

II-61

大雪ダム流域における土砂動態の解析

北海道大学工学部	○学生員	宮角 恵生
北海道大学大学院	学生員	吉澤 良
佐藤工業株式会社	正会員	山本 徹
北海道大学大学院	フェロ-会員	黒木 幹男
北海道大学大学院	フェロ-会員	板倉 忠興

1. はじめに

著者らは河道の安定形状縦断形の理論<sup>1)</sup>に河道網を組み入れ豊平川、豊平峡流域へ適用した。さらに土砂の横流入を考慮した河道網モデル<sup>2)</sup>を構築し、滝里ダム、金山ダム、芦別ダムにおいて流域の土砂生産特性を推定した結果、ある程度の妥当性を得ている。本モデルは河道の河床高縦断形と少なくとも一地点の流量資料から、流域全体の流量、流砂量、更に河床材料の平均粒径、川幅、水深の河道特性量を推定するものである。

本研究ではダム堆砂資料のある大雪ダムにモデルを適用し、川幅、貯水池内の堆砂土砂データで検証を行った。

2. 大雪ダム流域

大雪ダムは北海道上川郡上川町に位置し、流域面積は約290km<sup>2</sup>である。一方、国土数値情報の第3次メッシュに基づくメッシュ数は312個であり、1メッシュあたりの面積は0.93km<sup>2</sup>である。また、外部リンク数は98個である。ダム流域の河道網図を図-1に示す。

ダム湖に流入する河川は石狩川、ホロカイシカリ川、由仁石狩川、ルベシナイ川、ペンケチャロマップ川なので、本研究では、流域をこの5つに分割して解析を行った。なお、ダム湖を除いた解析メッシュ数306個は流域全体の98%にあたる。

3. 河道網モデルの適用

a) 河床高縦断形

分割した流域ごとに幹川河道(対象とする流域中、マグニチュードと河道長が最大で両者が同位ならば河床標高の低いもの)を定める。幹川河道の実河床高縦断形に最

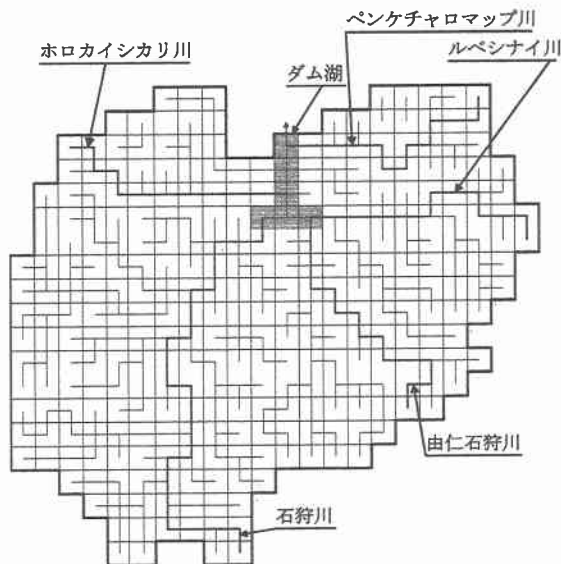


図-1 大雪ダム流域河道網図

Study on Characteristics of the Sediment Production in the Taishetsu Dam Basin  
by Emi MIYAKADO, Ryo YOSIZAWA, Toru YAMAMOTO, Mikio KUROKI, Tadaoki ITAKURA

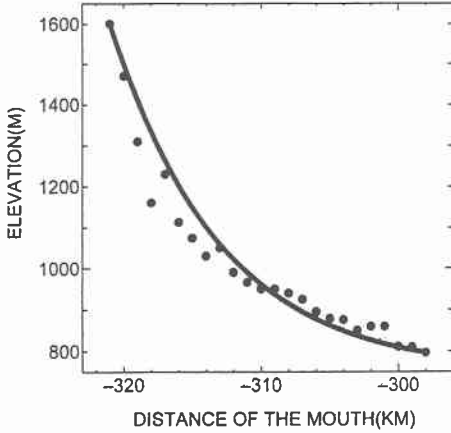


図-2 石狩川河床高縦断面形

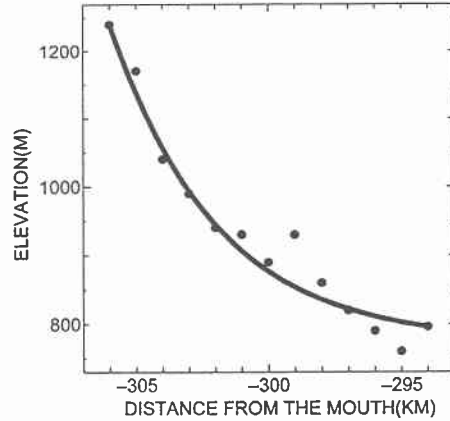


図-3 ペンケチャロマップ川河床高縦断面形

も適合するように指数型縦断面形をあてはめ、座標と河床勾配を定める。実河床高縦断面形は国土数値情報3次メッシュの最低標高を用い、地形図も併用してなるべく実際の河床高に合うようにした。図-2、3に幹川の河床高縦断面形を示す。図中の黒丸は国土数値情報に基づく実資料値、実線は本解析による指数型の縦断面形である。次に、幹川直流入の支川についても、幹川との合流点の座標を一致させ、指数型縦断面形をあてはめる。さらに、支川の支川についても同様の適合を行う。このようにして、全ての幹川・支川の河床高縦断面形を適合させることにより、各単位河道の座標・河床勾配が確定する。そして、次式(1)、(2)、(3)により河道ごとに上流端流砂量、横流入流量、横流入流砂量が外部リンク流入流量 $[Q_U]_i$ で表すことができる<sup>8)</sup>。なお、本解析では全ての河川で外部リンク流入流量は一定とした。

$$\frac{dz}{dx} = -C \left( \frac{Q_B(x)}{Q(x)} \right)^{5/7} \quad (1)$$

$$\left( \frac{dz}{dx} \right)_U = -C \left( \frac{Q_{BU}}{Q_U} \right)^{5/7} \quad (2)$$

$$\left( \frac{dz}{dx} \right)_D = -C \left( \frac{Q_{BU} + q_s l}{Q_U + ql} \right)^{5/7} \quad (3)$$

ただし、 $C = \left[ \frac{8\sqrt{sg}(\tau_* - \tau_{*c})^{3/2}}{6.9\sqrt{g}(s\tau_*)^{5/3}} \right]^{7/5}$ 、 $z$  : 基準面から測った河床高、 $x$  : 流下方向にとった距離、 $Q$  : 流量、

$Q_B$  : 流砂量、 $s$  : 河床砂礫の水中比重(=1.65)、 $\tau_*$  : 平衡河床掃流量(1.23×0.05、 $\tau_{*c}$  = 0.05)、 $l$  : 単位河道長

#### b) 流量・流砂量分布

図-4、5は石狩川、図-6、7はペンケチャロマップ川の流量と流砂量の縦断分布を示したもので、流量は河道中の横流入・支川合流で増加し、流砂量は河道中の支川合流で増加している。流域の下流端ダム地点の合計流量、流砂量は式(4)、(5)のようになる。

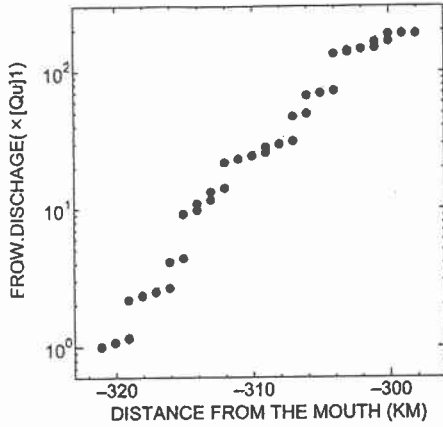


図-4 石狩川流量分布

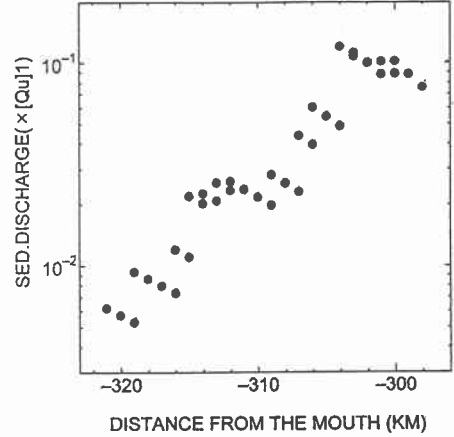


図-5 石狩川流砂量分布

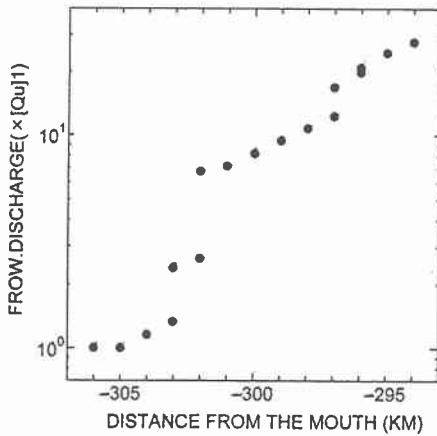


図-6 ペンケチャロマップ川流量分布

$$DamQ = 311.20 \times [Q_U]_1 \quad (4)$$

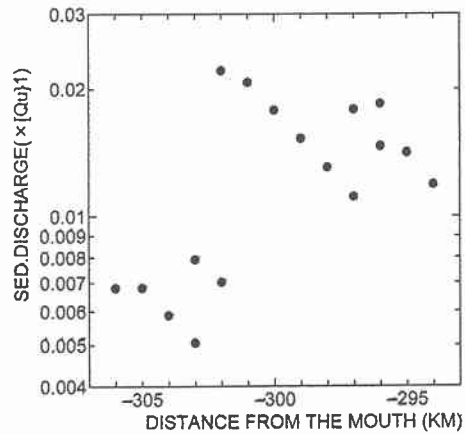


図-7 ペンケチャロマップ川流砂量分布

$$DamQ_B = 0.268 \times [Q_U]_1 \quad (5)$$

大雪ダムの1975年から1994年までの平均年最大流入量は $122.6 \text{ m}^3/\text{sec}$ で、これをダム地点での流量  $DamQ$  とすると、式(4)より外部リンク流入流量  $[Q_U]_1$  は $0.39 \text{ m}^3/\text{sec}$ となる。また、この $[Q_U]_1$ の値を用いて支配流量下の流砂量を求めると式(5)より $8.64 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{sec}$ となる。

見かけの支配流量の継続時間  $T$  を用いると次式(6)のように表わすことができる。

$$V_y = DamQ_B \times T \quad (6)$$

ただし、 $V_y$  は年生産土砂量で、図-7に示すように大雪ダムの1981年から1994年の堆砂の進行状況から求めると、 $V_y = 111846 \text{ m}^3/\text{year}$ である。よって、見かけの継続時間は $T = 15.06$ 日となる。

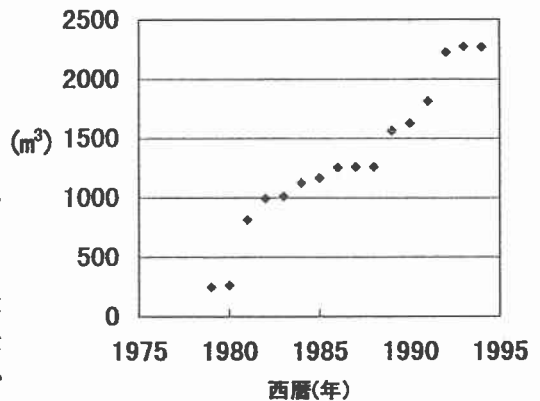


図-8 累積堆砂土砂量グラフ

c) 川幅縦断分布

水深は流量と流砂量によって式(6)のように表わすことができる。また平均粒径と川幅も水深同様流量と流砂量の関数として表わされ、河道網中の単位河道*i*の上流端に適用すると式(7)、(8)が得られる。

$$[h_U]_i = C_1 / \left[ 1 + \frac{C_1^2}{2g} \left( \frac{[Q_{BU}]_i}{[Q_U]_i} \right)^{4/3} \right] \quad (6)$$

$$[d_U]_i = \frac{[h_U]_i}{s \tau_*} C_2 \left( \frac{[Q_{BU}]_i}{[Q_U]_i} \right)^{5/3} \quad (7)$$

$$[B_U]_i = C_3 \left( \frac{[Q_{BU}]_i}{([d_U]_i)^{3/2}} \right) \quad (8)$$

ただし、 $[h_U]_i$  : 単位河道*i*の上流端の水深、 $[d_U]_i$  : 単位河道*i*の上流端の平均粒径、 $[B_U]_i$  : 単位河道*i*の上流端の川幅、 $[Q_{BU}]_i$  : 単位河道*i*の上流端の流砂量、 $[Q_U]_i$  : 単位河道*i*の上流端の流量、

$\tau_* = \frac{h I_e}{s d} = \text{const.}$ 、 $h$  : 水深、 $C_1$ 、 $C_2$ 、 $C_3$  : 定数<sup>(3)</sup>、 $d$  : 平均粒径、 $I_e$  : エネルギー勾配

なお、式(6)、(7)は単位河道*i*の上流端について表わしているが、下流端についても同様の表現ができる。マグニチュード*i*の幹川に支川*j*の河道が合流して*i+j*の河道となる場合を考えると、水深および粒径の連続式は以下の様になる。

$$[h_U]_{i+j} = [h_D]_i \quad (9)$$

$$[d_U]_{i+j} [Q_{BU}]_{i+j} = [d_D]_i [Q_{BD}]_i + [d_D]_j [Q_{BD}]_j \quad (10)$$

ただし、添字*U*、*D*はそれぞれ単位河道の上・下流端を表わす。

このようにして式(6)、(7)、(8)より、水深、粒径、川幅の無次元縦断分布を得る。そして、川幅について実資料と計算値の縦断を重ね合わせて適合度を調べ、具体量を得る。図-8に石狩川、図-9にペンケチャロマップ川の川幅縦断分布を示す。黒丸がモデルによる計算値で白丸が1:25000地形図から読み取った値である。

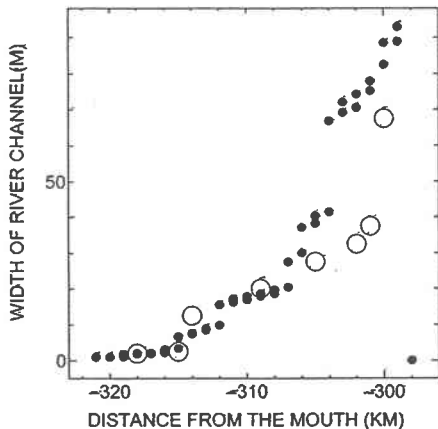


図-9 石狩川川幅縦断形

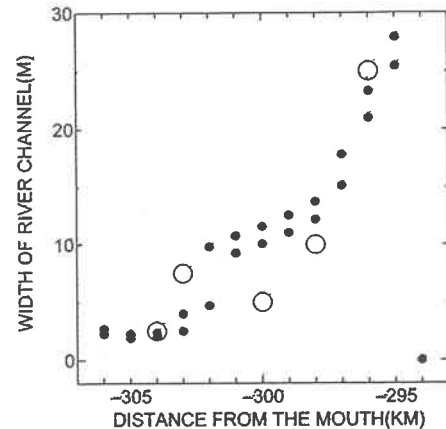


図-10 ペンケチャロマップ川川幅縦断形

#### 4. 流域の土砂生産特性

石狩川とペンケチャロマップ川の流入口付近における地質別の堆砂資料と、本解析で算出した流砂量を岩質別に分類した結果とを照合する。

図-11に大雪ダム流域の地質を示す。大別すると西側に火山岩、東側に堆積岩、南側に変成岩が分布している。本モデルでは、全ての地点における流砂量とそのつながり具合が分かっているので、流砂量に変化が生じた場合、その変化分がどのメッシュからのものかを判定することができる。

図-12は石狩川、図-13はペンケチャロマップ川の表層地層の岩質別面積比と資料から得られた貯水池内の体

積土砂の岩質比および本研究で算出した岩質別流砂量比を比較したものである。解析結果は全体的な傾向として堆砂土砂構成比に類しほぼ適合しているといえる。

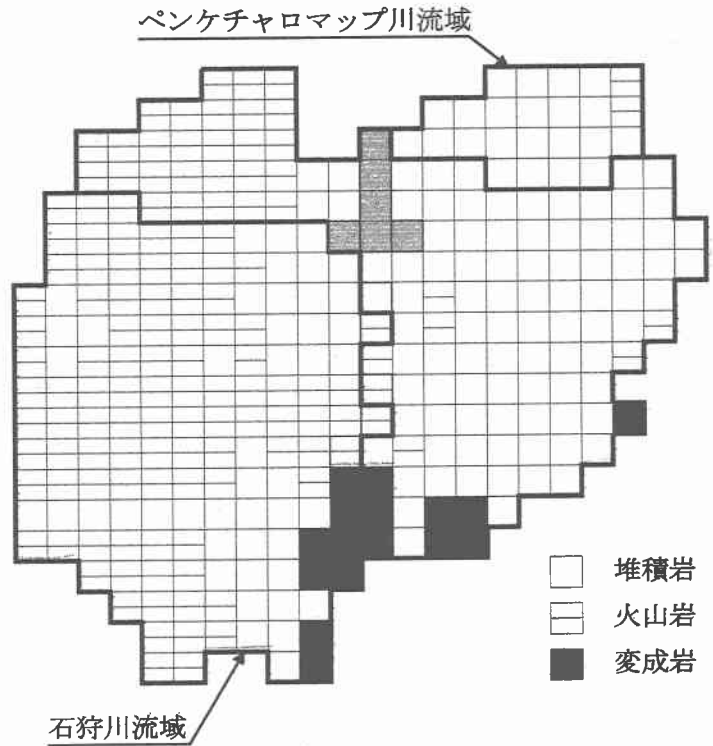


図-11 流域地質図

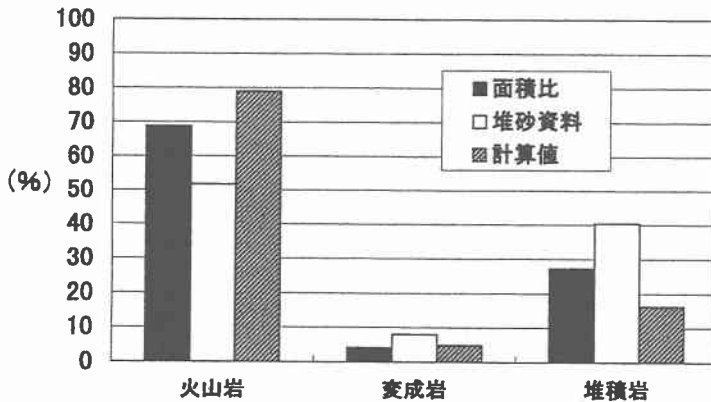


図-12 石狩川構成比比較グラフ

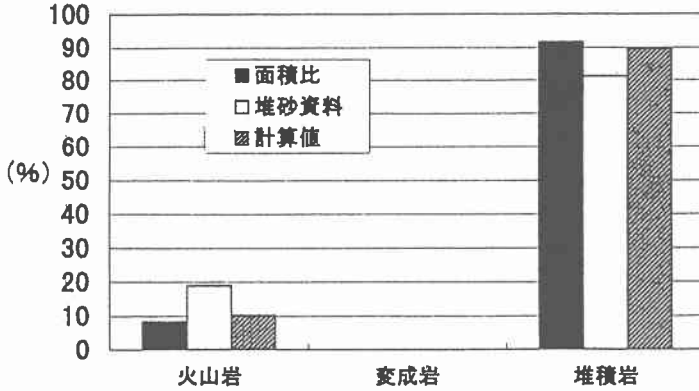


図-13 ペンケチャロマップ川構成比比較グラフ

### 5. おわりに

河道網モデルを大雪ダム流域に適用した。すべての単位河道についてそれぞれ座標、河床勾配を与えて流量、流砂量の分布をもとめ土砂生産特性、河道の川幅で検証したところ全体的に妥当な結果が得られた。

### 参考文献

- (1) 黒木幹男、板倉忠興：安定河道縦断形状に関する研究、水工学論文集第39巻、pp641-646、1995
- (2) 山本徹、黒木幹男、板倉忠興：流出特性分布を考慮した河道網理論とその適用、土木学会北海道支部論文報告集、pp78-83、1998
- (3) 酒井匠、岡部和憲、黒木幹男、板倉忠興：安定河道形状に関する研究、土木学会北海道支部論文報告集、pp369-372、1993