

第3章 地形調査

3-1 調査概要

3-1-1 調査内容

表 3-1-1-1 に調査概要を、表 3-1-1-2 に調査工程を示す。

表 3-1-1-1 調査概要

工 種	数 量	単 位	摘 要
航 空 レ ー ザ ー 計 測	2	回	平成 20 年 11 月 12 日、平成 21 年 4 月 11 日
デ ー タ 処 理	2	回	一次計測データ作成、地物フィルタリング処理
D E M 作 成	2	回	
等 高 線 デ ー タ 作 成	2	回	
簡 易 正 射 変 換 画 像 作 成	2	回	
汀 線 デ ー タ 作 成	2	回	深浅測量データとの統合含む
DEM 差分法による地形変動量解析	2	回	昨年度データを含む
深 浅 測 量	2	回	平成 20 年 11 月 7～10 日、平成 21 年 4 月 3～5 日

表 3-1-1-2 調査工程

調査項目	H20 年										H21 年			
	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	1 月	2 月	3 月	4 月	
航空レーザー計測								<u>12</u>					<u>11</u>	
深浅測量								<u>7-10</u>					<u>3-5</u>	

3-1-2 調査位置

レーザー測定の調査範囲は、図 3-1-2-1 に示すとおりである。また、水中部のデータを引用した、深浅測量測線の位置は、図 3-1-2-2 のとおりである。

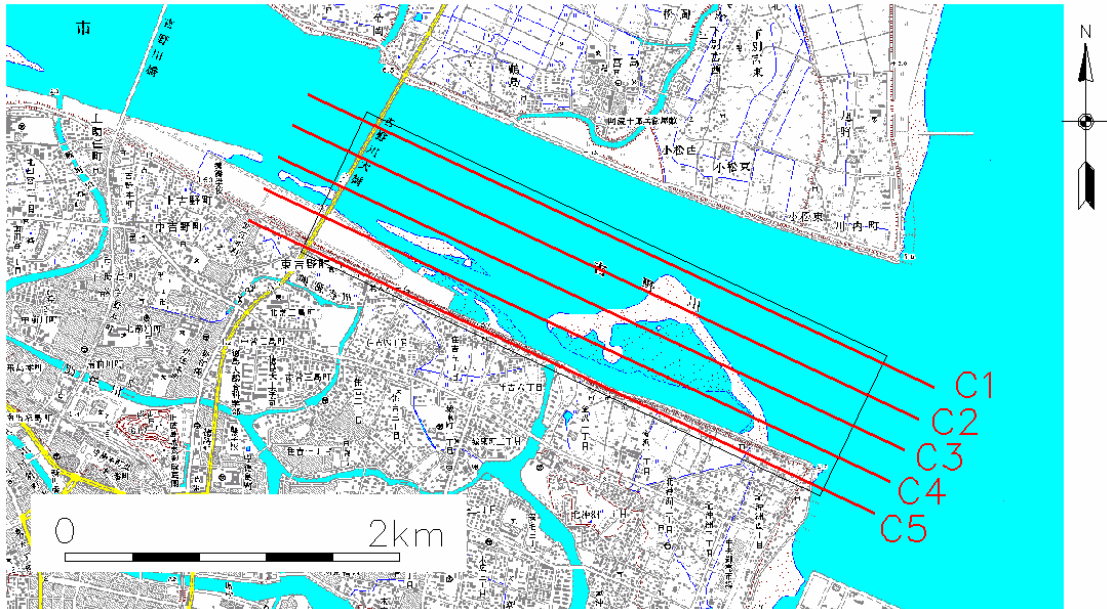


図 3-1-2-1 レザ-測量計測コース図



図 3-1-2-2(1) 深浅測量測線（平成 20 年 11 月 7 日～10 日計測）

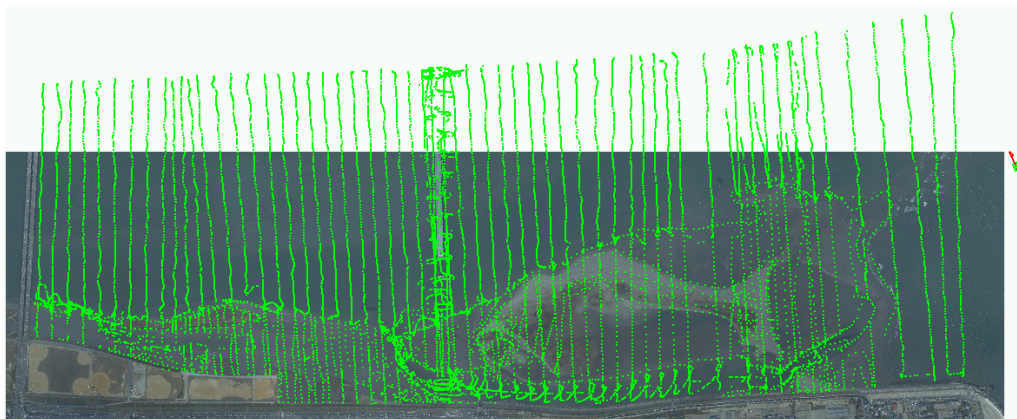


図 3-1-2-2(2) 深浅測量測線（平成 21 年 4 月 3 日～5 日計測）

3-1-3 調査方法

3-1-3-1 調査、解析方法

地形調査は秋季（平成 20 年 11 月）、春季（平成 21 年 4 月）の 2 回行った。

図 3-1-3-1 に地形調査・解析処理のフローを、表 3-1-3-1 に調査方法およびデータ処理方法の概要を示す。

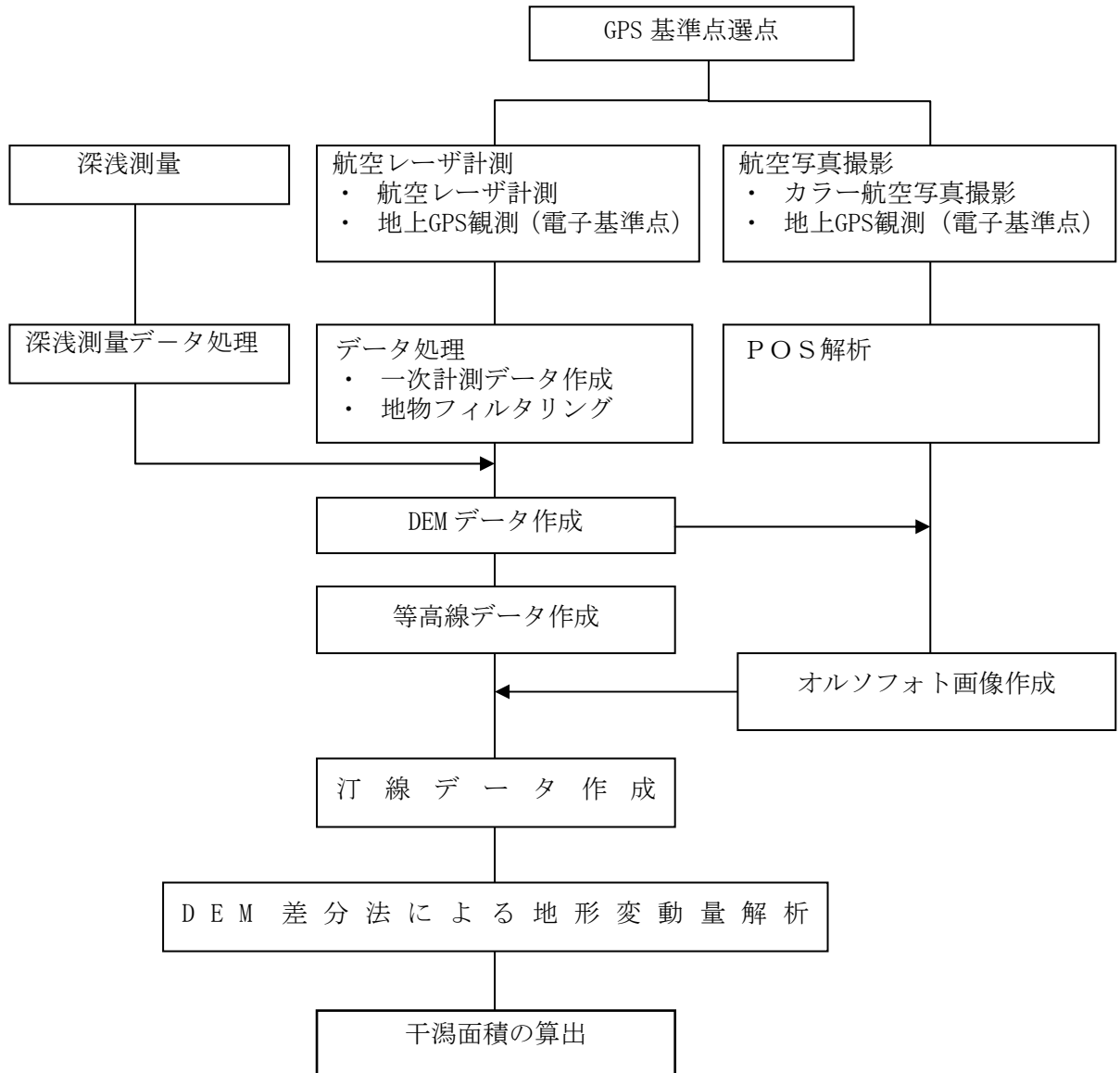


図 3-1-3-1 調査フロー

表 3-1-3-1 作業内容の概要

項目	作業内容
計画準備	<ul style="list-style-type: none"> 作業に先立ち、必要な資料の収集・整理。 作業方針を立案、計測コース等の計画・検討。
基準点選点	<ul style="list-style-type: none"> 地上でのGPS 観測に先立ち、計測対象地区より30km 以内に1 点の基準点(三角点などの地上基準点)を選点。 基準点として「徳島」電子基準点を利用。
航空レーザー計測	<ul style="list-style-type: none"> レーザー測距装置、GPS 受信機及びIMU(姿勢計測装置)によって構成される航空レーザー計測装置を使用して、計測を実施した。
カラー航空写真撮影	<ul style="list-style-type: none"> 航空レーザー計測と同時に画像を取得。
GPS 観測、解析	<ul style="list-style-type: none"> 航空レーザー計測時に、航空機上、「徳島」電子基準点でGPS 観測を実施。 取得したデータのPDOP、衛星数を解析し、取得データを確認。
データ処理 ・一次計測データ作成 ・地物フィルタリング処理	<ul style="list-style-type: none"> 取得した機上データおよび地上GPSデータを用いて、地表に照射されたレーザー計測点の座標値を算出し、三次元の一次計測データを作成。 レーザー計測のコース間毎の標高点検、調整用基準点(深淺測量測線の右岸堤防道路面に設定)による標高値検証を行い、三次元計測データの精度を検証。 一次計測データに対して、樹木や人工構造物などの地物を除去するフィルタリング処理を行い、地形を表すグラウンド点群データを作成。 グラウンド点群データと、干潟内の深淺測量データを比較し、グラウンドデータにおけるフィルタリング漏れの有無を確認。 標高値の基準は港湾D.L. (T.P. = 東京湾平均海面: -0.833m)とした(3-1-3-2参照)。
DEM 作成	<ul style="list-style-type: none"> 地形を表す点群データに対して内挿計算をほどこすことにより、グリッド1×1mの数値標高データ(DEM)を作成。
等高線データ作成	<ul style="list-style-type: none"> DEM データをもとに間隔0.25mの等高線データを作成。
オルソフォト作成	<ul style="list-style-type: none"> 航空レーザー計測実施と同時に撮影したカラー航空写真に、位置・姿勢情報を与え、地形やカメラの傾き等に起因する画像の歪み処理をおこない、簡易正射変換画像(オルソフォト)を作成。 デジタルモザイクをほどこし、画像接合を行った。
汀線データの作成	<ul style="list-style-type: none"> オルソフォトをCAD ソフトに取り込み、水際線を目視で判断しトレースし、計測実施時点の汀線データを作成 深淺測量データ、航空レーザー計測データの両方を使用し、T.P.、A.P.及び港湾D.L.、D.L.-0.783m、年平均潮位、朔望平均満潮位、朔望平均干潮位での汀線データを作成した。 <p>※年平均潮位、朔望平均満潮位、朔望平均干潮位は気象庁潮汐資料としてHP(http://www.jma.go.jp/jp/choi/)で公開されている小松島検潮所の記録を基に、利用可能な直近の一年平均を用いた。</p>
DEM 差分法による地形変動量解析	<ul style="list-style-type: none"> 以下に示す調査日のDEMデータの差分を計算し、地形の変動量を解析した。 <ol style="list-style-type: none"> 平成20年11月12日-平成20年3月22日 平成21年4月11日-平成20年11月12日
干潟面積の算出	<ul style="list-style-type: none"> 朔望平均潮位、朔望平均満潮位、朔望平均干潮位時の水位をもとに干潟の面積を算出 面積区分として河口干潟および住吉干潟の中州、グランド脇の3区分に分類して整理

3-1-3-2 使用した基準等

東環状（仮称）環境モニタリング調査では、高さの基準を『平成 14 年度 緊急地方道路整備工事 徳島東環状線（吉野川橋梁）徳島市住吉 6 丁目～川内町 成果報告書』でまとめられている港湾 D.L.（T.P. -0.978m）としている。

港湾 D.L. と T.P.（東京湾平均海面）、A.P.（阿波工事基準面）の関係を図 3-1-3-2 に示す。

また、汀線データ作成のための年平均潮位、朔望平均満潮位、朔望平均干潮位は気象庁潮汐資料(<http://www.jma.go.jp/jp/choi/>) で公開されている小松島検潮所の月統計値を基に利用可能な直近の一年平均を用いた。利用した潮位は表 3-1-3-2 の通りである。

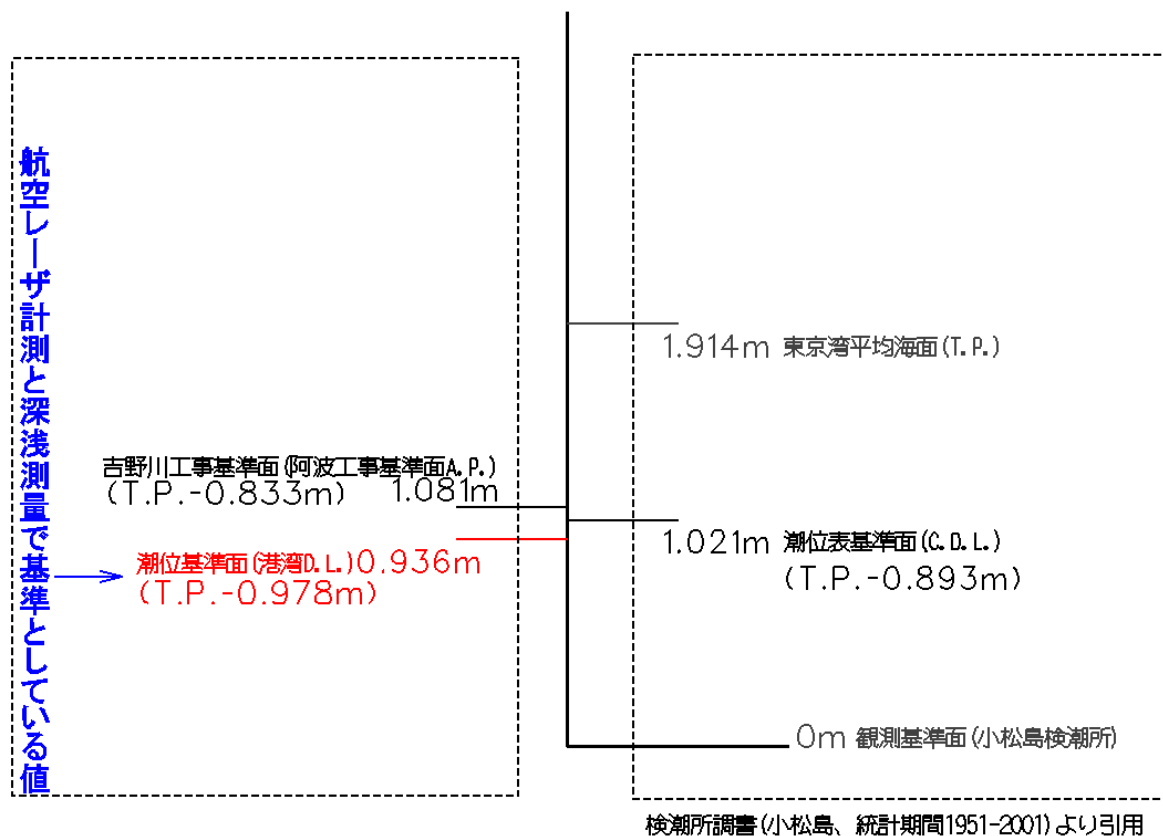


図 3-1-3-2 潮位及び各種基準面高さの関係

表 3-1-3-2 調査で利用した潮位（港湾 D.L.）

調査時期	区分	港湾 D.L.(m)	T.P.(m)
秋季 (平成 20 年 11 月)	年平均潮位	1.080	0.102
	朔望平均満潮位	1.879	0.901
	朔望平均干潮位	0.000	-0.978
春季 (平成 21 年 4 月)	年平均潮位	1.060	0.082
	朔望平均満潮位	1.895	0.917
	朔望平均干潮位	-0.012	-0.990

3-1-3-3 主な使用機器およびレーザー測量時の計測パラメータ

表 3-1-3-3 に航空レーザー計測の主要な使用機器を、表 3-1-3-4 に航空レーザー計測時の計測パラメータを示す。

表 3-1-3-3 航空レーザー計測・主要機器

作業工程別	名称	数量	備考
航空レーザー計測 カラー航空写真撮影	セスナ 207 (Cessna 社) 相当	1 機	航空機
	LASER BIRD 3 : ALTM3100 (Optech 社) 相当	1 セット	航空レーザー計測装置
データ処理	MicroStation (Bentley 社) TerraScan (Terrasolid 社)	3 セット	GIS
	REALM (Optech 社) 相当	1 セット	レーザーデータ処理

表 3-1-3-4 航空レーザー計測・計測パラメータ

項目	設定	
	秋季 (平成 20 年 11 月 12 日)	春季 (平成 21 年 4 月 11 日)
プラットフォーム	セスナ 208	セスナ 207
使用機材	ALS50 II	ALTM3100
計測高度	対地 750m	対地 750m
対地速度	70m/秒	70m/秒
パルス頻度	120kHz	100kHz
スキャン頻度	70Hz	70Hz
スキャン角	±13 度	±13 度
サイドラップ	30%	30%
コース数	5 コース	5 コース

3-2 調査結果

3-2-1 平成 20 年度の地形調査調査日時および航空レーザー計測時の潮位

表 3-2-1-1 に平成 20 年度の地形調査の実施日時を、表 3-2-1-2 にレーザー測量実施時の潮位を示す。

表 3-2-1-1 平成 20 年度・地形調査実施日時

調査時期	調査項目	調査実施日（計測開始～終了時刻）
秋季 (平成 20 年 11 月)	航空レーザー計測	平成 20 年 11 月 12 日 (10 : 10～10 : 40)
	深浅測量	平成 20 年 11 月 7～10 日
春季 (平成 21 年 4 月)	航空レーザー計測	平成 21 年 4 月 11 日 (13 : 57～14 : 20)
	深浅測量	平成 21 年 4 月 3～5 日

表 3-2-1-2 平成 20 年度・レーザー測量時の潮位

秋季（平成 20 年 11 月 12 日）

単位：cm

	港湾D.L	潮位 (T.P.)	観測基準面（小松島）
午前9時	100	2	193
午前10時	77	-21	171
午前11時	68	-30	162

春季（平成 21 年 4 月 11 日）

単位：cm

	港湾D.L	潮位 (T.P.)	観測基準面（小松島）
午後1時	2	-96	96
午後2時	10	-88	104
午後3時	31	-67	125

3-2-2 平成 20 年度調査での干潟地形

図 3-2-2-1 に平成 20 年度の地形調査結果を示す。調査で確認された地形の概要は以下の通り。

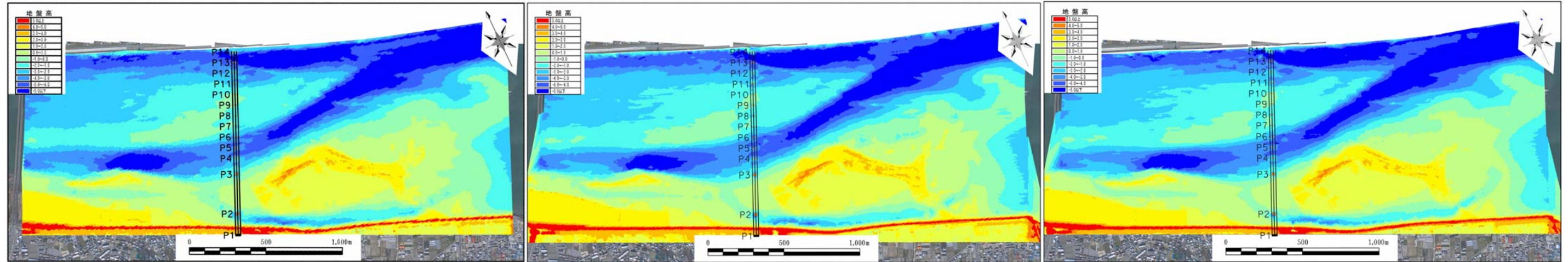
- ・ 平成 20 年度は、年間を通して顕著な出水は確認されなかった。
- ・ H20 春季-秋季、H20 秋季-H21 春季ともに 0.5m 以上変化している箇所は河口部の干潮位付近、住吉干潟中洲の本流側の一部（春→秋季、秋→春季とも）や河口部の満潮位付近（秋→春季のみ）で確認された程度で、大半の調査範囲で変化幅が±0.3m 以内であった。
- ・ 河口干潟の干潟部分（干潮位より上部の部分）では、春→秋季には若干（0.1~0.3m）の上昇傾向、秋→春季潮上帯には若干（-0.3~-0.1m）の低下傾向がみられた。
- ・ 干潟上の潮間帯部分（干潮位~満潮位の間）の変化幅は、概ね±0.1m の範囲であり、変化は小さかった。

◎ DEM データによる地形図

①平成 20 年 3 月 22 日

②平成 20 年 11 月 12 日

③平成 21 年 4 月 12 日



◎差分図

②-①

③-②

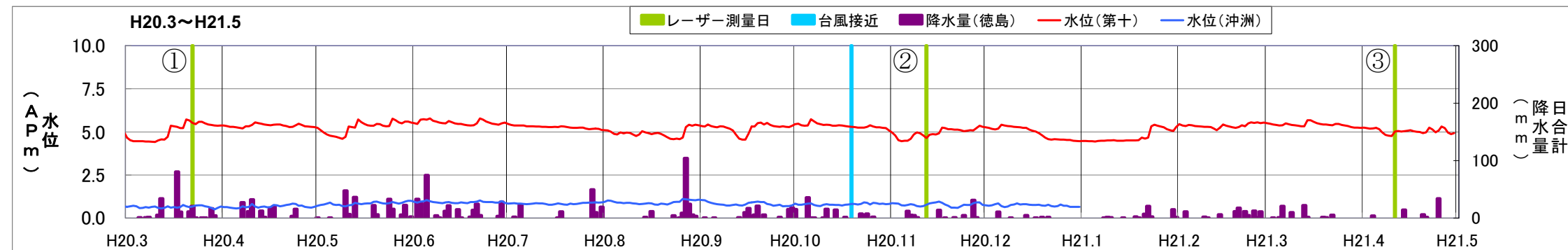
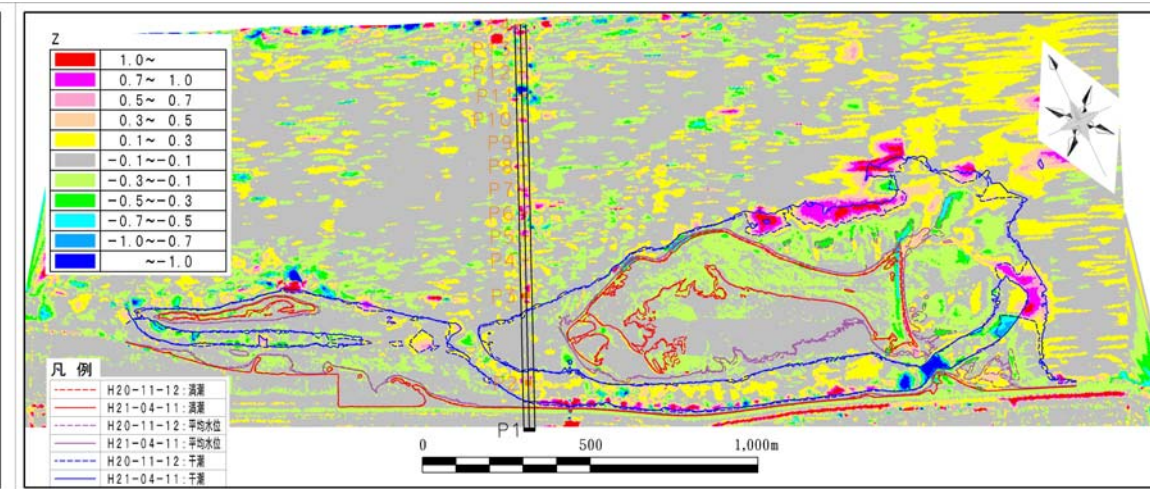
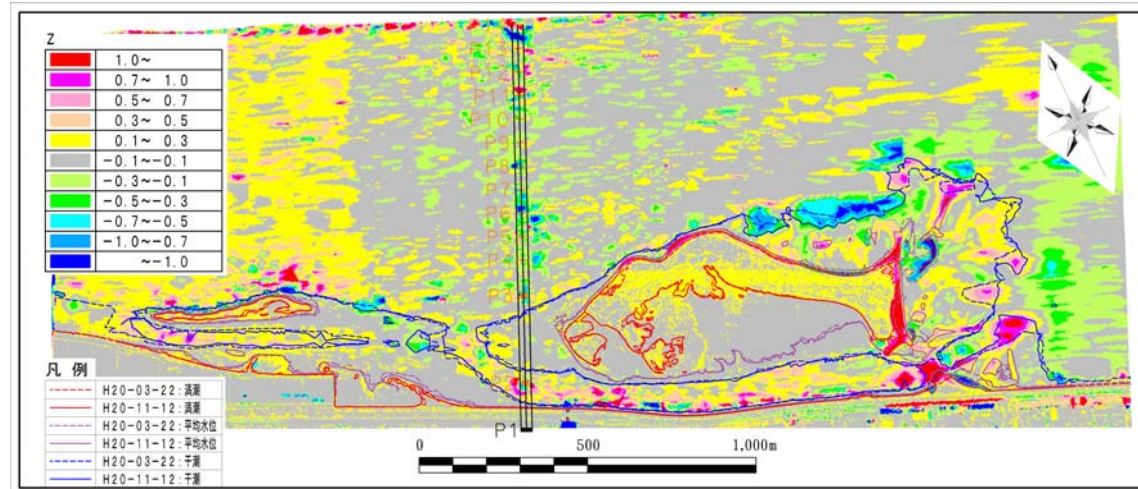


図 3-2-2-1 平成 20 年度の地形調査結果

3-2-3 干潟の面積（経年変化）

図 3-2-3-1 に干潟面積の計算範囲を、図 3-2-3-2 に干潟面積計算範囲の例を示す。

面積計算の境界線は、前回成果と同様に堤防上の道路の中心線とグランド脇周辺にある直立護岸に沿った線を基準としている。



注：紫の線から川の中の該当標高範囲を対象とした。

図 3-2-3-1 面積計算の境界線



図 3-2-3-2 干潟面積計算範囲の例（平成 20 年 11 月 12 日計測 年平均潮位での例）

表 3-2-3-1、図 3-2-3-3 に干潟面積計算範囲とした調査時の潮位の経年変化を示す。

潮位は H16. 10、11 月および H17. 3 月に年平均潮位、朔望平均満潮位、干潮位ともにやや高い値を示したが、H17. 11 以降は大きな変化はみられなかった。

表 3-2-3-1 調査時の潮位

調査日	潮位 (DL : m)		
	朔望平均満潮位	年平均潮位	朔望平均干潮位
H15. 8. 11	1.971	1.136	0.054
H16. 3. 10	1.971	1.098	0.042
H16. 10. 14	2.106	1.169	0.089
H16. 11. 8	2.105	1.162	0.089
H17. 3. 14	2.131	1.178	0.102
H17. 9. 30	1.921	1.082	-0.012
H18. 4. 1	1.856	1.045	-0.004
H18. 11. 1	1.918	1.118	0.043
H19. 4. 19	1.856	1.045	-0.004
H19. 10. 7	1.921	1.093	0.021
H20. 3. 22	1.893	1.075	0.001
H20. 10. 12	1.879	1.080	0.000
H21. 4. 11	1.895	1.060	-0.012

注：潮位は調査日直近の1年間の潮位記録を用いて計算した。
(気象庁HPの小松島潮位記録を使用)

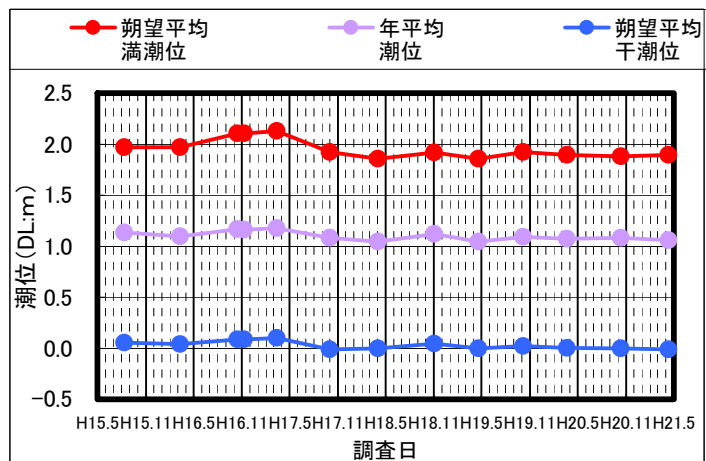


図 3-2-3-3 調査時の潮位

表 3-2-3-2 に、潮位別の干潟面積を調査開始当初（H15. 8. 11）から平成 20 年度調査までを合わせて示す。また、図 3-2-3-4 に朔望平均干潮位、年平均潮位の経年変化を、水位や降水量の時系列と合わせて示す。

(1) 朔望平均干潮位の面積変化

朔望平均干潮位の面積は、H15. 8. 11、H16. 3. 10、H16. 11. 8 に深淺測量の調査範囲の関係で計算出来ず、また平成 20 年度は、干潟別での面積計算を行わなかった。

そのため、H15. 8. 11～H20. 3. 22 の河口干潟の面積変化と、H16. 10. 14 以降の干潟全体の面積結果について以下に示す。

河口干潟の面積は、H16. 10. 14 と、H19. 4. 19 に減少したものの概ね 63 万～66 万 m² であった。概ね横ばい傾向であり、規則的な変動は確認されなかった。

干潟全体の面積は、H19. 4. 19 にやや面積が低下した以外は H20. 11. 12 までは概ね横ばい傾向であったが、H21. 4. 11 には大きくなる傾向がみられた。

(2) 年平均潮位の面積変化

河口干潟の面積は、調査前に出水が数回発生していた H16. 10. 14 に減少後、台風 23 号の出水による影響を把握するため行った H16. 11. 8 調査では増加した。その後は H18. 11. 1 での少しの増加や、H19. 4. 19 での減少等、変動はみられるものの概ね横ばい傾向であった。

住吉干潟の面積は、平成 16 年の台風 23 号による出水後である H16. 11. 8 に増加したが、H17. 3. 14 には、出水前と同程度まで減少し、その後はほぼ横ばい傾向であった。

干潟全体の面積は、面積の大きい河口干潟と同様の変化を示していた。

表 3-2-3-2 干潟面積調査結果(単位：m²)

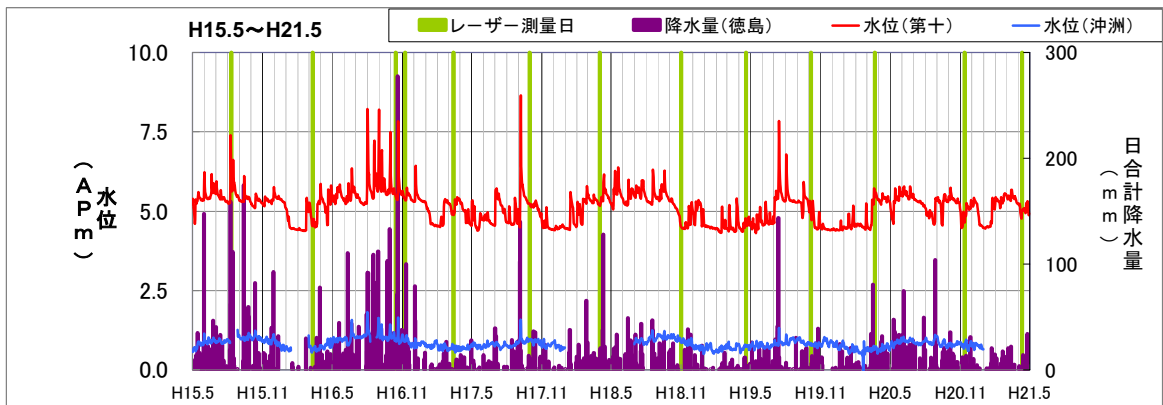
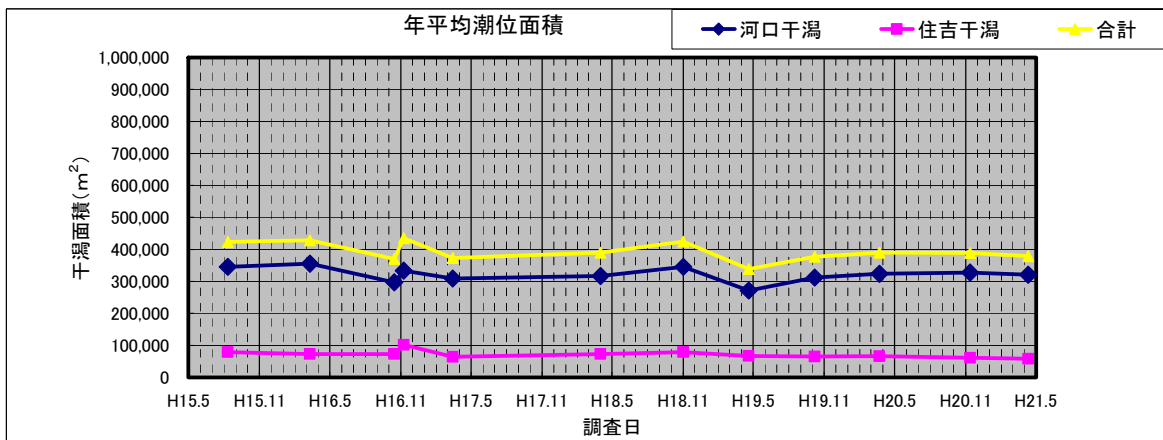
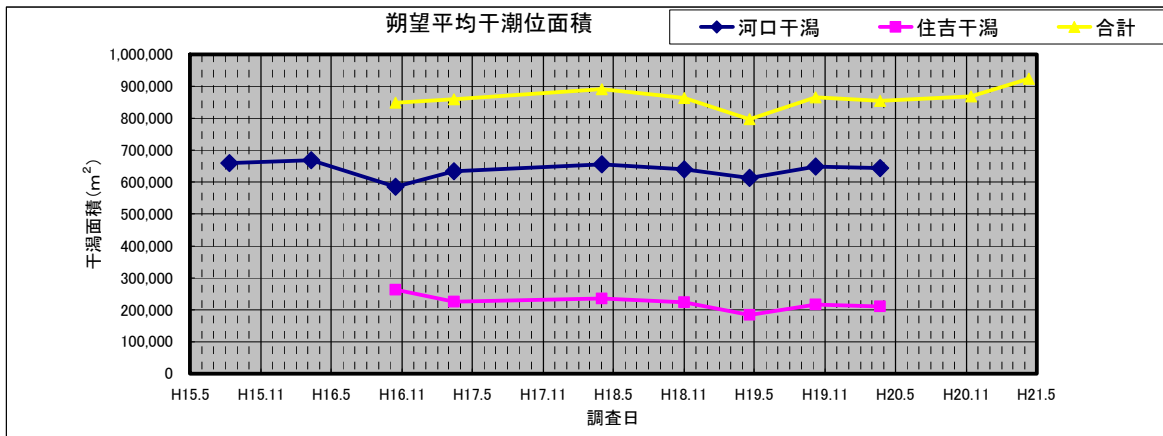
調査日	項目 季節	朔望平均満潮位面積			年平均潮位面積			朔望平均干潮位面積		
		河口干潟	住吉干潟	合計	河口干潟	住吉干潟	合計	河口干潟	住吉干潟	合計
H15. 8. 11	夏季	131,395	27,972	159,367	345,437	78,529	423,966	660,095	計測不能	-
H16. 3. 10	春季	102,835	15,445	118,280	355,785	72,763	428,548	668,974	計測不能	-
H16. 10. 14	秋季	110,502	15,195	125,697	297,476	72,619	370,095	585,524	263,224	848,748
H16. 11. 8	出水後	120,025	22,195	142,220	333,787	101,205	434,992	計測不能	計測不能	-
H17. 3. 14	春季	99,381	5,628	105,009	308,901	64,259	373,160	633,806	225,449	859,255
H18. 4. 1	春季	152,956	23,333	176,289	317,148	72,865	390,013	655,826	235,069	890,895
H18. 11. 1	秋季	165,083	28,837	193,920	345,742	79,095	424,837	639,622	223,633	863,255
H19. 4. 19	春季	146,531	20,809	167,340	271,818	66,963	338,781	612,988	183,809	796,797
H19. 10. 7	秋季	136,432	8,087	144,519	312,186	64,886	377,072	649,283	216,381	865,664
H20. 3. 22	春季	138,428	13,462	151,890	323,434	66,158	389,592	643,799	210,550	854,349
H20. 11. 12	秋季	157,991	28,347	186,338	327,399	61,145	388,544	区別せず		868,128
H21. 4. 11	春季	131,117	12,587	143,704	320,841	57,991	378,832	区別せず		923,911

注 1：H15. 8. 11、H16. 3. 10、H16. 11. 8 の調査時は、深淺測量の観測記録が不十分であったため、朔望平均干潮位面積の計算が出来なかった。

注 2：平成 20 年度調査（H20. 11. 12、H21. 4. 11）では朔望平均干潮位面積を干潟別で算出しなかった。

注 3：地形調査は、通常春季、秋季の年 2 回調査であったが、H16. 11. 8 は平成 16 年の台風 23 号による出水後の状況を把握するため、臨時で調査を行った。

注 4：平成 17. 9. 30 調査では解析時に面積計算を行わなかった。



注1：H15. 8. 11、H16. 3. 10の調査時は、深浅測量の観測記録が不十分であったため、住吉干潟で朔望平均干潮位面積の計算が出来なかった

注2：H16. 11. 8の調査時は、深浅測量の観測記録が不十分であったため、河口干潟、住吉干潟ともに朔望平均干潮位面積の計測が出来なかった

注3：降水量は、気象庁HPから徳島の日合計降水量を収集した。

注4：水位は国土交通省HPの水文水質DBから日平均水位を収集した。

図 3-2-3-4 干潟面積の経年変化と、潮位、降水量の時系列変化

3-2-4 干潟地形の経年変化

(1) 干潟全体の経年変化

図 3-2-4-1 に、レーザー測量記録と深浅測量記録から算出した 1 × 1 m メッシュの DEM データによる地形図と調査毎の差分図を、橋脚建設の進捗状況と水位、降水量の変化図とともに示す。

地形図、差分図からみた干潟地形の全体の変化傾向は以下の通り。

- ・ 大きな地形変化は、平成 16 年に 4 回発生した台風の影響による出水時に発生している。
- ・ 平成 16 年の出水により大きく変化した地域は以下の 3 カ所であった。
 - ① 右岸水路部河口側で、河口干潟から右岸まで接岸していた砂州が切断され、河口干潟と右岸側が分断された。
 - ② 河口干潟左岸側の干潟中央部の砂州が出水後消失した。
 - ③ 河口干潟上流側の潮上帯砂丘部が、出水後切断された。
- ・ 平成 16 年以外の時期の地形変化は、河口干潟の河口側と本流側（左岸側）の朔望平均干潮位付近と朔望平均満潮位付近で変化する事が多かった。これら地域の地形変化は、海域からの波浪や本流域の流れの影響を受け生じていると考えられる。
- ・ 出水があまり発生しない時期における上記以外の地域の地形変化は、毎回小さいものであった。

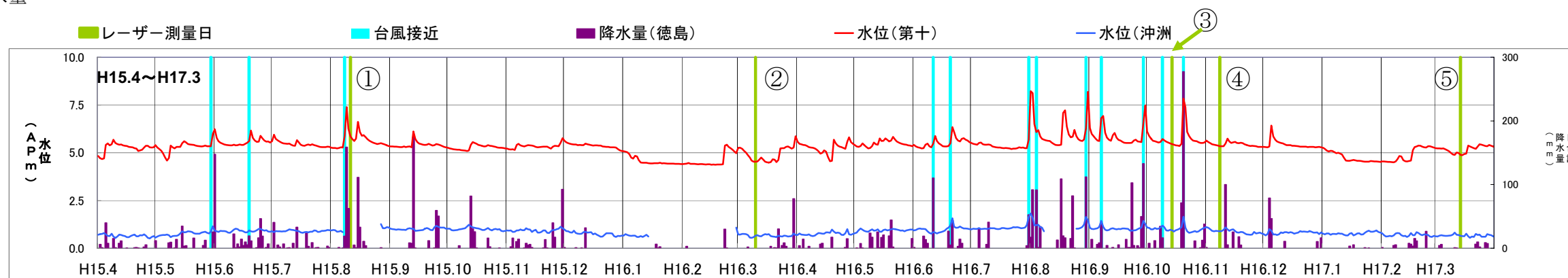
(2) 橋脚周辺の地形変化

図 3-2-4-2 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を水位、降水量の変化図とともに示す。

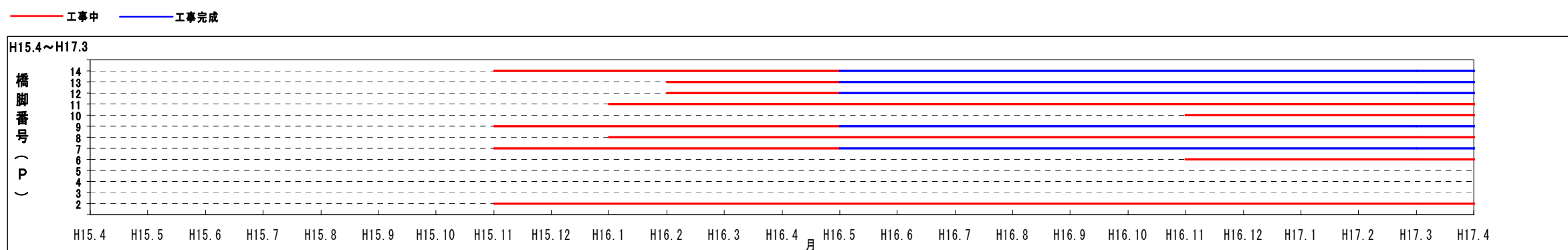
地形図、差分図からみた橋脚周辺の地形変化の傾向は以下の通り。

- ・ 橋脚周辺は、ほぼ全ての地点において建設工事開始後 1 年程で洗掘が確認されるが、洗掘範囲は橋脚周辺にとどまっていた。
- ・ 橋脚周辺での洗掘傾向は、建設時に出水が確認された平成 16 年の時点で建設が開始されていた橋脚も、出水後に建設が開始された橋脚も概ね同様な傾向であった。
- ・ 干潟周辺の P2、P3 以外の橋脚では、平成 18、19 年度に橋脚周辺での洗掘箇所には袋詰玉石を用いた護床工が施され、洗掘状態から復元された。
- ・ 護床工による地形復元後（平成 19 年春季以降）の橋脚周辺の状況は、半年毎の調査結果を比較した差分図では、橋脚周辺での地形変化が生じている事が確認できるものの、継続した洗掘傾向は確認されていない。

◎水位、降水量



◎橋脚建設状況



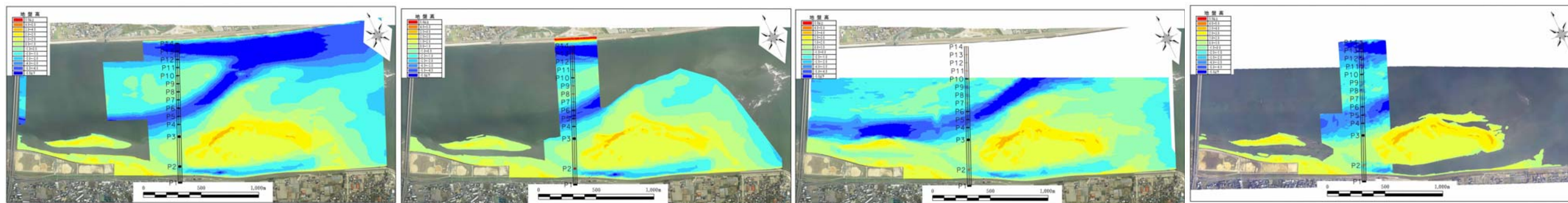
◎DEMデータによる地形図

①平成15年8月11日(夏季)

②平成16年3月10日(春季)

③平成16年10月14日(秋季)

④平成16年11月8日(出水後)



◎差分図

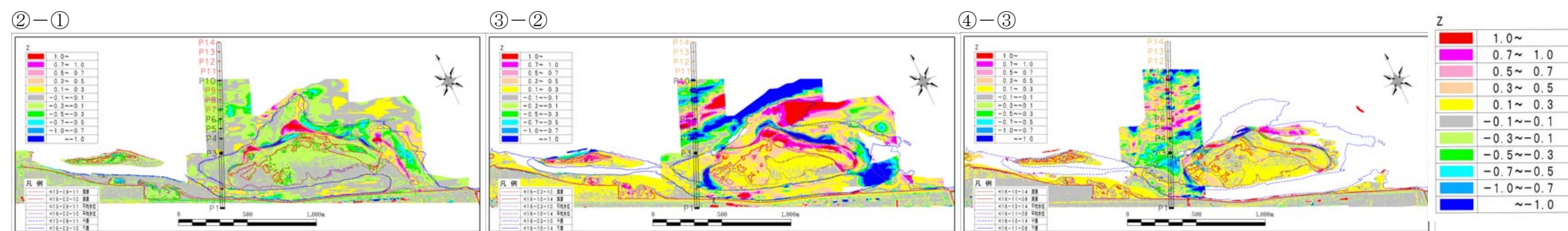
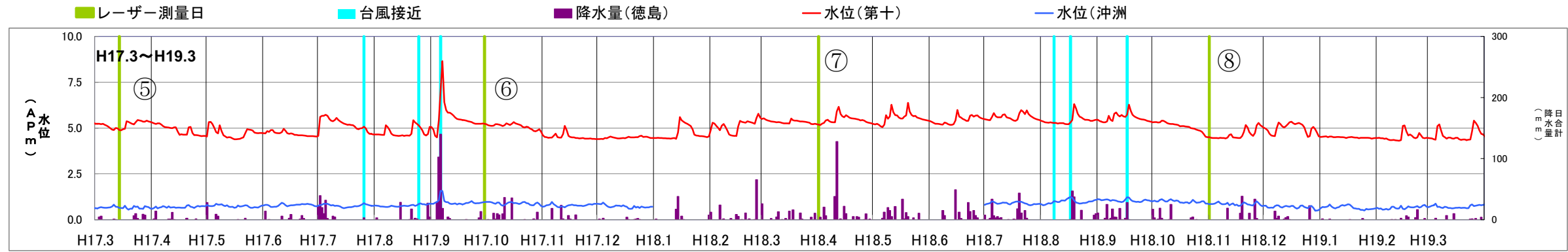
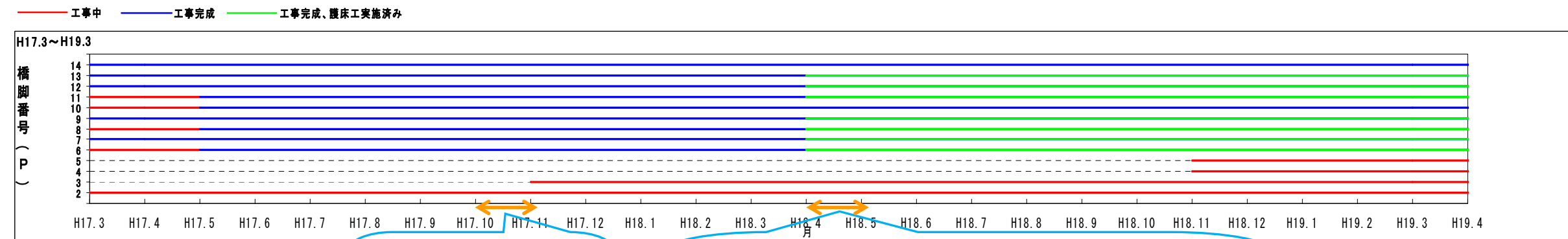


図 3-2-4-1 (1) 干潟全域の地形変化

◎水位、降水量



◎橋脚建設状況

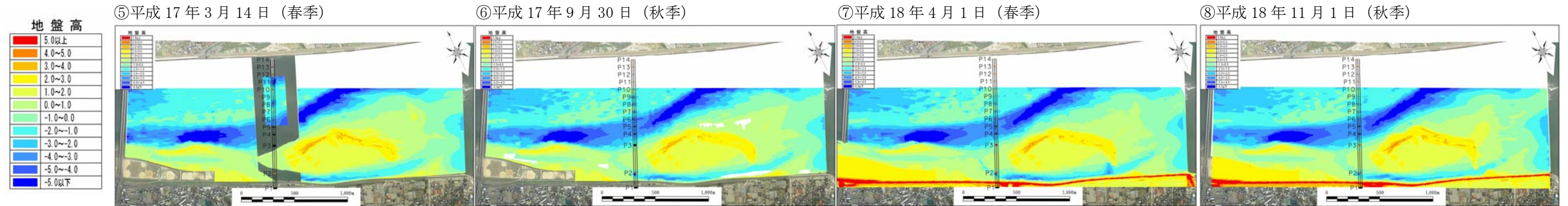


(その他工事)

干潟周辺でしゅんせつ作業実施

※橋脚周辺の護床工を実施
 ()内は工種、作業範囲
 P6(袋詰玉石工、約 1955 m³) P11(土砂埋戻工および袋詰玉石工、約 753 m³)
 P7(袋詰玉石工、約 1050 m³) P12(土砂埋戻工および袋詰玉石工、約 2600 m³)
 P8(袋詰玉石工、約 505 m³) P13(土砂埋戻工および袋詰玉石工、約 2800 m³)
 P9(土砂埋戻工および袋詰玉石工、約 1050 m³)

◎DEMデータによる地形図



◎差分図

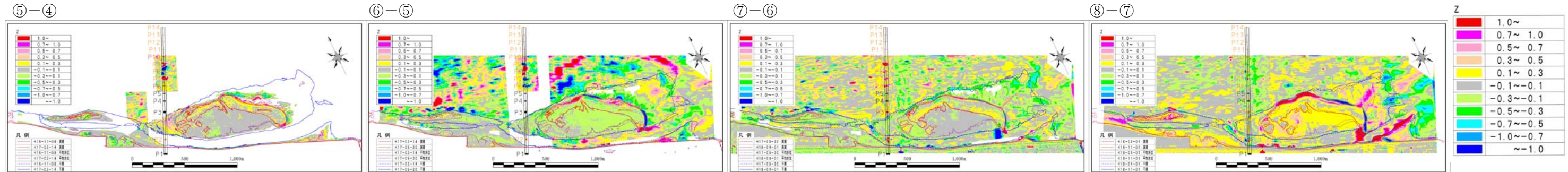
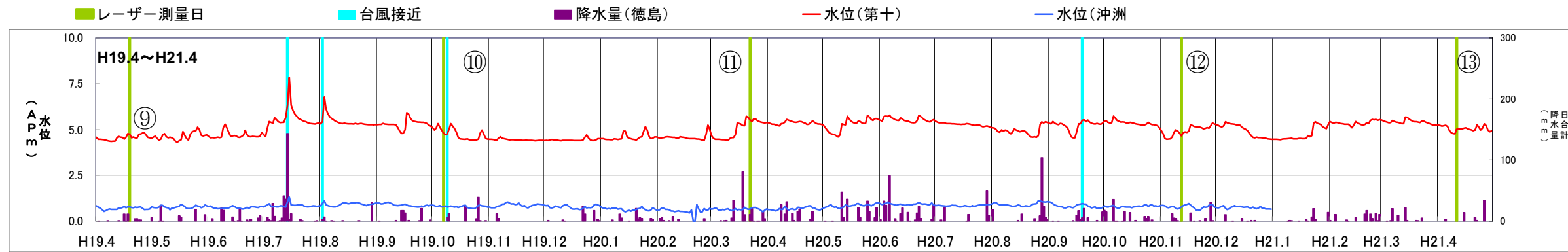
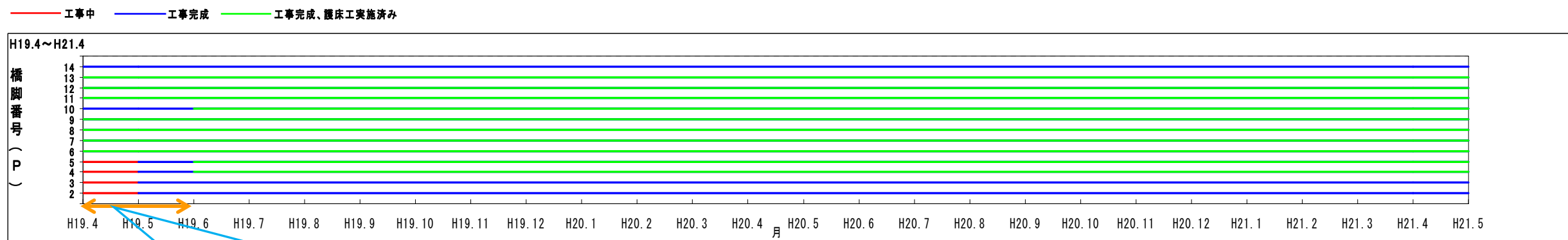


図 3-2-4-1 (2) 干潟全域の地形変化

◎水位、降水量



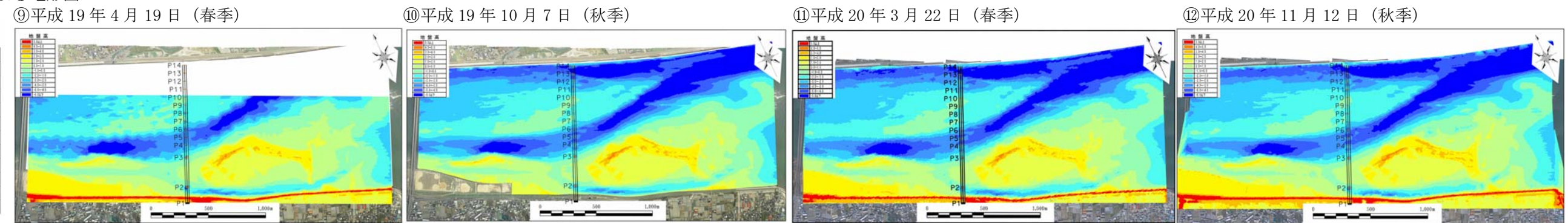
◎橋脚建設状況 (平成19年5月で橋脚工事終了)



(その他工事)

※ 橋脚周辺の護床工を実施、工種は全て袋詰玉石工、
 ()内は作業範囲
 P4(約2300㎡) P6(約2300㎡) P10(1300㎡)
 P5(約2300㎡) P7(約2100㎡)

◎DEMデータによる地形図



◎差分図

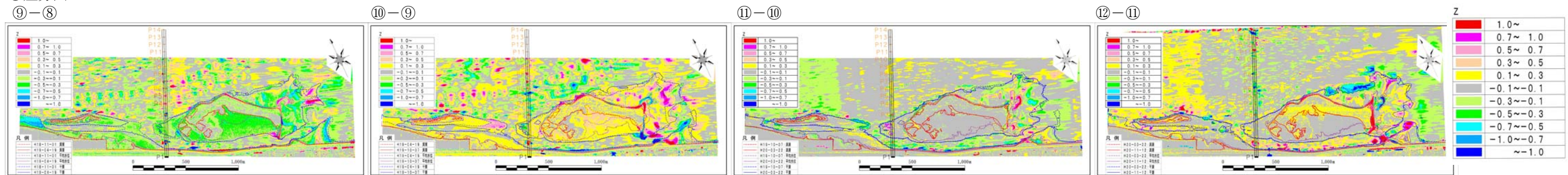
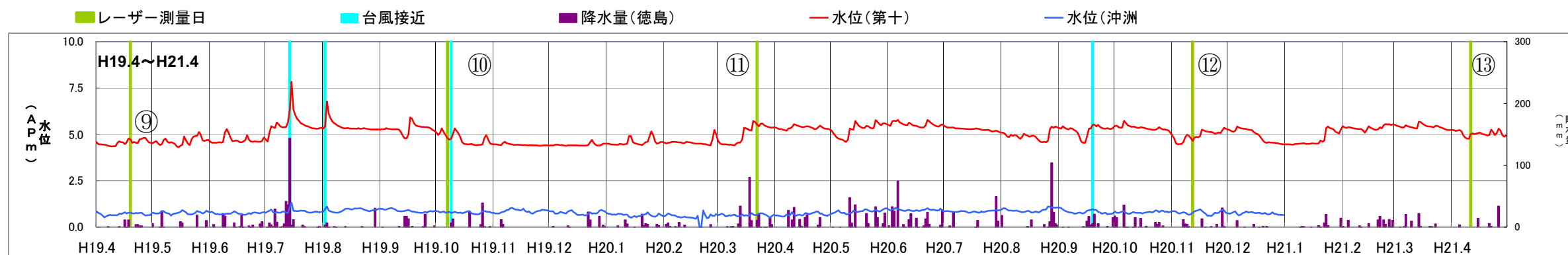
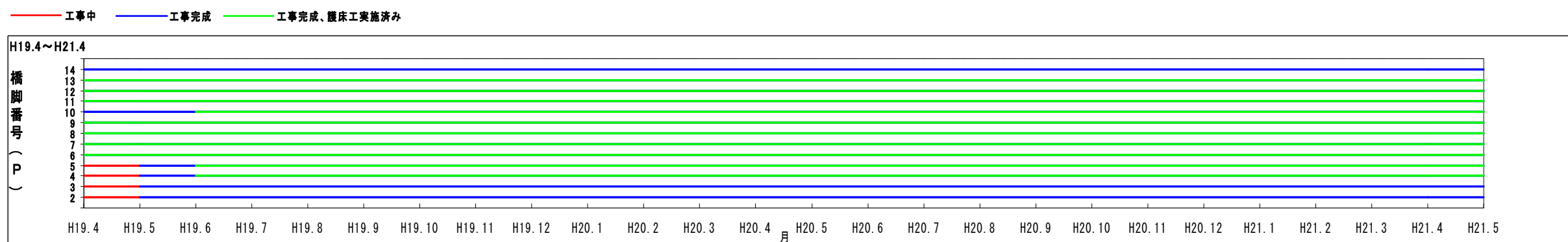


図3-2-4-1 (3) 地形の経年変化

◎水位、降水量

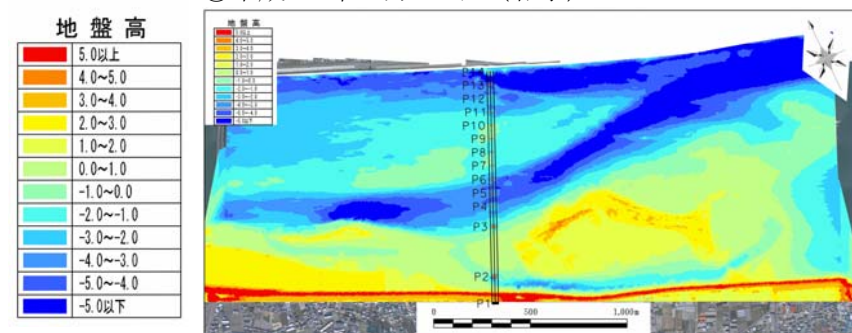


◎橋脚建設状況 (平成 19 年 5 月で橋脚工事終了)



◎DEM データによる地形図

⑬平成 21 年 4 月 11 日 (春季)



◎差分図

⑬-⑫

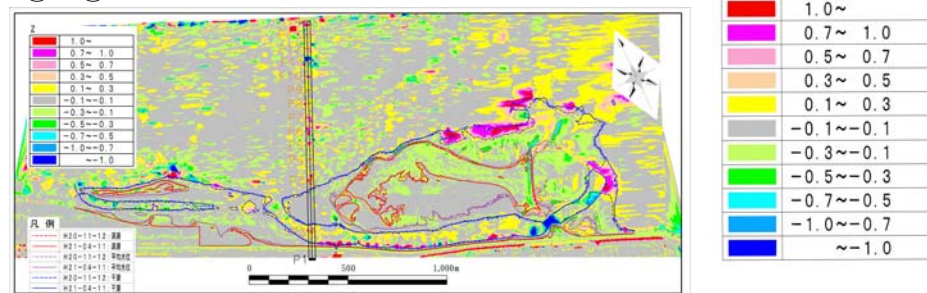


図 3-2-4-1(4) 地形の経年変化