

II-25

河道網モデルによる河道特性量の推定

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

著者らは河道の安定形状縦断形の理論⁽¹⁾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を構築し、滝里ダム、金山ダム、芦別ダム等、道内数カ所のダム流域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⁽²⁾。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。

本研究では定山溪ダム流域にモデルを適用し、流量、流砂量、川幅及び河床材料の平均粒径を推定し、地形図より測定した川幅で検証を行った。更に、同様の解析によって流砂量の推定を行った8つのダム流域について、幹線河床勾配と流砂量の関係を考察した。

2. 定山溪ダム流域

本研究で解析を行なった定山溪ダムは北海道札幌市に位置し、平成元年に治水、利水、発電などを目的とした重力式のコンクリートダムとして完成した。流域面積は 104.1km² で、小樽内川、滝の沢川、木挽沢川、天狗沢川で4分されている。河道網図のパターンを確定するために「石狩川流域ランドスケープ情報⁽³⁾」収録の河道網図を使用する(図-1)。メッシュ数は 111 個、1メッシュあたりの単位面積は 0.93km²、外部リンク数は 43 個である。尚、本研究での解析対象メッシュは 98 個で流域全体の 88.3% を網羅している。図中の●印は地形図による川幅調査地点を表す。

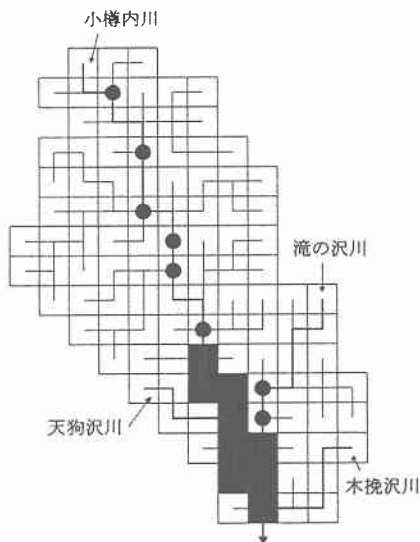


図-1 定山溪ダム流域河道網図

3. 河道網モデルの適用

a) 流量・流砂量分布

流域に河道網モデルを適用する。まず、河道の実河床高縦断形に最も適合するように指数型縦断形をあてはめ、河床勾配、座標を定める。実河床高縦断形は国土数値情報の最低標高を用い、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。流域の全単位河道に、その上下流端勾配、座標データを与え諸量を計算すると流域の流量、流砂量は外部リンク流入流量 $[Q_U]_i$ で表すことができる。この際、 $[Q_U]_i$ は全支川で一定とした。流域の下流端ダム地点の合計流量、流砂量は式(1)、(2)のようになる。

Estimation of longitudinal distributions of river characteristic by the network model
 by Ryo YOSHIZAWA, Toru YAMAMOTO, Mikio KUROKI and Tadaoki ITAKURA

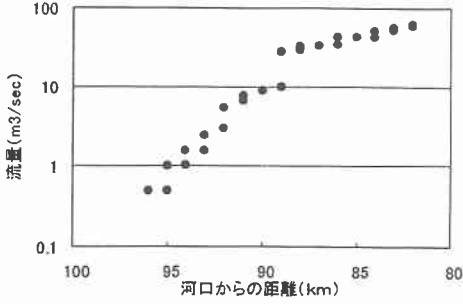


図-2 小樽内川流量分布

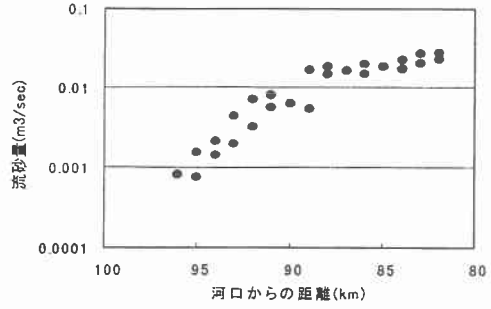


図-3 小樽内川流砂量

$$\text{Dam}Q = 155.25 \times [Q_U]_i \quad (1) \quad \text{Dam}Q_B = 0.0812 \times [Q_U]_i \quad (2)$$

定山溪ダムの1990年から1994年までの平均年最大流入量は $77.3 \text{ m}^3/\text{sec}$ で、これをダム地点での流量 $\text{Dam}Q$ とすると、式(1)より外部リンク流入流量 $[Q_U]_i$ は $0.50 \text{ m}^3/\text{sec}$ となる。また、この値から任意地点の流量、流砂量が求まる。式(2)より支配流量下の流砂量を求めると $4.05 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{sec}$ となる。図-2、3に小樽内川の流量と流砂量の縦断分布を示す。また、見かけの支配流量の継続時間 T と $\text{Dam}Q$ の関係は次式(3)のように表わすことができる。

$$V_y = \text{Dam}Q_B \times T \quad (3)$$

ただし、 V_y は年生産土砂量で、定山溪ダムの1990年から1994年の堆砂の進行状況から求めると、 $V_y = 10200 \text{ m}^3/\text{year}$ である。よって、見かけの継続時間は $T = 2.91$ 日となる。

b) 川幅縦断分布

水深、平均粒径、川幅を流量と流砂量によって表し、河道網中の単位河道 i の上流端に適用すると次式(4)、(5)、(6)のように表わすことができる。

$$[h_U]_i = C_1 \sqrt{\left[1 + \frac{C_1^2}{2g} \left(\frac{[Q_{BU}]_i}{[Q_U]_i} \right)^2 \right]} \quad (4) \quad [d_U]_i = \frac{[h_U]_i}{\text{st.}} C_2 \left(\frac{[Q_{BU}]_i}{[Q_U]_i} \right)^{1/2} \quad (5)$$

$$[B_U]_i = C_3 \left(\frac{[Q_{BU}]_i}{([d_U]_i)^{3/2}} \right) \quad (6)$$

ただし、 $[h_U]_i$ 、 $[d_U]_i$ 、 $[B_U]_i$ ：単位河道 i の上流端の水深、平均粒径、川幅、 $[Q_U]_i$ 、 $[Q_{BU}]_i$ ：単位河道 i の上流端の流量、流砂量、 $\tau_* = \frac{h I_e}{sd} = \text{const.}$ 、 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

幹川 i 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。

$$[h_U]_{i+j} = [h_D]_i \quad (7)$$

$$[d_U]_{i+j} [Q_{BU}]_{i+j} = [d_D]_i [Q_{BD}]_i + [d_D]_j [Q_{BD}]_j \quad (8)$$

ただし、添字 U 、 D はそれぞれ単位河道の上・下流端を表す。

以上の式より、水深、平均粒径、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。このようにして得られた川幅の具体量から、式(8)により合流地点での支川の平均粒径が求まる。それにより、平均粒径の縦断分布が求まる。図-4~7に小樽内川、滝の沢川の川幅及び平均粒径の縦断分布を示す。図中の黒丸はモデルによる計算値、白丸は1:25000地形図から読み取った値である。

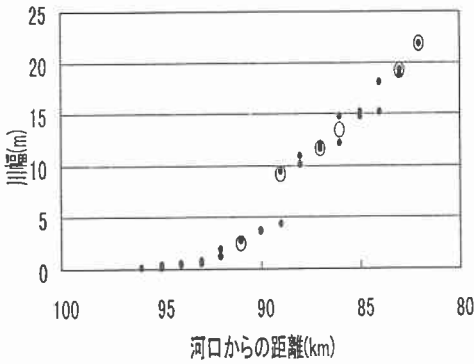


図-4 小樽内川川幅縦断分布

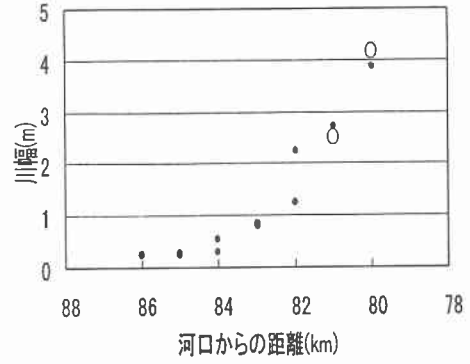


図-5 滝の沢川川幅縦断分布

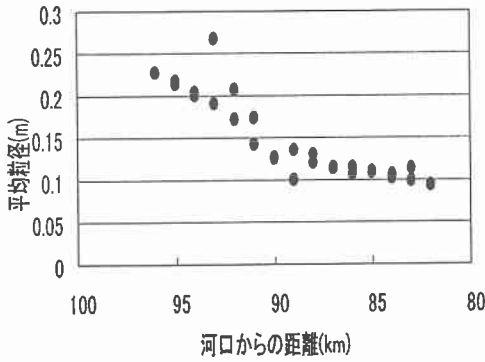


図-6 小樽内川河床材料平均粒径

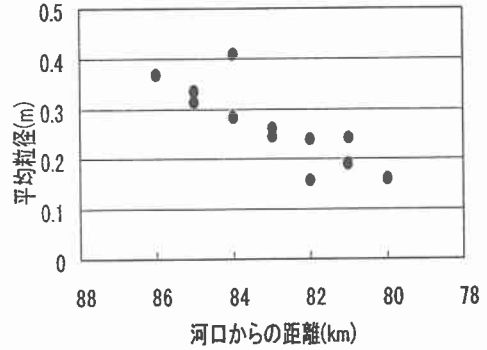


図-7 滝の沢川河床材料平均粒径

4. 河道勾配と流砂量の関係

前述3. a)のようにして、豊平峡、漁川、大雪、桂沢、金山、滝里、富村、芦別の8つのダム流域に河道網モデルを用いて解析を行った結果⁽⁴⁾及び幹川河道勾配を表-1に示す。

表-1 各ダム流域の諸数値

ダム名	流域面積 (km ²)	幹川河道 勾配	sumQ (×Qu1)	平均流入量 (m ³ /sec)	Qu1 (m ³ /sec)	sumQb (×Qu1)	流砂量 (m ³ /sec)	比流砂量 (m ³ /sec/km ²)	地質時代 区分
定山溪	104.1	0.027	155.3	77.3	0.498	0.0813	0.0405	3.889E-04	第四紀
豊平峡	134.0	0.019	233.1	196.5	0.843	0.1247	0.1051	7.845E-04	古代三紀
漁川	113.3	0.029	125.2	139.0	1.110	0.0460	0.0511	4.508E-04	第四紀
大雪	291.6	0.020	311.2	122.6	0.394	0.2177	0.0858	2.941E-04	洪積世
桂沢	151.2	0.021	250.0	130.0	0.520	0.1461	0.0760	5.025E-04	中生代
金山	469.0	0.018	1085.0	152.0	0.140	0.2521	0.0353	7.530E-05	古生代
滝里	1661.9	0.004	1758.7+151.8	644.9	0.280	0.0595	0.0167	1.002E-05	
富村	164.9	0.041	256.9	145.9	0.568	0.1477	0.0839	5.089E-04	第四紀
芦別	126.0	0.037	171.6	81.6	0.476	0.0891	0.0424	3.363E-04	中生代

ただし、河道勾配は標高差 Δh と河道延長 L の関係、 $\Delta h/L$ から求めている。

Δh (m) : 上流端標高-下流端標高

L (m) : 5万分の1地形図より実測した河道延長

ここでの上流端と下流端の標高は、国土数値情報より抽出するメッシュ内の最低標高とする。

幹川河道勾配と河道網モデルより算出したダム流出比流砂量の関係を図-8に示す。この際、地質時代区分に着目し、図中の○印は第三紀、第四紀の比較的軟らかいイメージの地質のダム流域、●印は中生代以前の比較的硬いイメージの地質のダム流域を示す。破線、実線はそれぞれの数値の近似直線である。

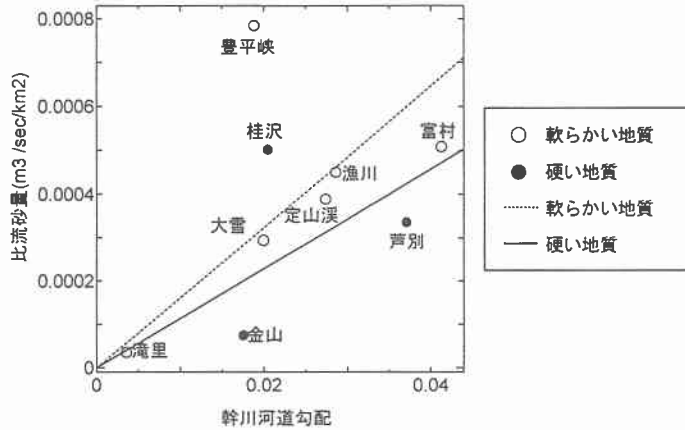


図-8 河道勾配と比流砂量

5. まとめ

定山溪ダム流域に河道網モデルを適用し、流域内の流量、流砂量、川幅及び河床材料の平均粒径を計算し、地形図から読み取った川幅資料で検証を行った。川幅に関して、ほぼ妥当な結果がえられた。

また、これまでの解析で流砂量の得られた9つのダム流域に関して、幹川の河道勾配と比流砂量の関係を調べたところ、河道勾配が大きいほど、また、地質時代区分が新しいほど比流砂量が多く算出される、ということがわかった。

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、pp. 641-646、1995
- (2) 吉澤 良、山本 徹、黒木幹男、板倉忠興：河道網理論による川幅と平均粒径の縦断分布、水工学論文集第43巻、pp. 563-568、1999
- (3) 財団法人北海道河川防災研究センター：石狩川流域ランドスケープ情報、1997
- (4) 萩野涼子、山本 徹、黒木幹男、板倉忠興：土木学会第54回年次学術講演会、II-162、pp. 324-325、1999