

3.4 地形調査

3.4.1 調査目的

地形は、生態系や人の生活、生産基盤を形成する重要な要素である。また、自然景観を成立させている重要な要素であるとともに、それ自身で学術的教育的な価値が認められる。一方で、地形は一度改変されるとその復元は不可能であり、不適切な地形改変は自然災害の原因ともなる。

地形について、上下部工の整備、または下部工の存在は、水象、植物、動物、生態系、景観、人と自然との触れ合い活動の場等に直接的又は間接的な影響を引き起こす可能性もあることから、その安定性を監視することが必要である。

地形調査は、事業実施期間中の地形の状態を監視するため、周辺干潟の地形並びに汀線データを航空レーザー計測と深浅測量によって取得するとともに、その他の環境モニタリング調査の検討資料とすることを目的として実施した。

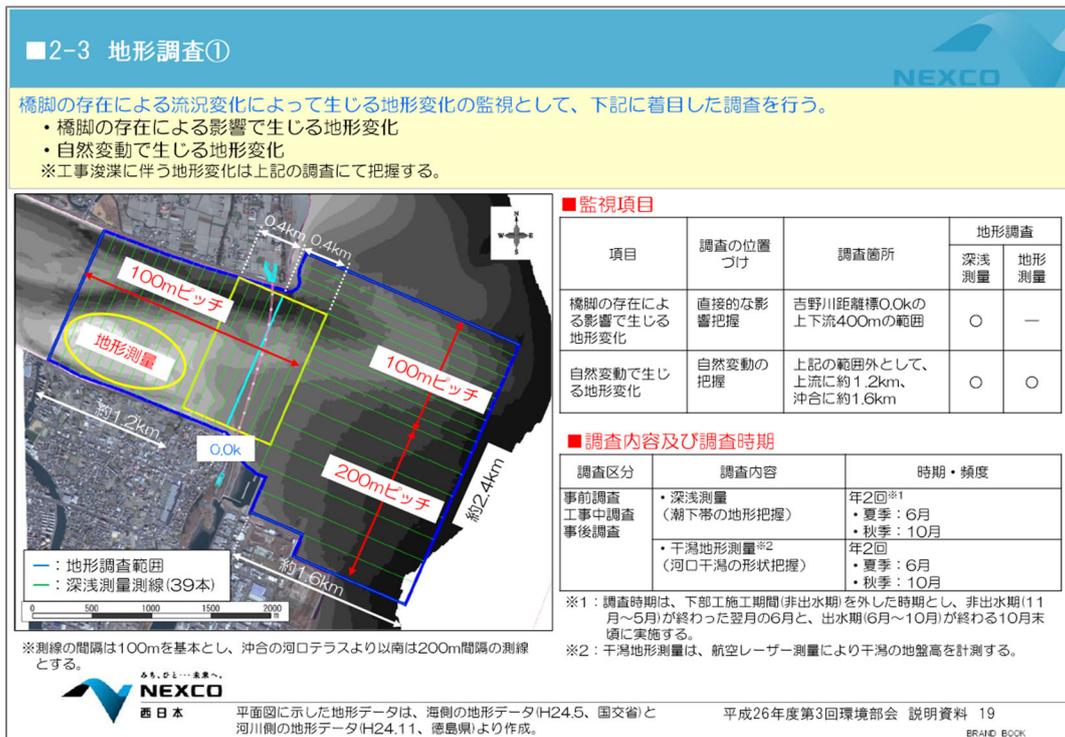


図 3.4-1 地形調査の概要 (第3回環境部会資料から引用)

3.4.2 調査内容

地形調査の実施状況を、表 3.4-1 に示す。

表 3.4-1 地形調査の実施状況

段階	年度	概要
工事前調査	H26	深浅測量（平成 26 年 10 月 7～9 日） 航空レーザー測量（平成 26 年 10 月 8 日）
	H27	深浅測量（平成 27 年 6 月 1～4 日、平成 27 年 10 月 13～15 日） 航空レーザー測量（平成 27 年 6 月 1 日、平成 27 年 10 月 14 日）
工事中調査	H28	深浅測量（平成 28 年 6 月 20～22 日、平成 28 年 10 月 24～26 日）
		航空レーザー測量（平成 28 年 6 月 20 日、平成 28 年 10 月 14 日）
	H29	深浅測量（平成 29 年 6 月 8、19、20、28 日、平成 29 年 10 月 5、6 日、10、11 日）
		航空レーザー測量（平成 29 年 6 月 9 日、平成 29 年 10 月 5 日）
	H30	深浅測量（平成 30 年 6 月 12～15 日、平成 30 年 10 月 9～12 日）
		航空レーザー測量（平成 30 年 10 月 5 日、平成 30 年 10 月 9 日）
R1	深浅測量（令和元年 6 月 4～6 日、19 日、令和元年 10 月 1～2 日、15～19 日）	
	航空レーザー測量（令和元年 6 月 17 日、令和元年 10 月 28 日）	
工事後調査	R2	深浅測量（令和 2 年 6 月 12～14 日、令和 2 年 10 月 6～7 日）
		航空レーザー測量（令和 2 年 6 月 17 日、令和 2 年 10 月 3 日）
	R3	深浅測量（令和 3 年 5 月 31～6 月 2 日、令和 3 年 10 月 7～9 日）
		航空レーザー測量（令和 3 年 5 月 30、31 日、令和 3 年 10 月 2、3 日）

(1) 深浅測量調査概要

船位測定：船位の測定には GPS によって測定する。使用する GPS は、調査開始前に既設基準点（四等三角点 高洲）において精度確認を実施した。

計測方法：船舶より、音響測深機を使用し、水深値を計測。記録は、連続取得を基本とし、ノイズ除去等の処理を実施。また、海水中の音速度は水深毎に変化があることを考慮し、バーチェックにより補正した。



図 3.4-2 深浅測量の作業状況写真

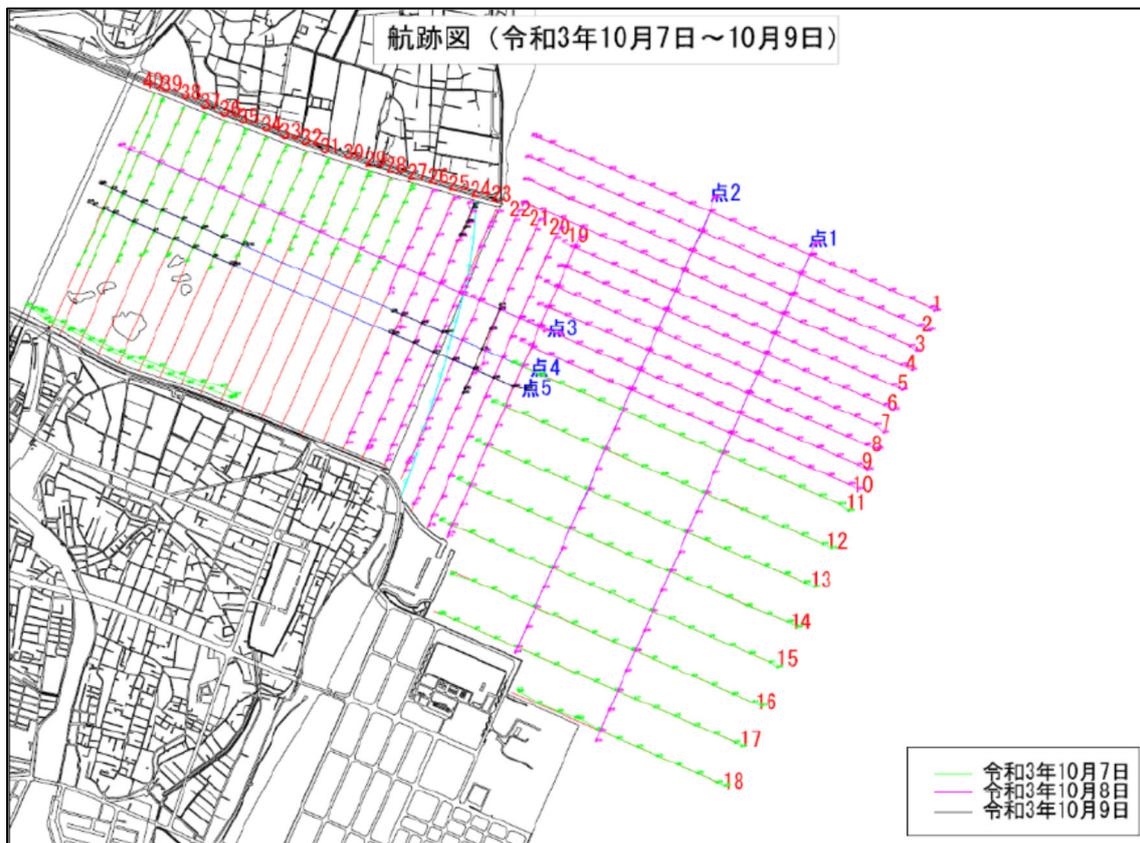


図 3.4-3 深浅測量航跡図（令和3年10月）

(2)航空レーザー測量

調整用基準点の設置：国土交通省管理の吉野川河川距離杭（3級水準点）を標高の基準とした。

計測方法：レーザーを搭載した航空機より、レーザーを発射して、地表面の三次元点群データを取得する。また、同時搭載のデジタルカメラにより、航空写真撮影を実施する。



図 3.4-4 航空レーザー測量の実施状況

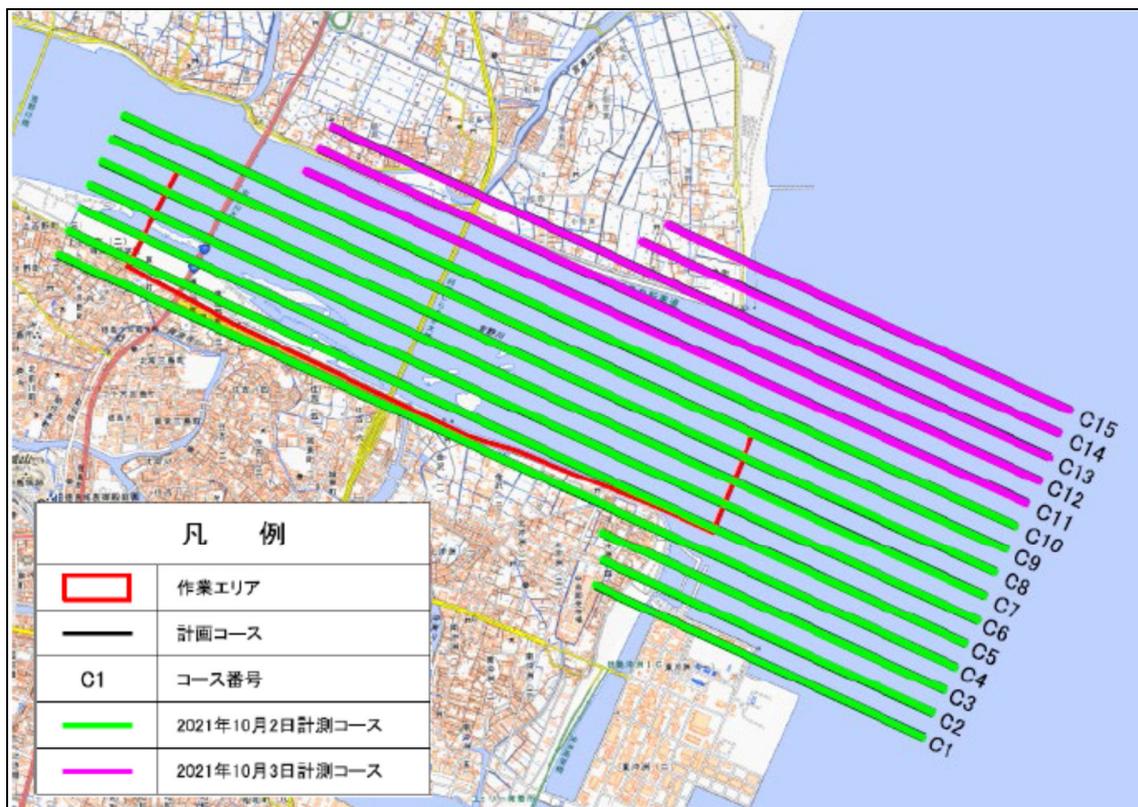


図 3.4-5 航空レーザー測量計測コース図（令和3年10月）

(3)数値標高データ作成

レーザー計測三次元データは以下の手順により処理し、深淺測量と航空レーザー計測データを結合し、河床部を含む地形全体を表す点群データを作成した。

① 調整用基準点の設置

調整用の基準点は航空レーザー計測点の精度検証を行うため、経年変化しない明瞭な平坦な箇所に基準点を設置した。また、地形変化の解析については、全調査を通して同一基準で行う必要があるため、初回調査で設置した基準点を再計測し、較差の精度確認を行って標高の基準とした。2回計測を行う基準として使用するため、同一点を使用して精度の均質化を図った。

② 三次元データ作成

三次元計測データは、レーザー計測データを統合解析して作成した。

③ オリジナルデータ作成

オリジナルデータは三次元計測データから作成し、調整用基準点との較差を点検した。また、撮影画像による三次元ステレオモデルでの確認・検証を行った。

④ グラウンドデータ作成

グラウンドデータはオリジナルデータのうち地表面の標高を示すデータを自動フィルタリング、目視確認によるフィルタリング処理を行って抽出した。また、深淺測量によるデータとの統合により、河床部を含む地形全体を表す点群データを作成した。

⑤ グリッドデータ作成

グリッドデータはグラウンドデータから内挿補間により1 m間隔の格子データを作成した。

⑥ 等高線データ作成

等高線データはグラウンドデータまたは、グリッドデータを利用して、地図情報レベル1000の主曲間隔1 mで作成した。

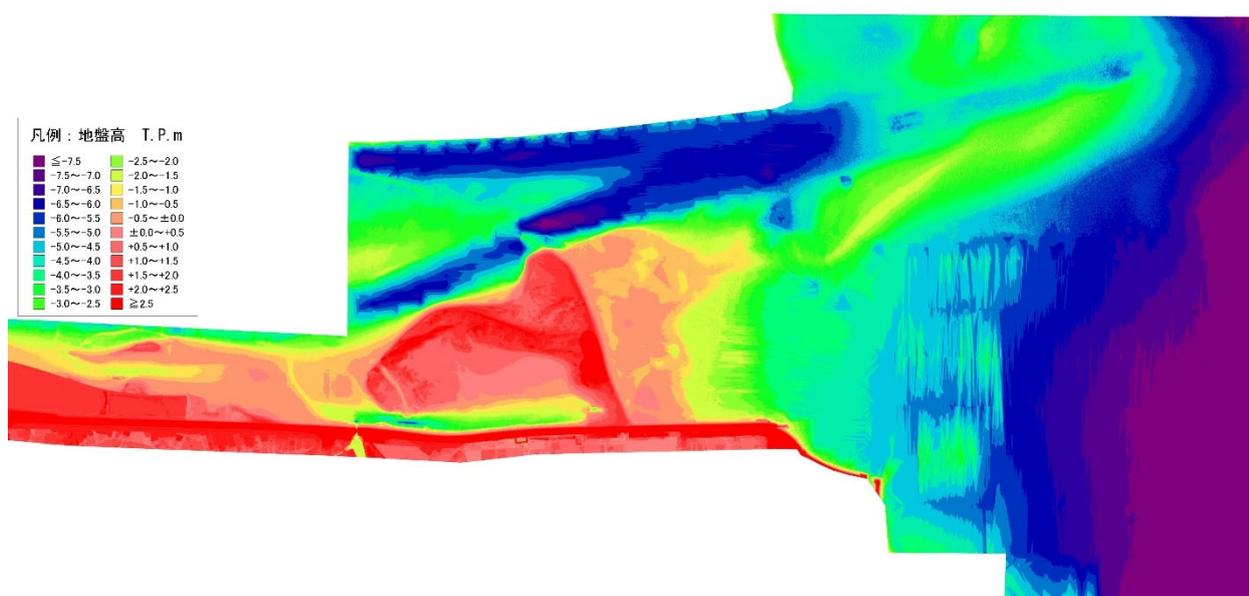


図 3.4-6 1m グリッドデータより作成したカラー標高図 (令和3年10月)



図 3.4-7 等高線データ（令和3年10月）

(4)簡易正射変換画像作成

デジタル空中写真撮影は航空レーザー計測システム機器に付属したデジタルカメラにより地表面画像を取得した。撮影したデジタル画像から GHSS/IMU の位置・姿勢情報とレーザー計測データを利用して、地形やカメラの傾きによる画像ひずみ処理を行って簡易写真図を作成した。



図 3.4-8 簡易写真図（令和3年10月）

(5)汀線データ作成

計測実施時点の汀線データの作成は簡易正射変換画像データを使用してトレースを行うが、二次元に投影した画像を使用するために水際を誤判読する可能性があり、確実に精度良くデータ取得を行うためにはレーザー計測機器に搭載されるデジタル航空カメラの撮影画像による三次元ステレオ画像から数値図化を行った。また、レーザー標高点も三次元ステレオ画像を使用して確認・検証を行った。各基準面（TP、AP、DL）による朔望平均潮位、朔望平均満潮位、朔望平均干潮位の汀線データについては三次元地形モデルにより作成し、それに囲まれる面積を算出した。



図 3.4-9 汀線データ（令和3年10月）

(6)地形変化解析

地形変化解析は数値標高データ（DEM）作成において作成された地形データを用いて、地形データの差分を計算することにより地形の変化量を解析した。

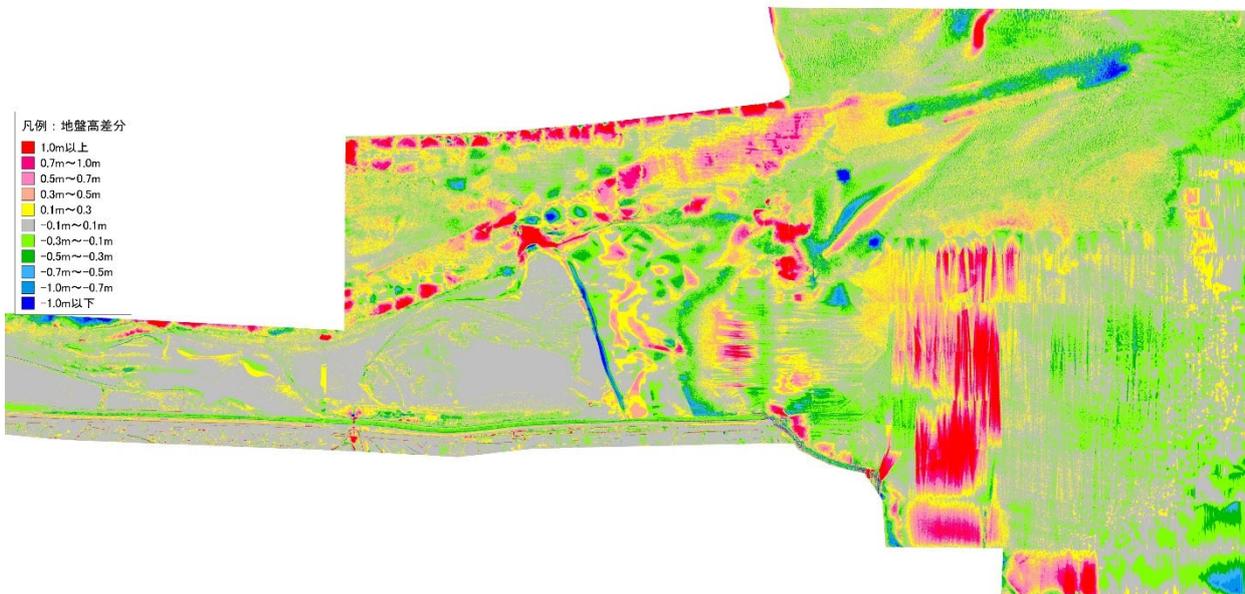


図 3.4-10 差分図データ（令和3年10月調査と令和3年6月調査の差分）

【使用した基準】

本事業では、高さの基準を東京湾平均海面（T.P.）としている。東京湾平均海面（T.P.）と港湾D.L.と阿波工事基準面（A.P.）の関係を図 3.4-11 に示す。

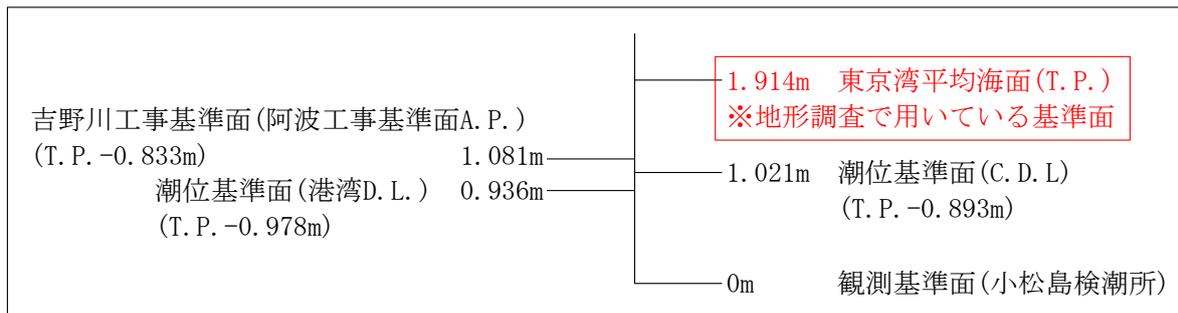


図 3.4-11 潮位及び各種基準面高さの関係

3.4.3 調査結果

(1) 潮位の経年変化

表 3.4-2、図 3.4-12 に干潟面積計算の範囲とした調査時の潮位の経年変化を示す。

潮位は、朔望平均満潮位、年平均潮位、朔望平均干潮位いずれも平成 30 年にやや低い値を示すが、それ以外は安定しており、朔望平均満潮位は 1.0m 前後、年平均潮位は 0.15~0.2m 前後、朔望平均満潮位は、0.85~0.9m 前後を推移した。

表 3.4-2 調査時の潮位

調査日	季節	潮位：T.P.m		
		朔望平均満潮位	年平均潮位	朔望平均干潮位
H26.10.8	秋季	1.036	0.148	-0.853
H27.6.1	春季	1.047	0.170	-0.850
H27.10.14	秋季	1.026	0.157	-0.893
H28.6.20	春季	1.033	0.165	-0.897
H28.10.14	秋季	0.987	0.173	-0.868
H29.6.9	春季	0.990	0.172	-0.840
H29.10.5	秋季	1.025	0.169	-0.839
H30.6.14	春季	0.938	0.111	-0.913
H30.10.9	秋季	0.929	0.097	-0.969
R1.6.17	春季	1.007	0.153	-0.918
R1.10.28	秋季	1.004	0.160	-0.923
R2.6.17	春季	1.025	0.168	-0.932
R2.10.3	秋季	0.991	0.179	-0.883
R3.5.31	春季	0.994	0.190	-0.861
R3.10.3	秋季	1.029	0.205	-0.848

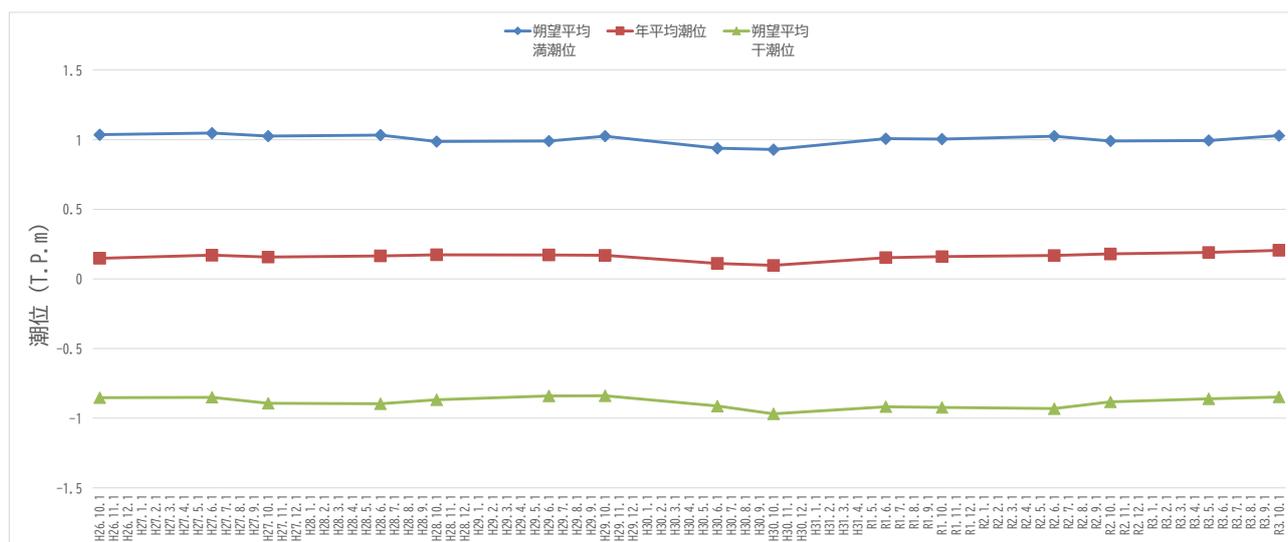


図 3.4-12 調査時の潮位の経年変化

(2)潮位別干潟面積の経年変化

表 3.4-3 に潮位別の干潟面積について、工事前調査から工事後調査までの河口干潟面積の変遷を示す。また、図 3.4-13 に朔望平均満潮位、年平均潮位、朔望平均潮位の干潟別面積の経年変化のグラフを示す。

表 3.4-3 潮位別干潟面積（平成 26 年度～令和 3 年度）

調査日	季節	河口干潟面積：m ²			
		朔望平均満潮位	年平均潮位	朔望平均干潮位	潮位基準面
工事前調査					
H26.10.8	秋季	231,761	363,579	629,594	657,684
H27.6.1	春季	194,220	365,534	576,322	591,210
H27.10.14	秋季	237,105	363,307	563,343	571,472
工事中調査					
H28.6.20	春季	218,062	380,120	551,168	561,049
H28.10.14	秋季	228,123	379,783	595,141	618,627
H29.6.9	春季	217,814	369,875	594,940	619,494
H29.10.5	秋季	260,109	399,323	599,246	619,455
H30.6.14	春季	278,052	405,253	601,949	622,103
H30.10.9	秋季	243,945	397,978	698,319	700,331
R1.6.17	春季	232,820	392,362	641,905	656,258
R1.10.28	秋季	235,405	381,536	656,591	674,254
工事後調査					
R2.6.17	春季	221,056	374,289	731,350	748,199
R2.10.3	秋季	230,846	375,285	733,789	764,047
R3.6.1	春季	222,663	370,666	687,291	713,644
R3.10.2	秋季	215,501	364,018	676,293	706,872

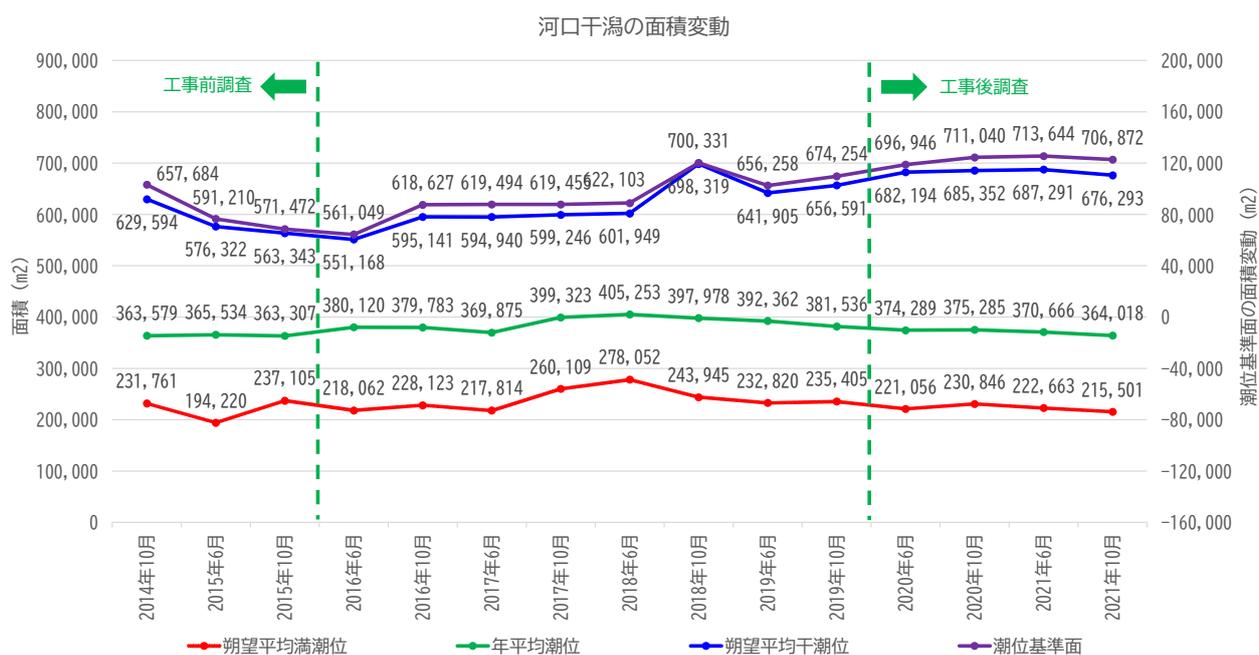


図 3.4-13 潮位別干潟面積（平成 26 年度～令和 3 年度）

①朔望平均干潮位の面積変化

朔望平均干潮位の面積は、調査を開始した平成26年10月（約66万㎡）から平成28年6月（約56万㎡）までは面積が減少していたが、平成28年1月の河口干潟と右岸が接続により面積が拡大し、その状態が平成30年6月（約62万㎡）まで安定した。平成30年の出水期には、数回の大規模出水が発生により、沖合方向に面積が拡大し、平成30年10月には約70万㎡となり、令和元年6月調査では、面積が減少したものの、以降は増加傾向で推移し、令和3年6月に過去最大の面積（約71万㎡）となった。

②朔望平均満潮位の面積変化

朔望平均満潮位の面積は、調査を開始した平成26年10月（約23万㎡）から平成27年6月（約19万㎡）は面積が減少した。平成27年10月には面積増加した後、平成27年6月までは安定して推移したが、平成27年10月より大幅に増加し、平成30年6月には過去最大の面積（約28万㎡）となった。以降は緩やかに減少し、令和3年10月には約22万㎡となった。

③年平均潮位の面積変化

年平均潮位の面積は、調査を開始以来、緩やかに増加し、平成30年6月に最大の面積（約41万㎡）となった後は、減少傾向であり、令和3年10月には約36万㎡となった。

(3)吉野川河口の地形変化

次ページ以降に、各調査で作成した地形図と対前回調査の差分図、水位、降水量の変化図を併せて示す。

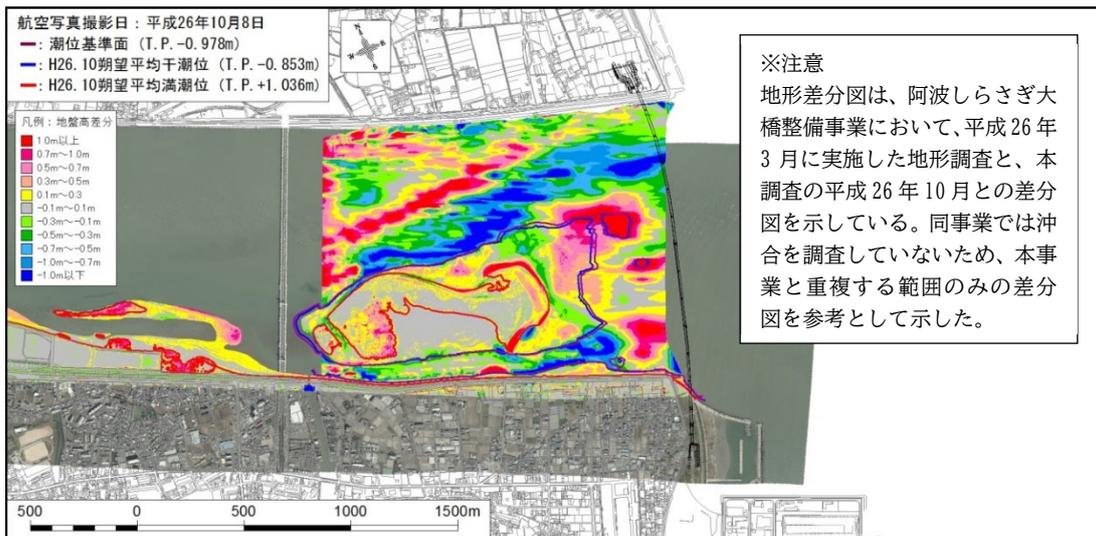
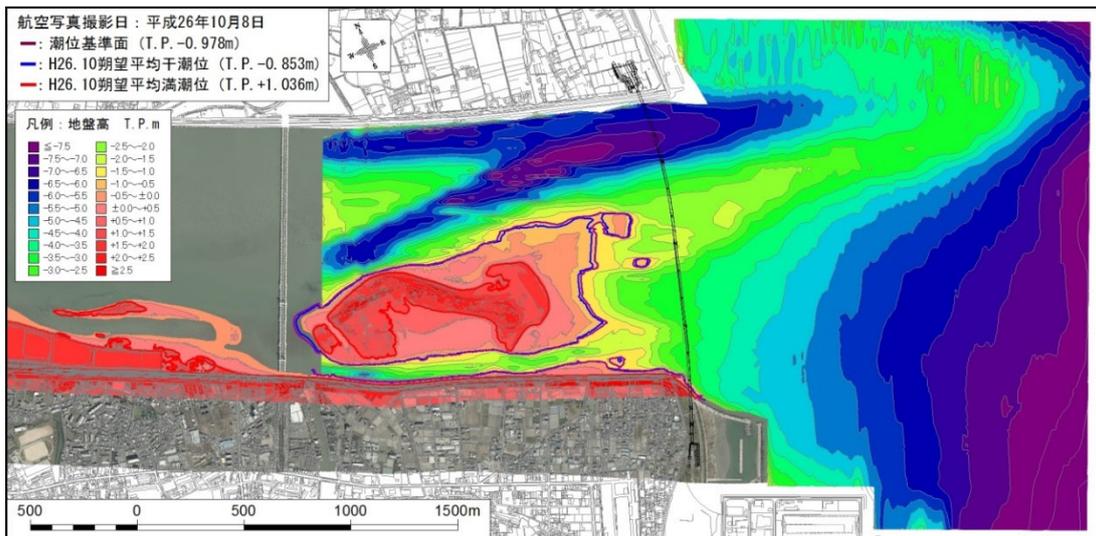
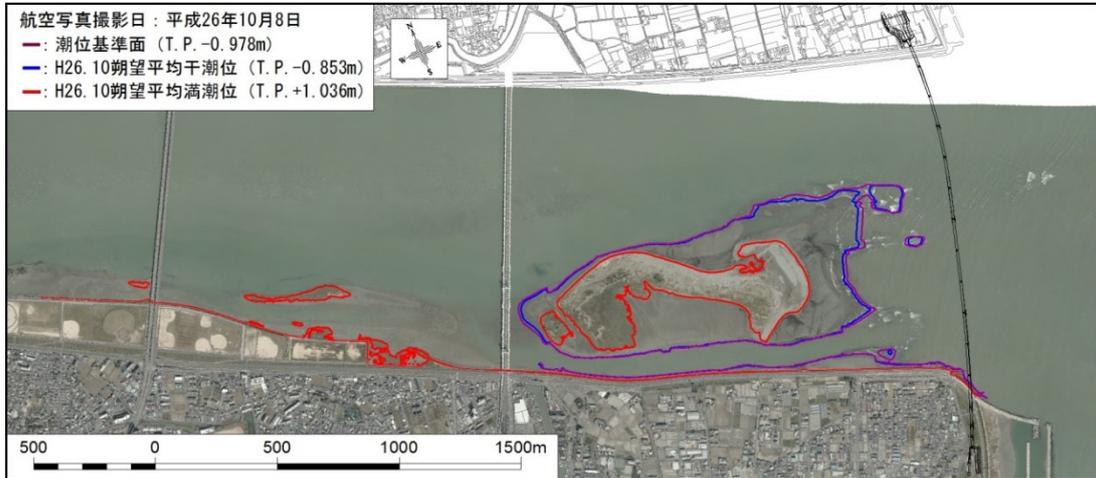
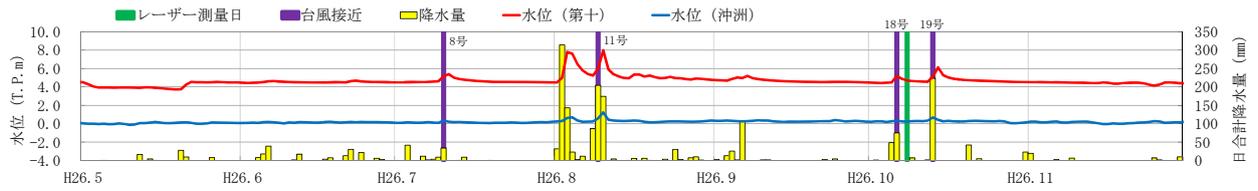


図 3.4-14 平成 26 年 10 月地形調査（水位・降水量、航空写真、地形図、対前回調査差分図）

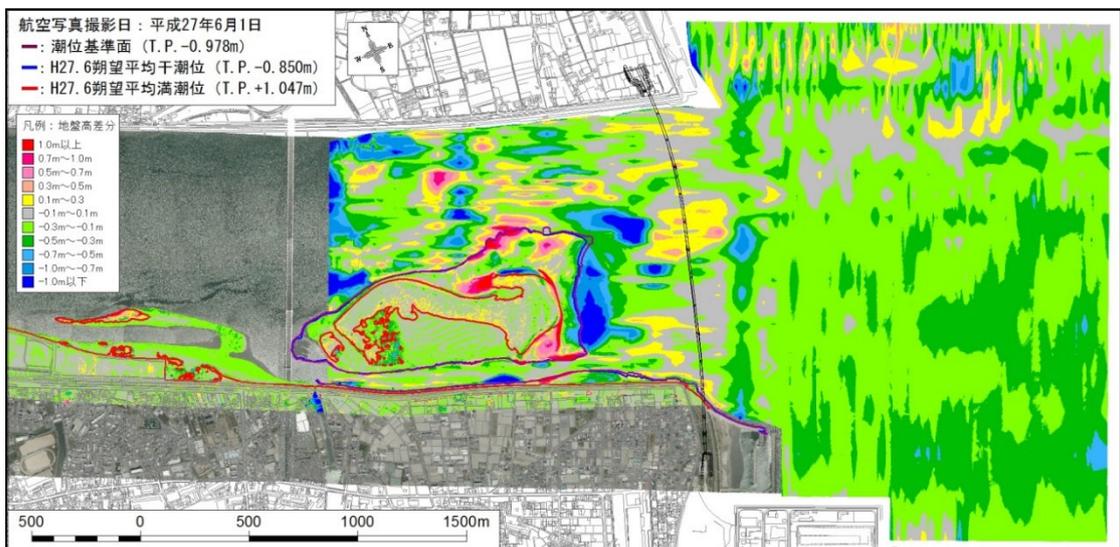
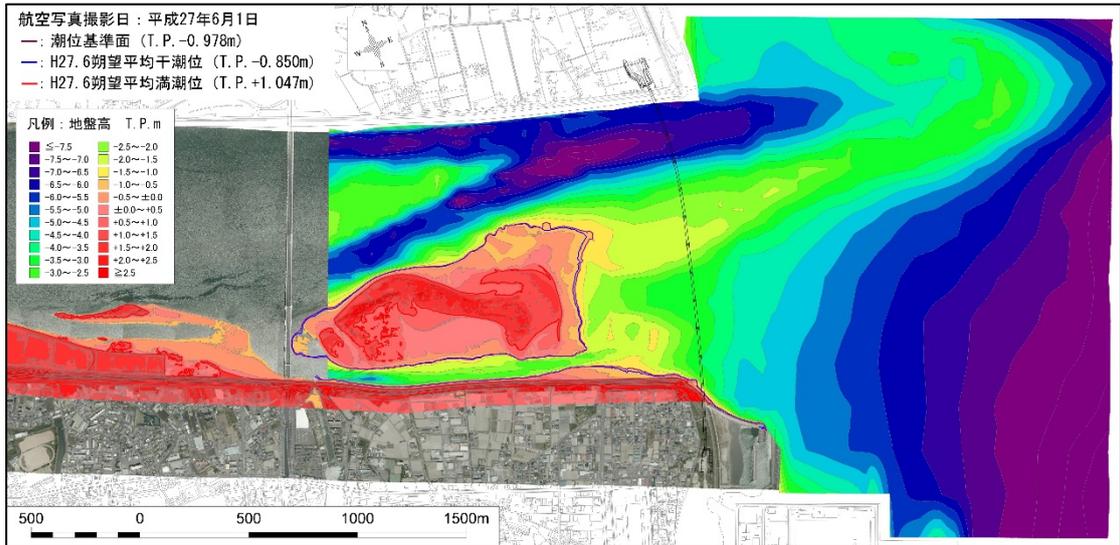
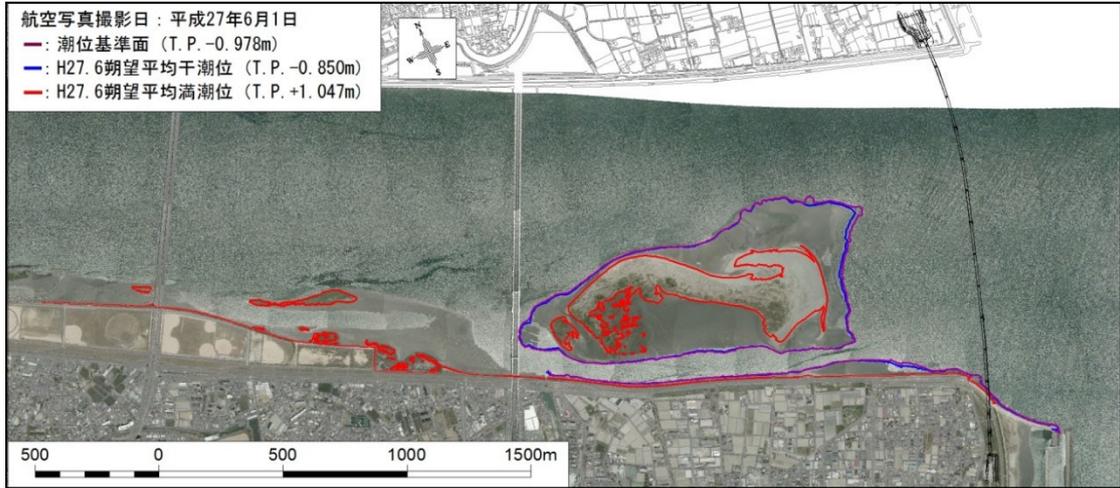


図 3.4-15 平成 27 年 6 月地形調査（水位・降水量、航空写真、地形図、対前回調査差分図）

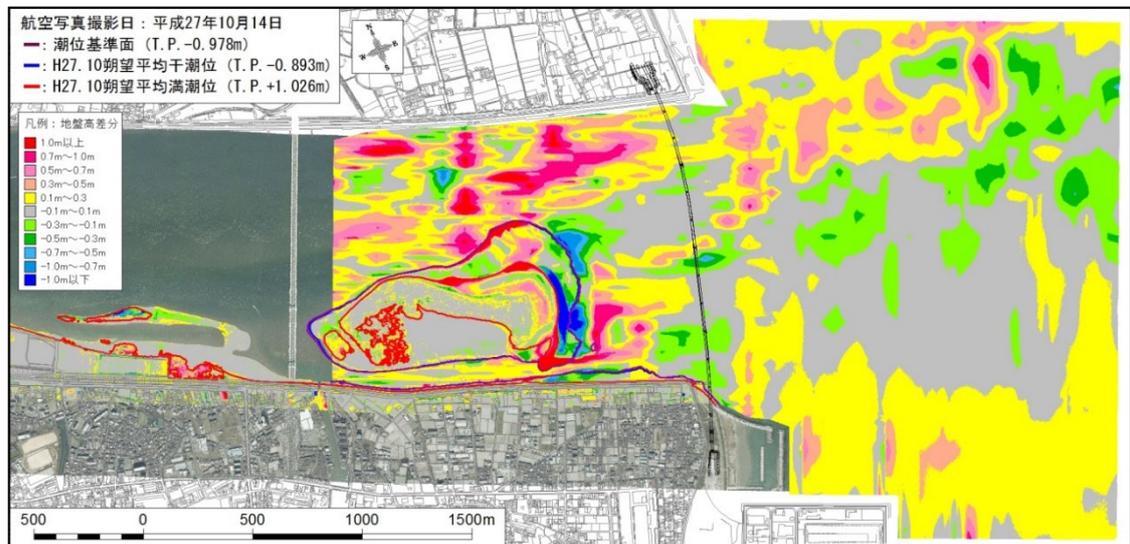
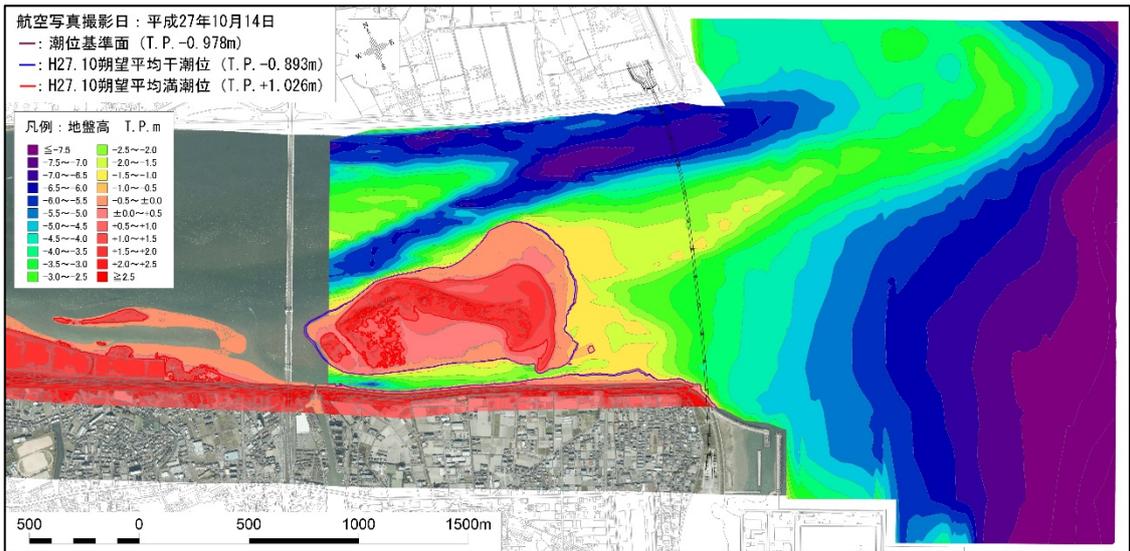
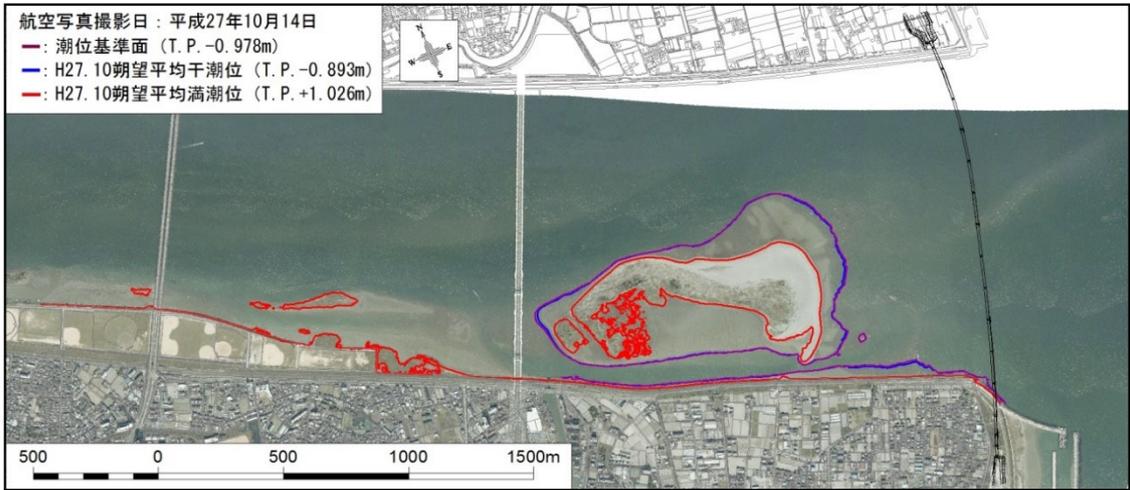
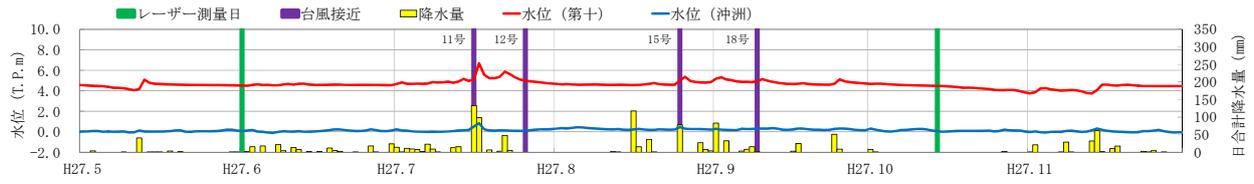


図 3.4-16 平成 27 年 10 月地形調査（水位・降水量、航空写真、地形図、対前回調査差分図）

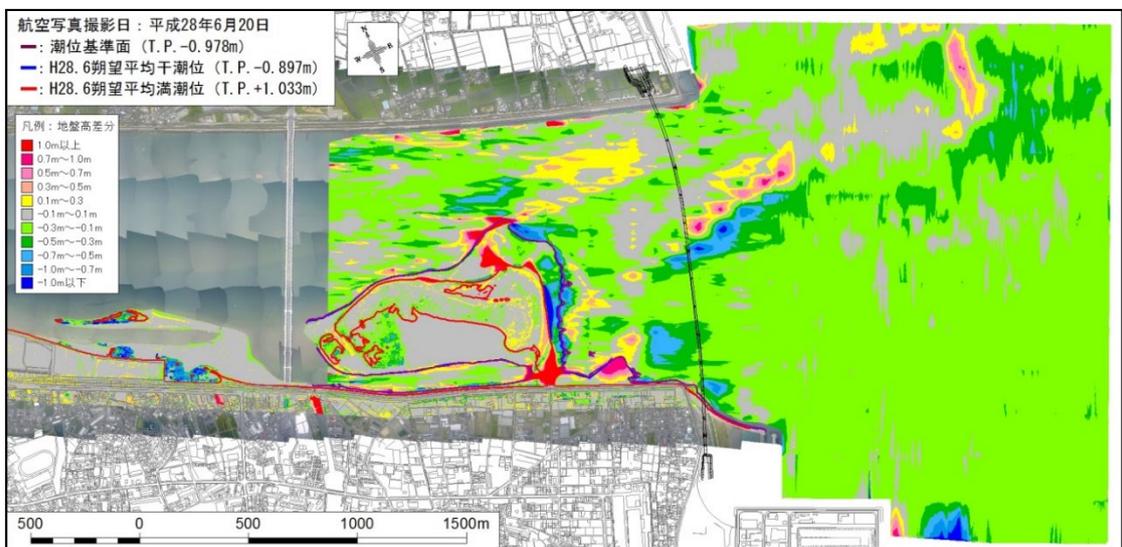
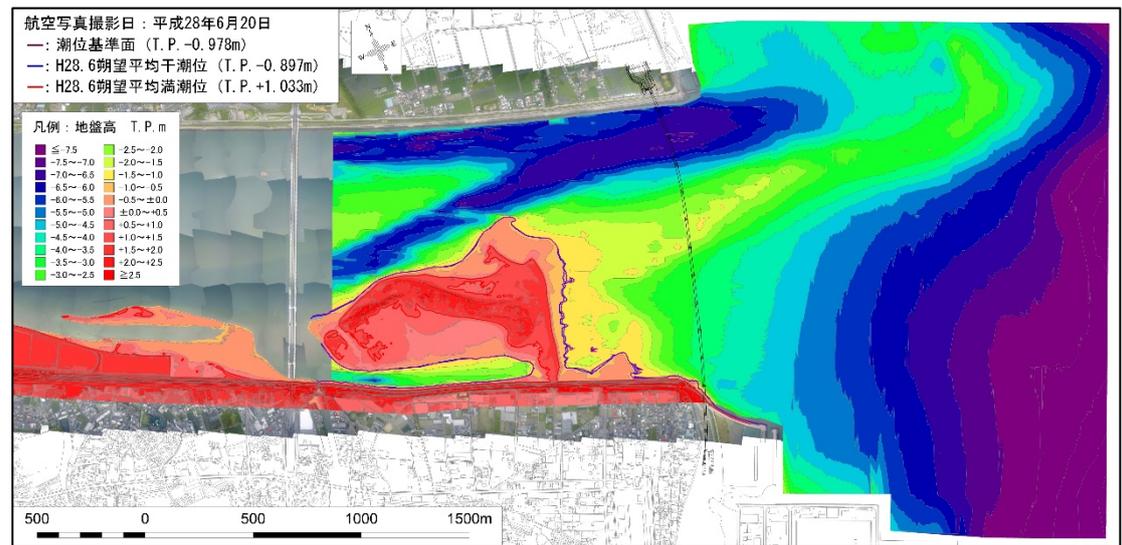
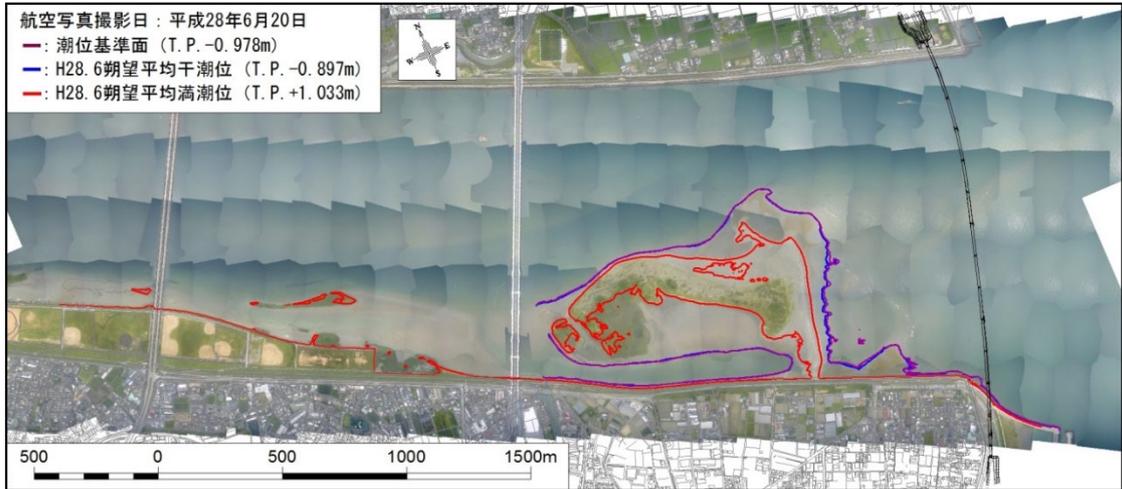


図 3.4-17 平成 28 年 6 月地形調査（水位・降水量、航空写真、地形図、対前回調査差分図）

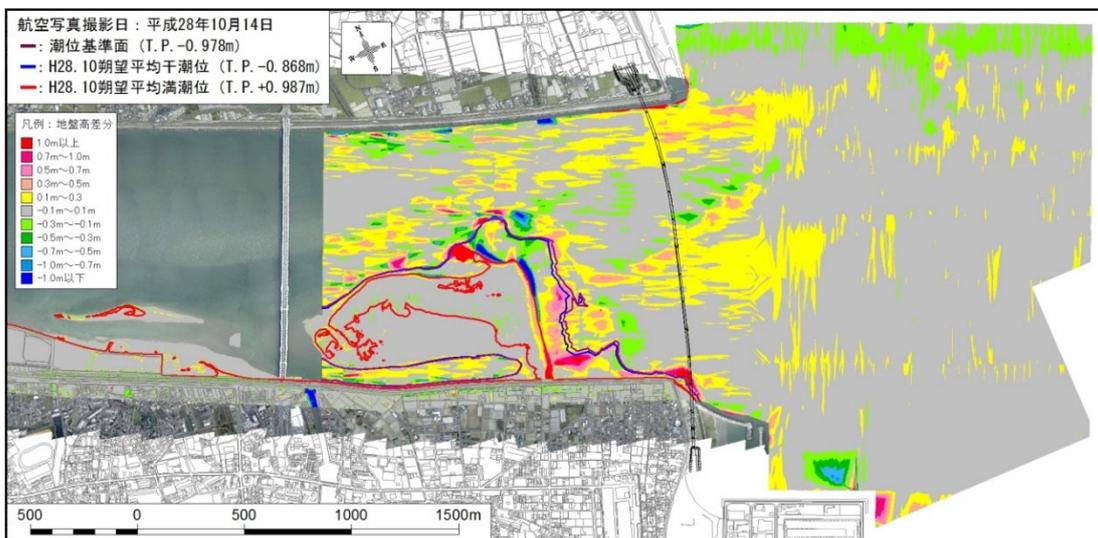
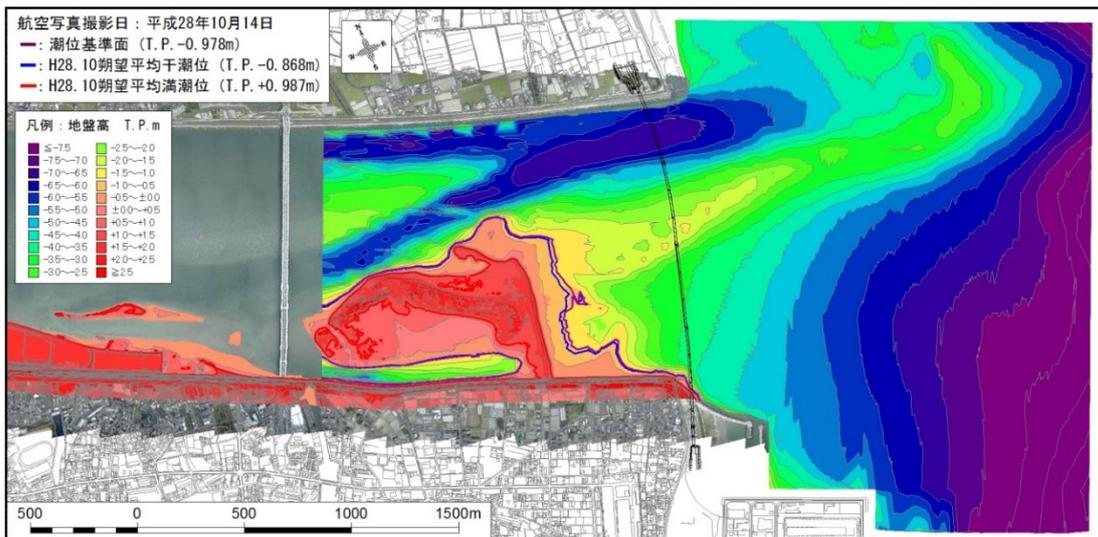
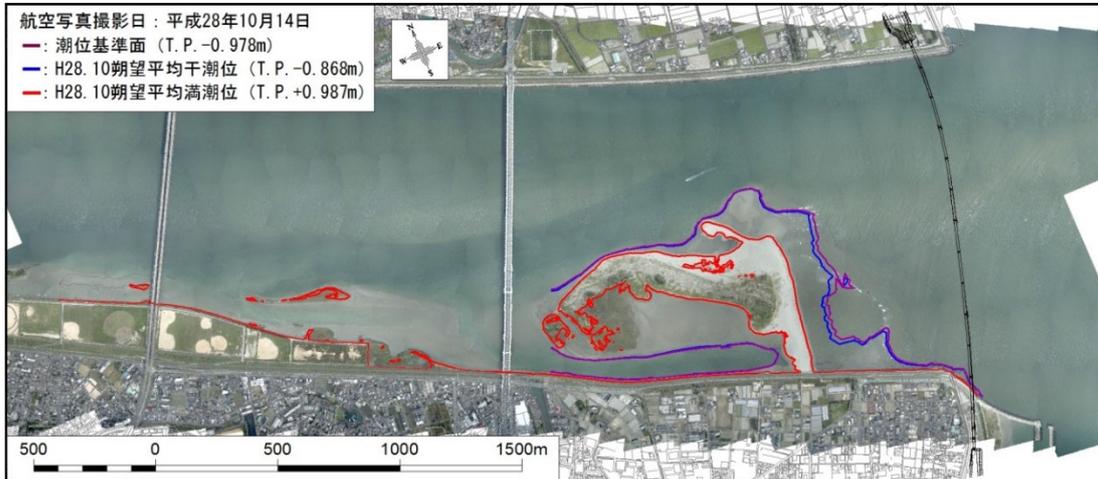


図 3.4-18 平成 28 年 10 月地形調査 (水位・降水量、航空写真、地形図、対前回調査差分図)

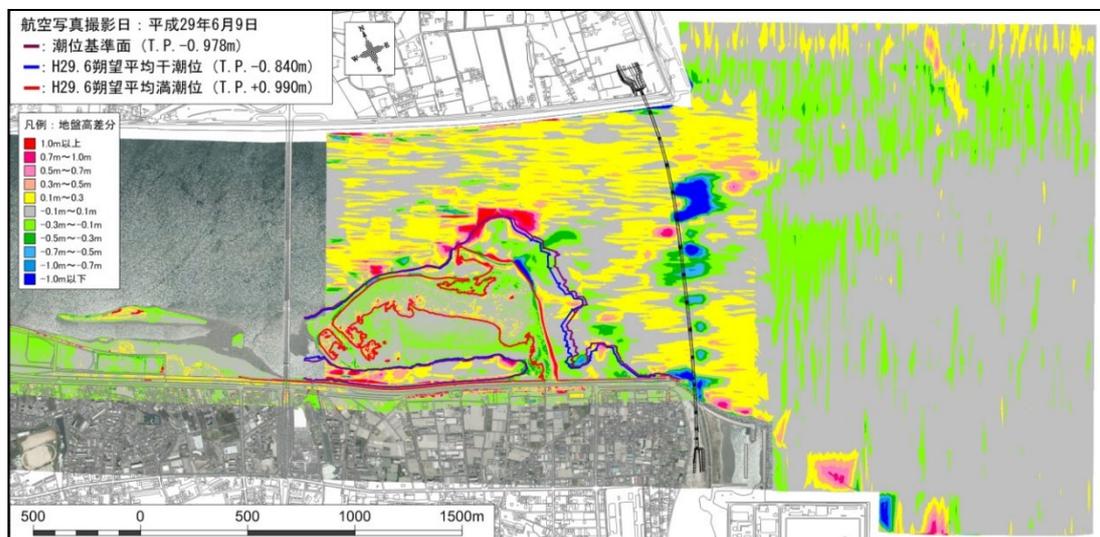
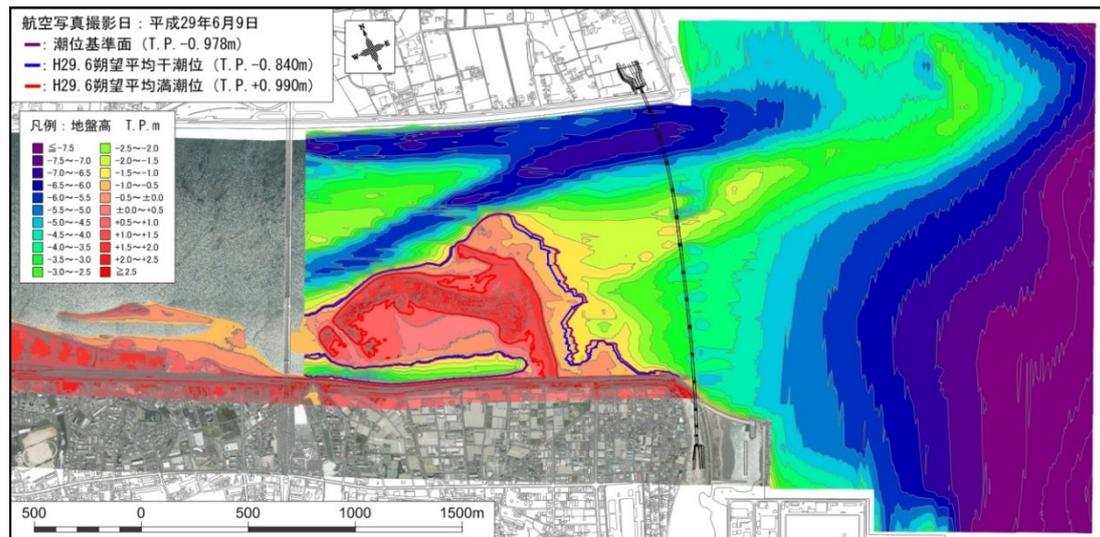
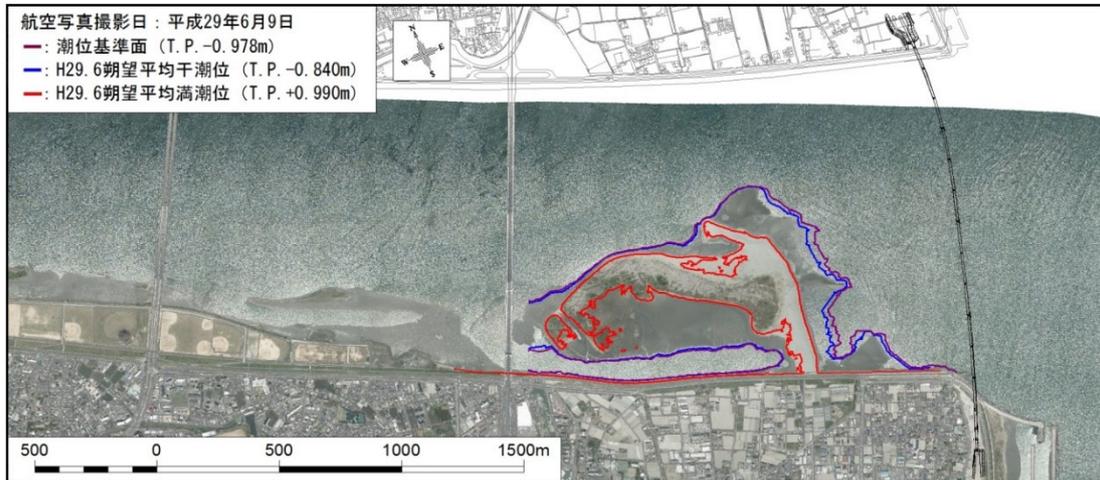
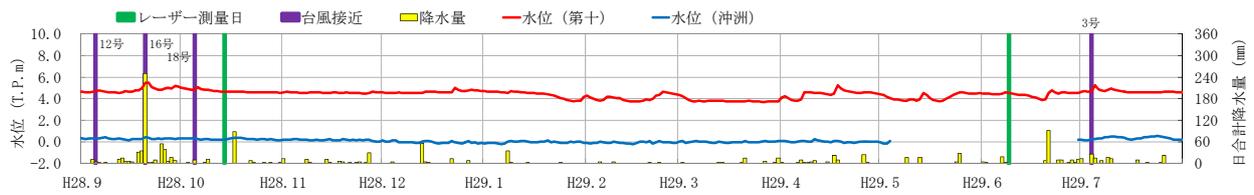


図 3.4-19 平成 29 年 6 月地形調査 (水位・降水量、航空写真、地形図、対前回調査差分図)

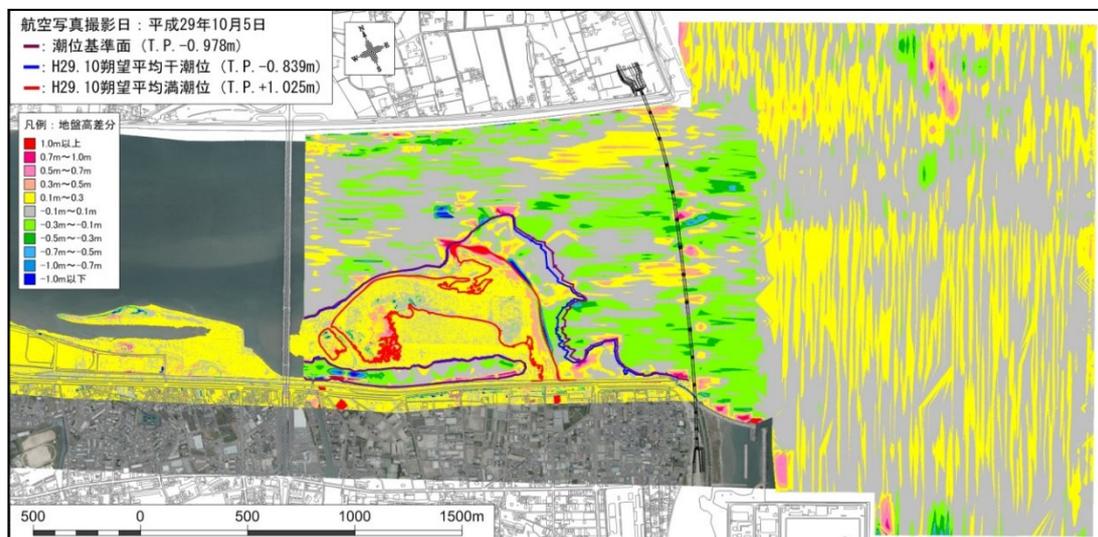
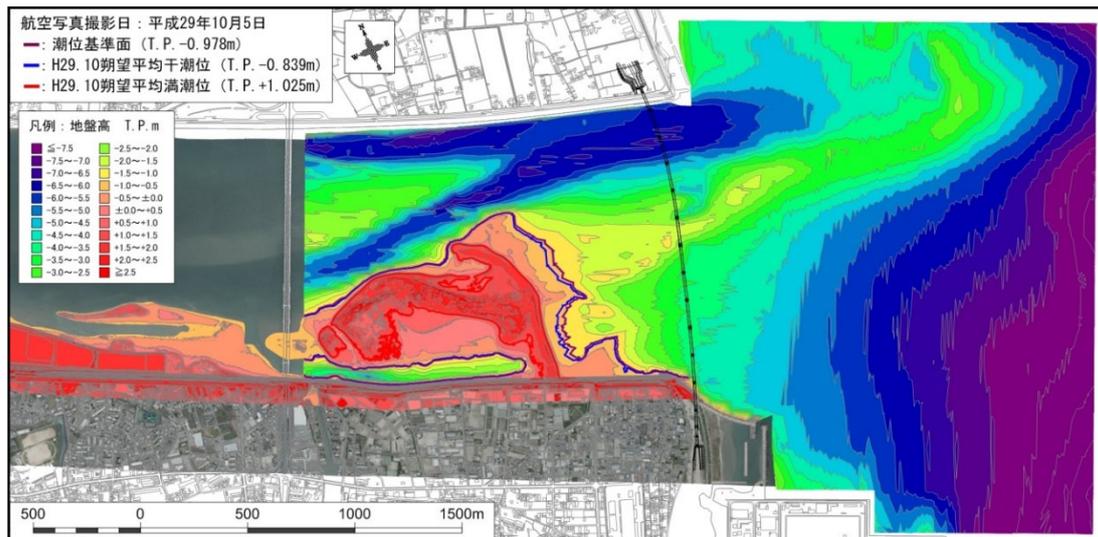
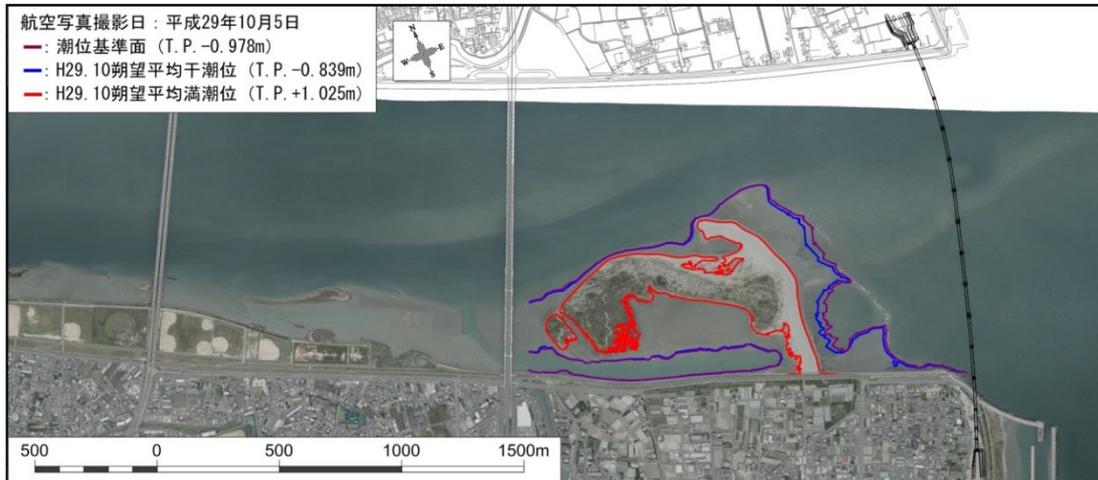
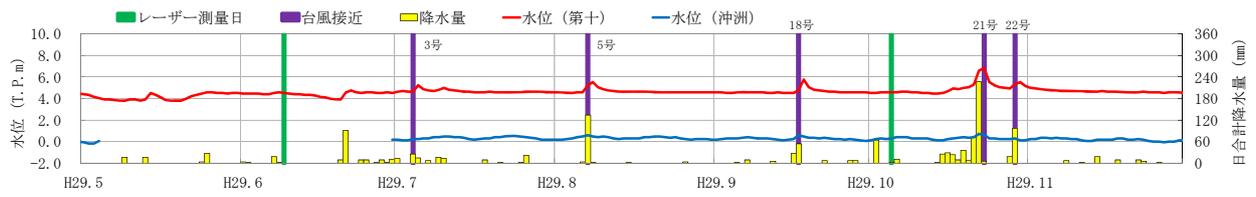


図 3.4-20 平成 29 年 10 月地形調査 (水位・降水量、航空写真、地形図、対前回調査差分図)

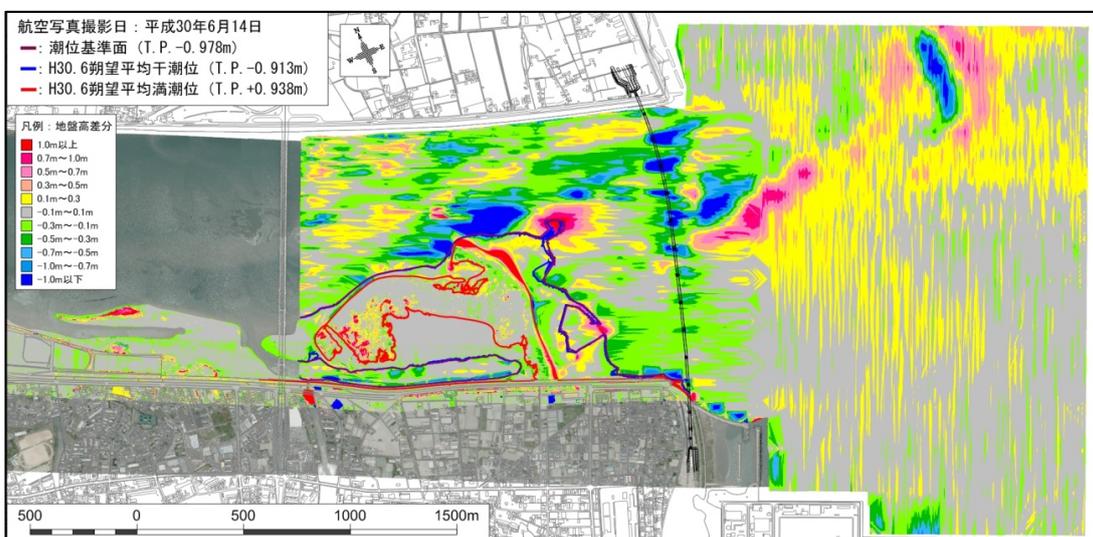
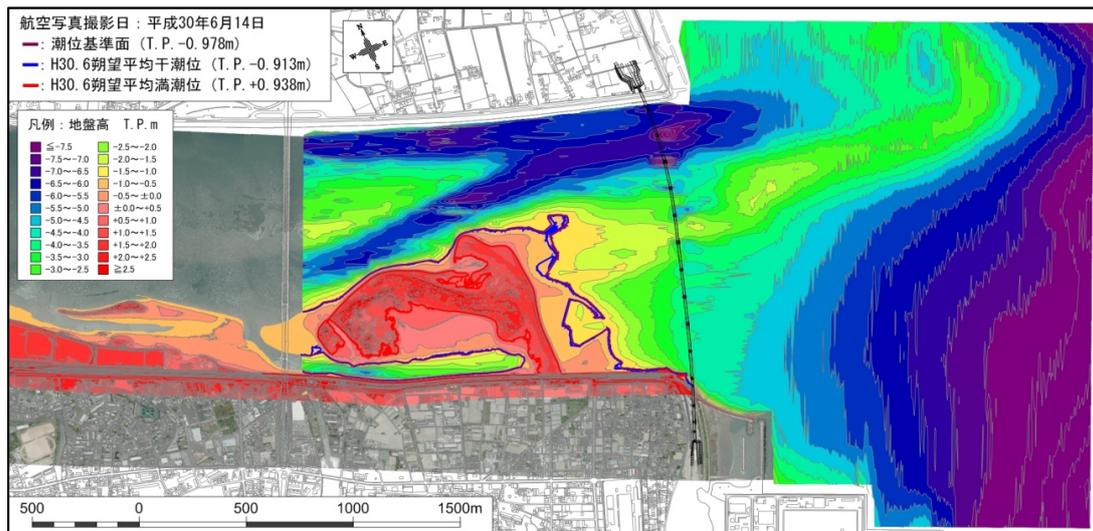
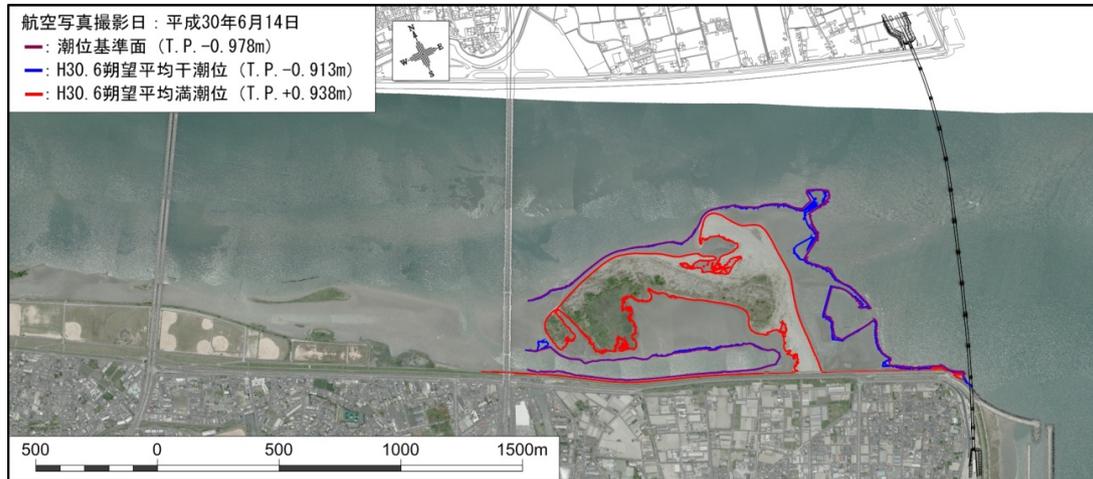


図 3.4-21 平成30年6月地形調査（水位・降水量、航空写真、地形図、対前回調査差分図）

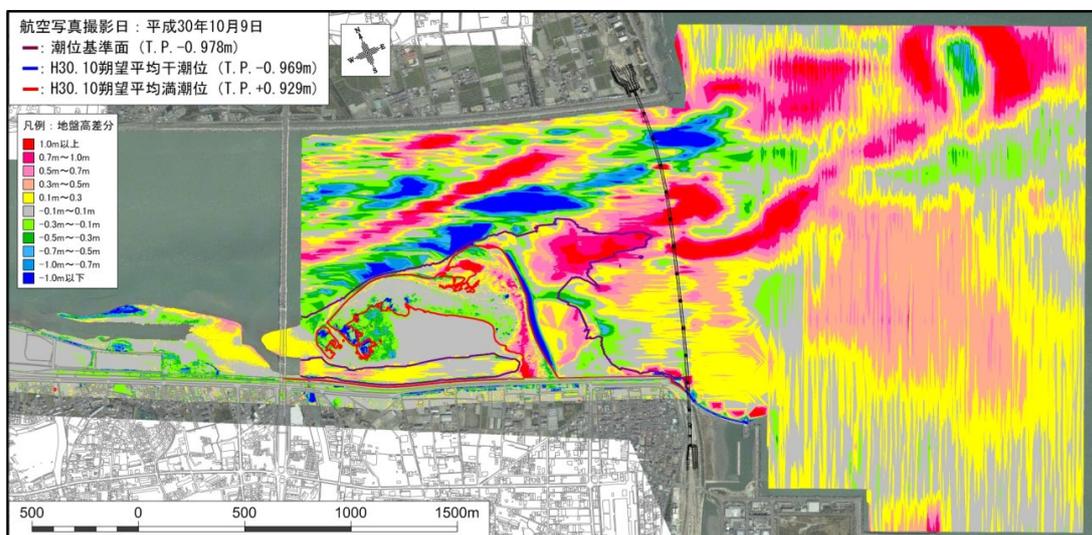
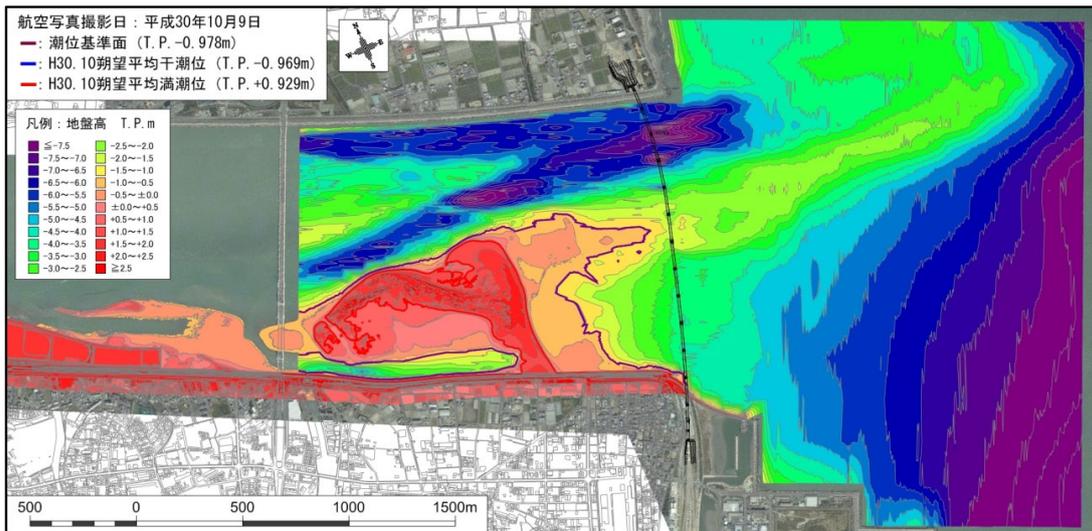
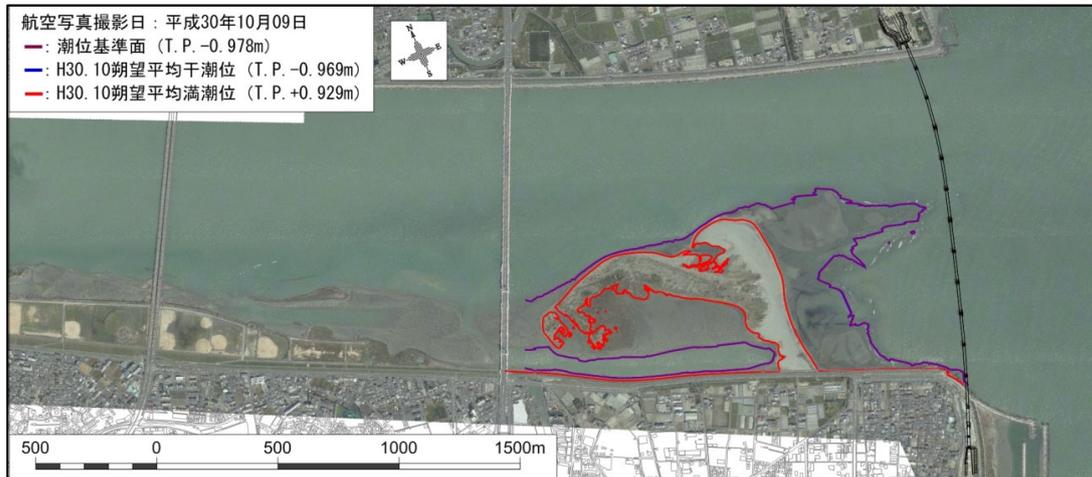
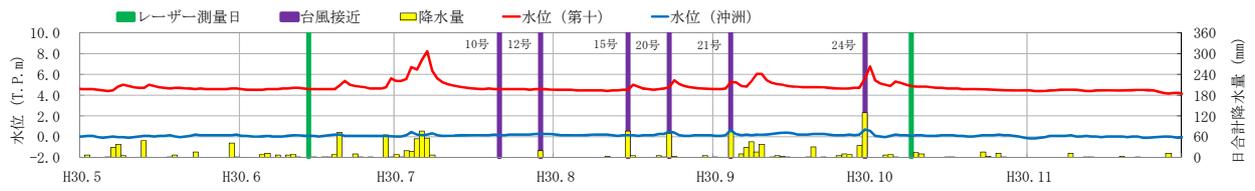


図 3.4-22 平成30年10月地形調査（水位・降水量、航空写真、地形図、対前回調査差分図）

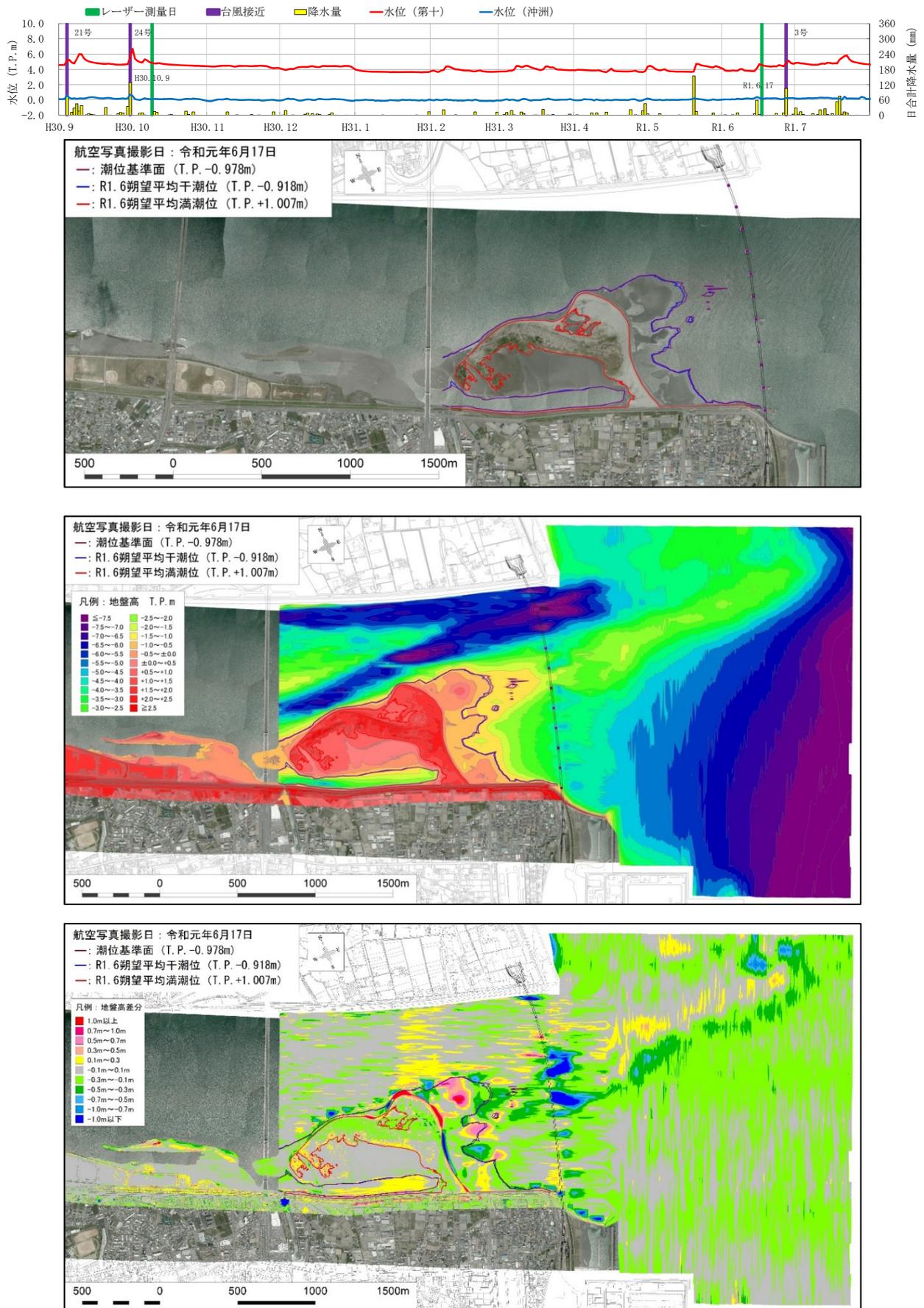


図 3.4-23 令和元年6月地形調査 (水位・降水量、航空写真、地形図、対前回調査差分図)

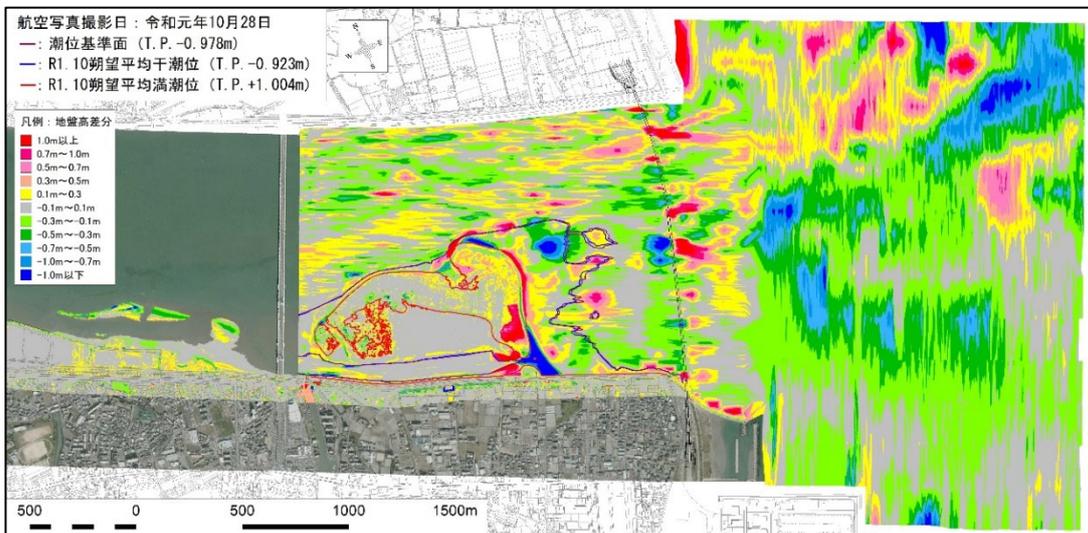
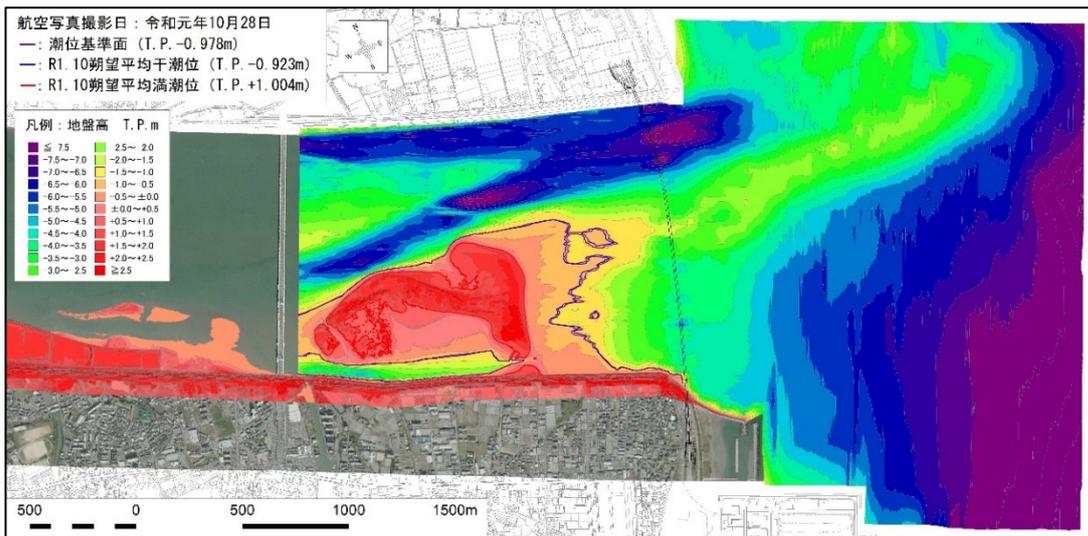
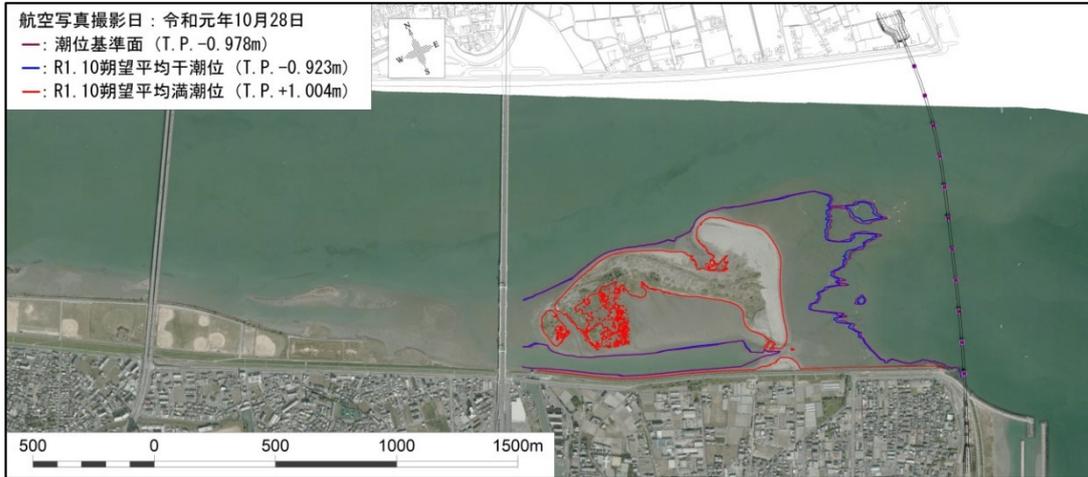
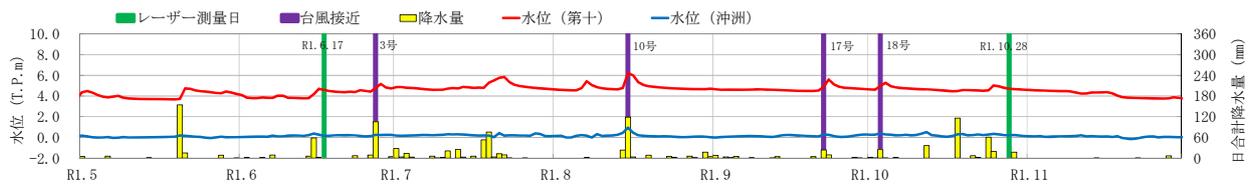


図 3.4-24 令和元年10月地形調査(水位・降水量、航空写真、地形図、対前回調査差分図)

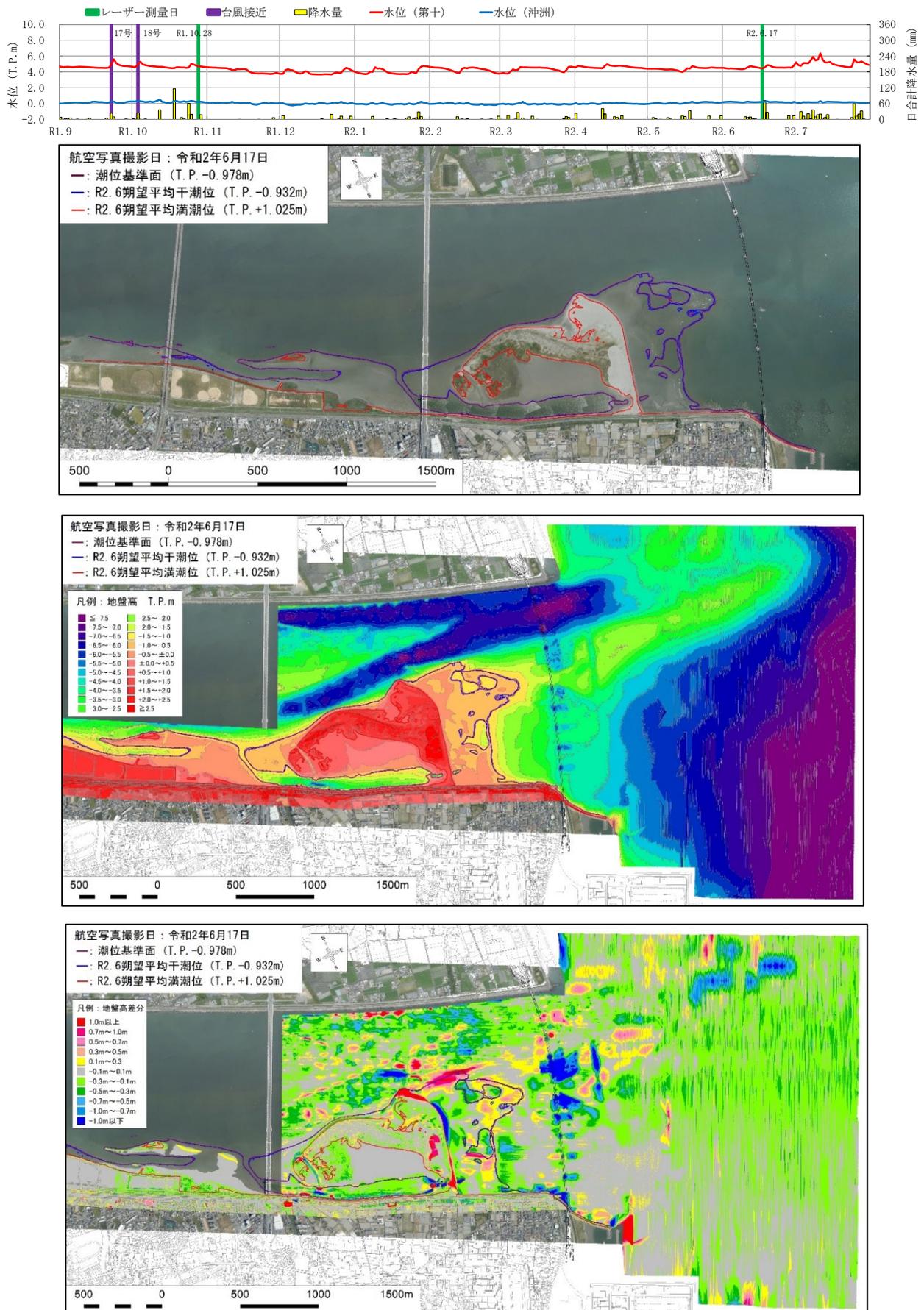


図 3.4-25 令和2年6月地形調査(水位・降水量、航空写真、地形図、対前回調査差分図)

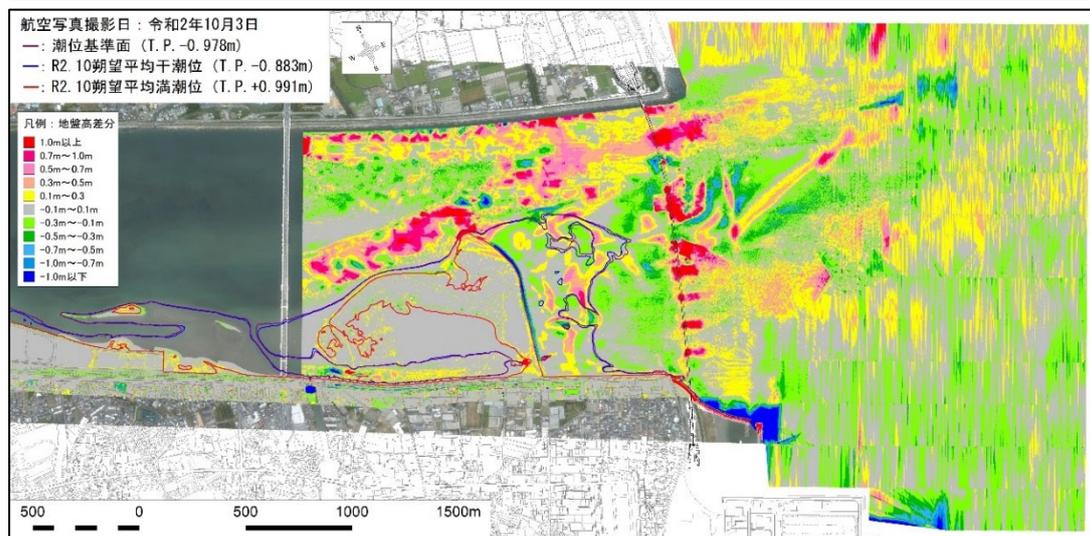
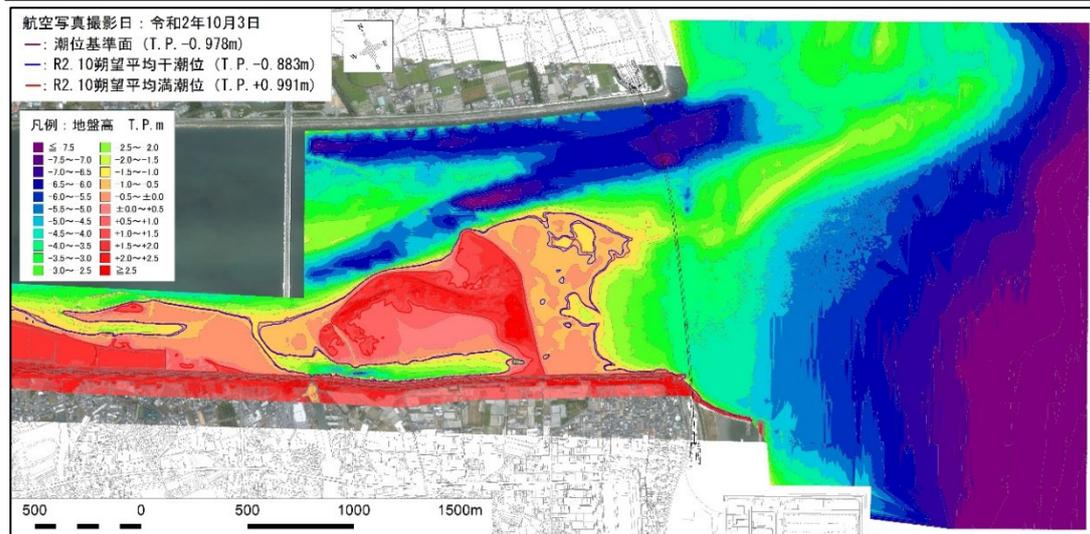
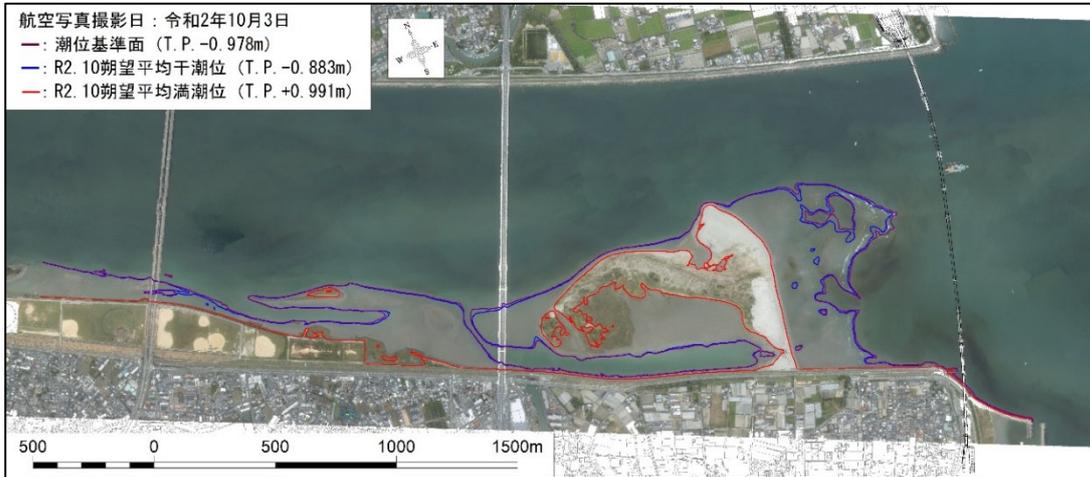
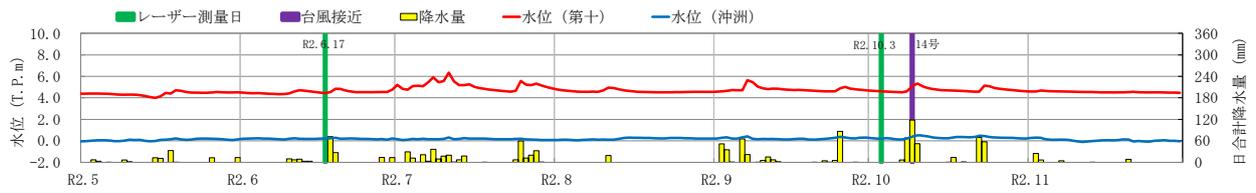


図 3.4-26 令和2年10月地形調査 (水位・降水量、航空写真、地形図、対前回調査差分図)

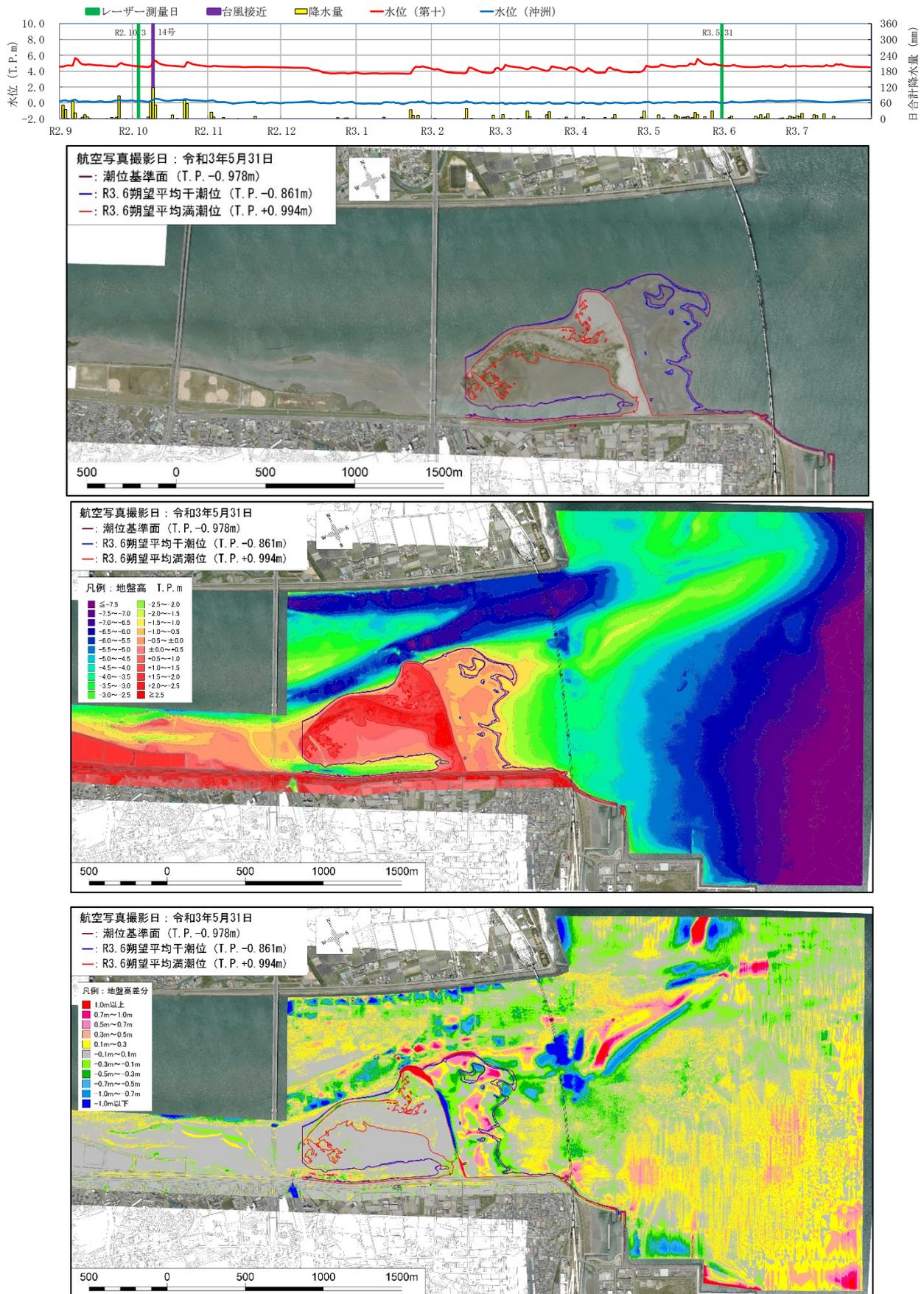


図 3.4-27 令和3年6月地形調査 (水位・降水量、航空写真、地形図、対前回調査差分図)

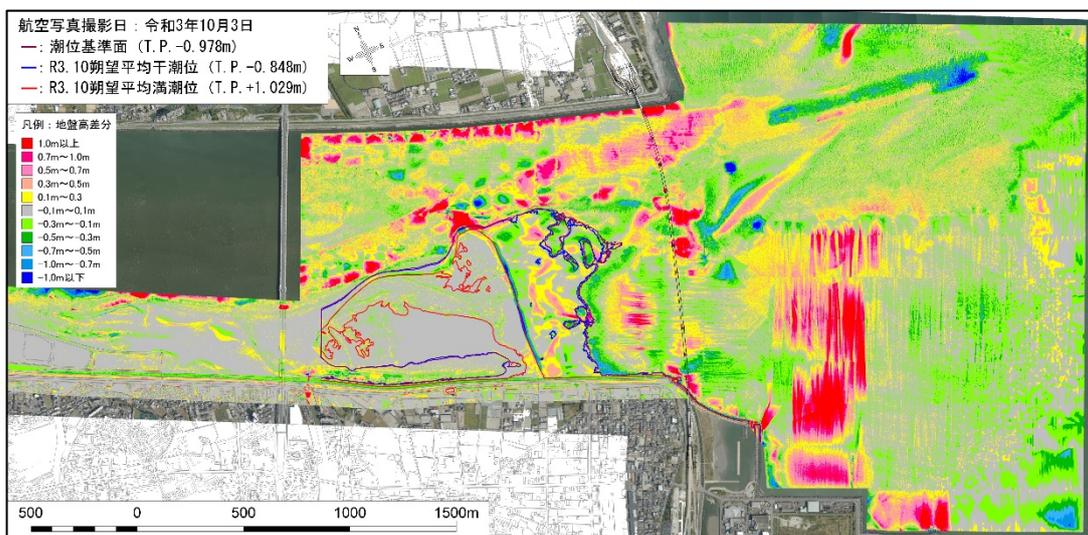
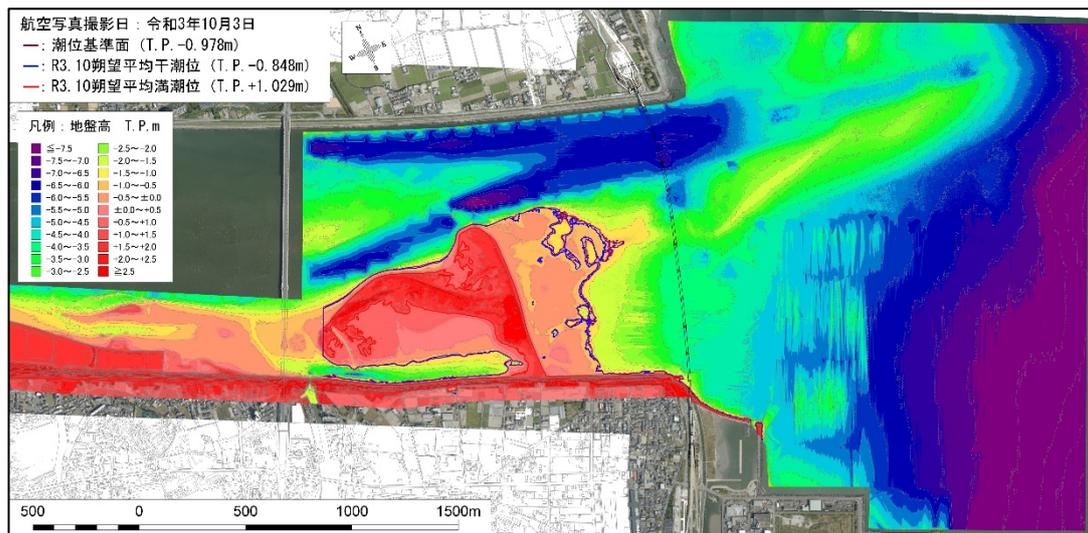
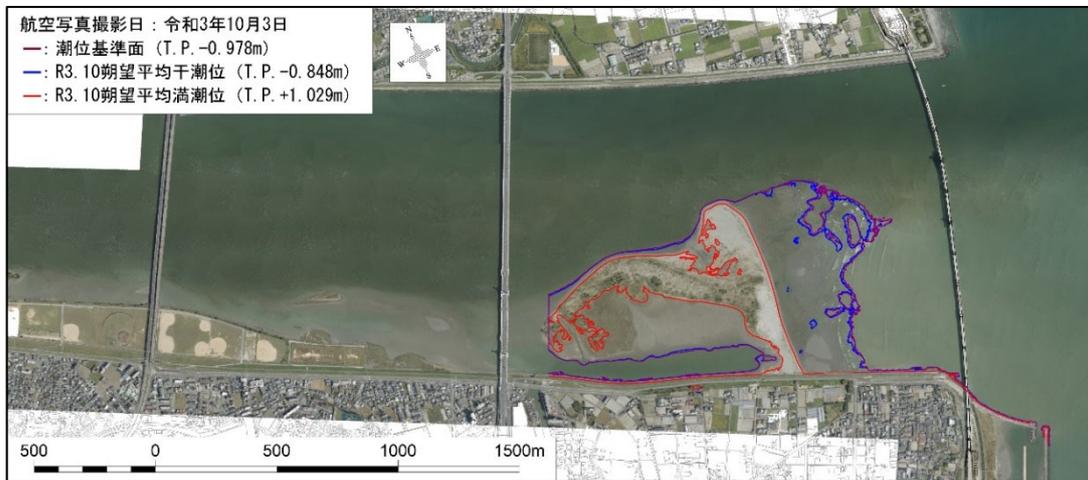
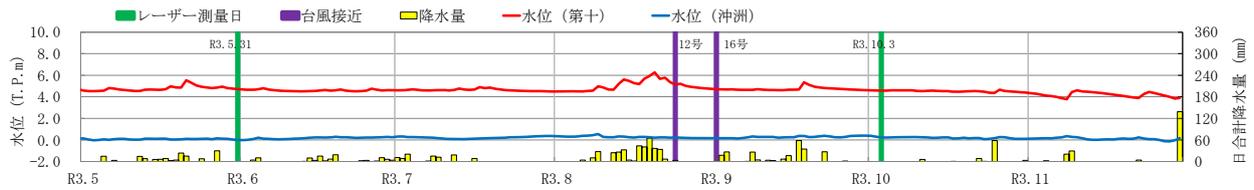


図 3.4-28 令和3年10月地形調査（水位・降水量、航空写真、地形図、対前回調査差分図）

(4)橋脚周辺の地形変化

図 3.4-29 に橋脚周辺の DEM データによる地形図と調査毎の差分図の拡大図に加え、水位、降水量の変化図を示す。

地形図、差分図からみた橋脚周辺の地形変化の傾向は以下の通りである。

- ・平成 16 年以降、途切れていた干潟と右岸の接続が、土砂の堆積が進行し、平成 28 年 6 月には再び接続した。
- ・工事に伴って浚渫を実施した箇所は、出水期を経て、埋め戻されることが確認された。また、全ての浚渫箇所に関して、令和 4 年 10 月には埋め戻され、元の地形に復元された。※令和 4 年に関しては、地形調査を実施していないが、補足的な底質調査と潜水土による目視により、地形が復元したことを確認した。
- ・平成 30 年の西日本豪雨災害をもたらした洪水により、沖合の河口テラスに土砂が押し出されて拡大し、さらに、翌年の令和元年東日本台風による強烈なうねりの影響を受けて河口にさらに土砂が堆積した。
- ・橋脚周辺の洗堀については、平成 30 年の西日本豪雨災害をもたらした大出水によって、P2、P3 付近が大きく洗堀されたが、以降の調査では埋戻しの進行が確認され、令和 3 年 10 月には、もとに近い状態へと復元された。このことより、大規模な出水が発生するとみお筋に近い橋脚周辺が洗堀されるが、例年規模の出水であれば、堆積すると判断される。
- ・河口干潟の面積は、徐々に拡大する傾向にあり、令和 3 年 6 月に過去最大となった後、令和 3 年 10 月にはやや減少した。また、大規模出水が生じた際には、一時的に面積が拡大するものの、その後の渇水期には面積が減少して戻る傾向があることが確認された。

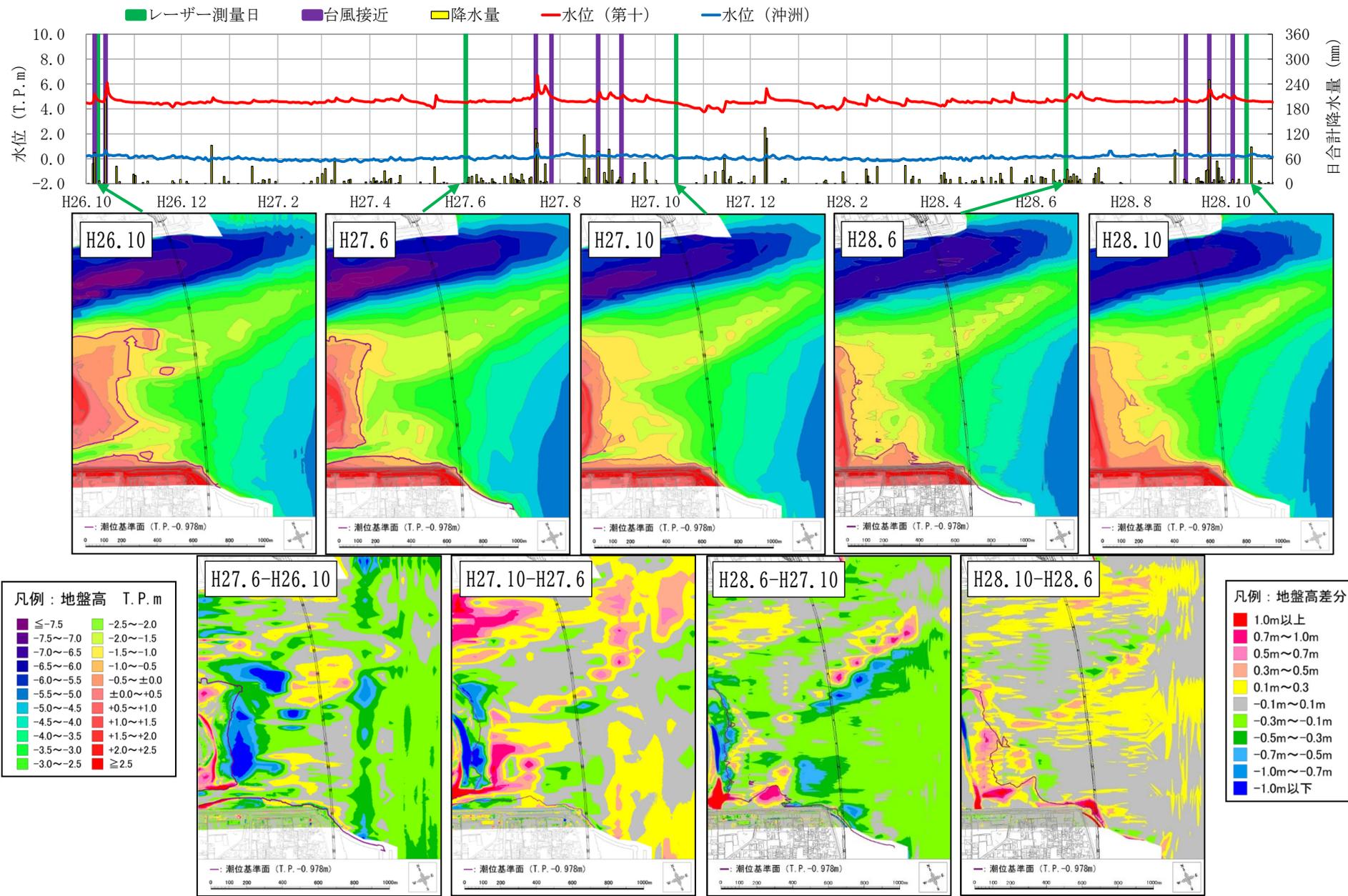


図 3.4-29 橋脚周辺の地形変化 (1) (平成 26 年 10 月~平成 28 年 10 月)

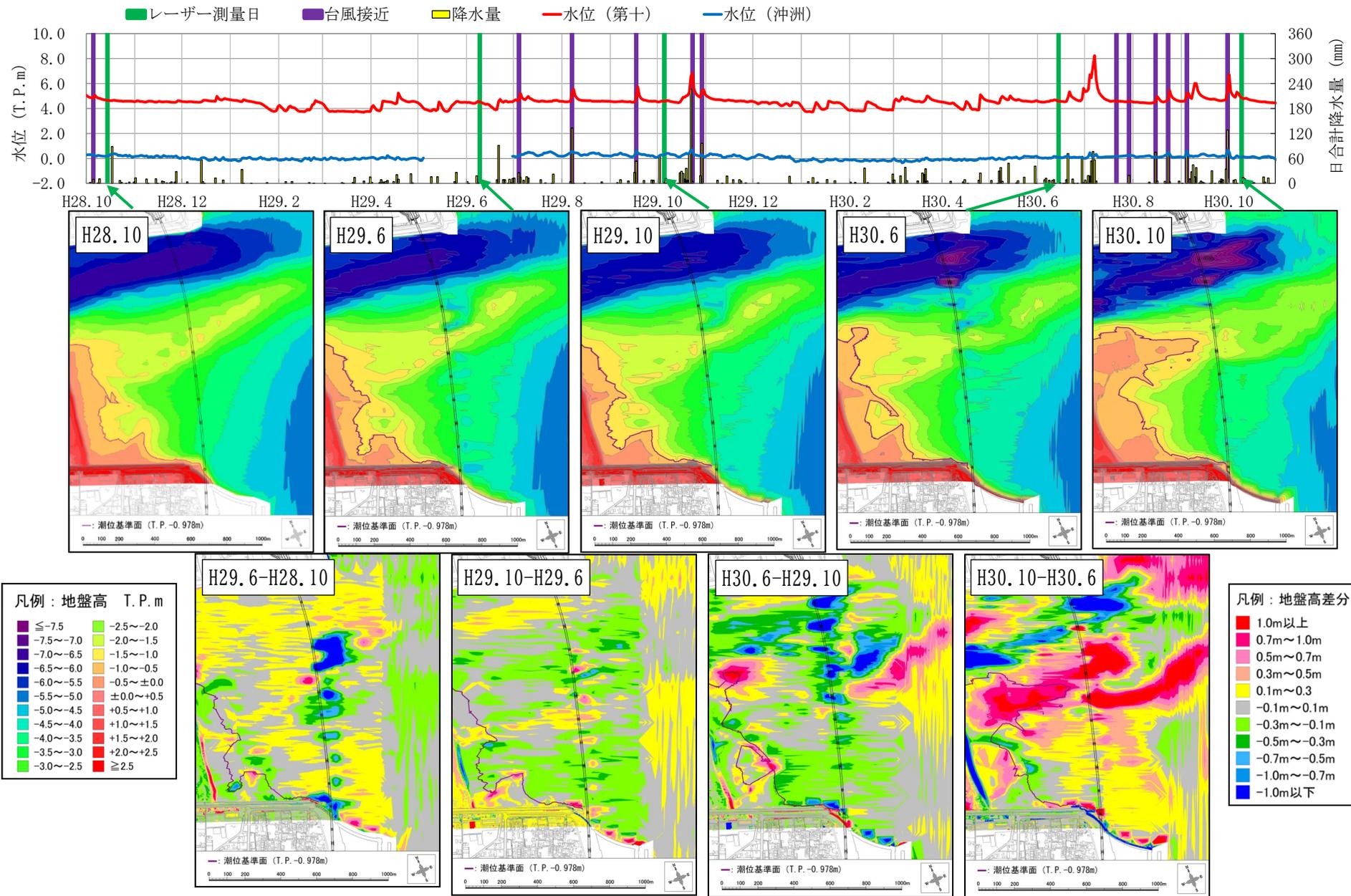


図 3.4-29 橋脚周辺の地形変化 (2) (平成 28 年 10 月 ~ 平成 30 年 10 月)

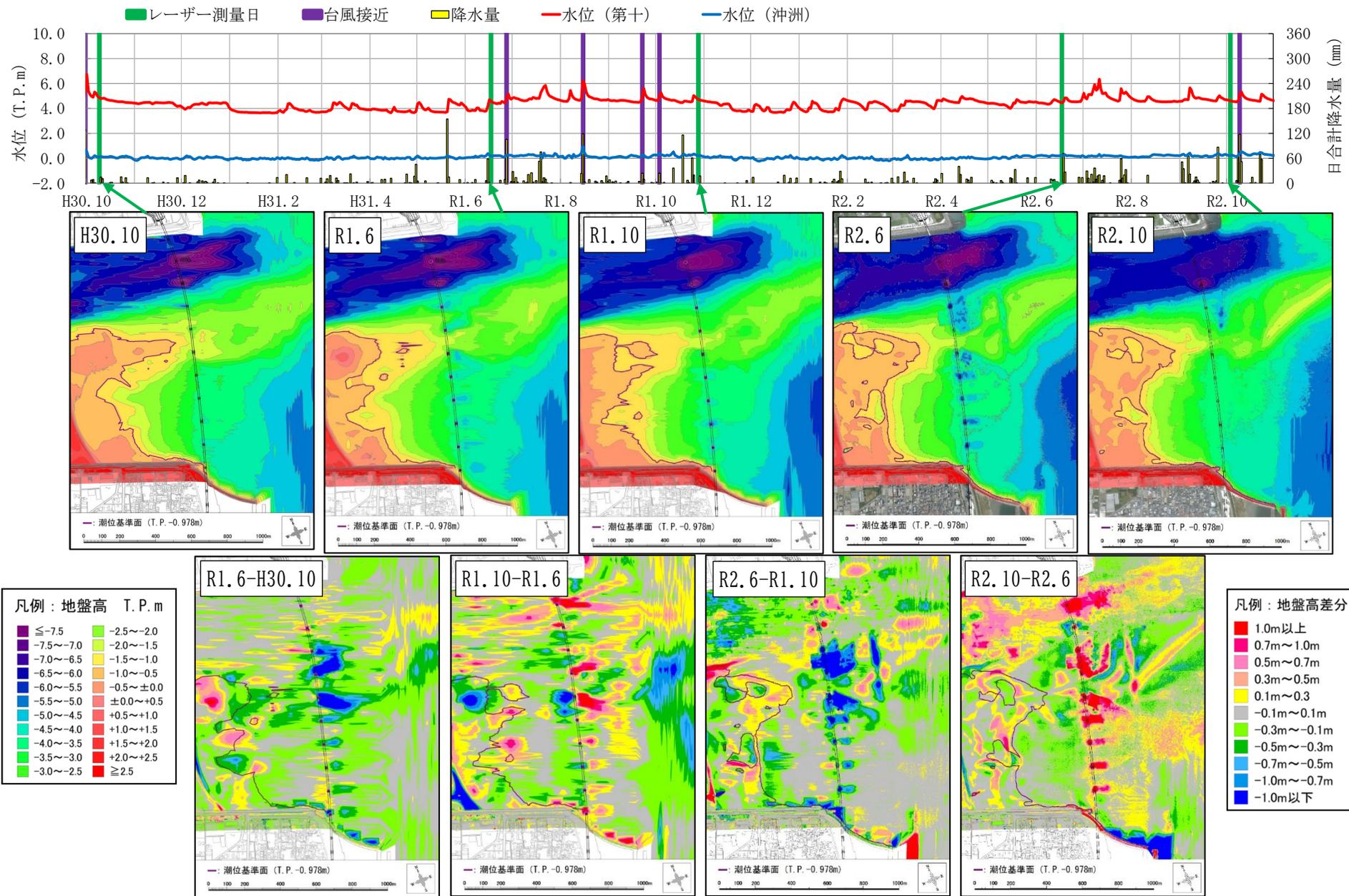


図 3.4-29 橋脚周辺の地形変化 (3) (平成 30 年 10 月 ~ 令和 2 年 10 月)

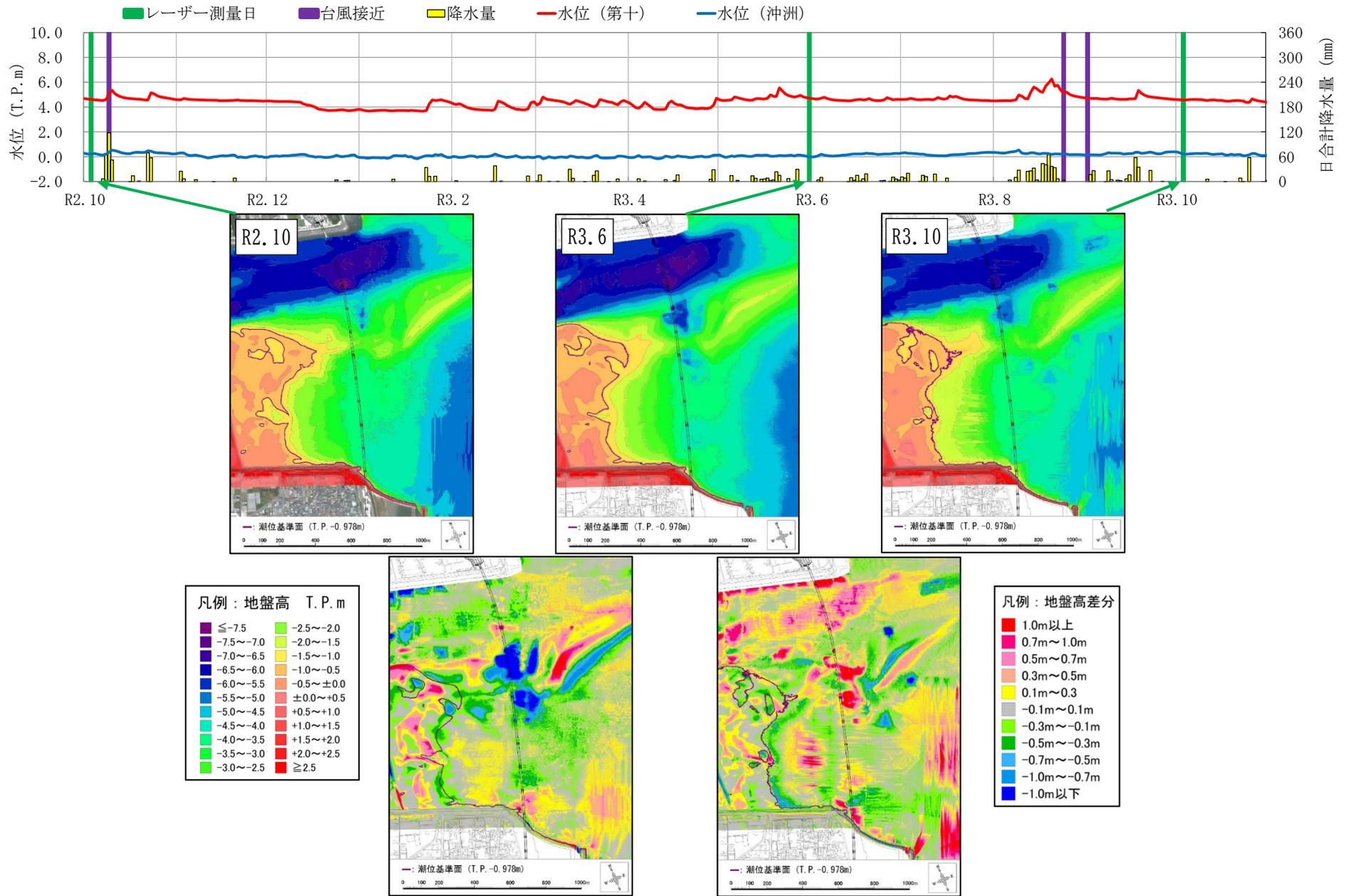


図 3.4-29 橋脚周辺の地形変化 (4) (令和2年10月~令和3年10月)

3.4.4 調査結果を踏まえた事業の影響の考察

工事着手前の平成 26 年 10 月から、下部工完成（令和 2 年 4 月）以降の令和 3 年 10 月まで継続的に調査を実施した結果、橋脚周辺で実施してきた浚渫箇所は、出水や波浪等で埋め戻ることが確認された。

一方で、西日本豪雨災害となった平成 30 年 7 月豪雨のような大規模な洪水が発生した場合には、河口部左岸側の橋脚（P2、P3）周辺が洗堀されることが確認された。しかし、平年で起きているような出水では埋め戻ることが確認されており、令和 3 年 10 月の調査で洗掘箇所が埋め戻ったことも確認された。

次に、河口干潟の面積に着目すると、平成 28 年 6 月に干潟と右岸部が接続して以降、徐々に拡大傾向にあることに加え、平成 26 年と平成 30 年の大規模な洪水が生じた場合、沖合に土砂が押し出されて、一時的に面積が拡大する傾向があり、その後、波浪や潮流によって押し戻されて面積が減少する傾向があることが確認された。

以上の結果を踏まえて、吉野川渡河部の地形は大規模な出水等の影響を受けることで、ダイナミックに形状を変化させるものの、その不安定な状態は平常時の波浪や潮流によって、より安定な状況に変遷していくこと（自然のゆらぎ）が確認されており、そういった自然のゆらぎと比較して、本事業で実施した浚渫は一時的な影響と考えられ、さらに、橋脚の存在による影響についても軽微であると考えられる。

以上を踏まえ、**工事の実施と橋梁（下部工）の存在は、吉野川渡河部周辺の地形変化に悪影響を与えていない**と考えられる。