

令和2年11月10日（火）
令和2年度 第2回
大阪府河川構造物等審議会
気候変動検討部会

資料3

改築する三大水門について設計条件として配慮すべき事項

（参 考 資 料）

西大阪地域における高潮計画

西大阪地域における高潮対策

- 旧淀川筋の防潮方式については、大型の防潮水門による方式を採用し、高潮時には防潮水門を閉鎖して高潮の遡上防御を図っている。
- 安治川、尻無川、木津川には国内では珍しいアーチ型の大水門が昭和45年に建設されている。



図 防潮水門方式



安治川水門 昭和45年3月完成

項目	内容
形式	アーチ型ゲート
径間	57.0m×1 [15.0×1]
有効幅員	55.4m
扉体	幅66.7m×高11.9m
閉鎖時 天端高	OP7.4m



尻無川水門 昭和45年11月完成

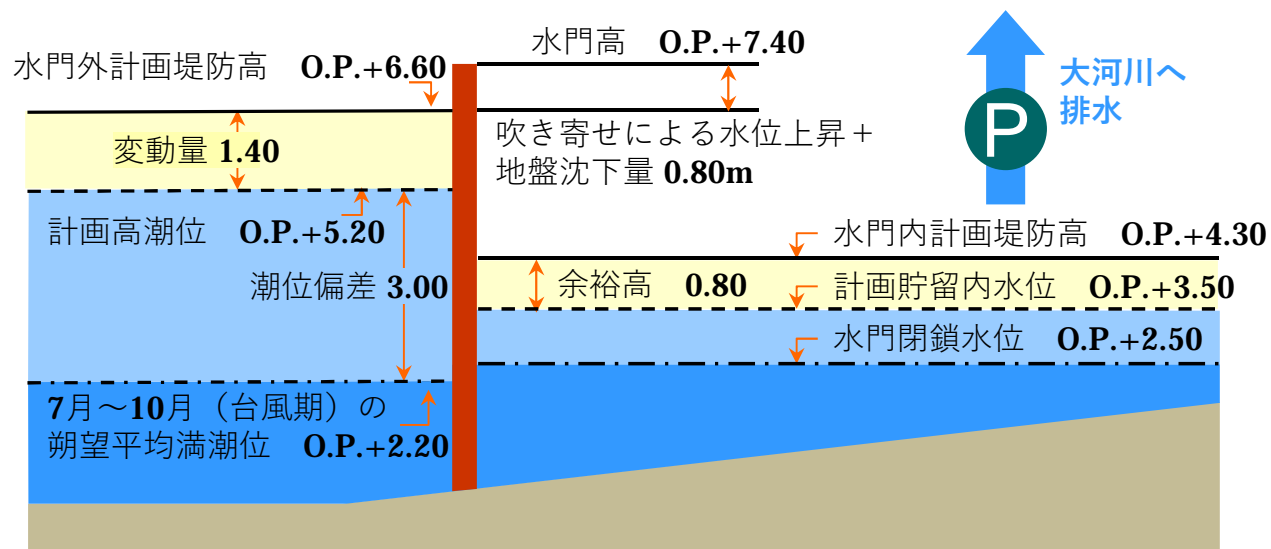


木津川水門 昭和45年11月完成

高潮計画の概要

- 大阪湾高潮計画は、各種機関で実施された様々なシミュレーションや水理模型実験結果と堤防構造や橋梁等の付帯工事、用地の問題等を検討、議論した結果、決定されている。

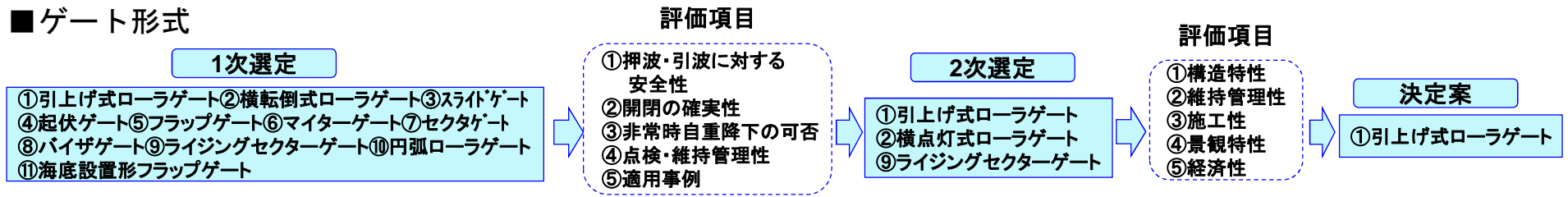
項目	内容	備考
計画目標	大阪湾高潮計画は、既往最大台風（伊勢湾台風：昭和34年9月）と同規模の大型台風が大阪湾において最悪となる経路（室戸台風経路：昭和9年9月）を通過して、満潮時に来襲した場合を想定して、防潮施設を整備することを目標としている。	
計画高潮位	O.P.+5.20m（=O.P.+2.20m+3.00m） <ul style="list-style-type: none"> ・O.P.+2.20m：S29～S38における7月から10月（台風期）の朔望平均満潮位 ・3.00m：潮位偏差（風の吹き寄せ、気圧の低下等による潮位の異常上昇高） 	
計画堤防高	O.P.+6.60m（=O.P.+5.20m+1.40m） <ul style="list-style-type: none"> ・O.P.+5.20m：計画高潮位 ・1.40m：変動量（打上げ波高・堰上高） 	防潮水門外における計画堤防高
閉鎖時水門高	O.P.+7.40m（=O.P.+5.20m+1.40m+0.20m+0.60m） <ul style="list-style-type: none"> ・O.P.+5.20m：計画高潮位 ・1.40m：変動量（打上げ波高・堰上高） ・0.20m：吹き寄せによる水位上昇（水門付近局所現象） ・0.60m：地盤沈下量 	



新たな三大水門について

- 現水門とは異なり高潮対策だけでなく津波対策も兼ねるため津波に対する安全性や停電時などの緊急時にも速やかにゲートが閉鎖する機能を確保することが求められる。
- 経済性や津波・高潮水門としての実績などの指標を基に総合的に最も優れる引上げ式構造ローラーゲートを採用する。




■ ゲート形式



	引上げ式構造ローラーゲート	横転式構造ローラーゲート	ライジングセクターゲート
事例	<p>琴ノ浦水門 (和歌山県)</p>	<p>大林水門 (岩手県)</p>	<p>天神川水門 (島根県)</p>

新たな三大水門について

- 三大水門(安治川水門・尻無川水門・木津川水門)の有する治水面での重要性を考慮し、老朽化に伴う寿命を迎える前に三大水門を改築することとし、木津川水門、安治川水門、尻無川水門の順に整備を行う。

整備箇所	整備期間		
	令和元年～令和10年	令和11年～令和20年	令和21年～令和30年
木津川水門改築		 現木津川水門寿命 (令和13年)	
安治川水門改築		 現安治川水門寿命 (令和16年)	
尻無川水門改築			 現尻無川水門寿命 (令和23年)

気候変動の現状と予測

IPCC第5次評価報告書の概要

- 気候変動に関する政府間パネル(IPCC)第40回総会が2014年10月27日～31日にデンマーク・コペンハーゲンにおいて開催され、IPCC第5次評価報告書統合報告書(AR5)が承認・公表された。
- この報告書で採用された4つの代表的濃度経路シナリオ(RCPシナリオ)に基づき、各国の研究機関で気候の将来予測が実施されている。

●SPM 1.1 気候システムの観測された変化

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

●SPM 2.2 気候システムにおいて予測される変化

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

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

●SPM 3.2 緩和及び適応によって低減される気候変動リスク

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

●SPM 3.3 適応経路の特徴

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


●SPM 4.2 適応のための対応の選択肢

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

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

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

< RCPシナリオの概要 >¹⁾

< RCPシナリオの概要 > ¹⁾		< 将来予測 > ²⁾	
略称	シナリオ (予測) のタイプ	世界平均地上気温 (可能性が高い予測値)	世界平均海面水位 (可能性が高い予測値)
 RCP 2.6	低位安定化シナリオ (世紀末の放射強制力 2.0W/m ²) 将来の気温上昇を2°C以下に抑えるという目標のもとに開発された排出量の最も低いシナリオ	+0.3~1.7°C	+0.26~0.55m
 RCP 4.5	中位安定化シナリオ (世紀末の放射強制力 4.5W/m ²)	+1.1~2.6°C	+0.32~0.63m
 RCP 6.0	高位安定化シナリオ (世紀末の放射強制力 6.0W/m ²)	+1.4~3.1°C	+0.33~0.63m
 RCP 8.5	高位参照シナリオ (世紀末の放射強制力 8.5W/m ²) 2100年における温室効果ガス排出量の最大排出量に相当するシナリオ	+2.6~4.8°C	+0.45~0.82m

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

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

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

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

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

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

出典：気候変動を踏まえた海岸保全のあり方検討委員会(第1回) 資料3

IPCC 海洋・雪氷圏特別報告書（SROCC※）

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

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

概要

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

各報告書の構成

- 海洋・雪氷圏特別報告書(SROCC)
 - 第1章: 報告書の構成と背景
 - 第2章: 高山地域
 - 第3章: 極域
 - 第4章: 海面水位上昇並びに低海拔の島嶼、沿岸域及びコミュニティへの影響**
 - 第5章: 海洋、海洋生態系及び依存するコミュニティの変化
 - 第6章: 極端現象、急激な変化及びリスク管理

- 政策決定者向け要約(SPM)
 - はじめに
 - セクションA: 観測された変化及び影響
 - セクションB: 予測される変化及びリスク**
 - セクションC: 海洋及び雪氷圏の変化に対する対応の実施

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

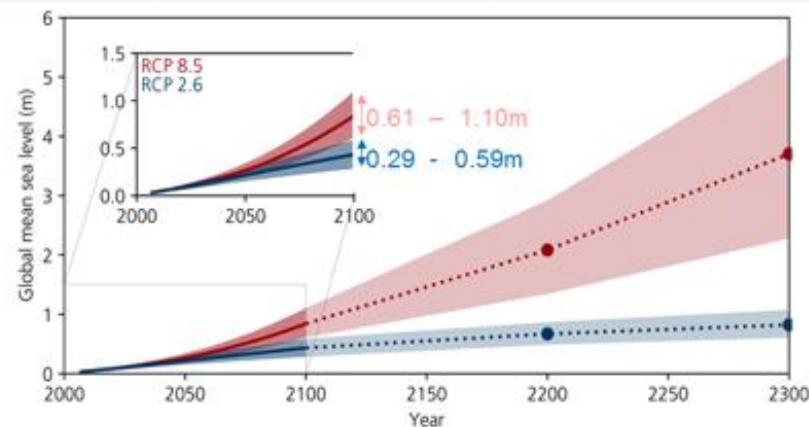


図: 1986～2005年に対する2300年までの予測される海面上昇(確信度: 低)
(挿入図は、RCP2.6及びRCP8.5の2100までの予測範囲の評価を示す 確信度: 中)

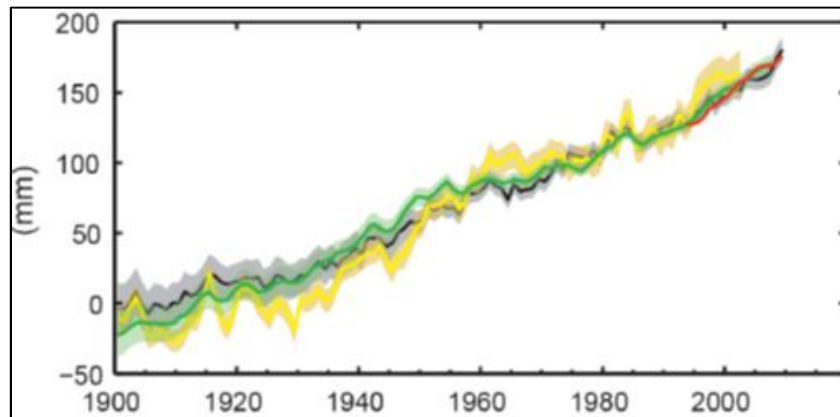
出典: 気候変動に関する政府間パネル(IPCC)「海洋・雪氷圏特別報告書」の公表(第51回総会の結果)について
(環境省令和元年9月28日付け報道発表) <https://www.env.go.jp/press/107242.html>

出典: SROCC, 2019年9月
https://report.ipcc.ch/srocc/pdf/SROCC_FinalDraft_FullReport.pdf

出典: 気候変動を踏まえた海岸保全のあり方検討委員会(第1回) 資料3

近年の海面水位の変動について

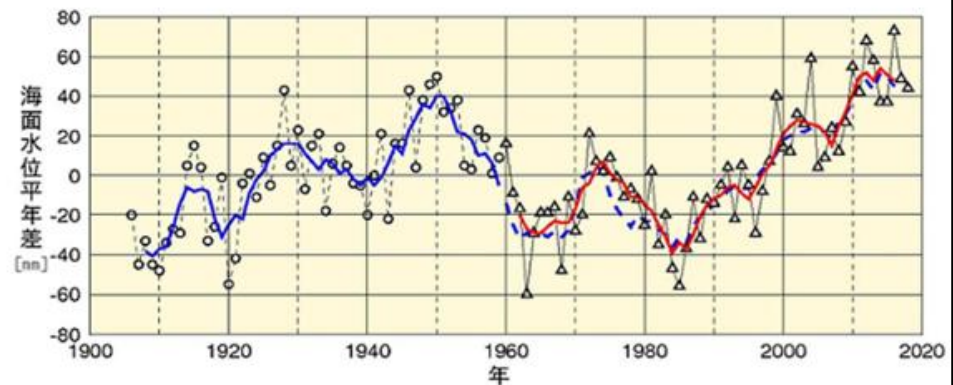
- 世界平均の海面水位は、明瞭な上昇傾向がある。
- 日本沿岸の海面水位は、1906～2018年の期間では上昇傾向は見られないものの、1980年代以降、上昇傾向が見られる。
- 1971～2010年の期間で1年あたり1.1 [0.6～1.6] mm の割合で上昇し、1993～2010年の期間で1年あたり2.8 [1.3～4.3] mm の割合で上昇した。近年だけで見ると、日本沿岸の海面水位の上昇率は、世界平均の海面水位の上昇率と同程度になっている。
- 日本沿岸の海面水位は、1906～2018年の期間を通して、10年から20年周期の変動がある。



世界平均海面水位の経年変化

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

出典: IPCC 第5次評価報告書



日本沿岸の年平均海面水位の経年変化(1906～2018年)

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

青実線は4地点平均の平年差の5年移動平均値、
赤実線は4海域平均の平年差の5年移動平均値を示す。

出典: 気候変動監視レポート2018(気象庁)

出典: 気候変動を踏まえた海岸保全のあり方検討委員会(第1回) 資料3

治水計画等の見直しの考え方

- 河川整備計画は、現時点においては2度上昇を踏まえた整備計画目標に見直す。見直しにあたっては、手戻りの少ない整備手順、施設能力を上回る洪水にも減災効果の高い対策(危機管理対策)を選定。
- 河川整備基本方針についても順次見直すことが望ましい。
- 施設の更新時期や耐用年数を考慮し、原則として2度上昇に対応した設計に加えて、4度上昇のシナリオも視野に入れた構造上の工夫を実施。

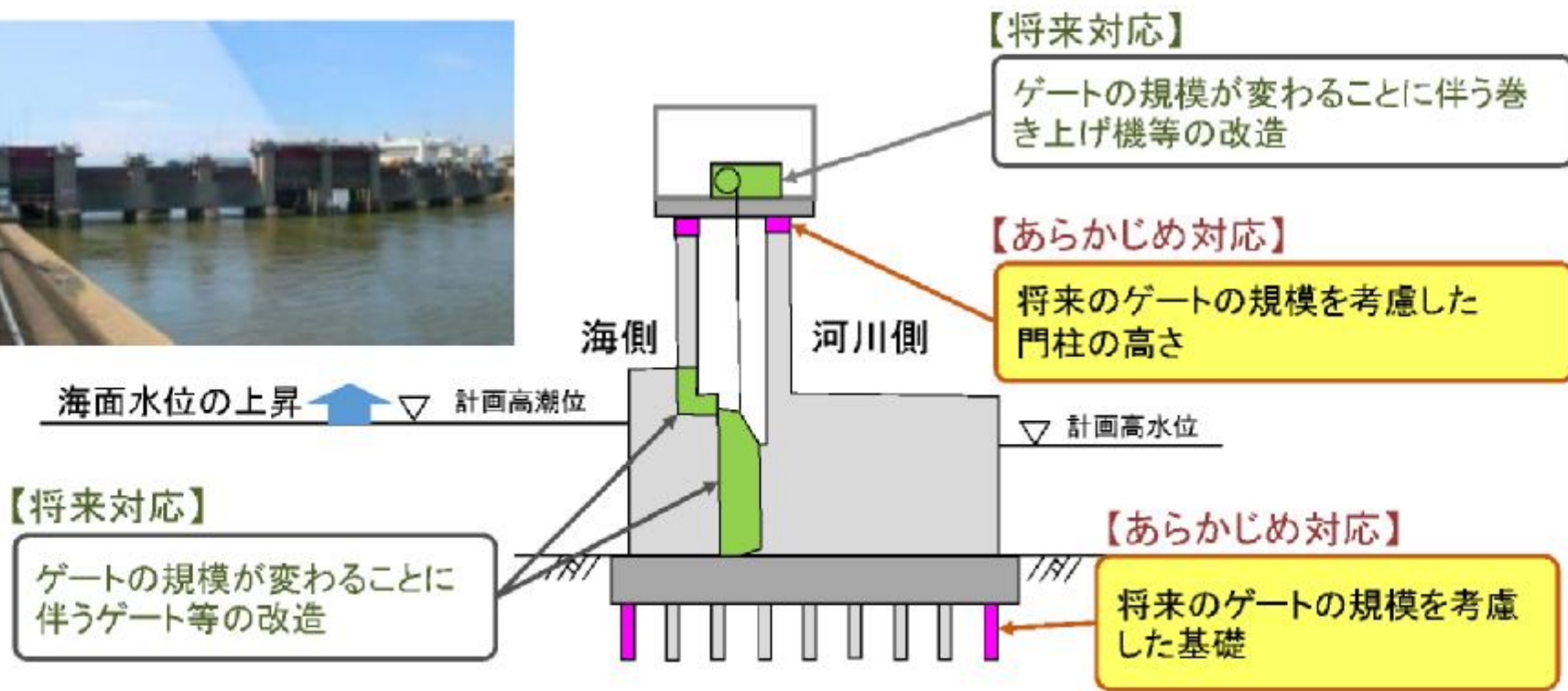
①治水計画の見直しの方向性		②施設設計上の対応	③危機管理上の対応
(河川整備基本方針)	(河川整備計画)		
<p>【基本的な考え方】</p> <p>○基本高水のピーク流量について、あらかじめ気候変動の影響を考慮して設定することが基本。</p> <p>○ただし、多くの河川においては河川整備計画の目標は河川整備基本方針の目標に比べて相当低いことから、まずは現在の河川整備基本方針に向けた整備を加速することを優先。</p>	<p>【基本的な考え方】</p> <p>○気候変動によって実質的な治水安全度が低下する状況においても、河川整備計画の目標年度で目標とする治水安全度を確保。</p> <p>○なお、気候変動が進行する中でも、目標とする安全度を確保していくには、河川整備を加速していくことが必要。</p>	<p>【基本的な考え方】</p> <p>○施設の耐用年数経過時点において、必要とされる安全性が確保されるように、気候変動の影響を考慮。</p> <p>○耐用年数の長い施設については、予測の不確実性も踏まえ、容易かつ安価に改造できるような設計上の工夫を実施。</p>	<p>【基本的な考え方】</p> <p>○施設能力を上回る洪水が発生することを想定し、地域と連携し、気象予測精度の向上等も踏まえた減災効果の高い対策を実施。</p>

出典：気候変動を踏まえた治水計画のあり方 提言 参考資料

できるだけ手戻りのない施設の設計

- 将来の海面水位の増加等に対してできるだけ容易に改造ができるよう設計
- 将来の改造が難しい門柱や基礎はあらかじめ対応し、将来交換が必要なゲート等や機械類等については更新時に対応

（例）海面水位上昇に対する水門設計での対応イメージ



気候変動を踏まえた海岸保全のあり方 提言（概要）

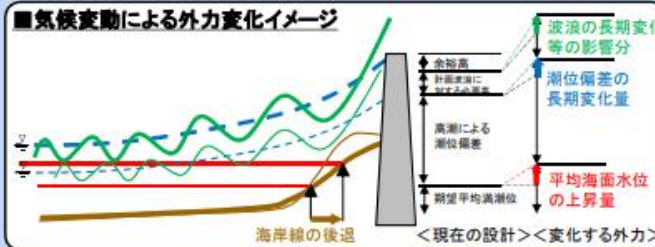
気候変動を踏まえた海岸保全のあり方 提言【概要】

○ 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。

- ハリ協定の目標と整合するRCP2.6(2℃上昇に相当)を前提に、影響予測を海岸保全の方針や計画に反映し、整備等を推進。
- 平均海面水位が2100年に1m程度上昇する悲観的予測(RCP8.5(4℃上昇に相当))も考慮し、これに適應できる海岸保全技術の開発を推進、社会全体で取り組む体制を構築。

I 海岸保全に影響する気候変動の現状と予測

- ・ IPCCのレポートでは「気候システムの温暖化には疑う余地はない」とされ、SROCCによれば、2100年までの平均海面水位の予測上昇範囲は、RCP2.6(2℃上昇に相当)で0.29-0.59m、RCP8.5(4℃上昇に相当)で0.61-1.10m。



<気候変動影響の将来予測>

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

II 海岸保全に影響する外力の将来変化予測

- ・ 潮位偏差や波浪の長期変化量の定量化に向けて、気候変動の影響を考慮した大規模アンサンブル気候予測データベース(d4PDF)の台風データ及び爆弾低気圧データを対象にした現在気候と将来気候の比較を実施。
- ・ d4PDFが活用できることを確認。

<現在気候と将来気候の比較>

	台風トラックデータ	爆弾低気圧トラックデータ
最低中心気圧	極端事象は将来気候の最低中心気圧が低下傾向	再現期間100年以上を除いて現在気候と将来気候は同程度
高潮時の潮位偏差	極端事象は将来気候の方が相対的に上昇	再現期間100年以上を除いて現在気候と将来気候は同程度

<今後の課題>

- ・ 適切なバイアス補正方法を含めた将来変化の定量化
- ・ 日本各地の海岸の将来変化の定量化
- ・ 波浪の長期変化量の定量化

III 今後の海岸保全対策

- ・ 気候変動の影響を踏まれば、将来的に現行と同じ安全度を確保するためには、必要となる防護水準が上がるのが想定される。
- ・ 高潮と洪水氾濫の同時生起など新たな形態の大規模災害の発生も懸念される。
- ・ 悲観的シナリオでの海面上昇量では、沿岸地域のみならず、社会構造全体に深刻な影響をもたらす可能性がある。

⇒ 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

III-1 高潮対策・津波対策

- ・ 平均海面水位は徐々に上昇し、その影響は継続して作用し、高潮にも津波にも影響。ハード対策とソフト対策を適切に組み合わせ、今後整備・更新していく海岸保全施設(堤防、護岸、離岸堤等)については、整備・更新時点における最新の期望平均満潮位に、施設の耐用年数の間に将来的に予測される平均海面水位の上昇量を加味する。
- ・ 潮位偏差や波浪は、平均海面水位の予測より不確実性が大きいものの、極値が上がると予測される。最新の研究成果やd4PDF等による分析を活用し、将来的に予測される潮位偏差や波浪を適切に推算し対策を検討する。

<海岸保全における対策>

- ・ 地域の実情や背後地の土地利用や環境にも配慮しつつ、将来の外力変化の予測に応じた堤防等のかさ上げや面的防護方式による整備の推進
- ・ 堤防の粘り強い構造や排水対策等の被害軽減策の促進
- ・ 将来的な外力変化とライフサイクルコストをともに考慮した最適な更新及び戦略的な維持管理
- ・ 海象や地形、海岸環境のモニタリングの強化及び海岸保全施設の健全度評価の強化

<他分野との連携が必要な対策>

- ・ 高潮浸水想定区域の指定促進等、リスク情報や避難判断に資する情報提供の強化
- ・ 高潮と洪水の同時生起も想定し、堤防等のハード整備の充実を目指すとともに、水害リスクを考慮した土地利用やまちづくりと一体となった対策の推進
- ・ 沿岸地域における水害にも配慮したBCPの作成

III-2 侵食対策

- ・ 海浜地形の予測はさらに不確実性が大きいので、モニタリングを充実するとともに予測モデルの信頼度を高める。
- ・ 沿岸漂砂による長期的な地形変化に対しては、全国的な気候変動の影響予測を実施する。
- ・ 高波時に問題となる岸沖漂砂による急激な侵食については、機動的なモニタリングを充実する。
- ・ 30～50年先を見据えた「予測を重視した順応的砂浜管理」を実施する。防護だけでなく環境・利用上の砂浜の機能も評価する。
- ・ 総合土砂管理計画の作成及び河川管理者やダム管理者等とも協力した対策の実施など、流域との連携を強化する。

IV 今後5～10年の間に着手・実施すべき事項

- ・ 海象や海岸地形等のモニタリングやその将来予測、さらに影響評価、適応といった、海岸保全における気候変動の予測・影響評価・適応サイクルを確立し、継続的・定期的に対応を見直す仕組み・体制を構築。
- ・ 地域のリスクの将来変化について、防護だけでなく環境や利用の観点も含め、定量的かつわかりやすく地域に情報提供するとともに、地域住民やまちづくり関係者等とも連携して取り組む体制を構築。

気候変動を踏まえた設計外力の設定

気候変動シナリオについて

- 最新のIPCC第5次報告書(AR5)で採用されたRCPシナリオのうち、国土交通省による「気候変動を踏まえた治水計画のあり方提言(以下、提言)」に基づき、RCP2.6(2度上昇相当)、RCP8.5(4度上昇相当)シナリオを基本として気候変動を踏まえた設計外力を検討する。

<RCPシナリオについて>

- RCPシナリオ: 代表濃度経路シナリオ (Representative Concentration Pathways)
- IPCC第5次報告書において、気候の予測や影響評価を行うため用いられた。

<シナリオの概要>

<将来予測>

中程度の確信度

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

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

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

文部科学省・経済産業省・気象庁・環境省, IPCC第5次評価報告書 第1次作業部会報告書(自然科学的根拠)の公表について, 2015.3 <http://www.env.go.jp/press/files/jp/23096.pdf>

使用する気候変動予測データ

- AR5のシナリオに基づき、日本周辺を対象とした予測実験は多数実施されている。
- 本検討に用いる将来気候における台風変化の分析に使用する気候変動予測データは、以下の理由からd2PDF(2度上昇)、d4PDF(4度上昇)を使用する。
 - 最新のIPCC第5次評価報告書のRCPシナリオに基づいている。
 - 大規模アンサンブル実験により、発生頻度の低い極端気象について統計的な評価が可能。

名称		気候変動シナリオ	領域モデル解像度	ダウンスケーリング手法	領域モデル	対象期間	計算パターン及び公表状況
約20年の計算	NHIRCM20 21世紀末における日本の気候 【環境省・気象庁】	RCP2.6/4.5	20km	力学的	NHIRCM20	現在:1984-2034 将来:2080-2130	現在:3パターン 将来:3パターン(RCP2.6)、9パターン(RCP4.5)
	NHIRCM02 統合プログラム 【文科省】	RCP2.6	5km/2km	力学的	NHIRCM02	現在:1980-1999 将来:2076-2095	現在:4パターン 将来:4パターン
	NHIRCM05 統合プログラム 【文科省】	RCP4.5	5km/2km	力学的	NHIRCM05	現在:1980-1999 将来:2076-2095	現在:4パターン 将来:4パターン
膨大なアンサンブル計算	d4PDF(20km) 統合プログラム 【文科省】	RCP4.5相当 (2℃上昇)	20km	力学的	NHIRCM20	現在:1951-2010 将来:2051-2110	現在:30パターン 将来:90パターン(ESST×15変動)
	d4PDF(5km,SI-GAT) SI-GAT【文科省】	RCP4.5相当 (2℃上昇)	5km	力学的	NHIRCM05	現在:1980-2011 将来:2080-2111	現在:12パターン 将来:12パターン(ESST×2変動)
	d4PDF(5km,vamada) SI-GAT【文科省】	RCP4.5相当 (2℃上昇)	5km	力学的	NHIRCM05	現在:1951-2010 将来:2051-2110	現在:30パターン 将来:90パターン
	d2PDF(20km,SI-GAT) SI-GAT【文科省】	RCP4.5相当 (2℃上昇)	20km	力学的	NHIRCM20	現在:1951-2010 将来:2031-2090	現在:30パターン 将来:90パターン(ESST×6変動)

※一部、公開手続き中のものを含む。

※NHIRCM02については、複数パターンの計算が行われており、そのうち一部が公開されている(今後、順次公開予定)。

※現在、d2PDF(20km)の解像度5kmへのダウンスケーリング計算(d2PDF(5km))が実施中。

※出典:気候変動を踏まえた治水計画のあり方 提言 参考資料

使用する気候変動予測データ(d4PDF、d2PDFの概要)

- d4PDF は、温暖化対策策定等への活用を目的として、文科省・気候変動リスク情報創生プログラムおよび海洋研究開発機構・地球シミュレータ特別推進課題において作成されたものである。
- 現在気候で3000パターン、将来気候(2度上昇)で3240パターン、将来気候(4度上昇)で5400パターンの予測データが整備されている。

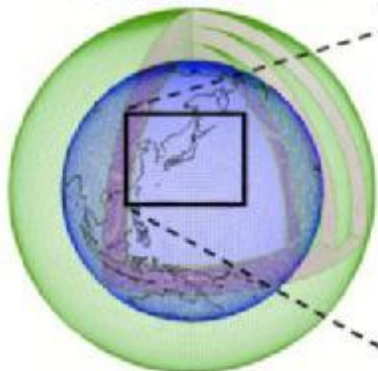
■d4PDF、d2PDFの特徴

- 気象研究所全球大気モデルMRI-AGCMを用いた全球モデル実験と日本をカバーする気象研究所領域気候モデルNHRCMを用いた領域モデル実験で構成される。
- 領域モデル実験では、全球モデル実験の結果を用いて、水平格子間隔20kmにダウンスケーリングを行ったものである。
- 産業革命(1850年)以前に比べて全球平均温度が4°C上昇した世界をシミュレーションした将来気候のデータ(d4PDF)と全球平均温度が2°C上昇した世界をシミュレーションした将来気候のデータ(d2PDF)、さらに観測された海面水温等のデータを与えた現在気候のデータが整備されている。

全球モデル実験

AGCM

(水平解像度約60km)

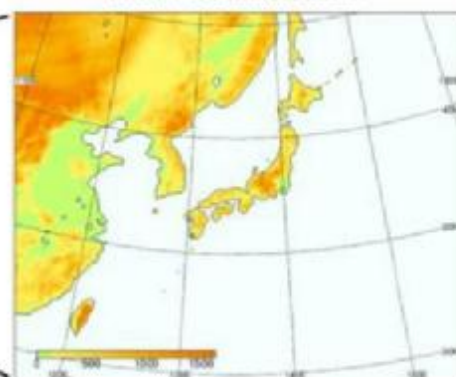


(画像:気象庁提供)

領域モデル実験

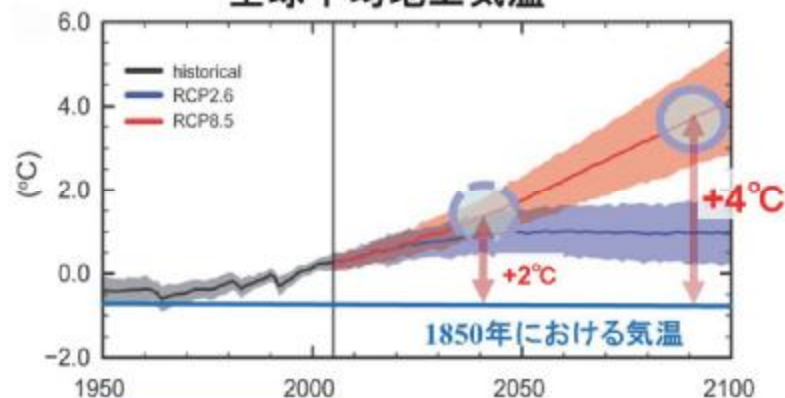
NHRCM

(水平格子間隔20km)



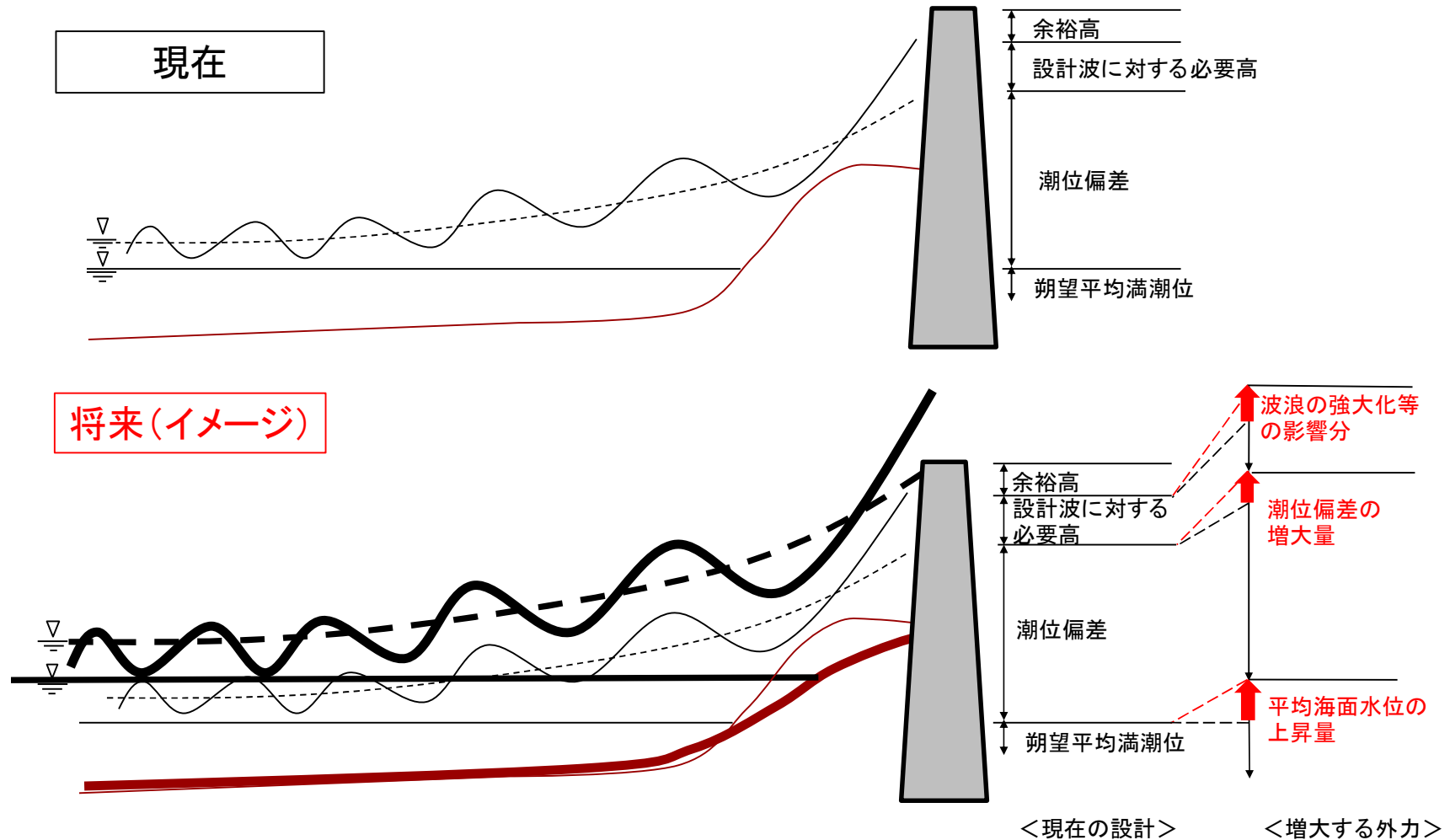
※「地球温暖化対策に資するアンサンブル気候予測データベース」
HPより抜粋

全球平均地上気温



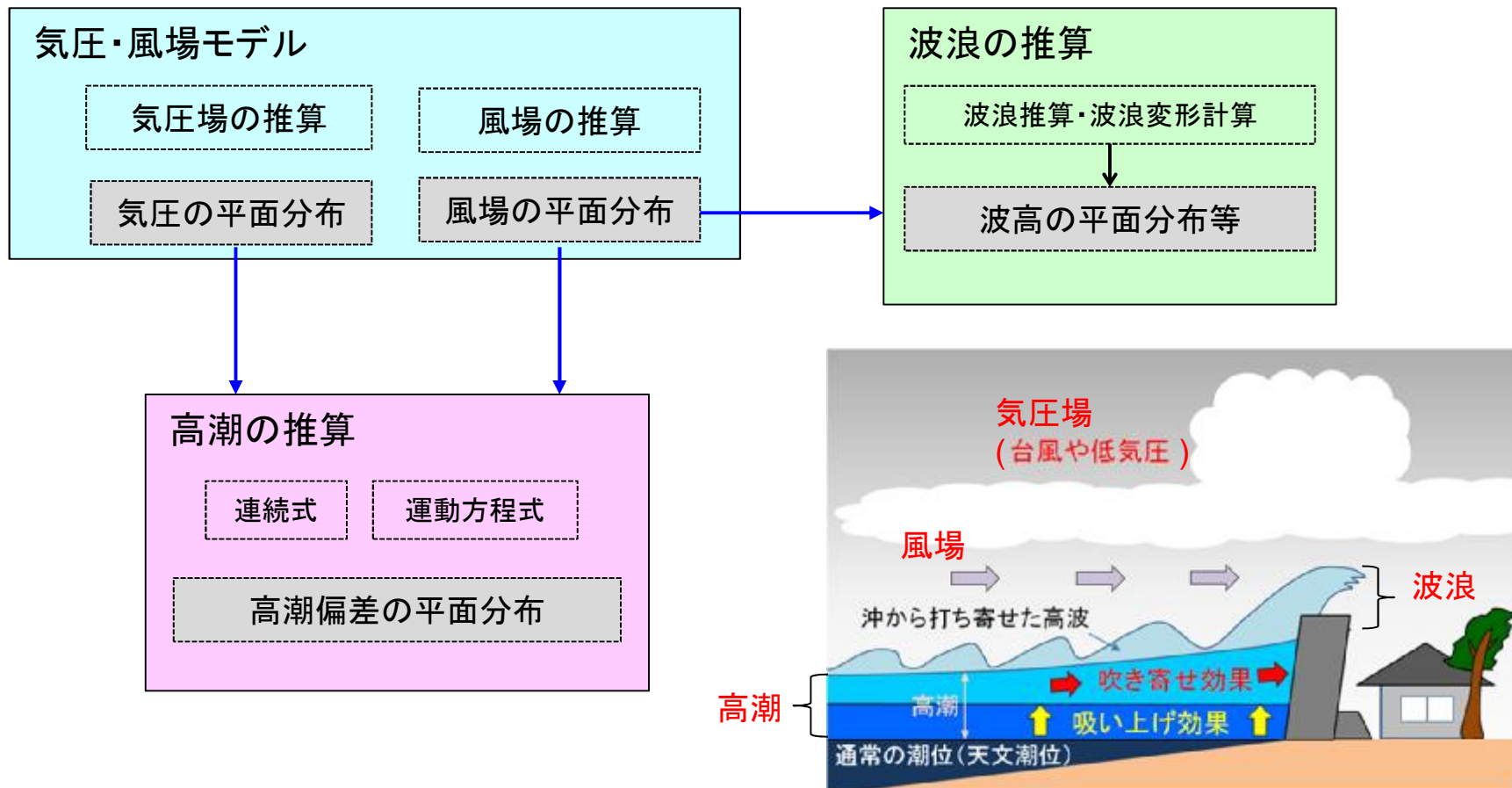
新水門設計にあたっての高潮シミュレーションの必要性

- 気候変動によって、海面水位の上昇や台風が強くなることに伴う潮位偏差の増大が想定されており、浸水リスクが増加する。
- 新水門については、長期的に機能を発揮するため、将来予測される気候変動を考慮した高潮シミュレーションにより設計外力を設定する。



高潮シミュレーションの概要

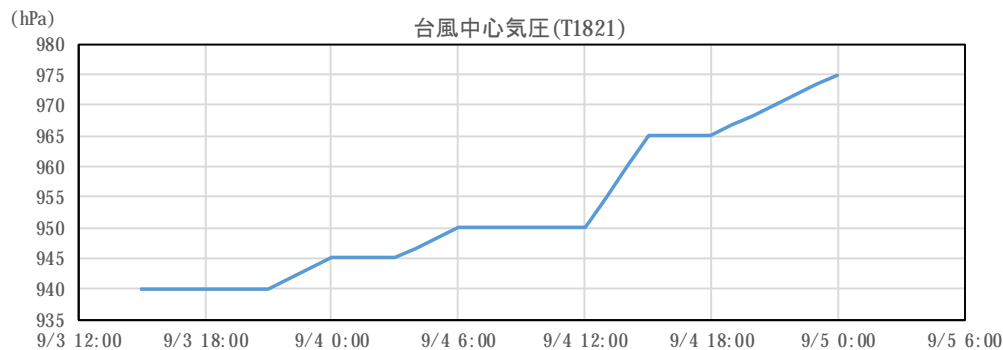
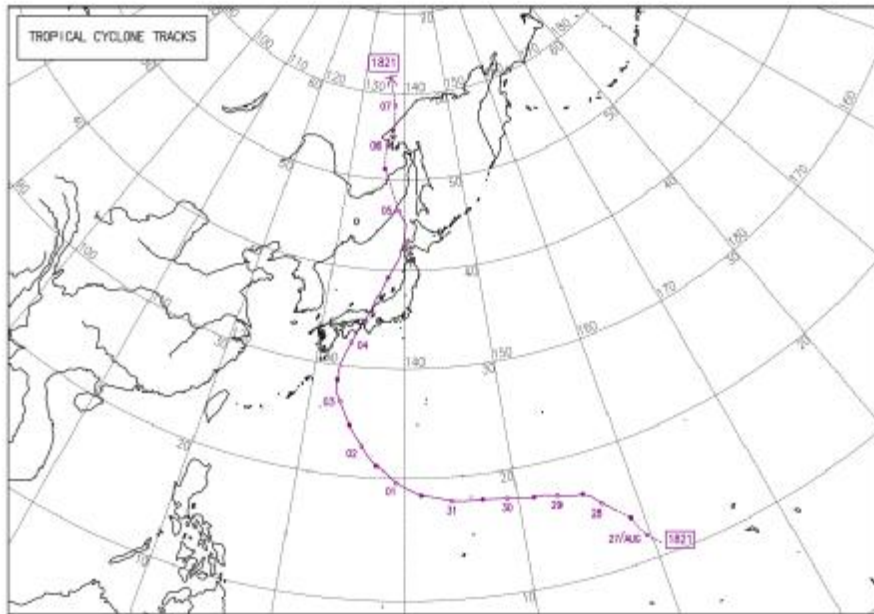
- 高潮シミュレーションは、「高潮浸水想定区域図作成の手引きVER.1.10(案)H27.7」を参考に、台風による気圧場・風場を推定する気圧・風場モデルとその結果を計算条件とする高潮推算モデルと波浪推算モデルの構成とする。
- 気圧・風場モデルに気候変動に伴う台風の変化を反映して、将来気候における高潮等の解析を行う。



解析モデルの検証（平成30年台風21号による再現計算）

- 構築したモデルにより平成30年台風21号台風の再現計算を実施し、モデルの再現精度を確認する。
- 台風経路及び台風中心気圧は、気象庁ベストトラックデータを基に設定する。
- 台風旋衡風半径は、台風経路近傍の5観測所の観測気圧より逆算して設定する。

■ 台風経路(台風中心位置・気圧)

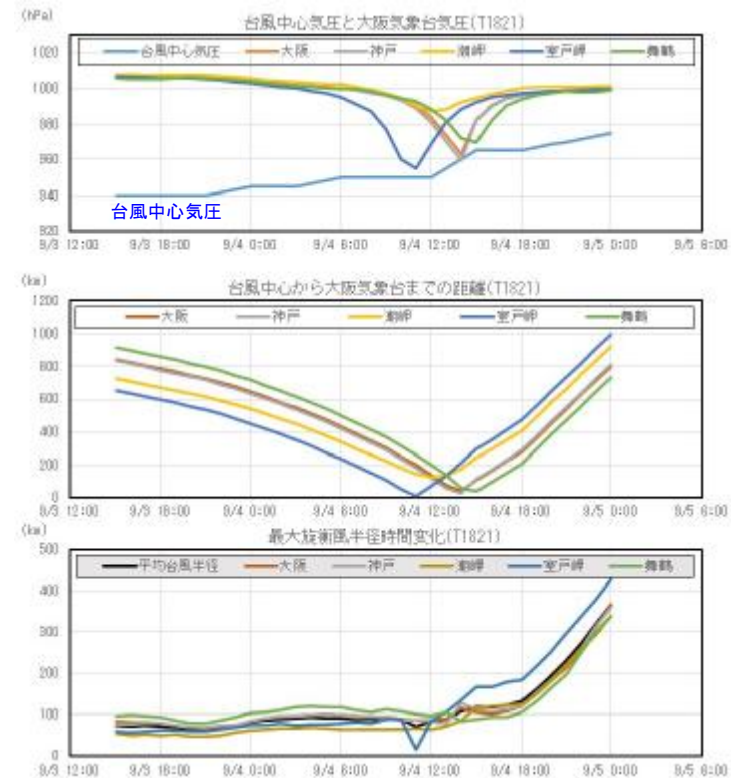


■ 最大旋衡風半径の設定

台風旋衡風半径は、台風中心位置、気圧と台風経路近傍の5観測所の観測気圧より逆算して設定した。

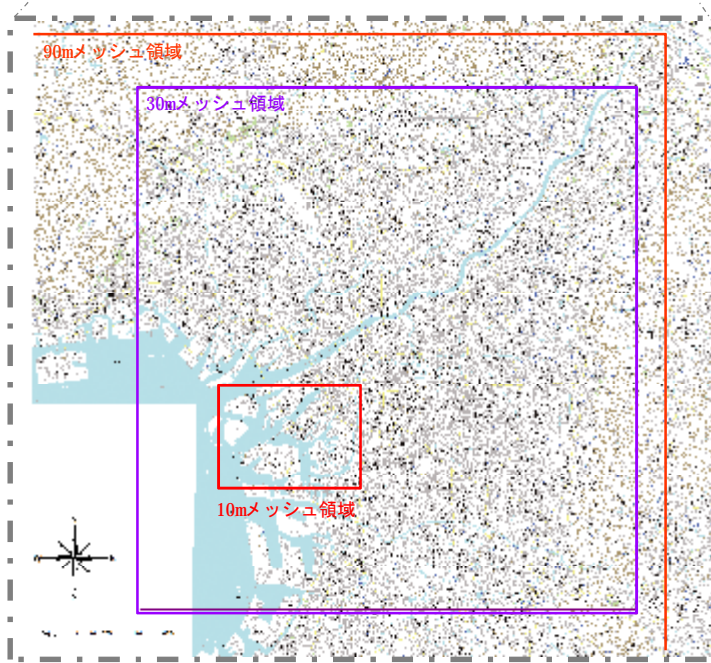
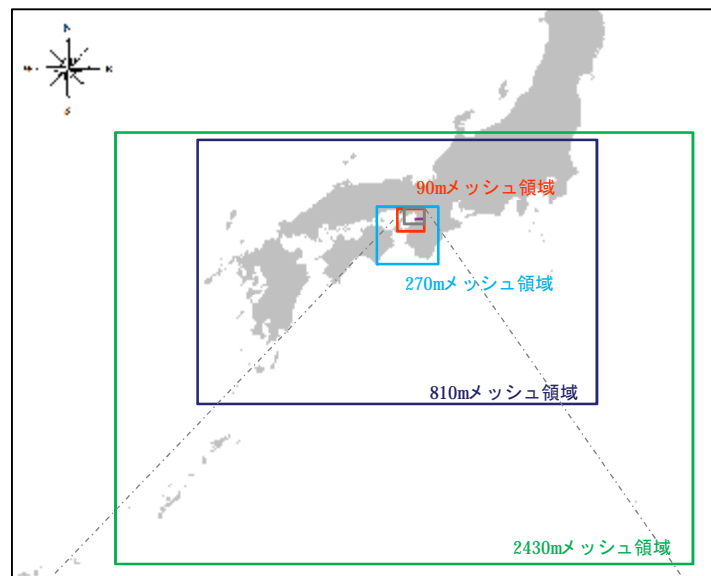
$$p = p_c + Dp \exp\left(-\frac{r_0}{e} \frac{\partial}{\partial r}\right) \longrightarrow r_0 = -r' \ln\left(\frac{p - p_c}{Dp} \frac{\partial}{\partial r}\right)$$

ここに、 P_c : 台風中心気圧(hPa)、 p : 任意の地点の気圧(hPa)、 Δp : 気圧深度(= $p_\infty - p_c$)
 P_∞ : 無現遠点の気圧(ここでは標準気圧1013hPaを設定)、
 r_0 : 最大旋衡風半径(km)、 r : 台風中心から任意の地点までの距離(km)



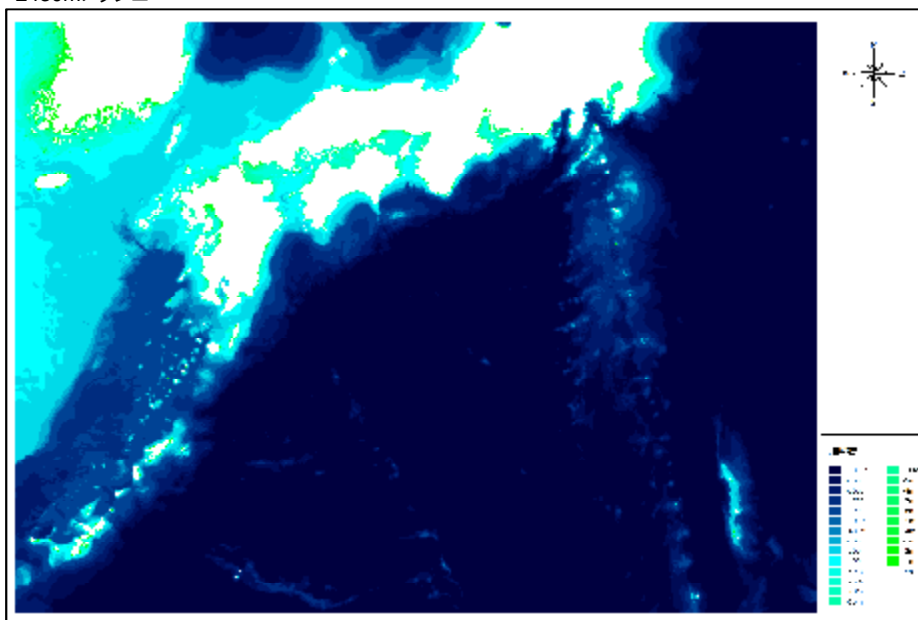
解析モデルの検証（平成30年台風21号による再現計算）

■計算対象領域

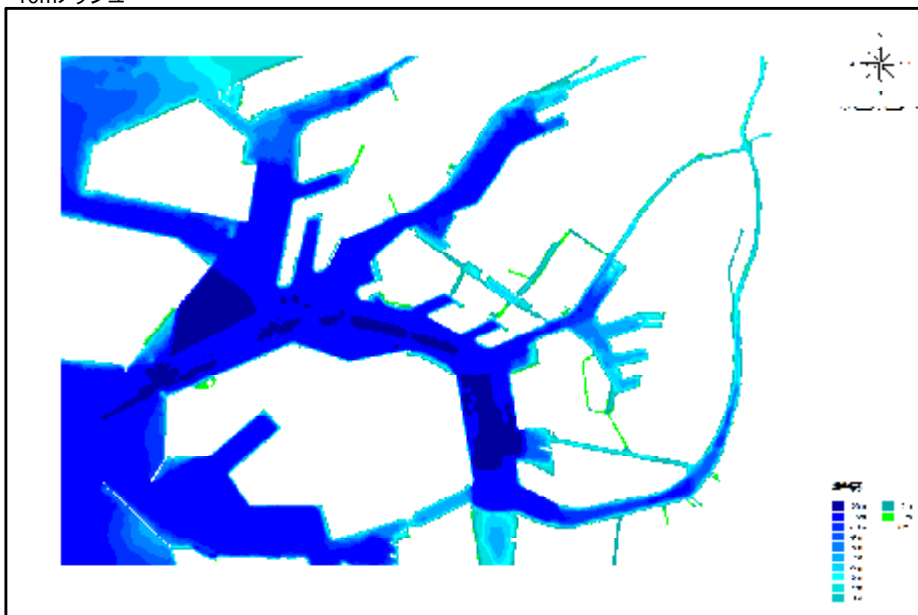


■地盤高

2430mメッシュ



10mメッシュ



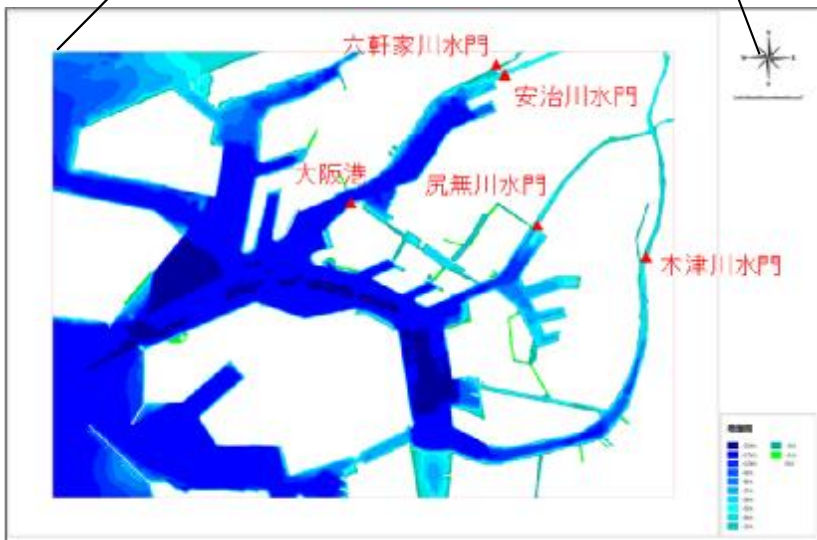
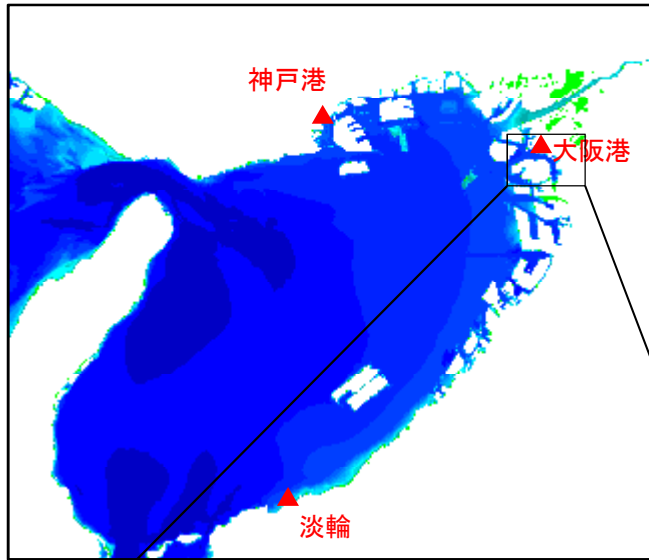
解析モデルの検証（平成30年台風21号による再現計算）

- 気圧・風場推算の変換係数C1、C2を大阪湾内海域は0.6～0.7まで0.025間隔で5ケース設定、水門地点周辺を含む10mメッシュ区間は内陸に位置するため、0.4～0.65まで6ケース設定し、最適な定数を検証する。

項目		モデルの再現性検証のための解析条件	備考
解析対象範囲		南北方向:約1300km、東西方向:約1750km (2,430mメッシュの解析領域)	
解析格子サイズ		$\Delta x = \Delta y = 2,430\text{m} \rightarrow 810\text{m} \rightarrow 270\text{m} \rightarrow 90\text{m} \rightarrow 30\text{m} \rightarrow 10\text{m}$ ネスティング	
地形データ		現況地形(令和2年度末時点)を設定	
台風諸元		平成30年台風21号の実績諸元を設定 ◇中心気圧:平成30年台風21号の実績値(気象庁ベストトラック) ◇台風半径:平成30年台風21号における大阪湾周辺の気象台気圧観測値より設定 ◇移動速度:平成30年台風21号の実績値(気象庁ベストトラック) ◇台風経路:平成30年台風21号の実績諸元を設定	
潮位		気象庁大阪検潮所で既往最高潮位を記録した9/4における大阪天文潮位最高値を設定 (OP+1.95m(T.P+0.65m))	
河川流量		三大水門、淀川大堰全閉のため河川流量はないと判断して、流量は考慮しない。	
気圧・風場推算	気圧場モデル	Myersモデル	
	風場モデル	傾度風モデル	
	モデル定数	◇移動速度、最大旋衡風半径、経路:実績(台風諸元参照) ◇風速変換係数C1,C2の設定方法 ・C1=C2として、大阪湾内海域は0.6～0.7まで0.025間隔で5ケース設定、水門地点周辺を含む10mメッシュ区間は内陸に位置するため、0.4～0.65まで6ケース設定	
波浪推算	モデル	スペクトル法(第三世代波浪推算モデル:SWAN)	
	計算条件	◇地形条件:現況地形(令和2年度末時点)を設定 ◇メッシュ分割:上記の「解析格子サイズ」参照(最小メッシュサイズ30m) ◇初期水位:潮位を設定(OP+1.95(T.P+0.65m))	
高潮推算	モデル	非線形長波方程式モデル(コリオリカ、気圧変動、海面摩擦を考慮)	
	各種係数	◇地形条件:現況地形(令和2年度末時点)を設定 ◇メッシュ分割:上記の「解析格子サイズ」参照(最小メッシュサイズ10m) ◇粗度係数:水域は一律、マニングの粗度係数 $n=0.025$ 本検討では陸域への浸水は考慮しないため、陸域は未設定 ◇海面抵抗係数:本多・光易(1980)式を基本に風速45m/sで上限設定	
	検証の視点	大阪湾内での高潮現象の再現精度及び設計対象である水門地点での高潮+波浪現象の再現精度	21

解析モデルの検証（検証対象地点）

- 解析モデルの検証地点は、大阪港、神戸港、淡輪（以上気象庁観測）、尻無川水門、木津川水門、六軒家川水門（以上大阪府観測）とする。安治川水門はデータ欠測のため、検証対象地点から除外した。



神戸港



淡輪



※海岸昇降検知センターHPより

解析モデルの検証（気象庁潮位観測所データによる比較）

- 気象庁潮位観測所の潮位による比較では、ピーク値ではC1,C2=0.650、0.675で誤差が小さい。
- 波形の再現性では、淡輪地点において、C1,C2=0.675以上になると整合性が低い。

気象庁潮位観測所の潮位と計算潮位による比較

		ピーク値の再現性						波形の再現性（Nash指標）					
		潮位 (OP+m)			潮位偏差 (m)			潮位 (OP+m)			潮位偏差 (m)		
		大阪港	神戸港	淡輪	大阪港	神戸港	淡輪	大阪港	神戸港	淡輪	大阪港	神戸港	淡輪
観測値		4.59	3.63	3.09	2.77	1.81	1.24	-	-	-	-	-	-
C1, C2=0.600	解析値	4.19	3.41	2.94	2.33	1.54	1.09	0.90	0.91	0.83	0.89	0.90	0.76
	観測値との差分	-0.40	-0.22	-0.15	-0.44	-0.27	-0.15						
C1, C2=0.625	解析値	4.34	3.49	3.00	2.48	1.62	1.15	0.91	0.90	0.80	0.91	0.90	0.71
	観測値との差分	-0.25	-0.14	-0.09	-0.29	-0.19	-0.09						
C1, C2=0.650	解析値	4.51	3.58	3.07	2.65	1.71	1.22	0.91	0.89	0.74	0.91	0.88	0.64
	観測値との差分	-0.08	-0.05	-0.02	-0.12	-0.10	-0.02						
C1, C2=0.675	解析値	4.68	3.68	3.14	2.82	1.81	1.29	0.91	0.86	0.65	0.90	0.85	0.54
	観測値との差分	0.09	0.05	0.05	0.05	0.00	0.05						
C1, C2=0.700	解析値	4.87	3.79	3.22	3.01	1.92	1.37	0.88	0.80	0.52	0.88	0.80	0.40
	観測値との差分	0.28	0.16	0.13	0.24	0.11	0.13						

■：観測値との差分が最も小さいケース

■：Nash指標0.70以上

■適合度指標(Nash指標)について

時系列波形の適合度の指標である。算出式値が1に近いほどモデルの精度はよいとされ、降雨イベントでの流出モデルの精度検証では0.7以上で再現性が高いとされている。

(日本学術会議：回答 河川流出モデル・基本高水の検証に関する学術的な評価—公開説明(質疑)—, p.10, 平成23年9月28日)

【算出式】

$$Nash = 1 - \frac{\sum (Q_o - Q_s)^2}{\sum (Q_o - \bar{Q}_o)^2}$$

Nash : Nash 値, Q_o : 実測 (観測) 値

Q_s : 計算値

\bar{Q}_o : 実測 (観測) 値の平均

解析モデルの検証（水門地点の水位観測所データ（潮位）による比較）

- 水門地点の潮位（移動平均値）による比較では、ピーク値では5分、11分移動平均値ともにC1,C2=0.650、0.675で誤差が小さい。
- 波形の再現性では、C1,C2=0.650ではいずれの地点でも基準値以上であるが、木津川水門地点においてC1,C2=0.675以上になると整合性が低い。

水門地点の潮位（移動平均値）と計算潮位による比較

		ピーク値の再現性						波形の再現性（Nash指標）					
		潮位 (OP+m) 5分移動平均			潮位 (OP+m) 11分移動平均			潮位 (OP+m) 5分移動平均			潮位 (OP+m) 11分移動平均		
		六軒家川 水門	尻無川 水門	木津川 水門	六軒家川 水門	尻無川 水門	木津川 水門	六軒家川 水門	尻無川 水門	木津川 水門	六軒家川 水門	尻無川 水門	木津川 水門
観測値		4.70	4.80	5.10	4.69	4.77	5.03	-	-	-	-	-	-
C1, C2=0.600	解析値	4.29	4.34	4.45	4.29	4.34	4.45	0.84	0.82	0.79	0.84	0.83	0.80
	観測値との 差分	-0.41	-0.46	-0.65	-0.40	-0.43	-0.58						
C1, C2=0.625	解析値	4.46	4.51	4.62	4.46	4.51	4.62	0.83	0.80	0.77	0.83	0.81	0.78
	実績値との 差分	-0.24	-0.29	-0.48	-0.23	-0.26	-0.41						
C1, C2=0.650	解析値	4.63	4.68	4.80	4.63	4.68	4.80	0.80	0.77	0.73	0.81	0.77	0.74
	観測値との 差分	-0.07	-0.12	-0.30	-0.06	-0.09	-0.23						
C1, C2=0.675	解析値	4.82	4.87	5.00	4.82	4.87	5.00	0.76	0.71	0.67	0.76	0.71	0.68
	観測値との 差分	0.12	0.07	-0.10	0.13	0.10	-0.03						
C1, C2=0.700	解析値	5.02	5.07	5.21	5.02	5.07	5.21	0.68	0.62	0.59	0.68	0.62	0.59
	観測値との 差分	0.32	0.27	0.11	0.33	0.30	0.18						

■：観測値との差分が最も小さいケース

■：Nash指標0.70以上

解析モデルの検証（C1、C2の設定）

- ピーク値による比較では、C1,C2=0.650、0.675とも誤差は小さいが、C1,C2=0.675の方が木津川水門地点の誤差が小さい。
- 波形の再現性による比較では、C1,C2=0.650は全体的に再現性は良いのに対し、C1,C2=0.675は淡輪、木津川水門地点の再現性が低い。
- 以上より、本検討ではC1,C2=0.650を採用する。

	ピーク値の再現性(誤差による評価)		波形の再現性(Nash指標による評価)	
	C1C2=0.650	C1C2=0.675	C1C2=0.650	C1C2=0.675
気象庁潮位観測所の潮位と計算潮位による比較	○ 潮位:いずれの地点とも10cm以内の誤差 偏差:大阪港は12cmの誤差、他2地点は10cm以内の誤差	○ 潮位:いずれの地点とも10cm以内の誤差 偏差:いずれの地点とも10cm以内の誤差	○ 潮位:いずれの地点とも基準値以上 偏差:淡輪以外は基準値以上	△ 潮位:淡輪以外は基準値以上 偏差:淡輪以外は基準値以上
水門地点の潮位(移動平均値)と計算潮位による比較	△ 潮位5分平均 :木津川水門は30cmの誤差、他2水門は10cm程度の誤差 潮位11分平均 :木津川水門は23cmの誤差、他2水門は10cm以内の誤差	○ 潮位5分平均 :いずれの地点とも10cm程度の誤差 潮位11分平均 :いずれの地点とも10cm程度の誤差	○ 潮位5分平均 :いずれの地点とも基準値以上 潮位11分平均 :いずれの地点とも基準値以上	△ 潮位5分平均 :木津川水門以外は基準値以上 潮位11分平均 :木津川水門以外は基準値以上
評価	気象庁潮位 :両者とも良好 水門地点潮位:C1C2=0.675が良好		気象庁潮位 :C1C2=0.650良好 水門地点潮位:C1C2=0.650が良好	

現行高潮計画外力による高潮・波浪計算

- 現行計画外力による高潮・波浪計算の解析条件を示す。

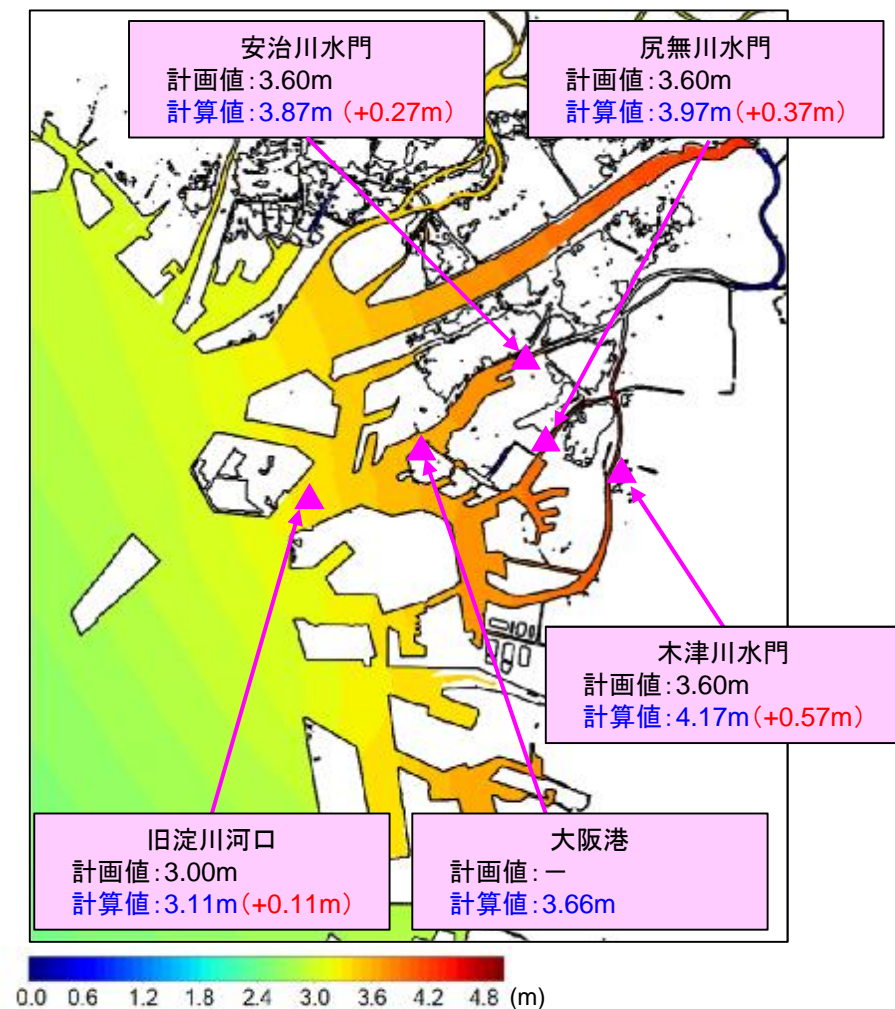
項目	現行高潮計画(S36.3)※1	計算条件
解析対象範囲	広いモデル(3km):紀伊水道以北 狭いモデル(2km):大阪湾	南北方向:約1300km、東西方向:約1750km (2,430mメッシュの解析領域)※2
地形 (解析格子サイズ)	検討当時の現況地形 (広いモデル:3km、狭いモデル:2km)	現況地形(令和2年度末時点)を設定※2 ($\Delta x = \Delta y = 2,430\text{m} \rightarrow 810\text{m} \rightarrow 270\text{m} \rightarrow 90\text{m} \rightarrow 30\text{m} \rightarrow 10\text{m}$ ネスティング)
台風諸元	◇中心気圧:伊勢湾台風実測値 ◇台風半径:75km(一定) ◇移動速度:室戸台風実績値 ◇台風経路:室戸台風実績経路	◇中心気圧:同左 ◇台風半径:毎時の値を設定※2 ◇移動速度:同左 ◇台風経路:同左
潮位	台風期平均の朔望平均満潮位	同左
河川流量	河川流量は考慮しない。	同左
気圧・風場	気圧場モデル	藤田式 Myersモデル※2
	風場モデル	傾度風モデル 傾度風モデル
	計算条件 (モデル定数)	C1=0.6、C2=4/7 全域C1,C2=0.650
波浪	モデル	SMB法 スペクトル法(第三世代波浪推算モデル:SWAN)※2
	計算条件	現況地形 メッシュ分割:最小メッシュサイズ30m※2
高潮	モデル	非線形長波方程式モデル 同左
	計算条件	海底接線応力: $T_b = 2.6 \times 10^{-3} U U $ 海面接線応力: $T_s = 3.2 \times 10^{-6} W W $ 粗度係数:水域は一律 $n = 0.025$ ※2 本多・光易(1980)式を基本に風速45m/sで上限設定※2

※1 出典:「大阪湾高潮の総合調査報告」(S36.3)気象庁技術報告 ※2 赤字:現行計画検討時と異なる項目

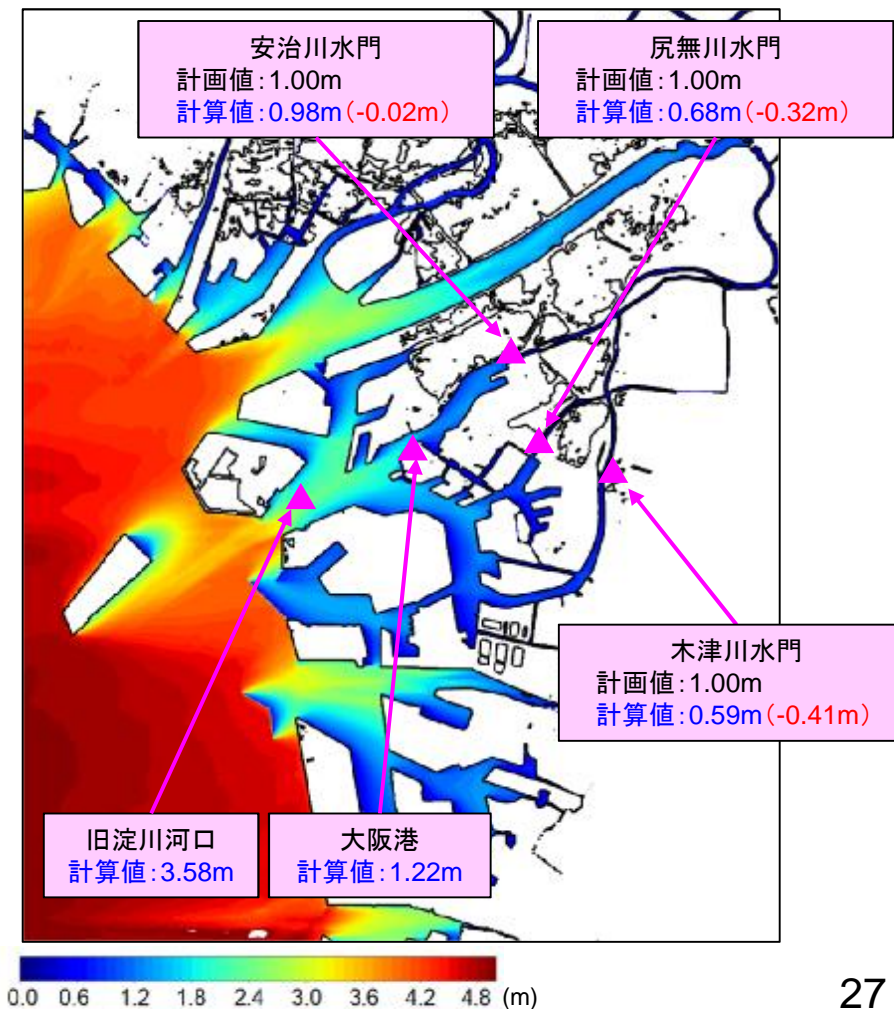
現行高潮計画外力による高潮・波浪計算（計算結果）

- 潮位偏差は、陸側で高くなる傾向にあり、いずれの地点においても計画値よりも高く、旧淀川河口部では11cm、木津川水門では57cm計画値よりも高い。
- 一方、波高は海側で高くなる傾向にあり、各水門地点では、計画値よりも低い。

■ 潮位偏差



■ 波高

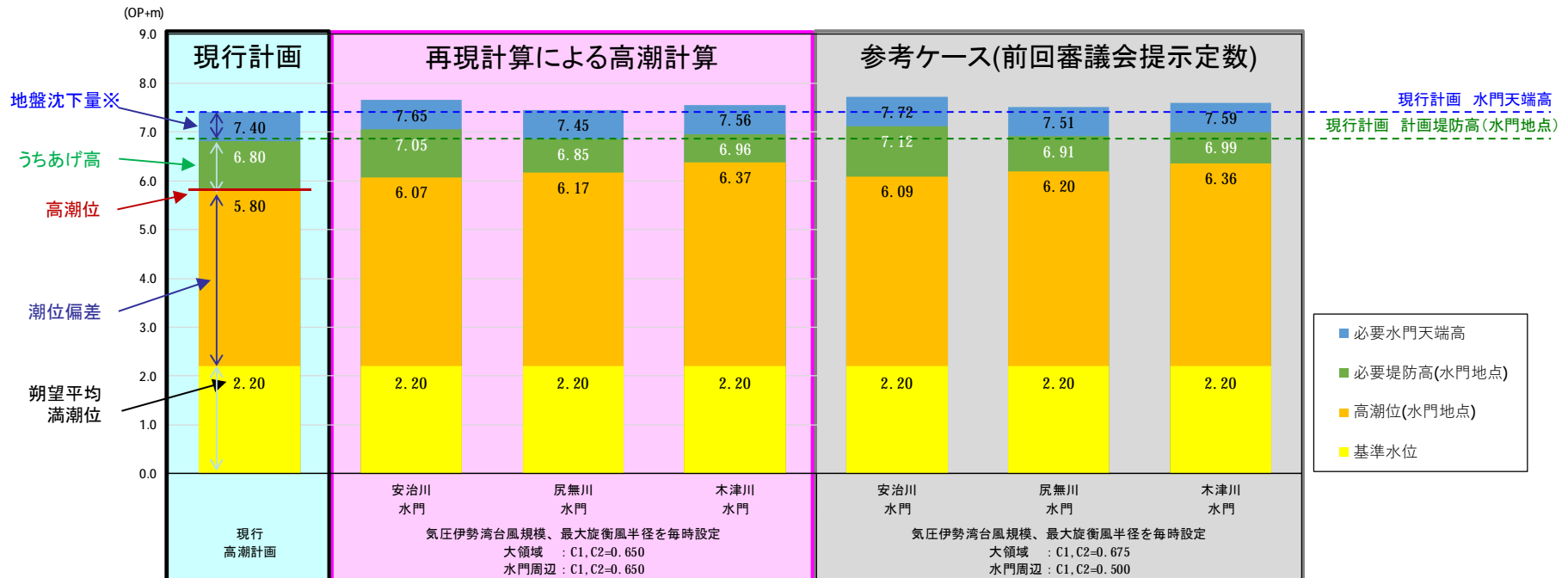


現行高潮計画外力による高潮・波浪計算（水門天端高の比較）

- 高潮波浪計算結果による三大水門の天端高は水門ごとに若干異なるものの、概ね計画値どおり。

		朔望平均満潮位 (OP+m)			潮位偏差 (m)			うちあげ高 (m)			地盤沈下量 (m)			水門天端高 (OP+m)		
		安治川水門	尻無川水門	木津川水門	安治川水門	尻無川水門	木津川水門	安治川水門	尻無川水門	木津川水門	安治川水門	尻無川水門	木津川水門	安治川水門	尻無川水門	木津川水門
	現行計画値	2.20	2.20	2.20	3.60	3.60	3.60	1.00	1.00	1.00	0.60	0.60	0.60	7.40	7.40	7.40
C1, C2=0.650	解析値	2.20	2.20	2.20	3.87	3.97	4.17	0.98	0.68	0.59	0.60	0.60	0.60	7.65	7.45	7.56
	現行高潮計画からの差分	0.00	0.00	0.00	0.27	0.37	0.57	-0.02	-0.32	-0.41	0.00	0.00	0.00	0.25	0.05	0.16
(参考) 大領域： C1, C2=0.675 水門周辺： C1, C2=0.500	解析値	2.20	2.20	2.20	3.89	4.00	4.16	1.03	0.71	0.63	0.60	0.60	0.60	7.72	7.51	7.59
	現行高潮計画からの差分	0.00	0.00	0.00	0.29	0.40	0.56	0.03	-0.29	-0.37	0.00	0.00	0.00	0.32	0.11	0.19

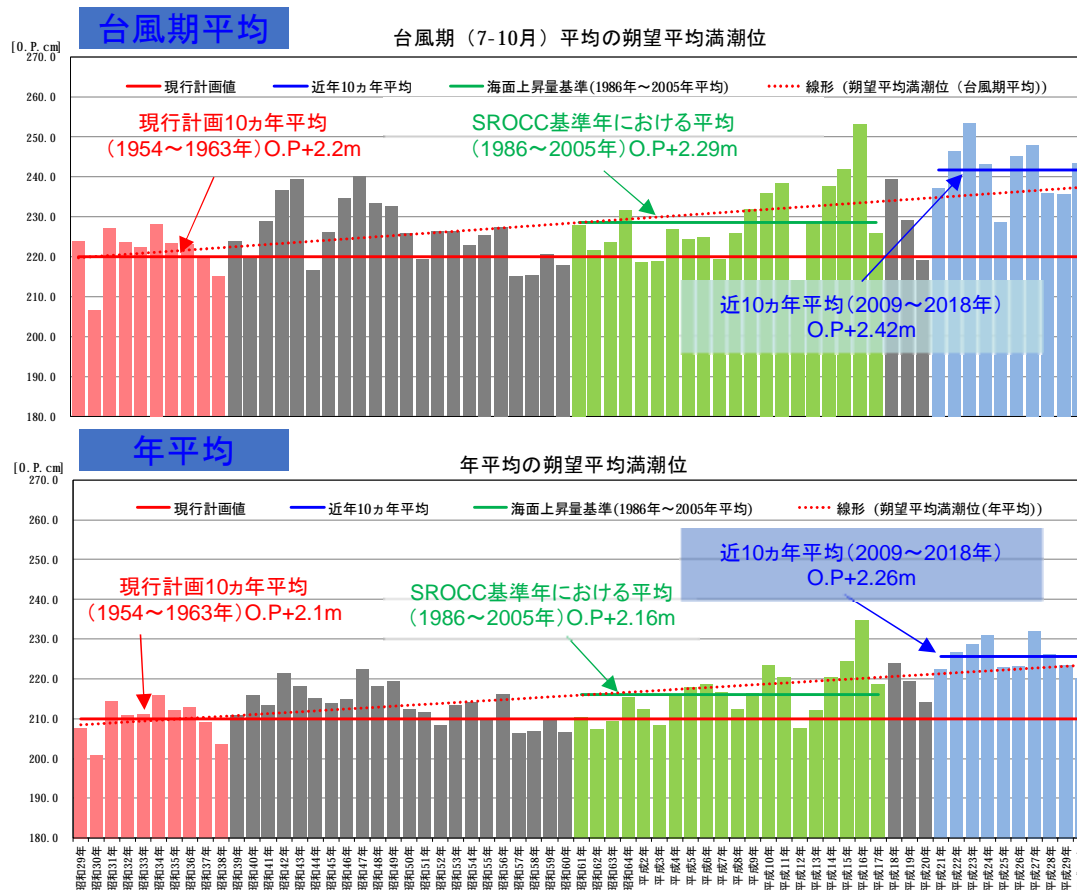
※うちあげ高は豊島の算定図により算定(うちあげ係数R=1.0)



将来気候における基準水位の設定（期望平均満潮位の設定）

- 現計画の基準水位OP+2.2m(台風期の期望平均満潮位(1954~1963年))に対して、IPCC報告書の予測の基準年(1986~2005年)ではOP+2.3m、近年10ヵ年(2009~2018年)ではOP+2.4mとなり、海面水位は上昇傾向にある。
- 国の検討会においても、「既に海面水位が上昇している」と報告されている。
- 新水門の基準水位は、IPCC報告書の基準年(1986~2005年)の台風期の期望平均満潮位(OP+2.3m)に気候変動による海面水位上昇量を考慮して設定する。

■大阪潮位観測所 期望平均満潮位経年変化



■期望満潮位の上昇率

国の検討会において、期望満潮位平年差の上昇率は4海域平均で4.7mm/年(1993~2010年)(速報値)

	I	II	III	IV	4海域の平均
1960~2017年*	-1.1	-1.8	1.5	2.9	0.7
1971~2010年	0	-3.7	2.2	4.4	0.7
1993~2010年	1.1	0	6.2	9.5	4.7

※最終年は気象庁解析期間と異なり2017年



※出典:「気候変動を踏まえた海岸保全のあり方検討委員会(第3回)」より 29

将来気候における基準水位の設定（海面水位上昇量の設定）

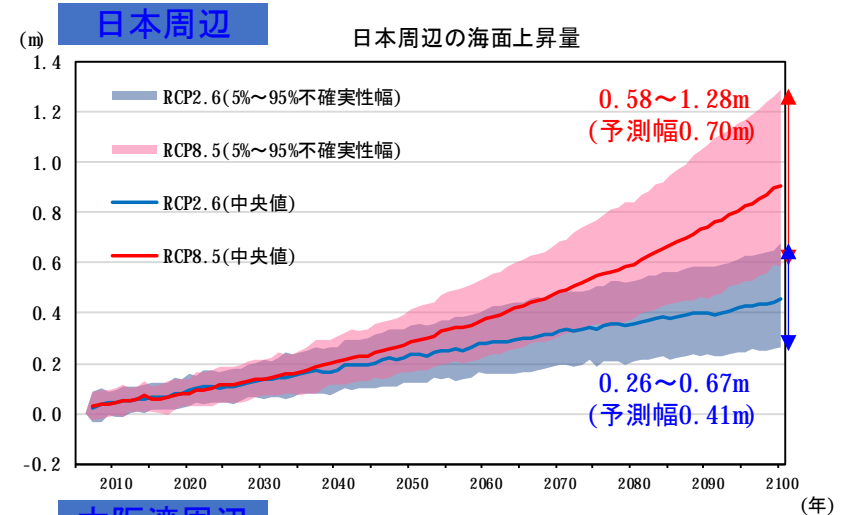
- 世界平均、日本周辺及び大阪湾周辺の海面上昇量(2100年想定)を比較しても大きな差異はない。
- 海面水位は、RCP2.6、RCP8.5ともに2100年以降も上昇することが予測されている。
- 海面水位上昇量は、国の委員会での検討を踏まえ設定する必要があるが、本検討においては、新水門の供用期間が2100年を超えることもあり、2度上昇では予測の幅の上限値である95%値を参考に70cmとする。
- 温室効果ガスの最大排出量シナリオである4度上昇では、中央値を参考に90cmとする。

■世界平均と日本周辺、大阪湾周辺の海面上昇量（2100年想定）

統計値	RCP2.6			RCP8.5		
	世界平均※1	日本周辺※2	大阪湾周辺※3	世界平均※1	日本周辺※2	大阪湾周辺※3
95%値(90%信頼区間上限値)	0.59	0.67	0.62	1.10	1.28	1.20
中央値+1σ	0.53	0.59	0.54	1.00	1.14	1.07
中央値	0.44	0.46	0.42	0.84	0.90	0.86
中央値-1σ	0.34	0.34	0.32	0.70	0.71	0.69
5%値(90%信頼区間下限値)	0.29	0.26	0.25	0.61	0.58	0.58

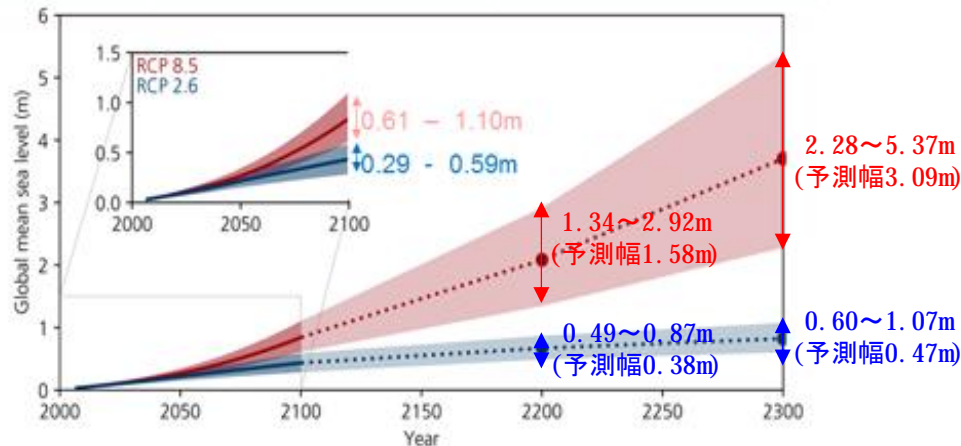
※1SRCC報告書記載値、※2日本周辺306メッシュ平均、※3大阪湾周辺4地点平均
 出典：https://report.ipcc.ch/srocc/pdf/SROCC_FinalDraft_Chapter4_SMData.zip

■海面上昇の経年変化（2100年まで）

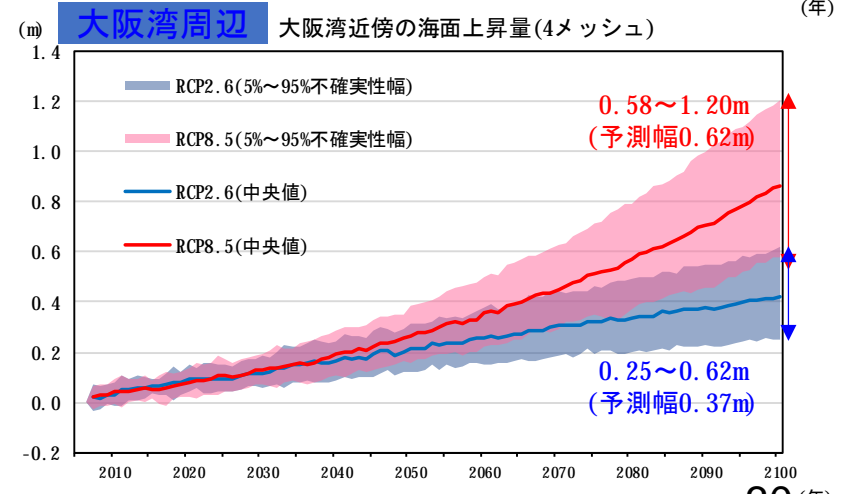


■長期的な海面上昇（2100年以降）

世界平均



※出典：「気候変動を踏まえた海岸保全のあり方検討委員会（第1回）」より



将来気候における潮位偏差の算定方法(将来気候における気圧・風向風速の算定方法)

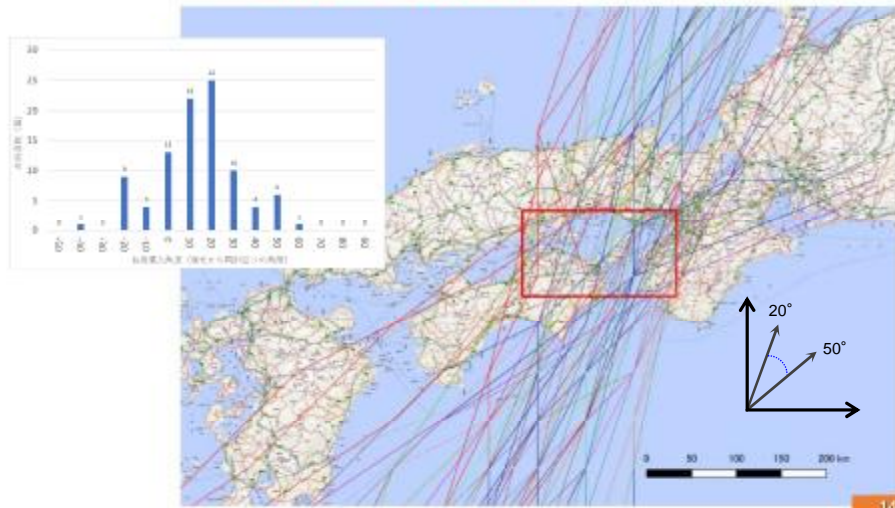
- 将来気候台風(気圧・風向風速)の設定は、気候変動予測データを直接活用する場合(方法1)と、想定台風に将来の気候変動を考慮する場合(方法2)が考えられる。

■方法1:気候変動予測データを直接活用する場合

- ① 気候変動予測データより、将来気候について大阪湾周辺を通過する台風を抽出(なお、大阪府の高潮浸水想定区域図検討において約700台風が抽出されている。下図参照)
- ② 抽出された台風の気圧・風向風速を用いて高潮シミュレーションを実施

【2】d4PDFでの精査】d4PDFで大阪湾を通過、接近する台風経路

- d4PDFにおいて、大阪湾の高潮に影響を及ぼす範囲(下図赤枠)を通過する台風は約700個。このうち概ね「非常に強い」以上の勢力となる、中心気圧が950hPa以下の勢力で接近する台風を抽出すると90個となる(下図の線)
- 襲来する強台風は、**進入角度-20度~50度**が多い。



上記は、全球60kmAGCMの予測結果より整理

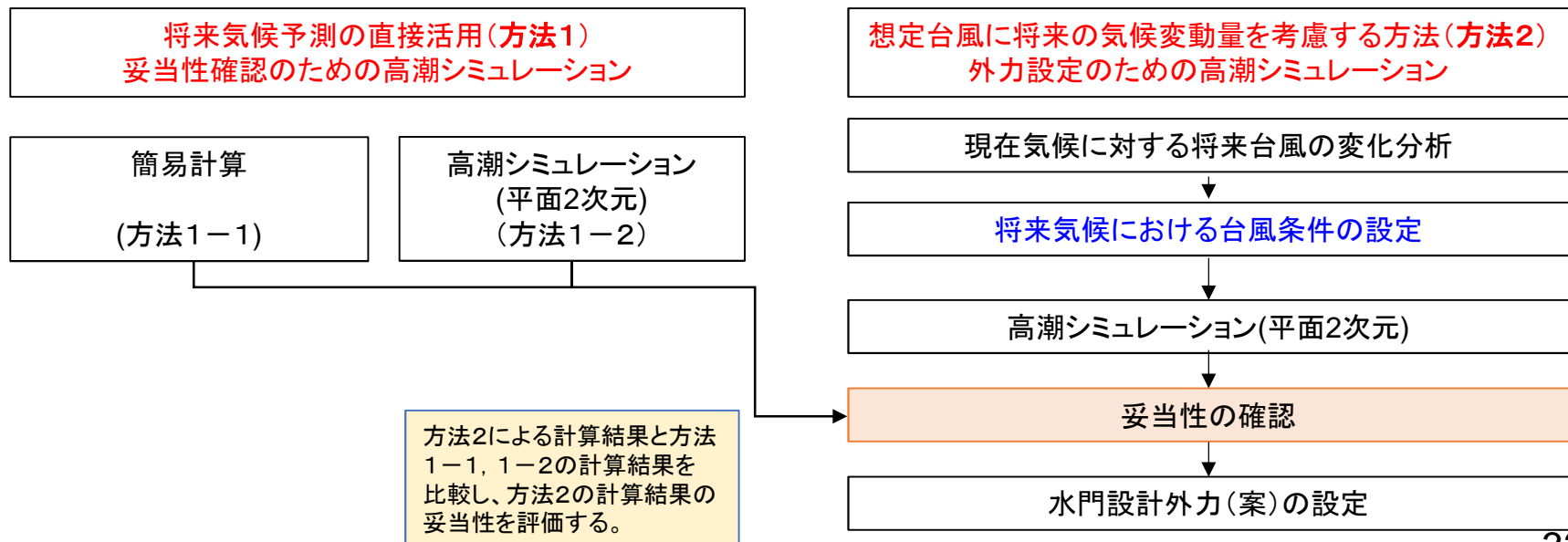
■方法2:想定台風に将来の気候変動を考慮する場合

- ① 気候変動予測データより、現在気候及び将来気候について、大阪湾周辺を通過する台風を抽出
- ② 現在気候と将来気候における台風の中心気圧を比較して、現在気候に対する将来気候の中心気圧の変化量(比率)を整理
- ③ 現行計画決定台風の各種諸元に②で整理した変化比率を考慮した気候変動を考慮した想定台風モデルを設定(「気候変動を踏まえた治水計画のあり方提言」における将来雨量の設定方法と同様の考え方)
- ④ ③で設定した台風について、複数経路で高潮シミュレーションを実施し、河川河口部において最大潮位偏差となる経路を採用

将来気候における潮位偏差の算定方法(将来気候における気圧・風向風速の算定方法)

- 潮位偏差の算定方法は、現行計画との整合性や水門にとって計画上最も危険側となる条件で設計することができることから、方法2(想定台風に将来の気候変動を考慮)を採用する。
- また、方法2の妥当性を確認するため、方法1(将来気候予測の直接活用)についても実施する。

	方法1：将来気候予測の直接活用	方法2：想定台風に将来の気候変動を考慮
長所	<ul style="list-style-type: none"> 膨大なデータが母数となるため、確率評価が可能である。 気象モデルによる解析であるため、陸地の影響を受けて変化する風等を表現できている、実現象に近いシミュレーションが可能である。 予測の不確実性を考慮した分析が可能である。 	<ul style="list-style-type: none"> 台風モデルや経路の設定方法について現行計画との整合性が図れる。 台風経路を条件として設定できるため、水門にとって最も危険側となる台風諸元(経路、移動速度等)を検討することが可能である。
短所・課題	<ul style="list-style-type: none"> メッシュサイズにより台風の気圧および風場のピーク値の再現性が課題となる場合が想定される。 データ量が膨大であるため、解析量も膨大となる。 最も危険側となる台風諸元(経路、移動速度)を検討できない。 	<ul style="list-style-type: none"> メッシュサイズにより台風の気圧および風場のピーク値の再現性が課題となる場合が想定される。 仮想台風による設定であるため、得られる結果が過小・過大となる可能性がある。



(方法2) 外力設定のための高潮シミュレーション (現在気候に対する将来台風の変化分析)

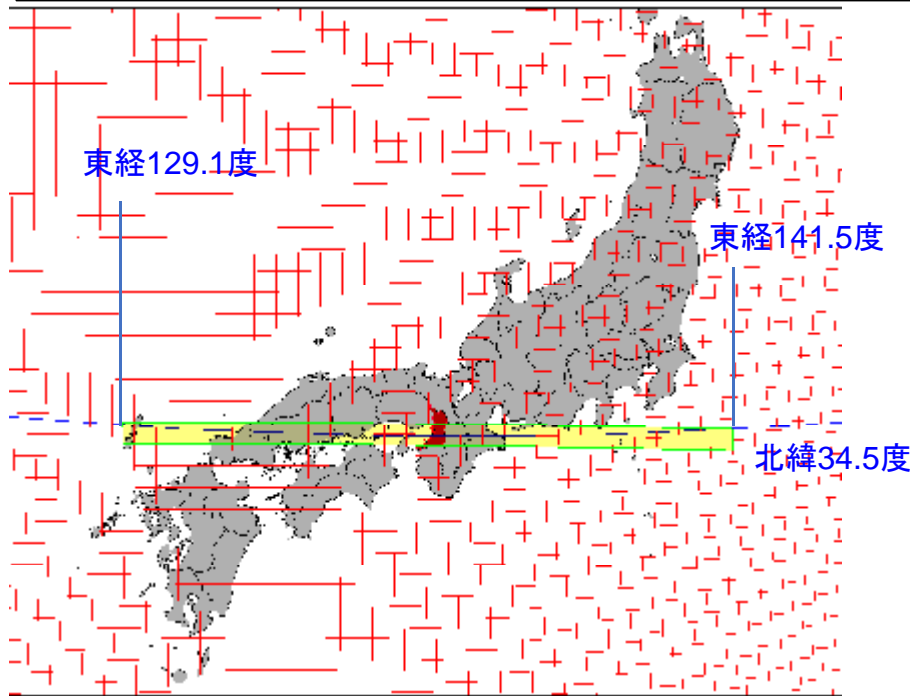
- 現在気候と将来気候の台風中心気圧の変化(比率)を整理し、これを現行計画規模(伊勢湾台風規模)に考慮することにより将来気候の台風を設定する。

■ データ抽出整理方法

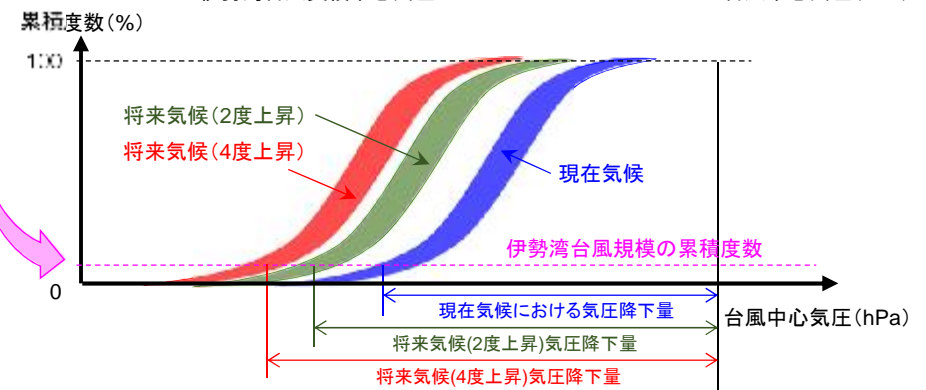
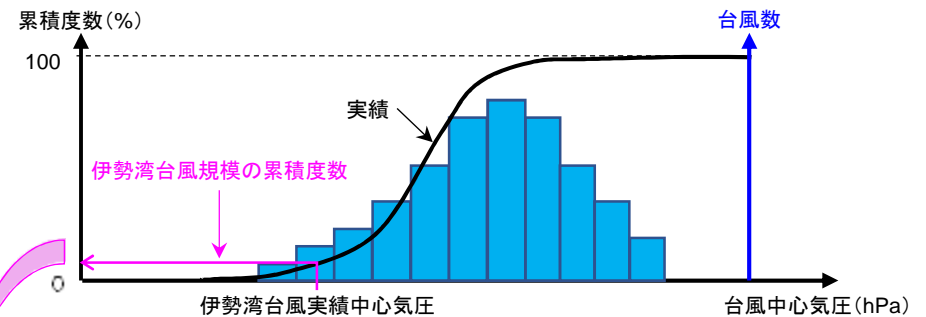
- d2PDF, d4PDFより九州～本州を含む東経129.1度～141.5度の範囲で北緯34.5度(大阪湾中心北緯)の範囲の気圧を抽出し、年最低気圧を整理
(d2PDF, d4PDFにおける台風経路データが作成されていないためここでは、年最低気圧は台風由来であると想定)
- 実績台風(気象庁台風ベストトラックデータ, 1951年～2018年)より同範囲を通過する台風を抽出し、通過時点の台風中心気圧を整理

■ 現在気候に対する将来台風の変化分析

- 実績台風の台風中心気圧の累積度数分布より、伊勢湾台風規模の累積度数を整理
- 現在気候、将来気候の累積頻度分布より実績伊勢湾台風頻度に相当する台風中心気圧を整理
- 標準大気圧からの気圧降下量を指標に現在気候と将来気候の比率を整理し、現行計画の設定値に比率を乗じて将来気候における台風条件を設定



—: 20km計算メッシュ、■: 抽出メッシュ



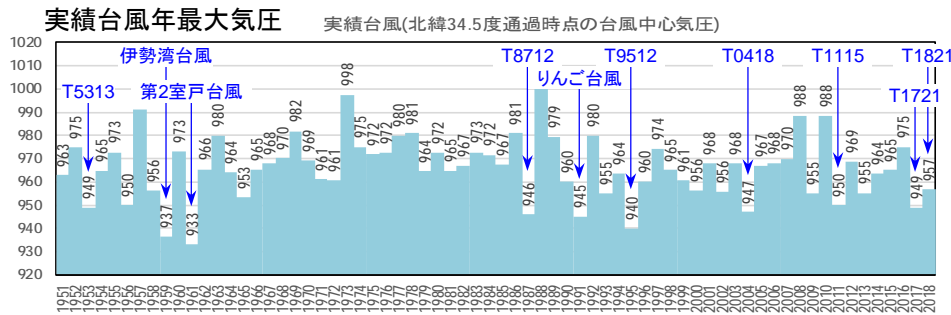
標準大気圧(1,013 hPa)

(方法2) 外力設定のための高潮シミュレーション (現在気候に対する将来台風の変化分析)

- 実績台風データを基に整理した伊勢湾台風規模以上の頻度(累積度数)は、1.07%となる。
- 現在気候、将来気候における実績の伊勢湾台風と同程度の累積度数(1.07%)となる台風中心気圧を中央値でみると、現在気候で956hPa、将来2度上昇で951hPa、将来4度上昇で944.5hPaとなる。

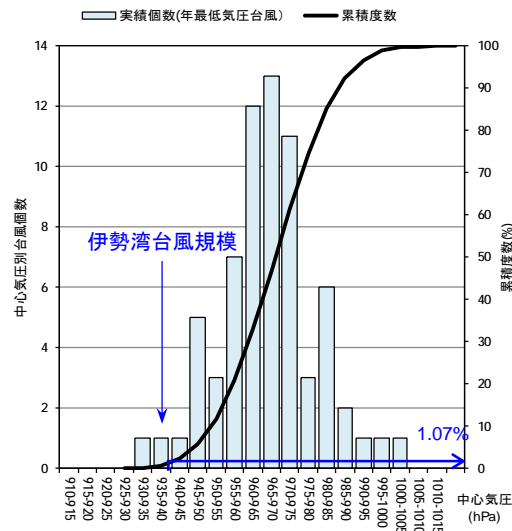
■実績台風による中心気圧の整理

- 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



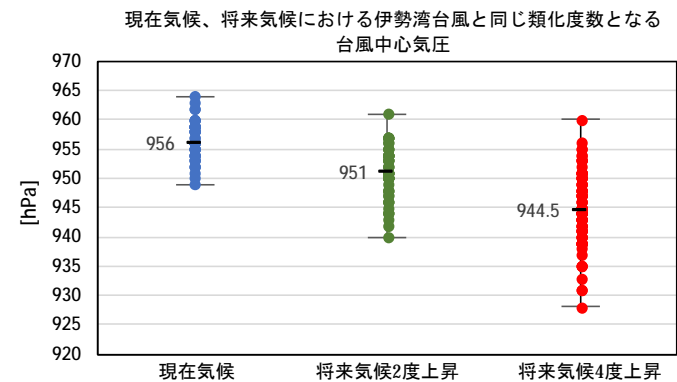
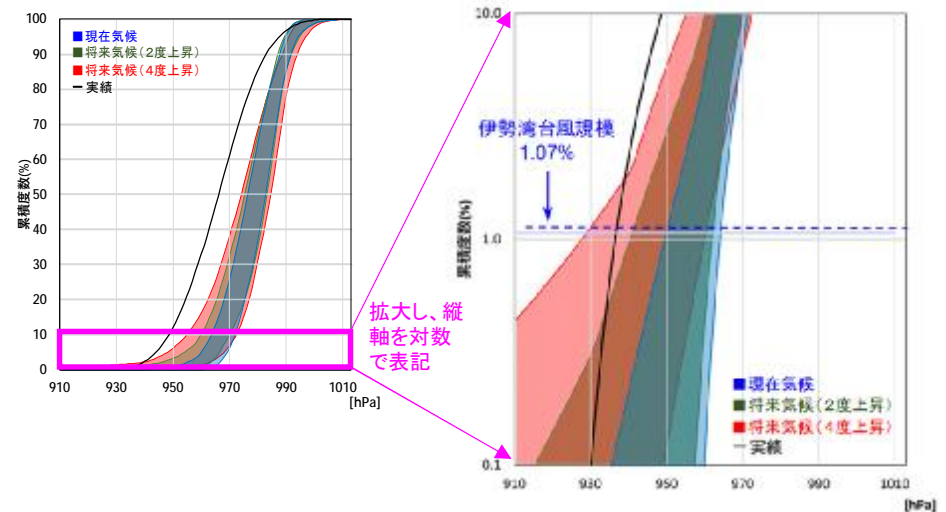
■実績データに基づく伊勢湾台風規模以上の発生度数(累積度数)

- 実績台風中心気圧の頻度分布より伊勢湾台風中心気圧の実績台風の累積度数は約1.07%となる。



■現在気候に対する将来台風の変化分析

- 現在気候、将来気候における伊勢湾台風と同程度の累加度数となる台風中心気圧を中央値でみると、現在気候で956hPa、将来2度上昇で951hPa、将来4度上昇で944.5hPaとなる。



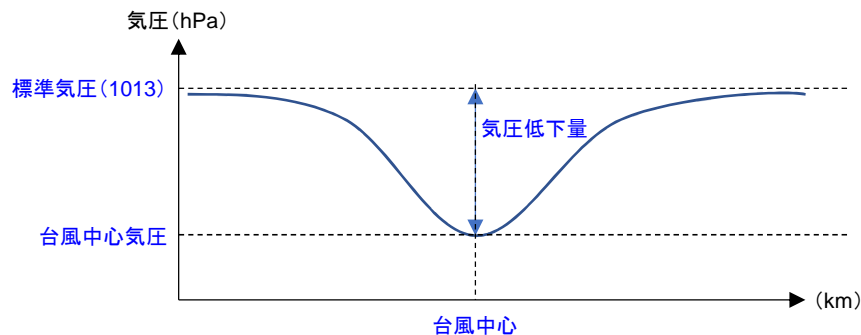
(方法2) 外力設定のための高潮シミュレーション (将来気候における台風条件の設定)

- 現在気候からの将来気候への変化を標準大気圧からの台風中心気圧の低下量を指標に整理する。
- 将来気候(2度上昇)における気圧低下量は、現在気候の1.09倍となり、台風中心気圧は、933.4hPaとなる。
- 将来気候(4度上昇)における気圧低下量は、現在気候の1.21倍となり、台風中心気圧は、924.7hPaとなる。

■ 現在気候から将来気候への台風の変化

- 標準気圧(1013hPa)からの台風中心気圧低下量を指標に現在気候からの比率を設定し、これを伊勢湾台風規模に適用し、将来気候における台風条件を設定する。

台風気圧断面図



- 将来気候(2度上昇)における気圧低下量は、現在気候の1.09倍となり、将来気候(4度上昇)では、現在気候の1.21倍となる。

項目	現在気候	将来気候 2度上昇	将来気候 4度上昇
台風中心気圧 (気圧低下量)	956 (57)	951 (62)	944 (69)
気圧低下量 (現在気候からの比率)	—	1.09	1.21

■ 将来気候における台風中心気圧の設定

- 将来気候の現在気候に対する気圧低下量の変化率を現行計画(伊勢湾台風規模)に適用すると、将来2度上昇で933.4hPa、将来4度上昇で924.7hPaとなる。

項目	実績 現行計画	将来気候 2度上昇	将来気候 4度上昇
気圧低下量 (現在気候からの比率)	—	1.09	1.21
気圧低下量	73	79.6	88.3
将来気候台風 中心気圧の設定	940 (伊勢湾台風 規模)	933.4	924.7
		1°C上昇につき 3.3hPa減	1°C上昇につき 4.35hPa減
		1°C上昇につき3.83hPa減	

■ その他の台風条件の設定

項目	設定方法
最大旋衡風半径	台風中心気圧より簡便法(例えば下式)により設定 $R_{max}=94.89 \exp((P_c-967)/61.5)$ ※1
移動速度	現行計画における設定を基本に、高潮シミュレーション感度分析により、偏差が大きくなる値を設定
台風経路	現行計画の決定経路である室戸台風経路を基本として、複数の経路についても検証して設定

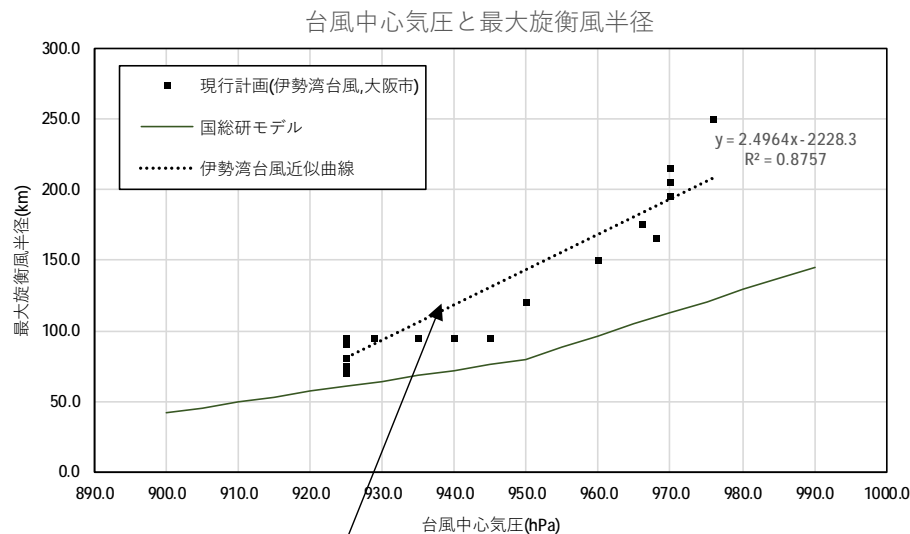
※1 出典:「日本海南方海域を通過する台風の最大旋衡風半径の推定方法、2015」

(方法2) 外力設定のための高潮シミュレーション(最大旋衡風半径、移動速度)

- 台風の最大旋衡風半径は、現行高潮計画における伊勢湾台風の台風中心気圧と最大旋衡風半径の関係を基に設定する。
- 台風移動速度は、現在気候と将来気候(4度上昇)で明確な違いは見られないことから、現行高潮計画と同じ移動速度とする。

■最大旋衡風半径

将来気候の最大旋衡風半径は、伊勢湾台風の中心気圧と最大旋衡風半径の関係式を整理し、設定する。

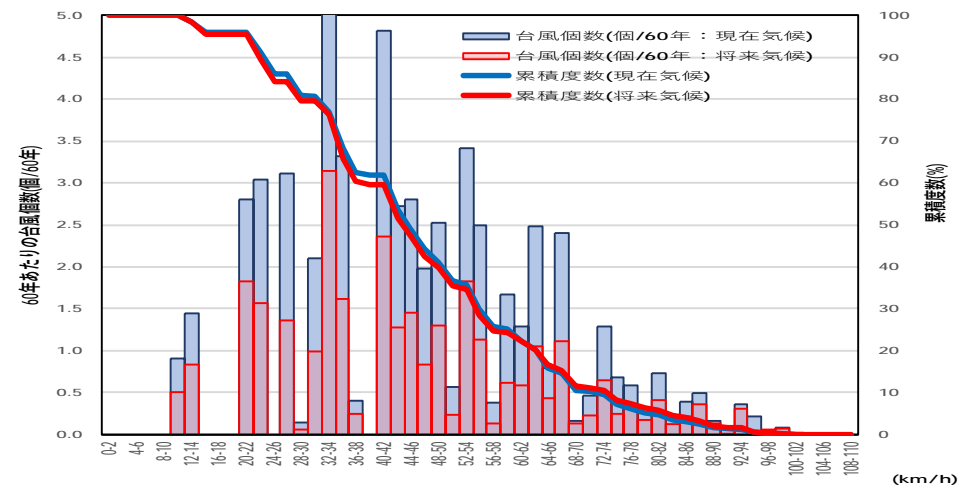


1hPaの気圧低下に対して、最大旋衡風半径は約2.6km縮小

■台風移動速度の設定

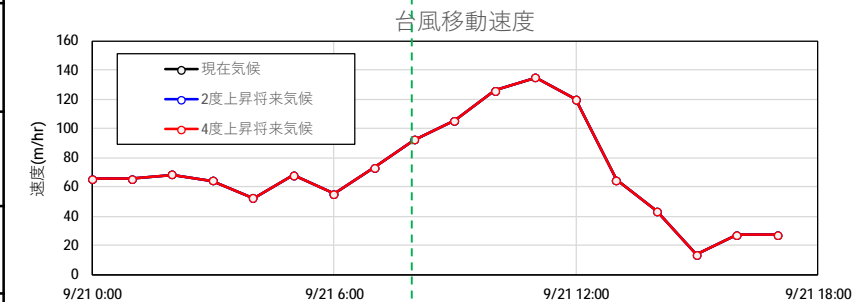
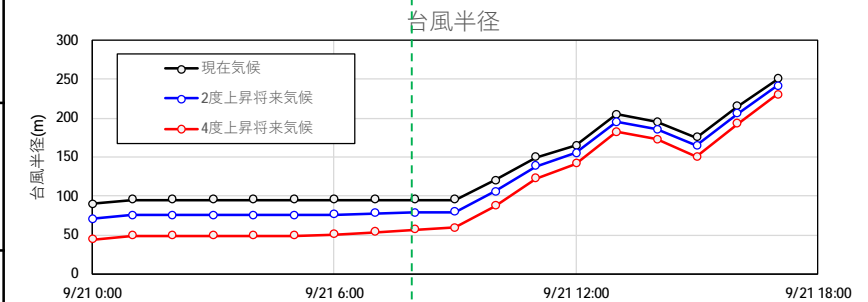
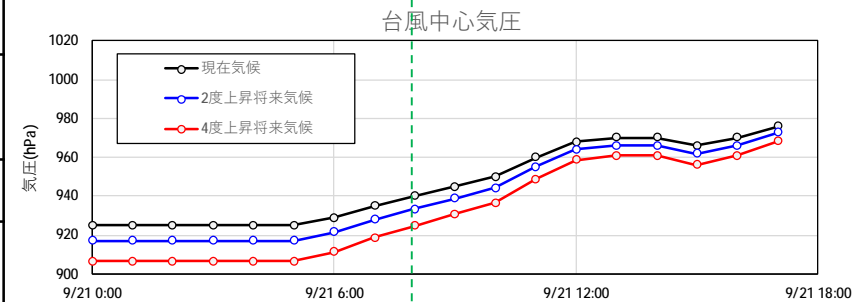
気候変動予測データ(d4PDF)から現在気候と将来気候(4度上昇)における本州～九州に襲来する台風の移動速度を整理したところ、移動速度に明確な違いは見られない。

	現在気候	将来気候(4度上昇)
台風個数/60年 全メンバー平均	59.1	30.0
全台風平均 移動速度(km/h)	45.3	44.9
全台風上位1% 移動速度(km/h)	93.2	94.0
全台風上位10% 移動速度(km/h)	71.2	71.3



(方法2) 外力設定のための高潮シミュレーション (解析条件)

項目		経路検討のための解析条件
解析対象範囲		南北方向:約1300km、東西方向:約1750km (2,430mメッシュの解析領域)
解析格子サイズ		$\Delta x = \Delta y = 2,430\text{m} \rightarrow 810\text{m} \rightarrow 270\text{m} \rightarrow 90\text{m} \rightarrow 30\text{m} \rightarrow 10\text{m}$ ネスティング
地形		現況地形(令和2年度末時点)
台風諸元		◇中心気圧:2度上昇:933hpa(阪神間再上陸時) 4度上昇:925hpa(阪神間再上陸時) ◇台風半径:伊勢湾台風の台風中心気圧と 最大旋衡風半径の関係より設定 ◇移動速度・経路:室戸台風実績値
潮位		基準水位:OP+2.3m(朔望平均満潮位)+海面上昇量 2度上昇:OP+3.0m (RCP2.6 95%値) 4度上昇:OP+3.2m (RCP8.5 中央値)
気圧・ 風場 推算	モデル	Myersモデル、傾度風モデル
	計算条件	C1,C2=0.650を適用
波浪 推算	モデル	スペクトル法(第三世代波浪推算モデル:SWAN)
	計算条件	メッシュ分割:最小メッシュサイズ30m
高潮 推算	モデル	非線形長波方程式モデル
	計算条件	◇粗度係数:水域は一律 $n=0.025$ ◇海面抵抗係数:本多・光易(1980)式を基本に設定

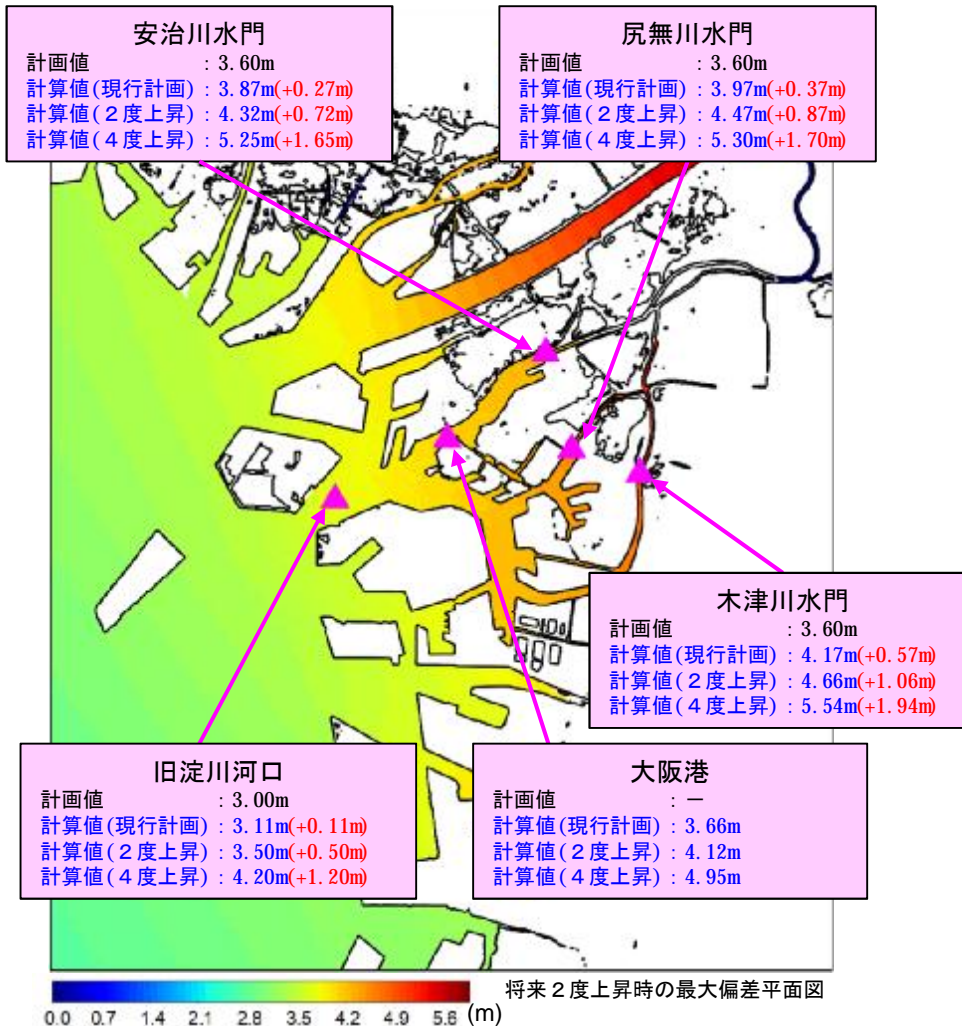


阪神間再上陸
(9/21 8:00頃)

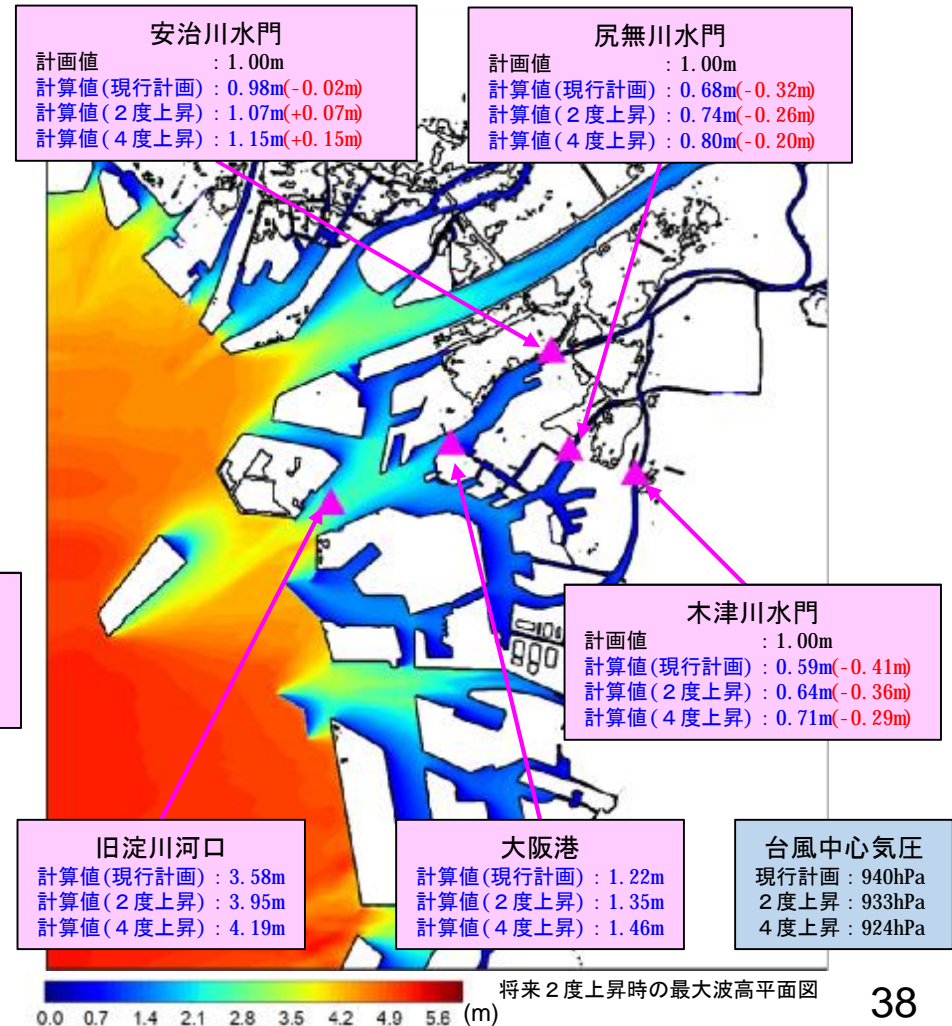
(方法2) 外力設定のための高潮シミュレーション (計算結果)

- 潮位偏差は、旧淀川河口では2度上昇で0.5m、4度上昇で1.2m現計画値から高くなるのに対し、各水門地点では2度上昇で0.72m~1.06m、4度上昇では1.65m~1.94m現計画値より高くなり、旧淀川河口と比較して水門地点の方が上昇量は大きい。
- 波高は安治川水門で計画値より高くなるが、その他の水門では4度上昇でも計画値より低い。

■ 潮位偏差



■ 波高

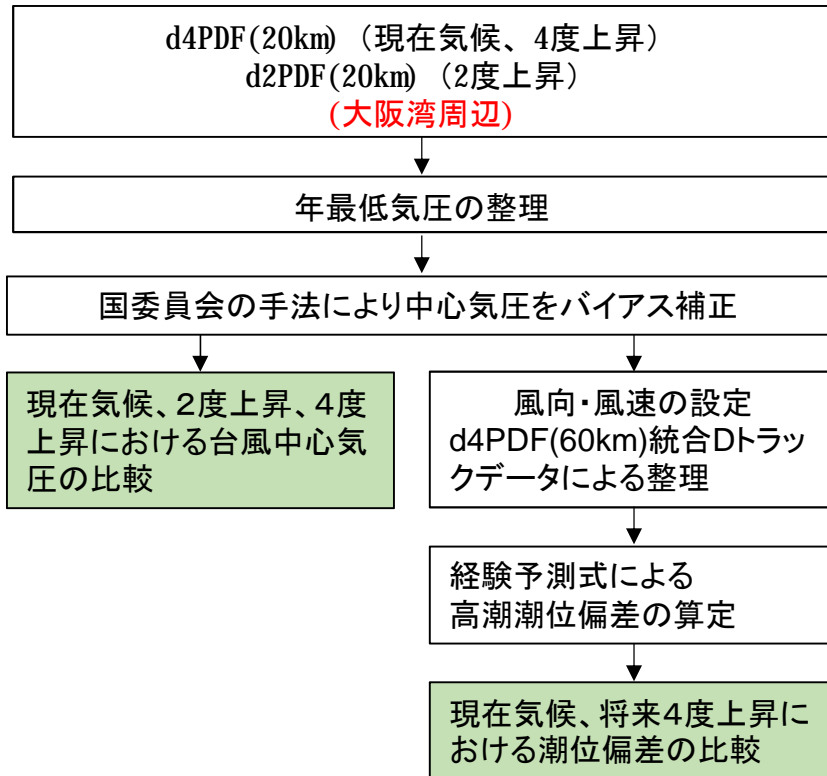


台風中心気圧
 現行計画 : 940hPa
 2度上昇 : 933hPa
 4度上昇 : 924hPa

(方法1) 妥当性確認のための高潮シミュレーション (計算方法)

- 国委員会の手法を参考に、将来気候予測データのバイアス補正後の中心気圧から高潮の経験的予測式を用いて、大阪湾周辺の潮位偏差を算出し、気候変動に伴う将来変化の傾向を分析する。

■ 検討手順



■ 国委員会との比較

	国委員会	大阪府
使用データ	d4PDF(60km) 統合Dトラックデータ	d2PDF、d4PDF(20km) d4PDF(60km) 統合Dトラックデータ
高潮経験予測式	$\eta = a(P_0 - P) + bU_{10}^2 \cos\theta + c$ ※1	同左
台風中心気圧	d4PDF(60km) 統合Dトラックデータの台風中心気圧をもとにバイアス補正して設定	d2PDF、d4PDF(20km)の年最低値をバイアス補正して設定 (バイアス補正値は国委員会の値を採用)
風速推定方法	Myers式により推定	同左
台風経路	d4PDF(60km) 統合Dトラックデータより設定	d4PDF(60km) 統合Dトラックデータより設定※2
移動速度	d4PDF(60km) 統合Dトラックデータより設定	d4PDF(60km) 統合Dトラックデータより設定※2
中心気圧	d4PDF(60km) 統合Dトラックデータのバイアス補正後気圧を設定	同左
台風半径	中心気圧、台風半径関係式より推定※3	中心気圧、台風半径関係式より推定※4
定数 (C1,C2)	C1=C2=0.70	C1=C2=0.65 ※5

※1 : 「海岸保全施設の技術上の基準・同解説 H30.8」 p2-8

※2 : トラックデータが存在しない年は台風発生しない年として整理。

※3 : 「本多和彦・鮫島和範(2018) 台風の中心気圧と最大風速半径の関係式の確率評価, 国土技術政策総合研究所資料, No.1040, p.3」

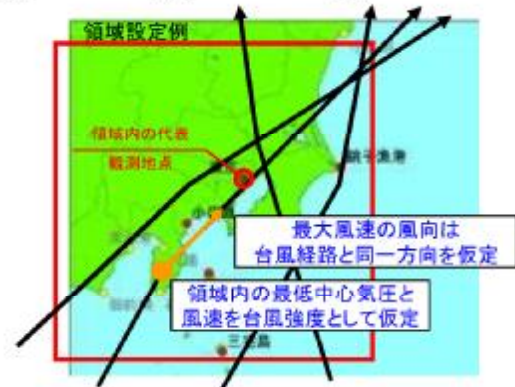
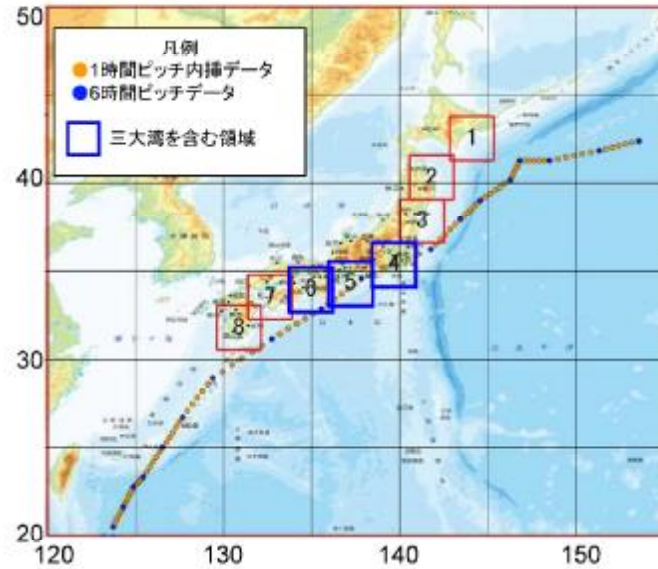
※4 : 第3回審議会にて設定 (伊勢湾台風実績から)

※5 : 第3回審議会にて設定 (平成30年台風21号の再現計算から)

(方法1) 妥当性確認のための高潮シミュレーション (国委員会の方法)

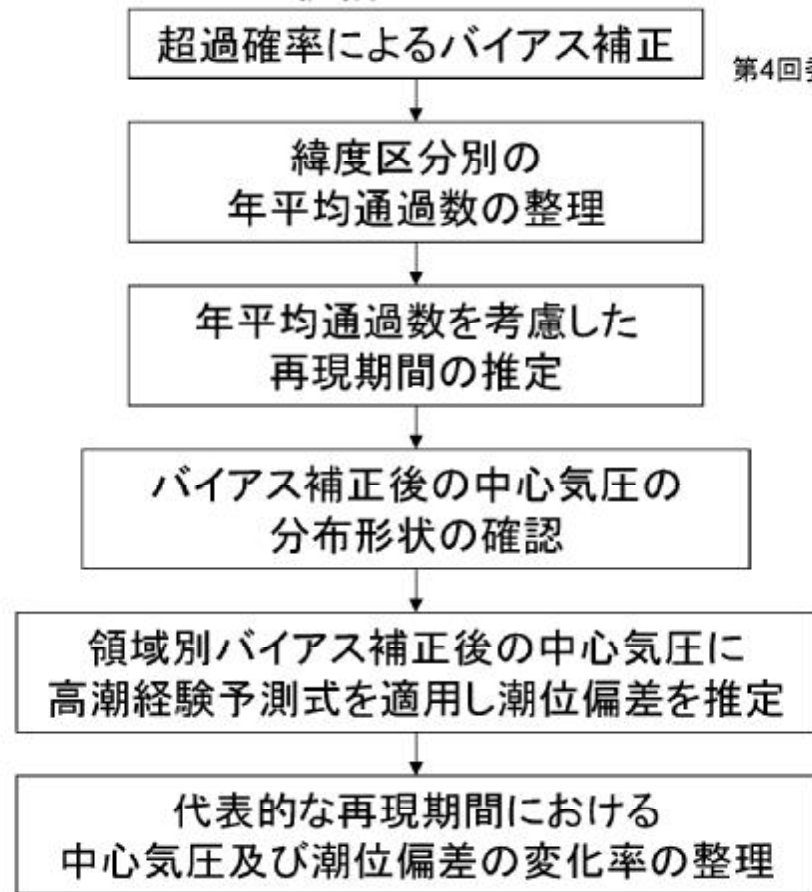
d4PDFによる気候変動に伴う将来変化の影響評価【試算結果】

○ 三大湾(東京湾・伊勢湾・大阪湾)を対象に、d4PDFの過去実験と将来実験のバイアス補正後の中心気圧から高潮経験予測式を適用した潮位偏差を算出し、気候変動に伴う将来変化の傾向を分析した。



領域内を通過する台風の最低中心気圧と風速の定義

検討フロー※



第4回委員会提示資料

今回試行

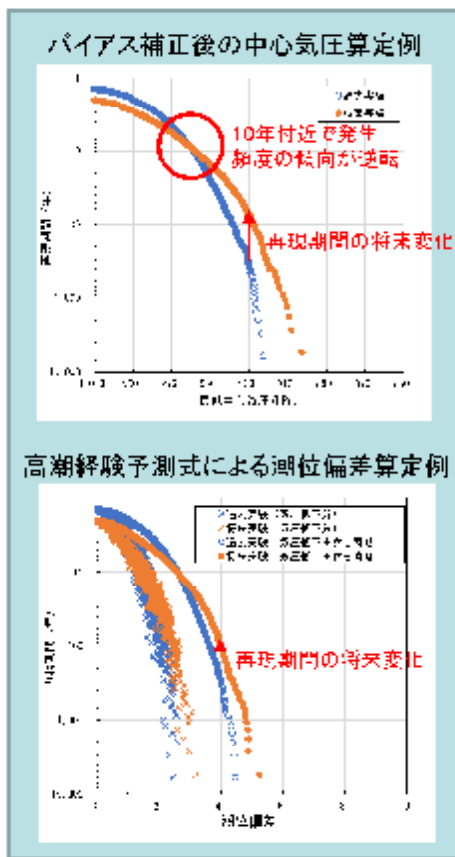
※算定方法及び変化率等の具体は参考資料を参照

(方法1) 妥当性確認のための高潮シミュレーション (国委員会の方法)

d4PDFによる気候変動に伴う将来変化の影響評価【試算結果】

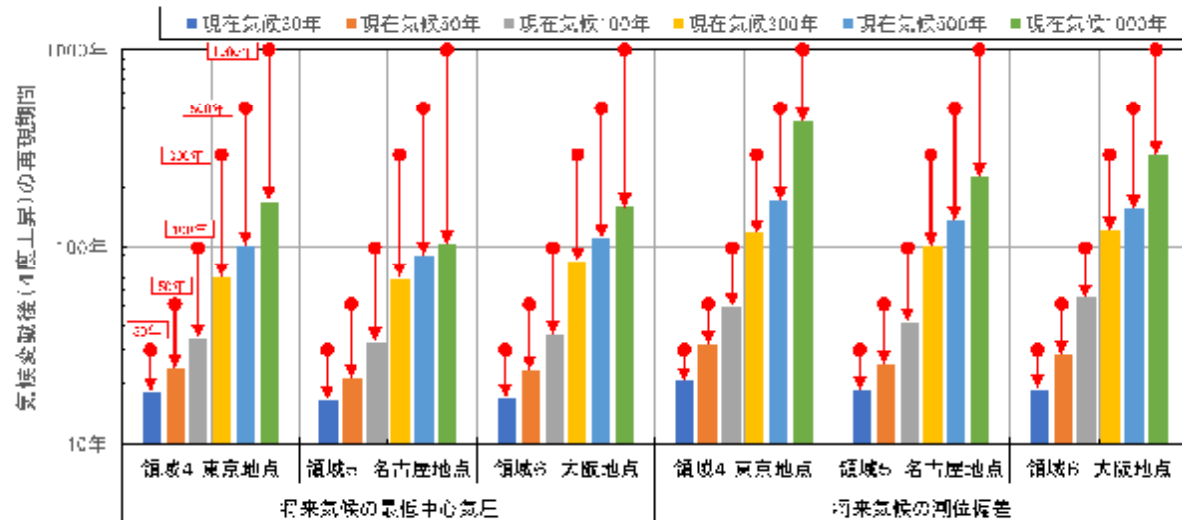
- 海岸防護の目標規模となる再現期間30年～100年、想定最大クラスとなる再現期間300年～1000年について、現在気候(d4PDF過去実験)と将来気候(d4PDF将来実験)の再現期間の変化傾向を分析した。
- 中心気圧と潮位偏差の再現期間の将来変化についてそれぞれ50年→約20年、50年→約30年まで短くなる。また、それぞれ1000年→200年以下、1000年→500年以下まで短くなる。

■再現期間の将来変化算出方法 ■再現期間の将来変化の整理



再現期間	将来気候の最低中心気圧			将来気候の潮位偏差		
	領域4 東京地点	領域5 名古屋地点	領域6 大阪地点	領域4 東京地点	領域5 名古屋地点	領域6 大阪地点
現在気候30年	18年	17年	17年	21年	19年	19年
現在気候50年	24年	21年	24年	32年	25年	28年
現在気候100年	34年	33年	38年	50年	41年	55年
現在気候300年	70年	63年	64年	117年	100年	121年
現在気候500年	100年	90年	114年	173年	145年	156年
現在気候1000年	169年	104年	159年	433年	225年	295年

■現在気候と将来気候の再現期間の変化傾向



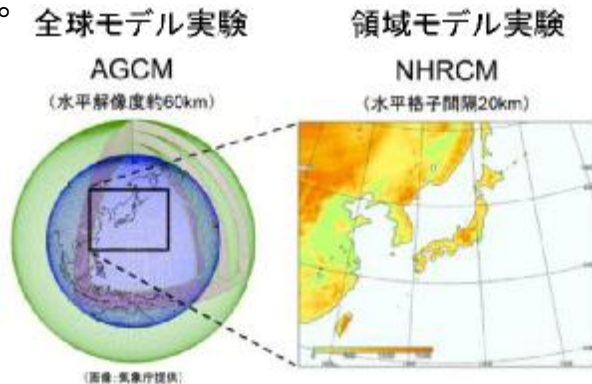
(方法1) 妥当性確認のための高潮シミュレーション (計算方法)

- 大阪府では、d4PDF, d2PDF(NHRCM,20km)を用いて、検討を行っているのに対し、国委員会では、d4PDF(MRI-AGCM,60km)を用いている。

■使用データの違いについて

■d4PDF、d2PDFの特徴

- 気象研究所全球大気モデルMRI-AGCMを用いた全球モデル実験と日本をカバーする気象研究所領域気候モデルNHRCMを用いた領域モデル実験で構成される。
- 領域モデル実験では、全球モデル実験の結果を用いて、水平格子間隔20kmにダウンスケーリングを行ったものである。



国委員会解析対象



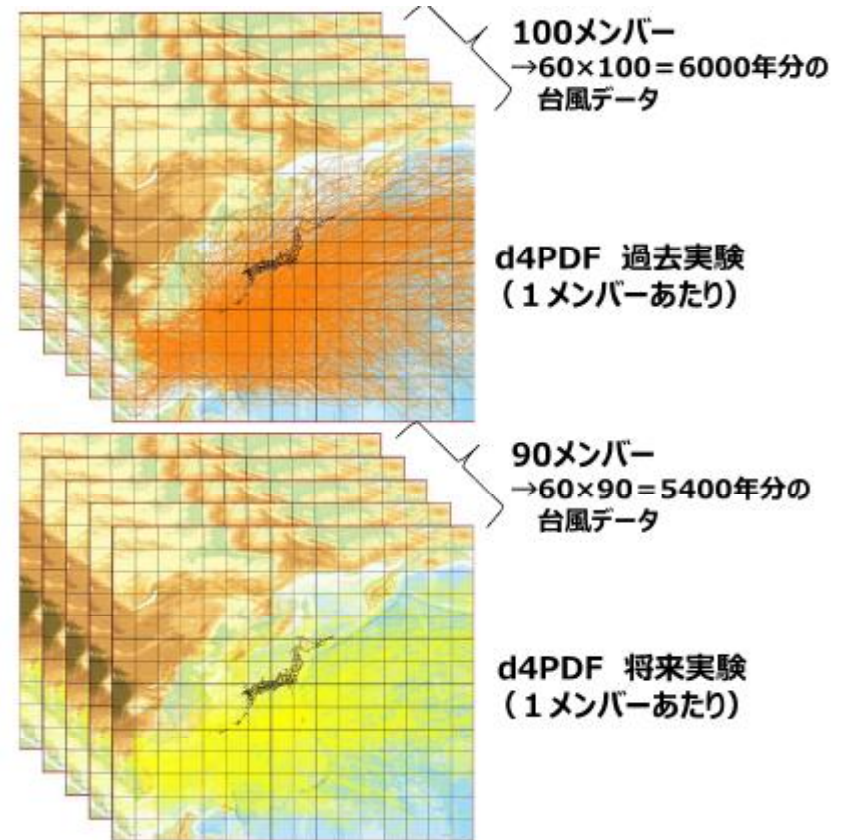
大阪府解析対象

以降において、各データは以下の記載とする。

- ・気象研究所全球大気モデルMRI-AGCM : d4PDF(60km)
- ・気象研究所領域気候モデルNHRCM : d4PDF(20km)

■d4PDF(60km) 統合Dトラックデータ

- d4PDF(60km)に基づき、台風諸元(経路及び中心気圧等)を整理したデータ。計算対象全期間で約28万個の台風データが整理されている。

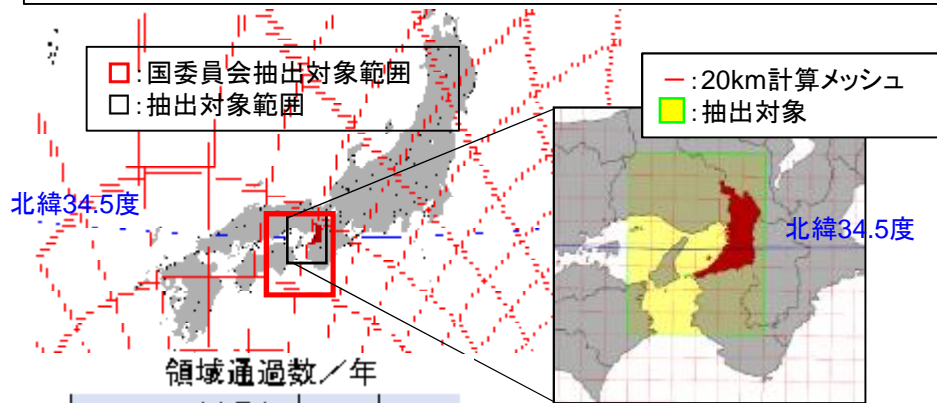


(方法1) 妥当性確認のための高潮シミュレーション (d4PDF等による年最低気圧の整理)

- d2PDF、d4PDF(20km)の大阪湾周辺のデータから年最低気圧を整理する。

■年最低気圧の整理

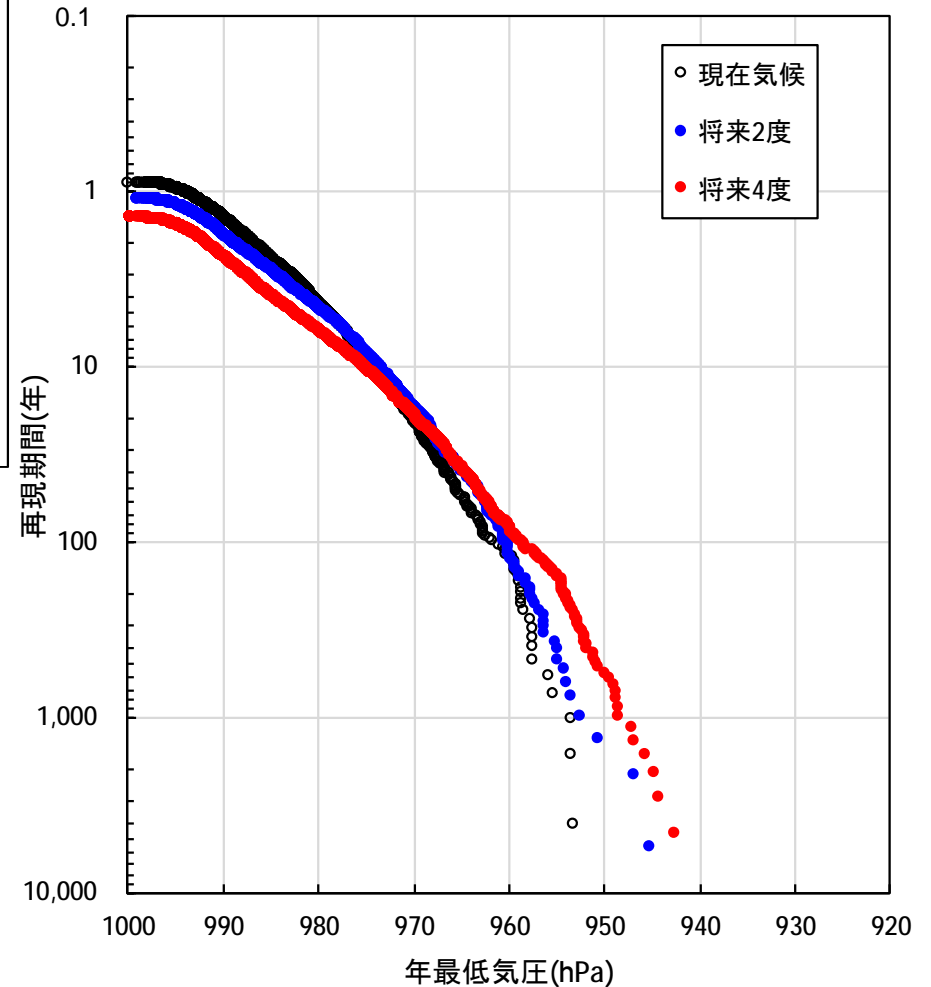
- 大阪湾を含む(下図:黄色ハッチ)における年最低気圧を抽出整理(年最低気圧を台風由来と仮定(1年に1個のデータ))
- 一方、国委員会資料では、d4PDF(60km) 統合Dトラックデータより、下図赤囲みの範囲を通過する台風を抽出し、中心気圧を整理している(正確な台風個数を整理)
- 国委員会資料より、大阪(領域6)を通過する台風の頻度は現在気候で1.1個/年、将来気候(4度)で0.7個/年となり、将来気候では台風の通過個数自体は少なくなる。
- 本検討における整理では、年最低気圧を台風由来であると仮定しており、この事象を再現できない。
- そのため、国の委員会で整理された通過数により、再現期間の補正を行う。なお、将来2度については、現在と4度の平均を用いた。



経路 領域	高潮伝達 算出地点*	過去実績	将来実績
領域1	羽路	0.7	0.4
領域2	八戸	0.8	0.5
領域3	釜川	1.0	0.5
領域4	東京	1.3	0.8
領域5	名古屋	1.2	0.7
領域6	大阪	1.1	0.7
領域7	呉	1.1	0.7
領域8	鹿児島	1.1	0.7

*高潮経路予測式の係数が公表されている気象庁観測地点名

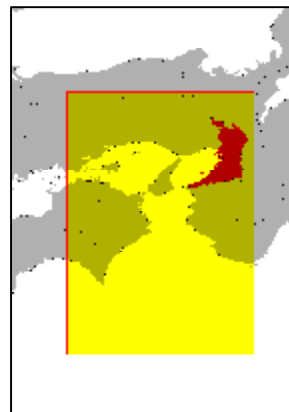
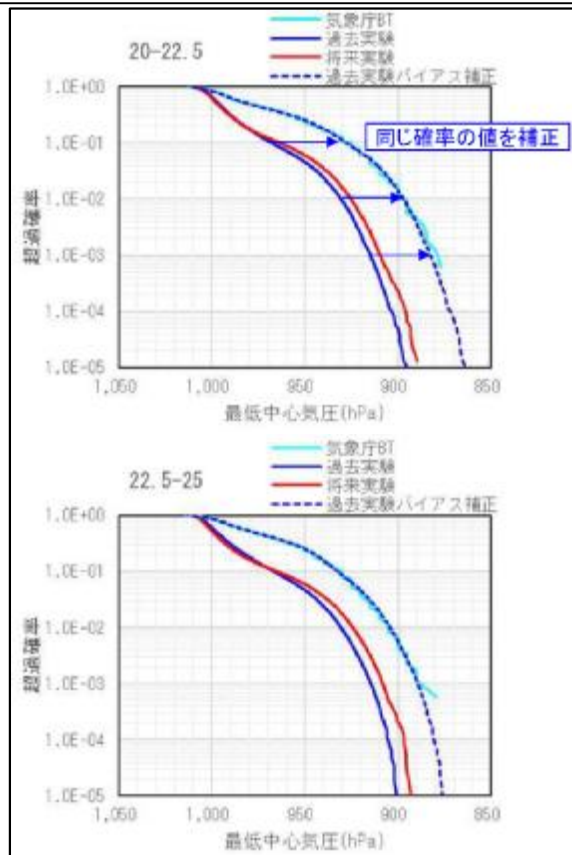
■年最低気圧 (中心気圧) 再現期間



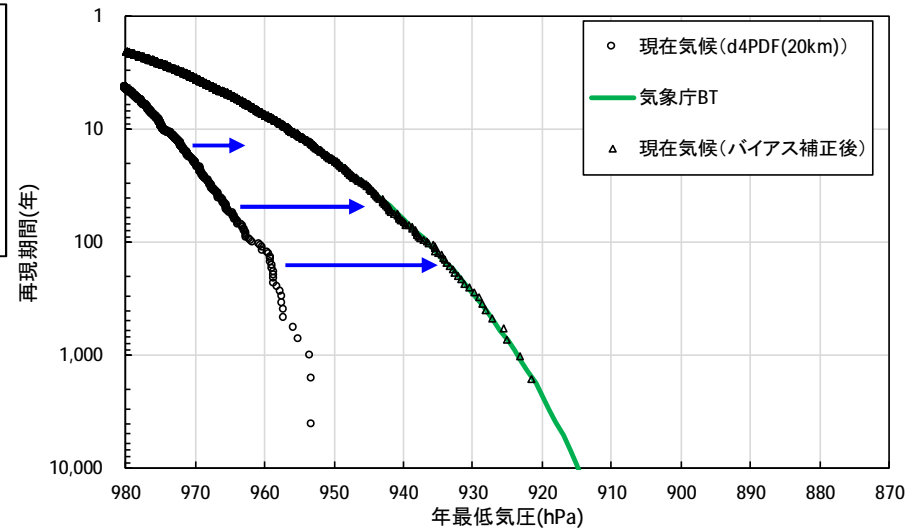
(方法1) 妥当性確認のための高潮シミュレーション (バイアス補正値の算出)

- ・ 国委員会の手法 (クオンタイルマッピング法) を用いて、d4PDF (20km) の大阪湾周辺データによるバイアス補正値を算出した。
- ・ 気象庁ベストトラックデータ及びd4PDF(20km) 過去実験データから大阪湾周辺 (下図: 黄色ハッチ) における台風の中心気圧の超過確率分布を算出した。

- ・ 国委員会における台風中心気圧のバイアス補正は、クオンタイルマッピング法を採用している。
- ・ クオンタイルマッピング法は、緯度2.5度幅毎の気象庁ベストトラックと過去実験の台風中心気圧の超過確率分布を算出し、過去実験の中心気圧を同じ超過確率値の気象庁ベストトラックの値に補正する方法である。



出典: 気候変動を踏まえた
海岸保全のあり方検討委員
会(第5回)資料4

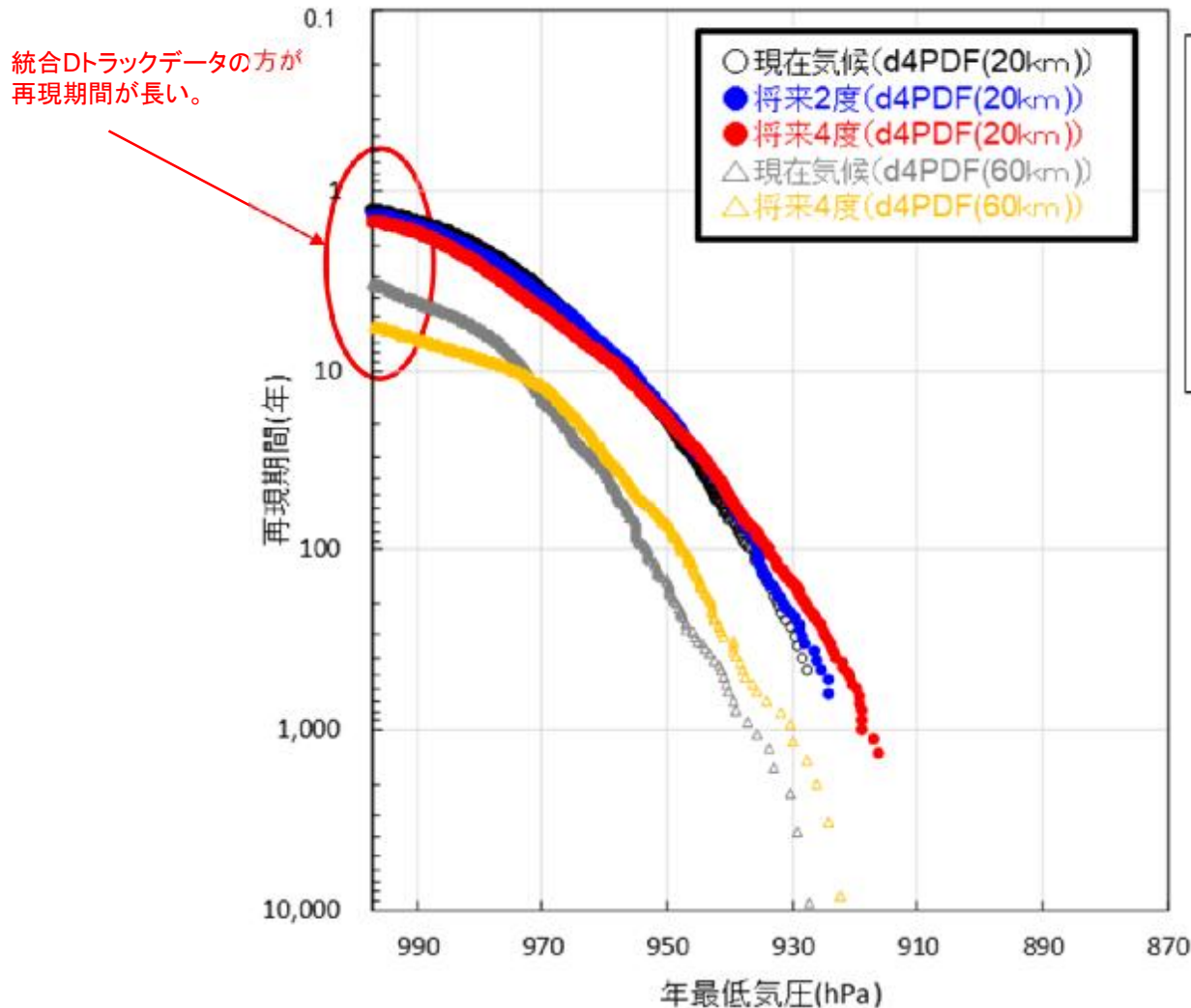


超過確率	再現期間 (年)	気圧 (hPa)		バイアス補正率 (気象庁BT/現在気候)	備考
		現在気候	気象庁BT		
0.002	500	957.0	926.9	0.9686	
0.004	250	958.3	930.8	0.9713	
0.006	166.7	958.9	933.2	0.9733	
0.008	125	959.7	935.1	0.9744	
0.01	100	961.8	936.6	0.9738	
0.03	33.3	967.5	945.0	0.9767	
0.05	20	970.0	949.5	0.9789	
0.07	14.3	971.9	952.8	0.9803	
0.09	11.1	973.5	955.4	0.9814	
0.1	10	974.6	956.6	0.9815	
0.2	5	978.9	965.0	0.9858	
0.3	3.3	982.0	971.1	0.9889	
0.4	2.5	984.7	976.0	0.9912	
0.5	2	986.7	980.8	0.9940	
0.6	1.7	988.3	985.2	0.9969	
0.7	1.4	990.1	992.8	1.0027	
0.8	1.3	990.8	997.8	1.0071	
0.9	1.1	992.9	-	1.0071	該当気圧なし
1	1	994.5	-	1.0071	"

(方法1) 妥当性確認のための高潮シミュレーション (d4PDF等による年最低気圧の整理)

- d4PDF(20km)の年最低気圧(大阪府整理)とd4PDF統合Dトラックデータ(国委員会整理)の北緯34.5度を通過する時点の中心気圧を比較する。

■ d4PDF(20km) とd4PDF(60km) 統合Dトラックデータのバイアス補正後の中心気圧比較



(年最低気圧が大きい範囲で統合Dトラックデータの方が再現期間が長い理由)

- d4PDF(20km)による中心気圧の整理では、トラックデータが整理されておらず、年最低気圧を整理しており、年最低気圧の中に台風ではないデータも含まれているためと考えられる。

(方法1) 妥当性確認のための高潮シミュレーション (経験予測式による偏差の算出)

- ・ 風向・風速の設定に必要となる台風トラックデータは、d2PDFでは存在せず、整理できないため、経験予測式の計算は現在気候と将来4度上昇のみを対象とする。
- ・ 極端に大きな偏差の領域で、将来4度上昇の方が発生頻度が上昇する傾向となった。

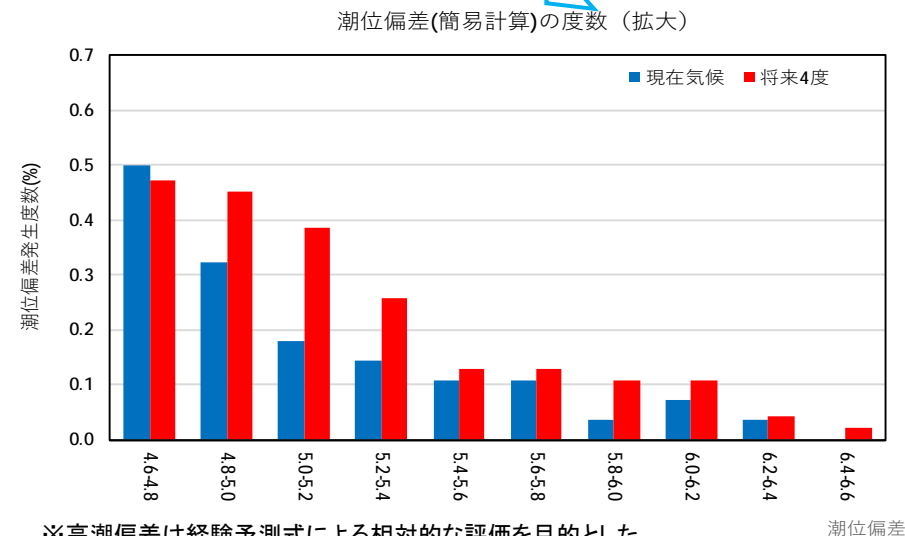
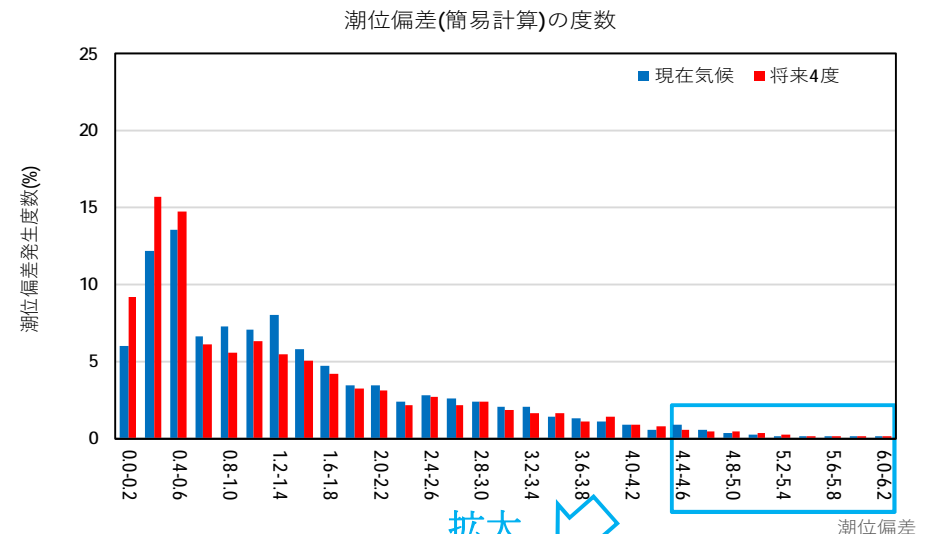
■ 風向・風速の設定

- ・ 経験予測式による偏差の計算に必要な風向風速をd4PDF(60km)統合Dトラックデータから整理する。
- ・ d2PDFは整理されたものが存在しないため、現在気候と将来4度上昇のみを対象とした。
- ・ d4PDF(60km) 統合Dトラックデータから台風経路、中心気圧及び移動速度を設定した。
- ・ 中心気圧に対応する最大旋衡風半径を設定し、Myers式により風向風速を推算した。
- ・ d4PDF(60km) 統合Dトラックデータはデータ間隔が6時間であるため、内挿により1時間間隔のデータを作成した。

■ 経験予測式による高潮潮位偏差の算定

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

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

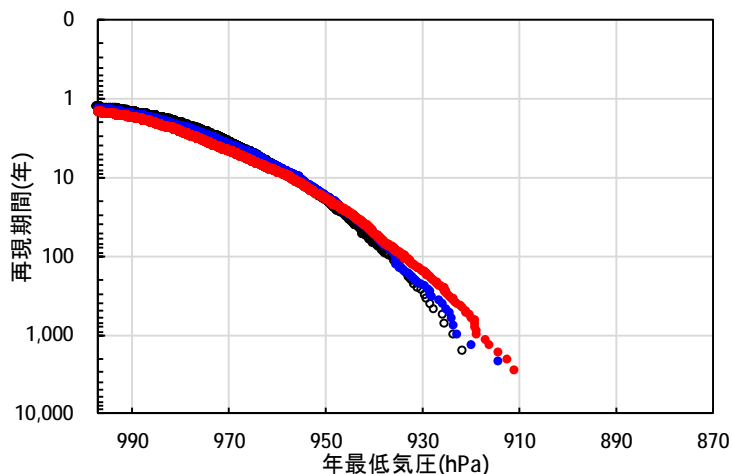


※高潮偏差は経験予測式による相対的な評価を目的とした簡易的な算定のため、単位を記載していない。

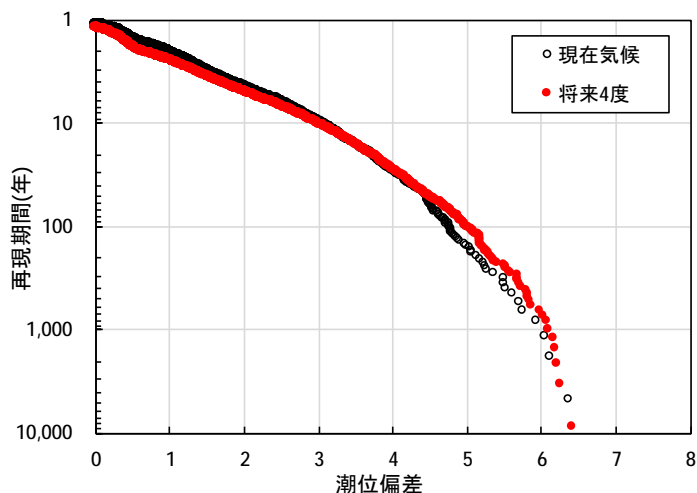
(方法1) 妥当性確認のための高潮シミュレーション（再現期間による比較）

- 最低中心気圧の再現期間の将来変化について、現在気候⇒2度上昇⇒4度上昇の順に短くなり、国の委員会と同様の傾向となった。
- 潮位偏差の再現期間の将来変化は、現在気候よりも4度上昇の方が短くなり、国の委員会と同様の傾向となった。

■ バイアス補正後の最低中心気圧



■ 高潮経験予測式による潮位偏差算定



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

再現期間	最低中心気圧		潮位偏差
	2度上昇	4度上昇	4度上昇
現在気候30年	26年 (-)	26年 (17年)	29年 (19年)
現在気候50年	39年 (-)	38年 (24年)	48年 (28年)
現在気候80年	66年 (-)	62年 (-)	63年 (-)
現在気候100年	81年 (-)	74年 (36年)	72年 (55年)
現在気候200年	177年 (-)	125年 (-)	146年 (-)
現在気候300年	245年 (-)	161年 (84年)	231年 (121年)
現在気候500年	355年 (-)	220年 (113年)	303年 (156年)
現在気候100年	767年 (-)	361年 (159年)	812年 (295年)

括弧内の値：国の委員会による計算結果
(気候変動を踏まえた海岸保全のあり方検討委員会(第7回)資料5より)

(方法1) 妥当性確認のための高潮シミュレーション (再現期間による比較)

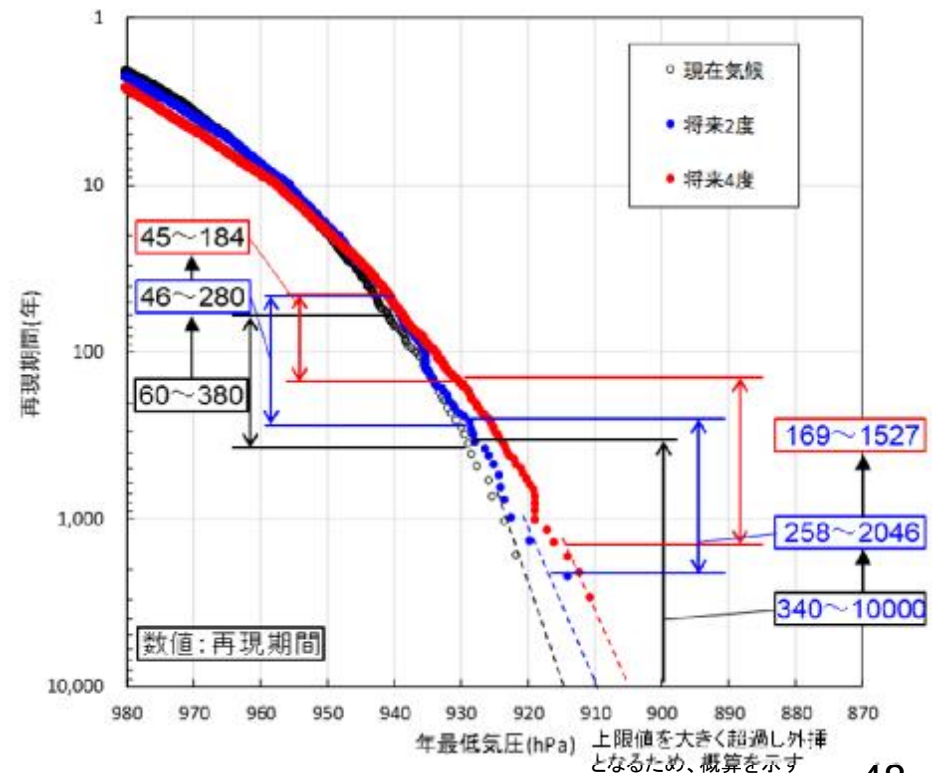
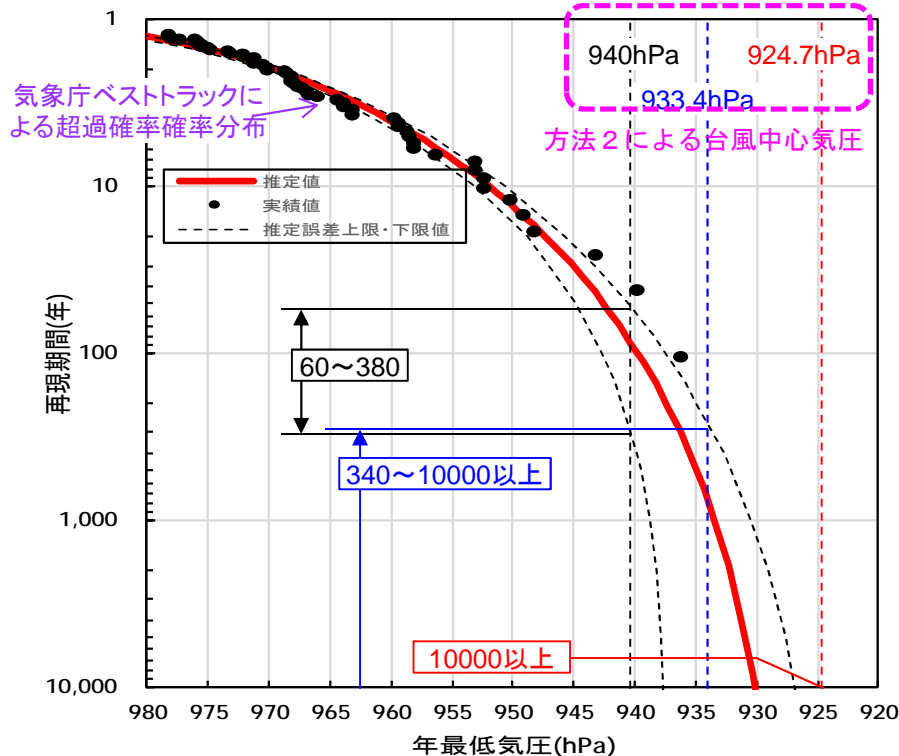
- 令和元年度の第3回審議会で高潮シミュレーション(方法2)に用いた中心気圧を実績データ(気象庁ベストトラック)による確率分布で評価すると、現計画は60年~380年、将来2度は340年~10,000年以上、4度上昇は10,000年以上となる。
- 現在気候340年~10,000年は、将来2度上昇では258年~2046年、現在気候10,000年は将来4度上昇で1,527年となり、現計画の再現期間60年~380年と比べて長い。

■実績データ (気象庁ベストトラック) に基づく台風中心気圧の再現期間

台風中心気圧	再現期間
940hPa(現計画)	60年~380年
933.4hPa(将来2度上昇)	340年~10,000年以上
924.7hPa(将来4度上昇)	10,000年以上

■d4PDF(20km)による中心気圧の再現期間の将来変化

現在気候	2度上昇	4度上昇
60年~380年	46年~280年	45年~184年
340年~10,000年	258年~2046年	169年~1527年
10,000年	2046年	1527年



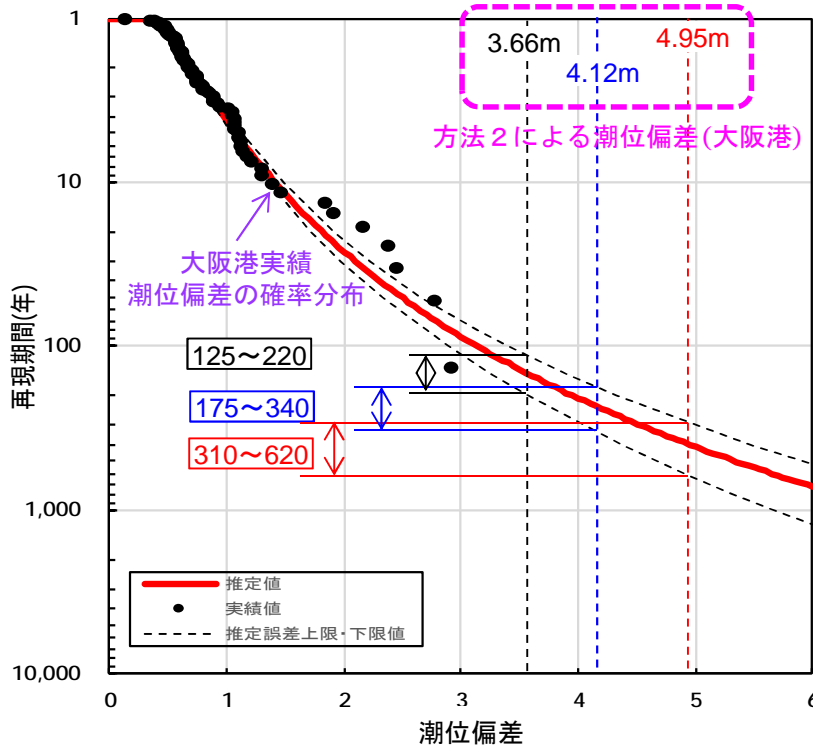
※推定誤差上限・下限値: ジャックナイフ法による推定誤差の1/2を推定値に加減して設定
 ※統計解析手法は、水文統計解析の複数手法よりSLSC値が最小の手法を採用(潮位・潮位偏差ともにGEV)

(方法1) 妥当性確認のための高潮シミュレーション（再現期間による比較）

- 令和元年度の第3回審審議会で算出した潮位偏差の計算値(方法2)を実績データによる確率分布で評価すると、現計画は125年～220年、将来2度は175年～340年、4度上昇は310年～620年となる。
- 現在気候175年～340年に対して、4度上昇では106年～234年、現在気候310年～620年に対して、4度上昇では228年～379年となり、現計画の再現期間125年～220年と同程度の再現期間であり、今回設定した外力は概ね妥当であると考えられる。

■実績データ（大阪港）に基づく方法2の潮位偏差の再現期間

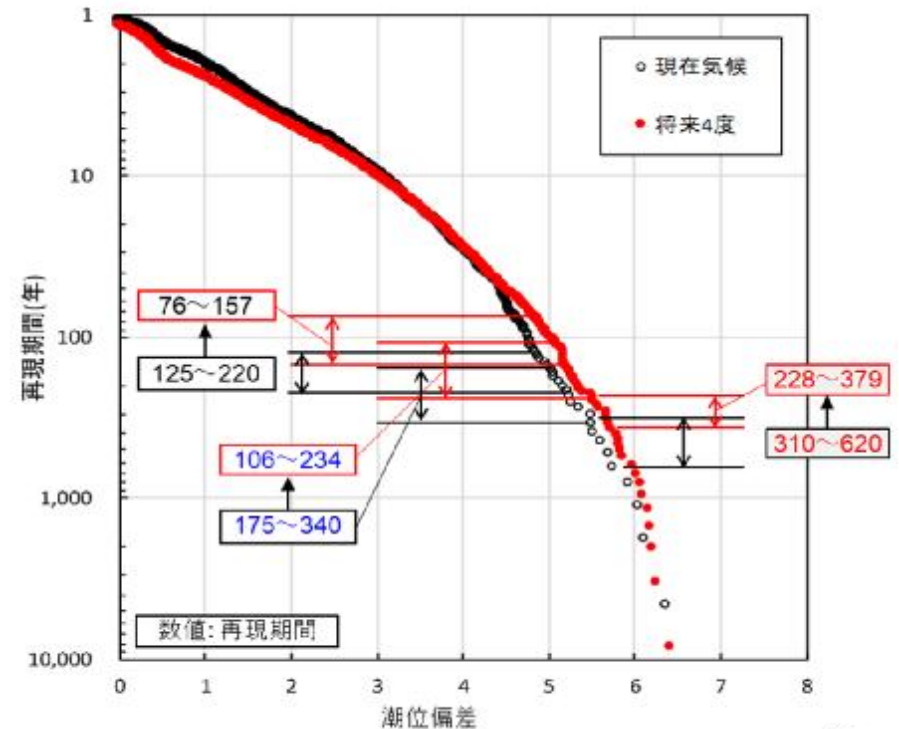
潮位偏差	再現期間 (実績:大阪港実績)
3.66m(現計画)	125年～220年
4.12m(将来2度上昇)	175年～340年
4.95(将来4度上昇)	310年～620年



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

■高潮経験予測式による潮位偏差の再現期間の将来変化

現在気候	4度上昇
125年～220年	76年～157年
175年～340年	106年～234年
310年～620年	228年～379年



※推定誤差上限・下限値: ジャックナイフ法による推定誤差の1/2を推定値に加減して設定
 ※統計解析手法は、水文統計解析の複数手法よりSLSC値が最小の手法を採用(潮位・潮位偏差ともにGEV)

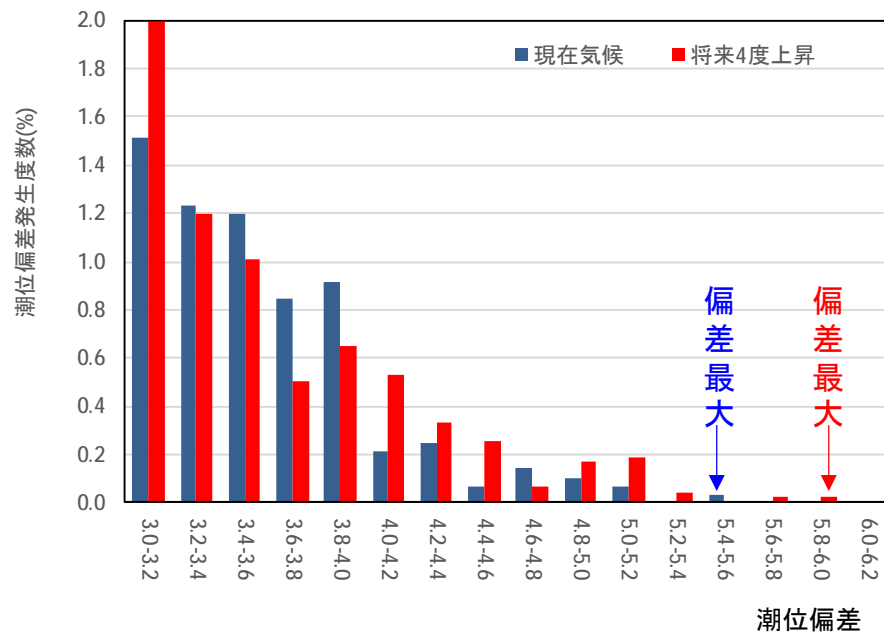
(方法1-2) 高潮シミュレーションによる潮位偏差の計算

- 高潮の経験的予測式で最大の潮位偏差となった台風データを用いて、高潮シミュレーションを実施し、簡易計算(方法1-1)及び方法2による計算結果と比較する。

■台風データの抽出

高潮の経験予測式で最大偏差となった現在気候、4度上昇のデータを抽出する。

潮位偏差(簡易計算)の度数(拡大)



	対象ケース名 及び生起日	簡易計算による 潮位偏差
現在気候	m62 1991年	5.50
4度上昇	GF,m108 2094年	5.99

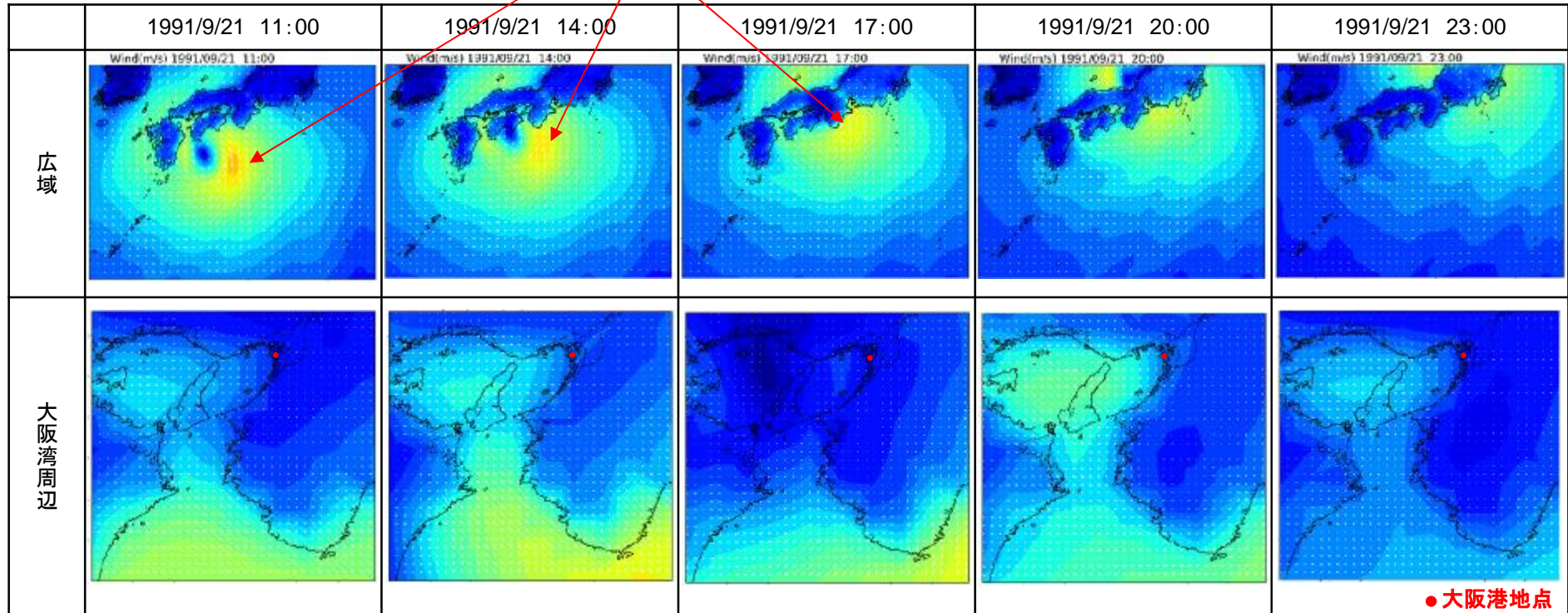
■計算条件 (主な条件)

項目		方法1-2	(参考)方法2
地形データ (格子サイズ)		現況地形(令和2年度末時点)を設定 ($\Delta x = \Delta y = 2,430m \rightarrow 810m \rightarrow 270m \rightarrow 90m \rightarrow 30m \rightarrow 10m$ ネスティング)	
台風諸元		d 4 P D F (20km)より抽出した気圧、風速、移動速度、経路を設定	◇中心気圧：伊勢湾台風実績 ◇台風半径：伊勢湾台風実績 ◇移動速度：室戸台風実績 ◇台風経路：室戸台風実績
潮位		台風期平均の朔望平均満潮位(ただし、気候変動による海面上昇考慮)	
気圧風場	モデル	d 4 P D F (20km)を用いるため、計算不要	Myersモデル、傾度風モデル
	モデル定数	-	平成30年21号台風の再現性を踏まえてパラメータを設定 ($C1=C2=0.65$)
	算定方法	d 4 P D F (20km)より地形データの格子毎に内挿して算定	上記モデル及び定数により地形データの格子毎に算定
高潮	モデル	非線形長波方程式モデル(コリオリ力、気圧変動、海面摩擦を考慮)	
	計算条件	◇粗度係数：水域は一律 $n = 0.025$ ◇海面抵抗係数：本多・光易(1980)式を基本に風速45m/sで上限設定	

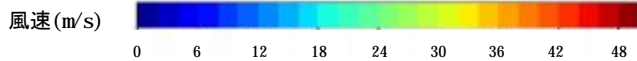
(方法1-2) 高潮シミュレーションによる潮位偏差の計算

【現在気候】

海上では風速30m/s以上の領域が存在



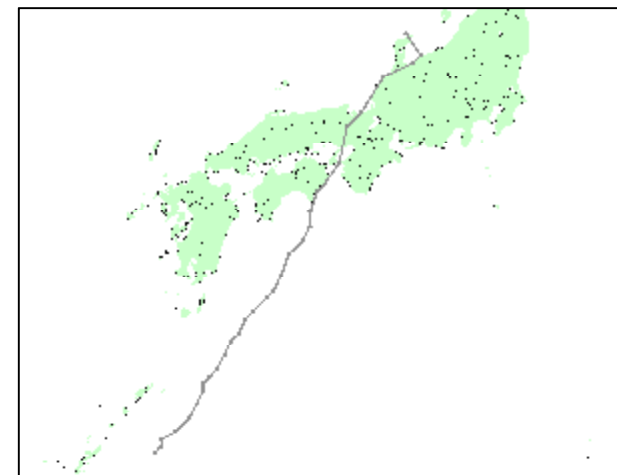
●大阪港地点



- 台風は、大阪湾の西部を通過しており、大阪湾で高潮を引き起こす経路である。
- 風速は、海上では最大30m/s以上あるが、陸地では風速は減衰し、10m/s程度となっている。



- メッシュサイズ(20km)が大きいいため、陸地については、山地等の影響により風速がかなり小さくなっている。

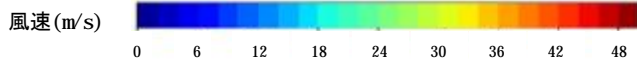
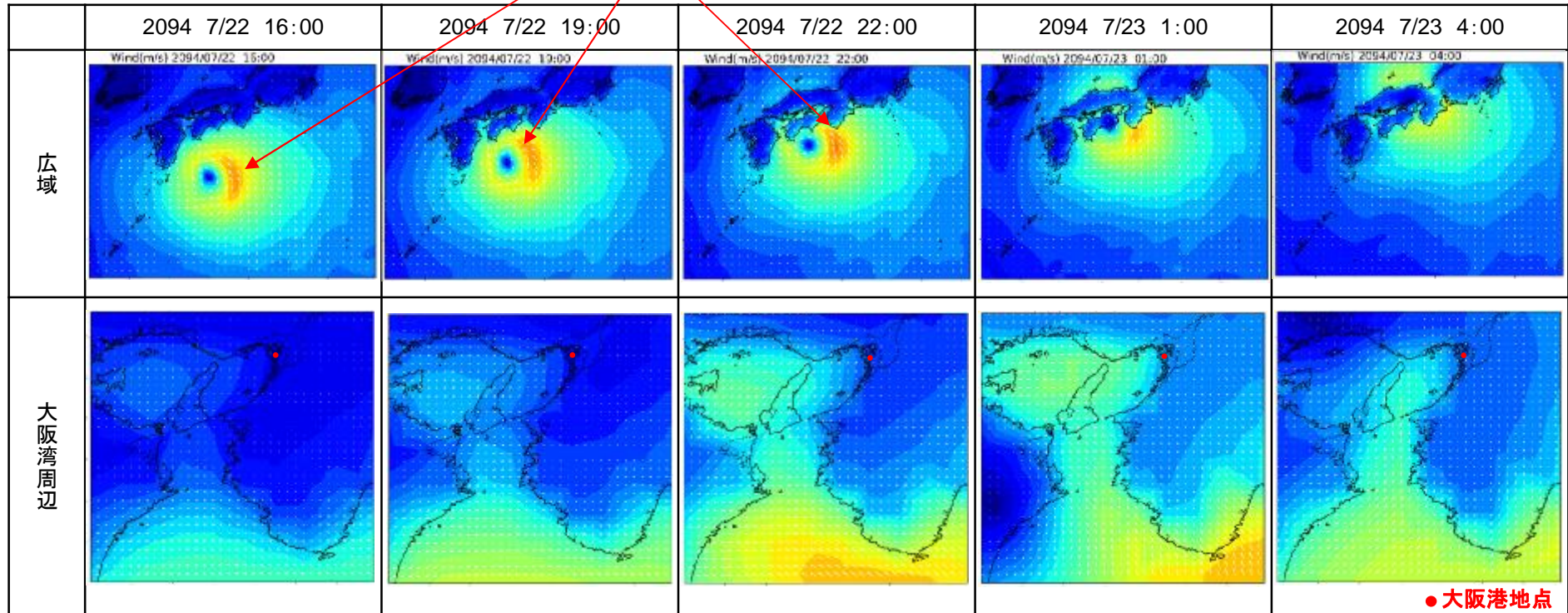


图中「・」: 毎時の台風中心位置を示す

(方法1-2) 高潮シミュレーションによる潮位偏差の計算

【将来4度上昇】

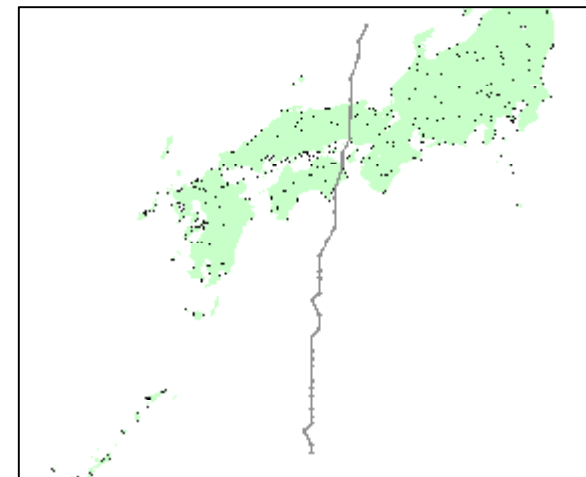
海上では風速35m/s以上の領域が存在



- 台風は、大阪湾の西部を通過しており、大阪湾で高潮を引き起こす経路である。
- 風速は、海上では最大35m/s以上あるが、陸地では風速は減衰し、15m/s程度となっている。



- メッシュサイズ(20km)が大きいいため、陸地については、山地等の影響により風速がかなり小さくなっている。



图中「・」: 毎時の台風中心位置を示す

設計外力の妥当性確認

- (方法1-1)高潮経験予測式を用いた簡易計算では、気候変動に伴う将来変化の傾向を分析し、潮位偏差において現在気候と将来気候で同程度の再現期間であることを確認した。
- (方法1-2)方法1-1で最大の潮位偏差となった台風データを用いて、高潮シミュレーションを実施したところ、他の手法と比較して、極端に小さな結果となった。
- 要因としては、d4PDFのメッシュサイズによる影響などが考えられ、現時点において、d4PDF(20km)データによる高潮シミュレーションによる潮位偏差の定量化は困難と考えられる。

■高潮経験予測式を用いた簡易計算(方法1-1)

国委員会の手法を参考に、将来気候予測データのバイアス補正後の中心気圧から高潮の経験的予測式を用いて、大阪湾周辺の潮位偏差を算出し、気候変動に伴う将来変化の傾向を分析する。

(台風中心気圧(バイアス補正後)の再現期間による比較)

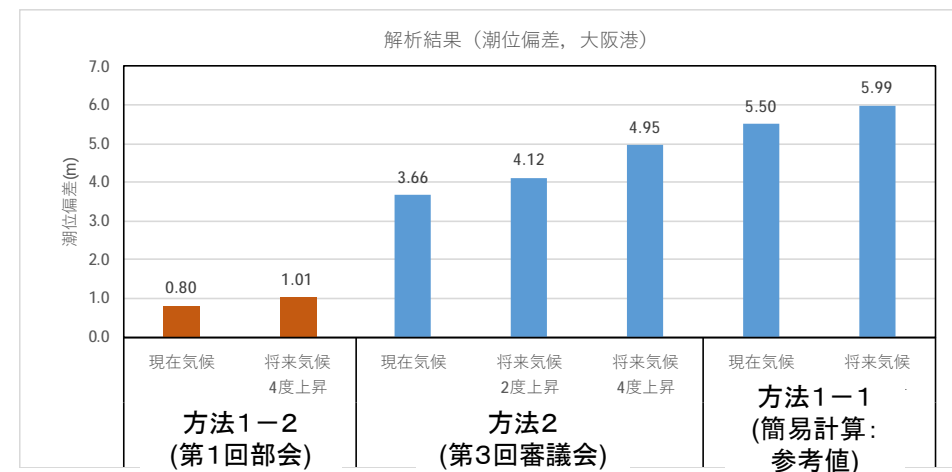
	(方法2) 台風 中心気圧 (hPa)	再現期間			
		実績データ (気象庁ベース トラック)	(d2PDF,d4PDF) バイアス補正後の最低中心気圧		
			現在	2度上昇	4度上昇
現在気候	940	60年～ 380年	60年～ 380年	45年～ 280年	45年～ 184年
2度上昇	933.4	340年～ 10,000年以上	340年～ 10,000年以上	258年～ 2,046年	169年～ 約1,527年
4度上昇	924.7	10,000年以上	10,000年以上	約2,046年	約1,527年

(潮位偏差(大阪港)の再現期間による比較)

	(方法2) 潮位偏差 (m)	再現期間			
		実績データ (大阪港)	(d4PDF) 高潮経験予測式による潮位偏差		
			現在	2度上昇	4度上昇
現在気候	3.66	125年～ 220年	125年～ 220年	-	76年～ 157年
2度上昇	4.12	175年～ 340年	175年～ 340年	-	106年～ 234年
4度上昇	4.95	310年～ 610年	310年～ 610年	-	228年～ 379年

■将来気候予測データを直接活用した高潮シミュレーション(方法1-2)

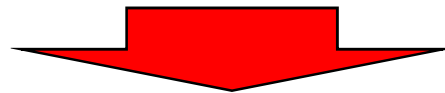
簡易計算(方法1-1)で最大の潮位偏差となった台風データを用いて、高潮シミュレーションを実施し、簡易計算(方法1-1)及び方法2による計算結果と比較する。



設計外力の妥当性確認（方法2）

■（方法2）想定台風に将来の気候変動量を考慮する方法（設計外力の設定）

第1回審議会時点での評価		検討結果からの長所・短所に対する考察
長所	<ul style="list-style-type: none"> ● 台風経路を条件として設定できるため、水門にとって最も危険側となる台風諸元（経路、移動速度等）を検討することが可能である。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 台風中心気圧を気候変動予測データ(d4PDF)を用いて、現在気候と台風中心気圧の低下量（現在気候からの比率）を整理し、現行計画（伊勢湾台風規模）に適用することで、現行計画からの気候変動による外力の増大を考慮した将来気候での台風中心気圧の設定が可能。 ● 台風モデルや経路は、大阪湾にとって最悪と想定している現行計画の諸元を踏襲することができた。 ● 既往台風（伊勢湾台風・室戸台風）を基にした最悪想定 of 台風シミュレーションであるため、最も危険側となる台風諸元ではない可能性がある。
	<ul style="list-style-type: none"> ● 台風モデルや経路の設定方法について現行計画との整合が図れる。 	
短所・課題	<ul style="list-style-type: none"> ● メッシュサイズにより台風の気圧および風場のピーク値の再現性が課題となる場合が想定される。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 水門付近では、陸地の影響を大きく受けるため、旧淀川河口に比べると、再現性は低いものの、ピーク値の再現はできており、水門の設計に用いることを考慮すれば、妥当である。 ● ただし、現時点のモデルの限界ということ認識して、将来、外力の見直しを行う際は、再度シミュレーションの検証を行うことも検討すべきである。
	<ul style="list-style-type: none"> ● 仮想台風による設定であるため、得られる結果が過小・過大となる可能性がある。 	



【結論】

- ・方法2において算出された潮位偏差については、現行計画との整合が図れている。
- ・また、方法1による検証の結果、方法2で算出された潮位偏差は概ね妥当であることが確認できた。
- ・現状において、潮位偏差を定量化する方法としては、方法2を使用することが適当である。

設計外力の妥当性確認（方法1）

■（方法1）将来気候予測の直接活用する方法（妥当性の確認）

第1回審議会時点での評価		検討結果からの長所・短所に対する考察
長所	●膨大なデータが母数となるため、確率評価が可能である。	●d4PDFを用いて、台風による潮位偏差の気候変動による将来変化の傾向を定性的に分析することは可能。 ●しかし、適切なバイアス補正方法を含めた定量化手法については今後、検討を進める必要がある。
	●気象モデルによる解析であるため、陸地の影響を受けて変化する風等を表現できており、実現象に近いシミュレーションが可能である。	●d4PDF(20km)のメッシュサイズが20kmと大きいため、現状では台風中心気圧や強風域が十分に再現できていない。(方法1-2)
	●予測の不確実性を考慮した分析が可能である。	●膨大なデータを分析することにより、予測の不確実性を考慮することは可能。
短所・課題	●メッシュサイズにより台風の気圧および風場のピーク値の再現性が課題となる場合が想定される。	●d4PDF(20km)のメッシュサイズが20kmと大きいため、現状では台風中心気圧や強風域が十分に再現できていない。(方法1-2)
	●データ量が膨大であるため、解析量も膨大となる。	●作業量が少ない高潮経験予測式による簡易計算においても、分析は可能であるが、定性的なものであり、定量的な評価はできない。 ●すべてのデータを高潮シミュレーションすると、膨大な量になるが、現時点では、メッシュサイズの影響もあり、シミュレーションでは、十分に表現できない。
	●最も危険側となる台風諸元(経路、移動速度)を検討できない。	●膨大なデータがあるため、中心気圧をd4PDFから抽出し、台風モデルや経路は想定で設定する手法も考えられる。(本審議会では未検討)



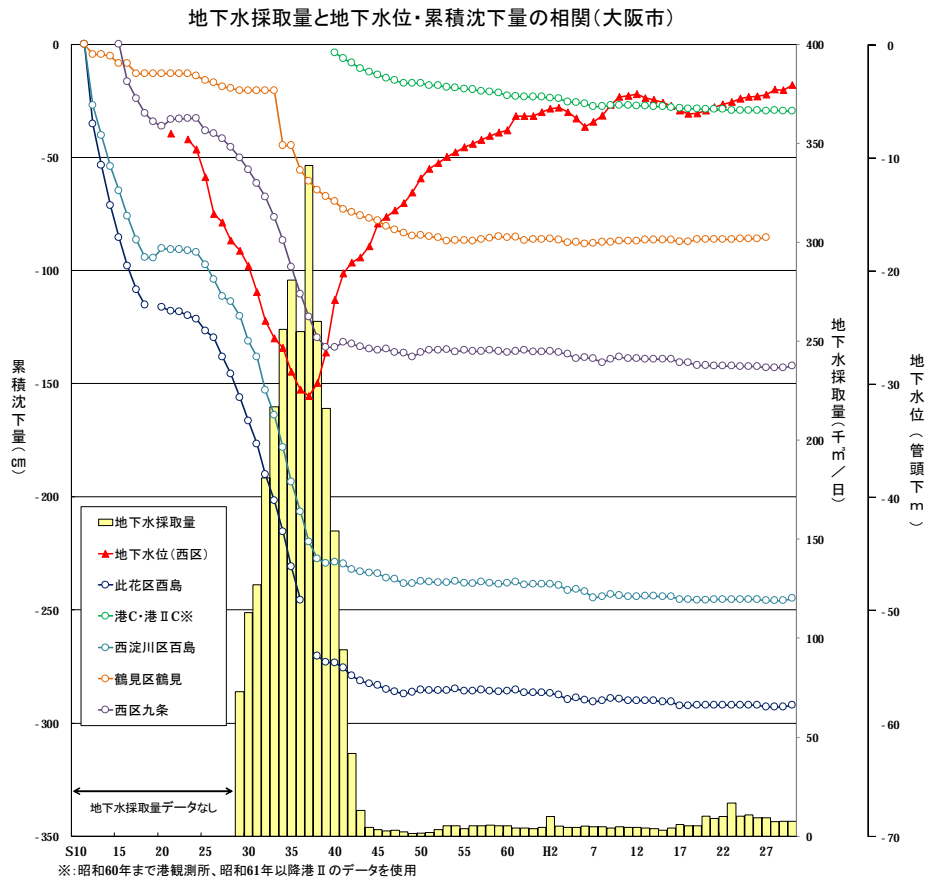
【結論】

・現状においては、気候変動による将来変化の傾向を定性的に分析することは可能であるが、将来気候予測を直接活用した方法による、潮位偏差等の定量化は困難

地盤沈下量の設定

- 大阪市内における地盤沈下量は、現水門設計時(S38)から最新調査(H30)で最大約30cm(港C・港CⅡ)である。
- 地下水採取(揚水)が規制された昭和40年代以降の地盤沈下量は特に低減しており、近年10ヵ年においてはほとんど沈下はみられない。
- 内閣府「南海トラフの巨大地震モデル検討会」の津波断層モデルのうち、大阪府域に最も大きな影響を与えると考えられる4つのケースにおける、大阪市の広域地盤沈下量の最大値は約25cmである。
- 以上より、新水門の設計において設定する地盤沈下量は、広域地盤沈下量の25cmとする。

■地盤沈下量(実績値)



期間	期間年数	沈下量 (cm) ※1				
		此花区西島	西区九条	西淀川区百島	鶴見区鶴見※2	港C・港ⅡC
S30~H30	63	125.6	86.8	113.9	65.1	—
S38(建設)~H30	55	21.7	12.4	17.6	21.1	29.5
S50~H30	43	6.8	6.0	7.7	1.0	12.2
近年30ヵ年(S63~H30)	30	5.5	6.3	6.4	0.1	6.2
近年20ヵ年(H10~H30)	20	2.5	4.0	1.4	-2.4	2.4
近年10ヵ年(H20~H30)	10	-0.2	0.1	-0.5	-1.5	0.8

※1 正: 沈下、負: 隆起、※2 最新観測年H27



■大阪府広域地盤沈下量

	断層モデル※				最大値
	ケース③	ケース④	ケース⑤	ケース⑩	
大阪市	0.229	0.252	0.246	0.193	0.252

※内閣府「南海トラフの巨大地震モデル検討会」が公表した11のモデルから、大阪府域に最も大きな影響を与える4ケース

ケース③: 「紀伊半島沖~四国沖」に「大すべり域、超大すべり域」を設定

ケース④: 「四国沖」に「大すべり域、超大すべり域」を設定

ケース⑤: 「四国沖~九州沖」に「大すべり域、超大すべり域」を設定

ケース⑩: 「三重県南部沖~徳島沖」と「足摺岬沖」に「大すべり域、超大すべり域」を設定

将来気候を踏まえた新水門天端高（2100年頃想定）

- 気候変動を考慮しない現在気候の水門天端高は、地盤沈下量の見直しにより現計画より若干低くなるが、既に海面水位が上昇傾向にあることなどを踏まえ、現計画どおりOP+7.40mとする。
- 気候変動を考慮した水門天端高は、安治川水門で最も高く、2度上昇でOP+8.64m、4度上昇でOP+9.85mとなり、現計画(OP+7.40m)よりもそれぞれ1.24m、2.45m高くなる。

		朔望平均満潮位(OP+m)			海面上昇量(m)			潮位偏差(m)			うちあげ高(m)※			地盤沈下量(m)			水門天端高(OP+m)		
		安治川水門	尻無川水門	木津川水門	安治川水門	尻無川水門	木津川水門	安治川水門	尻無川水門	木津川水門	安治川水門	尻無川水門	木津川水門	安治川水門	尻無川水門	木津川水門	安治川水門	尻無川水門	木津川水門
	現行計画値	2.20	2.20	2.20	0.00	0.00	0.00	3.60	3.60	3.60	1.00	1.00	1.00	0.60	0.60	0.60	7.40	7.40	7.40
現行高潮計画外力 (気候変動なし)	解析値	2.20	2.20	2.20	0.00	0.00	0.00	3.87	3.97	4.17	0.98	0.68	0.59	0.25	0.25	0.25	7.30	7.10	7.21
	現行高潮計画からの差分	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.27	0.37	0.57	-0.02	-0.32	-0.41	-0.35	-0.35	-0.35	-0.10	-0.30	-0.19
将来気候2度上昇外力 海面上昇量：95%値 (2100年頃想定)	解析値	2.30	2.30	2.30	0.70	0.70	0.70	4.32	4.47	4.66	1.07	0.74	0.64	0.25	0.25	0.25	8.64	8.46	8.55
	現行高潮計画からの差分	0.10	0.10	0.10	0.70	0.70	0.70	0.72	0.87	1.06	0.07	-0.26	-0.36	-0.35	-0.35	-0.35	1.24	1.06	1.15
将来気候4度上昇外力 海面上昇量：中央値 (2100年頃想定)	解析値	2.30	2.30	2.30	0.90	0.90	0.90	5.25	5.30	5.54	1.15	0.80	0.71	0.25	0.25	0.25	9.85	9.55	9.70
	現行高潮計画からの差分	0.10	0.10	0.10	0.90	0.90	0.90	1.65	1.70	1.94	0.15	-0.20	-0.29	-0.35	-0.35	-0.35	2.45	2.15	2.30

※うちあげ高は豊島の算定図により算定(うちあげ係数R=1.0)



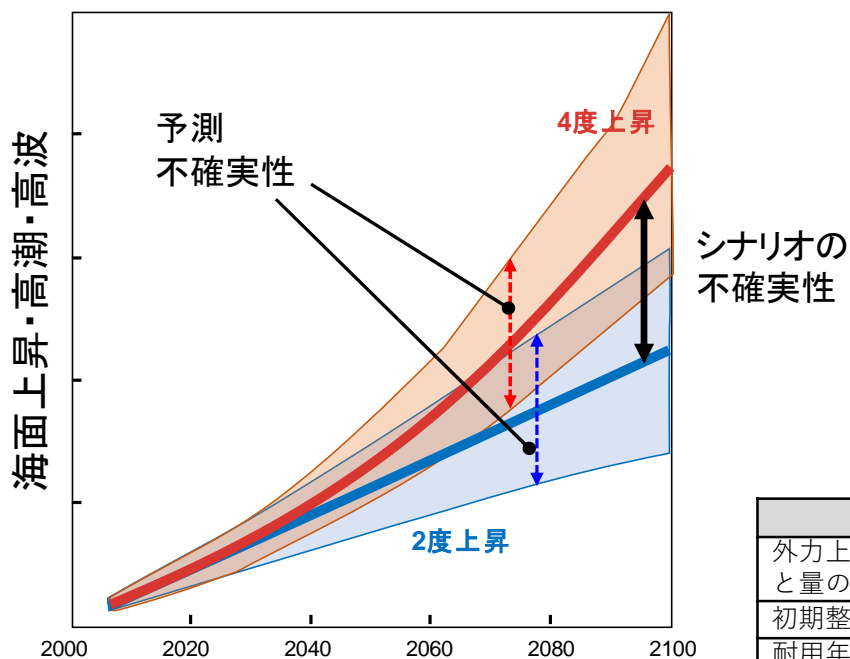
手戻りの無い設計の考え方

「できるだけ手戻りの無い設計」のための検討方針

- 気候変動予測結果を基に設定した外力には、さまざまな不確実性が潜在するため、これを踏まえた設計を行う必要がある。
- 気候変動に伴い経年的に変化する外力に対して施設を設計する場合、4度上昇を想定した設計は、手戻りのリスクが小さく、減災効果は優れるが、初期費用及び外力の不確実性は高くなる。
- 一方、2度上昇を想定した設計は、初期費用は安くなるが、供用期間中に想定した外力を超えた場合に改修が必要となる。かつ、超過洪水に対する減災効果は劣る。

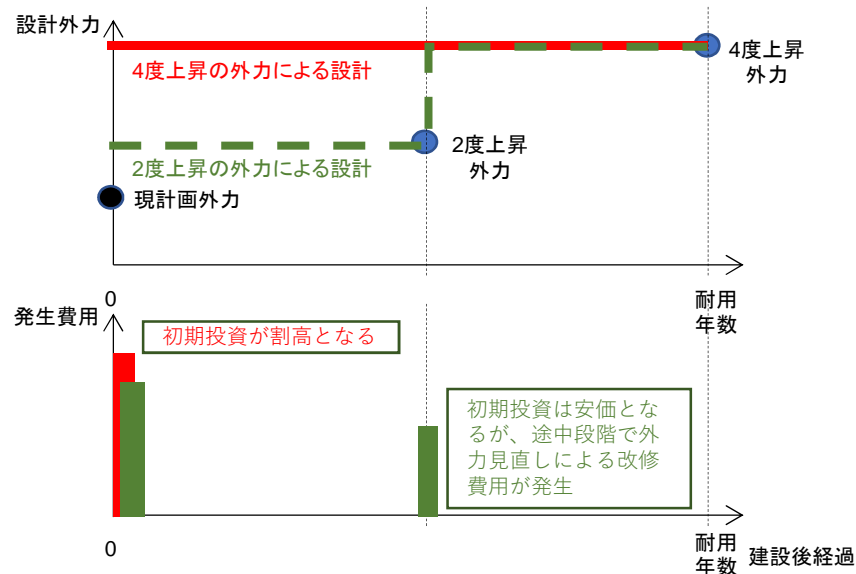
■ 気候変動予測結果に含まれる不確実性

気候変動の予測結果には、気候予測の不確実性、シナリオによる不確実性、外力の上昇時期の不確実性などが含まれる。
 そのため、気温上昇に起因する、海面上昇、台風規模の変化による高潮や波浪の増加量にもそれぞれ不確実性が潜在する。
 これらの不確実性を踏まえ、水門設計を行う必要がある。



■ 設定する外力と費用の発生

初期費用、途中段階の外力見直しによる改修費用を踏まえて、手戻りのない設計の考え方について検討する必要がある。



	4度上昇の外力	2度上昇の外力
外力上昇の時期と量の不確実性	× 変動幅が大きい	○ 変動幅が小さい
初期整備コスト	× 過剰投資となるリスク	○ 必要最小限のコスト
耐用年数内の改修リスク	○ コスト増リスク小	× 改修時にはコスト増
減災機能	○ 超過洪水に対して効果大	× 超過洪水に対して効果小

「できるだけ手戻りの無い設計」のための検討方針

- 気候変動を踏まえた治水計画のあり方提言に基づき、施設設計の外力は、2度上昇を想定し、部材毎に耐用期間内に必要とされる安全性を確保するものとし、耐用期間終了時点で想定される外力を用いて設計を行う。
- ただし、2度上昇外力の予測値には不確実性があることや更なる温度上昇にも備える観点から、4度上昇の外力まで増加した場合でも改造できるような設計上の工夫について検討する。

■気候変動を踏まえた治水計画のあり方 提言「施設設計上の対応」の考え方

(基本的な考え方)

- 施設の耐用年数経過時点において、必要とされる安全性が確保されるように、気候変動の影響を考慮
- 耐用年数の長い施設については、予測の不確実性も踏まえ、容易かつ安価に改造できるような設計上の工夫を実施。

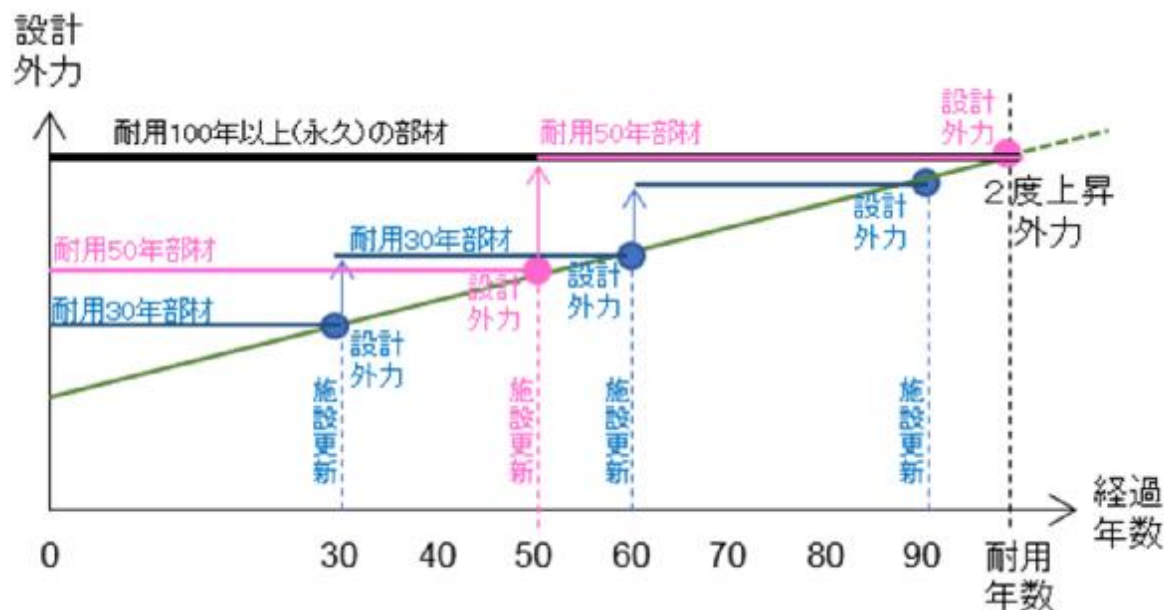
(採用する外力の考え方)

- RCP2.6(平均値)の活用
※施設の耐用年数経過時点(更新時点)における外力を設計
- RCP8.5シナリオの活用
更なる温度上昇に備えて、構造変更を容易にする工夫等を検討する場合の外力に活用

(具体の対応策)

- 2度上昇による外力増加を設計に反映
- 4度上昇でも改造等が容易になる工夫
- 順次対応可能な構造

■部材毎の耐用期間を考慮した外力条件の設定イメージ



■更新年数の例

- 耐用100年以上(永久): 本体(門柱)、基礎など
- 耐用50年部材: ゲート扉体など
- 耐用30年部材: 制御機器など

※「水門・陸閘等維持管理マニュアル」H30.5を参考に記載

気候変動により増大する外力の水門への影響

■気候変動による外力の増加

①高さの増加

将来気候における水門天端高は、三水門で最も高くなる安治川水門の計算値を採用する。

	水門天端高
現行計画	OP+7.40m
2度上昇 (海面上昇：95%値)	OP+8.64m (現行計画 + 1.24m)
4度上昇 (海面上昇：中央値)	OP+9.85m (現行計画 + 2.45m)

②作用荷重の増加

	(参考) 静水圧・波力
現行計画	16,968 k N/1扉
2度上昇 (海面上昇：95%値)	27,869 k N/1扉 (現行計画の1.64倍)
4度上昇 (海面上昇：中央値)	35,191 k N/1扉 (現行計画の2.07倍)

■気候変動による外力の増大により確保が困難となる項目

高さの不足

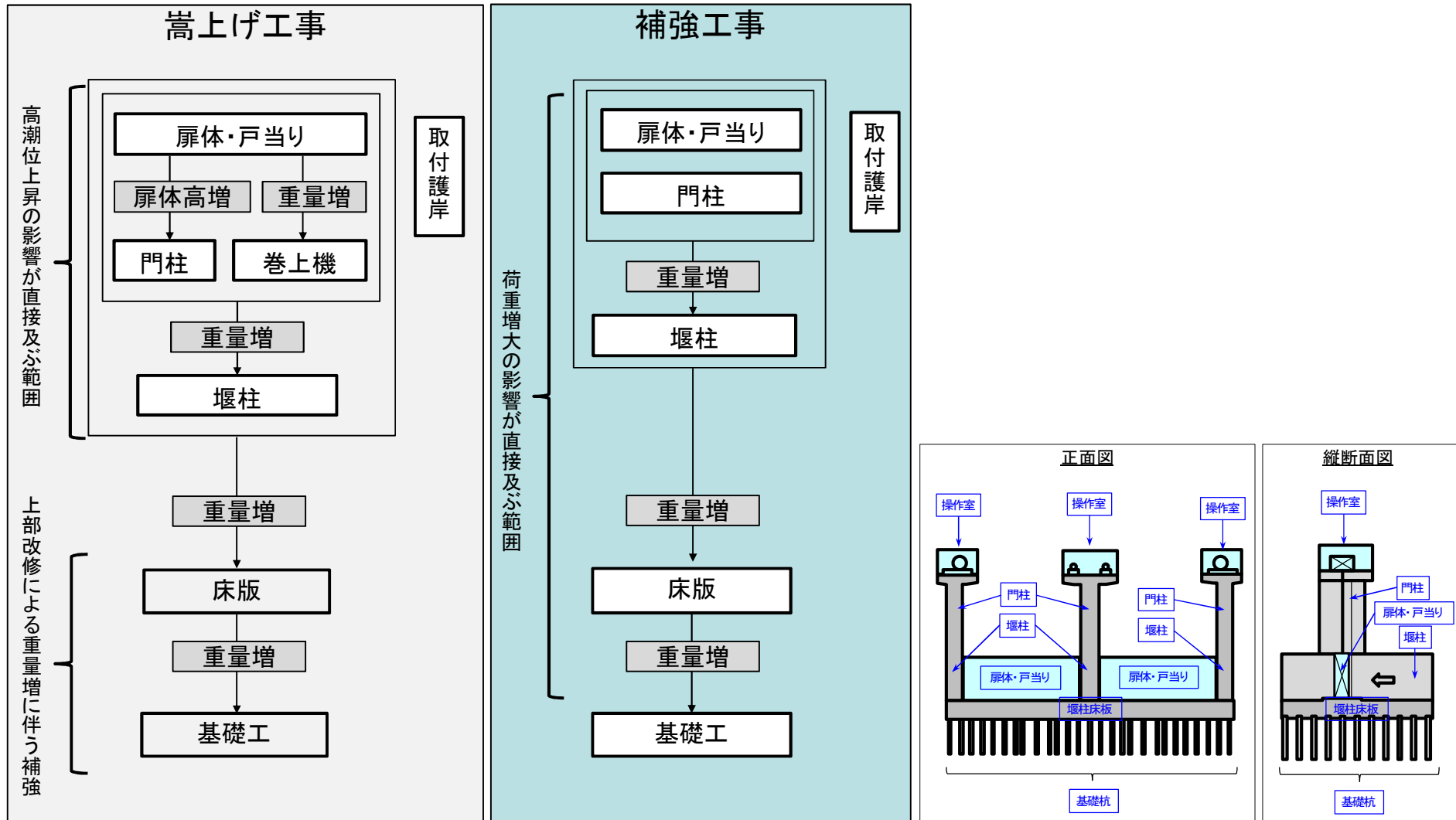
- ゲート全閉時の天端高が不足し、施設を越水する可能性がある。
- 海面水位の上昇により、船舶の通行に必要な形状及び断面積を確保できないおそれがある。

耐力の不足

- 施設に作用する静水圧や波圧が増加し、各部材の耐力が不足する可能性がある。
- 不足する高さの対応策としてゲートや門柱の嵩上げを実施すると、死荷重が増加及び各部材への作用荷重が増加し、部材耐力が不足する可能性がある。
- ゲート扉体の嵩上げによる死荷重の増加により開閉装置の能力が不足する可能性がある。

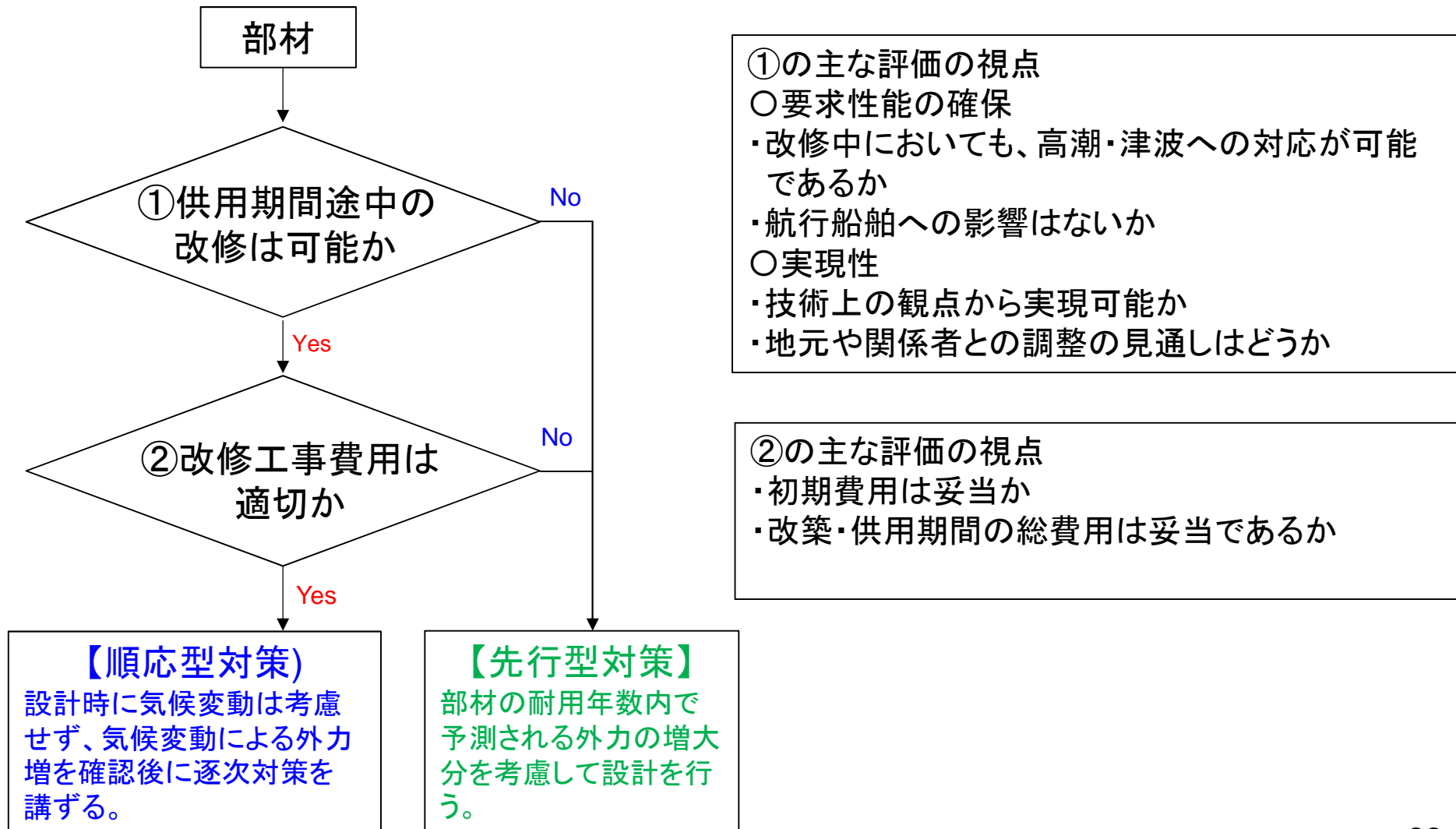
気候変動により増大する外力の水門への影響

- 不足する高さの嵩上げや作用荷重の増加に対する補強工事は、様々な部材に影響を及ぼすため、対策を行う部材だけでなく、各部材について照査を行い、必要に応じ、副次的な対策を行う必要がある。



気候変動の影響を考慮した設計（考え方）

- 気候変動予測を基に設定した外力には、様々な不確実性が潜在するため、手戻りなく設計すること、また過剰な投資にならないように設計することの両面を考えることが重要である。
- そのため、各部材の設計に際しては、あらかじめ対策を講じておく「先行型対策」と将来における気候変化を確認後に対策を講じる「順応型対策」のどちらか適切な対策方法を選択する。



気候変動を考慮した外力による試算

- 気候変動による外力の増大により水門高の不足や各部材の耐力不足が想定されるため、4種類の照査を行う。

■気候変動による外力の増大により確保が困難となる項目

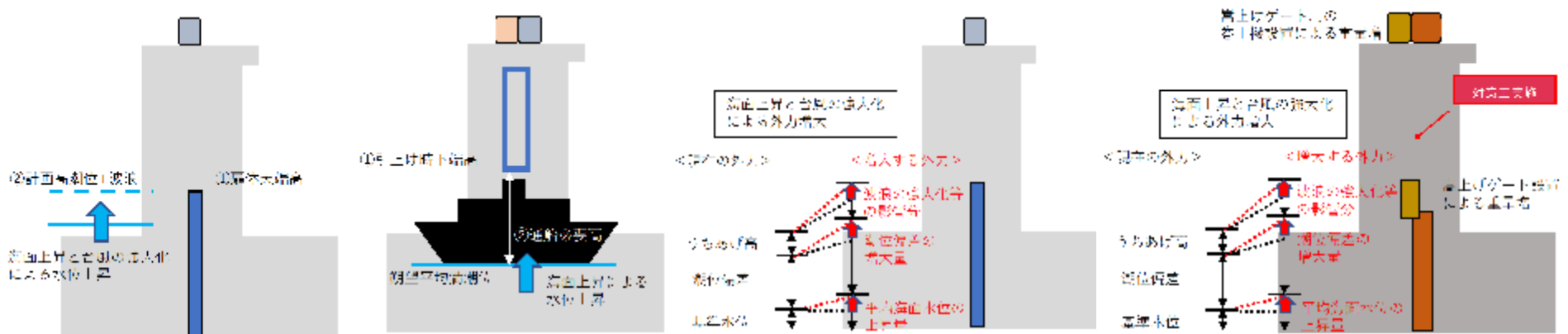
高さの不足

- ゲート全閉時の天端高が不足し、施設を越水する可能性がある。⇒①扉体天端高の照査
- 海面水位の上昇により、船舶の通行に必要な形状及び断面積を確保できないおそれがある。⇒②扉体引上げ下端高の照査

耐力の不足

- 施設に作用する静水圧や波圧が増加し、各部材の耐力が不足する可能性がある。⇒③外力増による照査
- 不足する高さの対応策としてゲートや門柱の嵩上げを実施すると、死荷重が増加及び各部材への作用荷重が増加し、部材耐力が不足する可能性がある。
- ゲート扉体の嵩上げによる死荷重の増加により開閉装置の能力が不足する可能性がある。
⇒④対策工を考慮した照査(外力増+補強による荷重増)

①扉体天端高の照査 ②扉体引上げ下端高の照査 ③外力増による照査 ④対策工を考慮した照査

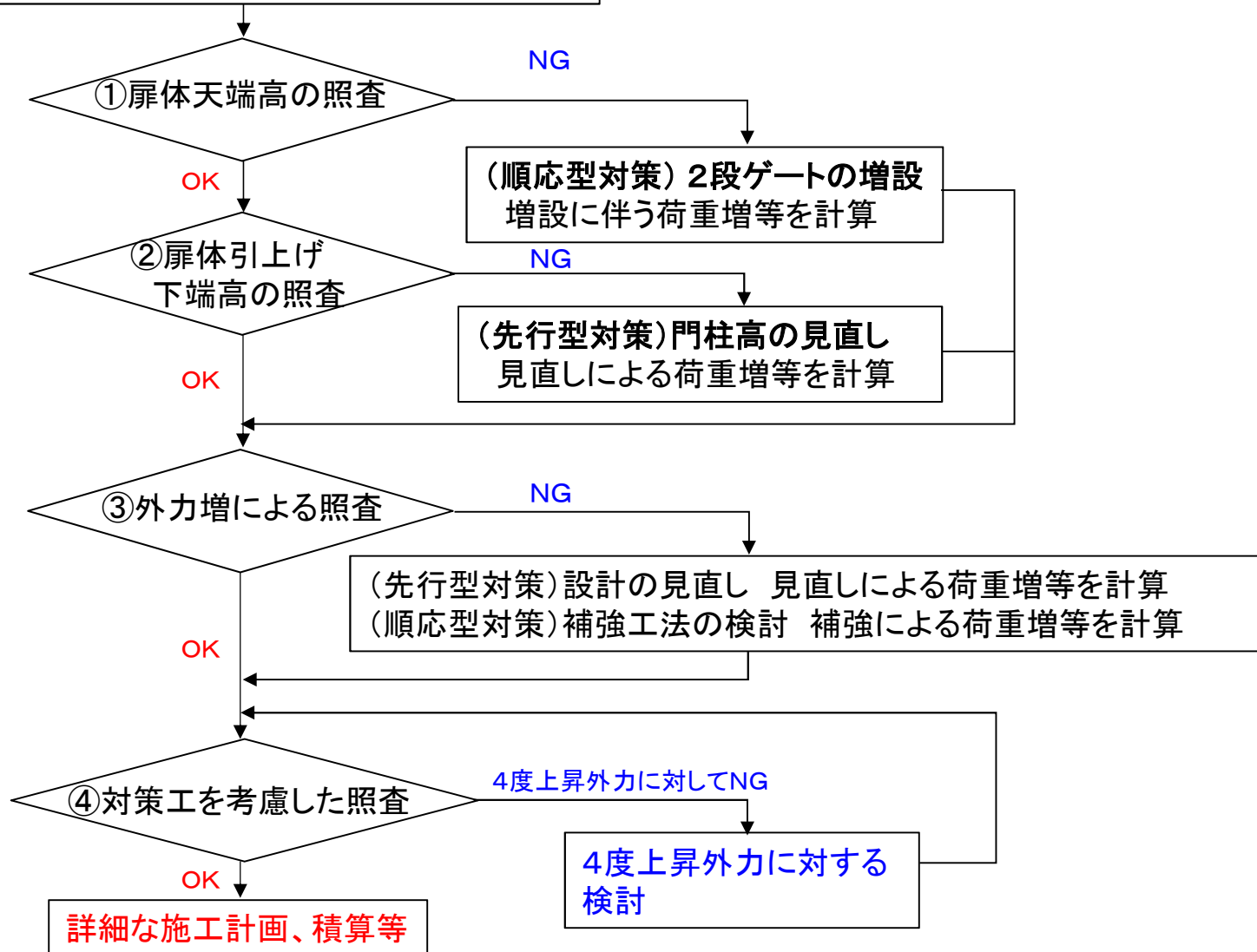


気候変動を考慮した外力による試算

- 照査した検討フローを示す。

■ 検討フロー

現設計に対して気候変動による外力の増大が発生



気候変動を考慮した外力による試算

- 各水門の設計外力については、建設地点により差異が認められるが、その差を的確に把握することが難しく、気候変動による外力の増大にも不確実性があることから、三水門で最大となる外力を採用する。

■水門天端高（令和元年度第3回審議会計算結果）

現計画及び将来気候（2度上昇、4度上昇）のいずれにおいても安治川水門の計算値が最も高い。

	現計画 (現水門)	現計画計算値			2度上昇（95%値）			4度上昇（中央値）		
		安治川	尻無川	木津川	安治川	尻無川	木津川	安治川	尻無川	木津川
基準水位(OP+m)	2.2	2.2			2.3			2.3		
海面上昇(m)	0	0			0.7			0.9		
潮位偏差(m)	3.60	3.87	3.97	4.17	4.32	4.47	4.66	5.25	5.30	5.54
高潮位(OP+m)	5.80	6.07	6.17	6.37	7.32	7.47	7.66	8.45	8.50	8.74
うちあげ高(m)	1.00	0.98	0.68	0.59	1.07	0.74	0.64	1.15	0.80	0.71
余裕高(m)	0.60	0.25								
水門高(OP+m)	7.40	7.30	7.10	7.21	8.64	8.46	8.55	9.85	9.55	9.70
(L1) 津波水位(OP+m)	—	4.46	4.93	5.64	5.26	5.73	6.44	5.46	5.93	6.64
(L2相当) 津波水位(OP+m)	—	5.76	5.85	6.65	6.56	6.65	7.45	6.76	6.85	7.65

■水圧・波圧

現計画及び将来気候（2度上昇、4度上昇）のいずれにおいても高潮外力の木津川水門の計算値が最も高い。

		高潮外力			現計画に対する 増加割合	津波波力	
		静水圧	波圧	合計		施設計画上 (L1)	最大クラス (L2)相当
現計画		10,612	1,200	11,812	1	-	-
現計画 計算値	安治川	11,466	1,222	12,688	1.07	6,433	7,201
	尻無川	11,787	1,231	13,018	1.10	7,550	7,378
	木津川	12,439	1,248	13,687	1.16	9,396	8,951
2度上昇	安治川	15,703	1,441	17,144	1.45	8,224	8,790
	尻無川	16,243	947	17,190	1.46	9,460	8,987
	木津川	16,938	814	17,751	1.50	11,467	10,739
4度上昇	安治川	19,163	1,665	20,828	1.76	8,741	9,243
	尻無川	19,356	1,093	20,450	1.73	10,009	9,449
	木津川	20,295	970	21,265	1.80	12,064	11,345

気候変動を考慮した外力による試算

- 気候変動による外力の増大には、不確実性があることから、海面上昇のみ考慮した場合と海面上昇と台風の強大化を考慮した照査を行う。

■高さの照査 検討ケース(安治川水門の計算値を採用)

	現計画	現計画外力 計算値	海面上昇のみ				海面上昇+台風強大化			
			2度上昇の 中央値	2度上昇の 95%値	4度上昇の 中央値	4度上昇の 95%値	2度中央値+ 2度上昇台風	2度95%値+ 2度上昇台風	4度中央値+ 4度上昇台風	4度95%値+ 4度上昇台風
基準水位(OP+m)	2.2	2.2	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3
海面上昇(m)	0	0	0.5	0.7	0.9	1.3	0.5	0.7	0.9	1.3
潮位偏差(m)	3.6	3.87	3.87	3.87	3.87	3.87	4.32	4.32	5.25	5.25
高潮位(OP+m)	5.8	6.07	6.67	6.87	7.07	7.47	7.12	7.32	8.45	8.85
うちあげ高(m)	1	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	1.07	1.07	1.15	1.15
余裕高(m)	0.6	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
必要水門高 (OP+m)	7.40	7.30	7.90	8.10	8.30	8.70	8.44	8.64	9.85	10.25

■耐力の照査 検討ケース(木津川水門の計算値を採用)

	現計画	現計画外力 計算値	海面上昇のみ				海面上昇+台風強大化			
			2度上昇の 中央値	2度上昇の 95%値	4度上昇の 中央値	4度上昇の 95%値	2度中央値+ 2度上昇台風	2度95%値+ 2度上昇台風	4度中央値+ 4度上昇台風	4度95%値+ 4度上昇台風
基準水位(OP+m)	2.2	2.2	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3
海面上昇(m)	0	0	0.5	0.7	0.9	1.3	0.5	0.7	0.9	1.3
潮位偏差(m)	3.6	4.17	4.17	4.17	4.17	4.17	4.66	4.66	5.54	5.54
高潮位(OP+m)	5.8	6.37	6.97	7.17	7.37	7.77	7.46	7.66	8.74	9.14
うちあげ高(m)	1	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.64	0.64	0.72	0.71
余裕高(m)	0.6	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
必要水門高 (OP+m)	7.40	7.21	7.81	8.01	8.21	8.61	8.35	8.55	9.71	10.1

気候変動を考慮した外力による試算

- 現計画の水門天端高(OP+7.4m)は、2度の海面水位上昇(中央値(+50cm))で超過する。
- 2度上昇対応後の水門天端高(OP+8.64m)では、4度の海面上昇(中央値)+台風強大化以上になると天端高を超過する。
- 当初建設時の扉体高は、2段ゲートを採用するため、OP+7.4mとし、外力の増大を踏まえ、嵩上げゲート及び嵩上げゲート用の巻上機を増設する。

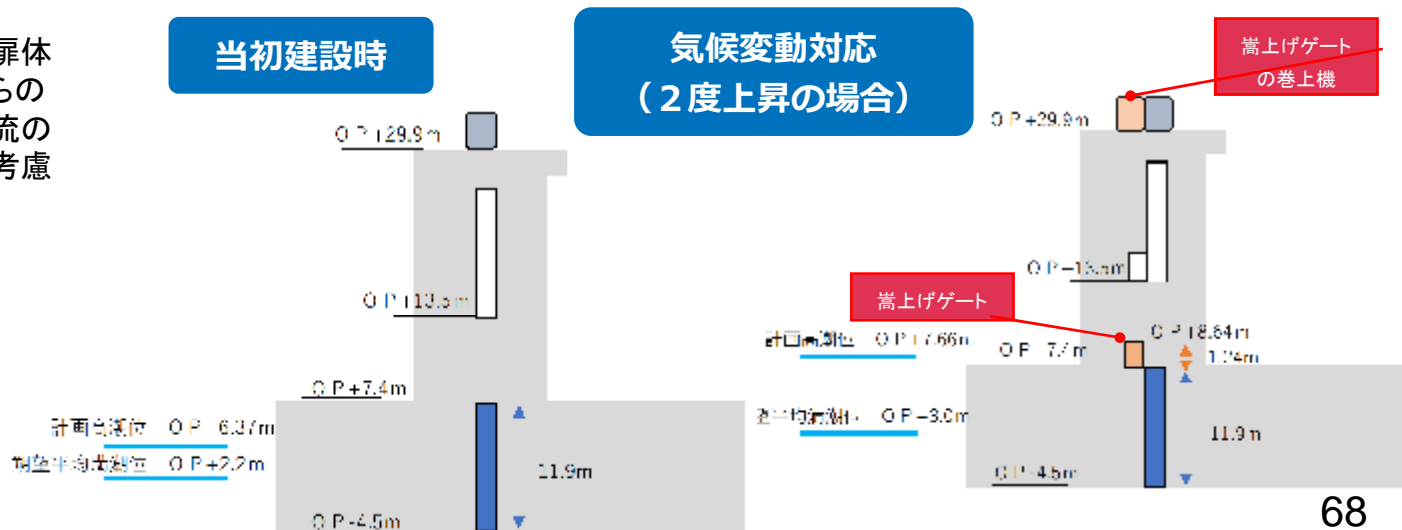
①扉体天端高の照査

	現計画	現計画外力 計算値	海面上昇のみ				海面上昇+台風強大化			
			2度上昇の 中央値	2度上昇の 95%値	4度上昇の 中央値	4度上昇の 95%値	2度中央値+ 2度上昇台風	2度95%値+ 2度上昇台風	4度中央値+ 4度上昇台風	4度95%値+ 4度上昇台風
高潮位(OP+m)	5.8	6.07	6.67	6.87	7.07	7.47	7.12	7.32	8.45	8.85
波高(m)	1	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	1.07	1.07	1.15	1.15
高潮位+波浪(OP+m)	6.80	7.05	7.65	7.85	8.05	8.45	8.19	8.39	9.60	10.00
現設計に対する照査 (OP+7.4m)	OK	OK	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
2度上昇対応設計に対する 照査(OP+8.64m)	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	NG	NG

■水門上流への越流量の推定

		越流量 (m3)
現設計 (OP+7.40m)	将来2度 95%値	5,556
	将来4度 中央値	188,953
	将来4度 95%値	348,729
2度対応 (OP+8.64m)	将来4度 中央値	882
	将来4度 95%値	18,712

※扉体からの越流のみ考慮



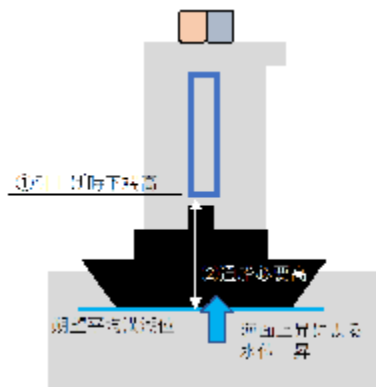
気候変動を考慮した外力による試算

- 船舶の通行に必要な扉体引上げ下端高は、現設計において1mの余裕高を設けているため、2度上昇の外力増では、対策不要である。
- 海面水位が4度上昇の95%値まで上昇すると、必要高を確保出来ないため、門柱の嵩上げを検討する必要がある。

②通常の船舶航行に必要な扉体引上げ下端高の照査

- 気候変動による外力の増大は海面水位の上昇のみが対象となる。

		現計画	現計画外力 計算値	海面上昇のみ			
				2度上昇の 中央値	2度上昇の 95%値	4度上昇の 中央値	4度上昇の 95%値
基準水位(OP+m)		2.2	2.2	2.3	2.3	2.3	2.3
海面上昇(m)		0	0	0.5	0.7	0.9	1.3
朔望平均満潮位(OP+m)		2.2	2.2	2.8	3.0	3.2	3.6
対象船舶 通航時高さ	安治川水門 (マスト高10m)	12.2 OK	12.2 OK	12.8 OK	13.0 OK	13.2 OK	13.6 NG
	尻無川水門 (マスト高10.2m)	12.4 OK	12.4 OK	13 OK	13.2 OK	13.4 OK	13.8 NG
	木津川水門 (マスト高10m)	12.2 OK	12.2 OK	12.8 OK	13.0 OK	13.2 OK	13.6 NG



扉体引上げ下端高の設定根拠

		安治川	尻無川	木津川
朔望平均満潮位(OP+m)		2.2	2.2	2.2
対象船舶マスト高(m)		10	10.2	10
余裕高(m)		1	1	1
引上げ時ゲート 下端高(OP+m)	(必要高)	13.2	13.4	13.2
	(採用高)	13.5		
	0.5m丸め	13.5		

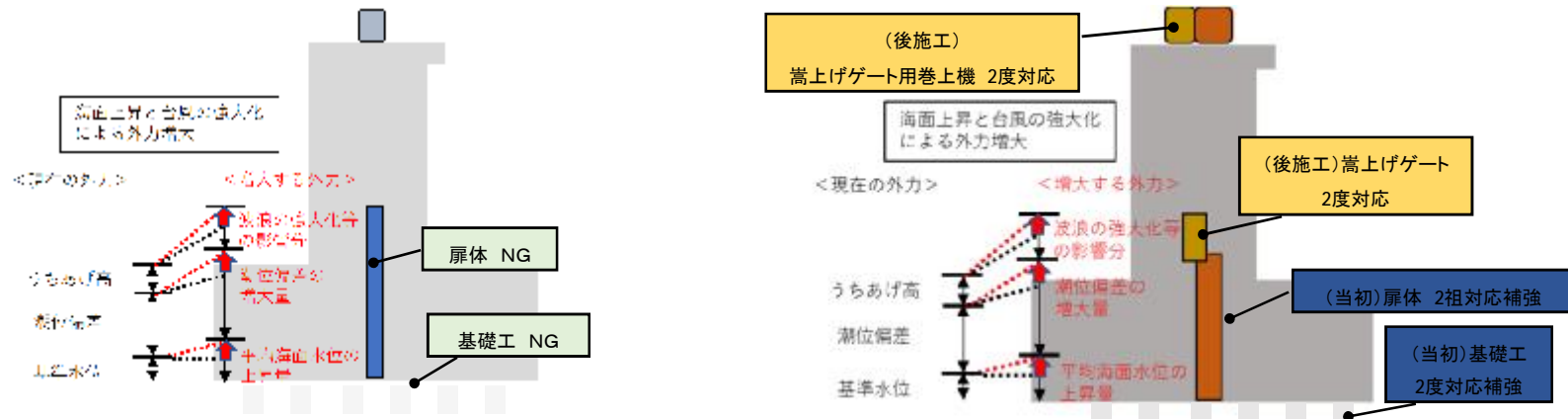
気候変動を考慮した外力による試算

- 現計画外力で設計した場合、基礎工と扉体において2度上昇外力において耐力が不足する。
- 門柱、堰柱、床版は、水位上昇による外力の増大に対して、4度上昇外力でも現機能を確保でき、補強は不要。
- 基礎工は、途中改修が困難であるため、建設当初から2度対応とする。
- 扉体は、高さの確保については嵩上げゲートの後施工が可能であるが、扉体の補強は途中改修が困難であるため、扉体強度は建設当初から2度対応とする。

③外力の増大に対する照査(現計画外力で設計した場合)

照査箇所	現計画	現計画外力計算値	海面上昇のみ				海面上昇+台風強大化			
			2度上昇の中央値	2度上昇の95%値	4度上昇の中央値	4度上昇の95%値	2度中央値+2度上昇台風	2度95%値+2度上昇台風	4度中央値+4度上昇台風	4度95%値+4度上昇台風
基礎工	OK	OK	OK	OK	NG	NG	NG	NG	NG	NG
門柱	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
堰柱	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
床版	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
扉体	OK	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
巻上機	— (水位増による影響は無し)						※1			※2

- ※1 (2度95%値+2度上昇台風) 扉体: 下段扉(主桁)の許容たわみ度がNG⇒水密性が困難となる可能性がある(流出はしない)。
基礎工: 中央堰柱の杭において変位量がNG⇒水門躯体と杭頭が分離する可能性があり、躯体が微小に傾斜する可能性がある。
- ※2 (4度中央値+4度上昇台風) 扉体: 上・下段扉(主桁)の許容たわみ度がNG⇒水密性が困難となる可能性がある(流出はしない)。
基礎工: 中央堰柱の杭において変位量及び応力度がNG⇒水門躯体と杭頭が分離する可能性があり、躯体が傾斜する可能性がある。



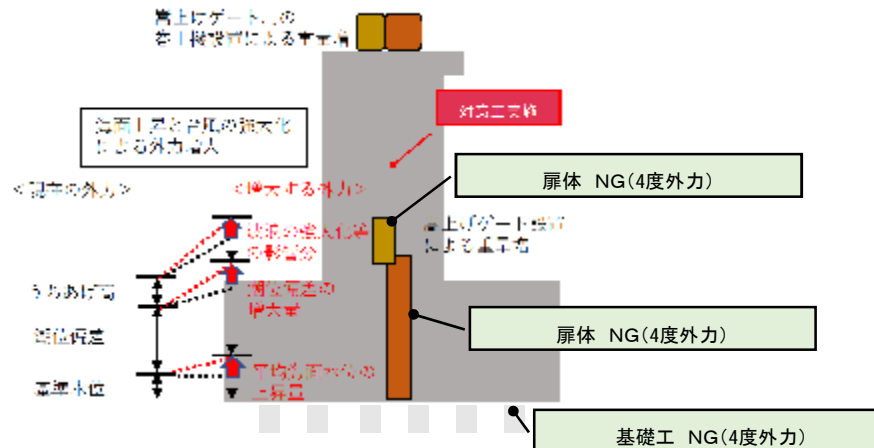
気候変動を考慮した外力による試算

- 基礎工、扉体、巻上機を2度対応に補強した場合において、照査を実施。
- 基礎工及び扉体は、4度上昇外力において耐力が不足する。
- 門柱、堰柱、床版は、2度対応による扉体と巻上機の重量増及び4度上昇まで外力が増加しても現設計の仕様で耐える。

④対策工を考慮した照査(外力増+補強による荷重増)

照査箇所	現計画	現計画外力計算値	海面上昇のみ				海面上昇+台風強化			
			2度上昇の中央値	2度上昇の95%値	4度上昇の中央値	4度上昇の95%値	2度中央値+2度上昇台風	2度95%値+2度上昇台風	4度中央値+4度上昇台風	4度95%値+4度上昇台風
基礎工 (2度対応)	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	NG	NG	
門柱 (現設計)	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	
堰柱 (現設計)	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	
床版 (現設計)	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	
扉体 (初期整備扉体_2度対応)	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	NG	NG	
扉体 (高上げゲート_2度対応)	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	NG	NG	
巻上機 (初期整備扉体_2度対応)	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	
巻上機 (高上げゲート_2度対応)	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	

※1 (4度中央値,95%値+4度上昇台風) 扉体:下段扉(主桁)の許容たわみ度がNG⇒水密性が困難となる可能性がある(流出はしない)。 ※1
 基礎工:中央堰柱の杭において変位量がNG⇒水門躯体と杭頭が分離する可能性があり、躯体が傾斜する可能性がある。



4度上昇外力への対応策（案）

- 2度対応について、高さについては2段ゲートの後施工、扉体強度については先行型対策とする。
- 4度対応について、扉体の補強・嵩上げが不可能な場合、扉体の交換となり、追加工事費は高い。

①扉体

現設計では2度外力で高さ不足・耐力不足

高さ：(順応型対策)2段ゲートの増設
強度：(先行型対策)2度対応として建設

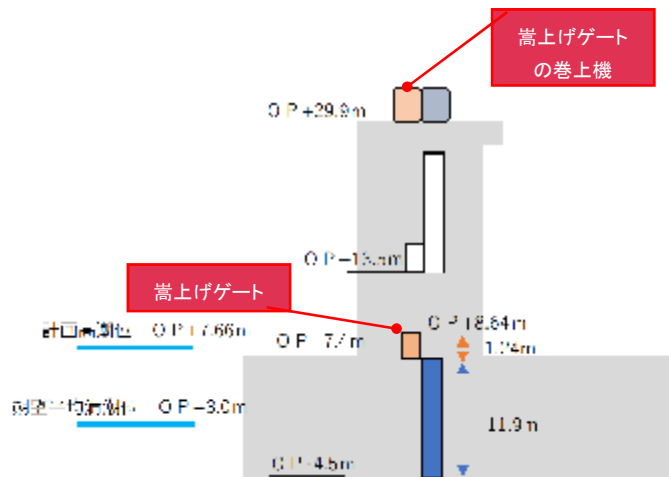
外力の増大(2度上昇)

(対策)2段ゲートの増設

外力の増大(4度上昇)

(対策案)
扉体の交換

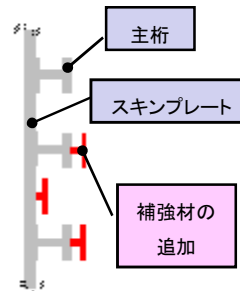
(対策案)
扉体の嵩上・補強



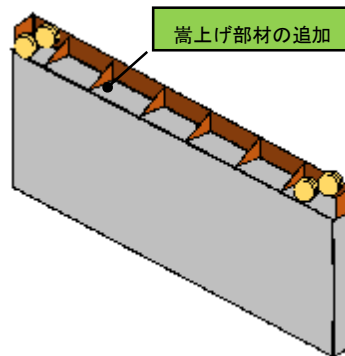
2段ゲートの増設

(4度対応)

- 扉体の嵩上げ・補強については、溶接取付による熱歪みによる不具合、母材損傷の恐れがあり、性能保証が確保できるかなど詳細に検討していく必要がある。
- 嵩上げ・補強ができない場合は、扉体の交換が必要となる。
- 扉体を交換する場合は、扉体の撤去時に大規模な仮設が必要なるため、追加工事費が高くなる。



扉体補強のイメージ



扉体嵩上げのイメージ

先行型対策とした場合の
扉体の概算工事費(億円)

	工事費
現設計	24.0
2度対応 (強度のみ)	25.9
2度対応	26.7
4度対応	35.0

※概算工事費には扉体、巻上機、門柱の工事費が含まれる

2度・4度対応における扉体補強の概算工事費(億円)

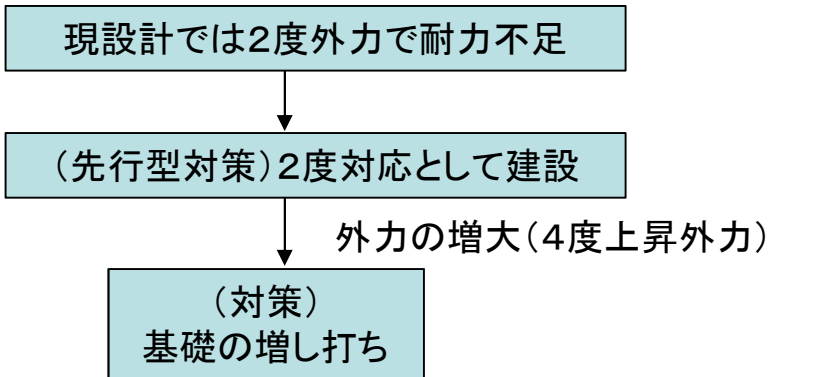
	工事費
高上げゲート (2度対応)	5
扉体の嵩上げ・補強 (2度⇒4度対応)	17
扉体の交換 (2度⇒4度対応)	58

※概算工事費には扉体、巻上機、門柱の工事費が含まれる

4度上昇外力への対応策（案）

- 基礎工は、途中改修が困難であるため、当初から2度対応として建設する。
- 4度対応としては、基礎の増し打ちが考えられるが、大規模な仮設が必要となり、追加工事費は高い。

①基礎工



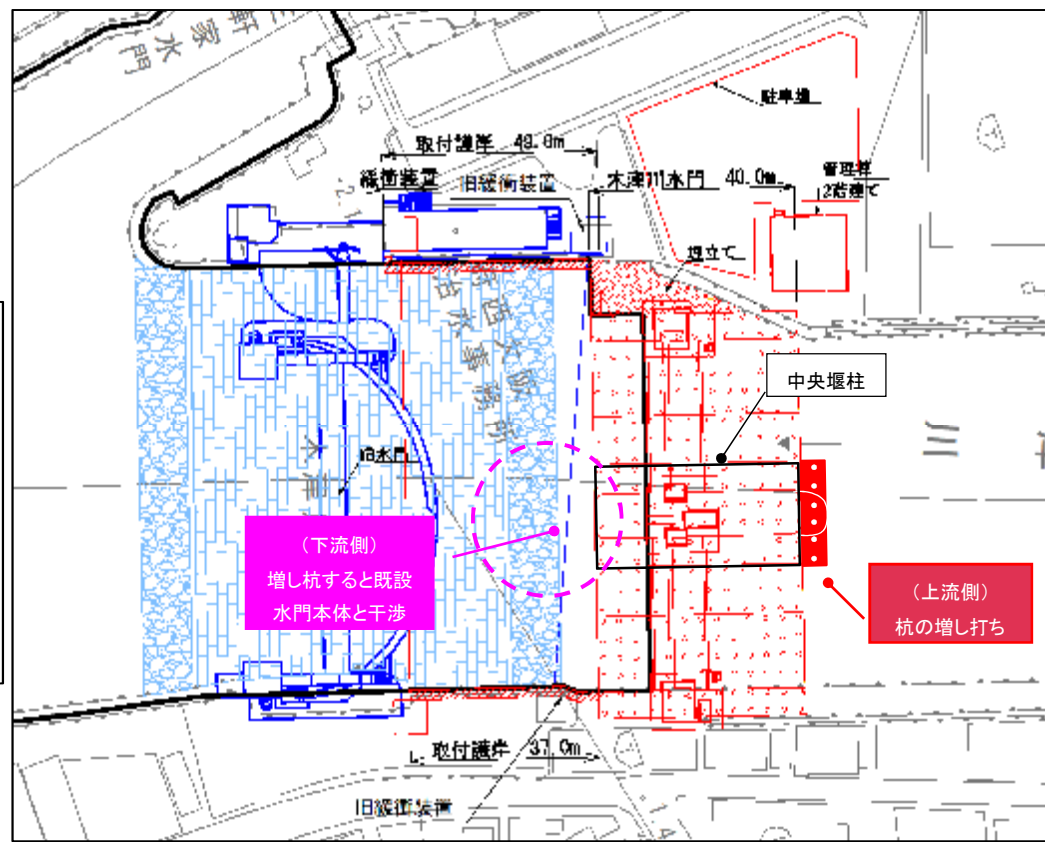
- (4度対応)基礎の増し打ちについて
- 橋梁下部工などの基礎補強として増杭の実績がある。
 - 中央堰柱の水流方向において杭が許容値を満足しないため、制約の少ない上流側に杭を増し打ちする。
 - 土木躯体の底版下面までの大規模な締切が必要となるため、追加工事費は高い。

先行型対策とした場合の
基礎工の概算工事費(億円)

	工事費
現設計	6.0
2度対応	8.5
4度対応	11.0

4度対応における基礎工
補強の概算工事費(億円)

	工事費
基礎補強工	4
仮設工	25
合計	29



新水門の平面図(青色は既設水門)

できるだけ手戻りの無い設計の考え方

部位	照査結果		設計の考え方
	現設計	2度上昇対応設計	
基礎工	・外力の増加（静水圧等の増加）に対して、2度上昇外力で耐力が不足する。	・4度上昇（中央値＋台風強大化）まで外力が増大すると、耐力が不足する。	・途中改修が困難であるため、当初から2度対応として設計する。 ・4度対応としては、基礎の増し打ちにより対応可能であるが、大規模な仮設が必要となり、費用がかかる
門柱・堰柱・床版	・外力の増加（静水圧等の増加）に対して、4度上昇外力でも現機能を確保する。	・2度対応による扉体と巻上機の重量増及び4度上昇まで外力が増加しても現設計の仕様で耐える。	・途中改修が困難であるため、当初から2度対応として設計する。（ただし、今回の試設計では現設計で対応可能）
扉体	高さ	海面水位が2度上昇の中央値（0.5m）で水門天端高を超過する。	・途中改修が可能であるため、初期整備扉体高はOP＋7.4mとし、外力の増大を踏まえ、嵩上げゲートを増設する。 ・4度対応案として、扉体の嵩上げが考えられるが、実現性などについては詳細に検討する必要がある。
	強度	外力の増加（静水圧等の増加）に対して、2度上昇外力で耐力が不足する。	・4度上昇（中央値＋台風強大化）まで外力が増大すると、耐力が不足する。
巻上機	・4度上昇外力でも現機能を確保する。 ・ただし、嵩上げゲート増設時には新たな巻上機を増設する必要がある。	・4度上昇外力でも現機能を確保する。	・嵩上げゲート増設時に新たな巻上機を増設するため、巻上機室の設計時には増設を考慮する必要がある。