

令和6年7月2日(火)
大阪府大阪湾沿岸海岸保全基本計画審議会
第2回 気候変動検討部会

参考資料1

第1回部会における課題と対応

< 目 次 >

<u>1. 第1回気候変動検討部会における課題</u>	p. 1
<u>2. 課題への対応（検討の基本方針）</u>	p. 2
<u>3. 課題への対応（潮位条件）</u>	p. 7
<u>4. 課題への対応（検討対象台風）</u>	p. 9
<u>5. 課題への対応（堤前波）</u>	p. 10

■ 第1回気候変動検討部会における指摘事項 ■

1. 検討の基本方針

- 1-1 潮位偏差や波浪の長期変化量の推算方法については、パラメトリック台風モデル(手法A-1)の手法で検討し、その妥当性を全球もしくは領域気候モデル台風(手法B-1)の手法等で確認して計画外力を設定する。
- 1-2 2°C上昇シナリオを基本とし、21世紀末(2100年時点)を目指して計画値を算出する。2°C上昇シナリオの将来変化(海面上昇量、潮位偏差、波浪)は2100年に向かって線形に上昇するわけではなく、2050年ぐらいでピークアウトする。2050年以降はゼロエミッションシナリオで安定化するが、そのことは考慮しているのか。

2. 潮位条件

- 2-1 朔望平均満潮位と平均潮位の上昇の変化について、両者の関連を確認する。朔望平均満潮位は月2回の平均なのでノイズが乗りやすい。一方、平均潮位は統計的に安定量である。最近の朔望平均満潮位の上昇量を平均潮位の上昇量と関係づけて説明できるほうが理解しやすい。平均潮位の変化と朔望平均満潮位の変化をクリアにしておくほうがよい。
- 2-2 海面上昇量は10cm単位で切り上げて設定する。海面上昇量のIPCC予測値はあくまで平均値であり、予測値の不確実性があるので、不確実性を考慮して、海面上昇量を10cm単位で切り上げるということによりよい。予測値の何%確率値ぐらいを見込んでいるという数字を出しておくこと、より科学的でよい。

3. 検討対象台風

- 3-1 50年確率規模の台風については、台風強度(中心気圧)としての50年確率と、波高としての50年確率との整合性等をチェックする。中心気圧を50年確率とし、現在気候と将来気候の波高の比を50年確率波に乗じて設定するという方法では、台風コースを固定した検討となる。一方でB-1の手法であればコースを固定せず、算出された波高の出現確率で評価することとなり、その結果との整合性や評価の方法は一つのポイントとなる。

4. 堤前波

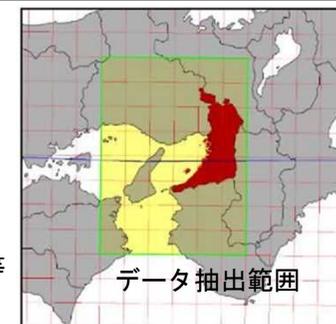
- 4-1 堤前波を算出する際には、進行波としての波高を算出する必要がある。ブシネスクモデルで計算する場合には、反射波が含まれるので注意が必要である。

課題1-1 潮位偏差や波浪の長期変化量の推算方法については、パラメトリック台風モデル(手法A-1)の手法で検討し、その妥当性を全球もしくは領域気候モデル台風(手法B-1)の手法等で確認して計画外力を設定する。

対応方針 「大阪府河川構造物等審議会 気候変動検討部会」(以下、既往検討)において、B-1の手法(d4PDFのデータを用いた手法)で潮位偏差の妥当性確認を実施している。本検討でも、既往検討の成果を用いて同様の方法(下記)で妥当性確認を実施する。

①年最低気圧の整理

大阪湾周辺(右図)におけるd4PDF(20km)の年最低気圧を抽出、バイアス補正を行ったものを台風の中心気圧として整理。



【出典】 令和2年度第2回 大阪府河川構造物等審議会 気候変動部会 資料1

②高潮経験予測式による潮位偏差算出

d4PDF(60km)トラックデータより台風経路、中心気圧、移動速度を設定し、Myers式により風向風速を推算。高潮経験予測式を用いて、高潮潮位偏差を算定し、極値統計解析を行って再現期間を算定。【出典】「海岸保全施設の技術上の基準・同解説」(平成30年8月)

$$\eta = a(P_0 - P) + bU_{10}^2 \cos\theta + c$$

ここに、 η ：潮位偏差(cm)、 P_0 ：基準気圧(hPa)、 P ：最低気圧(hPa)、 U_{10} ：最大風速(m/s)、 θ ：主風向と最大風速のなす角度

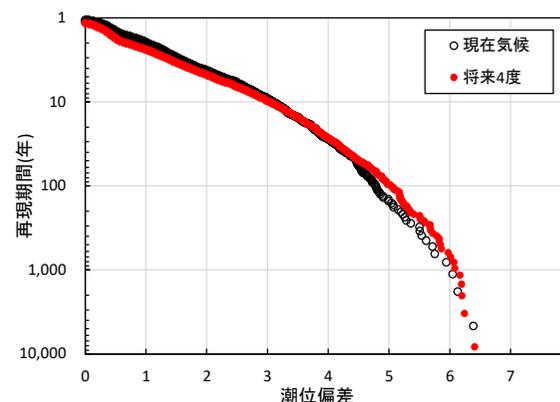
③潮位偏差の再現期間の妥当性確認

A-1の手法で算出した潮位偏差の計算値を実績データによる確率分布を用いて、その再現期間を評価(現在気候の想定確率規模を評価)。

右図を用いて、気候変動後の潮位偏差の再現期間を推定し、上記で評価した現在気候の再現期間と同程度となることを確認することにより、妥当性の評価(相対的な評価)とする。

(次頁参照)

【高潮経験予測式による潮位偏差算定】



※ 高潮偏差は経験予測式による相対的な評価を目的とした簡易的な算定のため、単位を記載していない。

【出典】 令和2年度第2回 大阪府河川構造物等審議会 気候変動部会 資料1

■ B-1の手法による潮位偏差の妥当性確認結果(ケース1:伊勢湾台風規模・室戸台風コース)

A-1の手法により算出した将来気候下の潮位偏差を、B-1の手法による簡易推定結果を用いることにより確率評価。現在気候の再現期間と将来気候下での再現期間が同程度となることを確認することにより、A-1の手法による推算結果の妥当性を確認。

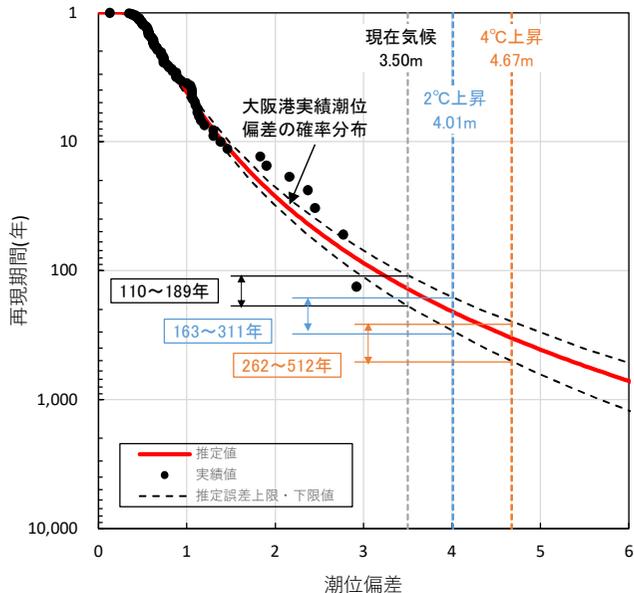
【実績データ（大阪港）に基づく潮位偏差の再現期間】

	潮位偏差 (大阪港推算)	再現期間 (大阪港実績)
現在気候	3.50 m	110 ~ 189 年
2°C上昇シナリオ	4.01 m	163 ~ 311 年
4°C上昇シナリオ	4.67 m	262 ~ 512 年
備考	A-1の手法	

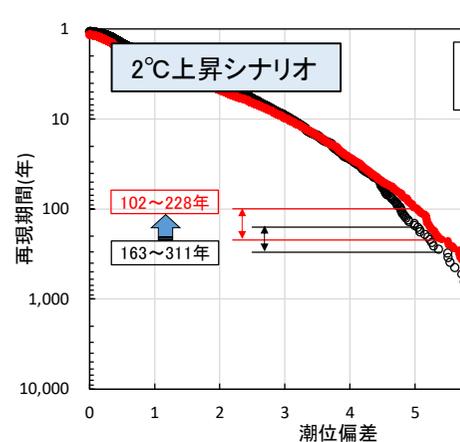
【高潮経験予測式による潮位偏差の再現期間の将来変化】

再現期間
72 ~ 112 年
102 ~ 228 年 ←(参考)
178 ~ 342 年
B-1の手法

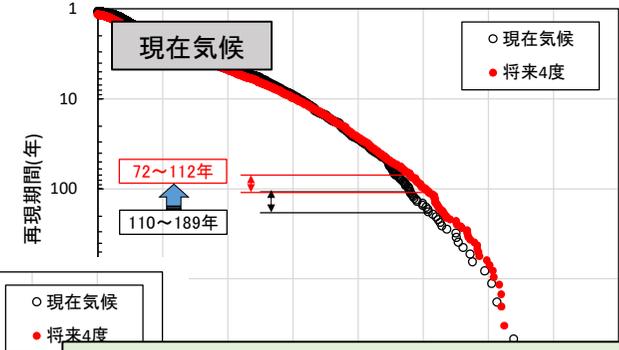
概ね一致



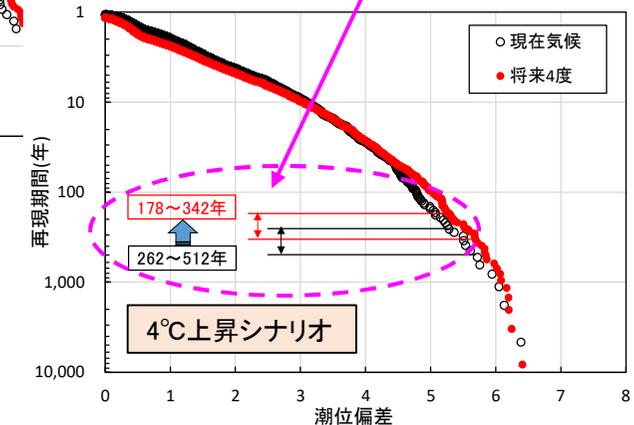
※ 推定誤差上限・下限：
ジャックナイフ法による推定誤差の1/2を推定値に加算して設定
※ 統計解析手法は、水門統計解析の複数手法より採用：GEV関数



※ 高潮偏差は経験予測式による相対的な評価を目的とした簡易的な算定のため、単位を記載していない。



高潮経験予測式による簡易的な算定のため、潮位偏差の値(絶対値)の評価は困難。実測データに基づき現在気候下で算定した再現期間をスライドさせることにより将来気候下での再現期間を推定。



大阪港の実績潮位データより、A-1の手法で算定された潮位偏差の再現期間を想定(現在気候の確率規模を想定)。

再現期間: 110年~189年

再現期間は概ね一致

B-1の手法により推定した再現期間の将来変化より、左記再現期間に対応する将来気候の再現期間を推定。

4°C上昇シナリオ: 178年~342年

※2°C上昇シナリオはd4PDFのトラックデータが無く統計解析が実施されていない。4°C上昇シナリオのグラフを用いて再現期間を推定したため、参考値扱いとする。

■ B-1の手法による潮位偏差の妥当性確認結果(ケース2:伊勢湾台風規模・平成30年台風21号コース)

A-1の手法により算出した将来気候下の潮位偏差を、B-1の手法による簡易推定結果を用いることにより確率評価。現在気候の再現期間と将来気候下での再現期間が同程度となることを確認することにより、A-1の手法による推算結果の妥当性を確認。

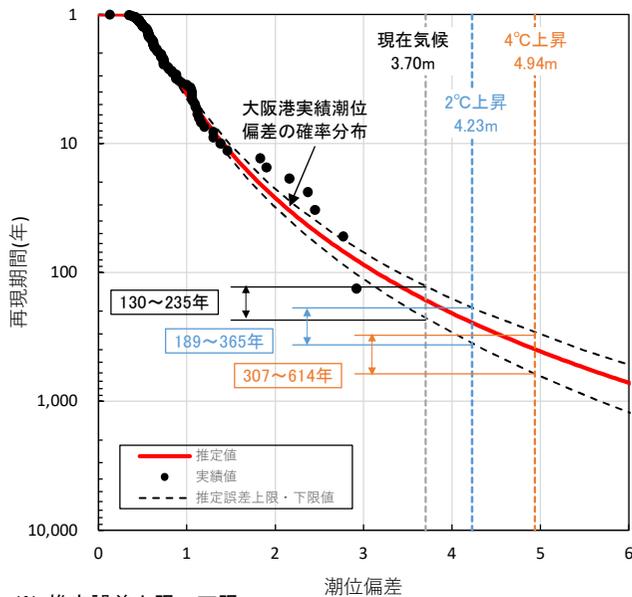
【実績データ（大阪港）に基づく潮位偏差の再現期間】

	潮位偏差 (大阪港推算)	再現期間 (大阪港実績)
現在気候	3.70 m	130 ~ 235 年
2°C上昇シナリオ	4.23 m	189 ~ 365 年
4°C上昇シナリオ	4.94 m	307 ~ 614 年
備考	A-1の手法	

【高潮経験予測式による潮位偏差の再現期間の将来変化】

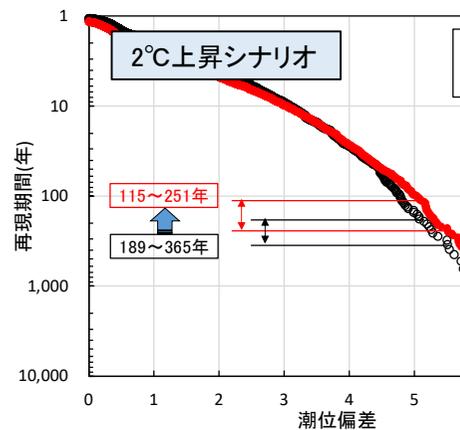
再現期間
77 ~ 168 年
115 ~ 251 年 ←(参考)
226 ~ 378 年
B-1の手法

概ね一致



※ 推定誤差上限・下限：
ジャックナイフ法による推定誤差の1/2を推定値に加算して設定
※ 統計解析手法は、水門統計解析の複数手法より採用：GEV関数

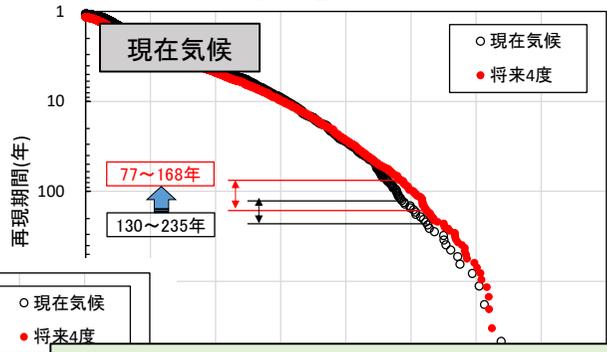
大阪港の実績潮位データより、A-1の手法で算定された潮位偏差の再現期間を想定（現在気候の確率規模を想定）。
再現期間: **130年～235年**



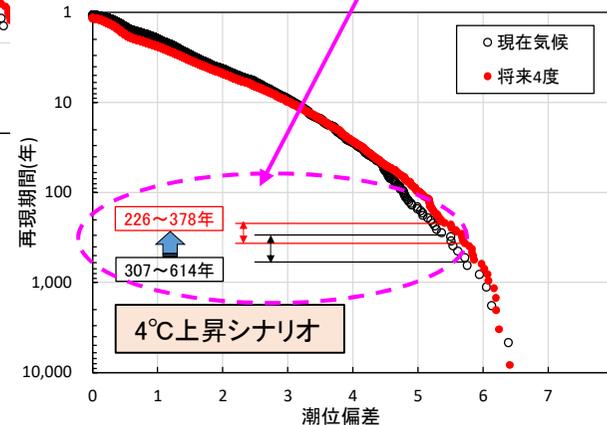
※ 高潮偏差は経験予測式による相対的な評価を目的とした簡易的な算定のため、単位を記載していない。

再現期間は概ね一致

B-1の手法により推定した再現期間の将来変化より、左記再現期間に対応する将来気候の再現期間を推定。
4°C上昇シナリオ: **226年～378年**



高潮経験予測式による簡易的な算定のため、潮位偏差の値（絶対値）の評価は困難。実測データに基づき現在気候下で算定した再現期間をスライドさせることにより将来気候下での再現期間を推定。



※2°C上昇シナリオはd4PDFのトラックデータが無く統計解析が実施されていない。4°C上昇シナリオのグラフを用いて再現期間を推定したため、参考値扱いとする。

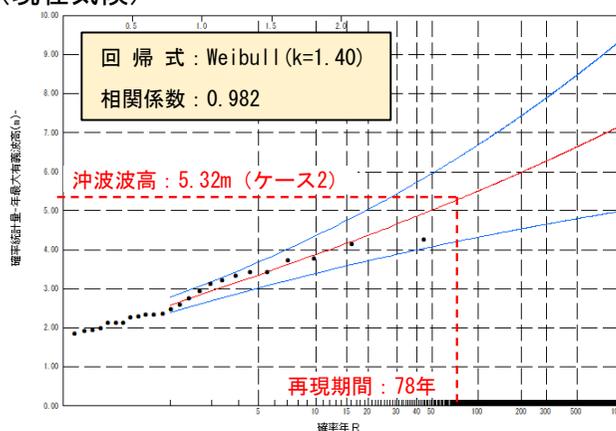
■ 「波候予測データセット2022」による波浪の妥当性確認

- ✓ 全球大気気候モデルの風速場を外力とした波浪推算による気候変動に伴う全球波浪変化予測データセット（波候予測データセット2022）を用いて、極値統計解析を実施し、現在気候および将来気候の再現期間を比較することにより妥当性を確認。
- ✓ 現在気候（3アンサンブルメンバー）および将来気候（2℃上昇シナリオ：1メンバー、4℃上昇シナリオ：4メンバー）の各25年間のデータより、各沖波地点近傍の地点における年最大波高を抽出。極値統計解析（年最大値統計）を実施（下図参照）。
- ✓ 極値統計解析結果より、本検討で設定した沖波波高に対する再現期間を算定、現在気候と将来気候で再現期間が同程度となることを確認。

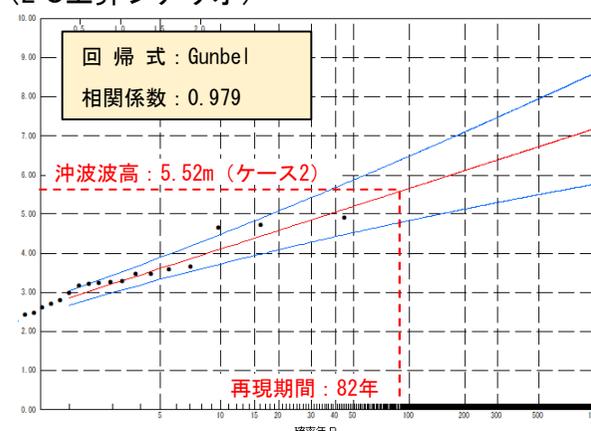
※ 本検討では、志村・森(2019)が提供する「波候予測データセット2022」を利用した。また、このデータセットは、文部科学省の補助事業により開発・運用されているデータ統合解析システム(DIAS)の下で、収集・提供されたものである。

【極値統計解析結果】 大阪港の事例

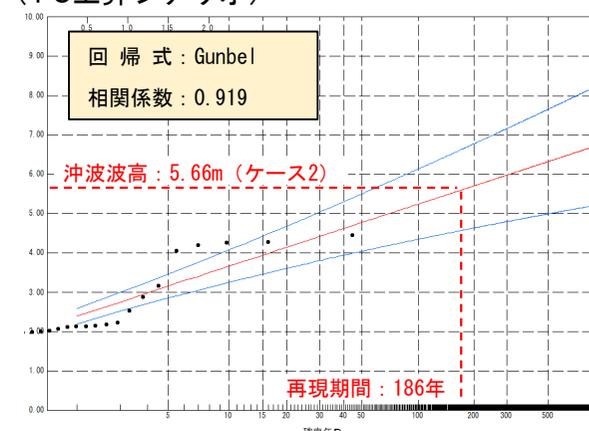
（現在気候）



（2℃上昇シナリオ）



（4℃上昇シナリオ）



【妥当性確認結果】 ケース2（伊勢湾台風規模・平成30年台風21号コース）

沖波地点	気候条件	布屋	大阪港	堺港	堺泉北港	阪南港	貝塚沖	泉佐野沖	りんくう沖	尾崎港	淡輪港	深日港	小島漁港	備考
沖波波高 Ho (m)	現在気候	4.83	5.32	5.20	4.96	4.67	3.86	3.22	4.21	3.91	3.63	3.54	3.53	波浪推算結果より設定 （ケース2：伊勢湾台風規模・ 平成30年台風21号コース）
	将来2℃	4.99	5.52	5.40	5.15	4.85	3.98	3.32	4.34	4.02	3.72	3.62	3.62	
	将来4℃	5.11	5.66	5.56	5.30	4.99	4.06	3.35	4.42	4.08	3.78	3.66	3.64	
再現期間	現在気候	53~88年	61~78年	36~70年	27~47年	19~31年	6~11年	4~9年	12~31年	6~11年	4~7年	4~6年	3~3年	3メンバー
	将来2℃	74年	82年	51年	35年	22年	6年	5年	27年	6年	4年	4年	2年	1メンバー
	将来4℃	53~520年	62~186年	48~154年	38~105年	29~66年	10~19年	9~13年	26~44年	10~16年	7~10年	6~9年	3~5年	4メンバー

※ 「波候予測データセット2022」のデータは、空間解像度が粗く（1/15度（6km程度））、計算上、友ヶ島や閑空等が考慮されていないため、紀淡海峡近辺（阪南港北側）では波高が大きく推算されている。そのため、想定台風の推算結果を用いて再現期間を評価すると、相対的に再現期間が小さくなる。

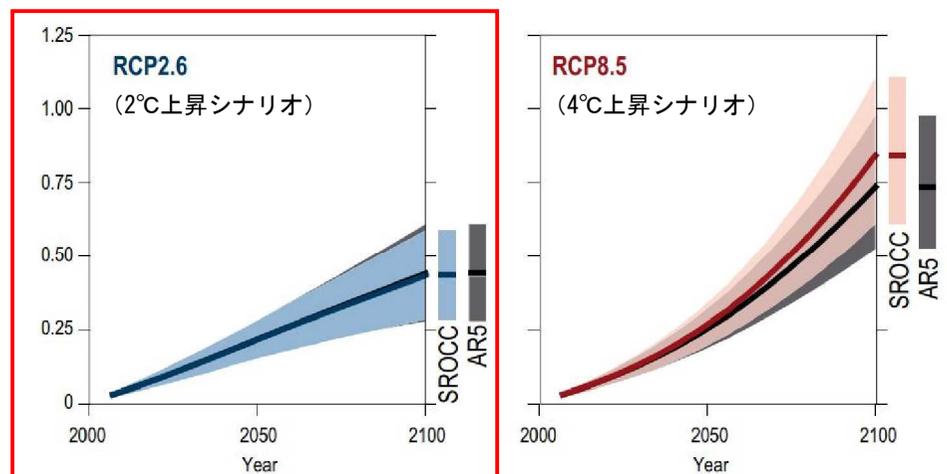
※ また、「波候予測データセット2022」のデータは、統計期間が短い（25年間）ため、再現期間は相対的な評価として用いる。

現在気候と将来気候の再現期間は概ね一致しており、**将来気候の沖波条件の妥当性を確認。**

課題1-2 2°C上昇シナリオを基本とし、21世紀末(2100年時点)を目指して計画値を算出する。2°C上昇シナリオの将来変化(海面上昇量、潮位偏差、波浪)は2100年に向かって線形に上昇するわけではなく、2050年ぐらいでピークアウトする。2050年以降はゼロエミッションシナリオで安定化するが、そのことは考慮しているのか。

対応方針 2100年を目指して計画値を算出する。なお、整備目標年(途中段階を想定)における検討は、下記グラフの将来変化も参考に実施する予定。

【世界平均海面上昇の予測】



【出典】「日本の気候変動2020」（文部科学省・気象庁）

【台風の可能最大強度MPI（中心気圧）の経年変化】

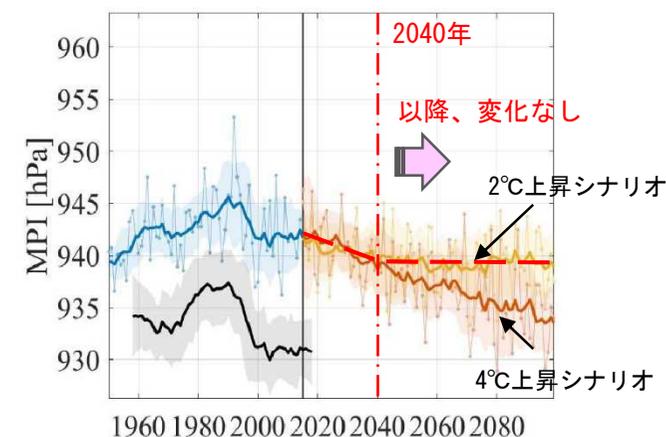


図-5 150年ランによる台風月海域内平均MPIの将来変化
 (青色：HPD実験4メンバ平均MPI, 黄色：HFD実験RCP2.6, 橙色：HFD実験RCP8.5, 黒色：JRA-55再解析値, 細線：1年, 太線：10年移動平均値, 網掛け：10年移動分散値, 単位：hPa)

【出典】気候変動による日本主要湾における可能最大クラス高潮の長期変化：森壮太郎・森信人他、土木学会論文集B2（海岸工学）、Vol. 77、No. 2

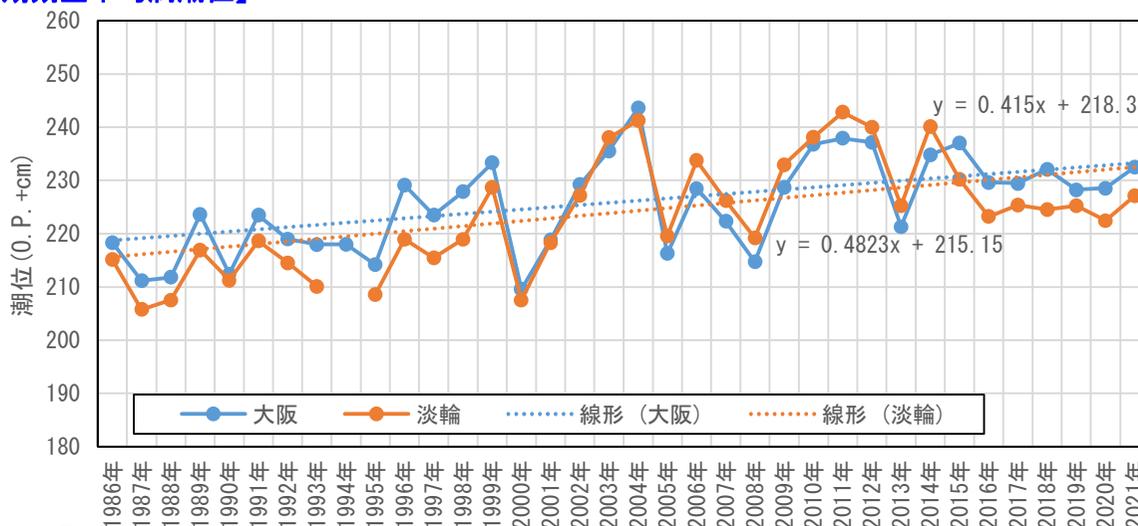
海面上昇量：2°C上昇シナリオの場合は2100年に向けて線形に変化ものとして想定(左図参照)。

波浪・潮位：2°C上昇シナリオの場合は2040年にピークアウト、以降、2100年に向けて変化しないものとして想定(右図参照)。

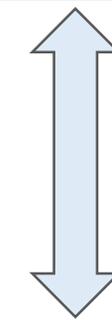
課題2-1 朔望平均満潮位と平均潮位の上昇の変化について、両者の関連を確認する。朔望平均満潮位は月2回の平均なのでノイズが乗りやすい。一方、平均潮位は統計的に安定量である。最近の朔望平均満潮位の上昇量を平均潮位の上昇量と関係づけて説明できるほうが理解しやすい。平均潮位の変化と朔望平均満潮位の変化をクリアにしておくほうがよい。

対応方針 下記に示すとおり、台風期朔望平均満潮位と平均潮位の最近の上昇傾向は整合的である。

【台風期朔望平均満潮位】

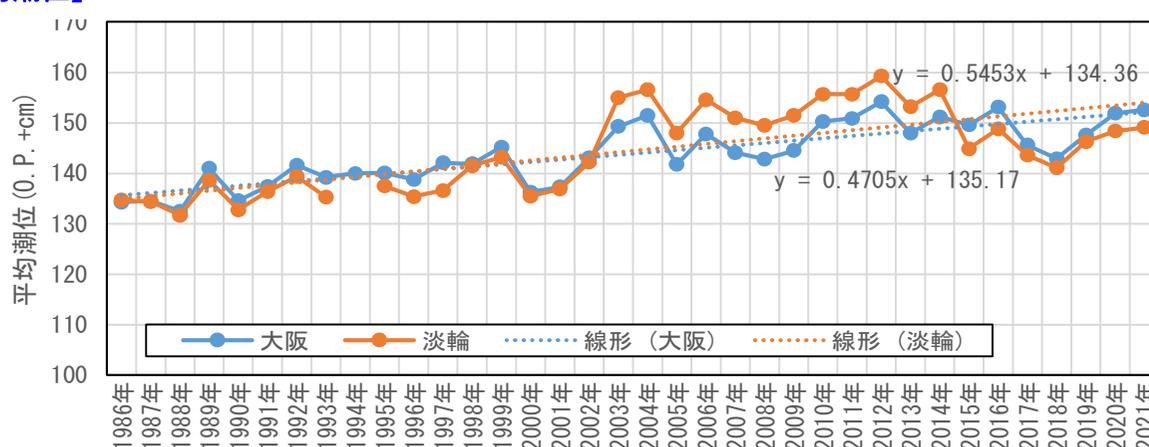


台風期朔望平均満潮位の上昇傾向:
 大阪: 0.42cm/年
 淡輪: 0.48cm/年



上昇傾向は整合的

【平均潮位】

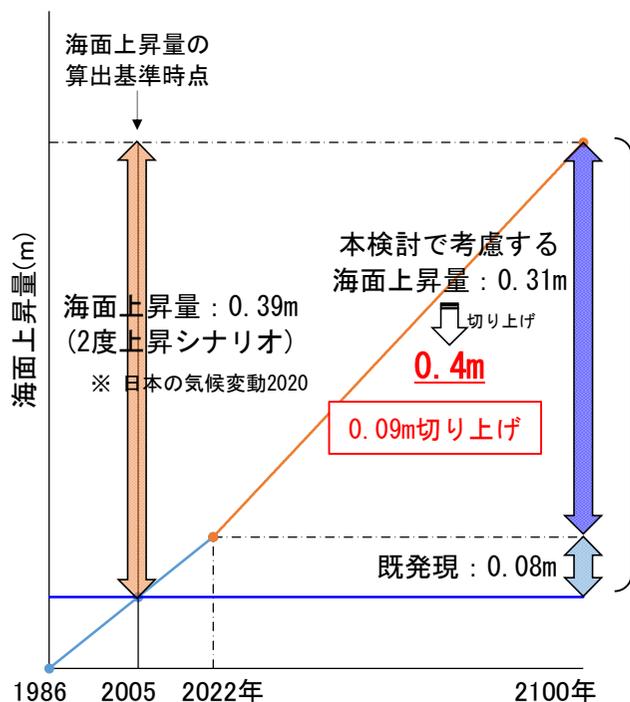


平均潮位の上昇傾向:
 大阪: 0.47cm/年
 淡輪: 0.55cm/年

課題2-2 海面上昇量は10cm単位で切り上げて設定する。海面上昇量のIPCC予測値はあくまで平均値であり、予測値の不確実性があるので、不確実性を考慮して、海面上昇量を10cm単位で切り上げるということによい。予測値の何%確率値ぐらいを見込んでいるという数字を出しておく、より科学的によい。

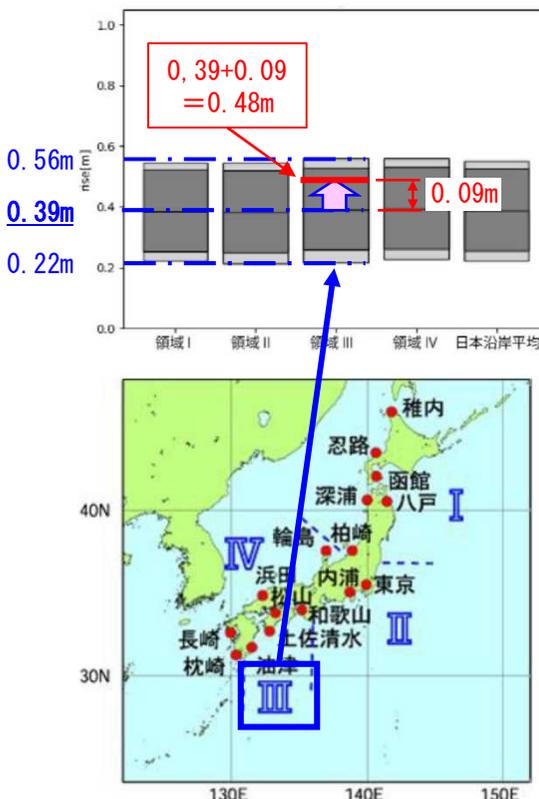
対応方針 10cm単位で切り上げたことにより、**海面上昇量は85%非超過の値に相当する**。予測値の範囲内に含まれるため、切り上げ量を予測値の不確実性に伴う余裕高とみなすことが可能である。

【本検討での海面上昇量の設定値】



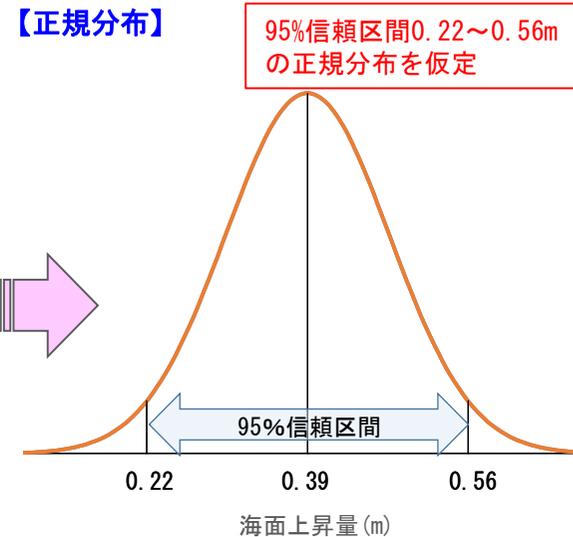
海面上昇量の幅が正規分布に従うものと仮定すると、海面上昇量0.39mに切り上げ量0.09mを加えた値0.48mは、**非超過確率85%に相当する**。

【海面上昇量の予測値】

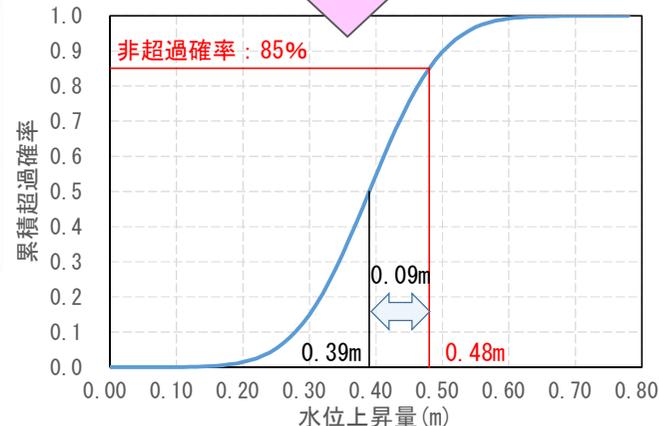


【出典】「日本の気候変動2020」（文部科学省・気象庁）

【正規分布】



【累積超過確率】



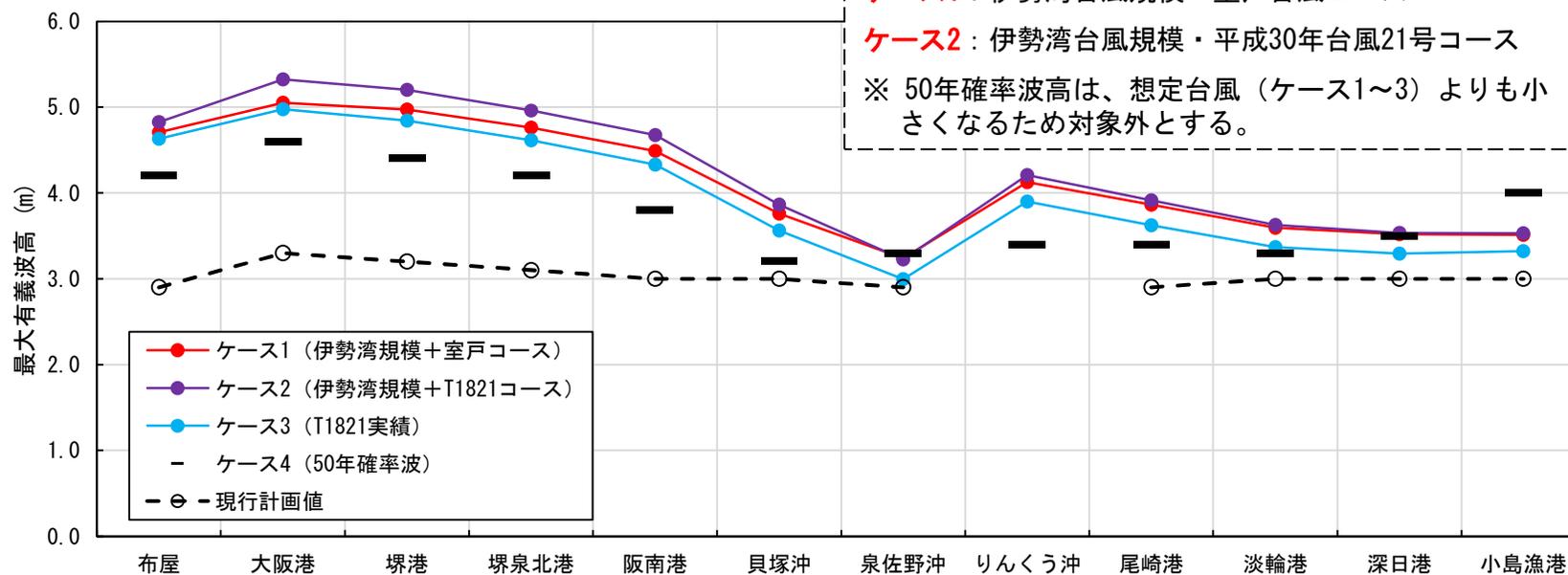
課題3-1 50年確率規模の台風については、台風強度(中心気圧)としての50年確率と、波高としての50年確率との整合性等をチェックする。中心気圧を50年確率とし、現在気候と将来気候の波高の比を50年確率波に乗じて将来気候の波高を設定するという方法では、台風コースを固定した検討となる。一方でB-1の手法であればコースを固定せず、算出された波高の出現確率で評価することとなり、その結果との整合性や評価の方法は一つのポイントとなる。

対応方針

想定台風の現在気候における波浪推算結果(資料3参照)と50年確率波高(「泉州海岸外波浪推算検討業務委託」(令和4年2月)にて設定済み)を比較した結果、50年確率波高が想定台風よりも小さくなった(下図参照)。

そのため、本検討では、将来気候における50年確率規模の台風は検討対象外とし、50年確率規模の台風の妥当性評価は実施しないものとする。

【沖波地点における最大有義波高（現在気候）】



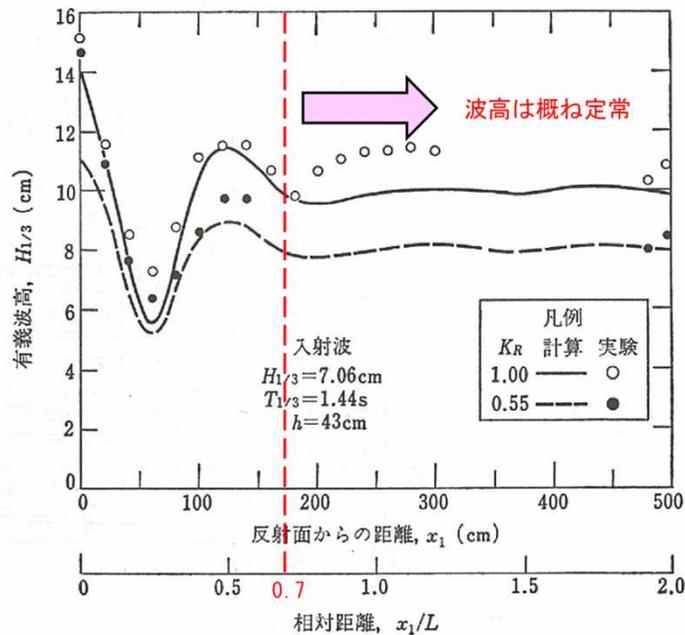
将来気候の検討対象擾乱
 ケース1: 伊勢湾台風規模・室戸台風コース
 ケース2: 伊勢湾台風規模・平成30年台風21号コース
 ※ 50年確率波高は、想定台風(ケース1~3)よりも小さくなるため対象外とする。

課題4-1 堤前波を算出する際には、進行波としての波高を算出する必要がある。ブシネスクモデルで計算する場合には、反射波が含まれるので注意が必要である。

対応方針 下記の方法により進行波としての波高を算出する。

①堤前波抽出位置

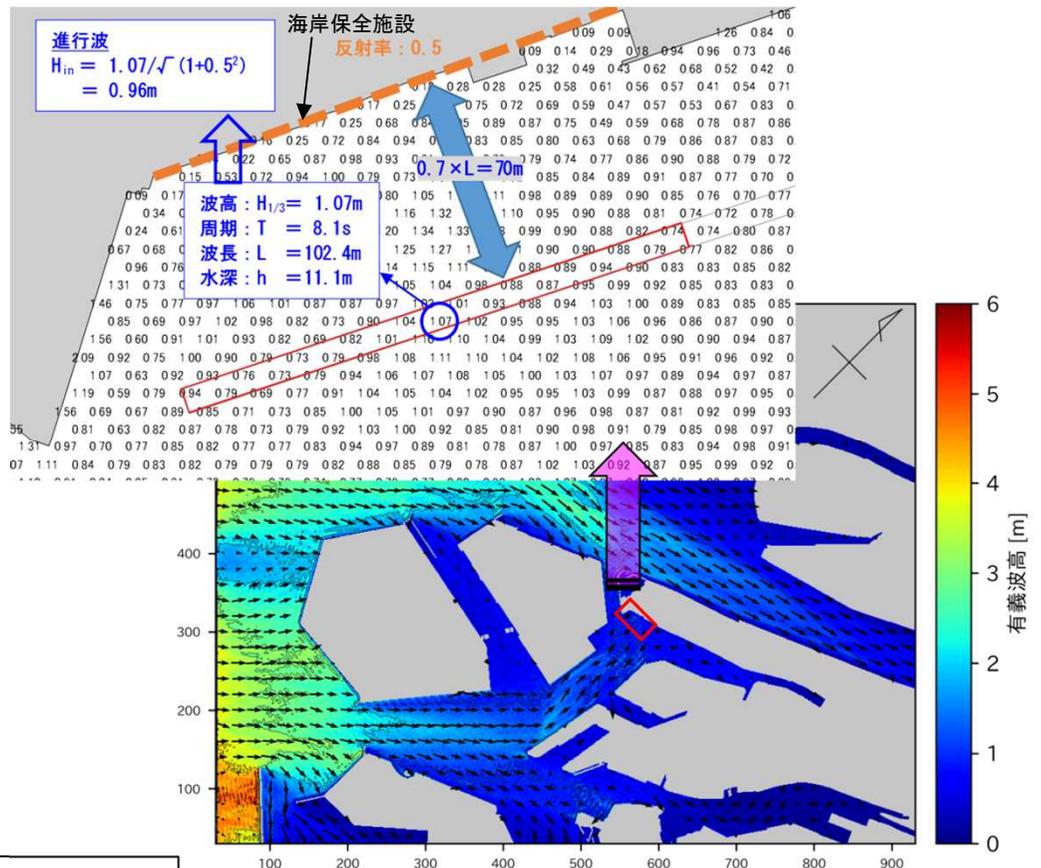
概ね定常な波高となる、施設前面から**0.7波長程度離れた位置**における波高を抽出する(下図参照)。



【出典】合田良實著「耐波工学 港湾・海岸構造物の耐波設計」

【堤前波算定の一例】

※ブシネスクモデルの計算結果例



【進行波の算定】

$$H_{gousei} = (1 + K_R^2)^{1/2} H_{in}$$

$$H_{in} = H_{gousei} / (1 + K_R^2)^{1/2}$$

【出典】
 「海岸保全施設の技術上の基準・同解説」
 (平成30年8月) p. 2-44

②進行波としての波高算定

入射波高(H_{in})と反射波の波高($H_{in} \times$ 反射率 K_R)がエネルギー的に合成された波高(H_{gousei})が計算されると考え、右式により**反射率 K_R** を用いて**進行波としての波高(H_{in})**を算定する。