

気候変動を踏まえた計画外力の検討結果

令和6年3月

国土交通省 高知河川国道事務所
高知県 港湾・海岸課

目 次

- 土佐湾沿岸中央部の現行計画 P.2
- 平均海面水位の上昇量・朔望平均満潮位の変化 P.9
- 観測データ、d4PDFの分析結果 P.12
- 高潮・波浪シミュレーションモデルの構築(再現) P.21
- 高潮偏差・波浪(波高、周期)の変化に関する検討 P.33
- 津波水位の変化に関する検討 P.42

土佐湾沿岸中央部の現行計画

現行計画(防護水準)の概要

■現行計画(S47土佐湾高潮対策技術会議等で設定) ※土佐湾沿岸中央部の内容を記載

項目	防護水準	設定方法等
計画高潮位	T.P.+2.46m	・桂浜検潮所の朔望平均満潮位+既往の高潮偏差の最大値より設定(表記は新測地系への変換値) ※近年も含めた既往最高潮位は平成26年台風11号のT.P.+2.09m(昭和45年台風10号は棄却)
朔望平均満潮位	T.P.+1.00m	・S25~S35の桂浜検潮所における朔望平均満潮位の平均値(表記は新測地系への変換値)
高潮偏差	1.46m	・S25~S45の観測値とS25以前の推定値(簡易式)より、既往最大となるM35.9.7の推定値を設定 ※近年も含めた観測値の最大は昭和49年台風16号の1.28m(昭和45年台風10号は棄却)
計画波浪(1/30)	Ho=13.0m To=15.5s	・S47時点では、S34伊勢湾台風の仮想コースでSMB法より推算されたHo=10.1m,To=15.2sを設定 ・H12に見直され、波浪推算データ(30年間)と観測データ(16年間)に基づく極値統計解析より設定

高潮偏差

S25~S45の観測値とS25以前の推定値(簡易式)より、既往最大となるM35.9.7の推定値を設定

＜S25以前の推定値(簡易式)の考え方＞
吸い上げと吹き寄せによる潮位上昇量を算定

■M35.9.7の高潮偏差の推定値の算定
・吸い上げによる潮位上昇量(気圧より算定)
 $\rho_1 = 0.991\Delta P$
 $= 0.991 \times (760 - 738.0) / 760 \times 1013.25$
 $= 0.991 \times 29.3 \text{ cm} = 29.0 \text{ cm}$
・吹き寄せによる潮位上昇量(風速より算定)
 $\rho_2 = 4.2 \times 39.3 - 47.7 = 117.4 \text{ cm}$

表 S25以前の高潮偏差の推算値

年月日	気圧① (min) (mm)	風速② (max) (m/s)	ΔP (cm)	ρ1' (cm)	ρ1 (cm)	ρ2 (cm)	偏差 (ρ1+ρ2) (cm)	摘要
明治 29.8.18	730.7	32.1	29.3	39.1	38.7	87.1	125.8	風向 ESE
32.7.9	737.6	31.5	22.4	29.6	29.6	84.6	114.2	〃
35.9.7	738.0	39.3	22.0	29.0	29.0	117.4	146.4	〃
44.8.15	734.9	29.7	25.1	33.2	33.2	77.0	110.2	E
大正 4.9.8	736.2	26.5	23.8	31.4	31.4	63.6	95.0	ESE
7.7.12	728.7	26.0	31.3	41.3	41.3	61.5	102.8	〃
昭和 12.9.11	715.7	27.3	44.3	44.3	58.5	57.0	125.5	〃
20.9.17	734.8	26.2	25.2	25.2	33.3	62.3	95.6	SE

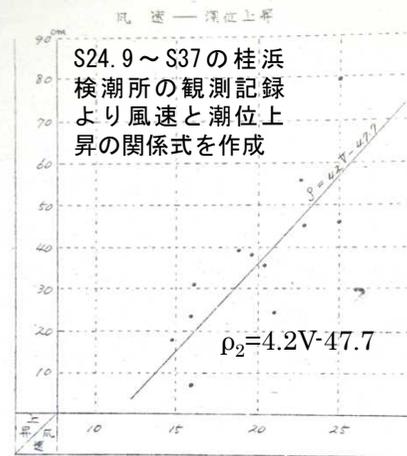


図 風速-高潮偏差の関係式

S25~S45の高潮偏差(観測値)

異常気象年月日	異常気象名	起時	D.L.上の潮位	T.P.上の潮位	起時	最大偏差	備考
昭和25年 9月 3日	フィート台風	09 10	218	87	09 10	39	東京湾中等潮位への換算数 -1.314 m
〃 9月14日	ギニア台風	13日 06 35	267	136	13日 22 00	50	
昭和26年 7月 2日	ケイト台風	02 50	260	129	08 00	79	←既往最大潮位
〃 10月15日	ルース台風	06 00	258	127	03 00	77	
昭和28年 9月25日	第13号台風	07 25	283	152	08 40	45	
昭和29年 8月18日	第5号台風	08 20	254	123	12 00	62	
〃 9月26日	第15号台風	05 30	279	148	06 00	77	
昭和30年 9月30日	第22号台風	17 20	232	101	13 00	48	
昭和30年10月 4日	第23号台風	07 10	229	98	03 00	36	
昭和31年 8月17日		16 00	183	52	08 00	27	
〃 9月10日	第12号台風	20 40	219	88	00 30	30	
昭和32年 9月 7日	第10号台風	04 40	230	99	10 00	45	
昭和34年 9月28日	伊勢湾台風	15 30	193	62	17 30	50	
昭和35年 8月29日	第16号台風	14 00	249	118	14 20	123	←既往最大偏差
昭和36年 9月16日	第2室戸台風	08 47	280	149	08 47	98	
昭和45年 8月21日	第10号台風	08 35	460	329	-	-	

※ 昭和45年8月21日の実測高極潮位 (T.P.+3.29m)は、年超過確率が1/10,000以上となり、海岸保全計画に過大となるため、採用しない。

出典:既往の計画高潮位について(建設省所管) 昭和43年3月 高知県河川課

出典:土佐湾高知海岸(南国工区)直轄海岸保全施設整備事業 全体計画書 四国地方建設局

現行計画(防護水準)の概要

計画波浪(波高)

波高: 波浪推算・観測データより極値統計解析を実施し、30年確率波高を設定

1) 検討方法

補助建設海岸(高知県)の設定値は、運輸省推算資料(S26~S55)を用いて設定しているが、その後観測データの蓄積があるため、これを含めて確率波高の算定を行う。

2) 使用資料

運輸省推算資料 (S26~S55) 30年
高知沖観測データ (S56~H1) 9年
桂浜観測データ (H2~H8) 7年

3) 検討ケース

ケース1 運輸省推算資料で確率計算
ケース2 運輸省推算資料+高知沖データで確率計算
ケース3 運輸省推算資料+高知沖データ+桂浜データで確率計算

4. 検討結果

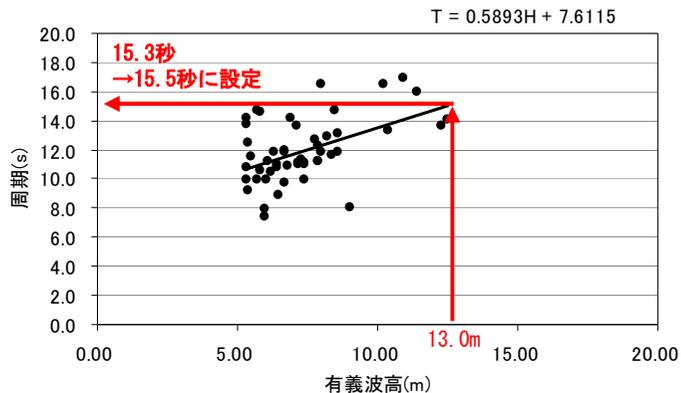
確率年	ケース1		ケース2		ケース3	
	計算値	設定値	計算値	設定値	計算値	設定値
10	10.9	11.0	10.26	10.5	10.02	10.5
20	12.0	12.0	11.44	11.5	11.16	11.5
30	12.6	13.0	12.10	12.5	11.80	12.0
50	13.3	13.5	12.91	13.0	12.58	13.0
100	14.2	14.5	13.97	14.0	13.60	14.0

30年確率波高
12.6m
→13.0mに設定

出典: 高知海岸計画外力の検討 四国地方整備局高知工事事務所

計画波浪(周期)

周期: 全ての波浪推算・観測データより波高と周期の関係式を作成し、30年確率波高に対応する周期を設定



出典: 高知海岸計画外力の検討 四国地方整備局高知工事事務所

算定に使用されたデータ

波浪推算データ 旧運輸省推算値 (S26~S55)30年間

	台風	有義波高(m)	周期(s)
1	3412	2.9	9.5
2	2106	7.9	11.2
3	5115	6.7	9.7
4	5202	0.9	7.2
5	5313	10.9	16.9
6	5405	7.9	12.3
7	5415	7.4	9.9
8	5526	1	7
9	5609	7.3	11.3
10	5612	4.9	8.9
11	5615	4.7	14.8
12	5707	3.1	7.6
13	5710	7.2	11.1
14	5817	6.3	11.8
15	5821	6.9	14.2
16	5906	4.6	11.3
17	5915	10.2	16.5
18	6012	0.3	5.5
19	6016	7.4	11
20	6118	11.4	16
21	6207	3.4	10.3
22	6309	8	11.8
23	6420	12.5	14.1
24	6523	8.5	14.7
25	6524	8	16.5
26	6624	3.3	10.9
27	6718	3.8	10.2
28	6734	3.2	12.7
29	6804	6.4	11
30	6810	4	7.6
31	6909	8.2	12.9
32	7002	3.4	13.5
33	7009	5.7	9.9
34	7010	12.3	13.7
35	7119	6.2	10.5
36	7123	6.8	10.9
37	7209	7.2	11
38	7416	7.9	11.2
39	7418	0.3	5.4
40	7505	8.8	11.8
41	7506	5.5	11.5
42	7611	3.5	7.1
43	7808	4.6	9.2
44	7916	7.1	13.6
45	7920	5.8	14.6
46	8013	10.4	13.3
47	8019	5.7	14.7

観測データ(高知沖) (S56~H1)上位30波

順位	最大有義波の起時	波高	周期(s)	気象要因
1	82年9月25日4時	8.6	13.1	台風8219号
2	82年8月27日12時	8.35	11.6	台風8213号
3	81年7月30日22時	6.7	12	台風8110号
4	89年7月27日18時	6.68	11.9	台風8911,8912号及び台風8913号
5	88年8月27日6時	6.4	10.8	台風8917号
6	88年4月18日16時	6.03	10	二つ玉低気圧
7	88年4月13日4時	5.37	9.2	日本海低気圧及び南岸低気圧
8	81年10月22日14時	5.32	13.8	台風8124号
9	82年11月30日2時	5.27	10.3	二つ玉低気圧
10	85年6月30日16時	5.25	12.9	台風8506号
11	83年9月28日16時	5.23	9.9	台風8310号 前れの低気圧
12	86年7月17日20時	5.21	11.6	日本海低気圧及び台風8608号
13	83年4月1日6時	4.84	10	南岸低気圧
14	89年9月19日22時	4.83	11.8	台風8922号
15	84年8月21日18時	4.58	8.9	台風8410号
16	81年10月1日10時	4.52	14.4	台風8122号
17	88年9月15日10時	4.51	13.6	台風8818号
18	88年6月2日22時	4.39	8.5	二つ玉低気圧
19	88年3月21日20時	4.34	9.2	南岸低気圧
20	82年9月3日16時	4.21	12.4	台風8215号
21	83年8月13日22時	4.16	13	台風8305号
22	83年6月13日2時	4.1	9.2	二つ玉低気圧
23	82年3月15日16時	4.07	9	二つ玉低気圧
24	82年8月1日14時	4.05	13	台風8210号
25	81年8月22日8時	3.98	13	台風8115号
26	82年3月5日8時	3.97	8.7	日本海低気圧
27	84年7月29日10時	3.86	10.2	台風8407号
28	89年4月23日0時	3.74	9.9	南岸低気圧
29	81年11月2日16時	3.74	8.5	二つ玉低気圧
30	85年6月8日12時	3.7	9.3	南岸低気圧

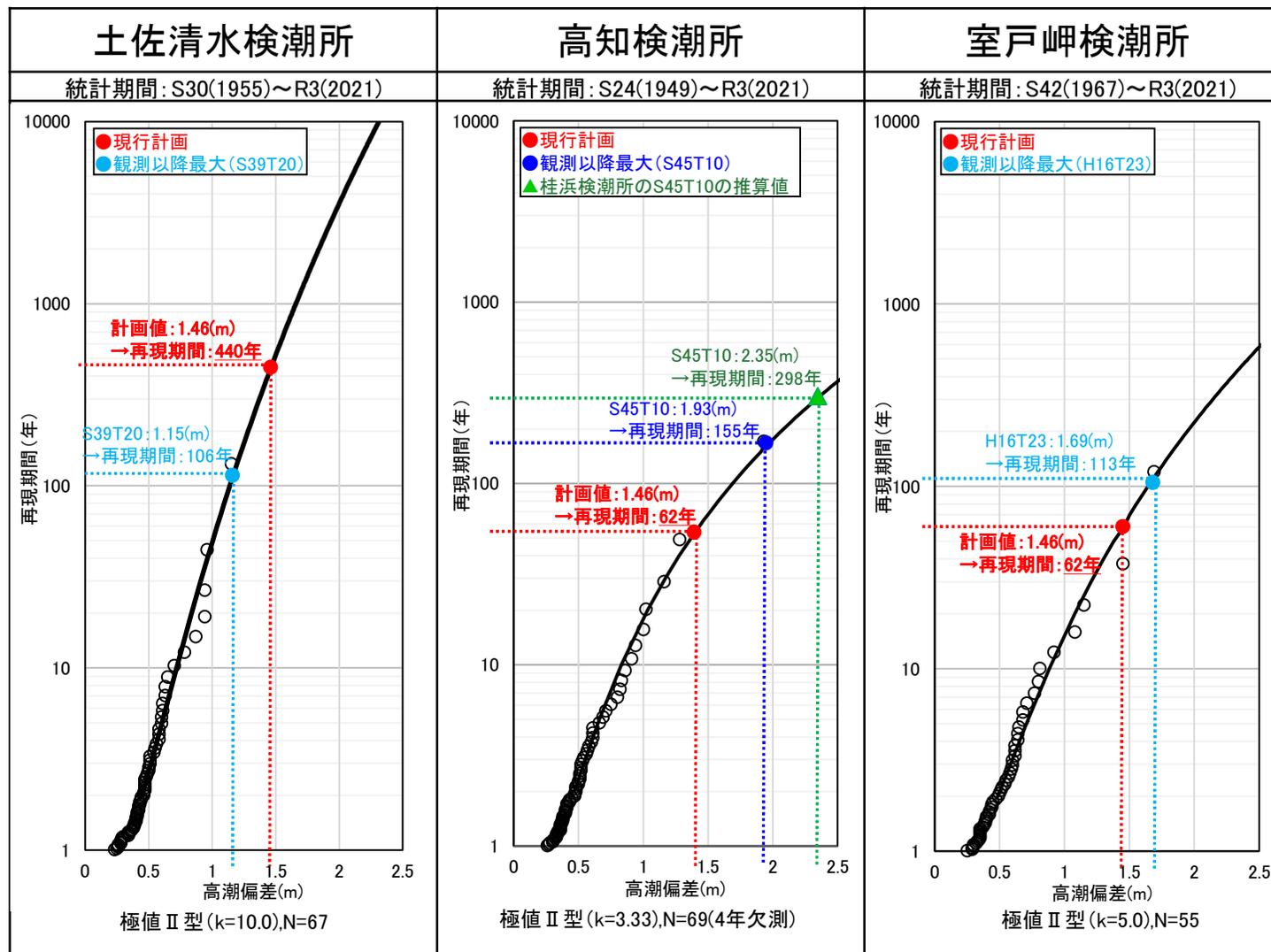
観測データ(桂浜) (H2~H8)上位30波

順位	年月日	時間	波高	周期	気象要因
1	1990/7/30	10:00:00	9	8	
2	1990/8/22	10:00:00	7.79	12.7	9014
3	1991/9/27	22:00:00	7.38	11.1	9219
4	1992/8/8	18:00:00	6.46	8.9	9210
5	1990/9/19	14:00:00	6.06	11.2	9019
6	1990/9/29	0:00:00	6	7.4	
7	1994/9/25	14:00:00	6	7.9	9426
8	1993/8/10	8:00:00	5.82	10.6	9307
9	1994/9/29	14:00:00	5.39	12.5	9426
10	1993/8/9	12:00:00	5.34	14.2	9307
11	1991/9/28	0:00:00	5.3	10.8	9119
12	1992/8/18	20:00:00	5.3	9.9	9211
13	1992/8/17	22:00:00	4.95	13.6	9211
14	1993/9/3	22:00:00	4.79	8.4	9313
15	1996/8/14	10:00:00	4.59	10.1	9612
16	1990/9/18	22:00:00	4.48	12.4	9019
17	1994/8/13	8:00:00	4.41	11.7	9414
18	1993/6/11	20:00:00	4.4	6.2	
19	1993/7/27	20:00:00	4.35	10.1	9311
20	1992/12/8	0:00:00	4.32	9	南北の気圧の谷の通過
21	1990/5/4	10:00:00	4.3	8.6	
22	1994/7/25	14:00:00	4.29	9.7	9407
23	1991/9/19	18:00:00	4.27	12.8	9118
24	1994/5/5	6:00:00	5.27	8	
25	1993/10/7	8:00:00	4.17	14.8	9319,及び9320
26	1993/10/29	18:00:00	4.14	8	
27	1991/10/10	4:00:00	4.02	14.7	9121
28	1992/8/19	0:00:00	4.01	9.2	9211
29	1994/4/12	18:00:00	4	8.7	低気圧
30	1994/6/30	14:00:00	4	5.1	梅雨前線

出典: 土佐湾高知海岸(南国工区)直轄海岸保全施設整備事業 全体計画書 四国地方建設局

現行計画の安全度(再現期間)の整理結果:高潮偏差

- 観測データ(高知・室戸岬・土佐清水)^{※1}を基に極値統計解析^{※2}を実施し、高潮偏差の再現期間を算定した。
- 現行計画の高潮偏差(1.46m●)の再現期間は、高知62年、室戸岬62年、土佐清水440年となる。
- 高知の観測以降最大の高潮偏差(1.93m●、昭和45年台風10号)^{※3}の再現期間は、155年となる。
(高知近傍の桂浜の高潮偏差の推定値(2.35m▲、昭和45年台風10号)^{※4}の再現期間は、298年となる)



※1: 気象庁公表データ(1時間間隔)より年最大値を整理
昭和45年台風10号の観測データを含む

※2: 海岸保全施設の技術上の基準・同解説等を踏まえ、極値Ⅱ型を採用(kは最も相関係数が高いものを記載)

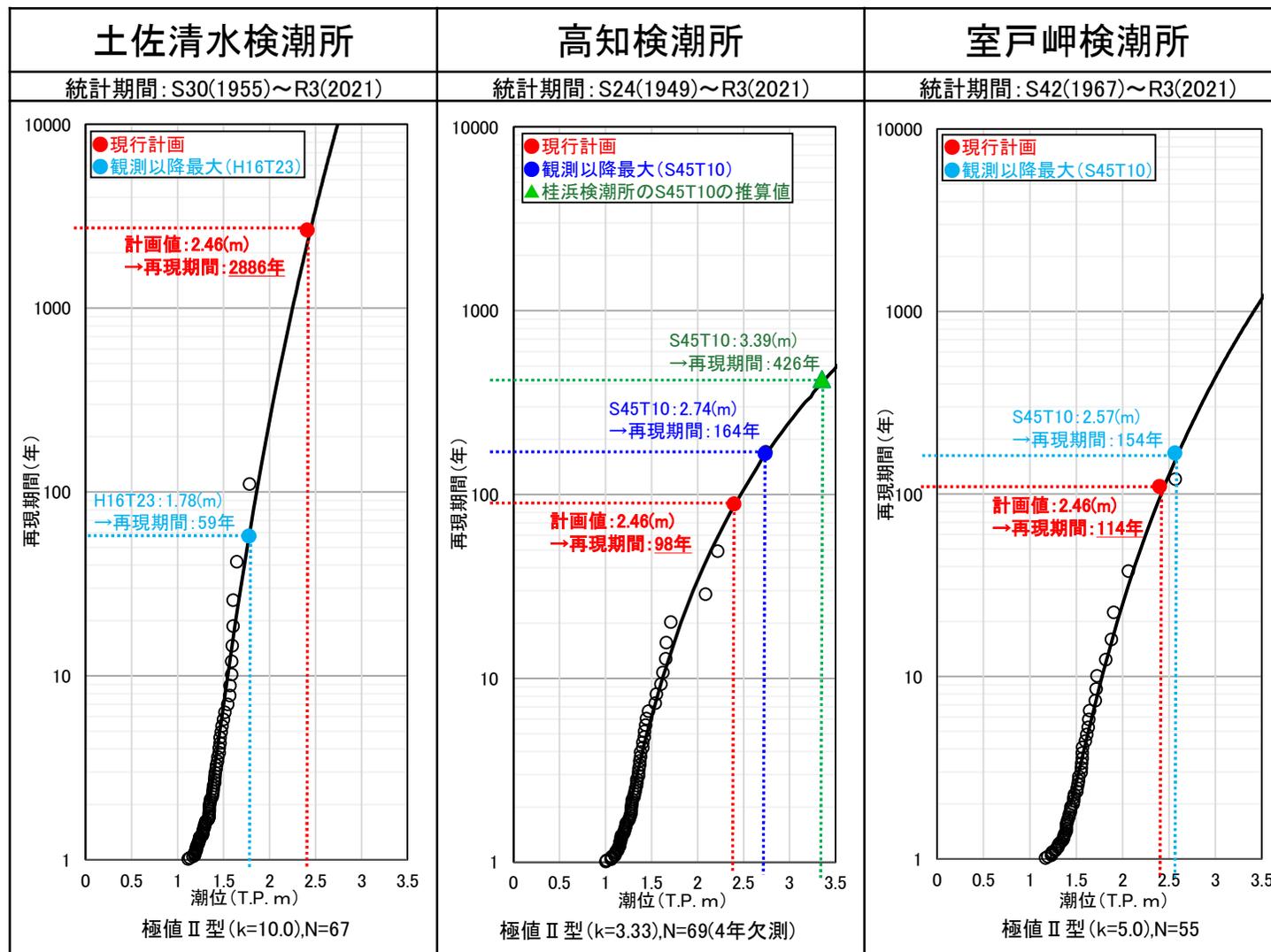
※3: 8/21 8時の観測値(これ以降は欠測)

※4: 8/21 9時の推定値(8時は1.99m、8時以降は欠測)



現行計画の安全度(再現期間)の整理結果:潮位

- 観測データ(高知・室戸岬・土佐清水)^{※1}を基に極値統計解析^{※2}を実施し、潮位の再現期間を算定した。
- 現行の計画高潮位(T.P.+2.46m●)の再現期間は、高知98年、室戸岬114年、土佐清水2886年となる。
- 高知の観測以降最大の潮位(T.P.+2.74m●、昭和45年台風10号)^{※3}の再現期間は、164年となる。
(高知近傍の桂浜の潮位の推定値(T.P.+3.39m▲、昭和45年台風10号)^{※4}の再現期間は、426年となる)

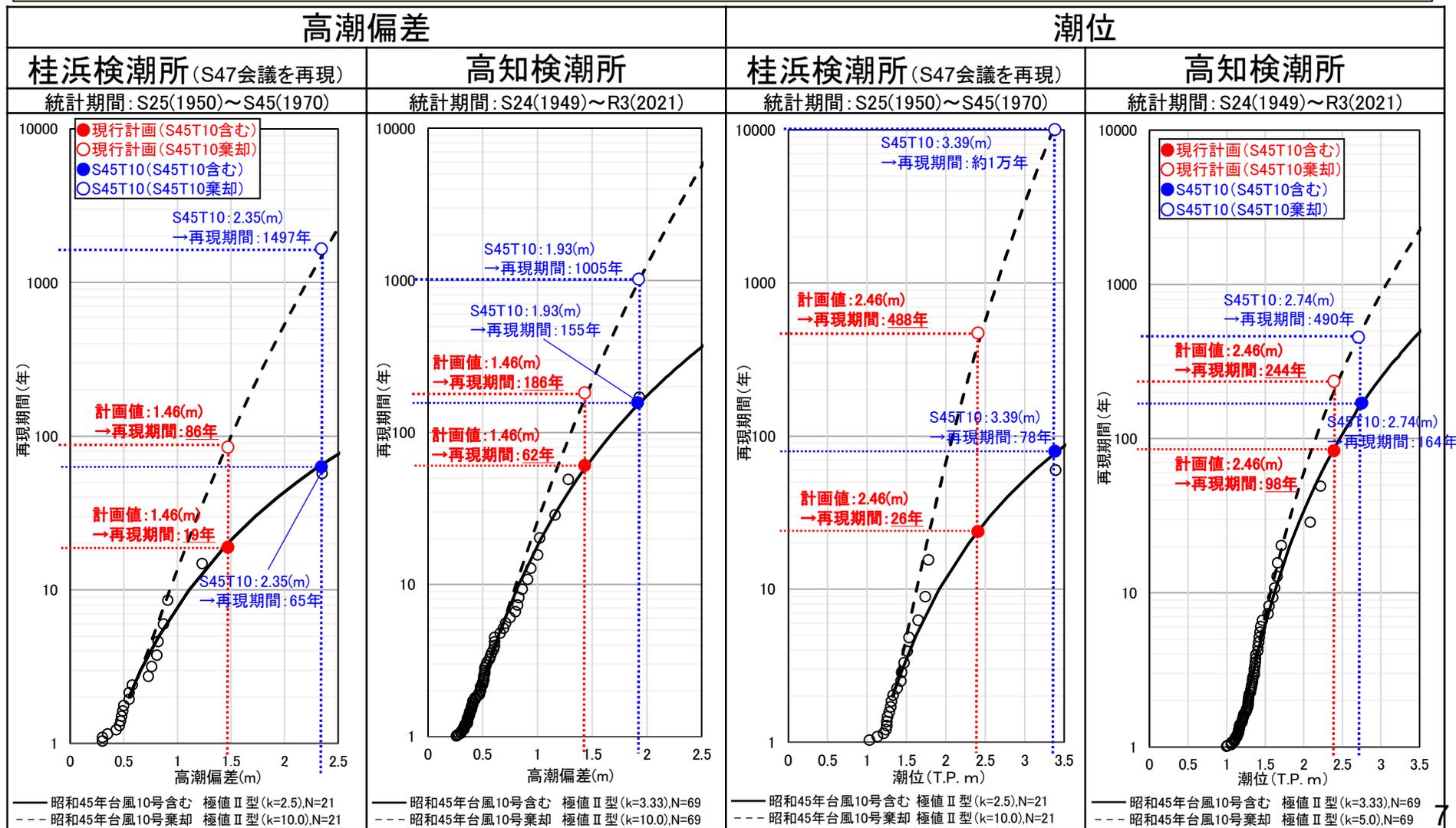


- ※1: 気象庁公表データ(1時間間隔)より年最大値を整理
昭和45年台風10号の観測データを含む
- ※2: 海岸保全施設の技術上の基準・同解説等を踏まえ、極値Ⅱ型を採用(kは最も相関係数が高いものを記載)
- ※3: 8/21 8時の観測値(これ以降は欠測)
- ※4: 8/21 9時の推定値(8時は2.99m、8時以降は欠測)



【参考】S47土佐湾高潮対策技術会議のデータを用いた極値統計解析結果

- S47土佐湾高潮対策技術会議で用いられた桂浜の観測データ(S25~S45)を基に極値統計解析※を実施した。
※同会議の検討に合わせて、昭和45年台風10号の観測データを含めた場合と棄却した場合の両方を実施
- 昭和45年台風10号を棄却した場合、現行計画値や昭和45年台風10号の観測値の再現期間は非常に大きくなる。
- 気候変動によって台風が強大化する可能性が高いことを踏まえ、本検討では、昭和45年台風10号を含めて最新データに基づき算定した再現期間を基に検討を進める。



現行計画の安全度(再現期間)の整理結果:波浪

- 現行の計画波浪は、過去の波浪推算データ(S26~S55)より設定されたことを踏まえ、現行計画値の妥当性を確認するため、土佐湾中央部の高知港における最新の波浪推算データに基づく極値統計解析結果との比較を行った。
- 高知港では、現行計画の30年確率における沖波波高は12.7m、沖波周期は16.4秒であり、当該地域の現行計画値(沖波波高13.0m、沖波周期15.5秒)と同程度であることが確認できる。

計画波浪(波高)

波高: 波浪推算・観測データより極値統計解析を実施し、30年確率波高を設定

1) 検討方法
補助建設海岸(高知県)の設定値は、運輸省推算資料(S26~S55)を採用して設定しているが、その後観測データの蓄積があるため、これを含めて確率波高の算定を行う。

2) 使用資料
運輸省推算資料 (S26~S55) 30年
高知沖観測データ (S56~H1) 9年
桂浜観測データ (H2~H8) 7年

3) 検討ケース
ケース1 運輸省推算資料で確率計算
ケース2 運輸省推算資料+高知沖データで確率計算
ケース3 運輸省推算資料+高知沖データ+桂浜データで確率計算

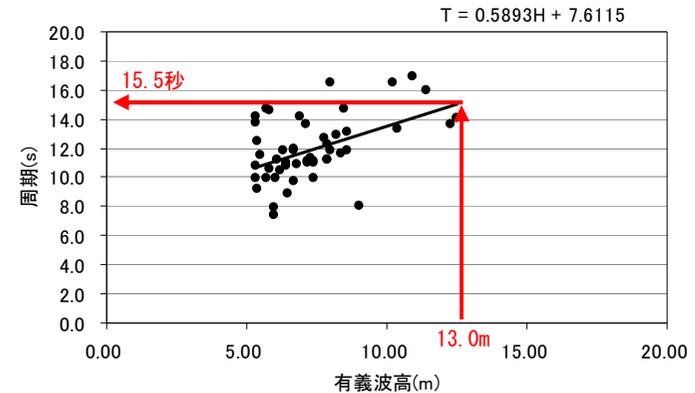
4. 検討結果

確率年	ケース1		ケース2		ケース3	
	計算値	設定値	計算値	設定値	計算値	設定値
10	10.9	11.0	10.26	10.5	10.02	10.5
20	12.0	12.0	11.44	11.5	11.16	11.5
30	12.6	13.0	12.10	12.5	11.80	12.0
50	13.3	13.5	12.91	13.0	12.58	13.0
100	14.2	14.5	13.97	14.0	13.60	14.0

出典: 高知海岸計画外力の検討 四国地方整備局高知工事事務所

計画波浪(周期)

周期: 全ての波浪推算・観測データより波高と周期の関係式を作成し、30年確率波高に対応する周期を設定



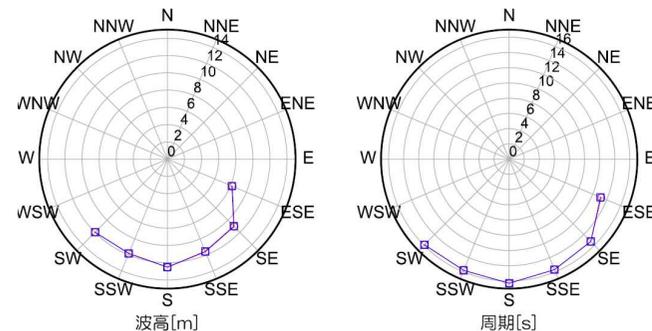
出典: 高知海岸計画外力の検討 四国地方整備局高知工事事務所

最新の波浪推算データに基づく極値統計解析結果(高知港)

30年確率波高(高知港): 12.7m(全方位の結果)
30年確率周期(高知港): 16.4秒(全方位の結果)

「確率沖波算定システム(四国地方整備局高松港湾空港技術調査事務所)」による、S25~R1を対象とした波浪推算及び極値統計解析結果を引用

地点: 高知港, 30年確率波全地区



出典: 令和2年度管内港湾施設における耐波性能検討業務 報告書(R3.3) 四国地方整備局高松港湾空港技術調査事務所

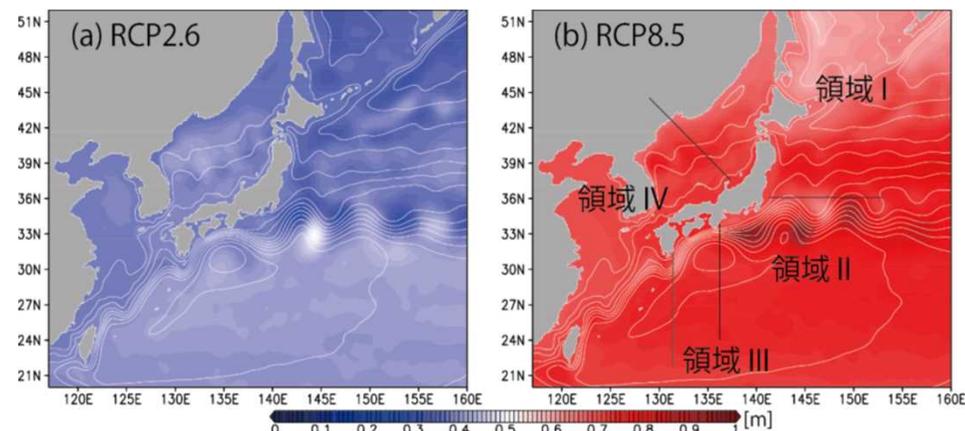
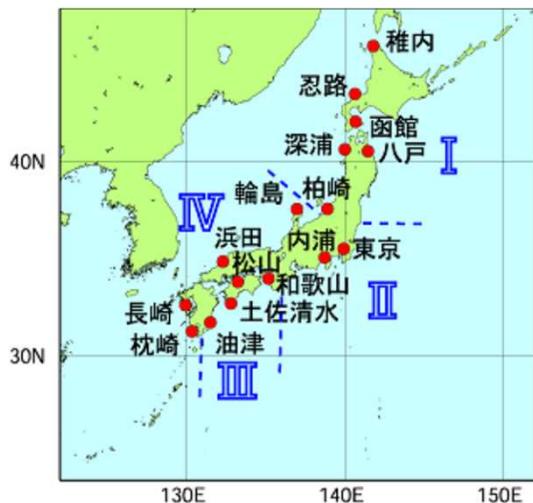
平均海面水位の上昇量・ 朔望平均満潮位の変化

平均海面水位の上昇量の設定

■ 20世紀末(1986～2005年の平均)から21世紀末(2081～2100年の平均)までの平均海面水位の上昇量は、「日本の気候変動2020」に示されるRCP2.6(2°C上昇相当)における予測結果のうち、土佐湾沿岸が位置する領域Ⅲの平均値である0.39mを設定する。

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

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

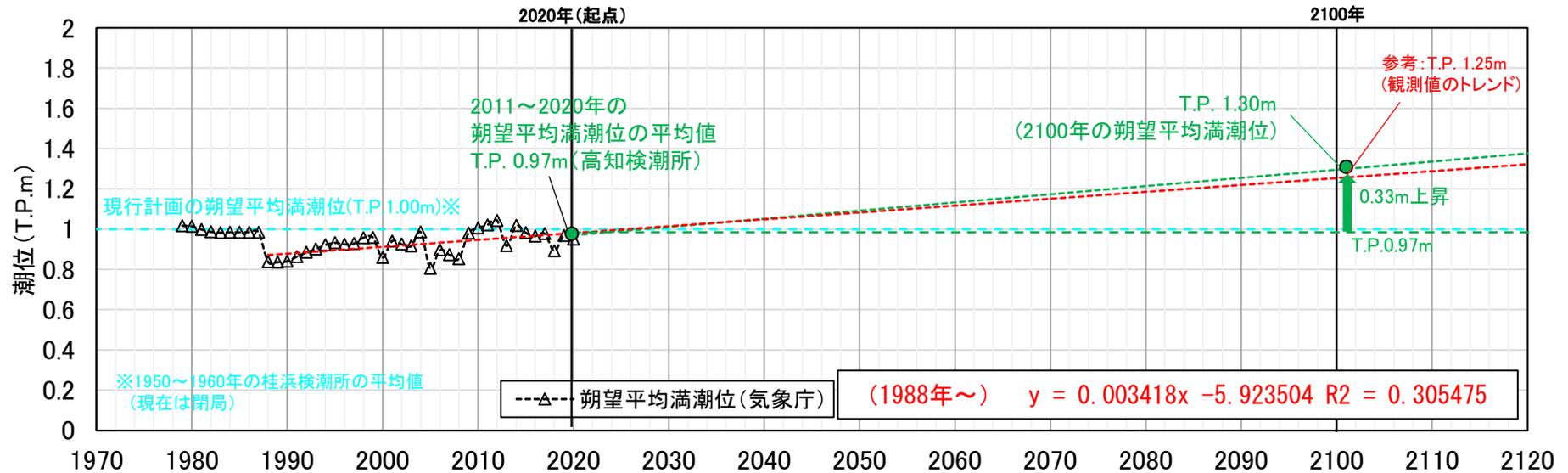


SI-CAT海洋モデルによる21世紀末における日本近海の海面水位(年平均)の20世紀末からの上昇幅(m)

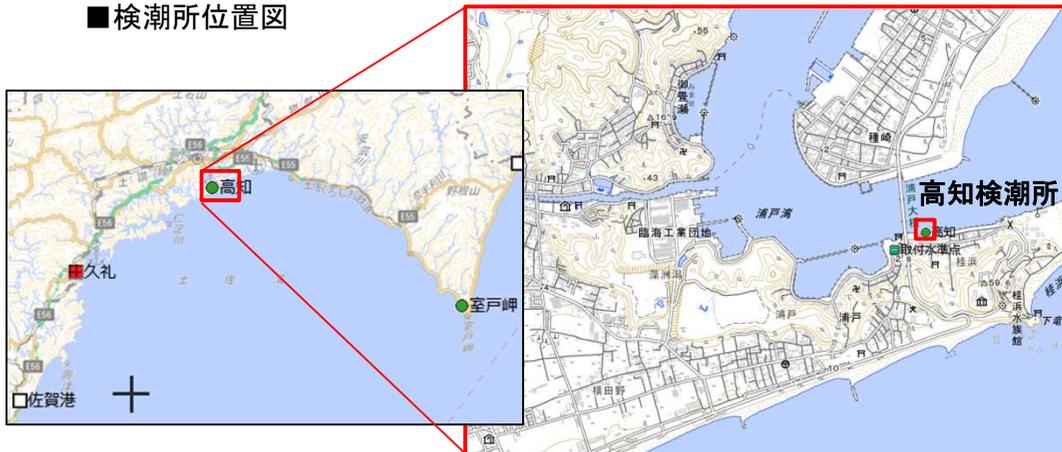
気候変動を踏まえた朔望平均満潮位の設定

- 朔望平均満潮位(現行計画を踏襲し高知検潮所で設定)は、最新の朔望平均満潮位(観測値の年変動を考慮して近10カ年の平均値を採用)に、今後の平均海面水位の上昇量を加えて設定する。
- 2020年を起点とした場合、**2100年の朔望平均満潮位は、2011～2020年の朔望平均満潮位の平均値T.P.0.97m+2100年までの平均海面水位上昇量0.33m(1996～2091年の上昇量0.39m×80年/96年) = T.P.1.30m**となる。

■ 高知検潮所(気象庁所管)における朔望平均満潮位の経年変化



■ 検潮所位置図



△:1979年から2020年の高知検潮所の朔望平均満潮位

赤線: 観測所移設や観測中断期間等を考慮した、1988年から2020年までの高知検潮所における朔望平均潮位の線形近似直線(観測値のトレンド、参考)

緑線: 「日本の気候変動2020」に示される20世紀末から21世紀末までの平均海面水位の上昇量(0.39m(RCP2.6))を基にした、+4.1mm/年となる直線

観測データ、d4PDFの分析結果

観測データに基づく外力状況の整理(現行計画値との比較)

■これまでに発生した外力状況を把握するため、土佐湾沿岸中央部(高知)における既往の観測データ(潮位、高潮偏差、波高・周期)を整理し、現行計画値との比較を行った。

項目	現行計画値 (土佐湾中央部)	現行計画の設定方法	観測データ (土佐湾中央部)	現行計画値と 観測データの比較
朔望平均満潮位	T.P. +1.00(m)	S25～S35の桂浜検潮所における朔望平均満潮位の平均値 (表記は新測地系への変換値)	高知検潮所(S24～R3) 近10カ年平均値:T.P.0.97(m)	近年の朔望平均満潮位は計画値を超過していない
高潮偏差	1.46(m)	S25～S45の観測値※とS25以前の推定値(簡易式)より、既往最大となるM35.9.7の推定値を設定 ※昭和45年台風10号の観測値は棄却	高知検潮所(S24～R3)※ ¹ 1位:1.93(m) 昭和45年台風10号 2位:1.28(m) 昭和49年台風16号 3位:1.16(m) 昭和35年台風16号	昭和45年台風10号の高潮偏差は計画値を超過(これ以外は超過していない)
潮位	T.P.2.46(m) (計画高潮位)	桂浜検潮所の朔望平均満潮位+既往の高潮偏差の最大値より設定 (表記は新測地系への変換値)	高知検潮所(S24～R3)※ ² 1位:T.P.2.74(m) 昭和45年台風10号 2位:T.P.2.09(m) 平成26年台風11号 3位:T.P.1.98(m) 昭和49年台風16号	昭和45年台風10号の潮位は計画値を超過(これ以外は超過していない)
波高	13.0(m) (1/30)	波浪推算データ(S26～S55)より極値統計解析を実施し、30年確率波高を設定	高知港(H8～R3)※ ³ 1位:12.49(m) 平成16年台風23号 2位:10.18(m) 平成16年台風16号 3位:9.95(m) 平成15年台風10号	観測された有義波高の最大値は計画値と同程度
周期	15.5(秒) (1/30)	波浪推算データ(S26～S55)と観測データ(S56～H8)より波高と周期の関係式を作成し、30年確率波高に対応する周期を設定	高知港(H8～R3)※ ³ 1位:16.4(秒) 平成16年台風23号 2位:11.5(秒) 平成16年台風16号 3位:13.0(秒) 平成15年台風10号	観測された有義波周期の最大値は計画値と同程度

※1: 気象庁公表データ(1時間間隔)より整理。

【他観測所の観測1位】室戸岬:1.69(m) 平成16年台風23号、土佐清水:1.23(m) 昭和20年(台風の詳細は不明)

※2: 気象庁公表データ(1時間間隔)より整理。

【他観測所の観測1位】室戸岬:T.P.2.57(m) 昭和45年台風10号、土佐清水:T.P.1.78(m) 平成16年台風23号

※3: ナウファス公表データ(2時間間隔)より整理。

【他観測所の観測1位】室津港:波高13.55(m)・周期15.8(秒) 平成16年台風23号、上川口:波高8.47(m)・周期13.7(秒) 平成17年台風14号

土佐湾沿岸で発生した顕著な高潮・高波(要因となった台風)の整理

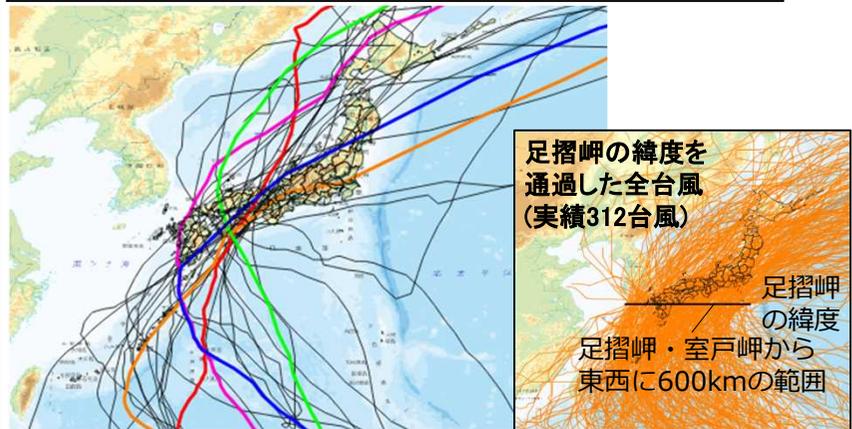
■土佐湾沿岸における既往の台風・外力に関する特性を把握するため、代表的な観測所(潮位:高知・室戸岬・土佐清水、波浪:高知港・室津港・上川口)において観測された、顕著な高潮・高波の発生状況とその要因となった台風を整理した。

顕著な高潮・高波(いずれかの観測所で昭和26年以降に観測以降10位以内の高潮偏差又は波高を観測)が発生した台風 ※赤字:観測1位

台風	高潮偏差(m)			有義波高(m)		
	高知	室戸岬	土佐清水	高知港	室津港	上川口
S26(1951)年06号	1.0		0.57			
S26(1951)年15号	0.92		0.77			
S35(1960)年16号	1.16		0.56			
S36(1961)年18号	0.91		0.78			
S39(1964)年20号	0.86		1.15			
S44(1969)年09号		1.08	0.61	波浪観測データ無し		
S45(1970)年10号	1.93	1.45	0.6			
S49(1974)年16号	1.28	0.52	0.65			
S50(1975)年05号	0.83	0.52	0.94			
S54(1979)年16号	0.5	0.92	0.7			
S62(1987)年19号	0.58	0.77	0.55			
H05(1993)年13号	0.52	0.45	0.87		9.45	
H09(1997)年19号				6.96		5.54
H10(1998)年10号	0.66	0.6	0.5	7.08	7.19	
H15(2003)年10号	0.69	0.81	0.6	9.95	8.07	6.2
H16(2004)年06号	0.78	0.87	0.63	6.33	10.02	6.93
H16(2004)年10号	0.88	0.5				
H16(2004)年16号	0.82	0.67	0.8	10.18	9.08	6.68
H16(2004)年18号	0.82	0.67	0.8	7.17	6.56	
H16(2004)年23号	0.94	1.69	0.94	12.49	13.55	
H17(2005)年14号	0.52		0.49	8.58	8.03	8.47
H19(2007)年04号	0.51	0.64	0.58	6.71	10.03	6.46
H19(2007)年05号				6.36	5.8	8.12
H23(2011)年06号	0.82	0.7		8.57	6.89	8.37
H26(2014)年11号	1.02	0.8		9.58	8.37	7.84
H29(2017)年18号					8.49	
H30(2018)年20号						6.71
H30(2018)年21号		0.84		5.78		6.29
H30(2018)年24号	0.61	1.15		9.93		6.66



顕著な高潮・高波が発生した台風経路(左表の29台風)



※台風経路は気象庁ベストトラックデータ(S25~R3)より整理
 ※同データより、足摺岬・室戸岬から東西に600km(観測以降最大の暴風半径)の範囲で足摺岬の緯度を通過した台風を抽出(全312台風)

- いずれかの観測所で観測以降10位以内に入る台風(左表の29台風)
- 昭和39(1964)年台風20号: 高潮偏差1位(土佐清水)
- 昭和45(1970)年台風10号: 高潮偏差1位(高知)
- 平成16(2004)年台風23号: 高潮偏差1位(室戸岬), 波高1位(高知港, 室津港)
- 平成17(2005)年台風14号: 波高1位(上川口)
- 平成26(2014)年台風11号: 近年で最大の高潮偏差(高知)

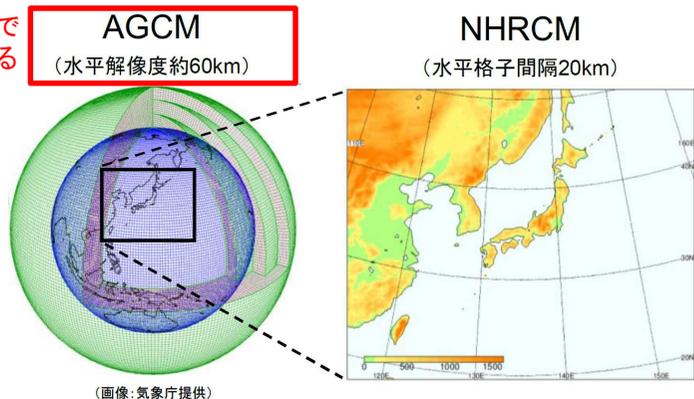
d4PDFの概要と整理・分析内容

- 気候変動による将来の台風特性の変化傾向を把握するため、「地球温暖化対策に資するアンサンブル気候予測データベース(d4PDF)」の台風トラックデータを用いた整理・分析を実施した。
- d4PDFには、海面水温等の条件に応じた多数の数値実験結果(気圧・風速等)が含まれており、過去実験(6000ケース)、2°C上昇実験(3240ケース)、4°C上昇実験(5400ケース)が存在する。

d4PDFの概要

- ◆ 水平解像度約60kmの全球実験(AGCM)と水平解像度約20kmの領域実験(NHRCM)があり、本検討では全球実験(AGCM)を用いて整理を行った。

本検討で
使用する
データ



- ◆ 全球実験(AGCM)には以下のデータが含まれている。
 - ・過去実験 : 6000ケース = 60年間 × 100摂動
 - ・2°C上昇実験 : 3240ケース = 60年間 × 6モデル × 9摂動
 - ・4°C上昇実験 : 5400ケース = 60年間 × 6モデル × 15摂動

モデル

将来実験で使用している主要6モデル

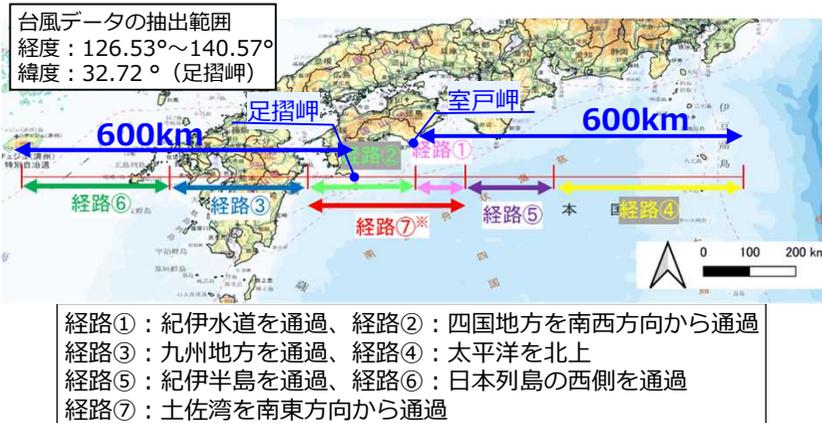
(CCSM4, GFDL-CM3, HadGEM2-AO, MIROC5, MPI-ESM-MR, MRI-CGCM3)

摂動

海面水温解析の推定誤差と同等の振幅をもつ海面水温摂動であり、2°C上昇実験は任意に選んだ9個、4°C上昇実験は15個が使用されている

d4PDFの整理・分析内容

- ◆ 整理・分析には京都大学より公開されているd4PDFの台風トラックデータ※1を使用
 - ◆ 足摺岬・室戸岬から東西に600km※2の範囲で足摺岬の緯度を通過する台風データを抽出
 - ◆ 抽出データより、各台風が足摺岬の緯度を通過した際の台風諸元(中心気圧※3、風速、移動速度、経路等)を整理し分析を実施
- ※ここでは、将来の台風特性の変化傾向を把握するため、過去、2°C上昇、4°C上昇の全データを用いた整理を実施



※1: 京都大学防災研究所沿岸災害研究分野HP

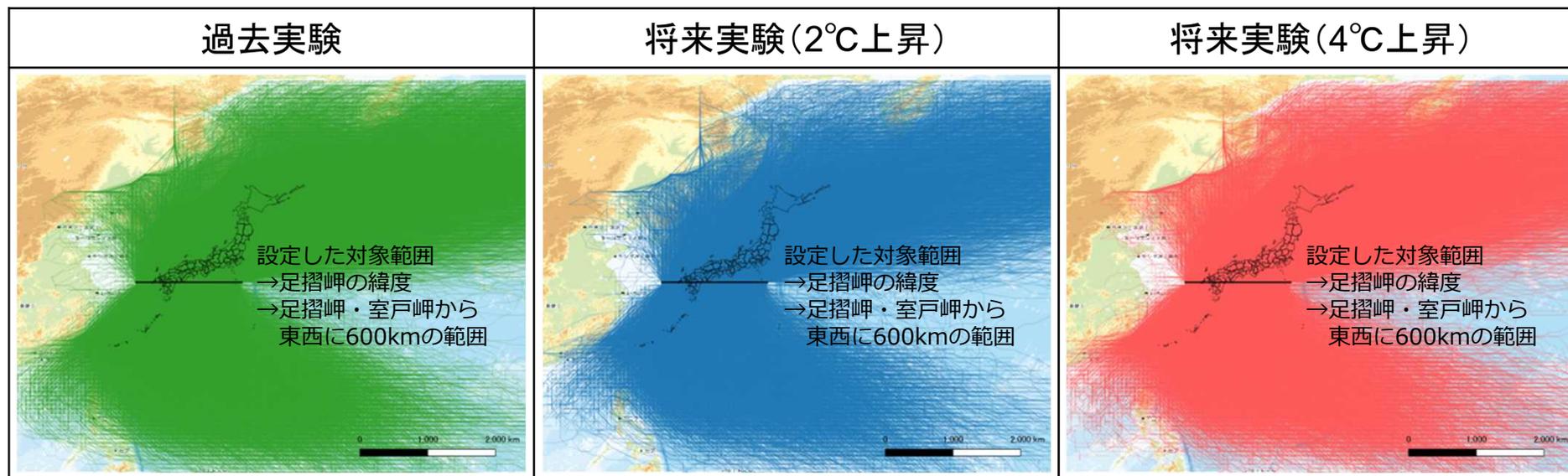
(http://www.coast.dpri.kyoto-u.ac.jp/japanese/?page_id=5004)

※2: 同範囲を通過した過去の実績312台風の中から観測以降最大の暴風半径(昭和56年台風24号)を設定

※3: 足摺岬の緯度ではバイアスが小さく、ここではバイアス補正未実施 15

d4PDFの分析結果(気候変動による台風発生状況の変化)

- d4PDFの台風トラックデータより、設定した対象範囲を通過する台風を抽出した。
- 抽出した結果、過去実験は20,554個、2°C上昇実験は9,097個、4°C上昇実験は11,117個となった。
- それぞれの年間発生個数は、過去実験は3.43個/年、2°C上昇実験は2.81個/年、4°C上昇実験は2.06個/年となり、将来的に減少傾向にあることが確認できる。



条件	年数	抽出台風数	年間発生個数
過去実験 (1951年~2010年)	100メンバ(100摂動 ^{※2}) × 60年 = 6000年	20,554個	3.43個/年 (実績: 4.39個/年) ^{※3}
将来実験(2°C) (2031年~2090年)	54メンバ(6モデル ^{※1} × 9摂動 ^{※2}) × 60年 = 3240年	9,097個	2.81個/年
将来実験(4°C) (2051年~2110年)	90メンバ(6モデル ^{※1} × 15摂動 ^{※2}) × 60年 = 5400年	11,117個	2.06個/年

※1 将来実験において使用している主要6モデル (CCSM4、GFDL-CM3、HadGEM2-A0、MIROC5、MPI-ESM-MR、MRI-CGCM3)

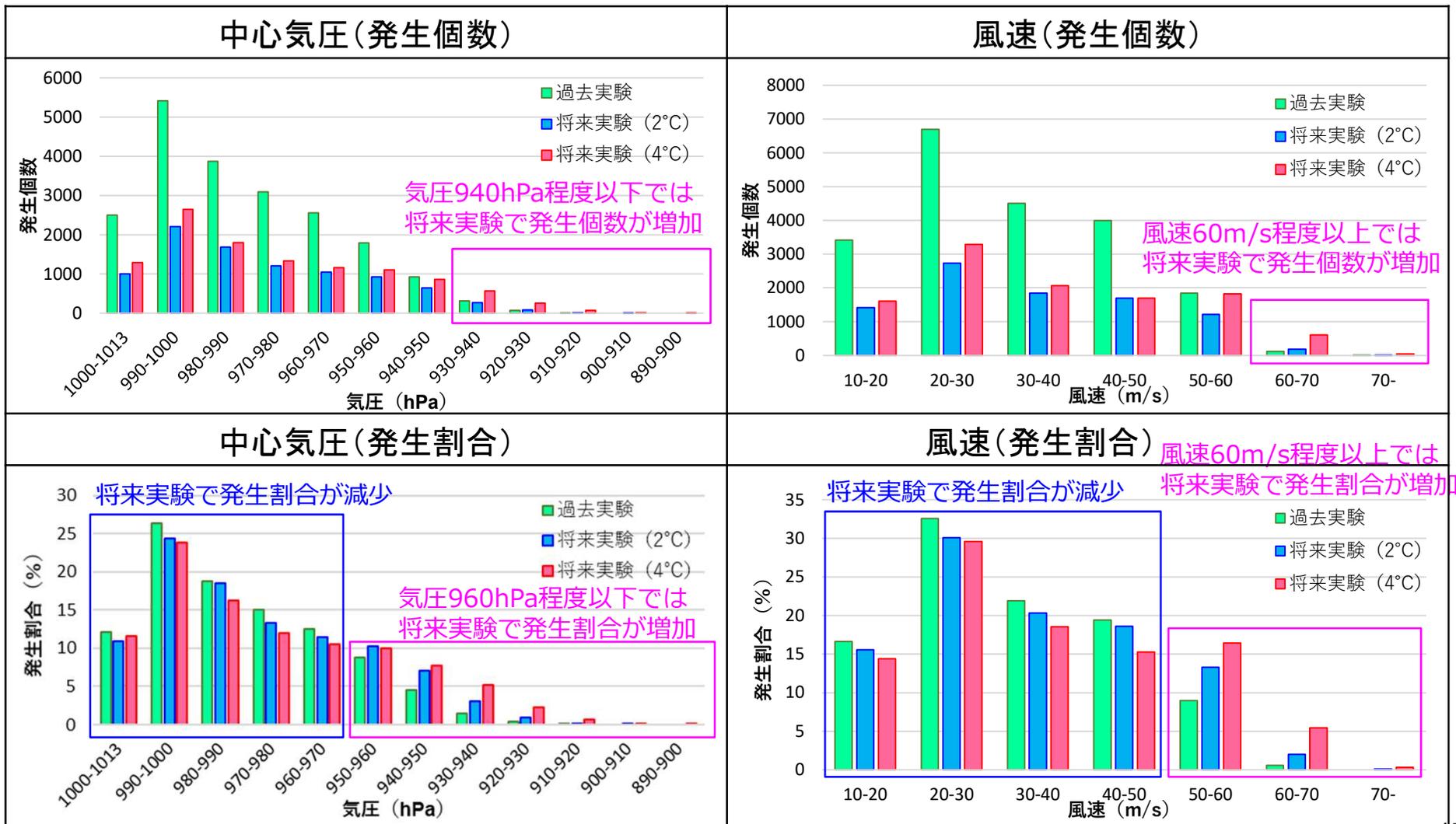
※2 海面水温解析の推定誤差と同等の振幅をもつ海面水温摂動であり、2°C上昇実験は任意に選んだ9個、4°C上昇実験は15個が使用されている

※3 気象庁ベストトラックデータ(実績台風資料)を基に対象範囲を通過した実績台風より整理した結果(312個/71年間)

実績台風の年間発生個数は過去実験の1.28倍であり、以降の気候変動後の外力検討において年間発生個数のバイアスを考慮した

d4PDFの分析結果(気候変動による台風特性の変化)

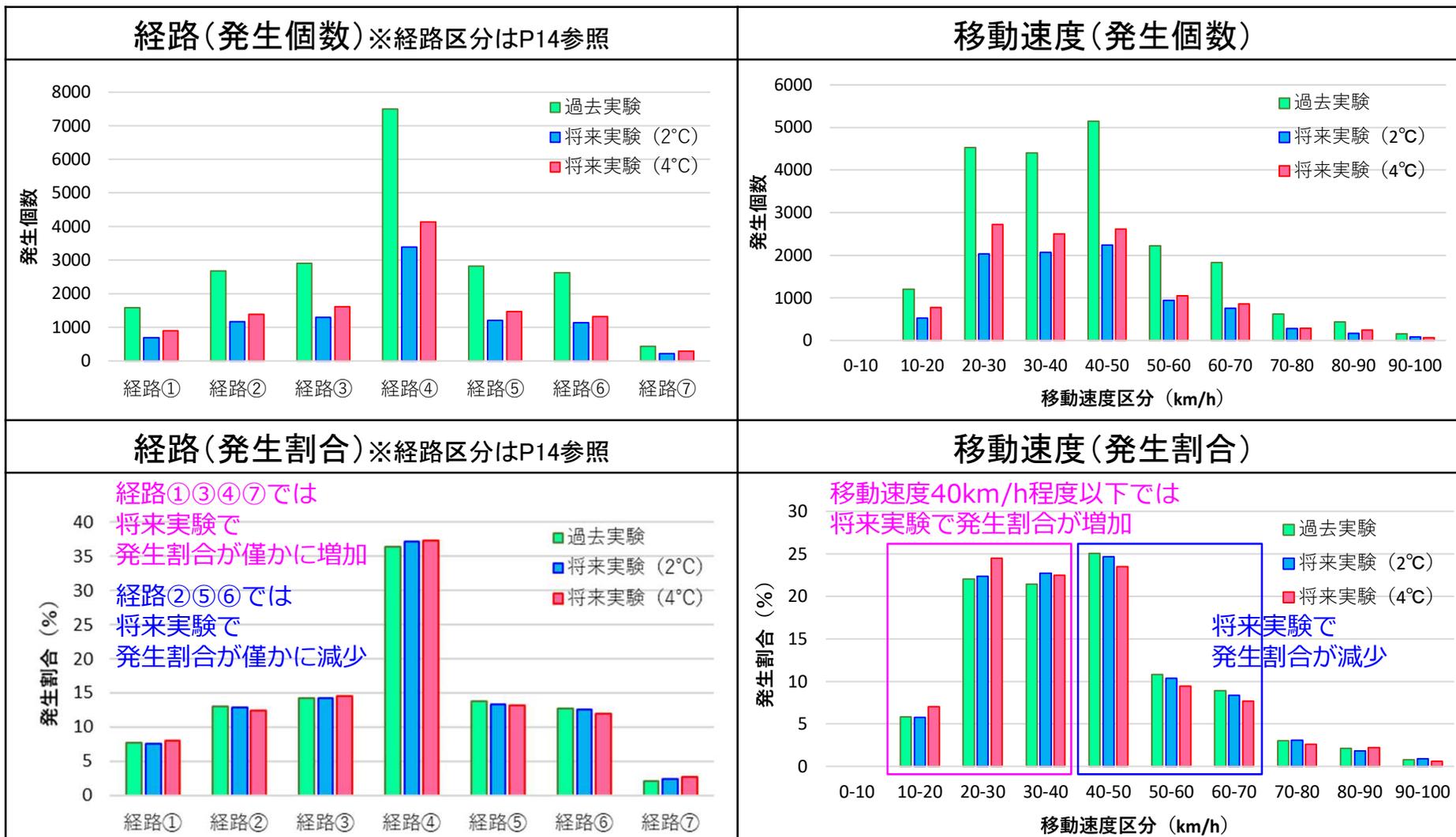
- 抽出した台風データより、各台風が足摺岬の緯度を通過した際の台風諸元(中心気圧、風速)を整理し、諸元毎に台風の発生個数と発生割合を比較した。
- 気圧及び風速では、気圧が低い台風及び風速が大きい台風の発生個数・割合が将来的に増加しており、気候変動による台風の強大化(勢力の強い台風の増加)の傾向が確認できる※。



※気候変動を踏まえた海岸保全のあり方提言(R2.7)等)に示されている傾向と同様の結果となることを確認

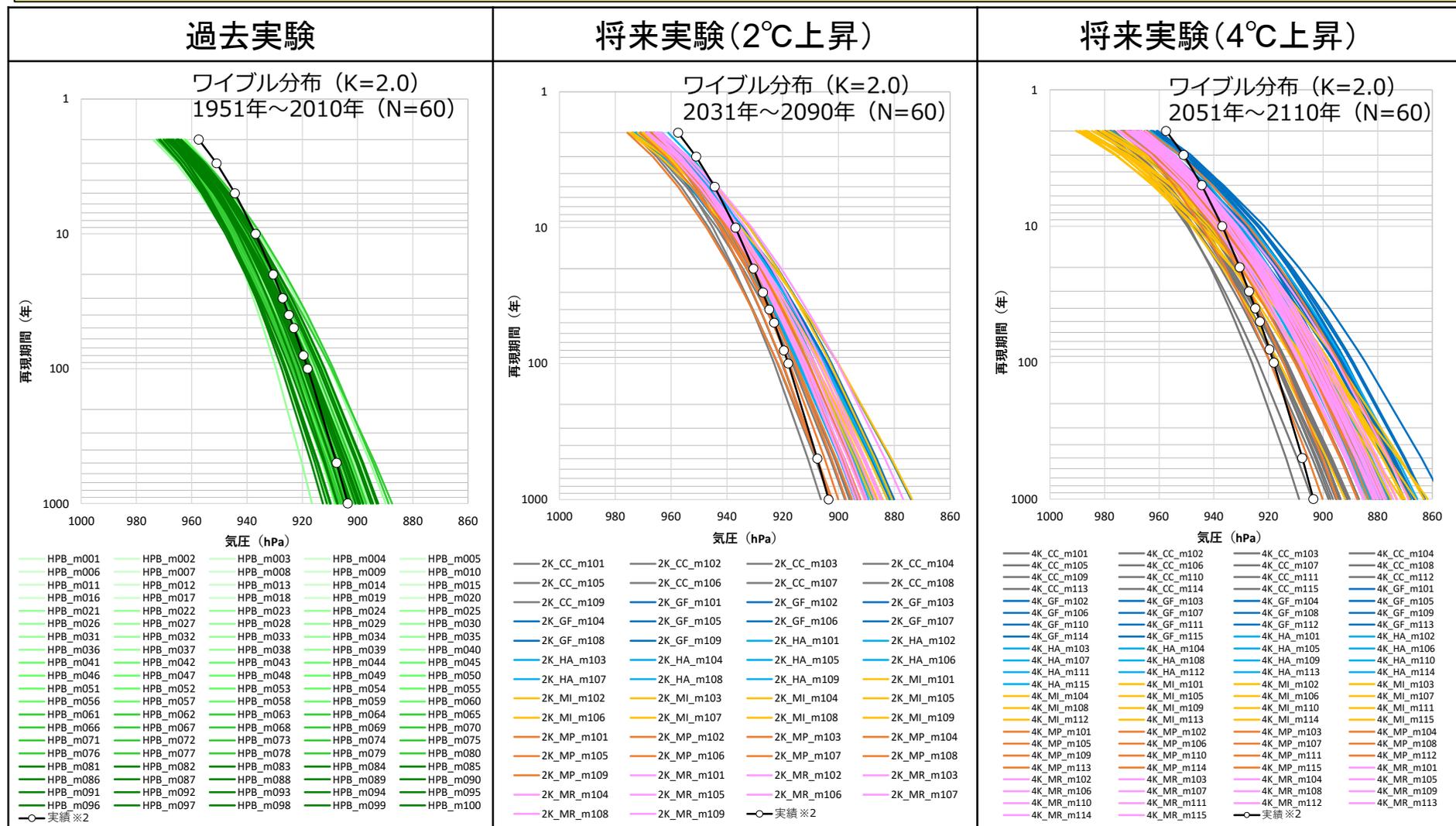
d4PDFの分析結果(気候変動による台風特性の変化)

- 抽出した台風データより、各台風が足摺岬の緯度を通過した際の台風諸元(移動速度、経路)を整理し、諸元毎に台風の発生個数と発生割合を比較した。
- 経路毎の台風発生割合は、経路によって将来的に増減する傾向にあることが確認できる。
- 移動速度は、過去実験と比べて、将来実験の方が低下傾向にあることが確認できる。



d4PDFの分析結果(台風を中心気圧の極値統計解析結果)

- 中心気圧の変化状況を把握するため、極値統計解析※¹(メンバ毎の年最低気圧を対象)を実施した。
- 過去実験は、実績データ※²と概ね一致していること(過去実験の分布幅の中央付近)が確認できる。
- 将来実験は、過去実験と比べて、同じ再現期間の中心気圧は低下することが確認できる。



※¹: 海岸保全施設の技術上の基準・同解説等に記載されている複数の手法を適用し、それぞれで最も相関係数が高い手法を採用

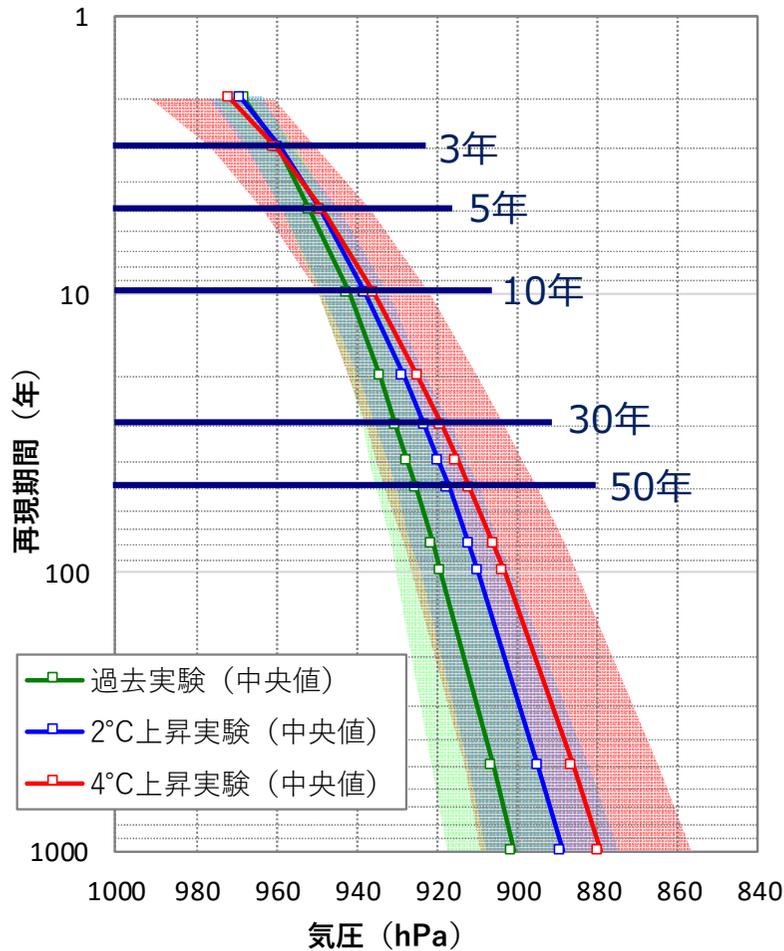
※²: 気象庁ベストトラックデータより整理した実績の中心気圧(年最低値)を用いた極値統計解析結果(ワイブル分布(K=2.0)、S26~R3、N=71)

d4PDFの分析結果(再現期間毎の台風を中心気圧の変化)

- 中心気圧の極値統計解析結果より、再現期間毎の中心気圧の変化状況を整理した。
- 中心気圧(メンバ毎の中央値)は、再現期間3年ではほとんど変化がみられない。一方、5年程度から低下傾向にあり、50年では2°C上昇は約8hPa、4°C上昇は約13hPa低下することが確認できる。

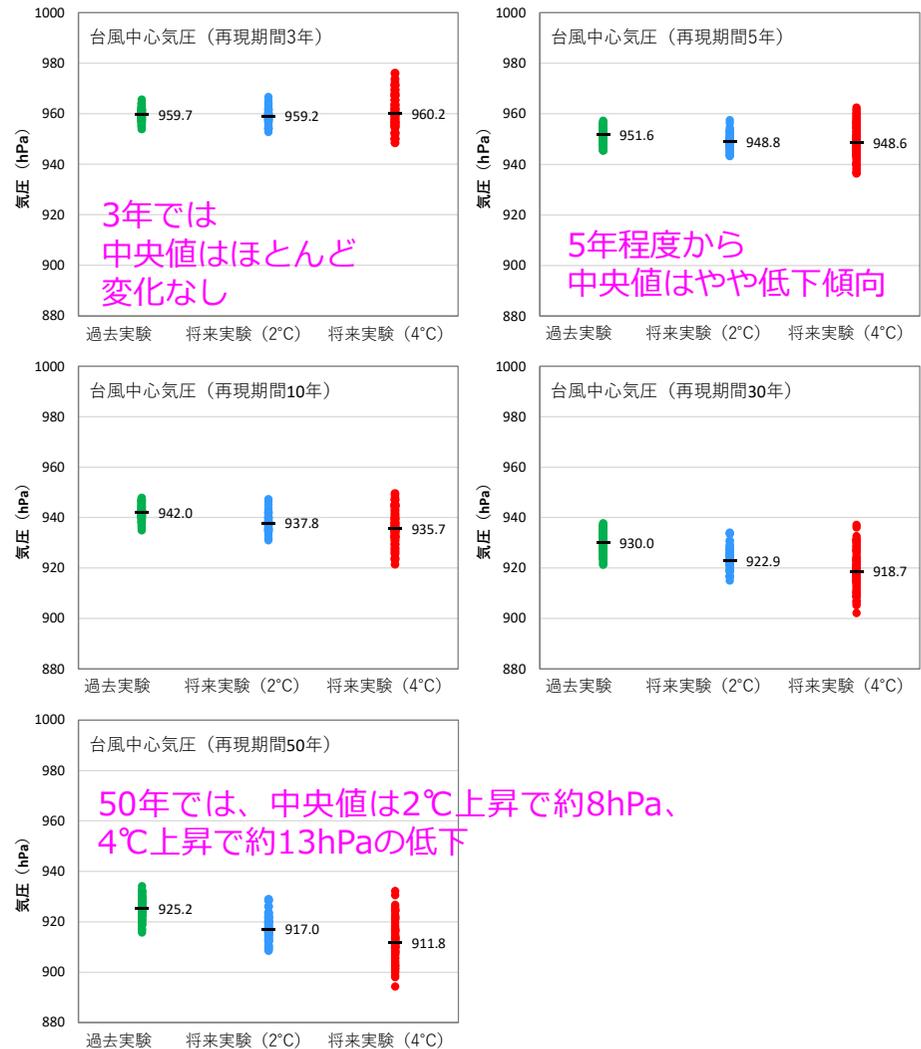
極値統計解析結果の重ね合わせ

※P19のメンバ毎の極値統計解析結果を包絡したものを表示



確率年毎の気圧の分布状況

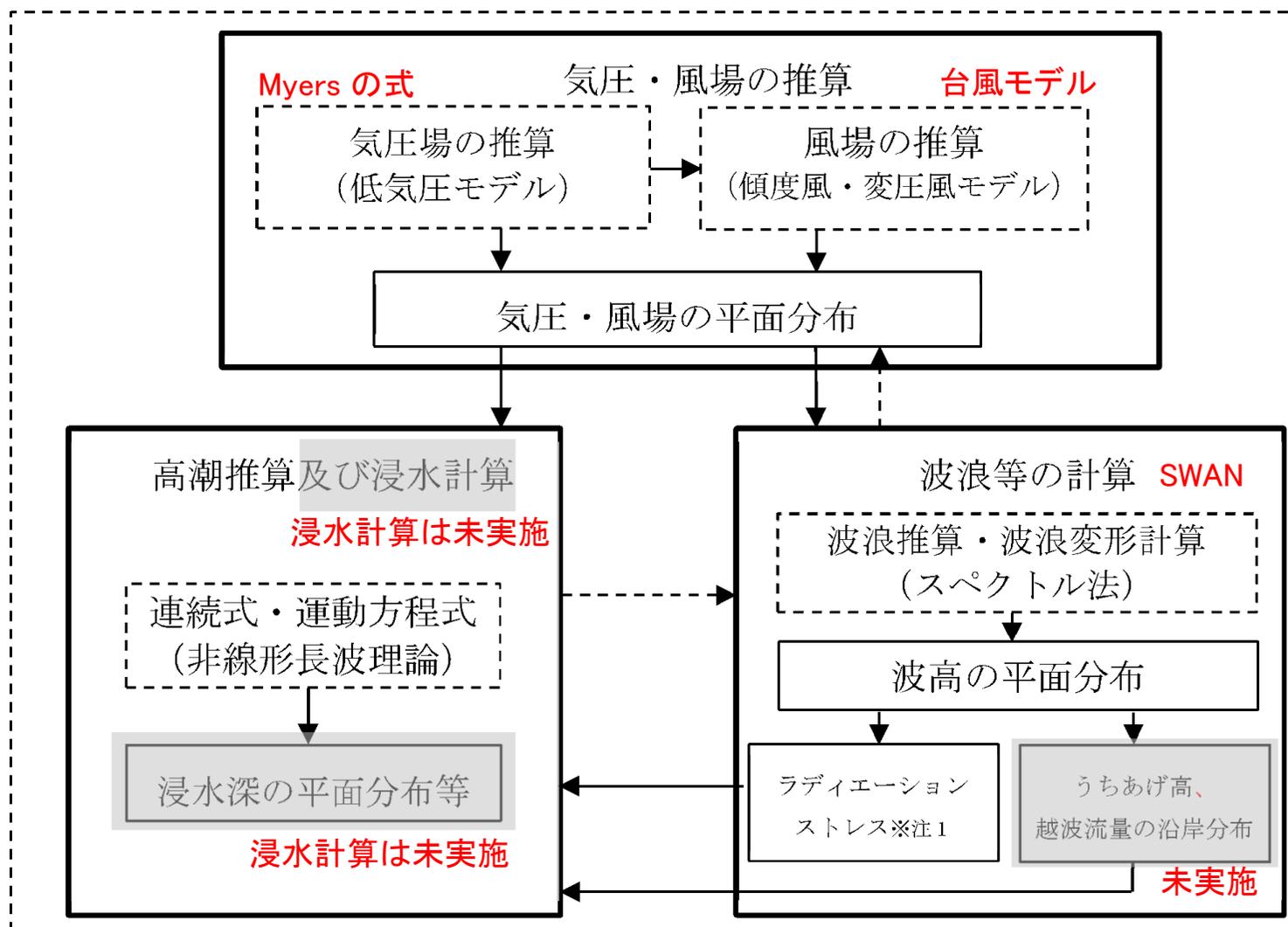
※黒線はメンバ毎の中央値を表示



高潮・波浪シミュレーションモデル の構築(再現)

高潮・波浪シミュレーションモデルの概要

- 将来予測(簡易推定式の構築)を行うために、高潮・波浪シミュレーションモデルを構築した。
- 高潮・波浪シミュレーションモデルは、「高潮浸水想定区域図作成の手引き Ver.2.10(R3.7)」を基に構築し、実績台風(顕著な高潮・高波が発生した4台風)を対象に再現検証を行った。



出典：高潮浸水想定区域図作成の手引き Ver. 2.10 (R3.7) に加筆

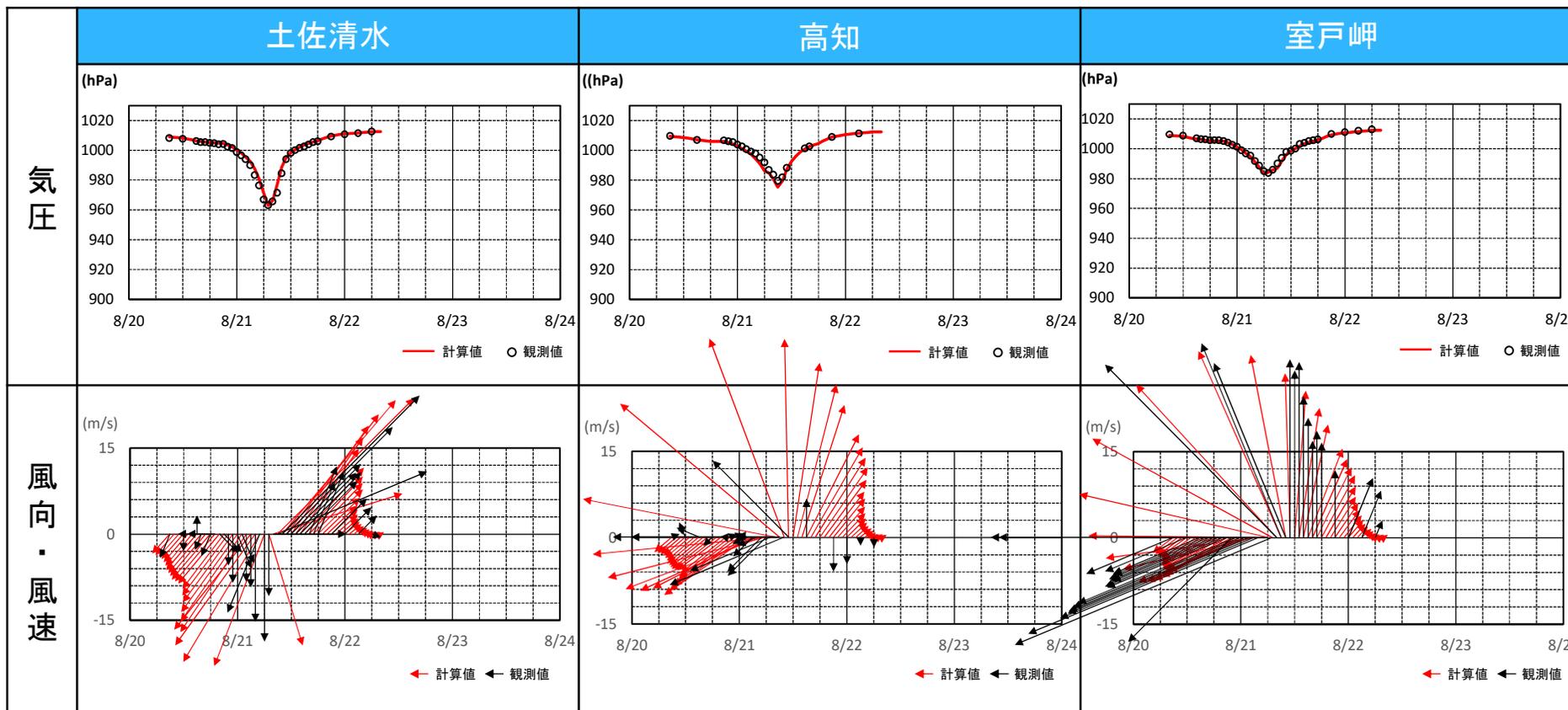
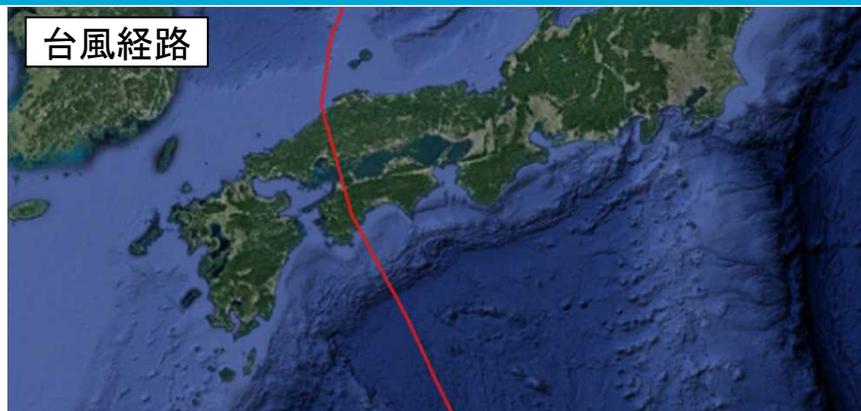
高潮・波浪シミュレーションの設定条件

- 高潮・波浪シミュレーションモデル(再現検証)は、以下の条件に基づき実施した。
- 以降の再現検証結果を踏まえ、将来予測に使用する条件(メッシュサイズ、係数等)を設定した。

項 目		計算モデル・設定条件
外力条件	再現検証の対象台風	昭和45年(1970)台風10号 : 高潮偏差1位(高知)※1 平成16年(2004)台風23号 : 高潮偏差1位(室戸岬), 波高1位(高知港, 室津港)※1 平成17年(2005)台風11号 : 波高1位(上川口)※2 平成26年(2014)台風11号 : 近年で最大の高潮偏差(高知)※1 ※1: 土佐湾沿岸中央部(高知)で顕著な高潮・高波が発生した台風を設定 ※2: 高知周辺を通過する経路以外の代表的な台風を設定
計算領域	計算格子間隔 (メッシュサイズ)	波浪推算 : 7290m→2430m→810m→270m→90m◆ 高潮推算 : 7290m→2430m→810m→270m→90m◆ ◆平成26年台風11号を対象にメッシュサイズ設定のための感度分析を実施し設定
	地形・構造物条件	再現検証時点毎の防波堤等の沖合施設・地形を設定
	粗度係数※	海域 : 0.025
気圧・風場の推算	気圧場・風場の推算方法	Myersの式
	風場の推算モデル	台風モデル
	海面摩擦を考慮した 風速変換係数※	C1, C2=0.8(0.7, 0.8, 0.9の比較を実施しより再現性の高い係数を設定)
	傾度風の風向※	30°
	台風半径 (最大旋衝風速半径)	既往論文(天気図から台風半径を整理)や各観測所の気圧観測データ(Myersの式より実績気圧を再現可能な台風半径を整理)を基に設定
波浪場の計算	基礎理論	波作用量平衡式
	波浪の計算モデル	SWAN
高潮の計算	基礎理論	非線形長波理論(単層モデル、ラディエーションストレス考慮)
	海面抵抗係数※	本多・光易(1980)を基本として、風速45m/s以上は一定
	計算時間間隔	C.F.L.条件を満たすように設定

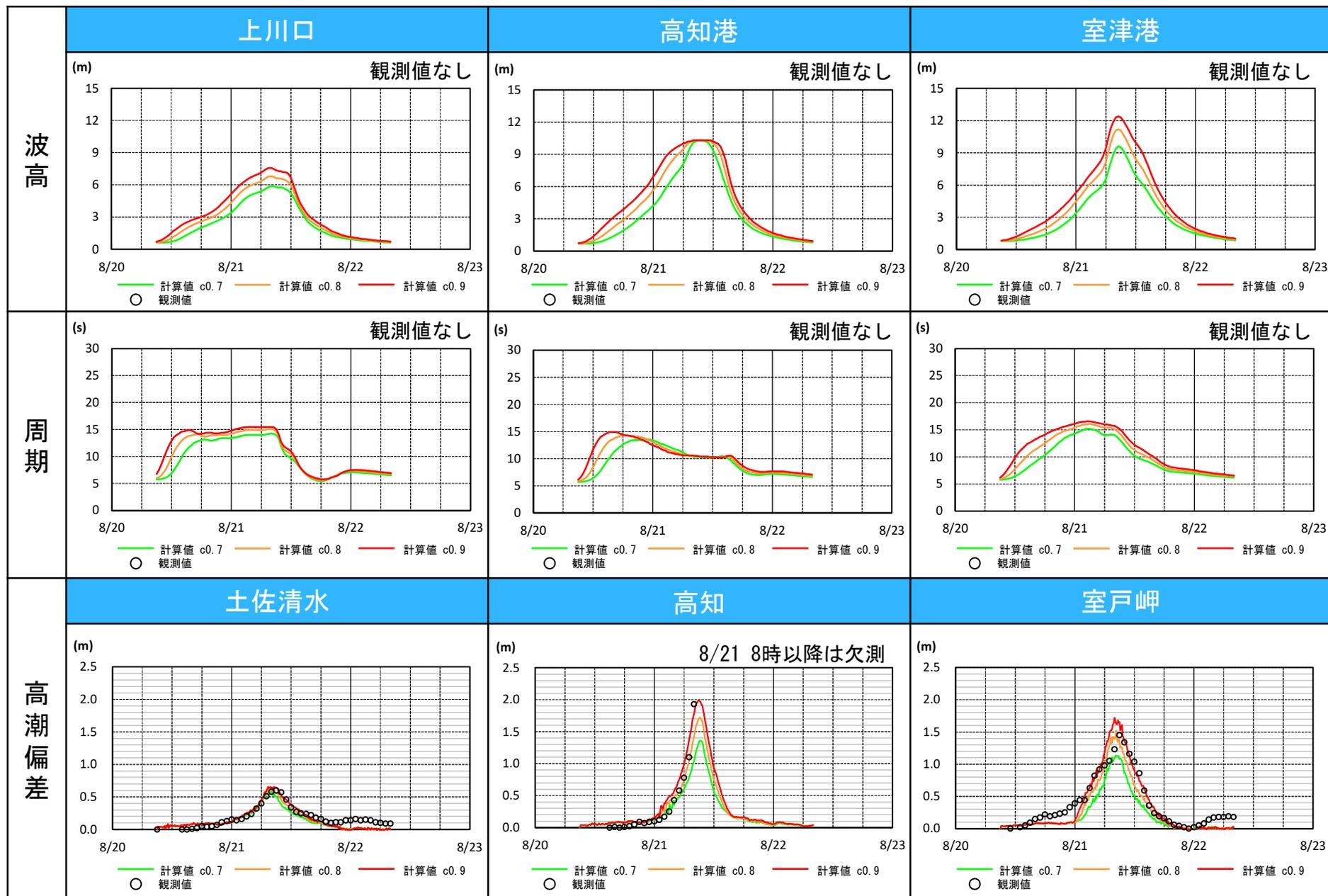
※高潮浸水想定区域図作成の手引き Ver. 2.10 (R3.7) に準拠

昭和45年台風10号の再現検証結果(気圧、風向・風速)



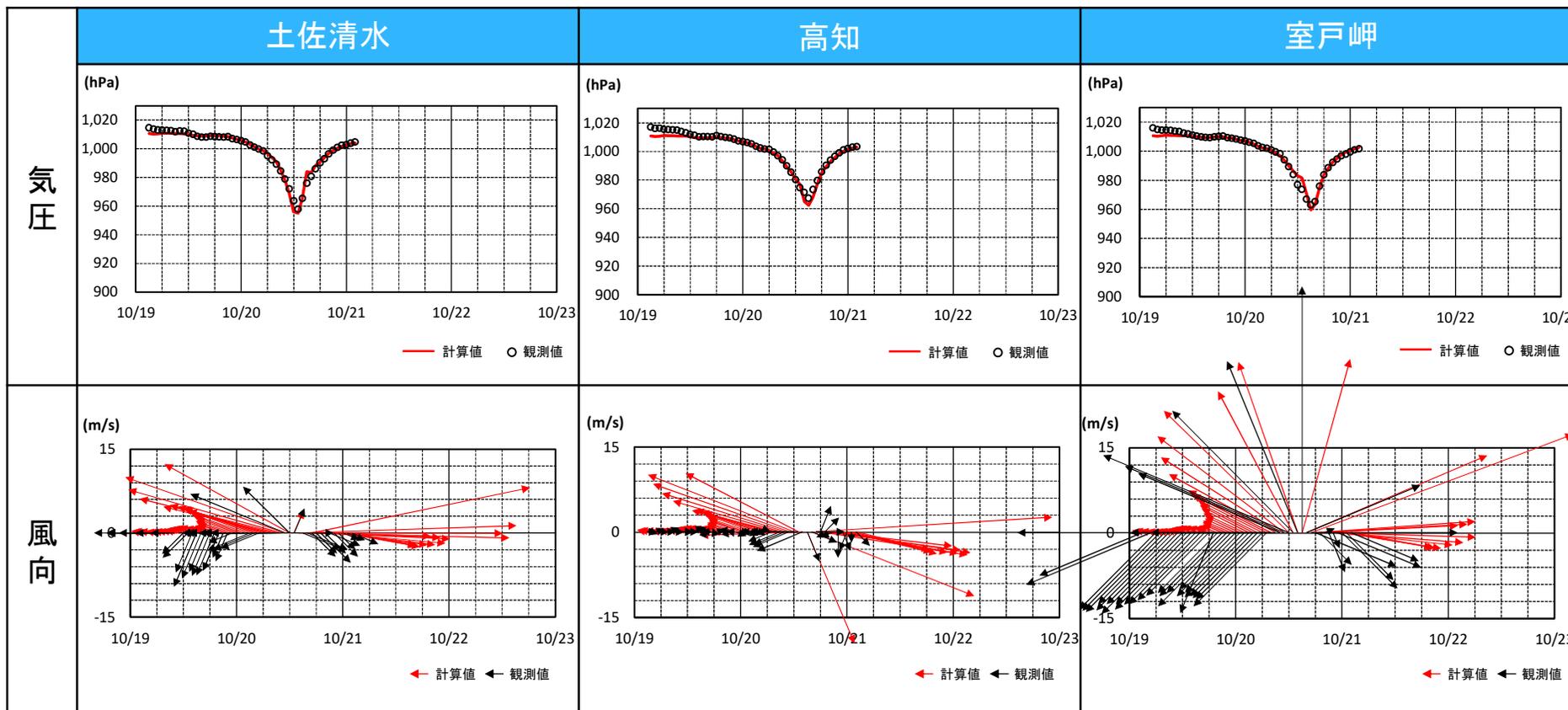
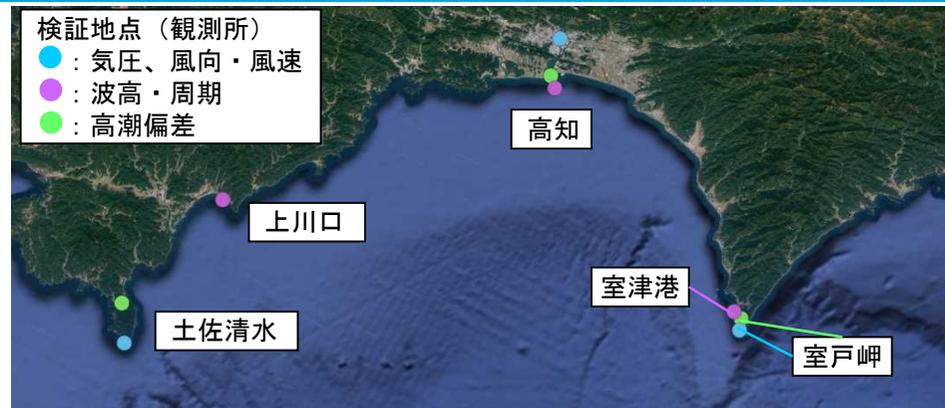
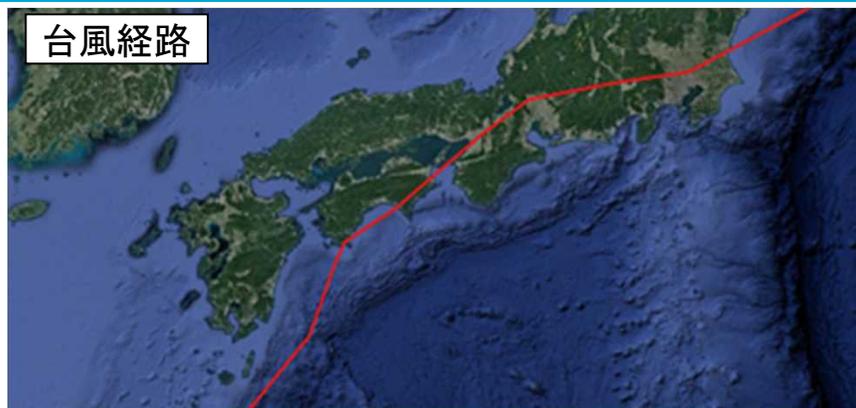
※C1, C2=0.8の結果を表示 いずれの地点でも、観測された気圧、風向・風速を概ね再現している

昭和45年台風10号の再現検証結果(波高・周期、高潮偏差)



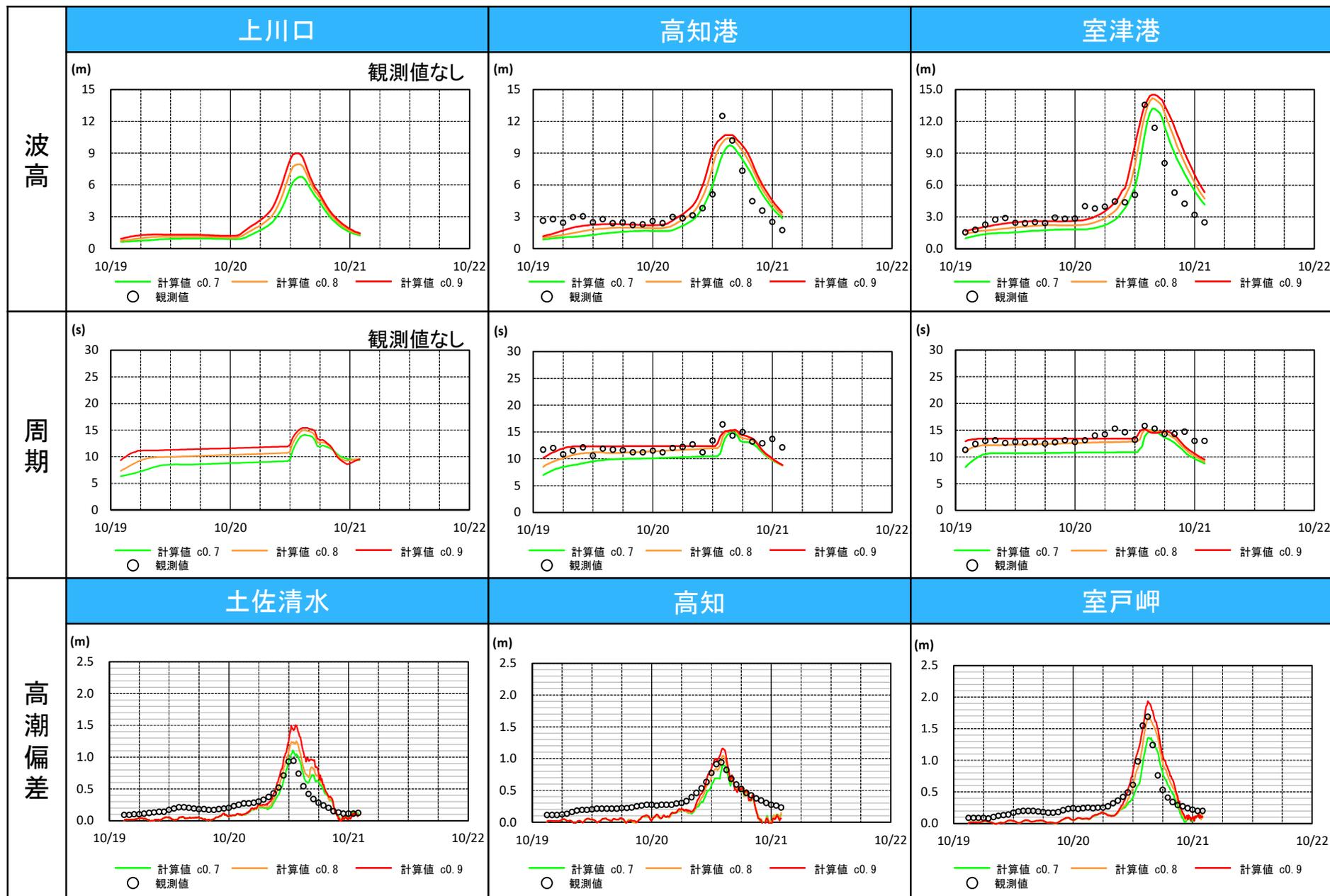
C1,C2=0.8の場合、高潮偏差の再現性がより高い(いずれの地点でも、観測された高潮偏差を概ね再現している)

平成16年台風23号の再現検証結果(気圧、風向・風速)



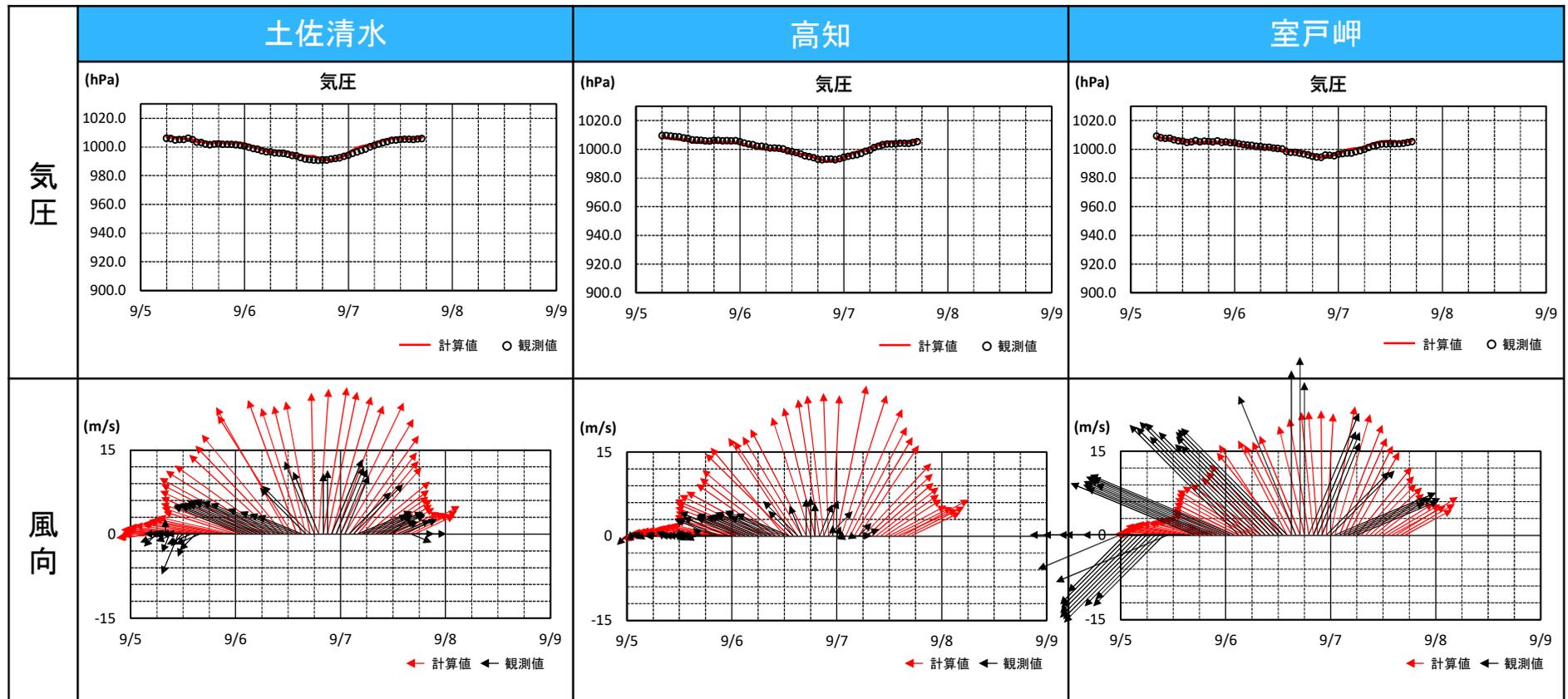
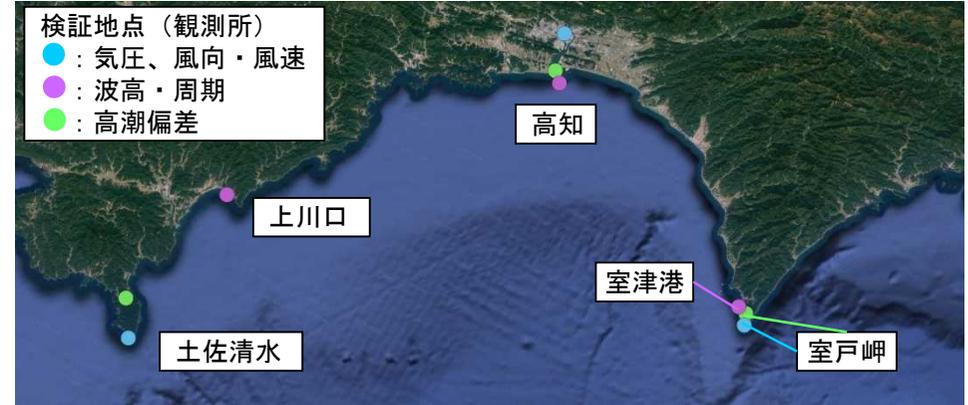
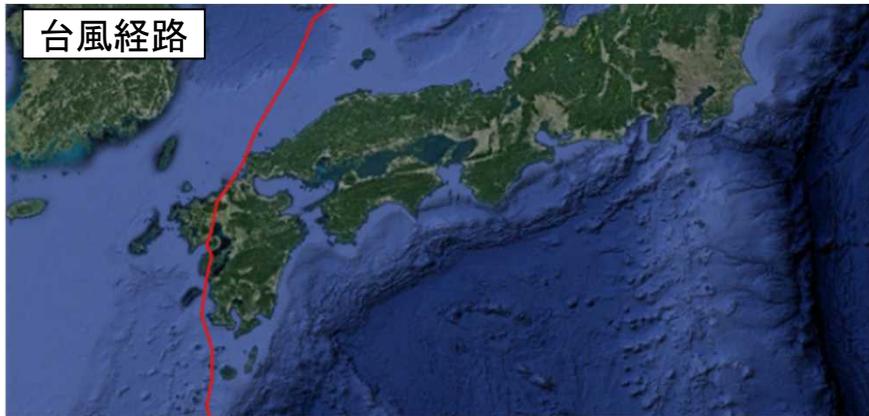
※C1, C2=0.8の結果を表示 いずれの地点でも、観測された気圧、風向・風速を概ね再現している

平成16年台風23号の再現検証結果(波高・周期、高潮偏差)



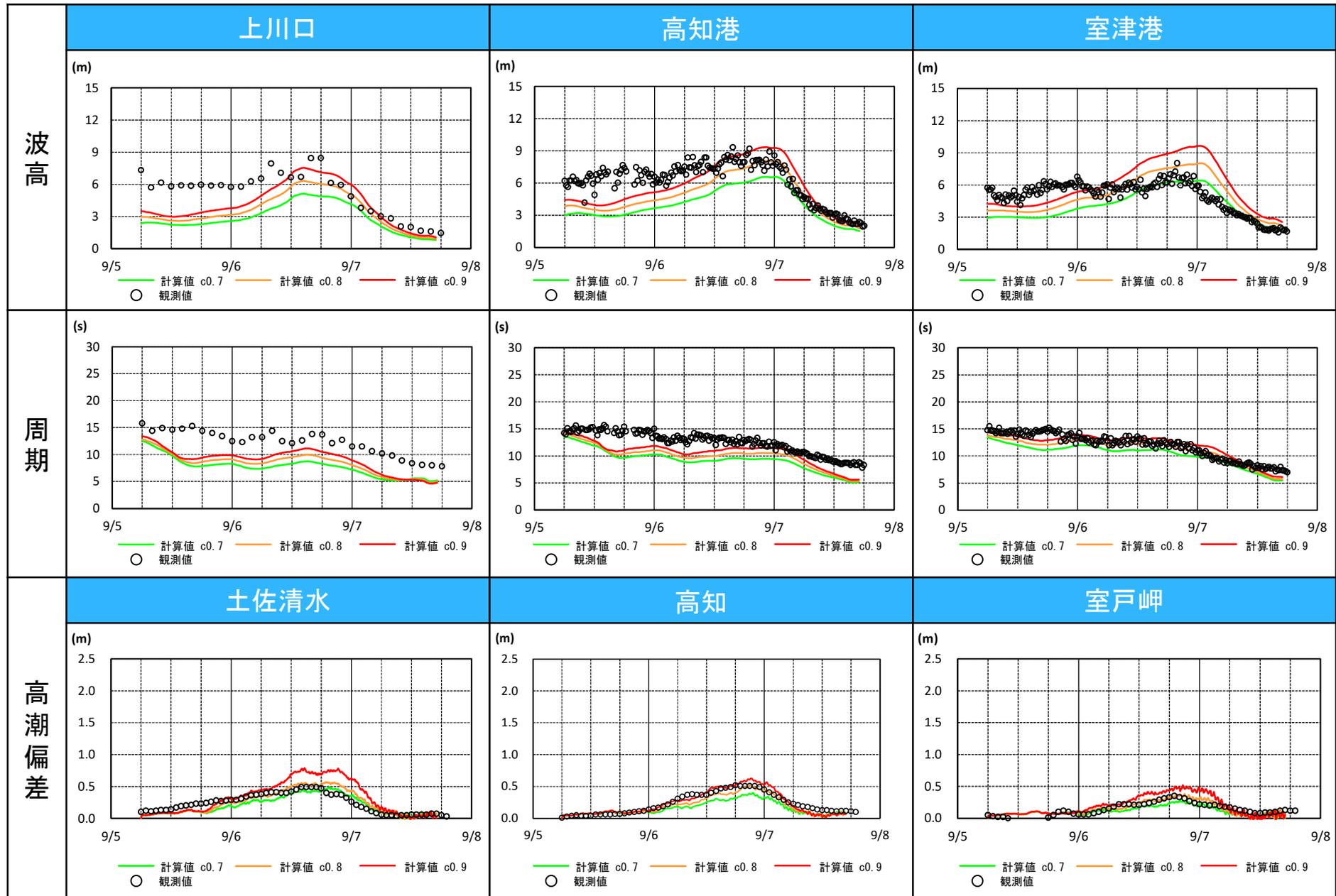
C1,C2=0.8の場合、高潮偏差の再現性がより高い (いずれの地点でも、観測された高潮偏差・波浪を概ね再現している)

平成17年台風14号の再現検証結果(気圧、風向・風速)



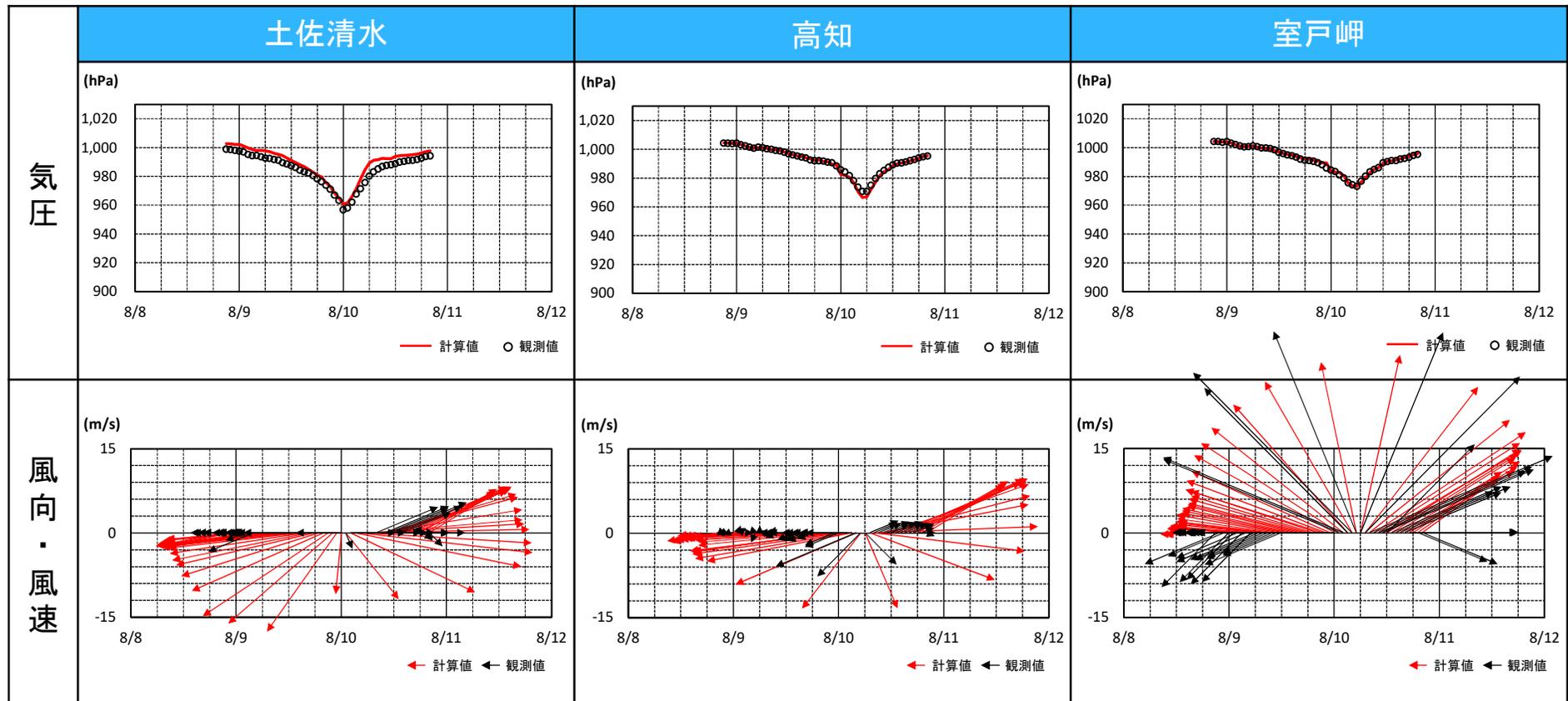
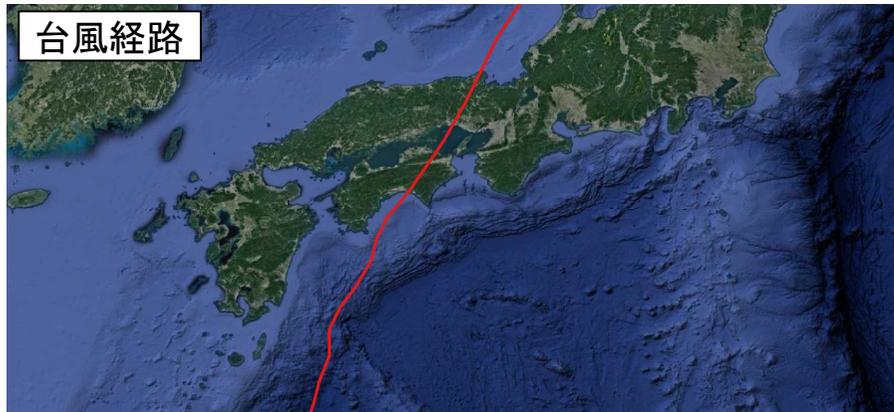
※C1, C2=0.8の結果を表示 いずれの地点でも、観測された気圧、風向・風速を概ね再現している

平成17年台風14号の再現検証結果(波高・周期、高潮偏差)



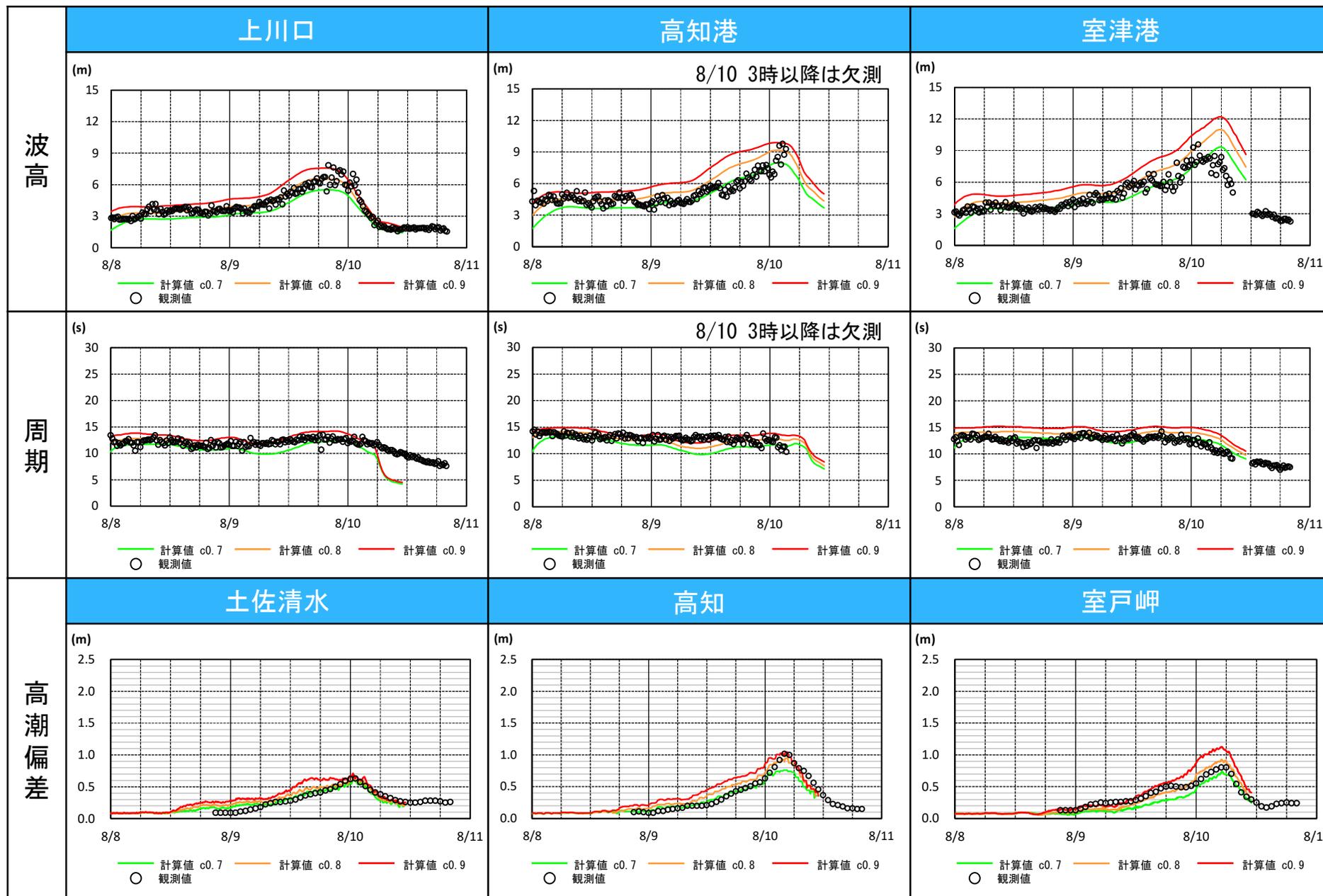
C1,C2=0.8の場合、高潮偏差の再現性がより高い(いずれの地点でも、観測された高潮偏差・波浪を概ね再現している)

平成26年台風11号の再現検証結果(気圧、風向・風速)



※C1, C2=0.8の結果を表示 いずれの地点でも、観測された気圧、風向・風速を概ね再現している

平成26年台風11号の再現検証結果(波高・周期、高潮偏差)



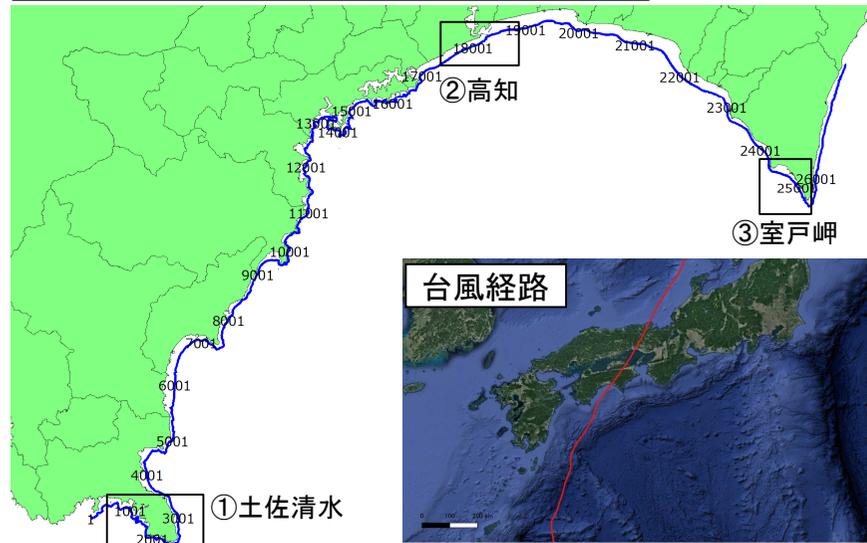
C1,C2=0.8の場合、高潮偏差の再現性がより高い(いずれの地点でも、観測された高潮偏差・波浪を概ね再現している)

メッシュサイズ別の波高・高潮偏差の比較(平成26年台風11号)

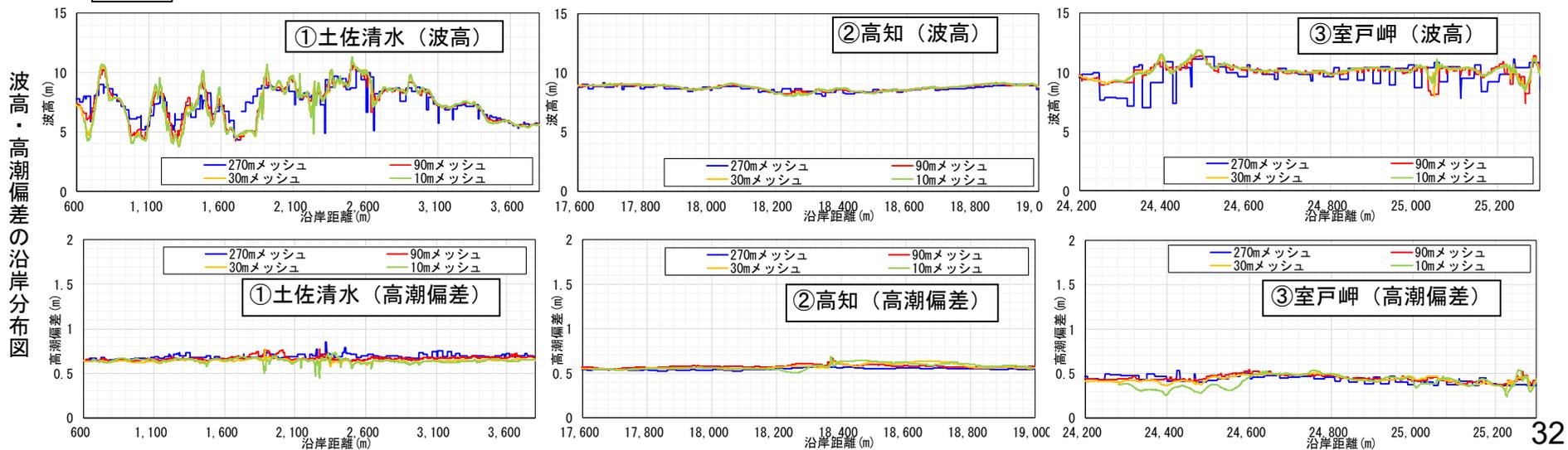
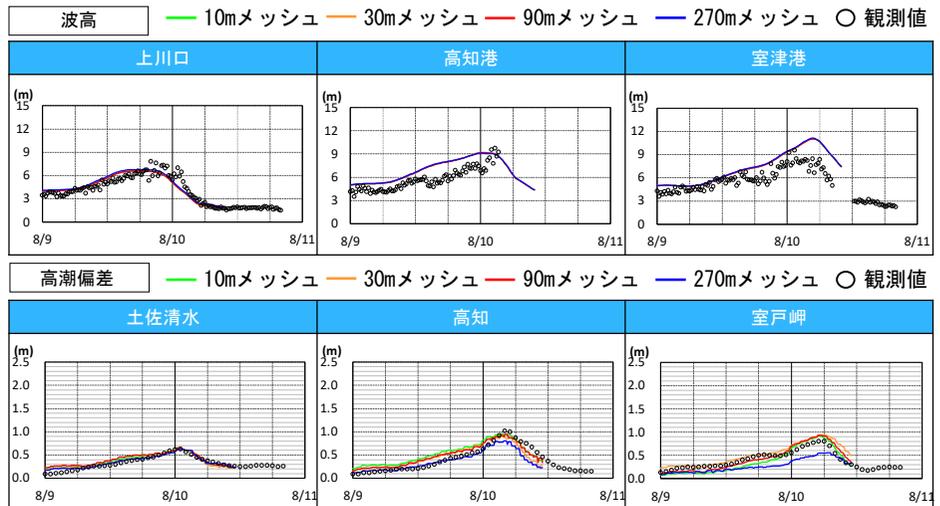
- 平成26年台風11号を対象に、最小領域のメッシュサイズ(270m、90m、30m、10m)の違いが波高・高潮偏差の計算結果へ与える影響を把握するため、メッシュサイズ毎の感度分析を実施した。
- 90m以下では波高・高潮偏差の計算結果が同程度となることから、最小領域を90mに設定した。

波高・高潮偏差の抽出ライン(水深20m地点)

※C1, C2=0.8の結果を表示



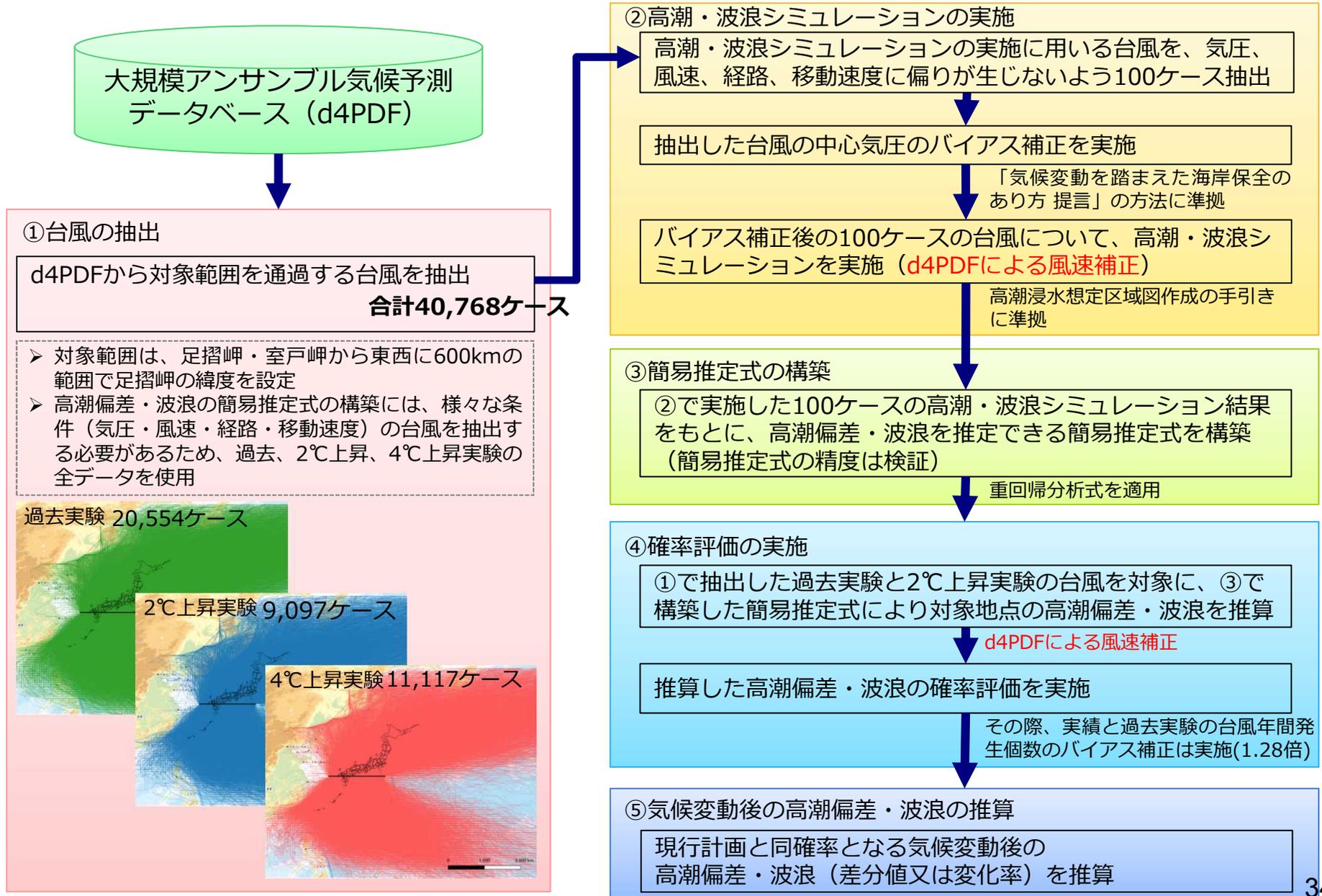
各観測所での波高・高潮偏差の時系列変化



高潮偏差・波浪（波高、周期） の変化に関する検討

B-1(全球気候モデル台風を活用する方法)による検討手順

■B-1(全球気候モデル台風を活用する方法)は、風速補正を考慮して、以下の手順①～⑤に基づき実施した。

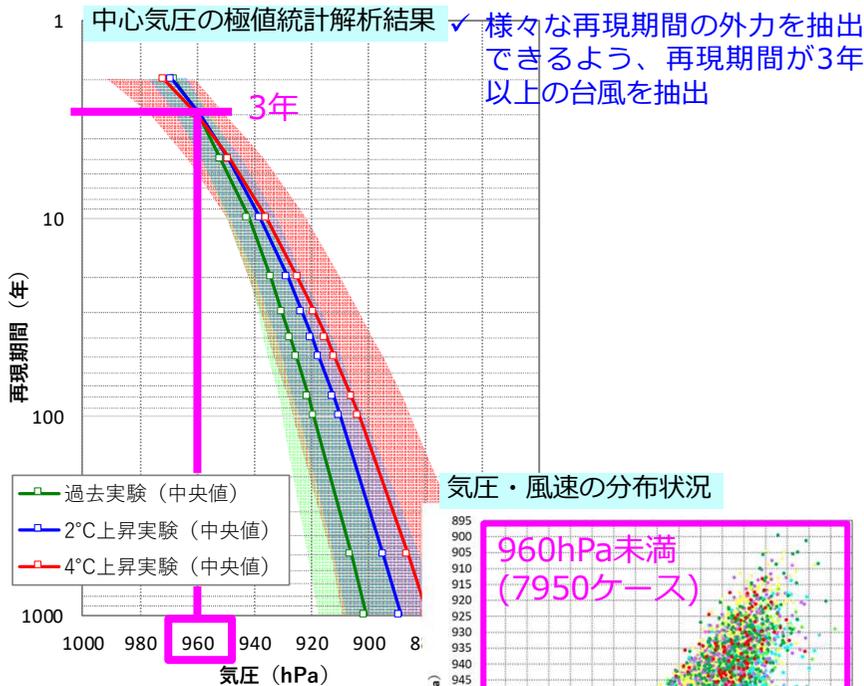


B-1: 高潮・波浪シミュレーションに用いる台風100ケースの抽出(手順②)

- 簡易推定式の構築のために実施する高潮・波浪シミュレーションに用いる台風100ケースの抽出を行った。
- 1次抽出: 全40,768ケースより、中心気圧が3年確率より小さい台風を抽出(7950ケースに絞り込み)
- 2次抽出: 気圧・風速の区分毎に経路・移動速度を考慮して網羅的に抽出(100ケースを最終抽出)

1次抽出(7950ケース)

気圧の再現期間が3年以上(960hPa未満)の台風を抽出

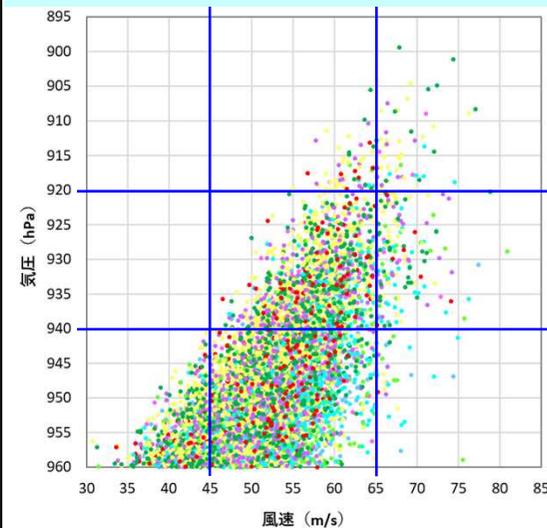


✓ 過去実験、将来実験(2°C)、将来実験(4°C)の中から、960hPa未満となる7950ケースの台風を抽出

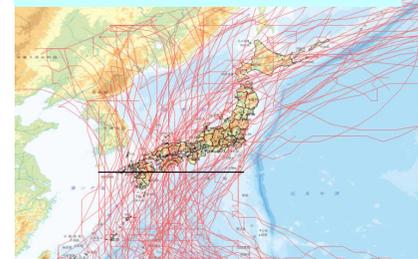
2次抽出(100ケース)

気圧・風速の区分毎に経路・移動速度を考慮し網羅的に抽出

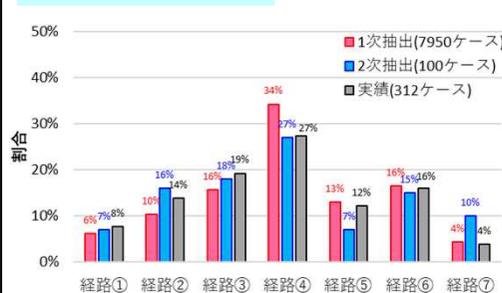
気圧・風速の分布状況(1次抽出した7950ケース)



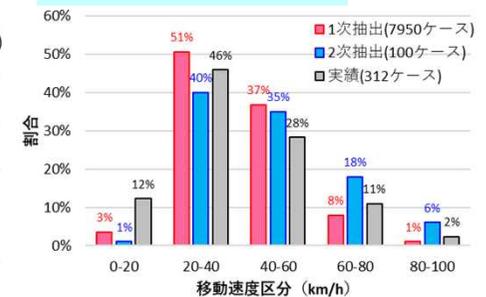
抽出した100ケースの台風経路



台風経路の分布状況



台風移動速度の分布状況



✓ 抽出した100ケースでは、経路・移動速度の分布に偏りが無いことを確認

※実績: 気象庁へストラックデータより足摺岬の緯度通過時の実績台風の整理結果(312個/71年間)

B-1: 簡易推定式の構築(手順③)

■ 抽出した台風100ケースを対象に、中心気圧のバイアス補正を行ったうえで、高潮・波浪シミュレーション※1を実施し、検討事例※2を基に重回帰分析による観測地点※3毎の簡易推定式を構築した。

$$\eta_{max} \text{ or } H_{max} = aP_{min} + bP_{cmin} + c_0W_{max} + c_1W_{max}^2 + c_2W_{max,x} + c_3W_{max,y} + d_0V_t + d_1V_t^2 + d_2V_{t,x} + d_3V_{t,y} + e\left(\frac{R_{min}}{R_0}\right) + f$$

目的変数：
 高潮偏差 (η_{max})
 波高 (H_{max})

説明変数：台風諸元（中心気圧、最大風速、移動速度、台風半径等）
 ※偏回帰係数（ $a\sim e$ ）、 y 切片（ f ）は重回帰分析により設定

説明変数		設定理由・根拠	高潮偏差	波高
P_{min}	最低気圧 (対象地点)	高潮偏差の発生要因の1つである気圧低下による吸い上げを考慮 ⇒気圧・風場の推算結果より設定	● (吸い上げ)	— (非考慮)
P_{cmin}	最低中心気圧 (対象地点接近時)	高潮偏差の発生要因の1つである気圧低下による吸い上げを考慮 ⇒気圧・風場の推算結果より設定	● (吸い上げ)	— (非考慮)
W_{max}	最大風速 (対象地点)	高潮偏差の発生要因の1つである風による吹き寄せを考慮 風による波の発達を考慮 (x,y: 風向を考慮) ⇒気圧・風場の推算結果より設定	● (吹き寄せ)	●
V_t	移動速度 (対象地点接近時)	台風の移動速度による風速への影響を考慮 ⇒d4PDFの台風トラックデータより設定	● (吹き寄せ)	●
R_{min}/R_0	台風からの距離 /台風半径 (対象地点接近時)	傾度風（等圧線が曲線状の場合、気圧傾度力、コリオリ係数、遠心力が釣り合っ、等圧線に沿って吹く定常な風）を考慮 ⇒距離：d4PDFの台風トラックデータより設定 ⇒半径：本多・鮫島(2018)の経験式より設定	● (吹き寄せ)	●

※1：上記で再現検証を行い構築した高潮・波浪シミュレーションモデルを基に、最新の防波堤等の沖合施設や地形を設定

※2：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・波浪に対する気候変動の影響評価の効率化手法の検討（五十嵐ら、2022）

※3：潮位観測所（高知）、波浪観測所（高知港）

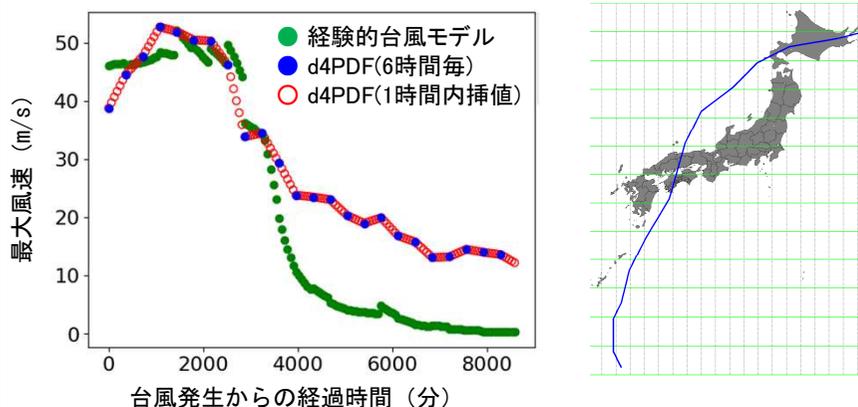
経験的台風モデルの推算風速とd4PDFに含まれる風速の比較

- 経験的台風モデルより推算した風速とd4PDFに含まれる風速について確率評価を行い比較した結果、過去実験から将来実験への最大風速の上昇量は、経験的台風モデルより推算した風速の方が小さくなる。
- d4PDFに含まれる最大風速は、過去実験に比べ将来実験の方が同じ気圧で上昇傾向にある。
- 以上より、経験的台風モデルでは、気候変動による将来の風速変化を過少に評価する可能性がある。

同一台風による最大風速の時間変化の比較（一例）

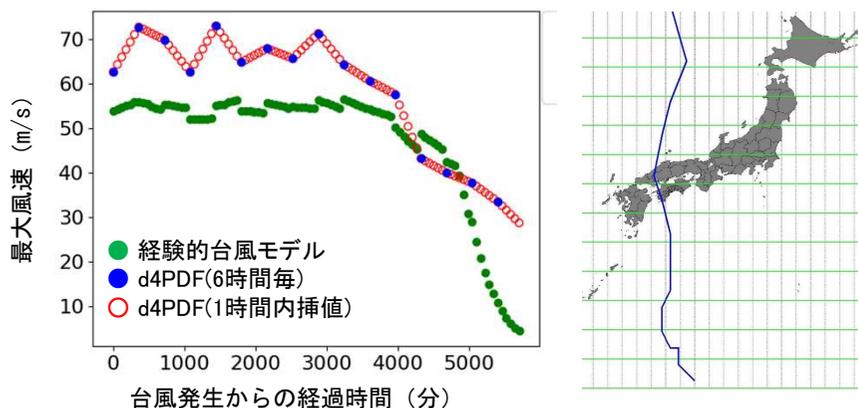
最大風速の時系列図（例①）

・例①では、経験的台風モデルとd4PDFの風速は概ね一致（風速が大きくなる時間では最大風速が同程度となる）

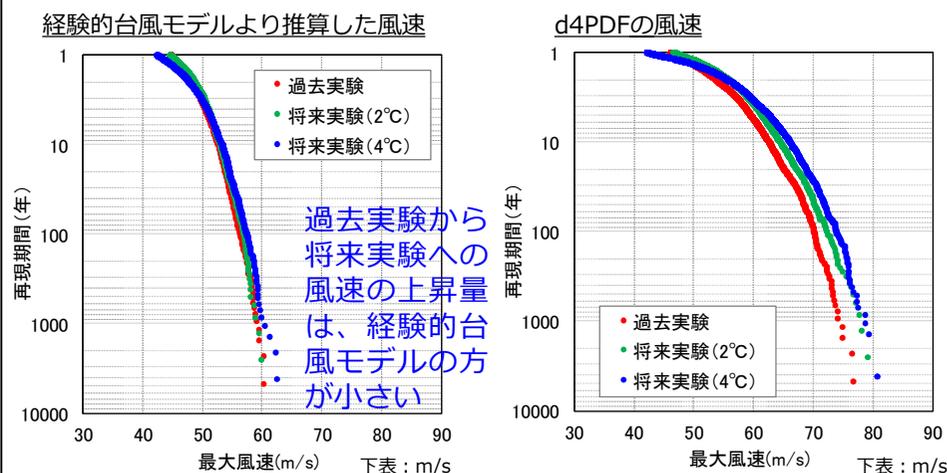


最大風速の時系列図（例②）

・例②では、経験的台風モデルよりd4PDFの風速が大きい



対象範囲内の最大風速に関する確率評価結果の比較



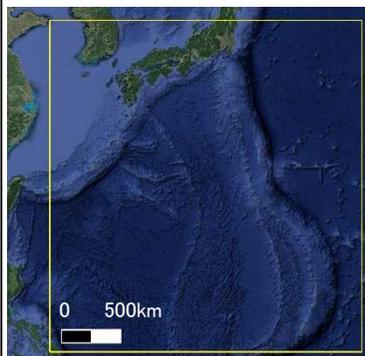
下表：m/s

確率年	過去実験	2°C上昇	4°C上昇
10	52.9	53.2	53.5
30	54.7	55.2	55.4
50	55.4	55.9	56.4

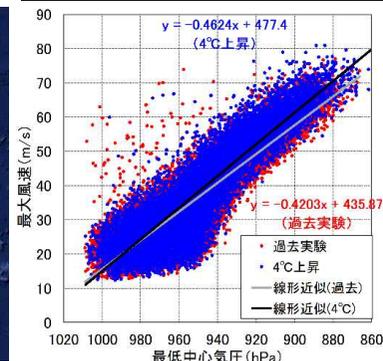
下表：m/s

確率年	過去実験	2°C上昇	4°C上昇
10	62.9	64.7	66.4
30	67.2	69.1	70.7
50	68.7	70.3	72.1

最大風速の抽出対象範囲
(南端は台風発生箇所周辺)



d4PDFより抽出した対象範囲内の
最低中心気圧と最大風速の関係（参考）



d4PDFでは、将来実験の最大風速は過去実験に比べて同じ気圧で上昇傾向

d4PDFを用いた風速補正による高潮偏差・波浪の推算

- 経験的台風モデルでは気候変動による将来の風速変化を適切に表現できない恐れがあるため、経験的台風モデルより推算した風速をd4PDFの台風トラックデータに含まれる最大風速によって補正することとした。
- 風速の補正は、台風毎に、最大風速の時系列図より、経験的台風モデルとd4PDFの最大風速の時間毎の乖離率を求め、経験的台風モデルより推算した同時刻の風速場全体に一律補正する方法を採用した。

d4PDFの最大風速による風速場の補正イメージ

① 台風トラックデータ (d4PDF)

※6時間毎の台風を中心位置、中心気圧、最大風速が含まれるデータ

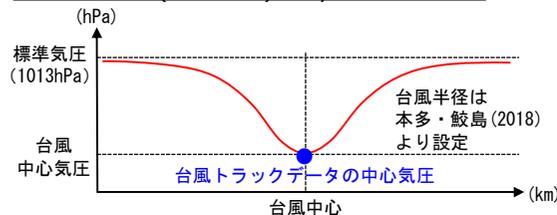
- ・ 対象範囲を通過する台風を抽出
- ・ 抽出台風を対象に、台風トラックデータに含まれる台風の中心位置、中心気圧、**最大風速**を②へ適用



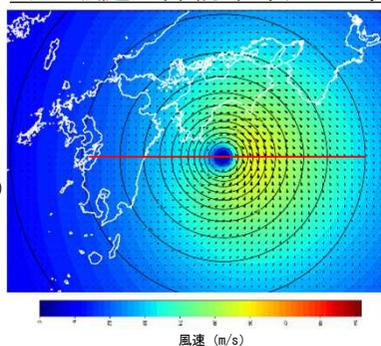
② Myers式・経験的台風モデルによる気圧・風速の推算、更に風速補正

- ・ Myers式、経験的台風モデルを用いて、気圧・風速を平面的に推算
- ・ **d4PDFの最大風速を用いて推算した風速を補正**

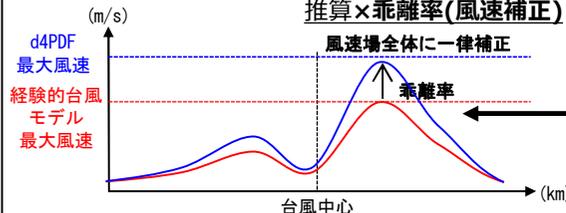
気圧の断面図(イメージ)※Myers式より推算



気圧・風速の平面分布 (イメージ)



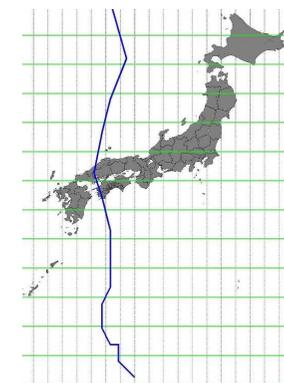
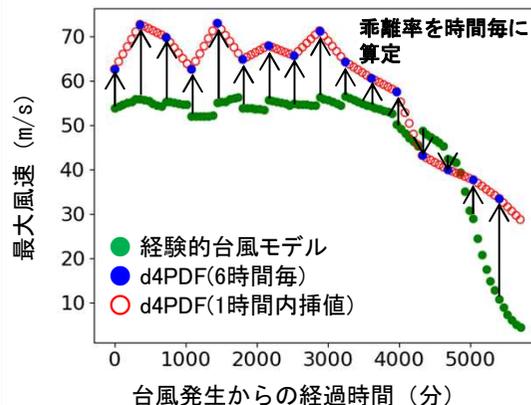
風速の断面図(イメージ)※経験的台風モデルより推算×乖離率(風速補正)



経験的台風モデルとd4PDFの風速の乖離率

最大風速の時系列図 (例②)

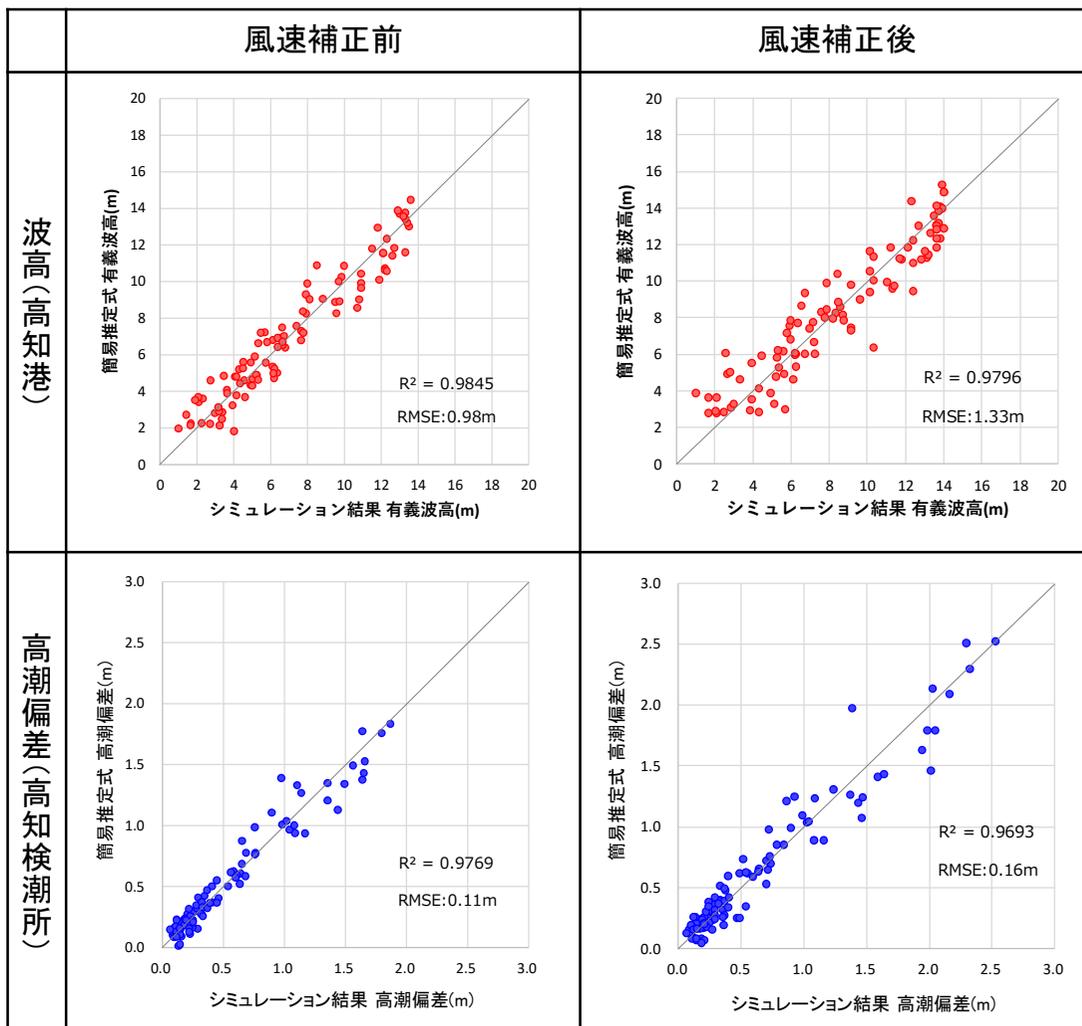
- ・ 台風毎に経験的台風モデルとd4PDFの最大風速の時系列データを整理
- ・ 各台風において、経験的台風モデルとd4PDFの最大風速の時間毎の乖離率を算定
- ・ 算定した時間毎の乖離率を、経験的台風モデルより推算した同時刻の風速場全体に一律補正



簡易推定式の構築結果(精度検証－風速補正前後の結果比較)

- 簡易推定式の構築に用いた台風100ケースを対象に、d4PDFによる風速補正を行い、各観測地点の高潮偏差・波高について、簡易推定式により推算した値と高潮・波浪シミュレーション結果を比較し、精度検証を行った。
- 風速補正後でも、補正前と同程度の精度を有しており、構築した簡易推定式は概ね妥当であることが確認できる。

簡易推定式の構築結果 (精度検証－風速補正前後の結果比較)



※RMSE(二乗平均平方根誤差)
: 誤差の大きさを表す指標であり、
値が小さいほど誤差が小さい。

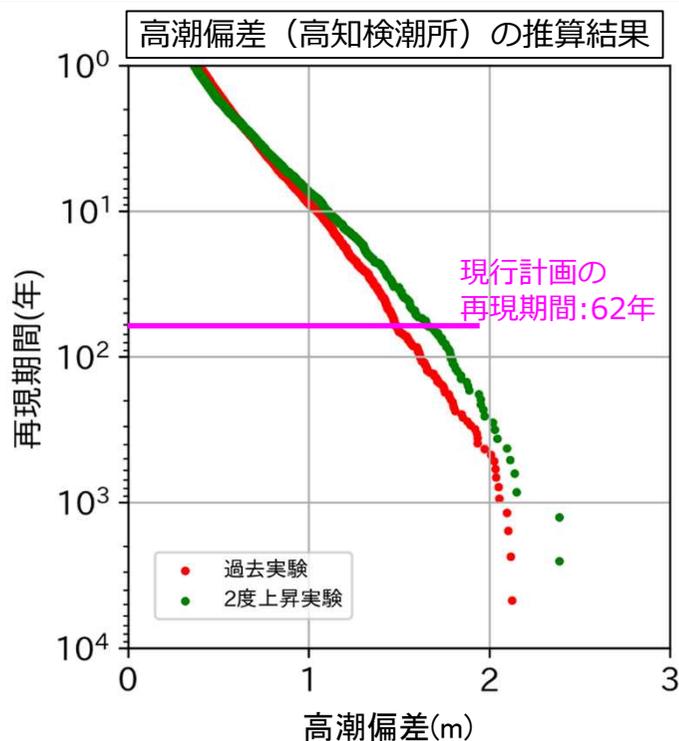


気候変動を踏まえた計画外力(高潮偏差・波高)

- 過去実験(20,554ケース)及び2°C上昇実験(9,097ケース)の台風を対象に、d2PDF/d4PDFによる風速補正を行い、今回構築した簡易推定式を用いて各観測地点の波高・高潮偏差を推算し、それぞれの確率評価を実施した。
- 高知検潮所では、現行計画と同確率(62年確率)となる気候変動後(2°C上昇時)の高潮偏差の上昇率は、12%。
- 高知港波浪観測所では、現行計画と同確率(30年確率)となる気候変動後(2°C上昇時)の波高の上昇率は、2%。
- 気候変動後(2°C上昇)の計画外力(波高、高潮偏差)は、現行計画に上記の上昇率を考慮すると以下のとおりとなる。

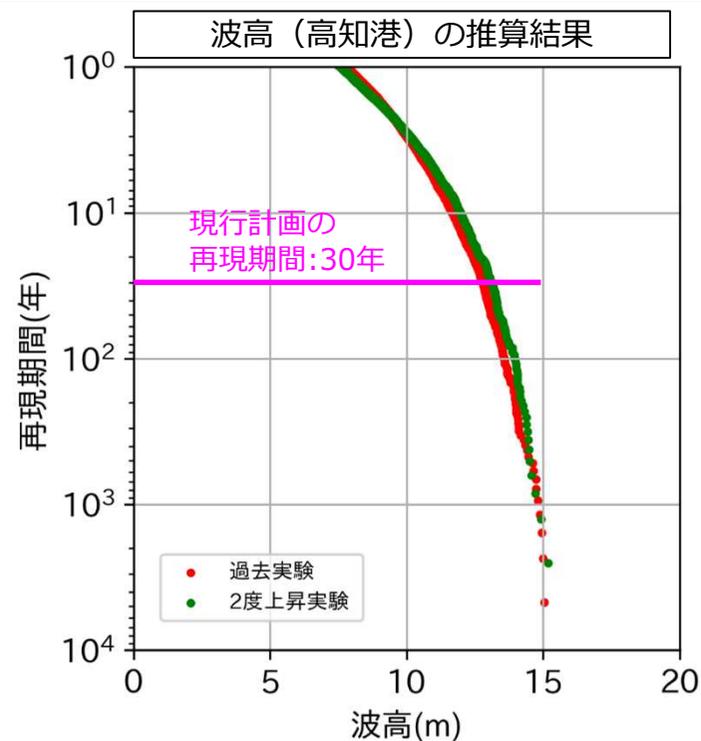
高潮偏差(62年確率): 1.64m(現行計画1.46m × 1.12)

波高(30年確率): 13.0m(現行計画13.0mの計算値12.6m × 1.02 = 12.9mとなるが、現行計画とおりに安全側に繰上。)



高知検潮所 高潮偏差 (再現期間: 62年)	
過去実験 (現在気候)	1.49m
2°C上昇実験 (将来気候)	1.67m

現在と将来を
比較すると
12%上昇



高知港波浪観測所 波浪 (再現期間: 30年)	
過去実験 (現在気候)	12.79m
2°C上昇実験 (将来気候)	13.10m

現在と将来を
比較すると
2%上昇

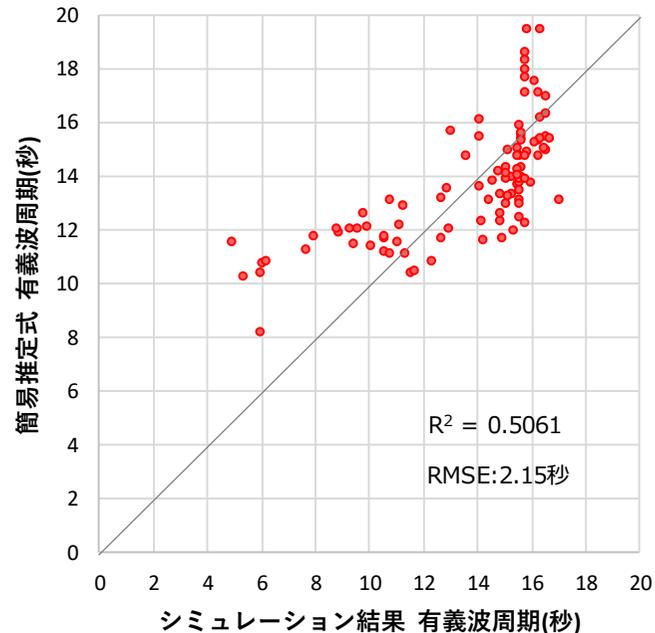
気候変動を踏まえた計画外力(周期)

- 高知港波浪観測所の周期について、簡易推定式により推算した値と高潮・波浪シミュレーション結果を比較し、精度検証を行った結果、相関性が低く、構築した簡易推定式では周期の推算精度を確保できないことを確認した。
- そこで、簡易推定式の構築に用いた台風100ケースの高潮・波浪シミュレーション結果より、高知港波浪観測所における波高一周期の関係式を作成し、現行計画で用いられている波高一周期の関係式との比較を行った。
- この結果、30年確率波高(13.0m)に対応する周期は、気候変動後(2°C上昇)も現行計画(15.5秒)と同程度となる。

周期(高知港)の簡易推定式の構築結果

シミュレーション及び簡易推定式による周期の推算結果の比較

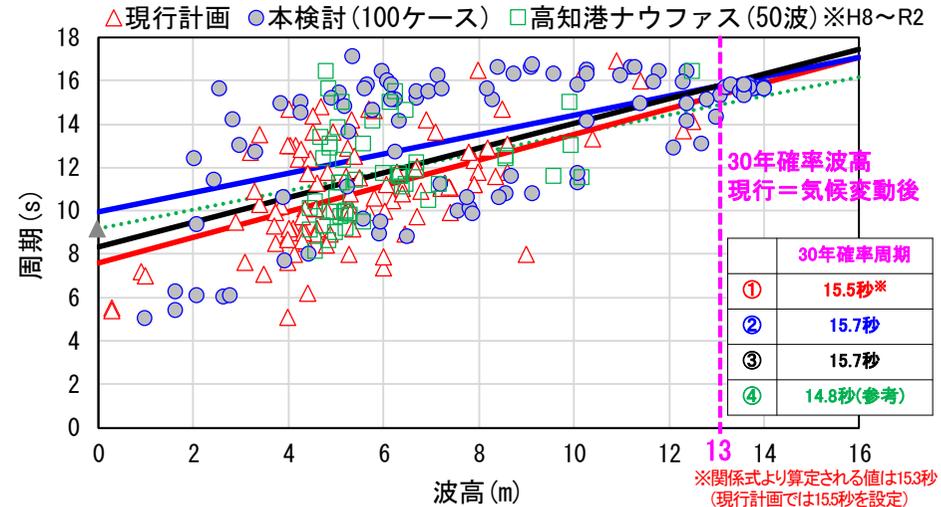
- ・ 簡易推定式の構築に用いた台風100ケースを対象に、高知港波浪観測所の周期について、簡易推定式により推算した値と高潮・波浪シミュレーション結果を比較し、精度検証を実施
- ・ 相関性が低く、簡易推定式では精度が確保できない



波高一周期の関係式の比較(高知港)

現行計画と本検討で作成した波高一周期の関係式の比較

- ・ 台風100ケースを対象とした高潮・波浪シミュレーション結果より、気候変動後の波高一周期の関係式(下記②③)を作成
- ・ この結果、30年確率波高(13m)に対応する周期は、気候変動後(2°C上昇)も現行計画(15.5秒)と同程度。



- ① 現行計画の波高一周期の関係式(周期=0.5893×波高+7.6115)
- ② 気候変動後(100ケース)の波高一周期の関係式(周期=0.4457×波高+9.925)
- ③ 現行+気候変動後の波高一周期の関係式(周期=0.5666×波高+8.3475)
- ④ 参考:高知港ナウファス(50波)の波高一周期の関係式(周期=0.4352×波高+9.1808)

津波水位の変化に関する検討

気候変動を踏まえた土佐湾沿岸中央部の津波水位の検討方法

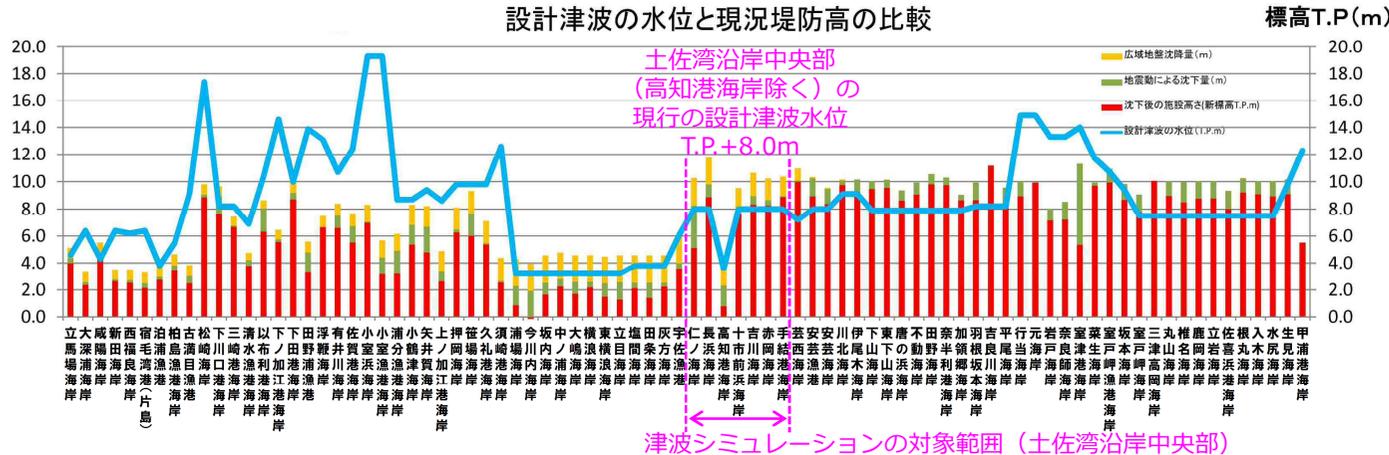
- 土佐湾沿岸中央部※1を対象に、平均海面水位の上昇を考慮した津波シミュレーションを実施した。
- 検討方法は現行の設計津波水位の設定方法に準拠したうえで、初期潮位条件として既往の朔望平均満潮位※2に、2100年に予測される平均海面水位の上昇量を加えた、朔望平均満潮位(T.P.+1.30m)※3を設定した。

現行の設計津波水位



項目	解析条件 (現行計画に準拠)
支配方程式	非線形長波方程式
計算格子間隔	波源域から沿岸まで 2,430m→810m→270m→90m→30m→10m
海底地形条件	2012年内閣府公表データ
計算時間	6時間 (時間間隔:0.1秒)
堤防条件	現況の海岸堤防の位置において津波侵入を防ぐ境界条件を設定
初期潮位	現行の設計津波水位の設定に用いられた既往の朔望平均満潮位※2に、2100年に予測される2℃上昇時の平均海面水位の上昇量を考慮した朔望平均満潮位※3を設定
対象津波	2003年中央防災会議公表の 東南海・南海地震連動※4

設計津波の水位と現況堤防高の比較



- ※1: 高知中央地域海岸(新居海岸～長浜海岸)と南国香南地域海岸(十市前浜海岸～手結港海岸)を対象
- ※2: 高知検潮所の朔望平均満潮位の10ヶ年(2002～2011)の平均値(T.P.0.93m)
- ※3: 第1回検討会で設定した2100年時点の朔望平均満潮位(第1回検討会 資料-5 P3参照)
- ※4: 現行計画では東南海・南海地震連動と東海・東南海・南海地震連動のうち津波水位が高い方を設定しており、対象範囲については東南海・南海地震連動を採用

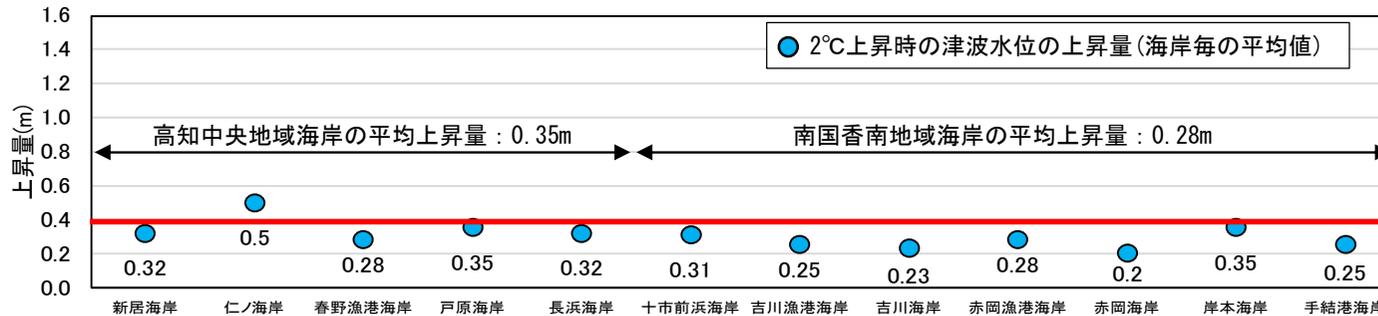
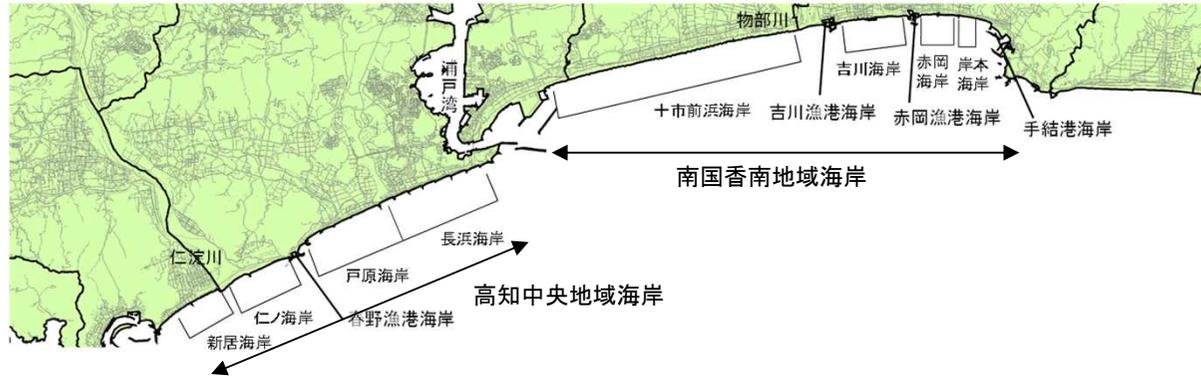
出典:「第3回 高知県地震・津波防災技術検討委員会(平成25年11月1日開催)

資料3 設計津波の水位の設定結果と海岸・河川堤防の今後の整備について p.2」

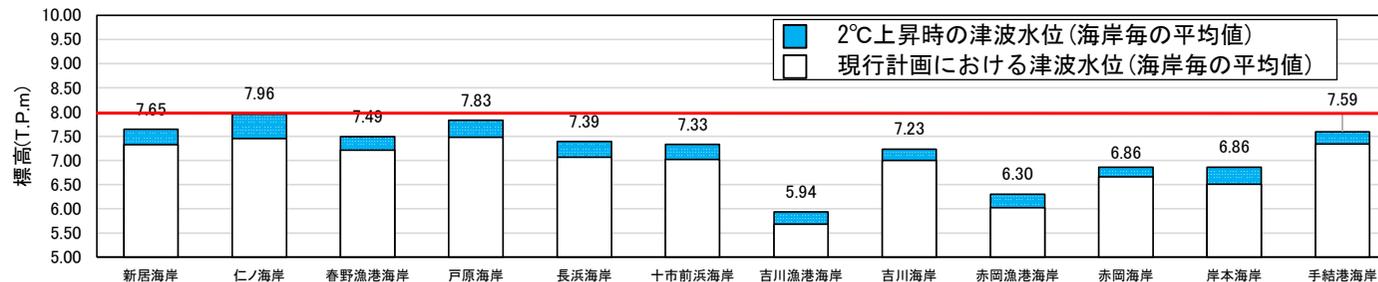
気候変動を踏まえた土佐湾沿岸中央部の津波水位の検討結果

- 土佐湾沿岸中央部において、気候変動後(2°C上昇時)の津波水位の上昇量(海岸毎の平均値)は、0.2m~0.5m。
- 局所的に上昇量大きい箇所もある※1が、現行の設計津波水位 T.P.8.0m ※2を下回る。

※1 地形や構造物の影響、特に平均海面水位の上昇により水面に対する海岸線付近の地形が変化すること等によるものと考えられる
 ※2 現行の設計津波水位は、地域海岸毎の計算結果の最高値を切り上げたもの



気候変動による
平均海面水位の上昇量
0.37m



現行の設計津波水位
T.P.8.0m
※地域海岸毎の計算結果
の最高値を切り上げ