

## 第3回

# 鳥取沿岸海岸保全基本計画の変更に関する技術検討会 説明資料

令和6年11月15日

鳥取県 

<b>1</b>	<b>技術検討会の検討項目・検討スケジュール</b>	<b>・・・・・・・・ P2</b>
<b>2</b>	<b>第2回技術検討会の議事と主な意見など</b>	<b>・・・・・・・・ P4</b>
<b>3</b>	<b>第3回技術検討会の議事</b>	
	<b>議事1：規約の改定について</b>	<b>・・・・・・・・ 別紙</b>
	<b>議事2：高潮・波浪シミュレーションモデルの構築について</b>	<b>・・・・・・・・ P6</b>
	<b>議事3：将来予測にあたってのバイアス補正について</b>	<b>・・・・・・・・ P23</b>
	<b>議事4：気候変動を踏まえた潮位偏差について</b>	<b>・・・・・・・・ P30</b>
	<b>議事5：気候変動を踏まえた波浪について</b>	<b>・・・・・・・・ P40</b>
	<b>議事6：気候変動を踏まえた計画外力の設定（案）について</b>	<b>・・・・・・・・ P52</b>

令和5年度	鳥取沿岸海岸保全基本計画の変更に関する技術検討会	将来の気候予測から想定される外力を設定するための技術的な検討									
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>開催概要</th> <th>主な決定方針（予定を含む）</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> <b>■ 第1回（令和5年12月12日）【対面開催】</b>                      ①過去から現在における外力の変化実態の把握                      ②気候変動を踏まえた計画外力の検討方針(概略)の提示                 </td> <td>                     ・ 海岸保全の目標年次（2100年）                      ・ 朔望平均満潮位の算出期間（直近5年間）                 </td> </tr> <tr> <td> <b>■ 第2回（令和6年7月）【個別説明→書面開催】</b>                      ①第1回検討会意見に対する対応方針の提示                      （海面上昇量、津波、海岸侵食等）                      ②潮位偏差(台風)及び波浪(台風、低気圧)推算の実施方針の提示                 </td> <td>                     ・ 平均海面水位の上昇量（IPCC第6次評価報告書の2°C上昇シナリオの平均値）                      ・ 津波シミュレーションの実施有無（現時点では実施せず、今後詳細な検討・設計を行う際に必要に応じて実施）                      ・ 潮位偏差及び波浪の推算方法                 </td> </tr> <tr style="border: 2px solid red;"> <td> <b>■ 第3回（令和6年11月15日）【対面開催】</b>                      ①高潮・波浪シミュレーションモデルの構築                      ②潮位偏差及び波浪の将来予測の計算結果の提示                      ③気候変動を踏まえた計画外力の設定（案）の提示                 </td> <td>                     ・ 将来の計画外力（潮位偏差、波浪）                 </td> </tr> <tr> <td> <b>■ 第4回（令和7年2月頃を想定）【対面開催予定】</b>                      ①余裕高を含めた防護水準の提示                      ②計画外力の運用方法の提示                      ③要対策箇所への提示                 </td> <td>                     ・ 防護水準及びその運用方法                 </td> </tr> </tbody> </table>	開催概要	主な決定方針（予定を含む）	<b>■ 第1回（令和5年12月12日）【対面開催】</b> ①過去から現在における外力の変化実態の把握 ②気候変動を踏まえた計画外力の検討方針(概略)の提示	・ 海岸保全の目標年次（2100年） ・ 朔望平均満潮位の算出期間（直近5年間）	<b>■ 第2回（令和6年7月）【個別説明→書面開催】</b> ①第1回検討会意見に対する対応方針の提示 （海面上昇量、津波、海岸侵食等） ②潮位偏差(台風)及び波浪(台風、低気圧)推算の実施方針の提示	・ 平均海面水位の上昇量（IPCC第6次評価報告書の2°C上昇シナリオの平均値） ・ 津波シミュレーションの実施有無（現時点では実施せず、今後詳細な検討・設計を行う際に必要に応じて実施） ・ 潮位偏差及び波浪の推算方法	<b>■ 第3回（令和6年11月15日）【対面開催】</b> ①高潮・波浪シミュレーションモデルの構築 ②潮位偏差及び波浪の将来予測の計算結果の提示 ③気候変動を踏まえた計画外力の設定（案）の提示	・ 将来の計画外力（潮位偏差、波浪）	<b>■ 第4回（令和7年2月頃を想定）【対面開催予定】</b> ①余裕高を含めた防護水準の提示 ②計画外力の運用方法の提示 ③要対策箇所への提示
開催概要	主な決定方針（予定を含む）										
<b>■ 第1回（令和5年12月12日）【対面開催】</b> ①過去から現在における外力の変化実態の把握 ②気候変動を踏まえた計画外力の検討方針(概略)の提示	・ 海岸保全の目標年次（2100年） ・ 朔望平均満潮位の算出期間（直近5年間）										
<b>■ 第2回（令和6年7月）【個別説明→書面開催】</b> ①第1回検討会意見に対する対応方針の提示 （海面上昇量、津波、海岸侵食等） ②潮位偏差(台風)及び波浪(台風、低気圧)推算の実施方針の提示	・ 平均海面水位の上昇量（IPCC第6次評価報告書の2°C上昇シナリオの平均値） ・ 津波シミュレーションの実施有無（現時点では実施せず、今後詳細な検討・設計を行う際に必要に応じて実施） ・ 潮位偏差及び波浪の推算方法										
<b>■ 第3回（令和6年11月15日）【対面開催】</b> ①高潮・波浪シミュレーションモデルの構築 ②潮位偏差及び波浪の将来予測の計算結果の提示 ③気候変動を踏まえた計画外力の設定（案）の提示	・ 将来の計画外力（潮位偏差、波浪）										
<b>■ 第4回（令和7年2月頃を想定）【対面開催予定】</b> ①余裕高を含めた防護水準の提示 ②計画外力の運用方法の提示 ③要対策箇所への提示	・ 防護水準及びその運用方法										
令和6年度											
令和7年度	海岸保全基本計画検討委員会(仮)	・ 気候変動に伴う海岸への影響を幅広く検討 ・ 基本計画を変更									
		■ 第1回 ・ 海岸における影響の整理 ・ 見直し項目の検討  ■ 第2回 ・ 素案説明  ■ 第3回 ・ 原案説明									

※第4回検討委員会の報告内容の詳細は、今後進んだ段階で再整理

# 海岸保全基本計画変更までの検討スケジュール

実施項目	2023(R5)年度				2024(R6)年度				2025(R7)年度				備考
	4月	7月	10月	1月	4月	7月	10月	1月	4月	7月	10月	1月	
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 外力の検討方針の整理		■											
気候変動を踏まえた計画 外力の検討				■ <b>現在</b>									・将来変化倍率の算出
防護水準の検討							■						
海岸保全基本計画の改定								■ <b>パブリック コメント 公表</b>				2025(R7)年中の公表を目指す	
委員会	気候変動検討委員会			● 第1回 12/12	● 第2回 (書面)	● 第3回	● 第4回						
	海岸保全基本計画 検討委員会				● 平均海面水位の 上昇量の決定等	● 外力の決定 (潮位、波浪)	● 防護水準の確認	● 第1回	● 第2回	● 第3回			

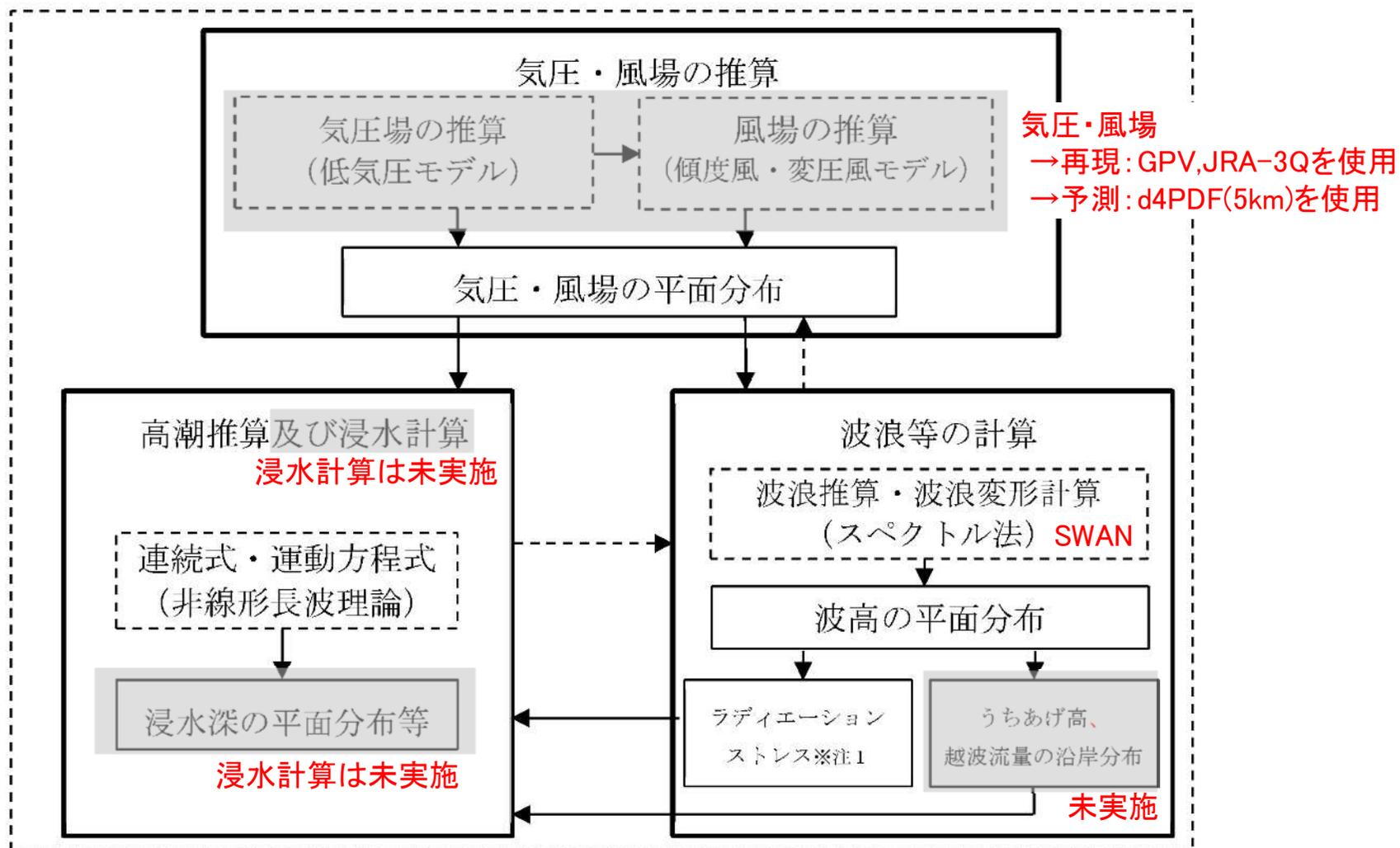
議事	内容	意見など	参照
<p>①</p> <p>議事1： 将来の海面上昇量</p>	<p>国からの通知「気候変動の影響を踏まえた海岸保全施設の計画外力の設定方法について（令和3年8月2日 4省庁通知）」において、海面上昇量はIPCC第5次評価報告書の2℃上昇（RCP2.6）シナリオの平均的な値を前提とすることとされている。</p> <p>一方で鳥取県近傍の検潮所における地盤変動の影響を排除した潮位観測トレンドを整理すると、鳥取沿岸ではIPCC第6次評価報告書の2℃上昇（SSP1-2.6）シナリオの平均値と同程度となることを確認した。加えて、IPCC第6次評価報告書が令和5年3月に公表された最新の報告書であることや隣接する沿岸の検討事例も踏まえ、<u>IPCC第6次評価報告書の2℃上昇（SSP1-2.6）シナリオの平均値を採用する。</u></p>	<p>異議なし（将来の海面上昇量の決定）</p>	<p>—</p>
<p>②</p> <p>議事2： 津波</p>	<p>鳥取沿岸では、現在の計画堤防高は高潮・高波で設定しており、且つ現在の設計津波高（L1）に将来の海面上昇量を加えた高さが現行の計画堤防高以下となることを確認している。</p> <p>また、鳥取沿岸と同様に海岸線が比較的真っすぐな高知県（土佐湾沿岸中央部）の先行事例を参考にすると、将来の津波高（L1）は現在の津波高（L1）に将来の海面上昇量を加算した程度に概ね収まっていることが確認されている。</p> <p>以上より、第1回技術検討会の指摘を踏まえ、防護水準を検討している現時点においては、<u>津波シミュレーションは実施しないこととする。</u>ただし、今後、護岸や港湾・漁港施設等の詳細な検討・設計を行う際には、必要に応じて、津波シミュレーションを実施していく。</p>	<p>異議なし（津波の検討方針の決定）</p>	<p>—</p>
<p>③</p> <p>議事3： 海岸侵食</p>	<p>第1回技術検討会で提示したBruun則による海面上昇を考慮した汀線後退量の算出を代表海岸で実施する。加えて、第1回技術検討会の指摘を踏まえ、波浪推算の過程における波向きの変化などを整理するなどして、将来の波向き変化等を考慮した検討を引き続き実施していく。</p>	<p>異議なし（海岸侵食の対応方針の決定）</p> <p><b>対応：今後検討を行い、第4回技術検討会で提示する。</b></p>	<p>—</p>

番号	内容	意見など	参照
<p>④</p> <p>議事4： 潮位偏差の 推算方法</p>	<p>鳥取沿岸の特性（台風の最接近から遅れて高潮が発生すること）を踏まえ、第1回技術検討会で提示した「<u>パラメトリック台風モデル（A-1）</u>」から、「<u>領域気候モデル台風（d4PDF5kmメッシュ）（B-1）</u>」による方法へ変更する。</p> <p>なお、d4PDF5kmメッシュデータを用いた変更後の方法による将来予測を試行した結果、コリオリ力を適切に考慮することで潮位偏差の遅れという鳥取沿岸の特性を概ね表現できることを確認しており、今後、再現検証を踏まえたモデルの構築を行ったうえで、将来予測を実施していく。</p>	<p>異議なし（潮位偏差の推算方法の決定）</p> <p><b>意見：</b>令和6年1月17日の国交省水管理・国土保全局海岸室企画専門官の事務連絡「気候変動の影響を踏まえた海岸保全基本計画の検討に関する留意事項等について」では、「<b>検討結果の妥当性の検証の観点から、片方の手法で外力を検討した後、もう一方の手法にて検討することが望ましい</b>」とされている。 A-1で得られる将来変化率（隣県の検討成果など）との比較により、B-1で得られる将来変化率の妥当性を確認された方が望ましい。</p> <p><b>対応：</b>隣県の検討結果などと比較して、今回の結果が妥当であることを確認した。</p>	<p>38頁</p>
<p>⑤</p> <p>議事5： 波浪の推算 方法</p>	<p>アンサンブルデータに基づく確率評価を適切に表現するため、将来予測に用いるデータを第1回技術検討会で提示したd4PDF60kmメッシュの1メンバから、d4PDF5kmメッシュの全（12）メンバへ変更する。</p> <p>なお、その他の検討方法については、第1回技術検討会で提示したものを採用する。</p>	<p>異議なし（波浪の推算方法の決定）</p>	<p>—</p>
<p>⑤</p> <p>報告内容： 季別の潮位 差</p>	<p>鳥取沿岸の潮位は、冬場は低く、夏場は高い特徴があり、現行の朔望平均満潮位は年平均値を採用している。第1回技術検討会において、冬場では過大に、夏場では過少となっており、将来の台風の強大化を見据えると更に夏場が厳しい状況となる可能性がある旨のご意見を頂いた。この件について、他県の状況等も踏まえ第3～4回技術検討会で対応方針を提示する予定である。</p>	<p><b>対応：</b>今後検討を行い、第4回技術検討会で提示する。</p>	<p>—</p>

## 議事2：高潮・波浪シミュレーションモデルの構築について

## ■高潮・波浪シミュレーションモデルの概要

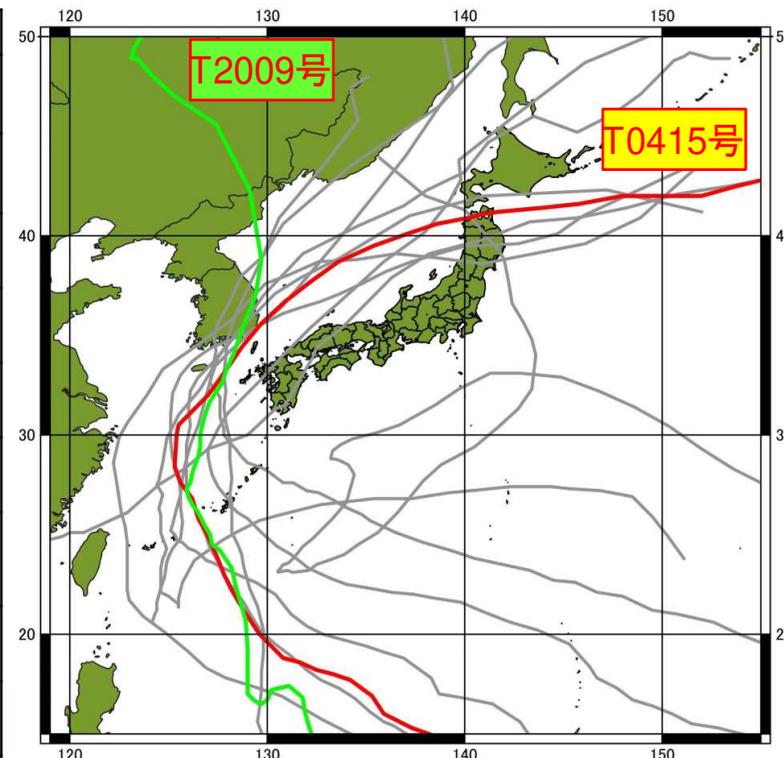
- 気候変動を踏まえた高潮・波浪の将来予測を行うため、高潮・波浪シミュレーションモデルを構築。
- 高潮・波浪シミュレーションモデルは、「高潮浸水想定区域図作成の手引き Ver.2.11 (R5.4)」を参考に構築し、過去に鳥取沿岸で発生した顕著な高潮・高波を対象に再現検証を実施。



## ■高潮シミュレーション(再現検証)の対象

▶ 高潮シミュレーション(再現検証)は、過去に鳥取沿岸で顕著な高潮が発生した台風のうち、境検潮所で既往最大の潮位偏差を記録した2004年台風15号、近年最大の潮位偏差を記録した2020年台風9号(2004年台風15号とは異なる経路)を対象。

順位	潮位						潮位偏差								
	境			田後			境			田後【参考】					
	期間:1943~2022年	期間:1966~2022年	期間:1932~2022年	期間:2011~2022年	期間:1943~2022年	期間:1966~2022年	期間:1932~2022年	期間:2011~2022年	期間:1943~2022年	期間:1966~2022年	期間:1932~2022年	期間:2011~2022年			
潮位 TP.cm	気圧 hPa	要因 (起日)	潮位 TP.cm	気圧 hPa	要因 (起日)	偏差 cm	気圧 hPa	要因 (起日)	偏差 1cm	気圧 hPa	要因 (起日)	偏差 cm	気圧 hPa	要因 (起日)	
1	112	970	台風15号 2004/08/19	100	935	台風16号 2012/9/18	70	970	台風15号 2004/08/20	59	—	低気圧 2016/01/20	—	—	低気圧 2016/01/20
2	109	930	台風14号 2003/09/13	99	970	台風15号 2004/8/20	68	930	台風14号 2003/09/13	54	935	台風16号 2012/9/18	—	—	台風16号 2012/9/18
3	105	940	台風9号 2020/09/04	94	930	台風14号 2003/9/13	68	—	低気圧 2020/01/08	52	—	低気圧 2012/04/04	—	—	低気圧 2012/04/04
4	103	935	台風16号 2012/09/18	94	940	台風9号 2020/9/4	66	—	低気圧 2007/03/31	52	—	低気圧 2016/04/18	—	—	低気圧 2016/04/18
5	102	940	台風11号 2022/09/06	93	940	台風10号 2016/8/31	66	—	低気圧及び 冬型気圧配置 2017/02/20	52	—	低気圧 2020/01/08	—	—	低気圧 2020/01/08
6	99	975	台風25号 2018/10/07	92	985	台風4号 2010/8/12	65	—	低気圧 2012/04/03	49	—	低気圧 2021/01/29	—	—	低気圧 2021/01/29
7	99	930	台風18号 2004/09/08	92	982	台風9号 2021/8/10	65	940	台風9号 2020/09/03	47	940	台風9号 2020/9/04	—	—	台風9号 2020/9/04
8	98	940	台風10号 2016/08/31	91	—	前線 2022/8/16	64	—	低気圧 2016/04/18	46	—	低気圧 2016/05/04	—	—	低気圧 2016/05/04
9	98	—	低気圧 2015/10/02	89	980	台風18号 2019/10/4	63	950	台風15号 2002/09/01	46	—	冬型気圧配置 2017/02/20	—	—	冬型気圧配置 2017/02/20
10	98	950	台風15号 2002/09/01	88	975	台風25号 2018/10/7	63	935	台風16号 2012/09/18	44	—	低気圧 2020/12/30	—	—	低気圧 2020/12/30



再現検証に用いる実績台風(T0415、T2009)



検潮所

出典: 気象庁HP「地点ごとの潮位の観測史上1~10位の値」

※1 1997年4月以降は3分平均値、それ以前はアナログ記録から読み取った潮位による記録で、痕跡調査によるものも含まれる。

※2 台風を赤字で記載。

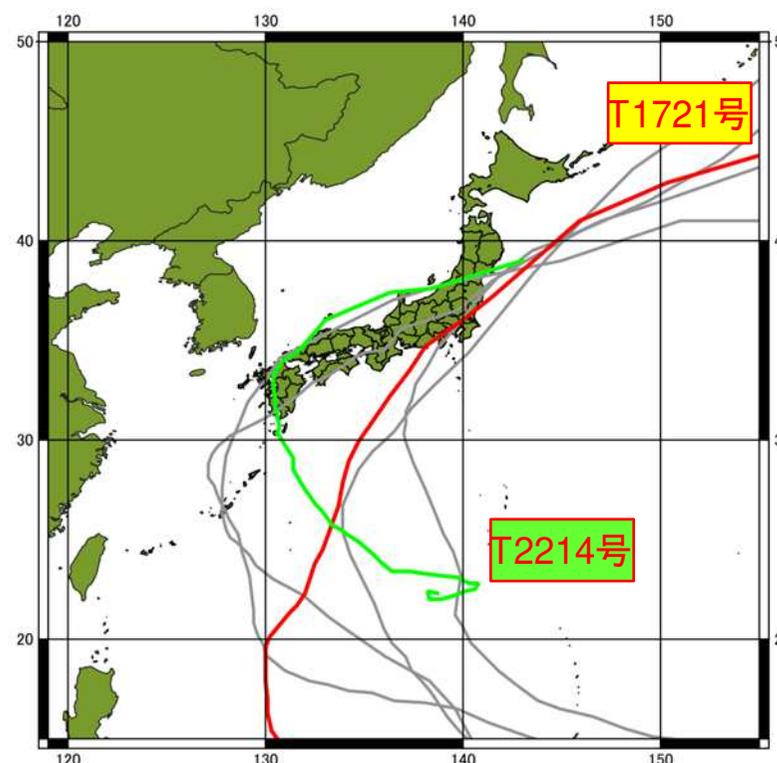
※3 田後検潮所は、2011年から気象庁HPで天文潮位が公表されているため、2011年以降の潮位偏差を整理(2004年台風15号時の観測値はなし)。

※4 気圧: 北緯30° から日本上陸または接近時までの最低気圧を整理を整理。

## ■ 波浪シミュレーション(再現検証)の対象

- ▶ 波浪シミュレーション(再現検証)は、過去に鳥取沿岸で顕著な高波が発生した擾乱のうち、以下の低気圧と台風を対象。
- ▶ 低気圧: 日吉津で時系列データ存在期間に最大波高を記録した1995年12月、鳥取港で既往最大波高を記録した1990年12月。  
※上記2擾乱に加え、GPV(5km格子,1時間間隔)及び検証データが存在する近年最大の2017年1月の低気圧(下表外)も実施。
- ▶ 台風: 経路の異なる2017年台風21号、2022年台風14号。

順位	波浪					
	国交省日吉津			NOWPHAS鳥取港		
	波高m 周期s	気圧 hPa	要因 (起日)	波高m 周期s	気圧 hPa	要因 (起日)
1	6.34 10.4	—	低気圧 1978/1/10	7.54 11.3	—	低気圧 1990/12/11
2	5.77 12.1	—	冬型気圧配置 2005/12/6	7.51 11.2	—	低気圧 1981/12/2
3	5.77 12.1	—	低気圧 2006/12/6	7.19 11.9	920	台風14号 2022/9/20
4	5.69 10.7	945	台風19号 2019/10/12	7.08 11.1	—	低気圧 1987/2/3
5	5.53 11.9	915	台風21号 2017/10/23	6.88 12.0	915	台風21号 2017/10/23
6	5.30 10.4	—	冬型気圧配置 1995/12/25	6.85 12.2	935	台風19号 2019/10/13
7	5.27 10.2	945	台風26号 2013/10/16	6.81 12.2	—	低気圧 1991/2/17
8	5.25 10.2	955	台風17号 1991/9/14	6.53 11.8	—	低気圧 1990/12/27
9	5.12 10.1	970	台風19号 2014/10/13	6.53 11.1	—	低気圧 1995/12/26
10	5.09 8.9	—	低気圧及び 冬型気圧配置 1994/1/29	6.37 10.0	945	台風26号 2013/10/16



再現検証に用いる実績台風(T1721、T2214)



波浪観測所

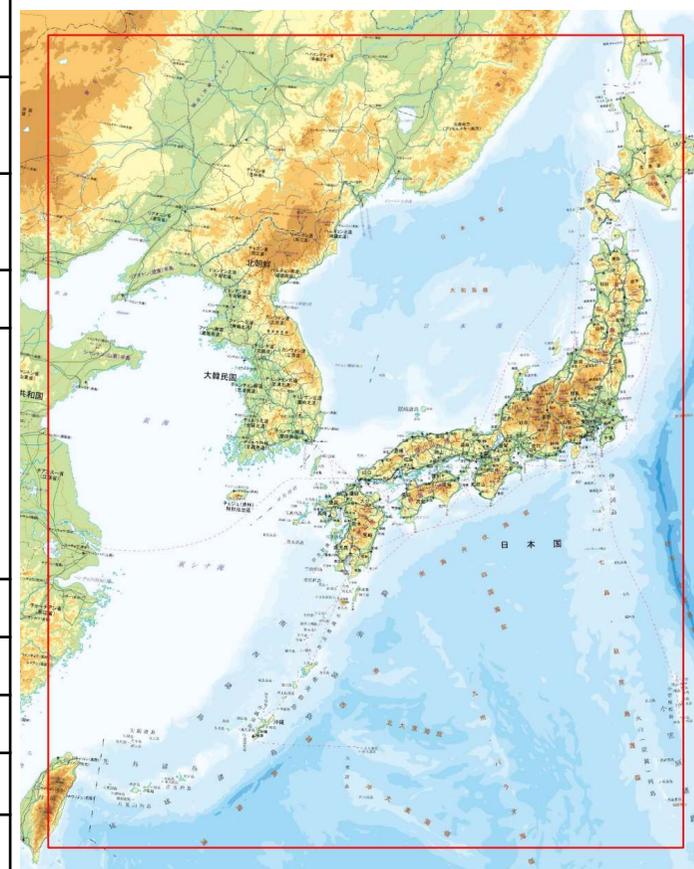
※1 富益波浪観測所、NOWPHAS境: 島根半島による遮蔽の影響を踏まえ、日吉津波浪観測所(1995年から時系列データ存在、2001~2006年は欠測あり)の波浪で代表  
 ※2 気圧: 北緯30° から日本上陸または接近時までの最低気圧を整理。

## ■高潮・波浪シミュレーション(再現検証)の概要・条件

- ▶ 高潮・波浪シミュレーション(再現検証)は、以下の条件に基づき実施。
- ▶ 以降に示す再現検証結果を踏まえ、将来予測に使用する条件(計算領域、メッシュサイズ等)を設定。

項目		計算モデル・設定条件
計算領域	計算格子間隔(メッシュサイズ)	5,000m(d4PDF5kmメッシュと同等の条件を設定) ※高潮のみ:上記に加え、メッシュサイズによる感度分析を実施 (5領域ネスティング:7,290m→2,430m→810m→270m→90m)
	地形条件	2012年内閣府南海トラフの巨大地震モデル検討会公表データを基に設定
	構造物条件・河川流量	設定なし
	粗度係数※	海域:0.025
気圧・風場	気圧・風場	高潮(台風 T0415、T2009):GPV(MSM、5kmメッシュ) 波浪(台風 T1721、T2214):GPV(MSM、5kmメッシュ) 波浪(低気圧 1990年12月、1995年12月):JRA-3Q(60kmメッシュ) 波浪(低気圧 2017年1月):GPV(MSM、5kmメッシュ) ※GPV:1時間間隔データ、JRA-3Q:6時間間隔データ (本検討では気圧・風場の推算は実施せず、上記データを使用)
波浪場	基礎理論	波作用量平衡式
	計算モデル	SWAN
	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
高潮	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

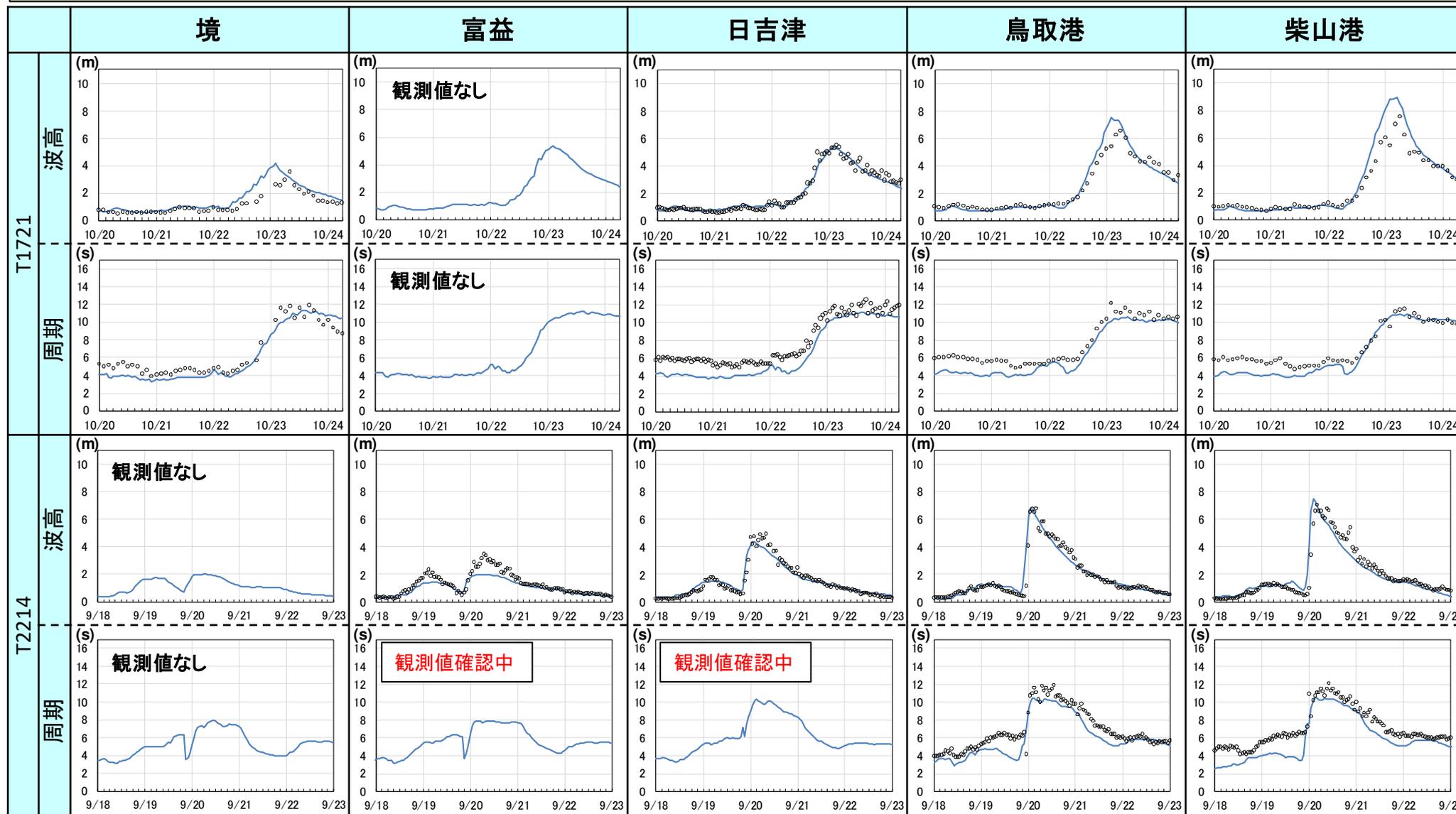
計算領域(5,000m,7290mメッシュ)



※高潮浸水想定区域図作成の手引き Ver. 2.11 (R5.4) に準拠

# 波浪シミュレーションの結果（台風を対象とした再現検証結果）

▶ 台風を対象とした再現検証（GPVを使用）の結果、各地点で観測された波高・周期を概ね再現していることを確認。



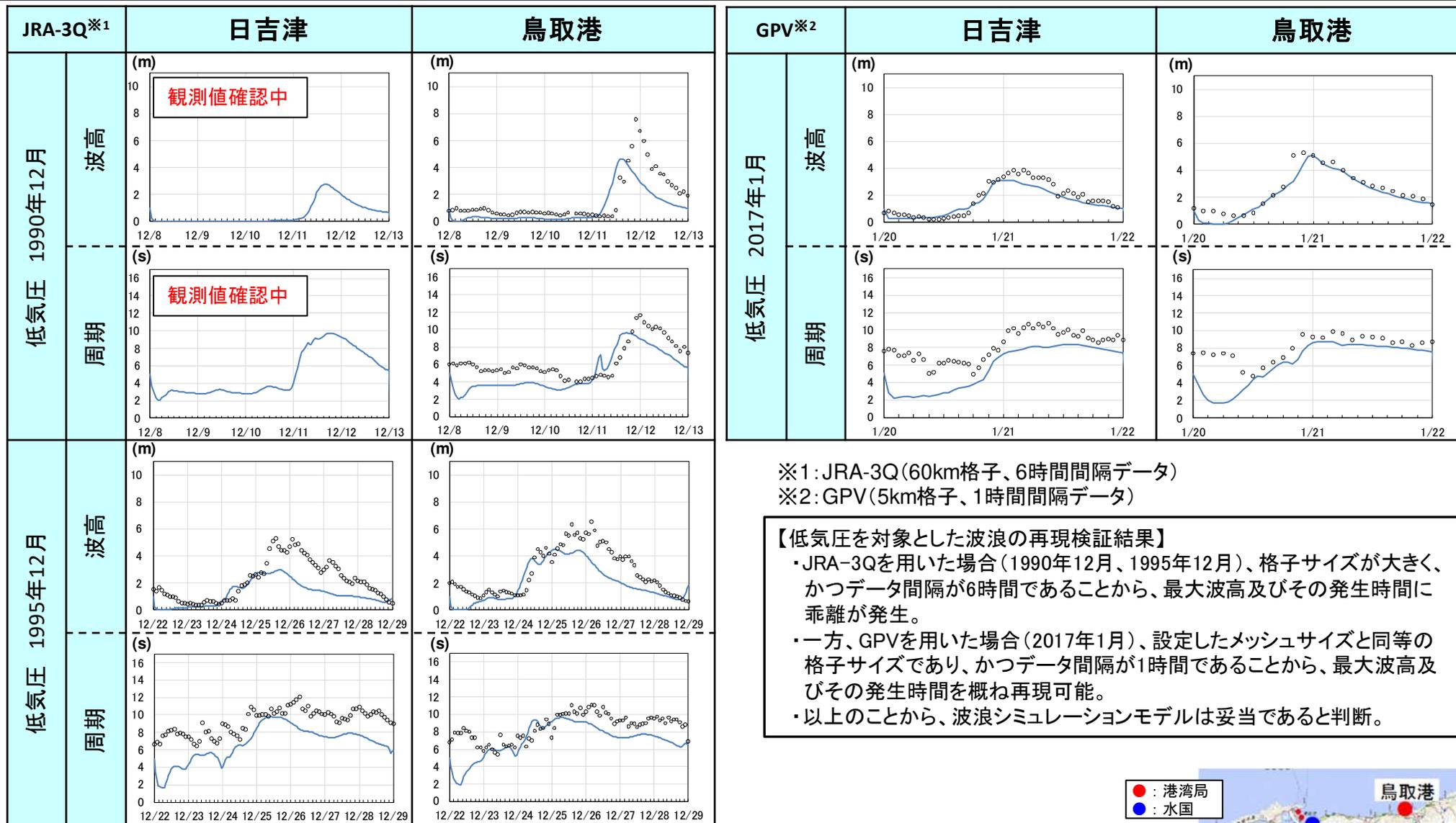
○：観測値 —：計算値

●：港湾局  
●：水国



# 波浪シミュレーションの結果（低気圧を対象とした再現検証結果） 12

- ▶ 低気圧では、JRA-3Qの場合は乖離がある一方、GPVの場合は各地点で観測された波高・周期を概ね再現していることを確認。
- ▶ 台風・低気圧の再現検証結果を踏まえ、波浪の将来予測にあたっては、メッシュサイズは5,000mを設定する。



※1: JRA-3Q(60km格子、6時間間隔データ)  
 ※2: GPV(5km格子、1時間間隔データ)

**【低気圧を対象とした波浪の再現検証結果】**

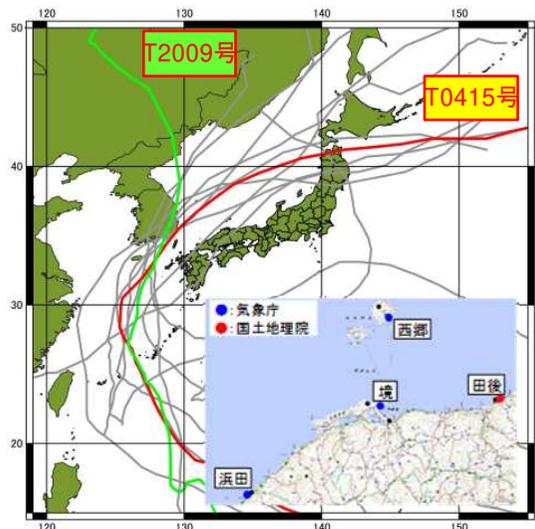
- ・JRA-3Qを用いた場合(1990年12月、1995年12月)、格子サイズが大きく、かつデータ間隔が6時間であることから、最大波高及びその発生時間に乖離が発生。
- ・一方、GPVを用いた場合(2017年1月)、設定したメッシュサイズと同等の格子サイズであり、かつデータ間隔が1時間であることから、最大波高及びその発生時間を概ね再現可能。
- ・以上のことから、波浪シミュレーションモデルは妥当であると判断。

○: 観測値 —: 計算値

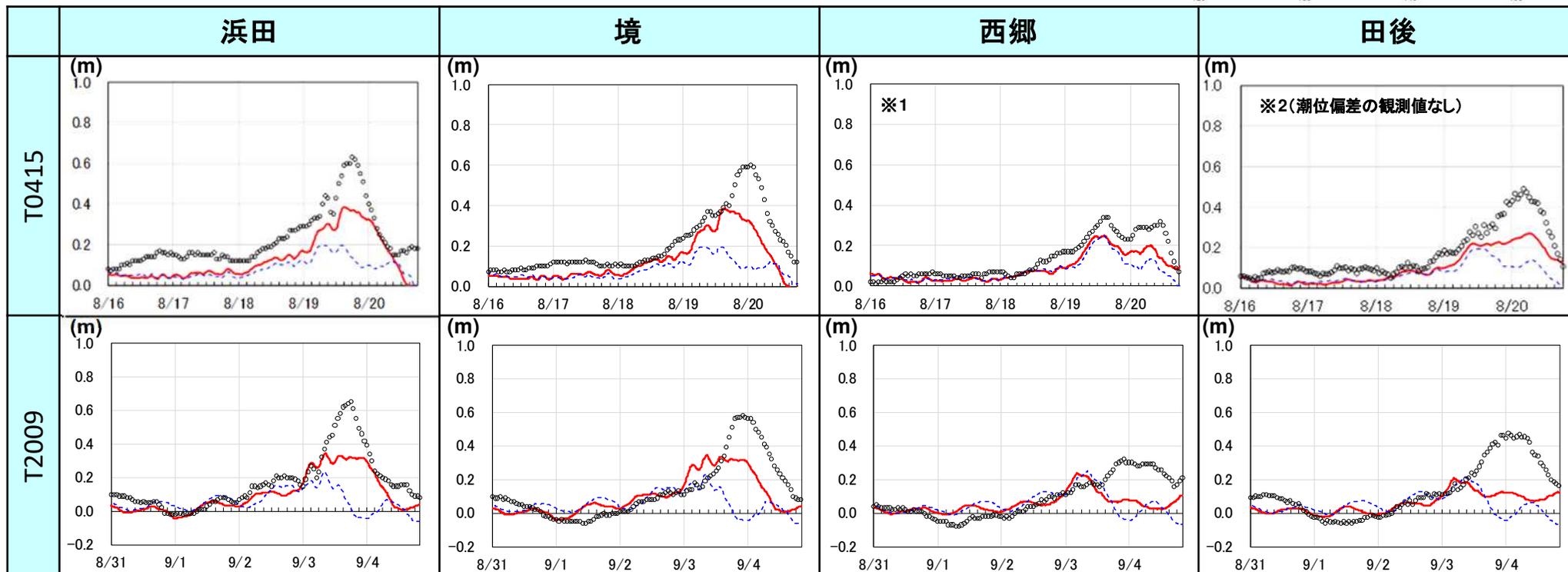


# 高潮シミュレーションの結果（台風を対象とした再現検証結果）

- ▶ 台風を対象とした再現検証（GPVを使用）の結果、コリオリ力を考慮することで、エクマン輸送によって台風の最接近から遅れて高潮が発生する状況を表現可能であることを確認。
- ▶ 一方、再現検証結果では、いずれの地点においても、潮位偏差が観測値に比べて低く推算される状況（最大20cm程度）にあることを確認。
- ▶ 以上の結果を踏まえ、以下に示す①～③の検討を実施。
  - ①メッシュサイズによる感度分析を実施。
  - ②GPVと観測値を比較したうえで、観測値を基にGPVの風速を補正し、感度分析を実施。
  - ③再現検証（T0415,T2009）以外の擾乱（低気圧、他台風）を対象とした感度分析を実施。

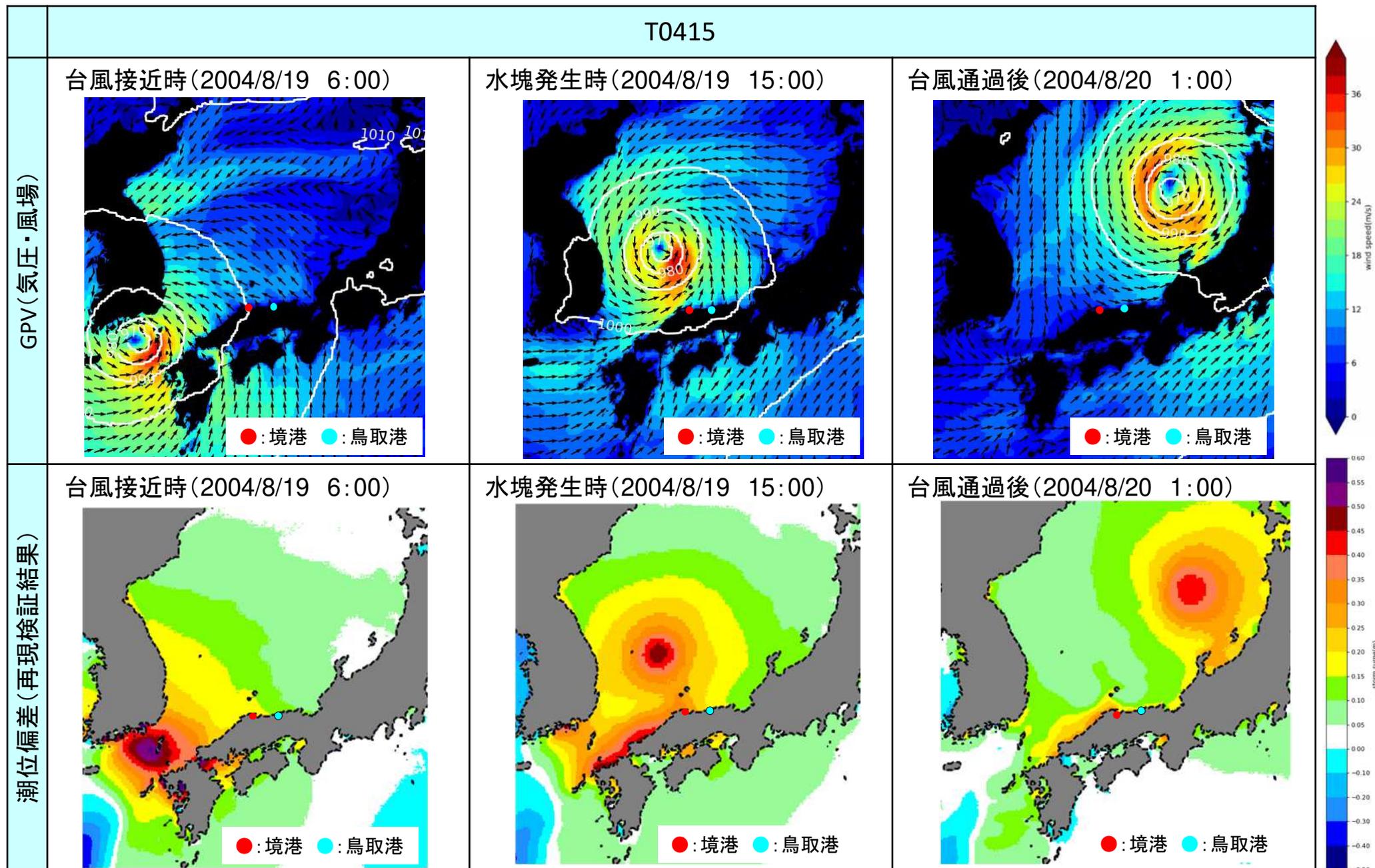


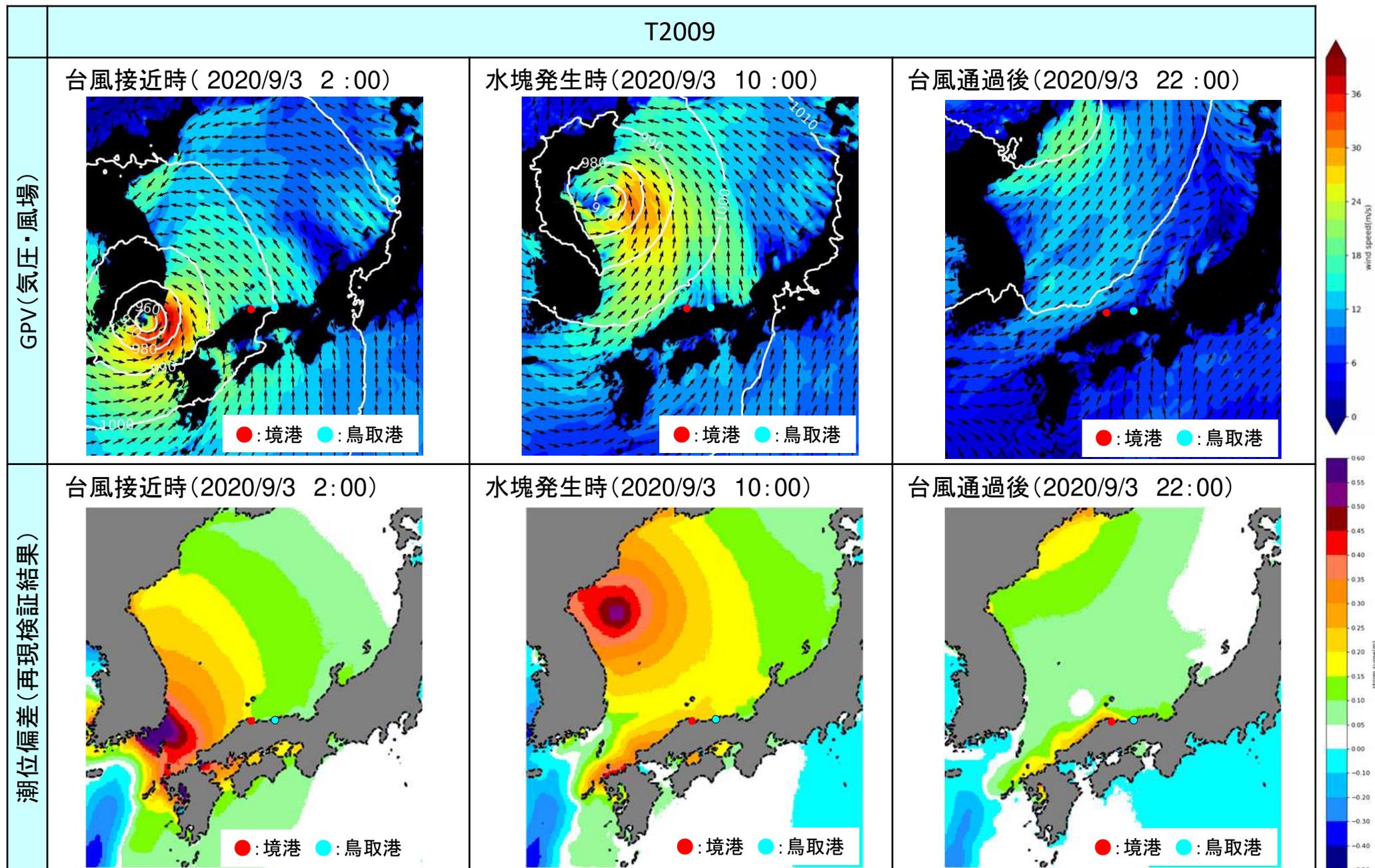
○: 観測値(潮位偏差) —: コリオリ力を考慮 ...: コリオリ力を非考慮



※1 T0415の西郷の観測値(潮位偏差): 気象庁公開の観測潮位—海上保安庁公開の西郷地点における天文潮位(潮汐推算値)より整理し図化

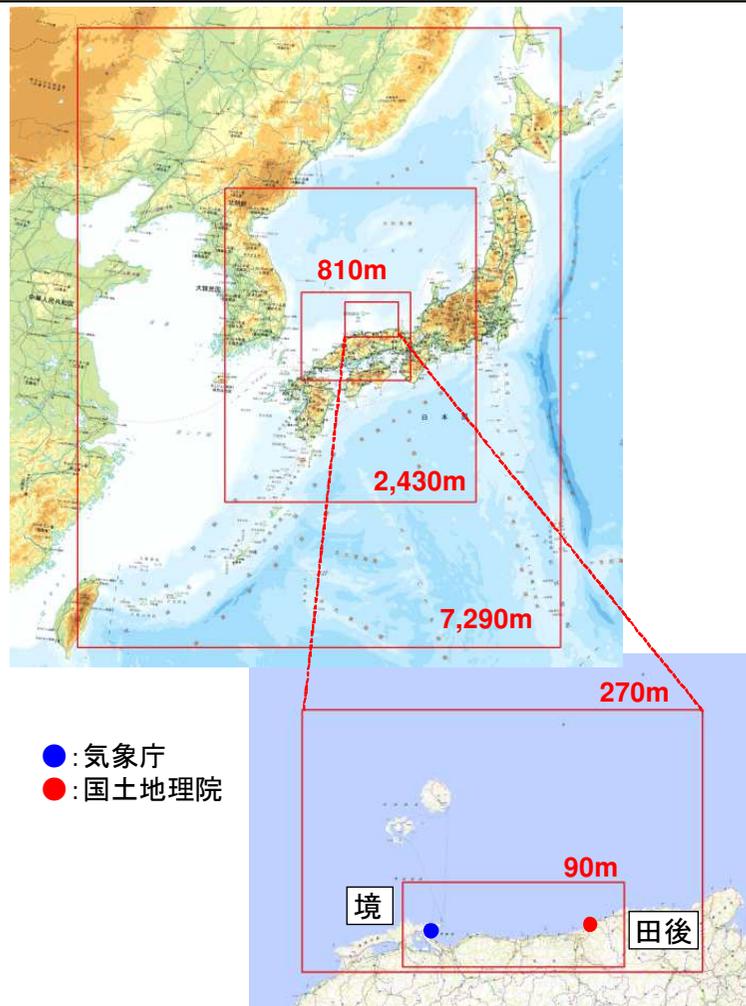
※2 T0415の田後の観測値(潮位偏差): 観測値がないため、参考として、国土地理院公開の観測潮位—海上保安庁公開の鳥取港地点における天文潮位(潮汐推算値)より整理し図化(計算開始時点の値を計算値で補正)





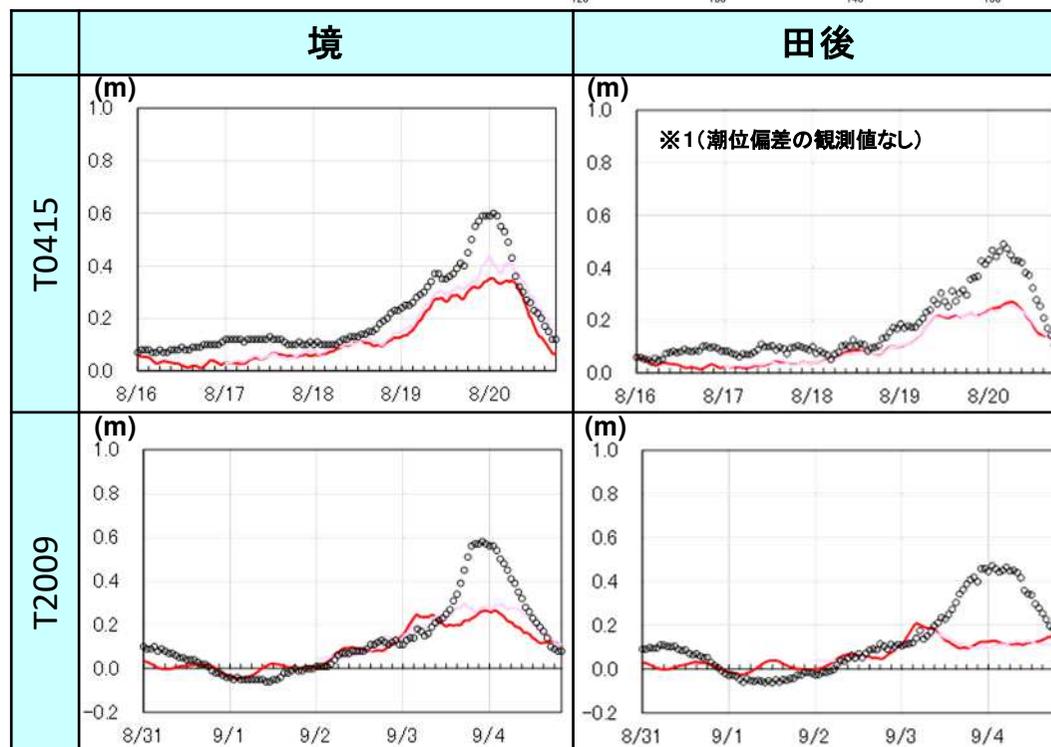
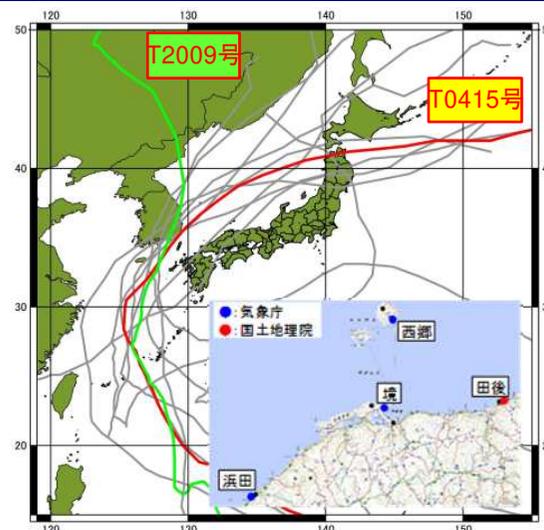
# ①高潮シミュレーションの結果(メッシュサイズによる感度分析結果) 16

- メッシュサイズの違いによる再現検証結果への影響を確認するため、メッシュサイズによる感度分析を実施。
- 鳥取沿岸を対象に、最小格子間隔を90mとした計算を実施し、上記の結果(5,000m)と比較。
- この結果、潮位偏差は同程度となる(メッシュサイズによる大きな違いはない)ことを確認。
- 以上のことから、以降に示す感度分析では、メッシュサイズは5,000mを設定。



計算領域(7,290m→2,430m→810m→270m→90m)

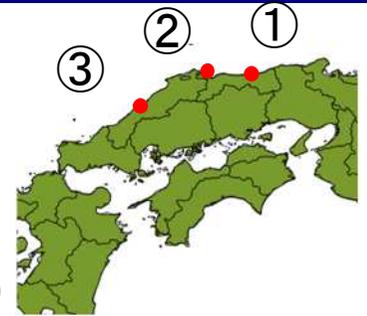
○: 観測値(潮位偏差) —: 5,000m(コリオリ力を考慮)  
—: 90m(コリオリ力を考慮)



※1 T0415の田後の観測値(潮位偏差): 観測値がないため、参考として、国土地理院公開の観測潮位—海上保安庁公開の鳥取港地点における天文潮位(潮汐推算値)より整理し図化(計算開始時点の値を計算値で補正)

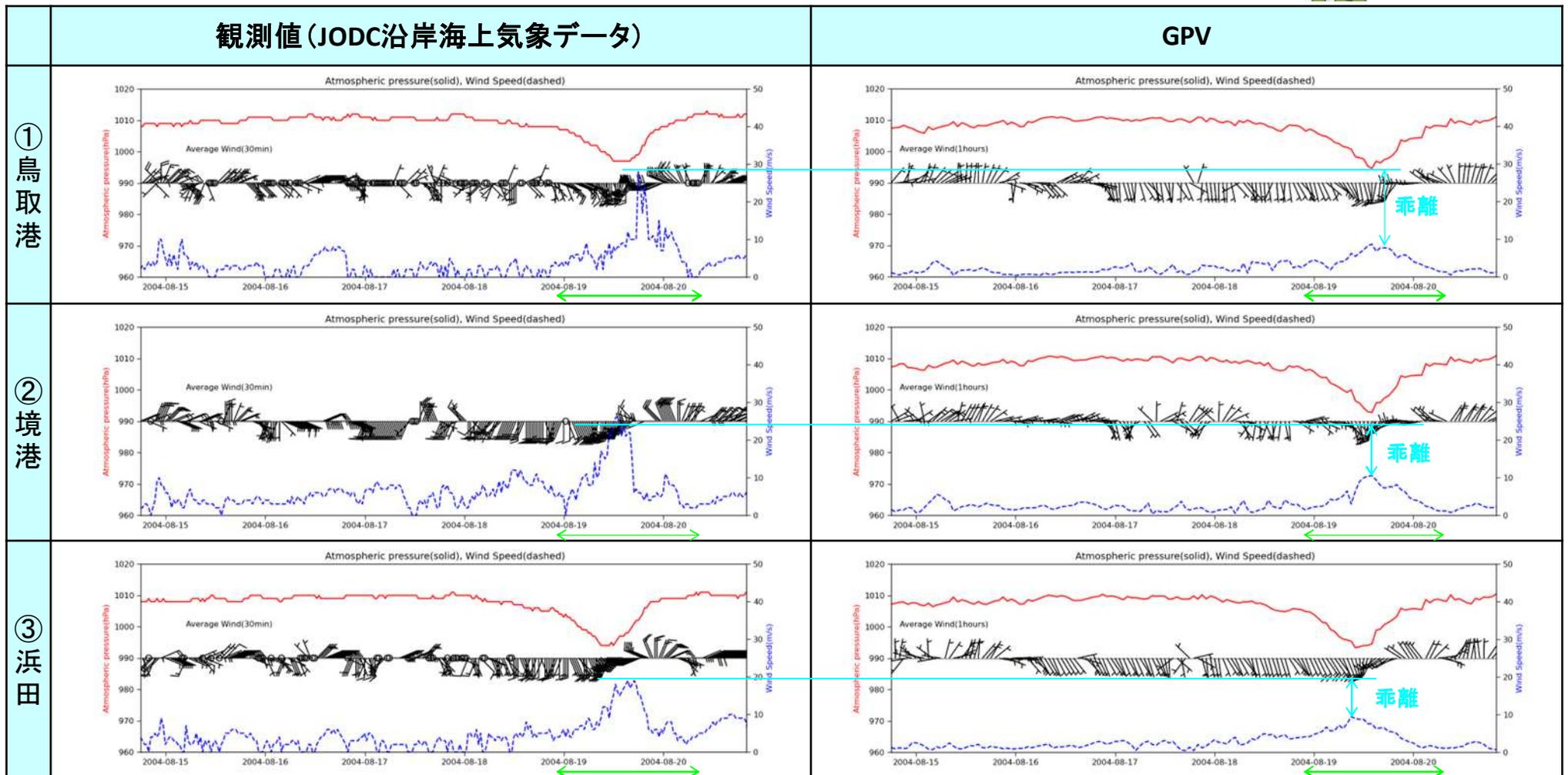
# ②高潮シミュレーションの結果（GPVと観測値の比較、T0415）

- ▶ 高潮シミュレーションにおける気圧・風場の入力条件に用いたGPVについて、観測値との比較を実施。
- ▶ T0415の場合、潮位偏差が上昇する期間における風速は、各観測地点において、GPVの方が観測値に比べて低い(気圧・風向は概ね同程度)。
- ▶ このことから、観測値を基にGPVの風速を補正し、再現検証を実施。



—: 気圧    —: 風向    ...: 風速

←→: 潮位偏差が顕著に上昇する期間(風速補正の対象期間)



## ②高潮シミュレーションの結果（GPVと観測値の比較、T2009）

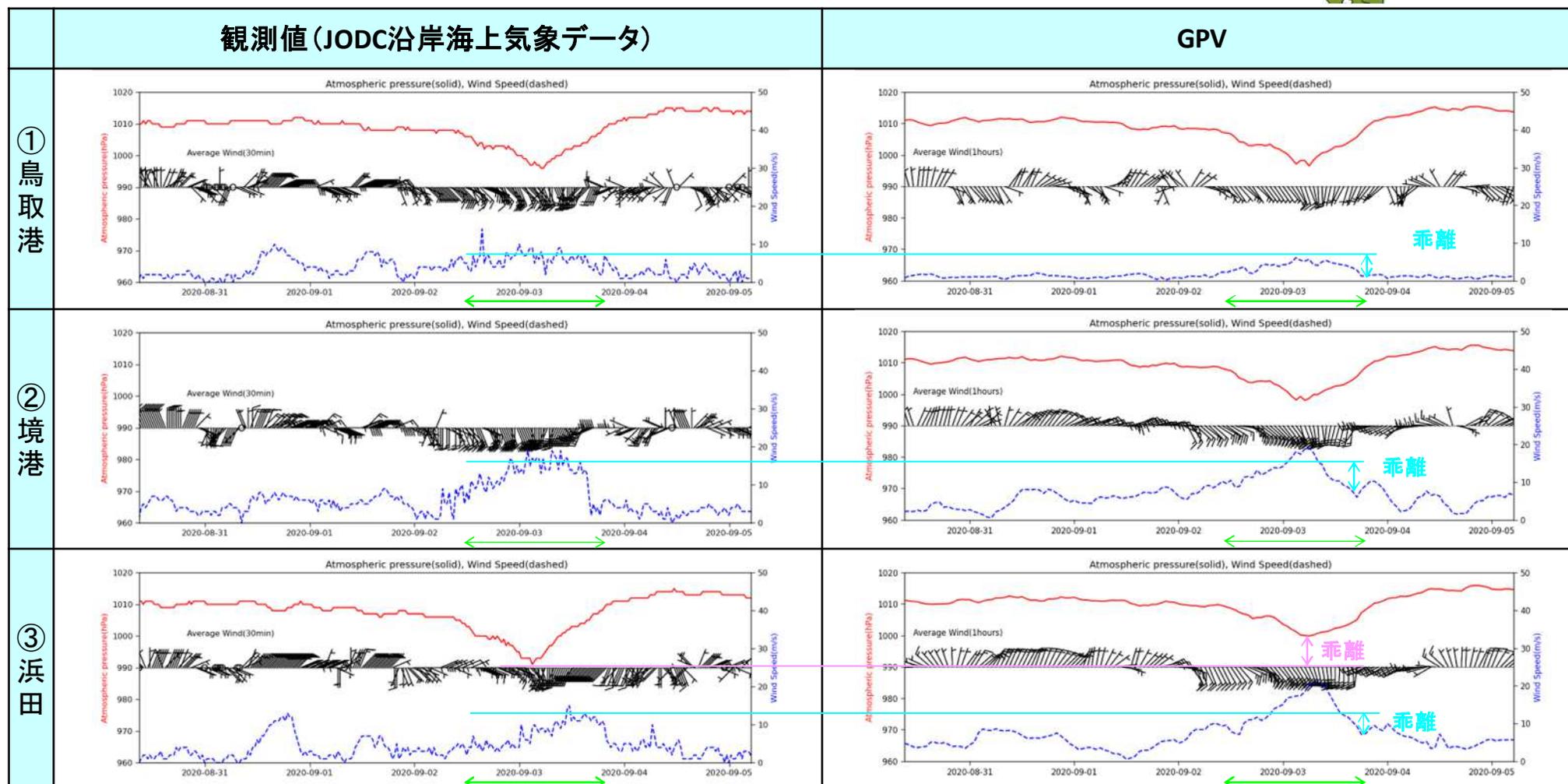
18

- ▶ 高潮シミュレーションにおける気圧・風場の入力条件に用いたGPVについて、観測値との比較を実施。
- ▶ T2009の場合、潮位偏差が上昇する期間における風速は、T0415の乖離よりは小さくなるものの、各観測地点において、GPVの方が観測値に比べて低い（浜田の気圧を除き、気圧・風向は概ね同程度）。
- ▶ このことから、観測値を基にGPVの風速を補正し、再現検証を実施。



—: 気圧    —: 風向    ...: 風速

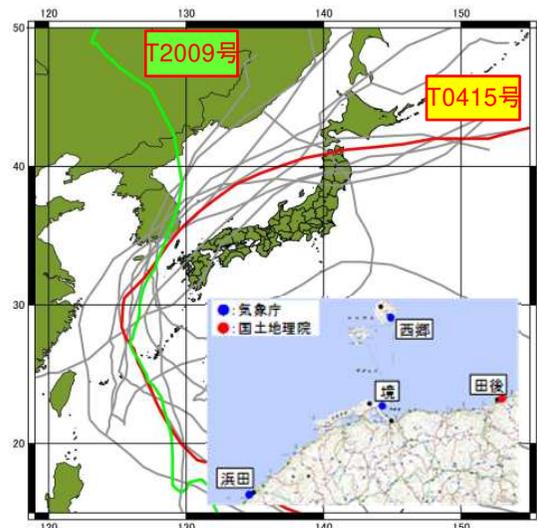
←→: 潮位偏差が顕著に上昇する期間(風速補正の対象期間)



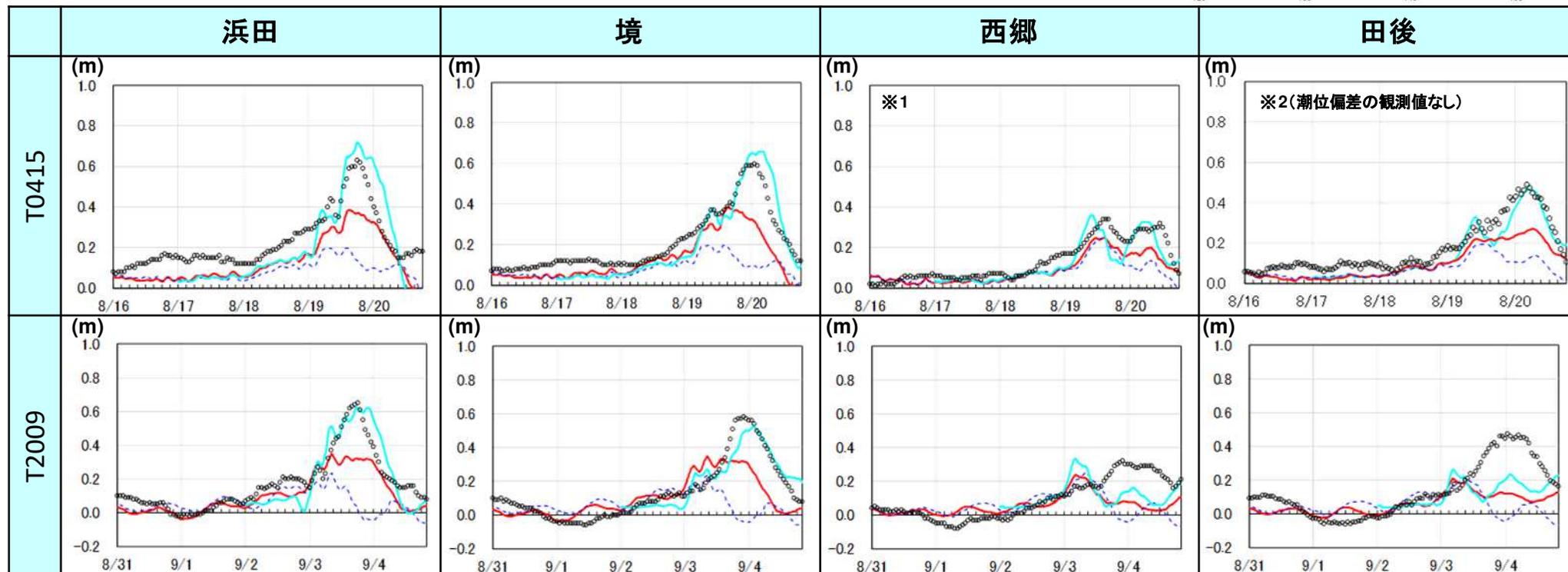
## ②高潮シミュレーションの結果（風速補正後の感度分析結果）

19

- GPVと観測値の比較結果を踏まえ、観測値を基にGPVの風速を補正し、感度分析を実施。
- 風速の補正は、鳥取港と境港の観測所を対象に、GPVと観測値の風速の乖離率を時刻毎に算出し、両観測所における乖離率の平均を時刻毎に設定して、潮位偏差が上昇する期間において、その乖離率をGPVの風速に乗じた（空間方向に一律補正）。
- この結果、浜田及び境では、観測された潮位偏差を概ね再現可能であることを確認。
- 西郷及び田後でも、T0415の場合では、潮位偏差を概ね再現可能であることを確認。
- 一方、T2009（台風が九州西側を北上する経路）では、西郷及び田後の潮位偏差が観測値に比べて低く推算される状況（最大20cm程度）にあることを確認。
- 以上より、一部課題はあるものの、将来変化率の推算には適用可能なモデルと判断。



○：観測値(潮位偏差) —：コリオリカを考慮 —：風速補正(コリオリカを考慮) ……：コリオリカを非考慮



※1 T0415の西郷の観測値(潮位偏差)：気象庁公開の観測潮位—海上保安庁公開の西郷地点における天文潮位(潮汐推算値)より整理し図化

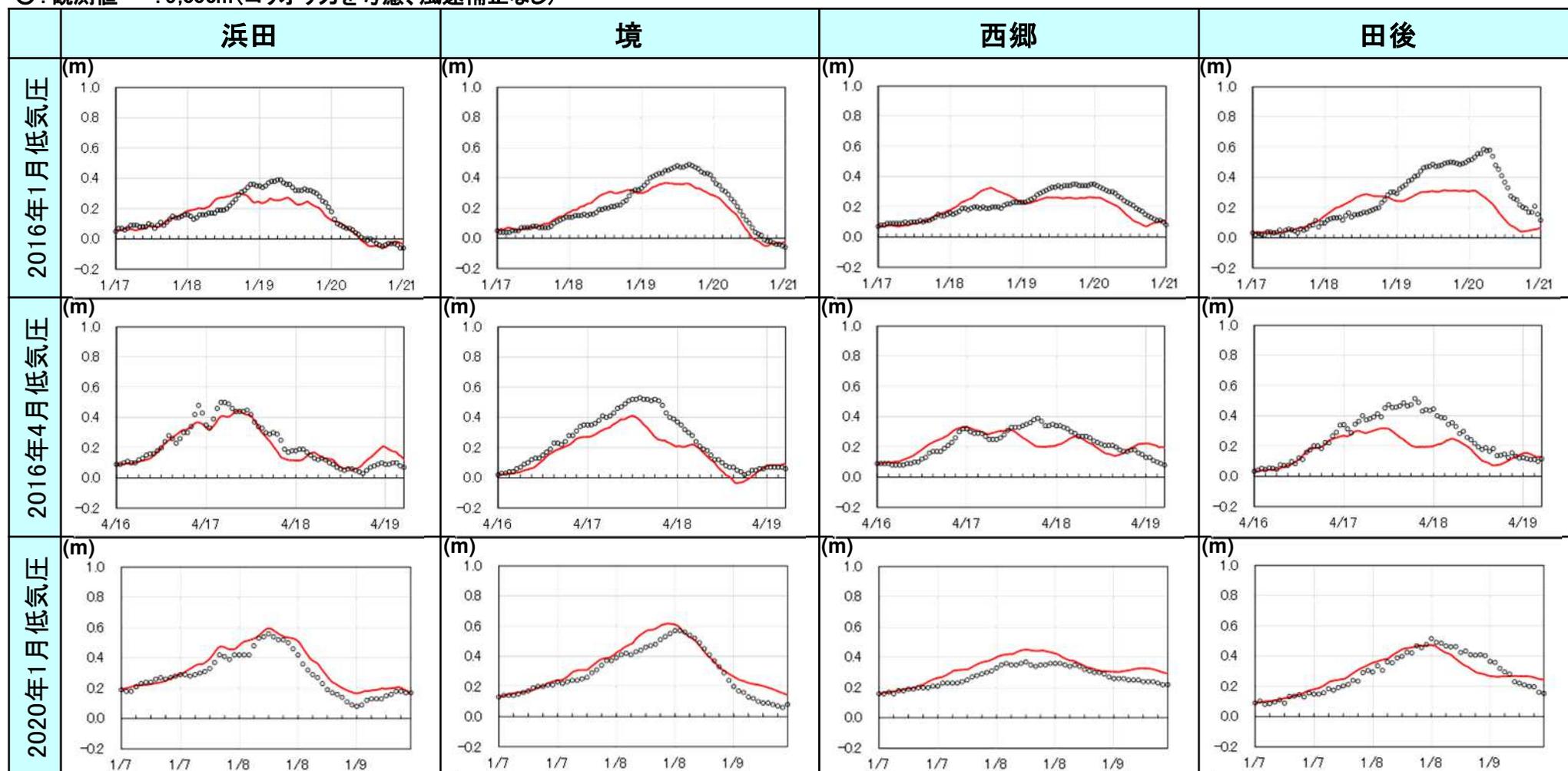
※2 T0415の田後の観測値(潮位偏差)：観測値がないため、参考として、国土地理院公開の観測潮位—海上保安庁公開の鳥取港地点における天文潮位(潮汐推算値)より整理し図化(計算開始時点の値を計算値で補正)

# ③高潮シミュレーションの結果（低気圧を対象とした感度分析結果） 20

- モデルの妥当性を確認するため、低気圧を対象とした感度分析を実施（メッシュサイズは5,000m）。
- 対象とした低気圧は、過去に鳥取沿岸で顕著な高潮が発生した2016年1月、2016年4月、2020年1月。
- この結果、いずれの地点においても、観測された潮位偏差を概ね再現可能であることを確認（ただし、田後では潮位偏差が観測値に比べて低く推算される低気圧もある）。
- 以上より、一部課題はあるものの、将来変化率の推算には適用可能なモデルと判断。



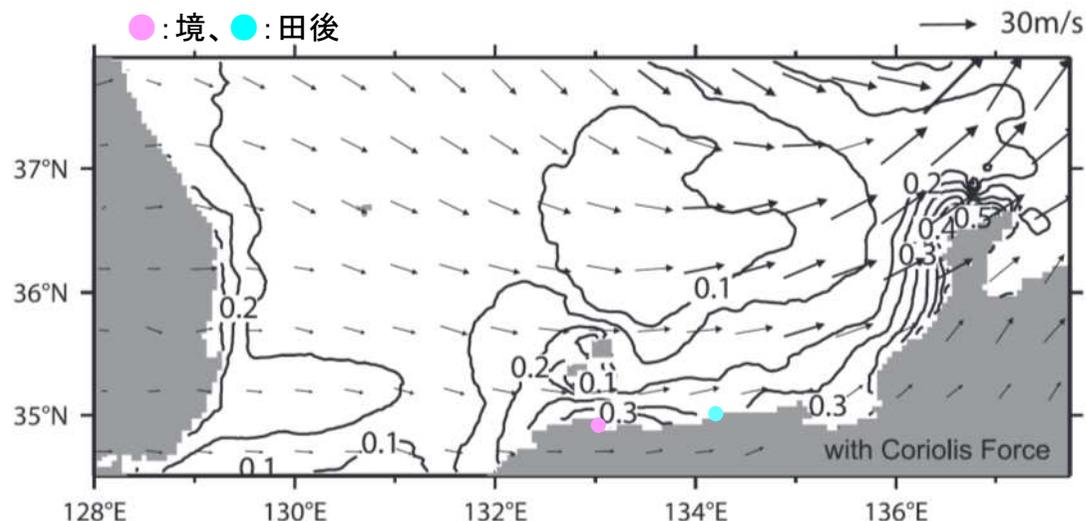
○：観測値 —：5,000m(コリオリ力を考慮、風速補正なし)



### ③高潮シミュレーションの結果（既往論文との比較）

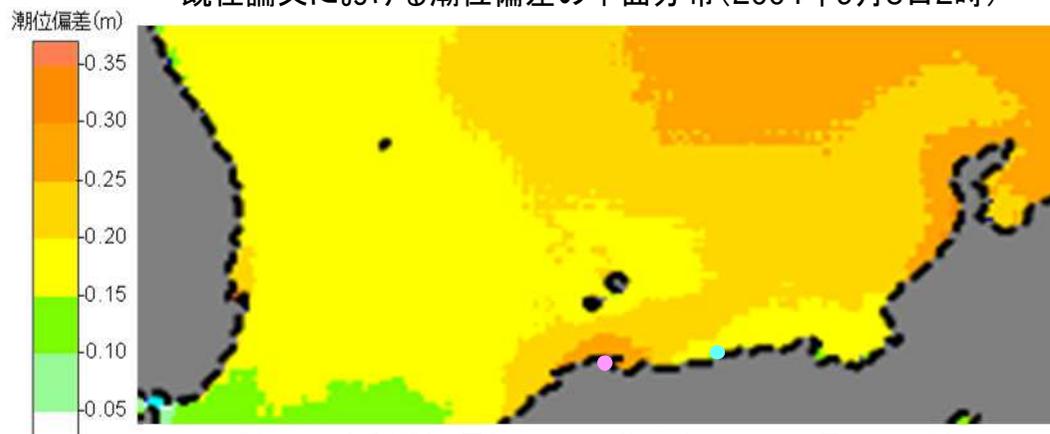
- ▶ モデルの妥当性を確認するため、既往論文※で高潮シミュレーションが行われている2004年台風18号（田後の潮位偏差の観測データはなし）を対象とした感度分析を実施（メッシュサイズは5,000m、風速補正なし）。
- ▶ この結果、鳥取沿岸（境～田後周辺）の潮位偏差の平面分布は、既往論文と本検討において概ね一致していることを確認。
- ▶ 以上より、一部課題はあるものの、将来変化率の推算には適用可能なモデルと判断。

※日本海沿岸における台風通過後の異常高潮の発生メカニズムに関する一考察(金ら、2010)

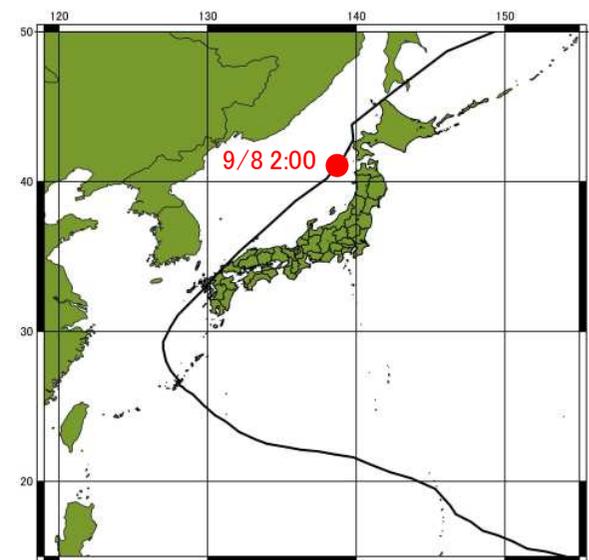


出典：日本海沿岸における台風通過後の異常高潮の発生メカニズムに関する一考察(金ら、2010)

既往論文における潮位偏差の平面分布（2004年9月8日2時）



本検討における潮位偏差の平面分布（2004年9月8日2時）



台風経路(T0418)



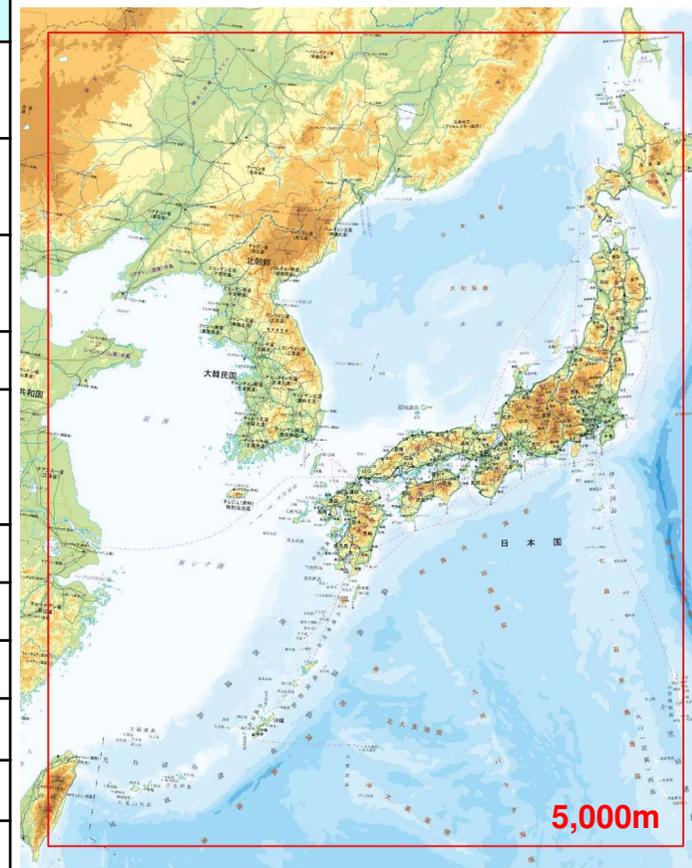
本検討で使用した気圧・風場(GPV)の平面分布  
(2004年9月8日2時)

## ■高潮・波浪シミュレーション(将来予測)の概要・条件

➤ 以上の再現検証結果を踏まえ、高潮・波浪シミュレーション(将来予測)は、以下の条件に基づき実施。

項目		計算モデル・設定条件
計算領域	計算格子間隔 (メッシュサイズ)	5,000m (d4PDF5kmメッシュと同等の条件を設定)
	地形条件	2012年内閣府南海トラフの巨大地震モデル検討会公表データを基に設定
	構造物条件 ・河川流量	設定なし
	粗度係数※	海域:0.025
気圧 ・風場	気圧・風場	d4PDF (5kmメッシュデータ) ※過去実験、2℃上昇実験 (本検討では気圧・風場の推算は未実施)
波浪場	基礎理論	波作用量平衡式
	計算モデル	SWAN
	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
高潮	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

計算領域(5,000mメッシュ)



※高潮浸水想定区域図作成の手引き Ver. 2.11 (R5.4) に準拠

## 議事3：将来予測にあたってのバイアス補正について

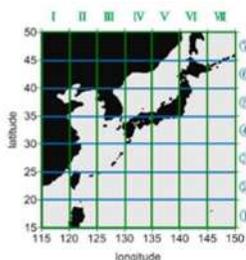
## ■バイアス補正の考え方・事例

- d4PDFは気候モデルによるモデル実験データであり、今回使用する気圧・風速にはモデルバイアスがあると想定される。
- バイアス補正の事例として、①入力条件(気圧・風速)を補正する方法、②将来推算結果を補正する方法、がある。
- 以降では、①入力条件(気圧・風速)のバイアス補正の必要性について確認を実施(②については議事4、5に記載)。

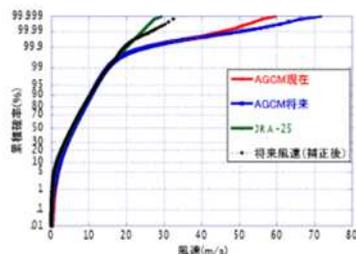
### 【①入力条件(気圧・風速)を補正する方法】

- 風速に関するバイアス補正の事例(既往研究)  
「高波の将来予測を目的とした気候モデル予測値の海上風バイアス補正に関する研究」(横田ら、2015)
- 概要  
以下の手順により、分割領域(緯度・経度帯)毎に、風速の将来予測値を平面的に補正する式を構築。

手順1: 長期再解析値(JRA-25)と将来予測値(MRI-AGCM)を用いて、分割した領域毎に風速の発生確率を整理。整理結果を基に、現在気候における確率毎の風速比(実測値/予測値)を算出し、補正係数を設定。

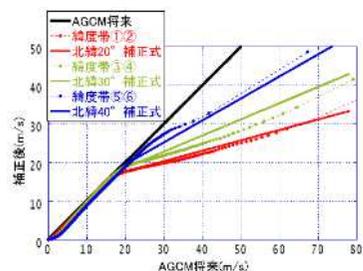


領域分割

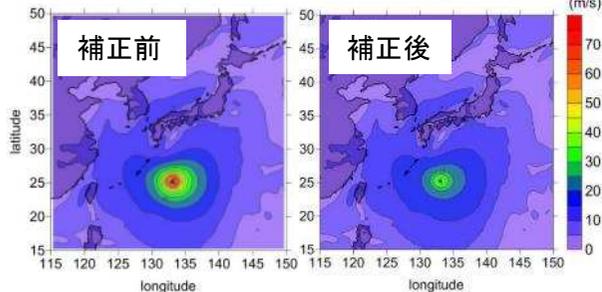


風速の発生確率の比較

手順2: 手順1で設定した現在気候における補正係数を、将来気候における予測値へ適用し、分割領域(緯度・経度帯)毎に、風速の補正式を作成。



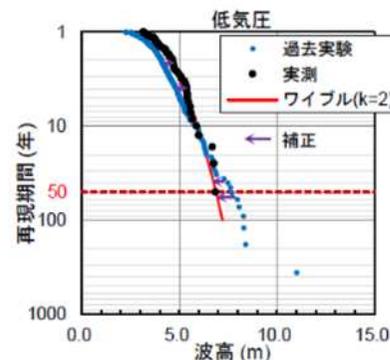
緯度帯毎の補正式



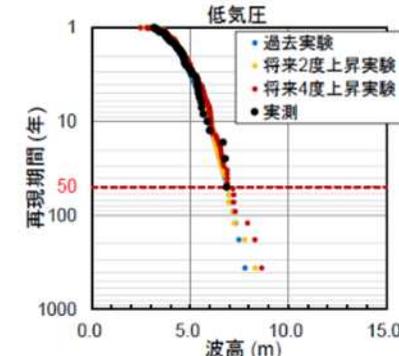
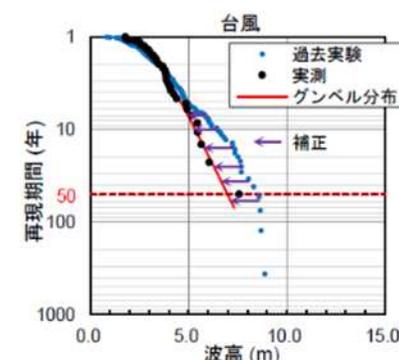
補正前後の風速分布

### 【②将来推算結果を補正する方法】

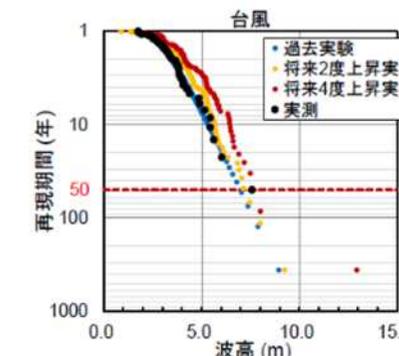
- 将来推算結果(波高)に関するバイアス補正の事例(既往研究)  
「d4PDFを用いた設計波高の将来変化の効率的な推定手法」(野村ら、2022)
- 概要  
d4PDFを用いた波浪推算(入力条件のバイアス補正は未実施)を実施し、現在気候(過去実験)の推算波高と観測値の確率評価結果を基に、クオントイルマッピング法により補正係数を設定。設定した補正係数を将来気候における推算波高に適用することで、波高の将来予測値を補正。



現在気候(過去実験)の推算波高のバイアス補正



将来気候におけるバイアス補正後の波高



## ■d4PDF5km(気圧・風速)のバイアス状況の確認(①入力条件(気圧・風速)のバイアス補正の必要性に関する確認)

➤ 将来予測に使用するd4PDF5kmのバイアス補正の必要性を確認するため、前述の先行事例※を参考に、データの時空間解像度が同じであるGPVとd4PDF5kmの風速・気圧を比較整理(参考として解像度の異なるJRA-3Qとd4PDF60kmも整理)。

※高波の将来予測を目的とした気候モデル予測値の海上風バイアス補正に関する研究(横田ら、2015)

### 【検討手順】

#### 手順1:

右図に示す分割領域(緯度・経度は5°)を設定

#### 手順2:

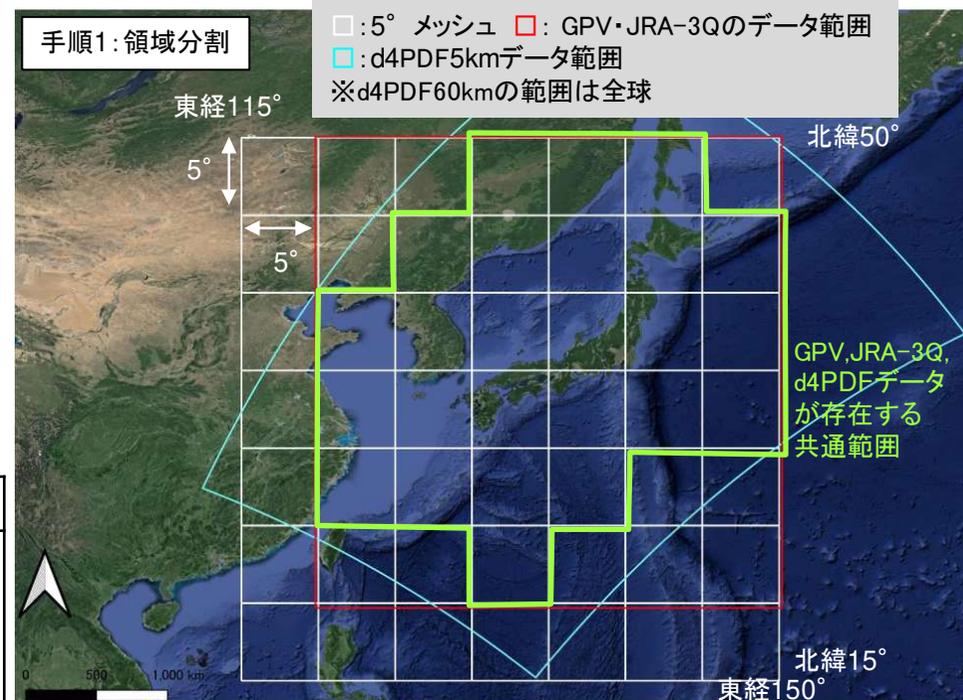
下表のデータを用いて、取得可能な時間毎に、分割領域内で発生する風速(最大値)、気圧(最小値)をそれぞれ抽出。

抽出した値を基に、分割領域毎にそれぞれの超過確率(メンバ毎及びその中央値)を整理。

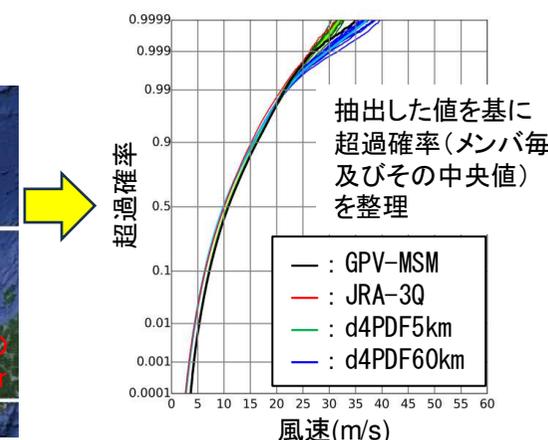
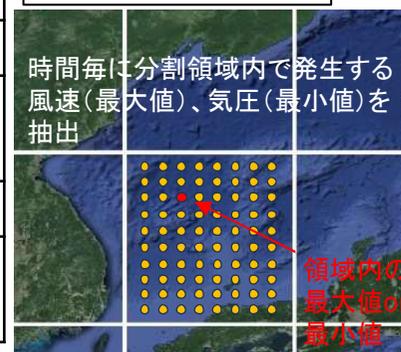
※超過確率 =  $m / (N + 1)$  m: データの順位、N: 標本数

### 使用データ

使用するデータ	実績(再解析値)		気候予測データ(d4PDF)	
	気象庁メソ数值予報モデル(GPV-MSM)	<参考>気象庁第3次長期再解析値(JRA-3Q)	d4PDF5kmメッシュデータ(過去実験)	<参考>d4PDF60kmメッシュデータ(過去実験)
格子間隔	約5km	約60km	約5km	約60km
時間間隔	1時間	6時間	1時間	1時間
データ期間	2002年7月～2024年3月(21.5年)	1949年9月～2022年12月(74年)	1950年9月～2011年8月(61年)	1950年9月～2011年8月(61年)
抽出期間	全データ	1950年9月～2011年8月(61年)		
メンバ数(d4PDFのみ)	—	—	12	12(5kmと同じメンバを使用)



### 手順2: 超過確率の整理



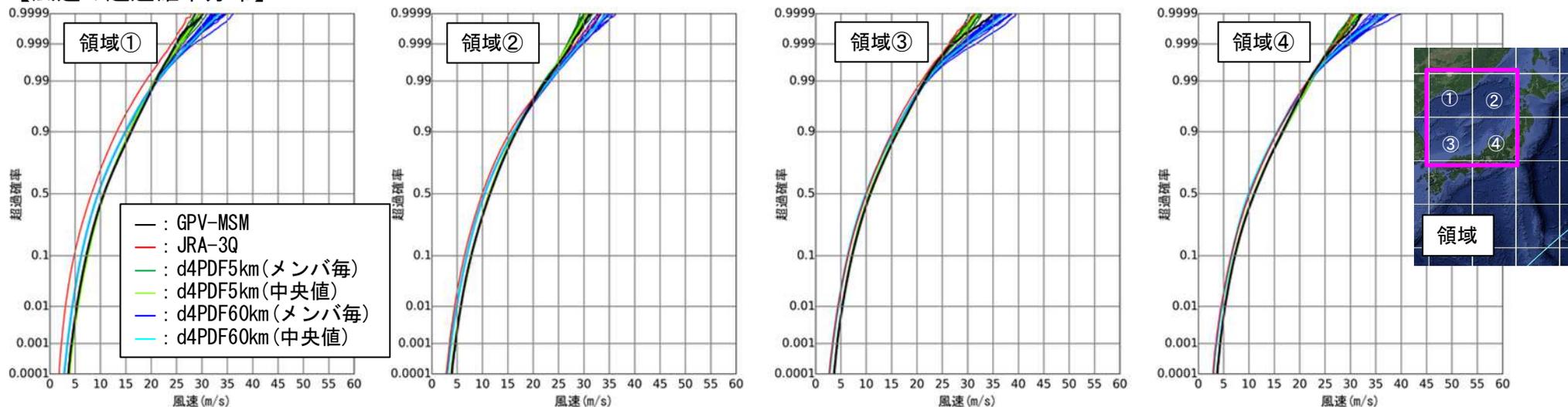
# 将来予測にあたってのバイアス補正について（日本海周辺の風速） 26

## ■d4PDF5km(風速)のバイアス状況の確認結果

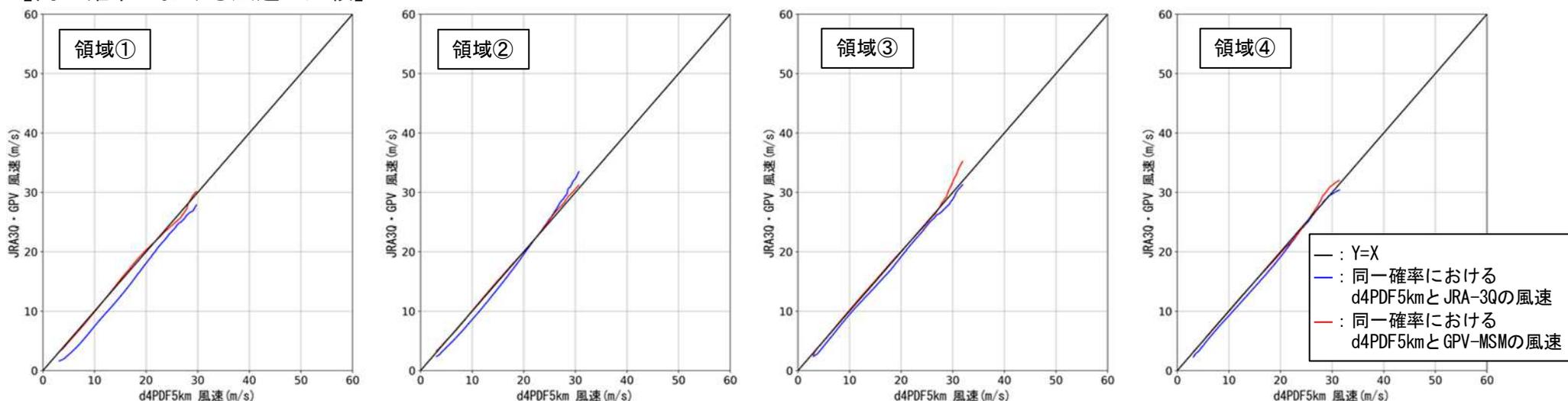
- 鳥取沿岸が位置する日本海周辺では、本検討で対象とする範囲(主に再現期間100年(超過確率0.99)程度まで)において、GPVとd4PDF5kmの風速は概ね同程度(バイアスは小さい)※。
- このことから、将来予測にあたっては、d4PDF5kmの風速に関するバイアス補正は実施しない。

※(参考) JRA-3Qでも同様の傾向。一方、d4PDF60kmの風速はd4PDF5kmと比べて強風時のバイアス大きい。

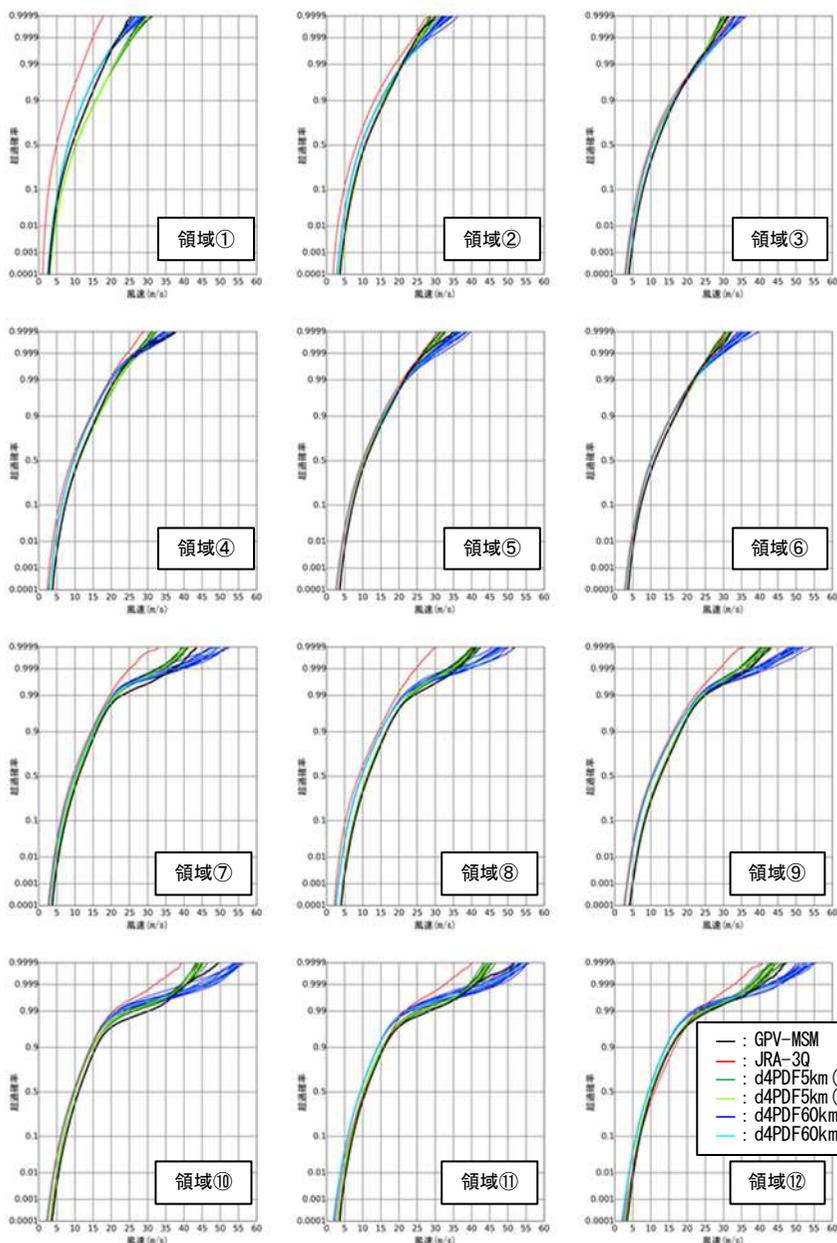
### 【風速の超過確率分布】



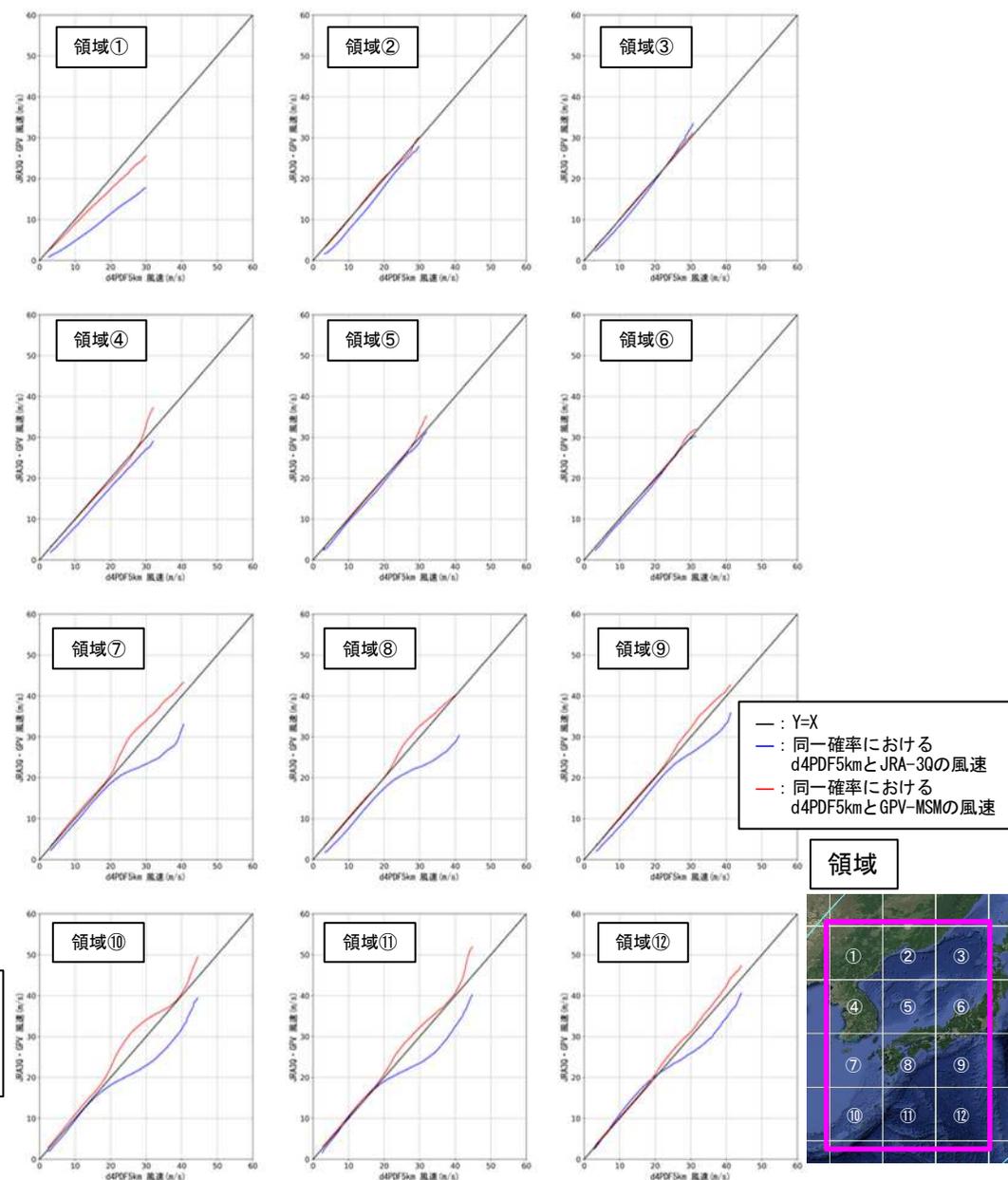
### 【同一確率における風速の比較】



【風速の超過確率分布】



【同一確率における風速の比較】 ※(参考) d4PDF5kmの太平洋側の風速はバイアスが大き



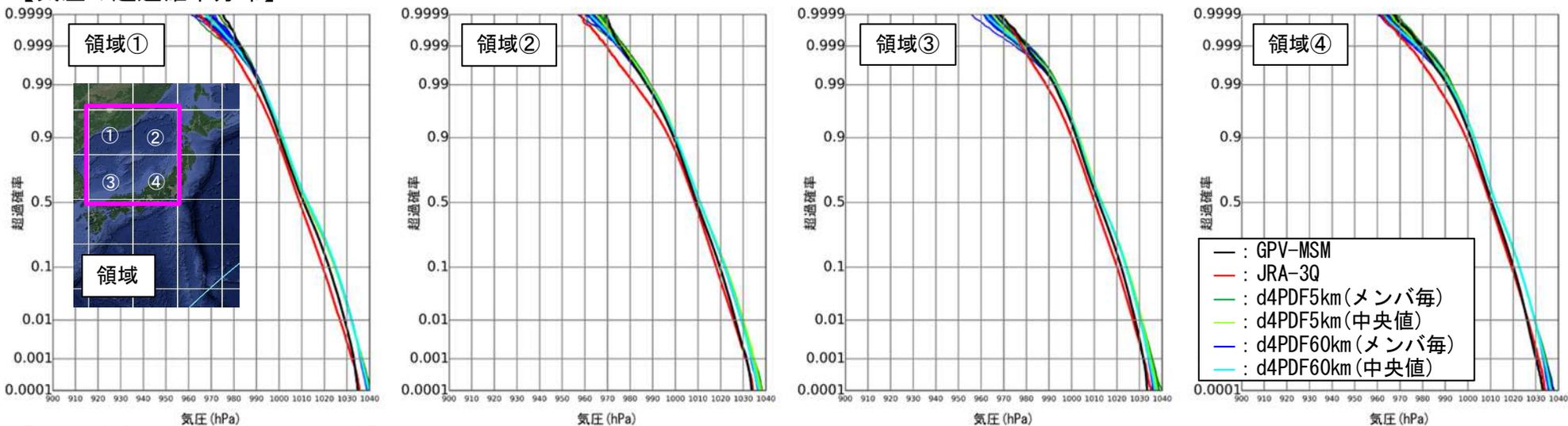
# 将来予測にあたってのバイアス補正について（日本海周辺の気圧） 28

## ■ d4PDF5km(気圧)のバイアス状況の確認結果

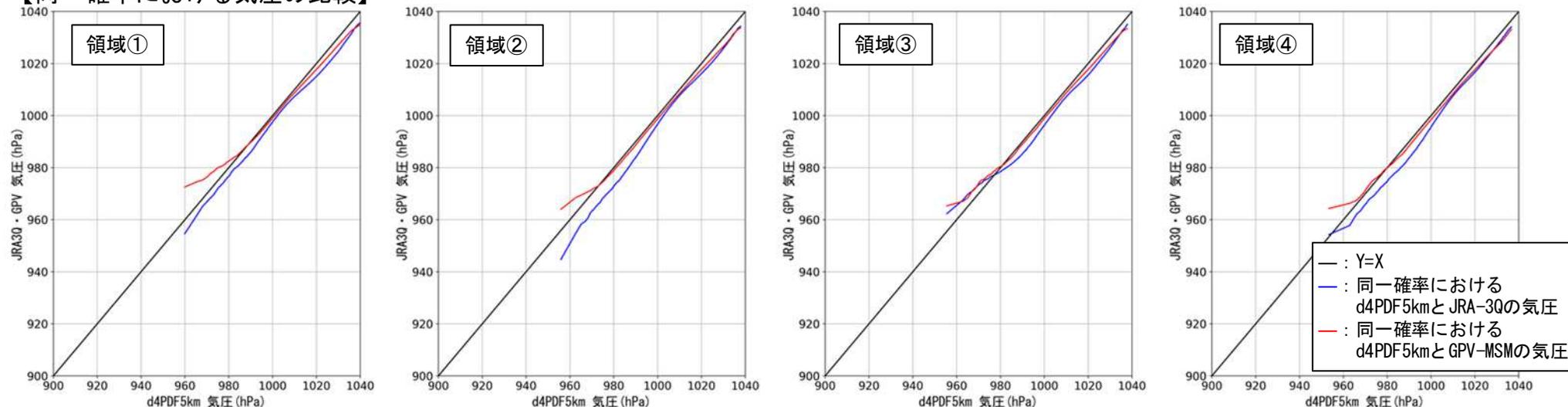
- 鳥取沿岸が位置する日本海周辺では、本検討で対象とする範囲(主に再現期間100年(超過確率0.99)程度まで)において、GPVとd4PDF5kmの気圧は概ね同程度(バイアスは小さい)※。
- このことから、将来予測にあたっては、d4PDF5kmの気圧に関するバイアス補正は実施しない。

※(参考) JRA-3Qでも同様の傾向。d4PDF60kmの気圧はd4PDF5kmと比べてバイアスの状況は同程度。

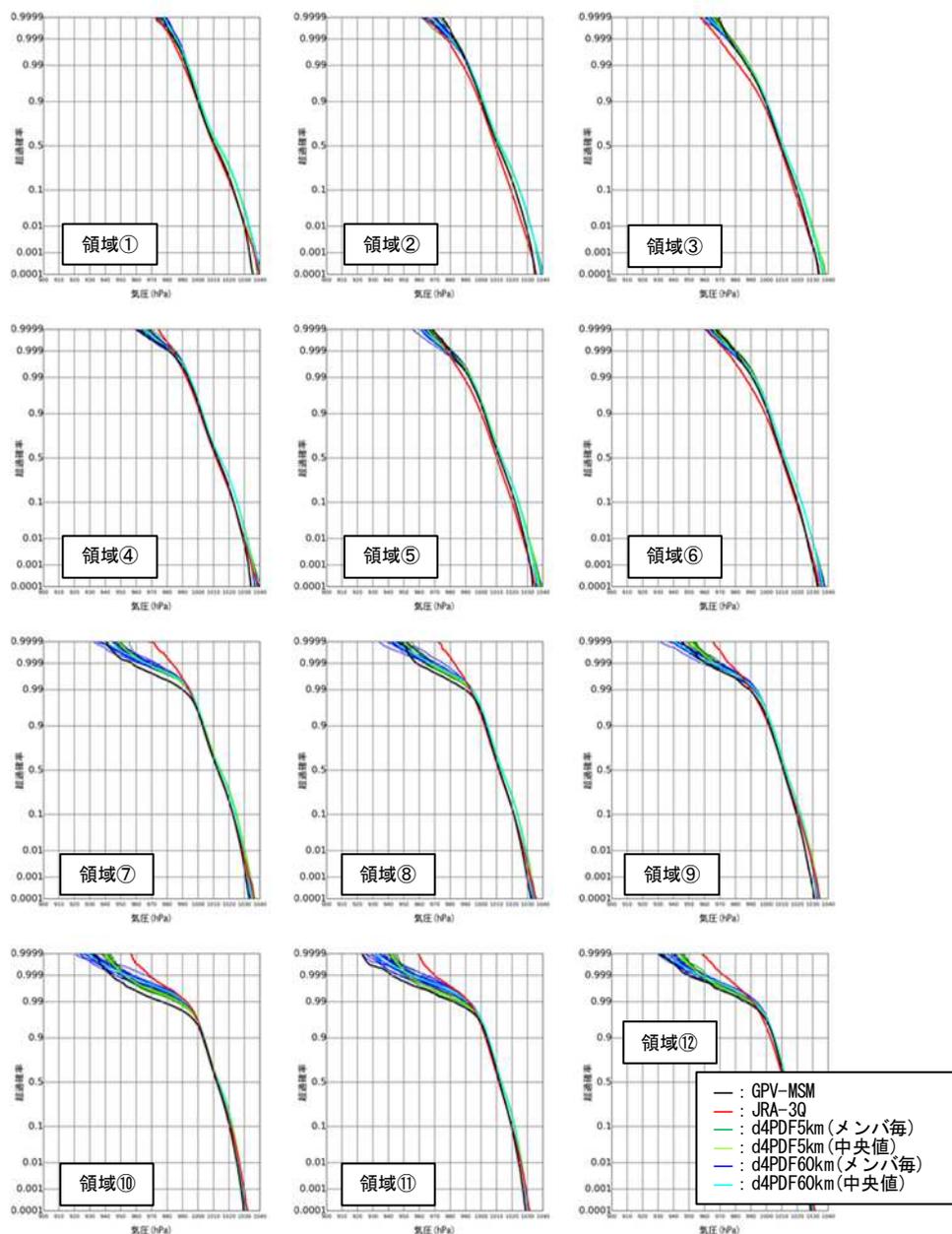
### 【気圧の超過確率分布】



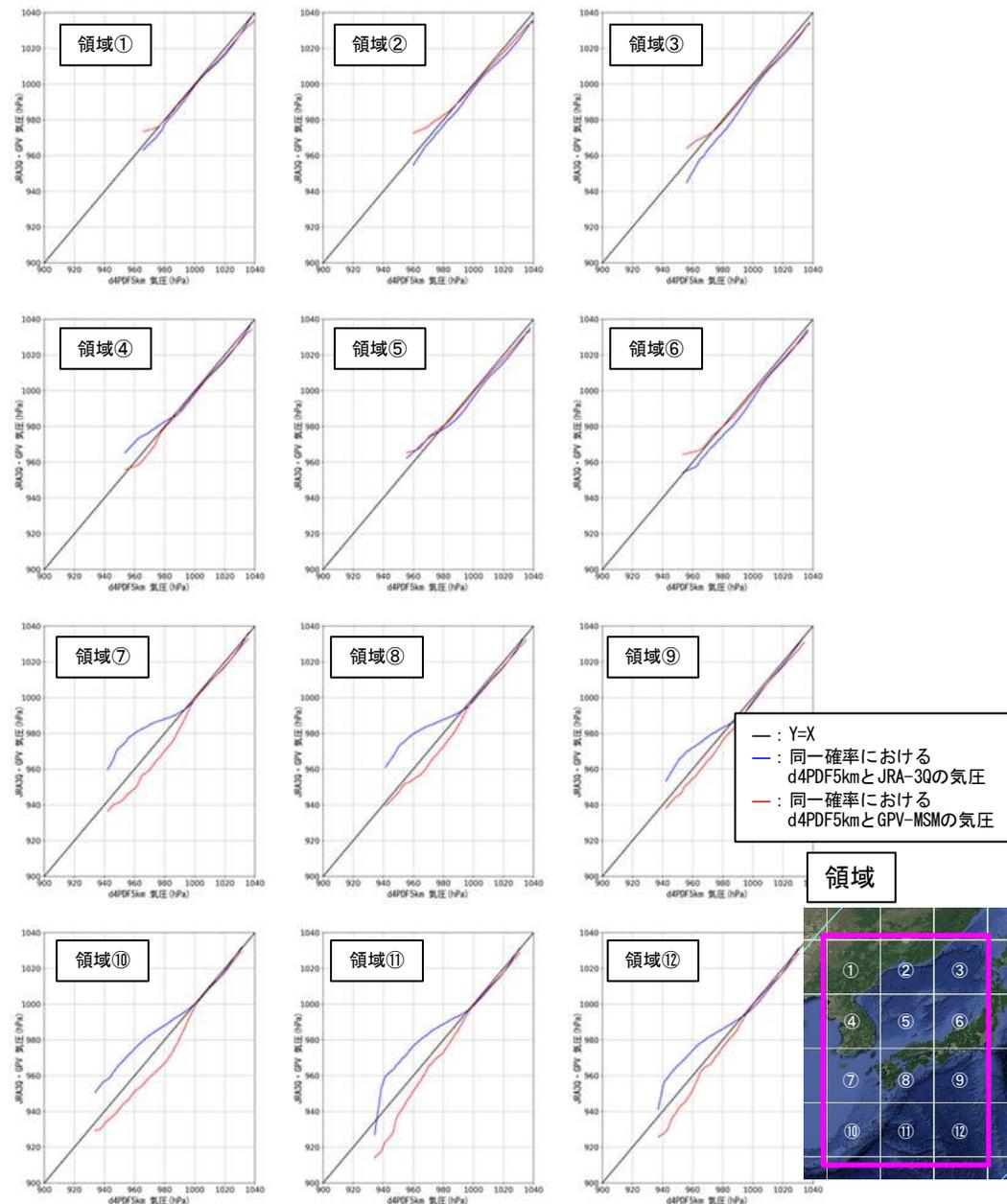
### 【同一確率における気圧の比較】



## 【気圧の超過確率分布】



## 【同一確率における気圧の比較】 ※(参考)d4PDF5kmの太平洋側の気圧はバイアス大きい



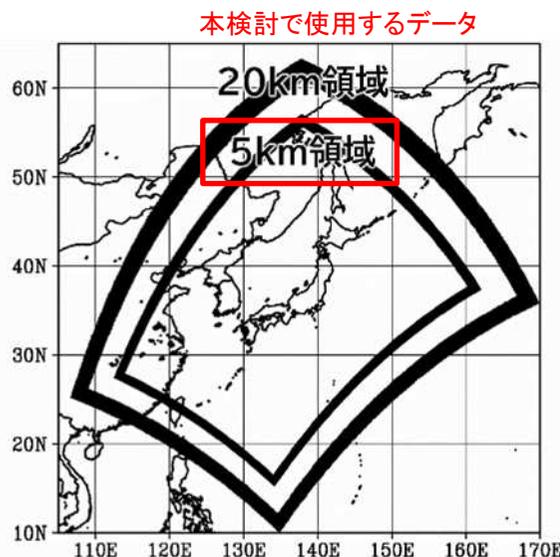
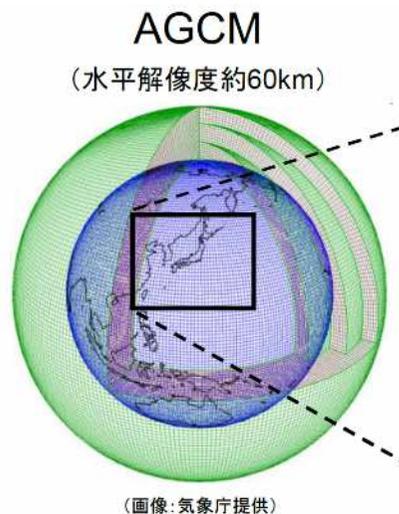
## 議事4：気候変動を踏まえた潮位偏差について

## ■d4PDF(5kmメッシュデータ)の概要

- ▶ d4PDF(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)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)であり、現在気候に当たる過去実験、将来気候に当たる2°C上昇実験などが存在する。
- ▶ 本検討では、60km格子の全球気候モデルの結果を元に、5km格子の地域気候モデルを用いて日本全国を対象に力学的ダウンスケーリングされたデータセット(5kmメッシュデータ)を使用する。

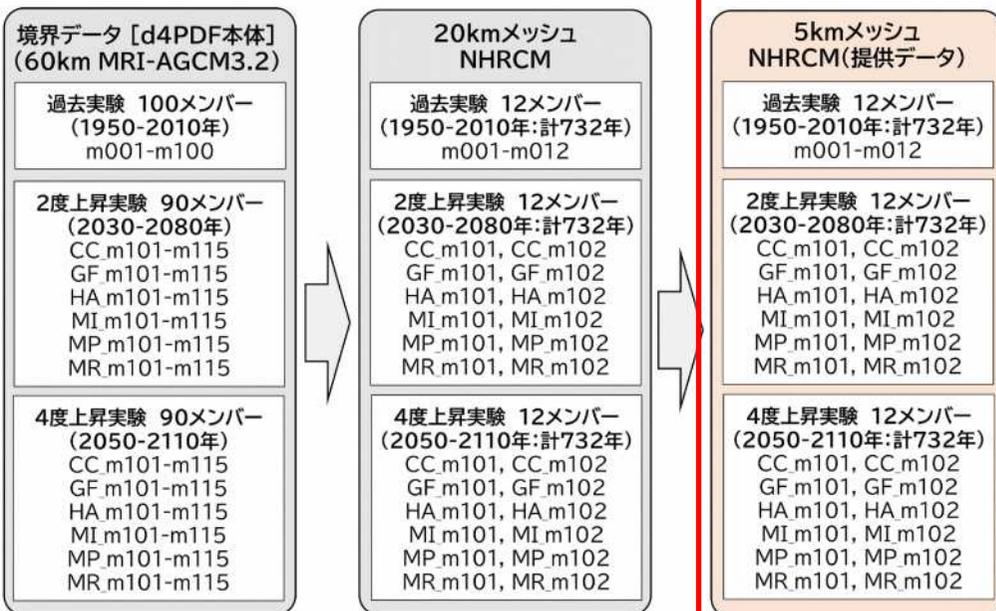
### d4PDF(5kmメッシュデータ)の概要

- ◆ d4PDFの60km格子の全球気候モデルの結果を元に、5km格子の地域気候モデルを用いて日本全国を対象に各気候それぞれ732年間の力学的ダウンスケーリングされたデータセット。



- ◆ d4PDF(5kmメッシュデータ)には以下のデータが存在する。

- ・過去実験 : 732年=61年間×12摂動
- ・2°C上昇実験: 732年=61年間×6モデル(SST)<sup>※1</sup>×2摂動<sup>※2</sup>
- ・4°C上昇実験: 732年=61年間×6モデル(SST)<sup>※1</sup>×2摂動<sup>※2</sup>  
(開始年は9月～終了年は12月まで)



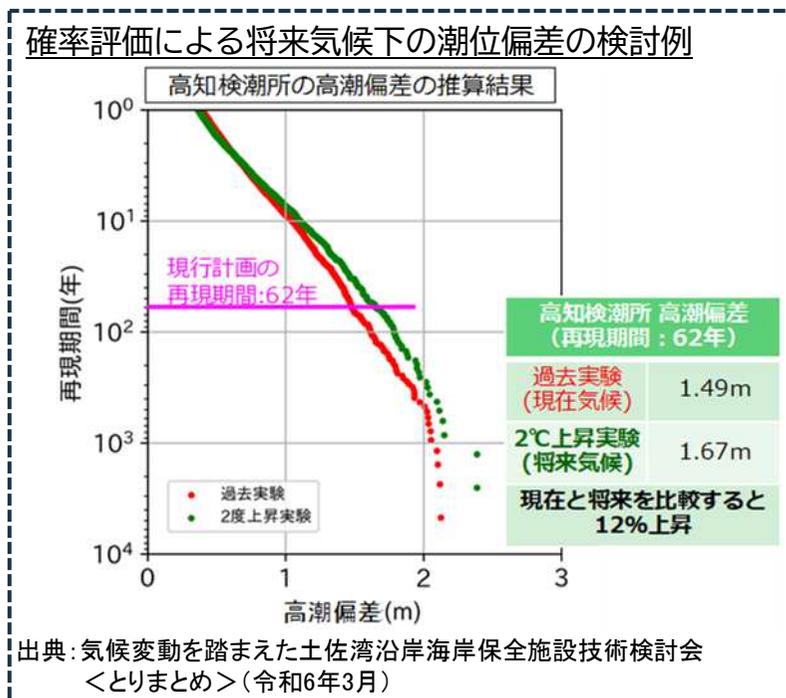
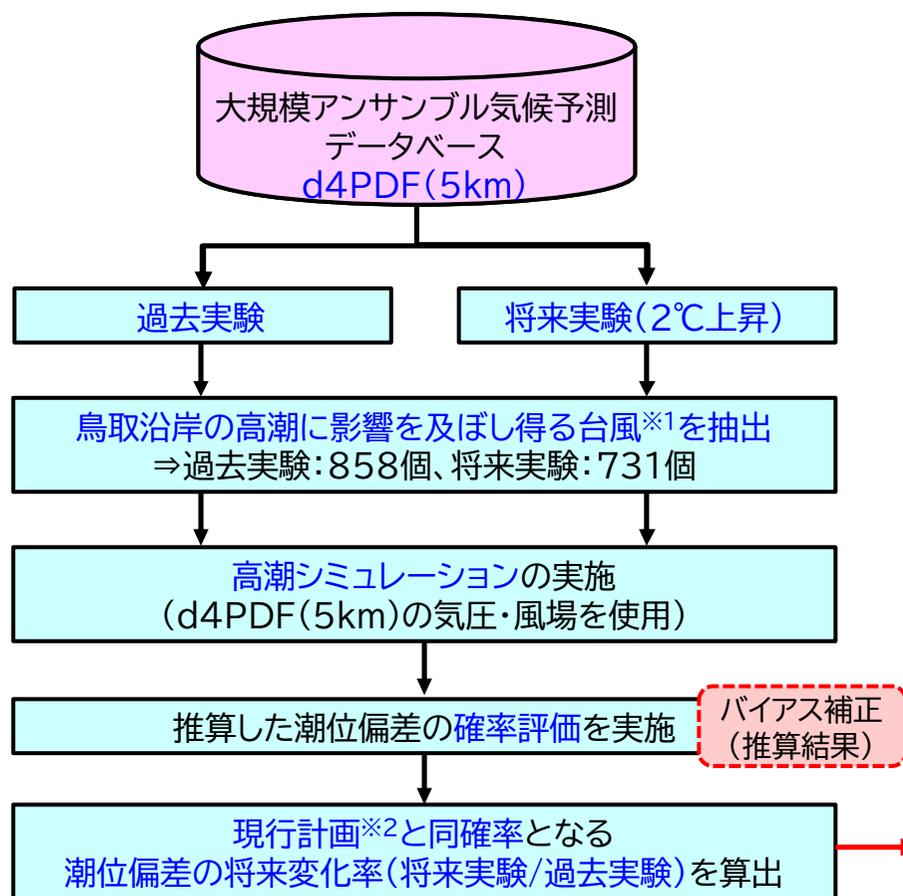
※1 モデル(SST:海面水温将来変化パターン)  
将来実験で使用している主要6モデル  
(CCSM4,GFDL-CM3,HadGEM2-AO,MIROC5,MPI-ESM-MR,MRI-CGCM3)。

※2 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。

本検討で使用するデータ  
※開始年は9月からのため、開始翌年以降の60年(全720年)を使用

## ■気候変動を踏まえた高潮(潮位偏差)の検討方法

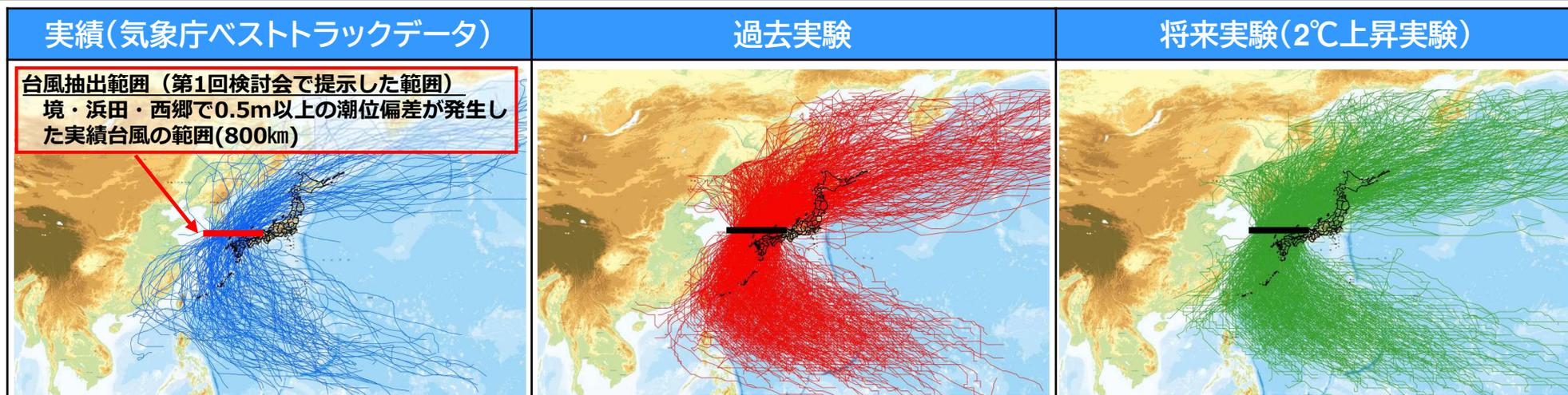
- d4PDF(60kmの台風トラックデータ)より、鳥取沿岸の高潮に影響を及ぼし得る台風(対象期間)を、過去実験・将来実験(2℃上昇)それぞれで抽出し、全台風を対象にd4PDF(5km)の気圧・風場を使用した高潮シミュレーションを実施。
- この結果から確率評価を行い、潮位偏差の将来変化率を整理し、現行計画※2の潮位偏差に将来変化率を乗じて、将来気候下における潮位偏差を算出。



※1: 第1回検討会で提示した範囲(境・浜田・西郷で0.5m以上の潮位偏差が発生した実績台風の範囲(800km))より抽出  
d4PDF60kmの台風トラックデータを用いてシミュレーションの対象とする台風(発生期間)を抽出  
※2: 現行計画の設定値と最新の観測データに基づく観測以降の最大値を比較したうえで設定

## ■鳥取沿岸の高潮に影響を及ぼし得る台風の抽出

- d4PDF (60kmの台風トラックデータ) 及び気象庁ベストトラックデータ(実績)より、鳥取沿岸の高潮に影響を及ぼし得る台風を抽出。
- 抽出した結果、実績は141個、過去実験は858個、2℃上昇実験は731個。年間発生個数は、実績は1.93個/年、過去実験は1.19個/年、2℃上昇実験は1.02個/年となり、設定した範囲を通過する台風は将来的に減少傾向。
- 以上で抽出した過去実験及び2℃上昇実験の全台風を対象に、d4PDF (5km) の気圧・風場を使用した高潮シミュレーションを実施。



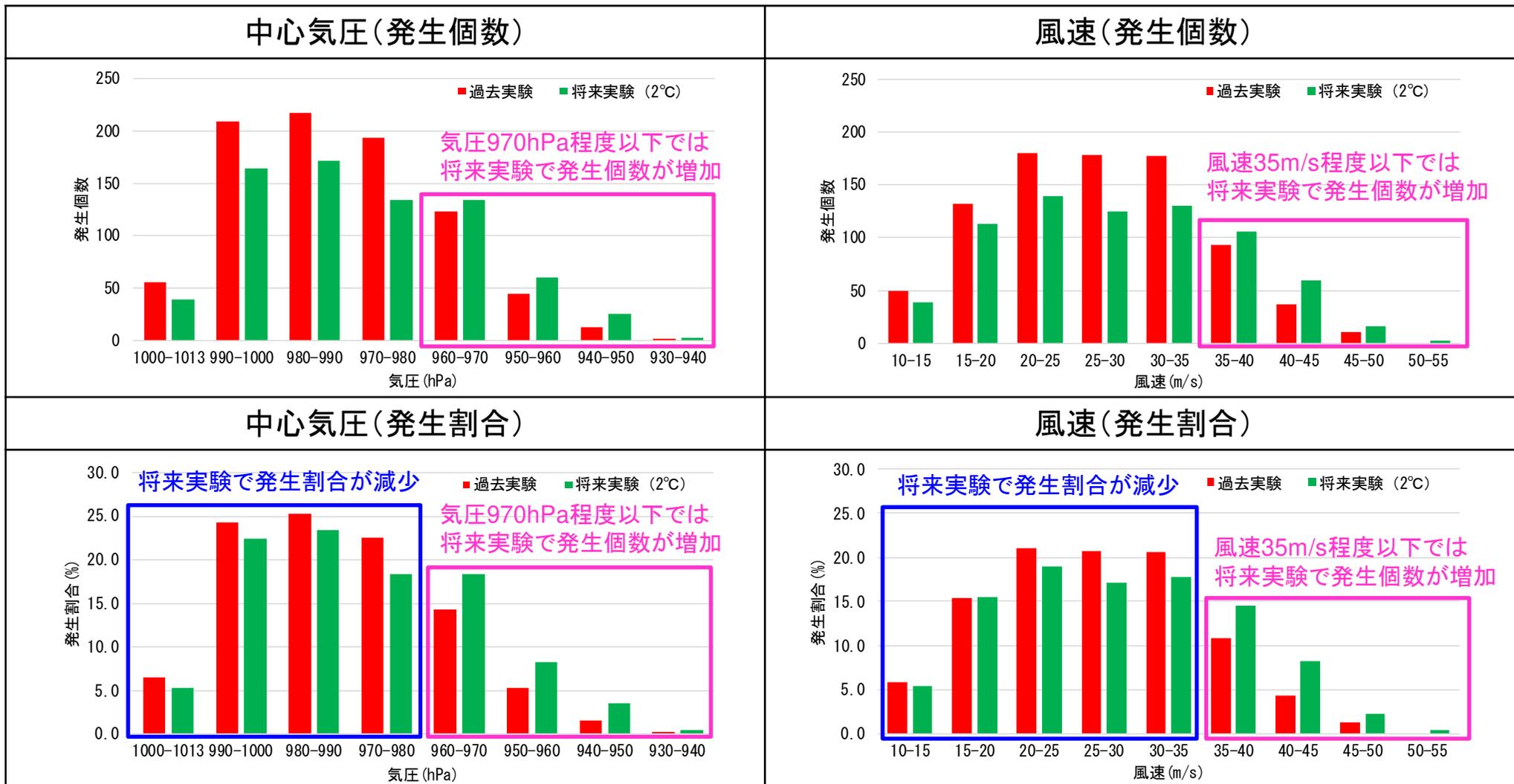
データ	条件	年数	抽出台風個数	年間発生個数
気象庁 ベストトラック	実績 (1951年～2023年)	73年	141個	1.93個/年※3
d4PDF60km 台風トラック データ	過去実験 (1951年～2010年)	12メンバ(12摂動※2)×60年=720年	858個	1.19個/年
	将来実験(2℃上昇) (2031年～2090年)	12メンバ(6モデル※1×2摂動※2)×60年=720年	731個	1.02個/年

※1 将来実験で使用している主要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 (過去実験は任意に選んだ12個、2℃上昇実験は2個)

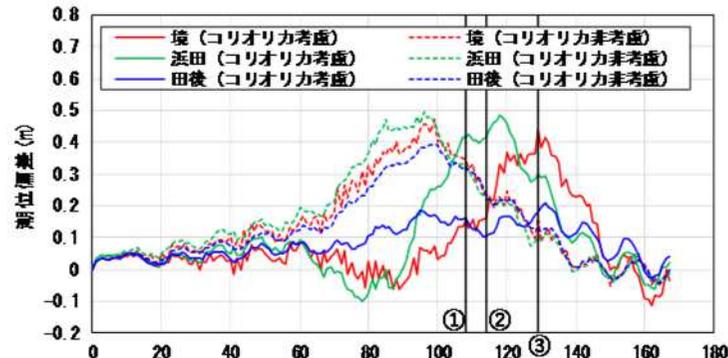
※3 実績台風の年間発生個数は過去実験の1.62倍であり、以降で実施する確率評価において年間発生個数のバイアスを考慮する

- 抽出した台風データ(d4PDF60kmの台風トラックデータ)より、各台風が鳥取沿岸付近の緯度を通過した際の台風諸元(中心気圧、風速)を整理し、諸元ごとに台風の発生個数と発生割合を比較。
- この結果より、台風の中心気圧及び風速について、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。

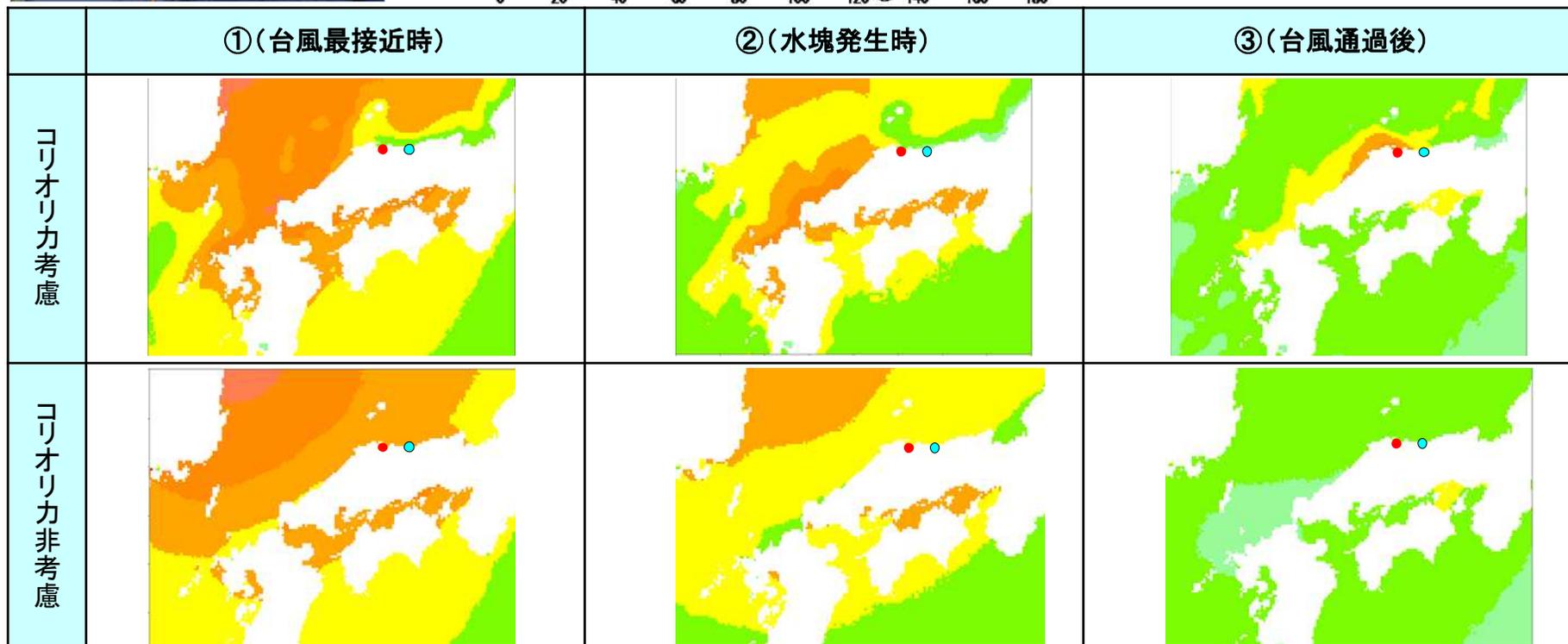


■対象台風における計算結果(d4PDF5kmを用いた高潮シミュレーション結果、気圧・風場のバイアス補正は未実施)

- 抽出した台風を対象に、d4PDF5kmを用いた将来予測(メッシュサイズは5,000m、気圧・風場のバイアス補正は未実施)を実施。
- この結果より、将来予測において、コリオリ力を考慮することで、エクマン輸送によって台風の最接近から遅れて高潮が発生する状況を表現可能であることを確認。

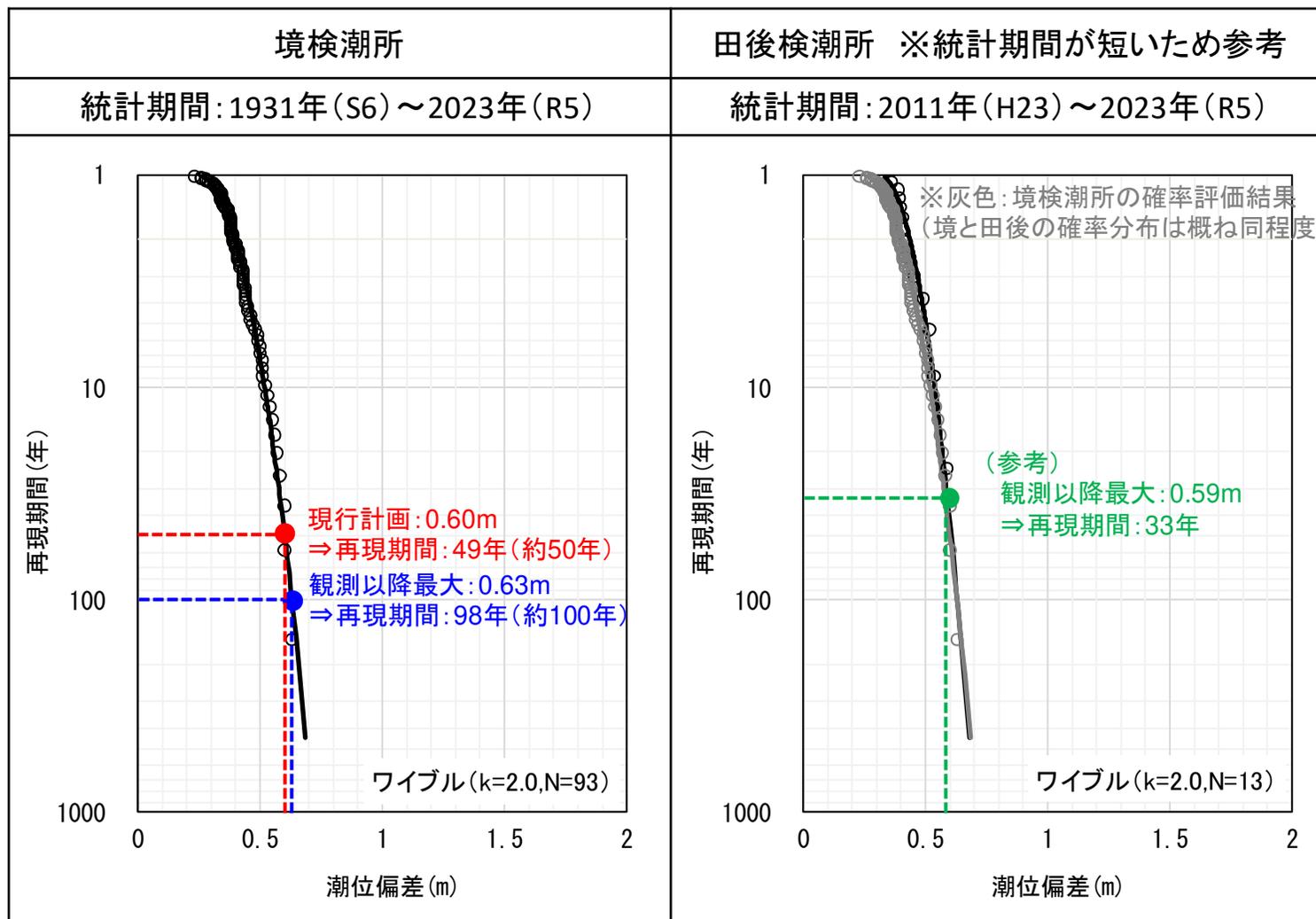


●: 境港 ●: 鳥取港



# 観測データに基づく潮位偏差の確率評価結果

- ▶ 潮位偏差の将来変化率の算出にあたり、観測データ※<sup>1</sup>を基に極値統計解析※<sup>2</sup>を実施し、既往の潮位偏差の再現期間を算定。
  - ▶ 現行計画(日野川周辺ゾーン)※<sup>3</sup>の潮位偏差(境検潮所、0.60m●、1968年10月低気圧)の再現期間は、49年(約50年)。
  - ▶ 境検潮所における観測以降最大の潮位偏差(0.63m●、2004年台風15号)の再現期間は、98年(約100年)。
- (参考) 田後検潮所における観測以降最大の潮位偏差(0.59m●、2016年1月低気圧)の再現期間は、33年。



※1: 気象庁及び国土地理院公表データ(1時間間隔)より年最大値を整理

※2: 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、最も相関係数が高い手法を採用(kは最も相関係数が高いものを記載)

※3: 田後検潮所が位置する岩美～大山ゾーンの現行計画の潮位偏差はなし(現行計画の設計高潮位は田後検潮所の既往最大潮位で設定)

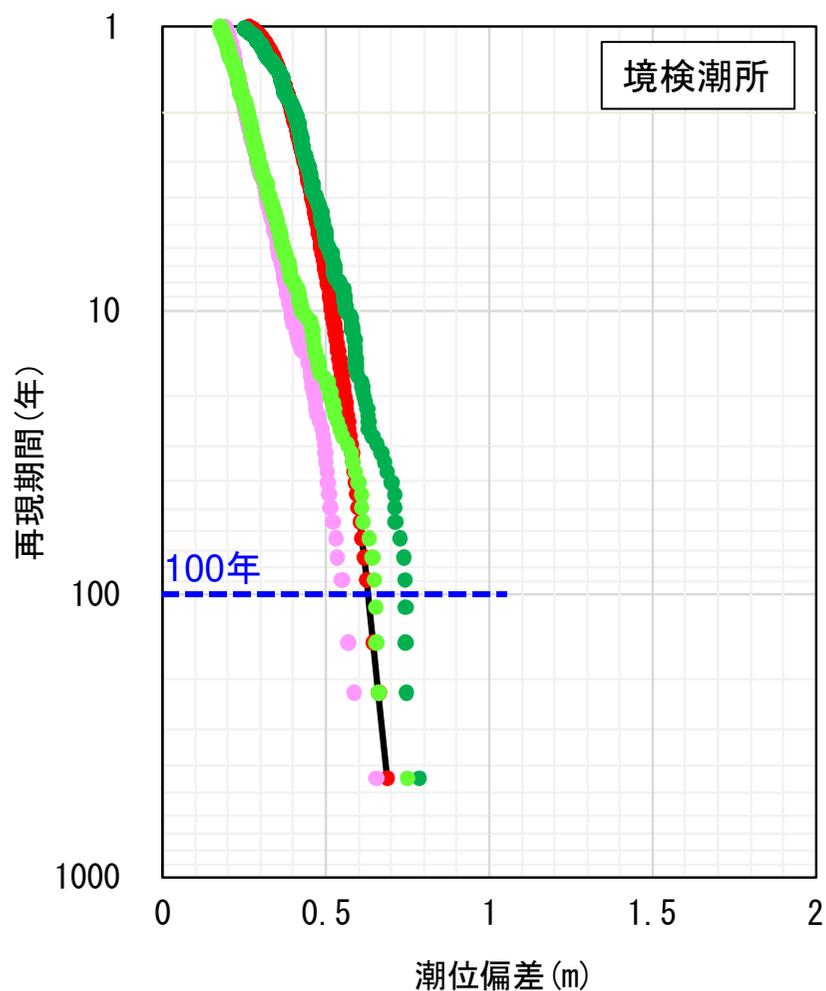


検潮所

## ■ 境検潮所における観測データの確率評価結果を用いたバイアス補正前後の将来予測結果

- 過去実験(858個)及び2°C上昇実験(731個)の台風を対象に、それぞれの最大潮位偏差を整理し、確率評価を実施。
- 境検潮所を対象に、観測データの確率評価結果を用いたバイアス補正※1を行い、観測以降最大の潮位偏差(0.63m、2004年台風15号)と同確率(再現期間100年)となる、潮位偏差の将来変化率(将来実験/過去実験)を算出。
- この結果、バイアス補正後における将来の潮位偏差の変化率(変化量)は、1.18倍(+0.112m)。

※1: バイアス補正は、同確率における将来実験 × (観測値/過去実験)を適用



- : 過去実験(補正前)
- : 2°C上昇実験(補正前)
- : 過去実験(補正後)
- : 2°C上昇実験(補正後)
- : 観測値(極値統計解析結果)

境検潮所 再現期間100年	潮位偏差の将来予測結果	
	バイアス補正前	バイアス補正後
過去実験	0.553m	0.629m
2°C上昇実験	0.651m	0.741m
変化率 (変化量)	1.18 (0.098m)	1.18 (0.112m)

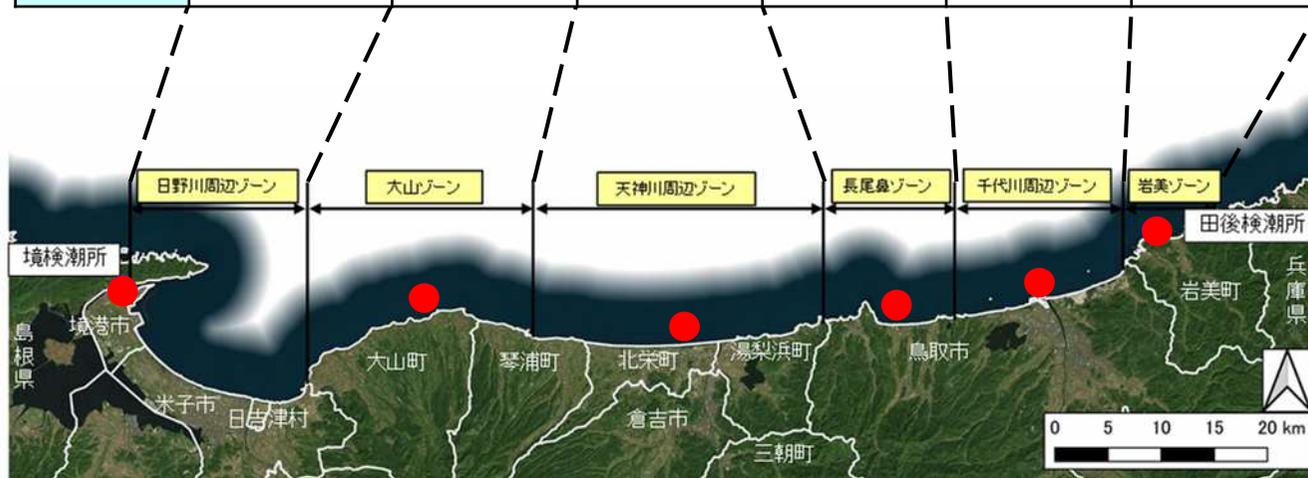
バイアス補正前後で将来の変化率は同じ結果となる

# 潮位偏差の将来予測の結果（鳥取沿岸の各ゾーンの結果）

## ■鳥取沿岸の各ゾーンの結果(バイアス補正なし)、他検討結果との比較(妥当性の確認)

- 鳥取沿岸の各ゾーン(代表地点として検潮所または中央部を設定)における潮位偏差の将来変化率(観測値がないためバイアス補正は未実施)を整理し、沿岸方向の比較を実施。また、予測結果の妥当性を確認するため、他検討結果との比較を実施。
- 潮位偏差の将来変化率(再現期間100年)は、1.02~1.18倍。隣接する島根沿岸※<sup>1</sup>や港湾の実装方針※<sup>2</sup>と概ね同程度。
- 気候変動を踏まえた潮位偏差(将来変化率)の設定にあたっては、各ゾーンの結果を踏まえ、沿岸方向における将来変化率の傾向を考慮(設定値は次頁に記載)。

地点	境検潮所※ <sup>4</sup>	大山	天神川	長尾鼻	千代川	田後検潮所
過去実験	0.553m	0.496m	0.472m	0.454m	0.452m	0.445m
2°C上昇	0.651m	0.528m	0.506m	0.485m	0.465m	0.452m
変化量	0.098m	0.032m	0.034m	0.031m	0.013m	0.007m
変化率	1.18	1.06	1.07	1.07	1.03	1.02



※3 観測データを基に算出した、境検潮所における観測以降最大の潮位偏差(0.63m、2004年台風15号)の再現期間  
 ※4 バイアス補正前の結果(バイアス補正後はP37を参照、変化率はバイアス補正前後で同じ値となる)



図1 最大潮位偏差と変化率(島根沿岸)



※1 出典: 島根県海岸保全気候変動検討委員会 第3回 説明資料

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

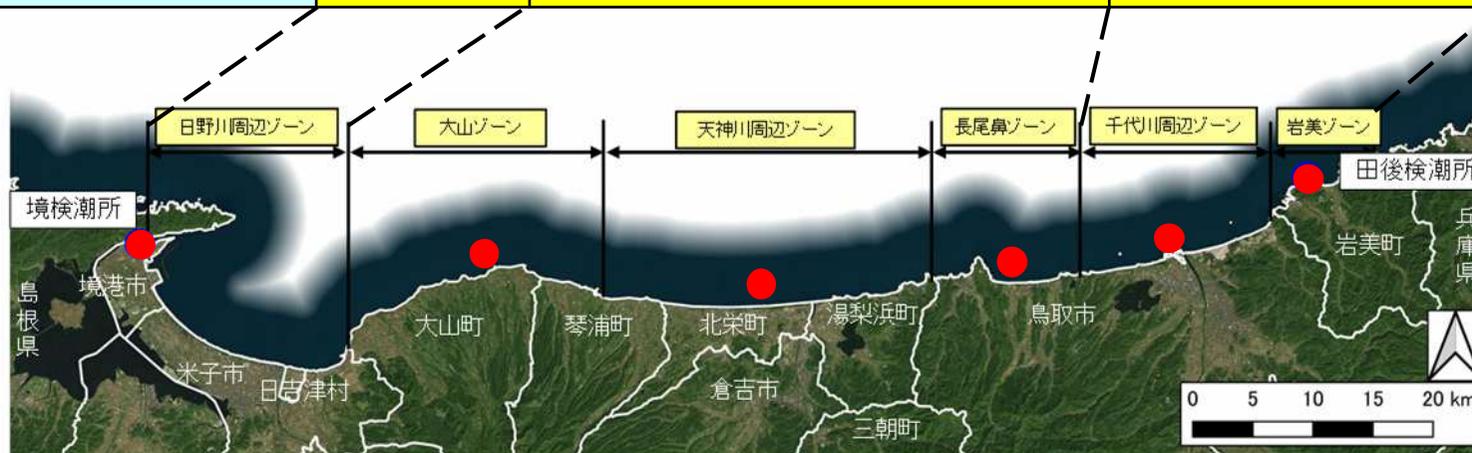
※潮位偏差の将来変化比は、標準的な値として、再現期間100年の場合を示す。  
 ※波高の将来変化比は、再現期間50年の場合(50年確率波高)を示す。  
 ※将来変化比が「1」未満の場合は、現況と同じ波高を用いるため「1」とする。  
 ※潮位偏差と波高の将来変化比が北海道から九州に向かって増加している要因は、台風等による海面気圧の低下量や風速の将来変化比が北海道から九州に向かって増大しているためと考えられる。また、潮位偏差と波高の将来変化比に差が生じている要因は、海域の形状といった特性と高潮と波浪の発達・伝播特性の違いであると考えられる。

※2 出典: 港湾における気候変動適応策の実装方針(R6.3.14)

# 潮位偏差の将来予測の結果（鳥取沿岸の将来変化率）

- ▶ 鳥取沿岸における潮位偏差の将来変化率は、現行計画の設定区間（日野川周辺ゾーン、岩美～大山ゾーン）を踏襲しつつ、沿岸方向の特性を考慮し、3区間（日野川周辺ゾーン、大山～長尾鼻ゾーン、千代川周辺～岩美ゾーン）に区分して設定する。
- ▶ 適用する将来変化率は、区間毎に各ゾーンで推算された変化率（境検潮所の観測以降最大の潮位偏差（0.63m、2004年台風15号）の再現期間100年における値）の平均値を設定する。なお、境検潮所以外でのバイアス補正は困難であること、境検潮所のバイアス補正前後の変化率は同じ値となることから、各ゾーンにおけるバイアス補正前の値を用いて設定する。

潮位偏差の将来予測結果（バイアス補正なし、再現期間100年※1）						
地点	境検潮所※2	大山	天神川	長尾鼻	千代川	田後検潮所
過去実績	0.553m	0.496m	0.472m	0.454m	0.452m	0.445m
2°C上昇	0.651m	0.528m	0.506m	0.485m	0.465m	0.452m
変化量	0.098m	0.032m	0.034m	0.031m	0.013m	0.007m
変化率	1.18	1.06	1.07	1.07	1.03	1.02
<b>設定した変化率 （区間毎の平均値）</b>	<b>1.18</b>	<b>1.07</b>			<b>1.03</b>	



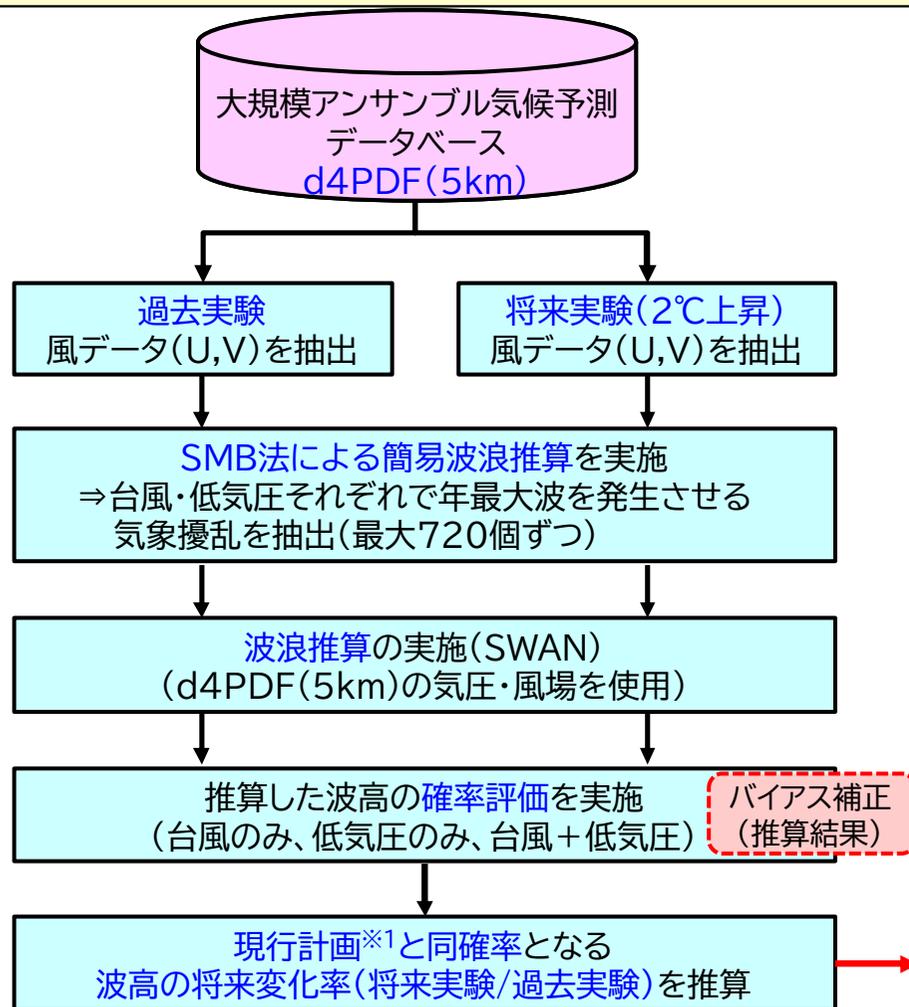
※1 観測データを基に算出した、境検潮所における観測以降最大の潮位偏差（0.63m、2004年台風15号）の再現期間

※2 バイアス補正前の結果（バイアス補正後はP37を参照、変化率はバイアス補正前後で同じ値となる）

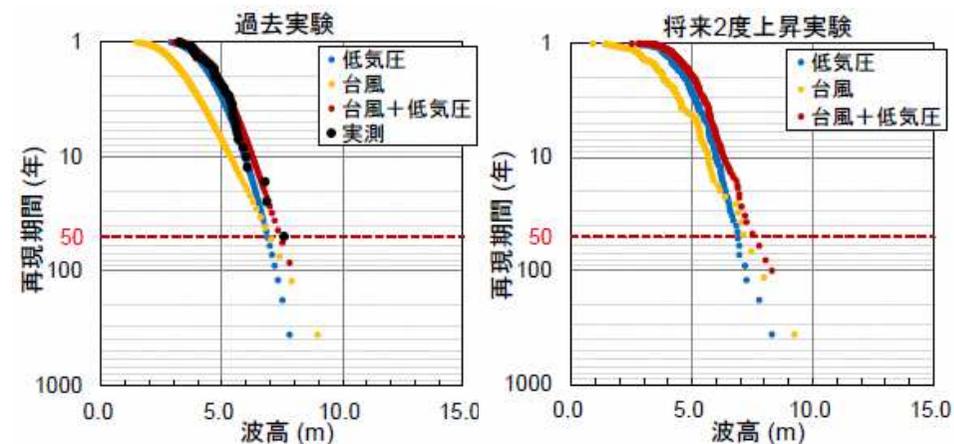
## 議事5：気候変動を踏まえた波浪について

## ■気候変動を踏まえた波浪の検討方法

- d4PDF(5km)には、過去実験と将来実験それぞれ720年分のデータが存在。全データの波浪推算は実務的に困難であるため、先行事例を参考に、SMB法を用いた簡易推算を行い、波浪推算の対象(年最大波を発生させる台風・低気圧)を抽出。
- 抽出した擾乱(台風・低気圧)を対象に、d4PDF(5km)の気圧・風場を使用した波浪シミュレーションを実施。
- この結果から確率評価を行い、波浪の将来変化率を整理し、現行計画※<sup>1</sup>の波浪に将来変化率を乗じて、将来気候下における波浪を算出。



確率評価による将来気候下の波高の検討例  
(台風、低気圧及び両者を合成した波高の確率評価の例)



出典: d4PDFを用いた設計波高の将来変化の効率的な推定手法(野村ら、2021)

※<sup>1</sup>: 現行計画の設定値と最新の波浪推算結果等と比較したうえで設定

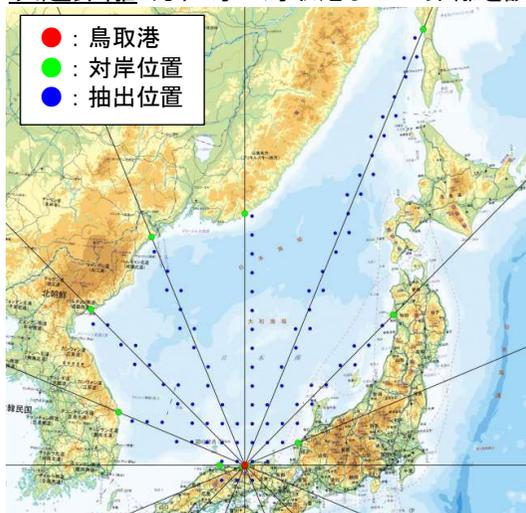
現行計画※<sup>1</sup>の波高に将来変化率を乗じて  
将来気候下における波高を設定

## ■SMB法による簡易波浪推算の概要(推算方法の妥当性の確認)

- 波浪の将来予測の対象(年最大波を発生させる台風・低気圧)を抽出するため、SMB法による簡易推算を実施。
- 推算方法の妥当性を確認するため、長期再解析値(JRA-3Q)を用いた実績再現(鳥取港の年最大波高を対象)を実施。
- 実績再現の結果、鳥取港の年最大波高を概ね再現しており、推算方法は妥当(将来の簡易推算へ適用可能)と判断。

### 【SMB法の検討条件】

吹送距離: 方位毎に鳥取港までの距離を設定

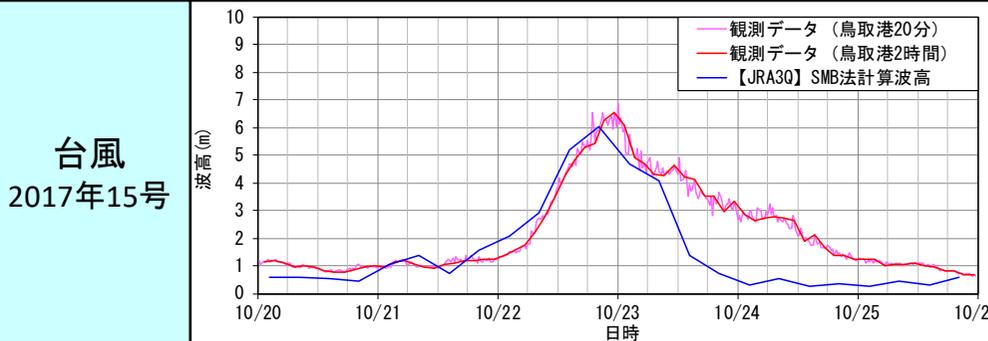
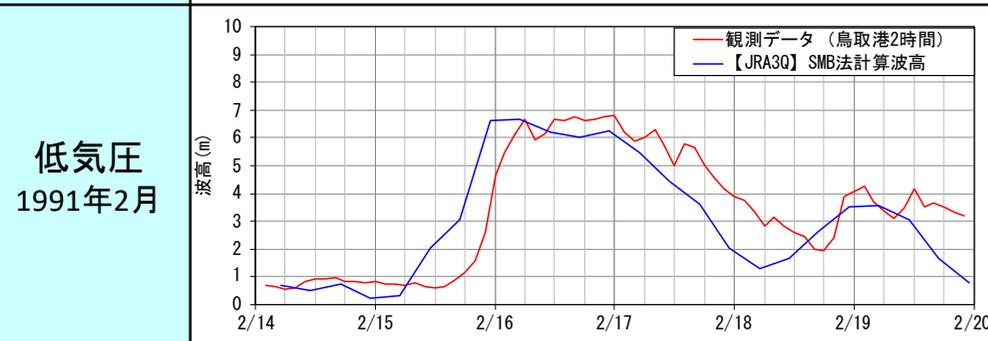
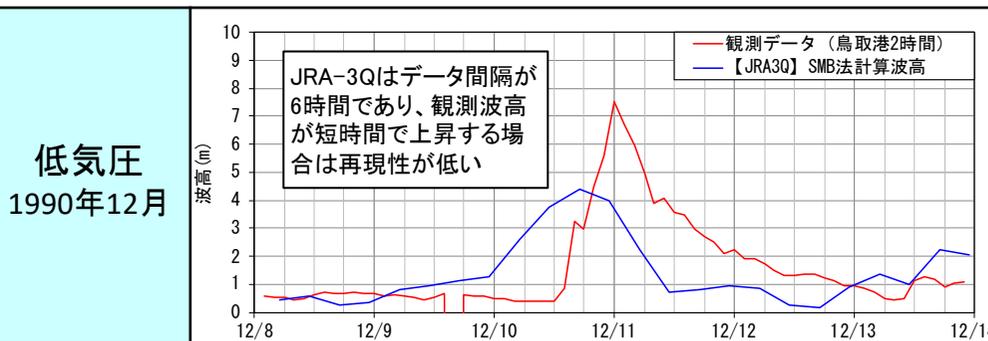


方位	吹送距離(km)
N	831.10
NNE	1556.12
NE	701.19
ENE	191.95
E	8.33
ESE	4.22
SE	3.06
SSE	2.45
S	2.44
SSW	2.94
SW	4.23
WSW	10.03
W	83.59
WNW	456.59
NW	727.15
NNW	815.08

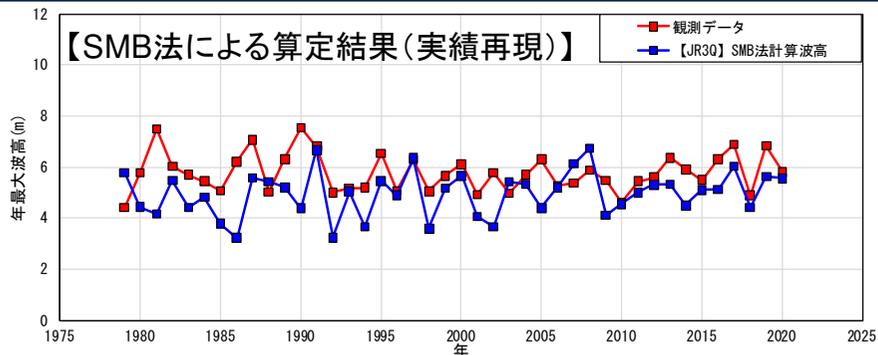
### 風速

JAR-3Q(60km格子)より、方位毎に、吹送距離を設定したライン上の風向・風速をメッシュ毎に抽出。抽出データを基に、方位毎に、鳥取港方向の風速をメッシュ毎に整理し、全てを平均化した平均風速を算出。

### 【SMB法による算定結果(実績再現)】



### 【SMB法による算定結果(実績再現)】



## ■d4PDF(5km)を用いたSMB法による将来予測の対象台風・低気圧の抽出

- 実績再現で設定した条件に基づき、以下に示す手順により、d4PDF(5km)を用いたSMB法による簡易波浪推算を実施し(全720年を対象)、波浪の将来予測の対象(台風・低気圧それぞれで年最大波を発生させる気象擾乱)を抽出。
- この結果、低気圧は720擾乱(各年1擾乱)、台風は過去実験710個、2℃上昇実験699個(台風が発生しない年あり)を設定。

### 【波浪の将来予測の対象(台風・低気圧)の抽出手順】

手順1 d4PDF(5km)を用いて、SMB法による簡易波浪推算を実施し、全720年の時刻毎の波高を算出

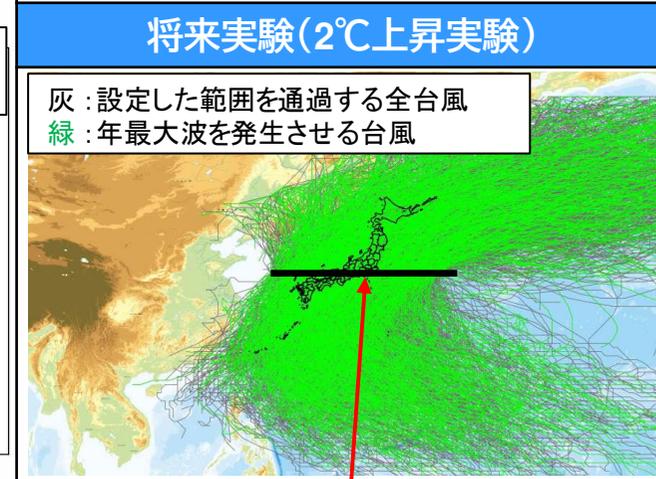
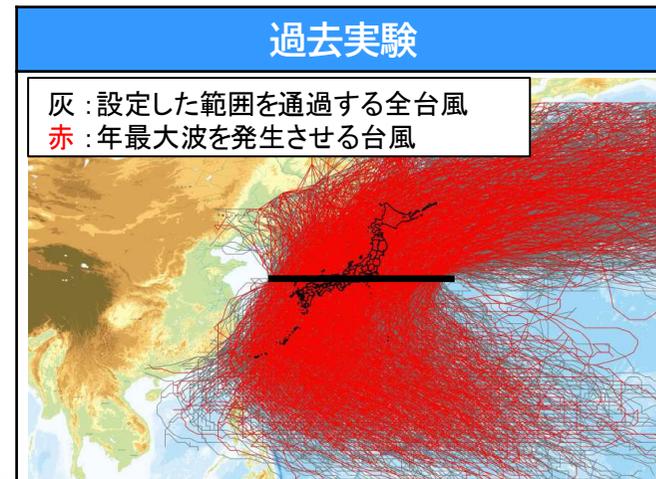
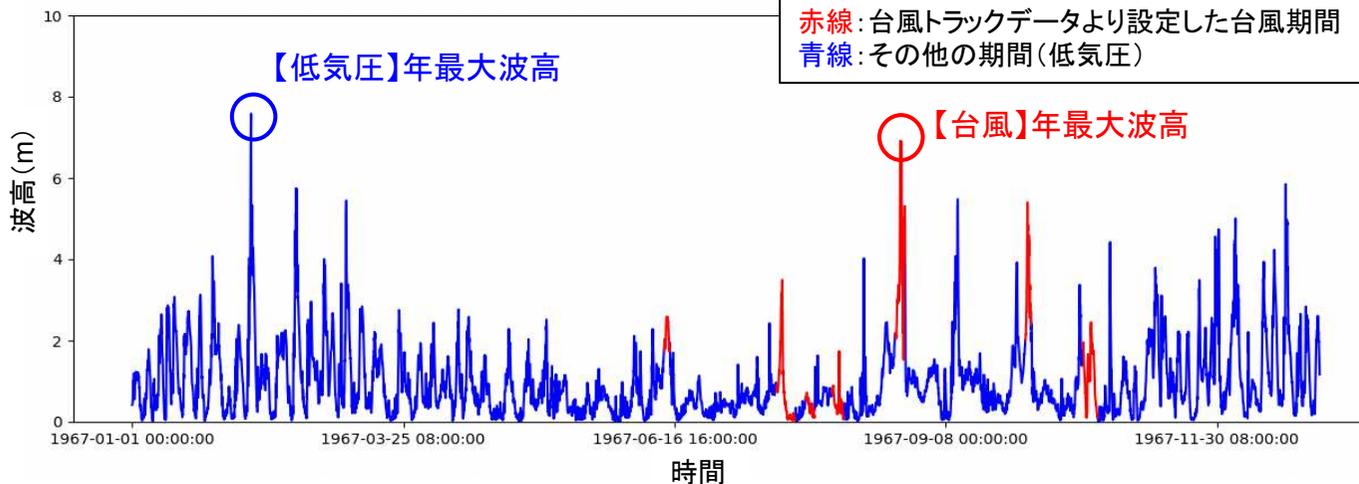
手順2 d4PDF台風トラックデータ(d4PDF5kmに含まれるメンバのみを対象)より、右図に示す範囲(鳥取沿岸で顕著な高波が発生した実績台風の範囲)を通過する台風を抽出。

抽出結果を基に、各台風の期間(低気圧と台風を分類する期間)※を設定。

※台風期間: 台風が本州(鹿児島南端～北海道北端)の緯度に存在する期間を設定

手順3 各年で、台風・低気圧それぞれで年最大波を発生させる気象擾乱を抽出

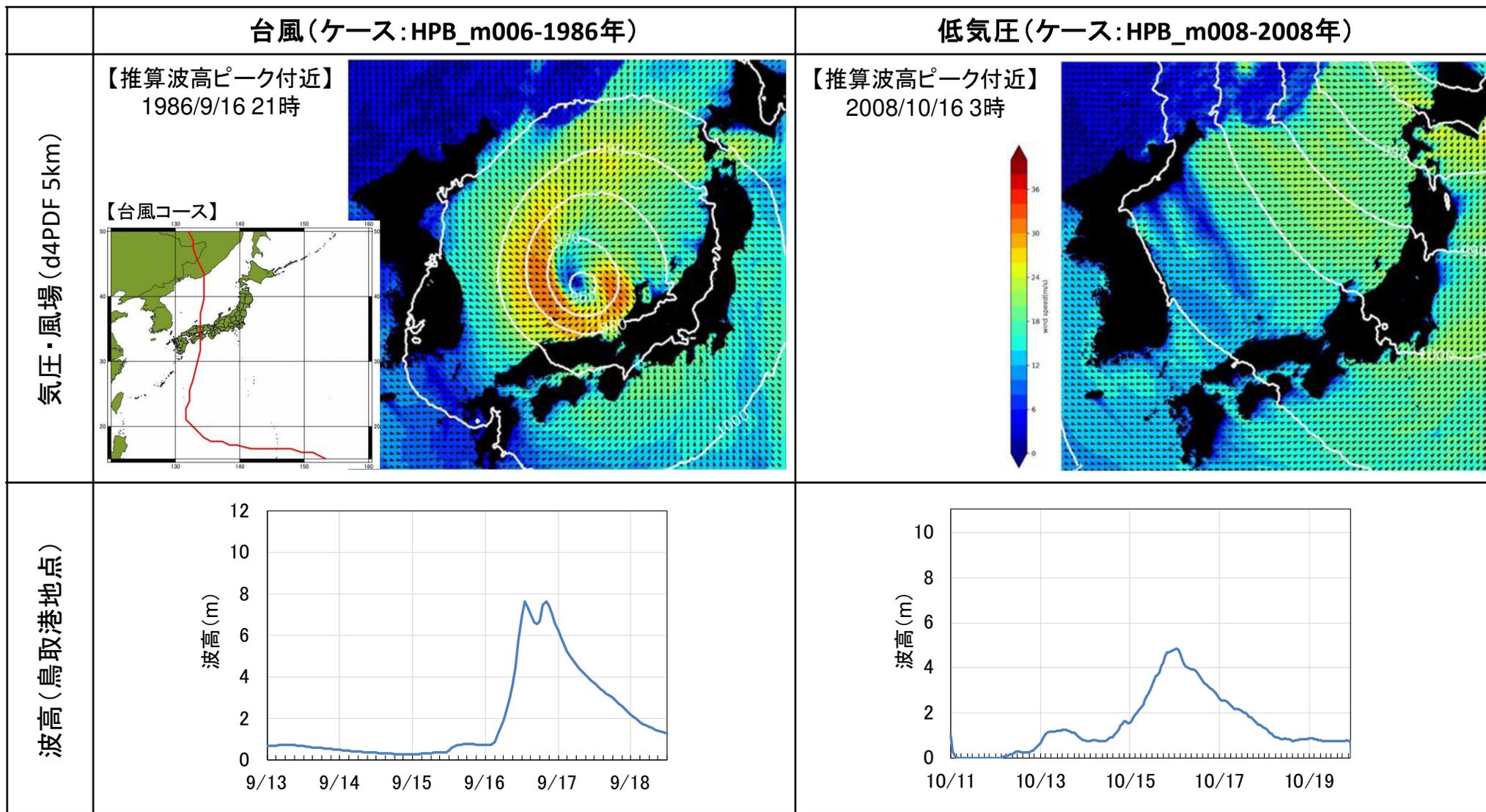
年最大波を発生させる気象擾乱の抽出例(過去実験:HPB\_m002-1967年)



台風抽出範囲  
鳥取沿岸で顕著な高波が発生した実績台風の範囲

■対象擾乱における計算結果(d4PDF5kmを用いた波浪シミュレーション結果、気圧・風場のバイアス補正は未実施)

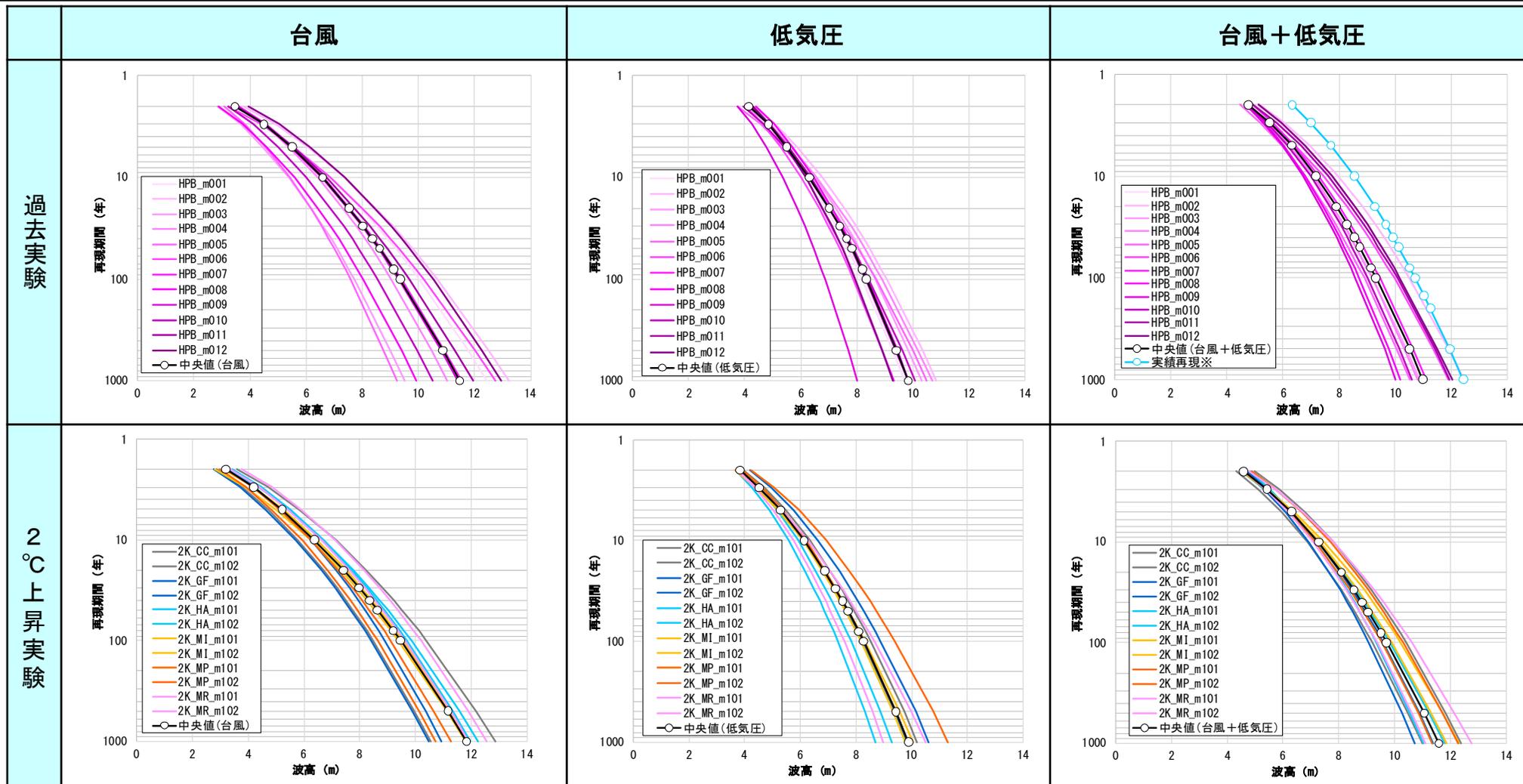
- 抽出した擾乱を対象に、d4PDF5kmを用いた将来予測(メッシュサイズは5,000m、気圧・風場のバイアス補正は未実施)を実施。
- 対象擾乱の中から、台風及び低気圧それぞれ1擾乱における計算結果(有義波高の時間変化)を以下に提示。



# 波浪の将来予測の結果（沖波推算地点の確率評価結果）

## ■ 現行計画の沖波推算地点(代表地点であるSt.14)における確率評価結果(バイアス補正なし)

- ▶ 低気圧(720擾乱ずつ)、台風(過去710個、2℃上昇699個)を対象に、それぞれの最大有義波高を整理し、確率評価◆を実施。
- ▶ メンバ毎に確率評価を実施し、その結果から中央値を算出。台風+低気圧の確率評価は各年の最大値を採用。
- ▶ バイアス補正を実施するため、同地点における最新の波浪推算データに基づく確率評価結果※を整理(過去実験に提示)。



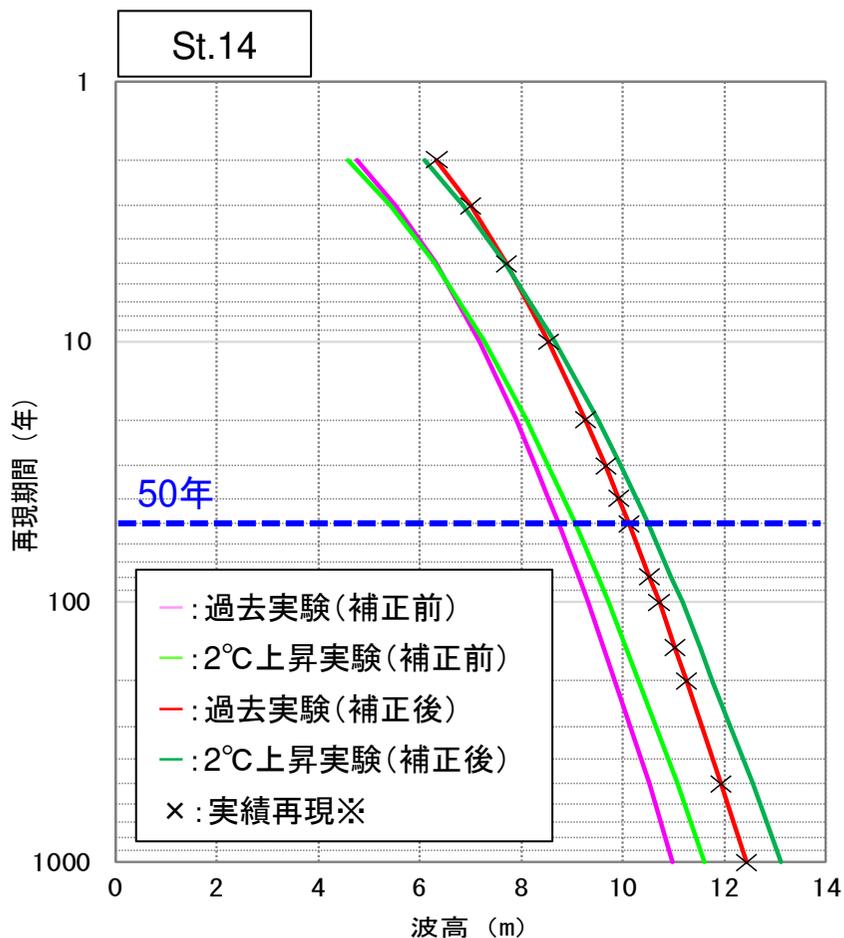
※令和2年度確率波高計算処理システム(国交省中国地方整備局広島航空技術調査事務所)による、1956年～2019年の波浪推算・確率評価結果(極大値、全方位)を引用  
 ◆海岸保全施設の技術上の基準・同解説等に記載されている複数の手法を適用し、最も相関係数が高いワイブル(k=2.0)を採用

# 波浪の将来予測の結果（沖波推算地点の確率評価結果）

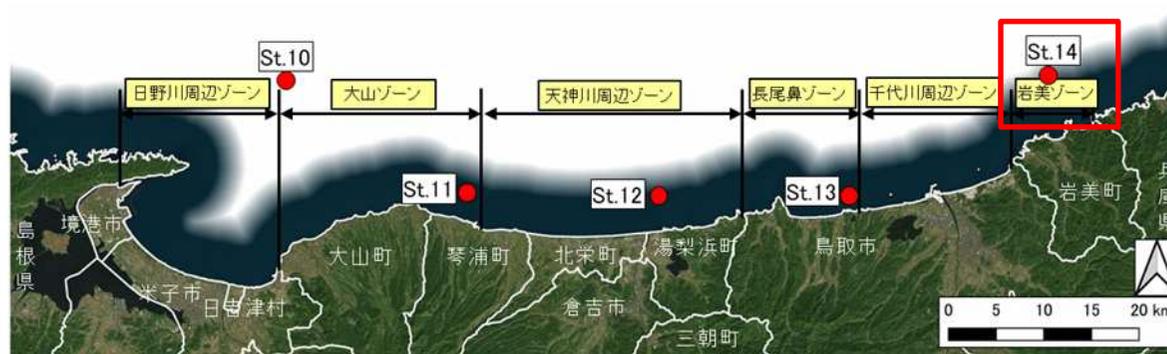
## ■ 現行計画の沖波推算地点（代表地点であるSt.14）におけるバイアス補正前後の将来予測結果

- 台風＋低気圧の中央値を対象に、同地点における最新の波浪推算データに基づく確率評価結果※を用いたバイアス補正◆を行い、現行計画の設計沖波と同確率（再現期間50年）となる、波高の将来変化率（将来実験/過去実験）を算出。
- この結果、St. 14では、バイアス補正後における将来の波高の変化率（変化量）は、1.04倍（+0.38m）。

◆：バイアス補正は、同確率における将来実験 × (実績再現※/過去実験) を適用



St.14 再現期間50年	波浪の将来予測結果	
	バイアス補正前	バイアス補正後
過去実験	8.74m	10.12m
2°C上昇実験	9.06m	10.50m
変化率 (変化量)	1.04 (0.32m)	1.04 (0.38m)



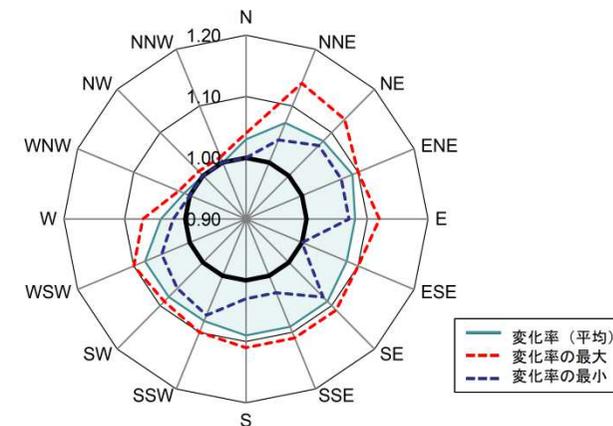
※令和2年度確率波高計算処理システム(国交省中国地方整備局広島航空技術調査事務所)による、1956年～2019年の波浪推算・確率評価結果(極大値、全方位)を引用

# 波浪の将来予測の結果（鳥取沿岸の各沖波推算地点の結果）

■ 現行計画の沖波推算地点におけるバイアス補正後の将来予測結果(台風+低気圧)、他検討結果との比較(妥当性の確認)

- ▶ 台風+低気圧の中央値を対象に、各地点の波高の将来変化率(現行計画の設計沖波と同確率となる再現期間50年におけるバイアス補正後の値)を整理。また、予測結果の妥当性を確認するため、他検討結果との比較を実施。
- ▶ 波高の将来変化率(再現期間50年)は、1.04~1.06倍。隣接する島根沿岸※1や港湾の実装方針※2と概ね同程度。

波高の将来予測結果(バイアス補正後、再現期間50年)					
地点	St.10	St.11	St.12	St.13	St.14
過去実験	9.08m	9.42m	9.67m	9.83m	10.12m
2°C上昇	9.62m	9.80m	10.08m	10.32m	10.50m
<b>変化率 (変化量)</b>	<b>1.06 (+0.54 m)</b>	<b>1.04 (+0.38 m)</b>	<b>1.04 (+0.41 m)</b>	<b>1.05 (+0.49 m)</b>	<b>1.04 (+0.38 m)</b>



鳥根沿岸における波高の将来変化率

※1 出典: 島根県海岸保全気候変動検討委員会 第3回 説明資料



表 2 海域別の潮位偏差・波浪の将来変化比

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・ <b>境港・鳥取港</b>
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

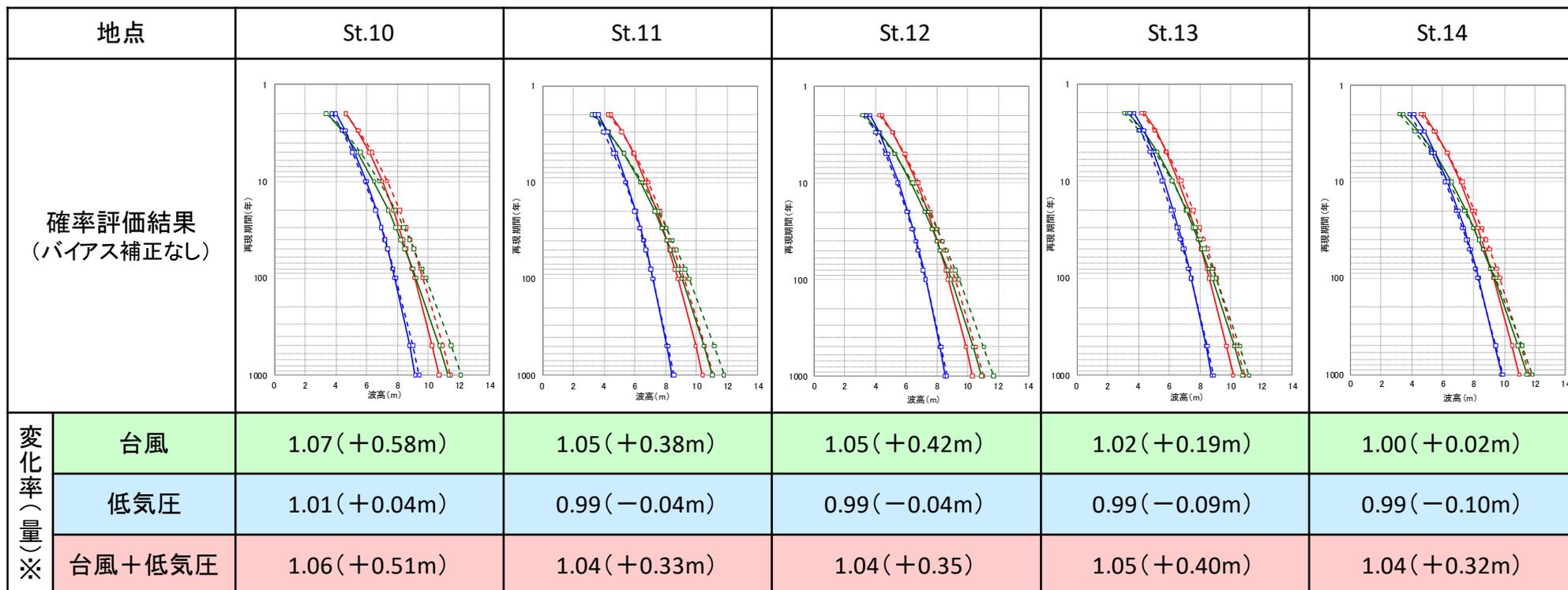
※潮位偏差の将来変化比は、標準的な値として、再現期間100年の場合を示す。  
 ※波高の将来変化比は、再現期間50年の場合(50年確率波高)を示す。  
 ※将来変化比が「1」未満の場合は、現況と同じ波高を用いるため「1」とする。  
 ※潮位偏差と波高の将来変化比が北海道から九州に向かって増加している要因は、台風等による海面気圧の低下量や風速の将来変化比が北海道から九州に向かって増大しているためと考えられる。また、潮位偏差と波高の将来変化比に差が生じている要因は、海域の形状といった特性と高潮と波浪の発達・伝播特性の違いであると考えられる。

※2 出典: 港湾における気候変動適応策の実装方針(R6.3.14)

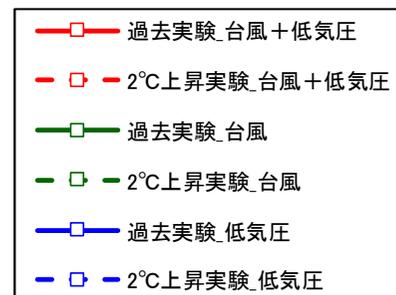
# 波浪の将来予測の結果（鳥取沿岸の各沖波推算地点の結果）※参考 48

## ■ 現行計画の各沖波推算地点における対象擾乱毎の確率評価結果（バイアス補正なし）の比較

- 対象擾乱（台風、低気圧、台風＋低気圧）毎の中央値（バイアス補正は未実施）を対象に、各地点の波高の将来変化率を整理。
- この結果、将来の波高は、西側に位置する地点の方が上昇しやすい傾向となる（特に台風の上昇が大きくなる傾向）。



※再現期間50年



## ■設計沖波(50年確率波高)

- 以上の検討結果を踏まえ、現行計画の沖波推算地点毎に、気候変動を踏まえた設計沖波(50年確率波高)を設定。
- 設計沖波(50年確率波高)は、確率波高計算処理システムにより算出された最新の統計期間(1956年～2019年)における50年確率波高(下表③)に、各地点の将来変化率(下表④)を乗じて設定(下表①～③より、各地点の50年確率波高は上昇傾向ではなく、気候変動による明確な影響が確認されないことから、③最新の統計期間による結果を適用)。

50年確率波高	現行計画※1 (1955～1991)	確率波高計算処理システムによる確率評価結果※2			将来変化率※3 ④	気候変動を踏まえた 設計沖波 ③×④
		①現行計画の統計期間 (1956～1991)	②d4PDFの対象期間 (1956～2010)	③最新の統計期間 (1956～2019)		
St.10	9.0m	9.38 m	9.12 m	9.08 m	1.06	9.7 m
St.11	9.4m	9.98 m	9.57 m	9.42 m	1.04	9.8 m
St.12	9.7m	10.25 m	9.82 m	9.67 m	1.04	10.1 m
St.13	9.9m	10.42 m	10.01 m	9.83 m	1.05	10.4 m
St.14	10.4m	10.69 m	10.26 m	10.12 m	1.04	10.6 m

※1 日本海(山陰沿岸)沖波調査報告書(平成4年3月)

※2 令和2年度確率波高計算処理システム(国交省中国地方整備局 広島航空技術調査事務所)の波浪推算・確率評価結果(極大値、全方位)を引用

※3 各地点の再現期間50年におけるバイアス補正後の結果(P47を参照)

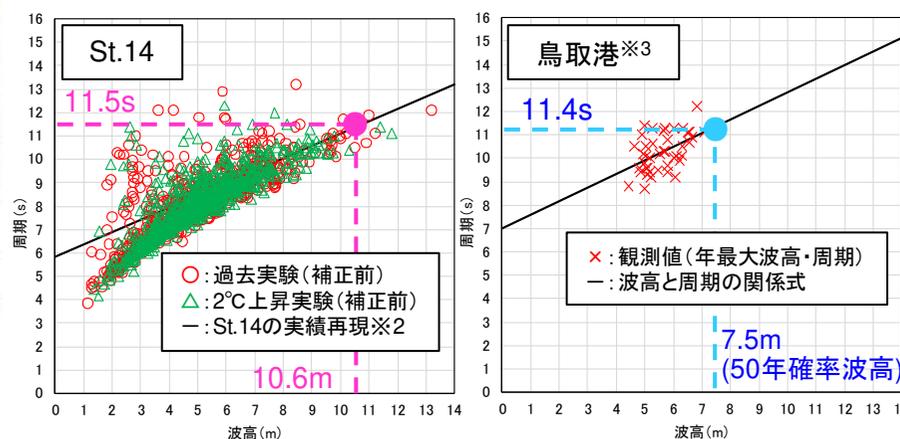


# 波浪の将来予測の結果（鳥取沿岸の各沖波推算地点の結果）

## ■設計沖波(50年確率周期)

- 以上の検討結果を踏まえ、現行計画の沖波推算地点毎に、気候変動を踏まえた設計沖波(50年確率周期)を設定。
- 設計沖波(50年確率周期)は、確率波高計算処理システムにより算出された最新の統計期間(1956年～2019年)における波高と周期の関係式を用いて設定(下図より、設定に用いた関係式は、本検討による波高と周期のばらつきの中に位置していること、算出された周期は鳥取港の観測結果と同程度であることから、50年確率波高と同様、同システムによる結果を適用)。

50年確率周期	現行計画※1 (1955～1991)	確率波高計算処理システムによる確率評価結果※2			気候変動を踏まえた 設計沖波 (波高と周期の関係式より)
		①現行計画の統計期間 (1956～1991)	②d4PDFの対象期間 (1956～2010)	③最新の統計期間 (1956～2019)	
St.10	12.4s	10.4s	10.4s	10.6s	11.0s (9.7m)
St.11	12.8s	10.7s	10.7s	10.8s	11.0s (9.8m)
St.12	13.1s	11.0s	10.9s	11.0s	11.3s (10.1m)
St.13	13.3s	11.0s	11.0s	11.1s	11.4s (10.4m)
St.14	13.4s	11.2s	11.1s	11.2s	11.5s (10.6m)



※1 日本海(山陰沿岸)沖波調査報告書(平成4年3月)

※2 令和2年度確率波高計算処理システム(国交省中国地方整備局広島航空技術調査事務所)の波浪推算・確率評価結果(極大値、全方位)を引用

※3 鳥取港波浪観測データ(1979年～2022年、2時間間隔)より年最大波高・周期を整理

# 波浪の将来予測の結果（鳥取沿岸の各沖波推算地点の結果）※参考 51

## ■方位毎の設計沖波(50年確率波高・周期)

- ▶ 参考として、現行計画の沖波推算地点毎に、気候変動を踏まえた方位毎の設計沖波(50年確率波高・周期)を整理。
- ▶ 方位毎の50年確率波高は、確率波高計算処理システムにより算出された最新の統計期間(1956年～2019年)における方位毎の50年確率波高に、各地点の将来変化率(全方位の結果で推算した変化率)を一律に乗じて設定。
- ▶ 方位毎の50年確率周期は、同システムにおける方位毎の波高と周期の関係式を用いて設定。

50年 確率	諸元	確率波高計算処理システムによる確率評価結果※1 (最新の統計期間:1956～2019)								気候変動を踏まえた方位毎の設計沖波 (参考)							
		W	WNW	NW	NNW	N	NNE	NE	ENE	W	WNW	NW	NNW	N	NNE	NE	ENE
St.10	波高(m)	8.85	9.01	9.77	9.17	9.34	8.26	7.61	6.48	9.4	9.6	10.4	9.8	10.0	8.8	8.1	6.9
	周期(s)	11.3	11.0	11.2	10.9	11.1	10.8	11.0	9.7	11.7	11.5	11.6	11.3	11.5	11.2	11.4	10.0
St.11	波高(m)	8.31	8.96	10.02	9.8	9.94	9.0	7.65	6.49	8.7	9.4	10.5	10.2	10.4	9.4	8.0	6.8
	周期(s)	11.0	11.0	11.2	10.9	11.2	11.4	11.1	9.4	11.0	11.0	11.2	10.9	11.2	11.4	11.1	9.4
St.12	波高(m)	8.37	9.06	10.31	9.97	9.62	9.11	7.61	5.77	8.8	9.5	10.8	10.4	10.1	9.5	8.0	6.1
	周期(s)	11.2	11.1	11.5	11.1	11.1	11.5	11.1	9.0	11.2	11.1	11.5	11.1	11.1	11.5	11.1	9.0
St.13	波高(m)	8.47	9.27	10.54	10.1	9.83	8.81	7.19	5.58	8.9	9.8	11.1	10.7	10.4	9.3	7.6	5.9
	周期(s)	11.2	11.4	11.8	10.9	11.2	11.4	10.8	8.7	11.3	11.4	11.8	10.9	11.2	11.4	10.8	8.7
St.14	波高(m)	9.23	9.66	10.82	10.41	10.09	9.02	7.47	5.6	9.6	10.1	11.3	10.9	10.5	9.4	7.8	5.9
	周期(s)	11.5	11.5	11.9	11.1	11.3	11.4	10.8	8.7	11.5	11.5	11.9	11.1	11.3	11.4	10.9	8.7

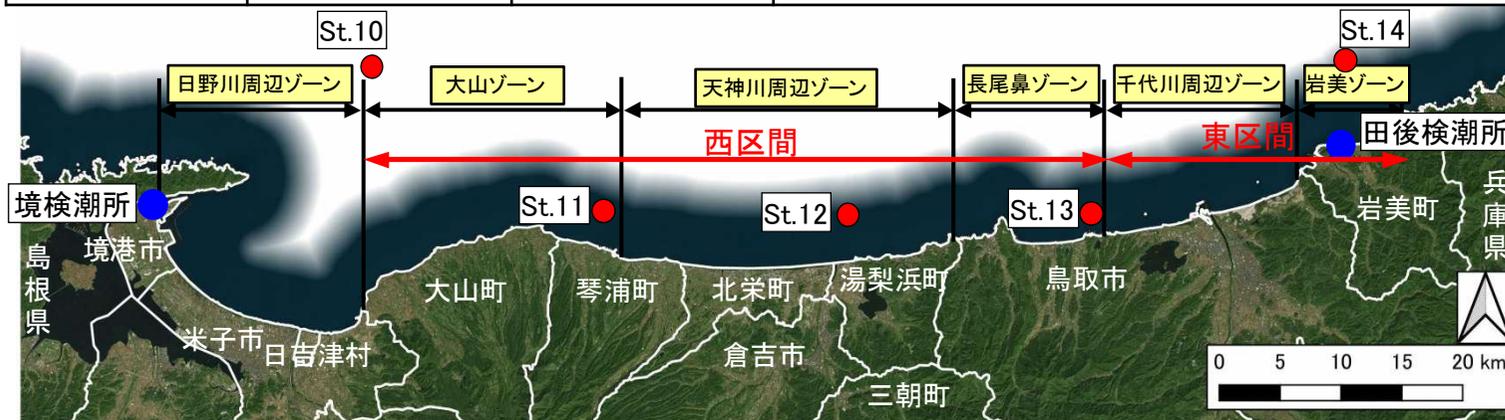
※1 令和2年度確率波高計算処理システム(国交省中国地方整備局 広島航空技術調査事務所)の波浪推算・確率評価結果(極大値、方位毎)を引用

## 議事6：気候変動を踏まえた計画外力の設定（案）について

# 気候変動を踏まえた計画外力の検討結果

➤ 以上の検討結果を踏まえ、鳥取沿岸において現時点で想定される気候変動を踏まえた計画外力(案)を以下のとおり設定。

項目	沿岸名	現行計画	気候変動を踏まえた計画外力の設定(案)	
			設定値	設定方法
① 朔望平均満潮位	岩美ゾーン～ 大山ゾーン	T.P.+0.390m	<b>T.P.+0.996m</b>	田後検潮所の最新の朔望平均満潮位(2018～2022年の近5年の平均値T.P.+0.566m)に、2100年までの平均海面水位の上昇量(IPCC6次評価報告書の平均値0.43m)を加算。
	日野川周辺ゾーン	T.P.+0.364m	<b>T.P.+0.988m</b>	境検潮所の最新の朔望平均満潮位(2018～2022年の近5年の平均値T.P.+0.558m)に、2100年までの平均海面水位の上昇量(IPCC6次評価報告書の平均値0.43m)を加算。
② 潮位偏差	岩美ゾーン～ 大山ゾーン	—	<b>東:0.604m 西:0.628m</b>	田後検潮所の観測以降最大の潮位偏差0.587m(2016年1月低気圧)に、2100年に予測される変化率(再現期間100年の上昇率(東区間:3%、西区間:7%))を乗じて設定。
	日野川周辺ゾーン	0.60m	<b>0.743m</b>	境検潮所の観測以降最大の潮位偏差0.63m(2004年台風15号)に、2100年に予測される変化率(境検潮所の再現期間100年の上昇率18%)を乗じて設定。
③ 設計高潮位	岩美ゾーン～ 大山ゾーン	T.P.+0.850m (既往最大潮位)	<b>東:T.P.+1.600m(①+②) 西:T.P.+1.624m(①+②)</b>	①朔望平均満潮位T.P.+0.996+②潮位偏差(東区間:0.604m、西区間:0.628m)により設定。(参考:田後検潮所の観測以降最大の潮位はT.P.+1.00m(2012年台風16号))
	日野川周辺ゾーン	T.P.+0.964m (①+②)	<b>T.P.+1.731m (①+②)</b>	①朔望平均満潮位T.P.+0.988+②潮位偏差0.743mにより設定。(参考:境検潮所の観測以降最大の潮位はT.P.+1.03m(2003年台風14号))
④ 設計沖波	岩美ゾーン～ 日野川周辺ゾーン	Ho=9.0～10.4m To=12.4～13.4sec	<b>Ho=9.7～10.6m To=11.0～11.5sec</b>	波高は、確率波高計算処理システム(統計期間1956年～2019年)の50年確率波高に各地点の将来変化率を乗じて設定。周期は、同システムの波高と周期の関係式より設定。
⑤ 設計津波の水位	岩美ゾーン～ 日野川周辺ゾーン	T.P.+2.20 ～T.P.+3.20m	将来的に平均海面水位の上昇量と同程度の上昇が想定される。 (詳細な設定値は施設設計などの個別検討時に設定する)	



鳥取沿岸の波浪推算地点と検潮所

④設計沖波(地点毎)

地点	設定値(50年確率)	
	波高(m)	周期(sec)
St.10	9.7(1.06倍)	11.0
St.11	9.8(1.04倍)	11.0
St.12	10.1(1.04倍)	11.3
St.13	10.4(1.05倍)	11.4
St.14	10.6(1.04倍)	11.5