

出水時における懸濁流子の挙動に関する研究

九州大学工学部 学生員 ○井上 徹教
九州大学工学部 正会員 中村 由行
九州大学工学部 正会員 小松 利光

1. はじめに 上水道のような浄化施設等における懸濁物質の除去など、懸濁物質が人間の生活や環境に与える影響は大きい。また、河川に親水機能を持たせるためには濁度を軽減する必要がある。以上のような点から、出水時における濁度(SS)の変動を把握することは河川水質の面から見て重要である。濁度は流量に大きく依存しているが、大きな流出の前後を較べると流出前に較べて流出後の方が相対的に濁度が小さくなっていることがわかる(図1、2)。また、浮遊砂濃度は河床中の砂粒子の粒径の関数となるので、濁度は単に流量のみならず流出の経過時間や河床中の砂粒子の粒径にも強く依存していると考えられる。このような背景から、流量や流出経過時間、河床中の砂粒子の粒径等によって濁度を求める手法を信濃川(流量については小千谷、濁度については妙見浄水場)の毎日のデータを用いて検

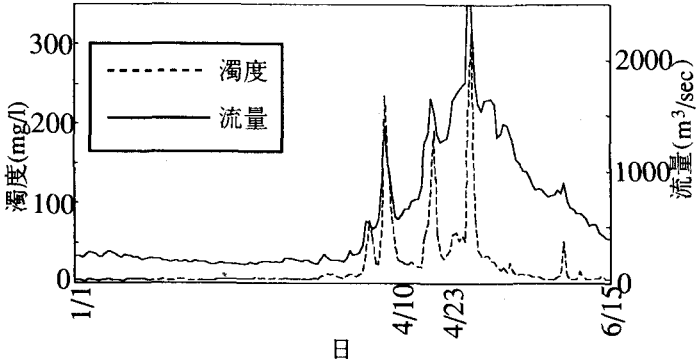


図1 ハイドログラフとポルトグラフ

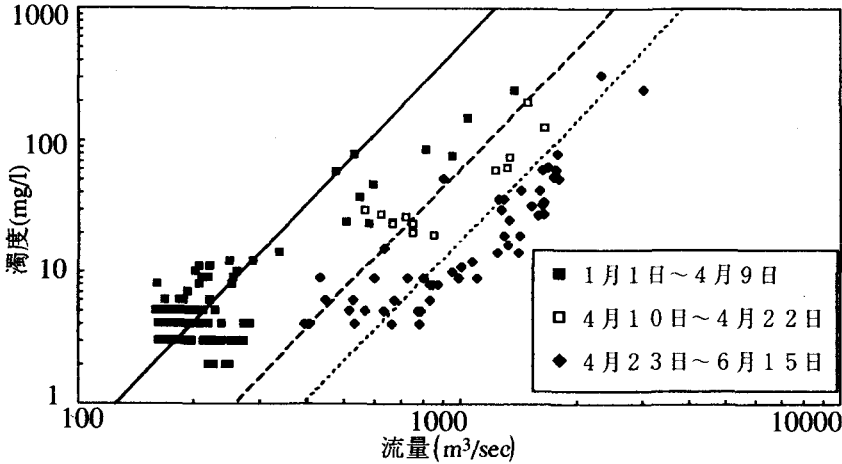


図2 流量と濁度の相関図

討する。今回用いたデータでは、濁度とSSの相関をとった結果 $SS = 2.64 \times C^{0.965}$ となることがわかったので、濁度のデータを用いて考察する。

2. 信濃川における流量と濁度の相関 一般に流量と濁度の関係は

$$C = b \times Q^n \quad \dots (1)$$

と表わせることが多い。しかしながら図1、2より明らかな様に、 b は流出の経過時間と共に減少する。従って、 b は流量 Q が豊水流量 Q_c を越えた日からの日数 t によって減少すると考え、昭和61年の融雪期における t と b の相関より

$$b = 4.11 \times 10^{-6} \times (1.187 + 0.187 \times t)^{1.5} \quad \dots (2)$$

と表した。ただし、流量 Q が豊水流量 Q_c 以下に下がったときは、 $t = 0$ に対する値 $b = 3.18 \times 10^{-6}$ を用

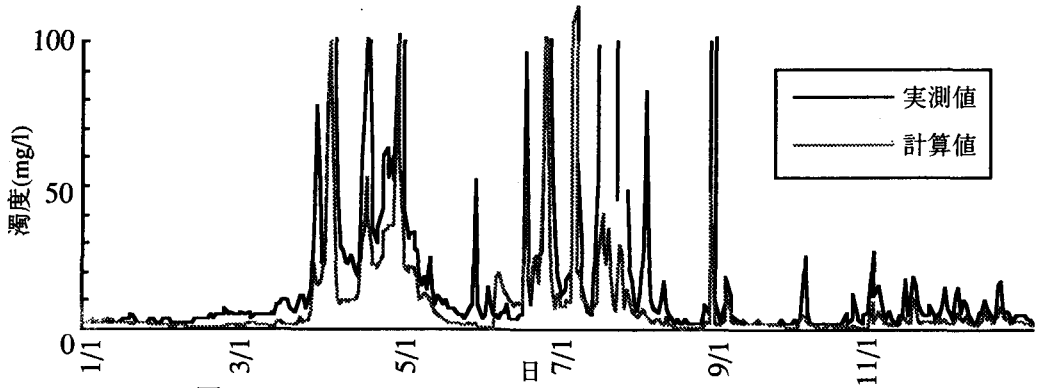


図3 昭和59年における濁度の変動

いた。(2)式の様に表したbを用いて $n=2.5$ として一年間の濁度の変動を計算した結果を図3に示す。その結果、ほぼ濁度の変動を再現できた。

3. 平衡浮遊砂流におけるQとSS濃度の関係 流水中のSSは浮遊砂によるものと考え、流れを定常・等流として平衡浮遊砂流における濁度と流量、粒径との関係を導く。まず、浮遊砂の水深方向濃度分布(図4)はRouseにより以下のように与えられる。

$$\frac{C}{C_a} = \left(\frac{h-y}{y} \cdot \frac{a}{h-a} \right)^M, \quad M = \frac{V_f}{\beta \cdot \kappa \cdot u_*} \quad \dots (3)$$

浮遊砂濃度の水深方向の平均 $\bar{C}$ を

$$\frac{1}{h-a} \int_a^h C dy = \bar{C} \quad \dots (4)$$

と定義すると、左辺を数値積分した結果、幅広い範囲のMとA値に対して

$$\frac{\bar{C}}{C_a} = 2.177 \cdot M^{-1.78} \cdot A^{0.857}, \quad A = \frac{a}{h} \quad \dots (5)$$

と近似できることがわかった。さて秋山と福嶋によると浮遊砂が平衡状態のとき

$$C_a = E_s = \begin{cases} 0.0 & (Z < 5.0) \\ 3.0 \times 10^{-12} \cdot Z^{10} \cdot \left(1 - \frac{Z_c}{Z}\right) & (5.0 \leq Z \leq 13.2) \\ 0.3 & (Z > 13.2) \end{cases} \left(Z = \left(\frac{R \cdot g \cdot D_s^3}{v^2} \right)^{\frac{1}{4}} \cdot \frac{(\tau_0/\rho)^{\frac{1}{2}}}{V_f}, \quad R = \frac{\rho_s \cdot P_f}{\rho_f} \right) \quad \dots (6)$$

と与えられる。Manningの式と摩擦速度 $u_* = \sqrt{g \cdot h \cdot I}$ の関係を使い、 $5.0 \leq Z \leq 13.2$ の場合について

$$\bar{C} \propto Q^{3.02} \cdot D_s^{-15.2} \quad \dots (7)$$

の関係が得られる。そこで $\bar{C} \propto Q^{3.02}$ として図2の各系列ごとにフィッティングした結果を直線で示す。実測の $\bar{C}$ は流量の2~3乗に比例して変化しており、上式は実測値の変化をよく表現しているものと考えられる。また、時間の経過と共に相対的に濁度が低下する現象が河床の粒径の変化のみで生じるとすれば、融雪前期に比べて融雪後期の平均粒径は1.25倍になっていると考えられる。

4. 参考文献 1) Akiyama, J. and Fukushima, Y., External Memo., No.5, St. Anthony Falls Hydraulic Lab., Univ. Minnesota, 1985.

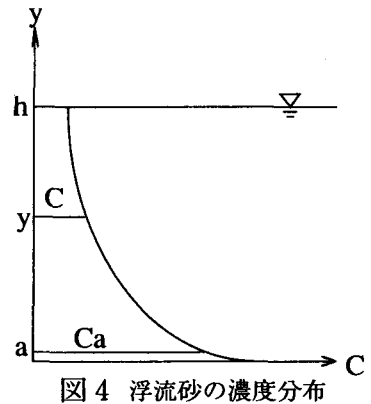


図4 浮流砂の濃度分布