

大井川・駿河海岸系における海岸土砂収支について

河田 恵昭*・井上 雅夫**・鹿室 宏***・珠久 和孝****

1. 緒 言

第二次世界大戦後から始まった治山、治水事業によって、わが国の大河川では、近年洪水氾濫災害がほぼ制御される段階に至っている。しかし、砂防ダムや治水、利水ダム群の築造によって、流水のみならず生産、流出土砂が抑制され、その結果大規模な河床低下と河口部海岸の激しい海岸侵食が継続するに至っている。この間、さまざまな対策が施工されているにもかかわらず、この傾向を緩和することが大変困難な状況にあると言える。その一因として、河川、海岸を含めた土砂の管理、すなわち土砂収支がどのようなものであるかについての長期的かつ、定量的な情報が不足していることが挙げられる。そこで本研究では、わが国で生産土砂量が天龍川について多い大井川を対象とした資料解析から、海岸土砂収支の問題を明らかにしようとするものである。なお、この海岸については、すでに建設・運輸両省による調査(1984)や武内ら(1984)、加藤ら(1983)の報告があり、ここでは、それらの結果を踏まえて考察することにする。

2. 大井川水系の概要

ここでは、大井川治水史(1981)や大井川流出土砂量調査業務報告書(1983)にしたがって、この水系の概要をまとめて示す。

(1) 地形：大井川は、図-1に示すように、静岡市の最北端である山梨県および長野県の境界にそびえる白根山、明石岳南面の溪谷より発した寸又川、大間川、長尾川、家山川、笹間川、伊久美川、大代川、相賀谷川、大津谷川等の支川を集め駿河湾に注いでいる。流域面積は、1,310 km²、そのうち山地面積91.5%、平地面積8.5%、幹線流路長は180 km²である。地形は、北岳(標高3,192 m)、間ノ岳(標高3,189 m)、農鳥岳(標高3,026 m)の白根三山と荒川岳(標高3,083 m)、赤石岳(標高3,120 m)、聖岳(標高3,011 m)を代表する赤石山脈との間を

南北に細長い谷を形成している。大井川は天龍川、太田川、菊川の流域に接しており西側には小支川が存在している。流域平均幅は3.4 km、幹線の縦断勾配は約1/250、支川1/200~1/300の急流河川であるため、洪水時ともなれば、水勢が強く、流石、流木を伴う場合が多い。

(2) 地質：大井川水系は、明石扇状地と呼ばれる三角地を縦谷となって南下している。外帯西部地域の中生界は、明石山地(南アルプス)に分布する。西側はほぼ中央構造線、東側は糸魚川、静岡構造線で境界が形成されている。明石山地では、西から三波川帯、秩父崇帯、

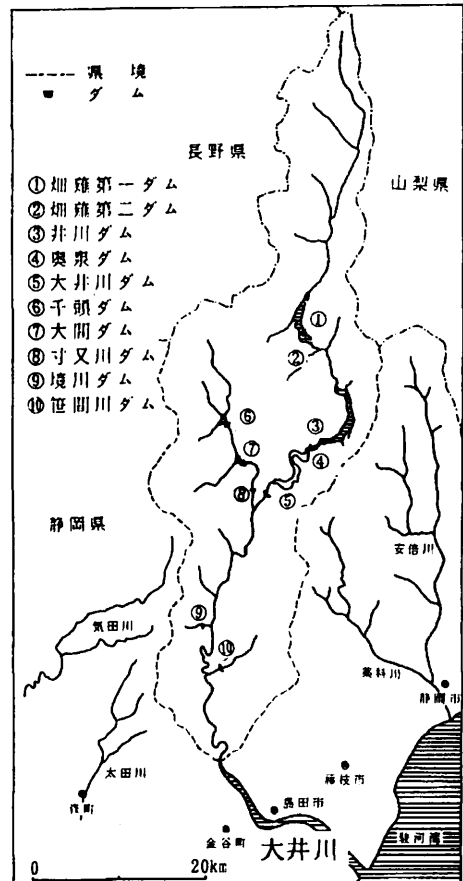


図-1 大井川流域図

* 正会員 京都大学教授 防災研究所 地域防災システム研究センター

** 正会員 関西大学教授 工学部土木工学科

*** 学生会員 関西大学大学院

**** 正会員 京都市役所

四万十累帯がほぼ南北に配列する。この流域での地質構造は南北に延びる帯状構造をなし、西側から順に3帯に大別され、四万十累帯は明石帯、白根帯、大井川帯、三倉帯、瀬戸川帯に区分される。各帯は、断層で境し、多くは西方地塊が東方地塊に衝上する関係にあると言われている。従って、流域の生産土砂量は天龍川について多い原因となっている。

(3) 降雨：大井川水系全体における降雨量は、「日雨量年表」より平均年降雨量 2,950 mm/年、大雨時雨量(1日 100 mm 以上の降雨量の年合計)は、大間ダム流域で 1,045.9 mm/年、観測された期間最大日降雨量は、やはり同ダム流域で 1957 年から 84 年までの間で 453 mm/年である。

3. 大井川におけるダム築造と堆砂

(1) 流出土砂量の調査

一般に、ダム流域の実績比流砂量は、年間貯水池堆砂量をそのダムの集水面積で除して求まる。すなわち、次式のようになる。

$$Q_s = V_s / A \dots\dots\dots (1)$$

ここに、 Q_s ：実績比流砂量($m^3/年/km^2$)、 V_s ：年貯水池堆砂量($m^3/年$) A ：集水面積(km^2)である。しかし、貯水池に流入した土砂が 100% 捕捉されるとは限らない。例えば、流出土砂の粒度特性より浮遊砂が多い場合または、貯水池の堆砂率が高く、満砂状態になっている場合等はダム下流に越砂して、流出土砂量が把握できない。ここでは、流出土砂の中で浮遊砂の占める割合については粒度分布の実績資料がないため無視せざるを得ず、満砂していない貯水池の堆砂資料より、流出土砂量を評価する。また、集水面積は、同一水系内に連続的にダムが建設されている場合、ダムの位置関係と建設年次を考慮する必要がある。よって、次項以下に、比流砂量の補正方法を述べ、実績比流砂量を算定する。

(2) 流出土砂量の補正方法

ダム貯水池に堆積した土砂量からその流域での流出土砂量を推定するには、まず、そのダムの集水面積を正確に知る必要がある。たとえば、同一水系内に連続的にダムが建設されている場合、下流側のダムの集水面積は上流側ダムの影響を受ける。そこでこの場合ダムの位置関

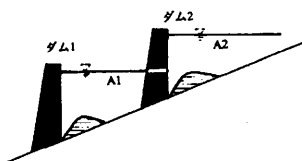


図-2 集水面積の補正

係及び建設年次を考慮してそれぞれのダムについて、図-2 に示す方法で、集水面積の補正を行う。

①建設年次が1よりも2の方が古いとき A_1 は、ダム2の残流域面積となる。

②建設年次が2よりも1の方が古いとき

A_1 は、I) ダム2が建設されるまでは全流域面積

II) ダム2の建設後はダム2の残流域面積

となる。なお、この補正方法で注意すべきことは、ダムが満砂状態となった場合であり、そのダムにおける土砂捕捉率0と考えられるため、下流にダムがある場合でも集水面積に影響を与えることはなく、また、満砂ダムの堆砂量実績値は満砂時点以降は流入土砂量の真値とはみせない。そこでそれぞれのダムについてその土砂捕捉率の検討を行う。

(3) 実績流出土砂量

実績流出土砂量を貯水池堆砂量より求めることにするが、貯水池の堆砂量経年変化は、各貯水池に関係する支配因子によって異なり、おおむね、緩慢型、中間型、急速型に分類できる。また、貯水池の堆砂量経年変化は、ステージ1~3に分けられ、図-3にその例を示す。

ステージ1は、ダム竣工直後、付替道路のずり、その他工事に伴う流出土砂の流出も含めて、堆砂速度が最も大きい期間である。つぎにステージ1を過ぎると、とくに豪雨による大洪水でも起こらない限り、流出土砂量は自然時の状態にもどって堆砂速度も緩慢となり、堆砂の傾向は、比較的安定したステージ2に入る。この時期には、上流からの浮遊砂および掃流砂の大部分は、貯水池内に捕捉され堆砂する。さらに堆砂が進むと流出土砂の大部分が、ダムを越えて流下するステージ3となる。

本調査では、10ある大井川水系の各貯水池を、大井川(畑窪第一、畑窪第二、井川、奥泉、大井川)、寸又川支川(千頭、大間、寸又川)、境川支川(境川)、笹間川支川(笹間川)に分類し、さらに上流から竣工年、堆砂量経年変化、集水域の変化等を考慮して、流出土砂量を算定した。その結果を表-1に示す。

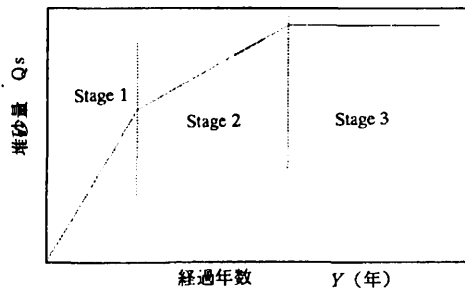


図-3 堆砂量経年変化例

表-1 各ダム別流出土砂量の算定結果

ダム名	河川	竣工年	集水面積 km ²	比流砂量 m ³ /年/km ²	流出土砂量 m ³ /年	満砂 年
①畑窪第一	大井川	1962	318.0	3.209	1,020,462	
②畑窪第二	大井川	1961	11.2	3.159	35,381	1963
③井川	大井川	1957	130.1	4.677	608,478	
④奥泉	大井川	1956	5.3	23,749	120,870	1960
⑤大井川	大井川	1936	72.0	1.320	40,000	1939
⑥千頭	寸又川	1935	132.0	728	96,096	1960
⑦大間	寸又川	1938	69.6	534	37,166	1961
⑧寸又川	寸又川	1936	39.3	1.320	51,876	1943
⑨境川	境川	1944	12.0	1.000	16,800	1958
⑩笹間川	笹間川	1960	68.0	1.434	97,512	

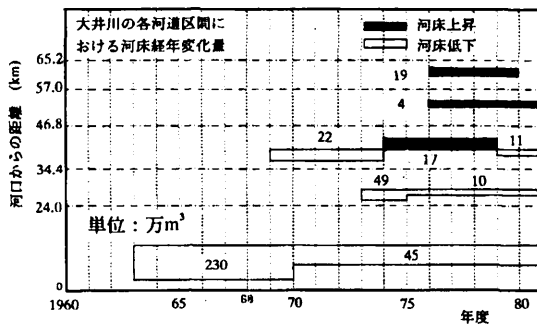


図-4 河床の経年変化量

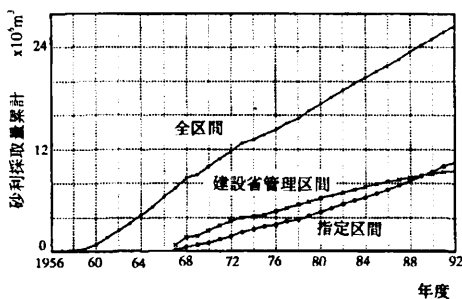


図-5 累計砂利採取量

4. 河床変動の特性

(1) 河床変化量

ダムの下流から河口までの河道区間における河床変化量として、河床高と河道容量の経年変化を調べる。大井川河道は、河口から上流 24 km 地点付近を境に、下流側が建設省直轄区間、上流側が静岡県土木部管理区間となっている。資料は下流側が1980年度の欠測を除き1962年度から81年度までであるが、上流側は欠測年が多く河床や河道の変化量が断片的にわかつたにすぎない。

(2) 河道変化量

河道変化量の経年変化は、河道区間を次の5区間に分

けて整理した。河道変化量の整理対象区間は河口から上流の本川根町までの約 65 km である。また河道容量は河道の横断測量の結果から、計画高水位以下とする。河道の5区間は、以下の通りである。

- ① 河口～24.0 km (河道距離 24.0 km), ② 24.0 km～34.4 km (河道距離 10.4 km), ③ 34.4 km～46.8 km (河道距離 12.4 km), ④ 46.8 km～57.0 km (河道距離 10.2 km), ⑤ 57.0 km～65.2 km (河道距離 8.2 km)

図-4 に各河道区間の河床変化量を経年的にまとめた。この図より、河床変化について次のことがいえる。

- ① 1963 年度から 81 年度までの 18 年間を通した全河道区間 (河口～65.2 km) の河床変化をみると河床低下を示し、その値は年々減少する傾向にある。
- ② 1973 年度以降 81 年度までの期間で、34.4 km より上流の河道区間においては、河床の上昇がみられ (4～19 万 m³/年), 下流の河床低下とは対照的である。

(3) 河川砂利採取量

大井川における建設省区間、県土木部区間および河道全区間での砂利採取量累計の経年変化を図-5 に示す。河口から上流 24.0 km 地点付近までの建設省直轄区間では、1967 年度以降、砂利採取規制計画が策定され、それに基づいて許可掘削量が算出されている。約 24 km 地点より上流側は、指定区間になっており砂利採取の規制計画は策定されていない。図-5 によると、1956 年度から 92 年度の 37 年間における総採取量の年平均は約 78 万 m³/年で、砂利採取規制の始まった 1967 年度から 92 年度の 26 年間では約 75 万 m³/年となり、内訳は建設省区間は約 34 万 m³/年、県土木部区間は約 41 万 m³/年となっている。

5. 海岸土砂収支に関する考察

(1) 河川からの供給土砂量

大井川水系からの、河口への供給土砂量 (V) は、ダム堆砂量、砂利採取量、河床変動量との関係から図-6 の様になると考えられる。なお、3.より全生産土砂量は 219 万 m³/年となる。また、堆砂量は既存ダム 10 あるうち畑窪第一、畑窪第二、井川、笹間の値を使う。

図-6 よりダム域からの流出土砂量は 43 万 m³/年となり、下流域での砂利採取量 78 万 m³/年、河床低下量 123 万 m³/年を考慮すると、河口への流出土砂量は 88 万 m³/年となる。

(2) 海岸侵食量の算出と考察

海岸の土砂収支を考察する上で、まず駿河海岸 (全長 18 km) の海岸侵食量を求める。駿河海岸においては、1963 年以来毎年定期的に汀線、深淺測量が行われている。測線の配置、汀線変化を図-7 に示す。測線間隔は 200

mであるが、深浅測量は、偶数測線でのみ実施されている。深浅測量は、1963年～1970年は毎年1回(夏期)であったが、1971年以降は年2回(冬期、夏期)行われている。海岸侵食量は、図-7の汀線変化図より、基線(1963年)から1991年の汀線変化量($\Delta V \text{ m}^2$)に、すでに推定されている移動限界水深8m(加藤ほか, 1985)を乗ずれば、総侵食量($\Delta V \text{ m}^3$)は次のようになる。

$$\Delta V (\text{m}^3) = 2.54 \times 10^6 (\text{m}^3)$$

つぎに、駿河海岸を大井川港を境とした南北の侵食量 ΔV_N 、 ΔV_S を求めると、

$$\Delta V_N = 2.36 \times 10^6 (\text{m}^3) \quad \Delta V_S = 1.52 \times 10^6 (\text{m}^3)$$

しかし、1983年より大井川港の南防波堤と大井川河口の間で年間10万 m^3 の土砂採取が行われており、このうち年間6万～6.5万 m^3 の土砂を大井川河口と栃山川の間に広がる大井川工区に投入(サンドバイパス事業)を行っている。ゆえに、これを考慮して北側の侵食量 ΔV_N は、

$$\Delta V_N = 3.02 \times 10^6 (\text{m}^3)$$

となる。汀線は1963年までほぼ平衡を保ってきたが、それ以後、海岸侵食が始まり、年間の平均侵食量は、北側では $1.08 \times 10^5 (\text{m}^3)$ 、南側では年 $5.43 \times 10^3 (\text{m}^3)$ の侵食が起こっていることがわかる。なお、この値には、サンドバイパスによる供給土砂量も考察してある。図-7の大井川左岸側では、大井川港北側の汀線後退は順次北側へ移行し、1983年には測線 No.20(栃山川河口)付近に達している。大井川港南防波堤と大井川の間測線 No.48においては、1978年以降急激に汀線が前進したが、これはこの地域で砂利採取が行われなくなったためである。一方、大井川河口右岸においては、大井川河口近傍の測線 No.56および No.58で汀線の後退が顕著に生じており、1972年頃には護岸付付近まで後退した。これに対し、吉田漁港防波堤北側では1972年頃より汀線の前進而みられ、1978年以降は安定している。その南側では前進領域と後退領域が交互に現れているものの、変化量は小さい。なお、測線 No.90は勝間田川専流堤近傍に位置しており、1966年～1970年に顕著な汀線の前進而みられている。

6. 駿河海岸の侵食対策の変遷と問題点

(1) 侵食対策

駿河海岸においては、1960年頃より侵食傾向が顕著となり、1964年より建設省直轄事業として堤防・護岸・消波堤・離岸堤などの海岸保全施設が整備されてきた。

図-8は、大井川河口の北側の大井川工区の各種海岸侵食対策工の経年的な変化を示したものであって、測線番号が小さくなるにつれて大井川から北へ遠ざかることになる。これから、1963年以降、海岸堤防、突堤、離岸

堤の順にほぼ北へ向かって経年的に施工されていることがわかる。さらに、図中の丸の中に災の字を入れて示した災害復旧事業が1980年前後に集中していることが見いだされる。すなわち、この事実は大井川河口の左岸側の海岸では、北側に侵食が進み、1980年頃には、既存の対策では不十分となったことを表している。1983年から測線番号33から38にかけて、侵食の激しい個所を中心としてサンドバイパスによる土砂の投入が開始され、侵食を緩和する努力が継続されている。

この海岸の直接的な侵食原因は大井川河口左岸に位置する大井川港の建設であろう。ここでは、1962年より南防波堤の工事が開始され、1964年度には南防波堤の長さが272mに達しており、常時航路浚渫が行われ、水深7m程度に維持されている。駿河海岸のとくに北側海岸で海岸侵食が顕在化し始めた年代と港湾建設のそれがほぼ一致しており、間違いないところである。

図-9は、1965年と1993年の横断面図を比較したものである。この28年間で約60mの汀線後退と沖方向の海域の全体的な水深増加があり、この特性は大井川工区で一般的に認められた。水深10mを越えた海域で両年の海浜断面が交差しないことは、移動限界水深が8mと一

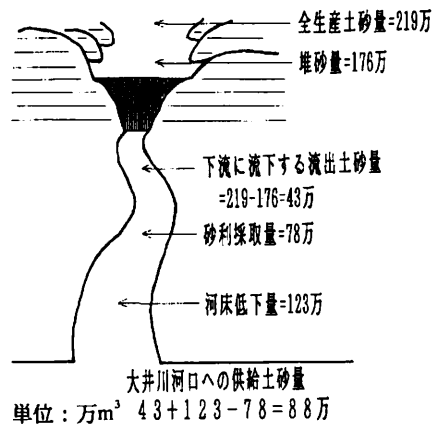


図-6 海岸土砂供給図

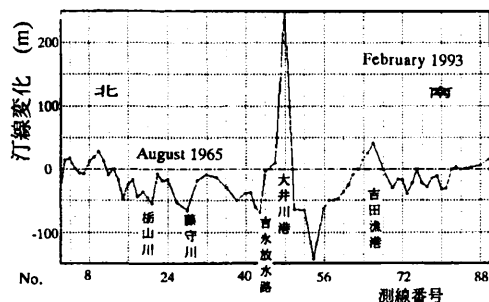


図-7 汀線変化図

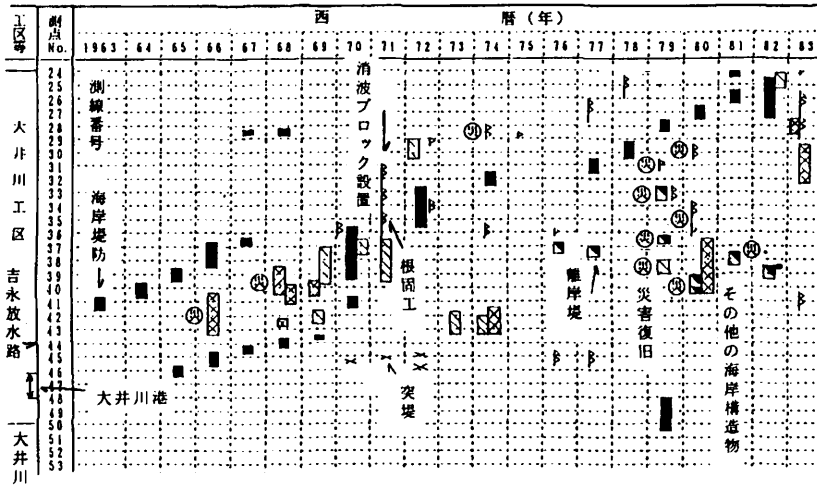


図-8 駿河海岸大井川工区における海岸侵食対策工の変遷

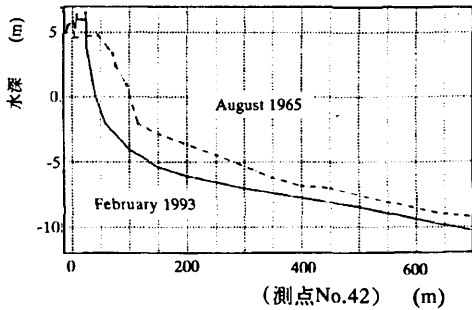


図-9 海浜断面の比較例

定ではなく、前浜での反射率の増加などのために、経年的に大きくなっていることを示しているようである。資料解析から、北側海岸でこの28年間で毎年約10万 m^3 の海岸侵食が起こっていることを示している。この値は移動限界水深を8mとして求めたものである。これが侵食量の最低値に近く、実際はこれより大きいと考えてよい。そうすると、現在のサンドパイパスによる土砂の年間投入量である6.2万 m^3 では、約4万 m^3 近い不足が生じていると考えられる。

現在、短突堤や新型離岸堤の設置が試みられているが、これらによって沿岸漂砂の移動速度の遅延化が実現しない限り、長期的に侵食を食い止めることは困難であろう。大井川の下流の河床状況やサンドパイパス用の土砂の堆積状況、大井川港の航路の浚渫の実状から、現在、漂砂源は十分あると判断できる。したがって、サンドパイパスの土砂量を増加させたり、大井川港への入港船舶の小型化による航路水深の浅水化によって、漂砂の連続性を確保することが抜本対策につながると思われる。

7. 結 語

大井川と駿河海岸を含む系で長期的な土砂収支に関する資料解析を行った。その結果、とくに河口部北海岸では、侵食域の北側への移動が継続していることが見いだされた。ここでは、経年的に各種海岸侵食対策が施工され、侵食の緩和が図られてきたが、未だ成功していないといえる。この原因として、サンドパイパスによる投入土砂量が約4万 m^3 不足していることを指摘した。大井川水系では多くのダムが満砂状態であり、下流部の河床も安定している。河口部への十分な土砂供給が可能となっている。このことから、サンドパイパスによる土砂の投入量を増加させることは可能であり、これと大井川港の南防波堤を回り込む漂砂の移動を確保をすれば、下手海岸の侵食の緩和が一層期待できることを示した。また、河口部南海岸については、侵食割合が北海岸に比べてかなり小さいので、大井川からの土砂供給が継続するような配慮が必要であろう。

最後に、資料を提供していただいた建設省中部地方建設局静岡河川工事事務所に感謝する。

参 考 文 献

運輸省港湾局, 建設省河川局 (1984): 海岸部における砂輸送システム調査報告書, pp. 1-23.
 加藤一正・入江 功・田中剛男 (1985): 大井川河口周辺海岸の海況変形の巨視的把握, 第32回海岸工学講演会論文集, pp. 390-394.
 建設技術研究所 (1983): 大井川流出土砂量調査業務報告書, 120 pp.
 建設省中部地方建設局静岡河川工事事務所 (1981): 大井川治水史, pp. 33-40.
 武内達夫・宇多高明・中島秀樹氏・青山春男 (1984): 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.