

II-23

河道網モデルを用いた釧路湿原への流入土砂量の推定

北海道大学大学院 ○学 生 員 佐藤健彦
 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

原始の姿をとどめる釧路湿原は、特別天然記念物タンチョウやキタサンショウウオ等貴重な生物が生息し続ける日本最大の湿原である。今日その釧路湿原において、乾燥化が進んでいるといわれており、その様子は植生の分布の変化からも見て取ることができる。

本研究ではこうした事を踏まえ、釧路湿原の乾燥化と、釧路湿原に流れ込む河川から流入する土砂との関係について考えるために、釧路湿原に流れ込む土砂量を推定することを目的とする。

2. 河道網モデルの適用

本研究において対象とする河川は図-1に示す8つの河川である。この8つの河川に河道網モデルを適用し年生産土砂量を算出した。以下にその流れを記述する。

流れの運動方程式、流れの抵抗則式、平行横断河床掃流力、流砂の連続式、流砂量式の5式を用いると、河床勾配は流量と流砂量の関数として表すことができ、河床勾配が与えられると、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。ということは山本らにより示された。その式を式(1)、式(2)に示す。

$$sumQ = 80.55 \times [Q_U]_i \quad (1)$$

$$sumQ_B = 0.02 \times [Q_U]_i \quad (2)$$

ただし、 $sumQ$: 年最大流量、

$sumQ_B$: 総流入流砂量、

$[Q_U]_i$: 外部リンク流入流量、

係数：雪裡川のもの

式(1)、式(2)により得られた結果に、月最大雨量、日最大雨量から求められる継続時間を乗ずることにより年生産土砂量が選られる。結果を表-1に示す。



図-1 釧路湿原メッシュ図

表-1 河道網モデルにより得られた結果

河川名	年最大流量 (m ³ /sec)	流砂量 (m ³ /sec)	継続時間 (day)	年生産土砂量 (m ³ /year)
幌呂川	45.21	0.0030	4.79	1251.41
雪裡川	105.59	0.0257	4.90	10868.90
ツルハシナイ川	14.32	0.0023	4.95	990.05
久著呂川	52.33	0.0137	4.90	5804.90
コッタロ川	17.27	0.0018	4.95	755.52
ヌマオロ川	24.78	0.0036	4.95	1524.36
釧路川(標茶)	238.24	0.0085	4.85	3542.33
シラトロエトロ川	23.82	0.0002	5.00	89.76

Study on Estimation of Discharge Ratio into Kushiro Swamp adopting Network Model
 by Takehhiko Sato, Mikio Kuroki, Tadaoki Itakura

2. 結果の検証

(1)手法

各河川における流砂量の実測データの信頼性を評価し、その結果と河道網モデルにより求めた結果を比較する。

(i)水深の計算

河床形態を DUNE I (砂堆河床 I) とすると、流れの抵抗則、有効掃流力は

$$\frac{u}{u_*} = 7.66 \times \left(\frac{h}{2d_m} \right) \left(\frac{\tau_*'}{\tau_*} \right)^{\frac{3}{2}} \quad \text{----- (3)} \quad \tau_{*e} = 0.21 \times \tau_*^{\frac{1}{2}} \quad \text{----- (4)}$$

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

となる。式(3)、式(4)より水深を求める式

$$h = \left\{ \frac{Q}{6.9 \times (0.21)^{\frac{2}{3}} \times d_m^{\frac{1}{6}} \times s^{\frac{1}{2}} \times g^{\frac{1}{2}} \times B \times I^{\frac{1}{6}}} \right\}^{\frac{3}{4}} \quad \text{----- (5)}$$

ただし、 Q : 流量、 s : 水中比重 (=1.65)、 B : 川幅、 I : エネルギー勾配が得られる。

(ii)掃流砂量の計算

混合砂掃流式 (浅田式) を適用して、流出する掃流砂量を求める。

$$\tau_{*ci} = \left\{ \frac{\log_{10} 23}{\log_{10} (21 \times di/d_m + 2)} \right\}^2 \times \tau_{*cm} \quad \text{----- (6)} \quad q_B = pi \times 8 \times (\tau_{*ie} - \tau_{*ci})^{\frac{3}{2}} \times \sqrt{sgdi} \quad \text{----- (7)}$$

ただし、 di : 粒径、 pi : 粒径 di の占める割合、 τ_{*ci} : di における無次元限界掃流力

ここで、有効無次元掃流力 τ_{*e} は式(5)より求めた水深 h を用いた $\tau_{*i} = \frac{hl}{sd_i}$ の値により、

$$\tau_{*i} < 0.02 \times \left(\frac{h}{d_i} \right)^{\frac{1}{2}} \quad \text{のとき、} \quad \tau_{*ie} = 0.21 \times \tau_{*i}^{\frac{1}{2}} \quad \text{DUNE I (砂堆河床 I)}$$

$$\tau_{*i} > 0.02 \times \left(\frac{h}{d_i} \right)^{\frac{1}{2}} \quad \text{のとき、} \quad \tau_{*ie} = 6.5 \times 10^7 \times \left(\frac{h}{d_i} \right)^{\frac{5}{2}} \times \tau^{\frac{11}{2}} \quad \text{TRANSITION I (遷移河床 I)}$$

とする。

(iii)浮遊砂量の計算

単位時間単位幅あたりの浮遊砂量は(8)式で与えられる。

$$q_s = \int_a^h u(y)C(y)dy \quad \text{----- (8)}$$

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 の点における濃度、 a : 濃度の基準点とされる河床面からの高さ

基準点濃度式として、板倉・岸の式を用いる。

$$C_a = \kappa \left[\frac{0.14}{(1+s)} \frac{u_* \Omega(B_{*m})}{\omega_0 \tau_*} - 1 \right] \quad (9)$$

ただし、 $\kappa=0.008$ 、 ω_0 : 沈降速度、

$$\frac{\omega_0}{\sqrt{sgdi}} = \sqrt{\frac{2}{3} + \frac{36v^2}{sgdi^3}} - \sqrt{\frac{36v^2}{sgdi^3}} \quad (10)$$

Ω の値は

$$\Omega(B_{*m}) = \frac{\tau_*}{0.143} \left\{ \frac{\int_a^\infty \xi \frac{1}{\sqrt{\pi}} \exp(-\xi^2) d\xi}{\int_a^\infty \frac{1}{\sqrt{\pi}} \exp(-\xi^2) d\xi} \right\} + 14\tau_* - 1 \quad (11)$$

$$a' = \left(\frac{0.143}{\tau_*} \right) - 2 \quad (12) \quad B_{*m} = B_{*u} \frac{\tau_{*cm}}{\tau_{*cu}} \quad (13)$$

ただし、 $v=0.0101$ 、 $B_{*u}=0.143$ 、 τ_{*cu} は岩垣の式、 τ_{*cm} は浅田の式により求める。

(2)結果

以上の流れにおいて実測データの検証を行う。河床材料については釧路川のデータのみではなく、釧路川についてのみ計算を行った。掃流砂量の比較を図-2 に示す。実測値として、流量、エネルギー勾配、川幅、河床材料粒度分布を与えて計算した結果、実測値の掃流砂量と計算値の掃流砂量がほぼ等しい値を取った。浮遊砂に関しても同じように計算した。結果を図-3 に示す。浮遊砂に関しても1桁程度の誤差が見られるが、浮遊砂における1桁程度は許容範囲内と考えても良いと思われるので、こちらの結果もほぼ等しい値を取っていると考える。粒度分布の比較を図-4 に示す。粒度分布に関しても、多少の誤差はあるが、粒度は土砂の採取する場所などによって多少曖昧なところがあるので、十分合致していると判断して良いと思われる。以上より、実測値と計算して求めた理論値が十分に類似しているため、この実測値・理論値は共に十分に信頼性が高いと考えて良いと思われる。

他の河川については、河床材料の実測値がないため、評価は行えなかったが釧路川における結果より、他の河川においても同等の信頼性を望んでもよいように思われる。したがって、河道網モデルにより算出した土砂量についての検証は計算した理論値をもとに行う。

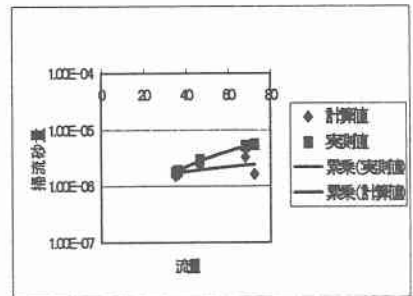


図-2 掃流砂量との比較 (釧路川)

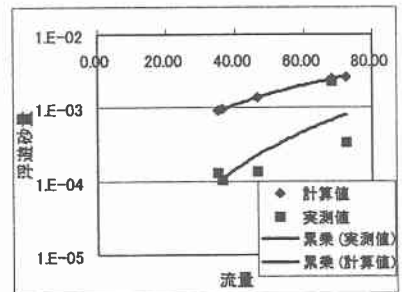


図-3 浮遊砂の比較 (釧路川)

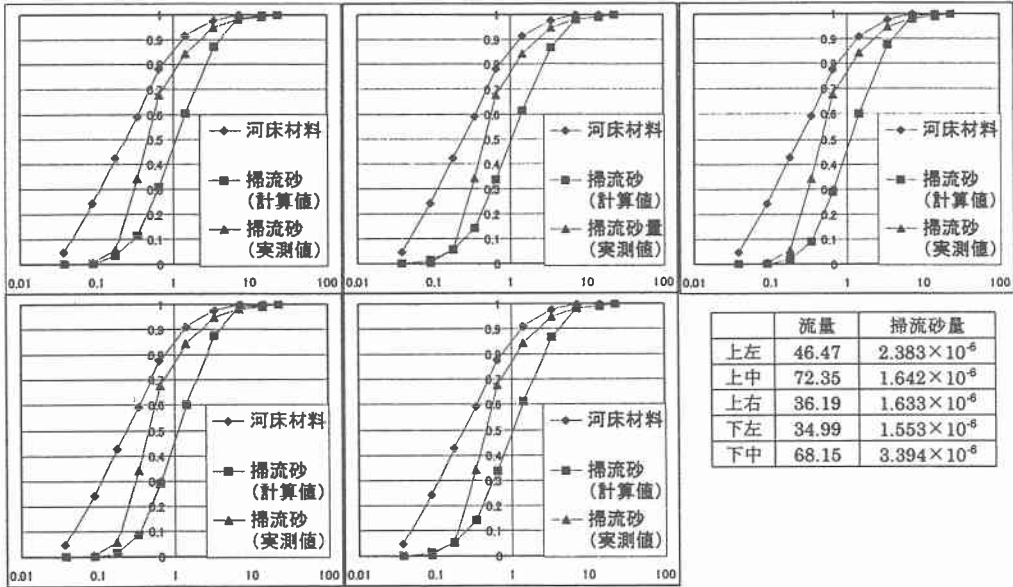


図-4 粒度分布の比較

(3)比較

釧路川において(1)に示した手法を用いて1日毎の流砂量を算出し、それを365日分足し合わせることで、年間の生産土砂量を計算してみた。過去数年分の掃流砂量・浮遊砂量を計算し平均した結果を図-5に示す。河道網モデルにより計算した値と(1)の手法で計算した値とはかなりの誤差が出てしまった。

他の河川については河床材料の実測値がないので、適当な値を仮定して計算したところ図-5のような結果になった。図に示した河川は流量観測所のある河川のみである。これを見ると、どの河川についても河道網モデルで計算した値の方が非常に大きい値を示している。

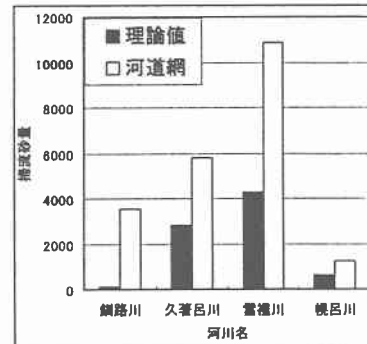


図-5 掃流砂量の比較

3. 結論

実測値から得られた理論値と、河道網モデルによって得られた結果とを比較してみると、各河川において比率的には類似しているが、量的には大きな誤差があった。この要因の一つに、河道網モデルでは支配流量というものをご定義し、ダム流域での実測値と計算値の比較から支配流量の継続時間というものをご考えているが、釧路湿原流域とダム流域とでは条件的に多くの相違があり、ダム流域の条件から得られた継続時間をそのまま釧路湿原流域に当てはめることができるのであろうかということが考えられる。

参考文献

山本 徹：安定河道理論による流域の土砂生産の評価