

石狩川下流域における流出土砂に関する研究

study of sediment at the Isikari river basin

北海道大学工学部 ○学 生 員 斎藤 英俊(Hidetoshi Saitou)
 北海道大学大学院 尹 種秀(Yoon Jong-su)
 北海道大学大学院 フェロー 黒木 幹男(Mikio Kuroki)

1. はじめに

河川流域では山地から河口までの土砂移動の不均衡（アンバランス）によって河道の堆積・洗掘や海岸の浸食等が社会問題化している。しかし、どの河川から、どのくらいの大きさの土砂がどのくらい流出し、それが河川や海岸のどこに影響しているのかは把握されていないのが現状である。したがって本研究では、石狩川とそこに合流する4河川の流出土砂量とその粒径に着目して、河道を形成する上で主たる土砂の実態を把握することを目的とする。

を示す。

(i) 水深計算

河床形態を DUNE I (堆積 I) と TRANSITION I (遷移河床 I) とすると抵抗側、無次元有効掃流力は

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

$$\text{DUNE I } (\tau_* < 0.02(h/d_m)^{1/2}) : \tau_{*e} = 0.21\tau_*^{1/2} \quad (2)$$

$$\text{TRANSITION I } (\tau_* > 0.02(h/d_m)^{1/2}) :$$

$$\tau_{*e} = 0.21(0.02)^{-5} \left(\frac{h}{d_m} \right)^{-5/2} \tau_*^{11/2} \quad (3)$$

ただし、 u_m : 平均流速、 u_* : 摩擦速度 ($= \sqrt{ghI_e}$)、 h :

水深、 d_m : 河床材料の平均粒径、 τ_{*e} : 無次元有効掃流力、 τ_* : 無次元掃流力

となる。式 (1)、式 (2) より DUNE I での水深は、次式で表される。

$$h = \left\{ \frac{Q}{6.9 \times (0.21)^{\frac{2}{3}} \times d_m^{\frac{1}{6}} \times s^{\frac{1}{2}} \times g^{\frac{1}{2}} \times B \times I_e^{\frac{1}{6}}} \right\}^{\frac{3}{4}} \quad (4)$$

ただし、 Q : 流量、 s : 水中比重 ($= 1.65$)、 B : 川

幅、 I_e : エネルギー勾配

が得られる。

(ii) 掃流砂量の計算

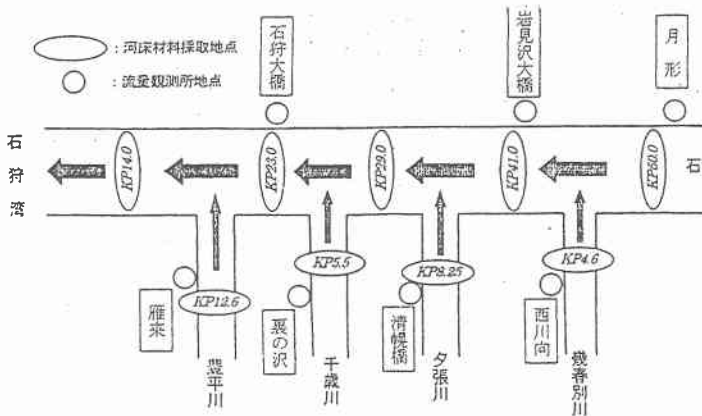
混合掃流砂量式（浅田の式）を用いて、流出する掃流砂量を求める。

$$\tau_{*ci} = \left\{ \frac{\log_{10} 23}{\log_{10} \left(21 \frac{d_i}{d_m} + 2 \right)} \right\}^2 \tau_{*cm} \quad (5)$$

$$q_{Bi} = p_i \times 8 (\tau_{*ie} - \tau_{*ci})^{2/3} \sqrt{sgd_i^3} \quad (6)$$

ただし、 q_{Bi} : i 番目の粒径区分の単位幅単位時間あたりの掃流砂量、 p_i : 河床材料中粒径 d_i の割合、 τ_{*ie} : 粒径 d_i における有効無次元掃流力、 τ_{*ci} : 混合床粒径別無次元限界掃流力、 d_i : 混合床粒径

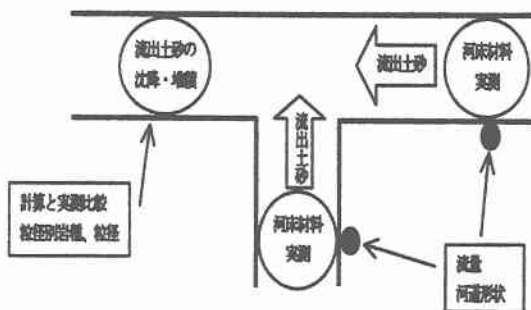
ここで、有効無次元掃流力 τ_{*ie} は式 (4) より求めた



図一 調査地点概略図

2. 流出土砂の推定について

本川河道への土砂運搬の考え方として、下図に示すように本川上流河道と合流支川から流出した土砂は、下流へ輸送される際に下流部の河床砂礫と交換しながら河道部に堆積されるとする。



図二 土砂の推定

また流出土砂量（掃流砂と浮遊砂）を算出する計算方

水深 h の値を使い $\tau_{*i} = \frac{hI}{sd_i}$ の値を求め、この値を用い

て
式 (2)、式 (3) より求める。

(iii) 浮遊砂量の計算

単位時間単位幅あたりの浮遊砂は式 (7) で与えられる。

$$q_{Si} = \int_a^b c(y)u(y)dy \tag{7}$$

ただし、 $u(y)$: 河床面上 y の点における時間平均流速、
 $c(y)$: 河床面上 y の点における浮遊砂濃度、 a : 濃度の
基準点とされる河床面からの高さ

浮遊砂基準点濃度として、板倉・岸の式を用い
る。

$$Dune I \quad : \quad \tau_{*e} = 0.21\tau_{*}^{1/2}$$

$$transition : \tau_{*e} = 0.21(0.02)^{-5} \left(\frac{h}{d_m} \right)^{-5/2} \tau_{*}^{11/2}$$

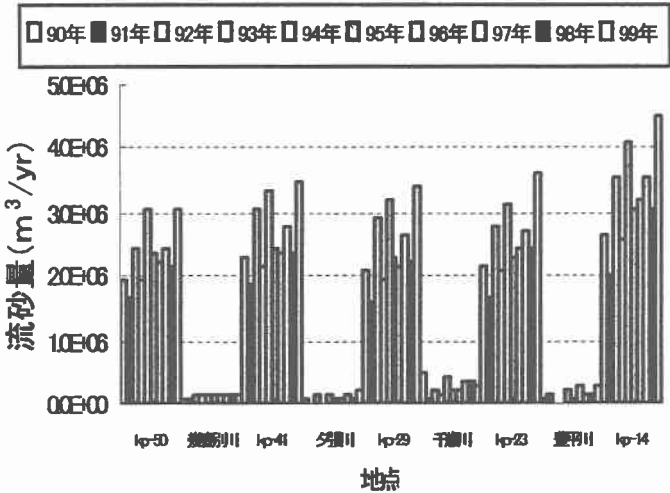
とする。

3. 計算条件

- 1、高水敷幅、低水路幅、低水路幅のデータは 0.5km ごとに値をとり、対象地点の上流 1.5km から下流 1.5km までの範囲で平均値をとって与えた。
- 2、河床勾配は 0.5km ごとに河床高をとり上流 10km から下流 10km の範囲で近似曲線を結んで求めた。
- 3、日流量データは 1990～1999 年までの 10 年間で与えた。

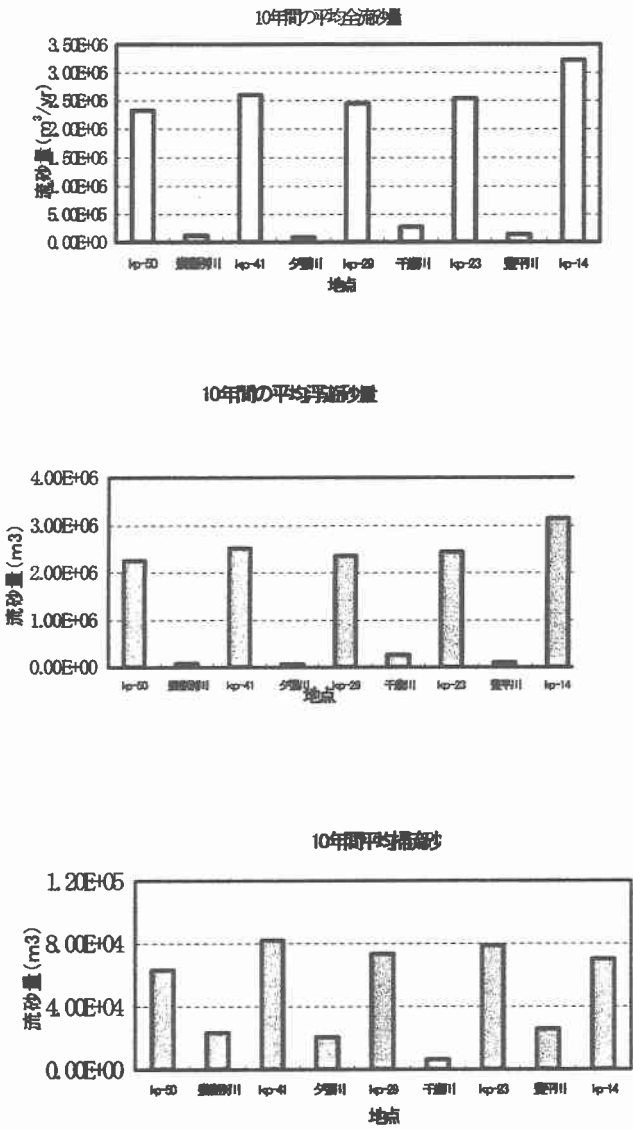
4. 計算結果、考察

図－3 は石狩川の kp50 から kp14 と 4 支川の 10 年間の地点別全流砂量のグラフである。



図－3 10 年間の地点別流量
下の 3 つのグラフ図－4 はそれぞれ上から 10 年間の

地点別の平均全流砂量、浮遊砂量、掃流砂量である



図－4 各地点の全流砂量、浮遊砂量、掃流砂量

図－4 は各地点の全流砂量、浮遊砂量、掃流砂量の 10 年間の平均値をそれぞれとったグラフである。上のグラフより全流砂量と浮遊砂量の値がほぼ一致していることがわかる。さらに掃流砂量の値が浮遊砂量に比べて極端に少ない。つまり河川からの流出土砂のほとんどが浮遊砂であることがわかる。石狩川本川の浮遊砂の変化に注目すると下流域に行くにつれて徐々に量が増えていっている。これは支川から入っていった浮遊砂が本川でもそのまま浮遊砂となり下流域まで流下しているからだかんがえられる。

下の図－5 は、本川の地点別の流砂量の変化を(本川上

下の図-5 は、本川の地点別の流砂量の変化を(本川上流+支川)と本川下流部において 10 年間の平均値を用いて比較した。

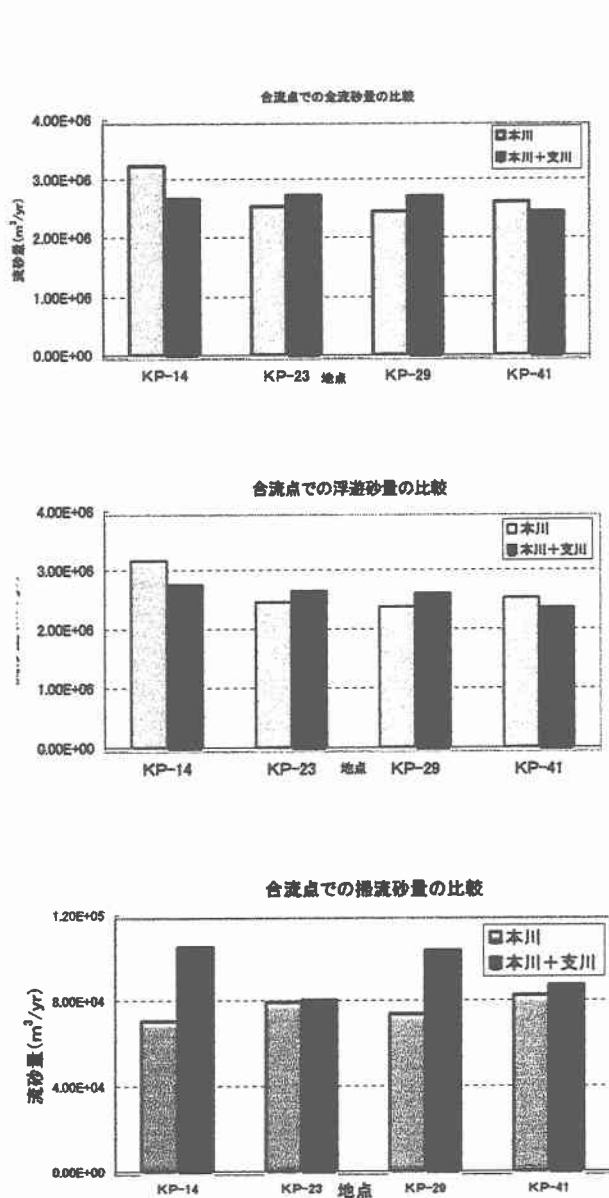
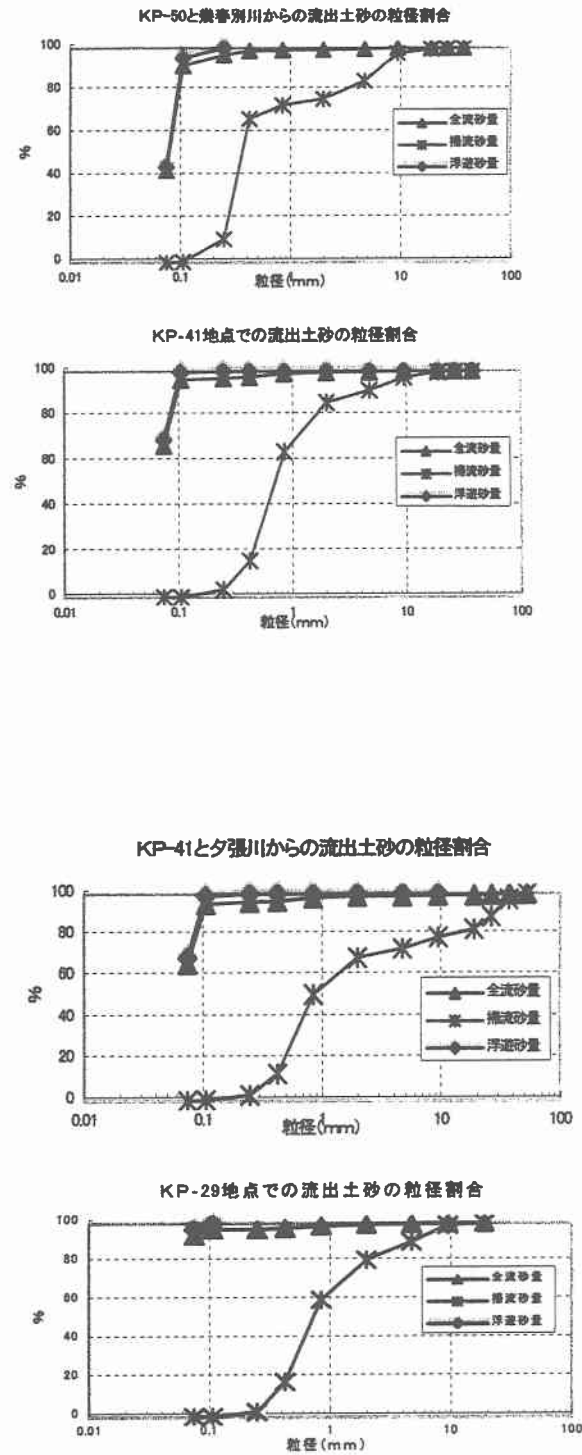


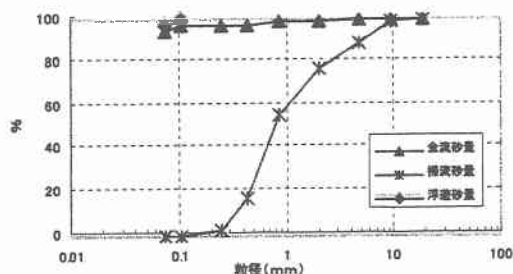
図-5 本川上流+支川と本川下流における流砂量の比較

全流砂量と浮遊砂量のグラフは本川下流と（本川上流+支川）の値が似ているが掃流砂はその 2 つにくらべると差の開きが k p 23 を除いて大きいことがわかる。浮遊砂に差がそれほどないということは、上流と支川から流れ出た浮遊砂が沈降・堆積などしないでそのまま本川下流へ流れているとかがえられる。また掃流砂に関して差に開きがあり本川下流の掃流砂量が少ないということは沈降・堆積などして本川下流域まで流れ出ているとかがえられる。

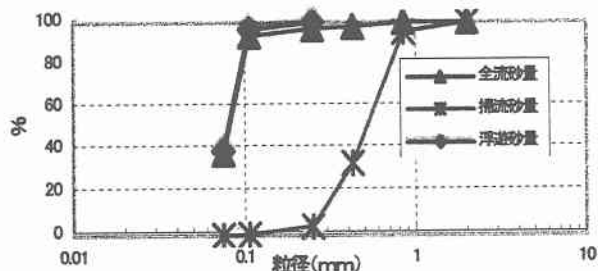
図-6 はそれぞれの本川合流地点での流出土砂の粒径割合である。



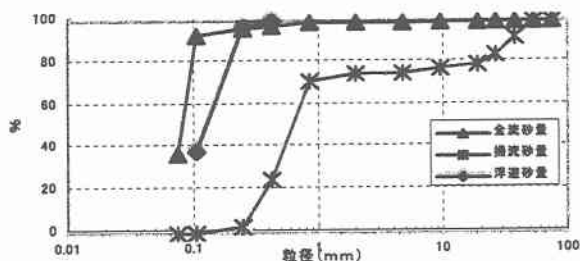
KP-29と千歳川からの流出土砂の粒径割合



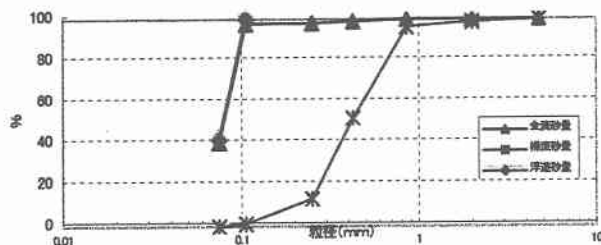
KP-23地点での流出土砂の粒径割合



KP-23と豊平川からの流出土砂の粒径割合



KP-14地点での流出土砂の粒径割合



図一6 合流地点での粒径割合の比較

掃流砂に関して分布に違いが見られるkp14地点と分布が比較的似ているkp41地点の2地点での異なる要因について検討した。

(kp23+豊平川)の掃流砂に注目すると0.85mm以上の比較的大きな粒径の掃流砂も流れているがkp14では粒径0.85mm以上の掃流砂はほとんどながれ

ていない。つまり、豊平川で流れていた粒径0.85mm以上の掃流砂がkp14地点までに沈降、堆積してしまったためその原因は支川が本川に近づくにつれて、河床勾配、低水路幅の変化が考えられる。したがって、掃流砂に関してkp14地点では支川の影響は弱いといえる。

(kp50+幾春別川)とkp41地点の掃流砂に注目すると0.85mm以上の大きな粒径の掃流砂が流れていて割合の分布が似ている。これは支川の幾春別で流れていた粒径0.85mm以上の掃流砂がkp41地点まで流れていると考えられる。掃流砂に関してはkp41では幾春別川の影響が強いといえる。全流砂量はどの図も浮遊砂とほぼ同じ分布になっているがこれは浮遊砂量が掃流砂量にくらべて非常に大きく全流砂量の浮遊砂の占めるわりあいがほぼ100%に近い値になっているからである。

5. まとめ

全流砂量は下流になるにつれて増えていて支川を足した値とほぼ一致することから浮遊砂は支川の影響をうけるといえる。浮遊砂量が増えていることより支川から本川に入っていく浮遊砂は川床に堆積しないでそのまま本川を流下すると考えられる。また掃流砂は上記のとおり粒径の大きなものは本川まで流れずに沈降・堆積するものと考えられる。ゆえに河道を形成するうえで主たる土砂は掃流砂といえ、浮遊砂は河道を形成するのに重要な土砂ではなく堆積しないで海まで流下する物質であるといえる。

謝辞；本研究を進めるにあたり、(株)水エリサーチの加藤氏にデータの入手及び研究に対して数多くの有益な助言をいただいた。この場をかりて深く謝意を表します。

6. 参考文献

- 1) 浅田；山地河川の流砂量と貯水池における堆砂程に関する研究 北海道大学博士論文 1974.7
- 2) 黒木・岸；移動床流における河床形状と流体抵抗 (I)、北海道大学工学部研究報告 第67号 pp.1-23,1973.6
- 3) 北海道開発局石狩川開発建設部。北海道測量事業協同組合；平成3年度石狩川改修工事の内石狩川河床材料調査