宮崎海岸侵食対策検討委員会第１回技術分科会
技術検討資料（閲覧資料）

この資料は、高度に専門的で大部（大量）な資料であり、検討途中あるいは今後新たな情報や検討結果等によって変更の可能性がある情報を含む資料であるため、非配布としています。

なお、宮崎河川国道事務所海岸課または宮崎海岸出張所にて閲覧は可能です。

平成２１年１月２９日

国土交通省九州地方整備局宮崎河川国道事務所

技術検討資料－１

宮崎海岸侵食対策検討委員会　第１回技術分科会

住吉海岸技術検討委員会における土砂収支の推定と侵食対策の検討経緯

・住吉海岸技術検討委員会（H16.2～H19.3）における検討・協議概要

・土砂収支の推定と侵食対策の検討経緯
＜土砂収支の推定＞
⇒地形変化特性の整理
⇒土砂収支の推定（既往⇒修正検討⇒検証調査実施）
＜地形変化モデル検討＞
⇒一般的な汀線変化モデル構築（モデルの検証⇒課題抽出）
⇒モデルの修正検討（波向補正⇒海浜流取り込み）
＜侵食対策検討＞
⇒対策の考え方整理
⇒対策の目標設定（目標浜幅）
⇒対策工法の評価および比較検討（地形変化モデルによる効果評価）
⇒対策の優先度検討
⇒対策実施に向けた課題の整理

平成２１年１月２９日

国土交通省九州地方整備局宮崎河川国道事務所
宮崎県

≪住吉海岸技術検討委員会(H16.2～H19.3)における検討・協議　概要≫

開催年月日		検討内容・討議経緯			検討課題
		土砂収支把握	地形変化予測モデルの構築	対策検討	
第1回	H16.2.4	□基礎情報の収集整理 ・空中写真，深浅測量データによる地形変化特性 ・地形変化要因(波浪・潮位・流況・底質・河川供給土砂・浚渫)に関するデータ整理 □一ツ瀬川～宮崎港間の土量変化解析	－	・検討範囲及び検討方針について協議	≪土砂収支把握の課題≫ ・土砂収支把握が課題。 ・河川からの供給土砂量把握が課題。
第2回	H16.8.6	□既往の検討結果の整理 □基礎情報の追加整理 ・ 1983年以前の土量を空中解析結果から算出し、追加 ・ 砂防ダム、河川での土砂採取・浚渫に関してのデータの追加 ・ 河川からの流入土砂の追加 □一ツ瀬川～宮崎港間の土砂収支の推定	□汀線変化モデルを採用 ・計算条件の設定および、構築したモデル検証のため過去の汀線変化の再現を試みた。 ・宮崎港防波堤の延伸過程を考慮	・関係機関でのデータの積極的な共有をしていくことを確認	≪土砂収支把握の課題≫ ・一ツ瀬川導流堤の通過沿岸漂砂量と沿岸漂砂の卓越方向の把握が課題。 ・海浜土砂が沖合へ流出したと仮定しないと収支が合わない。沖流出土砂の実態把握が課題。 ≪地形変化予測モデル構築の課題≫ ・観測波浪からだけでは北向き漂砂が卓越し、港湾への土砂移動が再現されず。 ・原始の状態での汀線変化の再現が必要。
第3回	H17.3.29	□一ツ瀬川～宮崎港間の土砂収支の推定 ・データ追加・更新による見直し	□汀線変化予測モデルの検討 ・現状と原始の状態での波浪・流況場の比較(卓越海浜流を評価) ・原始の状態での汀線変化を再現	□侵食対策工法の考え方 ・侵食原因は、河川からの土砂供給量減少、宮崎港防波堤による遮蔽域への漂砂移動、大淀川からの沿岸漂砂の阻止 ・対策は、沿岸漂砂の制御(海岸での対策)と河川からの供給土砂回復	≪土砂収支把握の課題≫ ・石崎浜以北および一ツ瀬川導流堤の通過沿岸漂砂量および沖合いの土砂移動に未解明な部分が多い。 ≪対策検討の課題≫ ・生態系、特にウミガメの上陸・産卵を阻害しない対策 ・サーフィン、漁業等の利用を阻害しない対策
第4回	H18.3.29	－	□対策工法の評価および比較検討 ・汀線変化予測モデルの改良(卓越海浜流の取り込み) ・汀線変化予測モデルによる将来予測と対策工の評価	□必要砂浜幅の考え方 ・砂浜を防護施設の基本と考え、海岸の防護・環境・利用を達成するための必要規模　⇒　50m □適用性の高い対策工法基本案 ・海岸の防護・環境・利用を総合的に考えた結果、海浜をすべて人工構造物で覆う策は得策でなく、『沿岸漂砂を制御できかつ設置間隔を広くとれるヘッドランド工法』と『目標浜幅への回復およびヘッドランドでは制御しきれない土砂量を養浜工で補う』ことが対策の基本案。 　＊今後、養浜のみで対応することを考えた場合、必要となる養浜量はヘッドランドを伴う場合のおよそ2倍。一方で、ヘッドランドの設置のみで現状の海浜を維持することは不可能。 □港湾計画一ツ葉防砂突堤の設置 ・港湾管理上適切なものとする。ただし、海岸侵食対策との土砂管理の連携が不可欠。	≪対策検討の課題≫ ・ゾーニング、優先度検討 ・養浜砂の確保 ・段階計画の検討 ・対策工法の精密化 ・コスト縮減

開催年月日		検討内容・討議経緯			検討課題
		土砂収支把握	地形変化予測モデルの構築	対策検討	
第5回	H18.9.1	□土砂収支の考え方 ・データの追加・更新をし、一ツ瀬川～宮崎港間の土砂収支の考え方（見直し）について案を提示 ≪現状で妥当と考えられる土砂収支の考え方≫ ・石崎川以南は南向きの漂砂が卓越と推定	－	□優先度からみた対応方針の考え方 ・沿岸漂砂最下手側へは漂砂制御施設設置の優先度が高く、一ツ瀬・大炊田は養浜主体の対応が望ましい。 □当面の養浜箇所 ・当面の養浜箇所は石崎浜。実施調整しつつ余剰土砂は最大限活用。モニタしつつ実施、ストックも考慮。	≪土砂収支把握の課題≫ ・土砂収支の解明、調査を継続 ≪対策検討の課題≫ ・対策の着手 ・総合土砂管理の推進 ・石崎浜への養浜のモニタリング
第6回	H19.3.16	□対策の実施に向けた調査について ・ 汀線近傍の漂砂移動方向は、波浪の来襲波向と呼応することが現地で確認された。 ・ 定点固定カメラによる流況調査、トレーサー調査による年間を通じた漂砂移動は、総じて南向きの結果であった。ただし、2006年は、平均的な海岸線に対して北から来襲する波浪の頻度が例年より高かった。	－	□今後の進め方について ・小丸川から南に海岸を見ていくと海岸には礫がある。特に、河口周辺では礫があることのほうが自然と思われる。粒径の大きいものを投入する分には、あまり慎重になり過ぎなくていいのではないか。 ・ 計画されている8基目の離岸堤については、養浜を同時に入れるなどの周辺海浜への未然の対応が必要である。 ・海岸管理を行なっていくうえで、長期的には平均値的な取り扱い(地形変化)の議論でよいが、年による変動やそれへの許容という視点も重要な指標である。 ・養浜を前向きに捉えれば、シルト分が混入する養浜投入は、少しづつ海へ流れ出るのであれば、漁場が増える可能性が考えられる。 ・県と国が一緒に事務局となり、早期の対策着手にむけて努力していく。この委員会もさらに発展させていく。	≪土砂収支把握の課題≫ ・漂砂実態の把握精度の向上 ・養浜の効果・影響検討(河川にある礫の有効活用) ≪対策検討の課題≫ ・土砂管理の具現化 ・全体計画(段階計画)の策定 ・対策の必要性や実施への理解の促進

≪土砂移動メカニズムの推定と侵食対策工法の考え方≫

これまで実施されてきた深浅測量成果、過去の航空写真、その他住吉海岸周辺の地形・地質に関する既往資料、河川からの流出土砂量の検討成果から、海浜地形変化の解析、侵食実態の把握を行い、侵食要因を推定した。

□ 日向灘沿岸の平野の発達状況や広域の底質特性から、元来、砂の動きはやや南方向が卓越すると推定。

□ 宮崎海岸は、元来、大淀川および一ツ瀬川からの流出土砂により砂浜が形成されており、漂砂移動は、沿岸・岸沖方向とも広範囲におよんでいる。

□ 深浅測量成果の解析結果によると、宮崎港港湾区域および住吉海岸の土砂変化量の変動傾向はほぼ同じという特徴が見られた。

□ 高波浪来襲時の海浜流の予測計算結果によると、石崎川河口から宮崎港にかけては、南方向の沿岸流が卓越していることが示された。

□ 以上より、石崎川以南は宮崎港の影響により南向きの漂砂が卓越すると推定。

□ 石崎川以北は、過去の地形データの蓄積が十分でないため、土砂動態把握の精度向上が課題。

□ 一方、近年では、内陸における人間活動のために、河川から海岸への供給土砂量が減少しており、宮崎海岸では、侵食量に比べて、河川からの供給土砂量は少ない。

□ このような状況から、宮崎海岸周辺の侵食を防止し、砂浜を回復・維持していくためには、漂砂を制御し、土砂の供給を確保していく必要がある。

－ 目 次 －

1. 地形変化特性の整理（H16.2.4） 1
1.1 地形変化を表わす代表的パラメータ 1
1.1.1 顕著な水深変化の沖側限界 1
1.1.2 漂砂移動高 1
1.1.3 Cパラメータ 1
1.2 海浜地形変化とそれを支配する諸要因との関係 1
1.2.1 1983-1988 年［宮崎港建設当初時期］ 1
1.2.2 1988-1997 年［宮崎港がほぼ完成に至る、ダム堆砂増加時期］ 1
1.2.3 1997-2002 年［一ツ瀬川河口周辺の侵食が顕在化］ 1

2. 土砂収支の推定（H16.8.6） 4
2.1 既往調査による広域の土砂収支の推定 4
2.2 海浜地形変化とそれを支配する諸要因との関係の整理 6
2.3 土砂収支の推定 7
2.3.1 沿岸漂砂の卓越方向 7
2.3.2 土砂収支の検討 8

3. 地形変化モデルの構築と課題の抽出（H16.8.6） 11
3.1 計算フロー 11
3.2 計算条件の設定 12
3.2.1 計算範囲および地形条件 12
3.2.2 宮崎港防波堤の延伸過程の考慮 13
3.2.3 入力波の設定 14
3.2.4 月別方向別の通年エネルギー等価波の作用日数 18
3.2.5 検証汀線データ 18
3.2.6 汀線変化と断面積変化量の検討 19
3.3 汀線変化モデルの検証（再現計算） 20
3.4 構築したモデルの課題 20

4. 地形変化解析の追加検討と地形変化モデルおよび土砂収支の修正検討（H17.3.29） 25
4.1 深浅測量データからの地形変化状況 25
4.1.1 深浅測量の実施状況 25
4.1.2 土量変化 25
4.1.3 石崎川～宮崎空港区間における平面的な水深変化 25
4.1.4 一ツ瀬川河口部の地形 25
4.2 現状と原始の状態での波浪・流況場の比較 29
4.3 土砂収支の修正検討 32
4.3.1 実測データから推定される土砂収支 32
4.3.2 原始状態における大淀川および一ツ瀬川からの供給土砂量の推定 33
4.4 地形変化モデルの修正 34
4.4.1 計算フロー 34
4.4.2 卓越海浜流の汀線変化モデルへの取り込み 34
4.4.3 計算範囲および地形条件 35
4.4.4 汀線変化再現計算結果 36
4.5 原始の状態と現況における土砂収支の推定案（修正検討結果） 43

5. 海岸保全の考え方および侵食対策工の提案（H17.3.29） 44
5.1 日向灘沿岸海岸保全基本計画において定められている基本事項 44
5.1.1 防護すべき地域と防護水準 44
5.1.2 海岸保全施設を整備しようとする区域 44
5.2 海岸保全の基本的な考え方 44
5.2.1 現況海岸における問題点の整理 44
5.2.2 課題解決に向けた海岸保全の基本的な考え方 44
5.3 侵食対策工の提案 44
5.3.1 対策工選定の考え方 44
5.3.2 海岸保全施設の種類と住吉海岸における適用性 45
5.3.3 侵食対策工の提案 53

6. 侵食対策における目標（浜幅）の設定（H18.3.29） 58
6.1 防護上必要な浜幅⇒50m 以上 58
6.2 環境上必要な浜幅⇒砂浜幅 30～40m 以上 60
6.3 利用上必要な浜幅⇒砂浜幅 30m 以上 61

7. 対策工法の評価および比較検討（H18.3.29） 62
7.1 比較検討を行う対策工の抽出 62
7.2 侵食対策工の平面配置検討 63
7.2.1 施設配置の条件 63
7.2.2 各対策工の平面配置の検討 63
7.3 地形変化の将来予測による対策工の評価 67
7.3.1 侵食対策工の評価（将来予測計算）に用いる地形変化モデル 67
7.3.2 将来予測における計算条件 67
7.4 将来予測計算結果（50 年後） 72
7.4.1 養浜を実施しない場合の将来予測 72
7.4.2 養浜により目標浜幅 50m を確保する場合の将来予測 72
7.5 基本となる侵食対策工の選定（案） 75

8. 対策の優先度について（H18.9.1） 76
8.1 対策の基本案選定の考え方と課題 76
8.2 ゾーン区分(海岸特性)に見る優先度 76
8.3 優先度からみた対応方針 77

9. 侵食対策の実施に向けた調査実施状況 79
9.1 地形変化特性の追加・更新（H18.9.1） 79
9.1.1 宮崎港周辺から石崎川区間における土量変化 79
9.1.2 一ツ瀬川以北における空中写真による広域の汀線変化解析 79
9.1.3 石崎川～一ツ瀬川河口部周辺の短期的な地形変化 79
9.1.4 沖合底質調査 80
9.2 平成 18 年度の漂砂実態調査（H19.3.16） 81
9.2.1 漂砂実態調査の結果概要 81

10. 課題と今後の進め方について 82
10.1 侵食対策の実施に向けた課題の整理（H18.9.1） 82
10.2 今後の進め方（H19.3.16） 82

1. 地形変化特性の整理（H16.2.4）

1.1 地形変化を表わす代表的パラメータ

1.1.1 顕著な水深変化の沖側限界

住吉海岸における各測線から得られた平均的海浜断面からの水深変化を標準偏差で表わしたものを図－1.1に示す。汀線付近からT.P.+5m付近に至る範囲で最大約±2.5m程度の水深変化がある。また、T.P.-7m付近にも最大約±2m 程度の変化が見られる。この位置はバーの頂部に位置することから、バーの消長の現れである。T.P.-7m付近から沖合に向かうにつれ、徐々に変化量は減少し、T.P.-12m付近でほぼ一定値となる。このことから、波による顕著な地形変化の沖側限界水深はT.P.-12m程度と考えられる。

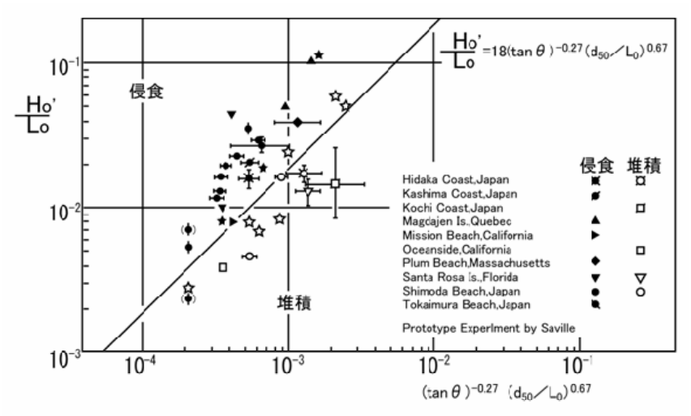
1.1.2 漂砂移動高

汀線の変化量と海浜断面積の変化量の関係を図－1.2に示す。これによると、両者には比較的相関関係がある。両者の関係を示す勾配係数は、「沿岸漂砂の漂砂移動高」と言われ、その値は、住吉海岸では約17m、住吉海岸以北では約16mと推定される。この値に汀線変化量あるいは砂浜面積の変化量をかけることにより土砂変化量を推定することが可能である。ちなみに、両者の相関関係が高いことは、沿岸漂砂に起因する地形変化が卓越していることを意味している。

1.1.3 Cパラメータ

岸沖漂砂に起因する汀線の前進・後退を分類するパラメータである C パラメータ（砂村，1980）で、対象海岸の汀線変化の特性を整理してみた。対象海岸の代表的海底勾配として $\tan\beta=1/70$（0.014）、底質粒径として0.35mm（3.5×10^{-4}m）を用い、宮崎港沖で観測された波浪諸元を用いて算出した判定結果を図－1.3に示す。これによると、有義波高2m以上はすべて侵食性の波浪となる。また、波高1m程度でも周期が短い場合は侵食性となる場合もある。全波浪の約32%が侵食性波浪である。

侵食性の海浜断面の特徴は、汀線が後退する代わりにその沖合にバー地形が発達することである。対象海岸においては、バー地形が発達していることからも侵食性の波浪の影響が大きいことがわかる。



1.2 海浜地形変化とそれを支配する諸要因との関係

海浜地形変化に関わる諸要因として、以下が挙げられる。

- 河川からの流出土砂量［河川流量、ダム堆砂、河道部砂利採取］
- 波浪
- 海岸構造物
- 海域部の土砂採取（港湾内航路浚渫含む）

これら諸要因と海浜地形変化との時系列を整理して図－1.4に示すとともに、以下の3時期に分けて年間当りの土砂変化量として整理した（図－1.5）。

1.2.1 1983-1988年［宮崎港建設当初時期］

この時期は住吉海岸においてはやや侵食傾向にあるものの、それほど目立ったものではない。この時期は宮崎港の建設が開始された当初であり、宮崎港周辺では浚渫も含めた人為的な地形の改変が顕著に表れている。また、大淀川河口前面においては、ダム堆砂量および河道砂利掘削量を上回る土砂が消失している。

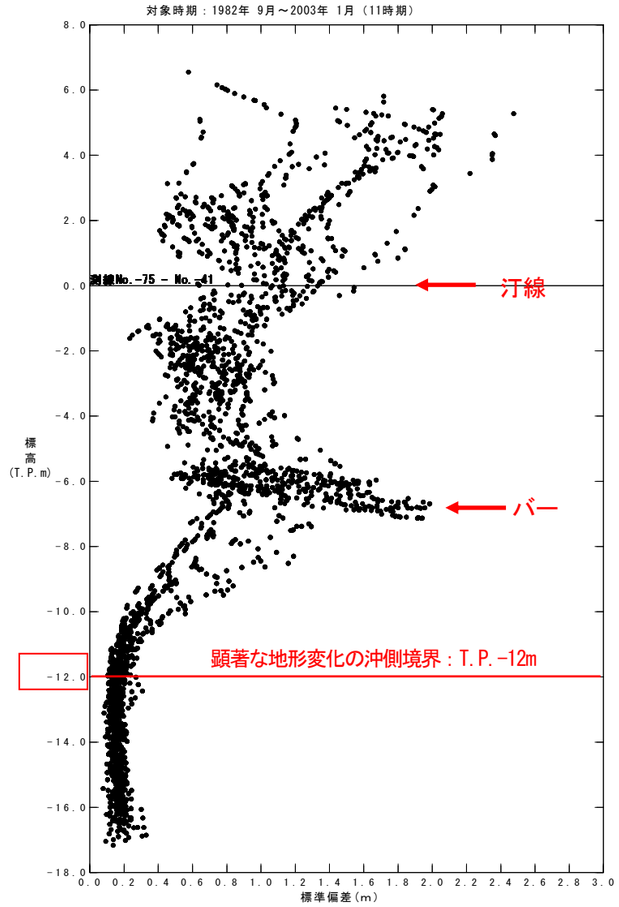
1.2.2 1988-1997年［宮崎港がほぼ完成に至る、ダム堆砂増加時期］

この時期は、宮崎港の防波堤が延伸され、ほぼ現在の形となった時期である。宮崎港周辺に土砂が堆積している。一方、隣接する住吉海岸では侵食が顕在化してきており、水深10m以浅で約24万m^3／年、沖も含めると約65万m^3／年の土砂が失われており、宮崎港のCブロック内の堆砂量21万m^3／年と港内の浚渫量約59万m^3／年を加えた量に匹敵する。住吉海岸以北においては、一ツ瀬川河口部付近でやや侵食が見られるものの、顕著な変化は見られない。

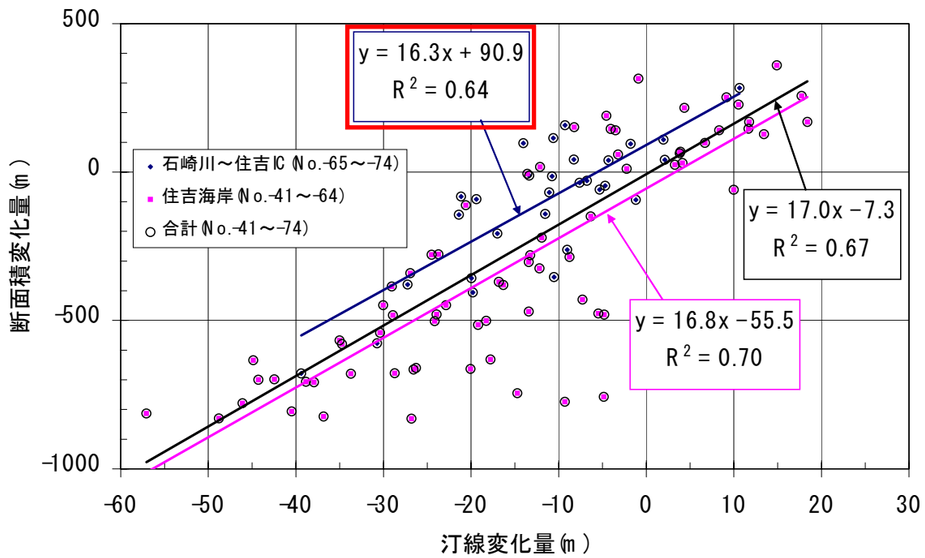
大淀川河口前面のEブロックでは約27万m^3／年の堆砂傾向である。この期間には、最大流量が6,000m^3／sを越える洪水が３回も発生しており、河川からの流出土砂量が多かったと推定される。

1.2.3 1997-2002年［一ツ瀬川河口周辺の侵食が顕在化］

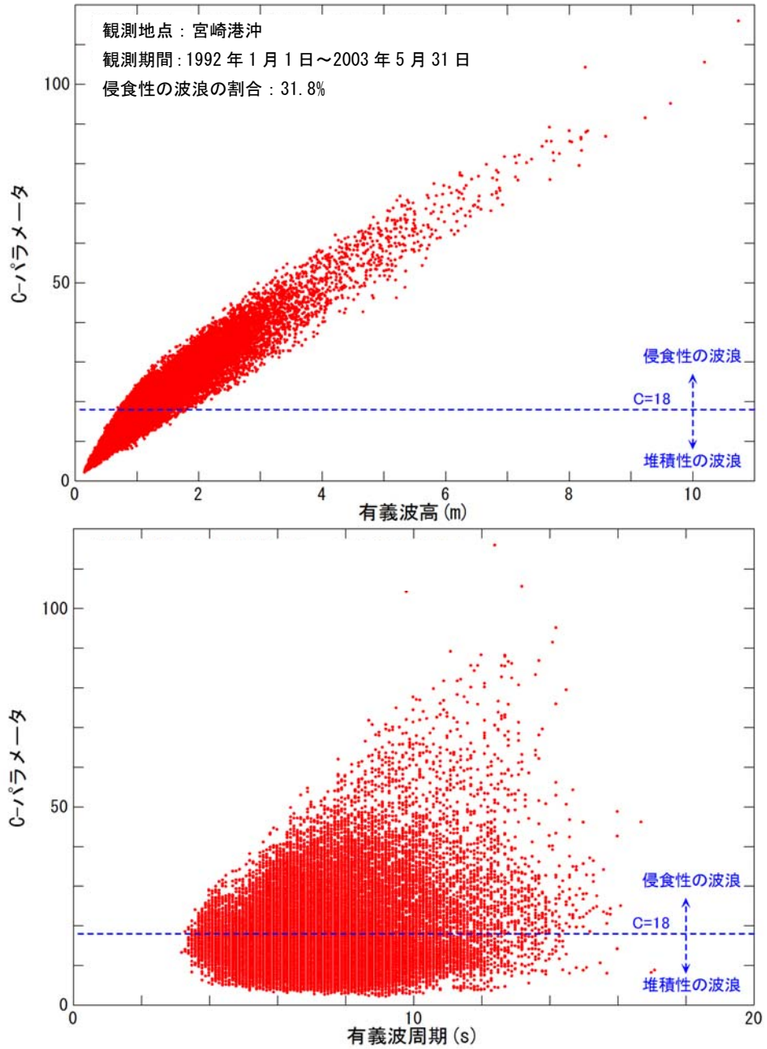
最近の5年間においては、宮崎港のCブロックで、速度はやや弱まったものの約9万m^3／年の速度で依然堆積傾向が続いている。隣接する住吉海岸では水深10m以浅の侵食速度はやや弱まったものの、その沖合の侵食速度は弱まっていない。さらに住吉海岸の北に隣接するAブロックさらには一ツ瀬河口付近で侵食が顕在化してきている。特に、一ツ瀬川河口部は、汀線の変化から推定した土砂変化量は約31万m^3／年に達している。この量は、一ツ瀬川流域のダム堆砂量約69万m^3／年の約半分程度である。



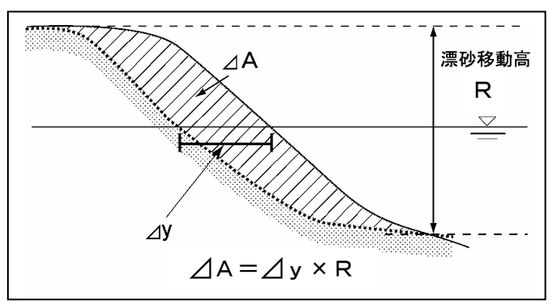
図－1.1　住吉海岸における水深方向地形変化量分布

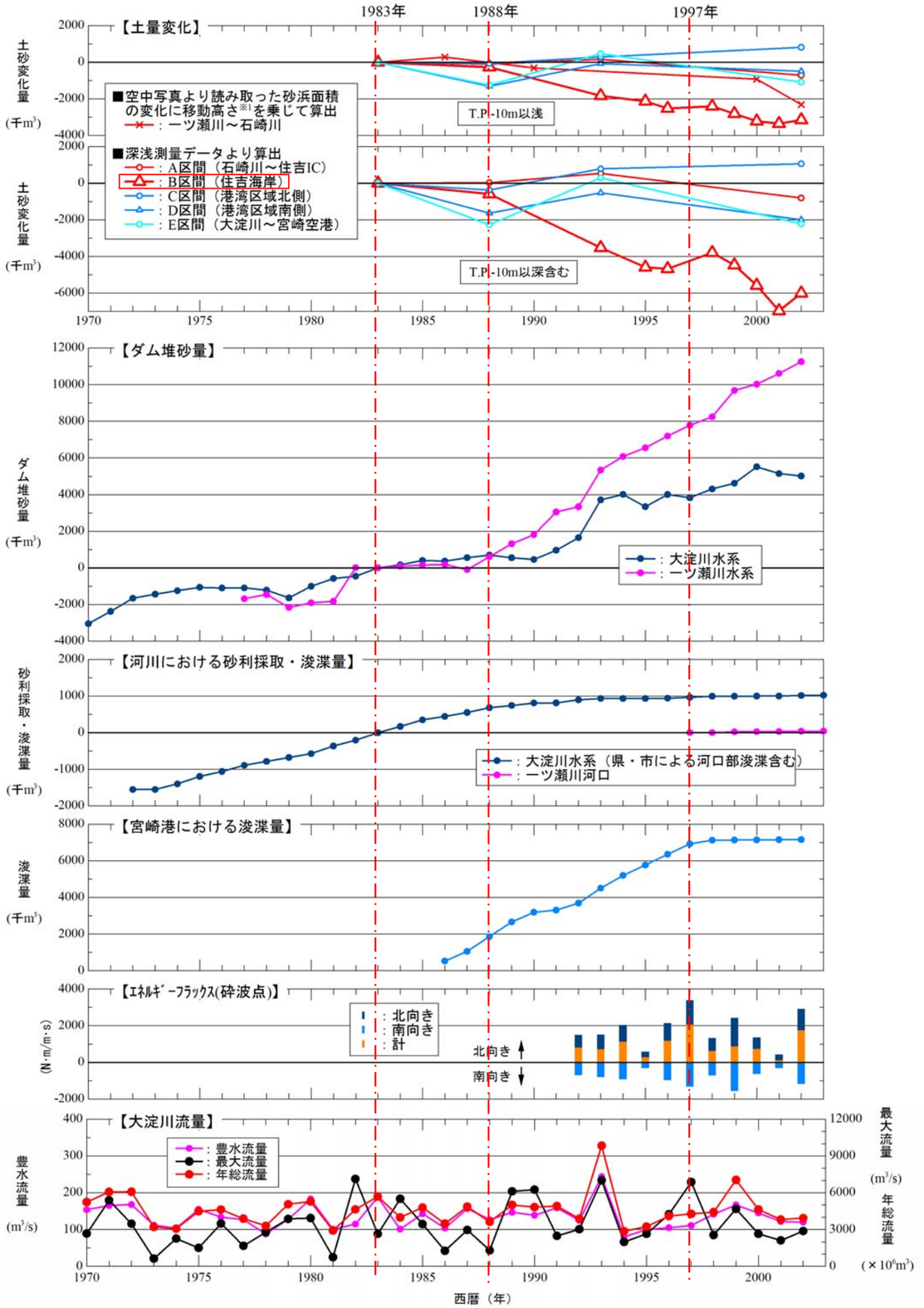


図－1.2　汀線変化量と海浜断面変化量の相関関係（移動高さの検討）

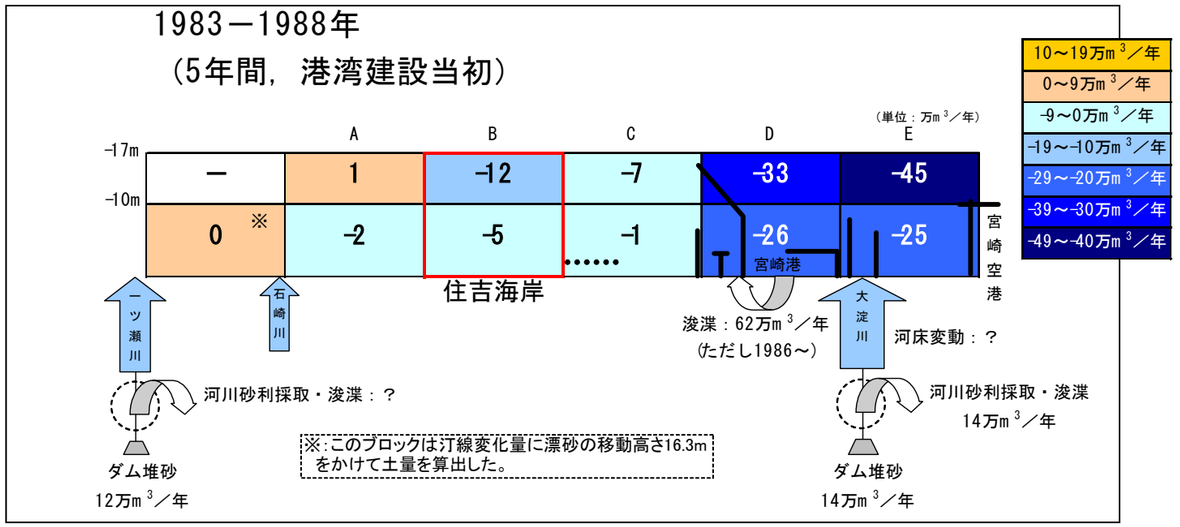


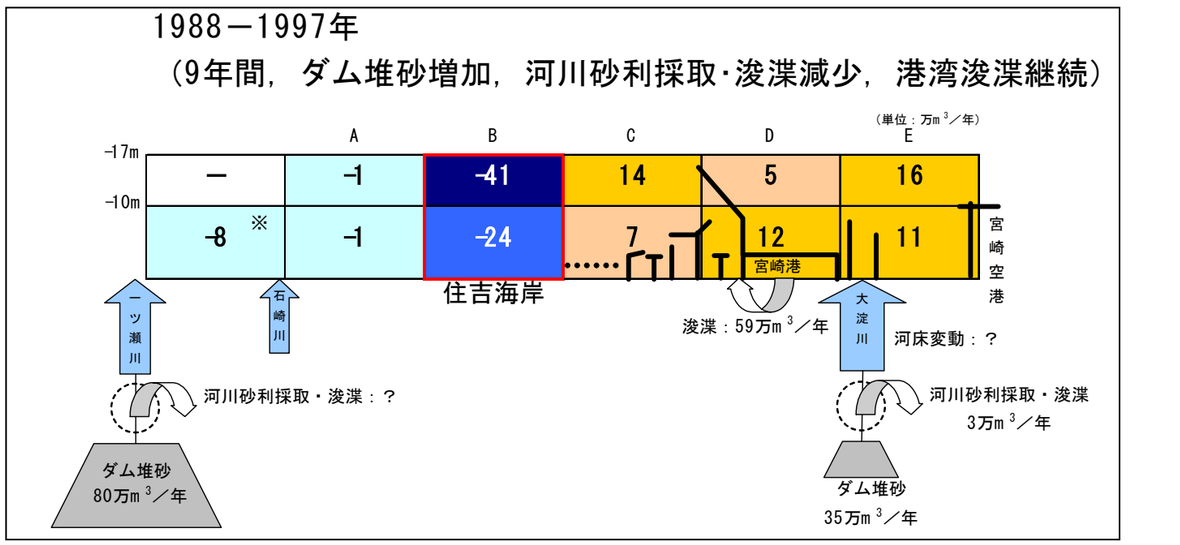
図－1.3　有義波高・有義波周期と C パラメータの関係

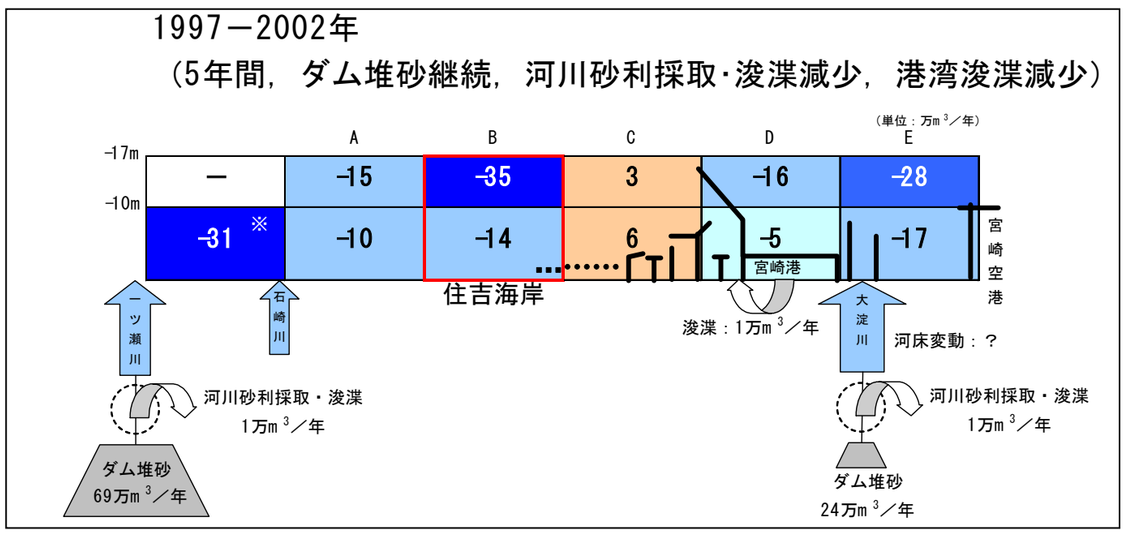




図－1.4　海域における土量変化と地形変化要因の経時変化







図－1.5　地形変化要因の変化に伴う海域の土量変化状況

2. 土砂収支の推定（H16.8.6）

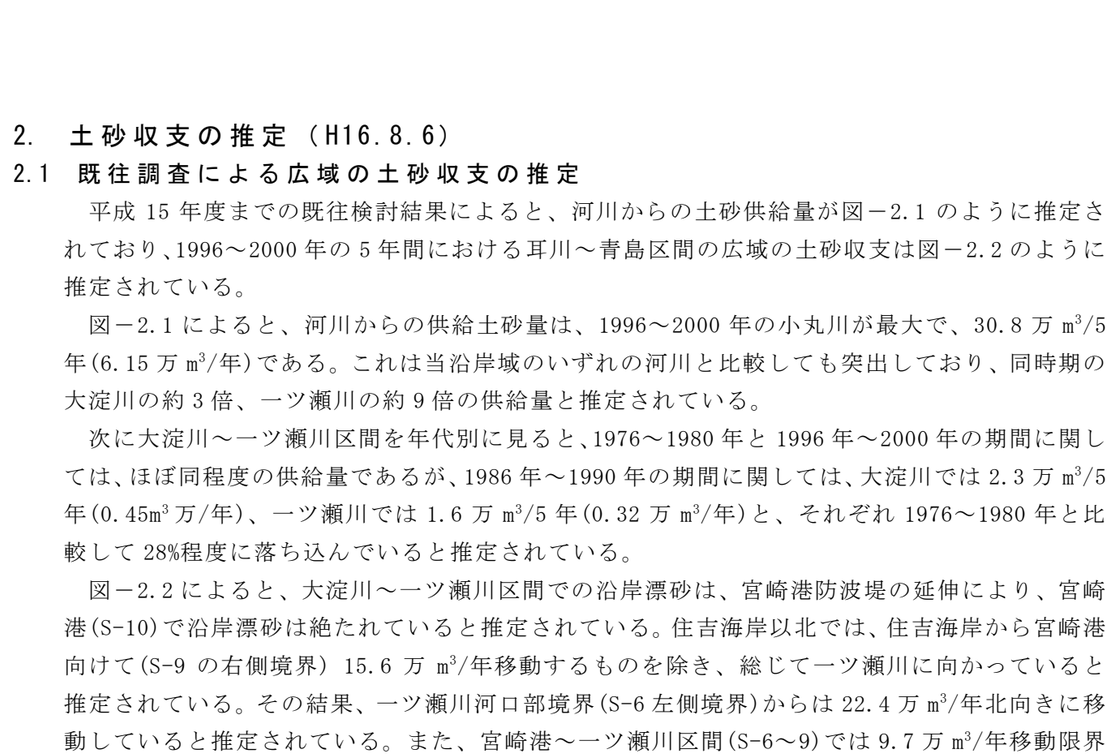
2.1 既往調査による広域の土砂収支の推定

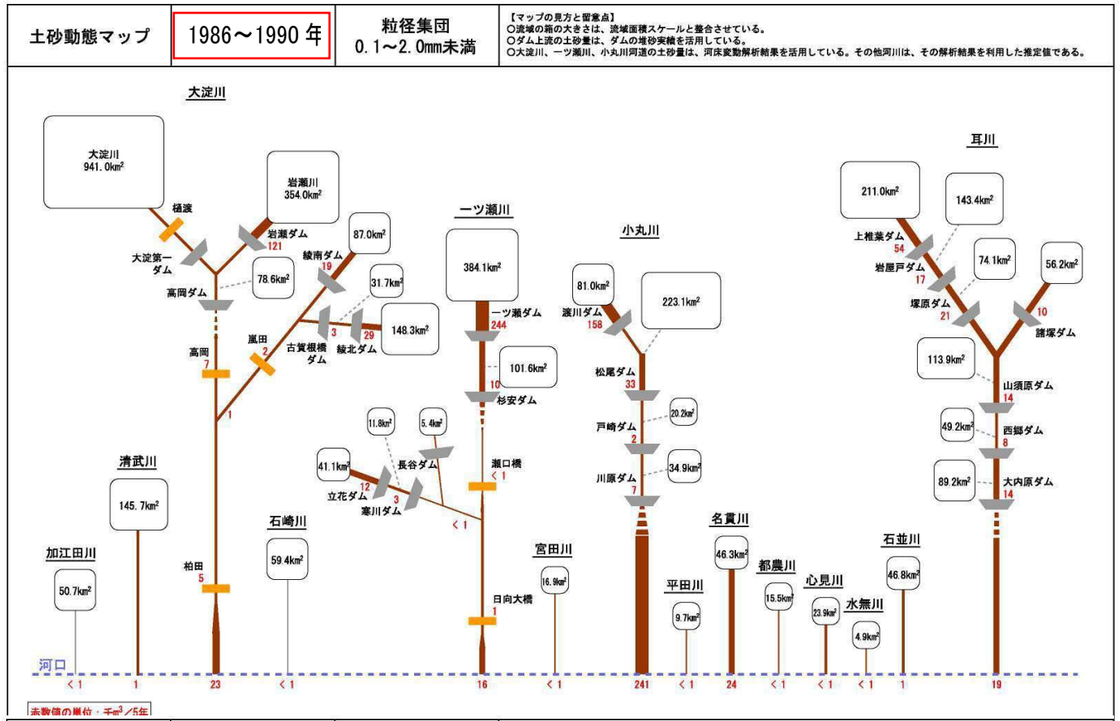
平成 15 年度までの既往検討結果によると、河川からの土砂供給量が図－2.1 のように推定されており、1996～2000 年の 5 年間における耳川～青島区間の広域の土砂収支は図－2.2 のように推定されている。

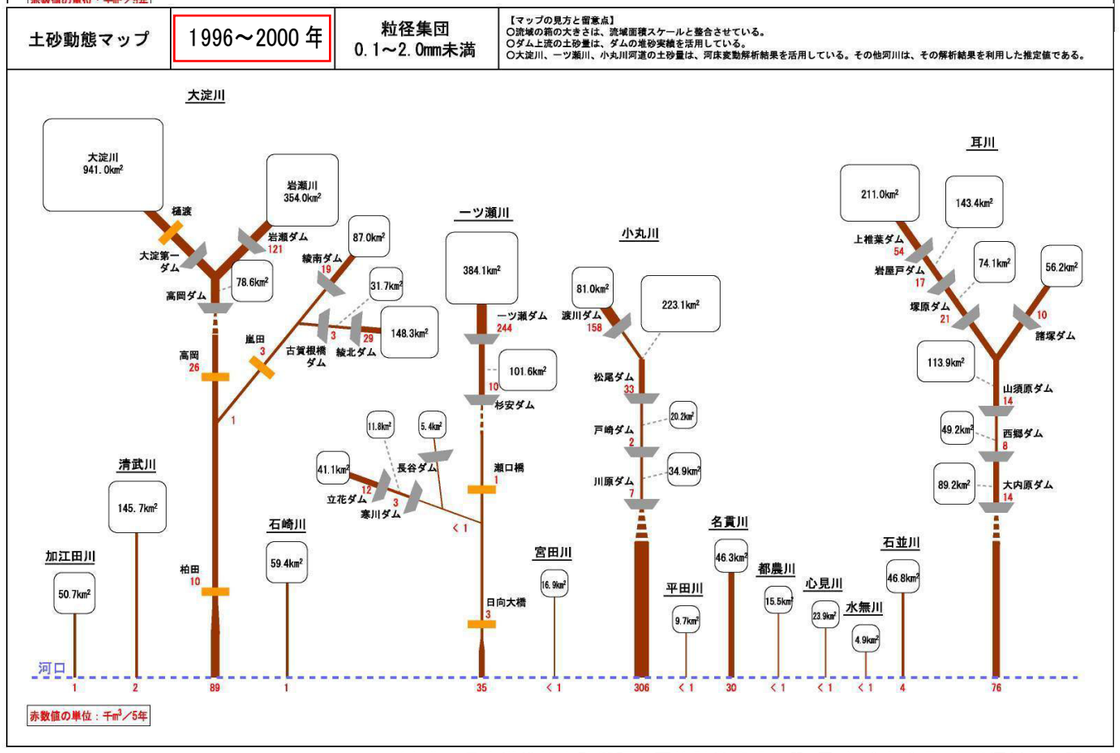
図－2.1 によると、河川からの供給土砂量は、1996～2000 年の小丸川が最大で、30.8 万 m^3/5 年(6.15 万 m^3/年)である。これは当沿岸域のいずれの河川と比較しても突出しており、同時期の大淀川の約 3 倍、一ツ瀬川の約 9 倍の供給量と推定されている。

次に大淀川～一ツ瀬川区間を年代別に見ると、1976～1980 年と 1996 年～2000 年の期間に関しては、ほぼ同程度の供給量であるが、1986 年～1990 年の期間に関しては、大淀川では 2.3 万 m^3/5 年(0.45m^3 万/年)、一ツ瀬川では 1.6 万 m^3/5 年(0.32 万 m^3/年)と、それぞれ 1976～1980 年と比較して 28%程度に落ち込んでいると推定されている。

図－2.2 によると、大淀川～一ツ瀬川区間での沿岸漂砂は、宮崎港防波堤の延伸により、宮崎港(S-10)で沿岸漂砂は絶たれていると推定されている。住吉海岸以北では、住吉海岸から宮崎港向けて(S-9 の右側境界) 15.6 万 m^3/年移動するものを除き、総じて一ツ瀬川に向かっていると推定されている。その結果、一ツ瀬川河口部境界(S-6 左側境界)からは 22.4 万 m^3/年北向きに移動していると推定されている。また、宮崎港～一ツ瀬川区間(S-6～9)では 9.7 万 m^3/年移動限界水深よりも沖側に移動していると推定されている。

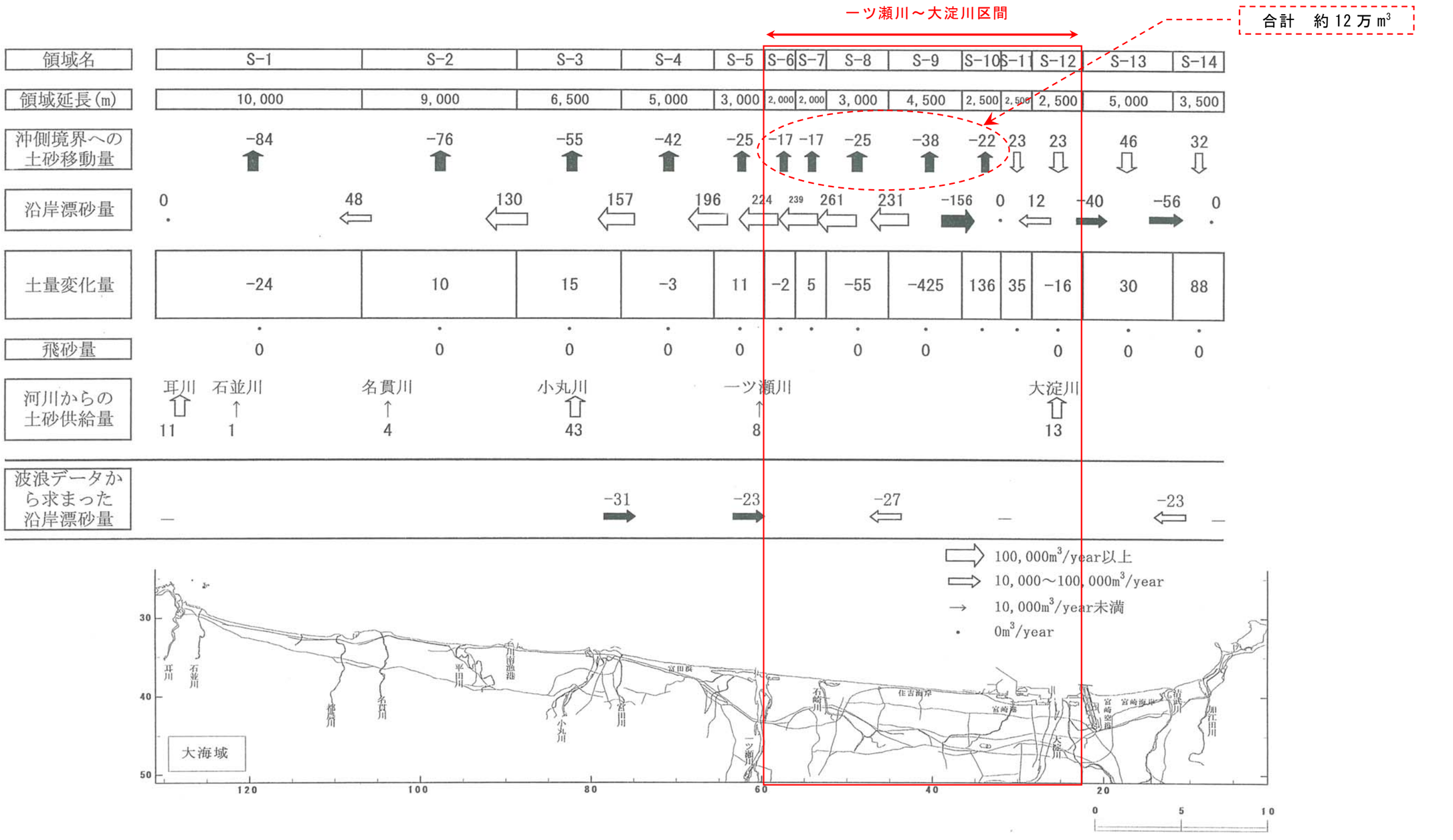






（出典：日向灘沿岸土砂管理計画検討業務報告書，平成 16 年 3 月，宮崎河川国道事務所）

図－2.1　沿岸域における土砂動態マップ(粒径 0.1～2.0mm 左図:1976 年～1980 年，右上図:1986 年 1990 年，右下図:1996～2000 年)



海岸域の土砂動態マップ（土砂収支図）1986～2004　(単位：×$10^3 m^3$/year)

（出典：日向灘沿岸土砂管理計画検討業務報告書，平成 16 年 3 月，宮崎河川国道事務所）

図－2.2　既往の検討結果による耳川～青島区間の土砂収支図

2.2 海浜地形変化とそれを支配する諸要因との関係の整理

第 1 回技術検討委員会時からの変更点は、以下の点である。

- 1983 年以前の土量を空中解析結果から算出し、追加
- 砂防ダム、河川での土砂採取・浚渫に関してのデータの追加
- 河川からの流入土砂の追加

図－2.3 の上段に示す土砂変化量の経時変化と諸要因との関連を以下に考察する。

(1) ダム・砂防ダム堆砂量

関連すると思われる大淀川および一ツ瀬川水系のダム堆砂については、量的には圧倒的に砂防ダムよりもダム堆砂量が大きく、影響しているとすればダム堆砂と考えられる。住吉海岸の侵食が顕在化しだした 1990 年前後を見ると、両水系のダム堆砂も漸増している状況にあり、両者に相関が見られる。

(2) 砂利採取量

大淀川水系においては、住吉海岸の侵食が顕在化する以前から砂利採取が実施され、むしろ 1990 年以降は砂利採取されていない。一方、一ツ瀬川水系においては、1990 年頃から砂利採取が継続している状況にあり、住吉海岸の侵食との相関は見られる。

(3) 宮崎港における浚渫量

宮崎港の防波堤の延伸に伴い航路浚渫が 1985 年頃から始まっている。宮崎港がほぼ完成した 1998 年以降はほとんど実施されていないものの、住吉海岸の侵食との相関は見られる。ただし、浚渫量そのものとの関係と言うよりは、宮崎港の防波堤延伸との相関があると見るべきと考えられる。

(4) 波浪のエネルギーフラックス

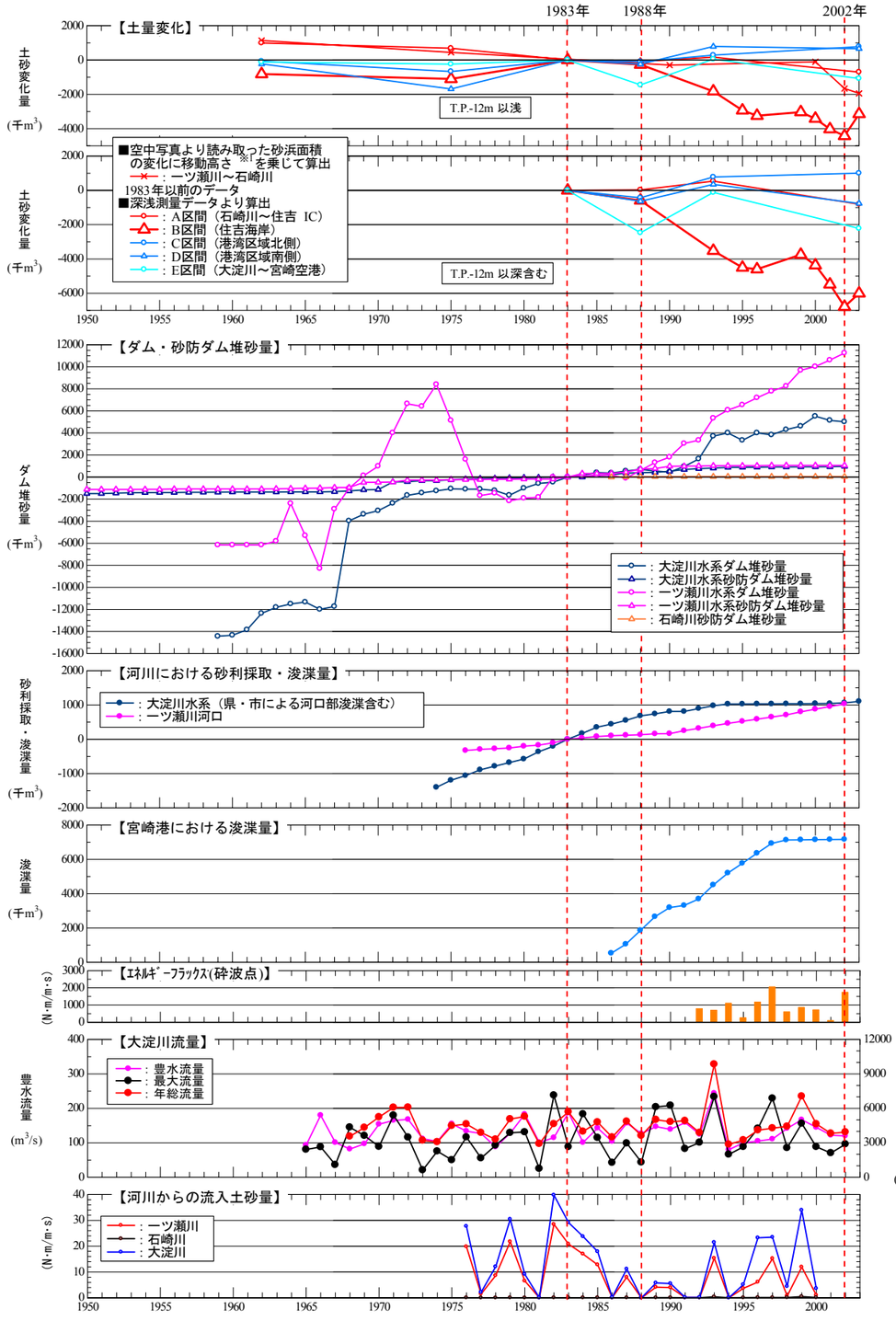
データが 1992 年以降しかないことから、住吉海岸の侵食との相関については考察できないが、基本的には来襲する波浪の特性は大きく変化していないと予想されることから、波浪エネルギー・フラックスと住吉海岸の侵食との相関はないものと推定される。

(5) 大淀川流量

大淀川の流況については経時的な変動はあるものの、住吉海岸の侵食との相関はないものと見られる。

(6) 河川からの供給土砂量

河川流量、河床変動およびダム堆砂の影響等を考慮して推定された河川からの供給土砂量の推定値を見ると、年毎に変動はあるものの 1985 年以降は流出土砂量が低減している様子が伺われる。このことは、住吉海岸の侵食が顕在化してきた時期と合致していることから、相関があると見られる。



図－2.3 海域の土量変化と地形変化要因の経時変化

2.3　土砂収支の推定

河川からの供給土砂も加えた形で、深浅測量成果、空中写真成果などから、対象域における土砂収支について検討を行った。

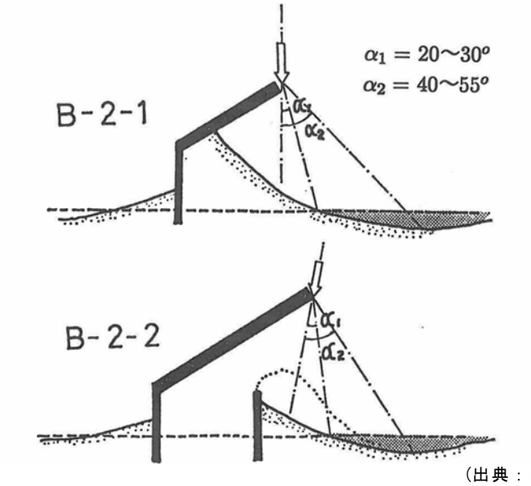
広域の土砂収支を考える上で、重要になるのは沿岸漂砂の方向である。当委員会の検討対象範囲である大淀川～一ツ瀬川の区間には、宮崎港が存在し、その沖防波堤の遮蔽効果によって沿岸漂砂に影響をもたらしていると考えられる。先の土量変化解析結果でも住吉海岸より南部において土砂が堆積する傾向が見られている。そこで、今回の土砂収支の期間としては、現状の漂砂機構を把握すべく、港湾施設の中でも、最も沖側に位置する沖防波堤の建設期以降である 1988 年以降を対象として、検討を行った。

2.3.1　沿岸漂砂の卓越方向

まず、沿岸漂砂の方向をとらえるために、港湾区域の測線 No.-21 から一ツ瀬川方向に土量を累積し、沿岸漂砂の卓越方向を検討した。その結果を図－2.5 に示す。これは、「防波堤が延伸されていることから、宮崎港を横断する土砂の移動はない。」「土砂の移動は沿岸方向のみで、T.P.-12m 以深への移動はない。」という 2 つの仮定を加えることで、沿岸漂砂量分布と考えることが出来る。

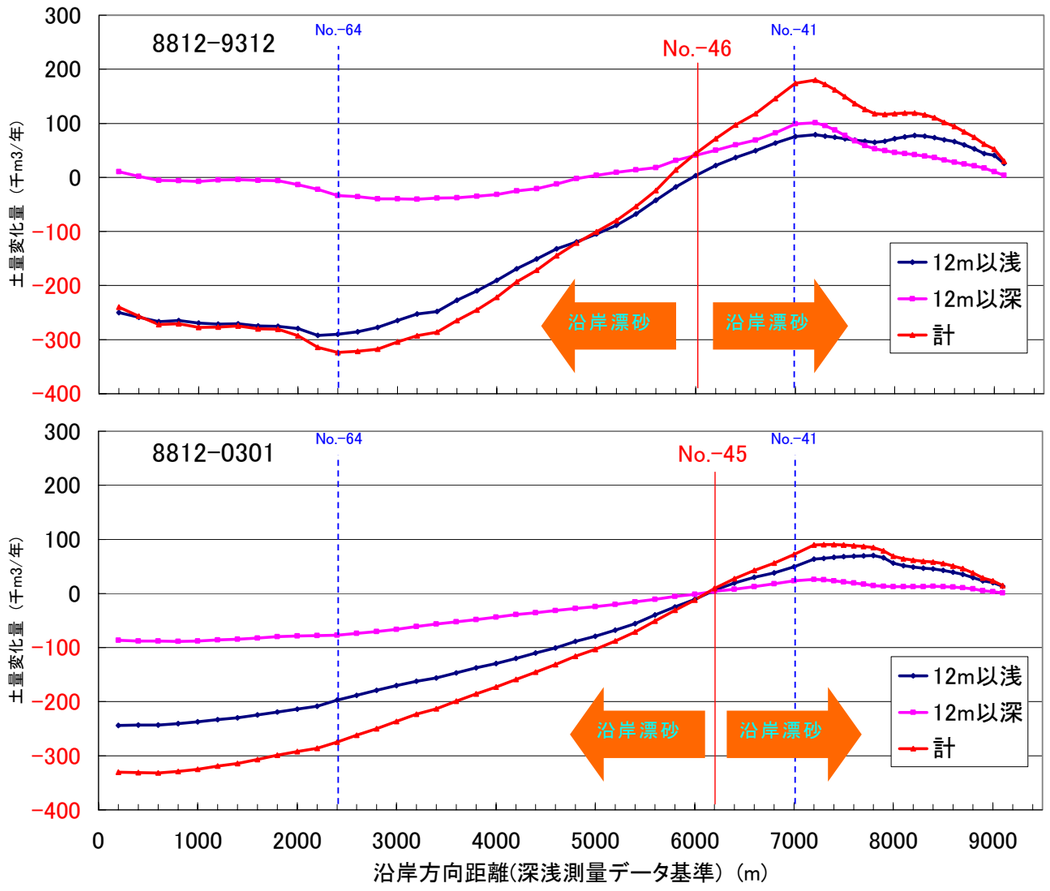
この結果を見ると、南北の沿岸漂砂が反転する地点は 1993 年時点 2003 年時点ともに、測線 No.-45 付近である。これはつまり住吉海岸の No.-45 以南は宮崎港の遮蔽域効果によって、沿岸漂砂が南向きであることが考えられる。また、沿岸方向の漂砂量は 1993 年時点では No.-64 地点でほぼ一定値（12m 以浅の土量で年間約 34 万 m^3）となるのに対し、2003 年時点では No.-70 付近（12m 以浅の土量で年間約 25 万 m^3）と、その位置が北へ移動するとともに、沿岸漂砂量が低減している事が確認できる。

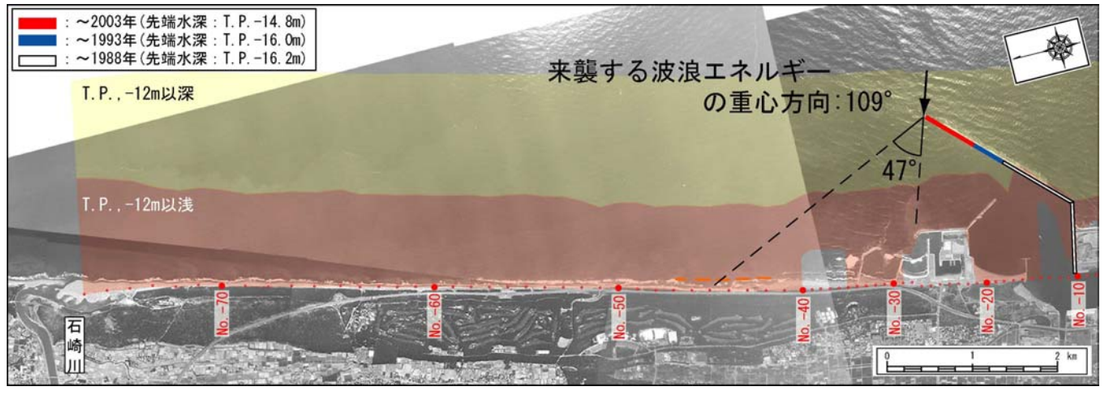
防波堤による波の遮蔽に伴って生じる地形変化については、田中(1977)が図－2.4 に示している。これによると、卓越波の波向と最大汀線後退位置との角度は 40～55 度としており、対象地点おける反転位置と防波堤先端と卓越波向とを結ぶ角度 47 度とほぼ合致する。このことから、No.-45 より宮崎港寄りは防波堤の遮蔽域に向かう沿岸漂砂が発生していると推定される。



（出典：田中，1977）

図－2.4　防波堤による波の遮蔽に伴って生じる地形変化





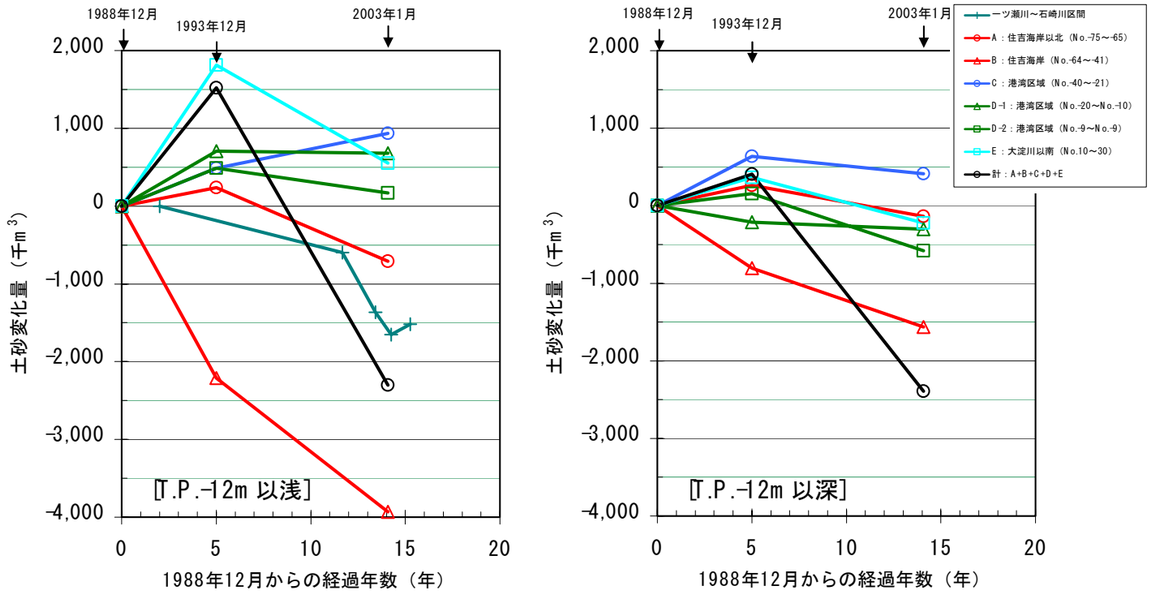
図－2.5　測線 No.-21 から石崎川方向に累積した土量(1988 年 12 月基準)

2.3.2　土砂収支の検討

広域における地形変化解析結果から、一ツ瀬川～宮崎空港区間における、土砂収支の検討を行った。ただし、一ツ瀬川～石崎川区間は深浅測量が行われていないため、この区間においては測量時期近傍の空中写真解析結果を用いて、便宜的に土量を算出した。それらの結果をそれぞれ図－2.8に示す。また、沿岸漂砂の仮定としては、沖防波堤の端部の水深が1988年時点でT.P.-14mと移動限界水深を超えていることより、D-2ブロックからD-1ブロックへの土量の流入はないものと仮定した。また、岸沖漂砂の無いものと一ツ瀬川以北への沿岸漂砂のないものの2パターン作成した。

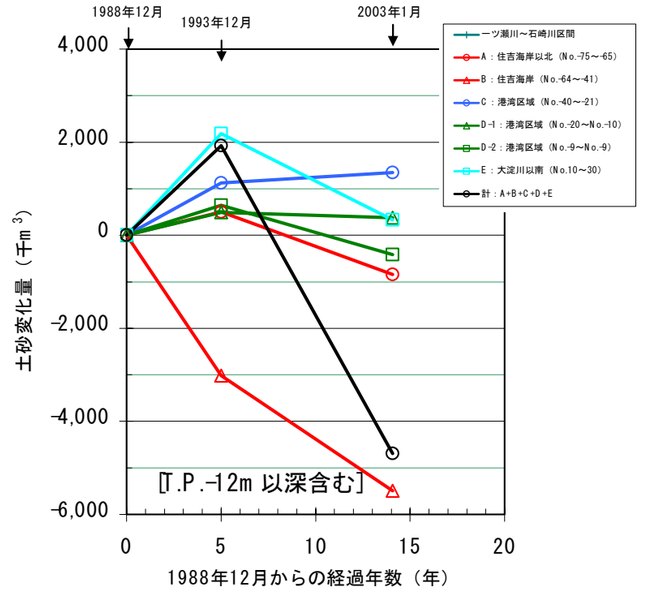
岸沖漂砂が無いと仮定した条件での図－2.8(1)では、住吉海岸区間(C)から北の境界では、沿岸漂砂の方向が全て北となり、石崎川を境界としたAの北側境界では沿岸漂砂量が17.4万m^3/年となっている。また、一ツ瀬川北側境界からの土砂の流出量は、30.5万m^3/年となっている。

一ツ瀬川以北への沿岸漂砂が無いと仮定した条件での図－2.8(2)では、宮崎港～一ツ瀬川河口区間（A=3200m,B=2200m,C=4500m,D-1=1100m,計 11000m）における沖側への流出土砂量は、30.5万m^3/年となる。また、石崎川河口付近及び住吉海岸の北端での沿岸漂砂はそれぞれ2.9万m^3/年,0.6万m^3/年と南向きであった。



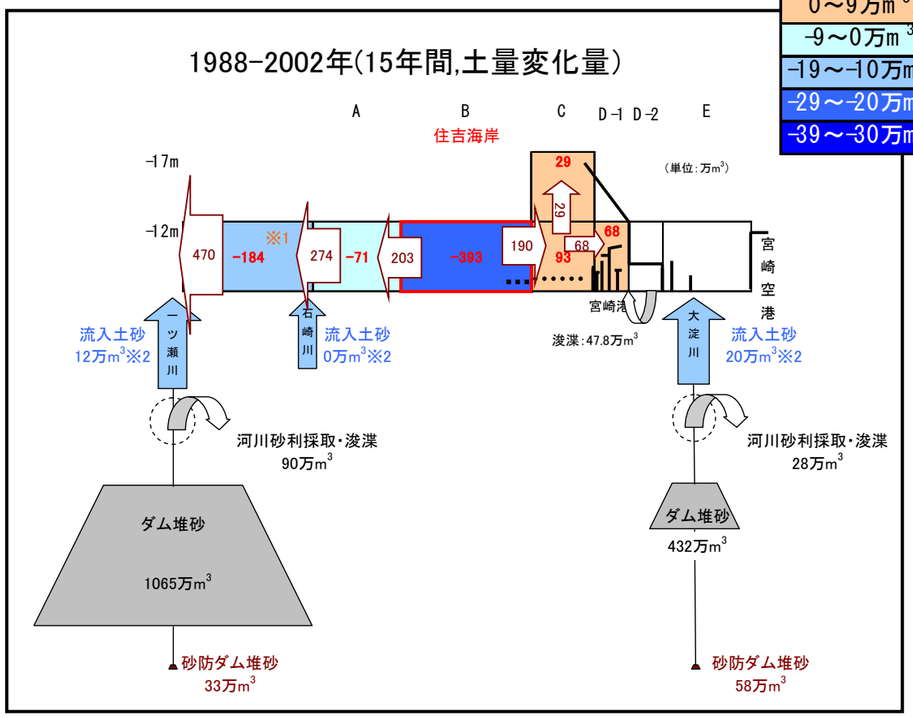
※:一ツ瀬川～石崎川区間は、空中写真解析結果から便宜的に求めた値で、1990年を基準としている

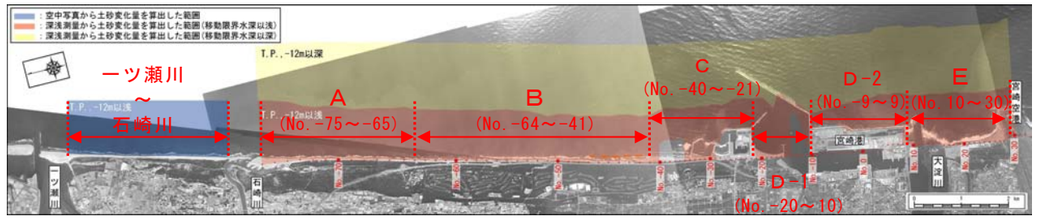
図－2.6　1998年を基準とした土量変化量の経時変化(左図：T.P.-12m以浅,右図：T.P.-12m以深)

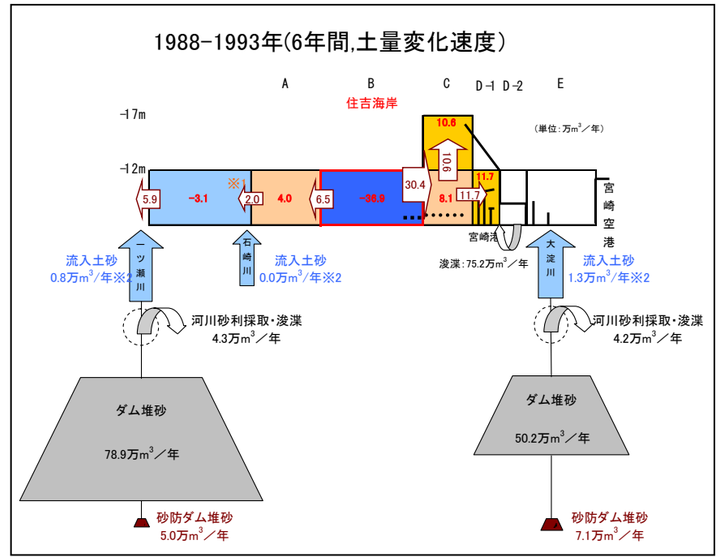


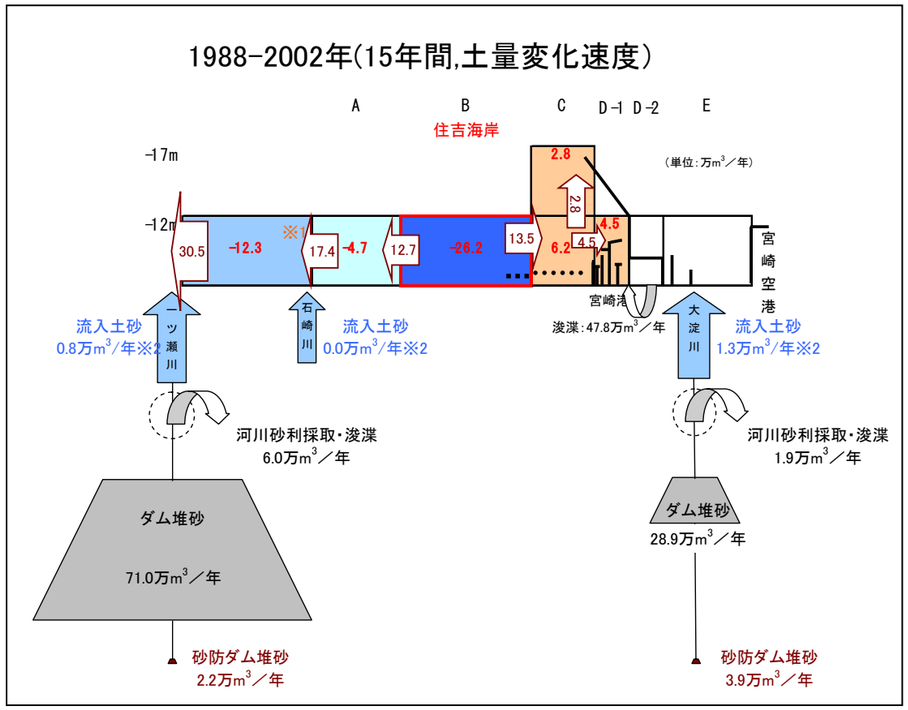
※:一ツ瀬川～石崎川区間は、空中写真解析結果から便宜的に求めた値で、1990年を基準としている

図－2.7　1998年を基準とした土量変化量の経時変化

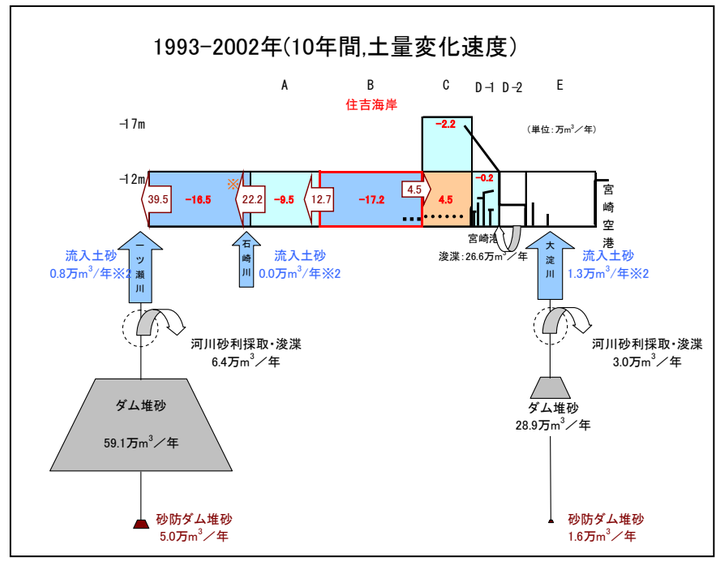






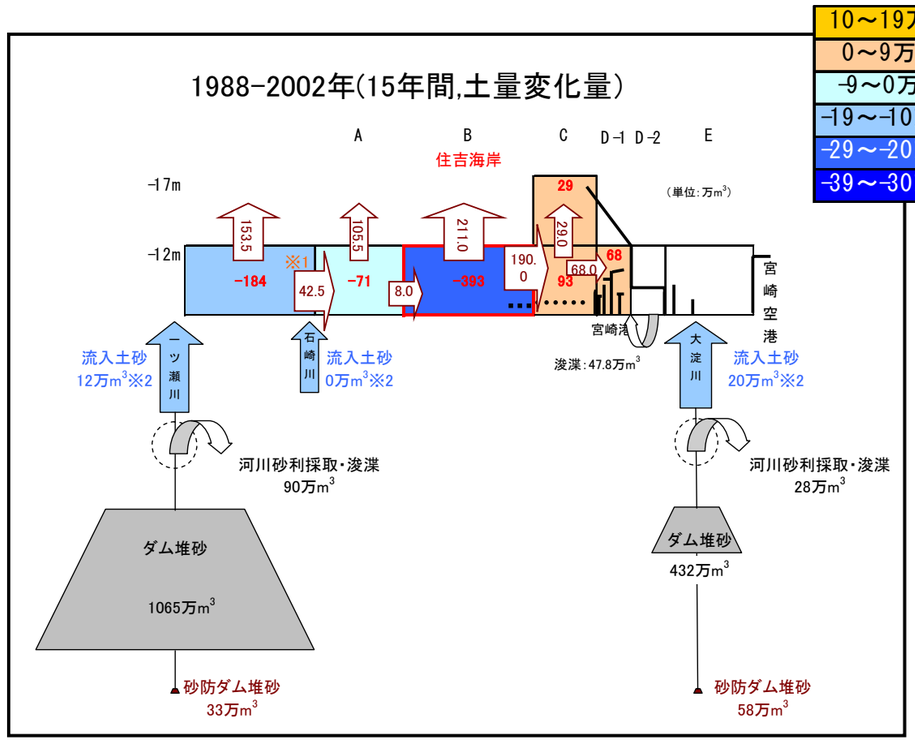


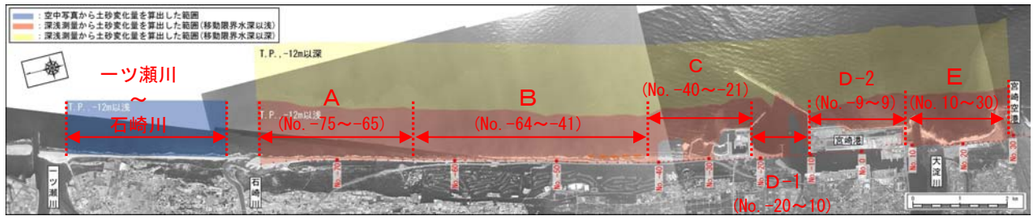
2 時期に分割すると

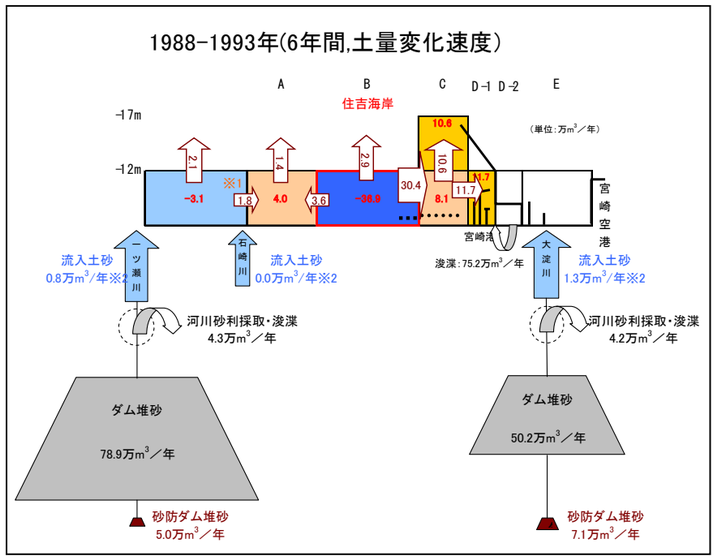


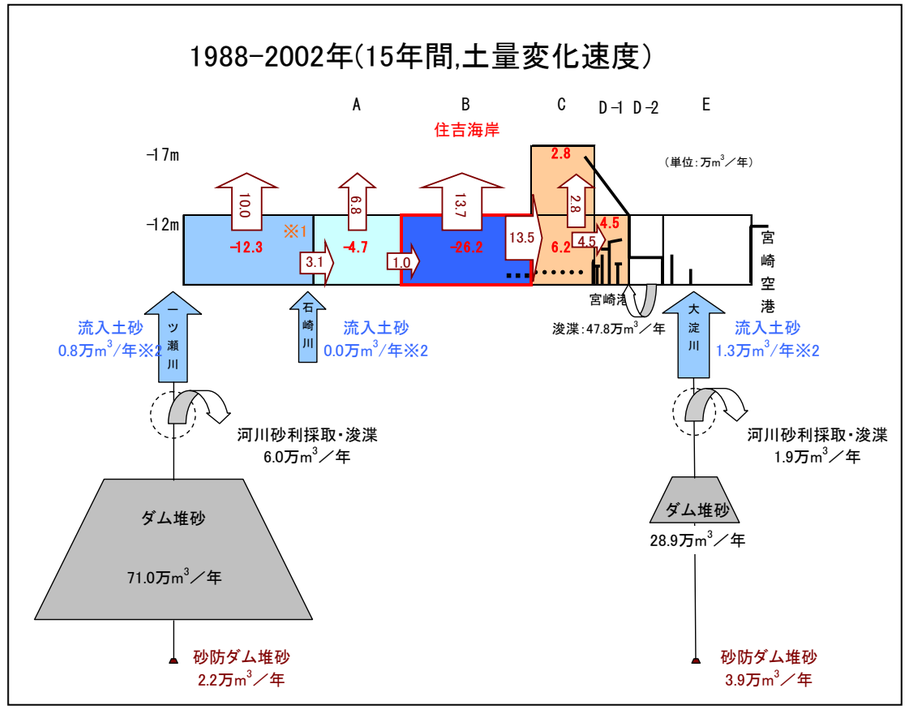
※1:この区間は 1990～2002 年における空中写真の汀線変化量から土量を算出した区間である
※2:解析期間は 1986 年～2000 年であり、流入土砂量は日向灘沿岸土砂管理計画検討業務報告書(平成 16 年 3 月)より引用

図－2.8(1)　土砂収支図（沖流出漂砂を考慮しない）

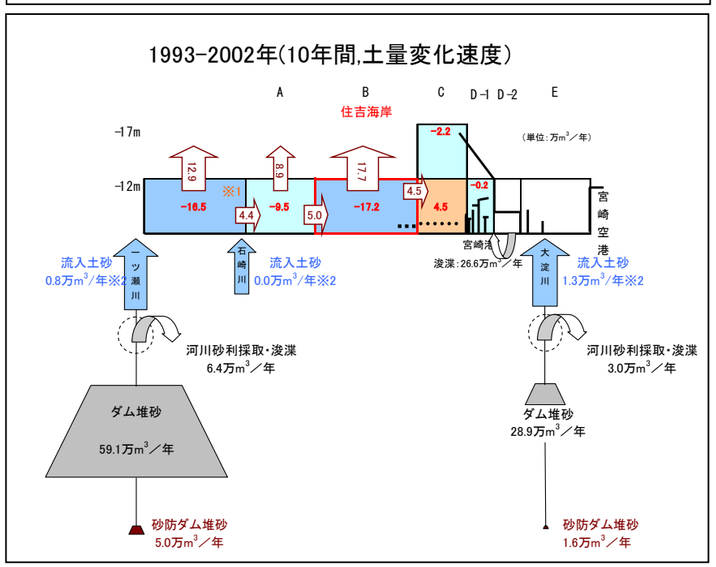








2 時期に分割すると



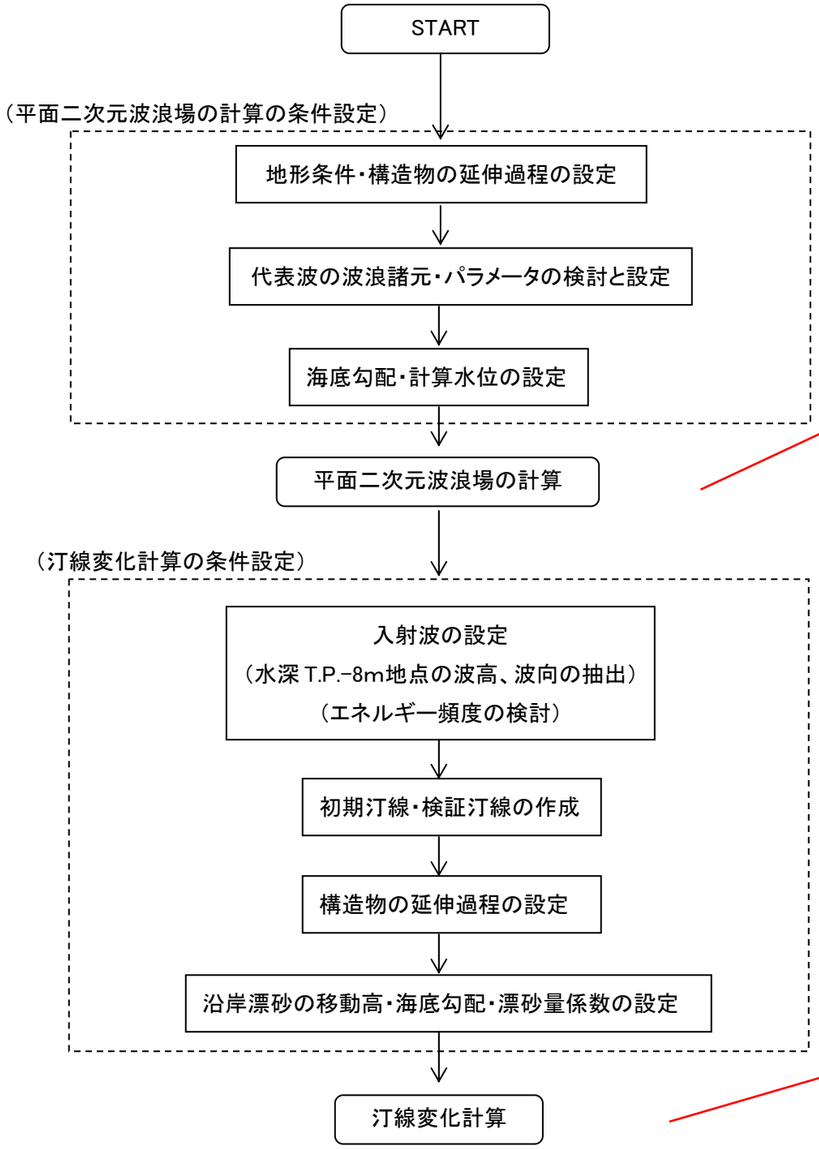
※1:この区間は 1990～2002 年における空中写真の汀線変化量から土量を算出した区間である
※2:解析期間は 1986 年～2000 年であり、流入土砂量は日向灘沿岸土砂管理計画検討業務報告書(平成 16 年 3 月)より引用

図－2.8(2)　土砂収支図（一ツ瀬川河口部で沿岸漂砂がバランスしているとした場合，沖流出漂砂考慮）

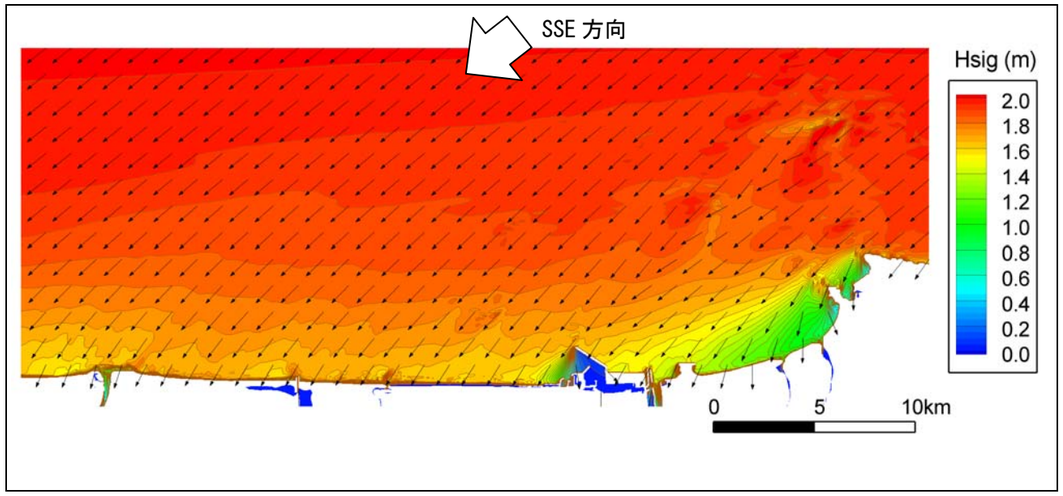
3. 地形変化モデルの構築と課題の抽出（H16.8.6）

- 侵食対策の効果・影響を予測するために、地形変化を予測する数値モデルの構築を実施した。地形変化予測モデルは、対象海岸の地形変化特性とモデルの適用性（長期予測）を考慮して、汀線変化モデルを採用した。
- 計算条件の設定および、構築したモデル検証のため過去の汀線変化の再現を試みた。

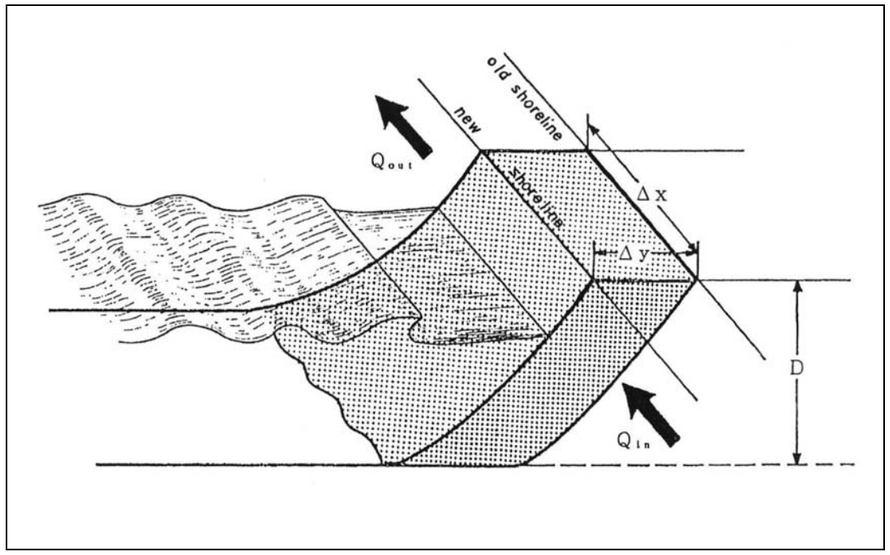
3.1 計算フロー



図－3.1　計算フロー

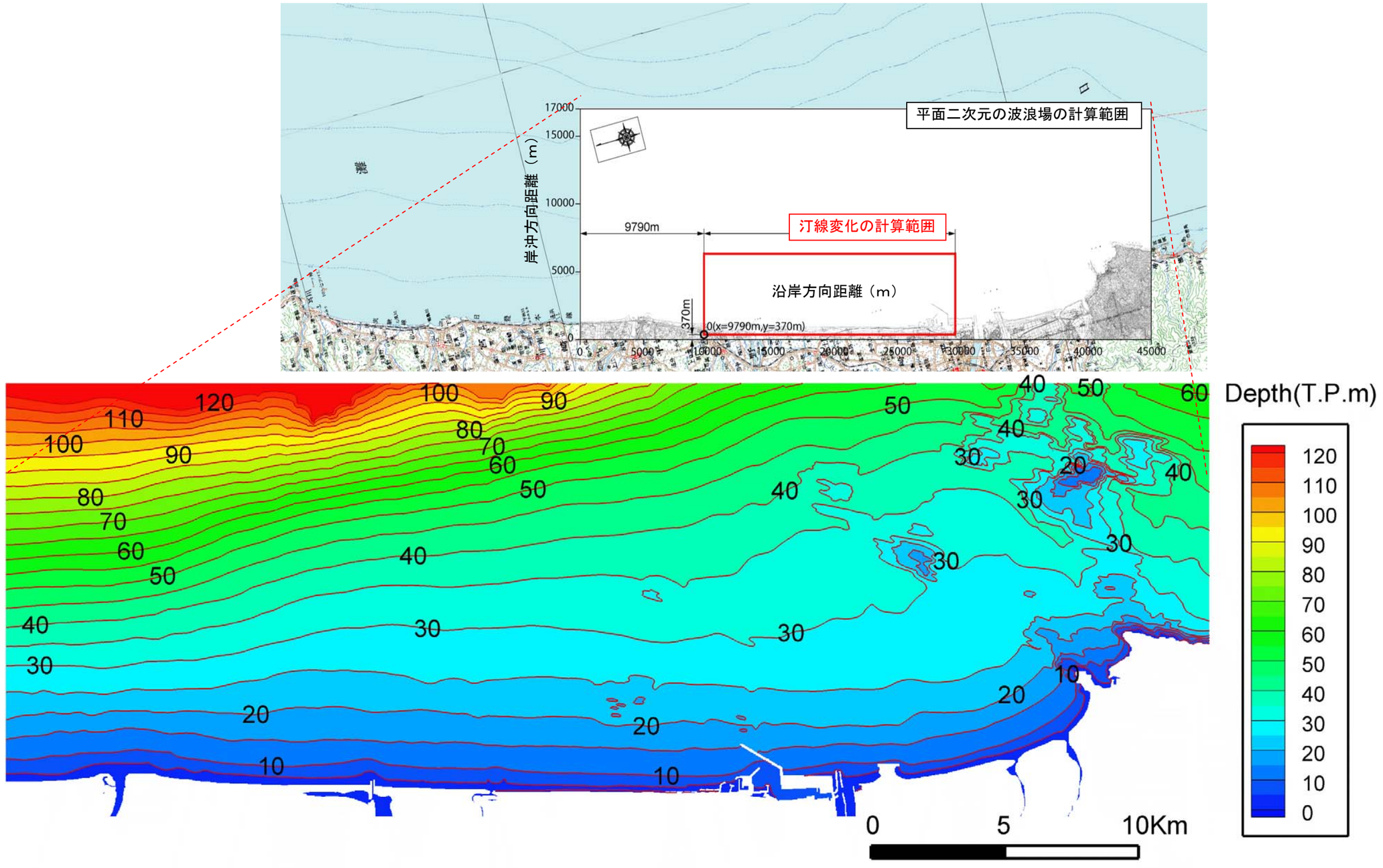


図－3.2　平面二次元波浪場の計算例



図－3.3　1-line モデルの概念図

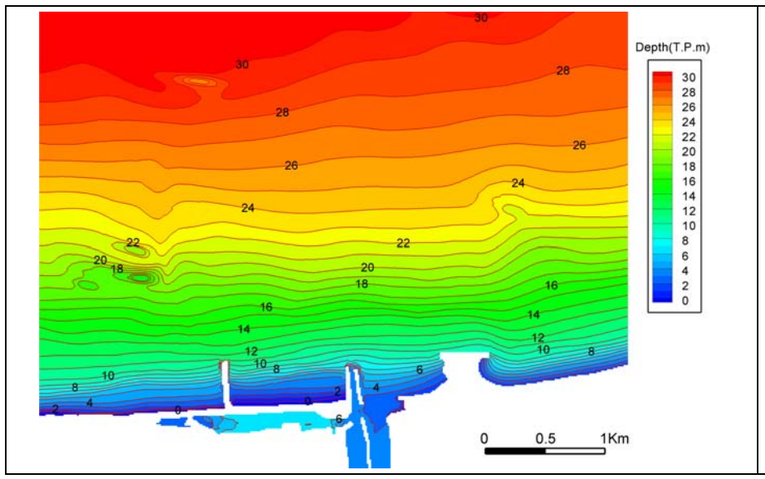
3.2 計算条件の設定
3.2.1 計算範囲および地形条件



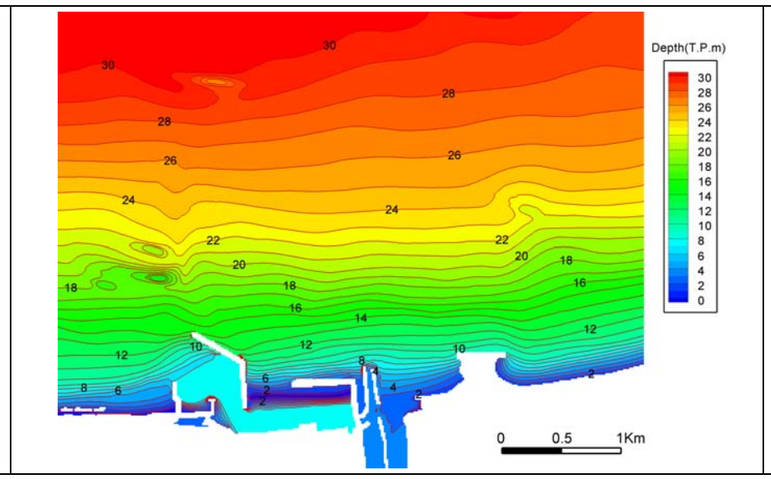
図－3.4　計算領域（計算用水深分布）

3.2.2　宮崎港防波堤の延伸過程の考慮

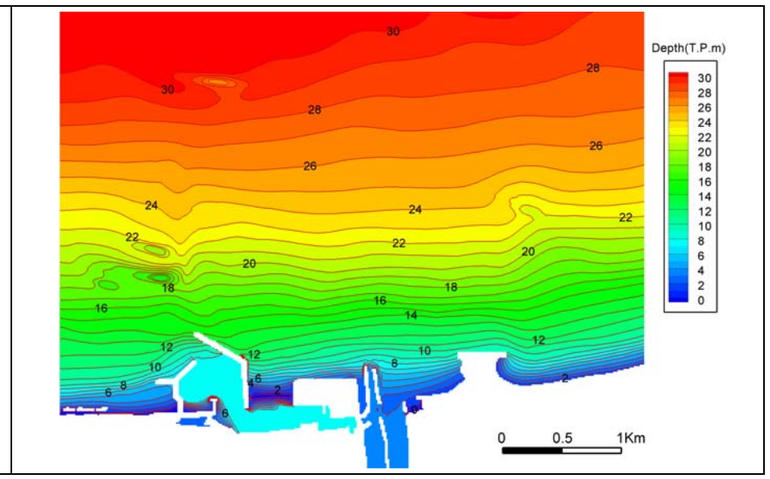
汀線変化計算に必要となる入力波は、水深 T.P.-8m地点（砕波点沖側）の波高、周期を使用するため、波浪場の計算において、水深 T.P.-8m以深に構造物の延伸等が及ぶ場合は、波の回折等の波高変化が生じるため、考慮する必要がある。住吉海岸一帯の主要構造物を見ると、宮崎港北側のマリーナの防波堤、一ツ瀬川河口の導流提の先端部は水深 T.P.-8m以浅であり、水深 T.P.-8m地点の波浪変形計算に影響を与えないが、宮崎港南防波堤は水深 T.P.-16mまで達するため、その延伸過程（1983 年度～2003 年度の 5 時期, 委員会資料 pp. 11）を地形データに反映させた。



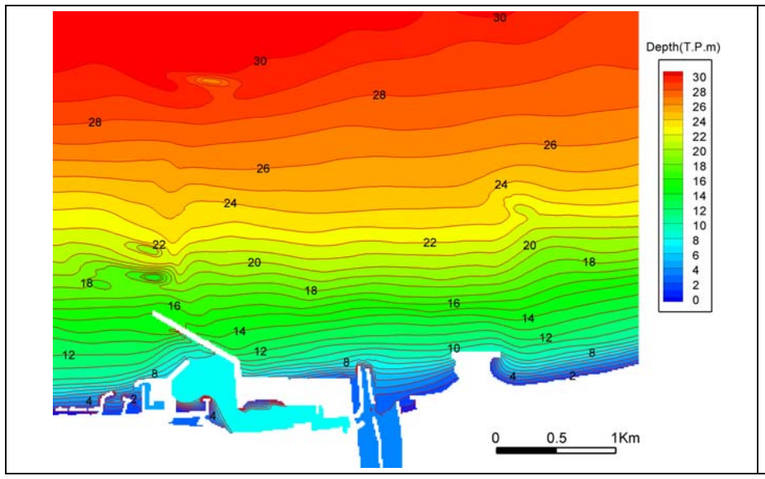
図－3.5　1983 年度港湾形状



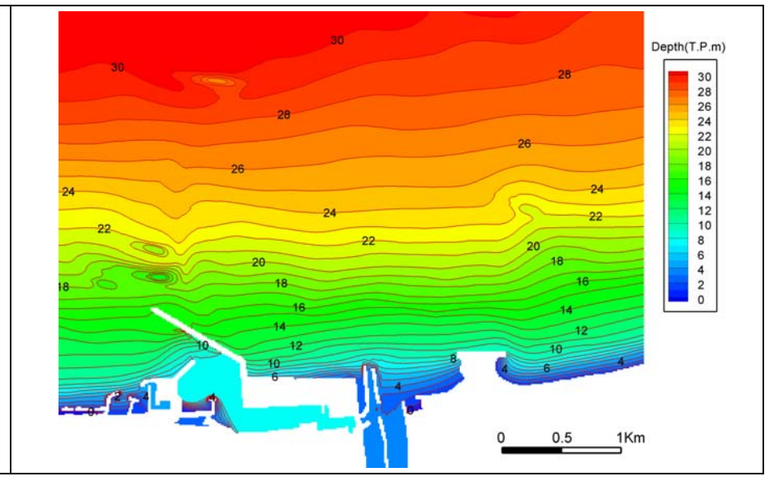
図－3.6　1988 年度港湾形状



図－3.7　1993 年度港湾形状



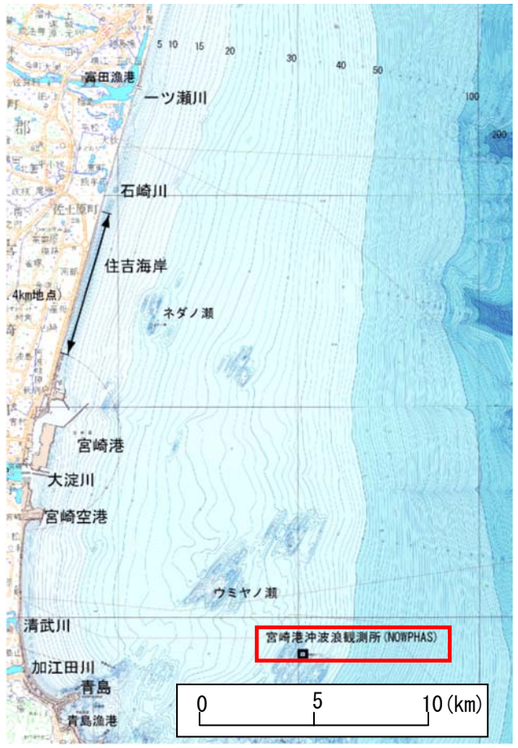
図－3.8　1998 年度港湾形状



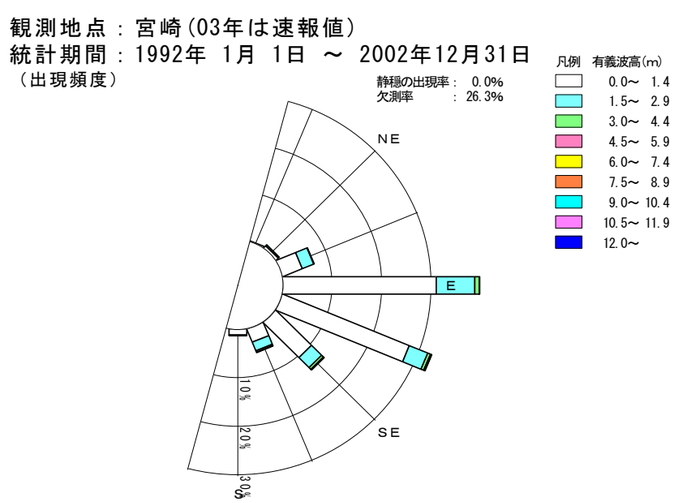
図－3.9　2003 年度港湾形状

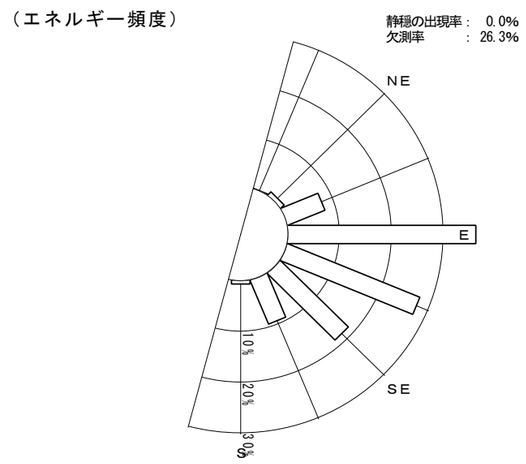
3.2.3　入力波の設定

海図から作成した地形条件のもと波浪場を計算し、住吉海岸全域の波高、波向分布を把握する。波浪場の計算における入射波の設定は、宮崎港ナウファスデータ（1992～2002 年度）より、16 方位のエネルギー等価波（波高、周期）を算出し、代表波として設定した。また、住吉海岸を代表する波向を、全データの 1%以上（NE 方向を含む）の出現頻度が得られている波向き（NE～SSE）6 方位を主要波向とし、波浪計算の対象とした。



図－3.10　波浪データ観測位置および
波向の出現頻度分布

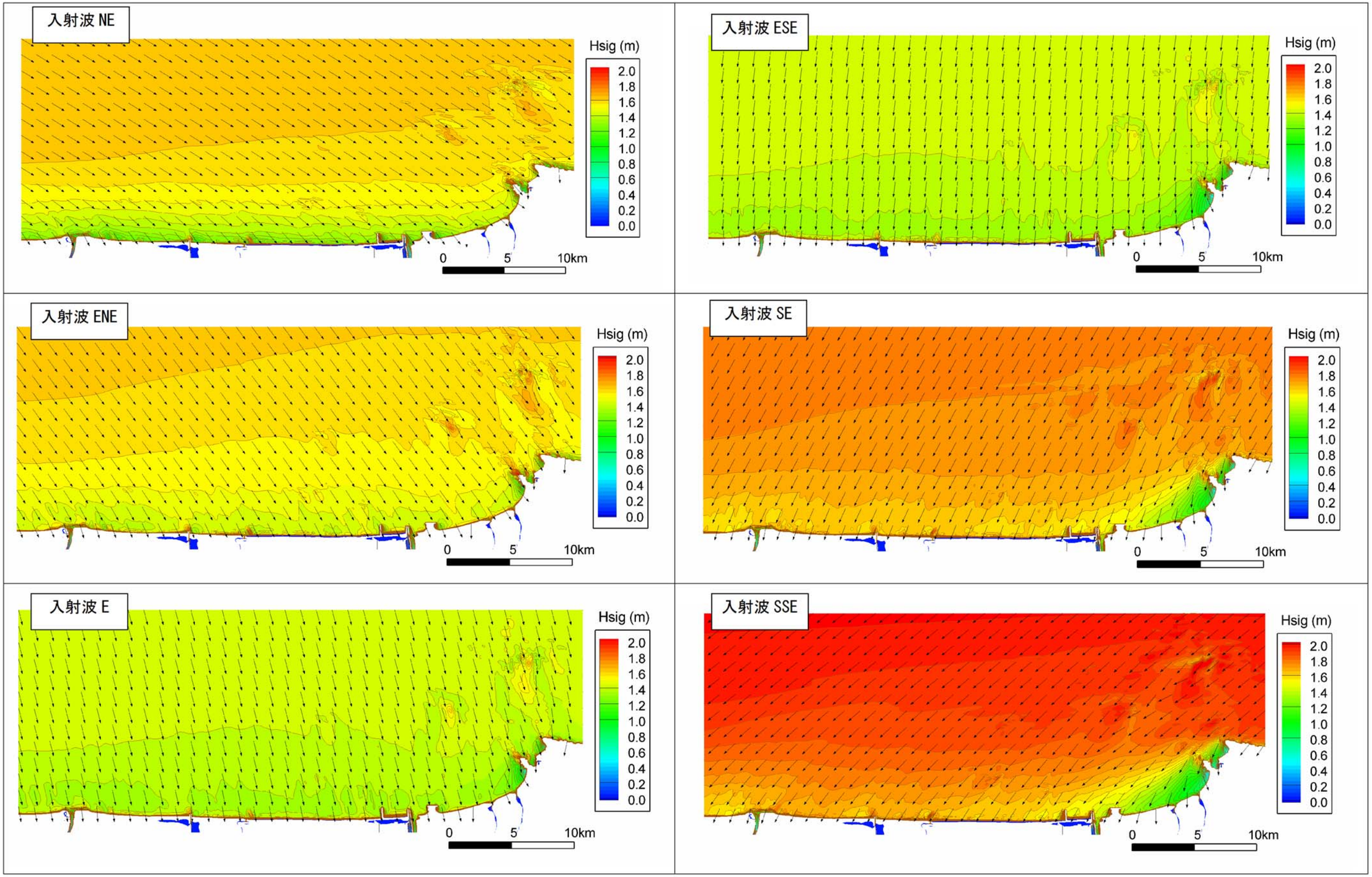




表－3.1　宮崎港ナウファスデータより得られたエネルギー等価波の諸元
（1992～2002 年度）

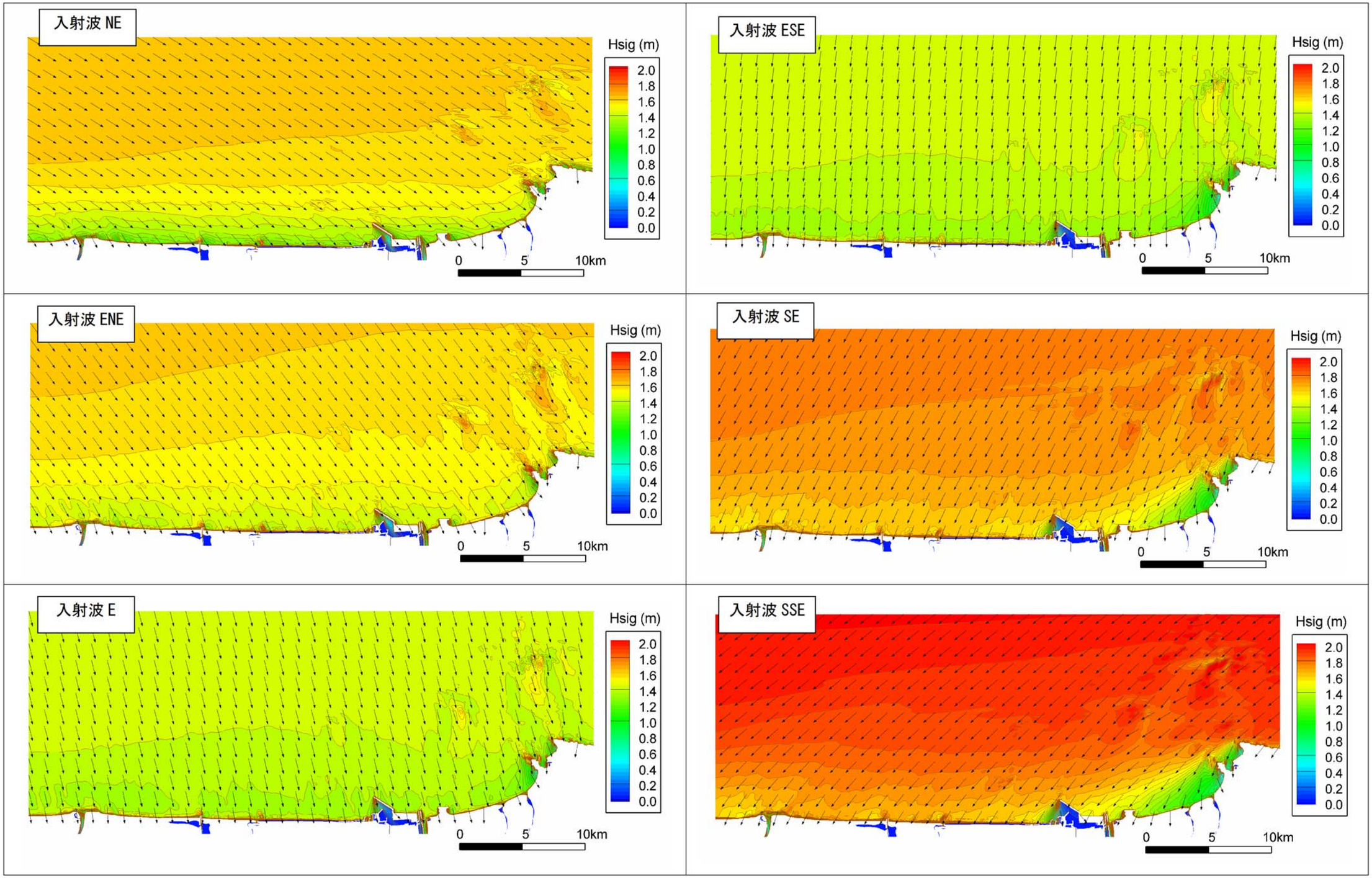
方位	波高(m)	周期(s)	有効データ数	%
N	0.77	6.2	28	0.08
NNE	0.93	6.2	61	0.17
NE	1.63	6.8	274	0.78
ENE	1.6	7.6	2407	6.81
E	1.44	7.6	14107	39.92
ESE	1.43	7.2	11525	32.62
SE	1.77	7.5	4848	13.72
SSE	2	8.0	1754	4.96
S	1.6	7.0	166	0.47
SSW	0.64	6.4	48	0.14
SW	0.72	6.5	26	0.07
WSW	0.61	6.6	16	0.05
W	0.59	6.3	18	0.05
WNW	0.55	6.5	15	0.04
NW	2.38	6.6	19	0.05
NNW	0.51	5.9	24	0.07

波浪場の計算結果（1983 年）



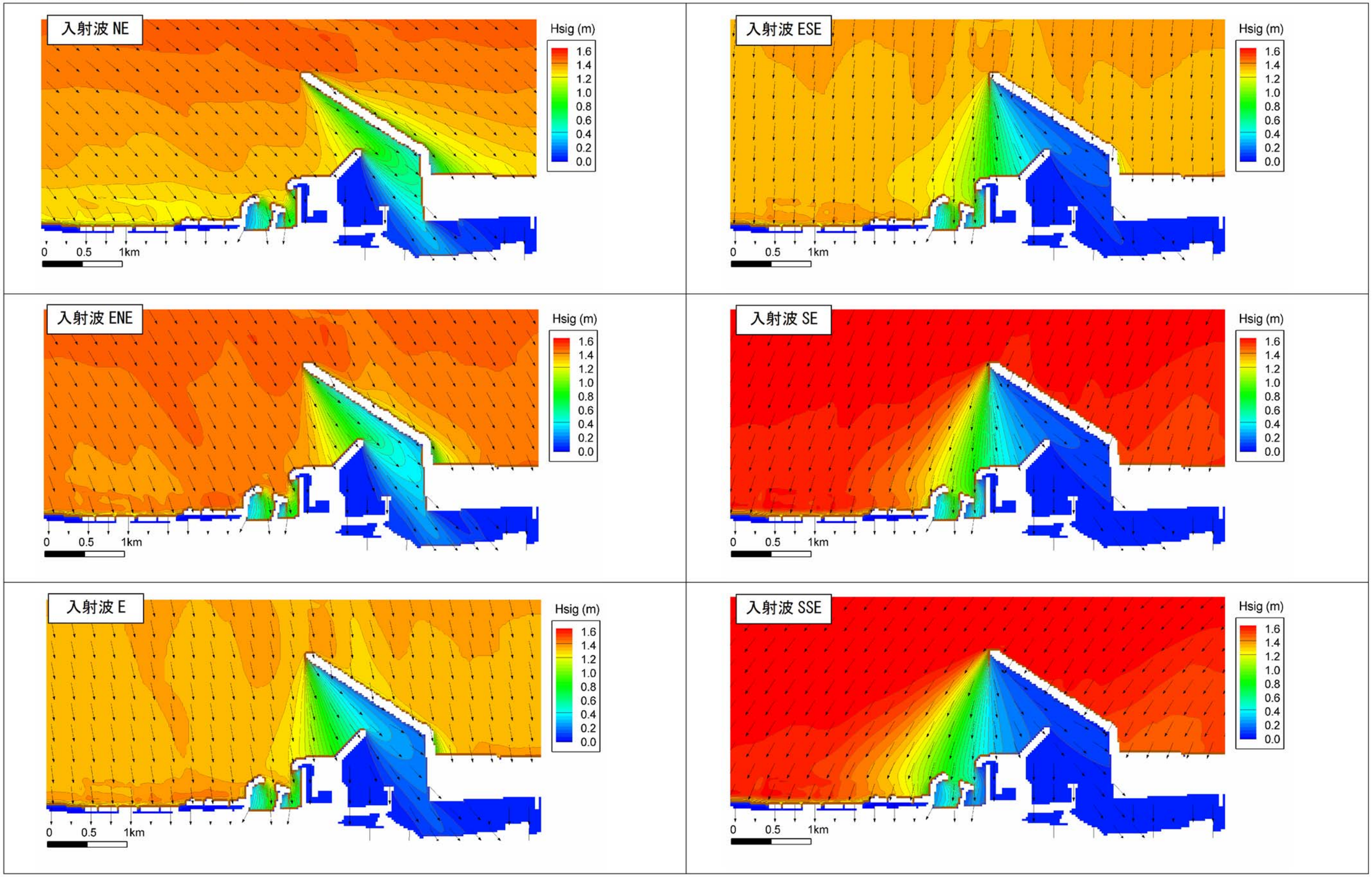
図－3.11　波浪場計算結果 1983 年

波浪場の計算結果（2003 年）



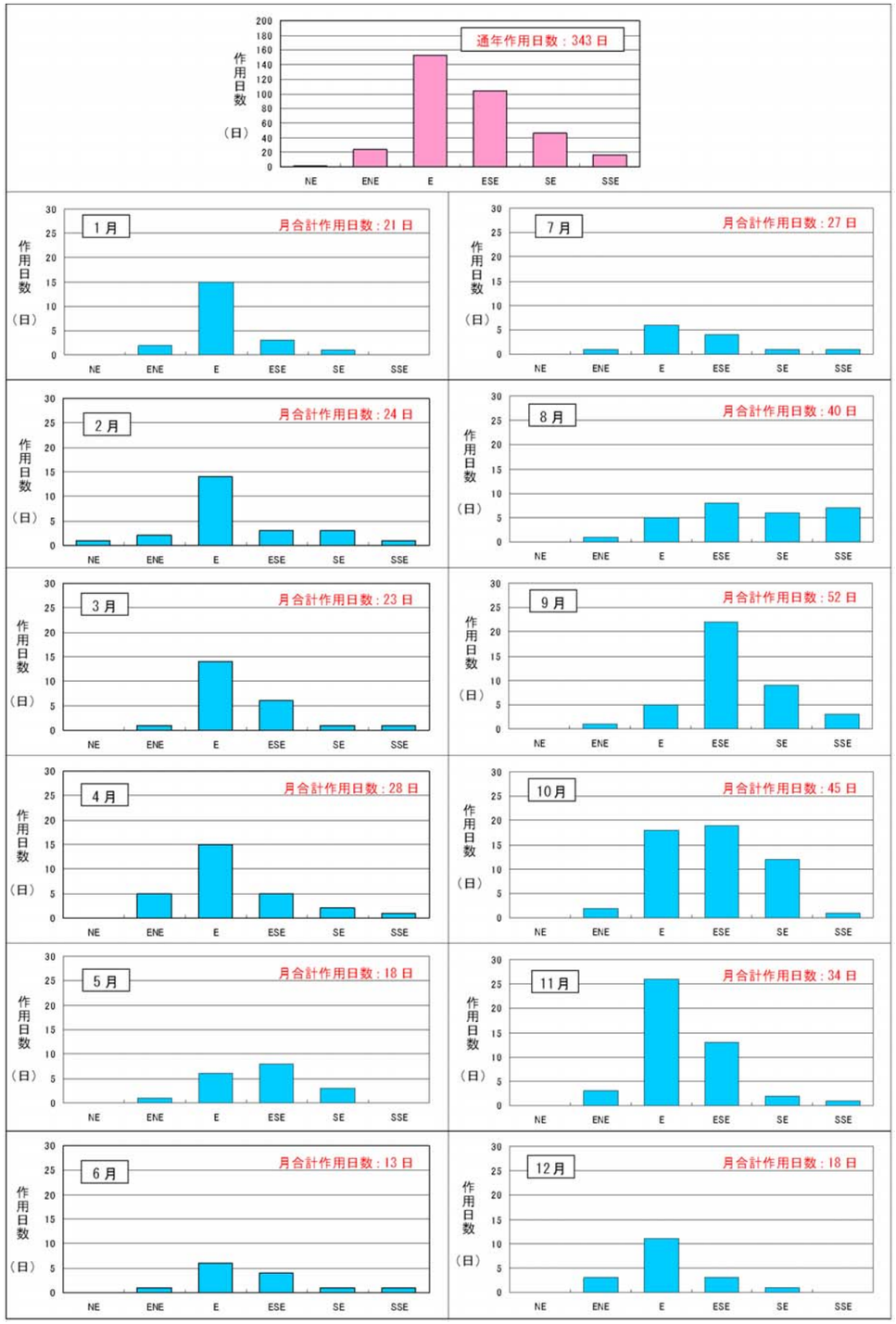
図－3.12　波浪場計算結果 2003 年

波浪場の計算結果[宮崎港付近]（2003 年）



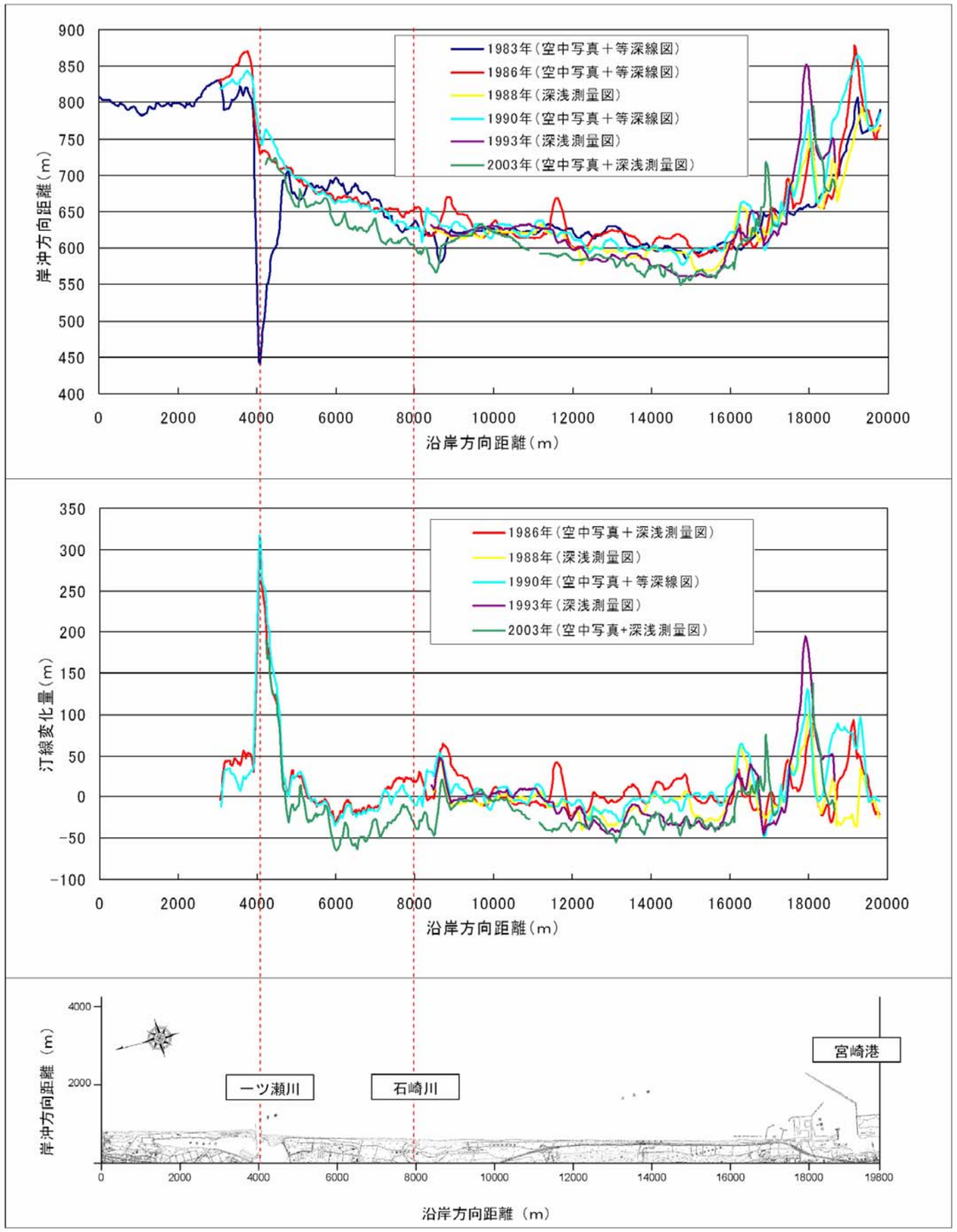
図－3.13　波浪場計算結果[港湾付近]（2003 年）

3.2.4　月別方向別の通年エネルギー等価波の作用日数



図－3.14　通年のエネルギー等価波の作用日数

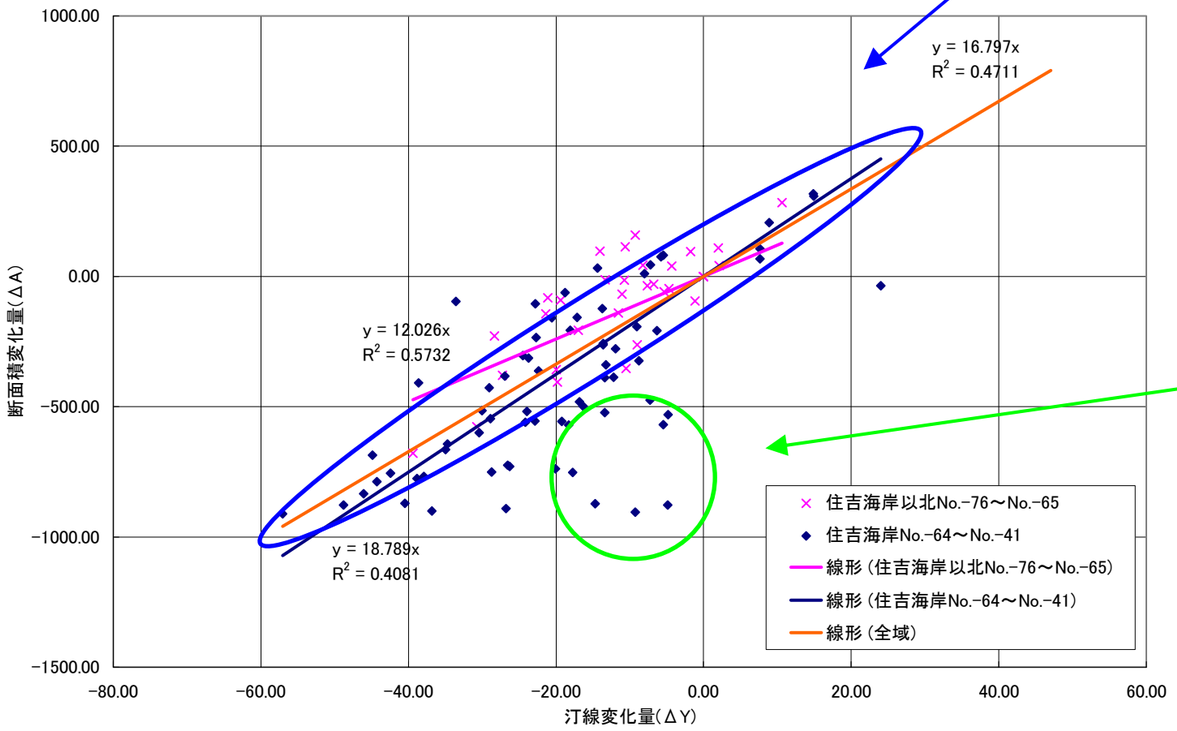
3.2.5　検証汀線データ



図－3.15　汀線位置および汀線変化量

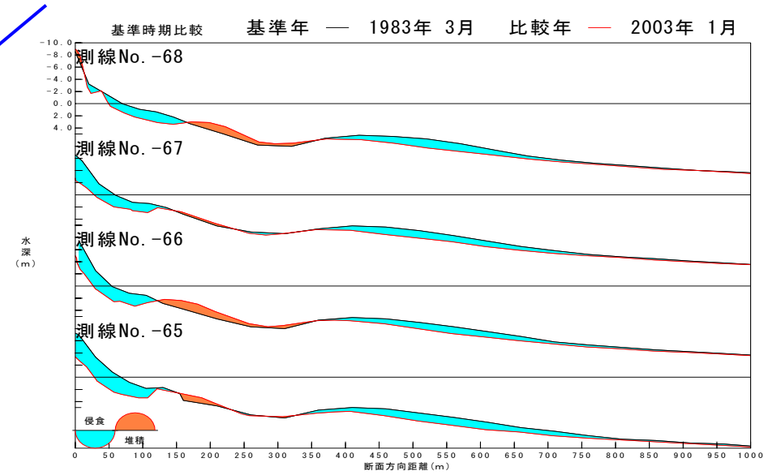
3.2.6　汀線変化と断面積変化量の検討

住吉海岸および以北の石崎川河口までの測量成果より、地形断面データ[-10m以浅,1982 年度～2003 年度の計 11 期分]を作成し、各測線位置での地形断面積：A（m^2）と汀線変化量 Y（m）との相関を検討した。両者には比較的相関が見られることより、近似直線を算出し、その直線勾配より沿岸漂砂の漂砂移動高を、対象範囲全域[住吉海岸～石崎川河口付近まで]で 17m とした。



図－3.16　汀線変化と断面積変化量の関係

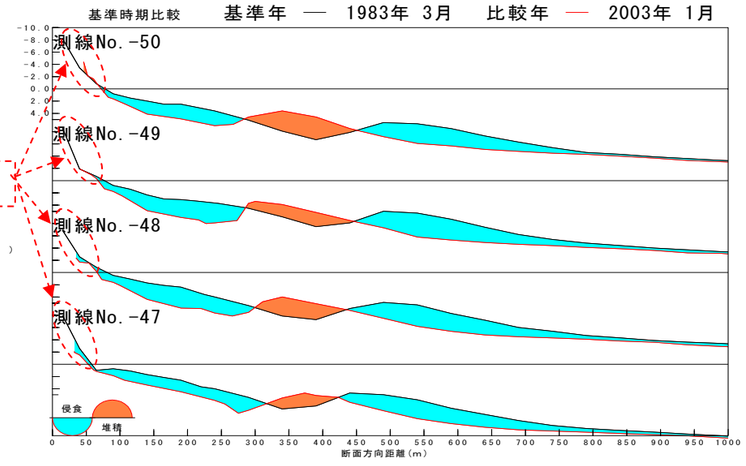
自然海浜では、断面変化と汀線変化が直線関係にある。



図－3.17　代表測線における地形断面変化（測線 No.-68～-65）

断面積変化量が大きいが、汀線変化量が小さい。
（緩傾斜護岸が設置されているため）

緩傾斜護岸



図－3.18　代表測線における地形断面変化（測線 No.-50～-47）

3.3 汀線変化モデルの検証（再現計算）

今回、汀線変化計算を行うにあたり表－4.3 に示す 4 ケースに関して 1983 年の汀線位置を初期汀線として 2003 年までの再現計算を行った。CASE-1～4 の 2003 年時点での結果を図－3.19～図－3.22 に示す。

表－3.2　再現計算ケース一覧

		沖側境界流出土砂	
		なし	あり(25万m3/年)
一ツ瀬川導流堤通過土砂	あり	CASE-1	CASE-2
	なし	CASE-3	CASE-4

(1)　[Case-1]

1983～2003 年までの港湾区域境界から石崎川河口右岸までの汀線後退については、定性的には同様の汀線後退が再現計算されているものの、定量的には後退量が少ない計算結果となっている。また石崎川河口左岸から一ツ瀬川河口右岸にかけては、汀線が前進する計算結果となっており、実際の汀線後退は再現されていない。この部分の汀線前進は、沿岸漂砂量分布からもわかるように、住吉海岸からの北向沿岸漂砂と一ツ瀬川左岸から右岸にかけての南向の沿岸漂砂が集まって生じている。

(2)　[Case-2]

Case-1 で大きく実際と傾向が異なった一ツ瀬川～石崎川にかけての汀線前進は、一ツ瀬川河口の左右岸での汀線位置にギャップがあることによって生じていると考えられる。すなわち、左岸側汀線位置が右岸に比べて前に出ていることから、計算ではそのギャップを埋めるような方向で南向の沿岸漂砂が発生する。この左右岸での汀線位置のギャップは過去の空中写真から常に生じており、このギャップが生じている要因は不明である。しかし、河口導流堤が南向の沿岸漂砂を阻止しているようにも見える。そこで、導沿岸漂砂量がこの導流堤で完全に阻止されるものとして計算した結果、一ツ瀬～石崎川の汀線前進量はかなり低減することがわかった。しかし、実際とはまだ定量的に一致していない。

(3)　[Case-3]

次に、Case-1 に対して、沖方向へ流出する土砂を考慮して計算した。一ツ瀬川～離岸堤設置端に至る区間で沖合に一様に約 25 万 m3/年を流出させたところ、Case-2 よりも全体的に汀線後退量が実際の値に近い結果となった。

(4)　[Case-4]

以上の計算結果から、Case-2 と 3 の両方の条件、すなわち一ツ瀬川導流堤を通過する沿岸漂砂量がないものとし、さらに沖方向へ流出する土砂を考慮したところ、石崎川～港湾区域に至る汀線後退、一ツ瀬川～石崎川に至る汀線後退が定量的にはやや過小評価であるものの、概ね実際と合致する結果が得られた。

3.4 構築したモデルの課題

本計算において、以下の点が課題として挙げられる。

(1)　一ツ瀬川導流堤の通過沿岸漂砂量

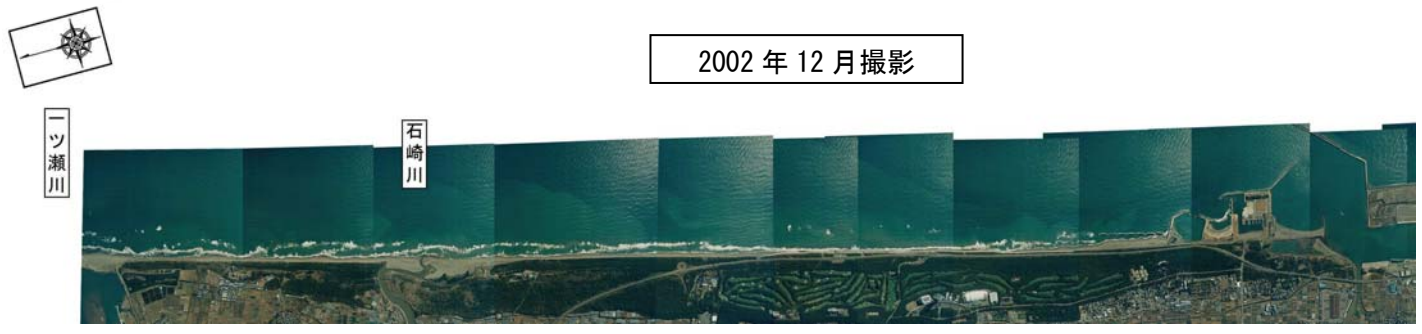
一ツ瀬川導流堤はその規模からすると、沿岸漂砂を完全に阻止するまでの長さ（先端水深）ではない。しかしながら、河口の左右岸では明確な段差が保たれている。この要因を解明することが、一ツ瀬川河口付近での沿岸漂砂の方向を決めることとなり、住吉海岸の侵食対策を考える上でも重要となる。

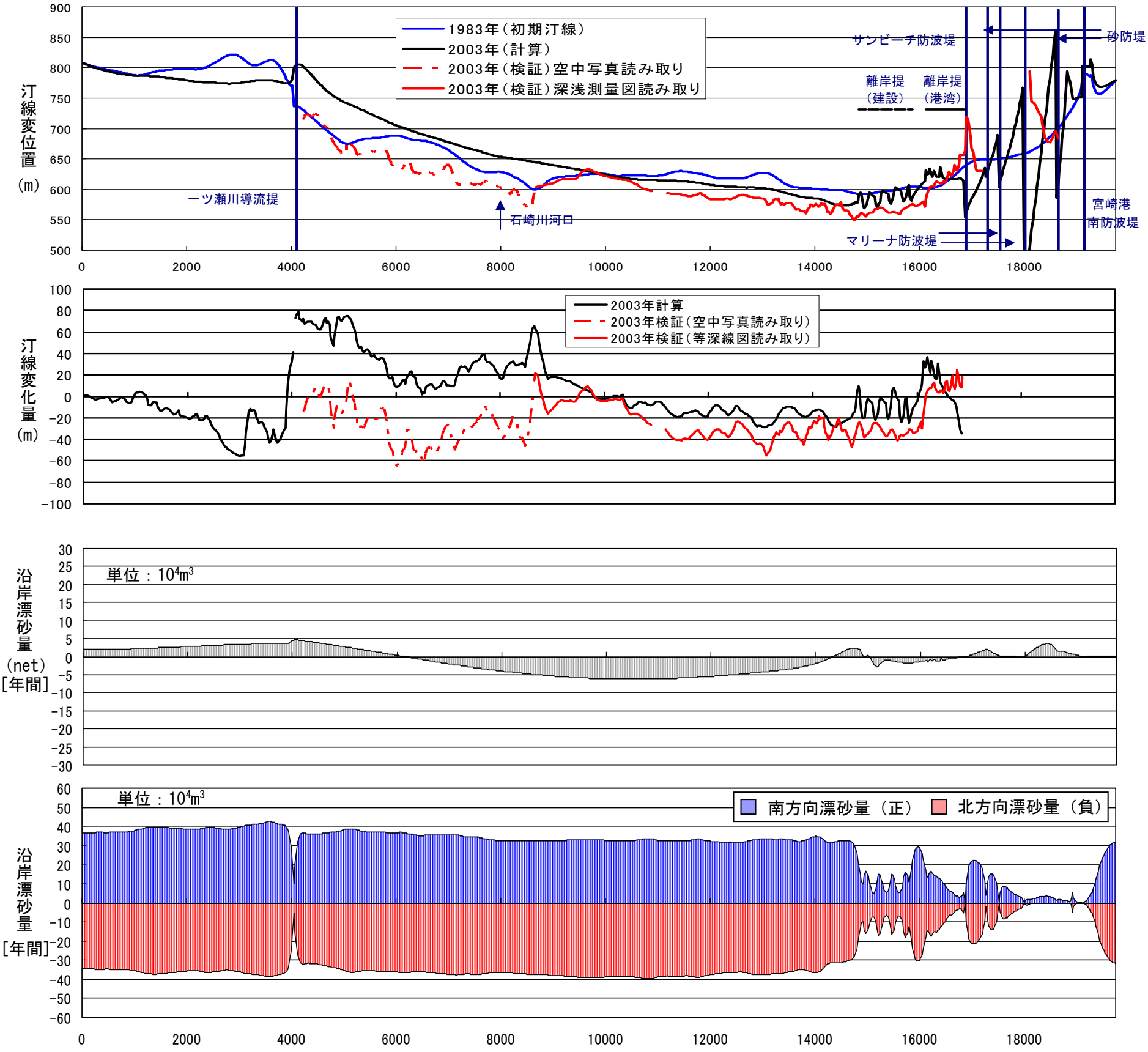
(2)　沖流出土砂量

上記とも関係するが、一ツ瀬川付近の沿岸漂砂の方向が左右岸の汀線位置のギャップから考えて、北向がないと判断するならば、住吉海岸で消失した土砂は沖合へ流出した量も考慮しないと収支が合わなくなる。上記の課題とあわせて、沖流出土砂の有無とその量を検証することが必要である。

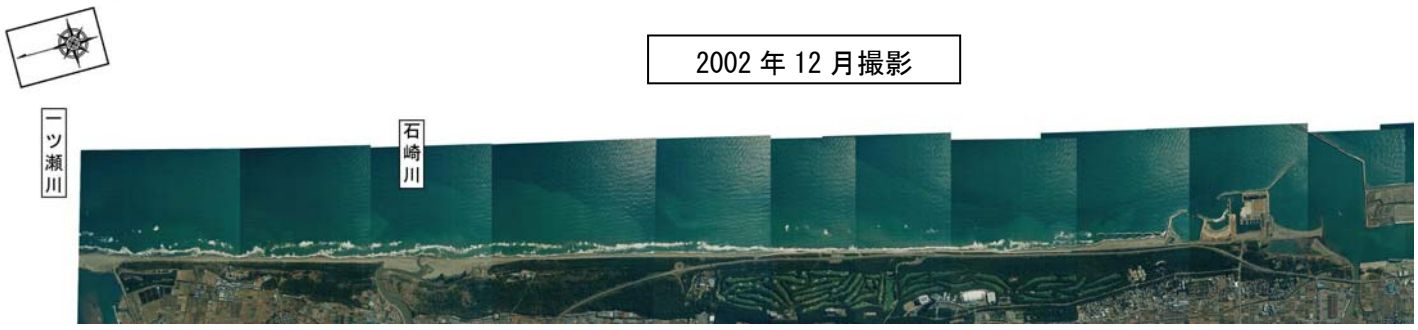
(3)　港湾への土砂移動量

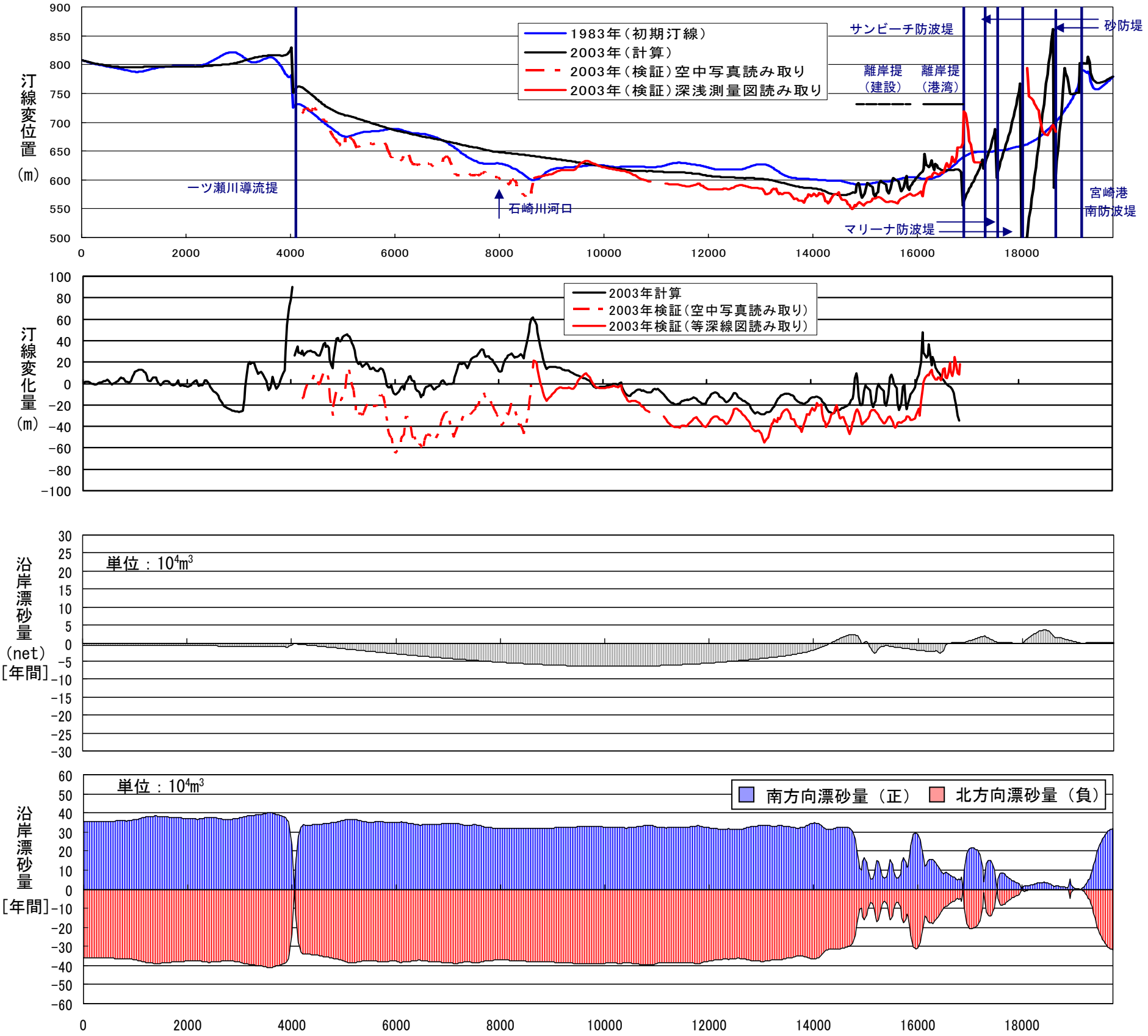
計算された沿岸漂砂量の分布からもわかるように、離岸堤の端部付近から港湾寄りでは港湾側への沿岸漂砂量が推定され、その沿岸漂砂により港湾サイドでは実際と同様の汀線の前進が生じている。しかし、実際には汀線の前進以上に防波堤の遮蔽域内の水域に堆砂が生じており、この量を計算では評価しきれていない。この量の評価は汀線変化モデルで再現するには限界があり、別途方法で評価する必要がある。



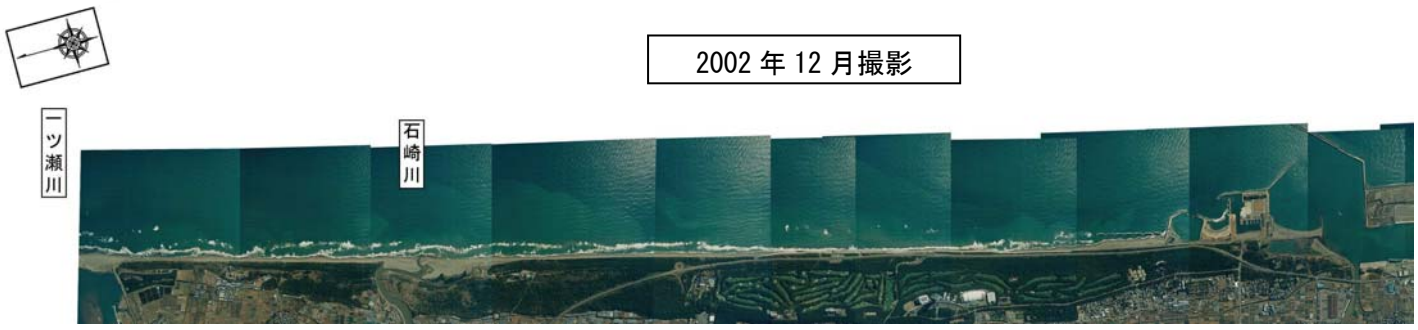


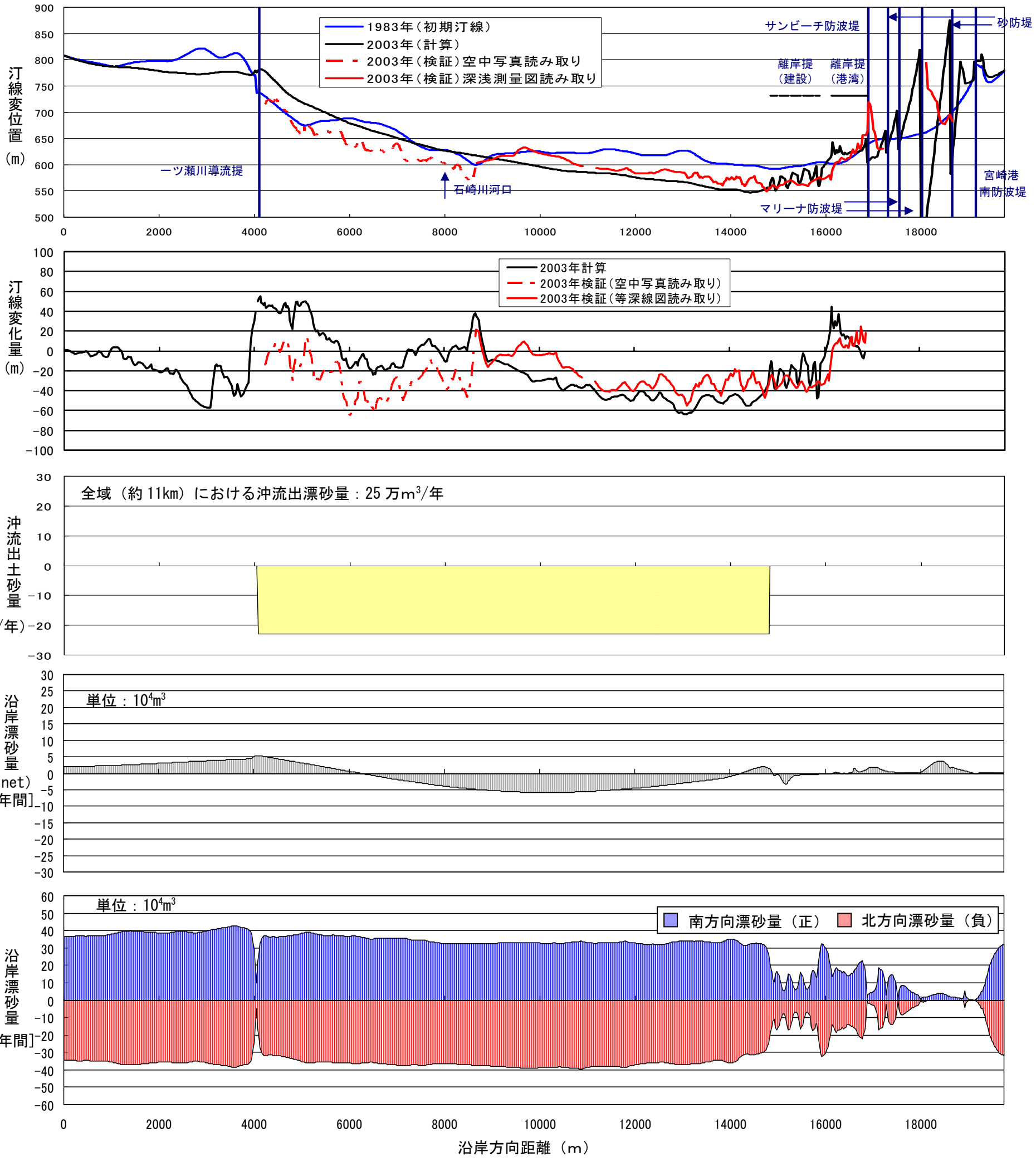
図－3.19　2003 年検証結果(CASE-1,沖流出土砂なし,一ツ瀬川導流堤の通過土砂あり)



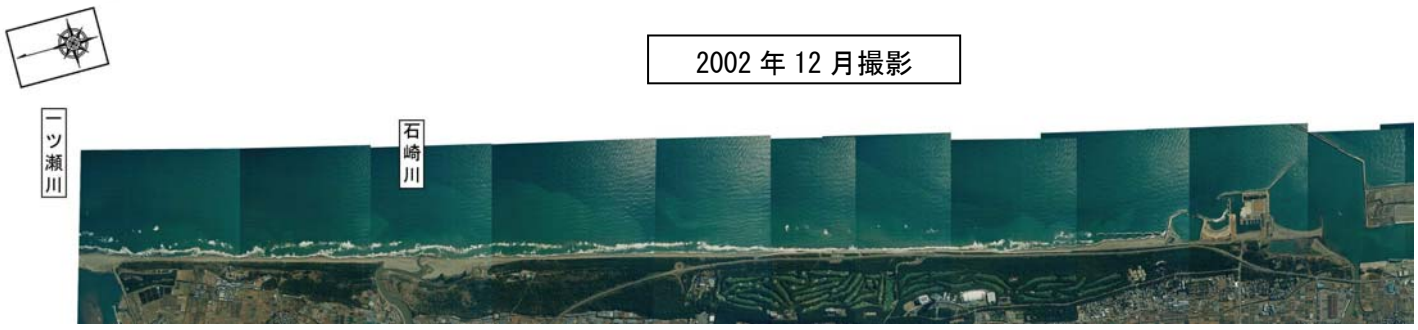


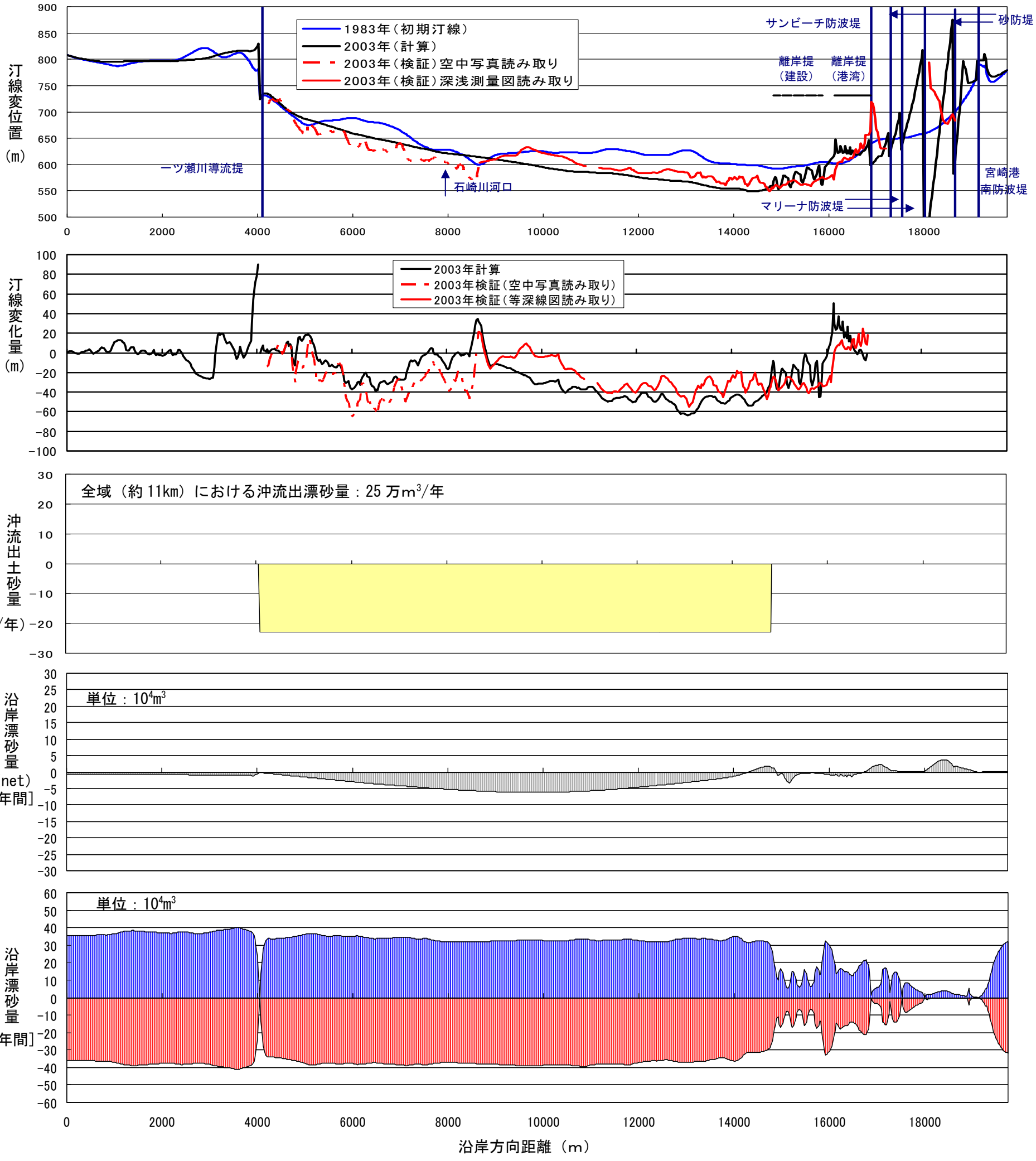
図－3.20　2003 年検証結果(CASE-2,沖流出土砂なし,一ツ瀬川導流堤の通過土砂なし)





図－3.21　2003 年検証結果(CASE-3,沖流出土砂あり,一ツ瀬川導流堤の通過土砂あり)





図－3.22　2003 年検証結果(CASE-4,沖流出土砂あり,一ツ瀬川導流堤の通過土砂なし)

4. 地形変化解析の追加検討と地形変化モデルおよび土砂収支の修正検討（H17.3.29）

4.1 深浅測量データからの地形変化状況

4.1.1 深浅測量の実施状況

第2回委員会では最新の深浅測量結果が2003年1月測量時期であった。その後2004年1月および2004年11月に広域の深浅測量が行われていることからデータを追加して解析を行った。なお、今回は国交省宮崎港湾・空港整備事務所により1974(S49)年から定期的な測量が実施されている港湾区域周辺の地形データが提供された。

4.1.2 土量変化

第2回委員会で提示した土砂収支について、特に港湾区域周辺の土砂変化状況が明確でなかったために、今回は、土砂変化量の解析を主として行った。

1974～2004 年にかけての宮崎港南防波堤北側（住吉海岸側）および宮崎港～宮崎空港（大淀川河口前面）における1974年の地形を基準とした時の土砂変化量の経年変化を図－4.1に示す(ブロック区分けは図－4.2参照)。なお、図中には1983～2004 年の住吉海岸および石崎浜海岸の1983 年の地形を基準とした時の土砂変化量の経年変化を合わせて示した。また、宮崎港施工履歴図および宮崎港南防波堤北側（住吉海岸側）の港湾周辺の土砂変化量算定ブロック区域図を図－4.2に、宮崎港の浚渫実績（計画）を図－4.3にあわせて示す。

(1) 港湾区域周辺

南防波堤北側（ブロック区分1～8の合計）の土砂量の変化は以下のとおりであった。

- 南防波堤縦堤部建設前(1982年以前)に規模の大きな侵食（100万㎥／年）が生じている。ただし、この原因は不明である。
- それ以降は、多少の変動は見られるものの一様に堆積傾向であり、1回目の泊地浚渫（1986～1990年，浚渫量計265万㎥）で泊地部分の地形変化（見かけ上侵食）が落ち着いた1988年以降は平均して約22万㎥／年の堆積速度となっている。
- 2回目の泊地浚渫（1993～1997年，浚渫量計185万㎥）による地形変化は、1回目のように地形変化として明確に出ていない。これは、浚渫後すぐに埋め戻されたためか、測量範囲では実際は浚渫が実施されていないためといったことが考えられるが、浚渫時期および場所が特定できないため不明である。
- 港湾区域の長期的な平均堆積速度は、約22万㎥／年であるが、最近3年間は約43万㎥／年と倍増している。これが海象条件等による短期的なものであるのか、現在の港湾形状に起因するものなのかは、現時点では明確にはできないが、注意すべき点である。

なお、南防波堤沖側（ブロック区分 10）の土砂変化量によると、このブロックではほとんど土砂変化量に変化が見られない。

(2) 住吉海岸および石崎浜海岸

港湾区域に隣接する住吉海岸（測線No.-41～-64）およびその北側の石崎浜海岸（測線No.-65～-75）の土砂変化量は以下のとおりであった。

- 住吉海岸は1988年以降、一様に侵食傾向であり、長期的な平均侵食速度は約15.5万㎥／年となっている。
- 石崎浜海岸は、港湾区域および住吉海岸ほどデータ量がないため、両者に比べ精度は落ちるが、住吉海岸と同様に侵食傾向であり、1994年以降の平均侵食速度は約9万㎥／年となっている。

(3) 宮崎港～宮崎空港（大淀川河口前面）

大淀川河口前面の土砂変化量は以下のとおりであった。

- 1992年までは、1982年に一時的な堆積が見られるが、それ以外の期間では年により変動はあるものの平均侵食速度は約30万㎥／年となっている。
- 1993年に顕著な堆積が見られ、それ以降はほぼ安定状態である。
- その他の特徴としては、港湾区域および住吉海岸の土砂変化量の年毎の変動傾向が似ていることである。このデータのみで大淀川の影響とまでは言い切れないが、港湾区域および住吉海岸の土砂変化量は、いずれも河川からの供給土砂の増減に少なからず影響を受けていることが考えられる。

4.1.3 石崎川～宮崎空港区間における平面的な水深変化

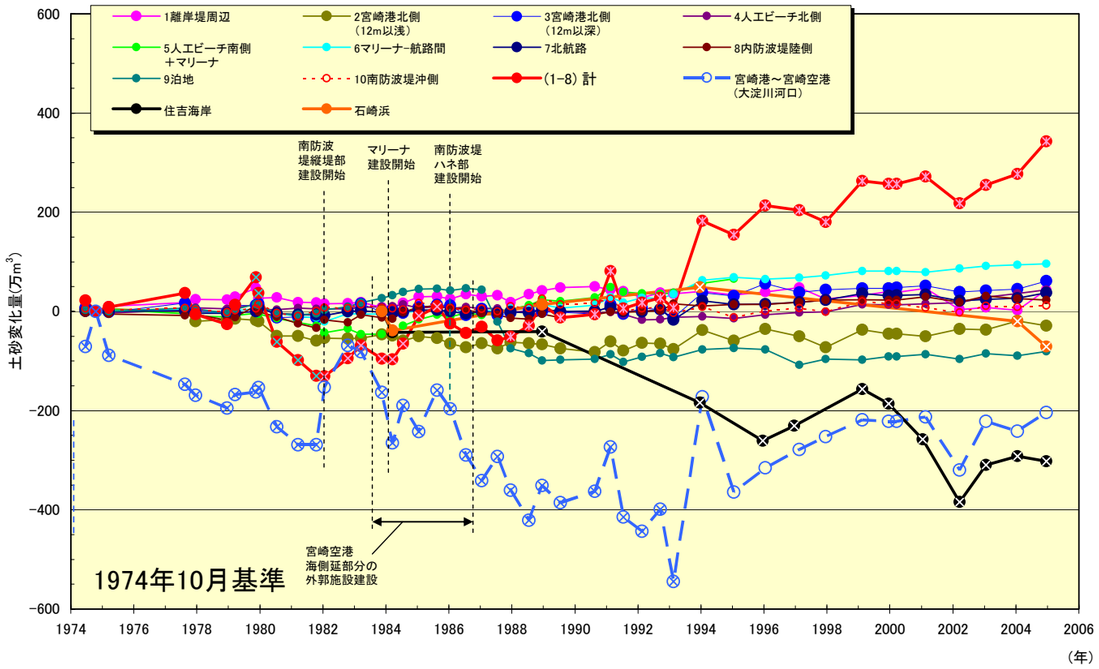
平面的な水深変化量分布を図－4.4に示し、以下に変化の特徴を列挙する。

- 1983(S58)年当時は大淀川河口前面に10m等深線が沖に張り出していることからもわかるように、河口テラス（舌状に突出した浅瀬）が発達していたが、その後、河口テラスは侵食を受け、2003(H16)年時点でほぼ平坦な等深線となり、現在に至っている。
- 宮崎港の防波堤が沖に延伸されるに従い、その背後を中心に堆砂が進行している。
- 2004年1月と11月を比較すると、バー地形が全体的に沖合に移動している。

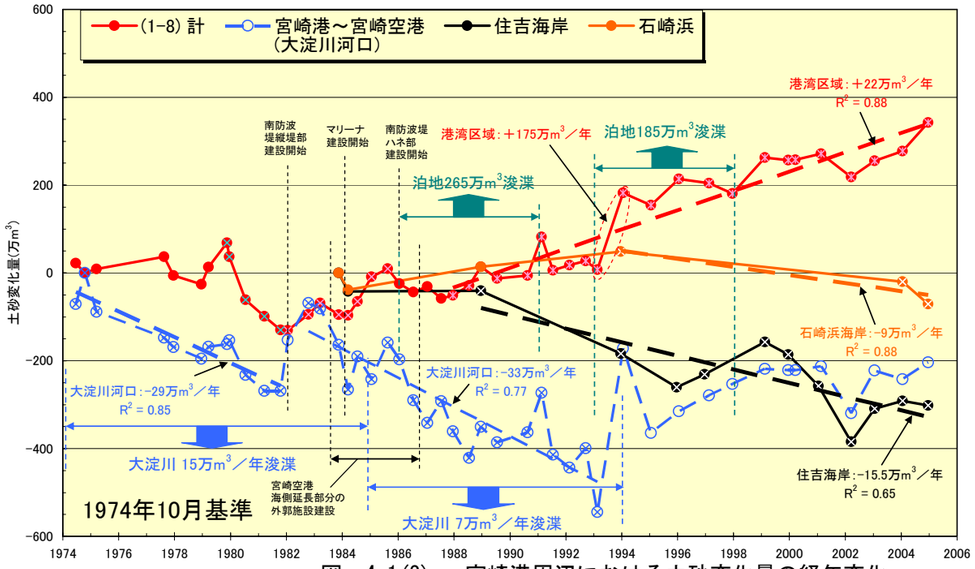
4.1.4 一ツ瀬川河口部の地形

2004年11月には国交省宮崎河川国道事務所により、これまで海底地形情報の空白域であった石崎川～一ツ瀬川河口周辺までの測量が実施されている。測量結果を図－4.5に示す。なお、この区間の測量はマルチファンビームにより実施しているため、平面的に高密度なデータが得られている。

- 測量結果によると、石崎川～一ツ瀬川にかけて沖合い約500～600mの地点に連続的にバー地形が形成されている状況が確認できる。
- 一ツ瀬川河口部の状況を見ると、河口テラスが河口導流堤よりも北側に約400～500m程度離れた地点に位置していることが確認された。
- ただし、河口テラスの北側に不自然な深みが見られることから、この河口テラスの位置が通常の位置であるとは考えづらい（2004年の台風による高波浪により、北向きに移動した結果である可能性が高いと考えられる）。
- これについては、今後も経年的に地形データを取得することにより、一ツ瀬川河口周辺の地形変化特性（漂砂特性）が明らかになっていくものと考えられる。



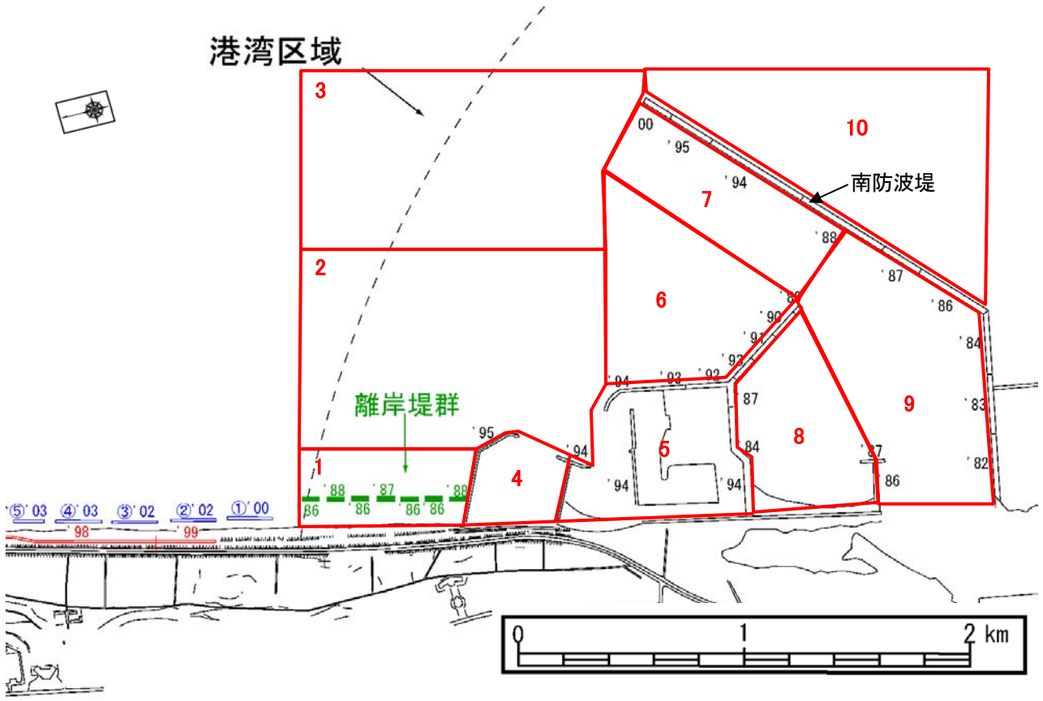
図－4.1(1)　宮崎港周辺における土砂変化量の経年変化



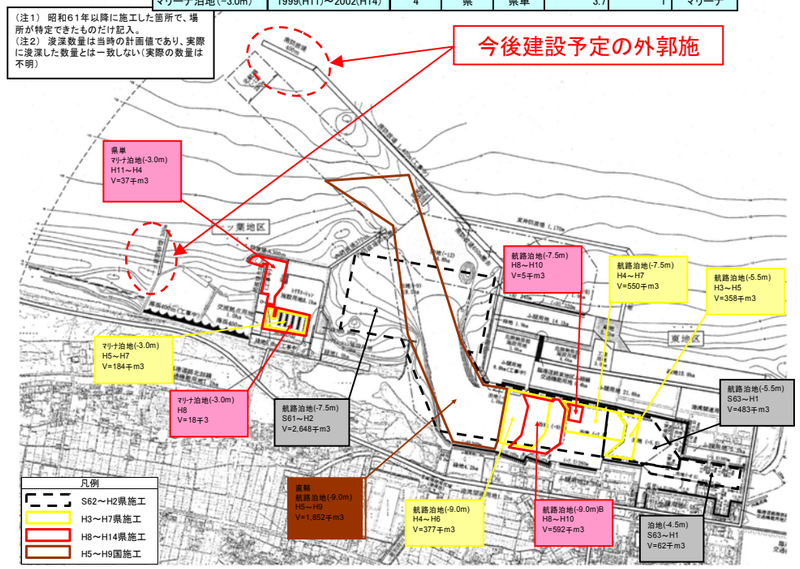
図－4.1(2)　宮崎港周辺における土砂変化量の経年変化

表－4.1　宮崎港の浚渫実績（計画）一覧

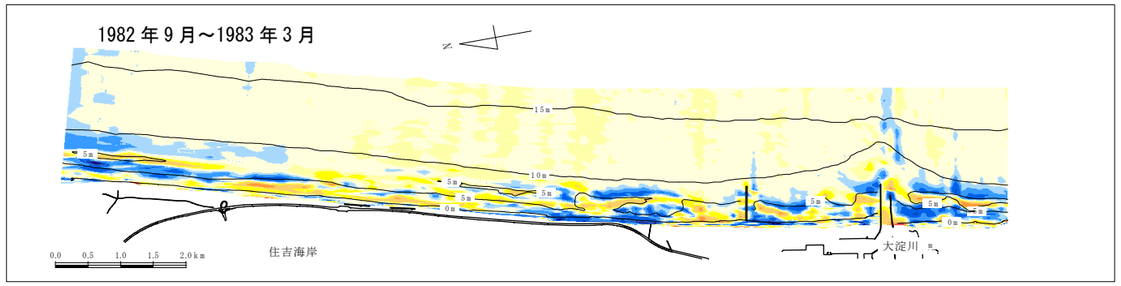
施設名	施工年度	施工期間（年間）	施工者	事業種別	計画浚渫量（万m3）	単位年当りの浚渫量（千m3/年）	区分
航路泊地（-7.5m）	1986(S61)～1990(H2)	5	県	補助	264.8	53	港内
泊地（-4.5m）	1988(S63)～1989(H1)	2	県	補助	6.2	3	港内
航路泊地（-5.5m）	1988(S63)～1989(H1)	2	県	補助	48.3	24	港内
航路泊地（-5.5m）	1991(H3)～1993(H5)	3	県	補助	35.8	12	港内
航路泊地（-7.5m）	1992(H4)～1995(H7)	4	県	補助	55.0	14	港内
航路泊地（-9.0m）	1992(H4)～1994(H6)	3	県	補助	37.7	13	港内
マリーナ泊地（-3.0m）	1993(H5)～1995(H7)	3	県	補助	18.4	6	マリーナ
航路泊地（-9.0m）	1993(H5)～1997(H9)	5	国	直轄	185.2	37	港内(直轄)
マリーナ泊地（-3.0m）	1996(H8)	1	県	補助	1.8	2	マリーナ
航路泊地（-7.5m）	1996(H8)～1998(H10)	3	県	補助	0.5	0	港内
航路泊地（-9.0m）B	1996(H8)～1998(H10)	3	県	補助	59.2	20	港内
マリーナ泊地（-3.0m）	1999(H11)～2002(H14)	4	県	県単	3.7	1	マリーナ

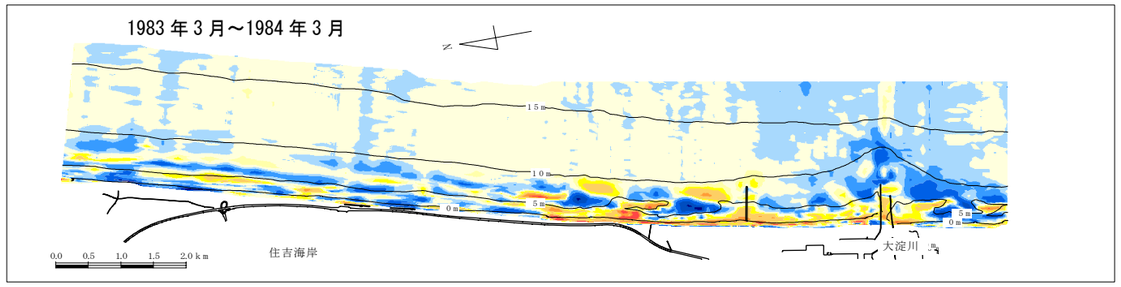


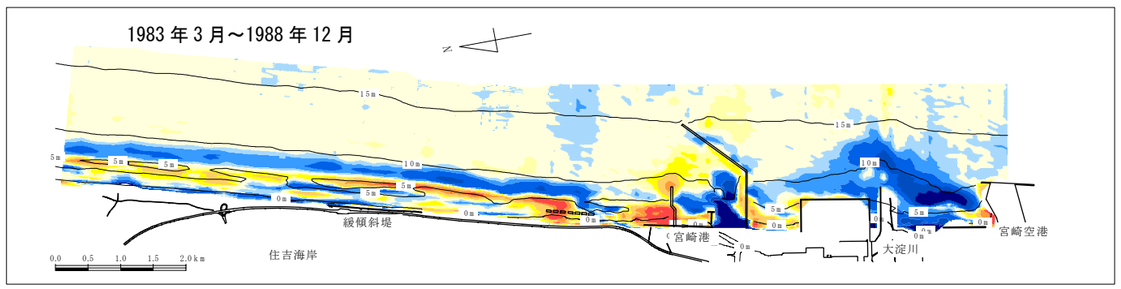
図－4.2　宮崎港施工履歴図および土砂変化量算定ブロック区域図

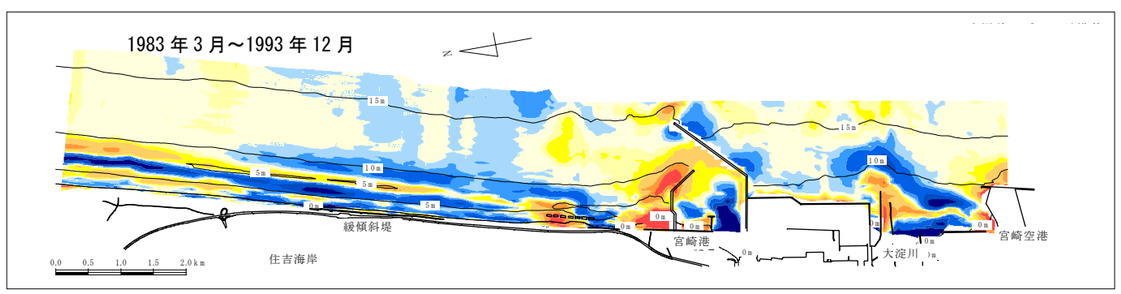


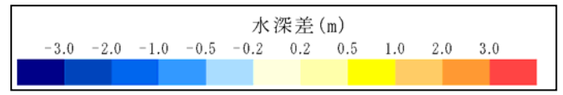
図－4.3　宮崎港の浚渫実績（計画）平面図



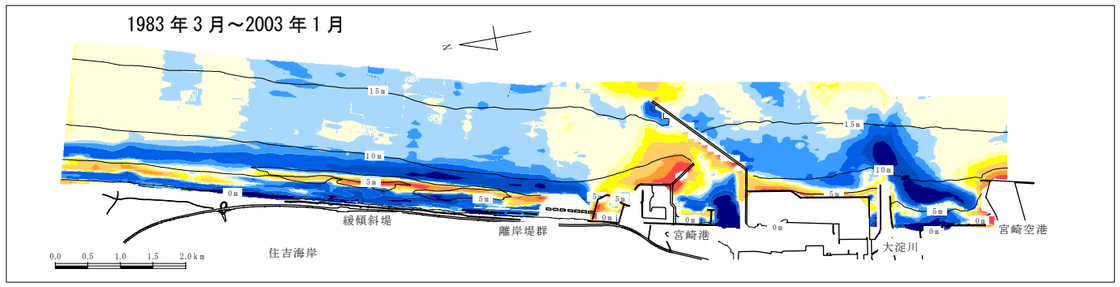


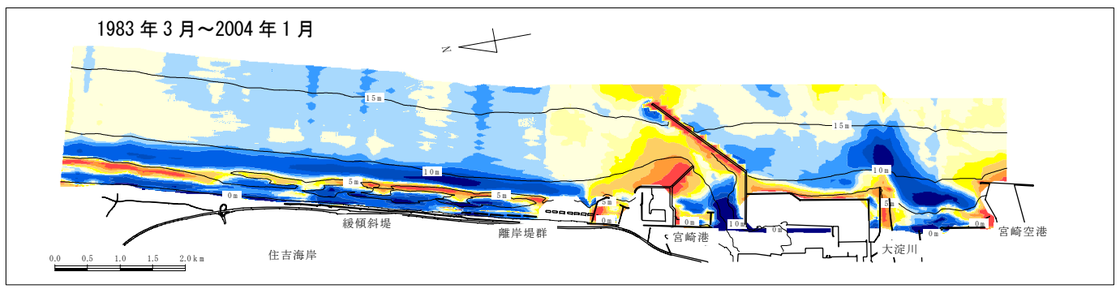


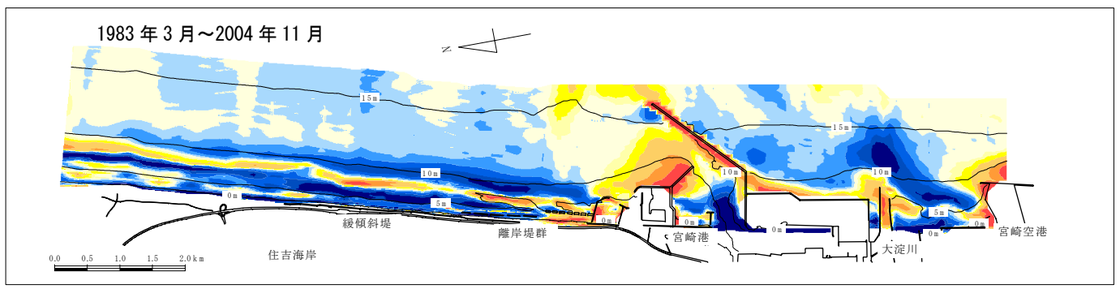




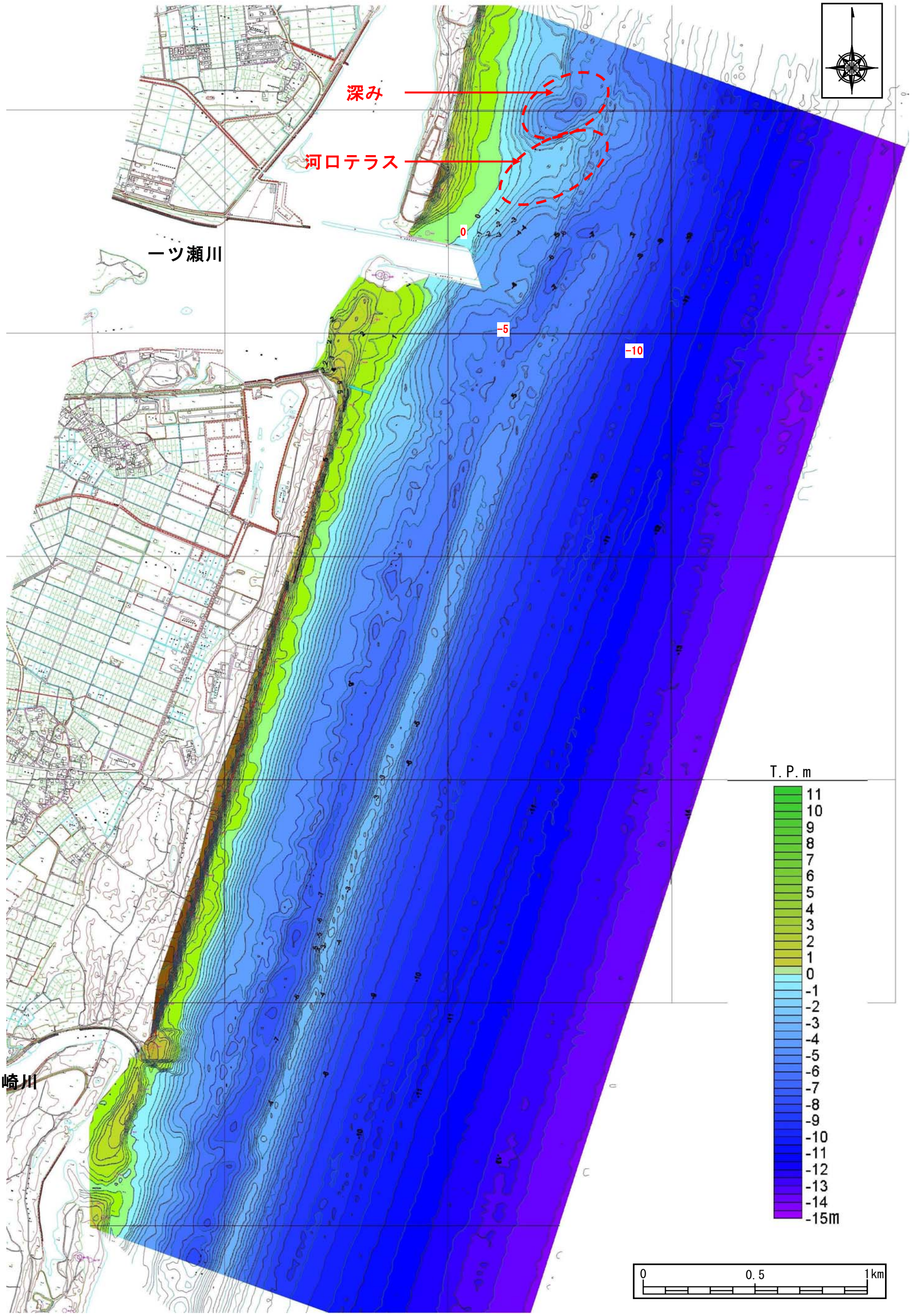
水深差はプラスが堆積である
図中コンターは比較年の等深線である







図－4.4　石崎川～宮崎空港区間における水深比較(1982 年 2004 年, 基準年比較)



図－4.5　石崎浜～一ツ瀬川河口周辺区間の海底地形（2004 年 11 月測量，国交省宮崎河川国道事務所）

4.2 現状と原始の状態での波浪・流況場の比較

・卓越海浜流の算出方法

①高波浪時を想定した波高 H=5.0m、周期 T=11.4s を主要 6 方位（NE～SSE）について平面二次元の海浜流場の計算

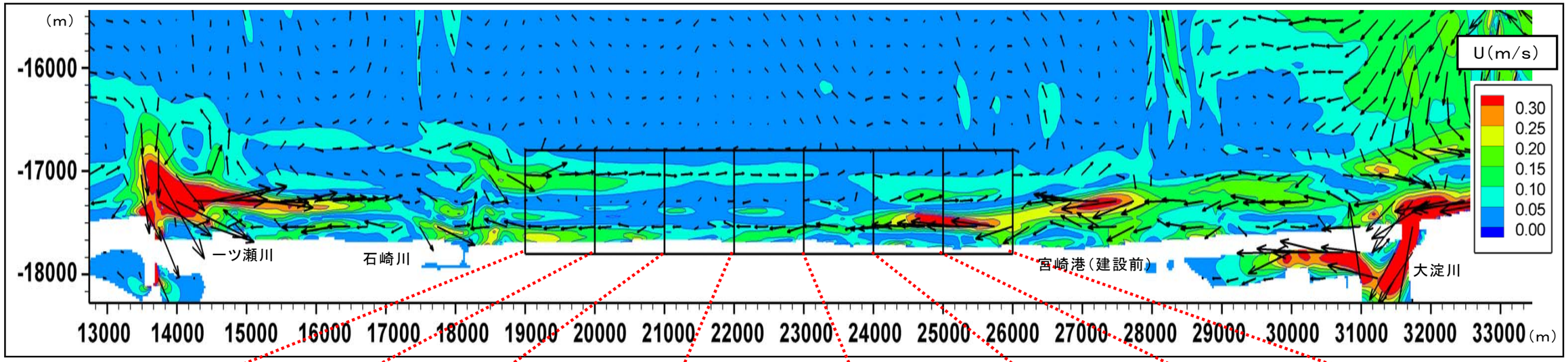
⇒

②各波向の海浜流（流速分布）の計算結果より、各波向のエネルギー頻度で流速成分に重み付けを行い、6 方位で流速成分を合計

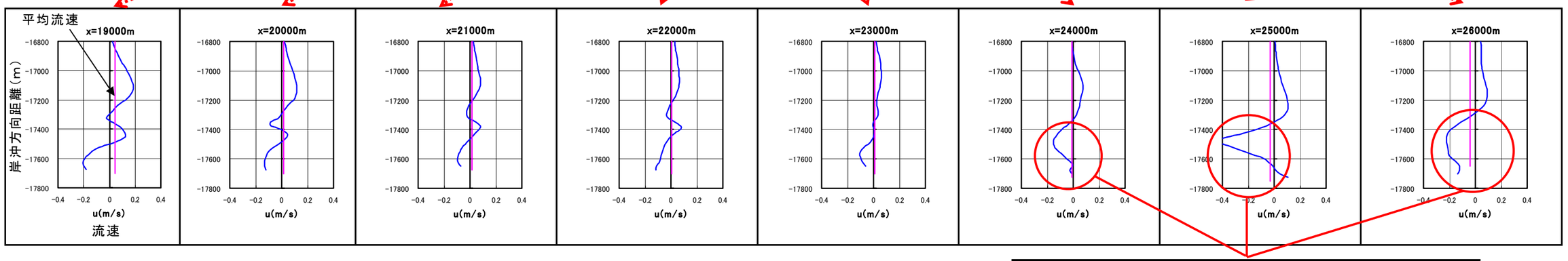
⇒

卓越海浜流（流速の平面分布）

(1) 港湾建設前の卓越海浜流

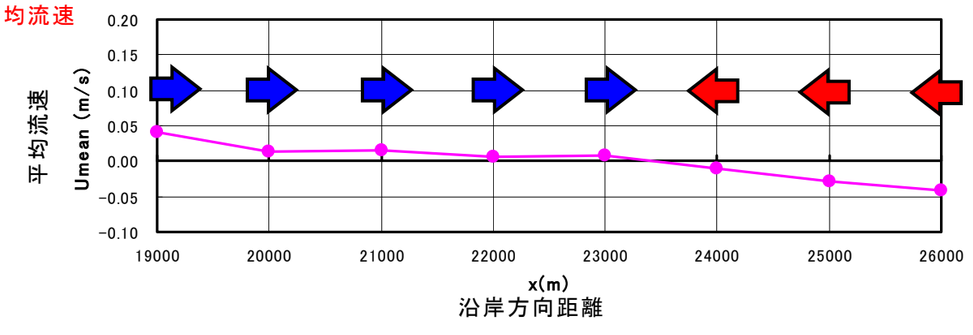


・岸沖方向の流速分布



・宮崎港北部で北方向の沿岸流が顕著に発生している。

・各地点の平均流速



－：北方向（一ツ瀬川方向）

＋：南方向（宮崎港湾方向）

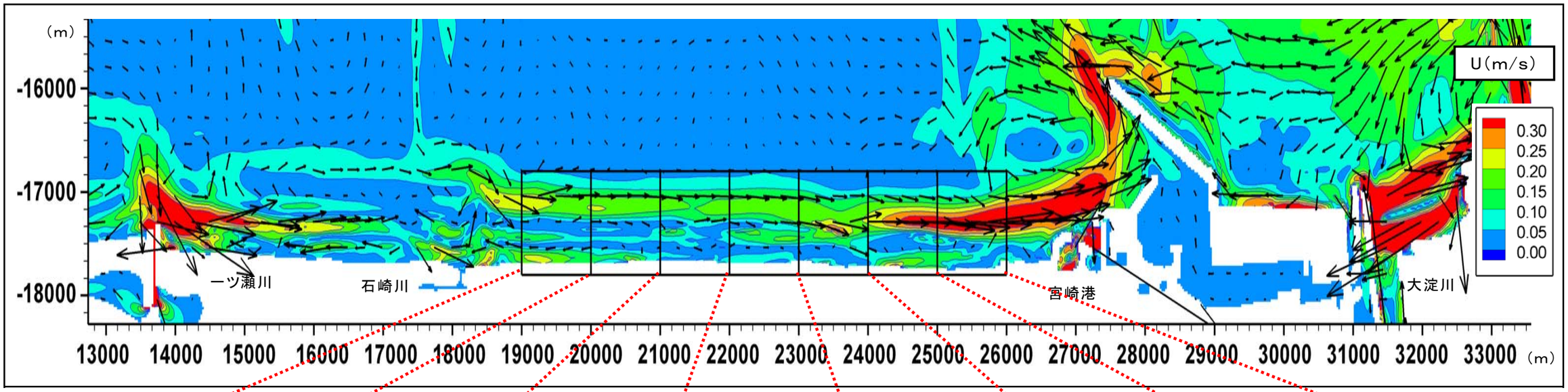
・卓越海浜流の算出方法

①高波浪時を想定した波高 H=5.0m、周期 T=11.4s を主要 6 方位（NE～SSE）について平面二次元の海浜流場の計算

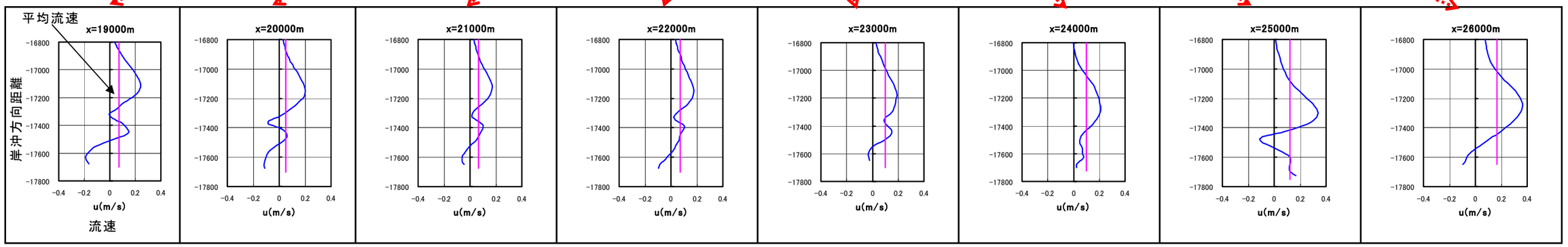
②各波向の海浜流（流速分布）の計算結果より、各波向のエネルギー頻度で流速成分に重み付けを行い、6 方位で流速成分を合計

卓越海浜流
（流速の平面分布）

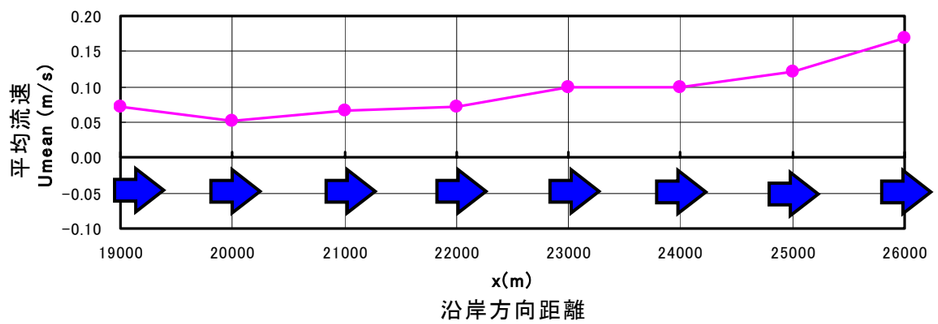
(2)　港湾建設後の卓越海浜流

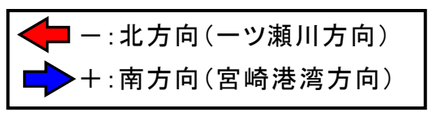


・岸沖方向の流速分布



・ 石崎川河口から宮崎港にかけて全域で南方向の沿岸流が卓越している
・ 特に港湾から約 3km 北側（24,000m 地点）から急激に港湾方向への流れが速くなっている。

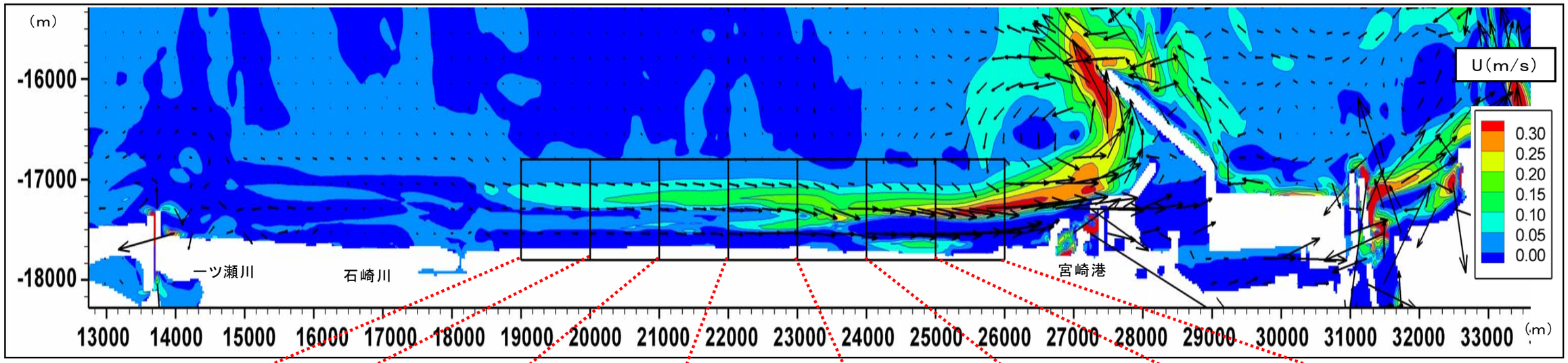




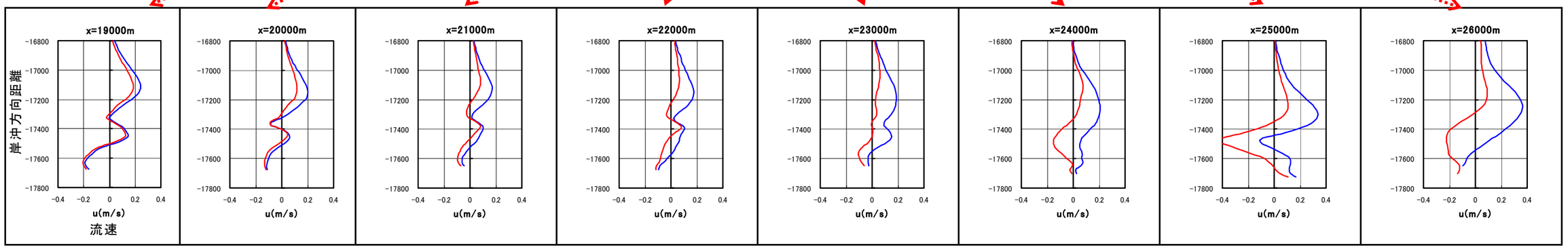
・卓越海浜流の算出方法

先に示した港湾建設前と港湾建設後の流速値の差を算出 ⇒ 港湾建設前後の差分値（流速の平面分布）

(3)　港湾建設前後の卓越海浜流の差分値

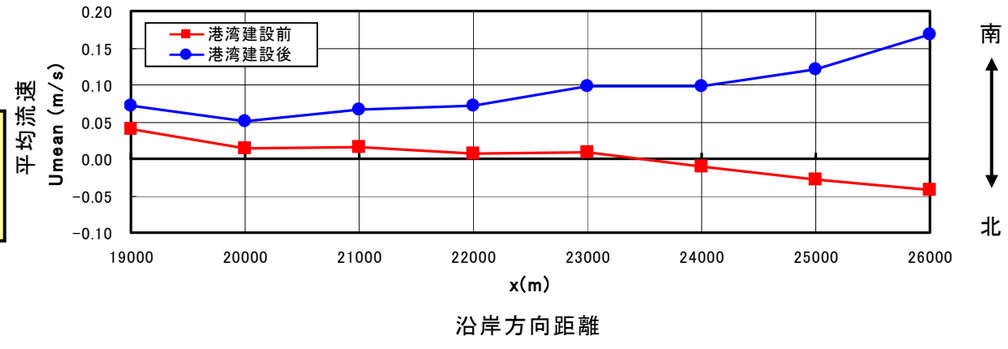


・岸沖方向の流速分布（港湾建設前後の比較）



港湾建設前
港湾建設後

・石崎川河口から宮崎港にかけて南方向の沿岸流が卓越しており、港湾建設にともない港湾方向へ海浜流の卓越方向が変化したことを示している。



4.3　土砂収支の修正検討

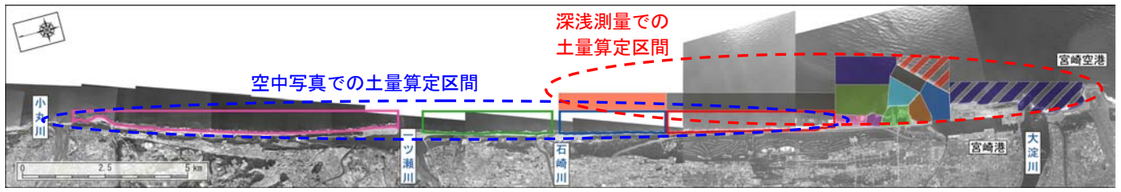
4.3.1　実測データから推定される土砂収支

追加検討した実測データの解析結果から推定される「各ブロックの土砂変化状況」および「一ツ瀬川～港湾区域区間における土砂収支」を以下に示す。

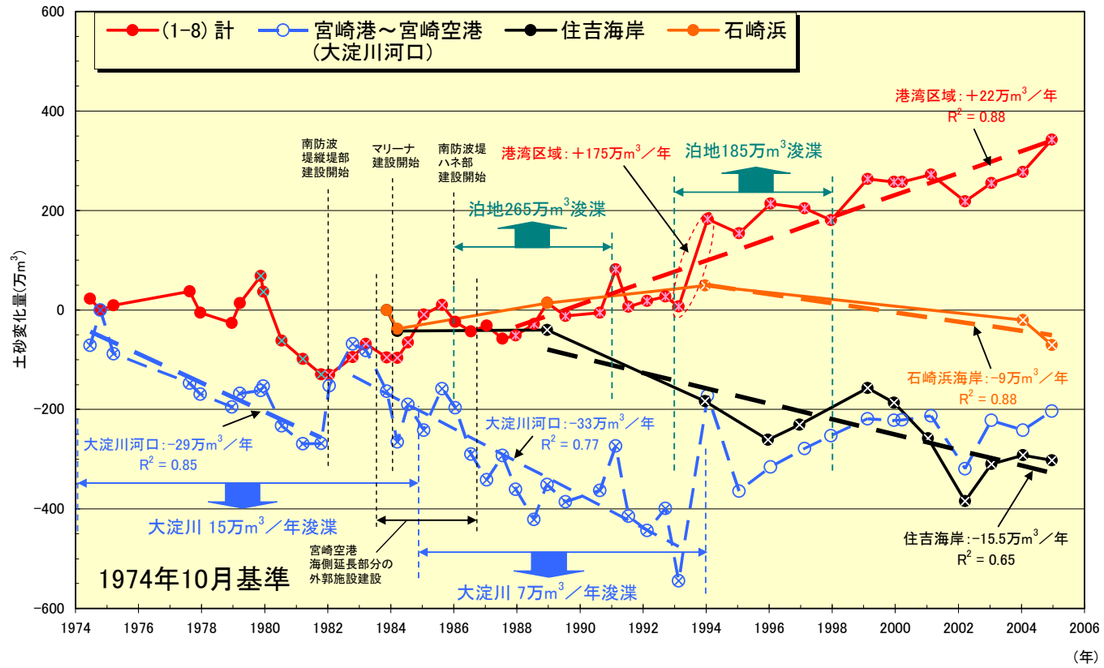
- 小丸川～一ツ瀬川区間は、+12 万 m³／年（1975～2000 年，空中写真より）であり安定もしくは堆積傾向であるが、データが 2 時期のため参考値とする（図－4.8）。
- 一ツ瀬川～石崎川区間（大吹田海岸）は、-6.5 万 m³／年（1962～2004 年，図－4.8）。
- 石崎川～住吉海岸（石崎浜海岸）区間は、長期的にみると-4.5 万 m³／年（1962～2004 年，図－4.8）であるが、1994 年以降は-9 万 m³／年（図－4.7）に増加している可能性もある。
- 住吉海岸区間は、-15.5 万 m³／年（1988～2004 年，図－4.7）
- 港湾区域は、+22 万 m³／年（1988～2004 年，図－4.7）
- 以上より、一ツ瀬川～港湾区域区間における全体の土砂収支を考えると、5～10 万 m³／年の土砂が区間外（一ツ瀬川よりも北側もしくは沖合い）に流出している結果となる。

↓

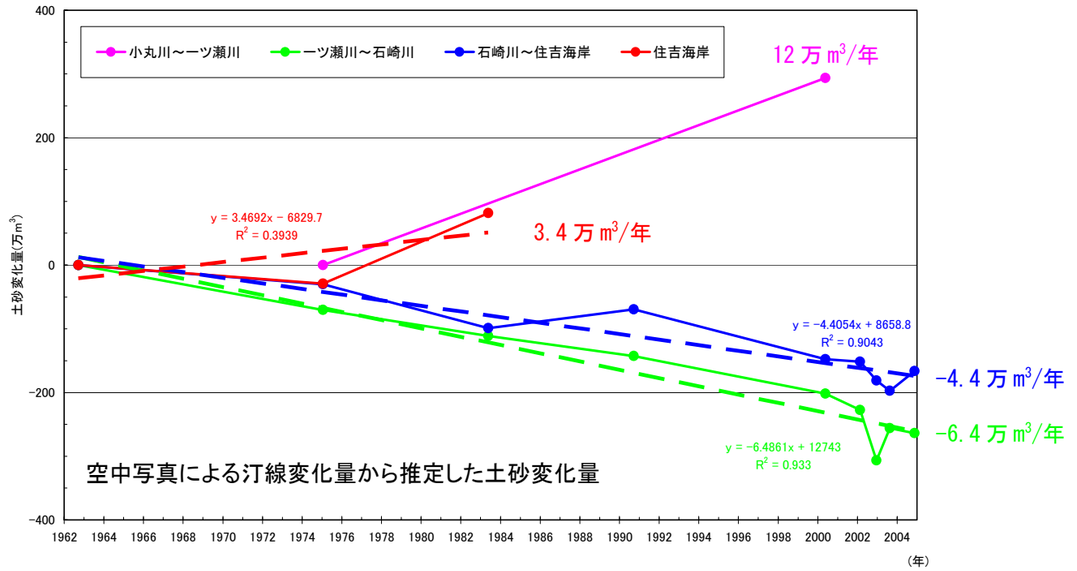
一ツ瀬川～宮崎空港区間において
堆積速度：22 万 m³/年，侵食速度：35.5 万 m³/年
↓
両者の差：-13.5 万 m³/年



図－4.6　土砂変化量の推定に使用したブロック区分図



図－4.7　宮崎港～石崎川区間の土砂変化量（測量データより）



図－4.8　空中写真による住吉海岸～小丸川区間の土砂変化量の推定
（砂浜面積変化量×移動高さ 17m で算出）

4.3.2　原始状態における大淀川および一ツ瀬川からの供給土砂量の推定

(1)　ダム堆砂量からの推定

ダムの堆砂速度およびダムに堆砂している底質特性から、大淀川および一ツ瀬川における原始状態の供給土砂量を推定すると以下のとおりとなる。

- ダム堆砂速度≒原始の状態での生産土砂量の関係が成り立つとすれば、大淀川水系では 1968(S43)年以降、約 31 万 m^3／年、一ツ瀬川水系では 1987(S62)年以降、約 81 万 m^3／年となっている。
- 先に示した国交省宮崎河川国道事務所による、ダムに堆砂している底質特性の調査結果によると、大淀川水系の貯水池に堆積している土砂のうち、砂分は 20%程度であった(3.3.3 参照)。つまり、ダム堆砂速度を考慮すると、ダムが無ければ（原始の状態）、約 6 万 m^3／年の砂が海岸に供給されていたと推定される。
- 一ツ瀬川水系の貯水池に堆積している土砂のうち、砂分は 5%程度であった(3.3.3 参照)。つまり、ダム堆砂速度を考慮すると、ダムが無ければ（原始の状態）、約 4 万 m^3／年の砂が海岸に供給されていたと推定される。
- ただし、上記はダム貯水池内の中流・下流域の底質特性を反映したものであり、堆積地点と粒度の関係等を詳細に詰めて検討した結果でない。したがって、オーダーとして把握する上での参考値にとどめる。
- 一方で、その期間には大淀川で約 15 万 m^3／年の砂利採取が実施されている(図-3.3.3)。
- 原始の状態では、大淀川の河口部の地形は安定していたという仮定が成り立つとすれば、原始の状態では、約 15 万 m^3／年の供給土砂量が存在したと推測される。

表－4.2　原始の状態における大淀川および一ツ瀬川からの供給土砂量の推定

推定方法	大淀川水系	一ツ瀬川水系
ダム堆砂量からの推定	約 6 万 m^3/年	約 4 万 m^3/年
海域部の土砂収支から推定	約 15 万 m^3/年	約 10～20 万 m^3/年

(2)　海域部の土砂収支からの推定

1)　一ツ瀬川

- 一ツ瀬川～港湾区域区間における全体(図－4.7 参照)の土砂収支によると、5～10 万 m^3／年の土砂が区間外（一ツ瀬川よりも北側もしくは沖合い）に流出している結果となった。
- 対象区域の海岸が、
  ① 原始の状態では安定しており、かつ沖合いに流出する土砂は原始の状態も現在も変化していない
  ② 現在、一ツ瀬川を超えて北側に向かう沿岸漂砂がほぼ 0 に等しく
  ③ 大淀川からの土砂供給量がほぼ 0 に等しいという仮定が成り立つとすれば、原始の状態では、上記に示した土砂収支の不足分 5～10 万 m^3／年の土砂量が対象海岸に供給されていた

  と推測される。
- なお、河口よりも北側の海浜にも同程度の土砂量が供給されていたとするならば、一ツ瀬川からの原始の状態における供給土砂量は 10～20 万 m^3／年と推定される。

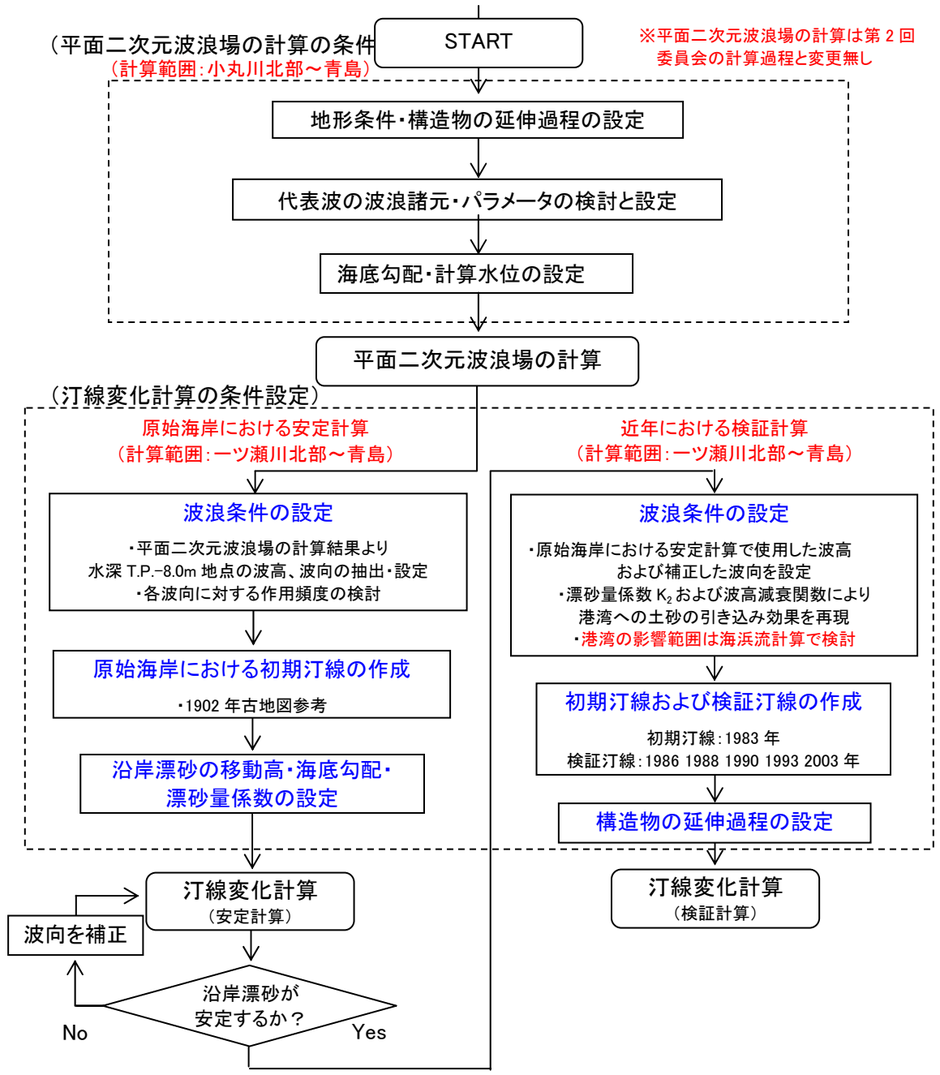
2)　大淀川

- 宮崎港および宮崎空港の建設による影響がないと考えられる 1981（S56）年以前の大淀川河口部前面の地形変化状況を見ると、約 30 万 m^3／年の侵食が生じている(**図－4.7**)。

4.4 地形変化モデルの修正

従来の計算手法（外力条件：波高・波向の沿岸方向分布）である前地形変化モデルでは、住吉海岸を含む宮崎港北側の広域で侵食し、その一方、宮崎港に 20 万 m³/年オーダーで堆砂するという当海岸の地形変化特性の再現は不可能であると考えられたことから、波向の補正および海浜流の効果・影響をモデルに取り込むことにより現地海岸の漂砂特性の再現性を試みた。

4.4.1 計算フロー



図－4.9　計算フロー

4.4.2 卓越海浜流の汀線変化モデルへの取り込み

宮崎港南防波堤遮蔽域へ引き込まれる規模の大きな沿岸漂砂量は、防波堤回折効果による沿岸方向の砕波波高分布が引き起こす流れの効果のみで評価する既存の汀線変化モデルでは、再現に限界が見られた。

そこで、砂の移動が活発となる高波浪時の卓越海浜流を算出し、その平面流速分布より、石崎川河口から宮崎港の範囲、岸沖約 1km の範囲で流速分布を抽出し、汀線変化モデルに海浜流にともなう沿岸漂砂漂砂を考慮できるよう取り込むようにモデルを改善した結果、再現性が高まった。

なお、卓越海浜流の効果については、港湾区域の土砂堆砂量の推移（図－4.7）を参考とし、約 20 万 m³/年の沿岸漂砂量が港湾区域に流入するようキャリブレーションした。

■基本式

☆沿岸漂砂量の算定式（従来）

kormar・Inman(1970)

$$I = k'(EC_g)_b \frac{V}{U_m}$$

小笹・Brampton

$$I = (EC_g)_b (k_1 \sin\alpha_{bs} \cos\alpha_{bs} - k_2 \cos\alpha_{bs} \frac{\partial H_b}{\partial x})$$

★海浜流の効果を取り込んだ算定式

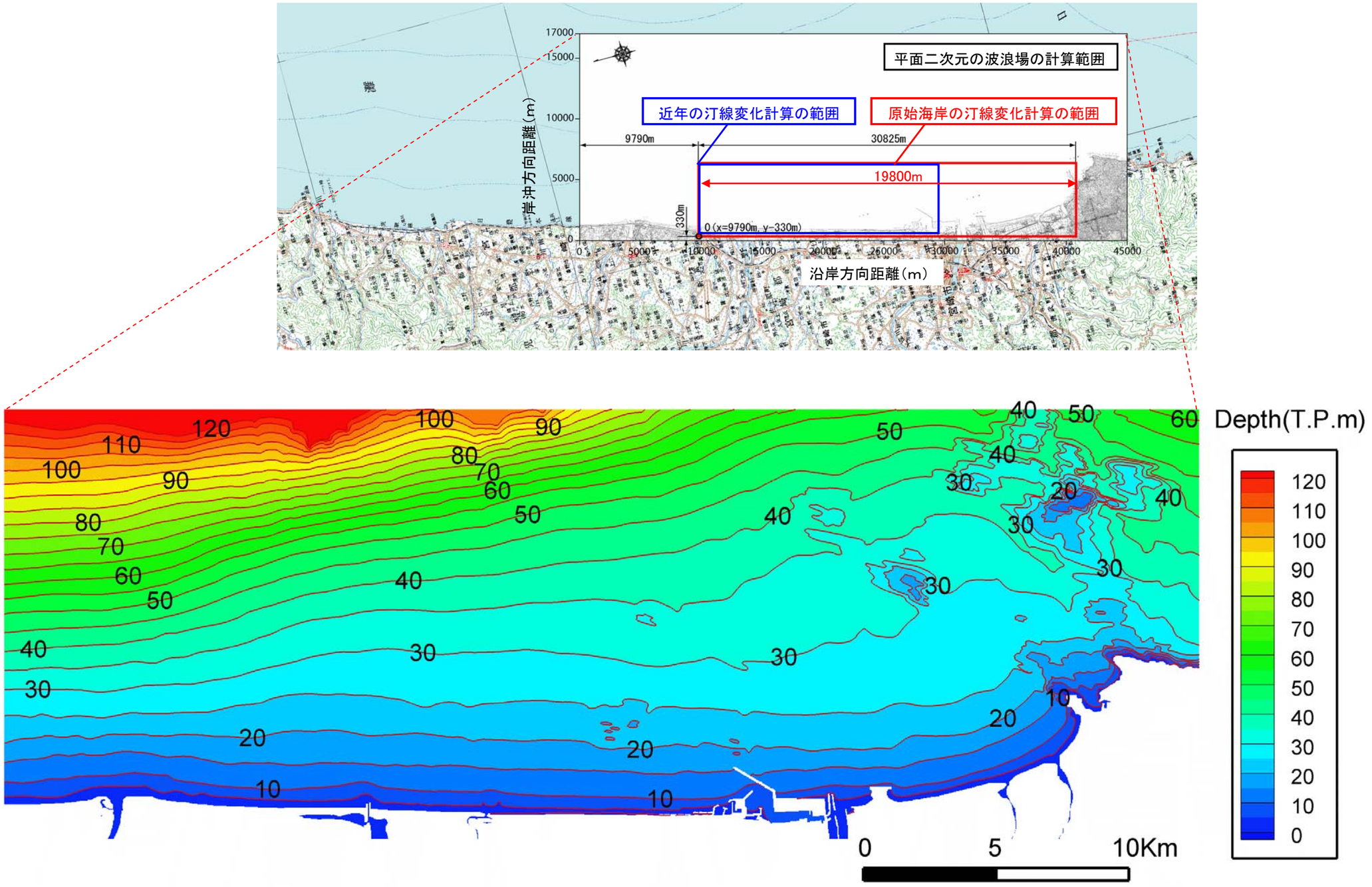
$$I = k'(EC_g)_b (\frac{V}{U_m} + \frac{V'}{U'})$$

$$I = (EC_g)_b (k_1 \sin\alpha_{bs} \cos\alpha_{bs} - k_2 \cos\alpha_{bs} \frac{\partial H_b}{\partial x} + k'' \frac{V'}{U'})$$

I：沿岸漂砂の水中重量
$(EC_g)_b$　：砕波点における波浪エネルギーフラックス
H_b　：砕波波高
α_{bs}　：砕波点における汀線と波向の角度
k’,k_1,k_2,k”　：漂砂量係数
V：沿岸流速を代表する値
U_m　：砕波点における底面軌道流速
V’　：海浜流計算結果から抽出した流速
U’　：流速抽出範囲における代表流速

（具体的には、U’：汀線変化計算（現況時）における沿岸方向座標 X=19，000m 地点（宮崎港南防波堤位置）の代表流速（≒最大流速）としている）

4.4.3　計算範囲および地形条件



図－4.10　計算領域（計算用水深分布）

4.4.4　汀線変化再現計算結果

(1)　原始海岸の再現

汀線変化計算を行うに当って、波浪条件の信頼性を向上させるため住吉海岸に港湾等の構造物が建設される以前の海岸（原始の海岸）における漂砂機構を再現し、現在使用している波浪条件の妥当性を検討した。さらに原始の海岸が安定した漂砂機構を形成していたという仮定のもと、波向の補正を行い波浪条件の精度向上を試みた。原始海岸の再現計算を行うに当って河川からの流入土砂量は、一ツ瀬川および大淀川からともに 10 万m^3/年程度とし、沖流出土砂量は後述する近年の海岸形状の再現計算より得られた推定流出量（一ツ瀬川導流堤から離岸提群の範囲[約 11km]において 7 万m^3/年）が、原始の海岸においても生じていたと仮定し、全域（一ツ瀬川北部から青島[約 31km]）で 20 万m^3/年を設定した。

図－4.11,図－4.12 に波向補正前の計算結果を示す。初期（1902 年）から 100 年後においても北向に沿岸漂砂が卓越し、南部の青島付近の侵食が進行し続ける結果となった。

この結果を踏まえて、正味の沿岸漂砂（卓越沿岸漂砂量）を生じさせないように波向補正を行った結果が**図－4.13,図－4.14** である。40 年後、100 年後ともに全域において正味の沿岸漂砂（卓越沿岸漂砂量）が最大で 5 万m^3/年以下となり、南北方向の沿岸漂砂が概ねバランスしていると言える。

(2)　近年の海岸形状の再現

先に述べた原始海岸において、沿岸漂砂が安定する波向が現在においても継続していると仮定し、上記で得られた波浪条件のもと近年の海岸形状の再現計算を行った。汀線変化モデルは先の海浜流の計算結果によると、港湾の建設に起因する南方向の海浜流が発生しており(**図－3.1.1(3)**)、この海浜流によって生じる沿岸漂砂機構を取り入れたモデルとした。また土砂収支解析結果より、港湾区域におよそ 1988 年から現在にかけて 22 万m^3/年の土砂が堆砂していることから、離岸堤設置北端において堆砂量と同量の南向の同等の沿岸漂砂量が生じ、一度港内に取り込まれた土砂は再び港外に流出しない設定とした。

今回、汀線変化計算を行うにあたり表－4.3 に示す 4 ケースに関して 1983 年の汀線位置を初期汀線として 2003 年までの再現計算を行った。CASE-1～4 の 2003 年時点での結果を図－4.15 から図－4.18 に示す。

表－4.3　再現計算ケース一覧

		沖側境界流出土砂	
		なし	あり （計算範囲全体で12万m^3/年）
一ツ瀬川導流堤 通過土砂	あり	CASE－1	CASE－3
	なし	CASE－2	CASE－4

1)　[Case-1]　（図－4.15）

1983～2003 年までの港湾区域境界から石崎川河口右岸までの汀線後退については、定性的には同様の汀線後退が再現計算されているものの、定量的には後退量が少ない計算結果となっている。

特に近年顕著になっている石崎川河口左岸から一ツ瀬川河口右岸にかけての侵食についても汀線の後退量が少ない結果となっており再現が十分とは言えない。この範囲については、沿岸漂砂量分布からも分かるように、一ツ瀬川左岸から右岸にかけての南向の沿岸漂砂が供給され、また港湾に起因する海浜流の影響範囲外であるため南向の沿岸漂砂量が供給量と同等となり、その結果汀線後退は小さくなる。

2)　[Case-2]　（図－4.16）

Case-1 で大きく実際と汀線変化傾向が異なった一ツ瀬川～石崎川にかけての汀線前進は、一ツ瀬川河口の左右岸での汀線位置にギャップがあることによって生じていると考えられる。すなわち、左岸側汀線位置が右岸に比べて前に出ていることから、計算ではそのギャップを埋めるような方向で南向の沿岸漂砂が発生する。この左右岸での汀線位置のギャップは過去の空中写真から常に生じており、このギャップが生じている要因は不明である。しかし、河口導流堤が南向の沿岸漂砂を阻止しているようにも見えることから、導沿岸漂砂量がこの導流堤で完全に阻止されるものとして計算した結果、一ツ瀬～石崎川の汀線前進量はかなり低減することがわかった。しかし、実際とはまだ定量的に一致していない。

3)　[Case-3]　（図－4.17）

次に、Case-1 に対して、沖方向へ流出する土砂を考慮して計算した。一ツ瀬川北部～離岸堤設置端に至る区間で沖合に一様に約 12 万 m^3/年（一ツ瀬川～離岸堤設置端約 7 万 m^3/年）を流出させたところ、Case-2 よりも全体的に汀線後退量が実際の値に近い結果となった。

4)　[Case-4]　（図－4.18）

以上の計算結果から、Case-2 と 3 の両方の条件、すなわち一ツ瀬川導流堤を通過する沿岸漂砂量がないものとし、さらに沖方向へ流出する土砂を考慮したところ、石崎川～港湾区域に至る汀線後退、一ツ瀬川か～石崎川に至る汀線後退が定量的にはやや過小評価であるものの、概ね実際と合致する結果が得られた。

5)　課題

本計算において、以下が課題として挙げられる。

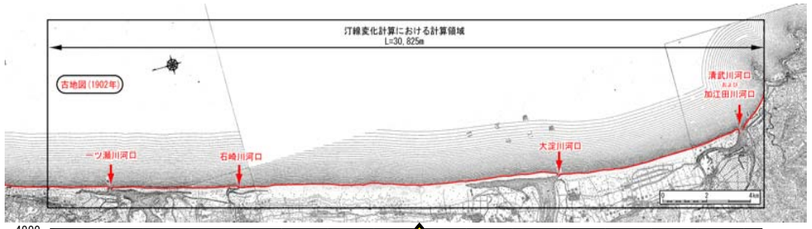
- **一ツ瀬川河口導流堤の通過沿岸漂砂量**：一ツ瀬川河口導流堤はその規模からすると、沿岸漂砂を完全に阻止するまでの長さではない。しかしながら、河口の左右岸では明確な段差が保たれている。この要因を解明することが、一ツ瀬川河口付近での沿岸漂砂の方向を決めることとなり、住吉海岸の侵食対策を考える上でも重要となる。

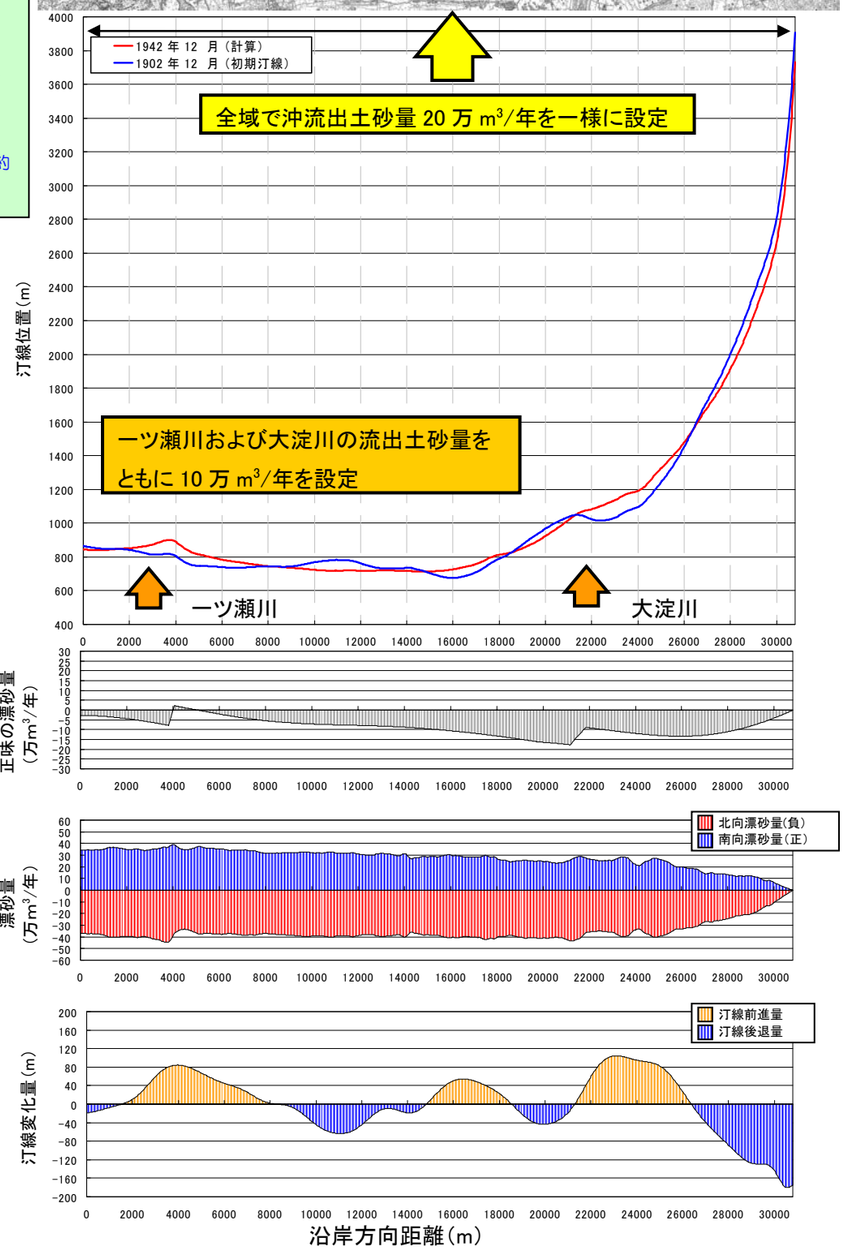
（波向補正無し）

40年後
1902 年基準
（古地図）

【河川流入土砂量】
大淀川：10 万 m^3/年
一ツ瀬川：10 万m^3/年

【沖流出土砂量】
20 万m^3/年（全域）
※導流堤～離岸堤区間の約
7 万m^3/年に相当



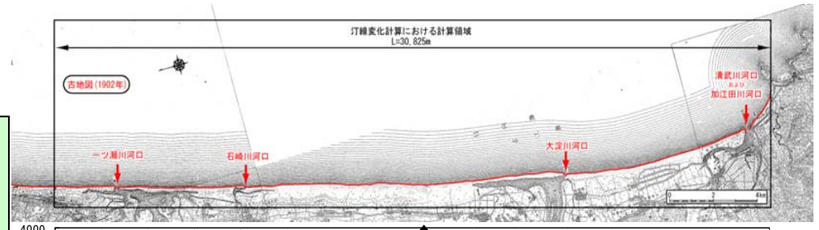


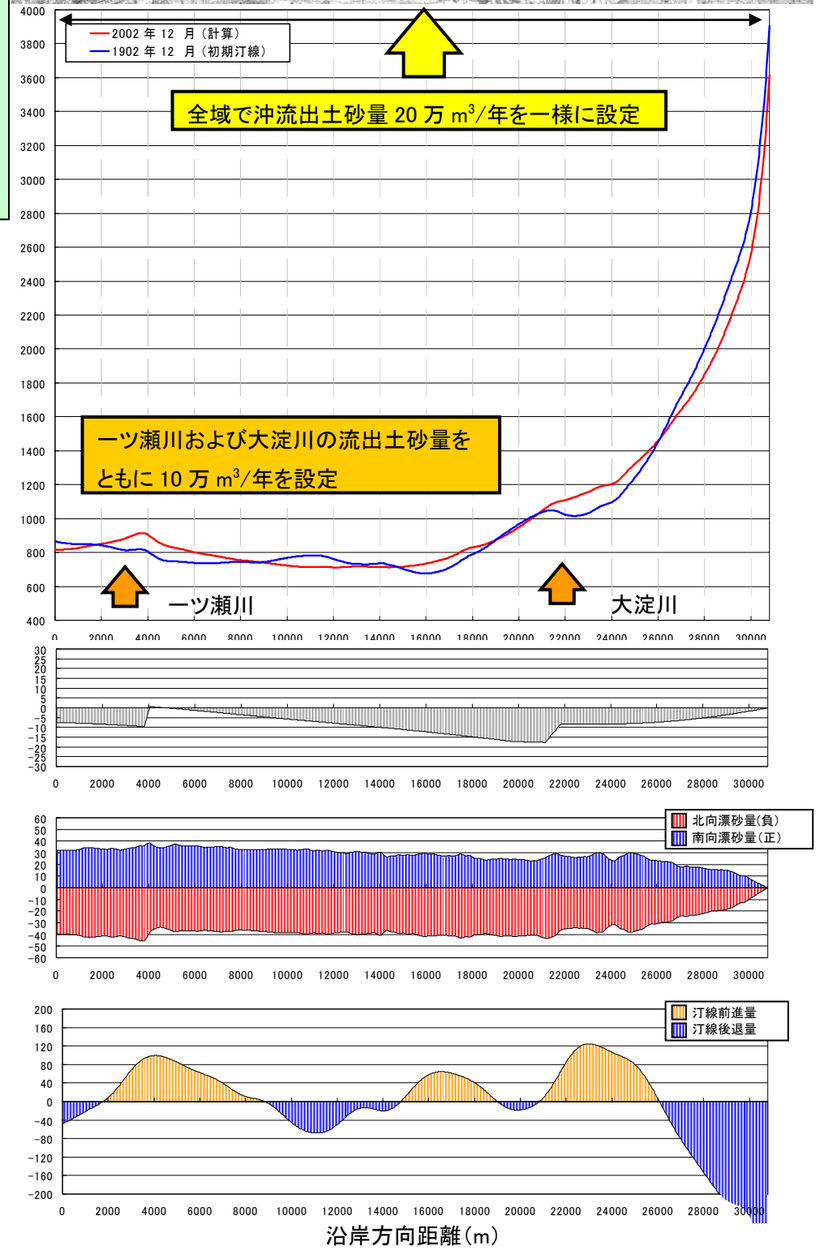
図－4.11　40 年後の汀線変化計算結果（波向補正無し）[1902 年（古地図）基準]

100年後
1902 年基準
（古地図）

【河川流入土砂量】
大淀川：10 万 m^3/年
一ツ瀬川：10 万m^3/年

【沖流出土砂量】
20 万m^3/年（全域）
※導流堤～離岸堤区間の約
7 万m^3/年に相当





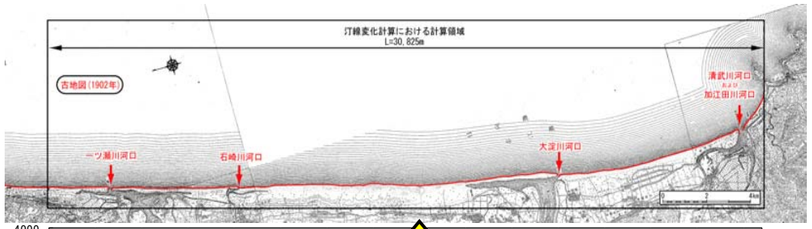
図－4.12　100 年後の汀線変化計算結果（波向補正無し）[1902 年（古地図）基準]

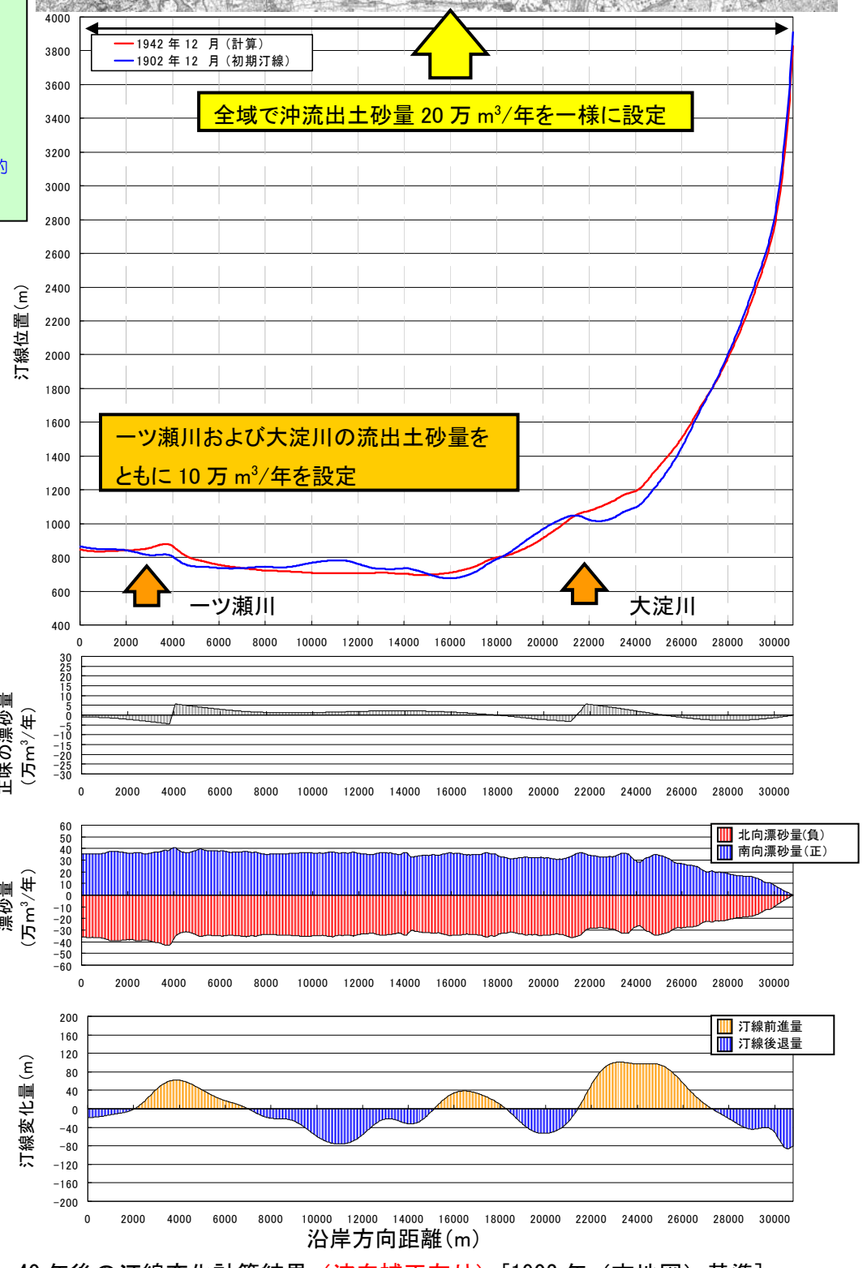
（波向補正有り）

４０年後
1902 年基準
（古地図）

【河川流入土砂量】
大淀川：10 万 m^3/年
一ツ瀬川：10 万m^3/年

【沖流出土砂量】
20 万m^3/年（全域）
※導流堤～離岸堤区間の約
７万m^3/年に相当

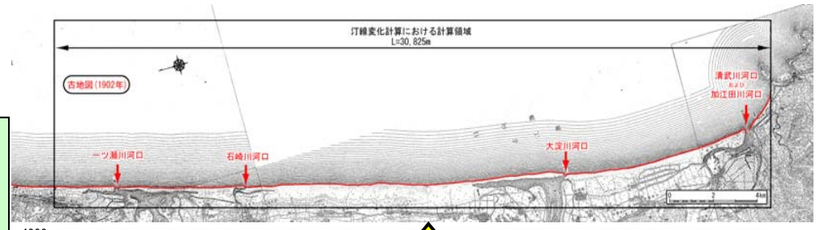


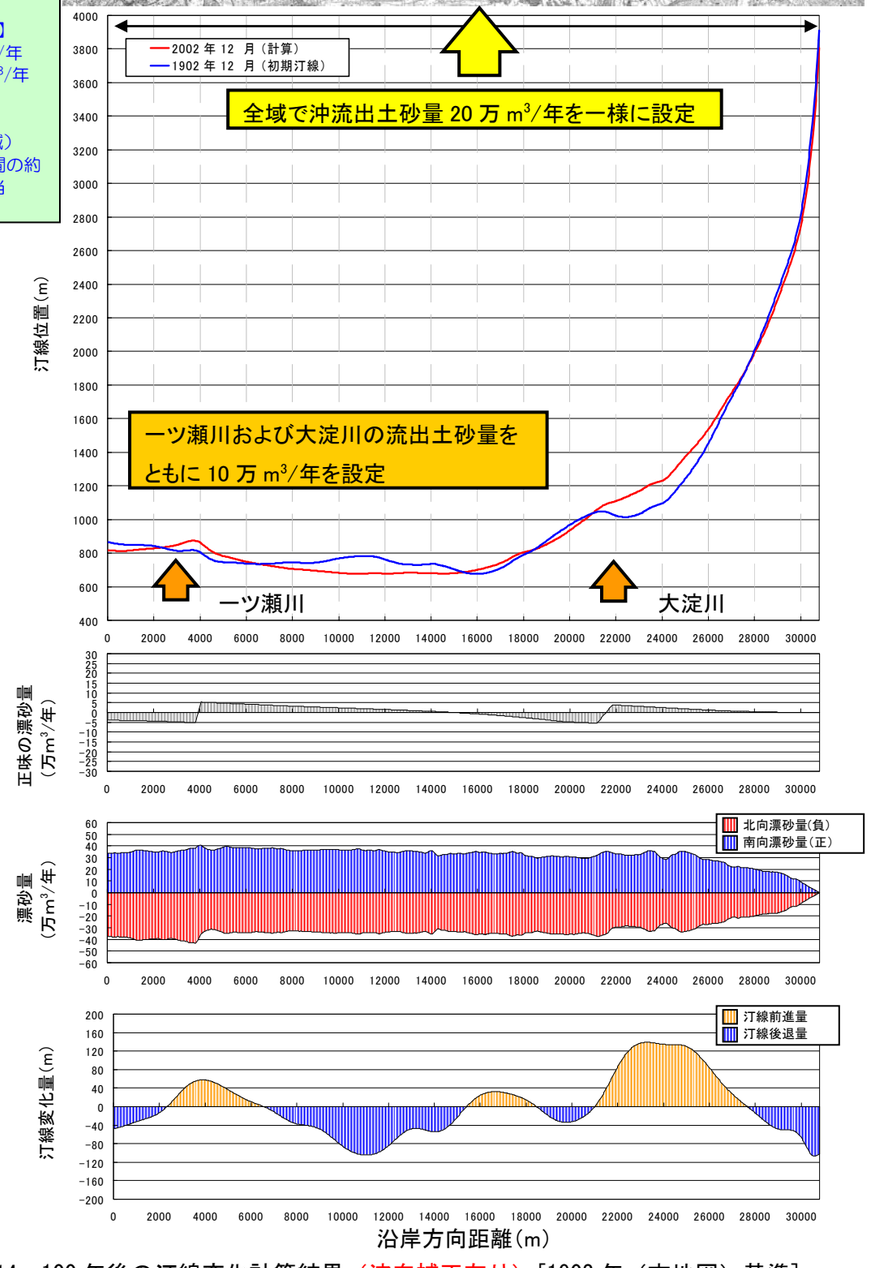


図－4.13　40 年後の汀線変化計算結果（波向補正有り）[1902 年（古地図）基準]

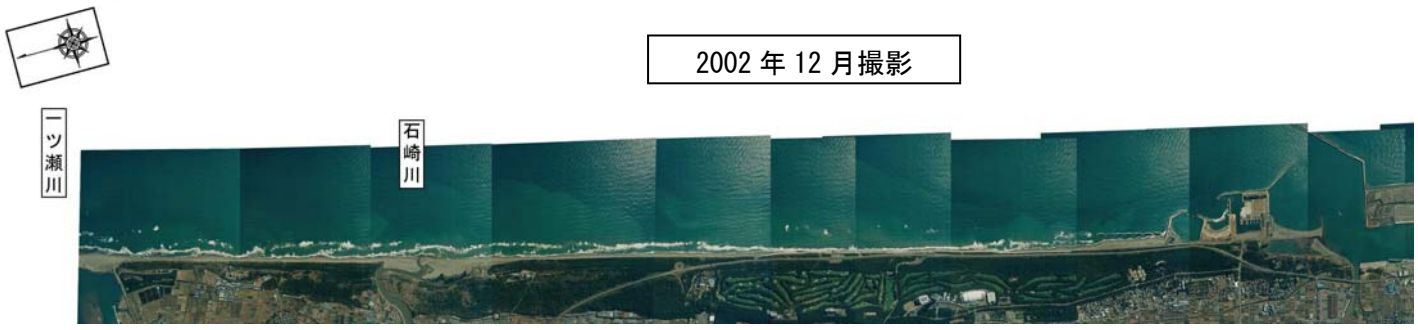
１００年後
1902 年基準
（古地図）
※波向補正有り
【河川流入土砂量】
大淀川：10 万 m^3/年
一ツ瀬川：10 万m^3/年

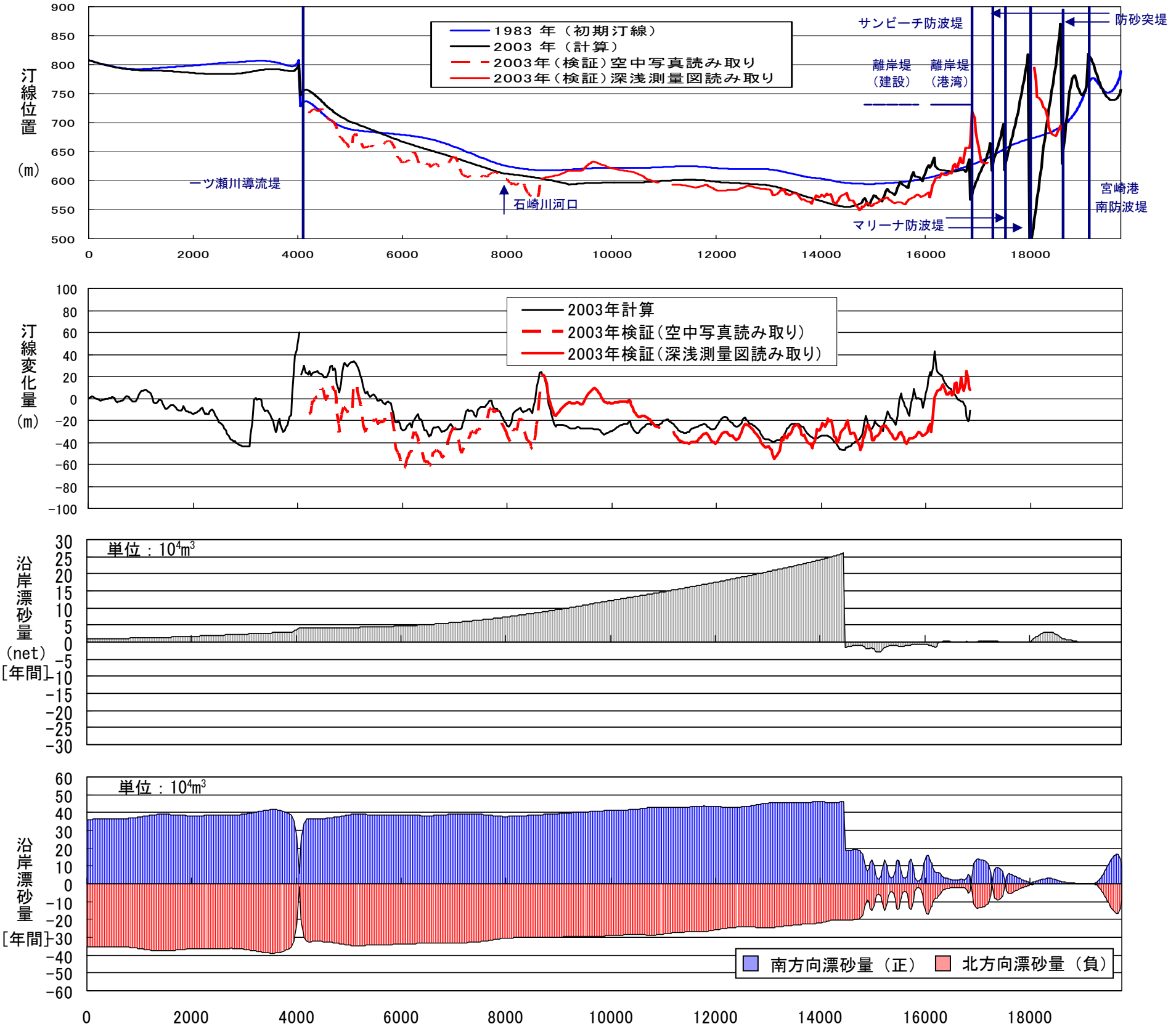
【沖流出土砂量】
20 万m^3/年（全域）
※導流堤～離岸堤区間の約
７万m^3/年に相当



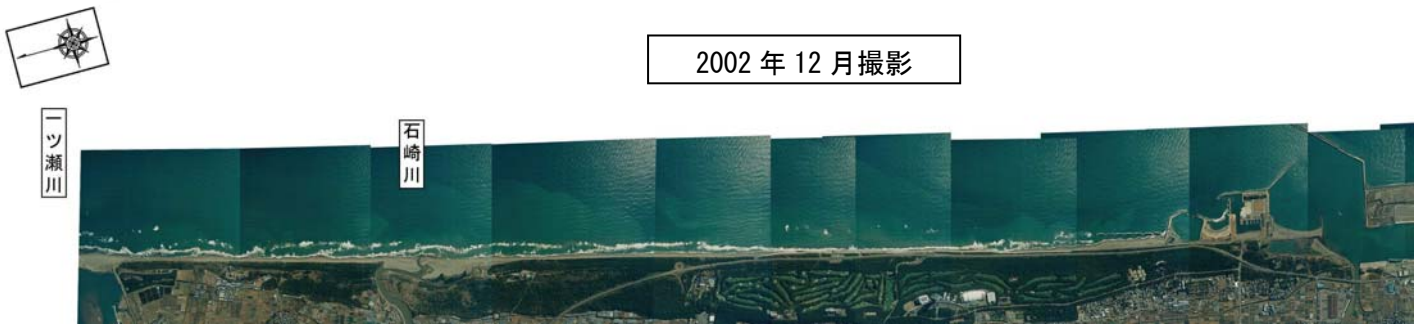


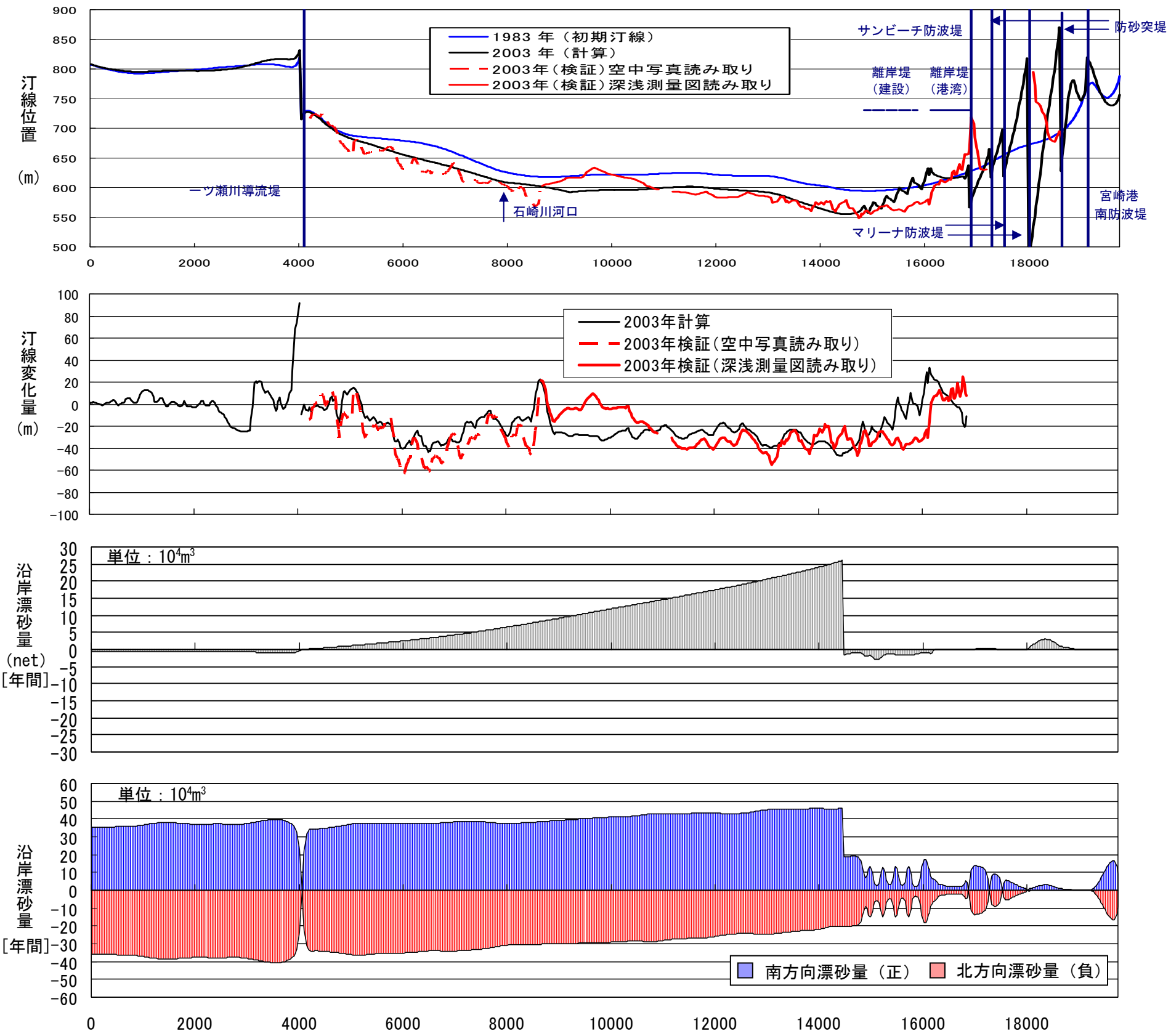
図－4.14　100 年後の汀線変化計算結果（波向補正有り）[1902 年（古地図）基準]



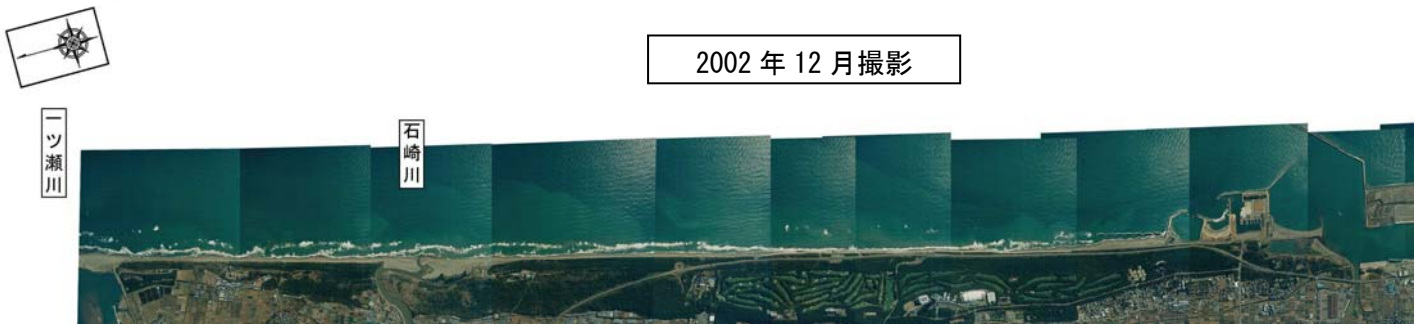


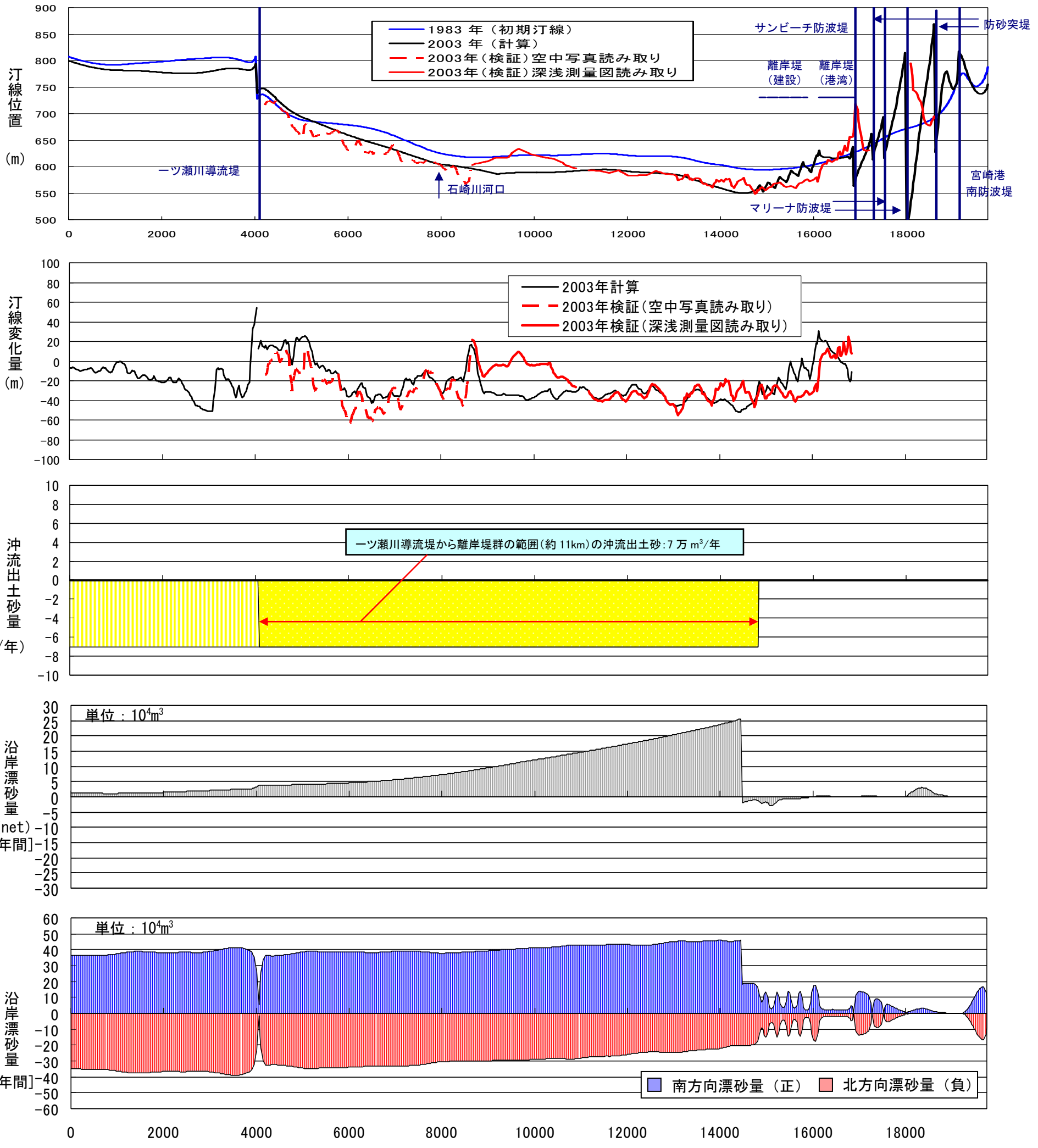
図－4.15　2003 年検証結果(CASE-1,沖流出土砂なし,一ツ瀬川導流堤の通過土砂あり)



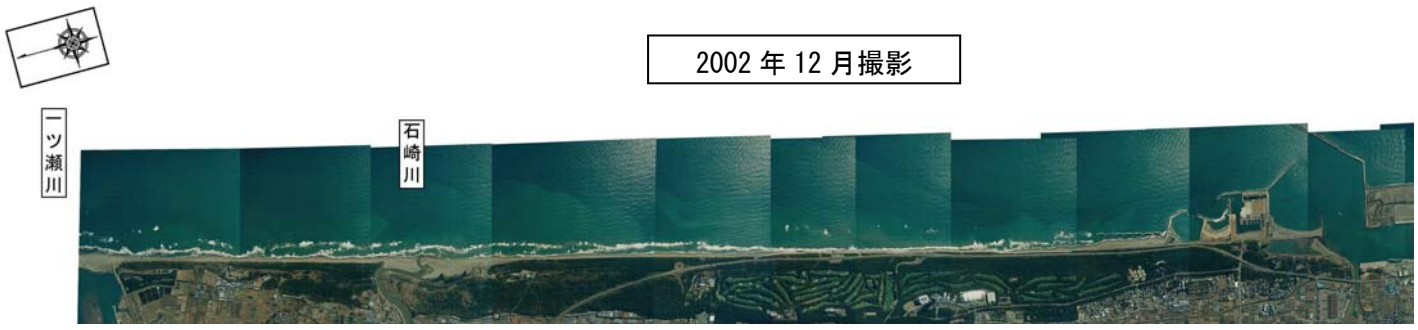


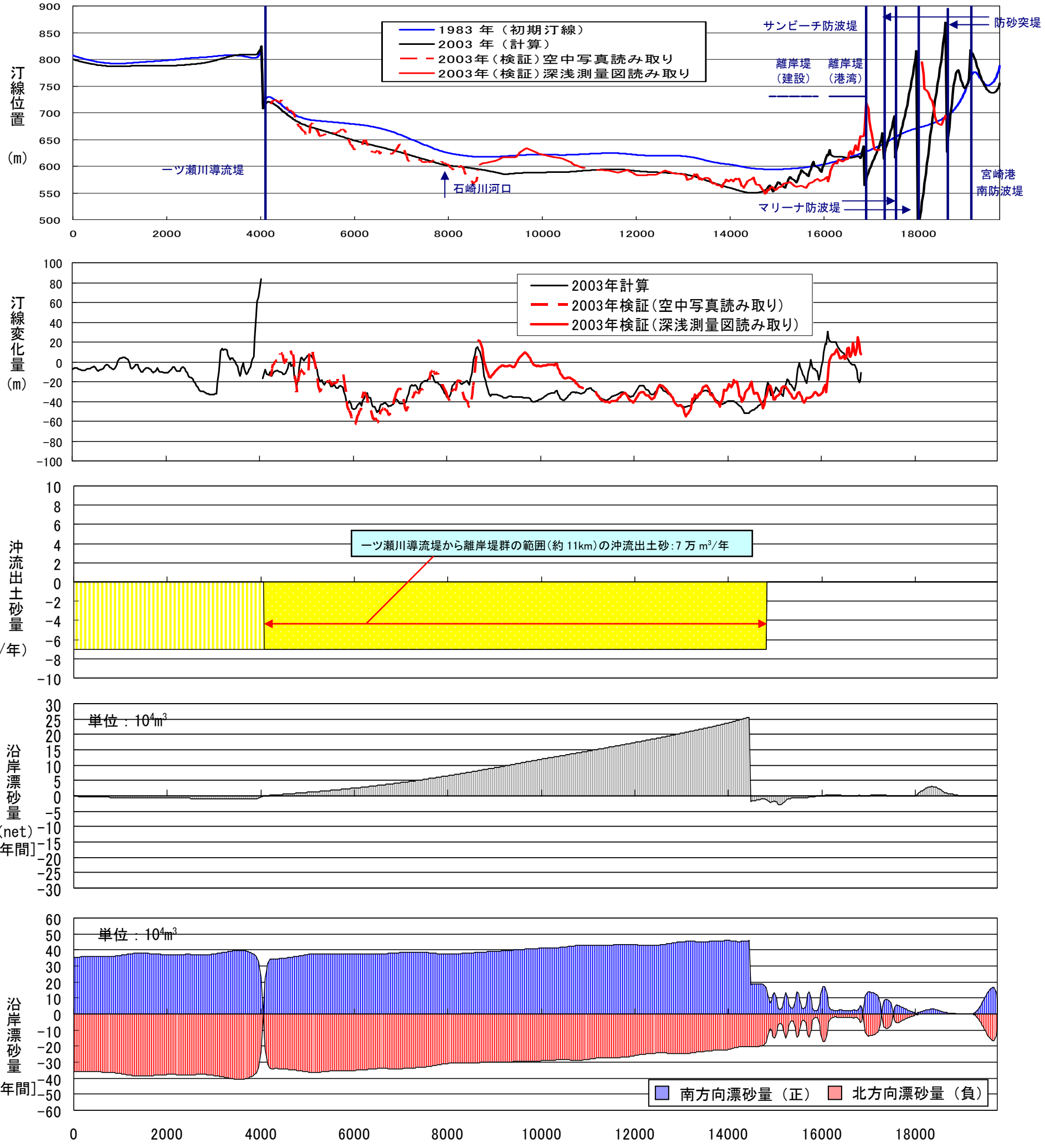
図－4.16　2003 年検証結果(CASE-2,沖流出土砂なし,一ツ瀬川導流堤の通過土砂なし)





図－4.17　2003 年検証結果(CASE-3,沖流出土砂あり,一ツ瀬川導流堤の通過土砂あり)





図－4.18　2003 年検証結果(CASE-4,沖流出土砂あり,一ツ瀬川導流堤の通過土砂なし)

4.5　原始の状態と現況における土砂収支の推定案（修正検討結果）

＜海岸および河川に構造物が設置される前の原始の状態（約 50 年前）＞

一ツ瀬川～大淀区間における沖合への総損失土砂 q_{H-0}＝10 万 m^3／年程度？

Q_{H2}

0

南向き

北向き

0

Q_{01}

沖合損失漂砂量分布
（沿岸方向に一定）

沿岸砂量分布
（沿岸方向のどの地点においても $Q_{in}>Q_{out}$）

$Q_{H1}=Q_{H2}$＝5 万 m^3/年程度

一ツ瀬川～大淀川区間の全漂砂量Q ＝ $Q_{H2}+Q_{01}-q_{H-0}$ ＝ 0（安定）

$Q_{01}=Q_{02}$＝5 万 m^3/年程度

Q_{H1}　Q_{H2}　Q_{01}　Q_{02}

一ツ瀬川からの流出土砂
（10 万 m^3／年程度？）

・自然海岸：大淀川および一ツ瀬川からの流出土砂により形成。
・河川からの供給土砂量と沿岸漂砂量および沖合への流出土砂量がほぼバランスしていた。

大淀川からの流出土砂
（10 万 m^3／年程度？）

＜現在（現状で想定される侵食のメカニズム）＞

一ツ瀬川～住吉海岸区間における沖合への総損失土砂 q_{H-S}＝7 万 m^3／年程度？

沿岸漂砂量の不均衡分 Q_{H-S}＝22 万 m^3／年

Q_{max}＝22 万 m^3／年

$Q_{H2}\fallingdotseq 0$

南向き

北向き

0

Q_{01}

沖合損失漂砂量分布
（沿岸方向に一定）

沿岸砂量分布

沿岸方向のどの地点においても $Q_{in}<Q_{out}$ である。すなわち、入ってくる土砂量よりも、出て行く土砂量のほうが大きいため、結果として侵食が生じる。

防波堤による大淀川からの砂の移動 $Q_M\fallingdotseq 0$

一ツ瀬川～住吉海岸区間の漂砂量Q ＝ $Q_{H2}+Q_M-Q_{H-S}-q_{H-S}$ ＝ -29 万 m^3／年（侵食）
-29 万 m3／年のうち沿岸漂砂量の不均衡分 Q_{H-S} ＝ -22 万 m^3／年
沖合への損失量 q_{H-S} ＝ -7 万 m^3／年

$Q_{01}<Q_{02}$(量・比率は不明)

$Q_{H1}=Q_{H2}\fallingdotseq 0$ 万 m^3/年

Q_{H1}　Q_{H2}　Q_{01}　Q_{02}

堆砂

河川構造物（ダム等）による
一ツ瀬川からの流出土砂減少
（0.5 万 m^3／年）

沖合への流出土砂量は変わらないものの、
・河川からの流出土砂量の大幅な減少。
・防波堤建設により、大淀川からの砂の供給が困難となった。
ことなどの理由により、現在沿岸部では沿岸漂砂量のバランスが崩れ、南向きの沿岸漂砂が卓越し、侵食が進行した。

河川構造物（ダム等）による
大淀川からの流出土砂減少
（1.9 万 m^3／年）



図－4.19　原始の状態と現況における土砂収支（漂砂量分布）の推定（案）

5. 海岸保全の考え方および侵食対策工の提案（H17.3.29）

5.1 日向灘沿岸海岸保全基本計画において定められている基本事項

2003（H15）年３月に策定された日向灘沿岸海岸保全基本計画において、侵食に対する防護について、下記のとおり防護すべき地域と防護水準が定められている。

5.1.1 防護すべき地域と防護水準

表―5.1 防護すべき地域と防護水準

防護を行う区域(海岸)の背後地域において、家屋や土地・資産に対して被害の発生が予想される範囲。	
防護すべき地域	・砂浜の侵食により、国土保全、環境保全の維持が困難となる海岸。 ・漂砂の連続性を考慮した施設配置、施策などを行う区域。
防護水準	・現況の砂浜保全・汀線維持が基本的な目標。 ただし、侵食が顕著な場合や砂浜による消波機能を考慮した面的防護を必要とする場合、あるいはアカウミガメなどの生物環境への配慮が必要な場合は、 ・それらの防護又は環境への配慮にあたって必要となる海浜幅・海浜高までの回復を図ることを目標とする。

5.1.2 海岸保全施設を整備しようとする区域

以降に、日向灘沿岸海岸保全基本計画における本検討対象範囲海岸の整備に関する事項を示す。

宮崎港から一ツ瀬川に至る海岸では、アカウミガメや保安林等の環境面、サーフィン等の利用面に配慮し、砂浜の保全・回復を目的とした海岸の保全を図ることとしている。

さらに、整備に関しては、一連の土砂移動がある漂砂系とし海岸全体を見て、養浜を行って海浜を維持し、特に侵食の激しい区域では漂砂制御施設の設置を行って侵食対策を図るものとしている。

5.2 海岸保全の基本的な考え方

5.2.1 現況海岸における問題点の整理

対象海岸における海岸保全の主な問題点は、防護・環境・利用の各観点から以下のように整理できる。

＜防護面＞
- 自然海岸が本来保有していた防護機能の低下・喪失
- 既設護岸の災害（繰り返し災害の発生）
- 侵食の進行による砂丘の消失とそれに伴う背後地への越波および津波浸水に対する安全性の低下

＜環境面＞
- アカウミガメの産卵地点の減少・喪失
- 砂浜性生態系の喪失
- 海域浄化機能の低下・喪失
- 自然景観の劣化

＜利用面＞
- サーフポイントの減少・喪失
- 住民および観光客の憩いの場の減少・喪失
- 釣りポイントの減少・喪失（魚類等の海域生態系への影響？）

5.2.2 課題解決に向けた海岸保全の基本的な考え方

- 前項の**問題点を解決**するためには、**『海岸侵食の防止と適正な砂浜幅の回復』が必要**である。
- 侵食防止対策では、＜防護＞＜環境＞＜利用＞の相互間にトレードオフが発生するため、対策検討は**多様な要請に配慮**していくことが必要である。
- 砂浜の規模については、現状で満足している区間はそれを維持し、不足している区間は回復・維持していくため、**防護・環境・利用上必要な砂浜の規模（砂浜幅、縦断形）を設定**することが必要である。
- 近年では、「**住民参加**型の計画展開」、河川・砂防事業との連携による「**流砂系における総合土砂管理**」、**事業の効果を監視しながら順応的に管理**していく「アダプティブ・マネジメント」、などが特に重要となっている。
- 地域住民・関係省庁・機関との連携による新しい事業の進め方についても模索し、**新たな取り組みに積極的に取り組んでいく**ことが望まれる。

5.3 侵食対策工の提案

5.3.1 対策工選定の考え方

(1) 漂砂特性を考慮した対策工選定の考え方

外洋に面し、開けた形状の長大な砂浜海岸である住吉海岸は、大淀川および一ツ瀬川からの流出土砂により形成され、沿岸部においては、漂砂の移動が沿岸方向、岸沖方向とも広範囲におよんでいると考えられる。

海岸や河川に構造物が設置される前の原始の状態では、河川からの供給土砂量と沿岸における土砂移動量(漂砂量)および沖合への流出土砂量がほぼバランスしており、それにより砂浜は維持されていたと考えられる。

一方、近年では、内陸における人間活動のために、土砂の採取や河川・海岸への構造物の設置が施されるようになり、河川からの流出土砂量は減少し、沿岸においても川からの砂の供給が海岸に届かなくなったことが推定される。さらには、海岸部においては波浪による沖合への土砂損失は変わらず生じるため、これらの理由により、現在沿岸部では土砂収支のバランスが崩れ、南向きの沿岸漂砂が卓越するようになり、侵食が進行したと考えられる。

このような状況に対し、**住吉海岸の侵食を防止し、砂浜を回復させていくためには、広範囲にわたり漂砂を制御し、土砂の供給を確保していく必要がある。**

(2) 海岸の環境、利用を考慮した対策工選定の考え方

対象海岸の防護・環境・利用の各観点を考慮すると、侵食対策は、砂浜による防護効果を発揮させることを基本とし、それが十分でない場合に、海岸保全施設を設置し、目標とする防護効果を確保するものとする。

そのときに設置される海岸保全施設は、

人々の憩いの場や貴重な景観資源である自然の砂浜やその連続性を極力保ちつつ、

アカウミガメなどに代表される海岸の自然環境、

サーフィンや漁業などの利用に対して、

影響が最小限となるような対策工の選定や配置、施工計画とする必要がある。

具体的には、砂浜やそこに息づく生物、海域を含めた利用空間や利用環境を極力減少させないよう、**設置基数を少なく、設置間隔を広くとることができ、柔軟な配置計画が可能となる対策工が望ましい。**

そうすることで、広く保たれた施設間では、自然海浜がみられ、海域を含め利用空間の確保も可能となる。

5.3.2　海岸保全施設の種類と住吉海岸における適用性

一般に、海岸保全施設は、期待する効果から、波浪・高潮対策施設、漂砂制御施設に大別される。各対策工の防護・環境・利用の特徴や設置の留意事項は表に整理した。

ここでは、前項で検討した漂砂特性、海岸の環境や利用を考慮した対策工選定の考え方を踏まえ、海岸保全対策工の住吉海岸への適用性について整理する。

住吉海岸の対策工選定においては、**広範囲にわたる漂砂を制御し、土砂の供給を確保していく必要があり、設置間隔を広くとれ基数が少なく柔軟な配置計画が可能となる対策工が望ましい。**

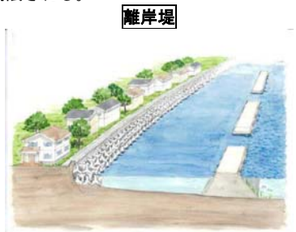
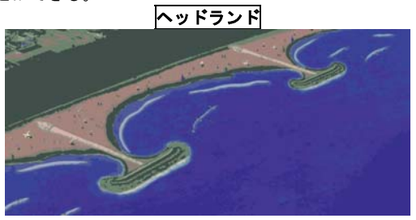
このことから、**漂砂制御施設のなかでも、沖合いへの設置により、広範囲にわたり漂砂を制御することが可能であるヘッドランドや新型離岸堤の適用性が高い**と考えられる。

離岸堤や突堤などの従来型の施設は、堤体の規模が比較的小さいため、その分漂砂制御効果が小さく、設置基数もより多く必要となる(設置間隔がより密になる)と考えられる。

ただし、これらのいずれの対策工法においても、**相当に大規模でないと、それのみで必要な漂砂量の制御をしていくことは不可能**と考えられる。

このことから、**海岸保全施設で制御できない施設の沖合いを南方向に流れる一部の土砂についてはサンドリサイクル（港湾内堆積土砂の利用）で対応**することが必要と考えられる。

また、現状では海岸に供給される土砂がほとんどなく、必要な砂浜規模を確保できていない区間もあることから、いずれの対策を採用しても、**砂浜の回復に向けては、余剰土砂を活用した人為的な土砂の供給は不可欠**である。

従来型：離岸堤、突堤	住吉海岸への適用：ヘッドランド（突堤型・離岸堤型）、新型離岸堤
・１基あたりの規模は小さく、基数が多くなる（総初期コストは安くなる）。 ・設置間隔が密となり、サーフィン等の海浜利用やウミガメの上陸の際のエリアが制限される。 **離岸堤**  **突堤** 	・１基あたりの規模は大きく、基数を少なくすることができる。 ・サーフィン等の海浜利用やウミガメの上陸の際のエリアを広く確保することができる。 **ヘッドランド**  **新型離岸堤** 

表－5.2　海岸保全施設の種類と期待する効果

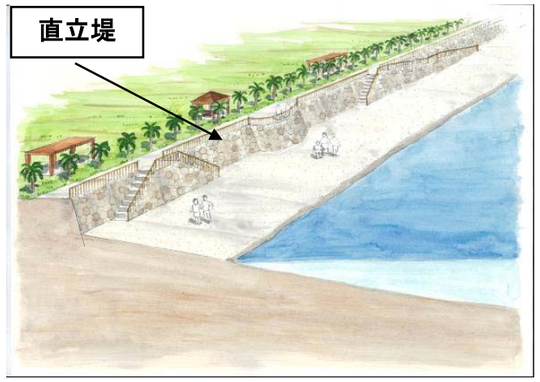
種別	設置する目的・期待する効果	対策工名
波浪・高潮対策施設	台風や低気圧の来襲時における水位上昇と高波の越波による浸水から背後地を守る。	【最終防御】 ・堤防・護岸(直立・緩傾斜) 【前面消波】 ・根固消波工 ・消波堤 ・養浜 【沖合消波】 ・離岸堤、新型離岸堤 ・人工リーフ（潜堤）
漂砂制御(侵食対策)施設	漂砂を直接捕捉したり、波や流れを制御することにより、漂砂量を制御し、海岸線の侵食や、土砂の過度の堆積を防止する。	【漂砂捕捉】 ・突堤 ・ヘッドランド(人工岬) 【波浪・海浜流制御】 ・消波堤 ・人工リーフ（潜堤） ・離岸堤 ・新型離岸堤 【人為的に供給】 ・養浜(サンドリサイクル、サンドバイパス)

＊県内外の実績に乏しいものの、上述のほかに下記の工法も提案・施工されている。

砂隙工法、地下水位低下工法、サーフィンリーフ、歪み砂れんマット(ＤＲＩＭ)工法

表－ 5.3(1)　住吉海岸における海岸保全施設の適用性

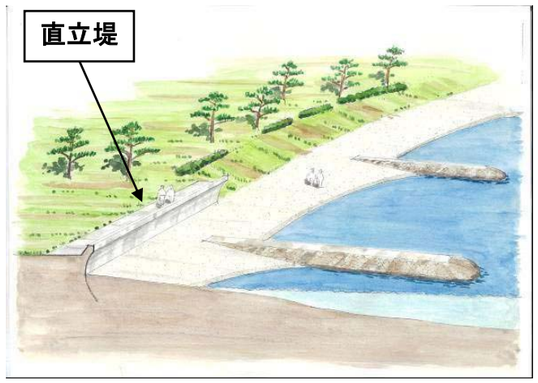
堤防・護岸（直立）		
特徴及び留意事項	防護面	・越波・浸水を直接的に防ぐ。漂砂制御効果はない。
	環境面	・設置位置によっては、アカウミガメの上陸・産卵に影響を及ぼす可能性がある。
	利用面	・背後地と海浜地を分断してしまう場合がある。

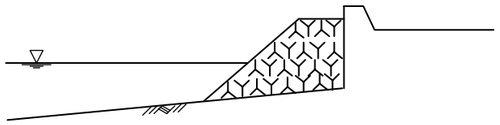






南浦漁港海岸　浦尻地区



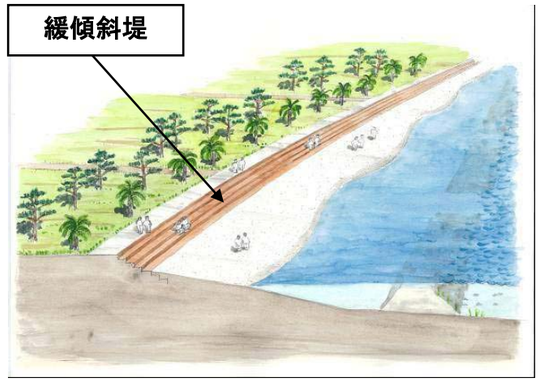




梅ヶ浜海岸

表－ 5.3(2)　住吉海岸における海岸保全施設の適用性

堤防・護岸（緩傾斜）		
特徴及び留意事項	防護面	・越波・浸水を直接的に防ぐが、設置面積が大きくなるため、海浜地の消失を伴う。漂砂制御効果はない。
	環境面	・設置位置によっては、アカウミガメの上陸・産卵に影響を及ぼす可能性がある。
	利用面	・背後地と海浜地を分断してしまう場合がある。 ・十分な砂浜がある場合には親水性の向上に寄与する。



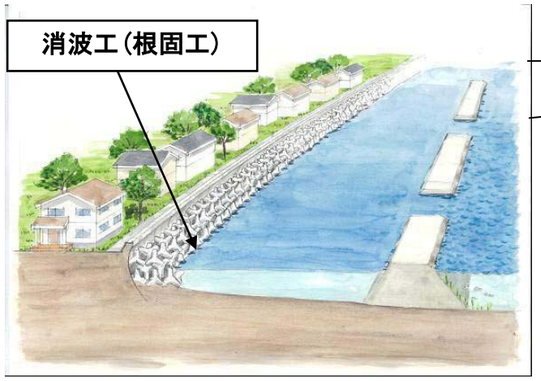


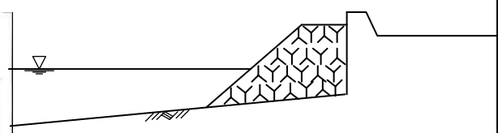


小倉ヶ浜海岸

表－ 5.3(3)　住吉海岸における海岸保全施設の適用性

根固消波工		
特徴及び留意事項	防護面	・早期における越波や波圧の低減効果が期待でき、応急的、即効的な消波効果がある。漂砂制御効果はない。 ・工費は比較的安価である。
	環境面	・景観上好ましくない。 ・設置位置によっては、アカウミガメの上陸・産卵に影響を及ぼす可能性がある。
	利用面	・背後地と海浜地へのアクセスを阻害する。



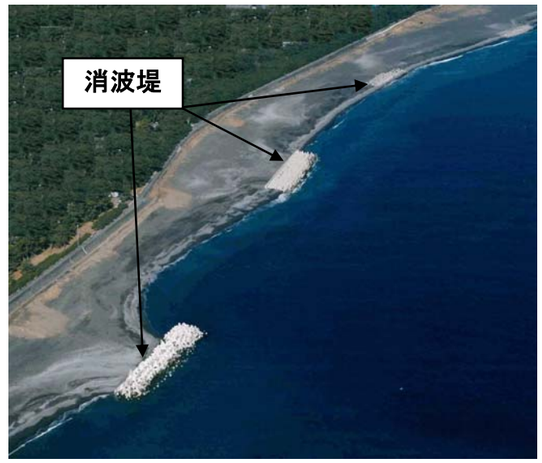


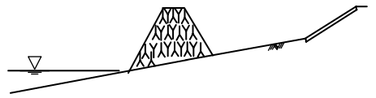


梅ヶ浜海岸

表－ 5.3(4)　住吉海岸における海岸保全施設の適用性

消　波　堤		
特徴及び留意事項	防護面	・即効的な侵食防止効果がある。 ・越波や波圧の低減効果、海岸線の後退速度の減衰が、早期に期待できる。 ・工費は比較的安価である。
	環境面	・景観上好ましくない。 ・アカウミガメの上陸・産卵に影響を及ぼす可能性がある。
	利用面	・水際へのアクセスを阻害する





表－ 5.3(5)　住吉海岸における海岸保全施設の適用性

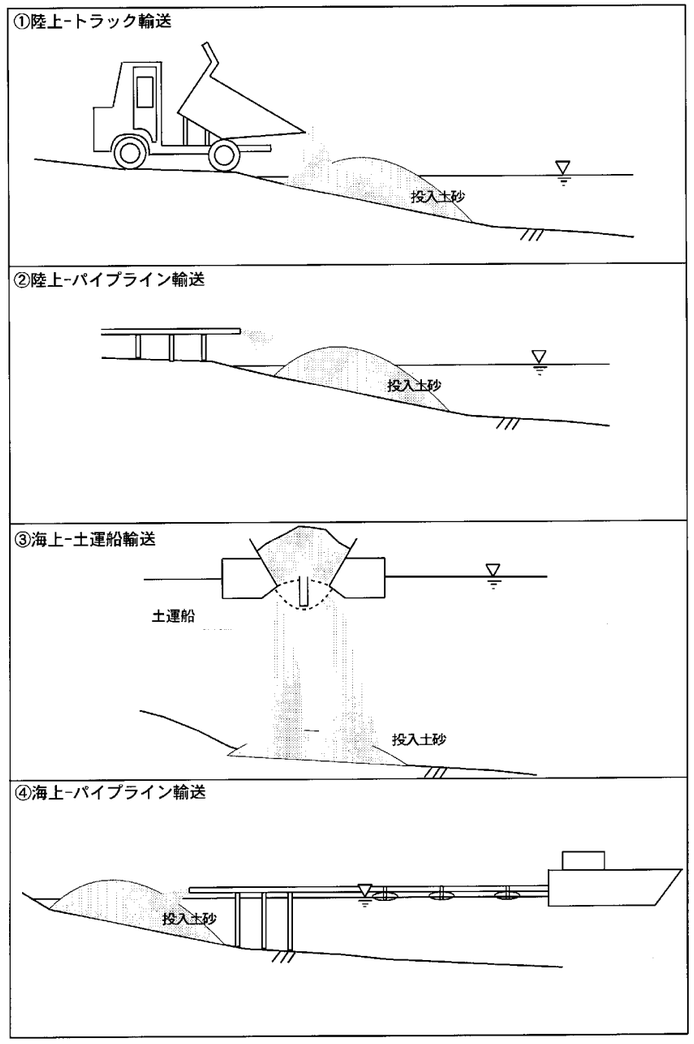
養　浜		
特徴及び留意事項	防護面	・不足する土砂供給を直接補う。 ・土砂流出の防止対策(漂砂制御構造物)もしくは漂砂制御対策(サンドバイパス、サンドリサイクル)の必要性がある。 ・不足する土砂の質的、量的確保が課題となる。 ・砂浜による消波機能の向上が期待できることから、越波・浸水の低減が図れる。
	環境面	・海浜景観の維持・回復が図れる。 ・投入砂の質(粒径、環境基準等)やそれによって形成される地形、投入時の濁りや稚魚・稚貝への影響、投入時期・場所などの既存の自然環境への影響に配慮する必要がある。
	利用面	・海浜利用環境の維持・回復が図れる。 ・投入砂の質(粒径、水産基準等)やそれによって形成される地形、投入時期・場所などによる既存の利用環境への影響に配慮する必要がある。

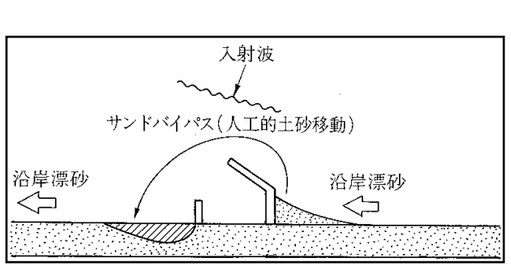
【土砂の運搬方法】

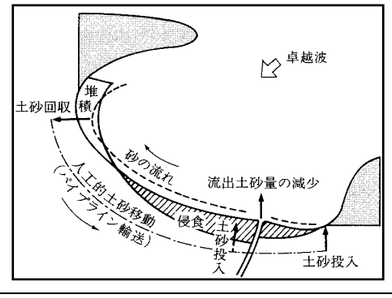
運搬手段		メリット	デメリット
陸上	トラック	･海象に関係なく作業 ･礫等の粒径の大きい材料でも輸送可能	･トラック公害 ･輸送道路の確保
	パイプライン	･連続して稼動可能 ･ポンプ浚渫と組み合すことで効率的 ・輸送ルートの柔軟性	・パイプライン敷設に費用がかかる ･礫の運搬には不向き ･パイプおよびポンプの摩耗問題 ･長距離輸送の場合は中継ポンプ等が必要
海上	土運船	・大量に運搬可能 ･浚渫船を船で行う場合は効果的	･海象に左右される

【養浜方法】

運搬手段		養浜方法	メリット	デメリット
陸上	トラック	汀線および砂浜部に投棄、ブルドーザーで沖出し均す。	施工が簡単	海岸部への侵入路を確保する必要がある。
	パイプライン	汀線部に吐き出す。	連続して投入可能	濁水が発生する。
海上	土運船	海域に投棄。	大量の土砂を一度に投棄可能	浅い海域までは無理。
	パイプライン	パイプラインで汀線、砂浜部に吐き出す。	浅い部分に投入可能	海象条件により作業が限定される。







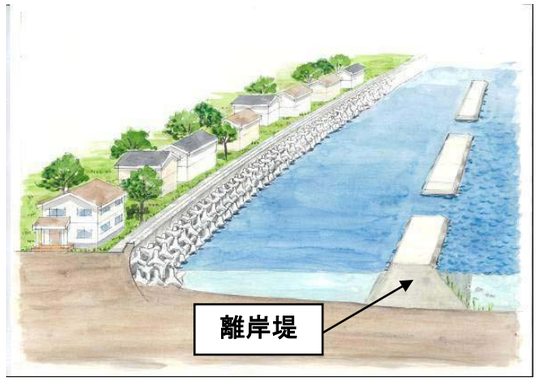
サンドバイパス
漁港等の構造物の上手側に堆積した土砂を構造物の下手側の侵食箇所に投入する方法。

サンドリサイクル
下手側あるいは沖側に流出した土砂を繰返し上手側に投入する方法。

図－ 5.2　サンドバイパス・サンドリサイクル模式図

表－ 5.3(6)　住吉海岸における海岸保全施設の適用性

離　岸　堤		
特徴及び留意事項	防護面	・直接的に波浪を低減し背後に静穏域が確保される。 ・背後海浜の安定化を図ることは可能である。 ・隣接海岸への波及効果に留意する必要があり、沿岸漂砂が卓越する海岸では一連区間全線に設置する必要性が生じる可能性がある。
	環境面	・アカウミガメの上陸・産卵に影響を及ぼす可能性がある。 ・設置範囲が広域に及ぶと、長大な砂浜景観が阻害される。
	利用面	・船舶の航行や、サーフィン利用に支障を与える場合がある。 ・設置位置によっては、漁礁効果を生じる場合がある。



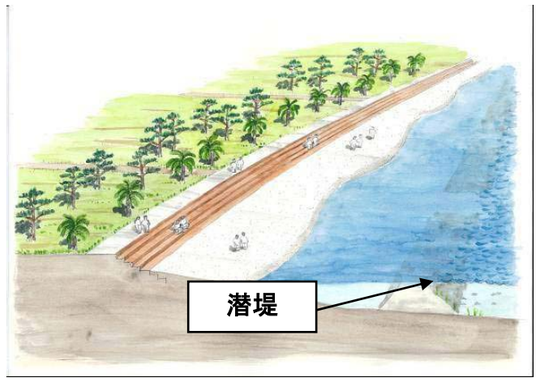


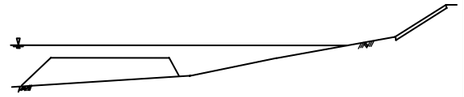


住吉海岸

表－ 5.3(7)　住吉海岸における海岸保全施設の適用性

人工リーフ（潜堤）		
特徴及び留意事項	防護面	・高波浪の減衰効果は高く、養浜と合わせ背後海浜の安定化を図ることは可能である。 ・隣接海岸への波及効果に留意する必要があり、沿岸漂砂が卓越する海岸では一連区間全線に設置する必要性が生じる可能性がある。 ・離岸堤と同等の効果を持たせようとする場合、堤体規模が大きくなるため工費は高くなる。
	環境面	・アカウミガメの上陸・産卵に影響を及ぼす可能性がある。 ・構造物が水面下となることから海岸景観上は好ましい。
	利用面	・船舶の航行や、サーフィン利用に支障を与える場合がある。 ・設置面積が大きく、漁場環境に影響を与える可能性がある。 ・設置位置によっては、漁礁効果を生じる場合がある。



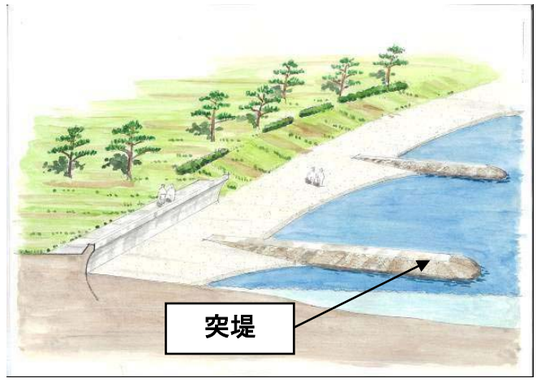




古江港海岸　下阿蘇地区

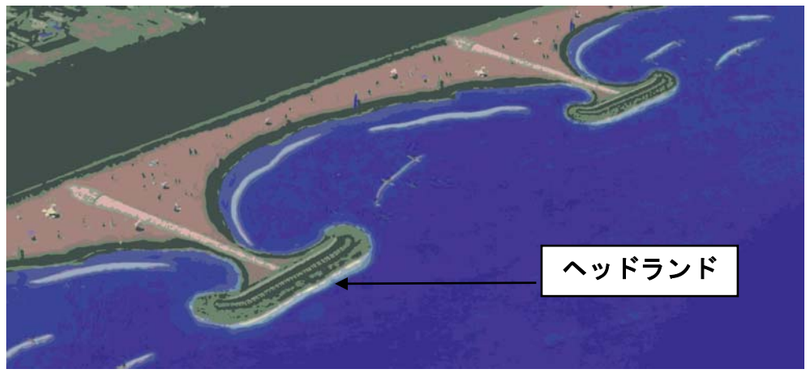
表－ 5.3(8)　住吉海岸における海岸保全施設の適用性

突　堤		
機能	漂砂制御施設	波や流れを制御することにより、漂砂量を制御し、海岸線の侵食や、土砂の過度の堆積を防止する。
特徴及び留意事項	防護面	・沿岸漂砂を制御し、堆積域を形成することができる。反面、相対的に侵食域の形成も促す。 ・十分な捕砂効果を得るためには、設置規模が大きくなる。 ・岸沖漂砂は制御不可。 ・隣接海岸への波及効果に留意する必要があり、沿岸漂砂が卓越する海岸では一連区間全線に設置する必要性が生じる可能性がある。 ・陸上施工となり、工費も比較的安価である。
	環境面	・海岸線と垂直方向に設置するため、海岸線に占める施工延長の割合は小さい。
	利用面	・海浜の維持・回復やそれによる親水性の向上が期待できるが、養浜等との組合せが必要となる場合がある。 ・設置位置や規模によっては、サーフィンに適した海浜が形成される可能性がある。



表－ 5.3(9)　住吉海岸における海岸保全施設の適用性

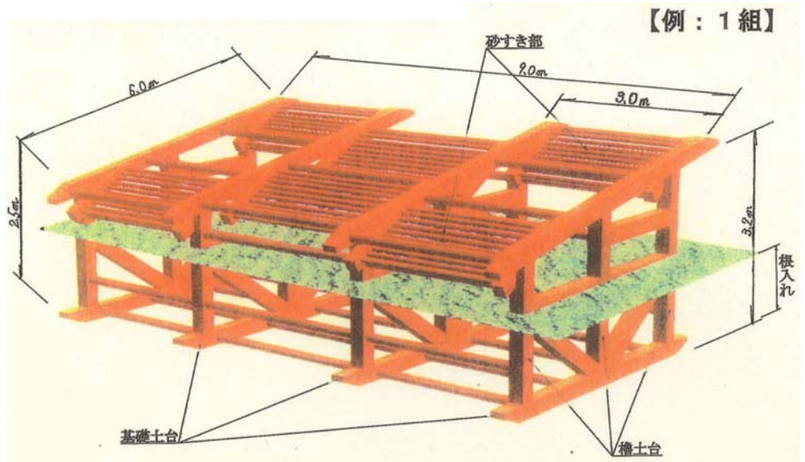
ヘッドランド（人工岬）		
機能	漂砂制御施設	波や流れを制御することにより、漂砂量を制御し、海岸線の侵食や、土砂の過度の堆積を防止する。
特徴及び留意事項	防護面	・堤体間における沿岸漂砂を制御することにより、海浜の安定化が図れる。 ・堆積域を形成することができる反面、相対的に侵食域の形成も促す ・岸沖漂砂は基本的に制御不可。 ・隣接海岸への波及効果に留意する必要があり、沿岸漂砂が卓越する海岸では一連区間全線に設置する必要性が生じる可能性がある。
	環境面	・海岸線と垂直方向に設置するため、海岸線に占める施工延長の割合は小さい。 ・突堤に比べ設置間隔が長くなるため、海岸域の利用や景観等の自然環境に与える影響が軽減できる。
	利用面	・海浜の維持・回復やそれによる親水性の向上が期待できるが、養浜等との組合せが必要となる場合がある。 ・設置位置や規模によっては、サーフィンに適した海浜が形成される可能性がある。 ・船舶の航行に支障を与える場合がある。 ・設置面積が大きく、漁場環境に影響を与える可能性がある。 ・設置位置によっては、漁礁効果を生じる場合がある。



≪参考≫

表－ 5.4(1)　住吉海岸における海岸保全施設の適用性（参考 1）

砂隙工法	
機能	杉間伐材等を組み上げ海浜陸上部に設置し、波で運ばれてきた砂を砂すき板で貯留し、沖への流出を防止することにより、侵食防止を図る対策である。 環境への影響、コスト面においては他案に比べて優れているが、短期間の試験施工実績しかなく、長期間においての効果・耐久性についての実績がない。
実績	・宮崎県においては、一ツ瀬川左岸の富田漁港海岸で平成 5 年 3 月に 1 組試験施工。 ・鹿児島県川内市唐浜海岸（林野庁所管事業）にて平成 12 年 5 月に 3 組試験施工（平成 14 年腐食により撤去）、福岡県新松原海岸（福岡県北九州土木事務所）にて平成 12 年 9 月に 1 組試験施工（平成 14 年腐食により撤去）、鹿児島県奄美大島かさり町海岸（農地保全海岸・県実施）にて、平成 15 年 4 月に 3 組試験施工。



木材素材による砂すき海岸侵食防止装置構造図



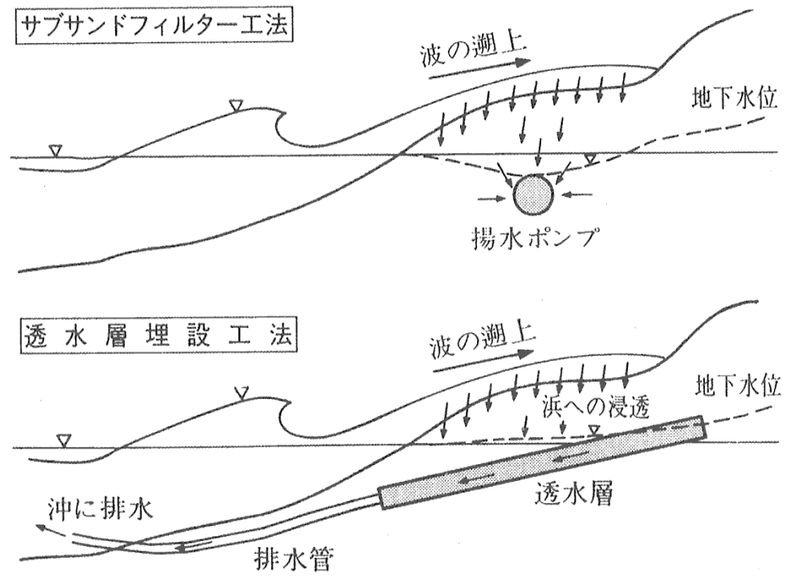
富田漁港海岸（台風来襲後：平成 5 年 8 月）



唐浜海岸（台風 14 号来襲後：平成 12 年 9 月）

表－ 5.4(2)　住吉海岸における海岸保全施設の適用性（参考 2）

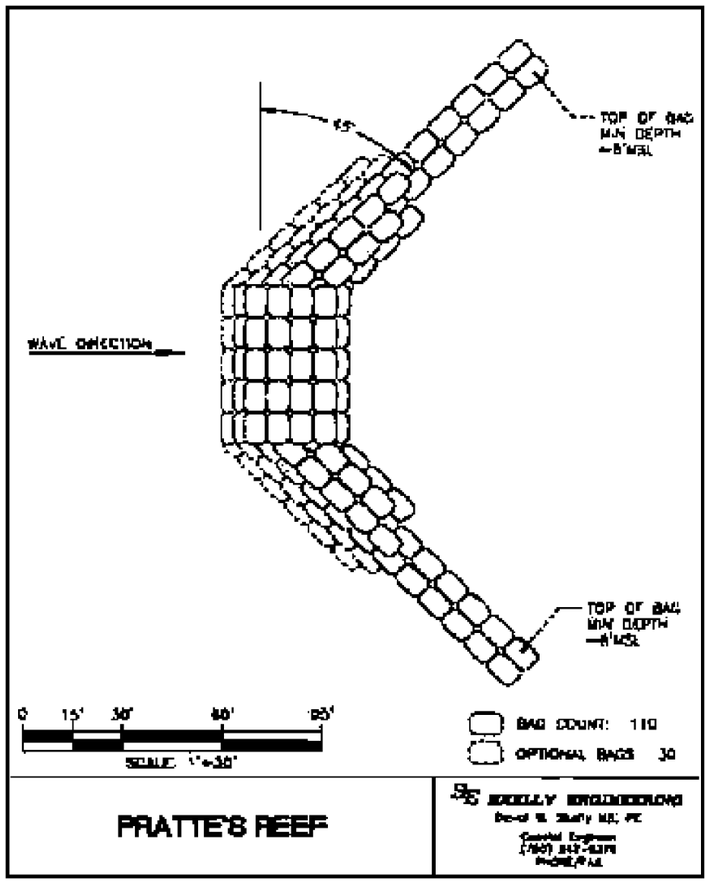
地下水位低下工法	
機能	砂浜陸上部の地下水位を低下させることにより液状化を防ぎ、砂浜を安定化させる工法。 大別して、揚水ポンプにより強制的に地下水位を低下させる方法（サブサンドフィルター工法）、透水層を砂浜内部に設置することにより地下水位の上昇を抑制する方法（透水層埋設工法）の２種類がある。ビーチマネジメントシステム（ＢＭＳ）は、サブサンドフィルター工法の１種。 設備の大半が砂浜内部に設置されるため、自然環境、海岸利用、景観へ配慮した対策として注目されている。
実績	・国内では、神奈川県茅ヶ崎海岸（ＢＭＳ）、茨城県波崎海岸（透水層埋設工法）で現地実験が行なわれている。 ・遡上のある砂浜があることが前提条件。前浜のない海岸では適用不可。



出典：海岸施設設計便覧[2000 年版]，土木学会

表－ 5.4(3)　住吉海岸における海岸保全施設の適用性（参考 3）

サーフィンリーフ	
機能	①もともと波の無かったところに波を立たせようと設置するもの、 ②海岸侵食があり何らかの工事が必要でそこにサーフィンリーフ(サーフィンが可能な人工リーフ)を設置するもの、 ③開発によって失われたサーフスポットの代替として設置するもの とがある。
実績	・オーストラリアには Western Australia(①)と　Gold coast(②)の 2 ヶ所にサーフィンリーフの施工がある。2 ヶ所ともに地元の公共事業として施工された。 ・アメリカのロスアンジェルスにも施工がある(③：Pratte reef)。 ・国内における実績はない。

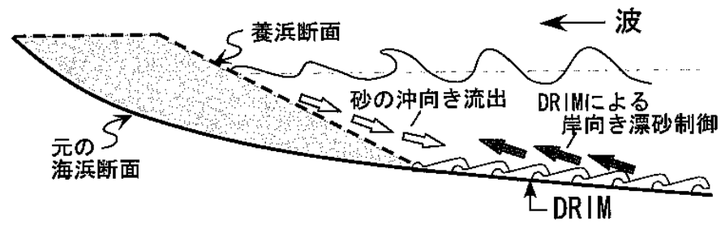


表－ 5.4(4)　住吉海岸における海岸保全施設の適用性（参考 4）

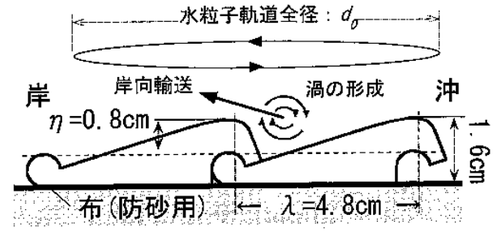
歪み砂れんマット(ＤＲＩＭ)工法	
機能	漂砂移動を岸向きに制御する。 特殊な形状を持つコンクリートブロックにより構成される海底敷設型構造物で、漂砂の向きを一方向に制御する機能を有しており、海中部の底質の沖方向への移動を制御することにより侵食防止を図るものである。海域での現地実証実験が実施されている。
実績	・愛媛県上灘西人工海浜における試験施工(1994 年) ・福岡県新芦屋海岸にて実証実験（2003 年） ・実証実験段階である。



歪み砂れんマット



図―1　DRIM による養浜砂の流出防止対策



図―2　DRIM の形状と漂砂制御機能の模式図

出典：海岸工学論文集第 49 巻（2002 年）p. 626-630, 土木学会

5.3.3 侵食対策工の提案

推定された現況における土砂収支に対する対策の考え方を図－5.3 に示し、これまでの検討結果から総合的に判断して、対象海岸周辺における対策工法として適用性が高いと考えられる対策工法の基本イメージを図に示す。

・住吉海岸の侵食防止においては、
「宮崎港に向かう大規模な沿岸漂砂量」と
「河川からの流出土砂量の減少」
の２つが課題となっている。
・したがって、対策の基本は、
「①沿岸漂砂の制御：宮崎港に向かう沿岸漂砂の制御」
「②総合土砂管理の観点から河川からの土砂の回復（ダム堆砂の下流への放流）もしくは人為的な土砂投入（養浜）」
となる。

(1) 沿岸漂砂の制御：南に向かう沿岸漂砂の制御

・ヘッドランド工法
・新型離岸堤工法
・上記工法の複合案
・上記、施設による沿岸漂砂の制御に加えて、サンドリサイクル（港湾内堆積土砂の利用）を取り込むことが必要。

(2) 河川からの供給土砂の減少対策

：沖向き土砂 q_{H-S} を補い、海岸に流入する沿岸漂砂量 Q_{in} を増加
・総合土砂管理の観点から河川からの土砂の回復（ダム堆砂の下流への放流）
・一ツ瀬川河口左岸の余剰土砂のサンドバイパス
・大淀川からの流出土砂量のサンドバイパス
・その他、可能性のある箇所からの土砂の運搬・投入

≪住吉海岸の侵食の防止のために必要な管理土砂推定量≫
「①沿岸漂砂の制御：宮崎港に向かう沿岸漂砂の制御」
：漂砂制御施設とサンドリサイクルによる総管理土砂量　22 万 m^3/年

「②総合土砂管理の観点から河川からの土砂の回復」
：ダム堆砂の下流への放流もしくは人為的な土砂投入量（養浜量）7 万 m^3/年　程度

(3) 侵食対策工の提案

以下に、適用性が高いと考えられる対策工法を記す。ここでは、従来型工法である案③も併せて記す。

各案における、適切な施設規模や配置は、サンドリサイクル等で制御可能となる土砂量および経済性の面から検討する必要がある。

【案①】　ヘッドランド工法＋ｻﾝﾄﾞﾘｻｲｸﾙ・ｻﾝﾄﾞﾊﾞｲﾊﾟｽ（流域全体での対応）
○ヘッドランドによる沿岸漂砂の制御と流域全体での土砂管理を念頭においた養浜（ｻﾝﾄﾞﾘｻｲｸﾙ・ｻﾝﾄﾞﾊﾞｲﾊﾟｽ）により海浜の安定化を図る。
・ヘッドランド規模を大きくすれば（先端水深を深くすれば）、沿岸漂砂の捕捉効果が高くなることから、継続的なサンドリサイクル投入量（維持養浜量）を減らすことができる。
・設置間隔を広くとることができることから、沿岸方向の利用エリアは広くなる。ただし、断面が大きくなることから初期建設コストは高くなる。

【案②】　新型離岸堤＋ｻﾝﾄﾞﾘｻｲｸﾙ・ｻﾝﾄﾞﾊﾞｲﾊﾟｽ（流域全体での対応）
○沖合いへの設置に有効な新型離岸堤による波浪低減および漂砂制御を図るとともに流域全体での土砂管理を念頭においた養浜（ｻﾝﾄﾞﾘｻｲｸﾙ・ｻﾝﾄﾞﾊﾞｲﾊﾟｽ）により海浜の安定化を図る。
・杭等により支持する構造のため、従来型に比べて沖合いへの設置が可能となり、離岸堤背後の静穏域を拡大することが可能となる。また、ブロックの沈下等による機能低下が生じにくく、維持費を抑えることができる。

【案③】　従来型離岸堤(or 人工ﾘｰﾌ),突堤＋ｻﾝﾄﾞﾘｻｲｸﾙ・ｻﾝﾄﾞﾊﾞｲﾊﾟｽ（流域全体での対応）
○流域全体での土砂管理による砂浜の回復および土砂流出防止工として従来型の離岸堤（or 人工リーフ）および突堤を実施することにより海浜の安定化を図る。
・宮崎県内において施工実績が多い。
・初期建設コストは新型離岸堤に比べて安くなるが、ブロック沈下等による機能低下が生じやすいことから、維持の面では劣る。
・漂砂を制御できる範囲は小さく、継続的なサンドリサイクル投入量（維持養浜量）は、上記②案に比べ大きくなる。

＜懇談会での地元住民の意見概要＞

・地元の意見としては、宮崎港、ダムが主な侵食原因という認識である。
・漁業者は離岸堤などの対策で漁場が狭められることに対して賛成はできない。
・アカウミガメの保護のためには、産卵・孵化の阻害になるような構造物は作らないで欲しい。
・サーフィンは宮崎の観光資源として捉えて欲しい。そのためにもサーフィン可能な環境にして欲しい。

■侵食の要因

・ 河川からの供給土砂量の減少（主にダムへの堆砂による流下土砂量の減少）
・ 宮崎港防波堤による遮蔽域への漂砂の移動と大淀川からの沿岸漂砂の阻止

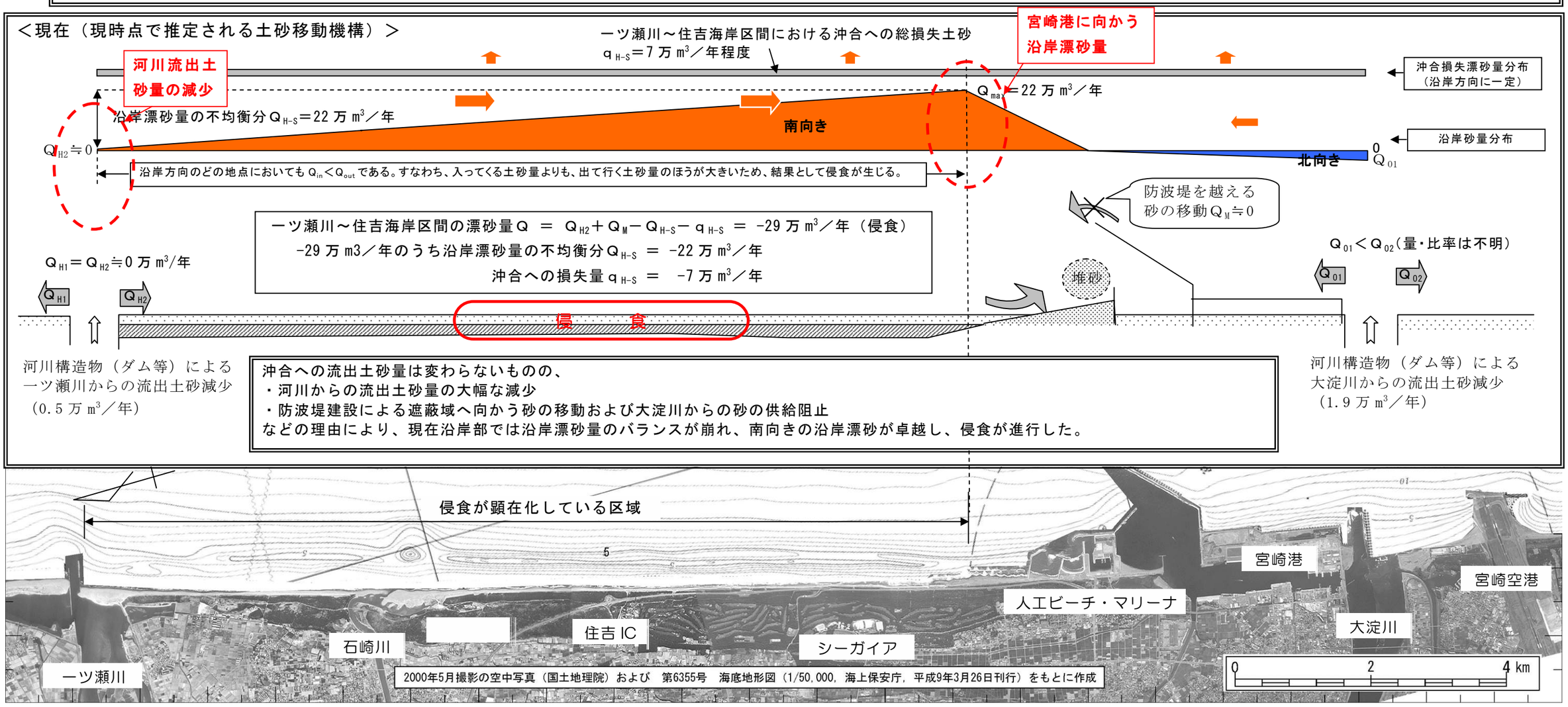
■対策の考え方

・ バランスが崩れている沿岸漂砂の制御を改善するために海岸での対策が必要。
・ それに加えて、海岸への供給土砂が不足しているため、河川からの供給土砂を回復させる努力もしなければいけない。
・ 対策を検討・実施するにあたっては、海岸侵食の進行状況や背後地の利用状況など各地先の海岸特性を考慮して、対策の優先度についても考えていかなければならない。

■その他配慮事項：対策を策定する上で以下の点に配慮することが提案された。

・ 生態系、特にウミガメの上陸・産卵を阻害しないような対策
・ サーフィン、漁業等の利用を阻害しないような対策

＜現在（現時点で推定される土砂移動機構）＞



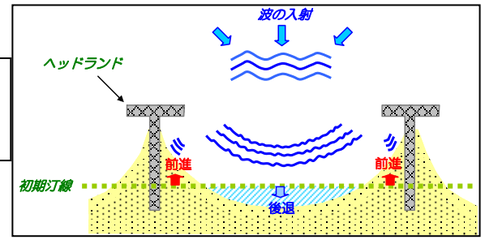
図－5.3　現状で推定される広域の土砂収支と対策の考え方

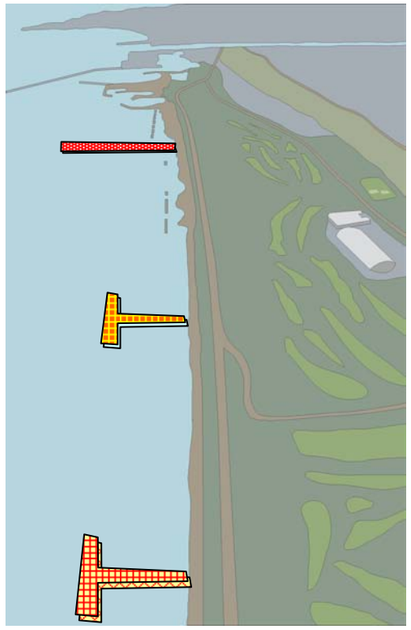
侵食対策工の提案：案①　ヘッドランド工法＋ｻﾝﾄﾞﾘｻｲｸﾙ・ｻﾝﾄﾞﾊﾞｲﾊﾟｽ（流域全体での対応）

〇ヘッドランドによる沿岸漂砂の制御と流域全体での土砂管理を念頭においた養浜（ｻﾝﾄﾞﾘｻｲｸﾙ・ｻﾝﾄﾞﾊﾞｲﾊﾟｽ）により海浜の安定化を図る。

・サンドリサイクルに利用可能な土砂量が多ければ、ヘッドランド基数は少なくて済む。
・ヘッドランド規模を大きくすれば（先端水深を深くすれば）、沿岸漂砂の捕捉効果が高くなることから、継続的なサンドリサイクル投入量（維持養浜量）を減らすことができる。
　また、設置間隔を広くとることができることから、沿岸方向の利用エリアは広くなる。ただし、断面が大きくなることから初期建設コストは高くなる。
・利用可能なサンドリサイクル量および経済性の面から適切なヘッドランド規模および配置を検討する必要がある。

※漂砂制御構造物の設置は安定海浜の形成が期待できるが、一方で、海岸線の凸凹を形成する。
また、全線で砂浜の維持を図るためには膨大な量の養浜投入が必要となることが予想される。



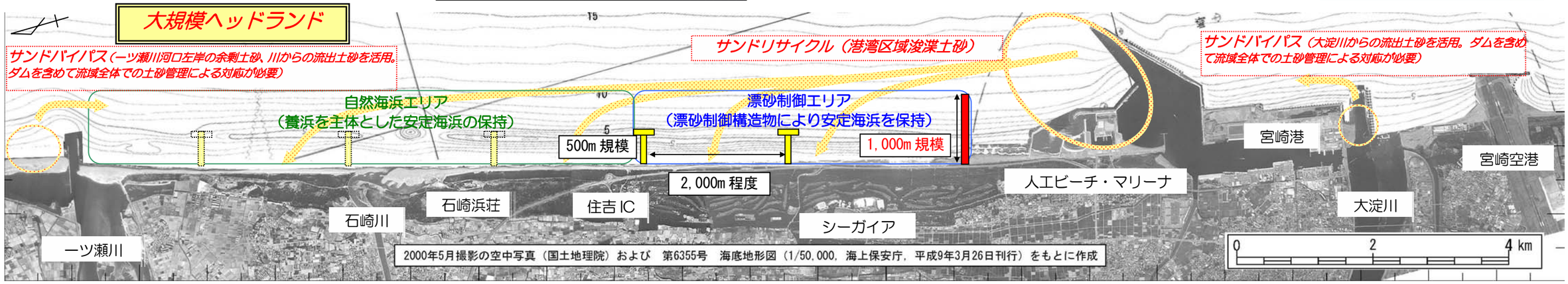




鹿嶋海岸（茨城県）



九十九里海岸（千葉県）



※構造物は養浜投入量により適切な配置・規模を決定するものとする。

図－ 5.4(1)　侵食対策工の提案：案①　ﾍｯﾄﾞﾗﾝﾄﾞ工法＋ｻﾝﾄﾞﾘｻｲｸﾙ・ｻﾝﾄﾞﾊﾞｲﾊﾟｽ(流域全体での対応)

侵食対策工の提案：案②　新型離岸堤＋ｻﾝﾄﾞﾘｻｲｸﾙ・ｻﾝﾄﾞﾊﾞｲﾊﾟｽ（流域全体での対応）

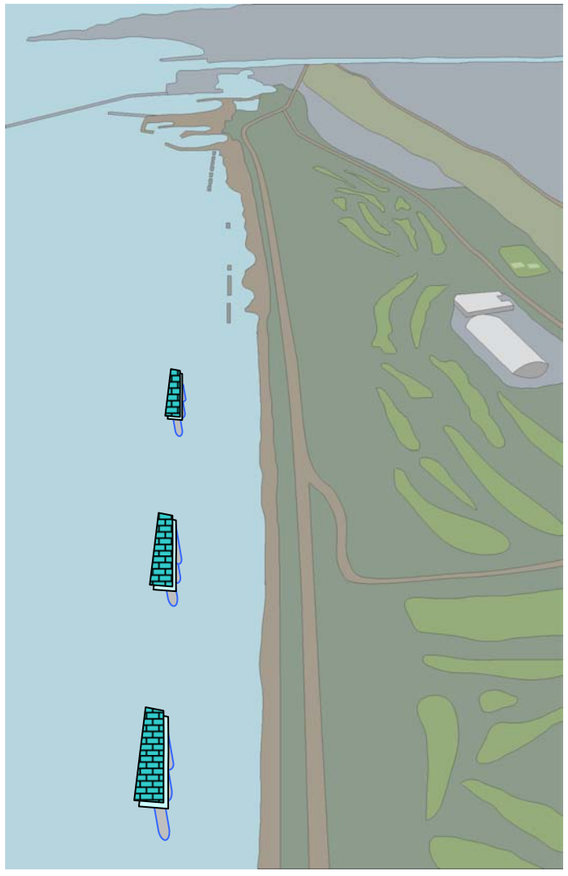
○沖合いへの設置に有効な新型離岸堤による波浪低減および漂砂制御を図るとともに流域全体での土砂管理を念頭においた養浜（ｻﾝﾄﾞﾘｻｲｸﾙ・ｻﾝﾄﾞﾊﾞｲﾊﾟｽ）により海浜の安定化を図る。

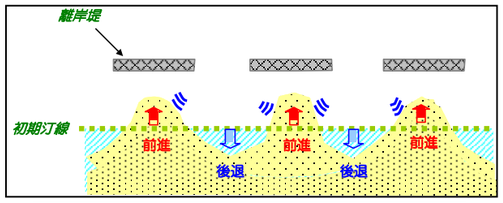
・鋼管杭等により支持する構造のため、従来型に比べて沖合いへの設置が可能となり、離岸堤背後の静穏域を拡大することが可能となる。
　また、ブロックの沈下等による機能低下が生じにくく、維持費を抑えることができる。

・富山県の下新川海岸、静岡県の駿河海岸・蒲原海岸において施工実績がある。

・1基あたりの工費が従来型に比べて、高くなることから、利用可能なサンドリサイクル量および経済性の面から適切な離岸堤規模および配置を検討する必要がある。







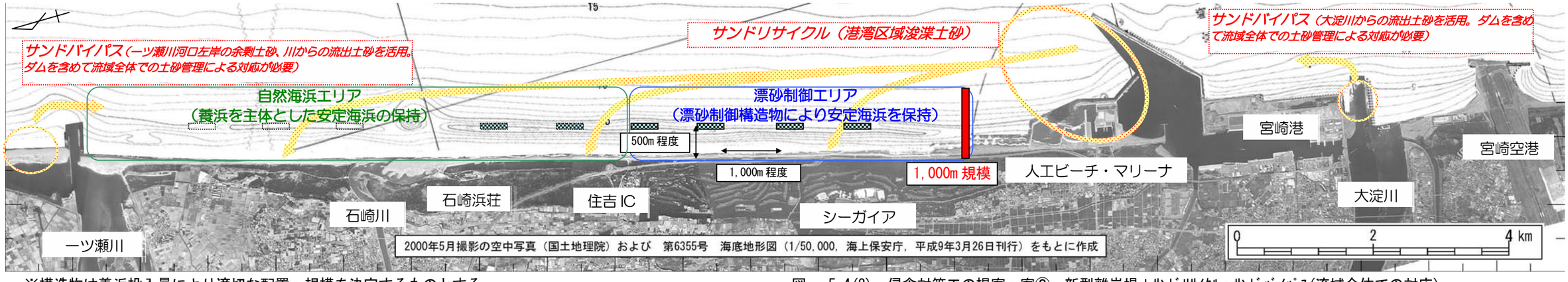
※漂砂制御構造物の設置は安定海浜の形成が期待できるが、一方で、海岸線の凸凹を形成する。
また、全線で砂浜の維持を図るためには膨大な量の養浜投入が必要となることが予想される。



下新川海岸（富山県）



駿河海岸（静岡県）



※構造物は養浜投入量により適切な配置・規模を決定するものとする。

図－ 5.4(2)　侵食対策工の提案：案②　新型離岸堤＋ｻﾝﾄﾞﾘｻｲｸﾙ・ｻﾝﾄﾞﾊﾞｲﾊﾟｽ(流域全体での対応)

侵食対策工の提案：案③　従来型離岸堤(or 人工ﾘｰﾌ)，突堤＋ｻﾝﾄﾞﾘｻｲｸﾙ・ｻﾝﾄﾞﾊﾞｲﾊﾟｽ（流域全体での対応）

○流域全体での土砂管理による砂浜の回復および土砂流出防止工として従来型の離岸堤（or 人工リーフ）および突堤を実施することにより海浜の安定化を図る。

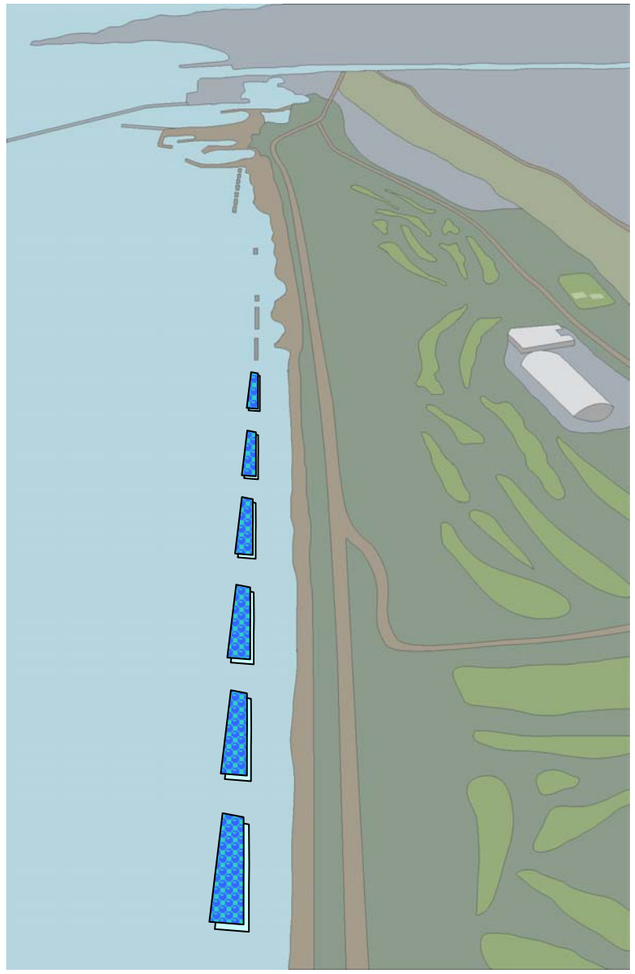
・宮崎県内において施工実績が多い。

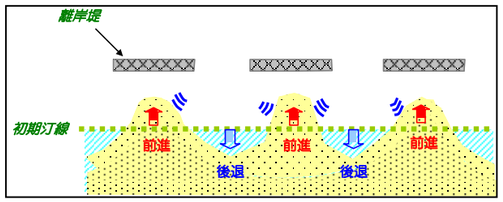
・初期建設コストは新型離岸堤に比べて安くなるが、ブロック沈下による機能低下が生じやすいことから、維持の面で劣る。

・1 基あたりの工費は新型離岸堤に比べて、安くなることから、利用可能なサンドリサイクル量および経済性の面から適切な規模および配置を検討する必要がある。

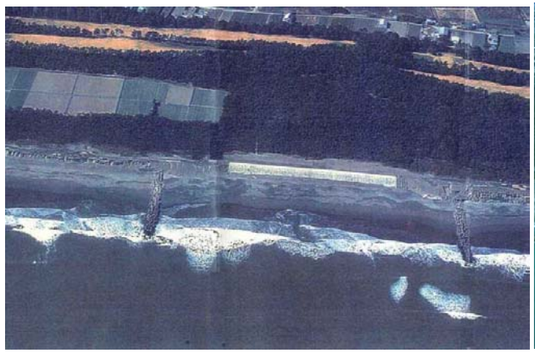


皆生海岸（鳥取県）





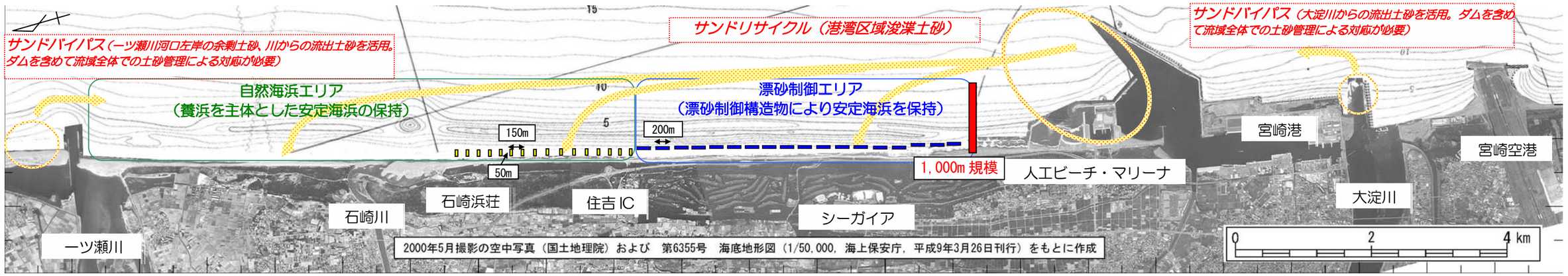
※漂砂制御構造物の設置は安定海浜の形成が期待できるが、一方で、海岸線の凸凹を形成する。
また、全線で砂浜の維持を図るためには膨大な量の養浜投入が必要となることが予想される。



赤江（木崎浜）海岸突堤



住吉海岸既設離岸堤



※構造物は養浜投入量により適切な配置・規模を決定するものとする。

図－ 5.4(3)　侵食対策工の提案：案③　従来型離岸堤（or 人工ﾘｰﾌ），突堤＋ｻﾝﾄﾞﾘｻｲｸﾙ・ｻﾝﾄﾞﾊﾞｲﾊﾟｽ(流域全体での対応)

6. 侵食対策における目標（浜幅）の設定（H18.3.29）

6.1 防護上必要な浜幅⇒50m 以上

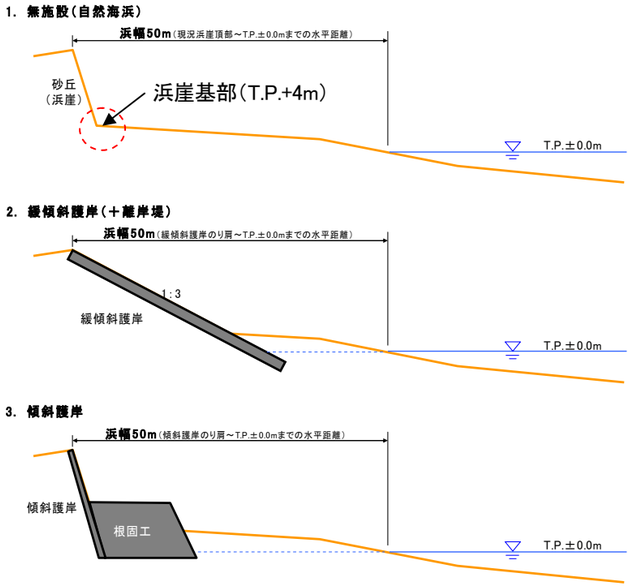
- 海岸保全施設が存在しない区間（自然海浜）においては、砂丘（浜崖）基部（T.P.+4m 程度）まで波が遡上すると、直ちに砂丘部の侵食が生じる。したがって、年数回程度来襲する規模の波浪に対して、砂丘基部まで波浪が及ばない浜幅を侵食対策上必要な浜幅として設定する。
- 緩傾斜護岸・傾斜護岸など既存の海岸保全施設が設置されている地点においては、侵食による保全施設被災を防止するために、短期的な汀線後退が生じても施設が被災しない浜幅を侵食対策上必要な浜幅として設定する。
- 一連の区間において、防護上対象とする外力(以下、計画外力)に対して、背後への越波が生じない浜幅を越波対策上必要な浜幅として設定する。

以上で設定した「侵食対策上必要な浜幅」と「越波対策上必要な浜幅」にもとづき、**浜幅 50m** をいずれの効果も見込める防護上必要な浜幅として設定する。

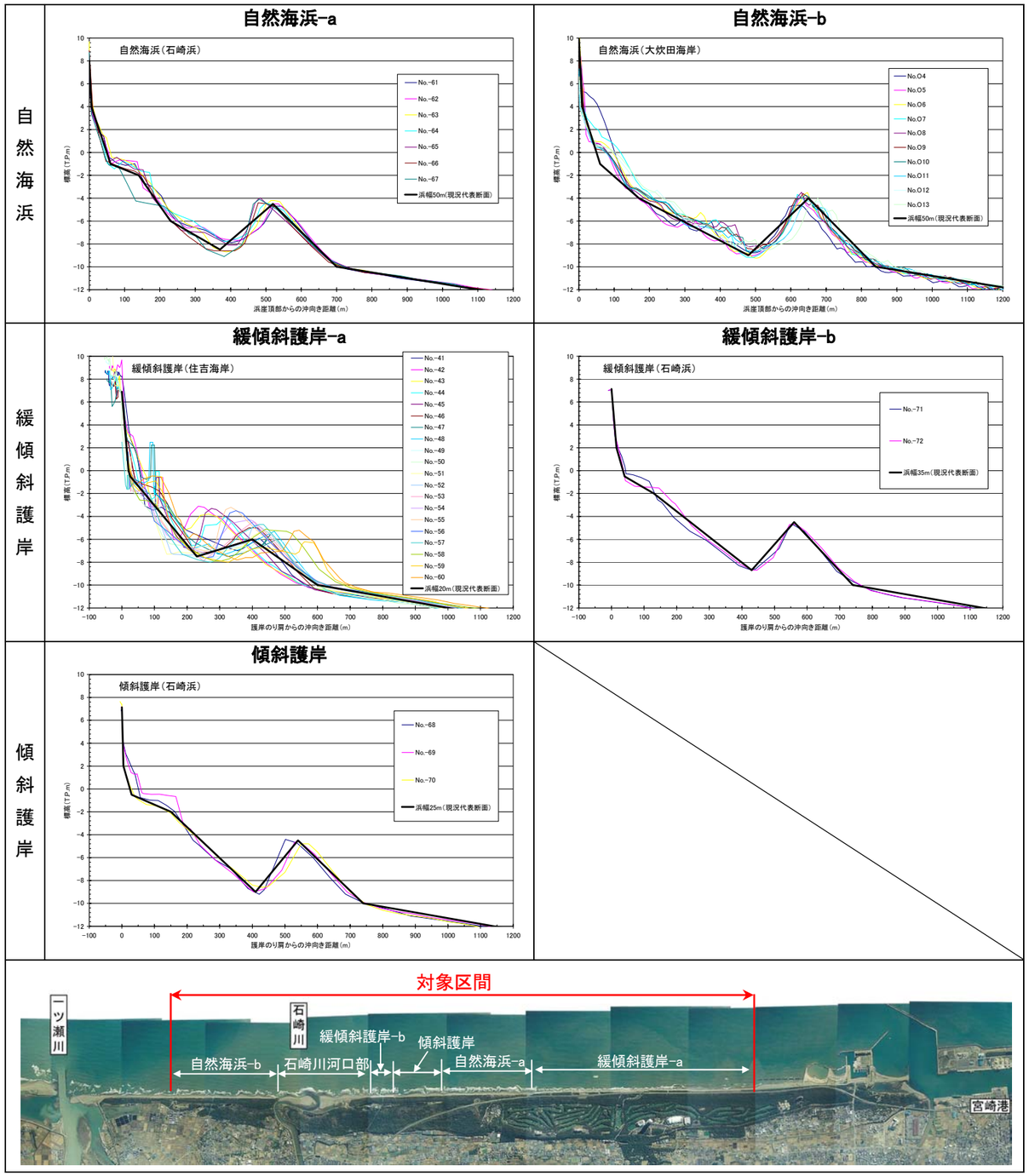
表－6.1 防護上必要な浜幅の検討結果

海岸特性による区間分け		砂浜の保全施設としての位置づけ（防護上必要な浜幅）					
現況施設区分	（測量測線No.）	侵食対策	必要浜幅	条件	越波対策	必要浜幅	条件
1 **無施設（自然海浜）**	a：No.-61～-67 b：No.O4～O13 (No.-73～3：石崎川河口)	浜崖侵食（後退）の防止	**50m**	年数回波（Ho'=5.0m,T=11.0s）およびH.W.L.(T.P.+1.2m)条件下で**浜崖基部まで越波しない浜幅**	背後地への越波防止	**50m**	計画外力条件下において、護岸高（自然海浜では砂丘高）を**越波しない浜幅** ＜計画外力条件＞ 計画波 Ho' = 10.5m T = 13.5s 設計高潮位 H.H.W.L. T.P.+2.28m
2 **緩傾斜護岸（＋離岸堤）**	a：No.-41～-60 b：No.-71～-72	護岸の被災防止	**50m**	短期的な汀線後退が生じても、**前浜が消失しない浜幅** （50m=護岸による砂浜被覆幅約20m＋1/30確率の汀線変動量（⊿x）約25m※1＋α）			
3 **傾斜護岸**	No.-68～-70						

※1：鳥居ら(2001)：海岸管理のための汀線変動量の確率的評価，海岸工学論文集，第48巻，pp.1021-1025.



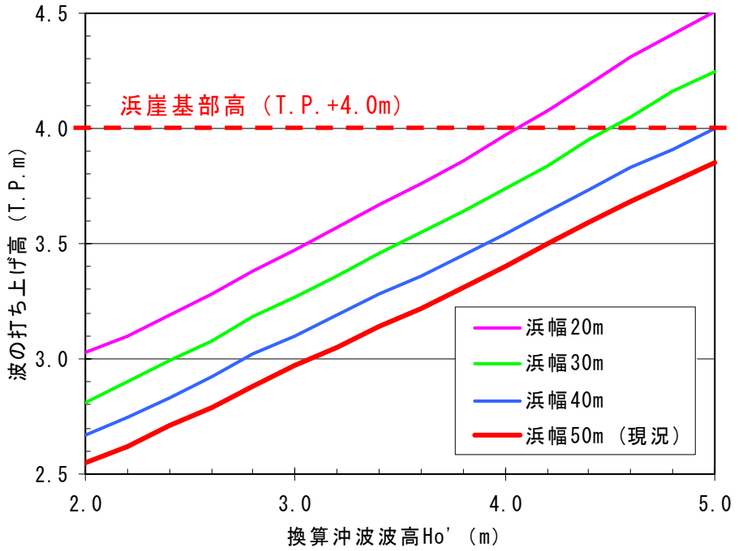
図－6.1 浜幅の定義



図－6.2 海岸特性別の海浜断面地形

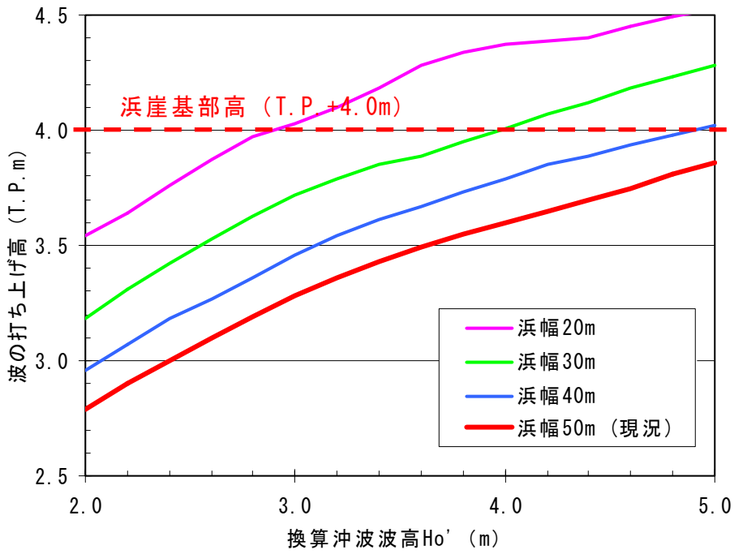
■ 自然海浜-a （石崎浜海岸）

⇒ 浜幅を 50m 確保できれば浜崖基部の高さまで波が遡上しない



■ 自然海浜-b （大炊田海岸）

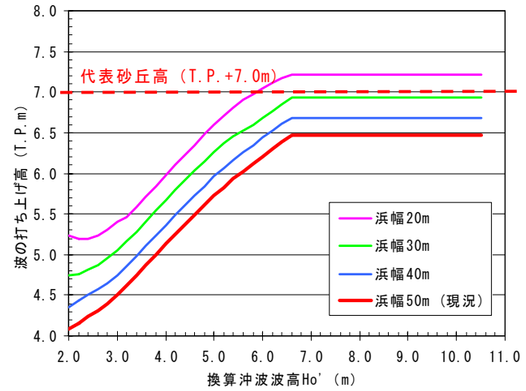
⇒ 浜幅を 50m 確保できれば浜崖基部の高さまで波が遡上しない



図－6.3　自然海浜部における年数回波浪来襲時の波の打ち上げ高と浜幅の関係（侵食対策上の指標）

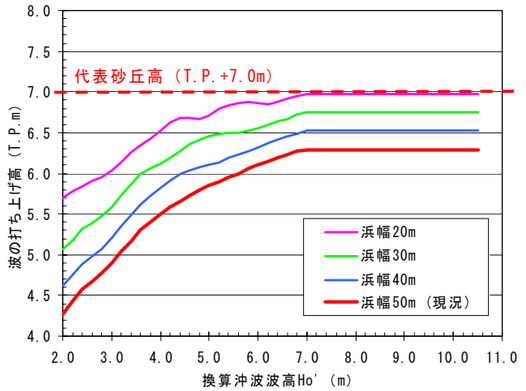
■ 自然海浜-a （石崎浜海岸）

⇒ 現況で越波は防止できる



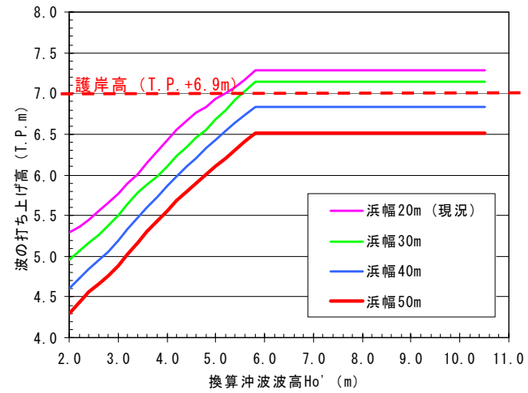
■ 自然海浜-b （大炊田海岸）

⇒ 現況で越波は防止できる



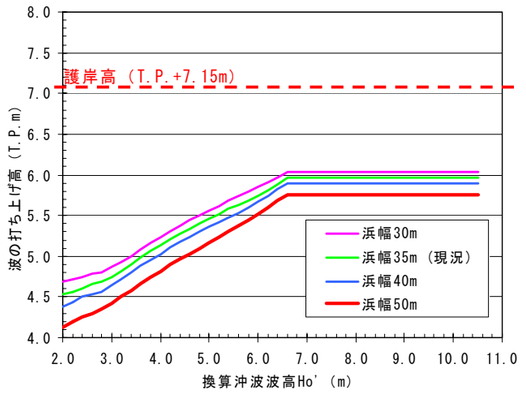
■ 緩傾斜護岸-a(住吉海岸)

⇒ 浜幅を 40m 確保できれば越波は防止できる



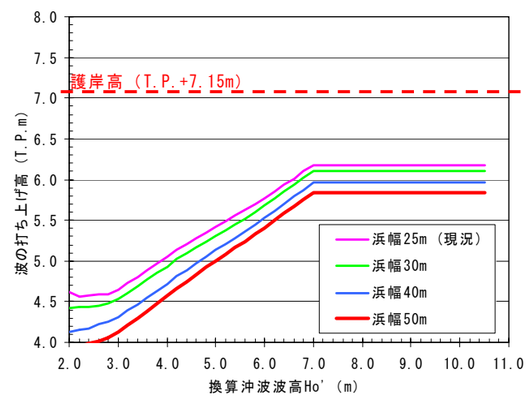
■ 緩傾斜護岸-b （石崎浜海岸）

⇒ 現況で越波は防止できる



■ 傾斜護岸 （石崎浜海岸）

⇒ 現況で越波は防止できる



＜計画外力条件＞

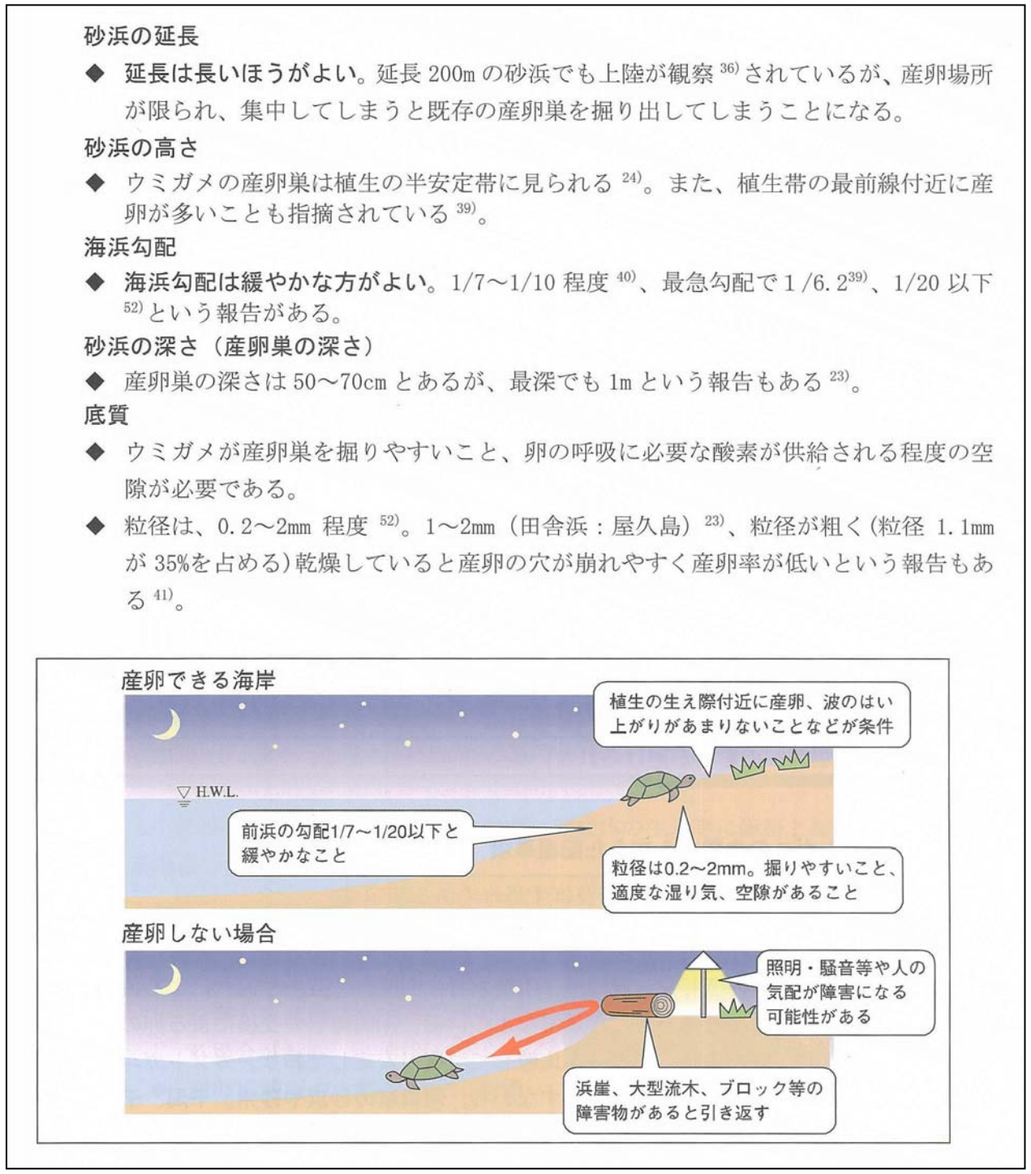
計 画 波 ： Ho’=10.5m, T=13.5s

設計高潮位（H.H.W.L.） ： T.P.+2.28m

図－6.4　計画外力条件下における波の打ち上げ高と浜幅の関係（越波対策上の指標）

6.2 環境上必要な浜幅⇒砂浜幅 30～40m 以上

環境上必要な浜幅の設定においては、ウミガメが産卵する砂浜という指標が考えられる。ウミガメに配慮した砂浜の特性に関する知見の例を図－6.5 に示し、住吉海岸周辺における既往調査によるアカウミガメの産卵に必要な砂浜の条件を表－6.2 に示す。これらの知見をもとに、アカウミガメの産卵・稚ガメの降海に配慮した砂浜の規模を設定する。

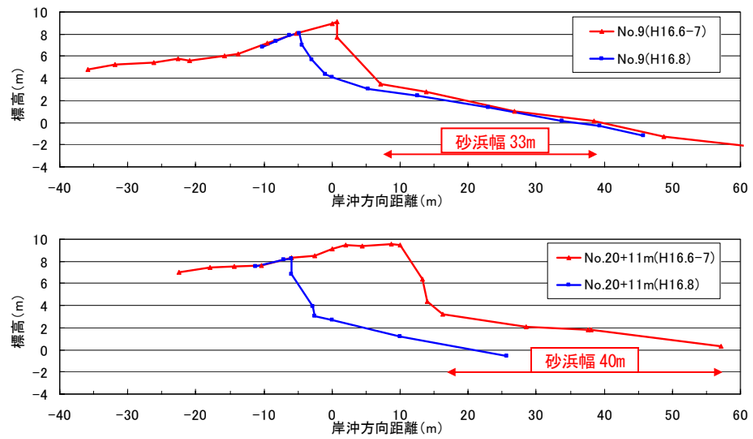


図－6.5　ウミガメの産卵に適した砂浜の条件（自然共生型海岸づくりの進め方 p.57）

環境上必要な砂浜幅として 30～40m 程度が設定される（表－6.2 参照）。

- 自然海浜区間においては、先に示した防護上必要な浜幅 50m を確保することにより、環境上必要な砂浜幅を確保できると考えられる。
- 緩傾斜護岸および傾斜護岸においては、防護上必要な浜幅 50m を確保しても護岸により約 20m 砂浜を覆うため、砂浜幅としては 30m 程度であり、当面は自然海浜区間ほど積極的な環境への配慮は困難である可能性が高い。

表－6.2　アカウミガメの産卵に必要な砂浜の条件

項目	砂浜の条件
砂浜の延長	■大淀川左岸河口部の導流堤北側の砂浜は延長 200m足らずであるが、年間 10 頭以上が上陸している。このことから、200m 程以上であれば産卵が期待できるものと考えられる。 ■なお、産卵が集中する場合を想定し、産卵場所の重複による卵の掘り返しを避けるため、なるべく広い延長とすることが望ましい。
砂浜の高さ	■既往調査結果では T.P＋2.5m 以上必要であり、T.P＋5.0～6.0m が最良とされている。また、水際線から産卵する高さの場所までには急勾配である浜崖が形成されないようにする。
砂浜の幅	■既往調査結果および平成 16 年度調査結果より、台風 16 号来襲前の 7 月時点においては自然海岸である石崎浜のほぼ全域で上陸・産卵が確認されている（8 月以降は減少）。7 月時点の砂浜幅は 30～40m 程度であったことから、同程度の砂浜幅の確保が必要であると考えられる。 
砂　　厚	■巣穴の深さは 50cm 程度であるので、それ以上必要である。
そ　の　他	■人工柵によって適切な産卵場へ誘導できる可能性がある。

（出典：「平成 11 年度港湾調査事業但し波浪対策調査業務(アカウミガメ生態調査)報告書」，平成 12 年 3 月，宮崎県中部港湾事務所，「宮崎土木事務所調査結果」，平成 12 年～平成 16 年）

6.3 利用上必要な浜幅⇒砂浜幅 30m 以上

サーフィン利用上必要な砂浜幅：20～30m 程度以上 と設定される。

レクリエーション利用上必要な砂浜幅：30m 程度以上 と設定される。

(1) サーフィン

過去のサーフィン利用状況と海浜地形測量成果をもとに、サーフィンが可能な砂浜について検討する。

【 サーフィンに重要と考えられる海浜条件 】

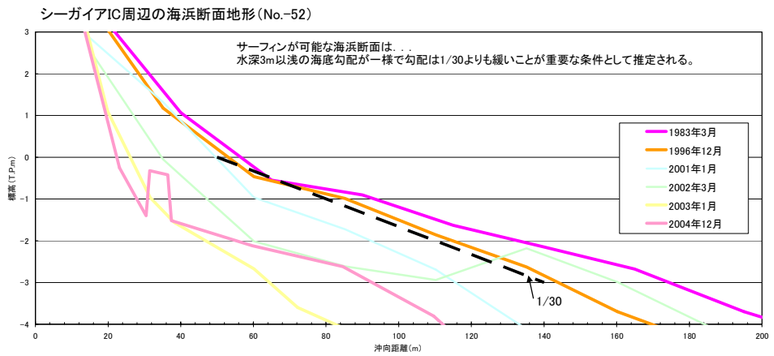
- サーフィンは通常水深 2～3m 程度よりも岸側で利用されていることが多く、また、砕波しないと波には乗れず、砕波点が岸に近すぎるどん深な地形は一般的にサーフィンに適さない。
- 砕波の安定性を確保するために、反射波の発生を抑える（波を吸収する）前浜が必要である。
- 陸上と海中のアクセスを安全にするために前浜の確保は重要である。
- 海岸線に平行な等深線よりも、砕波のタイミングがずれるような地形（例えば突堤構造物周辺のように突堤に向かって浅くなるような地形）の方が望ましい。

【 実 態 】

- 住吉海岸では、シーガイア IC 前面付近において、過去にサーフィン利用がなされていた。シーガイア IC 周辺の海浜断面の変化状況（図－6.6 参照）によると、1996（H8）年以前は、水深 3m 以浅の海浜断面が確保されている。

【 必要砂浜幅と海浜断面 】

- サーフィンの利用上必要な砂浜幅として、H.W.L.時においても前浜を確保できる砂浜幅 20～30m（前浜勾配：1/10～1/15，H.W.L.：T.P.+1.2m より、砂浜幅 12～18m＋α）が設定される。
- 水深 3m よりも岸側の海浜断面の海底勾配が一様で、勾配が 1/30 よりも緩いという条件が重要になると推定される。



図－6.6 サーフィンが可能と考えられる海浜断面の要件

(2) レクリエーション

過去の利用状況および既往資料より、レクリエーション利用上必要な砂浜幅を設定する。

- 当該区間周辺においては、1960 年代に海水浴が可能な海浜であったことから（写真－6.1 参照）、砂浜を回復することにより、海水浴ができるようになる可能性が高い。
- 1960 年代以降、侵食により失われた土砂量は約 700 万 m^3 と推定されていることから、写真－6.1 に示すような砂浜まで回復するには、非常に莫大な土砂量が必要と考えられる。
- 既往資料（図－6.7 参照）によると、海水浴場としての必要砂浜幅は 30m程度以上と設定される。

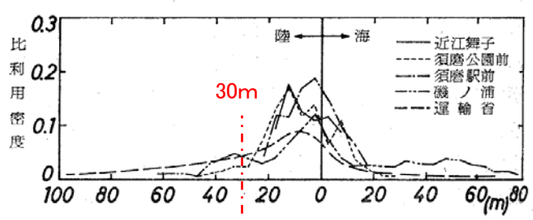


写真－6.1 1966（昭和 41）年当時の大炊田海岸(一ツ瀬川～石崎川)の利用状況

表－ 6.3 海水浴場等の成立条件

自然条件＼活動	海水浴	浜遊び（潮干狩り）
波浪	波高：50cm以内が望ましい 1 m以上あるとき遊泳に危険	波高が小さいほうが危険が少ないが、波があること自体は問題ではない
潮流	遊泳限界流速：50cm／sec 遊泳注意流速：20～30cm／sec	関連性は少ない
水温	遊泳限界水温：20℃ 24℃以上が好ましい	とくに冷たい水温（10℃以下）でなければ適
水質	大腸菌群：1,000MPN／100ml 以下 COD ：2PPM 以下 常時油膜が認められない 透視度：30cm以上 pH7.8～8.3 海藻やゴミ等の浮遊物が少ない	海水浴ほど厳しい制約はないが、水質がよいほど適性は高くなる
底質	底質：泥土・岩石がなく、貝殻も少ない。 粒径：２㎜以内の砂であることが望ましい 勾配：２～10㌫で遠浅 遊泳水域の水深：1.5mまでの幅1.5m以上	砂浜、磯浜等の自然海岸の適性が高い
浜部	汀線長：できれば500m以上が望ましい 砂浜幅：満潮時の水際より30m以上が望ましい	広々として開放的な海岸は適性が高い
海洋生物	クラゲ等の人に危害を与える生物が少ないこと	多様な生物相を観測できることが好ましい
後背部	背後に樹林地や丘陵地があること 陽当りが良いこと 付近に流入河川がないこと	同 左
気温	24℃以上あることが必要	寒さを感じさせるような気温（10℃以下）でなければ適性あり。20℃以上が好ましい
天候	晴天多く、真夏日２週間以上	晴天であることが好ましい
風	風力５ｍ／sec 以下の風が好ましい	強風（10m／sec 以上）は適さない

（出典：「海洋性観光地計画の手引き」p. 33，社団法人日本観光協会）



（出典：井上ら（1982），海水浴場に関する海岸工学的研究（第２報），海岸工学論文集，第 29 巻，pp. 633-637.）

図－6.7 利用密度と汀線からの距離の関係

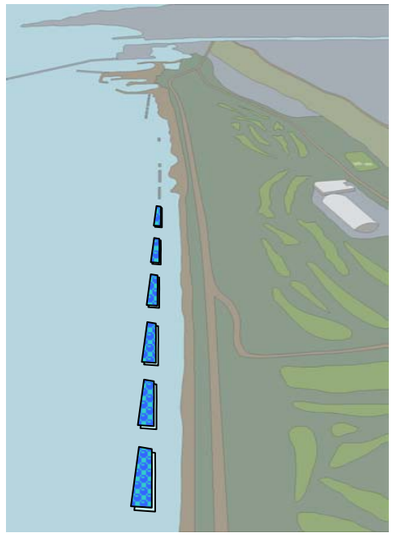
7. 対策工法の評価および比較検討（H18.3.29）

7.1 比較検討を行う対策工の抽出

★対策工に必要な機能：①沿岸漂砂の制御：宮崎港に向かう沿岸漂砂の制御
②総合土砂管理の観点から河川からの流出土砂の回復（ダム堆砂を下流に流す等）もしくは人為的な土砂投入（養浜）
★環境、利用への配慮：影響が最小限となるよう、対策工設置基数を少なく、かつ設置間隔を広くとることができるなど、柔軟な配置計画が可能となる工法

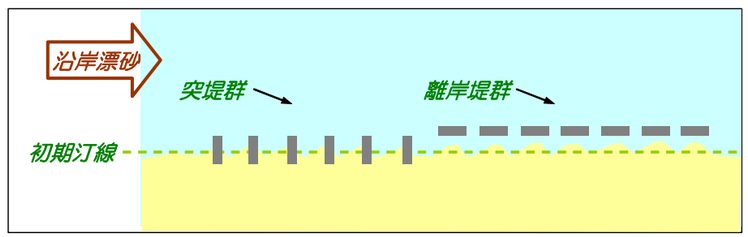
先に提案した下記3案と施設を追加せずに養浜工のみにより対応した場合の計4ケースについて、地形変化の将来予測計算を行い、効果影響等について比較検討を行った。

第1案　従来型離岸堤＋突堤
＋サンドリサイクル・サンドバイパス（流域全体での対応）

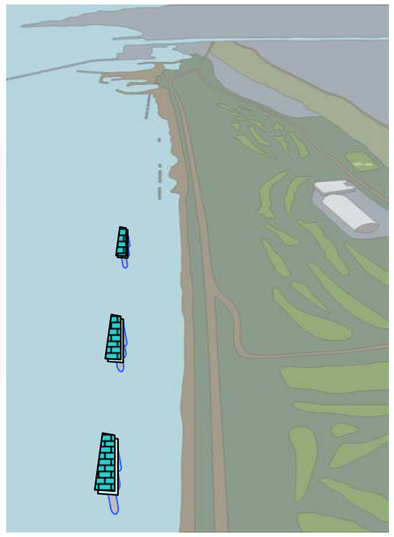


皆生海岸（鳥取県）



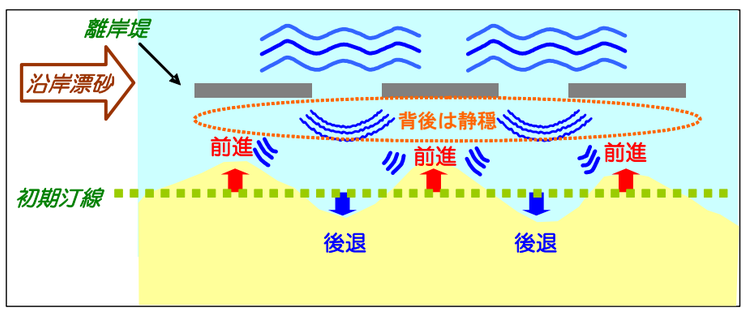


第2案　新型離岸堤
＋サンドリサイクル・サンドバイパス（流域全体での対応）

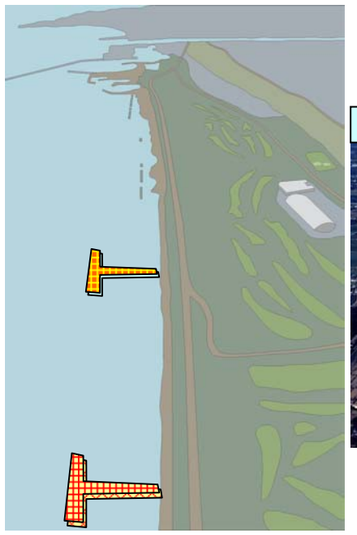


駿河海岸（静岡県）の例



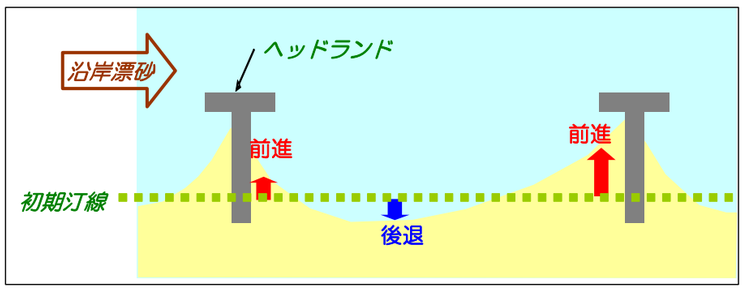


第3案　ヘッドランド
＋サンドリサイクル・サンドバイパス（流域全体での対応）



鹿嶋海岸（茨城県）の例





7.2 侵食対策工の平面配置検討

7.2.1 施設配置の条件

侵食対策工 3 案（離岸堤＋突堤，新型離岸堤，ヘッドランド）の施設配置を設定する上で、基本となる条件を下記のとおり設定した。

構造物の設置範囲は、住吉海岸および大炊田海岸において設定されている海岸保全区域（図－7.1 参照）の範囲を基本とし、その他の範囲は養浜工により保全を図る。

⇒一ツ瀬川右岸側の漁港区域は、地形変化の短期変動が顕著で地形変化傾向が明確でない（侵食されることもあるが回復・堆積することもある，写真－7.1 参照）。また、石崎川河口部の河川区域は、河口処理および河川計画との調整が必要である。これより、本検討においては、いずれの対策工案においても両区域には施設を配置せずに、養浜工により砂浜の保全を図るものとした。

シーガイア IC までの区域は、高波浪時の一ツ葉有料道路への越波や、緩傾斜護岸の安全性確保のために、緊急的・応急的な対策が必要であり、現計画どおり離岸堤を設置する。

⇒台風 0514 号通過後の現地踏査より、高波浪時には、護岸を越波している痕跡や、護岸背後の地盤が侵食されている状況が確認されたことから（写真－7.2 参照）、対策の緊急性を考慮して、平成 12 年度の委員会で決定されているシーガイア IC 近傍まで離岸堤を計 8 基（うち 6 基は設置済み）設置するという計画を踏襲することとした。

7.2.2 各対策工の平面配置の検討

以下に各対策工の平面配置の基本諸元を示す。なお、諸元の設定にあたっては、「海岸保全施設の技術上の基準・同解説（平成 16 年 6 月）」，「2000 年版　海岸施設設計便覧（平成 12 年 11 月）」，「住吉海岸　海岸保全施設計画書（平成 17 年）」および他海岸の事例等をもとに検討した。

(1) 従来型離岸堤＋突堤

『離岸堤＋突堤』による対策は、従来実施されてきた一般的な工法であり、汀線付近を中心とした漂砂制御工法である。したがって、現在の海岸保全施設計画を踏襲して、住吉 IC 近傍までは離岸堤、それよりも北側区間は突堤とし、以下に示す離岸堤および突堤の平面形の基本諸元に基づき配置した。

離岸堤：堤長 200m，開口幅 50m，離岸距離 50m を基本とする。
突　堤：堤長 50m，設置間隔 150m を基本とする。

(2) 新型離岸堤

『新型離岸堤』による対策は、沖合いに設置した堤体による消波効果により、漂砂移動が活発な水域を含めたその背後（陸側）域を静穏にすることで漂砂の移動量を制御する工法である。したがって、施設の設置対象区間全体において一様な波浪低減効果（＝漂砂制御効果）を得る必要があることから、以下に示す平面形の基本諸元をもとに、対象区間全域で一様な配置とした。

新型離岸堤：離岸距離 300m，堤長 300m，開口幅 100m を基本とする。

(3) ヘッドランド

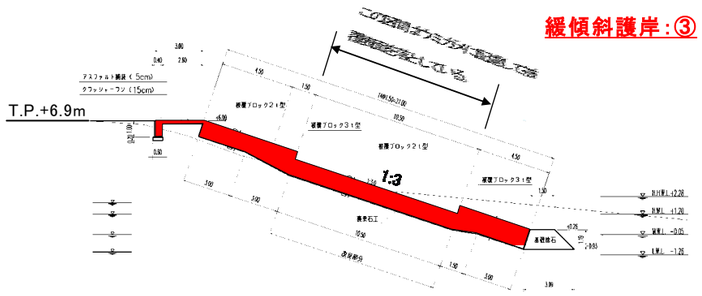
『ヘッドランド』による対策は、規模の大きな突堤形式または離岸堤形式の堤体を設置し、漂砂移動が活発な沖合いまでの沿岸漂砂を捕捉することに加え、ヘッドランド間で海岸線の傾きを来襲波浪の波向きに対応した形で変化させ、沿岸方向に動く漂砂量を低減する工法である。ヘッドランド間の汀線は、沿岸漂砂上手側は後退、下手側は前進し、現在の直線状から弓状に変化する。

ヘッドランドは、先の 2 工法に比べて 1 基当たりの規模は大きくなるが、新型離岸堤のように施設の消波効果により漂砂制御を行うものではないため、開口部(ヘッドランド設置間隔)を広くとることができる。したがって、以下に示す平面形の基本諸元をもとに、海岸の環境・利用等に配慮して配置した。

ヘッドランド：設置間隔 1000m，突堤長 300m，ヘッド部堤長 150m を基本とする。

上記に示した対策工 3 案の具体的な平面配置案を図－7.2 に示す。

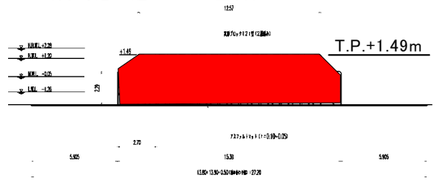
緩傾斜護岸：③



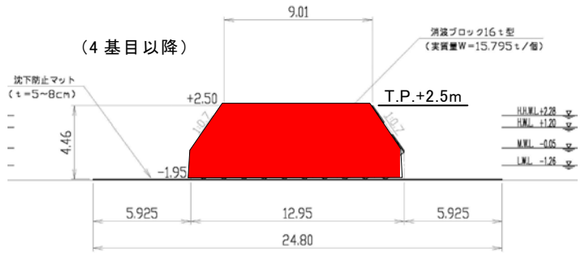
住吉海岸（侵食対策）

離岸堤：⑦

（宮崎港に近い 1～3 基目）

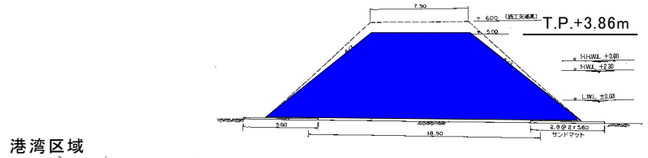


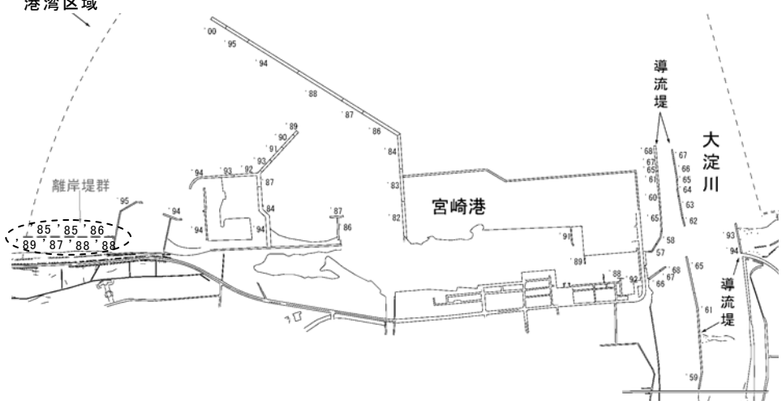
（4 基目以降）



宮崎港

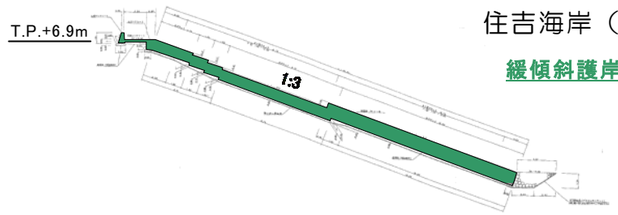
離岸堤：④

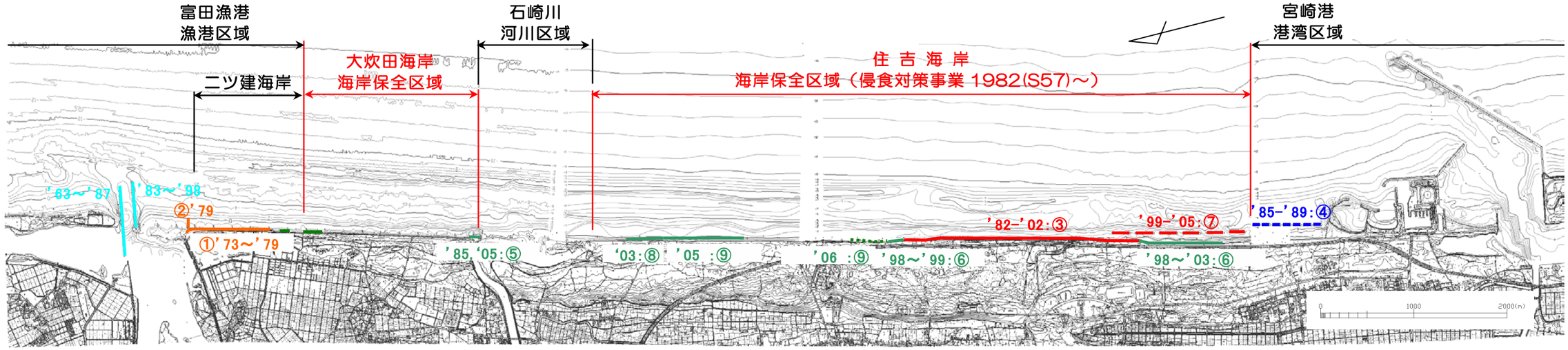




住吉海岸（林野災）

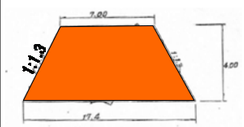
緩傾斜護岸：⑥



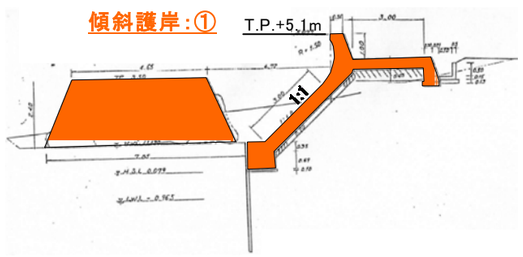


二ツ建地区（農地整備）

突堤工：②

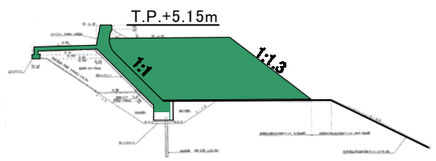


傾斜護岸：①

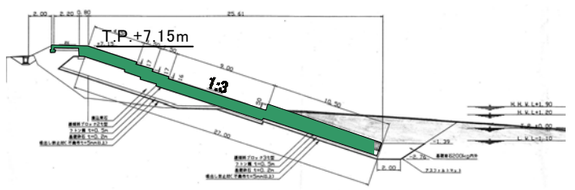


大炊田海岸（林野災）

傾斜護岸：⑤

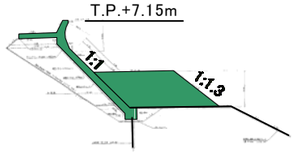


緩傾斜護岸：⑧



石崎浜海岸（林野災）

傾斜護岸：⑨



図－7.1　住吉海岸周辺における管理区分と海岸保全施設の施工履歴状況





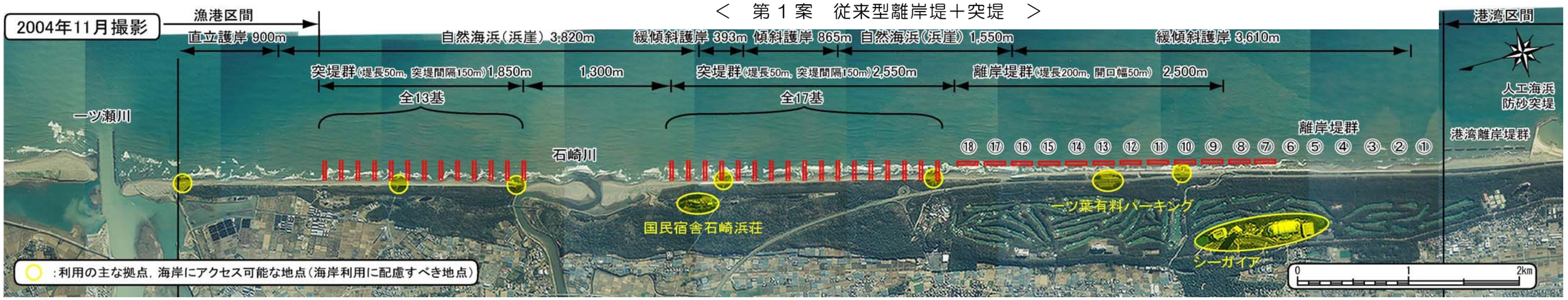
写真－7.1　一ツ瀬川右岸部（二ツ建海岸）の砂浜の変化状況



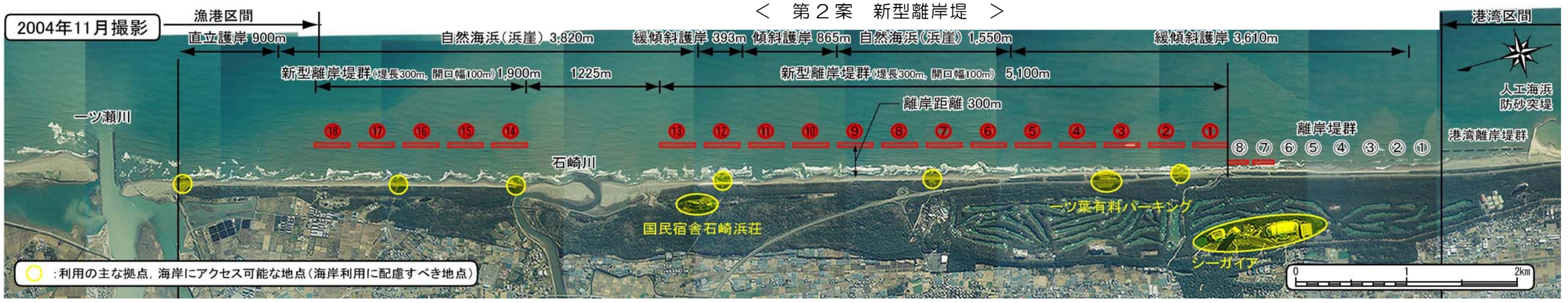


写真－7.2　シーガイア IC 近傍の状況（台風 0514 号通過後）

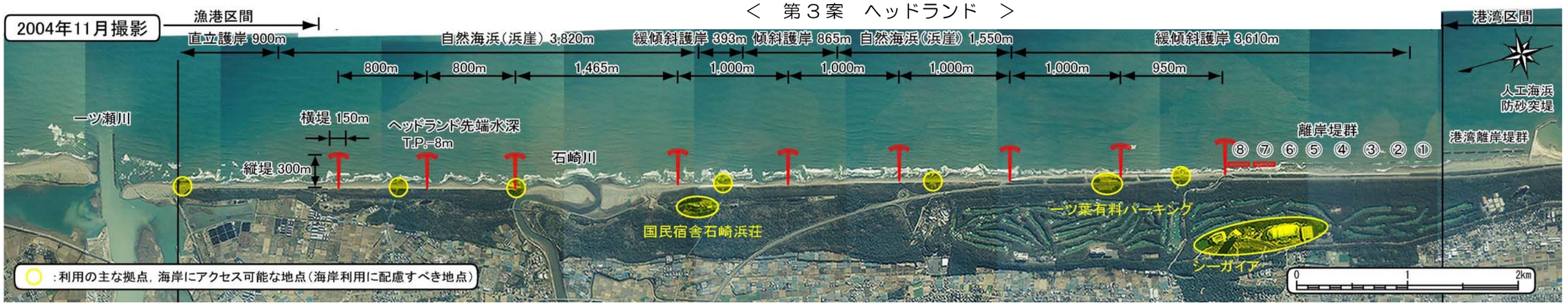
＜　第１案　従来型離岸堤＋突堤　＞



＜　第２案　新型離岸堤　＞



＜　第３案　ヘッドランド　＞



図－7.2　平面配置案（上段：従来型離岸堤＋突堤，中段：新型離岸堤，下段：ヘッドランド）

7.3 地形変化の将来予測による対策工の評価

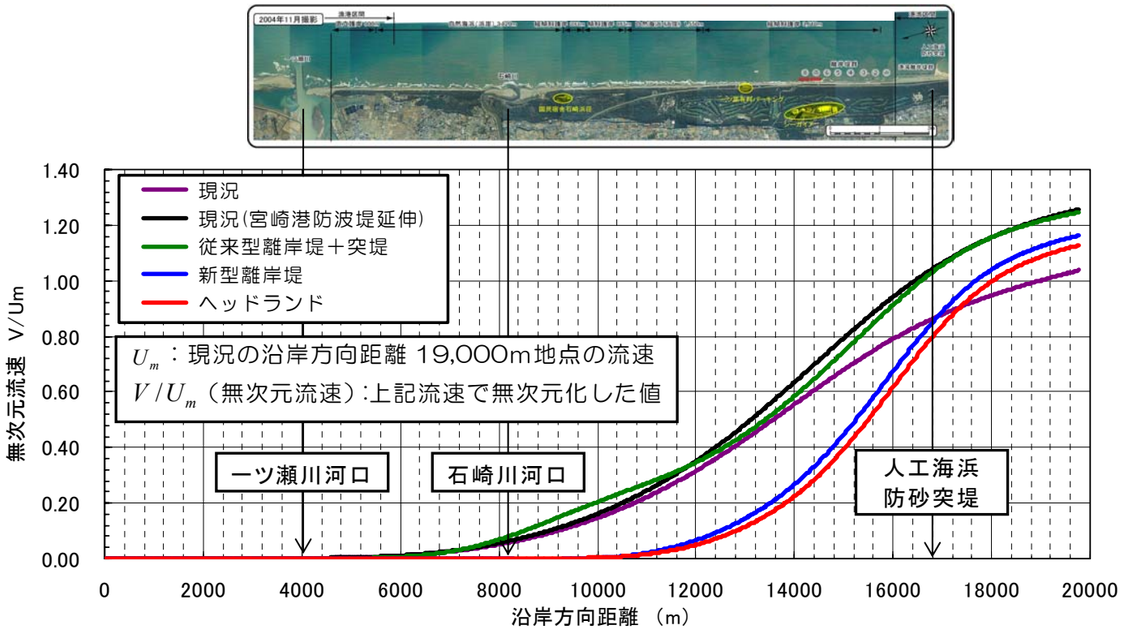
7.3.1 侵食対策工の評価（将来予測計算）に用いる地形変化モデル

当該海岸の土砂収支の解明、および将来的な地形変化を予測することを目的として、地形変化を予測する数値モデル（汀線変化モデル）を構築してきた結果、卓越海浜流をモデルに組み込むことにより、過去の汀線変化および現況で推定される土砂収支（漂砂量分布）を概ね再現することが確認された。

これより、同モデルにより当海岸の汀線変化および沿岸漂砂量分布の将来予測計算を行うことが可能と判断し、侵食対策工の効果、影響を予測することとした。

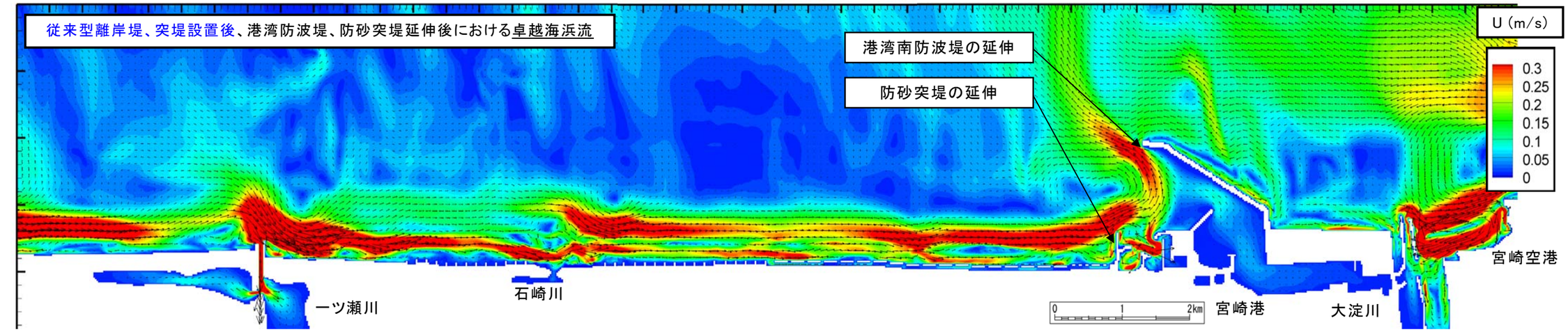
7.3.2 将来予測における計算条件

将来予測計算を実施するにあたり、宮崎港の今後の港湾計画（南防波堤の延伸および防砂堤の延伸）および対策工を実施した場合の海浜流を計算し、その結果より抽出した平均流速分布（**図－7.3**）を用いて、沿岸漂砂量および汀線変化の将来予測を行った。予測計算に反映することとした。

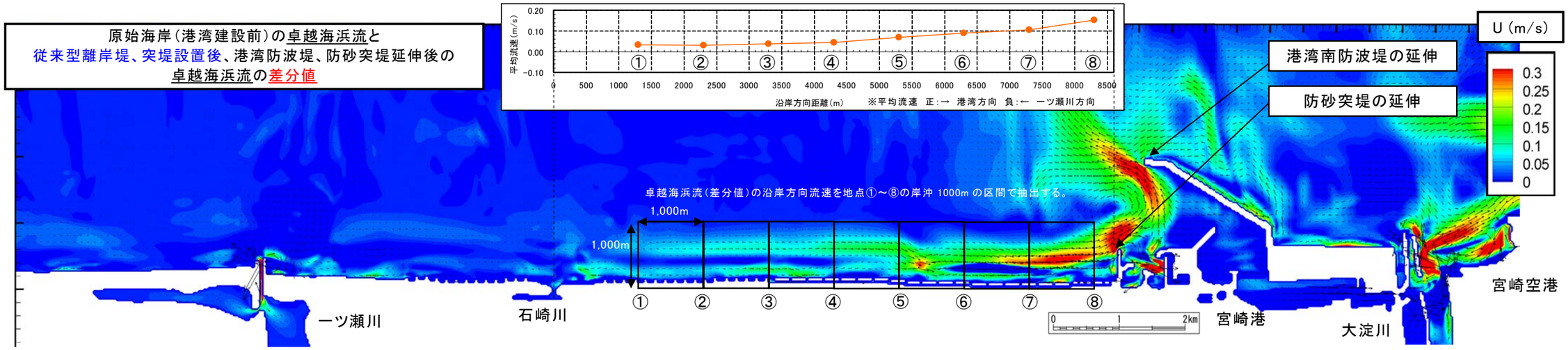


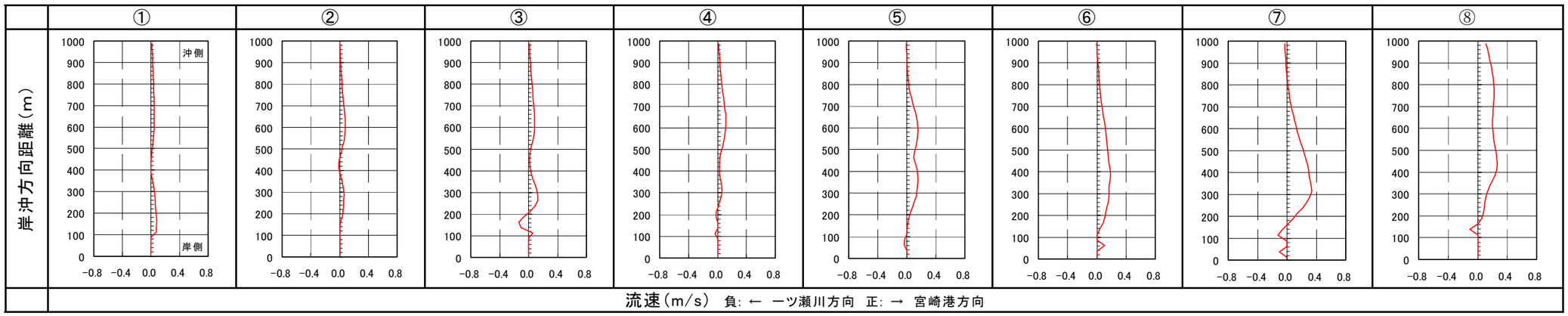
図－7.3 汀線変化計算に使用する卓越海浜流の無次元流速

■卓越海浜流計算結果（第１案　従来型離岸堤+突堤）

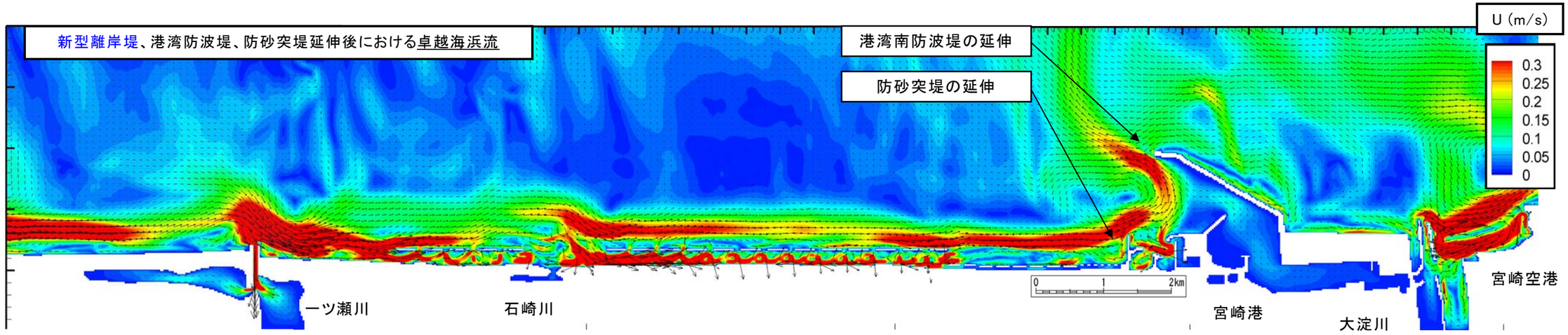


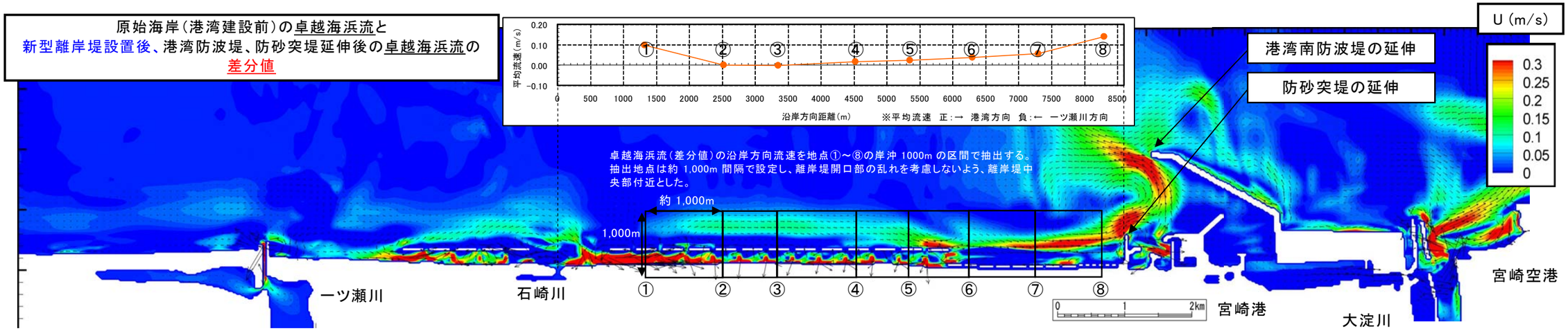
原始海岸（港湾建設前）の卓越海浜流と
従来型離岸堤、突堤設置後、港湾防波堤、防砂突堤延伸後の
卓越海浜流の差分値

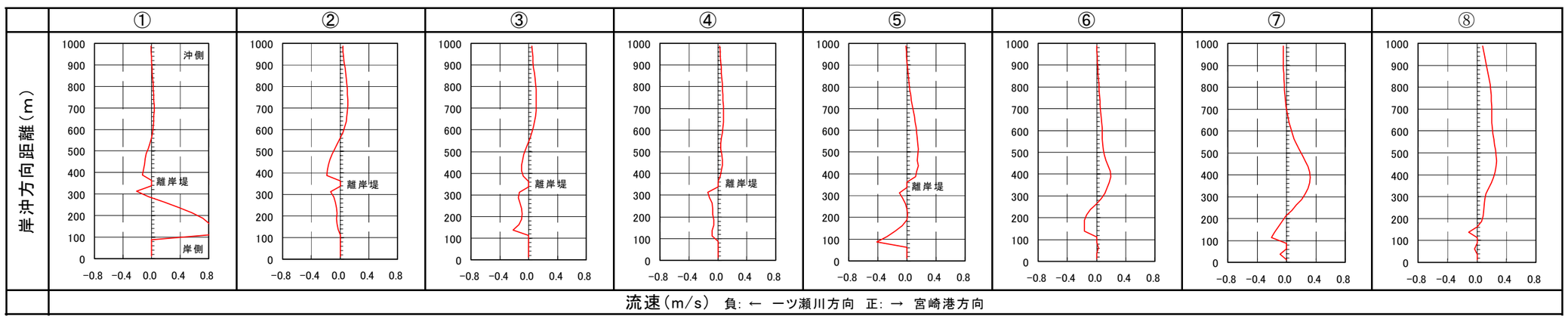




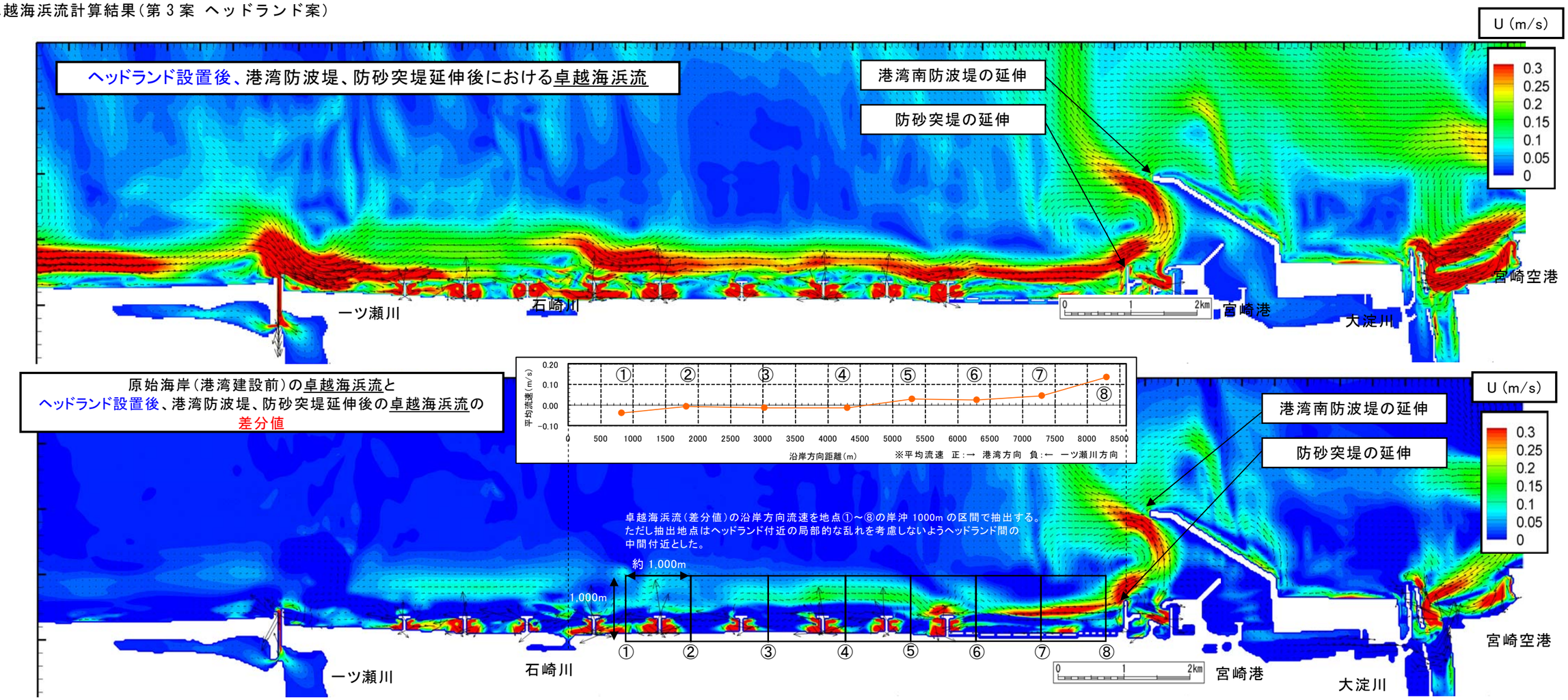
■卓越海浜流計算結果（第２案　新型離岸堤設置案）

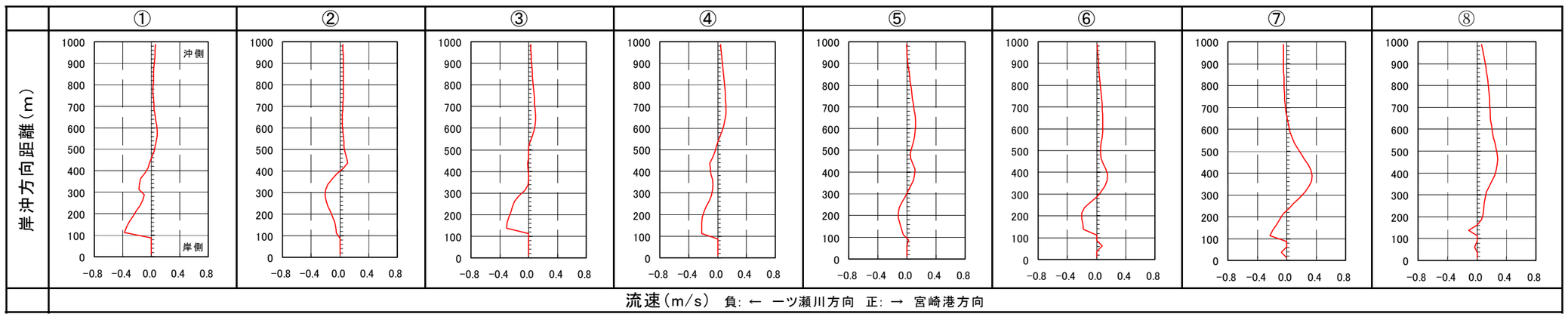




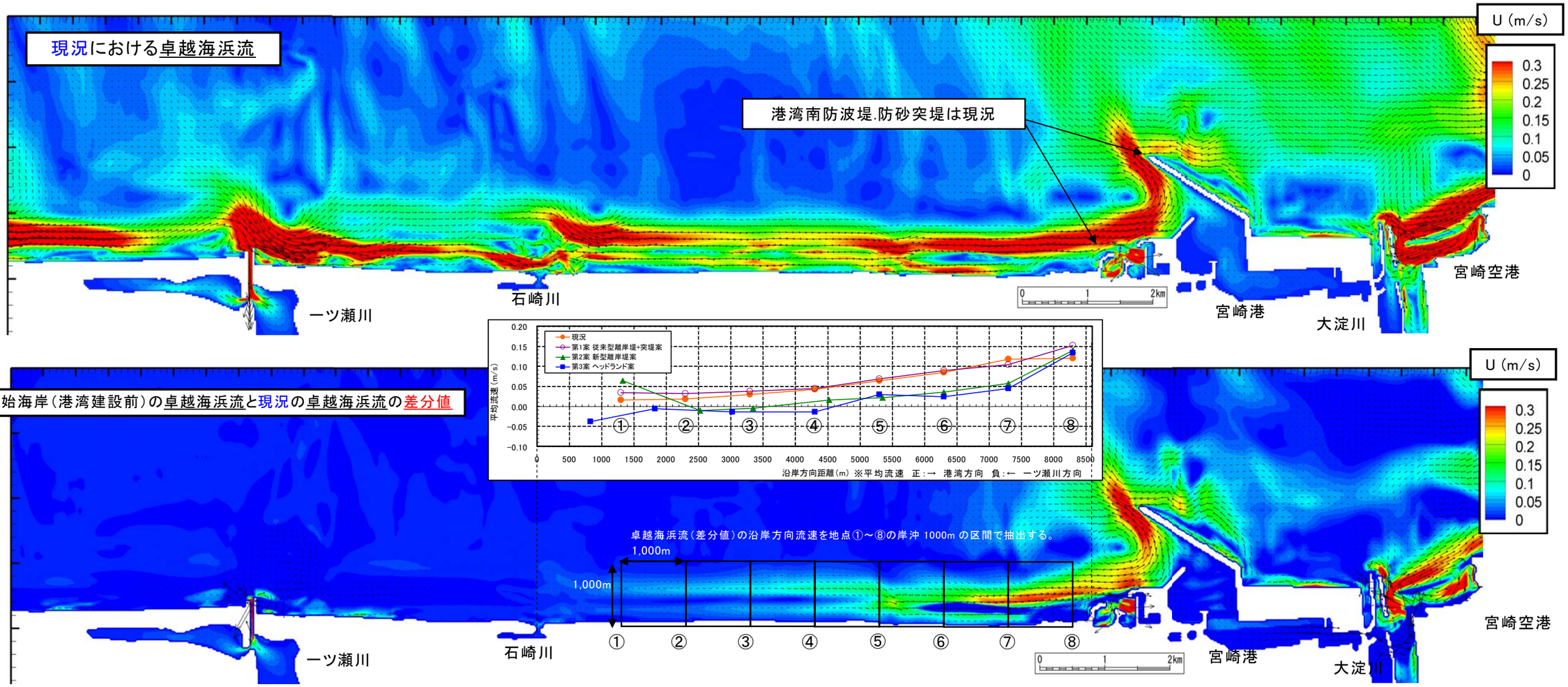


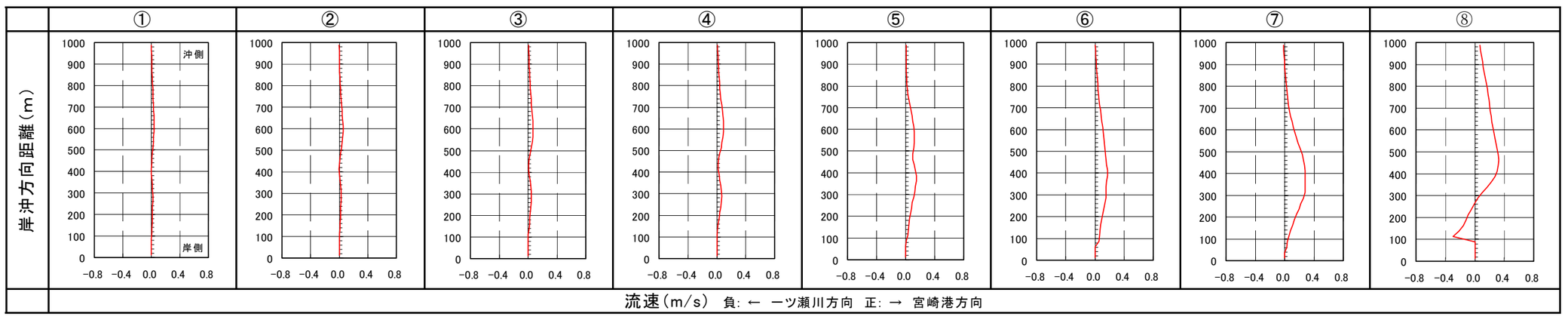
■卓越海浜流計算結果（第３案　ヘッドランド案）





■卓越海浜流計算結果（現況）





7.4 将来予測計算結果（50年後）

7.4.1 養浜を実施しない場合の将来予測

50年後の予測計算結果を図－7.5に示す。上段は、各対策工の平面配置であり、上から従来型離岸堤＋突堤案、新型離岸堤案、ヘッドランド案である。中段は、汀線変化の予測計算結果をもとに、浜幅（現状の護岸法線もしくは浜崖頂部位置からの水平距離）として整理したものである。図中には、現況汀線（初期汀線）と目標浜幅50mおよび養浜を実施せずに現況放置または対策工3案を実施した場合の50年後の予測浜幅を示している。下段は、各計算ケースの50年後の正味の沿岸漂砂量の沿岸方向分布であり、上から現況放置、従来型離岸堤＋突堤案、新型離岸堤案、ヘッドランド案である。なお、上段から下段までは横のスケールおよび位置を合わせている。

(1) 現況放置の場合

- シーガイアIC近傍より北側の区間では、今後も一様に侵食が進み、現況よりもさらに80m程度後退することが予測される。
- 沿岸漂砂量の分布形も住吉IC近傍より北側では流入量よりも流出量の方が多く、50年後も依然としてバランスが取れていないことが予測されることから、50年後以降も侵食は進むことが予測される。
- シーガイアIC近傍より宮崎港側では、現況よりも汀線が前進することが予測されており、沿岸漂砂量分布を見ると、50年後も約10万m3/年の漂砂が港湾区域内に移動することが予測される。
- 以上から、現況で放置することは、防護・環境・利用の各面を考慮すると、容認することは困難であると考えられる。

(2) 施設のみ設置した場合

- いずれの案も現状放置に比べれば汀線の後退を軽減できると予測されるが、当海岸への漂砂供給がないために、目標浜幅50mはもとより、現況の浜幅を維持することも不可能と予測される。
- 従来型離岸堤＋突堤の場合は、汀線近傍に設置する対策であるため沿岸漂砂の捕捉効果が他案に比べ低く、対策工設置区間は動的に安定しているものの、その上手側では侵食の進行が著しいことが予測される。
- 新型離岸堤およびヘッドランドは沿岸漂砂の制御効果が高く、現状の最大20万m3/年程度の沿岸漂砂量が、50年後には最大5万m3/年程度にまで抑えることができると予測される。

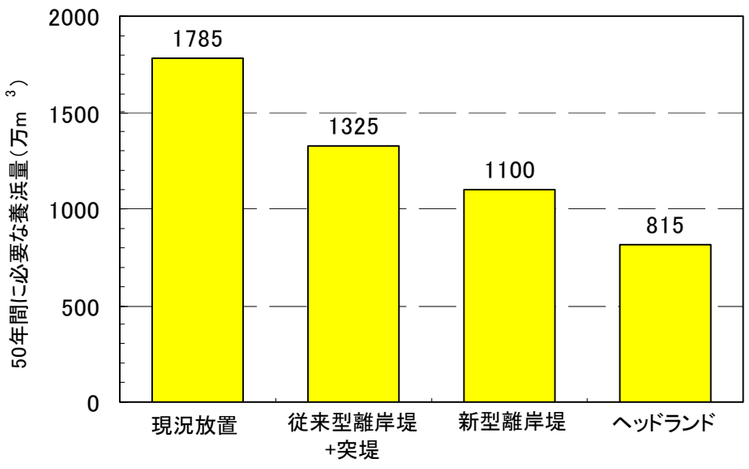
7.4.2 養浜により目標浜幅50mを確保する場合の将来予測

50年後に目標浜幅50mを確保するための養浜量を推算した。計算においては、検討ケース全てにおいて、沿岸漂砂の下手側に位置する離岸堤群（8基）よりも北側の区間を対象に全域（不足している部分）に投入している（施工方法までは考慮していない）。

50年後の予測計算結果を図－7.6に示す。図の配置は、先述した養浜を実施しない場合の予測結果と同じである。また、現況放置および各対策工において目標浜幅50mを確保するために必要な養浜量は図－7.4のとおりである。

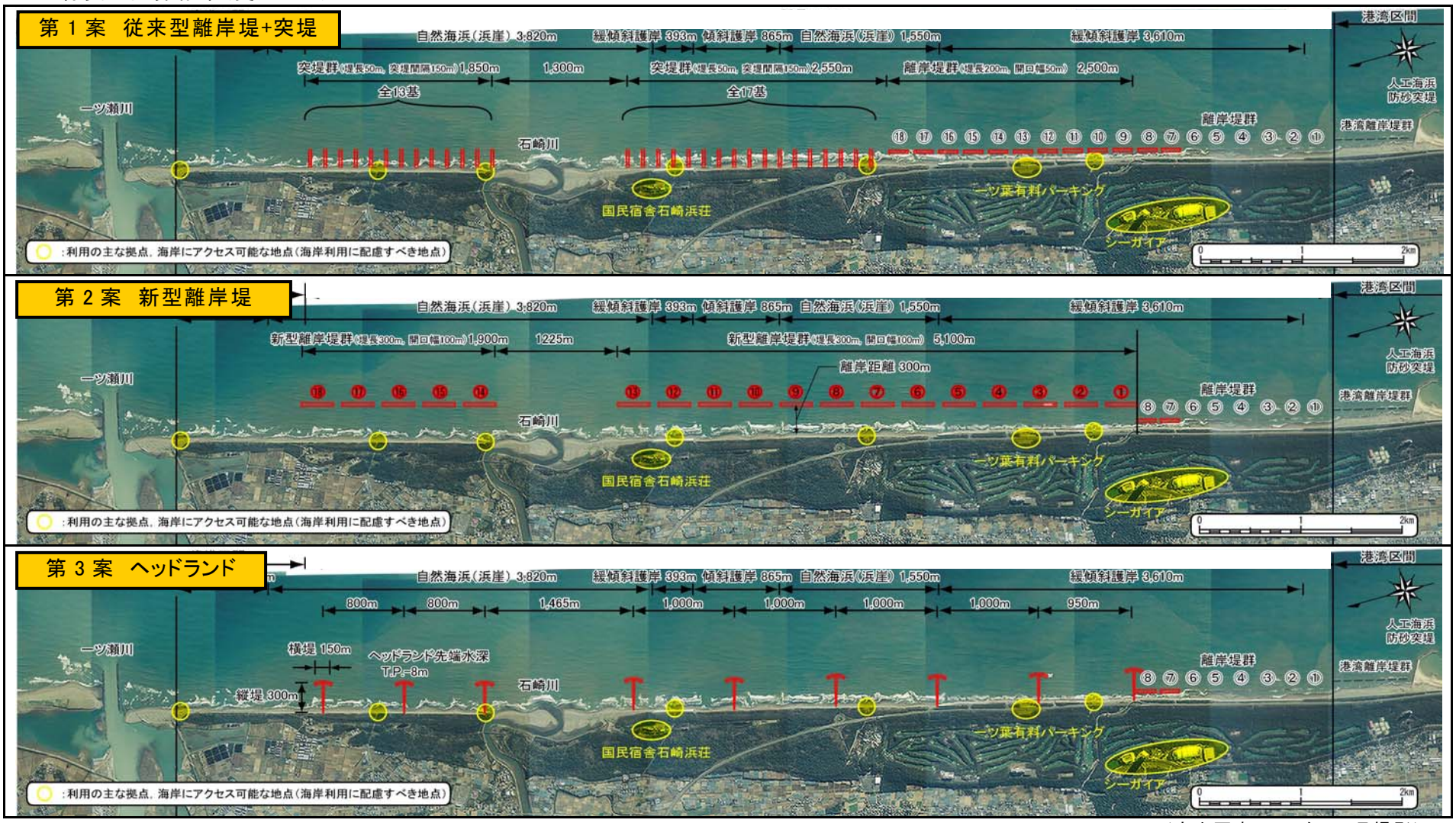
必要養浜量が最も多くなるのは、現況（無施設）の場合であり、50年間で1,785万m^3（約36万m^3/年）の養浜が必要となる。

一方、比較案の中で最も養浜量が少なくてすむのはヘッドランド案であり、50年間で815万m^3（約16万m^3/年）の養浜が必要となる。これは、現況で養浜のみを実施する場合に1,785万m^3（約36万m^3/年）の養浜が必要であるのに比べて、約46%（54%減）の養浜量となる。

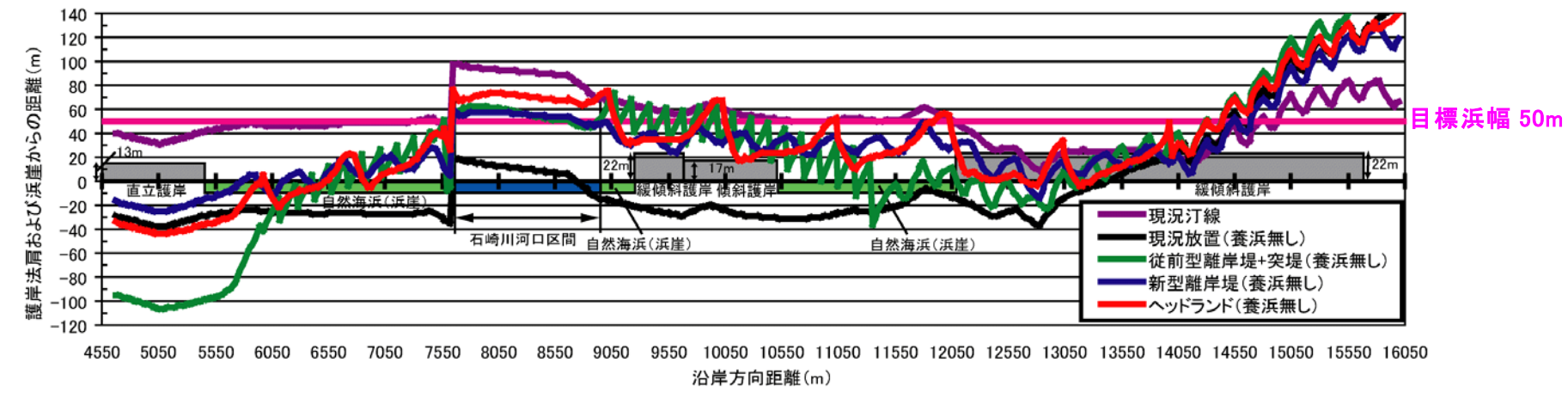


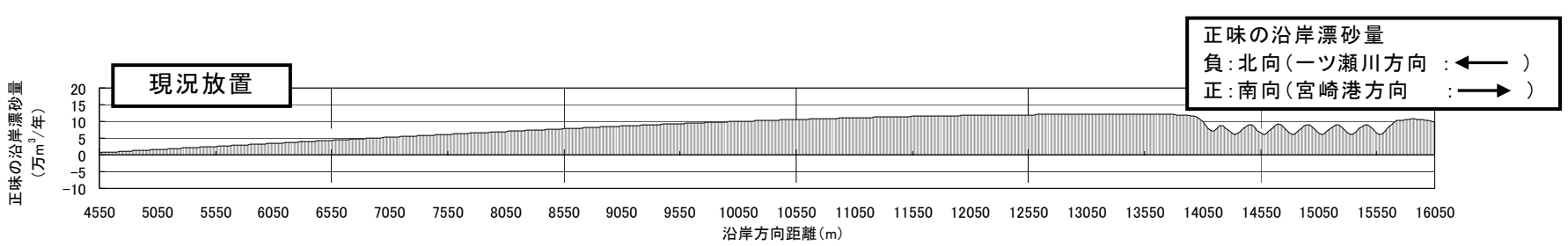
図－7.4 現況放置および各対策工における必要養浜量

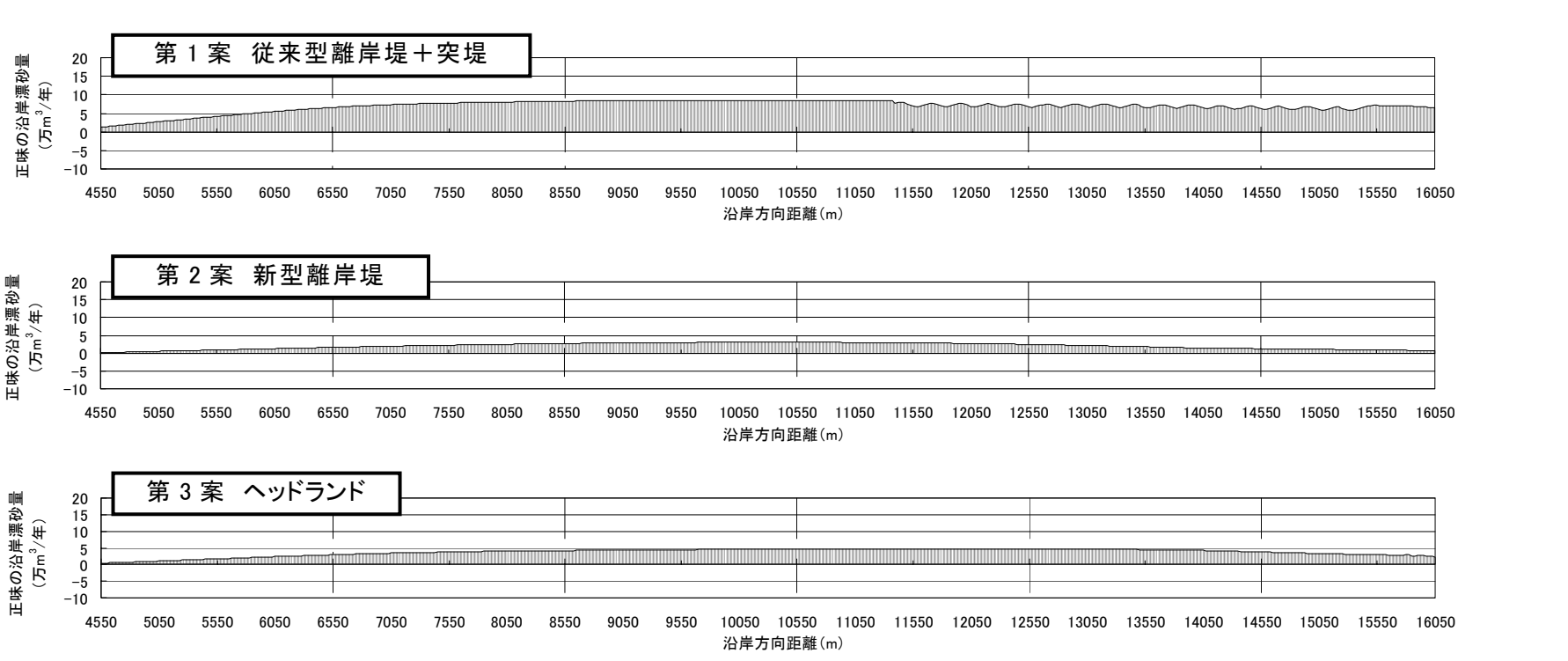
■汀線変化計算結果（養浜無し）



（空中写真:2004 年 11 月撮影）

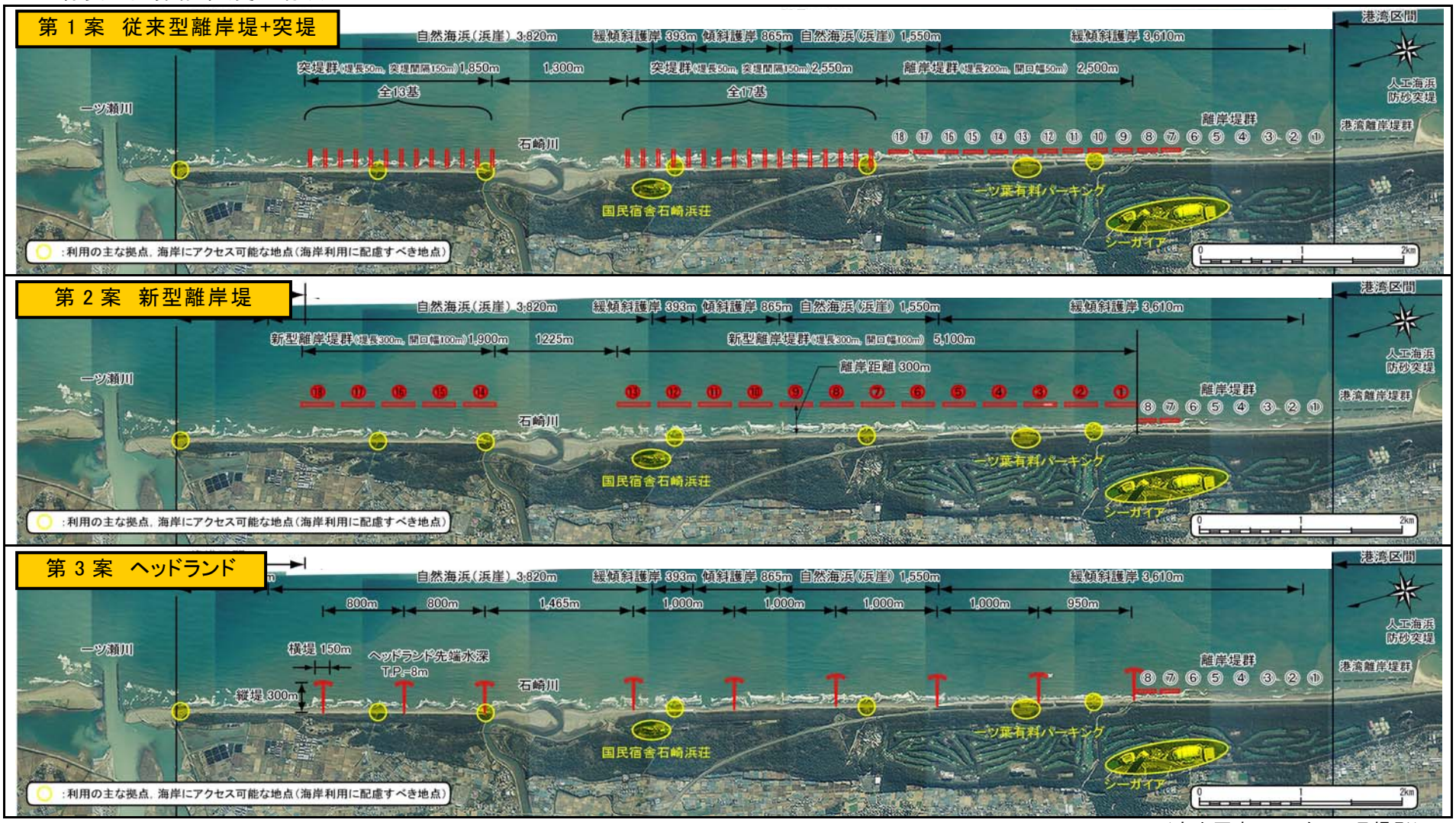




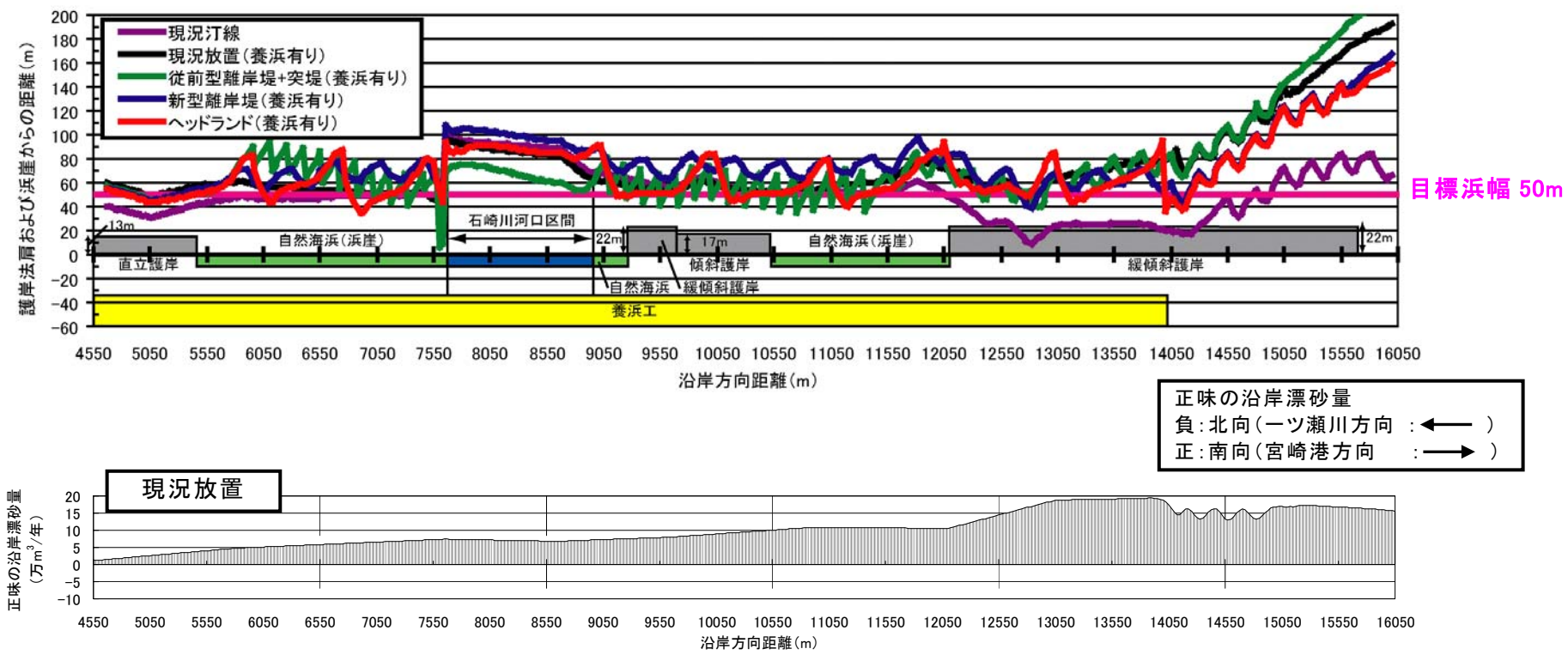


図－7.5　汀線変化計算結果（養浜無し）

■汀線変化計算結果(養浜有り)

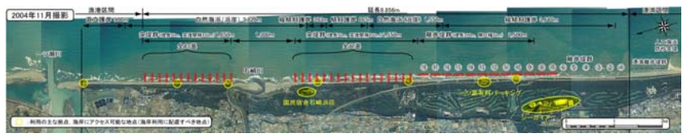
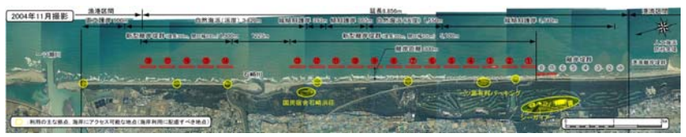


(空中写真:2004 年 11 月撮影)



図－7.6　汀線変化計算結果(養浜有り)

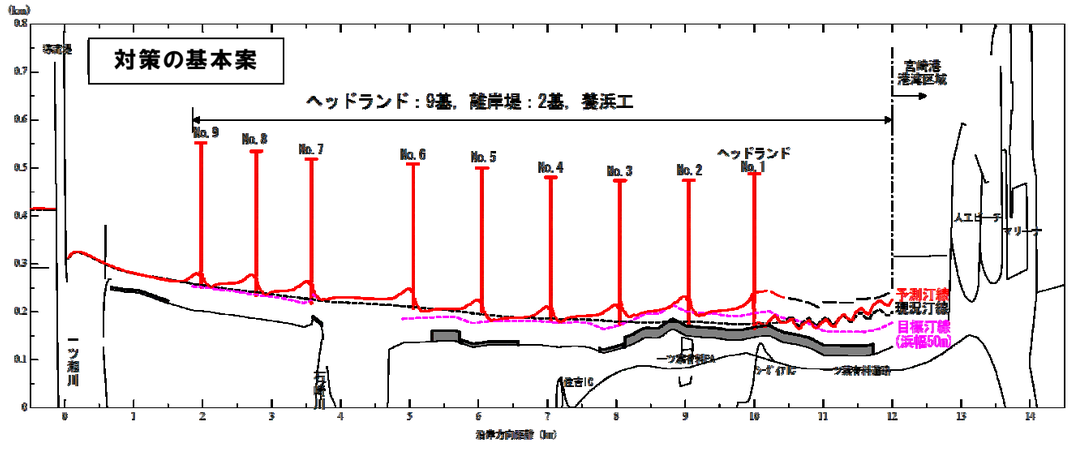
7.5 基本となる侵食対策工の選定（案）

項目	第１案　従来型離岸堤＋突堤 ＋サンドリサイクル・サンドバイパス		第２案　新型離岸堤 ＋サンドリサイクル・サンドバイパス		第３案　ヘッドランド ＋サンドリサイクル・サンドバイパス	
平面配置案						
基本諸元案	【突堤】 ・透過または不透過型 ・堤長：50m 程度（現在の汀線位置から） ・先端水深：T.P.-2～-3m ・設置間隔：150m ・設置基数：30 基	【離岸堤】 ・透過型 ・堤長：200m ・開口幅：50m ・設置水深：T.P.-2～-3m ・設置基数：12 基	【新型離岸堤】 ・透過型 ・堤長：300m ・開口幅：100m ・設置水深：T.P.-6～-8m 程度 ・離岸距離：300m 程度（現在の汀線から） ・設置基数：18 基	【離岸堤】 ・透過型 ・堤長：200m ・開口幅：50m ・設置水深：T.P.-2～-3m ・設置基数：2 基	【ヘッドランド】 ・不透過型 ・縦堤長：300m（現在の汀線から） ・横堤長：150m ・設置間隔：約 1,000m（開口幅約 850m） ・設置水深：T.P.-6～-8m 程度 ・設置基数：9 基	【離岸堤】 ・透過型 ・堤長：200m ・開口幅：50m ・設置水深：T.P.-2～-3m ・設置基数：2 基
対策の考え方	・既設護岸設置区間には従来型離岸堤、自然海浜が比較的残っているエリアにおいては突堤を設置し、海浜の安定化を図る工法である。 ・ただし、沿岸漂砂の捕捉効果が他の案に比べ低いため、流砂域・沿岸域全体での土砂管理（サンドリサイクル・サンドバイパスによる養浜）に依存するところが大きい。		・水深の深い沖合いへの設置に有効な新型離岸堤を設置し、その堤体による消波効果により、漂砂帯を広くカバーする背後（陸側）域を静穏にすることで漂砂の移動量を制御する工法である。 ・これに加えて流砂域・沿岸域全体での土砂管理（サンドリサイクル・サンドバイパスによる養浜）により海浜の安定化を図る。		・規模の大きな突堤形式の堤体を設置し、沿岸漂砂を直接捕捉することに加え、ヘッドランド間で海岸線の傾きを来襲波浪の波向きに対応した形で変化させ、沿岸方向に動く漂砂量を低減する工法である。 ・これに加えて流砂域・沿岸域全体での土砂管理（サンドリサイクル・サンドバイパスによる養浜）により海浜の安定化を図る。	
侵食防止効果・影響	・従来型離岸堤＋突堤の場合は、汀線近傍に設置する対策であるため沿岸漂砂の捕捉効果が他案に比べ低く、50 年後の沿岸漂砂量は最大 15 万 m^3/年程度と予測される。また、対策工設置区間は動的に安定しているものの、その上手側では侵食の進行が著しいことが予測される。 ・目標浜幅 50m を確保するためには、50 年間で約 1,325 万 m^3（約 27 万 m^3/年）の土砂（養浜）が必要と推定される。		・沿岸漂砂の制御効果は高く、50 年後の沿岸漂砂量は最大 5 万 m^3/年程度に抑えることができると予測される。 ・目標浜幅 50m を確保するためには、50 年間で約 1,100 万 m^3（約 22 万 m^3/年）の土砂（養浜）が必要と推定される。 ・沖合いで消波するため堤体背後（陸側）に静穏域が形成され、岸沖漂砂の制御効果も期待できる。一方で、その効果が高すぎると、施設設置範囲（静穏域）外から漂砂を引き込み、新たな侵食が発生する可能性が高い。		・沿岸漂砂の制御効果が高く、50 年後の沿岸漂砂量は最大 5 万 m^3/年程度に抑えることができると予測される。 ・目標浜幅 50m を確保するためには、50 年間で約 815 万 m^3（約 16 万 m^3/年）の土砂（養浜）が必要と推定される。	
越波防止効果	砂浜を保全し、目標浜幅を確保・維持することにより、越波防止効果が見込める。					
環境・景観への影響	・施設を密な間隔で設置することから景観上好ましくない。 ・アカウミガメの上陸に際し、影響が生じる。		・施設を密な間隔で設置することから景観上好ましくない。 ・アカウミガメの上陸に際し、影響が生じる。		・他案に比べ設置間隔が広いため、景観上の影響は小さい。 ・アカウミガメの上陸への影響は、他案に比べて小さい。	
利用への影響（漁業,サーフィン等）	・漁業利用に対しては、施設の設置が汀線際であることから、沖合いでの操業には影響が小さいと考えられる。ただし、養浜砂の投入量,流出量が他案に比べ多くなることから、養浜砂の質に留意する必要がある。 ・サーフィン利用に対しては、影響が生じると思われる。		・漁業に対しては、沖合いでの操業に影響が生じると思われる。 ・サーフィン利用に対しては、影響が生じると思われる。		・漁業に対しては、ヘッドランド設置地点では操業に影響が生じると思われるが、他海岸の事例から漁業（バッチ網、チリメン）に極力配慮するために設置間隔を 1km とし、最小限の設置基数としている。 ・サーフィン利用に対する影響は、他案に比べると小さいと思われる。	
施設コスト（概算費用）	約 48 億円 離岸堤：3 億円/基×10 基＝30 億円 突堤：0.4 億円/基×30 基＝12 億円 （+緊急侵食対策としての離岸堤：3 億円/基×2 基＝6 億円） ・設置基数は多くなるが、施設規模が小さいため、他案に比べて施設の初期コストは安くなる。		約 420 億円 新型離岸堤：23 億円/基×18 基＝414 億円 （+緊急侵食対策としての離岸堤：3 億円/基×2 基＝6 億円） ・施設規模が大きく、設置基数が多いため、施設の初期コストは高くなる。		約 276 億円 ヘッドランド：30 億円/基×9 基＝270 億円 （+緊急侵食対策としての離岸堤：3 億円/基×2 基＝6 億円） ・施設規模が大きいため、従来型離岸堤＋突堤に比べると施設の初期コストは高くなる。	
養浜コスト（概算費用）	約 530 億円 ［ 1,325 万 m^3/年×0.4 万円/m^3＝530 億円 ］ ・50 年間で約 1,325 万 m^3 の土砂が必要と推定 ・施設整備後、沿岸漂砂の不均衡分を補うための必要養浜量(沖合い流出土砂分は含まない):15 万 m^3/年×0.4 万円/m^3＝6 億円/年		約 440 億円 ［ 1,100 万 m^3/年×0.4 万円/m^3＝440 億円 ］ ・50 年間で約 1,100 万 m^3 の土砂が必要と推定 ・施設整備後、沿岸漂砂の不均衡分を補うための必要養浜量(沖合い流出土砂分は含まない):5 万 m^3/年×0.4 万円/m^3＝2 億円/年		約 326 億円 ［ 815 万 m^3/年×0.4 万円/m^3＝326 億円 ］ ・50 年間で約 815 万 m^3 の土砂が必要と推定 ・施設整備後、沿岸漂砂の不均衡分を補うための必要養浜量(沖合い流出土砂分は含まない):5 万 m^3/年×0.4 万円/m^3＝2 億円/年	
総概算事業費	約 578 億円 ［ 施設整備費:48 億円, 養浜費:530 億円 ］		約 860 億円 ［ 施設整備費:420 億円, 養浜費:440 億円 ］		約 602 億円 ［ 施設整備費:276 億円, 養浜費:326 億円 ］	
当海岸への適応性	・今後 50 年間のコスト比較では最も安いが、漂砂制御の性能が他案に比べ低いため、施設整備完了後も他案に比べ大規模な養浜を半永久的に継続しなければならず、この維持コストが懸念される。 ・環境、景観および利用面への影響が大きい。 ⇒**適応性は低い**。		・沖合いでの消波効果も見込めることから、漂砂制御の性能は比較案の中で最も高いと考えられるが、今後 50 年間のコスト比較では最も高く、また、漂砂制御効果が高すぎることによる隣接地点への侵食の波及も懸念される。 ・環境、景観および利用面への影響も大きい。 ⇒**適応性は低い**。		・漂砂制御，環境，景観および利用面への影響が他案に比べて小さい。 ・今後 50 年間のコスト比較では、従来型離岸堤＋突堤に比べ高いが、他案に比べ堤体の形状や構造形式などに検討の余地があり、コスト縮減の可能性が残されている。 ⇒**他案に比べ適応性は高い**。 ・ただし、当海岸の侵食状況から、対策を実施するには費用や養浜土砂確保の問題が存在するため関係機関の連携なくしては対策の実現は困難である。	

8. 対策の優先度について（H18.9.1）

8.1 対策の基本案選定の考え方と課題

これまでに当海岸の主な海岸侵食要因と推定された『沿岸漂砂の不均衡』と『河川からの供給土砂量の減少』に対して長期的な抜本策を検討してきた。その結果、海岸の防護・環境・利用を総合的に考えた結果、海浜をすべて人工構造物で覆う策は得策でないとの判断をし、『沿岸漂砂を制御できかつ設置間隔を広くとれるヘッドランド工法』と、『目標浜幅への回復およびヘッドランドでは制御しきれない土砂量を養浜工で補う』という対策を基本案とした。しかし、広範にわたる大規模な対策が必要となるため、効果的・効率的な事業の実施が課題となっている。



図－8.1　対策の基本案（将来予測結果）

8.2 ゾーン区分（海岸特性）に見る優先度

対策の基本案に対し、効果的・効率的な事業の実施に向けて、現況の海岸特性および現況を放置した場合の将来の地形変化予測結果からみた一連区間の優先度について整理した。

＜現況の海岸特性・背後地特性からみる優先度＞

住吉海岸周辺における海岸特性・背後地特性を考慮したゾーン区分案と優先順位案を図－8.2に示す。この図からもわかるように、例えば、防護面、環境面のどちらの視点に立つかで優先度は逆転する。

住吉ゾーン：既に砂浜がない区間があることから侵食対策の必要性は高く、既設護岸被災の危険性、ひいては背後の有料道路への越波被害、通行止めなども懸念されるなど防護の優先度が高い。

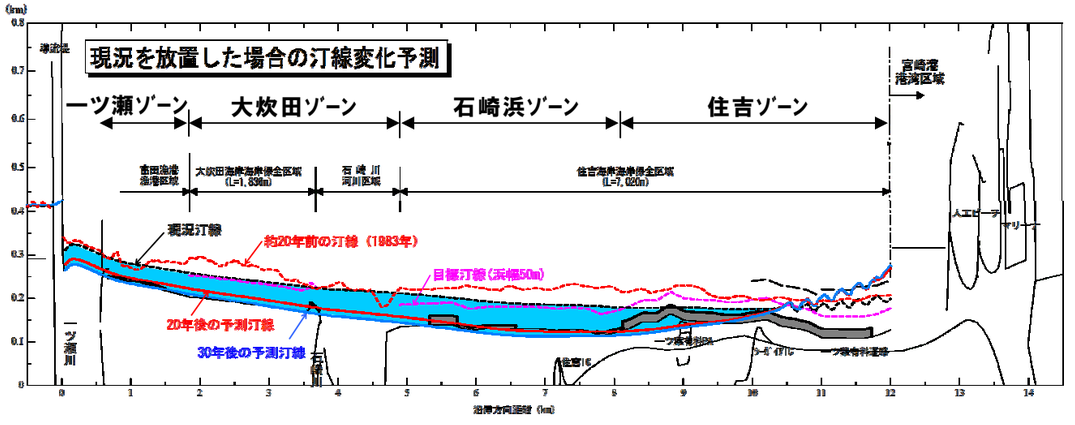
石崎浜ゾーン：砂浜は残るものの侵食は進行しており海岸の人工化（護岸）、浜崖域の拡大が進んでいる。越波被害、ウミガメの上陸・産卵への影響が懸念されている。

大炊田ゾーン：侵食は顕在化しているものの、まだ砂浜は残り越波被害の危険性も現状では小さい。一方で、侵食の進行によるウミガメの上陸・産卵への影響が懸念されており、今残る砂浜を保持していく環境面での優先度が高い。

一ツ瀬ゾーン：砂浜は残るが、侵食は顕在化している。

＜地形変化の将来予測結果による防護の切迫性にみる優先度＞

現況を放置した場合の汀線変化予測を下図に示す。



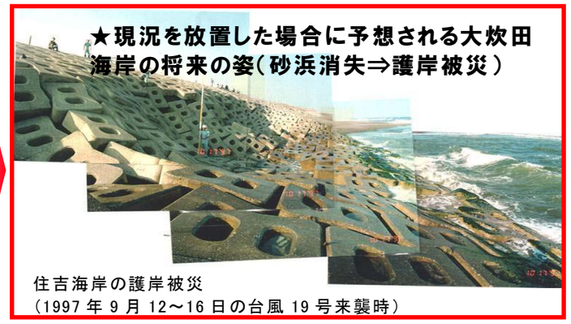
住吉ゾーン：現況で砂浜が消失しており、今後ますます既設海岸保全施設の被災が頻発することとなり、施設の維持に多大な費用負担が発生することが容易に想像される。

石崎浜ゾーン：砂浜は残るものの侵食は進行しており浜崖域が拡大する。現況が放置され侵食が進むと、20 年後には既設護岸の消失、30 年後には砂浜幅は 10m 以下と予測される。

大炊田ゾーン：現状で砂浜があるが、現況が放置され侵食が進むと 20 年後には砂浜幅は 10m 以下、30 年後には砂浜は消失と予測される。

一ツ瀬ゾーン：現況が放置され侵食が進むと 20 年後には既設護岸に侵食がおよぶ。





住吉海岸の護岸被災
（1997 年 9 月 12～16 日の台風 19 号来襲時）

8.3 優先度からみた対応方針

住吉ゾーン・石崎浜ゾーン：現況および将来的な防護面から見ると放置はできない。その一方で、汀線近傍の構造物では抜本的な対策とはなりえないため、結果として、保全施設（構造物）の被災・復旧を繰り返すことが懸念される。したがって、沿岸漂砂の不均衡を是正することが可能（沿岸漂砂の制御が可能）な海岸保全施設を設置していくことが急務である。特に、**沿岸漂砂の最下手側（南側）の設置の優先度は高い**と考える。

大炊田ゾーン・一ツ瀬ゾーン：対象海岸における整備の完成は早期には達成されず、整備期間が長期にわたることが容易に想定されるが、当面の経過措置として台風来襲などによる短期的な海浜地形変化（前浜の消失）に対して、局所的・応急的な護岸等の構造物による対策は、大きな効果は見込めず、かえって隣接区間へのマイナスの影響（侵食の加速）を誘発し、海岸の防護・環境・利用全てにおいてポテンシャルが低下することが予想される。また、現在推定している漂砂特性においては、大炊田ゾーンは沿岸漂砂の上手側にあたり、住吉・石崎浜ゾーンへの漂砂供給源とも位置付けられる。したがって、当面の対策としては、**港湾、漁港、堆積が顕著な海岸、河川やダム等から良質な余剰土砂を活用した養浜を主体とすることが望ましい**と考えられる。

＜ヘッドランドや養浜工等の実施に向けた対策の規模や段階施工などに関する今後の検討＞

現時点で、土砂収支及び漂砂特性が完全に解明されていないため、試験施工やモニタリング等を通して確立していく計画ととらえ、防護効果をはじめ、漁業や環境・利用等への影響・効果についても確認しながら進めていく。

＜砂浜を保全する必要性＞
★防護：自然海浜（砂丘）の保全・護岸の安定性
★環境・利用：アカウミガメ，沿岸域（背後地～海域）全体の生態系保全，海岸景観の保全・継承，サーフィンなどのレクリエーション

		一ツ瀬	大炊田		石崎浜	住吉
海岸特性	砂浜					
	護岸					
	海岸へのｱｸｾｽ					
	背後地の利用	保安林	河口部	保安林		
	保全上の課題	砂丘背後の地盤が低い				海岸直背後に幹線道路が隣接
ゾーン区分(案)	ゾーン名(案)	一ツ瀬	大炊田		石崎浜	住吉
	海岸特性（健全度）	★護岸あり、砂浜は残っている。	★海岸の人工化（護岸）が進んでおらず、貴重な自然環境が残っている。		★海岸の人工化（護岸）が進んでいるが、砂浜は残っている。	★護岸が張り付いており、砂浜は消失している。
対策の優先度(案)	★自然環境の保全優先	○	◎		○	△
	★現況施設の被災防止優先	○	○		○	◎
海岸管理上の課題および必要な調整		★漁港管理者との調整が必要	★事業化調整が必要 ★保安林管理者との調整が必要	★河川管理者との調整が必要	★保安林管理者との調整が必要	★保安林管理者（緩傾斜護岸），道路管理者（一ツ葉有料道路）との調整が必要

所要の規模の砂浜があれば、ｱｶｳﾐｶﾞﾒの上陸産卵が可能
離岸堤
一ツ葉有料 P.A.
保安林
幹線道路（一ツ葉有料道路）

優先度
高 ～ 低

富田漁港 漁港区域
石崎川 河川区域
二ツ建海岸
大炊田海岸 海岸保全区域
住吉海岸 海岸保全区域（侵食対策事業1982(S57)～）
宮崎港 港湾区域

:河川局所管
:港湾局所管
:林野庁所管
:農振局所管

自然海浜
自然海浜
自然海浜
砂浜消失

:現時点でサーフィン可能
:最近サーフィンができなくなった
:消滅したサーフポイント

大炊田海岸背後は地盤が低い
⇒津波・高潮に対しては砂丘を含めた海浜の保全が必要

幹線道路（一ツ葉有料道路）が海岸直背後に隣接
⇒高波浪時の通行止めや道路の安定性が課題

標高
～T. P. +1m
～T. P. +2m
～T. P. +3m
～T. P. +4m
～T. P. +5m
～T. P. +6m
～T. P. +7m
T. P. +7m～
0 1km

0 1000 2000(m)

宮崎港

図－8.2　住吉海岸周辺における海岸特性・背後地特性を考慮したゾーン区分案と優先順位案

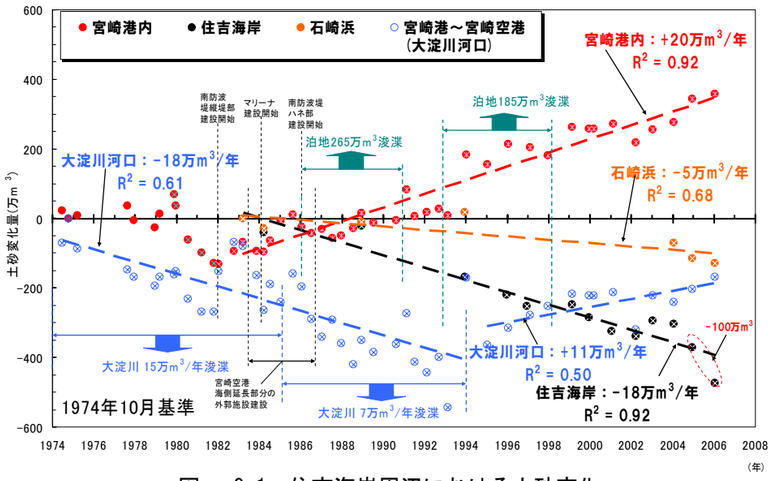
9. 侵食対策の実施に向けた調査実施状況

9.1 地形変化特性の追加・更新（H18.9.1）

第４回委員会（H18.3.29）以降のデータの蓄積、新たな解析、調査の結果を踏まえ、地形変化特性の追加・更新を行った。以下に、各検討事項の結果を示し、最後に、土量変化の更新結果を示す。

9.1.1 宮崎港周辺から石崎川区間における土量変化

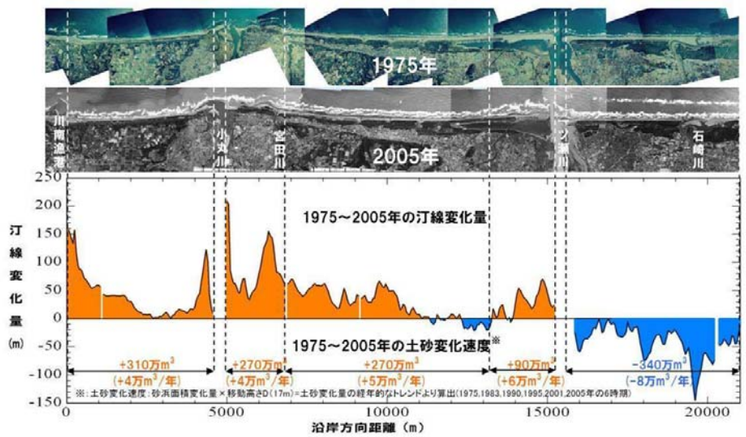
最新の深浅測量データを追加解析し、宮崎港周辺から石崎川区間における長期的な土量変化傾向の更新を実施した。



図－ 9.1 住吉海岸周辺における土砂変化

9.1.2 一ツ瀬川以北における空中写真による広域の汀線変化解析

深浅測量データの長期的・経年的蓄積がないことなどにより、土量変化等の漂砂移動機構が不明であった石崎川～川南漁港区間について、解析精度などの点で課題はあるが、空中写真を用いた簡易な解析（砂浜面積変化量×移動高さ 17m で土量を算出）を実施し一ツ瀬川以北の土量変化の推定を行った。その結果、一ツ瀬川から小丸川までの区間では堆積傾向が認められた。



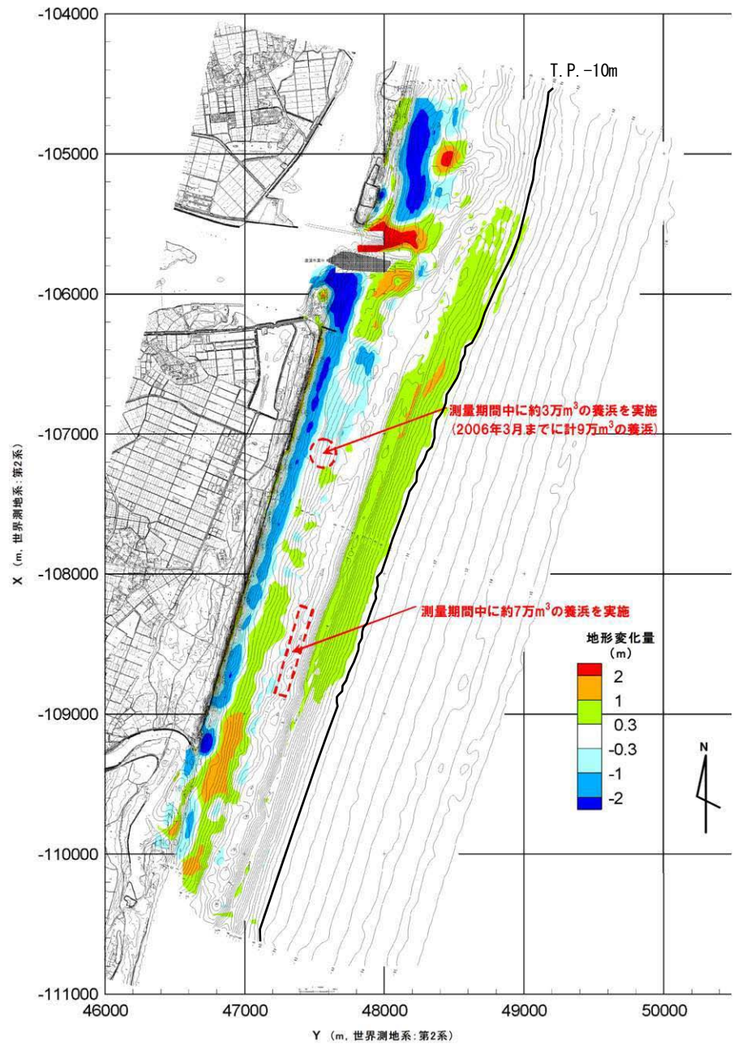
図－ 9.2 一ツ瀬川以北における汀線変化量（1975～2005 年）

9.1.3 石崎川～一ツ瀬川河口部周辺の短期的な地形変化

2004 年 11 月、2006 年 1 月に、これまで海底地形情報の空白域であった石崎川～一ツ瀬川河口周辺までの測量が実施されている。この２時期の地形変化図－ 9.3 に示す。なお、この区間の測量はマルチファンビームにより実施しているため、平面的に高密度なデータが得られている。

これによると、測量期間中においては、T.P.-10m 以深では顕著な地形変化はみとめられないが、バー沖側や石崎川河口前面に堆積がみられ、T.P.-10m 以浅で 22 万 m³ の土砂の堆積があった。

ただし、この期間中に養浜工を約 10 万 m³（2006 年 3 月までには計 16 万 m³ の養浜を実施）実施しているため、測量範囲外（一ツ瀬川もしくは隣接海岸）から 12 万 m³ の土砂流入があったことになるがこの土砂がどこからきたものかは不明である。



国交省宮崎河川国道事務所提供

図－ 9.3 石崎川以北における水深変化図（2004 年 11 月～2006 年 1 月）

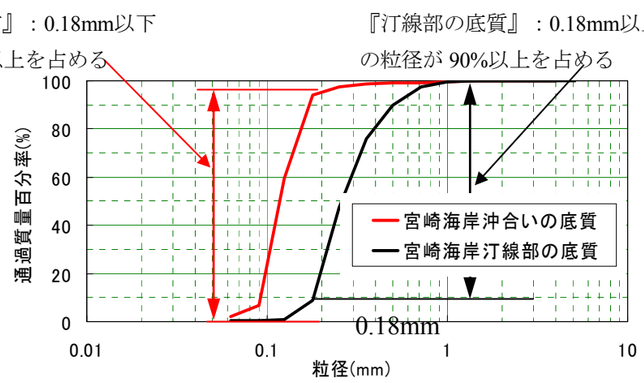
9.1.4　沖合底質調査

これまでの土砂収支検討においては、一ツ瀬川以北のデータの蓄積が不十分であったためその漂砂移動機構を不明とし、一ツ瀬川を挟んで南北の土砂の流出入をないものとし、収支の余剰分を沖合いへの流出分とみなしていた。

しかし、石崎川～一ツ瀬川河口部周辺における深浅測量比較によると、台風 14 号の大きな出水があった最近の 1 年間では T.P.-10m 以深に顕著な地形変化はみとめられない結果が得られ、さらに、沖合い土砂の粒度組成や堆積速度について調査・検討した結果、浅海域から沖合いへの長期的・継続的な土砂移動は顕著ではないとの見解を得た。

(1)　表層底質の粒度組成

汀線部と沖合い（T.P.-12m）の底質は粒度組成が異なっている。

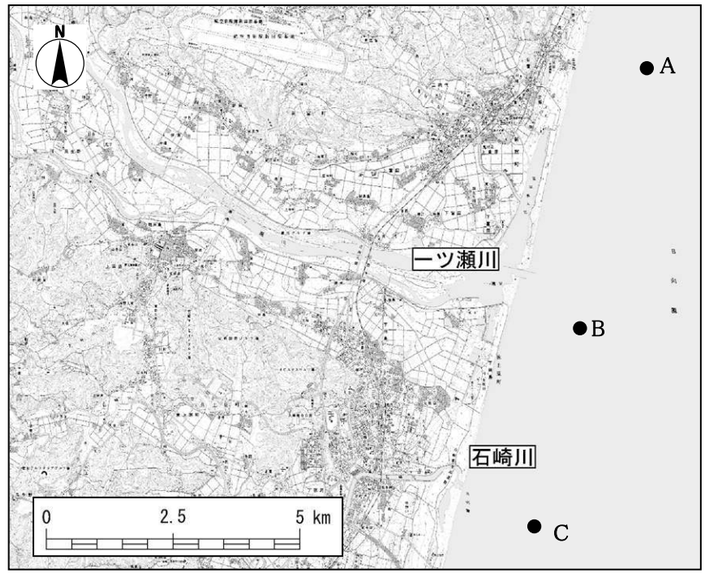


図－ 9.4　住吉海岸における粒土組成

(2)　沖合いの表層から 1m 程度の底質

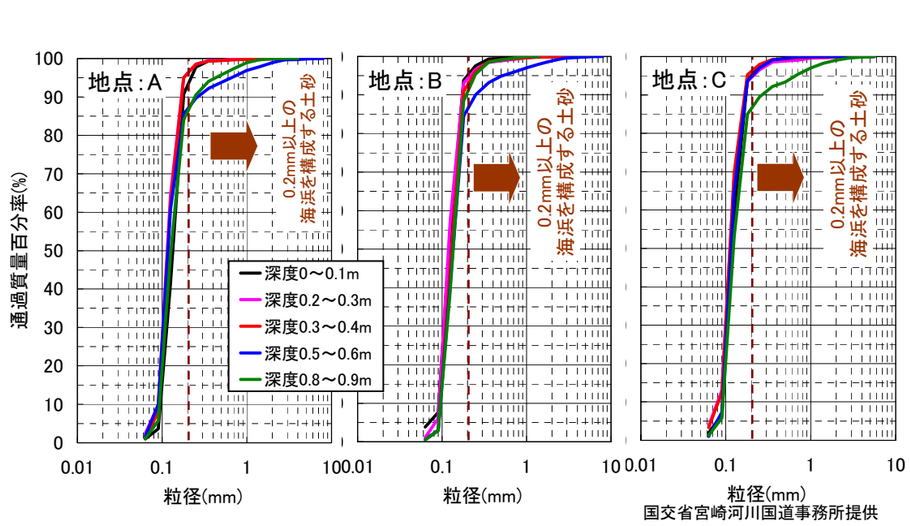
沖合底質土砂(T.P.-16m 地点)のコアサンプリング(海底面からの鉛直方向への土砂採取)を実施した。いずれの地点においても d50=0.10mm 程度で、鉛直方向に大きな変化はなく、海浜形成に寄与すると考えられる粒径 0.2mm 以上の土砂は全体の 10～15%程度であった。

また、放射年代測定分析により、堆積速度の算定を試みた結果、富田浜海岸前面海域が最も堆積速度が大きく(2.19g/cm^2/年,1.47cm/年)、その次に、一ツ瀬川河口前面海域(1.82g/cm^2/年,1.22cm/年),最も堆積速度が小さいのが石崎浜前面海域(0.50g/cm^2/年,0.34cm/年)であった。なお、平成 14 年度の住吉海岸前面における同様の調査では、1.3cm/年であった。



国交省宮崎河川国道事務所提供

図－ 9.5　底質調査(コアサンプリング)位置図



国交省宮崎河川国道事務所提供

図－ 9.6　各地点における土砂の鉛直方向の粒度分布

表－9.1　Pb-210excess から得られた平均堆積速度

	係数A	平均重量堆積速度 ω(g/cm^2/y)	堆積速度 (cm/y)
地点A(富田浜海岸前面海域)	-0.0142	2.19	1.47
地点B(一ツ瀬川河口前面海域)	-0.0171	1.82	1.22
地点C(石崎浜海岸前面海域)	-0.0626	0.50	0.34

国交省宮崎河川国道事務所提供

9.2 平成 18 年度の漂砂実態調査（H19.3.16）

9.2.1 漂砂実態調査の結果概要

宮崎港～一ツ瀬川左岸側区間の漂砂実態を把握することを目的として、以下の調査を実施している。

■海象計による波浪観測

目　　的：漂砂の外力である来襲波浪を通年で把握(宮崎県)

調査結果：

・2006 年は、例年(過去の観測結果)と比較して、海岸線に対して北よりとなる東方向からの来襲頻度が年間を通じて高かった。

・大規模台風通過に伴う巨大な時化は見られなかったが、前線通過に伴う有義波高 5m 超の波浪は来襲していた。

■沿岸流観測(定点固定カメラ観測：一ツ瀬川左岸、大炊田海岸、石崎浜海岸、一ツ葉有料 PA)

目　　的:定点固定カメラ観測(毎正時)により海岸前面(砕波帯内)の沿岸流速を通年で把握(国交省)

調査結果：

・2006 年は、観測全地点において、平均的に南側(大淀川方向)への流れが確認された。

■汀線変動観測(定点固定カメラ観測：一ツ瀬川左岸、大炊田海岸、石崎浜海岸)

目　　的：定点固定カメラ観測(毎正時)により通年の汀線変動を把握(国交省)

調査結果：

・汀線位置(砂浜幅)の日変動の実態が観測された。

・汀線位置は 2006 年 1 月～3 月頃までは各地点で全般的に前進傾向、それ以降は一ツ瀬川左岸、石崎浜海岸では高波浪の来襲に呼応するように汀線位置の後退がみられ、12 月には観測開始時期と同等の汀線位置になっている。

・一ツ瀬川左岸では、海岸線に対して南からの波浪が来襲していた 7 月初頭に汀線の後退が見られた。

・石崎浜海岸では、平成 18 年の台風 10 号をはじめとした高波浪来襲が度重なった 8 月に、汀線の後退が見られた。

・大炊田海岸では、他地点と傾向が異なり、この 1 年間では汀線位置が徐々に前進している。

■トレーサー調査

目　　的：自然海浜部の土砂の移動傾向を把握(国交省)

調査結果：

・冬季調査(1 月 19 日～3 月 3 日)では、大炊田海岸および石崎浜海岸のいずれの地点においても南北両方向への砂(トレーサー)の移動(分散)が確認された。

・夏季調査（8 月 25 日～10 月 24 日）では、大炊田海岸および石崎浜海岸ともに、ほぼ一様に投入点より南側におけるトレーサーの検出数が多かった。

・観測期間中の外力は、冬季調査期間よりも夏季調査期間の方が来襲波浪は大きく、かつ海岸線に対して北からの波浪が卓越していた。

■レーダー波浪観測

目　　的：レーダーによる陸上からの波浪観測の可能性を検討(宮崎県)

調査結果：

・海象計による波浪観測の平均波向の比較を行ったところ符合する結果であった。

・2 方向から波浪が来襲している場合でも、それらを面的に直接とらえることができた。

・ただし、現時点では、静穏時,無風時,降雨時などのデータ取得が困難であるなどの課題がある。

■H18 年度の現地観測・調査から見た漂砂実態

・汀線近傍の漂砂移動方向は、波浪の来襲波向と呼応することが現地で確認された。

・各調査による年間を通じた漂砂移動は、総じて南向きの結果であった。ただし、2006 年は、平均的な海岸線に対して北から来襲する波浪の頻度が例年より高かった。今後も調査を継続して漂砂移動実態を把握し、土砂動態の把握精度を向上が必要。

10. 課題と今後の進め方について

10.1 侵食対策の実施に向けた課題の整理（H18.9.1）

現地特性の把握，地形変化特性（土量変化），侵食対策工法等について検討してきた結果、土砂収支が解明されていないところも残るが，海岸侵食の原因は土砂収支（沿岸漂砂）の不均衡によるものであることは間違いないことが分かってきた。そして、対策としては，防護のみならず当該海岸の利用・環境特性を考慮して，**①設置基数を少なく、設置間隔を広くとることができ、②対策の効果を確認しながら柔軟な配置計画が可能となる『ヘッドランド工法＋養浜工』が抜本的な対策の基本案として適用性が高いと評価された**。

しかし、同時に第４回委員会では**実施に向けて課題が多いことも指摘されている**。ヘッドランドと養浜による対策は、周辺の環境や利用に対しての影響が比較的少ない現実的な案と考えられるが、漁業者などとの調整などを考えると実施に向けた課題は大きく、類似事業として上げられる茨城鹿島のヘッドランド事業の効果、漁業への影響を把握するなどして、基本案の住吉海岸への適用性をさらに確認していくことが必要と考えられる。

一方、住吉海岸の侵食対策に不可欠となっている地域での総合土砂管理体制の確保強化に関して、河川管理者・ダム管理者・海岸管理者を含めた「土砂利用に関する実務者連携会議」が立ち上がり、本格的な養浜の実施に向けた取り組みが進みつつあるところである。

これまでの委員会における検討結果等を踏まえ、効果的・効率的な対策の実施に向けた課題を以下に整理する。

(1) 土砂収支把握の精度向上

住吉海岸の侵食対策は、卓越する南への沿岸漂砂の制御と不足する土砂の供給であることから、土砂収支把握の精度向上が、効果的、効率的な対策の実施そのものとなるため、この土砂収支（土砂移動メカニズム）の精度向上が今後の最重要課題である。

これまでに推定してきた土砂収支（H18.3.29 版）は、一ツ瀬川～宮崎港区間における土量変化の関係から区間内で収支が合わない量を沖合い流出とし、収支を調整していた。しかし、その後の調査結果（測量，底質調査）によると、汀線部周辺の浅海域から沖合いへの損失土砂は限りなく０に近いと推定された。また、空中写真の解析結果によると、一ツ瀬川以北の海浜では、安定もしくは堆積傾向にあることがわかった。

なお、石崎川以北、一ツ瀬川河口周辺（図－ 10.1）およびそれ以北の海岸の土砂移動メカニズムは、データが空中写真以外ほとんど無く未解明な状況である。

(2) 対策の優先度、当面の対応方針の検討

海岸の防護、環境、利用を総合的に考えた結果、海浜をすべて人工構造物で覆う策は得策でないとの判断から、設置間隔を広くできるヘッドランド工法と養浜を抜本的な対策の基本案として適用性が高いとした。

しかし、広範にわたる大規模な対策となるため、全線における整備の完成は早期には達成されず、整備期間が長期にわたることが容易に想定される。

そのため、抜本的な対策の優先度やゾーニングを検討していくとともに、当面の経過措置としての対応方針を策定しておく必要がある。

(3) 段階計画の検討

これまでの対策基本案の検討は、長期的に達成される抜本策の比較検討であった。今後は実施に向けた段階計画を策定していく必要がある。

(4) 漂砂制御施設の規模、構造等の適正化

漂砂制御施設(ヘッドランド)の規模や形状・構造・材料などについては、従来型からの改良・工夫、コスト縮減等の余地がある。対策工の効果はもちろん、漁業や環境への影響を確認し工法の適正化を図りながら対策を進めていく必要がある。

10.2 今後の進め方（H19.3.16）

本委員会で検討された対策基本(案)【ヘッドランド工法＋養浜】は、海岸の防護のみならず海岸環境の保全や公衆の利用を総合的に考えた場合、長期的な視点に立てば最も環境や利用に影響が少なく、当該海岸の防護への適応性が高いと考えられる。

現状で侵食が進行しており、海浜地形変化シミュレーションによれば、現状を放置すれば侵食はさらに進行していくことが予測されることから、今後は、現状で最善と考えられる対策基本(案)を、その効果・影響を確認(モニタリング)しながら段階的に実施し、専門家や関係者、地域住民などの意見を伺いながら、計画の見直しを含め柔軟に対応していくことが必要と考えられる。

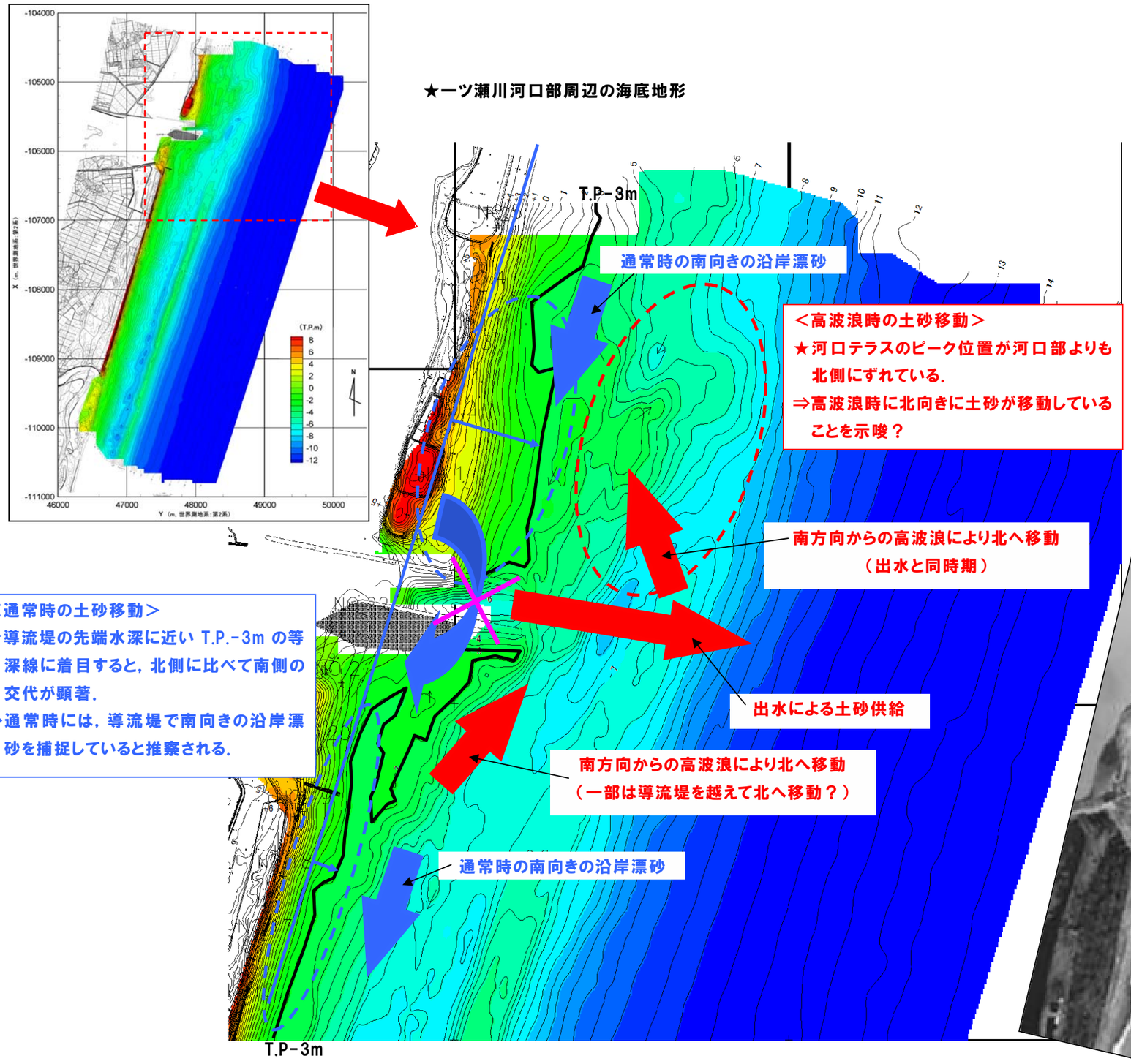
今後は、前項で提示した対策の実施に向けた調査を遂行するとともに、土砂利用に関する実務者連携会議を継続し、関係機関の連携強化、土砂管理の具現化に取り組んでいく。

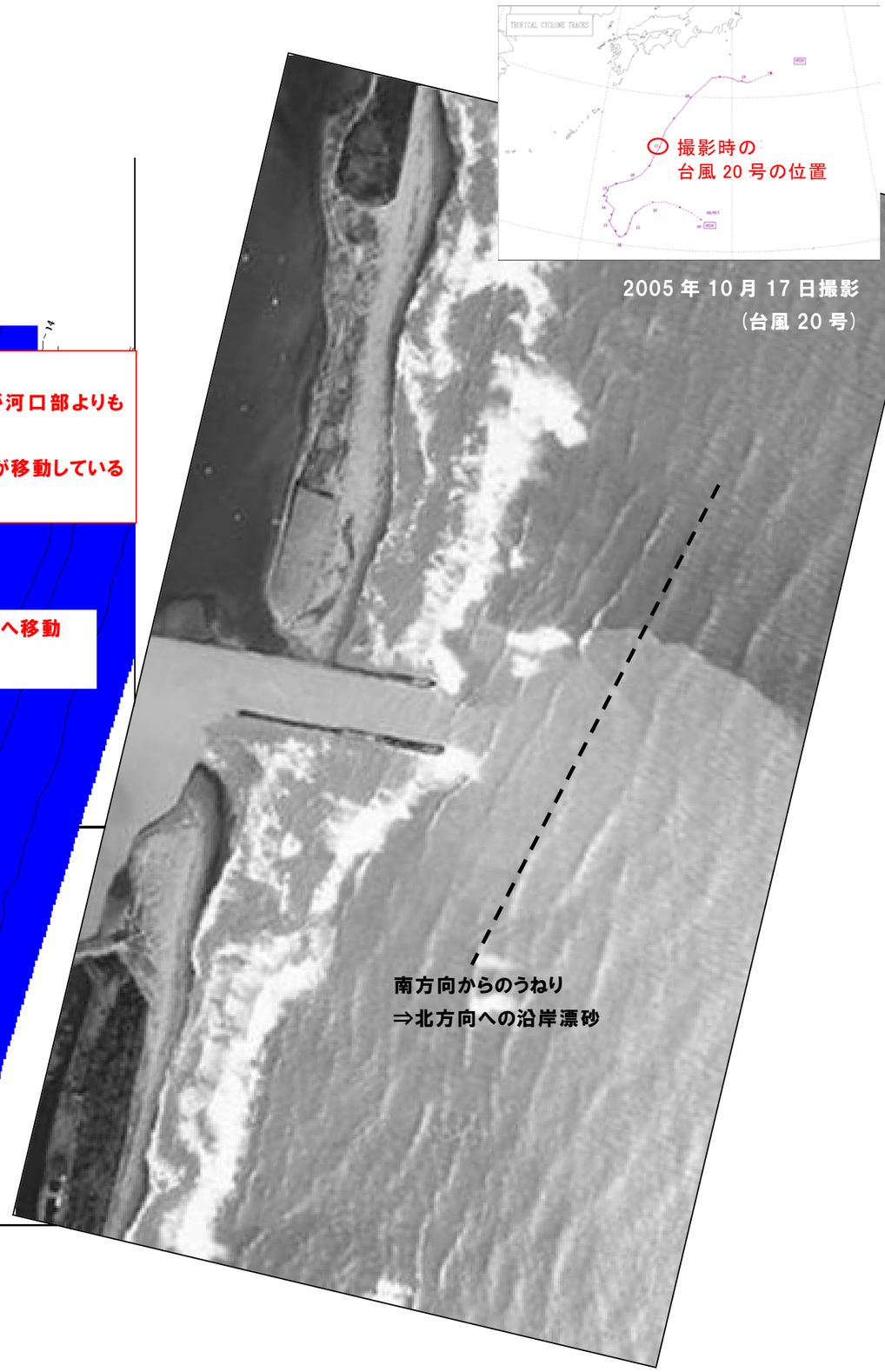
そして、それらを踏まえつつ実施予算の確保を図り、早期の対策着手を目指し、段階施工を含む実施計画を策定していく。

また、本検討委員会で得られた住吉海岸に対する多くの技術的な見解を活用し、地域住民や関係利用者などへ、対策の必要性や実施への理解を促進するための取り組み(PR 活動、公開討論会の開催、ホームページの活用、パンフレットの配布、マスメディアとの連携など)を行なっていく必要がある。

加えて、沖合いへ展開していく整備となることから、魚類などの生物環境への影響について今後さらに把握・確認していき、海岸環境の保全や漁業との共生に、より一層の配慮を行なっていく必要がある。

一方、各所でサーフィンや釣り、散策などの利用が見られる現状があり、今後、砂浜の回復などの海浜環境の向上が図られれば海浜利用への需用が高まると考えられることから、浅海域における安全利用の周知徹底を図っていくことも必要である。





図－ 10.1　一ツ瀬川河口部周辺の土砂移動機構の推定