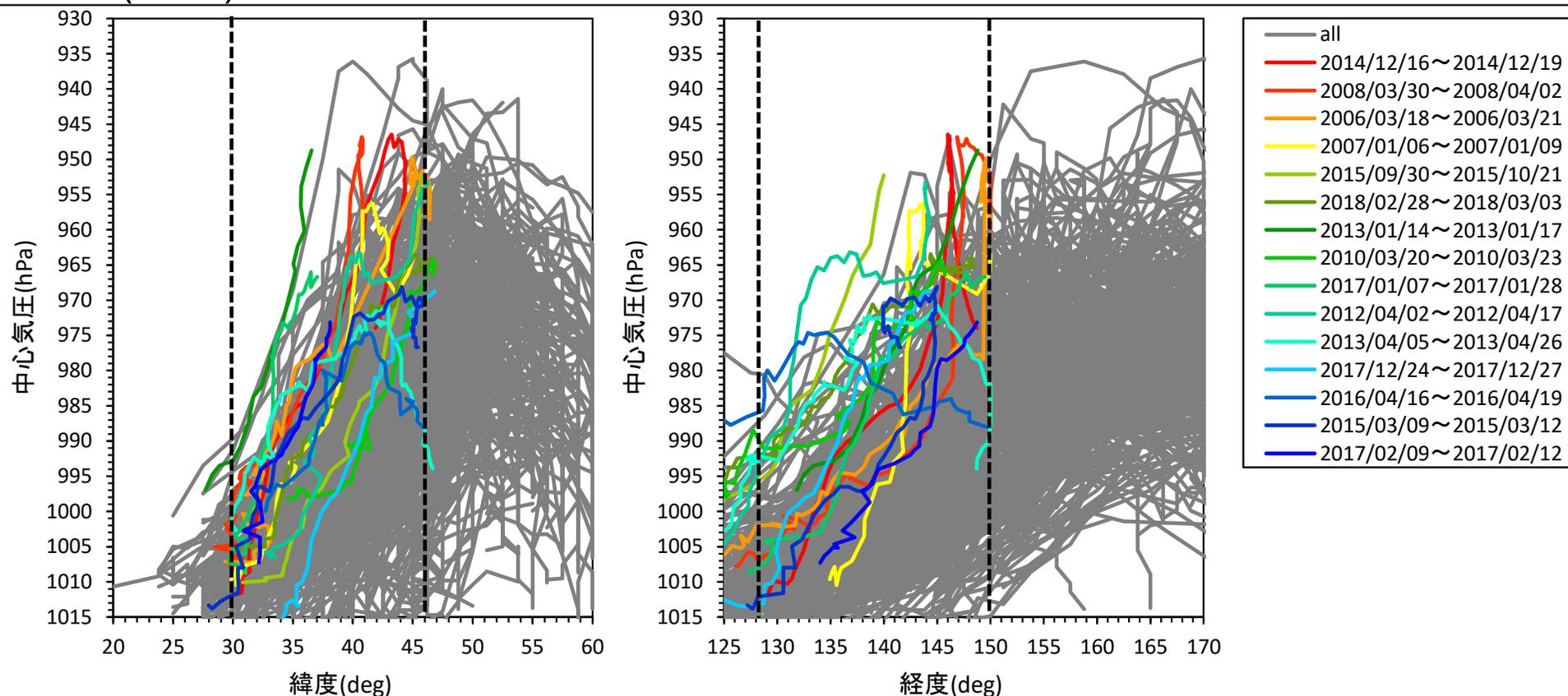


「高潮浸水想定区域図作成の手引き」の点検結果(参考資料)

以下の資料は、点検のための検討材料であり、精査したものではないため、参考資料等として活用する際にはご留意願います。

点検の視点①(低気圧) 緯度別・経度別の低気圧中心気圧

- 北海道大学の山田先生の整理を参考に、九州大学の爆弾低気圧情報データベースのデータから緯度別・経度別の低気圧の中心気圧を整理した。
- 爆弾低気圧情報データベースで参照している気象モデルは、計算格子間隔が 1.25° 間隔と少し粗いため、局所的な中心気圧の低下を再現できていない。そこで、計算格子間隔が5kmのMSM-S(GPV)のデータを用いて、代表事象を追加で整理した。



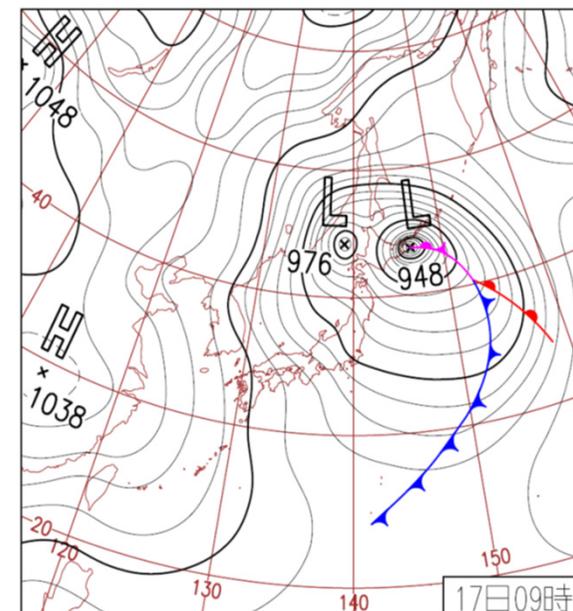
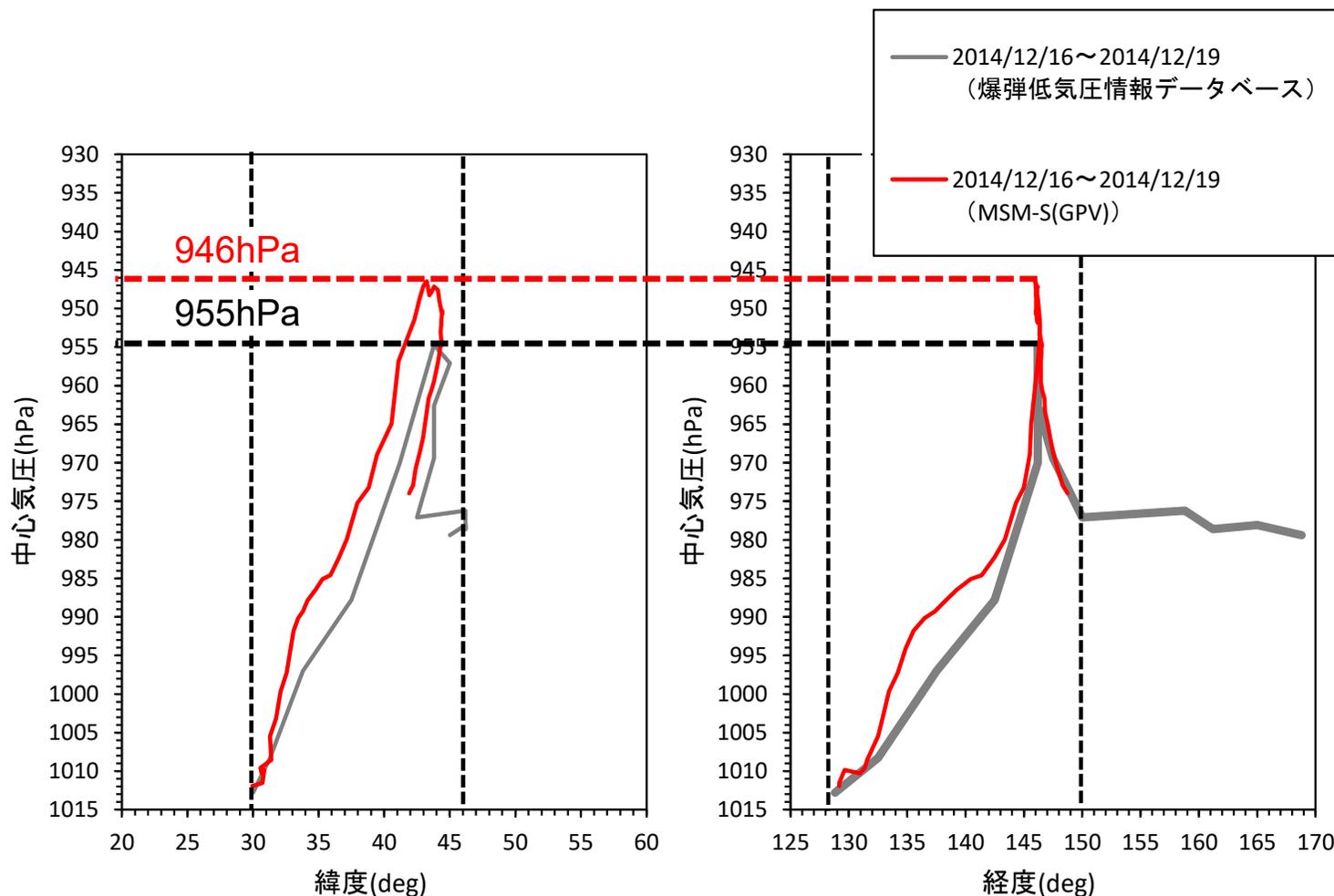
※対象期間: 1996年~2019年(442事象)

※爆弾低気圧情報データベースのデータから緯度別・経度別の中心気圧を整理(グレーの線)し、その中で代表的な事象をMSM-S(GPV)で詳細に整理したものを色付きの線で示している(抽出した20事象の内、MSM-S(GPV)のデータがある2006年以降の15事象のデータを整理)

※ MSM-S(GPV)のデータは、3時間間隔の初期値に加え、それぞれの初期値からの1時間毎の予報データを加えた、1時間間隔のデータを用いて整理

点検の視点①(低気圧) 緯度別・経度別の低気圧中心気圧

- 参考に2014年の低気圧について、爆弾低気圧情報データベースとMSM-S(GPV)から抽出した緯度別、経度別の中心気圧を示す。
- MSM-S(GPV)の方が、局所的な気圧の低下を再現できている。これは、使用している気象モデルの計算格子間隔が、爆弾低気圧情報データベースが 1.25° (約100km)に対し、MSM-S(GPV)は5kmと細かいことが要因であると言える。



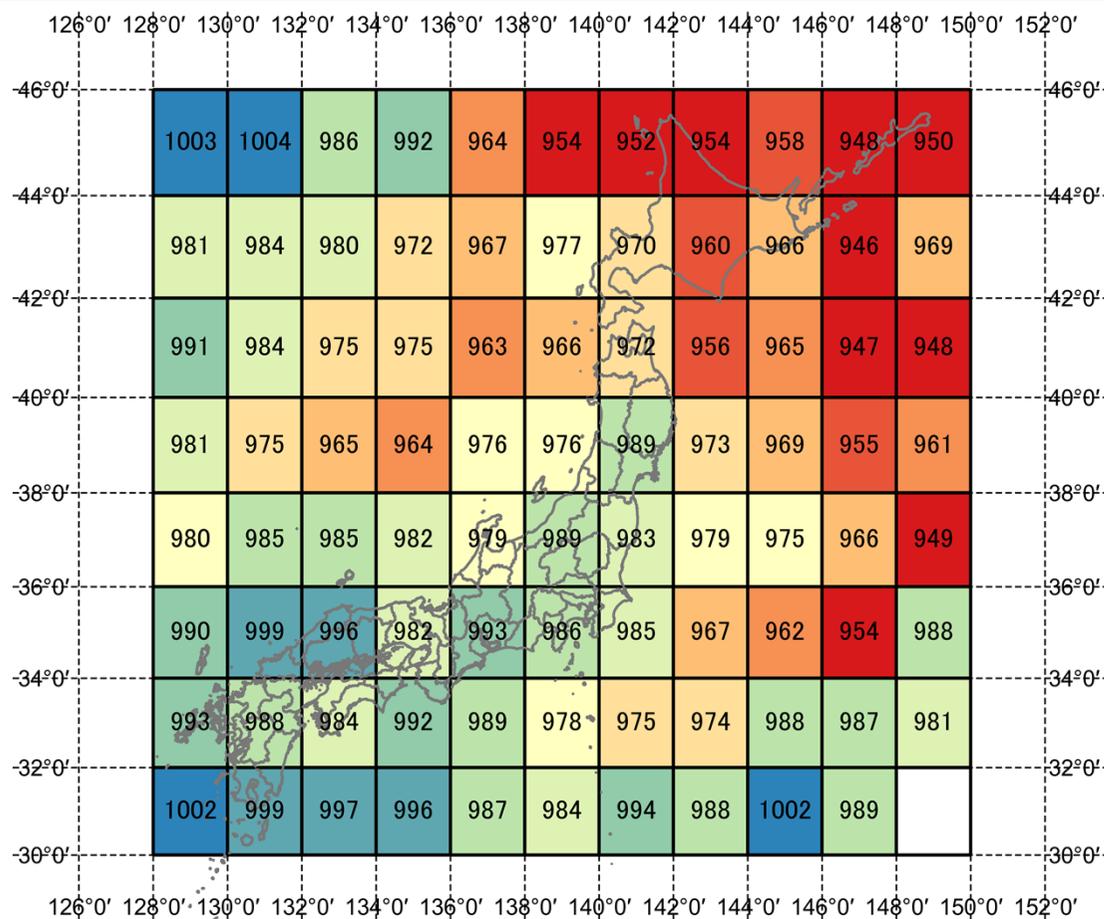
17日(水)低気圧948hPaまで発達

全国的に非常に強い風、大しけ。北海道根室市弥栄町で最大瞬間風速39.9m/s、根室地方で高潮災害。福島県松枝岐で日降雪量97cm。宮崎、大阪など西日本中心に10地点で初雪。

天気図(2014/12/17 9:00)

点検の視点①(低気圧) 低気圧の最低中心気圧

- 前述した緯度別・経度別の中心気圧を2度間隔で区切った各エリアで、最低中心気圧を以下のとおり整理した。手引きには、下図を掲載するとともに、次の文章をP.22に追加した。
(以下、手引きに記載)
- 「低気圧の中心気圧は、2014年12月に根室で高潮を発生させた低気圧(946hPa)を基本とするが、対象地域での過去の実績や図12(下図)を参考に設定してもよい。」

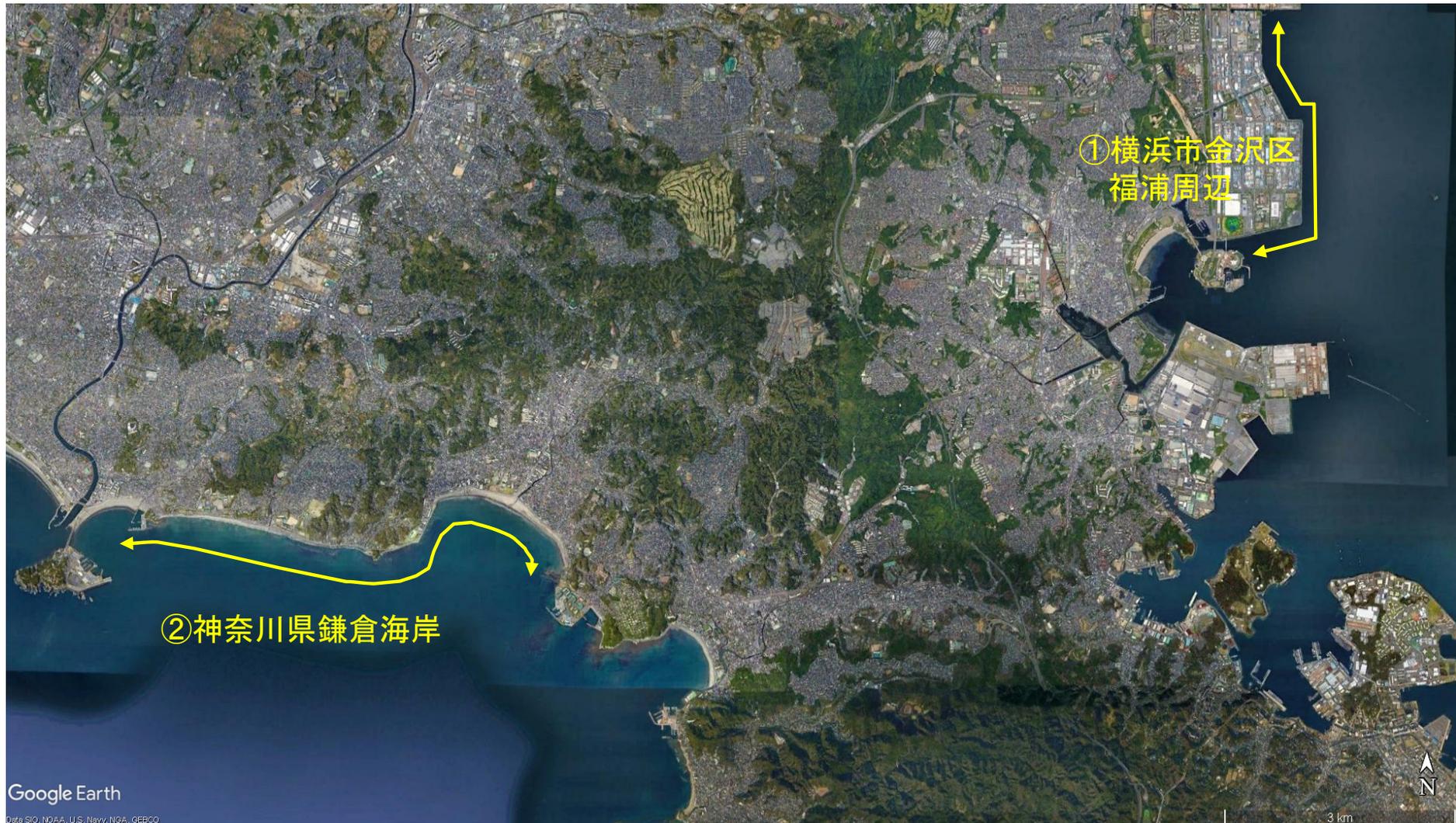


※この図は、爆弾低気圧情報データベースの結果とMSM-S(GPV)の両方の結果を用いて作成している。
各エリアの最低中心気圧(低気圧)

点検の視点②(波浪) 感度分析シミュレーション:対象地区

○ 以下の2箇所を対象に感度分析シミュレーションを実施した。

- 令和元年台風第15号で高波被害が生じた神奈川県横浜市金沢区福浦周辺
- 相模灘に面するため台風による高波の影響を受けやすく、護岸の天端高が比較的低いため高波被害のリスクがある神奈川県鎌倉海岸

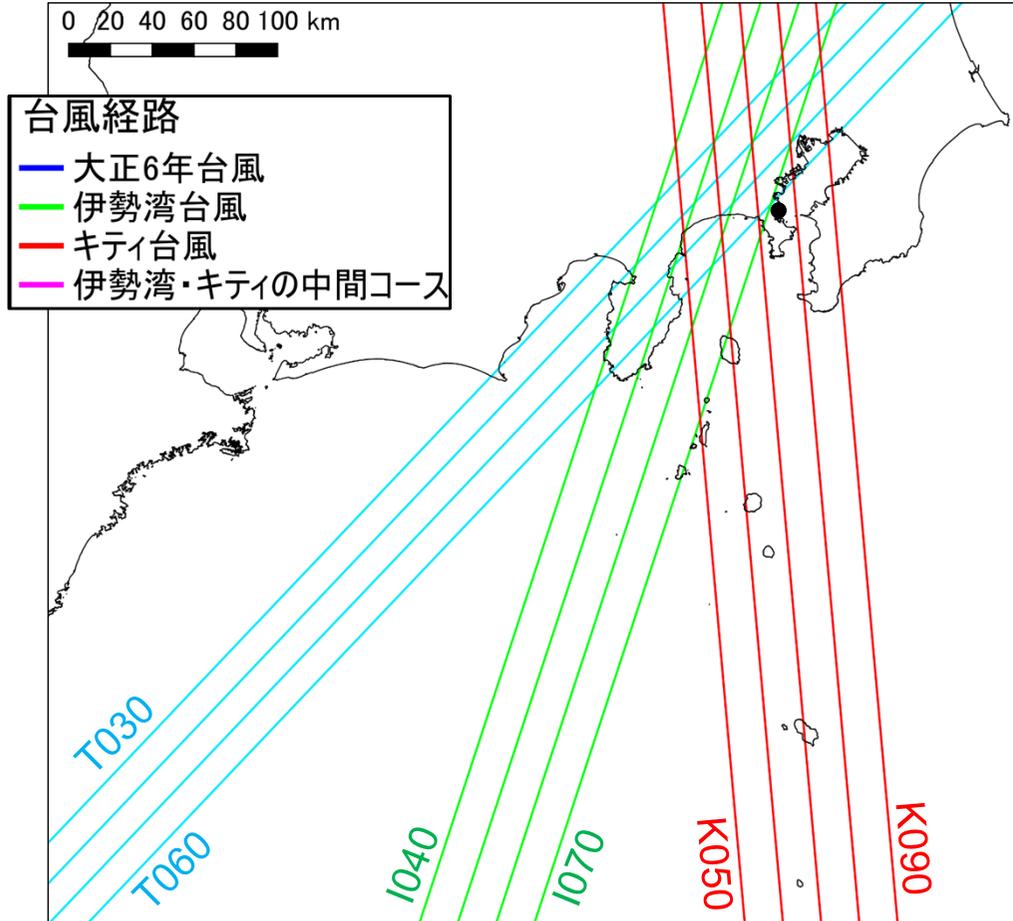


点検の視点②(波浪) 感度分析シミュレーション:対象台風

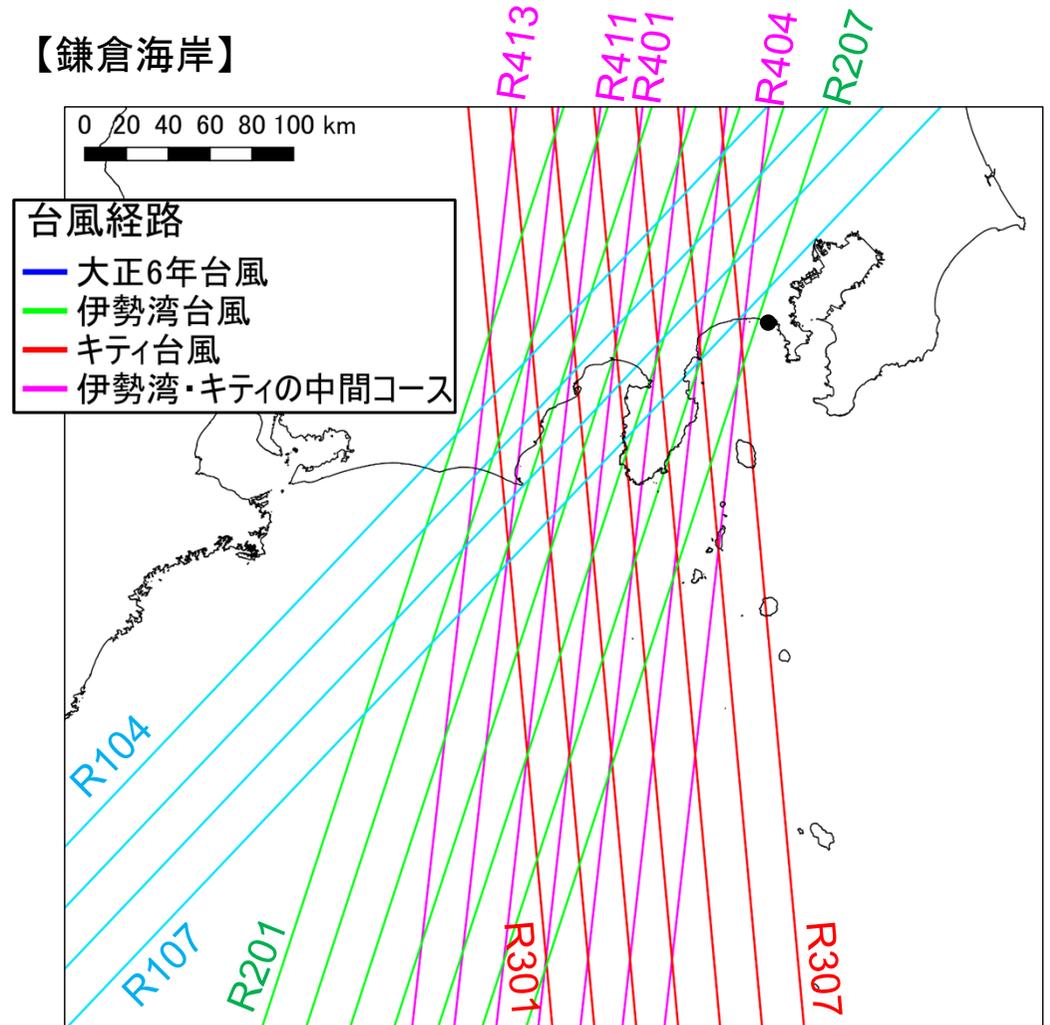
○ 神奈川県による検討結果より、対象海岸直上を通るコース～西に最大旋衡風速半径程度平行移動したコースの間に、対象海岸で波高または潮位偏差が大きくなるコースが存在する。本検討では、神奈川県による想定台風経路の候補のうち、波高・周期が大きくなる以下のコースを対象とした。

- 金沢区福浦:大正6年台風(4コース)、伊勢湾台風(4コース)、キティ台風(5コース)
- 鎌倉海岸:大正6年台風(4コース)、伊勢湾台風(7コース)、キティ台風(7コース)、中間コース(7コース)

【金沢区福浦】



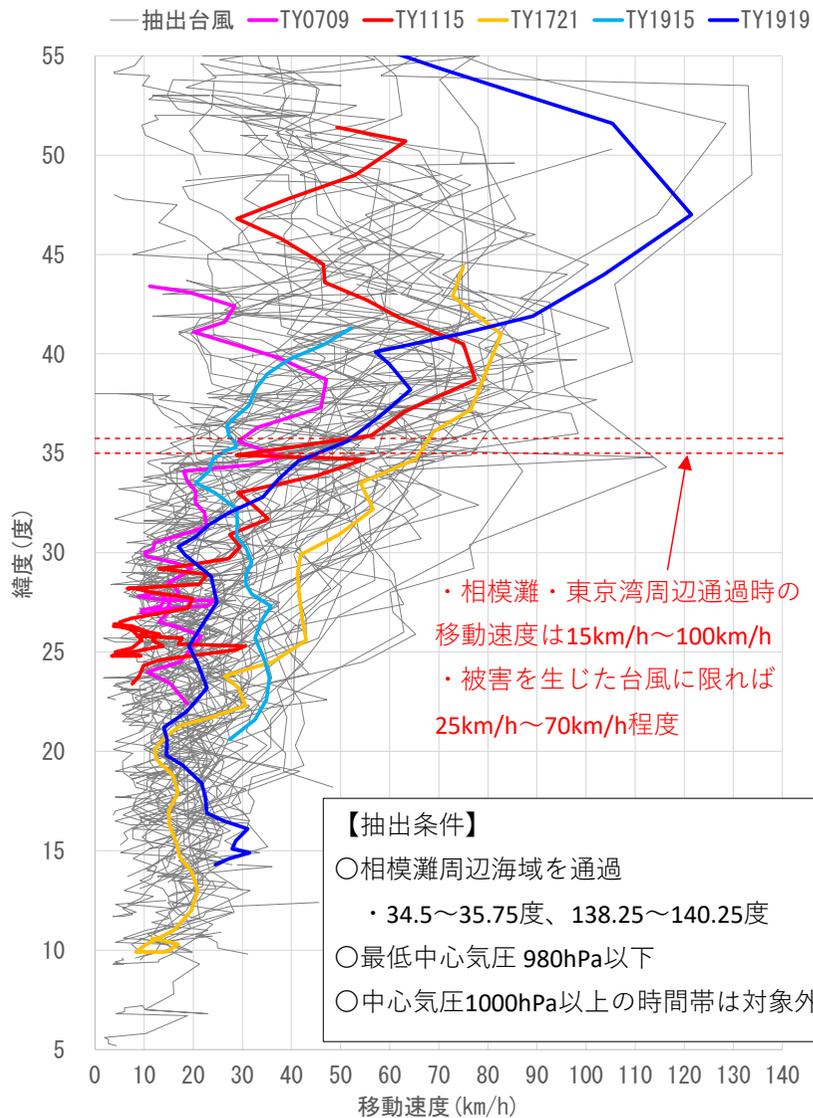
【鎌倉海岸】



点検の視点②(波浪) 感度分析シミュレーション: 台風速度

- 気象庁ベストトラックデータより、対象地区周辺を通過した実績台風を抽出した。
- 抽出した台風の、相模灘・東京湾周辺通過時の速度を参考に、20km/h、30km/h、73km/hの3通りの移動速度を設定した。

【抽出した実績台風の移動速度-緯度分布】



【実績台風の抽出範囲】

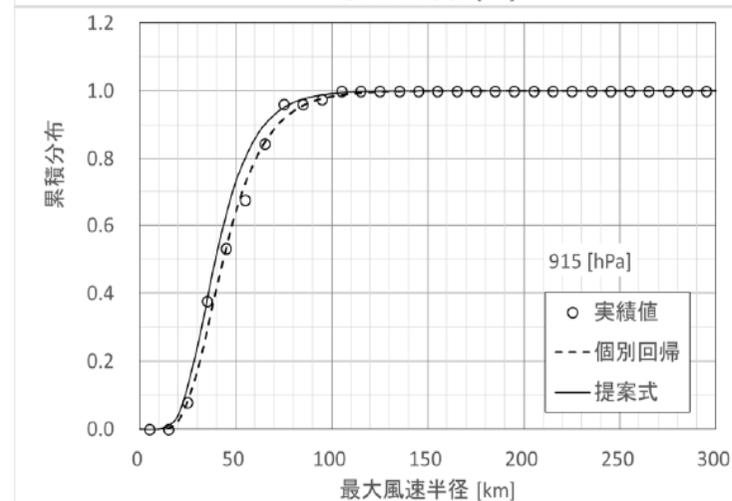
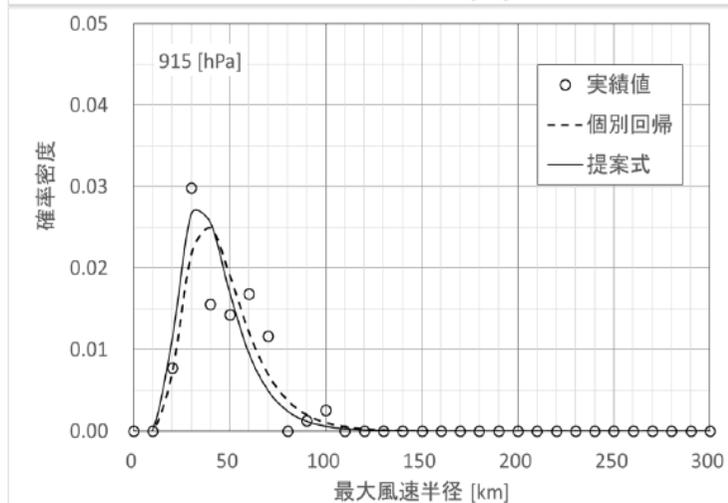
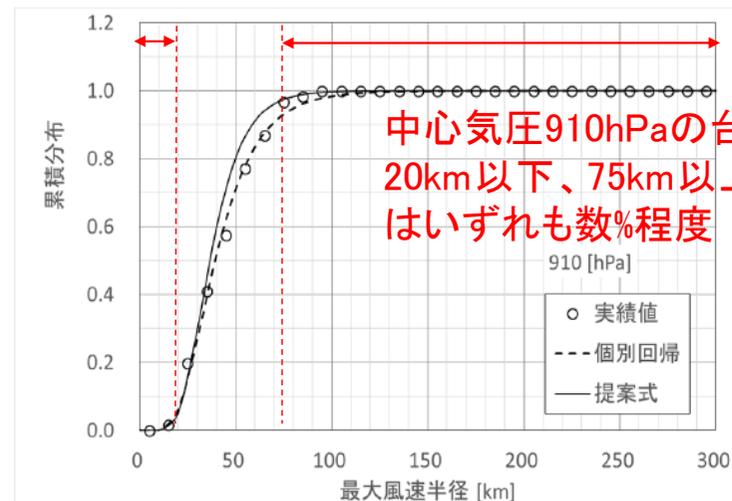
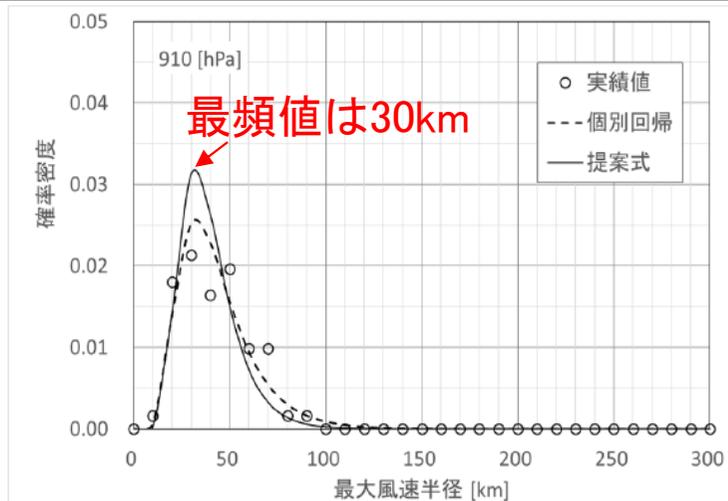


点検の視点②(波浪) 感度分析シミュレーション: 台風半径

○ 本多・鮫島(2018)の実績台風に対する統計分析により、中心気圧が910hPaの場合は以下のことが言える。

- 最大旋衡風速半径が20km以下となるのは全体の数%
- 最大旋衡風速半径が75km以上となるのも全体の数%
- 最大旋衡風速半径の最頻値は30km

→20km、30km、75km の3通りを設定した。



(出典)本多和彦・鮫島和範(2018): 台風の中心気圧と最大風速半径の関係式の確率評価、国土技術政策総合研究所資料、No.1040、p.29.

点検の視点②(波浪) 感度分析シミュレーション: 計算条件

○ 計算条件は「高潮浸水想定区域図作成の手引き、ver1.10」に準拠して設定した。

【計算条件】

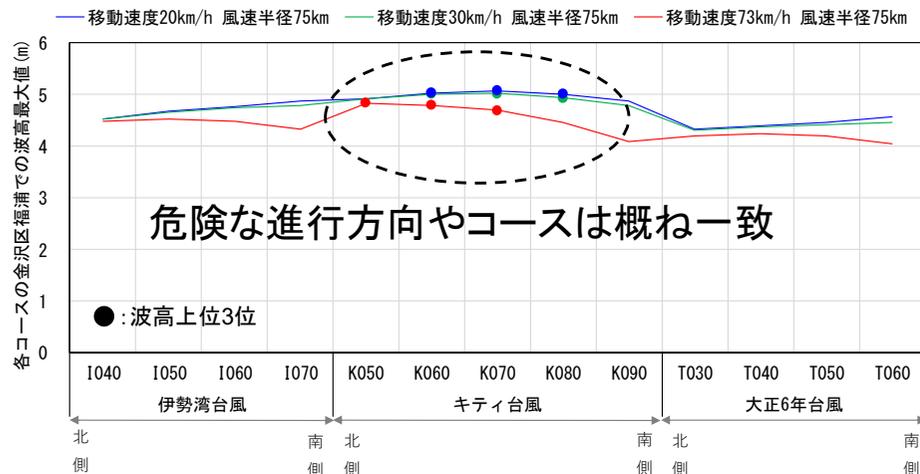
項目		設定
計算手法	風・気圧推算	台風モデル(Myers式)
	波浪	スペクトル法 (SWAN[ver41.31A])
	高潮(海域)	非線形長波方程式(風、気圧、波浪の影響を考慮)
台風条件		①横浜市金沢区福浦:117ケース(13コース×3移動速度×3風速半径) ②神奈川県鎌倉海岸:225ケース(25コース×3移動速度×3風速半径)
潮位条件		高潮浸水想定で採用された潮位条件(朔望平均満潮位+異常潮位で一定) ①横浜市金沢区福浦:T.P.+1.04m ②神奈川県鎌倉海岸:T.P.+0.99m
風推算条件	風の変換係数	$C1=C2=0.75$
	吹き込み角	30度
波浪推算条件	計算格子間隔	・格子間隔に対する感度分析を行い、沿岸の潮位偏差や波高を十分な精度で再現できるメッシュサイズを採用:21870m⇒7290m⇒2430m⇒810m⇒270m⇒90m
	計算時間間隔	300s
	周波数・方向分割数	方向分割数:24 ($\delta\theta=15^\circ$) 周波数分割数:25 ($f=0.05\sim0.5$, $\delta f=0.1f$)
	波浪発達・減衰白波砕波モデル	KOMEN(1980)のモデル
高潮推算条件	格子間隔	・格子間隔に対する感度分析を行い、沿岸の潮位偏差や波高を十分な精度で再現できるメッシュサイズを採用:2430m⇒810m⇒270m⇒90m
	計算時間間隔	C.F.L.条件を満足するように設定
	海面抵抗係数	本多・光易(1980)の方法を基本とし、風速45m/s以上については定数を一定とした

点検の視点②(波浪) 台風の移動速度の感度分析(波高)

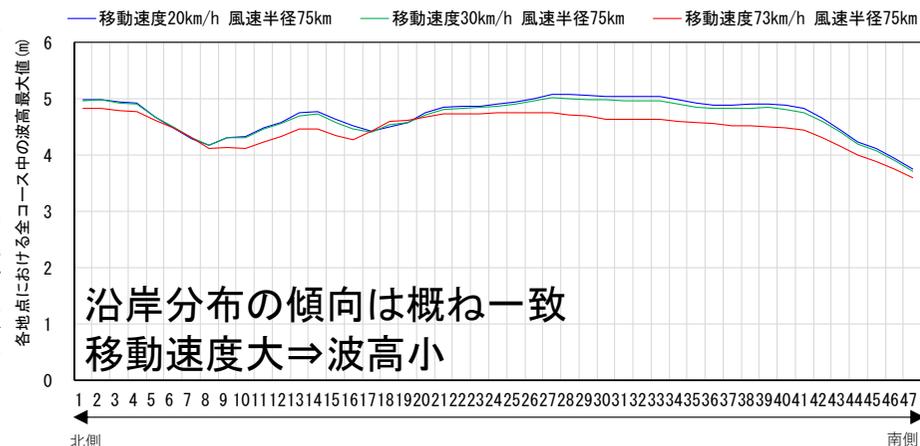
- 金沢区福浦では速度大⇒波高小、鎌倉海岸では速度大⇒波高大であった。
- 移動速度が変化しても、各海岸で波高が大きくなる進行方向やコースは大きく変化しなかった。
- 移動速度が変化しても、波高の沿岸分布の傾向は変化しなかった。

【金沢区福浦】

全地点中の最大波高

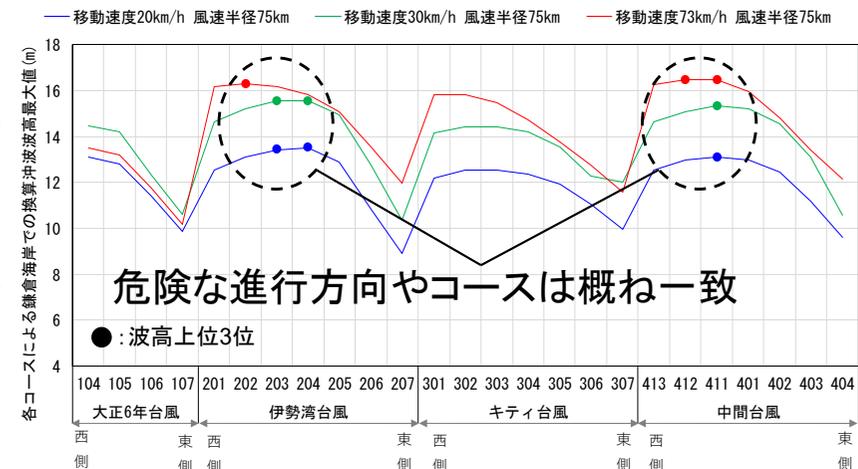


全コース中の最大波高

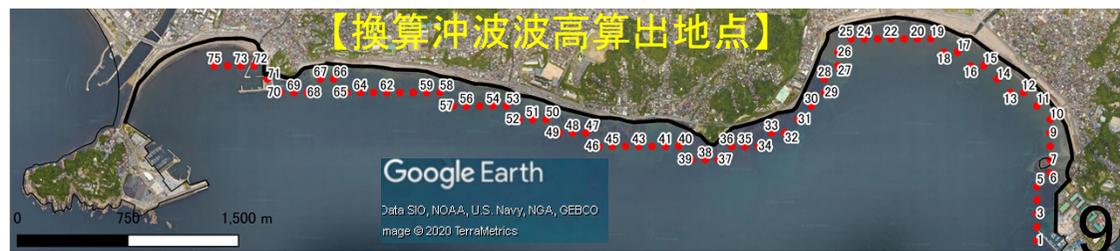
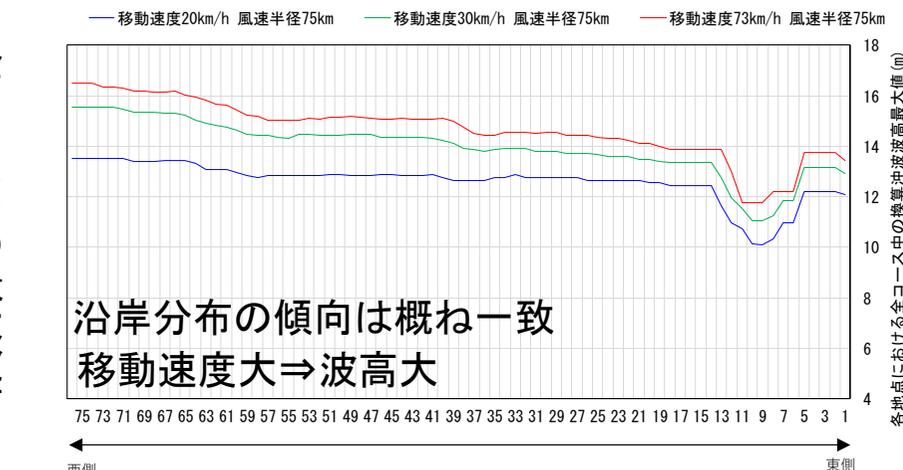


【鎌倉海岸】

全地点中の最大波高



全コース中の最大波高

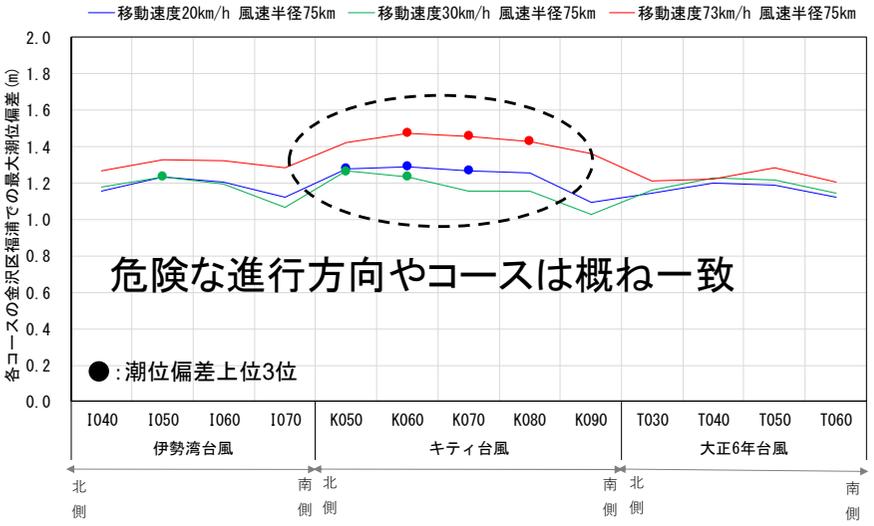


点検の視点②(波浪) 台風の移動速度の感度分析(潮位偏差)

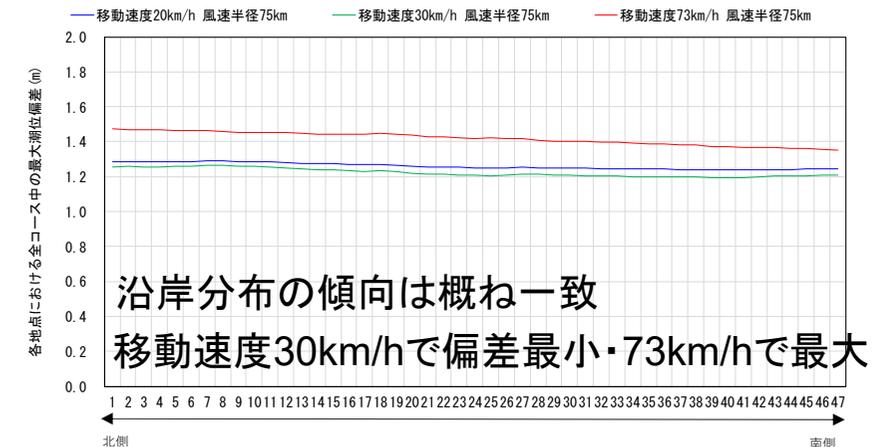
- 台風の移動速度に伴って潮位偏差が一様に増加または減少するとは限らない。
- 移動速度が変化しても、各海岸で潮位偏差が大きくなる進行方向・コースは概ね変化しなかった。
- 移動速度が変化しても、潮位偏差の沿岸分布の傾向は変化しなかった。 ※堤防高はいずれもT.P.+4.0m以上であり、越流は生じない

【金沢区福浦】

全地点中の最大潮位偏差

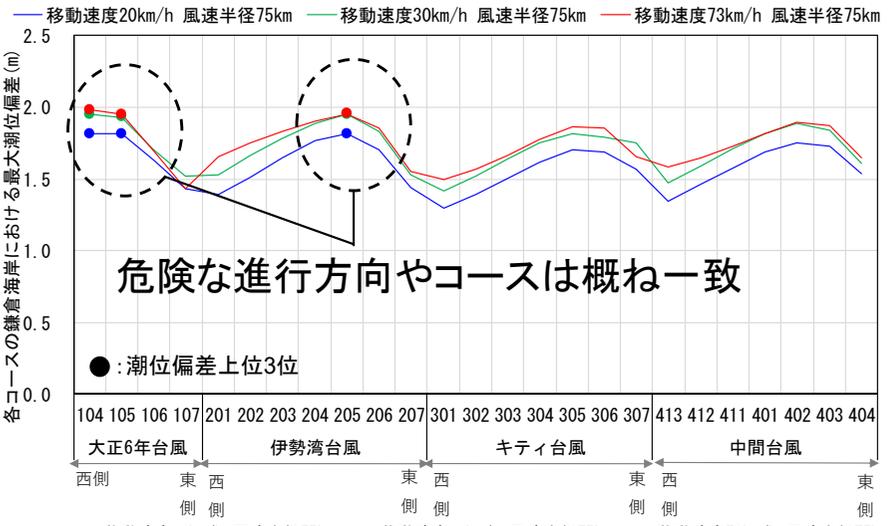


全コース中の最大潮位偏差

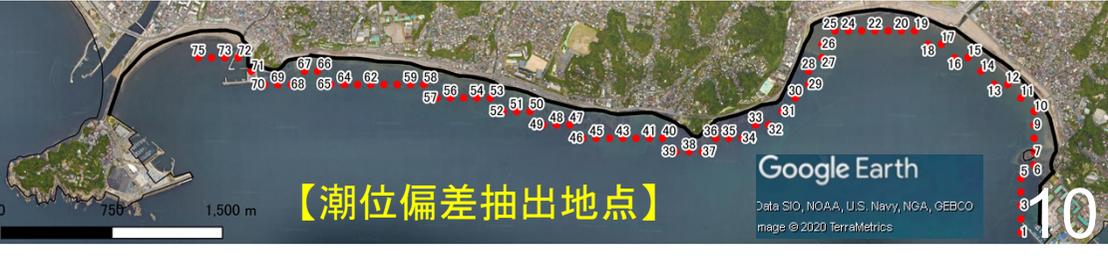
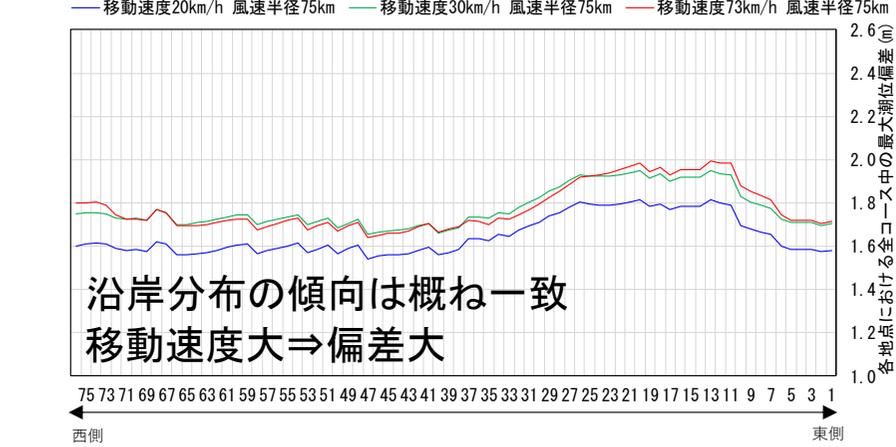


【鎌倉海岸】

全地点中の最大潮位偏差



全コース中の最大潮位偏差

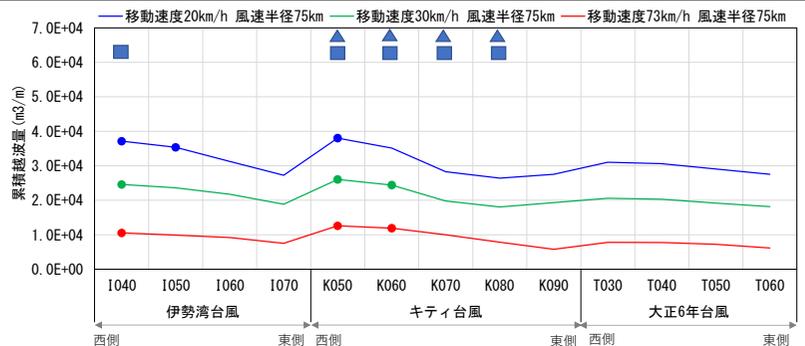


点検の視点②(波浪)台風の移動速度の感度分析(累積越波量)

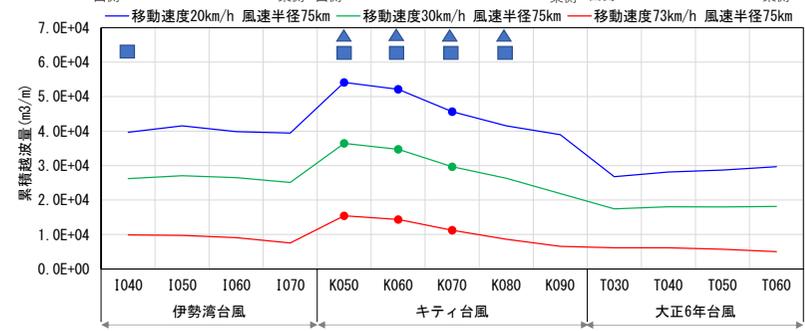
- 主に波高が大きくなる進行方向・コース(▲で示したコース)で累積越波量が大きくなった。
- 台風の移動速度が小さい程、累積越波量は大きくなりやすかった。越波継続時間が速度に反比例して増加するためと考える。

【金沢区福浦】

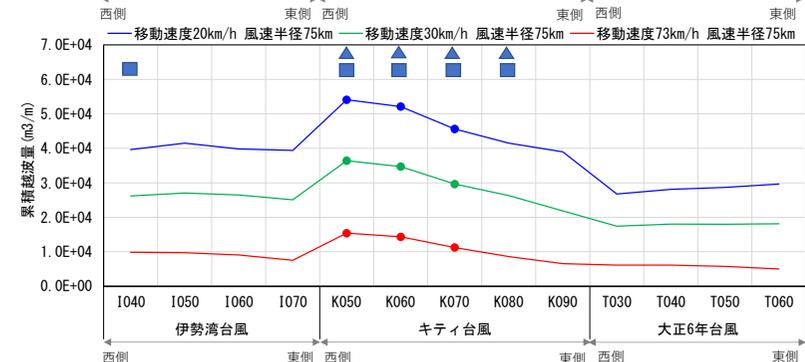
断面1



断面2

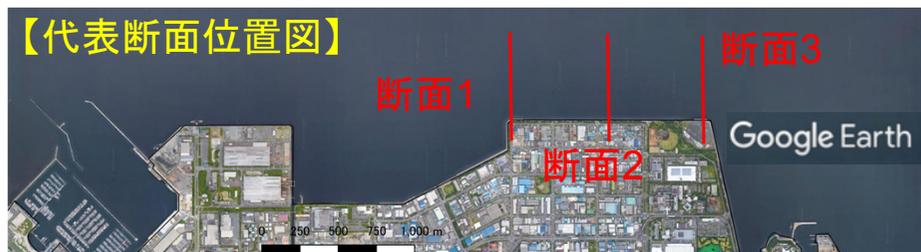


断面3



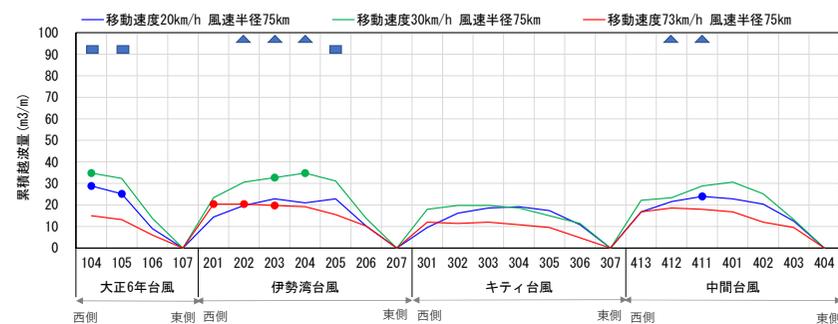
- ▲ : 波高上位3位
- : 偏差偏差上位3位
- : 累積越波量上位3位

【代表断面位置図】

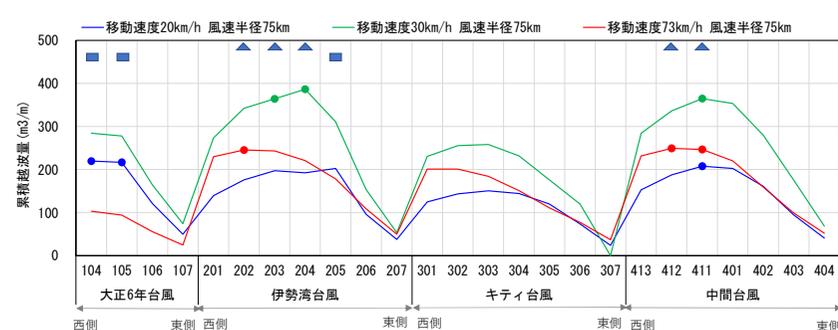


【鎌倉海岸】

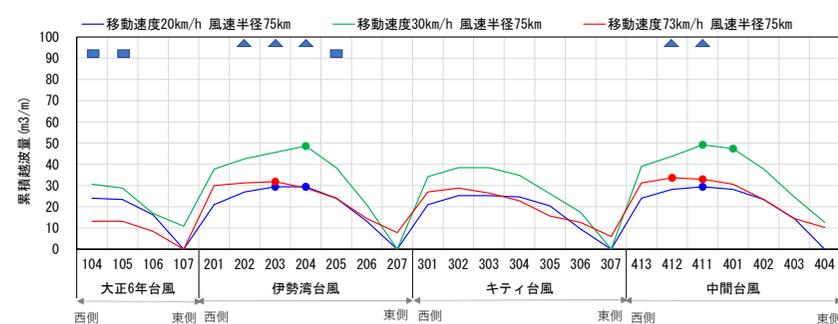
断面1



断面2

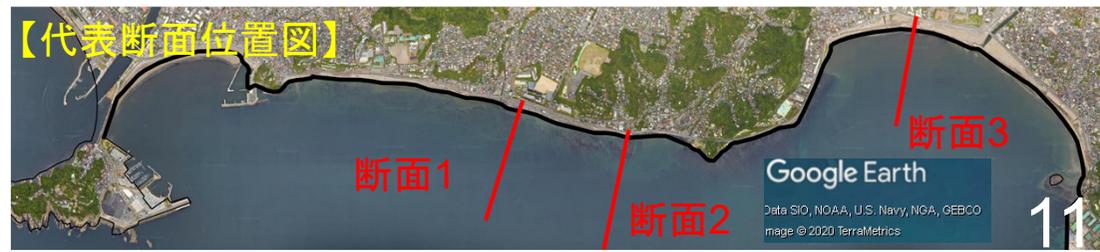


断面3



- ▲ : 波高上位3位
- : 潮位偏差上位3位
- : 累積越波量上位3位

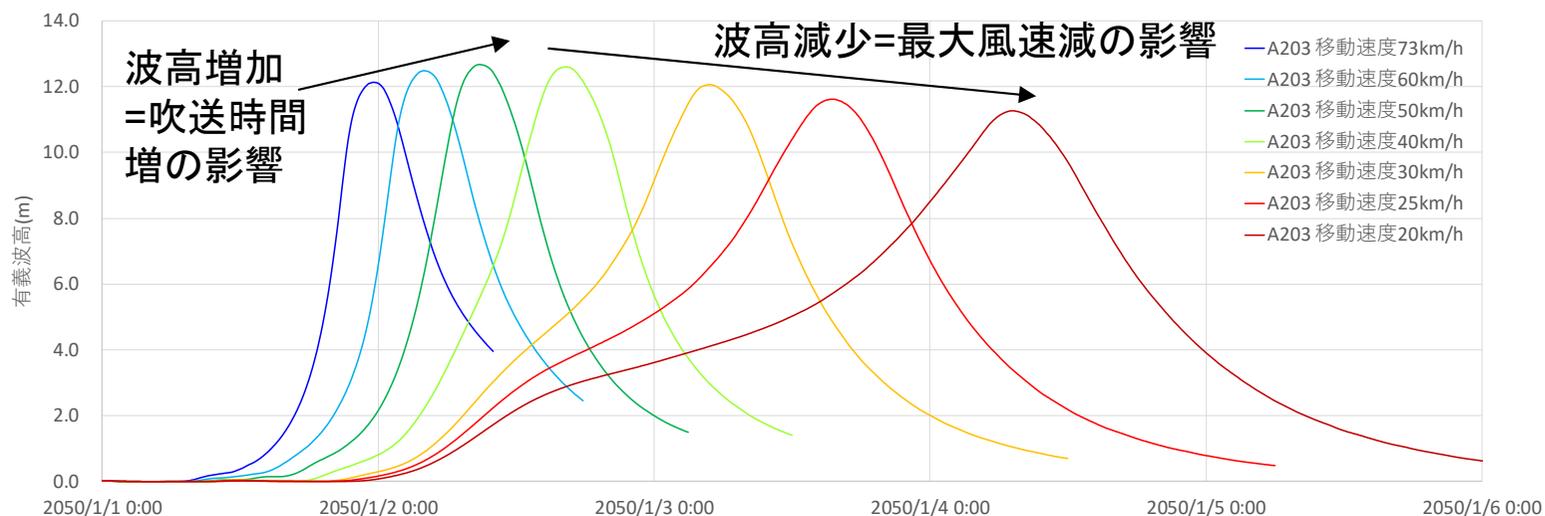
【代表断面位置図】



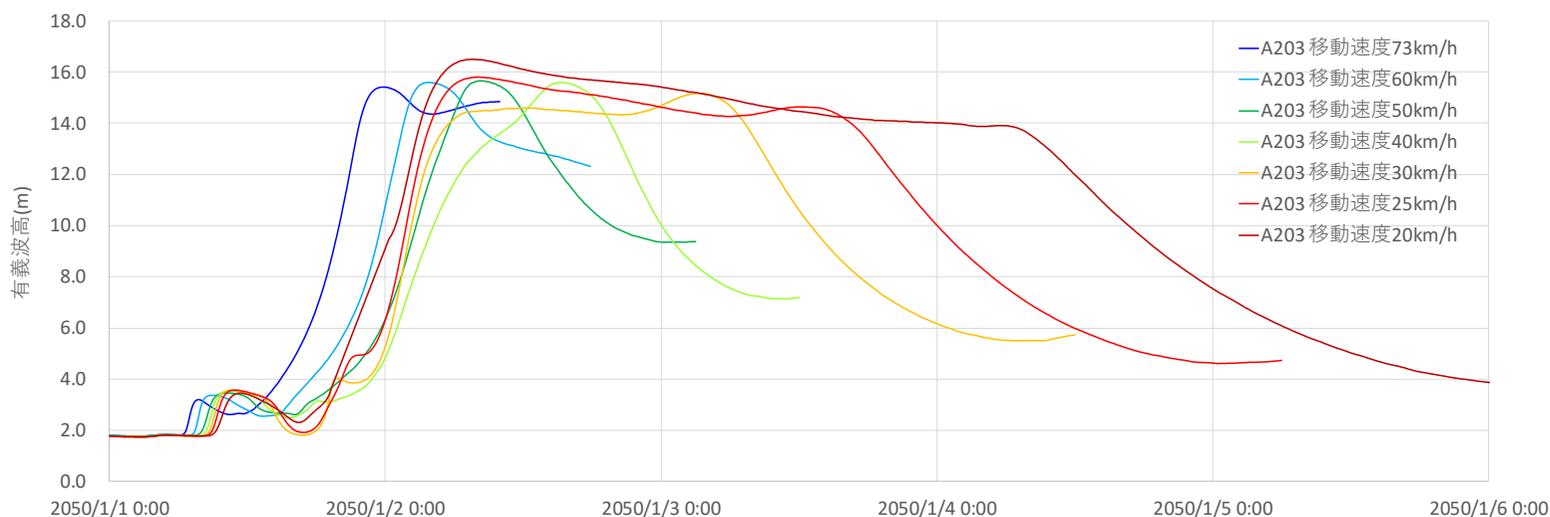
点検の視点②(波浪) 移動速度による波高・周期の変化に関する補足検討

- 伊勢湾台風(R203)を対象に、移動速度を20km/hから73km/hまで変化させた場合の追加シミュレーションを行い、相模灘鎌倉沖(水深20m)での波高、周期の時系列を整理した。
- 鎌倉沖では、台風の移動速度40km/h~50km/hの場合に最大波高が最も大きくなった。台風の移動速度の増減に伴って、波高が一様に増減するわけではないことが分かる。

有義波高



有義波周期



点検の視点②(波浪)台風の移動速度に関する感度分析結果のまとめ

【台風の移動速度と波高・潮位偏差の関係】

- 波高や潮位偏差が大きくなる進行方向やコースは、台風の移動速度によって大きく変化しない。
- 波高や潮位偏差の沿岸分布の傾向は、台風の移動速度によって大きく変化しない。
- 移動速度を大きくすることで、波高や潮位偏差が一様に増加又は減少するとは限らない。

【台風の移動速度と累積越波量の関係】

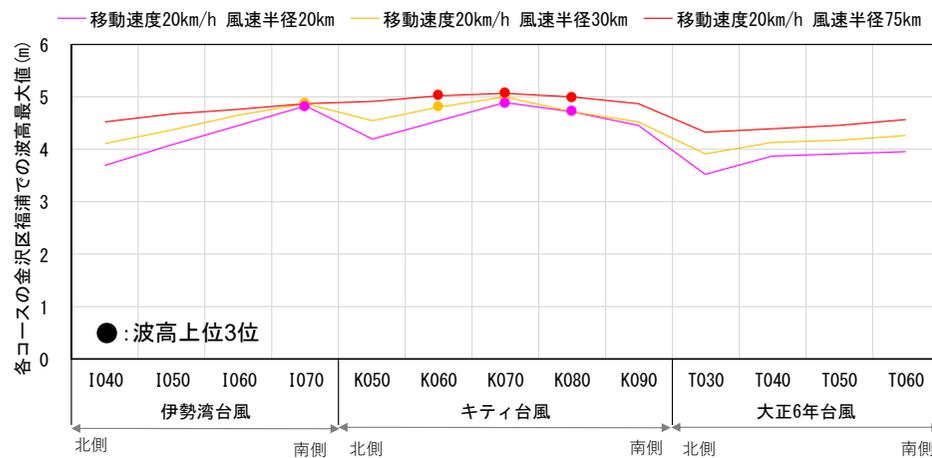
- 波高や潮位偏差が大きくなる進行方向・コースでは、累積越波量も大きくなりやすい。
- 越波の継続時間は移動速度に反比例するため、移動速度が小さい程、累積越波量は大きくなりやすい。(例えば、鎌倉海岸では台風の移動速度が73km/hの場合の波高・潮位偏差が最大であったが、累積越波量が最も大きいのは移動速度30km/hの場合である)
- 台風の移動速度を変えても、累積越波量が大きくなる進行方向・コースは変わらない。

点検の視点②(波浪) 最大旋衡風速半径の感度分析(波高)

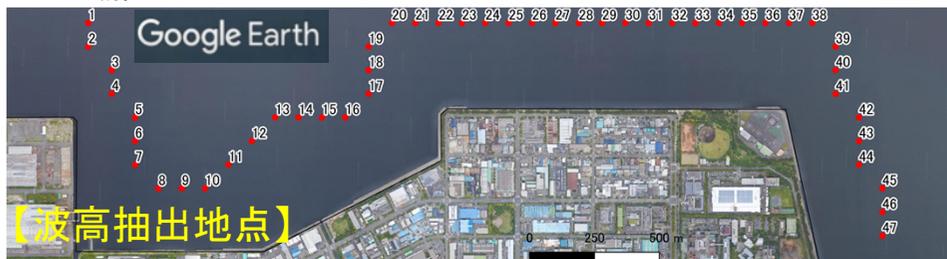
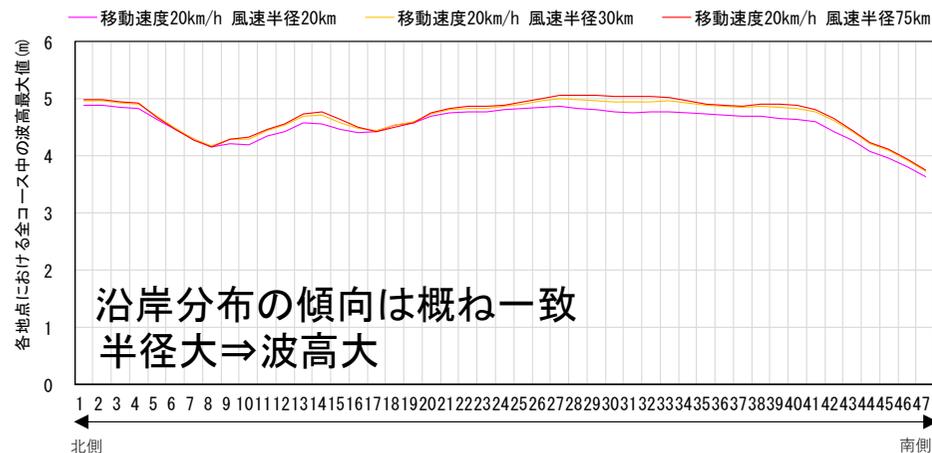
- 各海岸で最も波高が大きくなった移動速度(福浦:20km/h、鎌倉海岸:73km/h)について、風速半径を変えた場合の波高分布を整理した。
- 風速半径が小さくなるほど、波高が小さくなる傾向が確認できた。風速半径を小さくしても、最大風速は大きく変化せず(気圧傾度力の増加分が遠心力の増加分で概ね相殺される)、風域が狭くなるのみであるためと考える。

【金沢区福浦】

全地点中の最大波高

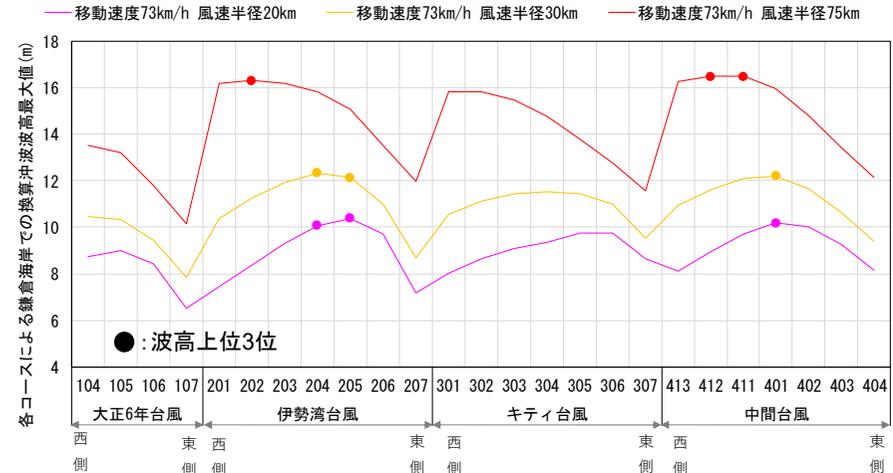


全コース中の最大波高

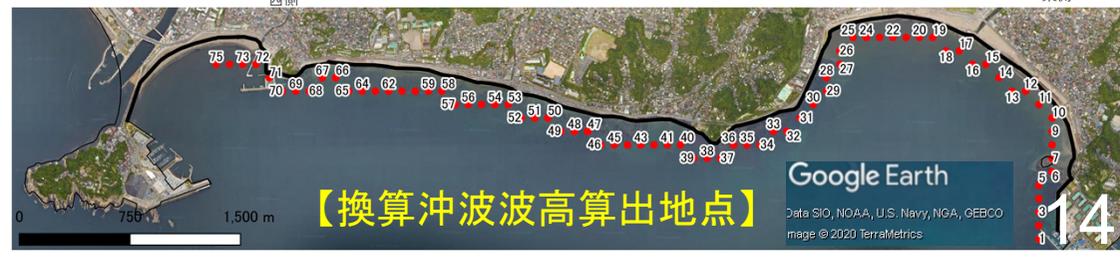
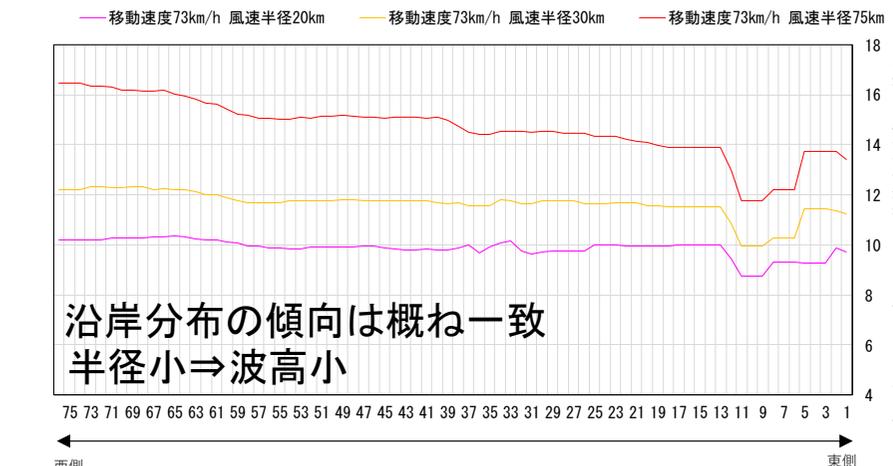


【鎌倉海岸】

全地点中の最大波高



全コース中の最大波高



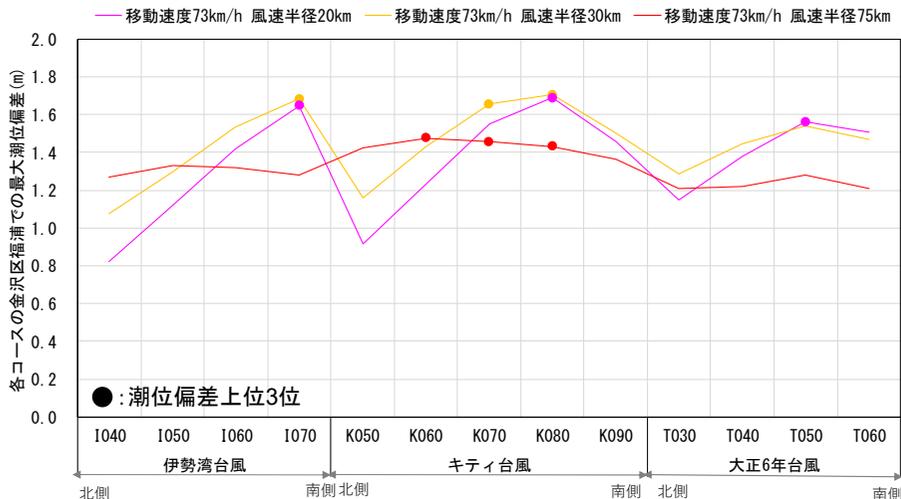
点検の視点②(波浪) 最大旋衡風速半径の感度分析(潮位偏差)

各海岸で最も潮位偏差が大きくなった移動速度(73km/h)について、風速半径を変えた場合の潮位偏差の分布を整理した。

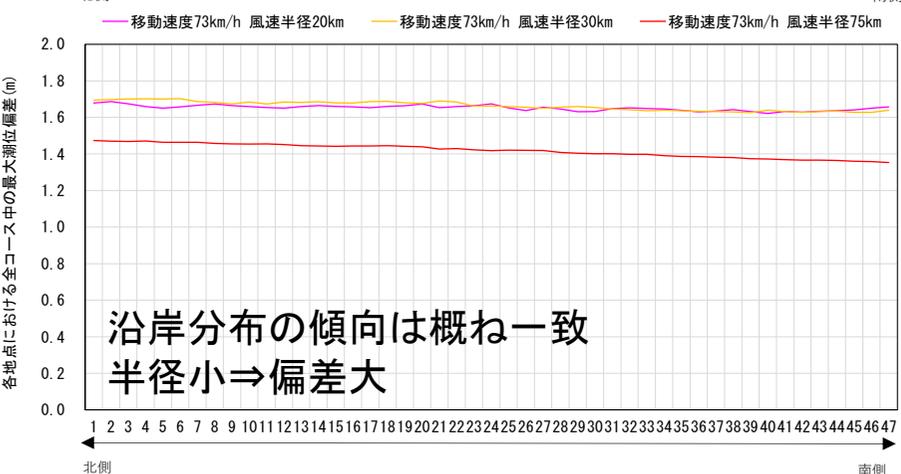
- 福浦地区では風速半径が小さい程潮位偏差が大きくなったが、鎌倉海岸では風速半径が大きい程潮位偏差が大きくなった。
- 潮位偏差の沿岸分布の傾向は風速半径を変えても大きく変化しなかった。 ※堤防高はいずれもT.P.+4.0m以上であり、越流は生じない

【金沢区福浦】

全地点中の最大潮位偏差

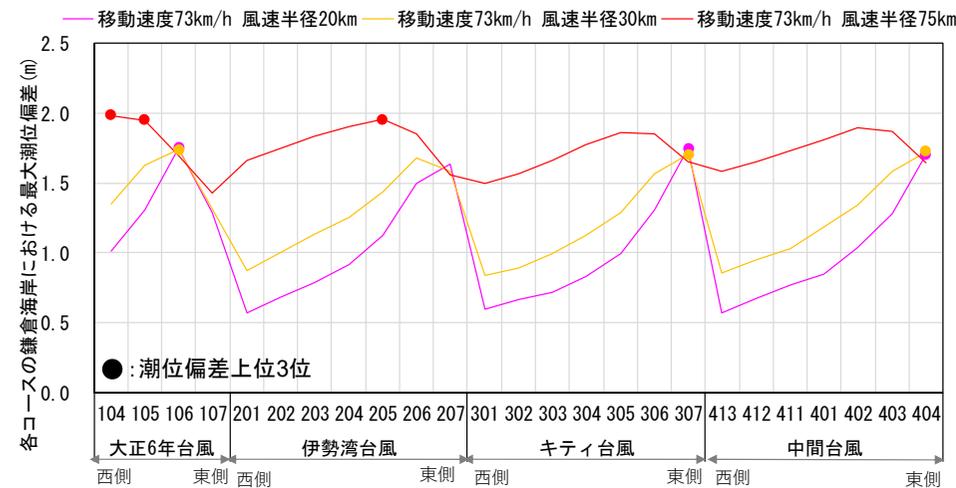


全コース中の最大潮位偏差

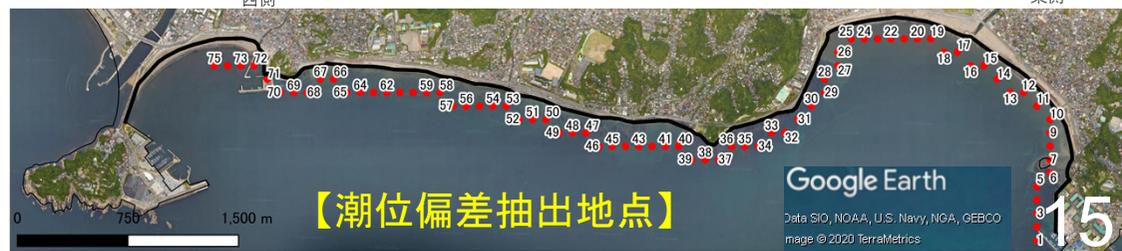
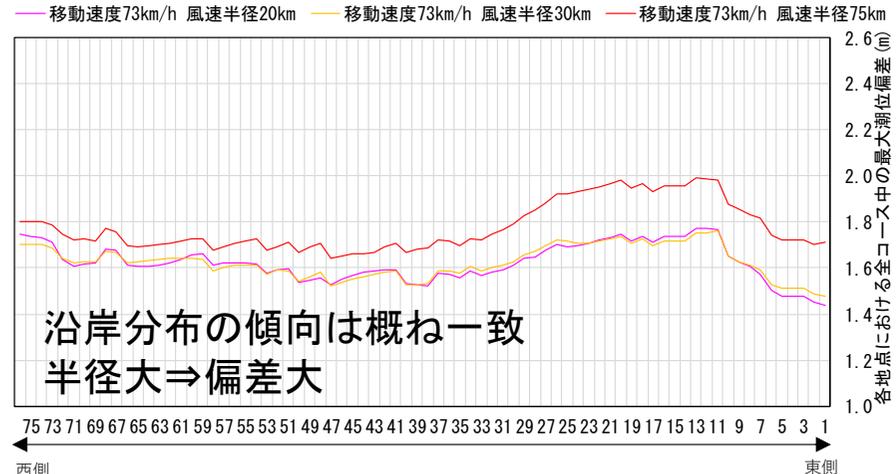


【鎌倉海岸】

全地点中の最大潮位偏差

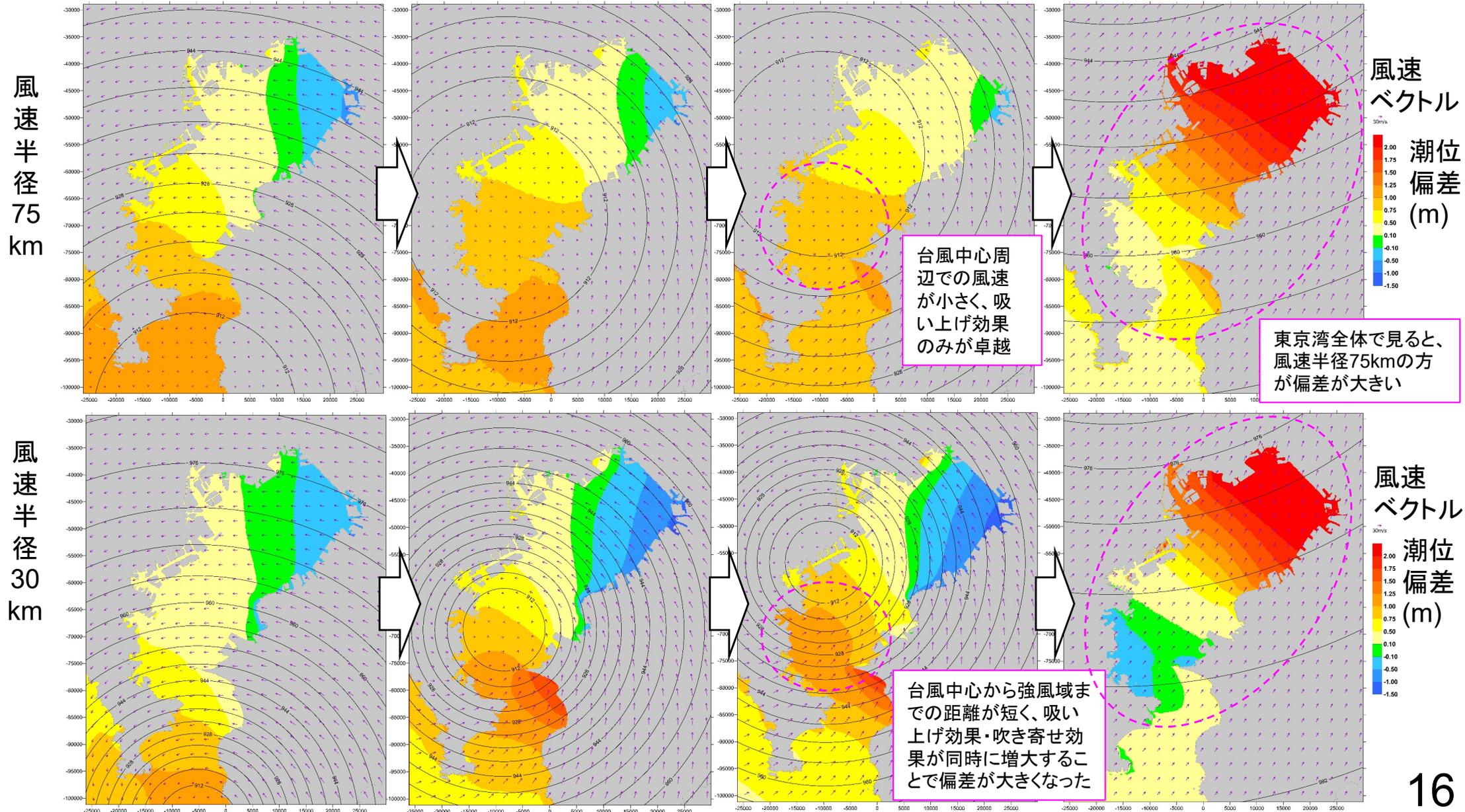


全コース中の最大潮位偏差



点検の視点②(波浪) 最大旋衡風速半径の感度分析(潮位偏差)

- あキティ台風(K080)について、風速半径75km・30kmの場合の東京湾での気圧・風・潮位偏差分布の時刻歴を整理した。
- 風速半径30kmのケースでは、台風中心と強風域までの距離が短いため、吸い上げと吹き寄せが同時に増大することで、潮位偏差が風速半径75kmの場合よりも大きくなったと考える。



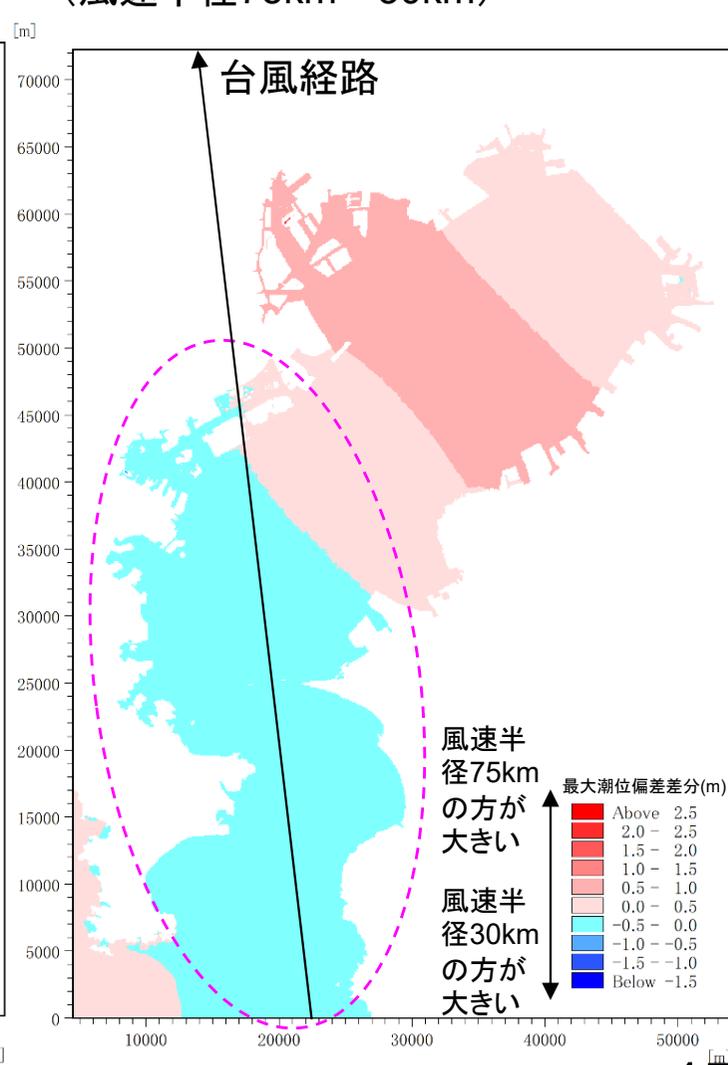
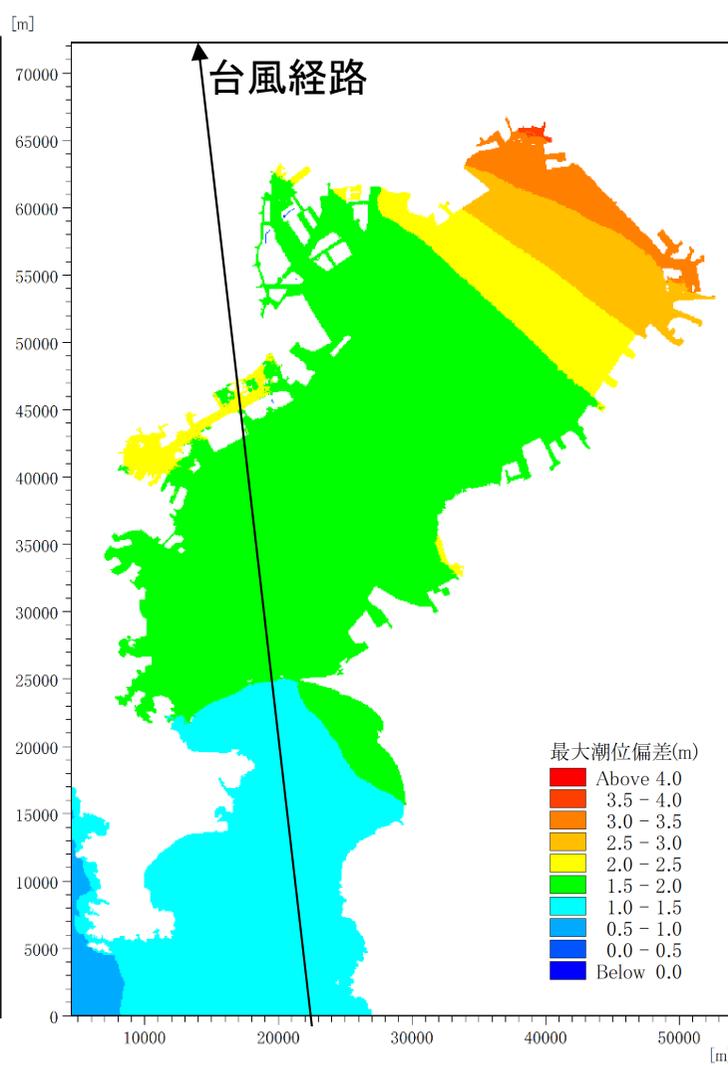
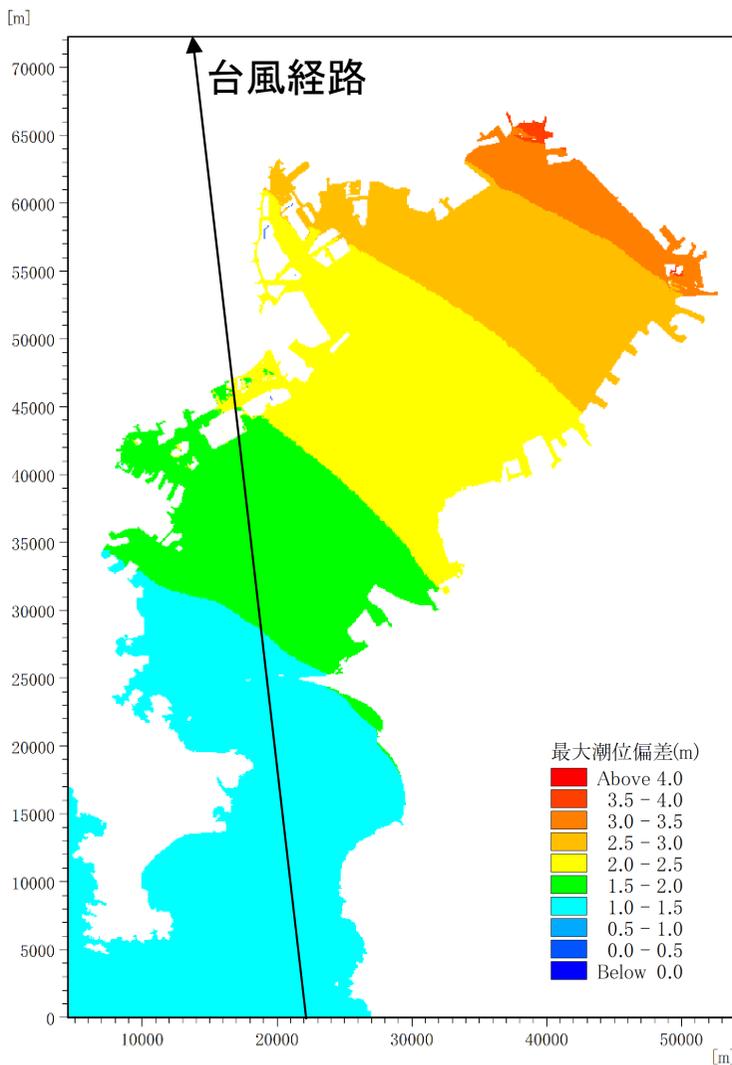
点検の視点②(波浪) 最大旋衡風速半径の感度分析(潮位偏差)

- キティ台風(K080)について、風速半径30km・75kmの場合の東京湾での最大潮位偏差の差分を整理した。
- 風速半径30kmの潮位偏差の方が大きくなるのは、台風の通過経路周辺のみであることが分かる。

最大潮位偏差(風速半径75km)

最大潮位偏差(風速半径30km)

最大潮位偏差差分
(風速半径75km - 30km)

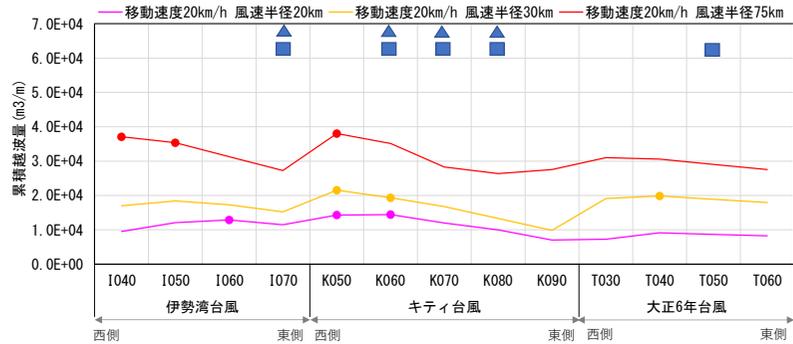


点検の視点②(波浪) 最大旋衡風速半径の感度分析(累積越波量)

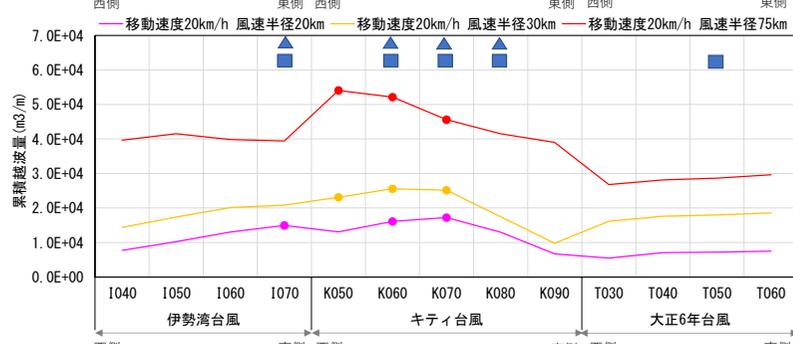
○ 台風半径が大きい程、累積越波量が大きくなった。風速半径が大きくなるほど風域が広がり、波高及び高波継続時間が増加するためである。福浦で波高・潮位偏差が比較的小さいK050の越波量が卓越するのは、高波の継続時間が長いためである。

【金沢区福浦】

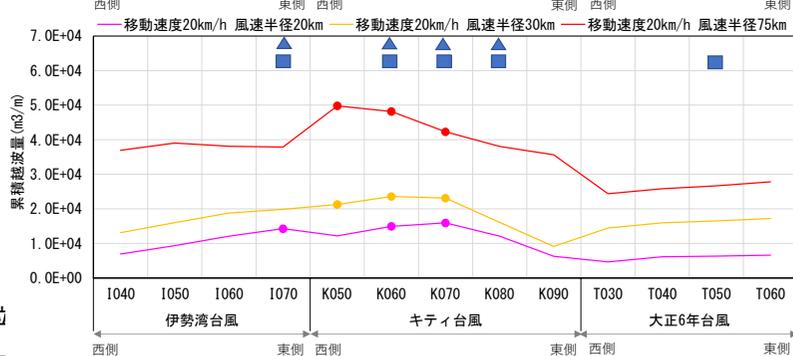
断面1



断面2

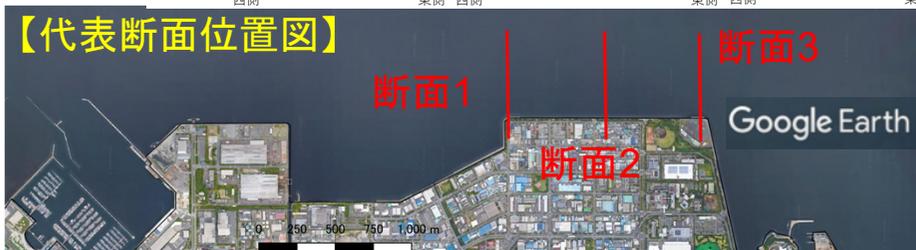


断面3



- ▲ : 波高上位3位
- : 潮位偏差上位3位
- : 累積越波量上位3位

【代表断面位置図】

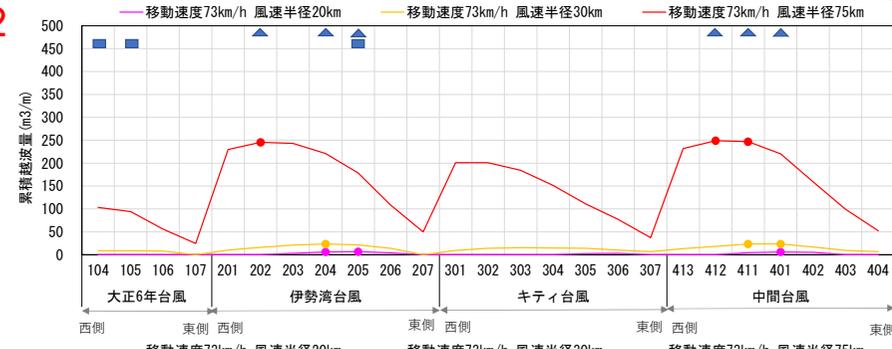


【鎌倉海岸】

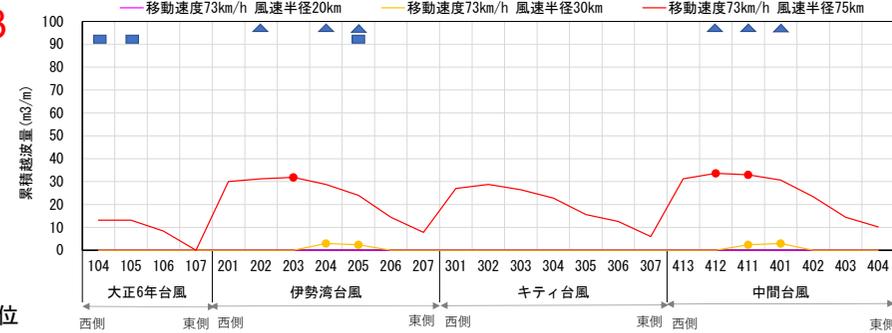
断面1



断面2

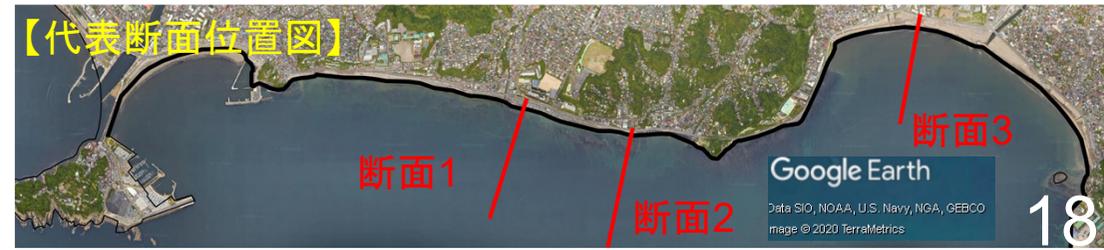


断面3



- ▲ : 波高上位3位
- : 潮位偏差上位3位
- : 累積越波量上位3位

【代表断面位置図】



点検の視点②(波浪) 最大旋衡風速半径に関する感度分析結果のまとめ

【台風の最大旋衡風速半径と波高・潮位偏差の関係】

- 台風の最大旋衡風速半径が小さくなると、沿岸の波高も小さくなる。
- 台風の最大旋衡風速半径が小さくなれば、基本的には沿岸の潮位偏差も小さくなると思われる。しかし、東京湾の湾口といった狭隘な海域の直上を台風が通過する。場合等は、最大旋衡風速半径が小さい方が潮位偏差が大きくなる場合がある。

【台風の最大旋衡風速半径と累積越波量の関係】

- 台風の最大旋衡風速半径が小さくなると、風域が小さくなることで、波高が小さくなるとともに高波の継続時間も短くなるため、累積越波流量は小さくなる。なお、金沢区福浦では、風速半径を小さくすることで潮位偏差が0.2m程増加したが、一方で波高は平均で0.3m程度低下し、結果として累積越波量は小さくなった。

点検の視点②(波浪) 点検結果: 想定台風選定方法について

【①対象経路の検討】

- 潮位偏差、波高等が大きくなる経路を高潮シミュレーションで抽出
 - 移動速度: 73km/h
 - 最大旋衡風速半径: 75km
 - 中心気圧: 現行の手引き通り
 - 台風経路: 10km間隔程度で平行移動



【②移動速度の検討】

- ①で抽出した複数経路について、移動速度を変えた高潮シミュレーションを実施する。代表断面における累積越波量などを指標とし、最も危険となる移動速度を設定する。
 - 移動速度: 3パターン程度(実績台風を踏まえ設定)
 - 最大旋衡風速半径: 75kmを基本とする
 - 中心気圧: 現行の手引き通り
 - 台風経路: ①で抽出した複数経路

- 現行の手引き通りの方法
- 抽出コースは、進入角度上位3位×進行位置上位3経路程度
- 越波量・越流量の大小は、高波・高潮継続時間にも依存する。したがって、波高・潮位偏差が最大となる経路で越波量も最大となるとは限らない。これを踏まえ、波高・潮位偏差が上位の経路の隣接経路も抽出する等、多めに経路を抽出しておく必要がある。
- 沿岸にとって危険となる進行方向・コースは、移動速度によって大きく変化しない。したがって、代表的な経路のみを対象に移動速度の感度分析を行えばよい。
- 本検討で対象としたような、越波による浸水が卓越する海岸では、最大旋衡風速半径を小さくすれば越波量も小さくなると考えられる。したがって、最大旋衡風速半径は手引きの設定値を基本としてよい。

点検の視点③ 越波の分散範囲の検討

- 越波の分散範囲は、高田(1972)による越波の飛散分布の推定式で近似的に計算できる。
- 高田(1972)による越波の飛散分布の式は規則波を外力とした越波の水理模型実験の結果に対する考察から導いたものであるが、うちあげ高 R に不規則波の最大うちあげ高 R_{max} を代入することで、不規則波の越波の分散範囲を計算できる。
- 打ち上げ高 R_{max} は、玉田ら(2015)の式などで推定できる。

【高田の式:越波の分散範囲を計算】

ある。以上より天端水平面上に落下する最大の飛散距離 l_q と波の打ち上げ高 R との関係は次のような一般式で近似的に示される。

$$l_q = (R - H_c) \{ a \cot \theta + b (\cot \theta_c - \cot \theta) \} \dots \dots (5)$$

ここに、 a および b は実験定数である。

(出典) 高田彰:越波の飛散分布について、海岸工学講演会論文集、1972

- l_q : 天端水平面上における越波の最大飛散距離
- R : 護岸が無限壁であった場合の波の打ち上げ高
- H_c : 護岸天端高
- θ : 護岸の法勾配
- θ_c : R/H_0 を最大とする臨界法面勾配(H_0 は換算沖波波高)
- a, b : 実験定数

【玉田らの式:最大うちあげ高を計算】

$$(R_{max})_{99\%,100} = 2.15 R_s = 1.54 R_{2\%}$$

最大打ち上げ高

$$R_{2\%} / H_0' = 2.99 - 2.73 \exp(-0.57 \tan \beta / \sqrt{H_0' / L_0})$$

$$\tan \beta = \frac{(h_b + R_{2\%})^2}{2A}$$

(出典) 玉田ら:CLASHデータセットに基づく打上げ・越波統合算定モデルの直立護岸への拡張、土木学会論文集B2(海岸工学)、Vol.71、No.2、I_847-I_852、2015.

- $(R_{max})_{99\%,100}$: 最大うちあげ高
- $R_{2\%}$: 2%最大うちあげ高
- H_0' : 換算沖波波高
- L_0 : 沖波波長
- $\tan \beta$: 海底勾配
- h_b : 碎波水深
- A : $R_{2\%} \sim h_b$ の2点間の実断面の面積

【式の適用範囲】

$$0 < \tan \beta / \sqrt{H_0' / L_0} < 6.0$$

$$0.009 < H_0' / L_0 < 0.06$$

$$-0.37 < h / H_0 < 0.53$$

点検の視点③ 越波の分散範囲の検討

- θ_c は高田(1968)より設定した。
- 係数 a, b については、論文中に明記されていないが、当論文の実験結果(論文中の図表からの読み取り値)を式に当てはめて、重回帰分析により推定できる。
- 下図の実験結果と高田(1972)の越波の飛散分布の式による推定値の比較を下図に示す。

【 θ_c の設定】

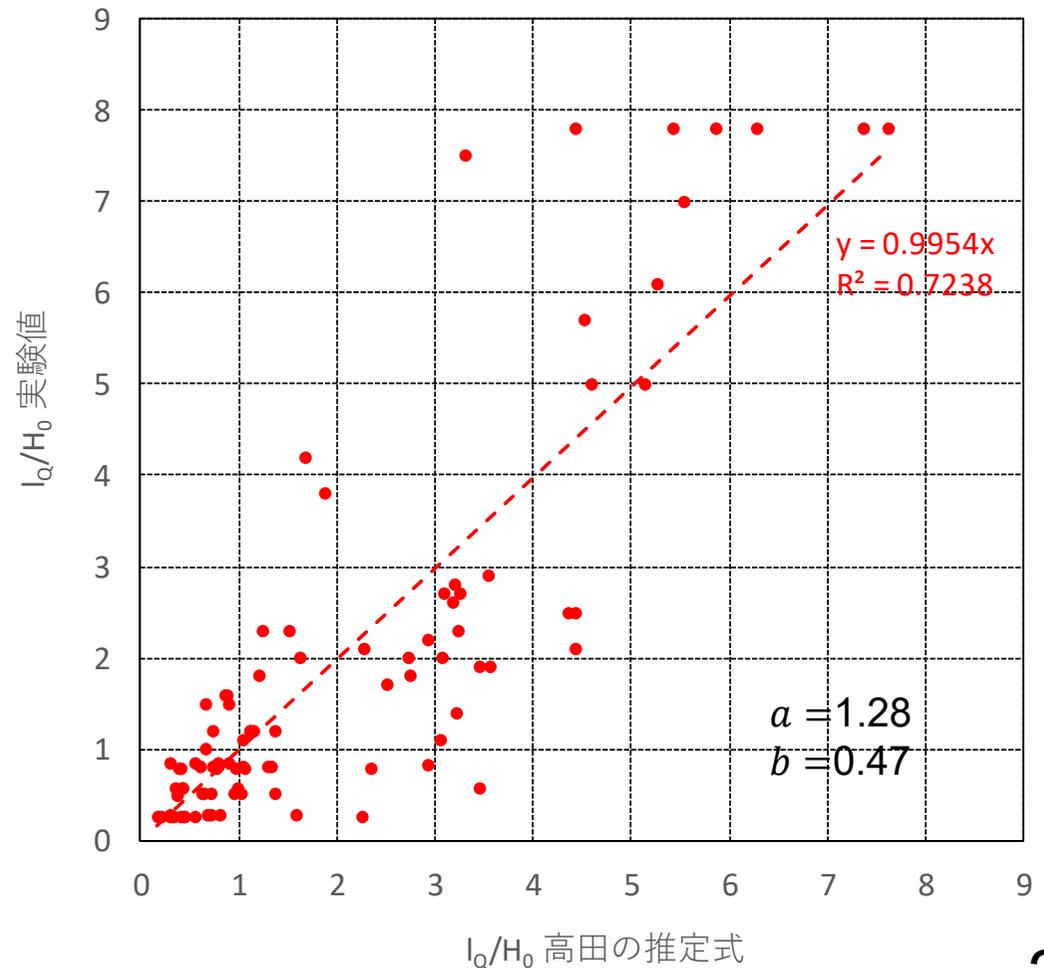
表-2 R/H_0 を最大にする臨界のり面勾配

H_0/L_0	$\cot \theta_c$	H_0/L_0	$\cot \theta_c$
0.01	3.49	0.08	1.28
0.02	2.67	0.10	1.09
0.04	1.88	0.12	0.95
0.06	1.51	0.14	0.84

※上記の値はMicheの式で計算することができる

(出典) 高田彰: 海岸堤防の越波の飛散(水平)分布について—のり面勾配の影響—、海岸工学講演会論文集、1968

【 a, b の設定例および推定式と実験値の比較】



点検の視点③ 越波の分散範囲の検討

- 直立壁について、越波の飛散分布の推定式による飛散距離と、断面2次元数値波動水路の結果を比較した。
- 直立壁(A=0)は、玉田ら(2015)におけるうちあげ高算定式の適用範囲外であるため。Reis et. al.(2015)¹で直立壁への適用性が示されている、間瀬ら(2003)の式²で最大うちあげ高を計算した。
- 推定式による飛散距離は数値波動水路の結果と比較してやや過大あるが、概ね同等であった。

沖波諸元				堤脚水深 (m)	cot θ c	最大うちあげ高 (m)	【高田の式】 越波最大飛散距離(m)	【CADMAS-SURF】 越波最大飛散距離(m)
波高	周期	波長	波形勾配					
3	8	99.8	0.0300	8.99	2.2	10.7	6.5	5.60
3	10	156.0	0.0192	8.99	2.8	10.7	8.2	5.60
3	12	224.6	0.0134	8.99	3.2	10.7	9.4	8.00
3	15	351.0	0.0085	8.99	3.6	10.7	10.6	10.00
4	8	99.8	0.0401	8.99	1.9	14.2	8.6	8.00
4	10	156.0	0.0256	8.99	2.4	14.2	11.1	8.00
4	12	224.6	0.0178	8.99	2.9	14.2	13.3	11.00
4	15	351.0	0.0114	8.99	3.3	14.2	15.5	14.00

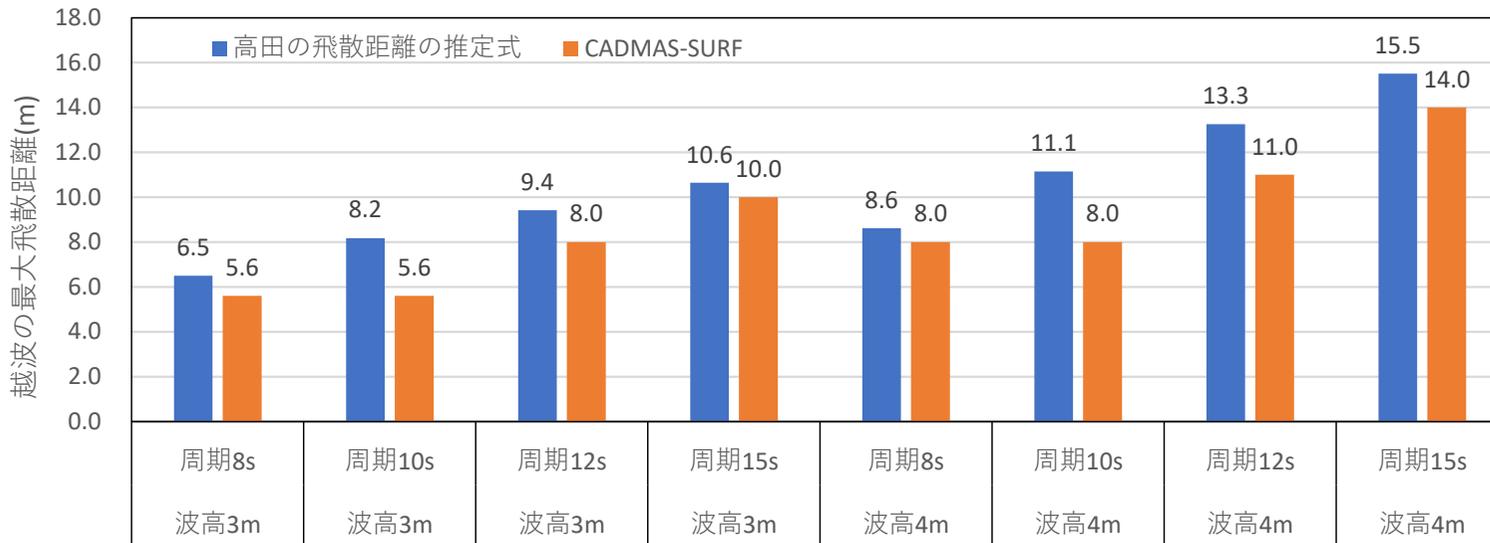
1) Reis, M. T., Hedges, T. S., Neves, S., Neves, M. G. and Mase, H.: Extending the H&R wave overtopping model to vertical structures, Proc. Int. Short Course and Conference on Applied Coastal Research, pp.1-10, 2015.

2) 間瀬 肇, Terry S. Hedges, Mohamed Shareef, 永橋 俊二: 波の打上げを考慮した傾斜護岸に対する越波流量算定法に関する研究, 海岸工学論文集, 第50巻(2003), 土木学会, 2003.

【間瀬らの式: 最大うちあげ高を計算】

$$(R_{\max})_{99\%,100} / H_s = \begin{cases} 0.54 + 2.37\xi_p & \text{for } 0 < \xi_p \leq 2.2 \\ 6.45 - 0.32\xi_p & \text{for } 2.2 < \xi_p \leq 9.0 \\ 3.55 & \text{for } 9.0 < \xi_p \end{cases}$$

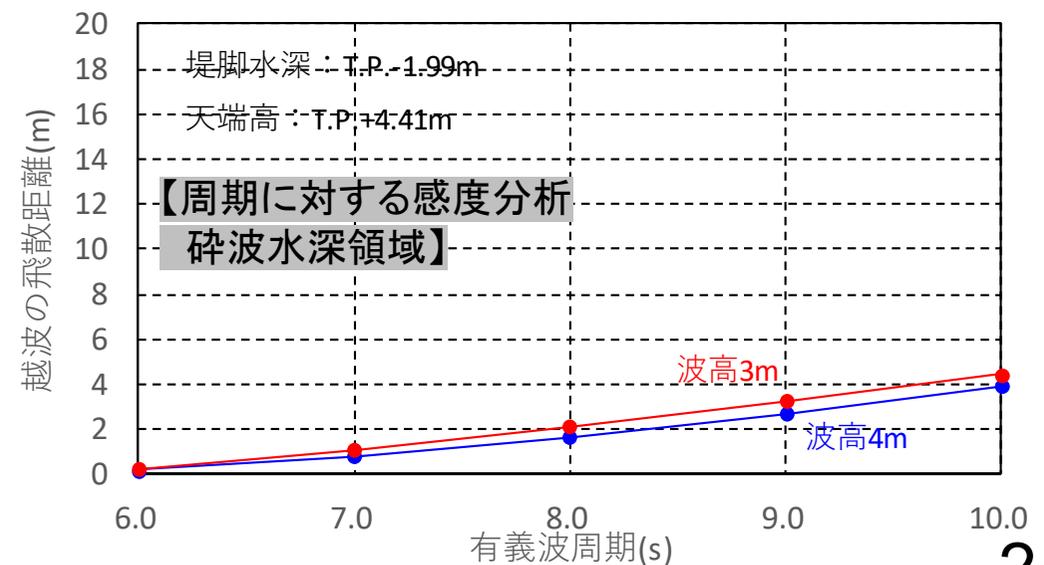
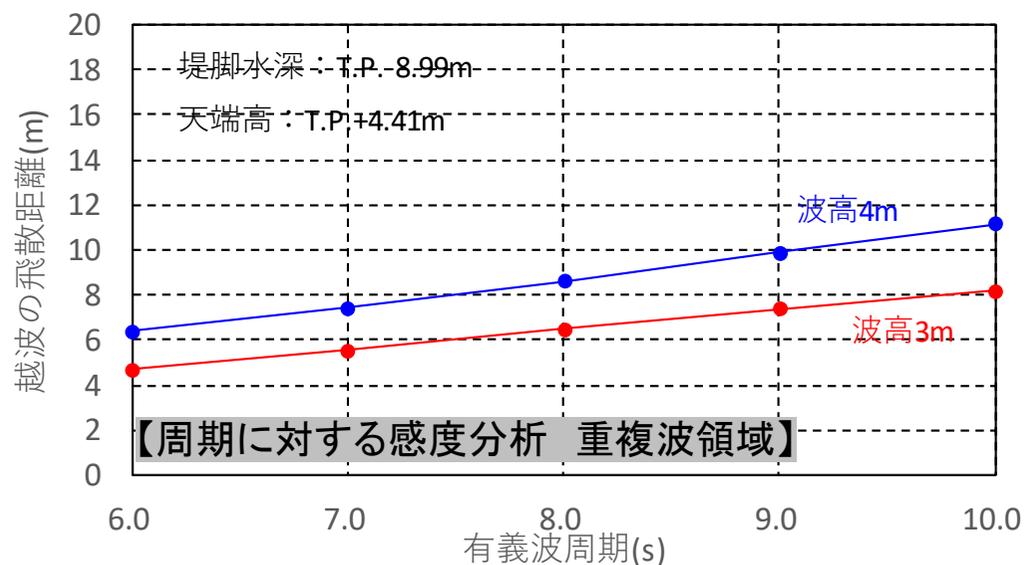
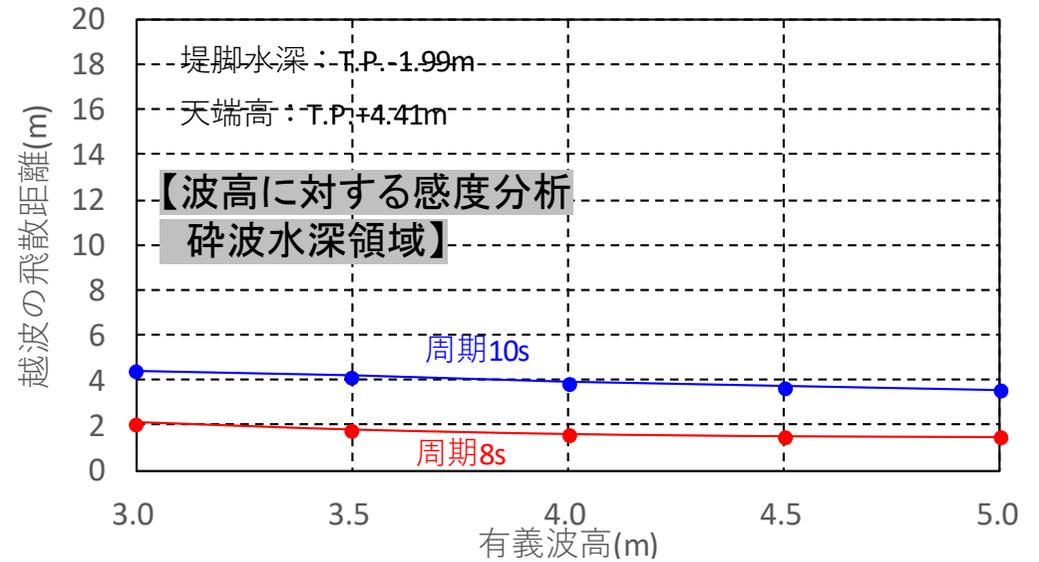
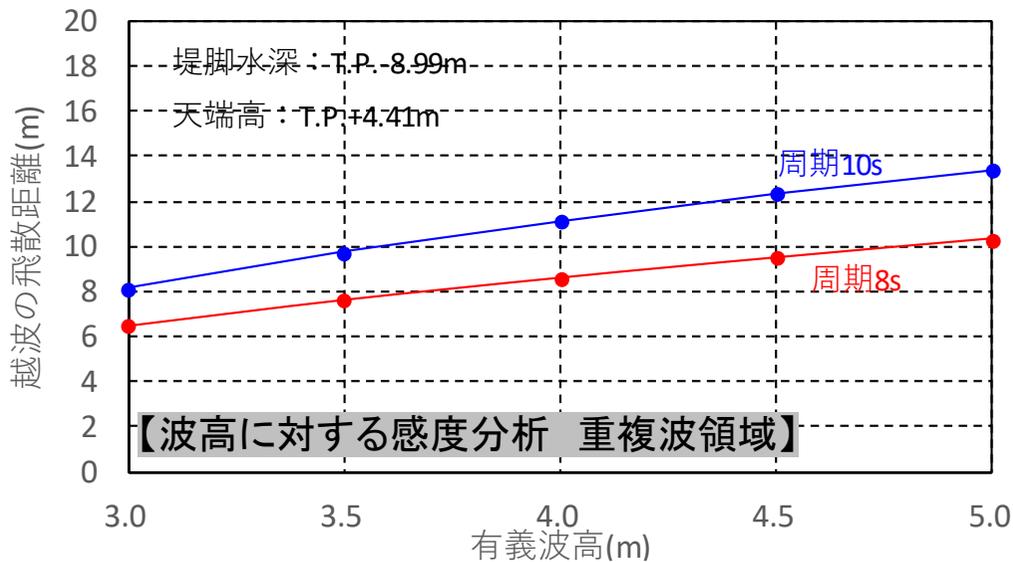
ξ_p : surf similarity parameter



※数値波動水路で周期8sと10sの飛散距離が同一なのは、周期増加による飛散距離の増分が水平方向の1メッシュの中に(0.5~1.0m)に収まったためである

点検の視点③ 越波の分散範囲の感度分析

- 波高・周期・堤脚水深に対する越波の分散範囲の感度分析を実施した。
- 重複波領域では波高・周期が大きい程、碎波領域では波高が小さく、周期が大きい程分散範囲が広がった。



点検の視点③ 越波の分散範囲の検討 点検の結果

- 高田(1972)による越波の飛散分布の式を玉田ら(2015)の式等と組合せ、任意の波浪条件・施設条件に対する越波の飛散距離を推定した。
- 上記の推定式により算出された越波の飛散距離が、数値波動水路による計算結果と同等であることから、推定式の適用性を確認した。

点検の視点③ パラペットの効果検証: 計算条件

- 横浜市金沢区の海底地形と護岸断面を単純化するとともに、その背後に仮想的に低平地及び急斜地を設定し、断面2次元の数値波動水路による越波のシミュレーションを実施した。
- 浸水ボリュームや遡上高の、波浪条件・施設条件に対する感度分析を実施した。
- 計算モデルの妥当性は、合田(2008)の越波流量と比較して確認した。(本計算結果の方がやや大きい)

【計算ケース】

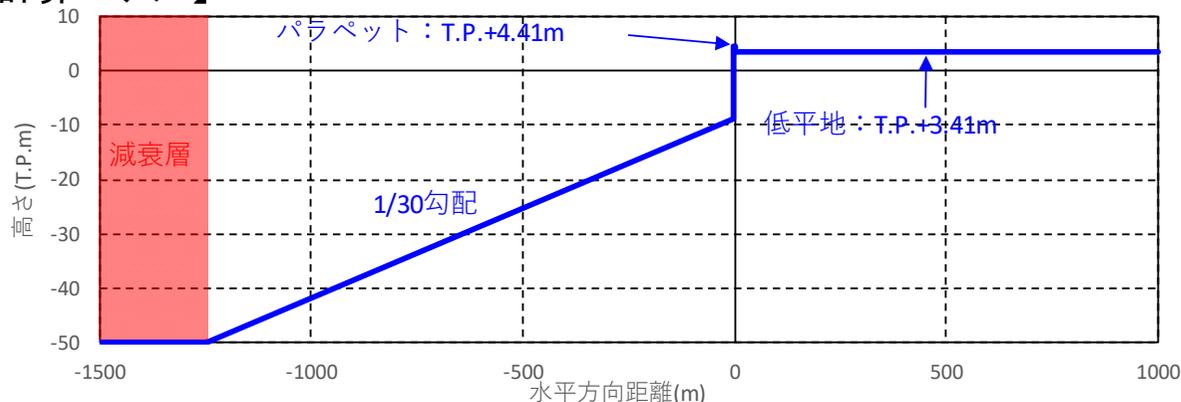
計算手法	対象地形	外力条件		潮位 (TP基準)	天端高 (TP基準)	破壊条件	ケース数
		波高	周期				
断面2次元 数値波動 水路	1) 低平地	1) 4m	1) 10s	1) 1.04m	1) 4.9m	破堤 なし	48
	2) 急斜地 ・1/10勾配	2) 3m	2) 8s	2) 0.00m	2) 4.4m 3) なし		

※パラペットなしのケースについては、背後に越波升を設けた計算から越波流量を把握

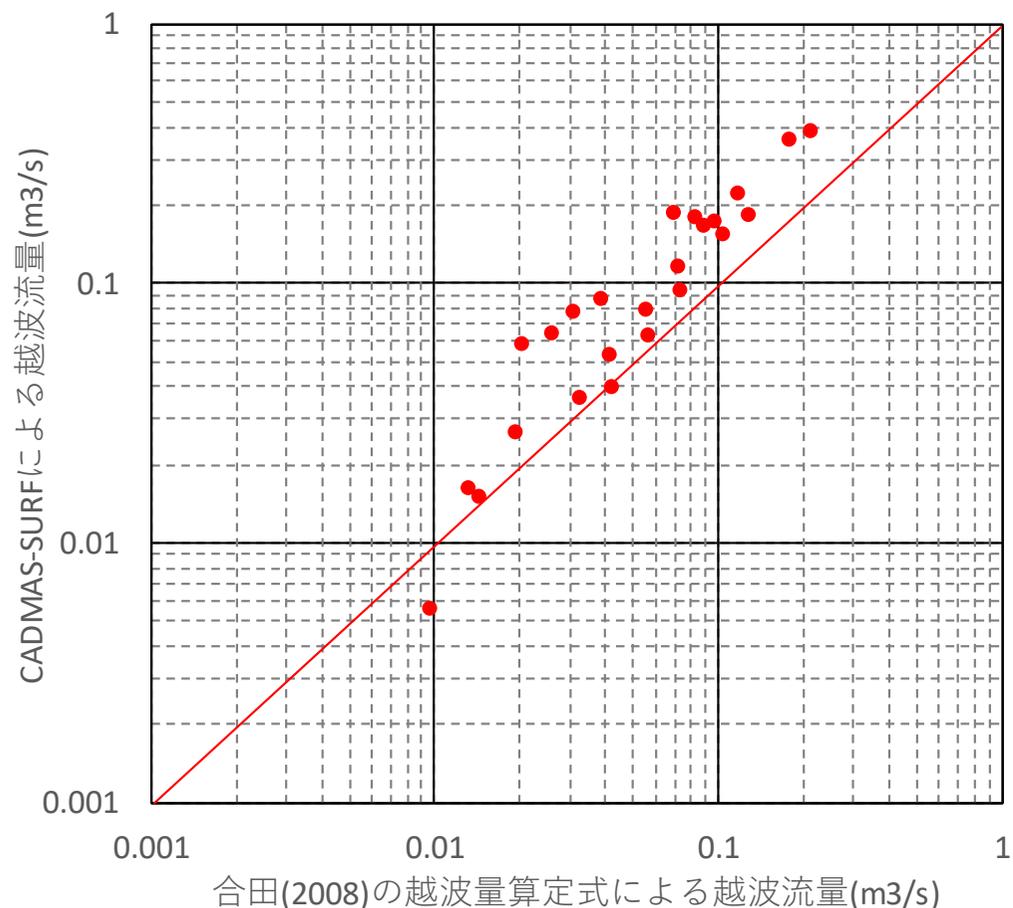
【計算条件】

項目	設定値	
計算手法	CADMAS-SURF ver5.1	
格子間隔	沖側: 水平方向2.0m、鉛直方向0.5m 施設周辺: 水平方向0.5m、鉛直方向0.125m	
計算時間	計算時間: 1400s(最初の200sは助走期間)、計算時間間隔: $10^{-2}s \sim 10^{-6}s$	
造波条件	波形	不規則波
	減衰層	250m (波長 $\times 2 + \alpha$ 程度に設定)
境界条件	流速・圧力	スリップ条件
	VOF関数	フリー
差分法	QUICK法、QUICKパラメータ0.2	

【計算モデル】



【妥当性検証結果 越波流量の比較】

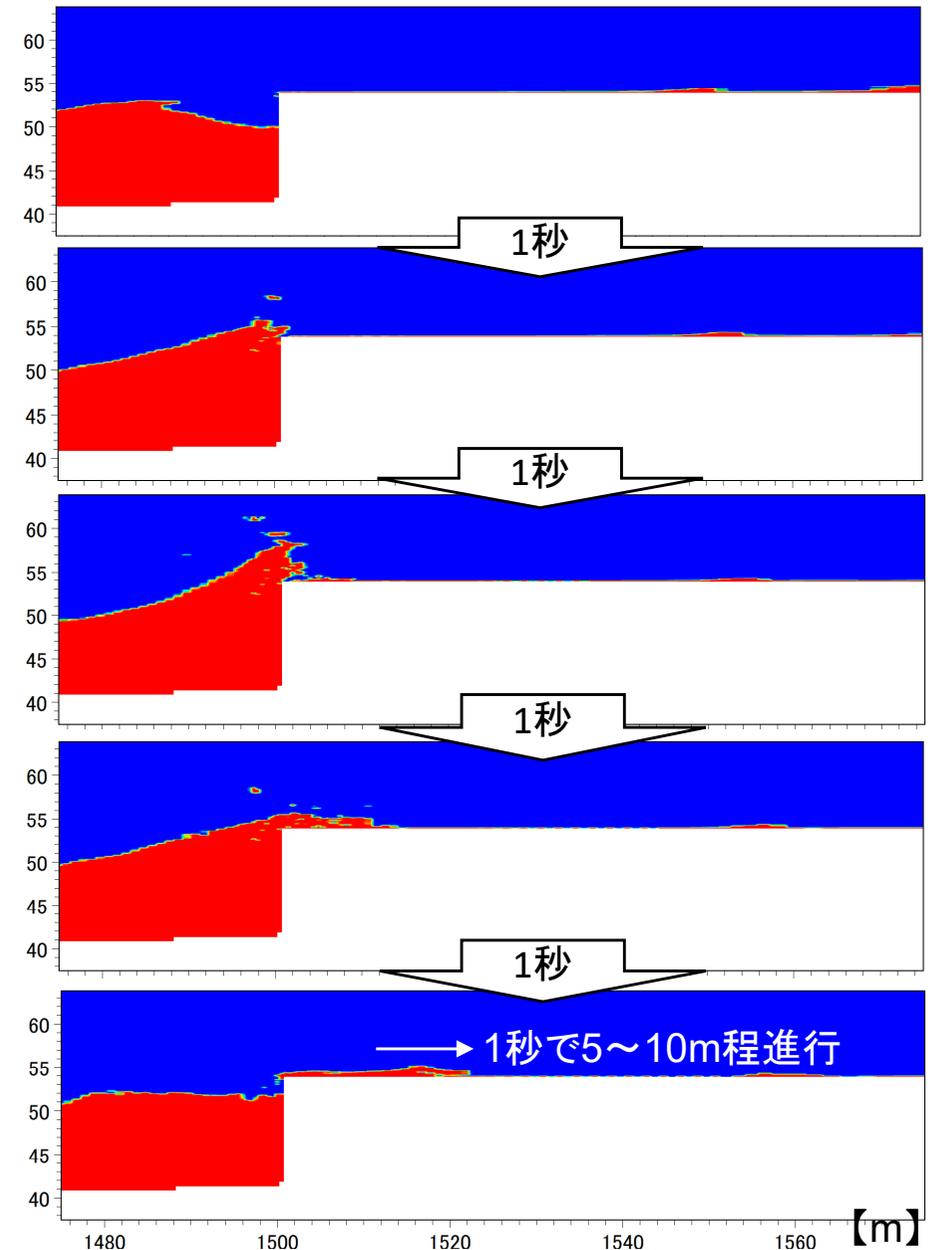
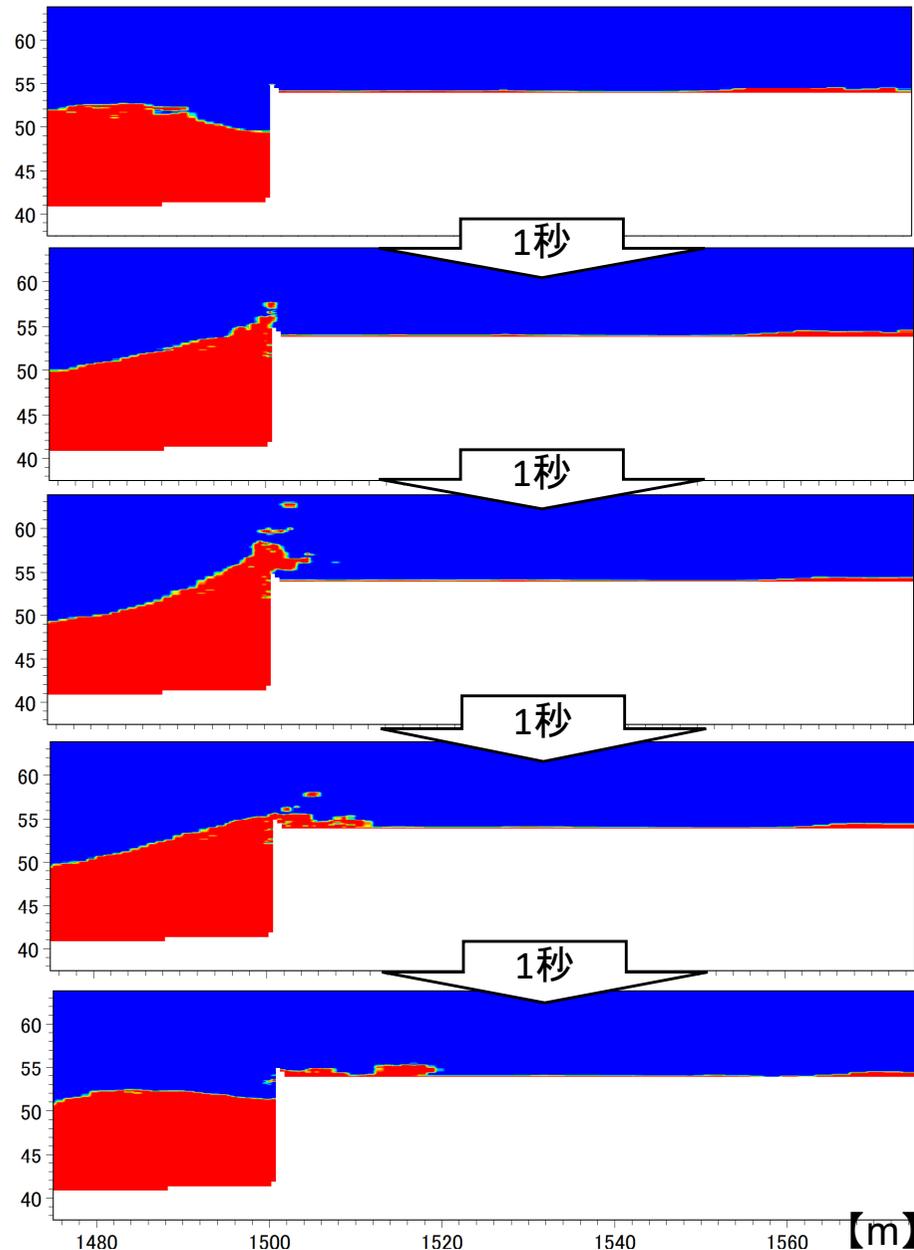


点検の視点③ パラペットの効果検証：低平地の計算結果例

○ 計算結果の例を以下に示す。越波水塊が10m程度まで打ち上がり、背後地に着水し5~10m/sで遡上する様子を確認できた。

● 波高4m 周期10s 潮位T.P.+1.04m パラペット有

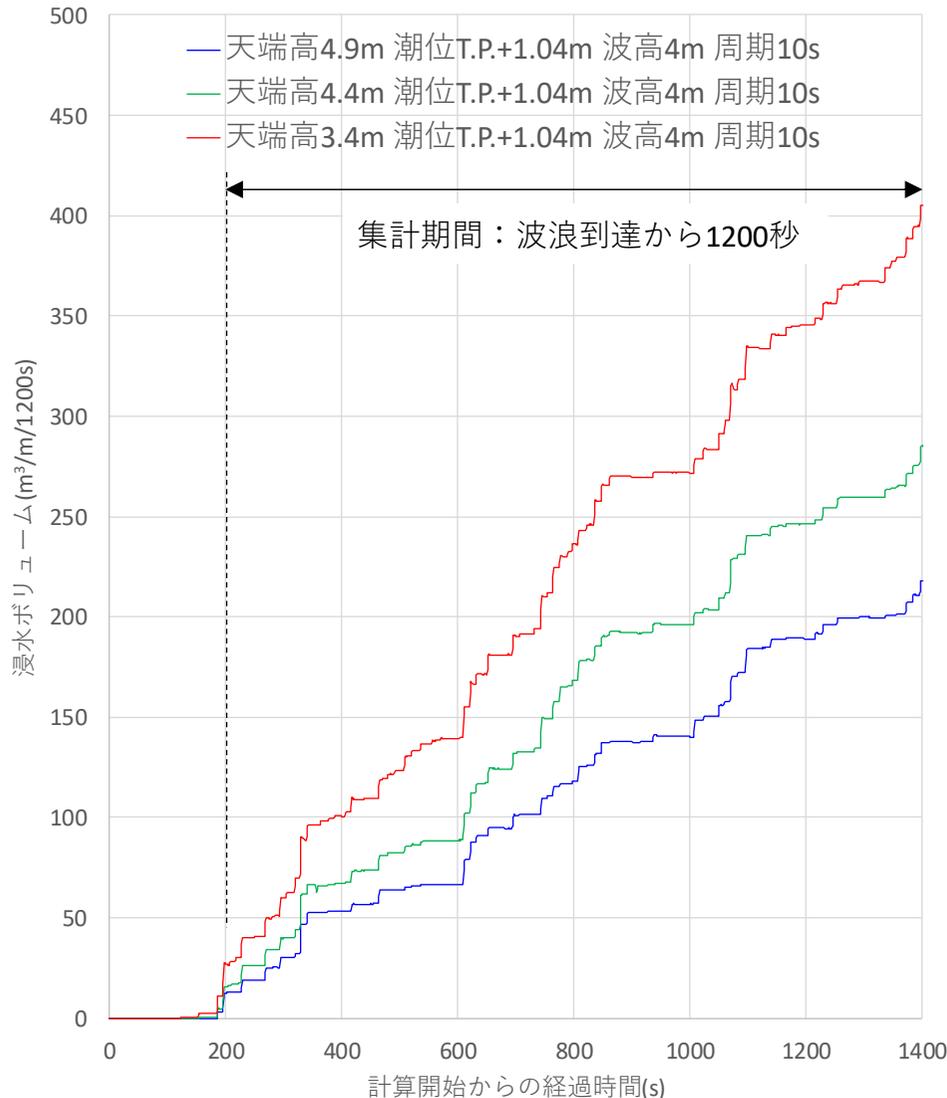
● 波高4m 周期10s 潮位T.P.+1.04m パラペットなし



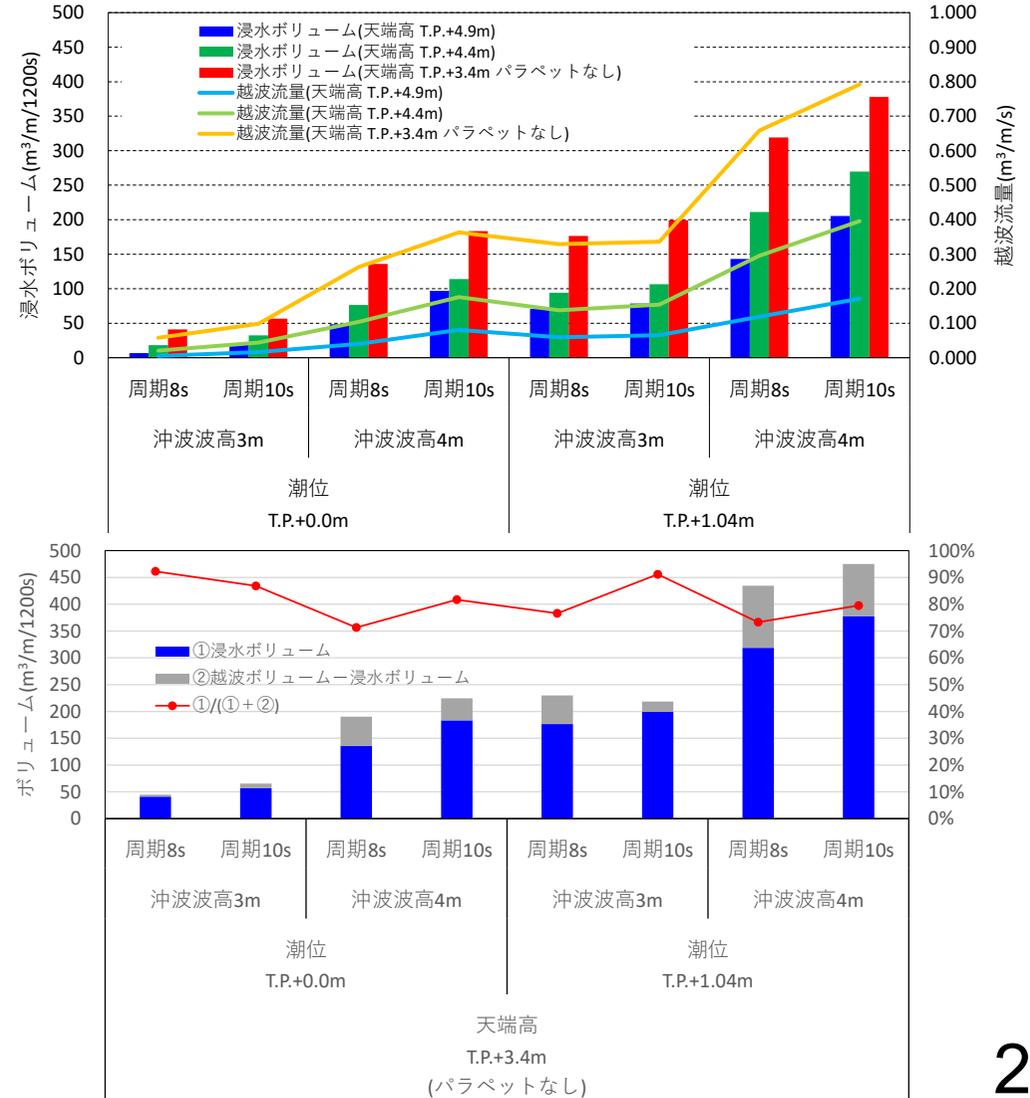
点検の視点③ パラペットの効果検証：低平地の計算結果

- パラペット高さが低い程浸水ボリュームが大きく、パラペットの効果が確認された。
- 波高・周期が大きい程浸水ボリュームが大きかった。
- パラペットがない場合、総越波量の1～3割は海側に流出したと推定できた。

【浸水ボリュームの時系列データの例】



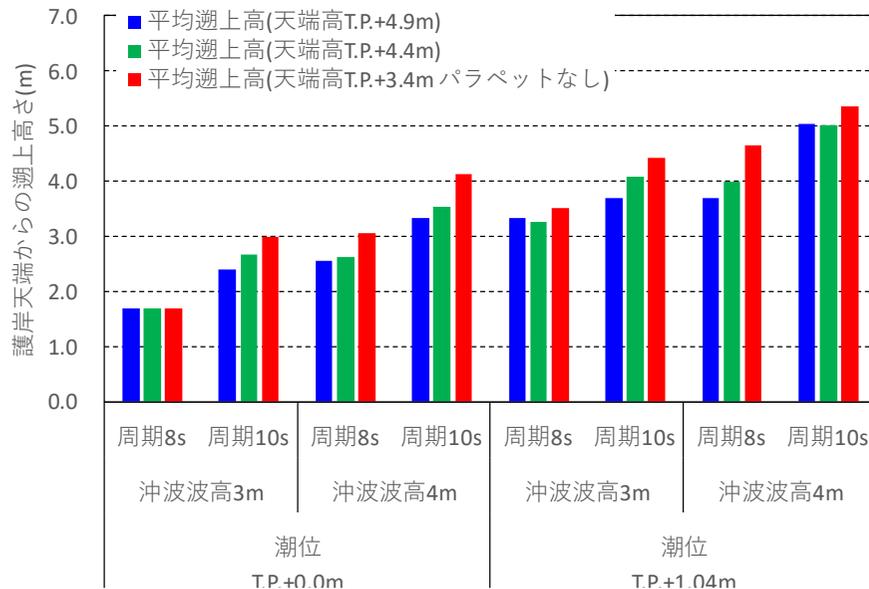
【各ケースの浸水ボリューム・越波流量の比較】



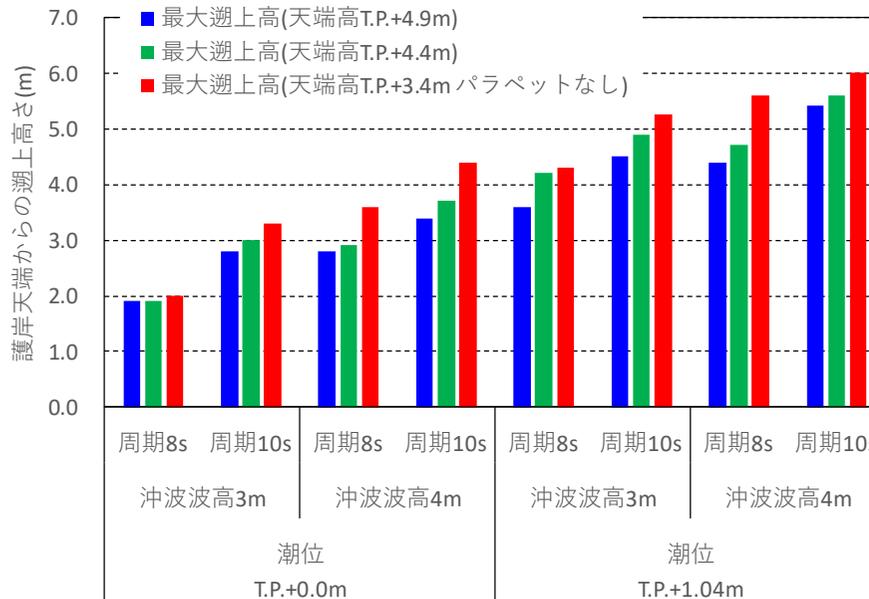
点検の視点③ パラペットの効果検証：急斜地の計算結果

- 急斜地の計算は、堤防・護岸等の背後に微高地が存在する場合等に、微高地を乗り越えて背後に浸水が生じるリスクを考察するために実施した。遡上高が小さい程、このリスクが小さいと言える。
- パラペットが高い程遡上高さが低いことから、パラペットの効果を確認できた。

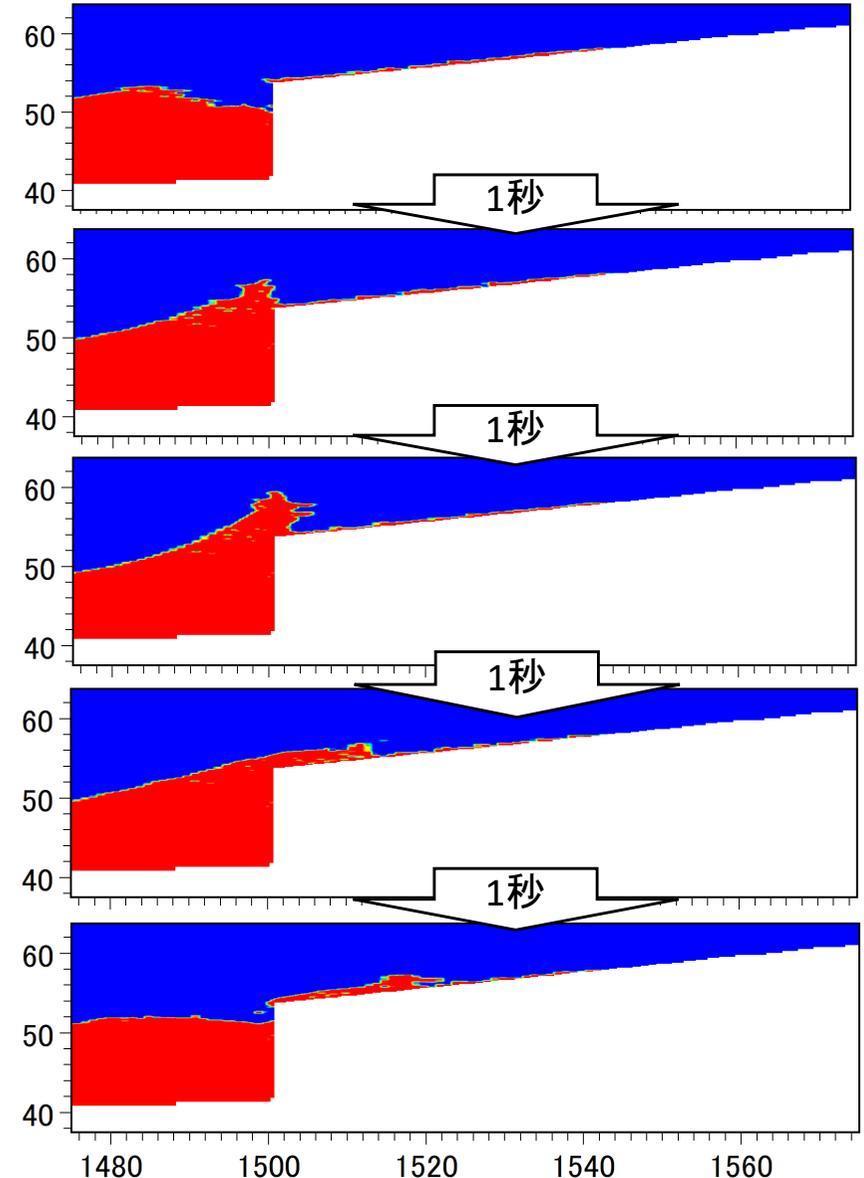
【上位5波平均遡上高】



【最大遡上高】



● 計算結果例：波高4m 周期10s 潮位T.P.+1.04m パラペットなし

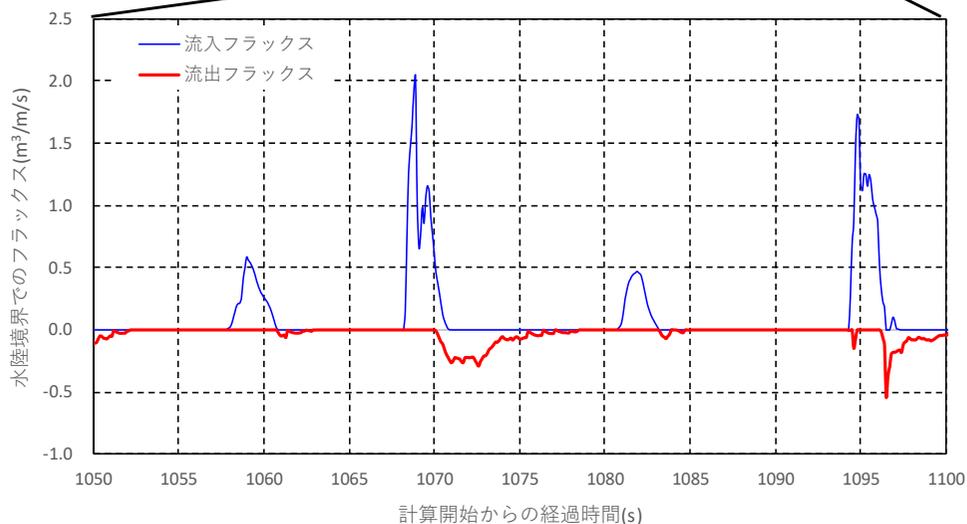
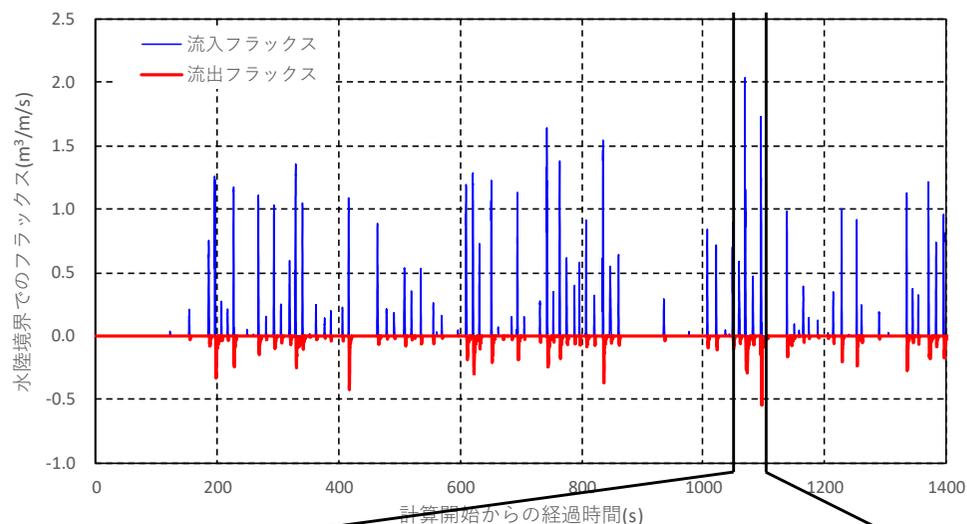


点検の視点③ パラペットの効果検証：越波の流入出フラックス

- 越波量 $0.05\text{m}^3/\text{s}$ の場合、越波の回数は1～3波に1回程度、越波1回当たりの継続時間は1秒前後であった。
- 越波による海水の流入中は、海側への排水はほとんど発生しなかった。これは、堤前で生じる重複波の波頂が護岸高よりも高くなることで、陸向きに負の水面勾配が生じたためである。

【流入・流出フラックス】

波高4m 周期10s 潮位T.P.+1.04m パラペットなしのケースの例



【越波の諸量(パラペットなしの場合)】

				越波回数	越波時間	越波量
				○波に1回	s/回	$\text{m}^3/\text{m}/\text{s}$
天端高 T.P.+4.9m	潮位 T.P.+0.0m	沖波波高3m	周期8s	10.0	1.1	0.006
		沖波波高4m	周期10s	7.5	1.2	0.017
	潮位 T.P.+1.04m	沖波波高3m	周期8s	3.1	1.2	0.040
		沖波波高4m	周期10s	3.1	1.4	0.081
		沖波波高3m	周期8s	2.9	1.2	0.059
		沖波波高4m	周期10s	3.2	1.5	0.066
天端高 T.P.+4.4m	潮位 T.P.+0.0m	沖波波高3m	周期8s	7.9	1.0	0.015
		沖波波高4m	周期10s	6.3	1.0	0.027
	潮位 T.P.+1.04m	沖波波高3m	周期8s	3.1	1.1	0.064
		沖波波高4m	周期10s	2.4	1.3	0.095
		沖波波高3m	周期8s	2.4	1.1	0.079
		沖波波高4m	周期10s	2.8	1.3	0.089
天端高 T.P.+3.4m (パラペットなし)	潮位 T.P.+0.0m	沖波波高3m	周期8s	1.9	1.2	0.176
		沖波波高4m	周期10s	1.6	1.4	0.225
	潮位 T.P.+1.04m	沖波波高3m	周期8s	2.8	1.0	0.037
		沖波波高4m	周期10s	2.4	1.1	0.054
		沖波波高3m	周期8s	1.5	1.1	0.159
		沖波波高4m	周期10s	1.3	1.2	0.187
沖波波高3m	周期8s	1.1	1.1	0.192		
	周期10s	1.2	1.3	0.182		
	沖波波高4m	周期8s	1.0	1.2	0.362	
	沖波波高4m	周期10s	1.0	1.5	0.396	

- ➡
- ・越波1回当たりの継続時間は1秒前後
 - ・越波の回数は越波量が約 $0.1\text{m}^3/\text{m}/\text{s}$ で3回に1回程度

点検の視点③ パラペットの効果検証 点検の結果

- 断面2次元数値波動水路による越波シミュレーションの結果より、護岸の天端高を高くするほど、後背地での浸水ボリュームが低減した。また、背後の傾斜地における遡上高も低減した。このことから、パラペットの効果を確認できた。
- 越波の発生頻度や越波の継続時間は波浪条件に依存する。例えば、越波量 $0.05\text{m}^3/\text{s}$ の場合、発生頻度は1回/3波、継続時間は1秒前後であった。
- 背後地が平坦で、かつ十分な広がりがある場合には、パラペットがないケースにおいて海側に流出したのは越波量全体の10～30%であり、残りの70%～90%が陸上に残る結果となった。実際は背後の状況によって影響を受けることに留意が必要である。

点検の視点③ 越波流量の与え方検証

- 断面1次元非線形長波方程式で断面2次元数値波動水路と同様の計算を実施した。地形条件は、数値波動水路と同様に、横浜市金沢区の海底地形と護岸断面を単純化して設定したものである。

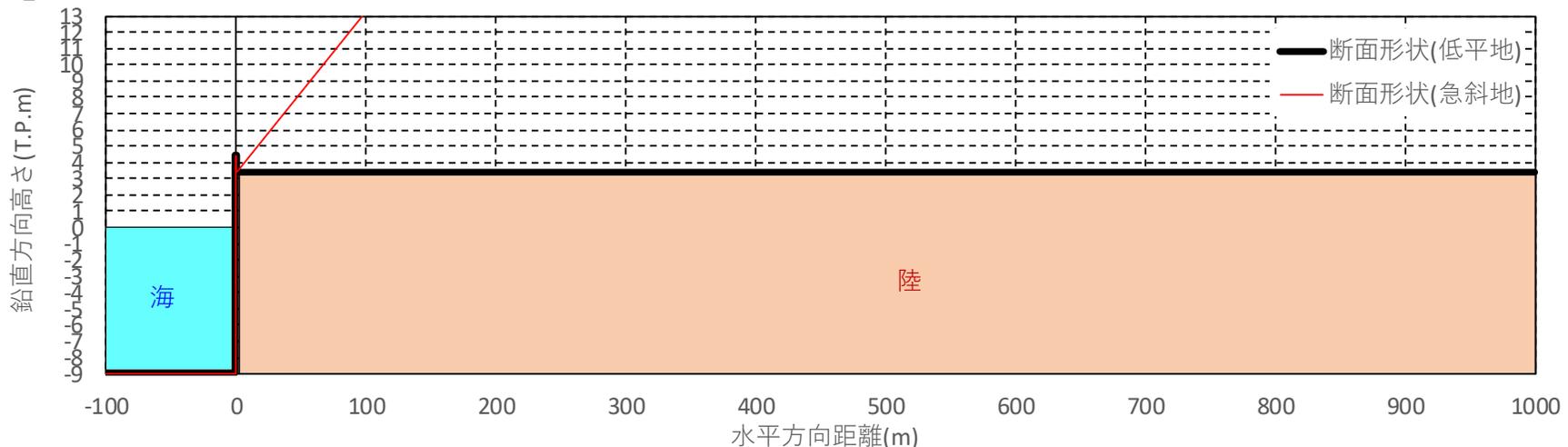
【計算ケース】

計算手法	対象地形	外力条件	天端高 (TP基準)	越波量与え方	ケース数
断面1次元非線形長波方程式	1)低平地 2)急斜地(1/10勾配)	1) 波高 3m、周期 8s、潮位T.P.+0.00m 2) 波高 4m、周期 10s、潮位T.P.+1.04m ※代表的な外力を選定	1) 4.4m 2) 3.4m (パラペットなし)	4通り (次頁参照)	32

【計算条件】

項目	設定値
計算手法	断面1次元非線形長波方程式
格子間隔	格子間隔 0.25m
計算時間	計算時間:1200s、計算時間間隔:10 ⁻² s程度
地形条件	下図のとおり
粗度条件	マンシングの粗度係数=0.025
境界条件	<ul style="list-style-type: none"> ・越波量は数値波動水路の結果より算出した値を設定 ・越波量の与え方は次頁参照 ・海側への段落ち流れは本間の越流公式で考慮

【計算モデル】

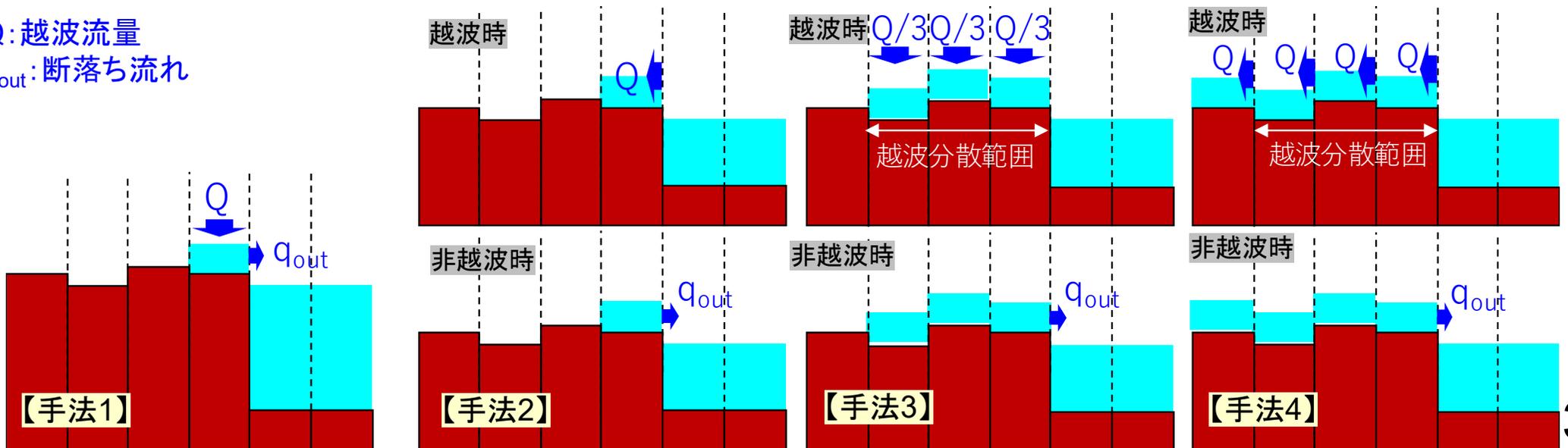


点検の視点③ 越波流量の与え方検証：流量の与え方の設定

○ 越波量の与え方は以下の4通りを設定した。

	越波流量の与え方	与える範囲	与えるタイミング	海側への排水
手法1	ボリュームで与える	護岸直背後 1メッシュ	全タイムステップで均一に 与える	段落ち流れ
手法2	線流量で与える	護岸直背後	3波に1回の頻度、 越波継続時間は1回1秒	段落ち流れ、 越波時間中は0
手法3	ボリュームで与える	越波分散範囲	3波に1回の頻度、 越波継続時間は1回1秒	段落ち流れ、 越波時間中は0
手法4	線流量で与える	越波分散範囲	3波に1回の頻度、 越波継続時間は1回1秒	段落ち流れ、 越波時間中は0

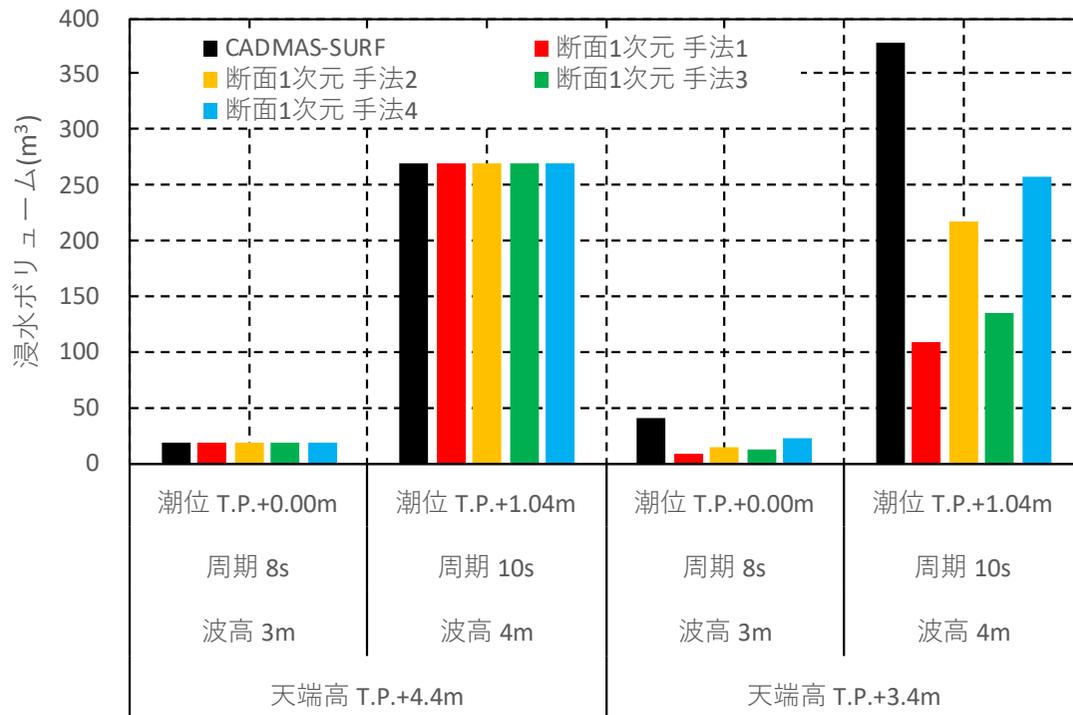
Q: 越波流量
 q_{out} : 断落ち流れ



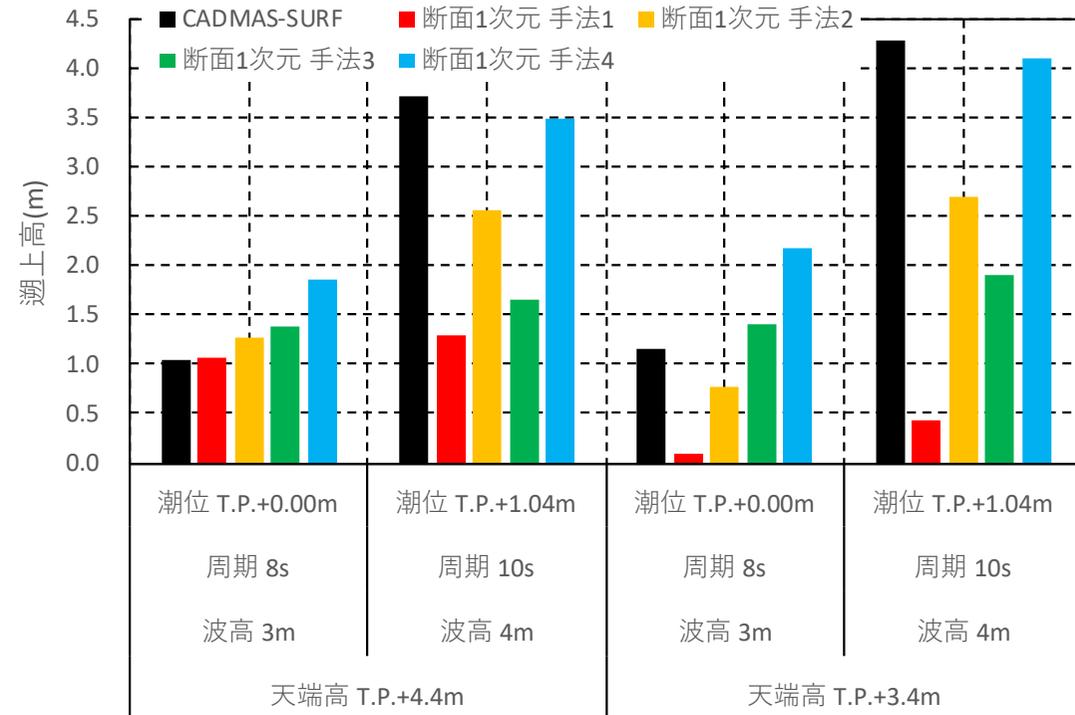
点検の視点③ 越波流量の与え方検証：計算結果比較

- 数値波動水路の結果に最も近い結果が得られたのは、手法4の場合であった。
- パラペットがある場合の浸水ボリュームは数値波動水路の結果と一致したが、パラペットがない場合の結果は非線形長波方程式モデルの結果が過小となった。非線形長波モデルでは、越波水塊着水後に生じる陸向きの速い流れ(5m/s~10m/s)を再現できないためと考える(次頁参照)。
- 遡上高については、手法4の結果が数値波動水路と同程度か、やや大きくなった。

【浸水ボリュームの比較】



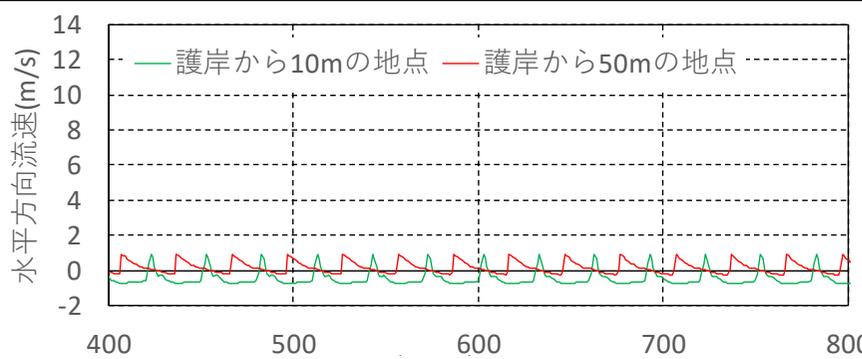
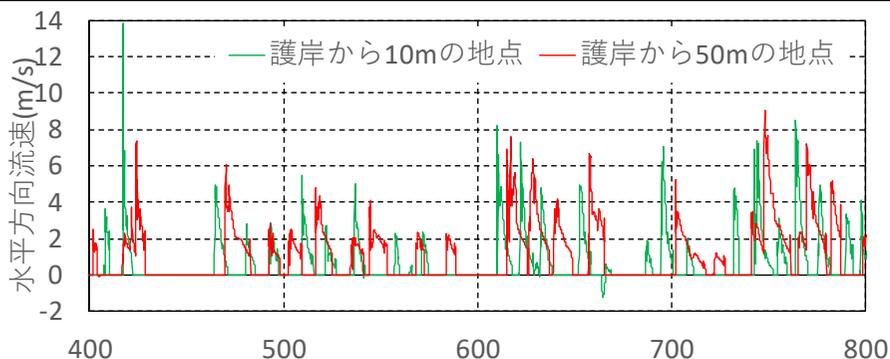
【遡上高の比較】



点検の視点③ 越波流量の与え方検証：計算結果比較

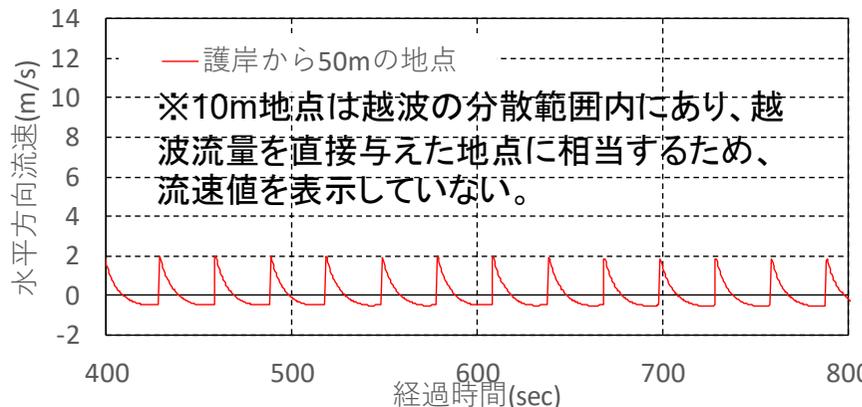
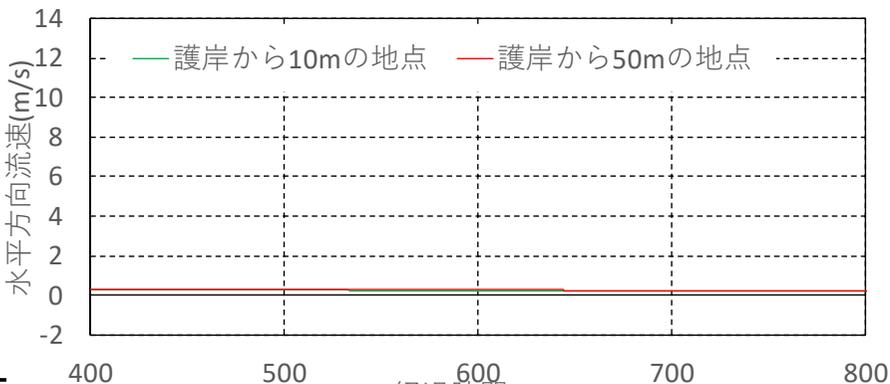
- 波高4m、周期10s、潮位T.P.+1.04mのケースについて、各計算結果の背後地の流速波形を比較した。
- 護岸から50m程度の地点で、数値波動水路による流速が5m/s前後であったのに対し、断面1次元計算による流速は2m/s未満であり、数値波動水路と比較して流速が小さかった。
- 流量フラックスで越波流量を考慮する手法2,4の方が、流速が大きくなることが確認された。

【数値波動水路】



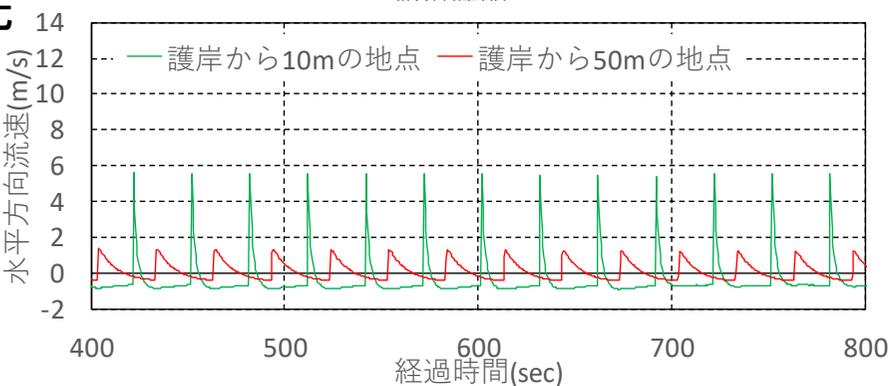
【断面1次元-手法3】

【断面1次元-手法1】



【断面1次元-手法4】

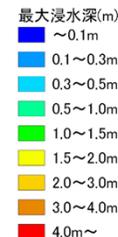
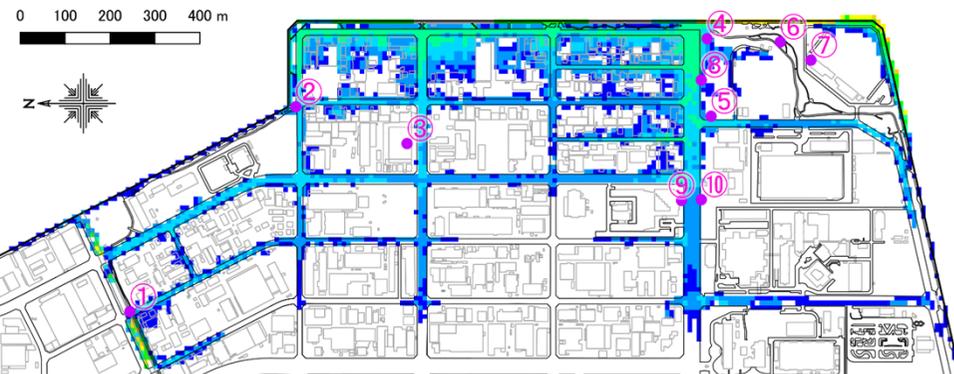
【断面1次元-手法2】



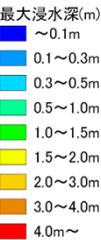
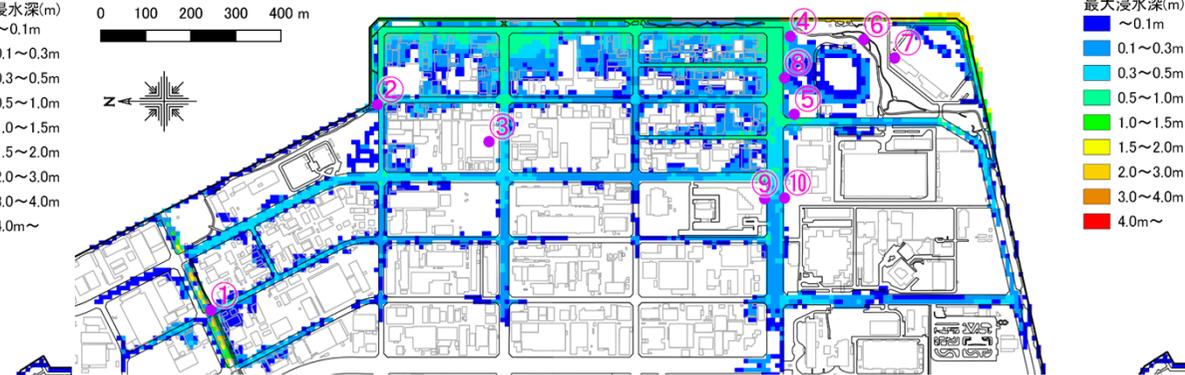
点検の視点③ 越波流量の与え方検証：平面2次元計算

- 上記の越波流量の与え方について、実際の高潮浸水シミュレーションへの適用性を確認するため、横浜市金沢区を対象に令和元年台風第15号を対象とした高潮浸水計算を行った。
- 令和元年台風第15号を対象とした波浪・高潮シミュレーションから抽出した金沢区前面の波高、周期、潮位偏差の時系列を外力とし、合田の越波流量図により算定した越波流量を与えた場合の高潮浸水計算を実施した。越波流量は、直立壁の場合の合田の越波流量図で算定しており、実際の護岸の断面形状を厳密に考慮していないことに留意が必要である(堤脚水深・天端高のみ考慮)。
- 越波流量の与え方は、手法1、手法4の2通りとした。海岸線には天端高T.P.+4.41mのパラペットを設定したが、当台風により上部工が被災した区間は、天端高をT.P.+3.41mとした。
- 手法1と手法4による浸水範囲に大きな差はなく、結果は概ね同等であった。前頁までの断面1次元のメッシュサイズが0.25mであるのに対し、平面2次元のメッシュサイズが10mであることにより、越波流量の与え方の違いによる結果の差異が生じにくかったと考える。

高潮浸水計算結果
越波流量の与え方：手法1



高潮浸水計算結果
越波流量の与え方：手法4

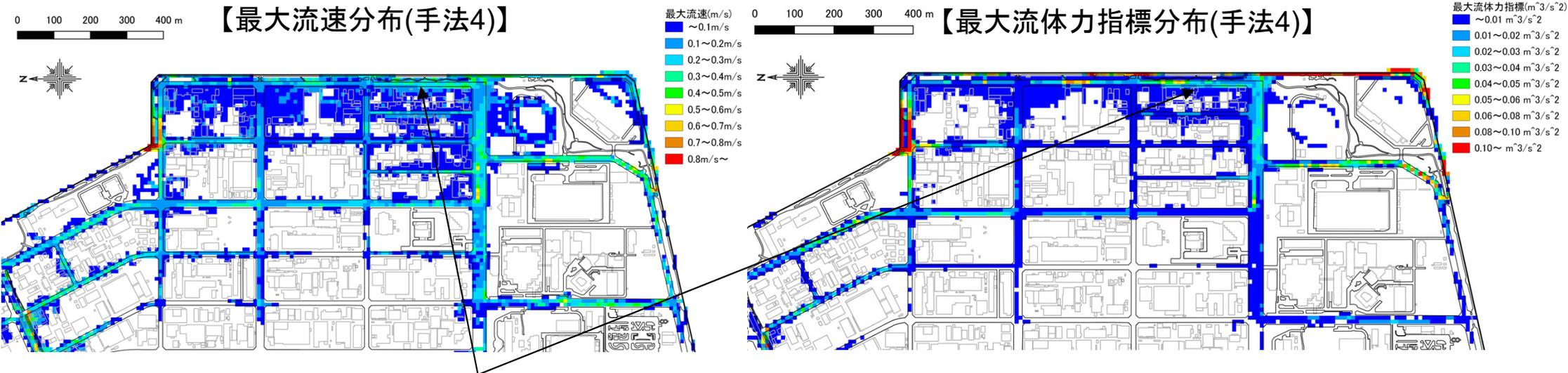


○：神奈川県整理結果及び「第1回東京湾における高波対策検討委員会 資料4(横浜市)」をもとに作成

- ①・・・浸水によると思われるゴミの散乱
- ②・・・浸水によると思われるゴミの散乱
- ③・・・ダイヤ工業株式会社の敷地内が浸水
- ④・・・公衆トイレ内壁の浸水痕(浸水深0.7m)
- ⑤・・・グラウンド敷地金網の浸水痕(浸水深0.7m)
- ⑥・・・T.P.約10mの築山の頂上付近の流水痕
- ⑦・・・ヘリポートの格納庫付近まで浸水(浸水深0.2m)
- ⑧・・・ゴミが散乱・流水痕
- ⑨・・・芝生帯に浸水痕(浸水深0.7m)
- ⑩・・・ガードレールに草木が挟まる(浸水深0.6m)

点検の視点③ 越波流量の与え方検証：平面2次元計算の検証

- 手法4による高潮浸水計算結果における最大流速分布、最大流体力指標(水深×流速²)を整理した。
- 高潮浸水計算で得られた流速や流体力は、実際の被害状況と比較して著しく過小と推測できた。



【当該箇所に位置する建物の被災状況】

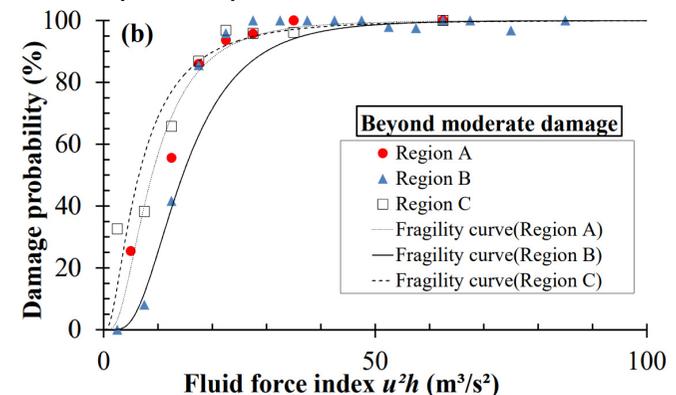
- ・事務所1Fの天井まで浸水
- ・多数の壁が被災している
＝中破・半壊(風による被害も含まれる)

再現計算では、左記建造物地点で

- ・最大流速:0.15 m/s
- ・最大流体力指標:0.001 m³/s²

であり、半壊を生じるような外力を再現できていない

〈参考〉田中ら(2015)による半壊以上の津波被害関数



点検の視点③ 越波流量の与え方検証 点検の結果

【断面1次元】

- 越波量の時間平均値を護岸背後にボリュームとして与える方法(手法1)の場合、後背地での浸水ボリューム、遡上高ともに数値波動水路の結果と比較して著しく小さくなった。
- 越波の発生頻度、越波の発生時間、越波の分散範囲等を考慮することで(手法2~4)、断面2次元数値波動水路と同等の結果が得られる場合がある。数値波動水路に最も近い結果が得られたのは、手法4の場合であった。

【平面2次元】

- 手法1と手法4の越波流量の与え方による浸水深分布は概ね同等であった。
- 浸水計算結果は、台風第15号襲来時のものと概ね同等であったにもかかわらず、金沢区の沿岸にある多数の施設が中破に至ったことを踏まえると、計算で得られた最大流速分布、最大流体力分布は過小と判断できた。平面2次元非線形長波モデルで、海岸線沿いの建造物が越波水塊から受ける波力を再現することは困難な可能性があると推定する。

以上より、台風第15号による金沢区での高波浸水の再現性は、越波流量の与え方によって変化しないことが分かった。越波流量の与え方については、実務上の利便性が最も高い、手法1(従来通りの手法)を採用する。

点検の視点③ 浸水深・範囲の施設条件に対する感度分析

- (第1回検討会資料より)堤防が残存した場合の浸水範囲の方が広くなることが分かっている横浜市金沢区を対象に、高潮浸水シミュレーションを実施し、施設の決壊条件が浸水範囲に与える影響を確認した。
- 波浪・高潮シミュレーションから抽出した金沢区前面の波高、周期、潮位偏差の時系列を外力とし、合田の越波流量図により算定した越波流量を与えた場合の高潮浸水計算を実施した。越波流量は、直立壁の場合の合田の越波流量図により算定した。実際の護岸の断面形状を厳密に考慮していないことに留意が必要である。

【計算ケース】

計算手法	対象海岸	外力条件	潮位	堤防高	施設条件	ケース
平面2次元非線形長波方程式	横浜市 金沢区	1)台風第15号 2)想定最大(越波量が最大となるコース[I050]を対象)	T.P.+ 1.04m	T.P.+ 4.41m	①破堤なし ②破堤有(破堤条件:越波量>0.05m ³ /m/s) ③全延長の1/2がパラペットなし(200m間隔でパラペット有・無を交互に設定)	6

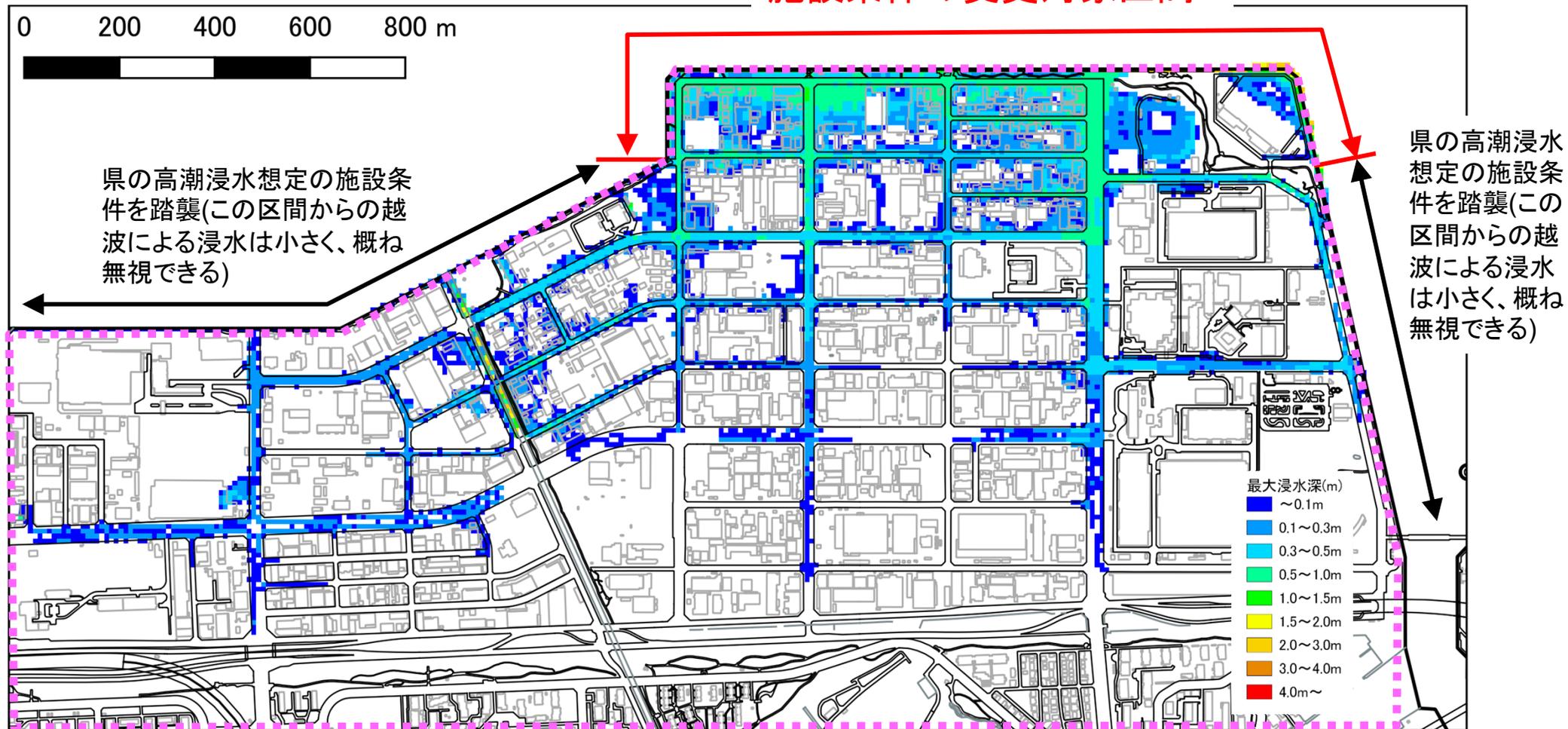
【浸水計算条件】

項目	設定
地形・構造物条件	神奈川県が高潮浸水想定に用いたモデルを基本とした。金沢区の護岸のパラペット高、堤脚水深を施設の断面図を基に更新した。破堤条件は、越波流量>0.05m ³ /m/sとした。
海域からの流入出	【越流量】本間の越流公式で算定 【越波流量】波浪推算結果及び高潮推算結果から、越波境界前面の波高・潮位を抽出した上で、合田の越波流量算定図を用いて越波流量を算定 【流出量】本間の越流公式により段落ち流れとして評価
粗度条件	神奈川県の高潮浸水想定モデルを基本とした。
その他	【先端条件の処理】岩崎・真野(1979)の設定方法 【遡上先端水深】1cm程度

点検の視点③ 感度分析結果(越波量と浸水ボリューム)

- 各ケースの越波量、排水量、浸水ボリュームを算出した。越波量、浸水ボリュームの計算対象区間・エリアは下図の通りとした。
- 累積排水量は、累積越波量ー浸水ボリュームで計算した。

越波量の計算対象区間＝
施設条件の変更対象区間



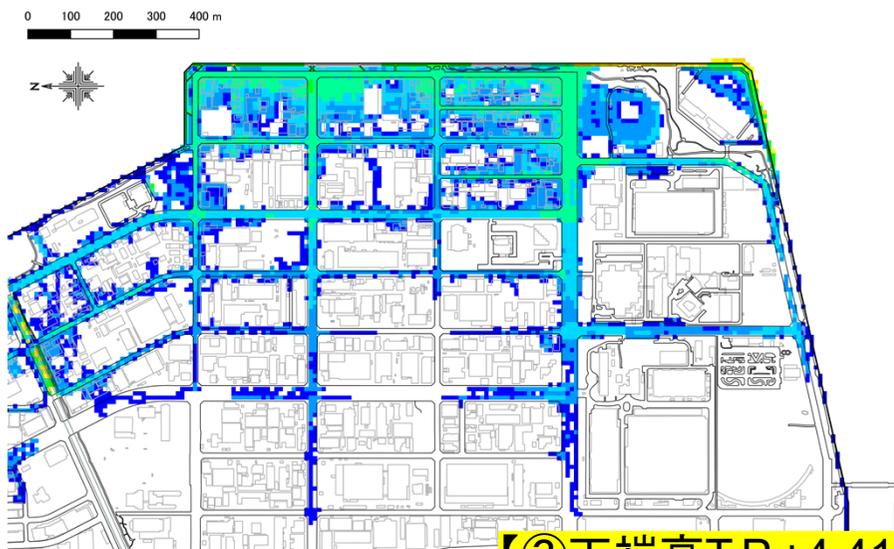
浸水ボリュームの計算対象エリア

※コンターはT1915・破堤なしの場合の最大浸水深分布 40

点検の視点③ 感度分析結果(最大浸水深 令和元年台風第15号)

- 令和元年台風第15号の場合について、最大浸水深分布を整理した。
- ③で浸水面積が他ケースと比較して著しく小さいのは、堤防がない区間からの排水の影響である。

【①天端高T.P.+4.41m 破堤なし】



【②天端高T.P.+4.41m 破堤有】

※区間の大半が破堤せず、①とほぼ同じ結果となった



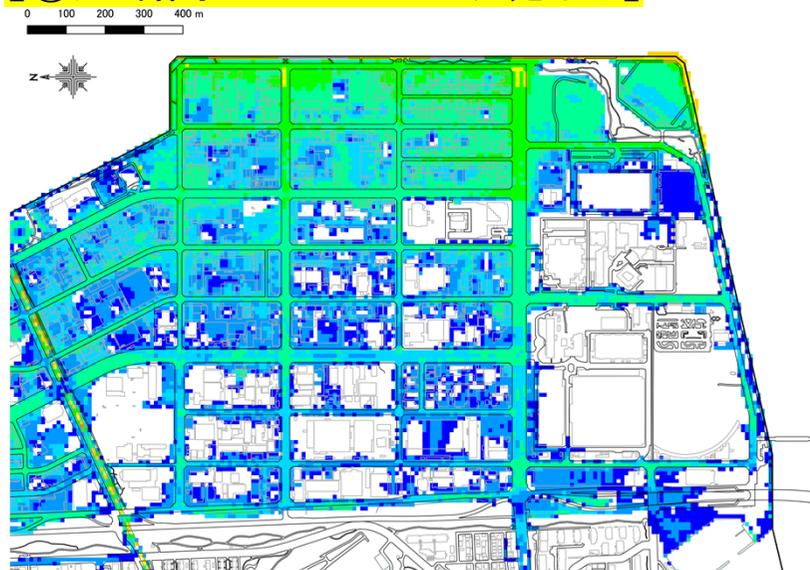
【③天端高T.P.+4.41m 破堤なし+全延長の1/2で堤防なし】



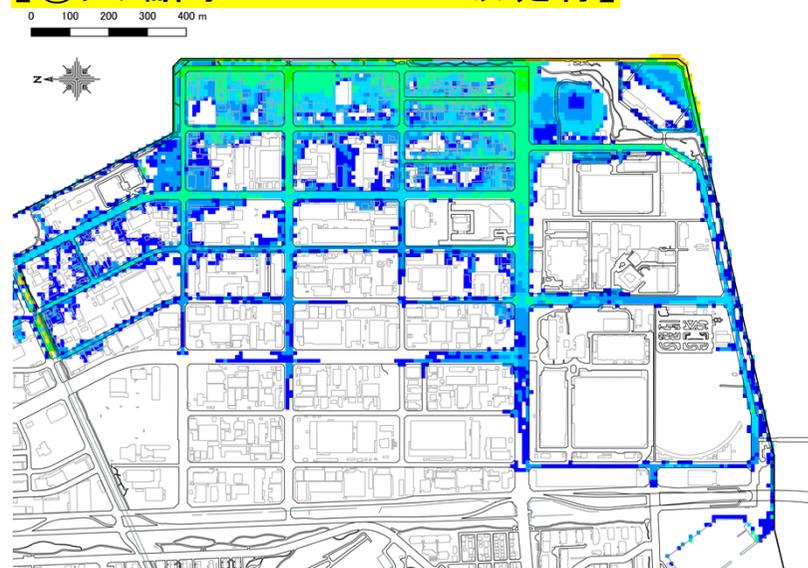
点検の視点③ 感度分析結果(最大浸水深 想定最大台風)

- 想定最大台風(I050)の場合について、最大浸水深分布を整理した。
- 天端高T.P.+4.41mのケースの浸水範囲が最も大きく、破堤や堤防なし区間を考慮した②、③では浸水範囲が小さくなった。

【①天端高T.P.+4.41m 破堤なし】



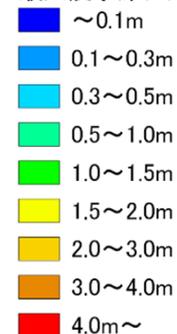
【②天端高T.P.+4.41m 破堤有】



【③天端高T.P.+4.41m 破堤なし+全延長の1/2で堤防なし】



最大浸水深(m)



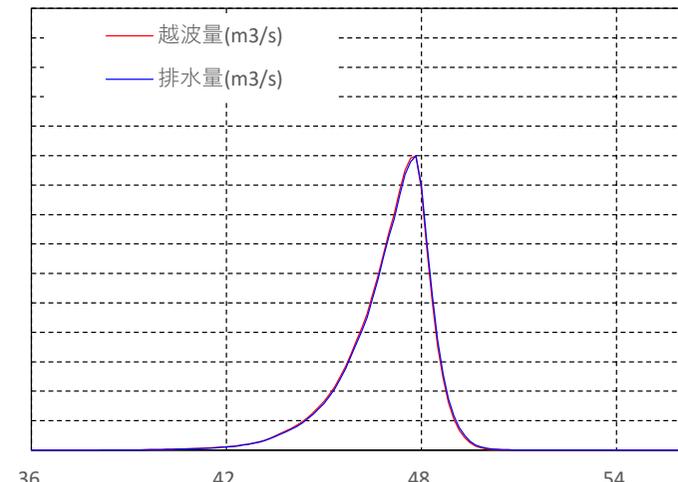
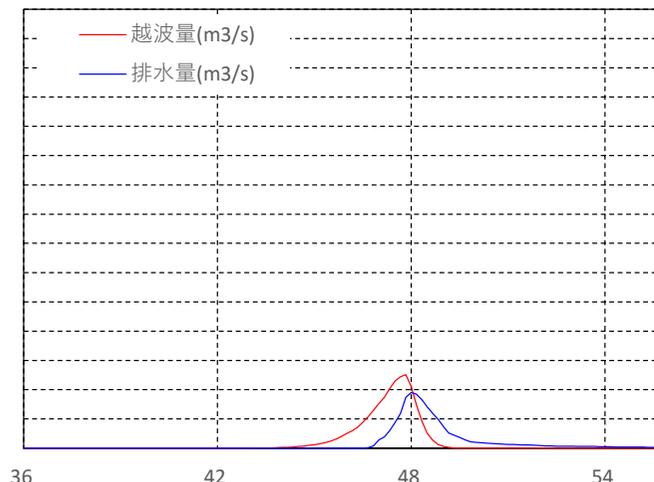
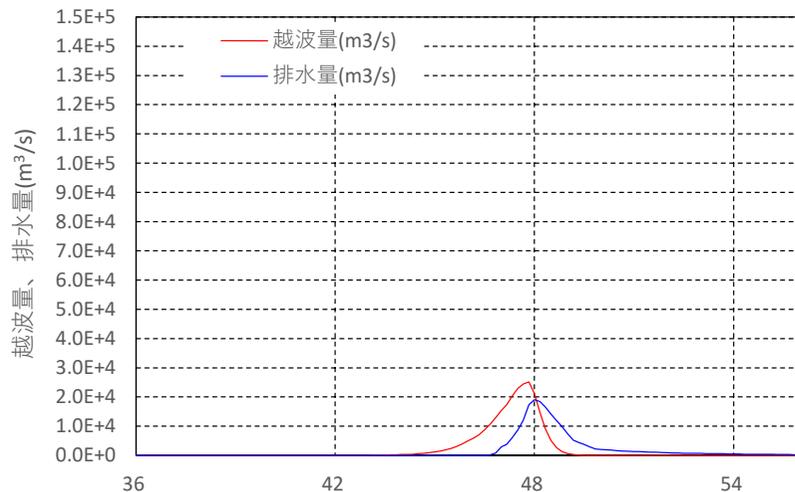
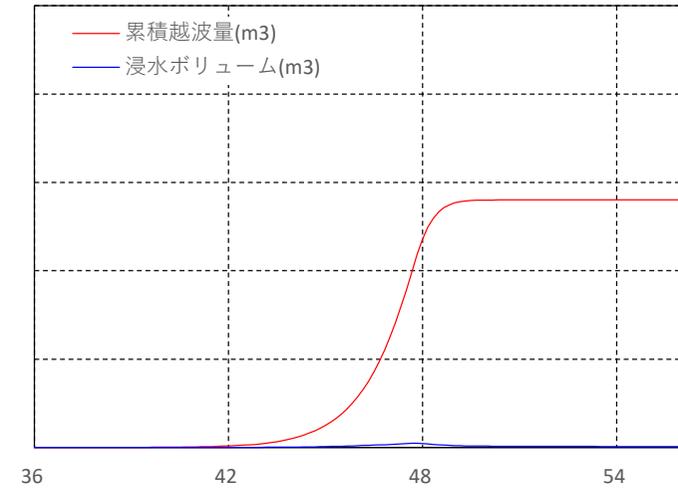
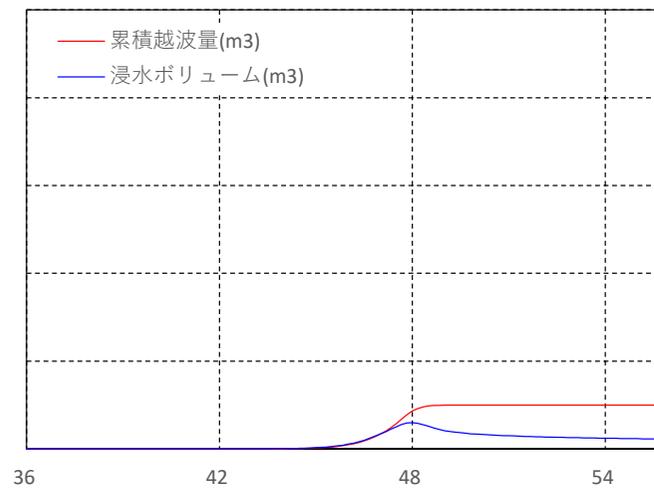
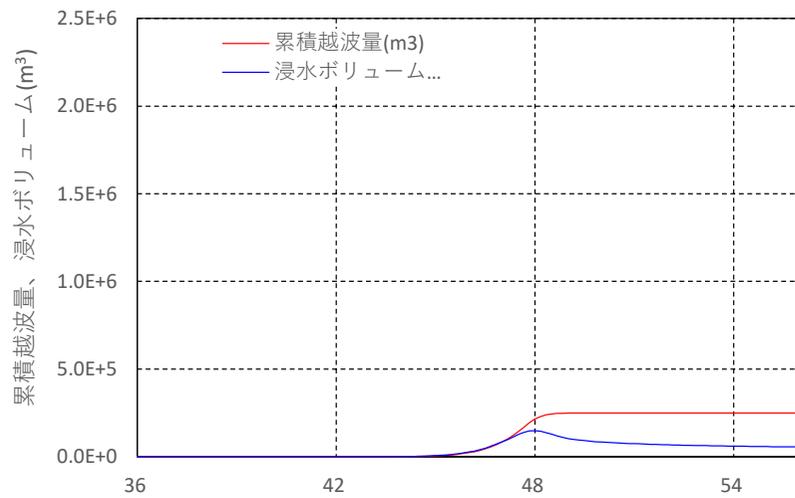
点検の視点③ 感度分析結果(越波量と浸水ボリューム 令和元年台風第15号)

- 令和元年台風第15号の場合の越波量、排水量、浸水ボリュームを算出した。
- 越波流量は $0.05\text{m}^3/\text{m}/\text{s}$ を概ね下回っており、施設の破堤は生じず、①・②が同様の結果となった。
- 浸水ボリュームが最小となったのは、③延長1/2で堤防なしの場合であった。越波量と排水量が概ね同等であり、堤防なし区間からの排水が卓越していたことが分かる。

①天端高T.P.+4.41m 破堤なし

②天端高T.P.+4.41m 破堤有

③天端高T.P.+4.41m
延長の1/2で堤防なし



時間(hrs)

時間(hrs)

時間(hrs)

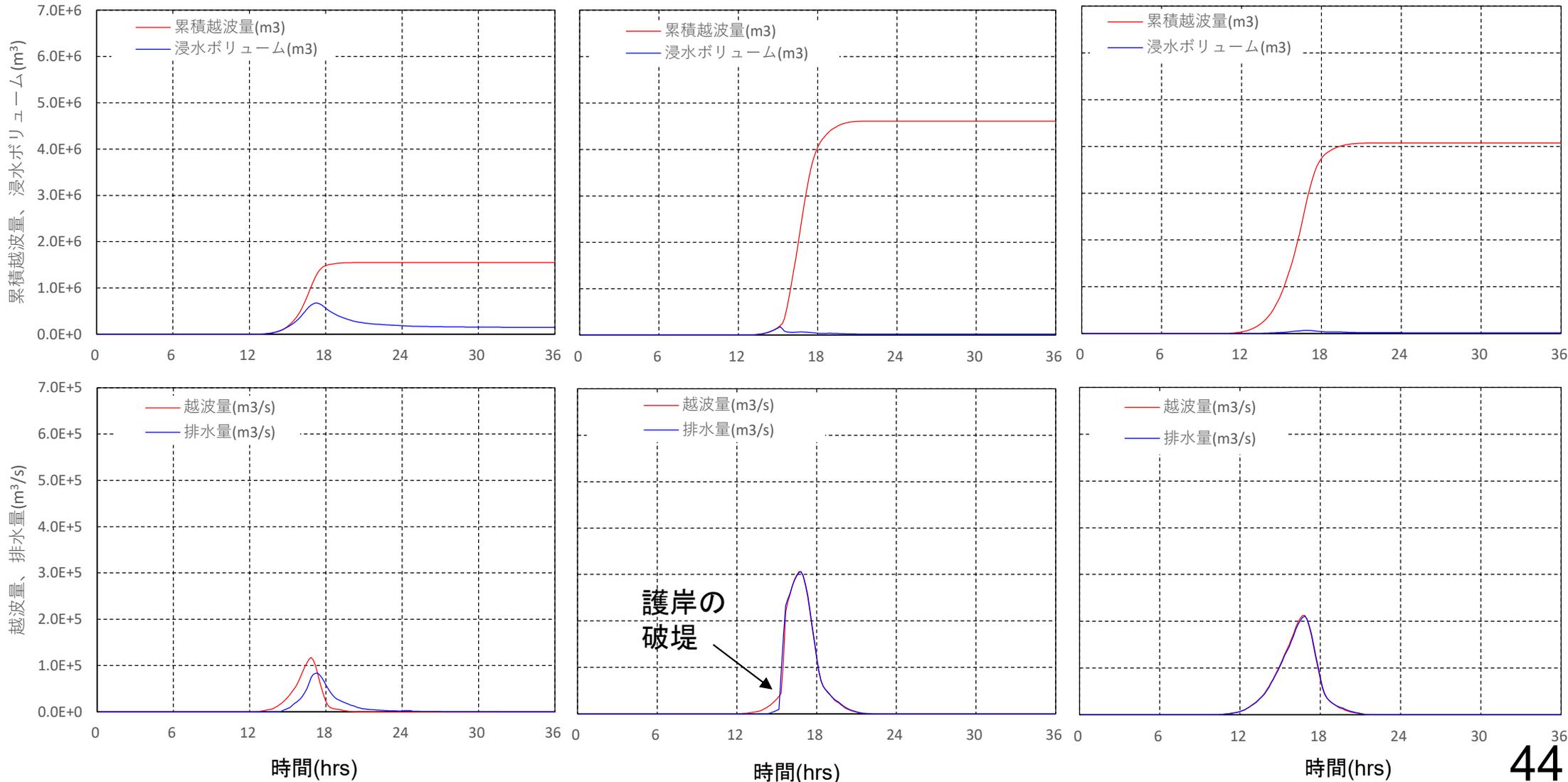
点検の視点③ 感度分析結果(越波量と浸水ボリューム 想定最大台風)

- 想定最大台風(I050)の場合の越波量、排水量、浸水ボリュームを算出した。
- 浸水ボリュームが最大となったのは①天端高T.P.+4.41mの場合であった。②の場合は、破堤が生じた直後に越波量と排水量がほぼ同等となったことが分かる。

①天端高T.P.+4.41m 破堤なし

②天端高T.P.+4.41m 破堤有

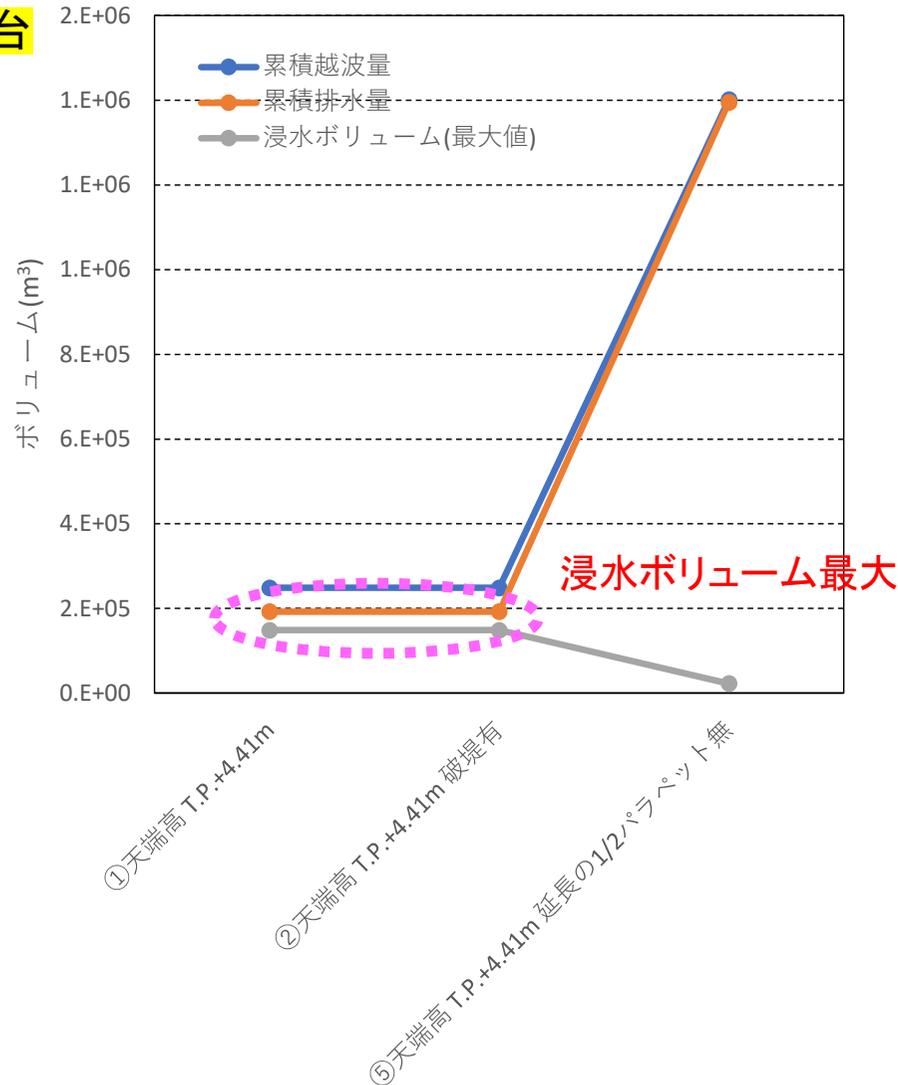
⑤天端高T.P.+4.41m
延長の1/2で堤防なし



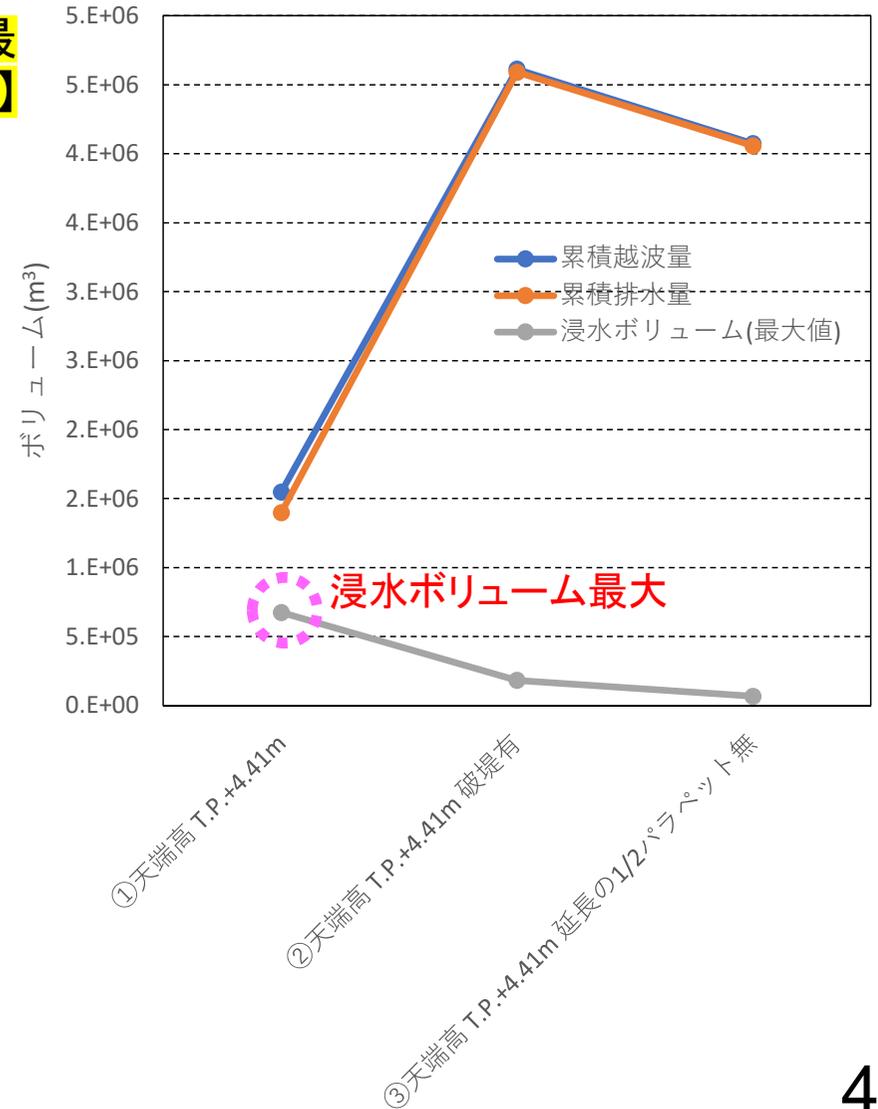
点検の視点③ 感度分析結果(越波量と浸水ボリューム)

- 各ケースの累積越波量、累積排水量、浸水ボリュームを下図に整理した。
- 横浜市金沢区福浦の場合は、堤防なしの区間が増えるほど、海側への排水量も増えて浸水ボリュームが減少することが分かった。

【令和元年台風第15号】

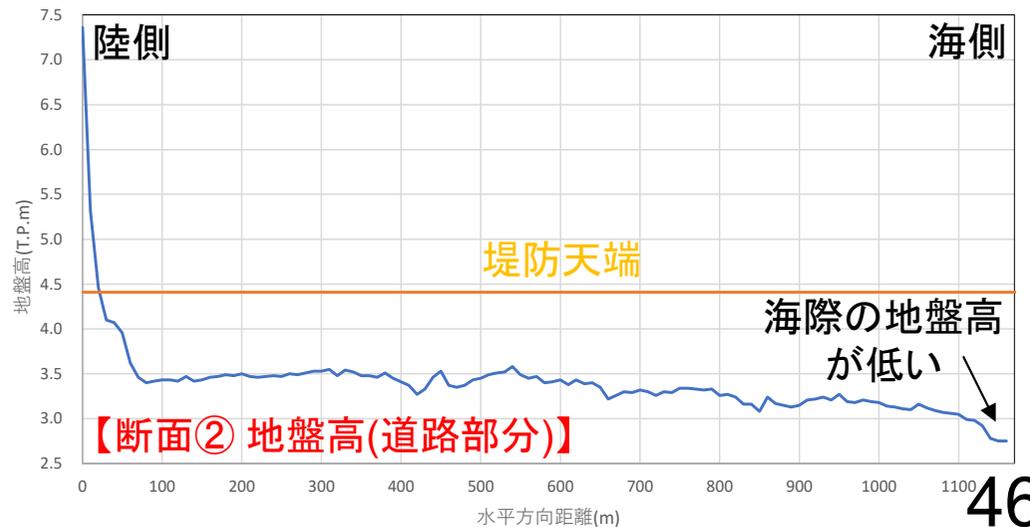
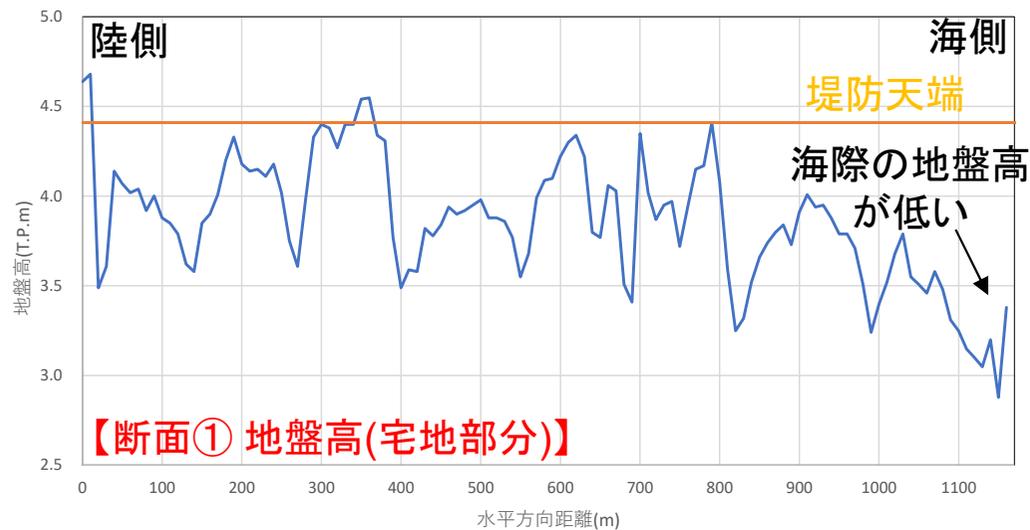
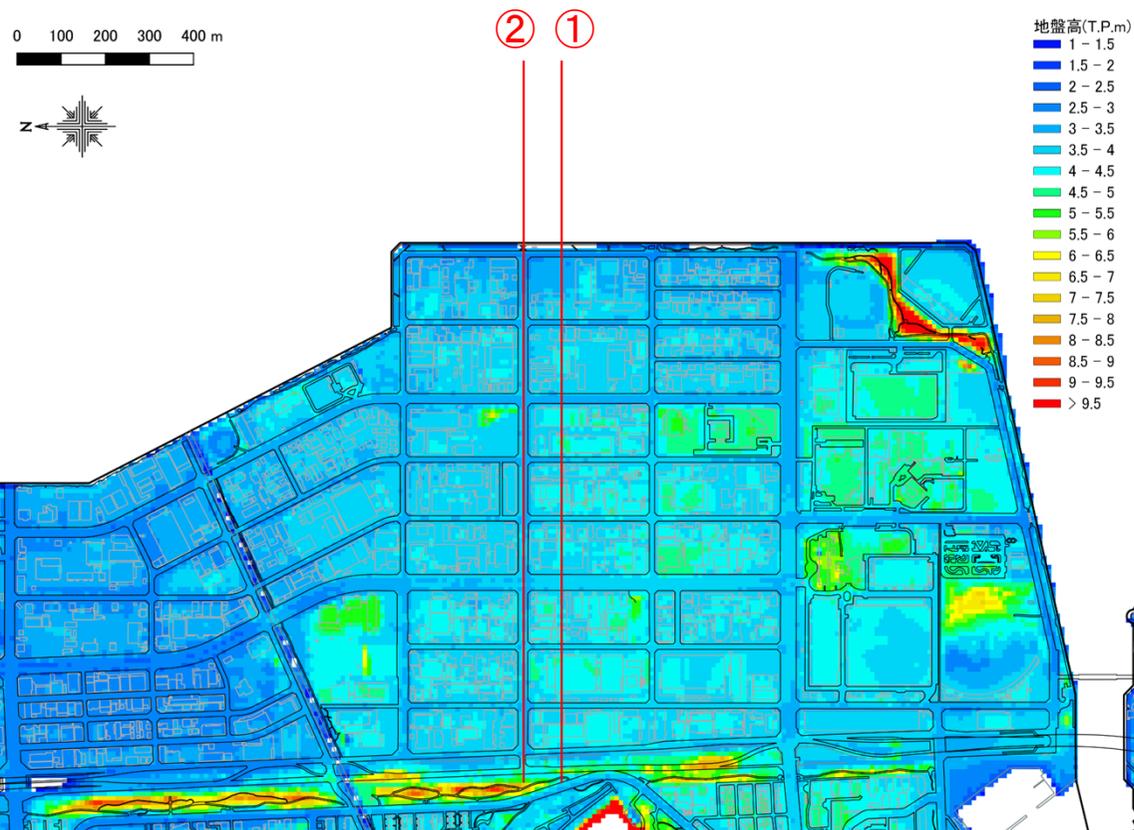


【想定最大台風】



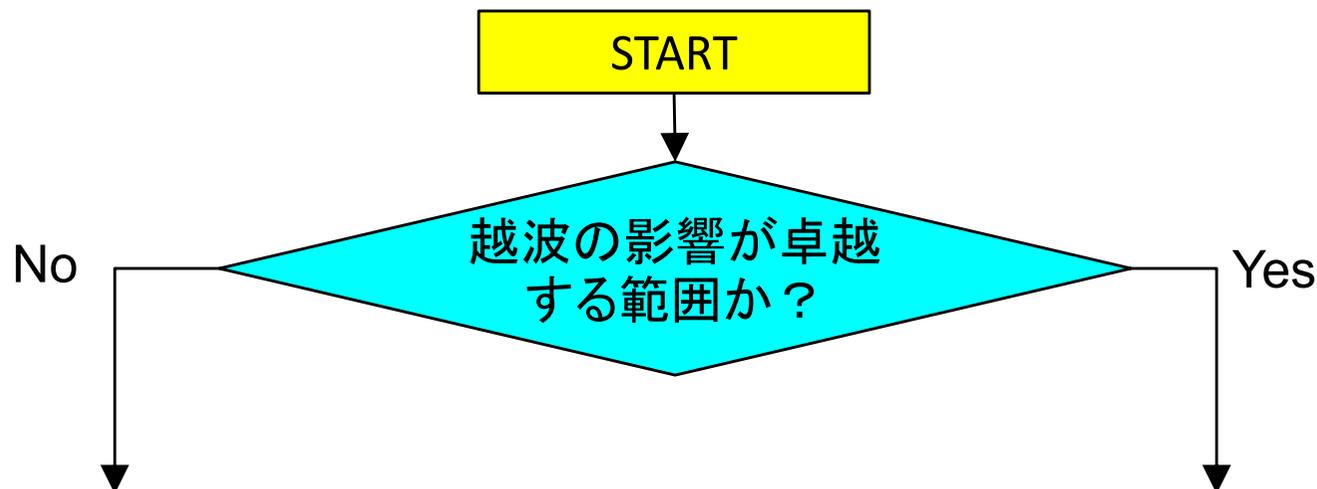
点検の視点③ 浸水深・範囲の施設条件に対する感度分析 点検の結果

- 横浜市金沢区では、堤防なしの区間が増えるほど、海側への排水量が増え、浸水ボリュームが減少することがわかった。この要因の1つに、当海岸では下図に示すとおり陸から海に向かって下り勾配がつき、堤防がない条件において海側への排水が顕著となったことが挙げられる。
- 横浜市金沢区のように、背後地の条件によっては、堤防・護岸等が決壊しない場合の浸水範囲の方が広がる場合がある。この場合、決壊区間が少ない程、浸水範囲は広くなると考えられる。



点検の視点⑤ 家屋倒壊条件の設定方法

- 点検の視点③の検討から、平面2次元非線形長波モデルでは、越波によって沿岸部の建造物に作用する流体力の表現に限界があることが分かった。
- 下記の考えで家屋倒壊条件を設定することとした。



平面2次元非線形長波モデルによる浸水深、流速、流体力分布から①～③等の指標で設定する。

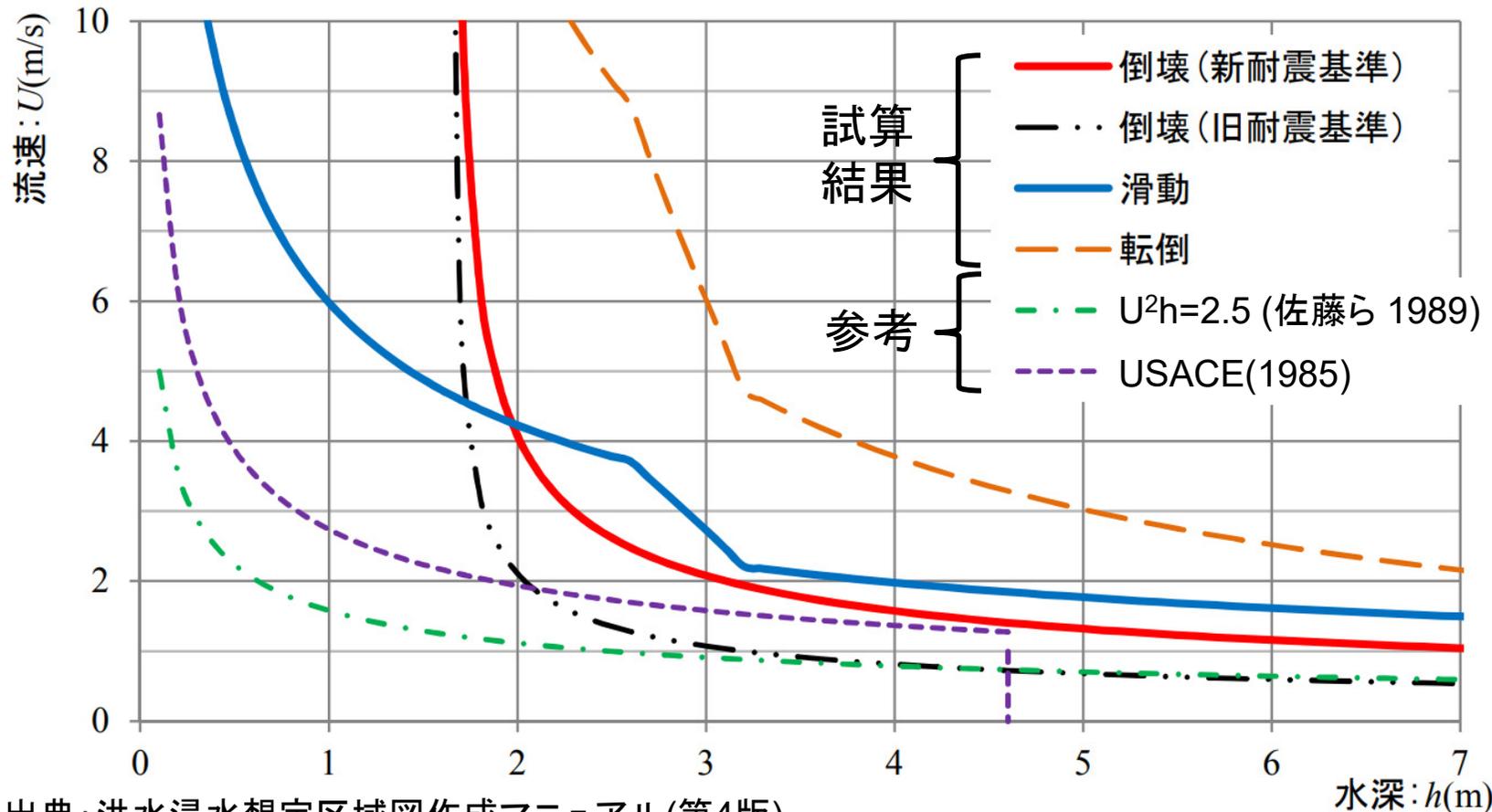
- ① 「洪水浸水想定区域図作成マニュアル(第4版)」の木造家屋の倒壊等限界の試算例
- ② 「内閣府南海トラフ地震対策協議会資料」の浸水深毎の建物被害確率
- ③ 田島ら(2006)による家屋倒壊指標

越波により大きな波力が作用すると想定される範囲については、以下の考え方で別途設定する。

- 高田(1972)の越波の飛散範囲の式で推定される越波の飛散範囲を設定

点検の視点⑤ 「洪水浸水想定区域図作成マニュアル(第4版)」の試算例

- 洪水の場合の家屋倒壊等氾濫想定区域の設定指標として、「洪水浸水想定区域図作成マニュアル(第4版)」に示される下式が用いられている。
- 下式はモデル家屋を対象として計算された試算結果であるが、洪水浸水想定区域図作成の実務ではこれをそのまま適用している場合が多い。
- 下式は河川堤防からの越水・氾濫による浸水を想定したものであるが、海岸からの越流も同様の水理現象であるため、適用可能と考える。



倒壊 (新耐震基準) :

$$U = \sqrt{\frac{5.83}{(h-1.650)}} \quad 1.65m < h$$

倒壊 (旧耐震基準) :

$$U = \sqrt{\frac{1.56}{(h-1.650)}} \quad 1.65m < h$$

滑動 :

$$U = \sqrt{\frac{35.76}{h}} \quad 0m \leq h < 2.6m$$

$$U = \sqrt{\frac{122.95 - 33.53h}{h}} \quad 2.6m \leq h < 3.2m$$

$$U = \sqrt{\frac{15.65}{h}} \quad 3.2m \leq h$$

転倒 :

$$U = \frac{1}{h} \sqrt{521} \quad 0m \leq h < 2.6m$$

$$U = \frac{1}{h} \sqrt{1790 - 488h} \quad 2.6m \leq h < 3.2m$$

$$U = \frac{1}{h} \sqrt{229} \quad 3.2m \leq h$$

出典: 洪水浸水想定区域図作成マニュアル(第4版)

点検の視点⑤ 【再掲】越波の影響範囲内の設定方法

○越波の分散範囲内は、越波水塊が直接飛散してくる可能性のある範囲のため、越波の分散範囲では家屋が倒壊するものとする。

【高田の式：越波の分散範囲を計算】

ある。以上より天端水平面上に落下する最大の飛散距離 l_Q と波の打ち上げ高 R との関係は次のような一般式で近似的に示される。

$$l_Q = (R - H_c) \{ a \cot \theta + b (\cot \theta_c - \cot \theta) \} \dots \dots (5)$$

ここに、 a および b は実験定数である。

(出典) 高田彰：越波の飛散分布について、海岸工学講演会論文集、1972

- l_Q : 天端水平面上における越波の最大飛散距離
- R : 護岸が無限壁であった場合の波の打ち上げ高
- H_c : 護岸天端高
- θ : 護岸の法勾配
- θ_c : R/H_0 を最大とする臨界面面勾配(H_0 は換算沖波波高)
- a, b : 実験定数

【玉田らの式：最大うちあげ高を計算】

$$(R_{\max})_{99\%,100} = 2.15 R_s = 1.54 R_{2\%}$$

最大打ち上げ高

$$R_{2\%} / H_0 = 2.99 - 2.73 \exp(-0.57 \tan \beta / \sqrt{H_0' / L_0})$$

$$\tan \beta = \frac{(h_b + R_{2\%})^2}{2A}$$

- $(R_{\max})_{99\%,100}$: 最大うちあげ高
- $R_{2\%}$: 2%最大うちあげ高
- H_0' : 換算沖波波高
- L_0 : 沖波波長
- $\tan \beta$: 海底勾配
- h_b : 砕波水深
- A : $R_{2\%} \sim h_b$ の2点間の実断面の面積

(出典) 玉田ら：CLASHデータセットに基づく打上げ・越波統合算定モデルの直立護岸への拡張、土木学会論文集B2(海岸工学)、Vol.71、No.2、I_847-I_852、2015。

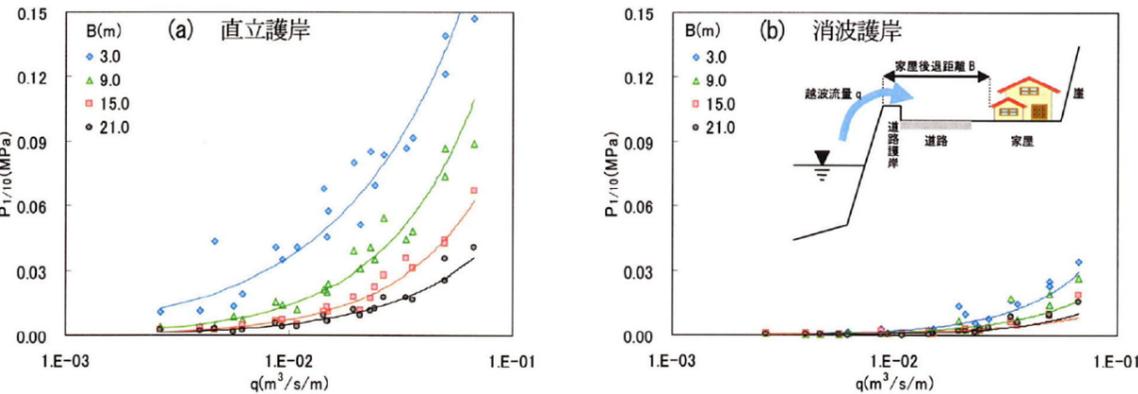
【参考】点検の視点⑤ 越波の影響範囲内の設定方法

○ 越波の分散範囲外においても、越波水塊の着水後の遡上によって、大きな波力が作用し家屋倒壊をもたらす場合がある。これに関し、以下の研究がある。

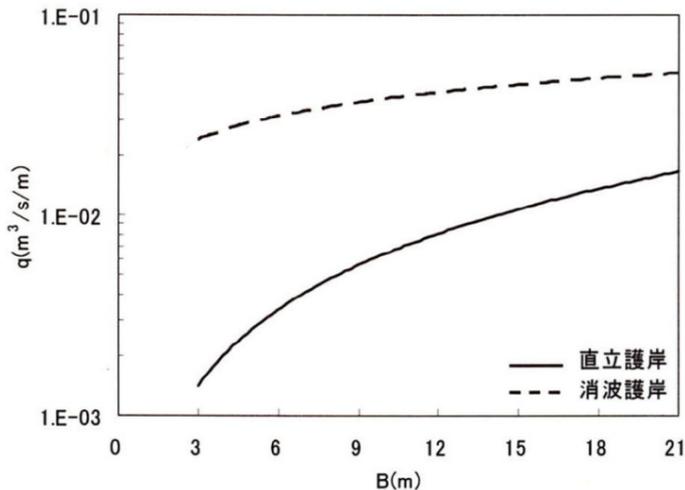
- 坂井ら(2006): 護岸背後に位置する家屋の越波による被災特性について(海洋開発論文集)
- 竹下ら(2017): 越波により海岸堤防背後の家屋に作用する波圧の計算(土木学会論文集B2[海岸工学])

【坂井ら(2006)】水理模型実験による

● 越波流量・護岸からの距離と家屋に作用する波圧の関係を整理



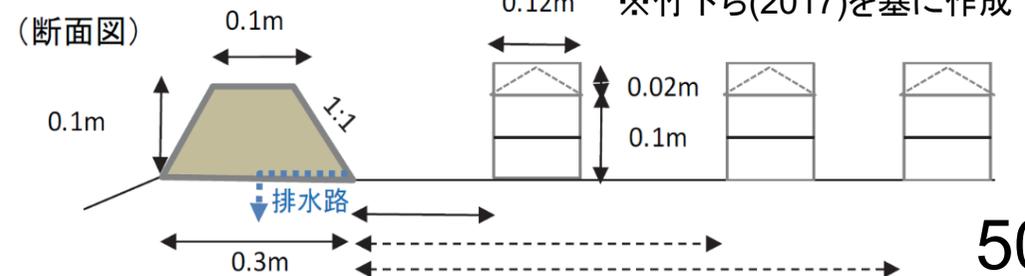
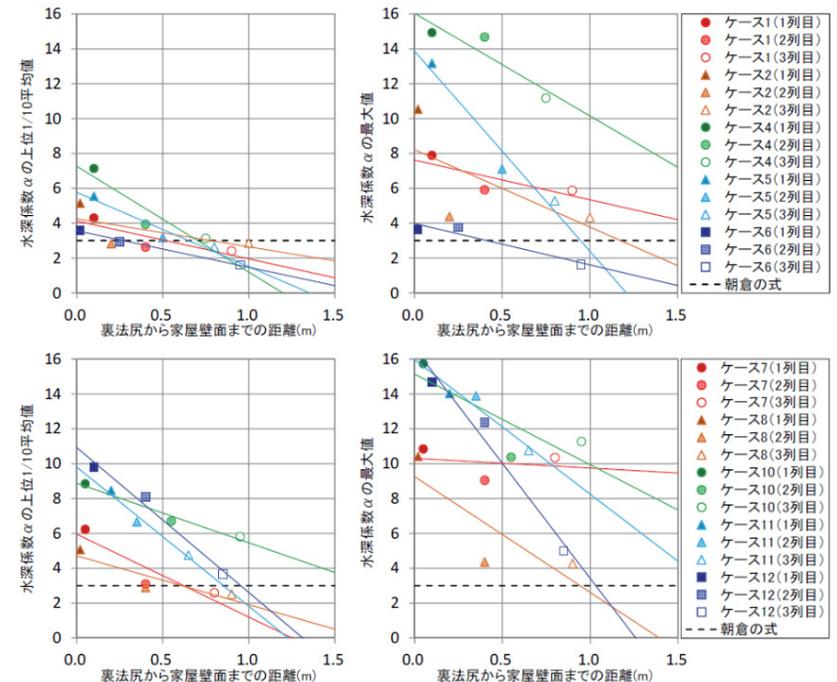
● 家屋半壊限界越波流量を護岸からの距離の関数として整理



⇒この図を参考に範囲を設定してはどうか

【竹下ら(2017)】水理模型実験+数値シミュレーションによる

● 波高、周期、越波量、護岸からの距離と水深係数を整理



【参考】点検の視点⑤ 越波の影響範囲内の設定方法

- 竹下ら(2017)の結果を無次元量(波形勾配 H_0/L_0 、無次元越波量 $q/\sqrt{2gH_0^3}$ 、護岸からの距離 B/L_0)で再整理すれば、重回帰分析(対数回帰)により H_0 、 L_0 、 q 、 B から水深係数 α を求める近似式を得ることができる。
- 平面二次元シミュレーションから得られる最大浸水深に上記で算出した水深係数を乗じることで越波水塊による波力を見積もることはできる。

【水深係数の近似式(対数回帰で導出)】

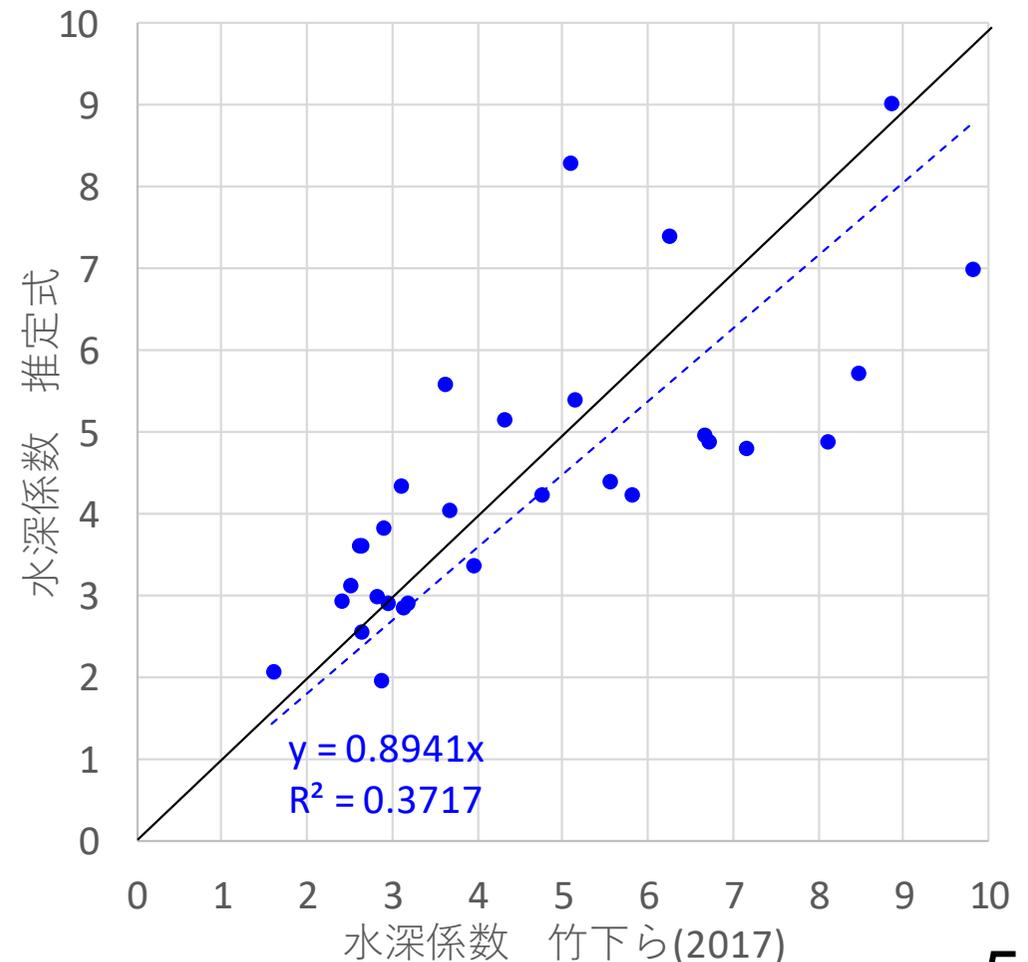
$$\alpha = 0.4(H_0/L_0)^{-0.46} \left(q/\sqrt{2gH_0^3} \right)^{0.07} (B/L_0)^{-0.26}$$

⇒この式を参考に水深係数を計算し、最大浸水深による静水圧に乗じて越波による波力を見積もることも可能

●分析に用いた基礎データ(竹下ら(2017)を基に作成)

ケース番号	波高(m)	周期(s)	越波量(m ³ /m/s)	護岸からの距離(m)			水深係数		
				地点1	地点2	地点3	地点1	地点2	地点3
1	0.07	1.53	4.60E-03	0.10	0.40	0.90	4.30	2.63	2.40
2	0.09	1.42	8.60E-04	0.02	0.20	1.00	5.14	2.81	2.85
3	0.08	1.53	4.50E-07	0.02	0.40	0.90			
4	0.17	2.04	6.20E-03	0.10	0.40	0.75	7.14	3.94	3.13
5	0.20	2.15	2.20E-03	0.10	0.50	0.80	5.54	3.17	2.63
6	0.19	2.10	2.00E-04	0.02	0.25	0.95	3.60	2.94	1.59
7	0.11	2.06	5.40E-03	0.05	0.40	0.80	6.23	3.10	2.60
8	0.10	1.98	1.00E-03	0.02	0.40	0.90	5.07	2.88	2.50
9	0.09	1.99	6.30E-07	0.05	0.40	0.90			
10	0.21	2.95	1.10E-02	0.05	0.55	0.95	8.84	6.70	5.80
11	0.23	3.00	4.00E-03	0.20	0.35	0.65	8.45	6.65	4.74
12	0.24	3.21	1.90E-03	0.10	0.40	0.85	9.79	8.09	3.65

【推定式による水深係数と竹下ら(2017)の値の比較】



点検の視点⑥ 計算ケース

○ 下記の計算ケースで波浪・高潮シミュレーションを実施した。

【計算ケース】

目的	対象海岸	台風条件	経路	ケース数
気候変動が想定最大の台風に与える影響を評価	吸い上げ、吹き寄せの影響が顕著な東京湾・大阪湾 2海域	1) 現行の手引きに準拠 2) 「第5回 気候変動を踏まえた海岸保全のあり方検討会」資料における台風中心気圧のバイアス補正の結果を参考に、現行の手引きの中心気圧を補正したものを設定 2通り	既往検討を参考に、各湾の湾奥で潮位偏差が大きくなる上位3コース程度を設定 3コース	12ケース

目的	対象海岸	台風条件	経路	ケース数
気候変動が既往最大の低気圧に与える影響を評価	過去に低気圧で被害を受けた根室港周辺及び下新川海岸周辺 2海域	1) 過去に対象海域で被害を生じた低気圧(既往最大) 2) d4pdfの過去実験と4℃上昇実験データにおける爆弾低気圧の中心気圧の差分を基に、1)の気圧分布を引き伸ばしたもの 2通り	既往最大低気圧による気圧場の経時変化を20km間隔で原点移動させて設定 3コース	12ケース

点検の視点⑥ 想定最大台風:計算条件

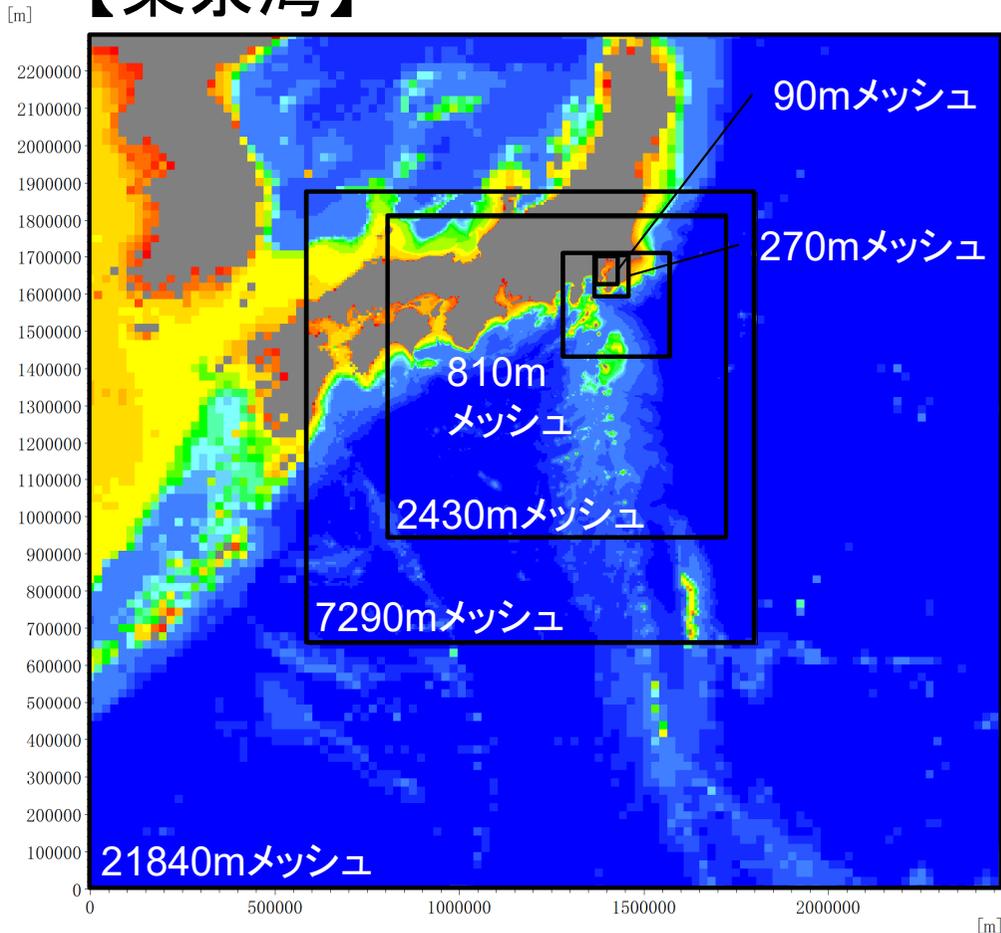
○ 想定最大台風を対象とした波浪・高潮シミュレーションの計算条件を下表に示す。

項目		設定
計算手法	風・気圧推算	台風モデル(Myers式)
	波浪	スペクトル法 (SWAN[ver41.31])
	高潮(海域)	非線形長波方程式(風、気圧、波浪の影響を考慮)
台風条件	対象海域	内湾域2海域(東京湾・大阪湾)
	現在気象	【中心気圧】880~910hPa 【移動速度】73km/h【最大旋衝突風速半径】75km 【経路】既往検討を参考に、各海域にとって危険なコースを3経路程度選定
	将来気象	【中心気圧】「第5回 気候変動を踏まえた海岸保全のあり方検討会」の資料における台風中心気圧のバイアス補正の結果を参考に、現行の手引きの中心気圧を補正したものを設定 【移動速度】73km/h【最大旋衝突風速半径】75km 【経路】同上
潮位条件		東京湾: 朔望平均満潮位+異常潮位 T.P.+1.11mで一定 大阪湾: 朔望平均満潮位 T.P.+0.9mで一定(大阪府河川整備審議会)
地形モデル		「内閣府 南海トラフの巨大地震モデル検討会 計算データ」「GEBCO」等の地形データを基に設定、計算領域・計算格子間隔は次頁参照
風波浪推算条件	風の変換係数	東京湾:C1=C2=0.70、大阪湾:C1=C2=0.675
	吹き込み角	30度
	計算時間間隔	300s(陰解法による差分ためC.F.L.条件の制約を受けない)
	分割数	方向分割数:24 ($\delta \theta = 15^\circ$)、周波数分割数:31($f=0.05 \sim 1.0$, $\delta f \doteq 0.1f$)
波浪発達・減衰		KOMEN(1980)のモデル
高潮推算条件	施設条件	沿岸部は壁立て、漁港・港湾の防波堤等の沖合構造物は考慮しない
	計算時間間隔	C.F.L.条件を満足するように設定
	海面抵抗係数	本多・光易(1980)の方法を基本とし、風速45m/s以上については定数を一定とする

点検の視点⑥ 想定最大台風：計算領域・地形モデル

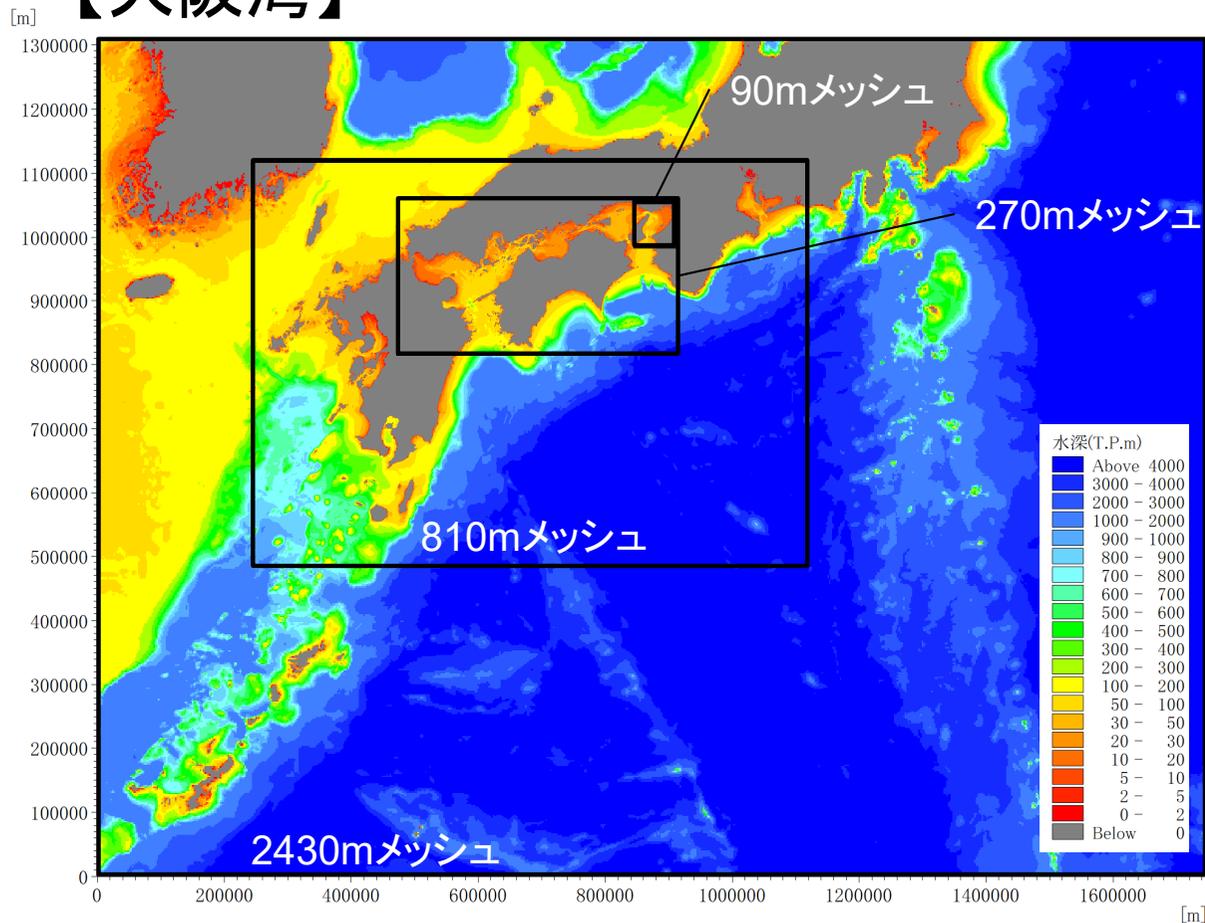
- 対象地区は、東京湾、大阪湾の2地区とした。
- 内閣府 南海トラフ巨大地震対策検討 計算データ、GEBCO等を基に地形モデルを作成した。

【東京湾】



- 波浪推算：
21840m→7290m→2430m→810m→270m→90m
- 高潮推算：
2430m→810m→270m→90m

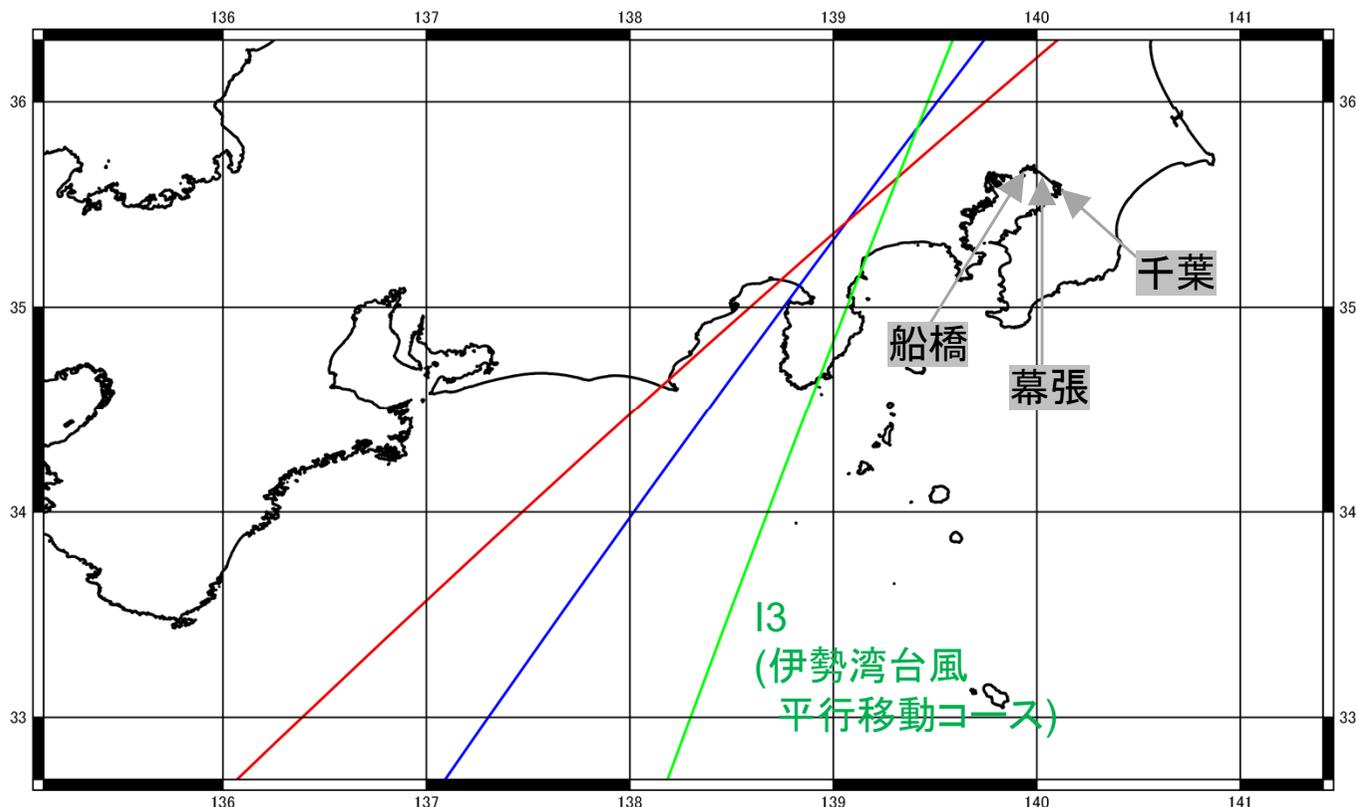
【大阪湾】



- 波浪推算：
2430m→810m→270m→90m
- 高潮推算：
2430m→810m→270m→90m

点検の視点⑥ 想定最大台風：対象コース(東京湾)

○ 東京湾については、湾奥で潮位偏差が大きくなるコースとして下図の3コースを選定。



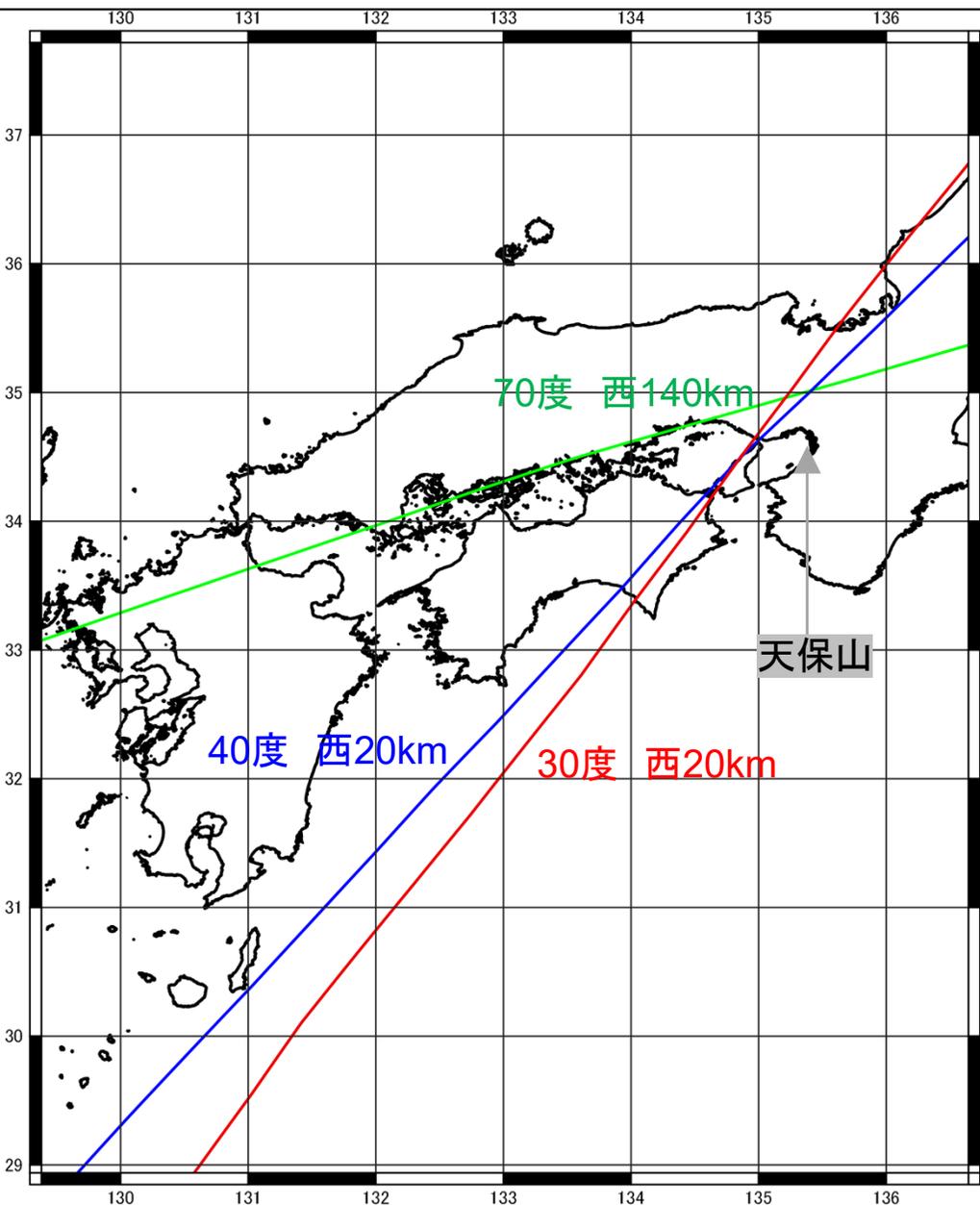
A1
(台風7920号
平行移動コース)

T3
(大正6年台風
平行移動コース)

I3
(伊勢湾台風
平行移動コース)

点検の視点⑥ 想定最大台風：対象コース(大阪湾)

○ 大阪湾の対象コースは、大阪湾湾奥で潮位偏差が大きくなる下図の3コースを選定。



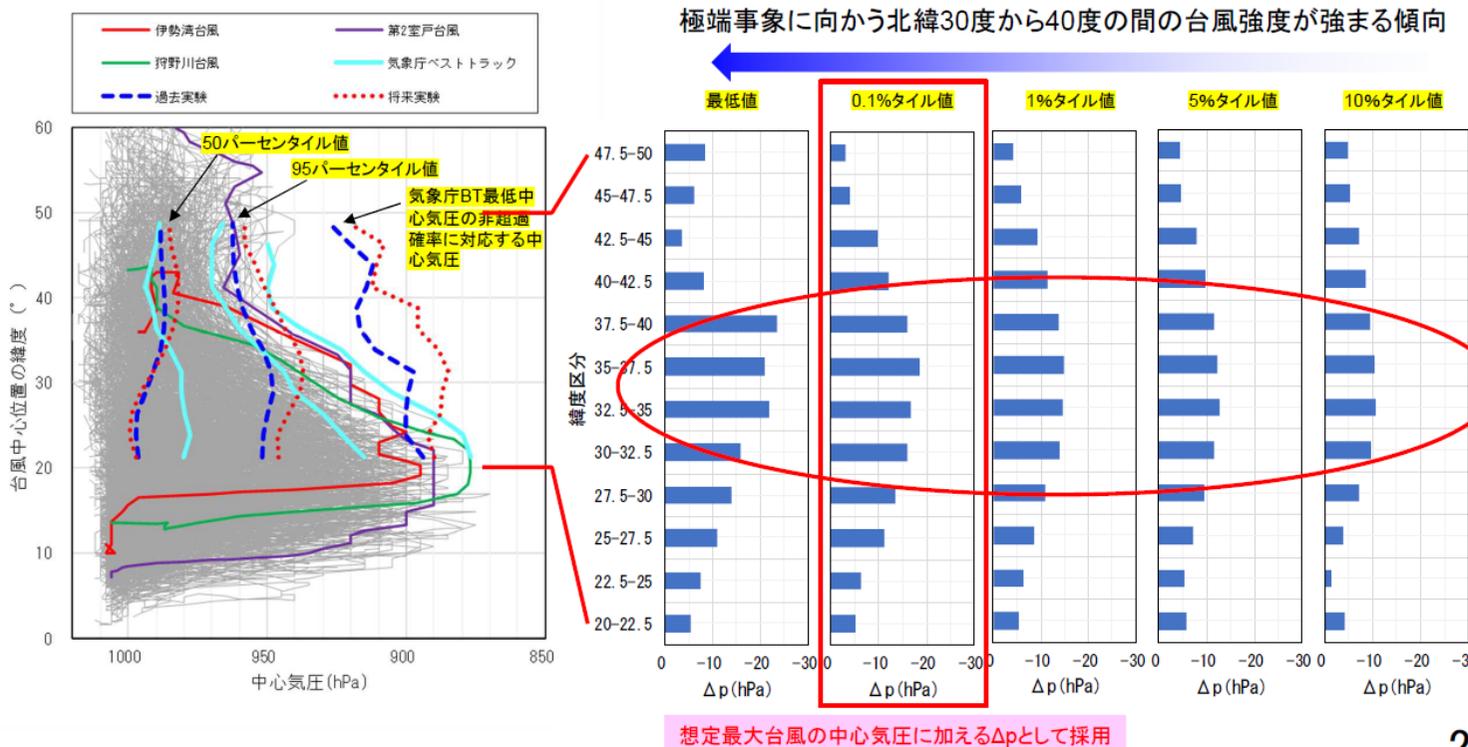
		単位:m												
方向	移動距離	天保山	堺市	高石市	泉大津市	忠岡町	岸和田市	貝塚市	泉佐野市	田尻町	泉南市	阪南市	岬町	
10度	0km	4.706	4.488	3.832	3.614	3.373	3.328	3.060	2.949	2.747	2.699	2.628	2.437	
	西20km	4.702	4.456	3.872	3.677	3.531	3.492	3.238	3.168	3.009	2.951	2.831	2.574	
	西40km	4.465	4.178	3.790	3.636	3.515	3.478	3.224	3.177	3.038	2.983	2.874	2.623	
	西60km	4.156	3.880	3.620	3.476	3.380	3.344	3.101	3.044	2.898	2.842	2.733	2.508	
	最大	4.706	4.488	3.872	3.677	3.531	3.492	3.238	3.177	3.038	2.983	2.874	2.623	
20度	0km	4.842	4.643	3.931	3.731	3.461	3.415	3.152	3.026	2.805	2.743	2.654	2.448	
	西20km	4.894	4.676	4.105	3.929	3.716	3.670	3.405	3.312	3.110	3.043	2.901	2.607	
	西40km	4.673	4.416	4.028	3.867	3.714	3.671	3.407	3.363	3.205	3.143	3.017	2.732	
	西60km	4.417	4.184	3.895	3.743	3.623	3.584	3.337	3.285	3.114	3.053	2.937	2.685	
	最大	4.894	4.676	4.105	3.929	3.716	3.671	3.407	3.363	3.205	3.143	3.017	2.732	
30度	0km	4.898	4.740	4.012	3.835	3.529	3.479	3.209	3.077	2.790	2.712	2.607	2.394	
	西20km	5.084	4.896	4.335	4.159	3.881	3.832	3.559	3.434	3.175	3.091	2.923	2.602	
	西40km	4.867	4.678	4.296	4.131	3.939	3.893	3.628	3.562	3.376	3.306	3.155	2.830	
	西60km	4.671	4.501	4.196	4.039	3.895	3.854	3.607	3.555	3.376	3.308	3.172	2.880	
	西80km	4.544	4.388	4.071	3.938	3.808	3.767	3.533	3.462	3.284	3.219	3.083	2.807	
最大	5.084	4.896	4.335	4.159	3.939	3.893	3.628	3.562	3.376	3.308	3.172	2.880		
40度	0km	4.835	4.751	4.049	3.896	3.598	3.543	3.276	3.140	2.825	2.732	2.560	2.322	
	西20km	5.078	4.958	4.405	4.238	3.940	3.890	3.631	3.500	3.209	3.116	2.917	2.564	
	西40km	4.927	4.832	4.467	4.308	4.078	4.029	3.772	3.692	3.474	3.393	3.222	2.863	
	西60km	4.820	4.714	4.397	4.243	4.090	4.046	3.803	3.744	3.545	3.471	3.316	2.985	
	西80km	4.748	4.622	4.331	4.196	4.054	4.012	3.775	3.710	3.519	3.450	3.299	2.988	
西100km	4.586	4.459	4.196	4.062	3.917	3.874	3.636	3.572	3.385	3.319	3.182	2.897		
最大	5.078	4.958	4.467	4.308	4.090	4.046	3.803	3.744	3.545	3.471	3.316	2.988		
50度	0km	4.654	4.686	4.115	3.996	3.625	3.570	3.320	3.160	2.846	2.747	2.543	2.224	
	西20km	4.988	4.937	4.362	4.196	3.902	3.852	3.612	3.483	3.175	3.077	2.860	2.492	
	西40km	4.951	4.926	4.537	4.387	4.125	4.078	3.834	3.727	3.460	3.371	3.175	2.789	
	西60km	4.872	4.848	4.539	4.394	4.213	4.169	3.930	3.855	3.624	3.545	3.373	3.009	
	西80km	4.851	4.799	4.531	4.400	4.241	4.195	3.962	3.894	3.687	3.614	3.447	3.104	
西100km	4.790	4.736	4.489	4.357	4.190	4.145	3.911	3.848	3.649	3.577	3.423	3.102		
最大	4.988	4.937	4.539	4.400	4.241	4.195	3.962	3.894	3.687	3.614	3.447	3.104		
60度	0km	4.347	4.532	4.089	4.010	3.620	3.572	3.368	3.204	2.904	2.817	2.637	2.264	
	西20km	4.709	4.790	4.256	4.123	3.832	3.787	3.576	3.448	3.153	3.083	2.885	2.486	
	西40km	4.843	4.892	4.443	4.308	4.052	4.007	3.791	3.676	3.383	3.290	3.085	2.700	
	西60km	4.833	4.900	4.556	4.428	4.217	4.172	3.953	3.856	3.584	3.494	3.299	2.919	
	西80km	4.823	4.882	4.606	4.487	4.311	4.269	4.055	3.977	3.739	3.657	3.475	3.106	
西100km	4.859	4.899	4.667	4.549	4.366	4.321	4.106	4.041	3.822	3.745	3.572	3.218		
西120km	4.918	4.945	4.706	4.584	4.398	4.352	4.130	4.066	3.852	3.776	3.605	3.257		
西140km	5.006	5.011	4.747	4.620	4.431	4.385	4.150	4.079	3.854	3.777	3.606	3.258		
最大	5.006	5.011	4.747	4.620	4.431	4.385	4.150	4.079	3.854	3.777	3.606	3.258		
70度	0km	3.972	4.286	3.987	3.941	3.588	3.548	3.400	3.261	3.003	2.928	2.751	2.394	
	西20km	4.270	4.520	4.127	4.059	3.747	3.707	3.548	3.433	3.171	3.091	2.914	2.556	
	西40km	4.503	4.690	4.248	4.154	3.902	3.865	3.704	3.592	3.320	3.238	3.052	2.691	
	西60km	4.646	4.797	4.370	4.262	4.058	4.019	3.841	3.740	3.455	3.368	3.179	2.814	
	西80km	4.722	4.862	4.508	4.402	4.199	4.158	3.969	3.879	3.601	3.514	3.316	2.947	
西100km	4.766	4.915	4.634	4.535	4.332	4.291	4.097	4.015	3.754	3.669	3.472	3.096		
西120km	4.852	5.010	4.778	4.674	4.468	4.424	4.226	4.152	3.909	3.825	3.632	3.247		
西140km	5.018	5.140	4.915	4.807	4.592	4.548	4.340	4.268	4.029	3.945	3.751	3.365		
最大	5.018	5.140	4.915	4.807	4.592	4.548	4.340	4.268	4.029	3.945	3.751	3.365		

点検の視点⑥ 想定最大台風：台風条件

- 「第5回 気候変動を踏まえた海岸保全のあり方検討会」資料で、d4pdfの過去実験と4°C上昇実験の台風中心気圧の、緯度区分別・パーセンタイル毎の差分値 Δp が示された。
- 本検討では、このうち0.1パーセンタイル値の緯度区分別差分値を中心気圧に加えることで、想定最大台風に対する気候変動の影響を考慮した。

【中心気圧差分値 Δp の設定】

- 将来実験と過去実験の差分値 Δp について、緯度区分毎・パーセンタイル毎に整理し、その傾向を把握した。
- 日本(本州・四国・九州)が位置する北緯30度～40度付近に着目すると、極端事象に向かうほど将来実験の台風中心気圧が相対的に低下する傾向となる。



【緯度別 中心気圧比較】

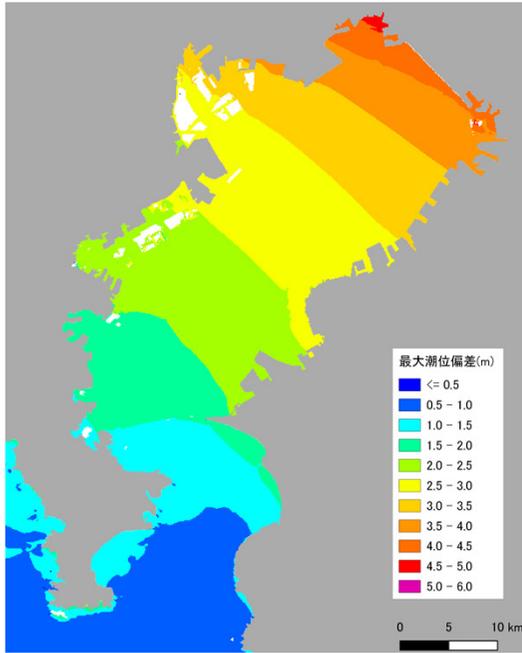
緯度(°)	中心気圧(hPa) (現行の手引き)	中心気圧(hPa) (気候変動考慮)
18	880	875
22	880	875
26	890	875
30	900	885
34	910	895
38	910	895
42	910	900
46	910	905
50	910	905

2

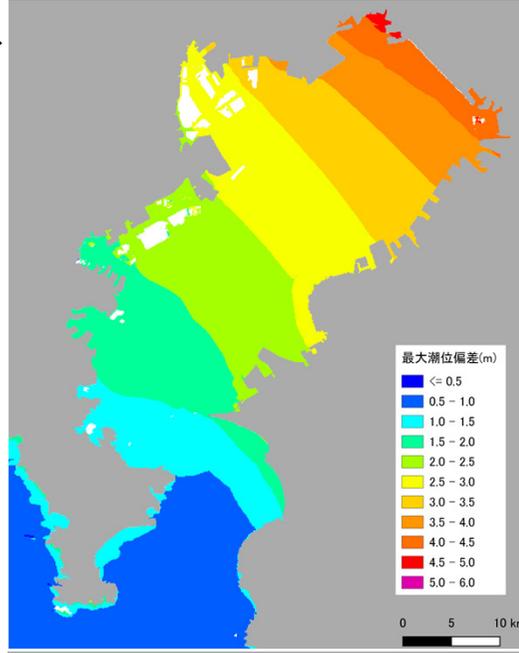
点検の視点⑥ 想定最大台風: 計算結果(東京湾)

- 東京湾における各コースの最大潮位偏差分布を以下に示す。
- 4°C上昇時の最大潮位偏差の方が、0.5m程度高いことが分かる。

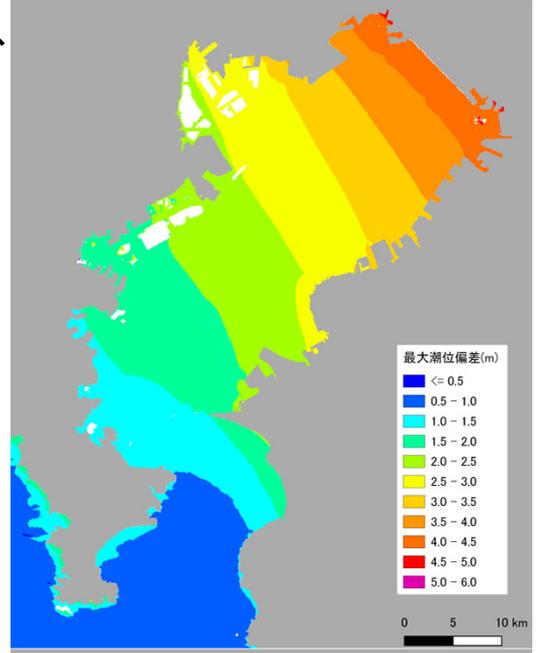
13 コース



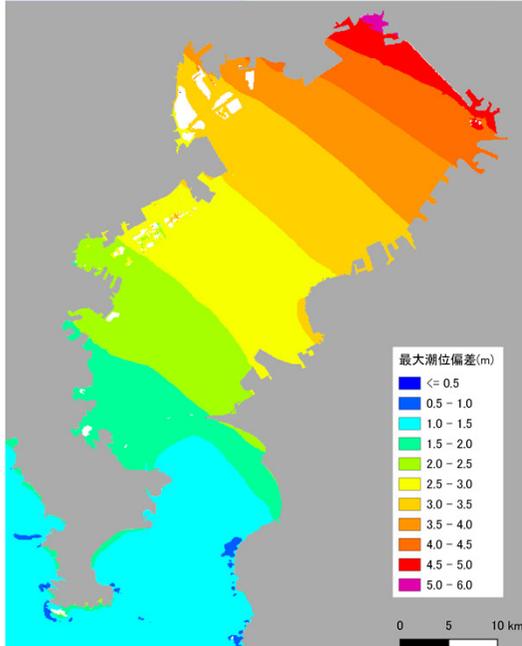
T3 コース



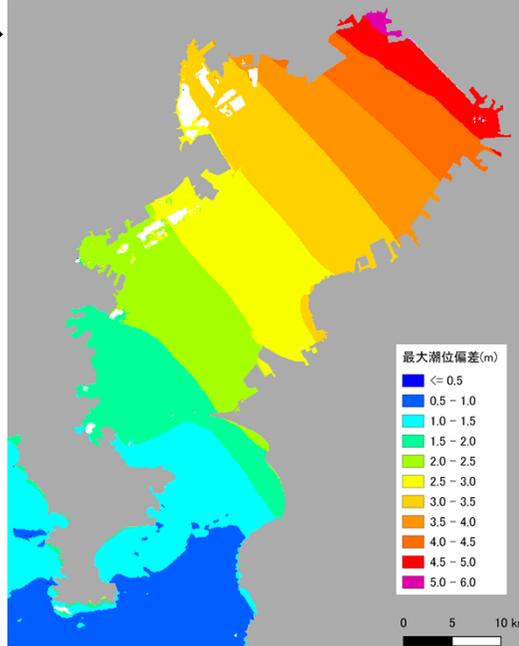
A1コース



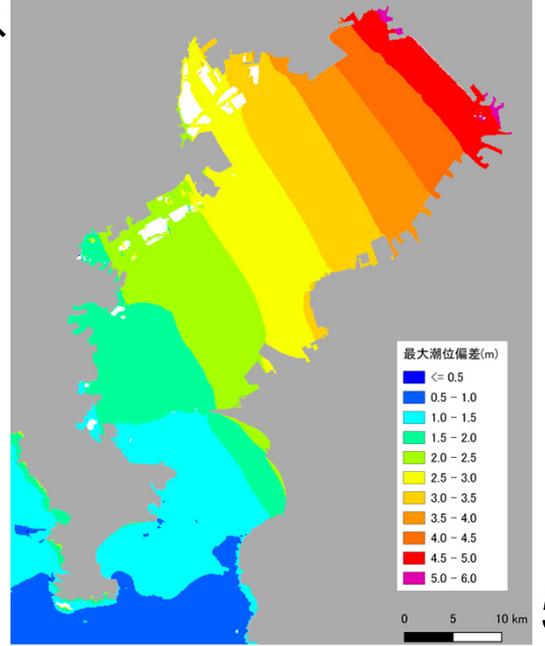
13 コース
4°C上昇



T3 コース
4°C上昇

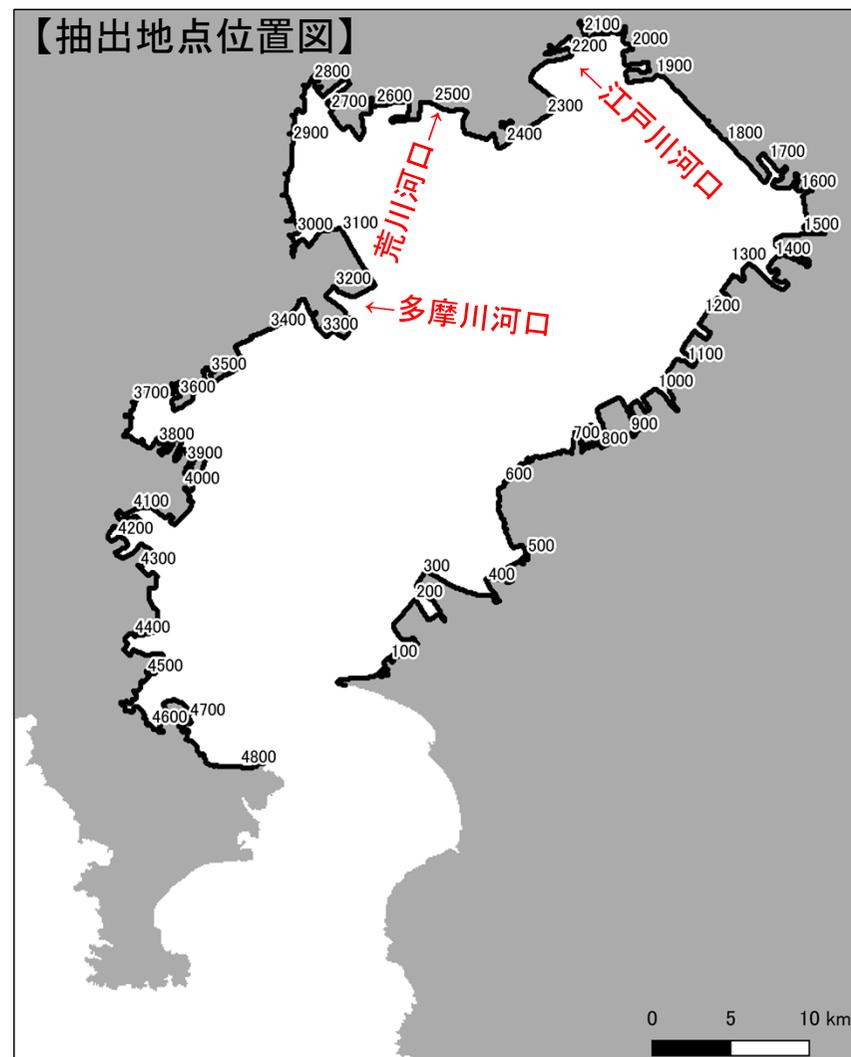
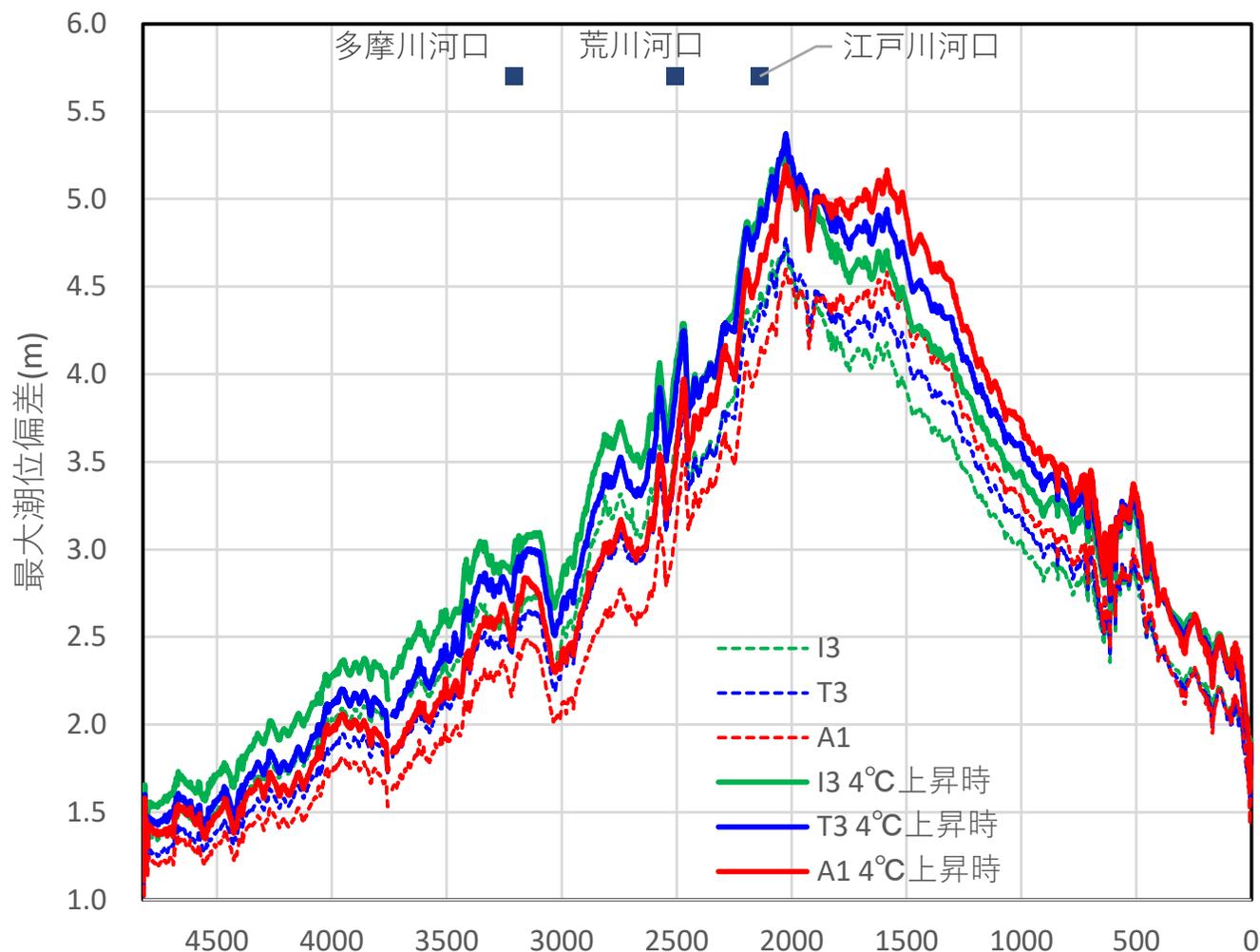


A1コース
4°C上昇



点検の視点⑥ 想定最大台風：計算結果(東京湾)

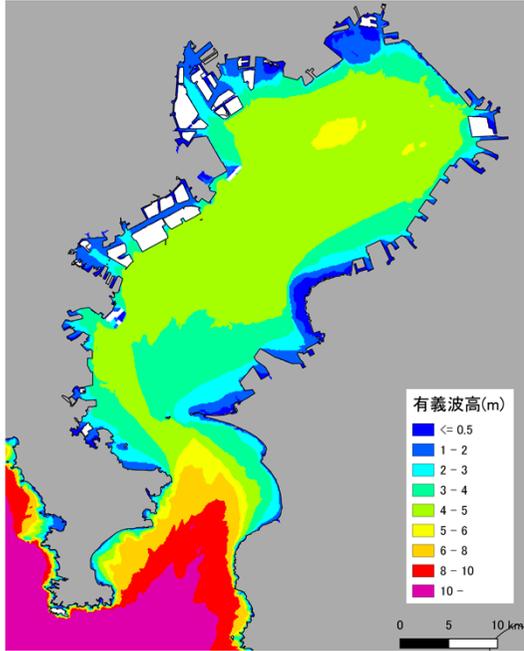
- 最大潮位偏差の沿岸分布を以下に示す。
- 4°C上昇時の想定最大台風による最大潮位偏差が、現行の想定最大台風と比較して一様に大きくなっていることが分かる。湾奥では、4°C上昇時の結果が0.6m程度大きくなっていた。
※4°C上昇時には1m程度の平均海面上昇の影響も加わることに留意が必要



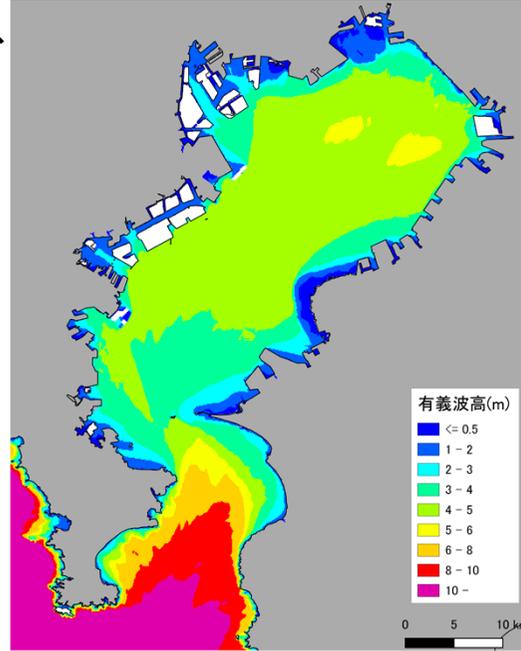
点検の視点⑥ 想定最大台風: 計算結果(東京湾)

- 最大有義波高分布を以下に示す。
- 4°C上昇時の有義波高の方がやや大きいことがわかる。

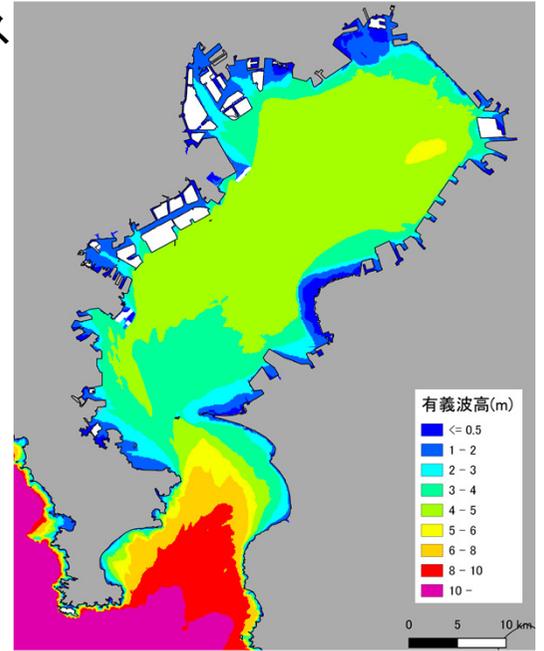
I3 コース



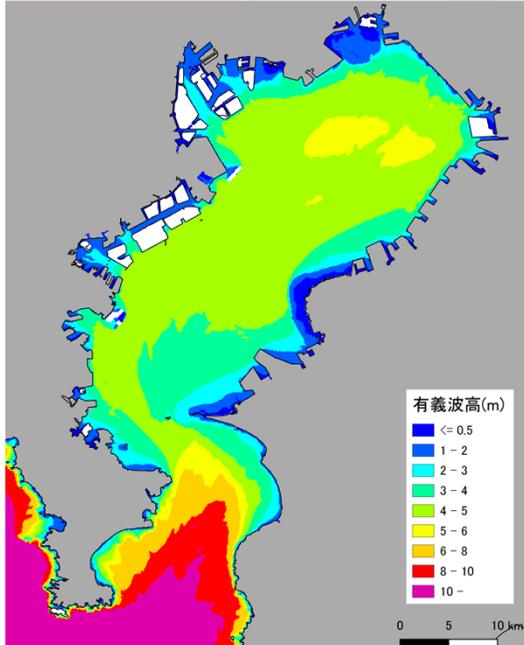
T3 コース



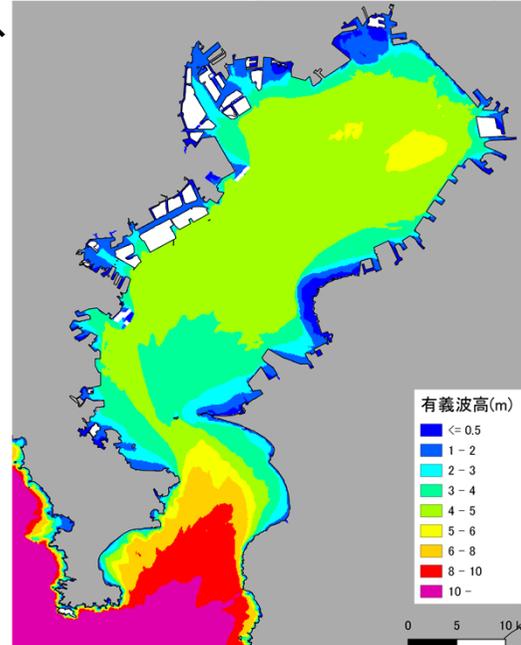
A1 コース



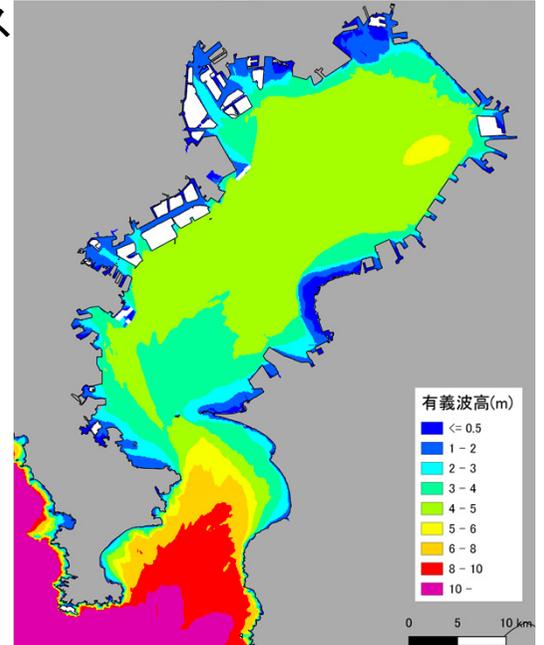
I3 コース
4°C上昇



T3 コース
4°C上昇

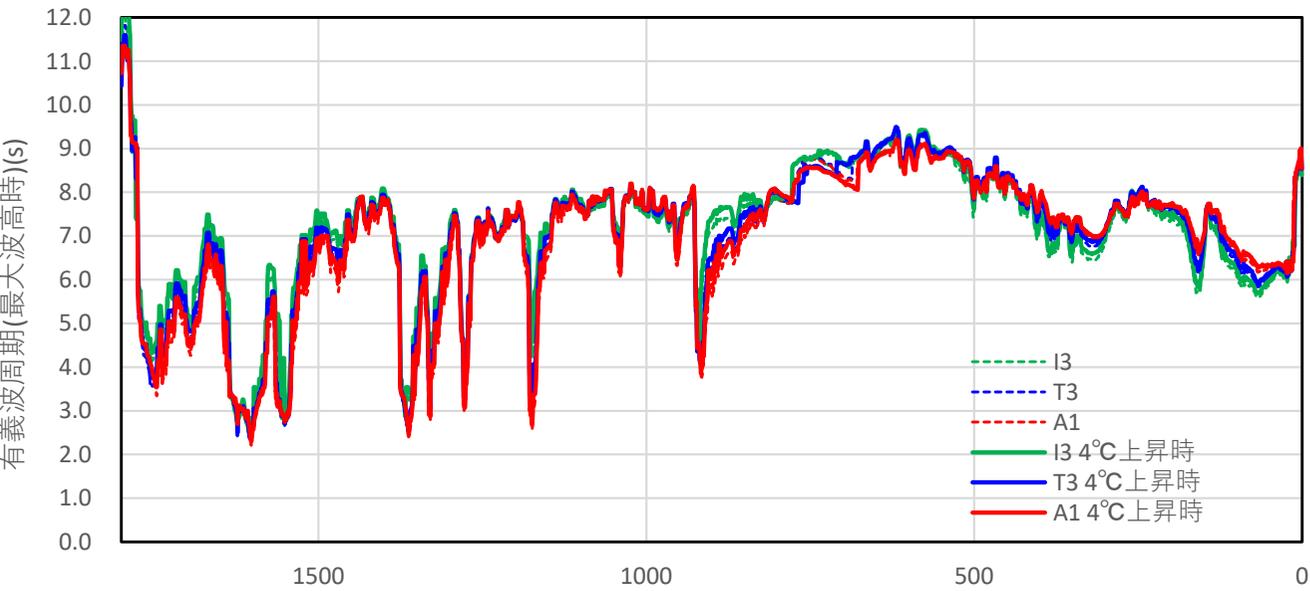
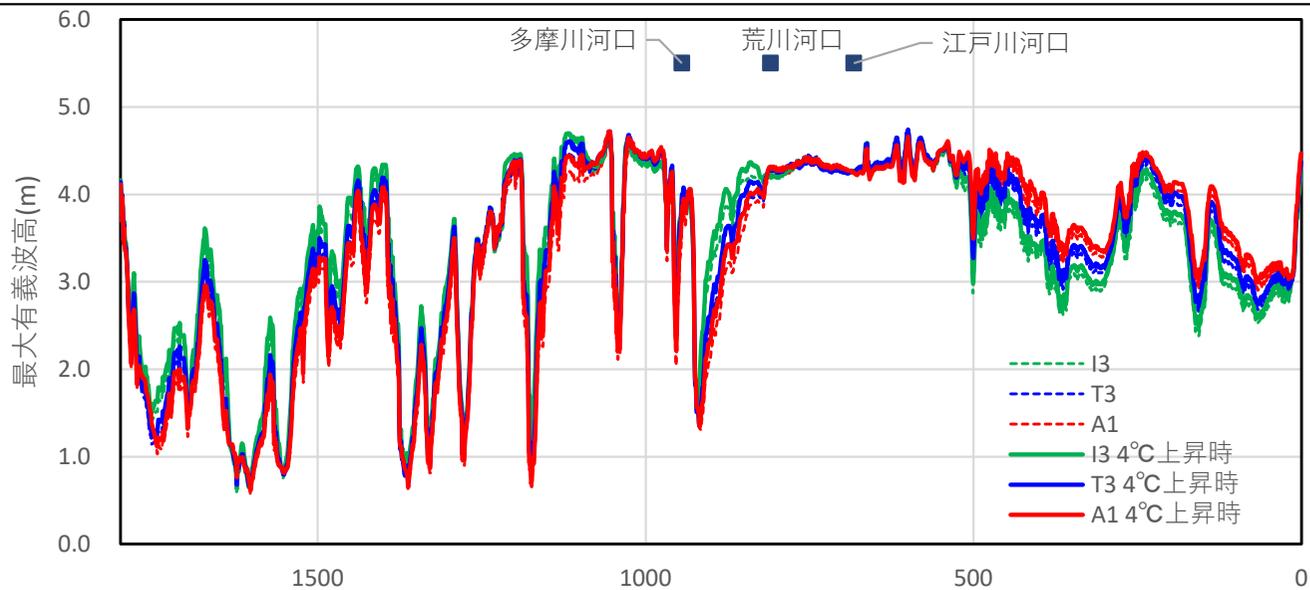


A1 コース
4°C上昇



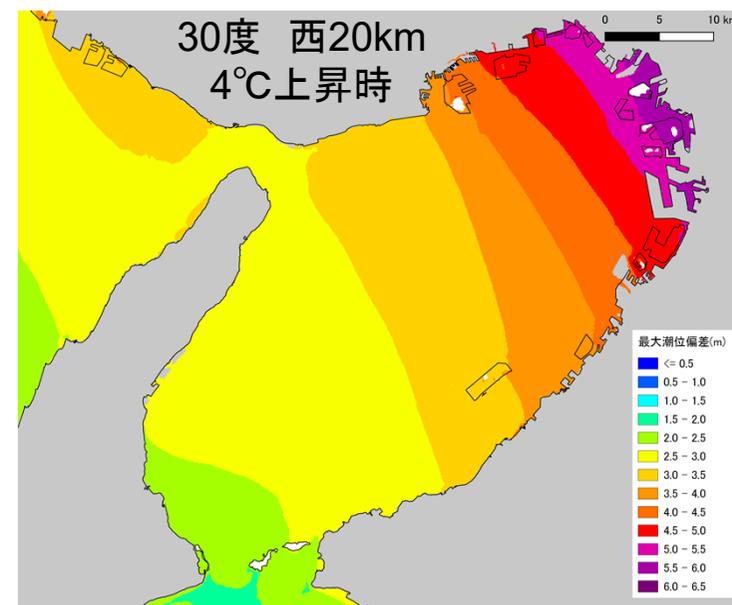
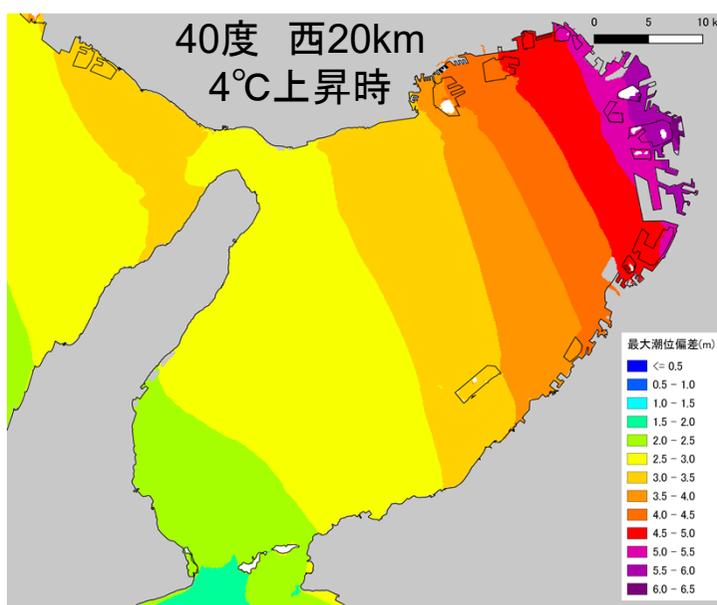
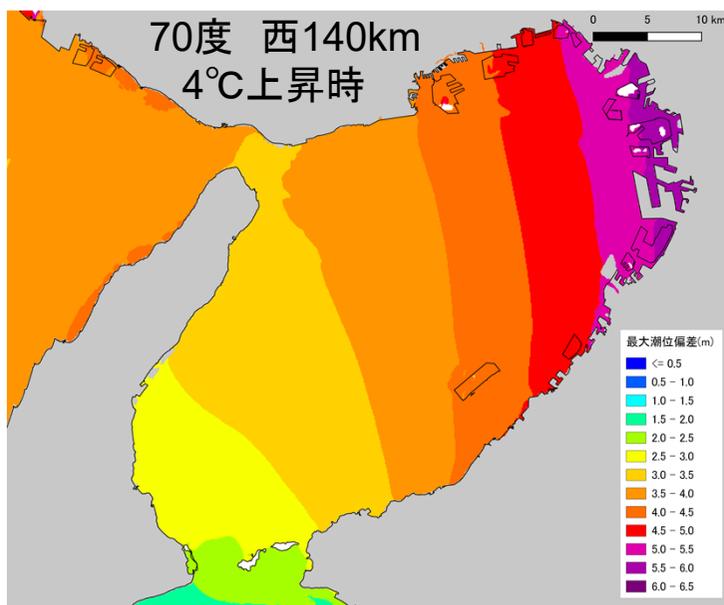
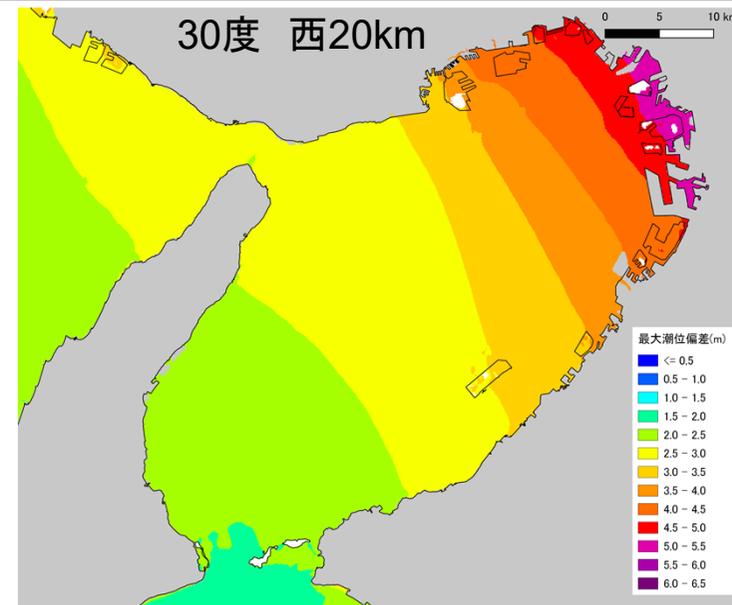
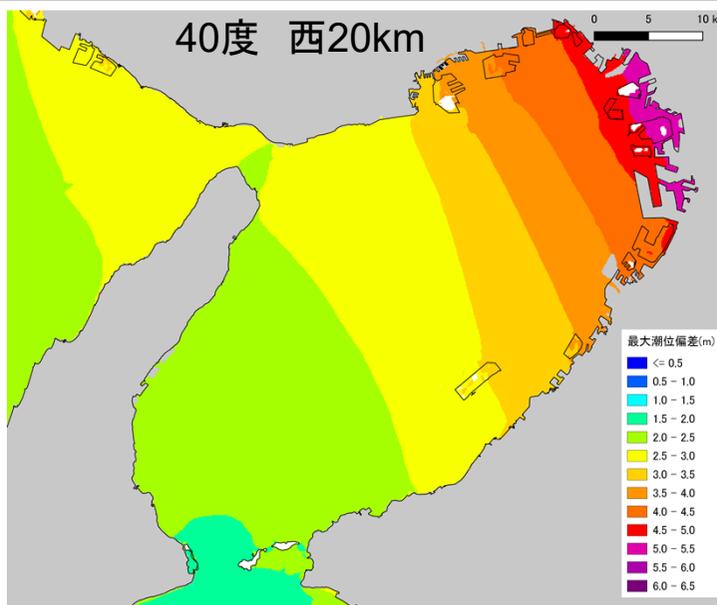
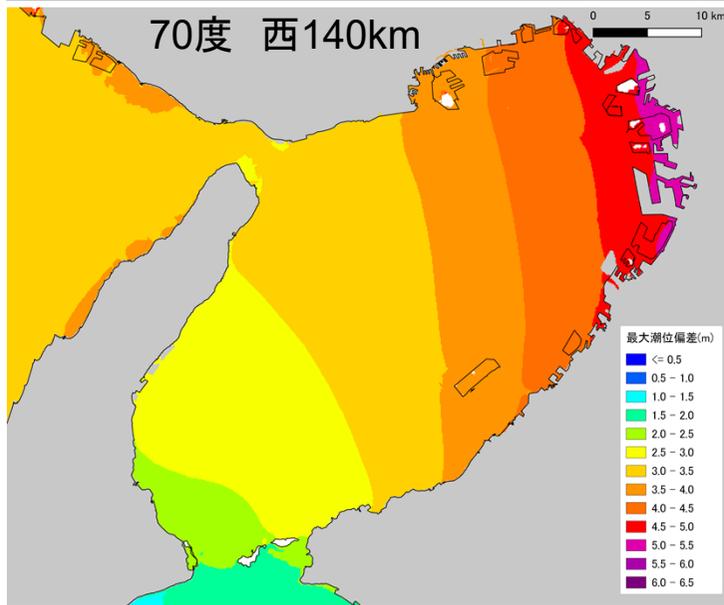
点検の視点⑥ 想定最大台風：計算結果(東京湾)

- 水深15mの等深線上で抽出した、最大有義波高及び最大波高時の有義波周期の沿岸分布を示す。
- 4°C上昇時の想定最大台風による最大有義波高、有義波周期(有義波高最大時)は、現行の想定最大のものと概ね同等であった(有義波高の差は0.1m程度、有義波周期の差も0.1s程度)。



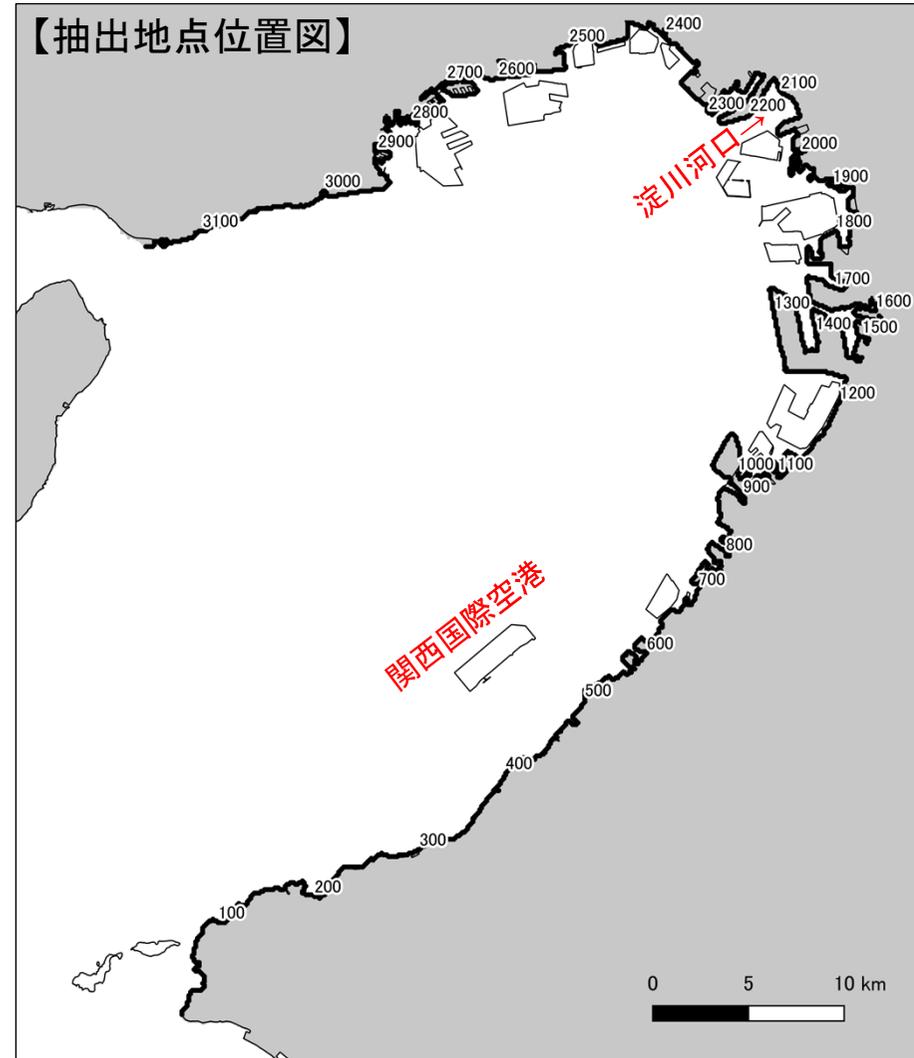
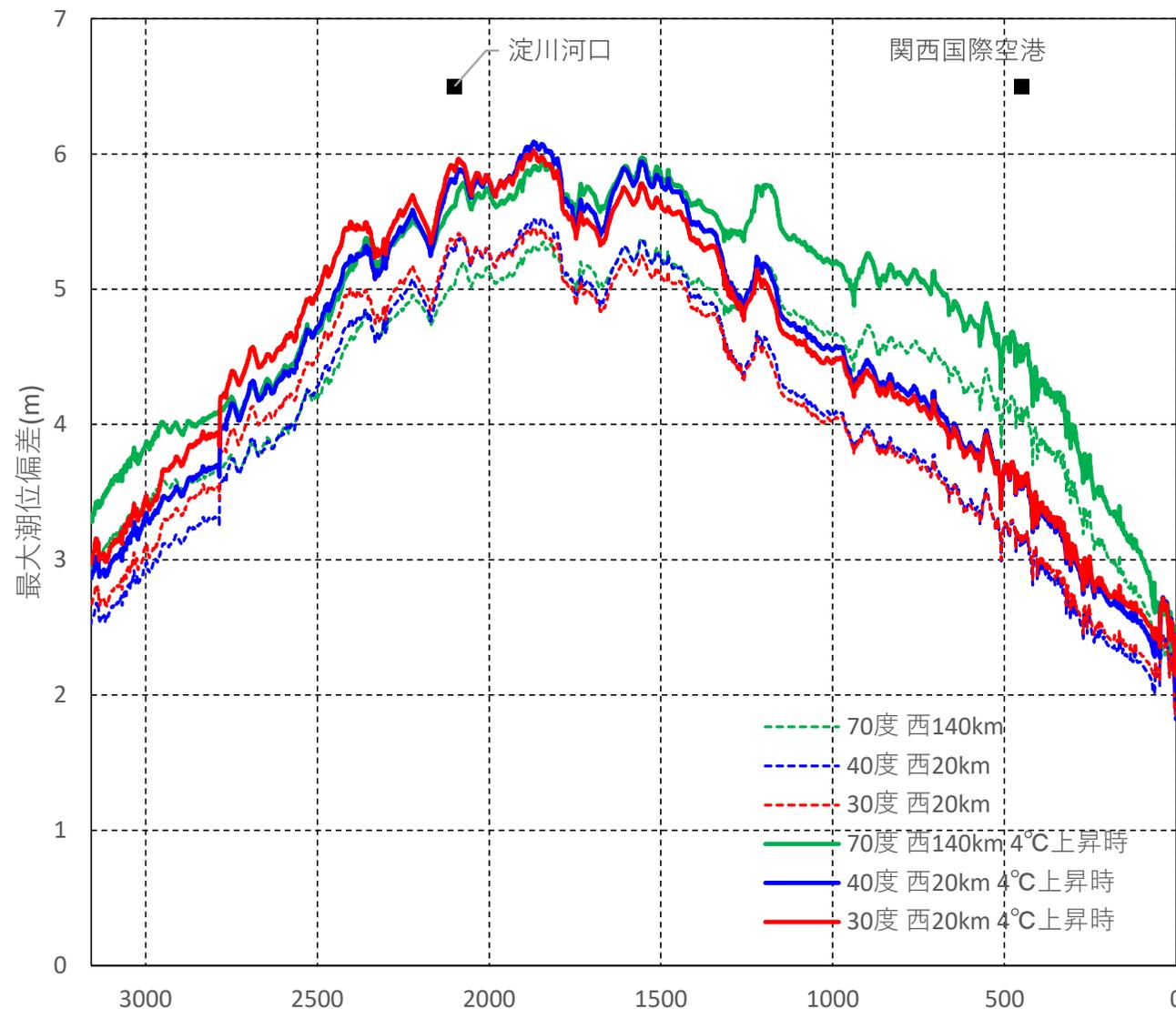
点検の視点⑥ 想定最大台風：計算結果(大阪湾)

- 大阪湾における各コースの最大潮位偏差分布を以下に示す。
- 4°C上昇時の最大潮位偏差の方が、1.0m弱程度高いことが分かる。



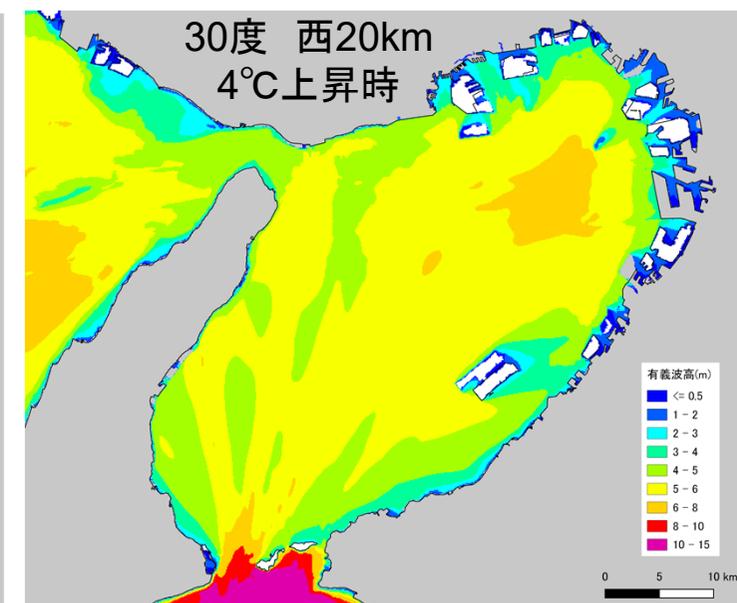
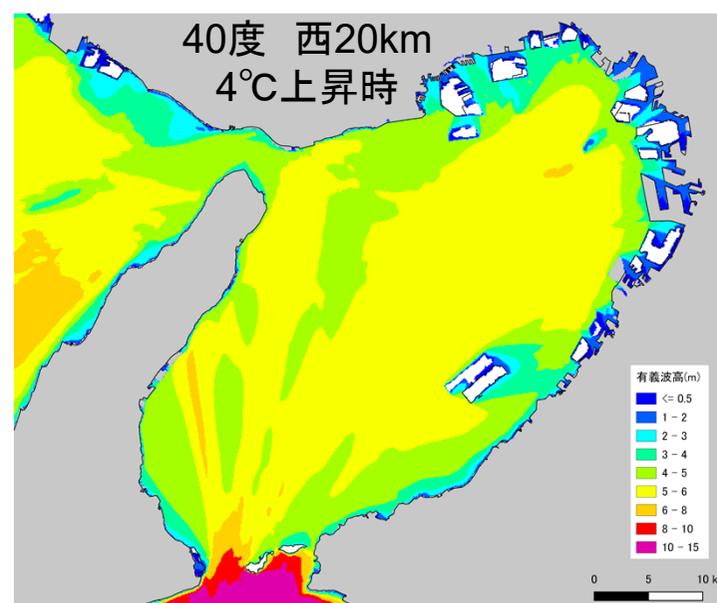
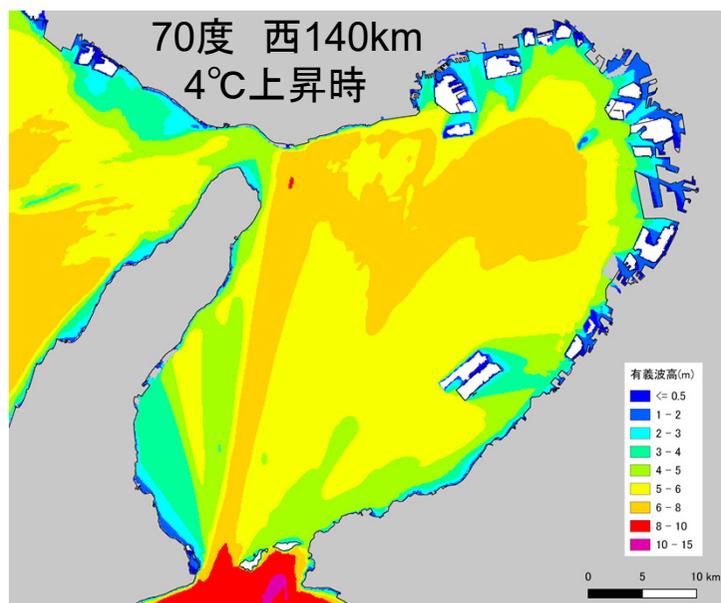
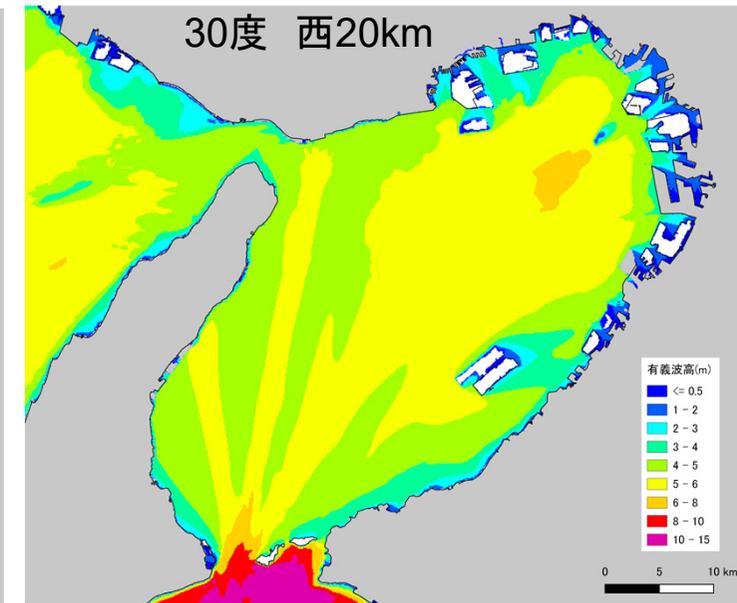
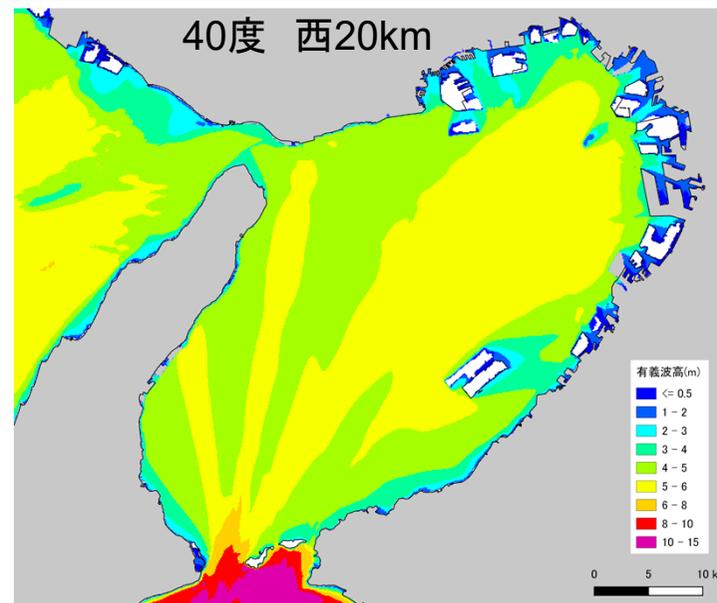
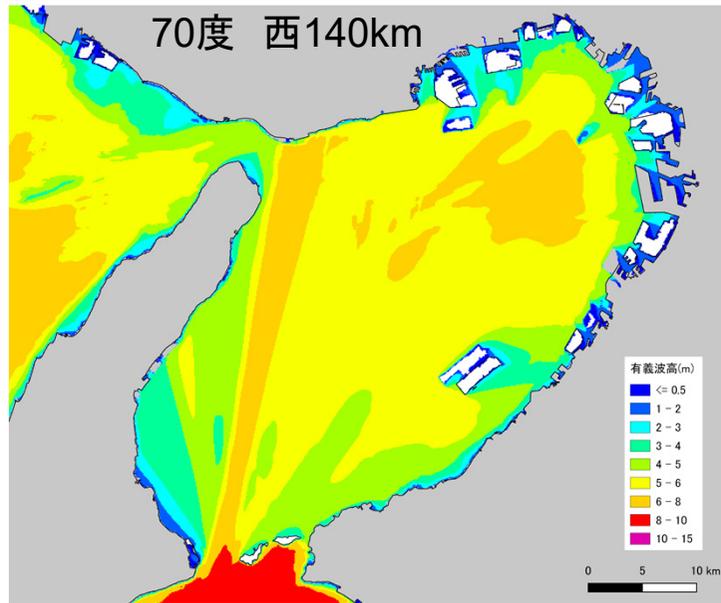
点検の視点⑥ 想定最大台風：計算結果(大阪湾)

- 最大潮位偏差の沿岸分布を以下に示す。
 - 4°C上昇時の想定最大台風による最大潮位偏差が、現行の想定最大台風と比較して一様に大きくなっていることが分かる。湾奥では、4°C上昇時の結果が0.8m程度大きくなっていた。
- ※4°C上昇時には1m程度の平均海面上昇の影響も加わることに留意が必要



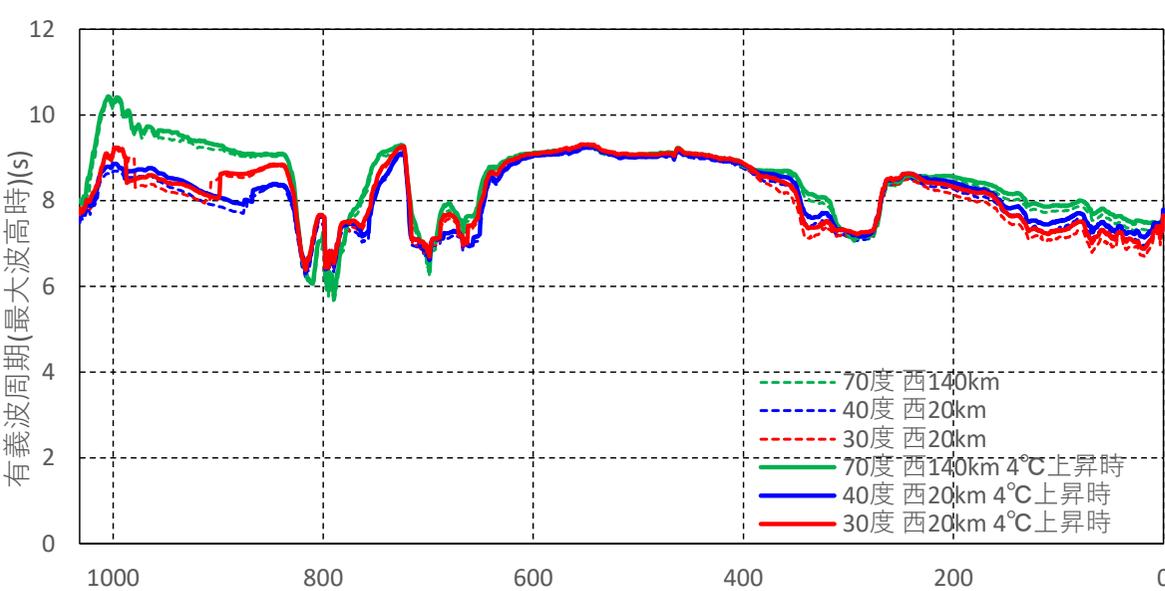
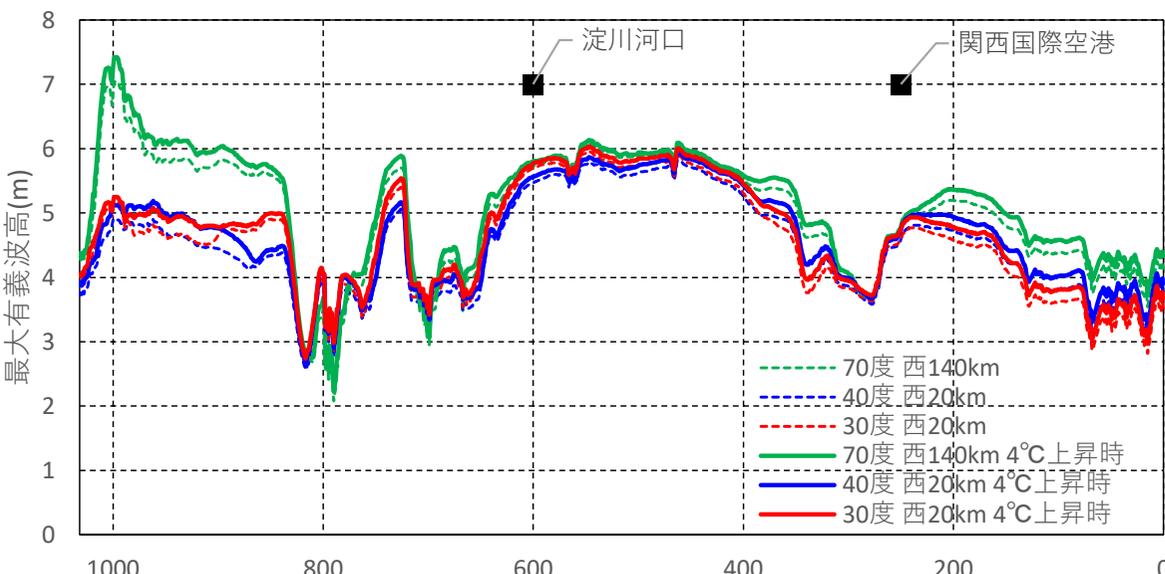
点検の視点⑥ 想定最大台風：計算結果(大阪湾)

- 最大有義波高分布を以下に示す。
- 4°C上昇時の有義波高の方がやや大きいことがわかる。



点検の視点⑥ 想定最大台風：計算結果(東京湾)

- 水深15mの等深線上で抽出した、最大有義波高及び最大波高時の有義波周期の沿岸分布を示す。
- 4°C上昇時の想定最大台風による最大有義波高、有義波周期(有義波高最大時)は、現行の想定最大のものと概ね同等であった(有義波高の差は0.15m程度、有義波周期の差も0.1s程度)



点検の視点⑥ 既往最大低気圧：計算条件

○ 既往最大低気圧を対象とした波浪・高潮シミュレーションの計算条件を下表に示す。

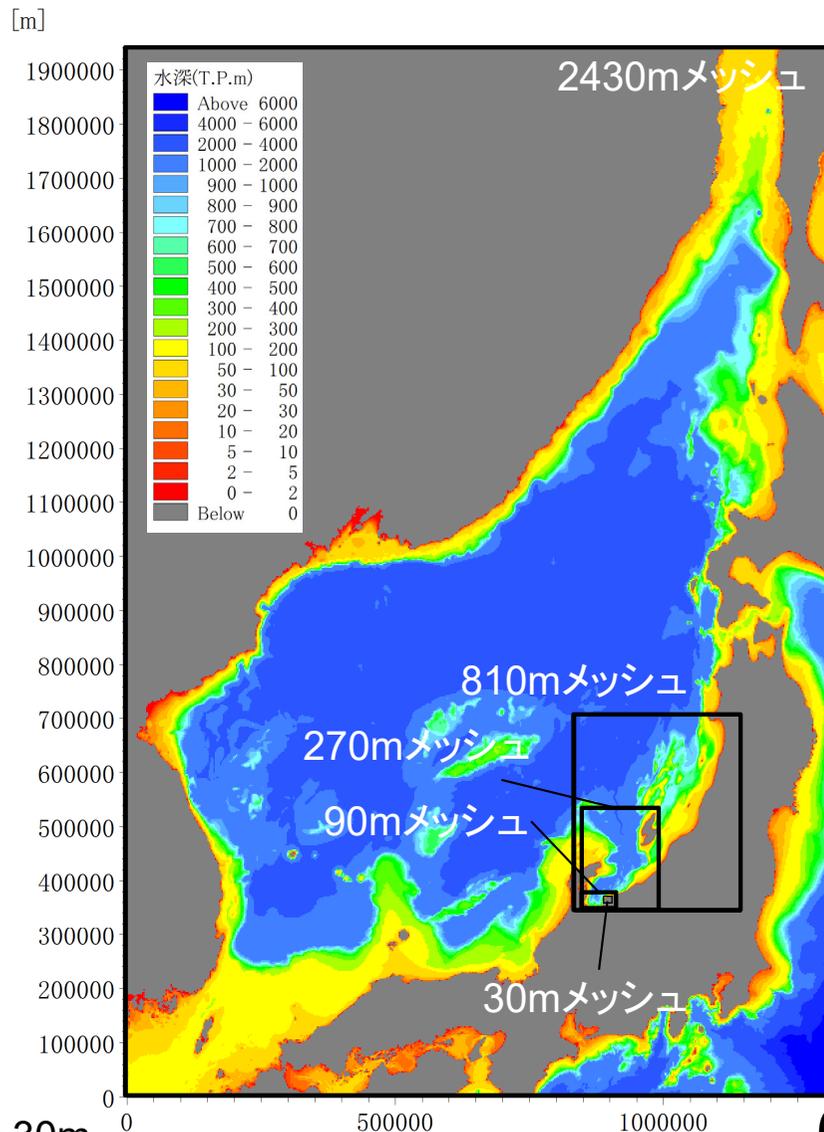
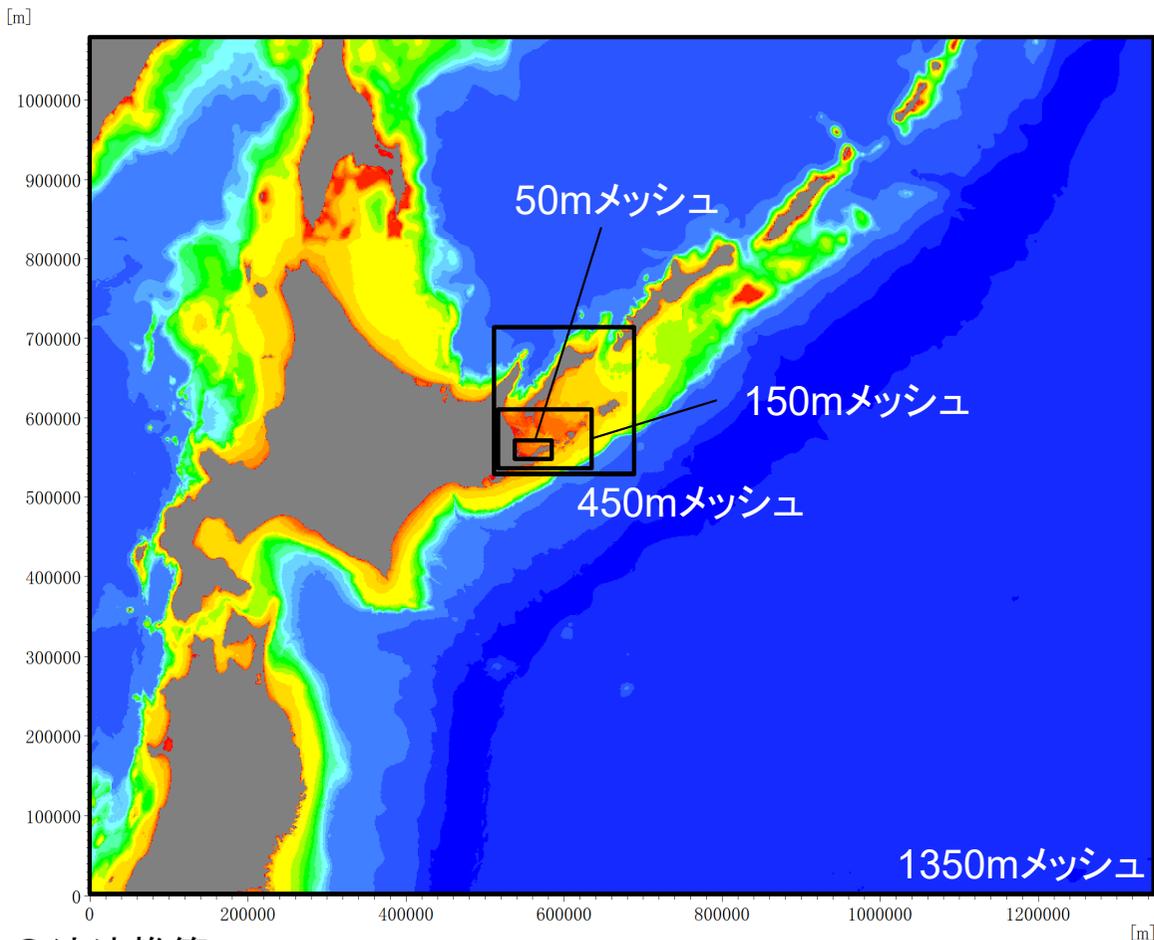
項目		設定
計算手法	風・気圧推算	傾度風モデル
	波浪	スペクトル法 (SWAN[ver41.31])
	高潮(海域)	非線形長波方程式(風、気圧、波浪の影響を考慮)
低気圧条件	対象海域	根室、下新川の2海域
	現在気象	【対象低気圧】根室：2014年12月の根室低気圧、下新川：2008年2月の低気圧(寄り回り波) 【気圧場】気象庁数値予報モデルGPV(GSM、MSM)の初期値データ(客観解析データ)を内挿して設定 【対象経路】20km間隔で気圧場を原点移動
	将来気象	【対象低気圧】同上 【気圧場】現在気象の気圧場を次頁の要領で引き伸ばして設定。引き伸ばし時の中心気圧の低下量は、「第5回 気候変動を踏まえた海岸保全のあり方検討会」の資料における ΔP を設定 【対象経路】20km間隔で気圧場を原点移動
潮位条件		平均的な潮位としてT.P.+0.0mで一定
地形条件		「内閣府日本海溝・千島海溝沿いの巨大地震モデル検討会計算データ」「GEBSCO」等の地形データを基に設定、計算領域・計算格子間隔は次頁参照
風波浪推算条件	風の変換係数	緯度に応じて次のとおりに設定
	計算時間間隔	300s(陰解法による差分ためC.F.L.条件の制約を受けない)
	分割数	方向分割数：24 ($\delta \theta = 15^\circ$)、周波数分割数：25($f=0.05 \sim 0.5$, $\delta f \doteq 0.1f$)
高潮推算条件	波浪発達・減衰	KOMEN(1980)のモデル
	施設条件	考慮なし(漁港・港湾の防波堤等、離岸堤等の沖合構造物は考慮しない)
	計算時間間隔	C.F.L.条件を満足するように設定
海面抵抗係数	本多・光易(1980)の方法を基本とし、風速45m/s以上については定数を一定とする	

点検の視点⑥ 想定最大台風：計算領域・地形モデル

- 対象地区は、根室半島周辺、富山県下新川海岸の2地区とした。
- 内閣府日本海溝・千島海溝沿いの巨大地震モデル検討会計算データ、GEBCOを基にモデルを作成した。

【根室】

【下新川】



● 波浪推算：

1350m→150m→50m

● 高潮推算：

1350m→450m→150m→50m

● 波浪推算：

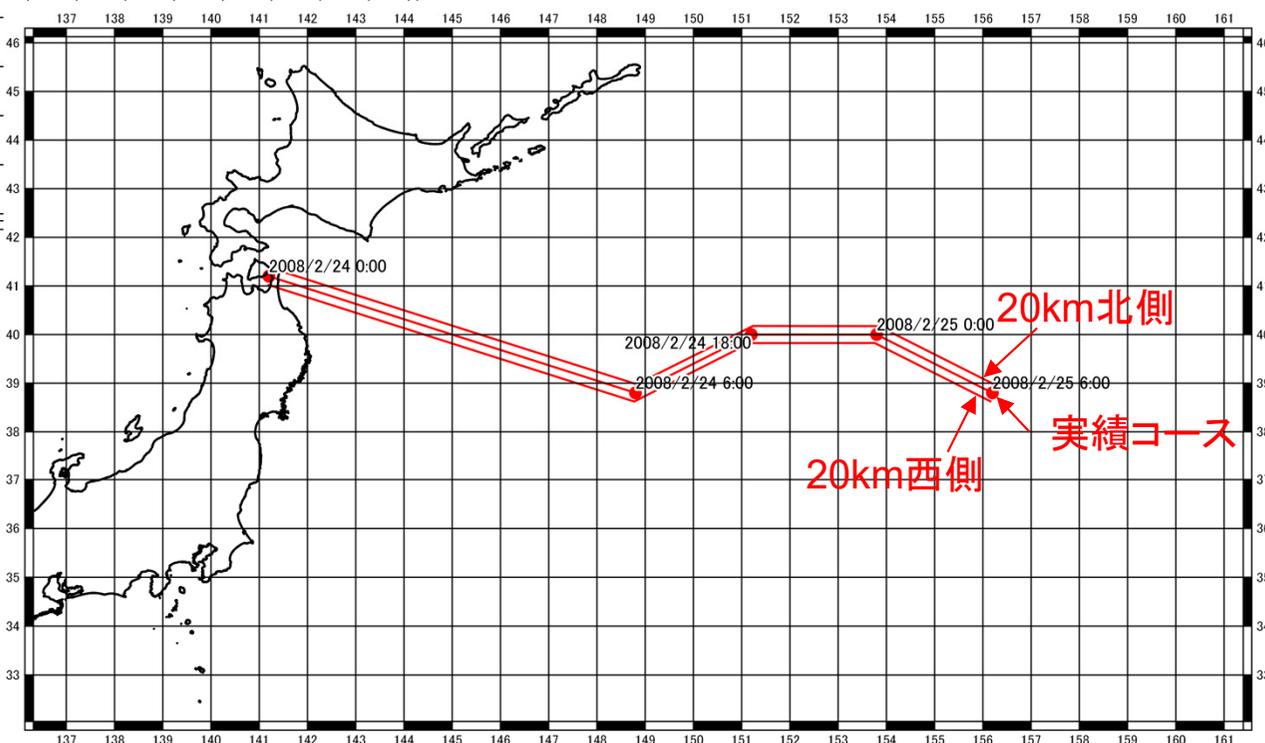
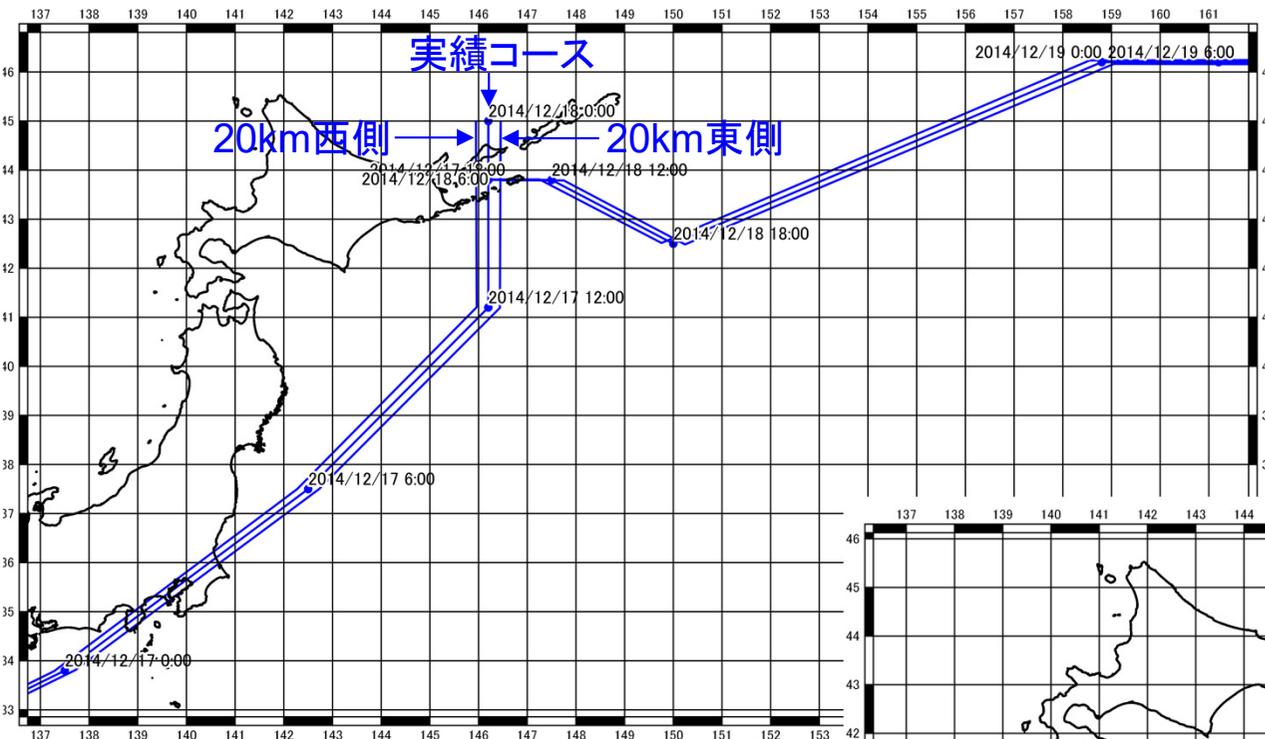
2430m→270m→30m

● 高潮推算：

2430m→810m→270m→90m→30m

点検の視点⑥ 対象低気圧

- 2014年12月低気圧、2008年2月低気圧をそれぞれ20km間隔で平行移動させた下図の6コースを対象とした。
- 2014年12月低気圧については潮位偏差に、2008年2月低気圧については高波浪に着目し評価する。

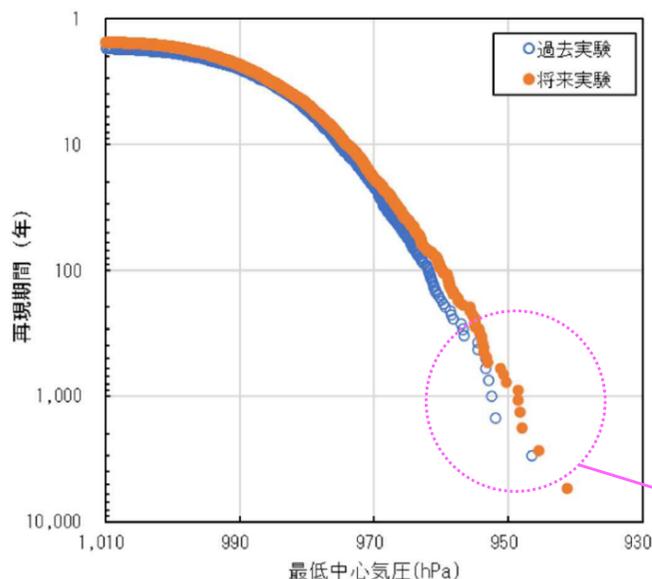


※低気圧の経路は、九州大学爆弾低気圧情報データベースより抽出

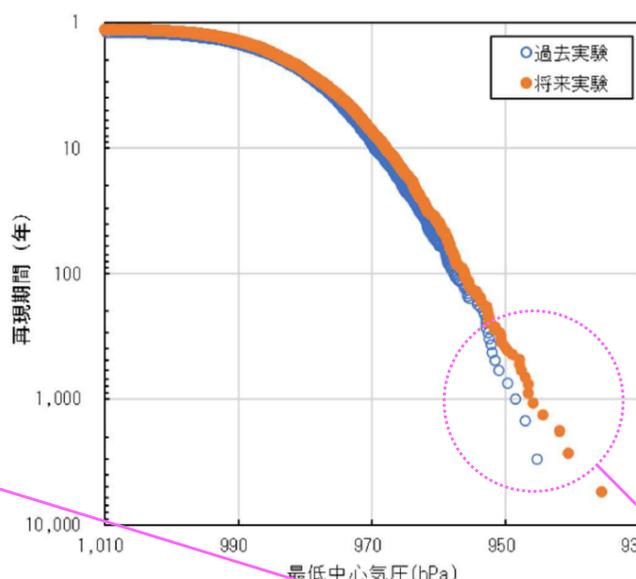
点検の視点⑥ 既往最大低気圧に対する気候変動の考慮

- 爆弾低気圧の中心気圧の低下量は、「第5回 気候変動を踏まえた海岸保全のあり方検討会」資料を参考に、d4pdfの将来実験(4°C上昇実験)と過去実験の中心気圧の差分 Δp で設定した。
- 本検討では、2008年2月の日本海低気圧、2014年12月の根室低気圧を対象とする。いずれも低気圧中心が根室周辺を通過することを踏まえ、根室地点における差分を用いた。
- Δp は下図より5hPaとした。

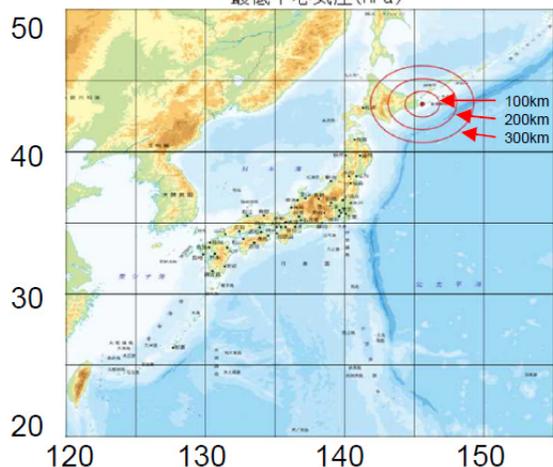
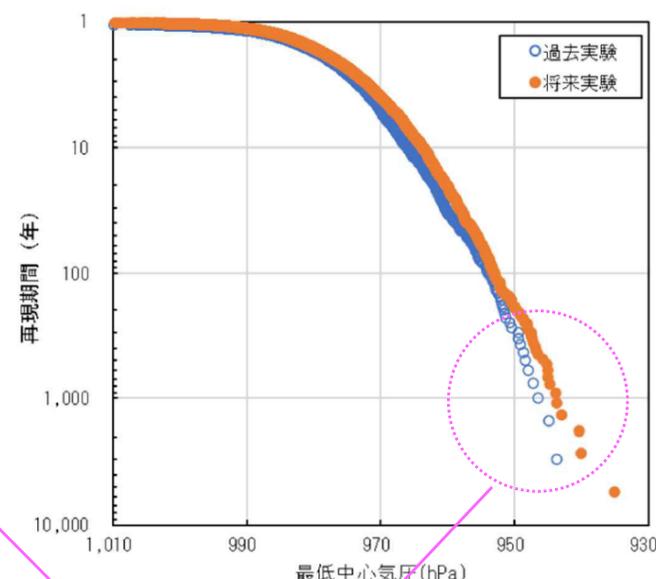
根室地点 (100km)



根室地点 (200km)



根室地点 (300km)



通過数/年

市区町村	距離	過去	将来
北海道根室市	100km	0.9	1.0
	200km	1.8	2.1
	300km	2.8	3.2

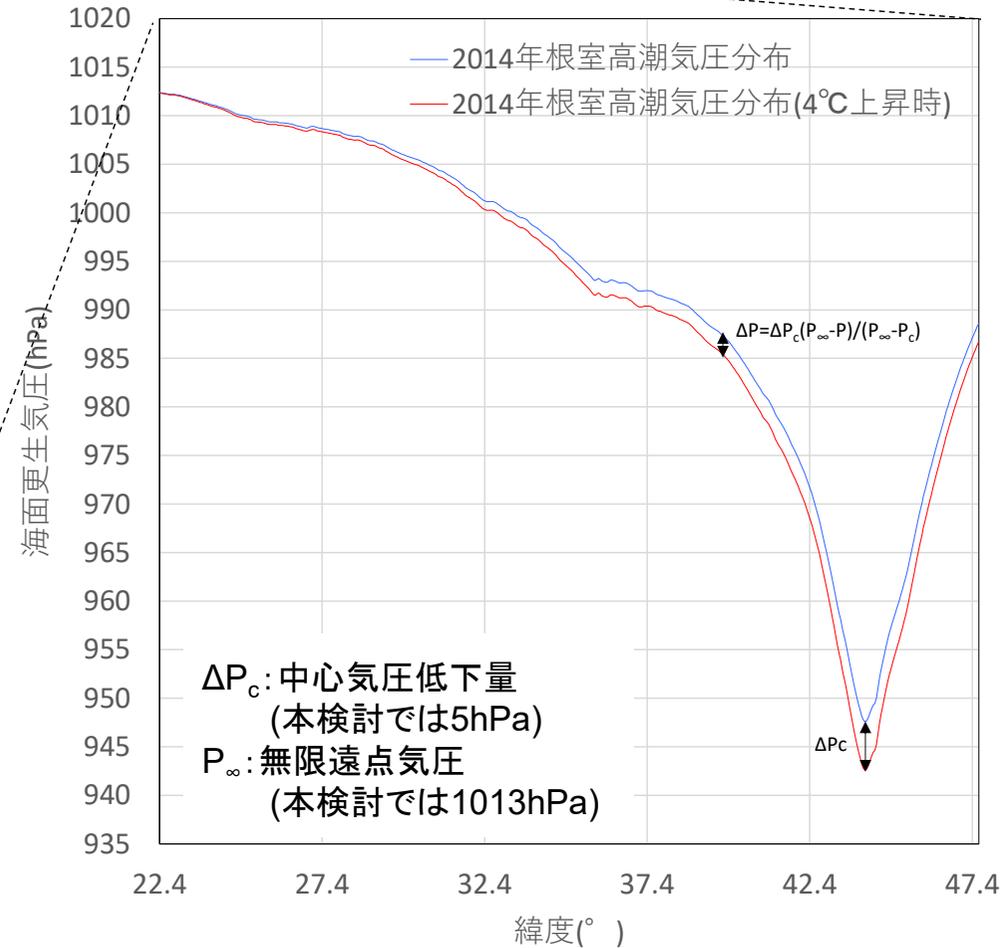
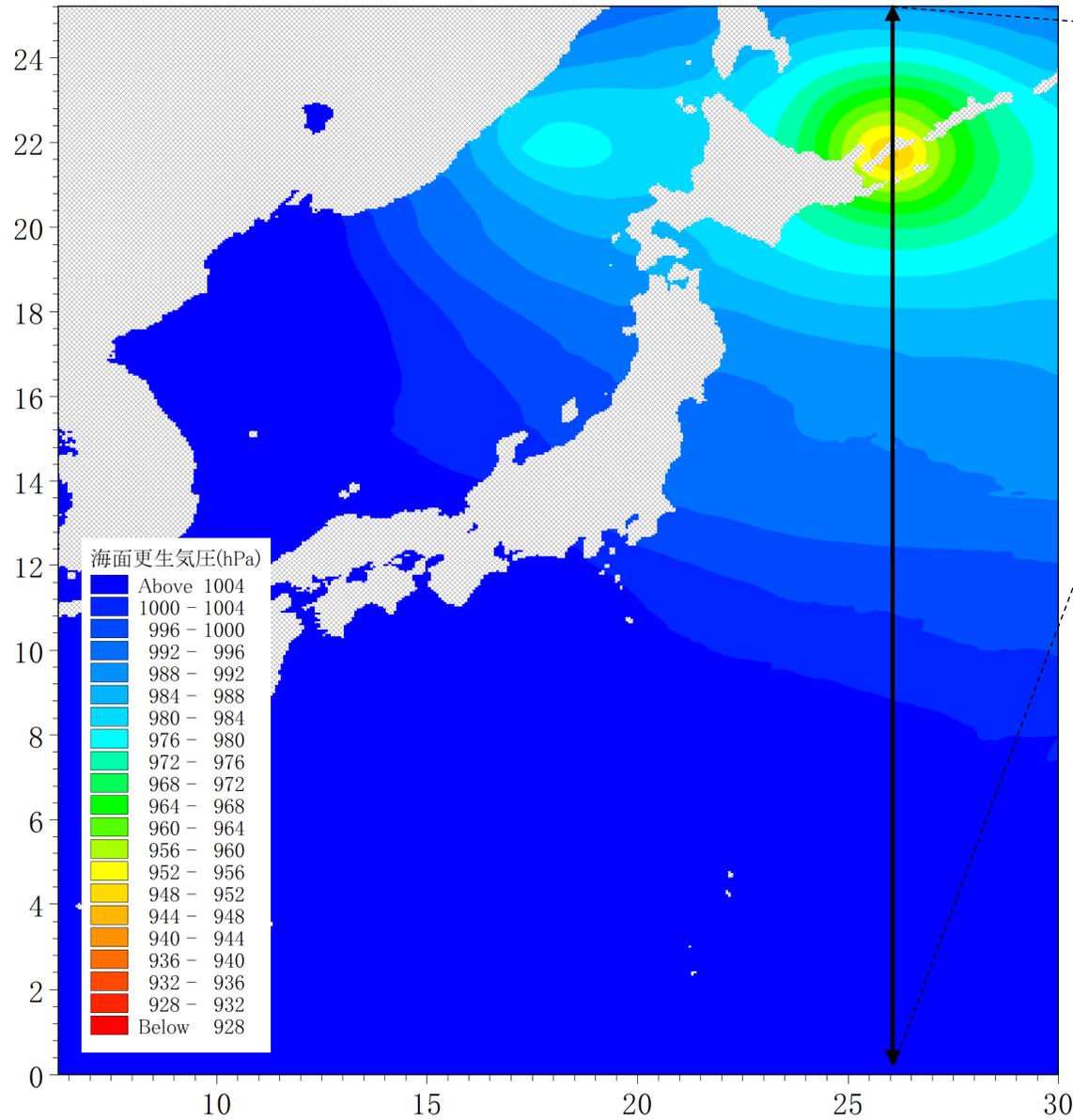
爆弾低気圧の中心気圧差分 Δp は再現期間によって異なる。 Δp は最大で5hPa程度であるため、本検討では $\Delta p=5hPa$ に設定した。

点検の視点⑥ 既往最大低気圧に対する気候変動の考慮

○ 中心気圧を低下させる場合、下記の要領で周辺の気圧分布の引き伸ばしを行った。

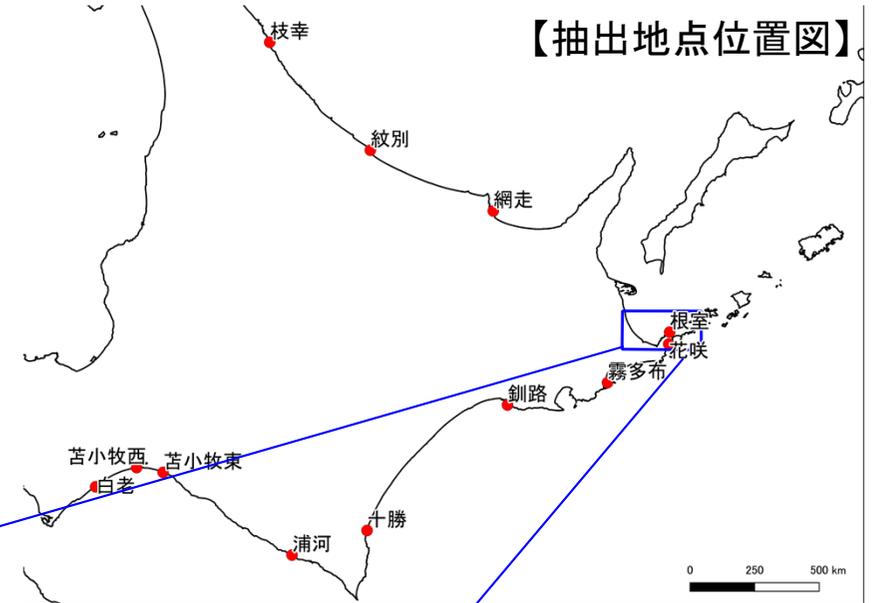
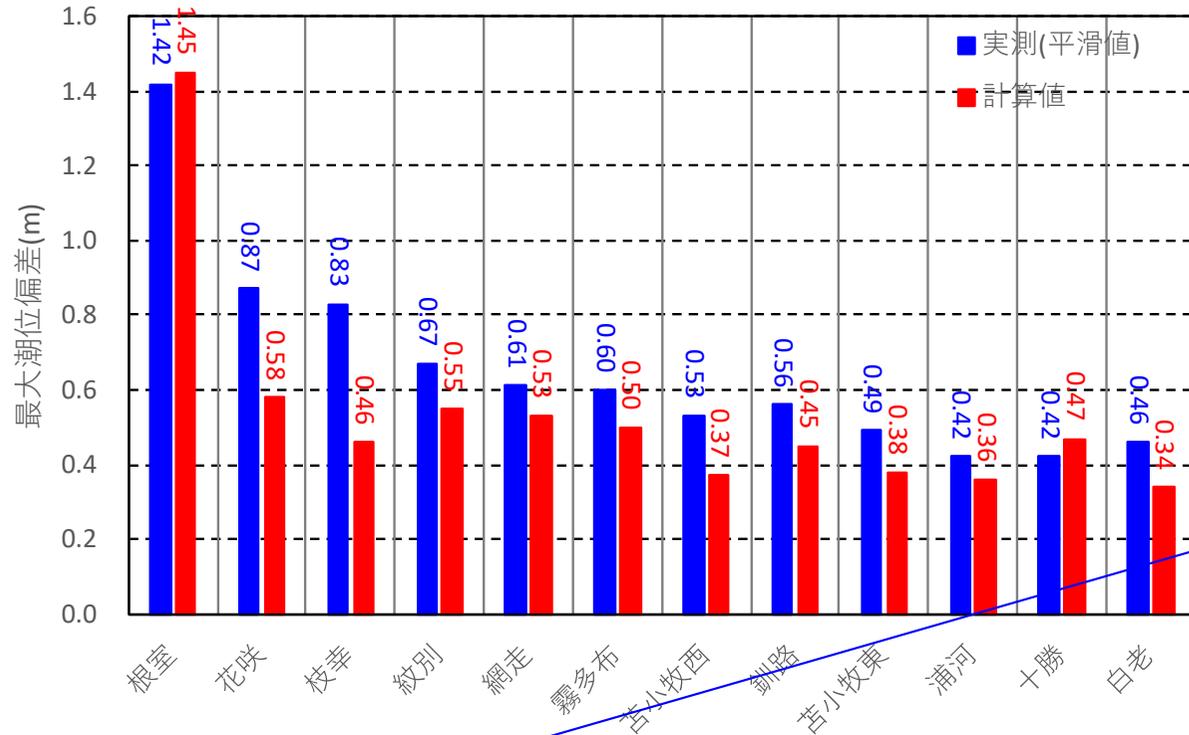
【2014根室高潮時の気圧分布(2014/12/17 12:00)】

【低気圧気圧分布の引き伸ばしイメージ】



点検の視点⑥ 妥当性検証(2014年12月低気圧)

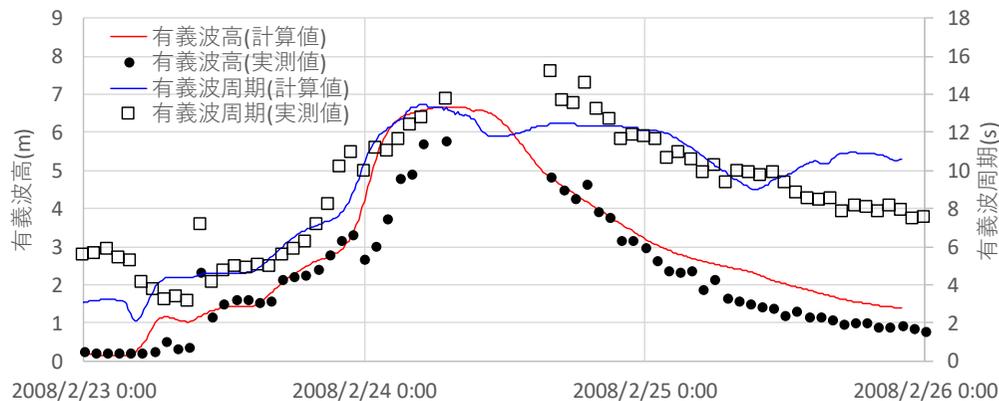
○ 上記の計算モデル・計算条件により、2014年12月の低気圧による北海道各地の最大潮位偏差を概ね再現できた。特に、根室での再現性が良好であった。



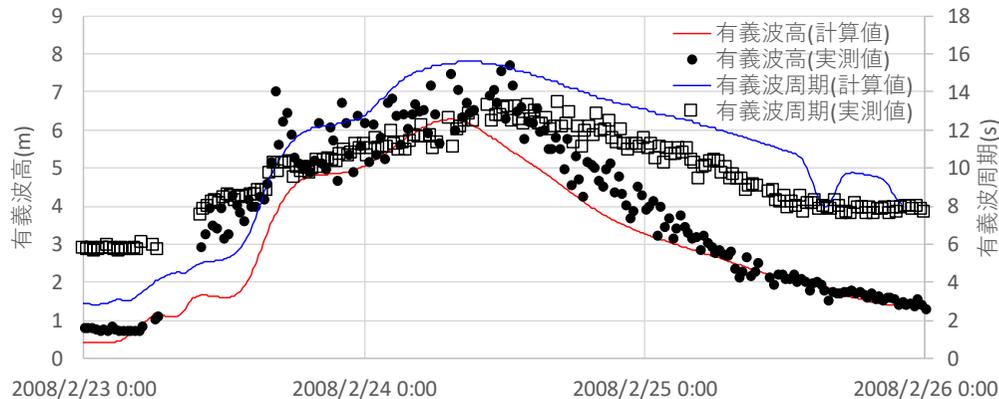
点検の視点⑥ 妥当性検証(2008年2月低気圧)

○ 上記の計算モデル・計算条件により、2008年2月の低気圧における富山周辺の波浪の観測データを概ね再現することができた。

田中観測所



NOWPHAS
輪島



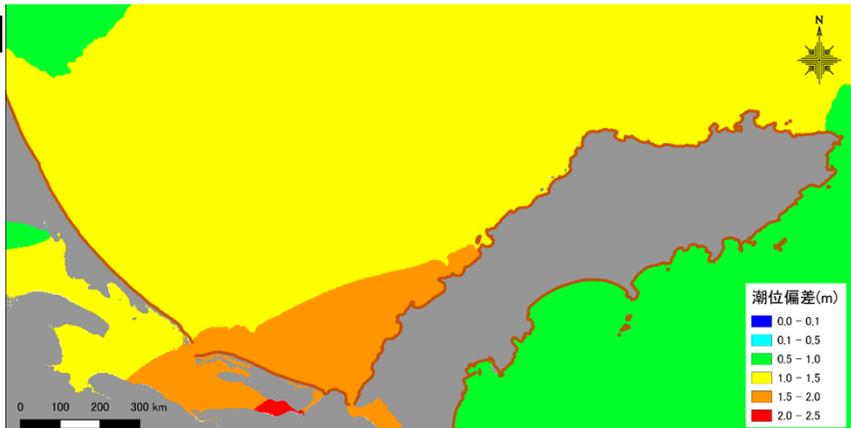
NOWPHAS
直江津



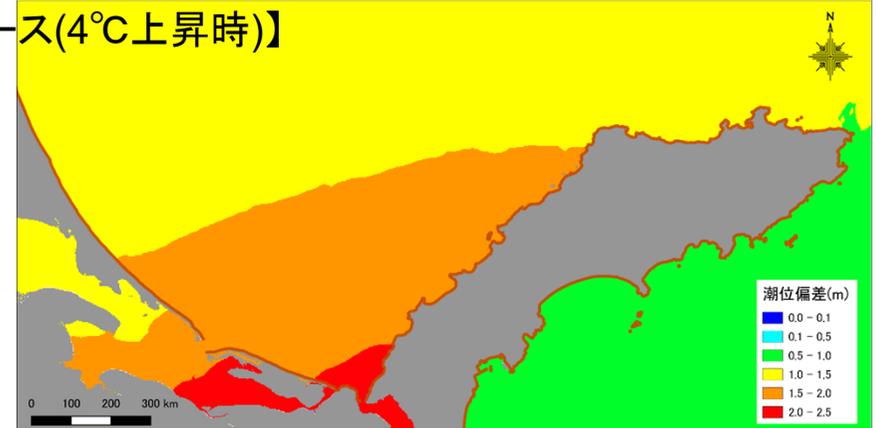
点検の視点⑥ 計算結果(2014年12月低気圧)

- 根室半島周辺における各コースの最大潮位偏差分布を以下に示す。
- 4°C上昇時の最大潮位偏差の方がやや大きいことが分かる。

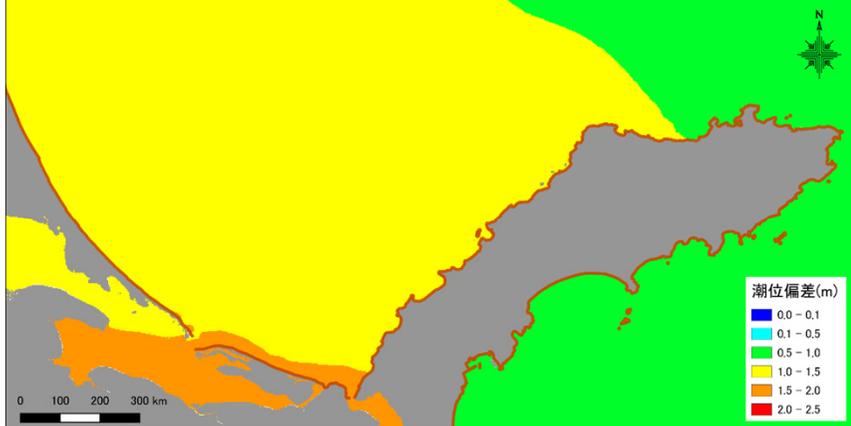
【実績コース】



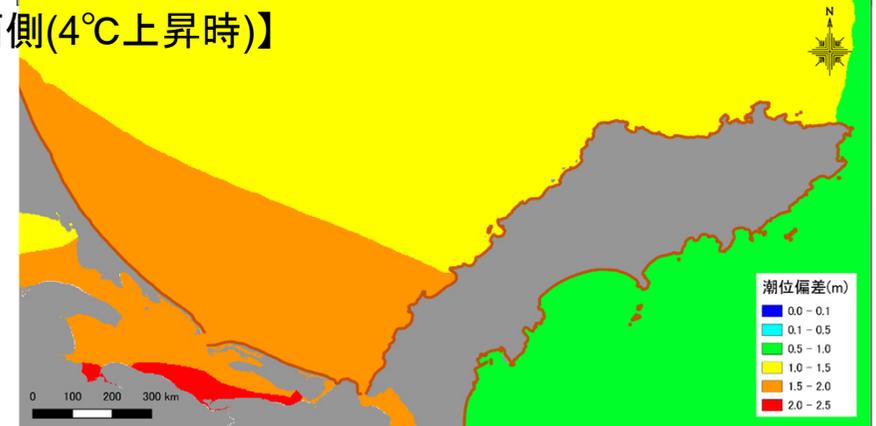
【実績コース(4°C上昇時)】



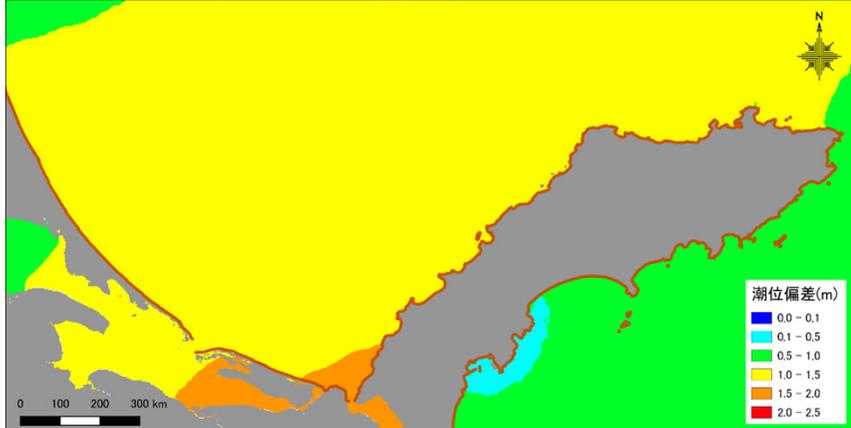
【20km西側】



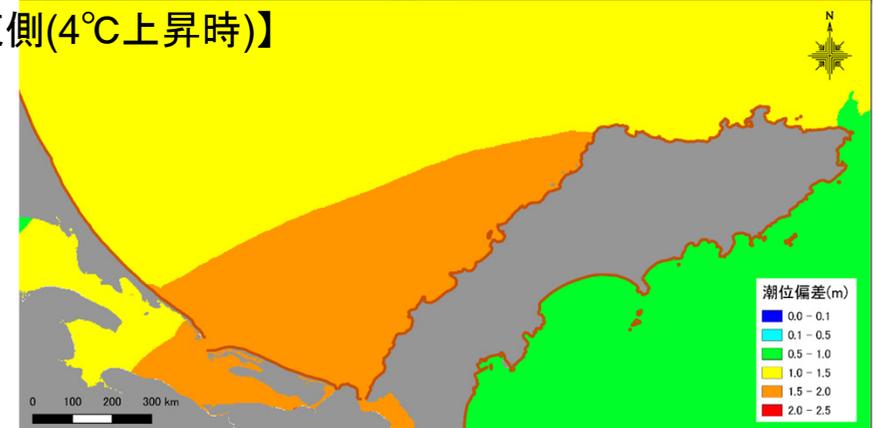
【20km西側(4°C上昇時)】



【20km東側】



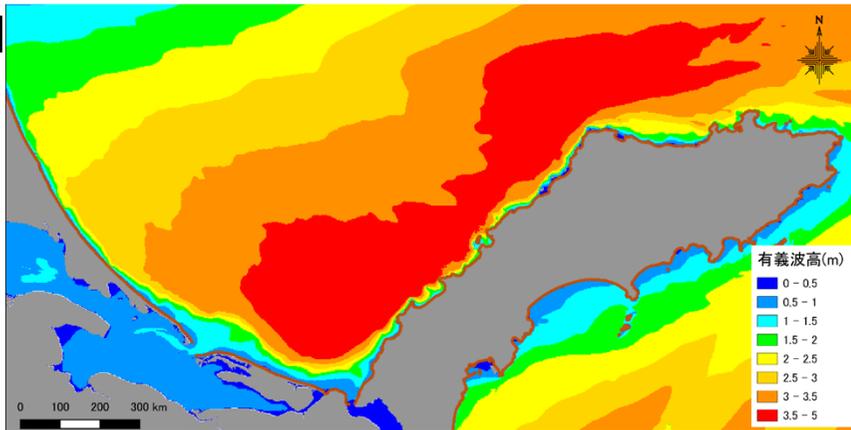
【20km東側(4°C上昇時)】



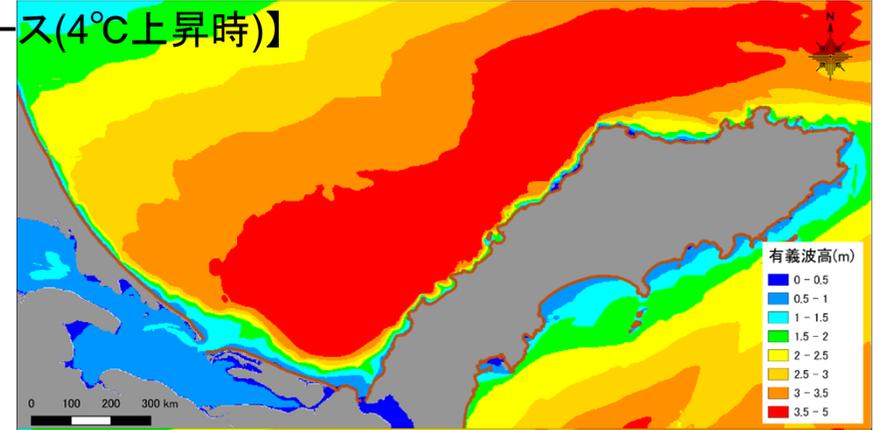
点検の視点⑥ 計算結果(2014年12月低気圧)

- 根室半島周辺における各コースの最大有義波高分布を以下に示す。
- 4°C上昇時の最大有義波高の方がやや大きいことが分かる。

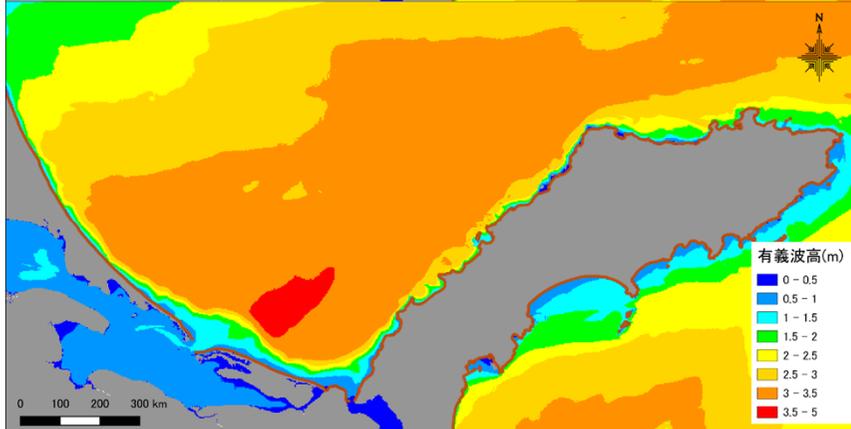
【実績コース】



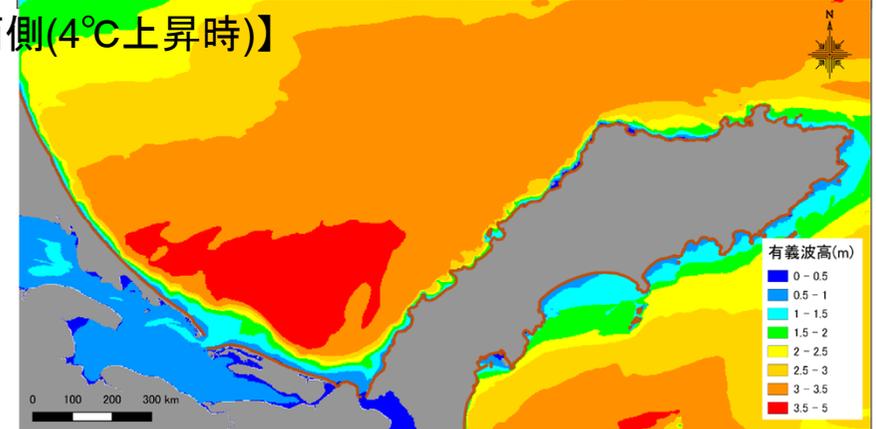
【実績コース(4°C上昇時)】



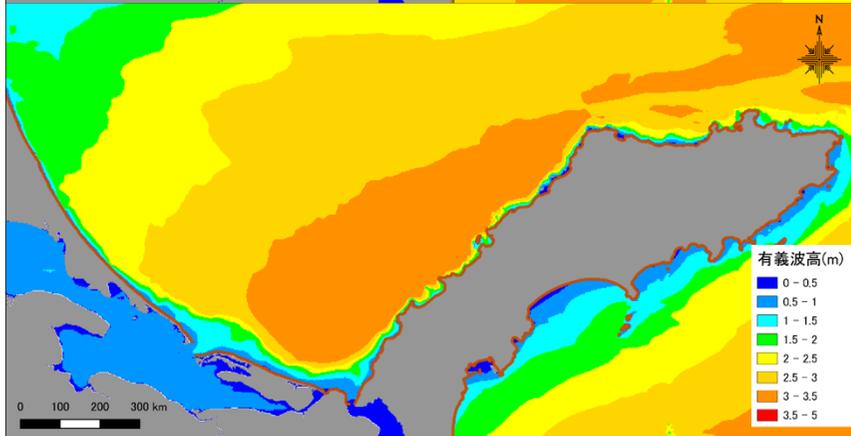
【20km西側】



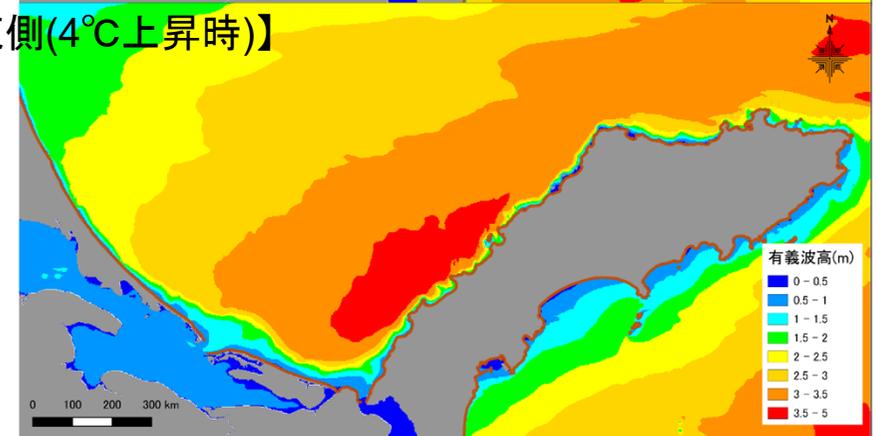
【20km西側(4°C上昇時)】



【20km東側】

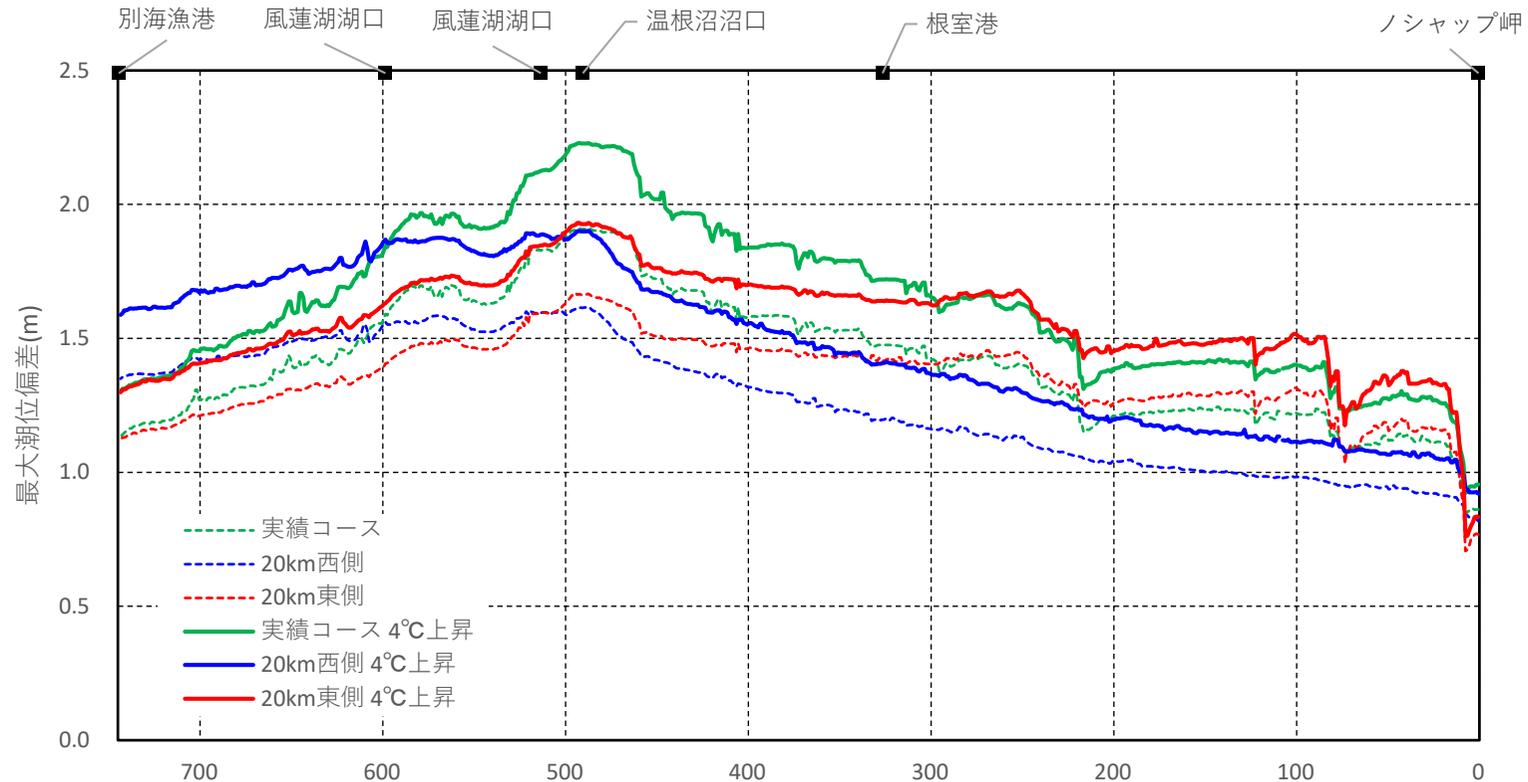


【20km東側(4°C上昇時)】

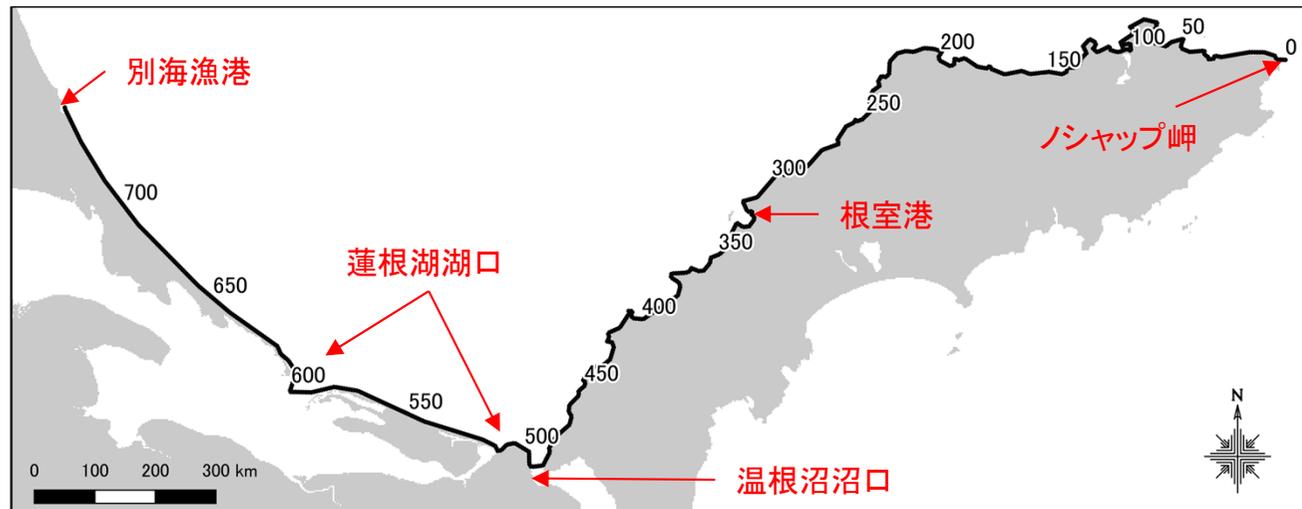


点検の視点⑥ 計算結果(2014年12月低気圧)

- 根室半島周辺における各コースの最大潮位偏差の沿岸分布を以下に示す。
- 4°C上昇時には、潮位偏差が0.3m程度増加した。※4°C上昇時には1m程度の平均海面上昇の影響も加わることに留意が必要

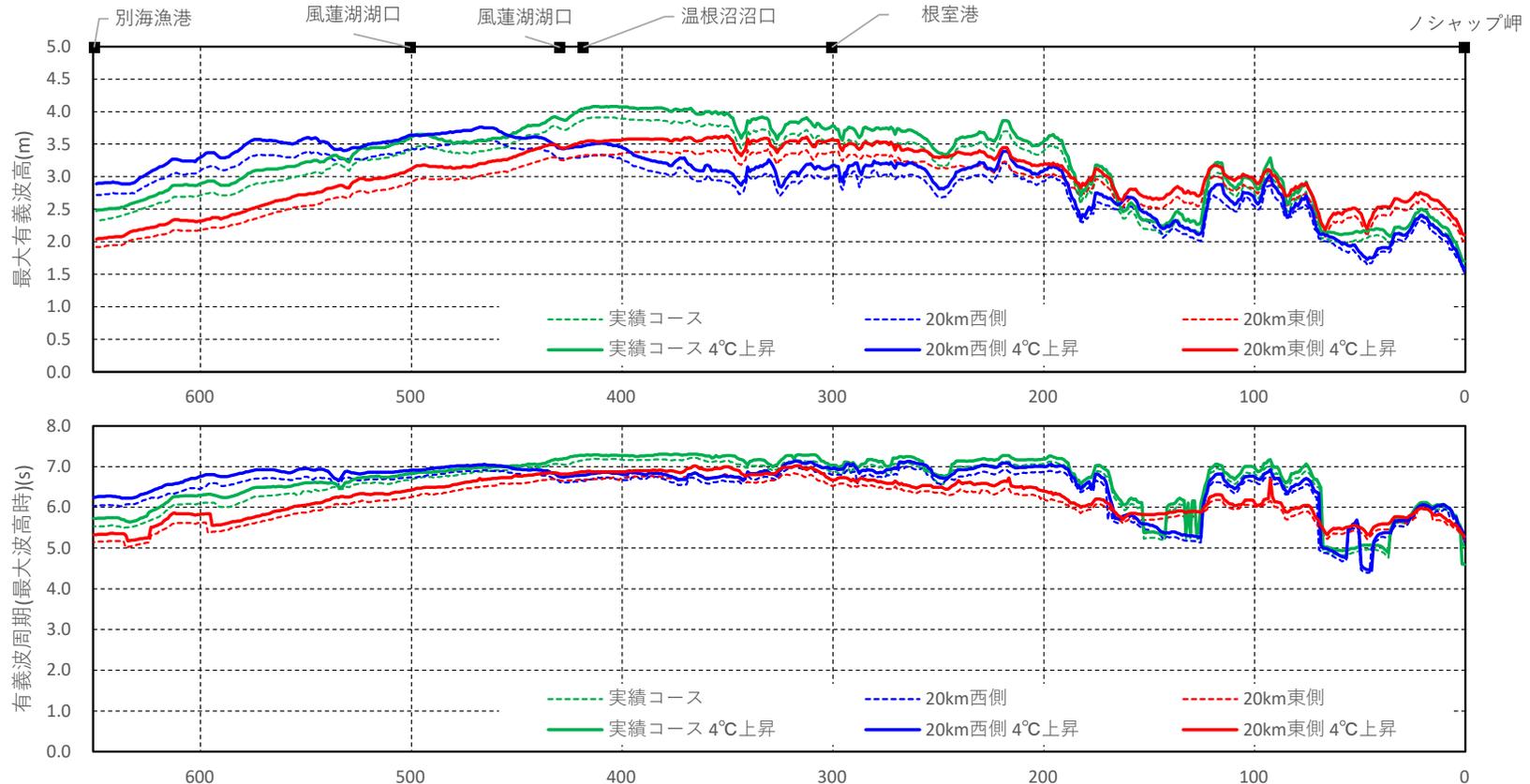


【抽出地点位置図】

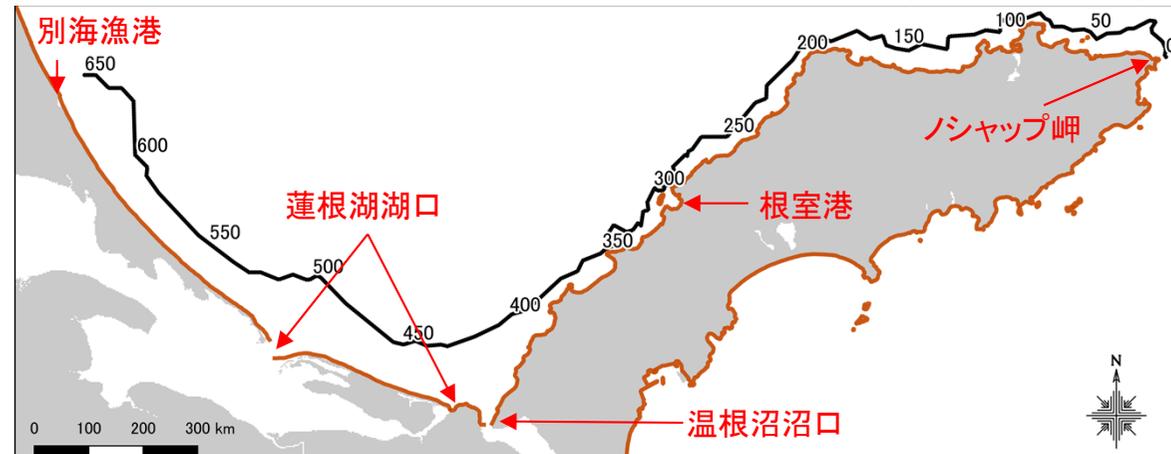


点検の視点⑥ 計算結果(2014年12月低気圧)

- 水深10mの等深線上で抽出した、最大有義波高及び最大波高時の有義波周期の沿岸分布を示す。
- 4℃上昇時には、有義波高が0.2m程度、有義波周期が0.2s程度増加することが分かる。

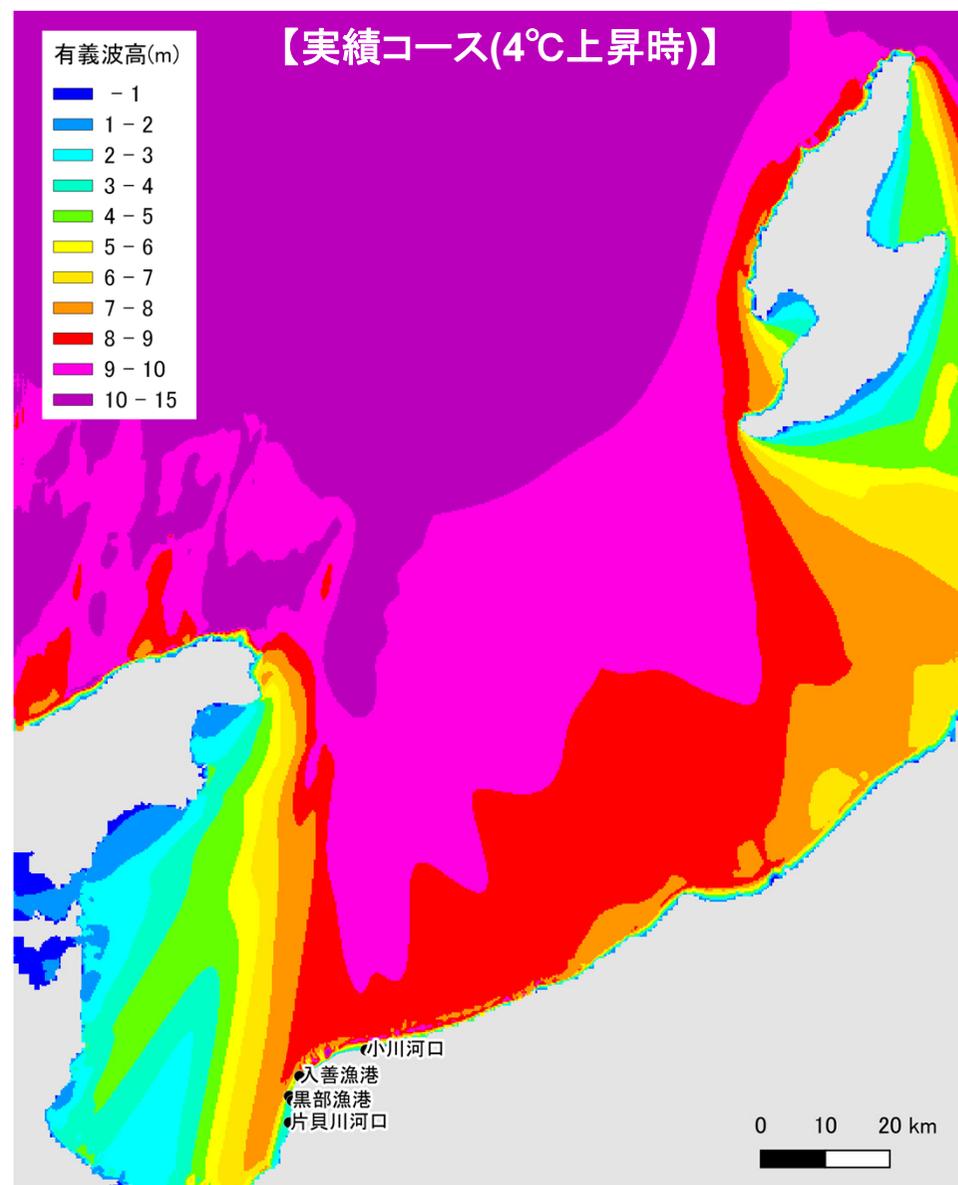
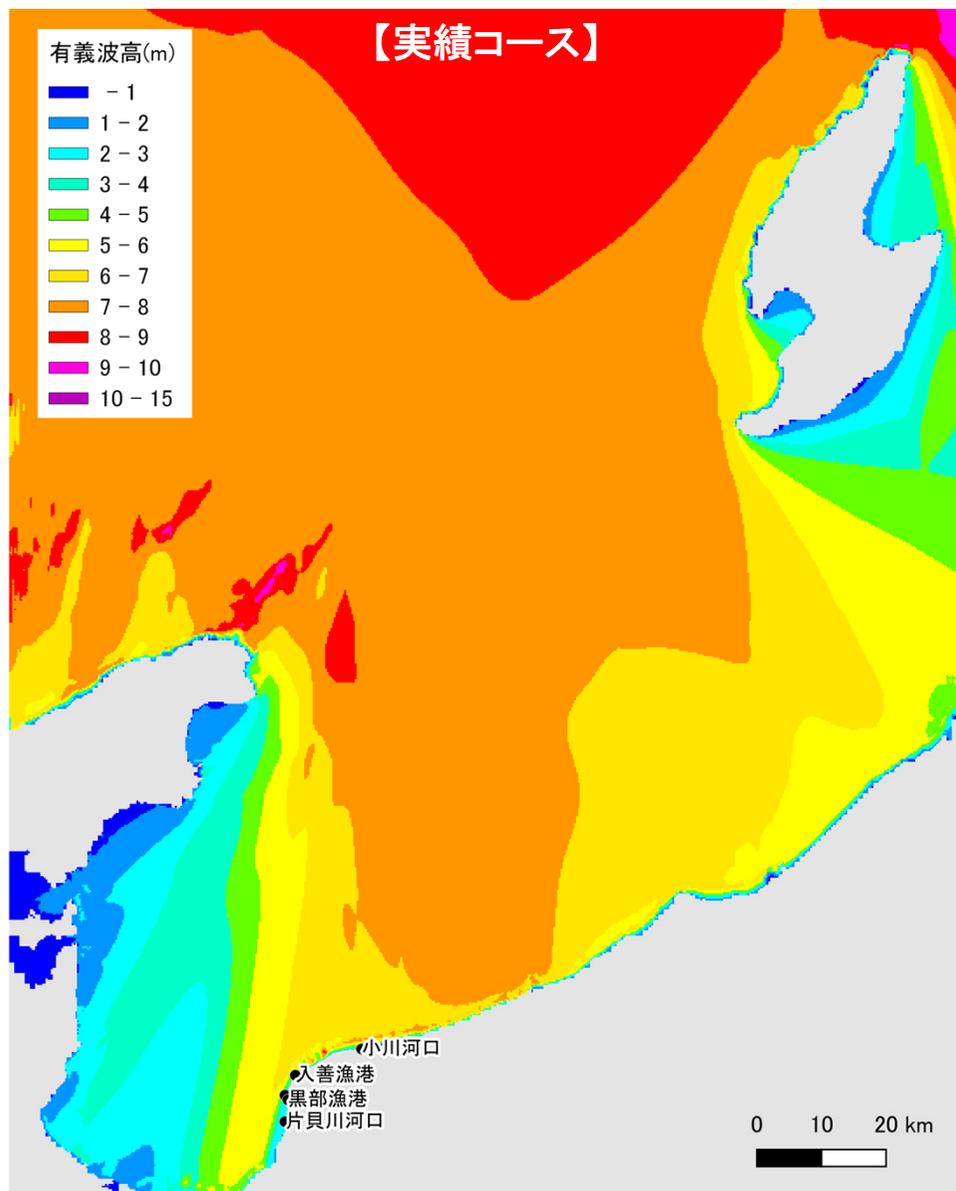


【抽出地点位置図】



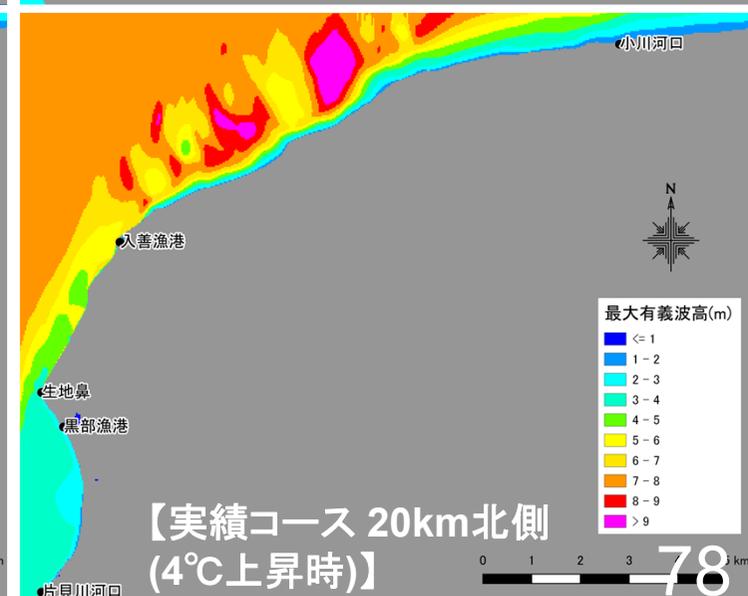
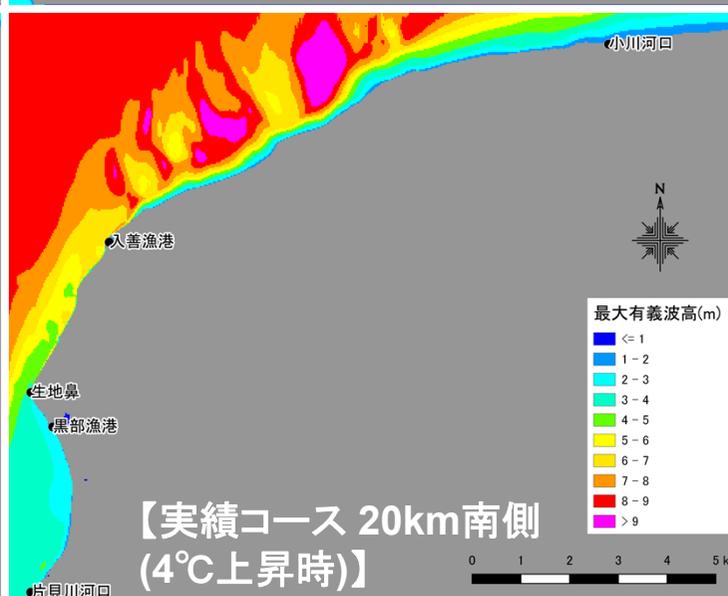
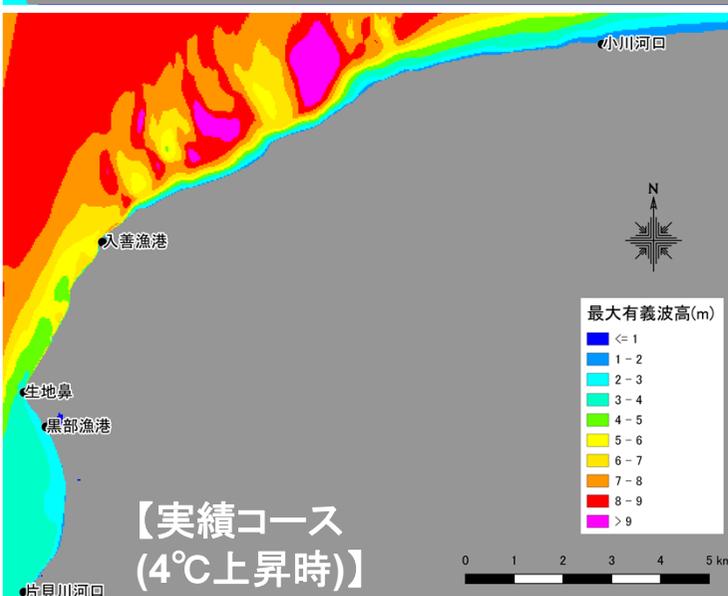
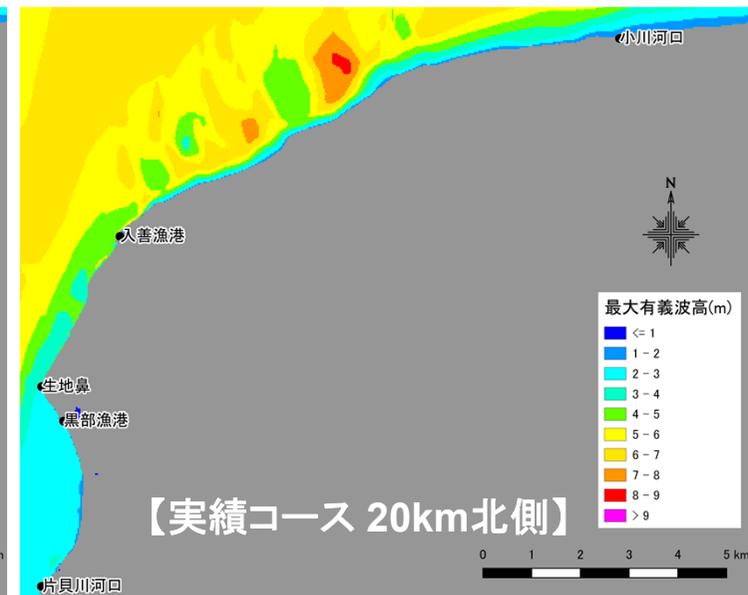
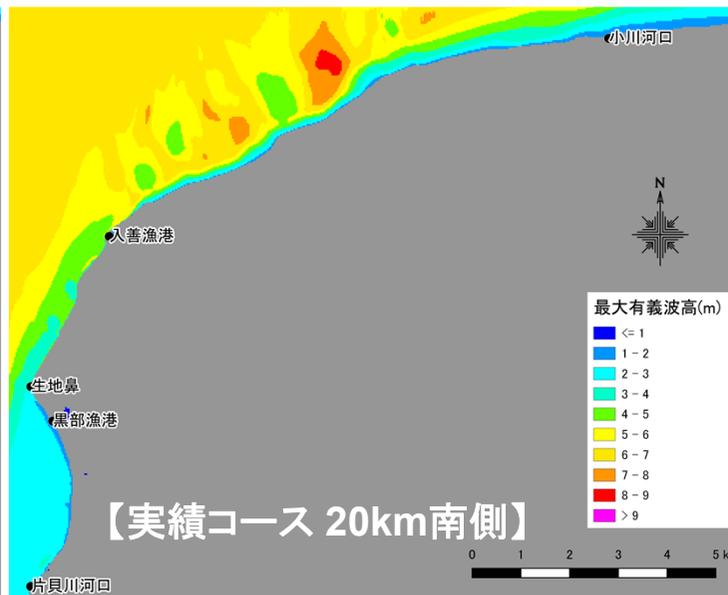
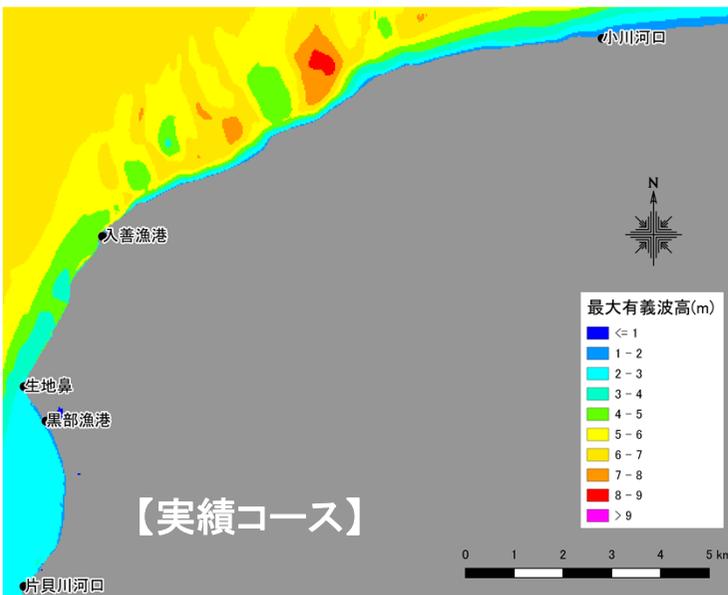
点検の視点⑥ 計算結果(2008年2月低気圧)

- 富山県下新川海岸周辺における各コースの最大有義波高分布を以下に示す。
- 4°C上昇の場合、沖合で2m程度波高が大きくなった。



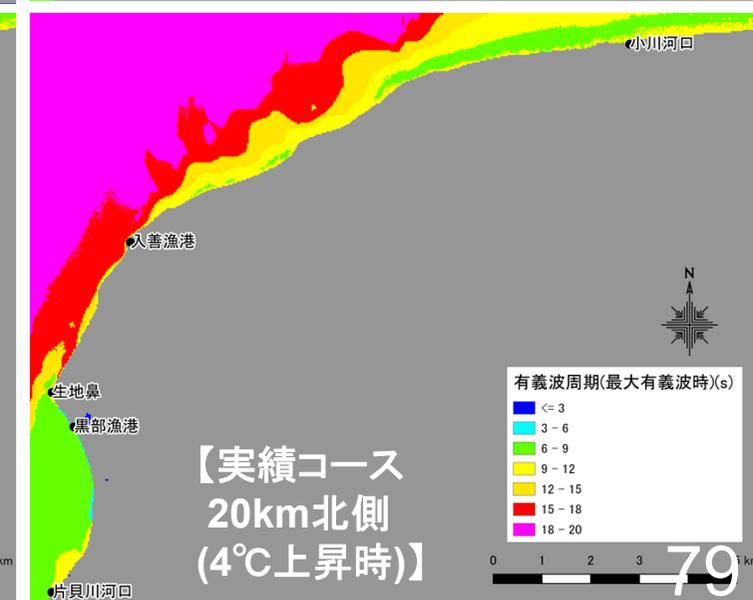
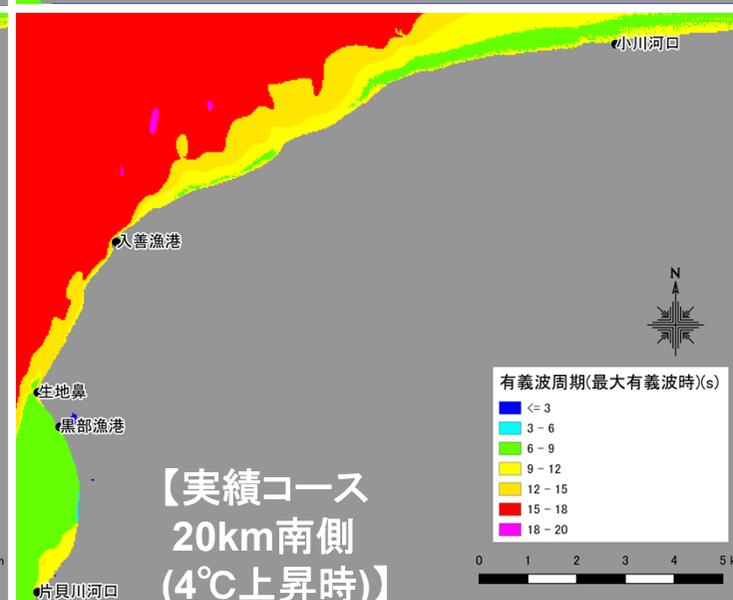
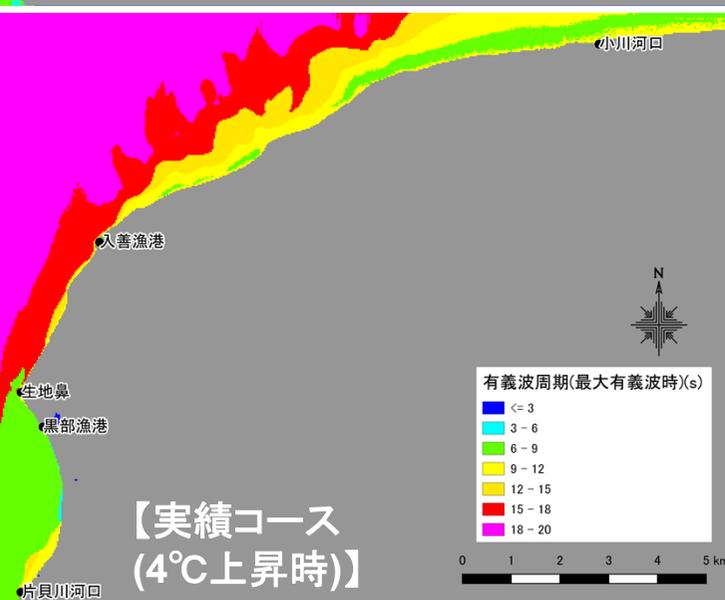
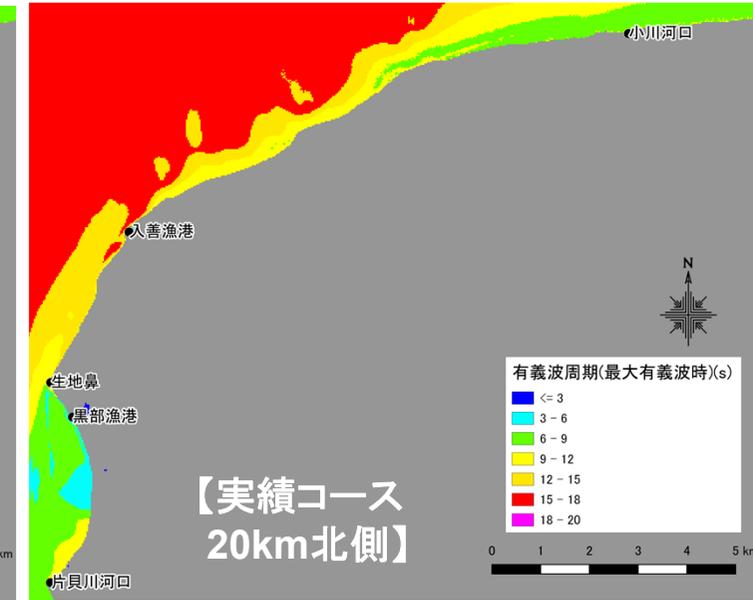
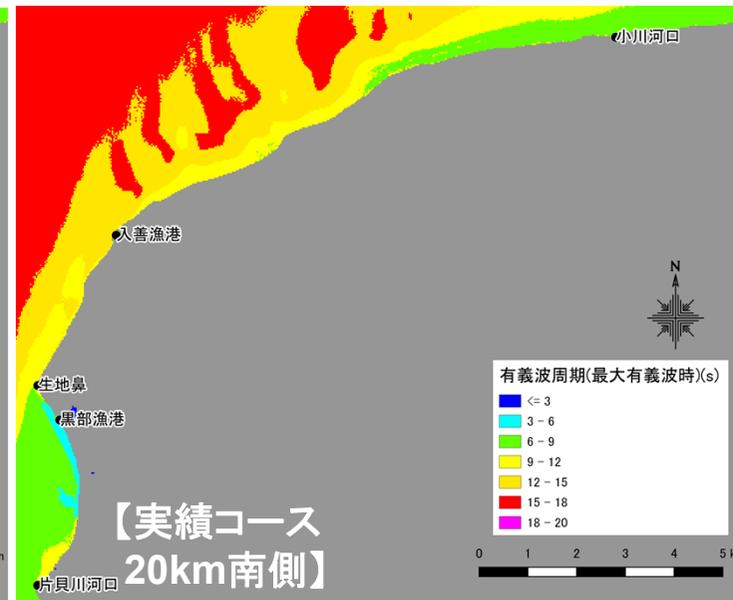
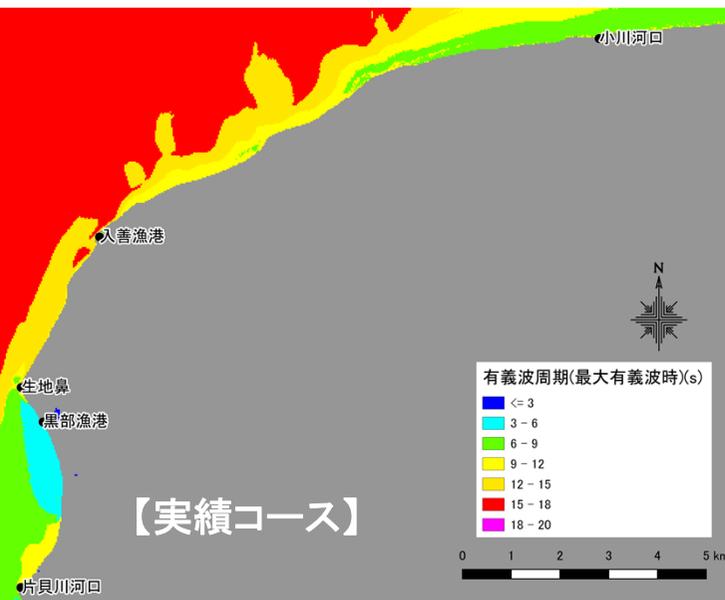
点検の視点⑥ 計算結果(2008年2月低気圧)

- 富山県下新川海岸周辺における各コースの最大有義波高分布を以下に示す。
- 4℃上昇の場合、下新川海岸周辺で2m程度波高が大きくなった。



点検の視点⑥ 計算結果(2008年2月低気圧)

- 富山県下新川海岸周辺における各コースの有義波周期(最大波高時)を以下に示す。
- 4℃上昇の場合、下新川海岸周辺で2s程度周期が大きくなった。



点検の視点⑥ 計算結果(2008年2月低気圧)

- 水深50mの等深線上で抽出した、最大有義波高及び最大波高時の有義波周期の沿岸分布を示す。
- 4°C上昇時には、有義波高が2m程度、有義波周期が2s程度増加したことが分かる。

