

超音波式流速計の長期観測による河川感潮域の流量の推定

独立行政法人 北海道開発土木研究所 正会員 ○佐藤 嘉昭
 北海道開発局 石狩開発建設部 正会員 中津川 誠
 独立行政法人 北海道開発土木研究所 正会員 山下 彰司

1. はじめに

本研究の対象地域である北海道北部のサロベツ川流域周辺に広がるサロベツ湿原は、近年湿原の乾燥化が問題となっている。その因果関係を究明するためにサロベツ川流域の水循環の現状と変化を解明することが必要であり、羽山ら¹⁾によって研究されてきた。ところが、サロベツ川の下流は河川感潮域であり、かつ本川である天塩川からの背水影響も受けているため、従来の H-Q 式では河川の最も重要な水理量の一つである流出量の定量評価ができないという問題に直面していた。

本研究では、サロベツ川下流部において超音波式流速計(ADCP)を設置し、流速を鉛直方向に多点で連続観測することで当地点の流況を把握するとともに、ADCP による観測データに基づき、現行の H-Q 式に替わり、常時観測されている水位データから流量を推定する手法の確立を目指す。

2. 超音波式流速計(ADCP)による単位幅流量の算出

本研究では浜里水位観測所(天塩川合流点より Kp3.2)の流量を把握するために、河川水位の測定を行うほか、連続的に流向・流速観測を行う目的で、超音波式流速計(ADCP WorkHorse1200kHz、観測層厚 0.25m、60ping/min、10 分間隔で記録)を、浜里観測地点の低水路中央部の河床に設置した(図-1)。観測期間は 2003 年 6 月～2004 年 11 月とし、融雪期を含む長期間にわたる観測を行った。今回の流向・流速調査によって得られたデータから、単位幅流量を式(1)から求める。

$$q = [b \Delta h_1 v_1 + \sum (\Delta h_i v_i) + \Delta h_n v_n] \quad (1)$$

ここで、 q は単位幅流量($\text{m}^3/\text{s}/\text{m}$)、 b は単位幅($=1\text{m}$)、 Δh_i は i 層の層厚(m) (流速観測点を層中心点とする)、 v_i は i 層の断面直交流速(m/s)とする。また、超音波の乱反射により観測データの信頼性に欠ける上層では、流速 v_n は水面下 2 層目までのデータは考慮せず、水面下 3 層目のデータを適用し、最上層厚 Δh_n を [水面から水面下第 3 層観測点までの深さ + 0.125m] とする。不感帯を含む最下層目については、流速 v_1 は、最下観測点のデータを適用し下層厚 Δh_1 を [河床から最下観測点までの高さ + 0.125m] とする(図-2)。



図-1 サロベツ川流域概要図

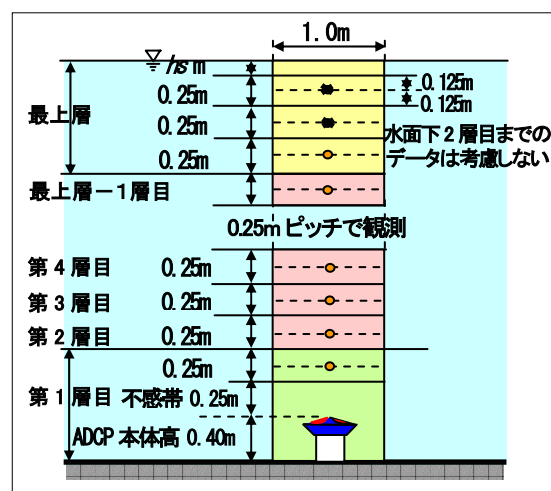


図-2 単位幅流量の計算

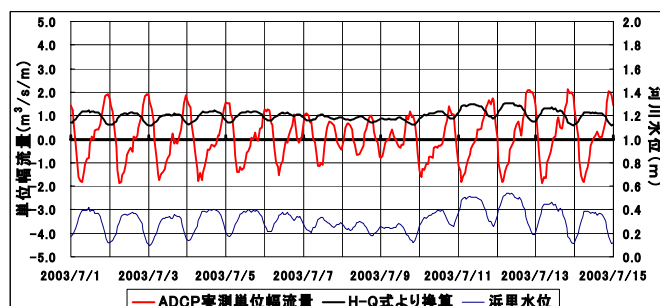


図-3 観測結果(2003年7月1日～14日)

3. ADCP 観測結果

ADCP による観測結果の一例として、平常時の 2003 年 7 月上旬の結果を示す(図-3)。上段には、ADCP による観測結果および比較対象として H-Q 式をもとにして算出した単位幅流量(算出方法は後述 3 節記載の全断面推定式(式(2))から逆算)を、下段には浜里観測所の水位を示してある(右軸参照)。また、この図では単位幅流量が正の値を示している時は順流、負の時は逆流になっていることを示す。

図-3 の ADCP による流量観測結果をみると、単位幅流量は河川水位が上がると減少し、逆に河川水位が下がると増加する傾向を示し、周期的に順流・逆流を繰り返しており、潮位の変動が流動に影響を及ぼしているためであり、今回の観測結果はその特徴が反映されているといえる。このように ADCP を設置することによって、感潮域で実際に起こっている現象を数値的に把握することが可能となる。その一方で、現行の H-Q 式の場合、河川水位の増減に合わせて単純に流量も増減してしまうことと、式の性質上実際に起こっている逆流(負値)が推定できないことから、河川感潮域のような条件では大きな誤差が生じてしまう。

キーワード サロベツ川、超音波式流速計(ADCP)、流出量、河川感潮域

連絡先 〒062-8602 札幌市豊平区平岸1-3 TEL011-841-1696

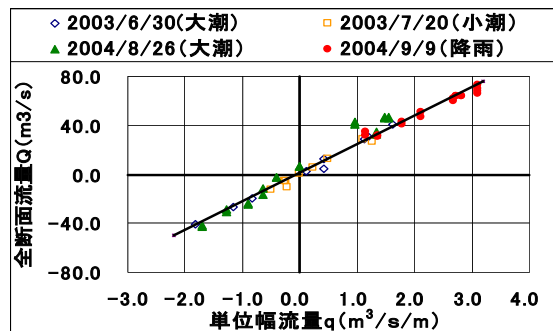


図-4 単位幅流量と横断観測流量との関係

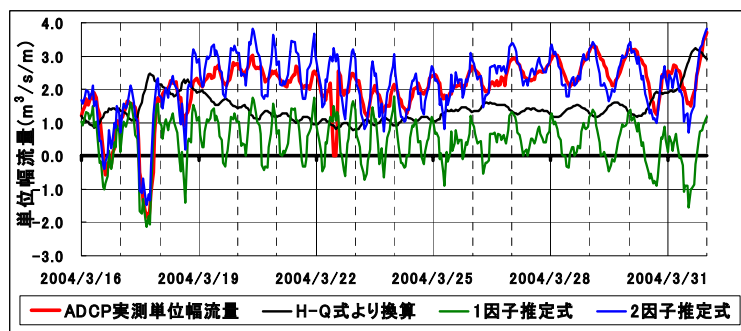


図-5 実測および推定単位幅流量の比較(2004年3月16日～31日)

4. 単位幅流量と全断面流量の関係

ADCP によって単位幅流量の観測を実施するとともに、2003年6月30日～7月1日(大潮時)、同年7月21日～22日(小潮時)、2004年8月26日～27日(大潮時)、同年9月9日～10日(降雨出水時)の4回、観測船に ADCP を設置し、横断方向(河幅約37m)に流向・流速観測を3時間間隔で24時間にわたり実施した。そこで得られた全断面流量と ADCP から観測される単位幅流量との関係を見いだした。

図-4は上記の同期観測から得られた全断面流量 $Q(\text{m}^3/\text{s})$ と同時刻の実測単位幅流量 $q(\text{m}^3/\text{s}/\text{m})$ の関係を示す。また、符号の正負は順流、逆流を表している。両者の関係は $r^2=0.974$ という値が示すとおり、順流から逆流まで広い範囲にわたり良な関係を示しており、その関係は最小二乗法によって式(5)に示す1次の線形式で導かれる。

$$Q = 23.23q + 1.73 \quad (2)$$

単位幅流量 q を式(2)に代入することにより、当地点の全断面流量が求められる。

本研究において ADCP を河床に設置する際、設置位置が浜里観測所の流況をよく表す場の代表点であったこともあり、1台の ADCP による実測単位幅流量と数回の横断流量観測から全断面流量の推定が可能となった。河道の条件にもよるが、他の流量観測精度の悪い地点でも同様の検証を行なうことで、より精度の高い流量の推定が可能になるものと期待される。

5. 水位と単位幅流量の関係

ADCP を常時設置することにより河川感潮域で正確な流量を推定することが可能となるが、長期間設置が必要となり維持管理に要するコストが問題となる。そこで、ADCP による観測結果に基づき、常時観測されている水位データから流量を推定する方法を見いだすことで問題の解決を試みた。

先に横尾ら²⁾の研究では、河川水位の時系列変動に着目し、1時間あたりの水位変化量 $\Delta H/\Delta t$ と観測単位幅流量との関係を解析した結果、単位幅流量を2時間遅れとしたとき、相関が最も良好($r^2=0.82$)となった。この検証結果をもとに、2時間前の水位変化量を変数とした推定式(本論文では1因子推定式と呼称)を提案した。その結果、潮位変動の影響を再現できるようになり、非出水時の流量推定精度は向上したものの、上流からの出水が考慮されていないために融雪期や降雨時には図-5に示すように、推定精度が著しく下がるという問題が生じた。

本研究では横尾ら²⁾の研究を発展させるために、水位変化速度 $\Delta H/\Delta t$ に加えて上流からの出水を考慮した。まず、浜里観測所より上流に位置する開運橋観測所(天塩川合流点より Kp22.6)

の水位に着目する。次に、潮位の主要成分が約25時間周期である事に着目し、開運橋観測所の水位の25時間移動平均をとるにより周期成分を除去し、出水時のトレンドを明確化した。さらに同じく25時間移動平均をとった浜里観測所の単位幅流量との相互相関解析を行った結果、浜里の移動平均単位幅流量は開運橋の移動平均水位と位相差14時間で最も高い正の相関($r^2=0.63$)を示した。これは、開運橋水位の25時間移動平均値が14時間後の浜里単位幅流量と密接な関係にあることを意味する。そこで、1因子推定式の水位変化量に加え、開運橋観測所水位の25時間移動平均を変数とする重相関式を導いた。

$$q_c(t) = a_1 \times \frac{\Delta H}{\Delta t}(t-2) + a_2 \overline{H_k}(t-14) + b_1 \quad (3)$$

ここで、 $q_c(t)$ は水位変化速度および上流からの流入を用いて推定する時刻 t の単位幅流量($\text{m}^3/\text{s}/\text{m}$)、 a_1 、 a_2 および b_1 は重回帰分析より求めた係数であり、各々 $a_1=-38.38$ 、 $a_2=1.78$ および $b_1=-0.56$ となった。また、 $\overline{H_k}(t-14)$ は14時間前の開運橋観測所水位の25時間移動平均(当該時間 t の26時間前から2時間前までの移動平均(m))、 $\Delta H/\Delta t(t-2)$ は2時間前の浜里観測所の水位変化量である。本論文では式(3)を2因子推定式と称する。単位幅流量を推定した結果、図-5に示すように非出水時においても高い精度で単位幅流量を推定することが可能となった。水位の時系列データがあれば、(3)式および、4節で算出した(2)式を用いることで、現在だけでなく過去の流量についても現況の H-Q 式より精度の高い流量の推定が可能となる。

6. おわりに

現在、河川感潮域や背水区間のような観測地点においても、単純な水位流量相関式(H-Q式)によって流量データが推定されている。今日では観測機器の進歩により、ADCPのように常時流向・流速を計測できるようになった。本研究はその1手法として、ADCPを用いた観測データをもとに、水位データから流量の推定精度を向上させる手法を構築した事例として紹介したものである。

本研究は国土交通省北海道開発局からの受託研究による補助を受けて行ったものである。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 羽山早織, 中津川誠, 張祥偉: サロベツ湿原における水循環の把握と地下水への影響, 水工学論文集, 第47巻, pp175-180, 2003
- 2) 横尾啓介, 中津川誠, 巻口義博: 河川感潮域における超音波式流速計を用いた連続観測, 水文・水資源学会2004年研究発表会要旨集, pp.8-9, 2004