

渡良瀬川の流速の数値計算と自浄作用推定のためのモデル化

足利工業大学大学院 学生会員 ○李 佳洲
 足利工業大学工学部 正 会 員 上岡充男
 足利工業大学工学部 正 会 員 長尾昌朋

1. はじめに

現在の渡良瀬川の水質は、環境基準 A または B の基準値内にあるが、水質の維持・改善には有機物移動モデルが必要である。河川には自浄作用があるので、このモデルにも組み込まれている。自浄作用は流下時間で評価するので、河川全体の流速分布が必要になるが、その測定は困難である。昨年までの研究では、少数の測定値を平均した流速を利用していたので精度が低い。そこで本研究では、まず横断面図が存在する渡良瀬川本川の流速の数値計算を行い、精度が高い流速を求める。次に、支川などの小河川では地形データが不足しているので、インターネットなどで得られるデータを利用できる流速の推定式を構築する。

2. 流速の数値計算

自浄作用を見積もるためには流速の流れ方向成分のみで十分なので、不定流次元計算で流速を計算する。そこでフリーソフトとして提供されている iRIC¹⁾と CER1D¹⁾を利用する。iRIC は一般的な測量データ(図 1)を地形データ(図 2)に変換するソフトである。CER1D は不定流次元計算の solver であり、以下の基礎方程式を解いている。

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0(1) \quad \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q^2}{A} \right) + gA \frac{\partial}{\partial x} (z + h) + \frac{gn^2 v^2 S}{R^{1/3}} = 0(2) \quad Q = Av(3) \quad R = \frac{A}{S}(4)$$

ここで、 t :時間、 x :距離、 A :河川の断面積、 Q :流量、 g :重力加速度、 z :河床高、 h :水深、 n :粗度係数、 v :流速、 S :潤辺、 R :径深である。国土交通省から頂いた渡良瀬川本川の測量データ(図 1、図 2)、10 年間の平均流量(図 3)²⁾、測定点毎の粗度係数(図 4)、下流端水位を与え、4 区間に分けて数値計算を行った。流速の実測値²⁾に合うように、また川の形状や河床材料を参考にして粗度係数を調整した。流速の計算結果を図 5 に示す。

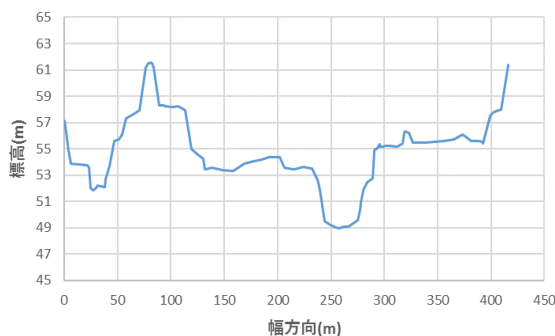


図 1 横断面図(41K60)



図 2 標高

3. 流速の推定式

支川のような小河川では断面データが無く水深がわからない。水深以外の要素をインターネットや地図を利用して求め、流速 v を推定する方法を考える。河川の流れを求める場合、一般的に連続の式(3)、マンニングの式 $v = 1/n \times R^{2/3} \times i^{1/2}$ (5)が利用される。河川の断面を川幅 B の幅広長方形と仮定すると、断面積は $A = B \times h$ 、径深は $R \equiv h$ となる。 h を消去するために 2 式を合成すると(6)式が得られる。

キーワード 渡良瀬川, 自浄作用, 流速の推定, iRIC

連絡先 〒326-8558 栃木県足利市大前町 268-1 ☎0284-62-0605

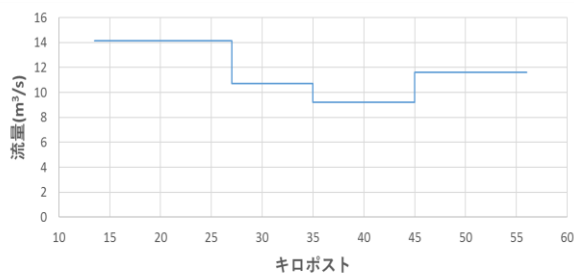


図3 流量

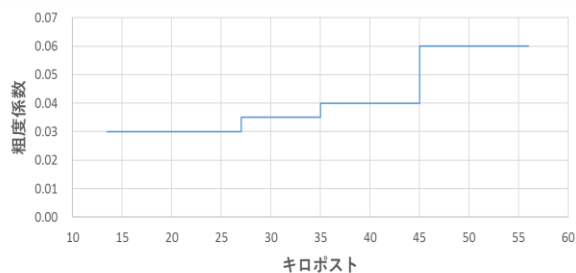


図4 粗度係数

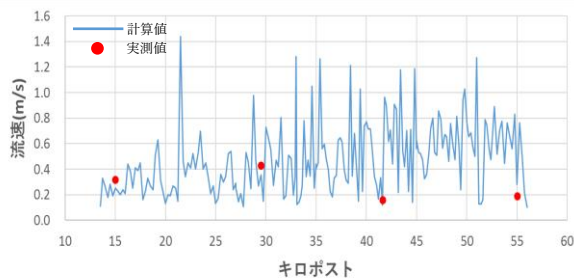


図5 流速

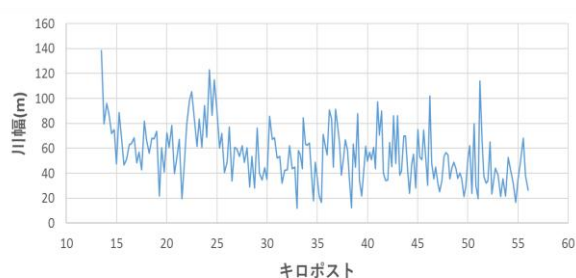


図6 川幅

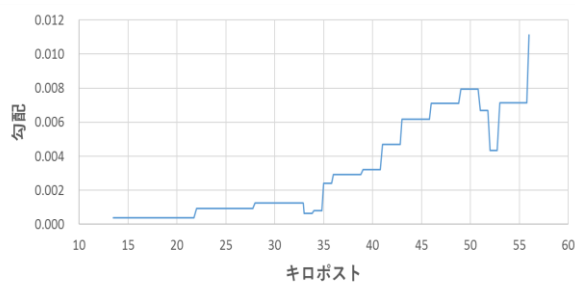


図7 勾配

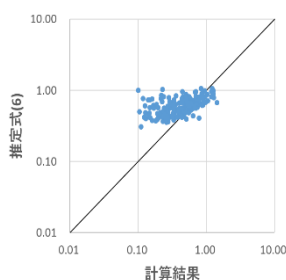


図8 (6)式の評価

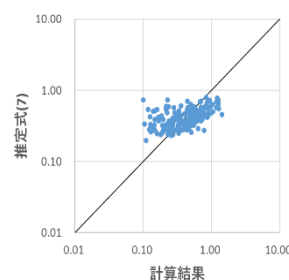


図9 (7)式の評価

$$v = n^{-3/5} \times B^{-2/5} \times Q^{2/5} \times i^{3/10} \quad (6)$$

流量 Q (図3)、粗度係数 n (図4)、数値計算で求めた川幅 B (図6)、地図から求めた勾配 i (図7)を入力し、(6)式で流速を求めた。図8に示すように、数値計算した流速(図5)と比較すると、流速が大きい領域では両者が一致しているので(6)式が利用できる。しかし、流速が小さい領域では精度が低い。そこで(6)式を参考にして、流速の推定式のべき乗を調整することにする。対数を取り、 $\log v$ を従属変数、 $\log B$ 、 $\log Q$ 、 $\log N$ 、 $\log i$ を説明変数として重回帰分析を行い、流速の推定式(7)を求めた。

$$v = n^{-0.56} \times B^{-0.44} \times Q^{0.39} \times i^{0.31} \quad (7)$$

数値計算結果との比較を図9に示す。推定値がやや小さくなっており、平均的には一致しているが、分布の様子は図8とだいたい同じである。(7)式のべき乗も(6)式とほぼ同じである。よって、自浄作用の効果を評価するための流速の推定式として(6)式を提案する。

4. まとめ

横断面図が存在する大河川では、iRIC と CER1D で自浄作用の評価に必要な流速を数値計算することができた。この流速計算結果を利用し、横断面図が無くても流速が推定できる式を作成した。これを利用して支川の自浄作用を見積もることができる。

参考文献

- 1) iRIC ホームページ(<http://i-ric.org/ja/>)
- 2) 長尾・上岡：渡良瀬川に流入する有機物負荷量を推定するための流速について、第71回年次学術講演会概要集