

渥美半島表浜海岸保全対策検討会

第12回検討会資料

2024年7月25日

愛 知 県

保全対策検討会の成り立ちと これまでの流れ

【遠州灘沿岸海岸保全基本計画、H15.7、p.62】

○当面の方策

- ・ 侵食が著しい海岸においては、砂浜が失われないように養浜やサンドバイパス、必要最小限の潜堤などを主体とした対策を緊急的に実施することで海岸の漂砂バランスを調整し、砂浜の保全・回復を図る。

上記に記載の必要最小限の沖合保全施設の整備については、沿岸全体の漂砂バランスをくずさないように、沿岸における広域的な砂の移動(長期的な漂砂特性)や地域固有の砂の移動(季節により変動する短期的な漂砂特性)、施設設置後のモニタリングの結果を踏まえ、周辺の地形への影響に配慮するものとする。

また、養浜など的人為的な土砂の投入に際しては、沿岸に流入するその他の河川からの供給土砂や背後陸域の残土、漁港内浚渫砂などを有効に活用するものとする。

さらに、沿岸の自然環境や漁業を始めとする沿岸域利用に十分に配慮しつつ、適切な保全対策を行っていく。

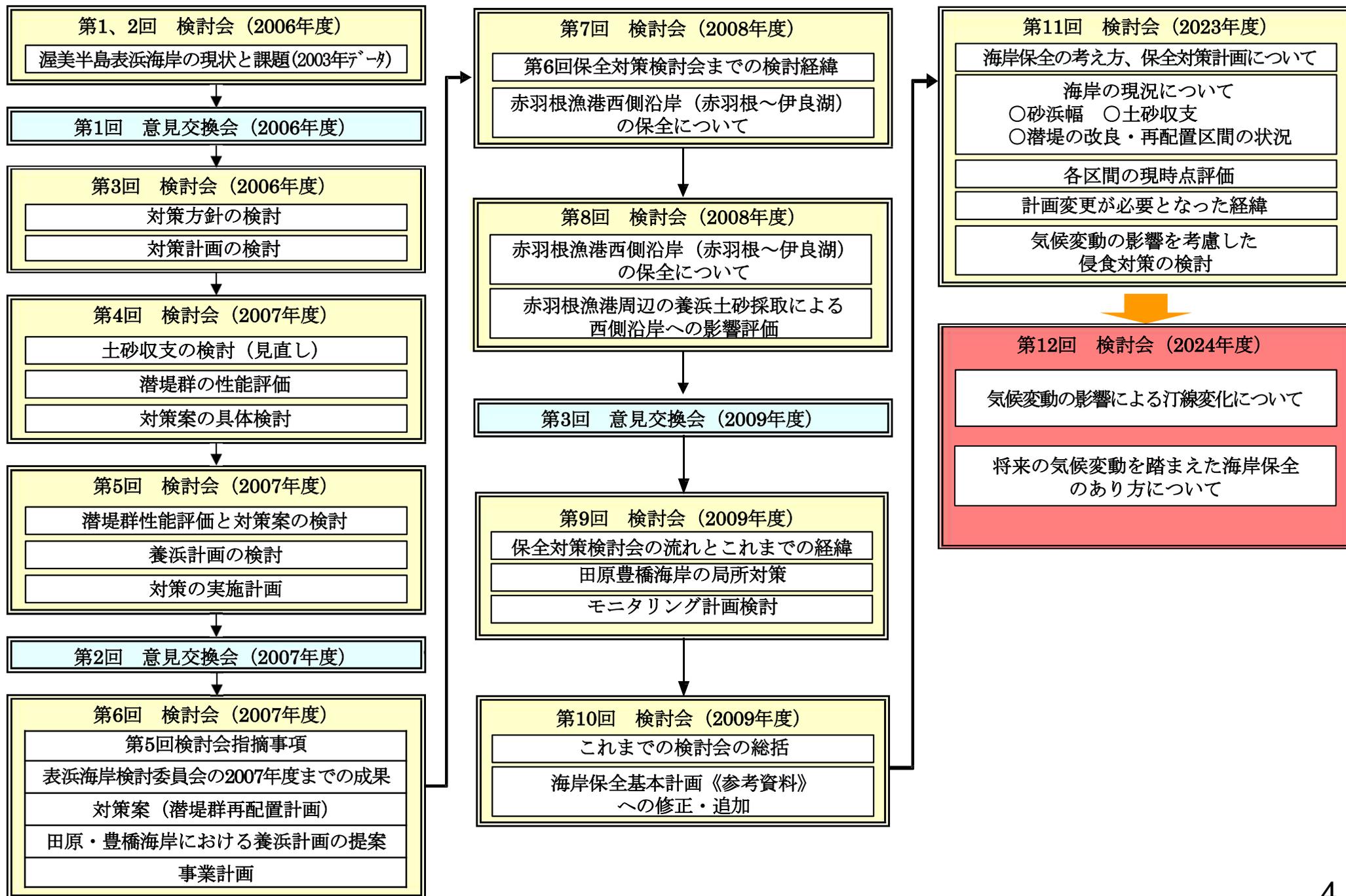
【設立趣旨】 一部抜粋

砂浜の保全対策としては、これまでの消波ブロックを用いた施設整備による対策では、環境・利用面の問題を発生させたり、防災面での問題を繰り返す場合もあるため、人工構造物を極力設置せず砂浜を維持・回復させる対策が望まれており、長期的には砂の供給源である天竜川流域の土砂を活用することが期待されている。

しかしながら、供給源が絶たれている現状においては、当面の対策として、上手である静岡県側からの土砂流入量を保つとともに、サンドバイパス、サンドリサイクルなど堆積する箇所の土砂を活用して漂砂バランスを整えることにより、局部的な侵食を抑え、本県の沿岸全体の砂浜を効率よく維持していく必要があると思われる。

このような養浜を中心とした侵食対策や土砂管理を行うためには、高度な専門知識と沿岸市町の協力が必要であるので、学識経験者、海岸管理者及び沿岸市町などで構成する「渥美半島表浜海岸保全対策検討会」を設置し、具体的な対策方法について検討するものとする。

渥美半島表浜海岸保全対策検討会の流れ



— 目次 —

本日、議論いただきたい内容	6
1. 第11回表浜海岸保全対策検討会の意見と対応	7
2. 気候変動の影響による汀線変化について	11
3. 将来の気候変動を踏まえた海岸保全のあり方について	27
4. 検討委員会等のスケジュール（案）	35

○気候変動の影響による汀線変化について

⇒気候変動の影響による汀線後退量の評価方法

⇒汀線後退傾向の確認

○将来の気候変動を踏まえた海岸保全のあり方について

⇒これからの海岸保全のあり方

⇒モニタリング（項目、範囲、頻度等）

⇒遠州灘沿岸海岸保全基本計画への記載内容

1. 第11回表浜海岸保全対策検討会の 意見と対応

1. 第11回表浜海岸保全対策検討会の意見と対応

(1) 表浜海岸の現況と保全対策

	意見・確認事項	回答・対応方針	頁
1	かつては海食崖が陸域由来の土砂の供給源であったが、崖侵食が進んだため崖を防護する方向になったと記憶しているがどうか？ 陸域由来の土砂量を増やす対策は、この10 数年間に 行われたのか？	ご意見のとおり、陸域由来の土砂流入はほとんどない状態である。陸域由来の土砂量を増やす対策は行っていない。	参考資料1
2	海岸侵食対策は長期のトレンドを見ていくスタンスであるため、短期変動に一喜一憂せず、土砂のボリュームを見ながら汀線位置を評価していく必要がある。	順応的な管理をしていくために、今後もモニタリングが重要となる。 必要なモニタリング方法について、今回検討していく。	3章_P28～ 32
3	この海岸は短期変動が顕著であるとともに、空中写真の撮影のタイミングでも汀線位置は変わってくる。近年の台風の発生数や経路なども変わってきている中で管理が難しい面は否めないが、一喜一憂せずにモニタリングを続けていく必要がある。		
4	土砂収支は汀線の変動をもとに解析しているので精度に限界がある。そのため、長期の収支を捉えるという観点に立って極力長い期間で評価しないことには、もっともらしい結果にはならないと思う。		
5	地区毎の土砂収支については明らかになっているのか？	局所的な土砂収支も見ながら、全体の土砂収支を見積もるという事は行っている。	参考資料2
6	潜堤群周辺の土砂収支については、今後参考までに教えていただきたい。		

1. 第11回表浜海岸保全対策検討会の意見と対応

(2) 各区間の現時点評価について

	意見・確認事項	回答・対応方針	頁
1	b 区間では潜堤群の改良・再配置箇所には土砂が堆積し、その下手側では削られている。これまでの検討会で示した予測シミュレーション結果と実際の汀線を時系列で整理していくとモニタリング結果を吟味しやすい。	今回のご意見を含めて、シミュレーションを行っていく際のモデル作りの参考にしていく。	参考資料 3章_P33
2	予測シミュレーション自体の設定の妥当性について改善の余地が生じるのであれば、今後の気候変動を考慮したシミュレーションを行っていく際のモデル作りの参考になるのでご検討いただきたい。		
3	元々は海食崖の侵食防止のために消波工を置いて、消波工の安定性のために浜幅20m が必要だというのが防護上の考え方だと思うので、海食崖の侵食防止に寄与しているかどうかという点も評価していく必要があるのではないか。	海食崖の侵食防止の観点も含め、将来の侵食（地形変化）を適切に評価し、今後の防護の考え方を検討していく。	2章_P34

1. 第11回表浜海岸保全対策検討会の意見と対応

(3) 気候変動を踏まえた侵食対策の今後の検討方針について

	意見・確認事項	回答・対応方針	頁
1	気候変動後の波高の変化量に加えて、本来は波向の変化量も考慮しないといけませんが、その考慮は難しいという認識の下で検討するという理解でよいか？ また、短期的な変動が顕著な海岸ではあるが、浜幅への影響評価については修正Bruun 則等を用いるとある。修正Bruun 則は基本的に安定した形状での評価になるので違和感は否めないが、気候変動後に浜幅がどの程度変わるかを概算する際の取り扱いのし易さから、この方法を採用するという理解で良いか？	波向の考慮は難しいとの認識である。浜幅への影響評価に用いるモデルについては、過去の測量データ等に限りがある。限られたデータの中でも侵食の傾向を把握するモデルとして、今回は、Bruun則、修正Bruun則の簡易な方法で評価を行っていく。	2章_P13～25
2	以前作成したモデルの再現性を確認しつつ、モデル上どれくらいの沿岸漂砂があるのか等を見ながらチューニングを行い、将来の外力に合わせて予測していく等のアプローチが必要であると思う。	沿岸漂砂上手側となる静岡県と協議・連携を図りモデルを構築し、その結果を踏まえ必要に応じ表浜検討会等で協議を図り、気候変動の影響を踏まえた遠州灘沿岸海岸保全計画の見直しを行う。	2章_P33
3	今後、海面上昇が見込まれる中で20m の浜幅を確保するのは難しいと思う。ただ、海食崖の侵食防止という目的に立ち返れば、例えば、現況と海面上昇後の消波工の高さが計画波に対して十分なのか等をチェックしていくと、浜幅を確保する以外の対策の選択肢も出てくる可能性がある。	気候変動後も浜幅20m を達成できれば良いが、到底達成できない予測結果となるのであれば目標のあり方自体を考え直していき、その目標に合わせた対策を講じていく考えである。	2章_P34
4	海面水位上昇量、潮位偏差、波高の変化量を考慮するとあるが、常時の潮位偏差、波高・周期の変化についてはどのようなことを考えているのか？ 常時の波高の変化については、観測値から得られる経年的な変化を考慮する方法が考えられる。	海面水位上昇量、潮位偏差、波高の変化量は技術部会等で議論された値で評価していく。 常時の波高の変化についても検討していく。	2章_P13～15

2. 気候変動の影響による汀線変化 について

2. 気候変動の影響による汀線変化について

(1) 気候変動の影響による砂浜地形変化に関する現況の知見

○「気候変動を踏まえた海岸保全のあり方 提言、令和2年7月」によると、我が国の砂浜は、気候変動の影響による平均海面の上昇により、RCP2.6シナリオ(2度上昇シナリオ)で約6割、RCP8.5シナリオ(4度上昇シナリオ)では約8割が消失する可能性がある研究例があり、国土保全上の懸念があると記載されている。

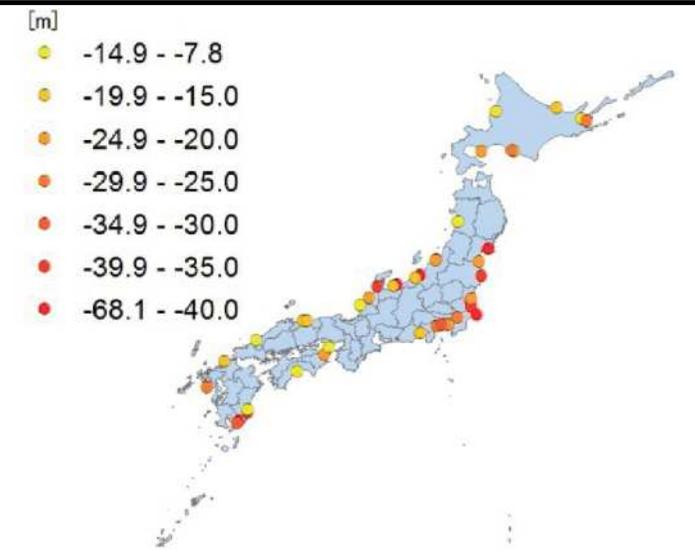
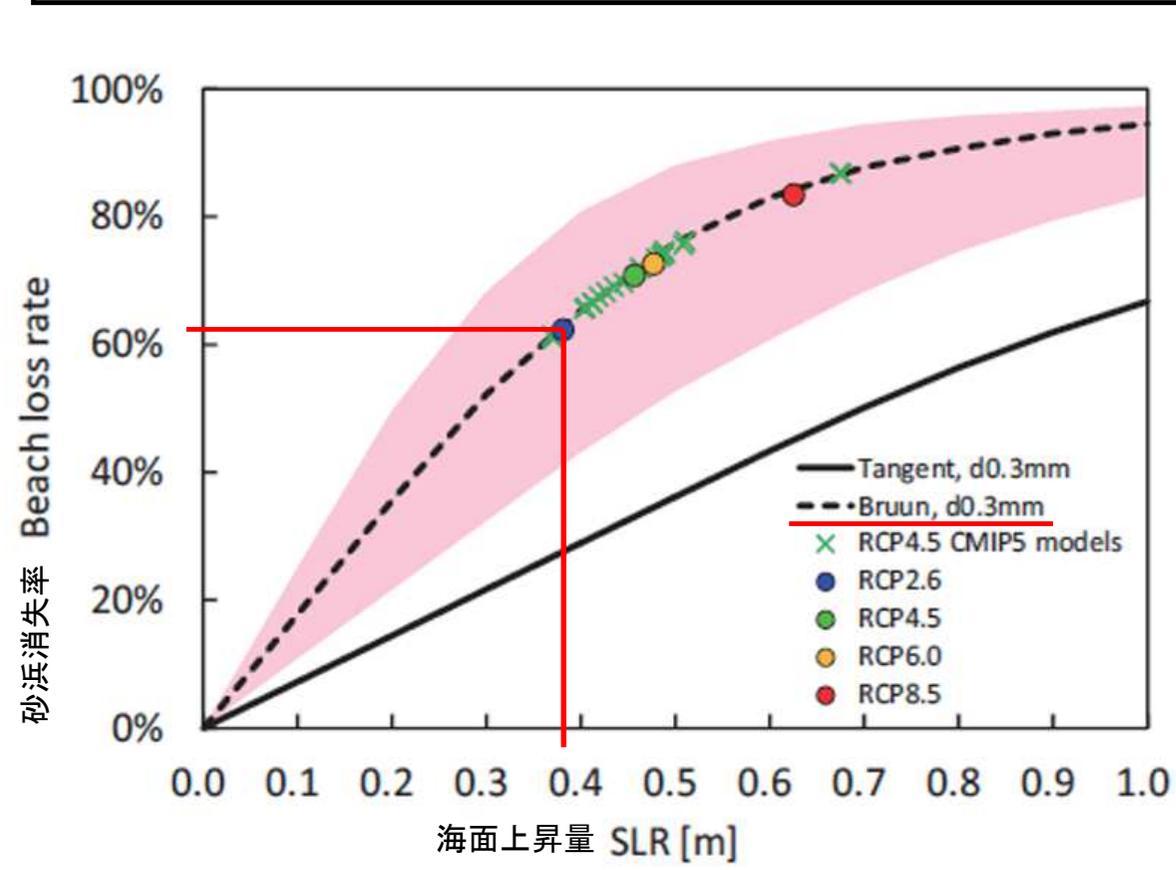


図-15 Bruun則による21世紀末の砂浜侵食量推定結果

(3) 推定結果

Bruun則を用いて推定した21世紀末の日本全国の侵食量分布を図-15に示す。対象海岸における推定後退量は、7.8～68.1 mであった。粒径が小さい地点では侵食量が大きくなった。ここで推定対象とした海岸の平均侵食量は25 mで、対象海岸のうち半数以上の海岸で20 mをこえる汀線後退が推定された。ただし、侵食量は実際の砂浜幅

出典：須川・有働・三村・真野，海面上昇に伴う全国砂浜侵食量の推定，土木学会論文集B2(海岸工学)Vol.67, No2, 2011

出典：Udo, K. and Y. Takeda (2017): Projections of future beach loss in Japan due to sea-level rise and uncertainties in projected beach loss, Coastal Engineering Journal, 59(2), 1740006-1-1740006-16

2. 気候変動の影響による汀線変化について

(2) 検討方針

- 海面上昇による海岸侵食の影響を受けることはほぼ確実であるため、表浜においても気候変動の影響による汀線変化を把握する必要がある。
 - 砂浜の地形変化に関する外力の気候変動影響の定量的な評価は現時点では難しい状況にある。
- ⇒まずは、海面上昇による地形変化の傾向を把握することから始める。

現海岸保全計画計画策定時(平成23年2月追加版)に採用した等深線変化モデル

- ・ 豊橋海岸高塚付近～田原豊橋海岸六連付近までの9kmを対象

課題

- ・ 地形変化の将来予測まで考慮することが望ましいが、愛知県遠州灘漂砂系全体(約47km)を対象としたモデルの再構築が必要



今回の渥美半島表浜海岸保全対策検討会における検討方針

- ・ 浜幅への影響評価に用いるモデルについては、限られたデータの中でも汀線変化の傾向を把握することが可能であるBruun則、修正Bruun則といった簡易な方法で評価

2. 気候変動の影響による汀線変化について

(3) 気候変動の影響条件（初期潮位、確率波浪）

○気候変動の影響による外力については、第2回愛知県海岸保全基本計画検討委員会技術部会、第2回愛知県海岸保全基本計画検討委員会で議論された。

潮位：気候変動の影響による将来の海面上昇量は0.39mを採用することとした。

波浪：気候変動による将来の変化倍率は、影響のない1.0倍を採用することとした。

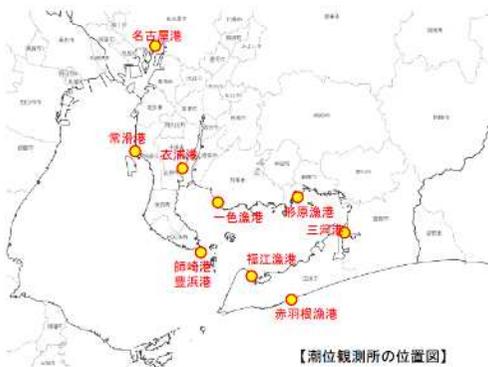
⇒気候変動の影響による汀線変化については、潮位の海面上昇量は0.39m、波浪は気候変動の影響がないこととした。

2. 技術部会の検討状況の報告

(1) 気候変動を踏まえた計画外力の設定

①初期潮位(期望平均満潮位)

- 現状の初期潮位(期望平均満潮位)は、現行設定値とこれまでの観測データを比較した結果、三河港を除き、現行設定値を用いることとした。
- 三河港は、現行設定値と観測データに差があったため、見直しを行った。
- 将来外力は、「海岸保全施設の技術上の基準」一部改正及び計画外力の設定方法等に関する通知(令和3年7月30日、8月2日)に準拠し、**海面上昇量は0.39mを採用**することとした。



※期望平均満潮位は各月の朔(新月)と望(満月)の前2日後4日以内に観測された最高満潮位を抽出、平均することで算定

出典：第2回愛知県海岸保全基本計画検討委員会資料

潮位観測所	検討ケース1 現状評価 (T.P.m)	検討ケース2 将来外力 (現状評価+0.39m) (T.P.m)
名古屋港	1.20	1.59
常滑港	0.99	1.38
師崎港 豊浜港	1.01	1.40
衣浦港	1.03	1.42
一色漁港	1.05	1.44
形原漁港	0.97	1.36
三河港	1.04	1.43
福江漁港	1.04	1.43
赤羽根漁港	0.88	1.27

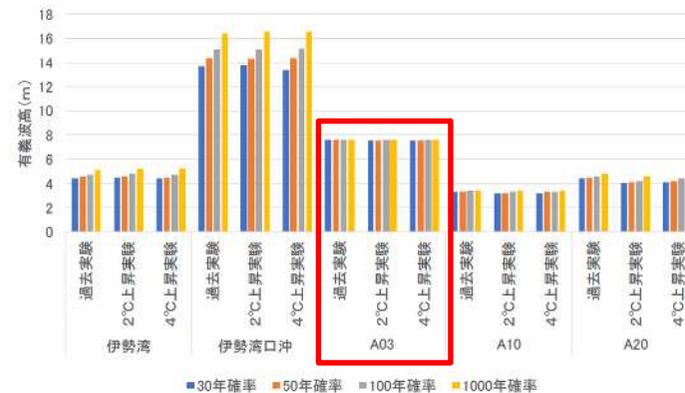
9

2. 技術部会の検討状況の報告

(1) 気候変動を踏まえた計画外力の設定

④波浪

- 過去実験と将来実験の台風トラックデータを対象に波浪シミュレーションを実施した結果を整理した。波浪に関しては、有意な差が見られなかった。
- 計画外力である50年確率波の検討ケース1(現状評価)と検討ケース2(将来外力)の**変化倍率は1.0倍とする**。



※有義波高は、アンサンブル気候予測データベース(d2PDF/d4PDF)の解析結果を用いて検討した。d2PDF/d4PDFは、気候変動シナリオの数値実験であり、過去実験、2度上昇実験、4度上昇実験が行われており、対象期間、温暖化パターン、観測不確実性を示す擾動を組み合わせた数千年分(数千ケース)の数値シミュレーションデータがある



出典：第2回愛知県海岸保全基本計画検討委員会資料

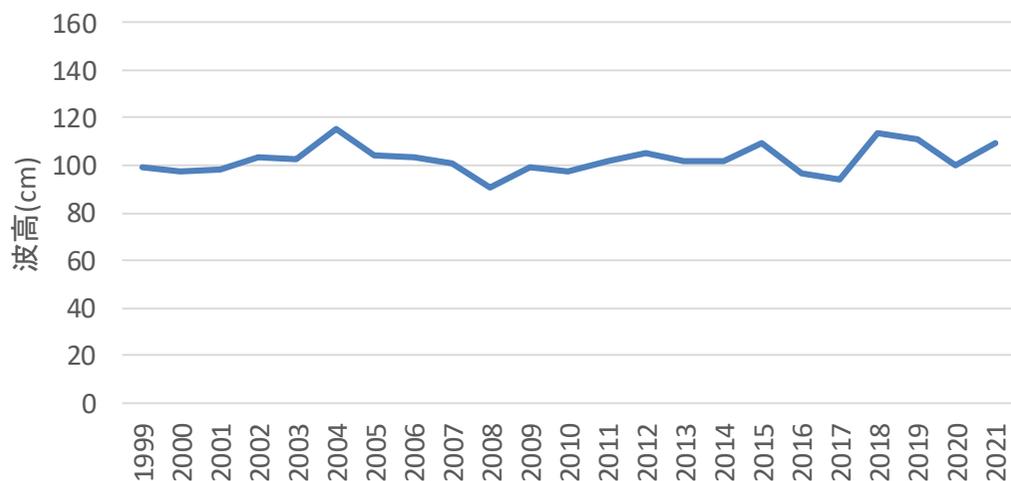
15

2. 気候変動の影響による汀線変化について

(3) 気候変動の影響条件（常時波浪）

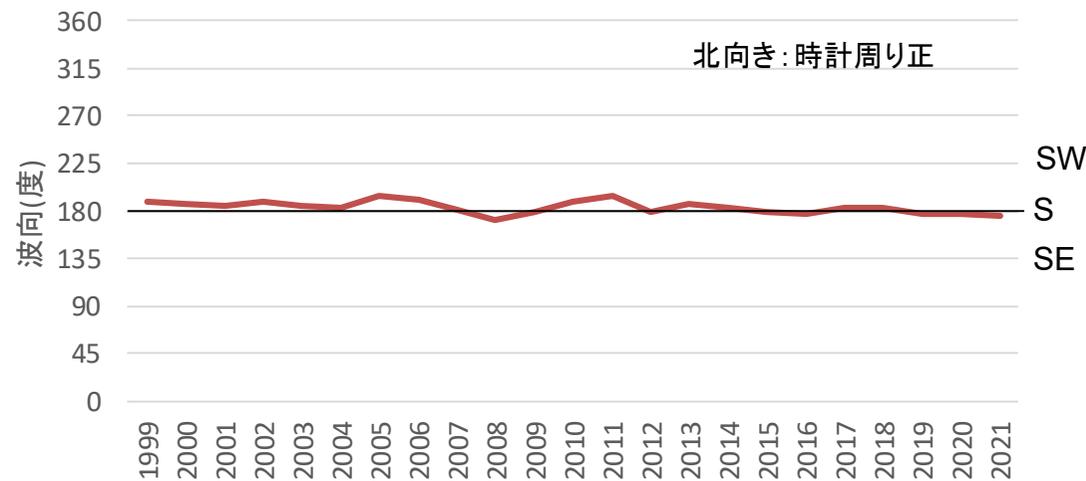
- 表浜海岸近傍で比較的長期間観測している竜洋波浪観測所（静岡県1999～2021、23年間、毎時データ）の有義波の年平均波高、年平均波向を整理し、常時波浪の気候変動の影響について確認した。
- 観測データから明確な変化の傾向を把握することはできない。
- ⇒長期的な地形変化に影響を与える波浪について、気候変動の影響による変化はないものとする。

竜洋 年平均波高

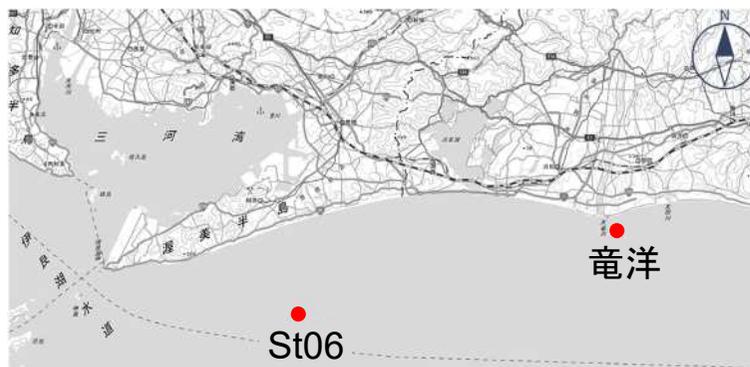


出典：海象年表

竜洋 年平均波向



出典：海象年表

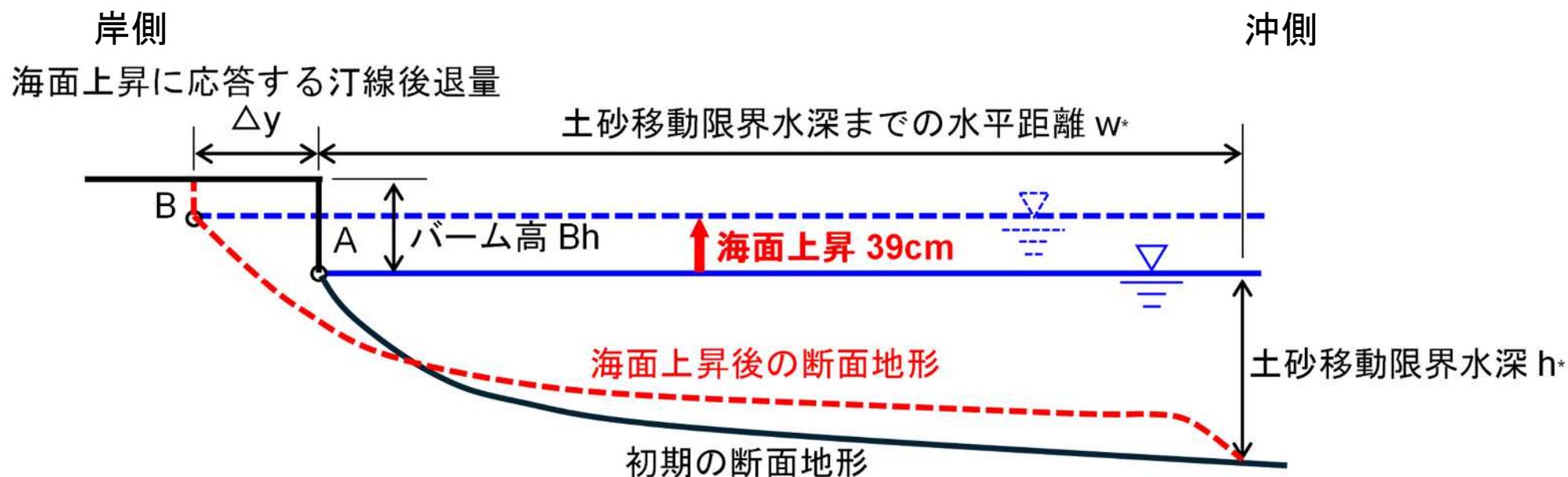


波浪観測所位置図

2. 気候変動の影響による汀線変化について

(4) Bruun則の概要

- 平均海面水位の上昇により海浜が水没する分、汀線が後退するとともに、陸側に移動した新たな平衡断面となる海浜が形成され、さらに汀線が後退する。
- Bruun則は、簡便で、検証例が存在し、現在も多くの研究で用いられている。
- ⇒このような“水没による汀線の後退”と、“海浜断面地形の変化に伴う汀線の後退”を考慮したBruun則に基づき海面上昇後の汀線後退量を推定する。



Bruun則は、岸沖方向の海浜断面形状に着目し、海面水位上昇量に応じて平衡断面形状を保つように岸沖方向の土砂移動が起こると仮定した簡易な評価方法

2. 気候変動の影響による汀線変化について

(4) Bruun則の概要

○Bruun則は次式により海面上昇による汀線後退量 Δy が算定される。



$$\frac{\Delta y}{W_*} = -S / (h_* + B_h) \quad W_* = (h_* / A)^{3/2}$$

Δy : 汀線後退量(m)

h_* : 土砂移動限界水深(m)

A : 海浜断面係数

W_* : 土砂移動限界水深までの水平距離(m)

S : 海面上昇量(m) **0.39m**

B_h : バーム高(m)

$$B_h = 0.125 \bar{H}_b^{5/8} (g \bar{T}_s^2)^{3/8}$$

\bar{H}_b : H_s に対する碎波波高(m)

H_s : 年平均有義波高の観測値の平均値(m)

T_s : 年平均有義波周期の観測値の平均値(m)

$$\frac{\bar{H}_b}{\bar{H}_s} = \frac{(\tan \alpha)^{0.2}}{(\bar{H}_s / \bar{L}_s)^{-0.25}}$$

$\tan \alpha$: 海底勾配

\bar{L}_s : 年平均有義波波長(m) $1.56 T_s^2$

(年平均有義波周期の観測値の平均)

$$h_* = 2.28 \bar{H}_m - 68.5 \left(\frac{\bar{H}_m^3}{g \bar{T}_m^3} \right)$$

\bar{H}_m : 年最大有義波高の観測値の平均(m)

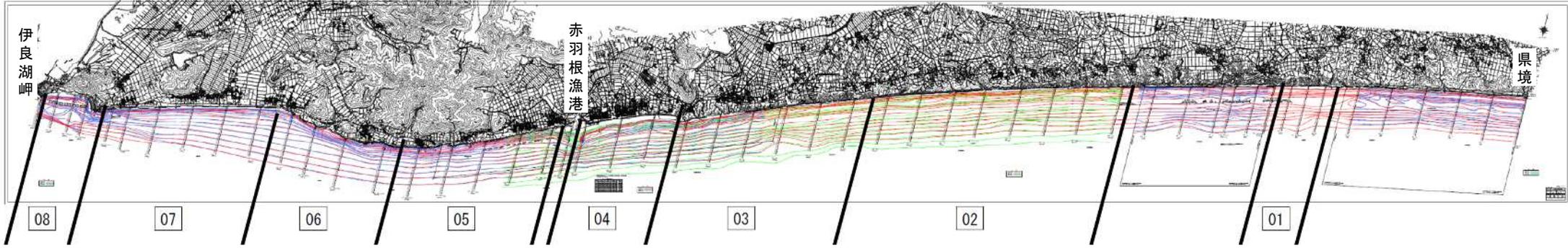
\bar{T}_m : 年最大有義波周期の観測値の平均(m)

g : 重力加速度(m/s²)

2. 気候変動の影響による汀線変化について

(5) Bruun則の計算条件

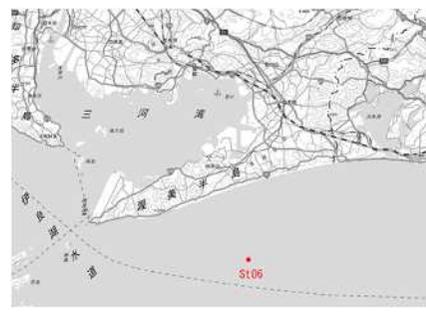
○Bruun則の計算条件を示す。海岸線の特徴、測量の実施状況を踏まえ、8箇所にて区間分割をして、区間ごとに汀線後退量を推定した。



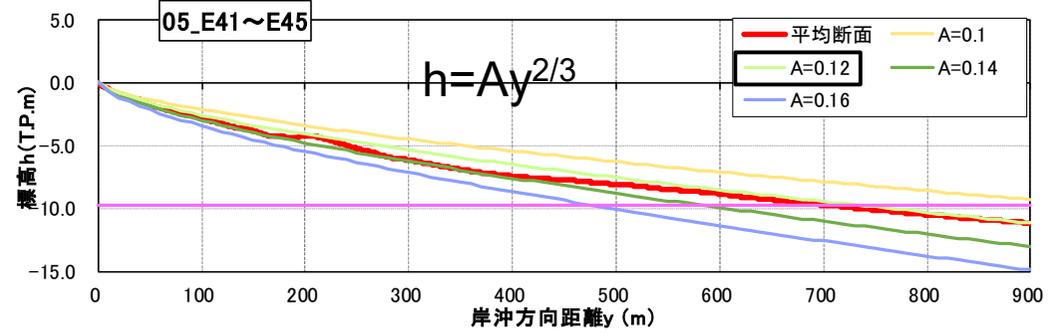
Bruun則の計算条件

項目	設定値	備考
対象範囲	表浜(県境～伊良湖岬)	
地形条件	2005(H17).2深浅測量成果より、区間毎の平均断面を設定	気候変動影響前
海底勾配	T.P.0mから土砂移動限界水深付近 T.P.-10mまでの勾配を算出	—
海浜断面係数	土砂移動限界水深付近(約T.P.-10m)で断面形状に近い値を0.02刻みで目視より区間ごとに設定	—
外力条件	年最大有義波高の平均値: 6.47m 年最大有義波周期の平均値: 12.04s	CWM(2008～2023)St.06地点 ※気象庁による全球波浪数値予報モデル及び沿岸波浪数値予報モデル
	年平均有義波高1.33m 年平均有義波の周期: 8.13s	
平均最大有義波高の変化量	0m	気候変動による将来増加なし
海面上昇量	0.39m(2度上昇)	2100年

区間	海底勾配	海浜断面係数
01	0.013	0.12
02	0.012	0.12
03	0.013	0.12
04	0.012	0.12
05	0.014	0.12
06	0.016	0.12
07	0.014	0.14
08	0.018	0.16



St06地点



海浜断面係数設定例

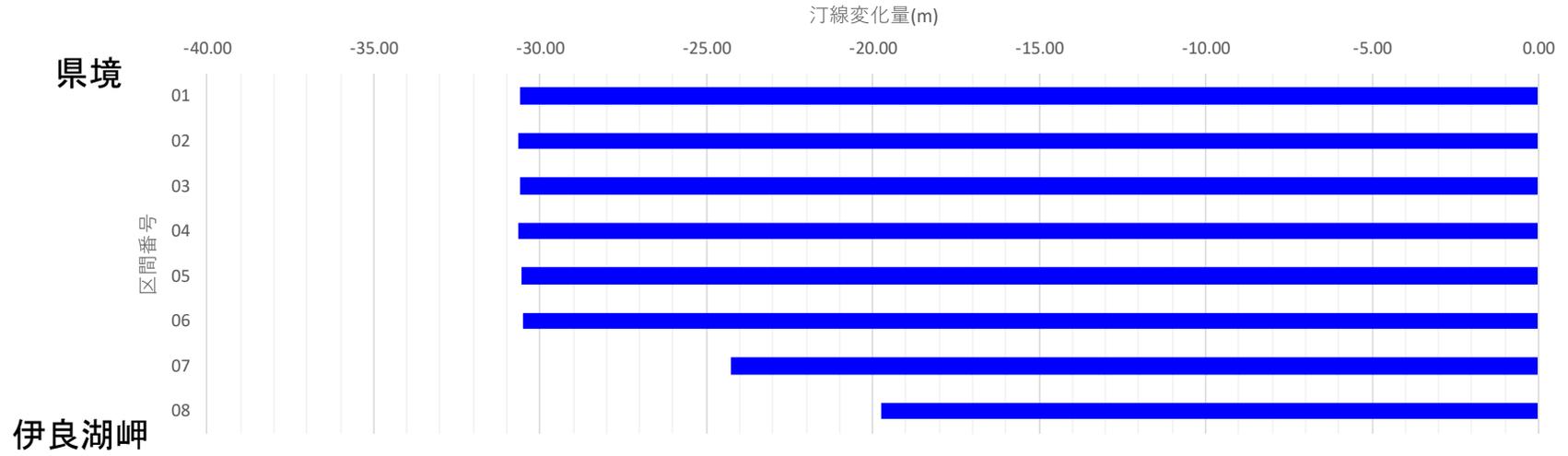
※岸沖方向の土砂量は変化しない仮定で計算

2. 気候変動の影響による汀線変化について

(6) Bruun則による汀線後退量推定結果

○Bruun則は、岸沖方向の土砂移動による影響を考慮したものである。
 ○渥美半島の西側に向かって海底勾配が急になるため、渥美半島の西側では汀線後退量は小さくなる。
 ⇒平均海面が39cm上昇することにより、20~31m程度の汀線後退量となる。

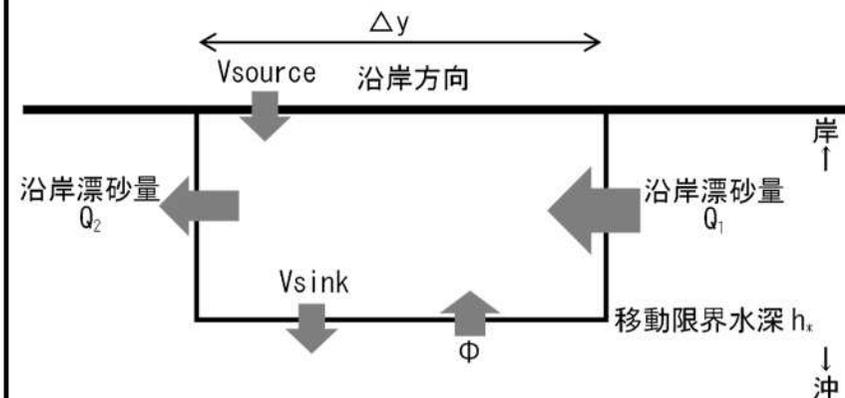
No	海底勾配 (測量)	年平均有義波	年平均有義波	変化量を考慮 した年平均有 義波高	年平均有義波	年平均有義波長	年最大有義波	年最大有義波	変化量を考慮 した年最大有 義波高	年最大有義波	Hsに対する 砕波波高	バームの高さ	移動限界水深	移動限界水深 までの距離	海浜断面係数	海面上昇量	汀線変化量 (汀線後退量)
		高の観測値の 平均値	高100年あた りの変化量 (%)		周期の観測値 の平均値		高の観測値の 平均値	高100年あた りの変化量		周期の観測値 の平均値							
	$\tan \alpha$	Hs	ΔHs	Hs	Ts	Ls	Hm	ΔHm	Hm	Tm	Hb	Bh	h*	W*	A	S	Δy
		m	m	m	s	m	m	m	m	s	m	m	m	m		m	m
01	0.013	1.33	0.00	1.33	8.13	103.11	6.56	0.00	6.56	12.04	1.66	1.94	13.83	1,236.91	0.12	0.39	-30.59
02	0.012	1.33	0.00	1.33	8.13	103.11	6.56	0.00	6.56	12.04	1.63	1.92	13.83	1,236.91	0.12	0.39	-30.63
03	0.013	1.33	0.00	1.33	8.13	103.11	6.56	0.00	6.56	12.04	1.66	1.94	13.83	1,236.91	0.12	0.39	-30.59
04	0.012	1.33	0.00	1.33	8.13	103.11	6.56	0.00	6.56	12.04	1.63	1.92	13.83	1,236.91	0.12	0.39	-30.63
05	0.014	1.33	0.00	1.33	8.13	103.11	6.56	0.00	6.56	12.04	1.68	1.96	13.83	1,236.91	0.12	0.39	-30.56
06	0.016	1.33	0.00	1.33	8.13	103.11	6.56	0.00	6.56	12.04	1.73	1.99	13.83	1,236.91	0.12	0.39	-30.49
07	0.014	1.33	0.00	1.33	8.13	103.11	6.56	0.00	6.56	12.04	1.68	1.96	13.83	981.56	0.14	0.39	-24.25
08	0.018	1.33	0.00	1.33	8.13	103.11	6.56	0.00	6.56	12.04	1.77	2.02	13.83	803.40	0.16	0.39	-19.77



2. 気候変動の影響による汀線変化について

(7) 修正Bruun則の概要

○Bruun則は、岸沖方向の土砂移動だけを対象とした海面上昇の評価手法である。一方、実際の海岸では、沿岸方向の土砂移動等様々な土砂移動によって地形が変化している。
 ⇒ Dean and Houstonによって提案されている修正Bruun則は、Bruun則では考慮していない沿岸漂砂や沖合への土砂損失、養浜等による土砂量変化を考慮できる。この修正Bruun則を使用して汀線後退量を推定する。



$$\frac{dX}{dt} = -\frac{dS}{dt} \left(\frac{W_*}{h_* + B} \right) + \frac{\phi}{(h_* + B)} - \frac{1}{L(h_* + B)} \frac{dV_{sink}}{dt} + \frac{1}{L(h_* + B)} \frac{dV_{source}}{dt} - \frac{1}{(h_* + B)} \frac{dQ}{dy}$$

X:汀線の変化量(m)

S:海面上昇量(m) 0.39m

W_{*}:土砂の移動限界水深までの水平距離(m) W_{*}=(h_{*}/A)^{3/2}

h_{*}:移動限界水深(m)

A:海浜断面係数

B:バーム高

Bruun則から追加された項目

L:海岸延長(m)

φ:移動限界水深より沖からの供給土砂量(m³)

V_{sink}:漂砂系から土砂損失量(m³) 海底谷など

V_{source}:漂砂系への土砂供給量(m³) 養浜など

dQ/dy:沿岸漂砂量の沿岸漂砂方向の変化量(m³/year/m) →表浜で考慮する項

2. 気候変動の影響による汀線変化について

(8) 修正Bruun則の計算条件

- 修正Bruun則の計算条件を示す。
- 修正Bruun則に必要な沿岸漂砂量 Q は、渡邊らの論文と同様の手法で数値計算により推定したものをを用いる。

修正Bruun則の計算条件

項目	設定値	備考
対象範囲	表浜(県境～伊良湖岬)	
地形条件	2005(H17).2深浅測量成果より、区間毎の平均断面を設定	気候変動影響前
海底勾配	T.P.0mから土砂移動限界水深付近T.P.-10mまでの勾配を算出	—
海浜断面係数	土砂移動限界水深付近(約T.P.-10m)で断面形状に近い値を0.02刻みで目視より区間ごとに設定	—
外力条件	年最大有義波高の平均値:6.47m 年最大有義波周期の平均値:12.04s 年平均有義波高1.33m 年平均有義波の周期:8.13s	CWM(2008～2023)St.06地点
平均最大有義波高の変化量	0m	気候変動による将来増加なし
海面上昇量	0.39m(2度上昇)	2100年
ϕ	0	沖からの供給なし
V_{sink}	0	漂砂系からの土砂損失量なし
V_{source}	0	養浜なし
dQ/dy	渡邊らの論文に従い波浪変形計算+沿岸漂砂量式から算定	—

b) 沿岸漂砂量の設定

九十九里波浪観測所における 2000 年～2017 年の波浪データから 16 方位毎にエネルギー平均波を求め、表-2 のとおり代表波を設定した。この代表波毎にエネルギー平衡方程式による波浪変形計算を実施したうえで小笹・Brampton の沿岸漂砂量式により沿岸漂砂量の分布を求め、各代表波の出現頻度に応じて重み付けして統合した沿岸漂砂量分布から、沿岸漂砂量の沿岸方向の変化量 dQ/dy (以下、沿岸漂砂量の勾配) を求めた。

既往論文による沿岸漂砂量 Q の算定例

出典：渡邊国広ら，相対的な海面上昇を経験した海岸における修正Bruun則による汀線変化予測，土木学会論文集B2（海岸工学）vol. 76, 2020

2. 気候変動の影響による汀線変化について

(8) 修正Bruun則の計算条件

- 沿岸漂砂量算定における計算条件を示す。
- 沿岸漂砂量算定に用いた波浪は、高波浪の頻度を踏まえ5方位を対象とした。

沿岸漂砂量 (dQ/dy) 計算条件

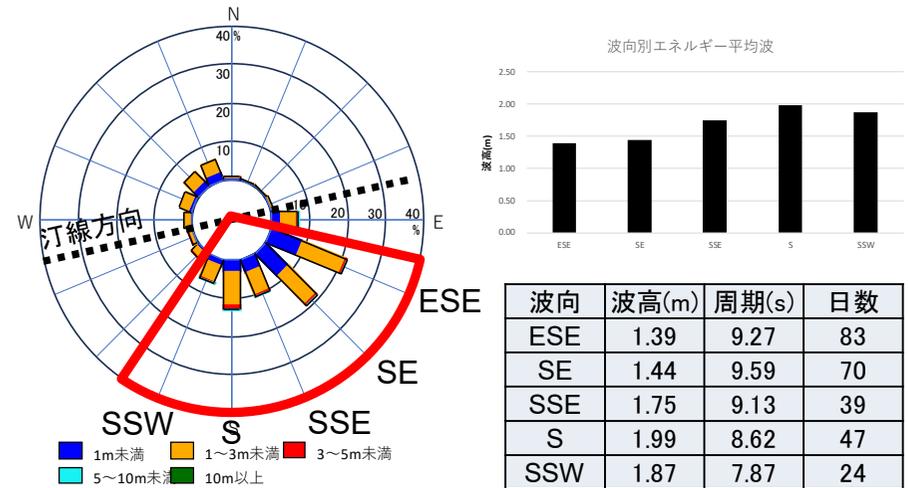
項目	条件
波浪計算手法	エネルギー平衡方程式
計算範囲	沿岸方向(x方向): 89.7km 岸沖方向(y方向): 63.0km
格子間隔	沿岸方向(Δx): 90m、岸沖方向(Δy): 90m
計算地形	高潮シミュレーション(高潮浸水想定)で使用した地形
潮位	T.P.+0.0m
波浪条件	入力波: St.06地点 CWM 波向: 5方位(ESE、SE、SSE、S、SSW)高波高3m以降の頻度が1%より多い波向を抽出 波高: 波向別エネルギー平均波、周期: 平均周期 波向別発生頻度日数 砕波波高: T.P.-5m以浅付近の波高と波向を抽出⇒平滑化
方向集中度パラメータ	10
波の方向分割数	35(Δα=5.1°、主方向を挟んで90°~90度)
波の周波数分割数	10
沿岸漂砂量式	小笹・ブランプトンの式 沿岸漂砂量係数K ₁ : 県境で約7万m ³ /年となるように設定、K ₂ =0 H19~H21の測量からT.P.-5m位置(0mと10mの平均)
海岸線地形	北向き、270m間隔⇒平滑化

小笹・ブランプトンの沿岸漂砂量算定式

$$I_l = \frac{1}{8} \rho g H_b^2 C_{gb} \left[K_1 \sin \theta_b \cos \theta_b - \frac{K_2}{\tan \beta} \frac{\partial H_b}{\partial x} \cos \theta_b \right]$$

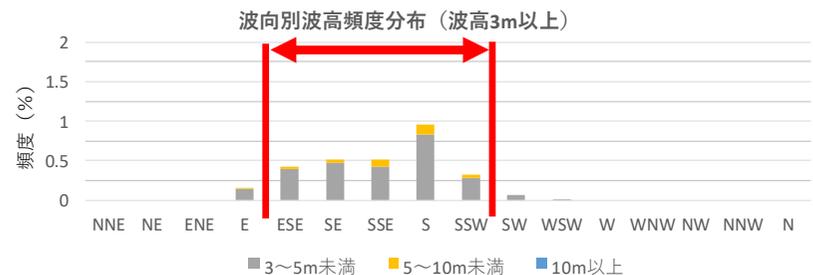
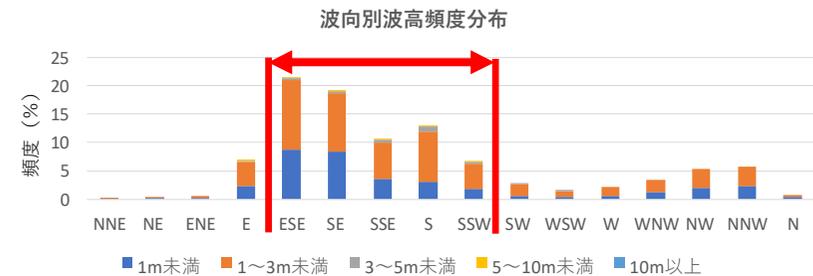
ここで、

- I_l: 沿岸漂砂量
- K₁、K₂: 係数 (K₁: 沿岸漂砂量係数、K₂: 小笹・ブランプトンの係数)
- ρ: 海水密度 (=1.03)
- g: 重力加速度(=9.8)
- H_b: 砕波波高
- (C_g)_b: 砕波点(砕波波高)における群速度
- θ_b: 砕波点における波向
- tanβ: 海底勾配



波向	波高(m)	周期(s)	日数
ESE	1.39	9.27	83
SE	1.44	9.59	70
SSE	1.75	9.13	39
S	1.99	8.62	47
SSW	1.87	7.87	24

波向別波速階級別頻度分布図(全年)



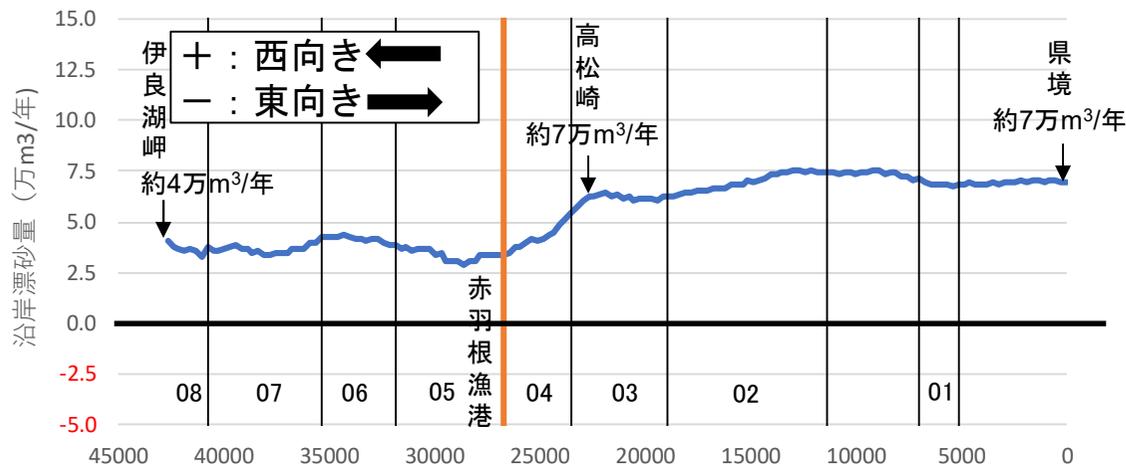
波浪条件 (CWM St06地点)

2. 気候変動の影響による汀線変化について

(8) 修正Bruun則の計算条件：沿岸漂砂量算定結果

○修正Bruun則に用いる沿岸漂砂量の算定結果を示す。
 ⇒県境で約7万 m^3 /年とすると、高松崎で約7万 m^3 /年、伊良湖岬で約4万 m^3 /年となる。県境における約7万 m^3 /年を基準としているため既往論文より若干小さい値となっているが同様の沿岸漂砂量分布となっている。

沿岸漂砂量 算定結果



m^3 /yrとなった。これより、伊良湖岬を北側に回り込んだ沿岸漂砂量は7.4万 m^3 /yrと推定された。一方、伊良湖港周辺の1956年当時の深淺図から読み取った波による地形変化の限界水深6 mを与えて $Q = 780hc^{3/2}$ なる関係⁹⁾から沿岸漂砂量を算定したところ、漂砂量は6.9万 m^3 /yrとなり、地質学的時間スケールで推定された沿岸漂砂量が工学的時間スケールでの沿岸漂砂量とほぼ一致することが分かった。しかし近年では、赤羽根漁港や伊良湖港での防波堤の建設に伴い沿岸漂砂の連続性が失われ、構造物の下手側で侵食が進む状況に変わった。漂砂の連続性が失われた場所では侵食が進んでいるが、そこから下手側に離れた場所、例えば三河福江港では現状でも過去と同様の沿岸漂砂による地形変化が発生し堆積が続いている。

出典：宇多ら，鋭角状に曲がった海岸線を有する伊良湖岬における漂砂量の変遷，土木学会論文集B3(海岸開発) vol.78, No.2 149-154, 2022

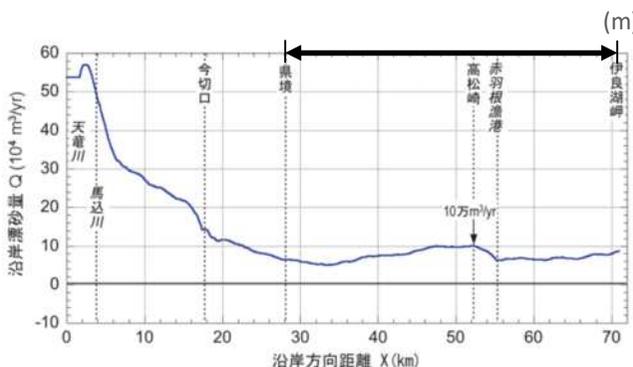


図-8 天竜川河口～伊良湖岬間の沿岸漂砂量分布 (1946～1965年)

4. 天竜川河口～伊良湖岬間での沿岸漂砂量分布

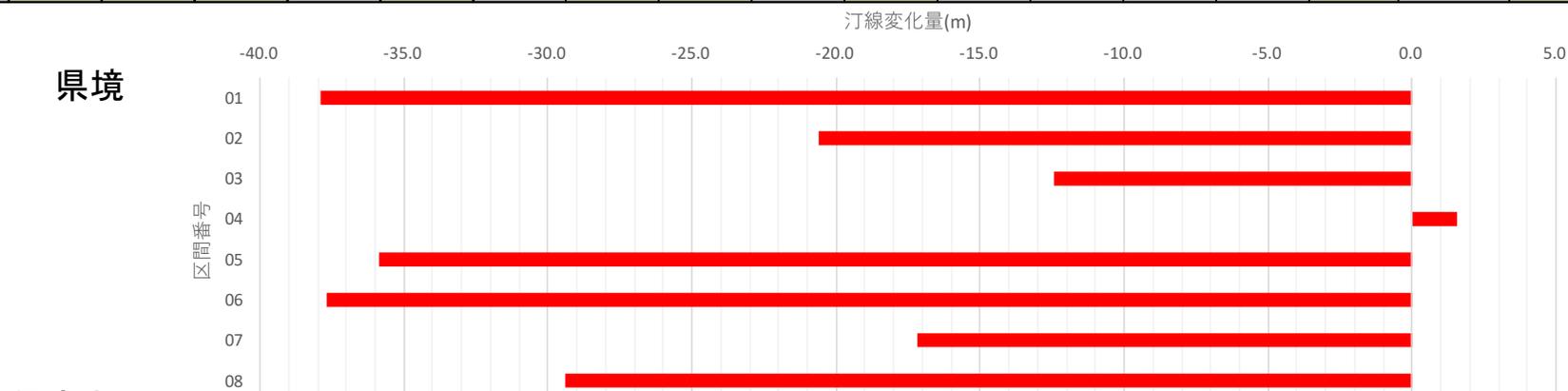
空中写真より定めた汀線変化量から、天竜川河口～伊良湖岬間での沿岸漂砂量分布を求めた。まず、図-3の汀線変化より、1946～1965年当時の沿岸漂砂量分布を求めた。高松崎での西向き沿岸漂砂量は、赤羽根漁港の防波堤延伸に伴う高松崎～赤羽根漁港間での堆砂量の変化より、上述のように約10万 m^3 /yrと求められている。そこで、1946～1965年の汀線変化量に漂砂の移動高を乗じて

2. 気候変動の影響による汀線変化について

(9) 修正Bruun則による汀線後退量推定結果

- 沿岸漂砂量式による移動限界水深内の海浜全体の土砂を対象とした場合の汀線変化量となる。
- 本検討で算定した沿岸漂砂量には時間の概念がないため、沖合施設によって堆積・侵食が生ずる時間的な汀線変化は考慮できていない。
- 「04区間: 赤羽根漁港東側」では、海面上昇後も汀線は維持される。
- ⇒沿岸漂砂量の分布形状によりバラつきがあるが、最大で約38m、平均で約24mの汀線後退となる。

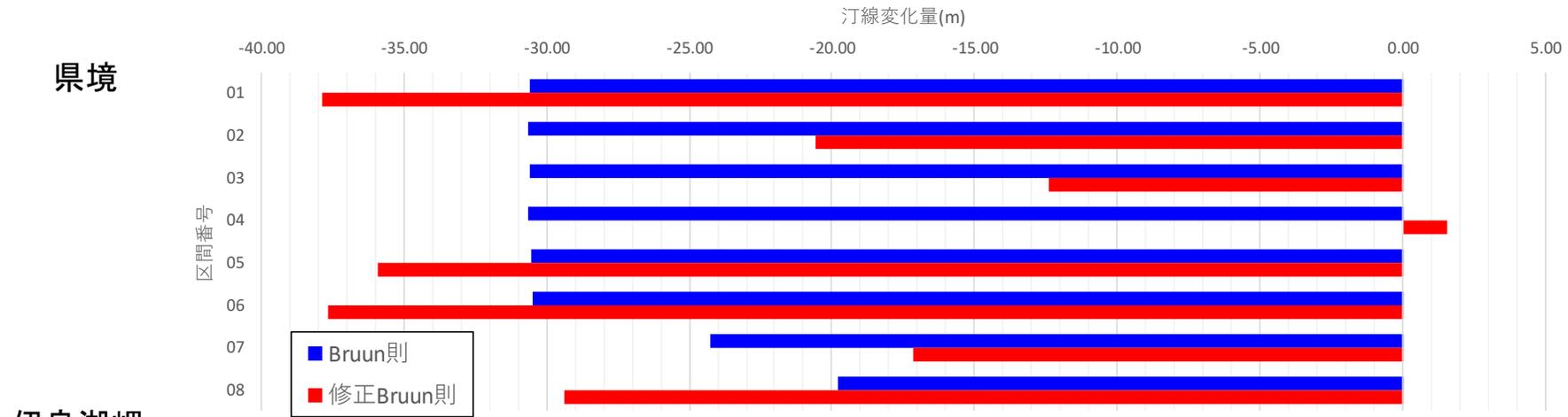
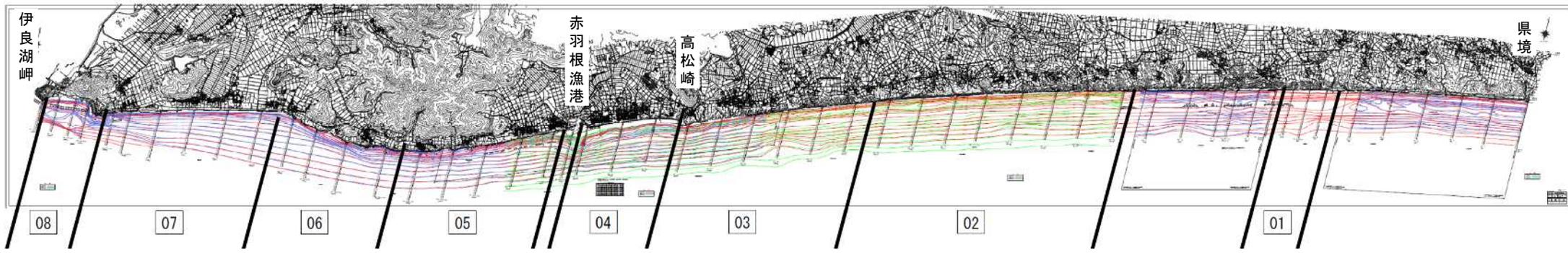
No	海底勾配 (測量)	年平均有義波高の観測値の平均値	年平均有義波高100年あたりの変化量(%)	変化量を考慮した年平均有義波高	年平均有義波周期の観測値の平均値	年平均有義波長	年最大有義波高の観測値の平均値	年最大有義波高100年あたりの変化量	変化量を考慮した年最大有義波高	年最大有義波周期の観測値の平均値	Hsに対する碎波波高	バームの高さ	移動限界水深	移動限界水深までの距離	海浜断面係数	年海面水位上昇量	年土砂移動量	汀線変化量(汀線後退量)	2100年の汀線変化量(汀線後退量)
	$\tan \alpha$	Hs	ΔHs	Hs	Ts	Ls	Hm	ΔHm	Hm	Tm	Hb	Bh	h*	W*	A	dS/dt	dQ/dy	dX/dt	
		m	m	m	s	m	m	m	m	s	m	m	m	m		m/年	m ³ /年/m	m/年	m
01	0.013	1.33	0.00	1.33	8.13	103.11	6.56	0.00	6.56	12.04	1.66	1.94	13.83	1,236.91	0.12	0.0039	-1.15	-0.4	-37.9
02	0.012	1.33	0.00	1.33	8.13	103.11	6.56	0.00	6.56	12.04	1.63	1.92	13.83	1,236.91	0.12	0.0039	1.58	-0.2	-20.6
03	0.013	1.33	0.00	1.33	8.13	103.11	6.56	0.00	6.56	12.04	1.66	1.94	13.83	1,236.91	0.12	0.0039	2.86	-0.1	-12.4
04	0.012	1.33	0.00	1.33	8.13	103.11	6.56	0.00	6.56	12.04	1.63	1.92	13.83	1,236.91	0.12	0.0039	5.07	0.0	1.5
05	0.014	1.33	0.00	1.33	8.13	103.11	6.56	0.00	6.56	12.04	1.68	1.96	13.83	1,236.91	0.12	0.0039	-0.84	-0.4	-35.9
06	0.016	1.33	0.00	1.33	8.13	103.11	6.56	0.00	6.56	12.04	1.73	1.99	13.83	1,236.91	0.12	0.0039	-1.14	-0.4	-37.7
07	0.014	1.33	0.00	1.33	8.13	103.11	6.56	0.00	6.56	12.04	1.68	1.96	13.83	981.56	0.14	0.0039	1.12	-0.2	-17.2
08	0.018	1.33	0.00	1.33	8.13	103.11	6.56	0.00	6.56	12.04	1.77	2.02	13.83	803.40	0.16	0.0039	-1.52	-0.3	-29.4



2. 気候変動の影響による汀線変化について

(10) Bruun則、修正Bruun則による汀線後退量まとめ

- Bruun則、修正Bruun則による推定結果を示す。Bruun則は岸沖方向の土砂移動のみ、修正Bruun則は岸沖方向の土砂移動に加え沿岸漂砂量を考慮した結果となる。
- 沿岸漂砂量の分布により堆積傾向となる区間はBruun則よりも修正Bruun則の方が汀線後退量が小さくなるが、侵食傾向となる区間はBruun則よりも修正Bruun則の方が汀線後退量が大きくなる。
- ⇒最大を想定すると約38m程度の汀線後退量、修正Bruun則の平均で見ると約24mの汀線後退量となる。



2. 気候変動の影響による汀線変化について

(11) 気候変動の影響による汀線変化のまとめ

○Bruun則、修正Bruun則の結果から気候変動に伴う平均海面上昇の影響により、汀線が後退する傾向を把握した。特に侵食傾向となる区間においては汀線後退量が大きくなる傾向にある。
⇒ 今後は汀線後退量について定量的に評価していく必要がある。

【今回の数値計算による沿岸漂砂量解析から見た課題】

- 過去や将来の時間的な地形変化に伴う沿岸漂砂量の変化については考慮されていない。
- そのため、沖合施設の上手側で堆積傾向、下手側で侵食傾向といった効果・影響については適切に評価できていない。
- 近年は、侵食の顕在化に伴い対策した潜堤再配置周辺に着目した深浅測量を実施していた。
- そのため、表浜海岸全体を対象としたバーム高から波による地形変化の限界水深までの断面変化を捕らえるモニタリング（深浅測量）が不足しており、実態による土砂収支・沿岸漂砂量が把握できていないため、沿岸漂砂量算定結果の妥当性が検証されていない。



気候変動による海面上昇の影響を評価し、対応していくためには、モニタリングによる表浜海岸全体の土砂収支・沿岸漂砂量の把握、長期的な予測モデルによる地形変化予測が重要

3. 将来の気候変動を踏まえた海岸 保全のあり方について

3. 将来の気候変動を踏まえた海岸保全のあり方について

(1) これからの海岸保全のあり方

○海浜地形の予測は現状においても不確実性が大きく、将来の気候変動の影響により更に不確実性が増していくことから、モニタリングを行いながら、予測の不確実性を見込みつつ、順応的な対応を一層強化する必要がある。

⇒ 30～50年先を見据えた「予測を重視した順応的砂浜管理」を目指していく。
モニタリングの充実、予測モデル(等深線変化モデル等)を構築し、信頼度を高めていく。

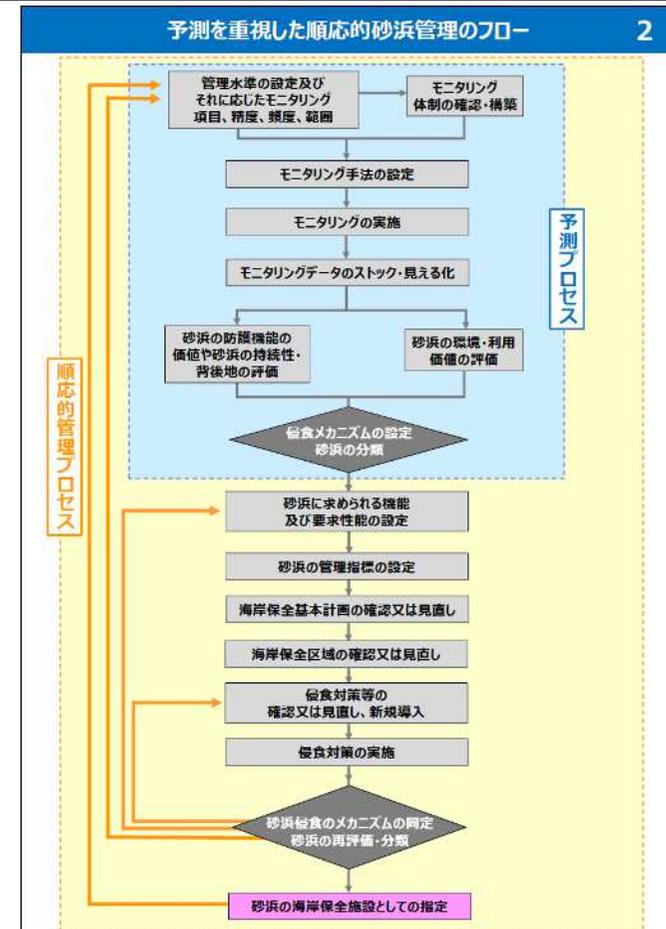
4. 砂浜の管理の基本方針

我が国の砂浜は長大であり、国土保全の観点で重要であるだけでなく、貴重な自然環境や景観を構成し、観光資源や地域の生活を支える場としても重要である。これまで海岸管理者や研究者等の弛まぬ努力によって、侵食対策技術が蓄積され、侵食対策事業により砂浜の保全・回復が一定程度図られてきたところである。

しかし、これまでの後追的な対策では、結果として侵食対策にはコストと時間を要したり、対策後も砂浜が回復しない場合があるなどの課題が明らかになってきており、より早期の対策着手が求められる。また、砂浜の侵食の原因は様々な要因が複雑に絡み合っており、それぞれの海岸で侵食メカニズムも必要な対応も異なる。このため、早期の対策着手のためには、モニタリングを行いながら、予測の不確実性を見込みつつ、順応的な対応を一層強化する必要がある。

海岸の保全のための基本的な理念である「美しく、安全で、いきいきした海岸」を次世代へ継承するためには、これまでの後追的な砂浜管理だけではなく、日本国土全体を俯瞰するとともに、流砂系・漂砂系の視点を持って「予測を重視した順応的砂浜管理」の展開を図るべきである。

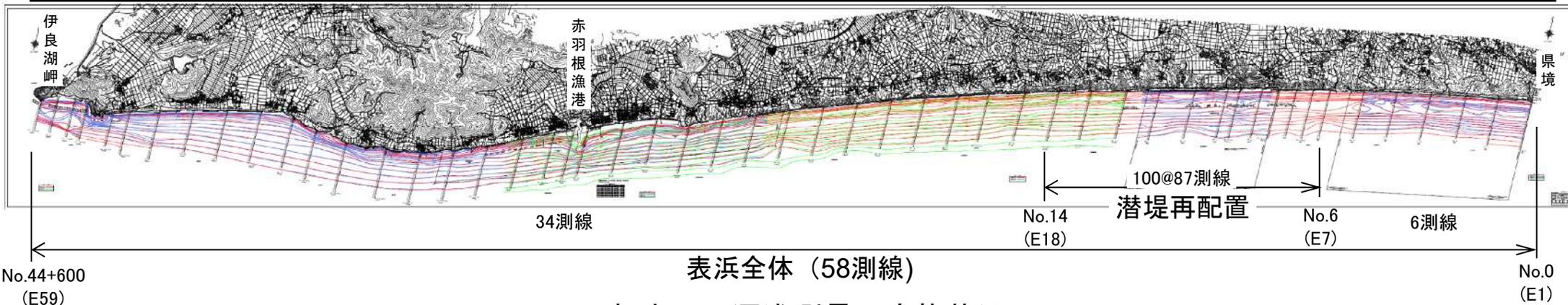
具体的には、防護・環境・利用の観点からそれぞれの砂浜の必要幅を示すとともに、日本のすべての砂浜の状態を定期的に確認する「健診的なモニタリング(砂浜の健康診断)」により、継続的に変化を把握し、必要な砂浜幅の確保ができないおそれが事前に検知された時点で対策に着手すべきである。



3. 将来の気候変動を踏まえた海岸保全のあり方について 愛知県

(2) モニタリングの充実（深浅測量）

- 表浜全体の深浅測量は、平成9年度から平成20年度まで、毎年50測線前後、測線間隔400～1200mで実施していたが、近年は実施していない。
 - 近年は潜堤再配置周辺のNo.6～No.14を100m間隔で半分ずつ2年1回の頻度で実施している。
 - 今後は、表浜全体の土砂収支・沿岸漂砂量の把握、予測モデルの構築、信頼度を高めることを目的としてモニタリングの充実を図る必要がある。
 - 潜堤の再配置は完了したばかりであるため、効果・影響を適切に把握し、今後の侵食対策に反映していく必要がある。
- ⇒表浜全体を対象として、現状の岸沖範囲、測線間隔、頻度等の課題を踏まえ、深浅測量を継続的に実施していく。



これまでの深浅測量の実施状況

項目		実施状況	
深浅測量	測線数 頻度	潜堤再配置	87測線(100m間隔)、2年に1回半分ずつ
		表浜全体(再配置除く)	50測線前後(400～1200m間隔)、H9～H20まで毎年 (ただし、表浜全体の測量は15年以上実施されていない)
	岸沖範囲	護岸(T.P.+6m付近)～T.P.-12～14m	

3. 将来の気候変動を踏まえた海岸保全のあり方について 愛知県

(2) モニタリングの充実（深浅測量）

- 測量範囲は「波による地形変化の限界水深 h_c 」まで実施することが望ましい。
- 「渥美半島表浜海岸保全対策検討会」において、これまで「波による地形変化の限界水深 h_c 」について厳密に議論はされていない。
- ⇒現状得られている知見を参考にT.P.-15mまでを対象として測量を実施し「波による地形変化の限界水深 h_c 」を把握する。把握後は、「波による地形変化の限界水深 h_c 」までを対象に測量範囲を変更していく。

Bruun則で用いた一般式による土砂移動限界水深：13.8m

$$h_* = 2.28\bar{H}_m - 68.5 \left(\frac{\bar{H}_m^3}{g\bar{T}_m^3} \right)$$

出典：須川・有働・三村・真野，海面上昇に伴う全国砂浜侵食量の推定，土木学会論文集B2(海岸工学)Vol.67, No2, 2011

現状の深浅測量は、概ねT.P.-12~14mまで実施されている。

既往文献から見た周辺海岸の波による地形変化の限界水深 h_c ：10~13m

表 6.2.1 波による地形変化の限界水深の一覧（著者による）

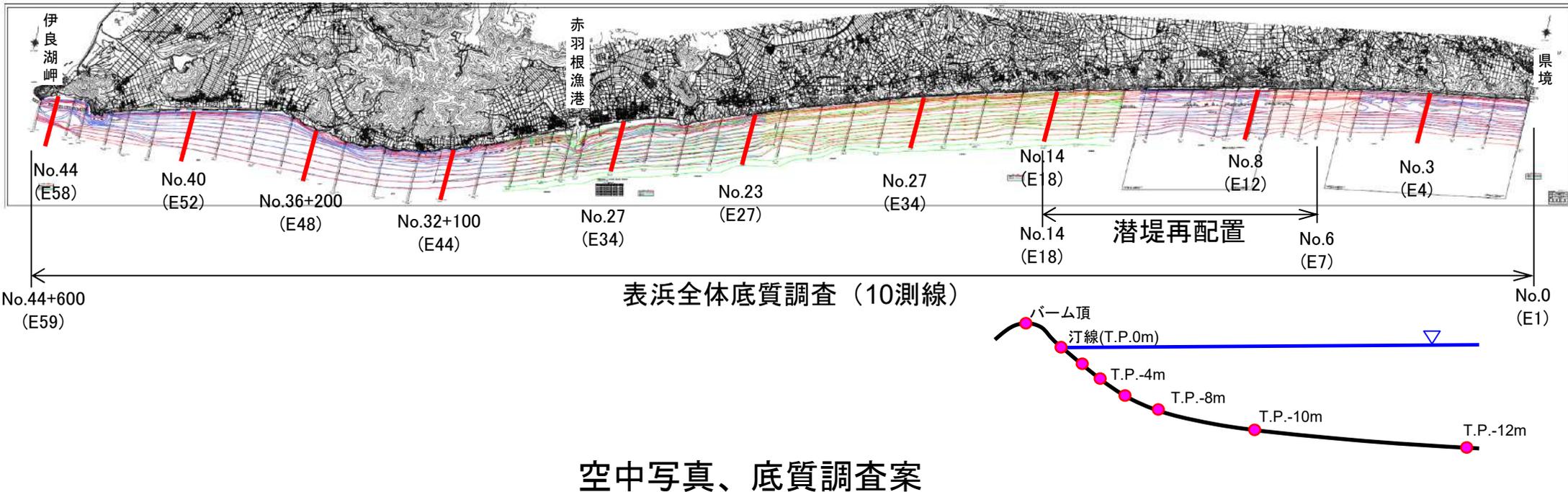
節番号	名称	液による地形変化の限界水深： h_c (m)	判断の基礎となる図	節番号	名称	液による地形変化の限界水深： h_c (m)	判断の基礎となる図
3.1.1	北海道野付岬標準海岸	4	図3.1.9	3.5.5	静岡県駿河海岸	8	図3.5.75
3.1.2	北海道日高海岸	6	図3.1.17	3.5.6	静岡県相良片浜海岸	3	図3.5.85
3.2.1	青森県青森海岸	2	図3.2.3	3.5.7	静岡県竜洋海岸	10	図3.5.101
3.2.2	青森県三沢海岸	8	図3.2.12	3.5.8	静岡県浜名湖今切口裏辺	13	図3.5.110, 112
3.2.3	宮城県石巻沿岸	8	図3.2.17	3.5.10	三重県鈴鹿川河口部	2.5	図3.5.125
3.2.4	福島県北部～宮城県南部沿岸	9	図3.2.28	3.5.11	三重県御座海岸	1.7	図3.5.132
3.2.5	宮城県仙台湾沿岸	8	図3.2.36	3.5.12	三重県七里御浜海岸	10	図3.5.141
3.2.6	秋田県能代沿岸	14↑	図3.2.47	3.6.1	京都府浅茂川海岸	5	図3.6.9
3.2.7	山形県沿岸	15↑	図3.2.58, 59	3.6.3	兵庫県東播磨海岸	1.5 (江井ヶ島) 1.5 (谷八木)	図3.6.24 図3.6.29
3.3.2	茨城県神岡上海岸	9	図3.3.14	3.6.4	兵庫県淡路島内田海岸	4.5	図3.6.44
3.3.4	茨城県鹿島灘沿岸	8	図3.3.40	3.7.1	鳥取県岩美海岸	10	図3.7.4~9
3.3.6	千葉県富津岬	2~3	推定値	3.7.2	鳥取県鳥取海岸	14	図3.7.22
3.3.7	神奈川県湘南・西湘海岸	7	図3.3.73	3.7.3	鳥取県岩生海岸	8	図3.7.27
3.4.1	新潟県神林海岸	7	図3.4.7	3.7.4	鳥取県岩谷川河口部	6	図3.7.39
3.4.2	新潟県新潟海岸	8	図3.4.11, 16	3.7.6	山口県八ヶ浜海岸	5.5	図3.7.50
3.4.4	新潟県柏崎港～荒浜海岸	11	図3.4.35	3.8.1	徳島県吉野川河口～龍津橋	7	図3.8.4
3.4.5	新潟県直江津海岸	8	図3.4.39~45	3.8.2	徳島県今津坂野海岸	7	図3.8.6
3.4.6	新潟県糸魚川・青海海岸	8		3.8.3	高知県高知海岸 (物部川河口～浦戸湾)	11	図3.8.11
3.4.7	新潟県鯉不知海岸	9	図3.4.63	3.8.4	高知県高知海岸 (仁淀川河口～桂浜)	10	図3.8.22
3.4.8	新潟県市振海岸	9	図3.4.71	3.9.1	大分県黒島海岸	2	図3.9.3
3.4.9	富山県境海岸	8	図3.4.79	3.9.2	宮崎県宮崎海岸	10	図3.9.11, 12
3.4.10	富山県下新川海岸	9	図3.4.89	4.1	茨城県瀧沼積炭島	0.7	図4.1.6
3.5.1	静岡県蒲原海岸	10	図3.5.7	4.2	茨城県霞ヶ浦浮島地区	0.5 (浮島1号) 0.5 (浮島2号)	図4.2.4 図4.2.9
3.5.2	静岡県富士川河口部	8	図3.5.16	4.3	滋賀県琵琶湖田野洲川河口部	1.2	図4.3.5
3.5.3	静岡県富士海岸	12	図3.5.24	4.4	島根県宍道湖島々崎砂州	0.5	図4.4.4
3.5.4	静岡県静岡・清水沿岸	7 (静岡) 7 (清水)	図3.5.39~41 図3.5.53~54				

出典：日本の海岸侵食

3. 将来の気候変動を踏まえた海岸保全のあり方について 愛知県

(2) モニタリングの充実（空中写真、底質調査）

- 空中写真は、近年2年に1回の頻度で撮影している。
 - 底質調査(粒度分析)は、H18年以降部分的に数回汀線付近を対象に実施しているが、水深方向では実施されていない。
- ⇒表浜全体を対象として以下に示す案をもとに空中写真撮影、底質調査(粒度分析)を実施していく。



空中写真、底質調査案

項目		案1	案2
空中写真		2年に1回(表浜全域)	3~5年に1回(表浜全域)
底質調査 (粒度分析:ふるい分け試験)	頻度	5年に1回	5~10年に1回
	測線	表浜全域対象:10測線	
	岸沖範囲	バーム頂(T.P.+2m程度)~T.P.-12m、2m間隔(8箇所)	

(2) モニタリングの充実（新技術）

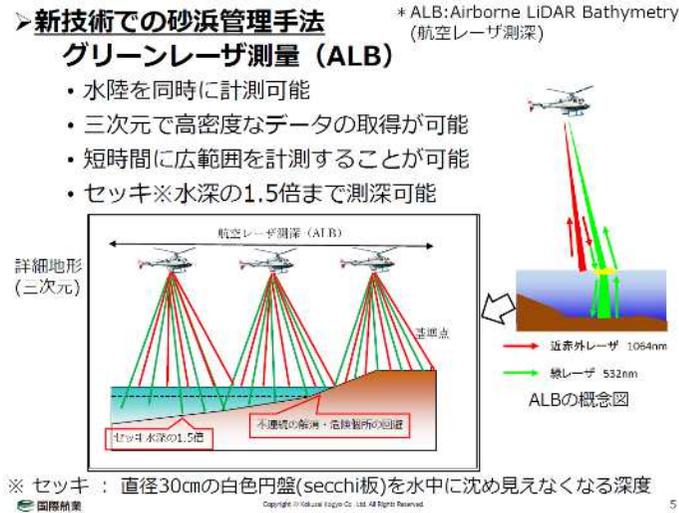
- 近年は、これまでの深淺測量、空中写真に加え新しいモニタリング方法も開発されている。
- 高波浪時に問題となる岸沖漂砂による急激な侵食に対しても、機動的なモニタリングを充実して実態を把握していく必要がある。
- ⇒表浜においても、深淺測量、空中写真に加え、可能な範囲で近年の新しいモニタリング方法も積極的に活用していく。

- ・ CCTV(海岸監視カメラ)
 - ・ UAV(ドローン)
 - ・ グリーンレーザー等面的測量
 - ・ 人工衛星画像
 - ・ 漁船ビックデータ
- 等々



UAVを用いた空中写真による三次元点群測量

出典：i-Construction説明会測量・設計に関する説明資料、国土交通省



出典：海岸維持管理及び藻場判読の試行



CCTV 豊橋市表浜海岸ライブカメラ



人工衛星画像の例

出典：<https://gsrt.digiarc.aist.go.jp/landbrowser/>

3. 将来の気候変動を踏まえた海岸保全のあり方について 愛知県

(3) 予測モデル（等深線変化モデル等）の構築・信頼度の向上及び侵食対策

○「予測を重視した順応的砂浜管理」、「侵食対策」の検討をしていくためには、長期的な砂浜地形変化の予測が必要となる。

⇒気候変動の影響を考慮した表浜全体を対象とした予測モデル(等深線変化モデル等)を構築する。モニタリングを行いながら、予測モデルの信頼度を高め侵食対策を進めていく。

表浜における予測モデルの構築・信頼度向上への取組み及び侵食対策

①沿岸漂砂上手側となる静岡県と協議・連携を図り、最新の知見・論文等を参考に気候変動の影響を考慮した予測モデル※を構築

※気候変動影響の考慮方法の違いが長期海岸予測に与える影響：土木学会論文集B2（海岸工学）、Vol. 78、No. 2、I_997-I_1002、2022
平衡海浜断面の考え方を導入した等深線変化モデル

②将来の予測結果や、予測結果に基づいた侵食対策、防護の考え方見直しを含めて表浜検討会等で協議

③必要に応じて侵食対策を実施

④モニタリング結果を踏まえて予測モデルの信頼度を高めていき、侵食対策の見直し等

モニタリングの
継続的な実施

上記①～④について、渥美半島表浜海岸保全対策検討会で検討し、取組む

3. 将来の気候変動を踏まえた海岸保全のあり方について 愛知県

(4) 第13回渥美半島表浜海岸保全対策検討会に向けて

○気候変動に対応した侵食対策の検討

- ・ Bruun則、修正Bruun則による汀線後退量の推定結果を踏まえた必要浜幅及び対策
- ・ 沖合施設のブロック質量等

○第12回、第13回渥美半島表浜海岸保全対策検討会での議論を踏まえて、遠州灘沿岸海岸保全基本計画における将来の気候変動を踏まえた海岸保全のあり方を示す必要がある。

⇒以下の内容を記載していく予定

- ・ 予測を重視した順応的砂浜管理
- ・ 気候変動に関する常に最新の知見を取り込み、継続的に対応方針を更新していく仕組みや体制を構築

遠州灘沿岸海岸保全基本計画において記載を想定している具体的な取り組み内容

項目	記載する内容	備考
モニタリングの充実	測量、底質等の具体的な方法 継続的な実施と蓄積	頻度、位置、範囲 少なくとも10年間等評価時期
表浜全域を対象とした長期的な予測の実施	気候変動の影響を考慮した予測モデルの構築	—
侵食対策	当面の目標と侵食対策 (サンドバイパス、サンドリサイクル、海食崖の評価)	当面の目標浜幅20mの確保 大まかなスケジュール

検討委員会等のスケジュール(案)

準備会(技術部会)① 2023/2/22	<ul style="list-style-type: none"> ・計画変更が必要となった経緯 ・現行計画の防護目標、気候変動を踏まえた技術的検討方針
検討委員会① 2023/3/30	<ul style="list-style-type: none"> ・計画変更が必要となった経緯 ・具体的な変更の方向性
技術部会② 2023/9/8	<ul style="list-style-type: none"> ・現状外力の算定結果 ・将来外力の試算結果
渥美半島表浜海岸保全対策 検討会① 2023/12/14	<ul style="list-style-type: none"> ・渥美半島(表浜)における整備等の状況 ・モニタリング等の報告
技術部会③ 2024/1/18	<ul style="list-style-type: none"> ・将来外力の算定結果 ・気候変動前後の必要堤防高の評価
検討委員会② 2024/2/16	<ul style="list-style-type: none"> ・現状外力、将来外力の算定結果 ・気候変動後の必要堤防高の評価
渥美半島表浜海岸保全対策 検討会② 2024/7/25	<ul style="list-style-type: none"> ・気候変動の影響による汀線変化について ・将来の気候変動を踏まえた海岸保全のあり方について
技術部会④ 2024/9/27(予定)	<ul style="list-style-type: none"> ・気候変動前後の必要天端高の評価 ・施設整備目標の設定
渥美半島表浜海岸保全対策 検討会③	<ul style="list-style-type: none"> ・モニタリングについて ・侵食対策等の計画変更に向けた事項
検討委員会③	<ul style="list-style-type: none"> ・変更計画(原案)の作成

検討、調整の状況により開催時期、回数の変更があります。