

気候変動の影響を踏まえた海岸保全基本計画の変更について

大阪湾沿岸

集約版

令和8年3月25日

兵庫県

目次

- 1. 技術検討部会における検討内容
 - 1. 1. 技術検討事項の一覧 p.1
 - 1. 2. 気候変動の影響を踏まえた
計画外力・防護水準の設定 p.4
 - 1. 3. 計画諸元（計画天端高等）の設定 p.43
 - 1. 4. 防護対象区域の設定 p.46



1. 技術検討部会における検討内容

1. 1. 技術検討事項の一覧

■ 海岸保全基本計画変更技術検討部会では、将来の気候変動を考慮した計画外力および防護水準、計画天端高等の計画諸元の設定、整備対象区域の設定について最新知見に基づき検討

■ 本資料は、これらの設定根拠について、技術検討部会の資料に基づき再構成したものである

項目		設定値	根拠	該当ページ
計画外力 防護水準	堤前波の算定 津波水位の算定	将来気候（2°C上昇シナリオ）に基づいた準沖波および潮位偏差を用い、各地区海岸の換算沖波波高を算定 将来気候（2°C上昇シナリオ）に基づいた津波伝播計算を実施	モデル台風B（伊勢湾規模＋平成30年台風21号コース）の高潮推算・波浪推算結果から、高潮偏差・波浪条件を設定 エネルギー平衡方程式および高山法による港外・港内波浪変形計算を実施し、堤前波を算定 津波伝播計算を実施し津波水位を算定	p.4～36
	計画天端高の算定	将来気候（2°C上昇シナリオ）に基づいた堤前波および潮位偏差を用い、必要天端高の算定を実施（津波水位に対する必要天端高の確認も実施）	直立・消波被覆護岸については、許容越波流量を満足する天端高を算定。人工海浜では、改良仮想勾配法による打ち上げ高以上となる天端高を算定 高潮・波浪または津波のうち厳しい条件（必要天端高）に余裕高を考慮して計画天端高を算定	p.37～42
計画諸元	計画天端高の設定	防護水準に基づき、各地区海岸の計画天端高を設定	防護水準（計画天端高）の検討結果を基に、各地区海岸の計画天端高を設定	p.43～45
整備対象区域	整備対象区域の設定	東播海岸： 最大2.1m程度の天端高不足 神戸港海岸： 最大0.6m程度の天端高不足 尼崎西宮芦屋港海岸： 最大2.0m程度の天端高不足	各地区海岸の計画天端高の設定値に基づき、天端高不足への対策を要する区域を検討 なお、各地区海岸の代表断面による算定結果であるため、各施設について詳細な検討を行う必要がある	p.46

1. 技術検討部会における検討内容

1. 1. 技術検討事項の一覧

■計画外力および防護水準を設定するための前提や検討条件について、下表の通り決定

■各項目の設定根拠については、表中に示す該当ページに記載

		本検討	現行計画値	備考	該当ページ
前提条件	気候変動シナリオ	2°C上昇シナリオ*	—	通達「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」（令和3年8月2日）に準拠	p.7
	目標年次	21世紀末（2100年時点）	—	「日本の気候変動2025」における気候変動の想定時期が21世紀末であるため2100年時点を目標年次とした	p.7～8
検討条件	朔望平均満潮位（台風期）	T.P.+1.00m	T.P.+0.90m	最新の潮位観測データを用いて更新	p.6
	海面上昇量	0.4m	—	「日本の気候変動2025」より設定 （参考）4°C上昇シナリオ：0.7m	p.7
	対象擾乱	平成30年台風第21号 (T1821) モデル台風A (伊勢湾+室戸) モデル台風B (伊勢湾+T1821)	モデル台風 （伊勢湾台風規模・室戸 台風コース）	モデル台風：過去の記録上、最大級の台風（伊勢湾台風）が最も危険なコース（室戸台風、T1821）を通過するものとして検討する	p.10～12
	計画偏差	高潮推算を実施して検討	2.70～3.00m（尼西芦屋）	伊勢湾台風規模の台風が室戸台風経路を通過した場合に発生すると想定される偏差：2.70m（西宮地区）、3.00m（尼崎地区）	p.4, 5, 20, 24, 25
	準沖波波高	波浪推算を実施して検討	4.74m（尼西芦屋）	現行計画値は、令和3年度に第3世代波浪推算モデルによる波浪推算・極値統計解析を実施して50年確率波を設定	p.4, 9, 29
	津波水位	津波伝播計算を実施して検討	T.P.+1.4m ～T.P.+3.1m	気候変動による海面上昇量を考慮（2°C上昇シナリオ：0.4m）	p.34～36

※2°C上昇シナリオ（RCP2.6）における海面・気温の上昇の想定：

- ・海面上昇は、2100年頃まで継続的に生じる想定
- ・気温上昇は、2050年頃にピークとなり、その後は上昇が抑えられる想定

⇒気温の上昇に応じて台風が強大化することで、高潮や高波も2050年頃にピークとなることに留意する必要がある

1. 技術検討部会における検討内容

1. 1. 技術検討事項の一覧

■計画外力および防護水準の具体的な設定について、下表の通り決定

■各項目の設定根拠については、表中に示す該当ページに記載

項目	設定値	根拠	該当ページ							
計画外力	波浪推算の計算パラメータ設定	<ul style="list-style-type: none"> ・風速の換算係数Cは0.70とする ・海面抵抗係数Cdは本多・光易の式（風速上限40m/s）とする 	T1821を対象として再現性を確認 風速の換算係数Cは0.70が妥当と考えられる 海面抵抗係数Cdは、本多・光易の式を適用し、風速の上限値を40m/s、45m/sで比較検討した結果、40m/sとすることが妥当と考えられる	p.13～17						
	高潮推算の計算パラメータ設定	同上	同上	p.13～17						
	対象擾乱	<ul style="list-style-type: none"> ・モデル台風B (伊勢湾台風規模+T1821コース) 	現在気候における、T1821、モデル台風A、Bの比較検討を行い、大阪湾沿岸に与える影響が最も大きいことを確認 また、気候変動を考慮した場合も、モデル台風Bが最も厳しい条件となることを確認	p.18～25						
	高潮・波浪推算に関する気候変動の影響(変化比)	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">2°C上昇シナリオでの変化比</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>波高</td> <td>1.05倍(1.04倍)</td> </tr> <tr> <td>偏差(参考値)</td> <td>1.04倍(1.06倍)</td> </tr> </tbody> </table> <p>()内は「港湾における気候変動適応策の実装方針」に記載の変化比</p>	2°C上昇シナリオでの変化比		波高	1.05倍(1.04倍)	偏差(参考値)	1.04倍(1.06倍)	大阪湾沿岸に与える影響が最も大きいモデル台風Bを対象として波高の将来変化比を整理（参考として潮位偏差も整理） 「港湾における気候変動適応策の実装方針」に記載の変化率と同程度の結果となっている	p.26～33
	2°C上昇シナリオでの変化比									
波高	1.05倍(1.04倍)									
偏差(参考値)	1.04倍(1.06倍)									
津波伝播計算	<ul style="list-style-type: none"> ・想定安政南海地震 ・計算条件は潮位（2°C上昇+0.4m）の他は現行計画時の計算条件を踏襲 	気候変動（2°C上昇）による海面上昇の影響により、最大津波水位は、海面上昇量程度大きくなることを確認	p.34～36							
防護水準	<ul style="list-style-type: none"> ・余裕高0.3mを考慮 ・計画天端高の算定手法確認 	気候変動（2°C上昇）による影響を踏まえた必要天端高を算定し、余裕高を考慮した計画天端高の試算を実施	p.37～42							

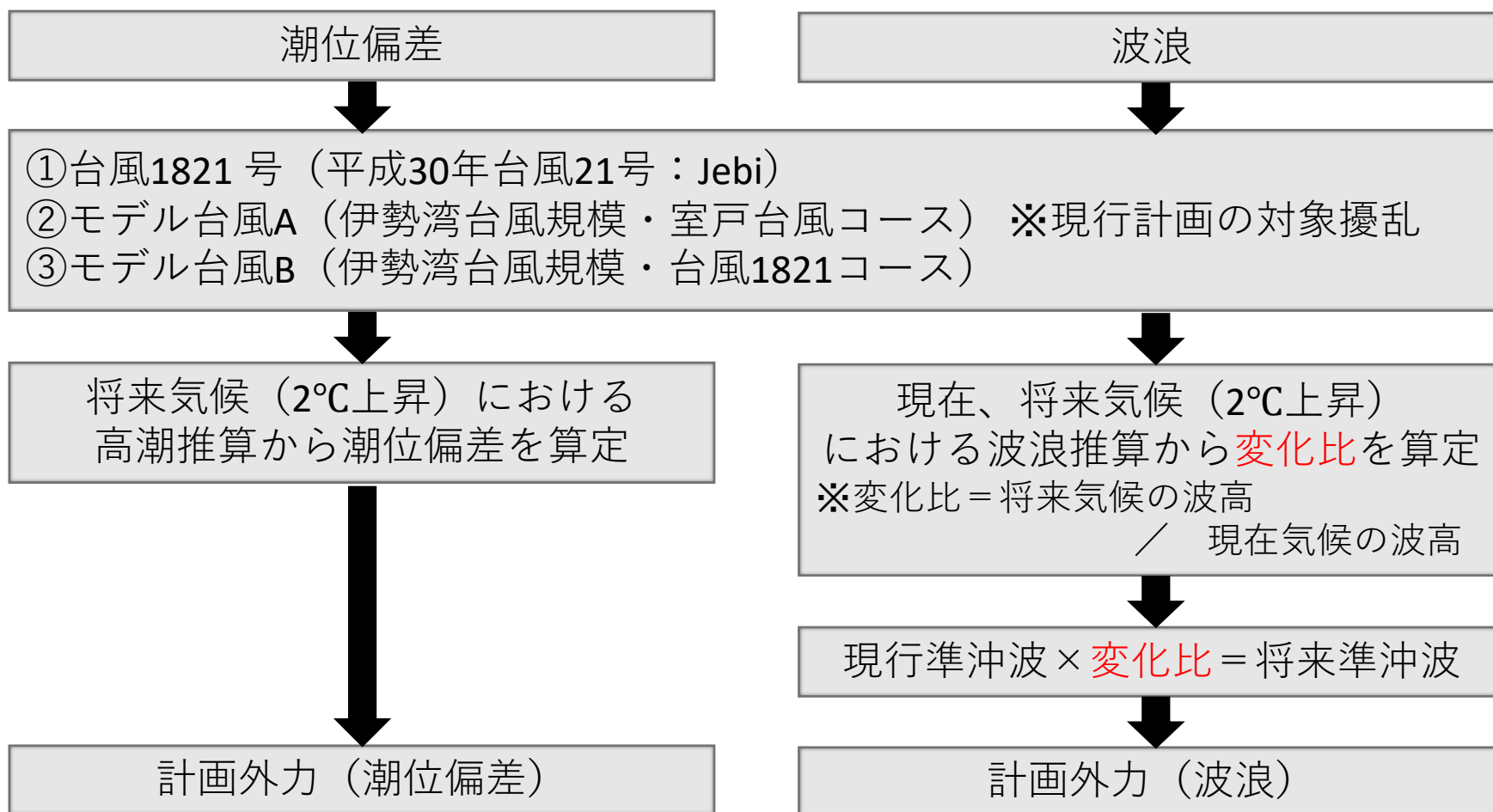
1. 技術検討部会における検討内容

1. 2. 気候変動の影響を踏まえた計画外力・防護水準の設定

○気候変動の影響を踏まえた計画外力の設定フロー

■将来気候における計画外力【潮位偏差】は、想定台風による高潮推算を実施し、推算結果により得られた潮位偏差を基に設定

■将来気候における計画外力【波浪】は、想定台風による波浪推算を実施し、現在と将来の変化比を現行の準沖波（確率波高）に乗じて設定



1. 技術検討部会における検討内容

1. 2. 気候変動の影響を踏まえた計画外力・防護水準の設定

○潮位条件

■現行計画の設計高潮位は以下の方法で決定

設計高潮位 = 台風期における朔望平均満潮位 + モデル台風での偏差

■大阪湾沿岸に最も影響を及ぼす台風として「モデル台風」（伊勢湾台風規模、室戸台風コース）が選定され、モデル台風を対象とした高潮推算により計画外力を設定

○設計高潮位の決定方法

①尼崎地区

H. W. L. ^(※1) + 計画偏差^(※2)

(※1) : S28年～S38年の台風期における天保山検潮所朔望平均満潮位実測値 ;
D. L. +1.80m

(※2) : 伊勢湾台風規模の台風が室戸台風経路を通過した場合に発生すると想定される偏差 ; 3.00m

②西宮地区

H. W. L. ^(※1) + 計画偏差^(※3)

(※3) : 伊勢湾台風規模の台風が室戸台風経路を通過した場合に発生すると想定される偏差 ; 2.70m

〔注 : 上記の大阪湾の設計高潮位は、昭和41年に開催された合同会議
(建設省、運輸省、大阪府、兵庫県、大阪市)で決定された。〕

1. 技術検討部会における検討内容

1. 2. 気候変動の影響を踏まえた計画外力・防護水準の設定

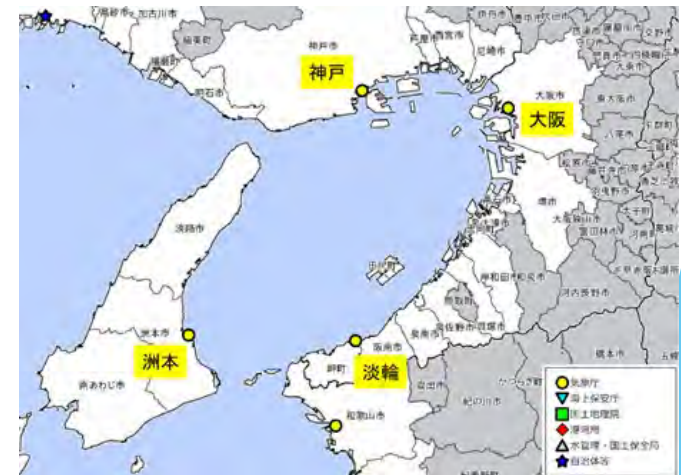
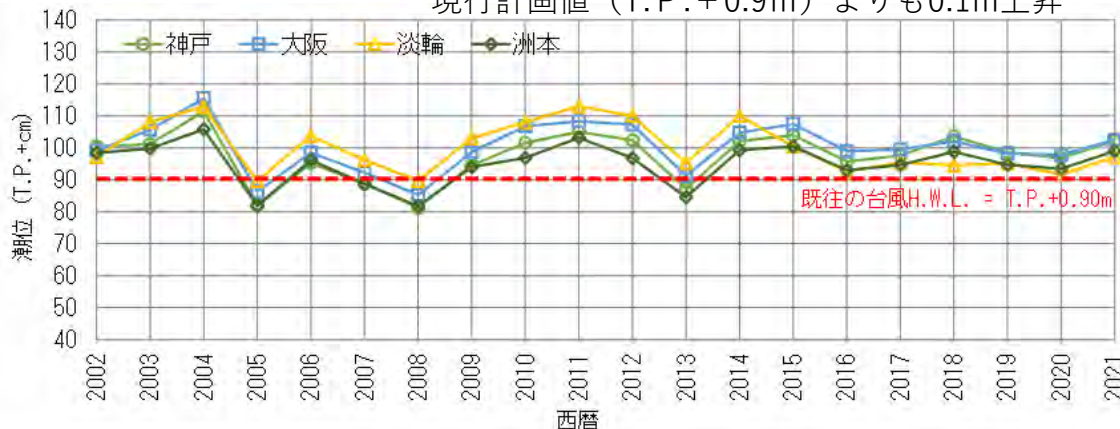
○潮位条件

- 現行計画値の設定時期より60年近く経過しているため、最新の潮位観測データを用い、**現時点における朔望平均満潮位を再設定（次頁参照）**
- 神戸、大阪、淡輪、洲本地点における潮位観測データより、朔望日の前2日～後4日以内に観測された最大潮位を朔望満潮位として整理
- また、朔望満潮位より、朔日の満潮位、望日の満潮位を平均して、各月の朔望平均満潮位を算定し、台風期（7～10月）の朔望平均満潮位の平均値として台風期朔望平均満潮位を算定
- 検潮井戸の移設や沈下などによる観測基準面の補正を行い、直近10～20年の平均値として、台風期朔望平均満潮位（新計画値）を設定



新計画値：台風期朔望平均満潮位 = T.P. + 1.00m*

現行計画値 (T.P.+0.9m) よりも0.1m上昇



*新計画値 (T.P.+1.00m) は、第1回大阪府大阪湾沿岸海岸保全基本計画審議会「第1回気候変動検討部会」(R5.12.1)の結果と同一

1. 技術検討部会における検討内容

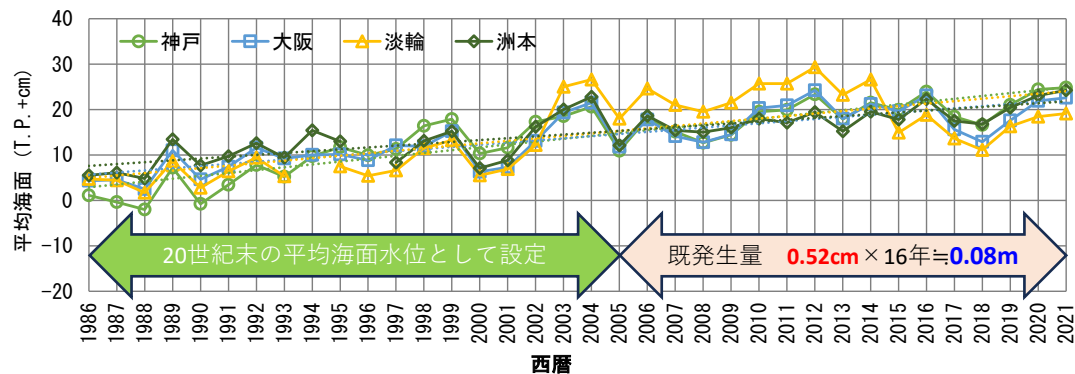
1. 2. 気候変動の影響を踏まえた計画外力・防護水準の設定

○海面上昇量

■ 通達「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」（令和3年8月2日）において、海面上昇量は、『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』ことが明記

■ 「日本の気候変動2025」にて大阪湾沿岸が含まれる領域Ⅲの平均的な海面上昇量（2°C上昇：0.39m、次頁参照）を使用

■ この海面上昇量は20世紀末の海面水位に対する21世紀末の上昇分であるため、20世紀末（1986～2005年）以降の海面上昇量を除外して設定（右図参照）



平均海面の変化量（期間：1986年～2021年）

神戸：0.63 cm/年、大阪：0.47 cm/年

淡輪：0.55 cm/年、洲本：0.41 cm/年

4地点平均：0.52 cm/年

将来気候	海面上昇量				採用値
	20世紀末～21世紀末	既発生量 (0.52cm × 16年)	現時点～21世紀末	→ 安全側に10cm単位 切り上げ	
2°C上昇	0.39 m	0.08 m	0.31 m		0.4 m
4°C上昇	0.74 m*	0.08 m	0.66 m		0.7 m

※「日本の気候変動2020」の値を使用

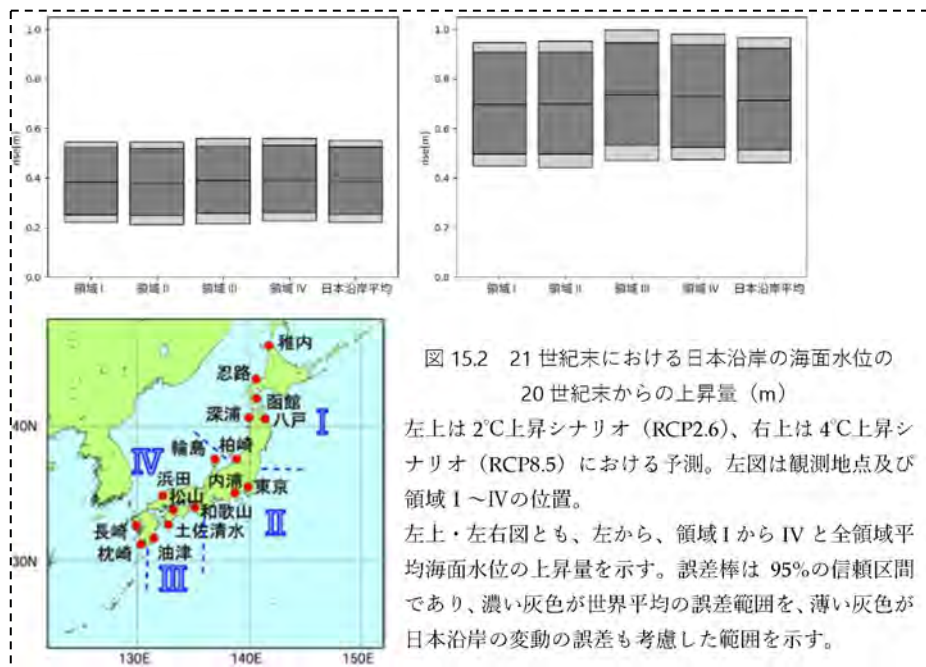
1. 技術検討部会における検討内容

1. 2. 気候変動の影響を踏まえた計画外力・防護水準の設定

○海面上昇量

日本の気候変動2020

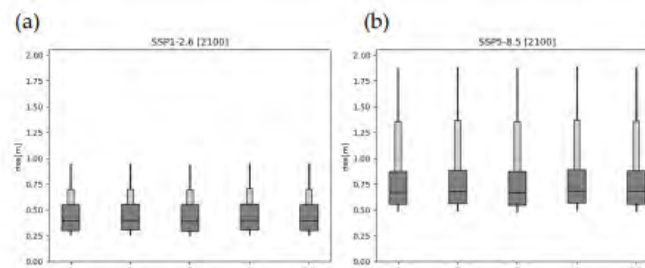
21世紀末の予測では、日本沿岸の平均海面水位上昇に顕著な地域差は見られない。実況（第10.1節）と比較するため、検潮所16地点に相当する格子点の予測値を4領域（領域Iから領域IV：図10.2.3参照）で区分して平均した値を図10.2.4に示す。日本沿岸の平均海面水位の上昇量は、2°C上昇シナリオ（RCP2.6）では、領域Iで0.38 m（0.22~0.55 m）、領域IIで0.38 m（0.21~0.55 m）、領域IIIで0.39 m（0.22~0.56 m）、領域IVで0.39 m（0.23~0.56 m）と予測される。4°C上昇シナリオ（RCP8.5）では、領域Iで0.70 m（0.45~0.95 m）、領域IIで0.70 m（0.45~0.95 m）、領域IIIで0.74 m（0.47~1.00 m）、領域IVで0.73 m（0.47~0.98 m）と予測される。4°C上昇シナリオ（RCP8.5）の領域IIIで全領域平均より0.03 m大きいものの、モデルの不確実性の大きさを考慮すれば、平均日本沿岸の海面水位の予測される上昇量に顕著な地域差は確認できない。



日本の気候変動2025

表 9.2.3 各海域、4海域平均及び世界平均の20世紀末（1986~2005年平均）を基準とした海面水位上昇量の将来予測（m）

	シナリオ	海域 I	海域 II	海域 III	海域 IV	4 海域平均	(世界平均)
2031~2050 年平均	2°C 上昇	0.16 (0.14-0.21)	0.17 (0.14-0.22)	0.16 (0.12-0.22)	0.16 (0.13-0.21)	0.17 (0.14-0.21)	0.16 (0.14-0.21)
	4°C 上昇	0.19 (0.16-0.24)	0.19 (0.16-0.24)	0.18 (0.14-0.23)	0.19 (0.16-0.24)	0.19 (0.16-0.24)	0.19 (0.16-0.23)
2081~2100 年平均	2°C 上昇	0.40 (0.30-0.55)	0.40 (0.30-0.56)	0.39 (0.29-0.55)	0.40 (0.31-0.56)	0.40 (0.30-0.55)	0.41 (0.32-0.57)
	4°C 上昇	0.67 (0.55-0.87)	0.68 (0.56-0.88)	0.67 (0.55-0.87)	0.69 (0.57-0.89)	0.68 (0.56-0.88)	0.67 (0.55-0.87)



太い濃い灰色の誤差棒は17~83%の信頼区間である。薄い灰色の細い誤差棒は水床の不安定等の不確実性の大きな現象を考慮した場合の17~83%の信頼区間である（17%は濃い灰色と薄い灰色は同じ）。細い棒は不確実性の大きな現象を考慮した場合の5~95%の信頼区間である。土地の上下動の影響は含まれていない。

(a) は2°C上昇シナリオ（SSP1-2.6）、(b) は4°C上昇シナリオ（SSP5-8.5）による見積り。

1. 技術検討部会における検討内容

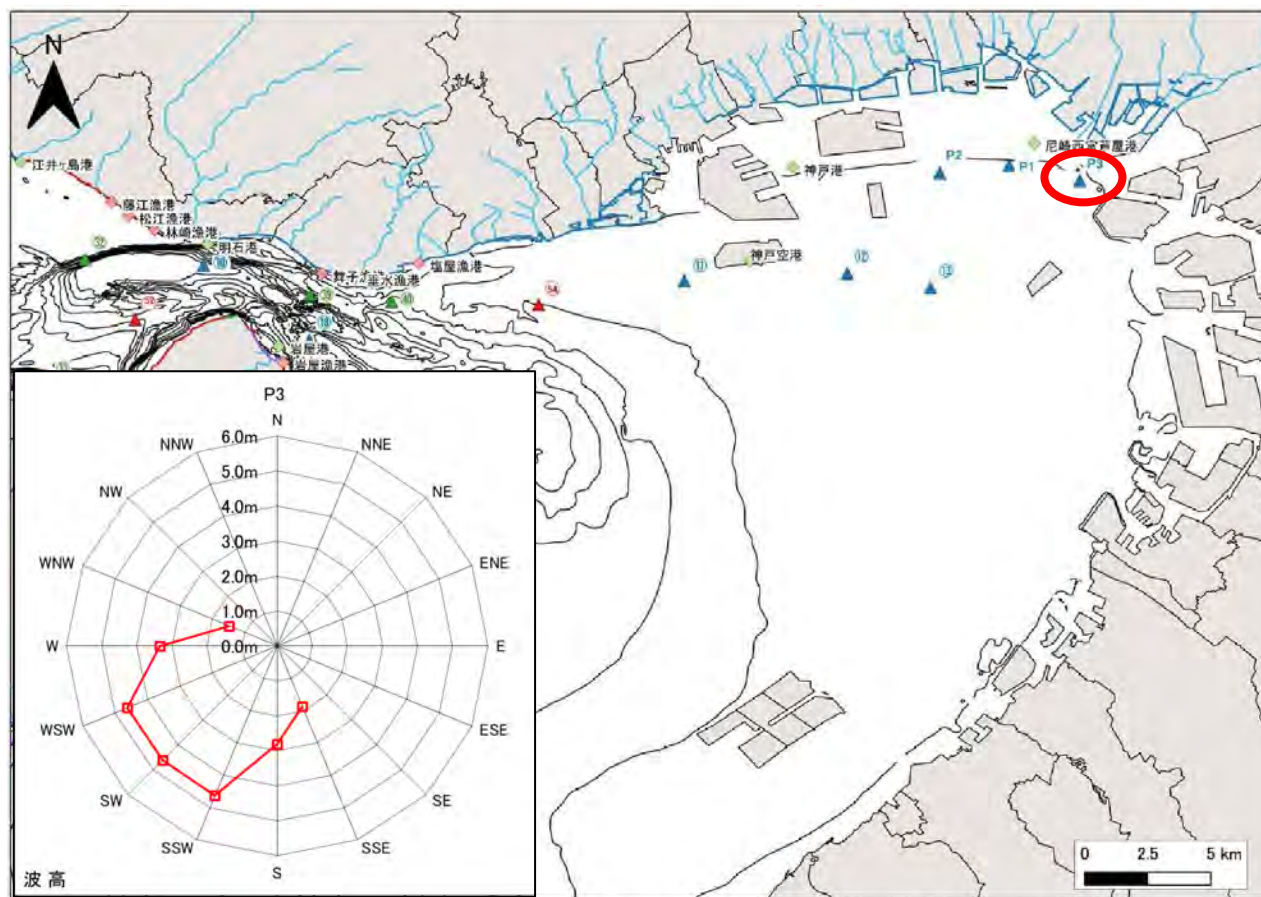
1. 2. 気候変動の影響を踏まえた計画外力・防護水準の設定

○沖波波浪

■兵庫県では、平成30年台風21号による大規模な越波被害を受けて、近年の気象・海象特性を考慮した新たな沖波※が令和2年4月に設定されている。推算は、第三世代波浪推算モデルであるSWANが用いられ、1955～2018年の64年間の気象擾乱を対象に50年確率波を算定

※沖波地点の水深が沖波波長の1/2より浅い箇所の沖波は「準沖波」として取り扱う。例えば、P3は水深10m程度であるため「準沖波」となる。

波向	P3		P1		P2	
	波高 [m]	周期 [s]	波高 [m]	周期 [s]	波高 [m]	周期 [s]
N			1.99	5.6	1.49	4.3
NNE			1.90	5.4	1.48	4.4
NE			2.02	5.6	1.70	4.8
ENE			1.90	5.4	1.67	4.8
E			1.92	5.5	1.80	5.1
ESE			1.77	5.2	2.03	5.6
SE			2.02	5.6	2.27	6.0
SSE	1.87	5.4	2.51	6.2	2.67	7.8
S	2.80	6.6	3.79	7.7	4.21	8.2
SSW	4.63	8.5	4.74	8.6	4.27	8.2
SW	4.62	8.5	4.69	8.5	4.26	8.2
WSW	4.62	8.5	4.68	8.5	4.15	8.2
W	3.34	7.2	3.01	6.8	1.85	5.7
WNW	1.49	4.8	2.50	6.2		
NW			2.20	5.9		
NNW			2.11	5.7		
最大	4.63	8.5	4.74	8.6	4.27	8.2



注) 等深線データ (D.L.) : 海底地形デジタルデータ M7000 シリーズ (海底地形図を基に作成) 近畿・瀬戸内海東部・若狭湾 (一財 日本水路協会海洋情報研究センター作成) を使用

1. 技術検討部会における検討内容

1. 2. 気候変動の影響を踏まえた計画外力・防護水準の設定

○検討対象とする台風擾乱

(気候変動に伴う外力設定にあたって想定するモデル台風)

伊勢湾台風規模・室戸台風コース

理由) ・関連4省庁の通知に準拠し、右表A-1の手法で検討。
ただし、B-1の手法等で妥当性を確認

・過去の記録上、最大級の台風が最も危険なコースを通過するものとして設定

※ 最大級の台風：観測史上最大の潮位偏差(3.55m：名古屋港)をもたらした伊勢湾台風

※ 最も危険なコース：過去に兵庫県に大きな災害をもたらした室戸台風

・台風経路や進入角度、台風半径などの各種パラメータを変えると、モデル台風よりも外力条件が増大する可能性がある。しかし、想定最大を検討するものではなく、計画規模を決定するための検討であるため、上記パラメータスタディは未実施

・モデル台風(計画規模)以上の台風に対しては、ソフト対策等に対応

上記モデル台風を基本とし、以下の擾乱についても検討

●平成30年台風第21号(T1821)は尼崎等で既往最高潮位更新⇒大阪湾沿岸への影響が大きいケースとして以下を検討

ケース2) 伊勢湾台風規模・T1821コース

ケース3) T1821台風

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	・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乗せして仮想的に考慮(疑似温暖化手法)	・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
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	・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
B-2. 気候学のアプローチ	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	・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	・多数のサンプル確保可能であり、外力が発生確率年で設定されている沿岸で適用性がある

次頁に示すケースについて検討を実施し、総合的に判断して外力条件を設定

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(令和3年8月)

1. 技術検討部会における検討内容

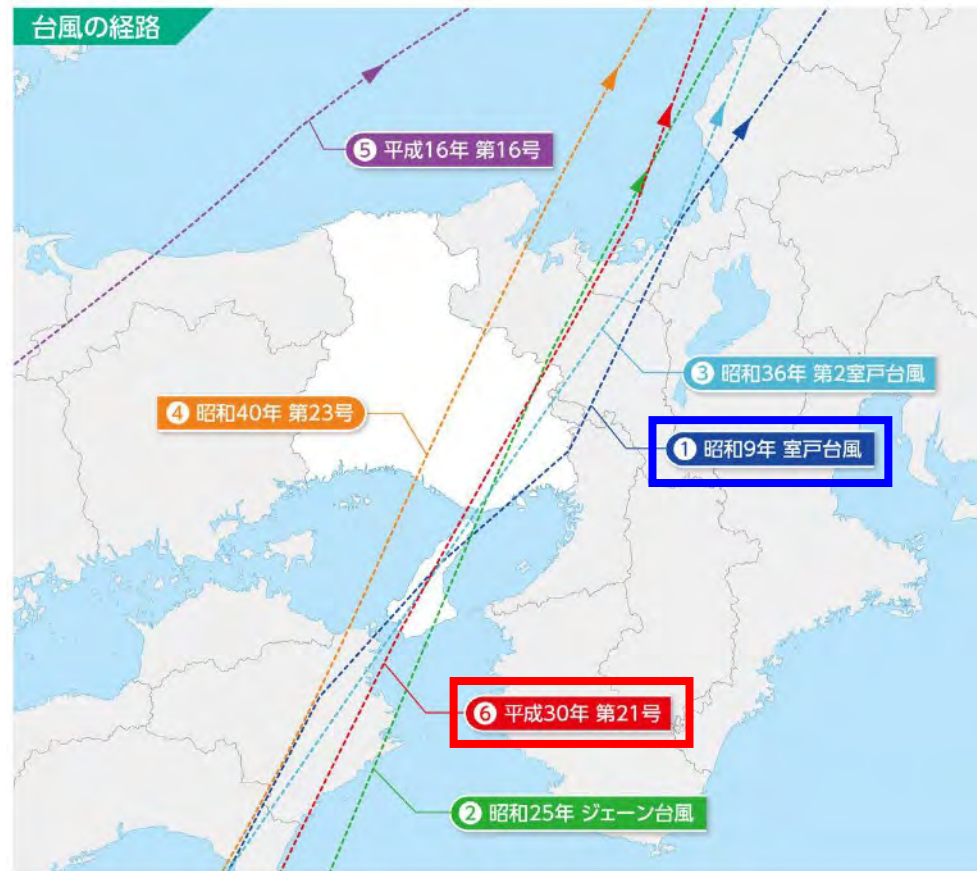
1. 2. 気候変動の影響を踏まえた計画外力・防護水準の設定

○検討対象とする台風擾乱

■前頁の現行計画の台風擾乱（ケース1）に加え、下表の2ケースの想定台風を検討

■まず、3ケースについて現在気候の高潮・波浪推算を行い、その結果を踏まえ、**1ケースに絞って**将来気候（2℃上昇・4℃上昇）の高潮・波浪推算や波浪変形計算を実施

ケース	1 (現行計画)	2 (今回検討)	3 (今回検討)
台風規模	伊勢湾 (上陸時： 940hPa)	伊勢湾 (上陸時： 940hPa)	平成30年 台風21号 (台風1821号) (上陸時： 955hPa)
経路	①室戸	⑥平成30年 台風21号 (台風1821号)	⑥平成30年 台風21号 (台風1821号)
備考	モデル台風 (過去の台風 で最大級・最 も危険なコー ス)	平成30年台風 21号は西宮・ 尼崎において 既往最高潮位 を更新→危険 なコースの一 つとして設定	西宮・尼崎に おいて既往最 高潮位を更新 した実績台風



出典：兵庫県高潮対策10箇年計画パンフレット

1. 技術検討部会における検討内容

1. 2. 気候変動の影響を踏まえた計画外力・防護水準の設定

○検討対象とする台風擾乱

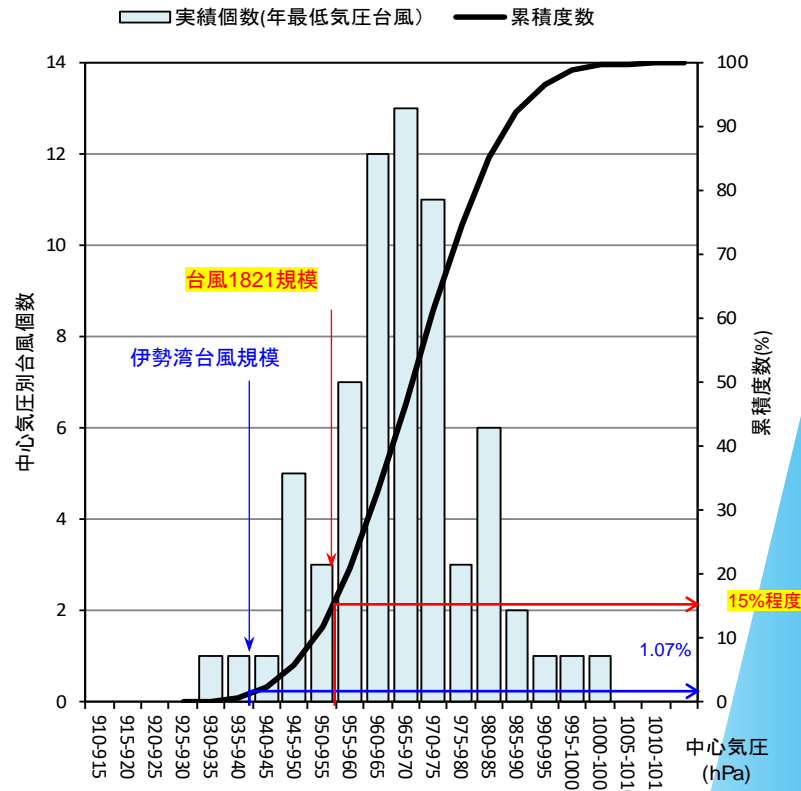
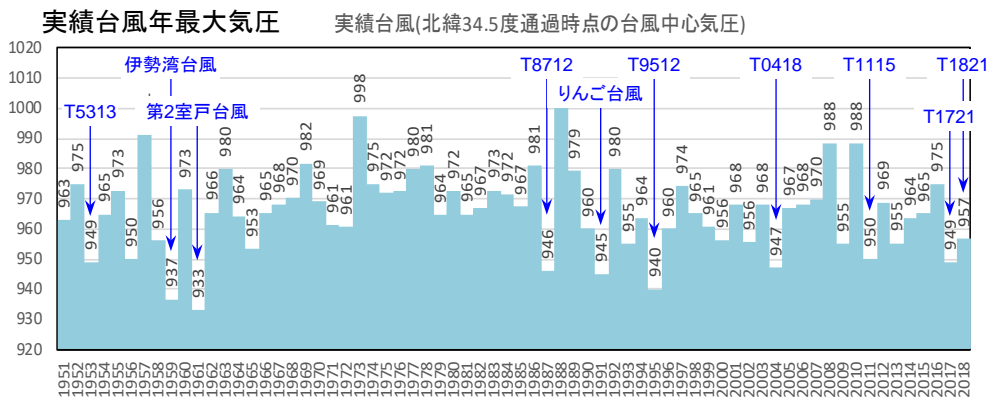
■気象庁台風ベストトラックデータ（1951年～2018年：九州～本州を含む東経129.1度～141.5度の範囲で北緯34.5度（大阪湾中心北緯）を通過する246台風）を基にすると、

- ・伊勢湾台風規模以上の頻度（累積度数）は、約1%
- ・T1821規模以上の頻度（累積度数）は、約15% となっている

■実績台風による中心気圧の整理

■実績データに基づく伊勢湾台風規模以上の発生度数（累積度数）

- 気象庁台風ベストトラックデータ(1951年～2018年)に基づき 九州～本州を含む東経129.1度～141.5度の範囲で北緯34.5度(大阪湾中心北緯)を通過する台風を抽出(246台風)
- 上記範囲を通過時点の台風中心気圧年最低値を整理



出典：大阪府河川構造物等審議会（令和元年度第1回）資料4, p.12

出典：大阪府河川構造物等審議会（令和元年度第1回）資料4, p.12 一部加筆

1. 技術検討部会における検討内容

1. 2. 気候変動の影響を踏まえた計画外力・防護水準の設定

○気候変動を踏まえた高潮・波浪推算(台風パラメータ)

■台風パラメータは下表のとおり設定

【現在気候の台風パラメータ（案）】

	本検討（案）		
	ケース1	ケース2	ケース3
中心気圧	伊勢湾台風実績値		平成30年台風21号 実績値
台風半径	伊勢湾台風実績値		平成30年台風21号 実績値
台風経路・ 移動速度	室戸台風 実績値	平成30年台風21号 実績値	

【将来気候の台風パラメータ（案）】

	本検討（案）	
	ケース1	ケース2
中心気圧	d4PDFアンサンブルデータより設定した現在気候と将来気候の中心気圧の比率を現在気候の中心気圧に乗じて算定	
台風半径	国総研モデル（国総研資料No.275）により中心気圧から算定	
台風経路・ 移動速度	平成30年台風21号 実績値	室戸台風 実績値

1. 技術検討部会における検討内容

1. 2. 気候変動の影響を踏まえた計画外力・防護水準の設定

○気候変動を踏まえた高潮・波浪推算(気圧低下量の設定)

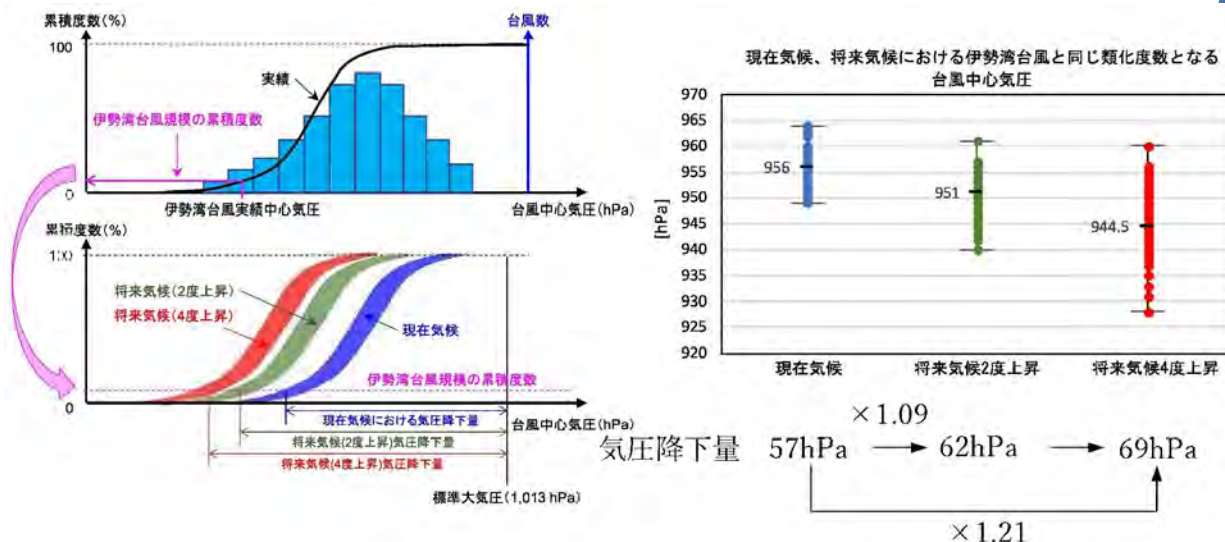
■台風強大化に伴う中心気圧の低下を考慮して気候変動後の高潮・波浪推算を実施。中心気圧の変化は、d4PDFアンサンブルデータを用いて設定

- ① 気象庁ベストトラックデータより想定台風（ケース1～3）の上陸時中心気圧（現在気候）に相当する出現累積度数を把握
- ② d4PDFアンサンブルデータベースセットを用いた極値統計解析結果より、現在気候・将来気候における想定台風（ケース1～3）の中心気圧を把握
- ③ 現在気候と将来気候の中心示度の比率を算定
- ④ 想定台風の中心示度（現在気候）に③の気圧の比率を乗じて気候変動後の中心気圧を設定※

※先行する大阪側の設定方法と同様

項目	現在気候	将来気候	
		2°C上昇	4°C上昇
気圧低下量の比率	-	1.09	1.21
モデル台風	940 hPa (73 hPa)	933 hPa (80 hPa)	925 hPa (88 hPa)
台風1821号	955 hPa (58 hPa)	950 hPa (63 hPa)	943 hPa (70 hPa)

※括弧内は、標準気圧からの気圧低下量である。



表－将来気候の想定台風の中心気圧

図－将来気候の台風中心気圧の算定

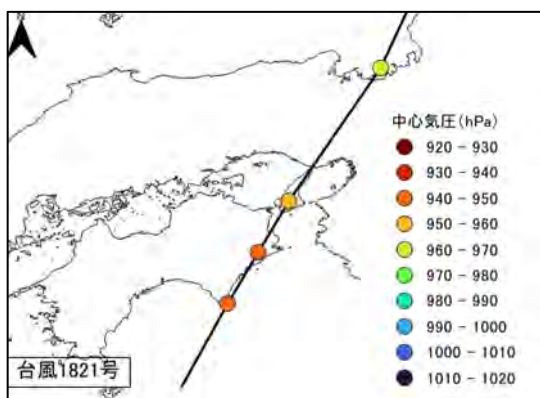
1. 技術検討部会における検討内容

1. 2. 気候変動の影響を踏まえた計画外力・防護水準の設定

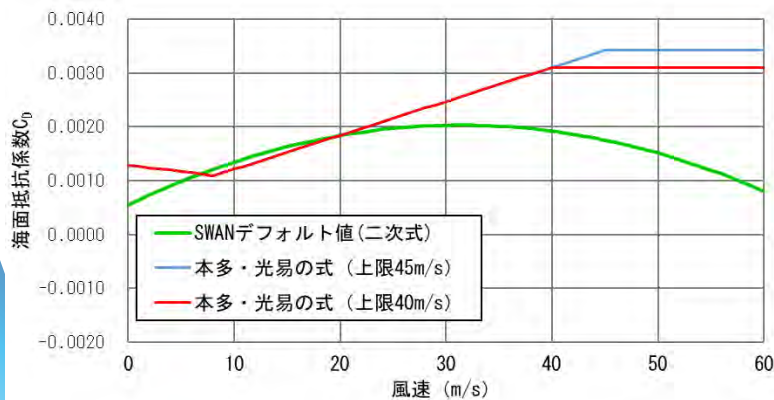
○気候変動を踏まえた高潮・波浪推算（再現計算）

- 再現計算は、甚大な被害をもたらした台風1821号（平成30年台風21号）を対象に実施
- 台風の中心気圧は実測値を使用し、風速の換算係数Cを変化させて検討を実施（下表参照）
- 海面抵抗係数Cdは、風速が大きくなると係数が低下する二次式を適用せず、高潮推算で用いる本多・光易の式を基本とし、風速の上限値を変えた再現計算を実施（大阪府と同様）

【台風経路】



【海面抵抗係数Cd】



	項目	計算条件
気象	検討擾乱	平成30年台風21号
	推算手法	Myersモデル
	中心気圧	実測値
	移動経路	実測値
	最大風速半径	国総研モデル
	風速の換算係数	0.60~0.70 (0.025刻み)
潮位	風の吹込み角	30°
	超傾度風	考慮
波浪	潮位条件	T.P.+0.50m
	推算手法	SWAN ver.41.45
	発達項 (Sin)	Westhuysen
	海面抵抗係数	本多・光易の式 (風速上限40, 45 m/s)
	白波砕波による減衰項 (Sds, wcap)	Alves and Banner
	白波砕波による減衰係数	1.5e-4
	飽和度の閾値	1.50e-3
	周波数解像度	0.04118 ≤ f ≤ 1.0521 (35分割)
	方向解像度	5° (72分割)
	計算時間間隔	20s (最小領域)
高潮	推算手法	非線形長波方程式
	海面抵抗係数	本多・光易の式 (風速上限40, 45 m/s)
	計算時間間隔	0.25s (最小領域)
	粗度係数	0.025

1. 技術検討部会における検討内容

1. 2. 気候変動の影響を踏まえた計画外力・防護水準の設定

○気候変動を踏まえた高潮・波浪推算（計算条件）

■検討対象擾乱は以下の通りであり、大阪府と同様の擾乱を対象（第1回部会における決定事項）

- ①台風1821号（平成30年台風21号：Jebi）
- ②モデル台風A（伊勢湾台風規模・室戸台風コース）
- ③モデル台風B（伊勢湾台風規模・台風1821コース）

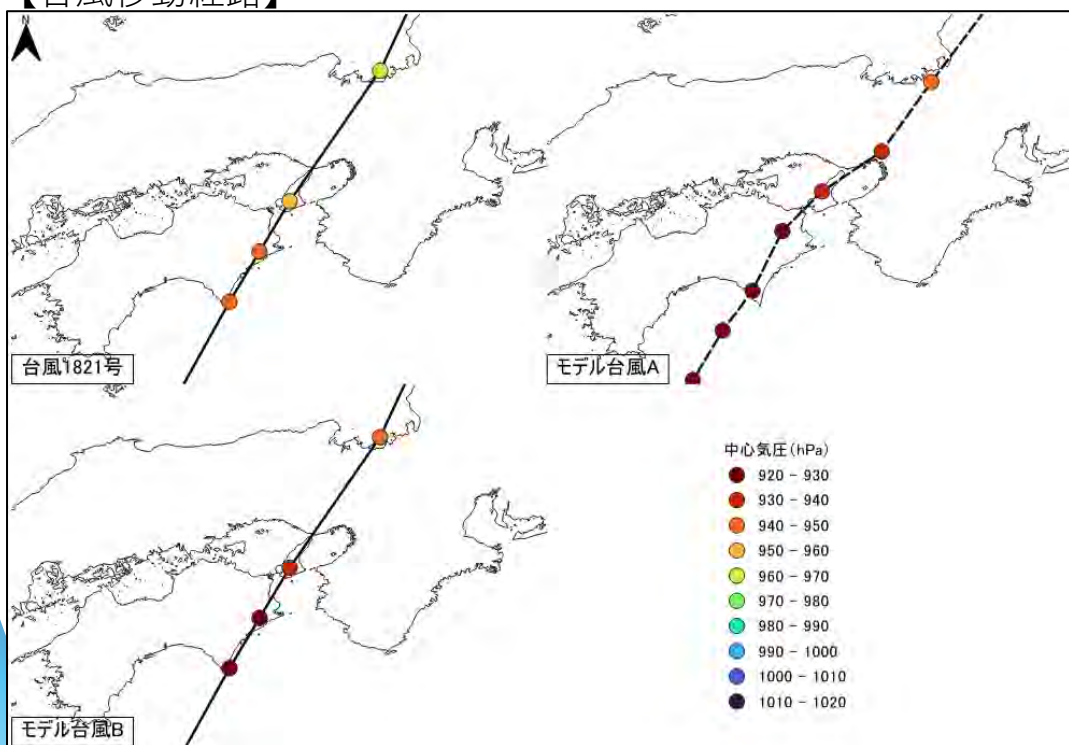
気圧場：経験的台風モデル（Myersの式）

風場：傾度風と移動風をベクトル合成

高潮推算：非線形長波理論式

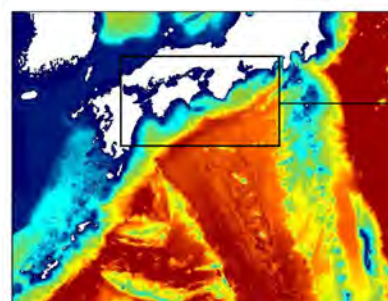
波浪推算：第三代波浪推算モデルSWAN

【台風移動経路】

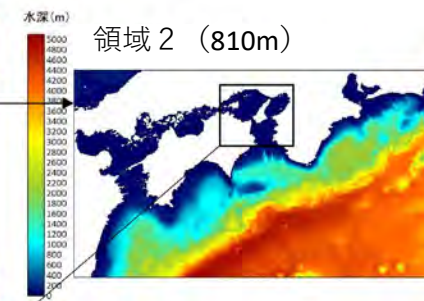


【計算範囲】

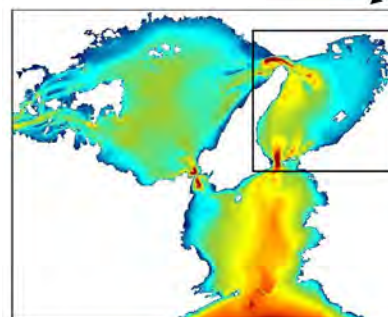
領域 1 (2430m)



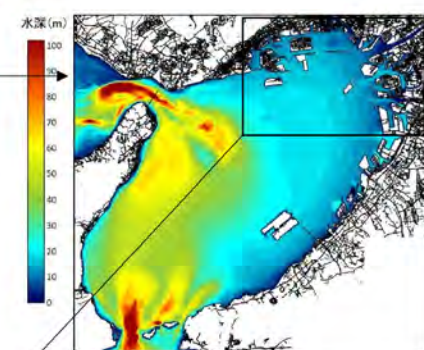
領域 2 (810m)



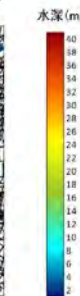
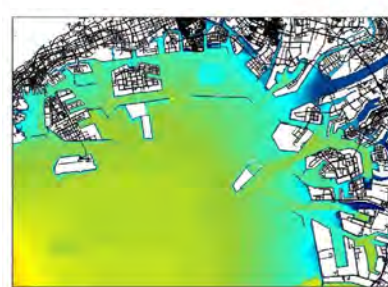
領域 3 (270m)



領域 4 (90m)



領域 5 (30m)



1. 技術検討部会における検討内容

1. 2. 気候変動の影響を踏まえた計画外力・防護水準の設定

○気候変動を踏まえた高潮・波浪推算（計算条件）

■前頁①②③の3ケースの擾乱を対象として検討

■3ケースについて現在気候の高潮・波浪推算及び将来気候（2°C上昇・4°C上昇）の高潮・波浪推算を実施し、その後1ケースを選定して波浪変形計算を実施

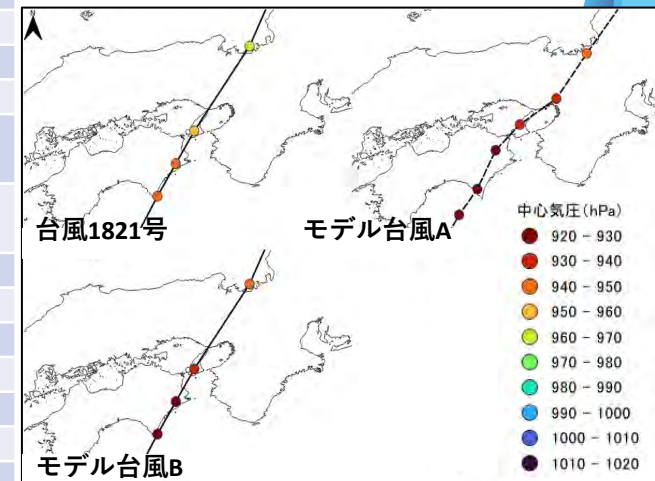
項目	現在気候	2°C上昇	4°C上昇
検討擾乱	台風1821号、モデル台風A、モデル台風B		
推算手法	Myersモデル		
中心気圧	台風1821号: 955hPa 実績値(気圧低下量58hPa) モデル台風A,B: 940hPa 伊勢湾台風規模 (気圧低下量73hPa)	台風1821号: 950hPa (気圧低下量58hPa×1.09) モデル台風A,B: 933hPa (気圧低下量73hPa×1.09)	台風1821号: 943hPa (気圧低下量58hPa×1.21) モデル台風A,B: 925hPa (気圧低下量73hPa×1.21)
移動経路	台風1821号: 実績値 モデル台風A: 室戸台風実績値 モデル台風B: 台風1821号ベース		
最大風速半径	国総研モデル		
風速の換算係数	0.70		
風の吹込み角	30°		
超傾度風	考慮		
潮位	T.P.+1.00m	T.P.+1.40m	T.P.+1.70m
推算手法	SWAN ver.41.45		
発達項 (Sin)	Westhuysen		
海面抵抗係数	本多・光易の式（風速上限40m/s）		
白波砕波による減衰項 (Sds, wcap)	Alves and Banner		
白波砕波による減衰係数	1.5e-4		
飽和度の閾値	1.50e-3		
周波数解像度	0.04118 ≤ f ≤ 1.0521（35分割）		
方向解像度	5°（72分割）		
計算時間間隔	20s（最小領域）		
推算手法	非線形長波方程式		
海面抵抗係数	本多・光易の式（風速上限40m/s）		
計算時間間隔	0.25s（最小領域）		
粗度係数	0.025		

【台風中心気圧】

項目	現在気候	将来気候	
		2°C上昇	4°C上昇
気圧低下量の比率	-	1.09	1.21
モデル台風	940 hPa (73 hPa)	933 hPa (80 hPa)	925 hPa (88 hPa)
台風1821号	955 hPa (58 hPa)	950 hPa (63 hPa)	943 hPa (70 hPa)

※括弧内は、標準気圧からの気圧低下量である。

【台風移動経路】



1. 技術検討部会における検討内容

1. 2. 気候変動の影響を踏まえた計画外力・防護水準の設定

○気候変動を踏まえた高潮・波浪推算（計算結果の整理地点）

① 3 ケースの検討擾乱の推算結果を比較

② 波高・潮位偏差は以下を対象に抽出整理

【波 高】 県設定の準沖波地点、ナウファス神戸

【潮位偏差】 県設定の準沖波地点（39,40,54）、

神戸検潮所、海岸保全施設前面（尼崎西宮芦屋港内）

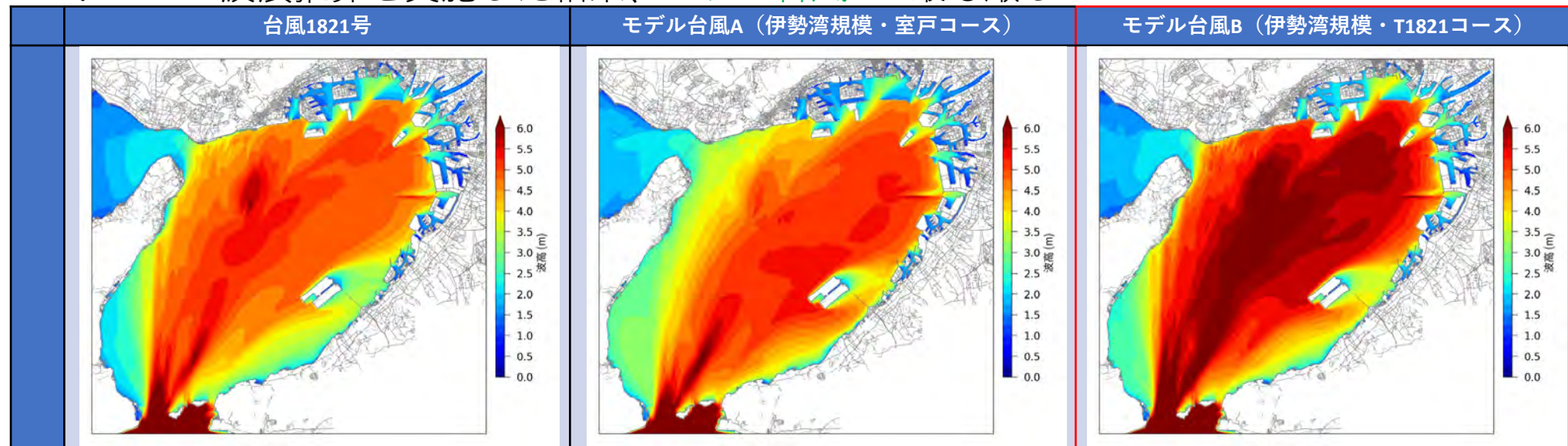


1. 技術検討部会における検討内容

1. 2. 気候変動の影響を踏まえた計画外力・防護水準の設定

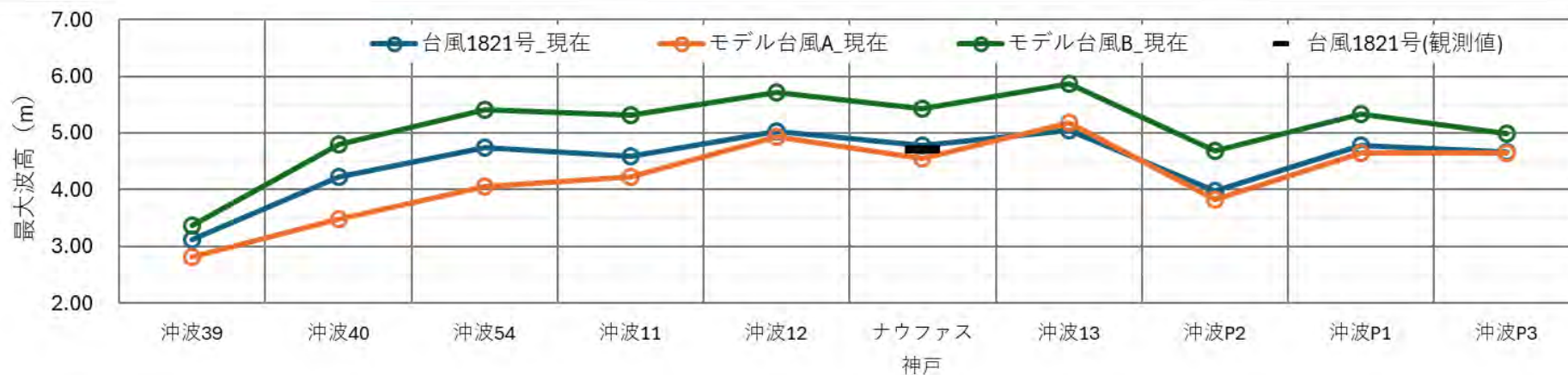
○気候変動を踏まえた高潮・波浪推算（現在気候：波浪推算結果）

3ケースの波浪推算を実施した結果、**モデル台風B**が最も厳しい



最大波高

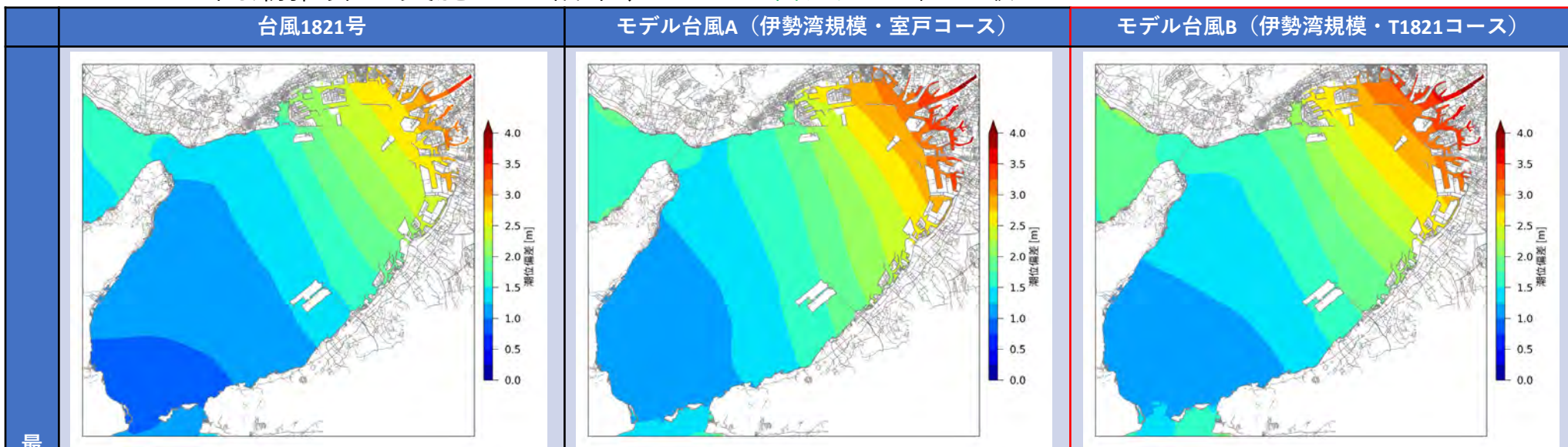
項目	気候	想定台風	沖波39	沖波40	沖波54	沖波11	沖波12	ナウファス 神戸	沖波13	沖波P2	沖波P1	沖波P3
最大波高 (m)	現在気候	台風1821号	3.11	4.23	4.75	4.58	5.02	4.78	5.05	3.97	4.78	4.66
		モデル台風A	2.81	3.49	4.06	4.22	4.93	4.55	5.18	3.83	4.64	4.64
		モデル台風B	3.36	4.80	5.41	5.32	5.71	5.42	5.86	4.68	5.34	4.98



1. 技術検討部会における検討内容

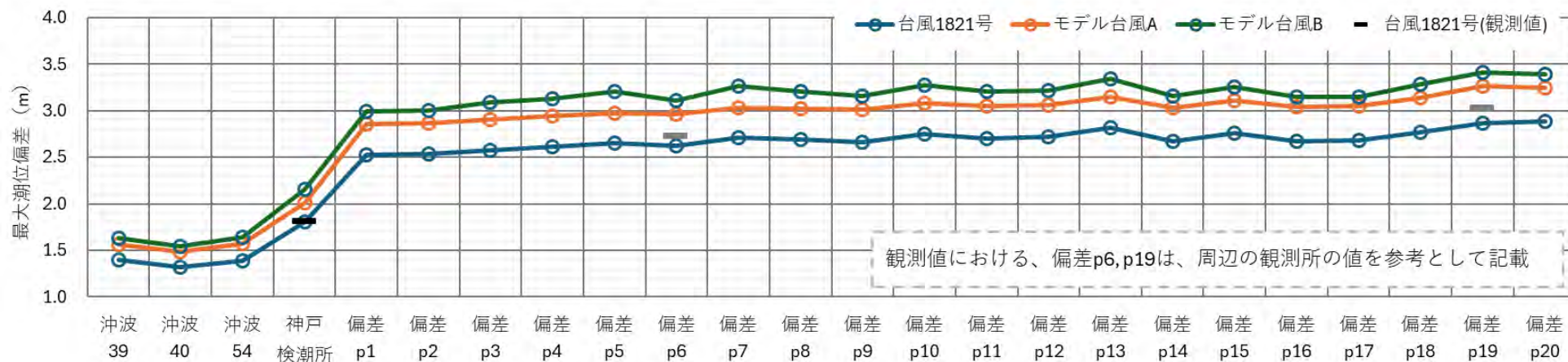
1. 2. 気候変動の影響を踏まえた計画外力・防護水準の設定

○気候変動を踏まえた高潮・波浪推算（現在気候：高潮推算結果）
 3ケースの高潮推算を実施した結果、**モデル台風B**が最も厳しい



最大潮位偏差

項目	気候	想定台風	観測所																							
			沖波 39	沖波 40	沖波 54	神戸	偏差 p1	偏差 p2	偏差 p3	偏差 p4	偏差 p5	偏差 p6	偏差 p7	偏差 p8	偏差 p9	偏差 p10	偏差 p11	偏差 p12	偏差 p13	偏差 p14	偏差 p15	偏差 p16	偏差 p17	偏差 p18	偏差 p19	偏差 p20
最大潮位偏差(m)	現在気候	台風1821号	1.40	1.32	1.39	1.81	2.53	2.53	2.58	2.61	2.65	2.62	2.71	2.69	2.66	2.75	2.71	2.72	2.82	2.67	2.76	2.68	2.68	2.77	2.86	2.88
		モデル台風A	1.56	1.49	1.57	2.01	2.86	2.87	2.91	2.95	2.97	2.96	3.04	3.03	3.01	3.08	3.05	3.06	3.15	3.03	3.11	3.04	3.05	3.14	3.27	3.25
		モデル台風B	1.63	1.54	1.64	2.16	3.00	3.01	3.09	3.13	3.21	3.11	3.26	3.20	3.15	3.27	3.21	3.22	3.35	3.16	3.26	3.15	3.15	3.28	3.41	3.39

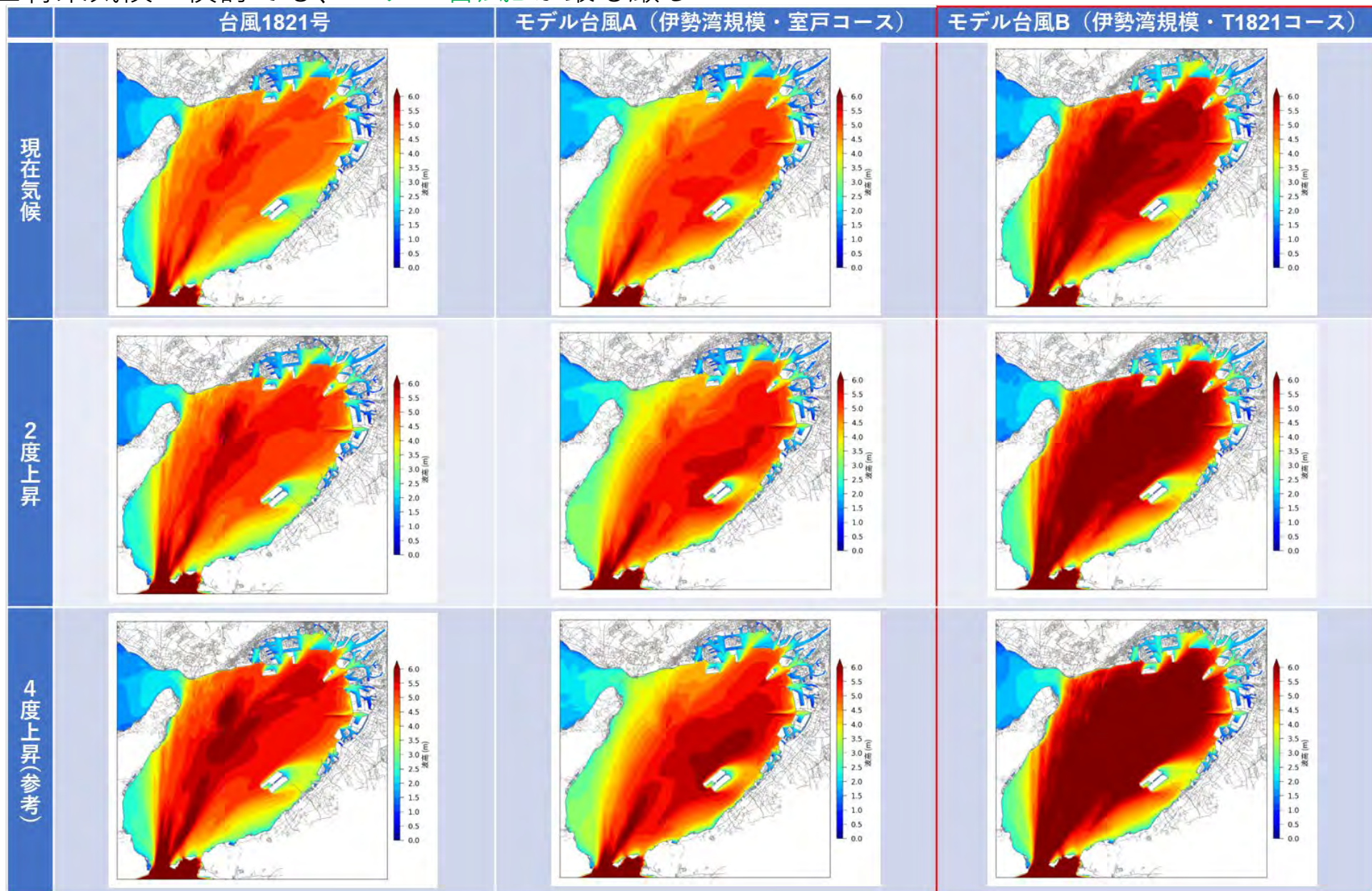


1. 技術検討部会における検討内容

1. 2. 気候変動の影響を踏まえた計画外力・防護水準の設定

○気候変動を踏まえた高潮・波浪推算（将来気候：波浪推算結果）

■将来気候の検討でも、モデル台風Bが最も厳しい



1. 技術検討部会における検討内容

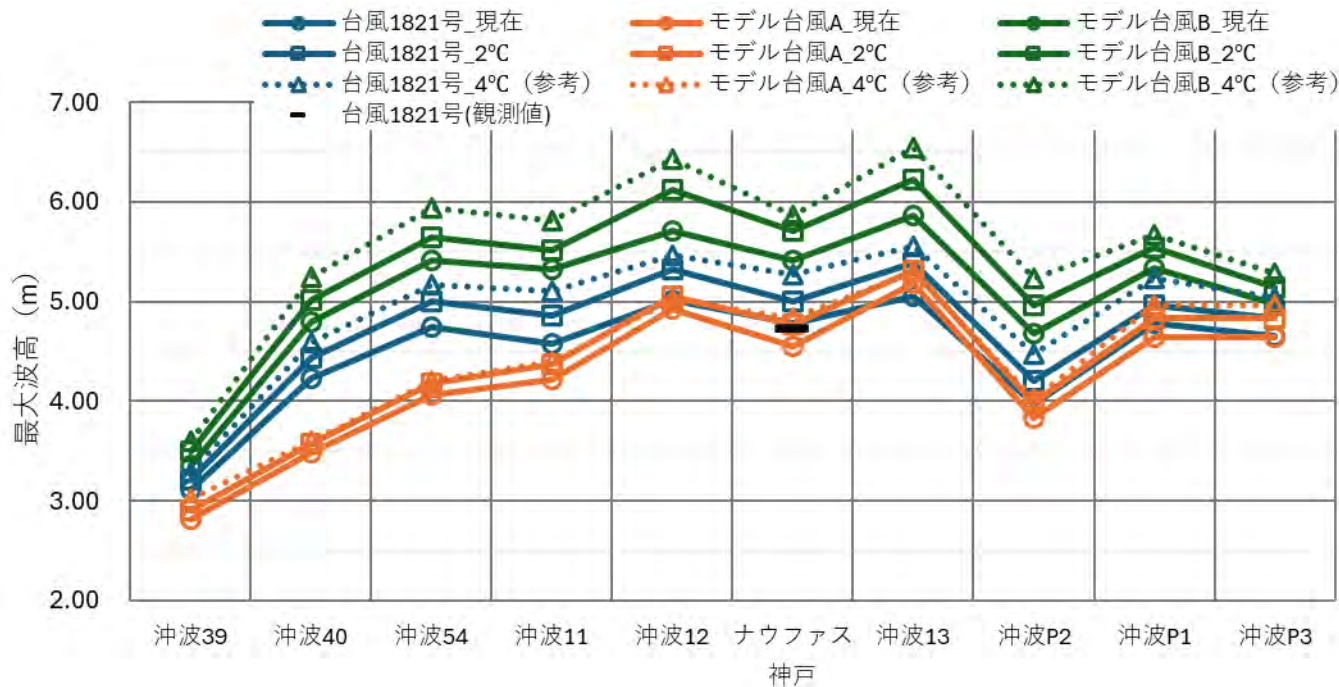
1. 2. 気候変動の影響を踏まえた計画外力・防護水準の設定

○気候変動を踏まえた高潮・波浪推算（将来気候：波浪推算結果）

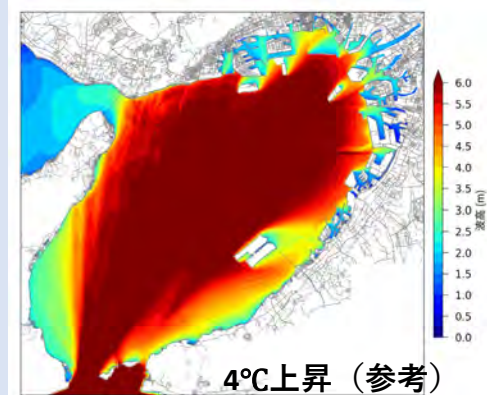
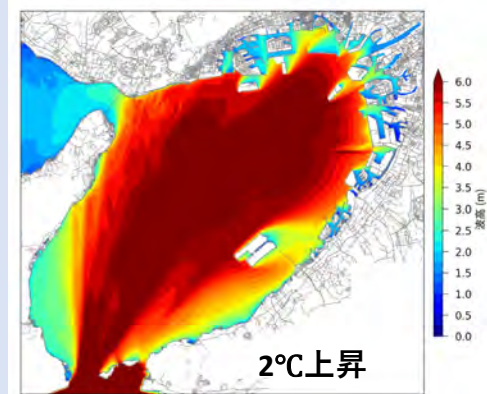
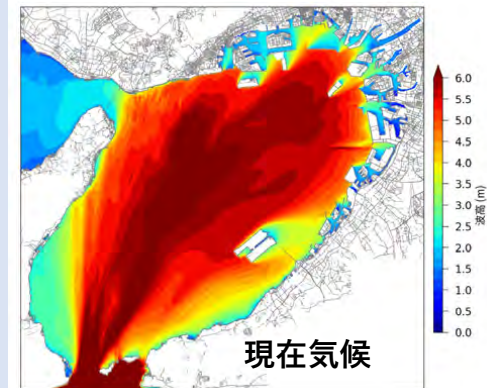
将来気候（2°C上昇）の検討でも、モデル台風Bが最も厳しい

■気候変動の影響により、最大波高が大きくなることを確認

項目	気候	想定台風	沖波 39	沖波 40	沖波 54	沖波 11	沖波 12	ナウファス 神戸	沖波 13	沖波 P2	沖波 P1	沖波 P3
最大波高 (m)	現在気候	台風1821号	3.11	4.23	4.75	4.58	5.02	4.78	5.05	3.97	4.78	4.66
		モデル台風A	2.81	3.49	4.06	4.22	4.93	4.55	5.18	3.83	4.64	4.64
		モデル台風B	3.36	4.80	5.41	5.32	5.71	5.42	5.86	4.68	5.34	4.98
	2°C上昇	台風1821号	3.21	4.44	5.00	4.86	5.32	5.00	5.39	4.21	4.97	4.83
		モデル台風A	2.90	3.57	4.18	4.37	5.05	4.77	5.31	3.98	4.84	4.84
		モデル台風B	3.50	5.02	5.64	5.52	6.12	5.71	6.22	4.96	5.54	5.15
	4°C上昇 (参考)	台風1821号	3.29	4.59	5.17	5.10	5.46	5.27	5.56	4.48	5.24	5.04
		モデル台風A	3.02	3.60	4.21	4.40	5.02	4.83	5.30	4.03	4.97	4.97
		モデル台風B	3.60	5.25	5.94	5.81	6.43	5.86	6.55	5.23	5.67	5.28



モデル台風B（伊勢湾規模・T1821コース）

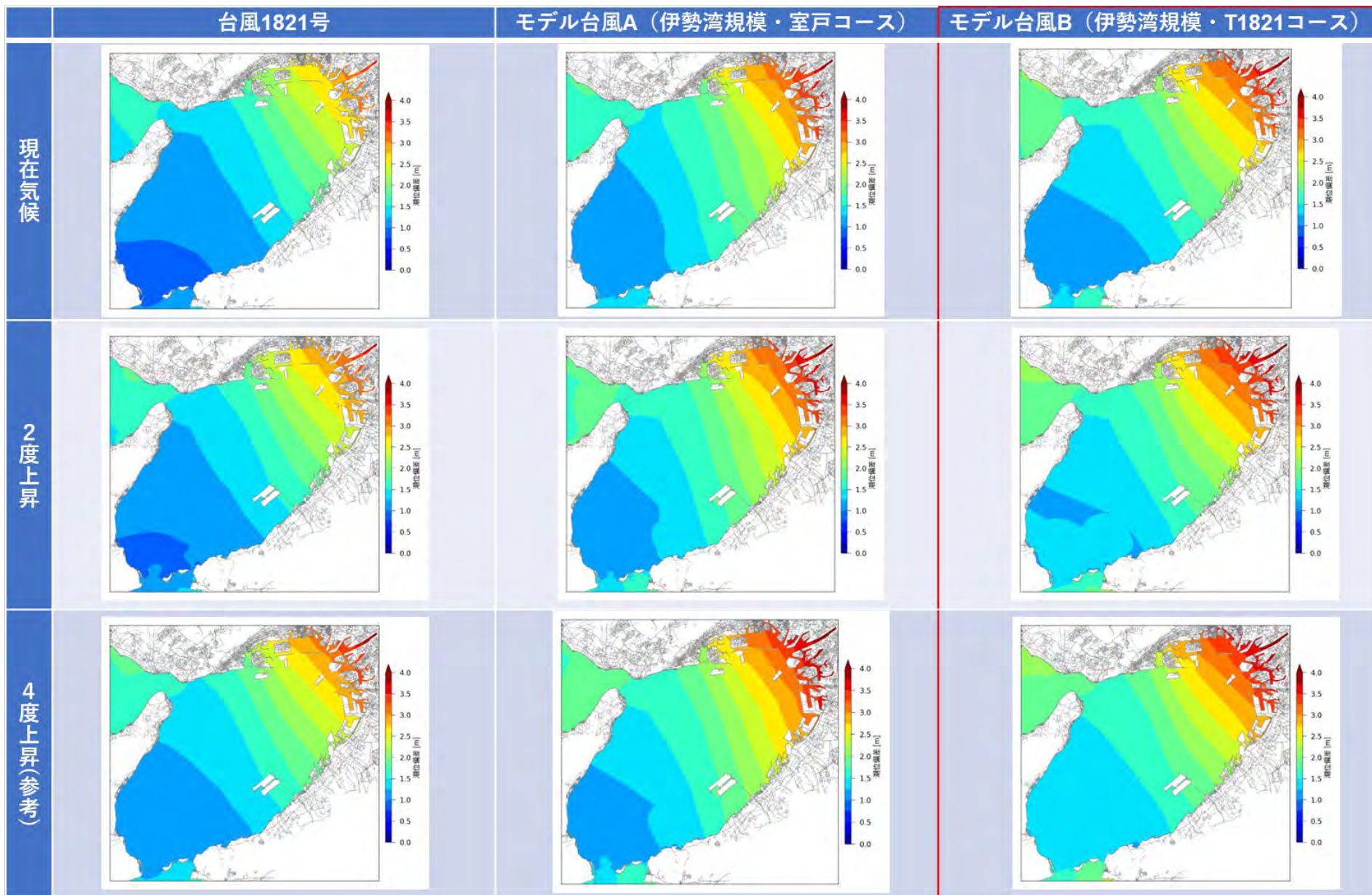


1. 技術検討部会における検討内容

1. 2. 気候変動の影響を踏まえた計画外力・防護水準の設定

○気候変動を踏まえた高潮・波浪推算（将来気候：高潮推算結果）

■将来気候の検討でも、モデル台風Bが最も厳しい



1. 技術検討部会における検討内容

1. 2. 気候変動の影響を踏まえた計画外力・防護水準の設定

○気候変動を踏まえた高潮・波浪推算（将来気候：高潮推算結果）

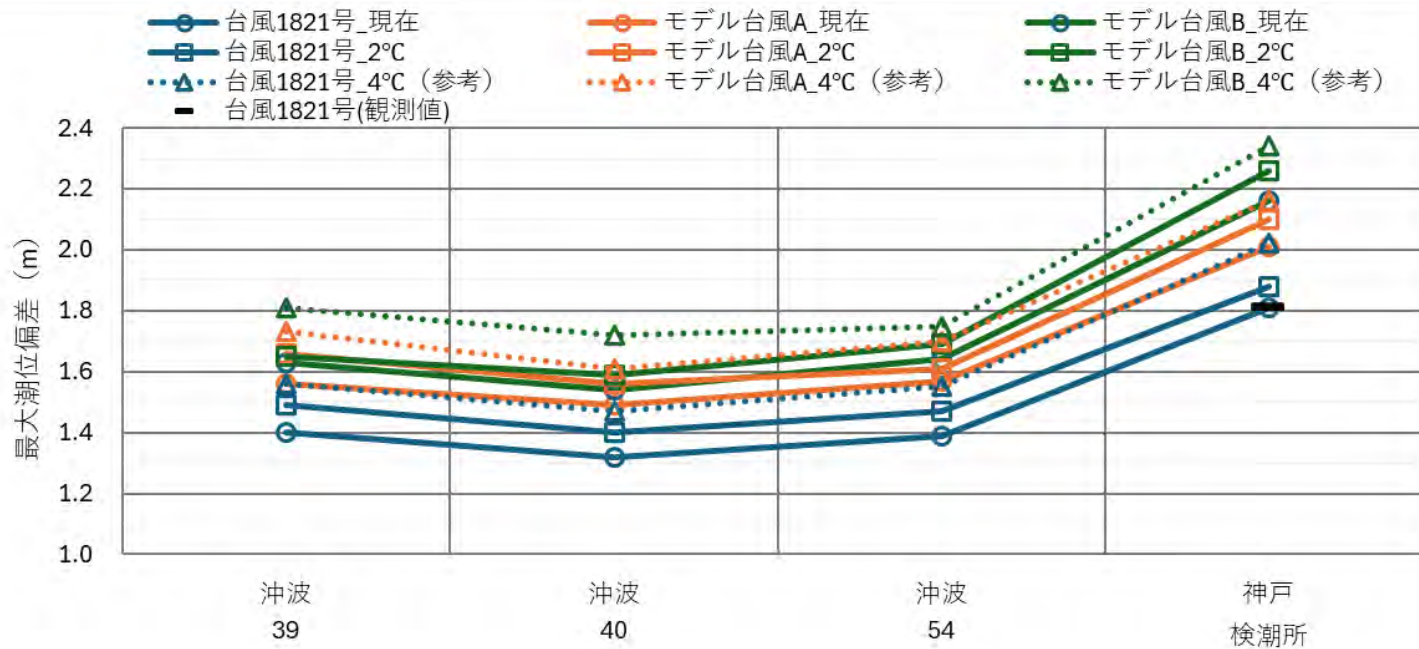
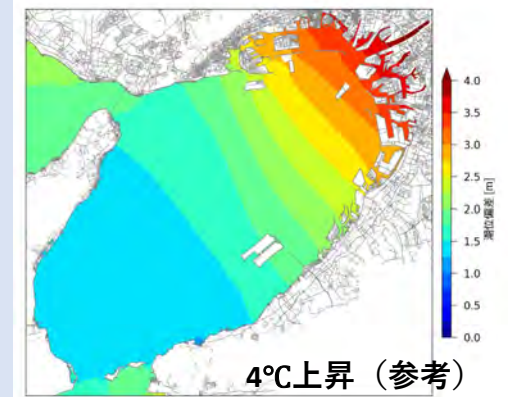
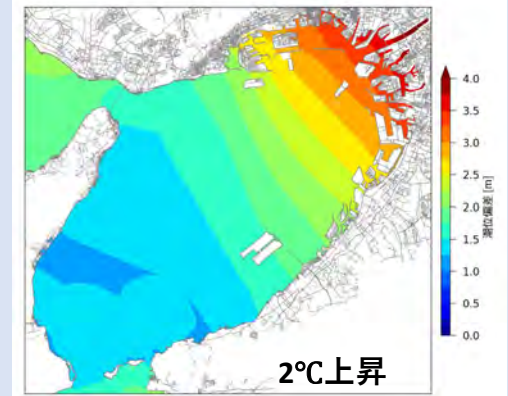
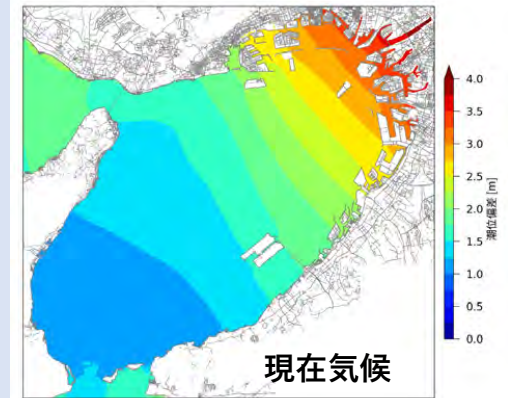
将来気候（2°C上昇）の検討でも、モデル台風Bが最も厳しい

■気候変動の影響で最大潮位偏差が大きくなる（沖波39～神戸検潮所）

項目	気候	想定台風	沖波 39	沖波 40	沖波 54	神戸 検潮
最大 潮位 偏差 (m)	現在 気候	台風1821号	1.40	1.32	1.39	1.81
		モデル台風A	1.56	1.49	1.57	2.01
		モデル台風B	1.63	1.54	1.64	2.16
	2°C 上昇	台風1821号	1.49	1.40	1.47	1.88
		モデル台風A	1.66	1.56	1.61	2.10
		モデル台風B	1.65	1.59	1.69	2.26
	4°C上昇 (参考)	台風1821号	1.56	1.47	1.55	2.02
		モデル台風A	1.73	1.61	1.70	2.16
		モデル台風B	1.81	1.72	1.75	2.34



モデル台風B
(伊勢湾規模・T1821コース)



1. 技術検討部会における検討内容

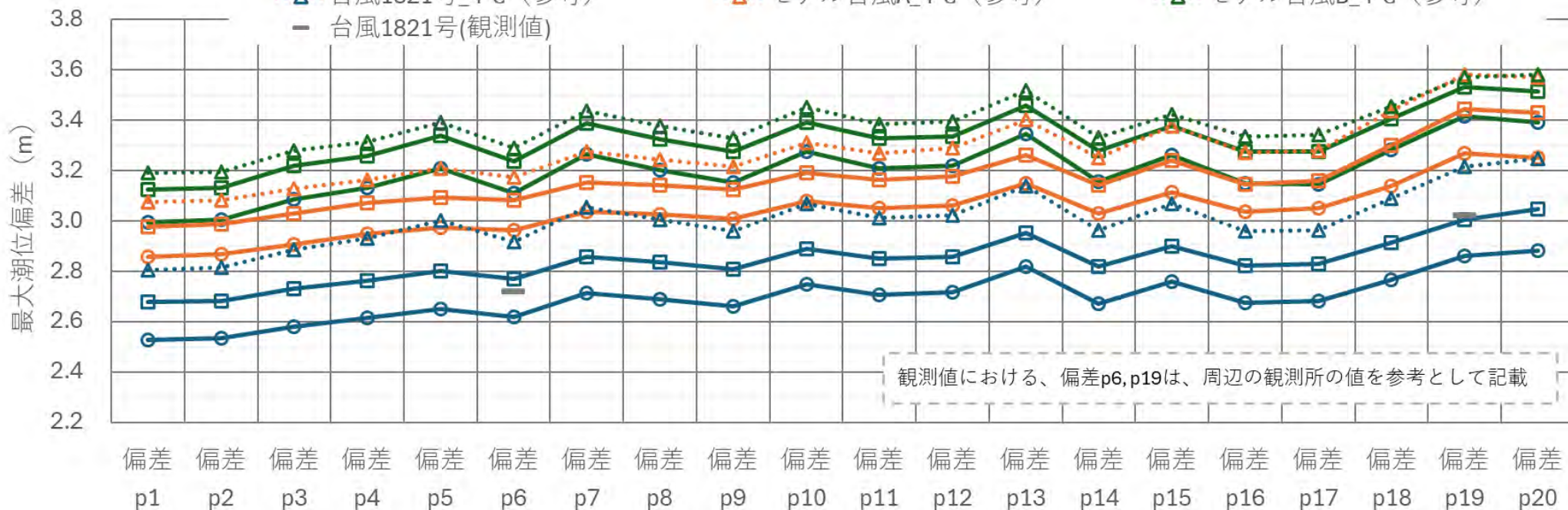
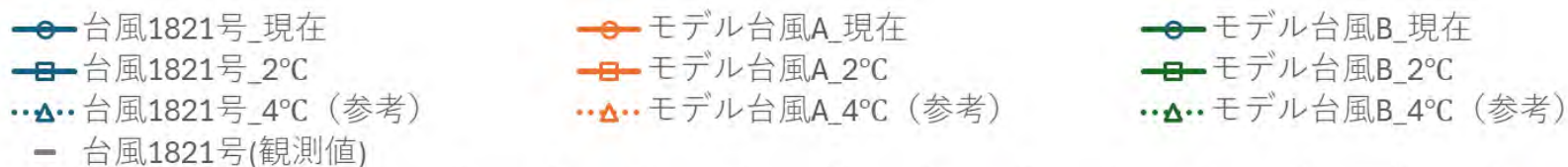
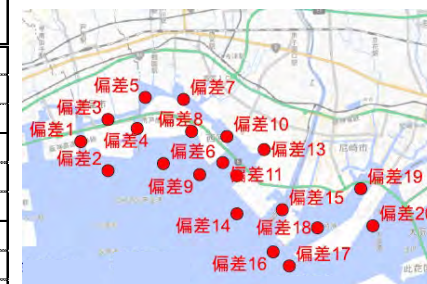
1. 2. 気候変動の影響を踏まえた計画外力・防護水準の設定

○気候変動を踏まえた高潮・波浪推算（将来気候：高潮推算結果）

将来気候（2°C上昇）の検討でも、**モデル台風B**が最も厳しい

■気候変動の影響で最大潮位偏差が大きくなる（尼崎西宮芦屋港内）

項目	気候	想定台風	偏差 p1	偏差 p2	偏差 p3	偏差 p4	偏差 p5	偏差 p6	偏差 p7	偏差 p8	偏差 p9	偏差 p10	偏差 p11	偏差 p12	偏差 p13	偏差 p14	偏差 p15	偏差 p16	偏差 p17	偏差 p18	偏差 p19	偏差 p20
最大潮位偏差 (m)	現在	台風1821号	2.53	2.53	2.58	2.61	2.65	2.62	2.71	2.69	2.66	2.75	2.71	2.72	2.82	2.67	2.76	2.68	2.68	2.77	2.86	2.88
		モデル台風A	2.86	2.87	2.91	2.95	2.97	2.96	3.04	3.03	3.01	3.08	3.05	3.06	3.15	3.03	3.11	3.04	3.05	3.14	3.27	3.25
		モデル台風B	3.00	3.01	3.09	3.13	3.21	3.11	3.26	3.20	3.15	3.27	3.21	3.22	3.35	3.16	3.26	3.15	3.15	3.28	3.41	3.39
	2°C上昇	台風1821号	2.68	2.68	2.73	2.76	2.80	2.77	2.86	2.84	2.81	2.89	2.85	2.86	2.95	2.82	2.90	2.82	2.83	2.92	3.01	3.05
		モデル台風A	2.98	2.99	3.03	3.07	3.09	3.08	3.15	3.14	3.13	3.19	3.16	3.18	3.26	3.14	3.24	3.14	3.16	3.30	3.45	3.43
		モデル台風B	3.13	3.13	3.22	3.26	3.34	3.24	3.39	3.32	3.28	3.39	3.33	3.34	3.46	3.28	3.38	3.27	3.28	3.41	3.53	3.51
	4°C上昇 (参考)	台風1821号	2.80	2.82	2.89	2.93	3.00	2.92	3.06	3.00	2.96	3.07	3.01	3.02	3.14	2.96	3.07	2.96	2.96	3.09	3.22	3.25
		モデル台風A	3.07	3.08	3.13	3.16	3.21	3.17	3.28	3.24	3.22	3.31	3.27	3.29	3.40	3.25	3.38	3.27	3.28	3.44	3.58	3.57
		モデル台風B	3.19	3.19	3.28	3.31	3.39	3.29	3.44	3.38	3.33	3.45	3.39	3.39	3.52	3.33	3.42	3.33	3.34	3.46	3.57	3.58



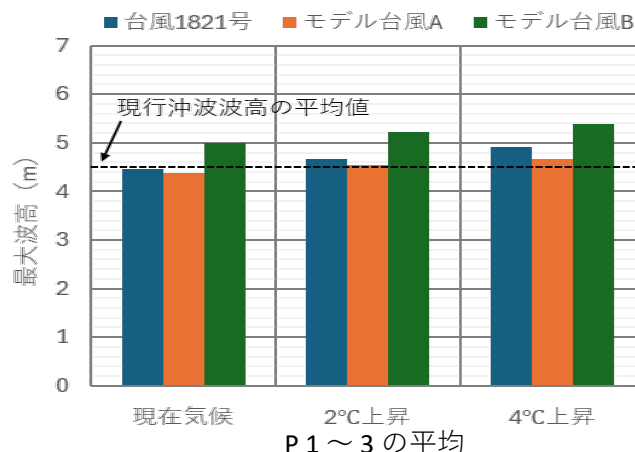
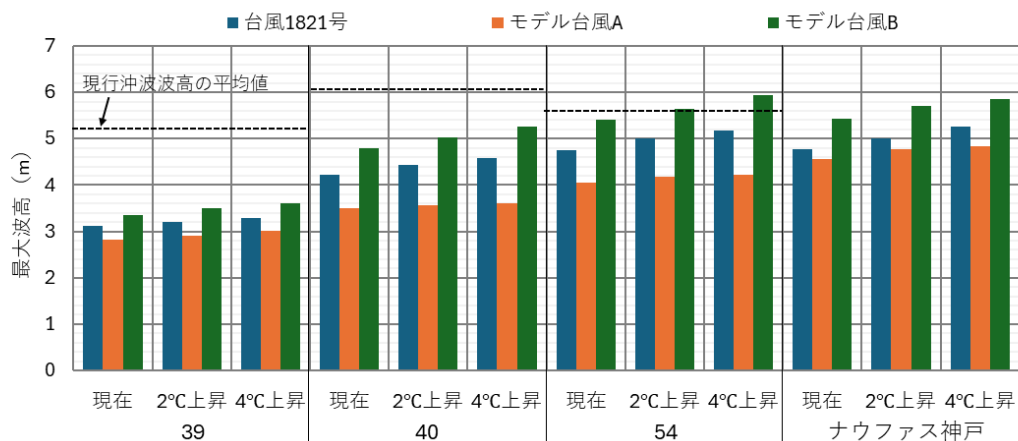
1. 技術検討部会における検討内容

1. 2. 気候変動の影響を踏まえた計画外力・防護水準の設定

○気候変動を踏まえた高潮・波浪推算（将来気候：波高の将来変化比）

■波高の将来変化比を示す。気候変動（2°C上昇）の影響により、最大波高の変化（増大）が生じ、**変化比1.05倍**となる。

最大波高の将来変化比



最大波高 (m)

最大波高 変化比

気候	想定台風	最大波高 変化比								大阪湾 平均値
		沖波 39	沖波 40	沖波 54	ナウファス 神戸	沖波 13	沖波 P2	沖波 P1	沖波 P3	
現在気候	台風1821号	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	モデル台風A	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	モデル台風B	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2°C上昇	台風1821号	1.03	1.05	1.05	1.05	1.07	1.06	1.04	1.04	1.05
	モデル台風A	1.03	1.02	1.03	1.05	1.03	1.04	1.04	1.04	1.04
	モデル台風B	1.04	1.05	1.04	1.05	1.06	1.06	1.04	1.03	1.05
4°C上昇 (参考)	台風1821号	1.06	1.09	1.09	1.10	1.10	1.13	1.10	1.08	1.09
	モデル台風A	1.07	1.03	1.04	1.06	1.02	1.05	1.07	1.07	1.05
	モデル台風B	1.07	1.09	1.10	1.08	1.12	1.12	1.06	1.06	1.09

1. 技術検討部会における検討内容

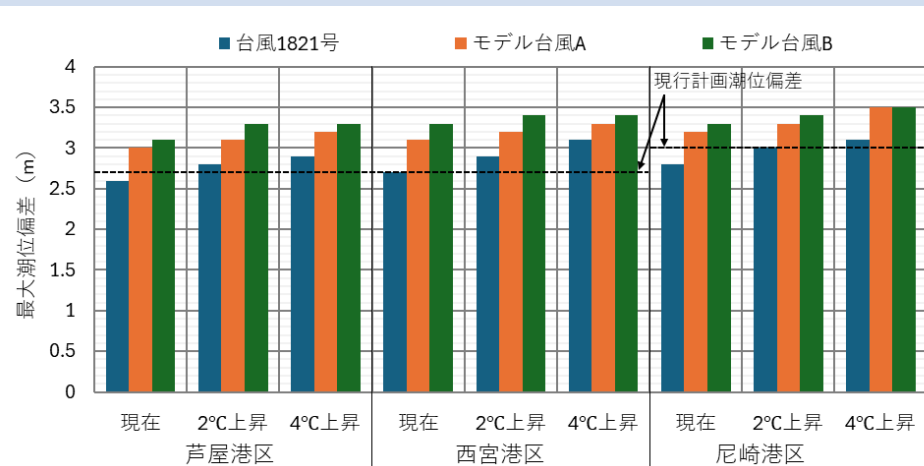
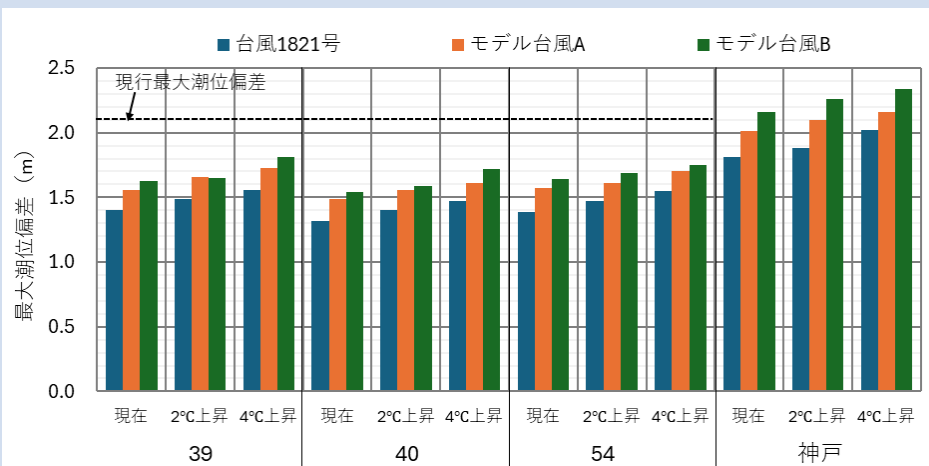
1. 2. 気候変動の影響を踏まえた計画外力・防護水準の設定

○気候変動を踏まえた高潮・波浪推算（将来気候：高潮の将来変化比）

■参考として、最大潮位偏差の将来変化比を示す。気候変動（2℃上昇）の影響により、最大潮位偏差の変化（増大）が生じ、**変化比1.04倍（参考値）**となる。

最大潮位偏差の将来変化比

最大潮位偏差 (m)



最大潮位偏差 変化比

最大潮位偏差 変化比

気候	想定台風	最大潮位偏差 変化比																								大阪湾 平均値	
		沖波 39	沖波 40	沖波 54	神戸 検潮所	偏差 p1	偏差 p2	偏差 p3	偏差 p4	偏差 p5	偏差 p6	偏差 p7	偏差 p8	偏差 p9	偏差 p10	偏差 p11	偏差 p12	偏差 p13	偏差 p14	偏差 p15	偏差 p16	偏差 p17	偏差 p18	偏差 p19	偏差 p20		
現在 気候	台風1821号	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	モデル台風A	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	モデル台風B	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2°C 上昇	台風1821号	1.06	1.06	1.06	1.04	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.05	1.05	1.05	1.05	1.06	1.05	1.05	1.06	1.05	1.05	1.06	1.05
	モデル台風A	1.06	1.05	1.03	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.03	1.04	1.04	1.03	1.04	1.05	1.06	1.06	1.04	
	モデル台風B	1.01	1.03	1.03	1.05	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.03	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	
4°C上昇 (参考)	台風1821号	1.11	1.11	1.12	1.12	1.11	1.11	1.12	1.12	1.13	1.11	1.13	1.12	1.11	1.12	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.10	1.10	1.12	1.13	1.13	1.12	
	モデル台風A	1.11	1.08	1.08	1.07	1.07	1.07	1.08	1.07	1.08	1.07	1.08	1.07	1.07	1.07	1.07	1.08	1.08	1.07	1.09	1.08	1.08	1.10	1.09	1.10	1.08	
	モデル台風B	1.11	1.12	1.07	1.08	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.05	1.05	1.05	1.05	1.06	1.06	1.05	1.05	1.06	1.06	

1. 技術検討部会における検討内容

1. 2. 気候変動の影響を踏まえた計画外力・防護水準の設定

○気候変動を踏まえた高潮・波浪推算（将来気候：将来変化比の参考値）

参考）港湾における気候変動適応策の実装方針との比較

■モデル台風Bの変化比は、**波高1.05倍**、**偏差1.04倍**(参考値)

■「港湾における気候変動適応策の実装方針」にて示された変化比は、**波高1.04倍**、**偏差1.06倍**であり今回検討と同程度



表 2 海域別の潮位偏差・波浪の将来変化比

海域	将来変化比		対象港湾（重要港湾以上）
	潮位偏差	波高	
北海道日本海側	1.01	1.01	稚内港・留萌港・石狩湾新港・小樽港・函館港
オホーツク海	1.00	1.03	紋別港・網走港・根室港（根室）
北海道太平洋側（東側）	1.01	1.02	根室港（花咲）・釧路港・十勝港
北海道太平洋側（西側）	1.01	1.02	苫小牧港・室蘭港
陸奥湾	1.02	1.04	青森港
東北太平洋側	1.05	1.04	むつ小川原港・八戸港・久慈港・宮古港・釜石港・大船渡港・仙台塩釜港・相馬港・小名浜港
北関東	1.07	1.09	茨城港・鹿島港
東京湾	1.10	1.02	千葉港・木更津港・東京港・横浜港・川崎港・横須賀港
駿河湾	1.02	1.02	御前崎港・田子の浦港・清水港
伊勢湾	1.07	1.00	名古屋港・衣浦港・三河港・四日市港・津松坂港
紀伊半島	1.03	1.00	尾鷲港・日高港・和歌山下津港
大阪湾	1.06	1.04	大阪港・堺泉北港・阪南港・神戸港・尼崎西宮芦屋港
四国太平洋側	1.07	1.02	徳島小松島港・橘港・高知港・須崎港・宿毛湾港・宇和島港
瀬戸内海（東部：播磨灘・総瀬）	1.02	1.02	東播磨港・姫路港・岡山港・宇野港・水島港・福山港・尾道糸崎港・今治港・東予港・新居浜港・三島川之江港・坂出港・高松港
瀬戸内海（西部：伊予灘・周防灘）	1.01	1.02	呉港・広島港・岩国港・徳山下松港・三田尻中関港・宇部港・小野田港・下関港（周防灘）・北九州港（周防灘）・苅田港・中津港・別府港・大分港・松山港
九州南東側	1.04	0.99	細島港・宮崎港・油津港・志布志港・佐伯港・津久見港
薩南	1.06	1.02	鹿児島港・西之表港
琉球諸島	1.01	1.01	名瀬港・蓮天港・金武湾港・中城湾港・那覇港・平良港・石垣港

出典：港湾における気候変動適応策の実装方針
（港湾における気候変動適応策の実装に向けた技術検討委員会）

1. 技術検討部会における検討内容

1. 2. 気候変動の影響を踏まえた計画外力・防護水準の設定

○気候変動を踏まえた高潮・波浪推算（将来気候：準沖波条件）

■モデル台風Bの波高変化比1.05倍を適用

■波浪が比較的厳しいS系の準沖波について

現行準沖波および将来準沖波（2℃上昇）を

示す

■気候変動の影響により、波高が0.3m程度

増大する地点もある



準沖波条件一覧

現行準沖波	波向	沖波39		沖波40		沖波54		沖波11		沖波12		沖波P1		沖波P3	
		波高 [m]	周期 [s]	波高 [m]	周期 [s]	波高 [m]	周期 [s]	波高 [m]	周期 [s]	波高 [m]	周期 [s]	波高 [m]	周期 [s]	波高 [m]	周期 [s]
	SSE	5.24	9.4	5.94	10.1	3.96	7.8	3.22	7.1	3.10	6.9	2.51	6.2	1.87	5.4
	S	5.24	9.4	6.04	10.2	5.61	9.3	5.45	9.2	3.52	7.4	3.79	7.7	2.80	6.6
	SSW	5.24	9.4	6.04	10.2	5.60	9.3	5.45	9.2	5.02	8.8	4.74	8.6	4.63	8.5
	SW	2.29	7.3	6.01	10.2	5.56	9.3	5.37	9.1	4.96	8.8	4.69	8.5	4.62	8.5
将来準沖波	波向	沖波39		沖波40		沖波54		沖波11		沖波12		沖波P1		沖波P3	
		波高 [m]	周期 [s]	波高 [m]	周期 [s]	波高 [m]	周期 [s]	波高 [m]	周期 [s]	波高 [m]	周期 [s]	波高 [m]	周期 [s]	波高 [m]	周期 [s]
	SSE	5.50	9.7	6.24	10.5	4.16	8.1	3.38	7.3	3.26	7.1	2.64	6.4	1.96	5.5
	S	5.50	9.7	6.34	10.6	5.89	10.1	5.72	9.9	3.70	7.6	3.98	7.9	2.94	6.8
	SSW	5.50	9.7	6.34	10.6	5.88	10.1	5.72	9.9	5.27	9.4	4.98	8.8	4.86	8.7
	SW	2.40	7.5	6.31	10.5	5.84	10.0	5.64	9.8	5.21	9.3	4.92	8.7	4.85	8.7

1. 技術検討部会における検討内容

1. 2. 気候変動の影響を踏まえた計画外力・防護水準の設定

○気候変動を踏まえた堤前波（換算沖波波高）の算定

■将来気候（2℃上昇シナリオ）における、準沖波地点の波浪・潮位条件を以下に示す。

検討条件			気候条件	東播海岸 (舞子・垂水・塩屋漁港海岸 含む)	神戸港海岸	尼崎西宮芦屋港海岸
高潮・波浪	潮位	対象擾乱	将来2℃	モデル台風B：伊勢湾台風規模・平成30年台風21号コース（中心気圧 933hPa）		
		台風期朔望平均満潮位		T.P.+1.00m+海面上昇量0.4m		
		計画偏差(m)		1.54 ~ 1.63	2.00	3.30 ~ 3.40
	波浪	準沖波波高Hqo(m)		5.50 ~ 6.24	4.15 ~ 5.03	4.86 ~ 5.27

※表中の波浪・潮位条件は各地区における設定値の一例を示したものである



1. 技術検討部会における検討内容

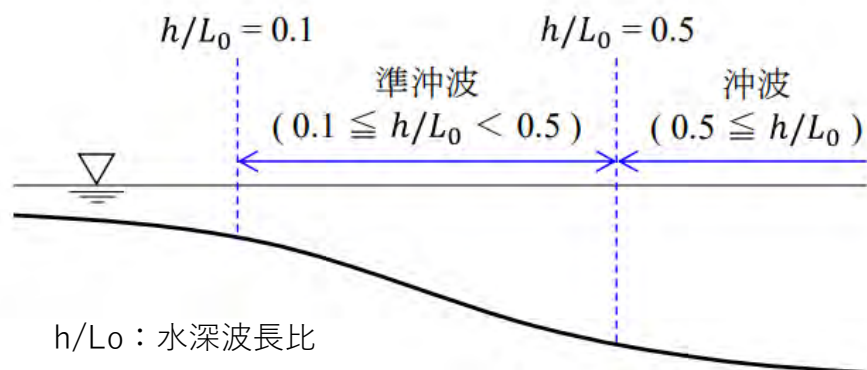
1. 2. 気候変動の影響を踏まえた計画外力・防護水準の設定

○気候変動を踏まえた堤前波（換算沖波波高）の算定

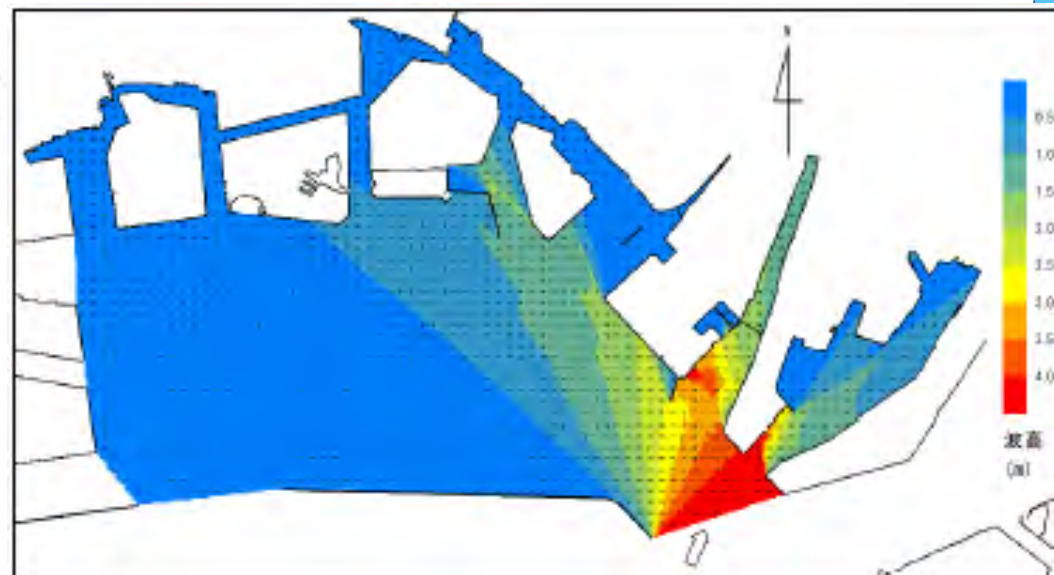
- 設定した潮位・波浪条件を用い、エネルギー平衡方程式による港外波浪変形計算を実施
- 港湾域等では波の回折・反射を考慮するため、高山法による港内波浪変形計算を実施
- なお、沖波地点は準沖波に相当するため、深海域をスロープで模擬した水深データを作成し、準沖波の波浪諸元を再現するよう、港外波浪変形計算の入射波条件を設定

項目	沖波	準沖波	疑似沖波
英語名	deepwater wave	quasi deepwater wave	pseudo deepwater wave
水深波長比	$0.5 \leq h/L_0$	$0.1 \leq h/L_0 < 0.5$	$h/L_0 < 0.5$
波浪変形の有無*	なし(深海条件)	浅水変形(砕波なし), 屈折	なし(深海条件)
波高の記号	H_0	H_{q0}	H_{p0}

*波浪推算で考慮される波浪変形を指す。



尼崎西宮芦屋港での港内波浪変形計算（高山法）の実施例



1. 技術検討部会における検討内容

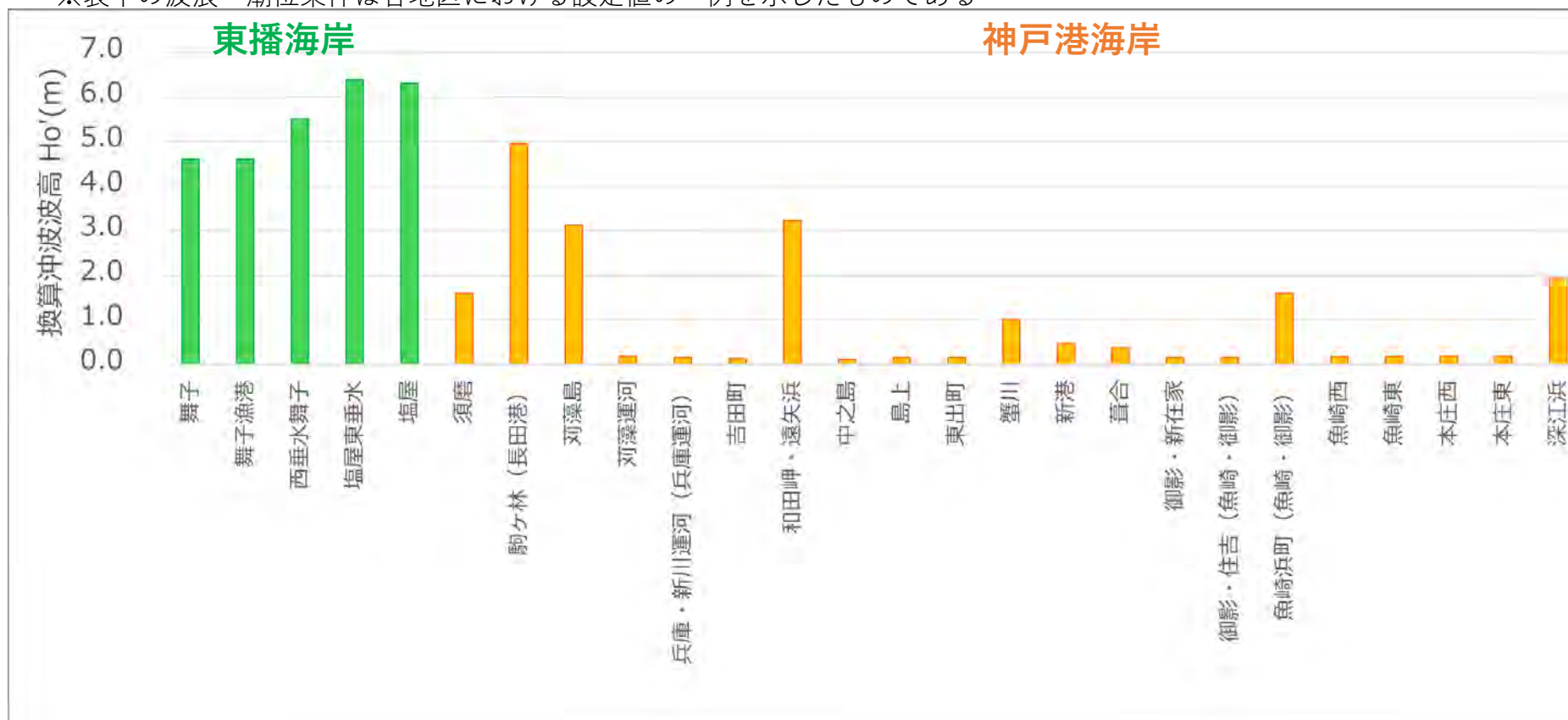
1. 2. 気候変動の影響を踏まえた計画外力・防護水準の設定

○気候変動を踏まえた堤前波（換算沖波波高）の算定

■波浪変形計算を実施し、必要天端高の算定に用いる換算沖波波高 H_o' を算定

検討条件		気候条件	東播海岸 (舞子・垂水・塩屋漁港海岸 含む)	神戸港海岸	尼崎西宮芦屋港海岸
高潮・波浪	潮位	対象擾乱	モデル台風B：伊勢湾台風規模・平成30年台風21号コース（中心気圧 933hPa）		
		台風期期望平均満潮位	T.P.+1.00m+海面上昇量0.4m		
		計画偏差(m)	1.54 ~ 1.63	2.00	3.30 ~ 3.40
	波浪	換算沖波波高 H_o' (m)	4.60 ~ 6.40	0.11 ~ 4.95	0.15 ~ 4.53

※表中の波浪・潮位条件は各地区における設定値の一例を示したものである



1. 技術検討部会における検討内容

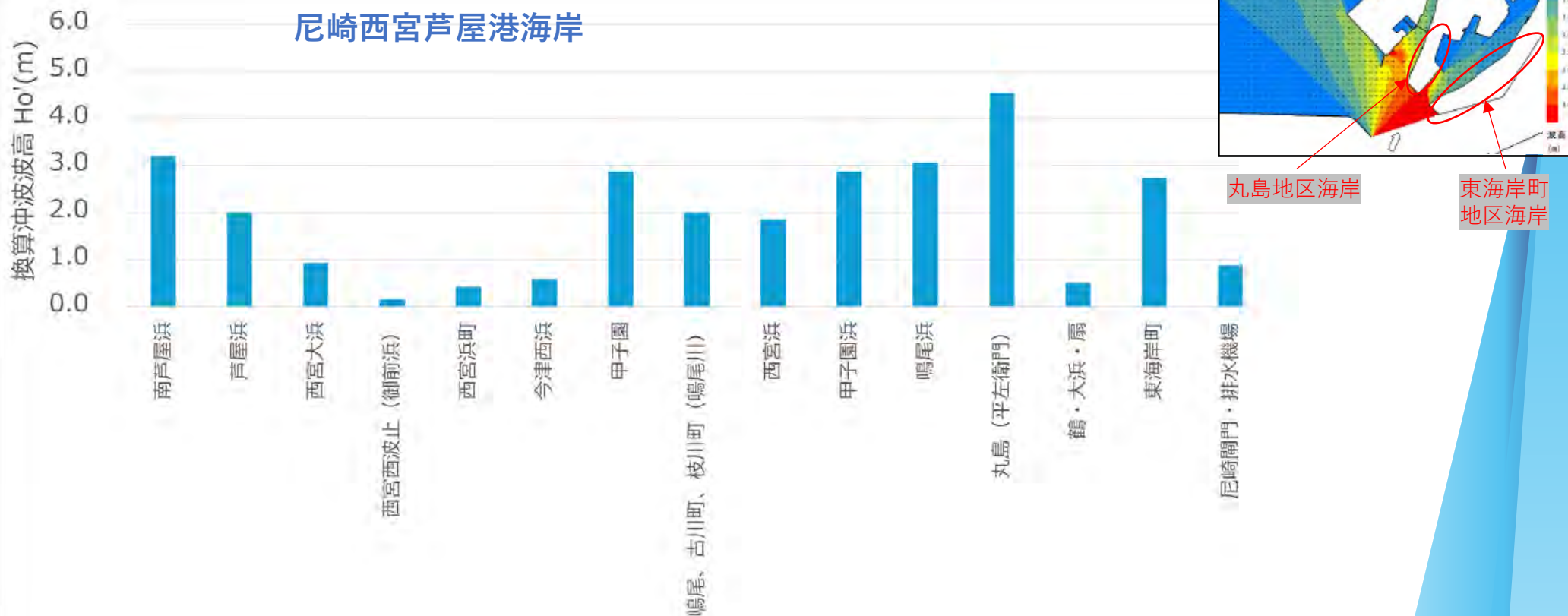
1. 2. 気候変動の影響を踏まえた計画外力・防護水準の設定

○気候変動を踏まえた堤前波（換算沖波波高）の算定

■波浪変形計算を実施し、必要天端高の算定に用いる換算沖波波高 Ho' を算定

検討条件		気候条件	東播海岸 (舞子・垂水・塩屋漁港海岸 含む)	神戸港海岸	尼崎西宮芦屋港海岸
高潮・波浪	潮位	対象擾乱	モデル台風B：伊勢湾台風規模・平成30年台風21号コース（中心気圧 933hPa）		
		台風期期望平均満潮位	T.P.+1.00m+海面上昇量0.4m		
	波浪	計画偏差(m)	1.54 ~ 1.63	2.00	3.30 ~ 3.40
		換算沖波波高 Ho' (m)	4.60 ~ 6.40	0.11 ~ 4.95	0.15 ~ 4.53

※表中の波浪・潮位条件は各地区における設定値の一例を示したものである



1. 技術検討部会における検討内容

1. 2. 気候変動の影響を踏まえた計画外力・防護水準の設定

○気候変動を踏まえた津波伝播計算（計算条件）

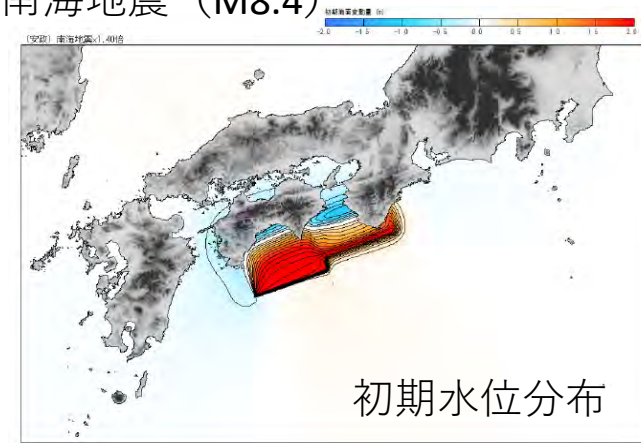
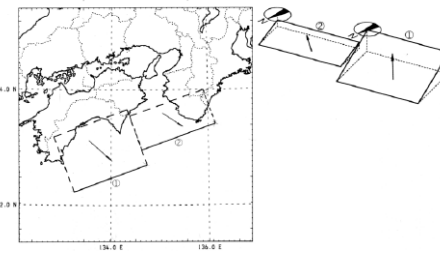
■設計津波波源として、現行計画のとおり兵庫県東部（大阪湾沿岸）のレベル1津波は**想定安政南海地震津波**を対象。潮位条件以外（地形、構造物など）は現行計画を踏襲

■潮位条件は、将来気候(2°C上昇シナリオ：0.4m)の条件とし、気候変動の影響を検討

項目	内容
計算手法	非線形長波方程式を基礎式としLeap-Frog差分法を用いて解析
計算格子間隔	810m、270m、90m、30m、10m
計算時間	12時間
計算時間間隔	<p>計算時間間隔(Δt)は次式に示す条件を満たすよう設定</p> $\Delta t \leq \frac{\Delta x}{\sqrt{2gh_{\max}}}$ <p>Δt: 計算時間間隔(s)、Δx: 各計算領域の格子間隔(m)、 h_{\max}: 各計算領域における最大水深(m)、 g: 重力加速度(m/s²)</p>
初期水位条件	1854安政南海地震 断層パラメータよりManshinha & Smylieの方法で算出
潮位条件	現在気候の朔望平均満潮位 (H.W.L.(T.P.+0.90m※)) + 海面上昇量0.4m (2°C上昇シナリオ)
河川水位条件	沿岸の潮位条件と同値として設定
渦動粘性係数	0.0
粗度係数	土地利用に応じて粗度係数を設定
地震に伴う地殻変動量	地殻変動に伴う沈降量のみを考慮し、隆起量は無視
陸域境界条件	<ul style="list-style-type: none"> 最終防潮ライン施設位置では完全反射条件（壁立て条件：堤内氾濫を許容しない） 物揚岸壁等天端越流を許容する施設については、遡上条件とする。

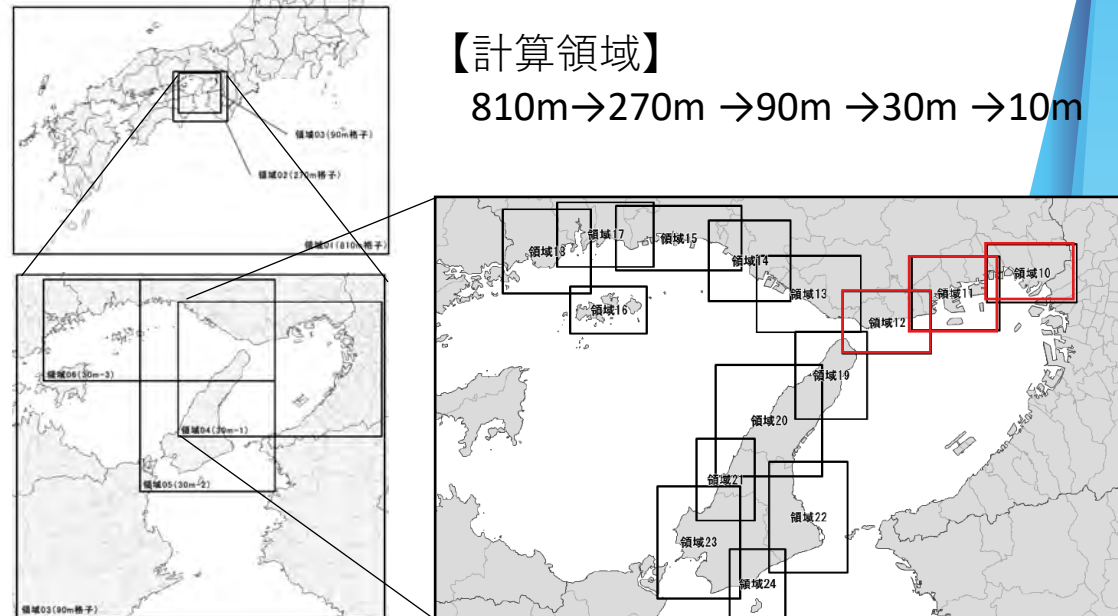
【津波波源】1854年安政南海地震（M8.4）

断層・すべり域の想定



【計算領域】

810m → 270m → 90m → 30m → 10m



※現行計画のH.W.L.は、T.P.+0.80m程度となっている

1. 技術検討部会における検討内容

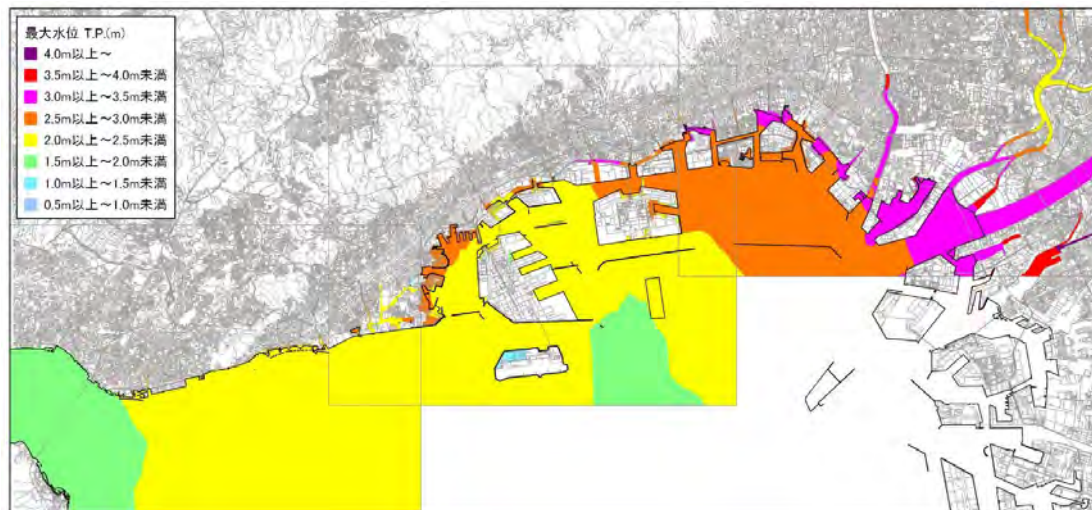
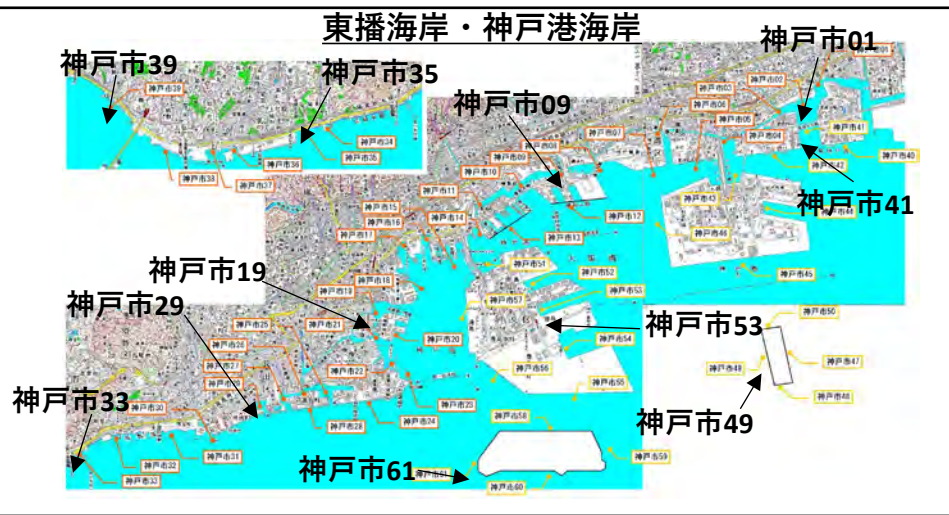
1. 2. 気候変動の影響を踏まえた計画外力・防護水準の設定

○気候変動を踏まえた津波伝播計算（計算結果）

■最大津波水位は現行計画値と比較し、概ね50cm程度（海面上昇量程度）大きくなる

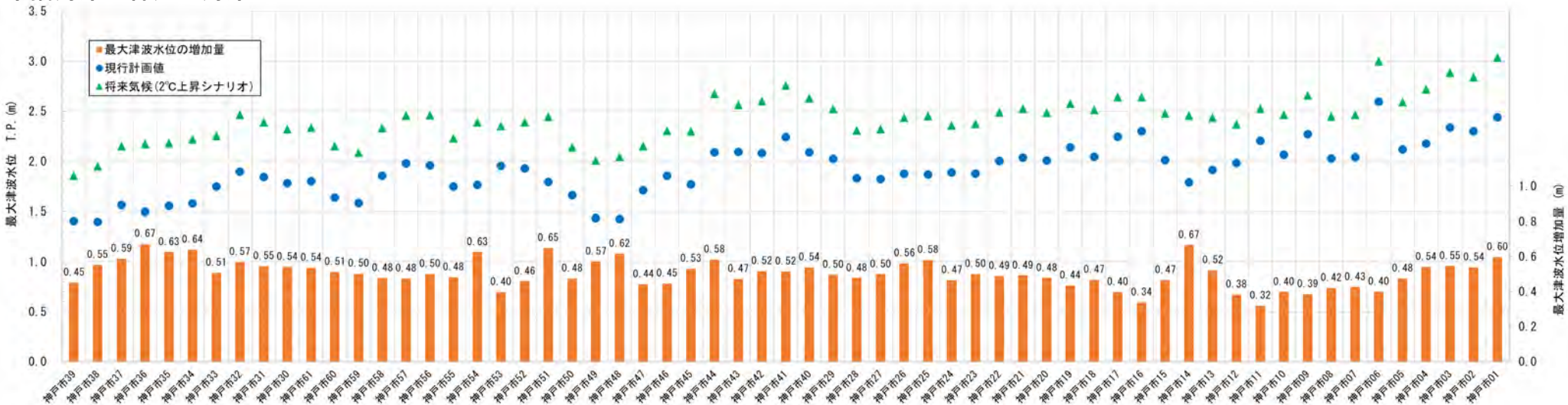
（東播海岸・神戸港海岸）

【最大津波水位出力地点】



【最大津波水位】

東播海岸・神戸港海岸



1. 技術検討部会における検討内容

1. 2. 気候変動の影響を踏まえた計画外力・防護水準の設定

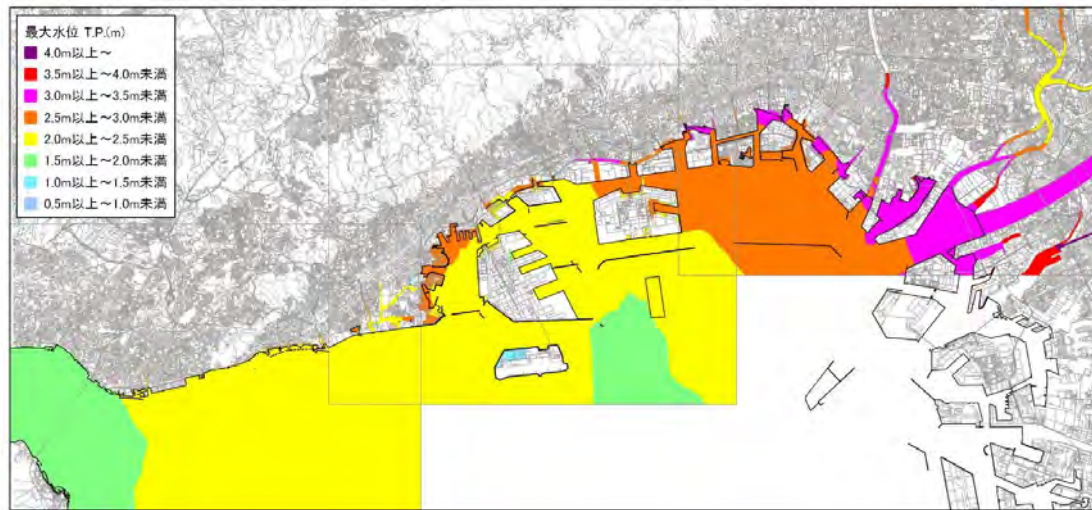
○気候変動を踏まえた津波伝播計算（計算結果）

■最大津波水位は現行計画値と比較し、概ね50cm程度（海面上昇量程度）大きくなる

（尼崎西宮芦屋港海岸）

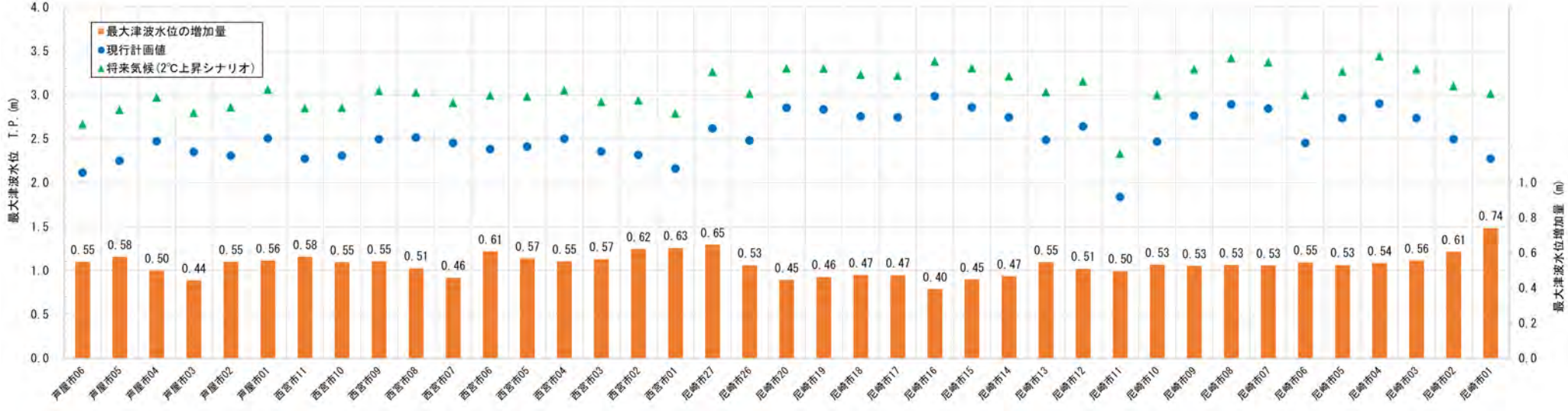
【最大津波水位出力地点】

尼崎西宮芦屋港海岸



【最大津波水位】

尼崎西宮芦屋港海岸



1. 技術検討部会における検討内容

1. 2. 気候変動の影響を踏まえた計画外力・防護水準の設定

○計画天端高の算定方法

■計画天端高は、**第1回および第2回部会の決定内容に従い算定**

■設定した外力条件を用い、地区海岸ごとの必要天端高を下記条件（海岸保全施設の技術上の基準・同解説に準拠）により設定。高潮による必要天端高①②と津波による必要天端高③を比較して高いほうを設定

- ① 許容越波流量： $0.01 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$ 以下となる天端高。背後地の状況により許容値を低減することも検討
- ② 人工海浜など、複合断面については改良仮想勾配法による打ち上げ高以上となる天端高として設定
- ③ 津波水位以上となる天端高として設定

■計画上の**余裕高**は、将来の気候変動の不確実性を考慮して、**大阪府と同様0.3mで設定**

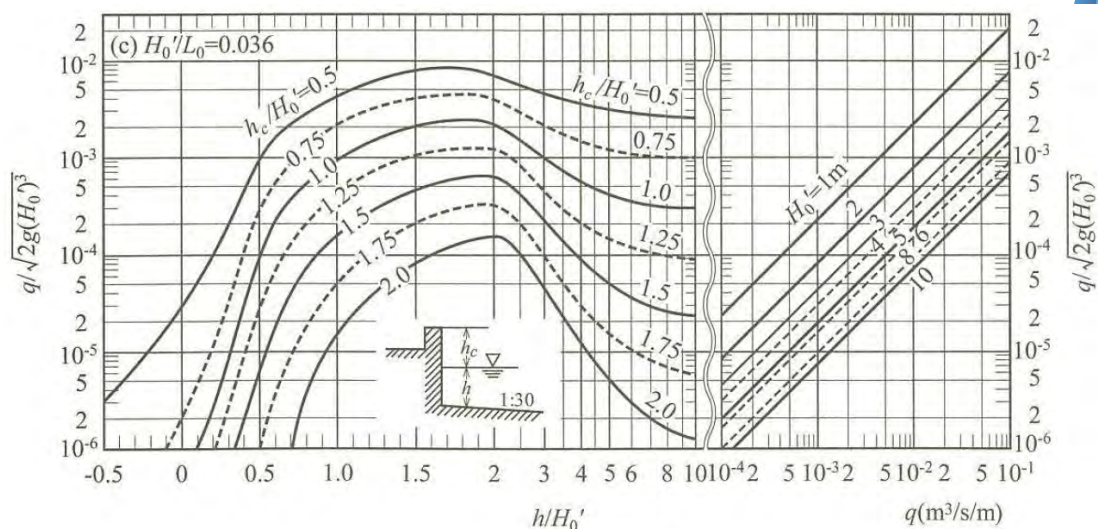
ただし、既往の設計資料により余裕高が定められている施設は、既往の設定値を採用

■大阪湾沿岸では、年間0.5cm程度の隆起傾向にあるため、安全側での検討として地殻変動の影響は考慮しない（第1回部会決定事項）

表 2.3.6.2 背後地の重要度からみた許容越波流量 ($\text{m}^3/\text{s}/\text{m}$)¹⁶²⁾

背後に人家、公共施設等が密集しており、特に越波・しぶき等の侵入により重大な被害が予想される地区	0.01程度
その他の重要な地区	0.02程度
その他の地区	0.02~0.06

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.2-68



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.2-63～2-66

1. 技術検討部会における検討内容

1. 2. 気候変動の影響を踏まえた計画外力・防護水準の設定

○計画天端高の算定方法

■直立護岸等の必要天端高の算定にあたっては、海岸保全施設の構造形式や波の入射角度に応じた補正（換算天端高係数 β の設定等）を実施し、越波の低減や増加の効果を考慮

○構造形式の違いを考慮した天端高の算定方法

ただし、合田による算定図は天端2層積みの被覆層による変化を示すものなので、高山ら¹⁴⁵⁾は、越波流量の減少効果を示す指標として換算天端高係数 β を提案している。複雑な断面でも換算天端高係数を用いることによって越波流量の低減効果を示すことができる。換算天端高係数は、同一の越波流量になる複雑な断面形状の護岸天端高と直立護岸の天端高の比として定義され、 β が1未満の場合には、護岸天端高は直立護岸よりも低くできる。以下に代表的な換算天端高係数を示す。

傾斜護岸	$\beta = 1.2$
階段護岸	$\beta = 1.1$
直立消波護岸	$\beta = 0.6$

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.2-67

○波の入射角度の違いを考慮した天端高の算定方法

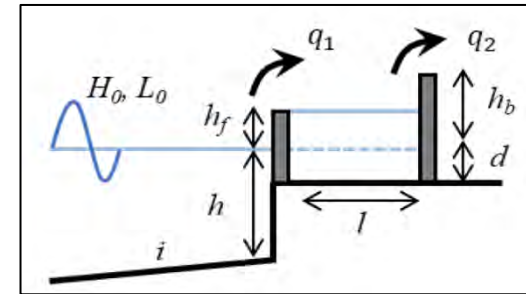
$$\text{波が斜めから入射する場合}^{118) 119)} : \beta = \begin{cases} 1 - \sin^2 \theta & |\theta| \leq 30^\circ \\ 1 - \sin^2 30^\circ = 0.75 & |\theta| > 30^\circ \end{cases}$$

（ θ は波の入射角で、護岸に直角入射する場合を 0° とする。）

出典：「港湾の施設の技術上の基準・同解説」（平成30年5月）p.174

二重パラペット護岸

千綿・織田（2022）による q_2^*/q_1^* の算定方法



$$\log_{10} \left(\frac{q_2^*}{q_1^*} \right) = \alpha \sqrt{\frac{h_b - h_f}{H_0} \cdot \frac{l}{L_0}} \left(\frac{h_b - h_f}{l} \right)^{1/4} + \beta$$

$$\alpha = -7.41, \quad \beta = 0.13$$

出典：「護岸における二重パラペットの越波流量特性に関する実験的研究」土木学会論文集B3(海洋開発), Vol.78, No.2, I_391-I396, 2022

1. 技術検討部会における検討内容

1. 2. 気候変動の影響を踏まえた計画外力・防護水準の設定

○計画天端高の算定方法

- 人工海浜などの複合断面については、改良仮想勾配法による打ち上げ高以上となる必要天端高を算定

○改良仮想勾配法による打上げ高の算定

(4) 改良仮想勾配法

改良仮想勾配法は、サヴィールの仮想勾配法を緩勾配海岸にも適用できるように中村らが改良したものである。複雑な海浜断面や堤防形状を有する海岸への波のうちあげ高の評価に広く使われている手法であるので、ここで、その方法を説明しておく。改良仮想勾配法では、改良仮想勾配 α は、図 2.3.7.2 の定義に従い $\cot \alpha = 2A / (h_b + R)^2$ となり、図 2.3.7.3 を用いて波のうちあげ高を求める。実際には、波のうちあげ高を仮定し、改良仮想勾配を算定し、求められた波のうちあげ高と仮定した波のうちあげ高が同じになるまで繰り返すことになる。

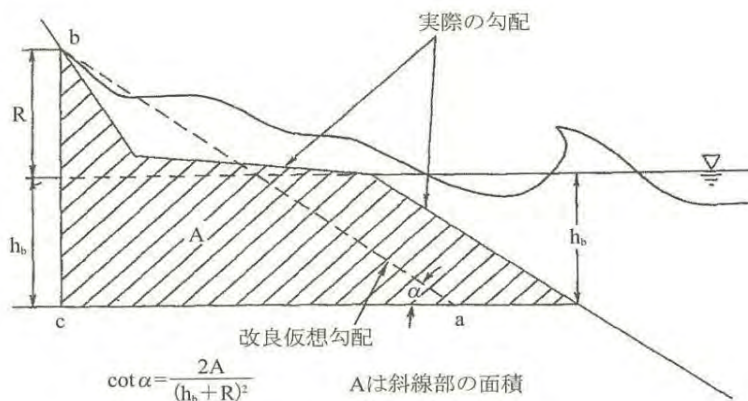


図 2.3.7.2 改良仮想勾配法

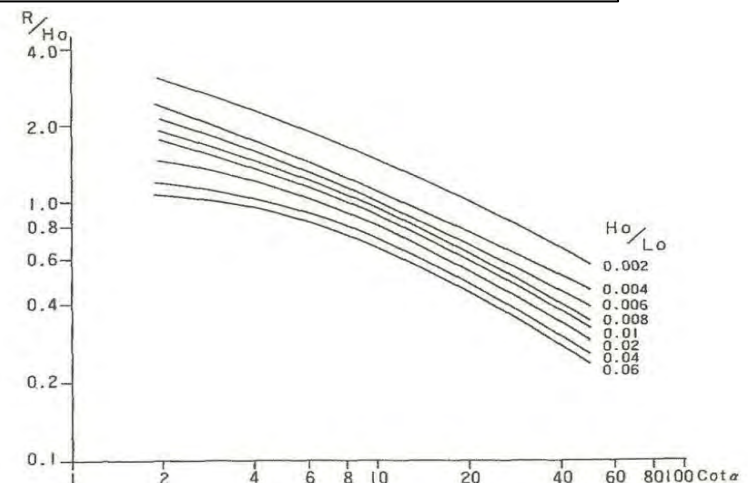


図 2.3.7.3 改良仮想勾配法による波のうちあげ高算定図¹⁷⁴⁾

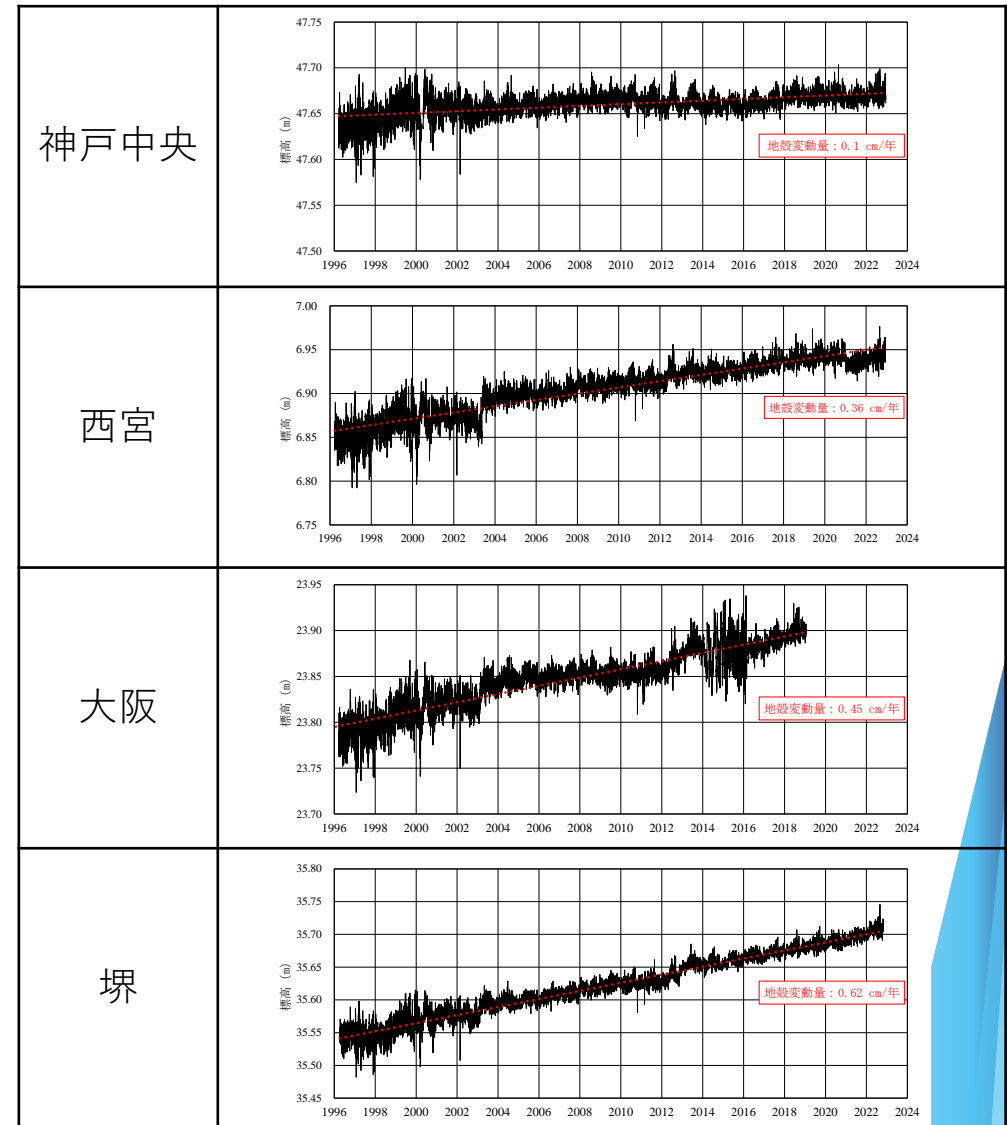
1. 技術検討部会における検討内容

1. 2. 気候変動の影響を踏まえた計画外力・防護水準の設定

○計画天端高の算定方法（地盤高の経年変化傾向）

■国土地理院が公開している「電子基準点日々の座標値」を用いて、大阪湾沿岸付近の電子基準点における経年変化を整理した。対象期間は、データが公開されている1996年～2022年

■電子基準点の経年変化より、1年あたりの地殻変動量は約0.1～0.6cmであり、いずれの地点においても隆起傾向であることから、所要天端高の算定では、安全側での検討として隆起を考慮しない



1. 技術検討部会における検討内容

1. 2. 気候変動の影響を踏まえた計画外力・防護水準の設定

○計画天端高の算定方法

■計画天端高の算定にあたり、潮位・波浪条件は、以下の考え方に基づいて設定

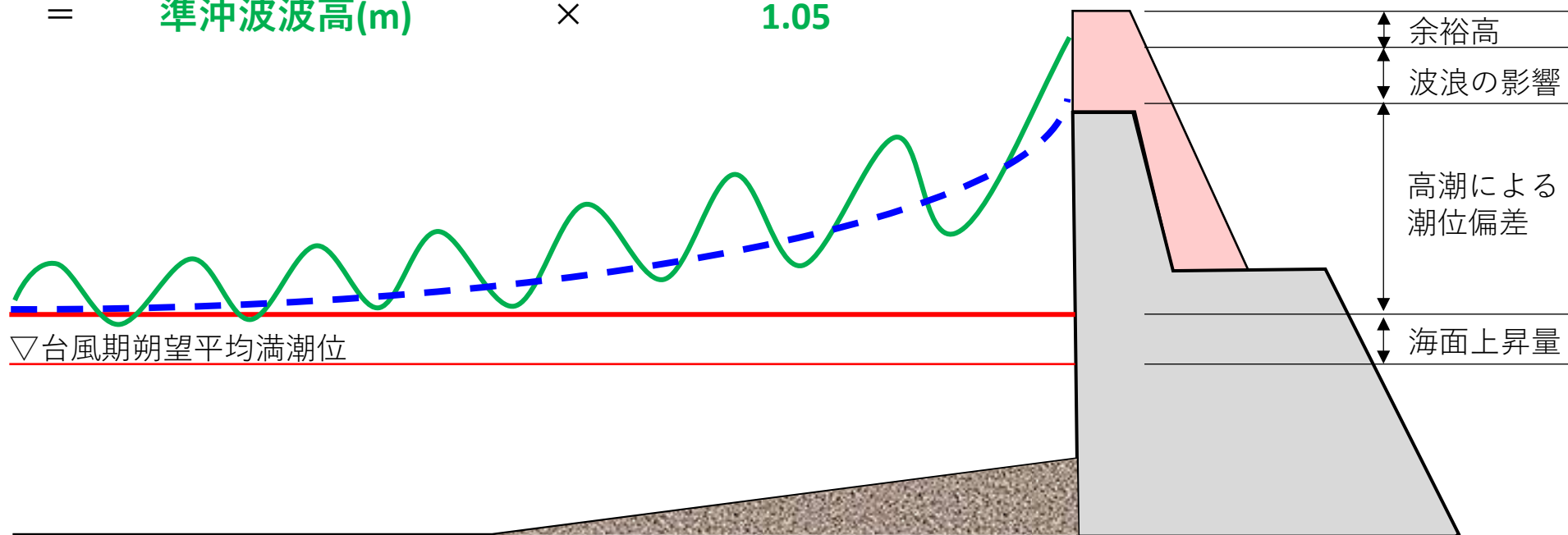
■算定された天端高に、余裕高（0.3m）を考慮

○検討潮位条件

$$\begin{aligned}
 & \text{台風期朔望平均満潮位} + \text{海面上昇量 (2°C上昇)} + \text{潮位偏差 (2°C上昇)} \\
 = & \quad \mathbf{T.P. + 1.0m} \quad + \quad \mathbf{0.4m} \quad + \quad \mathbf{\text{高潮推算結果(m)}}
 \end{aligned}$$

○検討波浪条件

$$\begin{aligned}
 & \text{県設定の50年確率波} \quad \times \quad \text{将来変化比 (2°C上昇)} \\
 = & \quad \mathbf{\text{準沖波波高(m)}} \quad \times \quad \mathbf{1.05}
 \end{aligned}$$



1. 技術検討部会における検討内容

1. 2. 気候変動の影響を踏まえた計画外力・防護水準の設定

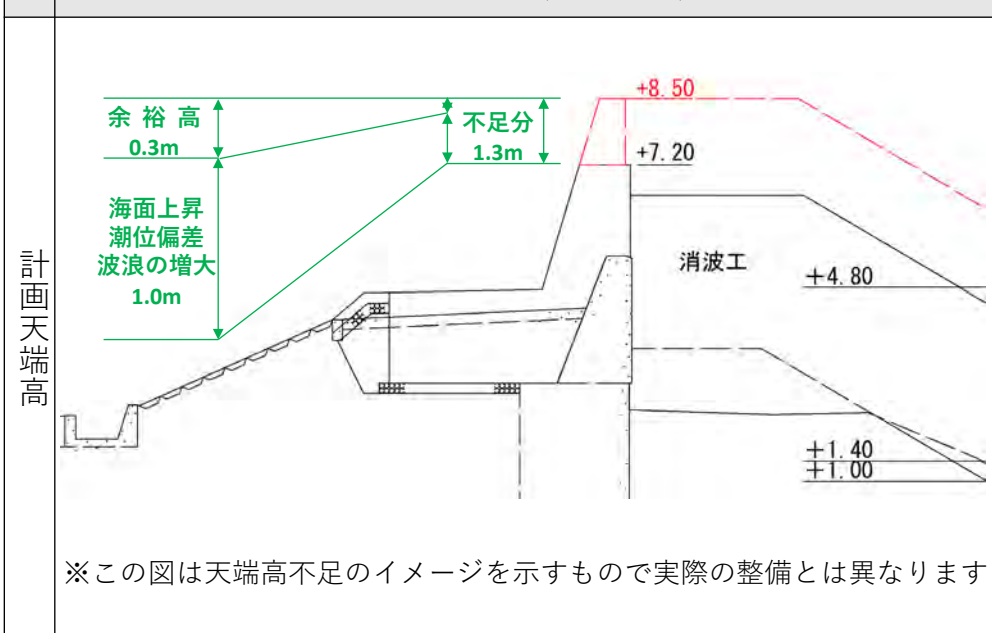
○計画天端高の算定例

■ 尼崎西宮芦屋港海岸丸島（平左衛門）地区の算定例を示す

■ 2100年将来気候での計画天端高は、現況より1.30m程度不足する

項目	検討条件				
	想定している気候条件	現在設計条件	現在気候 推算結果	将来気候 予測結果	
想定シナリオ	海面上昇量	—	2021年までの上昇量	2100年までの上昇量	
	台風中心気圧の変化比	—	—	1.09	
	モデル台風	モデル台風A (伊勢湾台風規模・ 室戸台風コース)	モデル台風B (伊勢湾台風規模・ T1821コース)	モデル台風B (伊勢湾台風規模・ T1821コース)	
施設条件	越波流量算定図の構造形式	消波			
	現況天端高	T.P.+7.20m			
	地盤高	T.P.-8.90m			
	許容越波流量	0.05 m ³ /s/m			
自然条件	海底勾配	1/30			
	朔望平均満潮位(台風期H.W.L.)	T.P.+0.90m	T.P.+1.00m	T.P.+1.00m	
	海面上昇量	0.00m	0.00m	0.40m	
	潮位偏差	3.00m	3.30m	3.40m	
	検討潮位条件	T.P.+3.90m	T.P.+4.30m	T.P.+4.80m	
	施設前面の水深h	12.80m	13.20m	13.70m	
	波浪条件	波向	SSW	SSW	SSW
		換算沖波波高Ho'	4.28m	4.30m	4.53m
		周期	8.5s	8.5s	8.7s
h/Ho'		2.99	3.07	3.02	
算定結果	換算天端高係数β	—	—	—	
	hc/Ho'	0.72	0.71	0.75	
	水面上天端高 hc	3.09m	3.06m	3.40m	
	最大津波水位	T.P.+2.49m		T.P.+3.04m	
	余裕高	—	—	0.30m	
	天端高の算定結果	T.P.+7.00m	T.P.+7.40m	T.P.+8.50m	
	現況天端高との比較	天端高確保	0.2m不足	1.3m不足	

標準断面図 (イメージ)



○計画天端高の内訳 (T.P.+7.20m ⇒ T.P.+8.50m)

- ① 計画高潮位 T.P.+4.80m
 台風期H.W.L. T.P.+1.00m
 海面上昇量 +0.40m (将来気候 2°C上昇)
 潮位偏差 +3.40m (将来気候 2°C上昇; 尼崎港区)

- ② 波浪の影響 +3.40m (将来気候 2°C上昇)
 ③ 余裕高 +0.30m

⇒ 計画天端高 ①+②+③ = T.P.+8.50m(2100年 将来気候 2°C上昇)

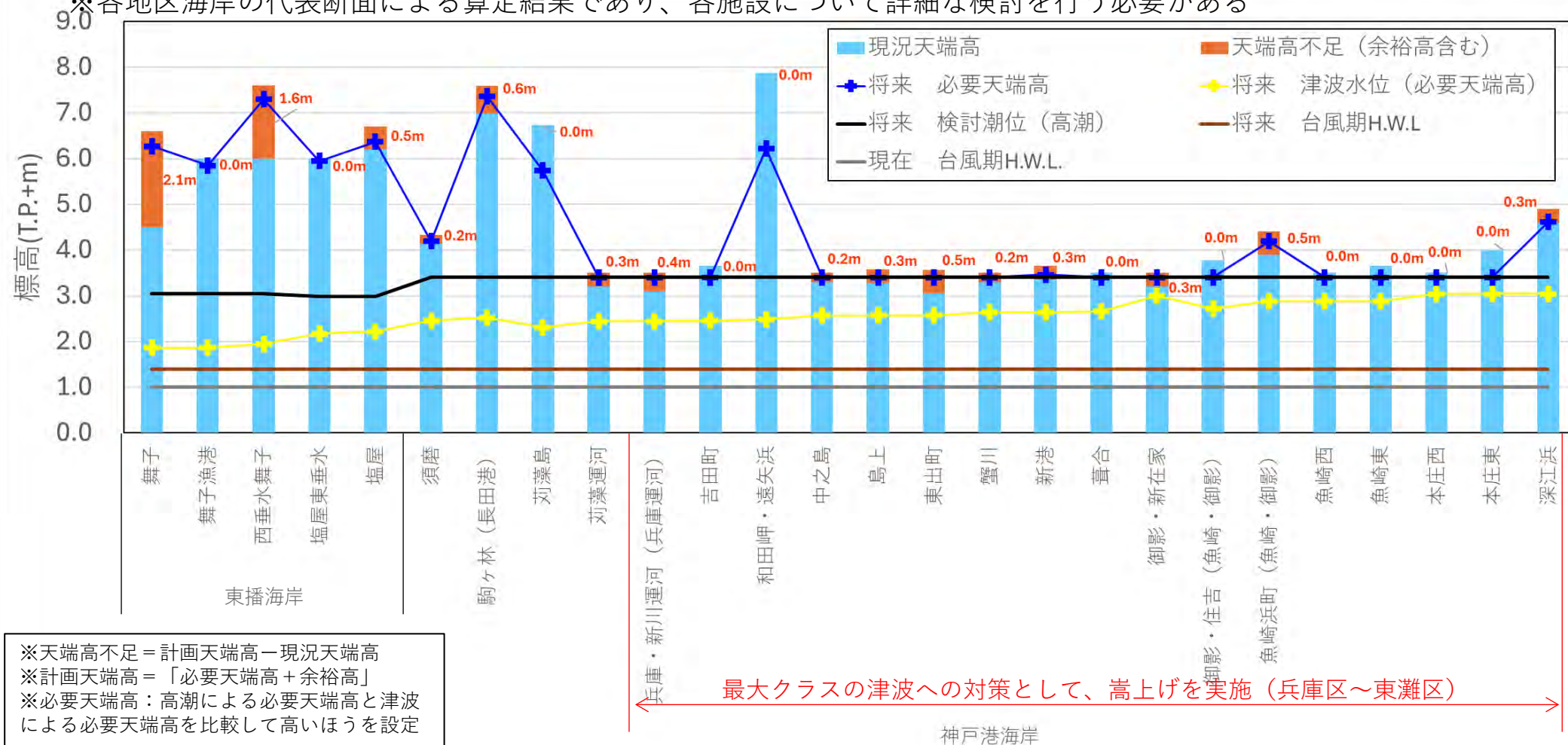
1. 技術検討部会における検討内容

1. 3. 計画諸元（計画天端高等）の設定

○計画天端高の設定

■東播海岸・神戸港海岸における各地区海岸の計画天端高は下図の通り

※各地区海岸の代表断面による算定結果であり、各施設について詳細な検討を行う必要がある



※天端高不足 = 計画天端高 - 現況天端高
 ※計画天端高 = 「必要天端高 + 余裕高」
 ※必要天端高：高潮による必要天端高と津波による必要天端高を比較して高いほうを設定

最大クラスの津波への対策として、嵩上げを実施 (兵庫区～東灘区)

- ・高潮・波浪の影響により計画天端高が設定される。天端高不足は、0.0m～2.1m程度
- ・神戸港海岸の兵庫区から東灘区にかけては、最大クラスの津波（南海トラフ巨大地震・津波）への対策として、最大1mの嵩上げを完了しているため、天端高の不足は小さい

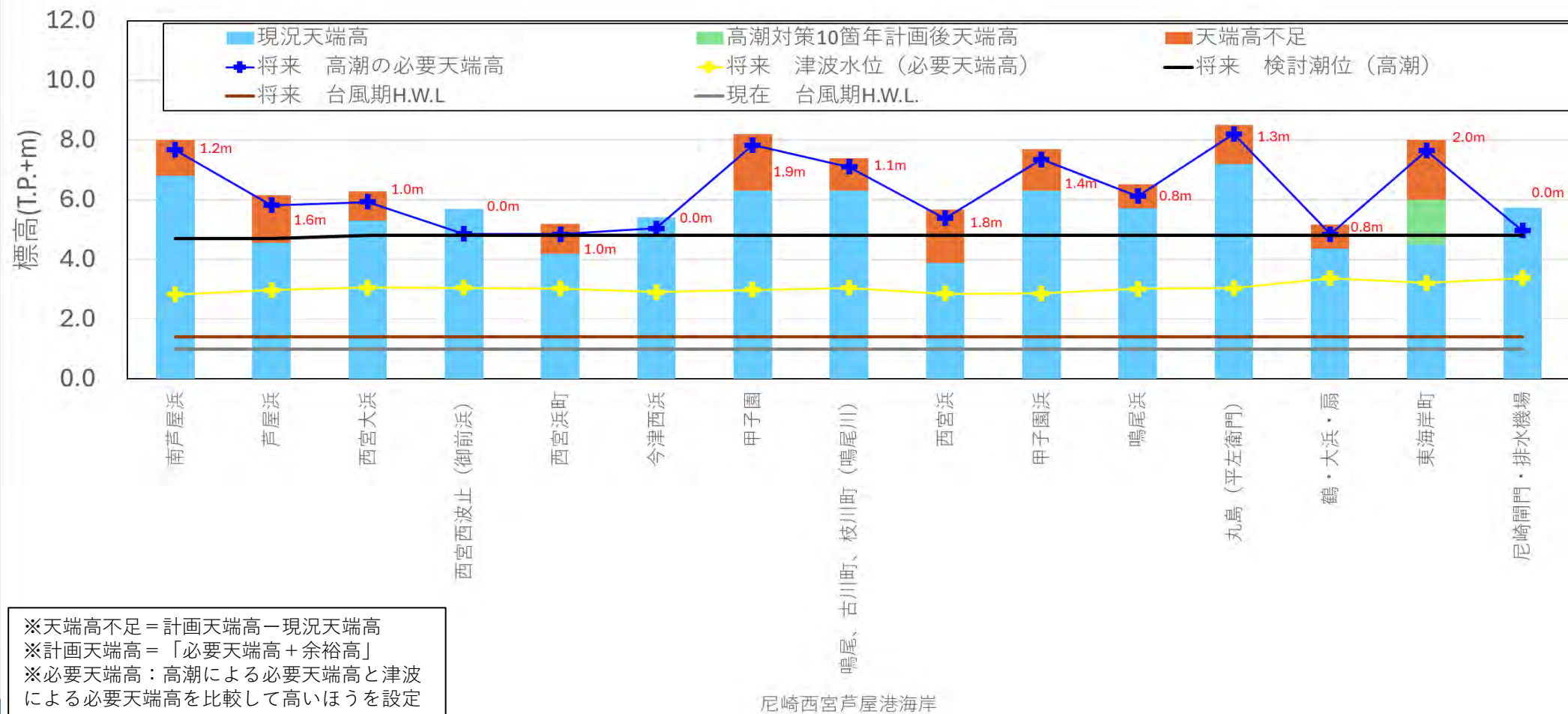
1. 技術検討部会における検討内容

1. 3. 計画諸元（計画天端高等）の設定

○計画天端高の設定

■尼崎西宮芦屋港海岸における各地区海岸の計画天端高は下図の通り

※各地区海岸の代表断面による算定結果であり、各施設について詳細な検討を行う必要がある



・高潮・波浪の影響により計画天端高が設定される。天端高不足は、0.0m～2.0m程度

1. 技術検討部会における検討内容

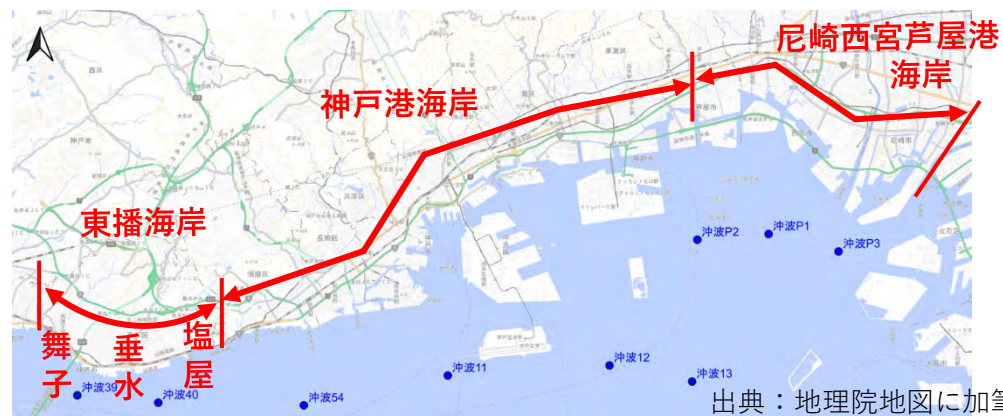
1. 3. 計画諸元（計画天端高等）の設定

○各地区海岸の計画諸元

●将来気候2℃上昇シナリオ

- ・海面上昇は2100年頃まで継続的に生じる想定
- ・高潮や高波は2040～50年頃にピークとなる想定

●目標年次 2100年



45

海岸名		現況天端高 (T.P.m)	計画天端高 (T.P.m)	天端高不足 (m)
東播海岸	舞子	4.50	6.60	2.10
	舞子漁港	6.00	6.00	0.00
	西垂水舞子	6.00	7.60	1.60
	塩屋東垂水	6.00	6.00	0.00
	塩屋	6.20	6.70	0.50
神戸港海岸	須磨	4.13	4.29	0.16
	駒ヶ林（長田港）	6.99	7.56	0.57
	苅藻島	6.73	6.73	0.00
	苅藻運河	3.20	3.50	0.30
	兵庫・新川運河（兵庫運河）	3.10	3.50	0.40
	吉田町	3.65	3.65	0.00
	和田岬・遠矢浜	7.87	7.87	0.00
	中之島	3.30	3.50	0.20
	島上	3.28	3.50	0.22
	東出町	3.06	3.50	0.44
	蟹川	3.30	3.50	0.20
	新港	3.35	3.56	0.21
	葺合	3.51	3.51	0.00
	御影・新在家	3.20	3.50	0.30
	御影・住吉（魚崎・御影）	3.77	3.77	0.00
	魚崎浜町（魚崎・御影）	3.90	4.39	0.49
	魚崎西	3.50	3.50	0.00
	魚崎東	3.65	3.65	0.00
	本庄西	3.50	3.50	0.00
	本庄東	4.00	4.00	0.00
深江浜	4.60	4.81	0.21	

海岸名		現況天端高 (T.P.m)	計画天端高 (T.P.m)	天端高不足 (m)
尼崎西宮芦屋港海岸	南芦屋浜	6.80	8.00	1.20
	芦屋浜	4.55	6.20	1.65
	西宮大浜	5.29	6.30	1.01
	西宮西波止（御前浜）	5.70	5.70	0.00
	西宮浜町	4.19	5.20	1.01
	今津西浜	5.40	5.40	0.00
	甲子園	6.30	8.20	1.90
	鳴尾、古川町、枝川町（鳴尾川）	6.30	7.40	1.10
	西宮浜	3.88	5.70	1.82
	甲子園浜	6.30	7.70	1.40
	鳴尾浜	5.71	6.50	0.79
	丸島（平左衛門）	7.20	8.50	1.30
	鶴・大浜・扇	4.37	5.20	0.83
	東海岸町	4.53	8.00	3.47
尼崎閘門・排水機場	5.73	5.73	0.00	

※各地区海岸の代表断面による算定結果である
 ※天端高不足の箇所については、嵩上げだけでなく、消波ブロックの整備など詳細な検討を実施した上で、気候変動の影響を考慮した「新たな整備計画」を策定

1. 技術検討部会における検討内容

1. 4. 防護対象区域の設定

■各地区海岸の計画天端高の設定値に基づき、天端高不足への対策を要する区域を検討

なお、代表断面による算定結果であり、各施設について詳細な検討を行う必要がある

●将来気候2℃上昇シナリオ

- ・海面上昇は2100年頃まで継続的に生じる想定
- ・高潮や高波は2040～50年頃にピークとなる想定

●目標年次 2100年

