

## 冬季調査結果等とシミュレーション結果によるぬかるみ発生要因の再整理

## 1. 冬季調査結果

平成24年12月に2度実施した干出部のぬかるみ分布調査を、1～3月にも月1回の頻度で実施した。

1月の観測では12月と同様にT型突堤よりも西側を対象に調査を行い、2、3月の観測ではぬかるみの東西方向への移動を把握するために、T型突堤の東側(T型突堤～防砂堤)についても同様の調査を行った。また、2、3月の観測時には、定点地点において地層の抜き取り(ジオスライサー:GS)を行い、地中部のぬかるみの堆積状況を確認した。

## 1.1 ぬかるみの平面分布と厚さの変化

歩行調査で把握したぬかるみの分布範囲を図-1.1に示した。これによると、ぬかるみの分布範囲は観測毎に細かく変化し、特に汀線付近のぬかるみに変化が大きくなっている。この汀線付近のぬかるみは、主に厚さが5～10cmと薄く、波打ち際に打ち上げられたように堆積しており、頻繁に浸食・堆積を繰り返しているものである。一方、汀線付近を除いたぬかるみは主にトラブ部を中心に堆積し、小さな変化はあるものの、汀線部とは異なり、表層を被覆する砂の厚みの変化が主な要因となっている(図-1.2)。

以上、冬季においては、ぬかるみの分布エリアに“変化”はあったものの、大きな“移動”はなかったと判断される。

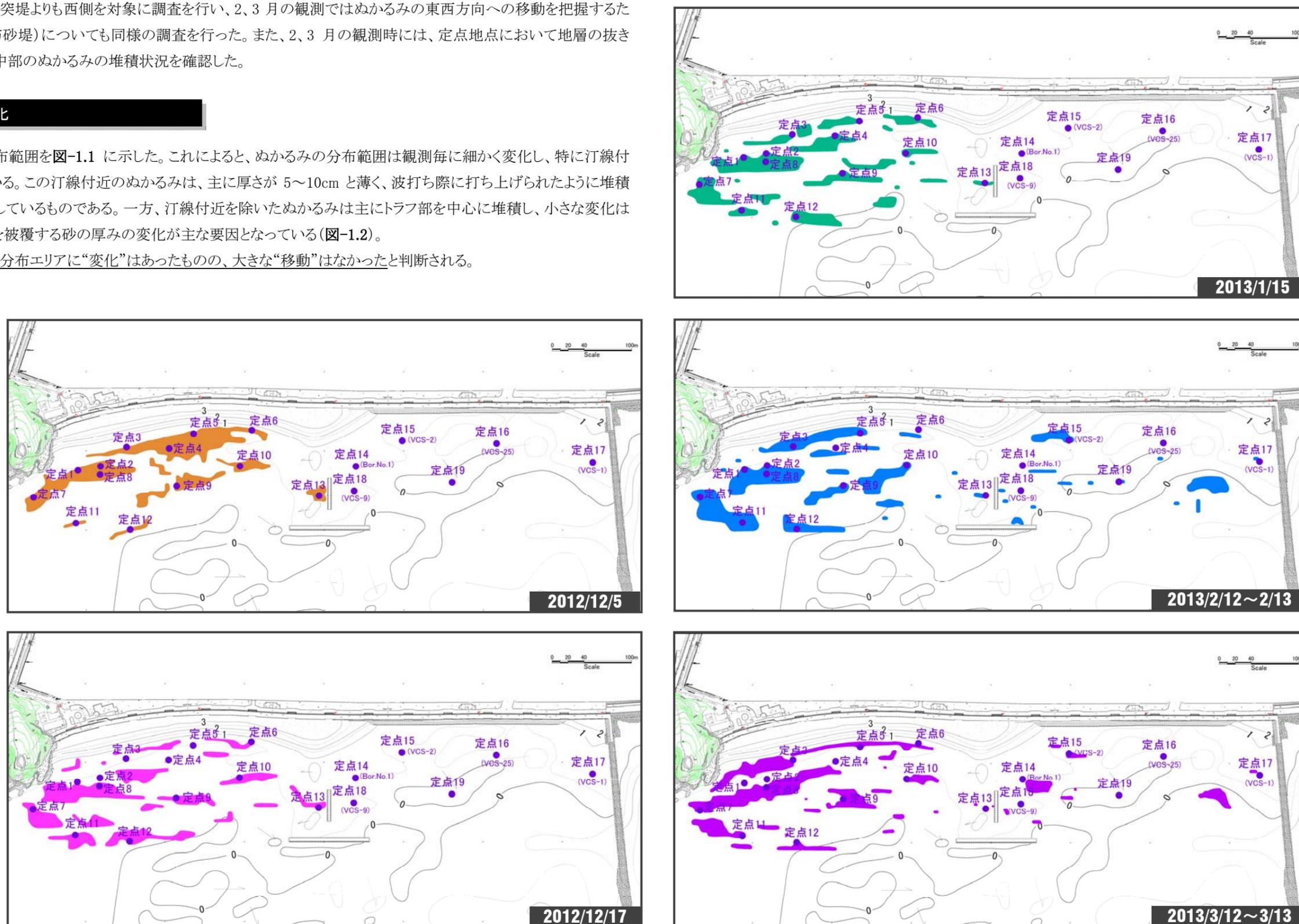


図-1.1 表層ぬかるみ分布エリア変化図

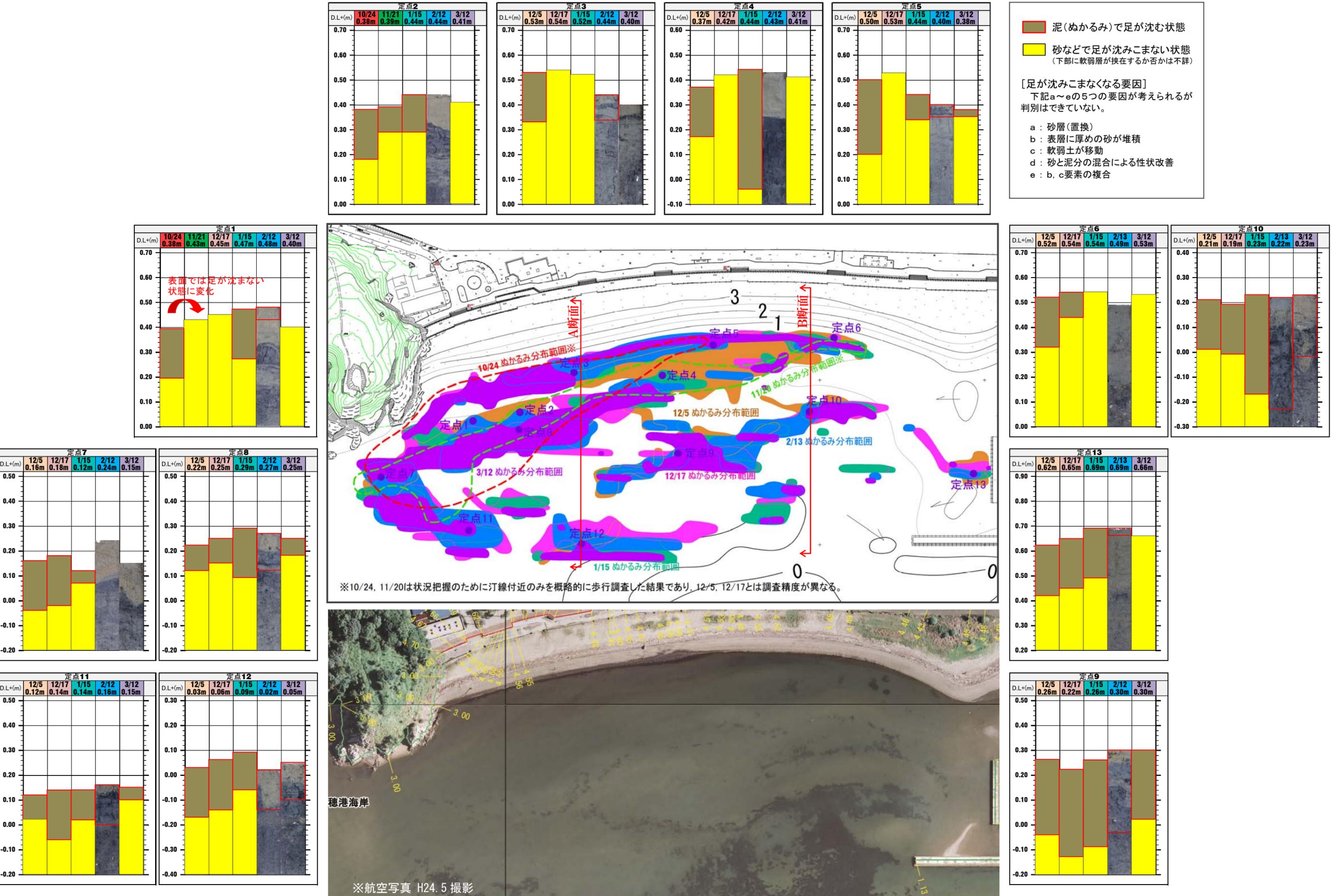


図-1.2(1) ぬかるみ層厚の変化図(T型突堤西側エリア)

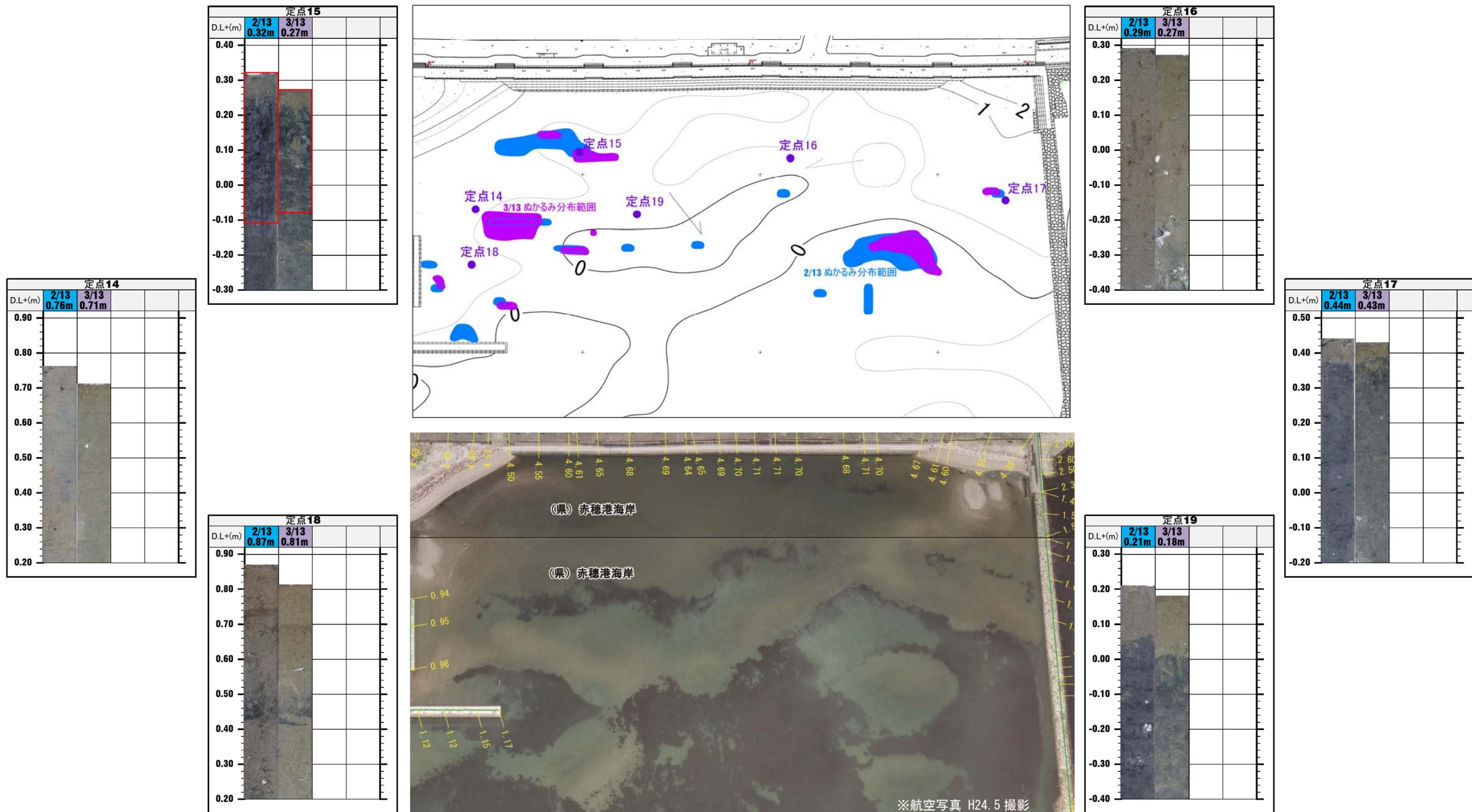


図-1.2 (2) ぬかるみ層厚の変化図(T型突堤東側エリア)

## 1.2 むかみ堆積状況

2月までの調査で、むかみがトラフ部に集中して分布していることがわかり、トラフ前面のバーがむかみの移動を妨げる要因の一つになっていることが考えられた。そこで、3月の調査では、海水浴場のある西側エリアを対象に、汀線から沖側に向けて形成されたトラフとバーの位置において、地層の抜き取り調査を行った。

調査結果は、図-1.3の地層断面図に示したとおりである。まず、A断面では、歩行調査で把握したとおり、トラフ部に配置したGS-20地点とGS-12地点でむかみが確認されたが、両地点間にあるバーの位置(GS-21)でも、かつてむかみを形成していたと見られる泥質層の伏在が認められた。この結果から、GS-20～GS-12にかけては、むかみ堆積物が連続的に伏在している可能性が高く、GS-21地点のバーがその上部に形成されているものと想定される。ただし、12月以降の地形面の変化をみると、このバー部分の変化量は10cm以下と小さく、前後のむかみ堆積面(上面)よりも低下していない。平成24年10月中旬に行った突棒調査時(歩行時)にもむかみは確認されていないことから、少なくともそれ以前に形成されたことになる。

つぎに、バー・トラフの発達が明瞭なB断面では、トラフ部(GS-22、GS-10、GS-25)を中心に厚いむかみが堆積し、その沖側のバー(GS-23、GS-24)では、地中にもむかみは伏在していない。地形面の変化をみると、バー部分の起伏量はA断面と同様に10cm前後と小さく、やはり、現在堆積しているむかみの堆積面までも低下していないことがわかる。

以上の結果から、A、B断面でバー・トラフの形成過程に差異は認められるものの、トラフ前面に形成されたバーがむかみの移動を妨げているとの仮説と整合する結果となっている。

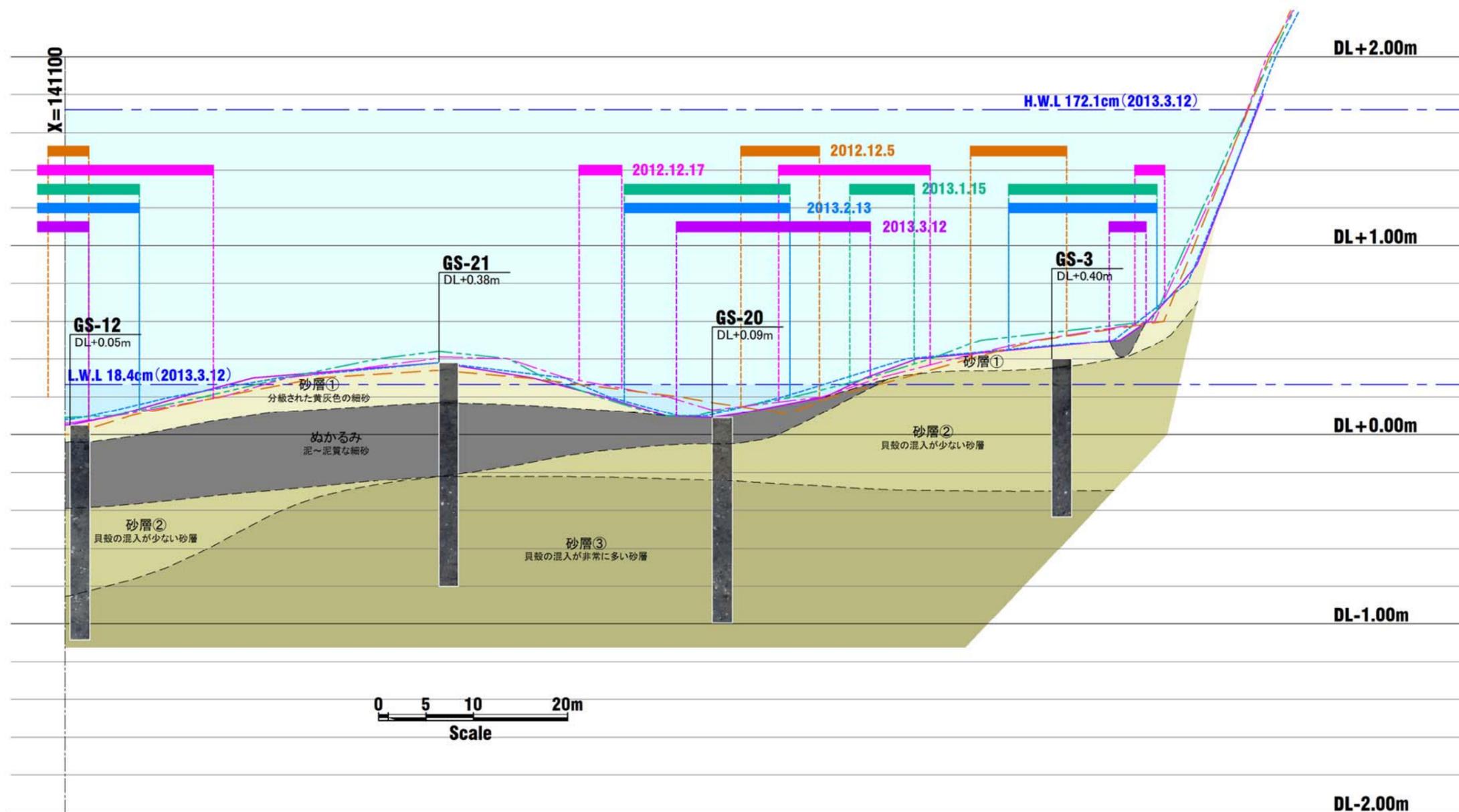
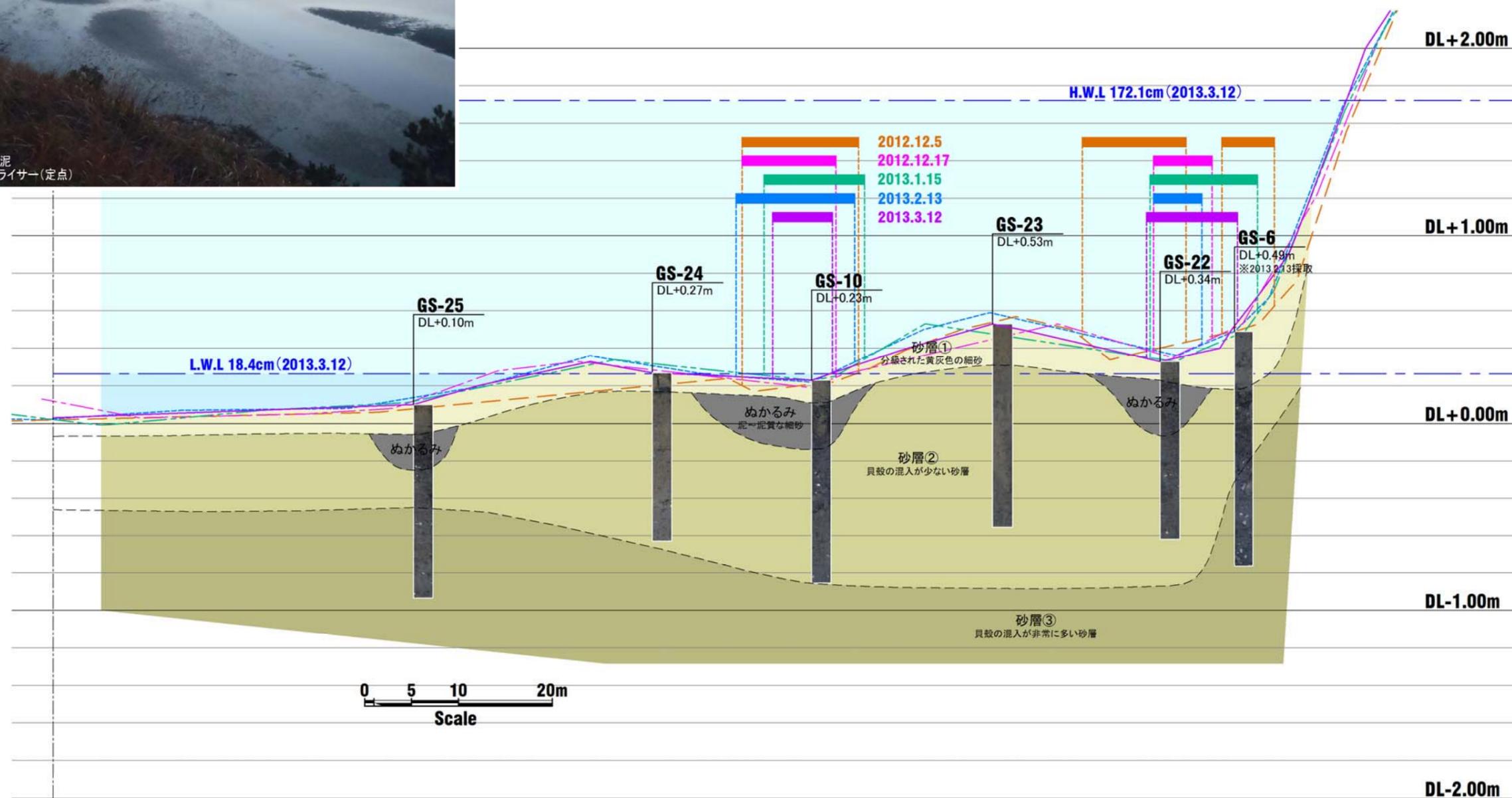


図- 1.3(1) 唐船海岸地層断面図(A断面)



図一 1.3(2) 唐船海岸地層断面図(B断面)

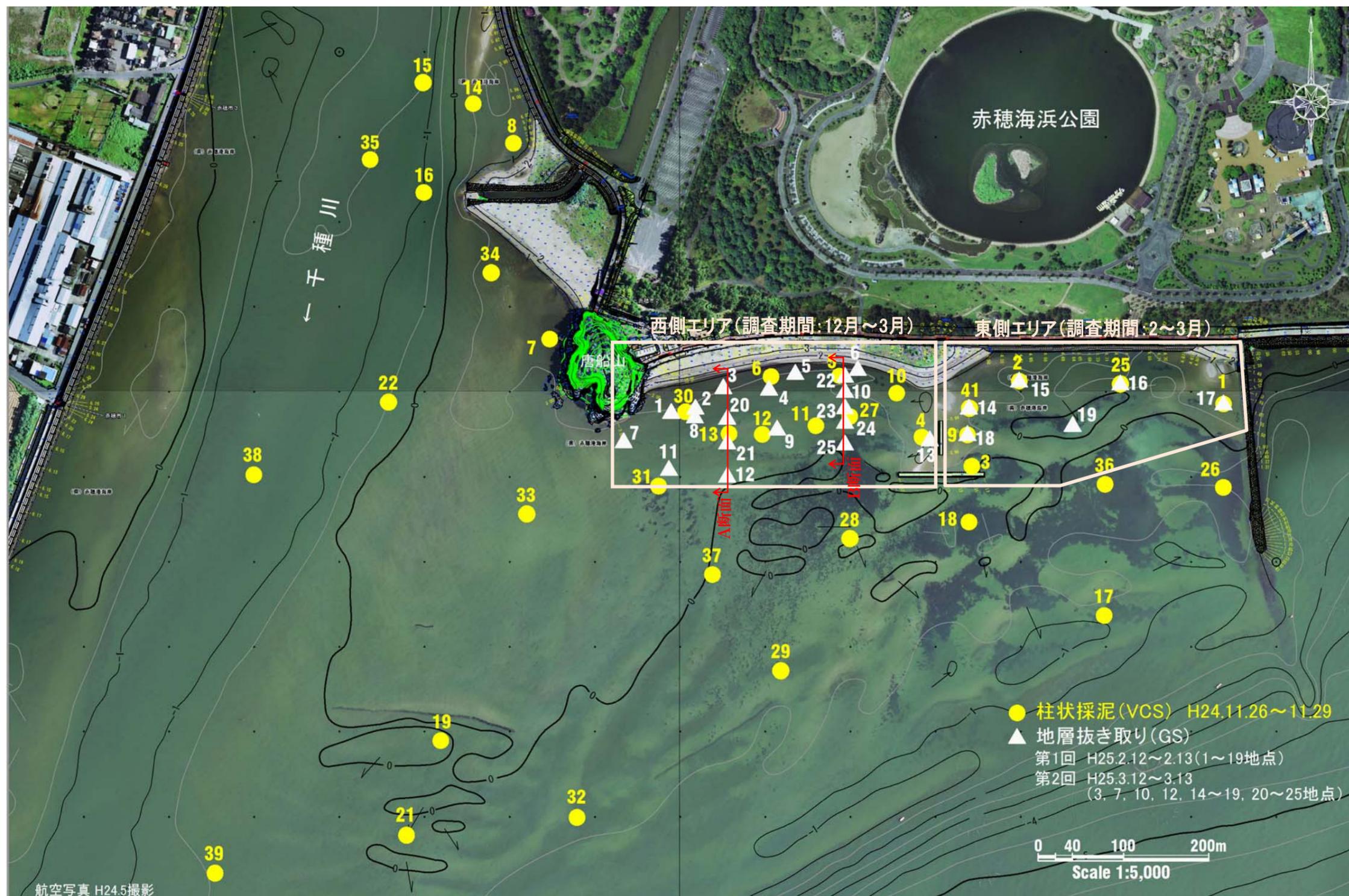


写真- 1.1 冬季調査エリア

唐船海岸 VCSコア写真 (H25.11.24~11.29採取)

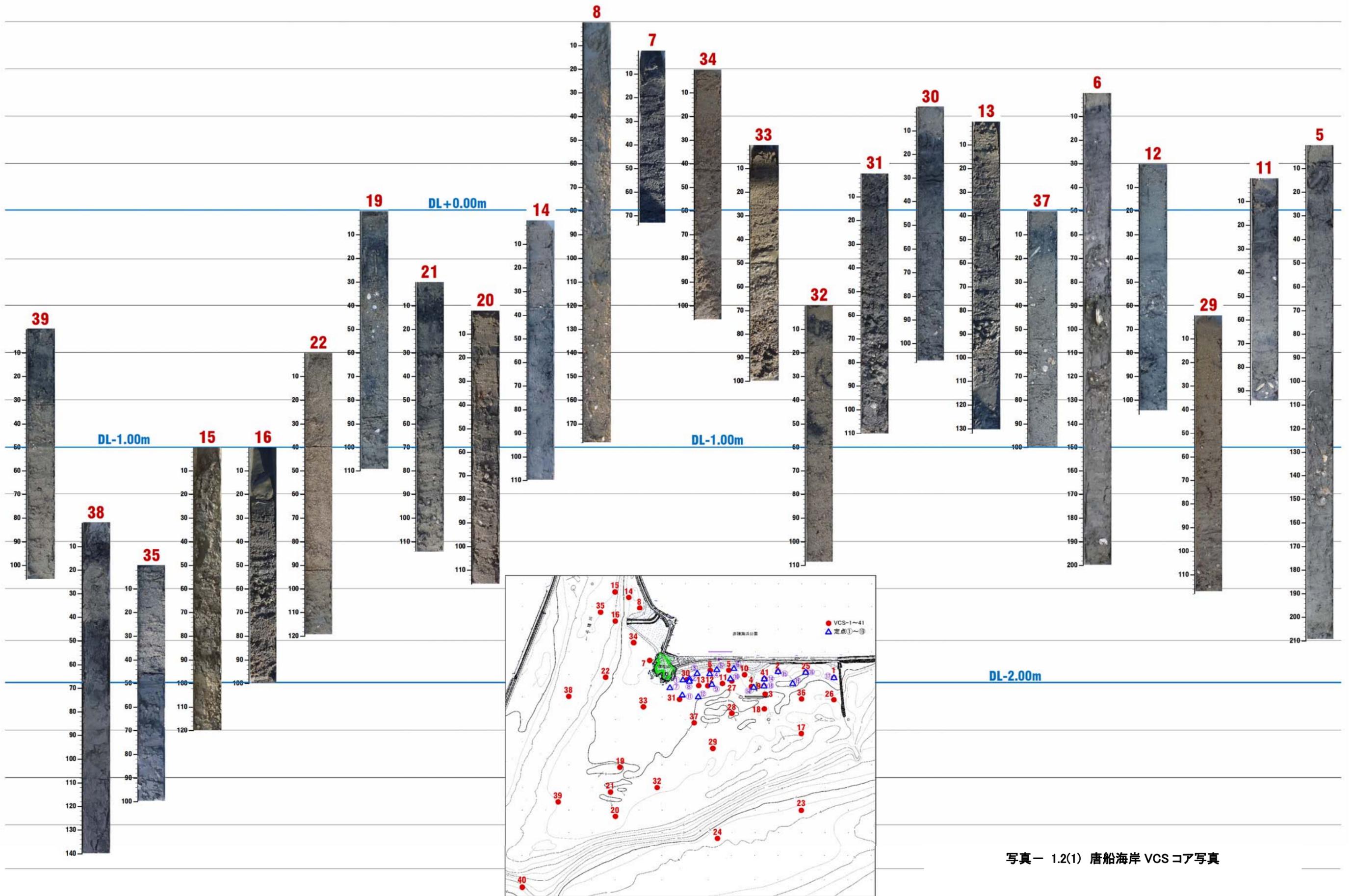


写真- 1.2(1) 唐船海岸 VCSコア写真

唐船海岸 VCSコア写真 (H24.11.26~11.29採取)

沖合トラフ部

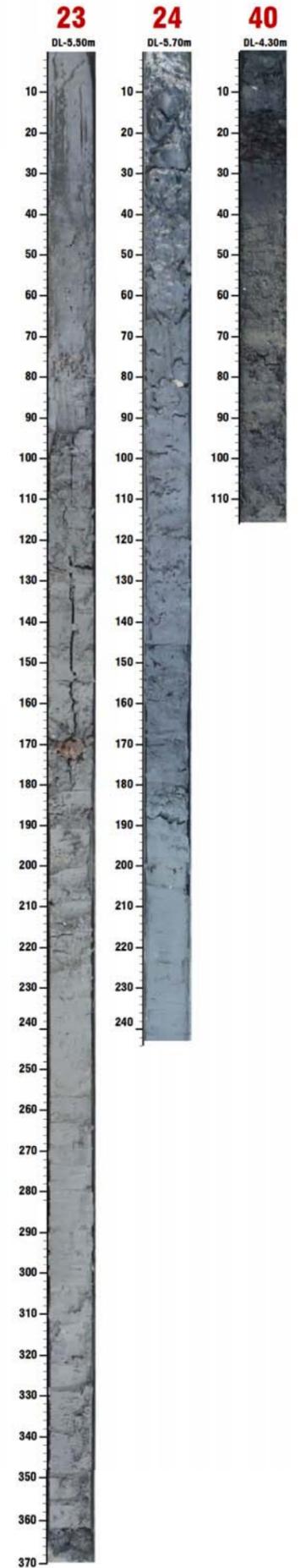
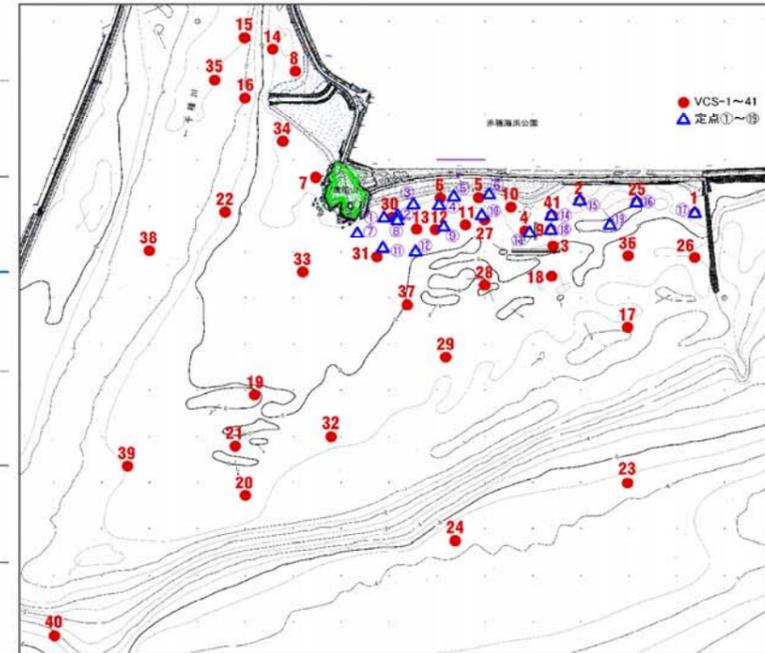
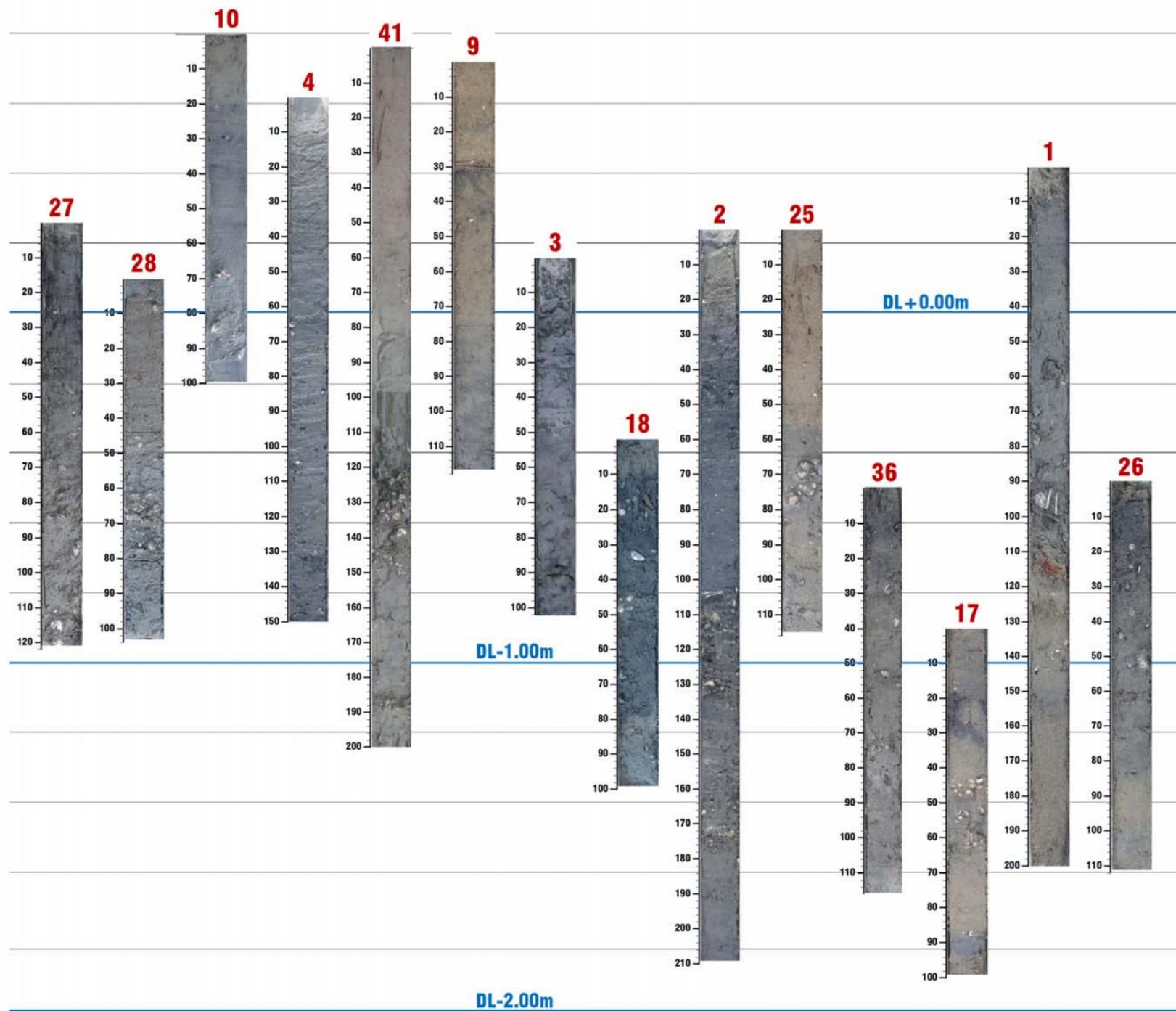


写真- 1.2 (2) 唐船海岸 VCSコア写真

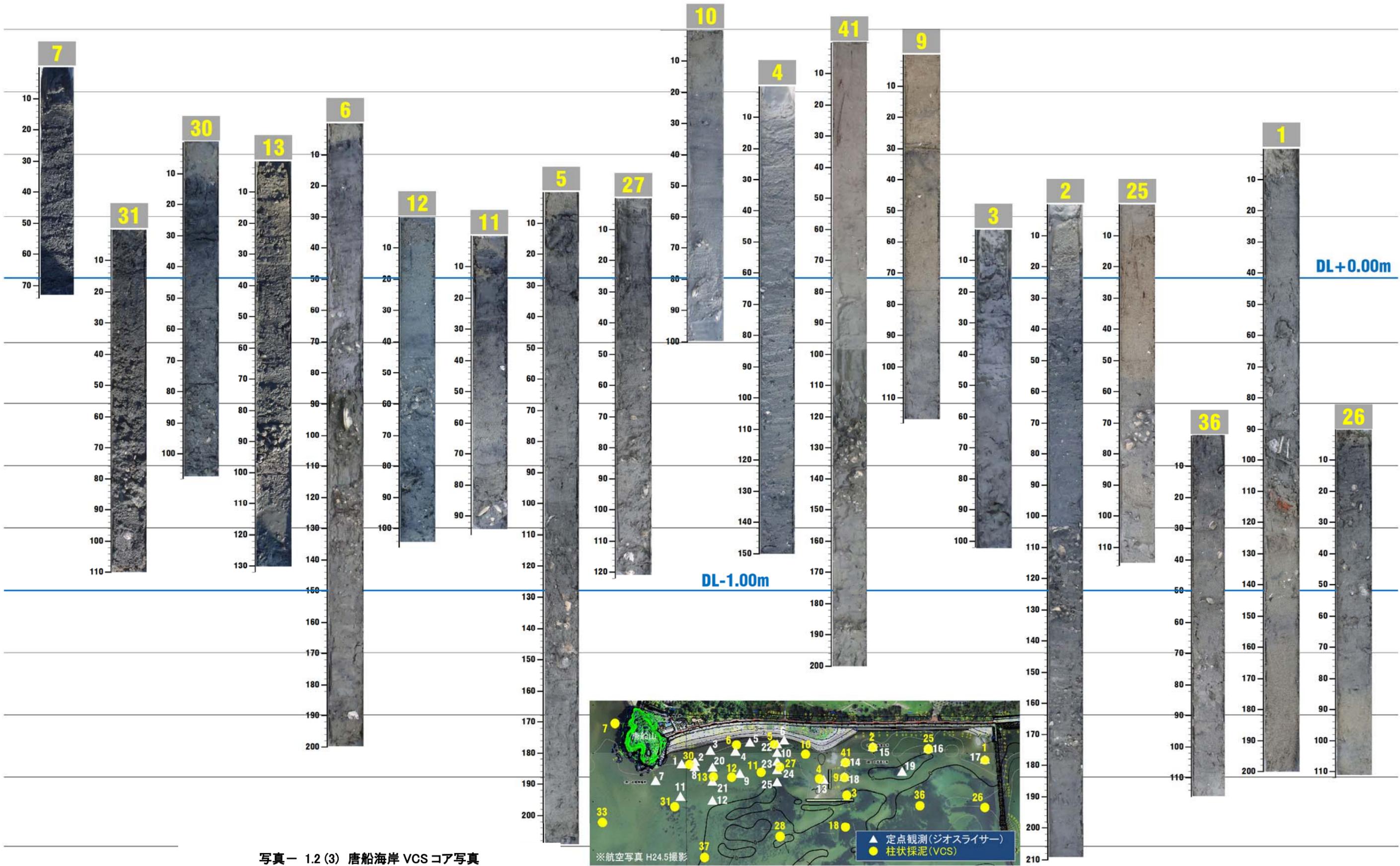
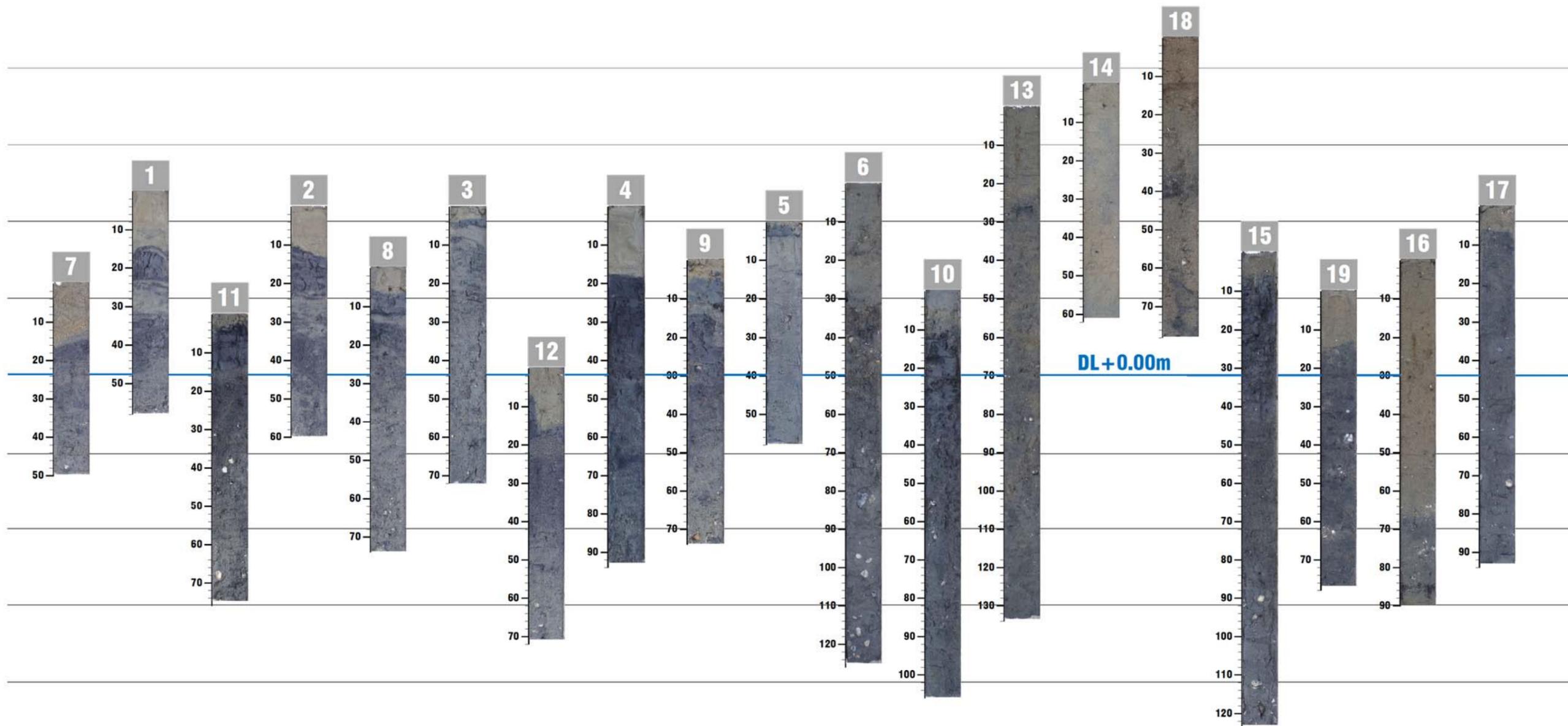


写真- 1.2 (3) 唐船海岸 VCS コア写真

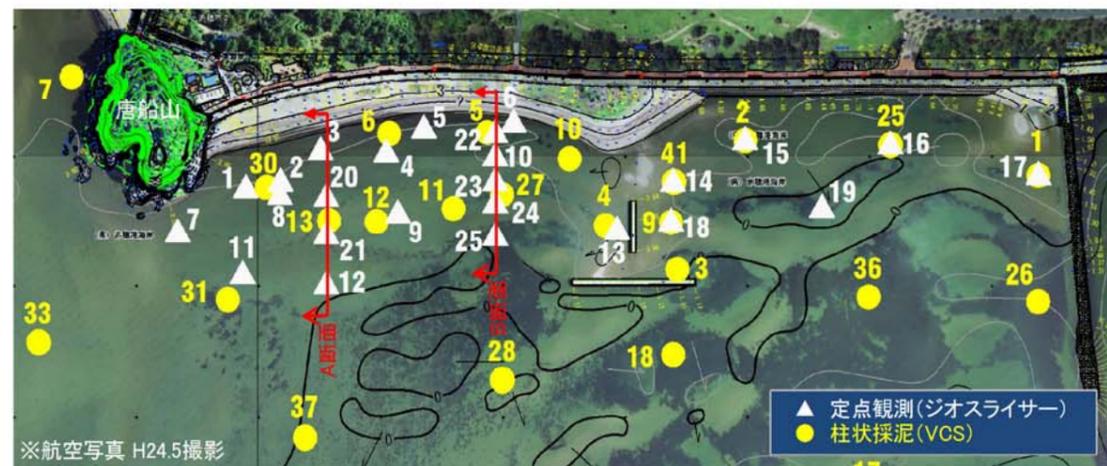
DL+1.00m

# 唐船海岸 ジオスライサー抜き取り写真 (H25.2.12~2.13採取)



DL-1.00m

写真一 1.3 (1) 唐船海岸ジオスライサー抜き取り写真  
(平成 25 年 2 月 12 日~2 月 13 日)



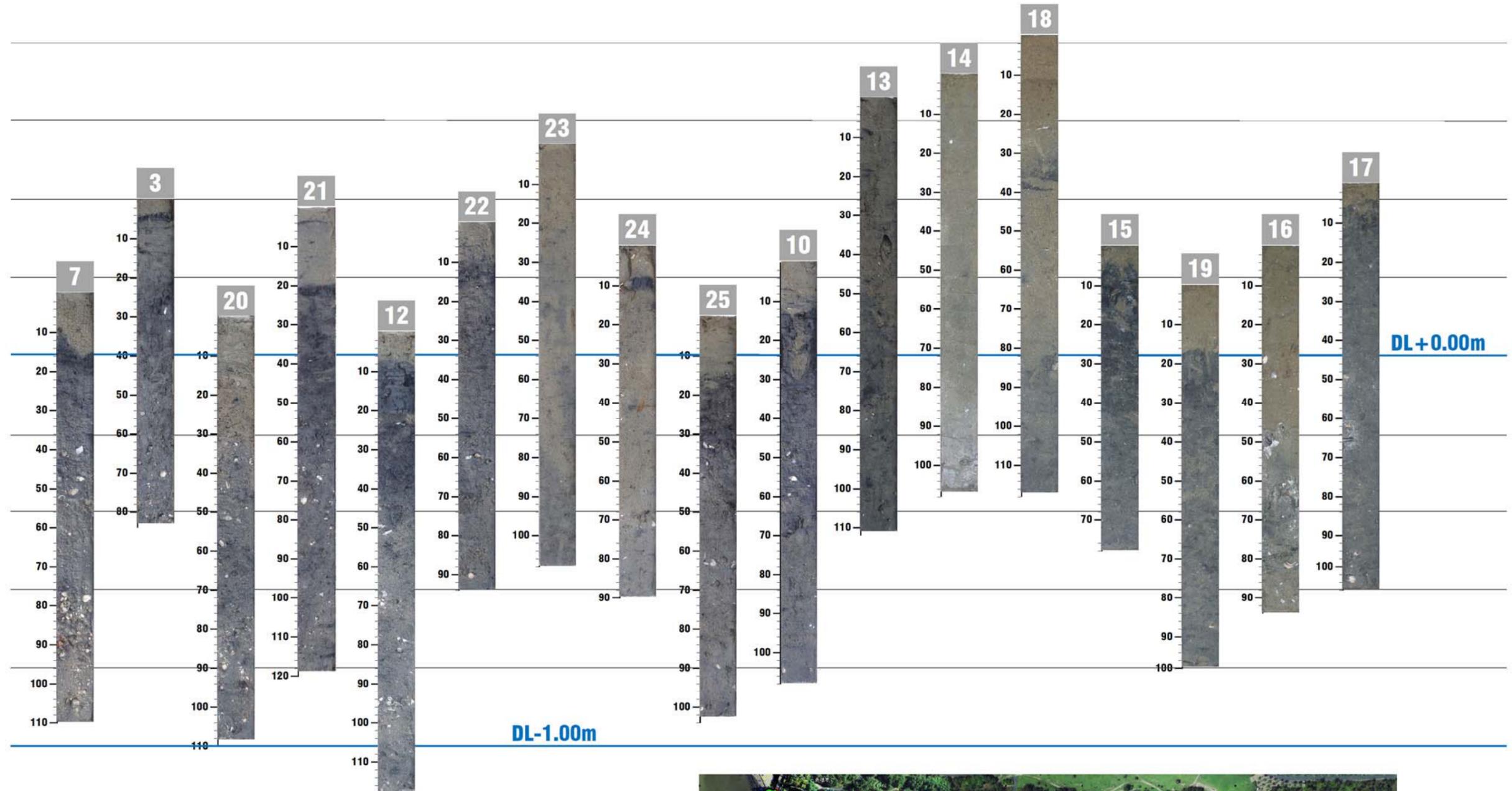
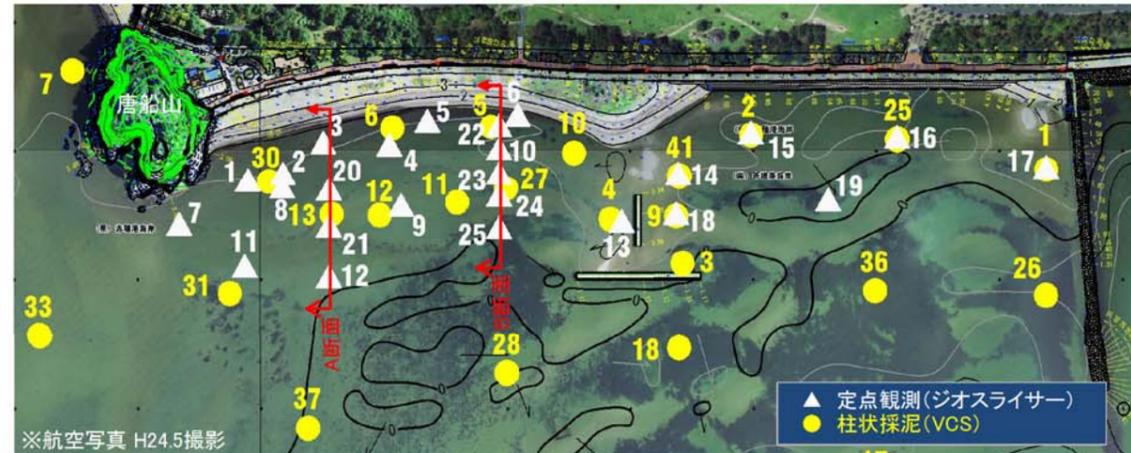


写真- 1.3 (2) 唐船海岸ジオスライサー抜き取り写真  
(平成 25 年 3 月 12 日~3 月 13 日)



DL+1.00m

# 唐船海岸 ジオスライサー抜き取り写真 (H25.3.12~3.13採取)

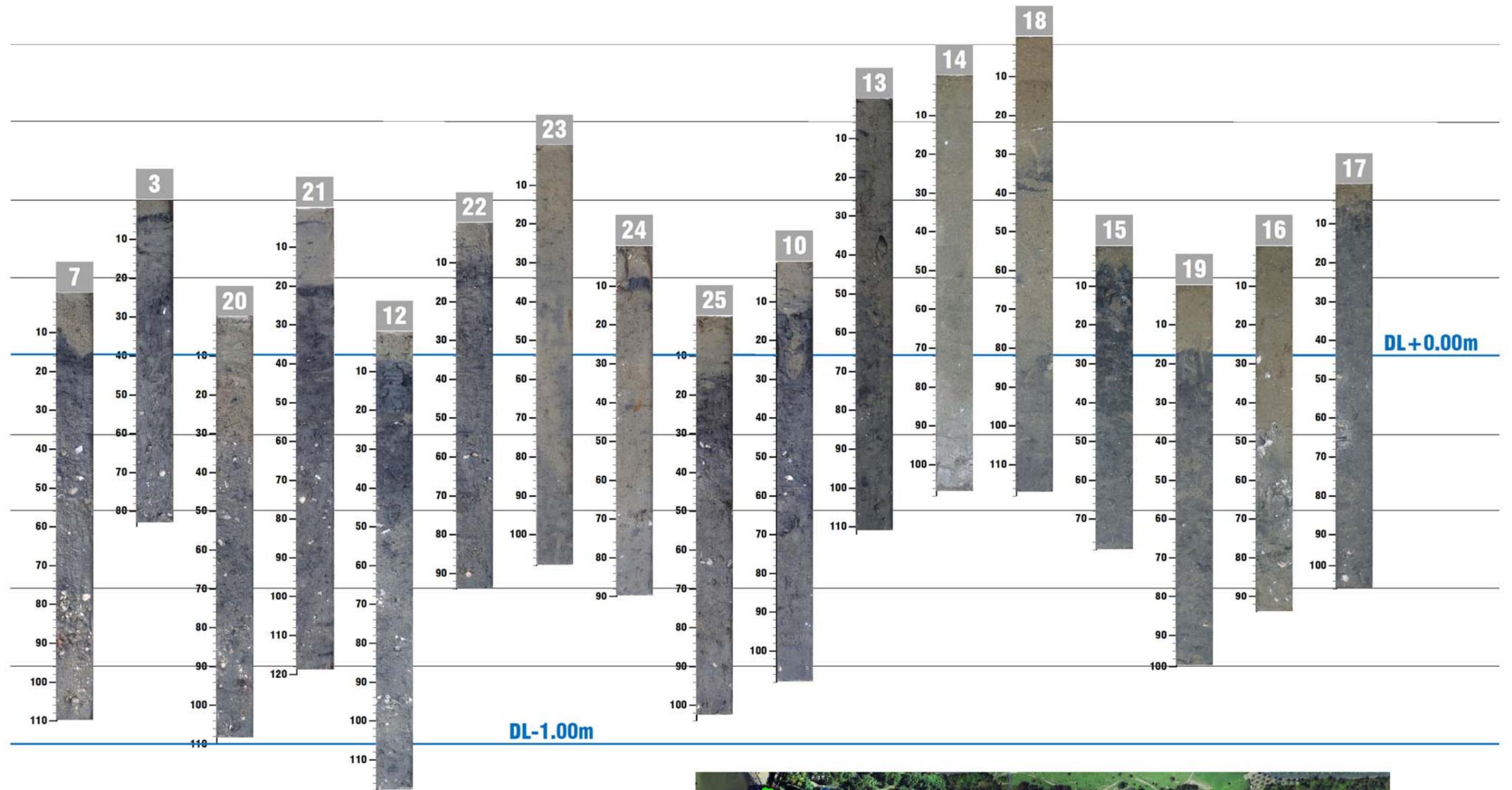
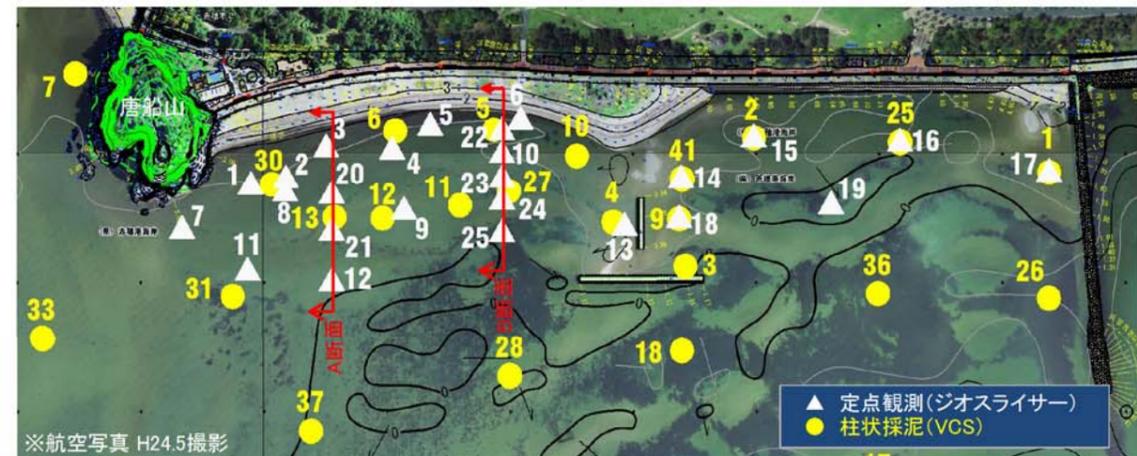
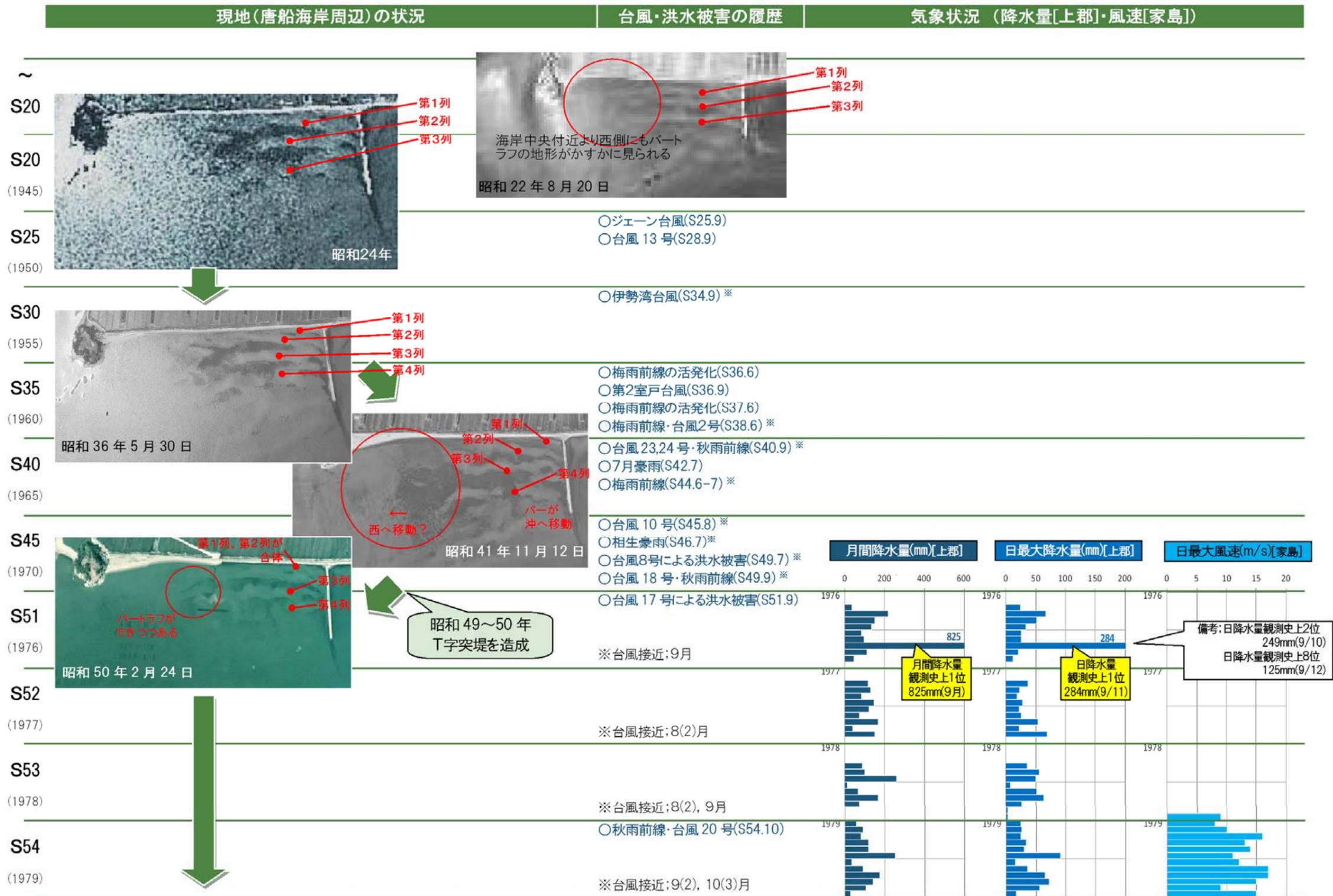


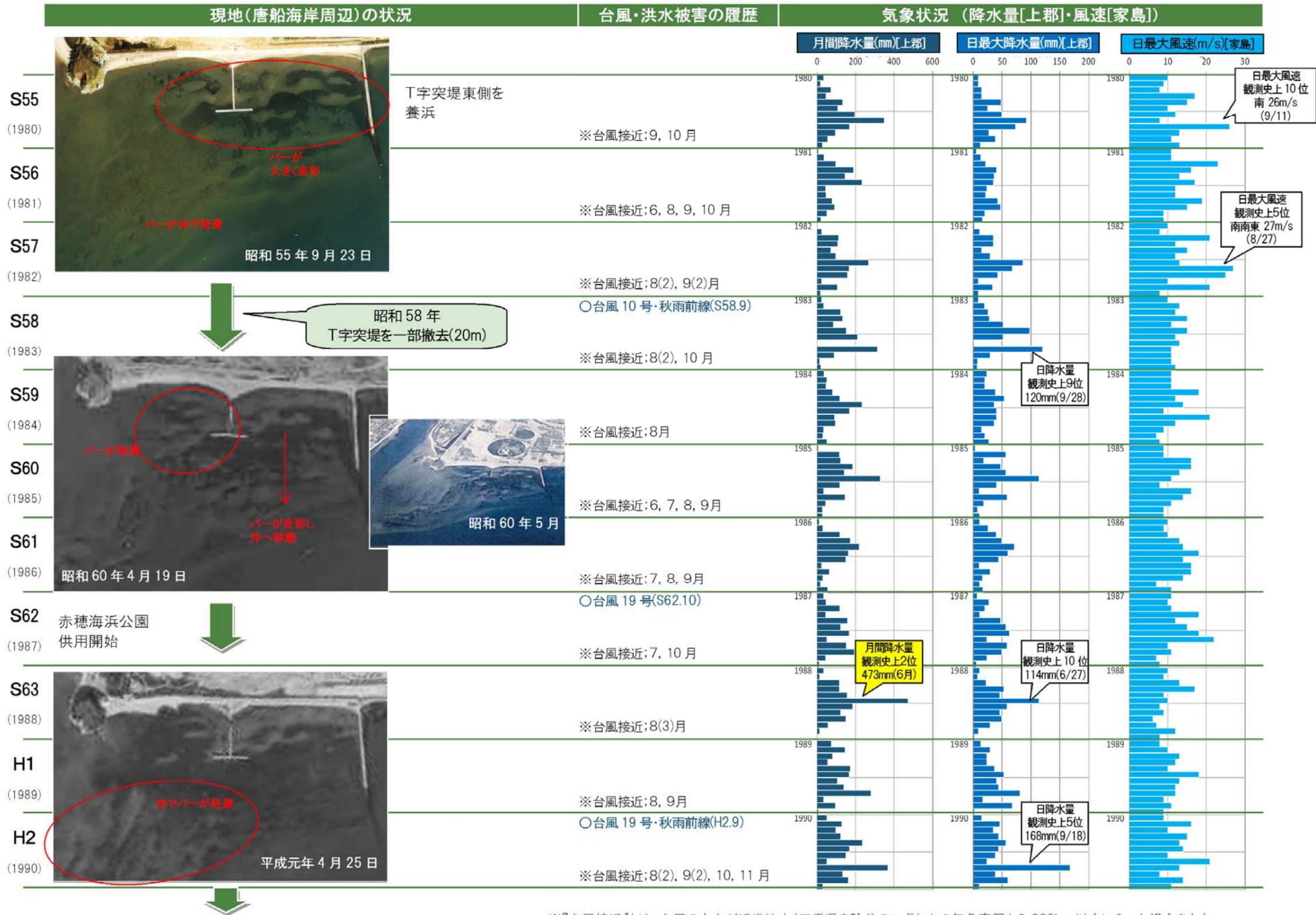
写真- 1.3 (3) 唐船海岸ジオスライサー抜き取り写真  
(平成 25 年 3 月 12 日~3 月 13 日)



## 2. 空中写真整理結果



※『台風接近』とは、台風が中心が近畿地方(三重県を除く)のいずれかの気象官署から300km以内に入った場合をさす。

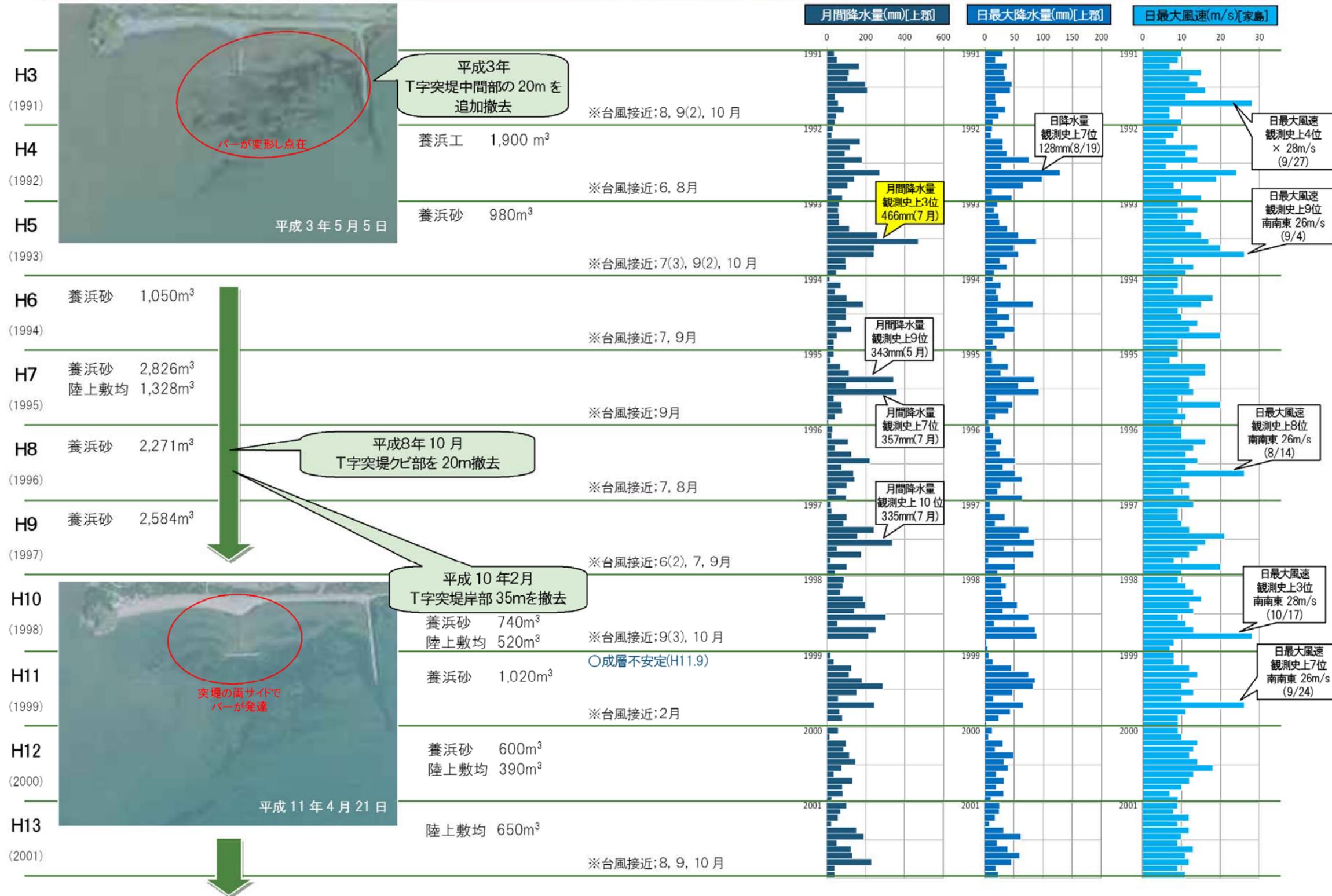


※『台風接近』とは、台風が中心が近畿地方(三重県を除く)のいずれかの気象官署から300km以内に入った場合をさす。

現地(唐船海岸周辺)の状況

台風・洪水被害の履歴

気象状況(降水量[上郡]・風速[家島])

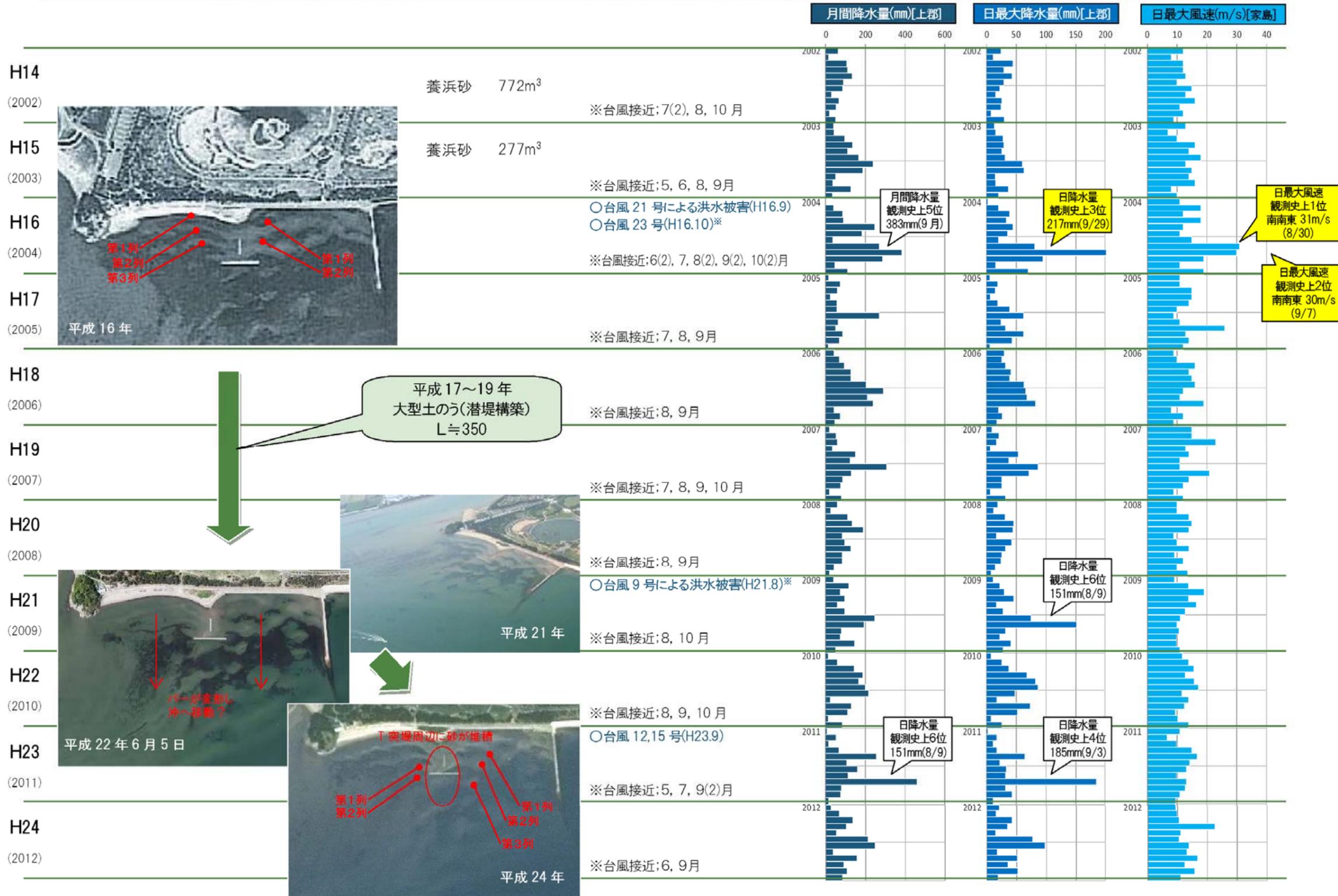


※『台風接近』とは、台風が中心が近畿地方(三重県を除く)のいずれかの気象官署から300km以内に入った場合をさす。

現地(唐船海岸周辺)の状況

台風・洪水被害の履歴

気象状況(降水量[上郡]・風速[家島])



※『台風接近』とは、台風が中心が近畿地方(三重県を除く)のいずれかの気象官署から 300km 以内に入った場合をさす。

### 3. シミュレーション結果

#### 3.1 シミュレーション実施ケースの整理

これまで実施した計算ケース及び追加実施した計算ケースは以下のとおりである。なお、No.1(平常時 1 昼夜)において干出冠水プロセスの閾値を見直し、流況の再現性を高めた。また、河川流入境界の水深を改善することで数値安定性が向上し、同時に河川流入がスムーズに行われるようになり、計算領域への流入 SS 量が増加した。これに伴って、再浮上量の調整を行い、全体的な侵食と堆積のバランスの改善を行った。なお、No2～4 においても同様の見直し計算を実施した。また、No5、6 については、第 2 回委員会以降、追加ケースとして実施した。

表- 3.1 計算ケースの整理(現況計算の進捗と追加実施ケース)

区分	No	計算対象外力	進捗	計算条件概要						計算モデル		備考
				対象期間	地形条件	潮汐条件	河川条件	波浪条件	風条件	流動場	SS分布、地形変化	
現況再現	1	平水時、平常時(イベントなし)	済	1昼夜	現況	M2+S2	低水流量13.2m <sup>3</sup> /s 流入SS:水質調査結果より設定	なし	なし	多層流動モデル	SS移流拡散モデル	
	2	河川出水(H23.9.3~5)	済	3日間程度	現況	M2+S2	高水流量:木津H-Q 流入SS:Qs=10 <sup>-7</sup> Q <sup>2</sup>	なし	家島アメダス	多層流動モデル	SS移流拡散モデル	
	3	高波浪(H24.4.3)	済	4時間程度	No.2の出水後の地形	M2+S2	低水流量13.2m <sup>3</sup> /s 流入SS:水質調査結果より設定	H <sub>1/3</sub> =1.63m T <sub>1/3</sub> =4.7s	家島アメダス	多層流動モデル +海浜流モデル	SS移流拡散モデル	波浪による流れへの影響を考慮(ラディエーションストレス)
	4	通常の波浪	済	8時間程度	No.4の高波浪後の地形	M2+S2	低水流量13.2m <sup>3</sup> /s 流入SS:水質調査結果より設定	H <sub>1/3</sub> =0.81m T <sub>1/3</sub> =3.8s	現地観測値	多層流動モデル +海浜流モデル	SS移流拡散モデル	波浪による流れへの影響を考慮(ラディエーションストレス)
	5	平水時、平常時(イベントなし)	追加実施	15昼夜	現況	主要6分潮 (M2、S2、K1、O1、N2、K2)	流量:木津H-Q 流入SS:水質調査結果より設定	なし	なし	多層流動モデル	SS移流拡散モデル	
	6	河川出水+高波浪	追加実施	河川出水:3日間程度 高波浪:ピーク後12時間程度	現況	M2+S2	高水流量:木津H-Q 流入SS:Qs=10 <sup>-7</sup> Q <sup>2</sup>	H <sub>1/3</sub> =1.63m T <sub>1/3</sub> =4.7s	家島アメダス	多層流動モデル +海浜流モデル	SS移流拡散モデル	波浪による流れへの影響を考慮(ラディエーションストレス)

※No.6 において、波と流れの相互干渉は考慮しないことを前提とする。

### 3.2 シミュレーション結果

#### 3.2.1 シミュレーション改善点

##### (1) 冠水干出限界水深の改善

唐船山西側～汀線付近までの干出・冠水エリアを改善し、汀線付近の流況を改善した。特に、唐船山西側の冠水エリアが増えることで、唐船海岸を東に向かう流れが多くなり、より岸に近い場所では滞留傾向が強くなっている。また、流況の再現性について潮流楕円図を確認した結果、再現性は確保されていた。

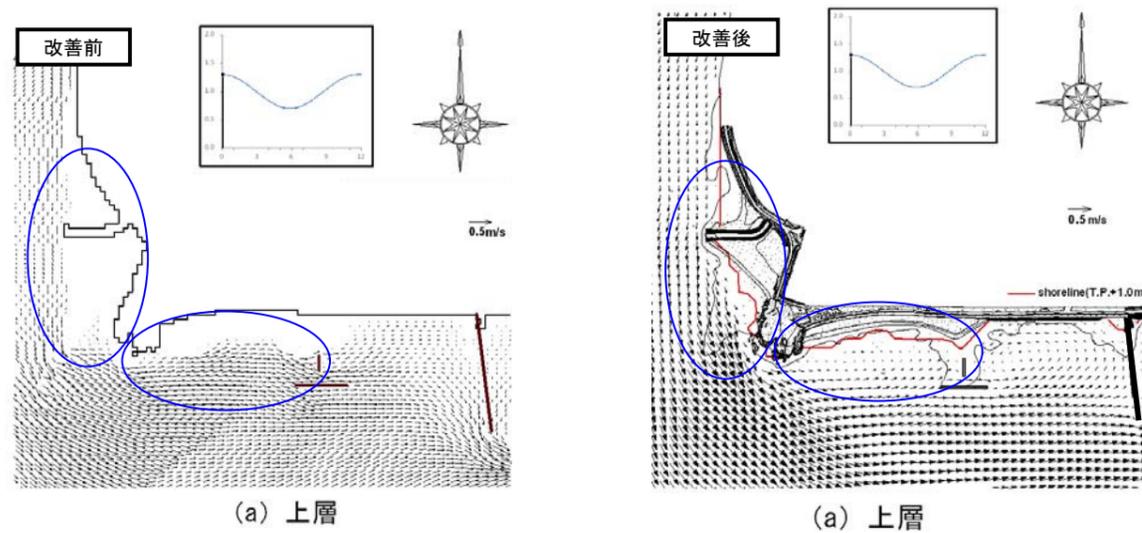


図-3.1 流況ベクトル図(平均大潮期、左:改善前、右:改善後)

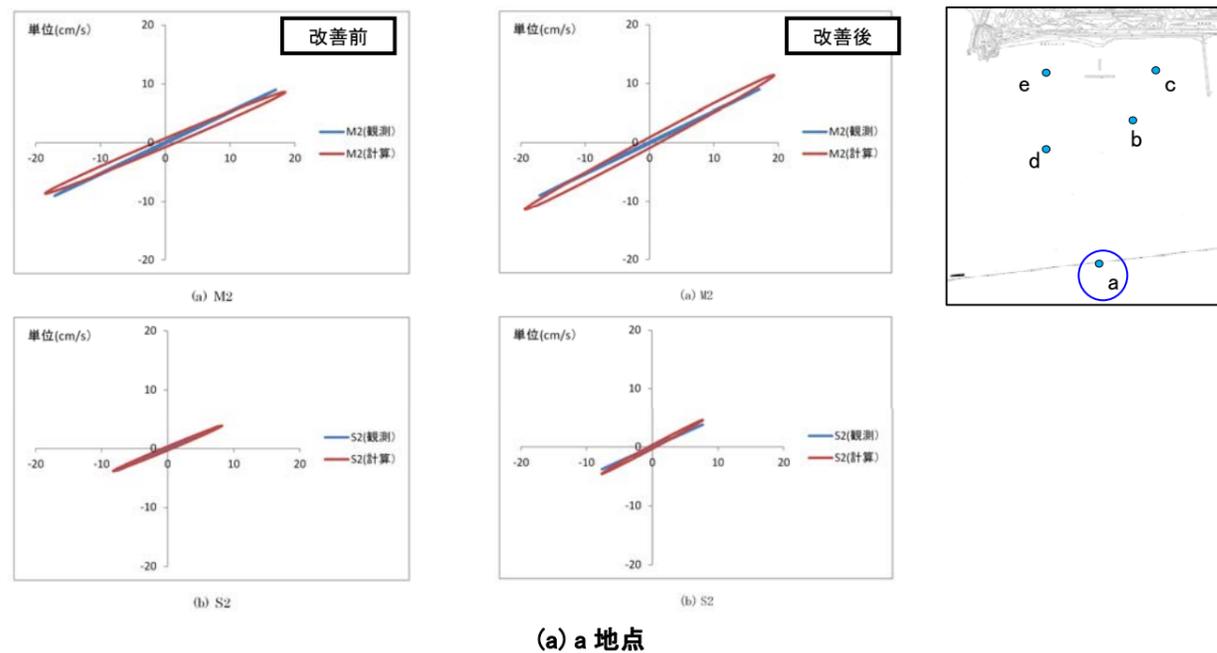


図-3.2(1) 潮流楕円比較図(平均大潮期、左:改善前、右:改善後)

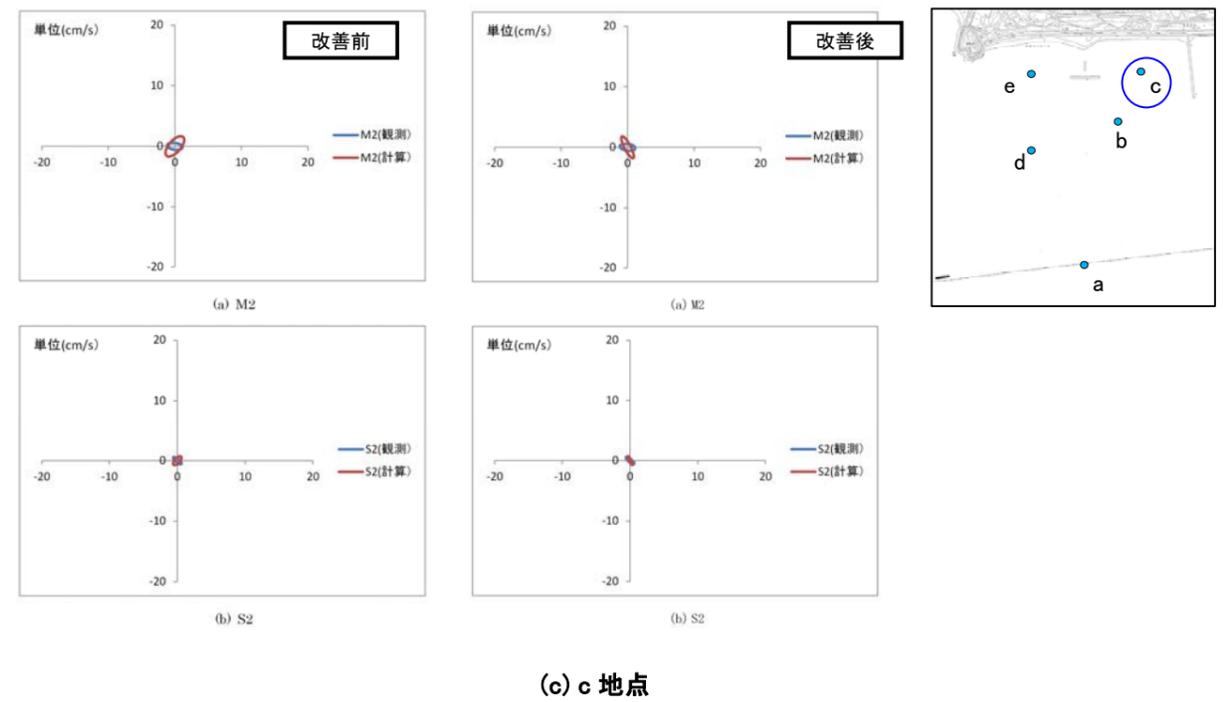
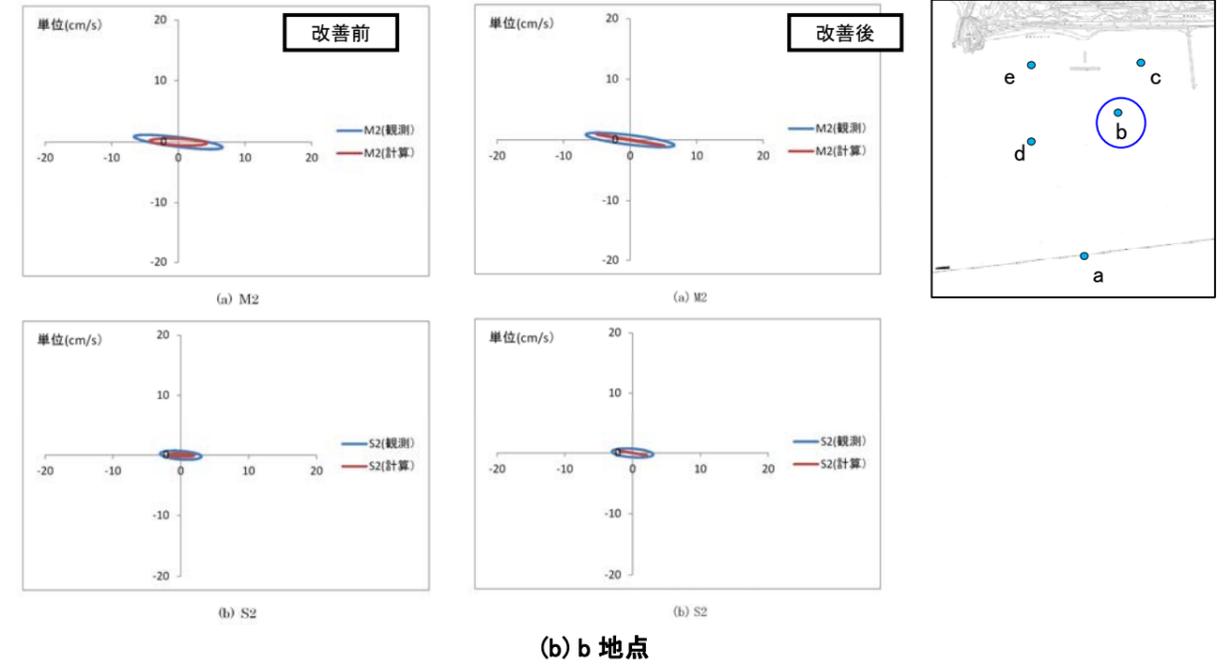
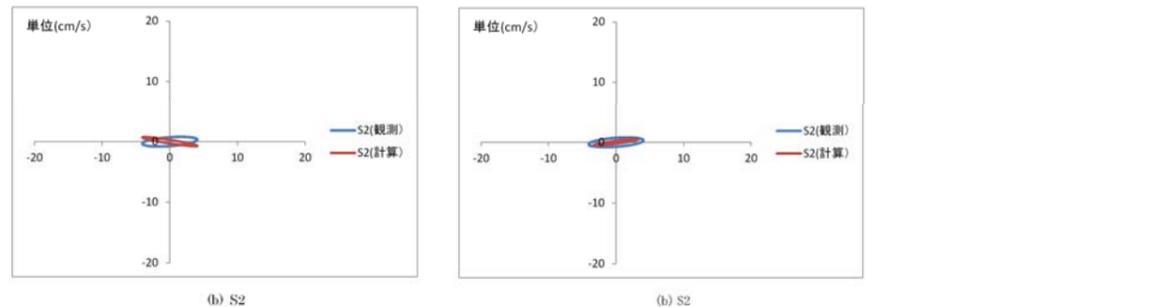
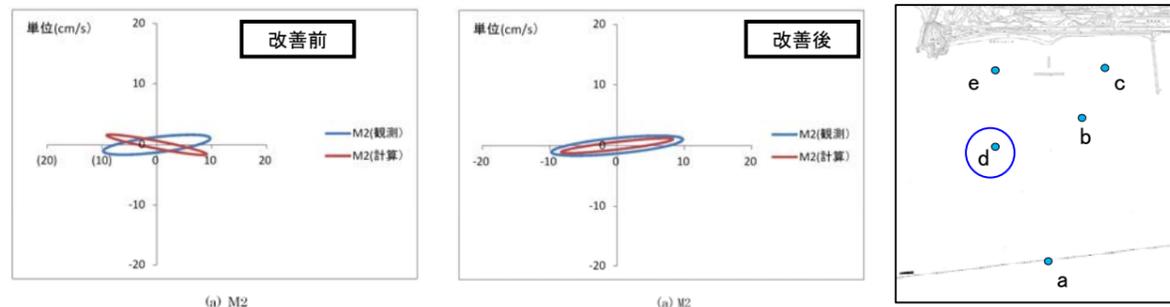
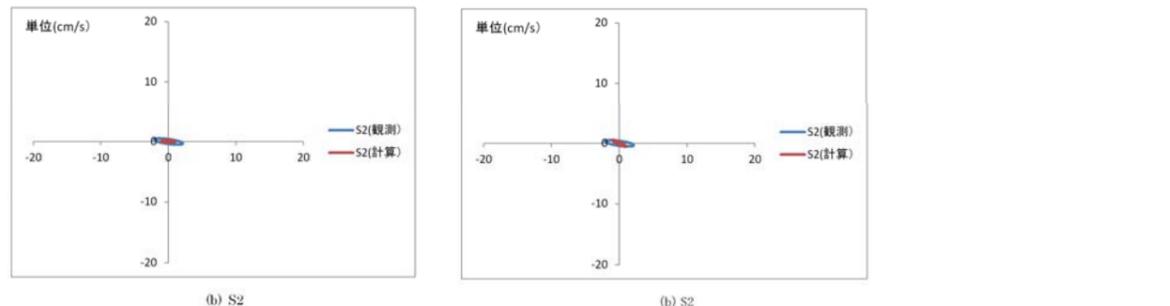
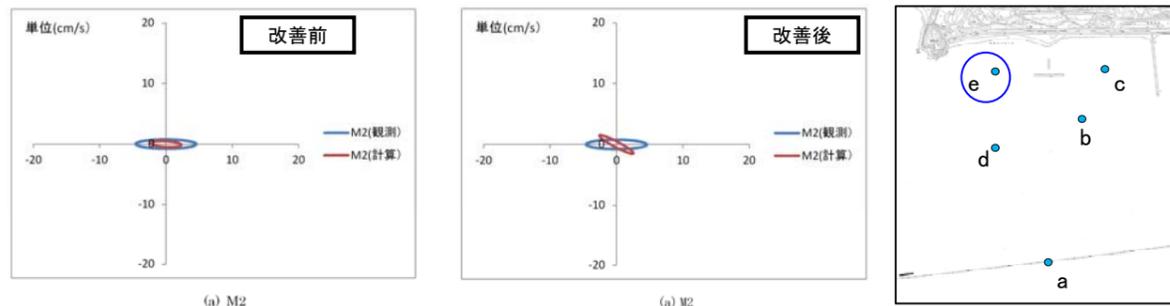


図-3.2(2) 潮流楕円比較図(平均大潮期、左:改善前、右:改善後)



(d) d 地点



(e) e 地点

図- 3.2(3) 潮流楕円比較図(平均大潮期、左:改善前、右:改善後)

(2) 侵食堆積バランスの改善

河川流入境界の水深を改善することで数値安定性が向上し、同時に河川流入がスムーズに行われるようになり、領域への流入 SS 量が増加した。これに伴って、再浮上量の調整を行い、全体的な侵食と堆積のバランスが改善された。

①汀線での堆積傾向は前回計算結果よりも、明瞭に現れており、T 突堤周辺での侵食傾向が見られなくなった。

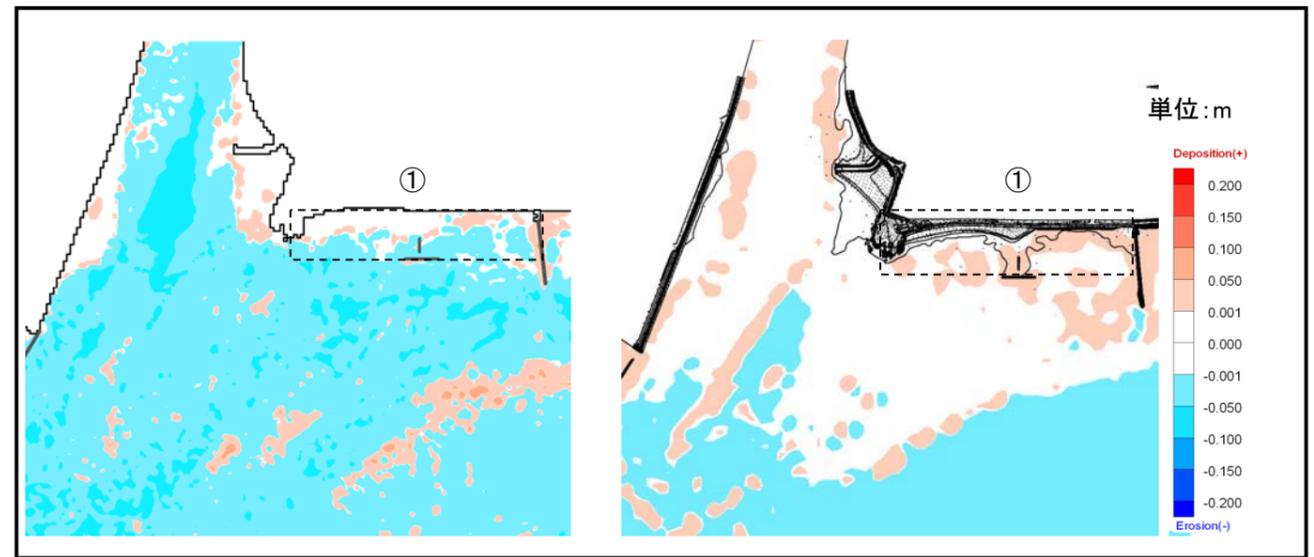


図- 3.3 侵食堆積分布図の比較(左:第 2 回委員会提示、右:今回)

3.2.2 計算結果(侵食堆積図 case1~4)

(1) Case1(平常時 1昼夜)

①唐船山～防砂堤までの汀線付近で堆積傾向である。前回よりも堆積範囲は拡大したが、汀線付近に堆積傾向が見られる点で変わりはない。

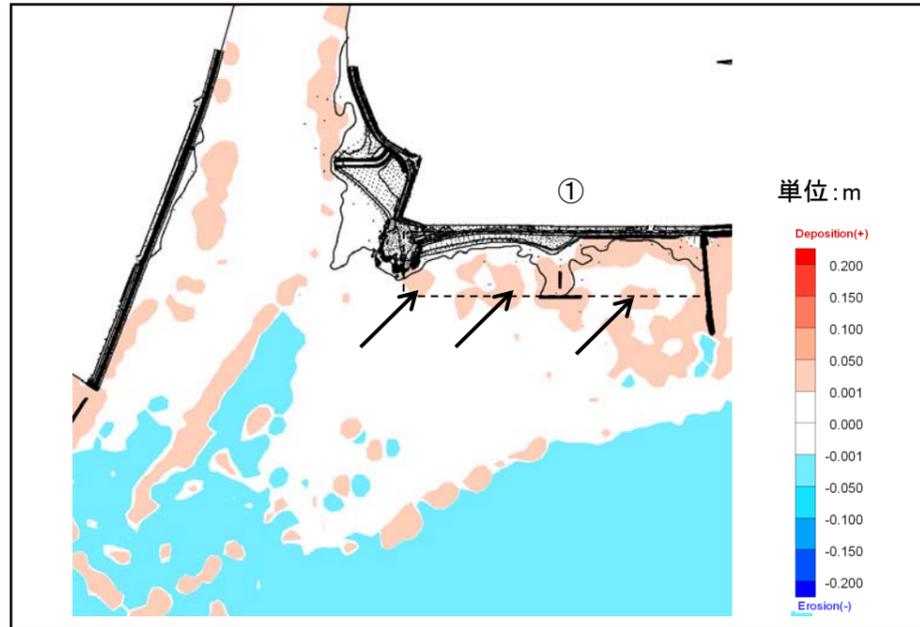


図-3.4 侵食堆積図 平常時(1昼夜)

(2) Case2(河川出水)

①河川左岸の導流堤や唐船山南側は堆積傾向が見られ、河川出水の影響が見られる。  
 ②T突堤東西の海岸に堆積と侵食が混在する。  
 ③沖合や干潟テラスへの堆積傾向が強く、汀線付近よりも顕著に見られる。

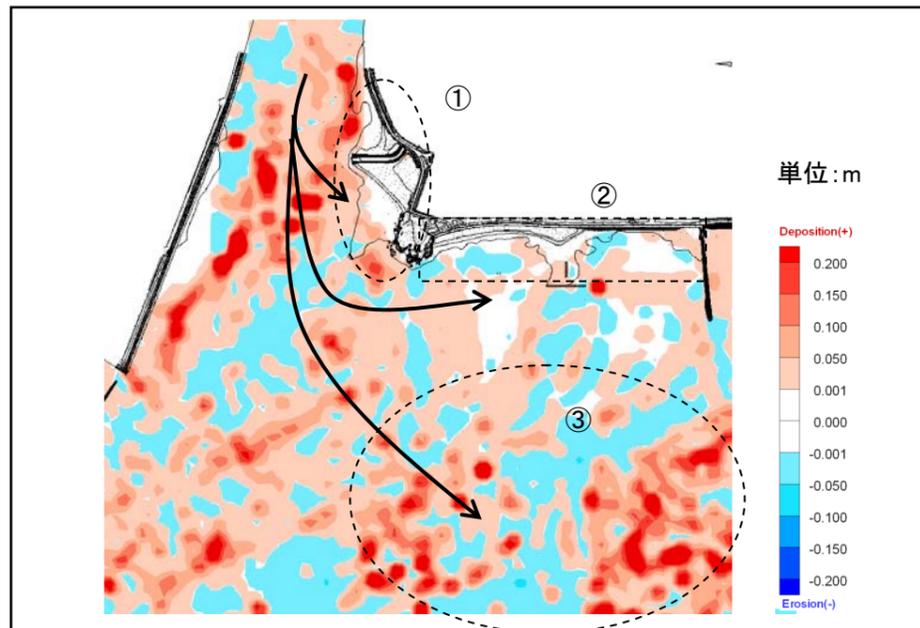


図-3.5 侵食堆積図 河川出水

(3) Case3(高波浪)

①T突堤周辺では一部堆積傾向が見られるが、汀線付近はほとんど侵食傾向である。汀線付近の侵食傾向は波浪による冲向きの底層流れの影響と考えられる。  
 ②唐船山北側の導流堤周辺は堆積傾向であるが、唐船山西側では波浪の影響で侵食傾向となっている。  
 ③砕波による侵食範囲がテラス外縁部に見られる。

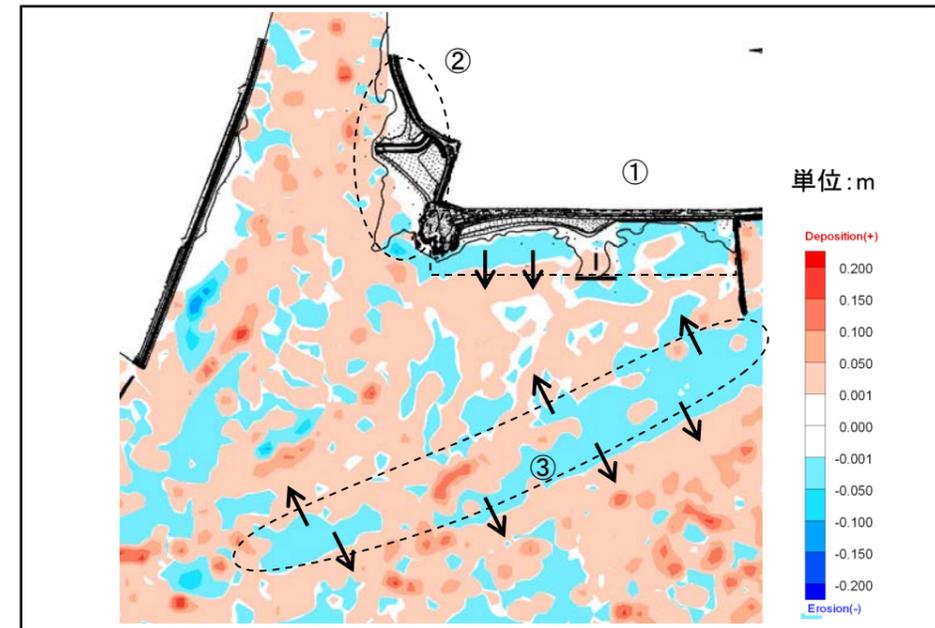


図-3.6 侵食堆積図 高波浪

(4) Case4(小規模波浪)

①汀線付近において、堆積傾向はほとんど見られず、岸沖方向にT突堤までの区間で侵食と堆積がパッチ状に分布する。前回計算結果よりも汀線部での堆積範囲は拡大している。

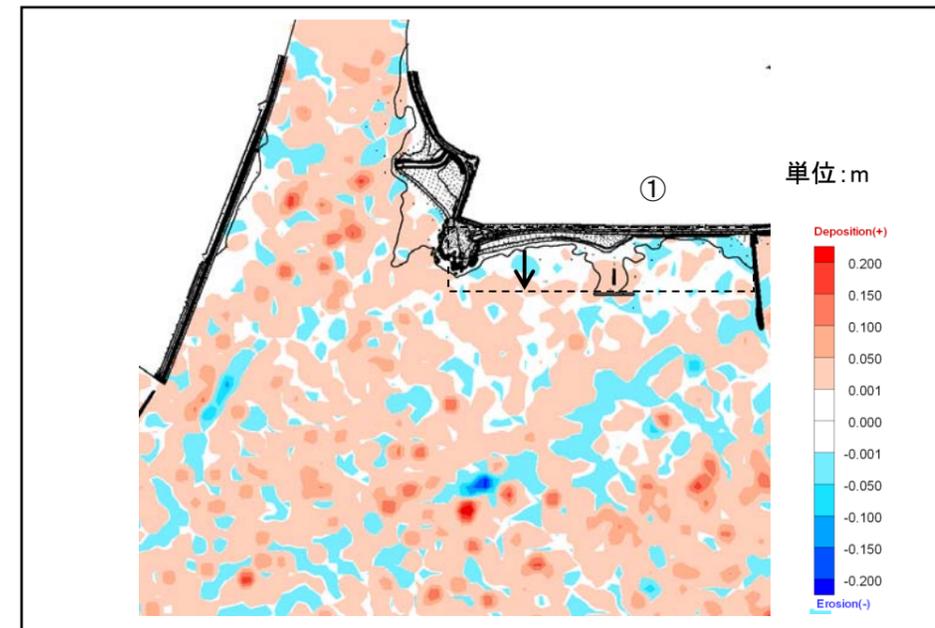


図-3.7 侵食堆積図 小規模波浪

### 3.2.3 Case5(15 昼夜)

#### (1) 潮流楕円比較結果

15 昼夜計算の再現性を検証するために潮流楕円図を描き、観測値と比較した。比較結果は図- 3.8 に示すとおりであり、主要 6 分潮による当該海域の流向流速は概ね再現されている。

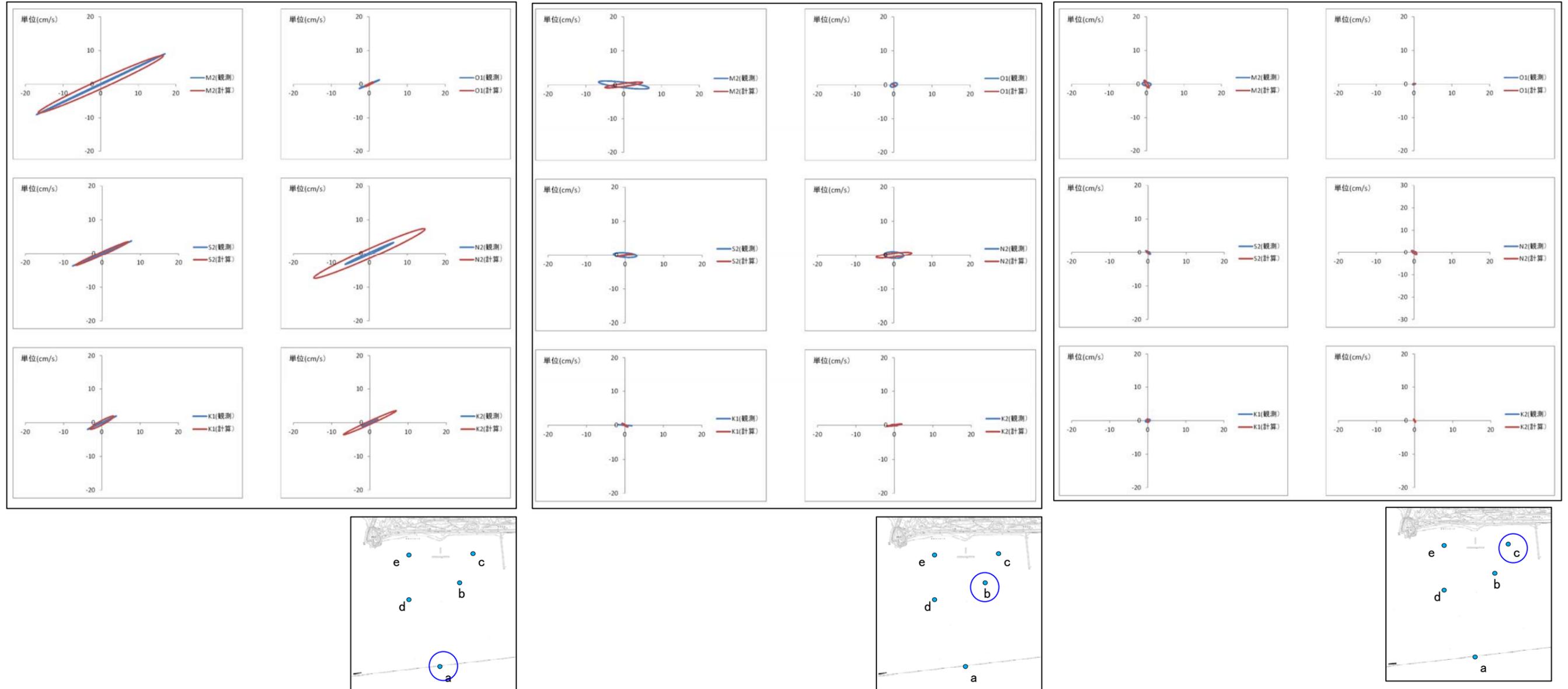


図- 3.8(1) 潮流楕円比較図(15 昼夜)

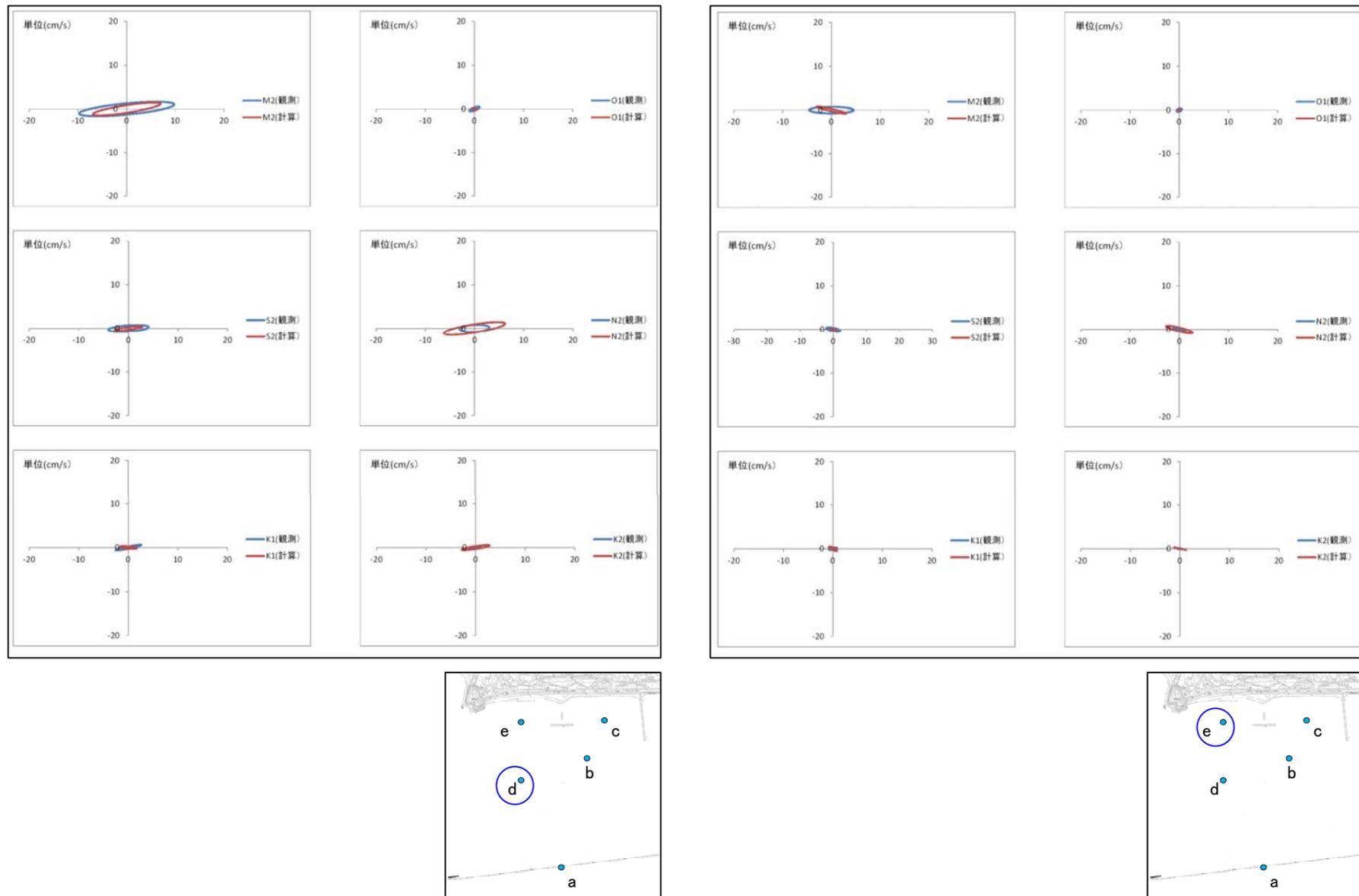


圖- 3.8(2) 潮流橢圓比較圖(15 晝夜)

(2) 底層 SS 濃度時系列変化

観測値(現地で観測した濁度を SS 濃度に換算した結果)と計算値との比較を行った。

千種川河口部においては、10 月後半の観測結果よりも計算値がやや高い傾向が見られたが、オーダー的に同程度であった。唐船海岸干潟部においては、計算値は大潮期に SS 濃度が上昇し、小潮期に低下する変化が見られたが、観測値では 1 日の中での SS 濃度の変動は、計算に比べてほとんど見られない。また、観測値では有義波高 1m 前後の波浪の作用によって急激な濃度上昇を示す時期が見られる。計算においては、波浪の影響を考慮していないことが、SS 濃度の差として表れているものと考えられる。なお、唐船海岸干潟部の計算値において、小潮期に SS が低下することは、流れが弱くなる期間に巻き上げよりも沈降の方が大きくなったためと考えられる。

(3) 侵食堆積分布

侵食堆積分布は図- 3.10 に示すとおりであり、1 昼夜と比較して堆積傾向が 15 昼夜の方が強く、特に汀線付近での堆積は多くなっていた。これは積分時間が大きく影響している。また、外力は潮汐のみなので、波浪が作用した場合は、前述したような汀線部での侵食傾向となる場合もあると考えられることから、波浪の作用が多い場合は 15 昼夜間の侵食堆積傾向は今回の計算結果とは異なる結果になると考えられる。

なお、唐船山から T 突堤、防砂堤間の堆積傾向については、その堆積は小潮期などの潮汐流が弱くなる期間に起こるものと考えられる。

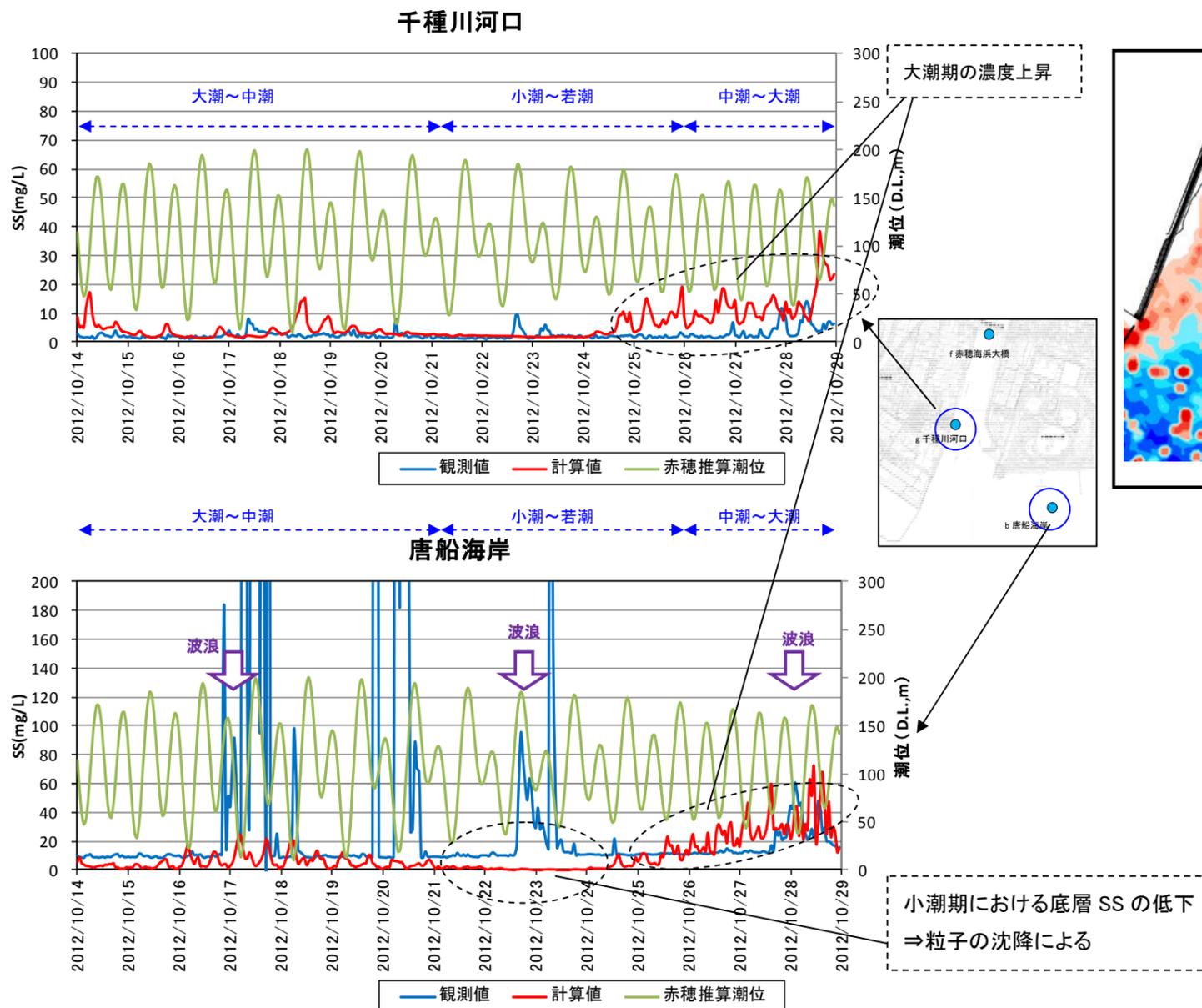


図- 3.9 SS 時系列変化の比較(上:千種川河口、下:唐船海岸(T 突堤沖側))

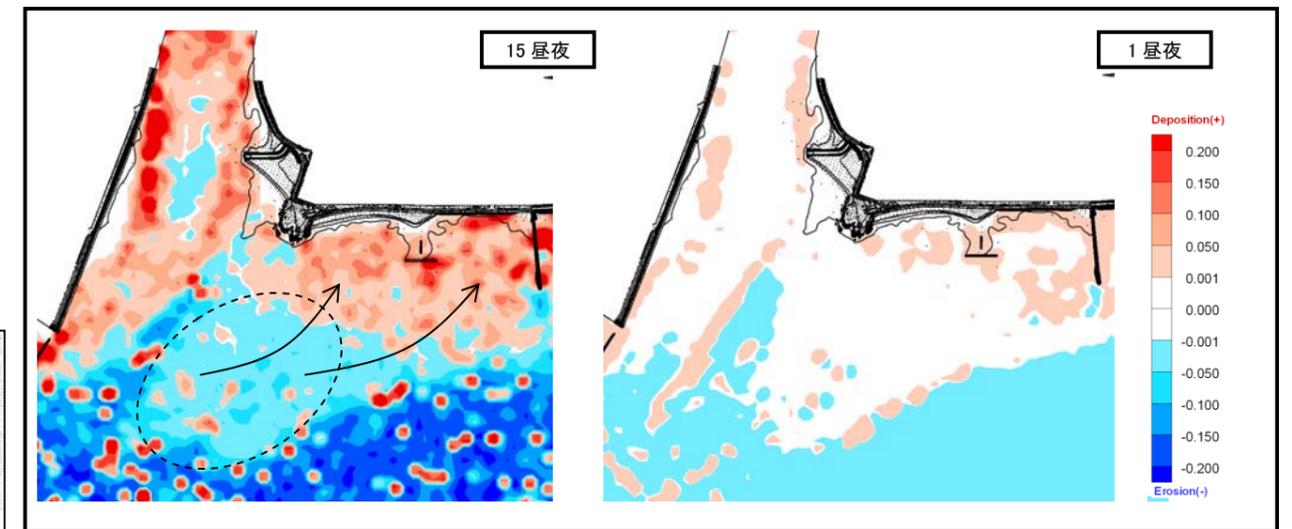


図- 3.10 侵食堆積分布図(左:15 昼夜、右:1 昼夜)

### 3.2.4 Case6(河川出水+高波浪)

#### (1) 本計算ケースの位置付け

同時に出水と波浪が作用する場合と、出水と高波浪が単独で作用する場合は、ぬかるみ発生の寄与が異なってくることから、同時作用のケースは図- 3.11 のとおり、将来的に効果検証を行っていく上での危険側条件を把握するためのケースとして位置付けることができる。

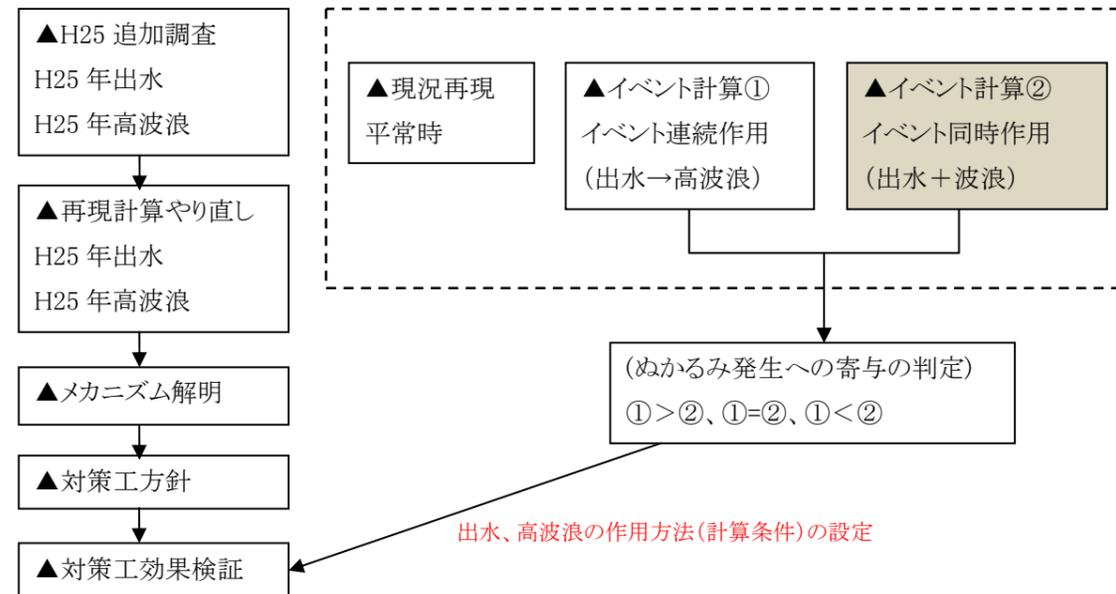


図- 3.11 河川出水、高波浪同時作用ケースの位置付け

#### (2) 過去の出水、高波浪の出現パターン

2004年から2012年7月までの期間で河川出水が比較的大きかった16イベントを選び、その時の風速を合わせて比較した。結果は下表に示すとおりであり、出水と波浪のピークは数時間～数十時間のずれがあり、出水ピーク前に波高が高くなるが多かった。

また、波浪推算による波浪諸元から、比較的波高が高いのは、No.1、9、12、13の5回であり、このうち水位が氾濫水位3.8mを超えたのはNo.12のみであった。また、下表のハッチングのイベントからピークのずれをみるとほぼ出水ピーク前数時間に波浪のピークが来ており、平均して約-4.3時間であった。

計算においては、ぬかるみの発生がより多くなると考えられるタイミングを設定することが、危険側を予測することになる。また、出水ピークから長時間作用する場合も、より危険側を予測することとなる。実際には、平成23年9月3日の台風時に河川出水ピークとほぼ同時に波高が高くなり、出水ピーク12時間後も波高が高い。この状況は、水中の濁りが多い状況下で、長時間波浪が作用することとなるので、浮遊状態の粒子がより岸側へ輸送される可能性が高い。したがって、ピークから12時間程度の波浪作用を1つの条件として設定する。

表- 3.2 河川水位と波浪の作用履歴

No	ピーク出現時刻		ピーク水位(m)	ピーク風向・風速		ピーク出現時間差(h)	有義波高(m)	有義波周期(s)
	河川水位	風速		風速(m/s)	風向			
1	2004/8/31 5:00	2004/8/30 21:00	3.19	30	南南東	-8	2.77	5.85
2	2004/9/29 23:00	2004/9/29 20:00	6.49	10	北北西	-3	-	-
3	2004/10/20 21:00	2004/10/20 15:00	4.41	19	北北東	-6	-	-
4	2006/7/19 9:00	2006/7/19 7:00	4.84	5	北東	-2	-	-
5	2006/9/6 21:00	2006/9/6 18:00	2.83	4	北北東	-3	-	-
6	2007/7/14 21:00	2007/7/14 20:00	3.37	9	東南東	-1	0.80	3.44
7	2009/7/20 6:00	2009/7/21 14:00	2.49	6.1	南南西	32	-	-
8	2009/8/10 3:00	2009/8/10 9:00	6.11	5	東北東	6	-	-
9	2010/5/24 11:00	2010/5/24 6:00	2.81	14.1	南南東	-5	1.29	4.26
10	2011/5/12 1:00	2011/5/13 18:00	3.03	7.5	西南西	41	0.49	2.58
11	2011/7/7 19:00	2011/7/8 15:00	2.51	5.1	南南東	20	0.51	2.89
12	2011/9/3 23:00	2011/9/3 19:00	4.89	11.8	南東	-4	1.10	4.01
13	2011/9/17 6:00	2011/9/17 6:00	2.56	10	南南東	0	0.93	3.71
13	2011/9/17 6:00	2011/9/17 18:00	2.56	12.1	南南東	12	1.11	4.00
14	2011/9/21 10:00	2011/9/21 16:00	3.87	8.3	北西	6	-	-
15	2012/6/19 21:00	2012/6/19 11:00	2.28	8.8	南南東	-10	0.82	3.52
16	2012/7/7 5:00	2012/7/7 4:00	5.22	5.1	南南東	-1	0.36	2.28

※ピーク出現時間差は、河川水位ピークを基準として風速ピークが現れる前後時間差を表示(+: 出水ピーク後、-: 出水ピーク前)  
 ※有義波高、有義波周期は、ピーク風向風速より推算した波浪諸元。

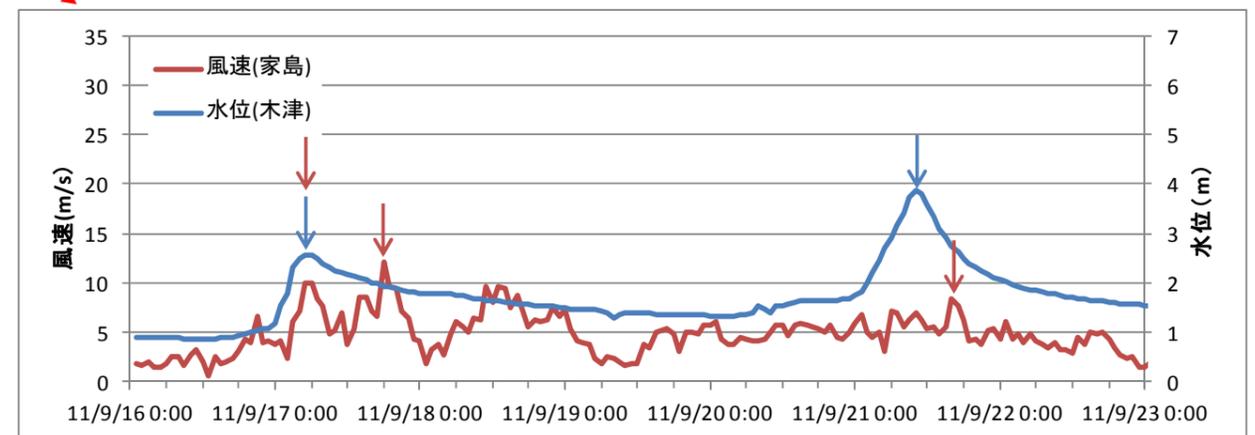


図- 3.12 出水ピーク後に高波浪が作用するパターン例

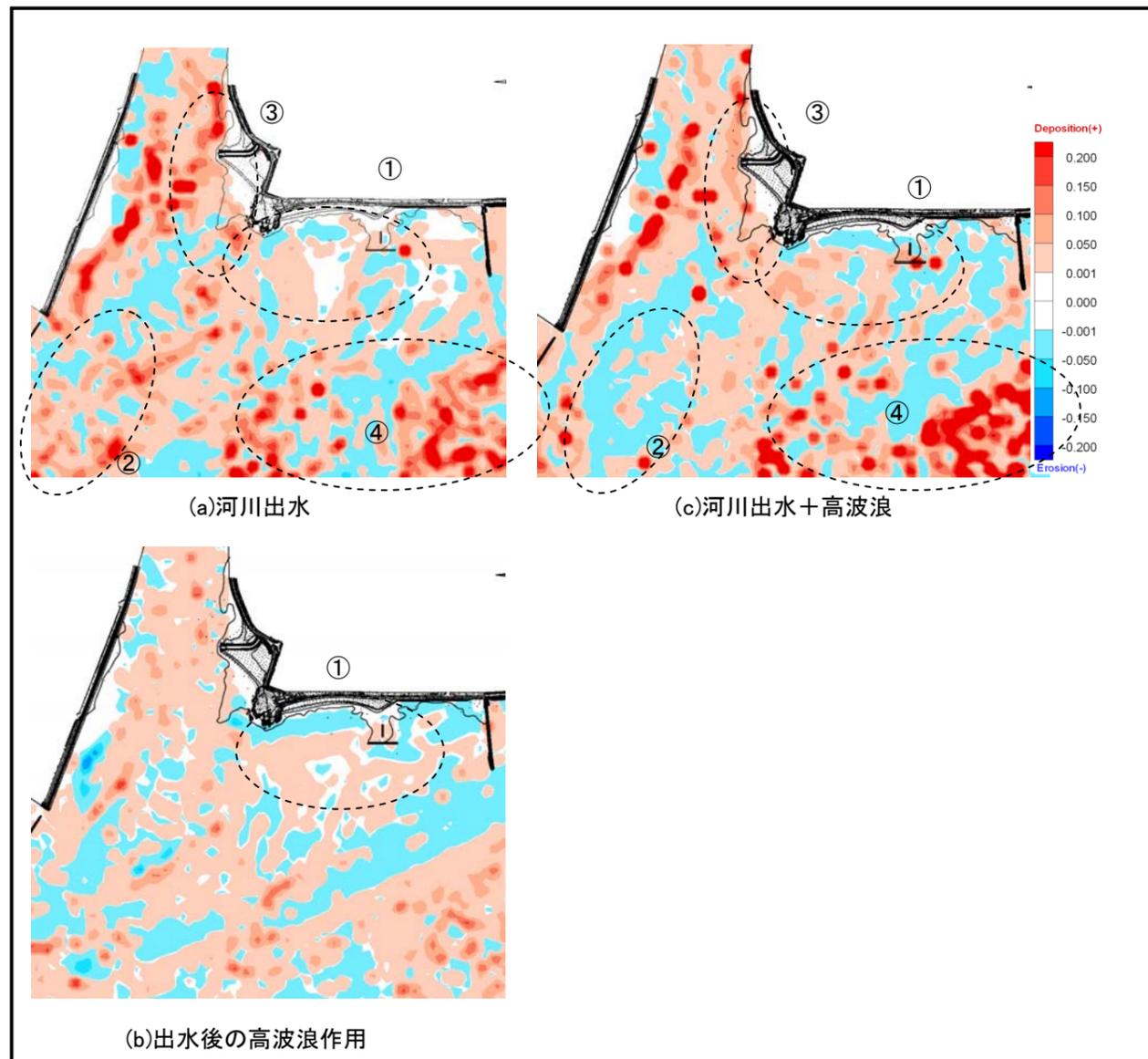


図- 3.13 河川出水と高波浪の組み合わせの違いによる侵食堆積分布

- ①図- 3.14 に示すとおり、河川出水(a)よりも、高波浪が同時作用する方が堆積量は多くなる。出水後の高波浪作用によって汀線部ではやや侵食傾向が強くなる。
- ②河口部沖側では、波浪の影響によって河川出水 (a)の方が堆積傾向は強くなる。
- ③唐船山西側の堆積傾向は変わらないが、堆積厚としては河川出水(a)の方がやや多い傾向である。
- ④沖側では、堆積傾向であることは変わらないが、河川出水+高波浪(c)の方が、堆積厚はやや大きい傾向が見られる。

⇒河川出水+高波浪(c)の方が、汀線部への堆積はやや多い方向に働くものと考えられる。

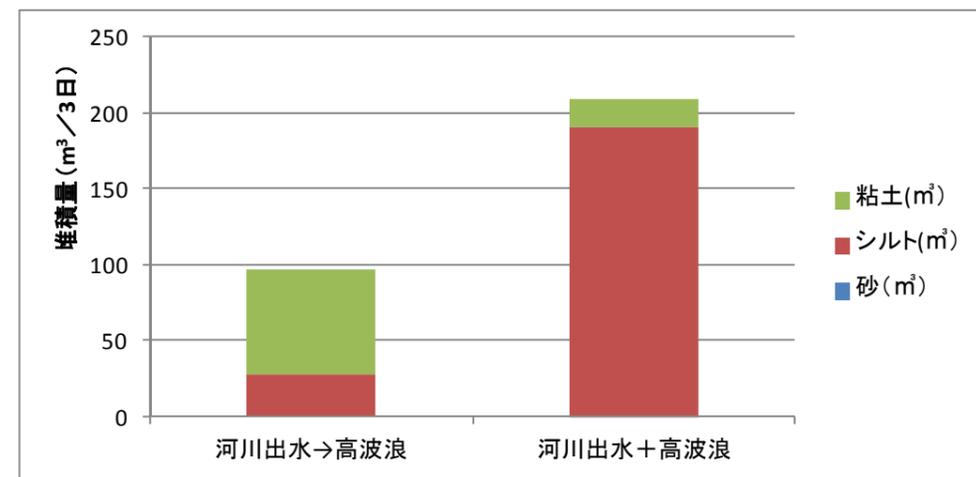
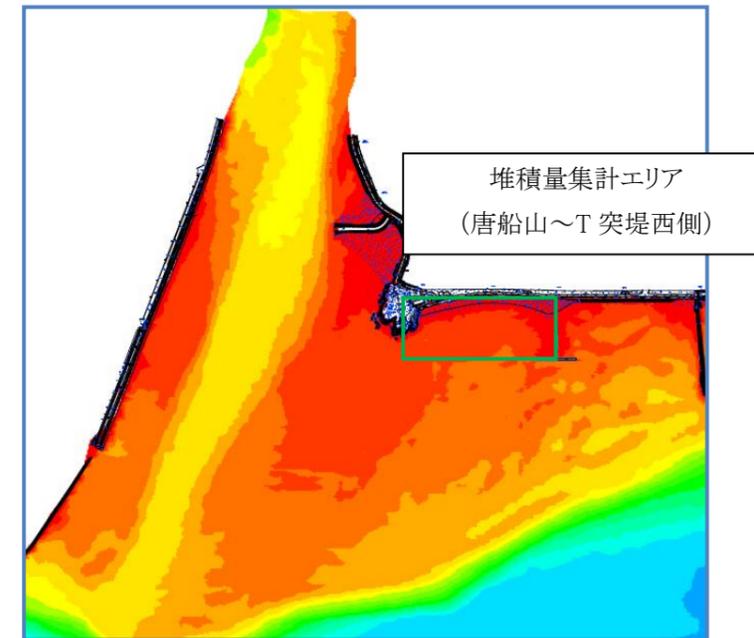


図- 3.14 海水浴場付近(唐船山~T 突堤)の堆積量の比較

(シルト粘土の堆積量の違いについて)

・「河川出水→高波浪」の場合、河川出水時に唐船山から T 突堤西側の比較的流れが弱い範囲に、河川からの流入する土砂の粘土分が堆積すると考えられる。

・一方で、「河川出水+高波浪」の場合は、唐船山から T 突堤西側の範囲は波浪による乱れが相対的に強くなるため、「河川出水→高波浪」の場合に比べて、細かい粘土粒子の堆積が少ないと考えられる。

### 3.2.5 土砂堆積量の比較

①河川導流堤周辺から唐船山西側、②-1 唐船山からT 突堤、②-2T 突堤から防砂堤、③干潟テラスの4つのエリアにおける各計算ケースでの堆積量について、粒径別に整理した。

整理結果より、各エリアの堆積量が外力によってどのように変化しているか、以下のとおり整理した。なお、15 昼夜計算結果については、計算対象期間が他のケースに比べてかなり長いので、ここでは比較から除外した。

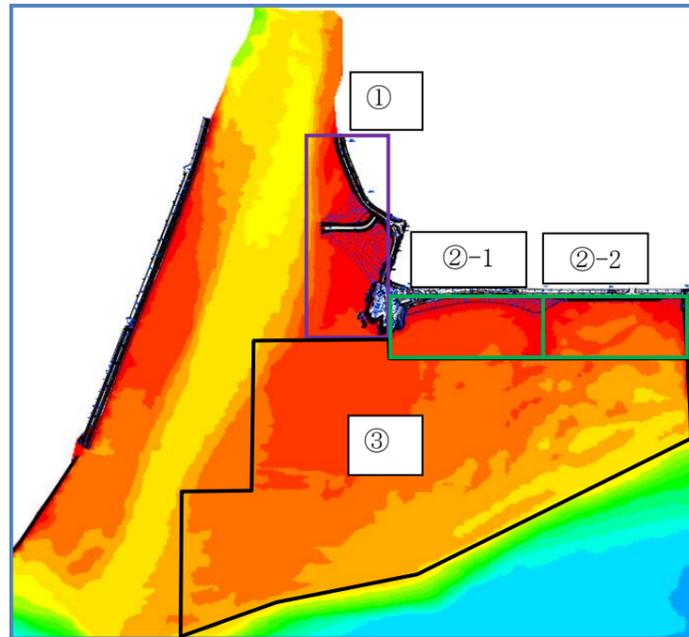


図- 3.15 土砂収支集計範囲

#### [土砂堆積量のエリア別特徴の整理 図- 3.16 参照]

エリア①:「河川出水」や「河川出水+高波浪」において堆積量が多い。いずれのケースにおいても土砂収支は堆積となる。

エリア②-1:4 つのエリア内で堆積量は最も少ない。堆積量に注目すると、「1 昼夜」、「河川出水+高波浪」の堆積量が多くなる。また、「高波浪」よりも「小規模波浪」の方が堆積量はやや多い。土砂収支としては、「河川出水」、「高波浪」、「河川出水+高波浪」のケースで侵食量の方が多くなる。

エリア②-2:エリア②-1 と同様に、堆積量に注目すれば、「1 昼夜」、「河川出水+高波浪」による堆積量が多くなる。また、各ケースの堆積量はエリア②-1 に比べて多い。土砂収支としても全てのケースで堆積の方が多くなる。「高波浪」は、「河川出水」や「小規模波浪」による堆積量よりも多く堆積する。

エリア③:エリア①と同様に「河川出水」や「河川出水+高波浪」の堆積量が多くなるが、「高波浪」や「小規模波浪」の作用によっても堆積量は比較的多く、波浪によって干潟テラス外縁部(エリア③の南端)からテラス中央付近へ輸送されていると考えられる。

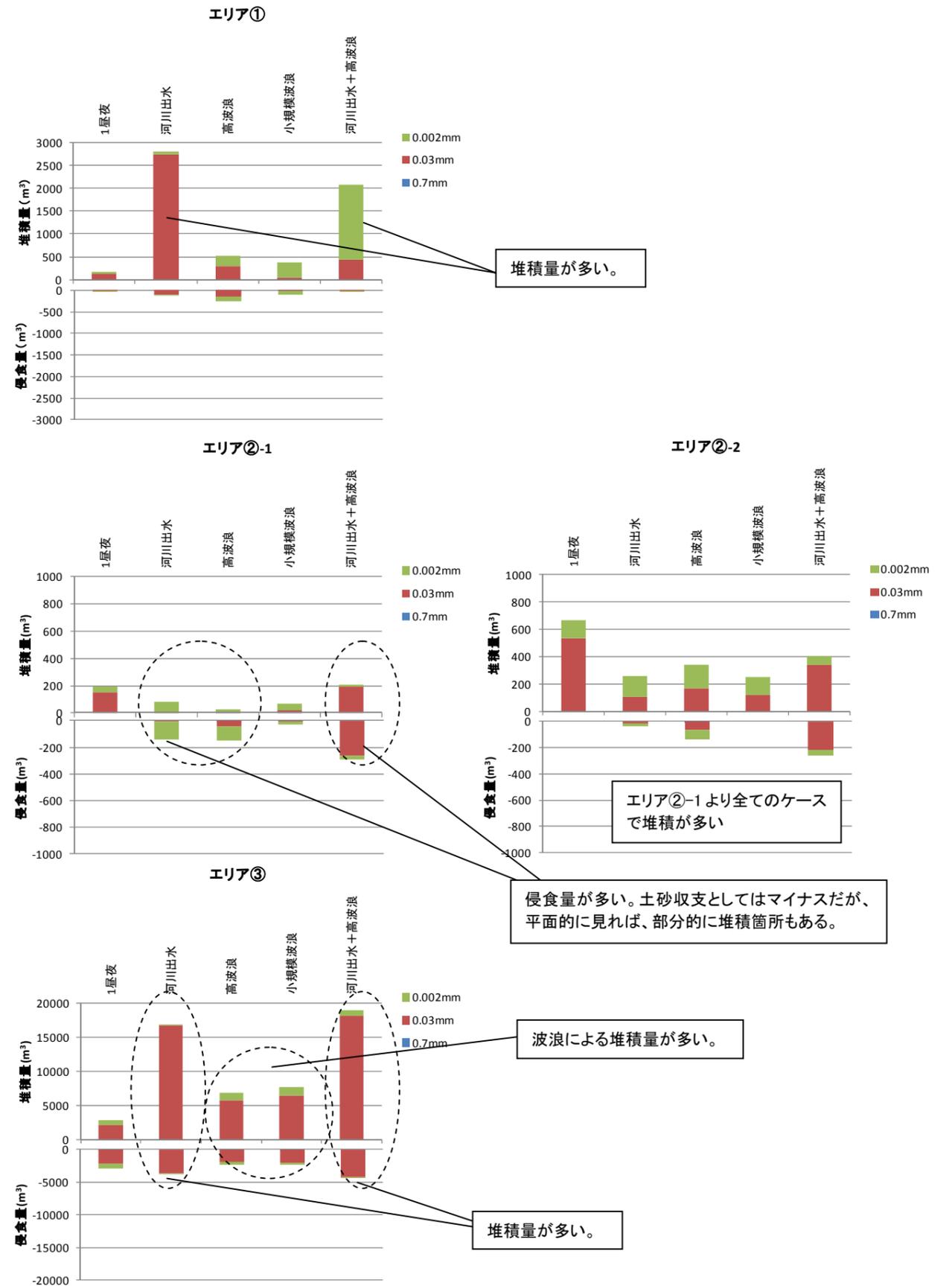
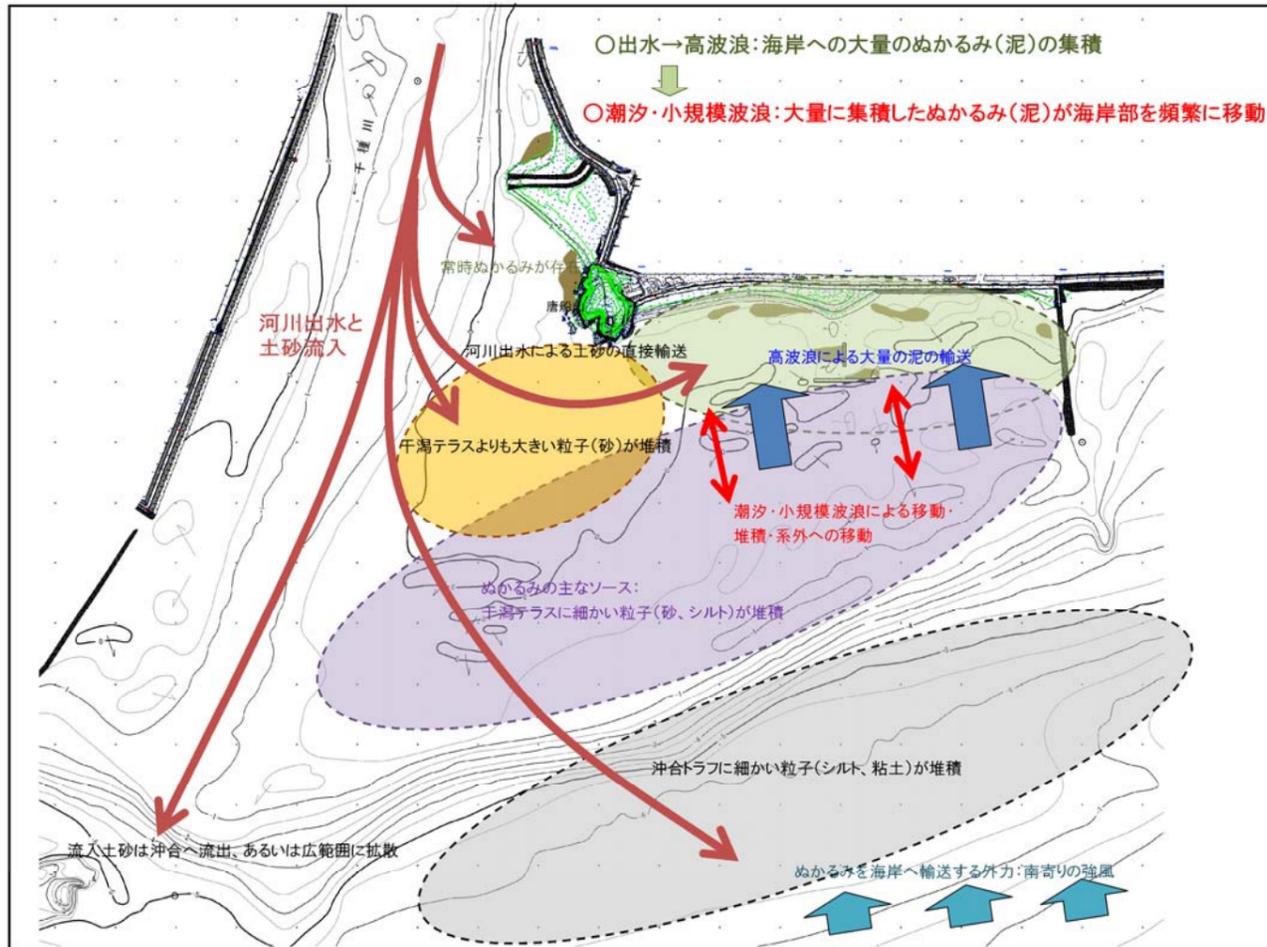


図- 3.16 各ケースでの土砂収支の比較

3.2.6 シミュレーション結果より想定されるぬかるみ発生原因の再整理

●第2回委員会で整理した想定されるぬかるみの発生原因

河川出水により供給された泥が干潟や沖合、一部は海岸部に堆積し、その後の高波浪で汀線部へ堆積する。さらには、小規模波浪や潮汐によって堆積・侵食を繰り返す。



●想定されるぬかるみの発生原因の再整理

河川出水により供給された泥が、干潟テラス、沖合、唐船山西側、一部は海岸部に堆積する。その後の高波浪によってT突堤周辺で堆積するが、汀線部では侵食傾向が見られる。さらには、潮汐や小規模波浪によって、干潟テラス部から汀線部への泥の輸送・堆積が増加する。

