

II-51

胆振・日高海岸の河川からの供給土砂量について

北海道大学工学部 ○学生員 貝沼 征嗣
 佐藤工業株式会社 正会員 山本 徹
 北海道大学工学部 フェロー 黒木 幹男
 北海道大学工学部 フェロー 板倉 忠興

1. はじめに

海浜過程は漂砂を媒体として生じている現象であるが、そのソースとなるものは、河川の流砂である。すなわち、海浜を底質を構成する砂の大部分は陸上で生産され、長い年月を経て堆積していったものである。そこで、細川ら¹⁾は、安定縦断形状における流砂量の理論により支配流量を流量として、河川からの年流出掃流砂量¹⁾を解析した。これは、流量資料が得られない河川でも、地形図やその地域の雨量資料などの少ない資料から流砂量の算出を試みたものである。本研究では胆振・日高海岸の流入河川のうち、登別川、敷生川、別々川、沙流川、鶴川の合計5つの河川について、河床材料、河床形態そして1986~1995年までの日々10年間の日流量を用いて河川の年掃流砂量を得、細川らの求めた結果と比較し、その理論を検討することを目的としている。また、宮本ら²⁾が安定河道理論により求めた海側に流送される掃流砂の粒度分布とも比較を行う。

2. 解析の準備

日流砂量を求めるにあたり、対象河川の河床材料、断面形状を以下のように与えた。

1) 河床材料

沙流川、鶴川は北海道開発局による調査資料を、登別川、別々川、敷生川は宮本らが1997年の現地調査により得た資料を用いる。

2) 着目地点における縦断勾配

沙流川は、平成4年富川観測所におけるデータを使用する。鶴川、登別川、別々川、敷生川の4河川に関しては、河口から約10kmまでの標高を1:50000地形図により求め(黒丸印)、指数関数で近似した曲線により、着目地点の河床勾配を式(1)⁴⁾を用いて求める(図-1参照)。求めた値を表-1に記す。着目地点は資料採取地点である。

$$Ib = \frac{dz}{dx} = \frac{Zs}{1 - \text{Exp}(-a)} * \left(-\frac{a}{L}\right) * \text{Exp}\left(-\frac{a}{L}x\right) \quad (1)$$

ただし、Ib:河床勾配、L:対象とする河川の流路長、Zs:河床標高差、x:着目地点の河口からの距離、a:流量増加を規定する定数であるが、同時に河床高縦断形態も規定する。

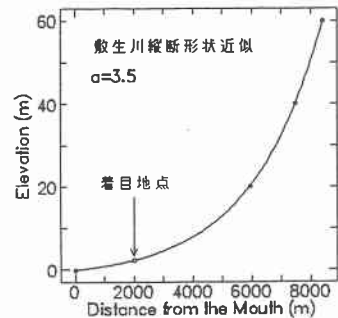


図-1 敷生川縦断形状(近似)

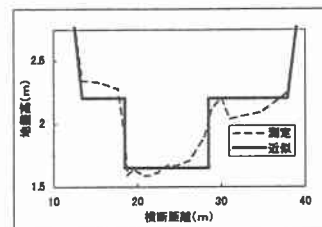


図-2 別々川横断面近似

Study on the Sediment Production from the River in Iburi and Hidaka Coasts and Rivers
 by Masashi Kainuma, Toru Yamamoto, Mikio Kuroki and Tadaoki Itakura

3) 横断面形状

実横断面資料を、図-2のように簡単な複合矩形断面に近似する。

使用するデータは、波の影響の少ない河口から1~2 km付近の断面を用いた。結果を表-1に示す。

表-1 断面形状一覧 (単位: m)

河川名	X(km)	河床勾配	低水路幅	高水敷幅	低水路高
沙流川	2.0	0.00237	280.0	680.0	1.80
鶴川	1.6	0.00079	70.0	320.0	2.30
登別川	0.8	0.00991	17.8	22.2	0.65
別々川	1.0	0.00596	10.0	14.0	0.55
敷生川	2.0	0.00118	35.0	40.5	1.25

3. 掃流砂量の計算

複合断面(潤辺が異なる粗度からなる水路)では、流水断面積を各粗度区分に分けて計算を行う。本研究では流れを等流状態($I_e = I_b$)と仮定し計算する。

1) 複合断面の流量、水深

まず、全流量 Q を与え、低水路流量 Q_L と高水敷流量 Q_H を求め、複合断面における流量 Q_L 、 Q_H 、水深 h を算出する。

①低水路

河床形態を Dune I⁶⁾ (砂堆河床 I) とすると流れの抵抗則式、有効河床掃流式は

$$\frac{V_m}{u_*} = 6.9 * \left(\frac{h}{d_m}\right)^{\frac{1}{2}} * \left(\frac{\tau_{*e}}{\tau_*}\right)^{\frac{2}{3}} \quad (2) \quad \tau_{*e} = 0.21 * \tau_*^{\frac{1}{2}} \quad (3)$$

ただし、 V_m : 平均流速、 u_* : 摩擦速度、 τ_{*e} : 有効無次元河床掃流力、 τ_* : 無次元河床掃流力
 d_m : 平均粒径、 h : 水深

となる。ここで、低水路流量 Q_L は

$$Q_L = 6.9 * (0.21)^{\frac{2}{3}} * (s^2 * g^3 * d_m * I_e)^{\frac{1}{6}} * h^{\frac{4}{3}} * B_L \quad (4)$$

ただし、 Q_L : 低水路を流れる流量、 s : 河床砂礫の水中比重 (=1.65)、 g : 重力加速度、 B_L : 低水路河床幅、 I_e : エネルギー勾配、 I_b : 河床勾配、

②高水敷

粗度係数 n_H を0.05とするとManning式により、高水敷流量は以下のように与えられる。

$$Q_H = \frac{B_H}{n_H} (h - dh)^{\frac{5}{3}} I_e^{\frac{1}{2}} \quad (5)$$

ただし、 B_H : 高水敷河床幅、 Q_H : 高水敷流量、 dh : 高水敷と低水路の標高差
 n_H : 高水敷河床の粗度係数 (=0.05)

③複合断面

複合断面における全流量 Q は、

$$Q = Q_H + Q_L \quad (6)$$

と表される。本研究では、式(6)を満たす水深 h を求める

2) 粒径別掃流砂量の計算

混合砂掃流砂量式(浅田の式⁵⁾による)を適用して、流出する粒径別掃流砂量、粒度分布を求める。

$$\tau_{*ci} = \left\{ \frac{\log_{10} 23}{\log_{10} \left(21 * \frac{d_i}{d_m} + 2 \right)} \right\}^2 * \tau_{*cm} \quad (7) \quad q_{Bi} = p_i * 8 * (\tau_{*i} - \tau_{*ci})^{\frac{2}{3}} * \sqrt{sgd_i^3} \quad (8)$$

ただし、 τ_{*ci} : d_i における無次元限界掃流力、 τ_{*cm} : d_m における無次元限界掃流力 (=0.05)
 d_m : 平均粒径、 τ_{*i} : d_i における無次元掃流力、 h : 水深、 s : 砂粒子の水中比重 (=1.65)
 p_i : 粒径 d_i の占める割合、 q_{Bi} : 単位幅当たりの掃流砂量

ここで、無次元掃流力 τ_{*i} は、式 (6) より求めた水深 h を用いて

$$\tau_{*i} = \frac{hI_e}{sd_i} = \frac{hI_e}{sd_m} * \frac{d_m}{d_i} = \tau_{*m} * \frac{d_m}{d_i} \quad (9)$$

ただし、 τ_{*m} : d_m における無次元掃流力

3) 年掃流砂量の算定

式 (9) で求めた流砂量 q_{Bi} ($m^3 / sec / m$) から、一年間に流出する土砂量を算定する。このとき、高水敷における流水では、ほとんど掃流砂が生じないとする。表-2に沙流川の粒径別年掃流砂量、表-3には河川別の年間掃流砂量を示す。

表-2 河川別年間掃流砂量 $\sum Q_{Bi} (m^3 / year)$

河川名	1986年	1987年	1988年	1989年	1990年	1991年	1992年	1993年	1994年	1995年	平均
沙流川	158432	248794	101903	260805	222170	111632	581251	182938	561696	787220	321684
瀧川	18905	27738	3251	33113	24080	1235	55482	15077	256992	31792	46767
登別川	10583	35494	33320	51951	*	31580	22618	32137	27551	23347	29842
別々川	2721	1875	7270	11853	7325	4351	4147	4969	10805	3932	5924.8
敷生川	3956	2190	3902	4183	*	*	*	*	*	*	3557.8

* : 欠測

表-3 沙流川粒径別年合計掃流砂量 $\sum Q_{Bi} (m^3 / year)$

粒径	1986年	1987年	1988年	1989年	1990年	1991年	1992年	1993年	1994年	1995年	平均
0.11	19194	25554	15736	29917	27328	18300	45140	23505	24212	34546	26343
0.22	10512	14597	8133	17032	15184	9338	27564	12781	270234	349108	73448
0.40	31456	45292	22754	51359	45229	25782	89862	37914	41358	60930	45194
0.96	27175	40966	17530	43717	37661	19427	86220	31790	35918	52294	39270
1.90	41823	65474	24553	66863	56083	26604	144506	47045	55245	78583	60678
3.57	14051	23311	7493	22573	18336	7642	54966	15030	18619	25384	20740
7.14	8049	15172	3696	13536	10620	3251	41486	8262	11055	13388	12851
14.31	4885	12635	1893	10785	8402	1263	50216	5207	9045	7332	11166
25.40	1103	4661	117	4034	2765	25	29399	1196	3910	1418	4863
34.90	172	1016	0	859	528	0	9933	194	1119	216	1404
44.45	12	116	0	131	35	0	1960	16	187	18	247
GB	158432	248794	101904	260806	222170	111633	581252	182938	470902	623216	296205

4. 考察

本研究では、沙流川、鶴川、登別川、別々川、敷生川の合計5河川について、1986～1995年の10年間について流砂量計算を行った。

1) 年流砂量

図-3は、河川ごとの年流砂量-年流量をグラフ化したものである。棒グラフを流砂量、折れ線グラフを流量とする。図から、年によって掃流砂量に大きな差が見られる。

ここで細川らが求めた年生産掃流砂量 Qb' と比較する。その結果を図-4に示す。図は横軸を本研究により求めた年掃流砂量 Qb に、縦軸を Qb' とし、 Qb'/Qb の関係を対数表記したものである。図から、調査対象の5河川が $Qb=Qb'$ 直線付近に分布していることが分かる。この結果より、細川らの用いた理論、計算法は確からしいことが考えられる。

2) 流出掃流砂の粒度分布の変動

図-5に10年間の流砂の組成分布の変動を示す。図は、得られた10年間分の流出掃流砂の粒度分布のうち、10年分の平均値と、分布の差が顕著に見られる2例の計3本で表した。敷生川を除く4河川で、分布に差異が見られる。敷生川に変化が見られないのは、計算値が4年分だけであり、特に流量が変化する1992～95年のデータの不足が原因と考えられる。

さらに、図-3、4の沙流川に着目すると、ともに掃流砂量の多い1992年と1995年の粒度分布に、大きな差異があることが分かる。これにより掃流砂の分布には、年流量よりも日流量に大きく影響されると考えられる。

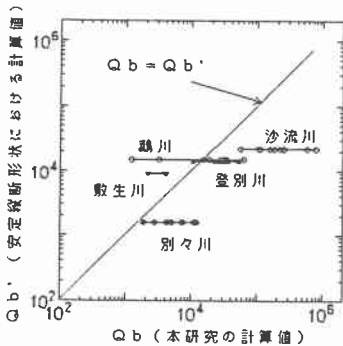


図-4 河川別 $Qb-Qb'$

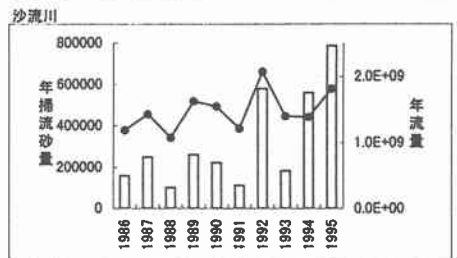
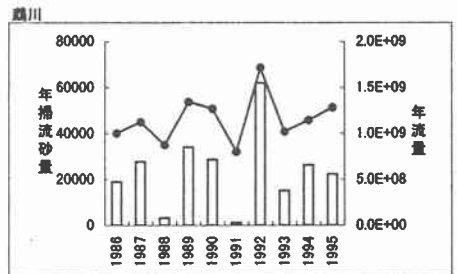
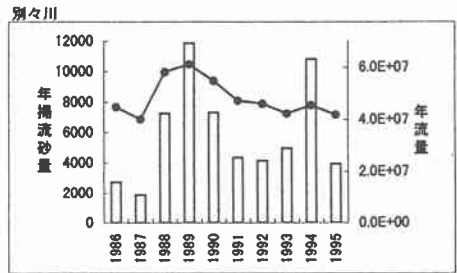
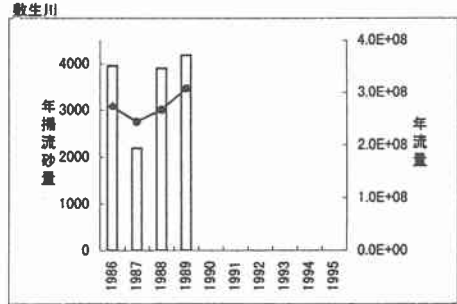
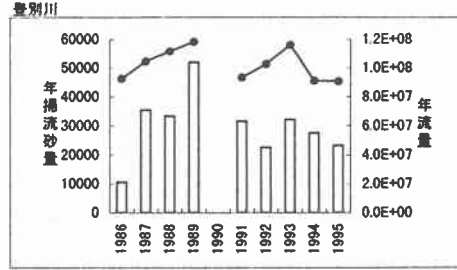


図-3 河川別年掃流砂量-流量グラフ

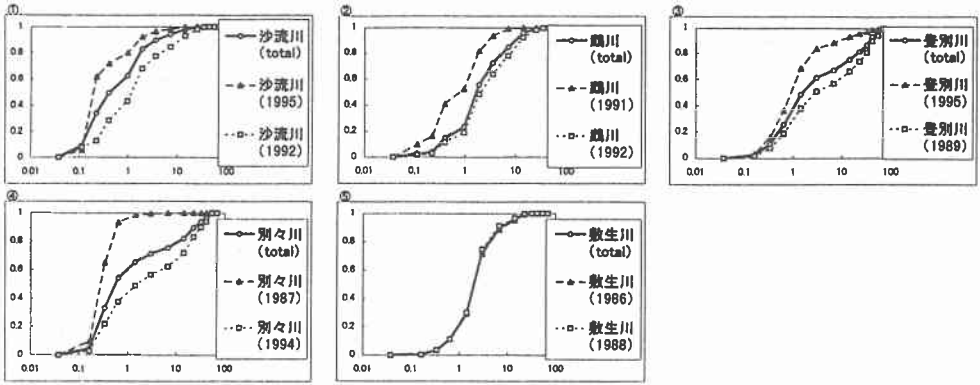


図-5 流出掃流砂の粒度分布の変動 (1986~1995年)

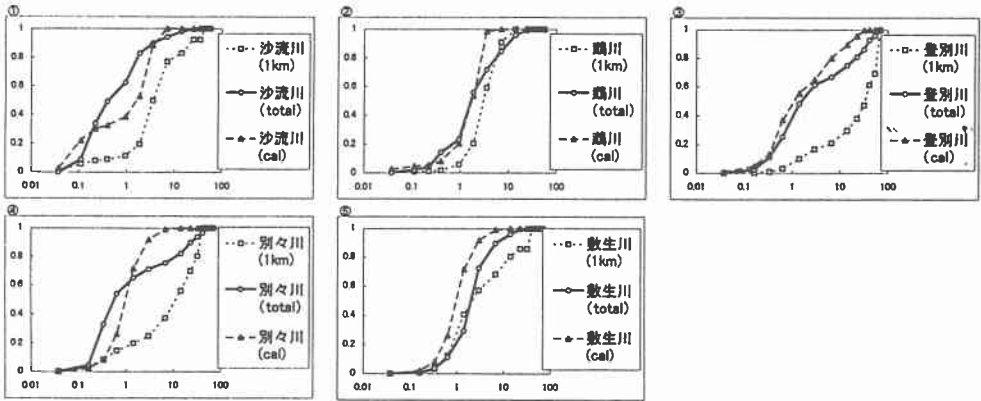


図-6 流出掃流砂と河床材料の粒度分布の比較

3) 河床材料と流出掃流砂の関係

平均粒度分布 (total) と宮本らが幹川モデルにより算定した流出土砂の粒度分布 (cal)、河床材料採取地点における粒度分布とを比較すると、図-6が得られる。これによると流砂は河床材料に比べると細粒分が海方向に供給されることが分かる。これは宮本らが得た結論と同じである。

4) 流出掃流砂と海浜砂の関係

宮本らが採取した河口の両側の海浜砂の粒度分布と比較すると (図-7)、ほとんど類似性が見られない。5河川全てにおいて掃流砂には海浜砂よりも粗粒分が多く分布していることが分かる。これは、海岸付近の漂砂のシステムが、河川における流砂のそれと同様であるとする、細粒分がより遠くまで運ばれることとなる。よって資料採取地点においては細粒分が多く採取される。また、河川の流砂には掃流砂の他に浮遊砂がある、浮遊砂は掃流砂に比べ細粒分が多く含まれるため、その影響とも考えられる。

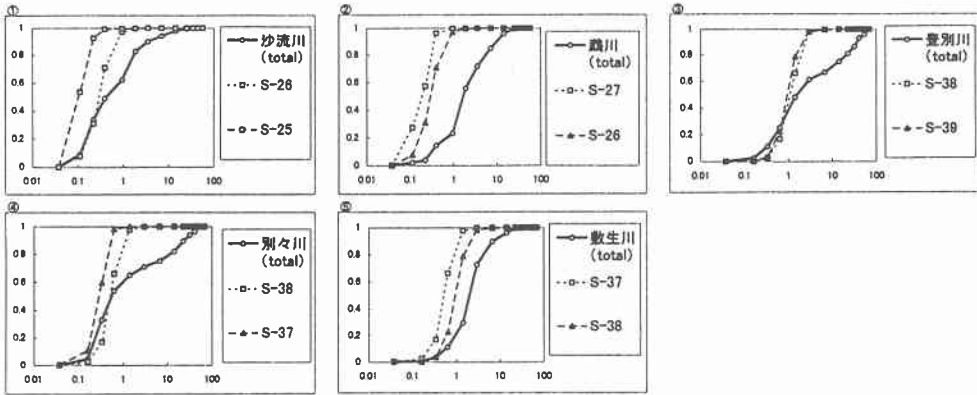


図-7 流出掃流砂と海浜砂の粒度分布の比較

5. まとめ

- 1) 河川の年掃流砂量は、日流量により変化し、またその粒度組成も大きく変動する。
- 2) 河川の掃流砂は、河床材料に比べ細粒分が多く海方向に運ばれる。
- 3) 河川からの流出掃流砂と海浜砂との関係は、本研究では不明である。浮遊砂を考慮した、流出砂の検討が必要である。
- 4) 細川らを用いた、安定縦断形状における流砂量の理論は、本研究対象の5河川について検討すると、確からしいと考えられる。対象とする河川数を増やすことで、より統計的な検討が望まれる。

参考文献

- 1) 細川・山本・黒木・板倉；胆振・日高海岸の侵食と河川土砂供給について、土木学会北海道支部論文報告集 第53号、pp. 294-297、1997.2
- 2) 宮本・山本・黒木・板倉；胆振日高海岸および流入河川の粒径分布に関する研究、土木学会北海道支部論文報告集 第54号(B)、pp. 298-303、1998.2
- 3) 北海道開発局 室蘭開発建設部；平成4年度 鷓川・沙流川河床材料調査業務報告書
- 4) 黒木・板倉；安定河道縦断形状に関する研究、土木学会水工学論文集 第39巻、pp. 641-646、1995.2
- 5) 浅田；山地河川の流砂量と貯水池における堆砂過程に関する研究、北海道大学博士論文、1974.7
- 6) 岸・黒木；移動床流における河床形状と流体抵抗(I)、1972. 11