

遠州・駿河海岸の広域土砂収支

服部千佳志* ・板生考司*・寺田利博**
片野明良***・黒木敬司***

1. はじめに

海岸法の改正に伴い, 全国の各海岸での海岸保全計画を策定するため広域漂砂系を把握することが重要な課題となっている。この場合, 沿岸海域だけでなく, 河川からの供給土砂量を含めた土砂収支を把握することが重要である。我国で生産土砂量が最も多い天竜川・大井川からの流送土砂により形成された遠州・駿河海岸は, これまでに沿岸漂砂特性や土砂収支に対する多くの研究成果が報告されている。しかし, 遠州から駿河海岸までを連続した漂砂系の海岸としては検討されず, また外力である波浪特性について定量的な評価も十分ではない。本研究は, 海岸保全計画を作成する際の基本計画資料の整備を目的として, 遠州・駿河海岸 (静岡県焼津港から愛知県伊良湖岬, 図-1) の広域の土砂収支を検討したものである。

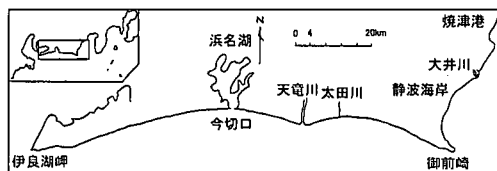


図-1 土砂収支の検討領域

2. 遠州・駿河海岸の漂砂系

土砂収支を検討するためには, 自然条件下で沿岸漂砂の流出入が0となる境界により閉ざされた領域を設定することが望ましい。そこで, 地形図 (国土地理院発行; 1/25,000), 海図 (海上保安部発行), 地質図 (海上保安部発行) 等の情報を基に, 天竜川・大井川を漂砂源とした漂砂系に対して, ①沿岸漂砂がほぼ完全に遮断されると考えられる地形, ②沿岸漂砂が海域に流出する可能性, ③沿岸漂砂が不連続となる可能性のある領域での底質分布を調べた。その結果を次に要約する。

- ① 遠州, 駿河の両海岸では, 岩礁部が一部存在するものの, 沿岸漂砂を完全に遮断する地形は存在しない。
- ② 遠州海岸の両端は, 西側に伊良湖岬, 東側では御前崎となっており, 両岬では沿岸漂砂が流出する可能性がある。
- ③ 伊良湖岬周辺の底質は砂質が支配的であり, 沿岸漂砂が流出していると考えられる。一方, 御前崎周辺では岩礁部が支配的となっており, 沿岸漂砂の流出量が少ないと思われる。
- ④ 駿河海岸では和田鼻付近で海底谷が沿岸域までせまっており, 漂砂が流出する可能性がある。
- ⑤ 和田鼻の北側では1962年には小川港が既設されており, その後, その北側に焼津港が建設されている。その北側では岩礁となっている。

また, 大井川河口の南に位置する静波海岸で底質の鉱物組成 (色) が変化することが知られており, 天竜川からの供給土砂が御前崎を回り込み静波海岸まで達していると考えられる。以上のことから, 少なくとも静岡県の焼津港から愛知県の伊良湖岬までの区間は, 沿岸漂砂が連続しており, 一つの漂砂系として考えることが妥当であると判断した。

3. 条件設定

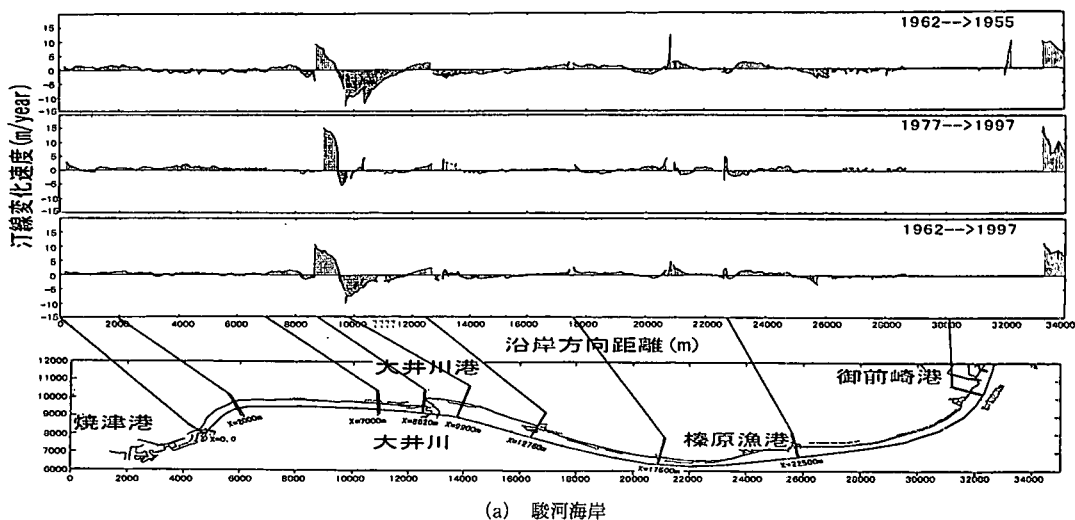
土砂収支を算定するためには, 沿岸域の土砂変化量に加えて, 主な漂砂源である主要河川からの供給土砂量, 飛砂による損失, サンドバイパスなどの漂砂系への人工的なじょう乱を考慮して, 全ての土砂の流入出を評価する必要がある。しかし, これらの量を正確に調べるためには, 詳細な現地データの蓄積が必要となる。本研究では一般的に入手可能な既往資料を基に, 各条件を以下の手順で算定することとした。

- ① 各領域での土砂量の増減を算定するために1962年から1997年の6回分の航空写真より汀線を判読した。航空写真の撮影時期の相異による影響を除去するために, トレンド解析により汀線変化速度を算定した。これに沿岸漂砂の移動高を乗じて土砂量の増減速度を算定した。

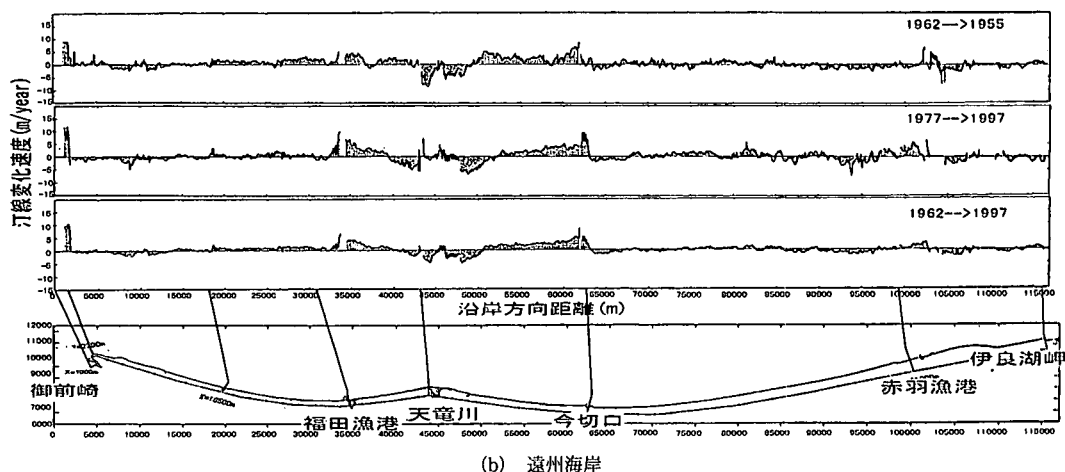
* 正会員 国土交通省 中部地方整備局

** 正会員 社団法人 日本マリナー・ビーチ協会

*** 正会員 株式会社エコー 環境水理部



(a) 駿河海岸



(b) 遠州海岸

図-2 汀線変化速度の沿岸分布

- ② 大井川、天竜川、太田川での生産土砂量は芦田・奥村 (1974) の式を基に、ダム建設による捕砂効果を考慮して算定した。
- ③ 土砂収支への飛砂量は河村 (1951) の式により、解析対象期間の飛砂量をアメダスの風観測資料を基に算定した。
- ④ サンドバイパスなどの人工的な漂砂系へのじょう乱について既往資料より土砂収支の算定に考慮した。

(1) 汀線変化速度

汀線変化速度を算定するために用いた航空写真は、1962年、1971年、1977年、1986年、1991年、1997年に撮影された6回分を基本として、この年に撮影された航空写真がない場合には、できるだけ撮影年の近い航空写真を用いることとした。航空写真の撮影年月が異なるため、汀線変化速度をトレンド解析 (1次の最小二乗法)

により算出して、土砂収支を検討することとした。なお、汀線変化速度は海岸構造物の建設に影響を受けると考えられるため、航空写真より海岸構造物の建設経緯を調べて、大井川港および福田漁港が沿岸漂砂をほぼ遮断し始めると考えられる1977年～1986年の時期で分割し、1962年～1986年、1977年～1997年、および1962年～1997年の期間に対して汀線変化速度を算定した。

図-2は各期間の汀線変化速度の沿岸分布と、平面地形図を示したものである。天竜川、および大井川の河口部では、汀線変化速度が負の値となっており、流送土砂の減少が示唆される。大井川港の南側、御前崎港の南側、福田漁港の西側、浜名湖の今切口の東側で汀線変化速度が正の値を示している。これは、港湾・海岸構造物により沿岸漂砂が遮断され、漂砂の上手側で汀線が前進した結果であると考えられる。この結果より、沿岸漂砂の卓

越方向は、大井川港周辺、御前崎港周辺では北向き、福田漁港周辺では東向き、今切口周辺では西向きであると考えられる。

(2) 主要河川での生産土砂量

主要河川での生産土砂量は、芦田・奥村(1974)の式より、流域面積から年平均比流域生産土砂量を算定し、ダムが建設されるとそれより上流で生産された土砂が捕捉されると考えて、流域面積を適宜補正して与える。主要ダムの建設年次とダムの流域面積はダム年鑑(2000)により調べた。

山間部での土砂の生産性は平野部に比べて高いと考えられる。そこで、ダムの上流域の流域面積から算定した生産土砂量を総生産土砂量から差し引くことにより、生産土砂量を算定すると負の値が生じた。これは、芦田・奥村の式では流域面積が小さいほど土砂の生産性が高くなるために生じるのである。そこで総流域面積からダムの流域面積を差し引き、この値を総流域面積に対して算定した年平均比流域生産土砂量に乘じて生産土砂量を算定する。表-1は、天竜川、大井川、太田川のダムによる生産土砂の捕砂効果を考慮した補正生産土砂量を示したものである。天竜川では1956年に竣工された佐久間ダム、大井川では1960年に竣工した笹間川ダムが最下流に建設されており、本研究で土砂収支の対象としている1962年以前に竣工されている。太田川については、1968年竣工の原野谷ダムにより支配されるものの、生産土砂量の変化は4%程度と小さい。以上のことより、本研究の対象期間における各河川からの生産土砂量は表-1に示す定数として扱う。

表-1 各河川の年平均生産土砂量

	総流域面積	補正流域面積	補正生産土砂量
天竜川	5090 km ²	1263 km ²	161.7×10 ⁴ m ³ /yr
大井川	1280 km ²	534 km ²	179.6×10 ⁴ m ³ /yr
太田川	474 km ²	456 km ²	36.5×10 ⁴ m ³ /yr

(3) 飛砂量

土砂収支への飛砂量は河村の式により、解析対象期間の飛砂量をアメダスの風観測資料を基に算定した。1976年から1998年までの期間のアメダスの風資料(遠州海岸では福田、駿河海岸では清水)を基に全飛砂量を算定した。そのうち沿岸域からの損失量は、全飛砂量に対して汀線に対して直角の陸側方向成分として考えた。表-2

表-2 飛砂による損失量

	飛砂量
遠州海岸	0.085 m ³ /m・yr
駿河海岸	0.047 m ³ /m・yr

は、飛砂による土砂損失量を示したものである。飛砂による損失量は、比較的に小さく遠州海岸では海岸延長を乗じて1.0×10⁴m³/yr程度、駿河海岸では0.02×10⁴m³/yrの損失量となる。

(4) 人工的な漂砂系へのじょう乱

土砂収支を検討する際には、サンドバイパスなどの漂砂系への人工的なじょう乱を考慮する必要がある。宇多(1997)によると1986年以降に約6.0×10⁴m³/yr程度大井川港と大井川河口の区間で土砂を採取し、大井川港の北側へサンドバイパスしている。土砂収支の算定にはサンドバイパス量を考慮した。

4. 土砂収支

土砂収支の検討に際し、その妥当性を確認するため、御前崎港の波浪観測資料を基に広域の波浪変形計算を行い、代表地点の沿岸漂砂量を算定した。また、大井川と天竜川からの流送土砂の鉱物組成(色)の違いに着目して、各地点の砂浜の色を画像解析により調べ、両河川の影響範囲を把握した。

(1) 沿岸漂砂量

沿岸漂砂量は波浪変形計算より得られた代表地点のエネルギーフラックスよりCERC公式により算定した。漂砂量係数値は、佐藤ら(1999)が常陸那珂海岸で汀線変化予測に適用した0.77/3.0=0.231を用いて算定した。

図-3は代表地点でのネットの沿岸漂砂量と沿岸漂砂の卓越方向を示したものである。沿岸漂砂は、天竜川、大井川の河口より両側へ拡散すると考えられる。大井川河口の南側に位置する静波海岸付近で、沿岸漂砂の卓越方向が逆転しており、天竜川から御前崎を回り込んで供給される漂砂と大井川から供給される土砂が混在する領域であると考えられる。

(2) 静波海岸周辺での土砂移動

大井川と天竜川からの流送土砂の鉱物組成(色)の違いに着目して、航空写真を基に静波海岸付近での砂浜の色を画像解析により調べて、両河川の影響範囲を検討する。図-4は画像解析により調べた砂浜の色の分布を示したものである。大井川と天竜川の影響境界は静波海岸付近にあり、天竜川からの流送土砂が静波海岸まで影響していることがわかる。1986年から1991年には大井川からの流送土砂の影響範囲が南へ拡大している。御前崎港に沿岸漂砂が遮断され天竜川からの流送土砂が静波海岸へ供給されていないことが要因として考えられる。

(3) 土砂収支

前述した条件を初期条件として、土砂収支を推定する。土砂収支を検討するにあたり、①河川からの流送土砂が沿岸漂砂へ寄与する割合、②計算領域境界での沿岸漂砂の流出入量(境界条件)、③沖方向の土砂流出量を推定す

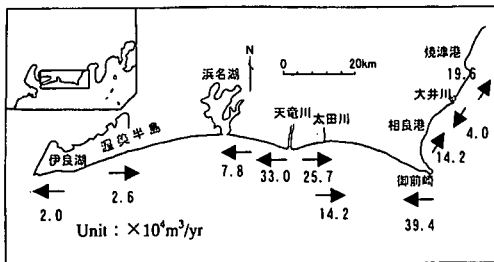


図-3 沿岸漂砂の卓越方向と沿岸漂砂量

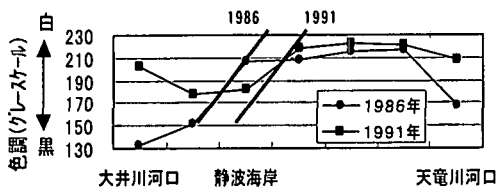


図-4 大井川と天竜川の影響域

ることが課題となる。そこで、前述した沿岸漂砂の卓越方向、沿岸漂砂量、静波海岸での両河川の影響域の変化を参考にして、試行的に各条件を検討した。その結果、河川からの流送土砂が沿岸漂砂へ寄与する割合は、大井川では10%、天竜川、太田川では25%と設定した。沖流出量は、沿岸漂砂の境界条件を満たすように、領域延長に比例して与えることとした。

a) 駿河海岸

図-5は、各期間の御前崎港以北(駿河海岸)の土砂収支を示したものである。図中には波浪条件より領域境界で算定したネットの沿岸漂砂量を併せて示す。御前崎港の南側領域では、1962年から1971年までに $2.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{yr}$ の土砂が堆積し、それ以降では $6.1 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{yr}$ の土砂が堆積している。そこで、御前崎港から北側へ通過する土砂量は、1971年までが $3.6 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{yr}$ 、1971年以降では0とする。この境界条件を満たすように土砂収支の算定を行った。

駿河海岸では沿岸漂砂量の算定結果と同様に大井川から南北に土砂が移動する結果となった。大井川と御前崎港の区間では各期間とも全域で土砂が南へ移動しているものの、相良港付近ではほぼ0に近く、近年その量は少なくなる傾向となっている。大井川の北側では大井川港が建設されており、1986年頃には沿岸漂砂の移動限界水深付近まで防波堤が延伸されている。それにより1977年～1997年の期間では大井川港から北側へ通過する土砂が減少し、大井川と大井川港の区間で $4.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{yr}$ の土砂が堆積している。大井川港の北側ではネットの沿岸漂砂量が $5.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{yr}$ 程度であり、その内 $2.0 \sim 4.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{yr}$ 程度の土砂が和田島から海底谷へ

流出していると考えられる。この結果は宇多(1997)の報告と整合するものである。なお、この区間では、消波堤が汀線付近に建設されており、航空写真から判読した汀線により算出した土砂変化量には比較的に大きな誤差が含まれる可能性がある。

b) 遠州海岸

図-6は各期間の御前崎港以西(遠州海岸)の土砂収支を示したものである。図中には波浪条件より領域境界で算定したネットの沿岸漂砂量を併せて示す。

遠州海岸では海岸の形成過程を勘案すると天竜川からの流送土砂が東西に分配されるものと考えられる。この分配された土砂は、西端の伊良湖岬、東端の御前崎より一部流出すると考えられる。したがって、遠州海岸の土砂収支は天竜川からの流送土砂の寄与率、両端での境界条件に左右される。

御前崎周辺の底質分布は岩礁であり、沿岸漂砂の流出量が比較的に少ないと考えられる。しかし、御前崎港の南側での堆積土砂は $6.1 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{yr}$ あるので、御前崎ではこれ以上の土砂が通過しなければならない。そこで、御前崎でのネットの沿岸漂砂量が $7.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{yr}$ となるように土砂収支算定条件を与える。一方、伊良湖岬での境界条件は、伊良湖岬が志摩半島などにより遮蔽されていることから、御前崎よりネットの沿岸漂砂量が少ないと考えられることから $5.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{yr}$ と設定した。

1962年から1997年の全期間でみると、天竜川から流送土砂の東西方向への分配率は僅かに東向きが多くなっているもののほぼ同程度である。1962年から1986年の

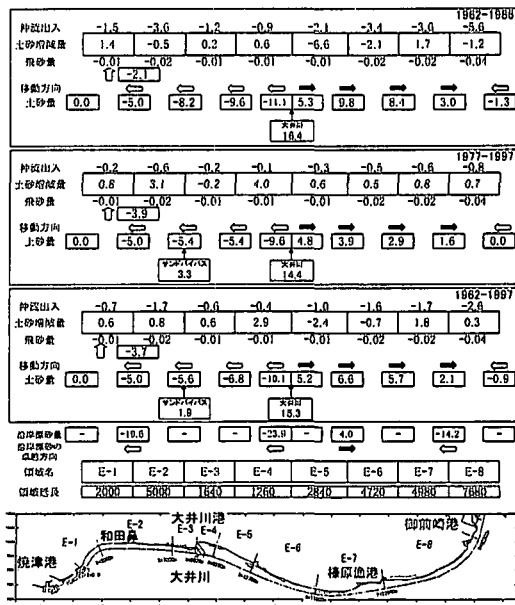


図-5 駿河海岸の土砂収支

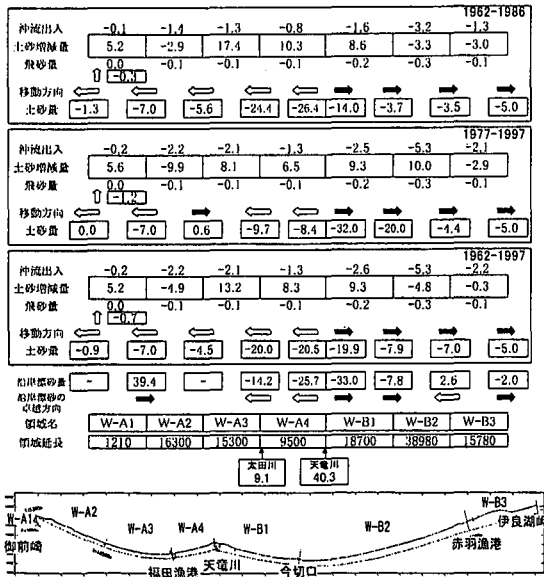


図-6 遠州海岸の土砂収支

期間では東向きが、1977年から1997年の期間では西向きが支配的となっている。航空写真より天竜川河口砂州形状を調べると、河口砂州は東へ延伸しており、東向きの沿岸漂砂が支配的であると考えられる。1977年から1997年の期間では西側への供給土砂が多くなっている要因としては、離岸堤群が河口の西側に建設されており、この領域で汀線が回復したことによるものと考えられる。

天竜川河口部では、 $20 \sim 30 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{yr}$ 程度の沿岸漂砂量が発生すると算定されており、土砂収支から算定された土砂の移動量と比較的良好な一致を示す。天竜川の東西では緩やかな円弧状の海岸形状を呈しており、凹部での沿岸漂砂量は比較的少ないと考えられる。

浜名湖の今切口では沿岸漂砂量が $7.8 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{yr}$ と算定されており、1962年から1997年の長期間の土砂収支と良好な一致を示す。1977年～1997年の期間で今切口の

土砂量が $20.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{yr}$ と大きくなっているのは、今切口の西側に離岸堤群背後で汀線が前進したことが要因として挙げられる。航空写真から判読した汀線を基に土砂収支を検討する場合には、離岸堤等の構造物背後に発達するサリエントやトシボロ地形に対して、離岸堤の設置水深を移動高として土砂量を算定するなどの工夫が必要であろう。

5. 結 論

本研究では得られた主な結論を次に要約する。

- (1) 広域漂砂系の土砂収支を検討するための領域は地形図、海図、地質図等から沿岸漂砂の境界を見出すことにより選定することが可能である。
- (2) 大井川、天竜川により形成された遠州・駿河海岸の連続した土砂収支を航空写真および一般的に入手可能な資料から明らかにした。
- (3) 遠州・駿河海岸では、伊良湖岬、御前崎、和田鼻での土砂の損失を見込む必要がある。土砂収支の確度を向上させるためにはこれらの損失量を正確に把握することが重要である。
- (4) 航空写真より汀線を判読するだけでなく、鉱物組成(色)の違いに着目して河川の影響域を調べた。
- (5) その結果、大井川と天竜川の影響境界は、静波海岸付近にあり、御前崎港により沿岸漂砂が遮断されたことにより、大井川の影響範囲は静波海岸の南まで拡大している。

参 考 文 献

- 芦田和男・奥村武信 (1974): ダム堆砂に関する研究, 京大防災研年報, 17号B, pp. 555-570.
- 宇多孝明 (1997): 日本の海岸侵食, 山海堂.
- 河村龍馬 (1951): 飛砂の研究, 東京大学理工学研究所報告, 第5巻, 第3-4号, pp. 95-112.
- 佐藤孝雄・八木橋 貢・黒木敬司・片野明良・栗山善昭 (1999): 沖合大規模構造物による海浜変形, 海岸工学論文集, 第46巻, pp. 621-625.
- 財団法人日本ダム協会 (2000): ダム年鑑 2000.