

河川からの流出土砂を考慮した沿岸域の総合土砂管理

浅野敏之¹

¹鹿児島大学 工学部海洋土木工学科 (〒890-0065 鹿児島市郡元 1-21-40)

1. はじめに

海岸地形の長期的な変形と河川からの土砂流出量の変化については、両者に関係があることは認識されていても、定量的な議論にまでは至っていないようである。

海岸への供給土砂の減少は、ダムや堆砂の河床の砂利採取のように、その因果関係が誰の目にもわかるものをはじめ、山間地の植林や急傾斜地の砂防事業、河岸の護岸化などのように、河川管理にとってはプラスの働きを有するために、海岸への負の影響を見逃しがちな要因もある。また、河口部の河床掘削、河口砂州の開削、河口部導流堤の延長などは、海浜の土砂資源として戻ってはこない深海部に河川からの流出土砂を運んでしまう恐れがある。

土木学会海岸工学委員会では、海岸保全の中長期展望を検討する小委員会を組織しているが、その中で戦略的に取り組むべき主要課題として、広域土砂収支・海岸の長期変形予測とともに流域の土砂動態の把握と適正管理を挙げている。本稿では、こうした最近の動きを踏まえた上で、河川流出土砂と海岸保全との関係を考察したい。

2. 安倍川—静岡・清水海岸の事例^{1), 2)}

まず最初に、河川流出土砂量の増減とその河口部に接続する海岸の変形が、いかに密接に関係するかを示すために、安倍川—静岡・清水海岸の事例を紹介する。

安倍川は、図-1に示すように流域面積 567km²、流路延長 53km の一級河川で、河口部左岸(北東側)には静岡・清水海岸が広がっている。安倍川からの流出土砂は、これらの海岸の土砂を養い、沿岸漂砂として北東に移動しながら、最終的には三保の松原で砂嘴を形成して駿河湾の海底谷へと流出する。

安倍川では、昭和 42 年以前、建設骨材採取のための砂利採取が広範に行われ、直轄区間(河口から 22.7km 区間)で平均河床高が約 1.2m 低下した。図-2は安倍川における砂利採取量と河床堆積土量を示したもので、昭和 30 年代の大規模砂利採取を読みとることができる。これに伴って、静岡・清水海岸では 1965 年(昭和 40 年)頃から安倍川河口付近より侵食が始まり、1977 年以降、侵食域は北東方向の静岡海岸に急速に拡大し、1982 年には清水海岸に

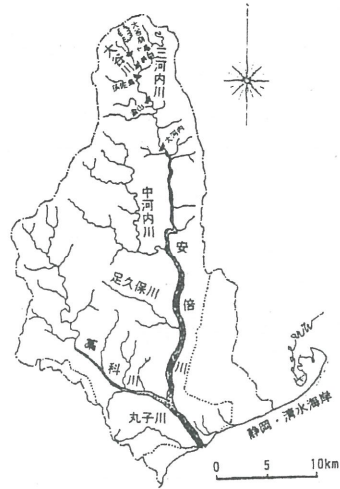


図-1 安倍川流域と静岡・清水海岸の位置

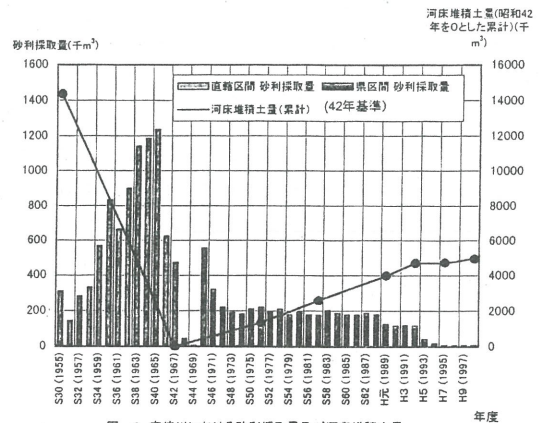
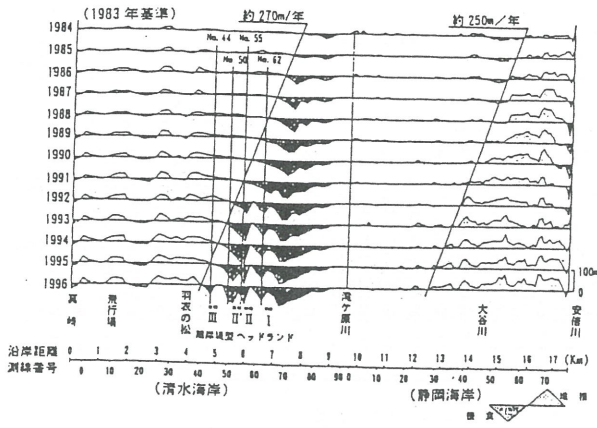


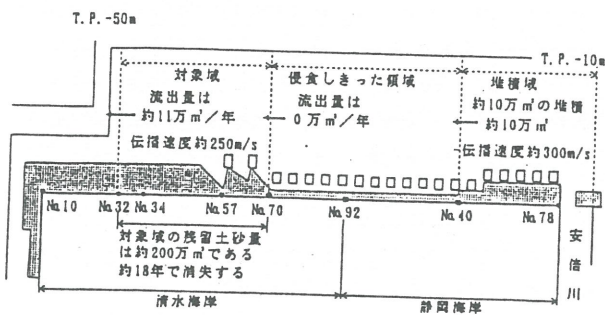
図-2 安倍川における砂利採取量および河床堆積土量

まで広がった。1979 年より種々の侵食対策が実施され、工事は現在も継続されているが、侵食はなお著しいと報告されている。

1967 年に、安倍川では砂利採取が中止されたことから、下流部では河床上昇が始まり、現況では砂利採取以前の河床高の約 1/2 までの回復が見られる。これとともに、静岡海岸への土砂供給が始まり、汀線の前進が見られるようになった。図-3に示すように、侵食波の伝播から 30 年後、侵食対策が施された海岸に土砂塊(sand body)が 250m/yr で伝播中であり、安倍川河口部から砂礫浜の復元が進んでいる。静岡・清水海岸では、侵食対策として離岸堤や消波堤の設置が行われてきたが、三保ノ松原が景勝



図一三 静岡・清水海岸の汀線変化



図一四 静岡・清水海岸における土砂収支の推定

地であることから、ヘットランド群と土砂投入による対策が検討された。図一四に示す土砂動態の推定結果をもとに、現在の静岡・清水海岸の海岸保全計画(案)が立案された。今後の方針として、①離岸堤群で、多少の水塊程度の越波量を許し、浜幅40mの確保を当面の目標として、離岸堤の設置および養浜により暫定的整備を促進する。②将来的には浜幅60mを確保すると越波防止効果が十分得られるため、安倍川河口からの土砂供給と養浜を併せて高潮被害から背後地を守るとしている¹⁾。

3. 河川流出土砂量の推定

(1) 平年的流出土砂量の推定

前節では、海岸の中長期的な地形変化を予測する上で、河川からの流出土砂量を定量的に把握することが重要であることを述べた。しかし、海域に流入する河川は、データの整備された1級河川ばかりではなく、流量資料もない中小河川も対象としなければならない。

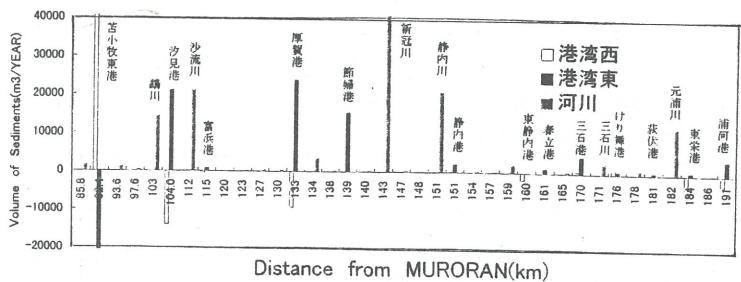
黒木・板倉³⁾は、支配流量の概念に基づいた河川の安定縦断形状の理論解析を通じて、河床高の縦断形から平年的流送土砂量を推定する方法を提案した。

この理論では、河道内の流砂現象を横流入を無視した1次元漸変流として捉えており、流砂量 Q_B と支配流量 Q_0 との比は、河床高縦断形状を記述するパラメータ q の関数として与えられる。ここで、支配流量は年最大流量の経年平均値に相当するとしている。流出土砂量を算定するには、降雨の流出特性を記述するパラメータと支配流量の年当たりの生起時間が必要であるが、これらは流域に固有の定数と考えられる。こうした定数を同定するには、それぞれの流域に対してダム堆砂資料が必要であるが、中小河川においてはダム自体ない河川も多く、こうした点で推定の信頼度が低下するのはやむを得ない。

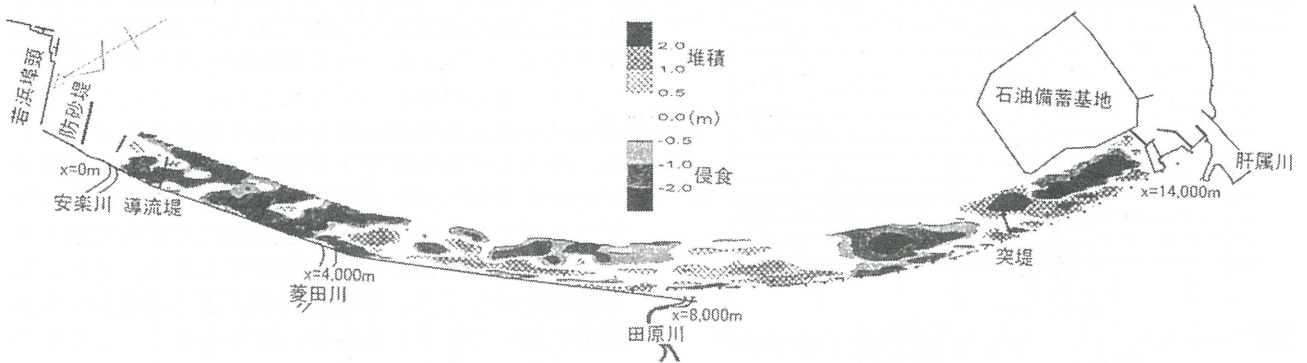
山本ら⁴⁾は、黒木・板倉の理論を用いて胆振・日高海岸に流入する河川から流出する土砂量を推算し、同海岸の汀線変化量との関係について考察した。この海岸では西向きの沿岸漂砂が卓越し、また海岸に建設された多くの港湾によって沿岸漂砂の多くが阻止されるため、こうした点を考慮しつつ河川流出土砂量の海岸変形への関わりを検討した。図一五は、苫小牧東港から浦河港までの港湾周りの侵食量・堆積量と流入河川土砂供給量の関係を調べた結果である。土砂供給量の大きい新冠川・静内川の西に位置する節婦港・厚賀港の堆積量が異常に大きくなっているが、この海岸の西向きの土砂輸送の卓越を考慮すると首肯できる結果と言える。その他の港は汐見港を除き土砂量の多い河川が存在しないので、堆積量は小さくなっていることがわかる。

(2) 年変化を考慮した流出土砂量の推定

大きな土砂量を流出する洪水は、経年的な変化が大きい。こうした河川流送土砂は、海岸においては沿岸方向にsand bodyとして波動的に伝播していくので、上述の平年的な土砂量の推定では不十分である。また、海岸への土砂の流出過程には、河口砂州がフラッシュされるかどうか、河口部の拡幅が行われるかどうか密接に関わっている。よって、河川流出土砂の推定には年単位、場合によっては月単位の変動特性を把握しておく必要がある。最近、山下ら⁵⁾は、河口砂州の変形特性を考慮して、河川流出土砂量の年・季節変化と周辺海岸への影響解析を行っている。



図一五 港湾周りの侵食・堆積量と河川流送土砂量との関係(山本ら⁴⁾)



図一6 1984年11月～2001年7月の期間における志布志海岸の地形変化

こうした場合には、厳密には実測の流量ハイドログラフを与え、支川をも考慮した河床変動計算を行う必要がある。また、土砂採取がある場合には区間の河床面積で割った量だけ強制的に河床を低下させる形で、砂利採取の影響を取り入れる必要がある。次節では、志布志湾に流入する河川による流出土砂量の推定を行った筆者らの研究⁶⁾を紹介する。

4. 河川流送土砂量を考慮した志布志海岸の長期土砂収支

志布志海岸では田原川を境界として、南側を鹿児島県が、北側を国土交通省志布志港工事事務所が深浅測量を実施してきている。筆者らは、このデータを用いて志布志海岸の長期的な土砂量変化を解析した。その結果の一例を図一6に示す。

この海域を6つの領域に分割し、領域別の土量の計算から各領域の土砂の侵食・堆積特性を検討した。過去約20年間の全土量の変化を調べたところ、南端の安楽川河口領域①で $+3 \text{万m}^3/\text{年}$ (84年11月～97年11月)、押切海岸領域②で $-8 \text{万m}^3/\text{年}$ (84年11月～01年7月)、田原川周辺の領域③では変動は小さく $2 \text{km}^3/\text{年}$ (解析対象期間は②と同じ) が得られた。一方、柏原海岸領域④と備蓄基地背後の領域⑤では、1993年に実施した養浜事業を考慮すると領域④で $-10 \text{万m}^3/\text{年}$ の侵食、領域⑤で $5 \text{万m}^3/\text{年}$ の堆積という結果となった (解析対象期間は②と同じ)。肝属川河口部の領域⑥で $+5 \text{万m}^3/\text{年}$ (86年6月～2000年12月)であるが、この領域では88年と92年に計 150万m^3 の浚渫履歴があり、これを考慮すると $+15 \text{万m}^3/\text{年}$ の堆積となる。この肝属川河口における大量の土砂の堆積は、志布志海岸全体に供給されるべき土砂が留まっていることを意味する。肝属川河口は図一6に見られるように、石油備蓄基地に遮られて流出土砂が隣接する海岸に配分されにくい状況になっている。

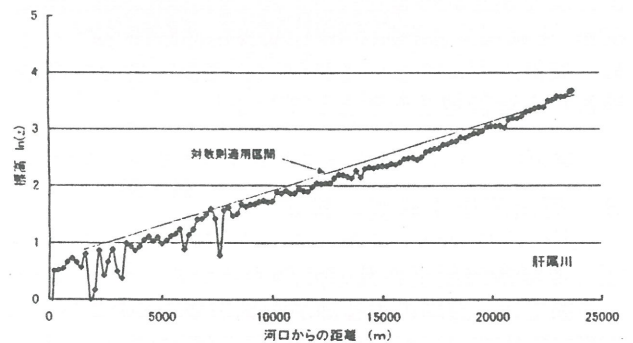
安楽川河口にも大きな土砂堆積が見られるが、これには防波堤背後

の遮蔽域に向かう沿岸漂砂の寄与が大きいと考えられる。

次いで、河川からの流出土砂量を推定し、上で求めた海岸の長期的な土砂量変化との関係を考察する。

まず、前節で示した黒木・板倉の理論によって、当該海域に流入する河川の、支配流量に対応した平年の土砂供給量を推算した。河床高縦断形状を片対数紙上にプロットすると、その勾配から黒木・板倉の理論に必要な縦断形状パラメータ q を求めることができる。図一7は肝属川に対する解析結果を示したもので、河床縦断形状が片対数紙上1本の直線であることがわかる。一方、菱田川や安楽川では、途中に堰の設置の影響などがあって、必ずしも1本の直線では表せない。この場合は直線で表すことのできる区間でその勾配を代表させることにした。

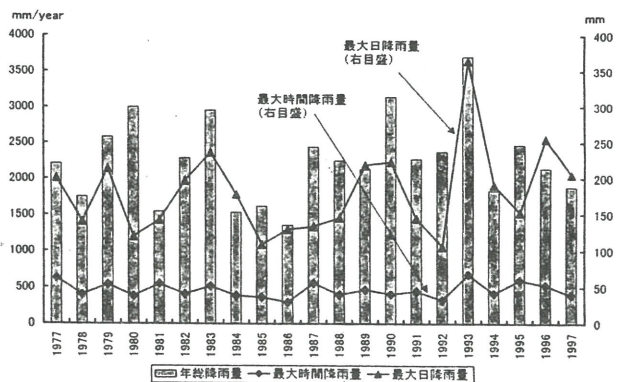
支配流量に対する日流砂量の計算結果を表一1に示す。この結果より、流量 Q_0 については流域面積が大きいため肝属川が最大で菱田川が2番目となるが、流砂量 Q_b について見ると、縦断形状が急な



図一7 肝属川の河床高縦断形状

表一1 支配流量に対する各河川の流出土砂量の推算結果

	流域面積	流量	縦断形状	Q_b/Q_0	流砂量	日流砂量
	A	Q_0	パラメータ q			
	(km^2)	(m^3/s)	$\times 10^{-4}$	$\times 10^{-1}$	(m^3/s)	(m^3/day)
肝属川	485.0	1697.5	1.241	1.696	0.2878	24870
菱田川	403.2	1411.2	0.353	3.370	0.4756	41091
安楽川	141.3	494.6	1.194	12.441	0.6153	53161
田原川	37.8	132.4	5.831	5.212	0.0690	5963
持留川	24.9	87.2	2.561	3.068	0.0267	2310
総計	1092.2	3822.9			1.4744	127395



図一八 降水量、日・時間最大雨量の経年変化

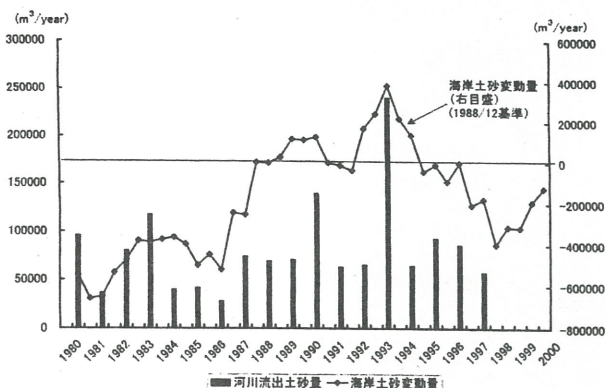
安楽川・菱田川できわめて大きくなり、肝属川の2倍以上の結果となった。

一方、図一八は、この流域に近い鹿屋観測点での降雨記録から、各年の総降雨量・最大日降雨量・最大時間降雨量を示したものである。この結果から、年単位の変動は相当大きいことが理解できる。特に大きな土砂流出は数日スケールの洪水によって生起すると考えられる。日雨量の最大は1993年8月1日の365mmであり、第2位の255mmを大きく上回っている。また、1993年は、1978年～2000年間の降雨の多かった上位100日に12日も入っており、一方1981年のように1日しか無い場合もある。以上より、海浜土砂収支の面から河川流出土砂量を評価するためには、前述の平準的な推定だけでは不十分で、年・季節変化をも考慮して推定する必要があることがわかる。

図一九は国土交通省管理区間（図一六の $x=0\text{m} \sim 8,000\text{m}$ までの区間）の土砂変動量と河川流出土砂量の関係を示したものである。ここで後者の全流砂量の推算値は、当該海岸区間を考慮して、菱田川と安楽川の河川流出土砂量の和で示した。そこでは、河口部付近の河道を局所等流状態と仮定し、河床勾配、河幅、底質粒径の代表値を設定して平均流速、摩擦速度を求め、全流砂量を Laursen 式で算定する方法で求めた。

この全流砂量は大きな仮定の下に得られた概算値ではあるが、図一九から両者の間に、定性的には良好な一致を認めることができる。すなわち、1993年には、河川流出土砂量と海岸土砂変動量がともに最大値をとっており、1990年の第2のピークも良く対応している。これによって、河川からの流砂量が海岸地形に大きな影響を与えていることがわかる。

一方、これら降雨量のピークの年と、82年と85～87年の降雨量の小さい期間を除くと、全期間を通じて少なくとも5万～10万 m^3 の土砂が河川から流出していると推算されたが、こうした基盤的といえる土砂流出では、その範囲内での増減があっても海岸土砂量の増減と対応しないことも読みとれる。



図一九 海岸の土砂変動量と年間河川流出土砂量との関係

5. 結び

河川-海岸を統合した総合的土砂管理の策定を行う上で、海浜の総土砂量の長期的な変動と河川流出土砂量の変動との定量的な関係を明らかにすることが、今後ますます重要な課題となると考える。そのためには、水位や流量データの無い2級河川に対しても、河川地形と降雨データだけから流出土砂量を的確に予測することが必要となろう。本稿では議論できなかったが、河口周辺海岸の貴重な貯砂機能を果たしている河口砂州や河口テラスに対して、河川管理上の理由による改変と海岸土砂管理との調和に関して今後の研究が必要であろう。

謝辞：本稿をまとめるにあたり、土木学会海岸工学委員会・海岸保全中長期展望検討小委員会での議論が有益であった。2. の安倍川—静岡・清水海岸の事例では、この小委員会で配布された資料を使わせていただいた。また、4. の志布志海岸における考察では、国土交通省大隅工事事務所、鹿児島県鹿屋土木事務所、農林水産省九州農政局笠野原土地改良区からデータを提供して頂いた。これらを記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 国土交通省静岡河川工事事務所・静岡県：安倍川流域の土砂をめぐる現状について，11p., 2001.
- 2) 国土交通省中部地方整備局・静岡県：「安倍川—静岡・清水海岸」，海岸保全中長期展望検討委員会資料，7p., 2001.
- 3) 黒木幹男・板倉忠興(1995)：安定河道断面形状に関する研究，水工学論文集，第39巻，pp.641-646.
- 4) 山本徹・吉沢良・黒木幹男・板倉忠興(1998)：胆振日高海岸における海浜変形と流域の土砂生産に関する研究，海岸工学論文集，第45巻，pp.621-625.
- 5) 山下隆男・伊藤政博・塚原陽一(2000)：熊野川からの河川流量の季節・年変化と河口砂州状の変形特性，海岸工学論文集，第47巻，pp.641-645.
- 6) 浅野敏之・川添康秀・長谷川準三・藤岡正則(2002)：志布志湾における長期海浜変形と河川からの流出土砂量の推定，海岸工学論文集，第49巻（印刷中）