小河川で利用するための流速推定式の検証と各要素の確認

足利大学大学院　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. 目的

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。本研究では、図 1 のような単純なモデルを使用している。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。自浄作用は主に流下時間で評価されるので、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、横断面図が存在する渡良瀬川本川の流速の数値計算 [1]を行い、精度が高い流速を求めた。それに対して、支川などの小河川は地形データが不足しており、流速の推定が困難なので、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渡良瀬川本川の計算結果から構築した。そこで、本研究では、支川の流速を現地で測定し、推定式と比較することで、構築した推定式が実際の河川に使えるかを確認する。

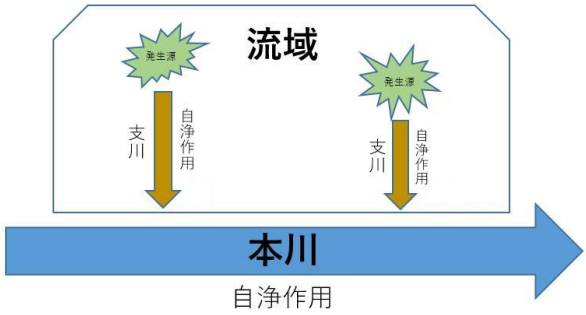

図 1　有機物移動モデル

2. 支川の各データの測定（名草川・袋川）

名草川は足利市名草上町に源を発し、足利市の山間部と市街地を流下し、市街地中心部で袋川、長途路川と合流し、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、名草川・袋川の 7 ヶ所で 2017 年 7 月と 12 月に流速分布、断面形状、水面勾配を測定した（図 2）。一つの測定地点で、まず、巻尺を用いて川幅Bを求めた。次に、測定地点の川幅に応じて 2~8 か所で水深と流速を測定した。水深の測定には箱尺を利用した。流速の測定には電磁流速計を使用し、底面から水深の 4 割程度の深さで、20 秒平均で 8 回測定し、さらにデータを平均した。数か所で測定した水深から断面積A、 潤辺S、径深Rを求めた。また、小断面毎に流量を求め、それを合計してその地点での流量Qとした。最後に、レベルと箱尺を用いて、測定地点の上流と下流の 2 点で水面の高さを測定し、縦断距離と水面の高さの差から水面勾配iを求めた。そして、連続の式$Q = Av$ (1)から断面平均流速vを求め、マニングの式$v = 1/n \times R^{2/3} \times i^{1/2}$ (2)から粗度係数nを求めた。

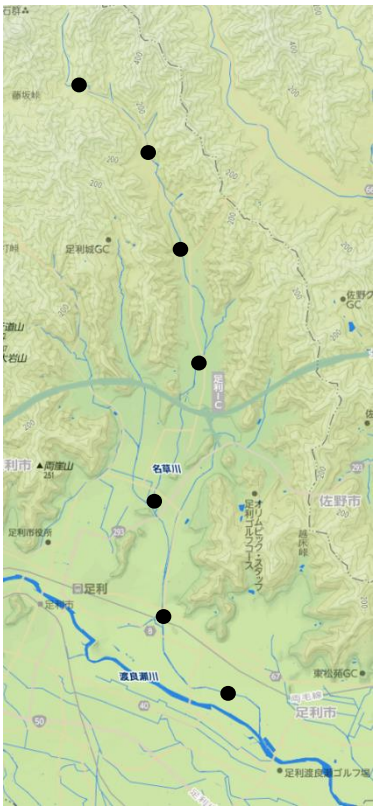

図 2　測定地点

3. 推定式を用いた流速の推定方法

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(1)、マニングの式(2)が利用される。河川の断面を川幅B、水深hの幅広長方形と仮定すると、断面積は$A = B \times h$、径深は$R \fallingdotseq h$となる。hを消去するために 2 式を合成すると(3)式が得られる。

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

この式による流速の推定値は渡良瀬川本川の計算結果と良い整合を示す [1]。

キーワード　名草川，自浄作用，流速の推定，流速の実測
連絡先　〒326-8558　栃木県足利市大前町 268-1　☎0284-62-0605

河川流量流Qは流域面積に関係するので、地図から流域面積を読み取り(図 3)、渡良瀬川全体から求めた比例式によって推定した。川幅Bは航空写真から読み取った(図 4)。また、地図から標高を読み取り(図 5)、これを微分して勾配iとした。粗度係数nは航空写真などから河川の状況を判断して$n = 0.035$とした [2)]。これらを用いて(3)式から名草川の流速を推定する。

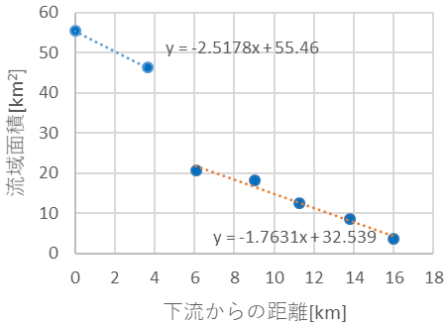

図 3　流域面積

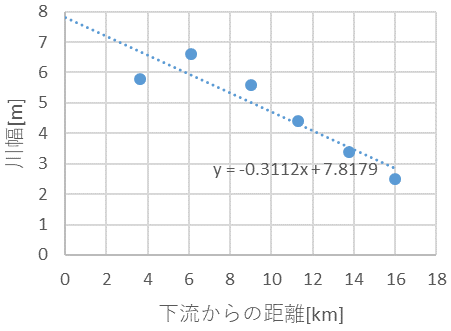

図 4　川幅

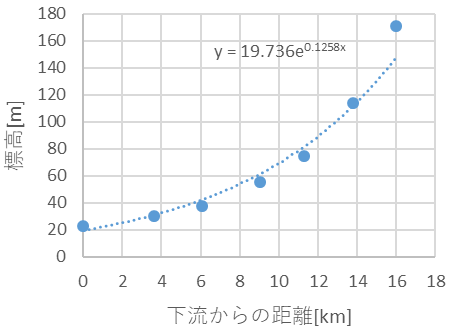

図 5　標高

4.　推定式と実測値の比較

推定値と実測値を比較した結果を図 6~8 に示す。図 8 を見ると、実測した流速と推定した流速が特に合わなかった。その原因として大きく 2 つの要因が考えられる。

推定式で使った流量は 10 年程度の平均的な値と考えられる。実際には、その年の降雨の状況、季節変動などの自然要因と農業用水などの人的要因が河川の流量に大きな影響を与える。そのため、推定式に用いた流量は実測値と異なる場合がある。2017 年 7 月と 12 月は渇水であり、実流量が小さかった。そこで、流量を実測値に合うように調整した(図 6 黄色線)。流速が少し合うようになった(図 8 黄色線)が、水深を見ると、実測値との差が大きくなった(図 7 黄色線)。

推定式で用いた勾配は、地図の標高から求めた平均的な勾配である。実際に測ったものは局所的な勾配であり、平均的な勾配より小さい場合が多かった。これは、取水堰や段差工により河川は階段状になる場合が多いためであり、これらの構造物が大域的には粗度として作用したからと考えられる。そこで、現地調査の結果を考慮して粗度係数を$n = 0.120$にした。すると、水深が全体的に合い(図 7 緑線)、流速の精度は改善した(図 8 緑線)。

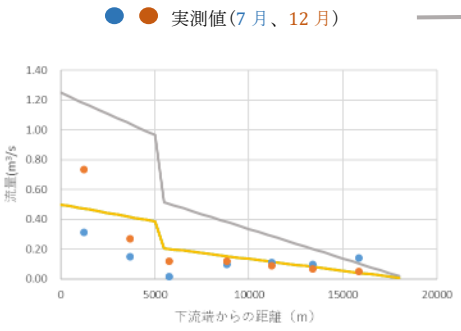

図 6 推定値と実測値の比較(流量)

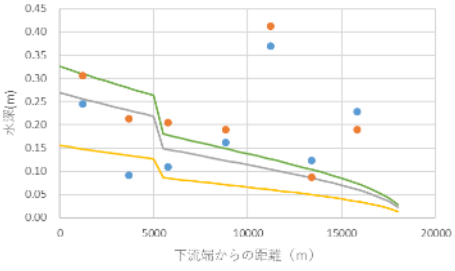

図 7 推定値と実測値の比較(水深)

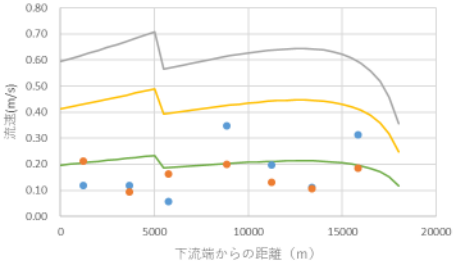

図 8 推定値と実測値の比較(流速)

5.　まとめ

今回は、渡良瀬川本川の数値計算結果から求めた流速の推定式を実測値を用いて検証した。様々な要因により、推定式の精度は高いとは言えない。しかし、流量や粗度係数を調整することで、流速の推定精度を高められることが分かった。そして、現地での調査をせずに、粗度係数などの調整方法を見つける方法を提案したい。

参考文献

1)　李・長尾・上岡：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、第 73 回年次学術講演会概要集

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