

第2回 丹後沿岸海岸保全基本計画技術検討会

「高潮・高波に対する長期変化量の算定について」

令和7年3月11日

京都府

< 目 次 >

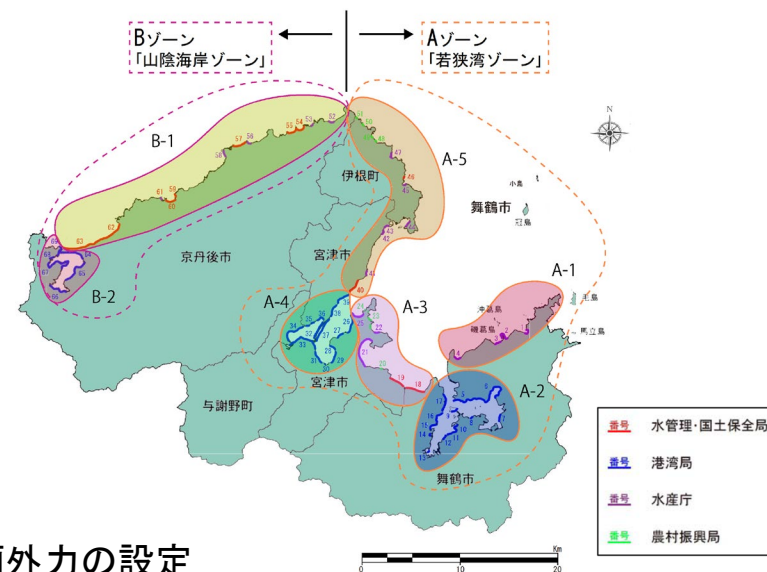
1. 現行の計画外力の設定 p.3
2. 既往台風・低気圧の再現計算 p.7
3. 気候変動を踏まえた計画外力の検討方針 p.12
4. 気候変動による長期変化量の算定結果 p.18

1. 現行の計画外力の設定

- ① 現行計画の防護水準
- ② 顕著な高潮・高波を記録した事象
- ③ 既往最大記録の再現確率

① 現行計画の防護水準

- 設定されている潮位や波浪は、各海岸を所管する水管理・国土保全局、港湾局、水産庁、農村振興局により、設定値や算定方法が異なっている。
- 計画高潮位は所管毎、海岸毎に設定しているが、既往最大潮位を基本として設定している。
- 計画波浪は各所管で統一性を持たせるため再現確率1/30年規模で、所管毎、海岸毎に設定している。



丹後沿岸における現行の計画外力の設定

所管		朔望平均満潮位 (H.W.L.)	計画高潮位※1,2 (H.H.W.L.)	計画波浪 沖波波高 ※ 30年確率値	計画波浪 うちあげ高 ※ 30年確率値	備考
水管理・国土保全局		T.P.+0.50m	T.P.+1.10m※1	8.30m※4	1.36-3.30m	府下海岸で統一
港湾局	舞鶴港	T.P.+0.40m	T.P.+1.08m	0.70-1.10m※5	0.70-1.21m	港湾毎に設定
	宮津港	T.P.+0.42m	T.P.+1.03-1.09m	0.60-1.60m※5	0.25-1.30m	
	久美浜港	T.P.+0.67m	T.P.+1.07m	0.70-1.10m※5	0.60-0.74m	
水産庁		T.P.+0.44-0.50m	T.P.+1.10m※1	1.60-8.50m※4,5	—	府下海岸で統一
農村振興局		—	(T.P.+0.86m)※3	—	—	海岸毎に設定

※1: 既往最大潮位を記録した1950年ジェーン台風(T.P.+1.151m(舞鶴港, 舞鶴海洋気象台)など)を参考に設定

※2: 気象庁の検潮所における既往最大潮位は、1998年第7号台風のT.P.+0.93m(毎時潮位記録, 舞鶴検潮所)を記録

※3: 対象海岸における既往最大潮位を記載; ※4: 30年確率波浪(設計沖波); ※5: 30年確率波浪(湾内の波浪)

※出典: 「丹後沿岸海岸保全基本計画(変更)(平成30年7月, 京都府)」P52~55 (<https://www.pref.kyoto.jp/kaigan/1164081123425.html>)

※出典: 「管内一円公共施設等長寿命化推進費業務委託 管内一円地域振興河川事業業務委託

管内一円地域防災対策事業(緊急河川整備)業務委託 報告書(平成29年2月、京都府建設交通部河川課)」P2-2~2-5の調査結果を整理

② 顕著な高潮・高波を記録した事象

- 京都府においてこれまでに大きな高潮及び波浪をもたらした外力を確認するため、京都府内の潮位記録(舞鶴・宮津)及び波浪記録(経ヶ岬)の整理をおこなった。

丹後沿岸に大きな影響をもたらした事象

日付	気象現象	最大潮位偏差 [m]		最大有義波高 [m]	有義波周期 [s]
		宮津※1	舞鶴※1	経ヶ岬※1	
1950/09/03	ジェーン台風	② 0.52			
1959/09/26	1959年第15号台風	0.41			
1962/01/02, 01/03	低気圧	0.42			
1963/01/06, 01/07	低気圧	0.40			
1966/04/16, 04/17	低気圧	0.40			
1968/10/25, 10/26	低気圧	0.40			
1972/09/16, 09/17	1972年第20号台風		① 0.57		
1972/12/01, 12/02	低気圧		0.40		
1976/10/29, 10/30	低気圧		0.41	6.58※3	10.8※3
1980/10/26, 10/27	低気圧		0.49		
1982/11/24	低気圧		—	7.01※3	11.1※3
1986/08/29, 08/30	低気圧		0.40		
1986/12/19, 12/20	低気圧		0.45		
1990/12/26, 12/27	低気圧・季節風※3		0.45	② 8.54※3	14.7※3
1991/02/15~02/19	低気圧		0.43		
1991/12/28, 12/29	低気圧		0.42		
1998/09/22	1998年第7号台風		② 0.50		
2000/02/08, 02/09	爆弾低気圧※2・季節風※3		0.40	8.18※3	11.8※3
2004/08/19, 08/20	2004年第15号台風		0.43		
2004/10/20	2004年第23号台風		0.44	7.55※3	10.1※3
2005/01/01	爆弾低気圧※2		—	7.28※3	10.8※3
2007/01/07	爆弾低気圧※2・季節風※3		0.40	8.05	12.9
2007/02/15	低気圧		—	7.07	11.5
2010/11/08~11/11	低気圧		0.40	—	—
2012/04/04	爆弾低気圧※2		—	7.05	12.2
2012/09/18, 09/19	2012年第16号台風・低気圧		0.43	—	—
2013/10/16	2013年第26号台風		—	7.90	11.0
2016/01/19, 01/20	爆弾低気圧※2		0.49	6.53	11.7
2016/04/13~04/19	爆弾低気圧※2		0.41	—	—
2017/01/20, 01/21	爆弾低気圧※2		0.40	6.51	10.5
2017/02/20, 02/21	爆弾低気圧※2		0.41	5.49	11.4
2017/10/23	2017年第21号台風		—	③ 8.45	11.6
2018/03/05	低気圧		—	7.27	8.9
2018/09/04	2018年第21号台風		0.44	—	—
2019/10/12, 10/13	2019年第19号台風		—	① 9.13	11.6
2020/01/08, 01/09	爆弾低気圧※2		0.43	5.59	10.3
2020/12/30	低気圧		—	7.83	11.0
2022/09/20	2022年第14号台風・低気圧		—	7.80	11.2
2023/01/24	低気圧		—	7.66	11.5

※ 潮位偏差0.4m以上または最大有義波高7m以上を観測した事象を抽出。(潮位偏差0.4m以上、最大有義波高5m以上の記録のみ記載)。

※ 1: 気象庁の毎時記録を基に最大値を整理。斜線部は観測期間外の期間を示す。観測期間は以下の通りである。

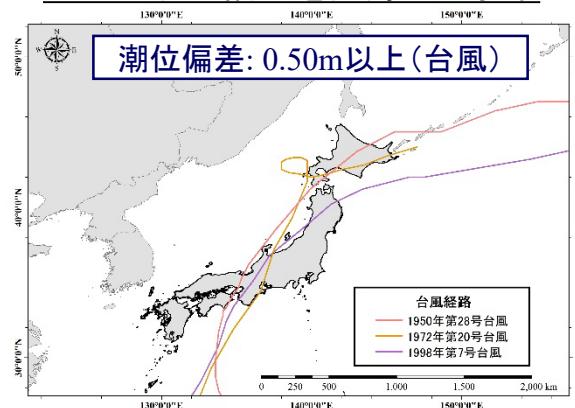
(観測期間) 宮津: 1946年10月~1968年12月、舞鶴: 1969年1月~2023年12月、経ヶ岬: 1976年5月~2023年12月(公表データは、2006年4月以降)

※ 2: 爆弾低気圧情報データベース「九州大学 大学院理学研究院 地球惑星科学部門 気象学・気候学分野(川村隆一 研究室) (http://fujin.geo.kyushu-u.ac.jp/meteorol_bomb/)」を基に爆弾低気圧に該当するかを判定。

※ 3: 「日本沿岸顕著な事象事例集 波高事例 波高(時別)上位5例(経ヶ岬)」、気象庁 日本海洋気象センター、2017年12月」及び「沿岸波浪統計値(観測終了地点)」、気象庁HPを基に記載。(統計期間) 経ヶ岬: 1976年5月~2010年2月

台風
爆弾低気圧

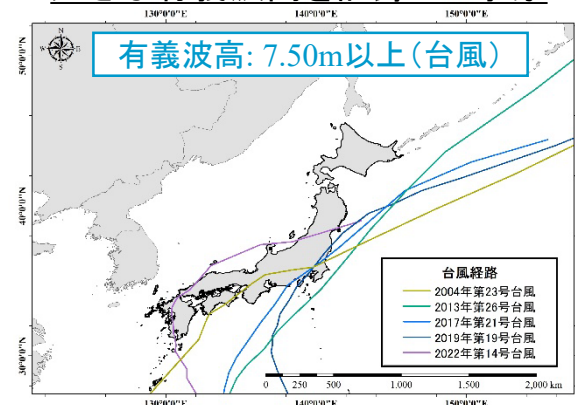
大きな潮位偏差を記録した事象



舞鶴・宮津検潮所において、大きな潮位偏差を記録した事象

- ① 0.57m (1972年第20号台風; 舞鶴検潮所, 気象庁)
- ② 0.52m (1950年第28号台風; 宮津検潮所, 気象庁)
- ③ 0.50m (1998年第7号台風; 舞鶴検潮所, 気象庁)

大きな有義波高を記録した事象



経ヶ岬観測所において、大きな有義波高を記録した事象

- ① 9.13m (2019年第19号台風; 経ヶ岬観測所, 気象庁)
- ② 8.54m (1990年12月26日低気圧; 経ヶ岬観測所, 気象庁)
- ③ 8.45m (2017年第21号台風; 経ヶ岬観測所, 気象庁)

③ 既往最大記録の再現確率

- 現行計画における設計外力を確認するため、丹後沿岸の検潮所(宮津・舞鶴)及び波浪観測所(経ヶ岬)における潮位/波浪記録を基に極値統計解析を実施し、再現確率値を算定した。
 - 宮津及び舞鶴の潮位偏差の再現期間は60年と87年、経ヶ岬の有義波高の再現期間は63年である。
- 丹後沿岸における海象観測所の既往最大記録と再現期間

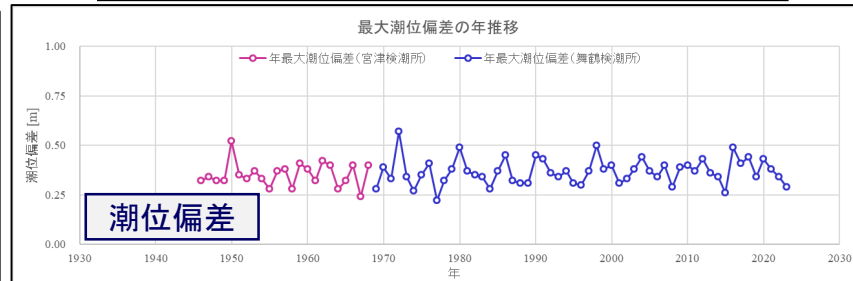
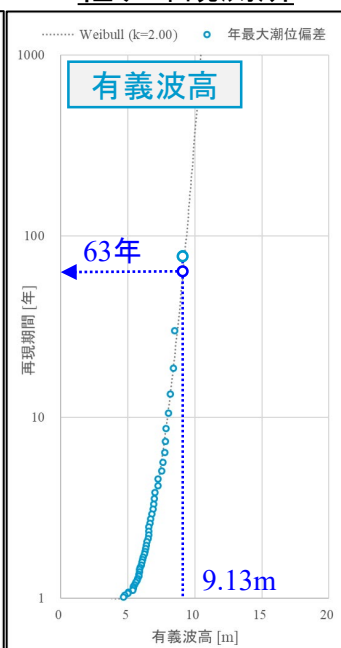
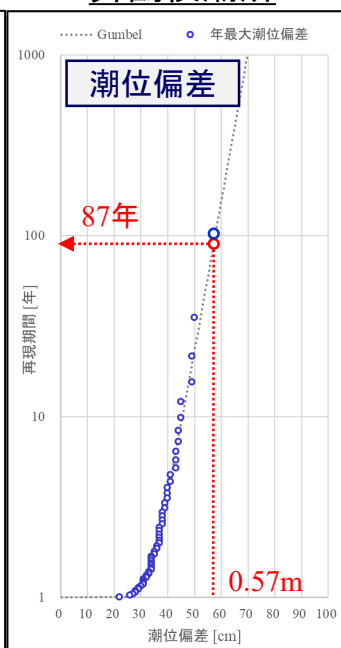
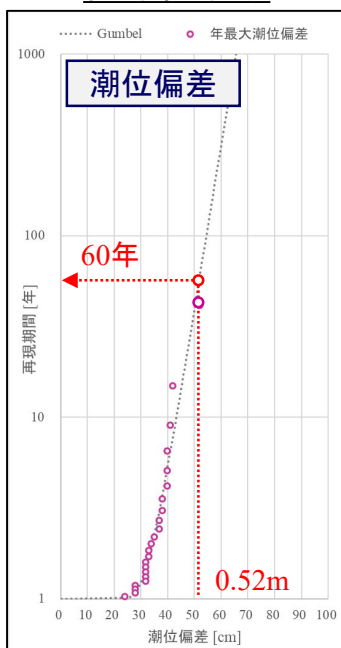
観測地点	既往最大記録				超過確率	
	観測値	発生日	事象	備考	確率分布	再現期間
宮津検潮所 (気象庁)	0.52m (潮位偏差)	1950年9月3日	1950年第28号台風	ジェーン台風	Gumbel分布	60年
舞鶴検潮所 (気象庁)	0.57m (潮位偏差)	1972年9月16日	1972年第20号台風		Gumbel分布	87年
経ヶ岬観測所 (気象庁)	9.13m (有義波高)	2019年10月13日	2019年第19号台風		Weibull分布 (k=2.00)	63年

宮津検潮所

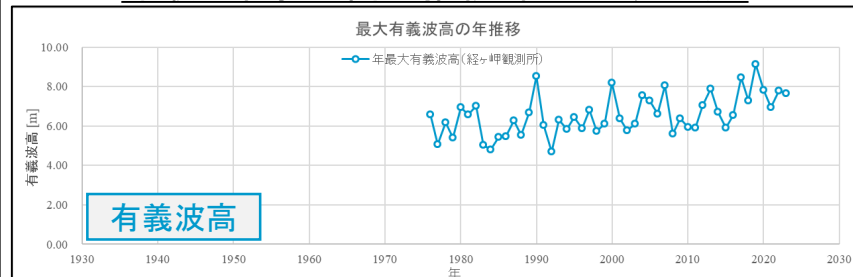
舞鶴検潮所

経ヶ岬観測所

年最大潮位偏差の推移(宮津・舞鶴検潮所)



年最大有義波高の推移(経ヶ岬観測所)



※ 毎時潮位偏差記録(宮津検潮所及び舞鶴検潮所)及び年最大記録(経ヶ岬観測所)より年最大値を整理
(観測期間)宮津: 1946年10月-1968年12月, 舞鶴: 1969年1月-2023年12月, 経ヶ岬: 1976年5月-2023年12月

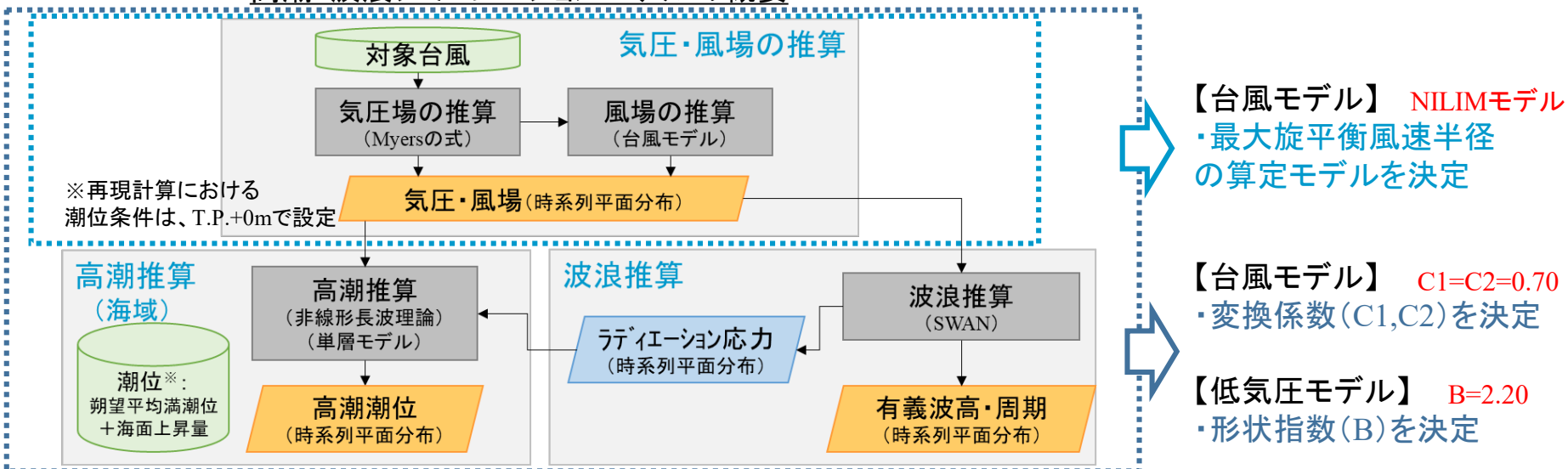
2. 既往台風・低気圧の再現計算

- ① 高潮・波浪シミュレーションモデルの概要
- ② 再現計算の対象事象の選定
- ③ 再現計算の条件設定
- ④ 再現計算の結果と変数設定

① 高潮・波浪シミュレーションモデルの概要

- 高潮・波浪シミュレーションモデルを構築した。妥当性検証のため、再現計算を実施する。
- 台風半径の算定式や各種係数は、再現計算結果に基づき丹後沿岸における最適な値を決定する。

高潮・波浪シミュレーションモデルの概要



最大旋衡風速半径の算定モデル	
項目	台風
台風半径	• NILIM(国総研)モデル※¹ 採用 $\begin{cases} r_0 = 80 - 0.769(950 - P_c) & (P_c \leq 950 \text{ hPa}) \\ r_0 = 80 + 1.633(P_c - 950) & (P_c > 950 \text{ hPa}) \end{cases}$
	• PARI(港湾航空研究所)モデル※²$r_0 = 94.89 \times \exp\left(\frac{P_c - 967}{61.5}\right)$
	• JWA(日本気象協会)モデル※³$r_0 = 52.15 \times \exp\left(\frac{P_c - 952.7}{44.09}\right)$

高潮・波浪シミュレーションモデル		
項目	台風	爆弾低気圧
気圧場推算	• Myersモデル$P(r) = P_c + (P_o - P_c) \exp\left(-\frac{r_o}{r}\right)$	• Hollandモデル$P(r) = P_c + (P_o - P_c) \exp\left(-\left(\frac{r_o}{r}\right)^B\right)$
風場推算	• 傾度風モデル$G(r) = -\frac{fr}{2} + \sqrt{\left(\frac{fr}{2}\right)^2 + \frac{r}{\rho_a} \frac{\partial P}{\partial r}}$	
波浪推算	第三世代スペクトル法モデル(SWAN)	
高潮推算	非線形長波モデル(ラディエーション応力考慮)	

※出典1: 加藤史訓, 2005. 高潮危険度評価に関する研究, 国土技術政策総合研究所資料, No. 275, 108p. (<https://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryoutnn/tnn0275.htm>)

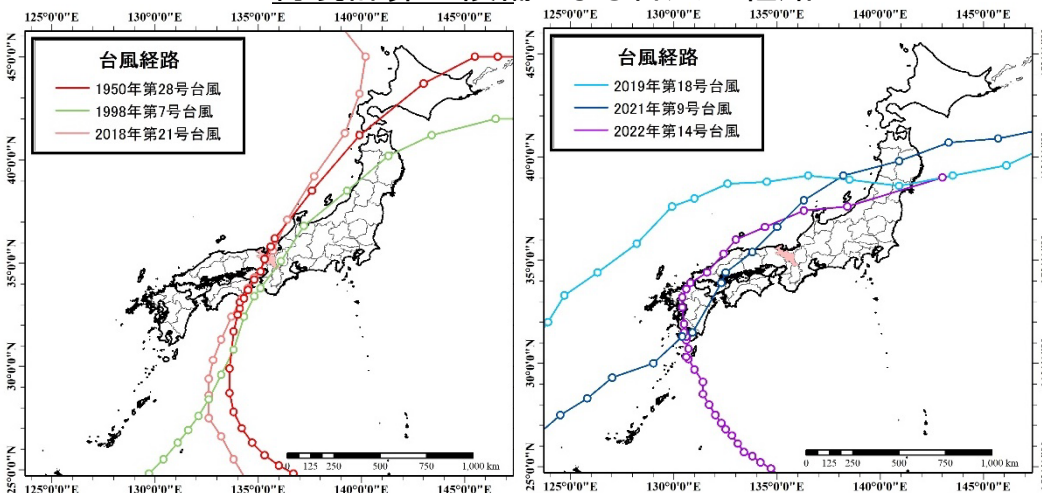
※出典2: 河合弘泰・本田和彦・富田孝史・柿沼太郎, 2005. 2004年に発生した台風の特徴と高祖の予測・再現計算, 港湾航空技術研究所資料, No.1103, 34p.

※出典3: 北野正夫・有光剛・高山知司, 2002. うねりの発生特性と海域利用時の防災を目的としたうねりの簡易予測手法について, 海岸工学論文集, 第49巻, 土木学会, 1431-1435.

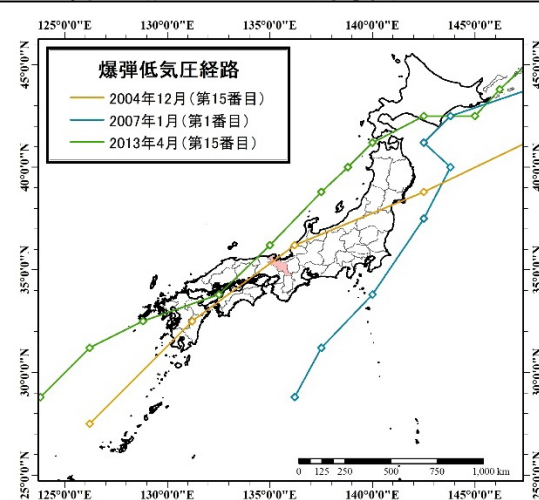
② 再現計算の対象事象

- 高潮・波浪シミュレーションモデルの妥当性を検証するため、既往台風及び爆弾低気圧による再現計算を実施する。
- 丹後沿岸における気象・海象記録等を基に、再現計算を実施する台風及び爆弾低気圧を選定した。

再現計算の候補となる台風の経路



再現計算の候補となる爆弾低気圧の経路



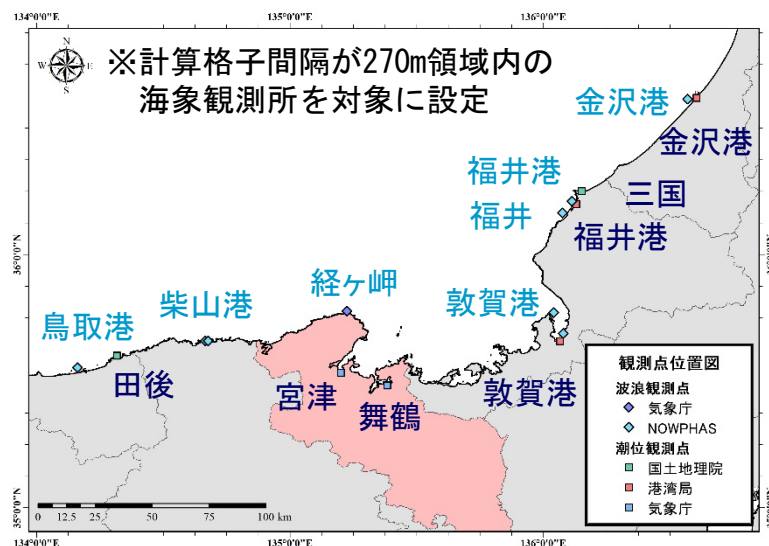
対象観測点

【有義波高】

- (鳥取県) 鳥取港
- (兵庫県) 柴山港
- (京都府) 経ヶ岬
- (福井県) 敦賀港、福井、福井港
- (石川県) 金沢港

【潮位偏差】

- (兵庫県) 田後
- (京都府) 宮津、舞鶴
- (福井県) 敦賀港、福井港、三国
- (石川県) 金沢港



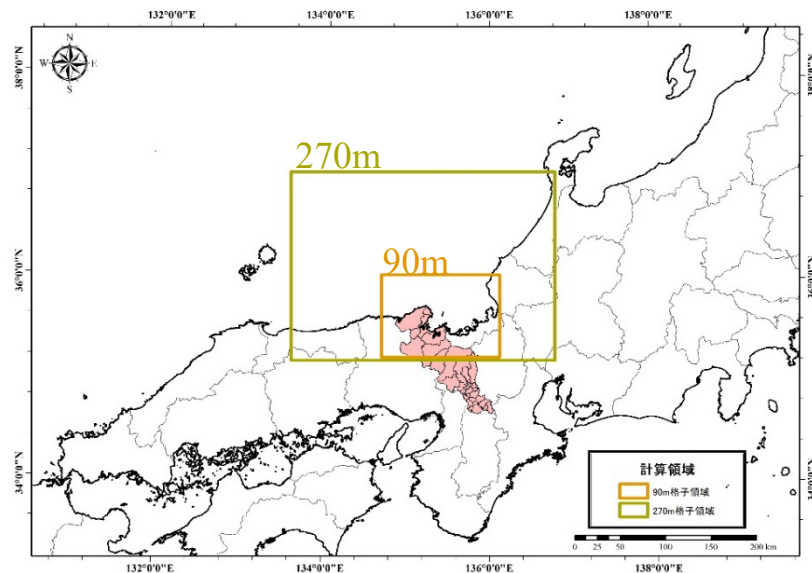
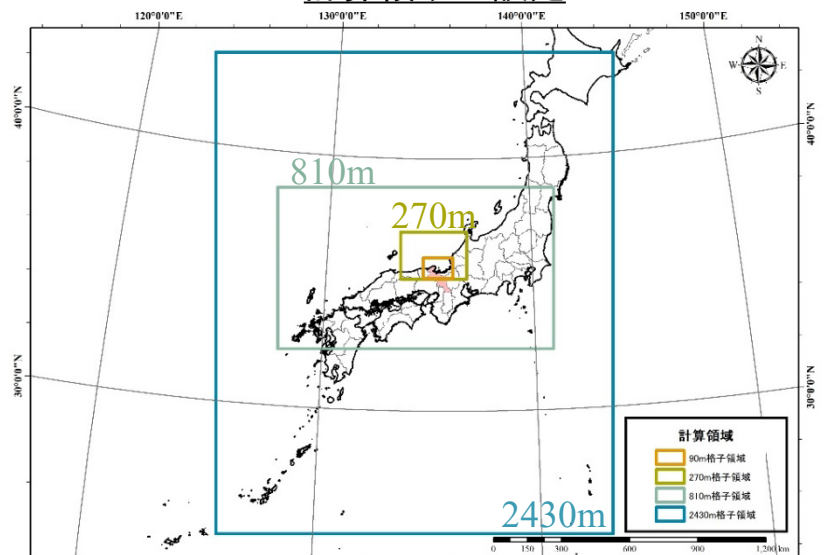
丹後沿岸周辺の海象観測点

③ 再現計算の条件設定

➤ 高潮・波浪シミュレーションの計算条件と計算領域を以下に示す。

項目	設定内容	
	台風	爆弾低気圧
計算モデル	気圧場推算	Myersの式
	風場推算	傾度風の式
	波浪推算	第3世代スペクトル法モデル (SWAN)
	高潮推算	非線形長波モデル (ラディエーション応力考慮)
	河川水位の計算	河川流量は考慮しない
	高潮浸水計算	実施しない
計算条件	計算格子間隔	海洋より対象領域に向けて格子サイズを縮小 波浪推算: 2430m, 810m, 270m, 90m 高潮推算: 2430m, 810m, 270m, 90m
	計算開始時間	初期水位から台風の気圧低下による不自然な波が発生しないように設定
	計算終了時間	台風通過後十分に時間が経つまで計算を実施
	計算時間間隔	手引きに従い以下の安定条件を満たすように計算時間間隔 (Δt) を設定 $\Delta t \leq \frac{\Delta x}{\sqrt{2gh_{max}}}$ Δx : 計算領域の格子間隔, h_{max} : 計算領域内の最大水深, g : 重力加速度
外力条件	経路	デジタル台風※1の記録を基に設定
	中心気圧	デジタル台風※1の記録を基に設定
	最大旋風風速半径	・丹後沿岸近傍以外 高潮危険度評価に関する研究 (国土技術政策研究所資料, No.275, 2005) に基づき設定 ・丹後沿岸近傍 天気図及び近畿地方周辺の気象データを基に設定
	移動速度	デジタル台風※1の記録を基に設定
	潮位条件	T.P.+0.00m
モデル	地形データ	「既往津波浸水想定業務」において作成した地形データを基に本業務で更新
	粗度データ	一律、0.025m ^{-1/3} /s (海域の設定値) で設定
	構造物データ	考慮しない
設定係数	海面抵抗係数	水面に及ぼす風の作用に関する実験的研究 (本多・光易, 1980) に基づき設定 (ただし、風速45m/s 以上は一定とした)
	変換係数	C1=C2=0.60, 0.65, 0.70, 0.75
	形状指数	B=1.00

計算領域の設定



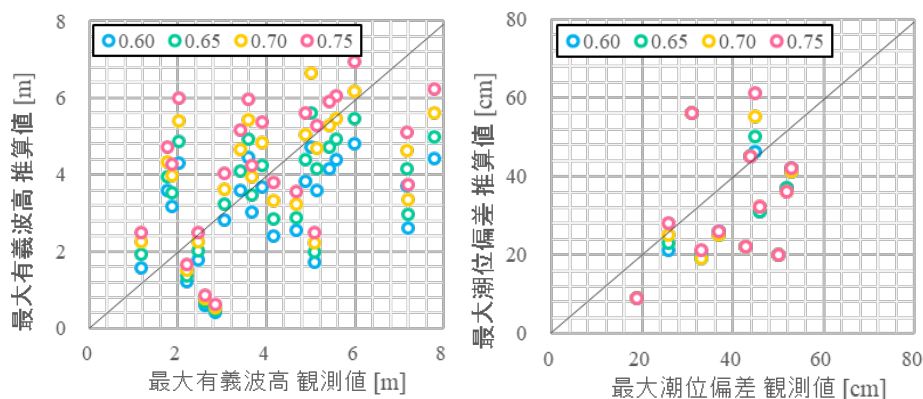
※ 1: デジタル台風「国立情報学研究所 (<http://agora.ex.nii.ac.jp/digital-typhoon/>)」

※ 2: 爆弾低気圧情報データベース「九州大学 大学院理学研究院 地球惑星科学部門 気象学・気候力学分野 (川村隆一 研究室) (http://fujin.geo.kyushu-u.ac.jp/meteorol_bomb/)」

④ 再現計算の結果と変数設定

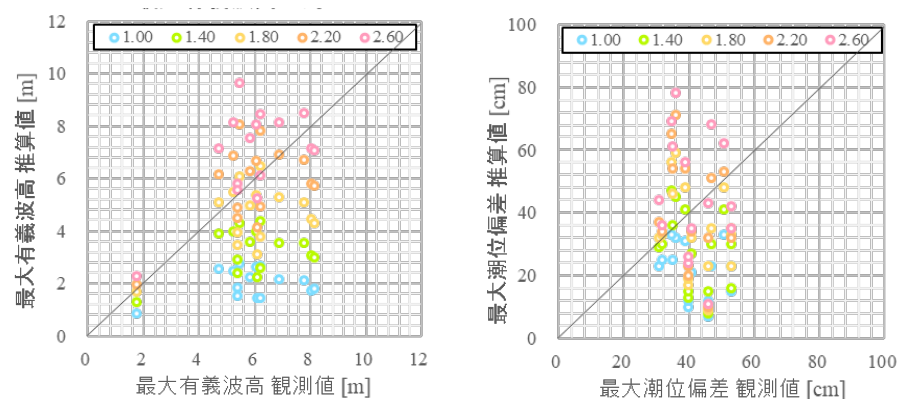
- 台風の再現計算結果を基に、丹後沿岸における最適な変換係数(C1,C2)、爆弾低気圧の再現計算結果を基に、丹後沿岸におけるHollandモデルの最適な形状指数(B)を算定した。
- 最大有義波高及び最大潮位偏差の二乗平均平方根誤差(RMSE)を用いて評価をおこなった。

□ 台風



変換係数 (C1, C2)	RMSE [m] (最大有義波高)	RMSE [m] (最大潮位偏差)
0.60	1.96	0.16
0.65	1.81	0.16
0.70	1.78	0.16
0.75	1.87	0.16

□ 爆弾低気圧



形状指数 (B)	RMSE [m] (最大有義波高)	RMSE [m] (最大潮位偏差)
1.00	4.21	0.24
1.40	3.07	0.21
1.80	2.02	0.19
2.20	1.50	0.20
2.60	1.80	0.21

- ・ 潮位偏差はあまり変換係数に依存しない一方で、有義波高は変換係数が小さいほど再現性が高いという結果になった。**C1=C2=0.70**を丹後沿岸における設定値とする。
- ・ 有義波高と潮位偏差で適切な形状指数が異なるという結果になったが、有義波高の方が形状指数に対する感度が高いことを踏まえ、**B=2.20**を丹後沿岸における形状指数として検討を実施する。

3. 気候変動を踏まえた計画外力の検討方針

- ① 計画天端高の算定方針(第1回技術検討会の協議事項)
- ② 朔望平均満潮位と海面上昇量の設定(第1回技術検討会の協議事項)
- ③ 気候変動による台風・爆弾低気圧の変化特性
- ④ 長期変化量の算定方針(第1回技術検討会の協議事項)
- ⑤ 防護水準の設定方針(第1回技術検討会の協議事項)

① 計画天端高の算定方針

《高潮・高波》

【現行計画の算定】

計画天端高(現行計画) = 計画高潮位 + うちあげ高または越波流量により決まる高さ + 余裕高

※ 計画高潮位 = 朔望平均満潮位 + 高潮偏差



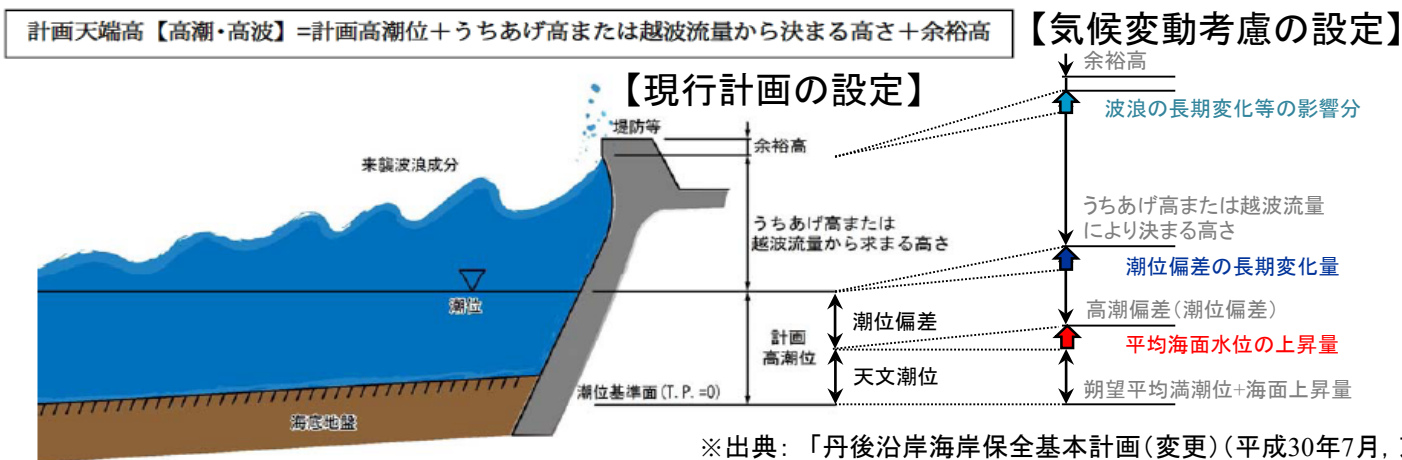
【気候変動の影響を踏まえた算定】

2℃上昇シナリオ(RCP2.6/SSP1-2.6)による検討を実施

計画天端高(気候変動考慮) = 朔望平均満潮位 + 海面上昇量
+ 高潮偏差 + うちあげ高または越波流量により決まる高さ + 余裕高

【本検討における算定項目】

- 朔望平均満潮位: 大潮時の平均的な満潮位 ⇒ 最新の観測記録から朔望平均満潮位を設定
- 海面上昇量: 気候変動による平均海面水位の上昇量分 ⇒ シナリオに沿った海面上昇量を設定
- 高潮偏差: 高潮による潮位偏差の変動量の影響分 ⇒ 潮位偏差の長期変化量を算定
- うちあげ高または越波流量により決まる高さ: 波浪の変動量の影響分 ⇒ 波浪による長期変化量を算定

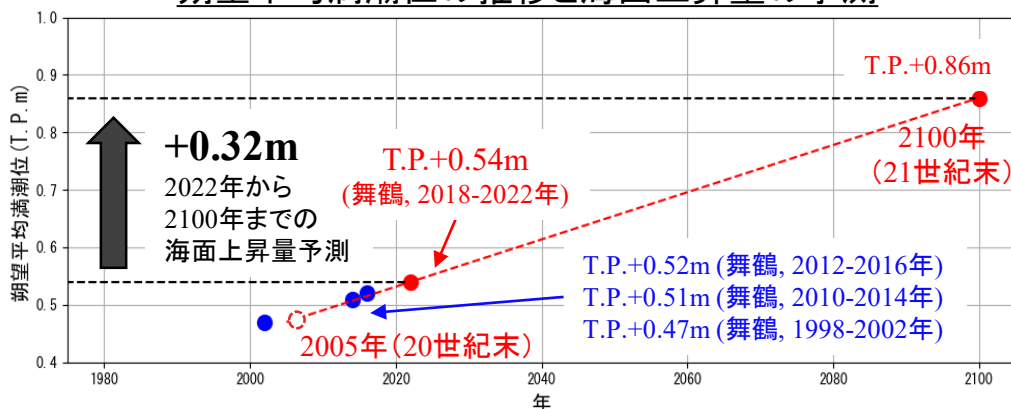


※出典:「丹後沿岸海岸保全基本計画(変更)(平成30年7月,京都府)」P44
(<https://www.pref.kyoto.jp/kaigan/1164081123425.html>)

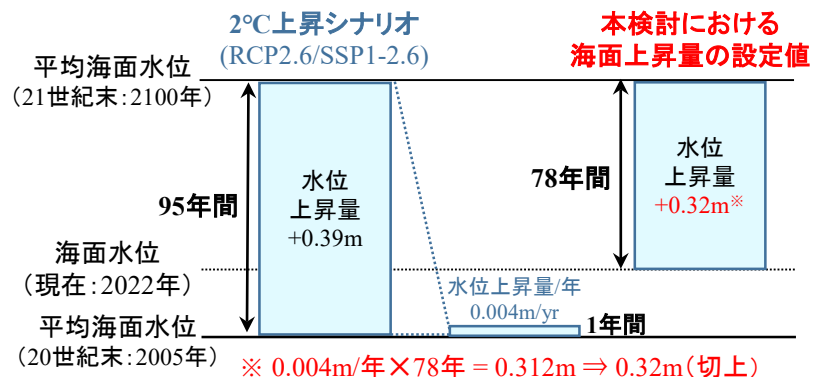
② 朔望平均満潮位と海面上昇量の設定

- 朔望平均満潮位は、最新の5か年(2018年～2022年)平均である**T.P.+0.54m**とする。
- 海面上昇量は、丹後沿岸が位置する北陸地方から九州地方の東シナ海側沿岸(領域IV)の20世紀末から21世紀末までの平均海面上昇量(0.39m)を基に、2022年から2100年までの海面上昇量に相当する**+0.32m**を設定する。

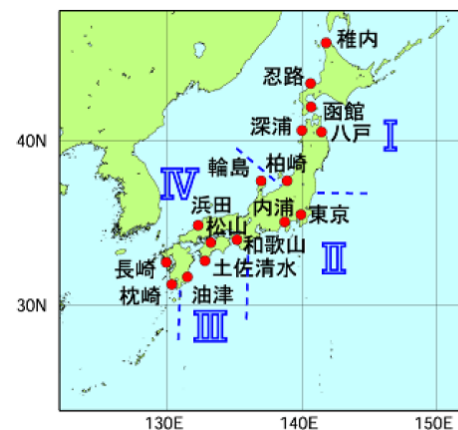
朔望平均満潮位の推移と海面上昇量の予測



海面上昇量の模式図



平均海面水位の予測



シナリオ	日本沿岸の平均海面上昇量					世界の平均海面上昇量	
	領域I ・北海道地方 ・東北地方	領域II ・関東地方 ・東海地方 (太平洋沿岸)	領域III ・近畿地方 ～九州地方 (太平洋沿岸)	領域IV ・北陸地方 ～九州地方 (東シナ海沿岸)	日本沿岸 平均 [2081~2100年]	世界 平均 [2081~2100年]	世界 平均 [2100年]
2°C上昇 シナリオ (RCP2.6/ SSP1-2.6)	0.38m (0.22- 0.55m)	0.38m (0.21- 0.55m)	0.39m (0.22- 0.56m)	0.39m (0.23- 0.56m)	0.39m (0.22- 0.55m)	0.39m (0.26- 0.53m)	0.43m (0.29- 0.59m)

※出典:「日本の気候変動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, 文部科学省 気象庁)」P151, P154～P155
(<https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/ccj/index.html>)

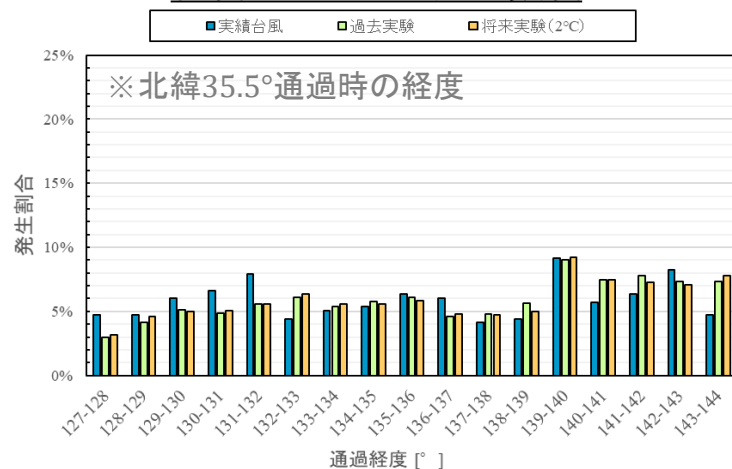
※出典:「気候変動に関する政府間パネル(IPCC) 変化する気候下での海洋・雪氷圏に関するIPCC特別報告書(2020年度, 環境省)」P73

※出典:「Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate (SROCC) (IPCC, 2019)」Fig.4.9 (<https://www.ipcc.ch/srocc/>)

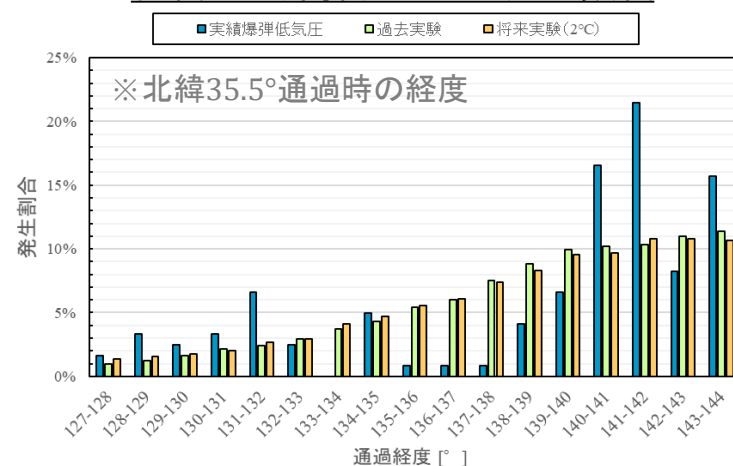
③ 気候変動による台風・爆弾低気圧の変化特性

- 気候変動による台風及び爆弾低気圧の特性の変化を確認するため、丹後沿岸の緯度帯(北緯35.5度)における、過去実験及び2℃上昇実験における対象台風の中心気圧を整理した。
- 台風については、過去実験より2℃上昇実験の方が中心気圧が低く、台風の規模が増大することが示唆される一方で、爆弾低気圧についてはあまり変化していないことが分かる。

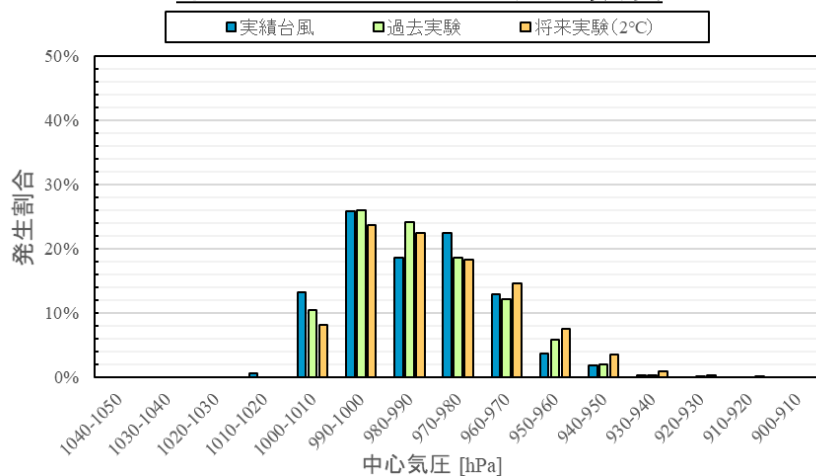
経度別の台風の発生頻度



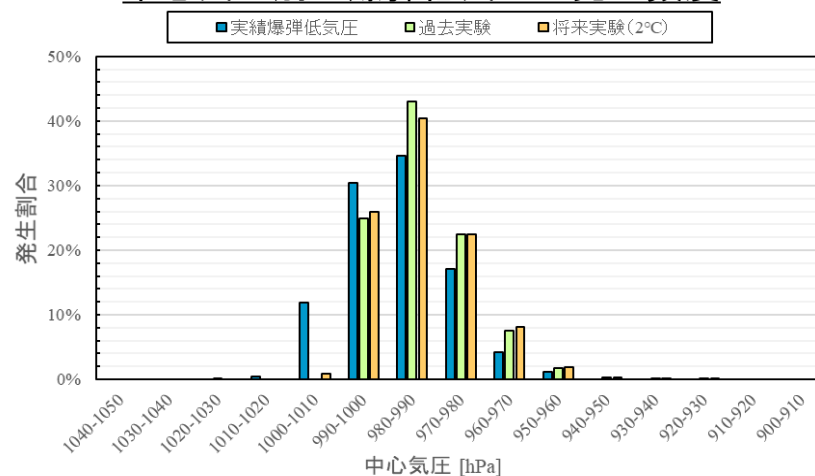
経度別の爆弾低気圧の発生頻度



中心気圧別の台風の発生頻度



中心気圧別の爆弾低気圧の発生頻度



④ 長期変化量の算定方針

- 潮位偏差及び波浪については、現行計画の水準を下回らないことを基本とし、気候予測データベース(d2PDF/d4PDF)を活用して、将来予測される変化量や変化率を推算する。
- 本検討では、不特定多数の台風を外力として確率評価をおこなう手法(B-1)を用いて、気候変動を考慮した長期変化量の算定を実施し、高潮・高波に対する影響の評価をおこなう。
- 丹後沿岸では低気圧による影響も大きいいため、台風・低気圧の両方について検討をおこなう。

A. 想定台風を用いた算定手法

現行計画の根拠となっている既往台風等を基に、d2PDF、d4PDF等の気候予測データを用いて気候変動による影響を加味した想定台風を設定し、高潮・波浪シミュレーションを実施する手法

対象台風	考え方	地球温暖化の影響	適用性
A. 想定台風			
A-1. 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乗せて仮想的に考慮(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			
B-1. 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の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、外力が発生確率で設定されている沿岸で適用性がある。

採用(台風・低気圧による検討)

B. 不特定多数の台風を用いた算定手法

d2PDF、d4PDF等の気候予測データを基に不特定多数の台風を設定し、高潮・波浪シミュレーションを実施する手法

※ 丹後沿岸における再現確率の例:

潮位偏差: 100年確率値, 波高: 30年確率波浪

- ✓ 不特定多数の台風・爆弾低気圧を考慮した手法
- ✓ 確率的な評価が可能な手法

⑤ 防護水準の設定方針

- 気候変動を考慮した計画外力の設定として、朔望平均満潮位、海面上昇量については、丹後沿岸で一律の値で設定する。
- 計画外力の再現確率は現行計画の再現期間を基に、潮位偏差が100年確率値、波浪が30年確率値とし、長期変化量(または変化率)は、地形特性等を考慮してエリアごとに設定する。

対象地域	朔望平均満潮位 (H.W.L.)	海面上昇量	高潮偏差	波浪	余裕高
丹後沿岸	T.P.+0.54m ※5年平均値 (2018-2022年)	+0.32m ※推算上昇量 (2022-2100年)	・観測記録を基に 再現確率1/100を設定 ・地形特性を考慮して、 エリアごとに設定	・再現確率1/30年 相当の外力 ・地形特性を考慮して、 エリアごとに設定	・50cm丸目で設定 【資料5にて説明】

(参考) 現行計画の防護水準

所管		朔望平均満潮位 (H.W.L.)	計画高潮位 (H.H.W.L.)	計画波浪 沖波波高 ※ 30年確率値	計画波浪 うちあげ高 ※ 30年確率値	備考
水管理・ 国土保全局		T.P.+0.50m	T.P.+1.10m	8.30m	1.36-3.30m	府下海岸で統一
港湾局	舞鶴港	T.P.+0.40m	T.P.+1.08m	0.70-1.10m	0.70-1.21m	港湾毎に設定
	宮津港	T.P.+0.42m	T.P.+1.03-1.09m	0.60-1.60m	0.25-1.30m	
	久美浜港	T.P.+0.67m	T.P.+1.07m	0.70-1.10m	0.60-0.74m	
水産庁		T.P.+0.44-0.50m	T.P.+1.10m	1.60-8.50m	—	府下海岸で統一
農村振興局		—	(T.P.+0.86m)	—	—	海岸毎に設定

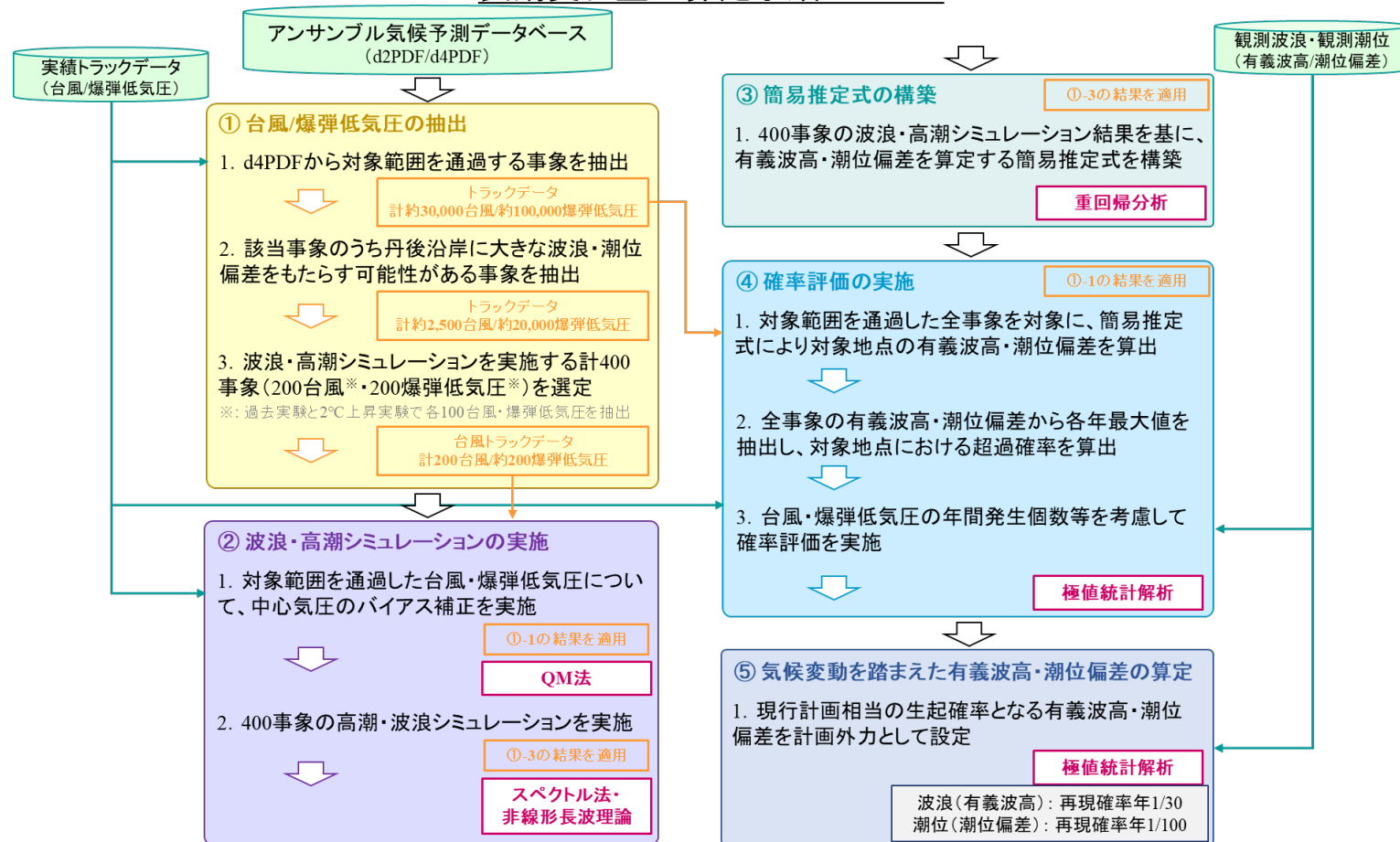
4. 気候変動による長期変化量の算定結果

- ① 長期変化量の算定の流れ
- ② 対象台風の選定
- ③ 対象低気圧の選定
- ④ 長期変化量の算定点の選定
- ⑤ 簡易推定式の構築
- ⑥ 長期変化量の算定結果
- ⑦ 有義波周期の算定方針
- ⑧ 計画外力の設定

① 長期変化量の算定の流れ

- 気候予測データベース(d2PDF/d4PDF)の台風※¹・爆弾低気圧※²トラックデータ及び観測記録※³を基に潮位偏差・波浪の長期変化量を以下の流れで算定する。

長期変化量の算定手順のフロー



※1: Shimura, T., N. Mori and M. A. Hemer, 2016. Projection of tropical cyclone-generated extreme wave climate based on CMIP5 multi-model ensemble in the Western North Pacific, Climate Dynamics, Vol.49(4), pp.1449-1462.

※2: Ninomiya, J., Y. Taka, N. Mori, 2021. Projecting changes in explosive cyclones and high waves around Japan using a mega-ensemble projection, Ocean Engineering, Vol.237, No.109634.

※3: 台風トラックデータ: デジタル台風「国立情報学研究所」(<http://agora.ex.nii.ac.jp/digital-typhoon/>)

爆弾低気圧トラックデータ: 爆弾低気圧情報データベース「九州大学 大学院理学研究院 地球惑星科学部門 気象学・気候力学分野 (川村隆一 研究室)」(http://fujin.geo.kyushu-u.ac.jp/meteorol_bomb/)

波浪観測記録(経ヶ岬観測所): 沿岸波浪計観測値「気象庁HP」(<https://www.data.jma.go.jp/kaiyou/db/wave/obsdata/past/usw.php>)

潮位偏差記録(宮津検潮所・舞鶴検潮所): 潮汐観測資料「気象庁HP」(<https://www.data.jma.go.jp/kaiyou/db/tide/genbo/index.php>)

② 対象台風の選定

➤ 以下の3手順で、気候予測データベース(d2PDF/d4PDF)※¹から台風抽出をおこなう。

(1次選定) 対象範囲を通過する台風のトラックデータを抽出

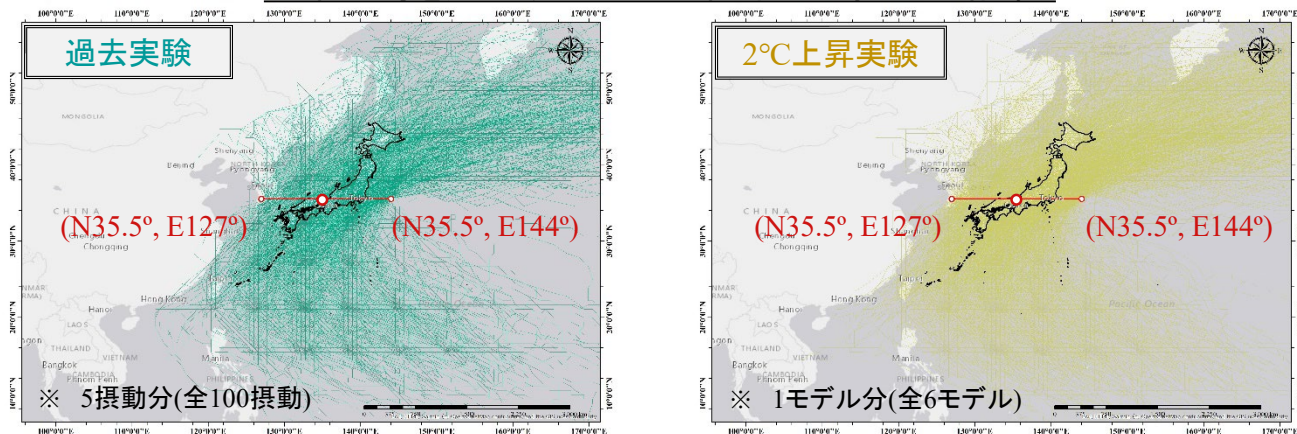
⇒ 長期変化量の算定の対象台風

(2次選定) 丹後沿岸に大きな潮位偏差・波浪をもたらすうる台風を
台風規模や台風経路等を基に再抽出

(3次選定) 過去実験および2℃上昇実験で各100個の台風をランダムに選定

⇒ 高潮・波浪シミュレーションの対象台風

日本近海を通過する台風の経路(1次抽出の結果)



	既往台風	過去実験	2℃上昇実験 (d2PDF)
期間	1951-2023	(1951-2010)	(2031-2090)
アンサンブル数	(73年/1898台風)	6,000メンバ	3,240メンバ
抽出台風数(1次選定)	316個	19,713個	8,678個
抽出台風数(2次選定)	—	1,639個	874個
抽出台風数(3次選定)	—	100個	100個

※1: 「気候変動予測・影響評価に関するデータ(文部科学省統合的気候モデル高度化研究プログラム, 京都大学防災研究所)」
(http://www.coast.dpri.kyoto-u.ac.jp/japanese/?page_id=5004)

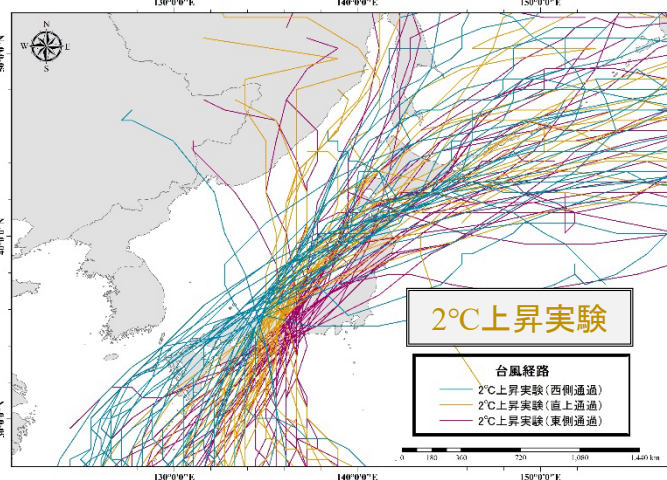
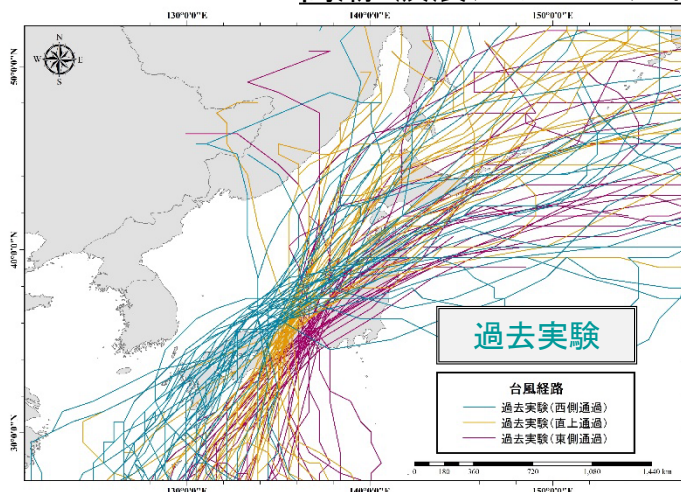
② 対象台風の選定

※1: 潮位偏差はShimura and Mori (2017)の式、有義波高はWilson (1965)の式で推算

※2: 中心気圧: 980hPa以下、潮位偏差: 0.50m以上、有義波高: 0.50m以上

- 台風の規模や経路等から簡易的に舞鶴における気圧、潮位偏差、有義波高を推算※1し、基準値※2以上となる台風の絞り込み(2次選定)をおこなったのち、最終的に過去実験及び2℃上昇実験で各100個の台風をランダムに選定(3次選定)した。
- 高潮・波浪シミュレーションを実施する計200台風(各実験100個)の経路を以下に示す。

高潮・波浪シミュレーションを実施する台風の経路



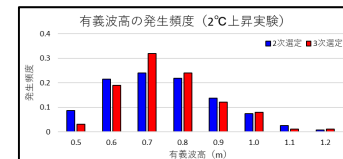
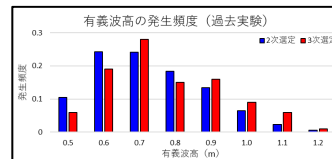
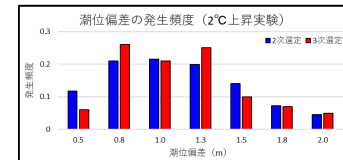
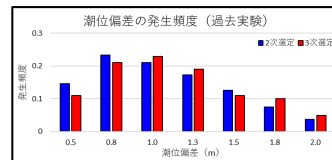
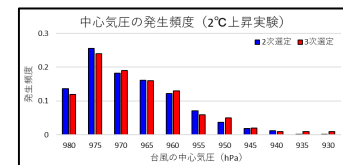
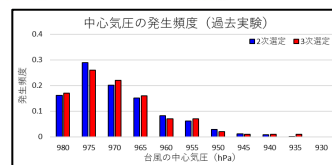
経路区分(過去実験)

- : 西側通過(35個)
- : 直上通過(34個)
- : 東側通過(31個)

経路区分(2℃上昇実験)

- : 西側通過(34個)
- : 直上通過(31個)
- : 東側通過(35個)

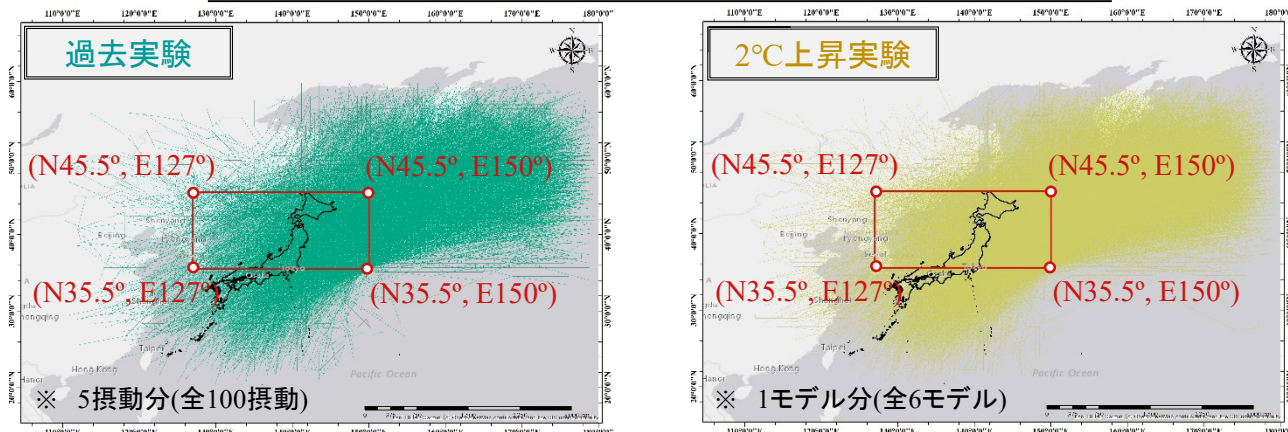
段階	基準	過去実験		2℃上昇実験	
		(個数)	(通過割合)	(個数)	(通過割合)
1次選定	(経路)	19,713	—	8,679	—
2次選定	(中心気圧)	7,736	39.2%	3,949	45.5%
	(潮位偏差)	5,962	30.2%	2,678	30.9%
	(有義波高)	4,937	25.0%	2,236	25.8%
	全基準	1,639	8.3%	874	10.1%
3次選定	(ランダム)	100	—	100	—



③ 対象低気圧の選定

- 以下の3手順で、作成したトラックデータ(既往手法※1,2)から爆弾低気圧の抽出をおこなう。
 (1次選定) 対象範囲を通過する爆弾低気圧のトラックデータを抽出 → 長期変化量の算定の対象低気圧
 (2次選定) 丹後沿岸に大きな潮位偏差・波浪をもたらさうる爆弾低気圧を
 低気圧の規模や経路等を基に再抽出
 (3次選定) 過去実験および2℃上昇実験で各100個の爆弾低気圧をランダムに選定
 → 高潮・波浪シミュレーションの対象低気圧

日本近海を通過する爆弾低気圧の経路(1次選定の結果)



	既往爆弾低気圧	過去実験	2℃上昇実験 (d2PDF)
期間	1996-2022	(1951-2011)	(2031-2091)
アンサンブル数	(27年/533爆弾低気圧)	6,100メンバ	3,294メンバ
抽出爆弾低気圧数(1次選定)	427個	73,639個	37,449個
抽出爆弾低気圧数(2次選定)	-	13,967個	7,235個
抽出爆弾低気圧数(3次選定)	-	100個	100個

※1: 森信人・千綿時・二宮順一・間瀬肇, 2017. JRA-55を用いた日本周辺の冬期低気圧の長期変動特性について, 土木学会論文集B2(海岸工学), Vol.73, No.2, pp.I_487-I_492

※2: Junichi Ninomiya, Yuya Taka, Nobuhito Mori, 2021. Projecting changes in explosive cyclones and high waves around Japan using a mega-ensemble projection, Ocean Engineering, Vol.237, No.109634

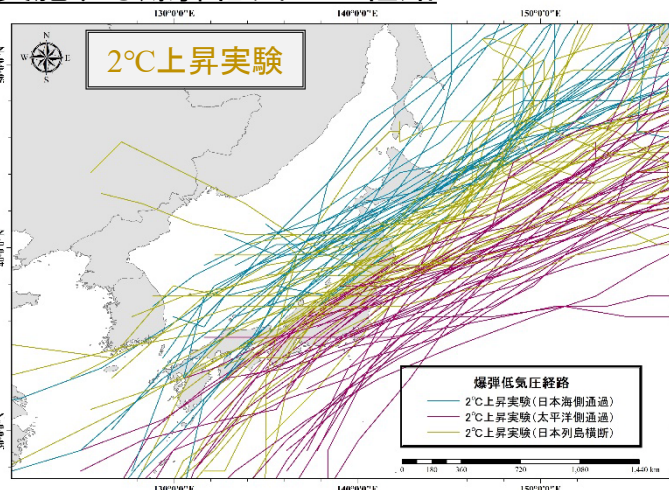
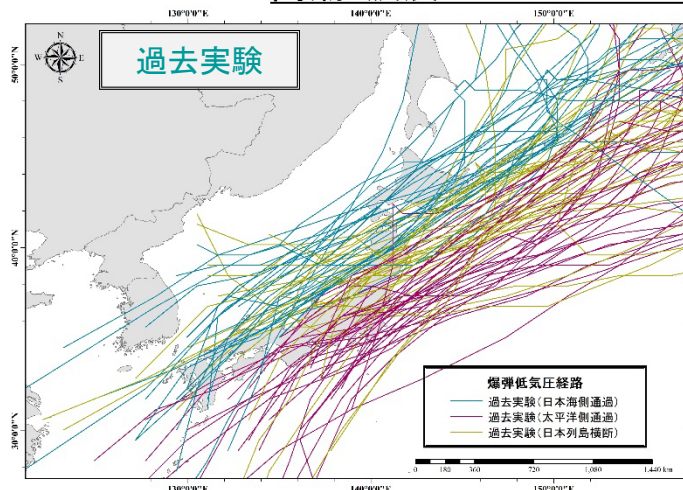
③ 対象低気圧の選定

※1: 潮位偏差はShimura and Mori (2017)の式、有義波高はWilson (1965)の式で推算

※2: 中心気圧: 980hPa以下、潮位偏差: 0.50m以上、有義波高: 0.50m以上

- 爆弾低気圧の規模や経路等から簡易的に舞鶴における気圧、潮位偏差、有義波高を推算※1し、基準値※2以上となる低気圧の絞り込み(2次選定)をおこなったのち、最終的に過去実験及び2℃上昇実験で各100個の爆弾低気圧をランダムに選定(3次選定)した。
- 高潮・波浪シミュレーションを実施する計200低気圧(各実験100個)の経路を以下に示す。

高潮・波浪シミュレーションを実施する爆弾低気圧の経路



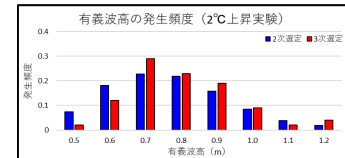
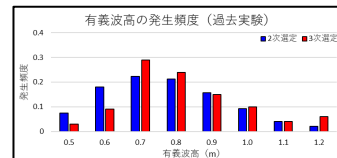
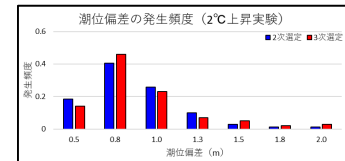
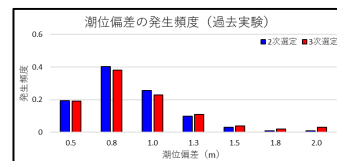
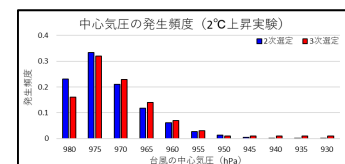
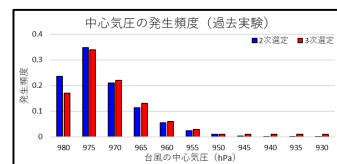
経路区分(過去実験)

- : 日本海側通過(30個)
- : 太平洋側通過(36個)
- : 日本列島横断(34個)

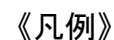
経路区分(2℃上昇実験)

- : 日本海側通過(27個)
- : 太平洋側通過(37個)
- : 日本列島横断(36個)

段階	基準	過去実験		2℃上昇実験	
		(個数)	(通過割合)	(個数)	(通過割合)
1次選定	(経路)	73,639	—	37,449	—
2次選定	(中心気圧)	23,556	32.0%	12,274	32.8%
	(潮位偏差)	27,988	38.0%	14,173	37.8%
	(有義波高)	34,516	46.9%	17,556	46.9%
	全基準	13,967	19.0%	7,235	19.3%
3次選定	(ランダム)	100	—	100	—



- 丹後沿岸において、波浪(沖波)は2地点(山陰海岸ゾーンと若狭湾ゾーンに各1地点)、潮位(潮位偏差)は12地点(ゾーン区分毎に1-2地点)の長期変化量の算定点を設定する。
- 選定した400事象(3次選定結果)の高潮・波浪シミュレーション結果を基に、簡易推定式を構築する。



- ### ■ 長期変化量の算定点

- 沖波算定点
計3地点(1観測所)

- 潮位算定点
計12地点(2観測所)

※ 沖波算定点の③経ヶ岬は、
観測記録との比較や補正に使用

- ## ■ 海象観測点

- 波浪観測所
計1地点(経ヶ岬)

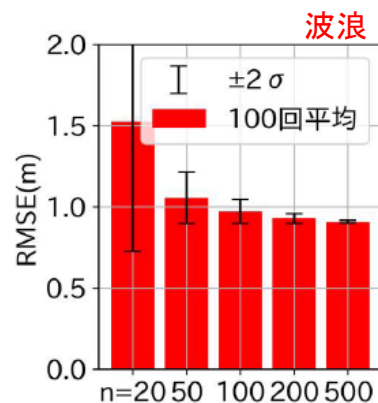
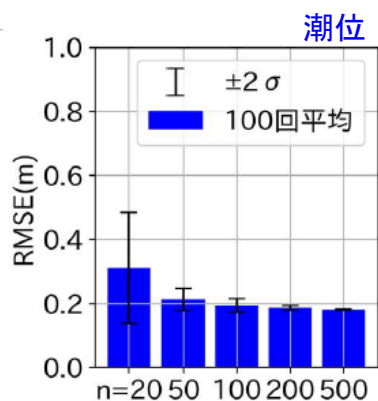
- 潮位観測所
計2地点(舞鶴、宮津)

※出典：「丹後沿岸海岸保全基本計画(変更)(平成30年7月, 京都府)」P52～55 (<https://www.pref.kyoto.jp/kaigan/1164081123425.html>)

⑤ 簡易推定式の構築

- 選定した全400事象(台風200事象、低気圧200事象)を対象に高潮・波浪シミュレーションを実施する。
- 高潮・波浪シミュレーションにより得られた潮位偏差・波高を目的変数、トラックデータから推算した風場、気圧場、移動速度を説明変数として、重回帰分析により簡易推定式を構築する。

簡易推定式の
感度分析結果※1



潮位偏差の推定式

$$\eta_{max} = a(P_o - P_{min}) + bW_{max}^2$$

(参考①) 気象庁モデル

$$\eta_{max} = a(P_o - P_{min}) + bW_{max}^2 \cos(\theta_o - \theta)$$

(参考②) 志村モデル※2

$$\eta_{max} = \alpha(P_o - P_{min}) + bW_{max}^2 \quad (\alpha = 0.01)$$

(参考③) 横山モデル※3

$$\eta_{max} = a(P_o - P_{min}) + bW_{max}^2 \cos(\theta_o - \theta) + \gamma W_{max}^2$$

$$(\gamma = 7.890 \times 10^{-7} \times R_{min}^2 + 3.141 \times 10^{-4} \times R_{min} + 0.049)$$

(参考④) 五十嵐モデル※1

$$\eta_{max} = aP_{min} + bP_{cmin} + c_0W_{max} + c_1W_{max}^2$$

$$+ c_2W_{max,x} + c_3W_{max,y} + d_0V_t + d_1V_t^2 + d_2V_{t,x} + d_3V_{t,y} + e \left(\frac{R_{min}}{R_0} \right) + f$$

波高の推定式

$$H_{max} = bW_{max}^2 + cF_w + dV_t + e$$

(参考①) Wilsonモデル※4

$$H_{max} = \alpha \left(\frac{W_{max}^2}{g} \right) \left[1 - \left\{ 1 + \beta \left(\frac{gF_w}{W_{max}^2} \right)^{\frac{1}{2}} \right\}^{-2} \right] \quad (\alpha = 0.30, \beta = 0.004)$$

(参考②) 五十嵐モデル※1

$$H_{max} = +c_0W_{max} + c_1W_{max}^2 + c_2W_{max,x} + c_3W_{max,y}$$

$$+ d_0V_t + d_1V_t^2 + d_2V_{t,x} + d_3V_{t,y} + e \left(\frac{R_{min}}{R_0} \right) + f$$

η_{max} : 対象地点の潮位偏差, H_{max} : 対象地点の有義波高, $a, \dots, f$: 回帰係数
 P_{min}, P_{cmin} : 対象地点の最低気圧, 接近時の最低中心気圧, P_o : 遠方気圧 (1010hPa)
 $W_{max}, W_{max,x}, W_{max,y}$: 対象地点の最大風速, x軸方向の風向, y軸方向の風向
 $V_t, V_{t,x}, V_{t,y}$: 対象地点接近時の台風移動速度, x軸方向の移動速度, y軸方向の移動速度, F_w : 吹送距離
 R_{min}, R_0 : 台風中心から対象地点までの距離, 最大旋衡風速半径, θ, θ_o : 最大風速の風向, 湾軸の方向

※1 出典: 「五十嵐雄介・野口七海・中国大介・牛木賢司・秩父宏太郎・渡邊国広・森信人, 2022 大規模アンサンブル気候予測データベース(d4PDF)を用いた高潮高波に対する気候変動の影響評価の効率化手法の検討, 土木学会論文集B2(海岸工学) Vol78, No. 2, 1973-1978.」

※2 出典: 「Shimura T. and N. Mori, 2017. Future Change of Storm Surge Risk under Global Warming Based on Mega-Ensemble Global Climate Projections (d4PDF). Coastal Dynamics 2017, Paper No.211.」

※3 出典: 「横山彼社・安田誠宏・金洙列・中條 壮大・志村 智也, 2020. 確率台風モデルを援用した瀬戸内海における高潮の統計的予測手法に関する研究, 土木学会論文集B2(海岸工学) Vol76, No. 2, 11087-11092.」

※4 出典: 「Wilson, B.W., 1965. Numerical prediction of ocean waves in the North Atlantic for December, 1959, Deut. Hydrogr. Zeit, Jahrgang 18, Heft 3, pp.114-130.」

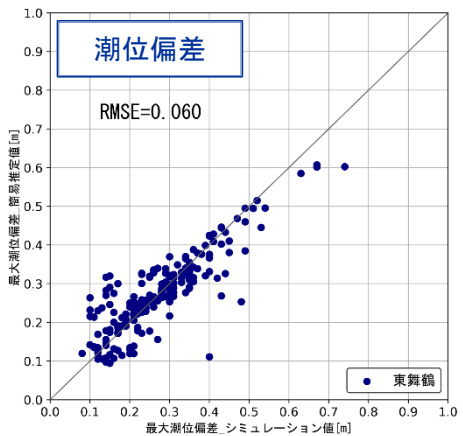
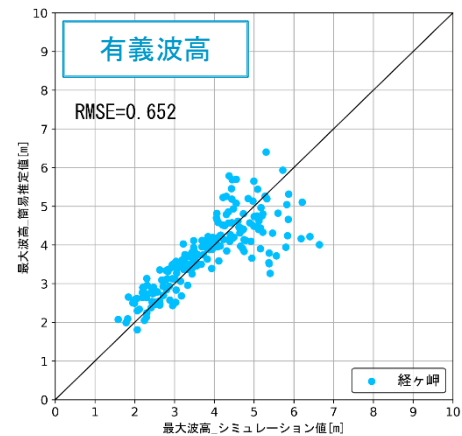
⑤ 簡易推定式の構築

➤ 全400事象(台風200事象、爆弾低気圧200事象)の高潮・波浪シミュレーション結果を用いて、重回帰分析により簡易推定式の構築をおこなった。算定結果の一例を示す。

□ 台風

項目	有義波高	潮位偏差
算定点	③経ヶ岬	③東舞鶴
事象数	200台風	200台風

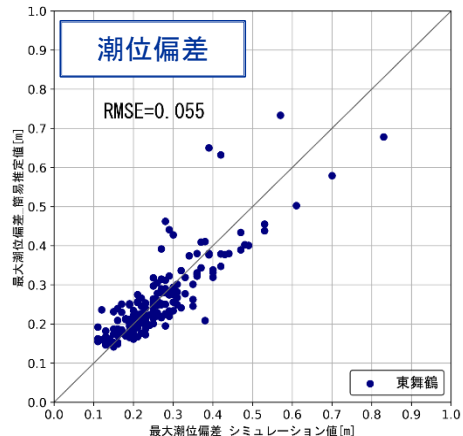
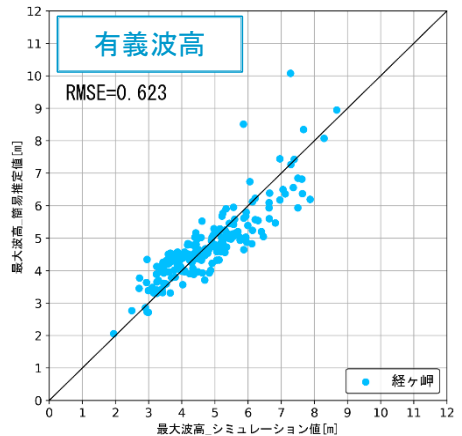
項目	【有義波高】③経ヶ岬		【潮位偏差】③東舞鶴	
	係数	寄与率	係数	寄与率
気圧項 a	—	—	0.0111	136 %
風速項 b	0.0031	49 %	-0.00013	-36 %
吹送距離項 c	0.0006	3 %	—	—
移動速度項 d	-0.0274	-40 %	—	—
定数項 e	3.16	89 %	—	—



□ 爆弾低気圧

項目	有義波高	潮位偏差
算定点	③経ヶ岬	③東舞鶴
事象数	200低気圧	200低気圧

項目	【有義波高】③経ヶ岬		【潮位偏差】③東舞鶴	
	係数	寄与率	係数	寄与率
気圧項 a	—	—	0.0045	47 %
風速項 b	0.0055	53 %	0.00029	53 %
吹送距離項 c	0.0010	9 %	—	—
移動速度項 d	-0.025	-34 %	—	—
定数項 e	3.29	72 %	—	—



⑥ 長期変化量の算定結果

- 簡易推定式を用いて算出した全台風及び爆弾低気圧による有義波高に基づき、各年最大値を用いた極値統計解析をおこない、算定点での超過確率を算出する。

□ 超過確率の算定式

$$P(x_m) = \frac{m - \alpha}{N_D + \beta}$$

□ 再現期間の算定式

$$R = \frac{1}{\gamma \lambda P(x_m)}$$

【確率分布】

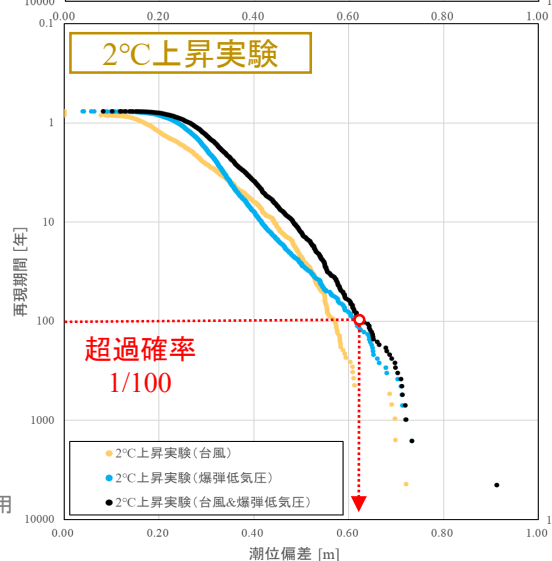
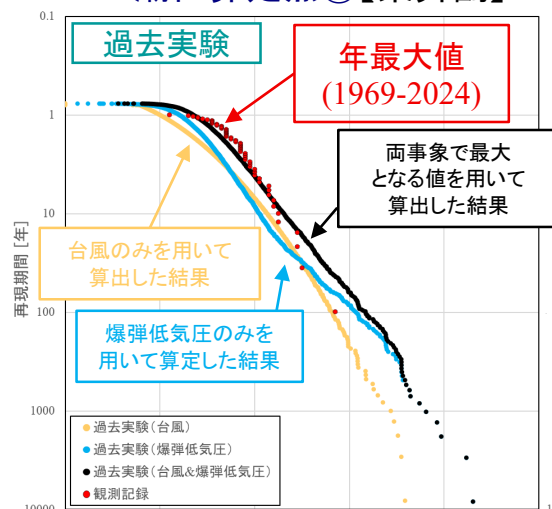
潮位偏差: Gumbel分布(極値 I 型分布)※1

有義波高: Weibull分布 ※2

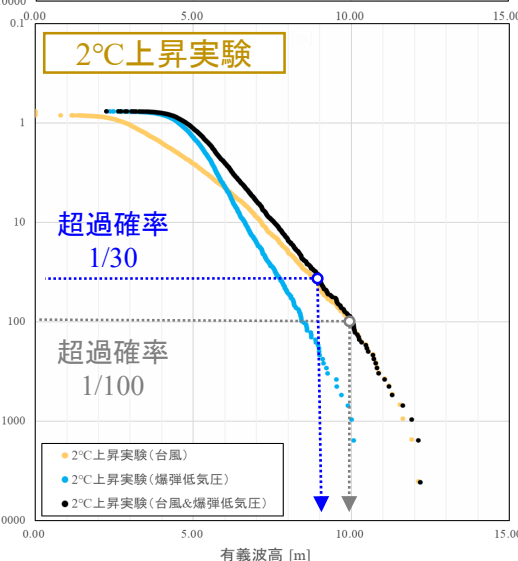
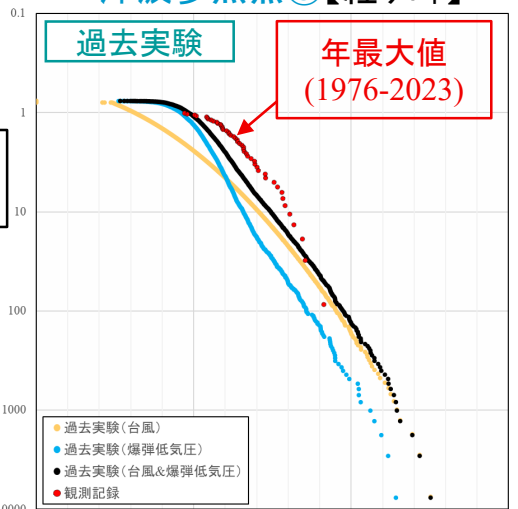
【変数設定】

- $P(x_m)$: 特定値 x_m の超過確率
- x_m : m 番目極値データの値
- N_D : データの個数【年最大値数】
- α, β : 係数
(潮位偏差: $\alpha = 0.44$, $\beta = 0.12$ ※1)
(有義波高: $\alpha = 0.39$, $\beta = 0.36$ ※2)
- γ : 年平均通過個数の比※3($\gamma = 1.31$)
- λ : 年平均発生率※4($\lambda = 1$)

潮位算定点③【東舞鶴】



沖波参照点③【経ヶ岬】



※ 台風による超過確率については、観測記録(潮位: 舞鶴、波高: 経ヶ岬)による補正を実施

※1: 舞鶴検潮所の年最大潮位偏差による極値統計解析で最も適合する確率分布を採用

※2: 経ヶ岬観測所の年最大有義波高による極値統計解析で最も適合する確率分布を採用

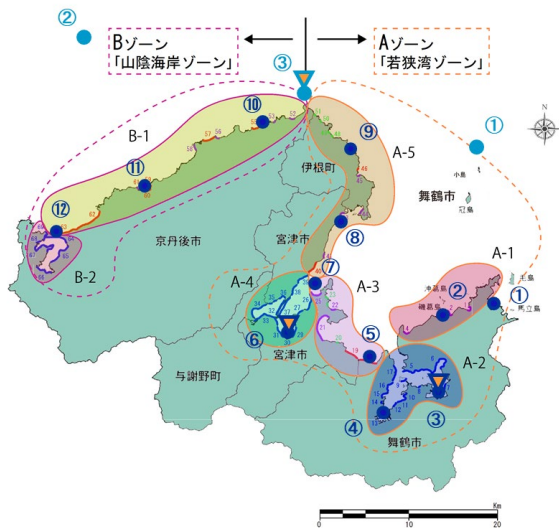
※3: 既往実績と過去実験における台風・爆弾低気圧の個数

※4: 適用する統計資料の年平均発生率(年最大値を適用のため『1』で設定)

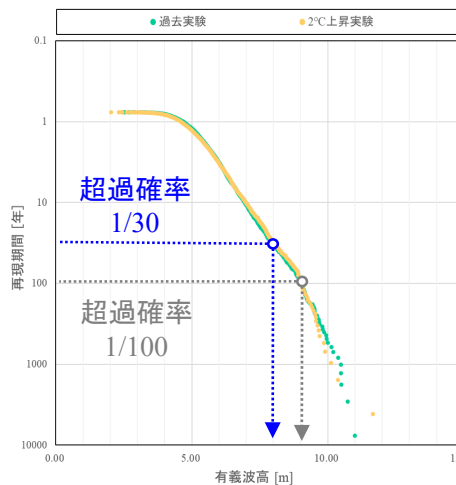
⑥ 長期変化量の算定結果

- 簡易推定式を用いて算出した全台風及び爆弾低気圧による有義波高に基づき、各年最大値を用いた極値統計解析をおこない、算定点での超過確率を算出する。

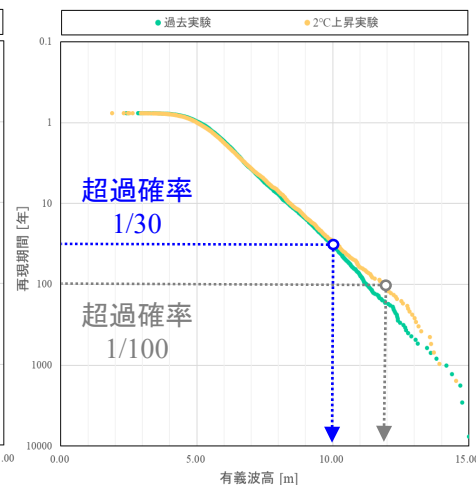
※ 過去実験及び2℃上昇実験において、両事象(台風と爆弾低気圧)で最大となる値(年最大値)を用いて算出した超過確率



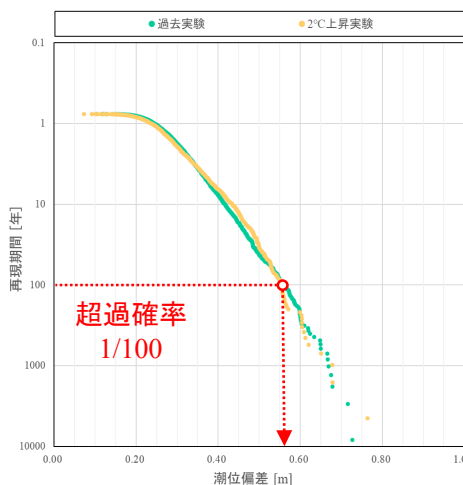
・ 沖波算定点①【若狭湾】



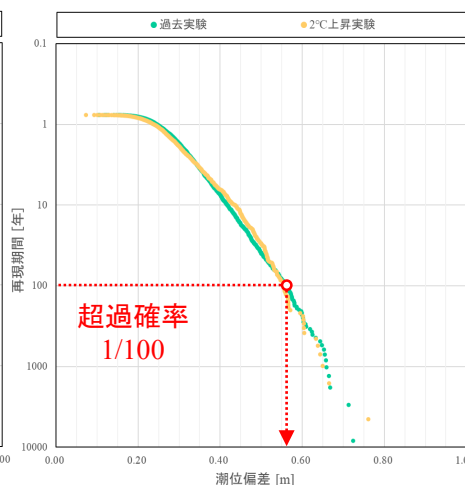
・ 沖波算定点②【山陰海岸】



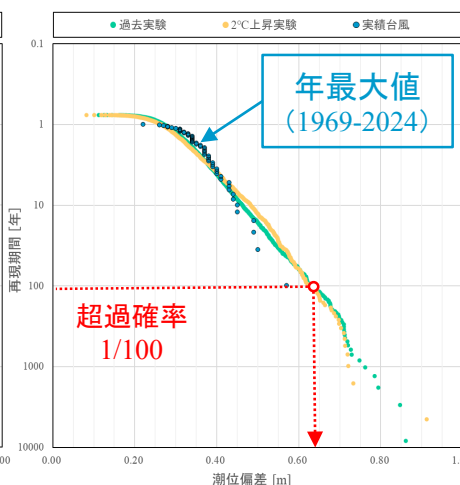
・ 潮位算定点①【田井漁港】



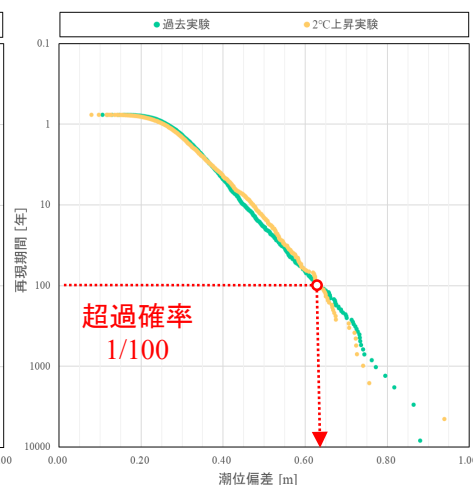
・ 潮位算定点②【竜宮浜漁港】



・ 潮位算定点③【東舞鶴】



・ 潮位算定点④【西舞鶴】

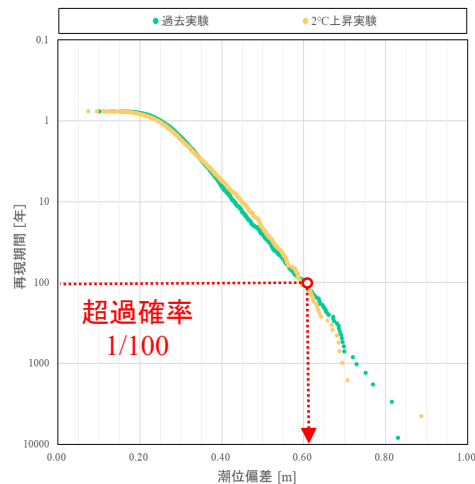


⑥ 長期変化量の算定結果

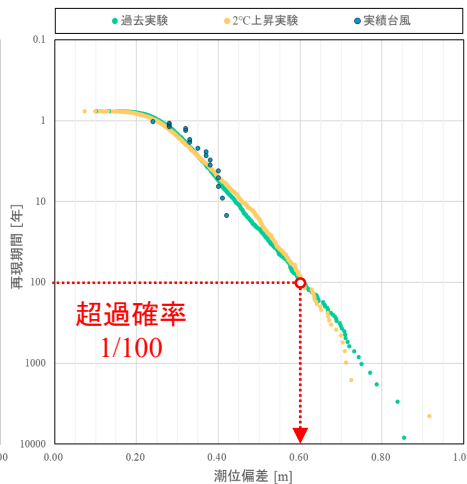
- 簡易推定式を用いて算出した全台風及び爆弾低気圧による有義波高に基づき、各年最大値を用いた極値統計解析をおこない、算定点での超過確率を算出する。

※ 過去実験及び2℃上昇実験において、両事象(台風と爆弾低気圧)で最大となる値(年最大値)を用いて算出した超過確率

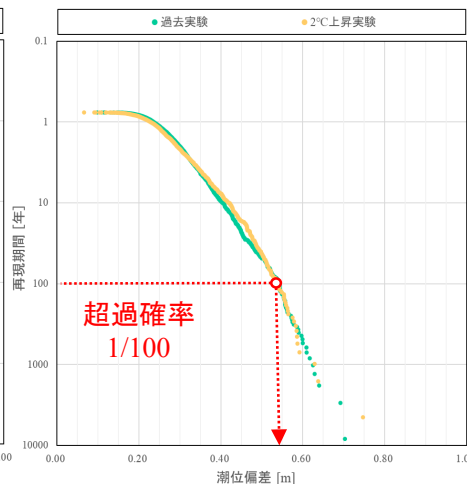
・ 潮位算定点⑤【神崎】



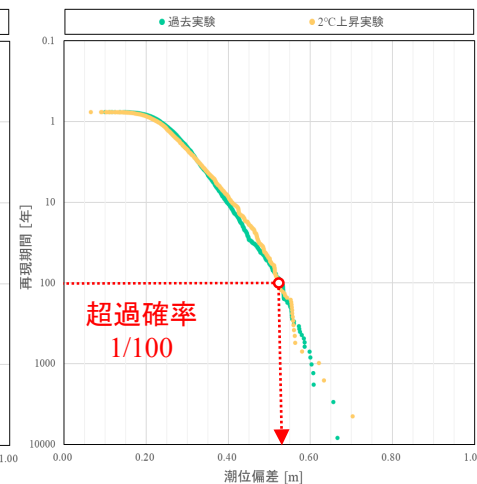
・ 潮位算定点⑥【宮津】



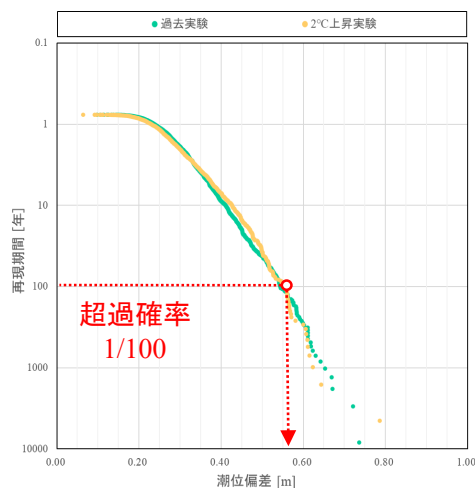
・ 潮位算定点⑦【日置】



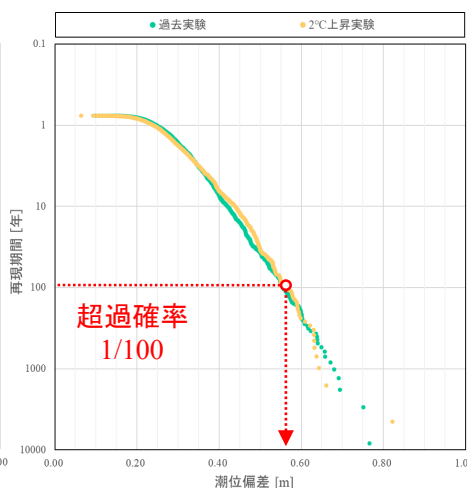
・ 潮位算定点⑧【養老漁港】



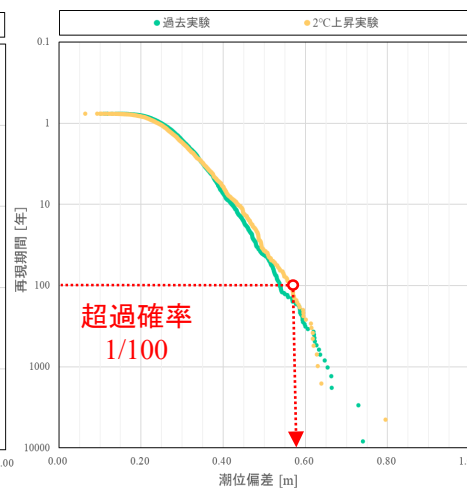
・ 潮位算定点⑨【浦島漁港】



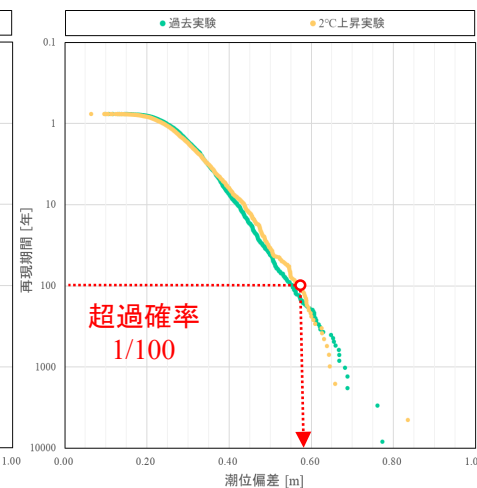
・ 潮位算定点⑩【久僧】



・ 潮位算定点⑪【浅茂川】



・ 潮位算定点⑫【久美浜】



⑦ 有義波周期の算定方針

- 有義波周期については簡易推定式の精度が乏しいため、波高と周期に関する経験式（Toba則）を用いて、有義波高から算定をおこなう。
- 経験式の係数（Toba係数）は、波浪シミュレーションを実施した計200事象（過去実験及び2℃上昇実験で各100事象）の計算結果に基づいて、台風と爆弾低気圧それぞれで決定する。

□ Toba則

$$\left(\frac{gH}{u_*^2}\right) = B_T \left(\frac{gT}{u_*}\right)^{\frac{3}{2}}, \quad u_* = C_d U_{10}^2$$

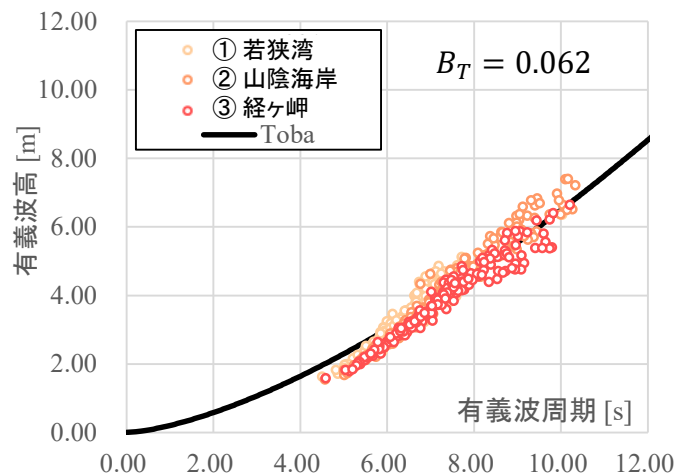
$$C_d = \left(0.55 + 2.97 \left(\frac{U_{10}}{U_{ref}}\right) - 1.49 \left(\frac{U_{10}}{U_{ref}}\right)^2\right) \times 10^{-3}$$

$$U_{ref} = 31.5$$

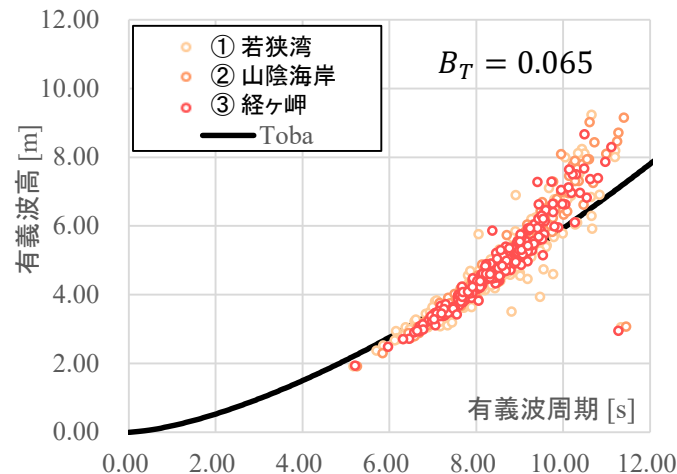
H : 対象地点の有義波高, T : 対象地点の有義波周期
 u_* : 換算風速, U_{10} : 10m高度海上風速, U_{ref} : 基準風速
 C_d : 海面抵抗係数, g : 重力加速度, B_T : Toba係数

- ※ 海面抵抗係数は、波浪推算の設定値(Zijlema, 2012)を使用
- ※ 算定時の10m高度風速(U_{10})は、200事象の平均値を使用

最大有義波高と周期の関係(台風)



最大有義波高と周期の関係(爆弾低気圧)



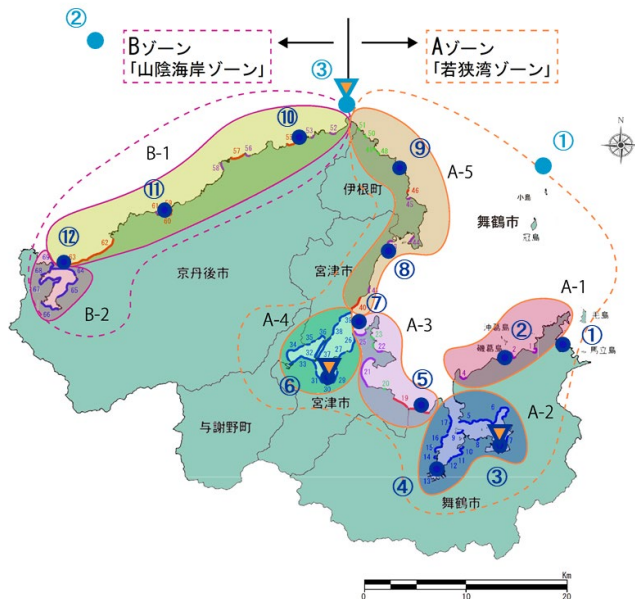
⑧ 計画外力の設定

- 丹後沿岸における代表地点において構築した台風・爆弾低気圧それぞれの簡易推定式を用いて、対象全台風(1次選定結果)の潮位偏差・波高を算出し、確率評価を実施した。
- 簡易推定式により算出した超過確率を基に、対象期間(潮位偏差:100年確率値、波高:30年, 100年確率値)における長期変化量を算定した。

■ 長期変化量の算定点

● 沖波算定点
計3地点(1観測所)

● 潮位算定点
計12地点(2観測所)



項目	算定点	計画外力の算定結果	
		30年確率外力	100年確率外力
有義波高 [m]	①若狭湾	7.97m (11.46s) 【1.02倍】	9.05m (12.48s) 【1.04倍】
	②山陰海岸	10.02m (13.35s) 【1.02倍】	11.87m (14.95s) 【1.07倍】
	③経ヶ岬(参考)	8.80m (12.24s) 【1.02倍】	10.03m (13.36s) 【1.05倍】
潮位偏差 [m]	①田井漁港	—	0.56m 【1.02倍】
	②竜宮浜漁港	—	0.56m 【1.02倍】
	③東舞鶴	—	0.64m ^{※1} 【1.01倍】
	④西舞鶴	—	0.64m 【1.00倍】
	⑤神崎	—	0.60m 【1.01倍】
	⑥宮津	—	0.61m 【1.00倍】
	⑦日置	—	0.54m 【1.00倍】
	⑧養老漁港	—	0.53m ^{※1} 【1.01倍】
	⑨浦島漁港	—	0.56m 【1.02倍】
	⑩久僧	—	0.56m 【1.02倍】
	⑪浅茂川	—	0.57m 【1.06倍】
	⑫久美浜	—	0.57m 【1.02倍】

※: ():有義波周期、【 】:長期変化量の将来変化比(台風のみ、爆弾低気圧のみ、台風&爆弾低気圧の3つの中で最大となる値を記載)

※1: 過去実験の算定値が2℃上昇実験の算定値を上回る地点については、過去実験の算定値を設定

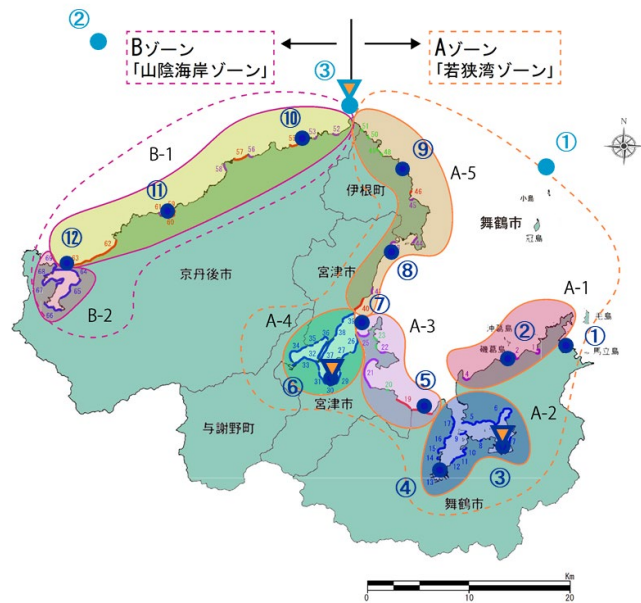
⑧ 計画外力の設定

- 代表地点の算定結果をから、気候変動を考慮した潮位偏差の値が隣接海岸で同程度あることから、地形条件を鑑みて、ゾーン区分ごとでの設定をおこなう。
- 丹後沿岸における計画外力は、有義波高が2区分(若狭湾ゾーンと山陰海岸ゾーンの各1区分)、潮位偏差が5区分(若狭湾ゾーン5区分と山陰海岸ゾーン1区分)で設定する。

■ 長期変化量の算定点

● 沖波算定点
計3地点(1観測所)

● 潮位算定点
計12地点(2観測所)



計画外力の設定値	
有義波高 [m] ※ 30年確率値	潮位偏差 [m] ※ 100年確率値
A: 若狭湾ゾーン 7.97m (11.46s) 【1.02倍】	A-1: 大浦ゾーン 0.56m 【1.02倍】
	A-2: 舞鶴湾ゾーン 0.64m 【1.01倍】
	A-3: 由良・栗田ゾーン 0.60m 【1.01倍】
	A-4: 宮津湾ゾーン 0.61m 【1.00倍】
	A-5: 宮津・伊根ゾーン 0.56m 【1.02倍】
B: 山陰海岸ゾーン 10.02m (13.35s) 【1.02倍】	B-1: 京丹後ゾーン B-2: 久美浜湾ゾーン 0.57m 【1.06倍】

統合

算定結果
潮位偏差 [m] ※ 100年確率値
①0.56m 【1.02倍】
②0.56m 【1.02倍】
③0.64m 【1.01倍】
④0.64m 【1.00倍】
⑤0.60m 【1.01倍】
⑥0.61m 【1.00倍】
⑦0.54m 【1.00倍】
⑧0.53m 【1.01倍】
⑨0.56m 【1.02倍】
⑩0.56m 【1.02倍】
⑪0.57m 【1.06倍】
⑫0.57m 【1.02倍】

※: ():有義波周期、【 】:長期変化量の将来変化比
※: 潮位偏差の設定値は、各ゾーンで算定結果の最大値を設定

➤「日本沿岸の主要港湾における高潮・波浪への気候変動の影響評価(令和7年1月)※¹」に記載の舞鶴港における潮位偏差・波浪の将来変化比と比較すると、有義波高は同程度の値、潮位偏差も概ね整合した結果である。

海域区分※2

海域	将来変化比		対象港湾（重要港湾以上）
	潮位偏差	波高	
九州西側	1.06	1.02	川内港・八代港・三角港・熊本港・三池港・長崎港・佐世保港・福江港
九州北側	1.07	1.06	厳原港・郷ノ浦港・伊万里港・唐津港・博多港・北九州港（響灘）・下関港（響灘）
山陰地方	1.05	1.02	三隅港・浜田港・西郷港・境港・鳥取港
若狭湾	1.05	1.02	舞鶴港・敦賀港・金沢港
富山湾	1.04	1.01	七尾港・伏木富山港・直江津港・小木港・両津港・新潟港
東北日本海側	1.01	1.02	能代港・秋田港・船川港・酒田港

※波高の将来変化率は、再現期間 50 年の場合（50 年確率波高）を示す。

※2 出典：「港灣における気候変動適応策の実装方針（令和6年3月）」