

II-54

河道網モデルを用いた川幅・平均粒径縦断変化の推定

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

著者らは安定縦断形状について、流域全体を考慮する河道網モデル<sup>1)</sup>を用いて理論的解析を行っている。河川の平年の土砂生産特性を予測することは、砂防、ダム、河道計画、そして海岸工学に至るまで、流砂に関わる多くの問題にとって非常に重要である。

比較的狭い流域を対象とする場合、土砂生産と輸送には非正常性が現れるが、本解析のように100km<sup>2</sup>を超える広い流域を対象とする場合は、非正常の程度は小さくなると考え、まず定常として扱うことで平均的な土砂生産・輸送の評価を試みることにした。本研究では、滝里ダム流域の解析<sup>2)</sup>によって得られた値を用い、幹川及び各支川流域の平均粒径、川幅の縦断分布について推定を行い、資料値により検証を行った。

2. 基礎式

一定の支配流量の存在を想定し、動的平衡状態にある河道を考える。流れの運動方程式、流れの抵抗則式、流砂の連続式、流砂量式及び平衡横断面の河床掃流力式の基本五式において、(河床勾配)=(エネルギー勾配)の近似が成り立つ場合、河床勾配を流量と流砂量の関数として次式のように表すことができる<sup>1)</sup>。

$$\frac{dz}{dx} = -C \left( \frac{Q_B(x)}{Q(x)} \right)^{5/2} \quad (1)$$

ただし、 $C = \left[ \frac{8\sqrt{sg}(\tau_* - \tau_{*c})^{3/2}}{6.9\sqrt{g}(s\tau_*)^{3/2}} \right]^{5/2}$ 、 $z$ :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、 $g$ :重力加速度、 $s$ :河床砂礫の水中比重(=1.65)、 $\tau_*$ :平衡河床掃流力(=1.23× $\tau_{*c}$ 、 $\tau_{*c}$ =0.05)。

式(1)は幹川河道全体を対象に適用することもできる<sup>3)</sup>が、本論文では国土数値情報の第3次メッシュを単位とする河道網を考え、個々の単位河道に適用する。単位河道は河道長1km、流域面積1km<sup>2</sup>であり、単位河道内の流量・流砂量の変化も小さいものと考えられるので、単位河道内における流量と流砂量の変化を一次式で与えることにした。単位河道内の河床勾配は式(2)のように表せる。

$$\left( \frac{dz}{dx} \right)_x = -C \left( \frac{Q_{BU} + q_s x}{Q_U + qx} \right)^{5/2} \quad (2)$$

ただし、 $\ell$ :単位河道長、 $Q_U$ 、 $Q_{BU}$ :単位河道上流端の流量および流砂量、 $q$ :単位河道の流量増加係数、 $q_s$ :単位河道の流砂量増加係数。

Estimation of Longitudinal Distributions of River Width and Mean Diameter

by Ryo YOSHIZAWA, Toru YAMAMOTO, Mikio KUROKI and Tadaaki ITAKURA

必要な定数  $Q_U, Q_{BU}, q, q_s$  が与えられると、式(2)を数値積分することで河床高縦断形状を求めることができる。数値積分により求める河道縦断形状を定めることで、四変数  $Q_U, Q_{BU}, ql, q_s, l$  の内3つは、残りの1つの関数になる。具体的には、上流端流量  $Q_U$  の関数としていくことにする。

また、先の基本五式から式(3)のように水深を流量と流砂量により表すことができる。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され、河道網中の単位河道  $i$  の上流端に適用すると式(4)、(5)を得る。

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

$$[d_U]_i = \frac{[h_U]_i}{s\tau} C_2 \left( \frac{[Q_{BU}]_i}{[Q_U]_i} \right)^{5/2} \quad (4)$$

$$[B_U]_i = C_3 \left( \frac{[Q_{BU}]_i}{([d_U]_i)^2} \right)^{1/2} \quad (5)$$

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、  
 $\tau = \frac{hI_e}{sd} = \text{const.}$ 、 $h$  : 水深、  
 $C_1, C_2, C_3$  : 定数、 $d$  : 平均粒径、  
 $I_e$  : エネルギー勾配。

なお、式(3)、(4)、(5)は単位河道  $i$  の上流端について表しているが、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、水深および平均粒径の連続式は以下のように表せる。

$$[h_U]_{i+j} = [h_D]_i \quad (6)$$

$$[d_U]_{i+j} [Q_{BU}]_{i+j} = [d_D]_i [Q_{BD}]_i + [d_D]_j [Q_{BD}]_j \quad (7)$$

ただし、添字  $U, D$  はそれぞれ単位河道の上・下流端を表す。

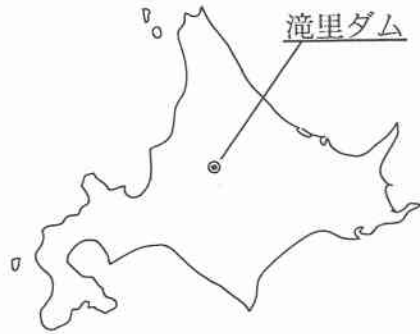


図-1 滝里ダム位置図

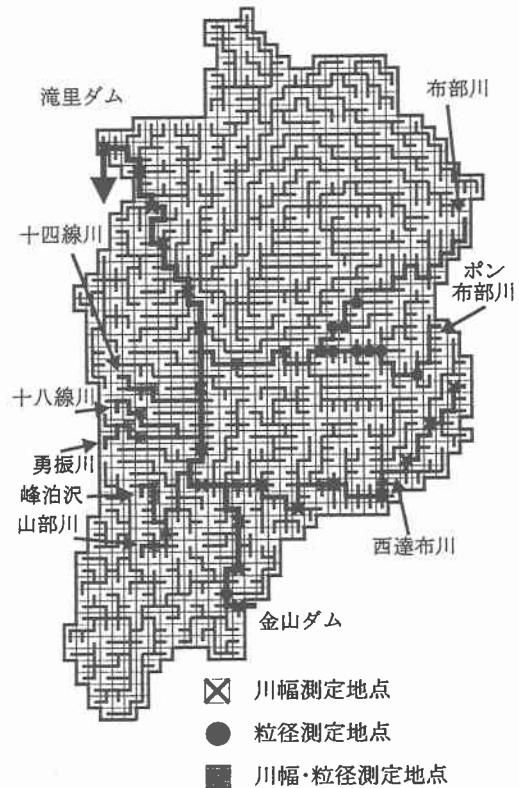


図-2 滝里ダム流域河道網図

### 3. 滝里ダム流域への適用

本研究の解析対象ダムである滝里ダムの位置を図-1に示す。滝里ダムは、石狩川水系空知川の芦別市滝里町に多目的ダムとして、現在建設中のダムである。滝里ダムの本川の上流に金山ダムがあるので、解析対象流域は滝里ダムと金山ダムとの間の流域とした。また、河道網のパターンとして、「石狩川ランドスケープ情報」<sup>4)</sup>収録の河道網図を用いた。図-2に滝里ダム流域の河道網図を示す。この流域の流域面積は1192.9km<sup>2</sup>である。一方、河道網図のメッシュ数は1272個、一メッシュ当たりの面積は0.9378km<sup>2</sup>であり、外部リンクの数は409個である。尚、図中の●印は粒径資料測定地点、□印は川幅資料測定地点、■印は粒径、川幅両方の測定地点を示している。

実際に解析するにあたり、空知川本川を幹川河道とし、すべての支川と幹川河道を対象に解析を行った。ただし、幹川河道に直接流出する単位河道は除いており、解析対象メッシュ数は1216個となり流域全体の95.6%にあたる。

#### 4. 川幅、平均粒径の計算と検証

滝里ダム流域の解析<sup>2)</sup>によって、全てのメッシュでの流量 $Q$ 、流砂量 $Q_s$ が具体量で求まっているので、式(3)、(4)、(5)により流域全体の水深、平均粒径、川幅の無次元分布を得る。次に、幹川の川幅について計算値の縦断分布と資料値とを重ね合わせて、図-3のように適合度を調べる。その結果、川幅の具体量が得られ、式(7)により合流地点での支川の平均粒径が具体量で求まる。それにより、式(4)を支川に適用すると、平均粒径の縦断分布が求まるので(図-6、10、14)その縦断と資料値とを比較する。更に、その値を用いて式(5)により川幅の縦断を求め、資料

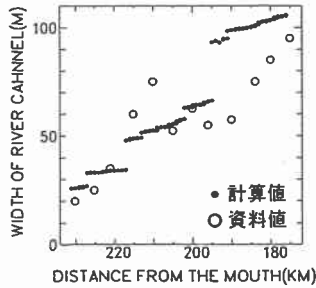


図-3 空知川(幹川)川幅縦断

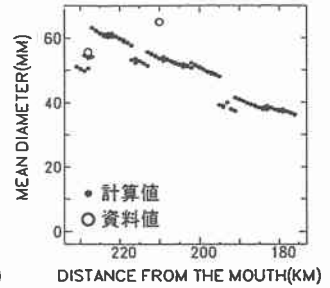


図-4 空知川(幹川)平均粒径縦断

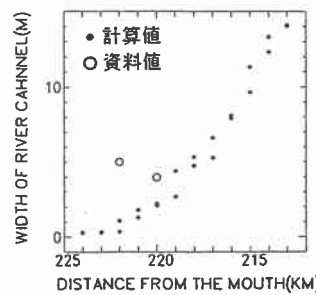


図-5 山部川 川幅縦断

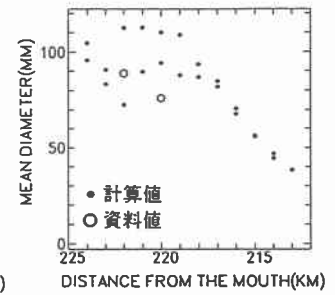


図-6 山部川 平均粒径縦断

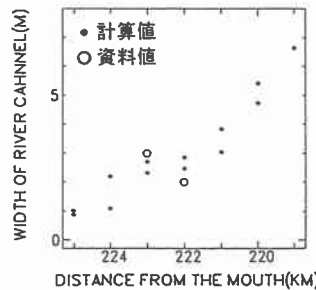


図-7 山部川支川(峰泊沢)  
川幅縦断

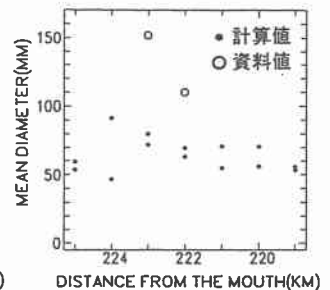


図-8 山部川支川(峰泊沢)  
平均粒径縦断

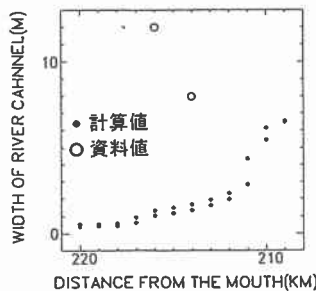


図-9 勇振川 川幅縦断

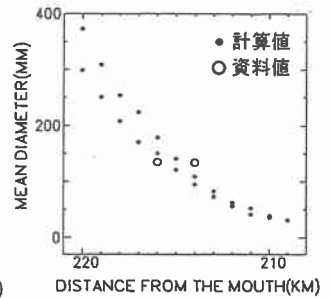


図-10 勇振川 平均粒径縦断



図-9 支川模式図

値と比較する(図-7,11,15)。

同様に、支川の更に支川の川幅、平均粒径の縦断分布が図-7,8,11,12,15,16のように求まる。

平均粒径資料<sup>5)</sup>については、中軸径を対象とする粒子の代表粒径とした。川幅資料については、調査資料<sup>5)</sup>が不足の箇所では、1:25000地形図により標準的位置でスケールアップして、調査資料を補った。測定場所は河道網図中(図-2)に示す。測定箇所数は表-1のようになった。

### 5. おわりに

滝里ダム流域の解析<sup>2)</sup>を基に、幹川の川幅、河床材料の平均粒径を河道網モデル<sup>1)</sup>を用いて計算し、更に支川の川幅、河床材料の平均粒径の縦断分布を求め、実データで検証した。その結果、川幅、平均粒径とも適合度は良好であり、ほぼ妥当な結果が得られた。

### 参考文献

- 1) 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、pp. 78-83、1998
- 2) 堀江克也、山本徹、黒木幹男、板倉忠興：河道網理論による滝里ダム流域の土砂生産特性について、土木学会北海道支部論文報告集、pp. 184-189、1998
- 3) 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、pp. 641-646、1995
- 4) 財団法人北海道河川防災研究センター：石狩川ランドスケープ情報、1996
- 5) 財団法人北海道開発協会：滝里ダム建設業務の内、土砂動態予知手法開発業務報告書、1997

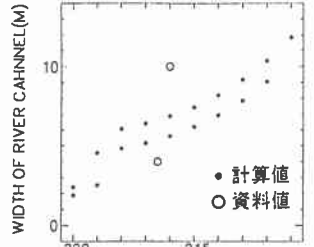


図-11 勇振川支川(十八線川)

川幅縦断

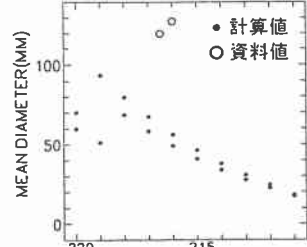


図-12 勇振川支川(十八線川)

平均粒径縦断

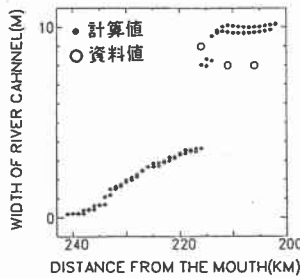


図-13 布部川 川幅縦断

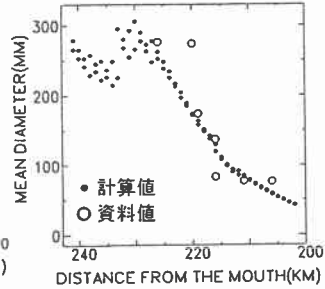


図-14 布部川 平均粒径縦断

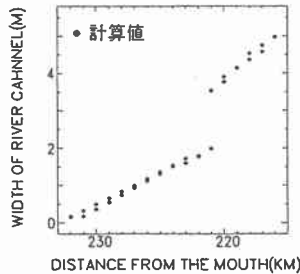


図-15 布部川支川(ポン布部川)

川幅縦断

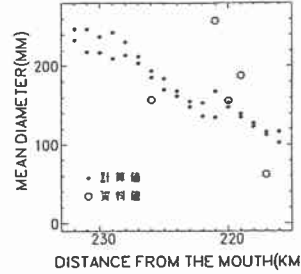


図-16 布部川支川(ポン布部川)

平均粒径縦断

表-1 調査箇所総括表

|         | 川幅資料 | 粒径資料 |
|---------|------|------|
| 空知川(幹川) | 12   | 2    |
| 西達布川    | 10   | 3    |
| 山部川     | 2    | 2    |
| 峰泊沢     | 2    | 2    |
| 勇振川     | 2    | 2    |
| 十八線川    | 2    | 2    |
| 十四線川    | 2    | 3    |
| 布部川     | 3    | 7    |
| ポン布部川   | 0    | 5    |