

岩美海岸浜崖後退抑止工検討会

陸上地区
説明資料

平成 29 年 8 月 21 日

鳥取県

岩美海岸浜崖後退抑止工検討会 陸上地区 説明資料

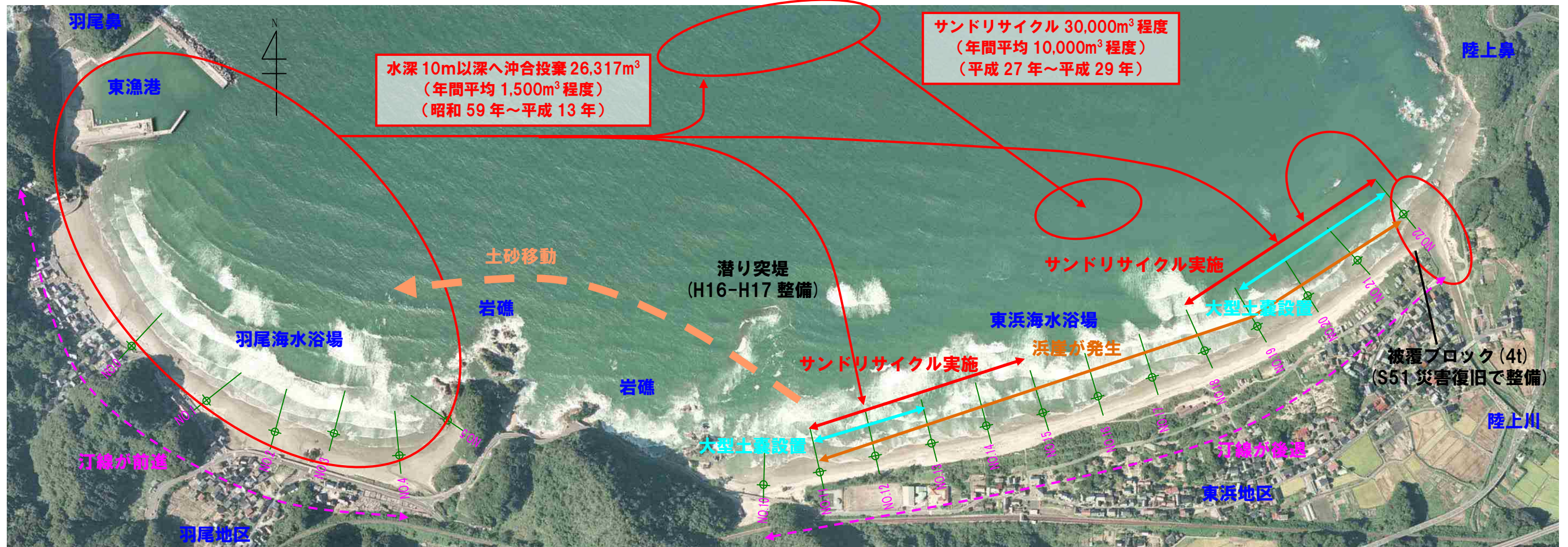
目 次

1. 岩美海岸（陸上地区）の現状.....	- 1 -
2. 浜崖形成・汀線後退の要因分析.....	- 3 -
3. 現地対応策の簡易評価.....	- 8 -
4. 対策工法の概略検討.....	- 10 -
5. 試験施工計画.....	- 18 -
6. 試験施工における最終工法案の決定.....	- 25 -
7. 試験施工モニタリング方法（案）.....	- 26 -

1. 岩美海岸(陸上地区)の現状

1. 岩美海岸（陸上地区）の現状

- ・陸上地区は、陸上鼻（東側）と羽尾鼻（西側）に挟まれた約 2.5km のポケットビーチであり、山陰海岸国立公園に位置し、美しい砂浜を有する貴重な自然海岸である。
- ・観光や海水浴で多くの人に利用されるなど当該地域の中心的な存在であり、地元ニーズでもある「これまでの自然豊かで貴重な海岸景観を今後も保全していくこと」が必要となり、景観が悪化するような構造物の設置などによらない対策を実施していく必要がある。
- ・近年、東浜地区では、高波浪の襲来の影響などにより、砂浜が前進や後退を繰り返しており、毎年のように浜崖が形成されるなどの侵食被害が発生している。
- ・海岸侵食への対応として、海水浴シーズン前に、サンドリサイクルによる養浜が実施されている。平成 27～29 年には、過去に沖合投棄した土砂量を沿岸部に海上投入する事業を実施している。
- ・施設による対応として、平成 16～17 年に潜り突堤を設置している。近年では、高波浪後に浜崖が形成された箇所に大型土嚢を設置して浜崖の後退を抑止する対策を実施している。



- : 浜崖発生^{※1}
- : サンドリサイクル実施^{※2}
- : 大型土嚢(耐候性)設置^{※2}

※1: 岩美海岸(陸上地区)侵食対策検討委員会資料(H24～H25)、既往検討報告書、巡視時の写真、測量成果(横断面)から判断
 ※2: 工事図面から判断

年	No10	No11	No12	No13	No14	No15	No16	No17	No18	No19	No20	No21	No22
H23							H23.9		H23.1				
H24								H24.1					
H25						H25.12							H25.12
H26						H26.10							H26.10
H27													H27.10
H28													H28.7
H29													

図 1-1 陸上地区における現状（被災・対策実施状況、空中写真：H25 撮影）

1. 岩美海岸(陸上地区)の現状

■陸上地区における現状と課題

- ・ 冬季の高波浪等によって、海岸背後地における施設被災（遊歩道等）や家屋等に被害を及ぼす恐れのある大規模な浜崖が発生している。
- ・ 浜崖の発生、進行に伴って、遊歩道や階段等の直接的な施設被災や海辺へのアクセス阻害などが生じ、安全・安心な海岸利用が損なわれる事象が発生している。
- ・ 浜崖、また応急対策として浜崖前面に設置している土嚢の露出など、美しい自然景観が損なわれる事象が発生している。
- ・ 浜崖後退抑止のために応急的に設置した土嚢が度々被災（沈下、散乱、流出等）しており、毎年実施している養浜と合わせて、コストや手間等の維持管理面の課題がある。

■今後の対策に求められる視点、対策の目的

- ・ 新たに設置するコンクリート構造物はできるだけ減らす。
- ・ これまでの自然豊かで貴重な自然環境を保全する（最大限残す）。
- ・ 美しい景観、漁業・海水浴・サーフィン・散歩等の利用に配慮する。
- ・ 海岸保全関連工事完了後の維持管理に過剰な負担がかからないようにする。

これらの視点を重視しながら、
海岸侵食に脅かされる海岸背後地の人々の安全・安心を確保するとともに、国土を保全する
⇒目的を達成するために必要な対策を検討



図 1-2 陸上地区における現状（被災・対策実施状況、空中写真：H25 撮影）

2. 浜崖形成・汀線後退の要因分析

2. 浜崖形成・汀線後退の要因分析

2.1 浜崖発生時の外力状況

■ 浜崖後退抑止対策の対象とする「浜崖」の定義

- ・ 官民境界を侵食し背後の家屋等に被害を及ぼす恐れのある浜崖後退抑止を目的とする。
(汀線付近に発生する小規模な浜崖の後退抑止は目的としない)

- ・ 冬季風浪によって浜崖が発生した期間では、夏季に汀線付近に発生した小規模な浜崖に比べ、高波浪の状態が継続して発生している(波の総エネルギーが高い)。
- ・ このような背後の家屋等に被害を及ぼす恐れのある浜崖の後退抑止を対象とする。

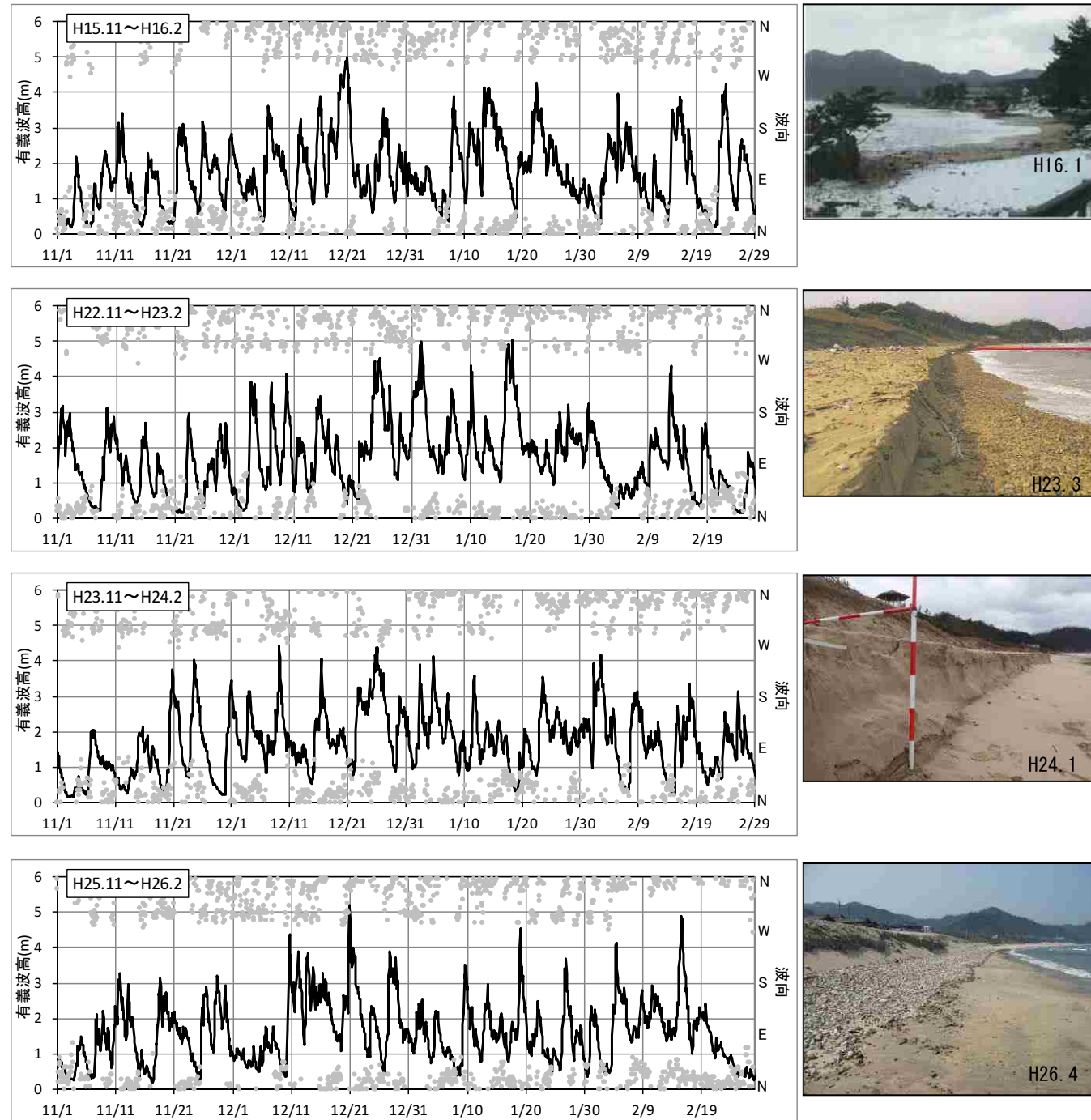


図 2-1 冬季風浪による浜崖発生時の波浪状況 (ナウファス鳥取港データ)

表 2-1 浜崖発生時の波浪状況

期間	波の総エネルギー※ ($m^2 \cdot s$)	最大有義波高 $H_{1/3}$ (m)	最大波高 H_{max} (m)	備考
H15. 11~H16. 2	45,266	5.0	7.7	冬季風浪による 浜崖発生時 図 2-1(全期間)
H22. 11~H23. 2	43,332	5.0	9.6	
H23. 11~H24. 2	39,589	4.4	7.9	
H25. 11~H26. 2	37,297	5.2	8.4	
H26. 8~H26. 11	8,393	5.6	8.7	汀線付近に発生する 小規模な浜崖時 図 2-2(水色破線内)
H27. 8~H27. 11	3,171	3.2	5.5	
H28. 6~H28. 9	836	2.6	3.9	

※対象期間における(有義波高²×周期)の総和として算定

- ・ 海水浴シーズン前にサンドリサイクルによる養浜が実施された後、台風等の高波浪(冬季風浪に比べ高波浪の継続時間が短い)によって、汀線付近に小規模な浜崖が発生する。
- ・ このような小規模な浜崖については、後退抑止の対象としない。

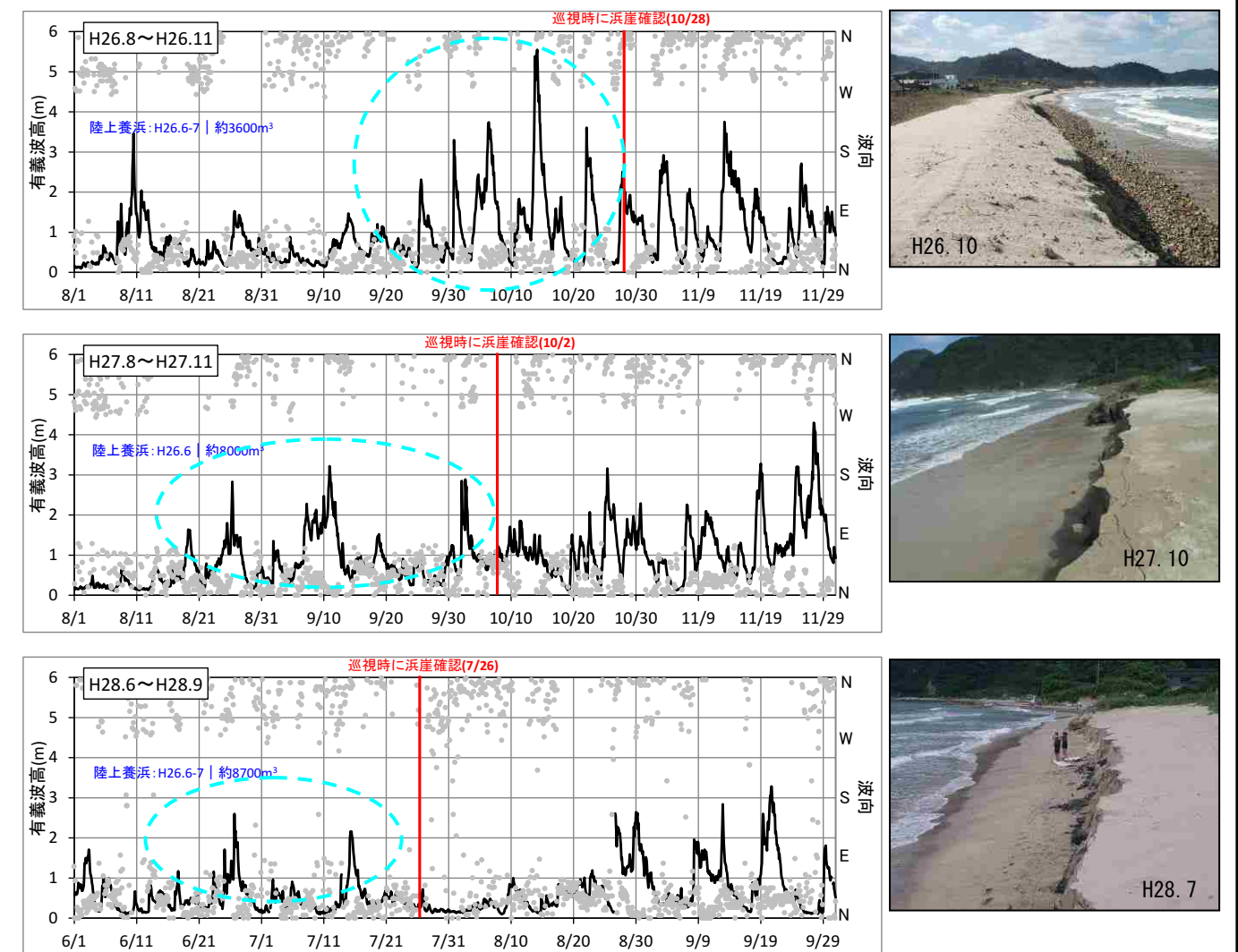


図 2-2 夏季に汀線付近に発生する小規模な浜崖発生時の波浪状況 (ナウファス鳥取港データ)

2. 浜崖形成・汀線後退の要因分析

2.2 定点写真（巡視写真）による分析

2.2.1 定点写真（巡視写真）の概要

陸上地区では、鳥取県土整備事務所により不定期で巡視（H25年12月3日～H29年6月23日）が行われ、サンドリサイクルによる投入砂の流出状況、浜崖発生状況、土嚢や消波（被覆）ブロックの被災（破損・流出）状況等の写真が撮影されている。ここでは、その写真を用いて、浜崖の形成、施設による浜崖抑制効果、施設の被災状況等について、外力等と関連付けながら定性的に把握する。巡視時に撮影された主なアングルを図2-3に示す。主に、浜崖の形成、土嚢・ブロックの状況に着目した写真となっている。なお、参考資料に示すが、H29年からCCTVによるモニタリングも行っている。



<p>アングル① (浜崖・土嚢の状況を把握) (土嚢はH27.12頃の設置)</p>	<p>アングル② (浜崖・土嚢の状況を把握) (土嚢はH27.12頃の設置)</p>	<p>アングル③ (ブロック・土嚢の状況を把握) (土嚢はH27.12頃の設置)</p>
<p>アングル④ (ブロックの状況を把握) ※撮影している場合が少ない</p>	<p>アングル⑤ (土嚢の状況を把握)</p>	<p>アングル⑥ (土嚢の状況を把握)</p>

図 2-3 巡視写真の主な撮影位置およびアングル

2.2.2 浜崖の形成状況

各アングルにおける浜崖発生状況を図2-4に示す。また、浜崖の発生前から浜崖が確認できた期間中に来襲した最大の有義波高 $H_{1/3}$ も合わせて示す。

今回の防護対象としない汀線付近の小規模な浜崖であれば、7月や10月頃の冬季風浪前に発生している。その際に来襲した波浪は、最大の有義波高で3m程度である。

一方、今回の防護対象とする官民境界近傍で発生する大規模な浜崖は、12月や1月頃の冬季風浪によって発生しており、その際の最大の有義波高は6m程度である。

これらのことから、今回の防護対象とする官民境界付近で発生する大規模な浜崖は、冬季風浪中の高波浪によって発生していることが確認できた。冬季風浪前の比較的小さな波浪に対しては、今回の防護対象としない汀線付近の比較的小規模な浜崖の発生に留まっている。

防護対象としない浜崖の例（汀線付近の小規模な浜崖）

防護対象とする浜崖の例（官民境界付近の大規模な浜崖）

<p>アングル①</p> <p>H27年7月9日 (サンドリサイクル後)</p> <p>$H_{1/3}=3.00m$ (9/11発生)</p> <p>H27年10月2日</p> <p>サンドリサイクル実施直後の写真なし</p>	<p>アングル②</p> <p>H28年10月25日</p> <p>浜崖発生前の写真なし</p> <p>浜崖発生・土嚢露出</p> <p>$H_{1/3}=6.00m$ (1/20発生)</p> <p>H29年1月23日</p> <p>安全対策として柵を設置</p> <p>土嚢背後で侵食</p>
<p>H28年7月26日(土嚢設置後)</p> <p>$H_{1/3}=2.16m$ (7/15発生)</p> <p>土嚢が露出し始める</p>	<p>H26年12月26日</p> <p>$H_{1/3}=5.51m$ (12/7発生)</p>

図 2-4 浜崖の発生状況

2. 浜崖形成・汀線後退の要因分析

2.2.3 大型土嚢の安定性・浜崖抑制効果

浜崖発生箇所に設置されている大型土嚢（質量 2t 程度）の設置状況について、巡視写真および波浪データ（鳥取港）から分析する。各アングルの被災前後の写真を図 2-5 に示す。

- アングル①は、浜崖対策として大型土嚢が 2 段積みで設置されている。上段部は冬季の高波浪で流出し、その背後地形が侵食されている。ただし、下段の土嚢は残存しており、下段土嚢の天端高までは侵食が抑制されている。（図 2-5(1)）
- アングル⑤および⑥は、消波（被覆）ブロックの開口部に大型土嚢が設置されており、冬季風浪によってほとんどの土嚢が流出している。（図 2-5(2) (3)）

以上より、大型土嚢（質量 2t 程度）では、冬季風浪の高波浪に対する質量不足から流出していることが把握できた。アングル⑤、⑥の消波（被覆）ブロックの開口部のように、設置部の形状等から大型土嚢による設置がやむを得ない場合もあるが、少なくともアングル①では大型土嚢よりも安定性の高いものが必要と考えられる。ただし、アングル①では、下段の大型土嚢は冬季風浪が襲来しても残存し、下段土嚢の天端高程度までは背後の侵食が抑制できている。

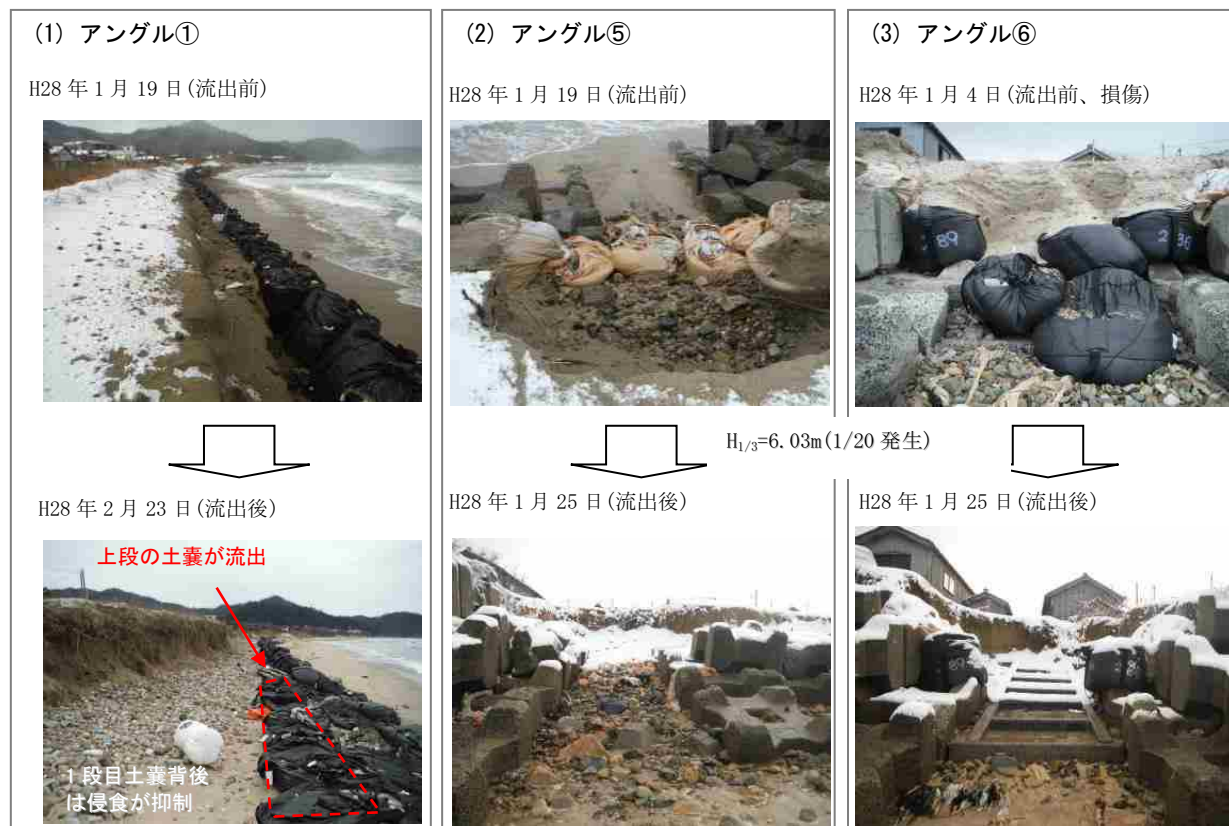


図 2-5 大型土嚢の流出状況（アングル①、⑤～⑥）

2.2.4 消波（被覆）ブロックの安定性・浜崖抑制効果

消波（被覆）ブロックの設置状況を図 2-6 に示す。ブロック背後の地形は、侵食が発生・進行しておらず、浜崖抑制効果が高い。ブロック上面の砂に植生があることから波が遡上しにくいことがわかる。なお、図 2-6 の写真手前には、天端高が低いブロックも設置されている。

図 2-7 に示すように部分的なブロックのズレや端部の破損等が見られるものの、巡視期間中に顕著な移動・転倒は見られなかった。施設台帳より昭和 51 年に整備されたとされており、波浪に対する安定性は、ブロックの重量（4t）およびかみ合わせによって確保されている。ただし、継続的な波浪により空洞化が生じており、利用面での安全性に危険がある。

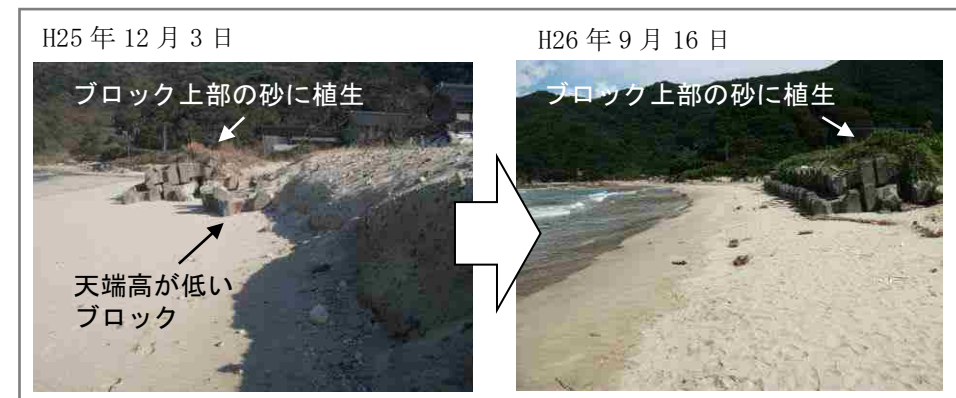


図 2-6 消波（被覆）ブロックの設置状況（アングル③）



図 2-7 消波（被覆）ブロックのズレ、空洞化の状況（アングル④）

2. 浜崖形成・汀線後退の要因分析

2.2.5 浜崖抑制効果（目的達成度）の評価

(1) 各種施設の比較による評価

サンドリサイクルによる土砂投入、大型土嚢、消波(被覆)ブロックについて、それらの地形変化状況等を比較することにより、浜崖抑制効果を検討する。

最も浜崖抑制効果が見られたのは、消波(被覆)ブロックの区間である。図 2-8 ではブロックと大型土嚢の区間が撮影されており、天端が高いブロック背後（図 2-8 の黄色矢印）では侵食がほとんど生じていないが、天端が低いブロック（図 2-8 の橙色矢印）と大型土嚢背後（図 2-8 の赤色矢印）では背後の侵食が生じている。

したがって、浜崖抑制効果（背後地盤の侵食抑制効果）は、施設の構造（ブロック：透過、大型土嚢：不透過）よりも、天端高が高い方がより顕著な効果を期待できるとわかった。

H27年12月21日



H28年2月23日



図 2-8 消波(被覆)ブロックと大型土嚢の背後の侵食状況（アングル②）

(2) 既往知見による各種施設の浜崖抑制効果

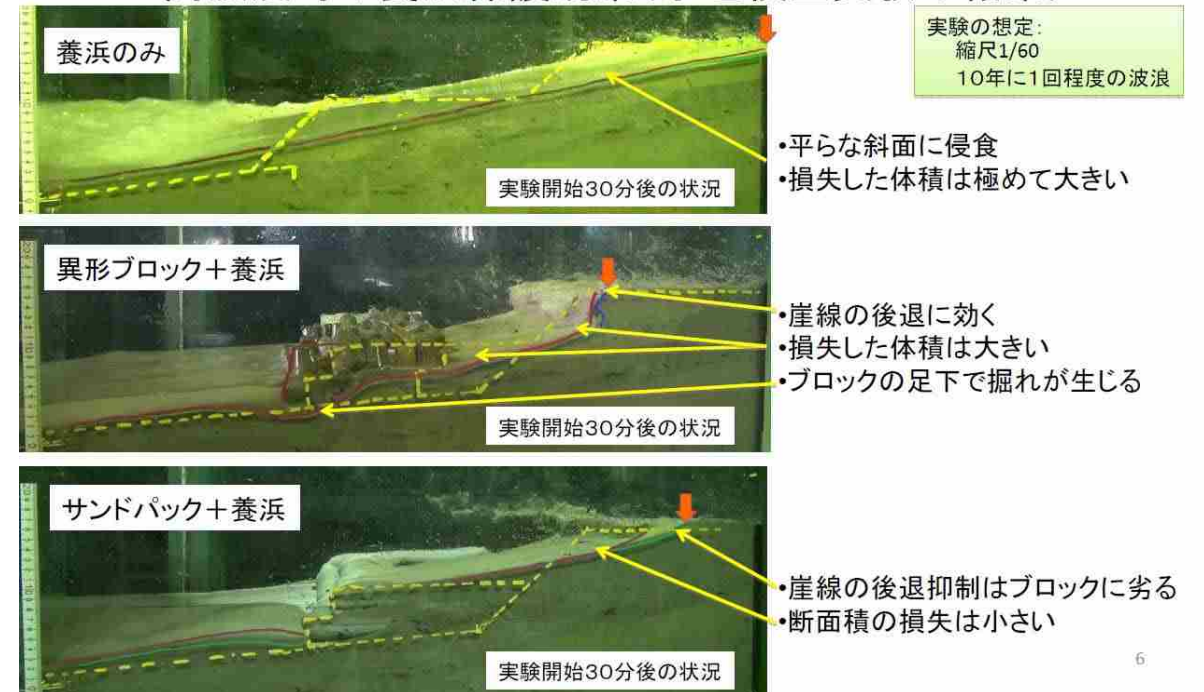
図 2-9 に示す国土交通省国土技術政策総合研究所が実施した水理模型実験では、「養浜のみ」、「異形ブロック+養浜」、「サンドパック+養浜」の3つの工法について、背後の侵食状況の比較が行われている。

この結果によると、背後の後退距離は「異形ブロック+養浜」が最も優れており、侵食の断面積は「サンドパック+養浜」が最も優れているとされている。この違いは、ブロックが透過構造なのに対し、サンドパックが不透過構造であることが影響していると考えられる。

さらに、注目すべきは、施設の天端高が浜崖の高さよりも低ければ、異形ブロックもサンドパックも背後の侵食が生じている。つまり、図 2-8 の現地写真から示したように、施設背後の浜崖の発生・進行は、施設の天端高が大きく影響することが既往の水理模型実験からも推察できた。

サンドパック工法による浜崖頂部高の低下抑制効果の確認現地実験

高波浪時の養浜保護効果（水理模型実験の結果）



出典：国土交通省国土技術政策総合研究所 HP、

<http://www.qsr.mlit.go.jp/miyazaki/html/kasen/sskondan/images/documents/others/kengaku/01/20120310.pdf>

図 2-9 養浜、異形ブロック、サンドパックによる地形変化の水理模型実験

2. 浜崖形成・汀線後退の要因分析

2.3 維持管理の評価

巡視時の定点写真などから把握した維持管理状況および課題を表 2-2 に示す。各工法において、それぞれの維持管理が必要となる。

サンドリサイクルおよび大型土嚢は、比較的高い頻度で土砂の投入や土嚢の再設置等の維持管理が必要となる。一方、浜崖の発生を顕著に抑制できている消波（被覆）ブロックは、前面への土砂投入やブロックの並び替え等は基本的には不要であるが、空洞化の発生状況の巡視、安全対策の柵の設置等の維持管理が必要となる。

表 2-2 維持管理の実施状況と課題

対策工法	維持管理の実施状況	維持管理の評価
サンドリサイクル（土砂投入）	<ul style="list-style-type: none"> 毎年6月頃に陸上投入（H27～29年の実績より8750m³/年）を実施 H27～29年度は、1万m³/年の海上投入を実施 	<ul style="list-style-type: none"> サンドリサイクルのみで浜崖対策を行う場合、大量の土砂が必要となる（土砂の確保、仮置き等が必要）
大型土嚢	<ul style="list-style-type: none"> 冬季風浪による高波浪によって、破損・流出が生じており、その都度新たな土嚢を設置 	<ul style="list-style-type: none"> 大型土嚢(2t)では、冬季風浪時に対する質量が不足しており、破損・流出が繰り返し生じているため、その都度新たな土嚢の設置が必要
消波（被覆）ブロック	<ul style="list-style-type: none"> 巡視期間中に空洞化を確認 安全対策の柵を設置（転落防止） 	<ul style="list-style-type: none"> 空洞化部への砂の充填が必要 陥没により人が落ち込む恐れがあるため、安全性への配慮が必要

2.4 安全性の評価

サンドリサイクル、大型土嚢、消波（被覆）ブロックについて、安全性の評価を表 2-3 に示す。

消波（被覆）ブロックは、コンクリート構造物のため、施設に接触した場合や吸出し・陥没により人が落ち込む恐れがあり、安全性に課題がある。一方、サンドリサイクルは砂の投入であり、大型土嚢は中詰が砂であるため、安全性への影響は小さい。

表 2-3 安全性の評価一覧

対策工法	安全性の評価	備考
サンドリサイクル（土砂投入）	<ul style="list-style-type: none"> 吸出しや陥没により人が落ち込む可能性は低い 	<ul style="list-style-type: none"> 砂の投入のため、安全性への影響は小さい
大型土嚢	<ul style="list-style-type: none"> 吸出しや陥没により人が落ち込む可能性は低い 	<ul style="list-style-type: none"> 大型土嚢の中詰は砂のため、安全性への影響は小さい
消波（被覆）ブロック	<ul style="list-style-type: none"> 吸出しや陥没により人が落ち込む可能性がある 転倒時に接触すると負傷する恐れがある 	<ul style="list-style-type: none"> コンクリート構造物のため、安全性への影響が課題

2.5 景観の評価

サンドリサイクル、大型土嚢、消波（被覆）ブロックについて、景観面の評価を表 2-4 に示す。

サンドリサイクルは土砂投入のため、自然景観を阻害しない。大型土嚢は砂に埋もれている場合は景観への問題は生じないが、高波浪によって露出した場合は、袋材の黒色（耐候性土嚢の場合）が自然景観を阻害する。消波（被覆）ブロックは、砂で被覆されていないコンクリート構造物のため、常時自然景観を阻害する。

表 2-4 景観の評価一覧

	サンドリサイクル（土砂投入）	大型土嚢	消波（被覆）ブロック
	H29年8月2日	H29年6月6日	H29年8月2日
写真			
景観特性	<ul style="list-style-type: none"> 砂の投入のため、自然景観を阻害しない 	<ul style="list-style-type: none"> 砂に埋もれている場合は、自然景観を阻害しない 波により露出した場合、黒色（耐候性土嚢）が目立つため、自然景観を阻害する 	<ul style="list-style-type: none"> 砂で被覆されていないコンクリート構造物のため、常時、自然景観を阻害する

3. 現地対応策の簡易評価

3. 現地対応策の簡易評価

【比較検討の考え方】

- ・ 浜崖（侵食）対策で実施されている各工法について、総合的な観点から比較評価することにより、各工法の課題を抽出する。
- ・ ここでの課題を踏まえ、次章の対策工法に求められる機能を明らかにする。

【結論】

- ・ 現状の施設では、陸上地区において特に求められる「目的達成度（浜崖抑制）」、「安定性（波浪）」、「耐久性（耐用年数）」、「安全性（利用）」、「景観」の項目を全て満たす工法はない。各工法の組合せや新たな工法が求められる。

		サンドリサイクル（陸上投入）	【参考】 サンドリサイクル（海上投入）	消波（被覆）ブロック	大型土嚢	【参考】 もぐり突堤（潜堤）
非評価項目 (工法の違いが困難)	写真					
	目的	・ 東浜地区の侵食対策 ・ 浜崖発生箇所への補修	・ 東浜地区の侵食対策	・ 浜崖の発生・進行の抑制 (S51 年災害時) ・ 背後地への越波低減	・ 浜崖の発生・進行の抑制	・ 東浜地区西側の局所的な侵食防止 (遮蔽域を形成し、東浜地区から羽尾地区への土砂移動を抑制)
	概要	時期 : H16 年以降 浚渫先 : 東漁港周辺、陸上川河口 投入先 : 東浜地区(陸上投入) 土量 : 26,250m ³ (H27~H29 の 3 箇年) 粒径 : 不明 (参考: 羽尾地区汀線の d50=0.22mm) 備考 :	時期 : H27~H29 (3 箇年) 入手先 : 陸上地区沖合 (T.P. -13m 程度) 投入先 : 東浜地区沖合 (T.P. -4m 程度) 土量 : 3 箇年で 3 万 m ³ (各年 1 万 m ³ /年) 粒径 : 不明 (参考: 水深 10m の d50=0.17mm) 備考 : S59~H13 までに、移動限界水深以深沖への投棄量 (損失土砂量) をサンドリサイクル	時期 : S51 年 (台帳) 位置 : 東浜地区東側 (陸上側左岸側) (陸上側左岸側) 天端高 : T.P. +3.7m 程度 (台帳の図面から読み取り) 質量 : 4t (現地で測定した形状から推定) 延長 : 80m 備考 : ブロックの種類はスタビック	時期 : 不明 (地点により異なるうえ、適宜補修・積み増しをしている) 位置 : 東浜地区中央から東側 天端高 : 1 段積は約 T.P. +2.5m、2 段積は T.P. +3.5m (測量・写真から概略判断) 質量 : 2t 延長 : 約 200m (現地写真等から概略判断) 備考 : 黒色と肌色の土嚢が混在 陸上川右岸側河口が仮置き場	時期 : H16~H17 年 位置 : 東浜地区西端 天端高 : T.P. -0.68m 天端幅 : 10.2m 質量 : 8t、12t 延長 : 200m 備考 : ブロックの種類はストーンブロック
	施工性	施工期間 : 6 月頃 施工方法 : 陸上施工 備考 : 施工量は 200m ³ /日程度	施工期間 : 春頃 施工方法 : 海上施工 備考 : 施工量は 500m ³ /日程度	施工期間 : S51 年頃 施工方法 : 陸上施工 備考 : (直工費)	施工期間 : 土嚢の損傷・流出後に追加設置 施工方法 : 陸上施工 備考 : 陸上川右岸側に仮置き場	施工期間 : 2 年間 (H16~H17 年) 施工方法 : 海上施工 備考 :
	経済性	・ 約 0.23 万円/m ³ (実績、運搬地点により異なるため、平均値とした)	・ 約 0.4 万円/m ³ (実績) ・ 陸上投入よりは費用が高い	・ 約 22.3 万円/m (直工費、現地より 3 層で上段 2 個、中段・下段 3 個を想定。土木工事積算標準単価より設定、仮置は想定しない)	・ 約 1.1 万円/m (直工費、2 層で上段 1 列・下段 2 列を想定。土木工事積算標準単価より設定、仮置は想定しない)	約 3.9 億円 (実績)
評価項目	目的達成度 (浜崖抑制)	◎ ・ 浜崖発生部へのサンドリサイクルにより浜崖が補修される	△ 東浜地区の侵食抑制に寄与している。(ただし、浜崖抑制にどの程度寄与しているかは不明)	○ ・ 天端高が背後地盤高程度のため、背後の侵食が顕著に抑制されている。ただし、施設構造よりも設置高さが顕著に影響している。	△ ・ 土嚢の天端高程度までは、背後地の侵食が抑制されている。	△ ・ 東浜地区西側の汀線後退、砂浜の消失が解消 (委員会資料) ・ 別の地点の侵食を助長している可能性
	安定性 (波浪)	× ・ 6 月にサンドリサイクルした土砂が冬季風浪前に流出し浜崖が発生 (ただし、東浜地区全体の侵食対策には寄与)	- (投入した土砂の歩留まりを期待するものではないため対象外)	○ ・ 巡視期間中に、波浪による移動・転倒が生じていない。	△ ・ 巡視期間中に、高波浪による移動・移動・流出が生じている	○ ・ 整備以降、被災実績がなく、波に対して安定性を有している。
	耐久性 (耐用年数)	- (施設でないため対象外)	- (施設でないため対象外)	◎ ・ コンクリート構造物のため 50 年程度 ・ 現地ブロックは 40 年程度残存 (S51 整備)	△ ・ 仮設構造物であり、1~3 年程度	◎ ・ コンクリート構造物のため 50 年程度 ・ 50 年確率波 (鳥取港) で設計
	維持管理	× ・ 毎年、浜崖の発生等の侵食が生じているため、土砂投入だけで対策をする場合、継続的かつ高頻度で砂の投入が必要	△ ・ 同左	△ ・ 空洞化部への砂の充填が必要 ・ 陥没により人が落ち込むなど安全性への配慮が必要	× ・ 高波浪による土嚢の損傷・流出、背後地の侵食時に土嚢の取り換え・追加が必要	○ ・ 現時点で対策は不要 (ただし、ブロックの移動・散乱等の発生の有無の点検は必要)
	安全性 (利用)	○ ・ 吸出しや陥没により人が落ち込む可能性は低い	○ ・ 海域への土砂投入のため問題なし	× ・ 吸出しや陥没により人が落ち込む可能性がある ・ 転倒時に接触すると負傷する恐れがある	○ ・ 吸出しや陥没により人が落ち込む可能性は低い	△ ・ サーフィン等の沖合の利用に接触すると負傷する恐れがある ・ ブイを設置するなどして利用者への周知を実施している
	景観	◎ ・ 当海岸に存在する砂を投入するため、自然景観を阻害しない	○ ・ 海上投入のため、景観を阻害しない	× ・ コンクリートの露出により景観が悪化	△ ・ 施設が黒色で砂色と異なるため、景観が悪化	○ ・ 水没した施設のため景観を阻害しない
評価 (課題)	△ ・ 浜崖を直接的に補修する方法のため、今後も陸上への土砂投入が必要 ・ 土砂投入単独では、必要な土量が多くなるうえ、高頻度の維持管理が必要 ・ 冬季風浪前に土砂の流出し浜崖が形成されるため、安定性が低い	- (浜崖を直接的に補修する工法でないため対象外。ただし、東浜地区の侵食対策として有効)	× ・ 波浪に対する安定性が高いうえ、最も浜崖抑制効果がある ・ 景観を阻害する ・ 利用面での安全性に課題がある	△ ・ 土嚢が高波浪によって流出しなければ、背後の侵食を抑制できる ・ 波浪に対する安定性が低い ・ 景観を阻害する	- (浜崖を直接的に補修する工法でないため対象外)	

3. 現地対応策の簡易評価

■ サンドリサイクル（海上投入）前後の海浜状況の変化

- ・平成 27～29 年に、過去に沖合投棄した土砂量を沿岸部に海上投入する事業が実施されている。
- ・サンドリサイクル（海上投入）後には、投入箇所周辺で堆積する状況が確認される（養浜砂が移動していると想定される）。また、投入箇所が含まれる領域 V において土砂量が増加する状況が確認される。

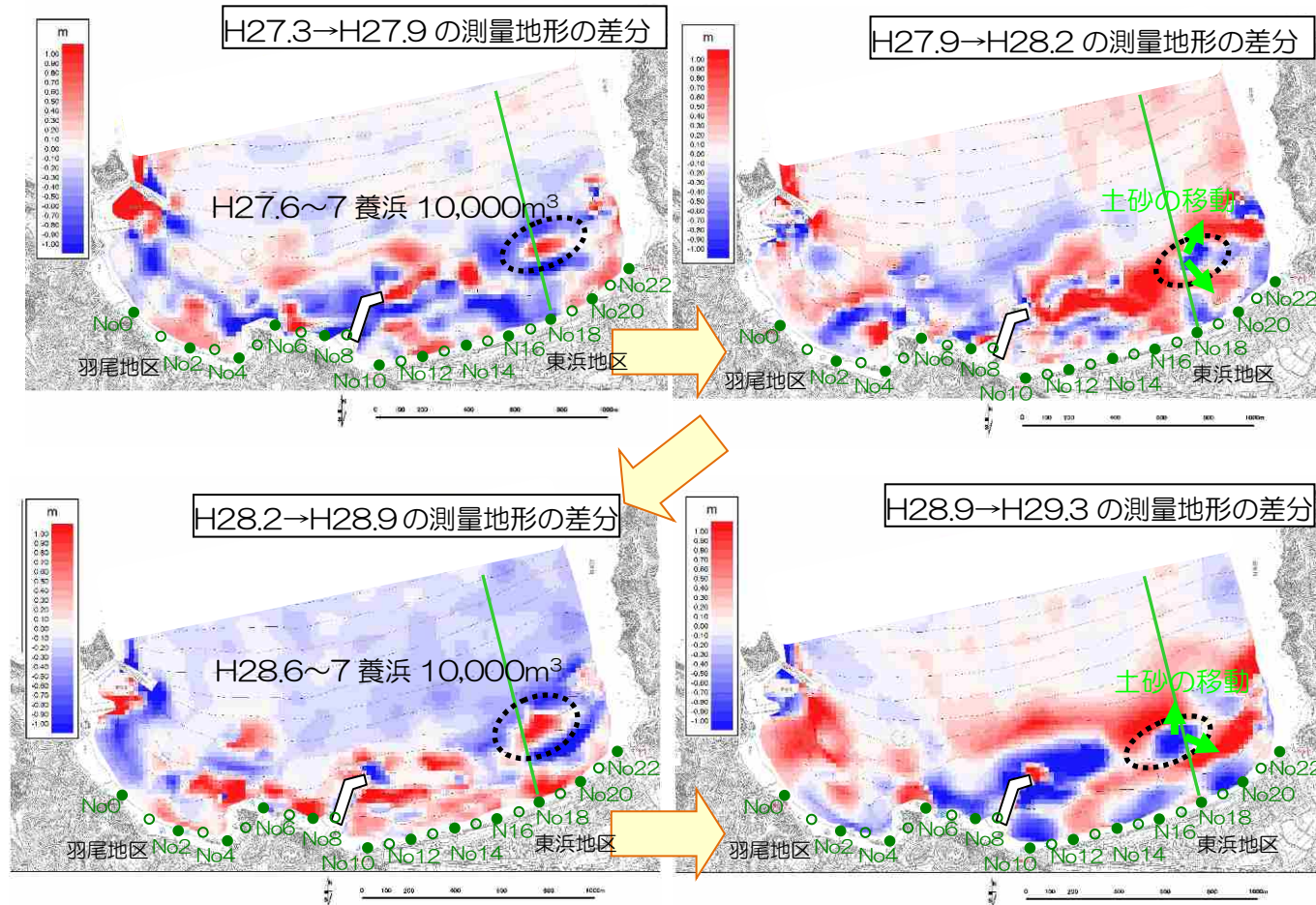


図 3-1 サンドリサイクル（海上投入）実施前後の地形変動量コンター図

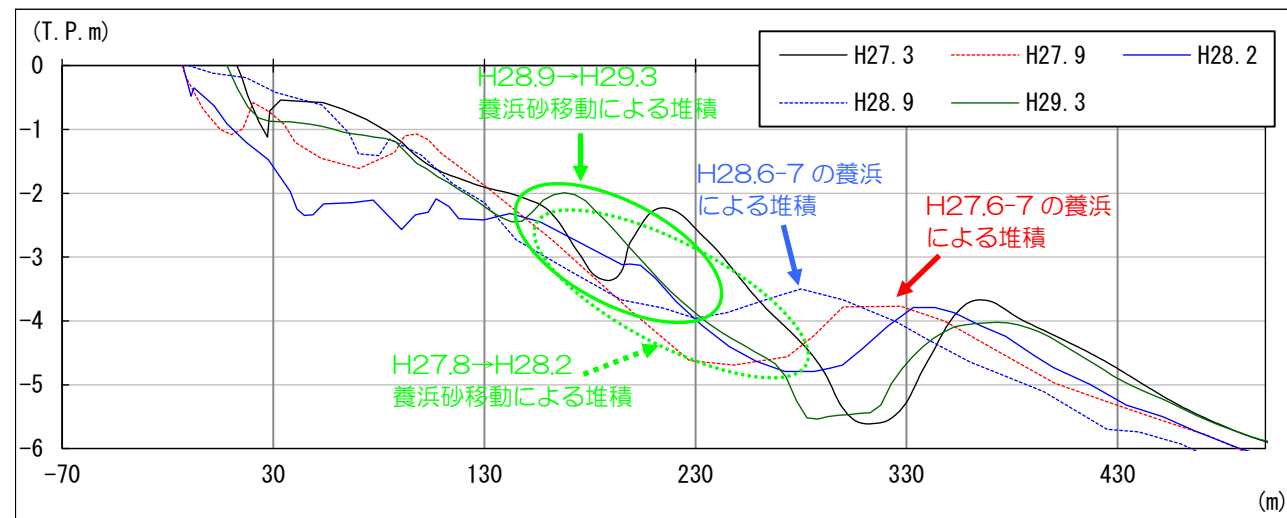


図 3-2 サンドリサイクル（海上投入）実施前後の測量横断面図重ね合わせ（測線：No.18）

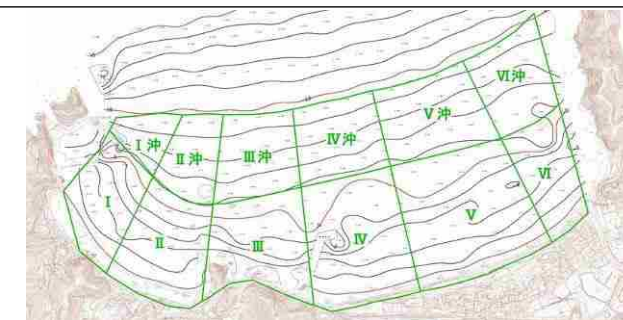
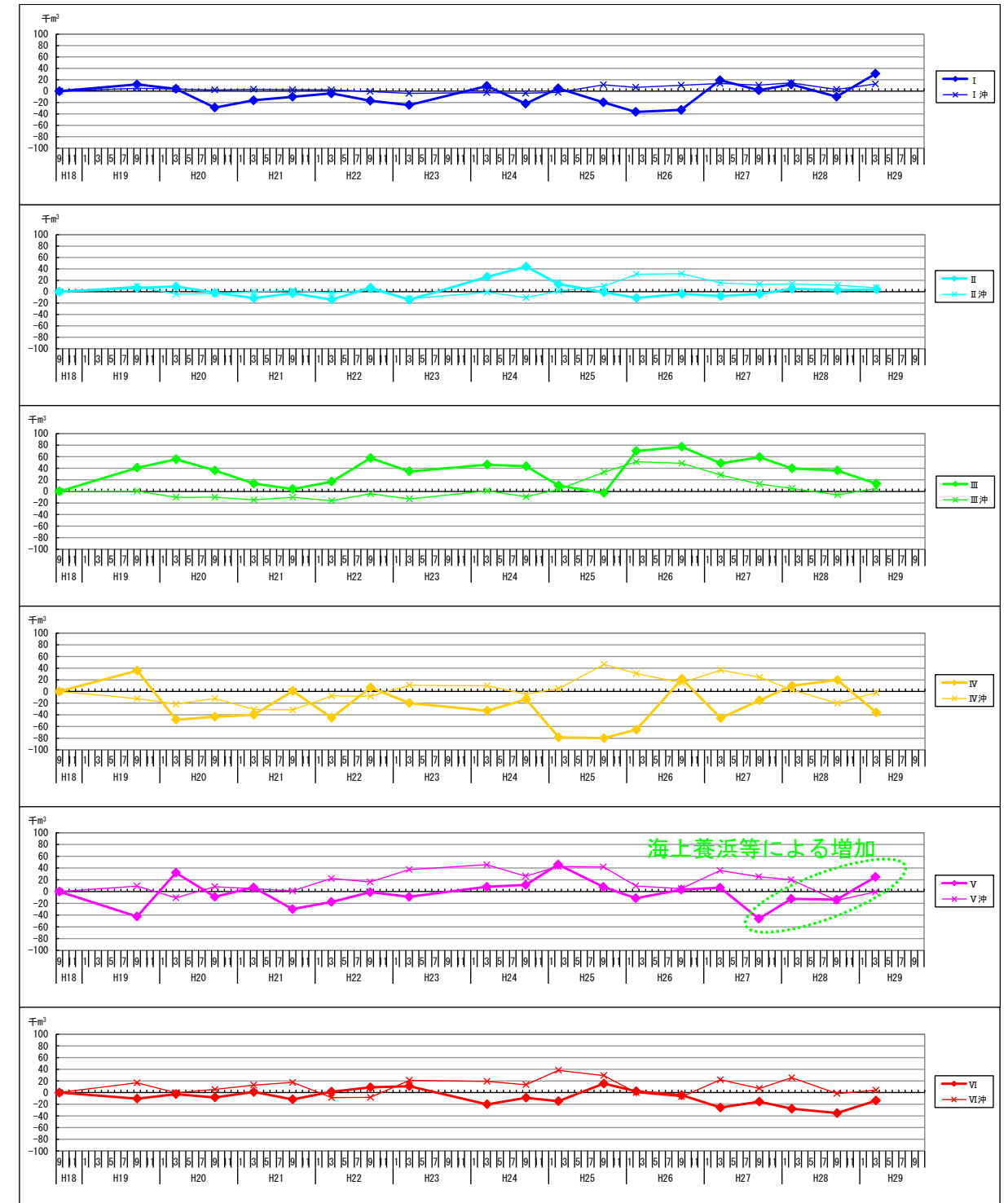


図 3-3 領域区分ごとの土砂変動量図

4. 対策工法の概略検討

4. 対策工法の概略検討

4.1 対策工法に求める諸条件

対策工法に求められる条件は、3. で示した、目的達成度(浜崖抑制)、安定性(波浪)、耐久性(耐用年数)、維持管理、安全性(利用)、景観などがある。

加えて、官民境界付近に発生する大規模な浜崖は毎年発生しており、緊急的な対応が必要となる。大型土嚢のような仮設構造物の設置は緊急的な対応に優れているものの、耐用年数等が短く、高波浪によって破損・流出が度々生じている。一方、コンクリート構造物のように比較的大規模な施設の場合、周辺海岸や利用者へ予期せぬ悪影響をもたらす恐れがあるうえ、そうなった場合は長期間にわたって撤去が困難になることが想定される。そのため、中長期的なモニタリングと知見の収集を行ったうえで、慎重に検討を実施する必要がある、緊急的な対策工法として適していない。

したがって、今回の対応策としては、緊急的な対応が可能であり、かつ中期的な対応策として用いることができる工法を選定するものとする。長期的(根本的)な対策は、今後の知見・モニタリング結果の集積を踏まえた今後の検討事項とする。

4.2 浜崖抑止の目標

現状の浜崖形成状況及び上記の諸条件を踏まえ、浜崖抑止の目標は、「**現況浜崖位置を維持(原則、現況浜崖よりも後退させない)**」こととする

4.3 対策工法の一次選定

対策工法は、3. で評価した現地海岸に設置されている施設に加え、サンドパック、袋詰め玉石、蛇籠(鉄製の籠に碎石を詰めたもの)、コンクリート傾斜護岸が考えられる。これらの比較結果の概要を表 4-1 に示す。コンクリート傾斜護岸は、4.1 で示した通り、今回の対象としない長期的な対策であるうえ、前浜を狭めることによる利用面への阻害、安全性、景観の観点から、陸上地区での対策工法とならない。蛇籠についても、施設構造から安全性が著しく低下するうえ、景観の悪化等の観点で採用案とはならない。

したがって、3. で評価した「土砂投入(陸上投入)」、「大型土嚢」、「消波(被覆)ブロック」に加え、「サンドパック」、「袋詰め玉石」を比較し、対策工法の一次選定を行った。比較結果は表 4-2 のとおりである。なお、これらの施設は、常時は砂で被覆され見えないことを想定するため、各施設には土砂投入(サンドリサイクル、養浜)を組み合わせるものとする(ただし、砂で被覆することにより安全性が著しく低下する消波(被覆)ブロックは、土砂投入を組み合わせない)。

表 4-1 各対策案の比較結果一覧(詳細比較は表 4-2)

工種	評価	備考	
現地海岸に設置されている対策工法	土砂投入(陸上) (サンドリサイクル・養浜) △	<ul style="list-style-type: none"> 良好な景観となる。 土砂投入しても、高波浪に対する安定性が低く、浜崖が発生・進行する。 高頻度の土砂投入が必要となる 	表 4-2 で比較
	大型土嚢+土砂投入 △	<ul style="list-style-type: none"> 土嚢が高波浪で流出するうえ、仮設構造物のため耐久性が低い 袋材が景観を悪化する恐れがある 	表 4-2 で比較
	消波(被覆)ブロック ×	<ul style="list-style-type: none"> 現地にある既存施設より、浜崖抑制効果が期待できる コンクリートによる景観の悪化、利用者の安全性に課題がある 期待する効果が得られない場合に撤去が困難 	表 4-2 で比較
現地海岸にない対策工法	サンドパック+土砂投入 ○	<ul style="list-style-type: none"> 浜崖抑制効果、利用、景観、安定性・耐久性を全て満足する 留意事項として袋材が重機利用時に破損するおそれがある(施設位置がわかる目印の設置、土砂投入時の敷鉄板などで対応可能) 	表 4-2 で比較
	袋詰め玉石+土砂投入 △	<ul style="list-style-type: none"> 大型土嚢よりも安定性・耐久性に優れるが、被災により中詰材の礫が散乱する恐れがある 袋材および中詰の礫が景観を悪化する恐れがある 	表 4-2 で比較
	蛇籠 △	<ul style="list-style-type: none"> 大型土嚢よりも安定性・耐久性に優れるが、被災により中詰材の礫が散乱する恐れがある 鉄の籠および中詰の礫が景観を悪化する恐れがある 鉄の籠による利用者の安全性に課題がある 	消波(被覆)ブロックと同様のため、表 4-2 で比較しない
	コンクリート傾斜護岸 ×	<ul style="list-style-type: none"> 前浜を縮小されるため、利用に支障が生じるうえ、侵食進行時に空洞化による施設被災のリスクがある コンクリートによる景観の悪化が生じる 期待する効果が得られない場合に撤去が困難 	今回対象としない長期的な対策であること、利用面、安全性、景観に課題があるため、表 4-2 で比較しない
参考	沖合消波施設+土砂投入 (人工リーフ・離岸堤) ×	<ul style="list-style-type: none"> 施設が高価である。 構造物設置による周辺への影響が懸念され、期待する効果が得られない場合に撤去が困難 	参考として表 4-2 で比較

4. 対策工法の概略検討


【比較検討の考え方】

- ・現地対応策の工法に、新たな対応工法として「サンドパック+土砂投入」、「袋詰め玉石+土砂投入」を加え、比較評価する。
- ・他にも蛇籠（鉄製の籠に碎石を詰めたもの）、コンクリート傾斜護岸も考えられるが、安全性、景観等の観点で採用案とならないため、あらかじめ一次選定の比較表から除外した。

【結論】

- ・維持管理、経済性を除いた全ての項目を満足できる「サンドパック+土砂投入」を一次選定
- ・サンドパックでも、複数の断面（1段・2段積、自立式・もたれ式、端部処理、法先や背後地盤の洗掘対策など）が想定されるため、それらを二次選定で検討

表 4-2 対策工法の一次選定 (1/2)

項目	既存の対策工			新たな対策工		参考	
	土砂投入（陸上） （サンドリサイクル・養浜）	大型土嚢+土砂投入	消波（被覆）ブロック	サンドパック+土砂投入	袋詰め玉石+土砂投入	沖合消波施設+土砂投入 （人工リーフ・離岸堤）	
基本事項	写真						
	断面図						
現地対応策の評価項目	浜崖抑制機能	◎ ・浜崖発生部へのサンドリサイクルにより浜崖が補修できる	△ ・土嚢の天端高程度までは、背後地の侵食が抑制できる ・天端高を高くすれば浜崖抑制機能が上がるが、安定性が低いと高く積み上げると被災しやすい	○ ・天端高が背後地盤高程度のため、背後の侵食が顕著に抑制できる ・天端高の調整により、浜崖抑制効果の調整が可能	○ ・施設天端高程度までは背後地の侵食が抑制できる ・天端の高さの設定により、浜崖抑制効果の調整可能	○ ・サンドパックと同様	△ ・直接的に浜崖を抑制するのではなく、波浪を低減させることで浜崖抑制ができる ・構造物設置による周辺への影響が懸念される
	安定性（波浪）	× ・6月にサンドリサイクルした土砂が冬季風浪前に流出し浜崖が発生（ただし、東浜地区全体の侵食対策には寄与）	△ ・巡視期間中に、高波浪による移動・流出が生じている	○ ・高波浪の波浪に対する安定性（設計外力不明） ・巡視期間中に、波浪による移動・転倒が生じていない。	○ ・質量が大きいため、安定性が高い	○ ・サンドパックと同様	○ ・計画波程度の波浪に対する安定性を有する
	耐久性（耐用年数）	— （施設でないため対象外）	△ ・仮設構造物であり、1～3年程度	◎ ・コンクリート構造物のため50年程度 ・現地実績では40年程度残存（S51整備）	○ ・現地の耐候性・耐摩耗性に対して、10年程度の強度を確保	△ ・現地の耐候性・耐摩耗性に対して、どの程度の強度を有するかが不明	◎ ・コンクリート構造物のため50年程度
	維持管理	× ・毎年、浜崖の発生等の侵食が生じているため、継続的かつ高頻度で砂の投入が必要	× ・安定性が低いため、高い頻度で損傷・流出した土嚢の取り換え・追加設置が必要	△ ・浜幅が狭いため、発生頻度は低いものの、巡視期間中に空洞化が見られ、砂の充填が必要	△ ・袋材損傷部の補修、砂の充填等が必要	△ ・袋材損傷部の補修、砂の充填等が必要	△ ・発生頻度は低いと想定されるが、高波浪によるブロックの移動・散乱が生じる可能性
	安全性（利用）	○ ・吸出しや陥没により人が落ち込む可能性は低い	○ ・吸出しや陥没により人が落ち込む可能性は低い	× ・吸出しや陥没により人が落ち込む可能性がある ・転倒時に接触すると負傷する恐れがある	○ ・吸出しや陥没により人が落ち込む可能性は低い ・中詰材が砂のため、転倒しても負傷する恐れが低い	△ ・吸出しや陥没により人が落ち込む可能性は低い ・中詰材が礫のため、転倒時に負傷する恐れがある	△ ・サーフィン等の沖合の利用に接触すると負傷する恐れがある
	景観	◎ ・当海岸に存在する砂を投入するため、自然景観を阻害しない	△ ・施設が黒色で砂色と異なるため、景観が悪化	× ・コンクリートの露出によって景観が悪化	○ ・袋材を砂に近い色とすることで、砂浜に近い色にできる	△ ・袋材および礫が露出すると景観が悪化	○ ・水没施設のため景観を阻害しない（人工リーフの場合）

4. 対策工法の概略検討

表 4-2 対策工法の一次選定 (2/2)

項目	既存の対策工			新たな対策工		参考	
	土砂投入 (陸上) (サンドリサイクル・養浜)	大型土嚢+土砂投入	消波(被覆)ブロック	サンドバック+土砂投入	袋詰め玉石+土砂投入	沖合消波施設+土砂投入 (人工リーフ・離岸堤)	
基本事項	写真						
	断面図						
新規評価項目	経済性 (初期費用)	◎ ・砂の投入だけのため安価 (約 0.23 万円/m ³ (実績, 運搬 地点により異なるため、平 均値とした)	◎ ・単純な構造のため安価 ・中詰材に現地の砂を活用可能 (約 1.1 万円/m, 直工費, 中詰は 現地砂, 2層で上段1列・下段2 列を想定, 土砂投入を含まない)	△ ・サンドバックと同等かそれ以上 の費用 (約 22.3 万円/m, 直工費, 現地と 同じ3層で上段2個, 中段・下段 3個を想定)	△ ・消波(被覆)ブロックと同等以下 の費用 (約 14 万円/m, 直工費, 中詰は現 地砂, 土砂投入含まない)	◎ ・比較的単純な構造のため安価 ・中詰材の礫の購入が必要 (約 1.0 万円/m, 直工費, 中詰は購 入材, 1層を想定, 土砂投入を含ま ない)	× ・施設規模が大きく、海上施工と なるため、高価となる
	被災した場合に周辺 へ与える影響	◎ ・砂を投入しているため影響 はない	◎ ・中詰材が砂のため砂浜への影 響は小さい	△ ・ブロックが散乱し、利用者の安 全性に影響がある	◎ ・中詰材が砂のため砂浜への影響 は小さい	△ ・袋材が損傷した場合に砂浜海岸 に中詰材の礫が散乱し、利用者の 安全性に影響がある	△ ・ブロックが散乱し、利用者の安 全性に影響がある
	被災した場合の復旧 の容易さ	◎ ・短期間で土砂の投入が可能	◎ ・短期間で土嚢の設置が可能	△ ・ブロックの撤去、再設置に時間 を要する	◎ ・コンクリート構造物と比べ、短 期間で損傷部の補修、再設置が 可能	◎ ・コンクリート構造物と比べ、短 期間で損傷部の補修、再設置が 可能	△ ・ブロックの撤去、再設置に時間 を要する
	施工性	◎ ・陸上地区で施工実績がある	◎ ・陸上地区で応急対策として施 工実績がある ・現地で施工可能(仮置き不要) ・現地の砂を利用できる	△ ・陸上地区で施工実績がある ・施工時の仮締切が不要 ・ブロック制作の仮置き場が必要	◎ ・隣接海岸での施工実績はない が、他海岸での実績がある。 ・現地で施工可能(仮置き不要) ・現地の砂を利用可能 ・施工時の仮締切が不要	◎ ・陸上地区で応急対策として施工 実績がある ・現地で施工可能(仮置き不要) ・礫は購入材とする必要がある	△ ・隣接海岸での施工実績がある ・ブロック制作の仮置き場が必要 ・海上施工のため、施工可能時期 が波浪条件に左右される
	砂浜が回復した 場合の撤去の容易さ	◎ ・施設でないため撤去する必 要がない	◎ ・砂浜海岸のため、中詰材を砂 浜の一部として利用可能	× ・期待する効果が得られない場合 に撤去が困難	◎ ・砂浜海岸のため、中詰材を砂浜 の一部として利用可能	△ ・細砂で構成された砂浜海岸であ るため、中詰材の礫を砂浜に残 すことが困難(利用阻害)	× ・期待する効果が得られない場合 に撤去が困難
評価	△ ・良好な景観となる。 ・土砂投入しても、高波浪に 対する安定性が低く、浜崖 が発生・進行する。 ・高頻度の土砂投入が必要と なる	△ ・土嚢が高波浪で流出するうえ、 仮設構造物のため耐久性が低 い ・袋材が景観を悪化する	× ・現地にある既存施設より、最も 浜崖抑制効果が期待できる ・コンクリートによる景観の悪化、 利用者の安全性に課題がある ・期待する効果が得られない場合 に撤去が困難	◎ ・浜崖抑制効果、安定性、耐久性、 安全性、景観など、他の工法と 比べ多くの項目を満足可能。 ・陸上地区で特に重要な景観面も 満足できる ・留意事項として袋材が重機利用 時に破損するおそれがある(施 設位置がわかる目印の設置、土 砂投入時の敷鉄板などで対応 可能)	△ ・大型土嚢よりも安定性・耐久性 に優れるが、十分な安定性・耐 久性を有しているかが不明であ り、袋材が被災した場合は中詰 材の礫が散乱する恐れがある ・袋材および中詰の礫が景観を悪 化	× ・施設が高価である。 ・構造物設置による周辺への影響 が懸念され、期待する効果が得 られない場合に撤去が困難	

4. 対策工法の概略検討

4.4 対策工法（二次案）の概略検討

（比較検討の考え方）

- ・一次案で選定したサンドパックに対して、サンドパックの設置諸元を複数案設定し、浜崖抑制効果、施設安定性、洗掘対策、施工性、費用などから有効な案を決定する

（結論）

- ・現時点で有力な案を複数選定し、それらについて現地海岸での試験施工を踏まえて最終決定する。

4.4.1 サンドパックの諸元

サンドパックの諸元は、既製品を想定して、図 4-1 に示す諸元とする。高さ、幅、底面幅は「浜崖後退抑止工の性能照査・施工・管理マニュアル（P. I-2-16～22）」にある Namias の式を用いて算定している。なお、サンドパックの長さは1本 20m である。

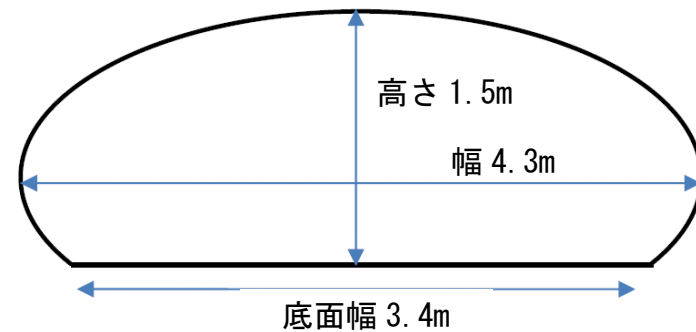


図 4-1 サンドパック基本断面諸元（高さ 1.5m×幅 4.3m、周長 10m、長さ 20m、充填率 69%）

4.4.2 サンドパックの施工等の与条件

(1) 施工に必要となる幅

サンドパック自体は柔軟性がほとんどなく、袋材を置いた状態から図 4-1 の形状となるため、浜崖に密着した施工・形状は困難となる。そのため、サンドパック袋材敷設にあたって、図 4-2 に示すようにサンドパック端部に 0.5～1.0m 程度を含めた平場が必要となる。

当海岸では、この幅を 0.5m としてなるべく陸側へサンドパックを設置することで、前浜幅の確保、養浜断面の縮小、サンドパック露出の抑制を行うものとする。

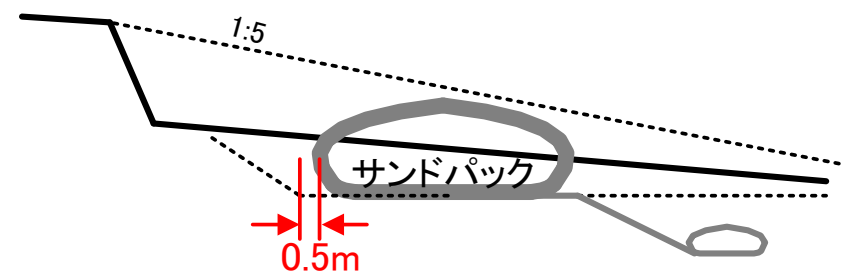


図 4-2 サンドパック施工に必要となる平場（0.5m）

(2) 設置地盤高（設置根入れ高）

施工性から見れば、サンドパックを設置する地盤高は高い方がよい。潮位よりも低い地盤高へサンドパックを設置する場合は、ドライ状態を確保するため、仮設工（盛り土、矢板）等の別途対応が必要となり、コスト増につながる。

仮締切が不要な設置地盤高は、「朔望平均満潮位 T. P. +0.39m+穏やかな時の波の遡上高」以上が目安となる。

(3) 養浜の施工

サンドパックと合わせて実施する養浜の施工については、以下の条件を想定する。

- ✓ 陸上養浜（サンドパックの海側から施工）
- ✓ 利用を考慮して、投入した養浜材は重機による整地・締固め
- ✓ 基本、冬季風浪時（12～3月）は実施しない。（高波浪により養浜が流出した場合は冬季風浪終了時3月程度までサンドパックが露出した状態となる）

4.4.3 陸上地区での要件（求める性能）

陸上地区において、サンドパックに求める主な要件（性能）は表 4-3 のとおりである。これらを勘案して、総合的に優れた案を選定する。

表 4-3 サンドパックに求める要件

項目	求める要件	備考
浜崖抑制	浜崖後退抑止・背後養浜砂流出防止（官民境界までの侵食を防止）	実態分析より、天端高が高い方が浜崖抑止効果が高い
安定性	波力・土圧	サンドパック質量は 158t（長さ：1本 20m）であり波力・土圧に対して安定
	洗掘	サンドパック海側前面の洗掘に対して安定する性能が重要
景観	養浜が流出してサンドパックが露出した場合の色味	袋材の色で調整可能
利用	養浜材陥没に対する安全性	サンドパックは地形変化に追随するため、陥没の恐れは小さい
費用	安価な構造	各案を比較検討のうえ選定

4. 対策工法の概略検討

4.4.4 サンドバック断面配置諸元

サンドバックの主な断面配置諸元を図 4-3 に示す。各断面の配置諸元は、表 4-4 に示すように、陸上地区のそれぞれの求める要件に対してトレードオフの関係になる。

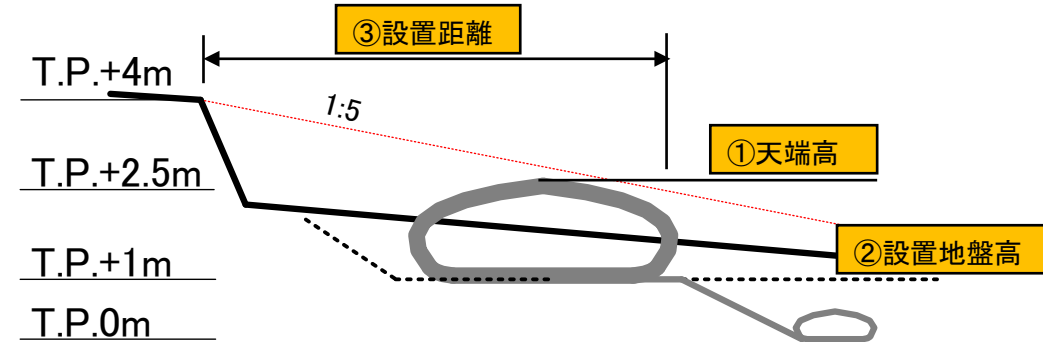


図 4-3 サンドバックの断面配置諸元

表 4-4 サンドバック配置諸元に対する効果のトレードオフの関係

諸元	性能 (浜崖防止)	安定性 (洗掘)	景観	利用
①天端高 高い	・越波しにくく、効果が大きい	—	・養浜の厚さが小さくなるため、露出しやすくなり景観は悪化の可能性	—
②設置地盤高 低い	—	・洗掘に対して安定性が高い ・波・潮位の影響を受けやすく仮締切が必要になるため、施工性の低下、費用の増大	・露出しにくい	—
③設置距離 崖から離れる	・背面養浜盛り土が高い位置まで防護可	・波・潮位の影響を受けやすく仮締切が必要になるため、施工性の低下、費用の増大	・前浜が狭くなるため、露出しやすくなり景観は悪化の可能性	・養浜量が多くなり、陥没の可能性が高くなる

赤字：効果あり、青字：影響あり

4.4.5 性能照査 (波のうちあげ高による天端高)

「浜崖後退抑止工の性能照査・施工・管理マニュアル (P. I-2-34)」によると、サンドバックの天端高は、計画波浪よりも頻度の高い設計波浪 (例えば 1/10 確率波) のうちあげ高を上限とされている。つまり、計画波浪以下の高波浪のうちあげ高がサンドバック天端高の上限値となる。

うちあげ高は、「改良仮想勾配法」等の手法で算定可能であるものの、緩勾配の海底勾配のため精度低下が懸念されたため、実態における波の遡上高 (うちあげ高) をもとに設定する。

図 4-4 に示す現地の定点写真、測量等から概略判断すると、波高 6m (参考：10 年確率波浪 $H_0=7.2\text{m}$) において、T.P.+4m 程度までは波の遡上 (うちあげ高) が確認できたため、サンドバックの天端高の上限は、T.P.+4m 程度 (現地海岸の浜崖の天端高程度) とする。

なお、参考として算出した 10 年確率波浪 ($H_0=7.2\text{m}$) における波のうちあげ高は T.P.+2.1m 程度、50 年確率波浪 ($H_0=10.3\text{m}$) における波のうちあげ高は T.P.+3.4m 程度である。(参考資料参照)

図 4-4 は浜崖の発生状況の写真と測量データ (写真と近い時期) であり、H29 年 1 月 16 日から 23 日にかけて、大型土嚢背後の地形が侵食され、浜崖が進行している。この期間の波浪は最大の有義波高で 6.00m (鳥取港) であり、浜崖の法肩よりうちあげ高は T.P.+4.1m 程度 (浜崖法肩) には達していると推測される。

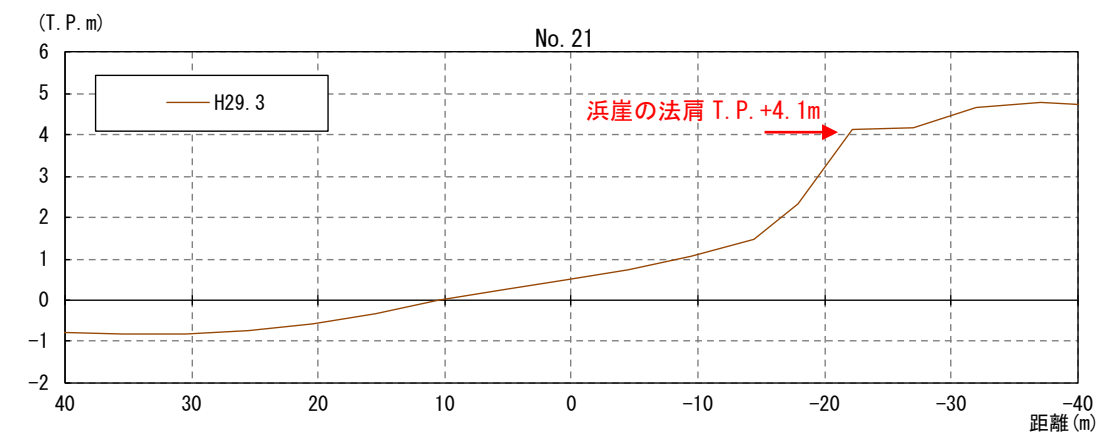


図 4-4 浜崖の発生状況から概略推定した波のうちあげ高 (遡上高)

4. 対策工法の概略検討

4.4.6 安定性照査（洗掘に対する照査）

(1) 設置地盤高（設置根入れ高）

サンドバックは、地盤低下や洗掘に対応できるように根入れを深く設置することが求められる。「浜崖後退抑止工の性能照査・施工・管理マニュアル（P. I-2-35）」では、最も地盤が低下する時の海浜面よりも最下段のサンドバックの下端面が低くなることを推奨している。

当海岸での海浜変化状況を把握するため、サンドバック海側付近となる箇所について、測線毎の地盤高の時系列変化を整理した。サンドバック海側付近の位置は、浜崖のり肩から沖方向に7～9mとし、その位置での地盤高の時系列推移を図 4-5 に示す。

- 一部の測線・時期では、最低 T.P. +0.37m まで低下しているものの、これらを除けば、概ね T.P. +1.0m 以上（図 4-5 の赤太線）で変動している。
 - 全ての測線・時期を対象とすれば、マニュアルの推奨では、地盤高 T.P. +0.37m より深く設置することとなるが、T.P. +0.37m は極端な過去の推移をみても深めの根入れ高になっている。
 - 「4.4.2 (2) 設置地盤高（設置根入れ高）」で示したように、施工性、掘削、仮締切によるコストを考慮すると「朔望平均満潮位 T.P. +0.39m + 穏やかな時の波の遡上高」以上が目安となる。
- 施工性、コストを加味すると T.P. +1m 以上が望ましい。その場合、洗掘防止対策の実施と効果の発現が必須となる。

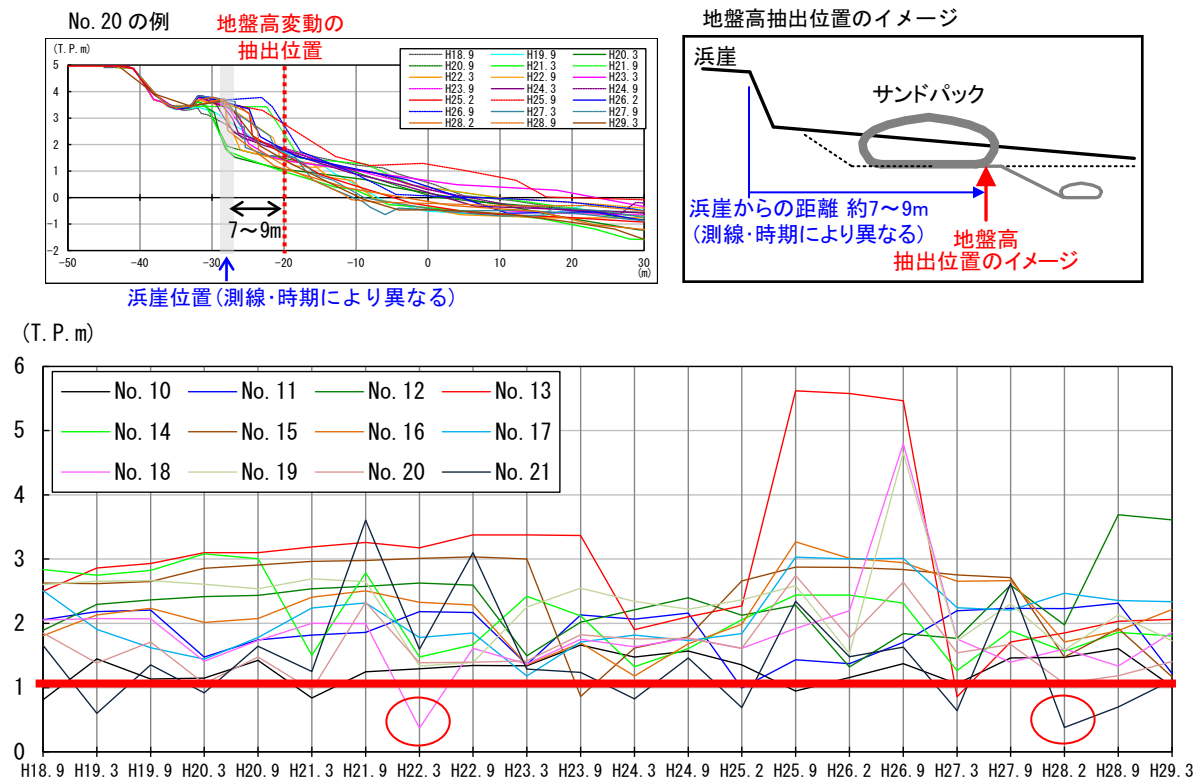


図 4-5 地盤高変動の抽出位置（上段）と地盤高の時系列変化（下段）

(2) 洗掘対策

「浜崖後退抑止工の性能照査・施工・管理マニュアル（P. I-2-38）」では、サンドバックを設置したことによる前面での短期的な変動と局所洗掘を合わせて、表 4-5 に示す最大 1m の洗掘深が生じることを想定している。

表 4-5 サンドバック前面における最大洗掘深

設置位置（沖側底面）	海底勾配	最大洗掘深(m)
陸上 (M.W.L 以上)	—	1
海中 (M.W.L 以下)	$\tan \theta < 80$	1

※養浜により補給させることが前提

この最大 1m の洗掘深への対応として、表 4-6 の方法が考えられる。本検討では、費用および他海岸の事例等を踏まえ、より安定性が高い「アンカーチューブ」による方法を採用する。

表 4-6 サンドバック前面における洗掘対策

対策	断面	費用	備考
アスファルトマット		9.4 万円/m (直工費, 長さ 5.2m)	<ul style="list-style-type: none"> ・人工リーフなど各種コンクリート構造物での施工実績が多数ある ・サンドバックでは、宮崎海岸での施工事例があるが、高波浪により被災が生じた（参考資料参照）
セル型グラベルマット		7.3 万円/m (直工費, 長さ 5.2m)	<ul style="list-style-type: none"> ・宮崎海岸では、アスファルトマットの被災後にグラベルマットに変更 ・西湘海岸の試験施工で実施した事例がある ・破損した場合に礫が流出する恐れがある
アンカーチューブ		3.6 万円/m (直工費, 長さ 5.0m)	<ul style="list-style-type: none"> ・新潟県四ツ郷屋浜でサンドバックの施工事例がある（突堤）。 ・日本海側の冬季風浪に持ちこたえた実績がある。

4. 対策工法の概略検討

4.4.7 サンドバックの断面形状の選定

サンドバックの試験施工における断面形状選定にあたって考慮する事項は、陸上地区の特性を踏まえ主に以下の4点とする。陸上地区においては特に景観面での配慮が重要となる。

(1) 浜崖抑止効果、 (2) 前面洗掘・背面土砂流出等に対する安定性、 (3) 景観、 (4) 費用

上記4点はトレードオフの関係にあり、複数のサンドバックの基本断面配置から、上記4点の観点について比較したものを表4-7に示す。

No.1は安定性と景観に優位な断面形状であり、No.2は浜崖に対する効果と費用で優位な断面形状である。No.3、No.4は浜崖に対する効果はあるが、安定性、小規模浜崖の形成、費用で若干劣る断面形状となる。

現時点でNo.1とNo.2において明確な差はないことから、試験施工における断面形状は以下を想定する。

「No.1：1段積の自立式断面」と「No.2：1段積の根入れ高が高い自立式断面」の両方を試験的に実施し、越冬後の状況を勘案してから、正式な断面検討を行う。

表 4-7 サンドバック断面配置 比較表 (赤字：主なメリット、青字：主なデメリット)

断面 No	断面 (測点 No. 20)	浜崖抑制効果	安定性	景観	費用	試験施工での把握事項
1	<p>【1段積の自立式断面】</p>	<p>△天端高が浜崖よりも低い ため、他の案と比べ浜崖抑制効果が劣る</p>	<p>○根入れ高が深いため、洗掘に対する安定性が高い(マニュアル推奨の根入れ高さ程度)</p> <p>○自立式のため、洗掘発生時の転倒の危険性が低い(マニュアルでは自立式を推奨)</p>	<p>○高波浪時にサンドバックが露出しにくい</p> <p>○養浜の勾配を緩く設定することができ、波打ち際の小規模浜崖が形成されにくい</p>	<p>○サンドバックの個数が少ないため安価</p> <p>掘削:8.5m³/m、 養浜:背面 3.6m³/m 前面 14.4m³/m</p>	<p>・天端高が浜崖よりも低いことによる、浜崖抑止効果を確認</p>
2	<p>【1段積の根入れ高が高い自立式断面】</p>	<p>○天端高が浜崖と同等のため、浜崖抑制効果が高い</p>	<p>△根入れ高が浅いため、洗掘に対する安定性が比較的低い(洗掘対策が機能することを前提)</p> <p>○自立式のため、洗掘発生時の転倒の危険性が低い(マニュアルでは自立式を推奨)</p>	<p>△根入れ高が高いため、高波浪時にサンドバックが露出しやすく、景観が阻害する恐れ</p>	<p>○サンドバックの個数が少ない うえ、養浜量が小さいため安価</p> <p>掘削:3.5m³/m 養浜:背面 2.0m³/m 前面 21.5m³/m</p>	<p>・天端が高いことによる浜崖抑止効果を確認</p> <p>・根入れが低い洗掘への安定性を確認</p>
3	<p>【2段積のもたれ式断面】</p>	<p>○天端高が浜崖と同等のため、浜崖抑制効果が高い</p>	<p>○根入れ高が深いため、洗掘に対する安定性が高い(マニュアル推奨の根入れ高さ程度)</p> <p>△もたれ式のため、洗掘発生時の転倒の危険性がある(サンドバックの下部で洗掘・吸出しが生じないことを前提)</p>	<p>△前浜が狭くなるため、高波浪時にサンドバックが露出しやすく、景観が阻害する恐れ</p> <p>△養浜の勾配が急となり、小規模浜崖が形成されやすい</p>	<p>△2段積みでは、自立式よりも安価だが、1段積みよりは高価</p> <p>掘削:8.5m³/m 養浜:背面 2.2m³/m 前面 31.6m³/m</p>	<p>・天端が高いことによる浜崖抑止効果を確認</p> <p>・もたれ式であることによる洗掘・吸出しに対する安定性を確認(サンドバック下段の背後に吸出し防止対策が必要)</p>
4	<p>【2段積の自立式断面】</p>	<p>○天端高が浜崖と同等のため、浜崖抑制効果が高い</p>	<p>○根入れ高が深いため、洗掘に対する安定性が高い(マニュアル推奨の根入れ高さ程度)</p> <p>○自立式のため、洗掘発生時の転倒の危険性が低い(マニュアルでは自立式を推奨)</p>	<p>×前浜が最も狭くなるため、高波浪時にサンドバックが露出しやすく、景観が阻害する恐れ</p> <p>×養浜の勾配が急となり、小規模浜崖が更に形成されやすい</p>	<p>×サンドバックの個数も多く、養浜量も大きい ため高価</p> <p>掘削:8.5m³/m 養浜:背面 9.7m³/m 前面 24.9m³/m</p>	<p>・天端が高いことによる浜崖抑止効果を確認</p>

※断面は現時点の想定のため、試験施工時には、各種条件によって変更を行う。

4. 対策工法の概略検討

先述表 4-7 で示したサンドバックの断面諸元の考え方を表 4-8 に示す。

表 4-8 サンドバックの各断面諸元の考え方

断面 No	断面 (測点 No. 20)	天端高	設置地盤高	設置距離	養浜勾配	その他
1	<p>【1 段積の自立式断面】</p>	T. P. +2.5m	T. P. +1m	浜崖天端からサンドバック沖側先端までが約 8.6m	1/5 勾配	自立式 ・1 段積みで、マニュアルの推奨に準拠した断面
2	<p>【1 段積の根入れ高が高い自立式断面】</p>	T. P. +3.5m	T. P. +2m	浜崖天端からサンドバック沖側先端までが約 7.1m	1/4 勾配	自立式 ・No. 1 よりも天端高を高くし、高い浜崖抑制効果を期待したもの
3	<p>【2 段積のもたれ式断面】</p>	T. P. +4.0m	T. P. +1m	浜崖天端からサンドバック沖側先端までが約 8.6m	1/3.5 勾配	もたれ式 ・No. 4 の経済性等を配慮した断面
4	<p>【2 段積の自立式断面】</p>	T. P. +4.0m	同上	浜崖天端からサンドバック沖側先端までが約 12.9m	1/2.8 勾配	自立式 ・2 段積みで、マニュアルの推奨に準拠した断面

5. 試験施工計画

5. 試験施工計画

5.1 試験施工の目的

陸上地区では、浜崖の発生・進行に伴う背後家屋等の被害防止のため、サンドリサイクルや大型土嚢や消波（被覆）ブロック等の施設による対策が実施されているところである。しかし、これらの施設は、浜崖抑制機能、景観、利用に対する安全性、波浪に対する安定性など、陸上地区に求められる機能を満足できない。これらの機能を網羅的に満足できるのは、サンドパックと考えられるが、その効果等を確認するにあたり、現地において試験施工を予定している。

5.2 検討の流れ

サンドパックによる浜崖対策に至る検討の流れを図 5-1 に示す。

5.3 試験施工の着目点

試験施工では、サンドパックの以下の項目に着目し、その工法等を設定する。

- ・ 浜崖抑止効果
- ・ 前面洗掘・背面土砂流出等に対する安定性
- ・ 景観
- ・ 費用

5.4 試験施工の時期

冬季風浪による効果・影響を把握するため、冬季風浪前の H29 年 9 月～11 月に施工を予定する。

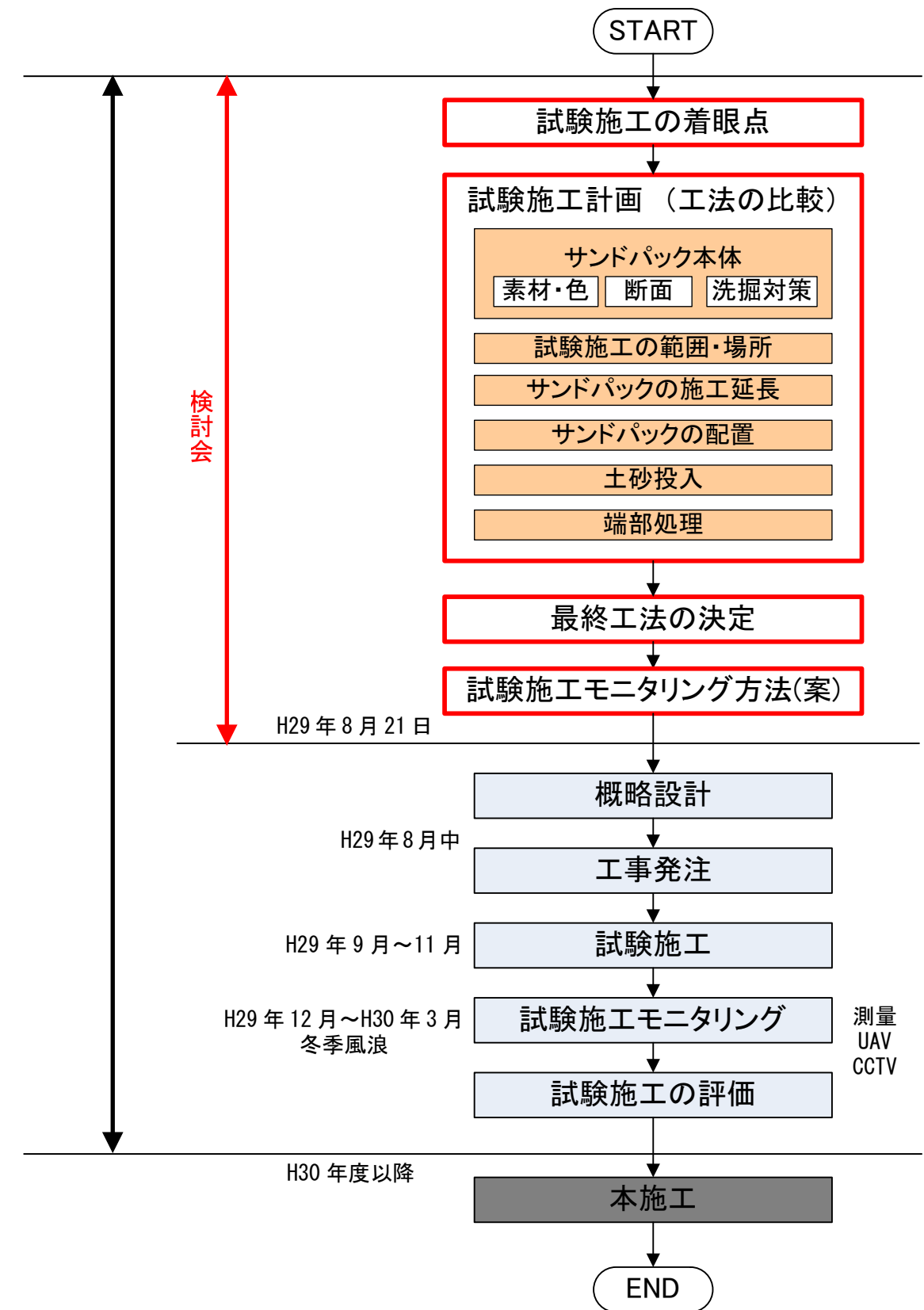


図 5-1 サンドパック試験施工検討の流れ

5. 試験施工計画

5.5 サンドパックの素材

現在、我が国においてサンドパックは3社で製造、耐久性の認可を受けている。（※ここでは、仮に3社をA社、B社、C社と呼ぶ）

この内、施工実績の多いA社、B社の2社について、表 5-1 にサンドパックの素材・色・断面形状等を比較した。

A社、B社の両方で試験施工を行い、景観及び越冬後の状況を勘案してから、本施工で用いる袋材の素材・色および断面の検討を行う。

表 5-1 サンドパックの素材・色・断面形状等の比較表

	A社 サンドパックの袋材の素材・色：人工芝タイプ	B社 サンドパック袋材の色：2重タイプ
素材・色		
サンドパック 断面形状	 <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 10px auto;"> 高さ 1.5m × 幅 4.2m 周長 10m 充填率 69% </div>	 <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 10px auto;"> 高さ 1.5m × 幅 4.3m 周長 9.5m 充填率 69% </div>
洗掘対策	<p>アンカーチューブ</p>  <p>洗掘対策 アンカーチューブ</p> 	<p>アンカーチューブ</p>  <p>洗掘対策 アンカーチューブ</p> 

5. 試験施工計画

5.6 試験施工の範囲・場所

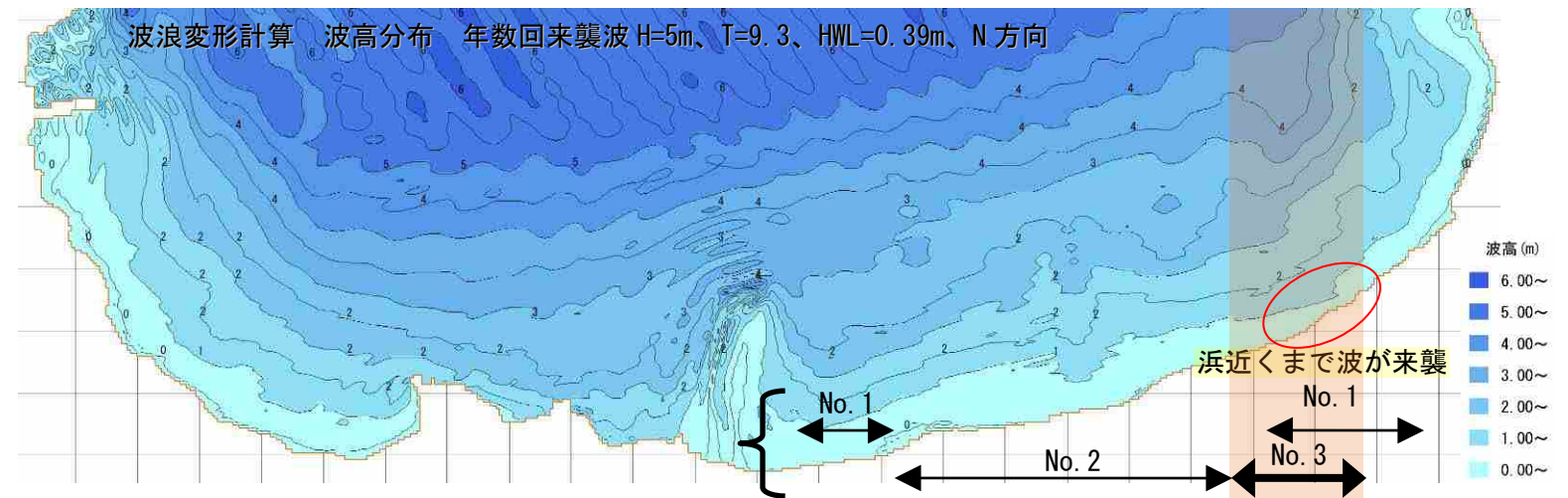
表 5-2 に想定した試験施工範囲・地点について比較した結果を示す。陸上地区において波浪来襲状況、被災状況と対策、汀線変化状況を整理したものを図 5-2 に示す。CCTV 画像の撮影地点・アングル例は図 5-3 のとおりであり、2 台の CCTV により監視が行われている。これらを踏まえると、監視範囲は図 5-3 の黄色矢印の範囲内に限定することができる。

浜崖の発生や、大型土嚢の設置状況及びモニタリングの容易さから、試験施工における施工範囲・場所は以下とする。

現状において浜崖の発生が確認されており、かつ、CCTV によって監視が可能な地点 No. 3 とする。詳細な区間・延長は、費用等を勘案して決定する必要がある。

表 5-2 試験施工における範囲・地点の比較表

地点 No	対策案	特徴・考え方	事務局案
1	大型土嚢が設置されている位置にサンドバックを施工	・浜崖が顕著な地点で試験ができる。 ・大型土嚢を撤去する必要がある。(撤去費用が余分にかかる)	—
2	大型土嚢が設置されていない位置にサンドバックを施工	・浜崖が顕著でない地点の試験となる。 ・大型土嚢の撤去が不要となる。	—
3	東浜局東側で CCTV 映像により確認できる位置にサンドバックを施工	・CCTV により端部を含めてサンドバック周辺の状況を確認できる位置に設置することにより、波浪に対する効果・影響を常時確認する。	○



— : 浜崖発生※1
 — : サンドリサイクル実施※2
 — : 大型土嚢(耐候性)設置※2

※1: 岩美海岸(陸上地区)侵食対策検討委員会資料(H24~H25)、既往検討報告書、巡視時の写真、測量成果(横断面)から判断
 ※2: 工事図面から判断

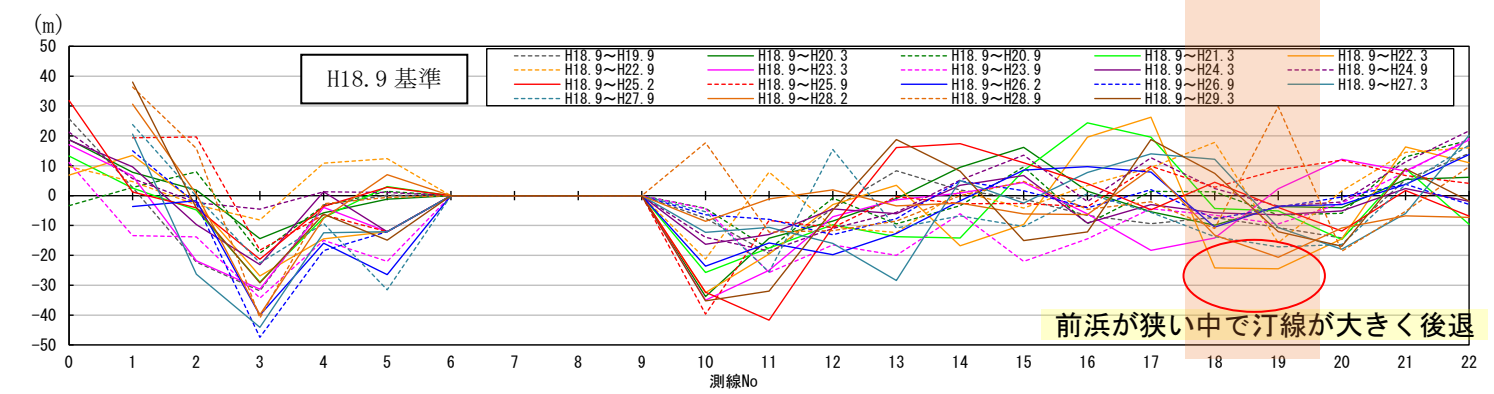
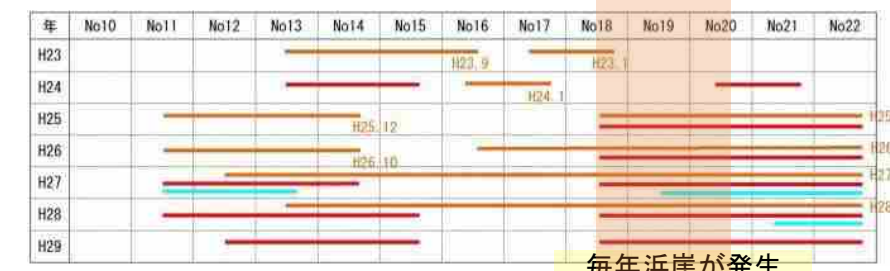


図 5-2 陸上地区における汀線変化特性の整理



図 5-3 CCTV の撮影地点・撮影画像 (アングルの変更、拡大・縮小は可能)

5. 試験施工計画

5.7 サンドパットの施工延長と断面形状の違いによる配置の比較

サンドパットは、1本が20mで、2断面形状であれば1断面40m (=20m×2本) が2つとなり計80mの施工となる。ある程度の長さがないと、効果の違いが見られにくい可能性があるため、1断面を40mと想定している。細かく断面を変化させると、断面形状による影響なのか、断面が不連続による影響なのかの把握が困難となる。

サンドパットの施工延長は、2断面形状（40m×2断面）の実施を想定する。
※予算があれば60m×2断面でも可

(1) サンドパットの断面形状の違いに対する配置の比較

表 5-3 にサンドパットの断面形状の違いに対する配置について比較した結果を示す。

陸上地区における後述する試験施工を計画している位置では、西側より東側の方が、資産が多くなっている特性を踏まえ、サンドパットの浜崖抑止効果、景観の面から、試験施工における断面形状の違いに対する設置位置は以下とする。

配置ケース①の「No. 1：1段積の自立式断面」を西側に、「No. 2：1段積の根入れ高が高い自立式断面」を東側に設置する。

表 5-3 サンドパットの断面形状の違いに対する配置の比較表（赤字：主なメリット、青字：主なデメリット）

配置ケース	対策案	浜崖抑制効果	安定性	景観	費用	試験施工での把握事項	事務局案
①	西側に1段積の自立式断面、 東側に1段積の根入れ高が高い自立式断面 	○背後資産の多い東側に天端高が高く浜崖抑止工効果の高い断面 No. 2 の配置となる。	-	○断面 No. 1 の方が、掘削して設置するため露出しにくく、トワイライトエクスプレス瑞風等に対する景観にも有利である。	-	-	○
②	西側に1段積の根入れ高が高い自立式断面、 東側に1段積の自立式断面 	△上記の逆となる。 ・前浜の条件が若干異なってくるため、サンドパット本体以外の影響を受け、サンドパット本体の効果を把握しにくくなる。	-	△上記の逆となる。	・前浜がさらに狭くなると、波除盛り土等の対策が必要となる可能性もある。	-	-

5. 試験施工計画

(2) サンドパットの素材の違いによる配置の比較

表 5-4 にサンドパットの素材の違いによる配置について比較した結果を示す。
 サンドパットの安定性・施工性と景観から素材の違いによる配置は以下とする。

- ・袋材の製品が異なると、20m 間の接合部が弱部となり被災を招きやすいうえ、接続処理の施工性に劣ると考えられるため、40m 区間で同様の袋材を用いている No. ①-A 及び No. ①-B を採用案とする。
- ・景観への配慮として、現時点で色がより砂に近いと思われる素材（目立たない素材）を、トワイライトエクスプレス瑞風等による観光客対策として西側とする。
 さらに、40m 区間の端部は、目立たない色味で端部処理が可能な素材とする。

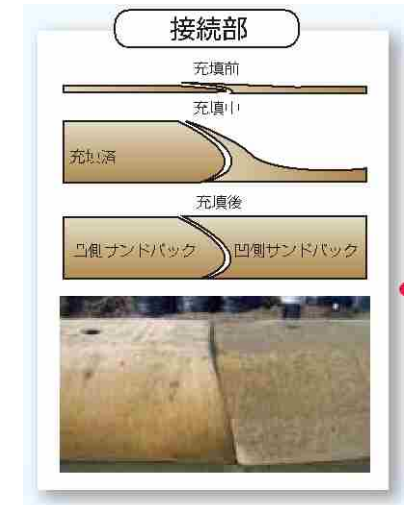


表 5-4 サンドパットの素材の違いに対する配置の比較表（赤字：主なメリット、青字：主なデメリット）

配置ケース	対策案	浜崖抑制効果	安定性	景観	費用	試験施工での把握事項	事務局案
①-A	同じ断面形状は同じ素材で設置（西側にA社、東側にB社） 	○同じ素材で右上図のようなサンドパットの確実な接続が可能となり接続部の影響を低減することができる。 ・現地では、A社、B社による並びの違い差は想定されず、どちらの案でも良いと考えられる。	・20m のサンドパットを接続する必要があり、一般的に右上図に示すように接続する。 ・現地では、A社、B社による並びの違い差は想定されず、どちらの案でも良いと考えられる。	○色味が不連続となる影響は、最小限に抑えられる。	—	・景観に対する効果、影響	○
①-B	同じ断面形状は同じ素材で設置（西側にA社、東側にB社） 	△異なる素材に対する右上図のようなサンドパットの接続は事例がなく、接続部の影響により浜崖抑制効果が低減する可能性がある。 ○それぞれ近い条件で素材の違いによる効果・影響を把握できる。	△異なる素材に対する右上図のようなサンドパットの接続は事例がなく、安定性に対する効果が不明である。 △素材が行った場合の洗掘対策（アンカーチェーン、シート）の接続も弱点となる可能性がある。 ・現地では、A社、B社による並びの違い差は想定されず、どちらの案でも良いと考えられる。	△素材により色味が異なるため、露出した縞々模様等で不自然さを感じる可能性がある。	—	・景観に対する効果、影響 ・素材による効果・影響の違いの把握	—
①-C	それぞれの断面形状で西側にA社、東側にB社 	△異なる素材に対する右上図のようなサンドパットの接続は事例がなく、接続部の影響により浜崖抑制効果が低減する可能性がある。 ○それぞれ近い条件で素材の違いによる効果・影響を把握できる。	△異なる素材に対する右上図のようなサンドパットの接続は事例がなく、安定性に対する効果が不明である。 △素材が行った場合の洗掘対策（アンカーチェーン、シート）の接続も弱点となる可能性がある。 ・現地では、A社、B社による並びの違い差は想定されず、どちらの案でも良いと考えられる。	△素材により色味が異なるため、露出した縞々模様等で不自然さを感じる可能性がある。	—	・景観に対する効果、影響 ・素材による効果・影響の違いの把握	—
①-D	それぞれの断面形状で西側にB社、東側にA社 	△異なる素材に対する右上図のようなサンドパットの接続は事例がなく、接続部の影響により浜崖抑制効果が低減する可能性がある。 ○それぞれ近い条件で素材の違いによる効果・影響を把握できる。	△異なる素材に対する右上図のようなサンドパットの接続は事例がなく、安定性に対する効果が不明である。 △素材が行った場合の洗掘対策（アンカーチェーン、シート）の接続も弱点となる可能性がある。 ・現地では、A社、B社による並びの違い差は想定されず、どちらの案でも良いと考えられる。	△素材により色味が異なるため、露出した縞々模様等で不自然さを感じる可能性がある。	—	・景観に対する効果、影響 ・素材による効果・影響の違いの把握	—

5. 試験施工計画

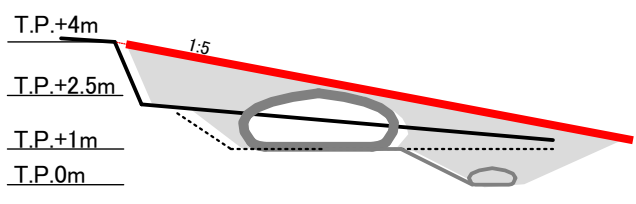
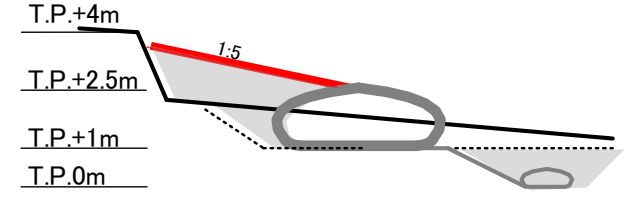
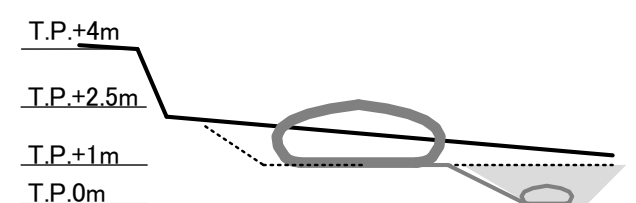
5.8 土砂投入（養浜・サンドリサイクル）の実施の有無

表 5-5 にサンドパック施工後の土砂投入について比較した結果を示す。

サンドパックの試験施工時期とその冬季風浪による養浜材の流出、経済性を勘案して、サンドパック施工後の土砂投入は以下とする。

・サンドパック沖側に養浜をしても、試験施工時期後に襲来する冬季風浪によってサンドパックの露出することが想定されるため、経済性を考慮しサンドパック沖側の養浜を実施しない
「養浜ケース②：サンドパック背面のみ土砂を投入」を実施する。

表 5-5 養浜実施の有無 比較表（赤字：主なメリット、青字：主なデメリット）

養浜ケース	対策案	浜崖抑制効果	安定性	景観	費用	試験施工での把握事項	事務局案
①	<p>サンドパックを覆うように土砂を投入</p> 	<p>○浜崖を養浜砂で覆うため、浜崖に対しては効果がある。</p>	<p>△試験施工時期は9月から11月末までの間となり、その後すぐに冬季風浪が来襲してサンドパック前面の養浜砂はすべて流出してしまう可能性が高い。</p>	<p>・投入直後は、景観が良好となる。ただし、その状態を継続させることは困難と想定される。 ・サンドパックによる越波対策が上手くいけば、背面の養浜砂は維持される可能性がある。</p>	<p>△養浜量が多くなり、費用が高くなる。 △サンドパック前面の養浜砂は流出する可能性が高く、無駄な投資となる可能性が高い。</p>	<p>・サンドパックの常時の状況から安定性を確認する。</p>	—
②	<p>サンドパック前面の養浜は流出する可能性が高いことからサンドパック背面（サンドパックと浜崖の間）へ投入 アンカーチューブは埋戻し</p> 	<p>○浜崖を養浜砂で覆うため、浜崖に対しては効果がある。</p>	<p>・サンドパックによる越波対策が上手くいけば、背面の養浜砂は維持される可能性がある。</p>	<p>・サンドパックによる越波対策が上手くいけば、背面の景観は維持される可能性がある。</p>	<p>○浜崖対策として必要最低限の養浜となる。</p>	<p>・冬季風浪に対するサンドパックの養浜砂流出防止の効果を確認する。 ・越波または打ち上げた波が、サンドパック天端から背後に回った時の状況を確認する。</p>	○
③	<p>土砂を投入しない（サンドパックが露出した状態） アンカーチューブは埋戻し</p> 	<p>△常時、露出した状態となるため、浜崖に対する効果はサンドパックのみとなる。</p>	—	<p>△サンドパックが完全に露出した状態となる。</p>	<p>○養浜費用はなし</p>	<p>・サンドパックの高波浪後の露出した、より厳しい条件での状況から安定性を確認する。 ・越波または打ち上げた波が、サンドパック天端から背後に回った時の状況を確認する。</p>	—

5. 試験施工計画

5.9 端部処理

サンドパックの端部処理は、原則、景観を優先した工法により実施する。試験施工では、以下の2つの工法の比較を行い（図 5-4、図 5-5）、本施工で採用する工法の選定を行う。

- ・トワイライトエクスプレス瑞風等による観光客対策として西側の端部一カ所は、景観（色味）を最優先としてミニサンドパック工法（図 5-6、図 5-7）
- ・遠景となる箇所は袋詰砂工法により端部処理（図 5-8、図 5-9 参照）

※現状の状況を踏まえ、適切に対応するため、変更の可能性あり



図 5-4 景観を考慮するサンドパック端部処理の位置

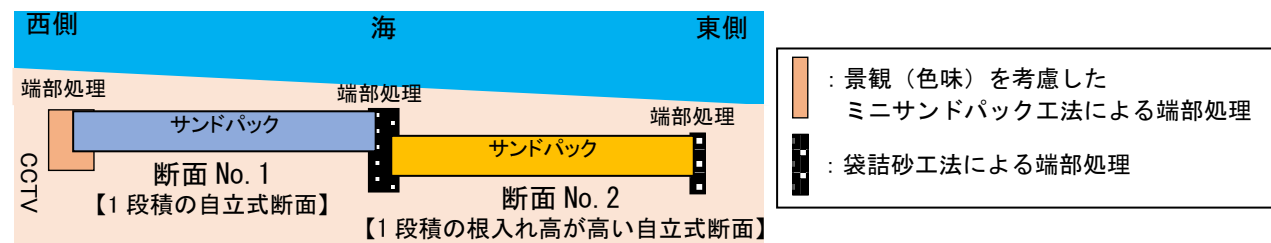


図 5-5 ミニサンドパック工法と袋詰砂工法の配置イメージ



図 5-6 ミニサンドパックの設置・施工状況の例

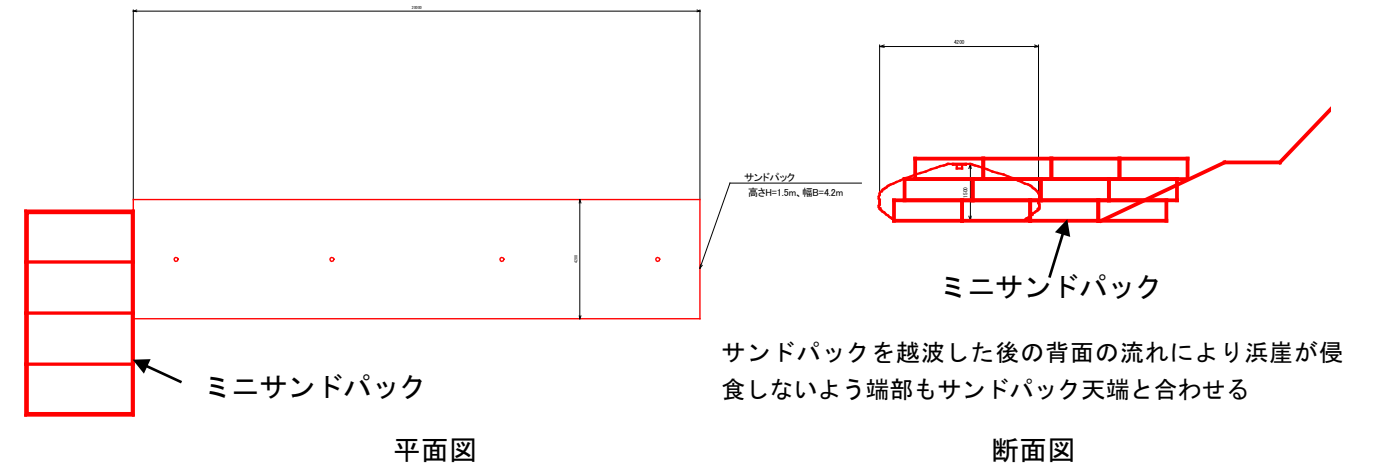


図 5-7 ミニサンドパック工法の端部処理イメージ



図 5-8 袋詰砂工の設置・施工状況の例

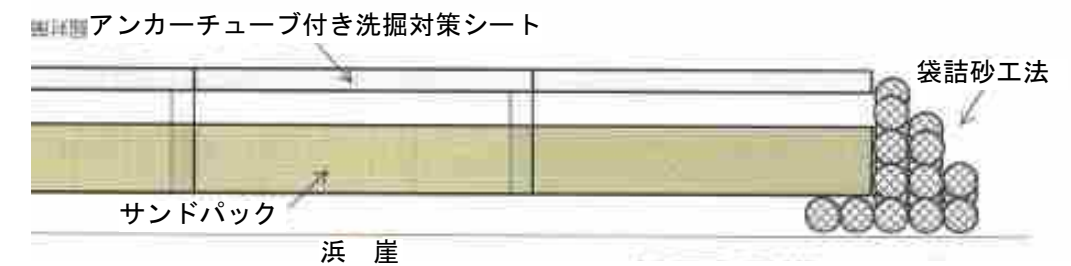
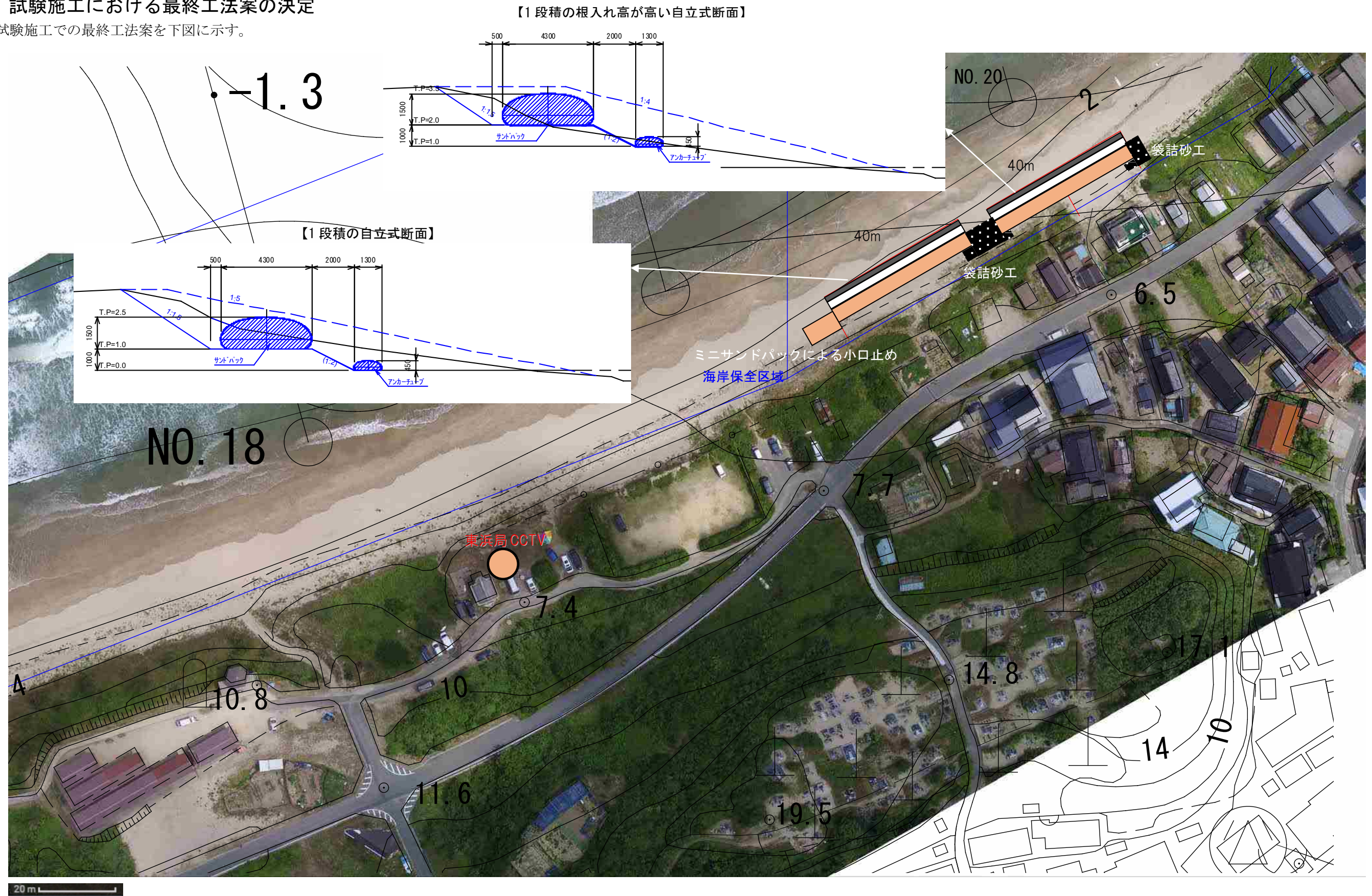


図 5-9 袋詰砂工法による端部処理のイメージ

6. 試験施工における最終工法案の決定

6. 試験施工における最終工法案の決定

試験施工での最終工法案を下図に示す。



7. 試験施工期間中のモニタリング方法(案)

7. 試験施工モニタリング方法 (案)

サンドパックの効果・影響を把握するため、試験施工期間中に以下のモニタリングを実施する。

- 定点写真撮影（巡視時）：2回程度/月、高波浪来襲後（図 7-1(A)）
（※定点写真撮影等の撮影箇所については、サンドパック施工完了後に設定）
- 東浜局 CCTV による撮影：毎時（図 7-1(B)）
- UAV による空中写真撮影：設置直後、越冬後（図 7-2）
- 測量：設置直後、越冬後、必要に応じて高波浪来襲後（図 7-3）
従来の定期測量の測線（測点 No. 20）：定期的なモニタリングを継続することで、従来からの地形変化と合わせ試験施工による地形変化を把握
新たな測線の追加：断面 No. 1 と断面 No. 2 それぞれの区間中央に新たな測線を設け、特に、試験施工時のサンドパック前面の洗掘状況を詳細に把握
- アンケート・ヒアリング調査：地域住民にアンケート若しくはヒアリングを実施して、サンドパックの効果や影響を把握



図 7-2 UAV 撮影例

【陸上地区におけるサンドパックの懸案事項（試験施工で把握したい事項）】

- 諸元、設置方法による浜崖後退抑止の効果・課題の確認
 - ・天端高、設置方法による効果、課題を確認する。
 - ・越波・養浜砂流出の防止効果を確認する。
 - ・越流状況を確認する。
- 前面洗掘・背面土砂流出等に対する施設の安定性（洗掘対策）の確認
 - ・洗掘対策の効果を確認する。
 - ・端部処理対策の効果を確認する。
 - ・サンドパックつなぎ目の効果を確認する。
- 景観上の確認（色彩、露出時の見え方など）
 - ・サンドパック設置時の現地色彩との関係を確認する。
 - ・サンドパック露出時の見え方による景観上の問題点を確認する。

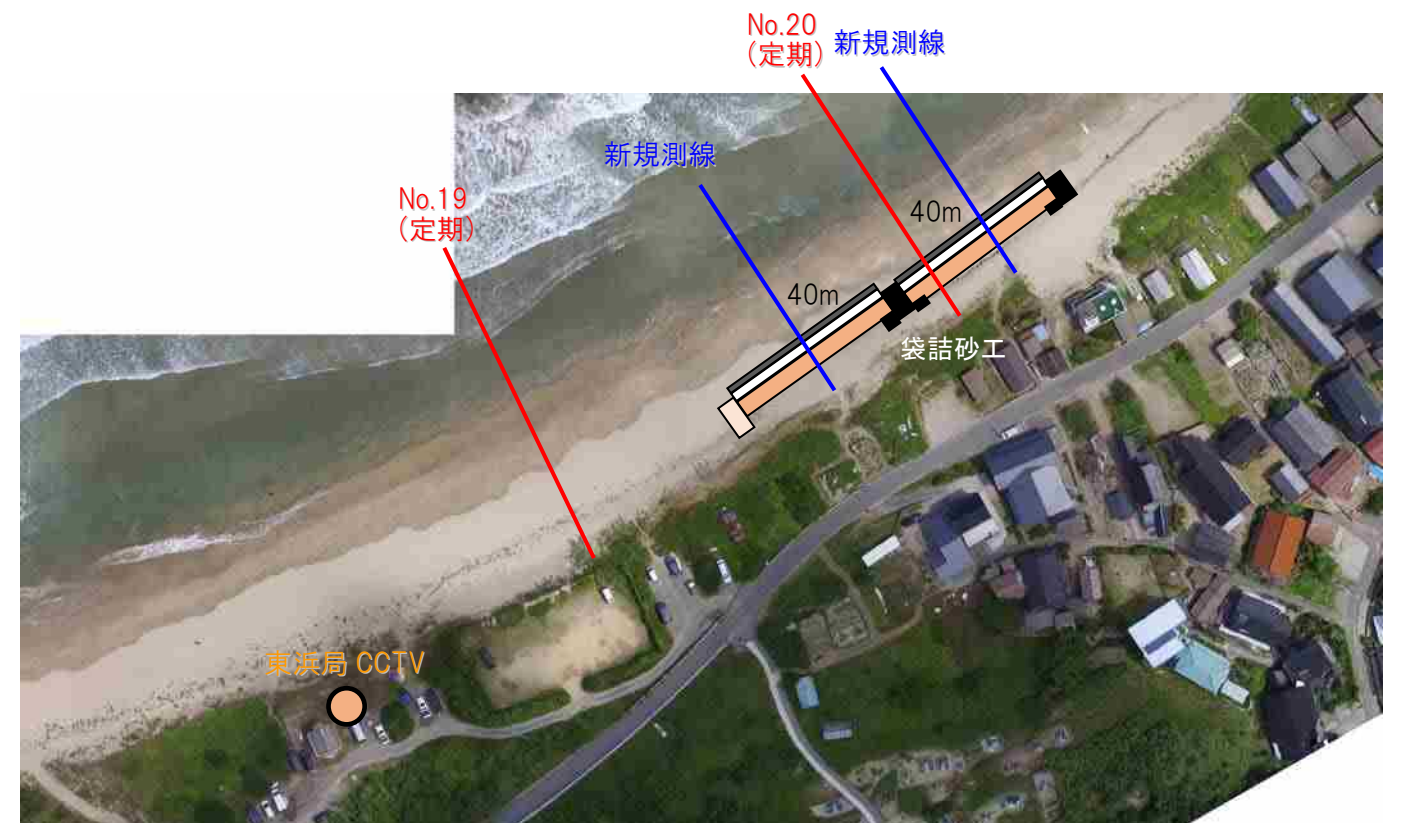


図 7-3 測量の実施測線

(A) 定点写真撮影例



(B) CCTV 撮影例（東浜局）



図 7-1 定点写真、CCTV の撮影例

