

湯山海岸における 海岸侵食対策の効果検証について

令和3年11月19日

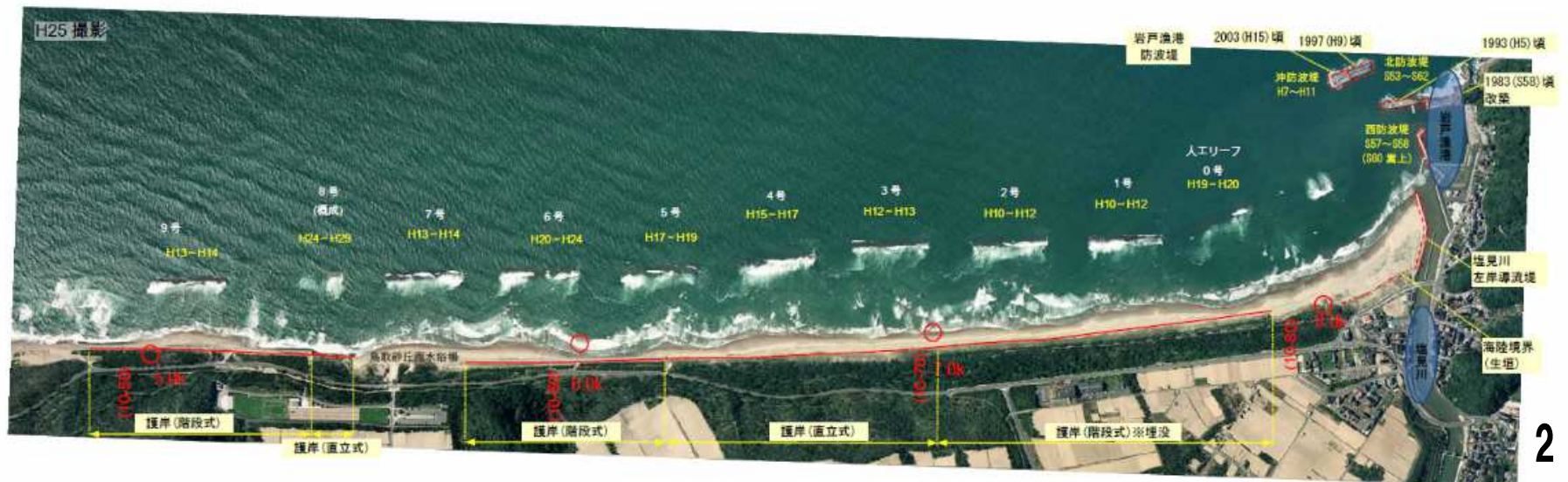
鳥取県 鳥取県土整備事務所

1. 海岸侵食対策の効果検証の目的

1. 湯山海岸における海岸侵食対策の効果検証の目的

■ 効果検証の目的

- 現行計画の諸条件を検証
- 土砂動態の実態を整理し、土砂動態メカニズムを分析
- 海浜変形予測計算(数値シミュレーション)により、施設整備や土砂管理の効果について定量的に効果検証
- 効果検証の結果をもとに、施設整備や土砂投入による汀線前進効果、沿岸漂砂の制御効果、海浜の安定効果を定量的に整理し、今後の侵食対策案を具体的に設定



湯山・福部海岸（対策実施状況、空中写真：H25撮影）

2. 湯山海岸の現状

1. 湯山海岸の現状

■ 湯山海岸の現状

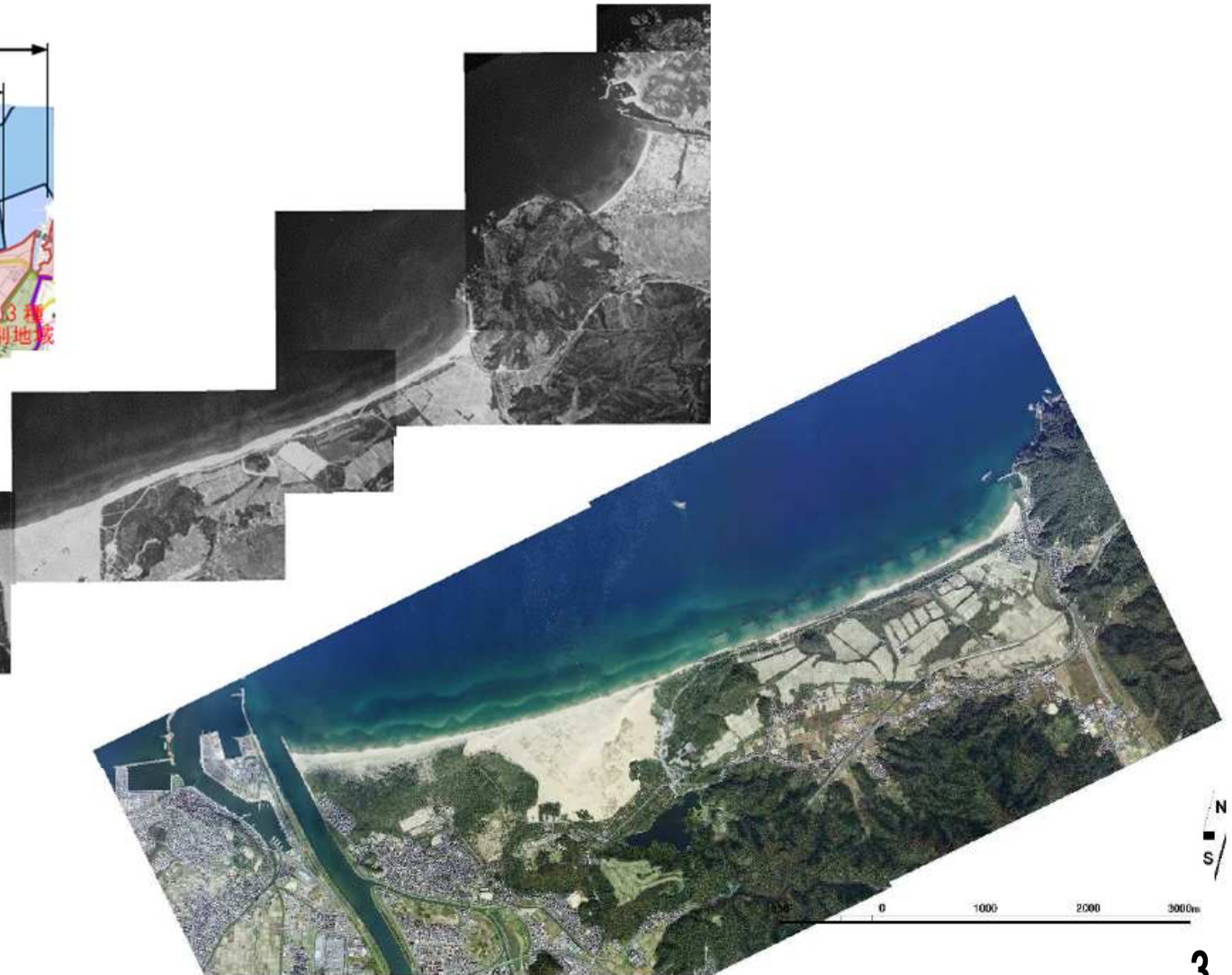
- 鳥取砂丘を含む当該海岸は、山陰海岸国立公園、世界ジオパーク に認定されており、鳥取砂丘中心部は国立公園の特別保護地区、天然記念物に指定されている。
- 鳥取港整備、千代川河口処理、岩戸漁港整備、塩見川河口処理が実施されたことにより、これらによって形成された遮蔽域に沿岸漂砂が引き込まれて堆積が生じ、それ以外の区域は堆積箇所への土砂供給源となって侵食が進行した。
- このことから、平成10年より人工リーフ整備に着手し、平成29年8月までに全10基が概成している。
- また、平成17年6月に策定した「鳥取沿岸の総合的な土砂管理ガイドライン」等に基づいて、サンドリサイクルを毎年実施している。



国立公園指定区域



昭和44年(1969)の
千代川流砂系千代川右岸側



平成30年(2018)の
千代川流砂系千代川右岸側

2. 湯山海岸の現状

2. 湯山海岸の侵食状況



踏査地点03-2(東端部より)



踏査地点03-5 (海水浴場)



踏査地点03-7 (馬の背付近・東向き)



踏査地点03-6 (土砂投入場所)



踏査地点03-6 (土砂投入場所東側)



踏査地点03-4 (5号リーフ付近)

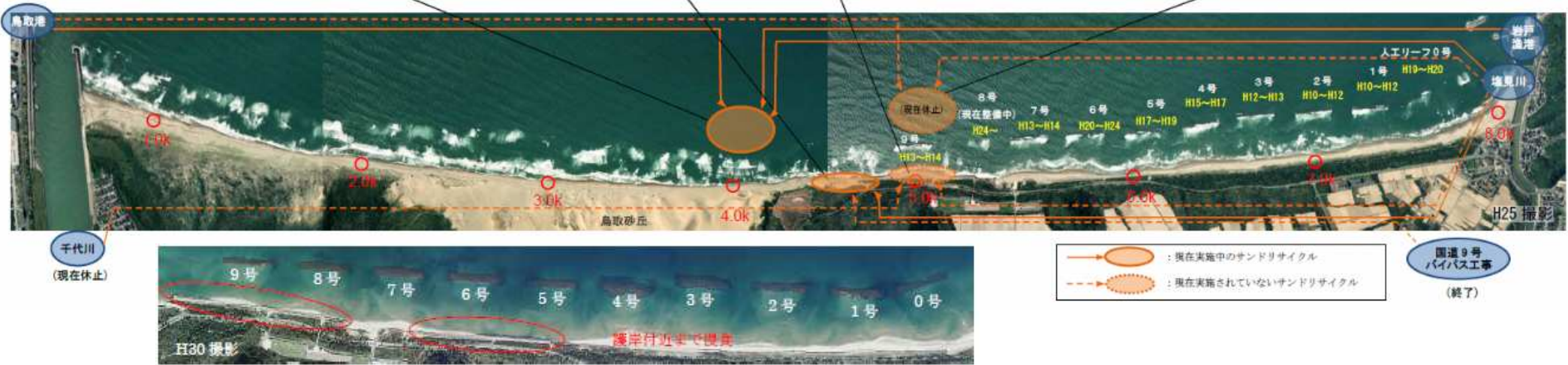
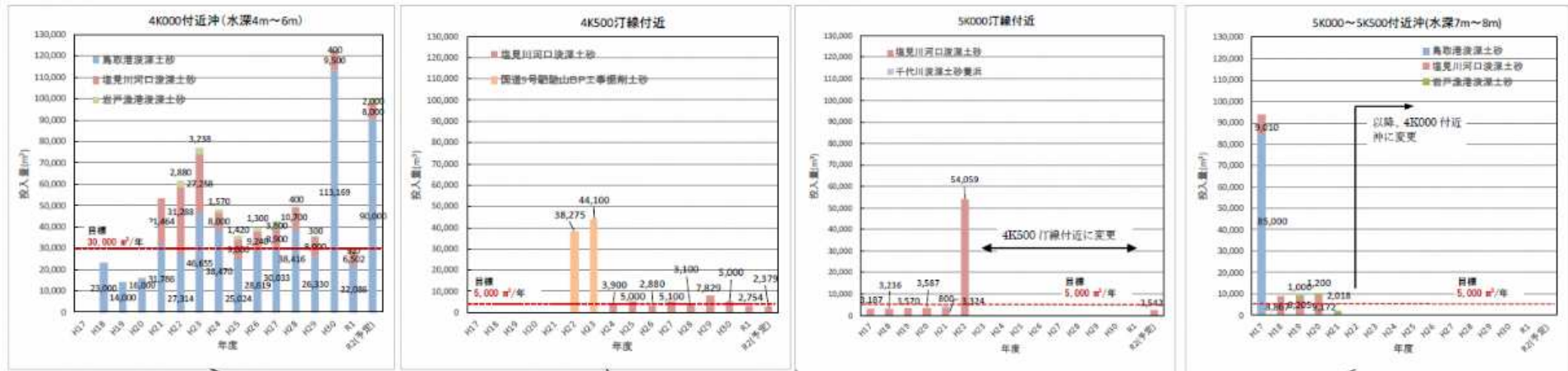


2. 湯山海岸の現状

3. 湯山海岸の土砂投入(サンドリサイクル)の実態

■土砂投入(サンドリサイクル)の実態

- 土砂管理計画策定(H17)以降の管理実態として、箇所別の土砂投入量について下図にまとめて示す。
- この結果、ガイドラインの土砂管理計画にある計画土砂投入量(45,000m³/年)に対し、実績の年平均は約67,000m³/年となっており、計画以上の土砂投入実績となっているが、これは過去に一時的に大量の土砂投入が行われていることが原因であり、近年の単年では概ね計画に近い量となっている。
- なお、海上投入、陸上投入別でみると、近年、陸上投入量は計画を下回っている。

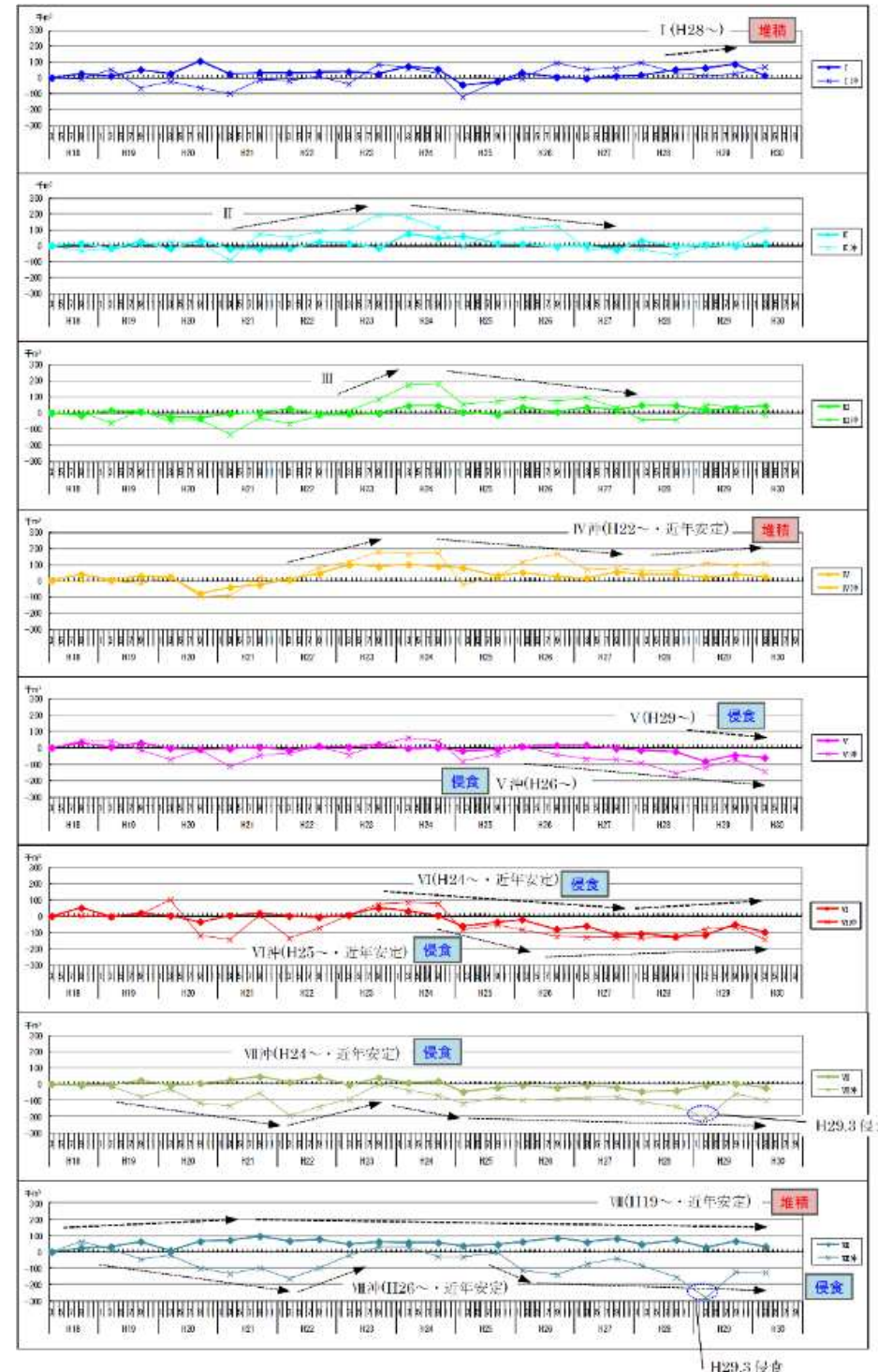
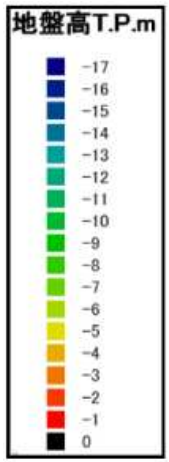
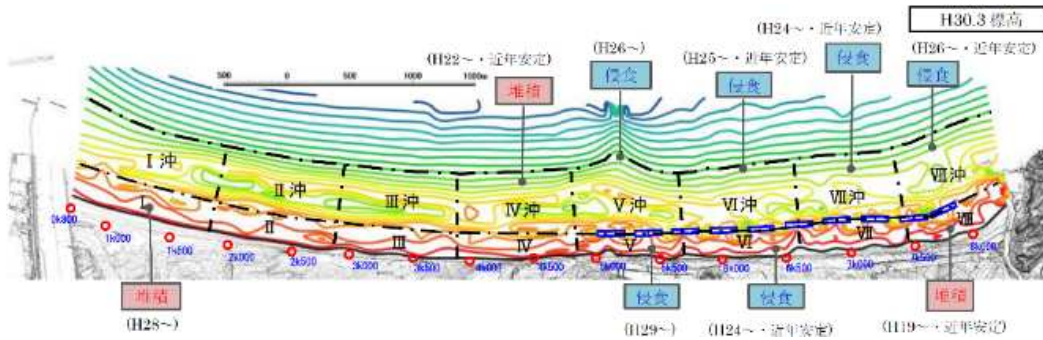


千代川漂砂系(右岸湯山海岸) サンドリサイクルの実施状況

3. 土砂動態の実態整理

1. 土砂量変化状況

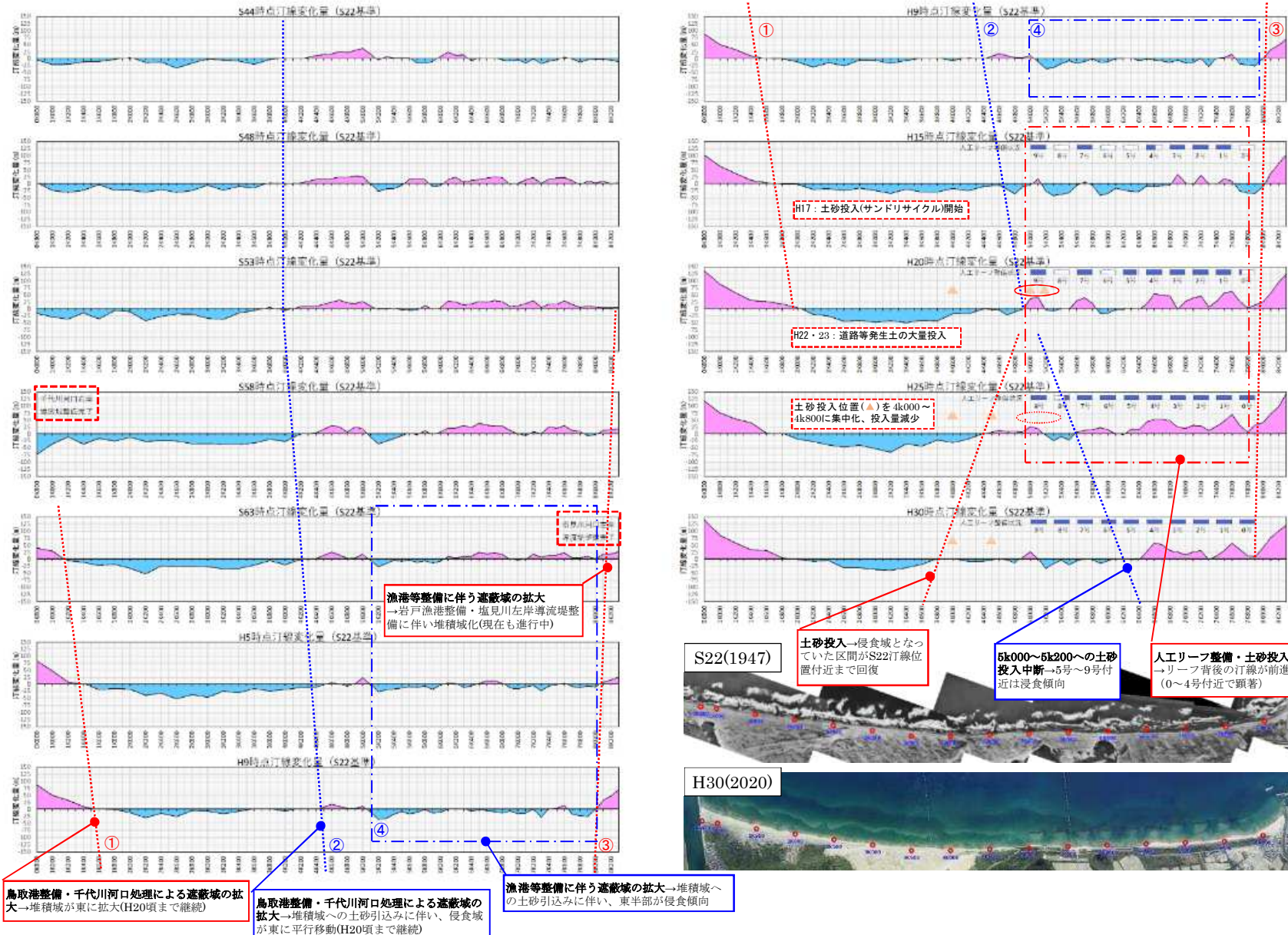
- 土砂量変化状況
- 湯山海岸の平成18～30年の12年間の地形変化をもとに、領域区分ごとの時系列の土砂量の増減をグラフに整理した。
- 西側地区は安定、一部堆積傾向にあり、土砂収支上の問題は見られない。
- 一方、東側地区は一部を除いて侵食傾向にあり、V領域、V沖領域では侵食が継続しており注意を要する。



3. 土砂動態の実態整理

2. 航空写真による汀線変化状況(S22基準)

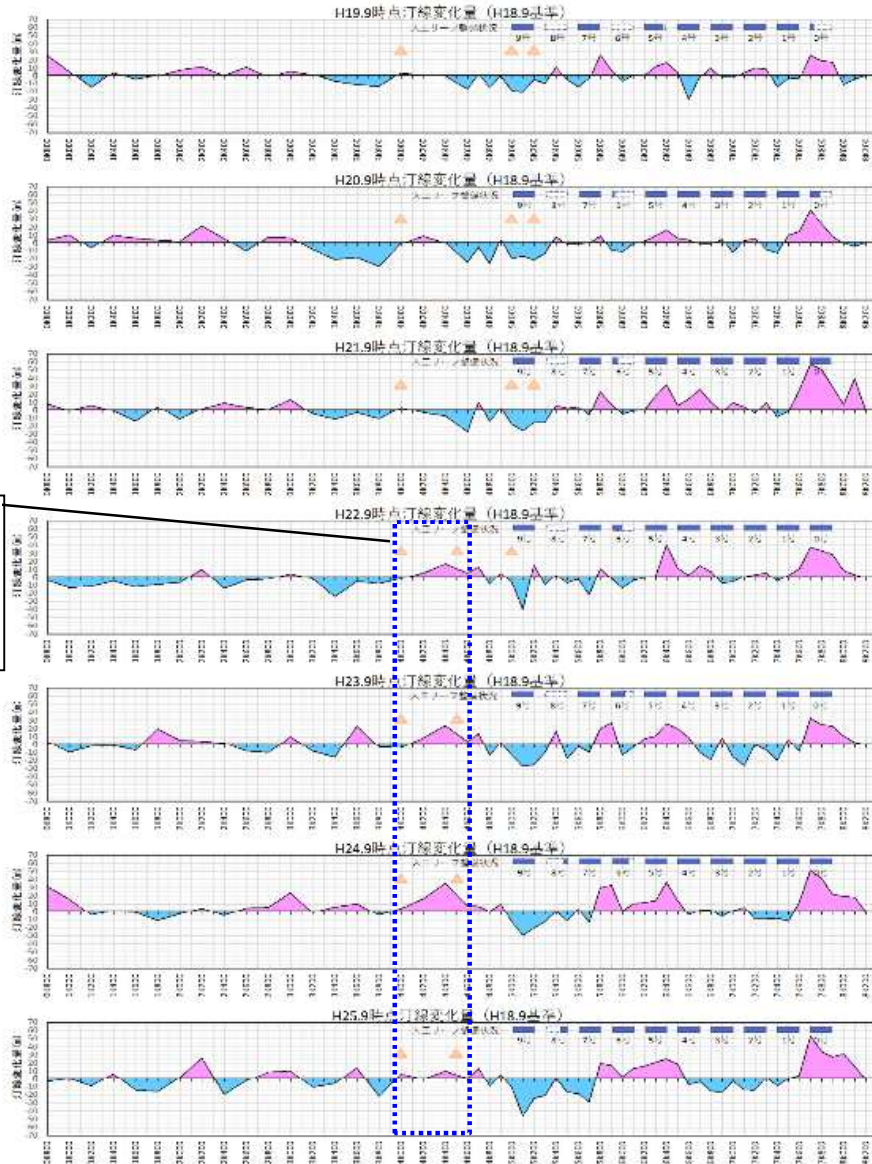
- 5号～9号リーフ背面はリーフ整備の進捗にかかわらず、土砂投入終了に伴い侵食傾向となった。このことから、現状の漂砂挙動のもとでは当該区間は湯山海岸における漂砂の上手側に位置し、人工リーフの土砂捕捉機能のみによる汀線維持は困難と考えられる。このため、土砂投入との併用が必要となる。
- 人工リーフ区間においては人工リーフ概成後の土砂投入実績が無く、土砂投入による影響、効果が把握されていない。そのためシミュレーションによる影響・効果検証が必要と考えられる。



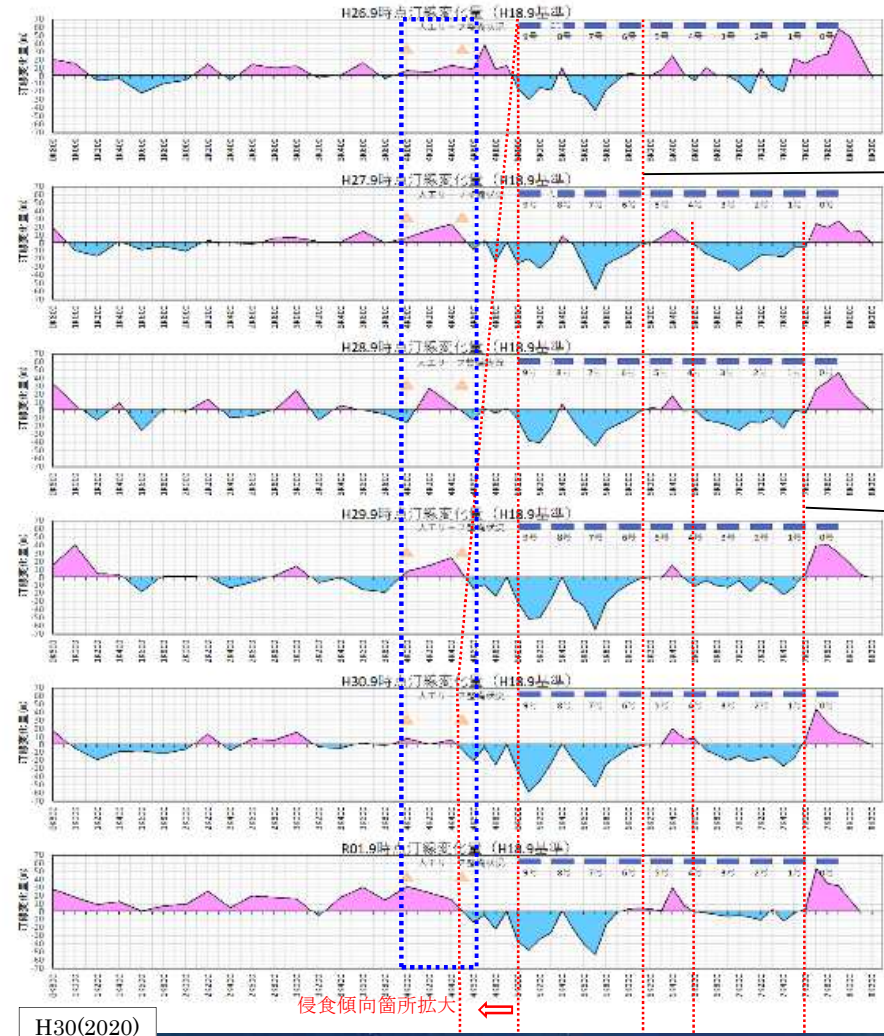
航空写真における汀線変化分析(S22基準)

3. 土砂動態の実態整理

3. 深淺測量結果による汀線変化状況(H18.9月基準)



土砂投入位置を4k000～4k500付近へ集中化したことにより、当該区間の汀線前進傾向



H26.9以降、6号～9号リーフ付近でリーフ概成にかかわらず侵食傾向。汀線後退するとともに、侵食範囲が西側に広がっている。

H27.9以降、1号～4号リーフ付近で緩やかな侵食傾向。経年進行ではないが侵食が固定化していることから注視が必要。

H30(2020)



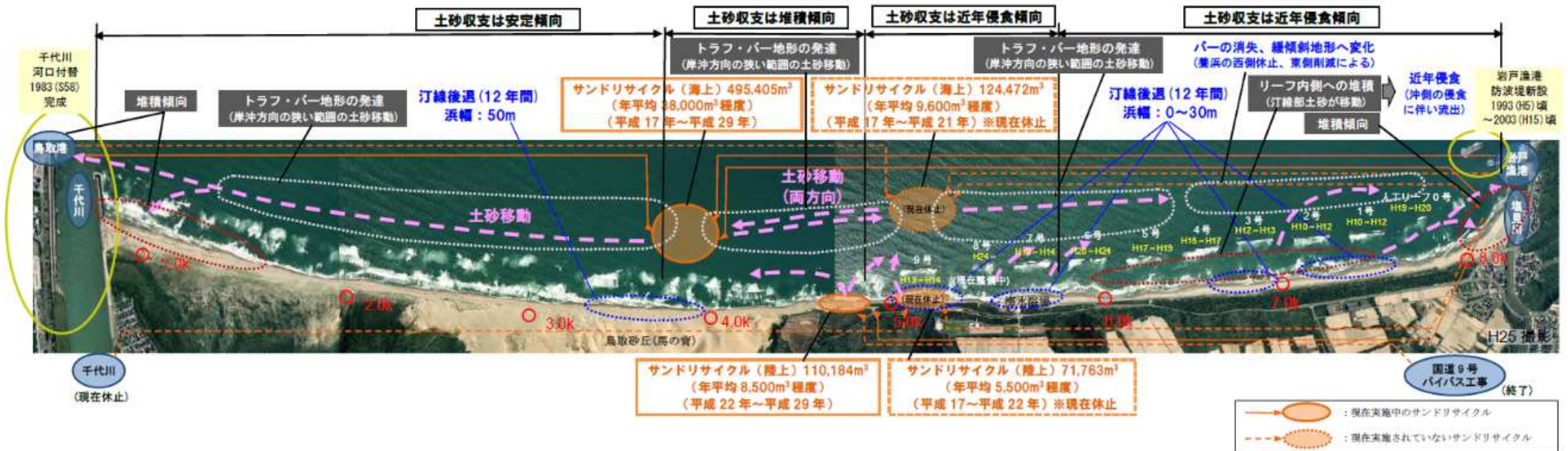
夏季波浪後の汀線変化量(H18.9月基準)

3. 土砂動態の実態整理

4. 土砂動態の実態整理まとめ

西側区間 (人工リーフ無し)	東側区間 (人工リーフあり)
<ul style="list-style-type: none"> ・バー・トラフ地形が消長して見かけの地形変化は大きいですが、土砂移動は岸沖方向の狭い範囲にとどまっており、領域内の土砂収支はバランスしている。 ・堆積状況や砂浜幅から、全体として鳥取港方向への漂砂が生じている。現状で大きな砂浜幅であるが、鳥取砂丘馬の背付近は12年間で30m 縮小して50mとなっており、十分余裕があるわけではない。 ・全体の土砂収支では、安定傾向である。陸上養浜・海上養浜が地形安定に寄与していると考えられる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・地形変化としては、トラフ部はそのままバーが侵食され、土砂量が減少している。 ・堆積状況や砂浜幅から、全体として塩見川・岩戸漁港方向への漂砂が生じている。 ・汀線縮小箇所が4箇所あり、侵食された汀線部土砂が、東側へ移動しながら人工リーフ岸側に水深2~3mで浅く堆積していると考えられる。 ・沖側の土砂収支では、H25 から侵食傾向で、東側への養浜休止の影響が考えられる。 ・岸側の土砂収支では、これまで堆積あるいは安定傾向であったが、近年(H27以降)侵食が始まっている。 ※沖側侵食の影響により、岸側侵食が始まったと推定

土砂動態特性のまとめ



千代川漂砂系における現状整理 (侵食・対策実施状況、空中写真: H25 撮影) (千代川右岸)

4. 施設整備・土砂投入の対策効果の検証

1. これまでの施設整備・土砂投入の対策効果の検証

■これまでの施設整備・土砂投入の対策効果の検証

・ 個別の対策効果を評価するため施設整備及び土砂投入の有無別に予測計算を行った。

※計算期間：平成18年3月～平成30年3月、数値シミュレーション：混合粒径を考慮した汀線変化予測モデル(1-line モデル)

ケース	変更内容	汀線変化の計算結果	現状対策の効果	現状対策の評価
0	再現計算		(効果評価の基準)	
①	リーフ未実施		<ul style="list-style-type: none"> 人工リーフを設置しなかった場合、リーフ背後部東側(6K600～7K800：4号～0号リーフ)において汀線の後退が見られる。 その他区間ではほとんど変化が見られない。 	<ul style="list-style-type: none"> 4号～0号リーフの区間においては、人工リーフによる汀線拡大の効果が認められ、十分な浜幅の確保に寄与している。 9号～5号リーフの区間においては、人工リーフによる汀線維持の効果は認められない。 人工リーフの無い東側区間においては、人工リーフによる汀線維持の効果は認められない。
②	土砂投入無し		<ul style="list-style-type: none"> 土砂投入をしなかった場合、土砂投入地点及びその西側(3K000～4K600)において汀線の後退が見られる。 その他区間ではほとんど変化が見られない。 	<ul style="list-style-type: none"> 土砂投入地点及びその西側隣接区間においては、土砂投入による汀線拡大の効果が認められ、鳥取砂丘前面部の十分な浜幅の確保に寄与している。 その他区間においては、土砂投入による汀線維持の効果は認められない。



現状の対策の効果・評価

ケース		西側区間 0k800～4k300		砂丘区間 (第2種特別地域) 2k100～3k100		砂丘区間 (特別保護地区) 3k100～4k300		東側区間 4k300～8k100	
		平均浜幅 (m)	変化量 (m)	平均浜幅 (m)	変化量 (m)	平均浜幅 (m)	変化量 (m)	平均浜幅 (m)	変化量 (m)
0	検証計算	74.99	0.00	64.27	0.00	69.25	0.00	26.66	0.00
①	人工リーフなし	75.53	0.54	64.40	0.13	70.18	0.93	26.35	-0.31
②	土砂供給なし	64.23	-10.76	57.62	-6.65	42.86	-26.39	24.81	-1.86

評価区間別の浜幅変化量

4. 施設整備・土砂投入の対策効果の検証

2. 今後の対策案の効果検証(人工リーフ、離岸堤、サンドリサイクル)

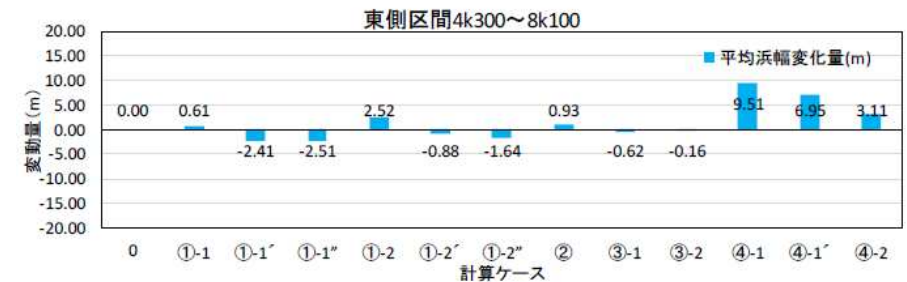
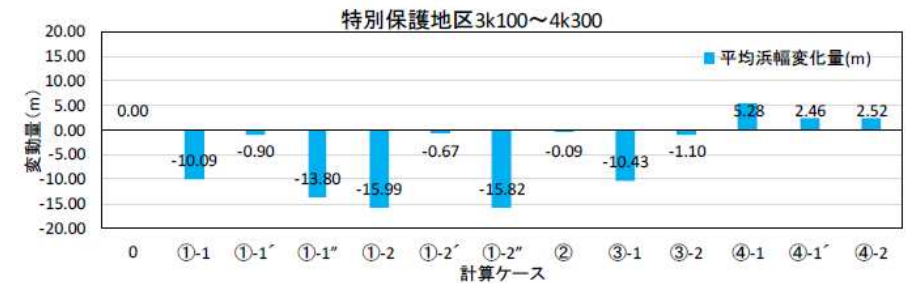
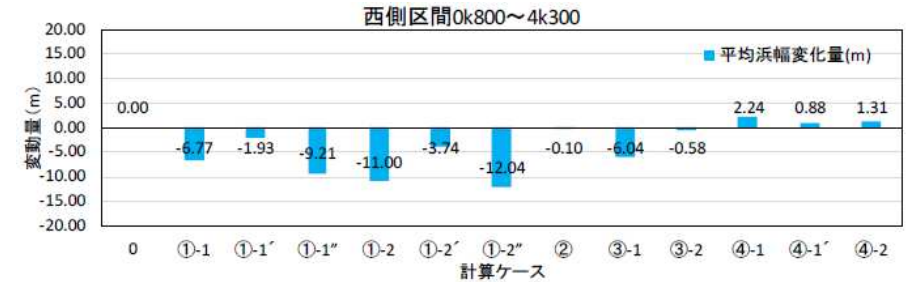
■今後の対策案の効果検証

- 「3. 土砂動態の実態整理」により、これまでの人工リーフ整備やサンドリサイクルは、海岸の侵食防止、維持に一定の効果を発揮していることが確認された。
- このことから、効果検証の対象ケースは消波施設及びサンドリサイクルを適宜追加・変更することにより設定した。

※計算期間:50年間、数値シミュレーション:混合粒径を考慮した汀線変化予測モデル(1-line モデル)

ケース	内容	内容(記載内容を除いて現状から変更なし)	備考
	(区間の説明)	鳥取砂丘特別保護地区 ← 人工リーフ区間(概成) →	
0	現状条件	投入土砂量(海上部 4K000 付近): 42,600 m ³ /年 (H25~29 平均) 投入土砂量(陸上部 4K500 付近): 5,300 m ³ /年 (H25~29 平均)	
①-1	人工リーフ 3基新設	人工リーフ新設(3基)	
①-1'	人工リーフ 4基新設	人工リーフ新設(4基)	3基では効果が小さいため
①-1''	人工リーフ 4基新設 +投入量減(海上部)	人工リーフ新設(4基) 土砂投入量(海上部)を現状(H25~29 平均)の0.5倍に変更	
①-2	離岸堤 3基新設	離岸堤新設(3基)	
①-2'	離岸堤 4基新設	離岸堤新設(4基)	3基では効果が小さいため
①-2''	離岸堤 4基新設 +投入量減(海上部)	離岸堤新設(4基) 土砂投入量(海上部)を現状(H25~29 平均)の0.5倍に変更	
②	離岸堤化 (一部)	離岸堤化(3基)	
③-1	土砂投入量減 (海上部)	土砂投入量(海上部)を現状(H25~29 平均)の0.5倍に変更 4K000 付近: 42,600 × 0.5 = 21,300 m ³	
③-2	土砂投入量減 (陸上部)	土砂投入量(陸上部)を現状(H25~29 平均)の0.5倍に変更 4K500 付近: 5,300 × 0.5 = 2,650 m ³	
④-1	土砂投入位置 の変更 (海上部)	投入土砂量位置(海上部)を東側(休止中地点)へ移動 4K000 付近→5K000 付近: 42,600 m ³	
④-1'	土砂投入位置 の変更 +投入量減(海上部)	投入土砂量位置(海上部)を東側(休止中地点)へ移動、0.5倍に変更 4K000 付近→5K000 付近: 42,600 × 0.5 m ³	移動の効果があるため、減量
④-2	土砂投入位置 の変更 (陸上部)	投入土砂量位置(陸上部)を東側(休止中地点)へ移動 4K500 付近→5K200 付近: 5,300 m ³	

対策案検討ケース一覧表



評価区間別の浜幅変化量(50年間)グラフ

4. 施設整備・土砂投入の対策効果の検証

2. 今後の対策案の効果検証(人工リーフ、離岸堤、サンドリサイクル)



ケース	対策内容	汀線変化の予測結果	砂丘部の浜幅変化 (50年間)	対策案の効果	対策案の評価
0	現状		0 m (評価の基準) ※特別保護地区 (馬の背前面)	(効果評価の基準)	—
①-1	人工リーフ 3基新設		-10.09m	<ul style="list-style-type: none"> リーフ新設箇所の背後では浜幅拡大効果が認められるが、リーフ西側の養浜効果が小さいため、砂丘部の平均浜幅は縮小する。 砂丘以外の区間では、現状との顕著な差異は見られない。 	<ul style="list-style-type: none"> 養浜効果が小さく、リーフ西隣接部では養浜効果が低下し、砂丘部の浜幅を縮小させることから、<u>効果は認められない</u>。
①-1'	人工リーフ 4基新設		-0.90m	<ul style="list-style-type: none"> リーフ新設箇所の背後では浜幅拡大効果が認められるが、リーフ西側では養浜効果が小さいため、砂丘部の平均浜幅はほとんど変化しない。 砂丘以外の区間では、現状との顕著な差異は見られない。 	<ul style="list-style-type: none"> 汀線の前進部と後退部があるため、砂丘部の浜幅が平均として変化しないことから、<u>効果は現状維持にとどまる</u>。
①-1''	人工リーフ 4基新設 + 投入土砂量減 (海上部)		-13.80m	<ul style="list-style-type: none"> リーフ新設箇所の背後でも浜幅拡大効果が認められず、リーフ西側では養浜効果が小さいため、砂丘部の平均浜幅は縮小する。 砂丘以外の区間では、現状との顕著な差異は見られない。 	<p><コスト削減(案)></p> <ul style="list-style-type: none"> リーフの増設効果より投入土砂量減による影響が大きいため、<u>効果は認められない</u>。
①-2	離岸堤 3基新設		-15.99m	<ul style="list-style-type: none"> 離岸堤新設箇所の背後では大きな浜幅拡大効果が認められるが、施設西側で養浜効果が小さく、砂丘部の平均浜幅は小さい。 5K100付近の養浜効果が認められる。 それ以外の区間では、現状との顕著な差異は見られない。 	<ul style="list-style-type: none"> 施設背面の養浜効果が認められるが、西隣接部で侵食を生じさせ、<u>効果は認められない</u>。 馬の背に近い位置であり、水上に現れる施設であることから景観面の問題が大きい。
①-2'	離岸堤 4基新設		-0.67m	<ul style="list-style-type: none"> 離岸堤新設箇所の背後では大きな浜幅拡大効果が認められるが、施設西側で養浜効果が小さいため、砂丘部の平均浜幅はほとんど変化しない。 5K100付近の養浜効果が認められる。 それ以外の区間では、現状との顕著な差異は見られない。 	<ul style="list-style-type: none"> 施設背面の養浜効果が認められるが、西隣接部で侵食を生じさせ、<u>効果は現状維持にとどまる</u>。 馬の背に近い位置であり、水上に現れる施設であることから景観面の問題が大きい。
①-2''	離岸堤 4基新設 + 投入土砂量減 (海上部)		-15.82m	<ul style="list-style-type: none"> 離岸堤新設箇所の背後では大きな浜幅拡大効果が認められるが、施設間の開口部と施設西側で養浜効果が小さいため、砂丘部の平均浜幅は縮小する。 5K100付近の養浜効果が認められる。 それ以外の区間では、現状との顕著な差異は見られない。 	<p><コスト削減(案)></p> <ul style="list-style-type: none"> 施設の増設効果より投入土砂量減による影響が大きいため、<u>効果は認められない</u>。 馬の背に近い位置であり、水上に現れる施設であることから景観面の問題が大きい。

対策(案)の効果及び評価

4. 施設整備・土砂投入の対策効果の検証

2. 今後の対策案の効果検証(人工リーフ、離岸堤、サンドリサイクル)



ケース	対策内容	江線変化の予測結果	砂丘部の浜幅変化 (50年間)	対策案の効果	対策案の評価
②	離岸堤化 (一部)		-0.09m	<ul style="list-style-type: none"> 5K100 付近の養浜効果が認められるが、浜幅を回復するほどの効果はない。 それ以外の区間では、現状との顕著な差異は見られない。 	<ul style="list-style-type: none"> 施設背面の養浜効果が認められるが、砂丘部での効果は現状維持にとどまる。 馬の背にやや近い位置であり、水上に現れる施設であることから景観面の問題が大きい。
③-1	投入土砂量減 (海上部)		-10.43m	<ul style="list-style-type: none"> 砂丘区間で浜幅が縮小し、砂丘部の浜幅が縮小する。 それ以外の区間では、現状との顕著な差異は見られない。 	<p><コスト削減(案)></p> <ul style="list-style-type: none"> 投入土砂量減による影響により砂丘部で浜幅が顕著に縮小し、効果は認められない。
③-2	投入土砂量減 (陸上部)		-1.10m	<ul style="list-style-type: none"> 4K500 付近で浜幅が縮小し、砂丘部の浜幅がわずかに縮小する。 それ以外の区間では、現状との顕著な差異は見られない。 	<p><コスト削減(案)></p> <ul style="list-style-type: none"> 投入土砂量減による影響により砂丘部の浜幅はやや縮小するが、影響は小さく、効果は現状維持にとどまる。
④-1	土砂投入位置の変更 (海上部)		+5.28m	<ul style="list-style-type: none"> 砂丘部の浜幅が約 5m 拡大する。 5K100 付近の養浜効果が認められ、浜幅を回復する効果がある。 それ以外の区間では、現状との顕著な差異は見られない。 	<ul style="list-style-type: none"> 5K100 付近において一定の養浜効果が得られた。 土砂投入(海域)の東側への変更は、砂丘区間においてある程度の効果が期待できることが確認された。
④-1'	土砂投入位置の変更 + 投入土砂量減 (海上部)		+2.46m	<ul style="list-style-type: none"> 砂丘部の浜幅が約 3m 拡大する。 5K100 付近の養浜効果が認められる。 それ以外の区間では、現状との顕著な差異は見られない。 	<p><コスト削減(案)></p> <ul style="list-style-type: none"> 5K100 付近において一定の養浜効果が得られた。 土砂投入(海域)の東側への変更は、投入量を減じても砂丘区間においてある程度の効果が期待できることが確認された。
④-2	土砂投入位置の変更 (陸上部)		+2.52m	<ul style="list-style-type: none"> 砂丘部の浜幅が約 3m 拡大する。 5K100 付近の養浜効果が認められる。 それ以外の区間では、現状との顕著な差異は見られない。 	<ul style="list-style-type: none"> 5K100 付近において一定の養浜効果が得られた。 土砂投入(陸上)の東側への変更は、砂丘区間においてある程度の効果が期待できることが確認された。


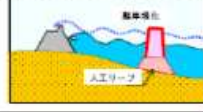
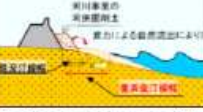
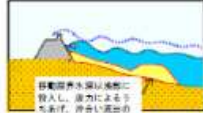
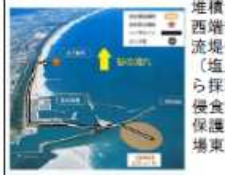

対策(案)の効果及び評価

4. 施設整備・土砂投入の対策効果の検証

2. 今後の対策案の効果検証(人工リーフ、離岸堤、サンドリサイクル)

■コスト削減、法的制約に配慮した有効な対策案の選定

- ・ ライフサイクルコスト、長期的な土砂調達量減の可能性を考慮し、海浜の最小限の現状維持を目標とした場合、「**海域投入場所を1km程度東側へ移動、量を半減**」が最も高評価の案として抽出された。
- ・ なお、人工リーフ(案)、離岸堤(案)は評価が低い**が、これは現時点で効果的な箇所への消波施設の整備が終わっており、追加による整備効率が低いことが影響していると考えられる。**
- ・ 土砂圧送、サンドパックの特殊工法も、当該海岸が一部を除いて工事車両、メンテナンス車両の進入が容易でない地形特性であることから概ね困難と考えられる。この観点からも、海上あるいはピンポイントの陸上アプローチで実施可能なサンドリサイクルが有利となる。

	概要	効果 (50年間)	費用 (億円)	メリット	デメリット	評価
人工リーフ	既設リーフ西側に4基新設 	-0.90m	87.5	・ 侵食防止、養浜に一定の効果がある。 ・ 完成後景観・眺望は問題ない(リーフ無しの砂波と外観から区別できない)	・ 既設リーフによって向岸流・循環流が生じ、漂砂の挙動が固定化されているため、効果が期待できない箇所がある。 ・ 不自然な汀線形状となり、一部侵食も懸念され、国立公園特別保護地区では望ましくない ・ 工事中に景観・眺望への影響がある。	(×)
離岸堤	既設リーフ西側の基を離岸堤に改築 	-0.09m	67.9	・ 侵食防止、養浜の効果が大きい。	・ 現状のリーフによって向岸流・循環流が生じ、漂砂の挙動が固定化されているため、効果が期待できない箇所がある。 ・ 汀線が周期的な曲線形を描いたり砂州が離岸堤と接合したりと眺望面で変状が大きい。 ・ 完成後も海上に突出して景観・眺望への影響が大きく、国立公園特別保護地区では望ましくない。	(×)
土砂運搬投入 ＜陸上投入＞	土砂投入場所を1km程度東側へ移動 	+2.52m	56.2	・ 投入量当たりの汀線の維持効果は大きい(効率が大きい)。	・ 汀線部へのアプローチが限られるため、投入箇所が制約を受ける。 ・ 採取地は河口付近の堆積土砂のみであり、道路・河川改修に伴う大規模掘削は現時点で期待できない。 ・ 実際の効果の確認には、実証試験が必要である。 ・ 運搬単価が高い。	(△)
土砂運搬投入 ＜海域投入＞	土砂投入場所を1km程度東側へ移動、量を半減 	+2.46m	30.6	・ 投入量当たりの汀線の維持効果は小さい(効率が低い)。 ・ 採取地が港湾・漁港の堆積箇所のため量的に豊富であり、運搬単価が安いことから、実績投入量が多く、サンドリサイクルの主力となる。	・ 投入場所は自由度が高いが、運搬コスト低減のため採取場所からできるだけ近くとすることが望ましい。 ・ 港湾・漁港の堆積箇所から豊富な量が今後も供給されるが、鳥取港改良後は減少が見込まれる。 ・ 実際の効果の確認には、実証試験が必要である。	(○)
土砂圧送	 堆積が固定化している西端部(千代川右岸導流堤付近)、東端部(塩見川河口付近)から採取。 侵食対策が必要な特別保護地区西側、海水浴場東側に投入する。	西側投入は効果なし、東側投入は+2.52m(陸上投入と同じ)	(困難)	・ 常設して侵食箇所へ土砂投入すれば、土砂運搬投入と同様に養浜効果が期待される。 ・ 採取地は西端は国立公園外、東端は国立普通地域のため、問題ない。	・ 護岸未設置のため西端の採取地点からは固定が難しく、埋設すると砂が堆積して保守困難となる可能性がある。 ・ 東端からは、護岸の設置されている区間を可能とすれば砂丘海水浴場付近まで可能である。この場合、圧送距離は3km近くなり、中継地が必要となるが、アクセス道が存在しないため設置が難しい。	(×)
サンドバック	特別保護地区に設置し、侵食に備える。 海水浴場に設置し、同時に大量の養浜により砂浜造成を行う。 	浜幅拡大効果なし(侵食防止のみ)	(困難)	・ コンクリート護岸ほどの強度は無いものの、現状で護岸未設置箇所において顕著な侵食が無いことから、防護効果が期待される。	・ 対象箇所への通常型の工事車両の進入が困難であり、無限軌道車両を東端のヤード陸地から長距離走行させる必要があり、工事費用が高くなる。工事期間中は眺望を害する。 ・ 高波浪後にサンドバックが露出した場合の埋設に、設置と同様の理由から復旧(覆砂)コストが高くなる。 ・ サンドリサイクルを縮小した代わりに本工法を採用した場合、浜幅の縮小が懸念され、サンドバックが頻繁に露出する可能性がある。また、侵食量が大きくなれば、崩壊が懸念される。	(×)

5. サンドリサイクル最適案の検討

1. 土砂調達量、投入場所の設定

■ サンドリサイクル最適案の検討

- 「4. 施設整備・土砂投入の対策効果の検証」より、**サンドリサイクルによる海岸侵食対策が効果的であることが明らかとなった。**
- このことから、効果的な土砂投入場所（海上・陸上）の選定を検討する。
- なお、当該海岸の地形変化は、砕波点以浅部あるいは移動限界水深以浅部の海底地形が大きく影響していると推測される。このため、汀線のみでなく水深方向の地形変化を反映可能な等深線変化モデルを適用する。

※計算期間：10年間、数値シミュレーション：等深線変化モデル

■ 土砂調達量（標準量）の設定

- H24年度以降は突発の大規模土砂供給がなくなり、量的に安定していることから、この期間の平均の土砂発生量をもって想定土砂調達量とする。

■ 投入場所（海上部）の選定

- 効果的な養浜を目指すため、沿岸漂砂の上手付近の位置を対象とする。

※4k000（現行投入地点）、5k000（旧投入地点）、6k000

■ 投入場所（陸上部）の設定

- 県道から搬入車両（大型ダンプカー）が進入可能なアプローチが確保されていること。
- 効果的な養浜を目指すため、沿岸漂砂の上手付近の位置を対象とする。

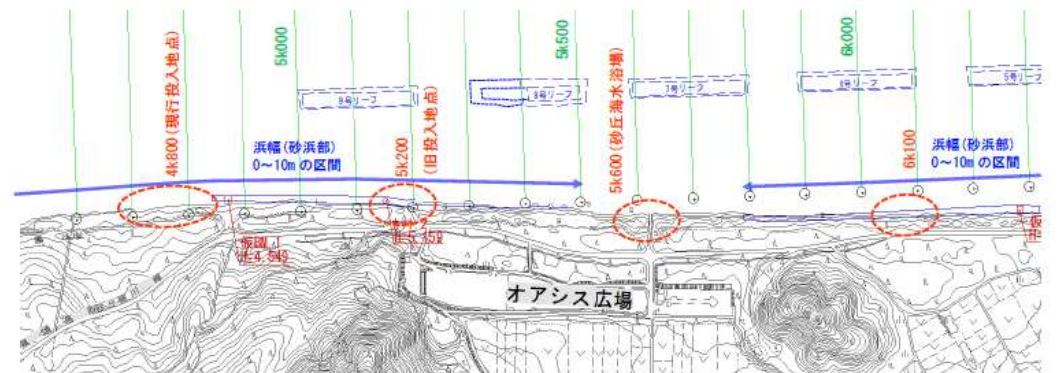
※4k800（現行投入地点）、5k200（旧投入地点）、5k600（砂丘海水浴場）、6k100

投入場所	海上投入				陸上投入				合計	
	採取場所	鳥取港波濤土砂	塩見川河口波濤土砂	岩戸漁港波濤土砂	小計	塩見川河口波濤土砂	国道9号驪山B.P.工事掘削土砂	千代川波濤土砂養浜		小計
近年平均 (H24～R1)		40,268	8,855	1,265	50,388	4,445	0	0	4,445	54,834
想定土砂調達量		40,200	8,800	1,200	50,200	4,400	0	0	4,400	54,600

海岸保全対策に活用できる土砂調達量（標準量）（将来想定）；(m3)



土砂投入場所（海上部）の候補地



土砂投入場所（陸上部）の候補地

5. サンドリサイクル最適案の検討

2. 対策案の立案

■対策案の立案

- まず現状投入量を維持するものとして、効果的な土砂投入箇所を検討する。
- その結果を踏まえて、効果的な土砂投入箇所について土砂量の増、さらに、その他の土砂投入箇所について土砂量の減を行うなど、土砂投入方法の効率化を検討する。

区分	投入場所	海上投入				陸上投入					合計	備考
		4k000 現行投入 地点	5k000 旧投入地 点	6k000	合計	4k800 現行投入 地点	5k200 旧投入地 点	5k600 砂丘海水 浴場	6k100	小計		
現行	Case-0 (H24以降実績)	50,200	—	—	50,200	4,400	—	—	—	4,400	54,600	
移動 (現状量維持)	Case2-1a (実績量・海上変更5k000)	40,200	10,000	—	50,200	4,400	—	—	—	4,400	54,600	
	Case2-1b (実績量・海上変更5k000)	20,200	30,000	—	50,200	4,400	—	—	—	4,400	54,600	
	Case1-1 (実績量・海上変更5k000)	—	50,200	—	50,200	4,400	—	—	—	4,400	54,600	全量移動
	Case2-2a (実績量・海上変更6k000)	40,200	—	10,000	50,200	4,400	—	—	—	4,400	54,600	
	Case2-2b (実績量・海上変更6k000)	20,200	—	30,000	50,200	4,400	—	—	—	4,400	54,600	
	Case1-2 (実績量・海上変更6k000)	—	—	50,200	50,200	4,400	—	—	—	4,400	54,600	全量移動
	Case2-3a (実績量・陸上変更5k200)	50,200	—	—	50,200	2,200	2,200	—	—	4,400	54,600	
	Case1-3 (実績量・陸上変更5k200)	50,200	—	—	50,200	—	4,400	—	—	4,400	54,600	全量移動
	Case2-4a (実績量・陸上変更5k600)	50,200	—	—	50,200	2,200	—	2,200	—	4,400	54,600	
	Case1-4 (実績量・陸上変更5k600)	50,200	—	—	50,200	—	—	4,400	—	4,400	54,600	全量移動
	Case2-5a (実績量・陸上変更6k100)	50,200	—	—	50,200	2,200	—	—	2,200	4,400	54,600	
Case1-5 (実績量・陸上変更6k100)	50,200	—	—	50,200	—	—	—	4,400	4,400	54,600	全量移動	

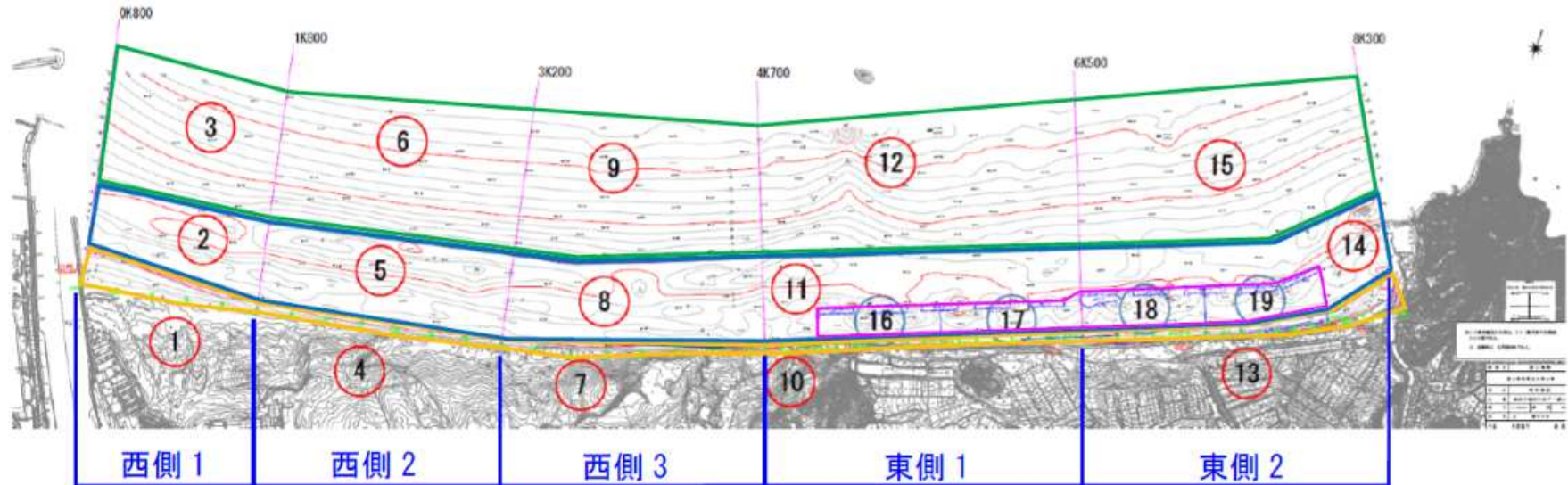
対策案検討ケース一覧表（現状土砂投入量の維持）(m3/年)

5. サンドリサイクル最適案の検討

3. 対策案の効果検証(全量移動)

■対策案の効果検証(全量移動)

- 陸上投入を全量移動させると西側3区間(砂丘馬の背区間)における浜幅の減が約14mに達し、適当でないと考えられる。



評価区間の分割図※丸番号は実績土砂移動量の評価における区分領域

	西側1		西側2		西側3		東側1		東側2		
	基点・終点	0k800 1k800	1k800 3k200	3k200 4k700	4k700 6k500	6k500 8k150	平均浜幅 (m)	変化量 (m)	平均浜幅 (m)	変化量 (m)	
海上	項目	平均浜幅 (m)	変化量 (m)	平均浜幅 (m)	変化量 (m)	平均浜幅 (m)	変化量 (m)	平均浜幅 (m)	変化量 (m)	平均浜幅 (m)	変化量 (m)
	case0	102.7	0.0	58.7	0.0	43.0	0.0	14.0	0.0	51.7	0.0
	case1-1	102.6	-0.1	57.9	-0.8	38.3	-4.7	16.3	2.4	51.7	0.0
	case1-2	102.4	-0.2	58.0	-0.7	37.1	-5.9	20.0	6.0	52.5	0.8
陸上	case1-3	102.4	-0.2	58.1	-0.5	29.4	-13.6	19.8	5.9	51.7	-0.1
	case1-4	102.4	-0.3	58.1	-0.5	29.4	-13.6	21.8	7.9	52.0	0.3
	case1-5	102.4	-0.3	58.2	-0.5	29.4	-13.6	18.5	4.5	52.8	1.1

評価区間別の平均浜幅 (10 年後) ※投入方法 : 全量移動

5. サンドリサイクル最適案の検討

3. 対策案の効果検証(全量移動)



ケース	対策内容	汀線変化の予測結果	砂丘部の砂浜変化(10年間)	対策案の効果	対策案の評価	評価
0	現状		平均幅: 0 m (評価の基準) ※西側-3区間: 特別保護地区(馬の背前面)	(効果評価の基準)	—	—
1-1	(実績量・海上変更 5k000)		平均幅: -4.7m 浜幅 25m 以上の延長: ±0m	<ul style="list-style-type: none"> 馬の背前面で浜幅が 5m 程度縮小する。 海上土砂投入場所(移動先)で汀線前進が見られるが、ごくわずかである。 それ以外の区間では、現状との傾向の差は見られない。 	<ul style="list-style-type: none"> 砂丘部の浜幅はやや縮小するが、影響は小さく、効果は現状維持にとどまる。 	△
1-2	(実績量・海上変更 6k000)		平均幅: -5.90m 浜幅 25m 以上の延長: -50m	<ul style="list-style-type: none"> 馬の背前面で浜幅が 5m 程度縮小する。 海上土砂投入場所(移動先)で汀線前進が見られる。 5号リーフ背面の侵食が緩和される。 それ以外の区間では、現状との顕著な差異は見られない。 	<ul style="list-style-type: none"> 砂丘部の浜幅はやや縮小するが、影響は小さく、効果は現状維持にとどまる。 	△
1-3	(実績量・陸上変更 5k200)		平均幅: -13.6m 浜幅 25m 以上の延長: -300m	<ul style="list-style-type: none"> 馬の背前面で浜幅が 14m 程度縮小する。 陸上土砂投入場所(移動先)で顕著な汀線前進が見られる。 それ以外の区間では、現状との顕著な差異は見られない。 	<ul style="list-style-type: none"> 投入場所移動による影響により砂丘部で浜幅が顕著に縮小する。 5K200 付近において一定の養浜効果が得られた。 	×
1-4	(実績量・陸上変更 5k600)		平均幅: -13.6m 浜幅 25m 以上の延長: -300m	<ul style="list-style-type: none"> 馬の背前面で浜幅が 14m 程度縮小する。 陸上土砂投入場所(移動先)で顕著な汀線前進が見られる。 それ以外の区間では、現状との顕著な差異は見られない。 	<ul style="list-style-type: none"> <コスト削減(案)> 投入場所移動による影響により砂丘部で浜幅が顕著に縮小する。 5K400 付近において一定の養浜効果が得られた。 運搬距離の短縮によるコスト削減が期待される。 	×
1-5	(実績量・陸上変更 6k100)		平均幅: -13.6m 浜幅 25m 以上の延長: -300m	<ul style="list-style-type: none"> 馬の背前面で浜幅が 14m 程度縮小する。 陸上土砂投入場所(移動先)で顕著な汀線前進が見られる。 5号リーフ背面の侵食が緩和される。 それ以外の区間では、現状との顕著な差異は見られない。 	<ul style="list-style-type: none"> <コスト削減(案)> 投入場所移動による影響により砂丘部で浜幅が顕著に縮小する。 6K100 付近において一定の養浜効果が得られた。 運搬距離の短縮によるコスト削減が期待される。 	×

対策(案)の効果及び評価(土砂投入地点移動対応[全量移動])

5. サンドリサイクル最適案の検討

4. 対策案の効果検証(一部移動)

■対策案の効果検証(一部移動)

- 海上投入では浜幅減少量は6k000全量移動のケースを除いて、いずれの投入場所でも概ね5m以下であり、問題ないと考えられる。
- 陸上投入では、半分程度の移動量であれば浜幅減少量はいずれの投入場所でも5m以下であり、問題ないと考えられる。

	西側1		西側2		西側3		東側1		東側2		
	0k800	1k800	1k800	3k200	3k200	4k700	4k700	6k500	6k500	8k150	
基点・終点											
項目	平均浜幅	変化量	平均浜幅	変化量	平均浜幅	変化量	平均浜幅	変化量	平均浜幅	変化量	
	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	
case0	102.7	0.0	58.7	0.0	43.0	0.0	14.0	0.0	51.7	0.0	
海上	case2-1a	102.4	-0.2	57.6	-1.1	37.7	-5.3	14.9	0.9	51.7	0.0
	case2-1b	102.5	-0.2	57.6	-1.1	37.7	-5.3	14.8	0.9	51.7	0.0
	case1-1	102.6	-0.1	57.9	-0.8	38.3	-4.7	16.3	2.4	51.7	0.0
	case2-2a	102.6	-0.1	58.4	-0.3	41.0	-2.0	15.4	1.4	52.0	0.3
	case2-2b	102.5	-0.2	58.1	-0.6	39.1	-3.9	17.9	3.9	52.3	0.6
	case1-2	102.4	-0.2	58.0	-0.7	37.1	-5.9	20.0	6.0	52.5	0.8
陸上	case2-3a	102.5	-0.1	58.3	-0.4	41.3	-1.7	17.3	3.4	51.6	-0.1
	case1-3	102.4	-0.2	58.1	-0.5	29.4	-13.6	19.8	5.9	51.7	-0.1
	case2-4a	102.5	-0.2	58.3	-0.4	39.4	-3.6	18.7	4.7	51.7	0.0
	case1-4	102.4	-0.3	58.1	-0.5	29.4	-13.6	21.8	7.9	52.0	0.3
	case2-5a	102.5	-0.2	58.3	-0.4	39.4	-3.6	17.6	3.6	52.4	0.7
case1-5	102.4	-0.3	58.2	-0.5	29.4	-13.6	18.5	4.5	52.8	1.1	

評価区間別の平均浜幅(10年後) ※投入方法: 移動量の感度分析

5. サンドリサイクル最適案の検討

5. 最適案の設定

■最適案の設定

- これまで検討した今後10年間のサンドリサイクル(案)について効果・影響、費用等を総合的に比較し、最適案を選定する。

■最適案の検討

- いずれのケースも「馬の背」前面エリアで平均浜幅が縮小する。このため、移動配分量の工夫により縮小を抑制できる可能性のあるケースから抽出する。

【検討方針】

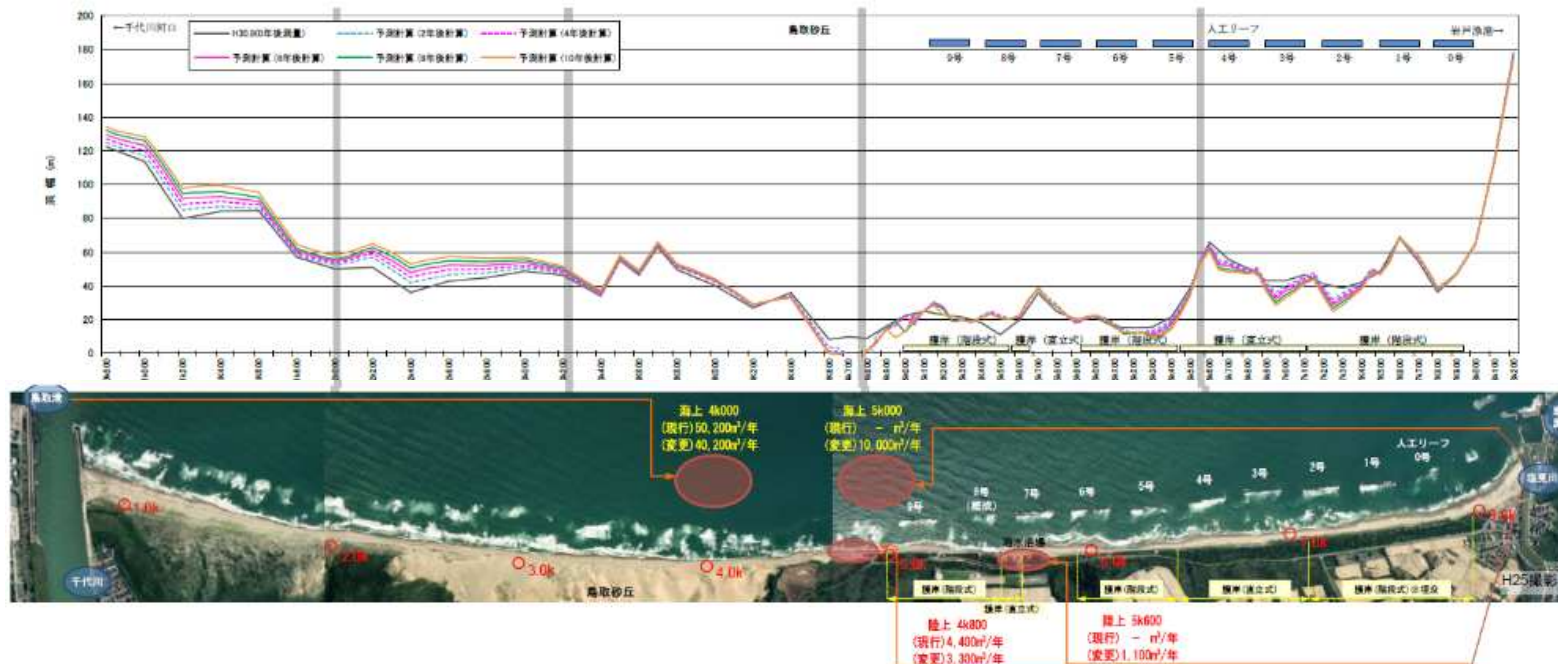
○不確定要因による急激な地形変化への影響を避けるため、土砂投入場所を現状より極力1km程度の移動距離に留める方針として、地形変化計算結果から絞り込みを行う。

○海上投入:投入土砂量50,200m³のうち移動量が30,000m³程度までであれば、いずれの移動投入場所でも砂丘馬の背区間への影響は軽微(浜幅後退は概ね5m以下)と予測される。そこで、移動距離が1km以下と近い5k000地点(東側1km)に一部変更する方針とする。移動変更量は、運搬コストの低減を期待して岩戸漁港及び塩見川河口採取の年間10,000m³を基準とする。(海上変更 Case2-1a)

○陸上投入:投入土砂量4,400m³のうち移動量が半分程度までであれば、いずれの移動投入場所でも砂丘馬の背区間への影響は軽微(浜幅後退5m以下)と予測される。このため、土砂投入の容易さ(広大なヤードが確保可能)、近年5k600付近の汀線後退が顕著で海水浴場への直接養浜が利用上のメリットがあること、変更距離が1km以下と近い(移動影響が小さい)ことから、総合的に勘案して5k600地点(現状の東側0.8km)の砂丘海水浴場に一部変更する方針とする。移動変更量は、陸上投入量の半分の年間2,200m³を基準と考える(陸上変更 Case2-4a)



- 海上・陸上それぞれの変更方針に従い、組合せとしたケースを検討する。
- 試算の結果、「馬の背」の属する西側3区間において、浜幅の縮小量を概ね5m以下とできる案として下記のケース3-1を得た。



将来予測の海浜変形予測計算の結果【ケース3-1：最適案】

5. サンドリサイクル最適案の検討

5. 最適案の設定

ケース	養浜内容 (m ³)	汀線変化の予測結果	砂丘部の浜幅変化 (50年間)	対策案の効果	対策案の評価	評価
0 現状	海上 4k000 : 50,200 陸上 4k800 : 4,400		平均幅: 0 m (評価の基準) ※西側-3 区間: 特別保護地区 (馬の背前面)	(効果評価の基準)	-	-
2-1a 海上変更	海上 4k000 : 40,200 5k000 : 10,000 陸上 4k800 : 4,400		平均幅: +5.3m 浜幅 25m 以上の延長: ±0m	<ul style="list-style-type: none"> Case1-1 で砂丘部の浜幅が 5m 程度縮小したため、岩戸漁港、塩見川の採取土を東側に移動した。 海上土砂投入場所 (移動先) で汀線前進が見られない。 「馬の背」における汀線前進効果が見られなくなった。 それ以外の区間では、現状との傾向の差は見られない。 	<p><コスト削減(案)></p> <ul style="list-style-type: none"> 全体として土砂投入位置の変更による影響は殆どない。 海上運搬距離の短縮によるコスト削減が期待される。 	○
2-4a 陸上変更	海上 4k000 : 50,200 陸上 4k800 : 2,200 5k600 : 2,200		平均幅: -3.6m 浜幅 25m 以上の延長: -50m	<ul style="list-style-type: none"> Case1-4 で砂丘部の浜幅が顕著に縮小したため、陸上投入土砂の半分を東側に移動とした。 5K100 付近において一定の養浜効果が得られた。 「馬の背」前面を含むそれ以外の区間では、現状との顕著な差異は見られない。 	<p><コスト削減(案)></p> <ul style="list-style-type: none"> 全体として土砂投入位置の変更による影響は殆どない。 「馬の背」前面の汀線前進傾向を維持可能である。 陸上運搬距離の短縮によるコスト削減が期待される。 	○
3-1 陸上変更 海上変更 (組合せ)	海上 4k000 : 40,200 5k000 : 10,000 陸上 4k800 : 3,300 5k600 : 1,100		平均幅: -5.9m 浜幅 25m 以上の延長: -50m	<ul style="list-style-type: none"> Case1-1 で砂丘部の浜幅が 5m 程度縮小したため、岩戸漁港、塩見川の採取土を東側に移動した。 砂丘部の浜幅の維持のため、陸上投入土砂の 25% を東側に移動とした。 5K100 付近において一定の養浜効果が得られた。 「馬の背」前面を含むそれ以外の区間では、現状との顕著な差異は見られない。 	<p><コスト削減(案)></p> <ul style="list-style-type: none"> 全体として土砂投入位置の変更による影響は殆どない。 「馬の背」前面の汀線前進傾向を維持可能である。 海上・陸上運搬距離の短縮によるコスト削減が最も期待される。 	◎

対策(案)の効果及び評価(土砂投入地点を複数箇所とした)

5. サンドリサイクル最適案の検討

6. サンドリサイクル最適案の実施にあたっての留意点

■ サンドリサイクル最適案の実施にあたっての留意点

- ・ 以上の最適案は、不確定要素の多い海岸部の解析モデルにより得られたものであり、以下に留意して実施する必要があると考えられる。

＜サンドリサイクル最適案の実施にあたっての留意点＞

- ・ 想定外の要因やモデル誤差により、解析モデルによる予測結果の通りとならない可能性があることを認識しておくこと。
- ・ このため土砂投入方法を短期間に変更することを避け、最適案に向けて数年かけて段階的に変更していく。
- ・ その実施手順として、土砂投入方法の変更後の地形安定が確認されるまでの間は試験施工と位置づけることとする。モニタリングによって地形状況を把握し、異常が見られた場合は投入方法の変更を停止し経過観察する。深刻な異常が見られた場合は、ただちに投入方法の変更を中止し、現行投入方法に戻す。
- ・ モニタリングの方法は、現状の半年に一度の定期深浅測量を基本とする。また、侵食履歴箇所や侵食予想箇所の高波浪後の巡視を徹底する。これに加え、必要に応じて UAV による空中映像撮影、詳細地形測量を実施する。
※実際に、当地区においてリーフ変状のレーザー測量を行った実績がある。
- ・ モニタリングのための収集データは、外部専門技術者を含めた複数人によるチェックを行い、異常を見落とさないようにする。必要に応じて鳥取大学に相談する。