

小河川での流速と粗度係数の推定方法に関する研究

鹿児島大学大学院 学生会員 ○李 佳洲
 足利大学工学部 正 会 員 上岡充男
 足利大学工学部 正 会 員 長尾昌朋

1. はじめに

当研究室では、渡良瀬川の有機物移動を把握するため、水質調査を行うとともに、有機物の発生・流下・自浄作用などの過程で構成される単純なモデルの適用を検討している。これらの過程のうち、自浄作用は主に流下時間で評価されるので、河川全体の流速が必要になるが、その測定は困難である。横断面図が存在する渡良瀬川のような大河川では流速の数値計算を行い、精度が高い流速を求めれば良い。それに対して、支川などの小河川は地形情報が不足しており、流速の数値計算が困難である。そこで、前報¹⁾ではインターネットなどのデータを利用する流速の推定式を提案し、支川で測定した流速と比較してその有用性を示したが、粗度係数の設定に問題があった。本研究では、支川の山間部に数多く設置されている堰について、その効果を粗度係数へ反映させる方法について検討する。

2. 名草川での流速測定と堰の調査

名草川は足利市北部の山地に源を発し、足利市の山間部と市街地を流下し、市街地中心部で長途路川とともに袋川へ合流し、市街地を通り抜けて最終的に渡良瀬川に合流する。今回の研究では、図1に示す名草川・袋川の7ヶ所で2017年7月、12月、2018年10月に流速分布、断面形状、水面勾配を測定し、断面平均流速と粗度係数を求めた。また、現地を視察したところ名草川には多くの堰があったので、2018年7月、10月に堰の位置や落差に関する調査を行った。全体的な堰の分布を図2に、堰の個数を1km毎にまとめたものを図3に示す。堰の落差は目視により20cm、50cm、1m、2mの4段階に分類し、図4に示すように1km毎に平均した。

3. 小河川での流速の推定式

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、流速を推定する方法を考える。河川の断面を幅広長方形と仮定し、連続の式とマンニングの式を合成して流速の推定式を求めた。

キーワード：支川、自浄作用、流速、粗度係数、堰

連絡先：〒326-8558 栃木県足利市大前町 268-1 足利大学工学部 長尾昌朋 Tel 0284-62-0605

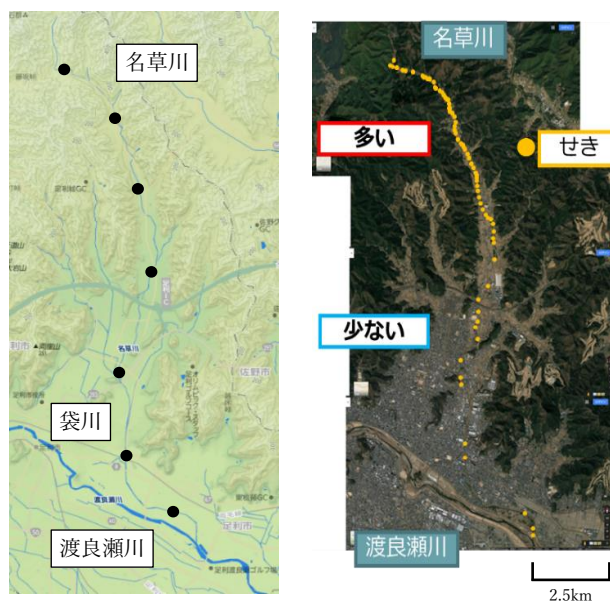


図1 測定地点

図2 堰の分布

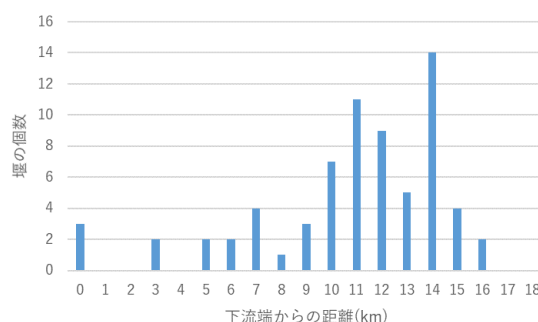


図3 1km 毎の堰の個数

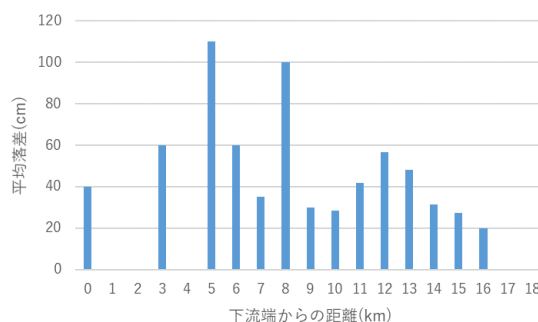


図4 堰の平均落差

$$v = n^{-3/5} \times B^{-2/5} \times Q^{2/5} \times i^{3/10} \quad (1)$$

ここで、 v は流速、 n は粗度係数、 B は川幅、 Q は流量、 i は勾配である。勾配と川幅はインターネットの地図や航空写真から要所での値を求めて関数を当てはめた。流量は流域面積に比例すると考えて同様の操作を行うが、最終的に実測値に合うように調整した。これらの値を図5に示す。

前報¹⁾では粗度係数を一般的な値より大きくする必要があることを示し、その原因を堰に求めた。そこで、名草川の9~11km地点を想定し、図5から求めたこの地点での流量 $0.134\text{m}^3/\text{s}$ 、川幅 4.71m 、勾配 0.0087 と、河床の粗度係数として 0.035 を用い、堰の平均間隔 200m 分の不等流計算を行った。堰の高さを 0.4m と仮定した水深変化を図6(実線)に示す。この結果から、平均水深(点線)に相当する粗度係数を求めたところ 0.080 となり、河床の粗度係数より大きな値となった。

そこで粗度係数を大きくする原因として堰を想定し、図6の水面形を参考として、堰の上流の流れを「等流+水平」と仮定して図7の流れのモデルを作成した。これから平均水深を求めると次式になる。

$$h = h_0 + W^2/2iL \quad (2)$$

ここで、 h は平均水深、 h_0 は等流水深、 W は落差、 L は堰の間隔である。連続の式、マンニングの式、式(2)を合成して、粗度係数の推定式を作成した。

$$n = \{n_0^{3/5} + (Bi^{1/2}/Q)^{3/5} \times W^2/2iL\}^{5/3} \quad (3)$$

ここで、 n は堰の影響を反映させた粗度係数、 n_0 は河床の粗度係数である。式(3)を利用して、名草川の堰を反映させた結果と現地調査で求めた粗度係数を比較した結果を図8に示す。そして、式(3)で求めた粗度係数と名草川の地形情報を式(1)に代入して計算した流速と現地調査した結果の比較を図9に示す。全体的には一致しているので式(1)と式(3)が小河川の流速推定に利用できると考えられる。

4. まとめ

流域での有機物の移動を推定するためには、本川や支川での流速が必要となる。支川は地形情報が乏しく数値計算が利用できないため、そのような支川に適用できる流速の推定式および堰の影響を反映させた粗度係数の推定式を提案した。今後の課題としては航空写真などから堰などの情報を取得する方法を検討する必要がある。

参考文献

- 1) 李・上岡・長尾：小河川で利用するための流速推定式の各要素の推定、第73回年次学術講演会概要集

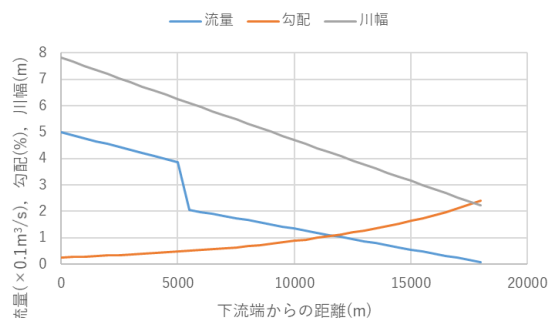


図5 名草川の流量、勾配、川幅

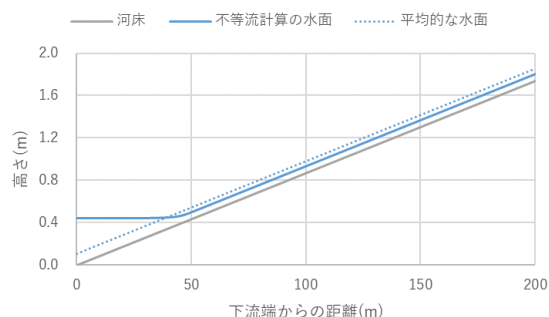


図6 堰上流での不等流計算

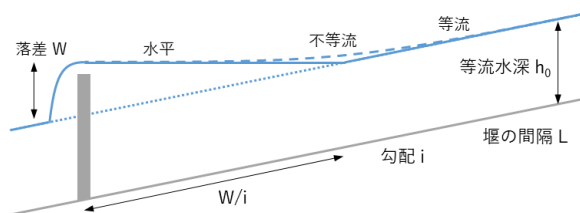


図7 堰上流の流れのモデル

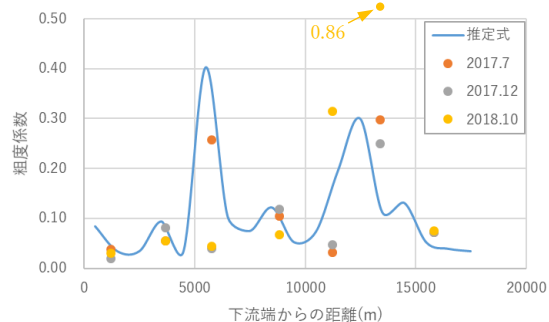


図8 推定した粗度係数と実測値

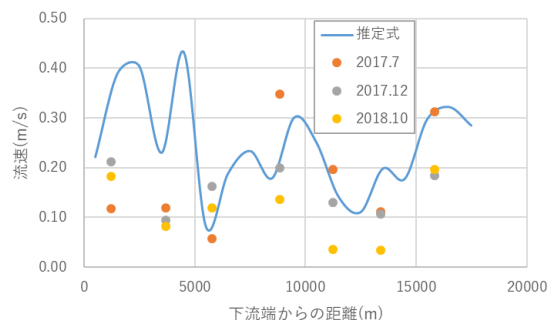


図9 推定した流速と実測値