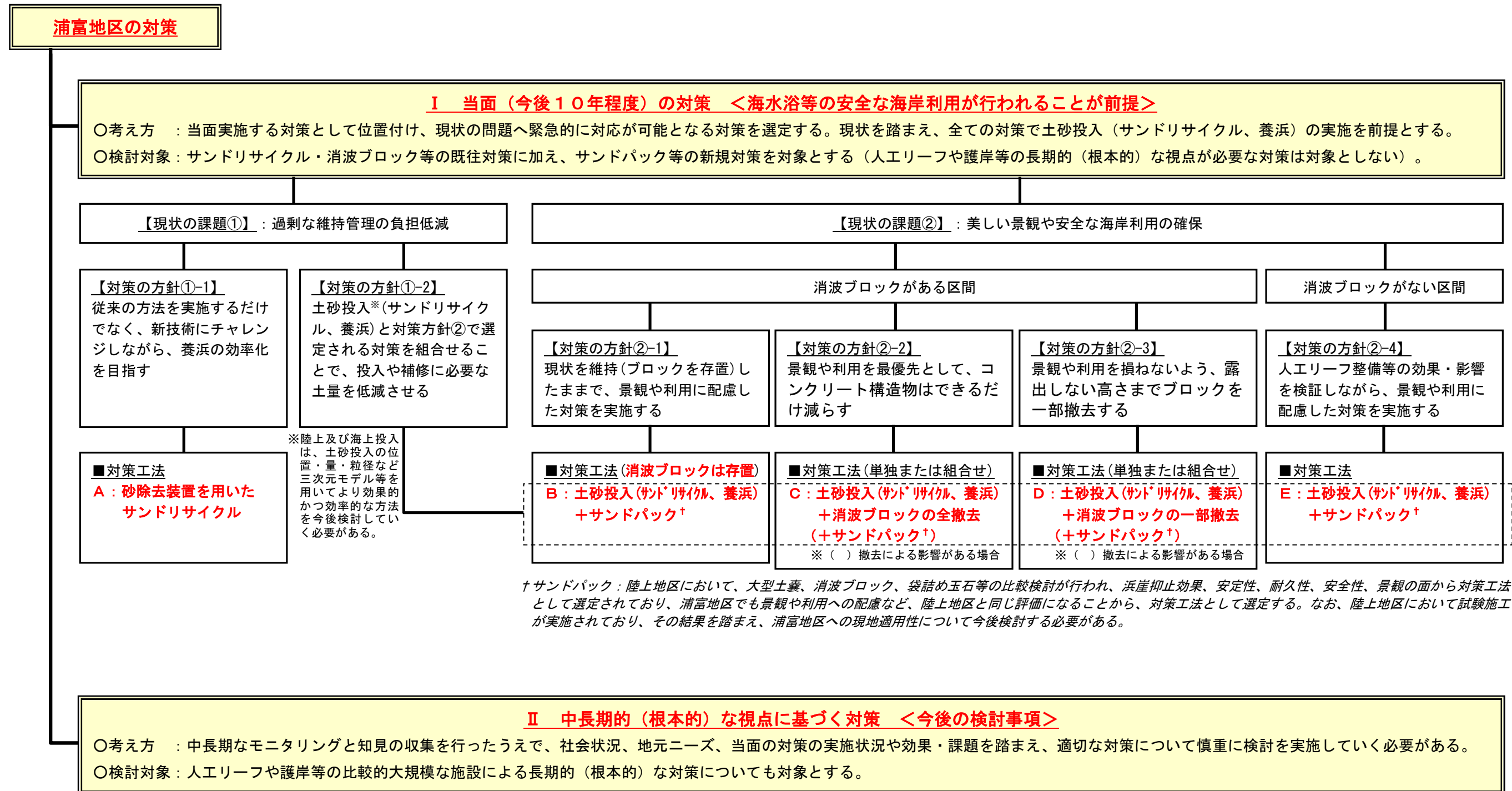


4. 対策工法の概略検討

4.4 対策工法の選定

対策工法は、上記の整理内容を踏まえ、「当面（今後10年程度）の対策」と「中長期的（根本的）な視点に基づく対策」に分けて整理し、それぞれの課題・視点に基づいて比較検討する。



4. 対策工法の概略検討

【比較検討の考え方】

- ・「当面（今後10年程度）の対策」を対象として、「過剰な維持管理の負担低減に関する工法（A：砂除去装置を用いたサンドリサイクル）」、「美しい景観や安全な海岸利用の確保に関する工法（消波ブロックがある区間）土砂投入+B：消波ブロックの存置、C：全撤去、D：一部撤去、（消波ブロックがない区間）E：土砂投入+サンドバック」について比較評価する。
- ・サンドバック工法については、陸上地区において、大型土嚢、消波ブロック、袋詰め玉石等の比較検討が行われ、浜崖抑止効果、安定性、耐久性、安全性、景観の面から対策工法として選定されており、現在試験施工が実施されている。浦富地区においても景観や利用への配慮など、陸上地区と同じ評価になることから、サンドバック工法を対策工法として選定する。

【結論】

- ・今後試験施工を実施していく対策工法として、「A：砂除去装置を用いたサンドリサイクル」と「E：（消波ブロックがない区間）土砂投入+サンドバック」を選定。
- ・サンドバック工法については、陸上地区において実施されている試験施工の結果を踏まえ、浦富地区への現地適用性について今後検討する必要がある。

表 4-2 対策工法の比較

項目	過剰な維持管理の負担低減に関する工法	美しい景観や安全な海岸利用の確保に関する工法			
		消波ブロックがある区間			消波ブロックがない区間
		A：砂除去装置を用いたサンドリサイクル	B：土砂投入+サンドバック(ブロック存置)	C：土砂投入+消波ブロック全撤去	D：土砂投入+消波ブロック一部撤去
写真					
概要	・堆砂している小栗浜周辺から砂を海水とともに採砂、圧送し、養浜箇所まで排砂する。	・消波ブロックは存置したまま、消波ブロックの露出によって景観や利用が損なわれないよう、消波ブロックの上にサンドバックを敷設する。	・景観や安全な海岸利用に支障のある消波ブロックを全撤去する。 ・撤去による影響がある場合は、必要に応じた別途対策を追加実施する。	・消波ブロックが露出しない高さまで消波ブロックを一部撤去する。 ・撤去による影響がある場合は、必要に応じた別途対策を追加実施する。	・消波ブロックがない区間(人工リーフ開口部背後など)において、浜崖発生箇所の前面にサンドバックを敷設する。
メリット	・当海岸のように小規模な浜崖が頻発し高頻度の土砂投入が必要な状況に対し、柔軟な対応を実施することが可能となり、維持管理の負担を低減できる。	・消波ブロックの撤去作業が生じない(撤去に要する費用、手間が発生しない)。 ・消波ブロックにより護岸が保護される。 ・サンドバックを設置することで、浜崖抑制効果、安全性、景観を満足するとともに、投入や補修に必要な土量を低減できる。	・消波ブロックが露出せず、景観や安全な利用を損なわない。	・消波ブロックが露出せず、景観や安全な利用を損なわない。 ・全撤去に比べ、消波ブロックの撤去に要する費用、手間が少ない。 ・全撤去に比べ、護岸前面の侵食(洗掘)へ与える影響は小さい。	・サンドバックを設置することで、浜崖抑制効果、安定性、耐久性、安全性、景観など多くの機能を満足するとともに、投入や補修に必要な土量を低減できる。 ・陸上地区において試験施工を実施しており、その知見を活かすことができる。
デメリット	・排砂距離が長い現地への導入実績がない。	・消波ブロックを存置する場合、消波ブロックが露出しないための対策(ここでは、サンドバック)が必ず必要となる。 ・消波ブロックの上にサンドバックを設置する場合、サンドバックの安定性や耐久性が低下する(宮崎海岸で被災事例あり)。また、既製品では天端が護岸に達することになるため、景観や利用に影響を及ぼす。	・消波ブロックの撤去には多大な労力が必要となる(撤去に要する費用、手間が発生)。 ・撤去したブロックを処分する必要がある。 ・消波ブロックの撤去後、護岸前面がどの程度の侵食(洗掘)が生じるか不明であり、護岸の安定性へ影響を与える可能性がある(この場合、別途対策の追加実施が必要)。	・消波ブロックの撤去作業が生じる(撤去に要する費用、手間が発生)。 ・撤去したブロックを処分する必要がある。 ・消波ブロックの撤去後、護岸前面がどの程度の侵食(洗掘)が生じるか不明であり、護岸の安定性へ影響を与える可能性がある(この場合、別途対策の追加実施が必要)。	・袋材が損傷する可能性があり、損傷部の補修、砂の充填など維持管理が必要となる。
技術上の課題 (必要な検討)	・排砂距離が長く、現状の装置では排砂距離が275m(理論値)を超える場合、中継ポンプが必要(導入実績がない) ・損失水頭を測定し実際の排砂距離を把握	・サンドバックの設置方法(安定性、耐久性の観点から検討が必要) ・サンドバックの小型化(既製品にはない)	・消波ブロック及び護岸の詳細な構造が不明 ・消波ブロック撤去による影響(護岸前面の洗掘)の把握(試験施工の実施など) ・詳細な構造の把握と施工計画(作業ヤード等)の検討	・消波ブロック及び護岸の詳細な構造が不明 ・消波ブロック撤去による影響(護岸前面の洗掘)の把握(試験施工の実施など) ・詳細な構造の把握と施工計画(作業ヤード等)の検討	・天端高、設置地盤高、断面形状、洗掘対策などの諸元を現地海岸での試験施工より把握(陸上地区と同様)
経済性	— (導入実績がないため今後検討が必要)	・サンドバック：約14万円/m (土砂投入含まず)	・ブロック撤去：約10万円/m(直工費)	— (撤去範囲によって変動する)	・サンドバック：約14万円/m (土砂投入含まず)
評価	○ 排砂距離が長い現地への導入実績がないため、中継ポンプを用いた方法について検討・試験施工を実施し、その結果を踏まえた実用化が必要	× 被災事例があることに加え、既製品にはない小型サンドバックの導入が必要であるため、現時点では実施が困難	△ 撤去による影響(護岸前面の洗掘)や詳細な構造が不明であるため、現時点では判断が困難であり、今後、影響把握とその結果を踏まえた検討が必要	△ 撤去による影響(護岸前面の洗掘)や詳細な構造が不明であるため、現時点では判断が困難であり、今後、影響把握とその結果を踏まえた検討が必要	○ 現時点で消波ブロック撤去の影響が明らかではないため、まずはブロックがない区間で試験施工を実施(その後、ブロックとの機能比較を行い、ブロック撤去の可能性を検討)

4. 対策工法の概略検討

4.5 参考：消波ブロック一部撤去の概略検討

4.5.1 消波ブロックの諸元

消波ブロックは、西側人工リーフ背後の護岸前面（測点 No. 26～30 付近）に設置されており、六角ブロック（2t）が用いられている。高波浪時には養浜砂が流出し、ブロックが一部露出する。

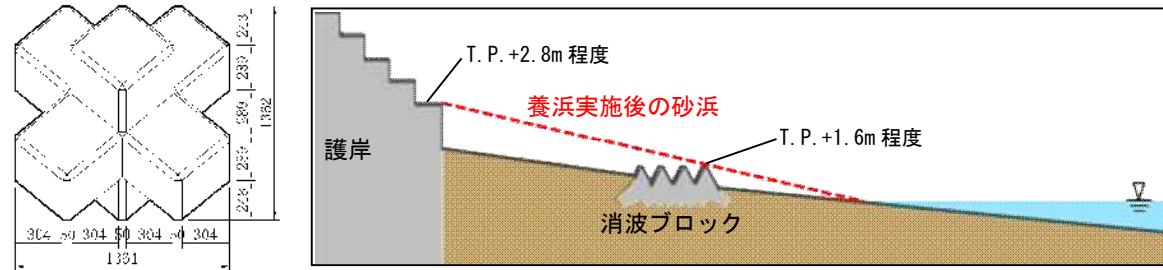


図 4-1 2t 六角ブロックの概要（左図）とブロック設置箇所の断面イメージ（右図）

4.5.2 波浪特性を踏まえた対策実施方針

現在の人工リーフ整備前後の波浪特性を踏まえ、消波ブロック撤去の方針は以下とする。

- ・人工リーフ完了までは、入射波浪が比較的小さい測点 No. 30 付近で試験施工を実施する。
- ・人工リーフ完了後は、測点 No. 26～28 付近も入射波浪が低減するため、試験施工や測量結果を踏まえたうえで、全区間での消波ブロック撤去を検討する（ただし、測点 No. 26, 28 は近年侵食傾向にあるため、人工リーフ整備の効果・影響も含めて慎重に対応する必要がある）。
- ・消波ブロックが設置されていない人工リーフ開口部背後（測点 No. 32～34 付近）では、開口部開削によって入射波浪が増大する可能性があるため、人工リーフ整備等の効果・影響を踏まえながら、まずはサンドバックによる試験施工を実施していく必要がある。

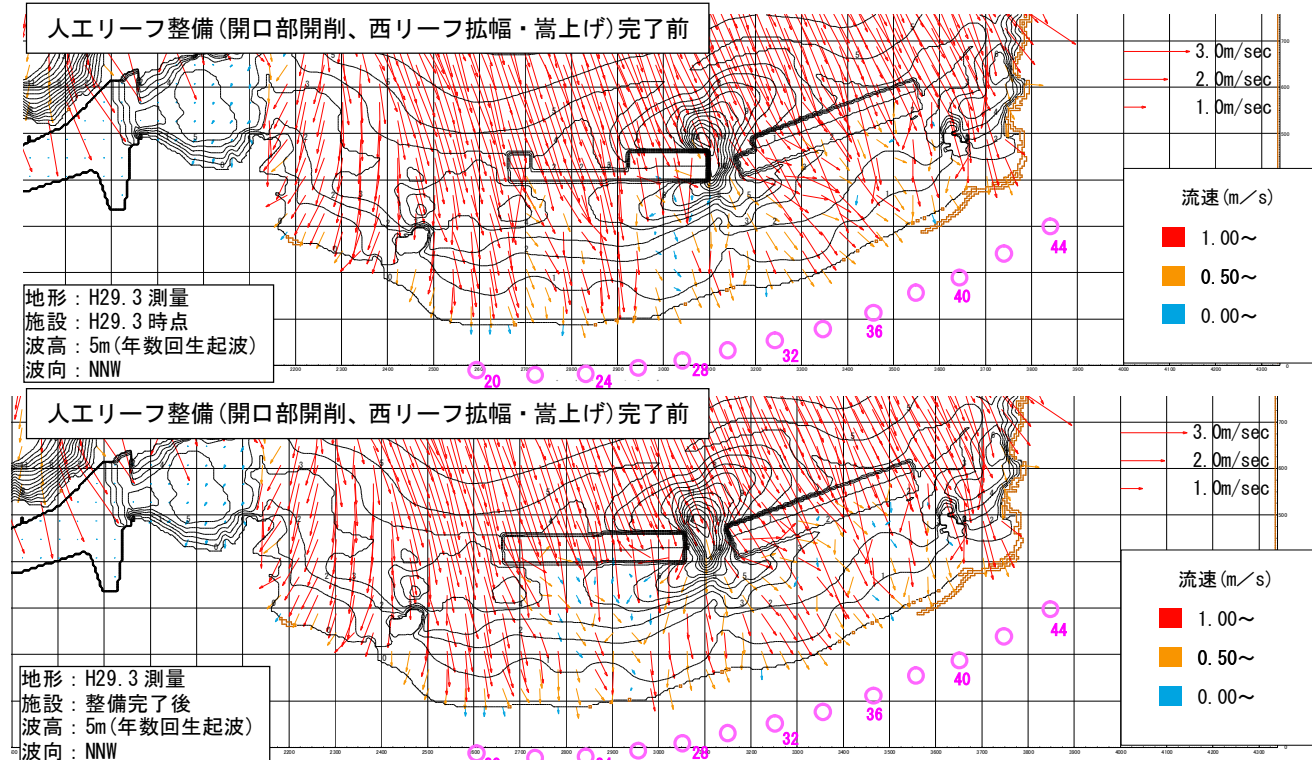


図 4-2 波浪解析結果（上段：人工リーフ整備完了前、下段：人工リーフ整備完了後）

4.5.3 消波ブロックの撤去高

護岸及び消波ブロック前面の地盤高変化状況を踏まえ、消波ブロック撤去の方針は以下とする。

- ・人工リーフ未整備箇所背後（測点 No. 26, 28）及び開口部背後（測点 No. 32, 34、消波ブロックがない区間）を除けば、概ね T.P. +1.0m 以上で変動している。
- ・ブロック天端高は T.P. +1.6m 程度、ブロック高は 1.3m 程度であり、1 段撤去しても天端高は T.P. +0.3m 程度となり、撤去後のブロックは露出しないと想定される（ただし、撤去による影響（護岸前面の洗掘）や詳細な構造が不明であるため、今後検討が必要）。

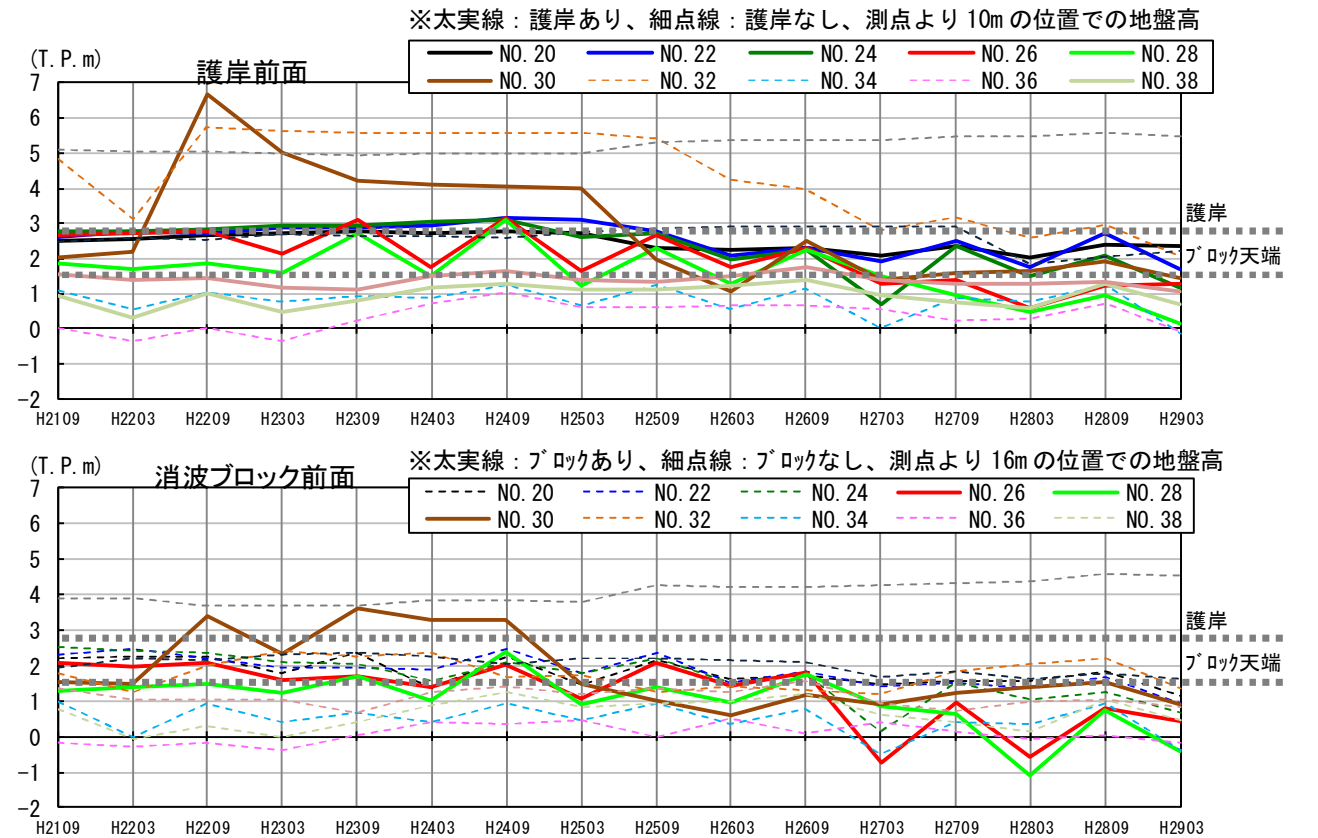


図 4-3 護岸・消波ブロック前面に相当する位置での各測線の地盤高の時系列変化

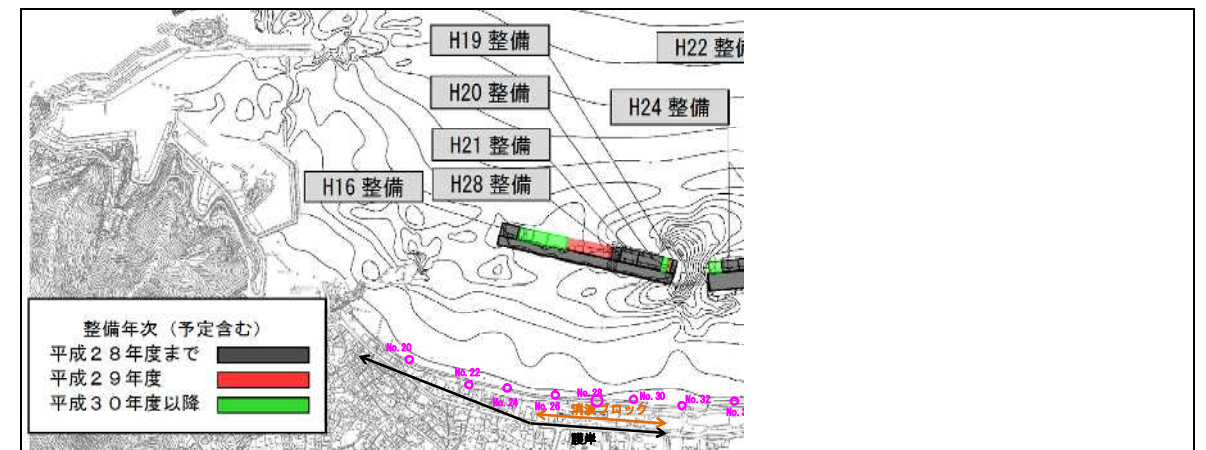


図 4-4 人工リーフの整備に関する実施状況・今後の予定

5. 試験施工計画(サンドバック)

5. 試験施工計画

試験施工は、前項の結果を踏まえ
消波ブロックがない区間、
E：土砂投入+サンドバック
を対象に計画する。



図 5-1 サンドバック試験施工箇所（消波ブロックがない区間）

5.1 試験施工の目的

下記の懸案事項について、試験施工による効果・影響を確認することを目的とする。

5.1.1 陸上海岸において判明した課題への対応

陸上地区でのサンドバック試験施工結果から、背後の浜崖対策に効果があることは判明したが、以下の点が課題となった。

安定性（波浪、洗掘）

×西側に比べ設置高が高く、アンカーチューブの露出・損傷が発生。露出のため洗掘防止マット法肩が変形（将来の安定性が懸念）。

安全性（利用）

×西側に比べ前面の浜崖の比高差が大きく、利用しにくい。

平成 30 年 2 月 23 日（陸上海岸）



浦富海岸は、砂で構成されており礫がなく更なる洗掘が発生する可能性がある。

試験施工①

陸上海岸でのサンドバック試験施工の結果を踏まえて設計した洗掘対策の効果を把握（陸上海岸での課題の解決）

5.1.2 浦富海岸における課題への対応

浦富地区では、海水浴期間前にサンドリサイクルを実施しているが、2～3m 程度の波高でも汀線付近に小規模な浜崖が発生する状況にあり、浜崖対策としてサンドバックを設置する。

ただし、景観、利用への配慮からサンドバックの設置高さをあまり高くすることが出来ないため、背後の養浜砂に対して効果が得られない可能性がある。

平成 26 年 8 月 18 日（浦富海岸）



平成 29 年 7 月 16 日（浦富海岸）



試験施工②

景観・利用に配慮してサンドバックを低天端高とした場合の小規模浜崖（背後の養浜砂流出防止）に対する効果を把握

5.2 検討の流れ

サンドバックによる浜崖対策に至る検討の流れを図 5-2 に示す。

5.3 試験施工の着目点

試験施工では、サンドバックの以下の項目に着目し、その工法等を設定する。

- ・低天端高に対する効果
- ・前面洗掘に対する安定性

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～10 月に施工を予定する。

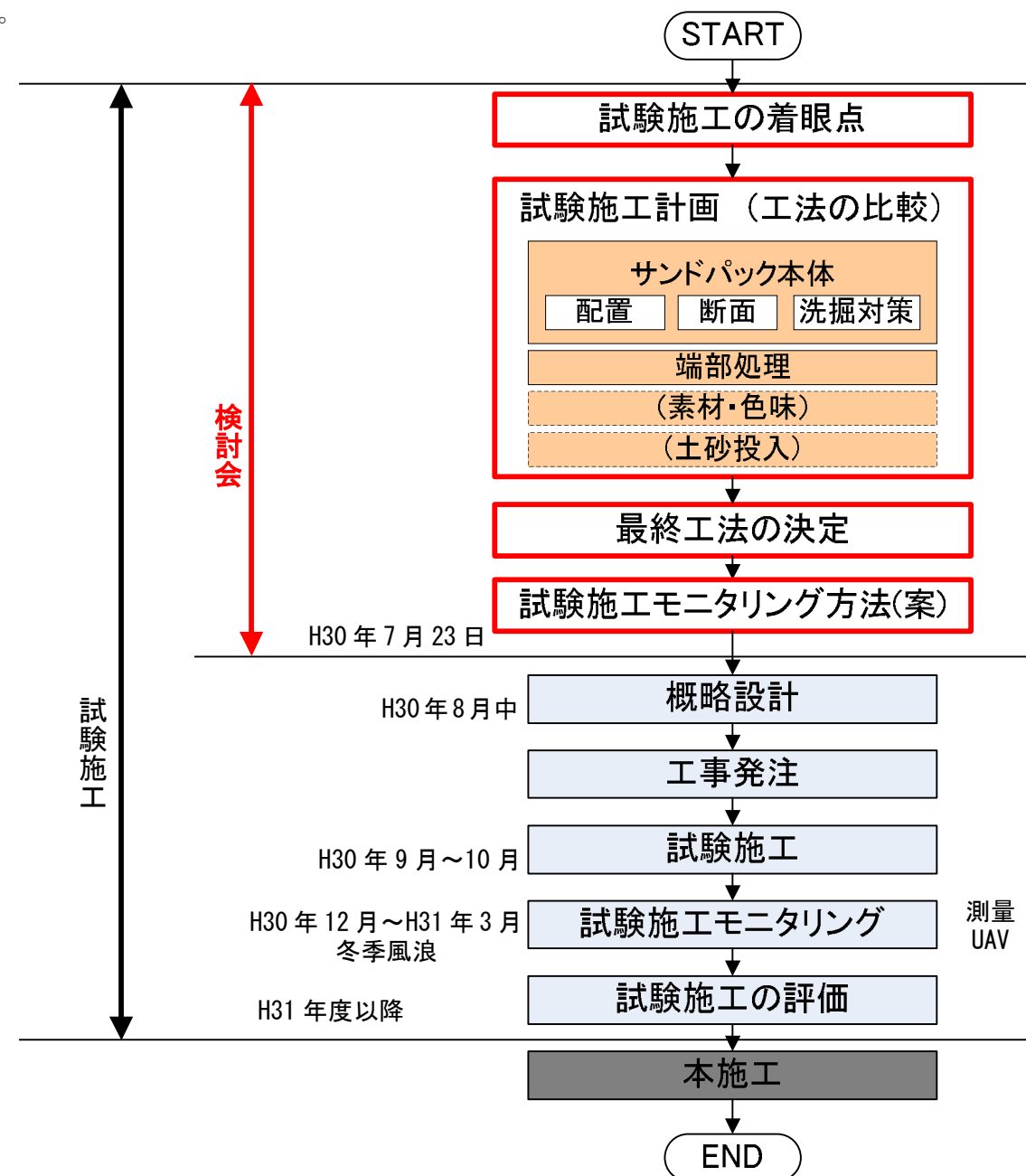


図 5-2 サンドバック試験施工検討の流れ

5. 試験施工計画(サンドバック)

5.5 試験施工における平面配置案

試験施工での配置案を下図に示す。



図 5-3 サンドバック試験施工配置案

5. 試験施工計画(サンドバック)

5.6 浦富海岸におけるサンドバックの基本断面形状

5.6.1 試験施工①

浦富海岸のサンドバック設置予定箇所周辺の断面重ね合わせ図を示す。

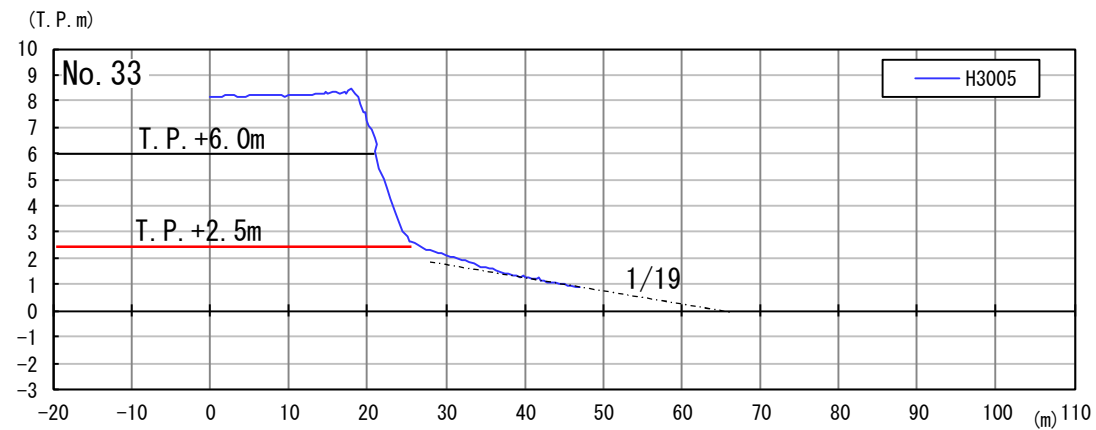
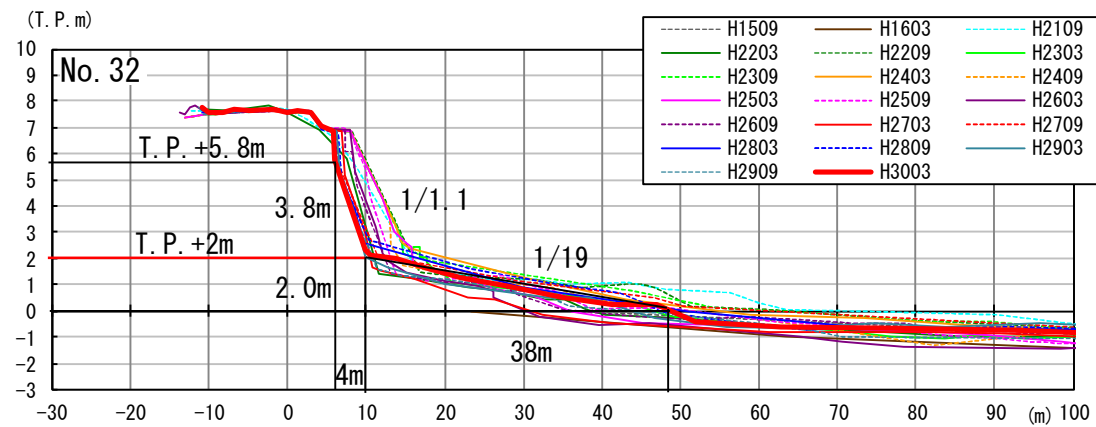
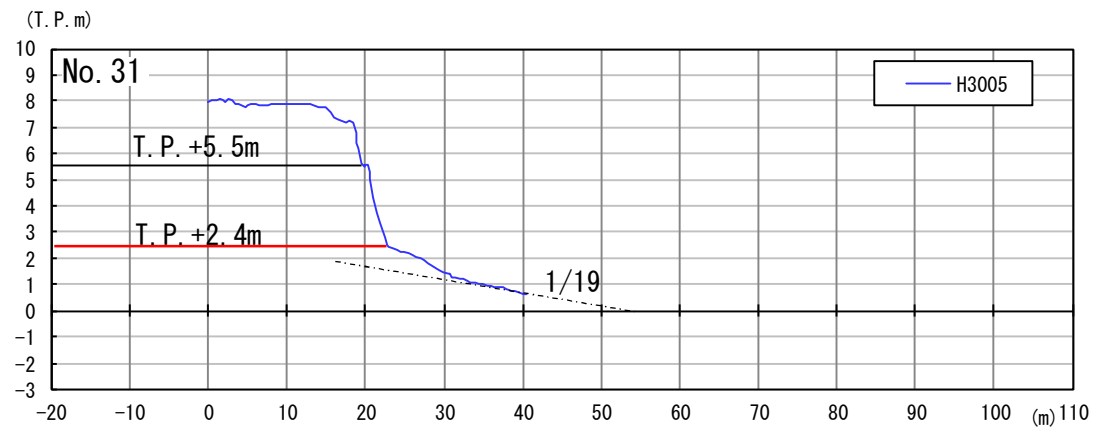


図 5-4 サンドバック試験施工予定箇所周辺の断面重ね合わせ図

浜崖の高さは T.P. +7~8m 程度となっており、T.P. +5~6m で変動が見られる。No. 32 において、近年だけ見るとほとんど動いておらず、変動しているのは T.P. +3m 以下となる。

浜崖前面の高さは、T.P. +1~2.5m となっている。

陸上海岸の試験施工結果を踏まえると、サンドバックの設置高(天端高)は以下ようになる。

- ・ 背後地の防護を優先する場合 : T.P. +2.0m (天端高 T.P. +3.5m)
- ・ 景観・利用を優先する場合 : T.P. +1.0m (天端高 T.P. +2.5m)

浦富海岸試験施工予定箇所は、背後地の防護を最優先する区間とも利用・景観を最優先する区間ともなっていない。

図 5-5 に浦富海岸サンドバック試験施工予定箇所の状況を示す。これより、サンドバックの天端高についての以下が考察できる。

表 5-1 現地の状況から見たサンドバック天端高に関する考察

天端高	考察
T.P. +3.5m	写真の状況から、サンドバック天端高 T.P. +3.5m のサンドバックを覆うように養浜を実施するのは対策として過剰な面がある。
T.P. +2.5m	写真の状況から、サンドバック天端高 T.P. +2.5m とすると、現状に対して波を消波する効果が小さいことが想定される。

陸上海岸の試験施工結果と浦富海岸のサンドバック設置予定箇所の断面変化から、サンドバックの諸元は、以下のように設定した。



図 5-5 サンドバック試験施工予定箇所周辺の状況 (H30.6 撮影)

5. 試験施工計画(サンドバック)

表 5-2 試験施工① サンドバック試験施工基本形状

項目	諸元	根拠
設置地盤高	T.P. +1.5m	浜崖の変動が最大でも T.P. 5m 程度で、浜崖前面の高さが T.P. +1~2m 程度となっている。 ・設置する際の盛土・掘削量等が少なくなる。 ・天端高が T.P. +3.0m となり、近年変動している浜崖の変動高となる。 上記と表 5-1 の考察を踏まえ、T.P. +1.5m とする。
サンドバック高	1.5m (天端高 T.P.+3.0m)	陸上地区における試験施工の結果を踏まえ、浜崖抑制効果を確かめたサンドバック高とする。
洗堀深さ	1.5m	陸上地区では 1m 程度の洗堀が見られた。浦富海岸は砂分が主体であるため、それ以上の諸元とした。
アンカーチューブ設置高	T.P. +0.0m	
洗堀平場長さ	1.0m	陸上海岸と同様の 1.0m とする。

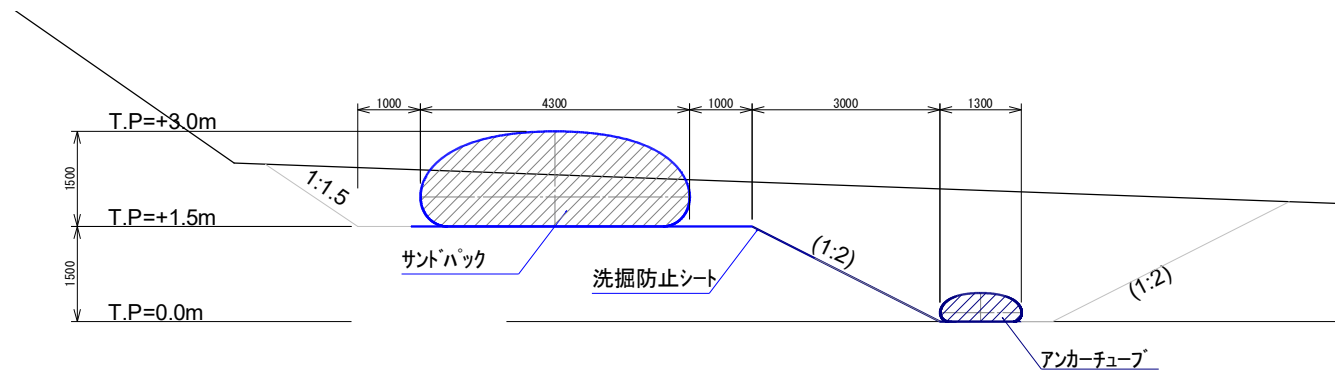


図 5-6 試験施工① サンドバック試験施工基本形状

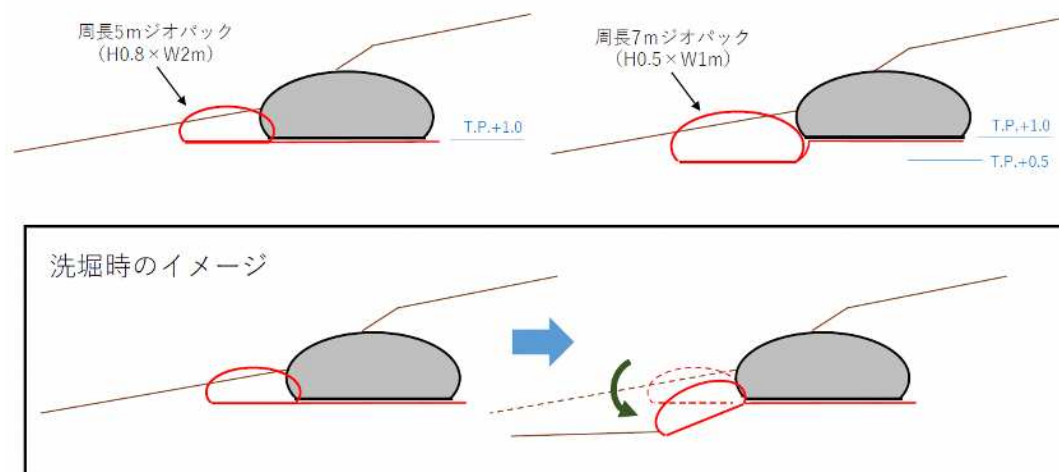


図 5-7 参考：試験施工① 洗堀対策と養浜量低減を考慮した断面形状

5.6.1 試験施工②

ブロック天端高は T.P. +1.6m 程度、ブロック高は 1.3m 程度であり、1 段撤去すると天端高は T.P. +0.3m 程度となる。

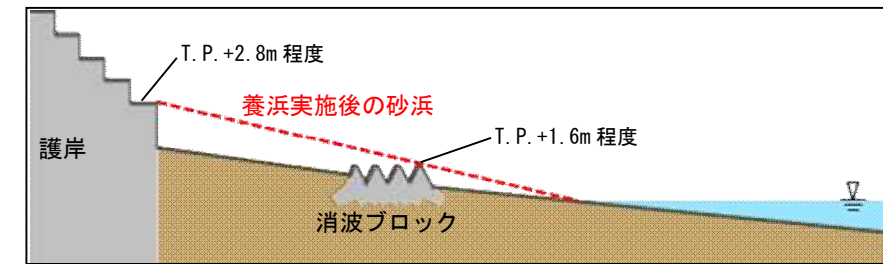


図 5-8 ブロック設置箇所の断面イメージ

表 5-3 試験施工② サンドバック試験施工基本形状

項目	諸元	根拠
設置地盤高	T.P. +0.5m	撤去した消波ブロックの天端高 T.P. +0.3m の上に、設置することを想定する。
サンドバック高	1.5m (天端高 T.P.+2.0m)	現行の消波ブロック天端高と同程度となるサンドバック高とする。
	1.1m (天端高 T.P.+1.6m)	参考：小型サンドバックの場合
洗堀深さ	1.0m (T.P. -0.5m)	洗堀深さは 1.0m (T.P. -0.5m) 程度を想定する。 浜幅が狭く施工性から初期のアンカーチューブ設置高は T.P. 0m とする。
アンカーチューブ設置高	T.P. 0.0m	
洗堀平場長さ	1.5m	アンカーチューブ設置高を施工性から若干浅くしていることと、陸上海岸試験施工で洗堀した結果を踏まえ、陸上海岸より 0.5m 長い 1.5m とする。

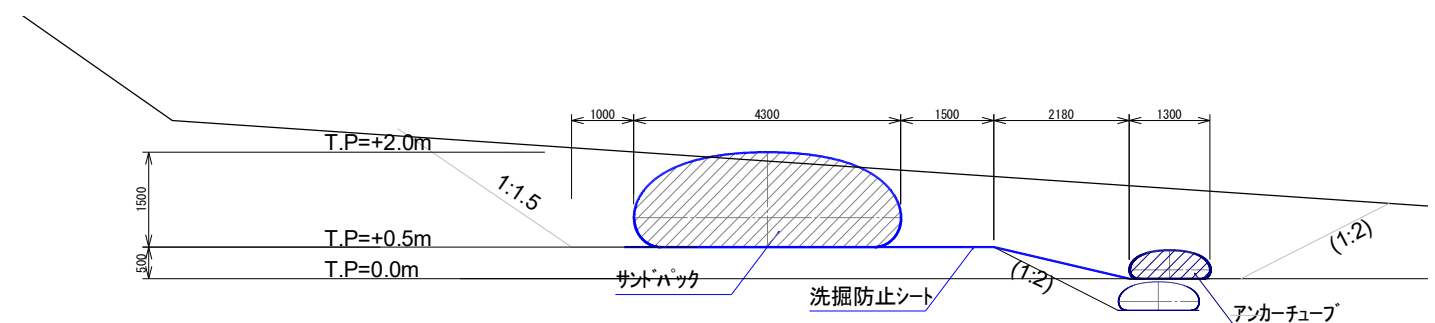


図 5-9 試験施工② サンドバック試験施工基本形状

6. 試験施工における最終工法案の決定(サンドパック)

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。

※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 6-1 サンドパック試験施工 最終工法案

7. 試験施工期間中のモニタリング方法(案)

7. 試験施工期間中のモニタリング方法(案)

サンドバックの効果・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）：設置前、設置直後、高波浪来襲後
（※定点写真撮影等の撮影箇所については、サンドバック施工完了後に設定）
 - UAVによる空中写真撮影：設置前、設置直後、高波浪来襲後
 - 測量：設置前、設置直後、高波浪来襲後（図 7-1）
従来の測量の測線：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
 - 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、サンドバックの効果や影響を把握
- ※浦富地区の試験施工箇所では、CCTVにより波浪と地形変化の詳細な関係を把握することはできないため、高波浪後の定点写真撮影等で状況を把握する。

【浦富地区におけるサンドバックの懸案事項（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。
 - ・サンドバ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）
 - ・サンドバック設置時の現地色彩との関係を確認する。
 - ・サンドバック露出時の見え方による景観上の問題点を確認する。

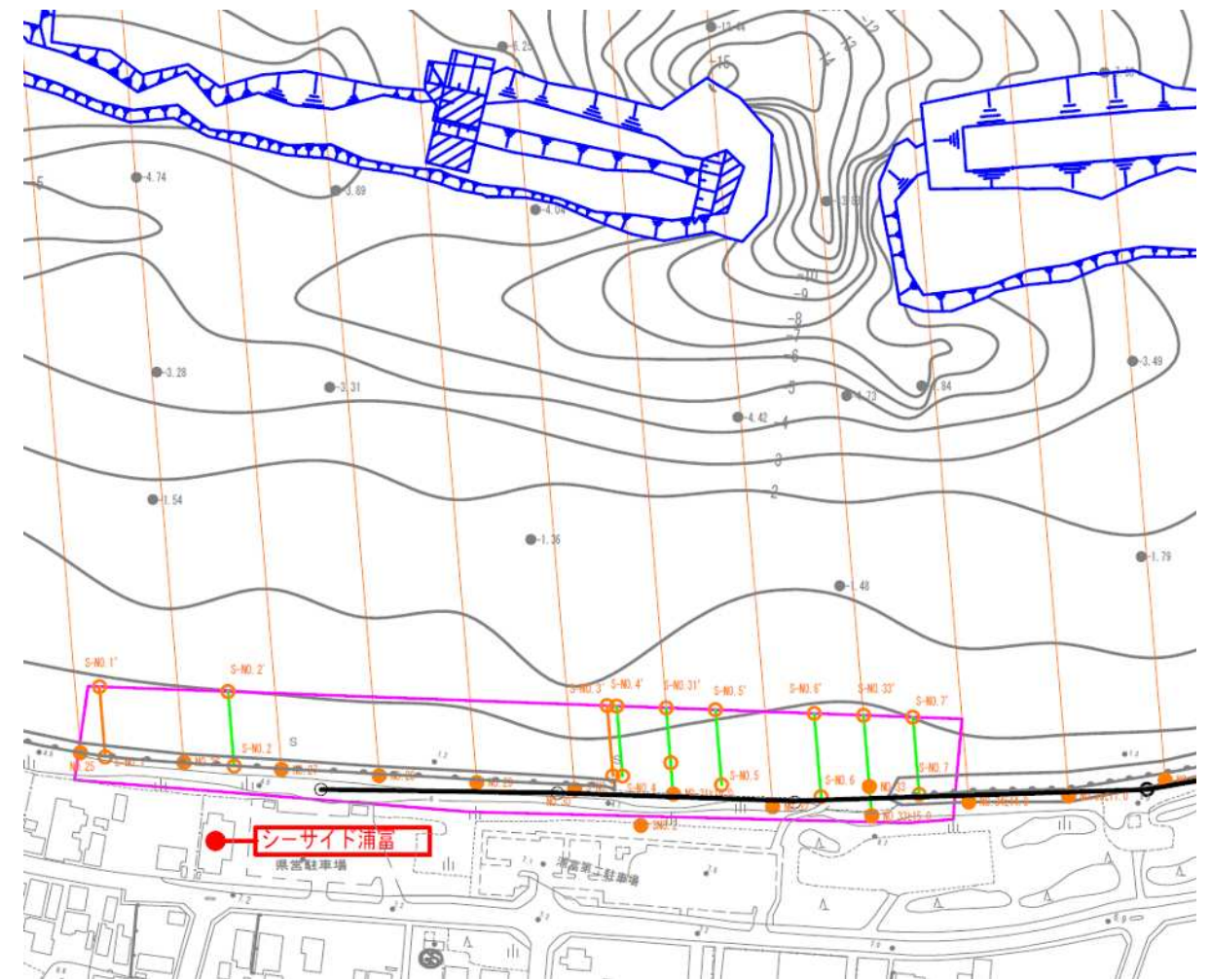


図 7-1 測量の実施測線

8. 鳥取方式のサンドリサイクル工法に関する試験施工計画

8. 鳥取方式のサンドリサイクル工法に関する試験施工計画

8.1 実施予定場所

試験工事の実施予定場所は浦富海岸の西側約 600m 区間を想定する。



図 8-1 試験施工の実施予定場所

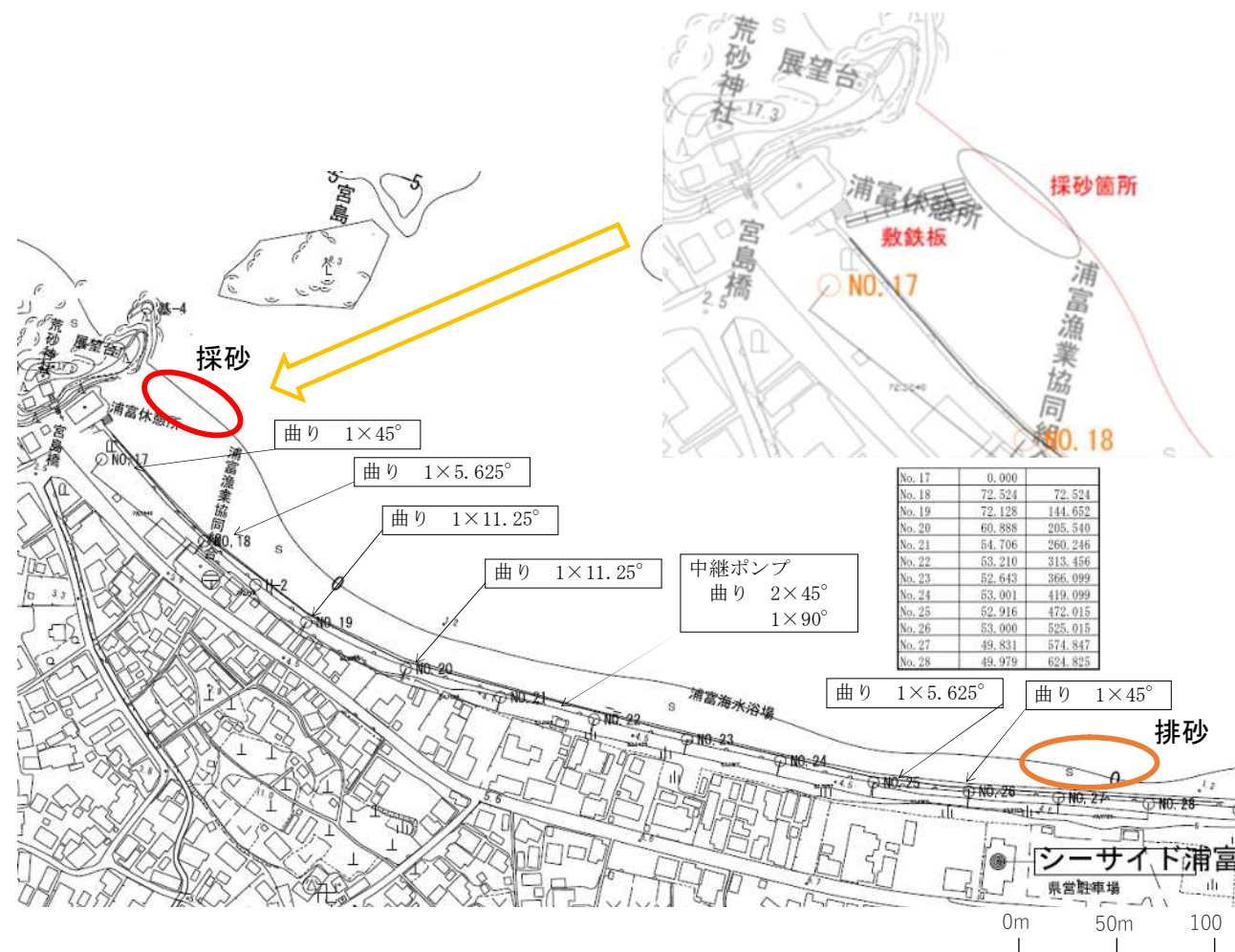


図 8-2 試験施工区間の平面図

①試験実施予定箇所及び採砂予定箇所

サンドリサイクル工法の試験実施予定箇所は、浦富地区の「ビーチインたけそう」付近から「シーサイドうらどめ」付近までの約 600m を想定する。採砂箇所は、浦富地区の「ビーチインたけそう」付近とし、汀線付近にサンドトラップを設けてサンドポンプにより採砂する。



②排砂管の設置位置と中継ポンプの予定地

排砂管は階段式護岸の中段に設置し、天端部分には資機材を置かず運搬路として使用する。階段式護岸の天端幅は、4mあるため工事用車両による資機材運搬路として使用できる。また、採砂箇所から排砂口まで見渡せるため、運転中にトラブルが発生しても対応がしやすい。必要と想定される排砂距離は 600m程度であるため、途中に中継ポンプを設ける必要がある。中継ポンプの設置位置は、採砂予定箇所（ビーチインたけそう付近）から約 300mにある監視小屋付近が望ましい。



③排砂口

排砂口付近（シーサイドうらどめ付近）は高低差も障害物もないため、フレキシブルホースにより排砂位置の変更が柔軟にできるようにする。



8. 鳥取方式のサンドリサイクル工法に関する試験施工計画

8.2 配管と計測のイメージ

試験工事の配管は、排砂用サンドポンプにφ150mm サクションホースとφ150mm VP管を接続し、中継ポンプを経由して排砂を行う。サクシオンホースは、採砂位置でジェット水給水用と排砂用、中継ポンプでスラリー確認用、排砂吐出口に用いる。

試験工事の計測は、スラリー圧送時のスラリー密度、スラリー流量、スラリー圧力の3項目となる。スラリー密度は、採砂位置付近のVP管にγ線式密度計を設置して自動計測する。スラリー流量は、採砂位置付近のVP管に超音波式流量計を設置して自動計測する。圧力計は、採砂位置付近で1箇所、中継ポンプの手前で1箇所、吐出口付近で1箇所の計3箇所設置する。

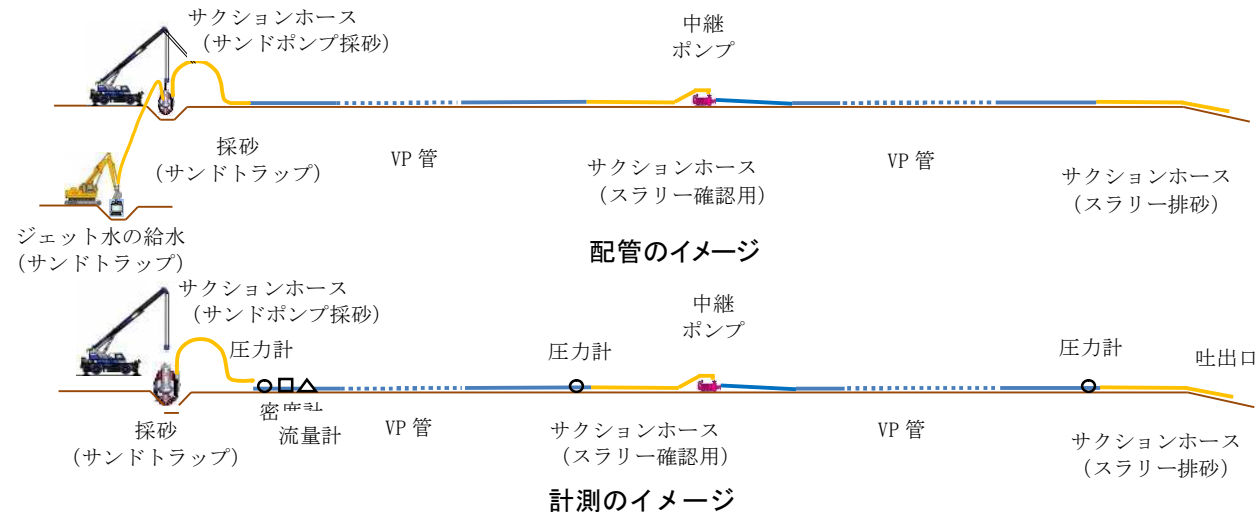


図 8-3 配管と計測のイメージ図

8.3 給水用釜場と採砂用サンドトラップ

給水用釜場は、ジェット水供給のために重要な役割を担うため、釜場が継続的に使用できるような大型土のうで側面からの砂の侵入を防ぐ構造とする。釜場の深さは2m程度とし、ポンプ運転休止中に必要に応じてバックホーで掘削する。

採砂用サンドトラップは、最初に太い破線で示す汀線付近をバックホーで掘り込み海水とともに採砂ができるようサンドトラップを設ける。その後、汀線と平行にサンドトラップを拡幅した後、陸側に向かって砂を採砂してサンドトラップを広げていく。

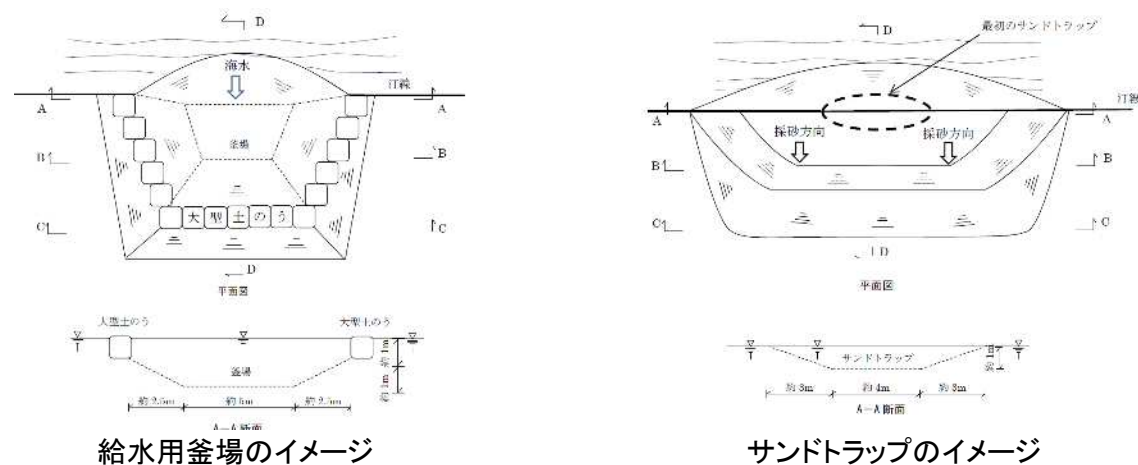
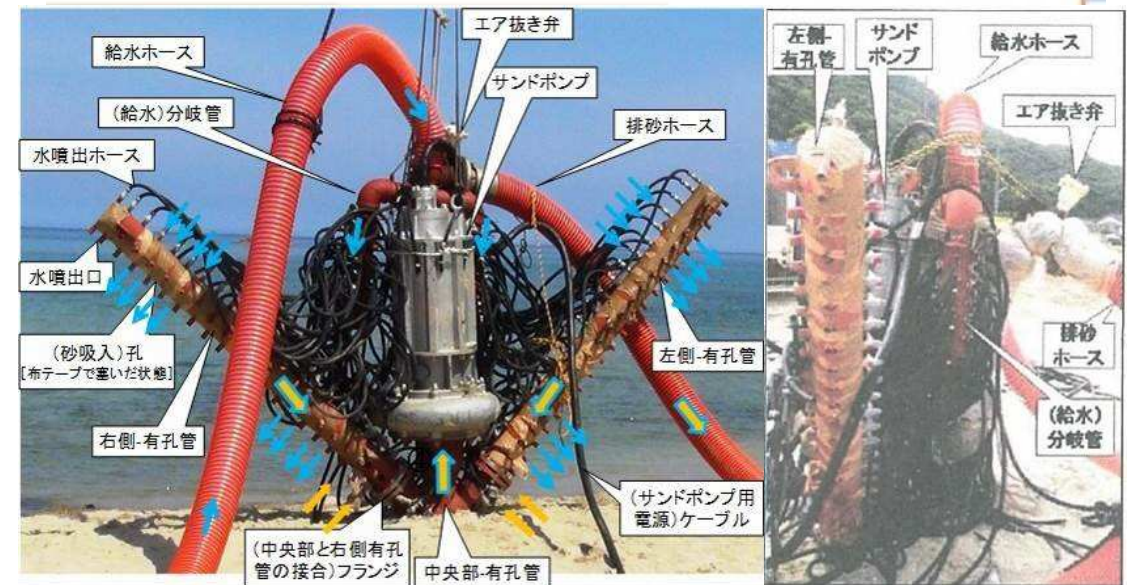
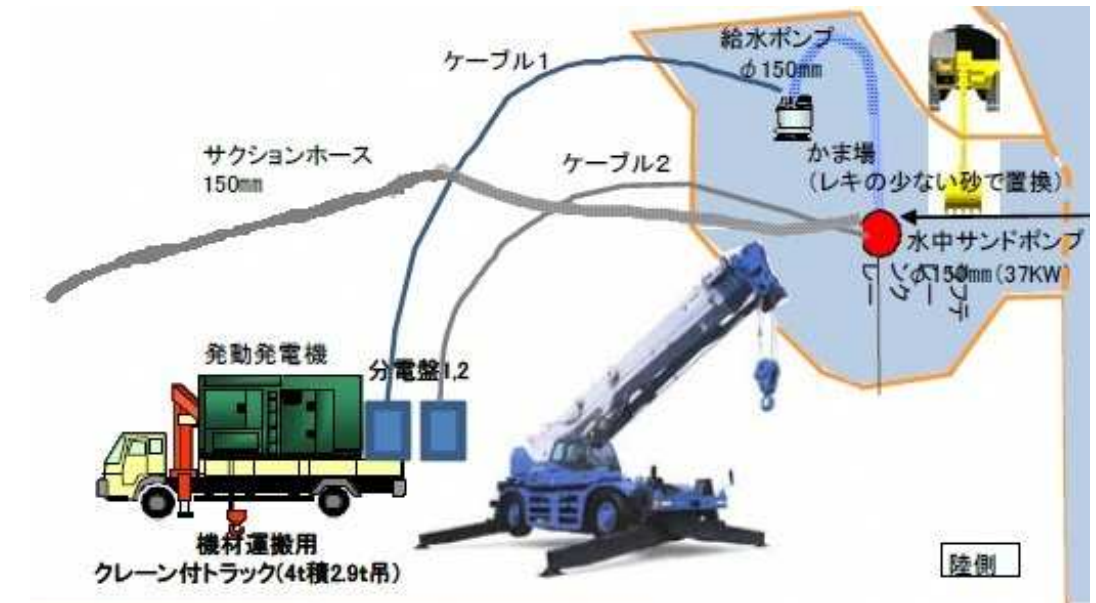


図 8-4 給水用釜場と採砂用サンドトラップのイメージ

8.4 機械配置の例



【鳥取方式のサンドリサイクル工法に関する参考資料】
 ・鳥取沿岸の砂浜海岸復元・港内堆砂抑制に向けた技術検討委員会 (<http://www.pref.tottori.lg.jp/205366.htm>)
 ・安本善征, 田代誠士, 野口仁志, 松原雄平, 栗山善昭, 黒岩正光, 重松英造: 砂除去装置を用いたサンドリサイクル工法の検討—鳥取方式のサンドリサイクル工法—, 土木学会論文集 B3 (海洋開発), Vol. 72, No. 2, pp. I_928-I_933, 2016.
 ・安本善征: 沿岸域における総合土砂管理手法と3次元海浜変形モデルの導入に関する研究, 博士学位論文, pp. 56-78, 2016.