

駿河海岸におけるサンドバイパスの現地実験

滝澤俊二*・宇多高明**・堤 博志***・中山 修****

1. ま え が き

沿岸漂砂が卓越する海岸に漂砂を阻止する構造物が造られると、漂砂の上手側に堆積、下手側に侵食が生ずる。この場合侵食域では慢性的な土砂量の減少に悩まされ、一方構造物が港湾の防波堤として利用されている場合、条件によっては航路への土砂の回り込みが問題となる。このような場合、米国等ではサンドバイパス工法が広く用いられているが我が国では利用されている例は少ない。

建設・運輸両省では昭和 58, 59 年度に、駿河海岸の大井川港周辺において砂輸送システムに関する共同調査を実施¹⁾、海岸の侵食実態やサンドバイパス工法の適用性等について検討した。本報はこれらのうち土砂投入域における現地実験結果をとりまとめたものである。調査は2カ年間行われ、大井川港の北側海岸に毎年約6万 m^3 の土砂を投入し、その後種々の追跡調査を行った。この結果、現地海岸における投入土砂の挙動や土砂投入の侵食対策としての効果が明らかになった。

2. 現地調査の方法

駿河海岸のある駿河湾は湾口を太平洋に対して南に開いているために、駿河海岸では南東からの入射波が卓越する。このため大井川左岸の海岸での沿岸漂砂の卓越方向は北東向きである。当海岸の測線配置を図-1に示す。大井川河口に隣接して大井川港があり、その南防波堤の南側では土砂が堆積している。土砂はこの部分の陸

上部より採取し、大井川港の北側の測線 No. 36 へ投入した。投入位置は吉永放水路の北約1.5kmに位置する。土砂採取と投入は2回行われた(表-1)。第1回目は昭和58年10月27日より12月7日まで、第2回目は昭和59年7月18日から10月3日までである。投入土砂はトラックで運搬され、各回とも約6万 m^3 の投入が行われた。ただし第1回目の約6万 m^3 の土砂のうち約1.3万 m^3 は汀線への搬入路用に用いられた。よって正味の投入量は約4.7万 m^3 となる。土砂投入後深淺測量、トレーサー調査、底質調査等の追跡調査を行った。調査日程を表-1に示す。深淺測量は全体で9回実施されたが、このうち8, 2月の測量は定期深淺測量であって測線間隔は200mである。その他の測量の測線間隔は100mであるが、昭和59年6月以降は土砂投入域近傍を50m間隔で測量した。トレーサー調査については、昭和58年には投入土砂と同一地点で採取した試料をもとに作った着色礫を用い、昭和59年には矢作川産の白色花崗岩を用いた。投入土砂、着色礫、白色花崗岩の粒度分布を図-2に示す。

表-1 現地調査の日程

項目	S58年	8月	9月	10月	11月	12月	S59年	1月	2月	3月
土砂投入				27日←		→7日				
測 量		●		●		約60,000 m^3	●	●	●	
トレーサー調査								●		

項目	S59年	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	S60年	1月
土砂投入			18日←			→3日				
測 量		●		●	●	7,915 m^3 14,391 m^3 35,505 m^3 2,328 m^3	●	●		

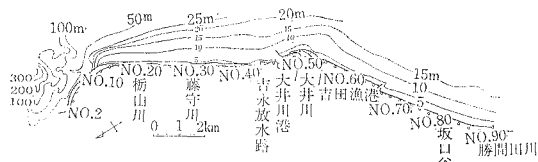


図-1 駿河海岸の測線配置

- * 正会員 建設省中部地方建設局静岡河川工事事務所長
 ** 正会員 工博 建設省土木研究所海岸研究室長
 *** 正会員 建設省中部地方建設局静岡河川工事事務所
 **** 正会員 (財)国土開発技術研究センター

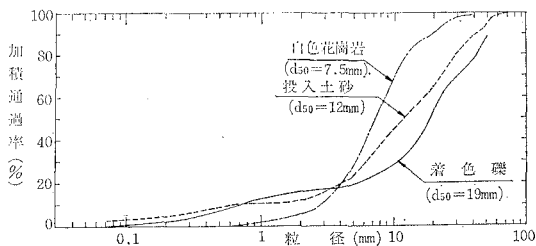


図-2 投入土砂、着色礫、矢作川産花崗岩礫の粒度分布

各々の中央粒径は 12, 19, 7.5 mm である。白色花崗岩の中央粒径は投入土砂のそれよりも小さいが、比重は約 2.6 で投入土砂と同一である。

3. 投入土砂の追跡調査

まず土砂投入前後の汀線変化を示す(図-3)。図の上段が第1回目、下段が第2回目の変化である。第1回目の土砂投入は 10 月 27 日～12 月 7 日の間に行われた。図中、8 月 22 日の汀線はほぼ投入前の形状と考えて良い。土砂投入は 12 月初旬に終了したが、測量は約 1 カ月後の 1 月 9 日に行われた。この測量では測線間隔が、100 m と粗すぎたため、やや汀線形は不連続となっている。しかし、測線 No. 36 では 36 m 汀線が前進した。その後突起地形の頂部が後退し、主として北側測線において汀線が前進した。これはこの期間の漂砂の卓越方向が北東向きであることを示している。第2回目の土砂投入前後の汀線変化も第1回目と良く似た特性を持つ。6 月 12 日の汀線形は土砂投入前の汀線形を示す。前年に行われた土砂投入のため No. 34～No. 37 の間では汀線が沖に突き出ている。8 月 16 日には No. 34 より北側では汀線が前進し、No. 36～No. 37 では後退している。これは北東向きの沿岸漂砂による変化と考えられる。土砂投入の終了した次の日の 10 月 4 日には No. 36 で大きく汀線が前進し、また No. 36～No. 37 の間にも再び土砂が堆積した。12 月 12 日には投入点において大きく沖に突き出た汀線は頂部が平坦となり、土砂の一部は南側へまた一部は北側へと移動した。また、土砂投入によ

って汀線が沖に突き出たためその頂部は削られたが、全体的には緩やかに変形しつつも相当多くの土砂が投入点付近に残されたことがわかる。これは、侵食により土砂が欠損している海岸において土砂投入を行うことがかなり有効なことを表している。

昭和 59 年 3 月の深淺データより、1 月のデータを差し引いて求めた土砂投入後の地盤高の 54 日間の変化を示すと図-4 となる。ただし汀線は 3 月 3 日の測定値である。地盤高の変化は 4 ランクに分けて示されているが、最大の変化は No. 36 で現れている。また 1 m 以上侵食が起きた区域が北側に斜めに広がっている。波が投入前の海岸線に対して直角に入射するのであれば侵食形状は沖側に突き出た汀線の頂部を境に左右対称となる。図示する侵食域の分布は波が初期の海岸線に対して時計回りの方向より入射したことを表わしている。一方堆積域は投入点の両側に存在する。北側への土砂の移動は、上述したように北東方向への沿岸漂砂によるものである。また南側での堆積は投入点から No. 37 の間の海岸線が大きく傾いているため、初期汀線の法線に対して時計回りの方向より入射する波に対しても局所的に南西向きの沿岸漂砂が生じたためと考えられる。

土砂投入時期の波浪条件は大井川港沖で大井川町が調査している¹⁾。波高観測は昭和 59 年 1 月～8 月まで行われた。対象期間全体の有義波の出現状況は 0.5 m 以下が約 70% を占め、1.0 m 以上は 5% 前後の出現率である。周期は 9～11 秒が全体の約 55% を占める。全般的に、著しい高波浪は出現していない。

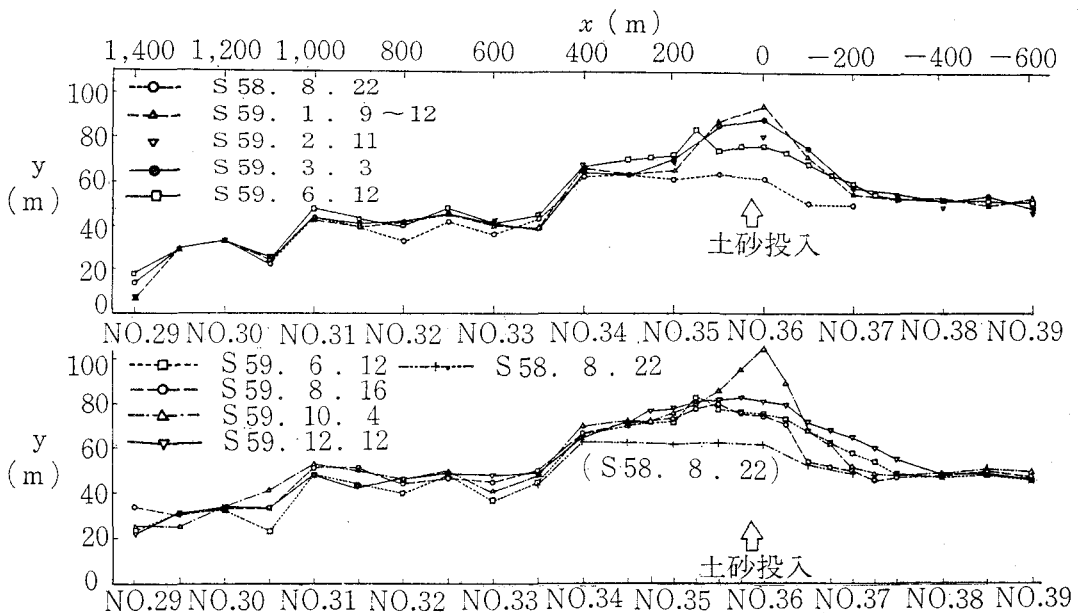


図-3 土砂投入前後の汀線変化

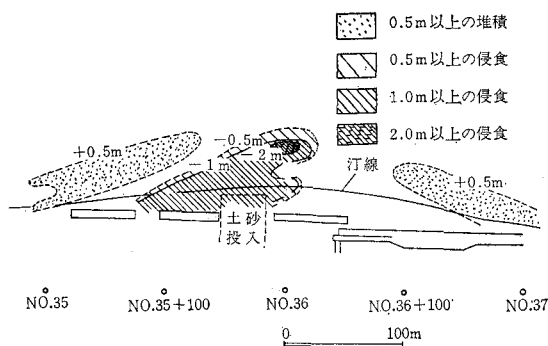


図-4 土砂投入後の地盤高の変化

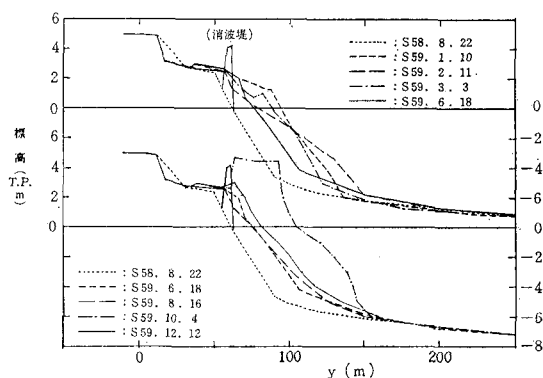


図-5 海浜断面形状の変化(測線 No. 36)

次に代表的測線の海浜断面形状の変化を明らかにする。図-5は土砂投入の行われた測線 No. 36の第1, 2回土砂投入前後の断面形の変化を示す。第1回目の土砂投入が完了した12月7日から約1ヵ月後の1月10日の断面形によると、土砂投入は元の断面形をほぼ平行移動したかのように堆積している。その後2月11日の形状では前浜付近が侵食され、水深約2~6mの間に堆積したが、3月3日になると再び岸向きに移動している。更に時間が経過した6月18日には海浜は全体的に侵食された。その後8月16日まで大きな変化はない。一方第2回の土砂投入が開始されてから2日後の10月4日には前浜頂がT.P. 4mで平坦な形を持ち、海側に大きく突き出た地形断面が形成された。しかしこの断面形も約2ヵ月後の12月12日になると投入前の8月16日の断面形に良く似たものとなった。この形状はまた第1回土砂投入前の昭和58年8月22日の形状とも良く似ており、投入土砂は流失したものの、海浜断面が初期断面形を平行移動させた形で変形したことがわかる。なお昭和59年1月~2月の間の変化に見られるように短期的には沖向き漂砂も生じた可能性があるが、このような変化は短期間で元に戻ることがわかる。また重要な点とし

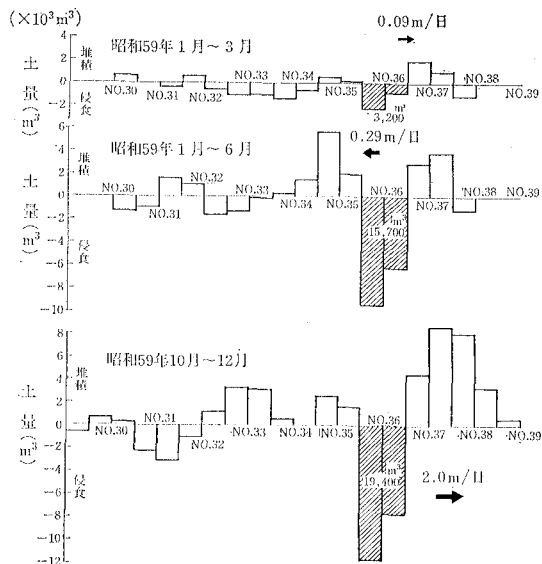


図-6 沿岸方向各区間の土量変化

て投入土砂は水深約6m以浅に止まっており、沖合へは流失しなかった点が挙げられる。上述の断面形状の変化より判断すると、海浜変形は主として沿岸漂砂によって生じたものと考えられる。

断面形の変化が明らかになったので、海浜断面積の変化量(ΔA)と汀線変化量(Δy)の関係を調べる。使用するデータとしては、大きな汀線変化の見られた昭和59年10月~12月のデータとする。両者の相関を調べた結果、相関係数 $r=0.88$ で次式が成立する。

$$\Delta A = 8.1\Delta y + 12.8 \quad (1)$$

ここに $\Delta A, \Delta y$ の単位は m^2, m である。式(1)によれば漂砂の移動高は8.1mとなる。これは筆者ら²⁾が測量データから求めた8.0mと良く一致する。

図-6には土砂投入後の沿岸方向各区間の土量変化を示す。第1回投入後の昭和59年1月~3月では地形変化量は小さい。1月~6月では投入域の測線No. 35+100~No. 36+100の範囲で顕著な侵食が生じ、その南北のNo. 36+100~No. 37+100及びNo. 34~No. 35+100の領域で投入域の侵食量に見合う堆積が生じている。その他の区間での変化量は小さい。第2回投入後の昭和59年10月~12月では投入点での侵食量は更に大きくなっており、南北の堆積域の範囲も第1回の比較時に比べて広がっている。また南西側の堆積量がかなり大きい。

4. トレーサー調査

投入土砂の移動状況を調べるためにトレーサー調査を行った。昭和58年の調査ではトレーサーとして投入土砂

と同じものを用い、土砂を採取したあと黄色と赤色の蛍光塗料を混合した。トレーサーの中央粒径は 19 mm であり、分布の幅は数mm から数十mm と広い(図-2)。投入土砂の中央粒径は約 12 mm であって、これと比較すると大きい粒度の分布幅はほぼ一致している。トレーサーの投入は昭和 59 年 2 月 2 日に行い、その後 5 日目と 15 日目にサンプリングを行った。黄色のトレーサーは土砂投入点の南西側約 60 m の汀線付近に、また赤色は北東側約 25 m の汀線付近に投入した。投入量はそれぞれ約 1 m^3 である。サンプリングは沿岸方向に 25 m または 50 m 間隔で配置された測線に沿って、岸沖方向に 5 m 間隔で 5 点ずつ、合計 110 測点で行った。サンプリングは 0.5 m 平方、0.1 m 厚で資料を採取した。採取重量は 1 測点当り 5 ~ 8 kg である。採取はダイバーが行った。採取した資料は乾燥後蛍光砂数を計測した。結果は上述の直方体 ($0.5 \times 0.5 \times 0.1\text{ m}$) 中の蛍光砂数をそのまま表示する。

土砂投入点の北側に投入された赤色のトレーサーの 5 日後と 15 日後の分布を図-7 に示す。着色礫は投入後北東方向へ拡散しつつ移動した。また着色礫は汀線近傍にのみ発見されており、沖側では見出されていない。投入後 15 日では 5 日後と比較して発見個数はずっと減少し、北東側に広く拡散した。このようなトレーサーの移動状況はこの期間の沿岸漂砂の卓越方向が北東方向であることを表わしている。土砂投入地点の南側に投入された黄色のトレーサーの拡散状況は図-8 に示す。着色礫は汀線近傍に数多く発見され、沖合にはあまり移動していない。5 日後ではトレーサーの投入点を中心に両側に拡がっている。15 日後には、一部は土砂投入点の北東側に、また一部は南西に拡がっている。図-7 の場合は一方的に北東方向へ移動したが、図-7, 8 の相違の原因は、投入土砂によって形成された汀線が冲向きに突き出た形状となっており、汀線の方向が大きく変化するためである。この地点での平均的な入射方向は消波堤を連ねた基準線の法線に対して時計回りの方向に傾いているが、土砂投入地点の南西側では海岸線が傾いているため局所的に南西向きに沿岸漂砂が生じたものと考えられ

る。次に、沿岸方向の重心位置の移動状況を知るために着色礫の岸沖方向の個数とを求め、その沿岸方向の分布を図-9 に示す。北側に投入された黄色の着色礫は時間の経過とともに北東方向へ移動したが、5 日後の個数分布のピークは投入点より 85 m の位置にある。したがってこの間 17 m/d の速度で移動したことになる。一方赤色の着色礫に関しては、5 日後ではピークの移動はほとんど見られないが、15 日後では 35 m 南西方向に移動している。また赤色と黄色の着色礫の拡がりと比較すると、黄色は急速にピーク値が下がり、沿岸方向に拡散するが、赤色は南西方向への急激な拡散は起こらずピーク値も相当大きな値を保つ。この原因は投入土砂が砂突堤状に突き出ているためそれを越える漂砂が起こりにくくなっていたためと考えられる。

昭和 59 年のトレーサー調査では矢作川産の白色花崗岩礫 30 m^3 を投入し、その移動状況を調べた。サンプリ

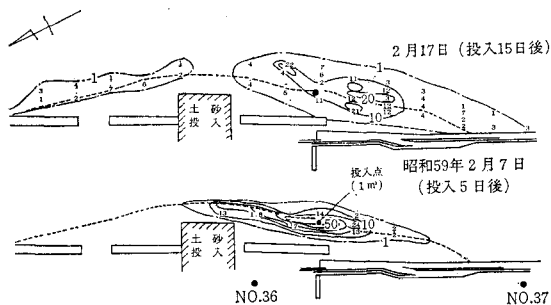


図-8 着色礫の拡がり(黄色)

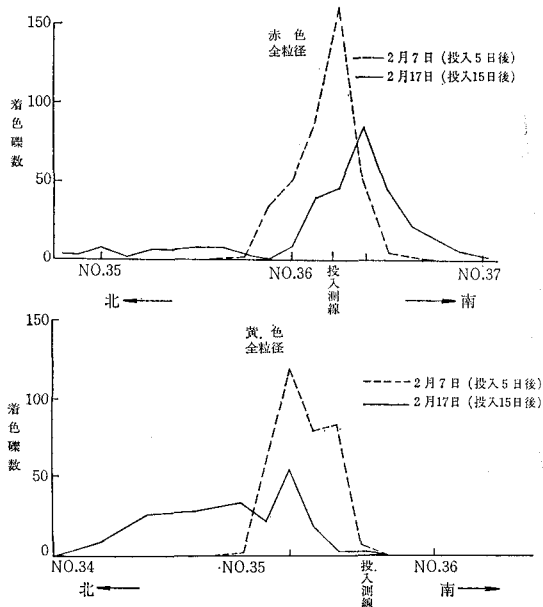


図-9 着色礫数の沿岸方向分布

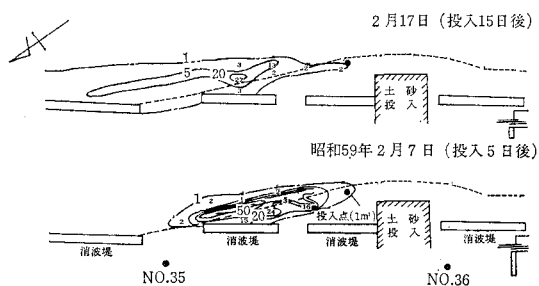


図-7 着色礫の拡がり(赤色)

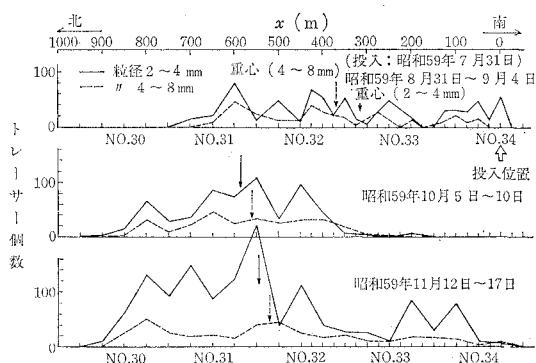


図-10 トレーサー個数の沿岸方向分布と重心位置

ング方法は前年度の着色礫の場合と同一である。投入は7月31日に行った。その投入位置は測線 No. 34 と No. 35 の間の汀線上である。その後第1回目の追跡調査を約1ヵ月後の8月31日～9月4日に、第2回目を同年10月5日～10日の間に行った。最終調査は約4ヵ月後の11月12日～17日の間に行った。調査によると、トレーサーは次第に北東方向へ拡がったが、花崗岩礫はほとんど全部水深5m以浅で発見されており、トレーサーは沖方向へは拡散しなかった。

図-10は沿岸方向の拡散状況を調べるために、トレーサーの発見個数の岸沖方向の和を求め、その沿岸方向分布を示したものである。この場合、粒径2～4mmと4～8mmとに区別し、その各々について分布を示すとともにその重心位置を求めた。重心位置は両者とも投入位置の北東側に位置する。ただし第1回調査の重心位置はトレーサーの分布が採取域を一部越えていたため、計算精度は他の2回に比べて良くない。第2回から第3回の間の重心の移動速度を求めると、粒径2～4mm、4～8mmともに南西向きに1.10m/dとなる。この間の土量変化は図-6に示したように主として南西向きの沿岸漂砂によるものと考えられ、トレーサー調査の結果と深淺測量の結果が良く一致することがわかる。

5. まとめ

本研究で得られた主要な成果をまとめ以下に示す。

① 駿河海岸の測線 No. 36 に投入された土砂は北東方向へ流れた。これは、当海岸での沿岸漂砂の卓越方向が北東方向であることを示す。

② 投入土砂は北東方向に流されたが、対象期間内で急速に失われることなく、相当量の土砂が投入点付近に保存され、養浜として役立った。

③ 投入土砂は水深約6mまでの範囲で動いており、それより沖方向へはほとんど動かなかった。

④ 投入土砂が沿岸方向に流れて海浜の変形が生ずる場合、海浜断面形はほぼ初期断面形を平行移動したものとなる。

⑤ 着色礫は、投入後北東方向へ拡がった。これにより沿岸漂砂の卓越方向が北東向きであることがわかる。投入点の南西側に入れた着色礫は緩い速度でわずかに南西方向に移動した。これは投入点の地形が沖方向に突き出たものであったために、投入点の南西側において局所的に南西向きの漂砂が生じたものと考えられる。

⑥ 矢作川産白色花崗岩礫も着色礫と同様に北東方向に拡がり、時間の経過とともに次第に岸向きに移動した。

⑦ 着色礫、花崗岩礫とも沖合への移動は少なく、水深約5m以浅で沿岸方向に移動した。この移動範囲は地形変化が活発な部分と同一であった。

⑧ 投入土砂はある程度砂移動を阻止する構造物がなければ最終的には投入点から失われてしまう。よって、今後においては砂捕捉構造物³⁾の検討が必要となる。

謝辞：本研究は昭和58、59年度において国土庁の調整費において建設省と運輸省とが合同で行った調査の結果の一部をまとめたものである。調査は東京大学堀川清司教授を委員長とし、東海大学豊島修教授、東京都立大学堀口孝男教授ほか行政機関の代表を委員とする検討委員会のもとに進められた。調査結果のまとめに際しては委員の方々から貴重な御意見をいただいたことをここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 海岸部における砂輸送システム調査報告、昭和59年度国土総合開発事業調整費報告書、昭和60年3月、建設省河川局、運輸省港湾局。
- 2) 武内達夫・宇多高明・中島秀樹・青山春男：駿河海岸における海浜地形変化の解析、第31回海岸工学講演会論文集、pp. 360～364, 1984。
- 3) 宇多高明・小俣 篤・山本幸次：サンドバイパスにおける投入砂の流出制御、第32回海岸工学講演会論文集、pp. 415～419, 1985。