

駿河海岸における効果的・効率的なサンドバイパスについての研究

Study of Effective Sand Bypass System in Suruga Coast

鈴木 聡¹・岡田昌之²・田中浩充³・高木利光⁴・浅野 剛⁵

Satoru SUZUKI, Masayuki OKADA, Hiromitsu TANAKA, Toshimitsu TAKAGI and Go ASANO

In Suruga coast, the sand bypass system has been introduced for the shore protection since 1983. Although the total nourishment sand volume has amounted to about one million cubic meters so far, some beaches have continued to erode. Yaizu section located at the down-drift side have also continued to erode and the overtopping by stormy waves has come to happen in typhoon seasons. The present paper studies the shoreline change near the river-mouth and summarizes detailed features of the sand bypass system. It also proposes the effective usage of sand bypass system as a part of the entire sand management.

1. はじめに

駿河海岸は駿河湾の西側に位置し(図-1)、焼津市から牧之原市に至る。この海岸は中央付近に位置する大井川からの流出土砂により形成され、河口左岸側では漂砂は北東方向へ、河口右岸側では南西方向へ移動すると推察されている(例えば西川ら, 2006)。駿河湾は湾口が南側を向いており、外洋からの波浪があまり減衰せずに来襲する。このため、本海岸は過去においても幾度となく高潮災害を受けてきたが、昭和36年9月の第2室戸台風による災害を契機として、昭和39年から直轄事業が進められてきた。

一方、昭和37年からは大井川港の建設も開始され、大

井川港南側には昭和50年頃までに約400mの防波堤が完成したが、これに伴い漂砂下手側への土砂供給が遮断され、隣接する大井川工区では海岸侵食が顕在化した。

その後、昭和58年の南防波堤延伸計画に伴い、大井川港南防波堤西側堆積土砂を漂砂下手側となる港湾区域外(有脚式離岸堤背後)へ投入するサンドバイパスが港湾管理者により開始された。平成19年までにサンドバイパスされた総土砂量は、陸上および海上で約132万 m^3 に達した(図-7)が、河口左岸海浜は平成16年度に漂砂管理計画検討委員会で示された駿河海岸の防護上の目標浜幅80m(離岸堤なしの場合)に達していない。また、目標浜幅の達成には、平成16年当時で100万 m^3 程度の養浜砂が必要であり、砂利採取箇所では汀線後退しているため、

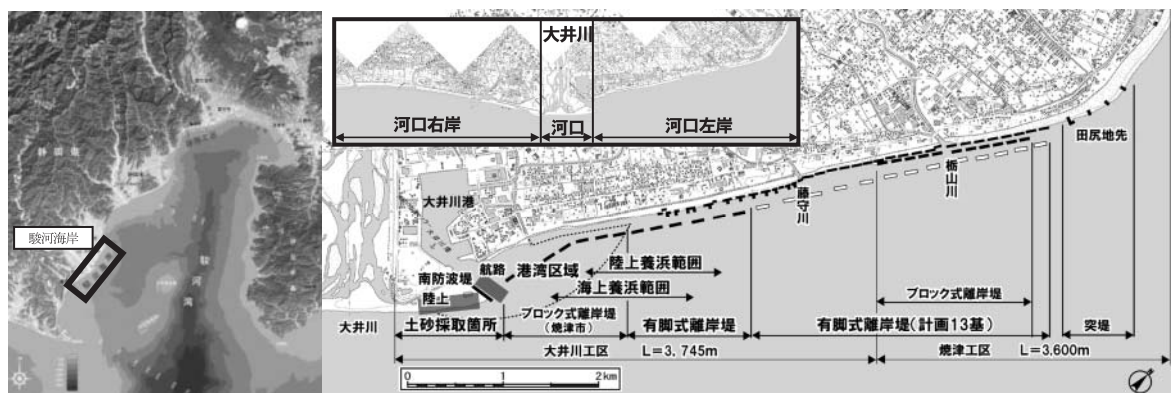


図-1 駿河海岸位置図

- | | |
|-------------|---|
| 1 | 国土交通省中部地方整備局浜松河川国道事務所 河川管理課, 前静岡河川事務所 海岸課 |
| 2 | 国土交通省中部地方整備局静岡河川事務所 所長 |
| 3 正会員 | 国土交通省中部地方整備局静岡河川事務所 海岸課長 |
| 4 フェロー 博(工) | (株)アイ・エヌ・エー 海岸部長 |
| 5 | (株)アイ・エヌ・エー 海岸部 |

大井川から駿河海岸における流砂系の総合土砂管理の推進により、効果的・効率的なサンドバイパスを実施することが課題になっている。

このような背景を踏まえ、本研究は既往のサンドバイパスおよび有脚式離岸堤背後の土量変化について整理し、その効果について検証した。また、今後の効果的・効率的なサンドバイパス実施に向け、海浜変形シミュレ

ーションによる検討を行った。

2. 駿河海岸の実態調査

(1) サンドバイパス実績

駿河海岸におけるサンドバイパスは、大きく陸上投入と海上投入に分けられる。陸上投入は河口左岸海浜から採取した土砂、海上投入は大井川港航路部から浚渫した土砂である。投入位置は主に有脚式離岸堤背後周辺（図-1）で、粒度組成は図-2に示すとおり、陸上部から採取した土砂は比較的粗粒分が含まれているが、航路部からの土砂は細粒分が多くなっている。

図-3に昭和58年から平成19年までの各年毎のサンドバイパスした土砂量を示す。平成5年までは概ね6万 m^3 /年程度が陸上投入されていたが、平成6、7年に一時中断し、平成8年から再開された。平成13～15年は細粒分の多い海上投入、平成16年以降は毎年約6万 m^3 が確保されているが、全体として投入量にバラツキがある。

(2) 駿河海岸の土量変化

図-1で示した河口左岸、河口、河口右岸の土量変化を図-4に示す。土量は、定期深浅測量を基に堤防高（T.P.+6.2～8.2m）～海底（T.P.-10m）間について集計した。サンドバイパスにより土砂を投入している河口左岸は、栃山川以東（焼津工区田尻地先）を除き全体的に安定している。南防波堤～栃山川間ではサンドバイパス開始以降、土量は増加傾向にあるが、東端の栃山川以東で

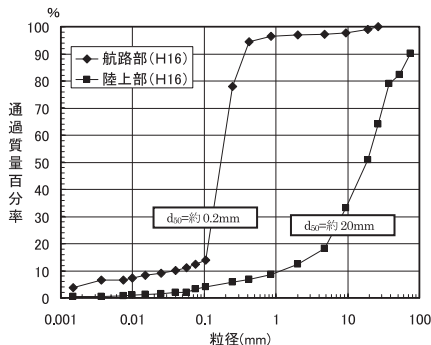


図-2 サンドバイパスした土砂の粒度組成

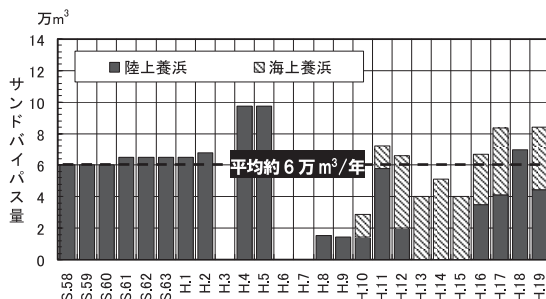


図-3 サンドバイパスした土砂量

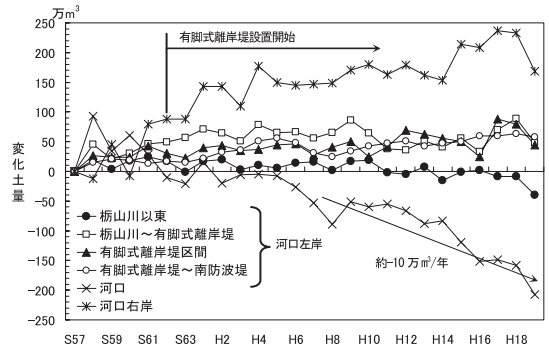


図-4 駿河海岸の土量変化

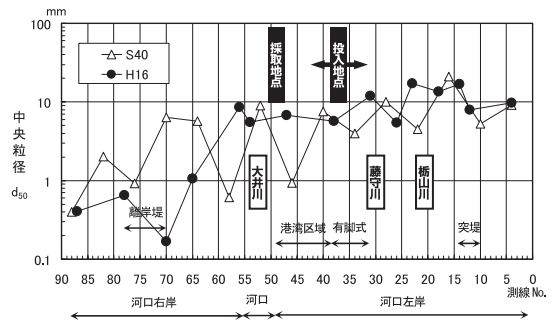


図-5 海域汀線部の底質中央粒径（ d_{50} ）変化

は平成10年頃から減少傾向にある。また、海浜から土砂を採取している河口では平成6年頃から約10万 m^3 /年の減少が見られるが、逆に河口右岸では増加している。これより、河口での土量減少は土砂採取による影響ではなく、平成6年頃から河口開口部が右岸側へ移動したことにより土砂の堆積箇所が右岸側へ移動したことによるものと推定される。

(3) 海域汀線部の底質粒径変化

直轄事業開始直後の昭和40年と平成16年との汀線部の中央粒径 d_{50} の変化を図-5に示す。河口左岸ではほとんど変化しておらず、 d_{50} は10mm前後である。一方、河口右岸では河口付近を除く全域で細粒化しており、 d_{50} は1mm程度以下、特に河口右岸の離岸堤設置箇所では0.2～0.7mm程度である。

(4) 有脚式離岸堤背後の土量変化

定期深浅測量成果を基に、サンドバイパス開始直前（昭和57年）を基準として、有脚式離岸堤背後の土量変化を整理した（図-6、図-7）。海域と陸域の土量変化傾向は比較的一致しており、ともに平成6年頃までは増加傾向であったが、その後平成15年まで侵食傾向にある。これは、平成6年度から平成7年度にかけて養浜投入が中断され、平成8年度以降も投入量が減少したことが要因であると推察される。

一方、平成16年からは一転して堆積傾向になっており、

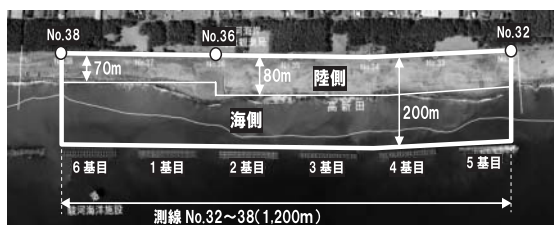


図-6 土量算出範囲

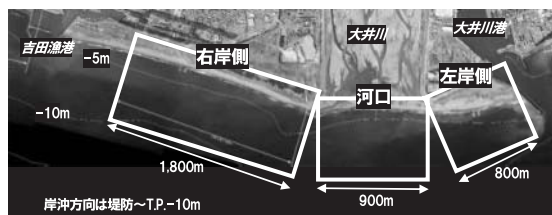


図-8 土量算出範囲

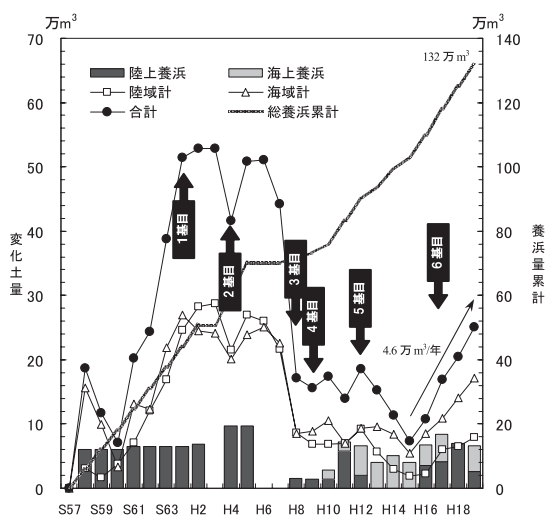


図-7 有脚式離岸堤周辺の土量変化

合計で見ると約4.6万 m^3 /年の速度で堆積が進行している。これは、平成16年度から継続的に6万 m^3 /年の陸上養浜が実施されたことと、6基目の離岸堤整備が完了し、対象海域の静穏度が向上したことによるものと推察される。

昭和58年から平成19年までの総養浜量は、陸上養浜のみで約100万 m^3 、海上養浜も含めると約132万 m^3 に達する。これに対し、昭和57年地形に対する地形変化量は合計約25万 m^3 の堆積となっており、これが全て養浜による効果と仮定した場合、総養浜量に対する歩留まり率は約19%であった。

3. 今後の採取可能量

(1) 採取可能量

図-3で示したように、昭和58年から平成19年までのサンドバイパスに伴う河口陸上部からの土砂採取量は年平均約6万 m^3 であるが、この他にサンドバイパスの工事費を補う砂利採取が行われてきた。また、図-4より河口では毎年10万 m^3 程度土量が減少している。図-8に土量算出範囲を、図-9にサンドバイパス開始前の昭和57年を基準とした河口周辺の土量変化図を示す。なお、合計は左岸側、河口、右岸側の総計である。

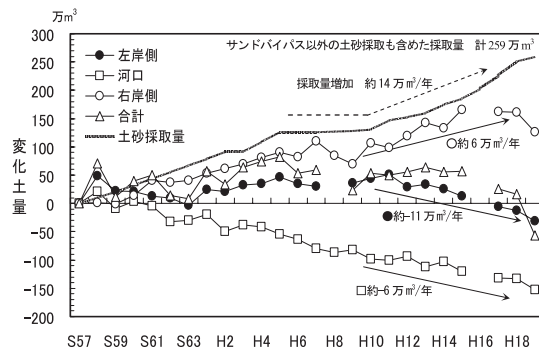


図-9 河口周辺の土量変化

右岸側では昭和58年以降約6万 m^3 /年の堆積が生じている一方、河口では同程度の土量減少および汀線後退(図-13)が進行し、左岸側でも砂利採取量の増加とともに侵食傾向になっている。しかしながら、河口周辺全体(合計)での変化は小さいことから、図-8に示す河口およびその左右岸の範囲内における年間約6万 m^3 の土砂採取であれば河口周辺への影響は小さいものと考えられる。したがって、今後の土砂採取可能量は、上流域の河床低下や近年の汀線後退、サンドバイパス運搬費用を満たす砂利採取を考慮すると、現手法のサンドバイパス可能土砂量は大幅に減少する。

(2) 採取位置

図-10に陸上部での土砂採取位置と周辺の定期深浅測量測線位置を、図-11に土砂採取箇所周辺の汀線変化と土砂採取量を示す。汀線位置に着目すると、No.48は近年後退傾向が見られるが、昭和57年に対し30m程度前進している。一方、No.50は昭和57年に対し90m程度後退しているが、大井川港施工前(昭和38年)との比較では30mの後退にとどまっている。これは、比較的安定傾向であるように思われるが、断面地形で比較すると、No.48断面については堆積しているが、No.50については海中部で河口テラスの縮小に伴い大規模な侵食が生じている(図-12)。このため、今後の採取位置については、図-9で示したように、近年堆積傾向となっている右岸側を含めて検討する必要がある。

一方、平成6年頃から河口開口部が右岸側へ移動し始めた(図-4)ことにより、大井川からの流出土砂堆積箇

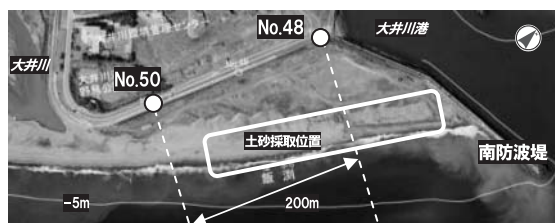


図-10 土砂採取位置と定期深浅測量測線位置

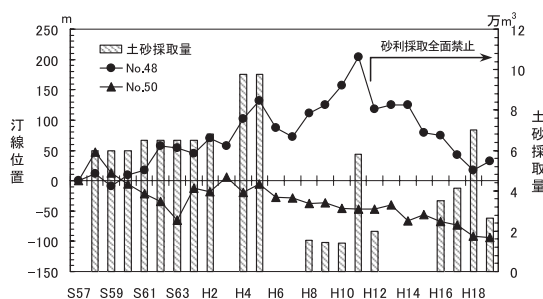


図-11 土砂採取箇所周辺の訂線変化と土砂採取量

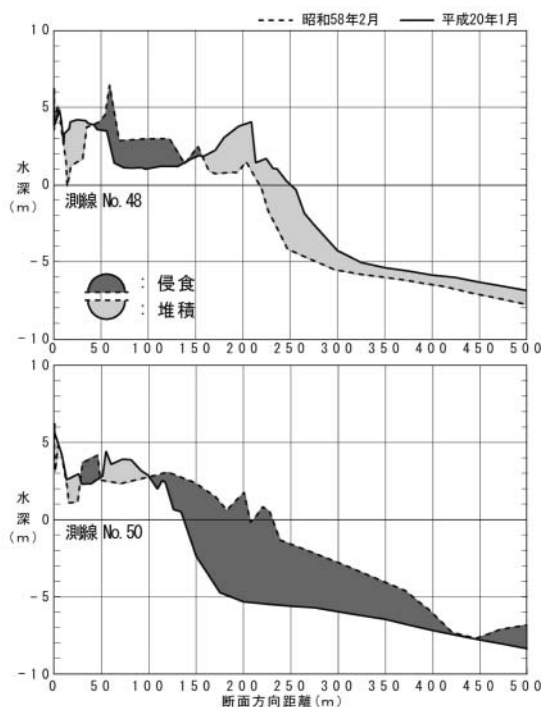


図-12 土砂採取箇所周辺の断面変化

所も現在左岸側から右岸側へ移動している。この影響は、図-13に示す河口周辺の訂線変化にも現れており、堆積範囲が西側へ拡大していることがわかる。このことから、今後の土砂採取は右岸側へ移行することも検討すべきと考えられるが、一方で河口砂州部の訂線後退範囲が

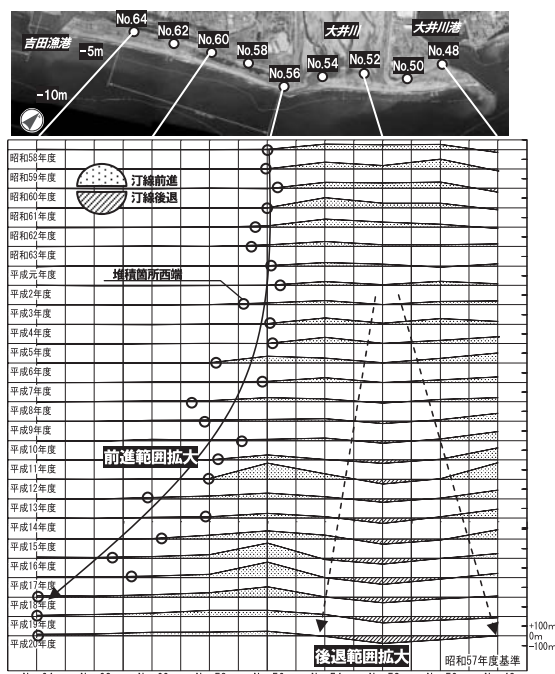


図-13 河口周辺の訂線変化

左右岸へ拡大しつつあることから、今後の海浜変化については十分なモニタリングが必要である。

4. 効果的効率的なサンドバイパスの検討

今後は、河川上流部の河床低下や大井川港南防波堤西側の訂線後退(図-12)から、現状より多くの量の採取はできないと予測される。このため、計画海浜断面形状を確保するための効果的・効率的なサンドバイパス土砂の投入方法について、等深線変化モデルを用い3ケースのシミュレーションを行った。

(1) モデルおよび計算条件

沿岸漂砂による混合粒径の移動は、田中ら(1998)、熊田ら(2002)のモデルにならない、粒度を考慮した粒径毎の漂砂量式、粒径毎の等深線変化量、粒径毎の含有率変化計算式を用いた。サンドバイパス量は、これまでのサンドバイパス実績を踏まえ、年間6万 m^3 実施するものとした。また、有脚式離岸堤は2年に1基設置されるものとした(実績上は3年に1基のペースで設置されている)。また、河口からの供給土砂量は、フラッシュモデルにより流量規模別流出土砂量と実測の流量データから再現期間中の河口テラス堆砂量を年毎に算出し、河口部からの土砂供給量として与えた(西川ら, 2006)。

計算条件を表-1に示す。本条件により再現計算を行い条件の妥当性を確認したうえで、予測計算を実施した。

表-1 計算条件一覧

項 目	条 件														
計算領域	沿岸方向17,000m（駿河海岸全域） 計算格子間隔10m														
計算期間	再現：1983（S58）.2～2008（H20）.1 予測：2008（H20）.2～2058.3（50年間）														
波浪	等深線変化計算に用いる波浪はエネルギー平均波での波浪変形計算結果より，等深線変化計算範囲の海浜前面（約T.P.-8m～-10m）での波向および波高を沿岸方向の各点で抽出して与える．また，波浪頻度については，月別の波浪頻度と月別のエネルギー平均波高・周期より，月別に発生するエネルギーが年間エネルギー代表波による発生頻度に換算して頻度を与えて月別の波浪頻度を考慮した．														
底質	粒径区分は以下の通り． <table border="1"> <tr> <th></th><th>粒径（mm）</th></tr> <tr> <td>粒径区分-1</td><td>～0.20</td></tr> <tr> <td>粒径区分-2</td><td>0.20～1.00</td></tr> <tr> <td>粒径区分-3</td><td>1.00～5.00</td></tr> <tr> <td>粒径区分-4</td><td>5.00～10.0</td></tr> <tr> <td>粒径区分-5</td><td>10.0～50.0</td></tr> <tr> <td>粒径区分-6</td><td>50.0～100.0</td></tr> </table> 検証計算初期の粒径は既往調査データを基に測線毎に設定．予測計算では再現計算終了時を初期とした．		粒径（mm）	粒径区分-1	～0.20	粒径区分-2	0.20～1.00	粒径区分-3	1.00～5.00	粒径区分-4	5.00～10.0	粒径区分-5	10.0～50.0	粒径区分-6	50.0～100.0
	粒径（mm）														
粒径区分-1	～0.20														
粒径区分-2	0.20～1.00														
粒径区分-3	1.00～5.00														
粒径区分-4	5.00～10.0														
粒径区分-5	10.0～50.0														
粒径区分-6	50.0～100.0														
境界条件	沿岸方向 東側・西側出入り有り														
沿岸漂砂係数	$K_1=0.13$ ， $K_2=0.81K_1$ （再現計算により決定）														
漂砂の移動帯	陸側T.P.+6m～海側T.P.-16m														
限界海底勾配	陸側1/1.7，海側1/2.0（再現計算結果より設定）														
バイパス量および箇所	再現：実績より設定 予測：計算ケースごとに設定，毎年投入														

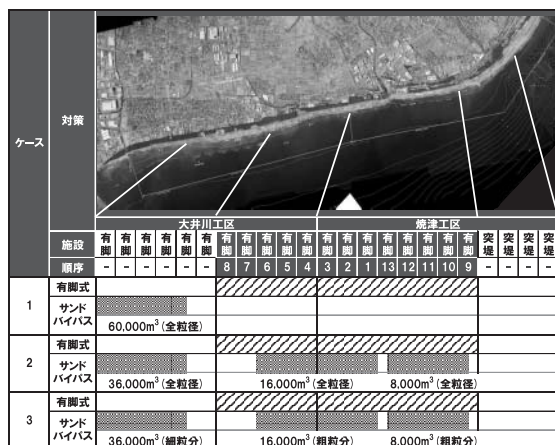


図-14 計算ケース一覧

(2) 予測計算ケース

次のケースでシミュレーションを実施した（図-14）．

- ・ ケース1：現在のサンドバイパスを継続した場合
- ・ ケース2：分散して投入した場合
- ・ ケース3：分散分級して投入した場合について

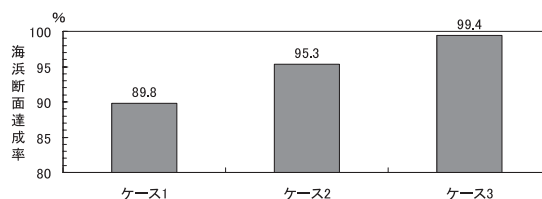


図-15 計画海浜断面達成率

(3) 予測計算結果

現在実施しているサンドバイパス同様，養浜6万m³/年を既設の有脚式離岸堤背後に養浜を行ったケース1では，50年後の計画海浜断面（目標浜幅を達成する断面）達成率が90%以下となった（図-15）．一方，投入範囲を漂砂下手側に分散させたケース2（既設背後3.6万m³/年，新設背後1.6万m³/年+0.8万m³/年）では，達成率も95%となり，ケース1よりも目標海浜断面に近づいていることがわかる．さらに，ケース2と投入量，投入箇所は同じで，投入する土砂を粗粒分と細粒分に分級し，粗粒分を有脚式離岸堤未設置区間に，また細粒分を既設有脚式離岸堤背後に投入したケース3では，計画海浜断面達成率が約99%となった．

5. おわりに

既往事業の整理と数値シミュレーションより，駿河海岸における今後の効果的・効率的なサンドバイパス手法を提案した．今後は深浅測量や底質調査等を中心としたモニタリングを継続実施しながら俯瞰的に現状把握を行い，防護・環境・利用に配慮した順応的海岸整備を実施していきたい．

参 考 文 献

- 宇多高明・河野茂樹（1996）：海浜変形予測のための等深線変化モデルの開発，土木学会論文集，No.539/Ⅱ-35，pp.121-139．
- 熊田貴之・小林昭男・宇多高明・芹沢真澄・三波俊郎・増田光一（2002），河口デルタの汀線・粒径変化の予測モデル-沿岸漂砂による分級作用の再現，海岸工学論文集，第49巻，pp.481-485．
- 田中 仁・鈴木 正（1998），海浜粒度組成の予測モデル，海岸工学論文集，第45巻，pp.511-515．
- 西川友幸・高橋正行・加藤善明・中戸真一・高木利光・浅野剛・犬飼拓志（2006）：粒径を考慮した大井川河口域土砂移動機構の研究，海岸工学論文集，第53巻，pp.596-600．
- 和田一範・福濱方哉・西川友幸（2006）：駿河海岸新型離岸堤とサンドバイパスの長期的効果に関する考察，海岸工学論文集，第53巻，pp.506-510．