

天龍川・遠州海岸系の海浜過程について

河 田 恵 昭*・植 本 実**

1. 緒 言

わが国の砂浜海岸は、河川や海崖からの供給された土砂を漂砂源として、長い年月にわたって形成されたものである。かつて浮世絵などにも描かれた歴史的な海岸風景が現在まで維持されていることを考えると、土砂の供給量と漂砂量との平衡状態が保たれていると推定することができる。

1960年代の高度経済成長期以降、治山・治水事業の推進や河川流域の急激な開発が進められた。この結果、河川災害に対する安全性は大きく高まったものの、今日では河川下流域で河床低下や海岸侵食の問題が顕著化してきている。これは上流から供給される土砂の減少や、流砂・漂砂の連続性の阻害により、河川・海岸土砂収支の平衡状態が崩されたことが原因と考えられる。小さな国土にあって貴重な憩いの場である砂浜が形を変え、あるいは消滅していくことは深刻な社会問題であり、具体的な対策を講じることが必要である。このためには、河川・海岸全体での土砂収支を解明し、明確な流域土砂管理の指標を持つことが必要であると言えよう。

本研究では、海岸侵食が顕著な地域におけるダム堆砂の状況について紹介する。また、天龍川・遠州海岸系をケーススタディとして、海岸の侵食量、河道低下量、砂利採取量およびダム堆砂などの経年実績をもとに、これらの時間的・空間的な関係を明らかにする。

2. ダム堆砂と海岸侵食

宇多（1997）によれば、現在侵食が問題となっている海岸は全国で41地点ある。このうち、流域の開発による河川からの土砂供給量の減少が原因と考えられるものは15地点である（図-1）。

表-1には、侵食海岸の漂砂源となっている河川とダム群の総堆砂量の実績を示す。年平均ダム堆砂量は、上流河川に設けられた1995年時点のダム群の堆砂量から算出したものである。小規模なダムおよび満砂して長期間が経過したものは、海岸侵食には影響しないため除外

した。また、農林省所轄の灌漑ダムは堆砂資料が得られなかったためここでは考慮されていないが、ダム数、規模ともに小さいため全体量に対する比率は少ないものと

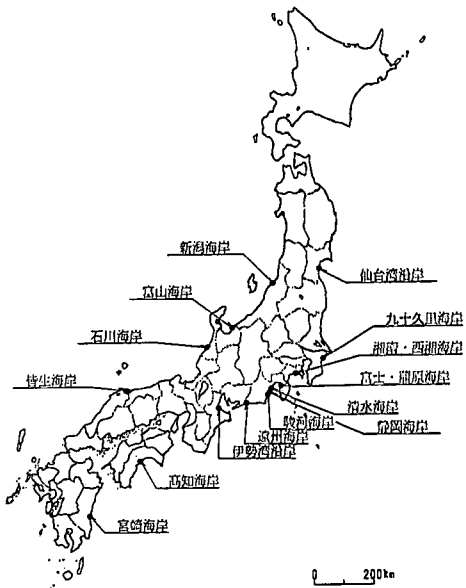


図-1 土砂供給量の減少が要因の侵食海岸

表-1 侵食海岸の漂砂源となっているダムの年平均堆砂量

海岸名	上流の河川名	上流ダム年平均堆砂量
仙台湾沿岸	阿武隈川, 鳴瀬川, 名取川	188 千 m ³
九十九里海岸など	利根川	1,145 千 m ³
湘南, 西湘海岸	相模川, 酒匂川	324 千 m ³
富士, 蒲原海岸	富士川	481 千 m ³
清水海岸	安部川	
静岡海岸	安部川	
駿河海岸	大井川	2,145 千 m ³
遠州海岸	天竜川	4,725 千 m ³
新潟海岸	信濃川	1,577 千 m ³
富山海岸	黒部川	894 千 m ³
石川海岸	手取川	46 千 m ³
伊勢湾沿岸	鈴鹿川	79 千 m ³
皆生海岸	日野川	21 千 m ³
高知海岸	物部川, 仁淀川	602 千 m ³
宮崎海岸	大淀川	471 千 m ³

* フェロー 工博 京都大学教授 防災研究所
** 正 会 員 工修 日本工営株式会社

考えられる。

中部地方の太平洋側海岸および北陸地方など土砂生産量が大きい地方で海岸侵食が顕著であり、ダム堆砂が問題となっている地域と重なることが判る。特に天龍川および大井川水系は年平均量で200万～400万 m^3 、その他、東北の仙台湾沿岸、山陰の皆生海岸では年間10～20万 m^3 、四国の高知海岸、九州の宮崎海岸では、40～60万 m^3 程度の土砂が、毎年ダムに堆砂している。

ダム堆砂は粘土から礫まで幅広い粒度分布を持つため、この量が直接海岸侵食に影響するわけではない。河田ら(1994, 1997)

によれば、海岸侵食に影響するダム堆砂量の割合は、大井川水系で約11%、天龍川水系で約8%であることが明らかにされている。比率的には小さいが、将来も継続してダム堆砂が発生することを考えると、海岸侵食に与える影響は軽視できないと思われる。

このような現状を踏まえて、天龍川・遠州海岸系を例にとり、流域からの土砂供給の減少と海岸侵食量との関係を考察することにする。

3. 天龍川・遠州海岸の概要

(1) 遠州海岸の地形と侵食状況

天龍川河口から広がる遠州海岸は、図-2に示すように河口位置を頂点とする2つの大きな弧状海岸よりなっている。この地域では太田川、弁財天川などの小河川があるが、天龍川の他に土砂供給源となるような大河川は見あたらない。また、渥美半島と御前崎付近の海崖から供給される土砂が加わるがその量は僅少である。したがって、天龍川から供給される膨大な土砂が洪水によって河口部まで運搬され堆積し、それを漂砂源として徐々に海岸に運搬され現在の海浜地形が形成されているものと考えられる。

沿岸漂砂の卓越方向は、服部・鈴木ら(1974)によれば、大局的には東向き(右岸から左岸方向)である。

九津見ら(1982)によると、明治30年代までは明らか

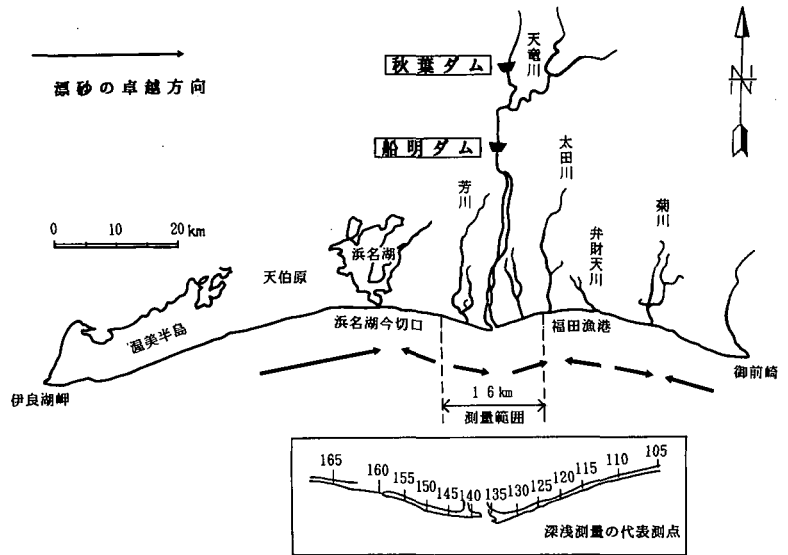


図-2 遠州海岸の地形

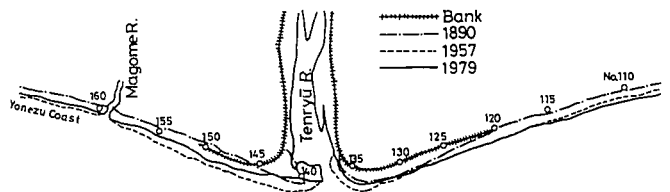


図-3 遠州海岸の汀線変化 (九津見ら 1982)

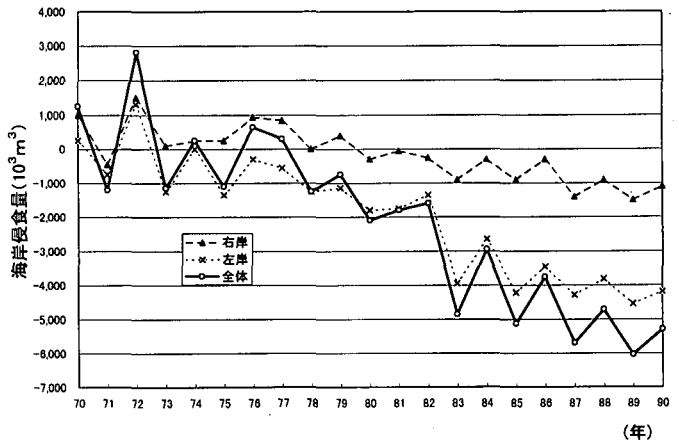


図-4 遠州海岸の侵食量の経年変化

に河口を中心として汀線の前進がみられたが、天龍川からの供給土砂の減少などにより河口を中心として急激に侵食が進行したことがわかる。

河口部付近から東側(左岸)では、佐久間ダム等の大ダム群の建設からやや遅れて1965～75年に侵食がピークに達し、その後は低下傾向を示している。これに対し、

河口の西側(右岸)では離岸堤が設置されたことにより一時は侵食が回復していたが、大きな効果はなく現在では左右岸ともに侵食傾向にある。

(2) 下流河道の地形と河床低下量

ダム建設等による流砂環境の変化に伴って、溺筋の変化や砂堆、砂州の形成なども大きく変化している。

図-5は建設省中部地方建設局(1983)によって整理されている鹿島地点以南の下流域での溺筋の経年変化である。1947年ごろには25 km 区間全域に渡って網状の河道であったものが、1960年ごろには10 km より下流で複列ないしは単列河道へと変化している。さらに1970年以降は、10 km 地点より下流では単列化がさらに促進されるとともに蛇行ピッチが短くなり、屈曲した流路形態となっていることがわかる。このような溺筋の収束は、上流のダム群によって供給土砂量が捕捉され、砂・礫など、いわゆる掃流砂を含まない水流が下流へ流下するために生じたものと考えられる。

下流河道では1960年頃から、鹿島地点以南の下流域では河床の低下が顕著に見られるようになった。図-6は、測量結果から河道の年間の変動量を算出し、それらを累加したものである。1960～69年にかけて急激に河床堆積物の減少が見られるが、1975年ごろからは大きな変動は

なく河床は安定している

また、上流の25 km 地点では逆に粗粒化(アーミング)が進行し、河口部0～5 km 区間では粒径分布の細粒化が進み、河床勾配が徐々に緩やかに変化していることが建設省より報告されている。これは、アーマコート化の進行とともに下流方向に運搬された土砂が減少したため、河道が自らの河床勾配を緩くすることで安定化を図ったことと考えられる。

(3) ダム堆砂および砂利採取の影響

上流ダム群のうち、大洪水時を除いた下流河道の流砂環境に最も大きな影響を及ぼすのは、最下流に建設されたダムと考えられる。天龍川水系の最下流にある船明ダム(1977年竣工)は、図-7のようにクレストゲートを開放することにより、堆砂のフラッシュを行っているため、土砂収支上無視することができる。したがって、ここでは船明ダムから約16 km 上流にある秋葉ダム(1958年竣工)の影響が大きいものと考えた。

図-8に下流河道での砂利採取量と水系下流に建設された秋葉ダム堆砂量の累年変化、海岸侵食量、および河床低下をあわせて示している。

砂利採取は1960年頃から増加しており、特に河口から14～25 km 間では1963年～68年にかけて500,000 m³/年の砂利採取量が行われている。1973年から砂利採取量の規制が行われているため、現在はかつてほど大量の採取は行われていない。この傾向とがよく対応している。また、ダム堆砂で見られるような大洪水(1983年)との対応が不明瞭であることを考慮すれば、河床変化は砂利採取及びダム堆砂が直接の原因であり、これに河道の安定化対策の効果が現れたものと推定される。これに対し、

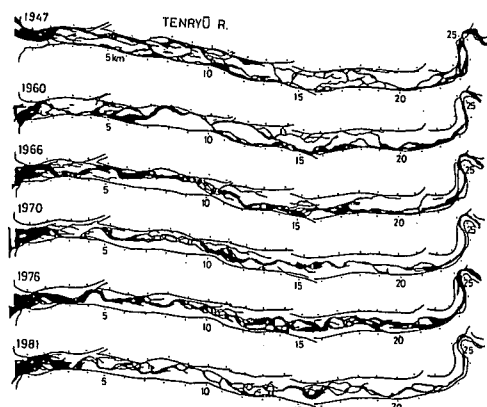


図-5 天龍川下流部の溺筋の変化(建設省中部地方建設局, 1983)

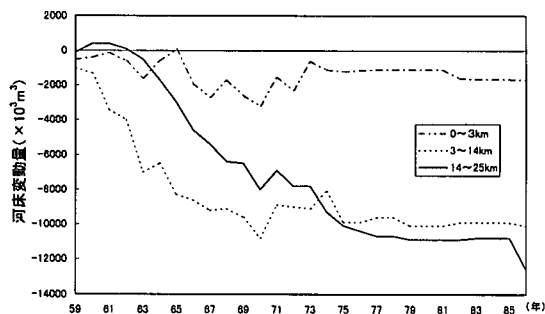


図-6 下流域での河床変動量の累年変化

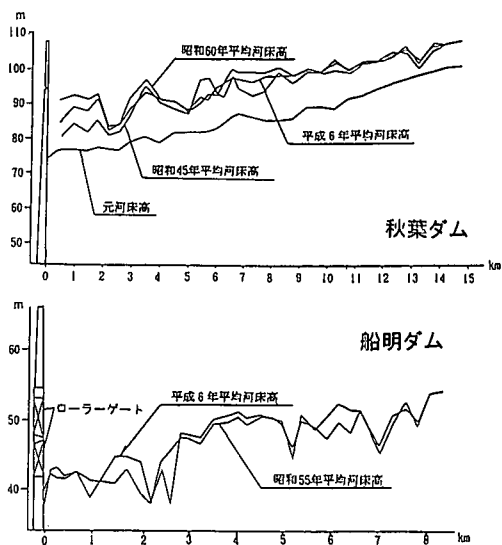
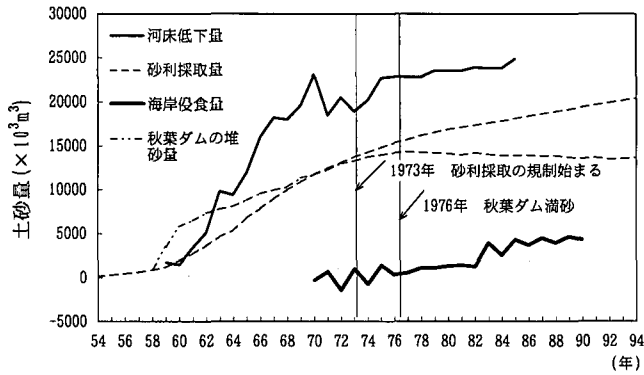


図-7 秋葉ダム、船明ダムの貯水池縦断形状



図—8 砂利採取，秋葉ダム堆砂，河床低下，および海岸侵食の累年変化

一見した限りでは，海岸侵食との関係は認められない。

4. 天龍川・遠州海岸系の海浜過程

ダム堆砂や砂利採取による供給土砂量の減少は，河床堆積物による土砂の補填，下流河道の低下，海岸侵食の順に上流から下流に向かって進行する。大量の土砂流出と，高波浪による海岸侵食が急激に進行する大規模な台風時を除いて，海岸侵食が顕著化するにはある程度の時間の遅れが伴うものと考えられる。この遅れ時間を年オーダーであると想定し，海岸侵食の経年変化量との関係を検討する。検討期間は，秋葉ダムの完成（1958年）から下流河道が安定化して海岸侵食が顕著化する1985年までの27年間とする。

a) 流域のモデル化

ウォッシュロードを除いて，粒径約0.1mm以上の土砂が山地から流出し，河道の掃流力を上回るものについては河道に残されるが，その他は河口へと運搬される。河道に残された土砂の一部は，平穏時の河川の掃流力で徐々に下流へと運搬されるが，アーモアコートの発達により河床は徐々に安定し，大規模な洪水が発生しない限りは下流への供給は行われない。一方，海岸では洪水時に多量に供給された土砂が，平穏時には波浪の減衰していく過程で徐々に運搬される。

いま，秋葉ダムから遠州海岸までの土砂収支を図—9のようにモデル化する。

ここに示す海岸侵食量 Q_c は，河口に供給される供給土砂量 Q_r と自然状態での生産土砂量 Q によって次式で与えられる。

$$Q_c = Q - Q_r \quad \dots\dots\dots (1)$$

なお，海岸侵食は測量範囲外の海域（水深11m以上）でも起きていると考えられるため，海岸侵食量を Q'_c とすると，実際の侵食量 Q_c とは次の関係が成り立つ。

$$Q_c > Q'_c \quad \dots\dots\dots (2)$$

さらに，河口への供給土砂量 Q_r と河床低下量 Q_A および

砂利採取量 Q_B ，秋葉ダム以南の残流域からの生産土砂量 Q_1 と秋葉ダム満砂後のダムからの流出土砂量 Q_2 には，その河道の状態により以下のような関係が成立する。

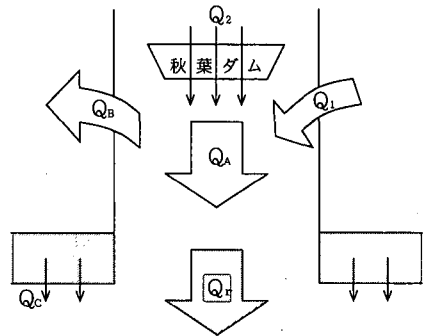
$$\left. \begin{aligned} Q_r &= Q \quad (\text{自然状態}) \\ Q_r &= Q_A - Q_B + Q_1 \\ &\quad (\text{ダム建設後および砂利採取開始}) \\ Q_r &= Q_1 + Q_2 \\ &\quad (\text{河床安定および秋葉ダム満砂後}) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (3)$$

b) 海浜過程に及ぼす上流ダム堆砂の影響

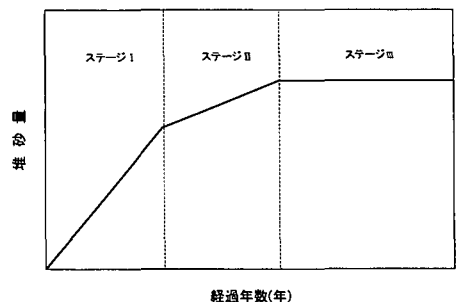
ここで，秋葉ダムによる影響を明らかにするため，ダム堆砂の状況に応じて区分する。

石川・浅田（1972）によれば，一般的なダム堆砂は図—10のようにステージⅠ～Ⅲに3区分することができる。

ステージⅠは完成直後から数年間であり，工事中の掘削法面の崩壊，掘削土砂など人為的な要因による土砂が貯水池に堆積するため，堆積量が比較的大きい期間であり，ステージⅡは洪水の発生による変動はあるものの，ほぼ一定量の堆砂が見られる期間である。ステージⅢは満砂状態に近づき，貯水池の土砂捕捉能力がほとんどないため，堆砂量は変化しない。秋葉ダムでは，前出の図—8に示すように，68年～74年がダム完成直後の期間



図—9 秋葉ダムから下流の土砂収支モデル



図—10 一般的なダム堆砂の経年変化

でステージ I, 75 年～80 年の満砂までがステージ II, 81 年～85 年がステージ III に相当する。

この期間には大きな洪水は発生していないこともあり、秋葉ダムから下流域での土砂生産は少量でほぼ一定と仮定する。海岸侵食は、河道の状況の変化に対し時間的な遅れをもって影響が現れるはずである。このため、式 (3) に示した Q_r と Q_c' との対応を年単位の時間遅れを与えて評価した。

河道の影響は大規模な台風等が発生しない状況では、平均的に 2 年程度の時間的な遅れを与えた場合、秋葉ダム堆砂との関係が図

—11 のように明瞭に現れることが判明した。

この図では、秋葉ダムの堆砂状況別にプロット点の種類を変えて表示しているが、それぞれのステージに対応して 3 本の近似直線が引ける。ステージ I および II では、いずれも河川からの供給量 Q_r が大きくなるにつれて、海岸侵食量 Q_c がやや小さくなる傾向にある。ステージ III に至ると、 Q_r の変動に関係なく Q_c はほぼ一定でステージ I, II の 4 倍以上になっている。

これは以下の理由によると考えられる。

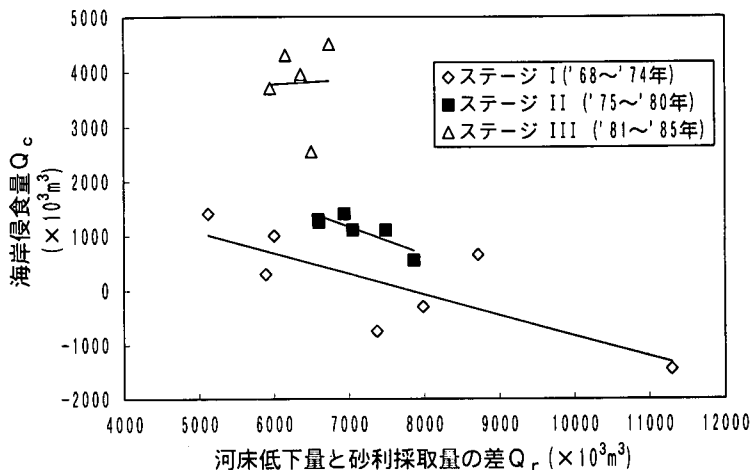
① ダム完成直後 (ステージ I) では、ダム堆砂による供給土砂量の減少を補うため、河道自身が河床堆積物を下流に供給する。このため、顕著な海岸侵食が発生しない。

② ダム堆砂が進行している状況 (ステージ II) では、河床の安定化が進み下流への供給量が減少し始める。さらに海岸では侵食に伴って前浜勾配がきつくなり、碎波点が岸側に近づくため侵食速度は増加する。

③ ステージ III では、ダムが満砂した後に河床が安定化するため、河床からの供給量が期待できない状況となる。秋葉ダムからの供給量は発生し始めるが、その上流佐久間ダムによる土砂の捕捉は依然として大きく、侵食をくい止めるような大量の土砂供給は見込めない。このため海岸では侵食傾向がさらに強まると考えられる。

5. 結 語

以上、天龍川・遠州海岸系を対象にして、河川からの供給土砂量の減少が及ぼす海岸過程への影響を時間的・空間的に検証した。



図—11 下流への供給量 Q_r と海岸侵食量 Q_c' の対応

ダムなどによる河川からの土砂供給の減少は、洪水と高波浪が同時に起こる大規模な台風時を除き、最初に下流河道の低下となって現れ、2 年程度遅れて海岸侵食によって影響が現れる。

河川は河床を低下させることによって供給土砂量の不足分を補おうとする。これは、砂利採取量および秋葉ダムの堆砂量の累年変化が河床低下量の変化と同様の傾向を示していることから推定できる。一方、秋葉ダムの堆砂状況をダム完成直後急激に堆砂が進行した期間、満砂までの期間、満砂以降の 3 期間に区分し、2 年の時間遅れを考慮して、海岸侵食量と供給量の関係を評価した結果、海岸侵食と河川からの供給量が明瞭に対応することが明らかになった。

参 考 文 献

- 石川春雄・浅田 宏 (1972): 発電用貯水池堆砂状況に関する調査報告書, 電力中央研究所技術第 2 研究所報告 (土木 72, 019)。
- 九津見生哲・高秀秀信・有川成正 (1982): 天龍川河口部海岸の海浜変形について, 土木学会第 37 回年次学術講演会講演概要集, pp. 755-756。
- 宇多高明 (1997): 日本の海岸侵食, 山海堂
- 河田恵昭・井上雅夫・鹿室 宏・珠久和孝 (1994): 大井川・駿河海岸系における海岸土砂収支について, 海岸工学論文集, 第 41 巻 (1), pp. 516-520。
- 河田恵昭・井上雅夫・植本 実 (1997): ダム堆砂が及ぼす海浜過程への影響, 海岸工学論文集, 第 41 巻 (1), pp. 606-610。
- 建設省中部地方建設局 (1983): 水系における土砂動態と流出土砂の管理に関する検討 (改訂版), 275 p。
- 服部昌太郎・鈴木隆介・佐藤敏夫 (1974): 遠州海岸中央部の海浜変形と漂砂, 第 21 回海岸工学講演会論文集, pp. 127-133。