

# 第1回 和歌山県海岸保全基本計画 技術検討委員会 —説明資料—

令和6年9月26日(木)  
和歌山県



# 目次



1. 開催趣旨 (p.2-)
2. 現行の計画値および観測値の整理等
  - 3-1. 潮位 (p.12-)
  - 3-2. 波浪 (p.22-)
  - 3-3. 津波 (p.26-)
3. 将来の外力変化量の検討方針 (p.29-)
4. 高潮・波浪推算モデルの構築 (p.51-)
5. 第1回技術検討委員会資料のまとめ (p.66-)

# 1. 開催趣旨

---





# ① 海岸法の制定と改正の経緯

- 海岸侵食の進行
- 海岸環境への認識の高まり
- 海洋レクリエーション需要の増大
- 地方分権化の推進

- 東日本大震災の経験
- 南海トラフ地震等の大規模地震・津波の切迫性
- 老朽化施設の急速な増加を懸念

海岸法の制定

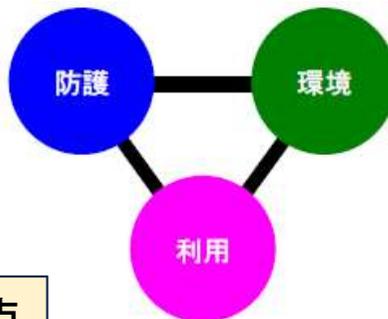
海岸法の一部改正

海岸法の一部改正

1956  
(昭和 31 年)



1999  
(平成 11 年)



2014  
(平成 26 年)



目的

- 台風による高潮や大地震による津波から海岸背後の人命・資産を守る

改正の要点

- 防護・環境・利用と調和のとれた総合的な海岸管理制度の創設
- 地域の意見を反映した海岸整備の計画制度の創設
- 海岸法の対象となる海岸の拡張
- 海岸の適正な保全のための措置の創設

改正の要点

- 堤防等と一体的に設置される減災機能を有する堤防等の海岸保全施設への位置付け
- 水文・陸閘等の操作規則等の策定
- 海岸保全施設の維持・修繕基準の策定
- 座礁船舶の撤去命令
- 海岸協力団体制度の創設

## ② 海岸保全基本方針・海岸保全基本計画の位置付け



- 海岸法は昭和31年(1956年)に公布され、その後平成11年(1999年)、平成26年(2014年)の二度改正されている。特に、平成11年の改正において、都道府県知事は国が定める海岸保全基本方針に基づき、海岸保全基本計画を定めなければならないとされた。

	海岸法制定(昭和31年公布)	改正海岸法(青字は平成11年、赤字は平成26年改正)
第一条 (目的)	この法律は、津波、高潮、波浪その他海水又は地盤の変動による被害から海岸を防護し、もつて国土の保全に資することを目的とする	この法律は、津波、高潮、波浪その他海水又は地盤の変動による被害から海岸を防護するとともに、 <b>海岸環境の整備と保全及び公衆の海岸の適正な利用を図り</b> 、もつて国土の保全に資することを目的とする
第二条 (定義)	この法律において「海岸保全施設」とは、次条の規定により指定される海岸保全区域内にある堤防、突堤、護岸、胸壁その他海水の侵入又は海水による侵食を防止するための施設をいう	この法律において「海岸保全施設」とは、第三条の規定により指定される海岸保全区域内にある堤防、突堤、護岸、胸壁、離岸堤、砂浜(海岸管理者が、消波等の海岸を防護する機能を維持するために設けたもので、 <b>主務省令で定めるところにより指定したものに限り</b> )その他海水の侵入又は海水による侵食を防止するための施設( <b>堤防又は胸壁にあつては、津波、高潮等により海水が当該施設を越えて侵入した場合にこれによる被害を軽減するため、当該施設と一体的に設置された根固工又は樹林(樹林にあつては、海岸管理者が設けたもので、主務省令で定めるところにより指定したものに限り)を含む</b> )をいう
第二条の二 (海岸保全基本方針)	—	主務大臣は、政令で定めるところにより、海岸保全区域等に係る海岸の保全に関する基本的な方針(以下「海岸保全基本方針」という)を定めなければならない
第二条の三 (海岸保全基本計画)	—	都道府県知事は、海岸保全基本方針に基づき、政令で定めるところにより、海岸保全区域等に係る海岸の保全に関する基本計画(以下「海岸保全基本計画」という)を定めなければならない



### ③ 海岸保全基本方針の主な変更箇所

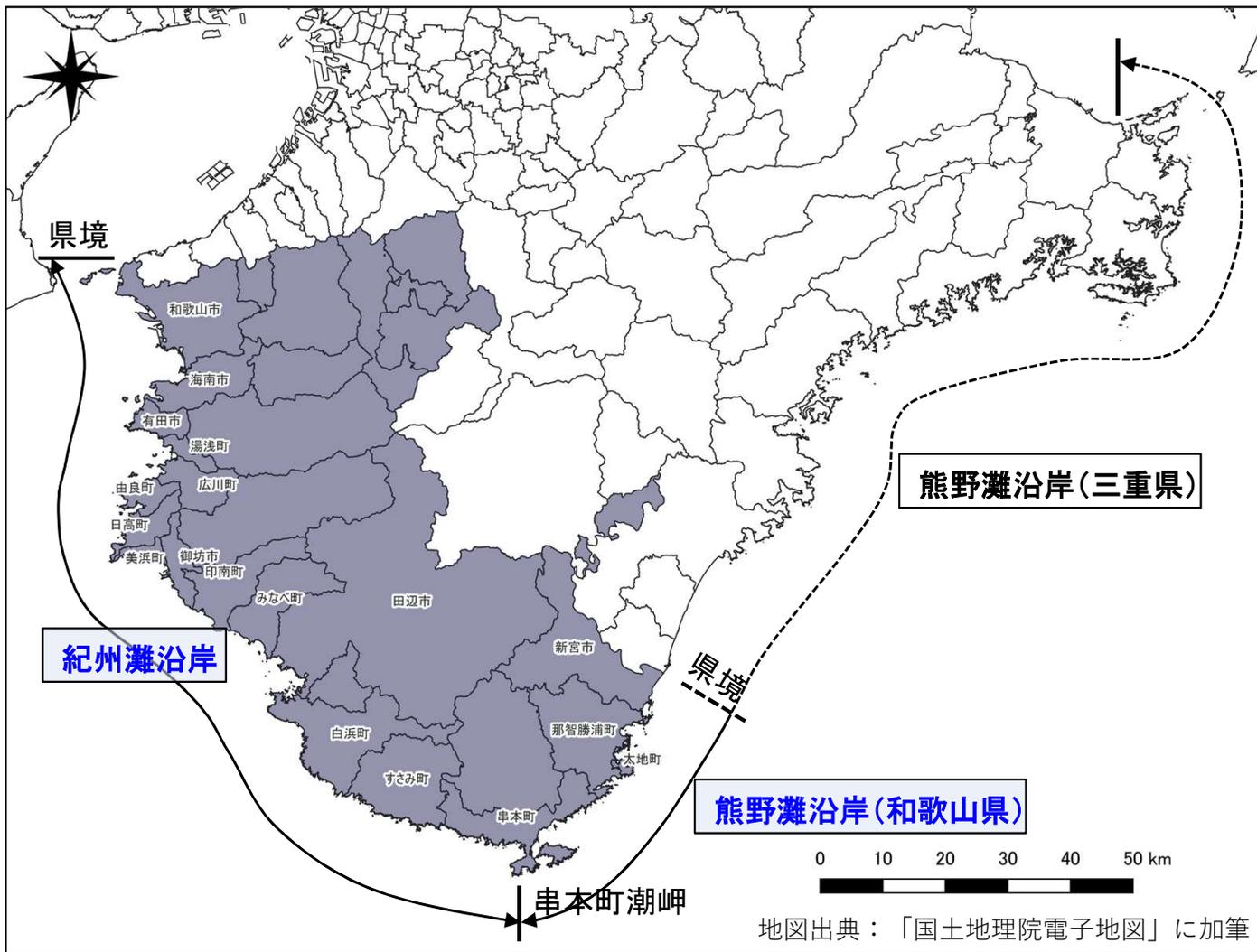
- 海岸保全基本方針は、平成12年5月に初めて作成され、平成26年の海岸法改正を踏まえ、平成27年2月に変更されている。
- その後、「気候変動を踏まえた海岸保全のあり方」提言(令和2年7月)を踏まえ、海岸保全を、過去のデータに基づきつつ気候変動による影響を明示的に考慮した対策へ転換するために、令和2年11月20日に海岸保全基本方針を変更した。(国土交通省HPより)

	平成27年2月変更 (策定時からの変更箇所)	令和2年11月変更 (平成27年変更時からの変更箇所)
海岸保全施設の整備に関する基本的な事項  「安全な海岸の整備」	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 背後地の状況等を考慮して、設計の対象を超える津波、高潮等の作用に対して施設の損傷等を軽減するため、<b>粘り強い構造の堤防、胸壁及び津波防波堤の整備を推進</b>する。その際、粘り強い構造の堤防等について、樹林と盛土が一体となって堤防の洗掘や被覆工の流出を抑制する「緑の防潮堤」など多様な構造を含めて検討する。水門・陸閘等については、統廃合又は常時閉鎖を進めるとともに、現場操作員の安全又は利用者の利便性を確保するため必要があるときは、自動化・遠隔操作化の取組を計画的に進める。</li> <li>➤ 海岸保全施設の機能や背後地の重要度等を考慮して必要に応じて<b>耐震性の強化を推進</b>する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 今後は、気候変動の影響による平均海面水位の上昇などの<b>外力の長期変化にも対応していく</b>必要がある。</li> <li>➤ 今後とも防護の必要な海岸において施設の計画的な整備を進める。整備に当たっては、堤防や消波工に沖合施設や砂浜等も組み合わせることにより、防護のみならず環境や利用の面からも優れた<b>面的防護方式による整備を推進</b>する。</li> </ul>



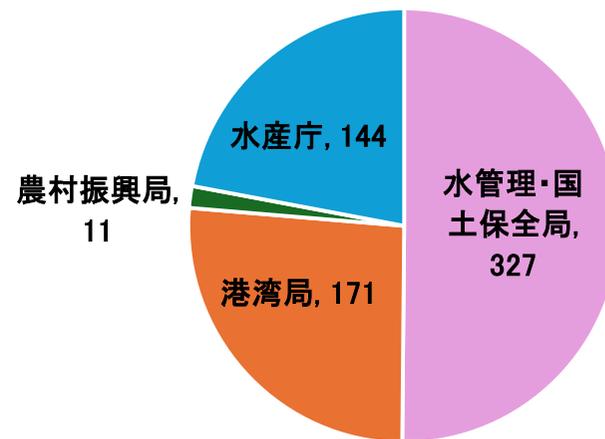
# ④ 和歌山県海岸保全基本計画の対象範囲

- 和歌山県海岸保全基本計画の対象範囲は下記の図に示すように、大阪府との県境から串本町潮岬までの「紀州灘沿岸」、串本町潮岬から三重県との県境までの「熊野灘沿岸」である。
- 和歌山県の海岸線の延長は紀州灘沿岸が約503km、熊野灘沿岸が約149kmである。

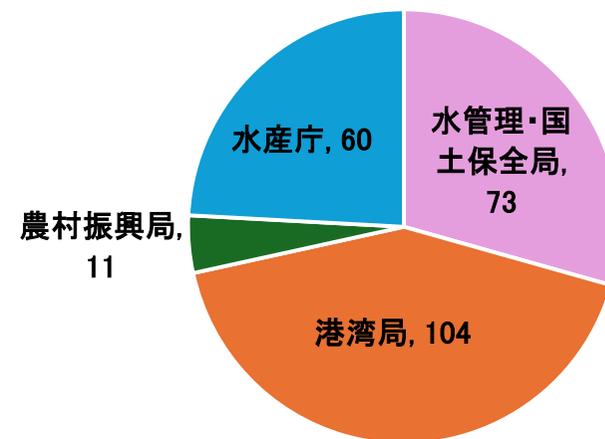


■ 和歌山県海岸保全基本計画の対象範囲

■ 海岸線延長



■ 海岸保全区域延長



出典：海岸統計(令和4年)  
数値の単位は(km)

# ⑤ 和歌山県海岸保全基本計画の策定・変更経緯



「紀州灘沿岸海岸保全基本計画」、「熊野灘沿岸海岸保全基本計画」は、海岸法により国が定めた海岸保全基本方針に基づき、それぞれ平成14年、平成15年に策定(平成25～26年・平成28年・平成29年に改定)。令和2年11月の海岸保全基本方針を踏まえ、和歌山県海岸保全基本計画を令和7年度に改定予定。

## 海岸保全基本方針(国)

【平成12年5月】

”美しく、安全で、いきいきとした海岸“を次世代へ継承

- ・ 防護、環境、利用の調和
- ・ 地域の特性を生かした地域とともに歩む海岸づくり
- ・ 国と地方の相互協力による海岸保全

【平成27年2月】変更(主に下記の事項を追加)

- ・ 今後の防災・減災対策の強化
- ・ 海岸保全施設の老朽化への早急な対応

【令和2年11月】変更(主に下記の事項を追加)

- ・ 「**気候変動を踏まえた海岸保全のあり方**」提言(令和2年7月)を踏まえた、気候変動による外力の長期変化等への対応

## 海岸保全基本計画(和歌山県)

【平成14年10月】

- ・ 「紀州灘沿岸海岸保全基本計画」の策定

【平成15年7月】

- ・ 「熊野灘沿岸海岸保全基本計画」の策定

減災機能を有する海岸保全施設の整備、海岸保全施設の維持または修繕に関する事項を追加

【平成28年6月】

「紀州灘沿岸海岸保全基本計画」の変更

【平成28年3月】

「熊野灘沿岸海岸保全基本計画」の変更

気候変動に関する海岸基本方針の変更を踏まえ、改定予定(令和7年度予定)。

- ・ **気候変動を踏まえた防護水準**に関する事項

# ⑥ 気候変動影響に関する検討状況と国の動向



## ●【令和元年9月】(IPCC)

SROCCによる2100年までの平均海面水位の予測上昇範囲の上方修正

## ●【令和2年7月】(気候変動を踏まえた海岸保全のあり方検討委員会)

「気候変動を踏まえた海岸保全のあり方」提言

## ●【令和2年11月】(海岸4省庁)

海岸保全基本方針の変更

## ●【令和2年12月】(文部科学省・気象庁)

日本の気候変動2020(文部科学省・気象庁)

## ●【令和3年7月】(海岸4省庁)

「海岸保全施設の技術上の基準について」の一部改正

## ●【令和3年8月】(海岸4省庁)

「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方法等について」を各都道府県に通達

## ●【令和5年3月】(IPCC)

IPCC第6次評価の統合報告書の公表

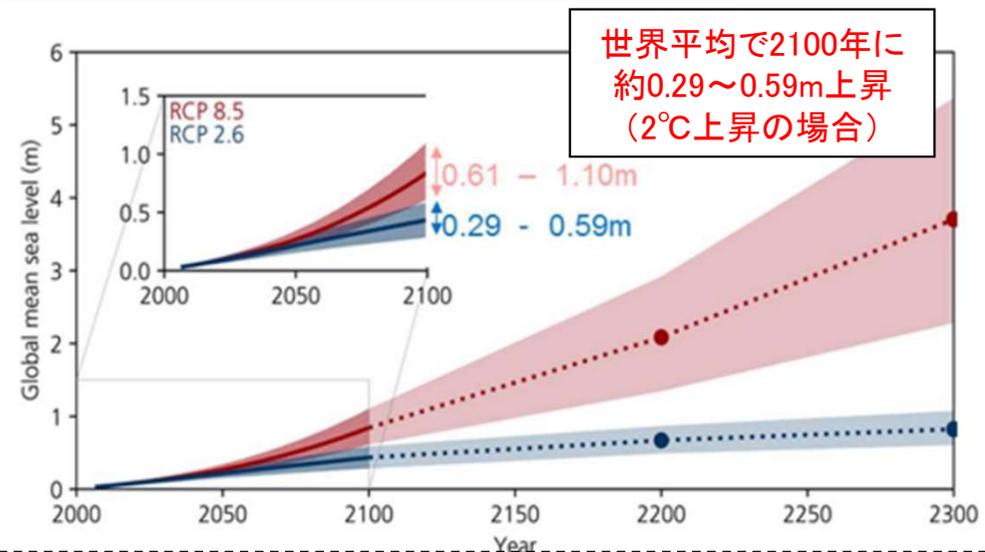
## ●【水産庁】(令和5年4月)

漁港施設等における気候変動適応策の設計に係る手引き(暫定版)

## ●【国土交通省港湾局】(令和6年3月)

港湾における気候変動適応策の実装方針

### ■世界平均海面水位の変化予測(SROCC)



出典: SROCC

# ⑦ 現行の海岸保全基本計画における防護目標



- 現行の海岸保全基本計画における防護目標は下表のとおりであり、今回の計画改定では、「海岸保全基本方針」等の変更を踏まえ、主に気候変動の影響を考慮した外力・防護水準の目標の設定が求められている。

	紀州灘沿岸海岸保全基本計画	熊野灘沿岸海岸保全基本計画
防護すべき区域	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>高潮からの防護</b>—防護水準として設定した潮位および波浪が発生した場合の浸水区域</li> <li>• <b>津波からの防護</b>—発生頻度が高いレベルの地震として想定される東海・東南海・南海3連動地震による津波の浸水区域</li> <li>• <b>侵食からの防護</b>—現在と同じ速度で50年間侵食が進むと想定した場合の影響範囲</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>高潮からの防護</b>—防護水準として設定した潮位および波浪が発生した場合の浸水区域</li> <li>• <b>津波からの防護</b>—想定規模の地震が起こった場合に、津波や施設の沈下・崩壊に伴う浸水による被害が想定される区域</li> <li>• <b>侵食からの防護</b>—侵食が進んだことで被害が発生もしくは発生することが予想される海岸</li> </ul>
防護目標	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>高潮や越波等による浸水被害の防護</b> 過去に発生した高潮の記録に基づく計画高潮位に、適切に推算した波浪の影響を加えて、これらに対して防護することを目標</li> <li>• <b>津波による浸水被害の防護</b> 東海・東南海・南海3連動地震(約90年～150年周期)による津波に対して防護することを目標(当面は津波避難困難地域の解消、経済被害を抑え早期の復旧復興に繋げる対策を推進)</li> <li>• <b>侵食による被害の防護</b> 現状の汀線の保全・維持を基本的な目標とし、必要に応じて汀線の回復を図ることを目標</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>高潮や越波等による浸水被害の防護</b> 最も沿岸に被害を与えた過去の台風規模を基本に、伊勢湾台風以降の高潮被害も踏まえ、海岸保全施設の整備を行うことを目標</li> <li>• <b>津波による浸水被害の防護</b> 南海トラフ沿いで発生する、発生間隔が数十年から百数十年に一度の規模の地震・津波(L1津波)に対して、住民等の生命を守ることを最優先に、海岸保全施設の整備を行うことを目標</li> <li>• <b>侵食による被害の防護</b> 現状の汀線の保全・維持を基本的な目標とし、必要に応じて汀線の回復を図ることを目標</li> </ul>

# ⑧ 本検討委員会の位置付けと意見の反映



## • 海岸保全基本計画の作成

(海岸法第二条の三 第四項)

都道府県知事は、海岸保全基本計画のうち、海岸保全施設の整備に関する事項で政令で定めるものについては、関係海岸管理者が作成する案に基づいて定めるものとする。

## • 意見の反映

(海岸法第二条の三 第二項)

都道府県知事は、海岸保全基本計画を定めようとする場合において必要があると認めるときは、あらかじめ海岸に関し学識経験を有する者の意見を聴かなければならない。

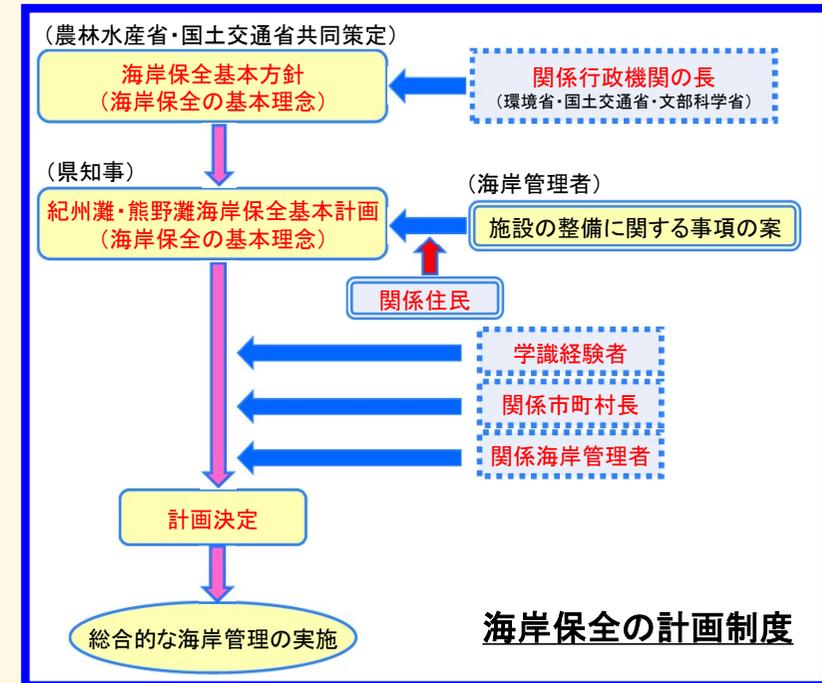
→今回の変更は、主に気候変動の影響を考慮した外力・防護水準の目標の設定が求められることから、技術的に高度な検討が必要となる。このため、学識経験者で構成する技術検討委員会を立ち上げ、気候変動後の外力を検討する。

(海岸法第二条の三 第三項)

都道府県知事は、海岸保全基本計画を定めようとするときは、あらかじめ関係市町村及び関係海岸管理者の意見を聴かなければならない。

(海岸法第二条の三 第五項)

関係海岸管理者は、前項の案を作成しようとする場合において必要があると認めるときは、あらかじめ公聴会の開催等関係住民の意見を反映させるために必要な措置を講じなければならない。



# ⑨ 海岸保全基本計画変更に係るスケジュール(案)



実施項目	令和6年度(2024年度)									令和7年度(2025年度)											
	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
関係資料の収集・整理	→																				
<b>検討方針の設定</b> ①気候変動影響の実態や傾向の把握 ②現行計画(防護水準)の整理 ③基本計画変更に向けた課題と検討項目の整理	→																				
<b>気候変動を踏まえた計画外力の算定と防護性能の評価</b> ①高潮による浸水被害に対する防護水準 ②津波による浸水被害に対する防護水準 ③防護水準案の設定と現況海岸の評価			算定方法の設定、計算モデルの再現性検証	→ 長期変化量の算定(3海岸)、設計津波の設定(3海岸)、防護性能の評価(暫定値)								→ 長期変化量の決定、設計津波の決定、防護性能の評価									
海岸保全基本計画(変更素案)の作成																					
海岸保全基本計画(変更案)の作成																					
海岸保全基本計画(変更最終案)の作成																					
海岸保全基本計画(変更版)の策定																					
技術検討委員会(紀州灘・熊野灘 共)			●							●											
関係機関への意見聴取			9/26																		
パブリックコメントの実施																					
関係機関縦覧(県報告示)																					
関係市町村長及び関係海岸管理者の確認																					

## 2. 現行の計画値および観測値の整理

---

### (2-1. 潮位)





# ①-1 現行の設計高潮位(海岸)

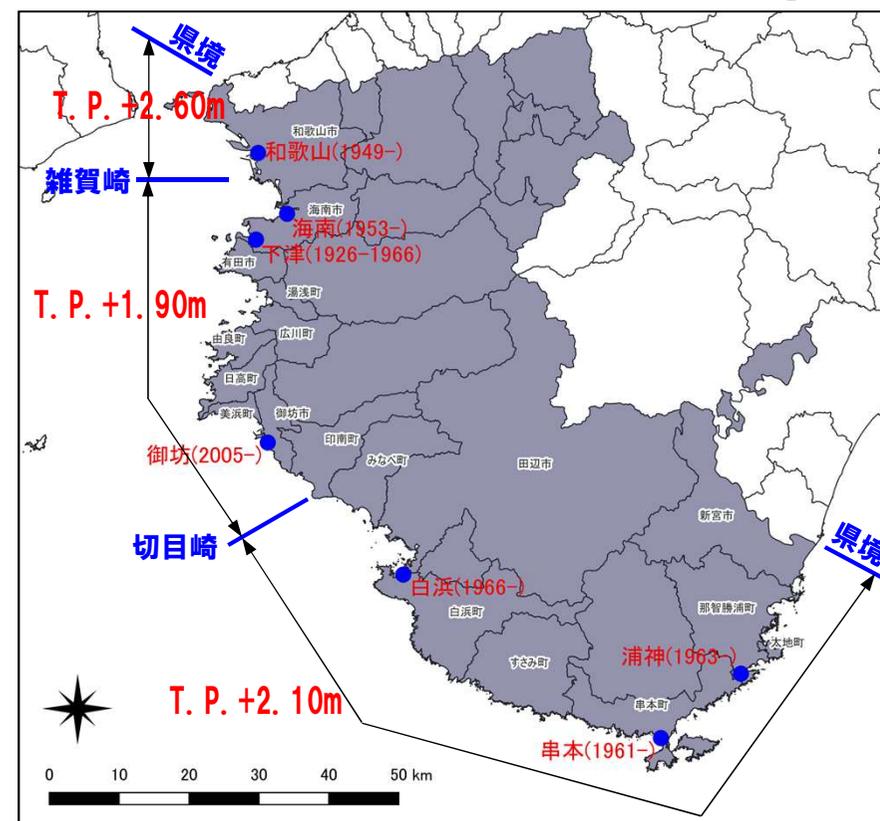
- 現行の紀州灘及び熊野灘の海岸保全基本計画では、高潮や越波等による浸水被害の防護については、過去に発生した高潮の記録に基づく設計高潮位に、適切に推算した波浪の影響を加えて、これらに対して防護することを目標としており、**設計高潮位は既往の最高潮位(第二室戸台風または伊勢湾台風時の潮位)を基準**としている。
- 一方、背後の人家の集積状況や災害発生状況に応じて、**朔望平均満潮位に既往の最大偏差等を加えた高さについても考慮した防護を図る**こととしている。

地図出典：「国土地理院電子地図」に加筆

## ■ 計画潮位の諸元

	設計高潮位 (H.H.W.L.)	朔望平均満潮位 (H.W.L.)	平均潮位 (M.W.L.)	朔望平均干潮位 (L.W.L.)
大阪府との県境 ～雑賀崎	T.P.+2.60m	T.P.+1.00m	T.P.+0.20m	T.P.-0.90m
雑賀崎～切目崎	T.P.+1.90m	T.P.+1.00m	T.P.+0.20m	T.P.-0.90m
切目崎～三重県 との県境	T.P.+2.10m	T.P.+1.00m	T.P.+0.20m	T.P.-0.90m

出典：「施設の設計に使用する潮位について」和歌山県平成28年3月通達資料、別紙2



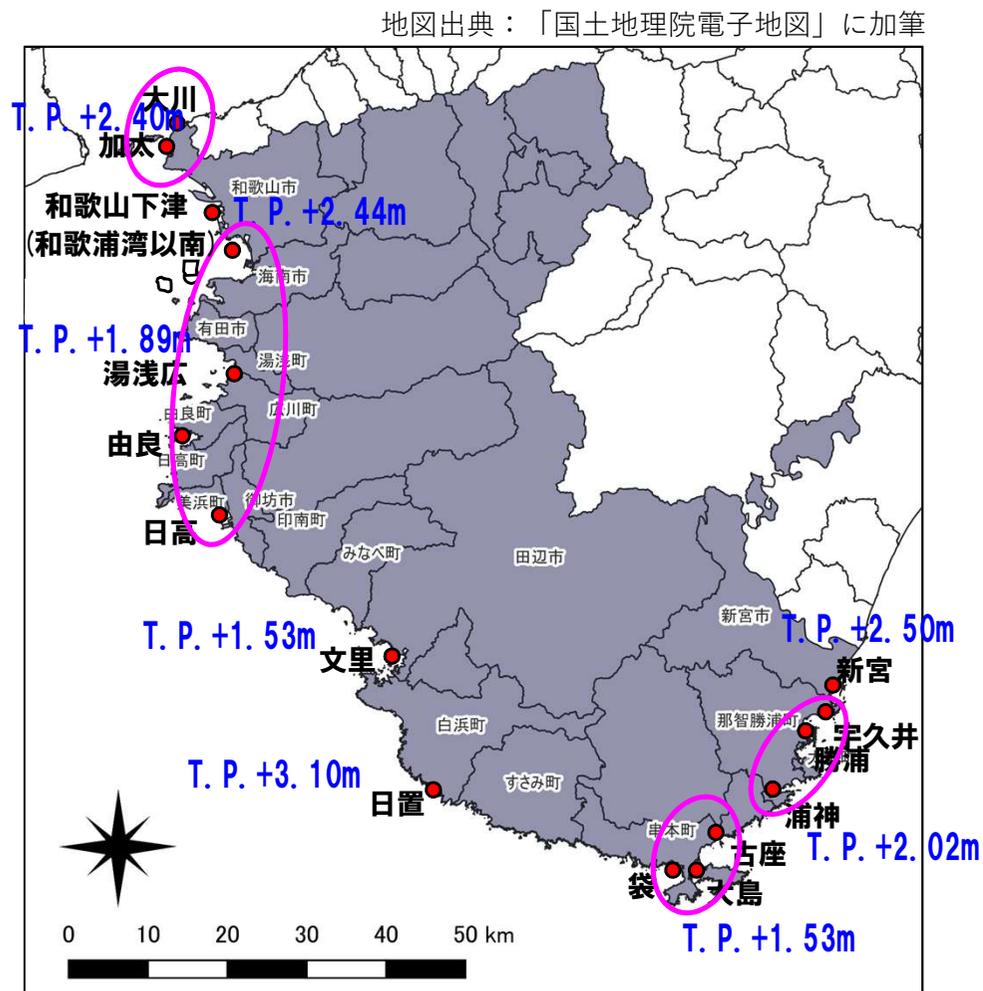
## ■ 設計高潮位の設定状況

# ①-2 現行の設計高潮位(港湾)



## ■ 各港の潮位

港名	既往最高潮位 (H.H.W.L.)	朔望平均満潮位 (H.W.L.)	朔望平均干潮位 (L.W.L.)	
大川港	T.P.+2.40m	T.P.-0.90m	T.P.-0.90m	
加太港				
和歌山下津港	T.P.+2.44m			
和歌山下津港 (和歌浦湾以南)	T.P.+1.89m			
湯浅広港				
由良港				
日高港				
文里港				T.P.+1.53m
日置港	T.P.+3.10m※			T.P.+1.00m
袋港	T.P.+1.53m			
大島港				
古座港				
浦神港	T.P.+2.02m	T.P.-0.80m		
勝浦港				
宇久井港				
新宮港			T.P.+2.50m	



## ■ 各港の既往最高潮位

出典：「施設の設計に使用する潮位について」和歌山県  
平成28年3月通達資料、別紙1

※：日置港の既往最高潮位の発生は台風197506号(8月23日来襲)による(港湾台帳)

# ①-3 現行の設計高潮位(漁港)

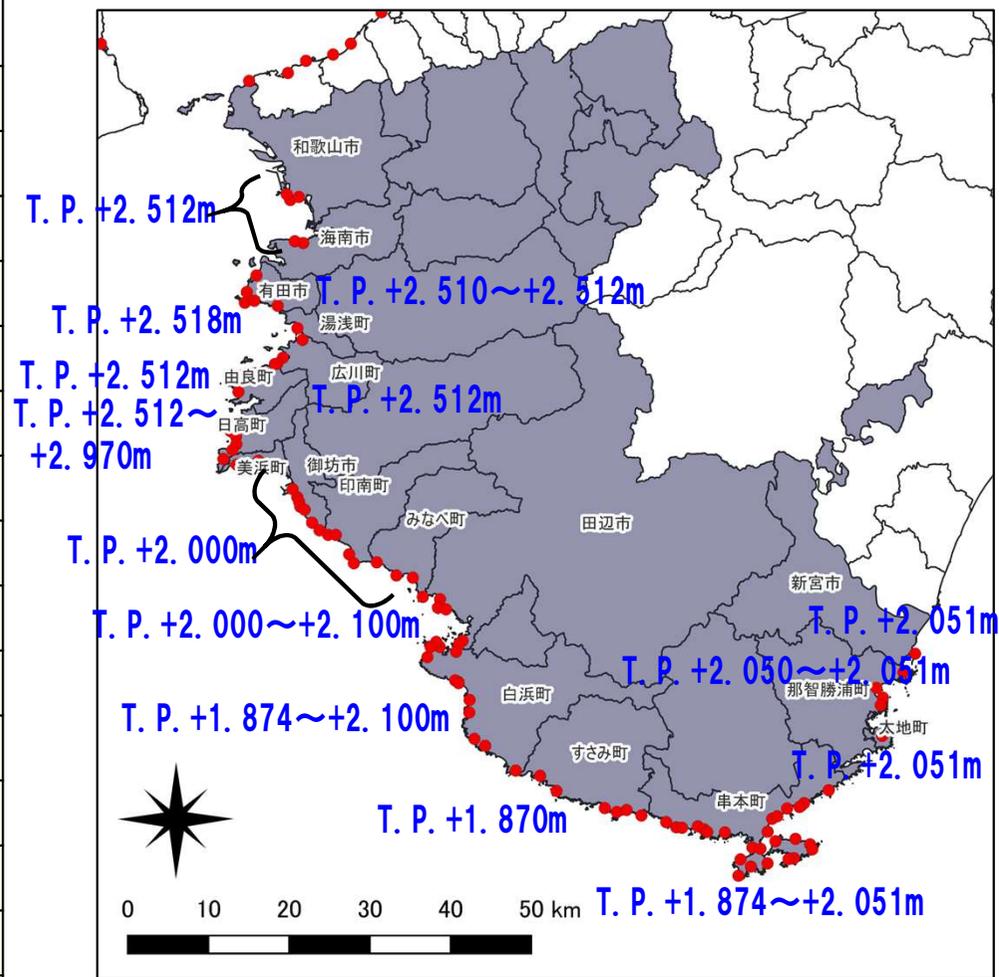


## ■ 各市町区分での潮位

基準面:T.P.

市町名	設計高潮位 (H.H.W.L.)	朔望平均満潮位 (H.W.L.)	朔望平均干潮位 (L.W.L.)
和歌山市(1)	+2.512m	+0.843m	-0.989m
海南市(2)	+2.512m	+0.840m	-0.990m
有田市(3)	+2.510~+2.512m	+0.840~+0.845m	-0.994~-0.989m
湯浅町(2)	+2.518m	+0.843m	-0.989m
広川町(1)	+2.512m	+0.843m	-0.989m
由良町(3)	+2.512m	+0.843m	-0.989m
日高町(6)	+2.512~+2.970m	+0.840~+0.843m	-0.989~-0.990m
美浜町(2)	+2.000m	+0.802m	-1.094m
御坊市(6)	+2.000m	+0.797m	-1.054m
印南町(2)	+2.000m	+0.802m	-1.094m
みなべ町(3)	+2.000m	+0.802m	-1.094m
田辺市(3)	+2.000~+2.100m	+0.800~+0.900m	-1.094~-0.990m
白浜町(5)	+1.874~+2.100m	+0.834~+0.902m	-0.994~-0.985m
すさみ町(1)	+1.870m	+0.830m	-0.980m
串本町(9)	+1.874~+2.051m	+0.823~+0.834m	-0.985~-0.939m
太地町(1)	+2.051m	+0.823m	-0.939m
那智勝浦町(3)	+2.050~+2.051m	+0.820~+0.823m	-0.940~-0.939m
新宮市(1)	+2.051m	+0.823m	-0.939m

地図出典:「国土地理院電子地図」に加筆



## ■ 漁港の設計高潮位

注:赤のポイントは漁港位置を示す



## ② 各検潮所における既往最高潮位

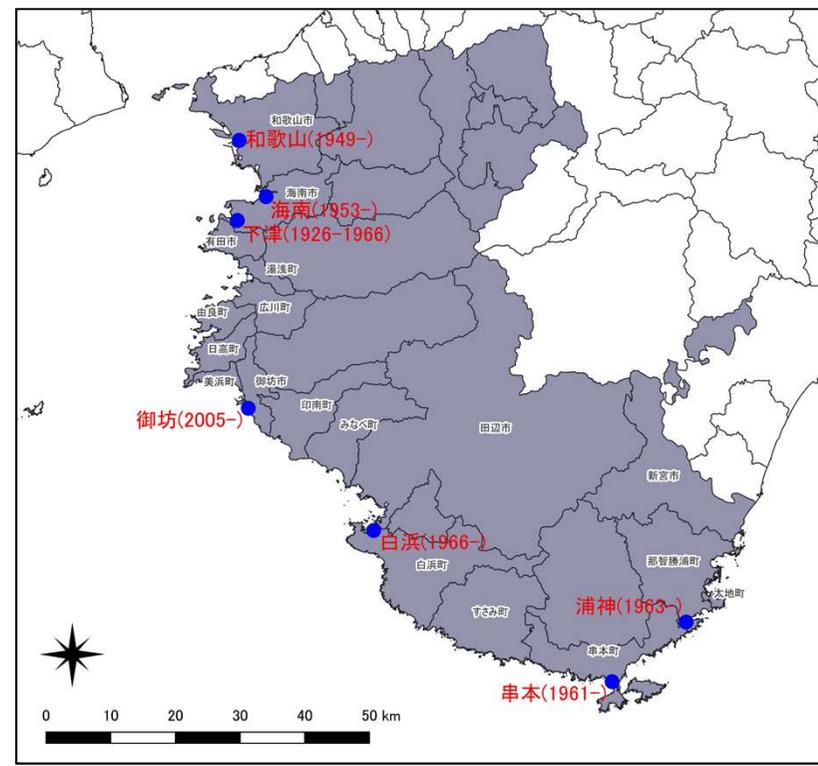
- 各検潮所における既往最高潮位は**紀北側では第二室戸台風来襲時に、紀南側では伊勢湾台風来襲時にそれぞれ記録している。**
- なお、串本では2018年の台風24号来襲時の潮位が最高潮位となっているが、伊勢湾台風来襲時には波浪等の影響※により欠測となっていた。

※: 気象庁技術報告第7号 伊勢湾台風調査報告(昭和36年3月) p.407

### ■ 各検潮所における最高潮位

検潮所名	最高潮位 (T.P.)	発生日	発生要因	統計期間
和歌山	+2.52m	1961年09月16日	第二室戸台風	1950年-2023年
海南	+1.95m	1961年09月16日	第二室戸台風	1950年-1966年
下津	+1.97m	1961年09月16日	第二室戸台風	1950年-1966年
御坊	+2.01m	2018年09月30日	台風1824号	2005年-2023年
白浜	+1.60m	2018年09月30日	台風1824号	1967年-2023年
串本	+1.94m	2018年09月30日	台風1824号	1951年-2023年
浦神	+1.77m	1959年09月26日	伊勢湾台風	1951年-2023年

地図出典: 「国土地理院電子地図」に加筆



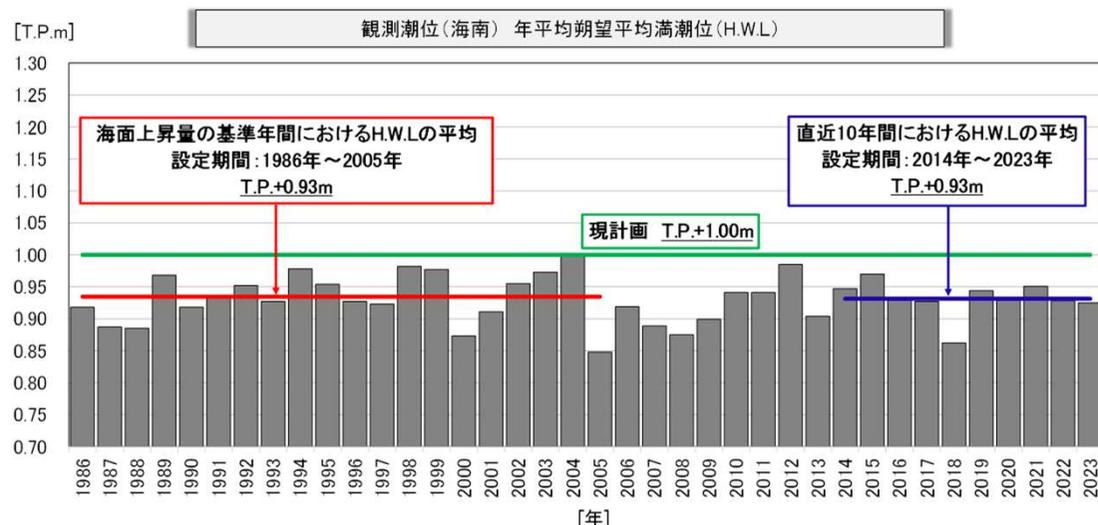
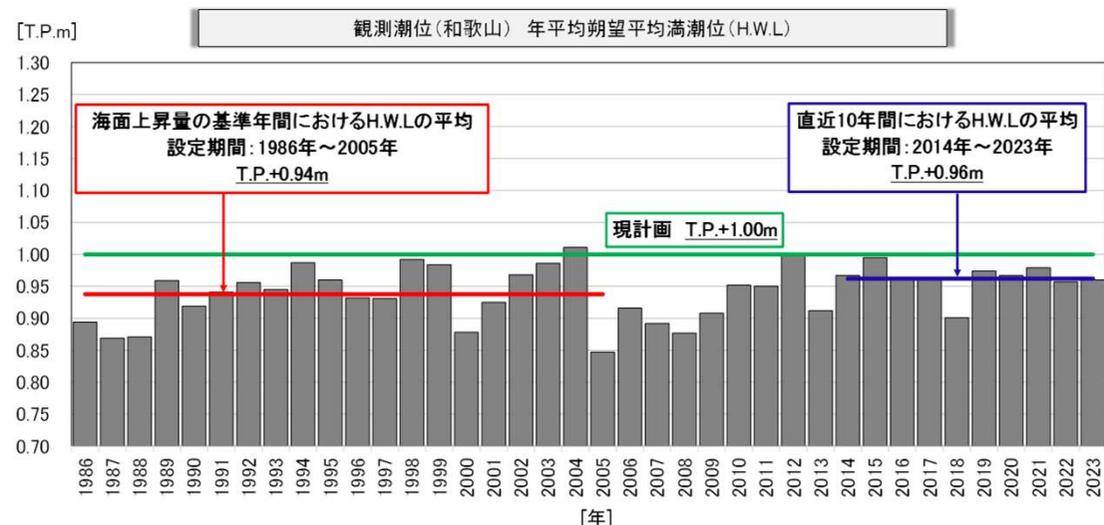
### ■ 検潮所の位置

注: 海南・下津以外は気象庁HP「平滑値による潮位の過去最高値」より引用。海南・下津については「大阪管区異常気象調査報告第9巻、第3号、p.49、1962年3月」を引用。



# ③-1 朔望平均満潮位の経年変化(1)

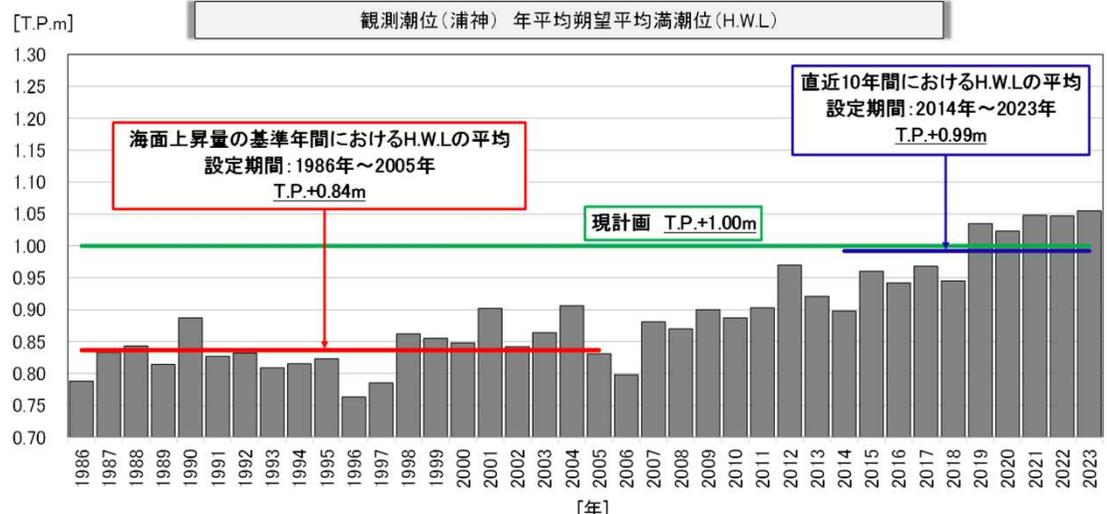
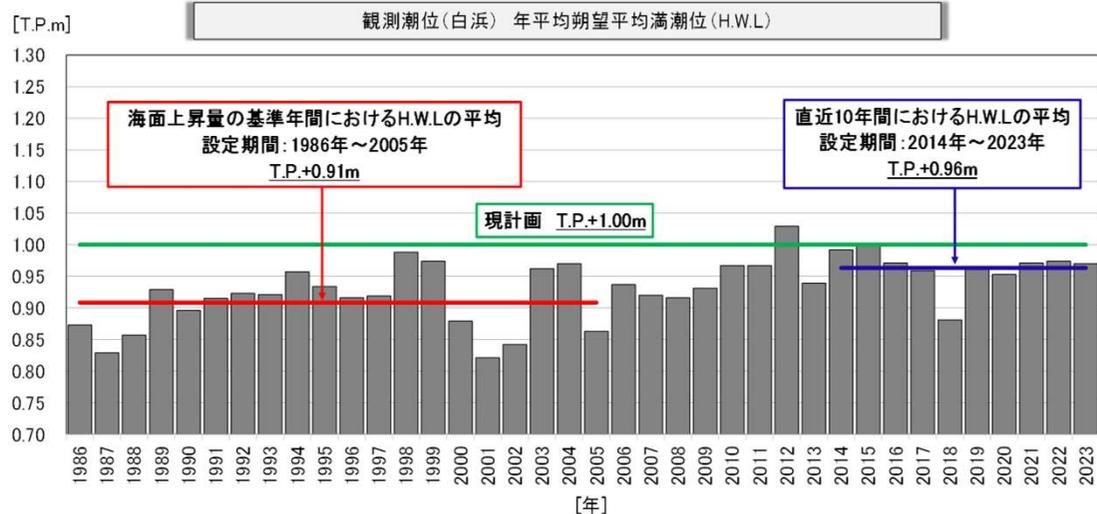
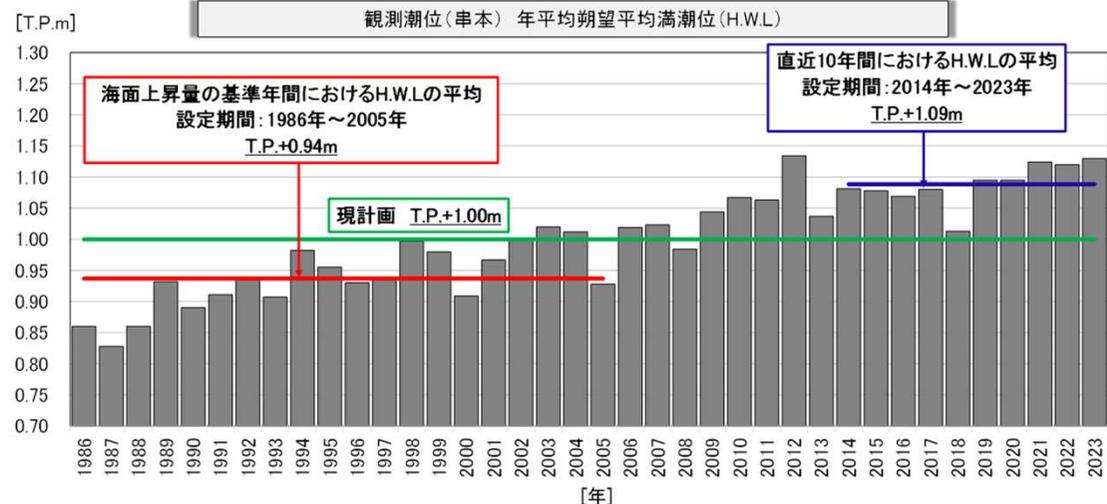
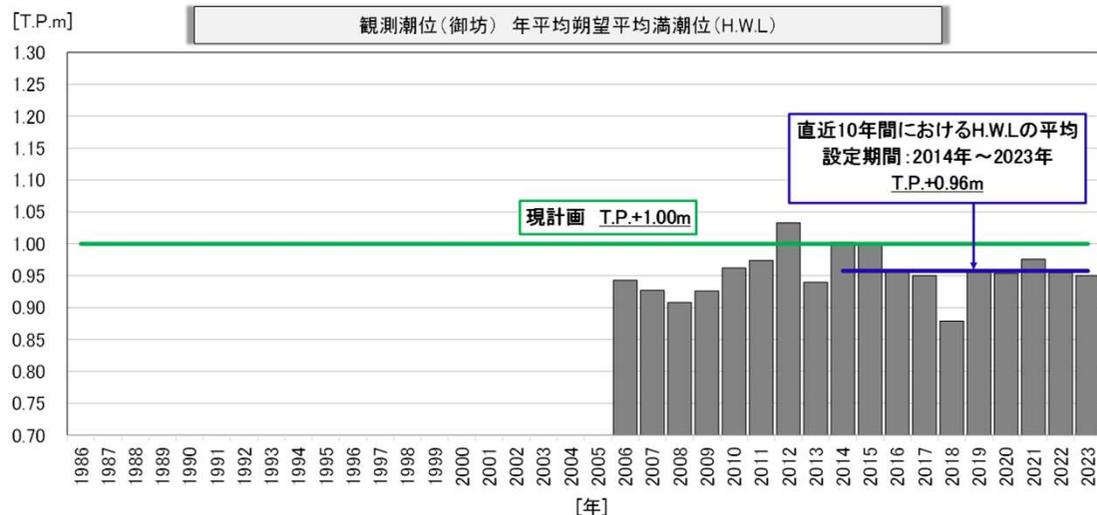
- 各検潮所における朔望平均満潮位の経年変化をみると、紀州灘側と熊野灘側では傾向が若干異なっている。**和歌山、海南、御坊、白浜**では海面上昇量の基準年間(1986年～2005年)の平均値と直近10年間の平均値を比較すると顕著な差は見られず、**現計画値のT.P.+1.00mを下回って推移**している。
- 一方、熊野灘側の**串本、浦神**では**基準年間の平均値と直近10年間の平均値では乖離が大きく**、串本では現計画値に比べ9cm高くなっている。なお、2019年以降の潮位の上昇は黒潮の大蛇行の影響が大きいものと推定される。なお、電子基準点における上下方向の変動量を考慮した地盤変動量の補正は行っていない。



## ■ 各検潮所における朔望平均満潮位の経年変化

注: 海南以外の1998年以降のデータは気象庁HP「各年の潮汐」より引用。また、1997年以前及び海南については毎時の潮位を使用して予報潮位との差分から算出している。なお、潮位高をT.P.基準とするため取付水準点と観測基準面との高低差の変更履歴を考慮して作成している。

# ③-2 朔望平均満潮位の経年変化(2)



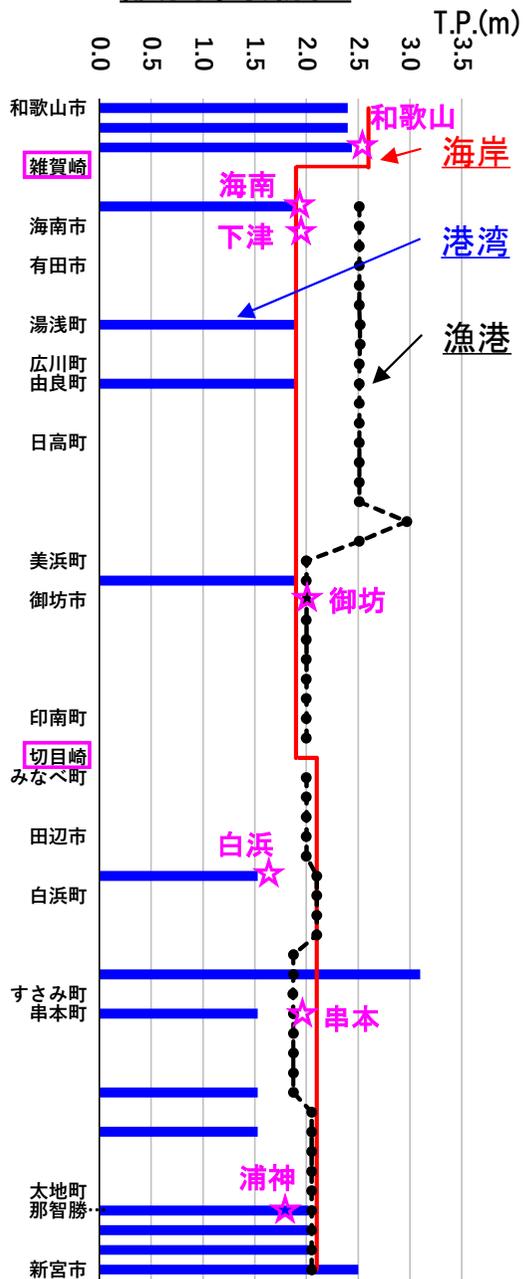
## ■ 各検潮所における朔望平均満潮位の経年変化

注:海南以外の1998年以降のデータは気象庁HP「各年の潮汐」より引用。また、1997年以前及び海南については毎時の潮位を使用して予報潮位との差分から算出している。なお、潮位高をT.P.基準とするため取付水準点と観測基準面との高低差の変更履歴を考慮して作成している。

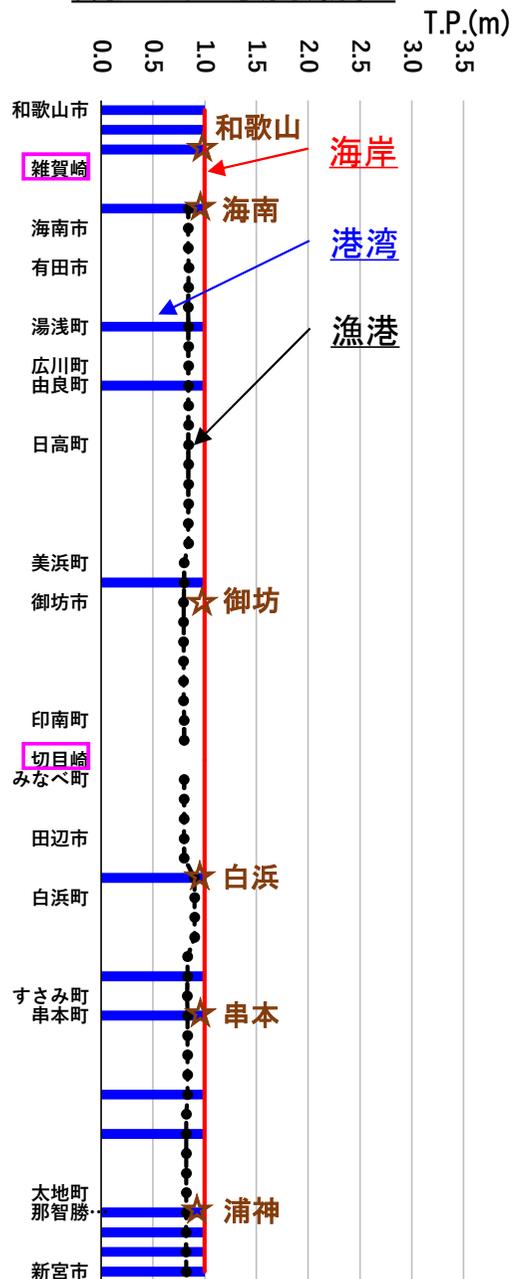
# ④ 現行の設計高潮位、朔望平均満潮位のまとめ



## 設計高潮位



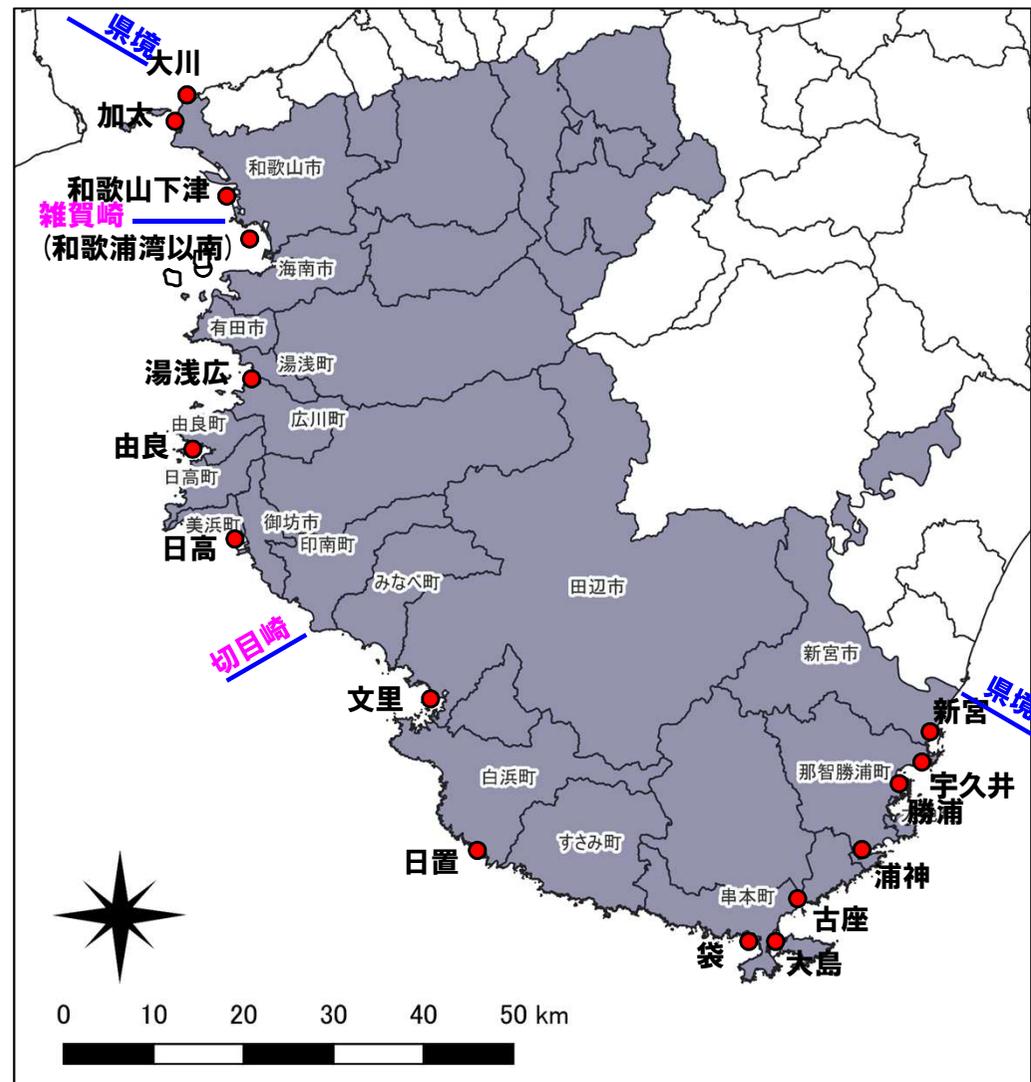
## 朔望平均満潮位



☆: 検潮所での既往最高潮位

☆: 検潮所での朔望平均満潮位(御坊以外1986-2005)

地図出典: 「国土地理院電子地図」に加筆



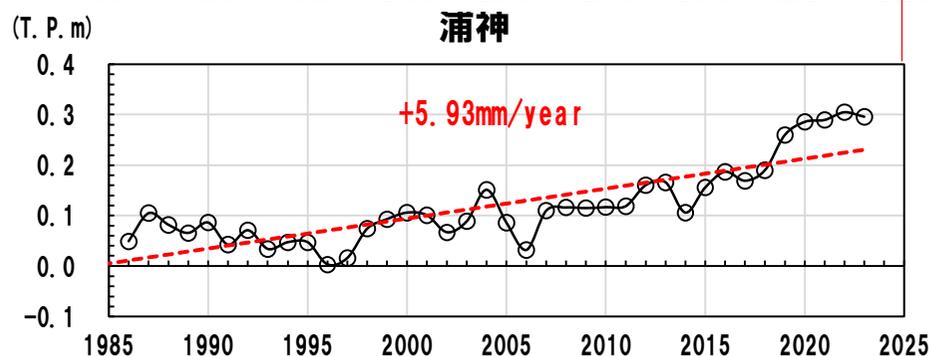
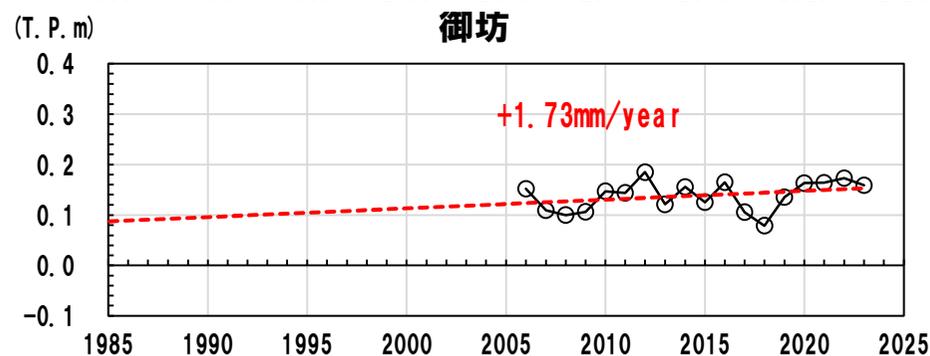
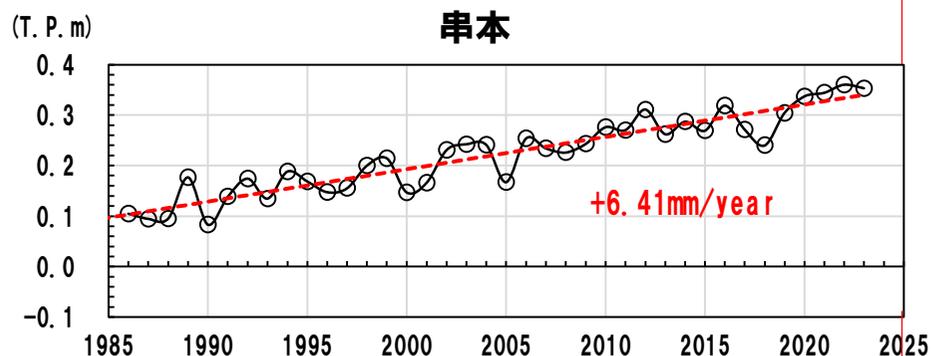
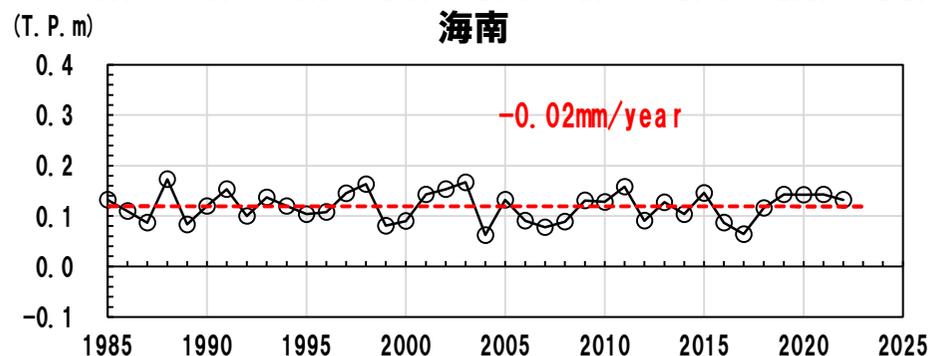
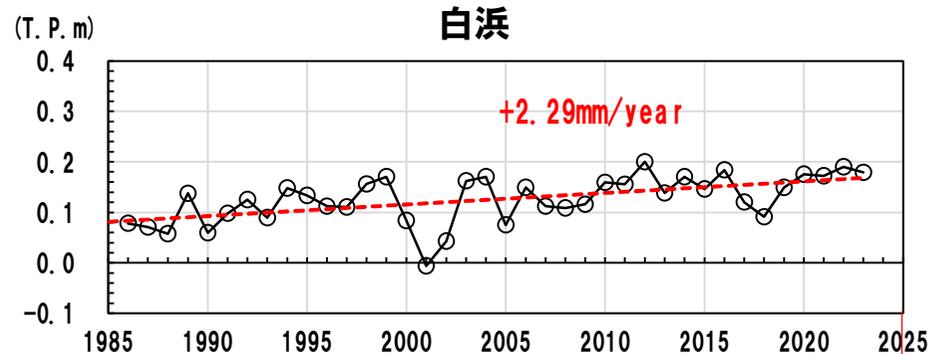
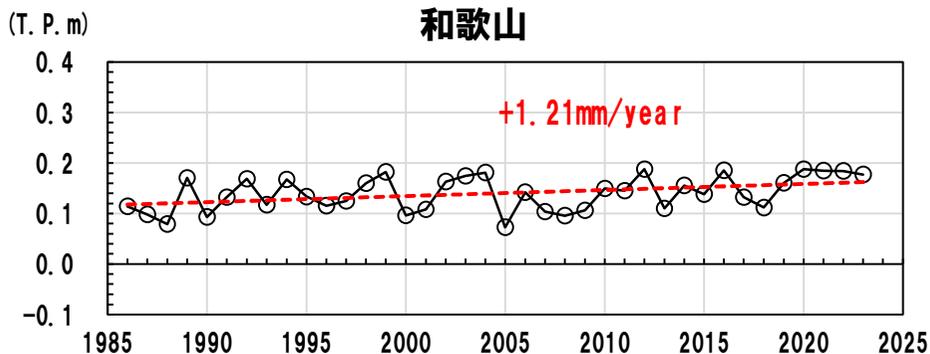
### 地区区分図

注: 赤のポイントは港湾位置を示す



# ⑤ 年平均海面水位の経年変化

- 各検潮所における1986年以降の年平均海面水位の経年変化をみると、和歌山から白浜では約1～2mm/year程度の上昇傾向であるが、串本、浦神では約6mm/yearと大きな変化となっている。なお、朔望平均満潮位と同様に、電子基準点の値を用いた地盤変動量の補正は行っていない。



■ 各検潮所における年平均海面水位の経年変化

出典：海南以外の1998年以降のデータは気象庁HP「各年の潮汐」より引用。  
また、1997年以前及び海南については毎時の潮位を使用して算出



## ⑥ 各検潮所における最大潮位偏差

- 各検潮所における最大潮位偏差は最高潮位と同様に**第二室戸台風、伊勢湾台風来襲時に発生**している。
- 近年、大阪湾を直撃した台風1821号(JEBI)においても、紀州灘北部では1mを超える潮位偏差が発生している。なお、和歌山では台風1821号来襲時には1.09m、台風0423号では1.00mを記録している。

### ■ 各検潮所において記録した上位5位の潮位偏差

検潮所名	和歌山 1950年-	海南 1953年-	下津 1950年- 1966年	御坊 2005年-	白浜 1966年-	串本 1950年-	浦神 1950年-
1位	2.17m 第二室戸	1.63m 第二室戸	1.58m 第二室戸	1.44m 1821号	0.85m 7220号	0.99m 1824号	1.76m 伊勢湾
2位	1.28m 6523号	1.02m 1821号	1.31m ジェーン	1.24m 1824号	0.78m 0423号	0.93m 第二室戸	1.29m 5313号
3位	1.18m 6420号	0.95m 0423号	0.85m 6523号	0.88m 1718号	0.76m 1824号	0.88m 5313号	0.88m 1721号
4位	1.15m 7916号	0.87m 7916号	0.80m 5115号	0.84 2109号	0.69m 7920号	0.86m 7220号	0.87m 0918号
5位	1.09m ジェーン	0.85m 6523号	0.60m 低気圧	0.76m 1411号・ 1705号	0.68m 9709号	0.86m 7920号	0.87m 1217号

出典：海南以外は気象庁HP「歴史的潮位資料(平滑値)」より作成。海南については潮位記録をもとに調和定数を求め、観測潮位と天文潮位の差から潮位偏差を算出。ただし、和歌山、海南、下津の第二室戸台風の値については「大阪管区異常気象調査報告第9巻、第3号、p.49、1962年3月」を引用。

## 2. 現行の計画値および観測値の整理

---

### (2-2. 波浪)

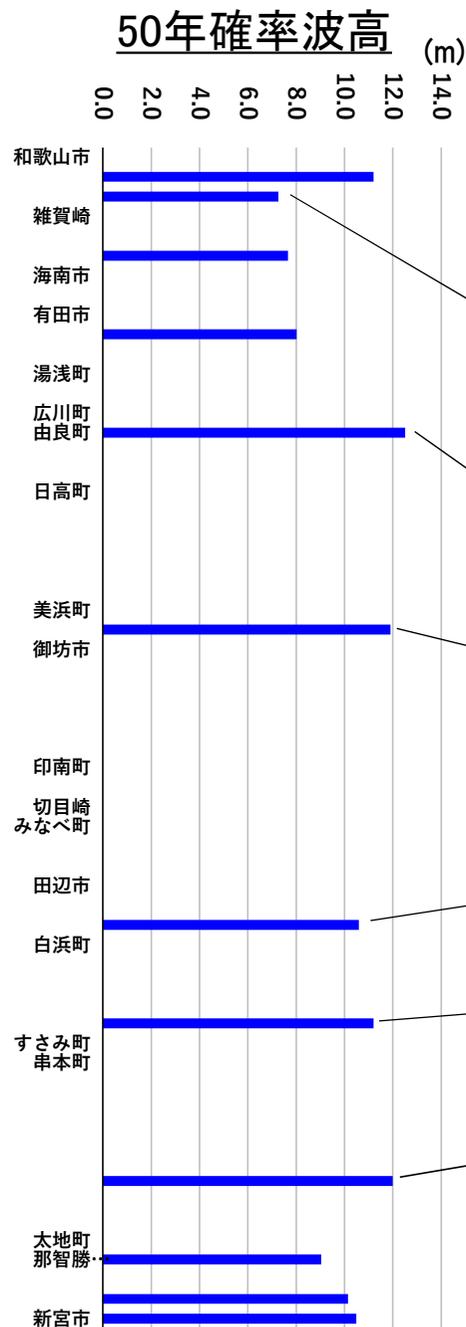


# ①-1 現行の設計波高(港湾)

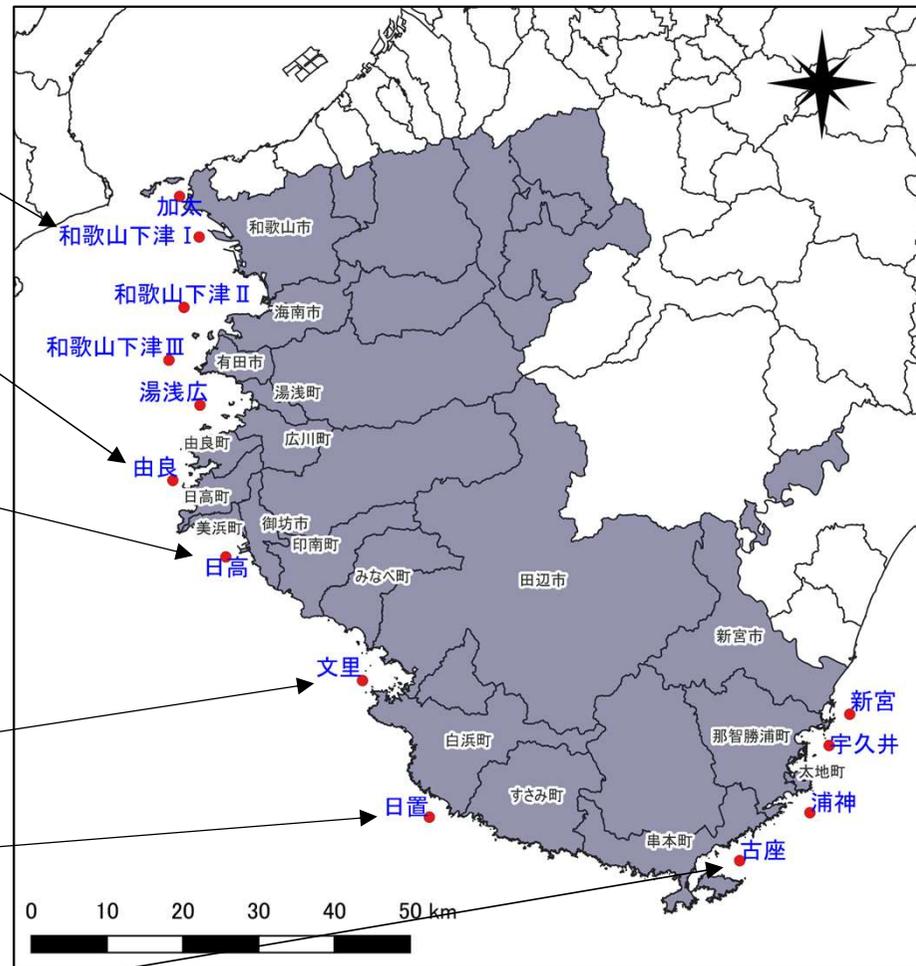


- 港湾の施設計画・設計において使用されている設計波浪のうち、最大波高を整理したものを右の図に示す。
- 一部の港湾(加太、日置、古座:第二室戸台風もしくは伊勢湾台風対象としてウィルソン法により推算)を除いて、50年確率波高を採用している。
- 波浪推算の統計期間は概ね1950年代から1990年代であり、第二室戸台風、伊勢湾台風は推算対象として選定されている。

出典:和歌山県「港湾施設設計の手引き」平成18年7月



地図出典:「国土地理院電子地図」に加筆



## ■ 設計波の設定位置

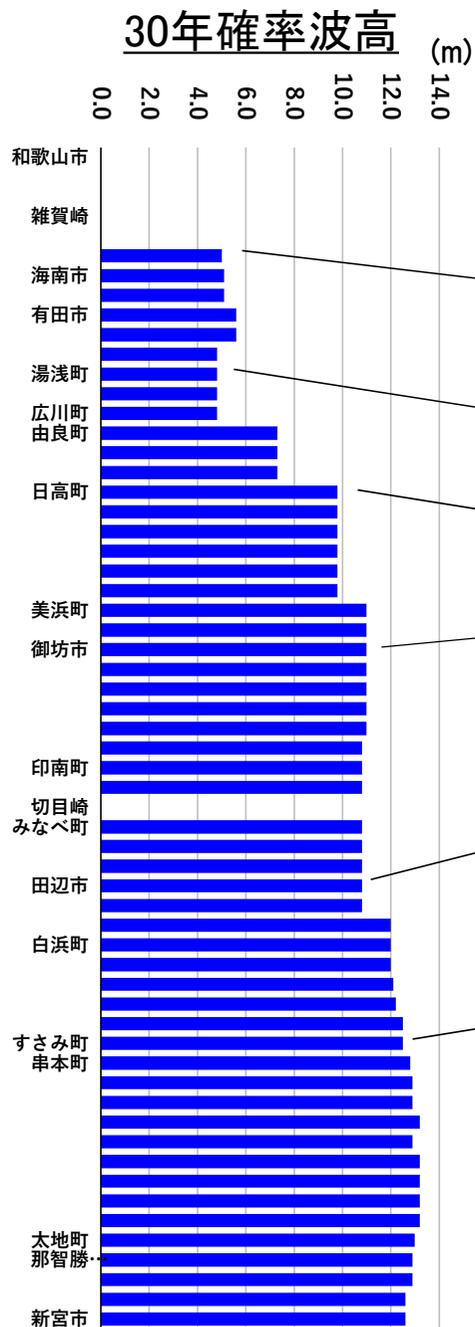
注:設計波の設定位置はあくまでも目安の位置を示している。

# ①-2 現行の設計波高(海岸・漁港)

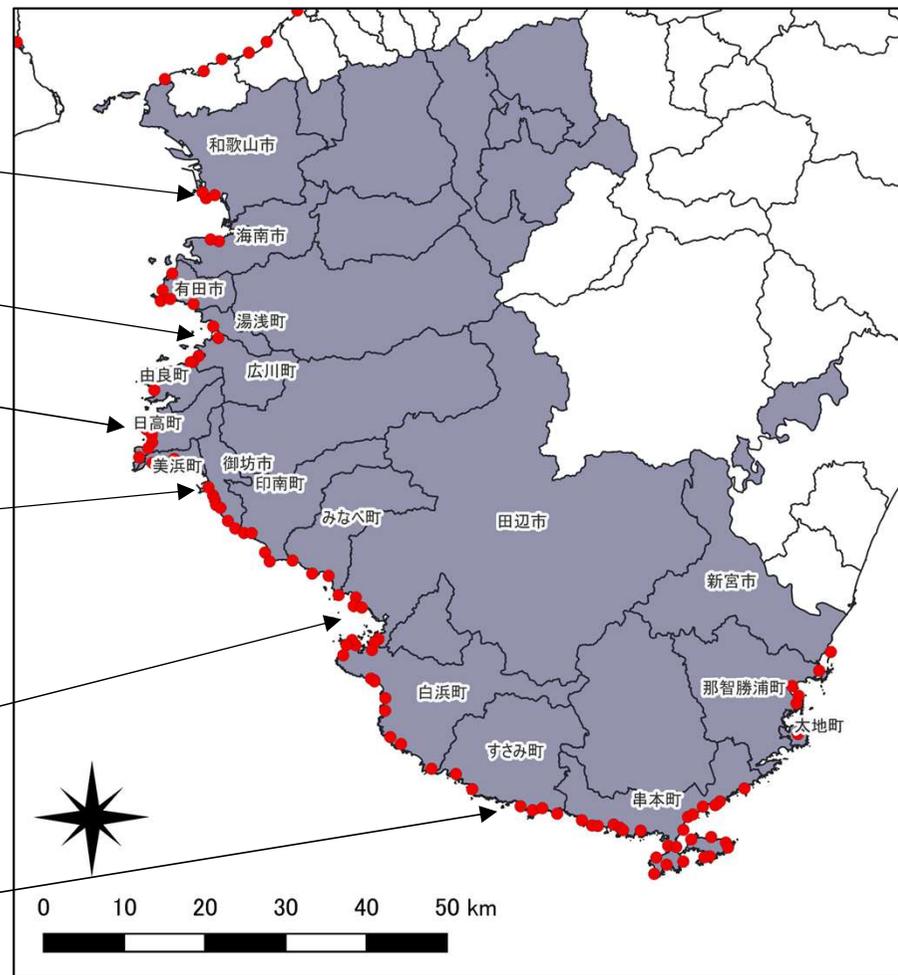


- 海岸及び漁港海岸の施設計画・設計において使用されている設計波浪のうち、最大波高を整理したものを右の図に示す。
- なお、施設計画・設計に用いている波浪は、海岸、漁港海岸とも30年確率波高を採用している。
- 波浪推算の統計期間は1955年から2004年であり、港湾と同様に第二室戸台風、伊勢湾台風は推算対象として選定されている。

出典：和歌山県「平成7年度雑賀崎漁港他6港設計業務 設計波算出マニュアル」平成18年3月



地図出典：「国土地理院電子地図」に加筆

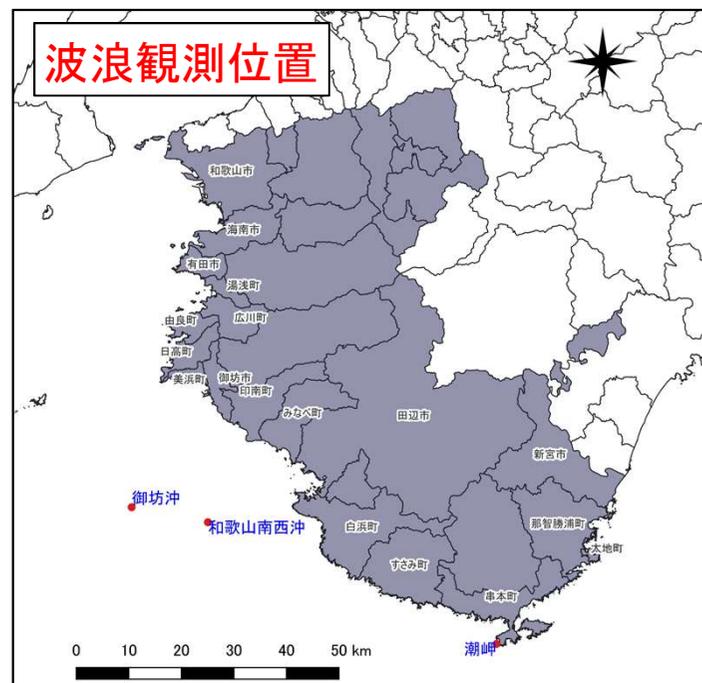


■ 漁港の位置

## ② 観測値の年最大波高の経年変化



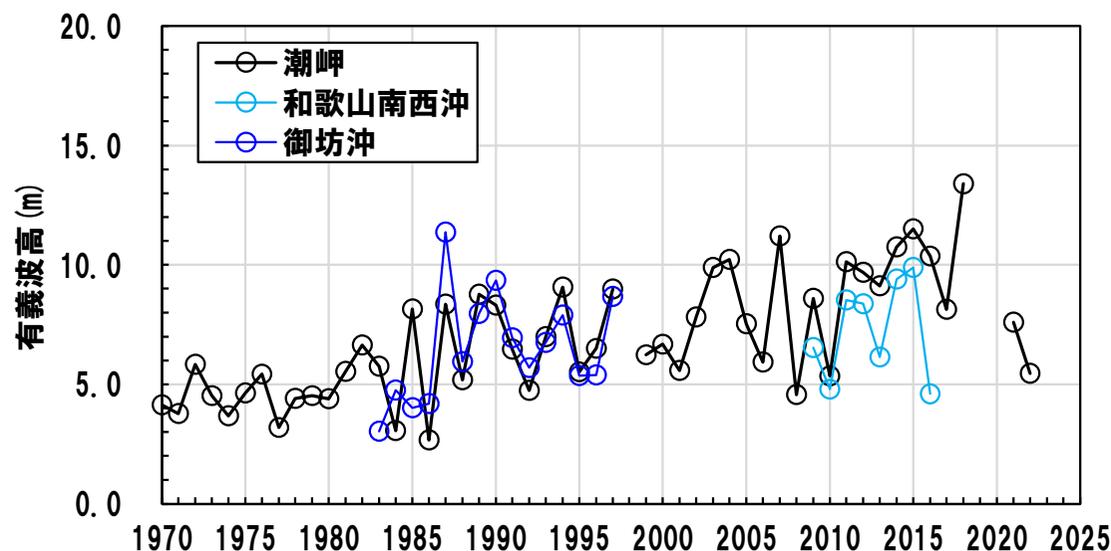
- 和歌山県沿岸において波浪観測が継続して実施されている地点は潮岬で、1970年に開始されている。その他、御坊沖、和歌山南西沖(GPS波浪計)で波浪観測が実施されている。
- 潮岬での年最大波高の経年変化をみると、1970年代は高波浪の発生が少なく、1985年以降は高波浪の発生が多く、波高の増大傾向がみられる。特に、2018年の台風20号では2時間値でみると観測期間中の最大波高となっている。



地図出典：「国土地理院電子地図」に加筆

### ■ 各観測地点での上位5位の最大波高

	潮岬 1970-	御坊沖 1983-1997	和歌山南西沖 2009-2016
1位	13.39m, 14.0s 1820号	11.37m, 13.8s 8719号	9.90m, 12.7s SSE 1511号
2位	11.51m, 13.7s 1511号	9.35m, 13.4s 9019号	9.40m, 13.2s SSW 1418号
3位	11.20m, 15.1s 0704号	8.68m, 14.7s 9709号	8.53m, 13.5s S 1106号
4位	10.75m, 13.7s SW 1418号	8.07m, 13.8s 9707号	8.37m, 13.8s SSW 1204号
5位	10.37m, 10.9s 1616号	7.96m, 11.8s 8917号	8.21m, 12.7s SSE 1112号



### ■ 年最大波高の経年変化

出典：国土交通省港湾局HPより NOWPHASデータ(2時間値)をもとに作成

## 2. 現行の計画値および観測値の整理

---

### (2-3. 津波)





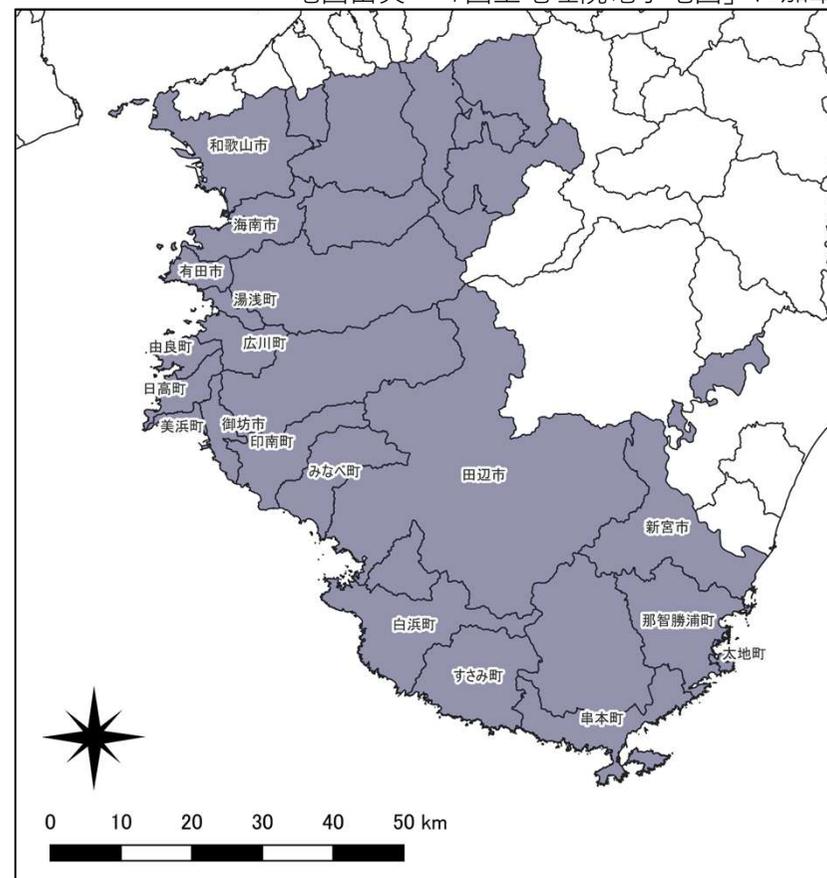
# ① L1津波

- 和歌山県では「南海トラフ巨大地震(2012内閣府モデル:Mw9.1)」と「東海・東南海・南海3連動地震(2003中防モデル:Mw8.7)」の2つの浸水想定の結果を平成25年に公表している。
- そのうち、L1津波である「東海・東南海・南海3連動」の各市町における最大津波波高、平均浸水深、第1波最大津波到達時間を下記に示す。串本では最大津波波高が10m、第1波最大津波到達時間が5分となっており、県南部で津波が到達する時間が早く、津波が大きくなる傾向を示している。

## ■ 3連動地震によるL1津波の算定結果

市町名	最大津波波高	平均浸水深	第1波最大津波到達時間
和歌山市	6m	0.8m	53分
海南市	6m	1.8m	47分
有田市	5m	0.8m	41分
湯浅町	6m	1.2m	44分
広川町	6m	1.6m	43分
由良町	7m	2.5m	35分
日高町	6m	1.7m	28分
美浜町	8m	1.3m	27分
御坊市	8m	1.6m	24分
印南町	7m	2.0m	24分
みなべ町	7m	2.0m	23分
田辺市	7m	2.2m	25分
白浜町	7m	2.1m	12分
すさみ町	7m	2.4m	10分
串本町	10m	2.6m	5分
太地町	6m	2.3m	7分
那智勝浦町	8m	2.3m	10分
新宮市	7m	2.2m	11分

地図出典：「国土地理院電子地図」に加筆



出典：和歌山県HPより作成

<https://www.pref.wakayama.lg.jp/prefg/011400/bousai/shi/nsui/sinsui.html>

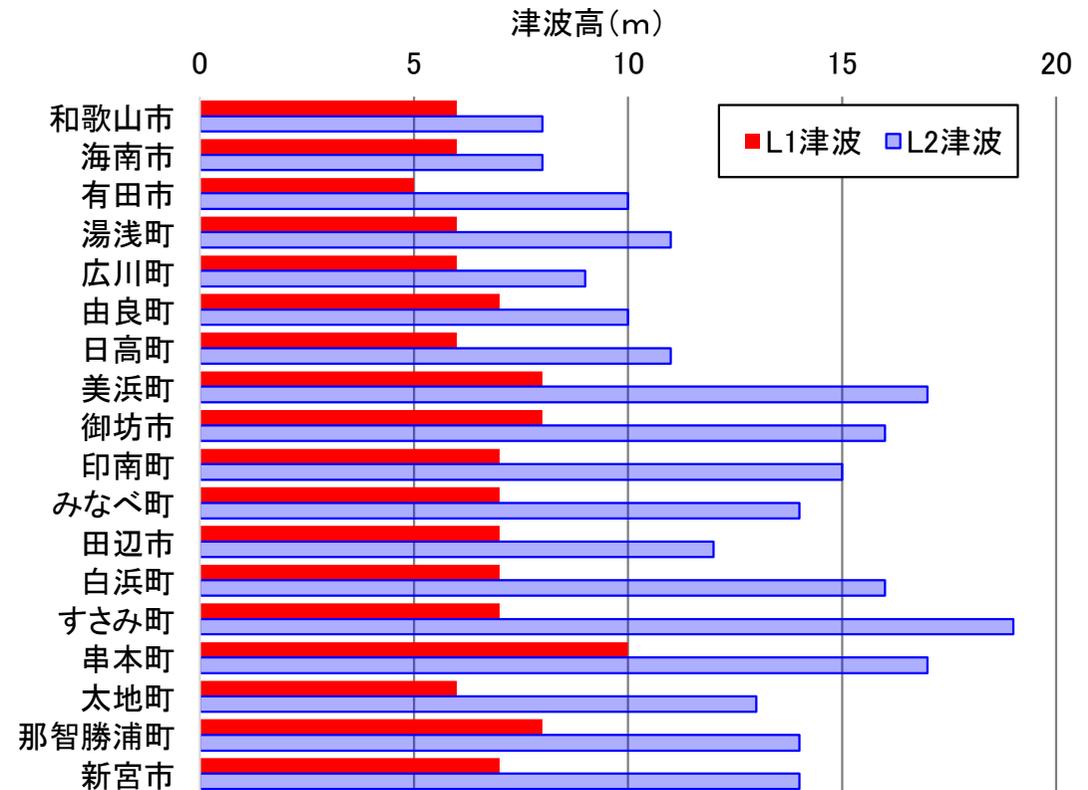
## ② L2津波



- 「南海トラフ巨大地震」によるL2津波の算定結果を下記に示す。最大津波波高、平均浸水深とも、いずれに地域においてもL1津波に比べ大きくなっており、第1波最大津波到達時間も短くなっている。
- これらの浸水想定結果をもとに、和歌山県では平成26年10月に、津波避難困難地域の解消対策を推進していくことを目的として、2つの地震による津波から住民の命を救い、死者をゼロとするため、新たな「津波から『逃げ切る！』支援対策プログラム」を策定している。

### ■ 南海トラフ巨大地震によるL2津波の算定結果

市町名	最大津波波高	平均浸水深	第1波最大津波到達時間
和歌山市	8m	1.5m	40分
海南市	8m	2.9m	39分
有田市	10m	1.5m	33分
湯浅町	11m	3.2m	35分
広川町	9m	3.3m	33分
由良町	10m	4.2m	24分
日高町	11m	2.9m	16分
美浜町	17m	3.7m	16分
御坊市	16m	3.7m	13分
印南町	15m	5.2m	11分
みなべ町	14m	3.9m	11分
田辺市	12m	5.0m	12分
白浜町	16m	4.3m	3分
すさみ町	19m	5.6m	3分
串本町	17m	5.7m	3分
太地町	13m	4.9m	3分
那智勝浦町	14m	4.5m	3分
新宮市	14m	3.2m	5分



出典：和歌山県HPより作成

<https://www.pref.wakayama.lg.jp/prefg/011400/bousai/shi/nsui/sinsui.html>

### 3. 将来の外力変化量の検討方針

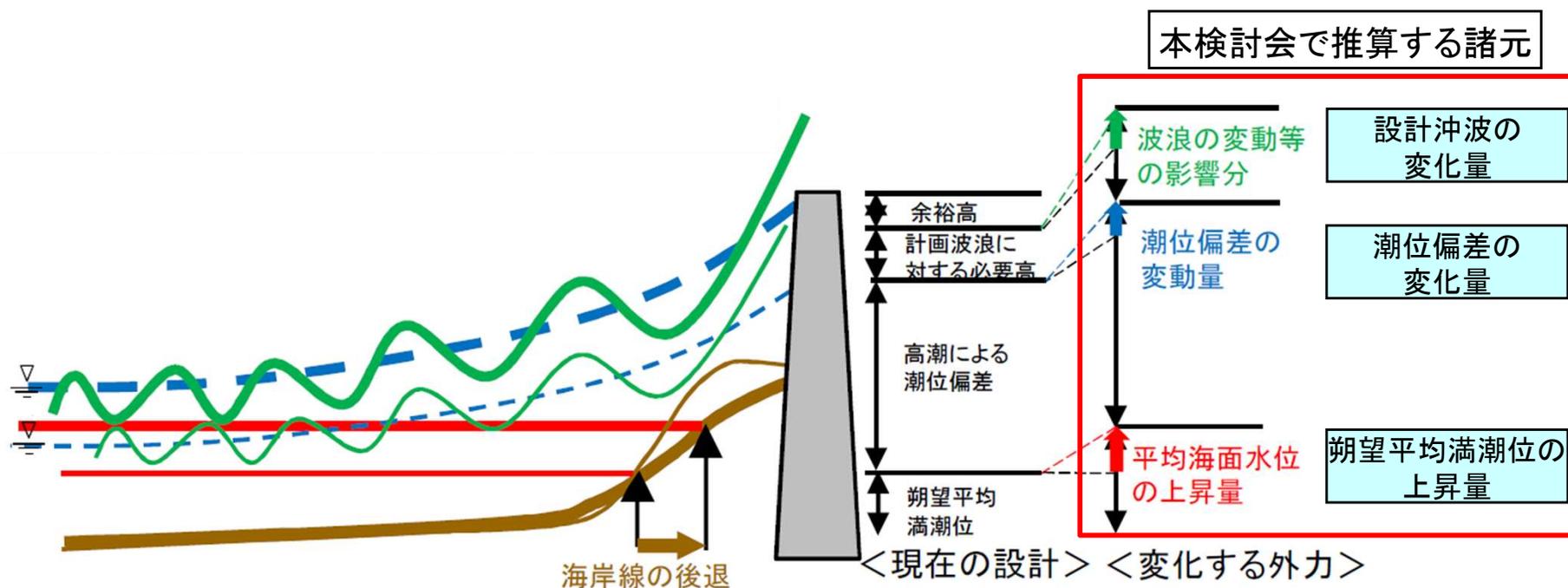
---





# ① 取り扱う計画外力について

- 堤防・護岸等の海岸保全施設の設置目的は、海岸背後にある人命・資産を高潮、津波及び波浪から防護するとともに、陸域の侵食を防止することとされている(海岸保全施設の技術上の基準・同解説、p3-29)おり、一般的に天端高は下記の図に示すように、「朔望平均満潮位」、「潮位偏差」、「計画波浪に対する必要高」に余裕高を加味して設定されることが多い。
- 「気候変動を踏まえた海岸保全のあり方 提言」においては平均海面水位、高潮時の潮位偏差、波浪はすべて上昇若しくは増大するとされていることから、**取り扱う計画外力として、「朔望平均満潮位」、「潮位偏差」、「設計沖波」について、気候変動の影響を加味した推算を行うこととする。**



## ■ 取り扱う計画外力について

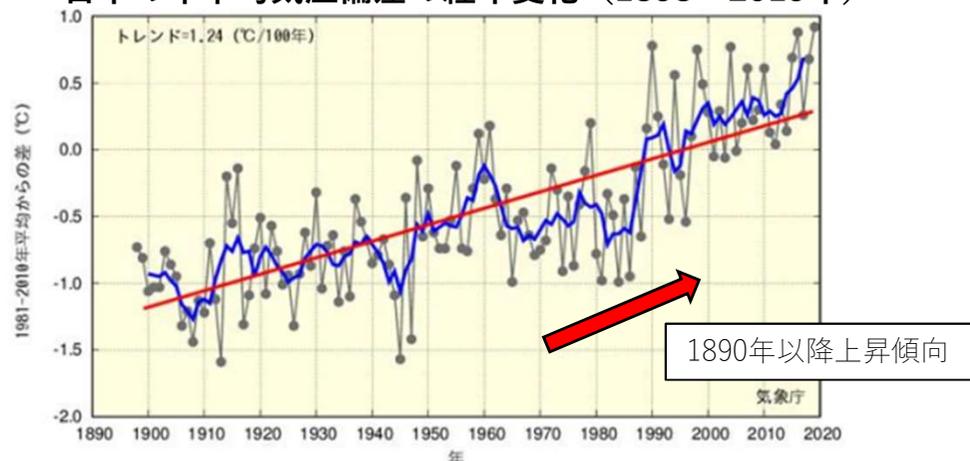
出典: 気候変動を踏まえた海岸保全のあり方 提言、令和2年7月に一部加筆

## ② 気候変動のシナリオの設定について

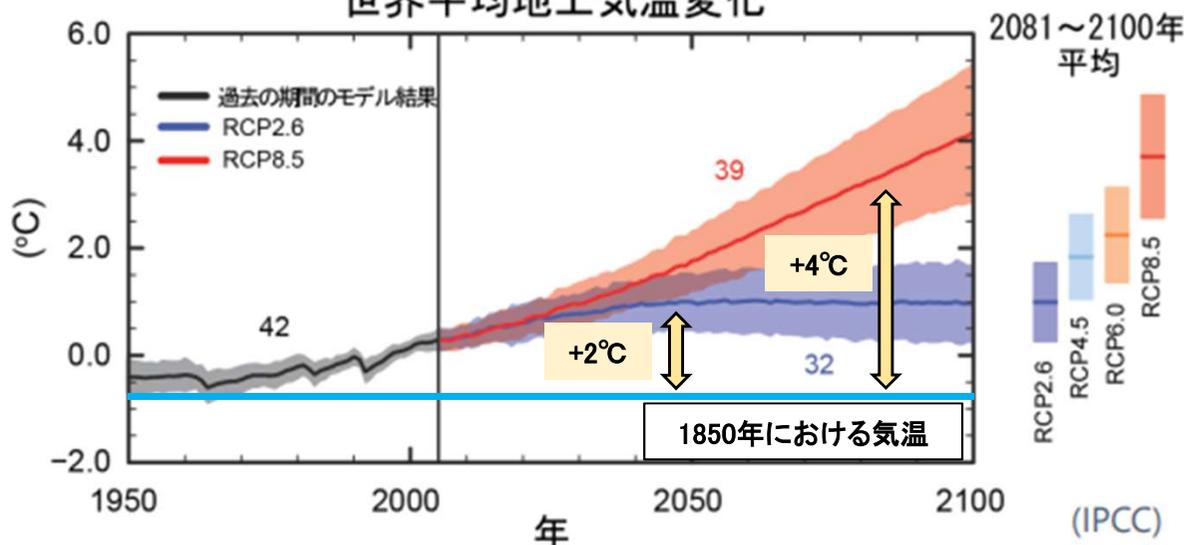


- 対象とする外力の将来予測は、「気候変動の影響を踏まえた海岸保全施設の計画外力の設定方法等について(海岸4省庁)」を踏まえ、IPCC第5次評価のRCP2.6シナリオ(2°C上昇相当)における将来予測の平均的な値を前提とすることを基本とする。

日本の年平均気温偏差の経年変化 (1898~2019年)



世界平均地上気温変化



### 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方法等について

- 規定する設計高潮位及び設計波を今後、設定及び見直しをするに当たっては、気候変動の影響による平均海面水位の上昇、台風の強化等を考慮する必要がある。
- 対象とする外力の将来予測は、「気候変動を踏まえた海岸保全のあり方」提言(令和2年7月)を踏まえ、気候変動に関する政府間パネル(IPCC)シナリオのうち、RCP2.6シナリオ(2°C上昇相当)における将来予測の平均的な値を前提とすることを基本とする。

出典: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方法等について(海岸4省庁通知、令和3年8月)

# ① 気候変動に伴う将来の外力変化の考え方



- 気候変動シナリオは、21世紀末時点の2°C上昇時の平均を設定し、海岸保全施設における将来の計画外力を算定する。
- 21世紀末における平均海面水位の上昇量、潮位偏差及び波高の増加分を考慮して将来の外力を設定(図1)する。なお、下記の図に示すように、「港湾における気候変動適応策の実装方針(2024年3月)」では、平均海面水位は2100年まで増加を考慮し、潮位偏差及び波高については2040年まで増加を考慮して、それ以降の増加は見込まないものとして提示(図2)されている。
- 本検討会においては、これらの考えを踏まえて将来の外力変化を設定することを基本とする。

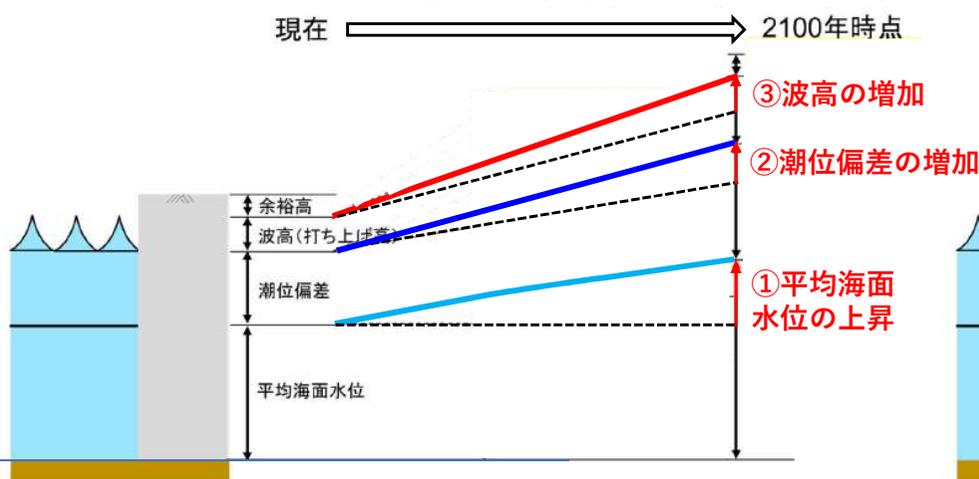


図1

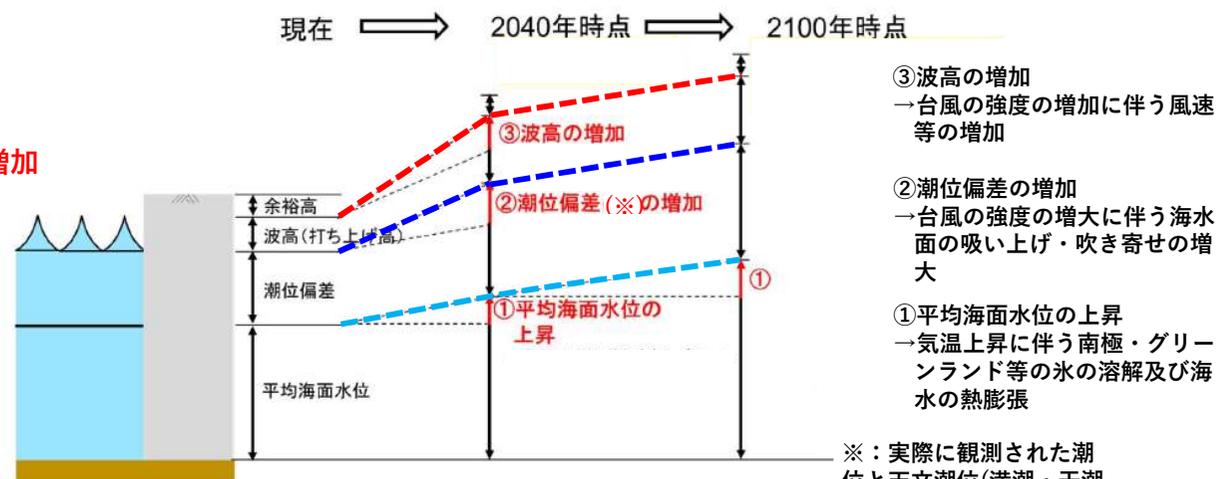


図2

※：実際に観測された潮位と天文潮位(満潮・干潮のように、月や太陽の起潮力によっておこる潮位)との差

## ■ 気候変動に伴う外力変化のイメージ

出典:「港湾における気候変動適応策の実装方針(2024年3月)」、p12、図5、加筆・追記

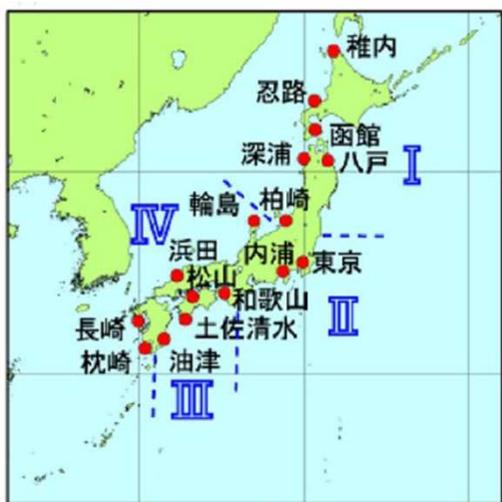


# ④-1 将来の海面上昇量の設定

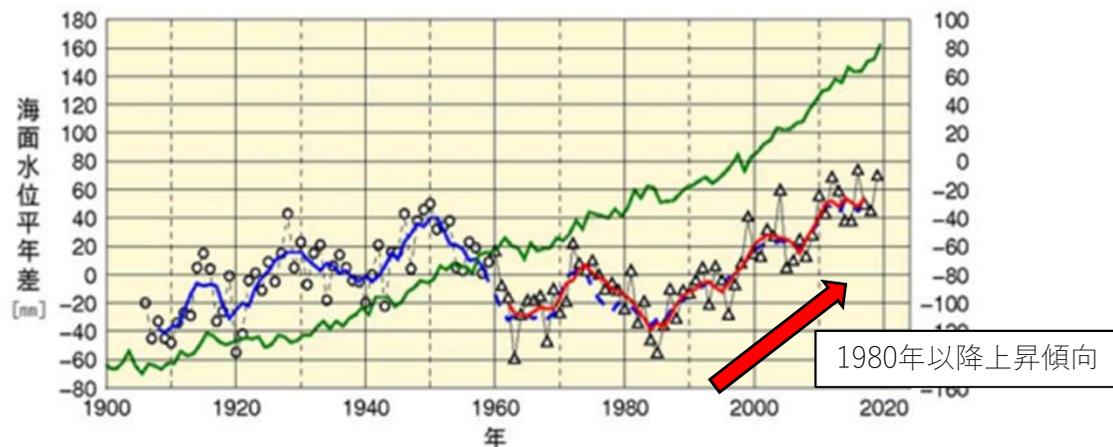
- 「気候変動の影響を踏まえた海岸保全施設の計画外力の設定方法等について(海岸4省庁)」にて参照されている「日本の気候変動2020(文部科学省・気象庁、令和2年12月)」に基づき、気候変動を踏まえた将来の海面上昇量を設定。
- 和歌山県沿岸の属する領域Ⅲの2℃上昇シナリオでは、**海面上昇量+0.39m(+4.1mm/year)**が設定されている。

■ 20世紀末(1986~2005年平均)と比べた21世紀末(2081~2100年平均)における海面上昇量

シナリオ	日本沿岸の平均海面水位の上昇量			
	領域Ⅰ 北海道・東北地方	領域Ⅱ 関東・東海地方	領域Ⅲ 近畿~九州地方 太平洋側沿岸	領域Ⅳ 北陸地方から九州地方 日本海側沿岸
2℃上昇シナリオ (RCP2.6)	0.38m (0.22~0.55m)	0.38m (0.21~0.55m)	0.39m (0.22~0.56m)	0.39m (0.23~0.55m)
4℃上昇シナリオ (RCP8.5)	0.70m (0.45~0.95m)	0.70m (0.45~0.95m)	0.74m (0.47~1.00m)	0.73m (0.47~0.98m)



日本沿岸の海面水位の推移 (1906年~2019年)

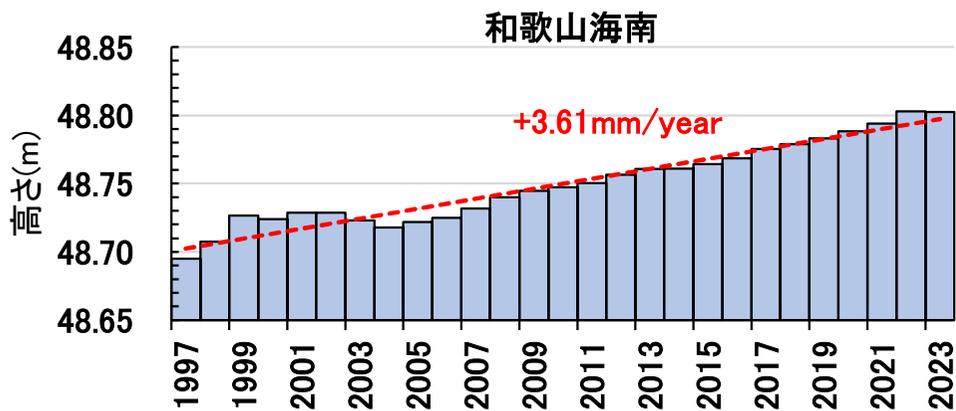
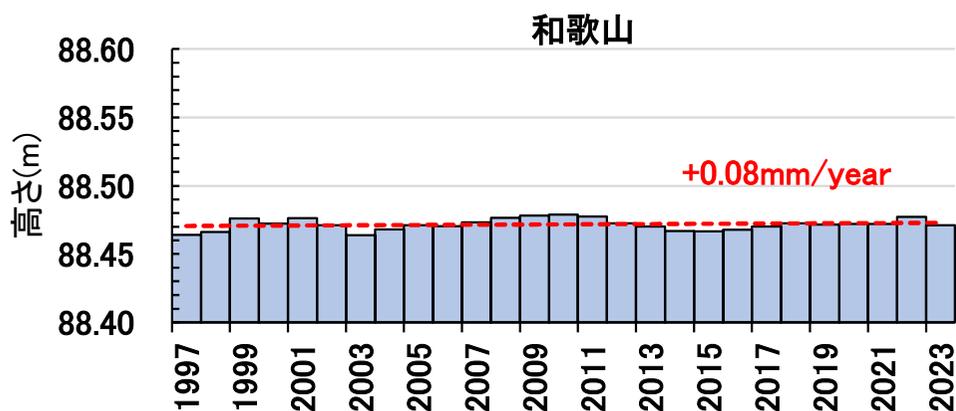


出典: 「日本の気候変動2020(文部科学省・気象庁 令和2年12月)」



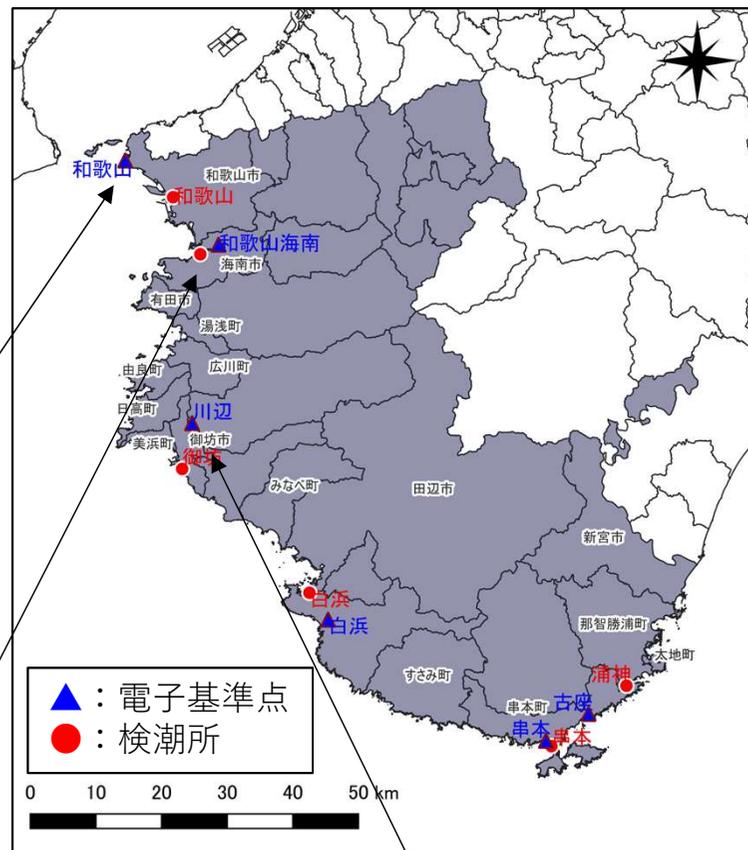
# ④-2 地盤変動量(1)

- 検潮所の最寄りの電子基準点の地盤高データを収集し、年別平均の時系列変化を整理した。
- 和歌山検潮所の北側に位置している電子基準点「和歌山」は検潮所との間に活断層があることと、地盤変動が「和歌山海南」と異なることから、和歌山検潮所の補正は「和歌山海南」を用いる。



■ 地盤変動量(年平均)

地図出典：「国土地理院電子地図」に加筆



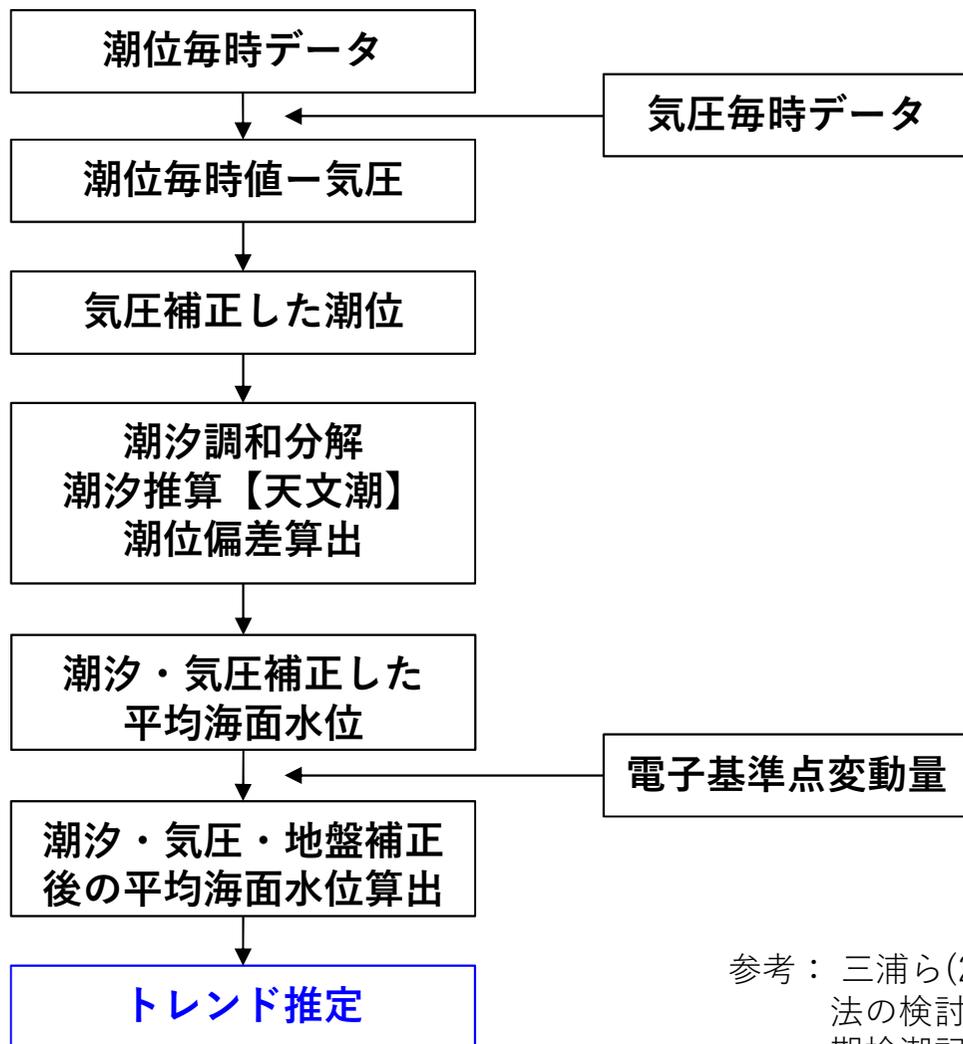
出典：「国土地理院HP 電子基準点日々の座標値」



# ④-3 潮位データの潮汐・気圧・地盤補正の方法



- 観測値の潮位データには地盤変動の他に、潮汐・気圧の影響が含まれている。そのため、潮汐・気圧に由来するノイズを除去した上で地盤変動の補正を行い、平均海面水位のトレンドを推定する。



## 気圧補正

$$\Delta H = C_0(P(t) - P_0)$$

ここで、 $C_0$ は気圧変化に伴う比例定数 ( $C_0=1/\rho g \cong 0.01\text{m/hPa}$ )、 $\rho$ は海水密度、 $g$ は重力加速度、 $P(t)$ は時刻  $t$  での気圧、 $P_0$ は標準大気圧 ( $P_0=1013\text{hPa}$ ) である。

## 潮汐補正

$$F(t) = f(t) - \sum_{n=1}^{60} (D_n \cos \omega_n t + E_n \sin \omega_n t) + \Delta H$$

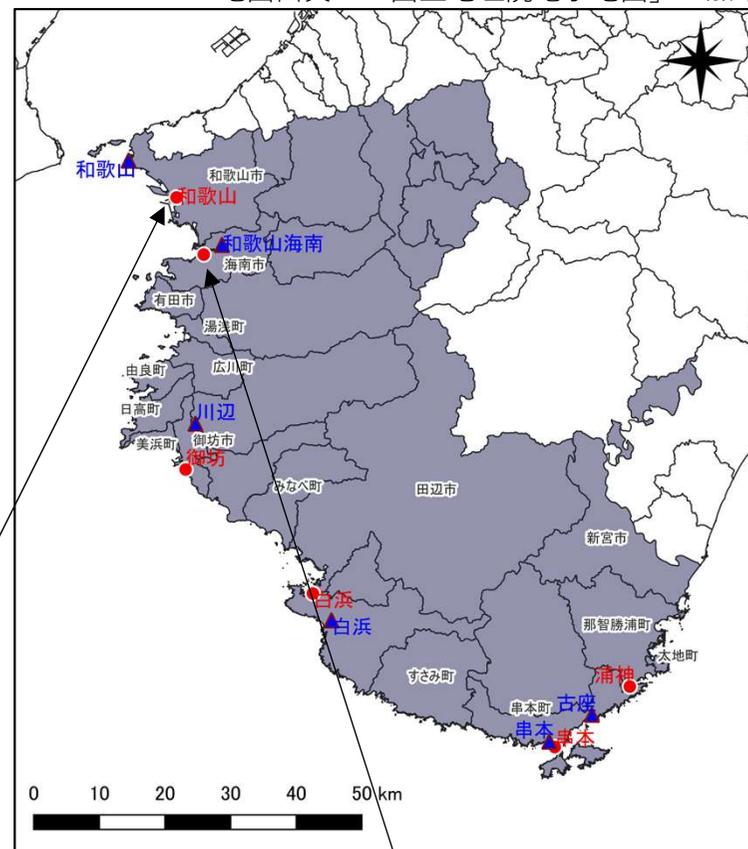
ここで、 $F(t)$ は気圧変化と潮汐成分(気圧補正を行った潮位データを用いて60分潮の調和定数を算出)を取り除いた潮位データを表している。

参考：三浦ら(2013)「験潮場のGPS連続観測点を用いた潮位データ解析手法の検討」国土地理院時報、No.123 及び 内藤ら(2015)「港湾の長期検潮記録から地盤変動を除去した平均海面水位の推定とその変動特性」国総研資料、No.855

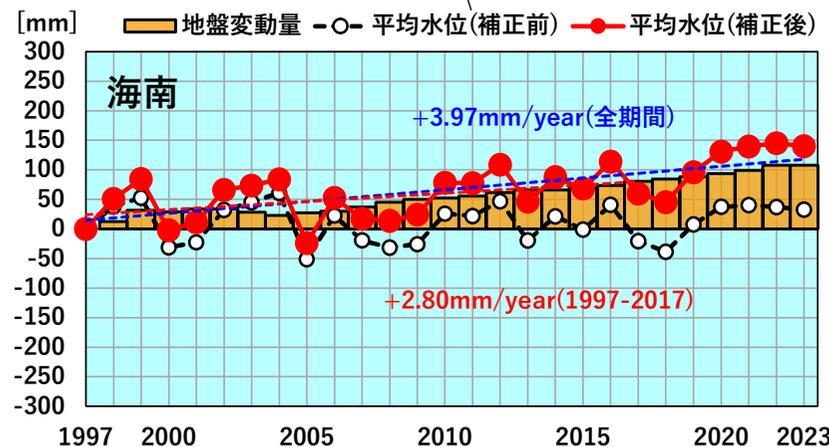
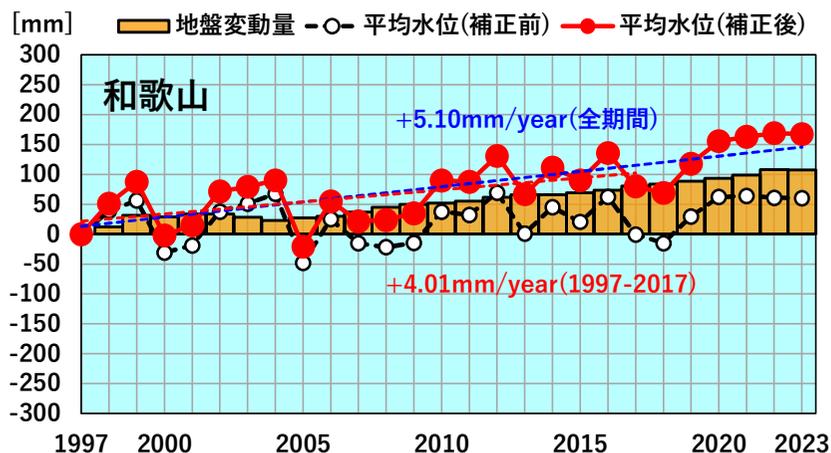
# ④-4 潮汐・気圧・地盤補正後の平均海面水位(1)



地図出典：「国土地理院電子地図」に加筆



- 潮汐・気圧・地盤補正後の平均海面水位はいずれの地点も上昇傾向がみられる。全期間での上昇量は3.7~5.3mm/yearであり、黒潮の蛇行期間を除いた期間では1.1~4.3mm/yearといずれも上昇幅は小さくなる。なお、浦神については黒潮の蛇行期間を除いた場合の上昇量がやや小さめになっていることから、黒潮の蛇行期間の取扱いについては、留意が必要と考えられる。
- 以上から、いずれの地点においても平均海面水位の上昇量は概ね「日本の気候変動2020」で示されている範囲内であることから、2100年時点での平均海面水位の上昇量は+39cmを用いることを基本とする。

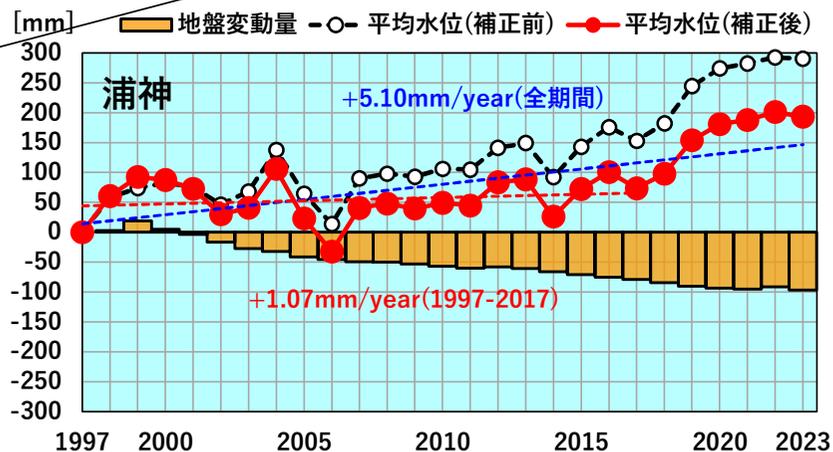
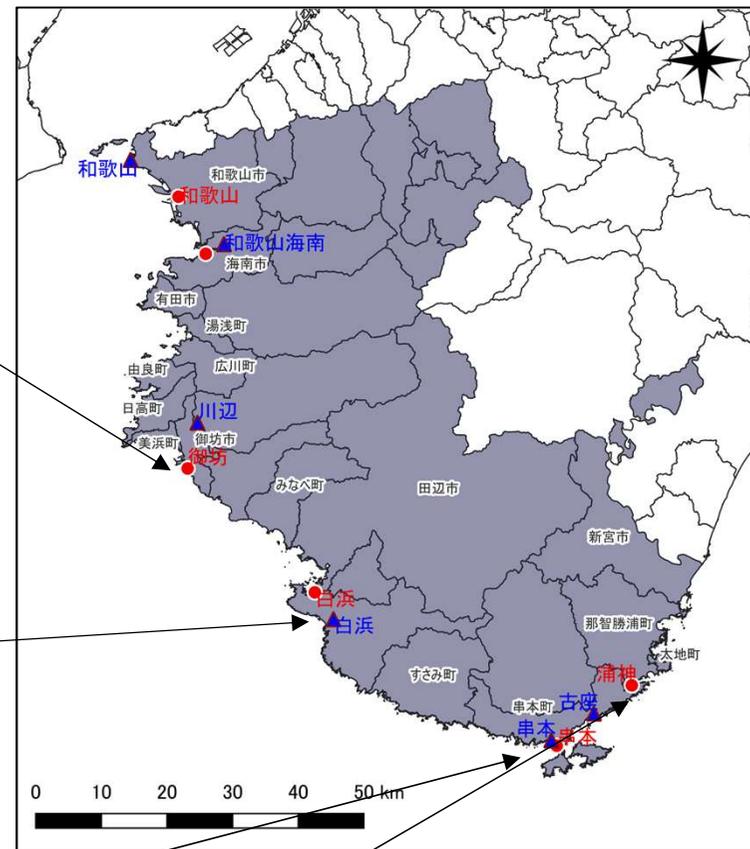
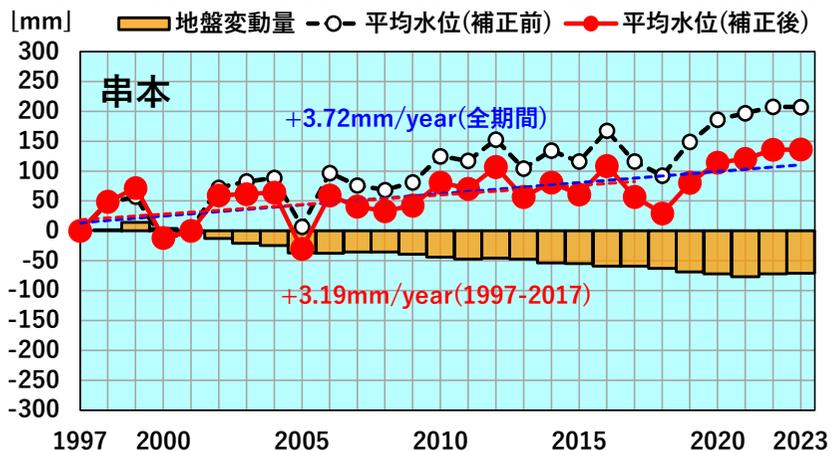
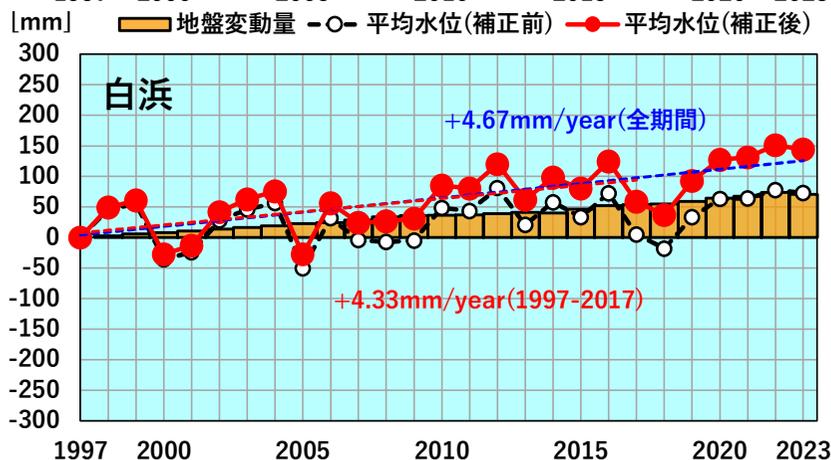
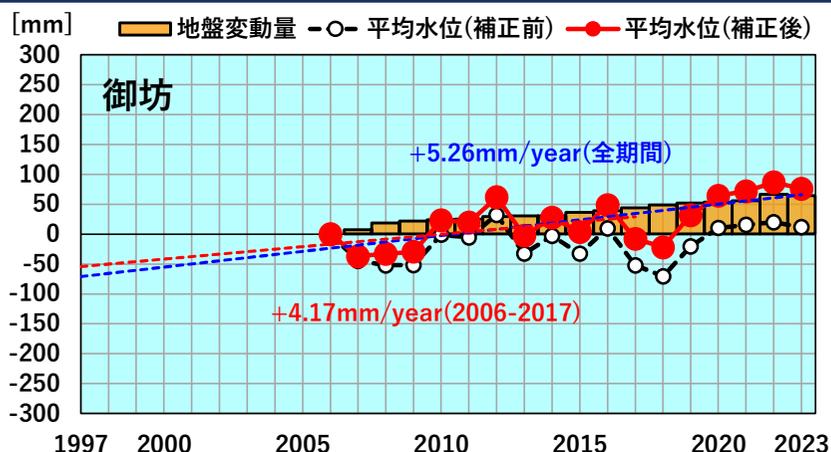


■ 潮汐・気圧・地盤補正後の平均海面水位

# ④-4 潮汐・気圧・地盤補正後の平均海面水位(2)



地図出典：「国土地理院電子地図」に加筆



# ⑤-1 将来の潮位偏差・波高増大量の算出方法



## 台風強化の予測手法

- 国による「あり方検討委員会」によって提案された下表の手法Aは想定台風(モデル台風)を対象にした方法、手法Bは多くのサンプルを確保した確率評価による手法である。

対象台風	考え方	地球温暖化の影響	適用性	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			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		
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	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	<ul style="list-style-type: none"> <li>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</li> <li>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</li> </ul>	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	<ul style="list-style-type: none"> <li>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</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>多数のサンプル確保可能であり、外力が発生確率で設定されている沿岸で適用性がある</li> </ul>
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	<ul style="list-style-type: none"> <li>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(疑似温暖化手法)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>従来、想定台風で外力を想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</li> </ul>	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	<ul style="list-style-type: none"> <li>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</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>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</li> </ul>
				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	<ul style="list-style-type: none"> <li>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</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>多数のサンプル確保可能であり、外力が確率年で設定されている沿岸で適用性がある</li> </ul>

出典: 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(都道府県宛事務連絡、令和3年8月)

## ⑤-2 将来の潮位偏差・波高増大量の算出方法



### 潮位偏差・波浪と波の将来変化の予測手法の選定

- 現計画外力の設定経緯を踏まえ、本沿岸への適用性が高い手法として、**潮位偏差については「A-1(想定台風解析)」の採用が妥当と考えられる。**一方、**波浪については主に確率波高が採用されていることから、「A-1(想定台風解析)」以外に、「B-1①(d4PDF抽出解析)」についても試算を試みる。**

手法	A: 想定台風		B: 不特定多数の台風	
	A-1: 想定台風解析		B-1①: d4PDF抽出解析	B-1②: 外力推定式
特徴	・想定台風の諸元(中心気圧等)に気候変動影響を反映		・d4PDF/d2PDFの台風から本沿岸に影響ある台風を解析	・実績台風より、外力の概算式を作成
メリット	・B-1と比較して、台風抽出時の偏りが少ない ・計算負荷が低い		・数多くの計算の実施によって、様々な台風情報(経路、気圧等)の変化を考慮した確率評価が可能	・d4PDF/d2PDFの全台風を対象に外力を概算し、確率評価が可能
デメリット	・単一の台風では確率評価ができない		・計算ケース数が少ないと台風抽出時の偏りが増大し、外力変化を正しく評価できない可能性がある	・物理モデルでないため、個々の台風では推定誤差が大きくなる可能性がある
本沿岸への適用性	・設計高潮位については第二室戸・伊勢湾台風等の実績台風に基づいて設定されており、適用性は高い		・計算負荷の低い計算モデルを採用することによって計算負荷を低減できる可能性が高い	・膨大なケース数で確率評価が可能であるが、当該沿岸に適用可能な推定式を作成することが可能か不確定

## ⑤-3 将来の潮位偏差・波高増大量の算出方法



### 潮位偏差・波浪の検討方針

- 「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(水管理・国土保全局、令和6年1月)」では、2種類の手法(想定台風、不特定多数の台風)による検討が望ましいと記載されている。

(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

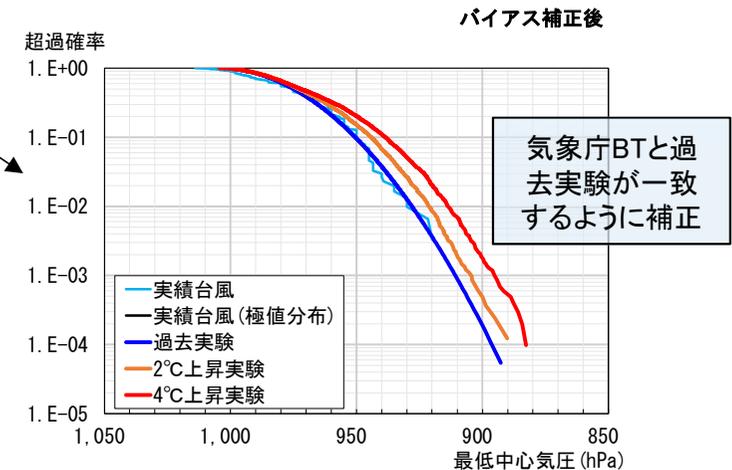
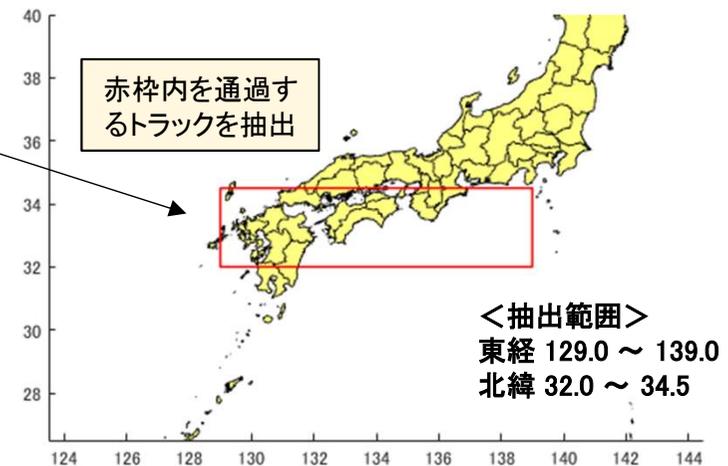
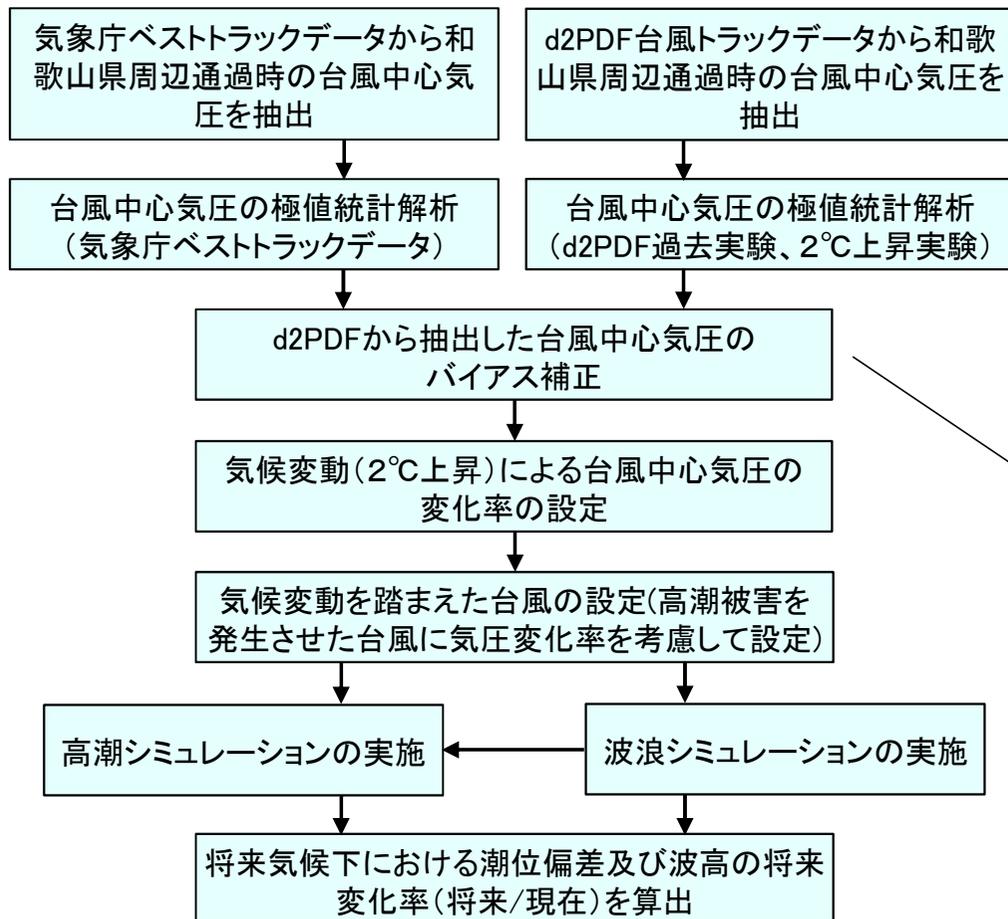
出典：「気候変動の影響を踏まえた海岸保全基本計画の検討に関する留意事項等について(水管理・国土保全局、令和6年1月)」

# ⑤-4 将来の潮位偏差・波高増大量の算出方法



## 気候変動を踏まえた潮位偏差・設計波浪の設定に向けた検討方針(A-1(想定台風解析))

- 将来気候下において、設定するモデル台風と同等の生起確率となる台風中心気圧を設定し、現在気候と将来気候の高潮及び波浪のシミュレーションを実施する。
- 推算結果からそれぞれの将来変化率(将来/現在)を整理し、現在の潮位偏差もしくは設計波浪に将来変化率を乗じて将来気候下における値を算出する。



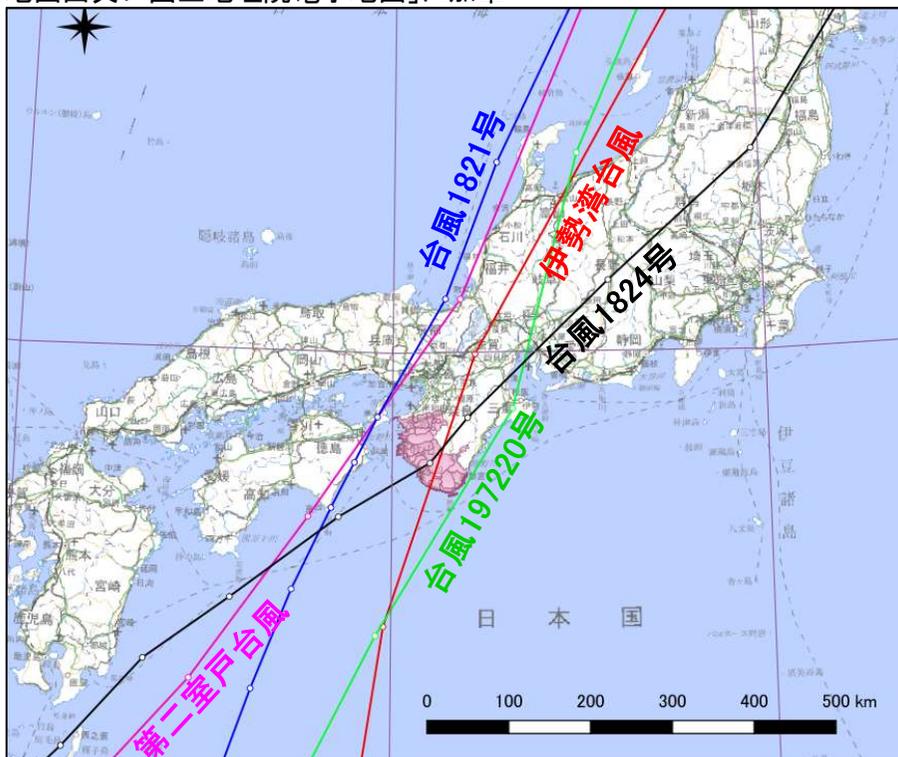
# ⑤-5 将来の潮位偏差・波高増大量の算出方法



## 検討する特定台風の設定(A-1(想定台風解析))

- 現行の紀州灘及び熊野灘の海岸保全基本計画では、設計高潮位は既往の最高潮位(第二室戸台風または伊勢湾台風時の潮位)を基準としていること、また、朔望平均満潮位に既往の最大偏差等を加えた高さについても考慮した防護を図ることとされていることから、**検討する特定台風については、伊勢湾台風及び第二室戸台風を基本とする。**
- 一方、**近年来襲した台風においても顕著な高潮偏差が発生していることから、台風1821号、台風1824号も特定台風として選定する。また、白浜で最大潮位偏差を記録した台風7220号も選定する。**

地図出典:「国土地理院電子地図」に加筆



■ 検討する特定台風の経路

## ■ 各検潮所で記録した最高潮位、最大潮位偏差

検潮所名	最高潮位		最大潮位偏差	
	潮位(T.P.)	発生要因	潮位偏差	発生要因
和歌山	+2.52m	第二室戸台風	1.69m	第二室戸台風
海南	+1.85m	第二室戸台風	1.63m	第二室戸台風
下津	+1.87m	第二室戸台風	1.52m	第二室戸台風
御坊	+2.01m	台風1824号	1.44m	台風1821号
白浜	+1.60m	台風1824号	0.85m	台風7220号
串本	+1.94m	台風1824号	0.99m	台風1824号
浦神	+1.77m	伊勢湾台風	1.76m	伊勢湾台風

## ⑤-6 将来の潮位偏差・波高増大量の算出方法



### 設計高潮位の設定方法（「海岸保全施設の技術上の基準・同解説」、p2-3）

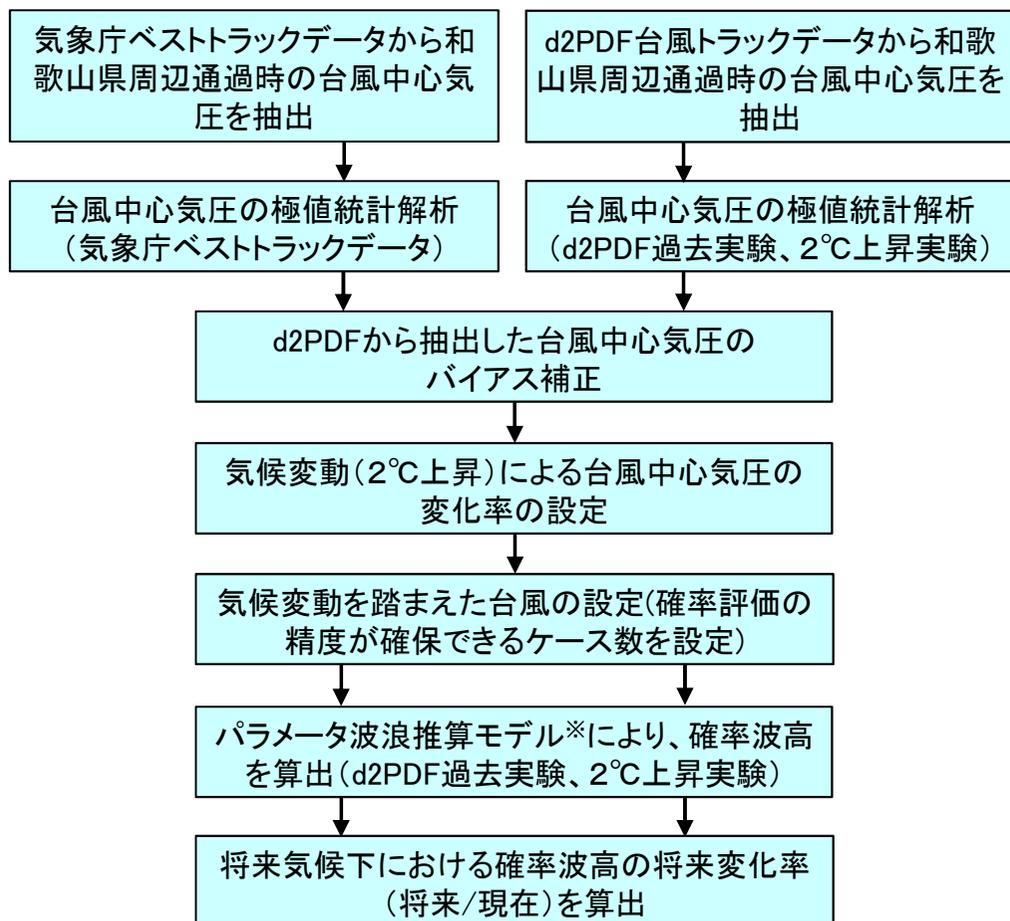
- 設計高潮位の設定に当たっては、
  - (1) 既往最高潮位
  - (2) 朔望平均満潮位に既往の潮位偏差の最大値を加えたもの
  - (3) 朔望平均満潮位に推算の潮位偏差の最大値を加えたものに気象の状況及び将来の見通しを勘案して必要と認められる値を加えたもののうちから、当該海岸保全施設の背後地の状況等を考慮して海岸管理者が総合的に判断して定めるものとする。  
また、必要に応じて、当該満潮位の時に当該潮位偏差及び設計波が発生する可能性を考慮して、当該潮位偏差の最大値の範囲内において下方補正や、平均海水面変動を考慮して上方補正することもできるものとする。
- 将来の設計高潮位は下記の式で設定することになるが、和歌山県沿岸では設計高潮位は(1)の既往最高潮位を基本としているため、その場合の潮位偏差は下記の2通りの設定が考えられる。  
**将来の設計高潮位 = (天文潮位成分 + 平均海面水位の上昇量) + 将来の潮位偏差**
  - (1) 既往最高潮位から朔望平均満潮位を差し引いた値を気候変動前の潮位偏差とし、その潮位偏差に気候変動による影響を見込む → 潮位偏差 = 既往最高潮位 - 朔望平均満潮位
  - (2) 既往最高潮位を記録した台風通過時において発生した最大潮位偏差を気候変動前の潮位偏差とし、その潮位偏差に気候変動による影響を見込む
- 本検討においては、**2通りの考え方の検討結果を踏まえ、将来の設計高潮位の設定を行うこと**を基本とする。

# ⑤-7 将来の潮位偏差・波高増大量の算出方法



## 気候変動を踏まえた潮位偏差・設計波浪の設定に向けた検討方針(B-1①)(d4PDF抽出解析)

- d4PDF/d2PDFによる不特定多数の台風を抽出し、現行計画における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波浪を算出する。不特定多数の台風の抽出個数は推算精度を確保するために、10年確率規模の波浪を算出できる個数を目安とする。
- 波浪推算は計算負荷ができるだけかからない力学モデルを採用する。



## パラメータ波浪推算モデル※(DOLPHIN-Iモデル)について

### 支配方程式

$$\begin{aligned} \frac{\partial E^*(\theta)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial s} \{C_g(f_m)f(\gamma)E^*(\theta)\} \\ = 2.851 \times 10^{-4} \left\{ \frac{E^*(\theta)}{D^*(\theta)} \right\}^{0.3273} \\ \cdot \exp \left[ -0.0875 \cdot \left\{ \frac{E^*(\theta)/D^*(\theta)}{1.43 \times 10^3 - E^*(\theta)/D^*(\theta)} \right\}^{0.8542} \right] \\ \cdot \frac{u_*^3}{g} \cos(\theta - \theta_\omega) D^*(\theta) \end{aligned}$$

$$f(\gamma) = 0.8572\gamma^{0.0426}$$

ここに、 $f_m$ :ピーク周波数、 $u_*$ :摩擦速度、 $\theta_\omega$ :風向、 $D(\theta)$ :方向分布関数であり、' \* 'は理想発達条件を意味する。

なお、うねり成分の伝播・減衰がエネルギー平衡方程式により記述されることと、順風減衰段階及び逆風減衰段階の成分波の減衰率はそれぞれ非線形干渉を考慮しない場合及びする場合の成分波の発達率により近似されるとして、うねり成分に関する支配方程式を別途定式化して用いている。

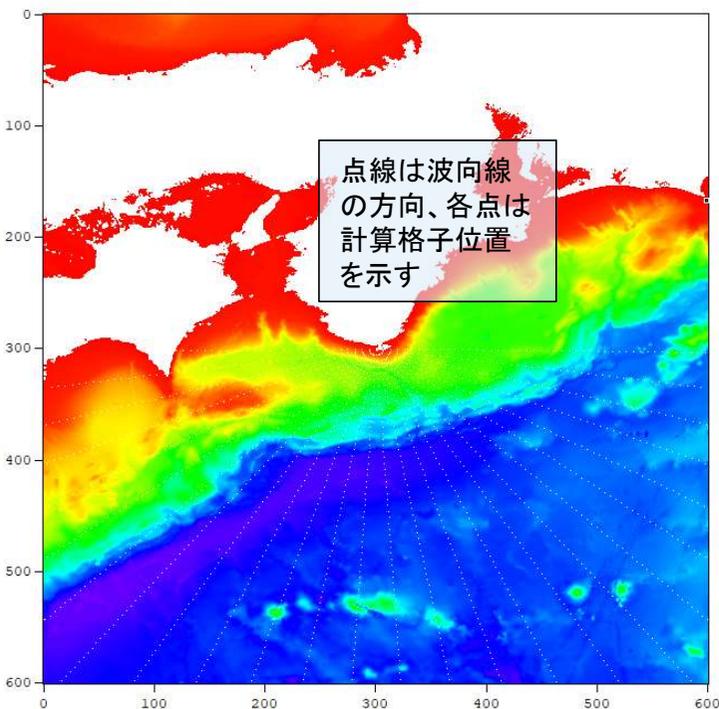
出典: 山口ら: 波の方向性を考慮した新しいパラメータ波浪推算モデルの適用性、海岸工学講演会論文集、第35回、pp.227~231、1988

# ⑤-8 将来の潮位偏差・波高増大量の算出方法



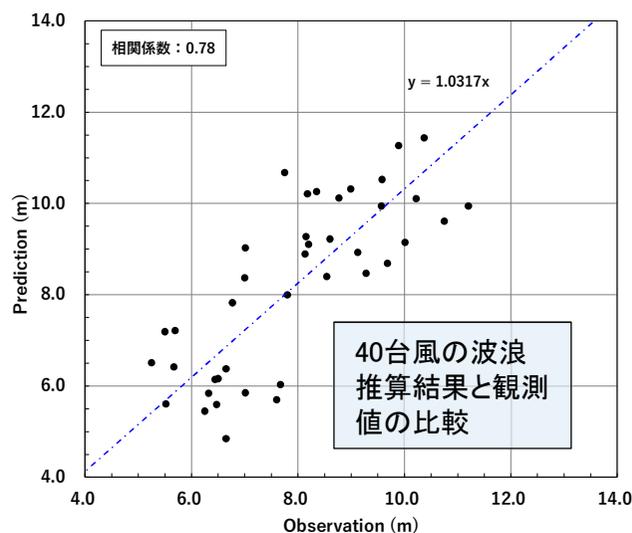
## パラメータ波浪推算モデル(DOLPHIN-Iモデル)モデルによる試算結果

- 潮岬を推算地点とし、波の入射範囲をE方向から時計回りにW方向とし、計算測線を26測線に分割して、計算ポイントを設定した。風場は台風モデルにより与え、台風トラックのデータベースを用いて、中心位置及び中心気圧を時系列で与え、潮岬地点での波浪を時系列で求めた。
- 40台風の計算を行い、最大波高を比較した結果をみると、再現性は十分に確保できているものと判断できる。計算負荷は非常に小さいことから確率波高の算出精度を確保するために必要な計算ケースの実施は可能と考えられる。

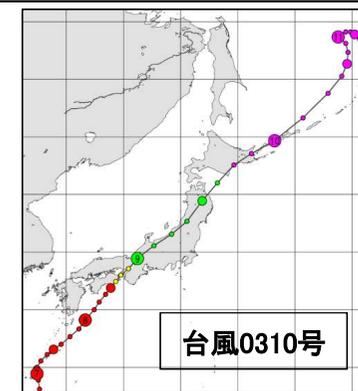


水深データ出典: GBCO

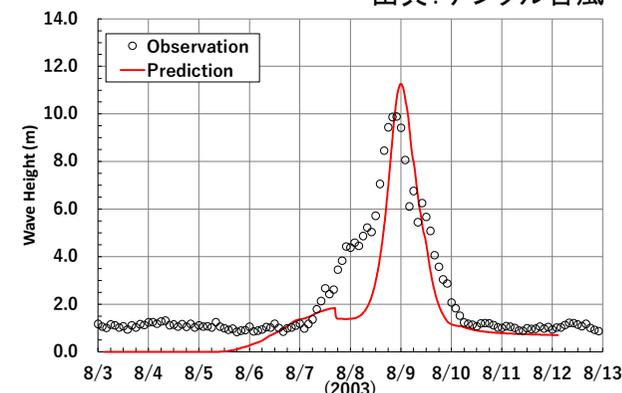
■ 波向線上の波浪計算格子網(設定例)



■ 擾乱期間内最大波高の比較(計算例)



出典: デジタル台風



■ 波高の時系列比較(計算例)

# ⑥-1 d4PDF/d2PDFを用いた外力変化量の推定



## d4PDF (database for Policy Decision making for Future climate change)

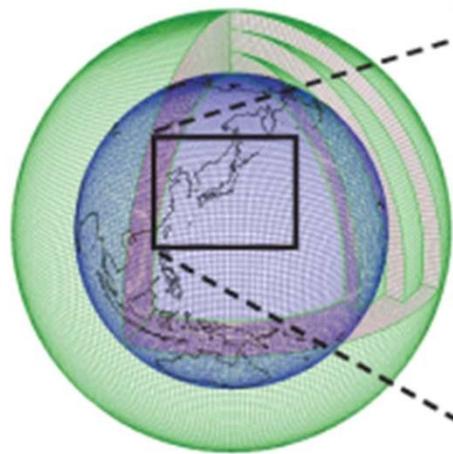
- d4PDFは全球(60km格子)および日本周辺領域(20km格子)高解像度大気モデルを使用した数値実験結果である。

### 【d4PDFの計算領域イメージ】

(全球)

AGCM

(水平解像度約60km)

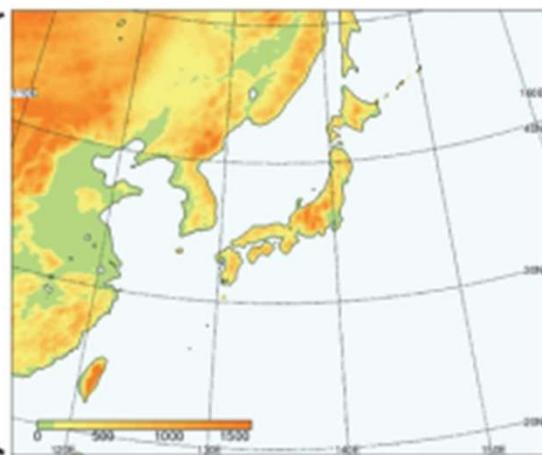


(画像:気象庁提供)

(日本周辺)

NHRCM

(水平格子間隔20km)



※NHRCM(日本周辺)

d4PDFには現在気候に相当する過去実験と将来気候に相当する将来実験(4°C上昇・2°C上昇)がある。

◎過去実験:6000年

= 60年(1951~2010年) × 100メンバ

◎将来実験2°C上昇:3240年

= 60年 × 54メンバ(6SST × 9メンバ)

◎将来実験4°C上昇:5400年

= 60年 × 90メンバ(6SST × 15メンバ)

※ 将来実験は6種類のSST(海水温)の将来変化パターンを考慮し、気候変動の変動幅を表現している。

※ 各実験は、それぞれ異なる初期値から計算を始め、海氷と海面水温に摂動(変動)を与えるアンサンブル予測をしているため、メンバ毎に結果が異なる。

# ⑥-2 d4PDF/d2PDFを用いた外力変化量の推定

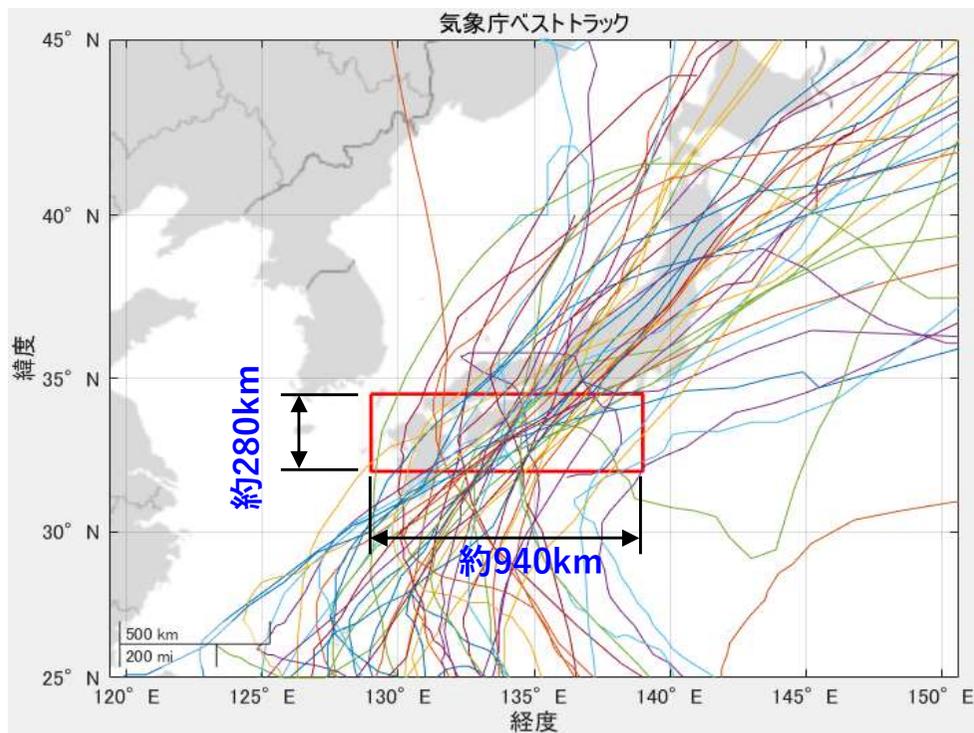


## 台風抽出範囲の検討

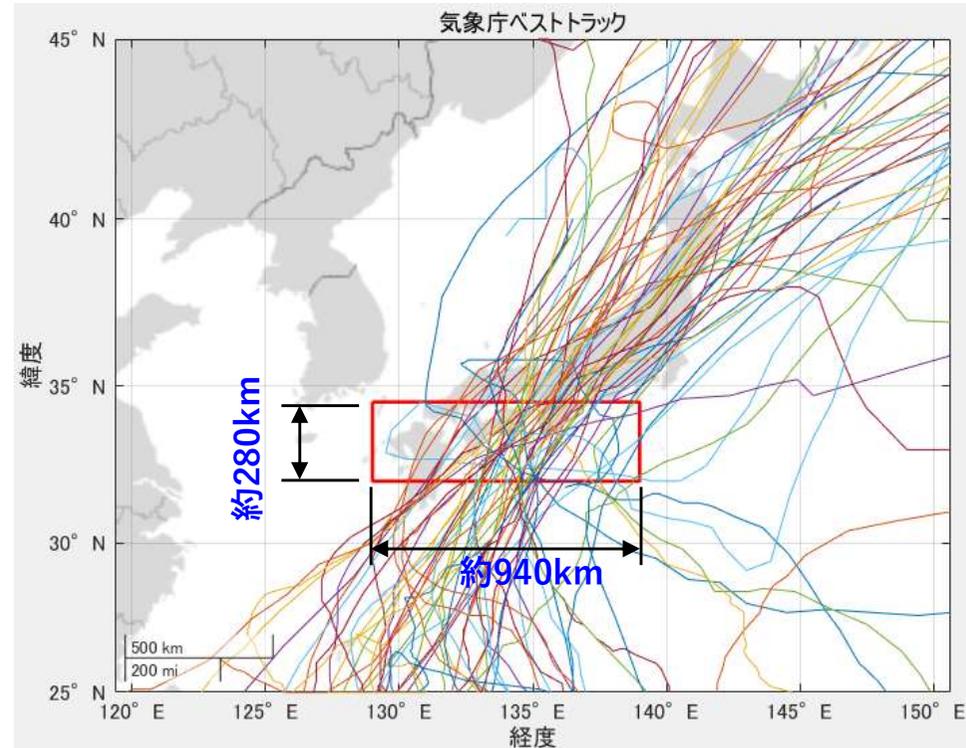
- 和歌山県沿岸部に顕著な外力を生じうる台風経路を抽出し、範囲を設定することとする。
- 波浪については、潮岬において概ね年最大波高程度である6m以上の波高を記録した台風を抽出した。また、潮位偏差については、各検潮所における上位30位若しくは50cm以上の顕著な高潮を記録した台風を抽出した。
- 今後のd4PDF/d2PDFのトラックデータの抽出範囲は、実績台風の最大包絡とし、以下のように設定する。

東経 129.0° ~ 139.0° 北緯 32.0° ~ 34.5°

【高波浪を記録した台風経路】



【顕著な高潮を発生させた台風経路】



# ⑥-3 d4PDF/d2PDFを用いた外力変化量の推定



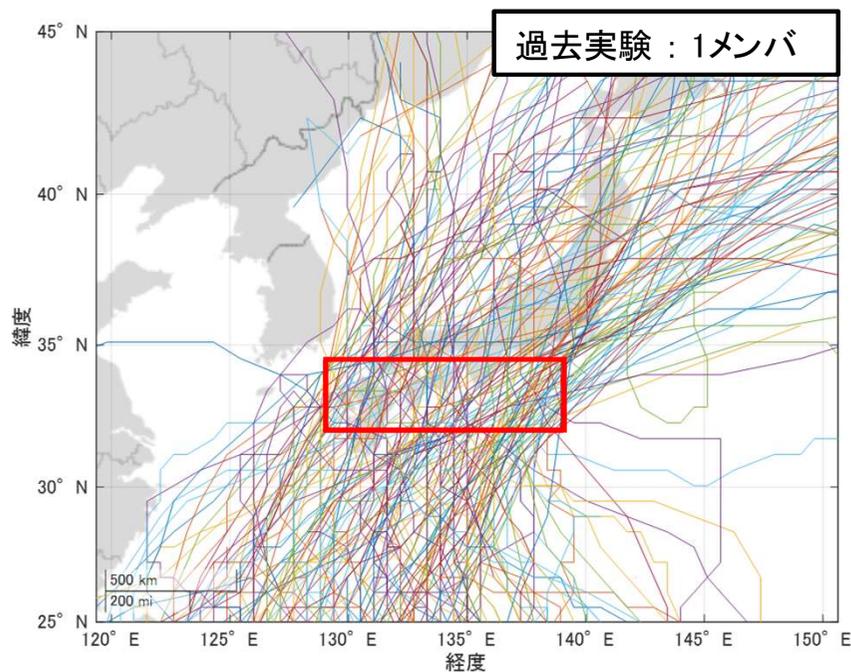
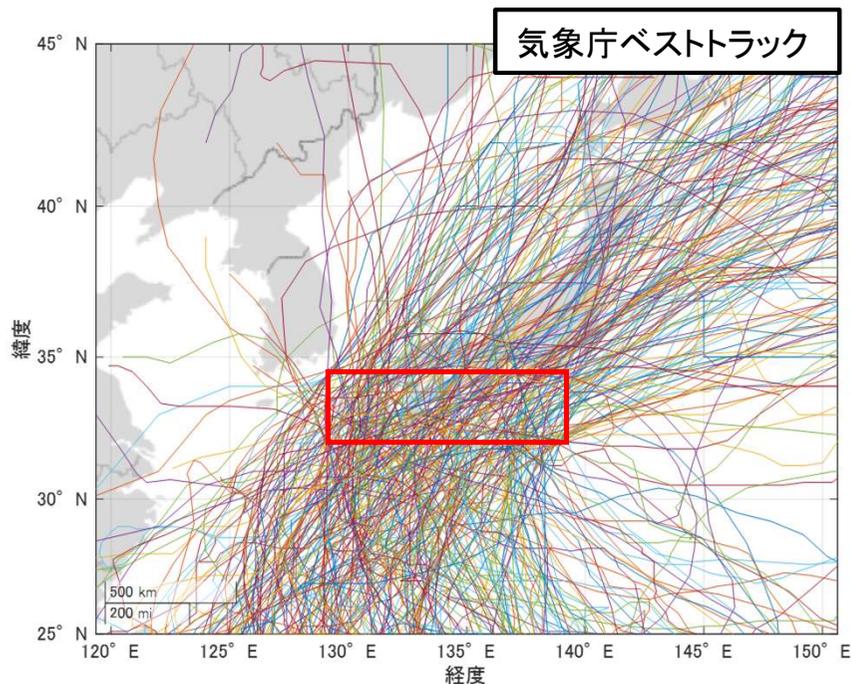
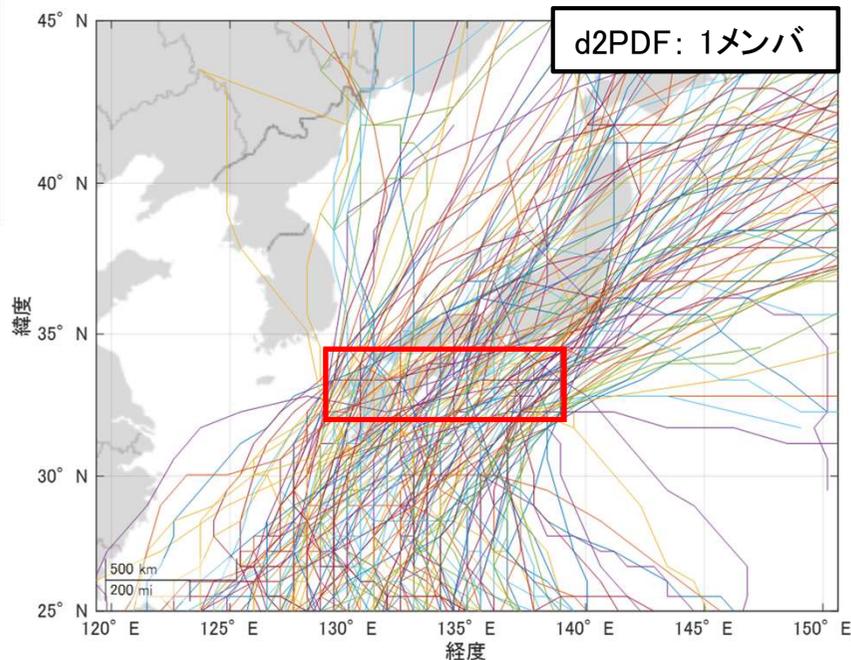
## 抽出結果および分析

- 気象庁ベストトラックと比較すると、2°C上昇実験では検討範囲通過台風の個数が減少している。

### 【台風抽出結果】

case2	気象庁 ベストトラック (実績台風)	d4PDF/d2PDF台風トラックデータ		
		過去実験	2°C上昇実験	4°C上昇実験
データ期間(年)	73	6000	3240	5400
抽出台風(個)	303	18473	8201	10154
年平均個数(個/年)	4.15	3.08	2.53	1.88

### 【検討範囲通過台風(赤枠抽出範囲)】



# ⑥-4 d4PDF/d2PDFを用いた外力変化量の推定

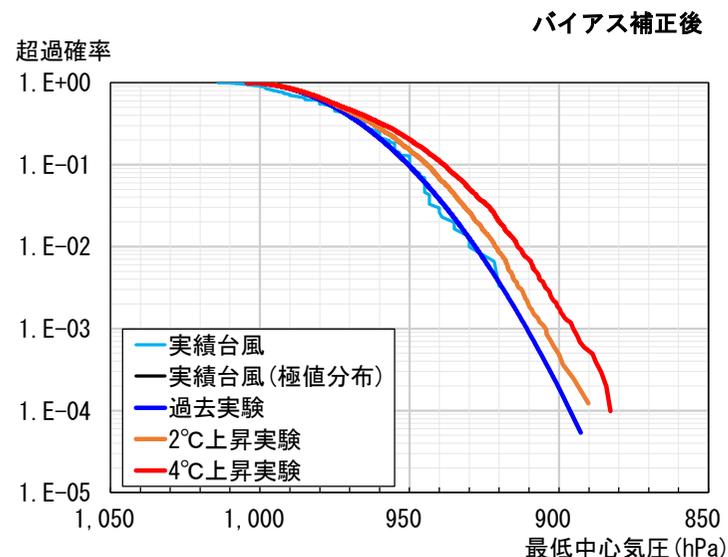
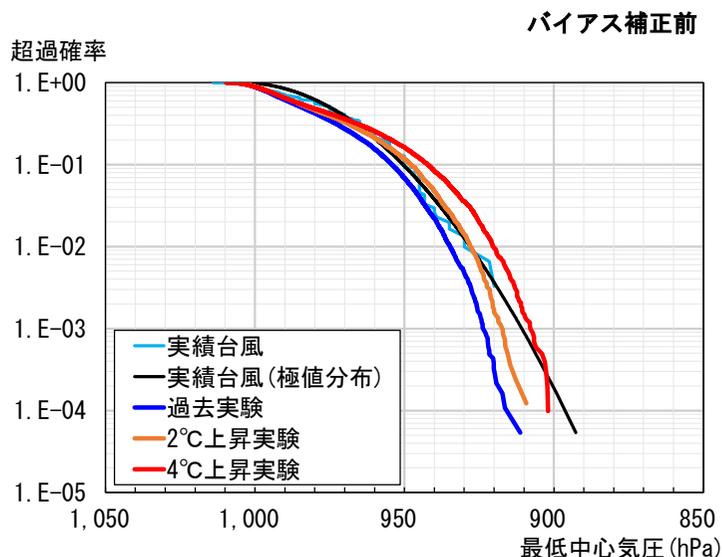


## 台風の最低中心気圧のバイアス補正

- d4PDFは高解像度なモデルによる数値実験結果であるものの、その格子幅よりも小さいスケールでの現象(例えば、台風の日やその中心気圧)は適切に表現できない。そのため、簡略化や近似して表現をしており、数値実験結果から得られる気候の情報と現実の気候の情報には**ズレ(バイアス)**が生じる。
- バイアス補正によって、台風中心気圧を観測に基づく気象庁ベストトラックとd4PDFで一致、**台風の性質を実現現象(現実)に近づける。**

### 【バイアス補正】

- 抽出範囲内の台風について、最低中心気圧に対する超過確率を整理(左図)
- 実績台風(気象庁ベストトラック)と過去実験のプロットに乖離が見られるため、以下の手順①~③に基づき、**最低中心気圧のバイアス補正**を実施(右図)
  - ①: 実績台風\*と過去実験のプロットが一致するように中心気圧を補正。
  - ②: 「①」の結果に基づき、超過確率毎の中心気圧の補正倍率を算定。
  - ③: 「②」で算定した補正倍率を、2°C上昇実験と4°C上昇実験にも乗算。



## 4. 高潮・波浪推算モデルの構築

---



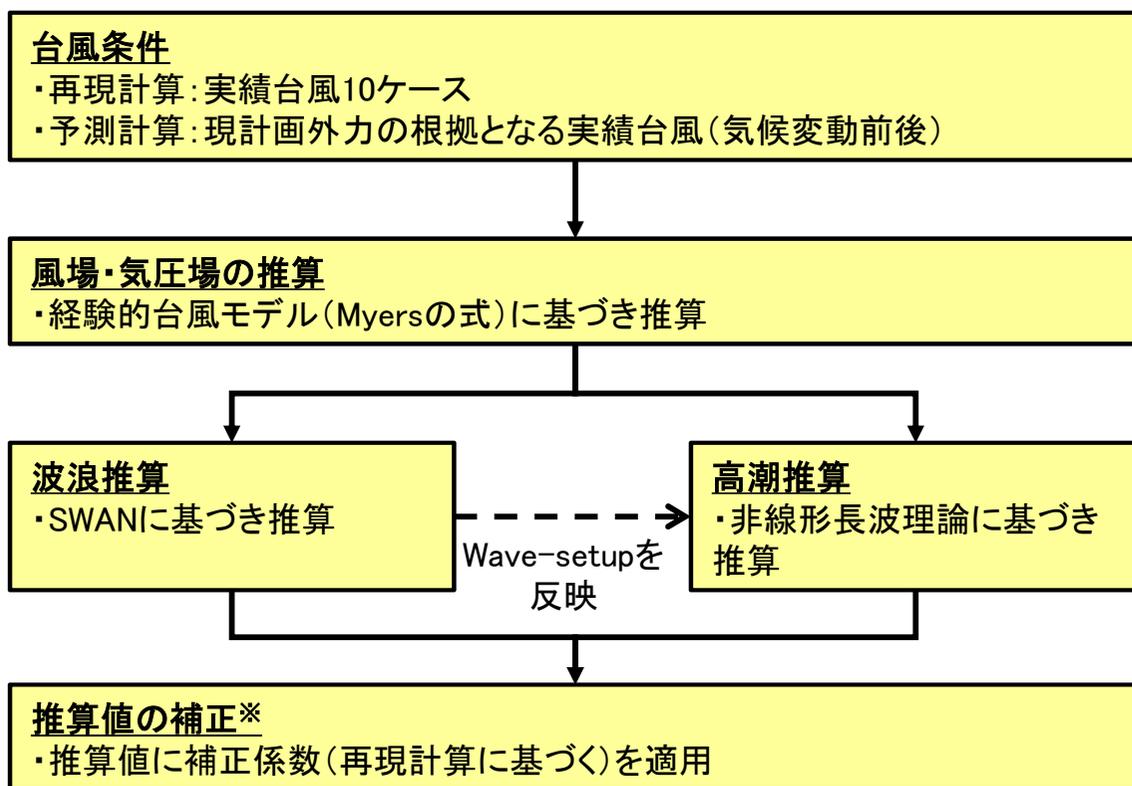
# ①-1 高潮・波浪推算モデルの構築



## 高潮・波浪推算の条件設定(概要)

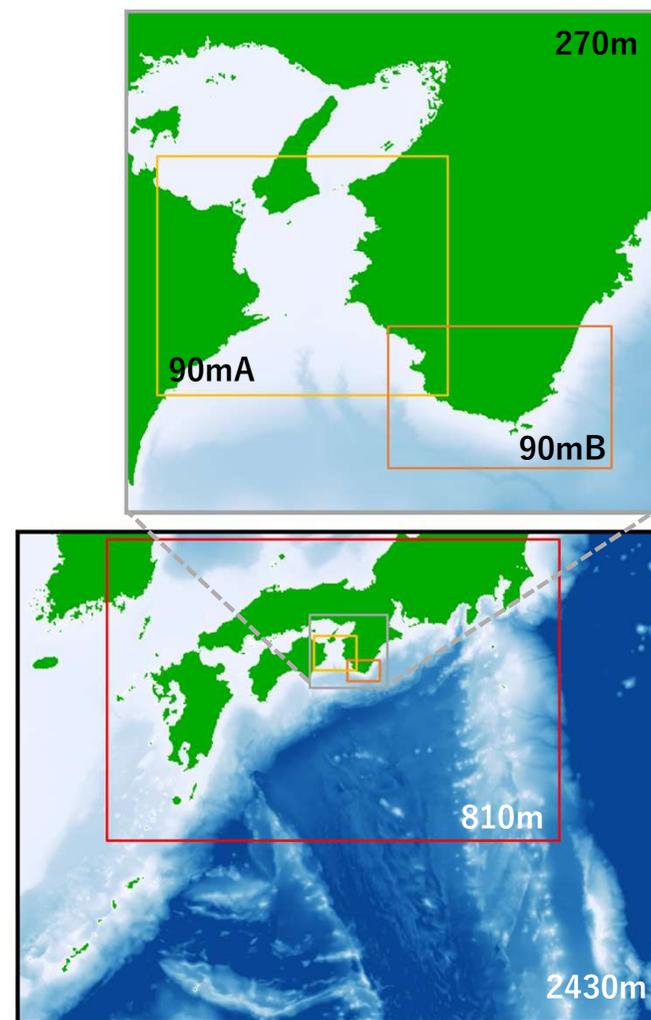
- 以下フローに基づいて、風場・気圧場推算、波浪推算、高潮推算を実施する。
- 多数の台風の計算が必要なことを踏まえ、地形の精度と計算速度の兼ね合いから最小90mメッシュの計算領域を構築する。

## ■ 計算フロー



※気候変動前後の推算値(潮位偏差、波高)に一律の補正係数を乗じるため、補正の有無は外力変化率に影響しない。

## ■ 計算領域



# ①-2 高潮・波浪推算モデルの構築



## 高潮推算の条件設定(詳細)

- 推算手法は「高潮浸水想定区域図作成の手引きVer.2.11」(令和5年4月)に準拠。
- 不特定多数の台風を推算対象にすることから、気圧・風場は中心気圧に応じた経験式、風の変換係数は一定値を設定。

項目		設定	備考
台風	経路	実績台風(気象庁ベストラック)より設定	予測計算では、気候変動前後の台風中心気圧を設定
	気圧	実績台風(気象庁ベストラック)より設定	
	移動速度	実績台風の経路より算定	
気圧 風場	推算手法	経験的台風モデル(Myersの式)	風場は傾度風の式から算定
	最大旋衡風速半径	河合ら(2005)の提案式	
	風の変換係数( $C_1, C_2$ )	0.7	一般的な値(0.6~0.7)より選定
高潮	推算手法	非線形長波理論	層数1
	基準潮位	再現計算: 最大値の出現時刻 予測計算: 朔望平均満潮位	予測計算では、気候変動前後の朔望平均満潮位を設定
	海面の抵抗係数( $C_D$ )	本多・光易の式	風速45m/s以上は一定値
	粗度係数	海域 0.025	
	境界条件	陸上遡上なし	陸域・海域の境界は完全反射、沖側の境界は無反射
	ラジエーションストレス	考慮	波浪推算結果を使用
	空間解像度	2430m, 810m, 270m, 90mの4領域	ネスティングにより接続
	計算時間間隔	CFL条件を満足する値を設定	

# ①-3 高潮・波浪推算モデルの構築



## 波浪推算の条件設定(詳細)

- 気圧・風場の推算は、高潮推算と同様に経験的台風モデルにより実施する。
- 波浪推算には第3世代波浪推算モデル(SWAN version 41.31)を用いる。

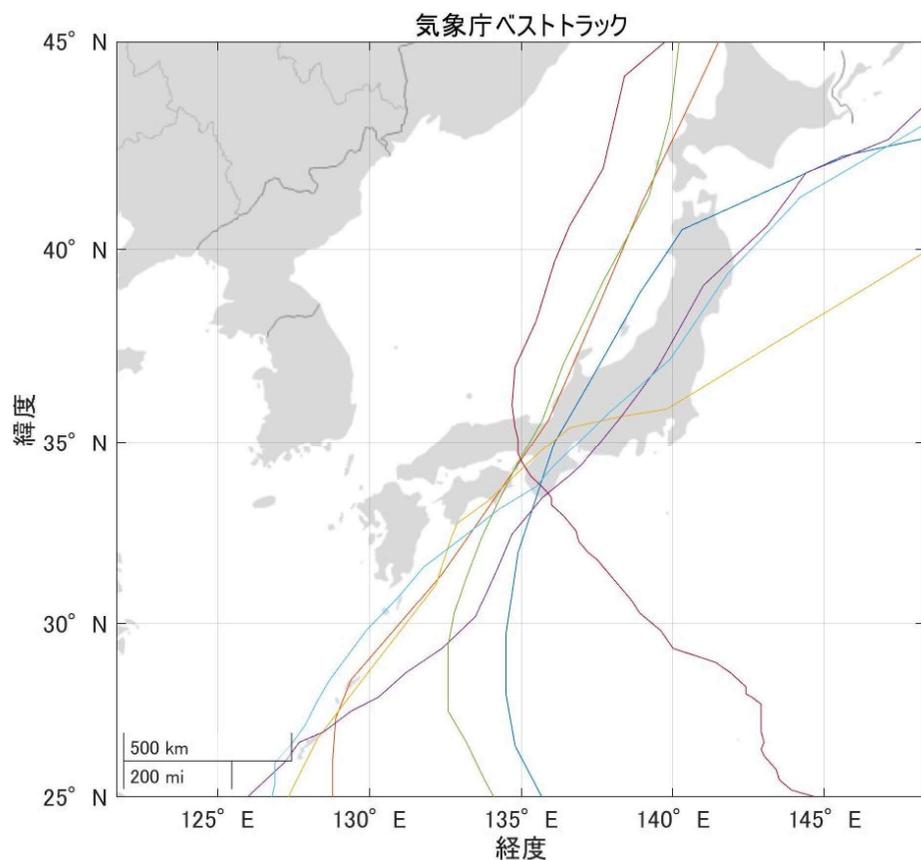
項目		設定	備考
台風	経路	実績台風(気象庁ベストラック)より設定	予測計算では、気候変動前後の台風中心気圧を設定
	気圧	実績台風(気象庁ベストラック)より設定	
	移動速度	実績台風の経路より算定	
気圧風場	推算手法	経験的台風モデル(Myersの式)	風場は傾度風の式から算定
	最大旋衡風速半径	河合ら(2005)の提案式	
	風の変換係数( $C_1, C_2$ )	0.7	一般的な値(0.6~0.7)より選定
波浪	海面抵抗係数	Zeilema	デフォルト値
	周波数帯	0.04~1.0Hz	
	周波数分割数	32	
	方向分割数	36	
	波の発達	Komen	デフォルト値
	底面摩擦	考慮	JONSWAP
	砕波	考慮	
	空間解像度	2430m, 810m, 270m, 90mの4領域	ネスティングにより接続
	計算時間間隔	300s	

## ② 高潮・波浪再現計算対象台風

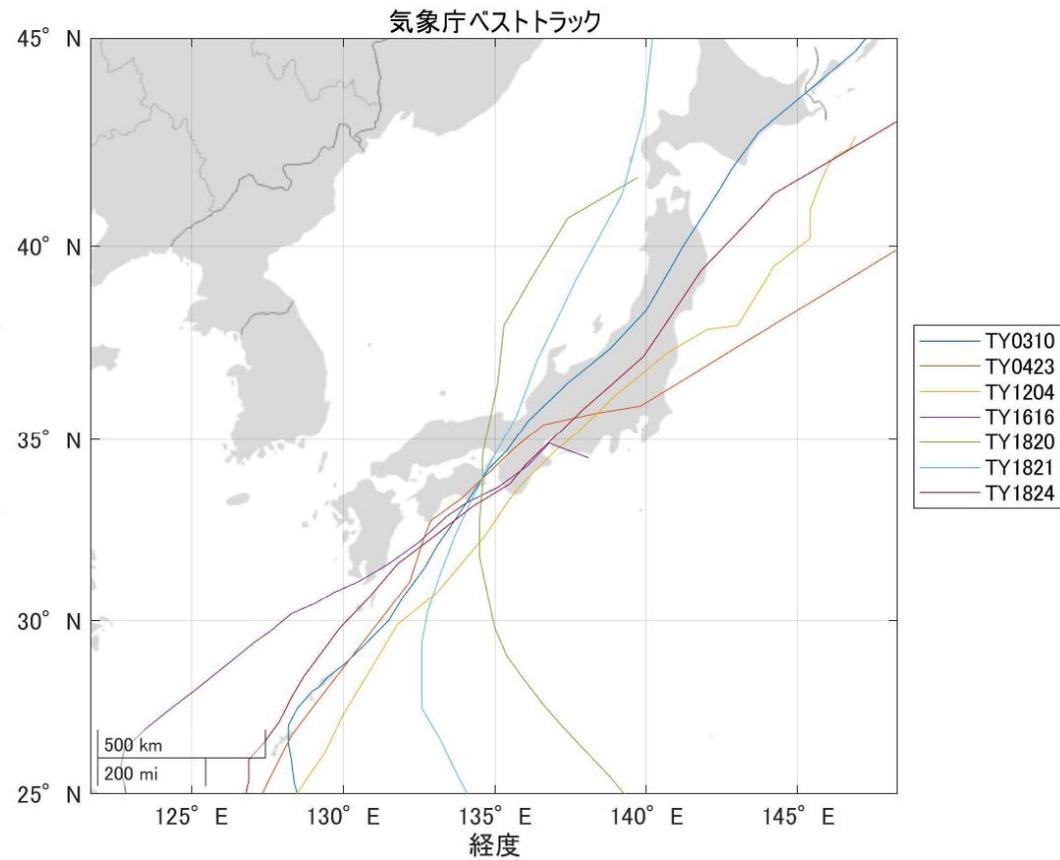


### 高潮・波浪再現計算対象台風

- 高潮・波浪の再現計算の対象台風については、観測値との比較を行うことを踏まえ、波浪については近年において高波浪を記録した台風の中から、経路が重複しないように選定する。
- 高潮・波浪ともそれぞれ7台風とし、特に、高潮計算については伊勢湾台風及び第二室戸台風を含めて実施する。



■ 高潮の再現計算台風経路



■ 波浪の再現計算台風経路



### ③ 風の変換係数の設定

#### 風の変換係数 C1、C2の設定

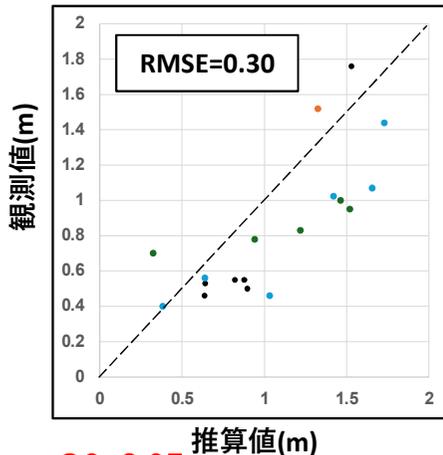
- 風の変換係数については、別途実施している高潮浸水想定での検討結果を踏まえ、C1、C2=0.65と0.70の条件で比較を行った。
- 潮位偏差についてはC1、C2=0.65の方がRMSEは若干小さくなっているが、波浪についてはC1、C2=0.70がやや小さくなっている。当該沿岸は高波浪の影響が大きい海域でもあることから、波浪の推算精度の良いC1、C2=0.70を採用することとする。なお、高潮浸水想定区域図作成においてもC1、C2は0.70を採用している。

【潮位偏差比較地点】

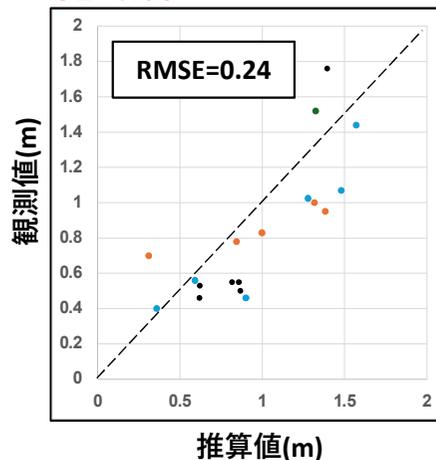


※潮位偏差が大きい4擾乱を対象

C1=0.70



C2=0.65

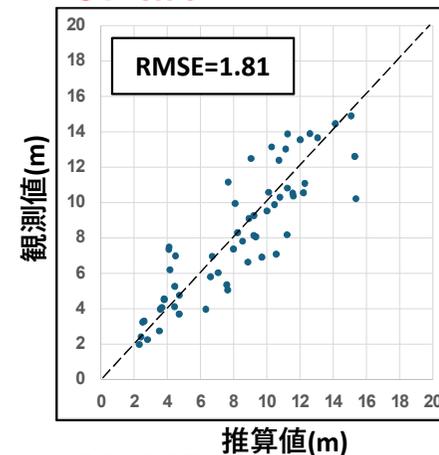


【波浪比較地点】

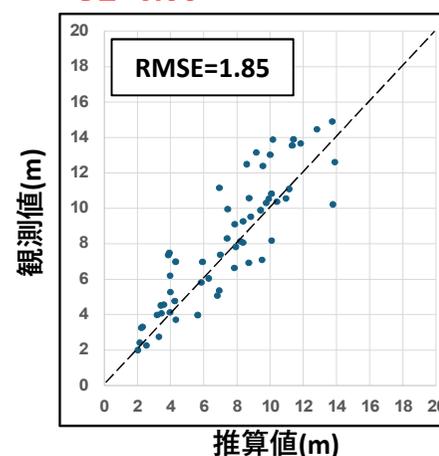


※波浪が大きい7擾乱を対象

C1=0.70



C2=0.65

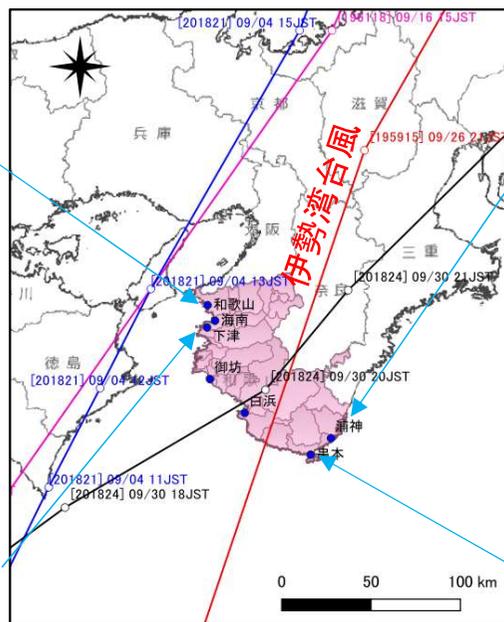
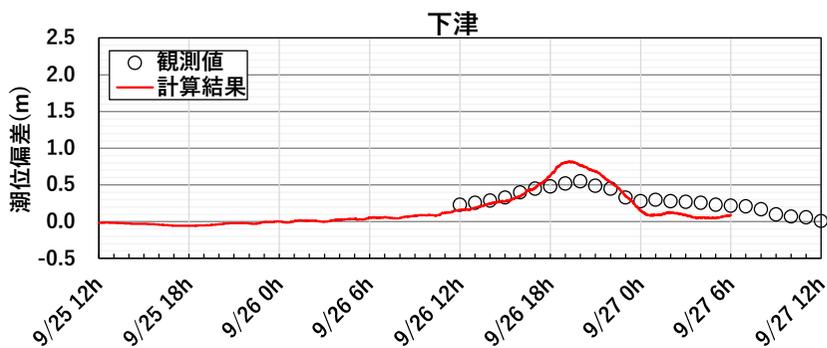
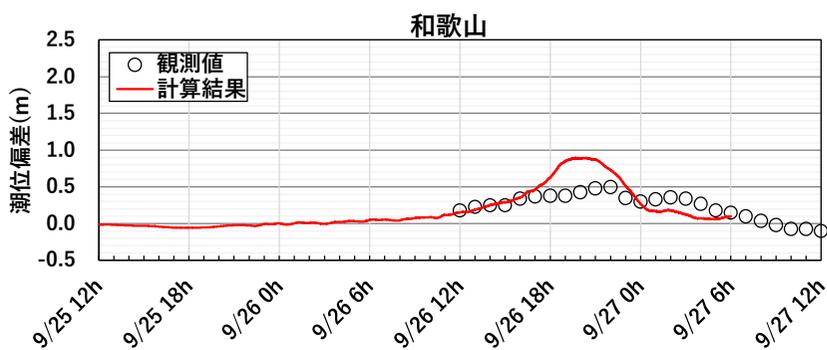


# ④-1 高潮の再現計算(伊勢湾台風)

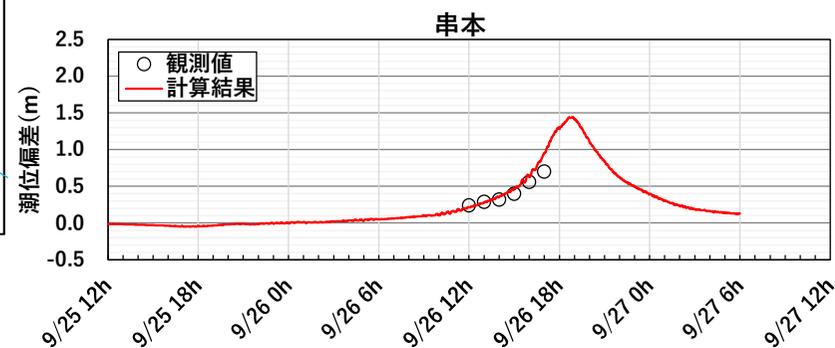
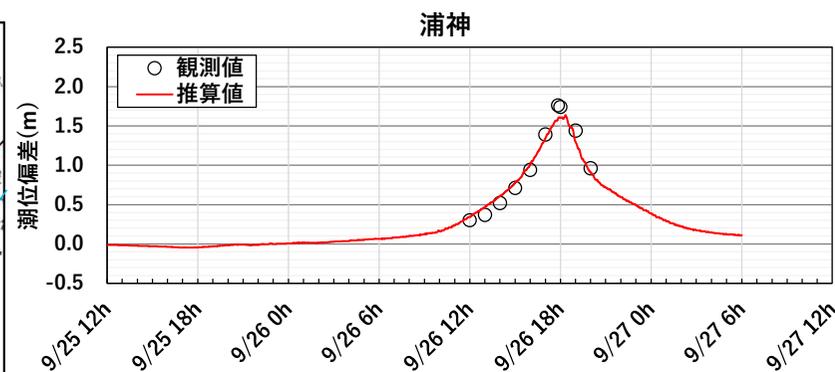


## 伊勢湾台風(1959年9月来襲)

- 台風経路の東側の浦神では概ねピーク時の潮位偏差の再現性は良好である。串本についてはピーク時前に欠測となっていた。
- 台風経路の西側では台風通過後において、推算値がやや過大になっているが、潮位偏差の値は東側の地点に比べ小さい。
- 全体的には潮位偏差のピーク時間や変化傾向は概ね一致しているものと考えられる。



地図出典:「国土地理院電子地図」に加筆



## ■ 観測値と推算値の時系列変化の比較(伊勢湾台風)

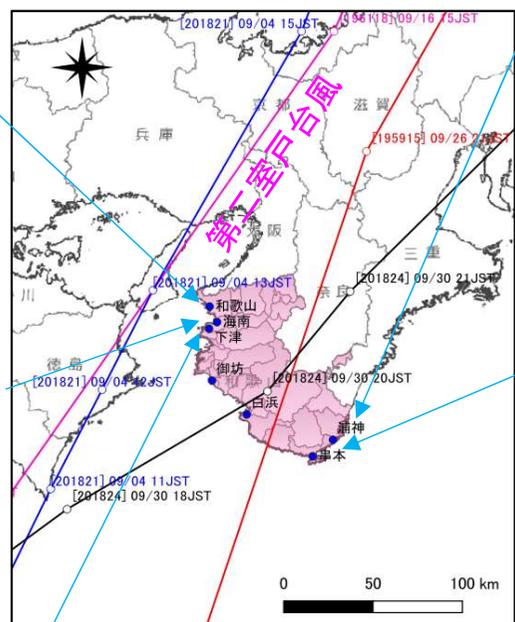
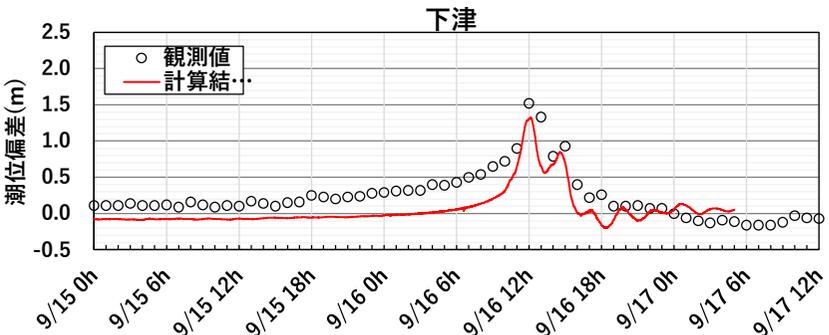
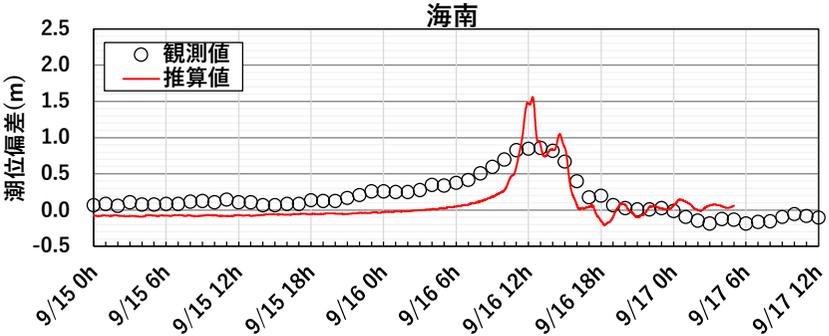
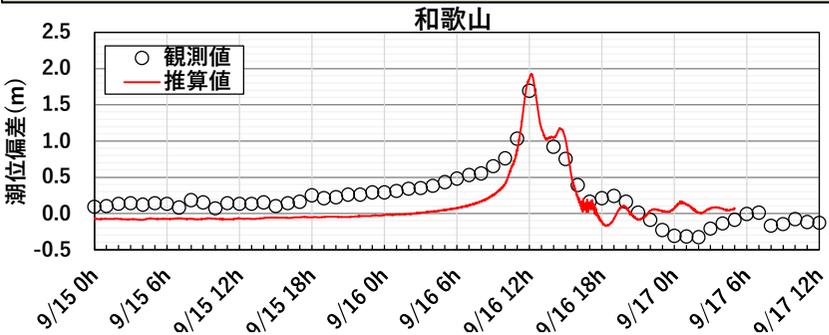
出典:観測値については気象庁HP「歴史的潮位資料(平滑値)」より作成。

# ④-2 高潮の再現計算(第二室戸台風)

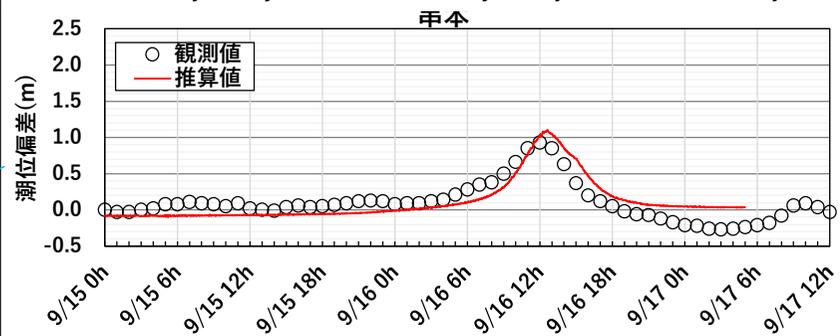
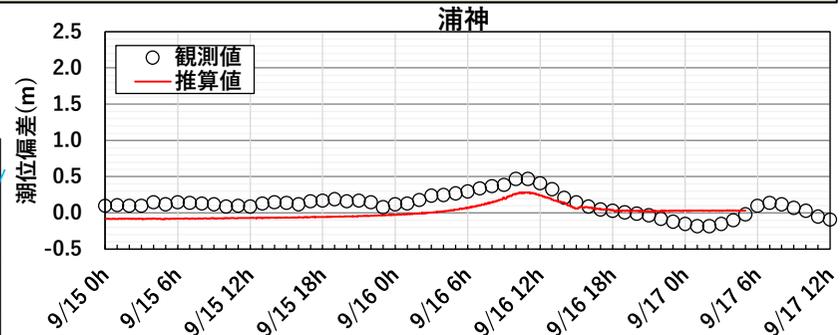


## 第二室戸台風(1961年9月来襲)

- 検潮所は全地点とも台風経路の東側となっており、海南、浦神以外においては潮位偏差は1mを超える高潮が発生していた。なお、海南については大阪管区気象台の資料(大阪管区異常気象調査報告第9巻、第3号、1962年3月)では潮位偏差が1.63mの値が示されている。
- 全体的には潮位偏差のピーク時間や変化傾向は概ね一致しているものと考えられる。



地図出典:「国土地理院電子地図」に加筆



### ■ 観測値と推算値の時系列変化の比較(第二室戸台風)

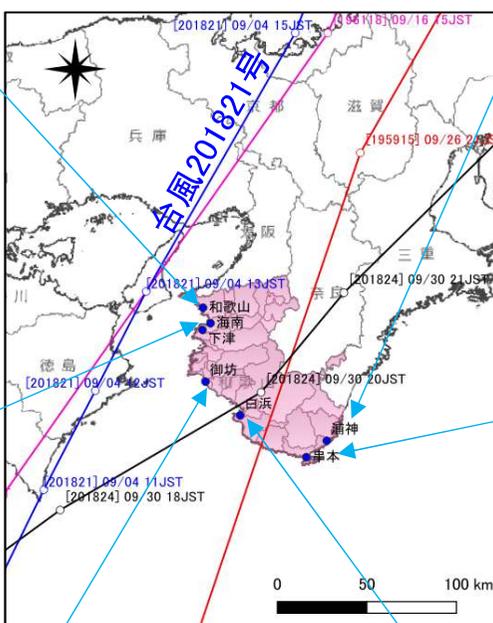
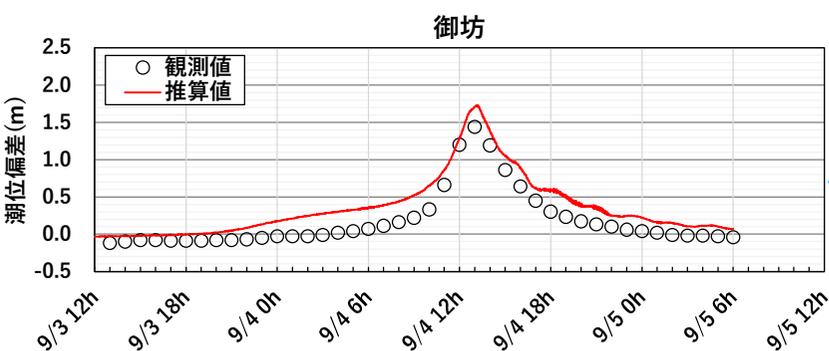
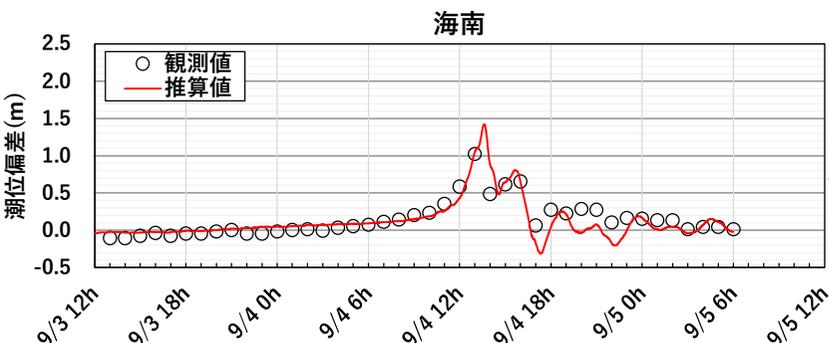
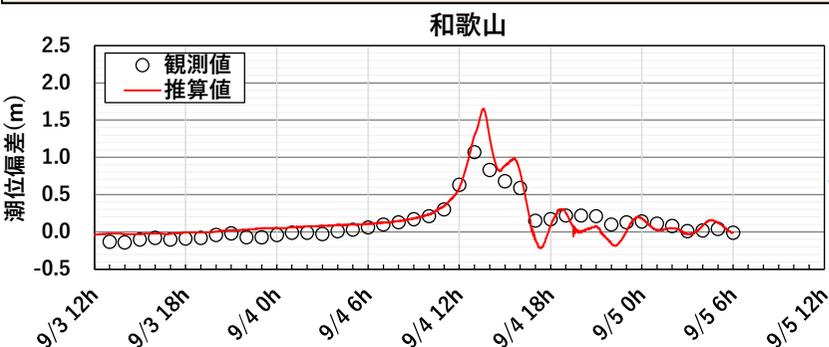
出典: 観測値については海南以外は気象庁HP「歴史的潮位資料(平滑値)」より作成。

# ④-3 高潮の再現計算(台風201821号)



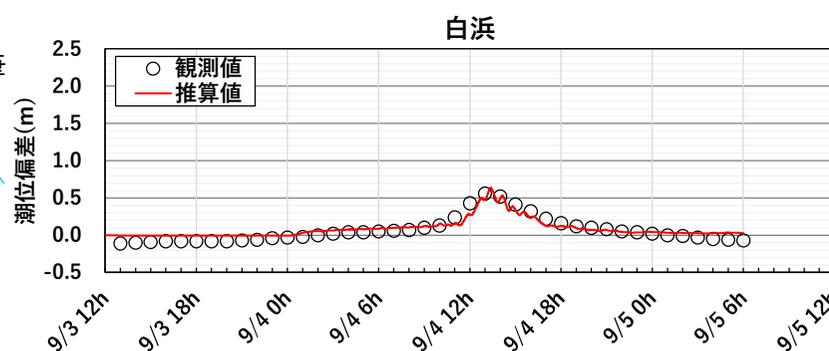
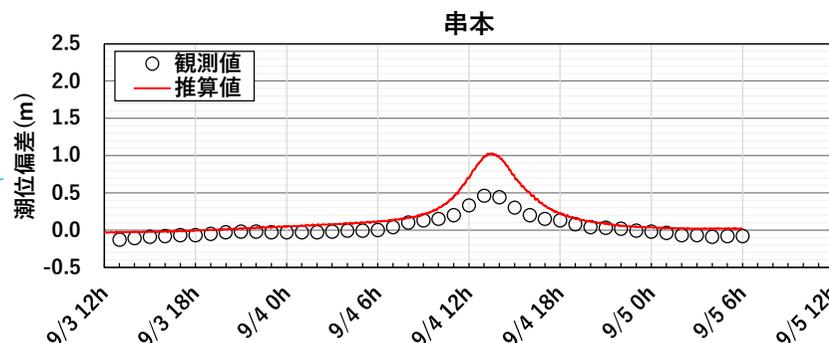
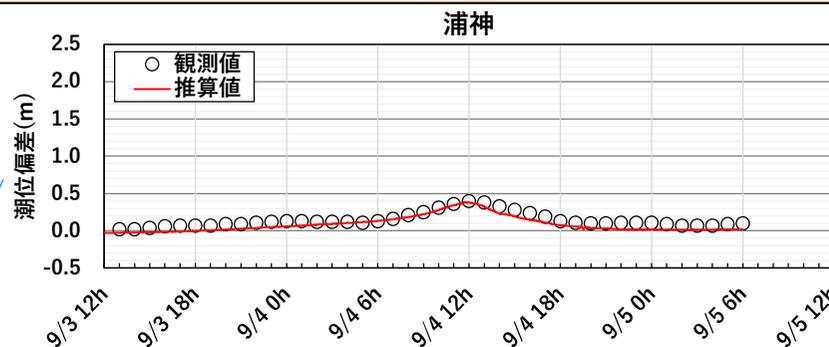
## 台風201821号(2018年9月来襲)

- 和歌山、海南、串本ではやや推算値が観測値に比べ過大となっているが、和歌山、串本での3分平均値の潮位偏差はそれぞれ1.46m、1.06mとなっており、推算値に近いものであったことから、全体的には潮位偏差のピーク時間や変化傾向は概ね一致しているものと考えられる。



地図出典:「国土地理院電子地図」に加筆

出典: 観測値については海南以外は気象庁HP「歴史的潮位資料(平滑値)」より作成。



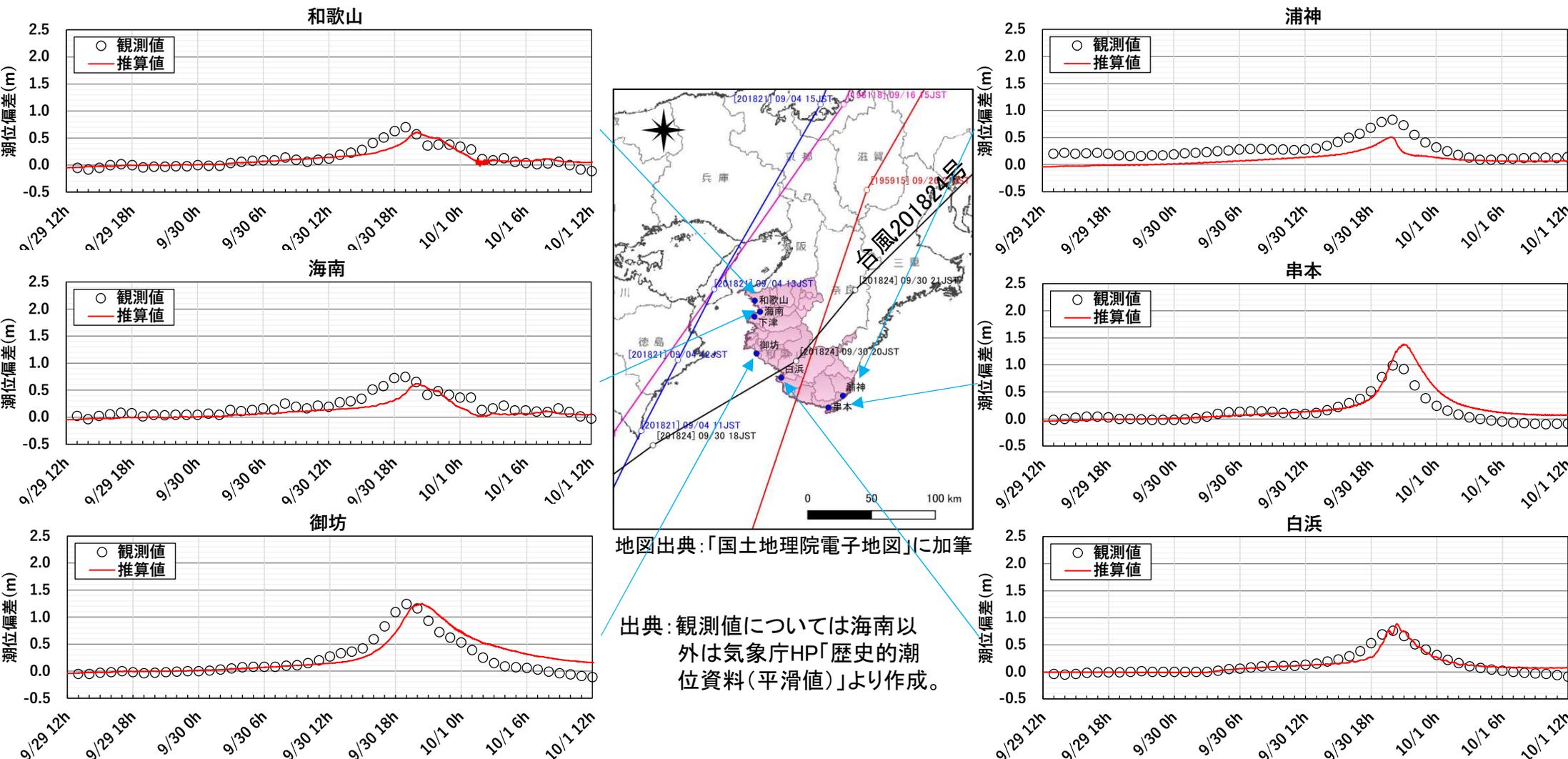
■ 観測値と推算値の時系列変化の比較(台風201821号)

# ④-4 高潮の再現計算(台風201824号)



## 台風201824号(2018年9月来襲)

- 浦神以外においては観測値と推算値は概ね一致しているものと考えられる。ただし、御坊においては3分平均値でみると、台風201821号と同様に、1m程度平滑値に比べて大きくなっている。御坊では漁港区域内で計測されており、高波浪の来襲によって港内での変動がより増幅されたことも考えられる。



地図出典:「国土地理院電子地図」に加筆

出典: 観測値については海南以外は気象庁HP「歴史的潮位資料(平滑値)」より作成。

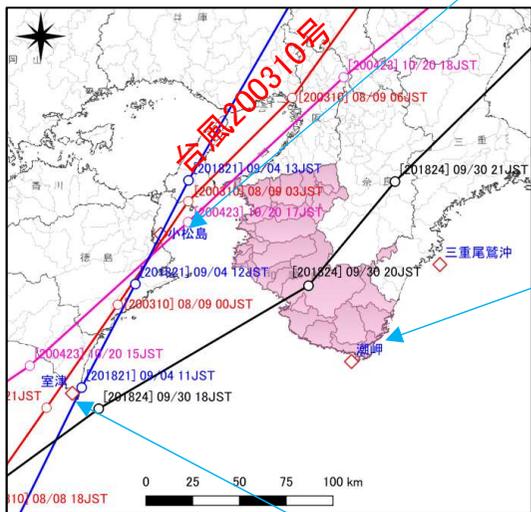
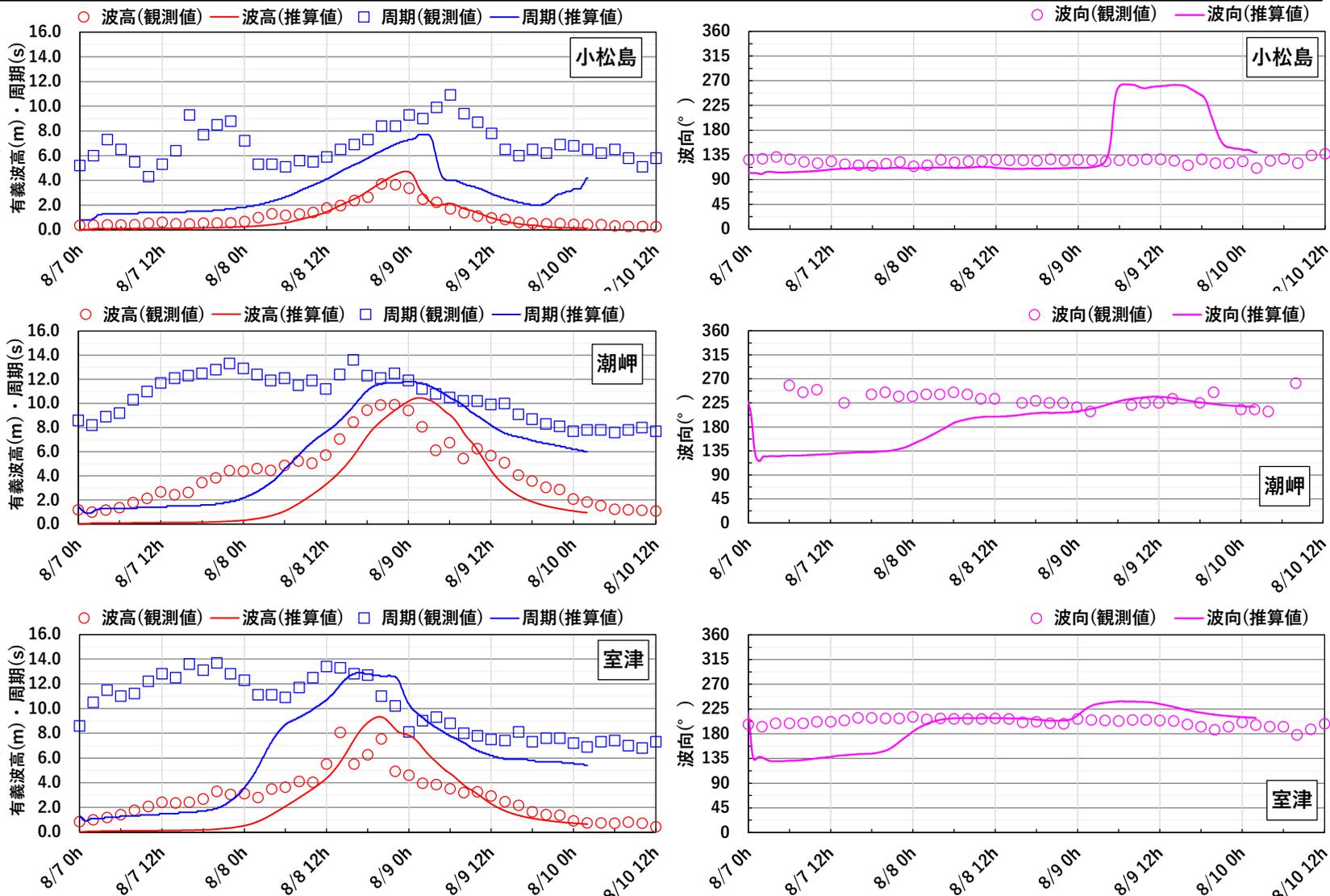
■ 観測値と推算値の時系列変化の比較(台風201824号)

# ⑤-1 波浪の再現計算(台風200310号)



## 台風200310号(2003年8月来襲)

- 潮岬ではピーク時の波高の出現時間がややずれているが、波高のピークの出現時間帯前後の時系列変化をみると、波高、周期、波向とも再現性は概ね良好であると考えられる。



地図出典：「国土地理院電子地図」に加筆

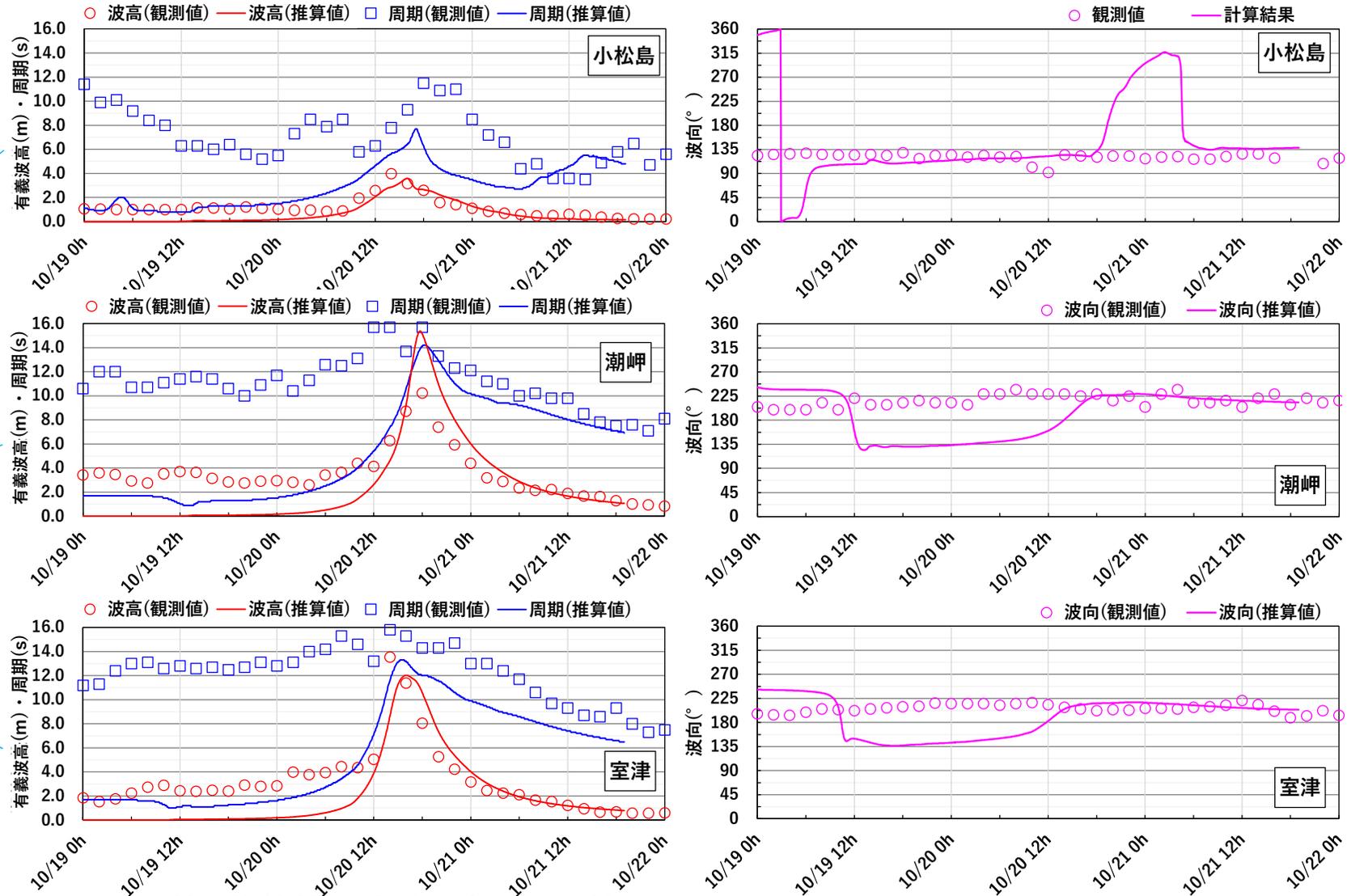
■ 観測値と推算値の時系列変化の比較(台風200310号)

# ⑤-2 波浪の再現計算(台風200423号)

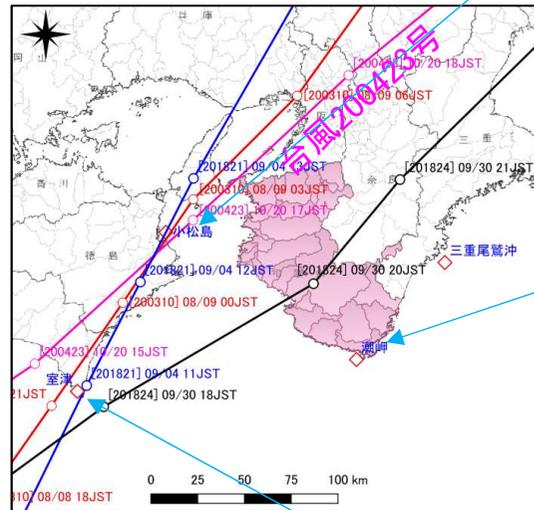


## 台風200423号(2004年10月来襲)

- 潮岬ではピーク時の波高がやや過大となっているが、波高のピークの出現時間帯前後の時系列変化をみると、波高、周期、波向とも再現性は概ね良好であると考えられる。



■ 観測値と推算値の時系列変化の比較(台風200423号)



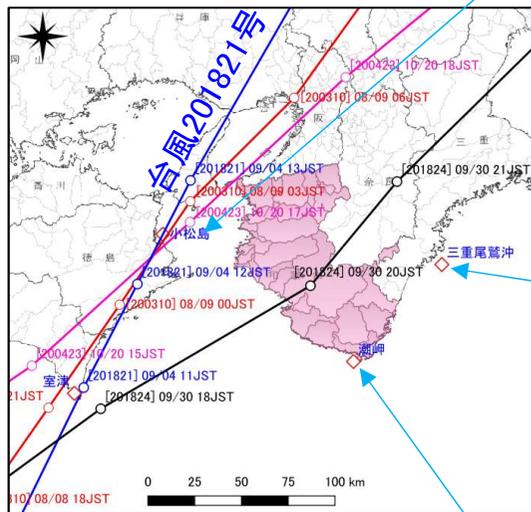
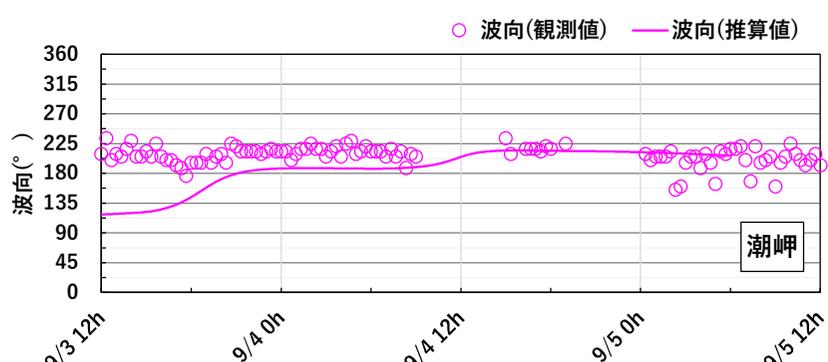
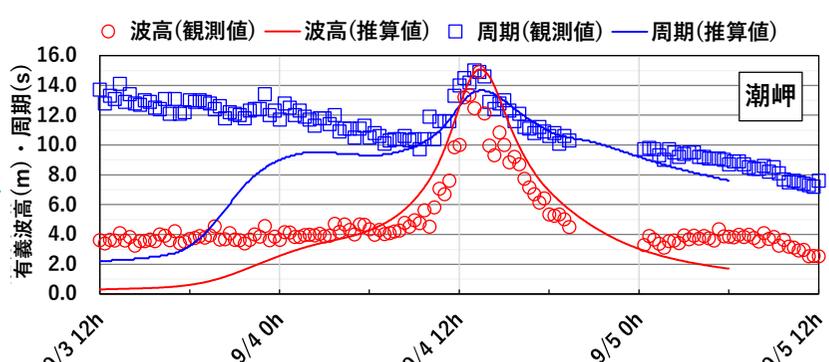
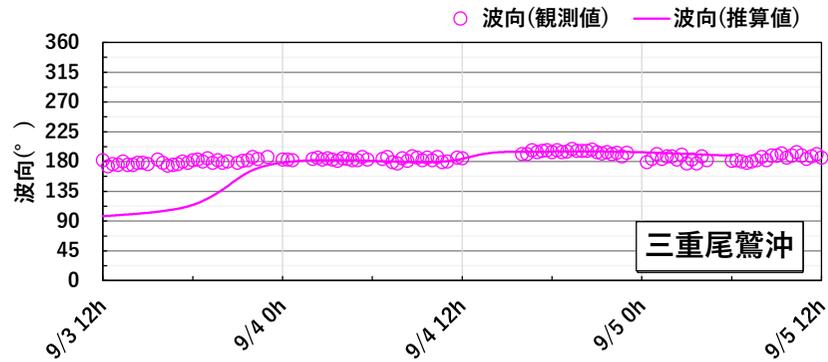
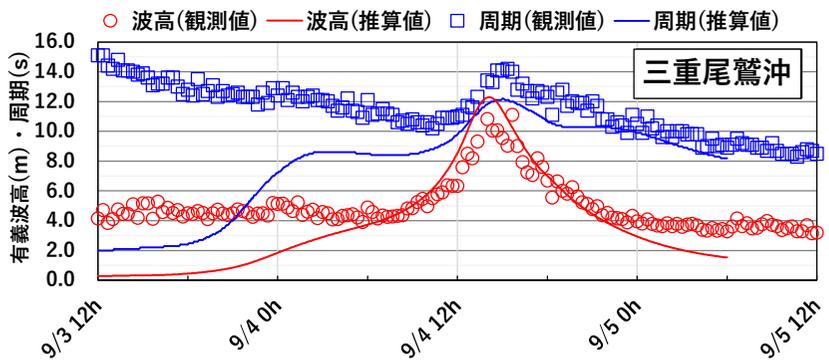
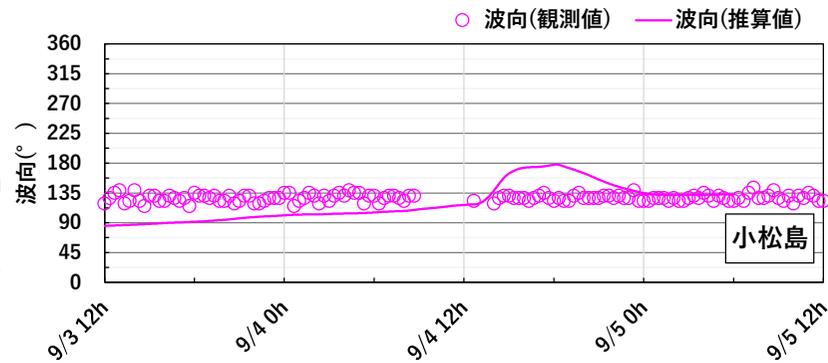
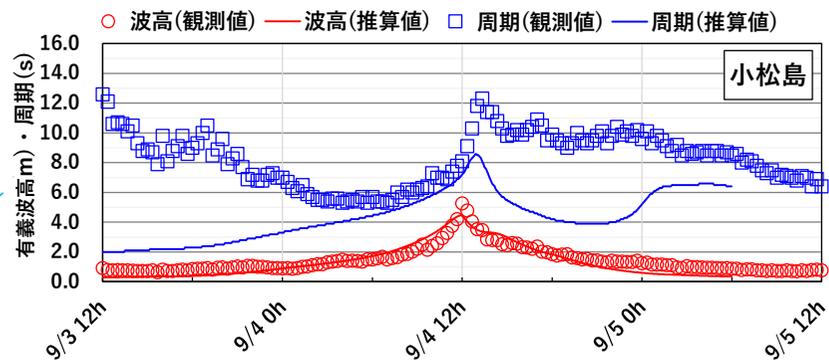
地図出典:「国土地理院電子地図」に加筆

# ⑤-3 波浪の再現計算(台風201821号)



## 台風201821号(2018年9月来襲)

- 波高のピークの出現時間帯前後の時系列変化をみると、波高、周期、波向とも再現性は概ね良好であると考えられる。



地図出典:「国土地理院電子地図」に加筆

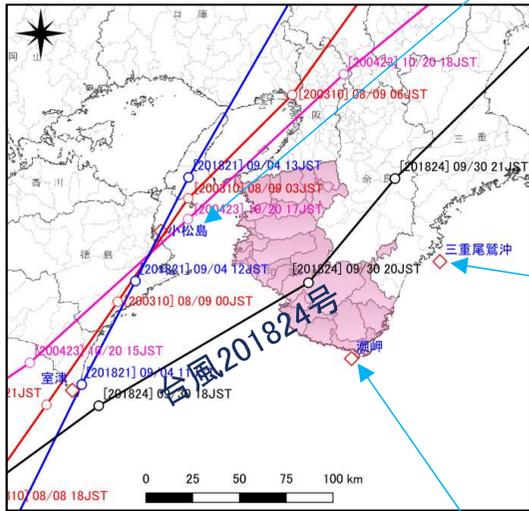
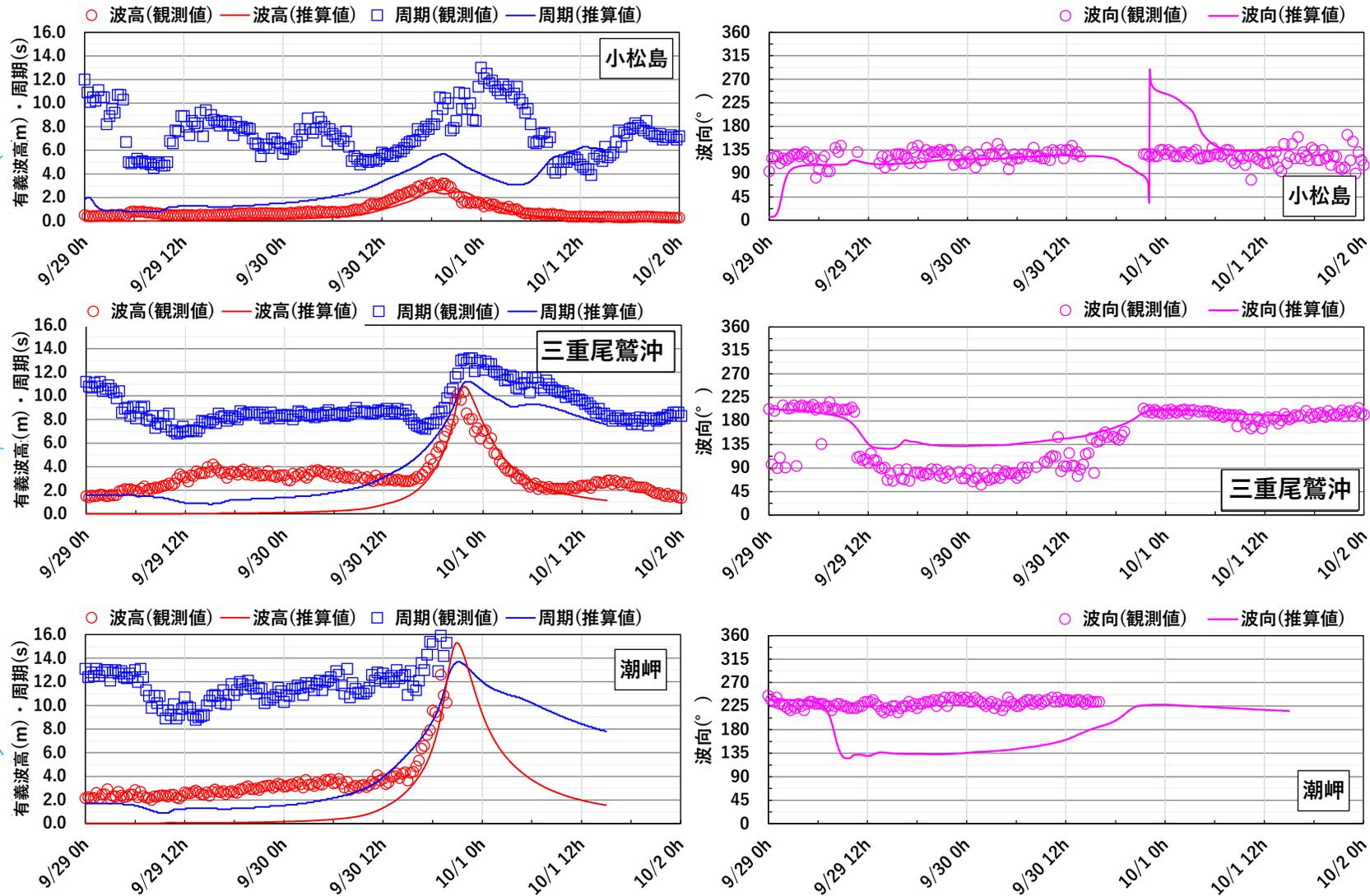
■ 観測値と推算値の時系列変化の比較(台風201821号)

# ⑤-4 波浪の再現計算(台風201824号)



## 台風201824号(2018年9月～10月来襲)

- 波高のピークの出現時間帯前後の時系列変化をみると、波高、周期、波向とも再現性は概ね良好であると考えられる。なお、潮岬は9月30日20時0分以降欠測となっている。



地図出典:「国土地理院電子地図」に加筆

■ 観測値と推算値の時系列変化の比較(台風201824号)



# ⑥ 再現計算のまとめ

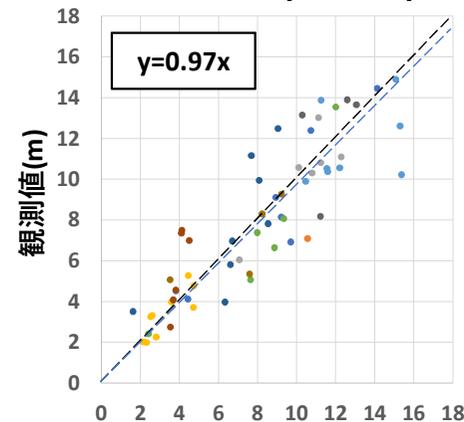
## 再現計算のまとめ

- 高潮・波浪の観測値と推算値の比較を全地点の結果を用いて行った。その結果を以下に示す。
- 高潮の回帰係数は全地点のデータを用いた場合は0.82となり、相関係数も0.76となっている。また、波浪については回帰係数は波高・周期とも1に近い結果となっている。
- 以上から、再現性は良好であると判断できることから、**高潮・波浪は本計算モデルで実施する。**

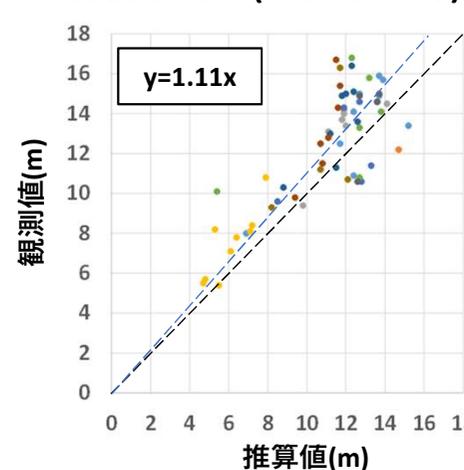
波浪再現計算 比較地点



有義波高(最大値)

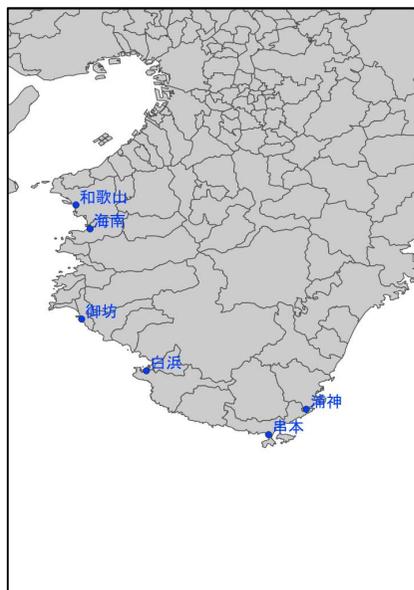


有義波周期(波高最大時)

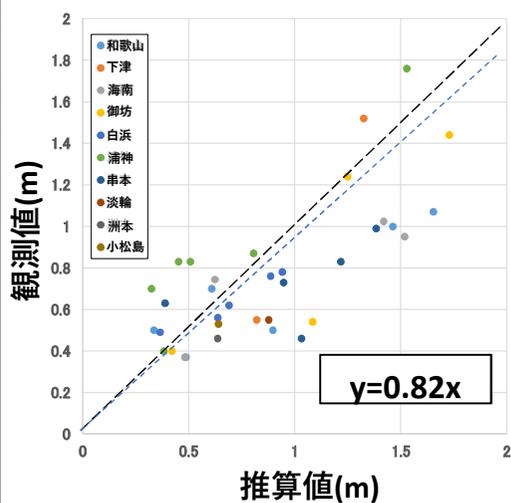


- 潮岬
- 和歌山南西沖
- 三重県尾鷲沖
- 小松島
- 徳島県海陽沖
- 高知
- 上川口
- 高知県室戸岬沖
- 高知県西部沖

高潮再現計算 比較地点



潮位偏差(最大値)



## 5. 第1回技術検討委員会のまとめ

---



# 第1回検討会のまとめ(1)



## ①開催趣旨

- 気候変動に関する「海岸保全基本方針」の改定および最新の調査研究動向を踏まえ、和歌山県沿岸の将来の計画外力の評価に基づき、今後の海岸保全対策を見直す方針。
- 令和7年度の海岸保全基本計画改定を予定し、計3回の委員会にて技術的内容のご審議を頂く。

## ②現行の計画値および観測値の整理等

- 所管別の海岸の現計画値(潮位、波浪、津波)の設定値を整理。特に、設計高潮位は主に第二室戸台風、伊勢湾台風来襲時の外力で設定されている。
- 朔望平均満潮位は串本、浦神を除くと、1986年～2005年の基準年間と直近10年間の平均値を比較すると顕著な差異は見られない。なお、黒潮蛇行による影響は2017年8月以降、現時点でも継続している。
- 波浪については長期的な傾向をみると、観測値からは年最大波高は緩やかな増加傾向が確認される。一方、設計波高については、一部の箇所では特定の台風で決定されているが、基本的には波浪推算により30年ないし50年確率波高が採用されている。

## ③将来の外力変化量の検討方針

- 取り扱う計画外力として、「朔望平均満潮位」、「潮位偏差」、「設計沖波」について、気候変動の影響を加味した推算を行う。
- 対象とする外力の将来予測は、IPCC第5次評価のRCP2.6シナリオ(2°C上昇相当)における将来予測の平均的な値を前提とする。
- 気候変動に伴う将来の外力変化の考え方として、21世紀末における平均海面水位の上昇量、潮位偏差及び波高の増加分を考慮して将来の外力を設定する。

# 第1回検討会のまとめ(2)



## ③将来の外力変化量の検討方針(つづき)

- なお、「港湾における気候変動適応策の実装方針(2024年3月)」では、平均海面水位は2100年まで増加を考慮し、潮位偏差及び波高については2040年まで増加を考慮して、それ以降の増加は見込まないものとして提示されていることから、本検討会においては、これらの考えを踏まえて将来の外力変化を設定することを基本とする。
- 各検潮所の年平均海面水位について、潮汐・気圧・地盤変動量の補正を行い、トレンド推定を行った。
- 補正後の値をみると、潮汐・気圧・地盤補正後の平均海面水位はいずれの地点も上昇傾向がみられ、黒潮の蛇行期間を除いた期間では年平均海面水位は1.1～4.3mm/yearの上昇率となった。
- 平均海面水位の上昇量は概ね「日本の気候変動2020」で示されている範囲内であることから、2100年時点での平均海面水位の上昇量は+39cmを用いることを基本とする。
- 潮位偏差・波浪と波の将来変化の予測手法は、現計画外力の設定経緯を踏まえ、潮位偏差については「A-1(想定台風解析)」の採用が妥当と考えられる。一方、波浪については主に確率波高が採用されていることから、「A-1(想定台風解析)」以外に、「B-1①(d4PDF抽出解析)」についても試算を試みる。
- 検討の流れとしては、将来気候下における潮位偏差及び波高の将来変化率(将来/現在)を算出し、現在の潮位偏差もしくは設計波浪に将来変化率を乗じて将来気候下における値を算出する。
- 検討する特定台風については、伊勢湾台風及び第二室戸台風を基本とする。一方、近年来襲した台風においても顕著な高潮偏差が発生していることから、台風1821号(JEBI)、台風1824号についても検討する。また、白浜で最大潮位偏差を記録した台風7220号も選定する。

# 第1回検討会のまとめ(3)



## ③将来の外力変化量の検討方針(つづき)

- 和歌山県沿岸では設計高潮位は既往最高潮位を基本としているため、その場合の潮位偏差は2通りの設定が考えられる。
  - (1) 既往最高潮位から朔望平均満潮位を差し引いた値を気候変動前の潮位偏差とし、その潮位偏差に気候変動による影響を見込む → 潮位偏差 = 既往最高潮位 - 朔望平均満潮位
  - (2) 既往最高潮位を記録した台風通過時において発生した最大潮位偏差を気候変動前の潮位偏差とし、その潮位偏差に気候変動による影響を見込む
- 本検討においては、**2通りの考え方の検討結果を踏まえ、将来の設計高潮位の設定を行う**ことを基本とする。

## ④高潮・波浪推算モデルの構築

- 高潮波浪推算モデルを構築し、観測値に対する推算値の再現性が概ね良好であることを確認した。本推算モデルにて予測計算を実施し、潮位偏差・波浪の変化率の平面分布を算定する。