

気候変動を踏まえた 計画外力の検討方針（案）

令和4年9月7日

国土交通省 四国地方整備局 高知河川国道事務所
高知県 土木部 港湾・海岸課

気候変動を踏まえた計画外力の検討方針(案)

① 外力設定に向けた基本的な考え方

項目	「気候変動を踏まえた海岸保全のあり方提言 令和2年7月」本文の抜粋内容	本検討会における外力設定に関する基本的な考え方
気候変動シナリオ (海岸保全の目標)	<p>気候変動を踏まえた海岸保全の基本的な方針(本文P12,4.)</p> <p>海岸保全の目標は、2℃上昇相当(RCP2.6)を前提としつつ、広域的・総合的な視点からの取組は、平均海面水位が2100年に1m程度上昇する予測(4℃上昇相当(RCP8.5))も考慮し、長期的視点から関連する分野とも連携することが重要である。</p>	<p>・RCP2.6(2℃上昇相当)を基本とする。</p> <p>※RCP8.5(4℃上昇相当)も考慮。</p> <p>・「日本の気候変動2020」等で想定されている</p> <p>21世紀末(2100年)での海面水位、潮位偏差等を検討する。</p>
検討の時点		
海面水位 (朔望平均満潮位) (設計津波)	<p>高潮対策・津波対策(本文P15,(1))</p> <p>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、計画高潮位にも設計津波の水位にも影響する。長期的に、平均海面水位は上昇し、数百年単位で元に戻ることがないと予測されることから、ハード対策とソフト対策を組み合わせ、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、手戻りのないように整備・更新時点における最新の朔望平均満潮位に、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べきである。</p>	<p>・最新の朔望平均満潮位(近10カ年程度の平均値等)に、21世紀末(2100年)に予測される平均海面水位の上昇量を加える。</p>
潮位偏差 (計画高潮位)	<p>高潮対策・津波対策(本文P15,(1))</p> <p>潮位偏差や高波は、台風や低気圧が発生した場合に顕著に影響が現れるため、いつ想定した極値が生起するかはわからない。また、現時点では、<u>将来の潮位偏差や波浪の長期変化量の予測は平均海面水位の上昇量に比べて不確実性が高いが施設設計への影響は大きい。</u>今後、研究成果の蓄積を踏まえ、最新の研究成果やd4PDF等による気候予測結果を活用し、<u>将来的に予測される潮位偏差や波浪を推算し対策を検討すべきである。</u></p>	<p>・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等)を活用して、将来的に予測される変動量を推算する。</p> <p>※現行計画の水準(安全度)を下回らないよう留意する。</p>
波浪 (設計波)		

※将来予想される南海トラフ地震の発生に伴う地殻変動等の影響についても考慮。

※計画外力を踏まえ、施設の耐用年数等も考慮した段階的な防護水準の設定についても検討。

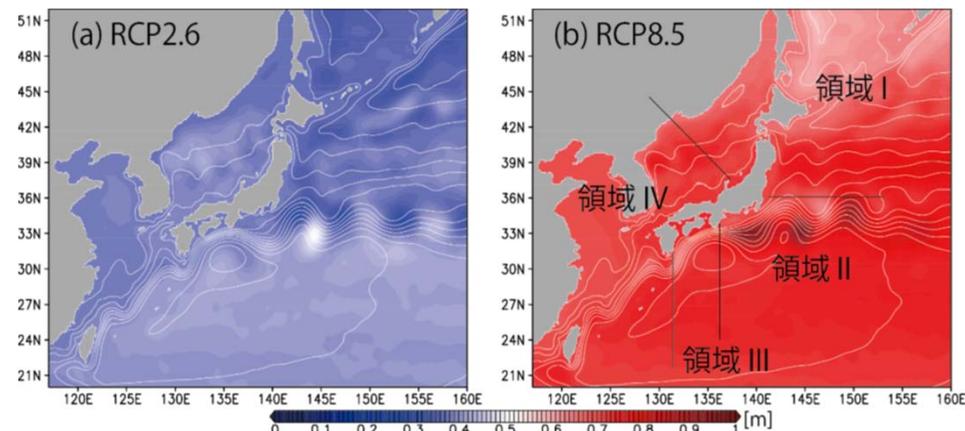
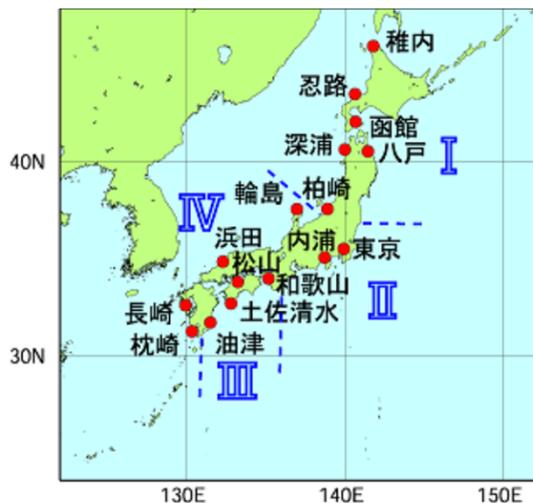
気候変動を踏まえた計画外力の検討方針(案)

② 将来予測される平均海面水位の上昇量の設定

■ 20世紀末(1986～2005年の平均)から21世紀末(2081～2100年の平均)までの平均海面水位の上昇量は、「日本の気候変動2020」に示される予測結果を採用し、**高知県が位置する領域Ⅲの平均値0.39m(RCP2.6)**を設定することとする。

時期	20世紀末(1986～2005年の平均)～21世紀末(2081～2100年の平均) ※96年間					
シナリオ	日本沿岸の平均海面水位の上昇量				検潮所16地点の平均値	世界の平均海面水位の上昇量
	領域Ⅰ	領域Ⅱ	領域Ⅲ	領域Ⅳ		
2℃上昇シナリオ(RCP2.6)	0.38m (0.22～0.55m)	0.38m (0.21～0.55m)	0.39m (0.22～0.56m)	0.39m (0.23～0.55m)	0.39m (0.22～0.55m)	0.39m (0.26～0.53m)
4℃上昇シナリオ(RCP8.5)	0.70m (0.45～0.95m)	0.70m (0.45～0.95m)	0.74m (0.47～1.00m)	0.73m (0.47～0.98m)	0.71m (0.46～0.97m)	0.71m (0.51～0.92m)

出典:「日本気候変動2020 大気と陸・海洋に関する観測・予測評価報告書(詳細版)(2020年12月) pp.154～156 気象庁」
「気候変動に関する政府間パネル(IPCC) 変化する気候下での海洋・雪氷圏に関するIPCC特別報告書(2020年度) p.73 環境省」



SI-CAT海洋モデルによる21世紀末における日本近海の海面水位(年平均)の20世紀末からの上昇幅(m)

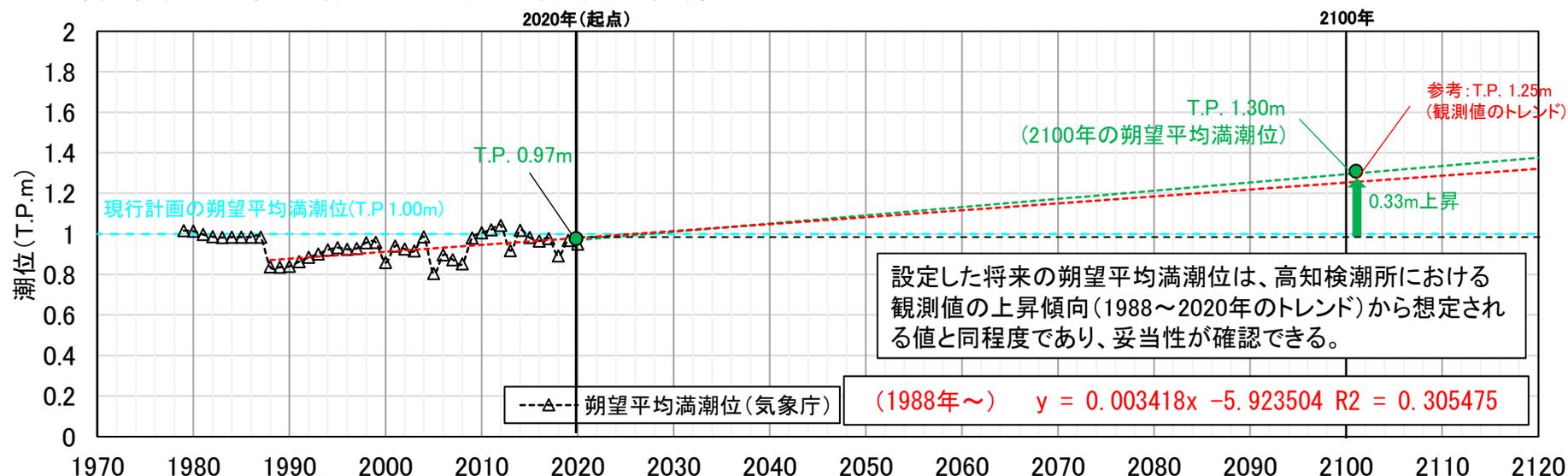
気候変動を踏まえた計画外力の検討方針(案)

③ 気候変動を踏まえた期望平均満潮位の設定

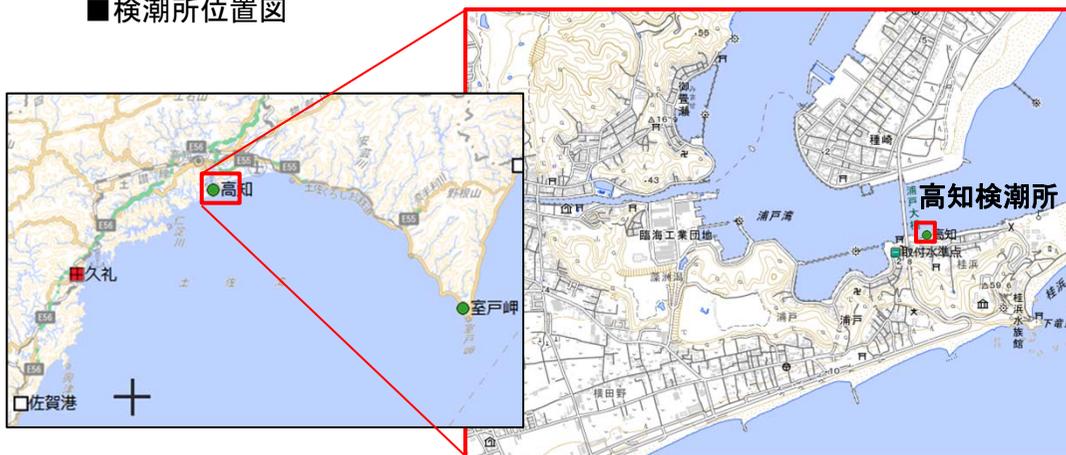
■ 期望平均満潮位(現行計画を踏襲し高知検潮所で設定)は、最新の期望平均満潮位(観測値の年変動を考慮して近10カ年の平均値を採用)に、平均海面水位の上昇量を加えて設定することとする。

■ 2020年を起点とした場合、**2100年の期望平均満潮位は、2011～2020年の期望平均満潮位の平均値T.P.0.97m + 2100年までの平均海面水位上昇量0.33m(1996～2091年の上昇量0.39m × 80年/96年) = T.P.1.30m**となる。

■ 高知検潮所(気象庁所管)における期望平均満潮位の経年変化



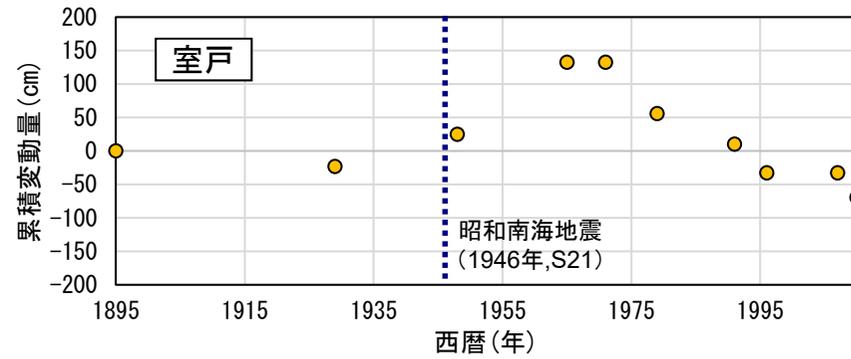
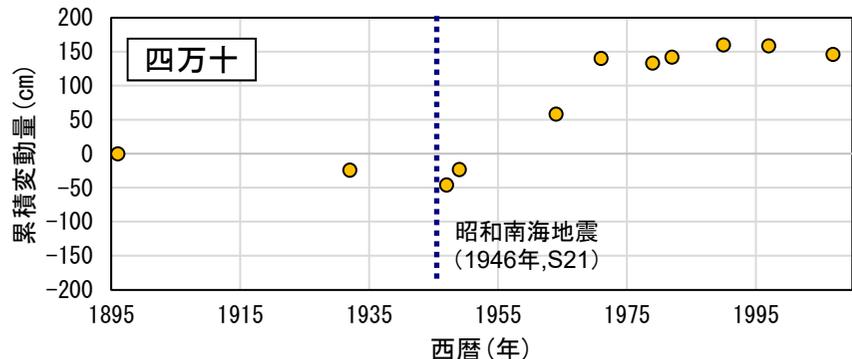
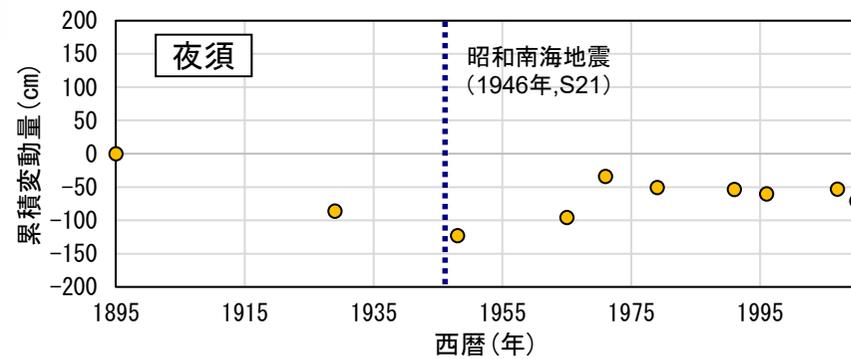
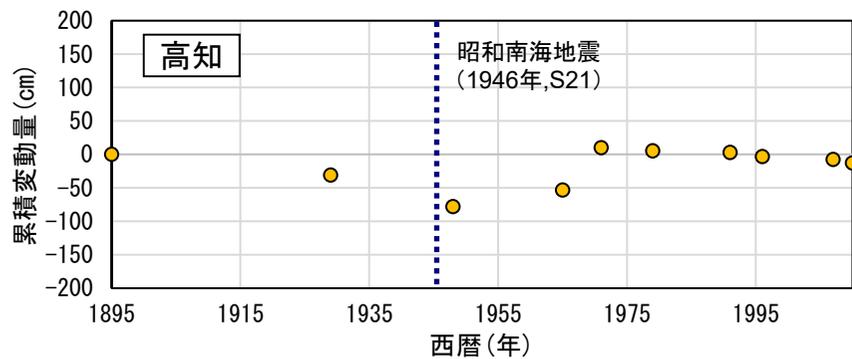
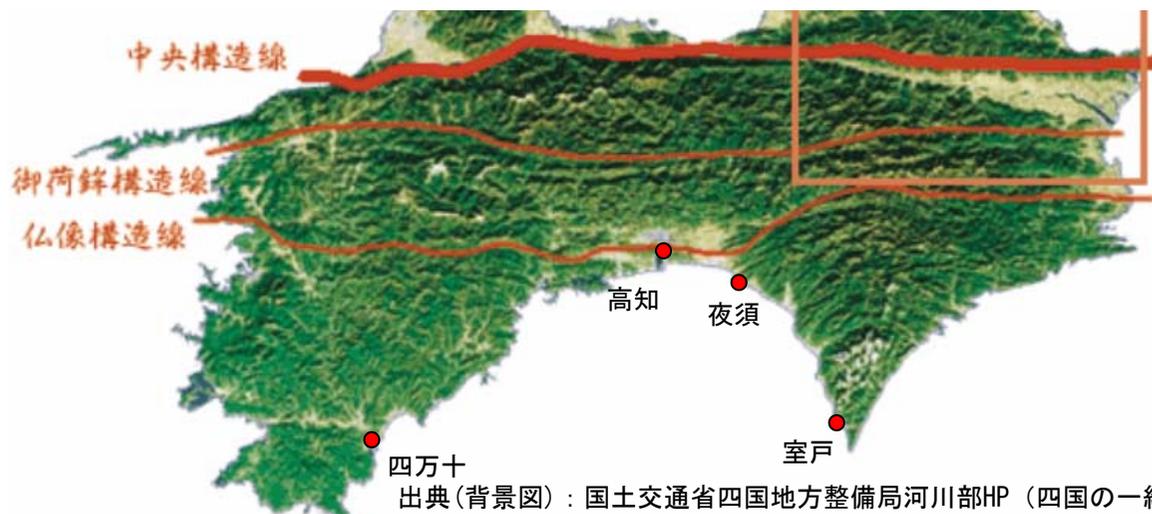
■ 検潮所位置図



※今後、気候変動を考慮した防護水準や対策方針については、RCP8.5(4℃上昇相当)シナリオ、土佐湾沿岸で将来想定されるリスク(南海トラフ地震の発生やそれに伴う地殻変動等)を念頭に置きながら検討を実施予定

高知県内の地殻変動の状況

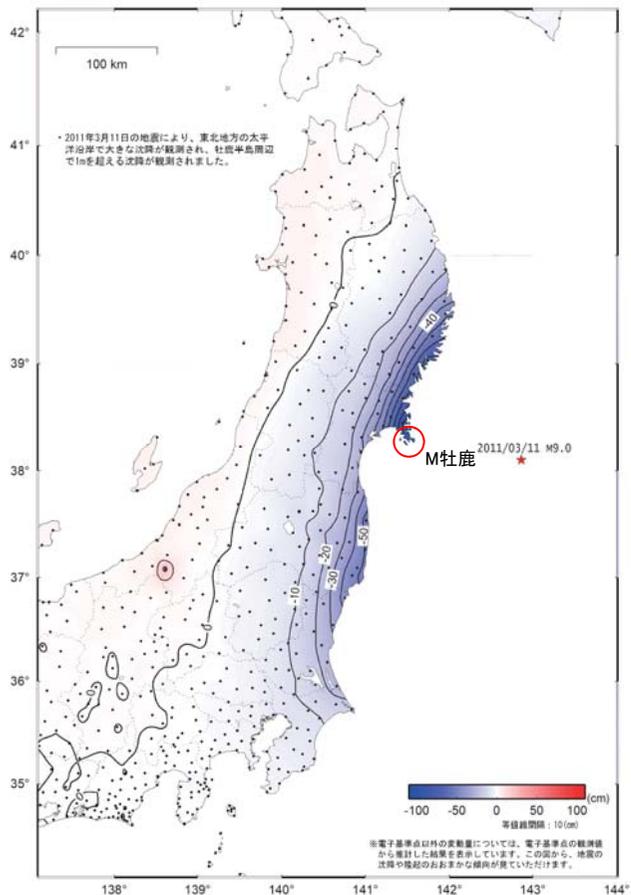
■高知県内における国土地理院所管の水準点の高さの変化状況



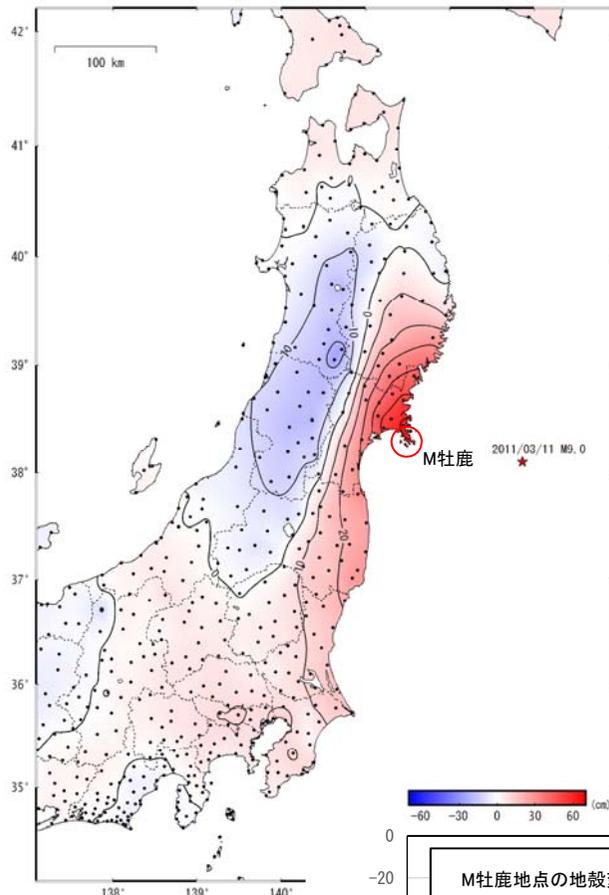
出典(データ): 国土地理院HP(一等水準点検測成果集録 水準点変動図閲覧ページ)

東北地方太平洋沖地震による地殻変動(上下)

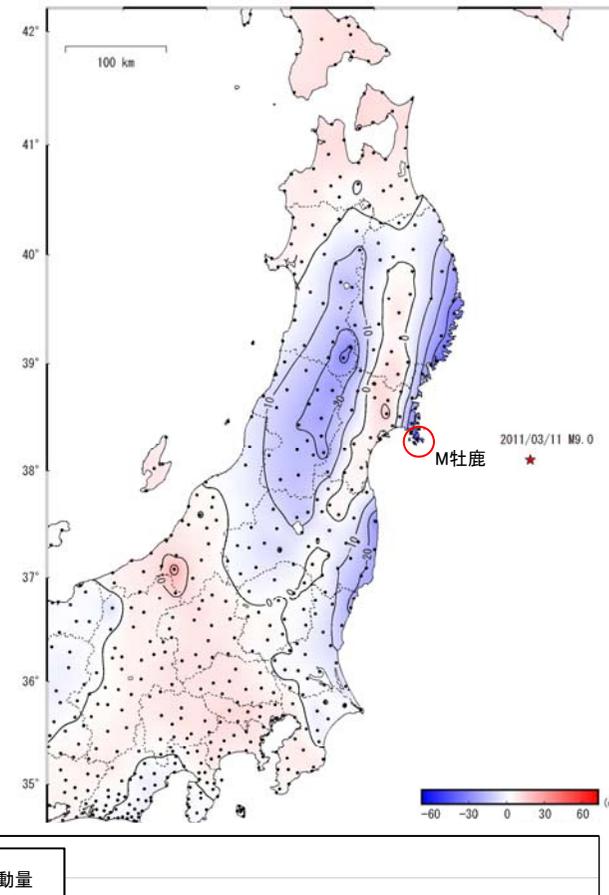
東北地方太平洋沖地震(M9.0)前後の地殻変動(上下)
—本震前後—



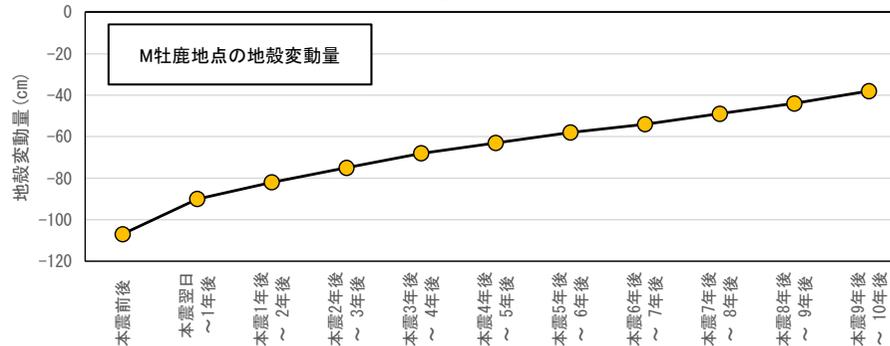
東北地方太平洋沖地震(M9.0)前後の地殻変動(上下)
—本震翌日から10年間の累積—



東北地方太平洋沖地震(M9.0)前後の地殻変動(上下)
—本震前から10年間の累積—



出典：国土地理院HP(特集・2011年東北地方太平洋沖地震から10年)



気候変動を踏まえた計画外力の検討方針(案)

④ 気候変動を踏まえた潮位偏差・波浪の設定に向けた検討方針

■ 潮位偏差・波浪は、「気候変動を踏まえた海岸保全のあり方 提言」に基づき、現行計画の水準(安全度)*を下回らないことを基本とし、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(d2PDF/d4PDF)を活用して、高潮・波浪シミュレーションを行い、将来的に予測される変動量(差分値、変化率)を推算することとする。

※波浪:30年確率、潮位偏差:今後検討(現行計画で設定されている既往最大値に相当する生起確率を検討)

■ ただし、d2PDF/d4PDFはデータ量が膨大であり、全ての台風を対象としたシミュレーションは現実的ではないことから、d2PDF/d4PDFの一部のケースによるシミュレーションを実施し、潮位偏差・波浪の推定式を構築することで推算する。

■ また、補足手法として、A-1パラメトリック台風モデルによる推算も検討するが、現行計画では想定台風が設定されていないことから、近年の実績台風から想定台風を設定し推算する。

補足手法(簡易な方法を検討)

基本手法(効率的な方法を検討)

対象台風	考え方	地球温暖化の影響	適用性
A. 想定台風	伊勢湾台風や室戸台風等の規模を想定した特定事例		
A-1. パラメトリック台風モデル	例えば、Myers モデル等経験的台風モデル ⁴⁾	・ d2PDF、d4PDF 等の計算結果に基づく中心気圧の低下量で簡易的に考慮	・ 従来、想定台風で外力を設定してきた沿岸で適用性がある。 ・ B-1 の多数アンサンブルデータセットと組み合わせることで確率評価が可能。
A-2. 領域気象モデルを用いた力学的計算	WRF 等の領域気象モデル	・ d2PDF、d4PDF 等の計算結果から将来変化を現在の気候場に上乘せして仮想的に考慮(擬似温暖化手法) ⁵⁾	・ 従来、想定台風で外力を設定してきた沿岸では適用性があるが、同一条件であっても過去の高潮推算とは異なる結果になることに留意が必要。
B. 不特定多数の台風	数多くのサンプルを確保できれば確率評価が可能		
B-1. 全球気候モデル台風 領域気候モデル台風	d2PDF、d4PDF 等全域もしくはダウンスケール領域気候モデルで気候計算される台風を利用	・ d2PDF、d4PDF 等に温暖化の影響は含まれているが、バイアス補正が必要 ⁶⁾	・ 多数のサンプルが確保可能であり、外力が発生確率で設定されている沿岸で適用性がある。
B-2. 気候学的方法	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学的最大高潮偏差をシームレスに推定する手法等 ⁷⁾	・ 従来、想定台風で外力を設定してきた沿岸で適用性がある。
B-3. 確率台風モデル	台風属性の統計的特性をもとにモンテカルロシミュレーションにより人工的に台風を発生させる統計的手法	・ d4PDF 台風トラックデータ(バイアス補正)を用いた確率台風モデルの作成事例あり ⁸⁾	・ 多数のサンプルが確保可能であり、外力が確率年で設定されている沿岸で適用性がある。

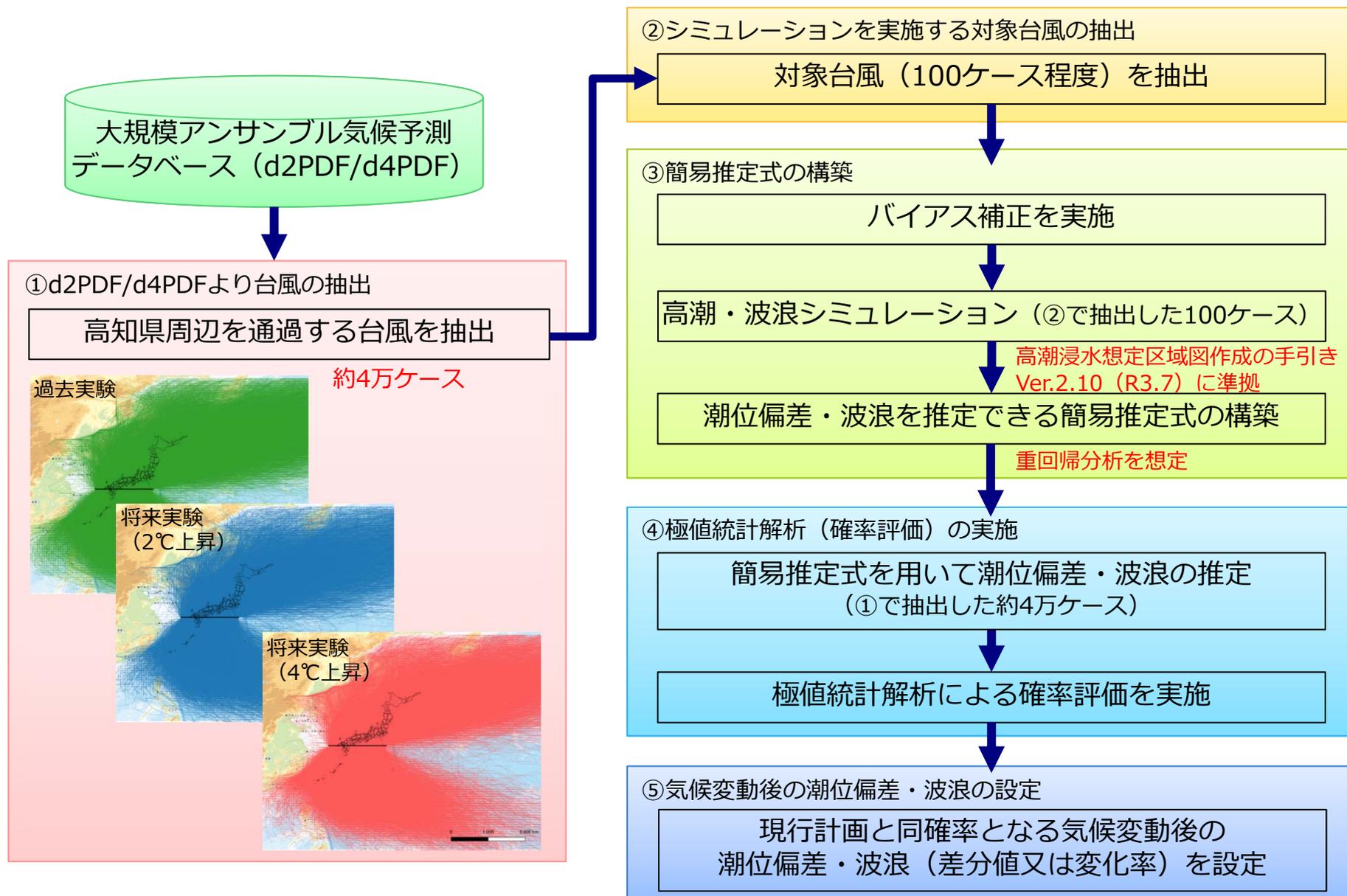
気候変動を踏まえた計画外力の検討方針(案)

④ 気候変動を踏まえた潮位偏差・波浪に関する予測手法の考え方(案)

	【基本】 B-1全球気候モデル台風を活用する方法	【補足】 A-1パラメトリック台風モデルを活用する方法
考え方	d2PDF/d4PDFで計算された台風を直接利用する方法。	経験的台風モデル等により、現行計画で設定されている想定台風に将来の気候変動（d2PDF/d4PDFより中心気圧の低下量を設定等）を考慮する方法。
適用条件	多数のサンプルが確保可能であり、外力が発生確率で設定されている沿岸で適用性がある。	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と組み合わせることで確率評価が可能。
当該地への適用上の課題	<ul style="list-style-type: none"> ▶ データ量が膨大であり、全ての台風を対象としたシミュレーションには長期間を要する（迅速性や他地域への適用の観点から全ての台風を対象とするのは実務的に困難である）。 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 現行計画では想定台風が設定されていない（波浪は確率評価、潮位偏差はM35.9.7の推定値であり台風時の中心気圧や経路等の条件が不明）。 ▶ 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。
課題を踏まえた検討方針(案)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 方針 <ul style="list-style-type: none"> ・ d2PDF/d4PDF の一部ケースを活用した簡易推定式の構築を行うなど、効率的な方法を検討する。 ■ 検討手順 <ol style="list-style-type: none"> ① d2PDF/d4PDFより、高知県周辺を通過する台風を抽出（約4万ケースを想定）。 ② ①の中から、シミュレーションを実施する対象台風（実務上で現実的な100ケース程度を想定）を設定。 ③ バイアス補正を行った上で、②で設定した対象台風によるシミュレーションを実施し、得られた計算結果をもとに、算定した潮位偏差・波浪を推定できる簡易推定式（重回帰分析を想定）を構築。 ④ ①で抽出した全台風（約4万ケースを想定）を対象に、③の簡易推定式を用いて評価地点の潮位偏差・波浪を算出し、極値統計解析（確率評価）を実施。 ⑤ 現行計画と同確率となる気候変動後の潮位偏差・波浪を設定（気候変動前後の差分値又は変化率を現行計画値に考慮することなどを想定）。 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 方針 <ul style="list-style-type: none"> ・ 近年の実績台風より想定台風を設定し、将来の気候変動を考慮した推算を行うなど、簡易な方法を検討する。 ■ 検討手順 <ol style="list-style-type: none"> ① 近年最大の台風を対象に、台風の中心気圧を変化させたシミュレーションを実施し、現行計画と同程度の潮位偏差・波浪を生起させる台風の中心気圧（想定台風の条件）を設定。 ② 気象庁ベストトラックデータより、高知県周辺を通過した実績台風の中心気圧を抽出（合計355ケース）。 ③ ②の中心気圧を基に極値統計解析（確率評価）を行い、①で設定した想定台風（中心気圧）の生起確率を設定。 ④ d2PDF/d4PDFより、高知県周辺を通過する台風を抽出（約4万ケースを想定）。 ⑤ ④の抽出結果より、③の生起確率に相当する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）を設定。 ⑥ ①の想定台風に⑤の比率を考慮したシミュレーションを実施し、気候変動後の潮位偏差・波浪を設定（気候変動前後の差分値又は変化率を現行計画値に考慮することなどを想定）。

気候変動を踏まえた計画外力の検討方針(案)

■ 【基本】B-1 全球気候モデル台風を活用する方法の検討手順イメージ(検討手順①～⑤)



気候変動を踏まえた計画外力の検討方針(案)

■ 潮位偏差・波浪を推定できる簡易推定式の構築イメージ(検討手順③)

■ 高潮・波浪シミュレーション結果(最大有義波高、最大潮位偏差)を目的変数、気圧・風データを説明変数とした重回帰分析を実施し、気圧・風の計算結果から、最大潮位偏差・最大有義波高を推定できる簡易推定式を構築する。

■ 簡易推定式のイメージ

$$\begin{aligned} \eta_{max} \text{ or } H_{max} = & aP_{min} + b_0W_{max} + b_1W_{max}^2 \\ & + b_2W_{max,x} + b_3W_{max,y} + cP_{cmin} \\ & + d_0V_t + d_1V_t^2 + d_2V_{t,x} + d_3V_{t,y} + e\left(\frac{R_{min}}{R_0}\right) + f \end{aligned}$$

目的変数：
潮位偏差、波浪

説明変数：台風諸元（移動速度、台風半径、中心気圧等）、
気圧・風場の推算結果（最低海面気圧、最大風速等）

η_{max} ：最大潮位偏差

H_{max} ：最大有義波高

P_{cmin} ：接近中の中心気圧の最低値

P_{min} ：対象地点の中心気圧

V_t ：対象地点接近時の台風移動速度（ x, y はそれぞれ x 成分、 y 成分を示す）

R_{min} ：対象地点接近時の距離

W_{max} ：対象地点の最大風速（ x, y はそれぞれ x 成分、 y 成分を示す）

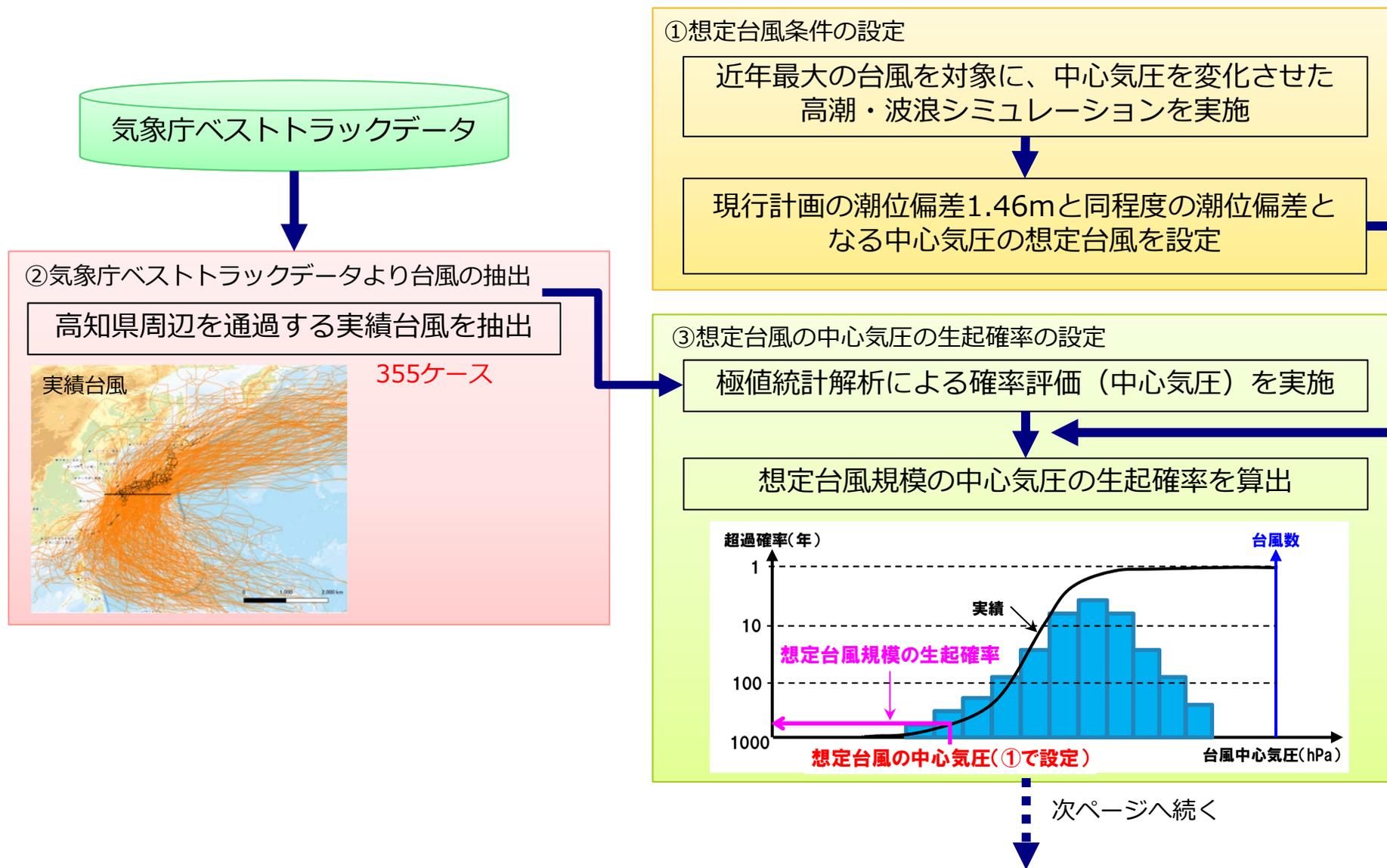
R_0 ：対象地点接近時の台風半径

$a \sim e$ ：偏回帰係数

f ： y 切片

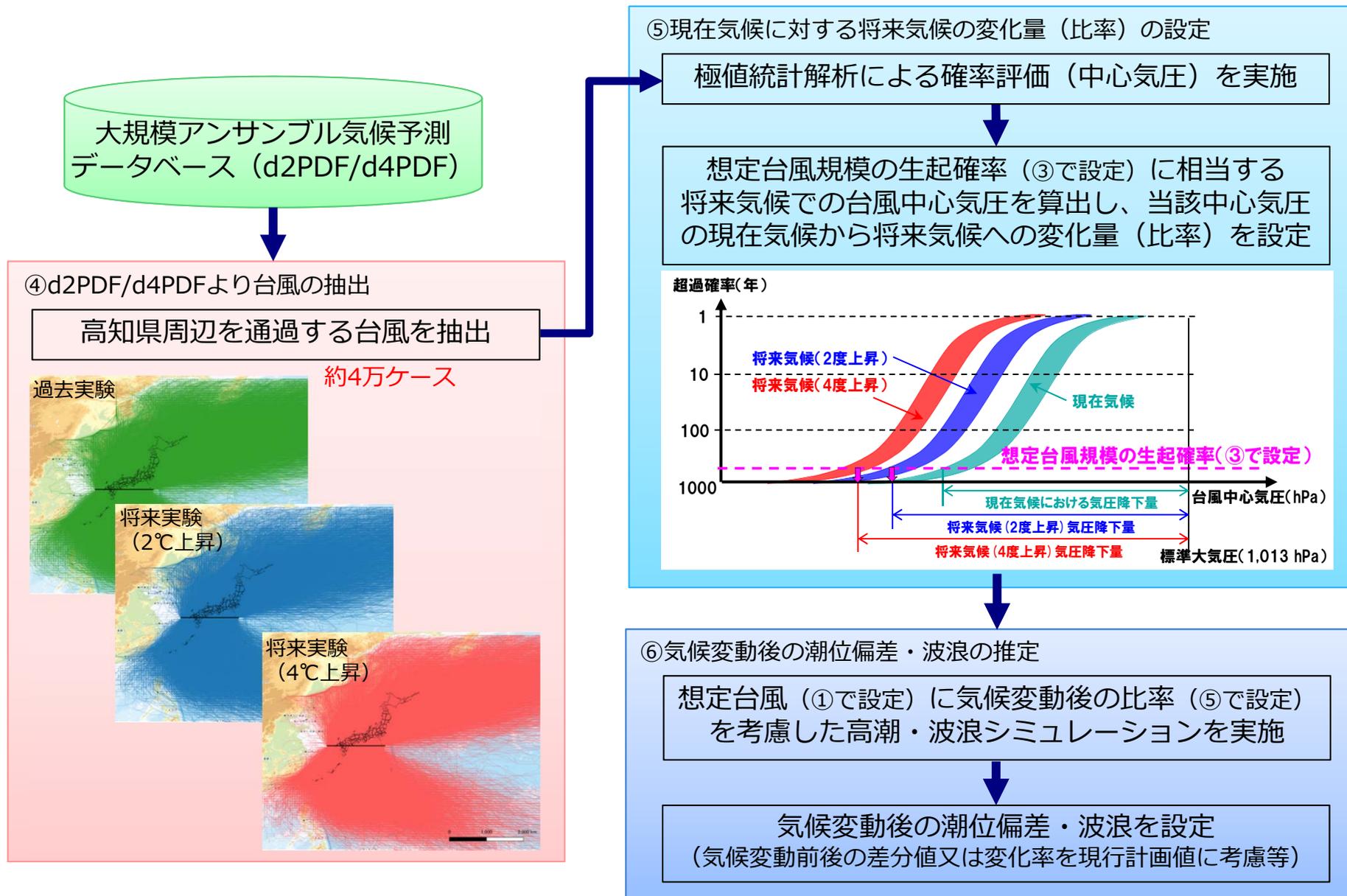
気候変動を踏まえた計画外力の検討方針(案)

■ 【補足】A-1パラメトリック台風モデルを活用する方法の検討手順イメージ(検討手順①～③)



気候変動を踏まえた計画外力の検討方針(案)

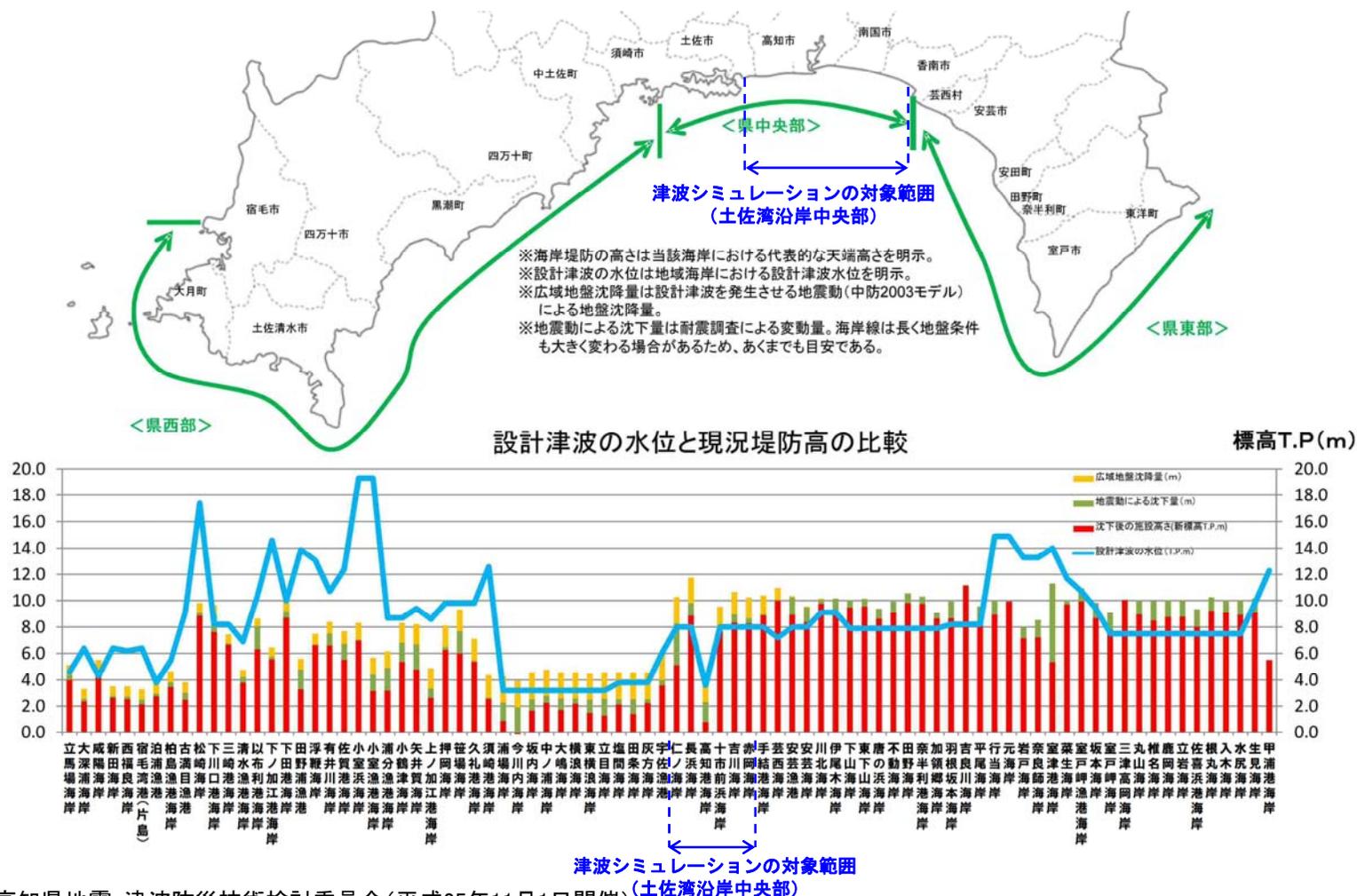
■ 【補足】A-1パラメトリック台風モデルを活用する方法の検討手順イメージ(検討手順④～⑥)



気候変動を踏まえた計画外力の検討方針(案)

⑤ 気候変動を踏まえた設計津波の設定に向けた検討方針

- 気候変動を踏まえた設計津波の検討は、直轄高知海岸を含む土佐湾沿岸中央部を対象に、**2100年の平均海面水位の上昇量を考慮した津波シミュレーションを実施**する。
- 津波シミュレーションの結果を踏まえ、設計津波の設定方法(例えば、現行の設計津波水位に平均海面水位の上昇量を加える等)を検討する。



出典:「第3回 高知県地震・津波防災技術検討委員会(平成25年11月1日開催)
 資料3 設計津波の水位の設定結果と海岸・河川堤防の今後の整備について p.2」