年～2090年の増分とする。

- □ 「日本の気候変動2020」では1986～2005年(20世紀末)を基準とし、2081～2100年(21世紀末)までの水位上昇を想定しているため、これらの平均年を採用し、将来変化量は線形増加(0.41cm/year)として扱う。

□ 目標年(設計供用期間末の年)が2090年以前であれば、左図をもとに算定する。

- □ 朔望平均満潮位H.W.L.は2018～2022年で算定したため、基準年は、平均の2020年とする。

任意年の設計高潮位への反映(2K上昇)

- 前述の時間スケールの考え方を踏まえた潮位偏差の将来変化比と各年の平均海面の上昇量を整理する。

【各年の潮位偏差の将来変化比】

西暦	区間											
	四国中央市 ①	新居浜市 ②	西条市1 ③	西条市2 ④	今治市1 ⑤	今治市2 ⑥	松山市 ⑦	伊予市等 ⑧	伊方町1 ⑨	伊方町2 ⑩	宇和島市等 ⑪	愛南町 ⑫
2020年	1.005	1.017	1.018	1.017	1.015	1.018	1.040	1.045	1.027	1.059	1.052	1.018
2025年	1.005	1.019	1.020	1.019	1.017	1.021	1.045	1.051	1.030	1.067	1.059	1.020
2030年	1.006	1.022	1.022	1.021	1.019	1.023	1.050	1.056	1.034	1.074	1.065	1.022
2035年	1.006	1.024	1.024	1.023	1.021	1.025	1.054	1.062	1.037	1.082	1.072	1.024
2040年～	1.007	1.026	1.026	1.026	1.023	1.027	1.059	1.068	1.040	1.089	1.078	1.026

- 潮位偏差の将来変化比は、1980年から2040年にかけて、線形増加する考え方とする。
- 平均海面の上昇量は、1995年から2090年にかけて0.39m上昇する考え方に基づいている。
- ただし、整理した朔望平均満潮位H.W.L.は2020年相当(2018～2022年平均)であるため、2020年における0.103mの上昇量は既に含まれていると考える。そのため、2020年から0.41cm/year(=0.0041m/year)ずつ線形増加する考え方とする。

【各年の平均海面の上昇量】

西暦	区間共通	
	1995年基準[m]	2020年基準[m]
2020年	0.103	0.000
2025年	0.123	0.021
2030年	0.144	0.041
2035年	0.164	0.062
2040年	0.185	0.082
2045年	0.205	0.103
2050年	0.226	0.123
2055年	0.246	0.144
2060年	0.267	0.164
2065年	0.287	0.185
2070年	0.308	0.205
2075年	0.328	0.226
2080年	0.349	0.246
2085年	0.369	0.267
2090年	0.390	0.287

任意年の設計高潮位への反映(4K上昇)

- 前述の時間スケールの考え方を踏まえた潮位偏差の将来変化比と各年の平均海面の上昇量を整理する。

【各年の潮位偏差の将来変化比】

西暦	区間											
	四国中央市 ①	新居浜市 ②	西条市1 ③	西条市2 ④	今治市1 ⑤	今治市2 ⑥	松山市 ⑦	伊予市等 ⑧	伊方町1 ⑨	伊方町2 ⑩	宇和島市等 ⑪	愛南町 ⑫
2020年	1.005	1.016	1.017	1.016	1.015	1.017	1.034	1.041	1.025	1.051	1.045	1.014
2025年	1.005	1.018	1.019	1.018	1.016	1.019	1.038	1.046	1.029	1.058	1.050	1.015
2030年	1.006	1.020	1.021	1.020	1.018	1.022	1.042	1.051	1.032	1.064	1.056	1.017
2075年	1.011	1.039	1.040	1.039	1.035	1.041	1.081	1.097	1.060	1.122	1.106	1.032
2090年～	1.013	1.045	1.046	1.045	1.040	1.048	1.093	1.112	1.070	1.142	1.123	1.037

- 潮位偏差の将来変化比は、1980年から2090年にかけて、線形増加する考え方とする。
- 平均海面水位上昇量は、1995年から2090年にかけて0.39m上昇する考え方に基づいている。
- ただし、整理した朔望平均満潮位H.W.L.は2020年相当(2018～2022年平均)であるため、2020年における0.103mの上昇量は既に含まれていると考える。そのため、2020年から0.41cm/year(=0.0041m/year)ずつ線形増加する考え方とする。

【各年の平均海面水位の上昇量】

西暦	区間共通	
	1995年基準[m]	2020年基準[m]
2020年	0.103	0.000
2025年	0.123	0.021
2030年	0.144	0.041
2035年	0.164	0.062
2040年	0.185	0.082
2045年	0.205	0.103
2050年	0.226	0.123
2055年	0.246	0.144
2060年	0.267	0.164
2065年	0.287	0.185
2070年	0.308	0.205
2075年	0.328	0.226
2080年	0.349	0.246
2085年	0.369	0.267
2090年	0.390	0.287

2K上昇の将来の設計高潮位(2075年の算出例：耐用年数50年を想定)

- 平均海面水位の上昇量は2090年まで、潮位偏差の将来変化比は2040年までを按分して求めることができる。
- ここでは潮位偏差の将来変化比は2040年以降は一定と仮定する(2K上昇が平衡状態)。将来のH.W.L.および将来の潮位偏差を用いた2075年時点の設計高潮位は現在(2025年)に比べ、気候変動の影響によって0.20～0.25m程度大きくなる。

※設計高潮位は0.05m端数処理
※気候変動による影響を確認

＜任意年の設計高潮位＞

任意年の設計高潮位[C]＝任意年のH.W.L.[A]＋任意年の潮位偏差[B]

＜任意年のH.W.L.＞

任意年のH.W.L.[A]＝2020年基準のH.W.L.[a]＋任意年の平均海面水位の上昇量[a’]

＜任意年の潮位偏差＞

任意年の潮位偏差[B]＝1980年基準の潮位偏差[b]×任意年の将来変化比[b’]

区間		見直し後	将来の防護基準								
現行政区分		[現在(2025年)]設計高潮位[T.P.:m]	検潮所	[2020年基準]H.W.L.[T.P.:m]	[2075年基準]上昇量[m]	[将来]H.W.L.[T.P.:m]	[1980年基準]潮位偏差[m]	[2075年基準]将来変化比[－]	[将来]潮位偏差[m]	[将来]設計高潮位[T.P.:m]	差分[将来2075−現在2025]
				a	a’	A	b	b’	B	C(=A+B)	
①	四国中央市	3.50	三島川之江	2.120	0.226	2.346	1.31	1.007	1.32	3.70	0.20
②	新居浜市	3.15	東予	1.860	0.226	2.086	1.21	1.026	1.25	3.35	0.20
③	西条市1	3.05	東予	1.860	0.226	2.086	1.14	1.026	1.17	3.30	0.25
④	西条市2	3.05	東予	1.860	0.226	2.086	1.13	1.026	1.16	3.25	0.20
⑤	今治市1	3.00	来島航路	1.720	0.226	1.946	1.21	1.023	1.24	3.20	0.20
⑥	今治市2	3.15	来島航路	1.720	0.226	1.946	1.37	1.027	1.41	3.40	0.25
⑦	松山市	3.45	松山	1.740	0.226	1.966	1.59	1.059	1.69	3.70	0.25
⑧	伊予市等	3.75	松山	1.740	0.226	1.966	1.87	1.068	2.00	4.00	0.25
⑨	伊方町1	2.95	松山	1.740	0.226	1.966	1.11	1.040	1.15	3.15	0.20
⑩	伊方町2	2.85	宇和島	1.100	0.226	1.326	1.62	1.089	1.77	3.10	0.25
⑪	宇和島市等	2.50	宇和島	1.100	0.226	1.326	1.29	1.078	1.39	2.75	0.25
⑫	愛南町	1.80	御荘	1.040	0.226	1.266	0.70	1.026	0.71	2.00	0.20

4K上昇の将来の設計高潮位（2075年の算出例：耐用年数50年を想定）

- 平均海面水位の上昇量は2090年まで、潮位偏差の将来変化比は2090年までを按分して求めることができる。
- ここでは潮位偏差の将来変化比は2090年以降は一定と仮定する（4K上昇が平衡状態）。将来のH.W.L.および将来の潮位偏差を用いた2075年時点の設計高潮位は現在(2025年)に比べ、気候変動の影響によって0.20～0.30m程度大きくなる。

※設計高潮位は0.05m端数処理
※気候変動による影響を確認

＜任意年の設計高潮位＞

任意年の設計高潮位[C]＝任意年のH.W.L.[A]＋任意年の潮位偏差[B]

＜任意年のH.W.L.＞

任意年のH.W.L.[A]＝2020年基準のH.W.L.[a]＋任意年の平均海面水位の上昇量[a’]

＜任意年の潮位偏差＞

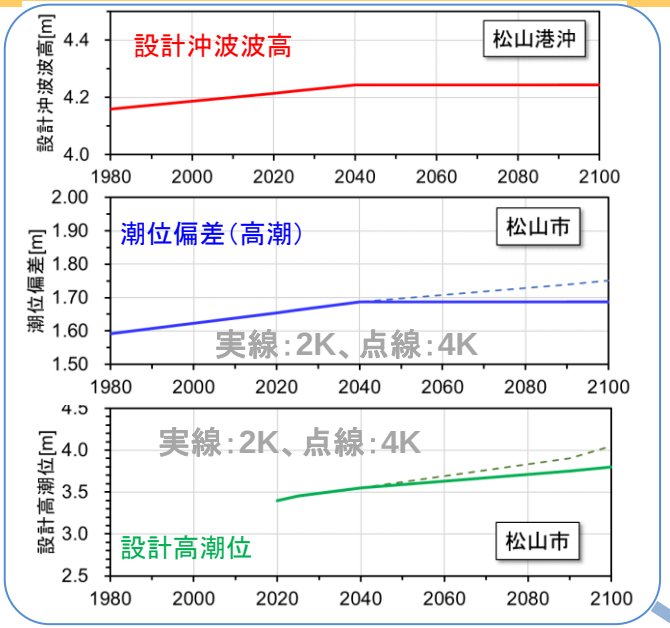
任意年の潮位偏差[B]＝1980年基準の潮位偏差[b]×任意年の将来変化比[b’]

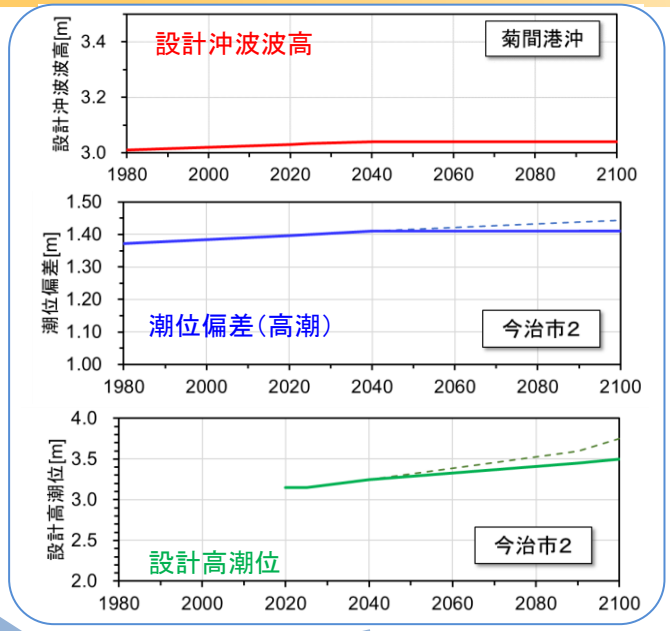
※4K上昇の設計高潮位は2K上昇に対して最大0.05m程度大きくなる

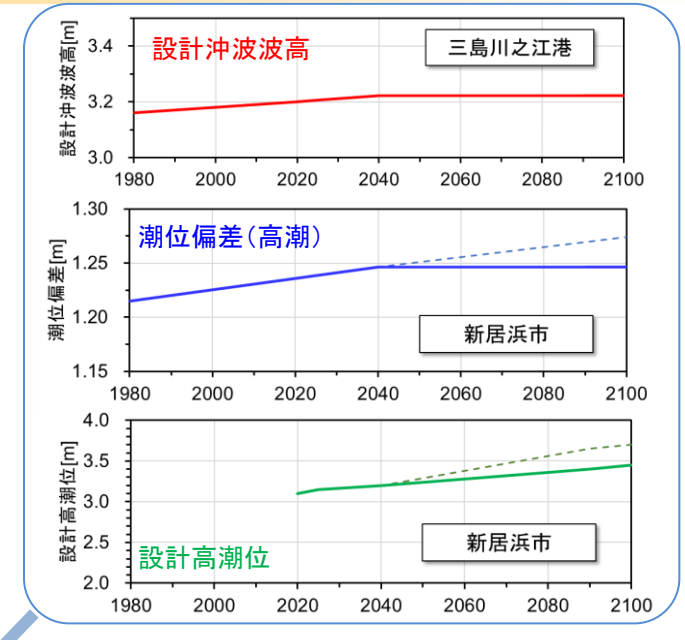
区間		見直し後	将来の防護基準								
現行政区分		[現在(2025年)]設計高潮位[T.P.:m]	検潮所	[2020年基準]H.W.L.[T.P.:m]	[2075年基準]上昇量[m]	[将来]H.W.L.[T.P.:m]	[1980年基準]潮位偏差[m]	[2075年基準]将来変化比[－]	[将来]潮位偏差[m]	[将来]設計高潮位[T.P.:m]	差分[将来2075−現在2025]
				a	a’	A	b	b’	B	C(=A+B)	
①	四国中央市	3.50	三島川之江	2.120	0.226	2.346	1.31	1.011	1.33	3.70	0.20
②	新居浜市	3.15	東予	1.860	0.226	2.086	1.21	1.039	1.26	3.35	0.20
③	西条市1	3.05	東予	1.860	0.226	2.086	1.14	1.040	1.19	3.30	0.25
④	西条市2	3.05	東予	1.860	0.226	2.086	1.13	1.039	1.17	3.30	0.25
⑤	今治市1	3.00	来島航路	1.720	0.226	1.946	1.21	1.035	1.25	3.20	0.20
⑥	今治市2	3.15	来島航路	1.720	0.226	1.946	1.37	1.041	1.43	3.40	0.25
⑦	松山市	3.45	松山	1.740	0.226	1.966	1.59	1.081	1.72	3.70	0.25
⑧	伊予市等	3.75	松山	1.740	0.226	1.966	1.87	1.097	2.06	4.05	0.30
⑨	伊方町1	2.95	松山	1.740	0.226	1.966	1.11	1.060	1.17	3.15	0.25
⑩	伊方町2	2.85	宇和島	1.100	0.226	1.326	1.62	1.122	1.82	3.15	0.30
⑪	宇和島市等	2.50	宇和島	1.100	0.226	1.326	1.29	1.106	1.43	2.80	0.30
⑫	愛南町	1.80	御荘	1.040	0.226	1.266	0.70	1.032	0.72	2.00	0.20

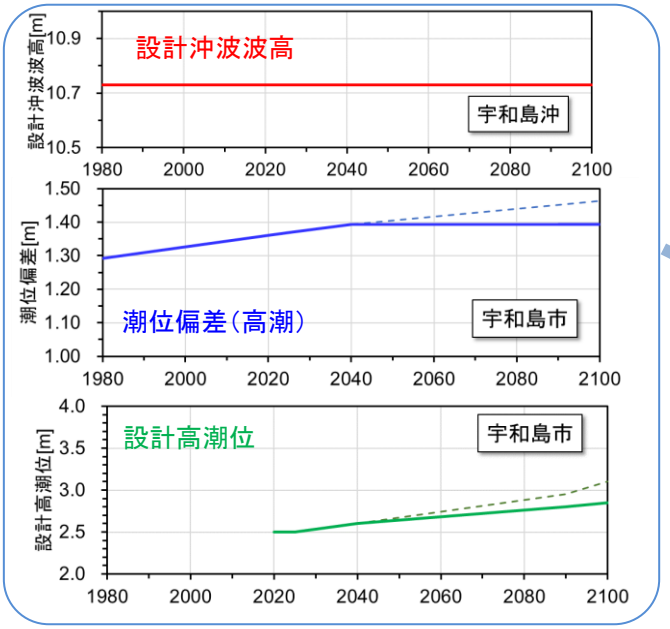
4度上昇シナリオを考慮した計画外力の検討

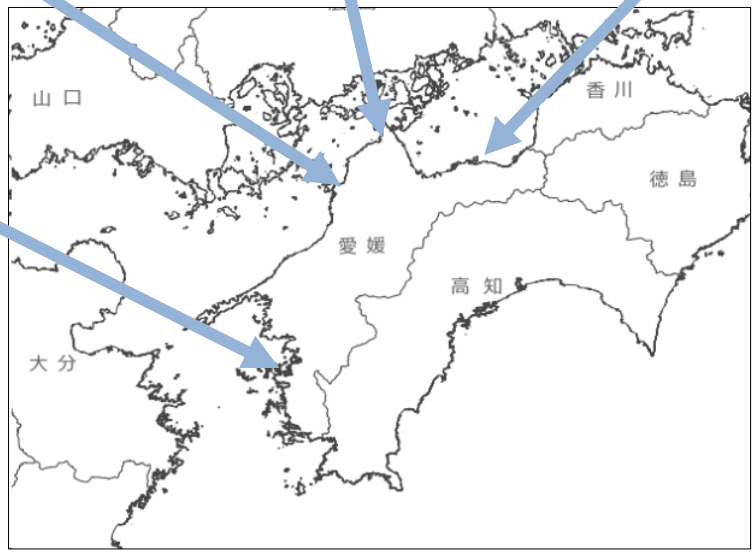
※設計沖波については、4K影響を未考慮











◆潮位偏差に4Kの影響を考慮した。2040年までは2K上昇と同じ変化率で、それ以降は4Kの2090年時点まで変化する(90年以降もその変化率で上昇する、2Kは変化しないシナリオという条件で算出)

◆設計潮位には平均海面上昇が含まれている。潮位偏差同様、2040年までは2Kシナリオで、それ以降は4Kシナリオで上昇する。

※設計沖波については算定に用いる結果がないため未反映

事　務　連　絡
令和６年１月 17 日

各都道府県土木主管課長 殿

国土交通省 水管理・国土保全局 海岸室
企画専門官

気候変動の影響を踏まえた海岸保全基本計画の検討に関する
留意事項等について

気候変動の影響を踏まえた計画外力の設定については、「気候変動の影響を踏まえた海岸保全施設の計画外力の設定に関する参考資料等について」（令和３年８月２日）（以下「令和３年度課長補佐通知」という。）において、具体的な参考資料等を提示したところです。

その後、各都道府県において、気候変動の影響を踏まえた海岸保全基本計画の検討が進んでいるところ、別紙のとおり、検討に当たっての留意事項等を整理したため、参考にしてください。

つきましては、貴管内のその他の海岸管理者に対しては、貴職より周知願います。また、必要があれば貴管内の沿岸市町村にも情報提供願います。

気候変動の影響を踏まえた海岸保全施設の計画外力の設定に関する留意事項等（本省資料）

（別紙）気候変動の影響を踏まえた海岸保全基本計画の検討に関する留意事項等

一　気候変動の影響を踏まえた潮位偏差や波浪の推算方法

気候変動の影響を踏まえた潮位偏差や波浪の推算方法については、「令和３年度課長補佐通知」にて、主に２つの手法を提示しつつ、その適用性等を整理している。各都道府県においては、現行計画における計画外力の設定方法を踏まえて、適切な手法で検討いただいているところ、検討結果の妥当性の検証の観点から、片方の手法で外力を検討した後、もう一方の手法にて検討することが望ましい。

《参考》「令和３年度課長補佐通知」における提示手法

A：想定台風

d4PDF 等を用いて、想定台風の中心気圧について生起確率（当該外力が何年に一回発生するかを表す確率）を求め、気候変動後に同等の生起確率となる中心気圧を有する想定台風を設定し、高潮シミュレーション等により潮位偏差や波浪を算出する手法

B：不特定多数の台風

d4PDF 等による不特定多数の台風から、現行計画における潮位偏差や波浪の生起確率を求め、気候変動後に同等の生起確率となる潮位偏差や波浪を算出する手法

二　現行計画における潮位偏差の生起確率の算出方法について

現行計画における潮位偏差の生起確率の算出に当たっては、以下の手法を参考にされたい。

１）現行計画における設計高潮位の設定方法及び根拠の確認

＜設計高潮位の設定方法の確認＞

設計高潮位については、「海岸保全施設の技術上の基準を定める省令」に基づき、当該海岸保全施設の背後地の状況等を考慮して設定されている。まずは、対象海岸の設計高潮位の設定方法を確認すること。

《参考》設計高潮位の設定方法

（ア）既往最高潮位

（イ）朔望平均満潮位＋既往最大の潮位偏差

（ウ）朔望平均満潮位＋推算した潮位偏差

＜設計高潮位の設定根拠の確認＞

現行計画の設計高潮位は、過去の文献等に記載されている潮位や潮位偏差を参考に設定している場合が多い。その際、気象庁が公表している潮位情報のように、副振動や波浪などの短周期の変動の影響が除去され、平滑化された潮位や潮位偏差を用いて設計高潮位を設定しているものの他に、一部平滑化されていない瞬間最大潮位や瞬間最大潮位偏差等を用いて設計高潮位を設定している事例がある。

そのため、設計高潮位の設定に関して、平滑化された潮位や潮位偏差を用いているのか、平滑化されていない瞬間最大潮位や瞬間最大潮位偏差等を用いているのかなどの設定根拠を確認※すること。

※設定根拠の確認に当たっては、気象庁第３次長期再解析(JRA-3Q)等に基づく推算結果や周辺の検潮所の観測値などを活用して確認する方法もある。

２）現行計画における潮位偏差の生起確率の算出方法

高潮に対する防護水準を生起確率で表現する場合には、平常時からの潮位の上昇量を表す潮位偏差の生起確率で表現することが望ましい。その上で、現行計画における設計高潮位の設定根拠が平滑化された潮位偏差または平滑化されていない瞬間最大潮位偏差のいずれであっても、当該潮位偏差の生起確率の算出に当たっては、平滑化された潮位偏差をデータ群とする極値統計解析を行うものとする。

また、潮位偏差の極値統計解析の具体的な方法については、「海岸保全施設の技術上の基準・同解説」（平成 30 年 8 月）第 2 章 2.3.2.1 沖波の決定の解説や河合ら（2010）※1 の検討等を参考にされたい※2。

※1：河合ら（2010）、地域頻度解析手法によるわが国沿岸の高潮偏差の極値統計解析、土木学会論文集 B2（海岸工学）、Vol. 66, No.1, 2010, 121-125

※2：年最大値等の極値を記録したと考えられる日時の値が欠測の場合には再現計算の結果によって補完することを推奨する。

《参考》設計高潮位の設定方法別に整理した潮位偏差の生起確率の算出方法

（ア）既往最高潮位

既往最高潮位から、その発生時の天文潮等を差し引いた潮位偏差を用いて生起確率を算出する。

（イ）朔望平均満潮位＋既往最大の潮位偏差

潮位偏差のみを用いて生起確率を算出する。

（ウ）朔望平均満潮位＋推算した潮位偏差

（イ）と同じ

※（イ）、（ウ）の設計高潮位の生起確率は、高潮と朔望の満潮が同時に生起する確率である。そのため、対外的に説明する必要がある場合には、上記で算出した高潮の生起確率に比して、低い確率となることに留意しつつ、丁寧に解説すること。

三 気候変動の影響を踏まえた将来計画における潮位偏差の生起確率の算出方法について

気候変動の影響を踏まえた潮位偏差の生起確率の算出にあたっては、d4PDF 等による不特定多数の台風から算出した潮位偏差をデータ群とする極値統計解析を行うものとする。なお、潮位偏差の極値統計解析の具体的な方法については、二 2)で述べた方法を準用する。

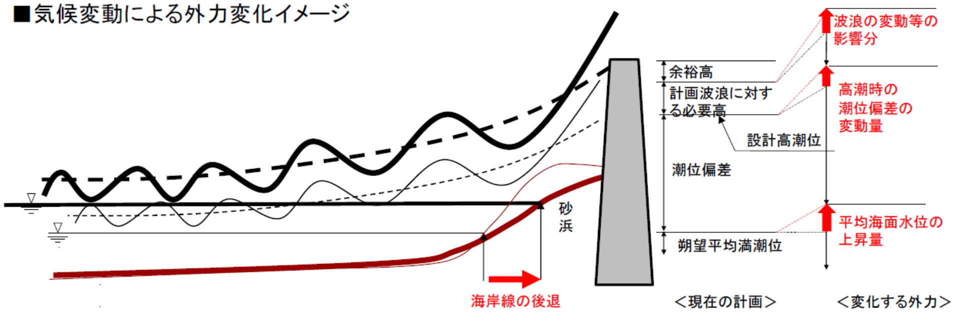
以上

気候変動の影響を踏まえた海岸保全施設の計画外力の設定に関する留意事項等（本省資料）

海岸保全に影響する気候変動の将来予測について

〇海岸堤防の天端高は、高潮に対する必要高（設計高潮位＋設計波に対する必要高）と津波に対する必要高（設計津波に水位）を比較して、より高い方で決められる。
〇気候変動の影響により、平均海面水位は上昇し、高潮時の潮位偏差や波浪等の変動量は極値が上がると予測されている。

■気候変動による外力変化イメージ



（参考）現在の計画の考え方

計画高潮位	計画波浪
1. 既往最高潮位	30～50年確率波 既往最大波浪　等
2. 朔望平均満潮位＋既往の潮位偏差の最大値	
3. 朔望平均満潮位＋推算の潮位偏差の最大値	

1

気候変動の影響を踏まえた高潮外力の設定方法

■基本スタンス
・対象とする外力の将来予測は、RCP2.6シナリオ（2℃上昇相当）における平均的な値を前提する。
※RCP8.5シナリオ（4℃上昇相当）は参考として活用する。

■平均海面水位の上昇量
・IPCC報告書等による将来の平均海面水位上昇量の予測結果を活用する。

■潮位偏差、波浪の上昇量
・台風が卓越する沿岸において、将来予測される潮位偏差や波浪の長期変化量を推算する方法は、下記のとおり。
・現行計画との適用性を踏まえて手法を選択。検討結果の妥当性の検証の観点から、もう一方の手法についても検討することが望ましい。

対象台風	考え方	地球温暖化の影響	適用性
A. 想定台風	伊勢湾台風や室戸台風等の規模を想定した特定事例		
A-1. パラメトリック台風モデル	例えば、Myers モデル等経験的台風モデル 4)	・d2PDF、d4PDF 等の計算結果に基づく中心気圧の低下量で簡易的に考慮	・従来、想定台風で外力を設定してきた沿岸で適用性がある。 ・B-1 の多数アンサンブルデータセットと組み合わせることで確率評価が可能。

対象台風	考え方	地球温暖化の影響	適用性
B. 不特定多数の台風	数多くのサンプルを確保できれば確率評価が可能		
B-1. 全球気候モデル台風 領域気候モデル台風	d2PDF、d4PDF 等全域もしくはダウンスケール領域気候モデルで気候計算される台風を利用	・d2PDF、d4PDF 等に温暖化の影響は含まれているが、バイアス補正が必要 6)	・多数のサンプルが確保可能であり、外力が発生確率で設定されている沿岸で適用性がある。

※（引用）気候変動の影響を踏まえた海岸保全施設の計画外力の設定に関する参考資料等について（R3年8月2日課長補佐事務連絡）

（手法Aの概要）
d4PDF等を用いて、想定台風の中心気圧について生起確率を求め、気候変動後に同等の生起確率となる中心気圧を有する想定台風を設定し、高潮シミュレーション等により潮位偏差や波浪を算出する手法
⇒従来、想定台風で外力設定してきた沿岸で適用性あり。

（手法Bの概要）
d4PDF等による不特定多数の台風から、現行計画における潮位偏差や波浪の生起確率を求め、気候変動後に同等の生起確率となる潮位偏差や波浪を算出する。
⇒外力が発生確率で設定されている沿岸で適用性あり。

2

海岸保全基本計画見直しに係る各地域の検討状況（東京都）

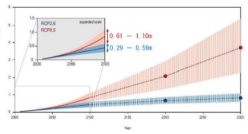
■既往計画（令和5年3月改定前）（東京湾沿岸：東京都区間）

	潮位	潮位偏差	波浪
設定方法	朔望平均満潮位	伊勢湾台風級（940hPa）の擾乱	伊勢湾台風級、風速40m/sを想定した擾乱 【発生確率50～200年（100年）】
備考		昭和36~38年、昭和63年高潮推算による	SMB法・高山法、経験公式による

■気候変動の影響を踏まえた計画外力
海岸保全施設に修繕等が必要となるまでの期間は、「数十年～100年以上」であることから、気候変動の影響は2100年時点を想定

海面上昇量

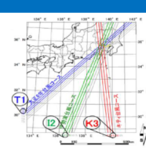
◆ IPCC（SROCC）の予測値を採用。
◆ 気候変動の上振れリスク、背後地の重要度を踏まえ、2100年時点のRCP2.6（2℃上昇に相当）の世界平均の最大値として、海面上昇量を0.6mと設定。



出典：IPCC, 2019：SROCC Full report (https://www.ipcc.ch/srocc/download/) に加筆

潮位偏差・波浪

◆ 新伊勢湾台風級の想定台風による潮位偏差＋波浪（A）※、50年確率相当の潮位偏差＋波浪（B）※、既往5擾乱による潮位偏差＋波浪（A）※の3ケースを比較し、値が最大となった新伊勢湾台風級の想定台風にて潮位偏差、波浪を設定。
◆ 現行計画の中心気圧940hPaはおおむね100年確率であることから、将来実験（d2PDF）における100年確率の規模として、新伊勢湾台風級は中心気圧930hPa と設定。



	現行計画	将来気候
中心気圧	想定台風 伊勢湾台風級：940hPa	想定台風 新伊勢湾台風級：930hPa
最大旋衡風速半径	75km一定	
移動速度	73km/h一定	
台風コース	キティ台風、伊勢湾台風、大正6年台風コースのうち、潮位偏差＋波浪が最大となるコース	

※（A）（B）は課長補佐事務連絡の手法

出典：東京湾沿岸海岸保全基本計画[東京都区間]（令和5年3月）
出典：東京湾沿岸海岸保全基本計画（東京都区間）の改定における技術検討会（第1回R2.10.30～第4回R3.9.9）

3

海岸保全基本計画見直しに係る各地域の検討状況（千葉県）

■現行計画（千葉県東沿岸）

	潮位	潮位偏差	波浪
設定方法	朔望平均満潮位	観測期間の既往最大潮位偏差	50年確率波
備考	直近5カ年平均 （1996～2000年）	T9512(1995年 12 号台風) T5822狩野川台風(1958年 22 号台風)	平成14年度沖波推算結果

■気候変動の影響を踏まえた計画外力

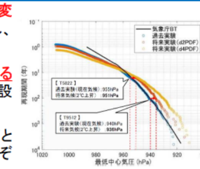
海面上昇量

◆ 気候変動の影響を踏まえた海岸保全施設の計画外力の設定に関する参考資料等について（R3年8月2日課長補佐事務連絡）を参考。
◆ 21 世紀末における日本沿岸の平均海面水位 は、2℃上昇シナリオにおいて約0.39m（0.22～0.55m）上昇する。上記をもとに海面上昇量を0.4mと設定。

	2°C上昇シナリオによる予測 パリ協定の2°C目標が達成された世界
日本沿岸の平均海面水位	約0.39 m上昇
【参考】世界の平均海面水位	（約0.39 m上昇）

潮位偏差・波浪

◆ 現行計画の既往最大潮位偏差を記録した実績台風に 気候変動による中心気圧の低下量 を加味したものを想定台風とし、高潮シミュレーションにより潮位偏差を設定。
◆ 現在気候における想定台風の中心気圧と同じ生起確率となる将来気候の中心気圧（A）※を想定台風の中心気圧として設定。
◆ 防護高の設定は、想定台風（A）※における潮位偏差・波高と、観測記録から求めた50年確率の潮位偏差・波高のそれぞれの条件で防護高を算定し、より高い防護高を設定。



	現行計画	将来気候
中心気圧	実績台風 1995年12号台風：940hPa 1958年22号台風（狩野川台風）：955hPa	実績台風に気候変動による気圧低下を見込んだ台風 1995年12号台風級：935hPa 1958年22号台風（狩野川台風）級：950hPa
その他	台風半径、移動速度、台風経路は実績値を参考に設定	

記載内容は検討中の内容を含むため、変更となる可能性があります

※（A）は課長補佐事務連絡の手法

出典：千葉東沿岸海岸保全基本計画に係る検討会（第1回R4.8.31～第2回R5.5.30）

4

海岸保全基本計画見直しに係る各地域の検討状況（徳島県）

■既往計画（徳島県内3沿岸）

	潮位	潮位偏差	波浪
設定方法	既往最高潮位		50年確率、30年確率波
備考	昭和36年第二室戸台風等		

■気候変動の影響を踏まえた計画外力

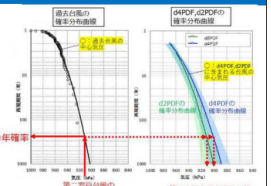
海面上昇量

- 気候変動の影響を踏まえた海岸保全施設の計画外力の設定に関する参考資料等について（R3年8月2日課長補佐事務連絡）を参考。
- 21 世紀末における徳島県を含む領域の平均海面水位 は、2℃上昇シナリオにおいて20世紀末に対して約0.39m（0.22～0.56m）上昇する。上記をもとに20世紀末からの経過年数を勘案して、最新の潮位に対して**海面上昇量を0.32m**と設定。

潮位偏差・波浪

【潮位偏差】

- 潮位偏差は、**対象とする実績台風（第二室戸台風等）の中心気圧と同等の生起確率となる中心気圧を設定**し、その際の外力を推算して、将来の計画外力とする（A）※。
- 台風の条件（対象台風、中心気圧、台風半径、移動速度、経路等）は検討中。



【波浪】

- 波浪は、将来気候下で発生する全台風を対象に推算を行い、推算地点の値を確率処理して、**現行計画と同じ生起確率の値を将来の計画外力とする（B）※**。
- 検討手順は検討中。全台風を対象とした波浪推算にあたっては波浪推定式を活用し、現行計画の評価地点の計算結果を算出する。

記載内容は検討中の内容を含むため、変更となる可能性があります

※（A）（B）は課長補佐事務連絡の手法

出典：第1回気候変動を踏まえた徳島県海岸保全施設技術検討会（第1回R5.3.28） 5

海岸保全基本計画見直しに係る各地域の検討状況（石川県）

■現行計画（加越沿岸）

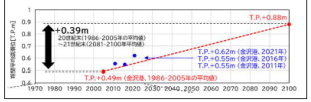
	潮位	潮位偏差	波浪
設定方法	朔望平均満潮位	既往最大潮位偏差（季節風）	50年確率波
備考	輪島港観測データ 1933～1989年	輪島港観測データ 1933～1989年	金沢港観測データ 1970～1994年 輪島港観測データ 1979～1990年

■気候変動の影響を踏まえた計画外力

海面上昇量

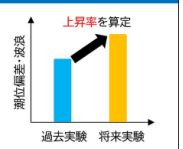
- 「日本の気候変動2020」において予測される海面水位の上昇量を考慮し設定。
- 20世紀末の平均潮位に対して**21世紀末までに0.39mの上昇量**と設定。

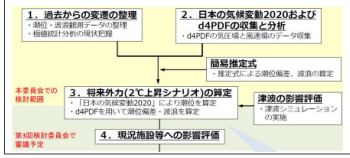
	2℃上昇シナリオによる予測（パリ協定の2℃目標が達成された世界）	4℃上昇シナリオによる予測（現時点を超える温室効果ガス排出が継続する世界）
日本沿岸の平均海面水位	約0.39 m上昇	約0.71 m上昇
【参考】世界の平均海面水位	（約0.39 m上昇）	（約0.71 m上昇）



潮位偏差・波浪

- 潮位偏差と波浪は、d4PDFを用いて現在から将来への上昇率を算定し、**金沢港における基準値に上昇率を乗じて設定**。
- 気圧場と風速場から潮位偏差、波浪を算定する推定式を構築し、d4PDFの過去実験と将来実験に適用して、**当該生起確率における上昇率を算定**。
- 潮位偏差の上昇率は1.12～1.15倍となる。
- 波浪の上昇率は1.05～1.07倍となる。





項目		基準値	上昇率	将来外力（2℃上昇シナリオ）
潮位偏差［m］	（金沢）	0.75	1.12 ～ 1.15	0.84 ～ 0.86

項目		基準値	上昇率	将来外力（2℃上昇シナリオ）
波高［m］	（金沢港）	9.8	1.05 ～ 1.07	10.3 ～ 10.4
周期［sec］	（金沢港）	14.3	波高と周期の関係式より算定	15.4 ～ 15.5

記載内容は検討中の内容を含むため、変更となる可能性があります

出典：加越沿岸海岸保全基本計画検討委員会（第1回R5.6.12～第2回R5. 9.7）※公表 6

気候変動の影響を踏まえた高潮外力の設定方法（まとめ）

■気候変動の影響を踏まえた海岸保全施設で防護する高潮外力の設定方法（各地域の事例整理）

①想定台風で潮位偏差・波浪を設定する方法 （東京都の事例）
- 現行計画の想定台風に対して、d4PDFを用いて気候変動による中心気圧の低下量を加味した気候変動後の想定台風を設定。
- 中心気圧以外の要素は現行計画と同様とし、想定台風を対象とした高潮シミュレーション等を実施し、潮位偏差および波浪を算定。

②実績台風で潮位偏差・波浪を設定する方法 （千葉東沿岸の事例）
- 既往最高潮位や潮位偏差を記録した実績台風に対し、d4PDFを用いて気候変動による中心気圧の低下量を加味した気候変動後の想定台風を設定。
- 中心気圧以外の要素は実績台風と同様とし、想定台風を対象とした高潮シミュレーション等を実施し、潮位偏差および波浪を算定。

③実績台風で潮位偏差、不特定多数の台風の確率処理により波浪を設定する方法 （徳島県の事例）
- 潮位偏差は上記②と同様の手法。
- 波浪についてはd4PDFの台風データを用いて波浪推算を実施し、各評価地点の確率波高を算出。

④季節風等の特定の気象擾乱以外の方法 （石川県の事例）
- d4PDFの過去実験と将来実験を用いて将来の変化倍率を算定。
- 潮位偏差、波浪の基準値（現行計画等）に変化倍率を乗じて算定。

国土地理院ホームページ『「2000年度平均成果」と「測地成果2011」』より抜粋
https://www.gsi.go.jp/sokuchikijun/suijun-2000seika.html

わが国における水準点標高の公表の経緯

基本水準点の標高を与えるための水準測量は明治16年から開始されています。第1回の全国測量の成果は、陸地測量部内の事業として行われた地図作成の他、国レベルで行う事業等に利用されたものと思われますが、一般公開の扱いではありませんでした。
昭和24年6月に測量法が制定され、公共測量の基礎となる基本測量の成果は、昭和28年から昭和38年にかけて地域毎に手計算による水準網平均計算が行われ、完了した地区毎に順次公表されました。これが第1回の公表です。

第2回の成果は、大型計算機を用いた同時網平均処理を行い、昭和37年から昭和43年に取得した水準測量データから北海道地方を除く地域について、昭和44年に「昭和44年度平均成果」として公表しました。また、北海道地方については、昭和43年から昭和47年に得た水準測量データを用い、忍路験潮場近傍の一等水準点（No6996）を1点固定し、本州地方とは独立した標高を求め、昭和47年に「昭和47年度平均成果」として公表しました。（これら2つの成果を併せて、以下では「旧成果」と呼ぶ。）
第2回の成果公表以来約30年を経過し、全国測量の繰り返し測量ごとに変動量の大きい地域を部分的に改定を図ってきたものの、広域的な地震・火山による地殻変動の影響、地盤沈下等による成果の不整合が生じてきました。これらのひずみを解消し、社会の高度化の進展に対応することを目的として改定した成果が第3回の「2000年度平均成果」です。

「2000年度平均成果」構築と特徴

「2000年度平均成果」計算に当たっては、全水準路線の最新の観測データに基づき、日本水準原点1点を固定として計算しました。また、最新の全国的に稠密な重力データが整い、これによる任意の地点の重力値を精度良く推定することが可能となったことから、これまで採用されていた正規重力式による「正規正標高補正」に換え、実測重力値を用いた「正標高補正」を採用することにし、全国の水準点成果約21,000点について成果を改定したものです。
また、「2000年度平均成果」は、測量法改正に伴う三角点等の成果と併せて2002年4月に公表しました。なお、更新成果の結果は、前述のとおり正標高を採用した他、本州、北海道及び九州地方を直接水準測量により結合し、骨格路線を全国同時網平均計算によって成果を得たことが主な特徴です。

国土地理院ホームページ『「2000年度平均成果」と「測地成果2011」』より抜粋

https://www.gsi.go.jp/sokuchikijun/suijun-2000seika.html

「2000年度平均成果」と旧成果との標高比較

新旧の標高を比較すると、30年間の地殻変動や計算手法の違いによる標高の変化が見られます（国土地理院時報（2003，100集）第1編「測地測量と地殻変動研究」、図-7　新成果と旧成果の比較）。

全国的な傾向として、日本水準原点近傍の東京周辺ではほとんど差はなく、北海道側でマイナス傾向（最大-43cm）、九州・四国側でプラス傾向（最大＋35cm）となっています。これは、旧標高の計算に遡ると北海道は、本州側と分離され計算されたこと、九州・四国側は、本州側の西ブロックの計算時に、それぞれ関門・来島瀬戸ルートの路線のみで結合されていることや重力値の補正計算手法の違い等により系統的な標高差が生じたものであると考えられます。

北海道東部や東北の三陸沿岸域及び御前崎地域のマイナス傾向はプレート運動による沈みこみ、仙台、関東平野、房総、佐賀平野の顕著なマイナス傾向は、地盤沈下による沈下、伊豆半島東部の顕著なプラス傾向は群発地震をしばしばともなった地殻異常隆起によるものと思われます。

「測地成果2011」構築と特徴

平成23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震に伴い、大きな地殻変動が観測されました。国土地理院では、東北地方を中心に水準点1,897 点、3,660kmの現地測量を行い、その結果を基に水準点標高の計算を進め、改定値を公表しました。新しい測量成果の名称は、三角点及び水準点とも全国で「測地成果2011」に改め、基準点成果表の書式も変更しました。

当該水準点の新標高の算出にあたっては、2点固定網平均計算を行い、地震の影響を受けたが観測を実施しなかった水準点については、過去の観測データを用い、補間計算により新標高を算出しました。

また、東京周辺の電子基準点の変動などから、日本水準原点は5cm沈降したと推定されたため、油壺験潮場における地震前後の潮位観測などにより、水準原点の新しい原点数値を求め日本水準原点の高さを改正しました。実測に基づく改正量は2.4cmの沈降でした。日本水準原点の原点数値改正は、大正12 年の関東大震災の後の昭和3年に改正されて以来2度目となります。なお、改定した全国の水準点の測量成果は、今回改正された原点数値に基づき計算されたものです。

平成23年（2011 年）東北地方太平洋沖地震に伴う基準点測量成果の改訂の詳細については以下をご確認ください。

平成23年（2011 年）東北地方太平洋沖地震に伴う基準点成果の改訂（国土地理院時報，2011，第122集）

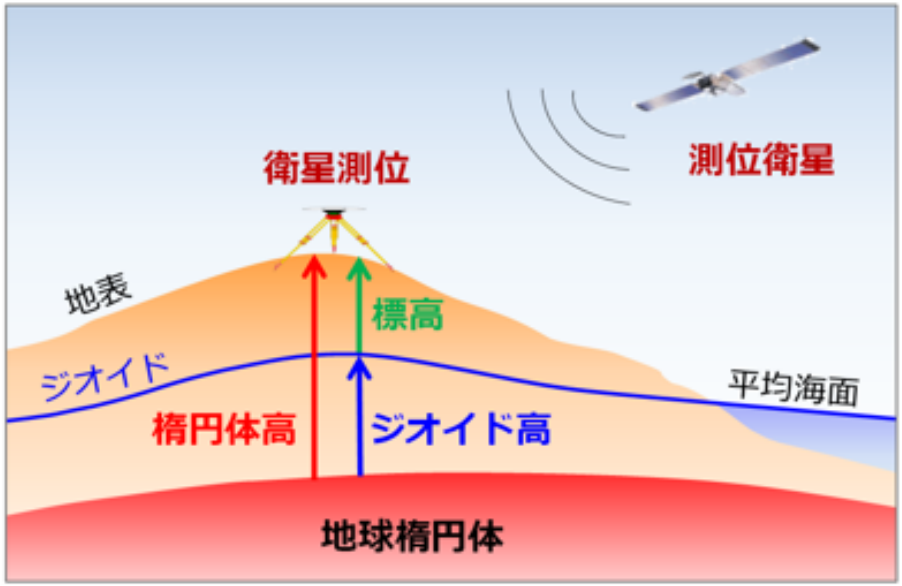
● ジオイド

https://www.gsi.go.jp/buturisokuchi/grageo_geoid.html

水は、高いところから低いところに流れます。地図に記される高さ（標高）は、水道などのインフラ整備や、津波や洪水等から命を守る上でとても大切な情報ですが、実はその標高は地形の起伏だけでは決められません。平らに見える地表面でも、重力の分布が一様でなければ、水は重力の強い方に流れています。同じように、正確な標高を知るためには、地形の起伏を測定するだけではなく、重力の影響も考慮する必要があります。

日本の標高の基準は、測量法で平均海面と定められています。この平均海面を仮想的に陸地へ延長した面をジオイドといいます。

国土地理院では、重力測量や水準測量の結果などから、地球を仮想的に表した楕円体表面からジオイドまでの高さ（ジオイド高）を決めています。衛星測位で決まる高さ（楕円体高）からジオイド高を引くことで、簡単に標高を求めることができます。



標高 ＝ 楕円体高 － ジオイド高