

令和5年度 清水海岸侵食対策検討委員会

参考資料

令和6年2月26日

静岡県

背景写真：2023(R5)年11月2日撮影

参考資料 目次

(1) 令和5年度 事業実施状況の報告	3
(2) 侵食対策の効果	9
(3) 石廊崎波浪観測所における年最大有義波高の記録	10
(4) 養浜実績	11
(5) 底質調査結果	12
(6) 三保沖の漁礁周辺のモニタリング結果(令和5年度)	19
(7) 安倍川からの供給土砂による砂浜回復域の進行状況(令和5年度)	20
(8) 海浜断面地形の変化(令和5年度)	22
(9) 4号ヘッドランド下手の押土養浜前後の状況	45
(10) 本編4. 砂浜自然回復域の消波堤区間への到達時期の検討 の参考資料	48
(11) 本編5. サンドリサイクル養浜材確保の持続可能性の検討 の参考資料	60
(12) 本編6. (3) 2号新堤(南)の設置位置見直しの報告の参考資料	77
(13) 本編8. 安倍川流砂系外からの養浜材確保について の参考資料	83
(14) 本編9. 砂浜の海岸保全施設指定に関する報告 の参考資料	85
(15) 浸水想定区域図	93

	年度	R 4 年度	R 5 年度 (台風期前)		R 5 年度 (台風期～台風期後)	
	月	1～3月	4～6月	7～8月	9～12月	1～3月
高波浪来襲状況				台風7号 ■ (8/14)	低気圧 ■	
検討項目	2号新堤の整備	入札手続き	設計			
	養浜材採取方法	持続可能なサンドリサイクル養浜の検討				
	1号消波堤の撤去	次段階の撤去に向けた調査・検討				
実施項目	1号突堤下手対策	継続的な養浜・モニタリング・緊急時の養浜体制確保				
	安倍川サンドバイパス養浜	サンドバイパス養浜				サンドバイパス養浜
	旧飛行場サンドリサイクル養浜		サンドリサイクル養浜			サンドリサイクル養浜
	モニタリング			定写真撮影、汀線GPS簡易測量 (高波浪来襲前後)	航空写真撮影 汀線・深淺測量	
会議等	フォローアップ会議 侵食対策検討委員会	第9回 FU会議 (3/24)				第10回 FU会議 (3/15) 富士山世界遺産登録10周年 記念シンポジウム (2/24) 今回
		侵食対策検討委員会 (2/22)			侵食対策検討委員会	

(1) 1号突堤周辺の状況 ②根固工の設置

- ・ 1号突堤下手の養浜の常時波浪による流出の抑制を図るため、令和3年度に汀線より沖側に根固工を設置した。(景観に配慮し、既設と同じ頭頂部がないタイプのブロックを使用し、天端高さをT.P.+1.5m程度以下とした)
- ・ 令和5年度は高波浪が少なく根固工背後の養浜の歩留まりが高く、汀線位置も維持された状態である。

新設した根固工の平面図 (※養浜完了後の汀線より沖側に設置)



【新設の根固工の設置完了状況】 2021 (R3) 年9月



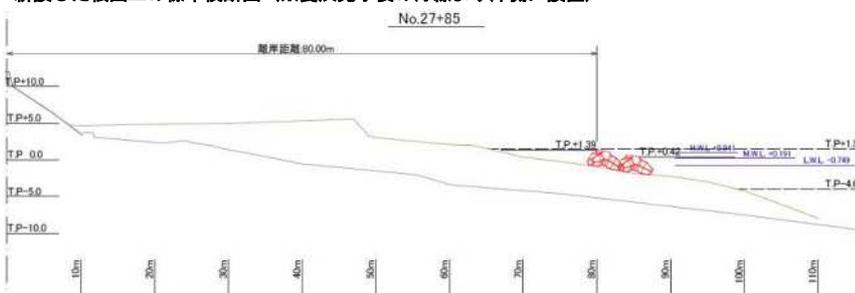
【根固工背後の状況】 2022 (R4) 年12月



【根固工背後の最近の状況】 2023 (R5) 年11月



新設した根固工の標準横断面図 (※養浜完了後の汀線より沖側に設置)



(1) 1号突堤周辺の状況

- ・令和元年(2019年)の台風10号, 15号来襲により、1号突堤下手の堤防基礎工が露出した。
- ・緊急養浜によりその都度露出箇所の覆土を行ったが、同年の台風19号来襲により再度露出した。
- ・元年(2019年)の台風19号では、砂浜些少部での越波が発生し、堤防背後への海水及び土砂の流入被害が発生。
- ・1号突堤下手の砂浜些少部への重点対策を実施するとともに、1号突堤下手背後地への越波被害防止対策等の対策を実施中。

◆対策内容

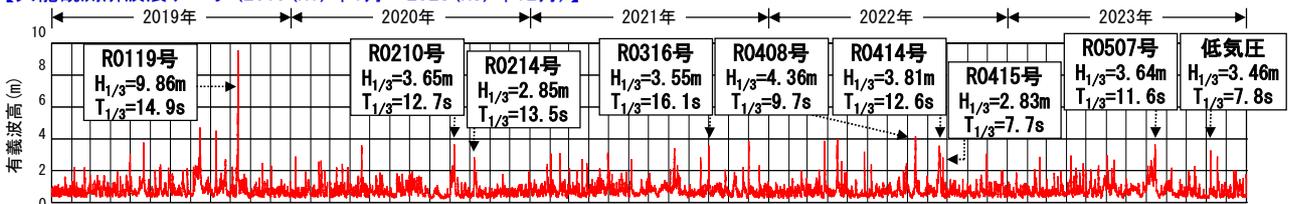
- ① 1号突堤下手に直接養浜を実施する。
 …R3年度分が完了(R3. 6(サンドリサイクル養浜6.7万m³+サンドバイパス養浜2.8万m³))
 …R4年度分が完了(サンドリサイクル養浜4.2万m³+サンドバイパス養浜3.0万m³)
 ⇒上記の2ヶ年で計画養浜量8万m³/年以上を実施
 …R5年度分を実施中(サンドリサイクル養浜2.3万m³)
 ⇒1号突堤下手は隣接する2号新堤整備箇所の堆砂のため、養浜の休止が基本となることから3号消波堤背後にストック養浜を実施
- ② 1号突堤下手への集中養浜の完了後、根固工を設置する。…完了(R3. 9)
- ③ 堤防背後の地盤嵩上げ(土堤の整備)を実施する。…完了(R3. 9)
- ④ モニタリングを行い、養浜材流出等の緊急時には養浜・押土等の対応を行う。…必要に応じて実施



(1) 1号突堤下手の侵食状況

- ・令和2年の台風10号, 14号来襲により、1号突堤下手に投入したサンドリサイクル養浜材の一部が流出し、堤防基礎工と根固工が露出する状況となった。
- ・令和3～5年は令和2年と同規模の高波浪が来襲したが、2号消波堤復旧+養浜の実施により堤防基礎工の露出防止等が図られた。

【久能観測所波浪データ(2019(R1)年1月~2023(R5)年12月)】



押土（既往実績）

H28年度第1回委員会資料に加筆

2015（H27）年には度重なる台風来襲への砂浜些少部の緊急対応として、ヘッドランドや消波堤の背後に残存した養浜材の押土を実施したが、この教訓を踏まえ、今後も緊急時に対応できるような備えを予め行っておく必要がある。



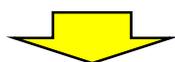
H27. 8. 20撮影
(平成27年台風11号来襲後の緊急対策実施状況)



H27. 8. 22撮影
(平成27年台風16号による波浪状況)



緊急時に備えて予め「土砂ストック」を行い、高波浪来襲後等のパトロールにより砂浜些少部の汀線後退等が確認された際には、次の高波浪に備えて当該ストックから押土を行う。



土砂ストック（施設背後等の比較的砂浜を有する箇所に実施する緊急時に備えた養浜）

◇実施条件

- ・ 養浜材を計画量より多く確保できる場合や、高波浪頻度が少なく養浜優先度の高い箇所の歩留りが高い場合（スペースが確保できない場合）など、**通常養浜の余剰の範囲で実施**することを基本とする。

◇実施箇所

- ・ **養浜優先順位の高い箇所**（必要砂浜幅、越波対策上の必要断面積を割り込む箇所）**付近のヘッドランドおよび消波堤背後にストック**することを基本とし、緊急時に押土等で早急に対応できるように備える。
（上記ストックができない場合は蛇塚の既往養浜箇所等も活用する）



2024. 2. 17撮影
3号消波堤背後の土砂ストック

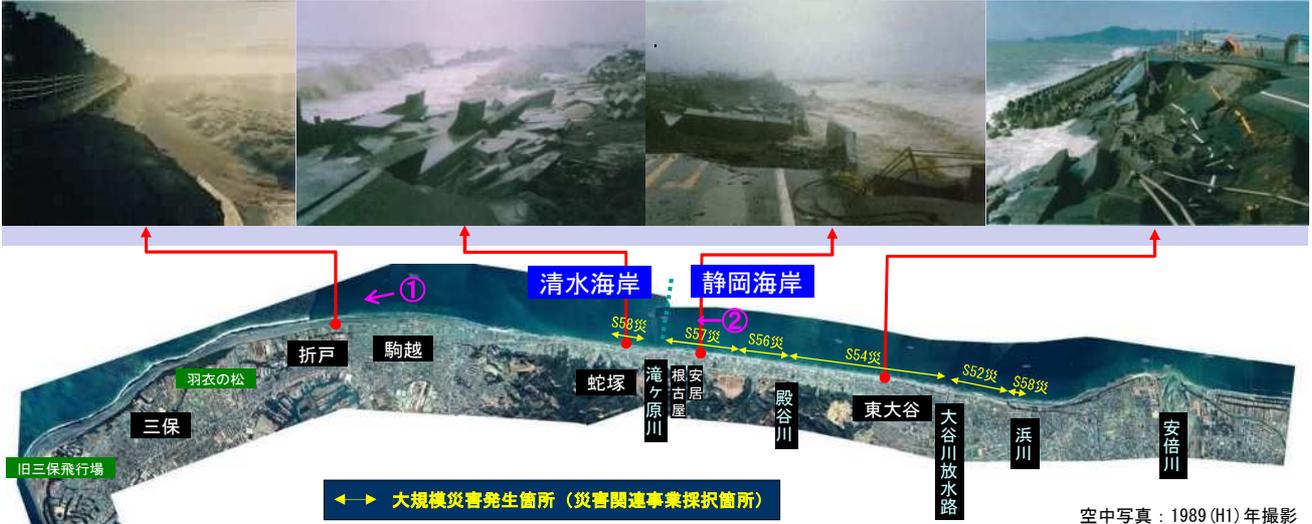
(2) 侵食対策の効果 ～侵食に伴う過去の災害～

1994 (H6) 年 折戸

1983 (S58) 年 蛇塚

1982 (S57) 年 根古屋・安居

1979 (S54) 年 東大谷



空中写真：1989 (H1) 年撮影

①1994 (H6) 年 駒越・折戸



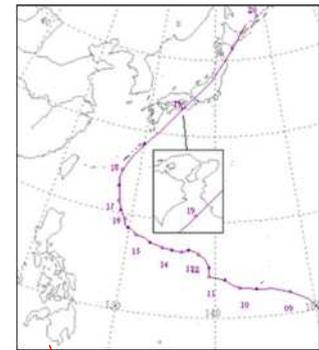
②1982 (S57) 年 根古屋・安居



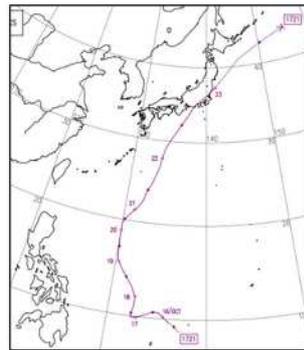
(3) 石廊崎波浪観測所における年最大有義波高の記録

気象庁石廊崎波浪観測所における年最大有義波高の記録より、昭和54年台風20号時の波高に比べて大きな波高が最近多く観測されている（令和5年は顕著な高波浪は観測されていない）。

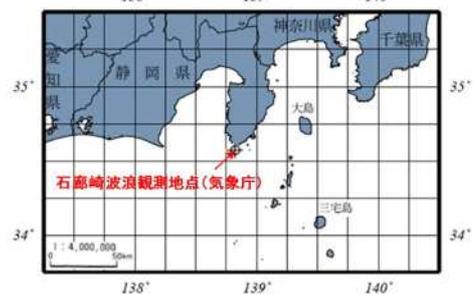
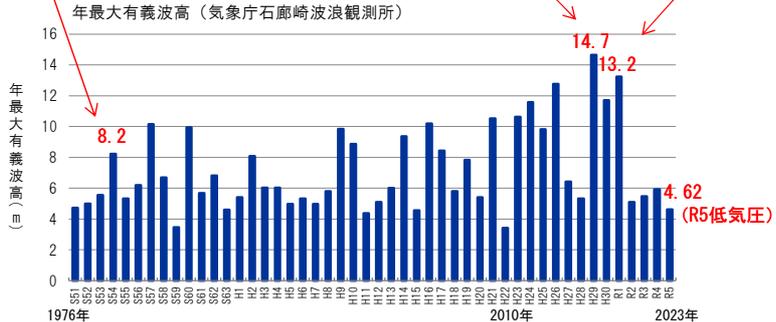
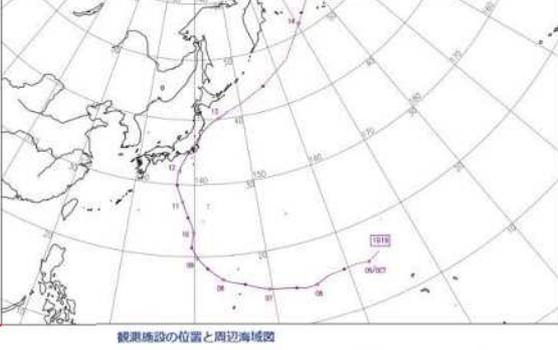
昭和54年台風20号



平成29年台風21号



令和元年台風19号

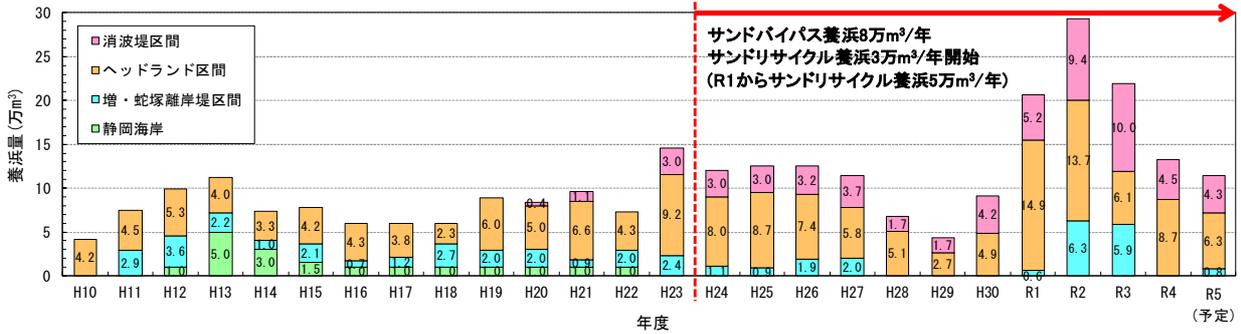


出典はいずれも気象庁HP

※気象庁石廊崎波浪観測は、2010年7月までは超音波式沿岸波浪計による観測であり、2010年7月以降はレーダー式沿岸波浪計による観測に切り替えが実施されている。

年度	1998		1999		2000		2001		2002		2003		2004		2005		2006		2007		2008		2009		2010		2011		2012		2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019		2020		2021		2022		合計 (予定は含まず)
	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	H27	H28	H29	H30	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15	R16	R17	R18	R19	R20	R21	R22								
静岡海岸	0	0	1.00	5.00	3.04	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	17.54				
増・蛇塚離岸堤区間	0	2.94	3.56	2.22	1.00	2.10	0.72	1.16	2.67	1.95	2.00	0.86	1.97	2.37	1.07	0.86	1.94	2.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	44.18				
1号ヘッドランド上手	0.29	1.25	0.87	0.85	1.36	2.18	2.38	3.08	1.50	2.63	3.00	2.55	2.34	2.83	5.08	5.67	2.67	2.84	1.33	1.05	0.51	4.30	4.41	3.11	2.03	60.10																									
1~2号ヘッドランド間	0	0	0.81	0	0	0	0	0.76	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5.96					
2~3号ヘッドランド間	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8.44					
3~4号ヘッドランド間	0.65	0.64	1.72	1.03	0.93	1.50	1.32	0	0.83	※0.69	※1.16	※1.80	0	1.00	1.45	0	0.55	1.11	0.78	0.50	0.23	1.90	4.10	0.21	0.58	24.68																									
4~5号ヘッドランド間	3.23	2.66	1.56	1.31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37.70					
5号ヘッドランド~L型突堤間	0	0	0.34	0.81	1.04	0.50	0.58	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15.92					
消波堤区間	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	54.04				
飛行場前面(浚渫工)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	56.27					
清水海岸養浜量合計	4.17	7.48	8.86	6.22	4.33	6.28	5.00	5.00	5.00	7.92	7.41	8.57	6.31	14.57	12.05	12.53	12.52	11.46	6.76	4.34	9.08	20.64	29.37	21.92	13.21	251.01																									

※サンドリサイクル養浜を含む (H30年度まではサンドリサイクル養浜のみを示す)



(5) 底質調査結果(令和2年度)

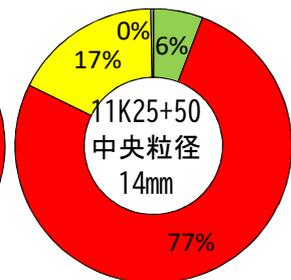
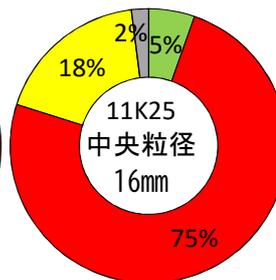
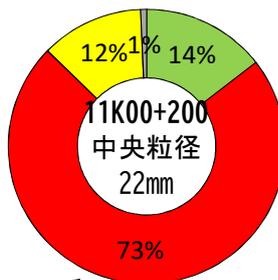
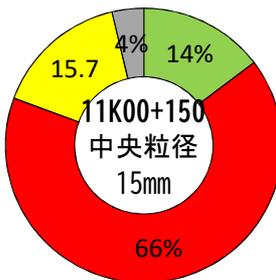
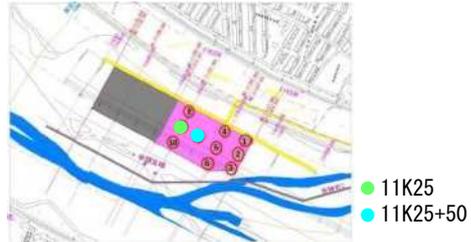
令和2年度清水西海岸高潮対策工事(サンドバイパス養浜工)養浜材採取箇所の任意の4地点について粒径調査(R2.12)を実施した。→礫主体で消波堤区間の現地粒径より粗いため養浜材としての歩留まりが高くなることが期待できる。

【粒径調査結果】

試料採取位置図(養浜第1工区)



試料採取位置図(養浜第2工区)



4地点を平均すると、砂分約2割、礫分約7割、石分約1割となる。(細粒) (粗粒)

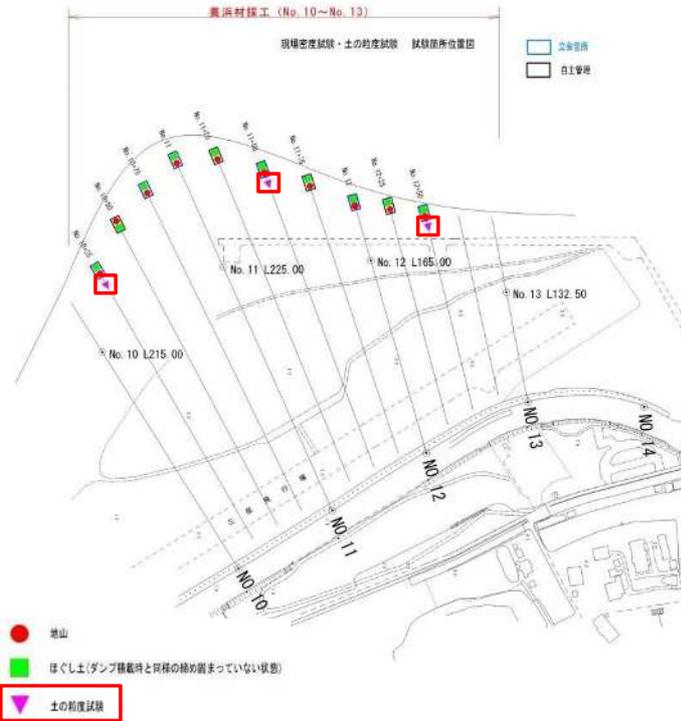
《粒度組成》
 石 75mm~
 礫 2mm~75mm
 砂 0.075mm~2mm
 シルト 0.075mm~

(5) 底質調査結果(令和3年度)

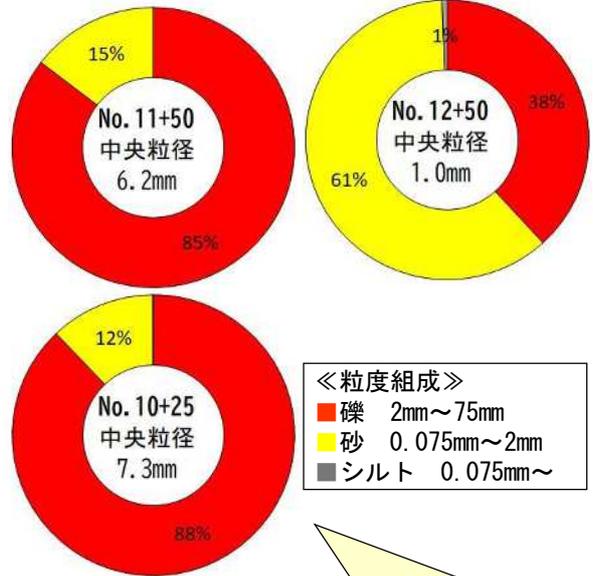
令和3年度清水西海岸高潮対策工事（サンドリサイクル養浜工）養浜材採取箇所の任意の3地点について粒径調査（R4.2）を実施した。→消波堤区間の現地と同じ礫主体であり、粒径も同程度である。

【試料採取箇所】

旧三保飛行場前面の養浜材採取箇所



【粒径調査結果】



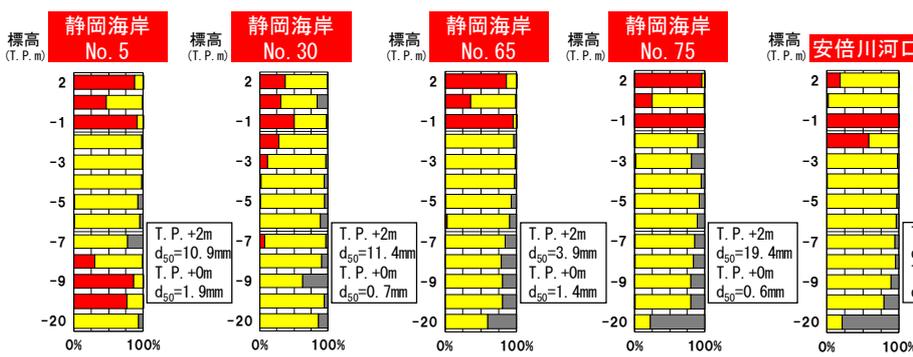
《粒度組成》
 ■ 礫 2mm~75mm
 ■ 砂 0.075mm~2mm
 ■ シルト 0.075mm~

3地点を平均すると、砂分約3割、礫分約7割となる。(細粒) (粗粒)

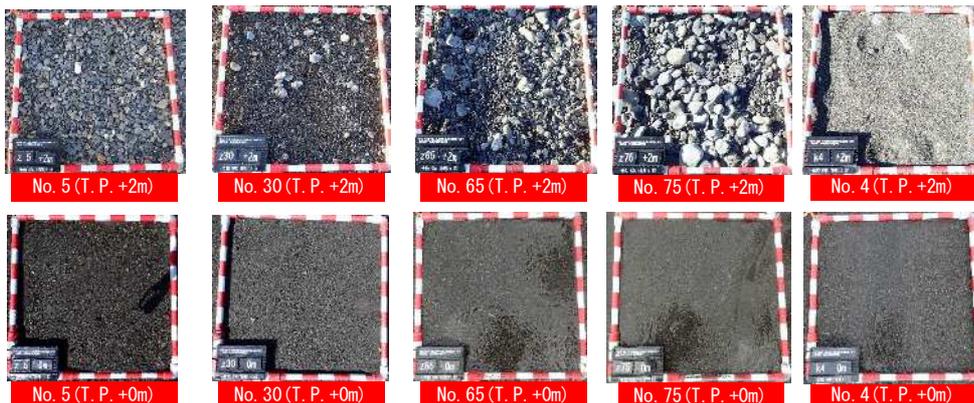
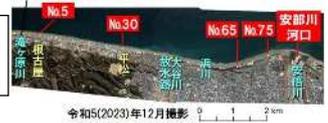
(5) 底質調査結果(令和5年度)

■ 令和5年度の調査結果（安倍川河口、静岡海岸）

・静岡海岸のT.P.+2m~-1mは礫の分布が主であり、T.P.-2m以深は砂の分布が主である。



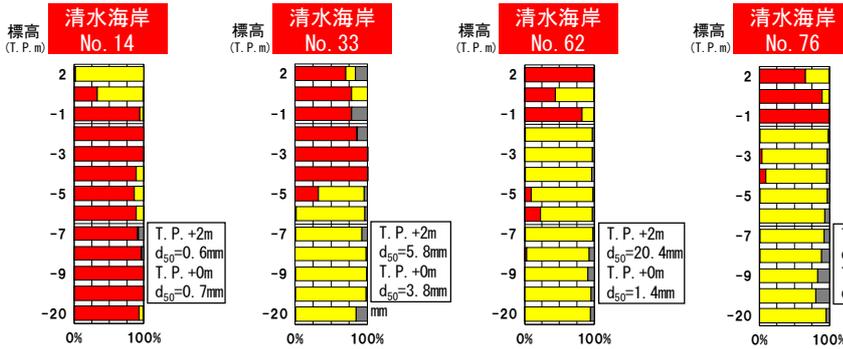
《粒度組成》
 ■ 礫 2mm~75mm
 ■ 砂 0.075mm~2mm
 ■ シルト 0.075mm~



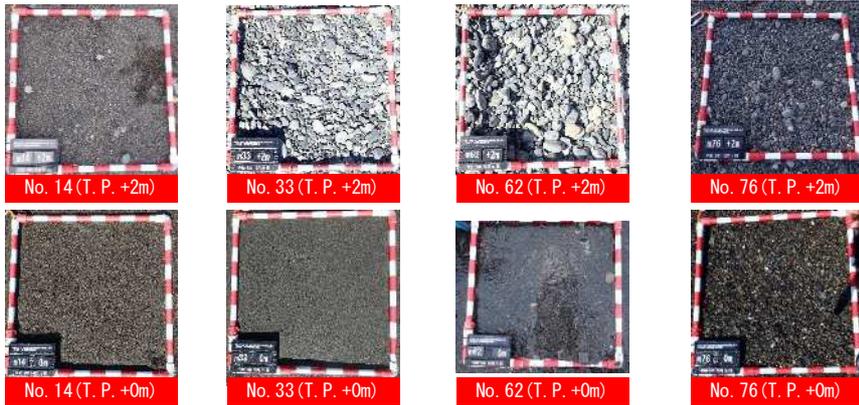
(令和5年10月10日採取)

■ 令和5年度の調査結果(清水海岸)

- 清水海岸のNo. 76, No. 62はT. P. +2m~-1mは礫の分布が主であり、T. P. -2m以深は砂の分布が主である。
- No. 33はT. P. +2m~-4mは礫の分布が主であり、T. P. -5m以深は砂の分布が主である。No. 14は全体的に礫主体である。



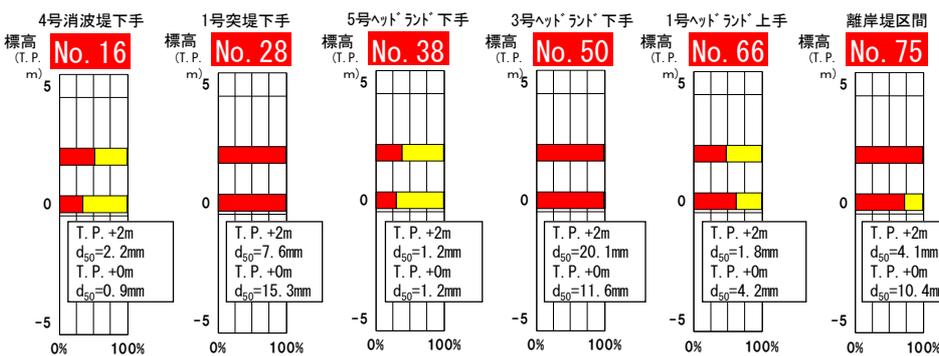
《粒度組成》
 ■ 礫 2mm~75mm
 ■ 砂 0.075mm~2mm
 ■ シルト 0.075mm~



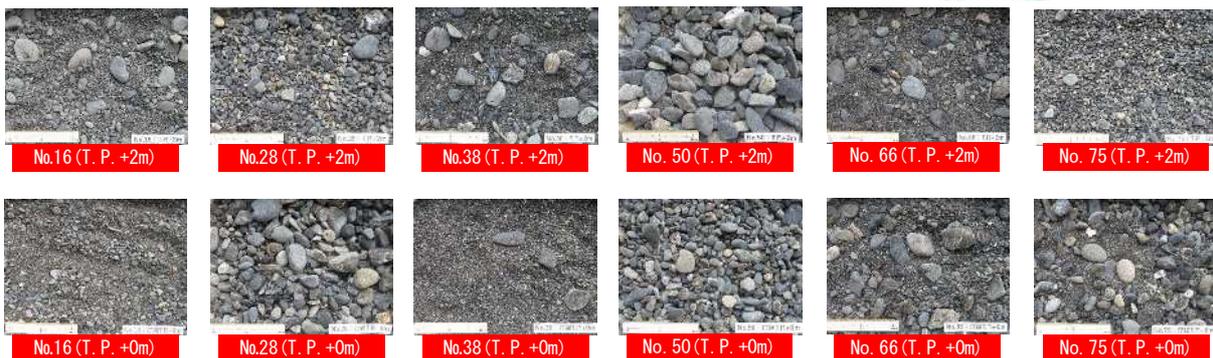
(令和5年10月10日採取)

■ 令和5年度の調査結果

- 清水海岸の養浜予定地点の汀線およびT. P. +2mでは、礫の分布※が主である。
- (※中央粒径は、 $d_{50}=0.9\text{mm}$ の粗砂~20mmの粗礫であり、No. 38の汀線は礫層上の表層を薄く砂が分布していた)



《粒度組成》
 ■ 礫 2mm~75mm
 ■ 砂 0.075mm~2mm
 ■ シルト 0.075mm~



(令和5年12月13日採取)

(6) 三保沖の漁礁周辺のモニタリング結果(令和5年度)

漁業

目的：漁業への影響の把握

評価基準	漁業に悪影響を及ぼしていないこと
評価	<p>漁礁周辺は堆砂等は生じておらず魚類も集まっていることが確認されたため、漁業への影響は問題が無いレベルと推測される。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・三保沖の漁礁周辺のモニタリング結果から、漁礁の移動・変形等は無く、漁礁底面では昨年度から変化がなく砂礫の堆積は見られない。養浜土砂による影響等は確認されず、魚類が集まっていることを確認した。 ・対策の実施による影響等は、清水漁業協同組合等から指摘されていない。
対応	<p>➢ 対策による漁業への影響を確認するため、今後も漁礁モニタリングと関係機関への聞き取り調査を実施していく。</p>

【令和5年度三保沖の漁礁周辺のモニタリング結果】

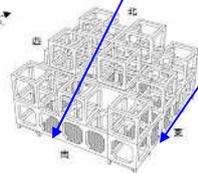
魚類の確認状況（潜水調査により確認された魚種及び場所（12月実施））

H27-1 確認魚種および増集場所			
魚種名	体長	尾数	増集場所
1 キンブアンダイ	5cm	100	漁場調査ブロック内
2 サクラダイ	10cm	50	漁場調査ブロック内
3 マキゴシロ	10cm	6	漁場調査ブロック内
4 シシガキダイ	30cm	2	漁場調査ブロック内
5 キンチマクダイ	10cm	2	漁場調査ブロック内
6 シシガキダイ	10cm	2	漁場調査ブロック内
7 マコトモシロ	100cm	1	漁場調査ブロック内
8 トンダイ	40cm	1	漁場調査ブロック内
9 ハナミノカサゴ	10cm	1	漁場調査ブロック内

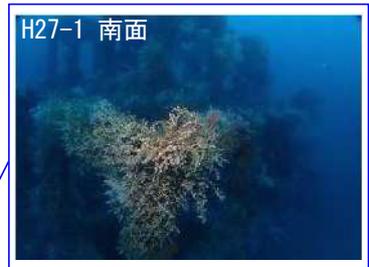
H27-2 確認魚種および増集場所			
魚種名	体長	尾数	増集場所
1 キンブアンダイ	5cm	100	漁場調査ブロック内
2 アサジ	10cm	20	漁場調査ブロック周辺
3 イサキ	10cm	20	漁場調査ブロック周辺
4 マキゴシロ	10cm	10	漁場調査ブロック内
5 キンチマクダイ	10cm	10	漁場調査ブロック周辺
6 サクラダイ	8cm	5	漁場調査ブロック内
7 ハコフダ	5cm	5	漁場調査ブロック内
8			



コンクリート組立礁(設置年H27-1, H27-2)



設置水深30m

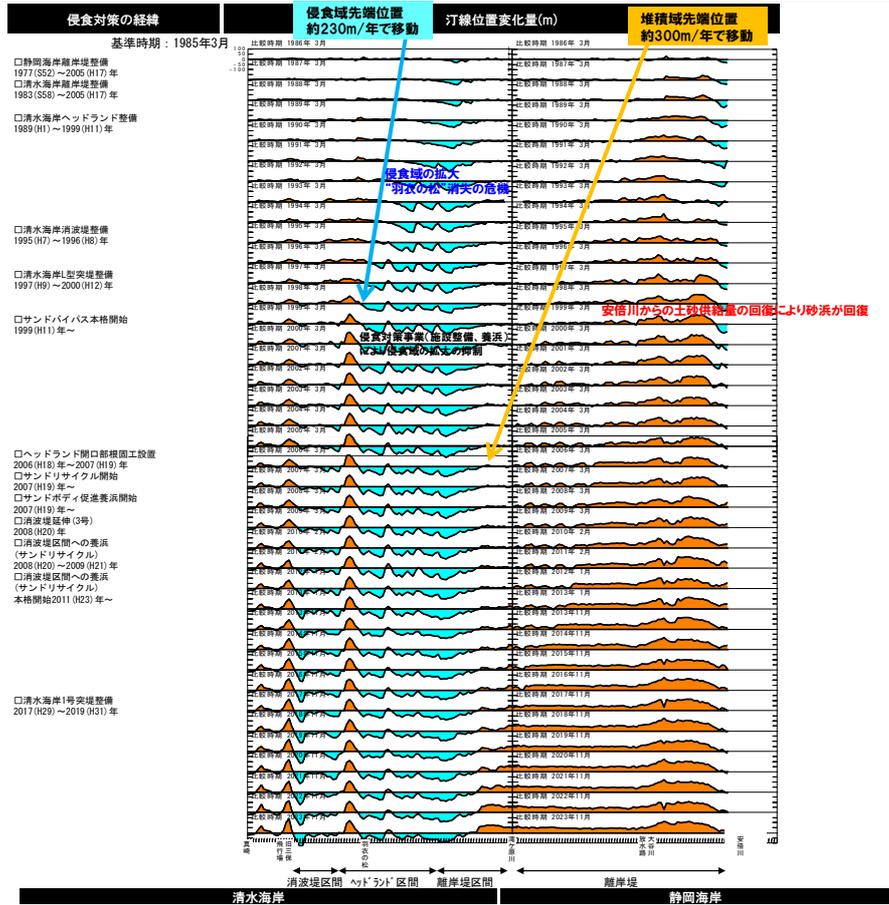


(7) 安倍川からの供給土砂による砂浜回復域の進行状況【離岸堤区間】 20

- ・ 2022 (R4) 年は蛇塚地区9号離岸堤まで砂浜回復域が進行している
- ・ 2023 (R5) 年は増地区5号離岸堤まで砂浜回復域が進行している



(7) 砂浜回復域の進行状況【汀線変化図(1985年基準)】

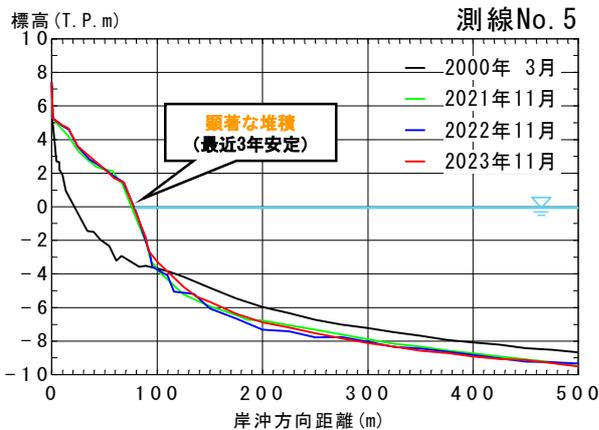


(8) 海浜断面地形の変化

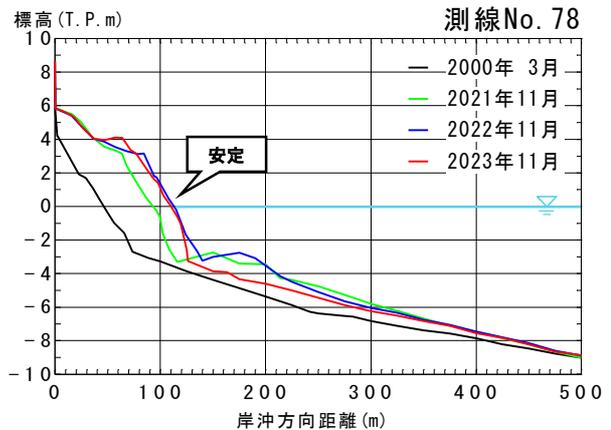
■静岡海岸

- ・安倍川河口左岸の測線No. 78は、2021~2022年にかけて堆積し2023年は安定している。
- ・清水区との区界付近の測線No. 5は、最近3年は安定傾向。

○清水区との区界付近 (静岡4号離岸堤測線)



○安倍川河口左岸

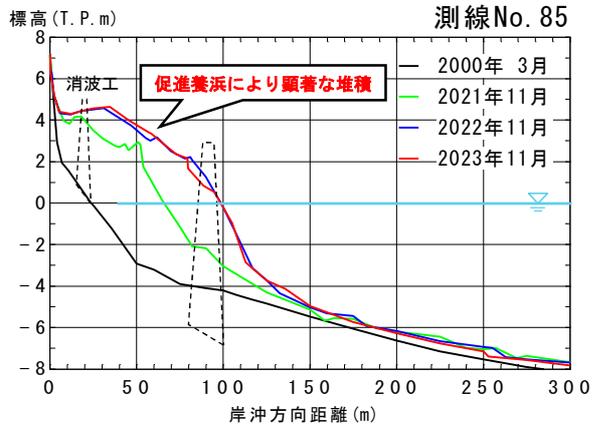


(8) 海浜断面地形の変化

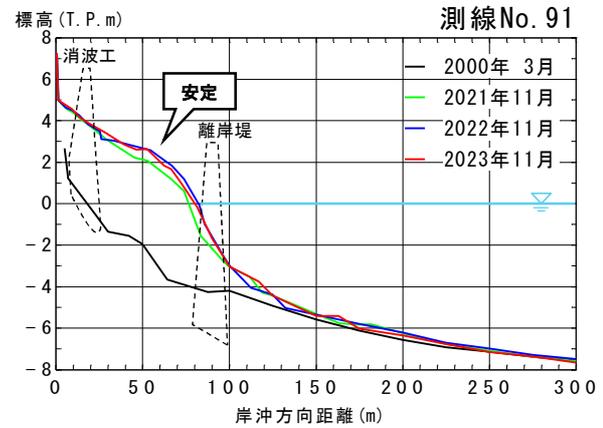
【離岸堤区間】 23

- ・ 測線No. 88～92は砂浜回復域の到達により砂浜が回復。
- ・ 蛇塚地区13号・14号離岸堤の開口部（測線No. 85）は令和元年台風19号により侵食された箇所が促進養浜の実施により、砂浜が回復。

○蛇塚地区13号・14号離岸堤の開口部



○砂浜回復促進養浜箇所より上手側

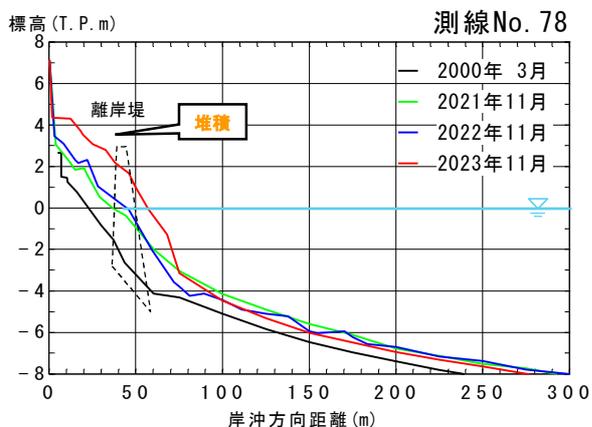


(8) 海浜断面地形の変化

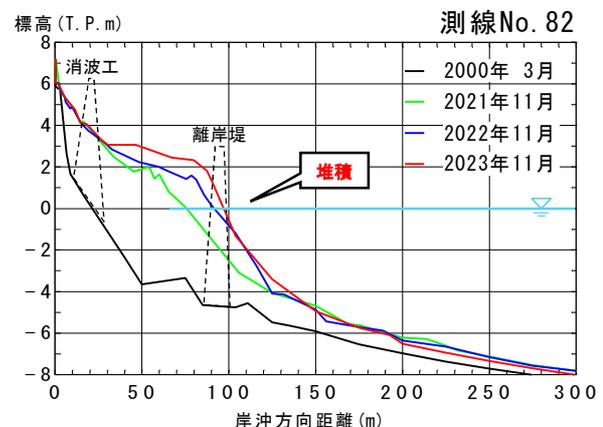
【離岸堤区間】 24

- ・ 蛇塚地区11号離岸堤（測線No. 82）は、2021年から2023年にかけて離岸堤岸側から沖側で堆積。
- ・ 増地区7号離岸堤（測線No. 78）は、2022年から2023年にかけて離岸堤岸側から沖側で堆積。

○増地区7号離岸堤



○蛇塚地区11号離岸堤

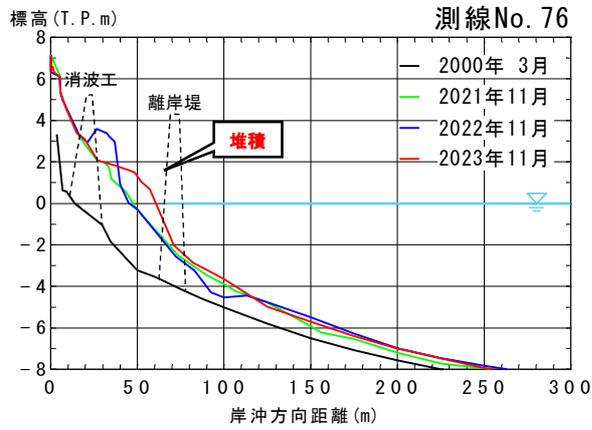


(8) 海浜断面地形の変化

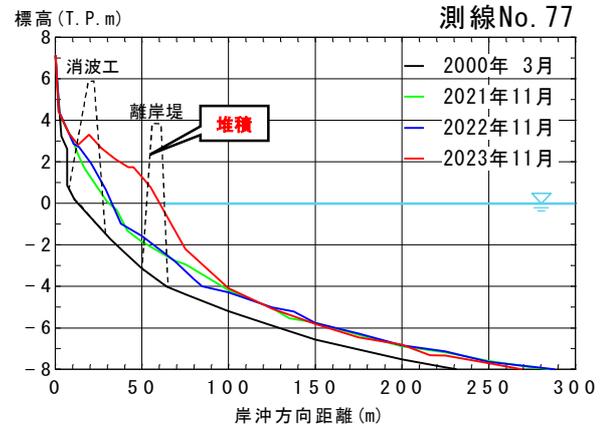
【離岸堤区間】 25

- ・ 蛇塚地区7号離岸堤（測線No. 77）は、2021年から2023年にかけて離岸堤岸側から沖側で堆積。
- ・ 増地区7号離岸堤（測線No. 78）は、2022年から2023年にかけて離岸堤岸側から沖側で堆積。

○増地区6号離岸堤



○蛇塚地区7号離岸堤

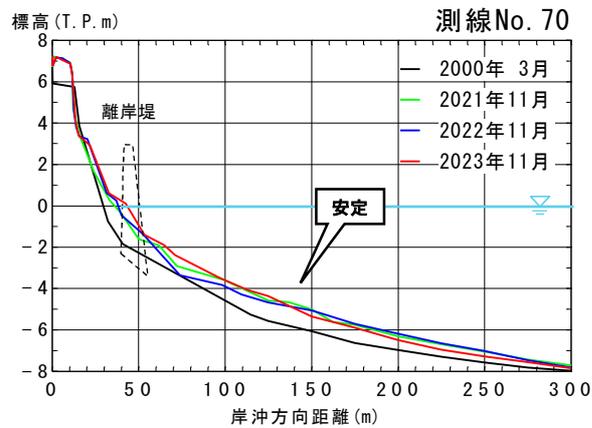


(8) 海浜断面地形の変化

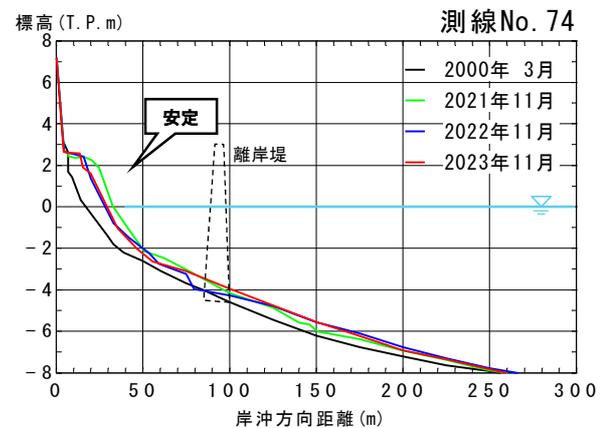
【離岸堤区間】 26

- ・ 増地区4号・5号離岸堤の開口部（測線No. 74）は、2021年から2022年にかけて汀線がやや後退し、2023年は安定している。
- ・ 増地区2号離岸堤（測線No. 70）は、2021年から2023年の変化は少なく安定している。

○増地区2号離岸堤



○増地区4・5号離岸堤の開口部



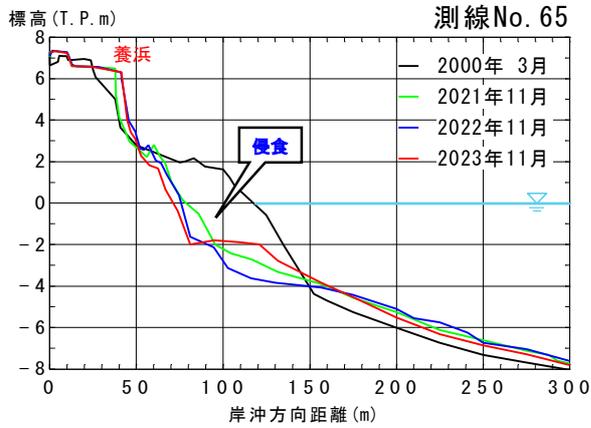
(8) 海浜断面地形の変化

【ヘッドランド区間】 27

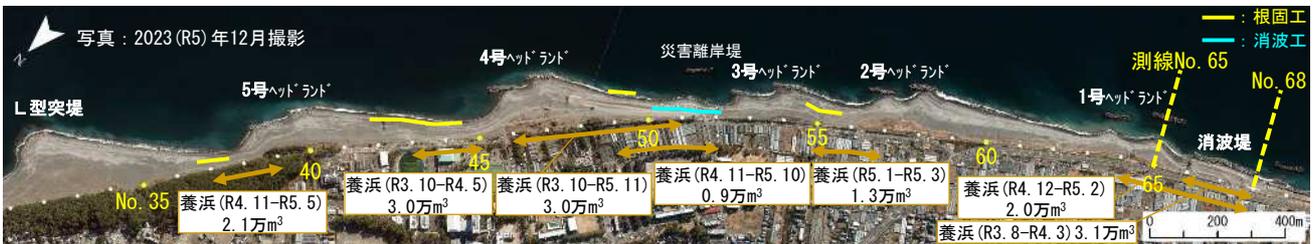
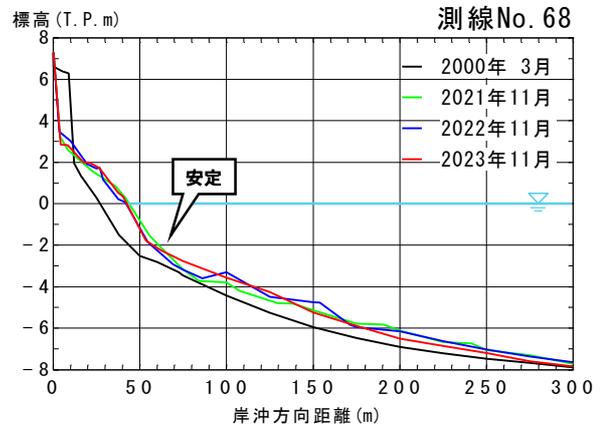
■増地区離岸堤～1号ヘッドランド

- ・増地区離岸堤下手の消波堤端部（測線No. 68）は安定傾向。
- ・1号ヘッドランド（測線No. 65）はヘッドランド背後の養浜の歩留まりは高いが、沖側はやや侵食が生じている。

○1号ヘッドランド（養浜箇所）



○増地区離岸堤下手（消波堤端部）



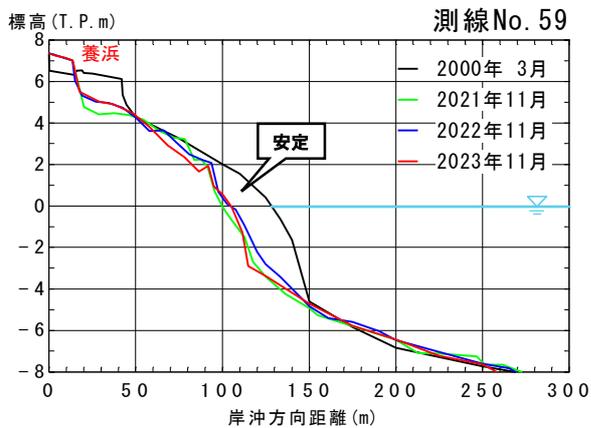
(8) 海浜断面地形の変化

【ヘッドランド区間】 28

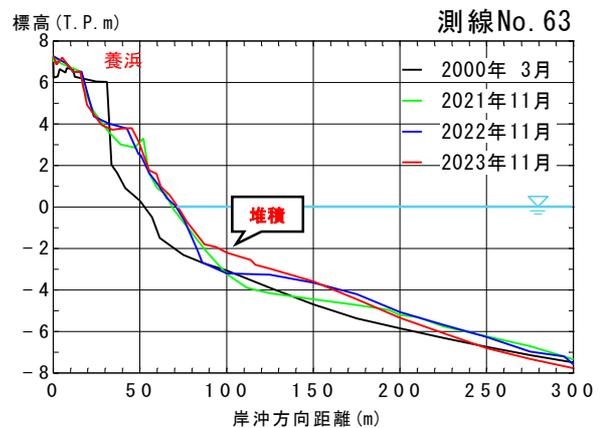
■1号～2号ヘッドランド

- ・1号ヘッドランド下手（測線No. 63）は、2021年以降はヘッドランド沖側の侵食箇所が埋め戻され堆積。
- ・2号ヘッドランド上手（測線No. 59）は、安定傾向。

○2号ヘッドランド上手



○1号ヘッドランド下手（養浜箇所）



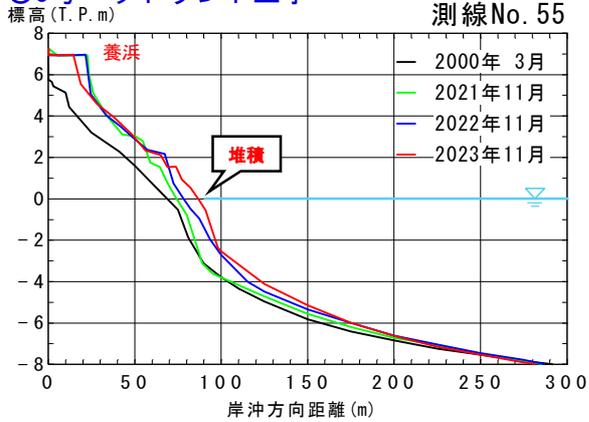
(8) 海浜断面地形の変化

【ヘッドランド区間】 29

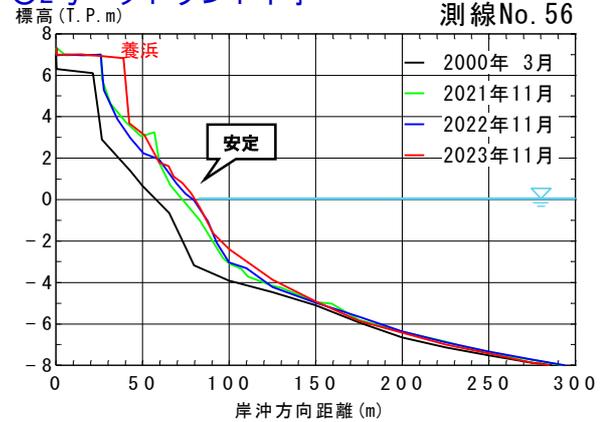
■2号～3号ヘッドランド

- ・2号ヘッドランド下手（測線No. 56）は、汀線付近で安定している（養浜の歩留まりが高い状態）。
- ・3号ヘッドランド上手（測線No. 55）は、汀線付近がやや前進している（養浜の歩留まりが高い状態）。

○3号ヘッドランド上手



○2号ヘッドランド下手



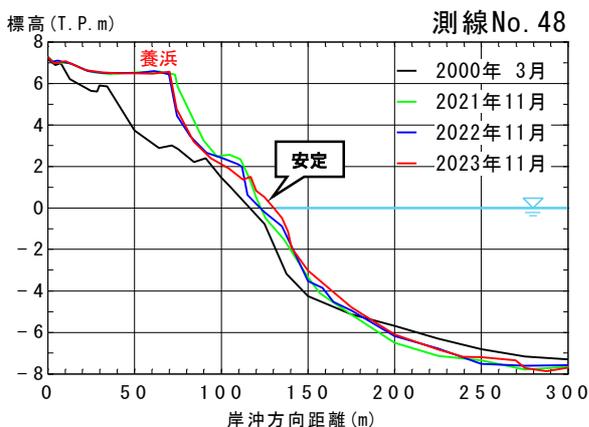
(8) 海浜断面地形の変化

【ヘッドランド区間】 30

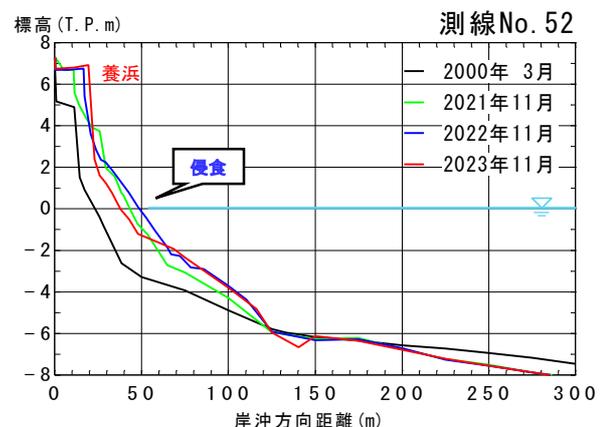
■3号～4号ヘッドランド

- ・3号ヘッドランド下手（測線No. 52）は、汀線付近で侵食が生じ必要砂浜幅が不足した状態である。
- ・4号ヘッドランド上手（測線No. 48）は、汀線付近が前進している（養浜の歩留まりが高い状態）。

○4号ヘッドランド上手



○3号ヘッドランド下手（養浜箇所）



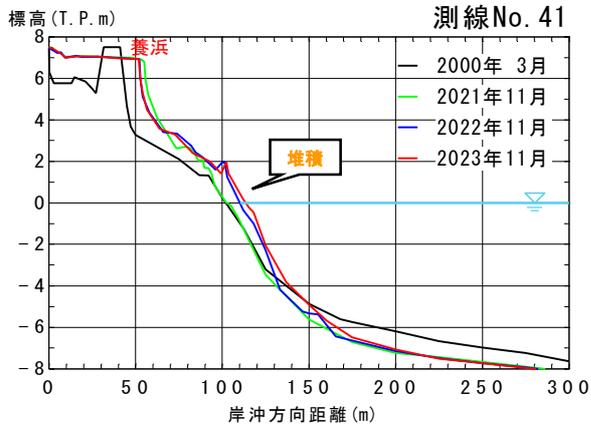
(8) 海浜断面地形の変化

【ヘッドランド区間】 31

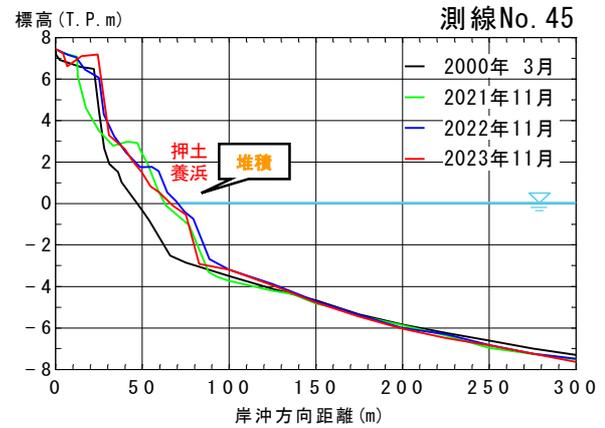
■4号～5号ヘッドランド

- ・4号ヘッドランド下手（測線No. 45）は、汀線付近からの押土養浜の実施により2022年の汀線は前進している。
- ・5号ヘッドランド上手（測線No. 41）は、上手側での押土養浜の寄与により2022年に汀線が前進しその後は維持している。背後の盛土養浜の歩留まりは高い状態が継続。

○5号ヘッドランド上手（養浜箇所）



○4号ヘッドランド下手（養浜箇所）



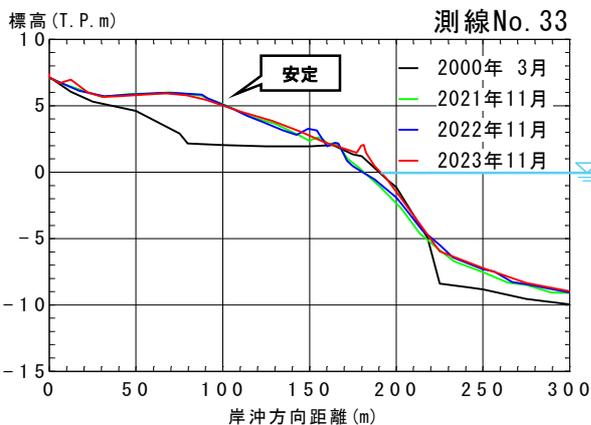
(8) 海浜断面地形の変化

【ヘッドランド区間】 32

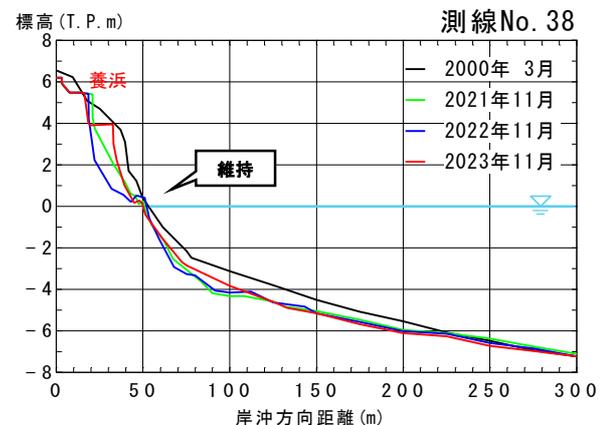
■5号ヘッドランド～L型突堤

- ・5号ヘッドランド下手（測線No. 38）は養浜実施により、汀線付近の変化が少ない（砂浜は狭い状態）
- ・L型突堤上手（測線No. 33）はT. P. +2mで浅で顕著な堆積。2019年以降は安定

○L型突堤上手



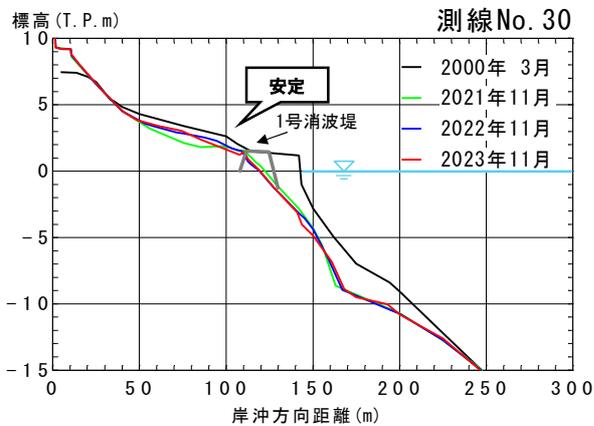
○5号ヘッドランド下手（養浜箇所）



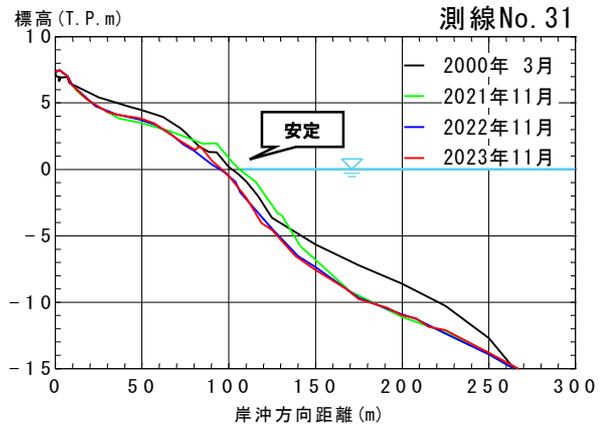
■1号消波堤周辺

- ・ 既設L型突堤～1号消波堤間（測線No. 31）は、2022年に汀線付近がやや侵食した状態で安定している。
※R2～5養浜未実施でも概ね安定
- ・ 1号消波堤背後（測線No. 30）は、2021年以降はT. P. +3m～-8m間で堆積した状態で安定。

○1号消波堤



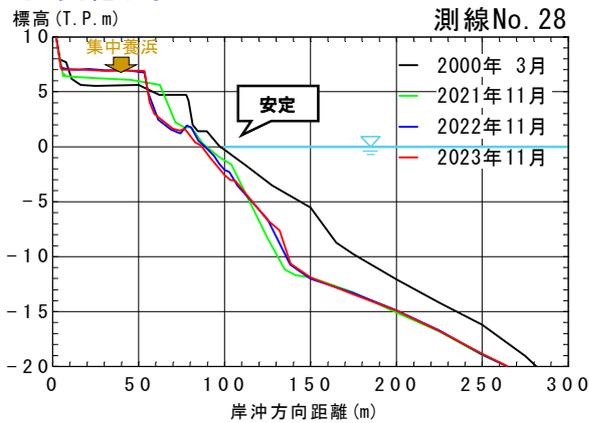
○既設L型突堤～1号消波堤間



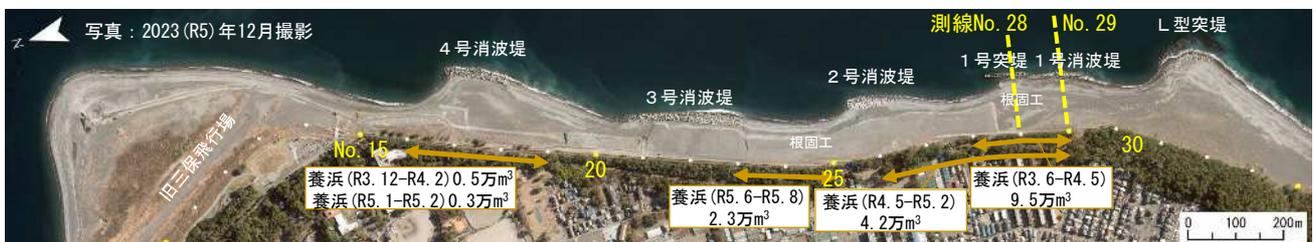
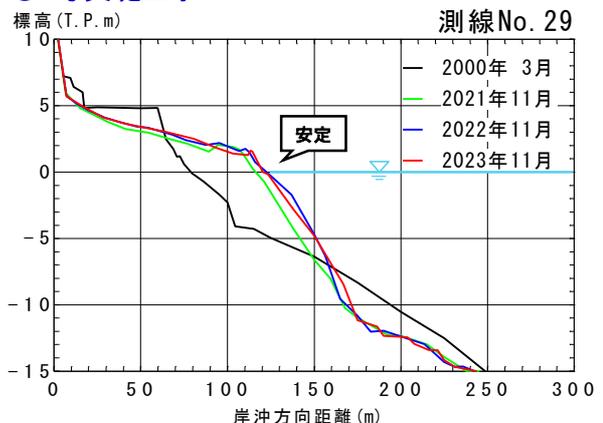
■1号消波堤～2号消波堤間

- ・ 1号突堤上手（測線No. 29）は1号突堤の効果と養浜の寄与により、2021年以降は安定している。（回復）が顕著。
- ・ 1号突堤下手（測線No. 28）は2017年以降、侵食傾向（必要砂浜幅が不足）であったが、養浜の実施と2号消波堤の復旧により必要砂浜幅を満足した状態を維持。

○1号突堤下手



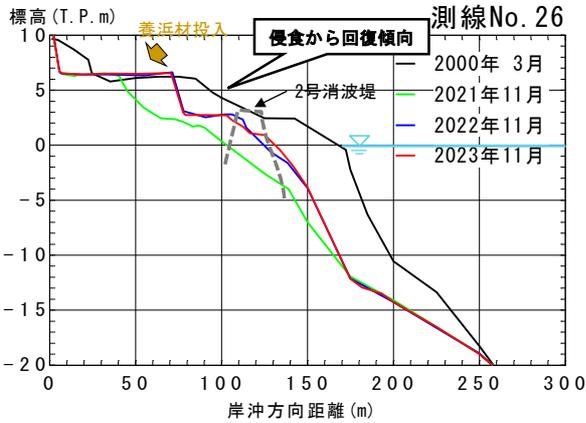
○1号突堤上手



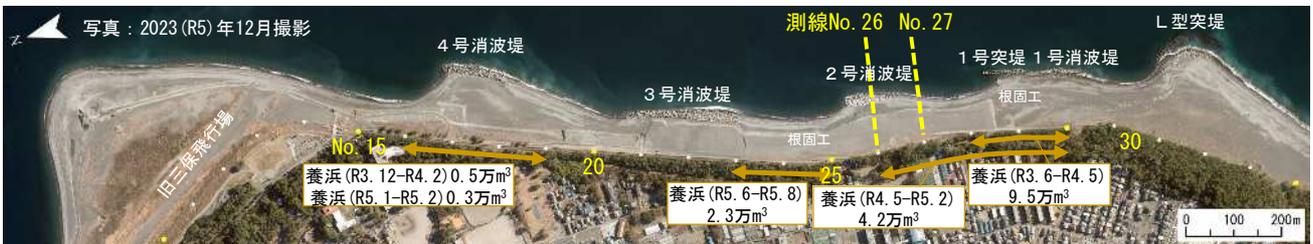
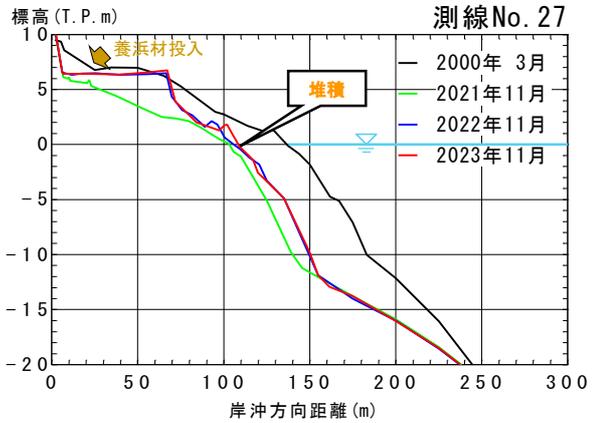
■2号消波堤周辺

- ・2号消波堤上手（測線No. 27）は養浜の実施と2号消波堤の復旧により、必要浜幅を満足した状態を維持。
- ・2号消波堤設置箇所（測線No. 26）は2019年台風19号の影響で侵食したが、養浜の実施と消波堤の復旧により2021年以降は回復傾向。

○2号消波堤



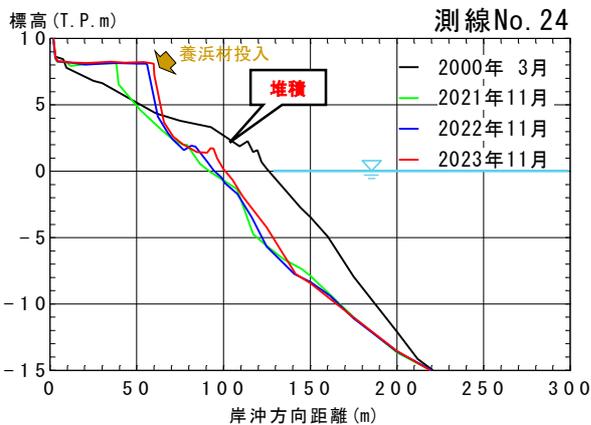
○2号消波堤上手



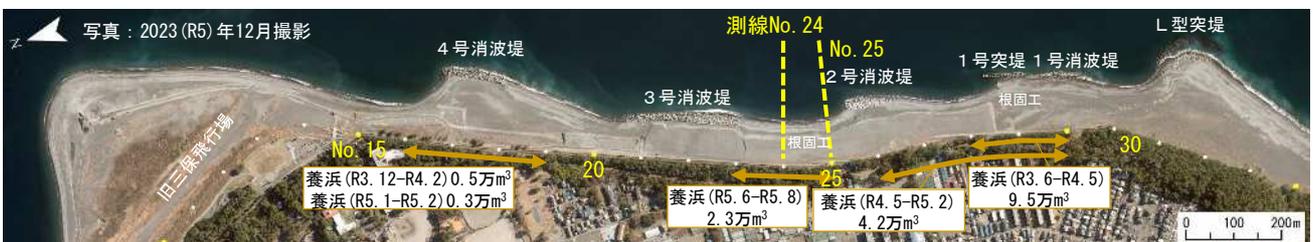
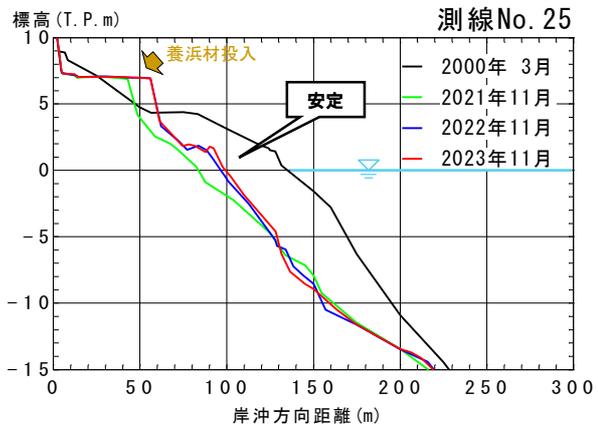
■2号消波堤～3号消波堤間

- ・2号消波堤下手（測線No. 25）は、2023年は汀線付近は安定。
- ・2号消波堤～3号消波堤間（測線No. 24）は、汀線付近で堆積傾向。

○2号消波堤～3号消波堤間



○2号消波堤下手



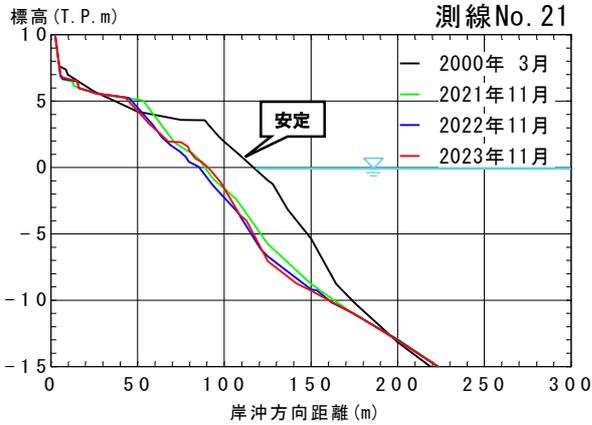
(8) 海浜断面地形の変化

【消波堤区間】 37

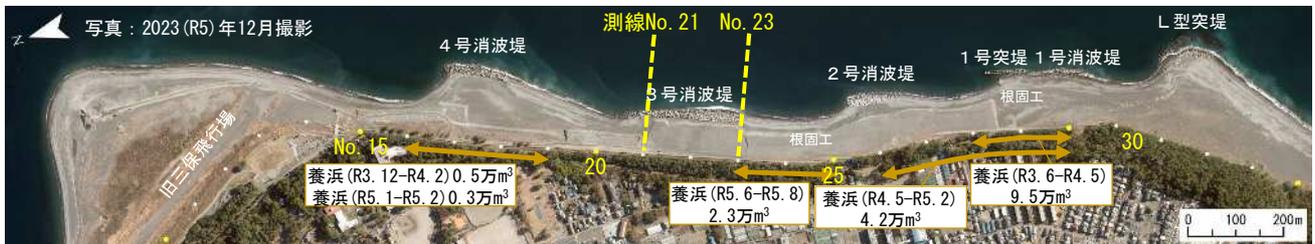
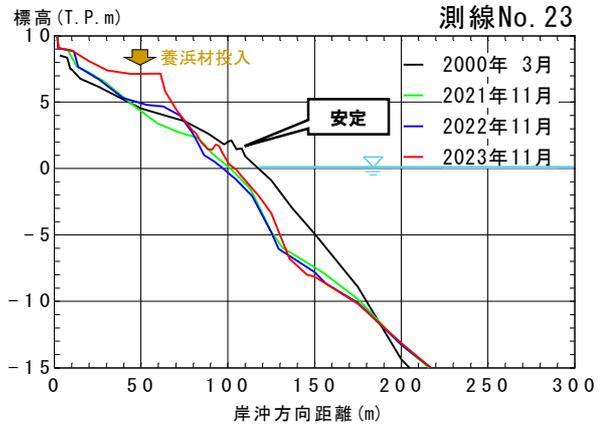
■3号消波堤周辺

- ・3号消波堤上手（測線No. 23）は、2021年以降は安定。
- ・3号消波堤下手（測線No. 21）は、2021年以降は安定。

○3号消波堤下手



○3号消波堤上手



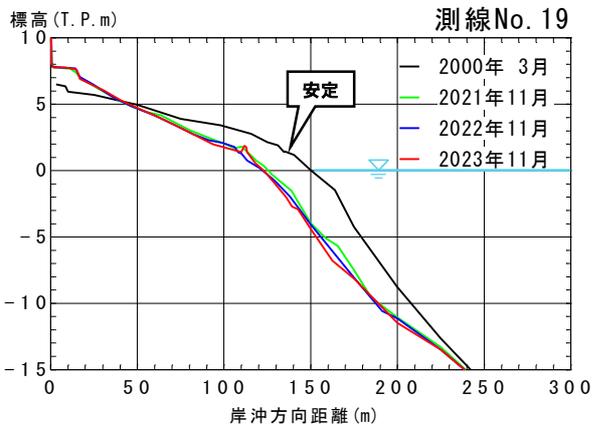
(8) 海浜断面地形の変化

【消波堤区間】 38

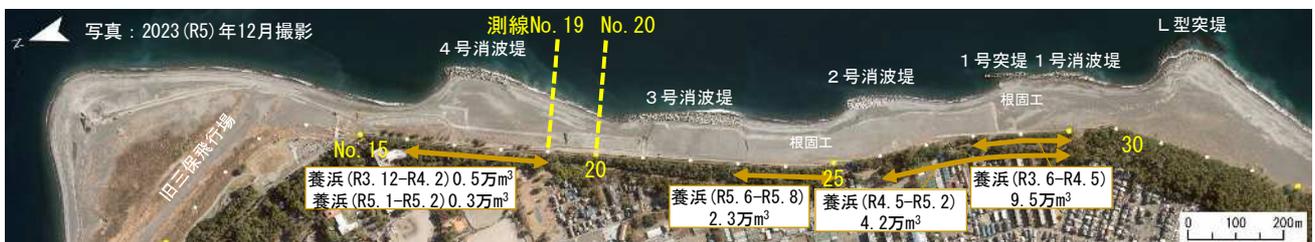
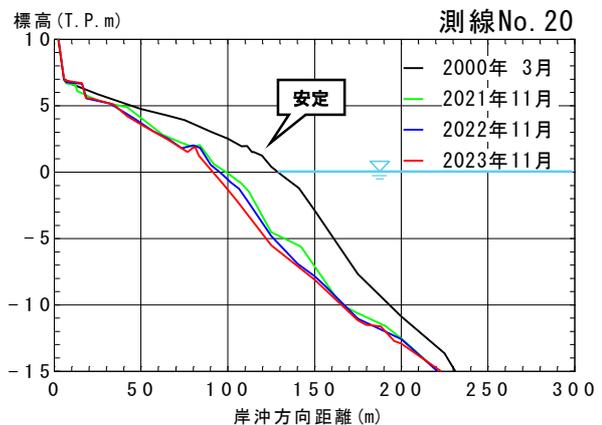
■3号消波堤～4号消波堤間

- ・3号消波堤～4号消波堤間（測線No. 20）は、2021年以降はT. P. +5m～-5m間でやや侵食。
- ・3号消波堤～4号消波堤間（測線No. 19）は、2021年以降はT. P. +2m～-5m間でやや侵食。

○3号消波堤～4号消波堤間

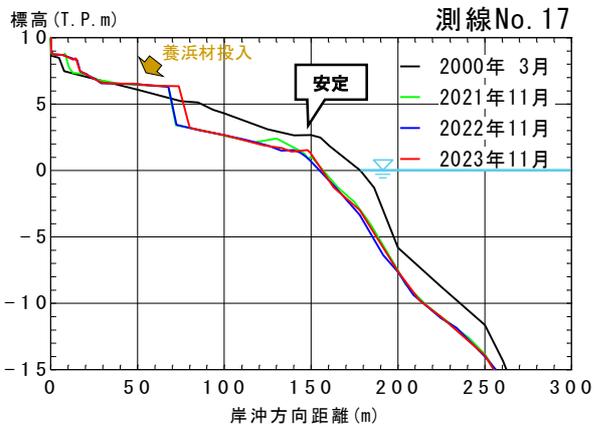


○3号消波堤～4号消波堤間

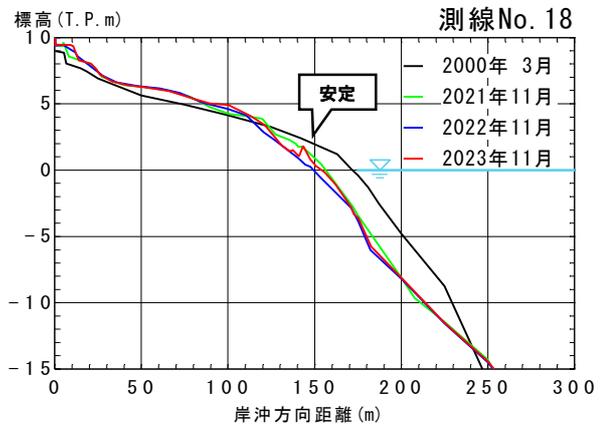


- 4号消波堤周辺 (2013年台風時の前面侵食により4号消波堤が沈下、その後2014年10月までに嵩上げ復旧)
- ・4号消波堤上手 (測線No. 18) は、2022年は汀線付近でやや堆積。
 - ・4号消波堤下手 (測線No. 17) は2021年以降は汀線付近は安定している (陸側の盛土養浜の歩留まりは高い状態)。

○4号消波堤下手

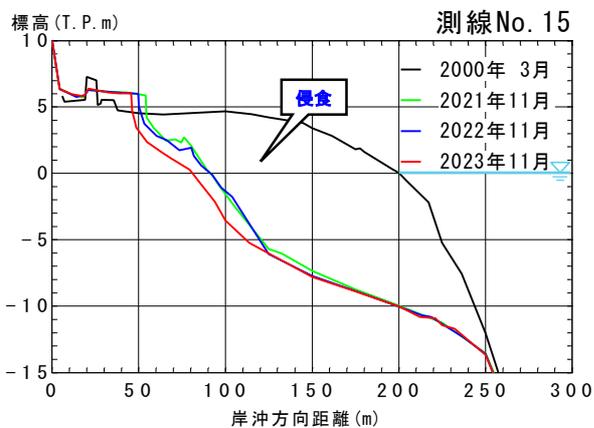


○4号消波堤上手

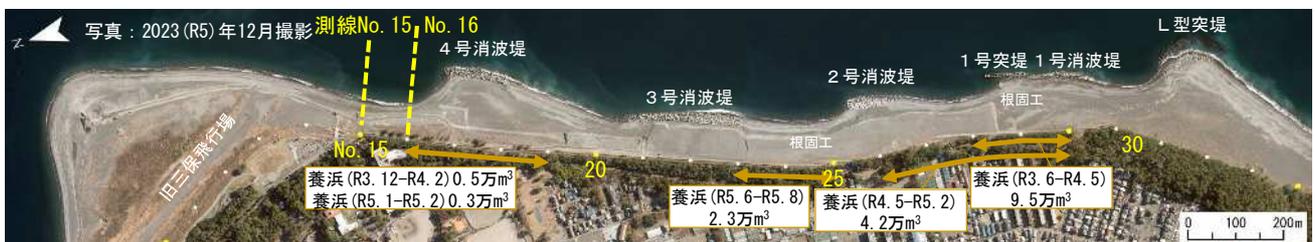
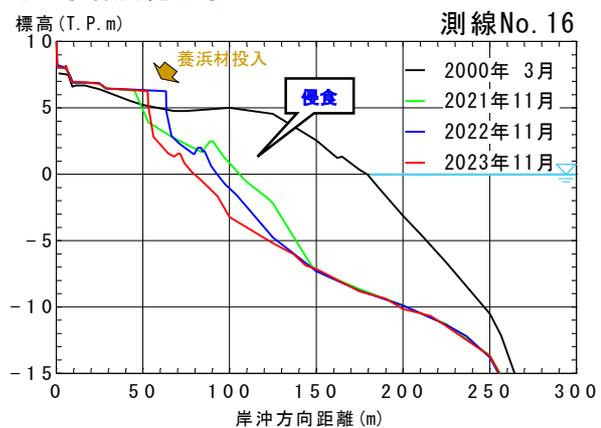


- 4号消波堤下手
- ・4号消波堤下手 (測線No. 16) は、2021年以降はT. P. +2m~-5m間で侵食 (陸側の盛土養浜を継続)。
 - ・4号消波堤下手 (測線No. 15) は、2021年以降はT. P. -6m以浅の範囲で侵食している。

○4号消波堤下手



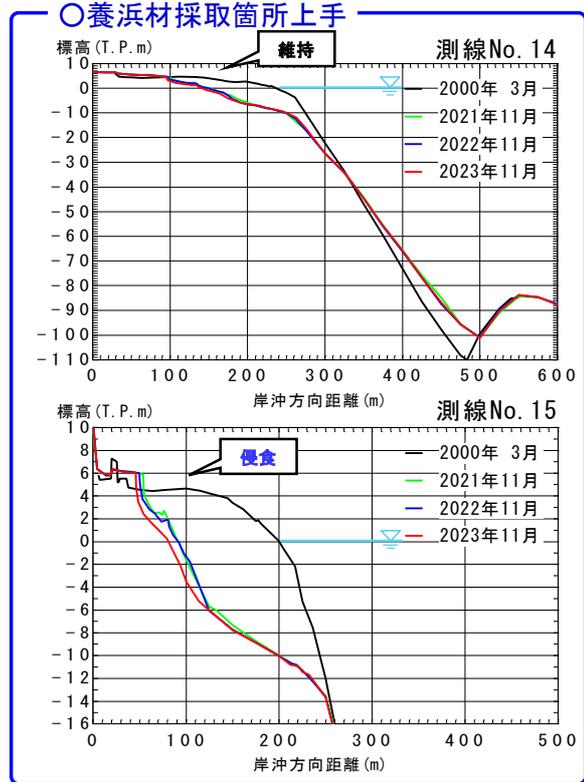
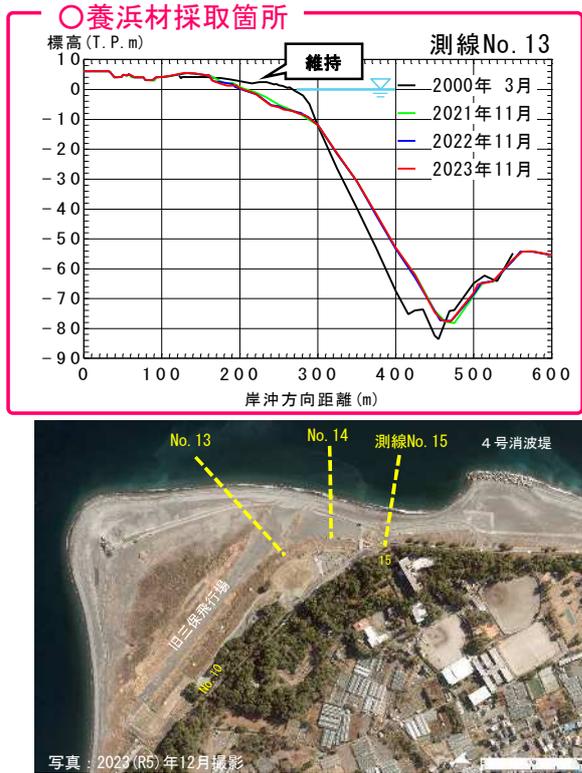
○4号消波堤下手



(8) 海浜断面地形の変化

【消波堤区間下手】 41

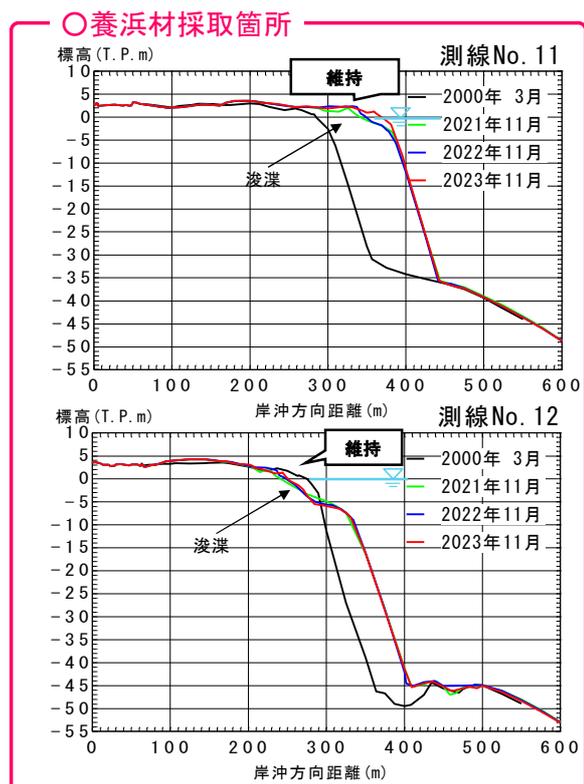
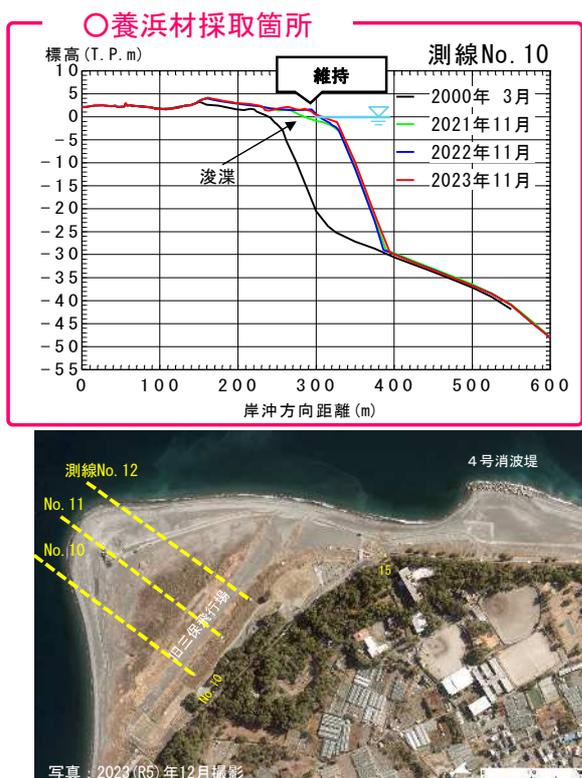
- ・養浜材採取箇所上手（測線No. 15）は、2023年は汀線付近で侵食している
- ・養浜材採取箇所（測線No. 13）は維持されている（2021年11月時はサド・リサイクル浚渫実施中）



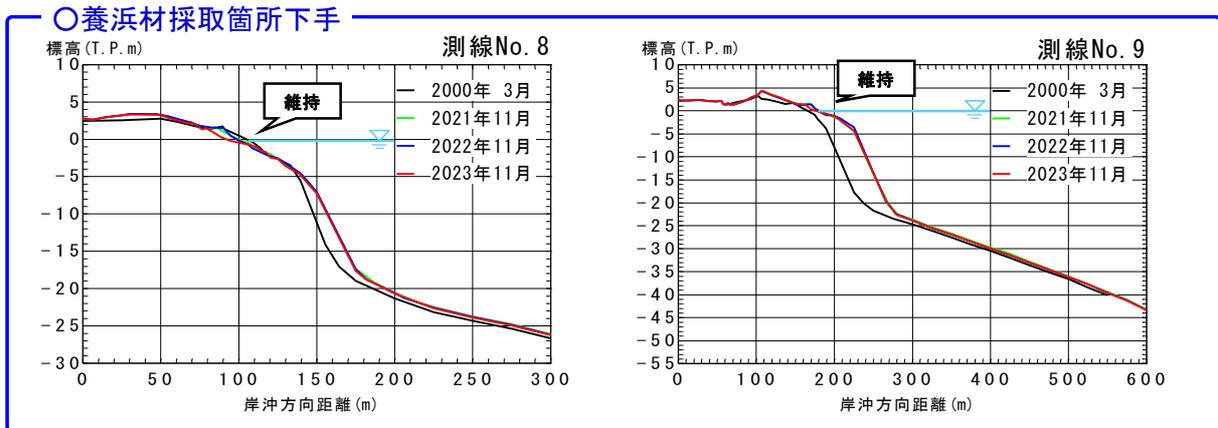
(8) 海浜断面地形の変化

【消波堤区間下手】 42

- ・養浜材採取箇所（測線No. 12）は維持されている（2021年11月時はサド・リサイクル浚渫実施中）
- ・養浜材採取箇所（測線No. 10、11）は維持されている

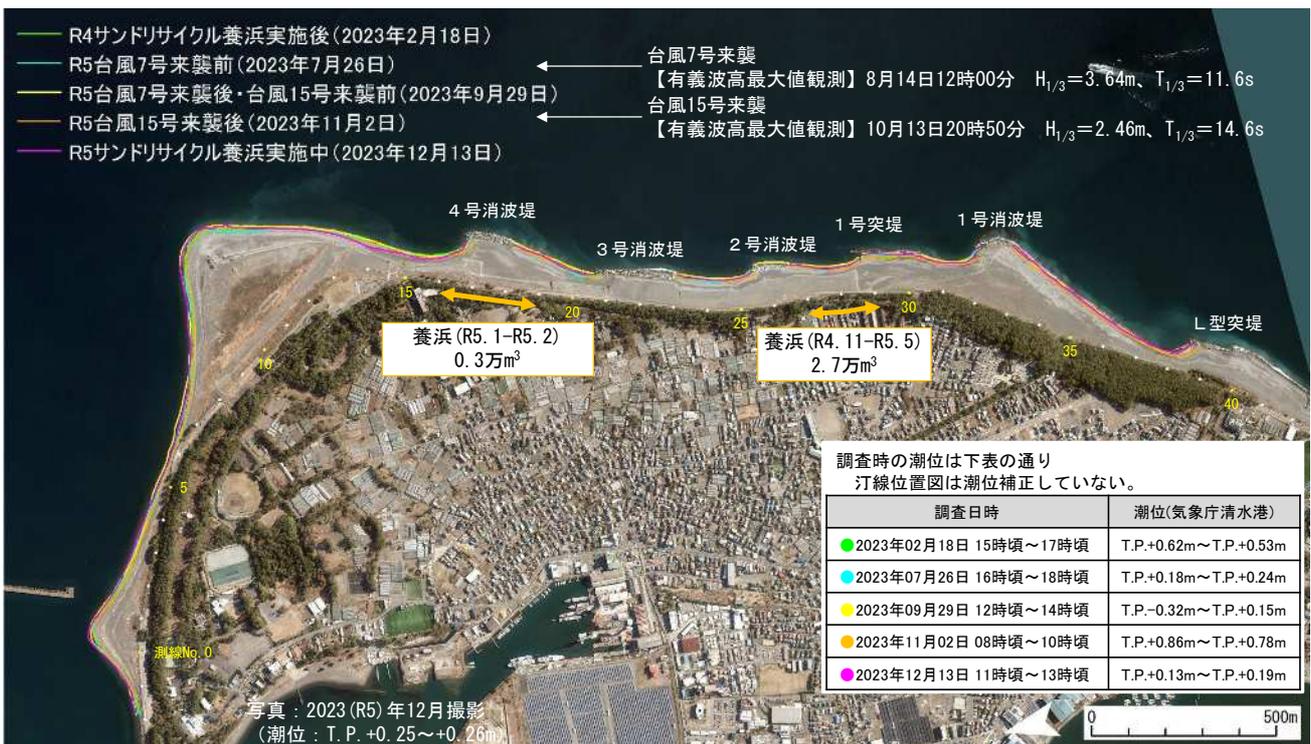


・ 養浜材採取箇所下手（測線No. 8、9）は維持されている



(8) 消波堤区間の簡易GPS汀線測量

- ・ 1号突堤下手はR2年度の2号消波堤の復旧と集中養浜の実施により汀線位置は安定している。
- ・ 4号消波堤下手で汀線がやや後退している。

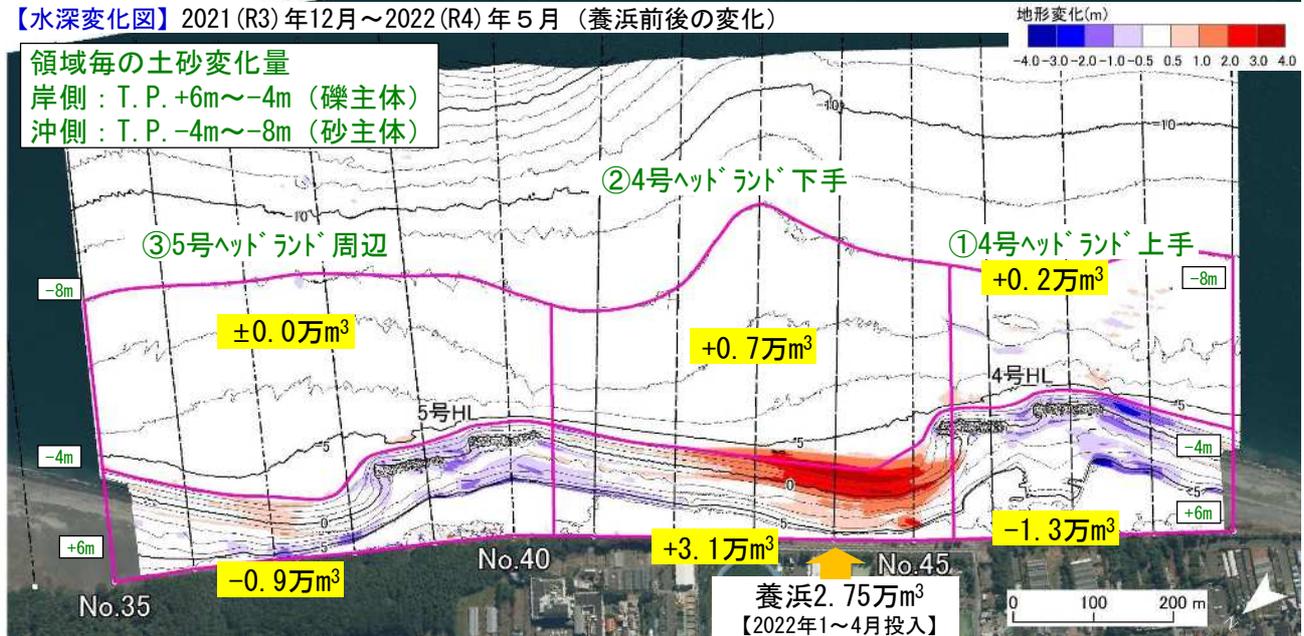


(9) 4号ヘッドランド下手の状況 2021 (R3) 年12月~2022 (R4) 年5月(養浜前後の変化)

45

- 折戸4号ヘッドランド下手において2022年1~4月に汀線付近から海中への押土養浜を実施した。
- 養浜前後の土砂変化量より、領域①岸側の侵食量 (-1.3万 m^3) と領域②への養浜量 (2.75万 m^3) の合計は約4.1万 m^3 であり、このうち歩留りやすい礫分 (全体の8割程度※) の約3.3万 m^3 と同程度の+3.1万 m^3 が領域②岸側に堆積していることが判った。※現地海浜の礫と砂の割合(礫:砂=8:2)から礫の量を算出(参考資料(3))
- 押土して間もないため養浜材のうち礫分の多くは投入箇所周辺に留まっていると考えられる。また、養浜を踏まえた①~③の侵食量は1.0万 m^3 であり、漂砂下手の既設L型突堤下手から消波堤区間に供給されているものと推察される。

【水深変化図】 2021 (R3) 年12月~2022 (R4) 年5月 (養浜前後の変化)

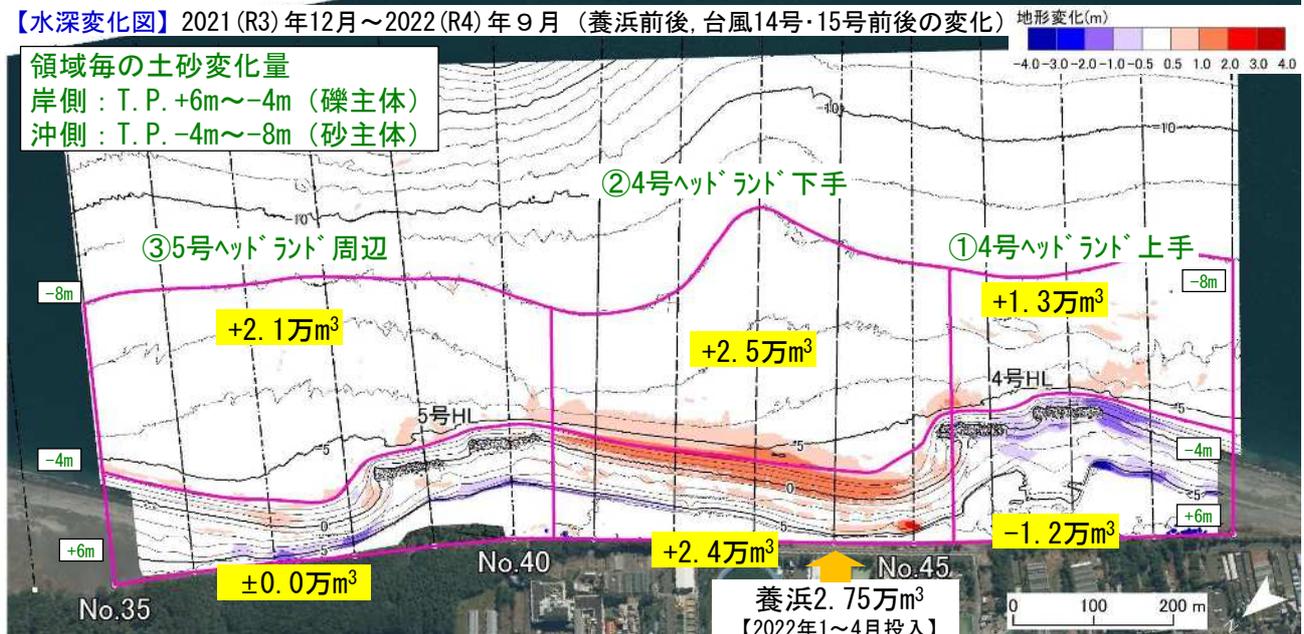


(9) 4号ヘッドランド下手の状況 2021 (R3) 年12月~2022 (R4) 年9月(台風14号・15号前後の変化)

46

- 養浜前後、台風前後の土砂変化量より、養浜量 (2.75万 m^3) に対して①~③の堆積量7.1万 m^3 のため、上手からの漂砂の流入による堆積量は4.3万 m^3 である。
- 領域②に投入した養浜材は汀線際を沿った下手への漂砂移動により、堆積域が領域③の汀線~T.P. -6m帯まで拡大している。その内、汀線~T.P. -4mは礫が堆積し、T.P. -4~-6mは砂質が堆積している。
- 5号ヘッドランド背後から下手の地形変化は少ないため、投入した養浜材のうち礫分は4号ヘッドランド~5号ヘッドランド間に留まり海浜の維持に寄与しているものと考えられる。

【水深変化図】 2021 (R3) 年12月~2022 (R4) 年9月 (養浜前後、台風14号・15号前後の変化)

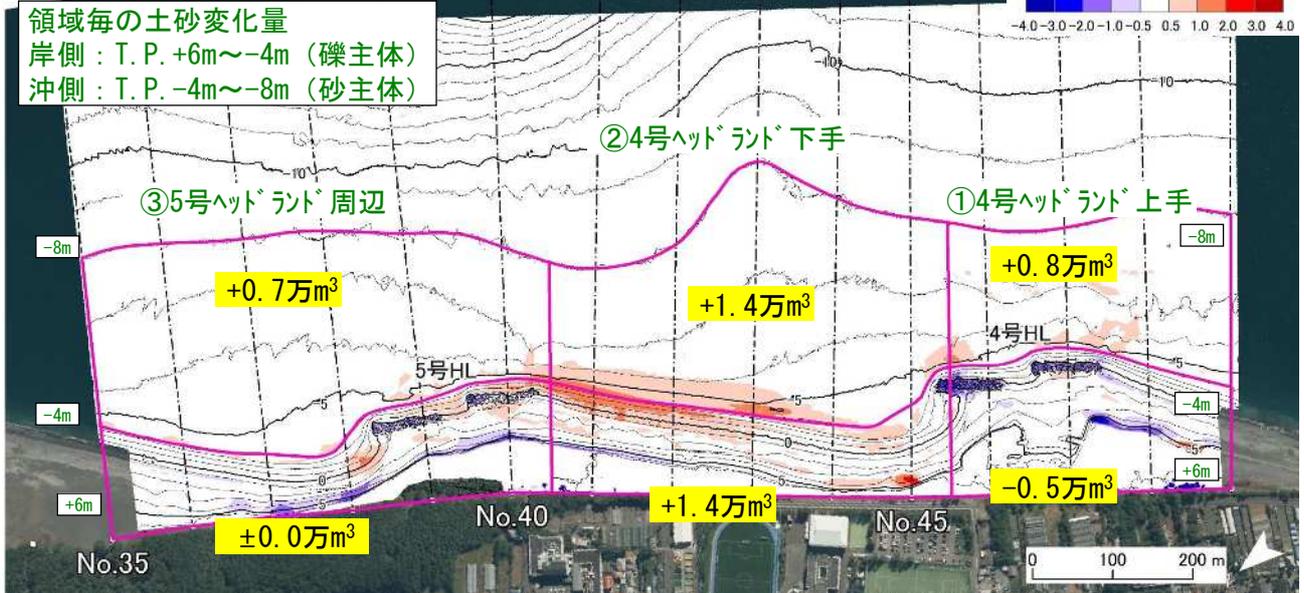


(9) 4号ヘッドランド下手の状況 2021 (R3) 年12月~2023 (R5) 年2月(冬季風浪前後の変化)

47

- ・ 養浜前後、台風前後の土砂変化量より、養浜量 (2.75万 m^3) に対して①~③の堆積量3.8万 m^3 のため、上手からの漂砂の流入による堆積量は1.1万 m^3 である。
- ・ 領域②に投入した養浜材は汀線際を沿った下手への漂砂移動により、堆積域が③の汀線~T.P. -6m帯まで拡大した。
- ・ 土砂投入区間での歩留まりは少ないが、4号ヘッドランド~5号ヘッドランド全体で見ると、高波浪の来襲が少ないこともあり、養浜材の投入から約2年後でも投入土砂が残され養浜効果が続いていることが確認された。
- ・ 後述する11月の定期深淺測量による砂浜幅および海浜断面地形から汀線位置の維持が確認されるため、養浜優先順位の高い3号ヘッドランド下手についても押土養浜を実施していく計画とする。

【水深変化図】 2021 (R3) 年12月~2023 (R5) 年2月 (養浜前後、冬季風浪前後の変化)



(10) 既往数値シミュレーション結果の検証(予測と実測の比較)

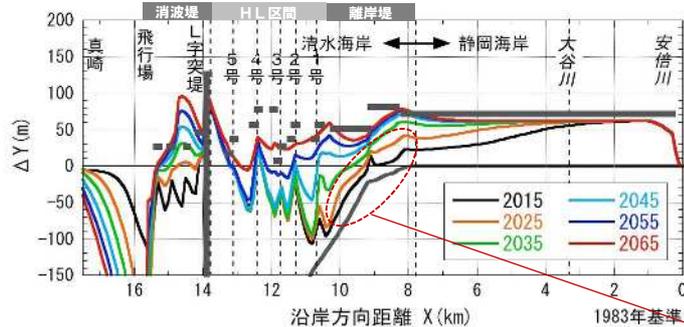
48

- ・ H27年度に実施した砂浜回復域の数値シミュレーションについて、予測と実測との比較(効果検証)を行った。
- ・ 予測では、離岸堤区間の堆積が進行し、2025年までにヘッドランド区間の汀線が前進し始める予測であった。(2065年には、ほぼ全域で1983年当時の汀線位置に回復する結果であった。)
- ・ 予測と実測の2015~2025年の汀線変化を比較すると、両者とも離岸堤区間の汀線前進が確認され、実測の方が前進量はやや大きい、予測と実測で汀線の前進傾向は概ね合致している。

■ H27年度予測計算結果

○ 養浜条件

- ・ ヘッドランド区間 : 6万 m^3 /年
- ・ 離岸堤区間 : 2万 m^3 /年

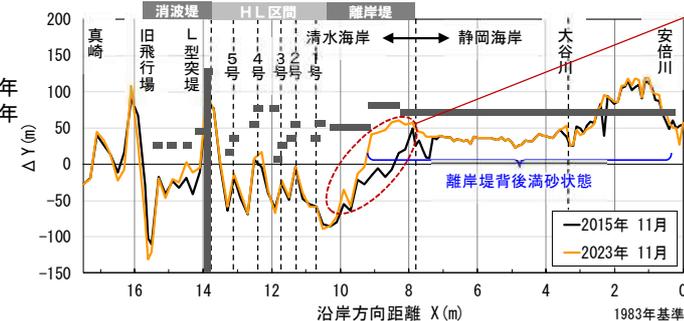


※離岸堤区間の養浜量は予測と実測で概ね同じ量であった。波浪条件は、予測計算では長期統計の平均的な波浪条件での検討に対して、実測の2015~2022年の期間中は高波浪が多い年と少ない年の両方の時期での結果である。

■ 実測

○ 養浜実績(2011~2022年度)

- ・ ヘッドランド区間 : 8.1万 m^3 /年
- ・ 離岸堤区間 : 1.8万 m^3 /年



離岸堤区間で2015~2023年間に汀線が前進

予測と実測で汀線の前進傾向は概ね合致している

実測の2023年時点ではヘッドランド区間の汀線前進は見られない。

1983年を基準とした汀線変化量の沿岸方向分布

- ▶ 将来予測計算により、サンドボディが今後どのように清水海岸の保全に寄与するか調べる。
- ▶ サンドボディ進行の実態を踏まえ、より効果的な侵食対策を検討する。

検討ケース		備考
再現計算	サンドボディが進行する離岸堤区間の実態を踏まえ、安倍川下流域(河床)からの養浜材の粗粒分をd=10mmとして地形変化を再現	-
将来予測①	現状の養浜計画を継続した場合	-
将来予測②	離岸堤を改良(沖出しや嵩下げ)し、現状の養浜計画を継続した場合	<ul style="list-style-type: none"> 清水海岸の1~8号離岸堤を改良(沖出しや嵩下げ) 9号離岸堤背後の消波堤を移設
将来予測③	現状の養浜計画の配分を変更した場合	<ul style="list-style-type: none"> 離岸堤区間への養浜投入(2万m³/年)を、ヘッドランド区間(1号上手)への投入に変更
将来予測④	離岸堤を改良(沖出しや嵩下げ)し、現状の養浜計画の配分を変更した場合	<ul style="list-style-type: none"> 上記②、③を併せて実施

注) 養浜計画は、次頁参照のこと。
離岸堤No.は、下図参照のこと。



海岸	清水海岸										静岡海岸		
	サンドリサイクル養浜		安倍川下流域からのサンドバイパス養浜										
区間	[消波堤区間]		[ヘッドランド区間]						[離岸堤区間]		滝ヶ原川上手	安倍川下手	
区間(細)	飛行場(採取)	No.3~1	L突堤~No.5	No.5~4	No.4~3	No.3~2	No.2~1	No.1上手	増・蛇塚				
延長(km)	15.7-16	14.1-14.7	13.3	12.5-12.7	12	11.4	10.8	10.2-10.4	9.1-9.6	8-8.3	5.8-7.8	0-2.2	
再現計算	1989-1993		9,000					8,000					
	1994-1997		5,000	17,000	17,000			31,000					
	1998-2009	-9,000	1,300	4,400	10,400	10,200		1,300	18,300	4,800	6,300	5,300	6,700
	2010-2014	-28,400	24,400	6,700	15,400	6,000	6,900	2,900	37,200	2,500	13,500		
将来予測①	-50,000	50,000	5,000	15,000	5,000	5,000	0	30,000	0	20,000	0	0	
将来予測②	-50,000	50,000	5,000	15,000	5,000	5,000	0	30,000	0	20,000	0	0	
将来予測③	-50,000	50,000	5,000	15,000	5,000	5,000	0	50,000	0	0	0	0	
将来予測④	-50,000	50,000	5,000	15,000	5,000	5,000	0	50,000	0	0	0	0	

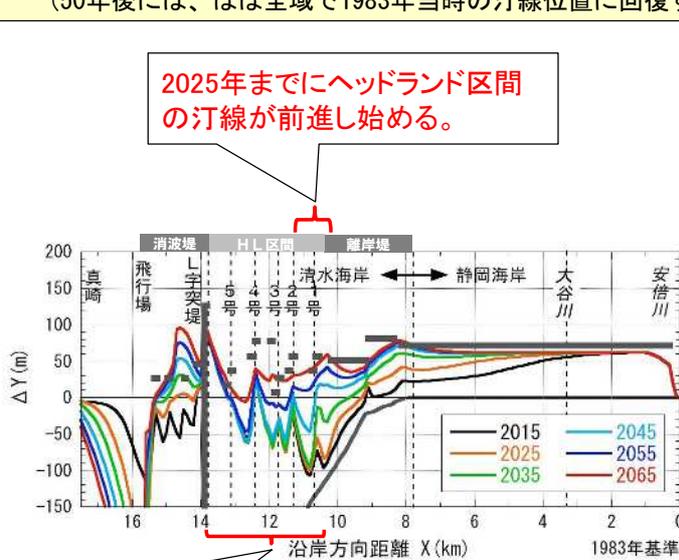
注) 増・蛇塚離岸堤区間の養浜条件
 養浜実績 1998~2009: No.69~80(7,622m³/年) No.80~92(10,024m³/年)
 2010~2014: No.69~80(2,540m³/年) No.80~92(13,891m³/年)
 養浜(計算で与えた養浜量)
 1998~2009(62.9%): No.69~80(4,794m³/年) No.80~92(6,305m³/年)
 2010~2014(97.0%): No.69~80(2,464m³/年) No.80~92(13,475m³/年)

離岸堤区間への養浜投入 (2万m³/年)を、ヘッドランド区間(1号上手)への投入に変更
 離岸堤区間への養浜 (m³/年)

計算条件	
計算モデル	等深線・粒径変化モデル(熊田ら、2007): 広範囲かつ長期間における海浜地形の変化(等深線の前進・後退)が予測可能なモデル
計算期間	1968~2015年(47年間)の海浜変形を再現し、モデルの妥当性を確認した後、2015~2065年(50年間)の予測計算を実施
粒度構成	細粒 d=0.15mm、粗粒 d=10mm
入射波条件	既往の静岡・清水海岸での予測計算実績より地形変化の再現性が高い波浪条件を採用 ■ 沖波波高 $H_0=3m$, 周期 $T=9s$ ※ 波高上位から約5%の波(5%出現頻度波) …地形変化が生じる常時の時化(低気圧通過時など)に相当
境界条件	右端(上手端): 安倍川供給土砂($X=0\sim 1km$) 1968~1983年: 静岡海岸への流入量 $Q_{in}=25万m^3/年$ (細粒: $25万m^3/年$, 粗粒: なし) 1983~2015年: $Q_{in}=18万m^3/年$ (細粒: $8万m^3/年$, 粗粒: $10万m^3/年$) 左端(下手端): 漂砂通過境界 岸沖端: $q_z=0$ (漂砂の流出入なし)

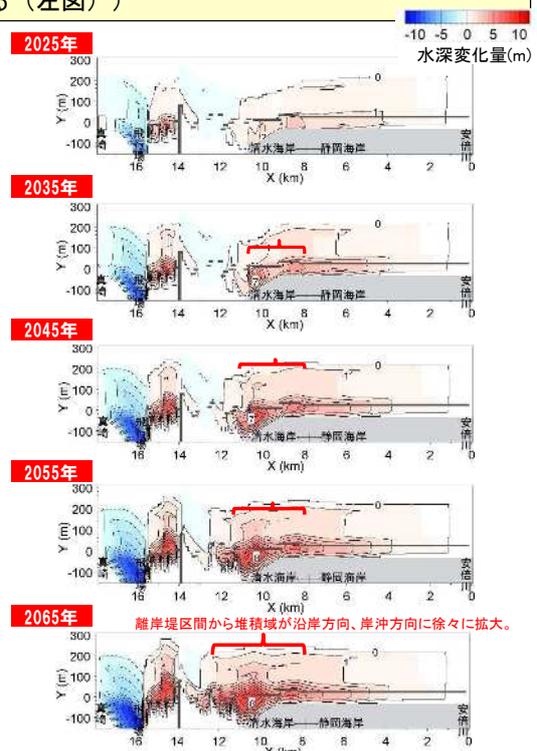
【現状の養浜計画を継続した場合】

- 離岸堤区間の堆積は進行、2025年までにヘッドランド区間の汀線が前進し始める (左図)
 (50年後には、ほぼ全域で1983年当時の汀線位置に回復する (左図))



50年後には、ほぼ全域で1983年当時の汀線位置に回復

1983年を基準とした汀線変化量の沿岸方向分布

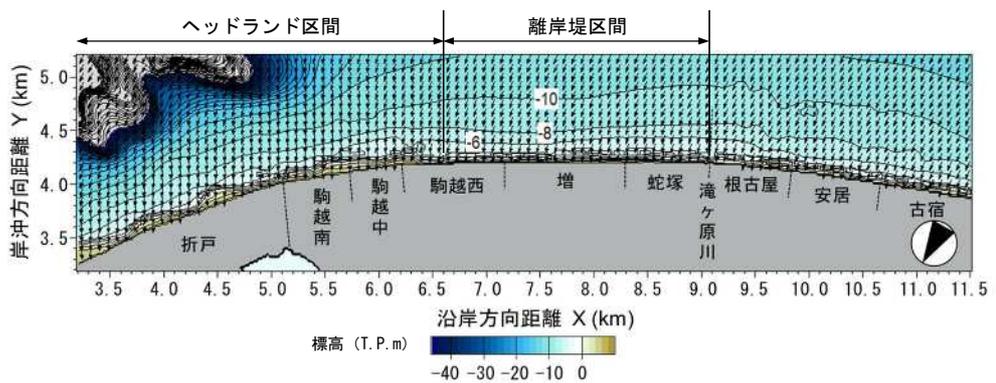


2015年を基準とした水深変化量

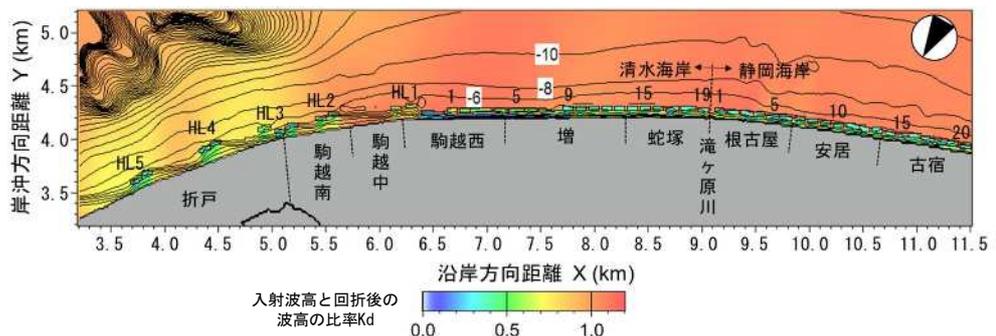
計算モデル	地形変化計算：粒径を考慮したBGモデル 波浪場の計算：エネルギー平衡方程式
計算対象領域	波浪変形計算：沿岸方向13,500m, 岸沖方向7,000m 地形変化計算：沿岸方向8,400m (X = 11,510~11,600mは助走区間) 岸沖方向2,000m
計算ケース	再現・予測計算 Case 1：放置 Case 2：養浜3万m ³ /yr (8,9号堤間) Case 3：養浜8万m ³ /yr (HL区間)
計算期間	再現計算：2012年1月~2022年11月 (10年間), 予測計算：30年間
初期地形	再現計算：2012年1月の深淺図 (水深4m以深は固定床) 予測計算：2022年の再現地形
入射波条件	波高H = 3.0m, 周期T = 9.0s (5%出現頻度波浪) 波向 $\theta_w = N175^\circ E$ (卓越波向)
潮位条件	M. S. L. $\pm 0.0m$
空間メッシュ	$\Delta X = \Delta Y = 20m$
時間間隔 Δt	$\Delta t = 5 \text{ h/step}$
ステップ数	1752 step/yr
平衡勾配 $\tan \beta_s$	陸上~-4m：1/10 (砂礫), -4m以深：1/50 (細砂)
土砂落ち込みの限界勾配	$\tan \beta_{lc} = 1/2$
漂砂の水深方向分布	宇多, 河野の3次式
波による地形変化の限界水深	$h_w = 7m$
バーム高	$h_b = 3m$
漂砂量係数	$K_x = 0.013, K_y/K_x = 1.0, K_z = 1.62K_y$
境界条件	右左端：開境界, 岸沖端：漂砂の流入流出なし 養浜：堤防前面での土砂の湧き出し方式, 盛土幅 ΔY は20m.
養浜条件	再現計算： 離岸堤区間 (X = 8,000~8,880m) 2012~2022年での総養浜量：200,360m ³ No. 82~No. 91間での実績養浜量：19,477m ³ /yrの平均値 HL区間 (X = 3560~6640m) 2012~2022年での総養浜量：828,900m ³ No. 36~No. 68間での実績養浜量：76,750m ³ /yrの平均値 予測計算： Case 1：放置 Case 2：養浜30,000m ³ /yr (X = 7,660~7,700m) Case 3：養浜80,000m ³ /yr (X = 3,560~6,640m)
離岸堤・消波堤の波高伝達率 (K_t)	静岡海岸離岸堤：0.3, 清水1号堤：0.6, 清水2-8号堤：0.5, 清水9-19号堤：0.3, 消波工：0.2, 1号HL：0.6, 2-3号HL：0.4, 3号HL沖：0.7, 4-5号HL：0.5, 消波堤区間：0.7
その他	X = 11,510~11,600m区間は助走区間

- 地形変化計算に用いる波向は南方向とした。離岸堤区間~ヘッドランド区間の海岸線の法線方向に対して右斜めから入射し、北東方向への沿岸漂砂が生じる条件である。
- 波高は構造物背後で低減する条件とした。

■ 波向分布



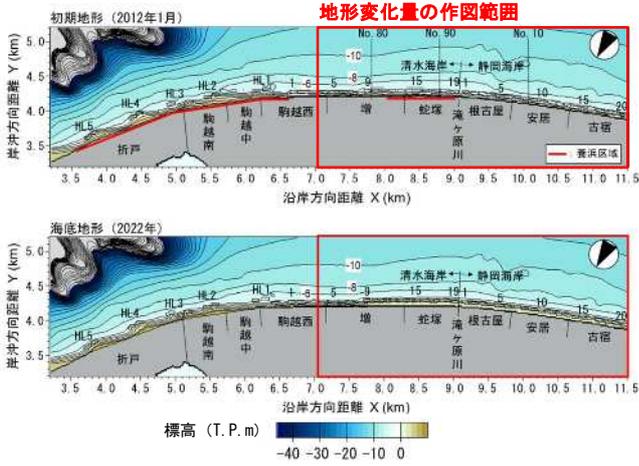
■ 波高比分布



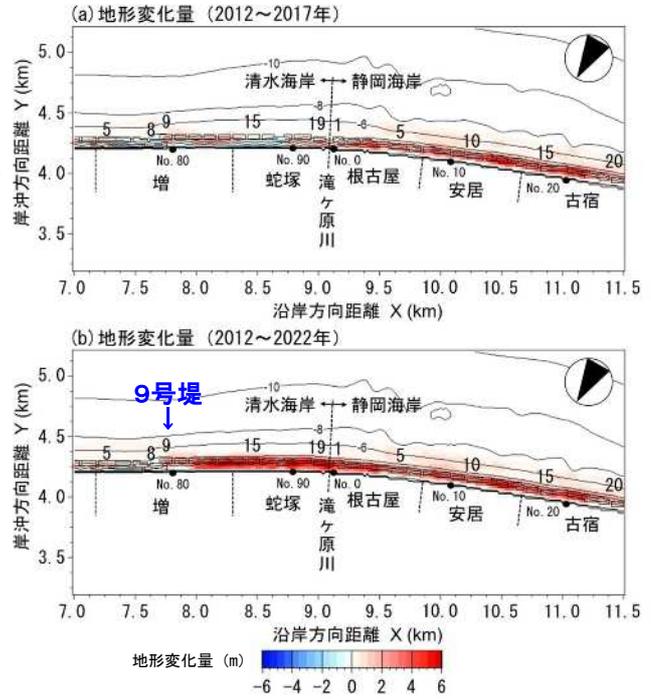
(10)【今回検討(2023年度)】数値シミュレーションの計算条件 —再現計算結果の検証— 55

- 2012年地形をもとに、2022年地形の再現計算を行った。
- 2012年時は離岸堤背後は満砂状態ではなかったが、2022年までに清水海岸の9号堤付近まで離岸堤背後が満砂状態となった。
- 砂浜自然回復域は2017年には静岡海岸の北端にあったが、2022年には9号堤位置まで進行した。

■再現計算結果



○地形変化量



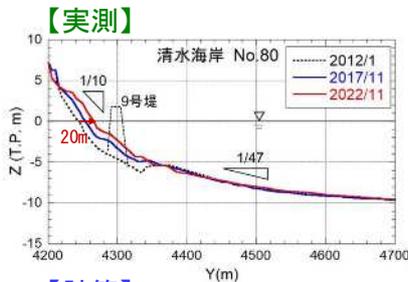
(10)【今回検討(2023年度)】数値シミュレーションの計算条件 —再現計算結果の検証— 56

- 静岡海岸の測線No. 10では8号堤背後の実測 T.P. +3m~-5m間の堆積、清水海岸のNo. 90、No. 80では離岸堤背後の堆積がほぼ再現された。

■海浜断面地形変化 (実測と計算)

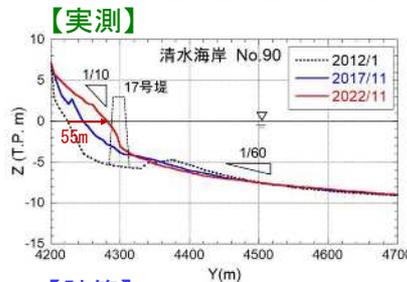
○測線No. 80

実測のT.P. -5m以浅で断面形が平行移動しつつ堆積する状況が計算で再現された。
(汀線前進量: 実測20m, 計算20m)



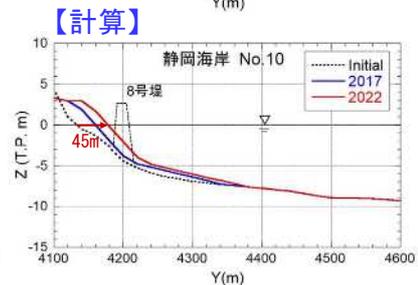
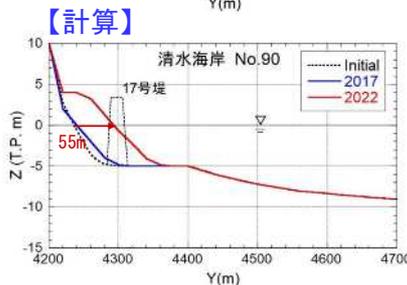
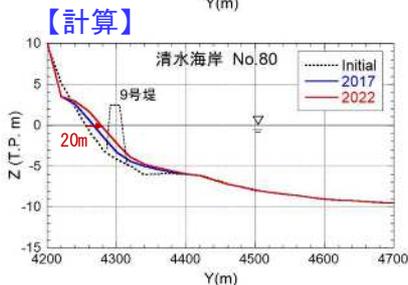
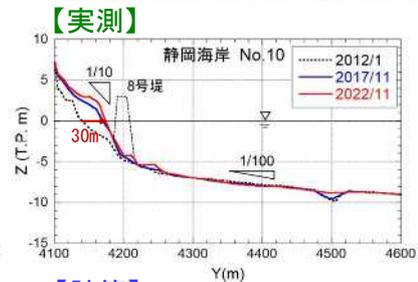
○測線No. 90

実測の17号堤背後の堆積に対し、計算では17号堤の沖側にまで堆積しておりやや過大であるが、17号堤背後の顕著な堆積は再現された。
(汀線前進量: 実測55m, 計算55m)



○測線No. 10

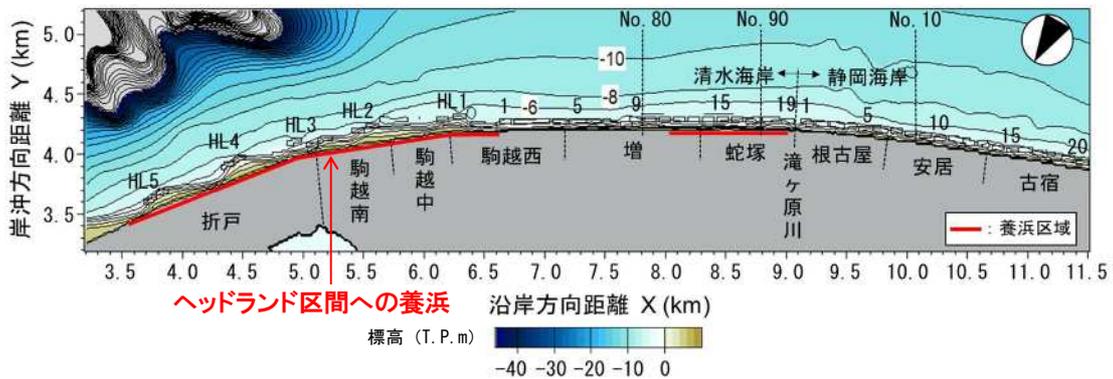
実測のT.P. +3m~-5m間の堆積が計算で再現された。
(汀線前進量: 実測30m, 計算45m)



- ・ 砂浜自然回復域の消波堤区間への到達時期についての地形変化予測計算を行った。

<予測計算ケース一覧>

ケース名	内容	養浜量
ケース1	自然状態 (養浜なし)	0万m ³ /年
ケース3	ヘッドランド区間への養浜あり、促進養浜なし	8万m ³ /年 (ヘッドランド区間)



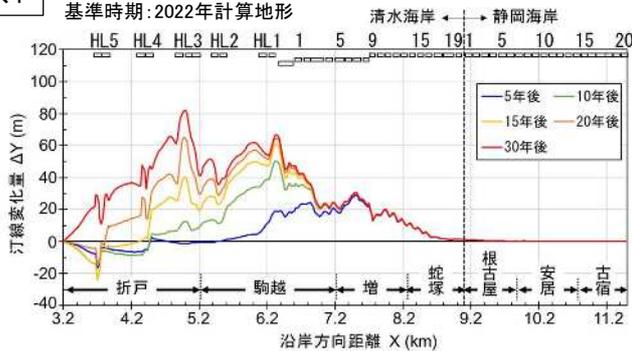
(10)【今回検討(2023年度)】数値シミュレーション結果

- ・ ケース1の養浜なしは、5号ヘッドランド下手で20年後まで汀線後退が進行する。
- ・ 5号ヘッドランド下手は20年後以降は汀線が前進し、30年後は現況に比べて約30m汀線が前進する。20年後～30年後にかけて5号ヘッドランド下手(消波堤区間)の沿岸漂砂量が+4万m³/年(8万→12万)増加見込みである。
- ・ 消波堤区間への沿岸漂砂量が自然状態(15万m³/年)に達するのは概ね40年後の見込みである。

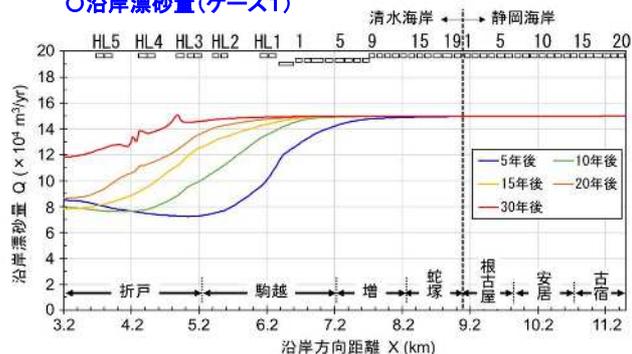
ケース1

○汀線変化量(ケース1)

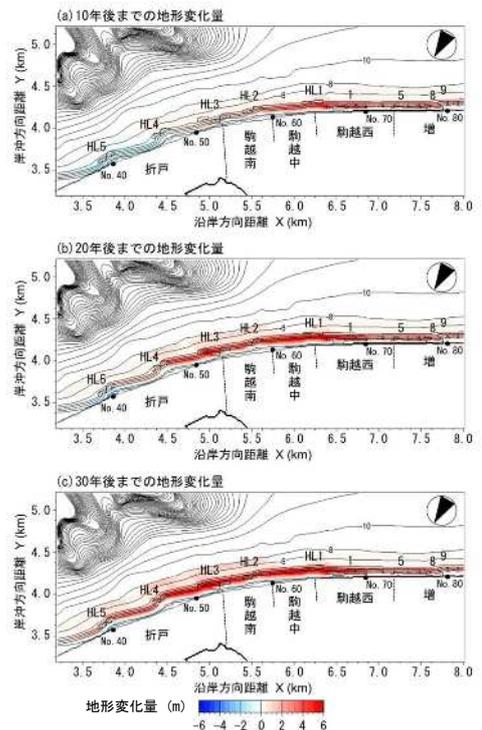
基準時期:2022年計算地形



○沿岸漂砂量(ケース1)



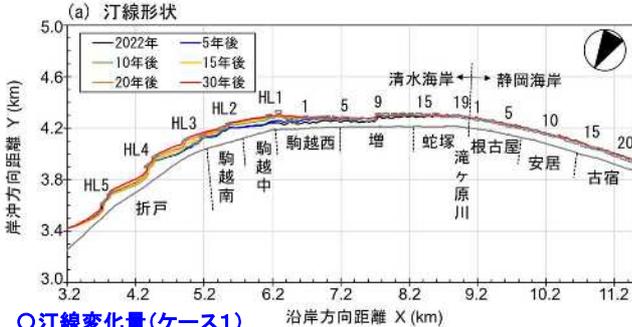
○地形変化量(ケース1)



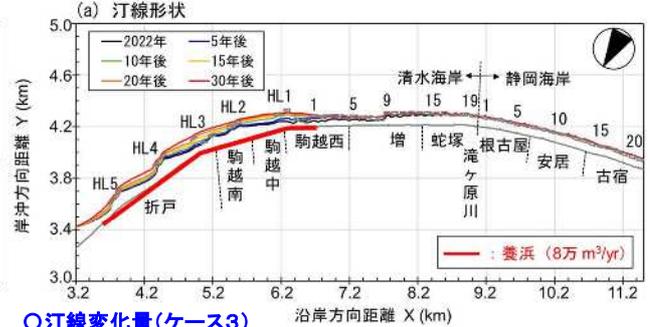
<予測計算ケース一覧>

ケース名	内容	養浜量
ケース1	自然状態（養浜なし）	0万m ³ /年
ケース3	ヘッドランド区間への養浜あり、促進養浜なし	8万m ³ /年（ヘッドランド区間）

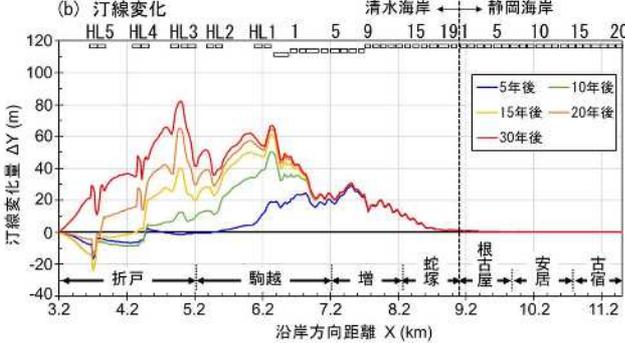
○汀線形状(ケース1)



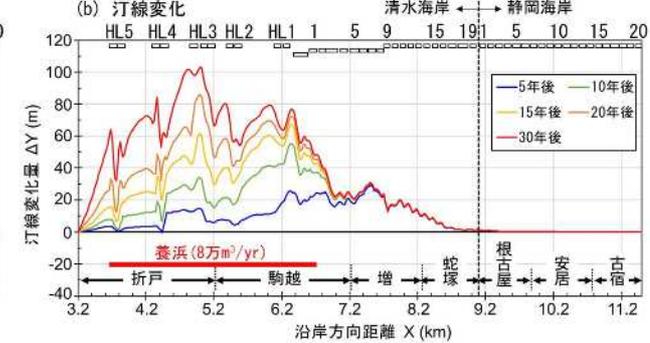
○汀線形状(ケース3)



○汀線変化量(ケース1)



○汀線変化量(ケース3)



(11) サンドリサイクル養浜材の採取の課題等 — 養浜材採取箇所の実態 —

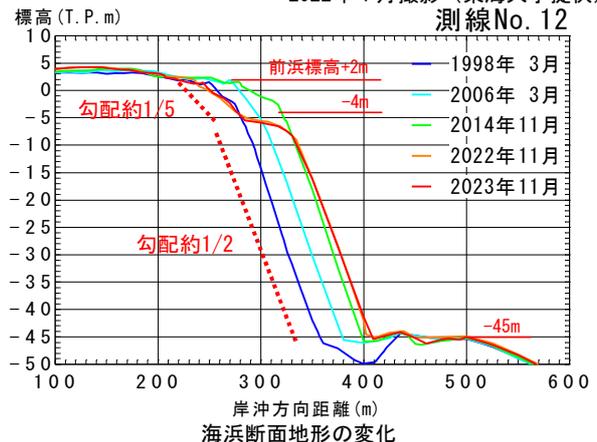
- ・ 大量の沿岸漂砂が現在もT. P. -4.0m以深の急斜面を経て海底谷に落ち込み、堆積を続けている。
- ・ 急斜面は岸沖方向に平行移動しつつ現在も前進している。

地形特性

- ・ 写真のとおり、汀線に沿って帯状の白い堆積域が伸びており、主に礫が堆積している。
- ・ 礫の堆積域は舌状砂州の最突出点A付近まで沿岸方向に一樣に伸びているが、Bに接近すると大きく狭まる。
- ・ これは汀線付近への入射波高（碎波波高）が西向きに低下していることを示す。
- ・ 舌状砂州の任意地点での汀線角が場所により大きく変化しており、波は汀線の法線方向に対して左側から大きく斜めに入射するため、強い沿岸漂砂が起こる条件にある。



2022年1月撮影（東海大学提供）



海浜断面地形

- ・ 前浜の平均標高は+2m
- ・ バームから前浜勾配約1/5で-4mまで落ち込む
- ・ -4m以深でほぼ1/2の安息勾配の急斜面
- ・ 急斜面は-45mまで続き、急斜面は平行移動しつつ現在も前進

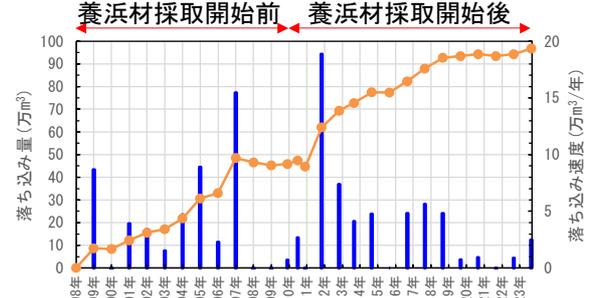
(11) サンドリサイクル養浜材の採取の課題等 —旧飛行場前面の海底へ落ち込む土砂量の変化— 61

- ・ 旧飛行場前面の海底への土砂の落ち込み量は、サンドリサイクル養浜材採取の開始前で3.8万m³/年、開始後の2023年時点で4.0万m³/年となっており、海底への土砂の落ち込みは継続している。
- ・ 海底への土砂の落ち込み量は年毎に変動が大きい、2019年～2023年の落ち込みは少なかった。

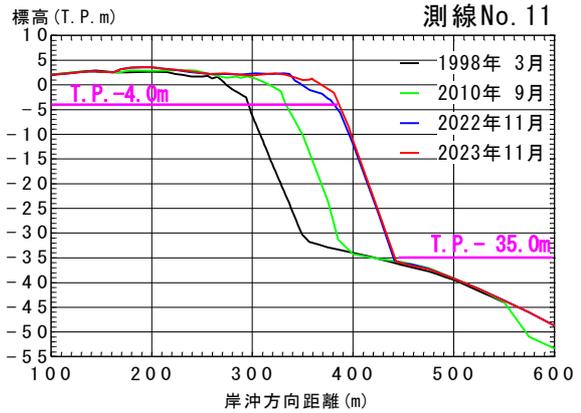
＜飛行場前面 (NO. 13～NO. 8) の土砂落ち込み量＞

	サンドリサイクル養浜材採取の開始前 (1998年3月～2010年9月)	サンドリサイクル養浜材採取の開始後 (2010年9月～2023年11月※)
集計期間年数	12年6ヵ月	13年2ヵ月
T.P.-4.0m以深への土砂の落ち込み量	47.5万m ³	49.4万m ³
年平均堆積速度 (T.P.-4.0m以深)	3.8万m ³ /年	4.0万m ³ /年

※2010年以降、久能観測所の2000年～2023年間の波高上位10波の台風のうち、8回の台風がこの期間に来襲。2011年の台風15号及び2019年の台風19号の来襲時には三保灯台前面の越波等が発生。



※測線No. 13～No. 8の1998年3月測量断面と各時期の断面からT.P.-4m以深の堆積量のみを集計



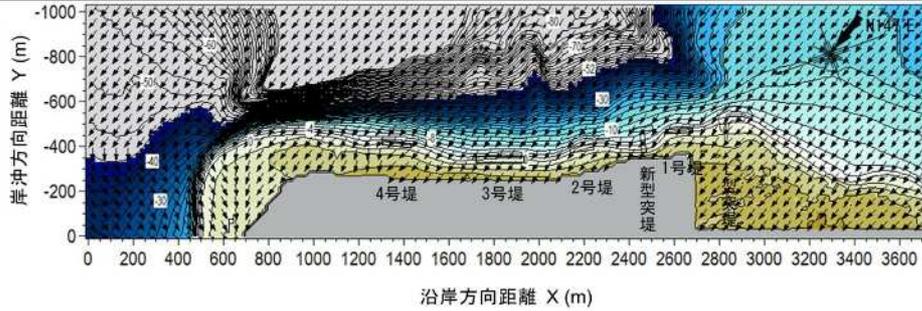
(11) 養浜材浚渫の数値シミュレーション —計算条件—

- ・ 計算条件は以下とした。

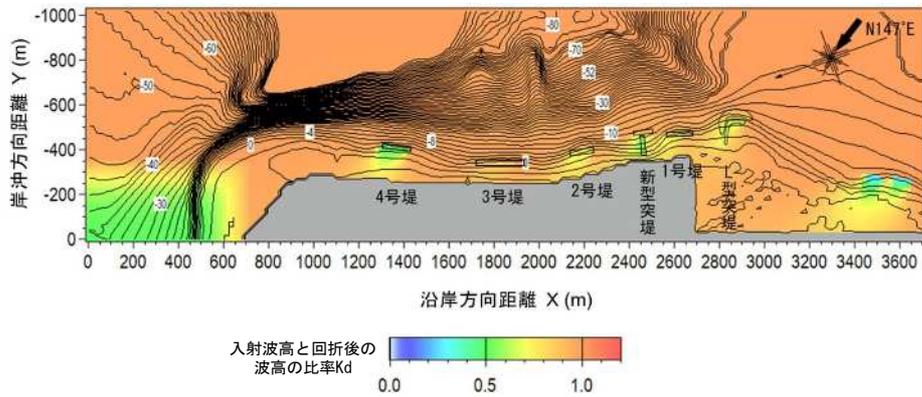
計算モデル	地形変化計算:BGモデル 波浪場の計算:不規則波の方向分散法	境界条件	左右端 (X = 0 m, 3700 m) : q=0 (漂砂の流入流出なし) 沖端 (Y = 1020 m) : q=0 (漂砂の流入流出なし) 岸端 (Y = 0 m) : 閉境界 (漂砂の流入流出自由)
計算対象区域	波浪変形計算:沿岸方向3,700m×岸沖方向1,020m 地形変化計算:沿岸方向1,800m×岸沖方向700m		背後堤防: 0.0、5号HL(2基): 0.4、下手側根固工: 0.99 L型突堤: 沖側0.9、岸側0.7 1号消波堤(2017-2019): 0.5、(2019-2021): 0.7、ブロック散乱域0.99、 1号突堤: 横堤0.7、縦堤: 0.7、下手側根固工: 0.99 2号消波堤(再現): 0.99、汀線部0.99、ブロック散乱域0.99、 下手側の根固工: 0.99 3号消波堤: 0.9 4号消波堤: 0.5 復旧2号消波堤: 0.7、復旧2号消波堤(一部撤去:天端高をT.P.+0.5mに嵩下げ): 0.9、 2号新堤(北)(南) 横堤: 0.7、縦堤: 0.7
初期地形	2010年9月の深淺図(水深16m以深は固定床) 予測計算2021年の再現地形	構造物の波高伝達率 (Kt)	養浜は堤防前面での土砂の湧き出し方式で与える。 盛土幅ΔYは20m 再現: 2019～2020年: X=1140～1300mlに1.2万m ³ /年の養浜予備計算領域 2010～2017年: X=1860～2740mlに平均2.5万m ³ /年の養浜 2017～2019年: X=2200～2600mlに3.4万m ³ /年の養浜 2019～2021年: X=1940～2240mlに3.3万m ³ /年の養浜 2020～2021年: X=2260～2440mlに10.1万m ³ /年の養浜 将来 予備計算領域(令和3年度計画案) 1号突堤～既存2号堤間(X=2220～2440m)に5万m ³ /年の養浜 既存2号堤下手(X=2100～2200m)に1万m ³ /年の養浜 新型2号(北)下手(X=1820～2000m)に2万m ³ /年の養浜
計算ケース	予測計算: ケース1: 現行養浜継続 5万m ³ /年 ケース2: 大規模浚渫(T.P.-4.0m) 25万m ³ /回 ケース3: 大規模浚渫(T.P.-6.0m) 25万m ³ /回		その他
入射波条件	波高H=3.0m、周期T=9.0s(5%出現頻度波) 波向θ _w =N147°E(L型突堤上手の汀線への法線に対し、α _w =5°の斜め入射)	計算期間	
潮位条件	M.S.L.±0.0m	入射波条件	波高H=3.0m、周期T=9.0s(5%出現頻度波) 波向θ _w =N147°E(L型突堤上手の汀線への法線に対し、α _w =5°の斜め入射)
空間メッシュ	ΔX=20m	潮位条件	M.S.L.±0.0m
時間間隔Δt	Δt=10hr/step	空間メッシュ	ΔX=20m
ステップ数	876step/年	時間間隔Δt	Δt=10hr/step
平衡勾配	X=0～800m: tanβ _c =1/5, X=800～900m: tanβ _c =1/5～1/7, X=900～1800m: 陸上～-8m tanβ _c =1/7, -8m以深tanβ _c =1/8	ステップ数	876step/年
土砂落ち込みの限界勾配	X=0～1300m: tanβ _g =1/2 X=1300～1400m: tanβ _g =1/2, 水深16m以深ではtanβ _g =1/2～1/10 X=1400～1800m: tanβ _g =1/2, 水深16m以深ではtanβ _g =1/10	平衡勾配	X=0～800m: tanβ _c =1/5, X=800～900m: tanβ _c =1/5～1/7, X=900～1800m: 陸上～-8m tanβ _c =1/7, -8m以深tanβ _c =1/8
漂砂の水深方向分布	宇多・河野の3次式	土砂落ち込みの限界勾配	X=0～1300m: tanβ _g =1/2 X=1300～1400m: tanβ _g =1/2, 水深16m以深ではtanβ _g =1/2～1/10 X=1400～1800m: tanβ _g =1/2, 水深16m以深ではtanβ _g =1/10
波による地形変化の限界水深	X=0～600m: h _c =4m X=600～1400m: h _c =4～14m X=1400～1800m: h _c =14m	漂砂の水深方向分布	宇多・河野の3次式
バーム高	X=0～800m: h _R =2m X=800～1100m: h _R =2～3m X=1100～1800m: h _R =3m	波による地形変化の限界水深	X=0～600m: h _c =4m X=600～1400m: h _c =4～14m X=1400～1800m: h _c =14m
漂砂量係数	K _s =0.02, K _v /K _s =1.0, K ₂ =1.62K _s ※斜面上への土砂流出量が一致するよう試行計算により同定	バーム高	X=0～800m: h _R =2m X=800～1100m: h _R =2～3m X=1100～1800m: h _R =3m

- 地形変化計算に用いる波向は南東～南南東方向とし、消波堤区間は海岸線の法線方向に対して右斜めから入射し、旧飛行場前面で波向きは北寄りに大きく変化する。
- 波高は構造物背後で低減する条件とした。

■ 波向分布

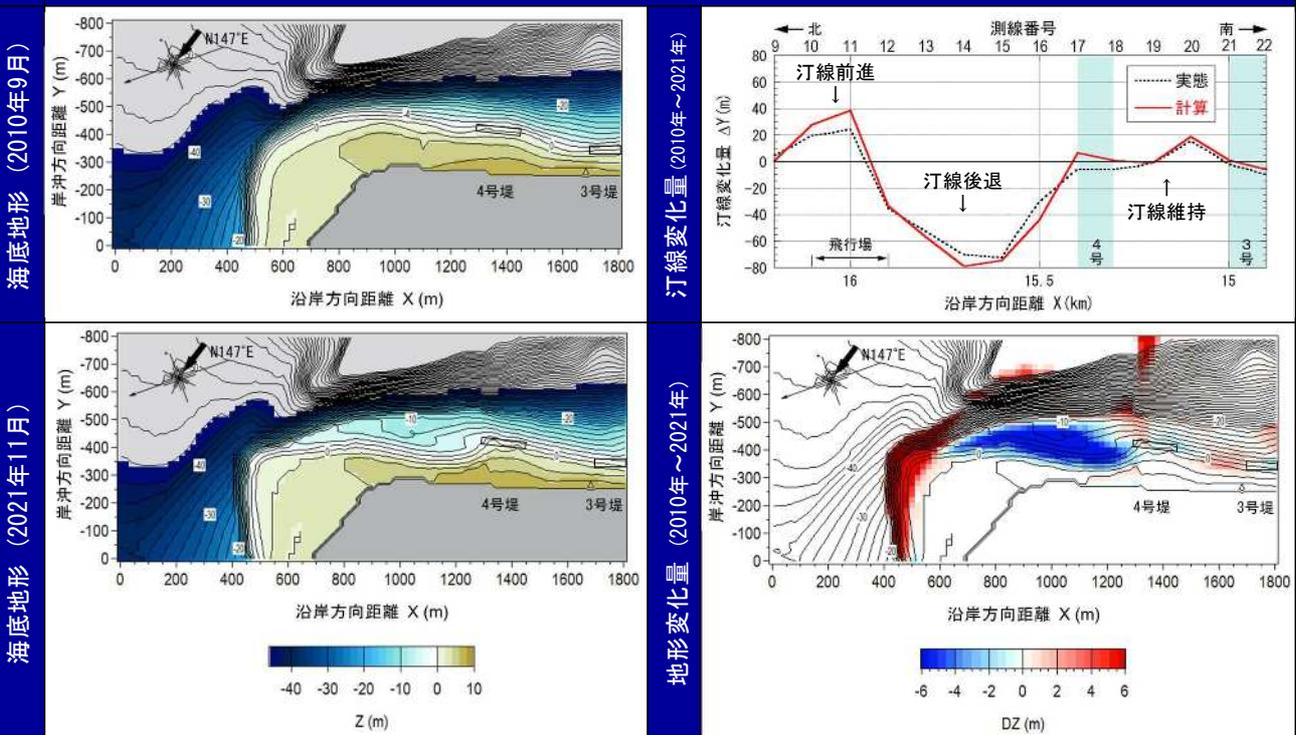


■ 波高比分布

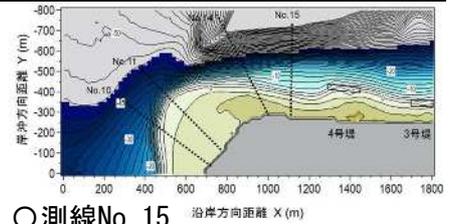


- 再現計算はリサイクル浚渫開始前の2010年地形とし、近年の2021年地形の再現を行った。
- 再現対象は3～4号消波堤間の汀線維持、4号消波堤下手の侵食、旧飛行場前面の堆積を主対象とした。汀線変化からNo. 17～22の汀線維持, No. 12～16の汀線後退, No. 9～11の汀線前進が定量的に再現された。

再現計算結果



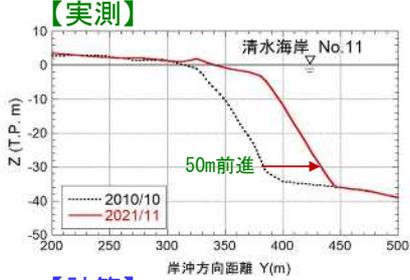
- 実測と計算の海浜断面地形変化より、4号消波堤下手No. 15における実測T.P. +5m~-13m間の顕著な侵食、旧飛行場前面No. 11は水中部T.P. -35m海底への土砂の落ち込みと汀線前進が定量的に再現された。



■海浜断面地形変化（実測と計算）

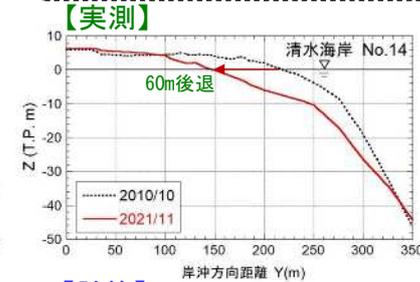
○測線No. 11

No. 11は実測のT.P. -35m海底への土砂の落ち込みと汀線前進が定量的に再現された。
(T.P. -30m位置前進量:実測・計算50m)



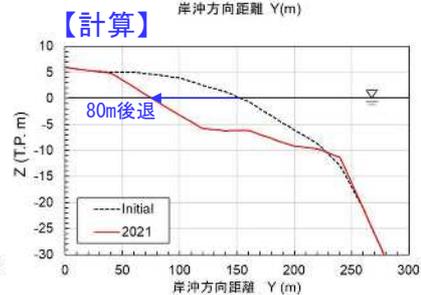
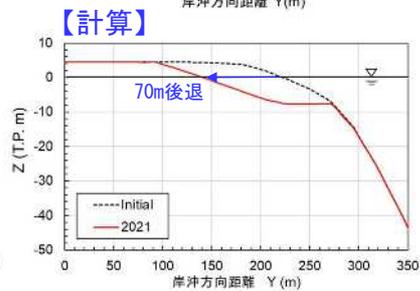
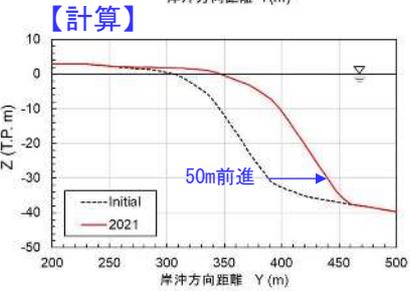
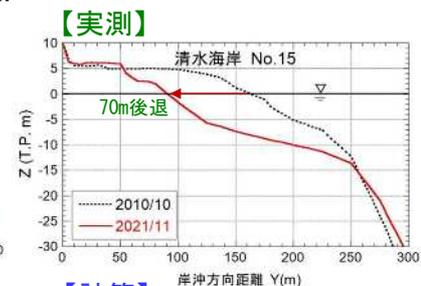
○測線No. 14

No. 14は実測のT.P. -8m以浅の顕著な侵食は再現されたが、T.P. -8m以深の侵食の再現性が課題である。
(汀線後退量:実測60m,計算70m)



○測線No. 15

No. 15は実測のT.P. +5m~-13m間の顕著な侵食が定量的に再現された。
(汀線後退量:実測70m,計算80m)

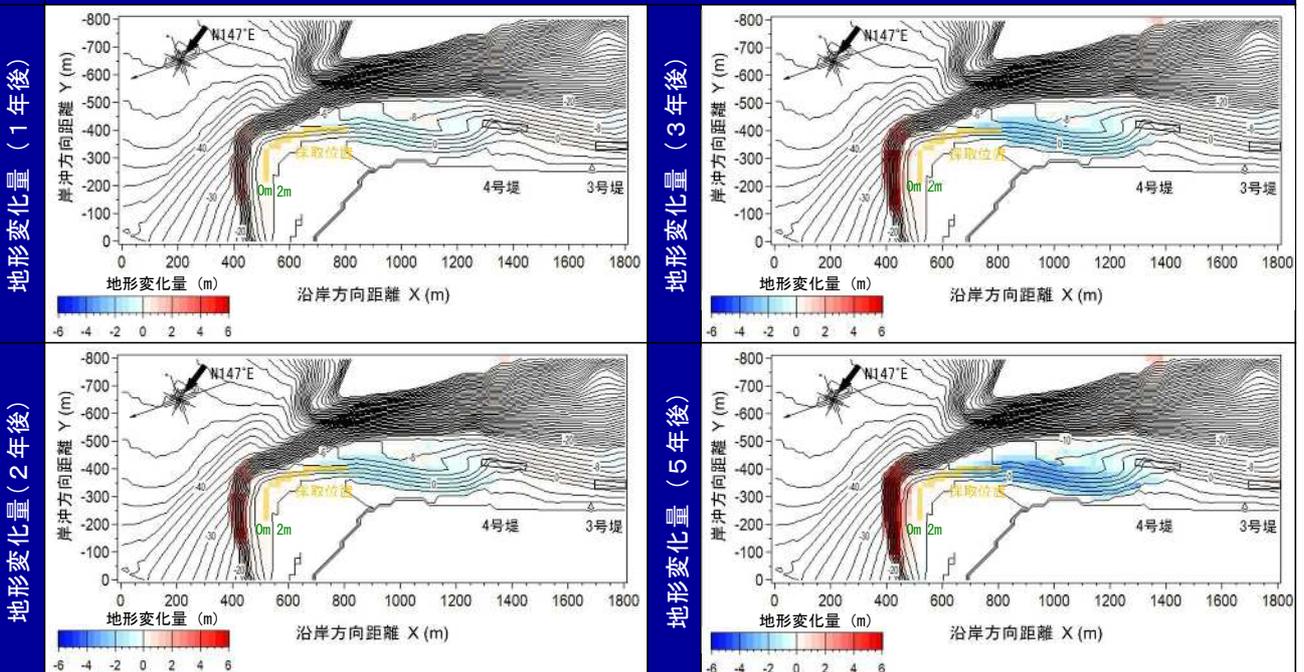


(11) 数値シミュレーション –予測ケース1(地形変化量)–

- 現行の陸上採取のケース1について、4号消波堤下手からの侵食域の波及が生じており、3年後には採取位置まで侵食域が波及している状況である※。5年後の侵食域の先端はX=700m付近の位置であり、X=700~1300m間が侵食域となっている。
- 採取箇所より下手側は1年後以降は浅い箇所から深い箇所まで堆積が見られ、土砂の落ち込みが生じている。

■地形変化量 ※留意点: 近傍からの土砂の引き込みは海底への土砂の落ち込みを減少させる可能性があるが、侵食域からの土砂の引き込みは防止する必要がある。

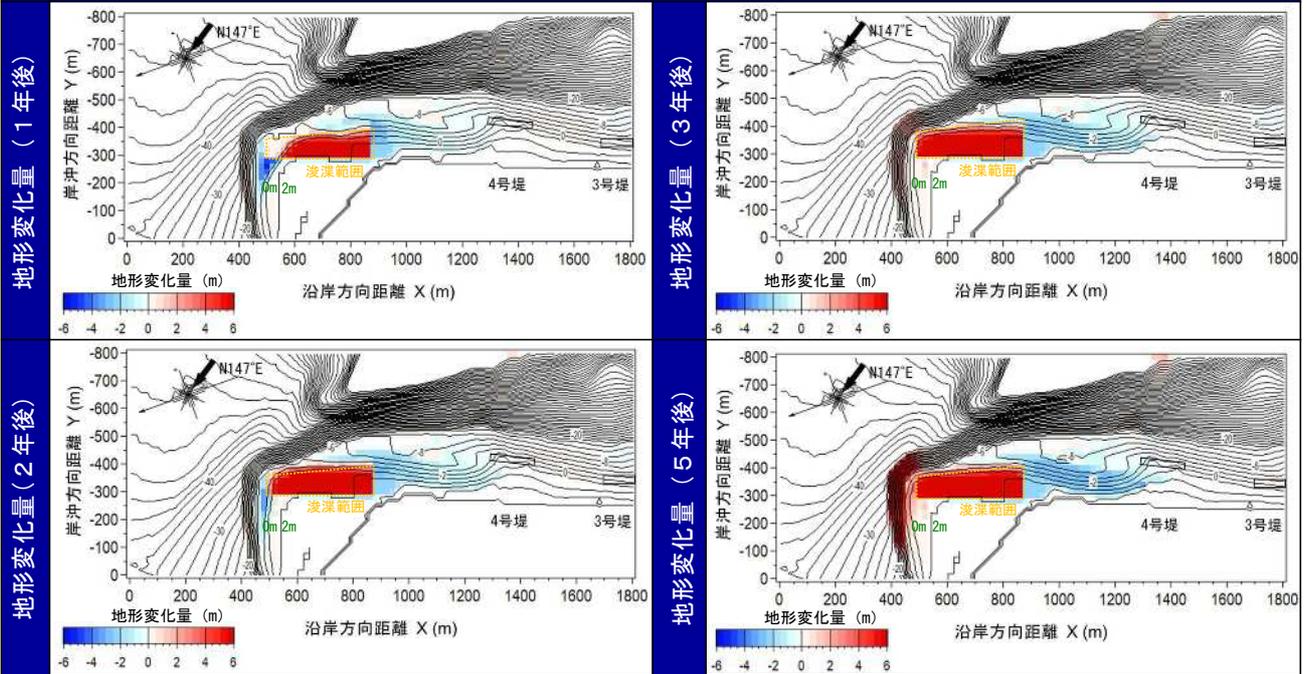
予測ケース1: 現行の陸上採取 (T.P. +0mまで: 5万m³/年)



- 大規模浚渫のケース2について、1年後には浚渫範囲の掘削底面の水深4mから汀線まで顕著な堆積が生じている。一方で浚渫範囲のすぐ上手側と下手側では侵食が生じているため近傍から土砂を引き込みながら埋め戻りが生じる過程の状態である*。
- 2年後は浚渫範囲より下手側の侵食が緩和され、3年後と5年後は下手側の浅い箇所から深い箇所まで再び堆積に変化しているため、3年後までに浚渫範囲は埋め戻った状態となる。3年後以降は土砂の落ち込みが顕著となり、再度浚渫が必要となる。
- 4号消波堤下手の侵食は帯状に広がっているが、他ケースと同じ傾向のため、大規模浚渫による影響ではないと考えられる。

■ 地形変化量 ※留意点：近傍からの土砂の引き込みは海底への土砂の落ち込みを減少させる可能性があるが、侵食域からの土砂の引き込みは防止する必要がある。

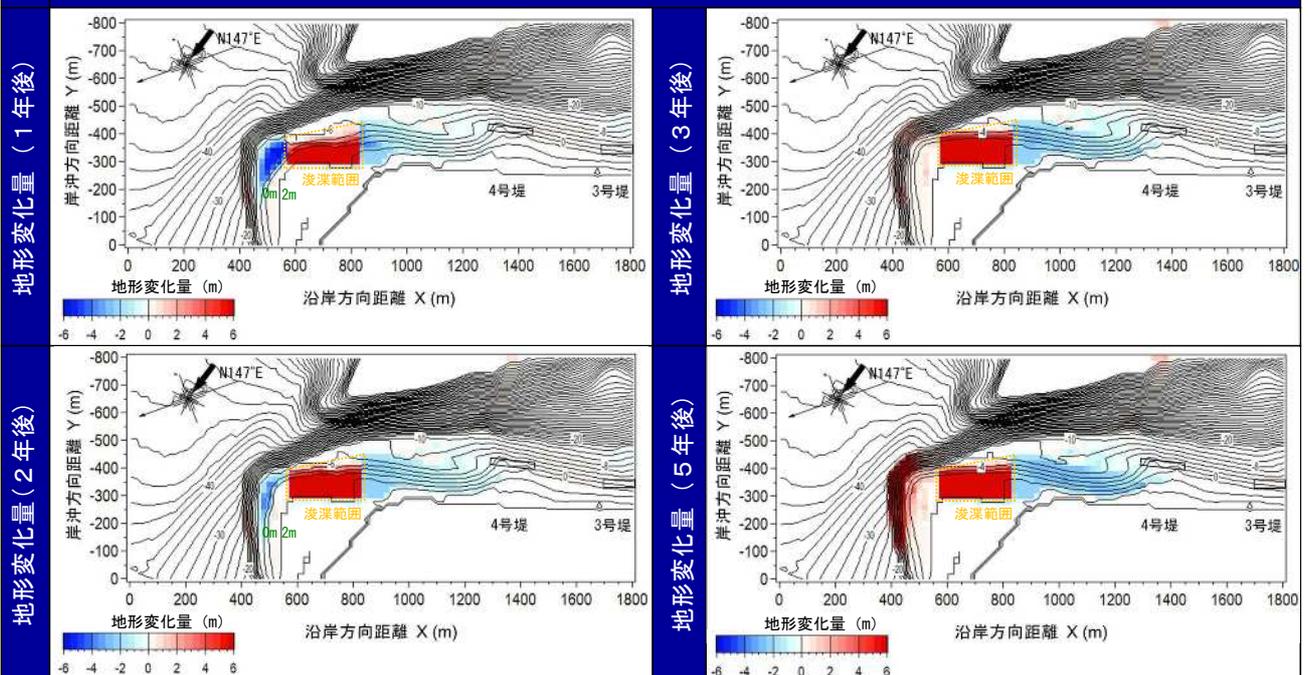
予測ケース2：大規模浚渫 (T.P. -4m：初期25万m³)



- 大規模浚渫のケース3について、1年後には浚渫範囲の掘削底面の水深6mから汀線まで顕著な堆積が生じている。一方で浚渫範囲のすぐ上手側と下手側では侵食が生じているため近傍から土砂を引き込みながら埋め戻りが生じる過程の状態である*。
- 2年後は浚渫範囲より下手側の侵食が緩和され、3年後と5年後は下手側の浅い箇所から深い箇所まで再び堆積に変化しているため、3年後までに浚渫範囲は埋め戻った状態となる。3年後以降は土砂の落ち込みが顕著となり、再度浚渫が必要となる。
- 4号消波堤下手の侵食は帯状に広がっているが、他ケースと同じ傾向のため、大規模浚渫による影響ではないと考えられる。

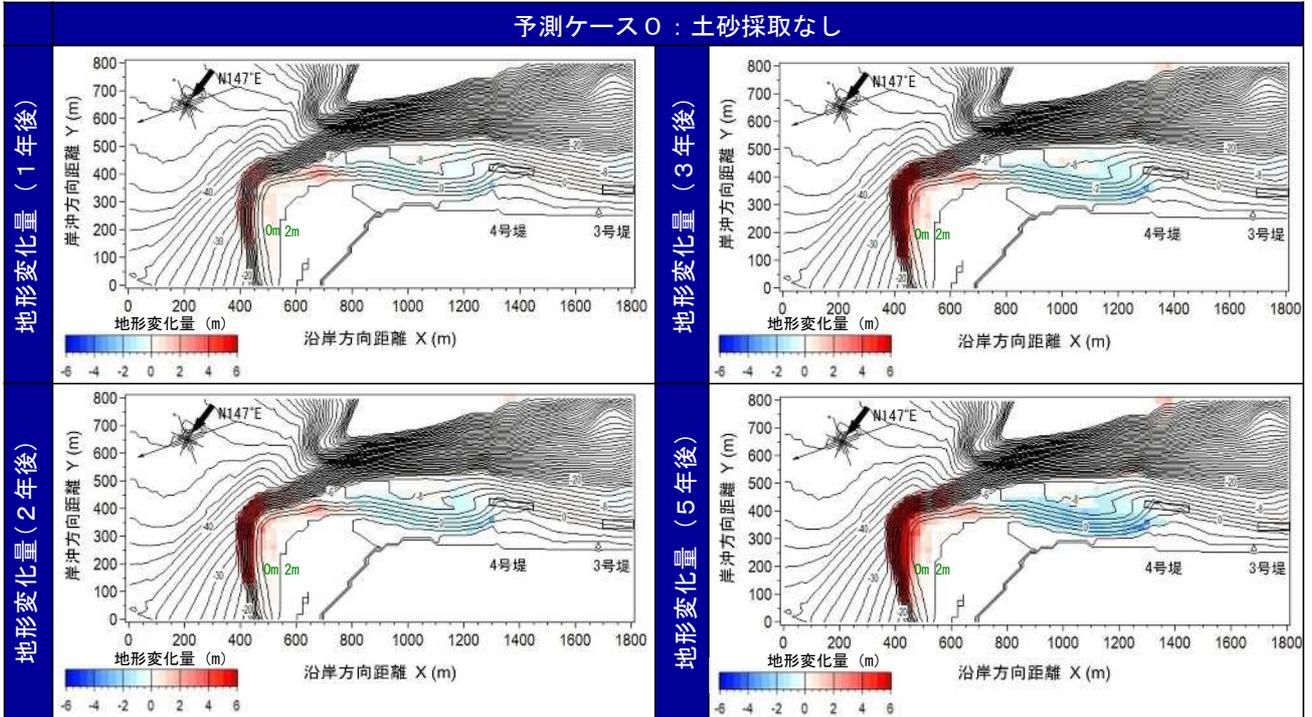
■ 地形変化量 ※留意点：近傍からの土砂の引き込みは海底への土砂の落ち込みを減少させる可能性があるが、侵食域からの土砂の引き込みは防止する必要がある。

予測ケース3：大規模浚渫 (T.P. -6m：初期25万m³)



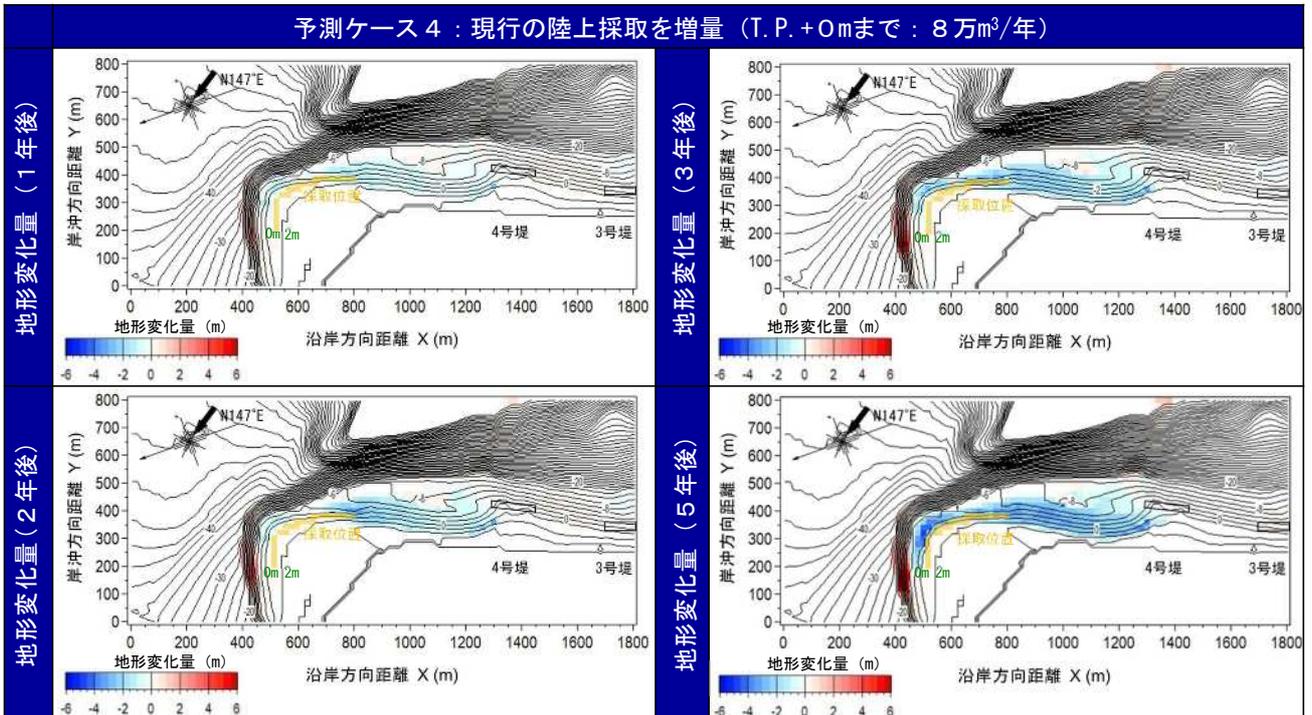
- 5年後には、4号消波堤下手からの侵食域の波及により、汀線付近 (X=700~1300m) が侵食域となっている。
- 5年後には、侵食域より下手側での土砂の落ち込みが顕著である。

■地形変化量



- 3年後には、4号消波堤下手からの侵食域の波及と継続的な採取の影響により、採取位置全体の汀線付近 (X=500~800m) が侵食域となっている。
- 5年後には、採取位置全体の汀線からT.P. -4m以浅で侵食が生じており、採取前地形までの回復には至っていない。一方、採取位置より下手側での土砂の落ち込みが継続している。

■地形変化量

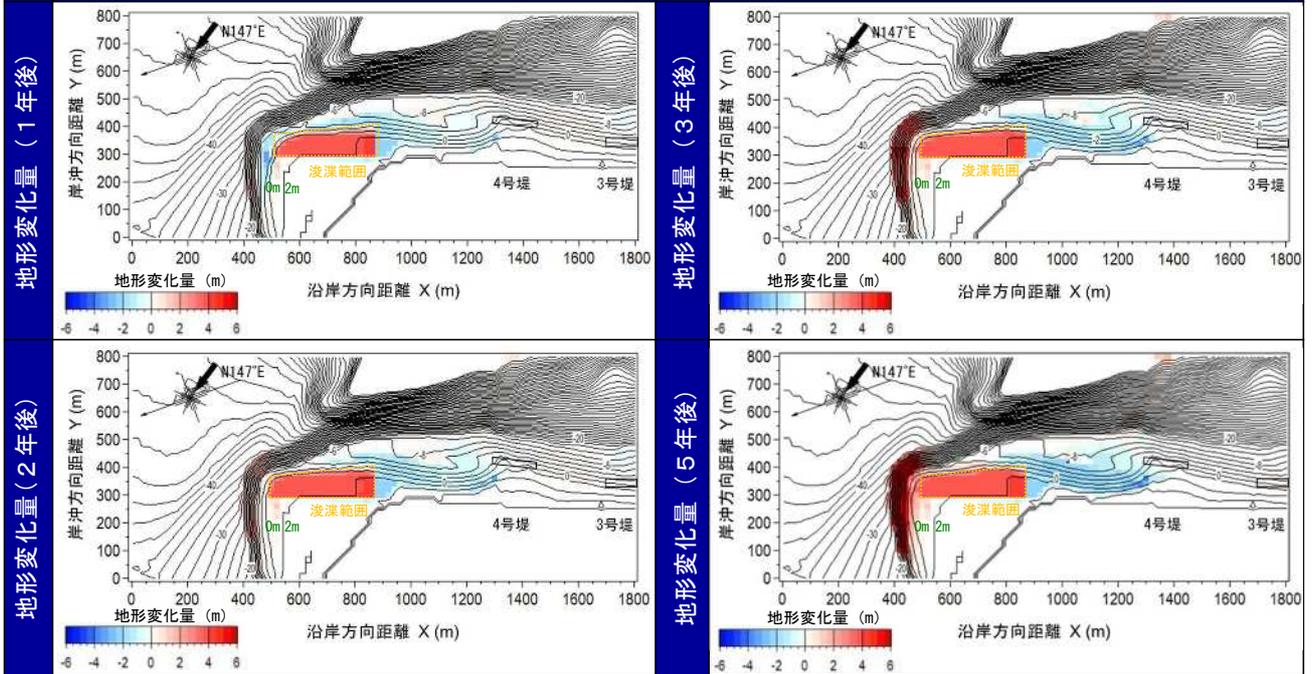


- 1年後には、浚渫範囲の掘削底面の水深2mから汀線まで顕著な堆積（回復）が生じている。一方、浚渫範囲のすぐ上手側と下手側では侵食が生じており、近傍から土砂を引き込みながら埋め戻りが生じている過程である*。
- 2年後は浚渫範囲より下手側で侵食から堆積に転じており、2～5年後には下手側の浅い箇所から深い箇所まで再び堆積しているため、2年後までに浚渫範囲は埋め戻った状態となる。3年後以降は土砂の落ち込みが顕著となり、再度浚渫が必要となる。

*近傍からの土砂の引き込みは海底への土砂の落ち込みを減少させる可能性があるが、侵食域からの土砂の引き込みは防止する必要がある。

■ 地形変化量

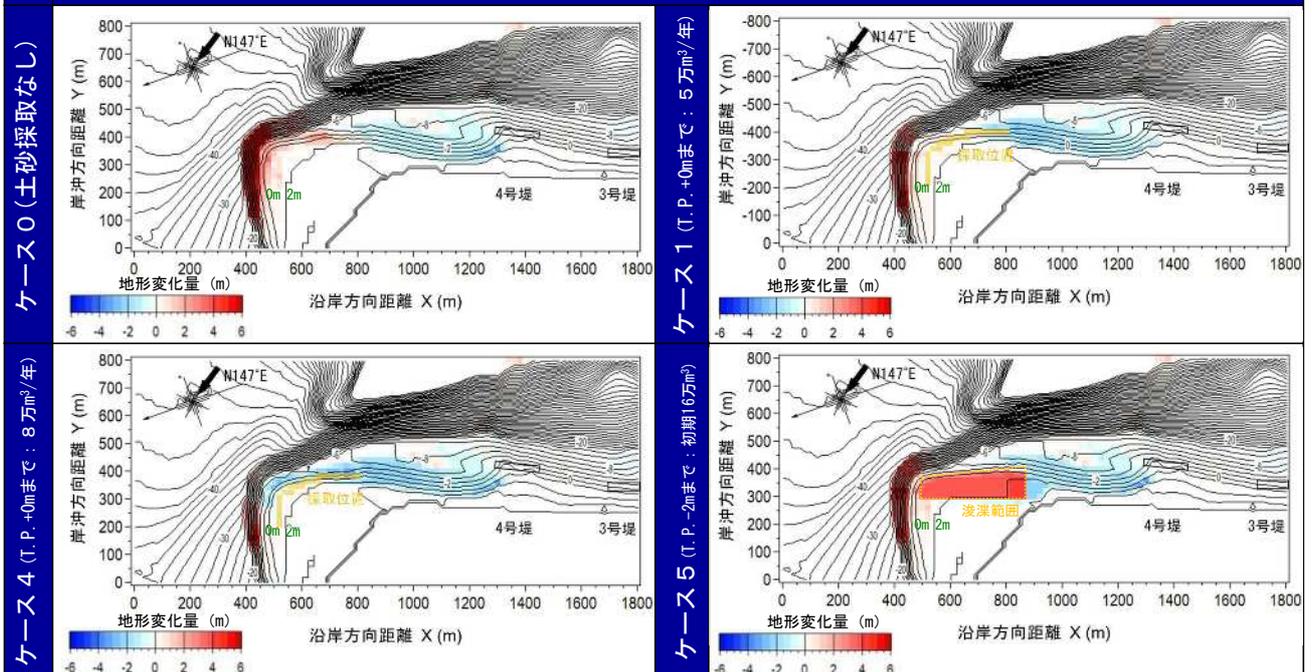
予測ケース5：陸上から水中までの採取 (T.P.-2mまで：初期16万^m³)



- 採取なしのケース0は、4号消波堤下手からの侵食域の波及により、汀線付近 (X=700~1300) が侵食域となっている。
- 現行の陸上採取 (汀線付近を集中的に採取) のケース1は侵食量がケース0よりやや多いが侵食域は同様である。
- 現行の陸上採取を増量したケース4は、侵食域が採取位置まで及んでいる。
- 陸域～水中部を採取するケース5の方が、ケース1に比べて侵食域がやや少なく、浚渫範囲も埋め戻った状態となる。
- 土砂の落ち込みは、採取なしのケース0に比べて、各採取ケースの落ち込み量は低減される。

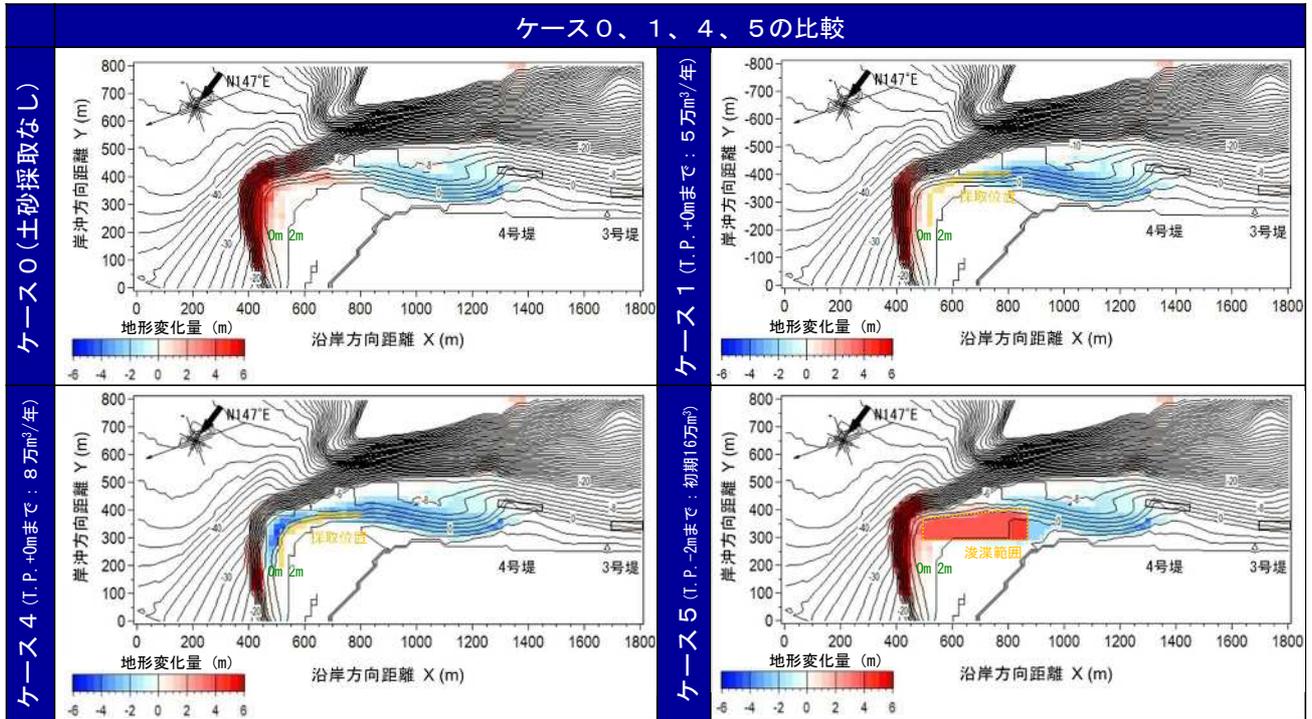
■ 地形変化量 (3年後) (3年後時点の採取量) ケース1：15万^m³、ケース4：24万^m³、ケース5：16万^m³

ケース0、1、4、5の比較



- 採取なしのケース0は、4号消波堤下手からの侵食域の波及により、汀線付近 (X=700~1300) が侵食域となっている。
- 各ケースとも3年後と侵食域は変わらないが侵食量がやや多くなっており、侵食域に対する対応の検討が必要となる。
- 現行の陸上採取のケース1は採取位置の変化は少ない状況が継続している。
- 現行の陸上採取を増量したケース4は、採取位置の汀線付近の変化は少なく、沖側の侵食量がやや多くなっている。
- 陸域~水中部を採取するケース5は、浚渫範囲が埋め戻った状態で変化は少なく、土砂の落ち込みは増加している。

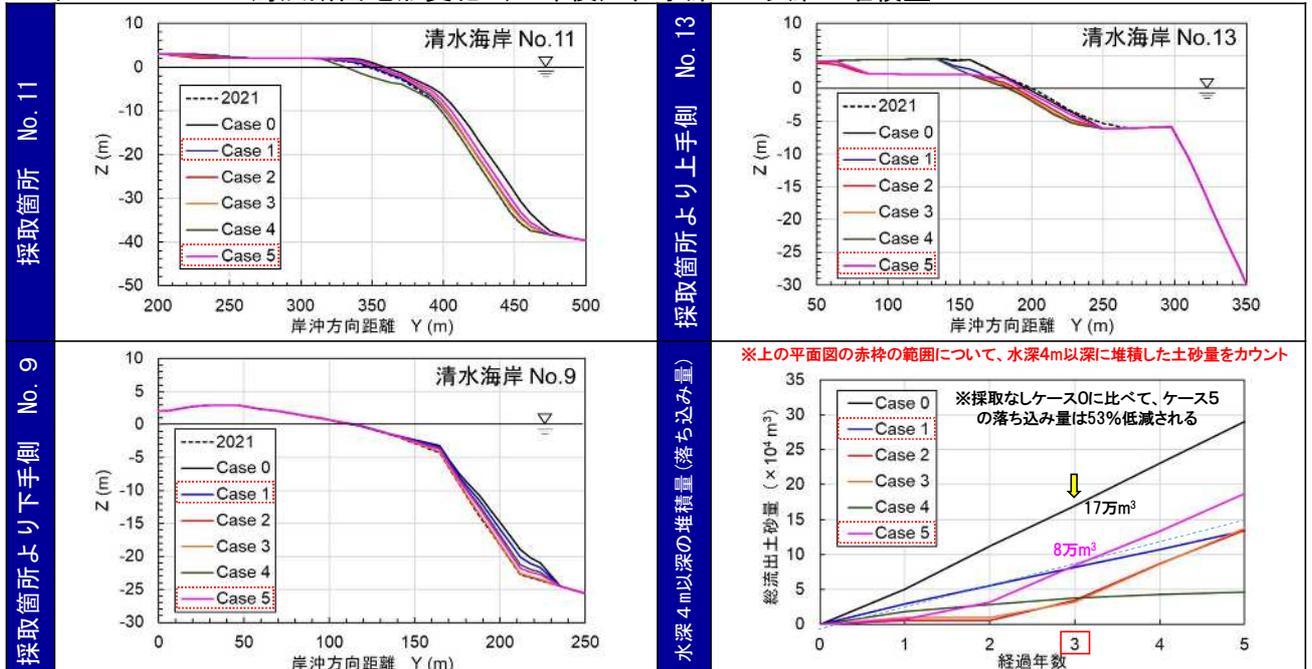
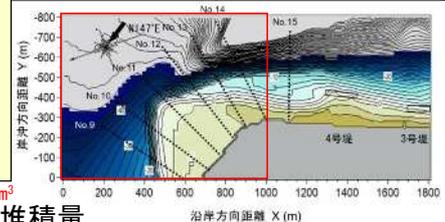
■地形変化量 (5年後) (5年後時点の採取量) ケース1: 25万³、ケース4: 40万³、ケース5: 16万³



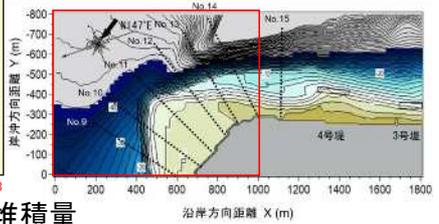
- 採取箇所より上手側のNo.13では、汀線付近を集中的に採取するケース1、4に比べて、陸域~水中部を採取するケース5の方が汀線後退量が少なく、採取なしケース0と汀線後退量はほとんど変わらない。
- 採取箇所No.11では、ケース1、4に比べて、ケース5の前進量(土砂の落ち込み量)がやや多い。ケース4は汀線後退量が大きい。
- 土砂の落ち込み量は、2年後まではケース1に比べて、ケース5の落ち込み量が少ないが、3年後時点の落ち込み量は概ね同じである。ケース5の落ち込み量は、採取なしケース0と比べて、53%低減される。

(3年後時点の採取量) ケース1: 15万³、ケース2・3: 25万³、ケース4: 24万³、ケース5: 16万³

■ケース0~5の海浜断面地形変化(3年後)、水深4m以深の堆積量

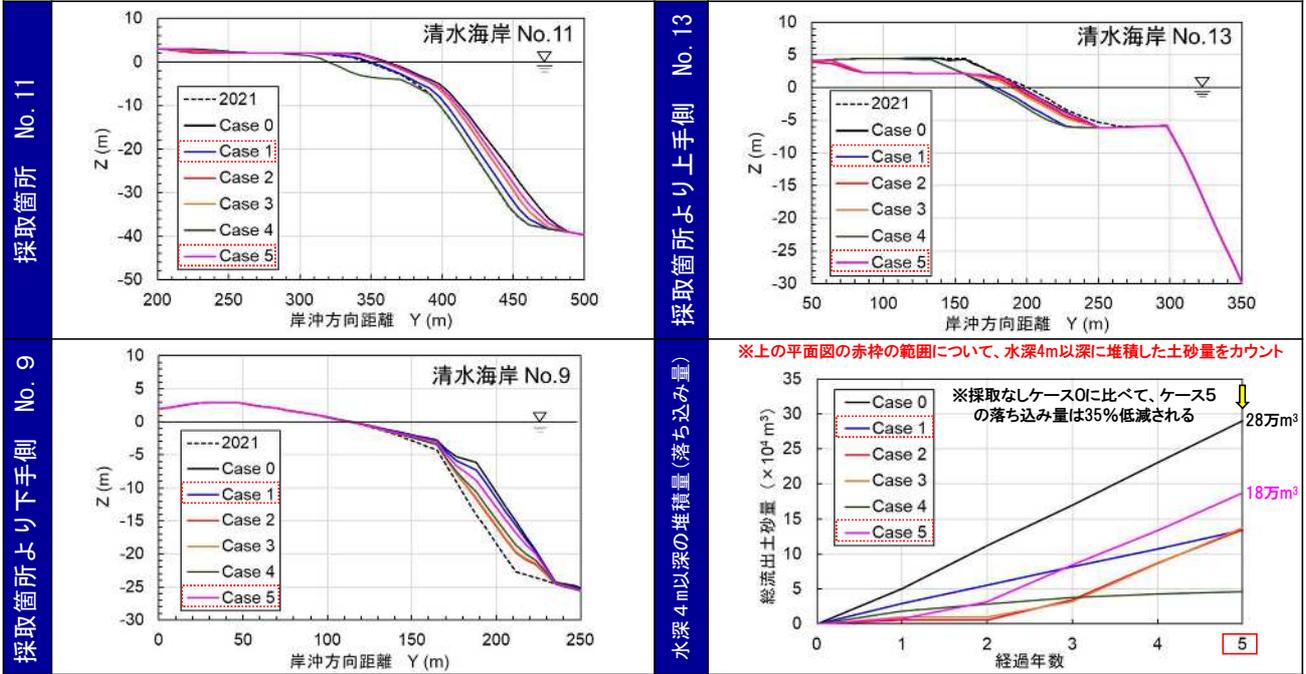


- ・ 採取箇所より上手側のNo. 13では、汀線付近を集中的に採取するケース1, 4に比べて、陸域～水中部を採取するケース5の方が汀線後退量が少なく、採取なしケース0と汀線後退量はほとんど変わらない。
- ・ 採取箇所No. 11では、ケース1, 4に比べて、ケース5の前進量(土砂の落ち込み量)が多い。
- ・ 土砂の落ち込み量は、3年後以降はケース1に比べて、ケース5の落ち込み量が多くなる。ケース5は2年後以降に再度採取を行う必要があるが、採取なしケース0と比べて落ち込み量は、35%低減される。

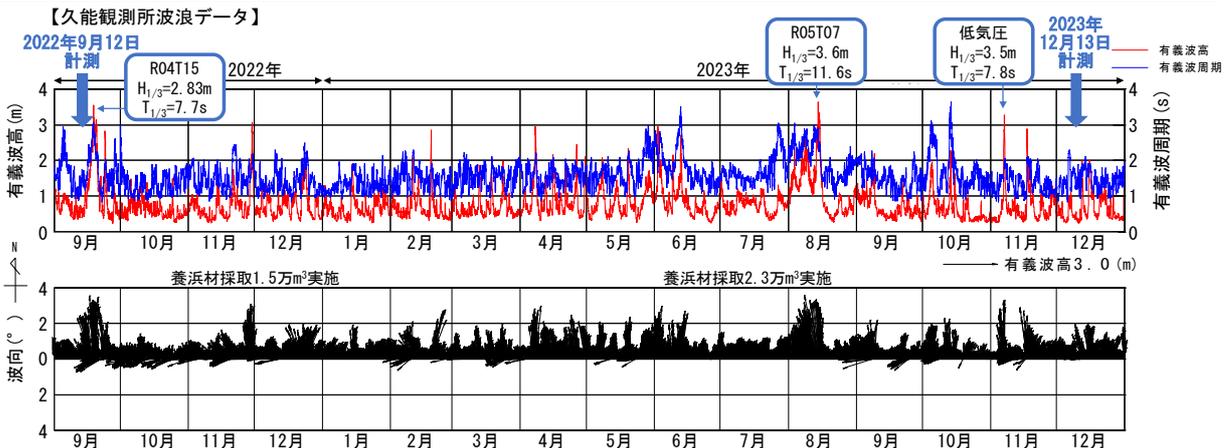


(5年後時点の採取量) ケース1: 25万³、ケース2・3: 25万³、ケース4: 40万³、ケース5: 16万³

■ ケース0～5の海浜断面地形変化(5年後)、水深4m以深の堆積量



- ・ サンドリサイクル養浜材の採取前後の陸上部の地形計測を実施した。計測前後の波浪状況を示す。



【簡易GPS汀線測量結果】

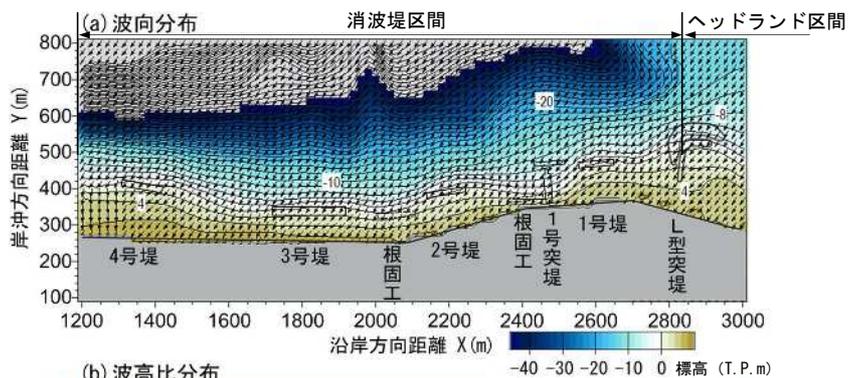


2号新堤(南)の配置を変更することにより、防護面で当初計画の目標である必要砂浜幅の確保が可能かどうか地形変化予測シミュレーションにより確認を行った。
2号新堤(南)の当初配置計画(予測ケース1)と変更配置計画(予測ケース2)の計算条件は以下とした。

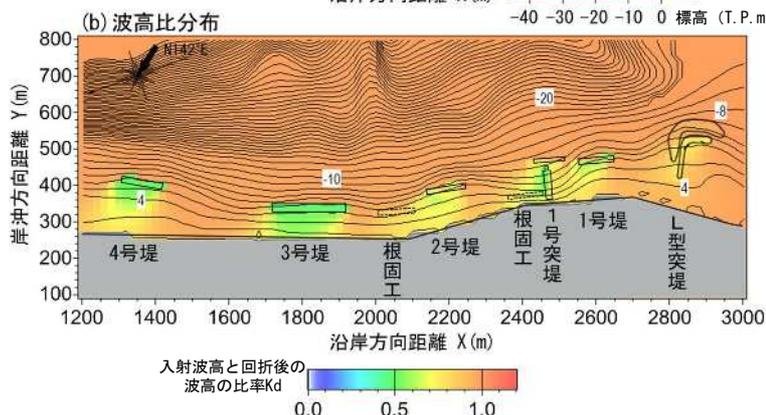
計算モデル	地形変化計算: BGモデル 波浪場の計算: 不規則波の方向分散法	境界条件	右端 (X=2900 m) : 等深線固定 (漂砂の流入流出自由) 左端 (X=0 m) : q = 0 (漂砂の流入流出なし) 岸端 (Y=0 m) : 等深線固定 (漂砂の流入流出自由) 沖端 (Y=1020 m) : q = 0 (漂砂の流入流出なし)
計算対象領域	波浪変形計算: 沿岸方向3,700m×岸沖方向1,020m 地形変化計算: 沿岸方向1,800m×岸沖方向700m (予備計算領域X=2,900mを右側境界とした)		養浜条件
計算ケース	再現計算: 2010~2023年 予測計算: ケース1 当初配置計画 ケース2 変更配置計画 (2号新堤(南)を28.3m沖出し)	構造物の波高伝達率 (Kt)	
計算期間	再現計算: 2010年9月~2023年12月 (13年間) 予測計算: 20年間		計算対象領域
初期地形	再現計算: 2010年9月深淺図 (水深16m以深は固定床) 予測計算: 2023年12月の再現地形	土砂落ち込みの限界勾配 $\tan \beta g = 1/2$, 水深17m以深では $\tan \beta g = 1/20$	
入射波条件	波高H=3.0m, 周期T=9.0s (5%出現頻度波) 波向 $\theta_w = N142^\circ E$ (試行計算により決定)		漂砂の水深方向分布 宇多・河野の3次式
潮位条件	M. S. L. ±0.0m	波による地形変化の限界水深 X=1200~1400m: hc=11~14m, X=1400~1900m: hc=14m, X=1900~2100m: hc=14~16m, X=2100~2300m: hc=16m, X=2300~3000m: hc=16~9m	
空間メッシュ	ΔX=20m		バーム高 $h_R = 3$ m
時間間隔Δt	Δt=10hr/step	漂砂量係数 再現計算 $K_x=0.034, K_y/K_x=1.0, K_z=1.62K_x$	
ステップ数	876step/yr		
平衡勾配	陸上~-8m $\tan \beta c = 1/7$, -8m以深 $\tan \beta c = 1/10$		

- 地形変化計算に用いる波向は南方向とした。消波堤区間の海岸線の法線方向に対して右斜めから入射し、北東方向への沿岸漂砂が生じる条件である。
- 波高は構造物背後で低減する条件とした。

■ 波向分布

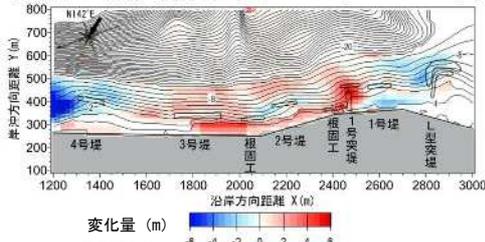


■ 波高比分布

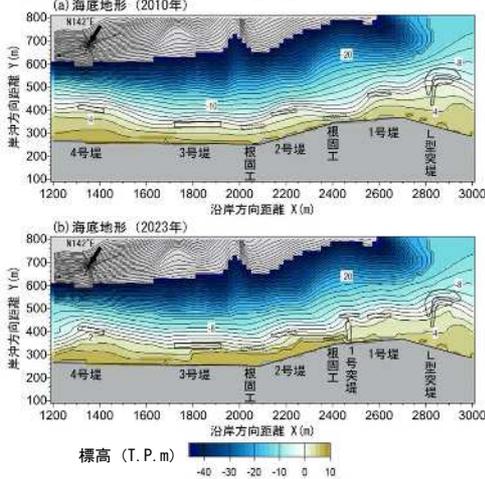


- 2010年地形をもとに、2019年、2023年地形の再現計算を行った。
- 2010年～2019年の1号突堤上手での汀線前進、下手での汀線後退、2019年～2023年の1号突堤上手および下手での汀線の回復が再現された。

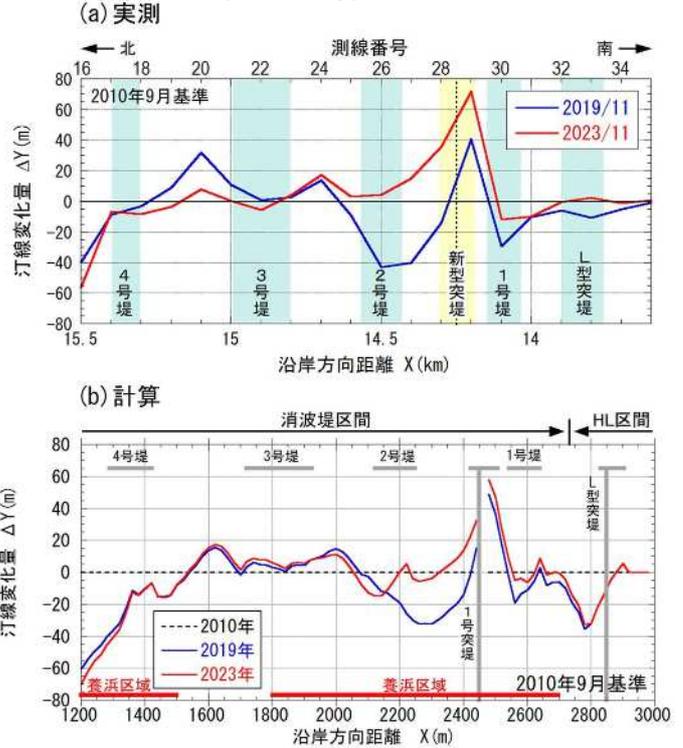
■実測の地形変化量 (2010年～2023年)



■再現計算結果 (海底地形)



○汀線変化量(実測と計算)



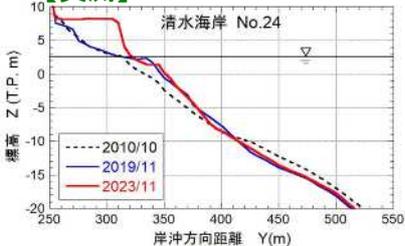
- 2010年地形をもとに、2019年、2023年地形の再現計算を行った。
- 1号突堤上手 (No. 29), 1号突堤下手 (No. 27), 2号消波堤下手 (No. 24) での陸上部から水中部にかけての地形変化傾向が再現された。

■海浜断面地形変化 (実測と計算)

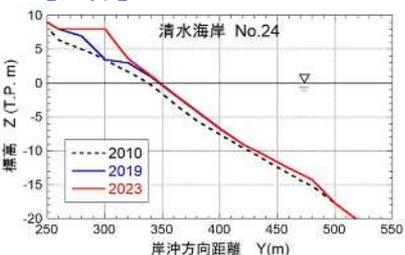
○測線No. 24

実測の2010年から2019年の汀線維持、水中部の堆積、2019年から2023年の維持傾向が計算で再現された。

【実測】



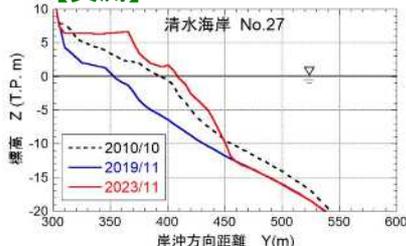
【計算】



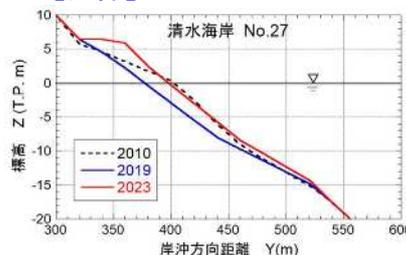
○測線No. 27

陸上から水中部にかけての実測の2010年から2019年の侵食、2019年から2023年の回復が計算で再現された。

【実測】



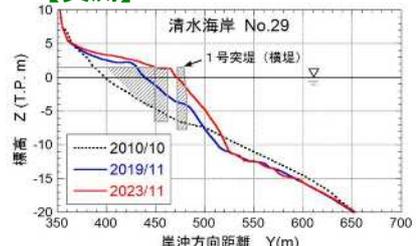
【計算】



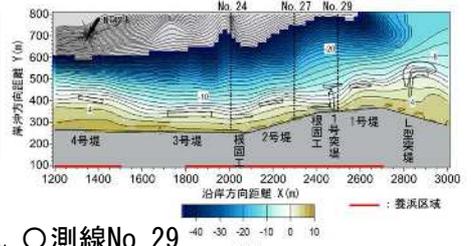
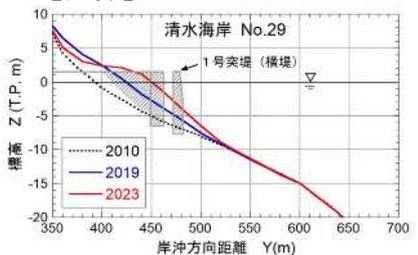
○測線No. 29

実測の1号突堤より岸側と沖側の堆積が計算で再現された。

【実測】



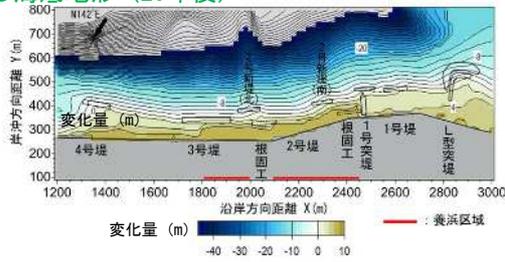
【計算】



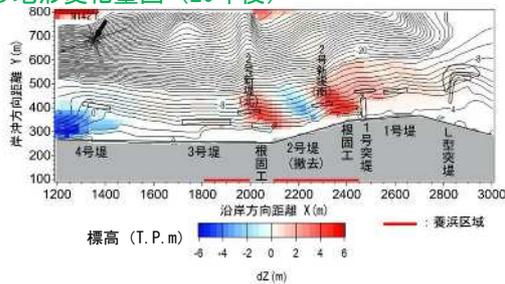
【ケース1:当初配置計画】

- ・汀線変化量は、1号突堤～2号新堤(南)で汀線が前進し、2号新堤(南)の下手側は2号消波堤の撤去により汀線が後退する。
- ・浜幅は、1号突堤～3号消波堤上手間において必要浜幅80mが確保される。3号消波堤下手で必要浜幅が不足する箇所においては、養浜の配分見直し等により対応を図る。

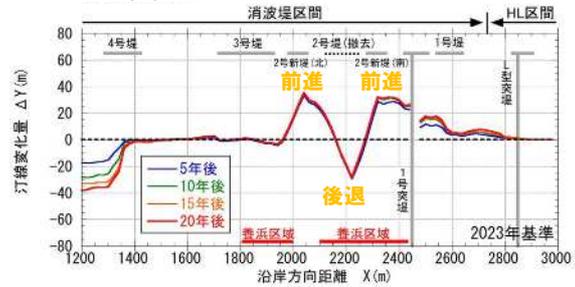
○海底地形(20年後)



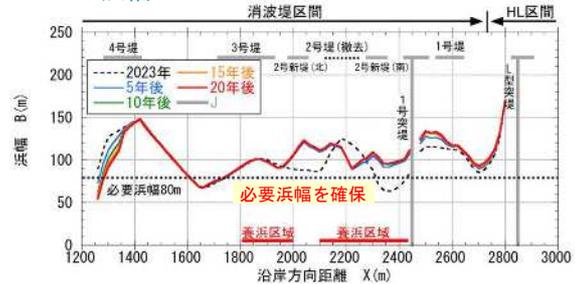
○地形変化量図(20年後)



○汀線変化量



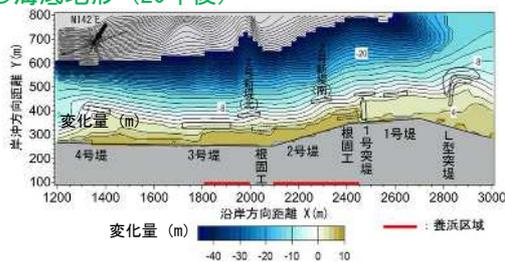
○浜幅



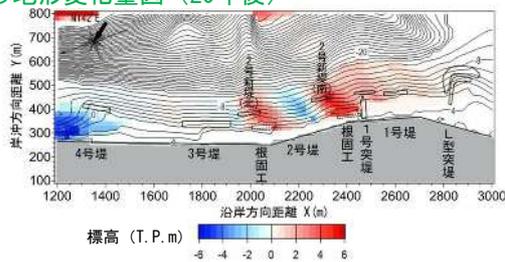
【ケース2:変更配置計画】 2号新堤(南)を約28m沖出し

- ・汀線変化量は、1号突堤～2号新堤(南)で汀線が前進し、2号新堤(南)の下手側は2号消波堤の撤去により汀線が後退する。2号新堤(南)の沖出しにより上手側で僅かに汀線が前進するがケース1と傾向に違いは見られない。
- ・浜幅は、1号突堤～3号消波堤上手間において必要浜幅80mが確保される。3号消波堤下手で必要浜幅が不足する箇所においては、養浜の配分見直し等により対応を図る。
- ・2号新堤(南)の沖出しを行うケースでも必要浜幅が確保されるため、2号新堤(南)の配置を変更する。

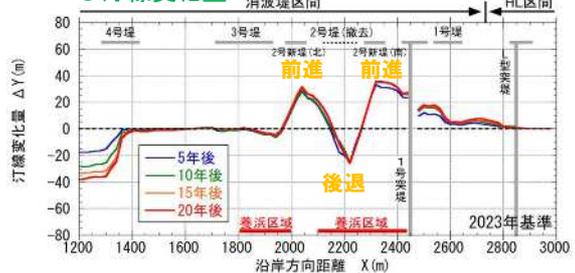
○海底地形(20年後)



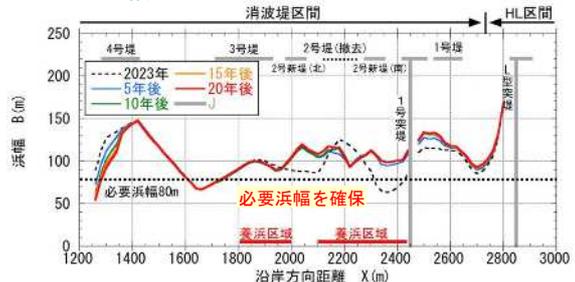
○地形変化量図(20年後)



○汀線変化量



○浜幅



清水海岸の砂浜が海岸保全施設として指定されます（2024年2月23日）。

◆砂浜の役割・機能

砂浜は、各地域の重要な景観や環境を形成するとともに海水浴等に利用され、人と海とのふれ合いの場となっている。さらに、砂浜は堤防や離岸堤等と一体となって高波を減衰させ、海岸の背後の人命や財産を高潮等の災害から守る機能をもっている。

◆砂浜の海岸保全施設指定（砂浜指定）とは

1999年の海岸法改正により、海岸を防護する機能を有する砂浜を「海岸保全施設」として指定することができることとなった。「海岸保全施設」は、津波・高潮・波浪等の災害、海岸侵食などから背後の人命や財産を保護する役割を持っており、海岸管理者によって管理される。

◆砂浜指定の意義

砂浜を海岸保全施設に指定し適切に管理することにより、海岸侵食や高波等による被害の防止など、砂浜の安定的な維持が図られ、背後地の住民の安全・安心や国土保全に寄与することができる。

◆指定されるメリット

砂浜を海岸保全施設として指定し管理基準を明確にすることにより、継続的に砂浜をモニタリングしていくことで、侵食被害が深刻化してから事後的な対策を行うのではなく、予防的な砂浜管理を推進していくことができる。

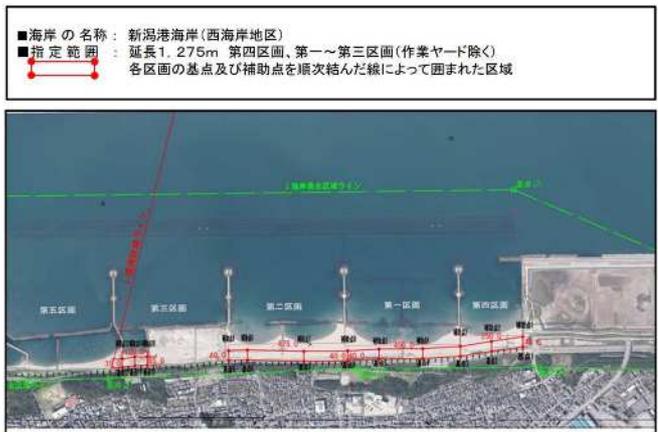
◆全国の砂浜指定事例（国土交通省の直轄海岸事業による）

- ・石川海岸（松任工区）（石川県白山市）2019年9月指定
- ・新潟港海岸（西海岸地区）（新潟市中央区）2022年7月指定

【石川海岸（松任工区）】



【新潟港海岸（西海岸地区）】

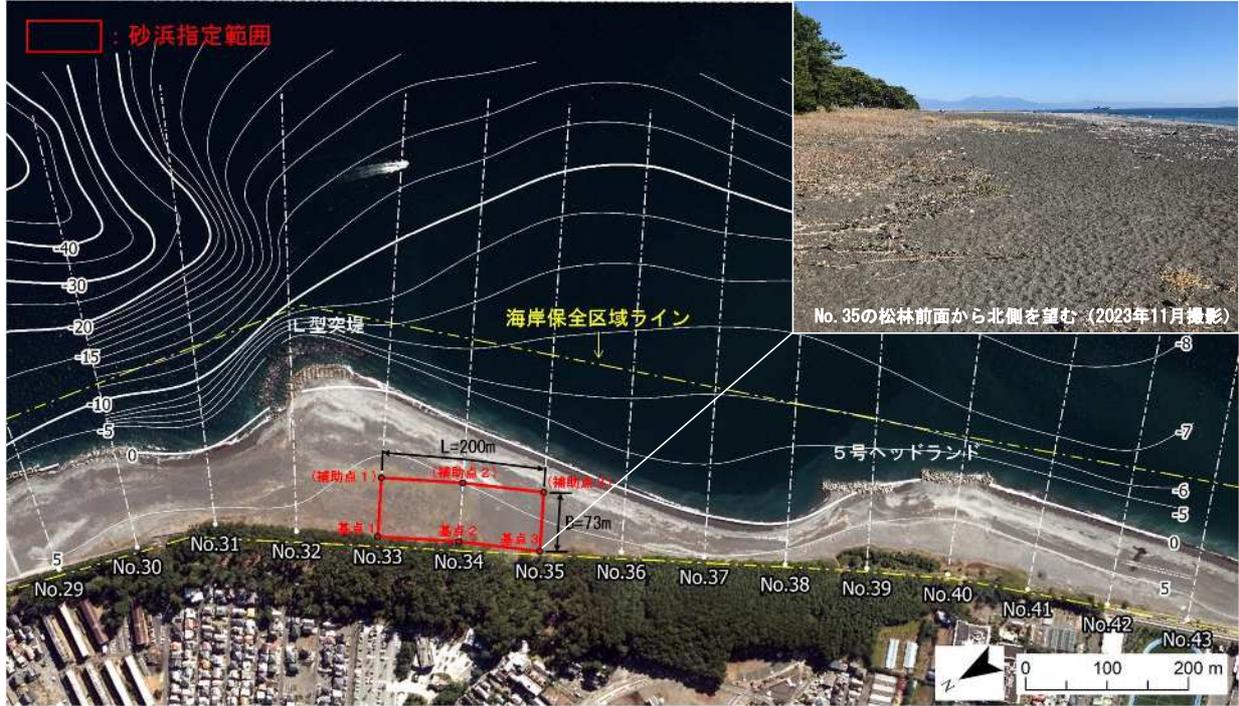


(北陸地方整備局HPより)

国土交通省の直轄海岸事業を除いて、都道府県の管理する海岸が指定されるのは清水海岸が初めてとなる。

◆清水海岸の砂浜指定対象区間の設定

ヘッドランド区間最下手の三保松原の羽衣の松前面（No. 35周辺）は景観に配慮した低天端のL型突堤が2000年までに整備され、砂浜が長期的に安定であるとともに、清水海岸全体の中で最も利用が多い区間である。人為的な漂砂条件が変化する可能性も小さいことから、砂浜の海岸保全施設指定の対象とした。

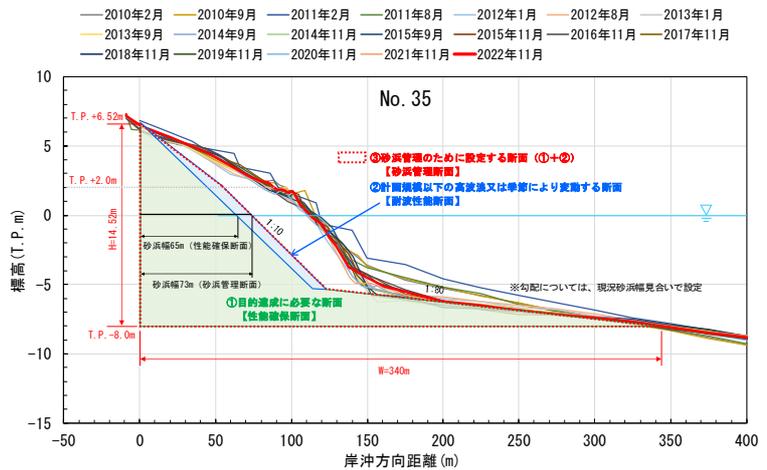


砂浜を海岸保全施設として管理する範囲のイメージ

砂浜を海岸保全施設として管理する範囲のイメージを以下に示す。

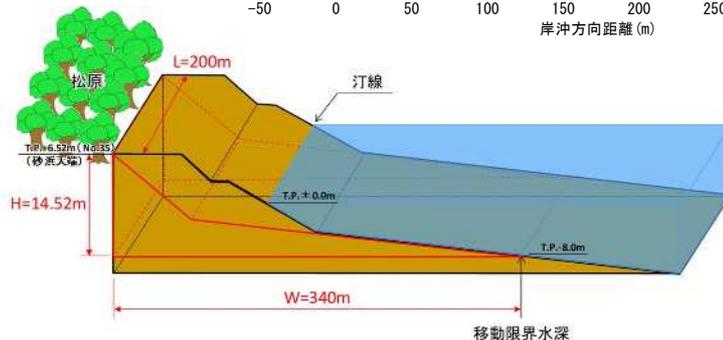
- 防護に関する要求性能
計画外力時（50年確率波）における越波量を許容越波流量（ $0.005\text{m}^3/\text{m}/\text{s}$ ）以下

- 指定範囲の考え方
①性能確保断面（砂浜幅65m）+②耐波性能断面（単年度の最大砂浜変動量又は平均砂浜幅からの偏差の最大値の内大きい方の値）（砂浜幅8m※）
=③砂浜管理断面（砂浜幅73m）
※2010年～2022年の深浅測量データから設定



- 砂浜を海岸保全施設として管理する範囲のイメージ

※砂浜を指定する範囲は陸地の範囲ですが、水面下の砂浜の断面も含めて高波に対する防護機能を有しています。

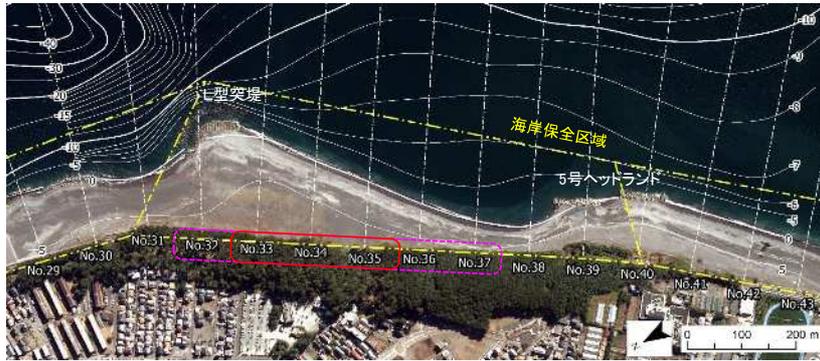
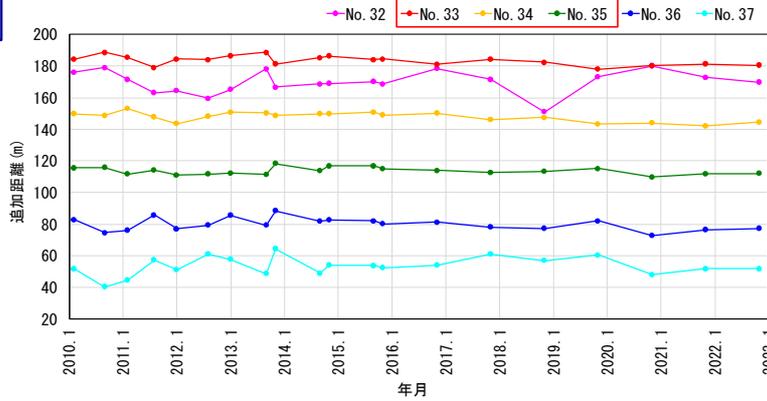


今後もモニタリングを実施し、砂浜を適切に管理して参ります。

○測量成果の分析

- 指定しようとする区間の測量データを整理した。深浅測量データに基づく砂浜幅（汀線位置T.P.=0）の変化を見ると、主対象とする測線No. 33～35で2010年以降安定傾向である。

砂浜幅の変化



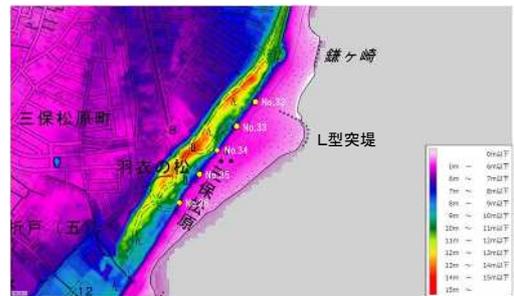
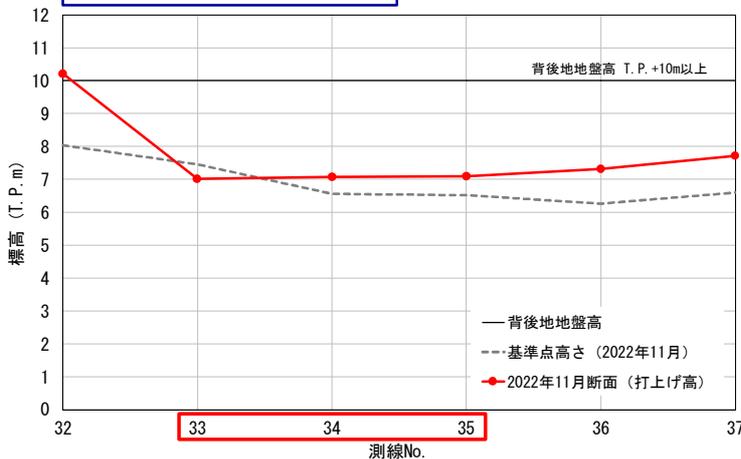
○高潮対策事業全体計画における対象区間の防護目標

高潮対策事業全体計画における対象区間の防護目標は、松原の侵食防止および背後地盤による背後地（住宅等）の越波被害の防止である。

○全体計画の侵食対策防護効果の検証

計画高潮位で現況断面（2022年11月）に対して波のうちあげ高の算定を行った結果、うちあげ高は計画高以下（※全体計画において土堤区間は松林標高（背後地地盤高）T.P.+10mに設定）となる。一方で、基準点高さ（砂浜と松林の境界付近の高さ）に対してはほぼ全ての測線でうちあがる結果である。その越波高（打上高－基準点の高さ）は0.5～0.6m（No. 33～35）である。

波のうちあげ高の算定結果



【参考】対象地域の標高図（出典：地理院地図 <https://maps.gsi.go.jp>）

○許容越波流量の設定

対象区間は土堤区間であり、天端および裏のり面とも被覆工なしの越波流量 $0.005\text{m}^3/\text{m}/\text{s}$ を許容越波流量に設定する。以下に示す施設に関する許容越波流量、背後地の重要度に関する許容越波流量の両方を満足する。

表-3.6 護岸被災限界の越波流量

種別	被覆工	越波流量 ($\text{m}^3/\text{m}/\text{s}$)
堤防	天端・裏法面とも被覆工なし	0.005 以下
	天端被覆工あり、裏法面被覆工なし	0.02
	三面巻き構造	0.05
護岸	天端被覆工なし	0.05
	天端被覆工あり	0.2

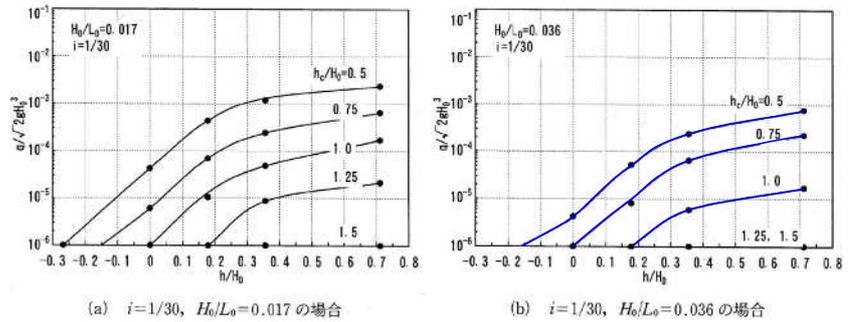
表-3.7 背後地の重要度からみた許容越波流量 ($\text{m}^3/\text{m}/\text{s}$)

区 分	越波流量 ($\text{m}^3/\text{m}/\text{s}$)
背後に人家、公共施設等が密集しており、特に越波・しびき等の侵入により重大な被害が予想される地区	0.01 程度
その他の重要な地区	0.02 程度
その他の地区	0.02~0.06

○越波流量の算定方法

対象区間の土堤防部分の勾配は1/10程度であり、手引きに示されている富永・佐久間の式(1970)は適用範囲外であることから、玉田ら(2002)の緩傾斜護岸の越波流量算定図の7割勾配護岸の場合をもとに越波流量の算定を行った。玉田ら(2002)の越波流量算定図には、3割, 5割, 7割勾配護岸の場合の算定図があるが、勾配が緩い方が越波流量は小さくなるため、7割勾配護岸の算定図を用いることは安全側の検討となる。そのため、7割勾配護岸の算定図を用いて検討を行った。

玉田ら(2002)の越波流量算定図

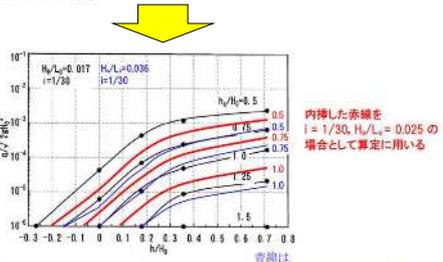
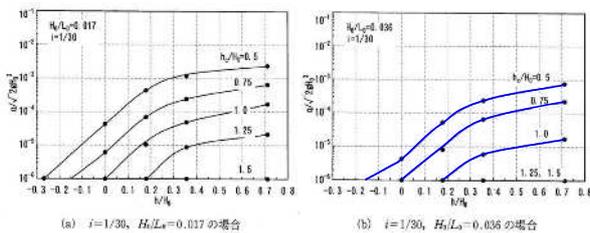


出典：玉田ら(2002) 緩傾斜護岸の越波流量算定図とその越波低減効果に関する実験的研究, 海岸工学論文集, 第49巻, pp. 641-645.

○越波流量の算定

対象測線 (No. 33~35) の越波流量算定結果を以下に示す。なお、波形勾配は $H_0/L_0=0.025$ であるが、玉田ら(2002)の越波流量算定図は $H_0/L_0=0.017$ と 0.036 の2ケースのため、両ケースの算定図を重ね合わせて内挿を行い、 $H_0/L_0=0.025$ での越波流量を算定した。

その結果、No. 33~35の現況断面においては許容越波流量を満足する結果となった。



7割勾配護岸の越波流量算定図 ($H_0/L_0=0.017$ と $H_0/L_0=0.036$ 算定図の内挿)

越波流量の算定結果

測線No.	沖波波高 $H_0(\text{m})$	周期 (s)	波形勾配 H_0/L_0	基準点の高さ (T.P.m)	堤脚高 (T.P.m)	無次元 越波流量 $Q(\text{m}^3/\text{m}/\text{s})$	越波流量 $Q(\text{m}^3/\text{m}/\text{s})$ ($0.005\text{m}^3/\text{m}/\text{s}$ 以下)	判定
No.32	15.0	17.0	0.033	8.03	2.00	1.4E-03	0.3603	NG
No.33	11.4	17.0	0.025	7.45	2.00	8.0E-06	0.0014	OK
No.34	11.4	17.0	0.025	6.56	2.00	1.5E-05	0.0026	OK
No.35	11.4	17.0	0.025	6.52	2.00	1.5E-05	0.0026	OK
No.36	11.4	17.0	0.025	6.26	2.00	2.0E-05	0.0034	OK

越波流量の算定 (No. 35)

①外力条件入力

- ・換算沖波波高: $H_0 = 11.4\text{m}$
- ・周期: $T = 17.0\text{s}$
- ・潮位: H.H.W.L. T.P.+1.66m
- ・水位上昇量: $\eta = 0.00\text{m}$
- ・水位(潮位+水位上昇量): 水位 T.P.+1.66m

②地形条件入力(清波工:無し)

- ・護岸高: T.P.+6.52m
- ・堤脚高: T.P.+2.00m
- ・海床勾配: 1/10 or 1/30

※堤脚高は前浜のバーム程度の高さとした

③玉田らの越波流量算定図の選択

- ・波長: $L_0 = 156 \times T^2 \approx 451\text{m}$
- ・波形勾配: $H_0/L_0 = 11.4\text{m}/451\text{m} \approx 0.025$

※0.017と0.036の算定図から内挿

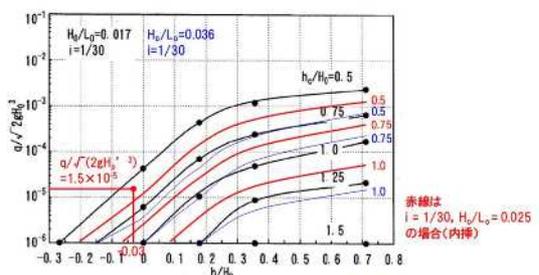
④観測条件設定

- ・ $h_0 = (\text{護岸高}) - (\text{水位}) = (T.P.+6.52\text{m}) - (T.P.+1.66\text{m}) = 4.86\text{m} \Rightarrow h_0/H_0 = 0.43$
- ・ $h = (\text{水位}) - (\text{堤脚高}) = (T.P.+1.66\text{m}) - (T.P.+2.00\text{m}) = -0.34\text{m} \Rightarrow h/H_0 = -0.03$

⑤越波流量計算結果(下の玉田らの越波流量算定図より)

- ・越波流量算定式 $q/\sqrt{2gh^3} = 1.5E-05 \Rightarrow q \approx 0.0026\text{m}^3/\text{m}/\text{s} < \text{護岸被災限界の越波流量 } 0.005\text{m}^3/\text{m}/\text{s}$
- ・越波流量算定式 $q/\sqrt{2gh^3} = 1.5E-05 \Rightarrow q \approx 0.0026\text{m}^3/\text{m}/\text{s} < \text{背後地が特に重要な地区 } 0.01\text{m}^3/\text{m}/\text{s}$

※許容越波流量(手引きp.3-15)



(a) $i=1/30, H_0/L_0=0.017$ の場合 $i=1/30, H_0/L_0=0.036$ の場合

