

島根県海岸保全気候変動検討委員会

第2回 【説明資料】



※ 委員の指摘をふまえ、委員会後に追記した文章は、
追記: として表示。

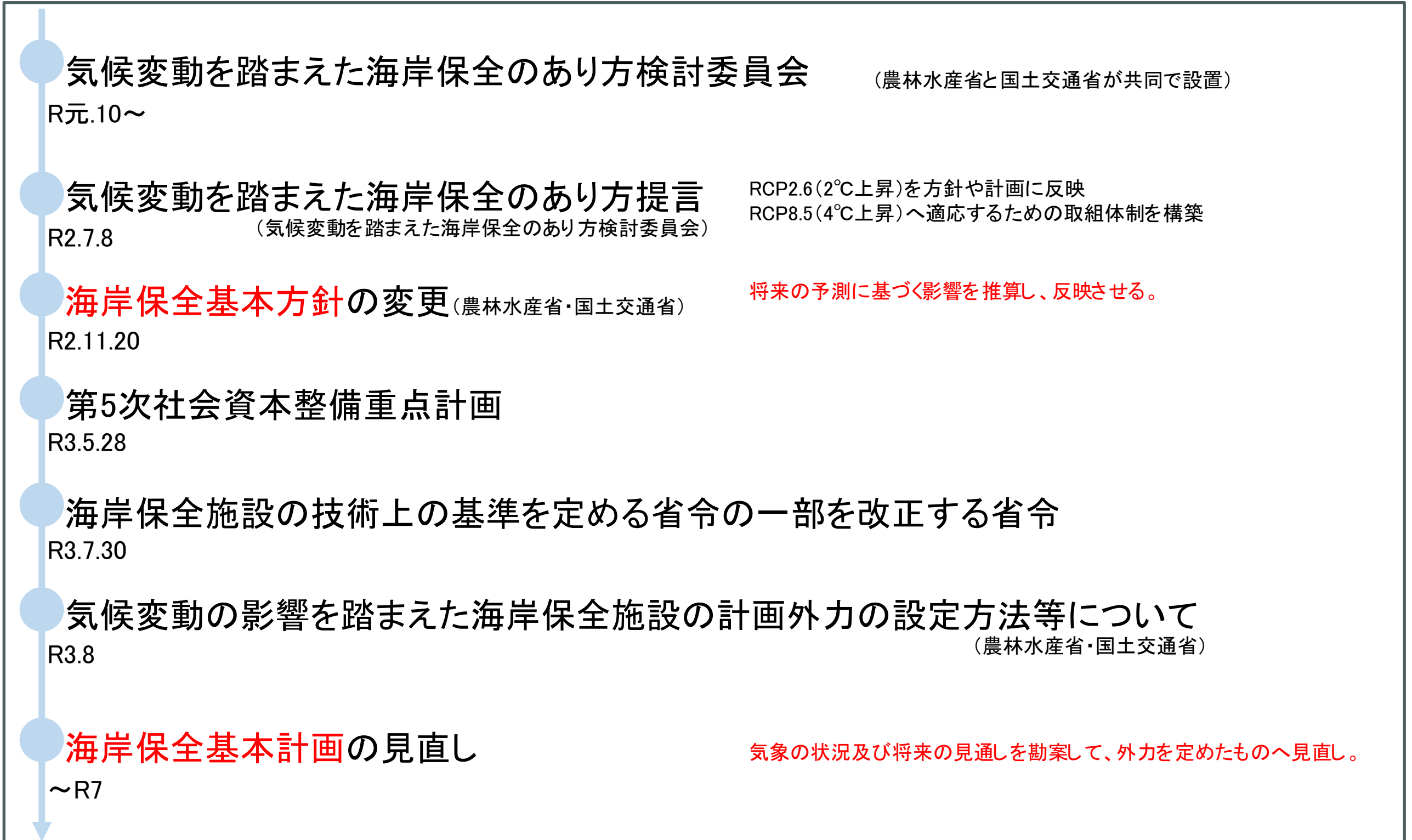
令和6年2月7日

島根県

大項目	小項目	ページ
1. 本委員会での検討事項とスケジュール		2
2. 第1回委員会意見への対応		8
3. 気候変動を踏まえた計画外力の検討方針の概要		21
4. 気候変動を踏まえた潮位の検討方針		24
5. 気候変動を踏まえた潮位偏差の検討方針	(1) 検討の概要 (2) 想定台風の設定 (3) 2004年台風15号の確率評価 (4) 高潮推算モデルの構築(再現計算) (5) 気候変動を踏まえた潮位偏差の設定方針	31
6. 気候変動を踏まえた波浪の検討方針	(1) 前回の検討事項の概要 (2) 高波浪の将来の変化傾向(気象要因別) (3) 高波浪の将来の変化傾向(沿岸) (4) 検討の概要 (5) 想定台風の設定 (6) 波浪推算モデルの構築(再現計算) (7) 気候変動を踏まえた波浪の設定方針	61
7. 計画外力検討方針のまとめ		88

1. 本委員会での 検討事項とスケジュール

- 気候変動に伴う海面水位の上昇等を踏まえ、国はR2.11に「**海岸保全基本方針**」を変更。
- 「海岸保全基本方針」に基づき、県は「**海岸保全基本計画**」の見直しが必要。



※本資料は、検討中の内容も含まれるため、内容等は今後変更される可能性がある。

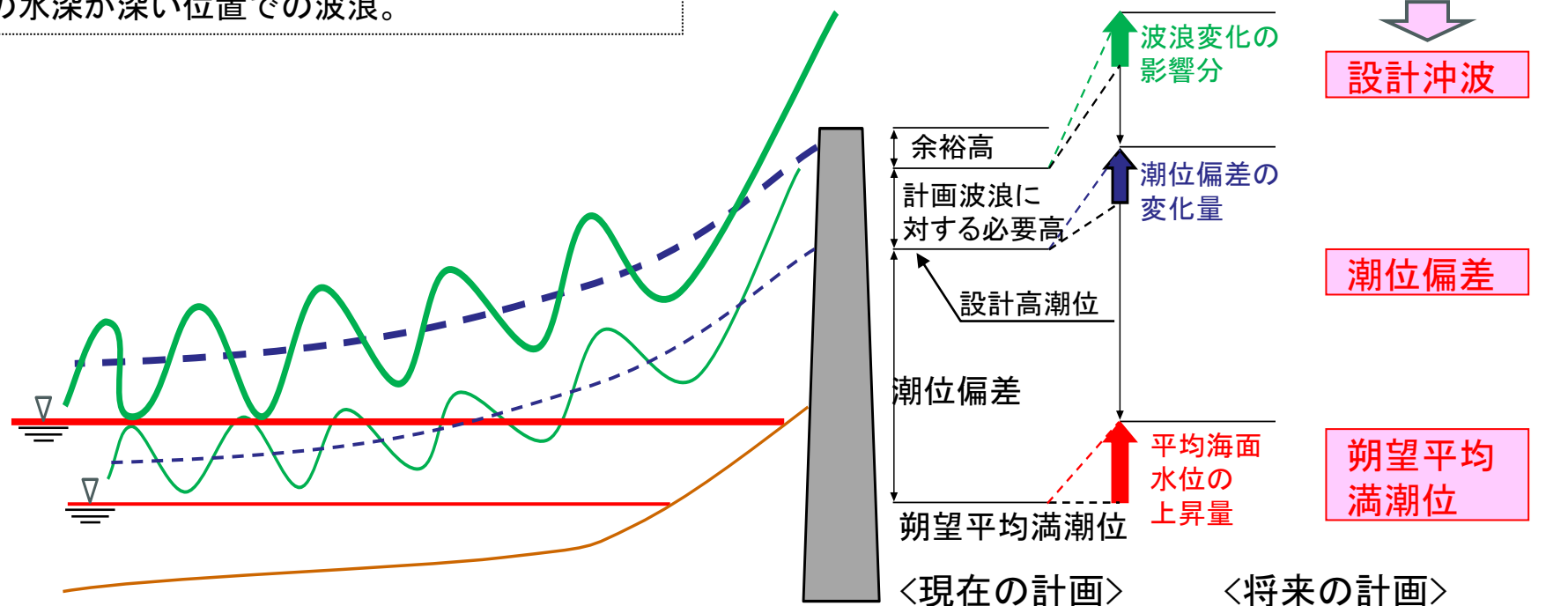
□ 取り扱う計画外力について

- 海岸保全基本計画で取り扱う「海岸保全施設の天端高」は、「朔望平均満潮位」「潮位偏差」「計画波浪に対する必要高」に余裕高を加味して設定されることがある(図1)。
- 本委員会では、「計画波浪に対する必要高」の代替として「設計沖波」を推算*。
- 本委員会では、「朔望平均満潮位」「潮位偏差」「設計沖波」について、気候変動の影響を加味して推算。

*「計画波浪に対する必要高」で使用する各施設の計画波浪は、設計沖波から波浪変形計算を実施して算出されるため、施設毎に異なる。このため、本委員会では、各施設の計画波浪の元となる設計沖波について推算する。

【用語】

- 朔望平均満潮位 : 朔(新月)及び望(満月)の日から前2日後4日以内に観測された、最高潮位の平均値
- 潮位偏差 : 天体の動きから算出した天文潮位と気象などの影響を受けた実際の潮位との差
- 設計沖波 : 設計に用いる波浪の沖波。沖波は、地形の影響を受ける前の水深が深い位置での波浪。



*本資料は、検討中の内容も含まれるため、内容等は今後変更される可能性がある。

島根沿岸海岸保全基本計画(令和3年3月改定)
隠岐沿岸海岸保全基本計画(平成29年3月改定)

第1編 海岸の保全に関する基本的な事項

第1章 計画の策定にあたって

第2章 海岸の現況及び保全の方向に関する事項
(海岸の概要、海岸事業の経緯)

第3章 沿岸の長期的なあり方
(防護面、環境面、利用面からの基本方針)
(ゾーン区分及びゾーン毎の基本方針)

第2編 海岸保全施設の整備に関する基本的な事項

第1章 海岸保全施設の新設又は改良に関する事項
(海岸保全施設を整備しようとする区域、
海岸保全施設の種類、規模及び配置)

第2章 海岸保全施設の維持又は修繕に関する事項
(海岸保全施設の存する区域、施設の種類、規模、配置)
(海岸保全施設の維持又は修繕の方法)

第3章 海岸保全施設の整備(維持・修繕および新設等)の状況

第3編 その他重要事項、留意事項

第1章 その他重要事項
(広域的・総合的な視点からの取組の推進、
地域との連携の促進と海岸愛護の啓発)

第2章 今後の取り組みにおける留意事項
(関連計画との整合性の確保、関係行政機関との連携調整、
地域住民の参画と情報公開、計画の見直し)

海岸保全基本計画の見直しの方向性

海岸保全基本計画の見直しの経緯

- 最新データの解析、将来予測結果を踏まえ、海岸保全施設の整備方針を定める。
- ハードとソフトを組み合わせた、利用形態や自然環境と調和する総合的な整備、対策方針を定める。
- 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計画を定める。
- 気候変動の影響による砂浜の変動傾向を把握するためのモニタリングについて定める。

(4) 委員会の検討事項と流れ

将来気候の予測を行い、影響を検証

第1回 (R5年9月6日)

- ① 県の**海岸の概要**や**気候変動の現状**の報告
- ② 気候変動を踏まえた計画外力の
検討方針(概略)の決定

- ・県の海岸の計画外力、外力の実態等の報告
- ・潮位、潮位偏差、波浪の変動の現状(観測値より)

- ・**シナリオ**の決定(2℃上昇、4℃上昇)
- ・気候変動を含めた計画外力を検討する時点(**検討時点**)の決定
- ・潮位、潮位偏差、波浪の**検討方針(概略)**の決定

第2回 (R6年2月7日)

- ① 気候変動を踏まえた計画外力の
検討方針(詳細)の決定
- ② **シミュレーションモデルの妥当性**の確認

- ・第1回の検討方針(概略)を踏まえた詳細の検討方針の提示と決定
⇒**検討方針(詳細)**の決定
- ・気候変動による砂浜への影響検討方法の確認

第3回 (R6年度 上半期)

- ① 検討方針(詳細)に基づいた**検討結果**の報告
- ② 将来の**計画外力の設定(案)**の提示

- ・シミュレーションモデルの再現計算結果の提示、再現性の確認
⇒シミュレーションモデルの構築(高潮、波浪)

第4回 (R6年度 上半期)

- ① 将来の**計画外力の決定**
- ② 気候変動**影響**の検討

- ・第2回の検討方針(詳細)と構築したシミュレーションモデルによる
検討結果の報告
- ・気候変動による砂浜への影響検討結果の報告

- ・上記の検討結果を踏まえた将来の計画外力の設定(案)の提示
⇒委員会での意見を踏まえ、設定(案)を再検討

基本計画へ盛り込む内容を幅広く検討

第1回 (R6年度 下半期)

- ・海岸における**影響の整理**
- ・見直し項目の検討

- ・第3回の意見を踏まえた計画外力の提示と決定

- ・将来の計画外力に基づく**リスク整理**
 - ・高潮・高波発生時の越波被害・浸水被害の増大によるもの
 - ・津波発生時の浸水被害の増大によるもの
(レベル湛水法などによる)
 - ・海面上昇時の汀線の後退によるもの

第2回 (R7年度 上半期)

- ・素案説明

第3回 (R7年度 下半期)

- ・原案説明

実施項目	2022(R4)年度				2023(R5)年度				2024(R6)年度				2025(R7)年度				備考
	4	7	10	1	4	7	10	1	4	7	10	1	4	7	10	1	
海岸の概要、 気候変動の現状の整理	■																
気候変動を踏まえた 計画外力の検討					■												
気候変動影響の検討									■								
今後の海岸保全の 検討									■								
海岸保全基本計画の 改定													■				2025(R7)年度中の 公表を目指す
委員会	気候変動検討 委員会								●		●		●		●		
	海岸保全基本 計画検討委員会												●		●		●

※本資料は、検討中の内容も含まれるため、内容等は今後変更される可能性がある。

2. 第1回委員会意見への対応

No.	意見	対応	掲載箇所
1	気候変動による砂浜への影響について、対応方針を整理すること。	<ul style="list-style-type: none">・今回、代表海岸で、Bruun則により汀線後退量を算定した。・算定方法について確認いただき、意見を踏まえ、第3回委員会で、その他の海岸も検討する。・モニタリング手法は、第3回委員会以降に検討する。	p11 ~15
2	海岸保全のターゲットと評価対象年代を明確にすること。施設等については2075年で問題ないと考えるが、砂浜等は2075年までに問題が発生することが考えられる。	<ul style="list-style-type: none">・砂浜等の評価対象年代は、No.1の全海岸の汀線後退量（第3回委員会提示予定）の結果を踏まえ、検討する。	—
3	日本海西部の平均海面は、冬季が低く、夏季が高い特徴がある。このことを踏まえると、朔望平均満潮位は年平均値でよいのかという疑問がある。冬季、夏季に分けて朔望平均満潮位を設定する考えもある。	<ul style="list-style-type: none">・実務的な利用の観点では、年平均が望ましいと考える。・まずは、これまでの観測データ等で、夏季と冬季で朔望平均満潮位、潮位偏差、波浪をそれぞれ算出し、状況を把握した。	p16
4	設計沖波を検討する際は周期も重要である。波浪を整理する際は、波高に加え周期の情報も併記すること。	<ul style="list-style-type: none">・周期を追加して再整理する。	p17
5	地盤変動量は、検潮所周辺だけでなく、県内全域について整理すること。	<ul style="list-style-type: none">・県内全域について地盤変動量を再整理する。	p18 ~19
6	海面上昇量について、「日本の気候変動2020」を用いているが、現時点での最新情報はIPCC第6次評価報告書である。最新の情報を用いて海面上昇量を算定した方がよい。	<ul style="list-style-type: none">・IPCC第6次評価報告書を踏まえ、海面上昇量を算定する。	p25 ~30
7	海面上昇量を2℃上昇シナリオの95%信頼区間の上限で設定することだが、すべての施設を一様に設定する必要はないと考える。想定されるリスクや守るべき対象(施設)の重要性に応じて設定するという考え方もある。	<ul style="list-style-type: none">・海面上昇量は2℃上昇シナリオにより設定することとし、想定されるリスクや守るべき対象の重要性については必要に応じて考慮する。	—

No.	意見	対応	掲載箇所
8	想定台風について、潮位偏差が最大となる経路を網羅するのは、浸水想定のような想定最大を対象とする場合はよいが、施設設計の計画値を対象とする場合は過大になる可能性がある。過大な想定台風にならないように注意すること。	・想定台風の諸元は、台風経路は平行移動して複数設定したが、中心気圧、移動速度、台風半径は、既往最大の台風の実績値を基に設定することで、過大な想定台風にならないように注意して設定した。	p35 ～47
9	太平洋側に比べて、日本海側の高潮のメカニズムや台風による高波浪のメカニズムは複雑である。高潮や波浪のシミュレーションについて、再現計算を行って、過去イベントに対する再現性を確認すること。	・再現計算を実施して再現性を確認した。	p53 ～59 p80 ～84
10	日本海側の低気圧について、爆弾低気圧トラックデータ等を活用して、将来の変化傾向を確認すること。	・爆弾低気圧トラックデータにより将来の変化傾向を確認した。	p69 ～70
11	気候変動による砂浜への影響については、平均波高や波向を整理する必要がある。これらの整理には、文部科学省気候予測データセット2022の波候予測データセットを活用するとよい。	・波候予測データセットから、エネルギー平均波高や波向を整理し、気候変動による砂浜への影響について分析を実施した。	p20
12	観測結果の外挿による海面上昇量について、外挿に用いる近似式の算定期間の長さ求めた値に傾向があるか確認すること。	・算定期間ごとの海面上昇速度を算定し、上昇傾向を確認した。	p28

□ 砂浜への影響検討手法

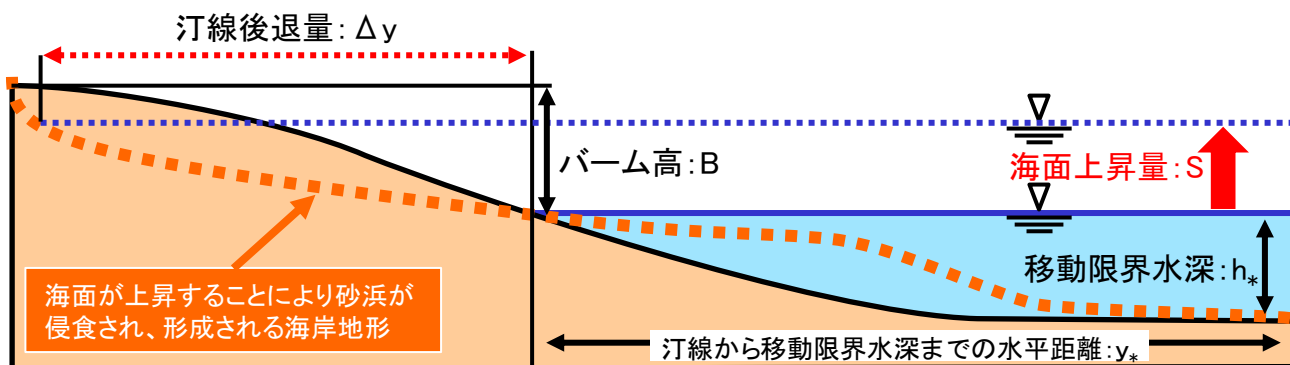
- 気候変動がもたらす海面上昇による砂浜への影響を検討(図1)。
- 海面上昇による汀線後退量を算定するBruun則(表1)を適用(代表2海岸で試算)。

表1 Bruun則の概要

	算定式	備考
Bruun則	$\Delta y/y_* = -S/(h_* + B_h)$	S:海面上昇量(m), Δy :汀線後退量(m), h_* :移動限界水深(m) y_* :汀線から移動限界水深までの水平距離(m), B_h :バーム高
前提条件 (汀線付近の断面地形)	$h = Ay^{2/3}$	h:水深(m), A:海浜断面係数, y:岸沖方向距離(m) 断面地形が底質粒形と波浪条件から決定されると仮定。 h_* における縦断地形データと適合するようにAを設定。 y_* を算出。
以下、諸係数の算定式		
Hallemeier(1978)	$h_* = 2.28\bar{H}_m - 68.5(\bar{H}_m^3/g\bar{T}_m^3)$	g:重力加速度, \bar{H}_m :年最大有義波高の平均値, \bar{T}_m :年最大有義波周期の平均値
武田、砂村(1983)	$B_h = 0.125\bar{H}_b^{5/8}(g\bar{T}_s^2)^{3/8}$	\bar{H}_b : \bar{H}_s に対する碎波波高, \bar{H}_s :年平均有義波高の平均値
砂村(1983)	$\bar{H}_b/\bar{H}_s = (\tan\alpha)^{0.2}(\bar{H}_s/\bar{L}_s)^{-0.25}$	\bar{L}_s :年平均有義波波長(1.56 \bar{T}_s^2), \bar{T}_s :年平均有義波周期の平均値

※ Bruun則適用に必要なデータを赤字で記載

追記: Bruun則は、海面上昇以外の影響(沿岸漂砂や海岸保全施設の影響)を考慮していないことに留意。



出典: 沿岸部(海岸)における気候変動の影響及び適応の方向性検討委員会の資料を基に作図

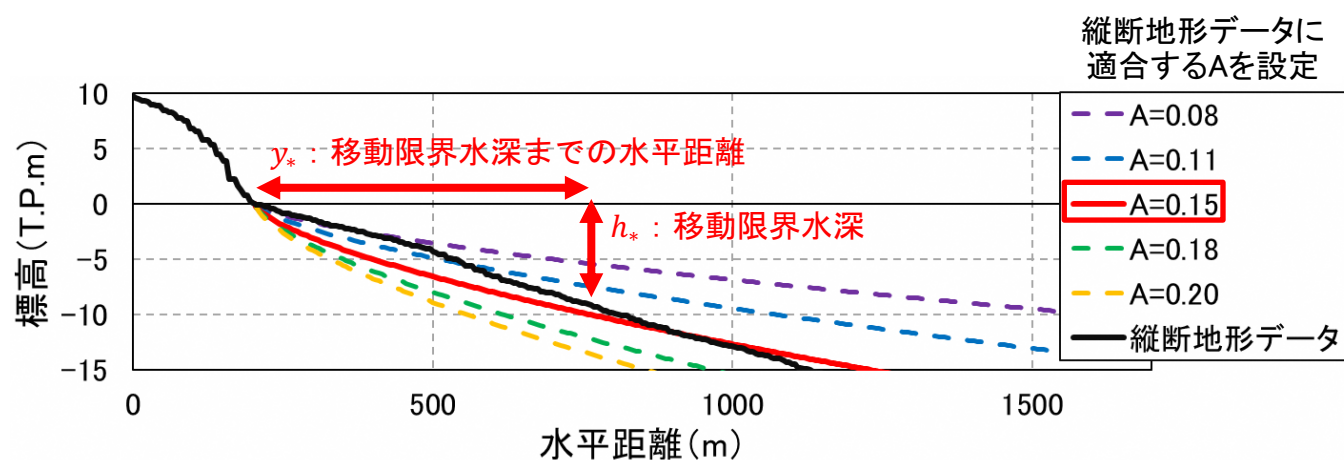


図1 海面上昇による砂浜の消失のイメージ

図2 海浜断面係数(A)の設定イメージ

※本資料は、検討中の内容も含まれるため、内容等は今後変更される可能性がある。

□ 代表海岸の選定

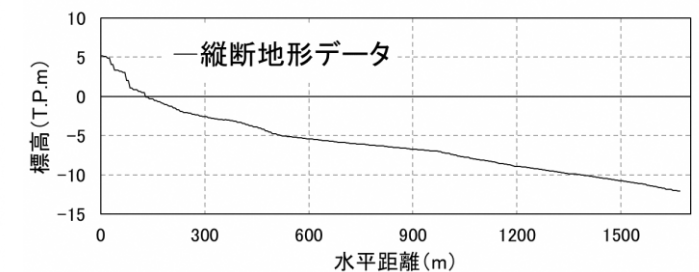
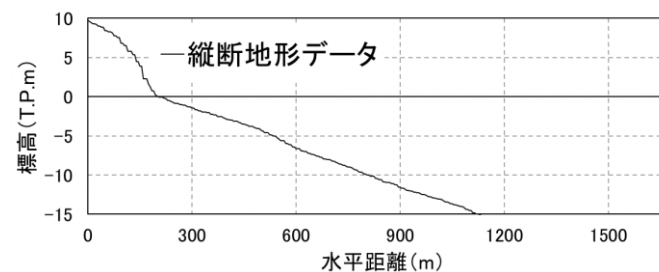
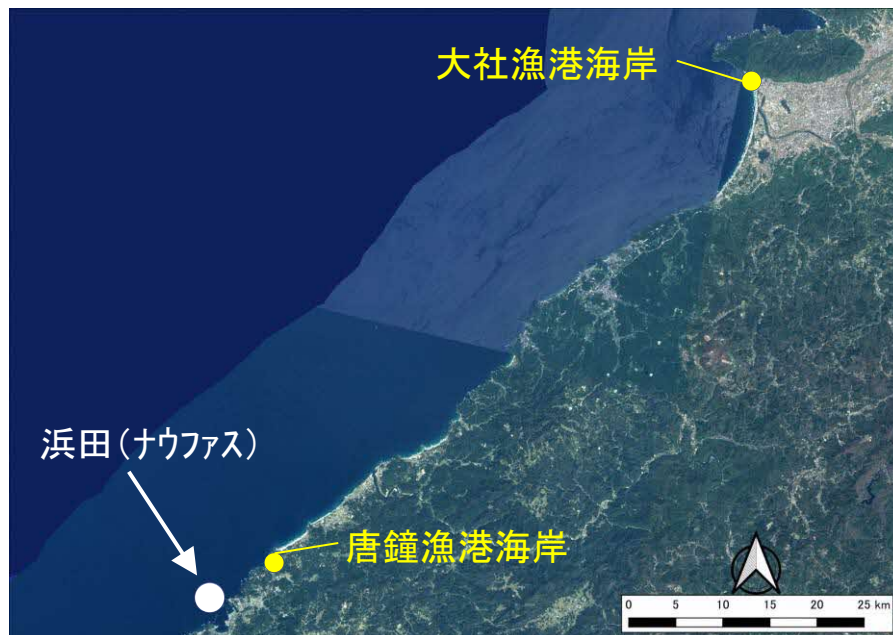
- 汀線後退量を試算する**代表海岸**を選定(第3回委員会で、その他の海岸も検討予定)。
- 表1に示す内容を考慮して、^{とうがね}**唐鐘漁港海岸**、**大社漁港海岸**を代表海岸に選定(表2)。

表1 代表海岸の選定時の考慮事項

内容	詳細
波浪観測値の利用	波浪観測値(浜田(ナウファス))の利用と観測値の換算方法の確認
海岸保全施設の有無	海岸保全施設(離岸堤等)有の場合の対応の確認

表2 代表海岸の選定理由

選定海岸	理由
とうがね 唐鐘漁港海岸	<ul style="list-style-type: none"> ■ 波浪観測所(浜田(ナウファス))から近く、観測値の適用が可能 ■ 海岸保全施設(離岸堤等)が比較的少ない海岸
大社漁港海岸	<ul style="list-style-type: none"> ■ 波浪観測所(浜田(ナウファス))から遠く、観測値の換算方法の検討・確認が必要 ■ 海岸保全施設(離岸堤等)が多く、対応の確認が必要



※本ページの空中写真は、地理院タイル(データソース:Landsat8画像(GSI,TSIC,GEO Grid/AIST), Landsat8画像(courtesy of the U.S. Geological Survey), 海底地形(GEBCO)), <http://maps.gsi.go.jp/development/ichiran.html>)を加工して作成

※津波浸水想定(平成29年3月)の地形データから作成

図1 代表海岸(唐鐘漁港海岸、大社漁港海岸)

※本資料は、検討中の内容も含まれるため、内容等は今後変更される可能性がある。

(2) 気候変動による砂浜への影響検討

□ 海浜断面係数(A)の設定

- 縦断地形データが $h_* = Ay_*^{2/3}$ を満たすように海浜断面係数(A)を設定。
- 汀線(T.P.+0m)から移動限界水深(h_*)までの水平距離(y_*)を算出。

h_* : 移動限界水深
 y_* : 汀線から移動限界水深までの距離

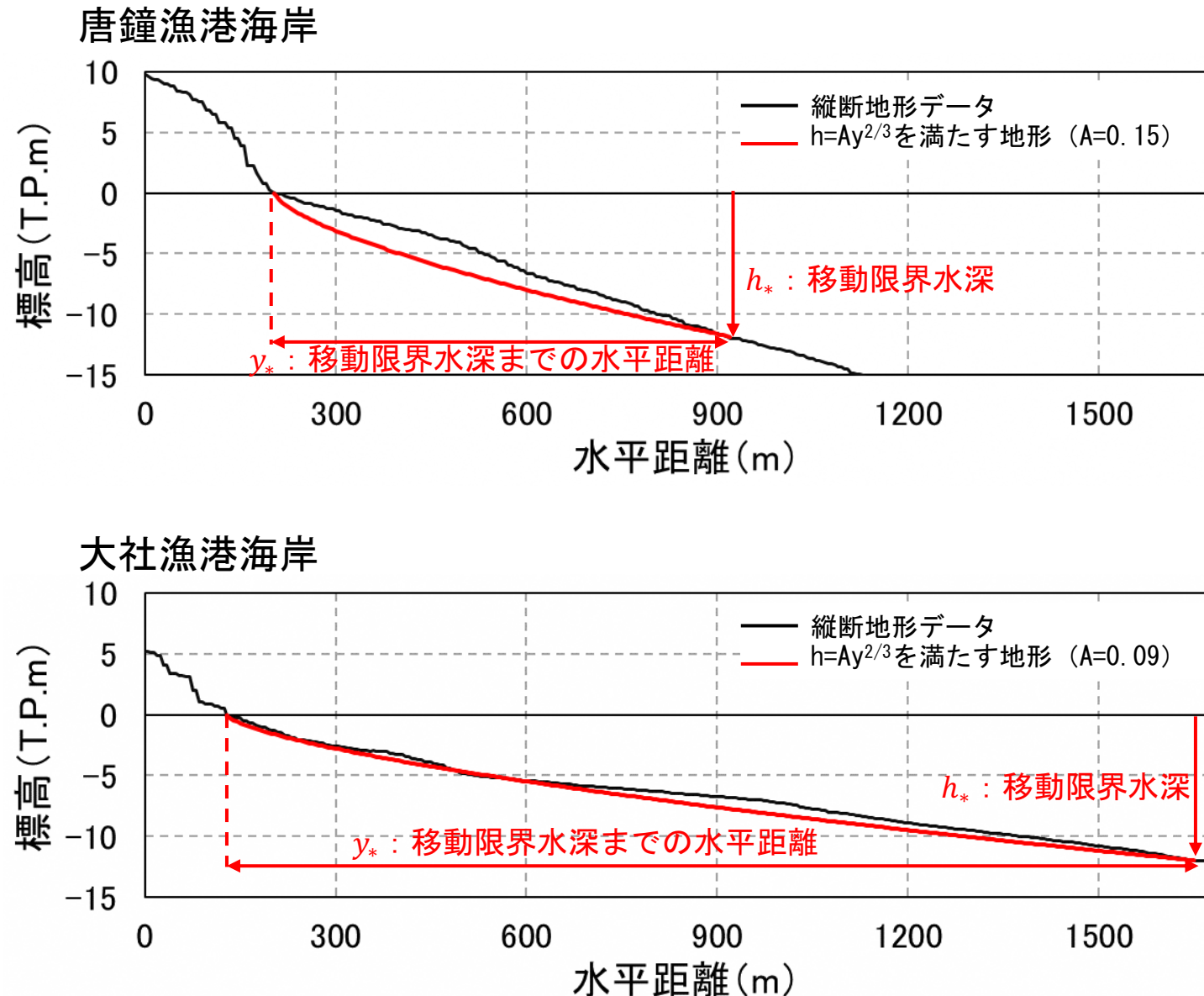


図1 海浜断面係数(A)の設定状況

□ 波浪条件の設定

- 島根県周辺で使用できる波浪観測所は、浜田(ナウファス)、鳥取(ナウファス)の2地点※1。
- 島根県内の砂浜への適用性を踏まえ、**浜田(ナウファス)**を使用※2。
- **大社漁港海岸**は、**波候予測データセット**※3を利用して、**波浪条件**※4を**換算**(表1)。

表1 波浪条件の設定方法

選定海岸	理由
唐鐘漁港海岸	■ 波浪観測所(浜田(ナウファス))の観測値を使用(1974~2020年)
大社漁港海岸	■ 波候予測データセットより、波浪観測所(浜田(ナウファス))から大社漁港海岸付近の波浪の換算式(回帰式)を作成

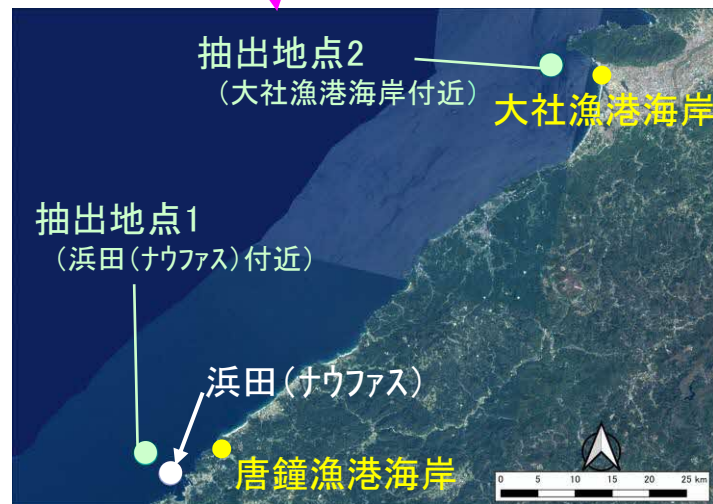
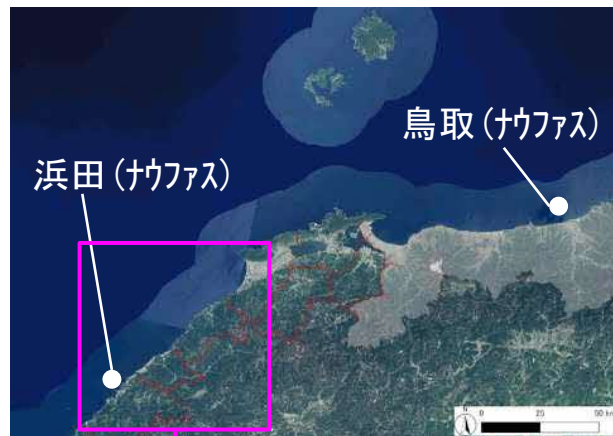


図1 波候予測データセット抽出位置

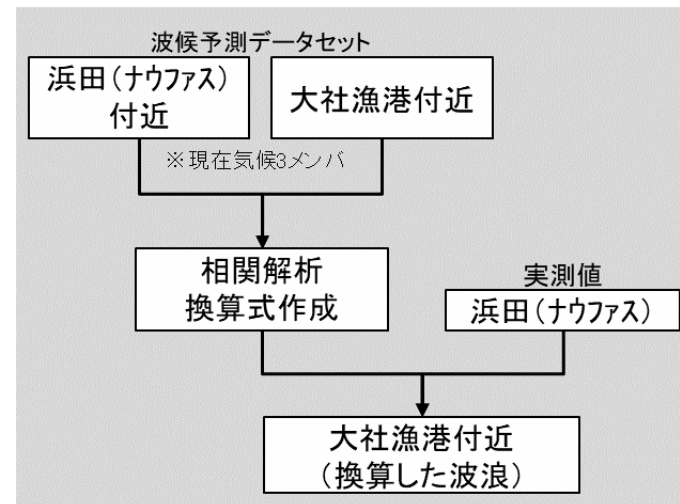


図2 大社漁港付近の波浪条件設定フロー

※1 島根県内の砂浜への適用を想定した場合。
 ※2 鳥取(ナウファス)の観測値は、隠岐の影響を受けているため。
 ※3 京都大学防災研究所提供の「波候予測データセット 2022」を意味する。現在気候と将来気候の25年間の常時波浪推算結果を収録したデータ。
 ※4 年最大有義波高と周期、年平均有義波高と周期を意味する。

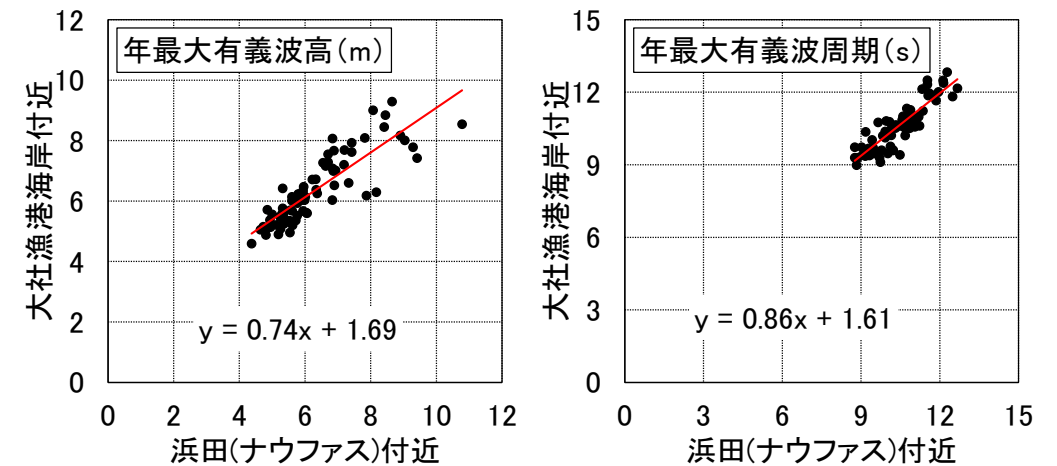


図3 相関解析結果(年最大有義波)

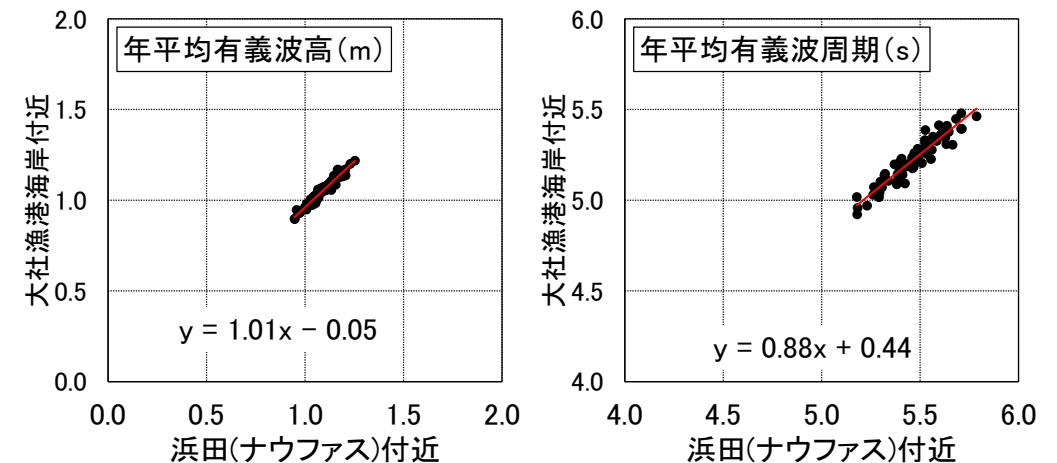


図4 相関解析結果(年平均有義波)

※本ページの空中写真は、地理院タイル(データソース:Landsat8画像(GSI,TSIC,GEO Grid/AIST), Landsat8画像(courtesy of the U.S. Geological Survey), 海底地形(GEBCO)), <http://maps.gsi.go.jp/development/ichiran.html>を加工して作成

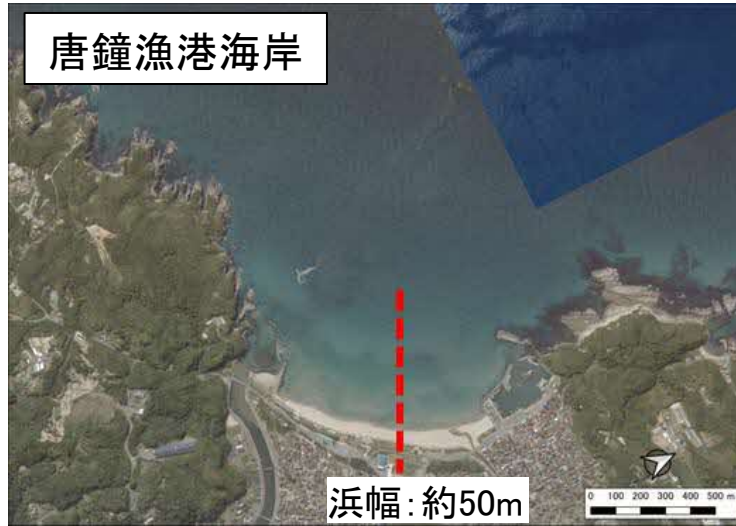
※本資料は、検討中の内容も含まれるため、内容等は今後変更される可能性がある。

(2) 気候変動による砂浜への影響検討

□ 海面上昇により予測される汀線後退量

- 海面上昇量*と汀線後退量(代表海岸)を図1に整理。
- **Bruun則**による**汀線後退量**は、**2075年**の場合、唐鐘漁港海岸で約20m、大社漁港海岸で約45mと試算。

* IPCC第6次評価報告書にて公表された2°C上昇相当(SSP1-2.6シナリオ)の可能性の高い上昇量の上限值



※浜幅は空中写真より読み取り

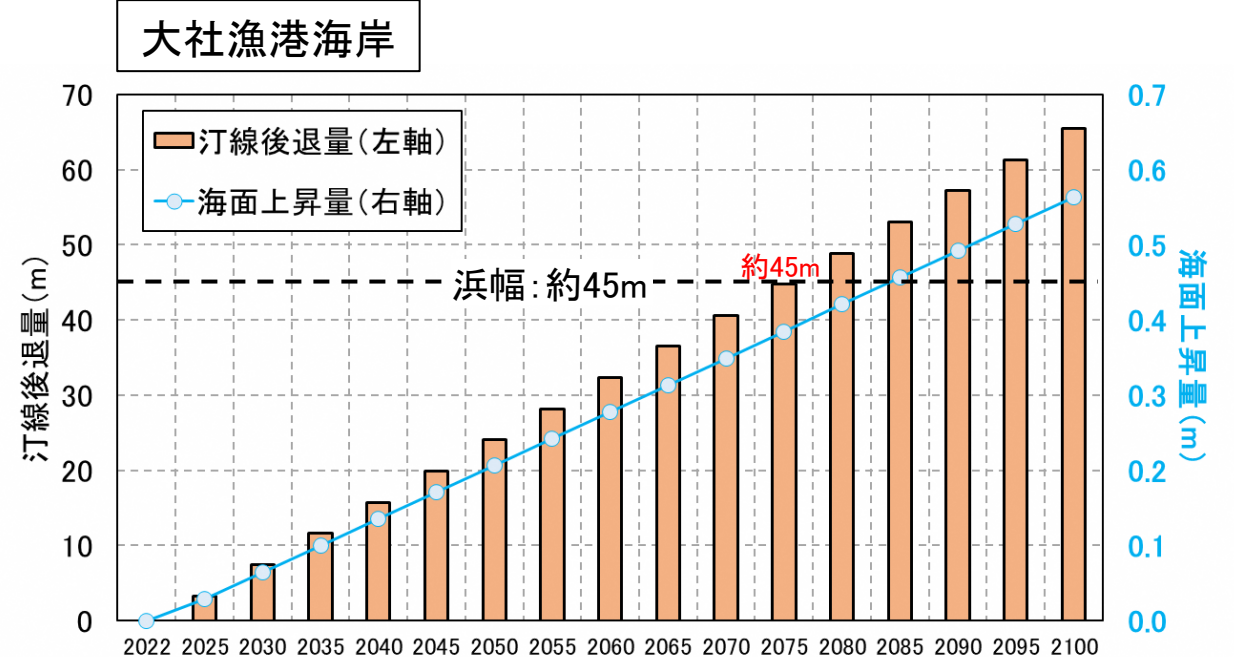
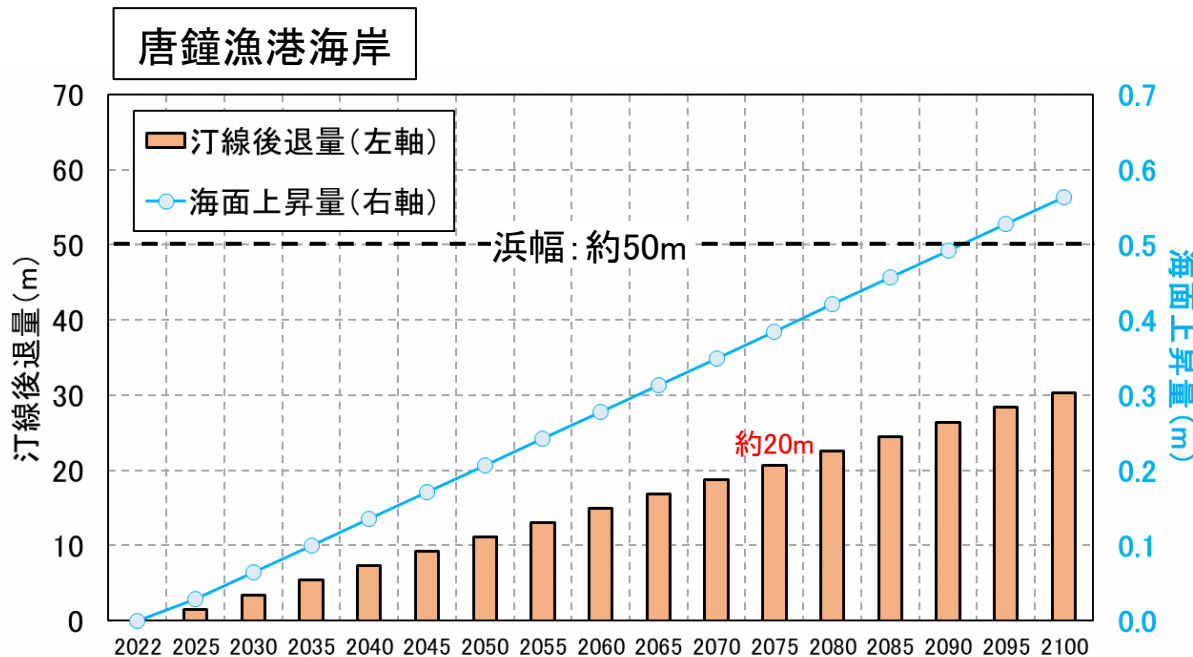


図1 海面上昇による汀線後退量

※本ページの空中写真は、地理院タイル(データソース: Landsat8画像(GSI, TSIC, GEO Grid/AIST), Landsat8画像(courtesy of the U.S. Geological Survey), 海底地形(GEBCO)), <http://maps.gsi.go.jp/development/ichiran.html>を加工して作成

※本資料は、検討中の内容も含まれるため、内容等は今後変更される可能性がある。

(3) 朔望平均満潮位の平均時期

□ 夏季・冬季・通年における「朔望平均満潮位」「潮位偏差」「波浪」

- 日本海西部の平均海面は、**夏季が高く、冬季が低い**。(図1)
- 浜田の観測値にて**夏季、冬季、通年**の「朔望平均満潮位」「潮位偏差」「計画波浪」の**合計値**※を算出(図3)。
- 合計値※の大小関係は、**通年 > 冬季 > 夏季**。

※「朔望平均満潮位」「潮位偏差」「計画波浪」の合計値

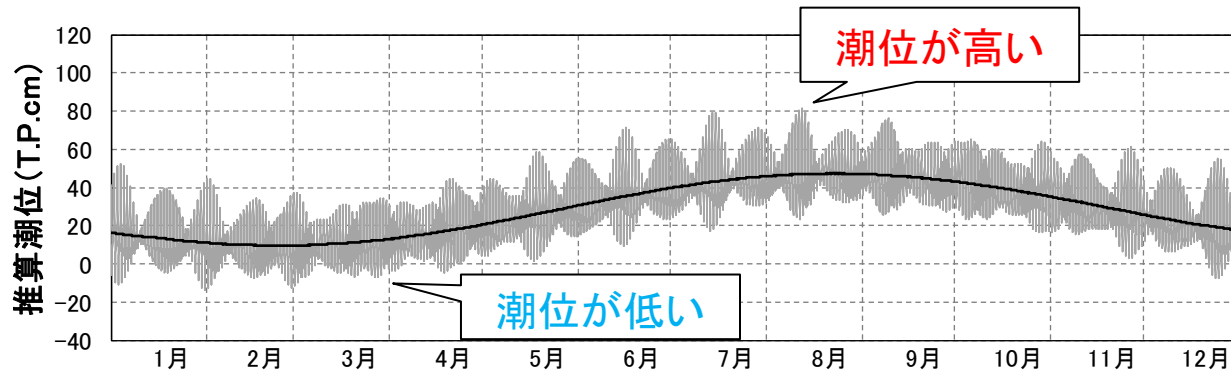
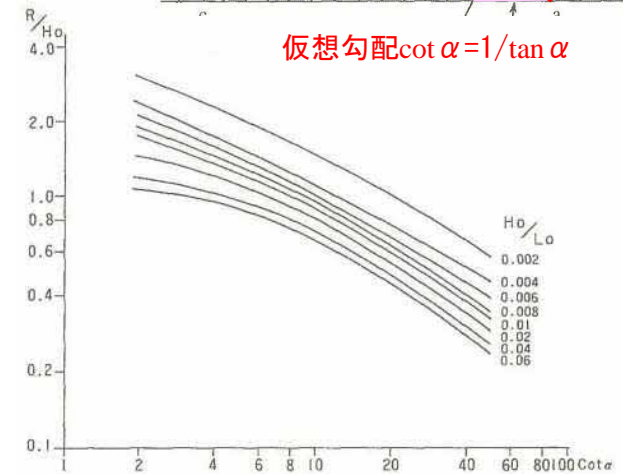
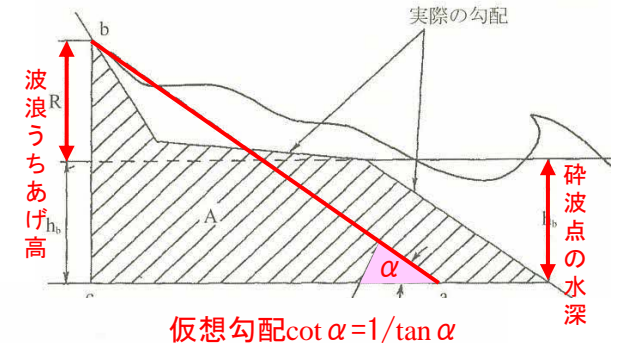
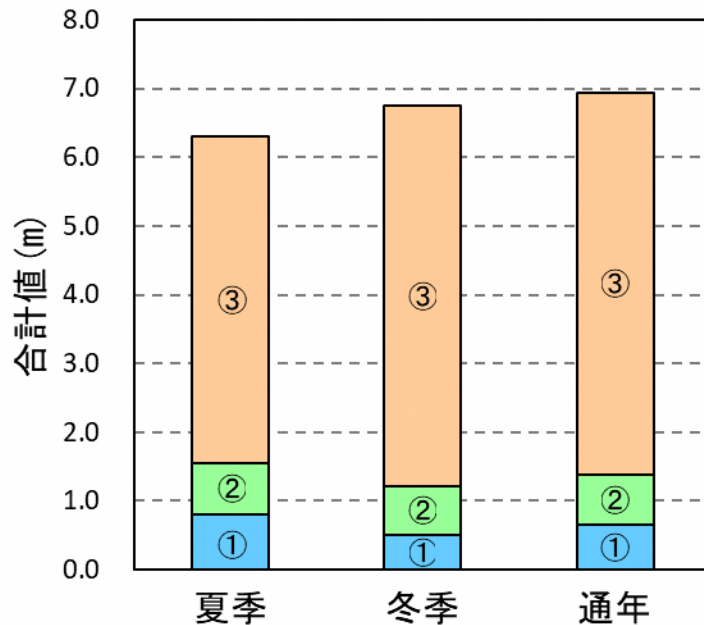


図1 浜田における推算潮位(2022)



出典: 海岸保全施設の技術上の基準・同解説 (平成30年8月)に一部加筆

図2 波のうちあげ高算定図 (改良仮想勾配法)



凡例	備考
① : 朔望平均満潮位 (m)	直近5年(2018年~2022年)の浜田検潮所における朔望平均満潮位。
② : 潮位偏差 (m)	気象庁公開の潮位偏差(浜田検潮所の3分平均値)より、最大値を設定。
③ : 計画波浪に対するうちあげ高 (m)	浜田(ナウファス)における各時期の既往最大波のうちあげ高(cota=10と仮定して改良仮想勾配法にて算出)。

※「朔望平均満潮位」「潮位偏差」「計画波浪」の合計値を整理

追記: 数値等は今後精査し、第3回委員会にて提示予定

図3 各時期における合計値

□ 波浪（高波浪の発生状況）

- **最大有義波高**の気象要因は、浜田港と鹿島で**冬型気圧配置**が多く、境港で台風が多い(表1)
- 境港の最大有義波高は、台風が中心が本州南岸に位置する時に発生することが多い(図1)。
(最大有義波高の発生は、台風最接近時以外が多い)。

表1 波浪観測所における最大有義波高（1位～10位）

順位	浜田港		鹿島		境港	
	波高:m (周期:s)	要因 (起日)	波高:m (周期:s)	要因 (起日)	波高:m (周期:s)	要因 (起日)
1	7.93 (11.2)	日本海低気圧及び冬型気圧配置 (1990/12/11)	7.82 (11.7)	日本海低気圧及び冬型気圧配置 (1990/12/11)	3.58 (11.8)	台風21号 (2017/10/23)
2	7.81 (11.9)	冬型気圧配置 (1987/02/03)	6.60 (11.3)	二つ玉低気圧及び冬型気圧配置 (1990/12/27)	3.37 (10.7)	台風19号 (2019/10/12)
3	7.51 (10.5)	冬型気圧配置 (1976/02/05)	6.42 (10.9)	冬型気圧配置 (1987/02/03)	3.28 (8.1)	台風18号 (2009/10/07)
4	6.78 (10.5)	台風19号 (1991/09/28)	6.4 (9.3)	冬型気圧配置 (1999/02/03)	3.22 (10.8)	台風23号 (2004/10/21)
5	6.77 (10.4)	低気圧 (1980/12/24)	6.2 (10.8)	冬型気圧配置 (1995/11/08)	3.19 (8.0)	低気圧 (2020/01/27)
6	6.66 (9.6)	低気圧 (1982/04/09)	6.11 (9.9)	二つ玉低気圧及び冬型気圧配置 (1991/12/28)	3.08 (7.9)	南岸低気圧 (1998/01/15)
7	6.60 (10.9)	冬型気圧配置 (2000/02/09)	6.08 (11.6)	日本海低気圧及び冬型気圧配置 (1989/11/01)	2.96 (7.8)	台風6号 (2011/07/19)
8	6.53 (9.7)	冬型気圧配置 (2003/01/29)	5.94 (10.9)	冬型気圧配置 (1998/02/09)	2.72 (8.8)	台風16号 (2016/09/20)
9	6.47 (10.6)	二つ玉低気圧及び冬型気圧配置 (1991/02/16)	5.92 (10.0)	冬型気圧配置 (1993/12/23)	2.57 (7.3)	台風4号 (2003/05/31)
10	6.31 (10.6)	冬型気圧配置 (1981/12/02)	5.91 (10.6)	冬型気圧配置 (1995/12/24)	2.50 (10.6)	低気圧 (2020/04/13)

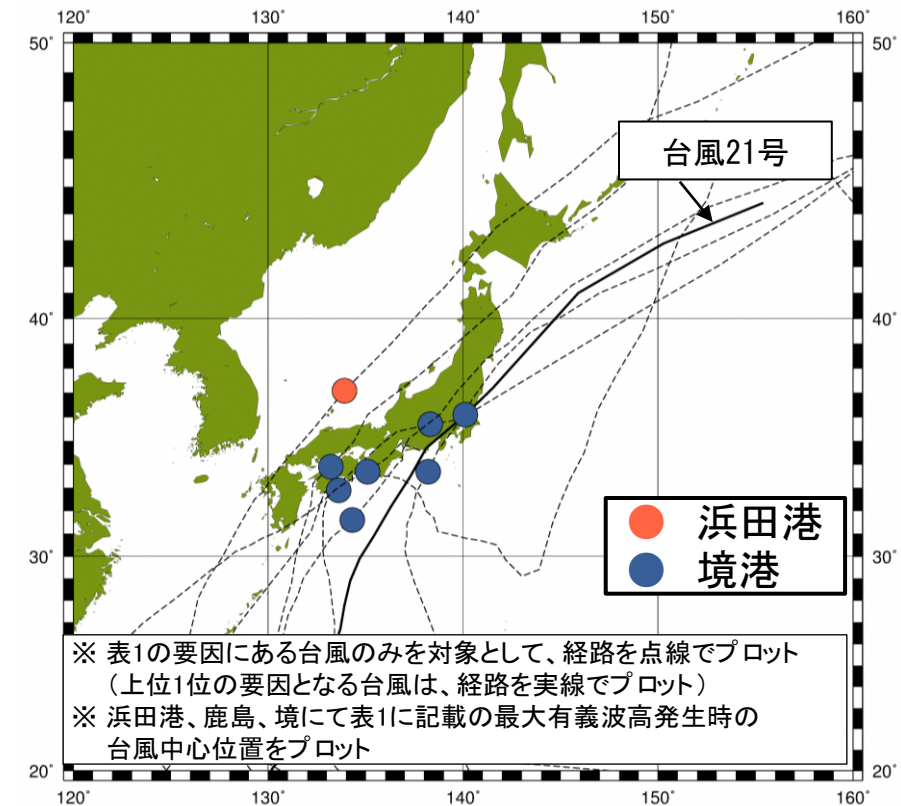


図1 最大有義波高発生時の台風を中心位置

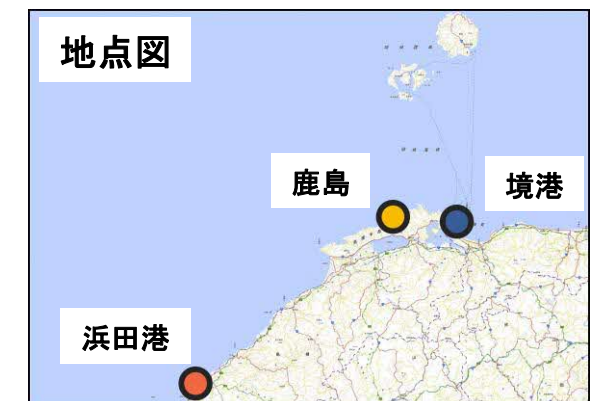


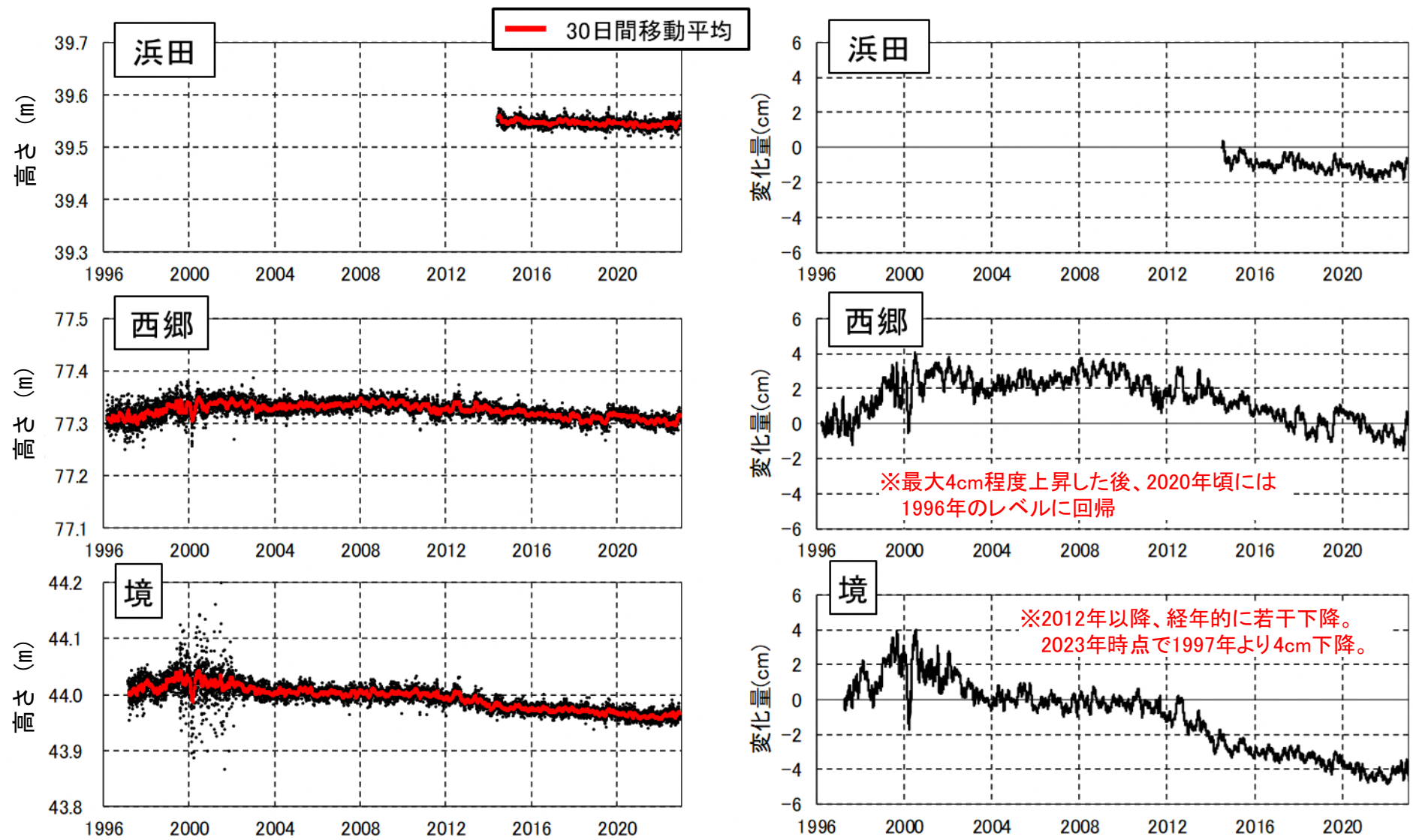
図2 波浪観測地点

※ 台風を赤字で記載

※本資料は、検討中の内容も含まれるため、内容等は今後変更される可能性がある。

潮位観測所周辺の地盤高

- 潮位観測所から最も近い電子基準点の地盤高データ(国土地理院提供)を収集・整理。
- 30日間移動平均をみると、10cmをこえる地盤の上昇、下降はみられなかった(図1)。
(**顕著な地盤変動は、みられない**)
- ただし、西郷と境では、5cm程度の範囲内で、**若干の地盤上昇**や**下降**がみられた(図1)。



※ 国土地理院推奨の補正方法にて補正した値をプロット
※ 浜田は浜田、西郷は五箇、境は美保関の電子基準点データを利用

※ 30日間移動平均(左図-)に対して、観測開始時点をもとにした変化量(cm)

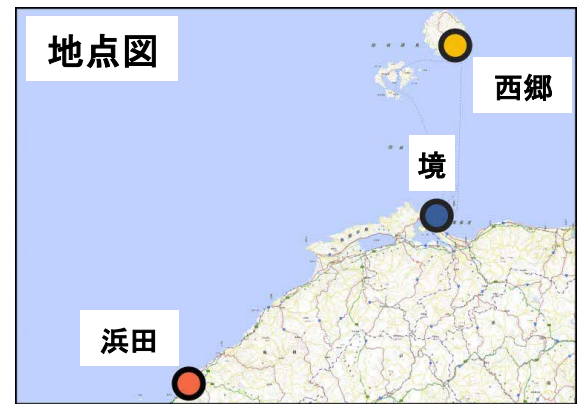


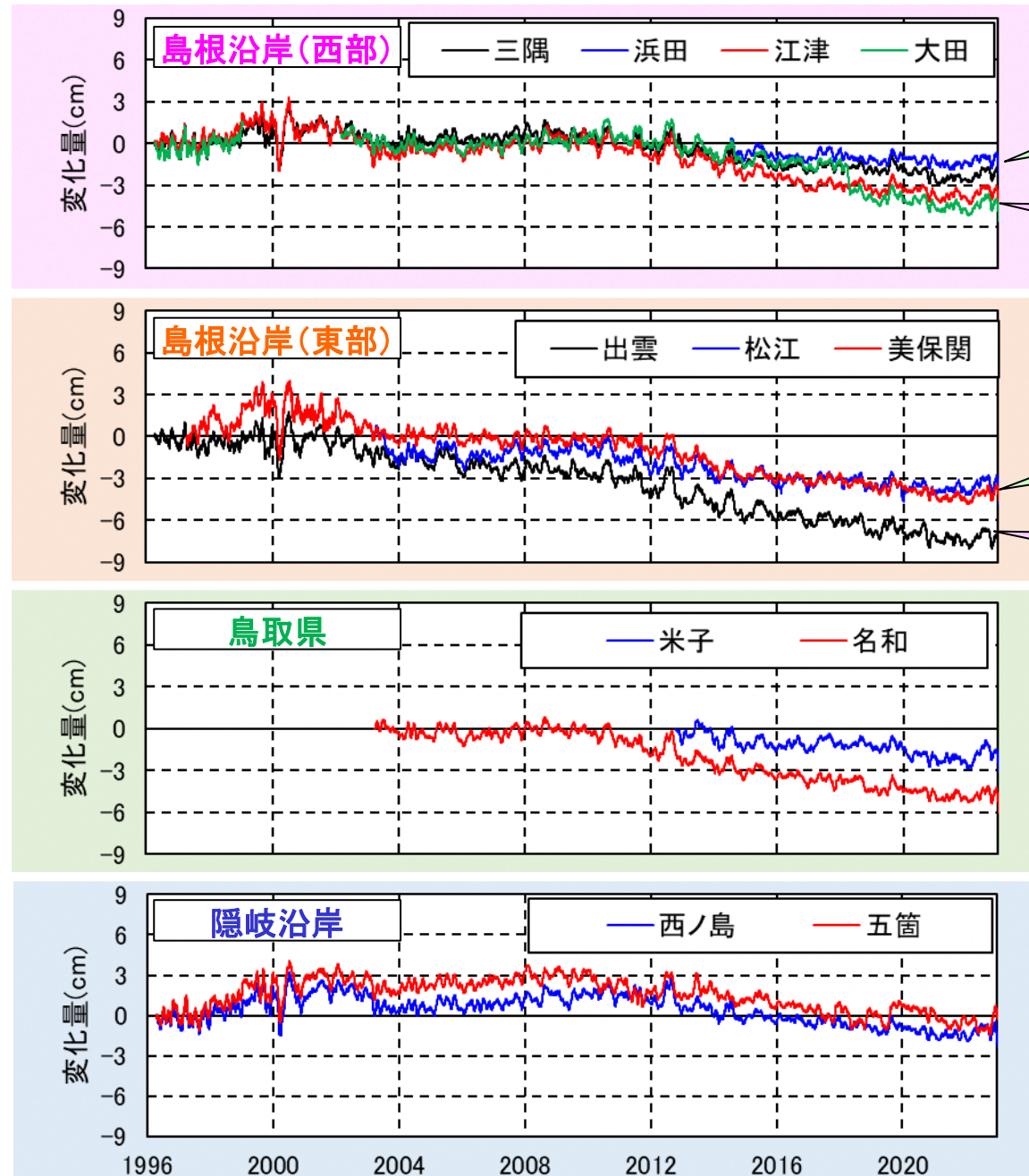
図2 潮位観測地点

図1 検潮所付近の電子基準点の高さ(左)及び変化量(右)の時系列

❑ 島根沿岸・隠岐沿岸の地盤高の変化量

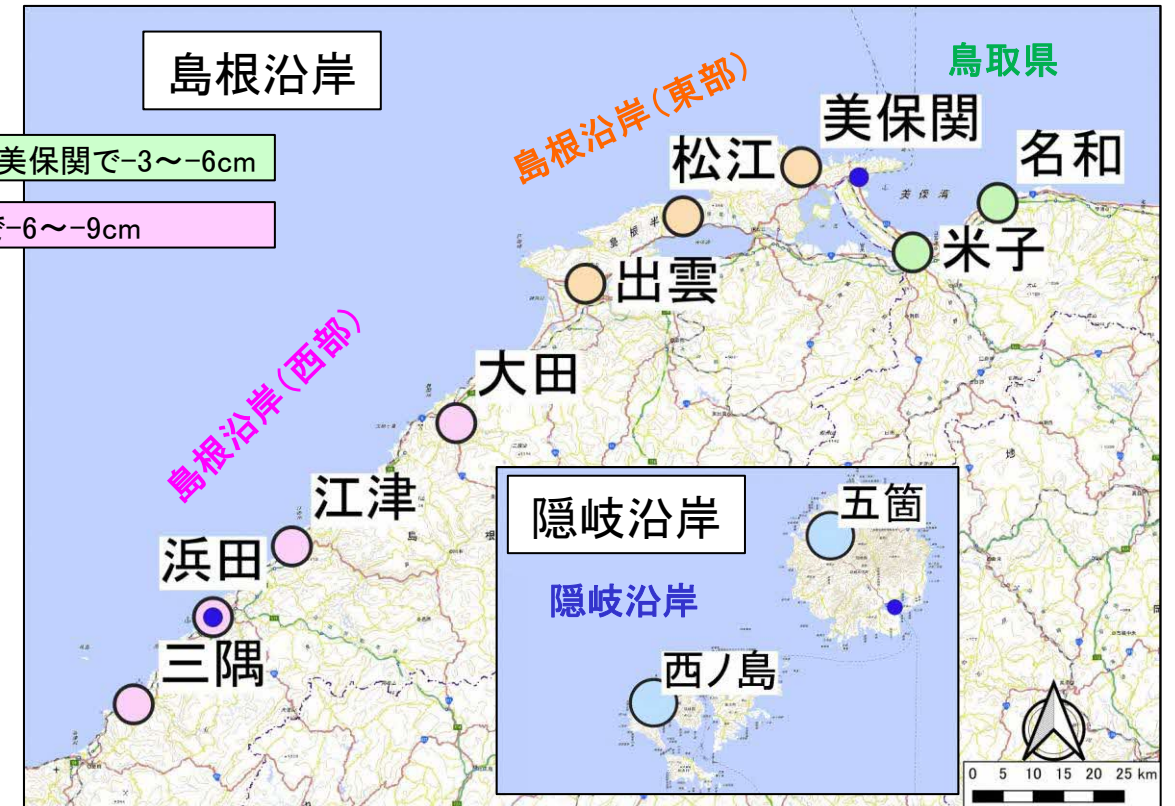
- 島根沿岸・隠岐沿岸付近の電子基準点の地盤高データ(国土地理院提供)を収集・整理(図2)。
- 島根沿岸では、2000年から地盤高が減少傾向*。減少量は、西部より東部の方が大きい(図1)。
- 隠岐沿岸の五箇と西ノ島では、両者の地盤変動傾向は同様。

※ 地盤高の変化傾向は、今後も要注視



※ 30日間移動平均の地盤高データに対して、観測開始時点をもとにした変化量(cm)

図1 地盤高の変化量



出典: 国土地理院地図に加筆

● 潮位観測所

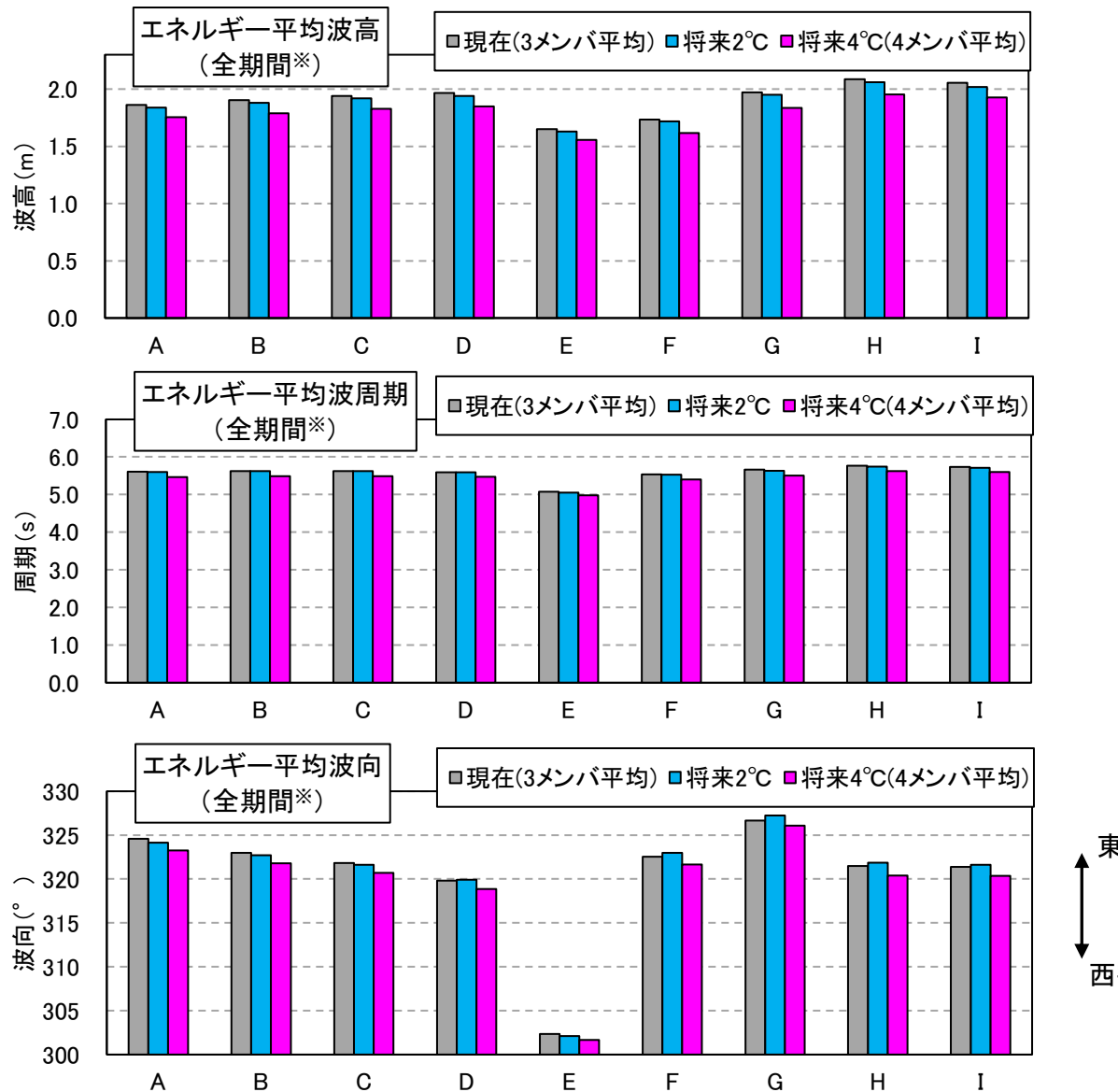
図2 電子基準点位置

※本資料は、検討中の内容も含まれるため、内容等は今後変更される可能性がある。

□ 現在及び将来のエネルギー平均波の算出

- エネルギー平均波※1について、現在と将来の変化傾向を確認。
- **波候予測データセット**※2から、図2の9地点の推算結果を抽出し、**現在気候、将来気候**におけるエネルギー平均波の変化傾向を確認。
- **波高・周期**ともに**現在 > 将来**。波向は**現在から将来(4°C)**にかけて**西寄り**に変化(図1)。

※1 単位時間当たりのエネルギー輸送量が現地波浪のエネルギー輸送量の平均と等しくなるように設定された波浪。
 ※2 京都大学防災研究所提供の「波候予測データセット2022」を意味する。現在気候と将来気候の25年間の常時波浪推算結果を収録。



※ 波候予測データセットの全期間を対象にエネルギー平均波を算出

図1 エネルギー平均波

表1 波候予測データセットの概要

No.	データ	内容
1	現在気候	3メンバ、25年
2	将来気候 2°C上昇	1メンバ、25年
3	将来気候 4°C上昇	4メンバ、25年

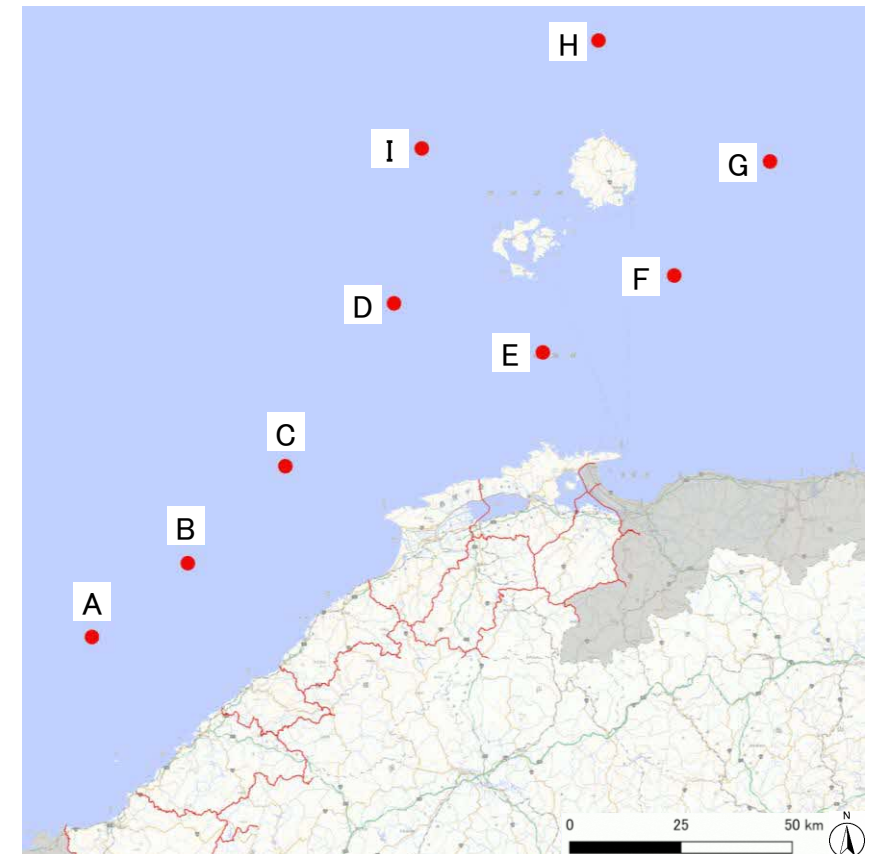


図2 抽出地点

※本資料は、検討中の内容も含まれるため、内容等は今後変更される可能性がある。

3. 気候変動を踏まえた 計画外力の検討方針の概要

(1) 検討条件

□ 気候変動シナリオの設定

- 「気候変動を踏まえた海岸保全のあり方 提言」(以後、**提言**)によると、「海岸保全の目標は、**2°C上昇**相当(RCP2.6)を**前提**」と記載。
- ただし、「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°C上昇**相当(RCP8.5))も**考慮**」とも記載。

⇒海岸保全の目標を設定する際の気候変動シナリオは、**2°C上昇相当(RCP2.6)**を**基本**とする。ただし、後述する想定台風を設定する際は、**4°C上昇相当(RCP8.5)**も**考慮**する。

○海岸保全の目標は、**2°C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°C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。海岸保全の前提とする平均海面水位の上昇量予測が2100年以降に1m程度を超えることとなった場合には、改めて、その時点における社会経済情勢等を考慮し、**従来の海岸保全の考え方による対応の限界も意識し、多様な選択肢を含めて長期的視点から適応策を検討**することが考えられる。

出典：気候変動を踏まえた海岸保全のあり方 提言、令和2年7月

□ 検討時点の設定

- 現時点において、気候変動による海面水位の上昇量の予測は不確定要素が大きい。
- 今後の海面水位の上昇量や日本の気候変動、IPCC報告書等の予測の変化に柔軟に対応できるよう、段階的な施設整備・更新を行う。

⇒海岸保全施設の耐用年数は、一般的に50年であることから、当面は50年後の**2075年時点**の海面水位の上昇量等を予測し、海岸保全基本計画の見直しを検討。

※砂浜の検討時点は、第3回委員会にて、県内の海岸の汀線後退量の算定結果を踏まえ提示予定

(2) 検討方針

- 潮位、潮位偏差、波浪（設計沖波）について、検討方針を以下に示す。

表1 潮位、潮位偏差、波浪（設計沖波）の検討方針

項目	「気候変動を踏まえた海岸保全のあり方 提言」内容	島根県の検討方針(案)
潮位	高潮対策・津波対策(本文P15,(1)) 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。 <u>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べきである。</u>	・最新(2022年まで)の朔望平均満潮位に、2075年に予測される平均海面水位の上昇量(IPCC第6次評価報告書による)を加算。
潮位偏差	高潮対策・津波対策(本文P15,(1)) 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、 <u>最新の研究成果や</u>	・d2PDF/d4PDF台風トラックデータや既往最大の台風から、想定台風を設定。想定台風と既往最大の台風について高潮推算を実施し、現在と将来の変化率や既往最大の潮位偏差を基に潮位偏差を設定。
波浪 (設計沖波)	<u>d4PDF等による気候予測結果を活用し、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>	・d2PDF/d4PDF台風トラックデータや既往最大の台風から、想定台風を設定。想定台風と既往最大の台風について波浪推算を実施し、現在と将来の変化率や確率波高計算処理システム※1の設計沖波を基に設計沖波を設定。

※1 広島港湾空港技術調査事務所が所有するシステム。設計対象施設毎に沖波推算地点を設定し、設計沖波を算出。

※2 潮位、潮位偏差、波浪は、現行計画の水準(安全度)を下回らないよう留意する。

4. 気候変動を踏まえた 潮位の検討方針

- 「気候変動を踏まえた海岸保全のあり方 提言」を踏まえ、以下の手順で気候変動を踏まえた朔望平均満潮位（以後、「**朔望平均満潮位（気候変動）**」）を検討。
 - a) 最新の観測データから「**朔望平均満潮位（最新）**」を算出。
 - b) 予測データや観測結果の外挿を踏まえ「**海面上昇量（2℃上昇）**」を算出※。
 - c) a)とb)を足し合わせ、「**朔望平均満潮位（気候変動）**」を算出（図2）。

※ 図1の□の記載を踏まえた

(1-3) 平均海面水位への今後の対応方針
○(1-1)(1-2)を踏まえ、気候変動による平均海面水位の上昇量については、今後以下のように対応することが考えられる。

<前提条件>

- ① 施設で防ぎきれぬ高さには限界があり、ハード・ソフト施策を組み合わせ、災害を防止・軽減する。
- ② 現行計画の作成当時と比べ、すでに気候変動の影響による外力増加が含まれている可能性がある。
- ③ 予測の不確実性については十分考慮すべき。

<対応方針>

- ① 近年の観測データには気候変動の影響が含まれている可能性があるため、最新の観測データも含めた統計データを用いて朔望平均満潮位を設定する。
- ② 観測結果の傾向の外挿及び予測データを用いて、将来予測される平均海面水位の上昇量を考慮する。
- ③ 2050年以降など中長期の適応を考える場合には、最新の観測データをベースに将来へ外挿するだけでは精度に不安があるため、気象庁等による科学的な予測値を考慮する。

出典：気候変動を踏まえた海岸保全のあり方 提言、令和2年7月

図1 提言の記載内容

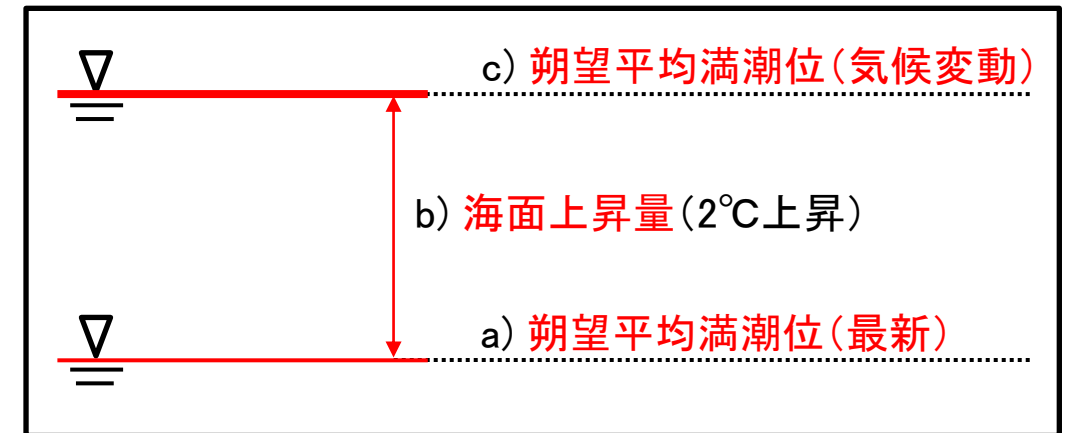
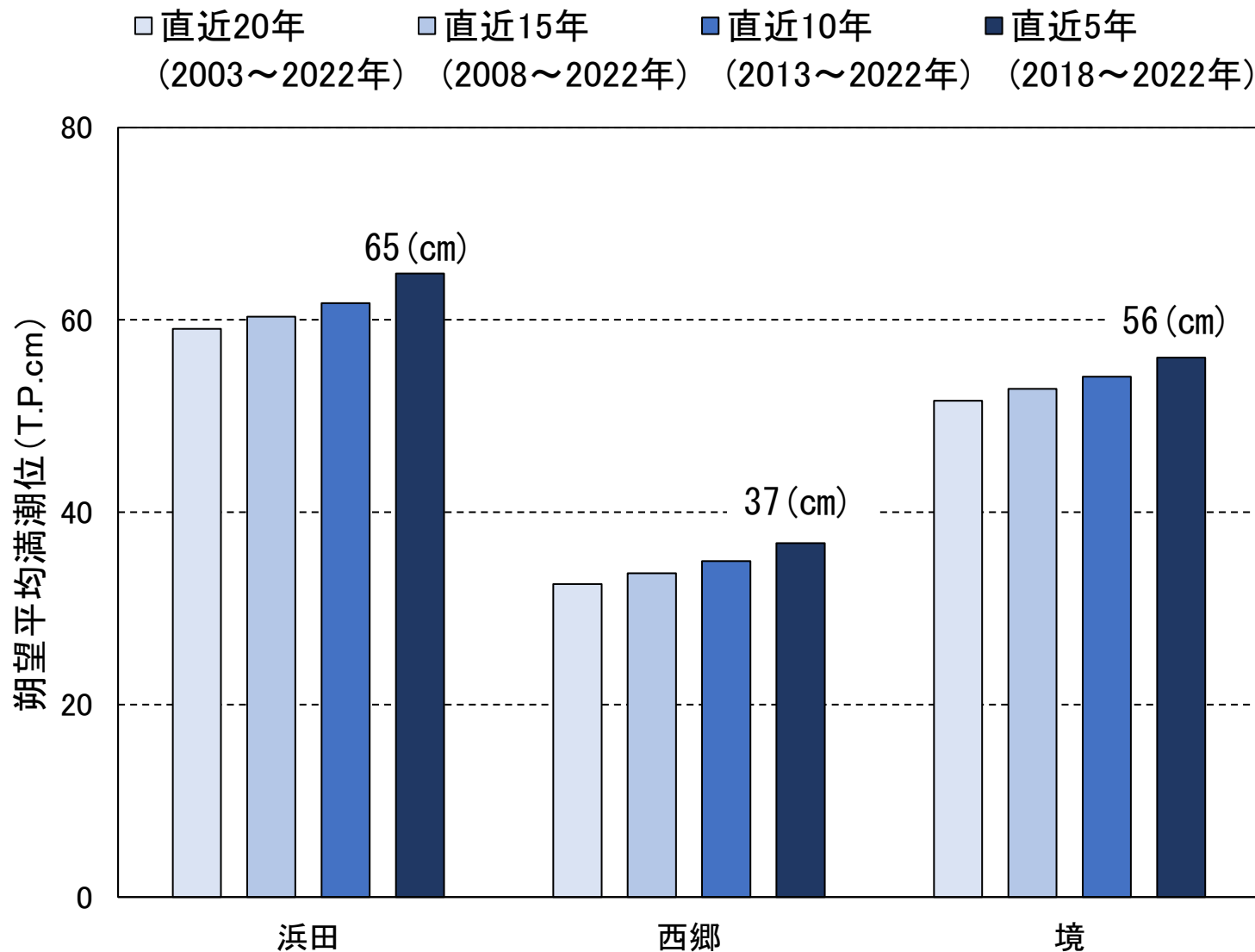


図2 朔望平均満潮位（気候変動）のイメージ

□ 朔望平均満潮位(最新)

- 観測値から最新の朔望平均満潮位を算出。
- 検潮所(浜田、西郷、境)にて、直近5年、10年、15年、20年で朔望平均満潮位を算出。
- 算出の結果、直近5年の朔望平均満潮位が最も高い結果となった(図1)。
⇒直近5年(2018~2022年)にて算出した値を「朔望平均満潮位(最新)」に採用。



※直近5年(2018~2022年)にて算出した朔望平均満潮位(cm)を図中に記載

図1 期間別の朔望平均満潮位

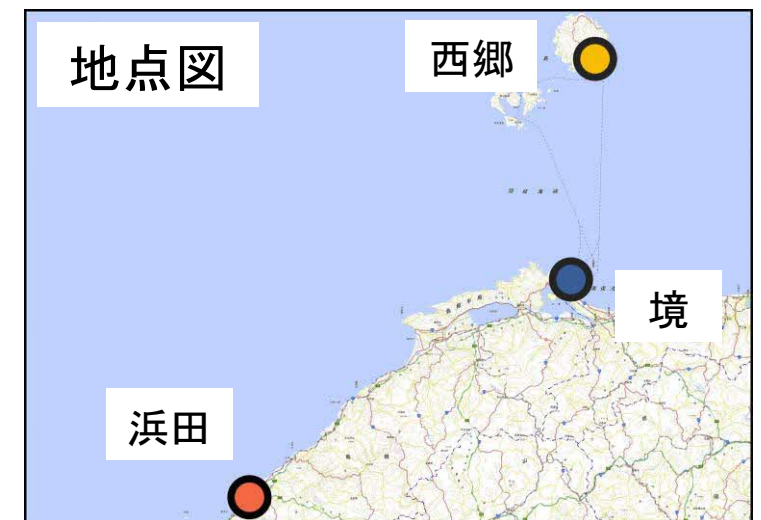


図2 潮位観測地点

□ 予測データ（IPCC第6次評価報告書）

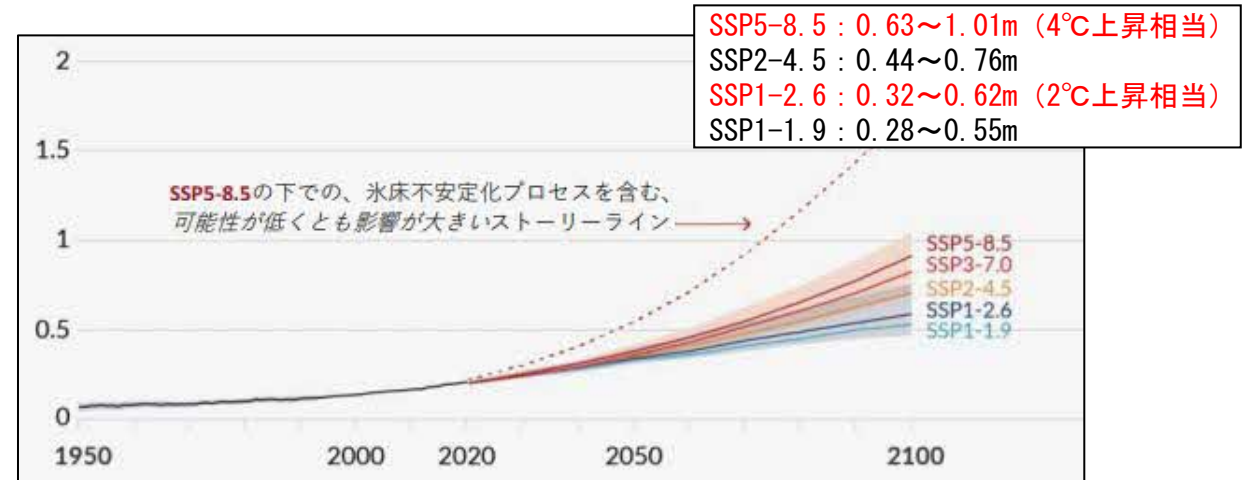
- 「IPCC第6次評価報告書」の海面上昇量は、表1のとおり。
- 表1より、2075年の海面上昇量を算定（参考として、2050年、2100年も算定）（表2、図2）。
- 2075年の2°C上昇相当シナリオの上昇量は、平均値で29cm、上限値※で38cm。

※可能性の高い上昇量の上限値

表1 IPCC第6次評価報告書での海面上昇量

シナリオ	世界平均海面水位の上昇量
SSP1-2.6(2°C上昇相当)	0.32~0.62m (0.47m)
SSP5-8.5(4°C上昇相当)	0.63~1.01m (0.82m)

※1: 1995年~2014年を基準とした2100年までの世界平均海面水位の上昇量を記載。
 ※2: 表中にIPCC第6次評価報告書の可能性の高い上昇量を記載。()内に平均値を記載。
 出典: IPCC第6次評価報告書を基に整理



出典: IPCC第6次評価報告書に加筆

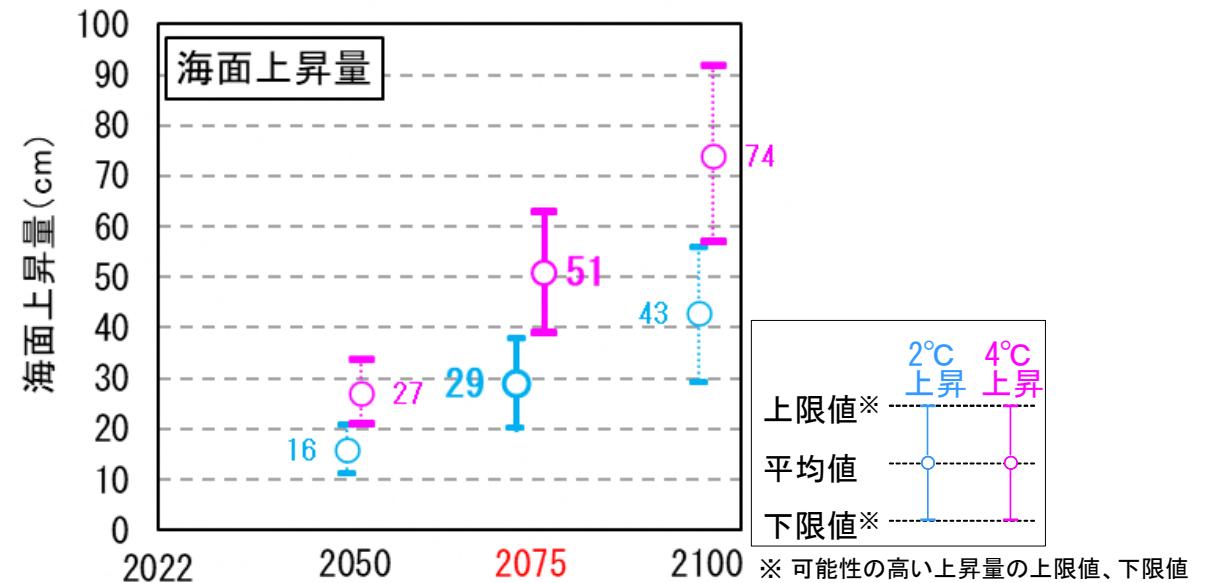
図1 1900年を基準とした世界平均海面水位の変化

表2 海面上昇量（IPCC第6次評価報告書を基に算定）

		上昇量(cm)※1			備考 (上昇速度)
		2050年	2075年	2100年	
2°C上昇相当 (SSP1-2.6)	上限値※2	+21cm	+38cm	+56cm	+7.1mm/年
	平均値	+16cm	+29cm	+43cm	+5.4mm/年
	下限値※2	+11cm	+20cm	+29cm	+3.7mm/年
4°C上昇相当 (SSP5-8.5)	上限値※2	+34cm	+63cm	+92cm	+11.6mm/年
	平均値	+27cm	+51cm	+74cm	+9.4mm/年
	下限値※2	+21cm	+39cm	+57cm	+7.2mm/年

※1 表1の数値を2014~2100年の87年間の上昇量とし、1年あたりの上昇量を算定したうえで、2022年を基準とした海面上昇量を掲載
 ※2 可能性の高い上昇量の上限値または下限値を記載

追記: 上記の海面上昇量は、IPCC第6次評価報告書の全球平均を基に算定しており、今後日本周辺の数値を基に再度計算予定。



追記: 上記の海面上昇量は、IPCC第6次評価報告書の全球平均を基に算定しており、今後日本周辺の数値を基に再度計算予定。

図2 海面上昇量（IPCC第6次評価報告書を基に算定）

(3) 海面上昇量

観測結果の外挿

- 検潮所(浜田、西郷、境)の観測結果から、外挿にて海面上昇量を算定(図1、表1)。
- 海面上昇量の算定時期は、2075年(参考として、2050年、2100年も算定)。
- 2075年の各検潮所の上昇量の平均値は、30~34cm程度(図1、表3)。

表1 海面上昇量の算定方法 (観測結果の外挿)

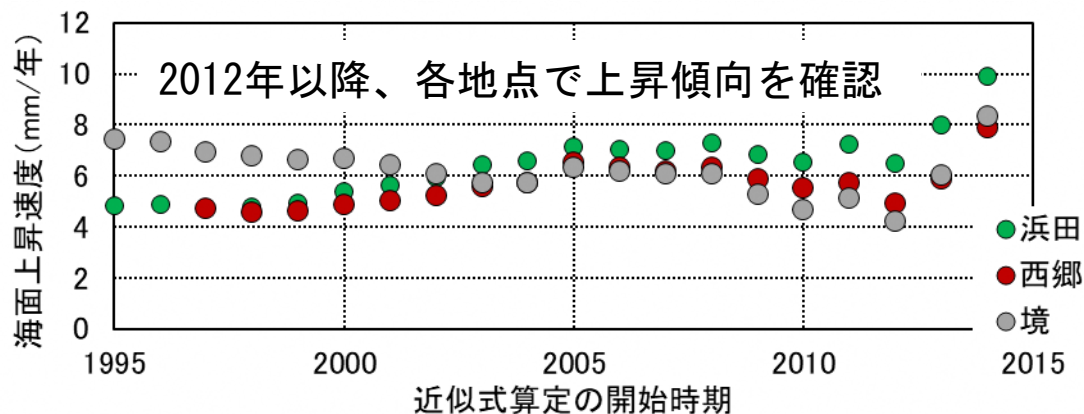
- ① 表2に示す期間(20ケース)の近似式(線形)を作成。
 - ② 近似式から、2075年の海面上昇量を算定*
 - ③ 算定した上昇量について、上限値、平均値、下限値を算定
- ※ 参考として、2050年、2100年も算定

表2 近似式の算定期間

No	期間	No	期間	No	期間	No	期間
1	1995~2022	6	2000~2022	11	2005~2022	16	2010~2022
2	1996~2022	7	2001~2022	12	2006~2022	17	2011~2022
3	1997~2022	8	2002~2022	13	2007~2022	18	2012~2022
4	1998~2022	9	2003~2022	14	2008~2022	19	2013~2022
5	1999~2022	10	2004~2022	15	2009~2022	20	2014~2022

※1 IPCC第6次評価報告書では、1995年~2014年の平均海面水位を基準として21世紀末の世界の海面上昇量を予測

※2 上記を踏まえ、近似式算定の開始時期を1995~2014年に設定



(参考) 各近似式の海面上昇速度

表3 海面上昇量 (観測値の外挿)

		上昇量(cm)*			備考 (上昇速度)
		2050年	2075年	2100年	
浜田	上限	+28cm	+53cm	+77cm	+9.9mm/年
	平均	+18cm	+34cm	+50cm	+6.4mm/年
	下限	+13cm	+25cm	+37cm	+4.7mm/年
西郷	上限	+22cm	+42cm	+61cm	+7.9mm/年
	平均	+16cm	+30cm	+44cm	+5.6mm/年
	下限	+13cm	+24cm	+36cm	+4.6mm/年
境	上限	+23cm	+44cm	+65cm	+8.4mm/年
	平均	+17cm	+33cm	+48cm	+6.2mm/年
	下限	+12cm	+22cm	+33cm	+4.2mm/年

※2022年を基準として記載

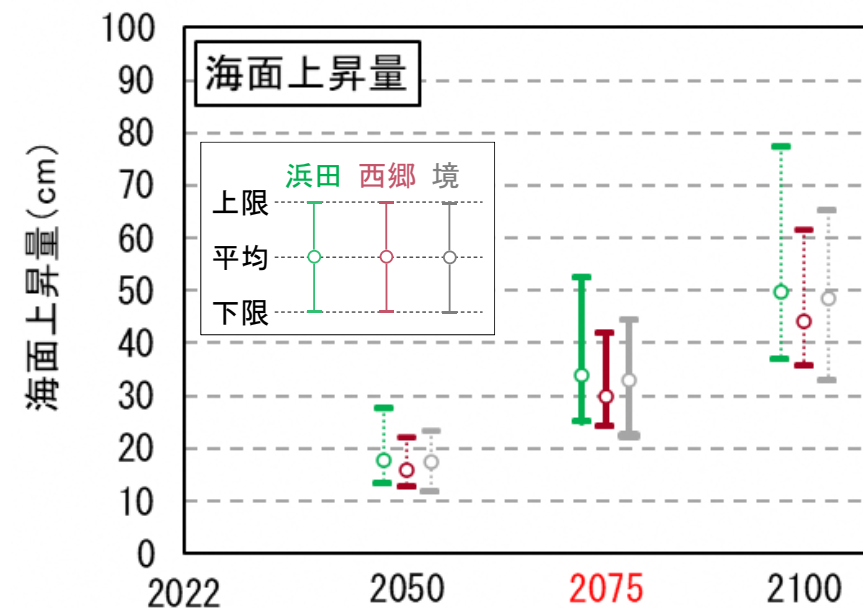


図1 海面上昇量 (観測値の外挿)

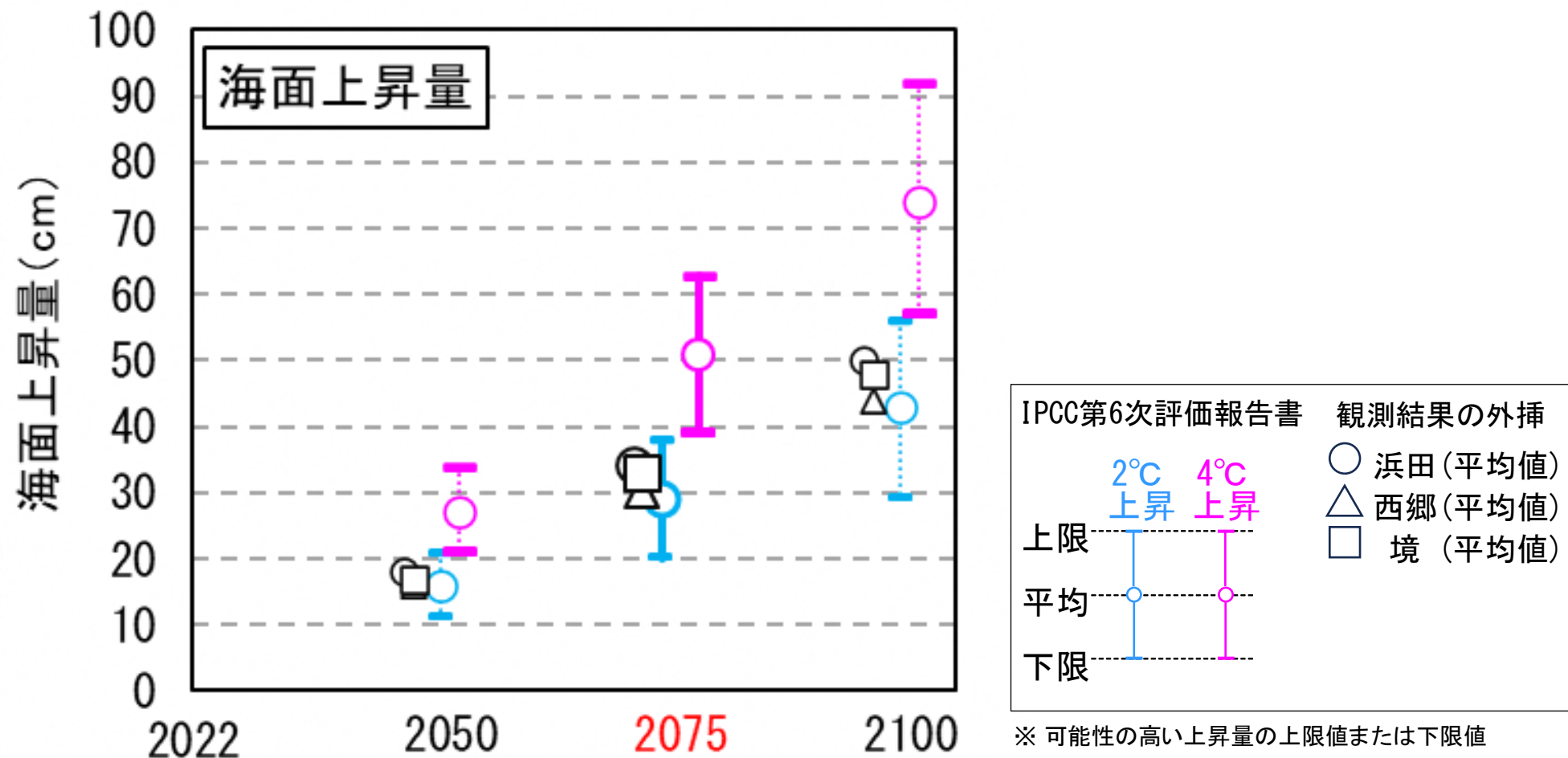
※本資料は、検討中の内容も含まれるため、内容等は今後変更される可能性がある。

(3) 海面上昇量

□ 設定する海面上昇量の決定

- 前述の整理を踏まえ、海面上昇量を図1に整理。
- 観測結果の外挿値(平均値)を踏まえ(図1)、海面上昇量は、**IPCC第6次評価報告書の2°C上昇相当(SSP1-2.6)の上限値***を設定(図1)。

※ 可能性の高い上昇量の上限値



追記: 2022年を基準とした場合の海面上昇量を記載

2022年以前(1950年や1980年など)を基準とした場合の海面上昇量を今後掲載予定

図1 海面上昇量

(4) 朔望平均満潮位(気候変動)

□ 朔望平均満潮位 (気候変動)

- 「朔望平均満潮位(最新)」と「海面上昇量※」から、「朔望平均満潮位(気候変動)」を算出。

※ IPCC第6次報告書にて公表された2°C上昇相当(SSP1-2.6シナリオ)の可能性の高い上昇量の上限值

表1 朔望平均満潮位(気候変動)(2°C上昇、2075年時点)

検潮所	①朔望平均満潮位 (最新)(T.P.m)	②海面上昇量(m)	③朔望平均満潮位 (気候変動)(T.P.m)	第1回委員会 提示結果
浜田	0.65	0.38 (0.63)	1.03 (1.28)	0.97 (1.20)
西郷	0.37	0.38 (0.63)	0.75 (1.00)	0.69 (0.92)
境	0.56	0.38 (0.63)	0.94 (1.19)	0.88 (1.11)

※ ③=①+②で算定

※ 参考として、()内に4°C上昇の場合の値を記載

表2 朔望平均満潮位(気候変動)(2°C上昇、2050年時点)(参考)

検潮所	①朔望平均満潮位 (最新)(T.P.m)	②海面上昇量(m)	③朔望平均満潮位 (気候変動)(T.P.m)	第1回委員会 提示結果
浜田	0.65	0.21 (0.34)	0.86 (0.99)	0.82 (0.95)
西郷	0.37	0.21 (0.34)	0.58 (0.71)	0.54 (0.67)
境	0.56	0.21 (0.34)	0.77 (0.90)	0.73 (0.86)

※ ③=①+②で算定

※ 参考として、()内に4°C上昇の場合の値を記載

表3 朔望平均満潮位(気候変動)(2°C上昇、2100年時点)(参考)

検潮所	①朔望平均満潮位 (最新)(T.P.m)	②海面上昇量(m)	③朔望平均満潮位 (気候変動)(T.P.m)	第1回委員会 提示結果
浜田	0.65	0.56 (0.92)	1.21 (1.57)	1.11 (1.46)
西郷	0.37	0.56 (0.92)	0.93 (1.29)	0.83 (1.18)
境	0.56	0.56 (0.92)	1.12 (1.48)	1.02 (1.37)

※ ③=①+②で算定

※ 参考として、()内に4°C上昇の場合の値を記載

※本資料は、検討中の内容も含まれるため、内容等は今後変更される可能性がある。

5. 気候変動を踏まえた 潮位偏差の検討方針

5. 気候変動を踏まえた潮位偏差の検討方針

(1) 検討の概要

(2) 想定台風の設定

① 台風経路の設定

② 中心気圧の設定

③ 移動速度の設定

④ 台風半径の設定

(3) 2004年台風15号の確率評価

(4) 高潮推算モデルの構築(再現計算)

(5) 気候変動を踏まえた潮位偏差の設定方針

(1) 検討の概要

□ 前回の検討事項の概要

- 第1回委員会にて、気候変動の影響を含めた潮位偏差（以後、**潮位偏差（気候変動）**）の予測は、以下を踏まえ、**台風**を対象とした。

- 島根・隠岐沿岸では、冬季より**夏季**の方が**潮位が高い**。
- **最高潮位**1位～10位の発生要因は、ほとんどが**台風**。
- 日本の気候変動2020では、気候変動により、日本付近の**台風の強度は強まる**、**冬季気圧配置は弱まる**ことを示唆。
- このため、高潮（潮位偏差）の観点では、夏季に來襲する**台風による高潮**が重要。

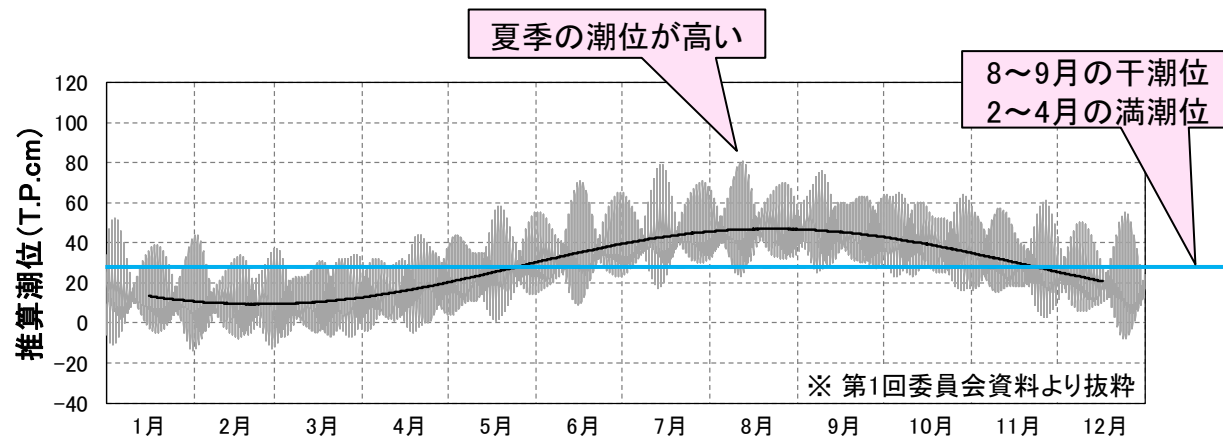


図1 浜田における推算潮位(2022年)

表1 潮位観測所の最高潮位（1位～10位）

順位	浜田		西郷		境	
	潮位[標高] (cm)	要因 (起日)	潮位[標高] (cm)	要因 (起日)	潮位[標高] (cm)	要因 (起日)
1	122	台風9号 (2020/09/03)	85	台風11号 (2022/09/06)	112	台風15号 (2004/08/19)
2	120	台風15号 (2004/08/19)	83	台風15号 (2004/08/19)	109	台風14号 (2003/09/13)
3	116	台風11号 (2022/09/06)	79	台風9号 (2021/08/09)	105	台風9号 (2020/09/04)
4	115	台風15号 (2002/09/01)	71	前線 (2022/08/12)	103	台風16号 (2012/09/18)
5	110	宮古島台風 (1959/09/18)	66	台風20号 (2018/08/24)	102	台風11号 (2022/09/06)
6	108	台風14号 (2003/09/13)	66	低気圧 (2013/08/30)	99	台風25号 (2018/10/07)
7	105	前線 (2022/08/12)	66	低気圧 (2010/09/13)	99	台風18号 (2004/09/08)
8	104	台風16号 (2012/09/18)	65	前線 (2022/08/16)	98	台風10号 (2016/08/31)
9	103	台風19号 (1991/09/27)	65	前線 (2022/07/15)	98	低気圧 (2015/10/02)
10	103	台風13号 (1986/08/29)	65	台風25号 (2018/10/07)	98	台風15号 (2002/09/01)

※ 第1回委員会資料より抜粋。台風を赤字で記載。

(1) 検討の概要

□ 前回の検討事項の概要

- 下表より、「②想定台風(パラメトリック台風モデル)」を選定。

表1 潮位偏差(気候変動)の予測方法

	①既往最大	②想定台風(パラメトリック台風モデル)	③不特定多数の台風(領域気候モデル台風)	
フロー図				
概要	<ul style="list-style-type: none"> ■ 観測所の潮位偏差を収集し、既往最大を抽出 ■ 上記の潮位偏差を設定 	<ul style="list-style-type: none"> ■ d2PDF/d4PDF台風トラックデータと、潮位偏差が高まる台風経路を基に、想定台風(経路, 中心気圧)を設定 ■ 想定台風にて高潮推算を実施し、潮位偏差を算出 ■ 別途、既往最大の台風(2004年台風15号)にて、高潮推算を実施して、潮位偏差を算出 ■ 両者の潮位偏差から、潮位偏差(気候変動)を設定 	<ul style="list-style-type: none"> ■ d2PDF/d4PDF台風トラックデータ(全メンバー)にて、常時高潮推算※1を実施 ■ 推算結果から、対象台風を選定(50~100ケース) ■ 選定台風にて高潮推算※2を実施して潮位偏差を算出 ■ 潮位偏差から極値統計解析を実施して、潮位偏差(気候変動)を設定 	
比較・評価※3	現象の再現性	○(2) 観測値のため再現性の問題なし	△(1) 再現計算にて要確認	△(1) 再現計算にて要確認
	予測精度	△(1) 現在と将来の既往最大潮位偏差は同様と仮定	△(1) 想定台風の設定誤差が予測精度に影響	△(1) 大量のケースと確率評価により、将来予測に対応 ただし、予測精度への影響は未知数
	計算コスト	○(2) 計算不要(計算コストなし)	△(1) 計算ケースは10数ケースを想定(計算コスト小)	×(0) 全メンバーを対象に常時高潮推算が必要(計算コスト大) さらに、50~100ケースの高潮推算が必要(計算コスト大)
	面的評価(海岸毎の評価)	×(0) 潮位観測所の3地点でのみ評価	○(2) 面的評価は可能(作業コスト中)	△(1) 面的評価は可能。海岸毎に極値統計解析を実施する必要があり(作業コスト大)
	総合評価	○(5) 5点、ただし「×」の評価あり	◎(5) 5点、且つ、「×」の評価なし	△(3) 3点

※1 高潮推算を実施する台風を選定することを目的として、粗いメッシュにて全メンバーの高潮推算を実施することを意味する。

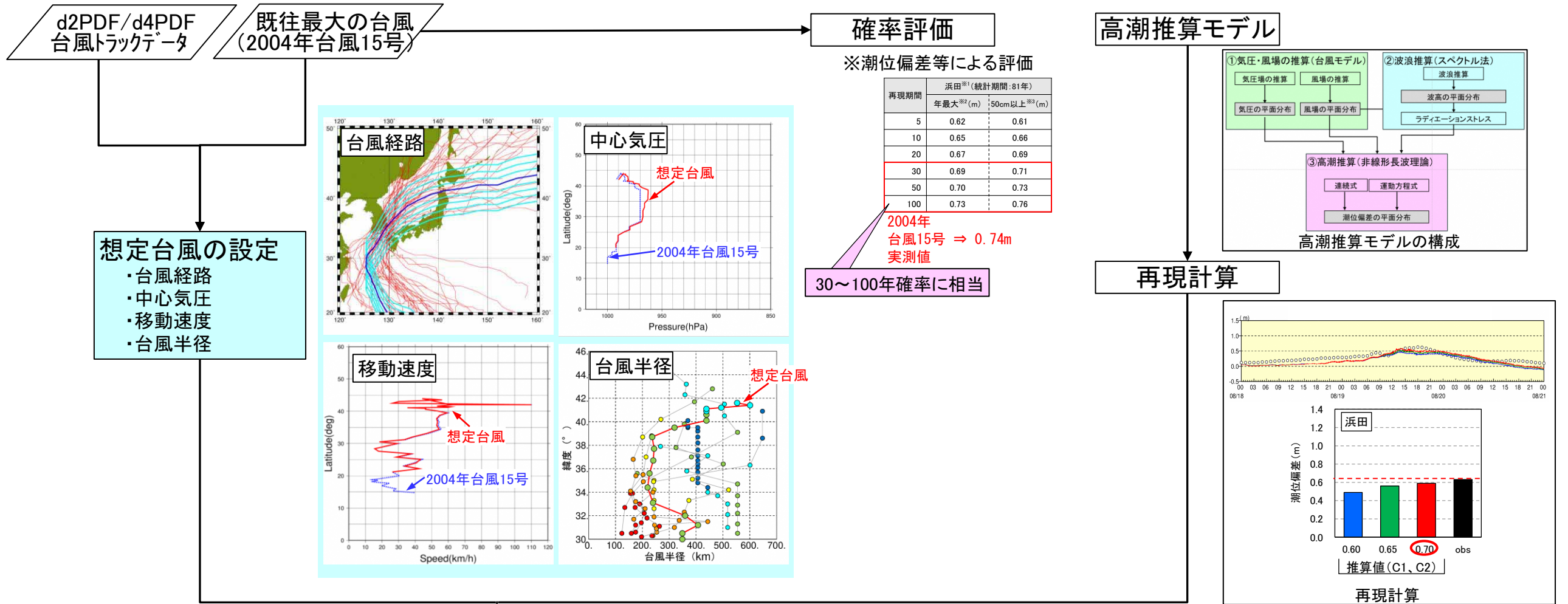
※2 常時高潮推算により選定した台風について、潮位偏差を算出することを目的として、細かいメッシュにて高潮推算を実施することを意味する。

※3 各項目について、○を2点、△を1点、×を0点として評価。合計点と「×」の状況を踏まえ総合評価を実施。

※ 第1回委員会資料より抜粋

(1) 検討の概要

□ 今回検討の概要



確率評価

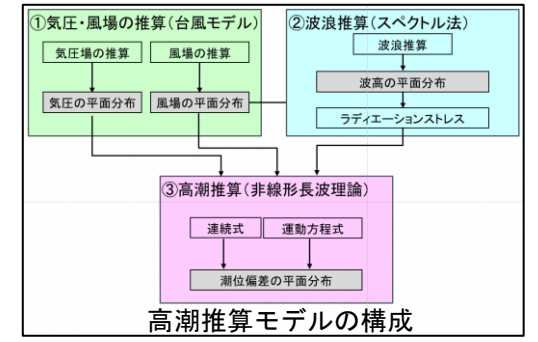
※潮位偏差等による評価

再現期間	浜田 ^{※1} (統計期間:81年)	
	年最大 ^{※2} (m)	50cm以上 ^{※3} (m)
5	0.62	0.61
10	0.65	0.66
20	0.67	0.69
30	0.69	0.71
50	0.70	0.73
100	0.73	0.76

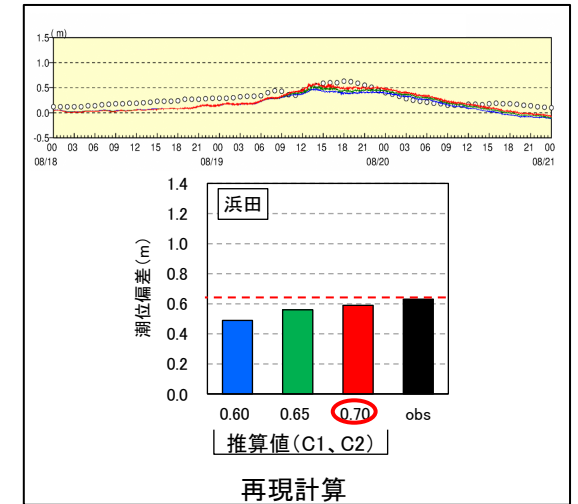
2004年
台風15号 ⇒ 0.74m
実測値

30~100年確率に相当

高潮推算モデル



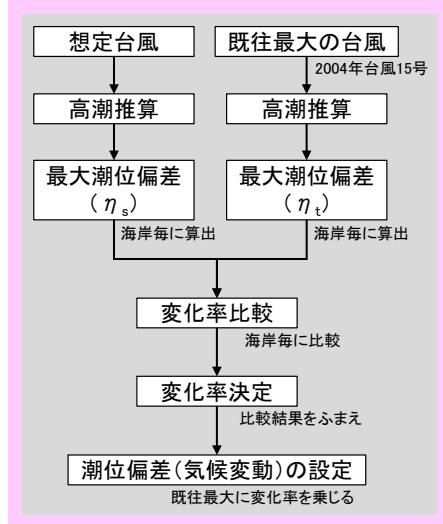
再現計算



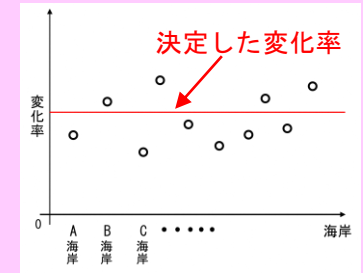
気候変動を踏まえた潮位偏差の設定方針

潮位偏差(気候変動)の設定

※第3回委員会にて実施



潮位偏差(気候変動)の設定フロー図



変化率の整理イメージ

※本資料は、検討中の内容も含まれるため、内容等は今後変更される可能性がある。

(2) 想定台風の設定

□ 想定台風の設定の概要

- 潮位偏差の高まった台風(実績)やd2PDF/d4PDF台風トラックデータから、想定台風を設定。
- 設定項目は、表1のとおり。

表1 想定台風で設定する項目

No.	項目	設定概要
①	台風経路	潮位偏差が高まった台風(実績)や台風トラックデータ※1から、想定台風が通過する経路を設定
②	中心気圧	台風トラックデータ※1や既往最大の台風※2の中心気圧から、想定台風の中心気圧を設定
③	移動速度	台風トラックデータ※1や既往最大の台風※2の移動速度から、想定台風の移動速度を設定
④	台風半径※3	潮位偏差の高まった台風(実績)や既往最大の台風※2の台風半径を踏まえ、想定台風の台風半径を設定

※1 d2PDF/d4PDF台風トラックデータを意味する。

※2 潮位偏差が既往最大の2004年台風15号を意味する。

※3 気圧・風場の推算(台風モデル)で使用するパラメータ。
台風の中心から最大の風速が出現する地点までの距離。

(2) 想定台風の設定

① 台風経路の設定

□ 対象台風の抽出方法

- 潮位偏差が高まった台風は、**対馬海峡付近を南西→北東**に通過(図1)。
- 表1のデータから、上記に該当する台風を抽出(表2、図3)。

表1 使用した台風トラックデータ

No.	データ	略称
1	d4PDF(過去実験)	d4PDF(過去)
2	d4PDF(将来実験、2°C上昇)	d4PDF(将来2°C)
3	d4PDF(将来実験、4°C上昇)	d4PDF(将来4°C)

表2 台風経路の抽出方法

- **対馬海峡付近**を通過し、北東方向(**日本海**の方向)に進行する台風を抽出するため、「抽出ライン①」と「抽出ライン②」を設定(図2)。
- 「抽出ライン①」と「抽出ライン②」を通過する台風を抽出。

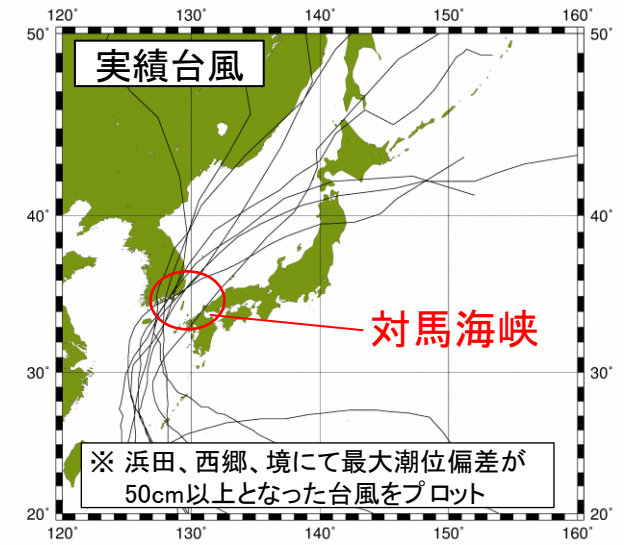


図1 潮位偏差が高まった台風の経路

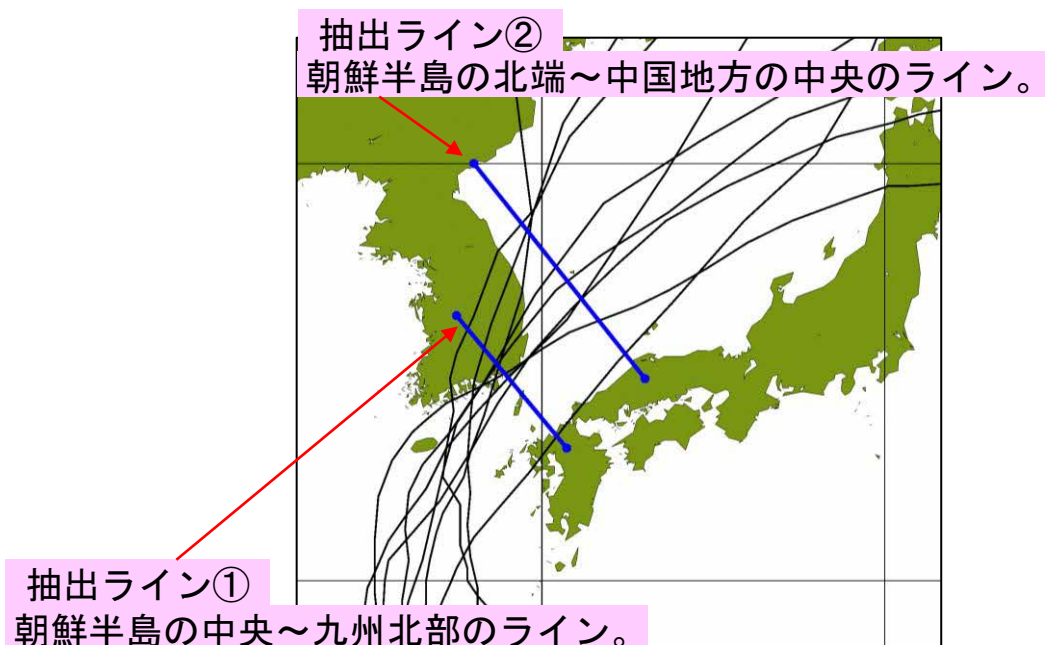


図2 抽出ラインの概要

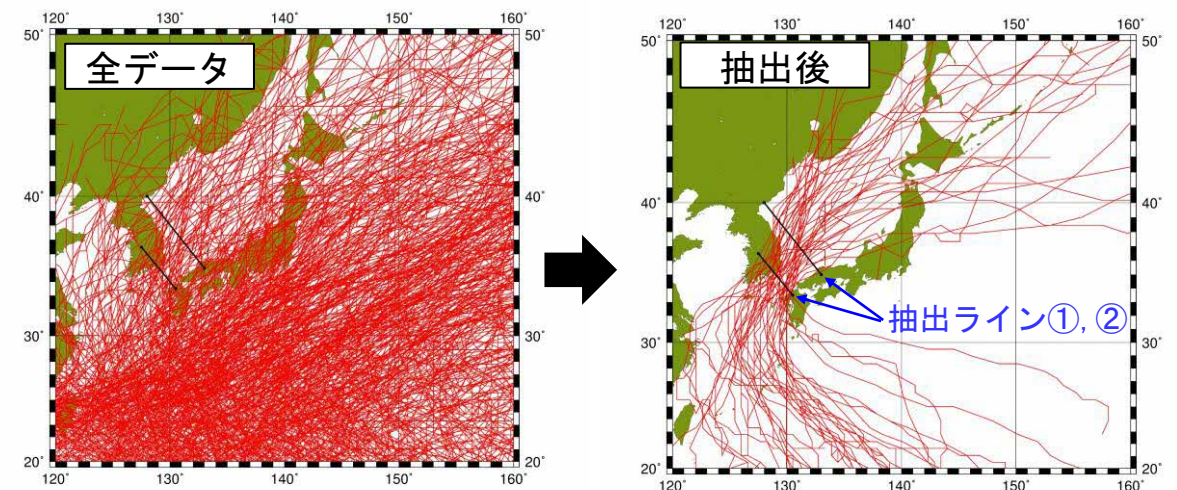


図3 台風経路の抽出例
(d4PDF(将来2°C)、HFB_2K_CC_m107)

① 台風経路の設定

□ 台風の抽出結果と経路の設定

- 台風トラックデータの抽出結果(図1)と潮位偏差が既往最大の台風(2004年台風15号)の経路を踏まえ、表1の方法で、**想定台風の経路**を設定(図2)。
- 想定台風の経路は、台風トラックデータから抽出した経路を概ね網羅していることを確認。

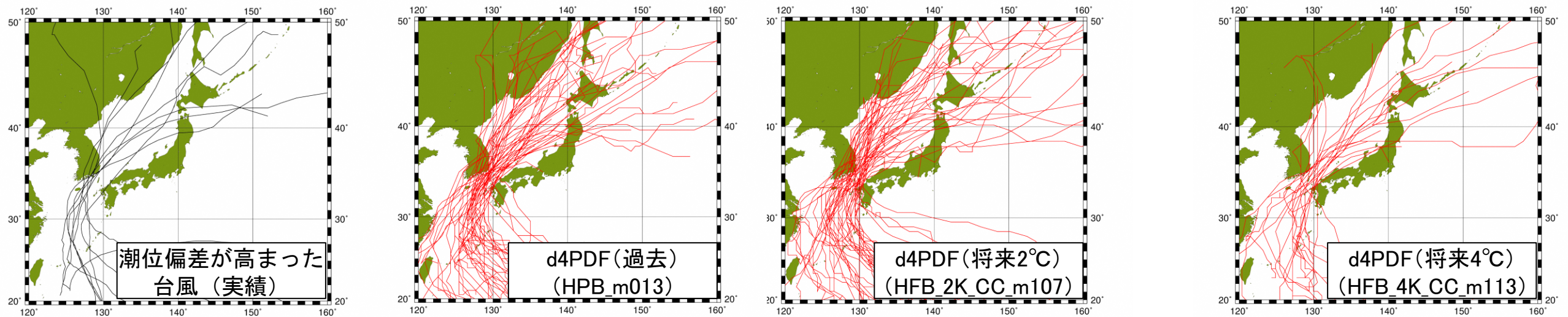


図1 台風トラックデータの抽出結果

※()内に示す代表的なメンバについて表示

表1 想定台風の経路の設定方法

- ① 潮位偏差が**既往最大**の台風(2004年台風15号)の経路を**基本経路**に設定。
- ② 基本経路を**南北**に1° **平行移動**して、合計8経路を設定。

(参考) 対馬海峡付近を南西→北東に通過する台風の数

データ	発生数 (個/10年)	備考
・ 気象庁BT(実績)	11.8	1951~2022年 (=72年間)
・ d4PDF(過去)	6.4	1951~2011年×100メンバ (=6000年間)
・ d4PDF(将来2°C)	5.5	2031~2091年×54メンバ (=3240年間)
・ d4PDF(将来4°C)	3.9	2051~2111年×90メンバ (=5400年間)

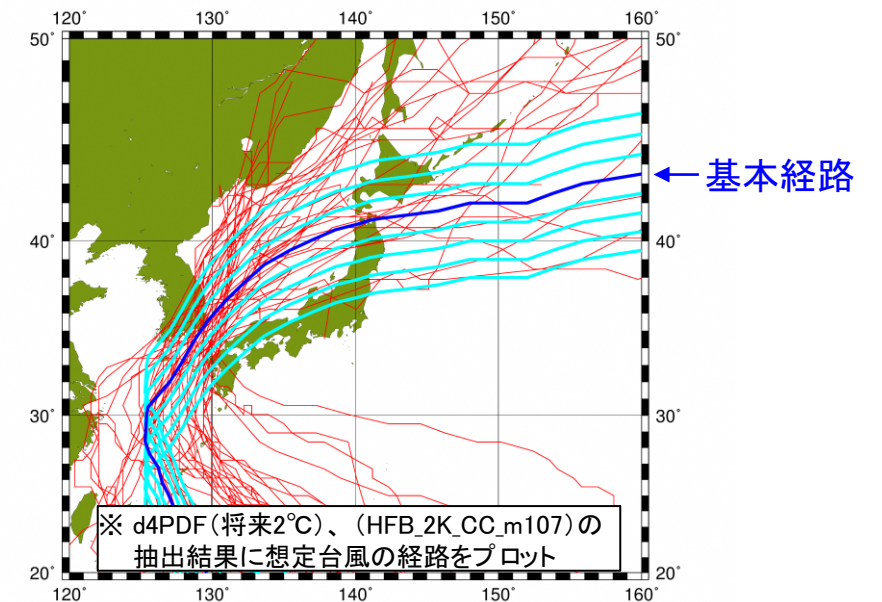


図2 台風経路の設定結果

※本資料は、検討中の内容も含まれるため、内容等は今後変更される可能性がある。

(2) 想定台風の設定

② 中心気圧の設定

□ バイアス補正の概要

- d4PDFにはモデルバイアスがあるため、**中心気圧に対しバイアス補正**を実施。
- バイアス補正方法は、有村ら(2021)*と同様の**クオンタイルマッピング法**を採用。

(図1の□の方法に該当)

*大規模アンサンブル気候予測データベース (d4PDF) の台風を対象としたバイアス補正手法とその将来変化予測, 土木学会論文集B2(海岸工学), Vol. 77, No. 2, I_973-I_978, 2021

d4PDF台風トラックデータのバイアス補正手法の比較					
○ (バイアス補正方法) 過去実験および将来実験に対してクオンタイルマッピング法を適用。 ○ 具体的には、緯度2.5度幅毎の台風中心気圧(全台風)の超過確率分布*を算出し、同じ確率同士の値を補正。 ※ここで、超過確率は、より低い中心気圧を極端事象とし、最低中心気圧から順に並べた場合の特定の中心気圧以下の発生確率と定義した。					
項目	過去実験のバイアス補正	手法その1	手法その2	手法その3	手法その4
補正元データ	過去実験	気象庁BT(ベストトラック) (観測値)	過去実験	将来実験	将来実験
バイアス補正法		クオンタイルマッピング法	緯度2.5度幅毎・パーセンタイル毎に補正(補正率、補正量)		
補正量 (2.5度区分毎)	気象庁BT/過去実験	+Δp (将来実験-過去実験)	①気象庁BT/過去実験 ②+Δp	気象庁BT/過去実験	①過去実験/将来実験 ②気象庁BT/過去実験 ③+Δp
メリット	—	過去実験の観測値とのバイアスを考えなくて良い	極端事象まで将来気候の中心気圧分布を得られる	将来変化率にもバイアス補正がかかるので極端な値が出にくい	気候変動の影響度合を視覚的に把握しやすい
デメリット	—	Δpが必ずしも将来変化の真値とは限らない 極端事象の中心気圧が推定できない	Δpが必ずしも将来変化の真値とは限らない	過去実験に対するバイアス補正率が将来気候条件に適用できる保証はない	2段階バイアス補正による誤差の蓄積、Δpのバイアスは補正されない

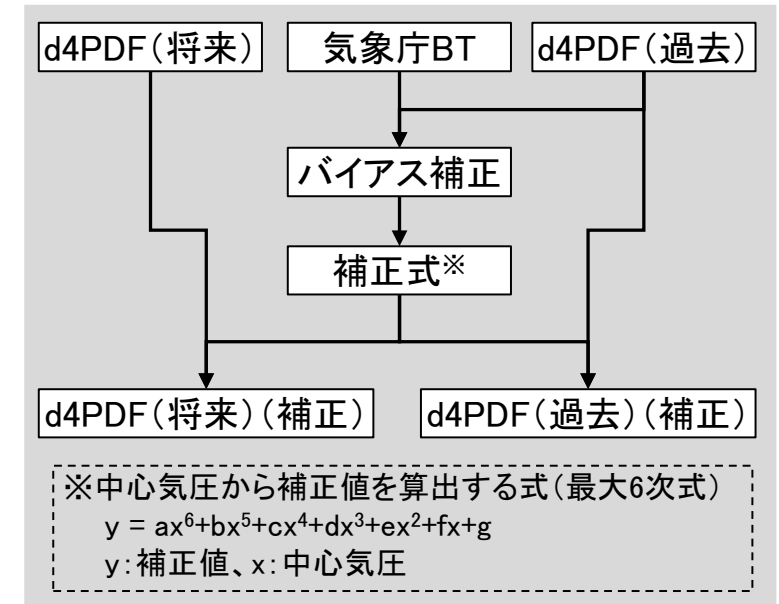


図2 バイアス補正のフロー

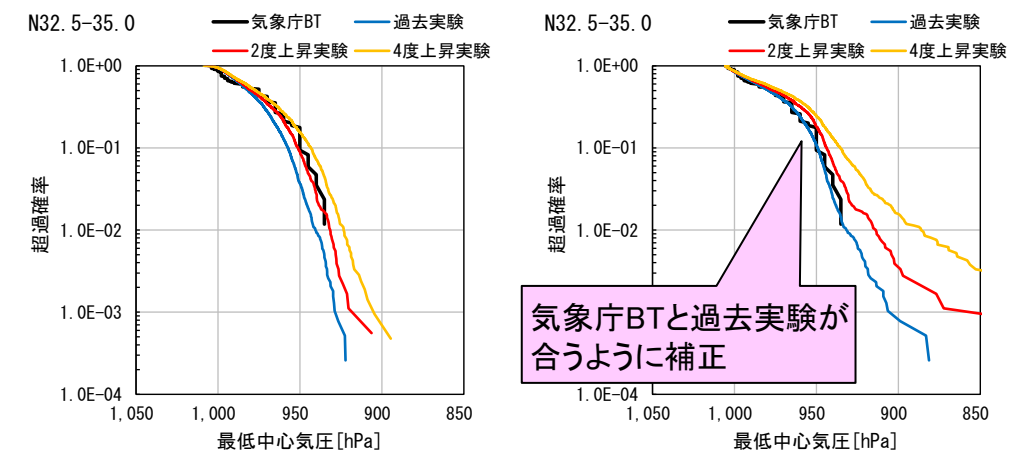


図3 バイアス補正の実施例

※本資料は、検討中の内容も含まれるため、内容等は今後変更される可能性がある。

※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

図1 バイアス補正の概要

(2) 想定台風の設定

② 中心気圧の設定

□ バイアス補正式の作成方法

- 緯度方向について、2.5度毎にバイアス補正式を作成(35.0~37.5° を例に以下に記載)。

- ① 気象庁BTとd4PDF(過去)について、台風毎に35.0~37.5° の最低中心気圧を抽出。
- ② ①のデータについて極値統計を実施し、超過確率と中心気圧を整理(表1)。
- ③ 超過確率毎に補正比率(両者の比率)を算出(表1)。
- ④ d4PDF(過去)について、中心気圧と③の補正比率の散布図を作成(図1)。
- ⑤ ④の散布図について、回帰曲線を作成(1次式~6次式の6パターン作成)(表2)。
- ⑥ ⑤の回帰曲線から、RMSEが最小の式をバイアス補正式として採用(表2)。

表1 超過確率、中心気圧、補正比率の整理

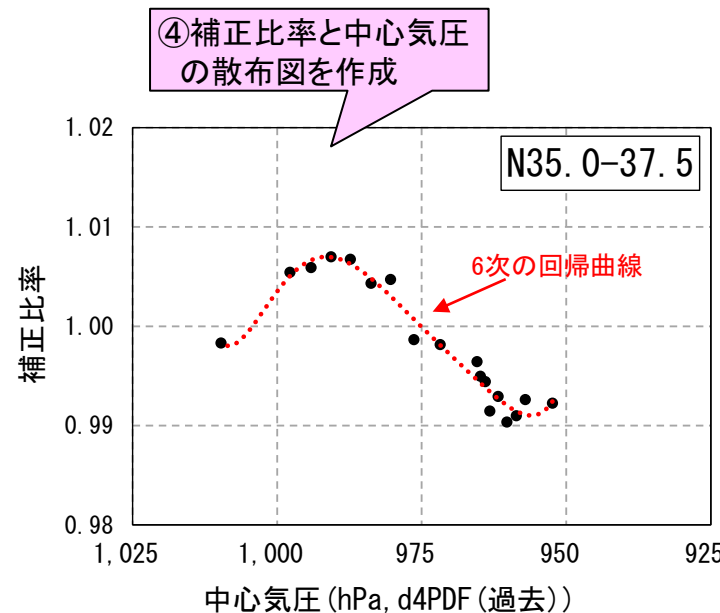
超過確率	中心気圧		補正比率
	気象庁BT	d4PDF(過去)	
0.01	945.0	952.4	0.992
0.03	950.0	957.1	0.993
0.04	950.0	958.6	0.991
0.05	951.0	960.3	0.990
0.06	955.0	961.8	0.993
0.07	955.0	963.2	0.991
0.08	958.6	964.0	0.994
0.09	960.0	964.8	0.995
0.10	962.0	965.4	0.996
0.20	970.0	971.8	0.998
0.30	975.0	976.3	0.999
0.40	985.0	980.4	1.005
0.50	988.0	983.7	1.004
0.60	994.0	987.3	1.007
0.70	997.6	990.7	1.007
0.80	1000.0	994.1	1.006
0.90	1003.2	997.8	1.005
1.00	1008.0	1009.7	0.998

⑤回帰曲線を6パターン作成

表2 回帰曲線の算出

多項式の係数	1次	2次	3次	4次	5次	6次
a						5.61.E-15
b					6.29.E-12	-2.01.E-11
c				7.32.E-09	-2.35.E-08	2.50.E-08
d			-4.84.E-07	-2.92.E-05	3.12.E-05	-1.10.E-05
e		-1.07.E-05	1.41.E-03	4.36.E-02	-1.55.E-02	0.00.E+00
f	2.98.E-04	2.12.E-02	-1.38.E+00	-2.89.E+01	0.00.E+00	0.00.E+00
g	7.07.E-01	-9.54.E+00	4.48.E+02	7.20.E+03	1.53.E+03	5.41.E+02

最適関数の選定	1次	2次	3次	4次	5次	6次
RMSE	3.4604	2.2724	1.1743	1.0969	1.0967	1.0965



※1 回帰曲線: $y=ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$
 ここに、x:d4PDF(過去)の中心気圧、y:補正比率 である。
 ※2 RMSE: 二乗平均平方根誤差(誤差を表す指標で、以下の式にて算出。RMSEは小さいほど良い。)

$$\text{二乗平均平方根誤差 (RMSE)} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2}$$

ここに、 x_i : d4PDF(過去)の中心気圧、
 y_i : 気象庁BTの中心気圧(実績)、 n : データ数(=18, 超過確率数分)

⑥RMSEが最小の式を採用

図1 中心気圧と補正比率の散布図

(2) 想定台風の設定

② 中心気圧の設定

□ 中心気圧の設定の概要

- 想定台風の中心気圧は、以下の手順で算定(図1)。
 - ① d4PDF(過去)とd4PDF(将来2°C)から、**過去と将来2°Cの変化率**を算定。
 - ② 潮位偏差が既往最大の台風(**2004年台風15号**)の中心気圧に**変化率**を乗じる。
- d4PDF(過去)とd4PDF(将来2°C)の中心気圧は、**バイアス補正済み**のデータを使用

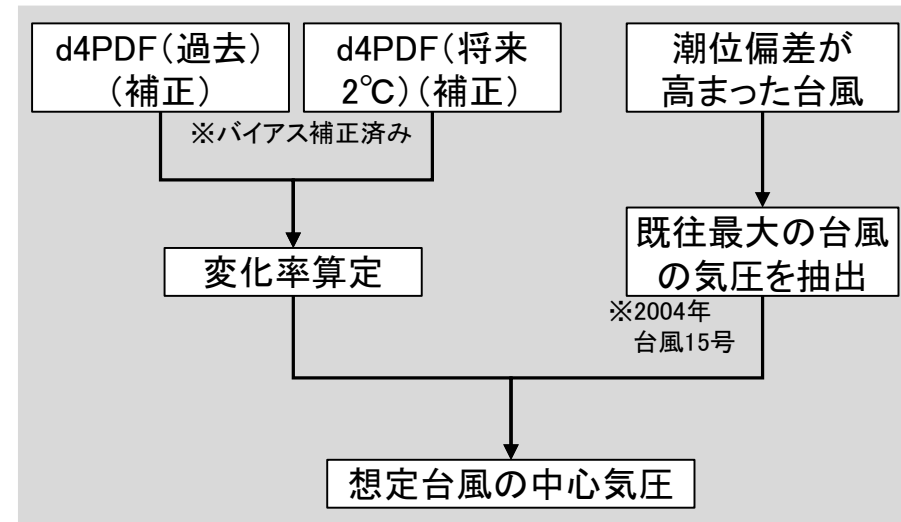


図1 中心気圧の設定フロー図

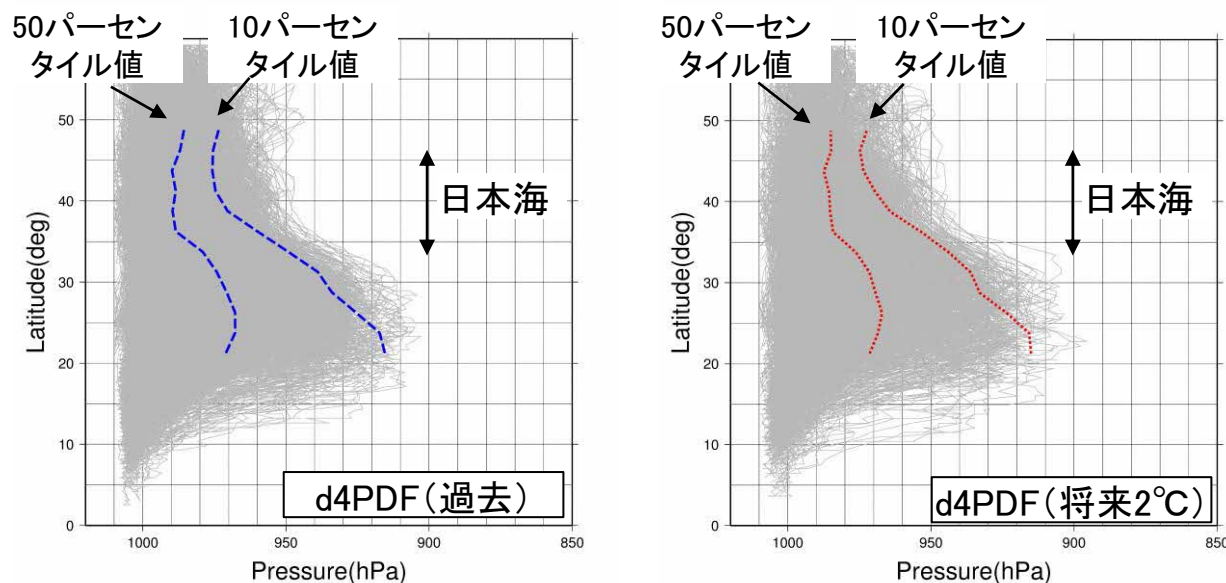
(2) 想定台風の設定

② 中心気圧の設定

□ 中心気圧の変化率の算定

- 台風トラックデータから抽出した台風を対象に、d4PDF(過去)とd4PDF(将来2°C)の中心気圧の分布状況を整理(図1)。
 - 両者の**変化率***を10パーセンタイル値毎に整理(図2)。
 - 10~30、10~50パーセンタイル値の**平均値**は、概ね同様の値(図3)。
- ⇒ 10~30パーセンタイル値の**平均値**を**変化率**に設定。

※ 気圧深度(1013hPaとの差値)に対して変化率を算定



※ バイアス補正済みのデータを使用
 ※ 参考として、10、50パーセンタイル値を表示

図1 中心気圧の分布状況

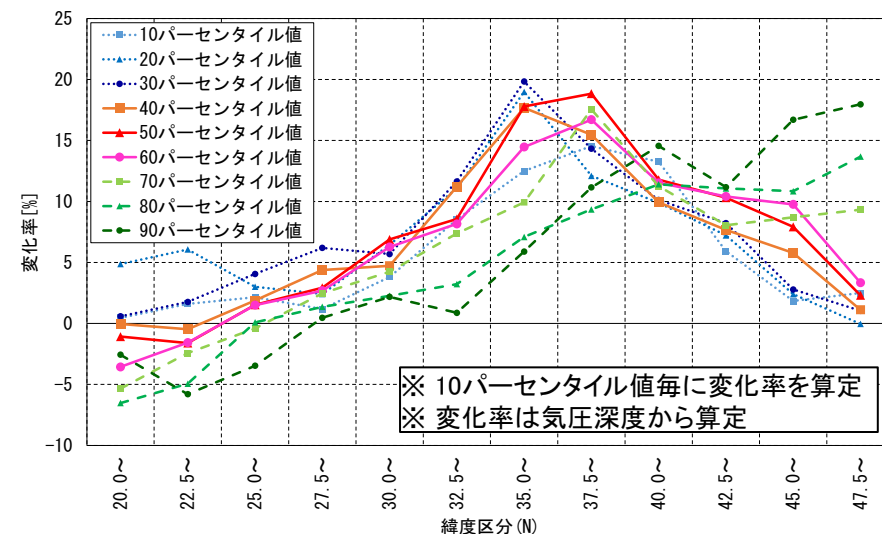


図2 d4PDF(過去)とd4PDF(将来2°C)の変化率

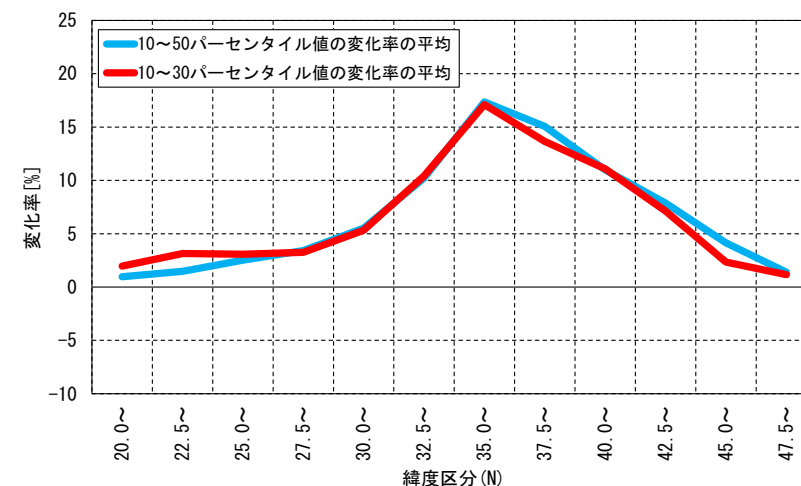


図3 中心気圧の変化率

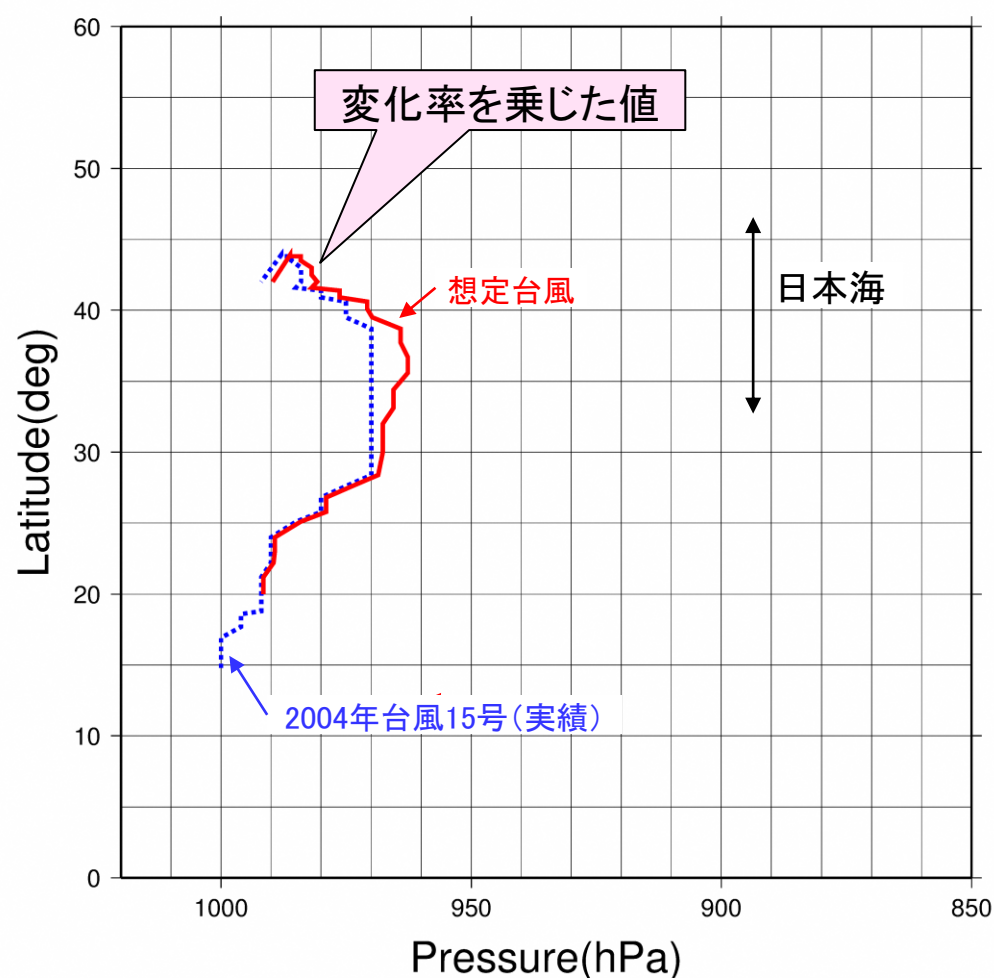
※本資料は、検討中の内容も含まれるため、内容等は今後変更される可能性がある。

(2) 想定台風の設定

② 中心気圧の設定

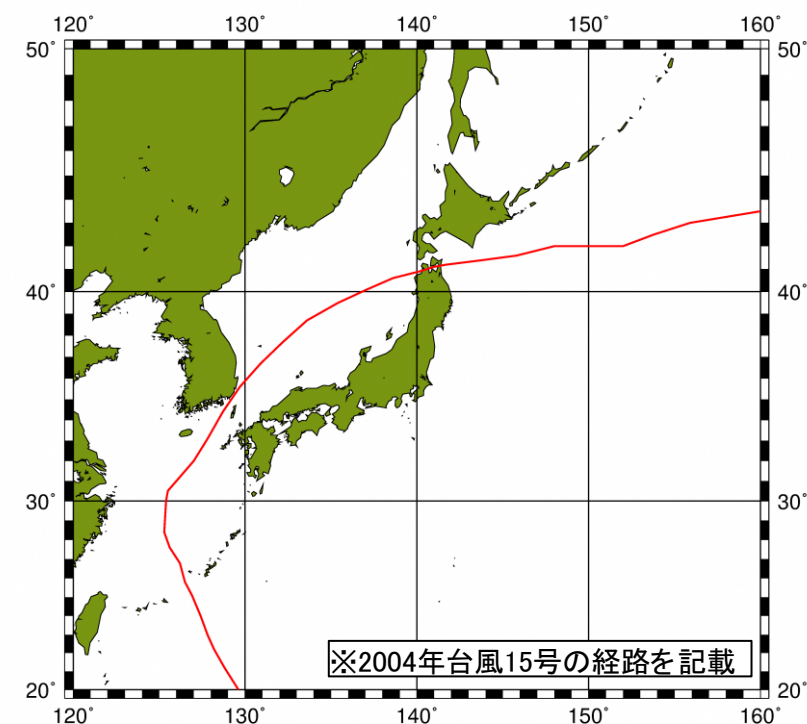
□ 想定台風の中心気圧の設定

- 想定台風の中心気圧は、潮位偏差が既往最大となった台風(2004年台風15号)に前述の変化率を乗じた中心気圧を設定。



※ 10～30パーセンタイル値の変化率
の平均値を乗じた場合

図1 想定台風の中心気圧(例)

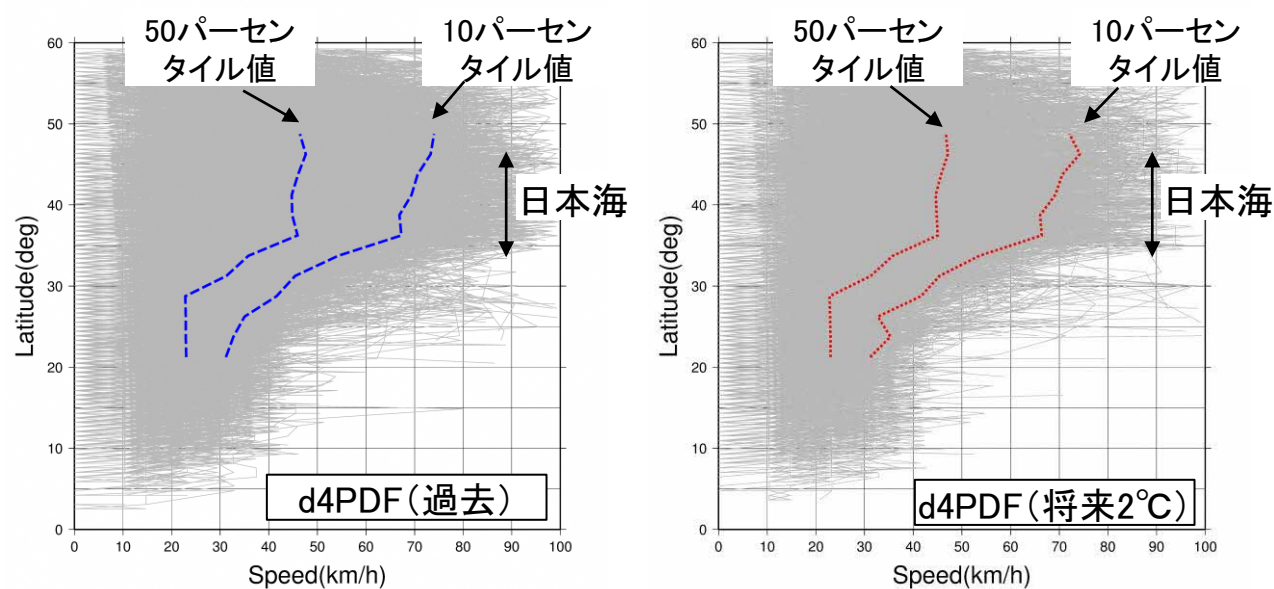


(2) 想定台風の設定

③ 移動速度の設定

□ 移動速度の変化率の算定

- 中心気圧と同様に、台風トラックデータから抽出した台風を対象に、d4PDF(過去)とd4PDF(将来2°C)の移動速度の分布状況を整理(図1)。
- 両者の変化率を10パーセンタイル値毎に整理(図2)。
- 10~30、10~50、10~90パーセンタイル値の平均値は、概ね同様の値(図3)。
⇒ 10~30パーセンタイル値の平均値を変化率に設定。



※ バイアス補正未実施のデータを使用
※ 参考として、10, 50パーセンタイル値を表示

図1 移動速度の分布状況

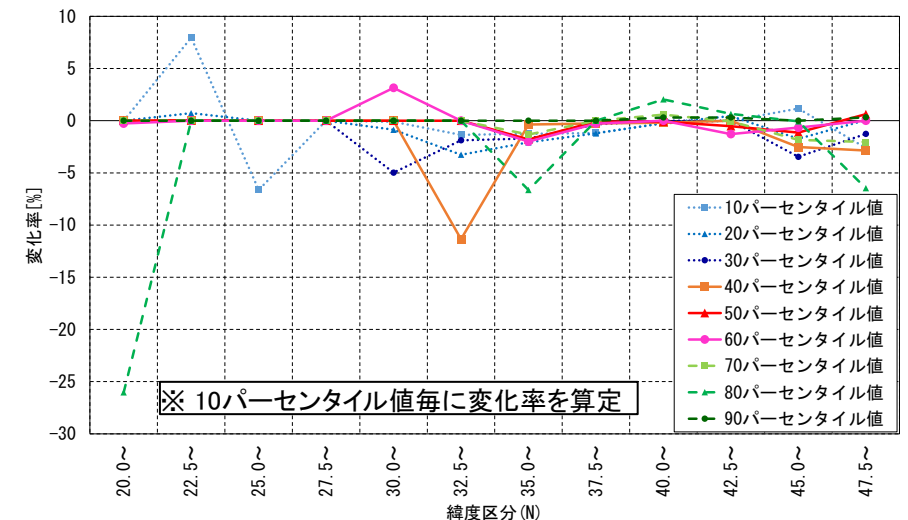


図2 d4PDF(過去)とd4PDF(将来2°C)の変化率

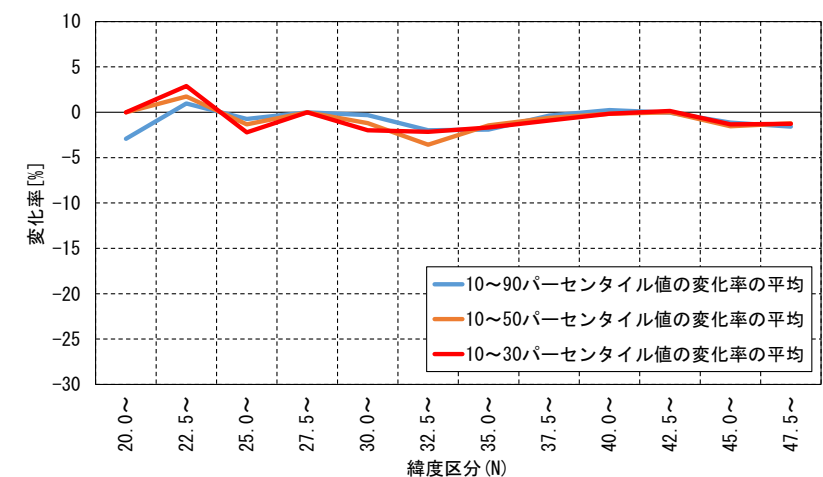


図3 移動速度の変化率

※本資料は、検討中の内容も含まれるため、内容等は今後変更される可能性がある。

(2) 想定台風の設定

③ 移動速度の設定

□ 想定台風の移動速度の設定

- 想定台風の移動速度は、潮位偏差が既往最大となった台風(2004年台風15号)に前述の変化率を乗じた移動速度を設定。

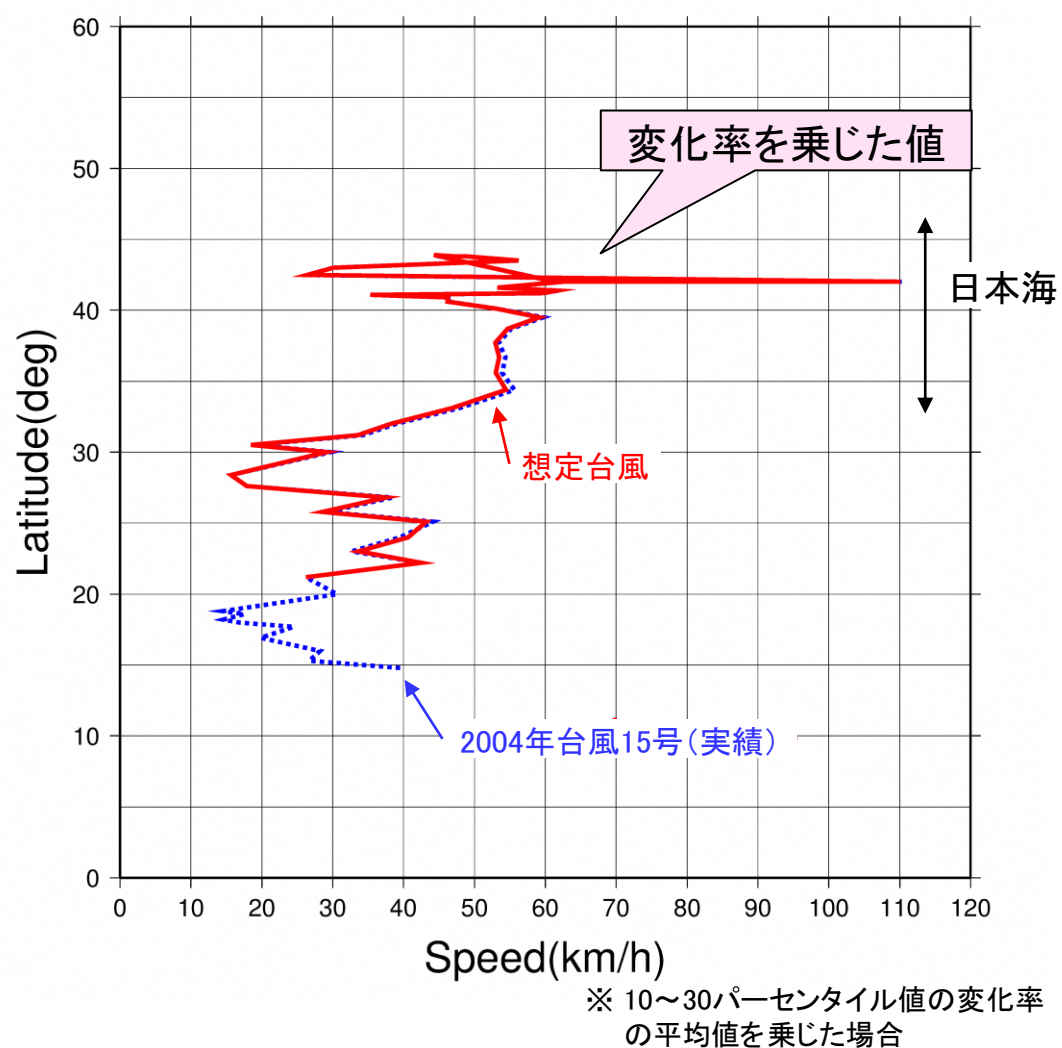
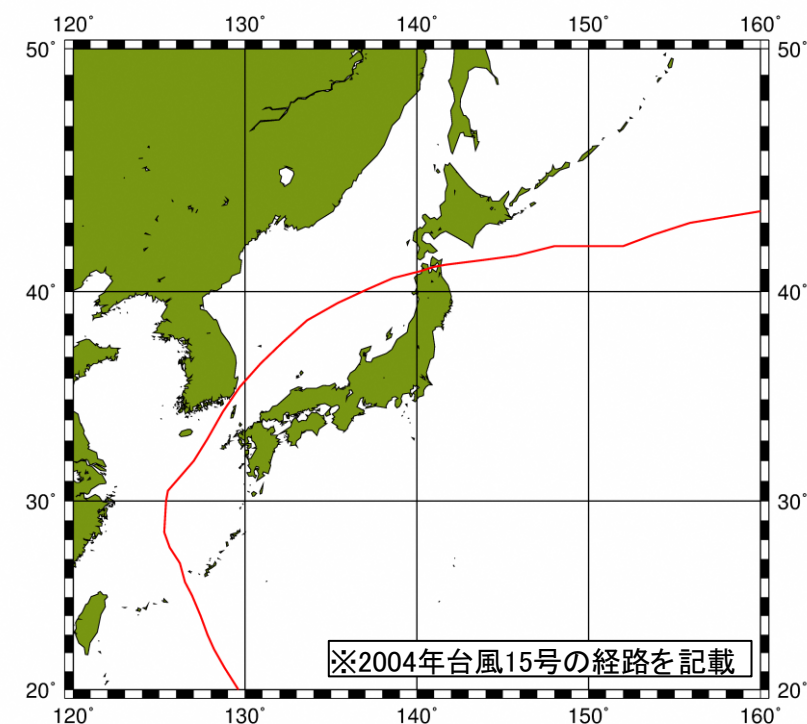


図1 想定台風の移動速度(例)



(2) 想定台風の設定

④ 台風半径の設定

□ 台風半径(実績)の算出方法

- 台風半径^{※1}は、後述する台風モデルで使用するパラメータ。
- 台風半径は、推定式^{※2}が複数提案されているが、台風毎に特性が異なるため、推定式にて設定すると乖離する可能性がある。
- このため、実績の台風では、デジタル台風^{※3}の情報から、表1の方法で台風半径を算出。

※1: 台風の中心から最大の風速が出現する地点までの距離
 ※2: 台風の中心気圧から平均的な台風半径を推定する式が多い
 ※3: デジタル台風HP (<http://agora.ex.nii.ac.jp/digital-typhoon/>)

表1 台風半径の算出方法

- ① 実績の台風について、デジタル台風^{※1}から、「強風域^{※2}の広い半円の方向」「強風域^{※2}の広い半円の半径」の情報を整理。
- ② 台風モデルを利用して、上記の情報と整合するように「台風半径」を調整して決定(図1)。

※1: デジタル台風HP (<http://agora.ex.nii.ac.jp/digital-typhoon/>)

※2: 風速が15m/s以上となる領域

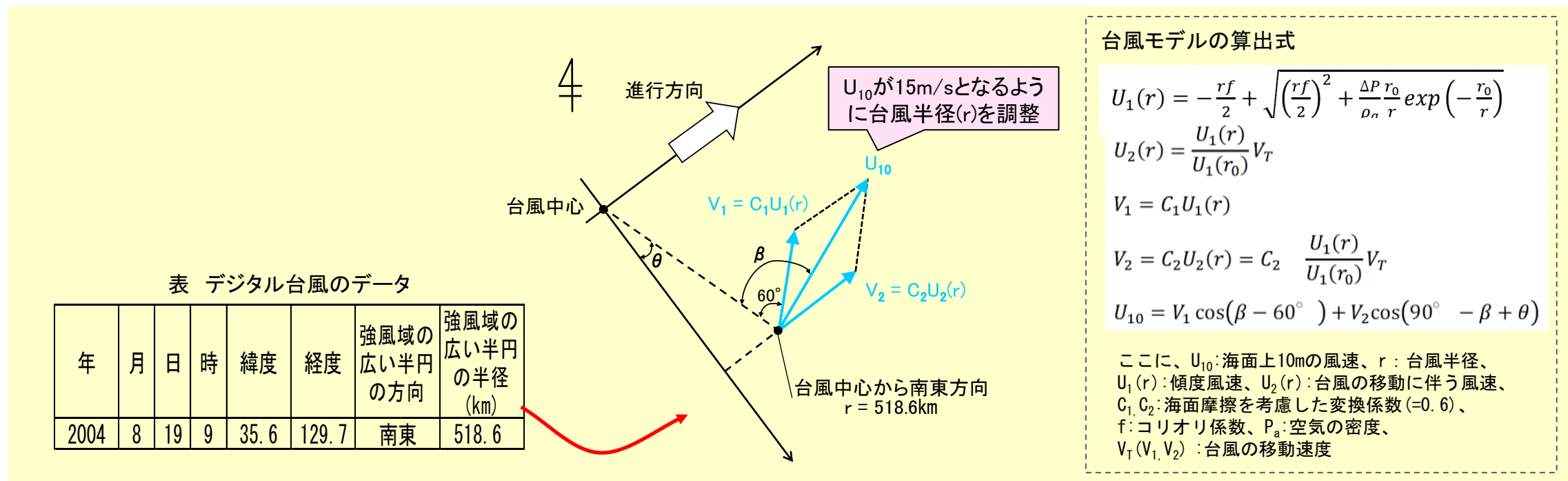


図1 台風半径の算出イメージ

(2) 想定台風の設定

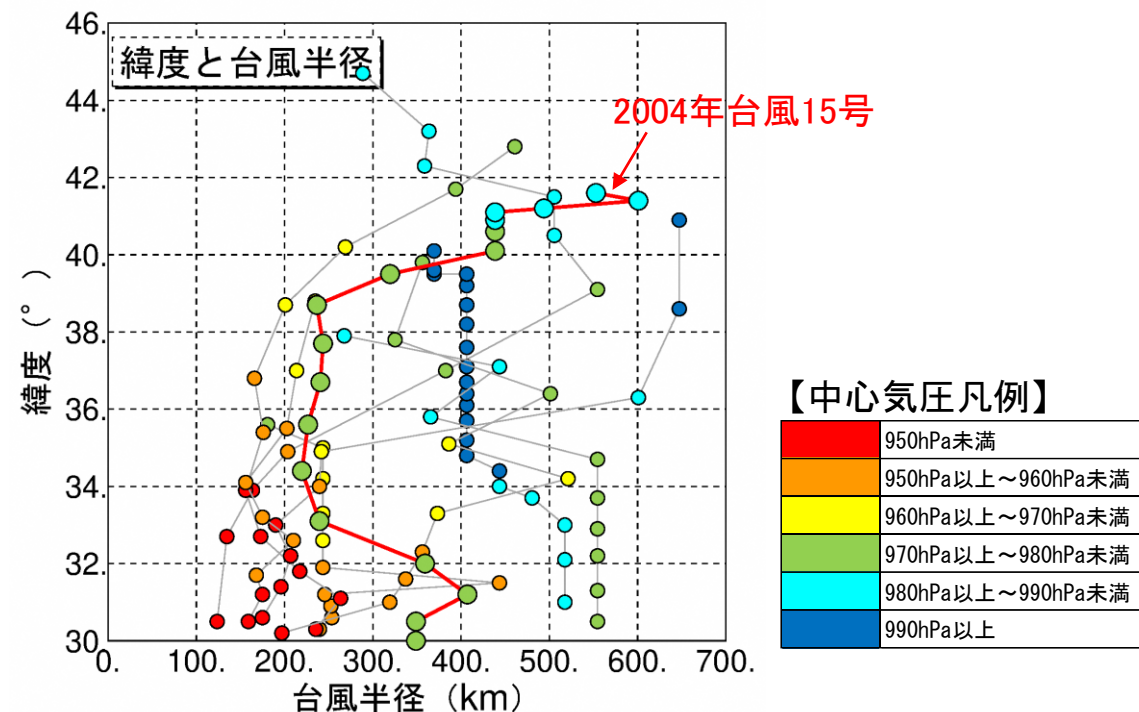
④ 台風半径の設定

□ 台風半径(実績)の算出結果と台風半径(想定)の設定

- 潮位観測所※¹にて、**最大潮位偏差**※²が**50cm以上**の台風を対象に、台風半径を算出。
- 台風毎に、**緯度**と**台風半径**の状況を整理(図1)。
- 図1より、緯度と台風半径の傾向は、台風毎に異なる。
- 潮位偏差が既往最大の台風(**2004年台風15号**)の台風半径を、**想定台風の台風半径**に設定。

※1: 浜田、西郷、境の潮位観測所を意味する

※2: 3分平均値の値



※ 3分平均値で最大潮位偏差が50cmをこえた台風を対象に整理

図1 台風半径の算出結果

(2) 想定台風の設定

□ 想定台風の設定結果

- 想定台風の設定結果は、表1のとおり。

表1 想定台風の設定結果

No.	項目	設定結果
①	台風経路	① 潮位偏差の高まった台風(実績)の経路を整理(第1回委員会にて提示) ② 台風トラックデータ※1から①に該当する台風を抽出・整理 ③ 想定台風の経路は、 既往最大の台風 ※2の経路を基に 合計8経路 設定 ④ ③の経路が②で抽出した経路を網羅していることを確認
②	中心気圧	① 台風トラックデータ※1から、「台風経路」の②で抽出した台風を対象に、過去実験と将来実験の中心気圧※3を整理 ② ①の整理結果から、 過去⇒将来 への変化率を算定 ③ 既往最大の台風 ※2の中心気圧に②の変化率を乗じて設定
③	移動速度	① 台風トラックデータ※1から、「台風経路」の②で抽出した台風を対象に、過去実験と将来実験の移動速度を整理 ② ①の整理結果から、 過去⇒将来 への変化率を算定 ③ 既往最大の台風 ※2の移動速度に②の変化率を乗じて設定
④	台風半径※4	① 潮位偏差の高まった台風(実績)について、デジタル台風を基に台風半径を算定 ② ①について、緯度、台風半径、中心気圧について整理 ③ 既往最大の台風 ※2の台風半径を想定台風の台風半径に設定

※1 d2PDF/d4PDF台風トラックデータを意味する。

※2 潮位偏差が既往最大の2004年台風15号を意味する。

※3 バイアス補正済みの中心気圧を利用。

※4 気圧・風場の推算(台風モデル)で使用するパラメータ。
台風の中心から最大の風速が出現する地点までの距離。

□ 2004年台風15号の確率評価の概要

- 想定台風の設定は、潮位偏差が既往最大の2004年台風15号の諸元を基に設定。
- 上記の台風について、出現確率を確認。
- 出現確率は、表1に示す3項目で実施。

表1 2004年台風15号に関する確率評価項目

No.	項目
1	潮位偏差
2	中心気圧
3	台風経路

□ 潮位偏差の確率評価の概要

- 潮位偏差には、平滑値と3分平均値(1998年以降で潮位偏差50cm以上の場合)が存在。
- そこで、平滑値と3分平均値の相関解析を実施して換算式※1を作成(図1)。
平滑値を3分平均値相当に換算して極値統計解析を実施(浜田、境)。
- ただし、西郷は上記の相関解析が不可のため※2、平滑値にて極値統計を実施。

※1 回帰式を換算式に設定

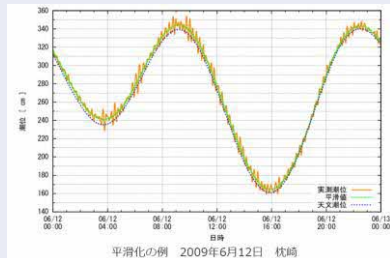
※2 3分平均値のデータ数が1データのため

表1 平滑値、3分平均値の概要

平滑値と3分平均値の定義等

平滑値(毎時データ)

実測潮位から副振動や津波、波浪などの周期が約3時間までの成分を除いた潮位。海面の高さをサンプリングした生のデータから、数値的にフィルター処理を行って算出。



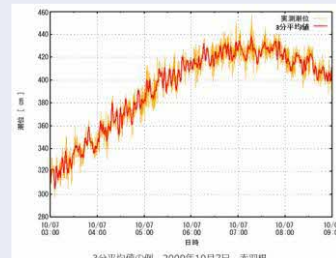
出典: 気象庁HP

・毎時の潮位・潮位偏差を収集

※ 第1回委員会資料より抜粋

3分平均値(連続データ)

実測潮位から波浪などの周期が3分までの成分を除いた潮位。海面の高さをサンプリングした生のデータから、数値的にフィルター処理を行って算出。



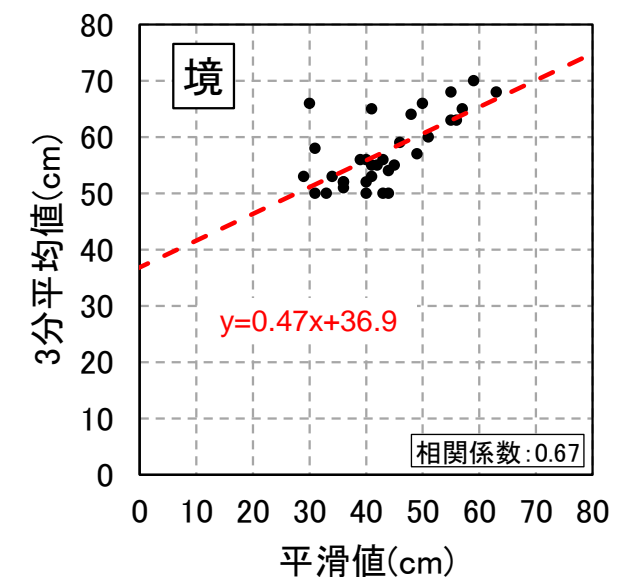
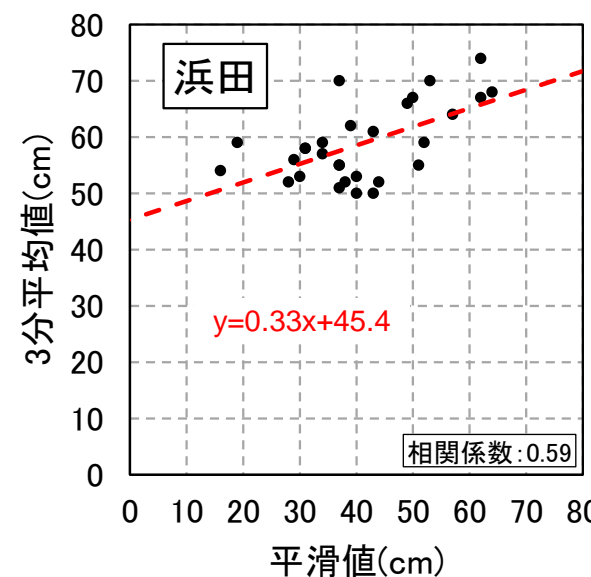
出典: 気象庁HP

・高潮時の最高潮位と最大潮位偏差を収集

表2 データ期間

地点	平滑値	3分平均値※
浜田	1941年1月～2022年12月(81年)	1998年～2022年(24年)
西郷	1958年7月～2022年12月(64年)	
境	1943年1月～2022年12月(79年)	

※高潮時(潮位偏差50cm以上)の最高潮位と最大潮位偏差が公開(気象庁HP)
潮位偏差が50cmを超えない場合は、データなし



※ 浜田と境のみ相関解析を実施

西郷は3分平均値が1データのため、相関解析は未実施

図1 平滑値と3分平均値の相関解析

※本資料は、検討中の内容も含まれるため、内容等は今後変更される可能性がある。

□ 潮位偏差の確率評価

- 標本が「年最大潮位偏差」「50cm以上の潮位偏差」の場合の確率潮位偏差を整理(表1)。
- 2004年台風15号による既往最大の潮位偏差は、**30~100年確率**に相当。

表1 確率潮位偏差

再現期間	浜田 ^{※1}		境 ^{※1}		西郷 ^{※1}	
	年最大 ^{※2} (m)	50cm以上 ^{※3} (m)	年最大 ^{※2} (m)	50cm以上 ^{※3} (m)	年最大 ^{※2} (m)	35cm以上 ^{※3} (m)
5	0.62	0.61	0.60	0.59	0.37	0.38
10	0.65	0.66	0.63	0.63	0.40	0.40
20	0.67	0.69	0.65	0.67	0.43	0.42
30	0.69	0.71	0.67	0.68	0.44	0.43
50	0.70	0.73	0.69	0.70	0.46	0.44
100	0.73	0.76	0.71	0.73	0.48	0.46

2004年台風15号 ⇒
実測値

0.74m

0.70m

0.46m

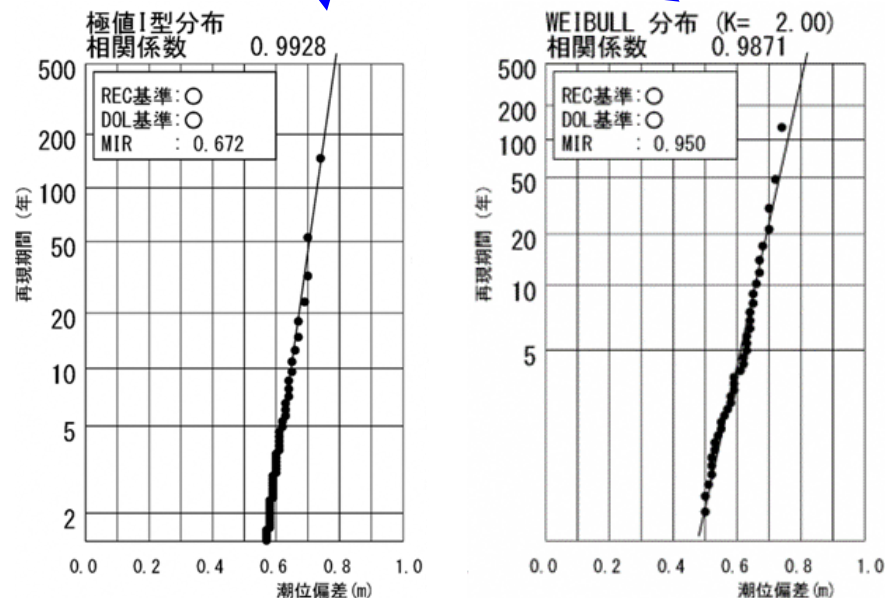


図1 極値統計解析結果 (浜田)

※1: 浜田、境は、平滑値と3分平均値相当のデータを利用。
西郷は、平滑値のみ利用(3分平均値が1データのため)。

※2: 年最大潮位偏差を標本とした場合。

※3: 50cm(西郷は35cm)以上の潮位偏差を標本とした場合。

※4: 標本の期間は以下に示すとおりである。

浜田: 1941年1月~2022年12月(81年)

境 : 1943年1月~2022年12月(79年)

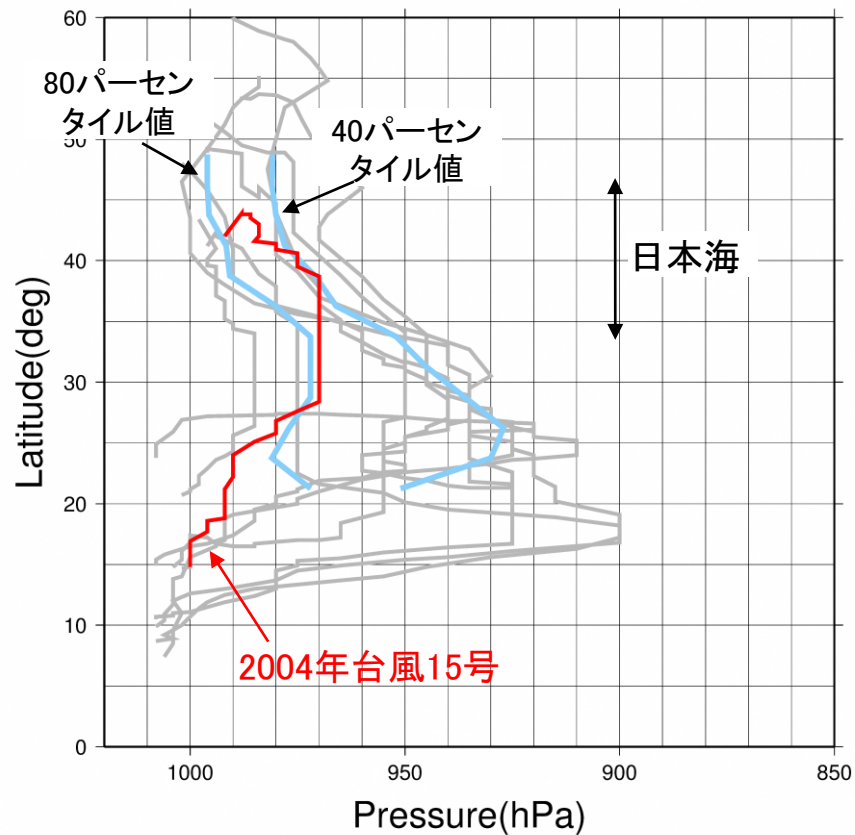
西郷: 1958年7月~2022年12月(64年)

※ 最適分布関数の図面のみ掲載

□ 中心気圧の確率評価の概要

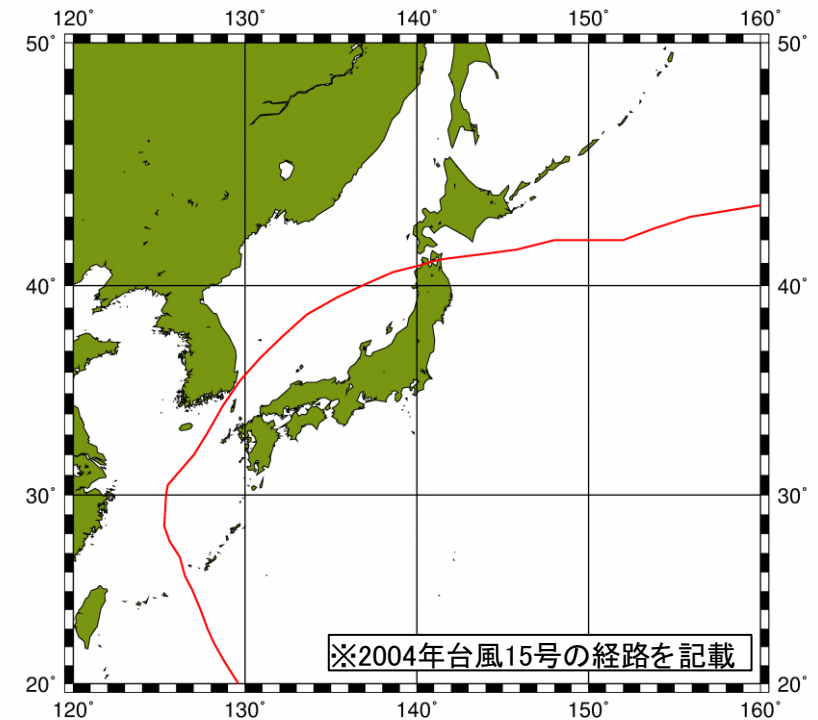
- 潮位偏差が高まった台風(実績)※の中心気圧の分布状況を整理(図1)。
- 日本海付近での2004年台風15号の中心気圧は、40～80パーセンタイル値の範囲で推移。

※ 潮位観測所(浜田、西郷、境のいずれか)にて、潮位偏差(3分平均値)が50cm以上となった台風



※ 潮位偏差が高まった台風(実績)の中心気圧を整理

図1 中心気圧の分布状況



□ 台風経路の確率評価の概要

- 潮位偏差が高まった台風(実績)※の経路を整理(図1)。
- 2004年台風15号と同様の経路を辿る台風は、**全9台風のうち**
2004年台風15号、2010年台風04号、2018年台風25号の**3台風**。

※ 潮位観測所(浜田、西郷、境のいずれか)にて、潮位偏差(3分平均値)が50cm以上となった台風
(整理対象は、3分平均値のある1998年以降)

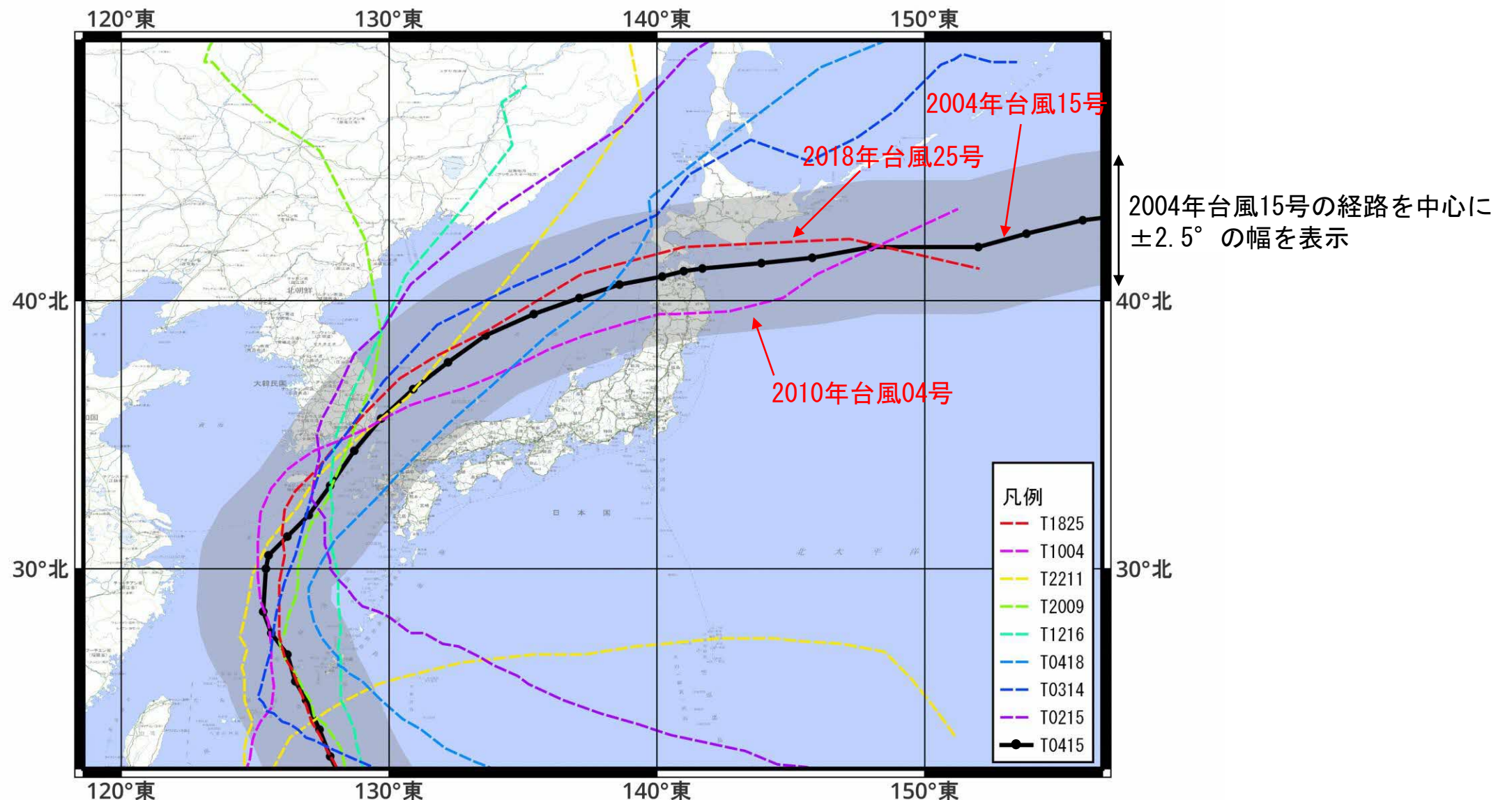


図1 潮位偏差が高まった台風経路

(4) 高潮推算モデルの構築(再現計算)

□ 高潮推算モデルの概要

- 「高潮浸水想定区域図作成の手引 Ver.2.11(R5.4)」を参考に、高潮推算モデルを構築。
- 構築した高潮推算モデルは、①気圧・風場の推算、②波浪推算、③高潮推算の各計算結果を連結させたモデル(図1)。
- ①気圧・風場の推算は「台風モデル」、②波浪推算は「スペクトル法(第3世代波浪推算モデル)」、③高潮推算は「非線形長波理論」にて推算。
- 台風モデルのパラメータ(C1,C2の値)を3ケース設定し、再現計算にて再現性の高い値を採用。

追記: 高潮浸水想定区域図作成の手引(Ver.2.11)によれば、C1,C2は一般に0.6~0.7が用いられる。

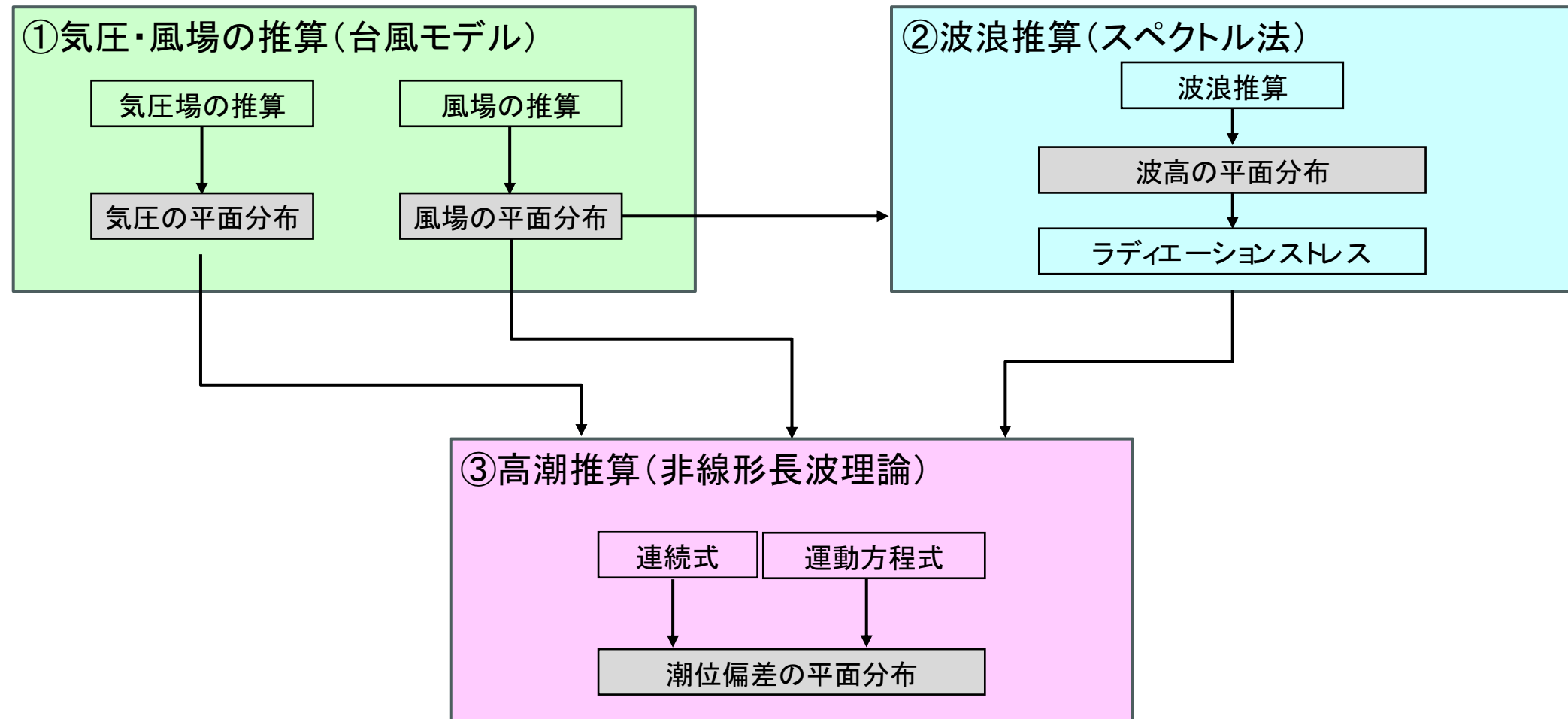


図1 高潮推算モデルの構成

□ 検証台風の選定

- 検証台風は、表2に示す浜田、西郷、境の最大潮位偏差を踏まえ、表1の**2台風**を選定。
(2020年台風9号は、参考ケース)

表1 選定した検証台風

No.	台風	備考
1	2004年台風15号	浜田、西郷、境:1位(既往最大)
2	2003年台風14号	浜田:5位、境:2位、2004年台風15号と経路酷似
-	2020年台風9号	浜田:4位、境:7位

表2 潮位観測所における最大潮位偏差(1位~10位)

順位	浜田		西郷		境	
	潮位偏差 (cm)	要因 (起日)	潮位偏差 (cm)	要因 (起日)	潮位偏差 (cm)	要因 (起日)
1	74	台風15号 (2004/08/19)	52	台風15号 (2004/08/19)	70	台風15号 (2004/08/20)
2	70	低気圧 (2012/04/03)	-	-	68	台風14号 (2003/09/13)
3	70	低気圧 (2020/01/08)	-	-	68	低気圧 (2020/01/08)
4	68	台風9号 (2020/09/03)	-	-	66	低気圧 (2007/03/31)
5	67	台風14号 (2003/09/13)	-	-	66	低気圧及び冬型気圧配置 (2017/02/20)
6	67	低気圧 (2016/04/17)	-	-	65	低気圧 (2012/04/03)
7	66	低気圧及び冬型気圧配置 (2017/02/20)	-	-	65	台風9号 (2020/09/03)
8	64	台風15号 (2002/09/01)	-	-	64	低気圧 (2016/04/18)
9	62	低気圧 (1998/03/20)	-	-	63	台風15号 (2002/09/01)
10	61	低気圧 (2009/02/14)	-	-	63	台風16号 (2012/09/18)

※ 第1回委員会資料より抜粋
※ 潮位偏差50cmを対象に整理

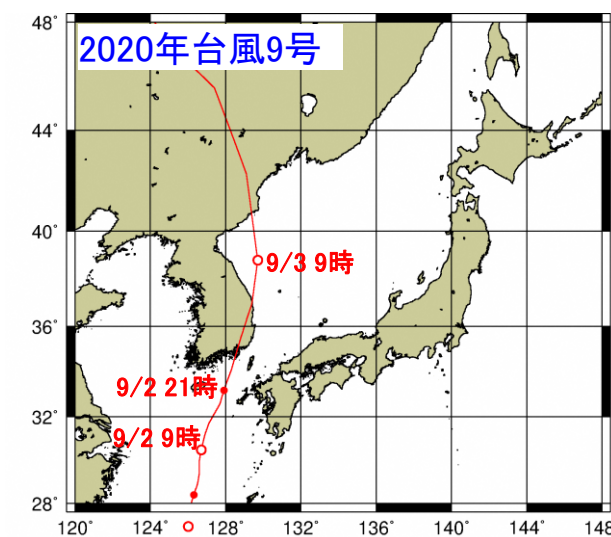
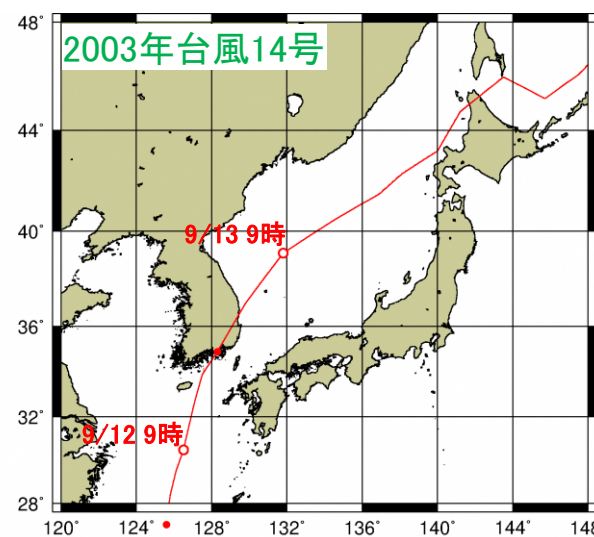
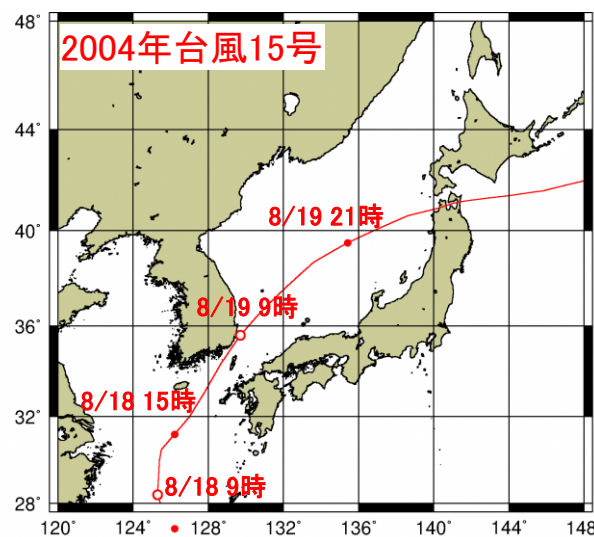


図1 検証台風の経路図

□ 計算条件

表1 計算条件

項目		計算条件
解析格子サイズ		7,290m→2,430m→810m→270m
対象台風		①T0415、②T0314、T2009(参考)
気圧・ 風場 推算	モデル	台風モデル(Myersの式、傾度風の式)
	計算 条件	風速変換係数C1,C2: =0.6、0.65、0.7にて再現計算を行い 再現性の高い値を選定 傾度風の風向:30° 台風半径:前述の方法で設定(図2)
波浪 推算	モデル	第三世代波浪推算モデル:SWAN
	計算 条件	[風から波へのエネルギー輸送項] ・GEN3 JANSEN [砕波・海底摩擦によるエネルギー消散項]
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)
	計算 条件	粗度係数 : マニングの粗度係数n=0.025 海面抵抗係数: 本多・光易(1980)式を基本 風速45m/sで上限設定 計算時間間隔: CFL条件を踏まえ設定

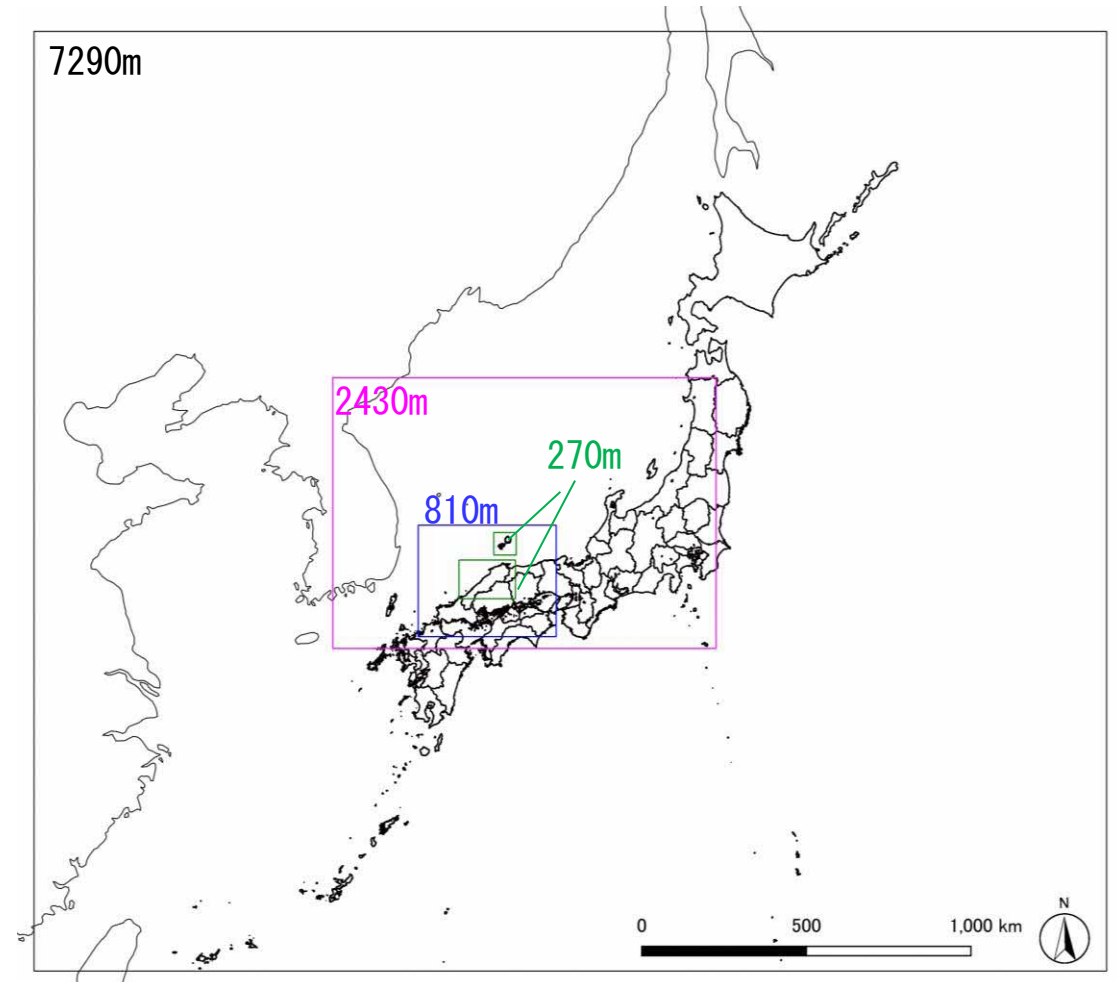


図1 計算領域図

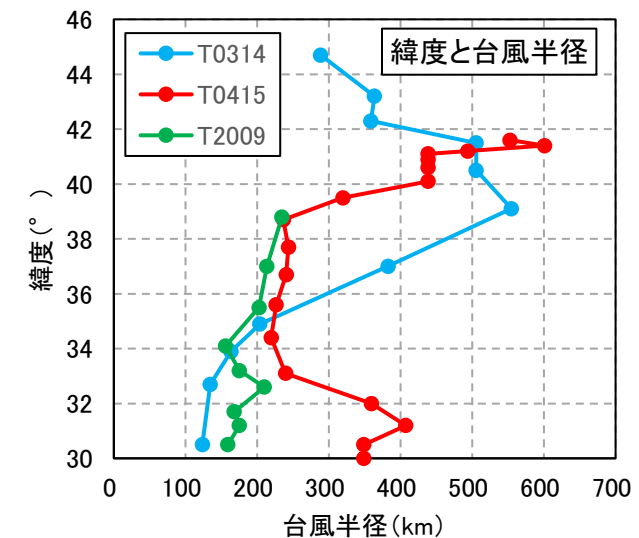


図2 緯度と台風半径

□ 再現計算結果(2004年台風15号)

- C1,C2=0.6,0.65,0.7の3ケースで再現計算を実施。観測値と推算値の潮位偏差を比較。
- 潮位偏差の変化傾向は、いずれの地点も両者で似通っている(図1)。
- C1,C2=0.7のピーク値は、浜田で同等、西郷で推算値が過大、境で推算値が過小(図2)。(海岸毎の最大潮位偏差を用いて検討する予定のため、再現性ではピーク値に着目)

追記:高潮浸水想定区域図作成の手引(Ver.2.11)によれば、C1,C2は一般に0.6~0.7が用いられる。

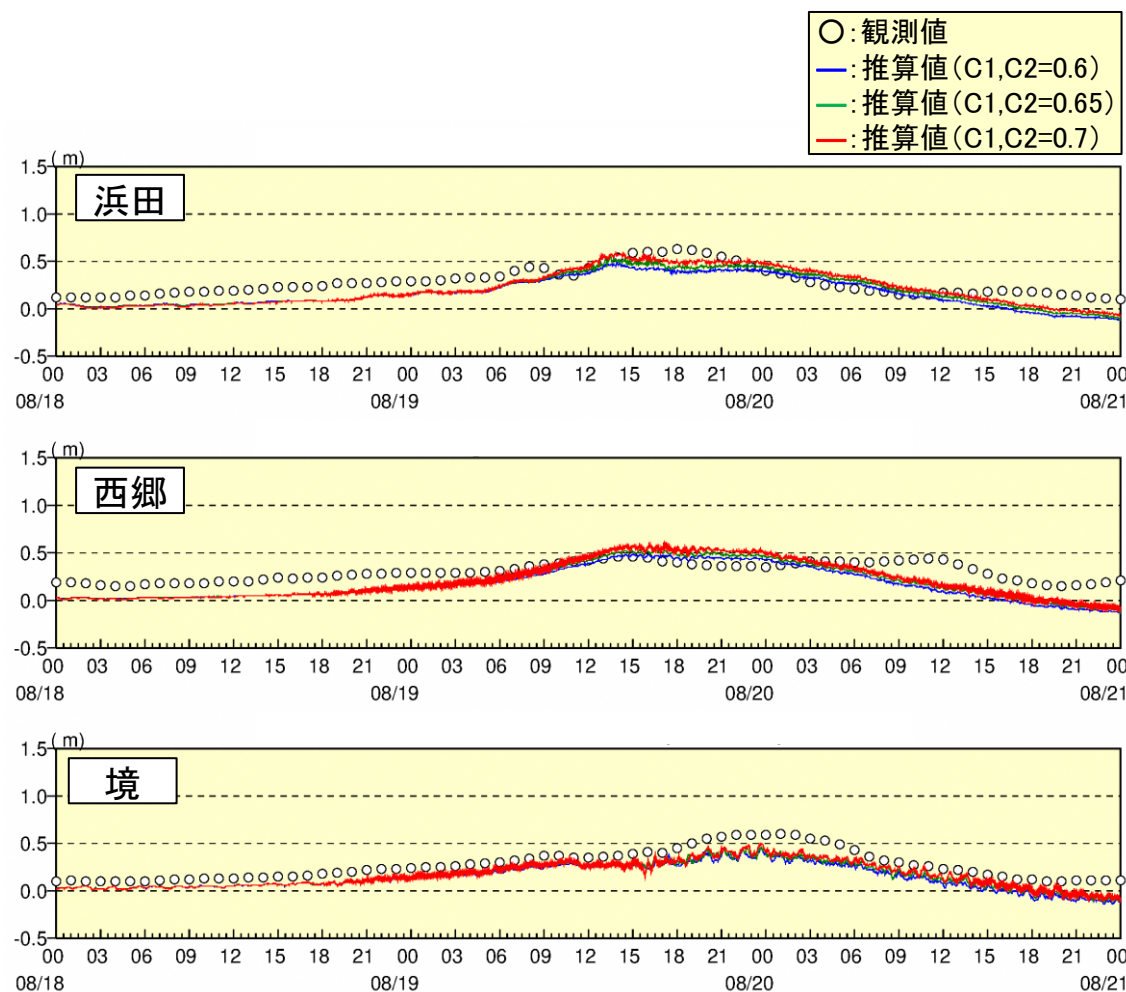


図1 潮位偏差の時系列(再現計算結果)
(2004年台風15号)

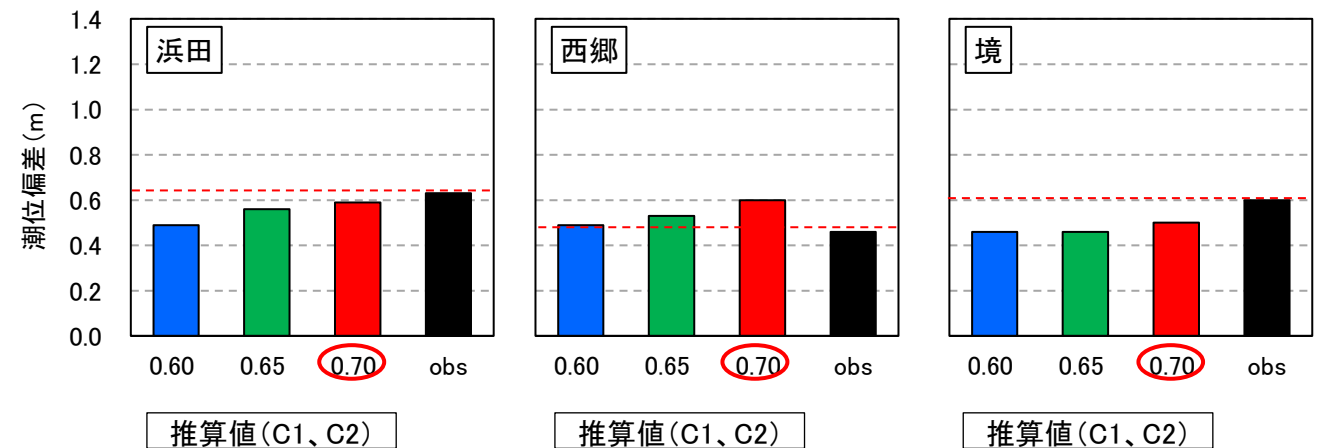


図2 潮位偏差のピーク値の比較
(2004年台風15号)

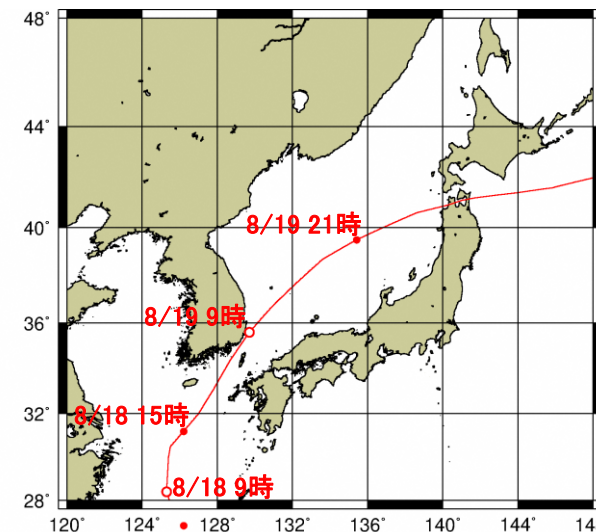


図3 台風経路図
(2004年台風15号)

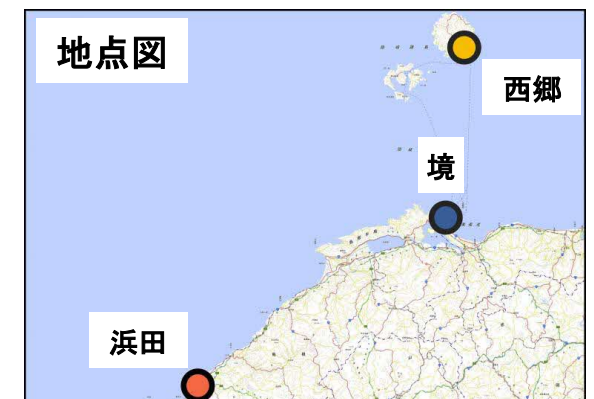


図4 潮位観測地点

□ 再現計算結果(2003年台風14号)

- C1,C2=0.6,0.65,0.7の3ケースで再現計算を実施。観測値と推算値の潮位偏差を比較。
- 潮位偏差の変化傾向は、いずれの地点も両者で似通っている(図1)。
- C1,C2=0.7のピーク値は、浜田で同等、西郷で推算値が過大、境で推算値が過小(図2)。(海岸毎の最大潮位偏差を用いて検討する予定のため、再現性ではピーク値に着目)

追記:高潮浸水想定区域図作成の手引(Ver.2.11)によれば、C1,C2は一般に0.6~0.7が用いられる。

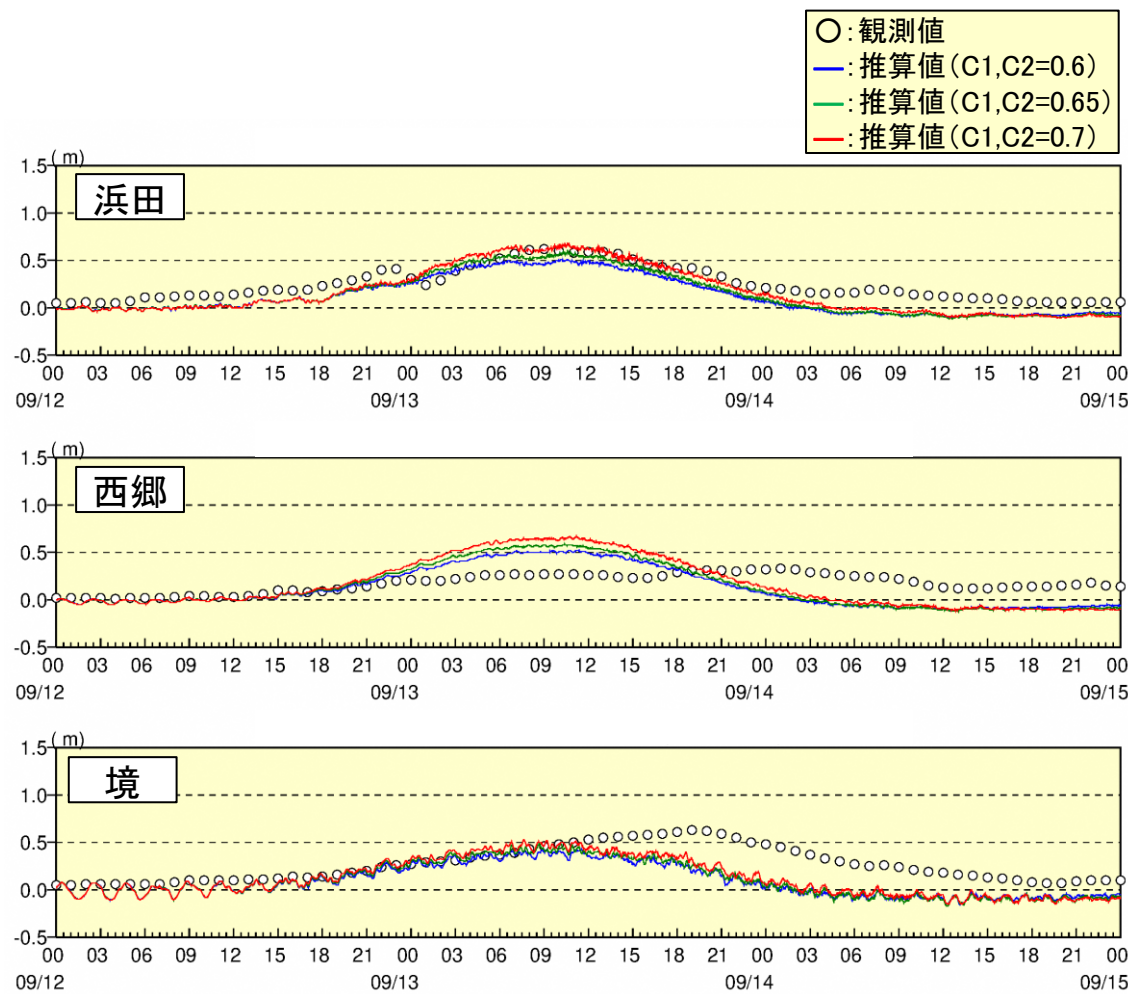


図1 潮位偏差の時系列(再現計算結果)
(2003年台風14号)

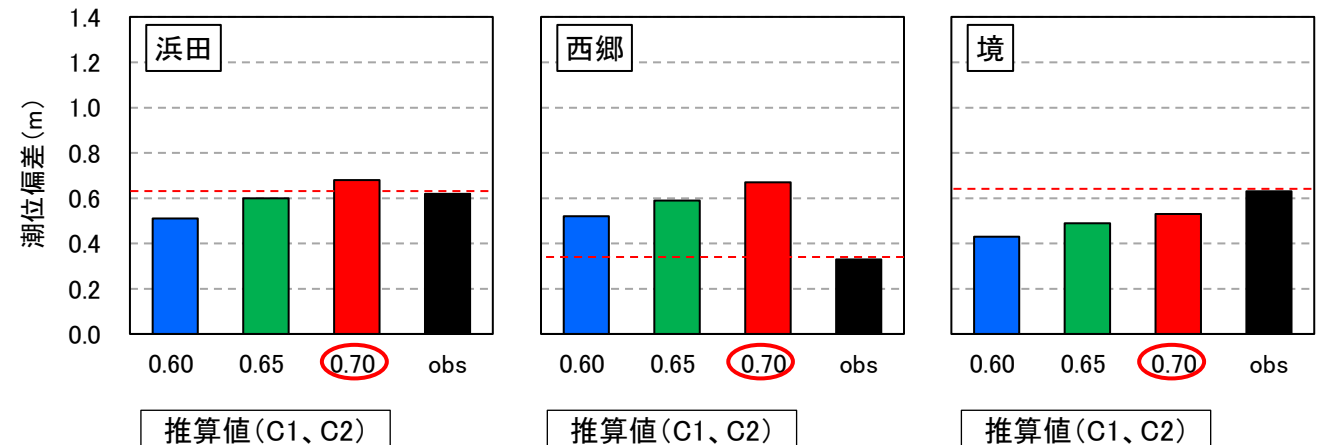


図2 潮位偏差のピーク値の比較
(2003年台風14号)

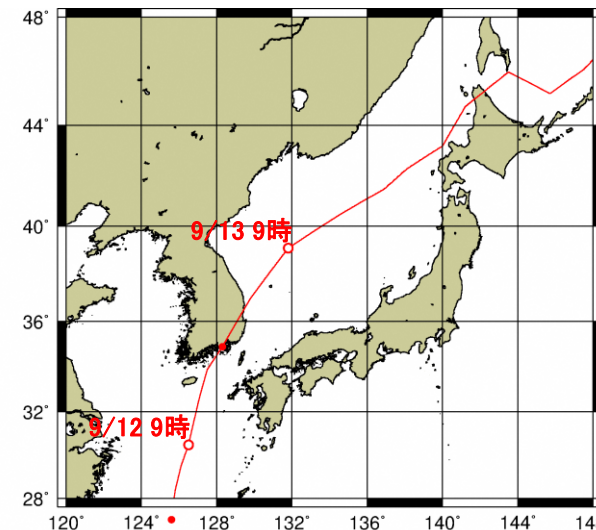


図3 台風経路図
(2003年台風14号)

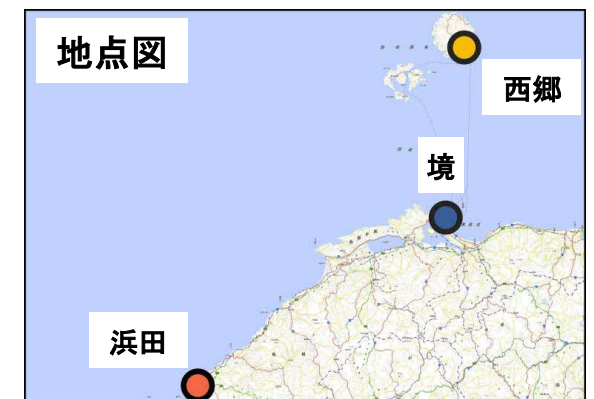


図4 潮位観測地点

□ 再現計算結果(2020年台風9号)(参考ケース)

- C1,C2=0.6,0.65,0.7の3ケースで再現計算を実施。観測値と推算値の潮位偏差を比較。
- 潮位偏差の変化傾向は、いずれの地点も両者で似通っている(図1)。
- C1,C2=0.7のピーク値は、境で同等、西郷で推算値が過大、浜田で推算値が過小(図2)。(海岸毎の最大潮位偏差を用いて検討する予定のため、再現性ではピーク値に着目)

追記: 高潮浸水想定区域図作成の手引(Ver.2.11)によれば、C1,C2は一般に0.6~0.7が用いられる。

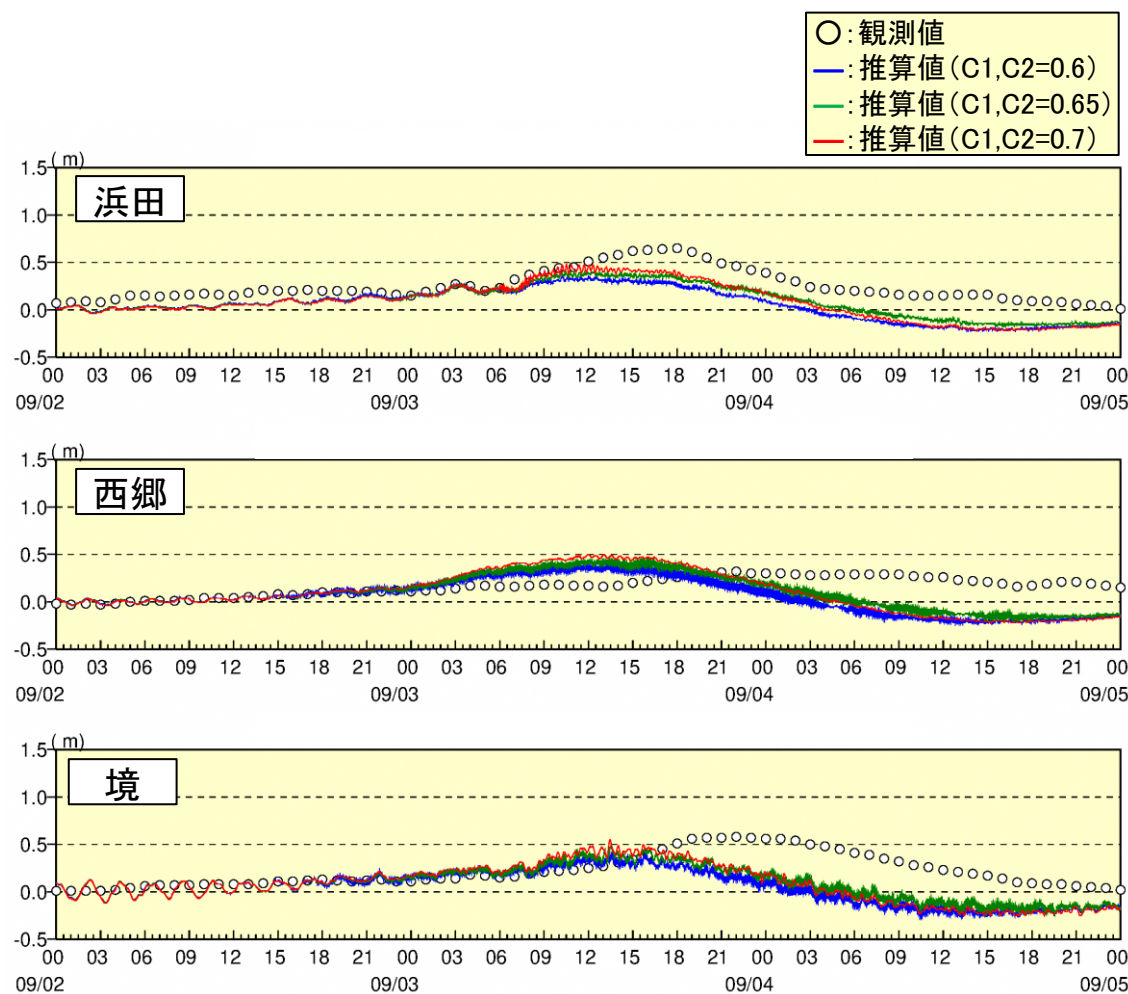


図1 潮位偏差の時系列(再現計算結果)
(2020年台風9号)

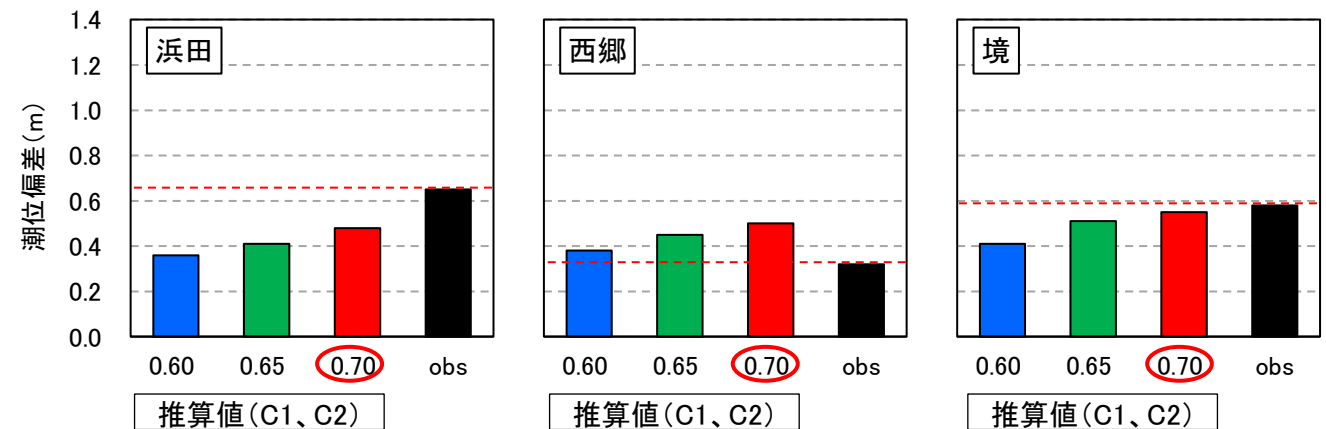


図2 潮位偏差のピーク値の比較
(2020年台風9号)

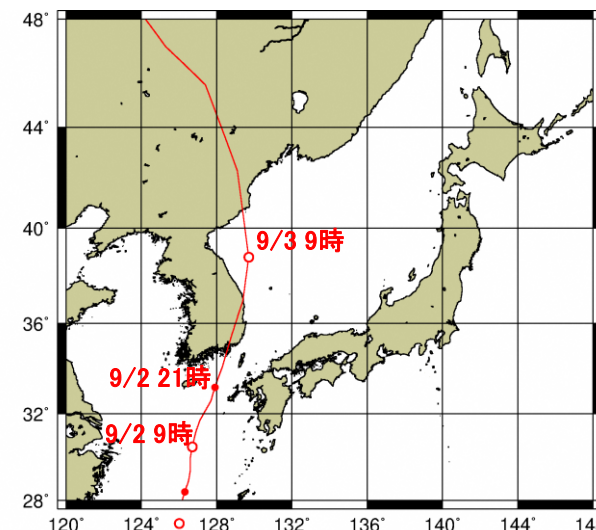


図3 台風経路図
(2020年台風9号)

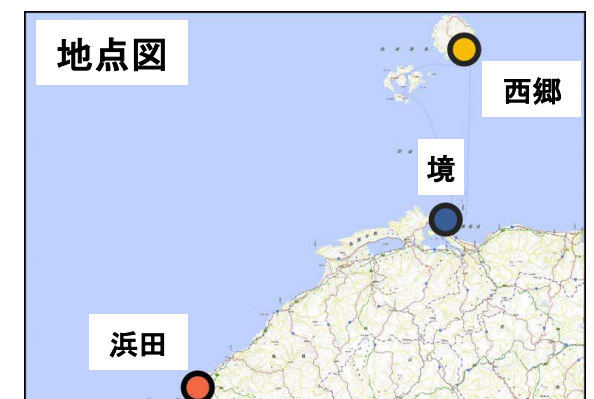


図4 潮位観測地点

(4) 高潮推算モデルの構築(再現計算)

□ 再現計算結果(最適ケースの選定)

- 各ケース、各地点について、潮位偏差のピーク値の差値(観測値と推算値)を整理(表1)。
- 各ケース、各地点について、潮位偏差の観測値と推算値の再現率を整理(表2)。
- 表1で差値の最小値が多く、表2で再現率が100%に最も近いケースが多い

C1,C2=0.7を最適ケースと設定。

(2004年台風15号については、差値(誤差)は0.1m程度あることに留意)

表1 観測値と推算値の潮位偏差のピーク値の差値(m)

C1, C2	2004年台風15号			2003年台風14号			2020年台風9号		
	浜田	西郷	境	浜田	西郷	境	浜田	西郷	境
0.60	0.14	0.03	0.14	0.11	0.19	0.20	0.29	0.06	0.17
0.65	0.07	0.07	0.14	0.02	0.26	0.14	0.24	0.13	0.07
0.70	0.04	0.14	0.10	0.06	0.34	0.10	0.17	0.18	0.03

※1 観測値と推算値の潮位偏差のピーク値の差値(絶対値)を整理

※2 2020年台風9号は参考値として掲載

※3 2004年台風15号と2003年台風14号では、差値が最小のケースにハッチを示した

表2 観測値と推算値の潮位偏差の再現率(%)

C1, C2	2004年台風15号			2003年台風14号			2020年台風9号		
	浜田	西郷	境	浜田	西郷	境	浜田	西郷	境
0.60	77.8	106.5	76.7	82.3	157.6	68.3	55.4	118.8	70.7
0.65	88.9	115.2	76.7	96.8	178.8	77.8	63.1	140.6	87.9
0.70	93.7	130.4	83.3	109.7	203.0	84.1	73.8	156.3	94.8

※1 推算値/観測値の割合を%で表示

※2 2020年台風9号は参考値として掲載

※3 2004年台風15号と2003年台風14号では、100%に最も近いケースにハッチを示した

(5) 気候変動を踏まえた潮位偏差の設定方針

□ 潮位偏差(気候変動)の設定

- 想定台風と既往最大の台風(2004年台風15号)の高潮推算を実施し、海岸毎の最大潮位偏差を算出。
- 海岸毎に、**現在と将来の潮位偏差の変化率**を算定し、グラフに整理(図2)。
- 上記で整理したグラフを基に、**現在と将来の潮位偏差の変化率**を決定。
- **既往最大の潮位偏差**に決定した**変化率**を乗じて、潮位偏差(気候変動)を設定。

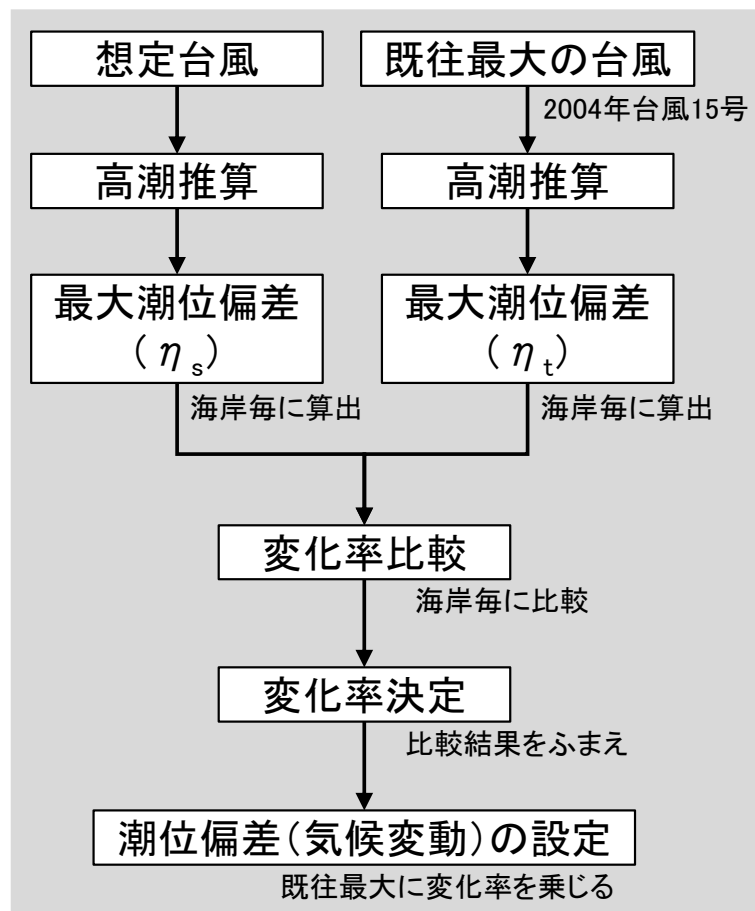


図1 潮位偏差(気候変動)の設定フロー図

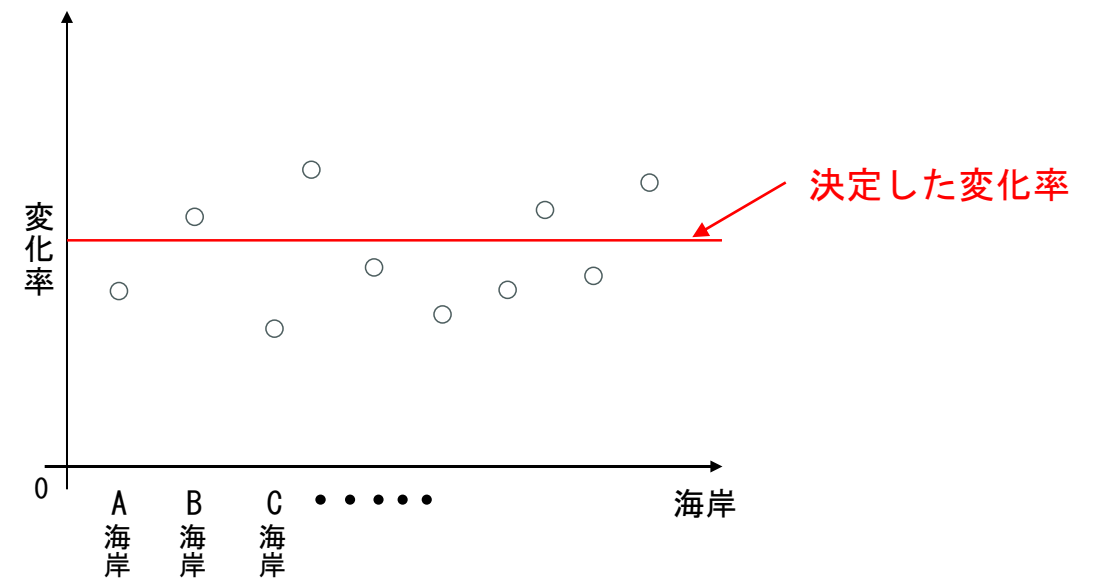


図2 潮位偏差の変化率の整理イメージ

6. 気候変動を踏まえた 波浪の検討方針

- 6. 気候変動を踏まえた波浪の検討方針
 - (1) 前回の検討事項の概要
 - (2) 高波浪の将来の変化傾向(気象要因別)
 - ① 台風による高波浪の発生数
 - ② 低気圧の中心気圧
 - (3) 高波浪の将来の変化傾向(沿岸)
 - (4) 検討の概要
 - (5) 想定台風の設定
 - (6) 波浪推算モデルの構築(再現計算)
 - (7) 気候変動を踏まえた波浪の設定方針

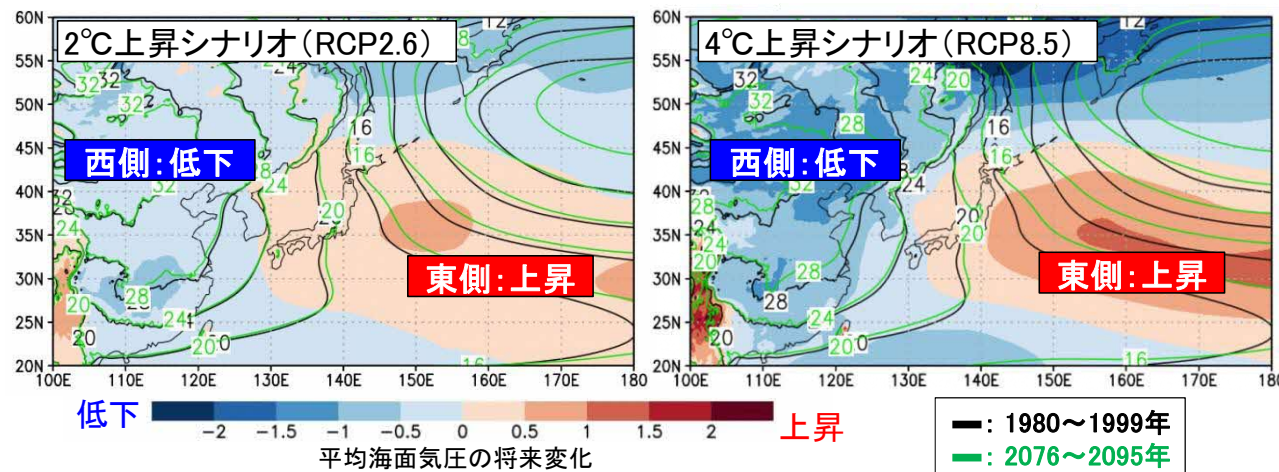
(1) 前回の検討事項の概要

□ 前回の検討事項の概要

- 第1回委員会にて、気候変動の影響を含めた設計沖波(以後、**設計沖波(気候変動)**)の予測は、**台風の強度が強まることによる設計沖波への影響**に着目することとした。

- 日本の気候変動2020では、気候変動により、日本付近の**台風の強度は強まる**、**冬季気圧配置は弱まる**ことを示唆。
- このため、**冬季気圧配置による高波浪**は、現状より**低下**すると推察。
- 一方、**台風による高波浪**は、現状より**強度が強まる**と推察。
- 設計沖波への影響の観点では、高波浪の強度が強まる台風に着目(台風による設計沖波の増大の確認が重要)。

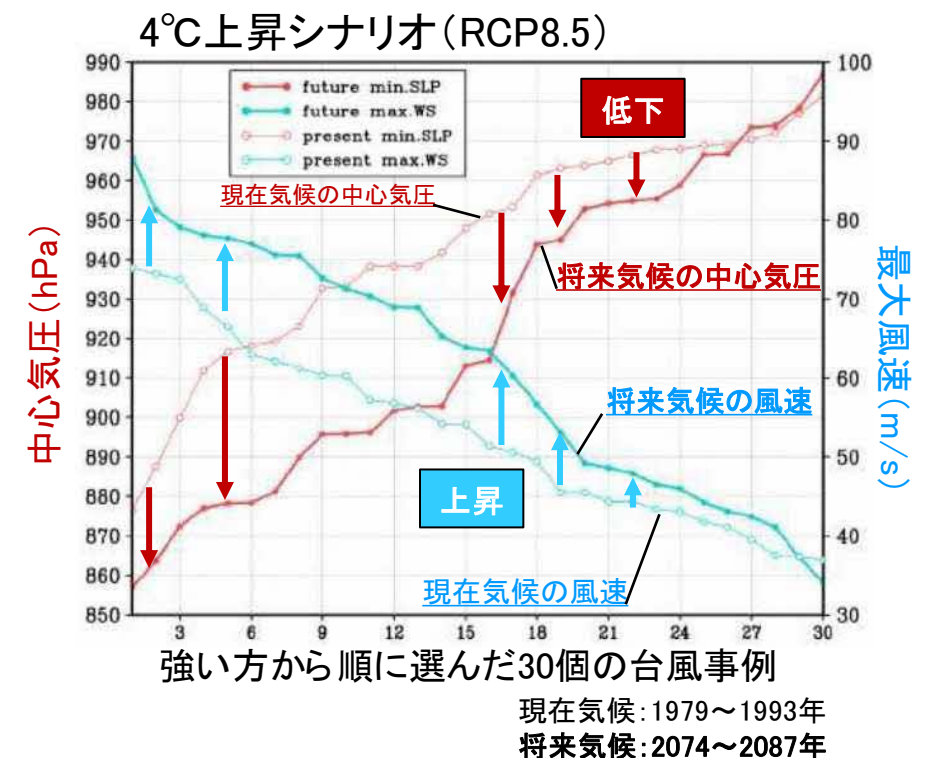
⇒委員意見を踏まえ、将来の台風の発生数、低気圧の変化傾向については、本資料にて分析を実施



出典:日本の気候変動2020

※ 第1回委員会資料より抜粋

図1 冬季(12月~2月)平均海面気圧の将来変化



出典:日本の気候変動2020に加筆

※ 第1回委員会資料より抜粋

図2 現在気候と将来気候の台風の最大強度

(1) 前回の検討事項の概要

□ 前回の検討事項の概要

- 下表より、「②想定台風(パラメトリック台風モデル)」を選定。

表1 設計沖波(気候変動)の将来予測

	①波候予測データセット	②想定台風(パラメトリック台風モデル)	③不特定多数の台風(領域気候モデル台風)	
フロー図				
概要	<ul style="list-style-type: none"> ■ 波候予測データセット※1にて現在気候と将来気候の波高を抽出 ■ 現在気候と将来気候の波高から増大率を算出 ■ 現在の設計沖波に倍率を乗じ、設計沖波(気候変動)を設定 	<ul style="list-style-type: none"> ■ d2PDF/d4PDF台風トラックデータと、波高が高まる台風経路から現在気候と将来気候の想定台風(経路,中心気圧)を設定 ■ 想定台風にて波浪推算を実施して、波高を算出 ■ 現在気候と将来気候の波高から増大率を算出 ■ 増大率を踏まえ設計沖波(気候変動)を設定(検討)※2 	<ul style="list-style-type: none"> ■ d2PDF/d4PDF台風トラックデータ(全データ)にて、現在気候と将来気候の常時波浪推算※3を実施 ■ 推算結果から、対象台風を選定(50~100ケース) ■ 選定台風にて波浪推算を実施して、波高を算出 ■ 現在気候と将来気候の波高から増大率を算出 ■ 現在の設計沖波に倍率を乗じ、設計沖波(気候変動)を設定 	
比較・評価※4	全メンバーの考慮	△(1) 考慮メンバーは限定的	○(2) 全メンバーを考慮した上で想定台風を設定	○(2) 全メンバー考慮可
	極端波浪の予測	△(1) 波候予測データセットは常時波浪を対象	○(2) 波浪推算により極端波浪を精度良く予測	○(2) 波浪推算により極端波浪を精度良く予測
	計算コスト	○(2) 計算不要(計算コストなし)	△(1) 計算ケースは10数ケースを想定(計算コスト小)	×(0) 全メンバーを対象に常時波浪推算が必要(計算コスト大)さらに、50~100ケースの高潮推算が必要(計算コスト大)
	総合評価	○(4) 4点、且つ、「×」の評価なし	◎(5) 5点	△(4) 4点、ただし「×」の評価あり

※1 京都大学防災研究所提供の「波候予測データセット 2022」を意味する。現在気候と将来気候の25年間の常時波浪推算結果を収録したデータ。

※2 波高の増大率や気候変動データ(d2PDF/d4PDF台風トラックデータ等)の整理結果を踏まえ、詳細の設定方法を整理予定。

※3 波浪推算を実施する台風を選定することを目的として、粗いメッシュにて全メンバーの波浪推算を実施することを意味する。

※4 各項目について、○を2点、△を1点、×を0点として評価。合計点と「×」の状況を踏まえ総合評価を実施。

※ 第1回委員会資料より抜粋。

(2) 高波浪の将来の変化傾向(気象要因別)

□ 気象要因毎の変化傾向

- 日本の気候変動2020等を踏まえ、高波浪の将来の変化傾向を表1に整理。
- 表1の①、②について、次頁以降にて分析。

表1 高波浪の将来の変化傾向

No.	項目	内容
1	冬型気圧配置	<p>■日本の気候変動2020では、将来、冬型気圧配置が弱まることを示唆。 ⇒冬型気圧配置による高波浪は、現状より低下すると推察。</p>
2	台風	<p>■日本の気候変動2020では、将来、日本付近の台風は強まることを示唆。 ⇒台風による高波浪は、現状より強まると推察。</p> <p>■台風による高波浪の「発生数」については、現状からの変化は不明。 ⇒①「波候予測データセット」より、現在と将来の高波浪の発生数を整理し、台風による高波浪の「発生数」の変化について確認。</p>
3	低気圧	<p>■日本の気候変動2020では、低気圧の将来変化について記載なし。</p> <p>■低気圧による高波浪の「強度」について、将来変化は不明。 ⇒②「爆弾低気圧トラックデータ」より、現在と将来の「中心気圧」の変化傾向を確認。</p>

(2) 高波浪の将来の変化傾向(気象要因別)

① 台風による高波浪の発生数

□ 検討の概要

- 台風による高波浪の発生数について、現在と将来の変化傾向を分析。
- 波候予測データセット※から、図1に示す9地点の推算結果を抽出し、現在気候、将来気候における年数回波浪の出現時期を分析。
- 年数回波浪は、海岸施設設計便覧の記載を踏まえ、年間上位5位の擾乱に着目(表2)。

※ 京都大学防災研究所提供の「波候予測データセット 2022」を意味する。
現在気候と将来気候の25年間の常時波浪推算結果を収録したデータ。

表1 波候予測データセットの概要

No.	データ	内容
1	現在気候	3メンバ、25年
2	将来気候 2°C上昇	1メンバ、25年
3	将来気候 4°C上昇	4メンバ、25年

表2 年数回波浪の選定方法

・年間上位波高5波の平均波高および平均周期

※ 海岸施設設計便覧 2000(土木学会)

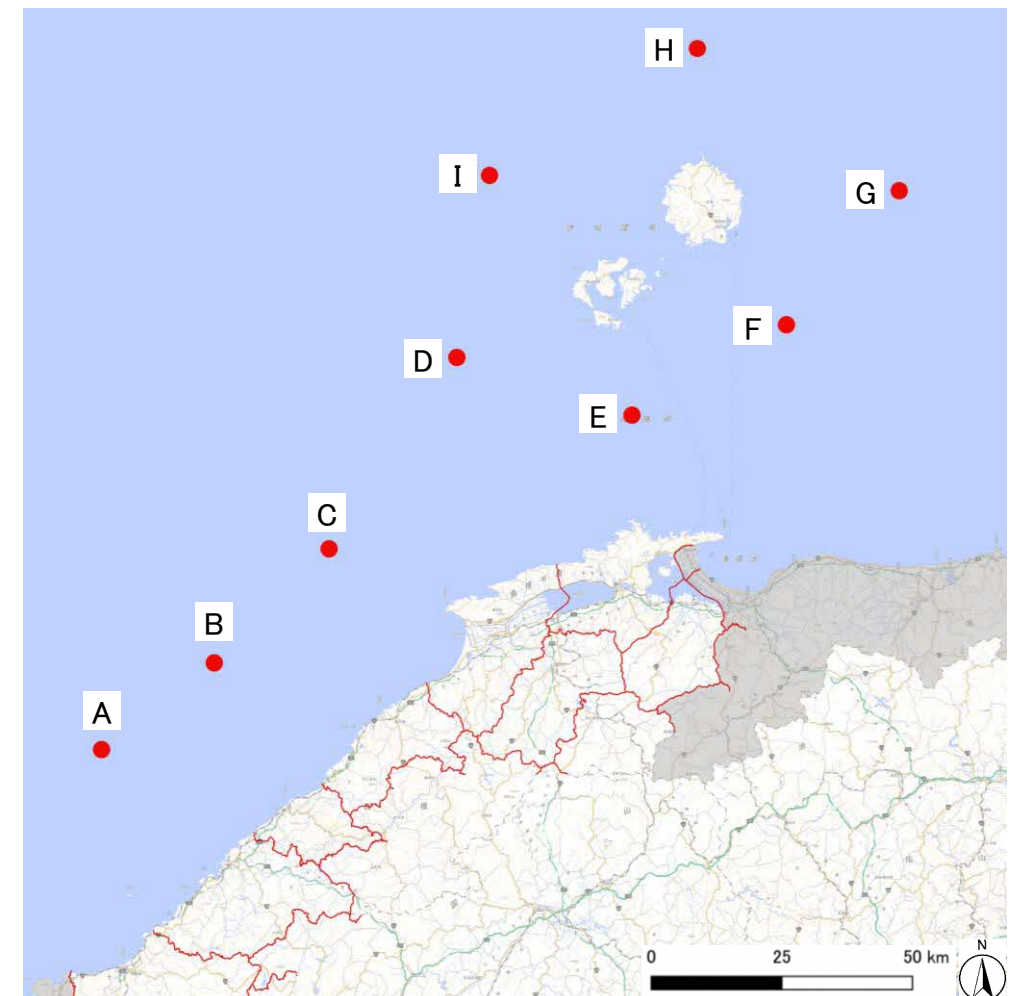


図1 抽出地点

※本資料は、検討中の内容も含まれるため、内容等は今後変更される可能性がある。

(2) 高波浪の将来の変化傾向(気象要因別)

① 台風による高波浪の発生数

□ 年数回波浪の発生月の集計

- メンバ毎に、年数回波浪の擾乱の発生月を集計(月毎の擾乱数を集計、図1)。
- さらに、シナリオ(現在、将来(2°C)、将来(4°C))毎に、擾乱数を整理(図2)。
(ただし、シナリオ毎にメンバ数が異なることに留意)

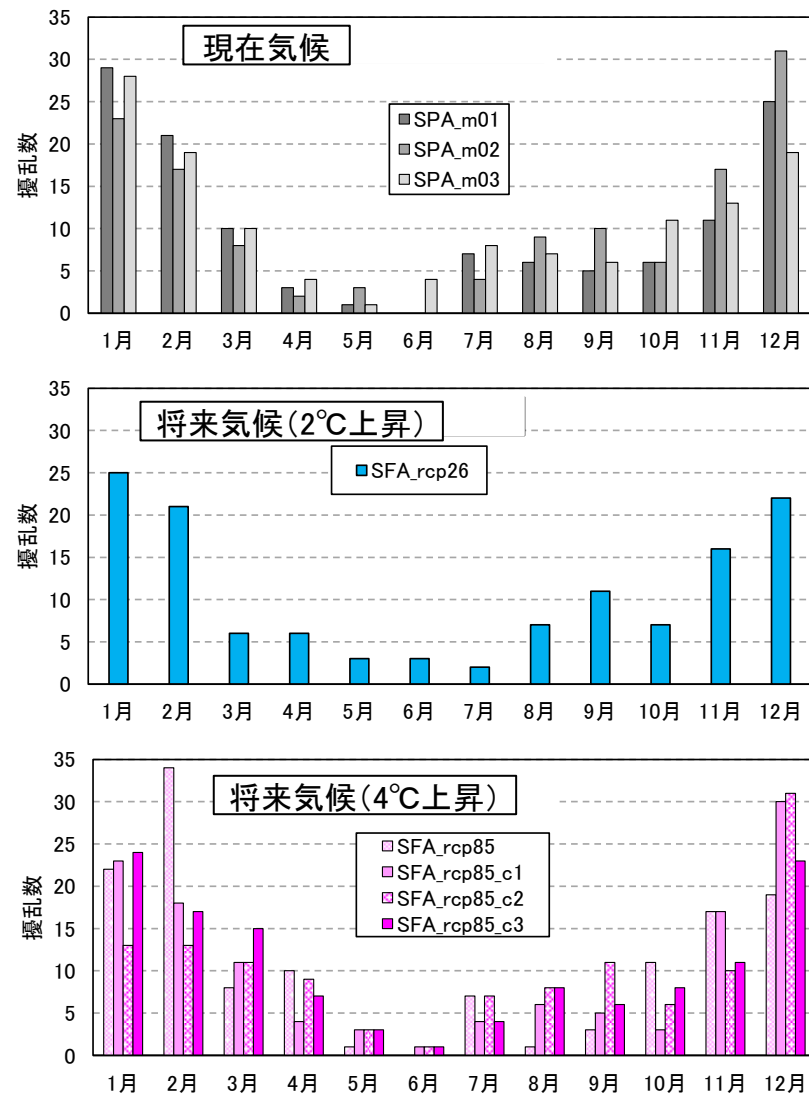
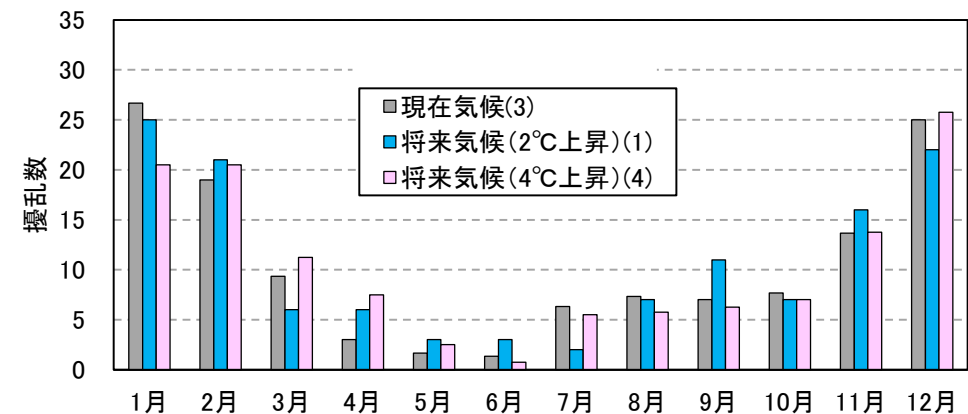


図1 年数回波浪の発生数
(地点B、メンバ毎)



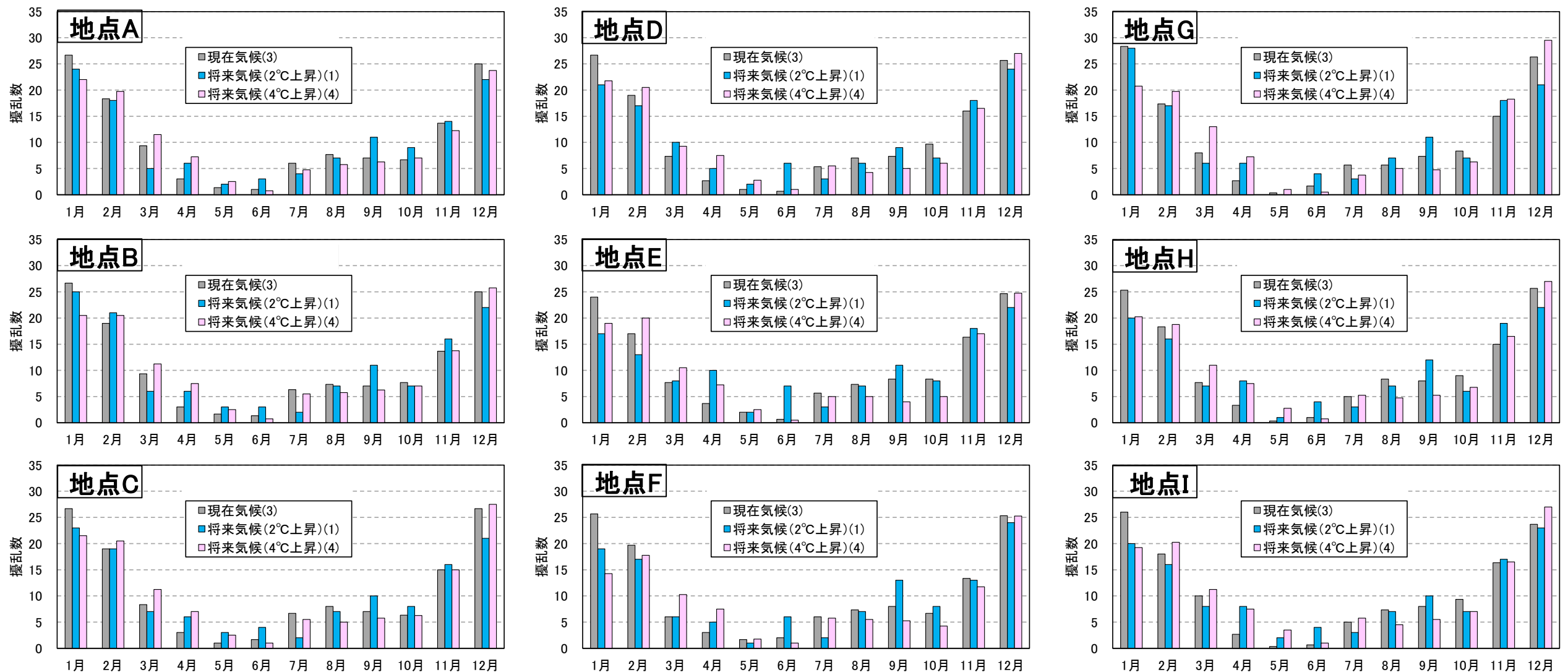
※ シナリオ毎にメンバ数が異なることに留意

図2 年数回波浪の発生数
(地点B、シナリオ毎)

① 台風による高波浪の発生数

□ 年数回波浪の発生月の集計

- 9地点について、**年数回波浪**の発生数を**シナリオ毎**に整理(図1)。
- いずれの地点、いずれのシナリオにおいても、**11~2月の擾乱数が多く**、**5~7月の擾乱数は少ない**(図1)。



※ シナリオ毎にメンバ数が異なることに留意

図1 年数回波浪の発生数(シナリオ毎)

(2) 高波浪の将来の変化傾向(気象要因別)

① 台風による高波浪の発生数

□ 年数回波浪の発生状況(台風期、冬期)

※ 浜田、鹿島、境港の3観測所

- 波浪観測所※の既往上位50位の擾乱について、発生月と気象要因を集計(図1)。
- 境港では7~10月に台風の擾乱が多い。浜田、鹿島では11~2月に擾乱が多い(図1)。
- 上記を踏まえ、9地点で台風期(7~10月)、冬期(11~2月)の擾乱数を集計(図2)。
- 台風期(7~10月)の擾乱数は、現在と将来2°Cで同程度(図2)。
⇒ 将来2°Cの高波浪(台風)の発生頻度は、現在と概ね同程度と推察。

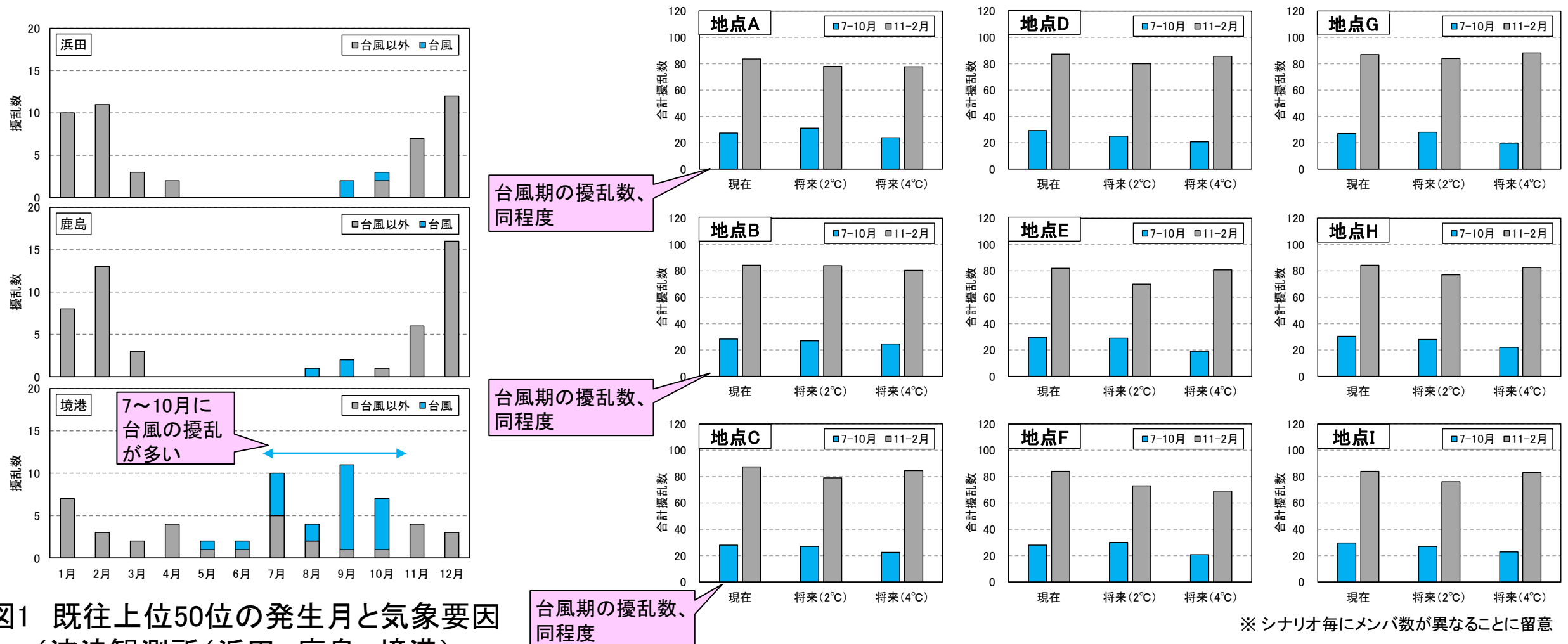


図1 既往上位50位の発生月と気象要因 (波浪観測所(浜田、鹿島、境港))

図2 年数回波浪の発生数(シナリオ毎)

※本資料は、検討中の内容も含まれるため、内容等は今後変更される可能性がある。

(2) 高波浪の将来の変化傾向(気象要因別)

② 低気圧の中心気圧

□ 検討の概要

- 低気圧の中心気圧について、現在と将来の変化傾向を分析。
- 爆弾低気圧トラックデータ※にて、島根県より北側を通過する低気圧を抽出し(図1)、現在気候、将来気候の中心気圧を分析。

※「気候予測データセット2022」にあるd4PDFから、森ら(2017)の方法を用いて抽出した爆弾低気圧のトラックデータ(爆弾低気圧の位置や中心気圧を収録)。

表1 使用した爆弾低気圧トラックデータ

No.	データ	略称
1	d4PDF(過去実験)	d4PDF(過去)
2	d4PDF(将来実験、4°C上昇)	d4PDF(将来4°C)

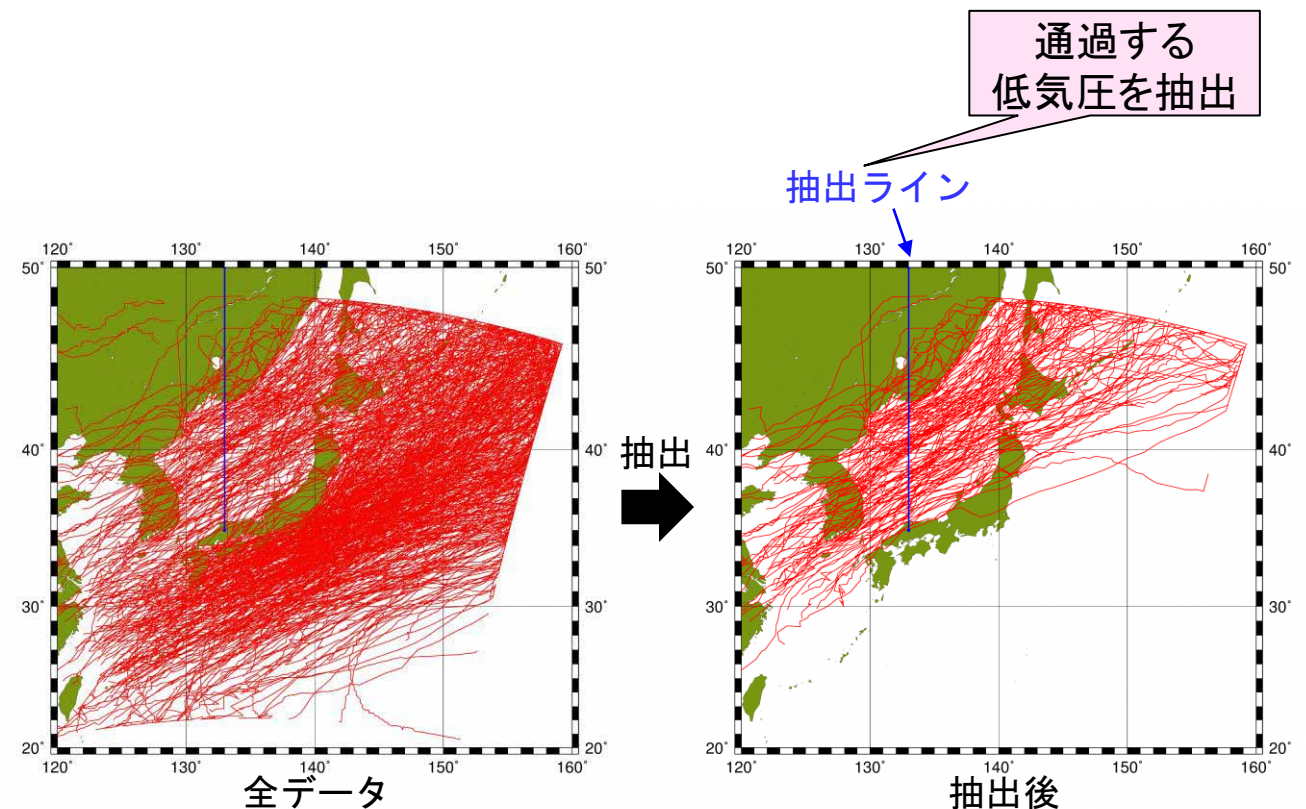


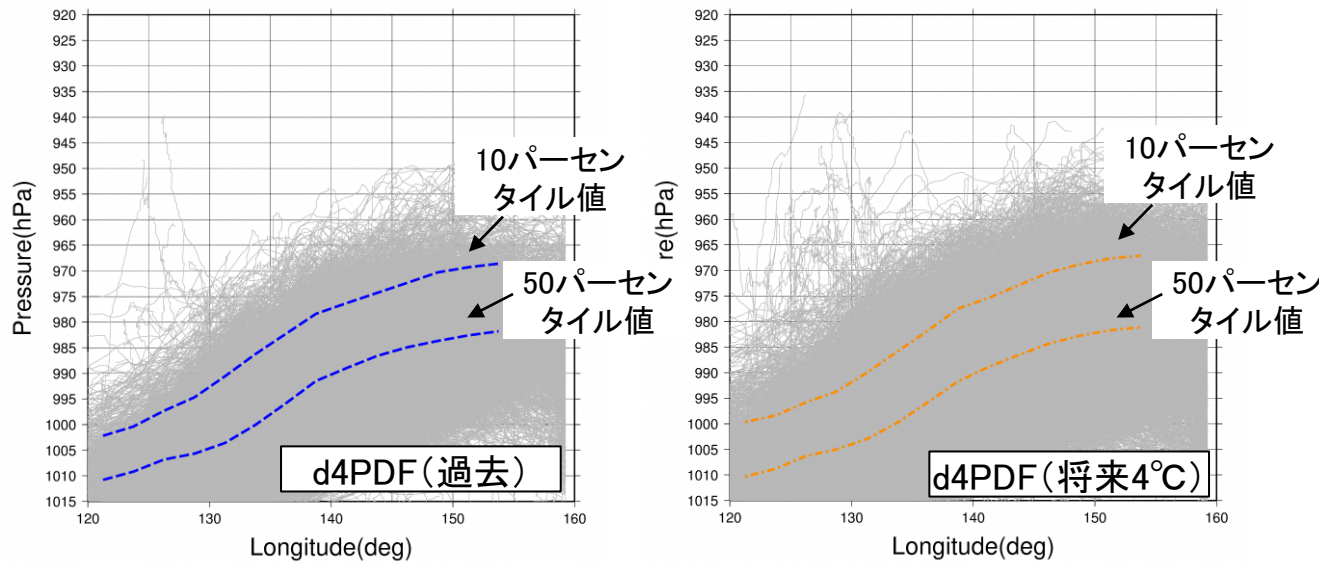
図1 台風経路の抽出状況 (d4PDF(過去)、HPB_m001)

② 低気圧の中心気圧

□ 中心気圧の変化率の算出

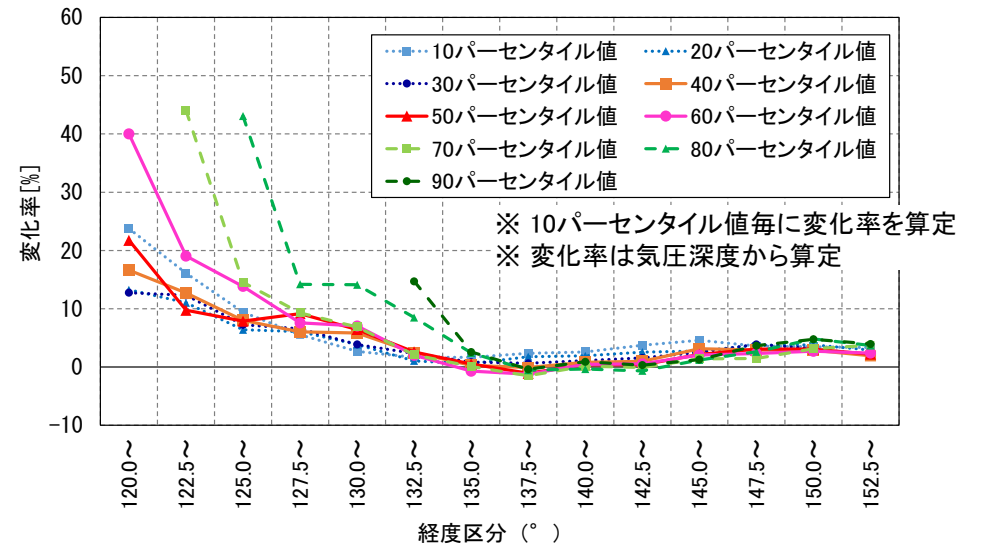
- 爆弾低気圧トラックデータから抽出した低気圧を対象に、d4PDF(過去)とd4PDF(将来4°C)の中心気圧の分布状況を整理(図1)。
- 両者の変化率※を10パーセンタイル値毎に整理(図2)。
- 10~30、10~50パーセンタイル値の
 平均値をみると、島根県的位置では微増(図3)。

※ 気圧深度(1013hPaとの差値)に対して変化率を算定



※ バイアス補正未実施
※ 参考として、10, 50パーセンタイル値を表示

図1 中心気圧の分布状況



※ 10パーセンタイル値毎に変化率を算定
※ 変化率は気圧深度から算定

図2 d4PDF(過去)とd4PDF(将来4°C)の変化率

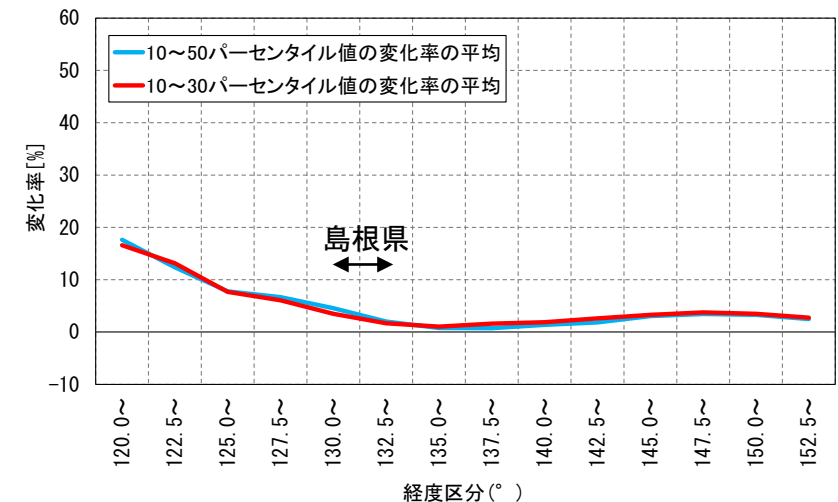


図3 中心気圧の変化率

(3) 高波浪の将来の変化傾向(沿岸)

□ 沿岸における整理方法

- 波浪観測所の擾乱の状況は、**浜田・鹿島**と**境港**で異なる(発生月や気象要因の観点で、図1)。
- そこで、**波候予測データセット**※から、図2に示す**14地点**の推算結果を抽出し、**現在気候、将来気候**における擾乱の**到達状況**を分析。
- 着目する擾乱は、前述と同様に**年数回波浪**(年間上位5位)。
- 美保湾の沿岸の到達波浪は、次頁に示す方法で算出。

※ 京都大学防災研究所提供の「波候予測データセット 2022」を意味する。現在気候と将来気候の25年間の常時波浪推算結果を収録したデータ。

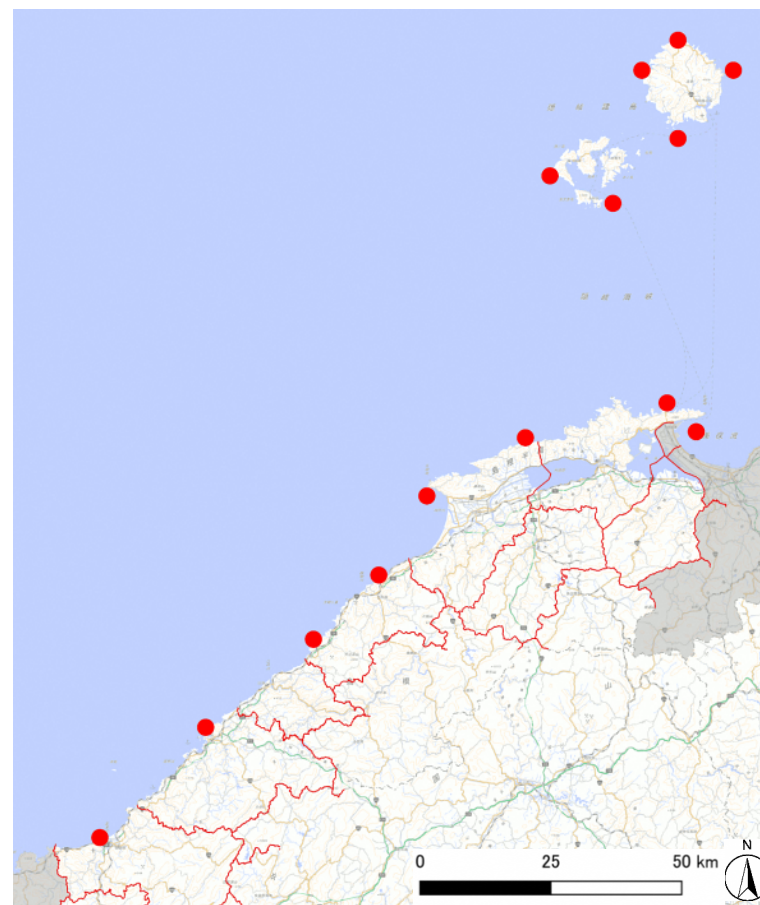
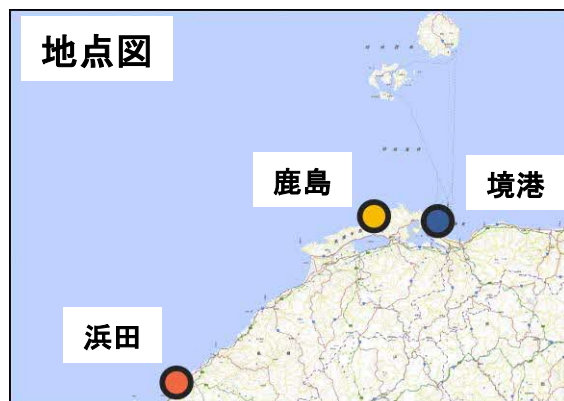
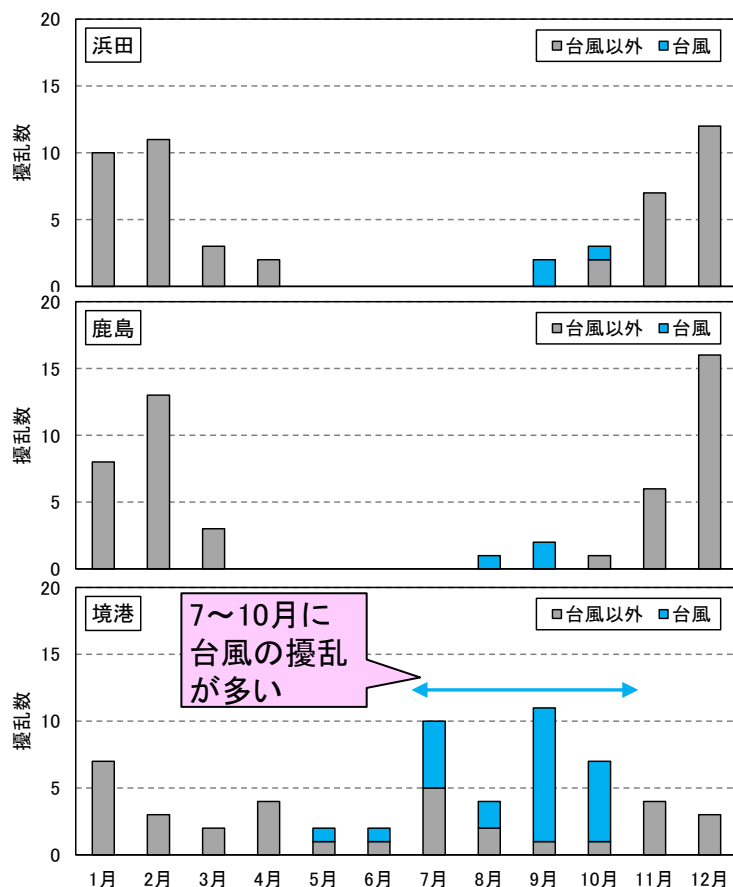


図1 既往上位50位の発生月と気象要因
(波浪観測所(浜田、鹿島、境港))

図2 抽出地点

(3) 高波浪の将来の変化傾向(沿岸)

□ 美保湾の沿岸の到達波浪の算定

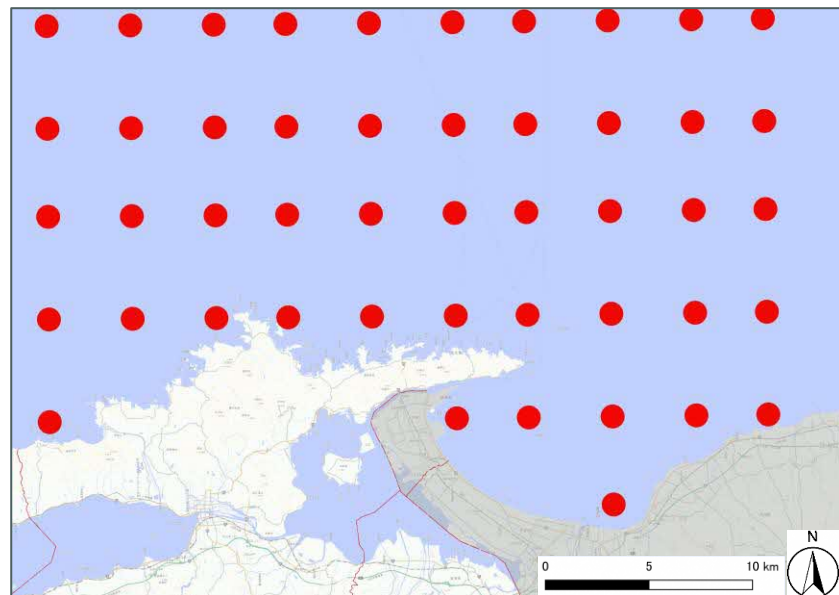
- 波候予測データセットでは、島根半島の影響が未考慮(図1)。
- そこで、表1に示す方法で、島根半島の遮蔽の効果を回折係数にて考慮。
- 回折係数は、港湾の技術基準※に掲載の回折図より算定。

※「港湾の施設の技術上の基準・同解説(平成30年5月)」を意味する

表1 美保湾の沿岸の到達波浪の算定方法

- ① 波候予測データセットから、島根半島先端のデータを抽出(図2)。
- ② 波向に応じて、「回折図※」から回折係数を算定(図2)。
- ③ ①の波高に②の回折係数を乗じた波高を美保湾の沿岸に到達した波浪とする。

※ $S_{max}=10$ の回折図を利用。波長(L)は周期6sの波長として算定。



※ ● は波候予測データセットの計算点

図1 美保湾周辺の計算点の状況
(波候予測データセット)

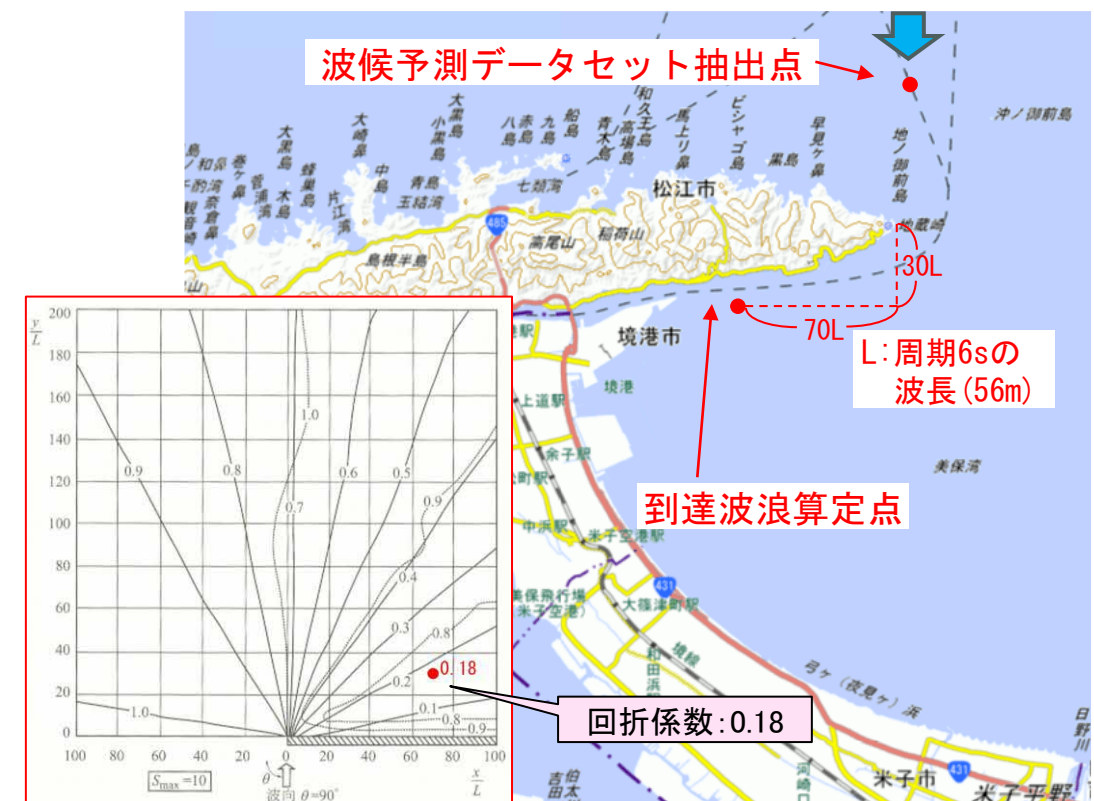


図2 回折図による到達波浪算定イメージ
(波向Nの場合を例に)

(3) 高波浪の将来の変化傾向(沿岸)

□ 沿岸の到達波浪の特性

- 美保湾の沿岸を除く島根沿岸、隠岐沿岸では、年数回波浪は**冬期**(11~2月)に多く発生(いずれのシナリオにおいても)。
- 美保湾の沿岸では、年数回波浪は**台風期**(7~10月)と**冬期**(11~2月)に同程度発生(いずれのシナリオにおいても)。
- 美保湾の沿岸は、島根半島の**遮蔽域**にあり、他の沿岸と**波浪特性が異なる**と考察。
⇒ 美保湾の沿岸と他の沿岸に分けて検討する必要がある。

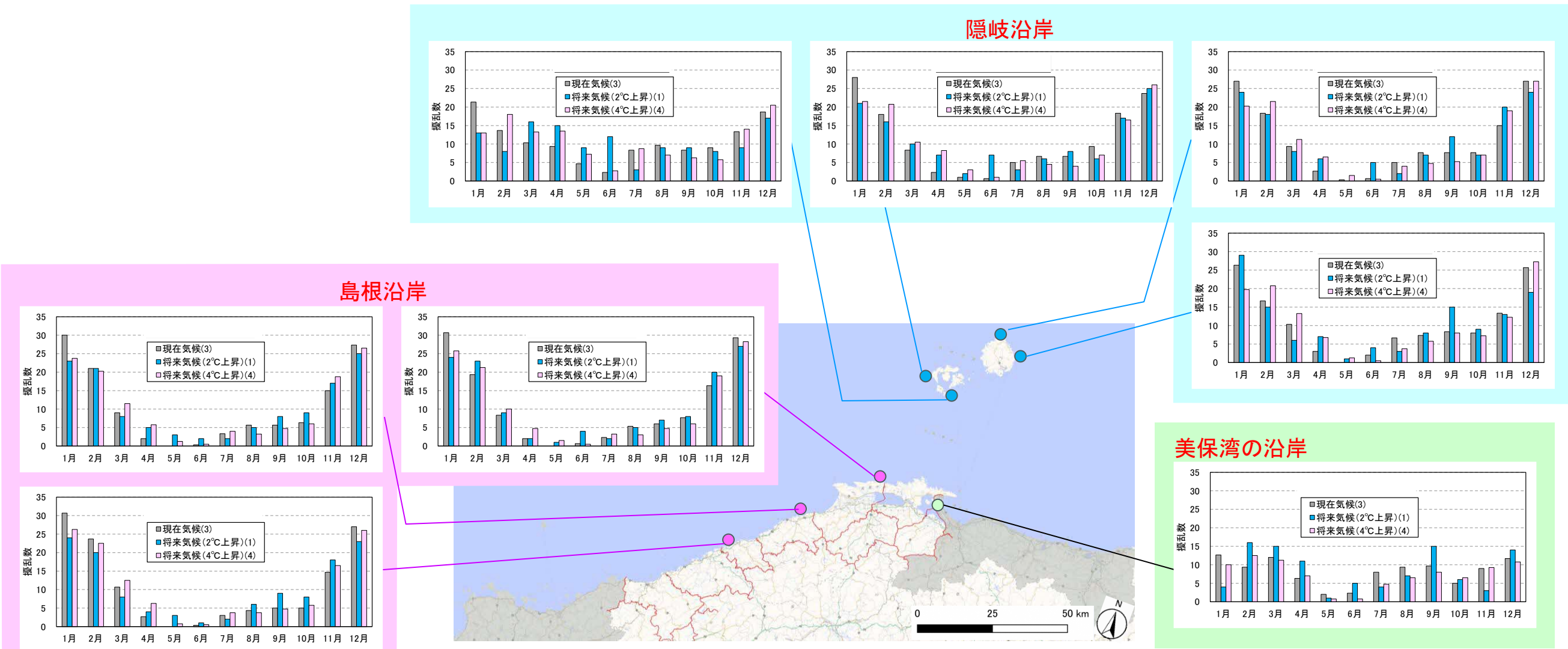


図1 沿岸における25年間の年数回波浪の発生数(シナリオ毎)

※ シナリオ毎にメンバ数が異なることに留意

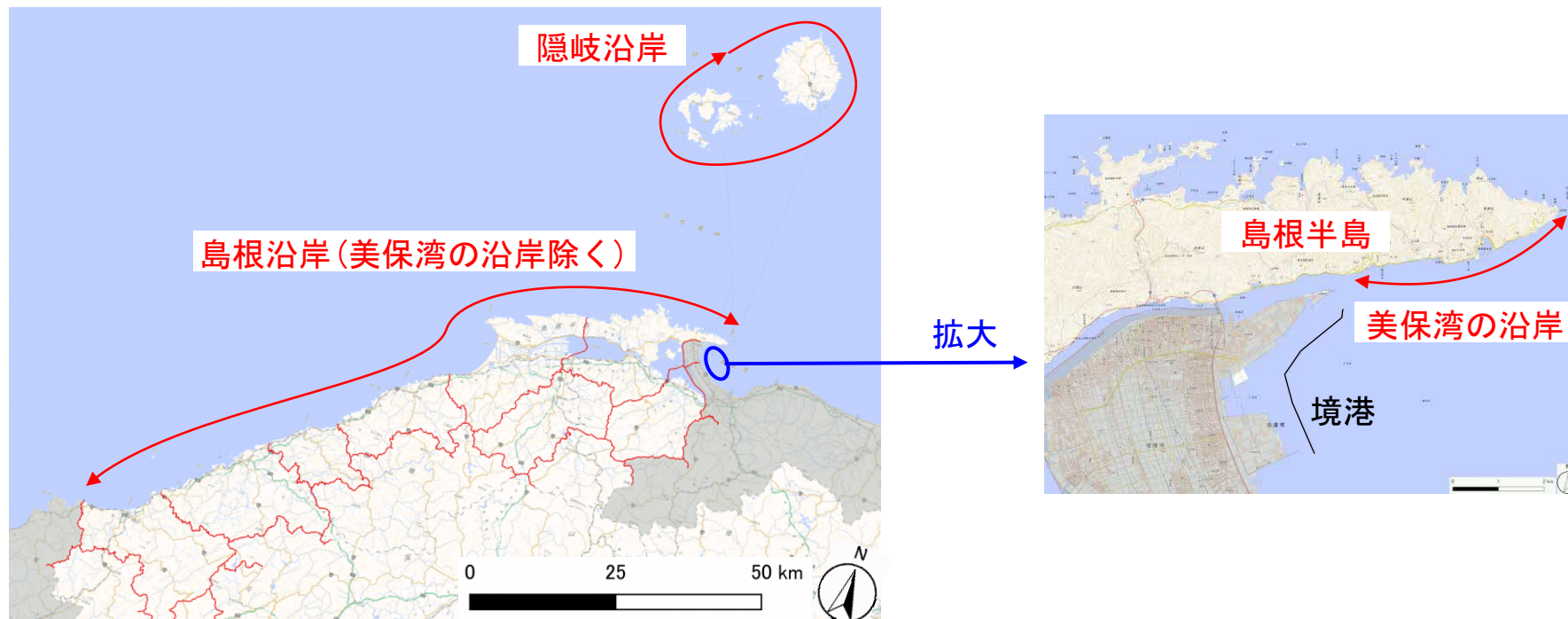
□ 検討方針の整理

- 沿岸の波浪特性を踏まえ、「全沿岸※¹」と「美保湾の沿岸」に分けて検討(表1)。
- 「全沿岸※¹」は、**想定台風**にて、**台風**の強度が**強まる**ことによる**設計沖波への影響**を検討※²。
- 「美保湾の沿岸」は、境港の検討状況も踏まえ、**設計沖波への影響**を検討予定。

※1 美保湾の沿岸を除く島根沿岸と隠岐沿岸を意味する
※2 第1回委員会で決定した内容

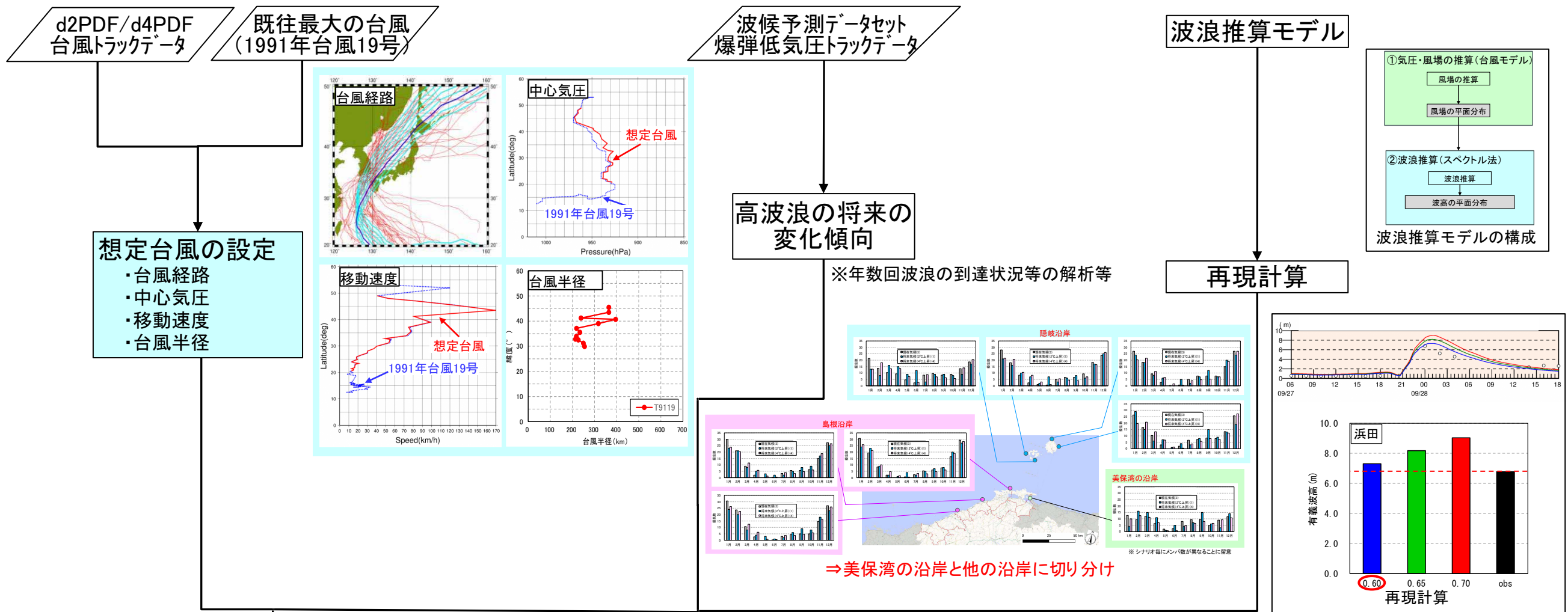
表1 検討方針の概要

沿岸	内容	検討方針
全沿岸	島根沿岸(美保湾の沿岸を除く)+隠岐沿岸	想定台風により、台風の強度が強まることによる設計沖波への影響を検討
美保湾の沿岸	島根半島先端～境港の区間の沿岸	境港の検討状況も踏まえ、設計沖波への影響を検討予定

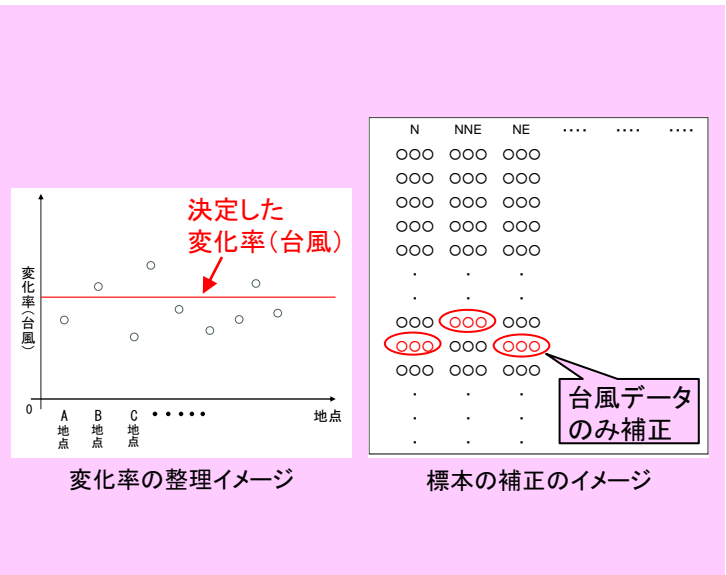
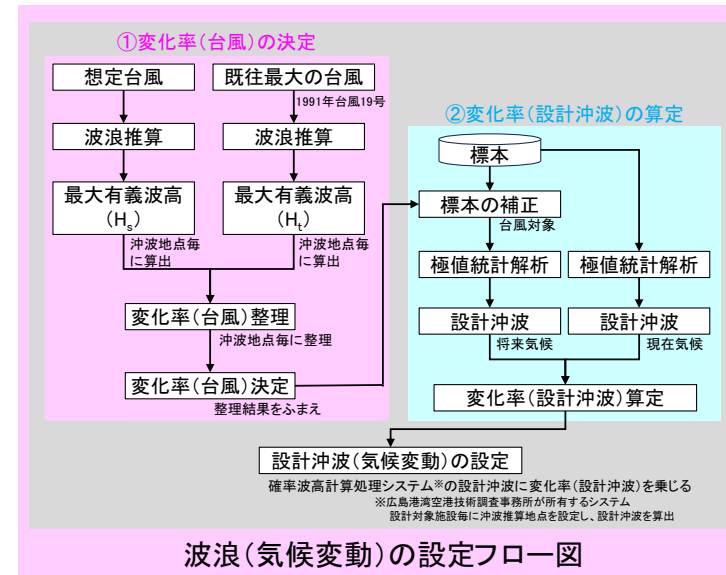


※本資料は、検討中の内容も含まれるため、内容等は今後変更される可能性がある。

□ 検討の概要



気候変動を踏まえた波浪の設定方針
設計沖波(気候変動)の設定
※第3回委員会にて実施



(5) 想定台風の設定

□ 想定台風の設定の概要

- 波高の高まった台風(実績)やd2PDF/d4PDF台風トラックデータから、想定台風を設定。
- 設定項目は、表1のとおり。

表1 想定台風で設定する項目

No.	項目	設定方法
1	台風経路	波高が高まった台風(実績)や台風トラックデータ※1から、想定台風が通過する経路を設定
2	中心気圧	既往最大の台風※2の中心気圧に変化率※3を乗じて、想定台風の中心気圧を設定
3	移動速度	既往最大の台風※2の移動速度に変化率※4を乗じて、想定台風の移動速度を設定
4	台風半径※5	既往最大の台風※2の台風半径を想定台風の台風半径に設定

※1 d2PDF/d4PDF台風トラックデータを意味する。

※2 台風起因の波浪が既往最大の1991年台風19号を意味する。

※3 「5.気候変動を踏まえた潮位偏差の検討方針」にて算出した中心気圧の過去⇒将来への変化率を意味する。

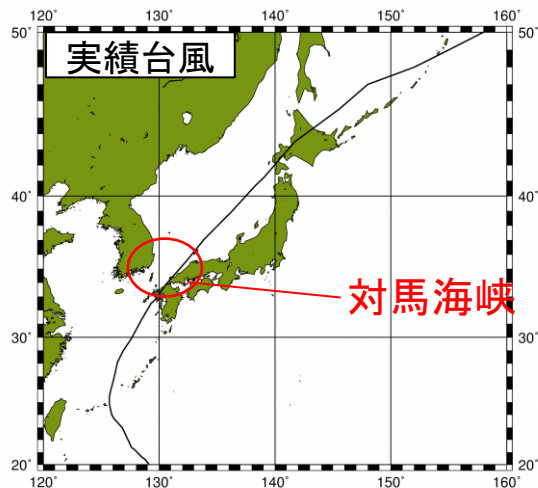
※4 「5.気候変動を踏まえた潮位偏差の検討方針」にて算出した移動速度の過去⇒将来への変化率を意味する。

※5 気圧・風場の推算(台風モデル)で使用するパラメータ。台風の中心から最大の風速が出現する地点までの距離。

(5) 想定台風の設定

□ 台風経路の設定

- 全沿岸※¹にて波浪が高まった台風※²は、対馬海峡付近を南西→北東に通過（潮位偏差と同様、表1、図1）。
- 想定台風の経路は、潮位偏差と同様の方法で設定（表2、図2）。
（台風トラックデータから抽出した経路を概ね網羅していることを確認）



※ 美保湾の沿岸を除く島根沿岸と隠岐沿岸

※¹ 美保湾の沿岸を除く島根沿岸と隠岐沿岸を意味する
 ※² 波浪観測所（浜田港、鹿島）で最大有義波高が10位以内となった台風

図1 波浪が高まった台風の経路（全沿岸※）

表2 想定台風の経路の設定方法（全沿岸※）

- ① 波浪が**既往最大**の台風（1991年台風19号）の経路を**基本経路**に設定。
- ② 基本経路を**南北に1° 平行移動**して、**合計8経路**を設定。

※ 美保湾の沿岸を除く島根沿岸と隠岐沿岸を意味する

表1 波浪観測所における最大有義波高（1位～10位）

順位	浜田港		鹿島		境港	
	波高 (m)	要因 (起日)	波高 (m)	要因 (起日)	波高 (m)	要因 (起日)
1	7.93	日本海低気圧及び冬型気圧配置 (1990/12/11)	7.82	日本海低気圧及び冬型気圧配置 (1990/12/11)	3.58	台風21号 (2017/10/23)
2	7.81	冬型気圧配置 (1987/02/03)	6.60	二つ玉低気圧及び冬型気圧配置 (1990/12/27)	3.37	台風19号 (2019/10/12)
3	7.51	冬型気圧配置 (1976/02/05)	6.42	冬型気圧配置 (1987/02/03)	3.28	台風18号 (2009/10/07)
4	6.78	台風19号 (1991/09/28)	6.4	冬型気圧配置 (1999/02/03)	3.22	台風23号 (2004/10/21)
5	6.77	低気圧 (1980/12/24)	6.2	冬型気圧配置 (1995/11/08)	3.19	低気圧 (2020/01/27)
6	6.66	低気圧 (1982/04/09)	6.11	二つ玉低気圧及び冬型気圧配置 (1991/12/28)	3.08	南岸低気圧 (1998/01/15)
7	6.60	冬型気圧配置 (2000/02/09)	6.08	日本海低気圧及び冬型気圧配置 (1989/11/01)	2.96	台風6号 (2011/07/19)
8	6.53	冬型気圧配置 (2003/01/29)	5.94	冬型気圧配置 (1998/02/09)	2.72	台風16号 (2016/09/20)
9	6.47	二つ玉低気圧及び冬型気圧配置 (1991/02/16)	5.92	冬型気圧配置 (1993/12/23)	2.57	台風4号 (2003/05/31)
10	6.31	冬型気圧配置 (1981/12/02)	5.91	冬型気圧配置 (1995/12/24)	2.50	低気圧 (2020/04/13)

※ 第1回委員会資料より抜粋。台風を赤字で記載。

美保湾の沿岸

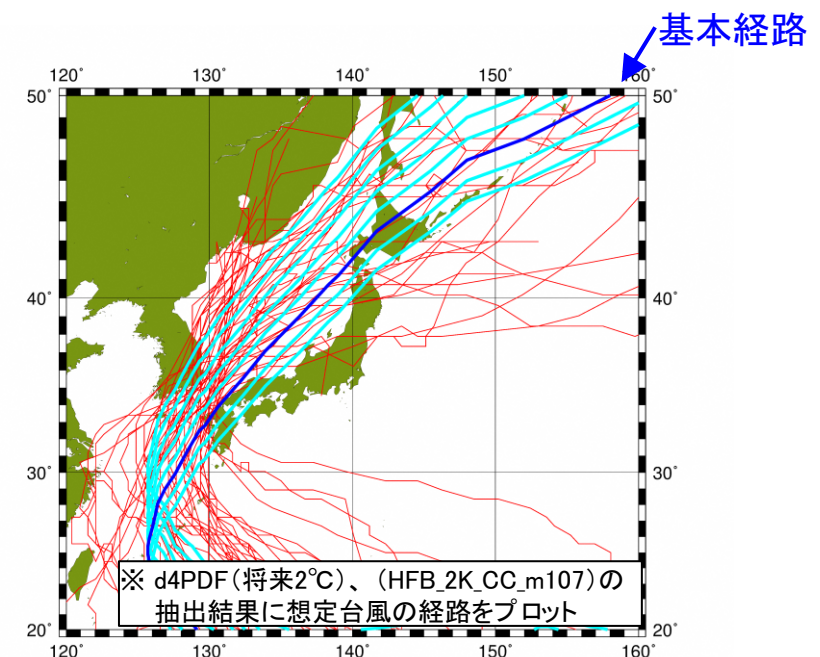


図2 台風経路の設定結果

※本資料は、検討中の内容も含まれるため、内容等は今後変更される可能性がある。

□ 中心気圧の設定

- 想定台風の中心気圧は、波浪が既往最大の台風(1991年台風19号)の中心気圧に変化率※を乗じた値を設定(図1)。

※「5.気候変動を踏まえた潮位偏差の検討方針」にて算出した変化率

※ 10~30パーセンタイル値の変化率の平均値を乗じた場合

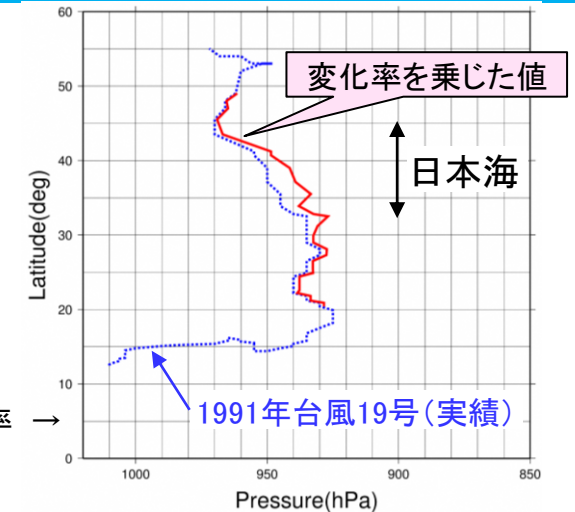


図1 想定台風の中心気圧

□ 移動速度の設定

- 想定台風の移動速度は、波浪が既往最大の台風(1991年台風19号)の移動速度に変化率※を乗じた値を設定(図2)。

※「5.気候変動を踏まえた潮位偏差の検討方針」にて算出した変化率

※ 10~30パーセンタイル値の変化率の平均値を乗じた場合

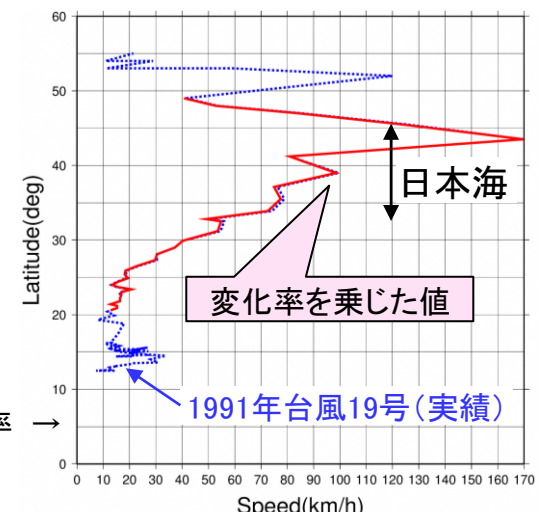


図2 想定台風の移動速度

□ 台風半径

- 想定台風の台風半径は、波浪が既往最大の台風(1991年台風19号)の台風半径を設定(図3)。

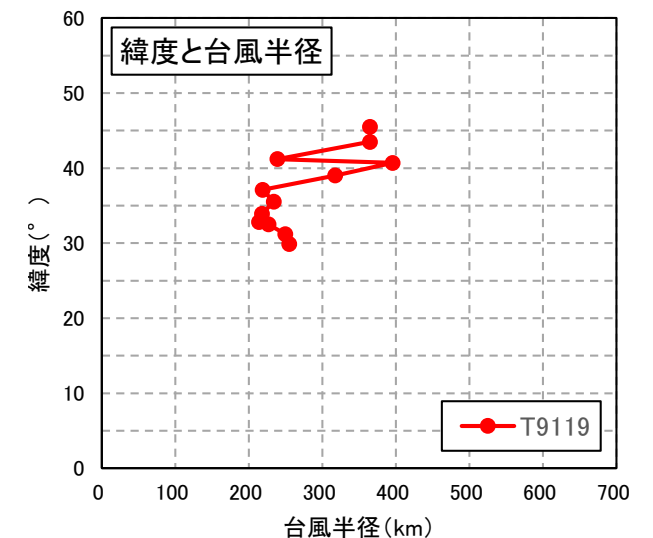


図3 想定台風の台風半径

(5) 想定台風の設定

□ 想定台風の設定結果

- 想定台風の設定結果は、表1のとおり。

表1 想定台風の設定結果

No.	項目	設定方法
①	台風経路	① 波高の高まった台風(実績)の経路を整理(美保湾の沿岸を除く) ② 台風トラックデータ※1から①に該当する台風を抽出・整理 ③ 想定台風の経路は、 既往最大の台風 ※2の経路を基に 合計8経路 設定 ④ ③の経路が②で抽出した経路を網羅していることを確認
②	中心気圧	① 台風トラックデータ※1から、「台風経路」の②で抽出した台風を対象に、過去実験と将来実験の中心気圧※3を整理 ② ①の整理結果から、 過去⇒将来 への 変化率 を算定 ③ 既往最大の台風 ※2の中心気圧に②の 変化率 を乗じて設定
③	移動速度	① 台風トラックデータ※1から、「台風経路」の②で抽出した台風を対象に、過去実験と将来実験の移動速度を整理 ② ①の整理結果から、 過去⇒将来 への 変化率 を算定 ③ 既往最大の台風 ※2の移動速度に②の 変化率 を乗じて設定
④	台風半径※4	① 既往最大の台風 ※2の台風半径を想定台風の台風半径に設定

※1 d2PDF/d4PDF台風トラックデータを意味する。

※2 台風起因の波浪が既往最大の1991年台風19号を意味する。

※3 バイアス補正済みの中心気圧を利用。

※4 気圧・風場の推算(台風モデル)で使用するパラメータ。
台風の中心から最大の風速が出現する地点までの距離。

(6) 波浪推算モデルの構築(再現計算)

□ 波浪推算モデルの概要

- 「高潮浸水想定区域図作成の手引 Ver.2.11 (R5.4)」を参考に、波浪推算モデルを構築。
- 構築した波浪推算モデルは、①風場の推算、②波浪推算の各計算結果を連結させたモデル(図1)。
- ①風場の推算は「台風モデル」、②波浪推算は「スペクトル法(第3世代波浪推算モデル※)」にて推算。
※ WAVE WATCH III, version 4.18を利用
- 台風モデルのパラメータ(C1,C2の値)を3ケース設定し、再現計算にて再現性の高い値を採用。

追記: 高潮浸水想定区域図作成の手引(Ver.2.11)によれば、C1,C2は一般に0.6~0.7が用いられる。

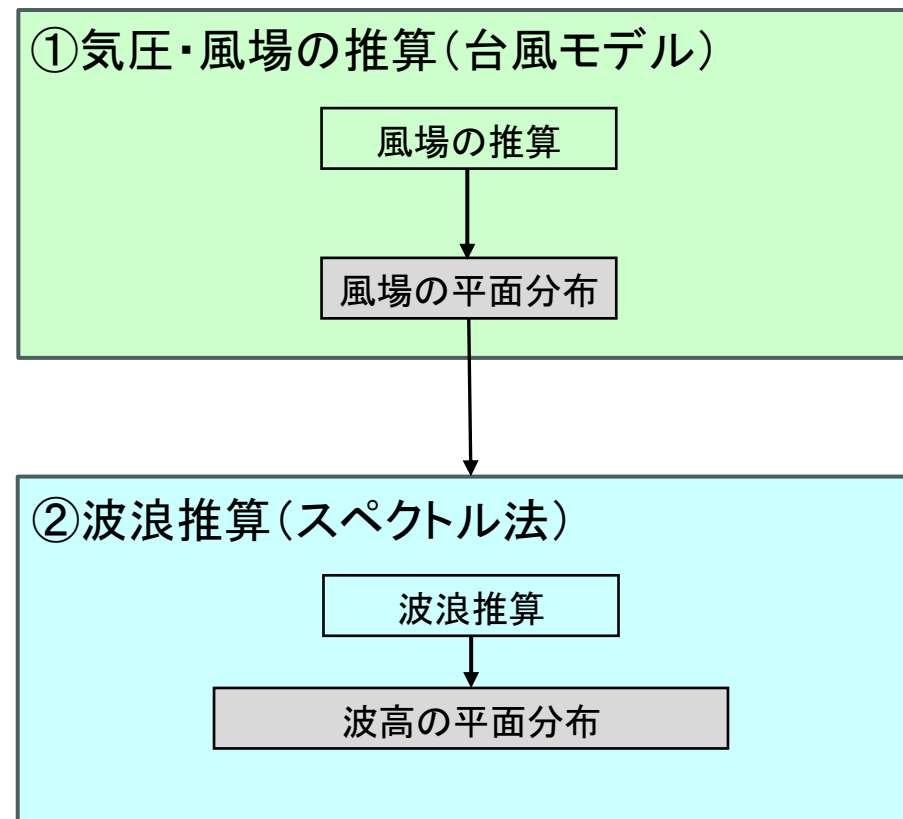


図1 波浪推算モデルの構成

□ 検証台風の選定

- 検証台風は、全沿岸※の波浪観測所(表1の浜田港、鹿島)の最大有義波高を踏まえ、表2の**台風**を選定。

※ 美保湾の沿岸を除く島根沿岸と隠岐沿岸を意味する

表2 選定した検証台風

No.	台風	備考
1	1991年台風19号	浜田港:4位 台風起因では既往最大

表1 波浪観測所における最大有義波高(1位~10位)

順位	浜田港		鹿島		境港	
	波高(m)	要因(起日)	波高(m)	要因(起日)	波高(m)	要因(起日)
1	7.93	日本海低気圧及び冬型気圧配置(1990/12/11)	7.82	日本海低気圧及び冬型気圧配置(1990/12/11)	3.58	台風21号(2017/10/23)
2	7.81	冬型気圧配置(1987/02/03)	6.60	二つ玉低気圧及び冬型気圧配置(1990/12/27)	3.37	台風19号(2019/10/12)
3	7.51	冬型気圧配置(1976/02/05)	6.42	冬型気圧配置(1987/02/03)	3.28	台風18号(2009/10/07)
4	6.78	台風19号(1991/09/28)	6.4	冬型気圧配置(1999/02/03)	3.22	台風23号(2004/10/21)
5	6.77	低気圧(1980/12/24)	6.2	冬型気圧配置(1995/11/08)	3.19	低気圧(2020/01/27)
6	6.66	低気圧(1982/04/09)	6.11	二つ玉低気圧及び冬型気圧配置(1991/12/28)	3.08	南岸低気圧(1998/01/15)
7	6.60	冬型気圧配置(2000/02/09)	6.08	日本海低気圧及び冬型気圧配置(1989/11/01)	2.96	台風6号(2011/07/19)
8	6.53	冬型気圧配置(2003/01/29)	5.94	冬型気圧配置(1998/02/09)	2.72	台風16号(2016/09/20)
9	6.47	二つ玉低気圧及び冬型気圧配置(1991/02/16)	5.92	冬型気圧配置(1993/12/23)	2.57	台風4号(2003/05/31)
10	6.31	冬型気圧配置(1981/12/02)	5.91	冬型気圧配置(1995/12/24)	2.50	低気圧(2020/04/13)

※ 第1回委員会資料より抜粋

美保湾の沿岸

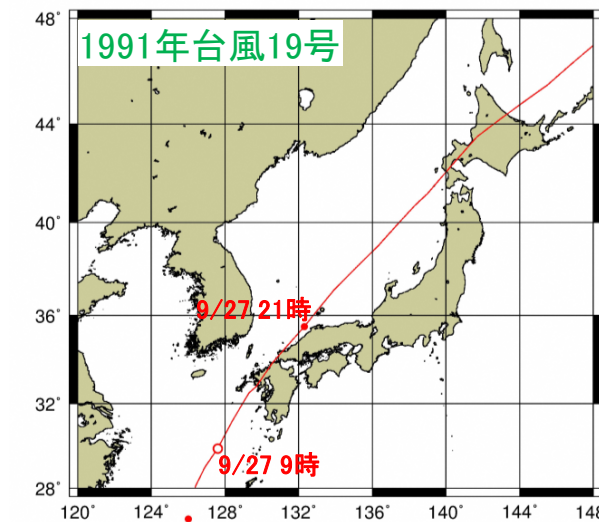


図1 検証台風の経路図

□ 計算条件

表1 計算条件

項目		計算条件
解析格子サイズ		21,870m→7,290m→2,430m→810m※
対象台風		①T9119
気圧・ 風場 推算	モデル	台風モデル(Myersの式、傾度風の式)
	計算条件	風速変換係数C1,C2: =0.6、0.65、0.7にて再現計算を行い 再現性の高い値を選定 傾度風の風向:30° 台風半径:潮位偏差と同様の方法で設定(図2)
波浪 推算	モデル	第三世代波浪推算モデル: WAVE WATCH III, version 4.18
	計算条件	[風から波へのエネルギー輸送項] [砕波・海底摩擦によるエネルギー消散項] ・ST6...Donelan et al. (2006), Babanin (2011), Rogers et al. (2012),Zieger et al. (2015)

※ 波浪観測所(浜田、鹿島、境)の周辺のみ270m格子の領域を設定

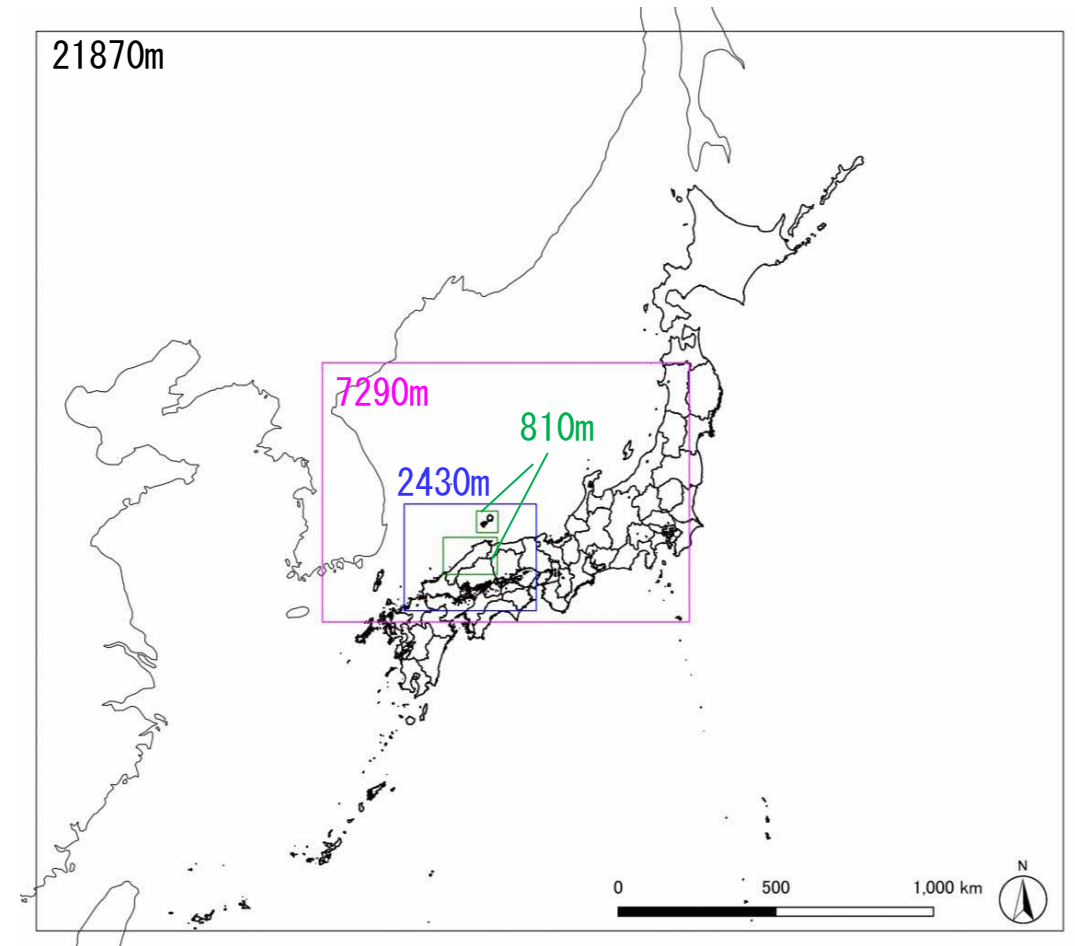


図1 計算領域図

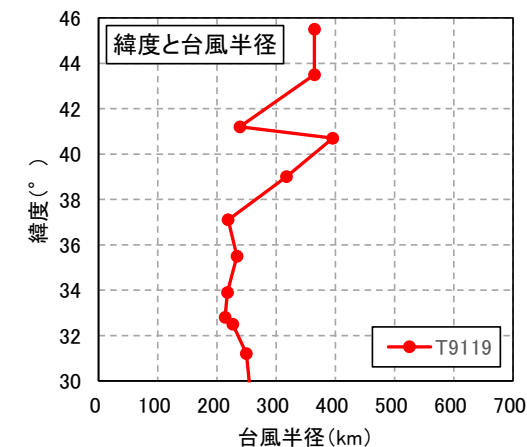


図2 緯度と台風半径

※本資料は、検討中の内容も含まれるため、内容等は今後変更される可能性がある。

□ 再現計算結果 (1991年台風19号)

- C1,C2=0.6,0.65,0.7の3ケースで再現計算を実施。観測値と推算値の波高を比較(図1)。
 - 波高の変化傾向は、浜田、鹿島において両者で似通っている(図1)。
 - C1,C2=0.6のピーク値は、浜田、鹿島で概ね同等(図2)。
- (沖波地点毎の最大有義波高を用いて検討する予定のため、再現性ではピーク値に着目)

追記: 高潮浸水想定区域図作成の手引(Ver.2.11)によれば、C1,C2は一般に0.6~0.7が用いられる。

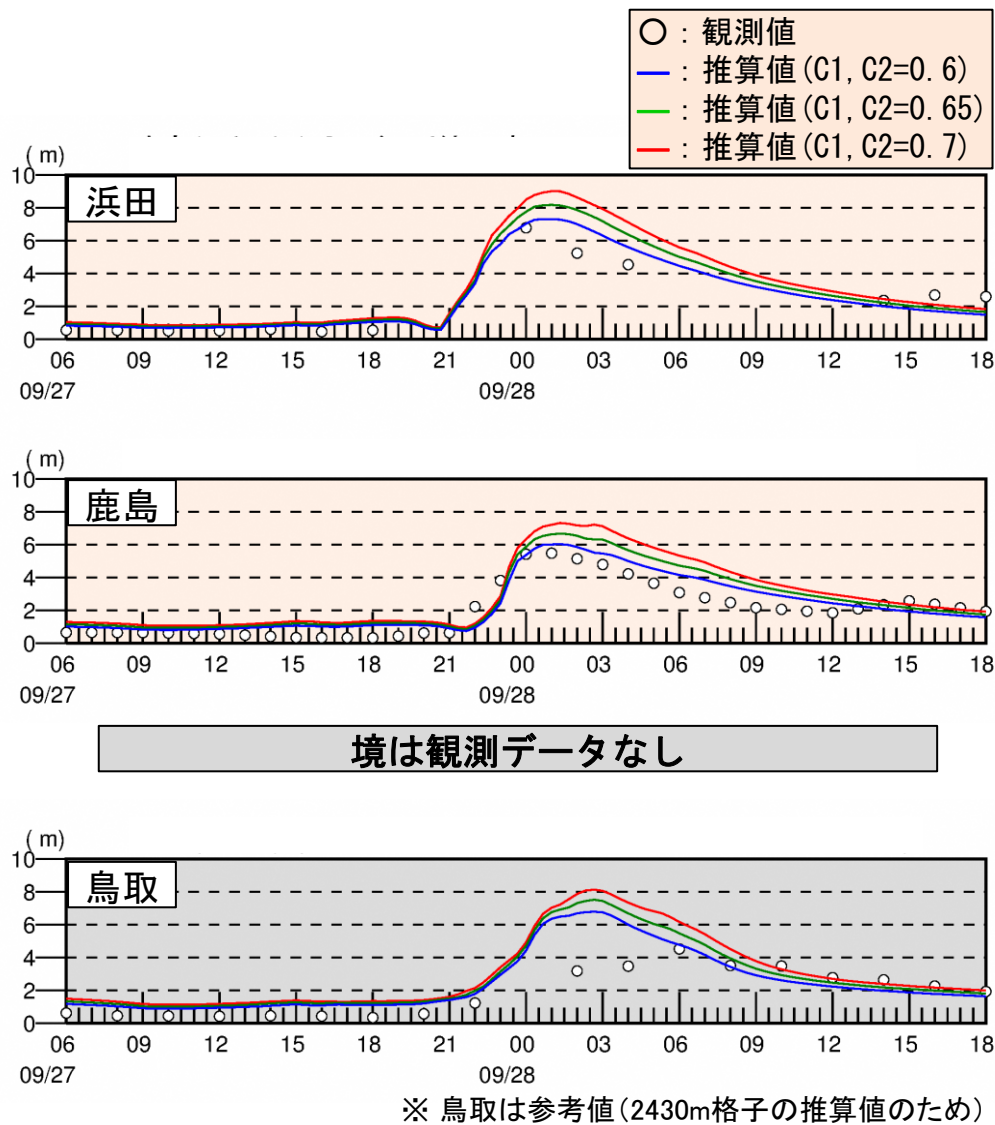


図1 波高の時系列 (再現計算結果)
(1991年台風19号)

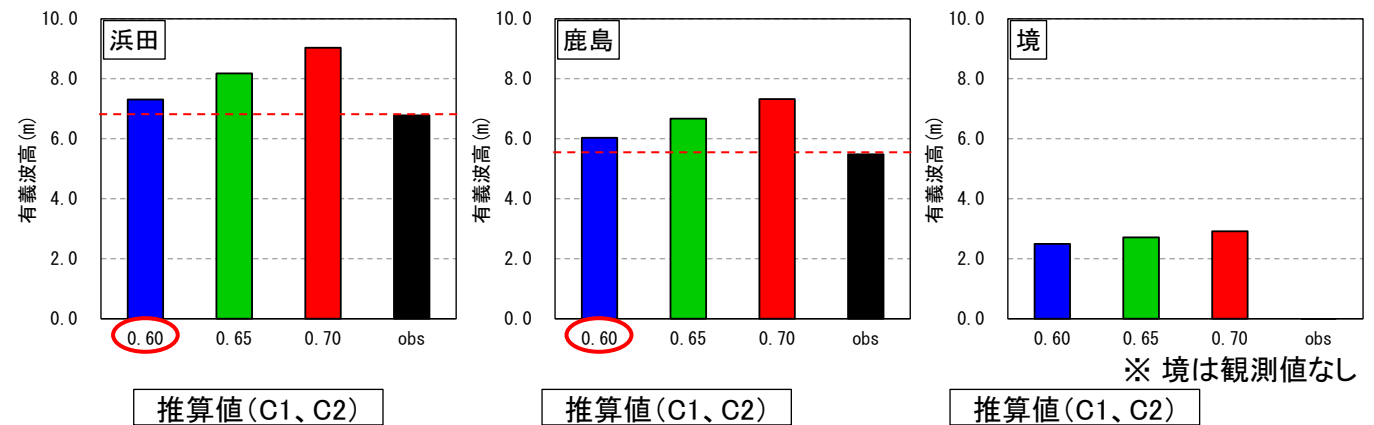


図2 有義波高のピーク値の比較
(1991年台風19号)

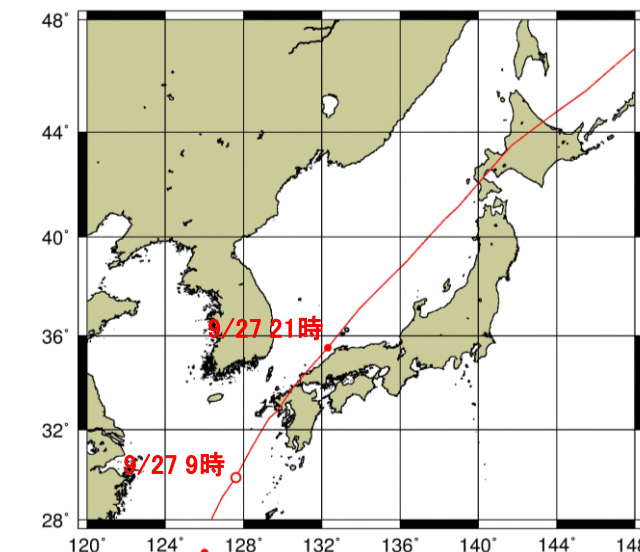


図3 台風経路図
(1991年台風19号)



図4 波浪観測地点

(6) 波浪推算モデルの構築(再現計算)

□ 再現計算結果(最適ケースの選定)

- 各ケース、各地点について、波高のピーク値の差値(観測値と推算値)を整理(表1)。
- 各ケース、各地点について、波高の観測値と推算値の再現率を整理(表2)。
- 表1で差値の最小値が多く、表2で再現率が100%に最も近いケースが多い
C1,C2=0.6を最適ケースと設定。
 (1991年台風19号については、差値(誤差)は0.5m程度あることに留意)

表1 観測値と推算値の波高のピーク値の差値(m)

C1, C2	T9119		
	浜田	鹿島	境
0.60	0.53	0.55	-
0.65	1.40	1.19	-
0.70	2.25	1.84	-

※1 観測値と推算値の波高のピーク値の差値(絶対値)を整理

※2 境は観測値がないため算定していない

※3 差値が最小のケースにハッチを示した

表2 観測値と推算値の波高の再現率(%)

C1, C2	T9119		
	浜田	鹿島	境
0.60	107.82	110.04	-
0.65	120.65	121.72	-
0.70	133.19	133.58	-

※1 推算値/観測値の割合を%で表示

※2 境は観測値がないため算定していない

※3 再現率が100%に最も近いケースにハッチを示した

(7) 気候変動を踏まえた波浪の設定方針

□ 波浪(気候変動)の設定

- 波浪(気候変動)は、「①変化率(台風)の決定」を行い、その結果を「②変化率(設計沖波)の算定」に反映させたうえで設定(図1)。

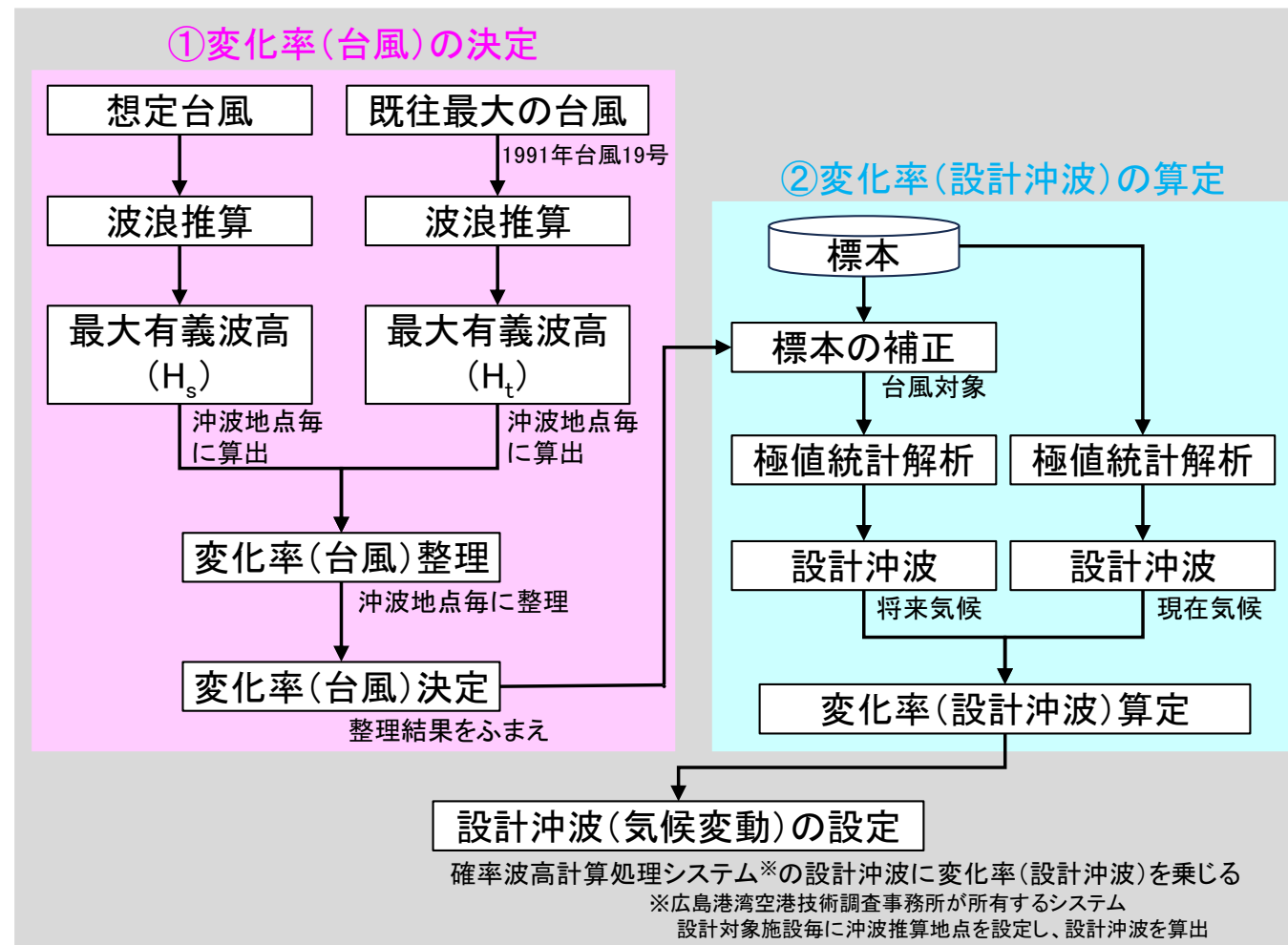


図1 波浪(気候変動)の設定フロー図

□ 変化率(台風)の決定

- 想定台風と既往最大※の台風の波浪推算を実施し、**沖波9地点の最大有義波高**を算出。
- 沖波地点毎に、**現在と将来の波高の変化率(台風)**を算定し、グラフに整理(図3)。
- 上記で整理したグラフを基に、**現在と将来の波高の変化率(台風)**を決定。

※ 1991年台風19号を意味する

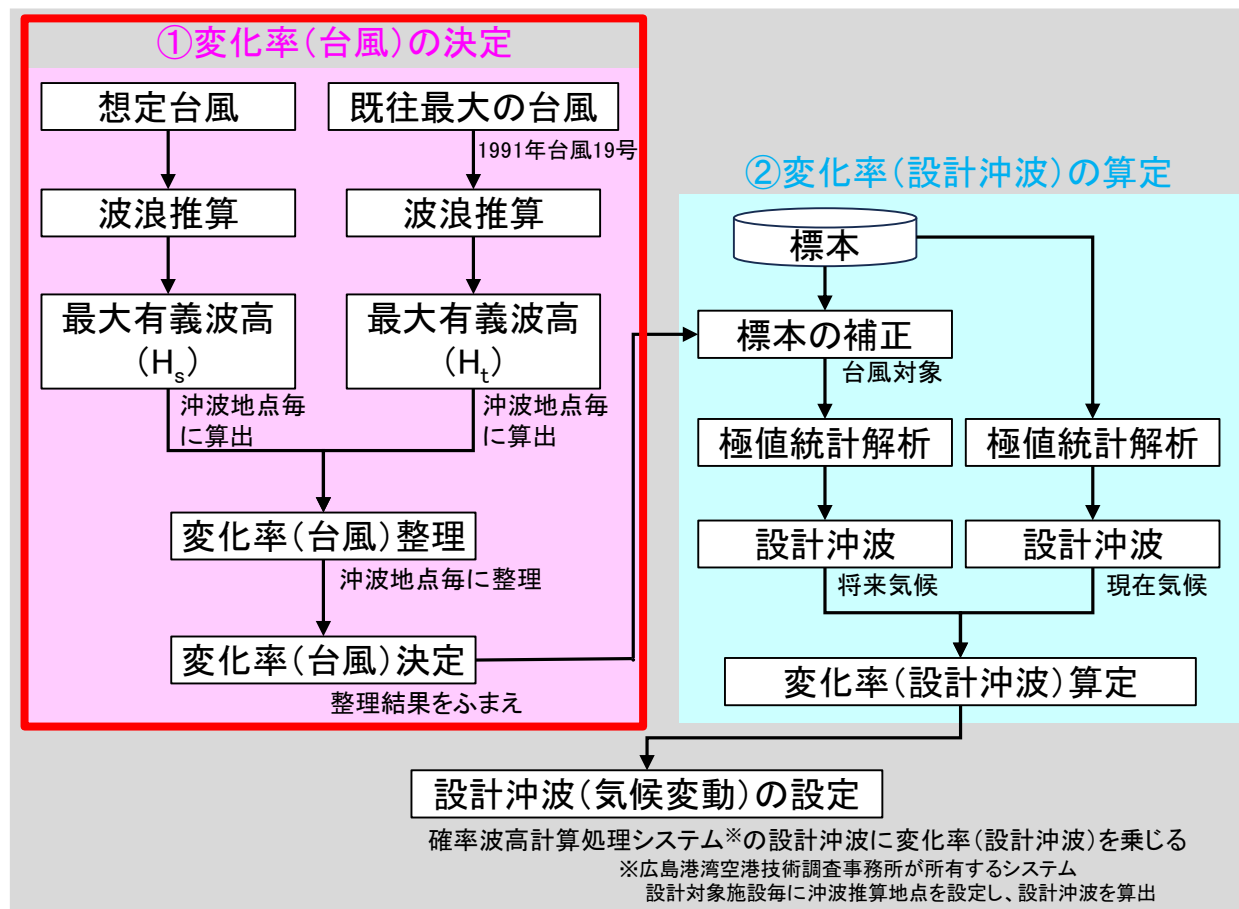


図1 波浪(気候変動)の設定フロー図



図2 沖波9地点

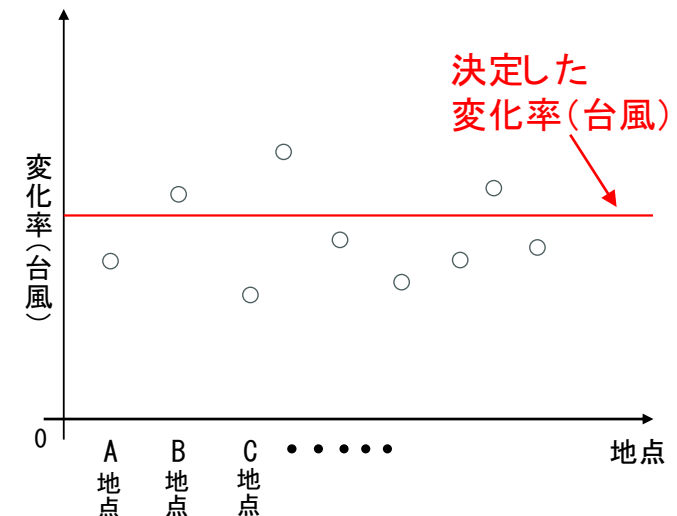


図3 変化率(台風)の整理イメージ

(7) 気候変動を踏まえた波浪の設定方針

□ 変化率(設計沖波)の算定

- 設計沖波算出で使用する標本にて、極値統計解析を行い設計沖波を算定(現在気候)。
- 将来気候は、最初に前述で決定した**変化率(台風)**にて、台風起因の標本を補正(図2)。
- 次に、補正した標本にて極値統計解析を行い設計沖波を算定(将来気候)。
- 現在気候と将来気候の設計沖波を比較し、変化率(設計沖波)を算定。

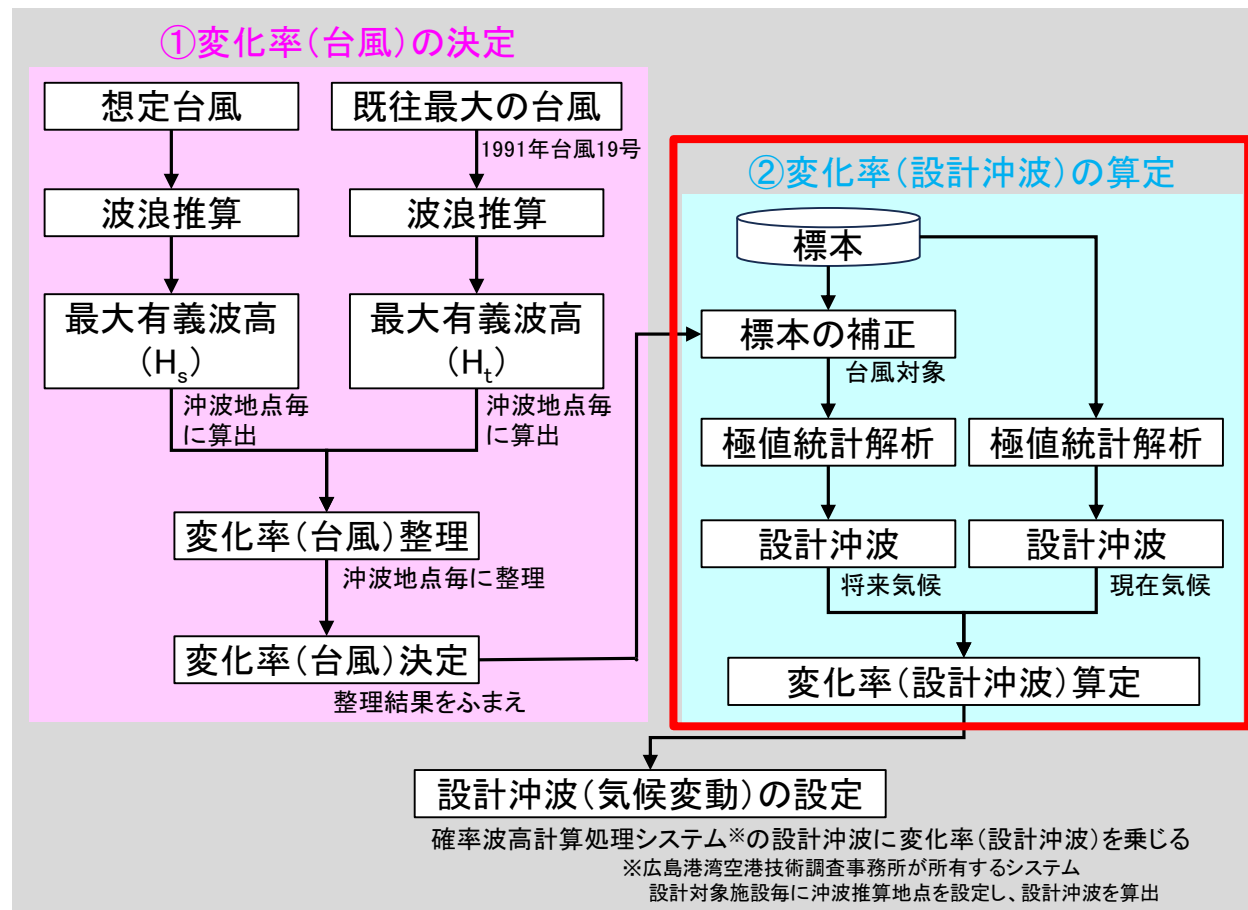


図1 波浪(気候変動)の設定フロー図

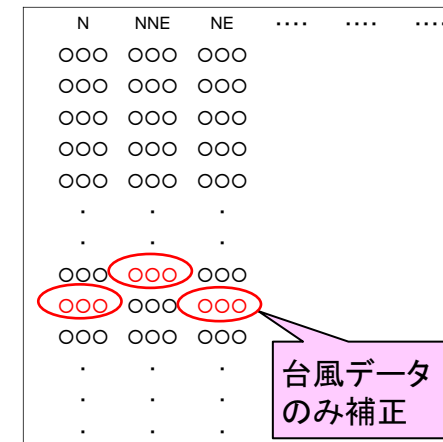


図2 標本の補正のイメージ

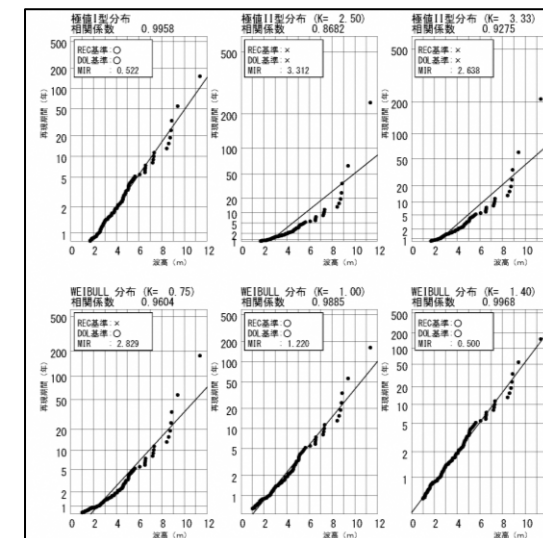


図3 極値統計解析のイメージ

7. 計画外力検討方針のまとめ

- 潮位については、最新の朔望平均満潮位に、2075年に予測される2°C上昇シナリオ(IPCC第6次評価報告書)の海面上昇量(38cm)を加算して算出。
(海面上昇量は、IPCC第6次評価報告書の可能性が高い範囲の上限値を設定)
追記: 使用している海面上昇量は、IPCC第6次評価報告書の全球平均を基に算定しており、今後日本周辺の値を基に再度計算予定。
- 潮位偏差については、本委員会にて設定した想定台風と既往最大の台風で高潮推算を実施し、現在と将来の変化率や既往最大の潮位偏差を基に算出。第3回委員会にて結果を報告予定。
(既往最大の台風は、潮位偏差が既往最大となった2004年台風15号)
- 波浪については、本委員会にて設定した想定台風と既往最大の台風で波浪推算を実施し、現在と将来の変化率や現状の設計沖波を基に算出。第3回委員会にて結果を報告予定。
(既往最大の台風は、波浪が既往最大となった1991年台風19号)
追記: 既往最大の台風として、2004年台風15号を追加予定
追記: 日本の気候変動2020では、冬型の気圧配置は弱まるとされており、将来の設計沖波の検討においては、冬季の波浪は現状維持と想定
- 以上をふまえ、第3回委員会にて計画外力の設定(案)を提示予定。
- なお、砂浜への影響については、本委員会で提示したBruun則による汀線後退量をその他の海岸についても算出する。

追記: 地盤変動(地盤沈降による相対的な海面上昇)については別途検討予定