安定河道理論から見た河口水深の研究

北海道大学大学院　学生員　今瀬　幹太
北海道大学大学院　フェロー　黒木　幹男

1. はじめに

現在いくつかの河川において流送土砂が掃流力の減少によって河口付近で沈殿、堆積するため浚渫や拡幅が行われようとしている。浚渫等の工事が行われたときに維持できるかどうか、また行われなかったときに維持可能かどうかを検討するため実際の河床高と安定河道縦断形の理論から導出した河床高を比較検討した。

２．適用範囲の決定

本研究では支川の合流やダム等の構造物の影響が小さいと考えられる範囲を対象とし、後志利別川においては利別目名川（河口から 11.3Km 地点）より下流域を、鵡川ではモイベツ川（河口から 8.1Km 地点）より下流域を適用範囲として研究を進めた。

３．用いた資料の説明

今回、平均河床高、河岸高の値は横断図（0.2Kp ずつ）から用いた。粒径に関しては後志利別川、鵡川ともにふるいわけ試験(1Kp おき)による平均粒径を用いた。流量に関しては、後志利別川においては大富流量観測所、今金流量観測所、住吉流量観測所、花石流量観測所、鵡川においては鵡川流量観測所、栄流量観測所、穂別流量観測所におけるそれぞれ年最大流量を用いた。川幅は 1/50000 地形図から得た値を用いた。

４．安定縦断理論による計算

基礎式として以下の式を用いた。

$$\frac{q_B}{\sqrt{sgd^3}} = 8\left(\tau_{*c} - \tau_*\right)^{\frac{3}{2}} \qquad \cdots(\text{流砂量式})$$

$$\frac{Q}{Bh\sqrt{ghI}} = 6.9\left(\frac{h}{d}\right)^{\frac{1}{6}} \qquad \cdots(\text{抵抗則式})$$

$$\frac{1}{2g}\frac{d}{dx}\left(\frac{Q}{Bh}\right)^2 + \frac{dh}{dx} = I_b - I_e \qquad .\cdots(\text{流れの運動方程式})$$

$$\tau_* = \frac{hI_e}{sd} = \beta\tau_{*c} \qquad \cdots(\text{無次元掃流力の式})$$

$$Q_B(x) = q_B B \qquad \cdots(\text{流砂の式})$$

ただし、g(=9.8)は重力加速度、s(=1.65)は河床材料の水中比重、τ_*(=0.05)は河床材料の移動限界掃流力、dは河床材料の平均粒径、q_sは単位幅、単位時間あたりの流砂量、hは水深、Bは川幅、Qは流量、Q_Bは流砂量、I_bは河床勾配、I_eはエネルギー勾配、β(=1.23)は定数。

これらから水深縦断形hが定まる。

$$h = \frac{A}{1 + \frac{{c_2}^2}{2g}\left(\frac{Q}{Q_B}\right)^{\frac{-4}{7}}}$$

また、これを用いて粒径縦断形d、川幅縦断形Bを求めた。

$$d = \frac{A}{\beta s\tau_{*c}} \frac{c\left(\frac{Q}{Q_B}\right)^{\frac{-6}{7}}}{1 + \frac{{c_2}^2}{2g}\left(\frac{Q}{Q_B}\right)^{\frac{-4}{7}}}$$

$$B = \frac{Q_B}{8\sqrt{sg}(\beta-1)^{\frac{3}{2}}\tau_{*c}^{\frac{3}{2}}} d^{\frac{-3}{2}}$$

ただしAは積分定数、c、c_2は定数。

また本研究では擬似等流と仮定し I_b=I_e としている。ここで黒木らは流量の縦断分布Qを比較的多くの流域に適合する指数分布で仮定した。また流砂量の縦断分布Q_Bも流量同様、指数分布で仮定した。

$$Q = Q_0 \exp(qx)$$

$$Q_B = Q_{B0} \exp(q_b x)$$

ただしQ_0は上流端の流量、Q_{B0}は上流端の流砂量。

キーワード　安定河道理論　鵡川　後志利別川
〒060-8628　札幌市北区北 13 条西 8 丁目　北海道大学大学院工学研究科

また河床縦断形に関しては次式を積分した形で表せる。

$$\frac{dz}{dx}=\left\{6.9\left(s\tau_{*c}\right)^{\frac{5}{3}}\sqrt{g}c_3\right\}^{\frac{6}{7}}\left(\frac{Q_B}{Q}\right)^{\frac{6}{7}}$$

ここでc_3は既知の定数。

これらより水位縦断形 H（河岸高縦断形）が定まる。

$$H=h+z$$

ここで各河川において流量観測所における流量データをもとに得られた流量縦断形からQ_0,q を決定する。次に H,d,B,の縦断形が資料値を最も反映しているようなパラメータ A、Q_{B0}, q_sを決定する。
本研究では支配流量として年最大流量の平均を用いておりバンクフルの状態に対応している。従って以下の計算では水位縦断形 H は河岸高の資料値を最も反映しているようなパラメータを用いた。

５．結果

本研究では川幅、粒径、河岸高、の資料に合うようにQ_{B0}, q_b、A を決定した。この値をもとに鵡川、後志利別川の２河川の粒径縦断形、川幅縦断形を図－１～４に示す。ここで×印は資料から得られた値、実線は計算値を示している。河岸高と河床高の計算値は、図－５、６の点線および実線で示した。図中の△印と×印は資料から得られた値を示している。
今回の研究では鵡川、後志利別川ともに、安定河床縦断形と河床縦断形に大きな差が無いことがわかった。すなわち解析の範囲内では両河川とも比較的安定した状態の河川であるといえる。本解析の結果では鵡川では－1.29m、後志利別川では－1.63mが維持可能な河口の水深と考えられる。

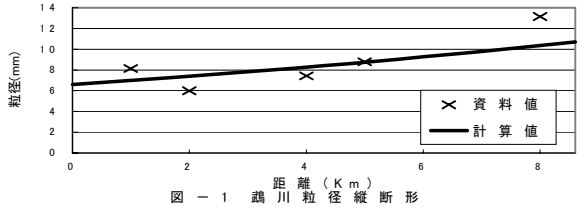


図 － 1 鵡 川 粒 径 縦 断 形

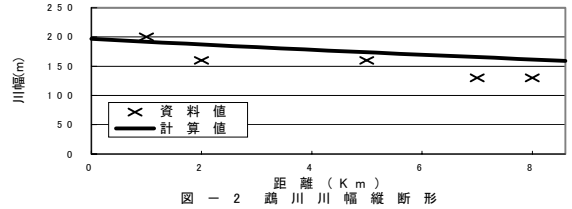


図 － 2 鵡 川 川 幅 縦 断 形

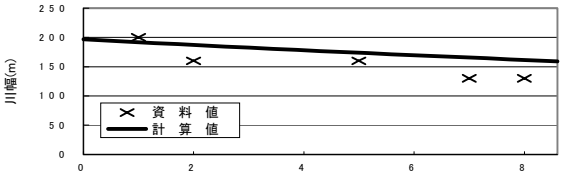


図 － 2 鵡 川 川 幅 縦 断 形

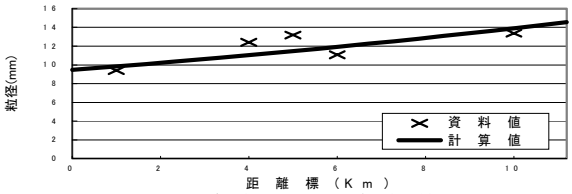
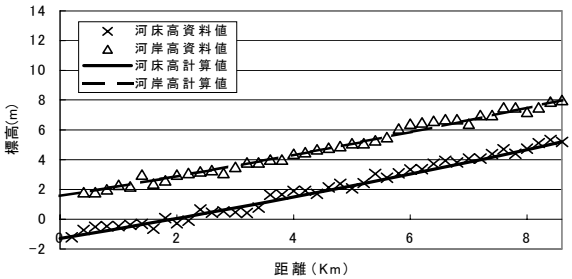
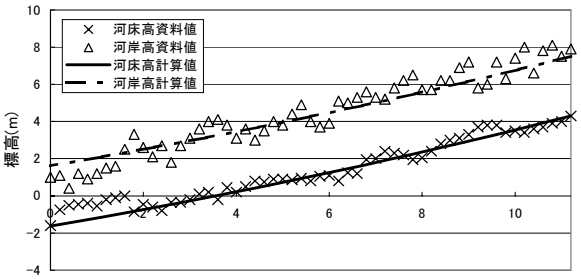


図 － 3 後 志 利 別 川 粒 径 縦 断 形



図－5 鵡川河床高、河岸高縦断形



図－6 後志利別川河床高、河岸高縦断形

６．考察

本研究では鵡川、後志利別川、の２河川を対象河川として進めていった結果、両河川おいて今回の適用範囲内では、所々計算値と資料値に差がある所があったが全体的には比較的安定した河川と言える。従って本研究の結果からは、今回の対象河川に関しては浚渫等の工事による効果は一時的には見込めるが、長期間維持していくのは難しいと思われる。

７．参考文献

1) 黒木･板倉；安定河道縦断形状に関する研究、土木学会水工学論文集
2) 北海道開発協会；沙流川河床変動・粒度変動検討報告書、昭和 55 年度
3) 山本　徹；安定河道理論による流域の土砂生産の評価