

# 第3回三保松原白砂青松保全技術会議 説明資料

平成26年11月20日

静岡県



# Ⅰ. これまでの検討経緯

1. 基本理念と対応方針
2. 工法の検討経緯と本年度の検討項目
3. 関係諸計画の検討状況



## (1) 目指すべき海岸の姿

**基本理念** 「背後地の防護」と「芸術の源泉にふさわしい景観」の両立

### 【防護】

現在の防護水準を確保

50年に1回発生する規模の波浪や想定される津波から背後地を防護するとともに、構成資産に対して致命的な影響を及ぼさないよう努める。

### 【景観】

絵画などに描かれた景観を回復

世界文化遺産構成資産および国の名勝としての本質的価値である「富士山、松林、砂浜、海」の組み合わせにより景観を構成する



歌川広重 富士三十六景



昭和30年代の絵葉書



和田英作 松原富士(昭和29年)

## (2) 景観改善の基本方針

**方針1** 必要な防護機能を確保する。

**方針2** 防護施設は極力見えない構造とする。

**方針3** 必要な砂浜幅を確保するとともに、汀線形状は極力滑らかにする。

**方針4** 漁業やアカウミガメの産卵など、「利用」や「環境」に十分配慮する。

**方針5** 段階的な整備と、モニタリングを踏まえた順応的な修正をおこなう。

## (3) 対応方針

1

将来的に構造物に頼らない海岸を実現するため、常に土砂供給の連続性を確保するよう努める。

2

砂浜が自然回復するまでの間、景観的に配慮した最低限の施設により、砂浜を保全する。

### (1) 短期対策として、1号、2号消波堤をL型突堤に置き換える

- ・ サンドリサイクル量は5万m<sup>3</sup>を基本とする。
- ・ 突堤長さを含めた施設諸元等については、詳細検討により決定する。
- ・ 初期養浜等により景観改善目標を早期に達成できるよう努める。

### (2) 中期対策として、3号、4号消波堤をL型突堤に置き換える

- ・ 対策の可否を含め、詳細は短期対策完了後に改めて検討する。

3

海浜変形状況などのモニタリング結果を踏まえた順応的な見直しにより、常に計画の最適化に努める。

- ・ 養浜量や施設構造などを、海浜変形状況に応じて随時見直す。

4

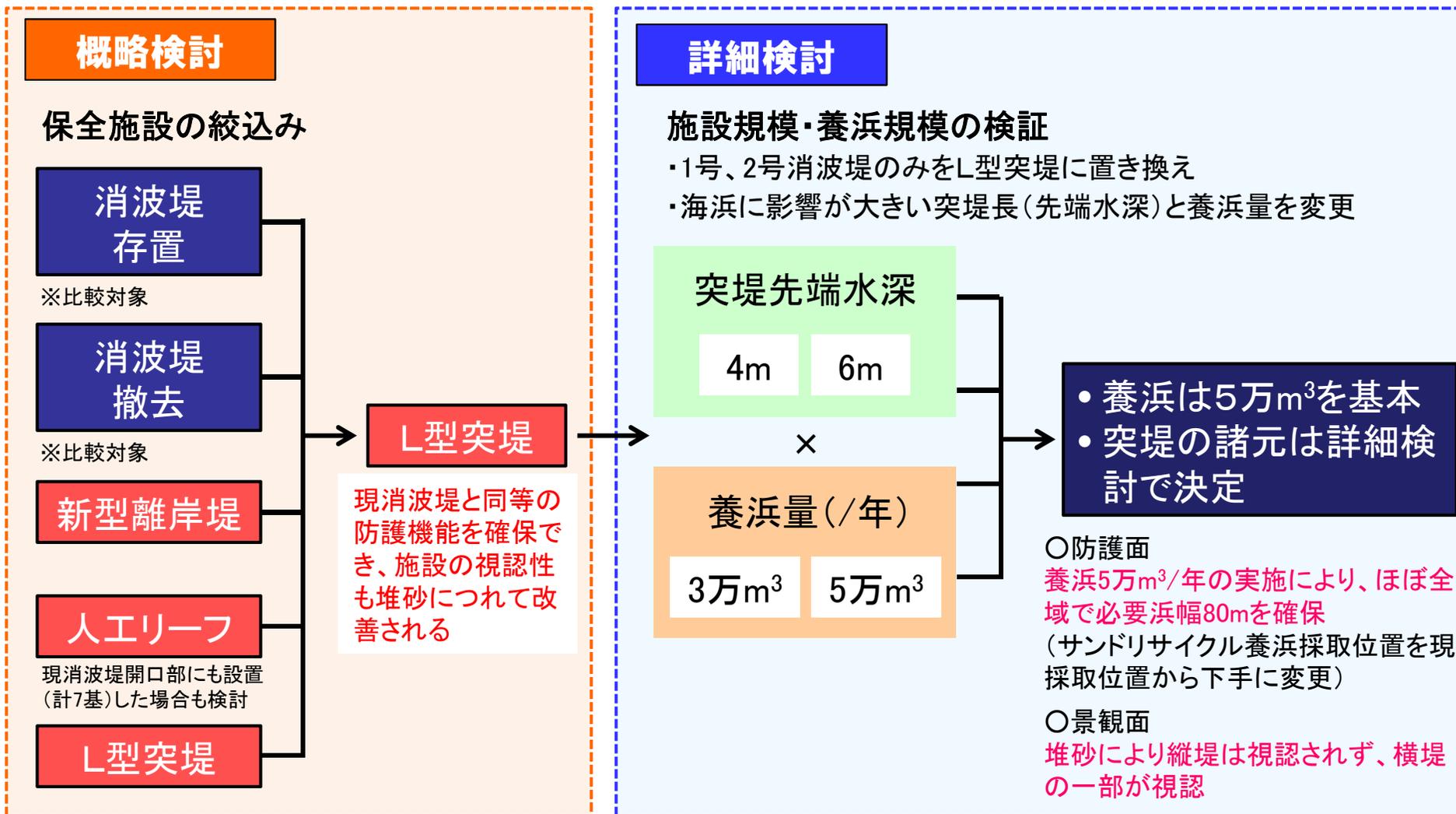
目指す海岸の姿を実現するため、関係者・関係機関との連携を進める。

5

文化財を構成する周辺部と一体的となって、三保松原の文化財的な価値向上に努める。

### (1) 昨年度のシミュレーション検討

- ・ 海浜変形シミュレーションを2段階に分けて実施、20年後の海浜形状を予測
- ・ 防護水準を確認するとともに、フォトモンタージュによる景観検証をおこなった。



**評価の視点** 防護 (砂浜幅)、景観 (構造物の見え方、汀線形状)、利用、環境、コスト

## 2. 工法の検討経緯と本年度の検討項目

7

### (1) 昨年度のシミュレーション検討【フォトモンタージュによる将来予測例】

【羽衣F】 詳細検討ケース3:L型突堤(先端水深4m) + 養浜5万m<sup>3</sup>/年 20年後



### (2) これまでの決定事項と本年度検討の方針

#### ○工法についての決定事項

- **消波堤区間への土砂供給を維持※することが重要**  
※ 漂砂量4.5万m<sup>3</sup>/年（=突堤上手へのサンドバイパス養浜8万m<sup>3</sup>/年）
- **L型突堤と養浜を組合せた対策とする**
- **養浜5万m<sup>3</sup>/年を基本とする**
- **L型突堤の諸元は詳細な検討により決定する**

#### ○詳細検討のポイント

##### 防護、景観を両立する**形状、配置**

- 必要砂浜幅80mを全域で確保する
- 著しい高波浪時にも致命的な状況に陥らないようにする。
- コンクリートの「見え」を極力抑える
- 汀線形状を極力滑らかにする

##### 厳しい条件下でも高い安定性を有する**構造形式**

- 高波浪(波圧)に耐える施設強度
- 急勾配かつ変化が激しい地形においても安定する基礎構造

### (2) これまでの決定事項と本年度検討の方針

#### ○本年度の検討事項

**L型突堤** **基本形状** 平面形、堤長 など **構造形式** 基礎部の構造 など **意匠設計** 色合い、表面処理 など

**養 浜** **投入方法** 投入位置、断面形状 など **採取方法** 採取位置 など

#### ○検討手順

##### 第3回技術会議

**決 定**

突堤配置、突堤形状、堤長、養浜量

**方針提示**

突堤構造、景観上の配慮、モニタリング計画

**報 告**

年間スケジュール、関連計画策定状況

**目 標**海浜変形シミュレーション結果により、最適形状の決定

##### 第4回技術会議

**決 定**

突堤構造、景観上の配慮、モニタリング計画

**方針提示**

詳細設計の実施方法

**報 告**

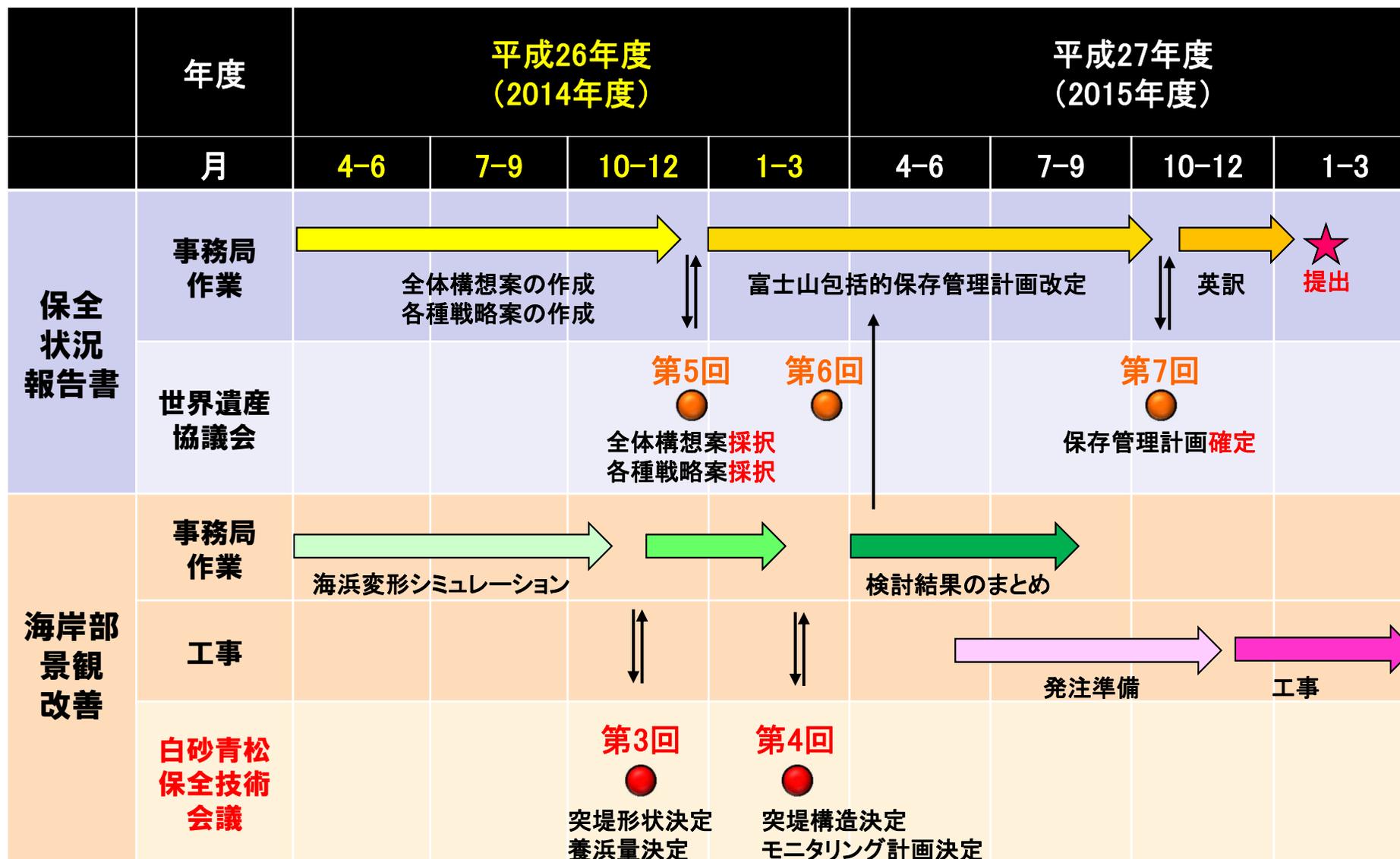
保全状況報告書の策定作業状況

**目 標**模型等を用いた景観検討、実験等による構造検討により最終案決定

三保松原白砂青松保全技術会議としての最終案決定

### (3) 保全状況報告書提出に向けたスケジュール

#### □ 平成28年1月末までに保全状況報告書を提出



#### (1)「三保松原保全活用計画」の策定 【報告】

「1. 計画の概要」「4. 基本理念と基本方針」より

#### □ 平成26年7月に静岡市が策定

##### 計画の 目的

「三保松原」の保全と活用について、基本理念、基本方針、行動指針を示し、多様な関係機関と意識の共有を図りながら、名勝としての価値を次世代に継承していく。

「名勝三保松原保存管理計画」に基づき、富士山世界文化遺産とその構成資産であることを念頭に、これまでの保全を強化するとともに活用という視点を新たに加え、保全と持続可能な活用の調和のとれた基本理念と方針、行動指針を示したものの。

##### 基本理念

緑豊かな松原と美しい砂嘴<sup>さし</sup>、天空に聳える富士山<sup>そび</sup>が織りなす風致景観を未来に引き継ぐ

##### 基本方針

- 三保松原の価値を守りつなげる  
海岸に沿って広がる松林と一文字に伸びる砂嘴の保全に努め、類希な富士山との風致景観を守り、同時に松原と共に生きてきた地域の人々の文化を市民と連携して後世につなげる施策を展開する。
- 三保松原の価値を磨き上げる
- 三保松原の価値を広く伝える



#### (1)「三保松原保全活用計画」の策定 【報告】

「3. 三保松原の現状と課題」「5. 行動指針」より

#### 保全活用計画の構成



### 砂 嘴 の 保 全

#### 保全の状況と課題

海岸侵食が進み砂浜が減少している。このため、**養浜事業や消波ブロックを設置して侵食を防いできたが**、イコモスからは**景観が阻害されているとの指摘を受けた。景観に配慮した海浜の保全が必要**である。

#### 保全指針

- 河川等からの土砂供給連続性を確保 …… **総合的な土砂管理の推進**
- 富士山の眺望軸に配慮した海岸保全施設への転換 …… **L型突堤の整備**
- 養浜の実施 …… **サンドバイパス、サンドリサイクルの実施**

#### (2)「三保松原の松林保全技術会議」の開催【報告】

##### □ 平成26年6月に静岡県が設立、11月に提言をとりまとめ

###### 設立の 目的

海岸防災林機能の高度発揮とともに、富士山世界文化遺産の構成資産にふさわしい三保松原の松林として維持・管理していくため、松林保全に関する最新の知見による総合的な対策を提案する。

###### 松林保全の基本的な対策

- 仕組みづくり・人づくり ・ ・ 官民の連携と役割分担、情報共有、人材育成、DBの構築 など
- マツの生育環境の改善 ・ ・ 補植、富栄養化の防止、根の圧迫解消、土壌改良の検証、密度管理 など
- マツ材線虫病の早期微害化 ・ ・ 伐倒駆除の徹底、周辺からの侵入防止 など

###### 海岸(砂浜)に関する意見

- 海岸侵食が進んでおり、このままでは松が失われるのではないかと。
- 飛砂の減少や海岸侵食の加速にみられるような海岸～沿海環境の変化、温暖化、巨大津波の来襲等、周辺環境は変化し続けていると思われる。
- 海岸堤防の背後の松林が窪地状になり落ち葉や植物片が堆積するため富栄養化が進んでいる。貧栄養状態を保つため、海岸からの飛砂などを阻害しないような堤防構造に改善(開放化)を。

➡ これまでどおり養浜を中心とした対策をおこなうとともに、順応的な見直しをおこなう。

➡ 長期目標に掲げるのはコンクリートに頼らない海岸。しかし、すぐに撤去はできない。

## II. 突堤形状の検討

1. シミュレーションの実施方針
2. シミュレーションの基本条件
3. 感度分析(横堤方向、堤長の違いによる効果・影響確認)
4. 現地海岸への適用(突堤形状、配置の検討)
5. 高波浪時の防護機能の検証
6. まとめ



- 施設形状による効果・影響を把握するため、モデル地形・単純条件で**基本的な分析**を行う
- 基本的な分析（感度分析）で案を絞り込んだ上で、**現地海岸への適用**を検討

## 2. 基本条件の設定

### 3. 感度分析(モデル地形)

… 横堤方向、堤長について**基本的な分析**を実施し、横堤が地形変化に及ぼす**効果・影響を確認**

### 4. 現地海岸への適用(実地形(展開座標))

• • **必要浜幅80mの確保**に着目して形状検討を実施

#### 突堤形状・配置の検討

実地形を対象としたシミュレーションを実施し、必要浜幅の確保を可能とする突堤形状、配置、諸元、養浜量等を検討する

### 5. 高波浪時の防護機能の検証

• • 危険側の条件で、**致命的な状況に陥らないか確認**

突堤設置条件下での高波浪時の地形変化を予測し、その影響及び対応を確認する

L型突堤の平面形状、配置、堤長などの施設諸元を決定する

本会議で示す内容

## 【今後】養浜を長期間かつ大規模に実施するための検証

沿岸漂砂量増減時の影響  
初期養浜の効果・必要性確認  
養浜材の継続的な確保

… **養浜の課題**と、持続可能で景観に配慮した**養浜方法**の検証

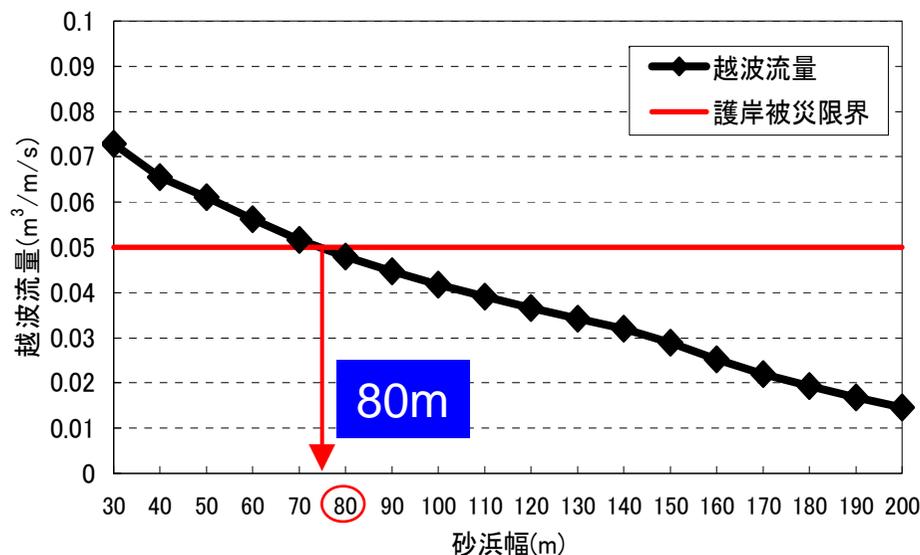
長期間にわたり養浜を実施するための留意点を明らかにする。

### ① 必要浜幅

#### 消波堤区間の必要砂浜幅は80m

消波堤区間(護岸天端高T.P.+12.0m)において、計画波(1/50確率)が到達しても**越波量が護岸の被災限界を超えない砂浜幅**。

#### 消波堤区間における越波許容値 $0.05\text{m}^3/\text{m}/\text{s}$



#### 消波堤区間の砂浜幅と越波流量の関係

昨年の台風26号時には、無堤区間で遡上波が松林に迫っており、現在の浜幅(80m)以上を維持する必要がある。

### H25台風26号時の波浪状況

【波高ピーク時】 $H_{1/3}=9.28\text{m}$ ,  $T_{1/3}=16.7\text{s}$   
(久能観測所波浪データ)



1号~2号消波堤間における越波状況

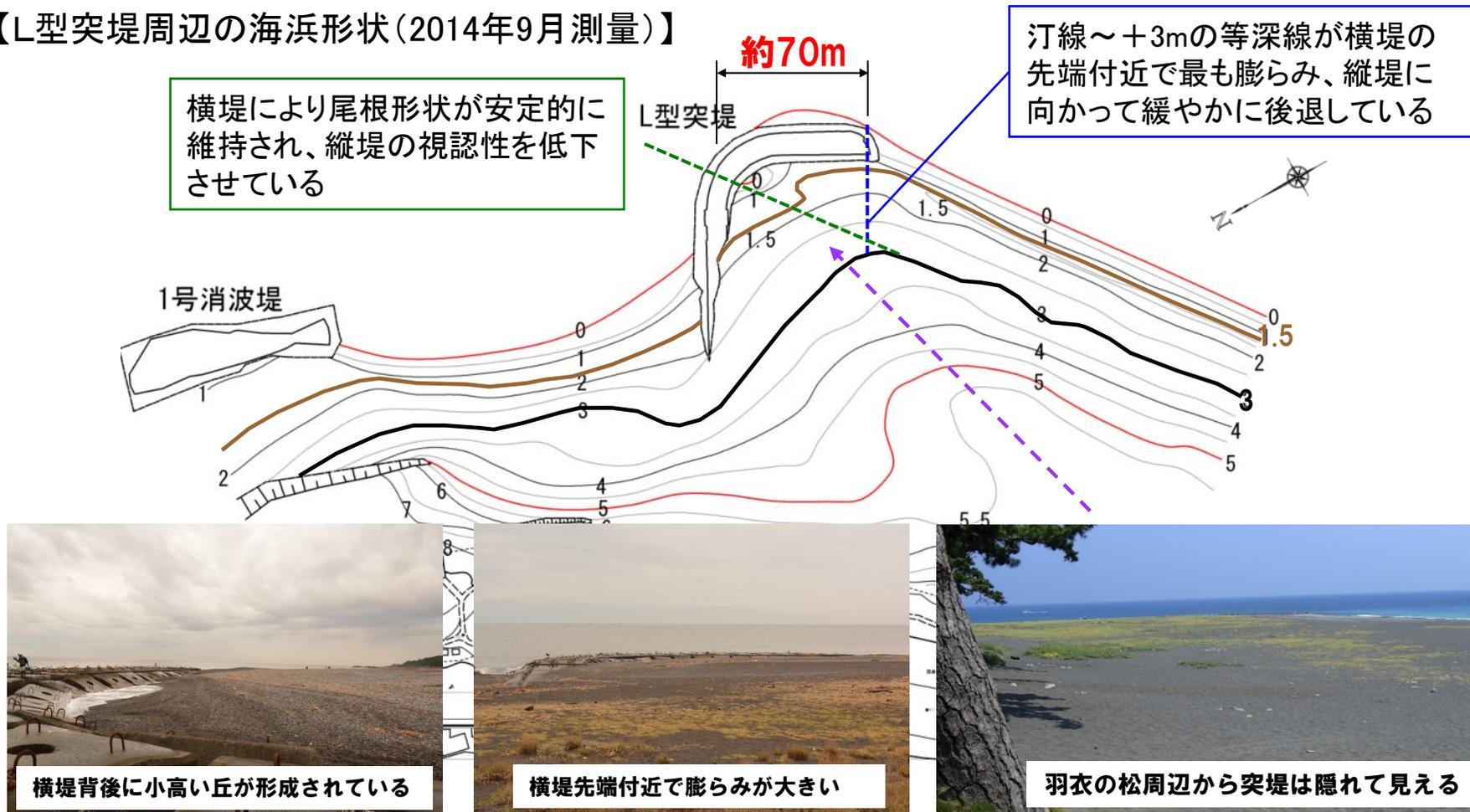


L型突堤~1号消波堤の無堤区間における波の遡上

### ② 必要横堤長

既設L型突堤の横堤(70m)背後には砂山が形成され、南側からの突堤の視認性を低下させている

【L型突堤周辺の海浜形状(2014年9月測量)】



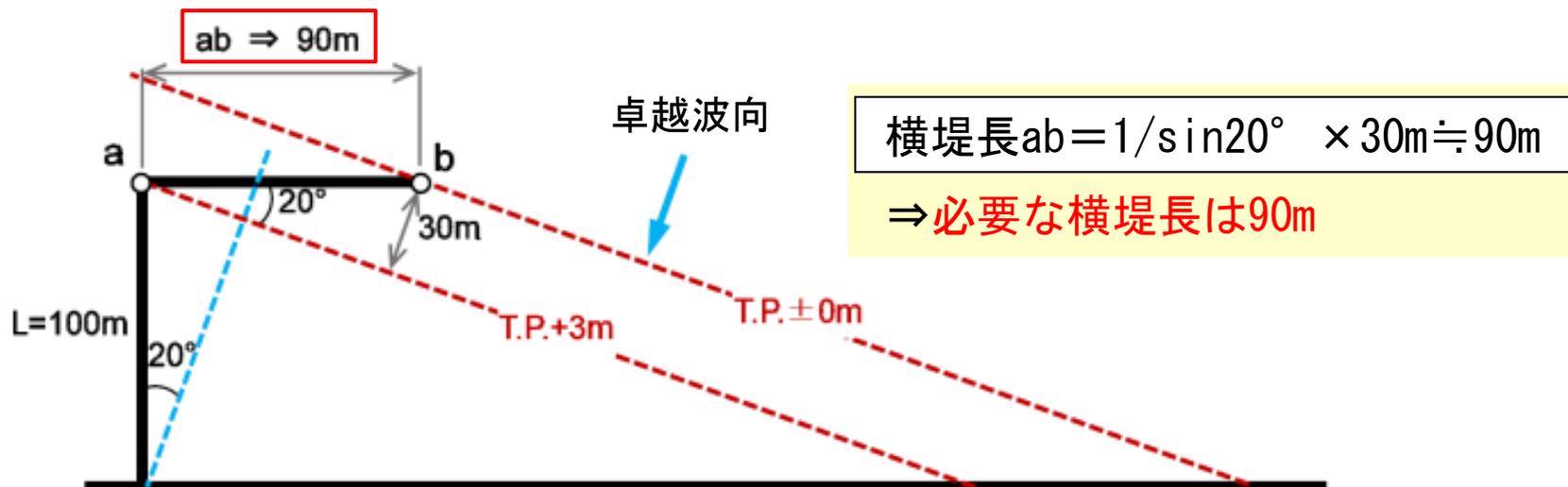
- ・ 突堤コーナ一部に向かって標高+3mの等高線が伸び、横堤先端背後が頂点になっている。
  - ・ +3mの尾根により、羽衣の松周辺から天端高T.P.+1.5mのL型突堤は視認されない。
- ⇒ 横堤(70m)が尾根を形成し、上手側における突堤全体の視認性を低下させている

### ② 必要横堤長

既設L型突堤背後と同様の砂山(T.P.+3.0m)を形成するために必要横堤長を、幾何学的に求めた結果、必要横堤長は90m

⇒突堤上手側に高波時でも波の作用が少ない(地形変化が生じにくい)標高T.P.+3m以上の堆積域形成のための条件を消波堤区間の地形・波浪条件から幾何学的に検討

- ・ 1号堤上手の前浜勾配は約1/10 → 汀線からT.P. +3mまでの前浜幅は30m
- ・ 卓越波向は侵食前の汀線に対して20°



### 必要横堤長

既設L型突堤の横堤長と幾何学的な算定結果より、横堤長70～90mとして検討を進める

### ③ 縦堤長 (先端位置)

現在の消波堤と同程度以上の漂砂制御機能を期待するため、縦堤先端は**既設消波堤位置**をベースとし、状況に応じて適宜調整する

### ④ 突堤配置

消波堤によって保持している砂浜を維持するため、現消波堤位置を基本とする(侵食前汀線とほぼ一致)

### ⑤ 養浜配分

養浜量 $5\text{万m}^3/\text{年}$ を実地形とこれまでの養浜実績を考慮して配分  
 ⇒1号堤下手に $3\text{万m}^3/\text{年}$ 、2号堤下手に $2\text{万m}^3/\text{年}$

2013 (H25) 年1月撮影



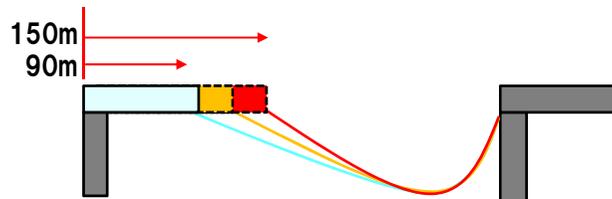
#### 目的

突堤下手で発生する局所的な侵食対策として、横堤方向・横堤長の違いによる効果・影響について、モデル地形で基本的な分析を実施

#### 検討結果

横堤を上手側に伸ばすことで下手侵食の解決を図る(横堤長90m,120m,150m)

- 横堤を上手側に伸ばすと突堤背後の堆積量は増加するが、(上手側の)突堤直下の汀線は前進せず、突堤直下手の侵食状況はほとんど変化しない。

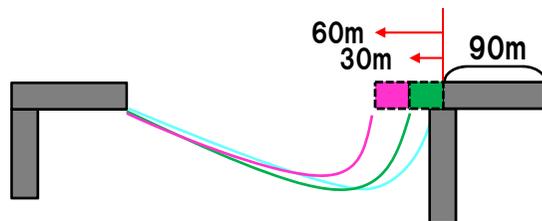


**選定** 【基本ケース1】上手側に横堤90m

横堤を上手側に伸ばすことによる効果が得られなかったため、最短の90mを選定

横堤を下手側にも伸ばすことで、下手侵食の解決を図る(下手側横堤長30m,60m)

- 横堤を下手側に伸ばすことで、最大侵食箇所を下手方向にずらす効果がある。
- 横堤を下手側に60m伸ばすと最大後退量の軽減に一定の効果がある。
- 下手側に横堤を設置しても、下手側から見て縦堤が隠れるような堆砂は生じない



**選定** 【基本ケース2】上手側90m、下手側60mの横堤

下手侵食の軽減に効果が見られた60mを選定

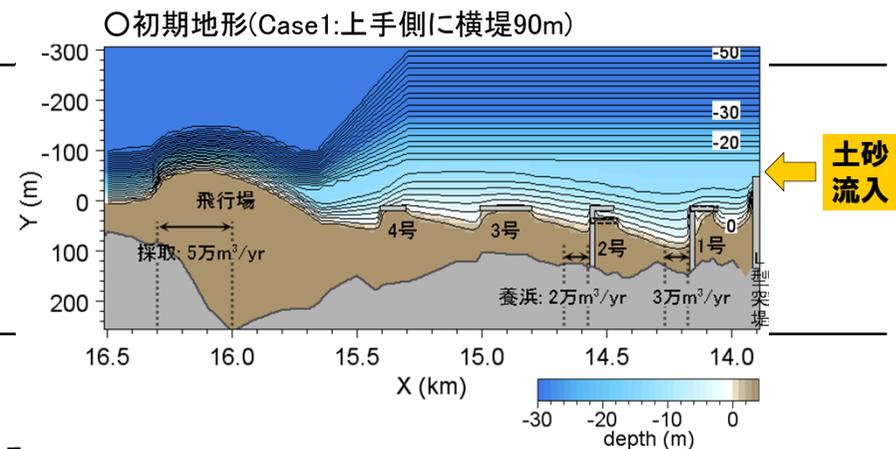
## (1) シミュレーションの目的と条件

### 目的

- これまでの検討結果を踏まえ、実地形（展開座標）における海浜変形を検証し、防護上必要な浜幅（80m）が確保できる案を検討する。

### 計算条件

計算モデル	等深線変化モデル(昨年度検討と同様のモデル)
計算期間	検証計算:1998~2013年(15年間) 予測計算:2013~2033年(20年間)
計算領域	L型突堤~三保飛行場周辺 ※L型突堤~飛行場までの砂嘴地形を単純化したモデル地形(展開座標)を用いて計算を実施
施設	突堤2基、天端高T.P.+1.5m <ul style="list-style-type: none"> <li>横堤:透過構造、波高伝達率 <math>K_t=0.7</math></li> <li>縦堤:不透過構造、波高伝達率 <math>K_t=0.7</math></li> </ul>
養浜	年5万 $m^3$ (投入箇所はケースにより異なる)、採取箇所:飛行場前(X=16.0~16.3km)
粒度構成	粗粒分2mm(現地代表粒径より決定)
入射波条件	沖波波高 $H_0=3m$ 、周期 $T=9s$ 波向:1998年初期汀線の方向角に対して、L型突堤~4号堤: $-20^\circ$ 、4号堤~飛行場: $-10^\circ$ 、飛行場~左端部: $-25^\circ$ に設定 (消波堤下手での汀線後退、飛行場前での砂落ち込みによる汀線前進、および沿岸漂砂量分布を再現可能な波向条件)
L型突堤下手への土砂流入量(境界条件)	1998年以前:9万 $m^3$ /年…上手側から潤沢な漂砂供給があった 1998~2006年:1万 $m^3$ /年…上手側の侵食の進行とL型突堤建設により漂砂供給量が減少 2007年以降:4.5万 $m^3$ /年…侵食軽減のためにL型突堤上手側で養浜が開始され、下手への供給がやや回復



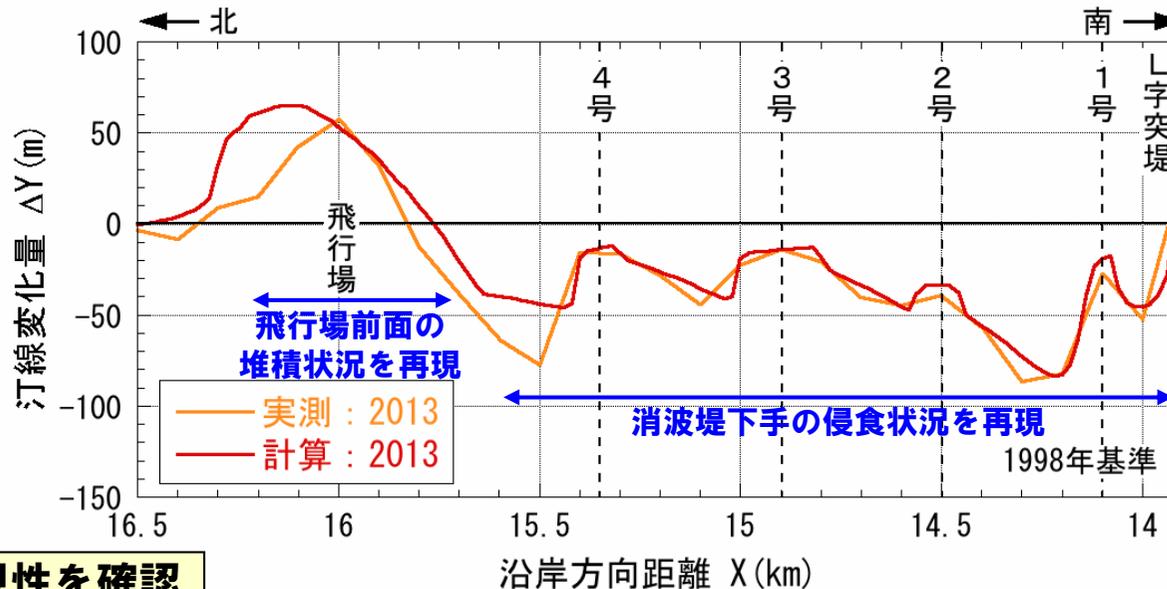
## (2) モデルの妥当性確認(再現計算)

1998年海浜地形を基準に2013年まで計算を行い、侵食の状況、飛行場前面の堆積状況等の整合性を確認した

### 再現計算

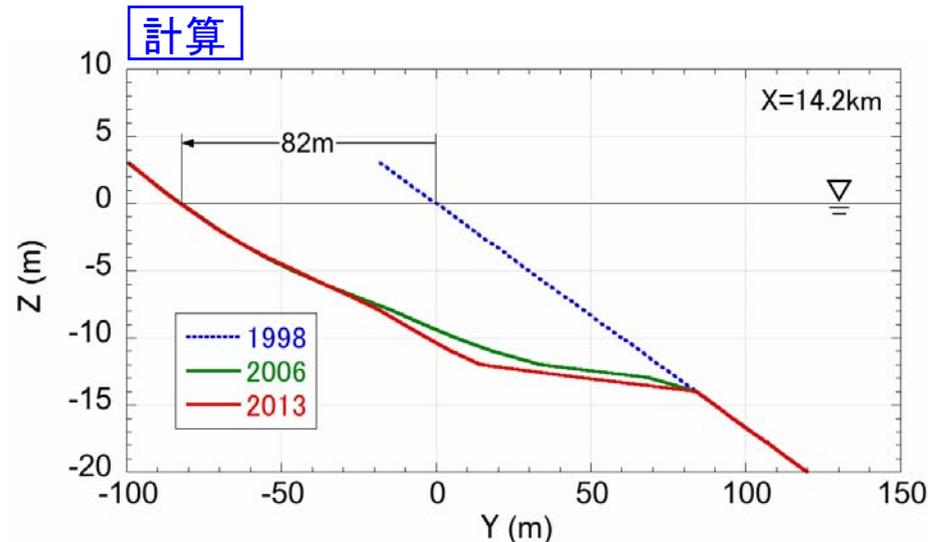
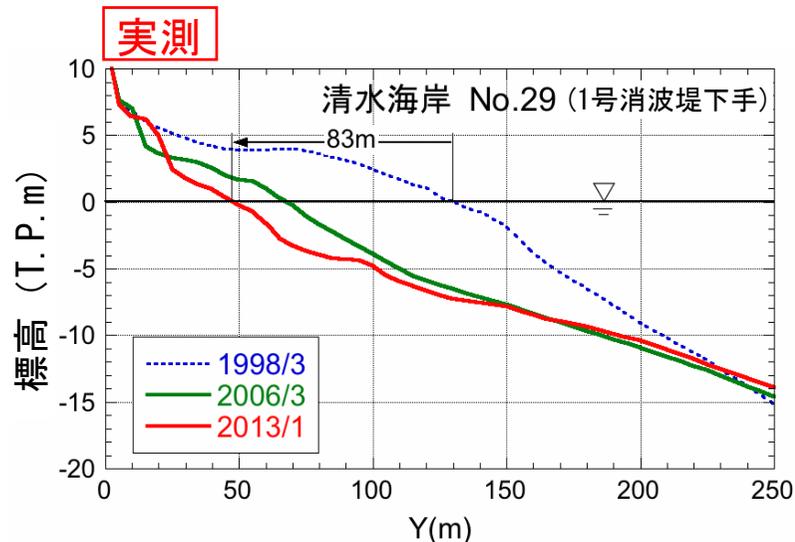
#### ●汀線変化

・ L型突堤～4号上手までの侵食状況、飛行場前面の堆積状況の再現性を確認



#### ●海浜断面変化(水深変化)

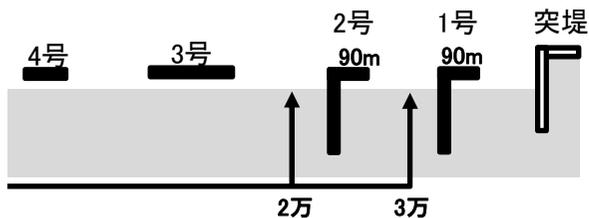
・ 水深14m以浅の侵食状況の再現性を確認



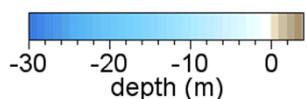
2013年地形での侵食・堆積状況が再現されていることから、モデルの妥当性が確認された

## (3) 計算結果:横堤形状の違いによる地形変化

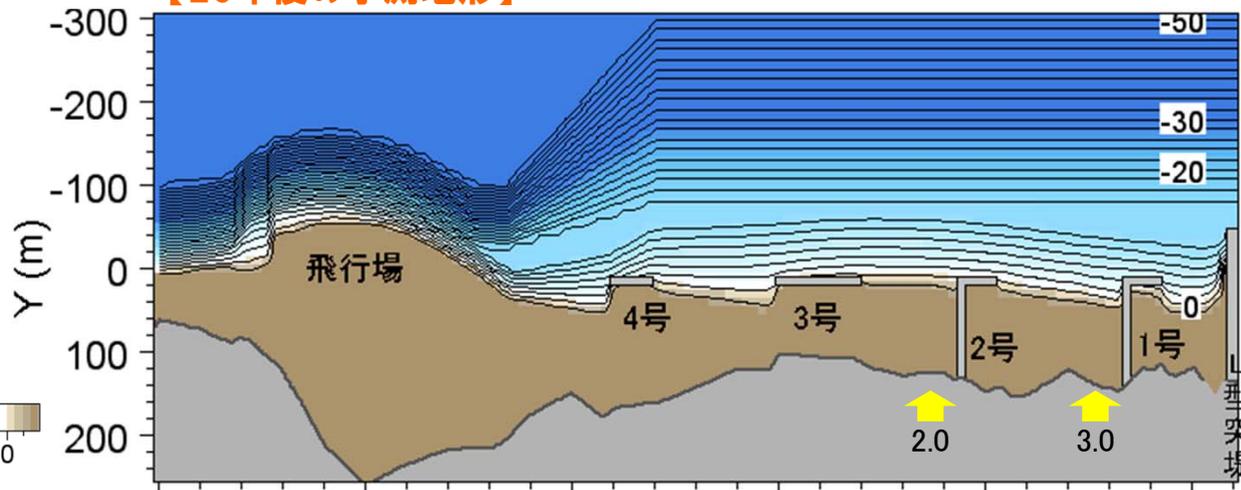
### Case1 上手横堤90mのL型突堤 (基本ケース1)



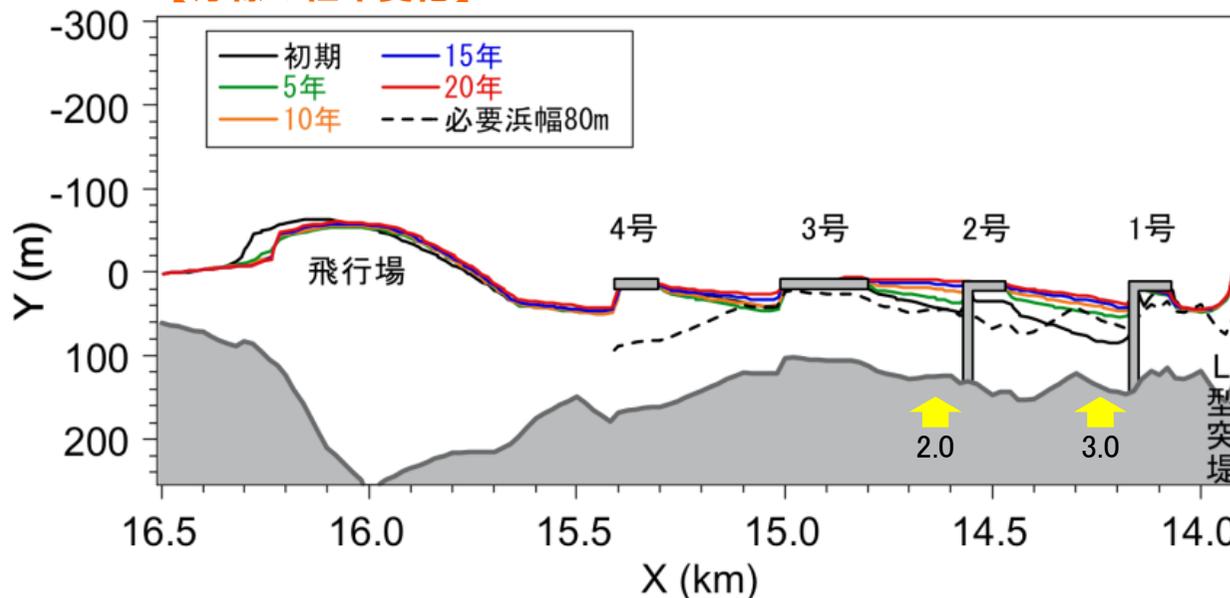
・養浜量は何れも年間量(m<sup>3</sup>/年)



【20年後の予測地形】



【汀線の経年変化】



### 必要浜幅の確保

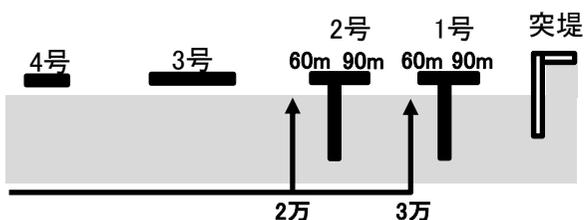
- L型突堤～1号間で僅かに割り込む(現状と変わらない)。

### 汀線形状

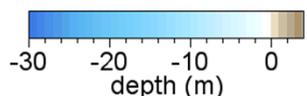
- 1号堤付近で、汀線が不連続となる。
- L型突堤～1号間が湾入した状態となる(現状と変わらない)。

## (3) 計算結果:横堤形状の違いによる地形変化

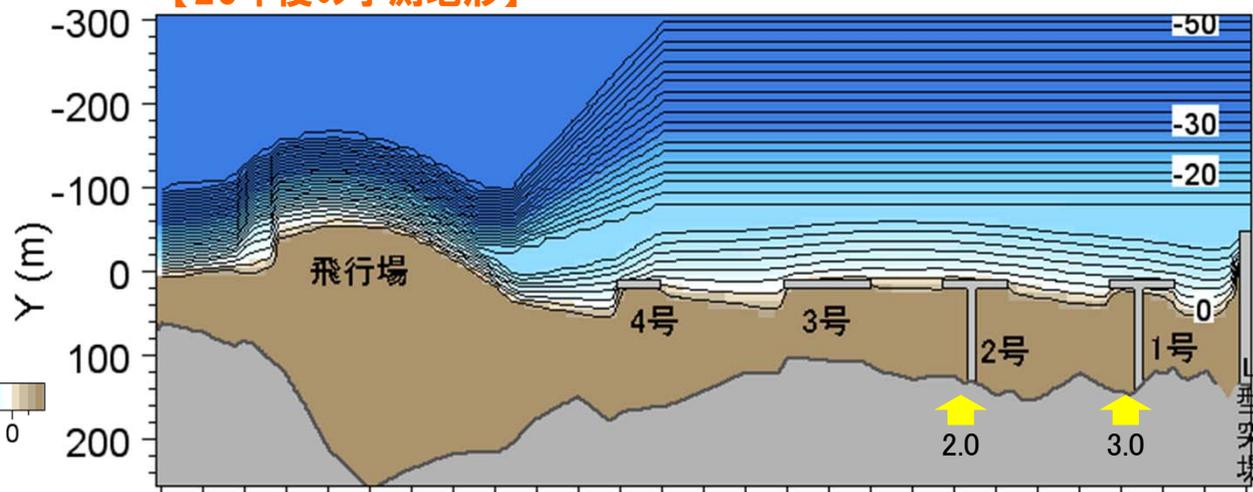
**Case2 上手横堤90m、下手横堤60mのT型突堤 (基本ケース2)**



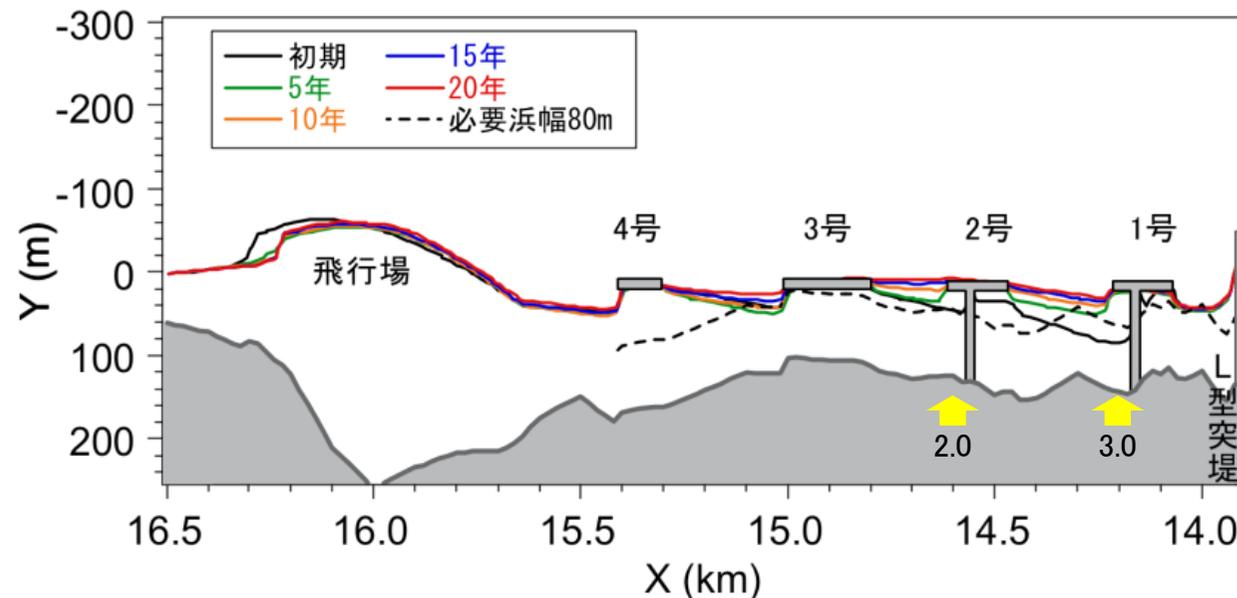
・養浜量は何れも年間量(m<sup>3</sup>/年)



【20年後の予測地形】



【汀線の経年変化】



### 必要浜幅の確保

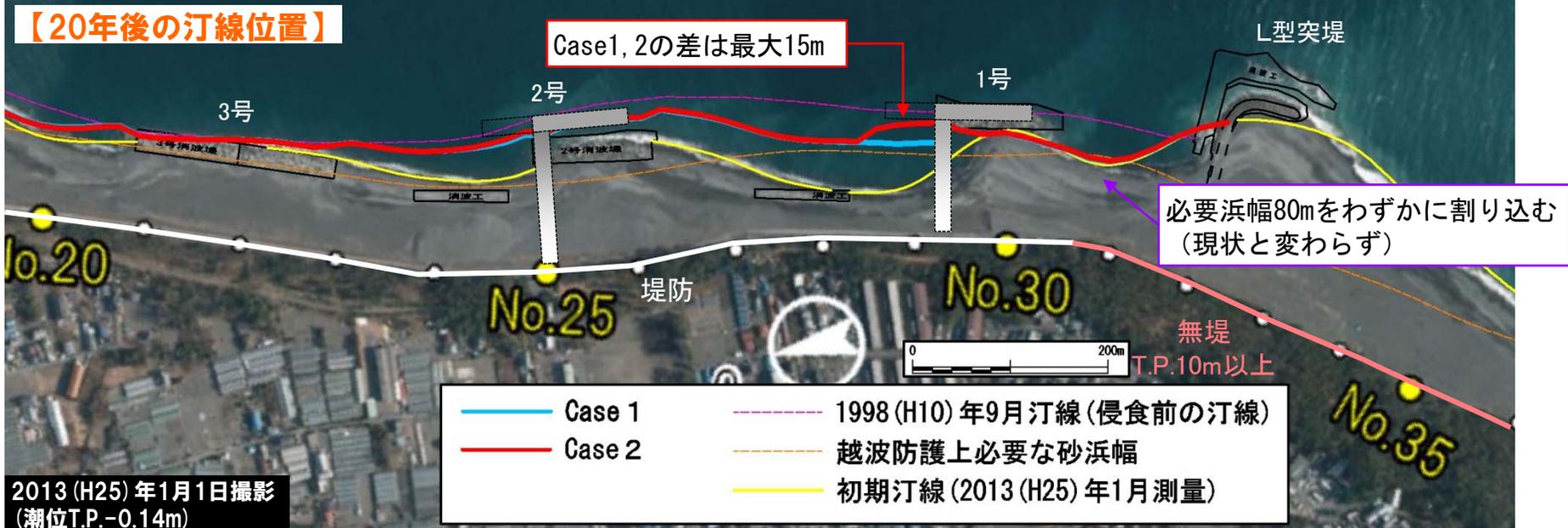
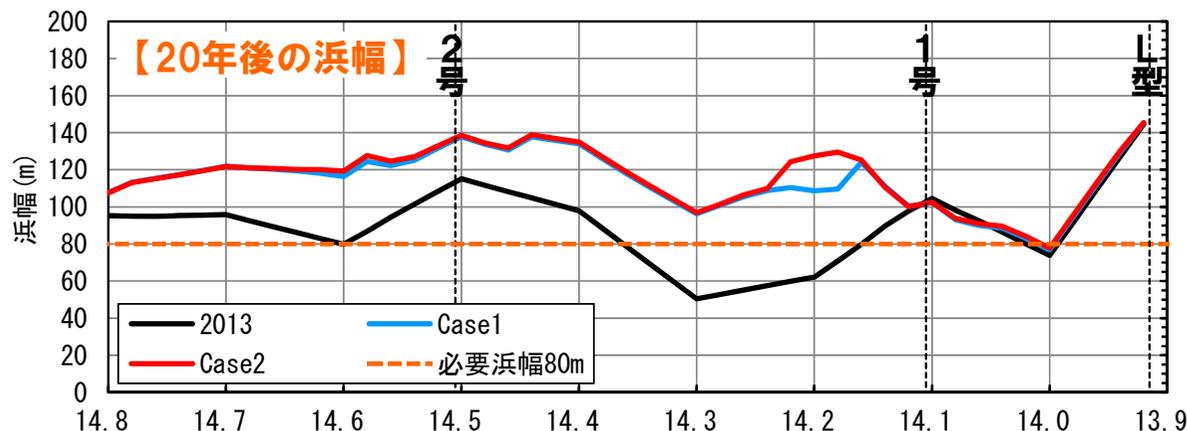
- L型突堤～1号間で必要浜幅を僅かに割り込む(現状と同じ)
- ケース1と同水準

### 汀線形状

- 下手側横堤により1号堤付近の不連続性が軽減される。
- L型突堤～1号間が湾入した状態となる(現状と変わらない)。

## (3) 計算結果:横堤形状の違いによる地形変化

Case1 上手90m  
(L型突堤)  
Case2 上手90m、下手60m  
(T型突堤)



- 養浜5万m<sup>3</sup>/年による保全効果が大きく、1号下手のみで汀線前進量に15m差が生じる  
⇒ **下手側への横堤延伸の必要はない**
- L型突堤～1号間でともに80mを僅かに割り込む (現状と変わらない)  
⇒ **L型突堤～1号堤間の汀線前進が必要**

## (4) 計算結果:養浜区域の変更

**L型突堤～1号堤間で必要浜幅80mを僅かに割り込む**

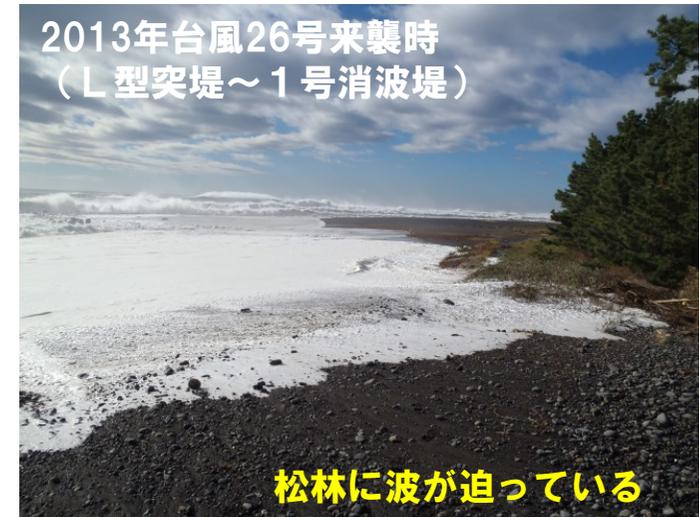
L型突堤～1号消波堤の背後は無堤区間である  
 昨年の台風26号時には、その背後の松林まで波が迫っており、砂浜80mは確実に確保したい。



1号突堤の形状変更には限界がある。  
 現案ではこの区間への養浜を想定していない。

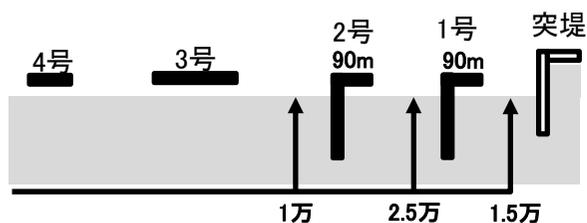


**L型突堤～1号堤間で景観に配慮した養浜を想定  
 (薄く押し広げるような形状で、養浜量は1.5万m<sup>3</sup>/年とする)**

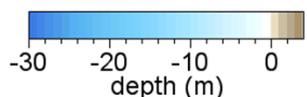


## (4) 計算結果:養浜区域の変更

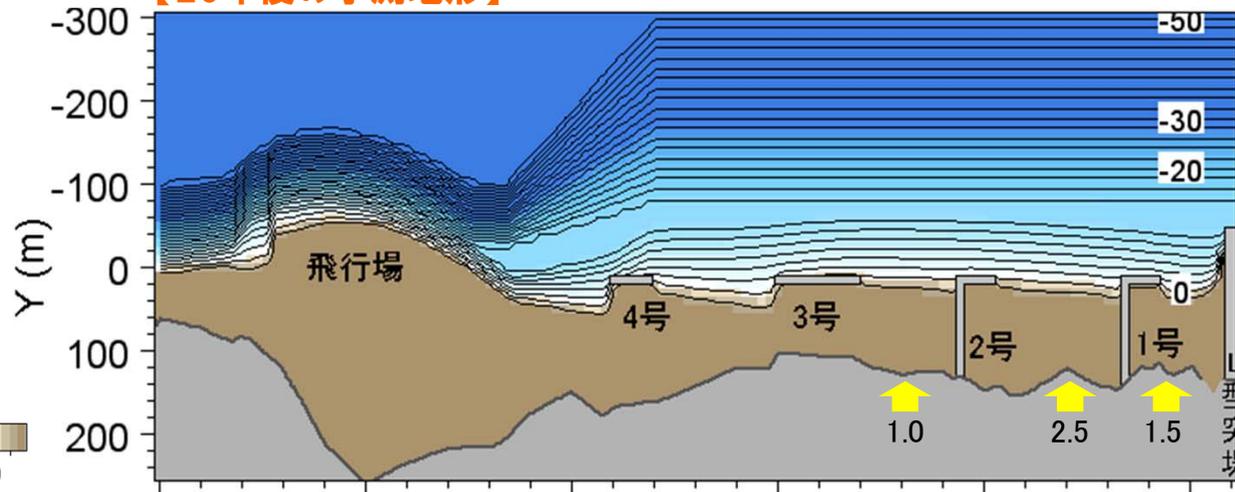
Case3 上手横堤90mのL型突堤 (基本ケース1 + 養浜区域変更)



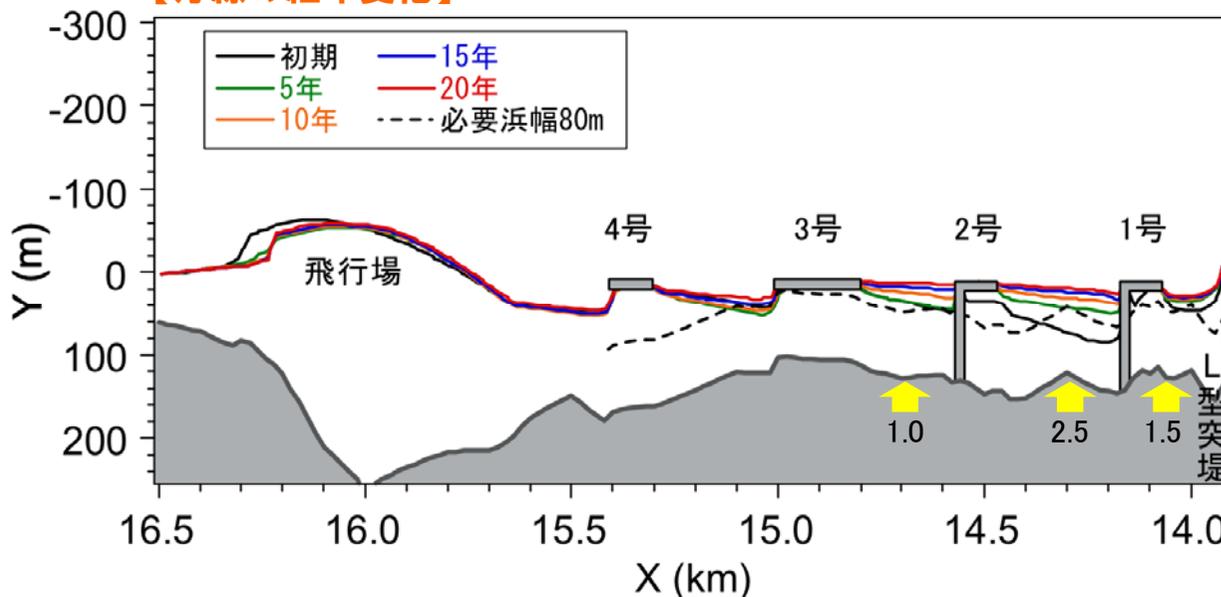
・養浜量は何れも年間量(m³/年)



【20年後の予測地形】



【汀線の経年変化】



### 必要浜幅の確保

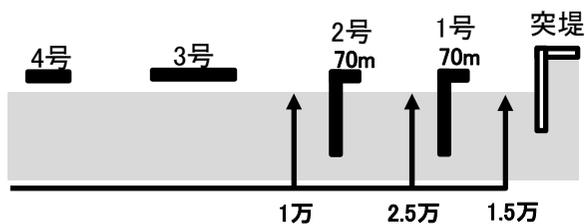
- L型突堤～1号堤の汀線が前進し、全域で満足する。
- ケース1, 2より改善される。

### 汀線形状

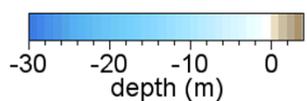
- 1号堤付近の不連続性はやや軽減される。
- L型突堤～1号間の湾入が改善される。

## (4) 計算結果:養浜区域の変更

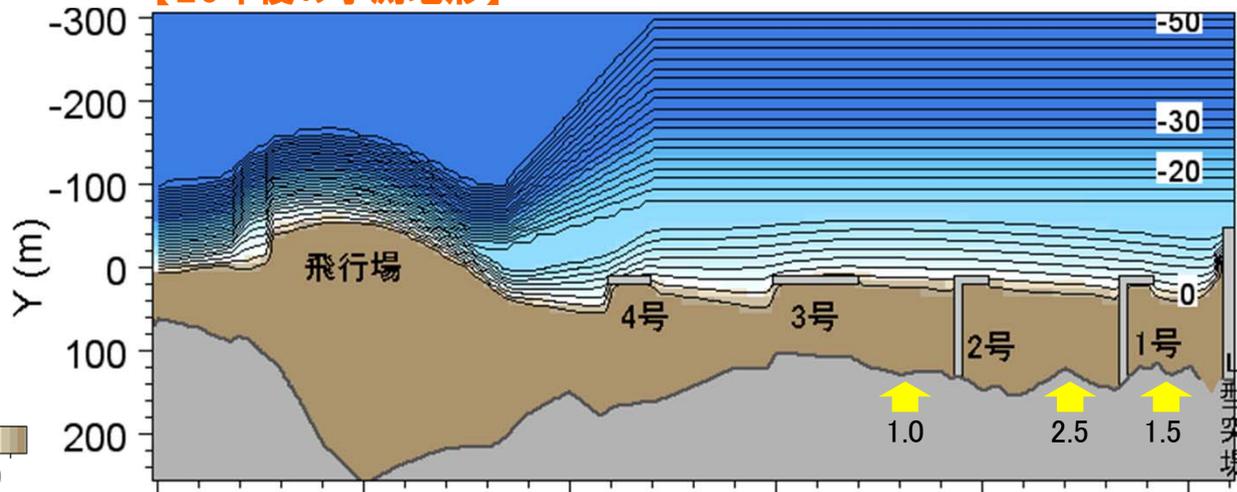
**Case4 上手横堤70mのL型突堤 (基本ケース1の横堤70m + 養浜区域変更)**



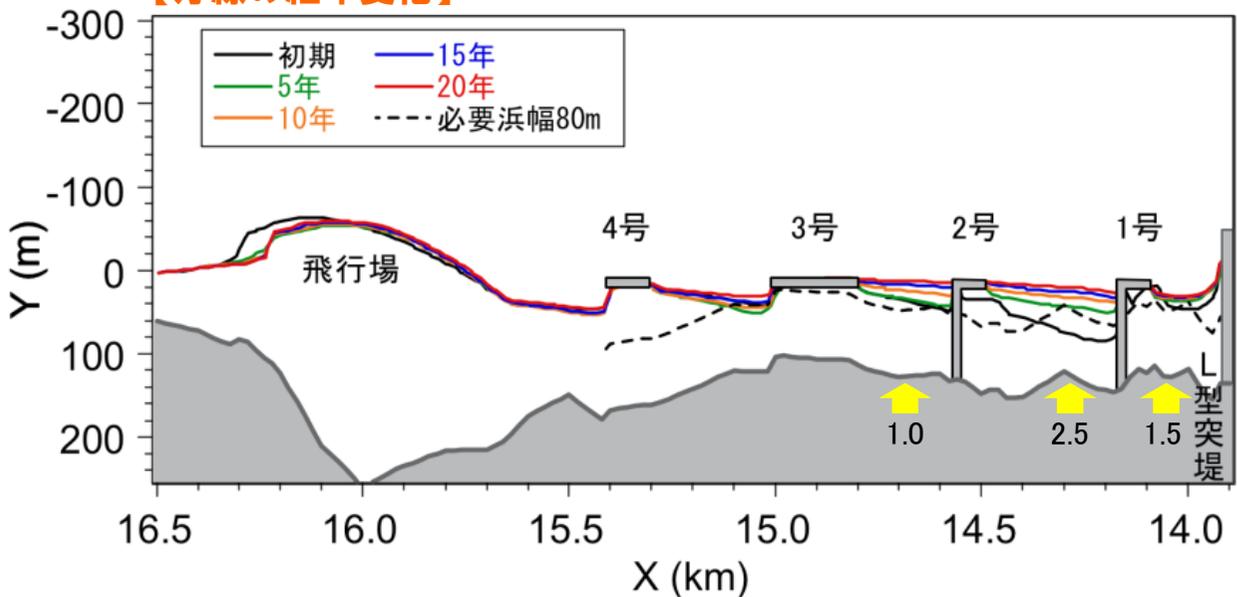
・養浜量は何れも年間量(m<sup>3</sup>/年)



【20年後の予測地形】



【汀線の経年変化】



### 必要浜幅の確保

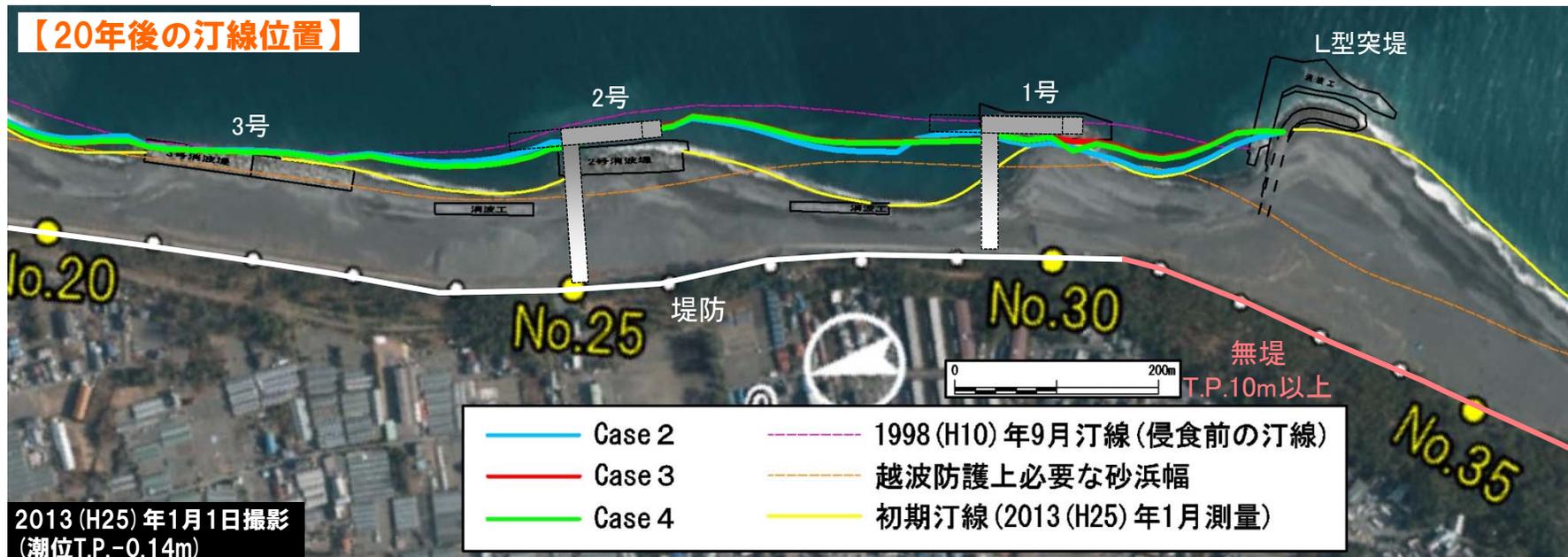
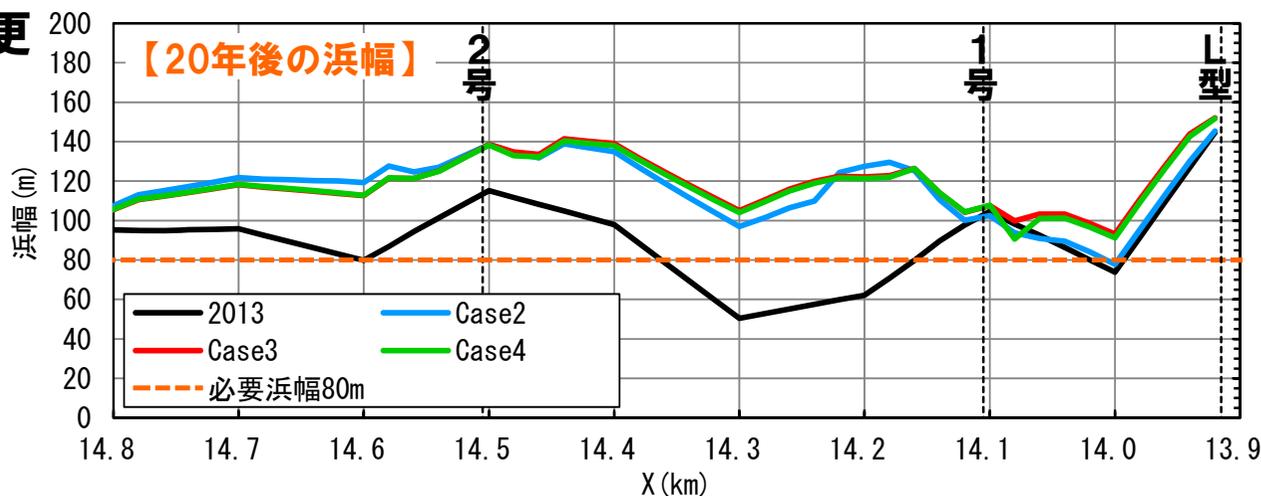
- L型突堤～1号堤の汀線が前進し、全域で満足する。
- ケース3と同水準。

### 汀線形状

- 1号堤付近の不連続性はやや軽減される。
- L型突堤～1号間の湾入が改善される。

## (4) 計算結果:養浜区域の変更

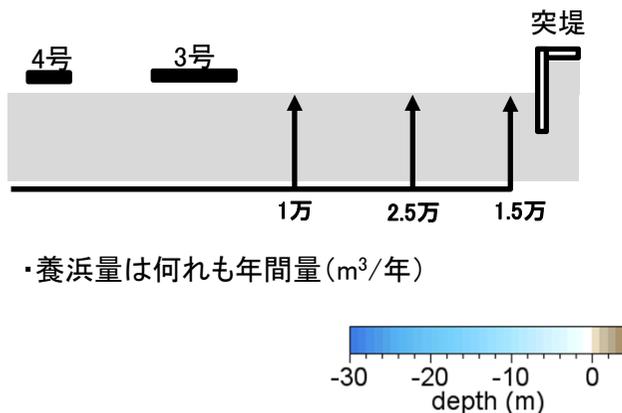
- Case2 上手90m+下手60m
- Case3 上手90m (養浜区域変更)
- Case4 上手70m (養浜区域変更)



- 養浜区域を変更することで、全域で80mの必要浜幅を満足した
- 横堤長を短くしても汀線はほとんど変わらない ⇒70mを採用
- 1号堤下手側の汀線前進については、下手側に横堤を伸ばした場合と同等の効果が得られた

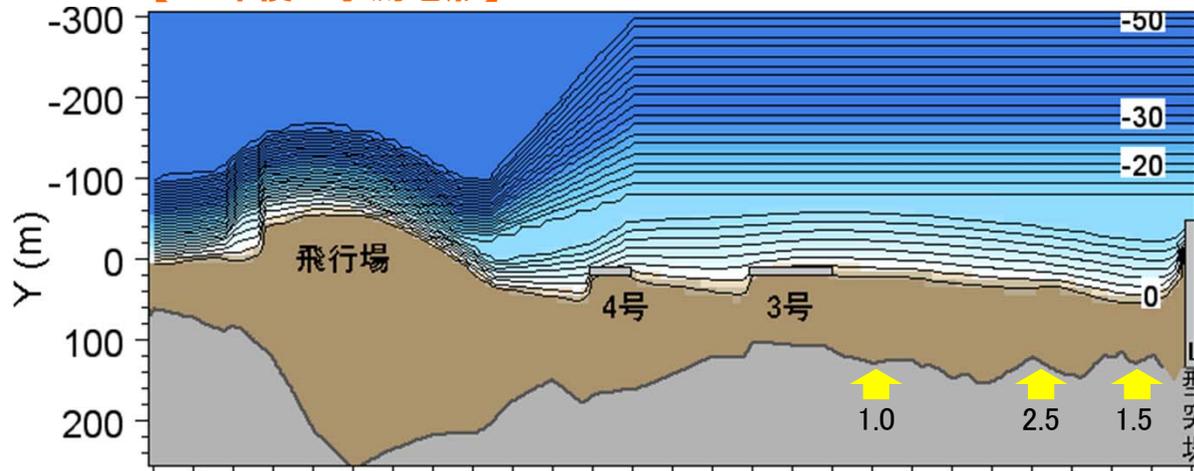
## (5) 計算結果:施設減の検証

**Case5 施設なし**  
**(養浜区域変更)**

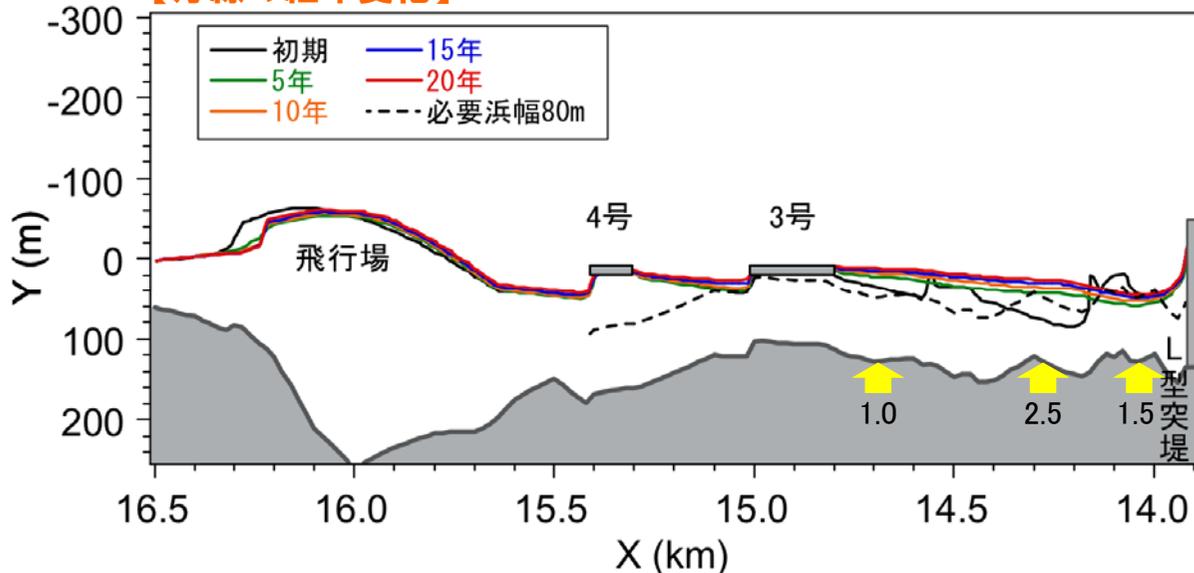


養浜配分変更による保全効果が大きかったため、突堤なし(1号,2号堤を撤去)時の海浜形状を改めて検証

【20年後の予測地形】



【汀線の経年変化】



### 必要浜幅の確保

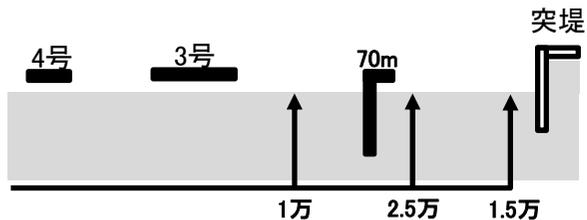
- L型突堤~1号間で必要浜幅を割り込む(1号消波堤位置では現状より30m程度後退)

### 汀線形状

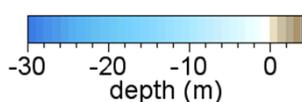
- 施設が無いいため連続性が確保される。

## (5) 計算結果:施設減の検証

### Case6 突堤1基案 (養浜区域変更)

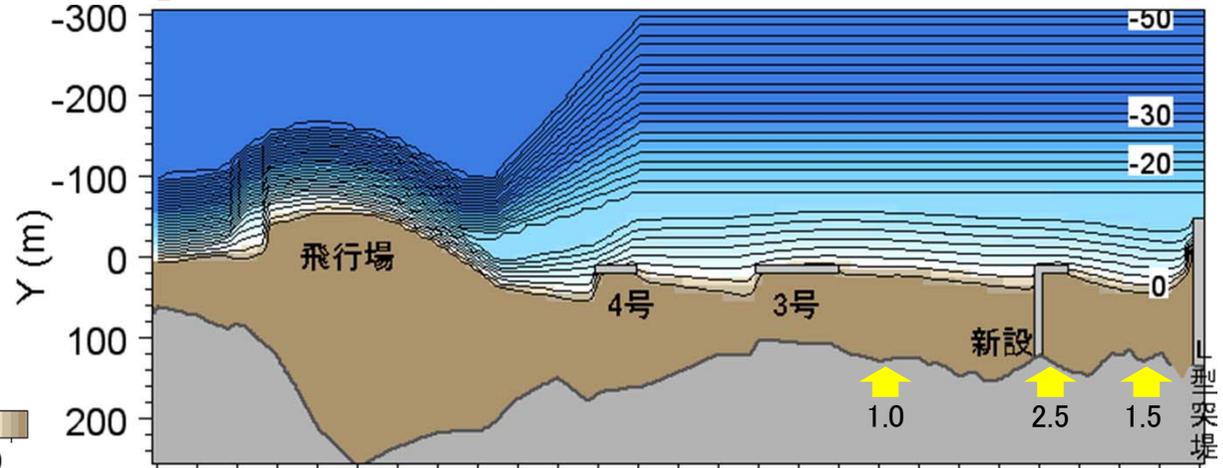


・養浜量は何れも年間量 (m<sup>3</sup>/年)

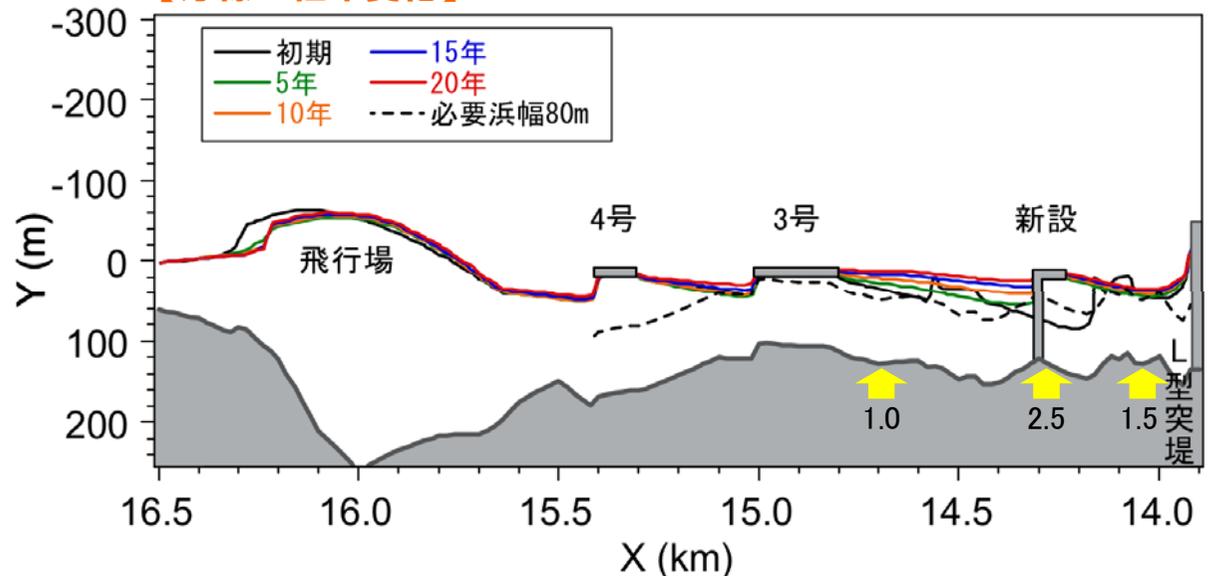


突堤1基(1号, 2号堤間)時の海浜形状を改めて検証  
(※現在の汀線からかなり前に出る)

【20年後の予測地形】



【汀線の経年変化】



### 必要浜幅の確保

- L型突堤～1号間で必要浜幅を割り込む(1号消波堤位置では現状より15m後退)

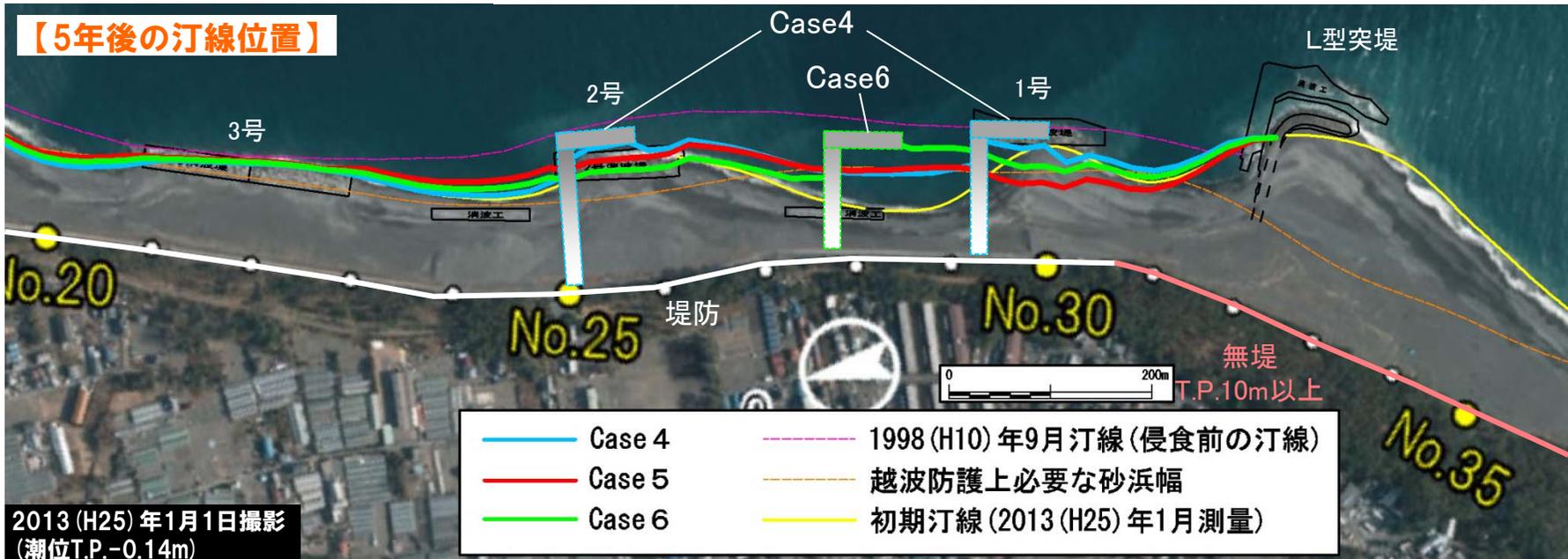
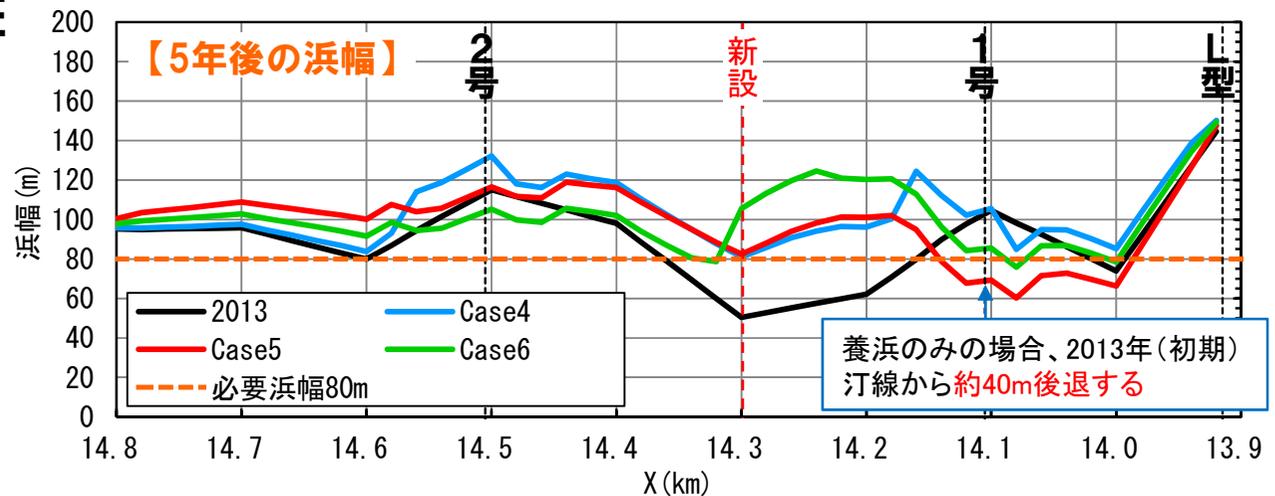
### 汀線形状

- 初期の段階では1号堤付近で、汀線が不連続となる(2基案より差は大きい)

## (5) 計算結果:施設減の検証

5年後 (初期段階)

- Case4 突堤2基
- Case5 施設なし
- Case6 突堤1基

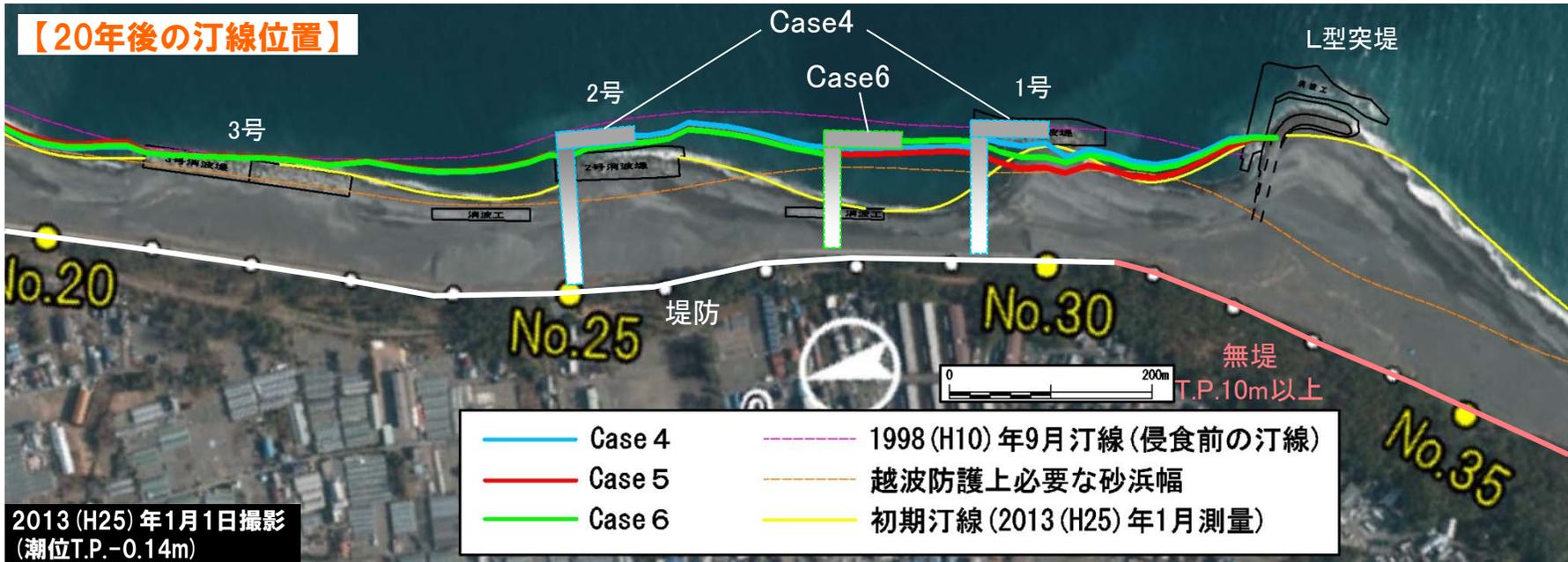
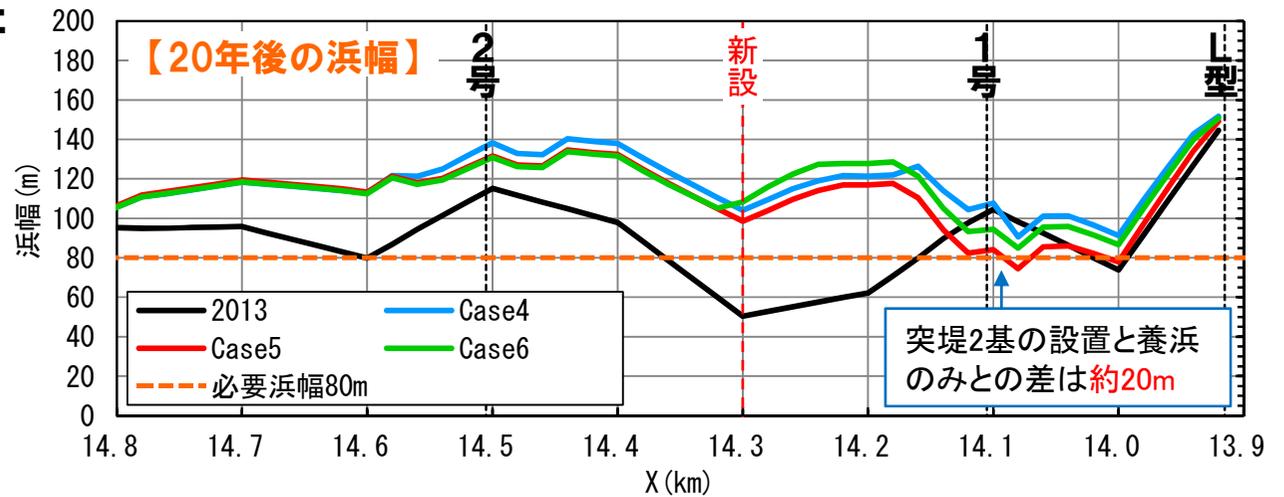


- 養浜のみの場合、必要浜幅を大きく割り込み(最大20m割り込む)、初期汀線から約40m後退する
- 突堤1基では、全域で80mの必要浜幅をほぼ満足するが、5年後の時点では汀線の不連続が大きい

## (5) 計算結果:施設減の検証

20年後

- Case4 突堤2基
- Case5 施設なし
- Case6 突堤1基



- 施設なし (養浜のみ) では、20年後も **L型突堤~1号堤間の必要浜幅が確保できない**

## (1) 2013年台風18,26号時の状況

### ■波高(久能観測所)

久能観測所の波高上位10波(2000(H12)年~2013(H25)年)

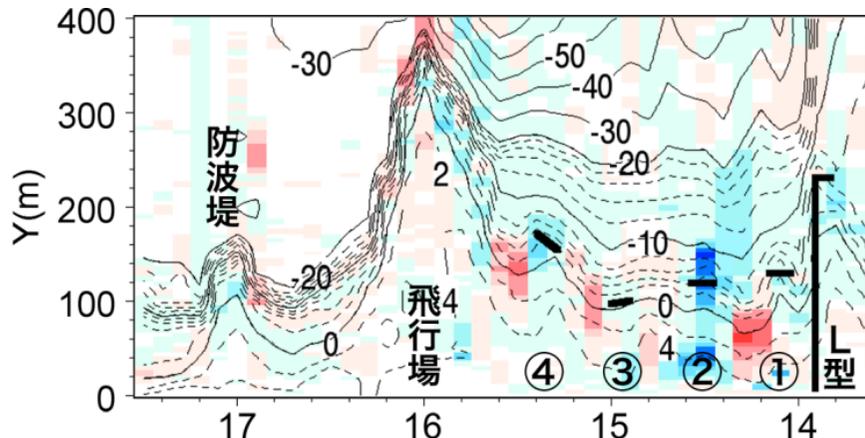
順位	気象要因	有義波高(m)	有義波周期(s)	最大値観測時刻
1位	2011年台風15号	10.11	12.4	2011/9/21 15時30分
2位	2013年台風26号	9.28	16.7	2013/10/16 7時
3位	2012年台風17号	8.40	13.7	2012/9/30 22時
4位	2002年台風21号	8.37	16.4	2002/10/1 20時
5位	2009年台風18号	8.13	13.7	2009/10/8 7時
6位	2013年台風18号	7.97	13.1	2013/9/16 9時
7位	2012年台風4号	7.67	13.5	2012/6/19 24時
8位	2005年台風11号	7.14	14.7	2005/8/25 20時
9位	2004年爆弾低気圧	6.53	10.3	2004/12/5 6時
10位	2004年台風23号	6.50	13.9	2004/10/20 21時



【清水海岸の計画外力(50年確率波)】  
 沖波波高 $H_o=12.0m$ 、沖波周期 $T_o=17.0s$   
 (石廊崎測候所の観測データ(1976年から22年間)による)

### ■地形変化

水深変化量(2013年9~11月:台風18,26号来襲前後)



### ■1号消波堤下手の状況変化



- 高波浪の作用により、消波堤の消波機能が低下したことで1~3号消波堤の背後が侵食傾向となったが、侵食土砂が下手に寄与し、各消波堤間は堆積傾向となった
- 1号堤下手の開口部では、台風時に越波が生じたが、その後消波堤背後の堆積土砂の下手への供給により堆砂が生じた

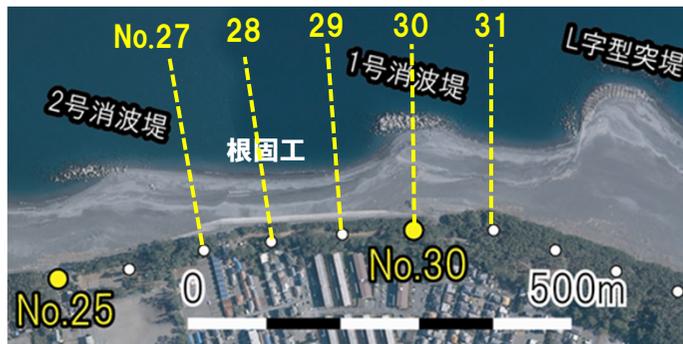
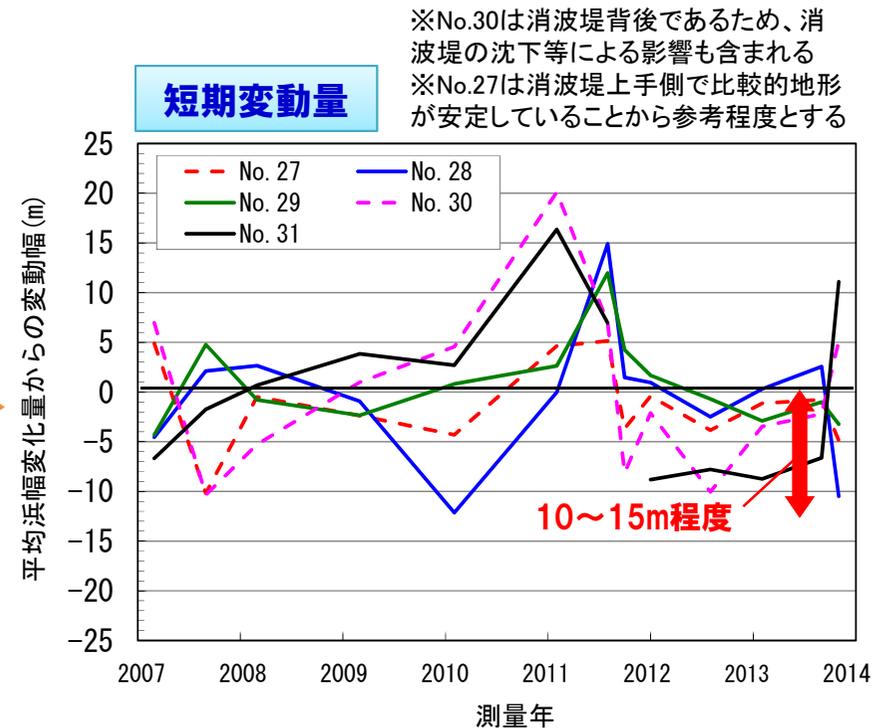
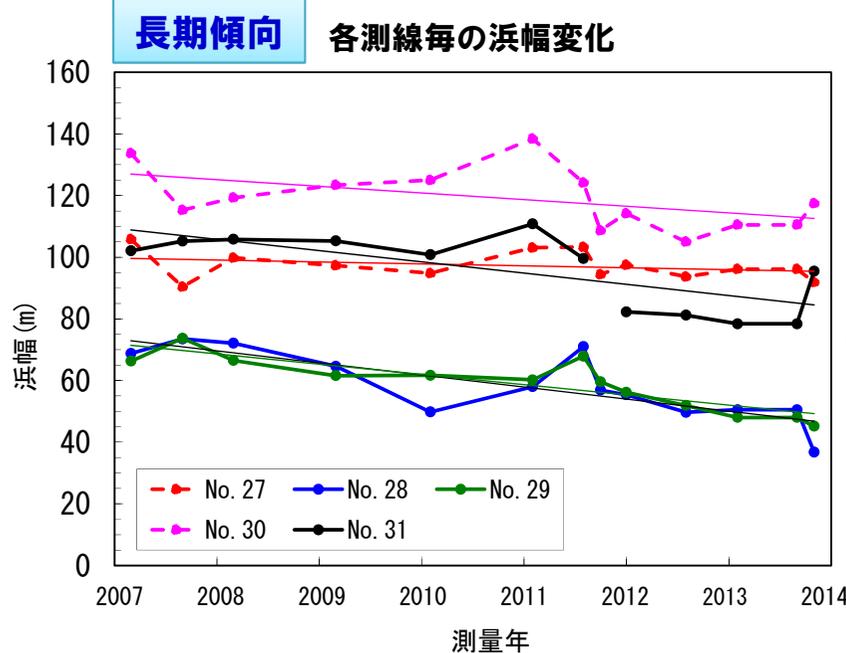
## (2) 砂浜の短期変動

高波浪等による砂浜幅の後退を定量的に把握するため、測量データを基に**砂浜の短期変動量**を確認した

### 【短期変動量の算出】

消波堤整備後の各測線毎の平均汀線変化量から長期傾向(左下図の近似直線)を取り除いた隔年の変動幅を短期変動量と定義

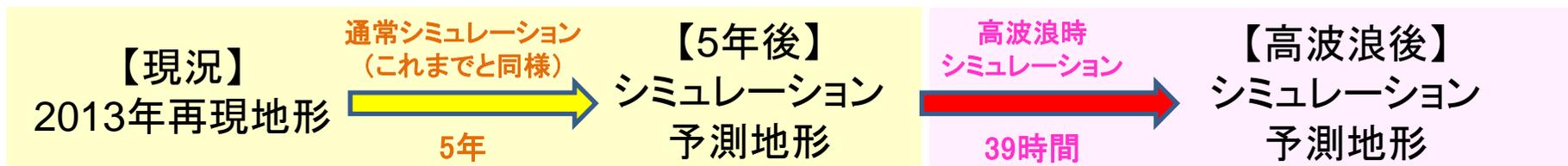
2007年～2014年



- 高波浪等の影響により短期的に**10~15m程度**の汀線後退が生じることがある
- 近年でも2013年台風で施設の機能が低下した1~2号消波堤周辺では汀線後退量が10~15mとなっており、**漂砂制御施設が無い状態で高波浪が作用した場合、より後退量が大きくなる**ことが予想される

## (3) シミュレーションの目的と条件

**目的** これまで検討に用いた年数回来襲波(5%確率波)を上回る異常波浪を比較的短時間作用させその影響を確認する



より危険な地形の条件で高波浪が作用した場合を検証するため、通常シミュレーションの5年後の予測地形を初期とした

### 高波浪時シミュレーションの計算条件

対象波浪	2013年台風18, 26号時の異常波浪
初期地形	長期予測結果(5年経過時)
計算期間	2013年台風18, 26号時の波高3m以上の継続時間:39時間
波高伝達率 Kt	消波堤:0.9(通常時0.4) L型突堤:0.9(通常時0.7) 高波浪が作用すると、施設の消波機能が低下するため、高波浪時の波高伝達率を増大させた
養浜	なし
入射波条件	2013年台風18, 26号時の波高3m以上の継続時間内のエネルギー平均波 沖波波高 $H_0' = 5.6m$ 、周期 $T = 13.6s$
地形変化の 限界水深	バーム高:+5m(通常時+3m)、移動限界水深:-15m(通常時-12m) 2013年台風18, 26号前後の測量成果を基に決定

### 検討ケース

通常シミュレーションで20年後までに必要浜幅80mを満足するケース

**Case4** 突堤2基(現消波堤位置に突堤を設置)

**Case6** 突堤1基(1,2号消波堤を撤去、現L型突堤~3号の中間にL型突堤を設置)

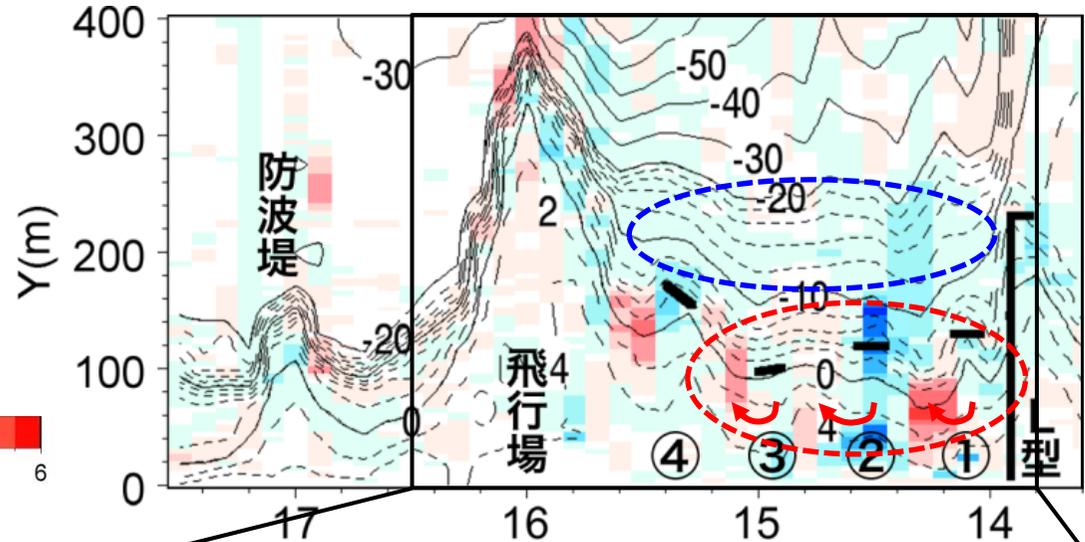
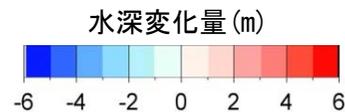
## (4) モデルの妥当性確認(再現計算)

高波浪時の地形変化を計算し、実測値が示す変化傾向との比較を行った

### 【水深変化量】

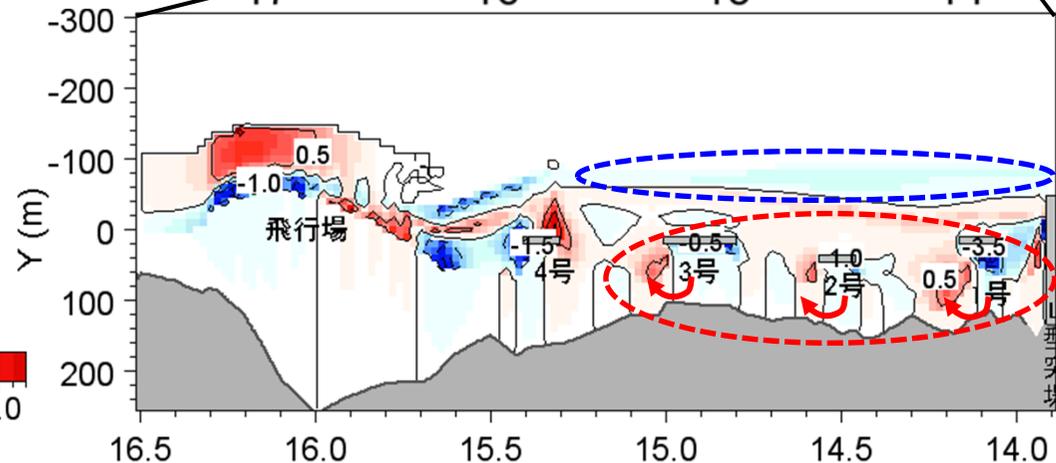
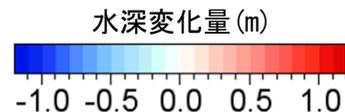
実測

2013年9~11月:  
台風18,26号来襲前後



計算

高波浪後 (2013年基準)



### 地形変化傾向

- 消波堤の消波機能が低下したことで、1~3号消波堤の背後が侵食傾向となる一方、侵食土砂が下手に寄与し、各消波堤間は堆積傾向となった
- 沖合では細長い帯状の侵食域が形成され、波高の増大とともに、より水深の大きな場所まで砂移動が生じた  
⇒計算からも同様の傾向が確認できる

## (4) モデルの妥当性確認(再現計算)

高波浪時の地形変化を計算し、実測値が示す変化傾向との比較を行った

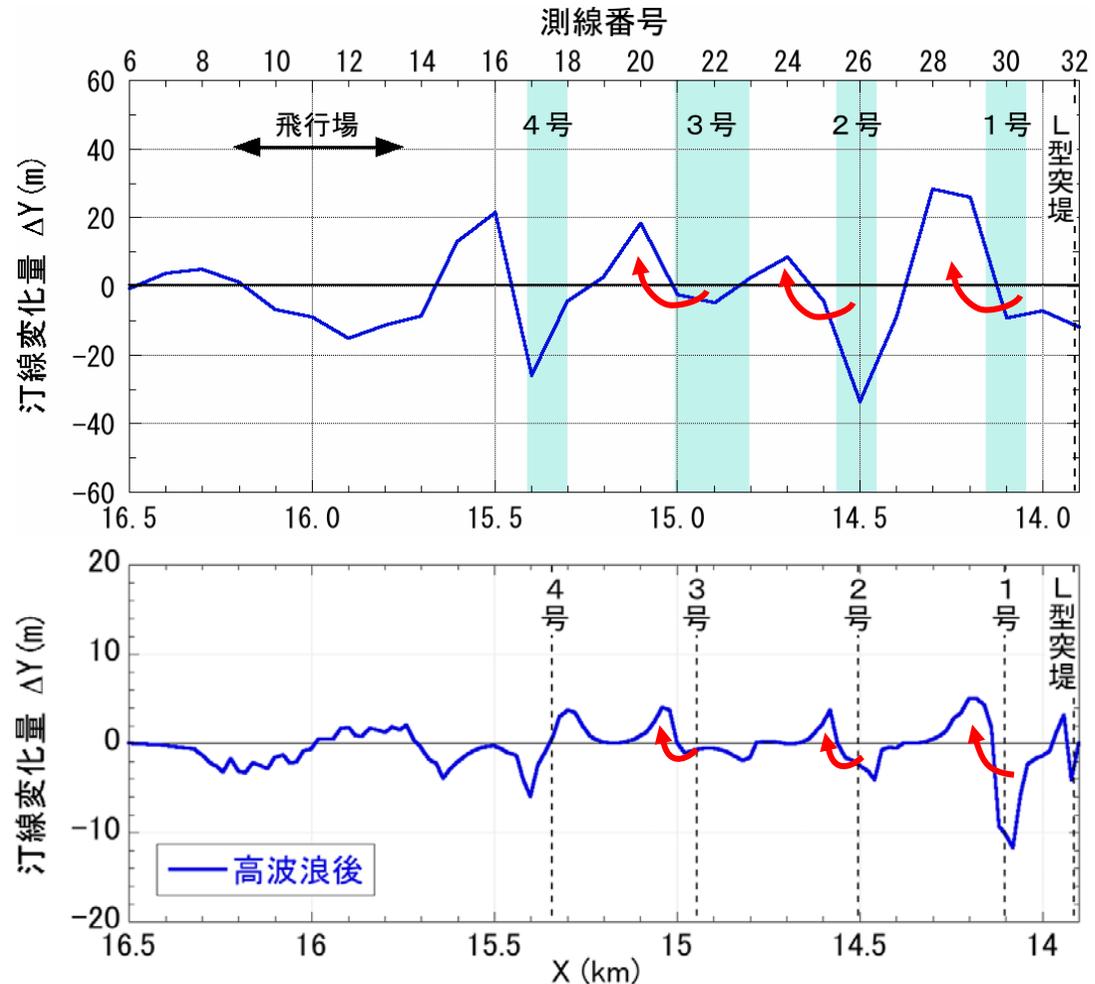
### 【汀線変化量】

実測

2013年9~11月:  
台風18,26号来襲前後

計算

高波浪後(2013年基準)



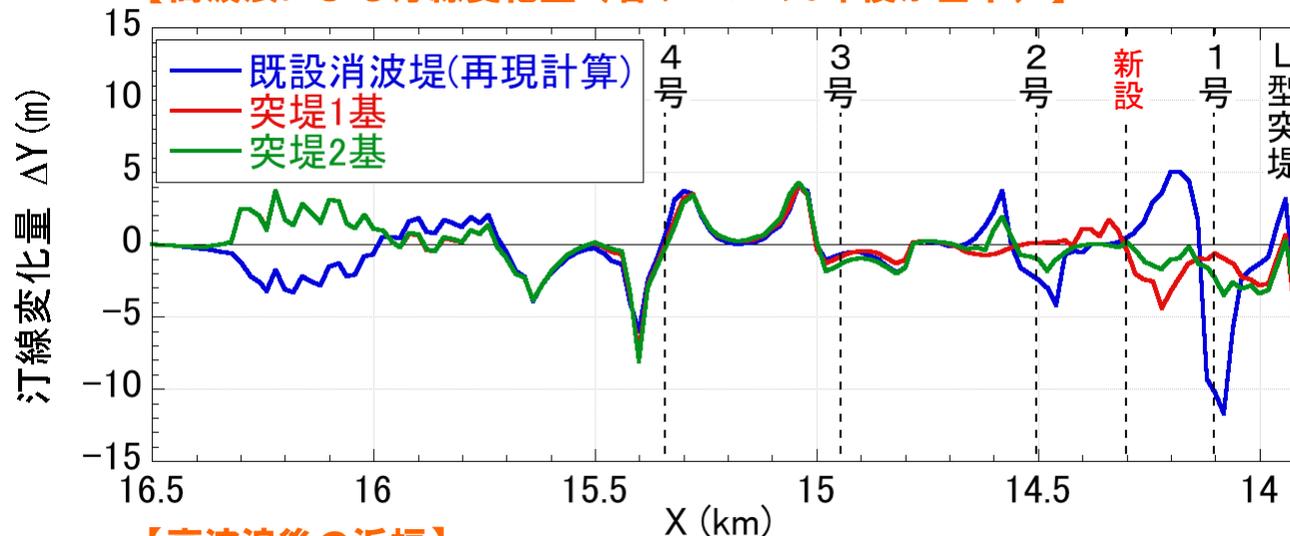
### 地形変化傾向

- 実測から、消波堤の消波効果が低減したことで1~3号消波堤の背後で汀線が後退し、侵食土砂が消波堤間の凹部を埋めて汀線が前進することが明らかとなった  
⇒計算結果からも同様の傾向が確認できる
- 特に2号消波堤の沈下が顕著であったため、実測では2号堤背後の侵食量が大きくなったと考えられる

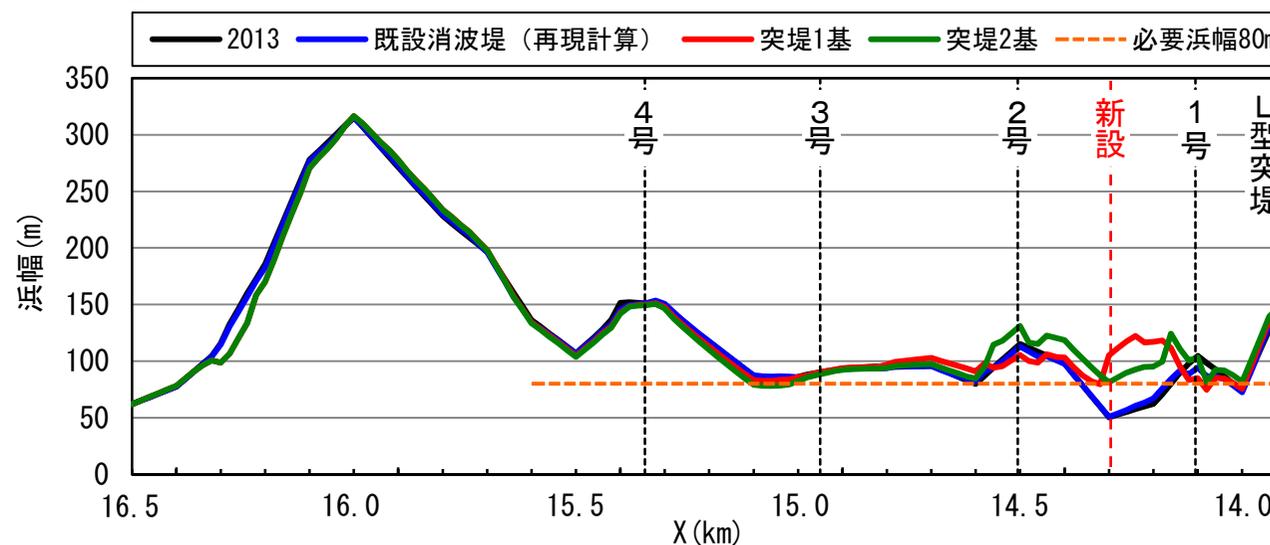
## (5) 計算結果

突堤1基 (Case6)  
突堤2基 (Case4)

【高波浪による汀線変化量 (各ケースの5年後が基準)】



【高波浪後の浜幅】



- 既設消波堤に比べて高波浪時の汀線後退量は少ない(縦堤による保全効果)
- L型突堤が1基、2基の場合で、汀線後退量の差はほとんどなく(後退量は5m以下)、高波浪後も必要浜幅をほぼ満足する

## (1) シミュレーション結果のまとめ（既設L型突堤～2号堤間の比較）

## ■浜幅と汀線変化

	突堤	5年後(初期段階)			20年後	高波浪後	
		最小浜幅	最大後退量	最大後退箇所	最小浜幅	最大後退量	最大後退箇所
ケース4	2基	81m	17m	L型突堤～1号堤間	91m	4m	L型突堤～1号堤間
ケース5	なし	60m	39m	L型突堤～1号堤間	75m	-	-
ケース6	1基	76m	24m	L型突堤～1号堤間	85m	4m	L型突堤～1号堤間

## ■シミュレーション結果、基数・配置等のまとめ

	防護面	景観面	施工面	評価
突堤2基 (ケース4)	5年後までに全域で必要浜幅を満足する	施設が視点場に近いため、視認性の点で他案より劣る (初期段階の汀線の不連続は1基案より小さい)	L型突堤を既設消波堤位置に設置するため、施工性が悪い	視認性、施工面で1基案より劣るが、高波浪時の防護機能は既設消波堤より優れるとともに、5年後には全域で必要浜幅を満足し、20年後は汀線の連続性が期待される最適案 ○
突堤なし (ケース5)	20年後でも必要浜幅を満足できない。既設消波堤撤去時に短期的に消波堤位置で著しい汀線後退が生じる	施設がなく景観に優れる	養浜のみ継続的实施	景観上望ましい案であるが、20年後でも必要浜幅を満足することができないため、対策として不相当 ×
突堤1基 (ケース6)	5年後までに必要浜幅をほぼ満足する	施設が視点場から遠いため、視認性の点で2基案より優れる (設置水深が大きいため、初期段階の汀線の不連続は2基案より大きい)	開口部に設置するため、既設消波堤と干渉せず、施工性が良い	視認性、施工面で2基案より優れるが、5年後までの防護機能はわずかに劣る。また、初期段階の汀線の不連続は2基案より大きい 背後地の重要度、沖合侵食の進行や高波浪などの不確定要素を考慮すると、2基案に比べて不利 △

## (2) 結論

## 配 置

- 現消波堤位置への設置（2基）を基本とする。
  - ※ 施工期間中の高波浪への対応や施工面での開口部設置の優位性を踏まえ、設置位置を下手側に変更することも視野に入れる。

## 形 状

- 縦堤の先端位置は侵食前の汀線付近とする（消波堤位置ではT.P.-4m）
- 横堤長は70mを基本とする。
- 天端高はT.P.+1.5mを基本とする。
  - ※ 景観的、構造的な必要性を踏まえた形状検討は引き続きおこなう。

## 養 浜

- 総量は5万 $m^3$ /年（飛行場付近からのサンドリサイクル）とする。
- 羽衣の松側から、各突堤間に1.5万 $m^3$ , 2.5万 $m^3$ , 1万 $m^3$ の投入量を基本とする。
  - ※ 景観上許容される養浜形状を検討する。
  - ※ 長期的な養浜材に係る課題については、別途検証する。

## III. 突堤構造の検討

1. 現地に適用する場合の問題点
2. 突堤構造の選定



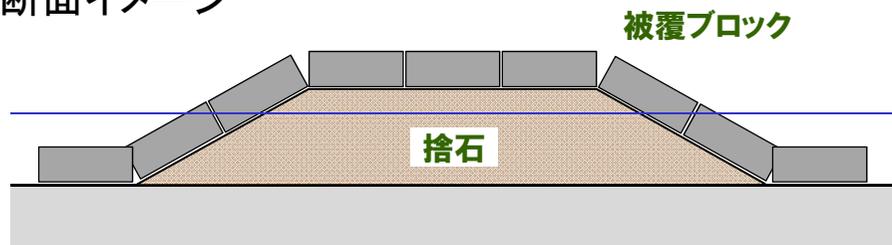
## 既設L型突堤の構造

漂砂捕捉効果、景観面、経済性など総合的な観点から被覆ブロック張式を採用

### 被覆ブロック張式

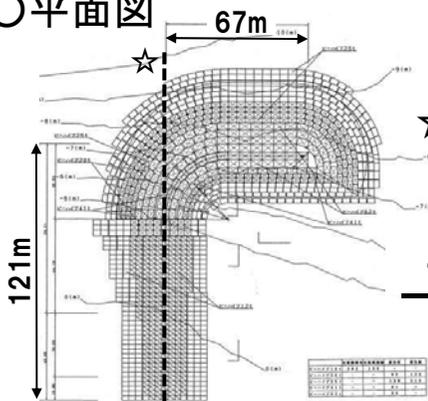
捨石基礎の表面を被覆ブロックで保護する構造

#### ○断面イメージ



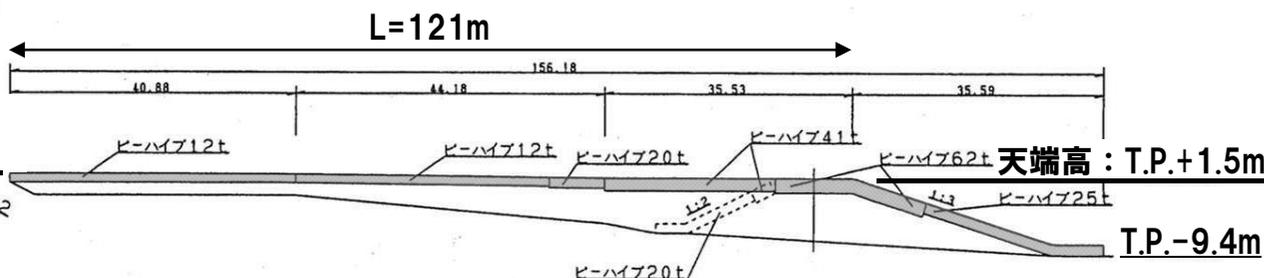
#### 既設L型突堤

##### ○平面図



##### ☆縦断面図

天端高：  
T.P.+2.0m  
-1.00



#### 長所

- 不透過型であるため、漂砂制御機能は高い
- 地形への追従性が高く、海浜との馴染みがよい

#### 短所

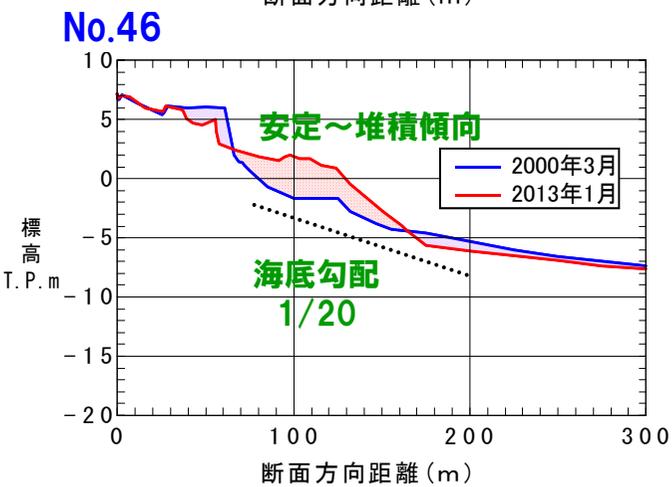
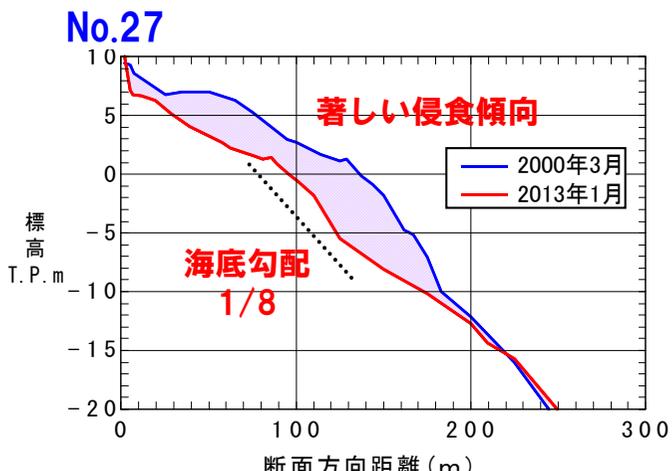
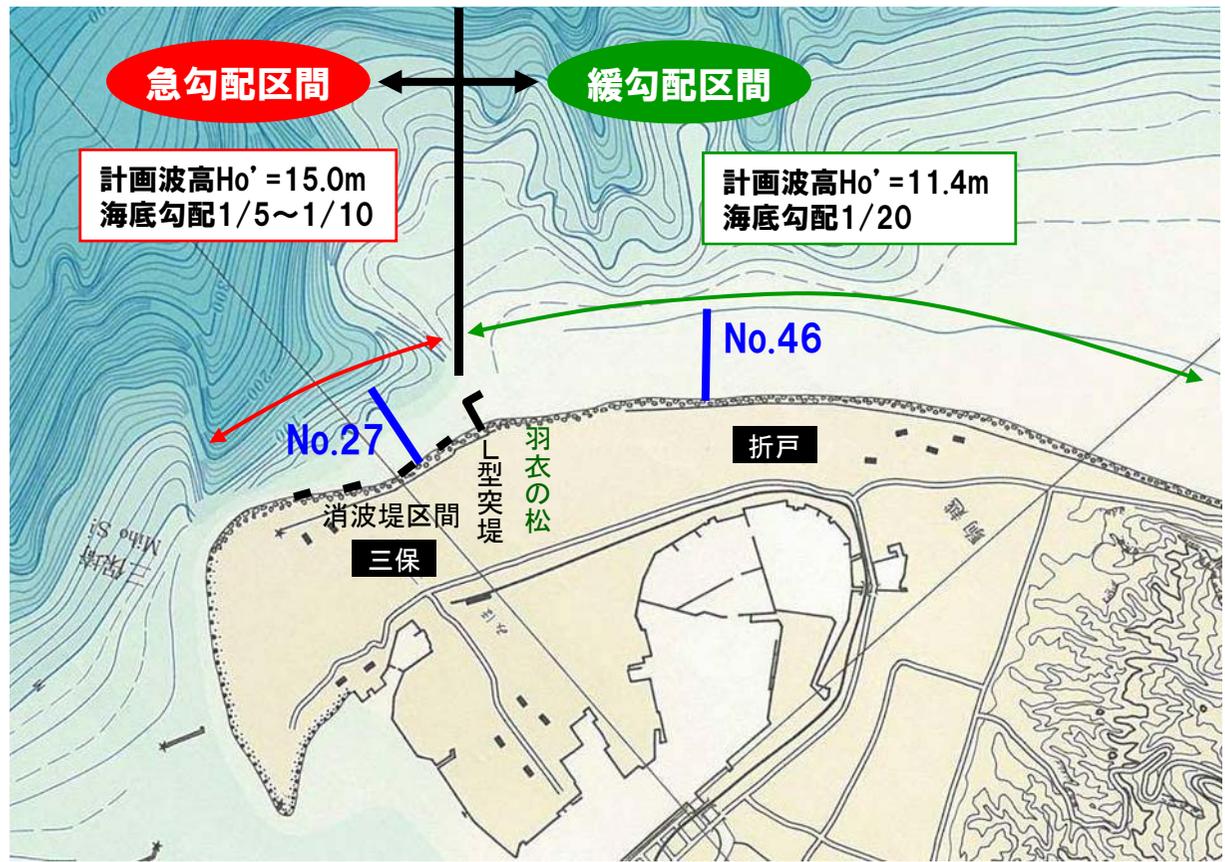
- 地形変化によりブロックの沈下や散乱が生じやすい
- ブロックの移動により中詰材が流出し、堤体全体の沈下が生じる恐れがある

既設L型突堤は、漂砂捕捉効果、景観面、経済性など総合的な観点から被覆ブロック張式を採用しているが、地形条件や漂砂特性が異なる消波堤区間への適用には問題が多い

## 現突堤区間との違い

○海底勾配が急である

○侵食が最も進行している区間(地形変化が顕著)



## ○ 海底勾配が急なため、沖合の波が減衰されないまま施設前面に到達する

波高は「1.3倍以上」、必要ブロック重量は「2倍以上」になる

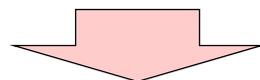
- ⇒ 波が直接作用する横堤（一部縦堤）は、既設突堤でも62t型のブロックを使用
- ⇒ 前面洗掘のリスクが大きくなる

## ○ 侵食が進行し、海中の地形変化が激しい

海底勾配は1/20に対して1/5～1/10、消波堤区間は侵食が進行している。

- ⇒ 単純にブロックなどを置いた場合、沖側にずれ落ちる可能性がある
- ⇒ ブロックの不等沈下や散乱が生じやすい

- 現突堤のような被覆ブロック張式の構造では、施設の安定性確保が困難である。
- 特に波が直接作用する横堤では、巨大なブロックが必要になるなど、問題が多い。



**横堤は被覆ブロック張式以外の形式も検討する  
（横堤と縦堤を別の構造とすることも含める）**

### (1) 代表的な突堤形式

基礎分類	型式	構造概要	比較的波高が高い箇所でも適用	透過/不透過
捨石基礎 ※	消波ブロック式	消波ブロックを積み重ねる	○	透過型
	石枠式	鉄筋コンクリート枠の中に詰石する		透過型
	石積式,石張式	中詰石の表面を大きい石で被覆する		不透過型
	被覆ブロック張式	中詰石の表面をブロックで被覆する ⇒ 既設L型タイプ	○	不透過型
	場所打コンクリート式	コンクリートを現地で打設する		不透過型
	ケーソン式 (ウェル式)	コンクリート函体の内部に詰石する (ウェル式はケーソン下部を基礎地盤に埋め込んだ形式(堤頭部等))	○	不透過型
	セルラーブロック式	コンクリートブロックで壁体を形成し、内部に詰石する		不透過型
杭基礎	有脚式	孔空きケーソン等を鋼管杭で支持する ⇒ 新型離岸堤タイプ	○	透過型
矢板基礎	二重矢板式 (鋼矢板,鋼管矢板)	鋼矢板(鋼管矢板)を二重に打設し、堤体内を砂礫で中詰めする	○	不透過型

※捨石基礎タイプは、条件が良ければ直接基礎とする場合もある

#### 透過型

…突堤本体に50%程度の空隙を確保し、堤体内を海水や土砂を通過させる形式  
(漂砂制御効果：中)

#### 不透過型

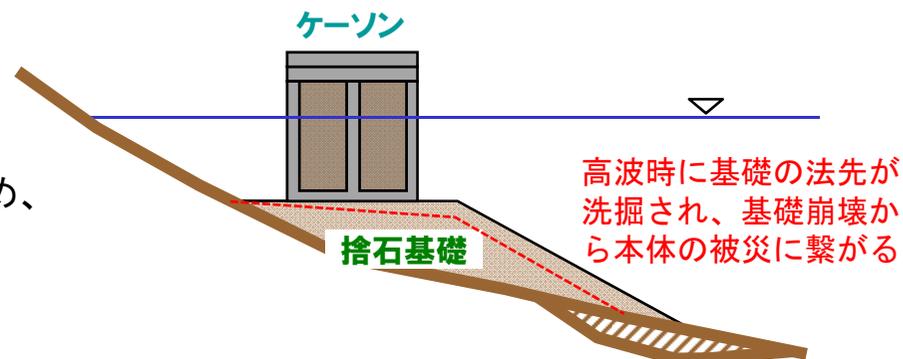
…堤体内を海水や土砂を通過させない形式  
(漂砂制御効果が高い反面、下手への影響も大きい)

### (2) 基礎形式のイメージ

#### ○捨石基礎 断面イメージ(ケーソン式)

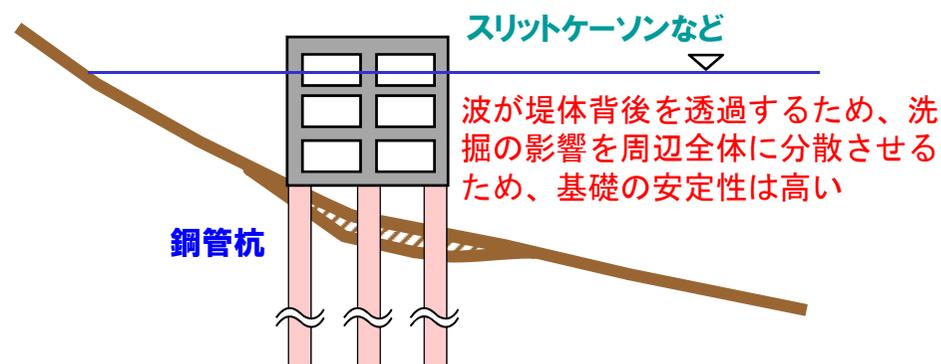
捨石を敷き詰めた構造  
急勾配地形では高波浪時の洗掘規模が大きくなるため、基礎崩壊に繋がりやすい

⇒ **本ケースのような急勾配海岸への適用は困難**



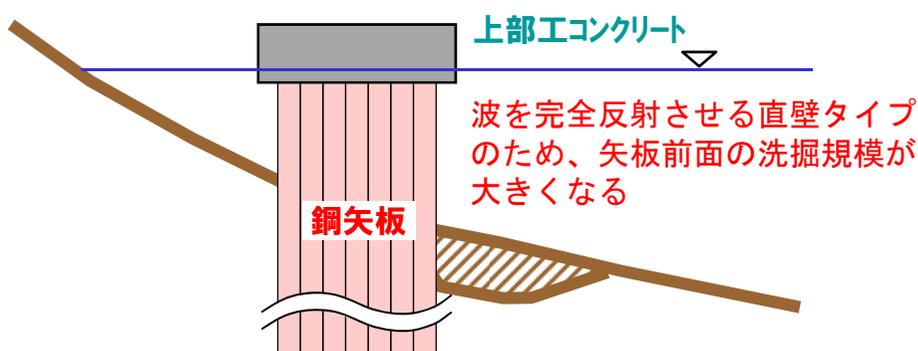
#### ○杭基礎 断面イメージ(有脚式)

透過型のスリットケーソンなどを鋼管杭で支持する構造で急勾配地形にも対応可能  
地形変化が生じやすい地盤に適した形式



#### ○矢板基礎 断面イメージ(二重鋼矢板式)

矢板を支持層まで打設するため急勾配地形にも対応可能  
ただし、前面洗掘の影響が大きいため、矢板規模が大きくなる



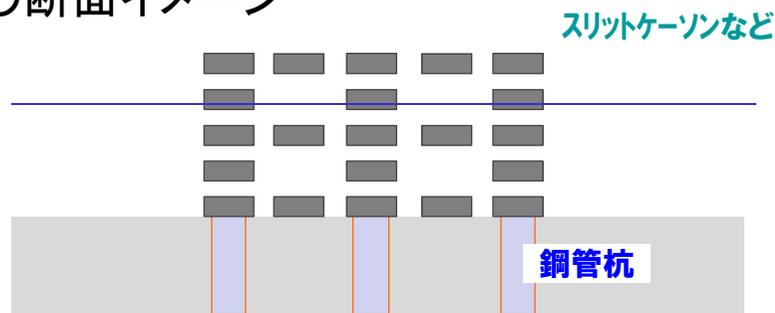
- ・ 縦堤はどのタイプでも適用可能
- ・ 横堤は捨石基礎の採用は困難であるため、杭基礎と矢板基礎タイプについて検討する

### (3) 工法の概要

有脚式  
透過型

本体のスリットケーソンなどを鋼管杭で支持する構造。スリットにより碎波を促進させる低天端型の消波構造物(新型離岸堤)

○断面イメージ



長所

- ・ 急勾配地形や地形変化が生じやすい地盤に適した形式（躯体一体構造）
- ・ 不透過型と比べて、反射波が小さく、施設周辺の洗掘も比較的小さい

短所

- ・ 透過型であるため、不透過型に比べて漂砂制御機能は低い  
(波浪制御を目的に開発されており、堆砂効果を目的とした設置事例がない。  
堆砂により躯体に作用する土圧の影響を加味した構造の検討が必要となる。)

### (3) 工法の概要

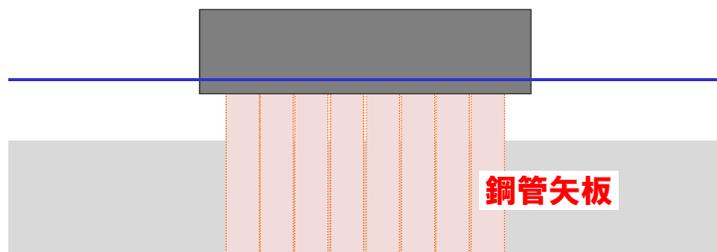
二重矢板式

不透過型

鋼矢板(鋼管矢板)を並べて打設した不透過型の構造。(鋼矢板を2列に打ち並べ、その中に石を詰めた構造)

#### ○断面イメージ

上部工はコンクリート  
コーピングによる保護



宮崎県大瀬川導流堤



神奈川県茅ヶ崎中海岸



長所

- ・ 急勾配地形や地形変化が生じやすい地盤に適した形式 (躯体一体構造)
- ・ 不透過型であるため、漂砂制御機能は高い

短所

- ・ 直立壁のため、反射波・沿い波が大きく、周辺地盤が洗掘されやすい
- ・ 反射波による船舶航行に影響を及ぼしやすい

### (4) 横堤の検討(三保地区適用に際しての課題)

絞り込んだ構造形式(鋼矢板式、有脚式)について総合的な評価を行った

		①鋼矢板式(二重鋼矢板式)【不透過型】	②有脚式【透過型】
構造概要			
漂砂制御機能		<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 漂砂制御機能が高い</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 不透過型に比べて漂砂制御機能が低い (一定の漂砂制御機能を確認するための実験・検討等が必要)</li> </ul>
安定性	課題	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 横堤海側の反射波が顕著となり、洗掘が大きくなる</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ スリット等により反射波が低減され、洗掘は小さい</li> <li>・ 既設タイプの耐波安定性は確認済み</li> <li>・ 高い漂砂制御機能を期待する場合は土圧作用による構造検討が必要</li> </ul>
	対応	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 法先に根固・消波ブロックによる洗掘防止対策や表面保護が必要であるが、安定性確保が困難</li> <li>・ 洗掘余裕しろでの対応が困難</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 洗掘余裕しろでの対応が可能</li> </ul>
施工性	課題	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 設置箇所周辺に飛散した消波堤ブロックが矢板・杭打設に影響を及ぼす恐れがある</li> </ul>	
	対応	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ ブロックの埋没深さが不明なため、ケーシングが必要</li> </ul>	
維持管理		<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 防食により、長期にわたる耐候性の保持が必要(砂礫移動による鋼材の磨耗対策が必要)</li> <li>・ 法先に根固被覆・消波ブロックを設置する場合、その沈下・散乱等が生じた場合は回収が難しく、補修規模は大きい</li> </ul>	
総合評価		<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 洗掘対策規模が大きく、安定性・施工性の面で②に比べて劣る △(接合部等一部併用可能性あり)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 漂砂制御効果や施工性の課題を解決していく必要があるが、施設全体の長期的安定性が確保しやすい ○(採用案)</li> </ul>

横堤は、他に比べて安定性が高い、有脚式(透過型)が有利である。

### (5) 縦堤を含めた構造案

- 縦堤は防護面、景観面、経済性等の点で既設L型突堤で効果が確認されている被覆ブロック張式を採用する

⇒縦堤の先端付近が波力や洗掘等の地形変化の影響を受けないよう横堤を設置することで、縦堤の必要ブロック質量の低減を図る(…製品化されている重量ランクのブロック使用を念頭)

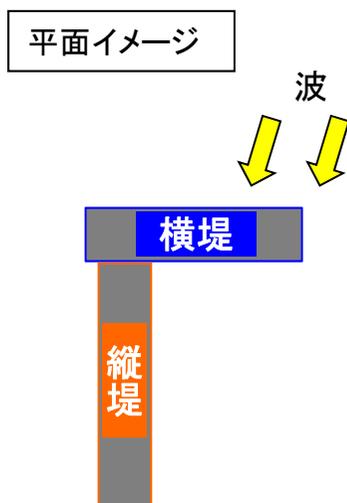
既設L型突堤基部から沖側を望む



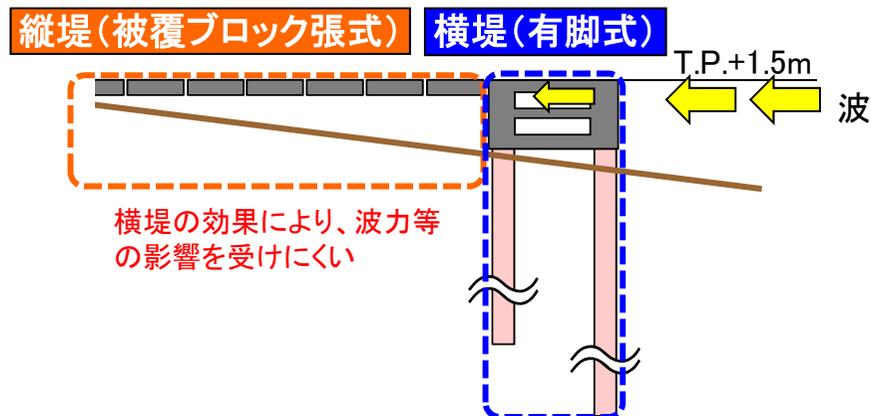
被覆ブロック張式の縦堤は地形への追従性、砂浜との馴染みのよさから縦堤が目立ちにくい

### 縦堤を被覆ブロック張式(不透過型)、横堤を有脚式(透過型)とした構造の複合タイプを検討する

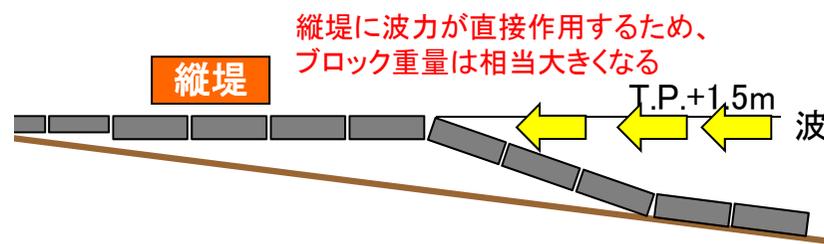
#### 【複合案模式図】



縦断イメージ

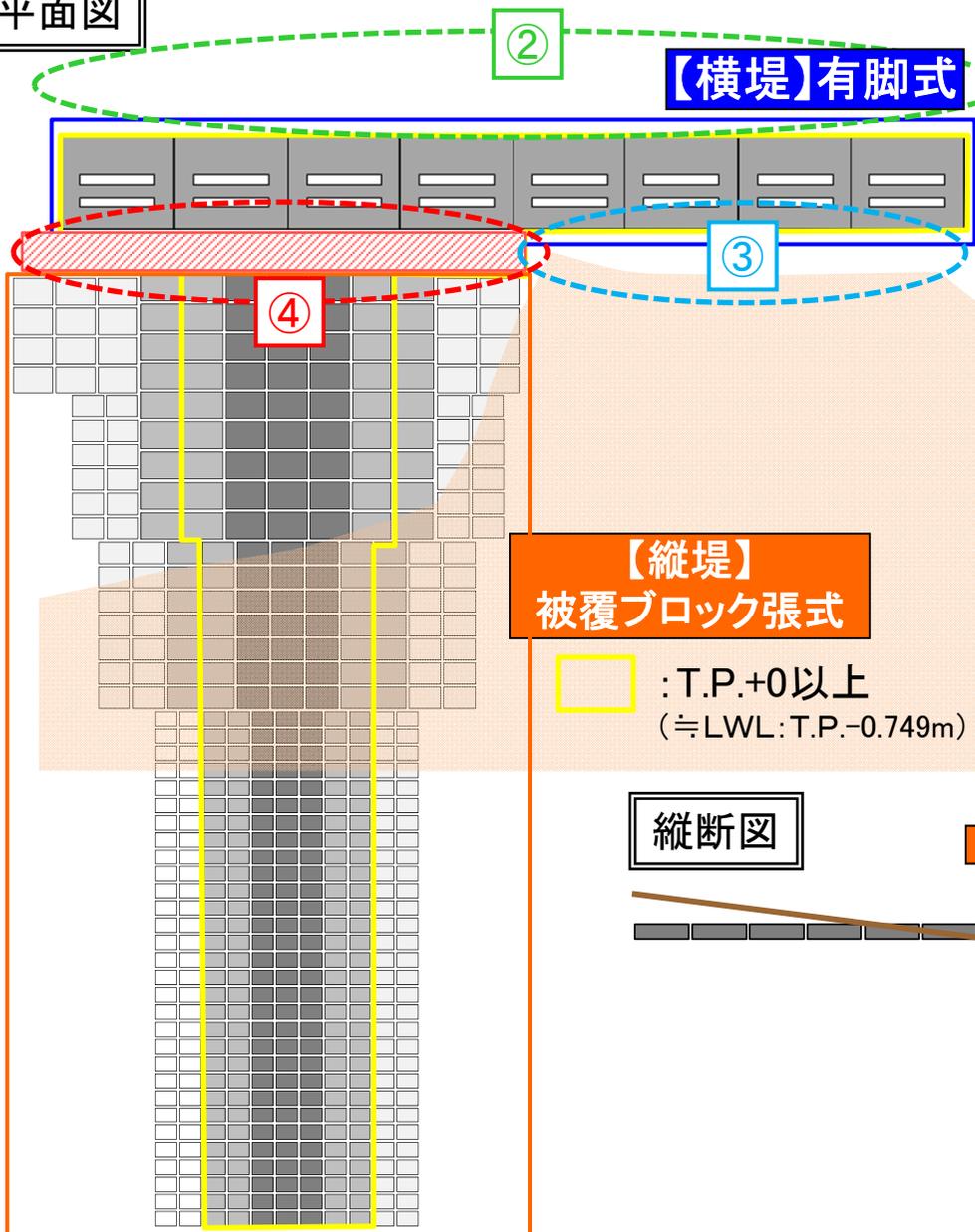


縦断イメージ  
【縦堤のみのイメージ】



## (6) 複合タイプの構造イメージと検討課題

平面図



【横堤】有脚式

【縦堤】  
被覆ブロック張式

□ : T.P.+0以上  
(≒LWL: T.P.-0.749m)

縦断図

### 【横堤】有脚式

背後に堆砂した場合の消波性能、土圧の影響、反射率等の確認が必要

杭打設時に埋没ブロックが干渉する可能性がある【①】

透過、不透過双方のメリット、デメリットを考慮した透過率の設定【②・③】

【透過率を高くする】

波圧・洗掘量が抑えられ施設の安全性は高まるが、堆砂性能が落ちる

【透過率を低くする】

堆砂性能が上がるが、波圧・洗掘量も大きくなり施設の安全性は下がる。

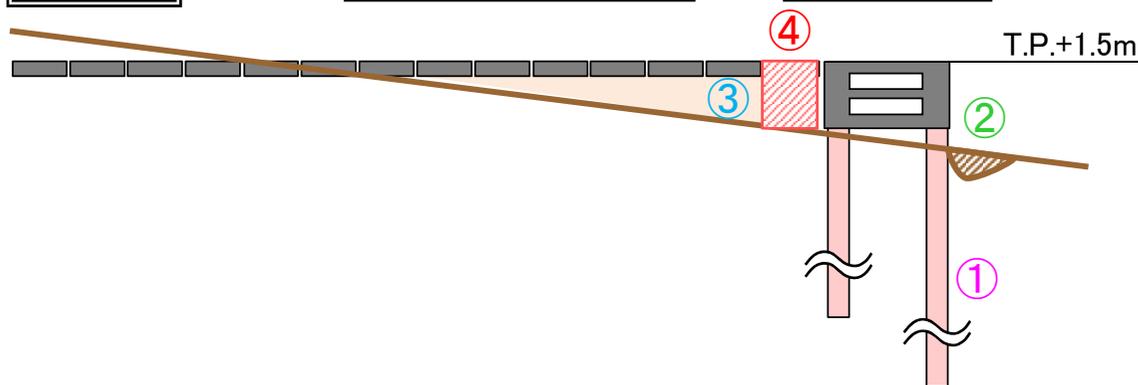
### 【縦堤】被覆ブロック張式

波力の作用や洗掘等の地形変化が縦堤の安定性に影響を与えないよう、横堤に一定の消波機能を確認することが必要

縦堤と横堤の接合部は安定性の観点から、不透過とする工夫が必要か【④】

### 【縦堤】被覆ブロック張式

### 【横堤】有脚式



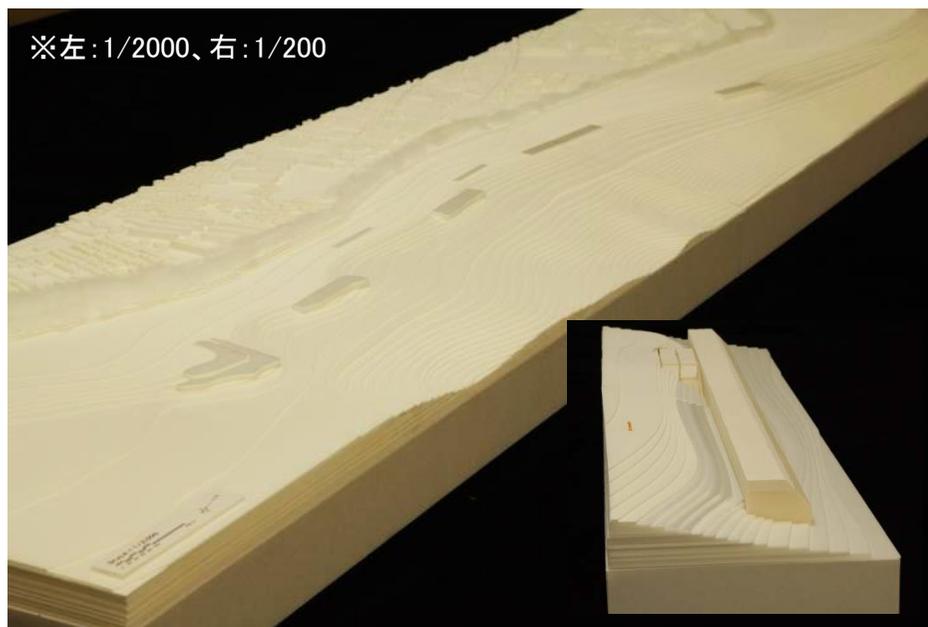
## IV. 模型を用いた景観検討



## (1) 景観予測手法

構造検討を進めながら突堤の景観検討を行う  
デザイン検討は模型を用い、突堤の風景へのおさまりはフォトモンタージュで確認

### 【デザイン検討用模型】



- デザイン性
  - 立体感
  - スケール感
- を把握する

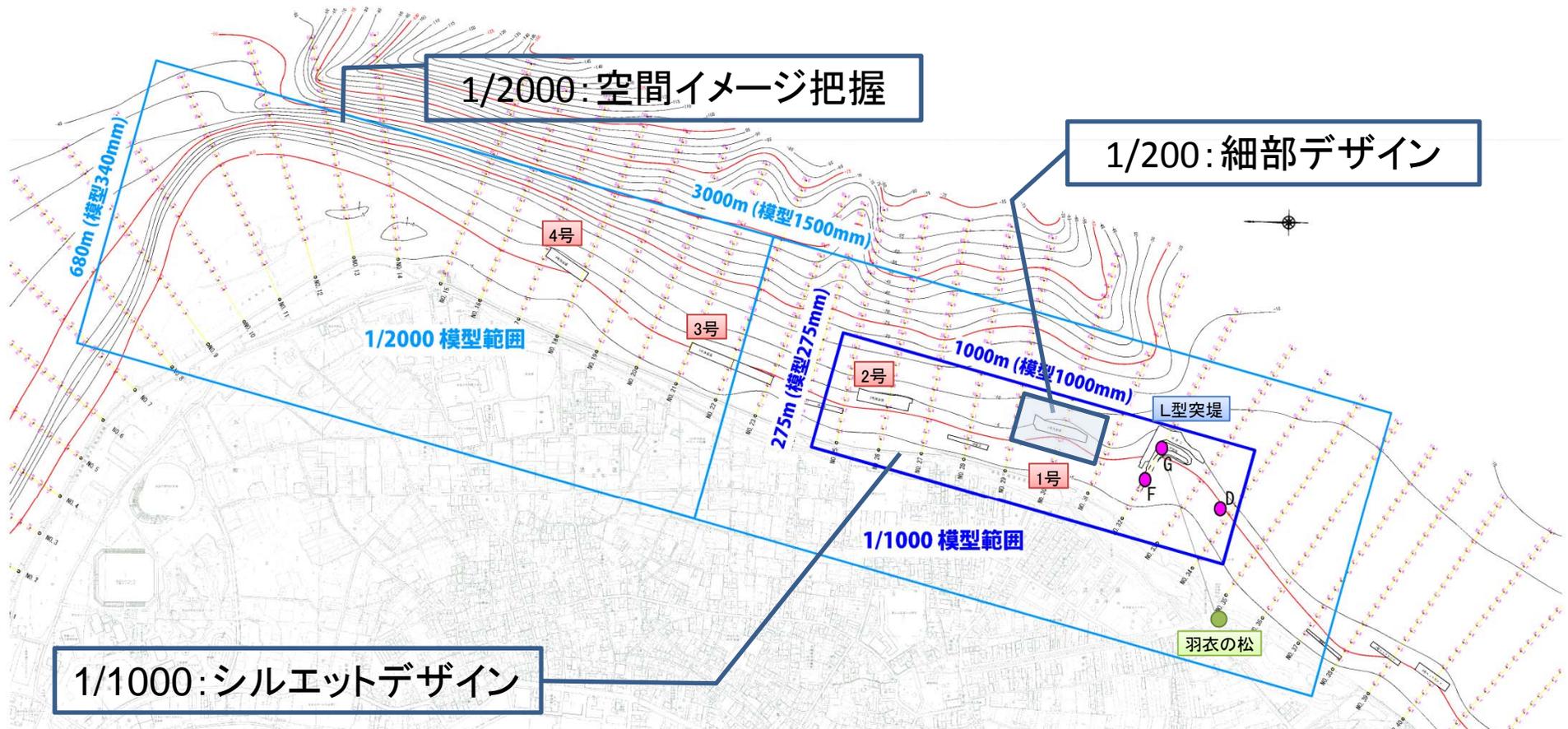
### 【フォトモンタージュ】



- 現地の臨場感
  - 周辺景観との調和感
- を把握する

## (2) デザイン検討用模型 検討範囲

模型は異なる3つのスケールを製作し、  
取り換え式パーツでデザインの比較を行う。



## V. 完成後のモニタリング



### モニタリングの位置づけ

- 富士山の世界遺産一覧表の記載審議における勧告事項 より
  - F) 景観の神聖さ及び美しさの両側面を維持するために、経過観察指標を強化すること。
- 三保松原白砂青松保全技術会議から知事への提言 より
  - 3. モニタリングにより海浜変化等を常に把握し、順応的に対策を見直す。

⇒ 防護、景観を中心としたモニタリングを、継続的に実施する必要がある。

### モニタリング体制

- 施設完成後の継続的な監視(モニタリング)は、既存の「清水海岸侵食対策検討委員会(以下、検討委員会)」の活用を中心に検討する。
- 必要に応じて、「検討委員会の拡充」、「別組織の設立」なども検討する。

## モニタリング項目

「モニタリング項目」「数値目標の要否」等、今後議論が必要

効果の検証

### 防護

現在のモニタリングを基本とし、必要な調査項目を追加する

【目的】 1/50確率波浪に対する防護水準(越波量)を満たしているか確認  
⇒ 砂浜幅、海浜・海底地形、海象観測など

### 景観

景観変化に関する経過観察を実施する

【目的】 施設の景観的な影響が低減しているか確認  
⇒ 施設の見え方、汀線形状など(定点写真観測)

影響の確認

### 施設

通常の実測とは別に、施設及び周辺地形を詳細に監視する

【目的】 L型突堤本体及びその周辺地形に問題がある変化が発生していないか確認  
⇒ 周辺地形、施設変形など

### 利用・環境

5年毎程度の間隔で確認をおこなう

【目的】 利用・環境に悪影響を及ぼしていないか確認  
⇒ 漁業利用、ウミガメ産卵など

## 長期目標の実現

自然回復が順調に進んでいるか確認

## VI. 今後の検討



次回会議に以下の項目を図り、本技術会議としての検討結果をとりまとめる

## □ L型突堤の設計

### ○横堤の構造検討

有脚式を基本とした構造形式を選定

### ○縦堤の構造検討

被覆ブロック張式の基本諸元の決定(天端高、天端幅、法勾配、ブロック質量等)

被覆材料の選定、ブロックの割付など

### ○縦堤と横堤全体

平面配置、構造デザイン、色合い、表面処理など

施工順序など

## □ 養浜検討

○採取位置、投入断面形状など(初期養浜を含む)

## □ モニタリング

○モニタリング体制、モニタリング項目