

H-ADCP を用いた網走川大曲堰における通過流量の算出

(株) 北開水工コンサルタント 正会員 井上 和哉 北見工業大学 社会環境工学科 正会員 渡邊 康玄
 (株) 北開水工コンサルタント 田崎 冬記 北海道開発局 網走開発建設部 西村 弘之

1. はじめに

網走川は北海道オホーツク地方に位置し、河口から 7.2km 上流に網走湖(面積 32.3km²)を有する。網走湖の下流では、潮位変化によって順流・逆流に流れが変化する。網走湖は、流域からの汚濁負荷や塩水層からの栄養塩の溶出によって、昭和 50 年代後半からアオコが、昭和 60 年代からは青潮の発生が見られるようになった。これらの問題を改善するため、逆流時の塩水遡上を抑制することで湖内塩水層の上昇を抑える塩淡水境界層制御施設＝大曲堰を設置した。大曲堰の概要を図-1 に示した。堰は、鋼製起伏ゲートで幅 20.7m × 2 門、操作時の最高天端高 EL0.0m の潜り堰である。大曲堰における塩分の通過量をモニタリングするためには、高精度かつ連続的に流量を把握する必要がある。そこで、大曲堰の約 100m 上流右岸に水平設置型超音波ドップラー流速分布計(H-ADCP, Teledyne RD Instruments 社製 Workhorse 600kHz, 以後 H-ADCP と記す)が設置された。本稿では、H-ADCP による堰通過流量の算出について報告する。

2. 調査方法

H-ADCP 観測: 水平層厚 1m での流向および流速分布、大気圧補正した水位を 10 分間隔で測定した。観測は、1 秒間隔 150 サンプル取得し、河道垂直線に対し上流・下流側に 25° の向きで発射される 2 ビームにより得られたデータを平均するものとした。なお、図-2 に模式的に示したように、H-ADCP の設置標高は EL-0.20m である。

ADCP 曳航観測: H-ADCP 設置測線における実測流量および流下軸流速分布を把握するため、ADCP (Teledyne RD Instruments 社製 Workhorse 1200kHz) による曳航観測を行った。曳航観測では、1 秒ごとに鉛直層厚 0.20m の断面流速分布を測定した。曳航観測の測線は図-1(上)のように、H-ADCP を通る河道垂直線とした。調査は、堰倒伏時と堰起立時で H-ADCP 設置箇所での流速分布が異なることを想定し、前者を 2014 年 10 月 27 ~ 28 日の 1 潮時、後者を 2015 年 1 月 17 日の逆流時に実施した。1 時間に 1 往復の観測を基本としたが、流況の変わり目では 10 分間隔で観測を実施した。③観測位置の補正: ②の観測は GPS 搭載機を使用し、観測座標から H-ADCP 設置位置を原点とした水平距離に補正し、①②の観測位置を合わせて、比較検証を行った。

3. 結果および考察

H-ADCP で計測している流速は、一定高さにおける流速の水平分布であり、得られた流速から流量を算出するため、これを鉛直流速分布として展開し、測線断面全体の流速を推定した。ここで、鉛直流速分布を求める鉛直プロフィールは、鉛直流速分布を二次曲線で表す春日屋の流速分布式¹⁾を基本式とした。

$$v(z) = \frac{V_m}{p} \left\{ pk + 2a \left(\frac{z}{h} \right) - \left(\frac{z}{h} \right)^2 \right\}, \quad p = \frac{1-3a}{3(k-1)}, \quad k = \frac{V_s}{V_m}, \quad V_m = b * V_{H-ADCP}, \quad V_s = c * V_{H-ADCP}$$

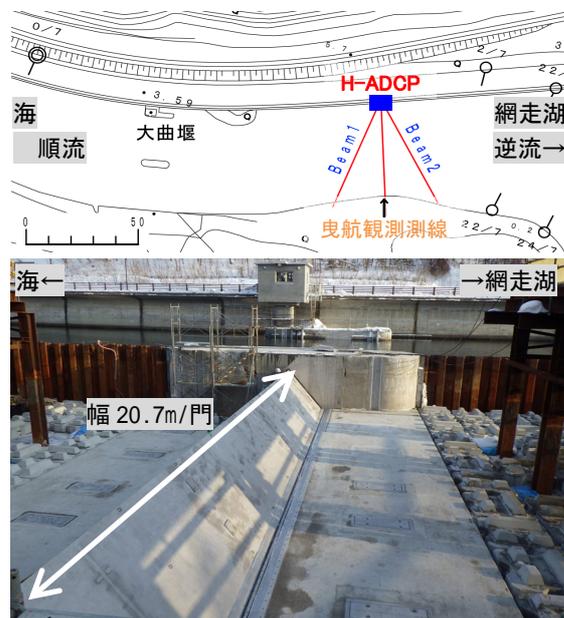


図-1 H-ADCP と大曲堰の概要 (上:位置, 下:堰)

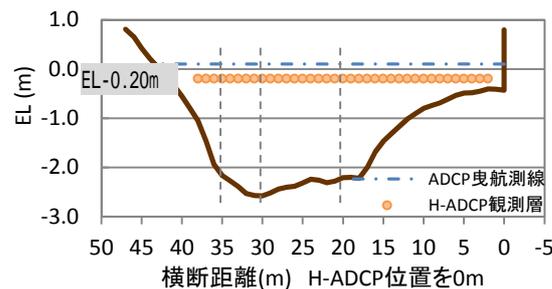


図-2 H-ADCP 測線河床形状と観測層位置

キーワード H-ADCP, 大曲堰, 流量計測, 潜り堰, 感潮域, 網走湖

連絡先 〒093-0006 北海道網走市南 6 条東 6 丁目 11-3 (株)北開水工コンサルタント網走支店 TEL 0152-43-0451

ここで、 $v(z)$ は流下流速の鉛直分布、 z は水面からの深さ、 V_m は鉛直平均流速、 a は流速ピーク位置の相対水深、 h は水深、 V_s は表面流速を示している。 V_m 、 V_s はH-ADCPの測定値 V_{H-ADCP} に比例すると仮定し、 b 、 c は定数とされている。堰倒伏時におけるADCP 曳航観測データより、H-ADCP 流速全層に、順流時、逆流時ともに $a=0.15$ 、 $b=0.85$ 、 $c=1.00$ を設定した。この定数を用いてH-ADCP 流速から鉛直流速分布を算出し、ADCP 曳航観測と比較すると図-3 のようになる。ADCP 曳航観測流速は、H-ADCP 層厚に合わせ、水平距離1mごとに平均した。その結果、H-ADCP に近い右岸と中央では鉛直流速分布が概ね一致しているが、左岸側の特に下層では流速に差が見られた。

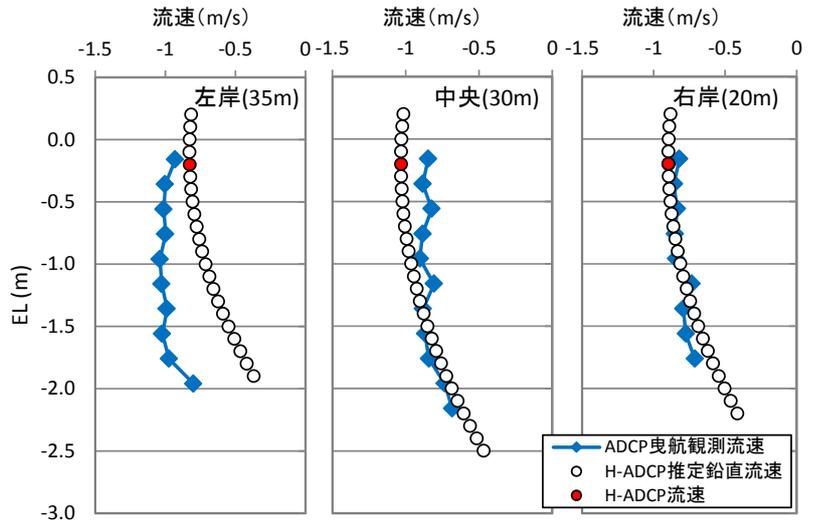


図-3 H-ADCP 推定鉛直流速と曳航観測鉛直流速 10/27 17時(逆流ピーク)

上述した定数により堰倒伏時の H-ADCP 流量を算出したものが図-4 になる。ADCP 曳航観測流量と比較しても、逆流から順流全ての観測において、流量は概ね一致した。

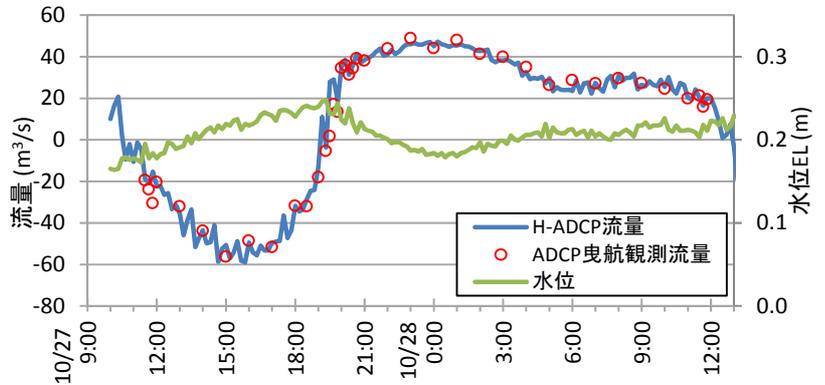


図-4 10/27~28 H-ADCP 流量と ADCP 曳航観測流量 (堰倒伏)

次いで、大曲堰の稼働影響を確認するため、堰起立時の H-ADCP 流量と ADCP 曳航観測流量の比較を図-5 に示した。春日屋の式の定数は堰倒伏時と変更せず、H-ADCP 流量を算出した。その結果、堰起立時においても H-ADCP 流量と ADCP 曳航観測流量に概ね一致し、H-ADCP 推定鉛直流速と曳航観測鉛直流速の比較でも堰起立の影響は見られなかった。

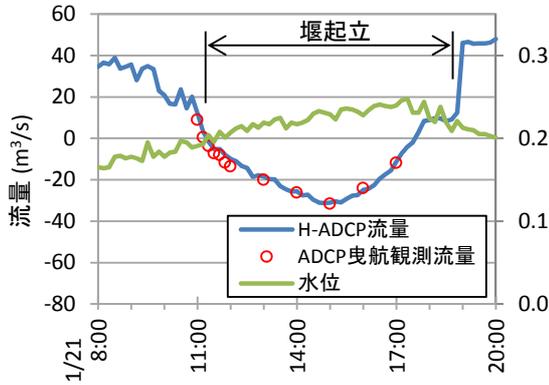


図-5 1/21 H-ADCP 流量と ADCP 曳航観測流量(堰起立)

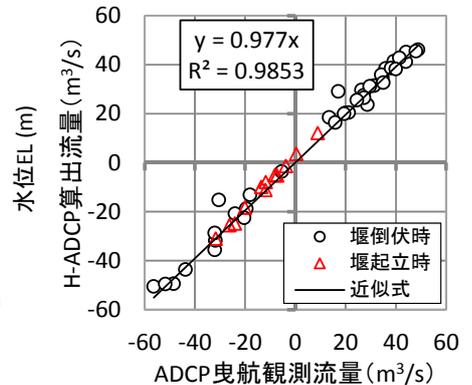


図-6 H-ADCP 流量と ADCP 曳航観測流量

5. おわりに

H-ADCP 推定鉛直流速と ADCP 曳航観測鉛直流速では、左岸側で不一致が見られたが、左岸は水深が浅く全断面に比して支配面積が小さいこと、流速が遅いことから流量算出への影響が少なく、算出流量が概ね一致したという結果が得られたと考える。また、図-6にあるとおり、堰起立の有無は H-ADCP による流量算出に影響がなく、定数の変更なしに流量算出が可能であったことは、非常に大きな発見であった。本手法による流量算出が有効であると考える。今後とも観測を継続し、更に関係を強めて、精度向上に努めていきたい。

参考文献

1) 笈・伊藤・橘田・和川(2013):3種類のADCPを用いた万石浦水路における通過流量の定量化, 土木学会論文集B2(海岸工学)Vol.69, No.2 466-470
 2) 阿津・呉・岡田・山田(2006):河川感潮域におけるH-ADCPを用いた流量観測と水位・流量の変動特性に関する研究, 水文・水資源学会総会・研究発表会
 3) 二瓶・木水(2007):H-ADCP観測と河川流計算を融合した新しい河川流量モニタリングシステムの構築, 土木学会論文集B Vol.63, No.4 295-310