

結氷時の感潮域における ADCP の測定時間

独立行政法人寒地土木研究所 正会員 吉川泰弘
独立行政法人寒地土木研究所 正会員 渡邊康玄

1. 本研究の目的

流量観測のデータは、治水計画、利水計画を立案する上で不可欠な資料である。計画の立案後においても、流量観測のデータは水防活動、湧水対策等の河川管理の資料として使用される。近年では河川法改正に伴い「河川環境の整備と保全」の観点からも使用される機会が増えつつある。

結氷時の感潮域における流量観測手法は、観測事例が少なく現象が十分解明されていないため、観測手法は確立されていない。感潮域である事から現象の非定常性が強く、観測時間の検討を行う必要がある。本研究では、横断方向の流量観測を行い、結氷時の感潮域における1測線当りの ADCP の測定時間の検討を行う。

2. 現地観測

現地観測は、結氷時の中潮時に北海道北部の天塩川河口観測所で行った。天塩川は河口から上流 1km の地点から 7km まで直線部であり、天塩川河口観測所はそのほぼ中間に位置する。観測期間は、2006年2月15日 05:25～16:10 であり、満潮時、下げ潮時、干潮時、上げ潮時の計4回の観測である。なお、満潮と干潮の潮位差は 0.24m であった。

観測項目 観測断面の概念図を図-1 に示す。横断方向に 30m 間隔で測線を設置し計7測線において流速、塩分濃度および、観測断面水位を測定した。1 回当りの観測の方向は、左岸から右岸の方向とした。各測線の観測時間は移動を含め約 10 分間であり、1 回の観測時間は7測線あるため約 70 分間である。

流速は ADCP (WorkHorse Sentinel 1200kHz Zed-Hed, RD Instruments, ハイレゾリューションモード) を用い、各測線で層厚 25cm, 1 データを 20pings の ensemble とした。短期測定精度は 0.11cm/s である。今回の観測の1データの取得時間は約 10 秒間で、1 測線の測定時間は 180 秒間である。ADCP の測定値の信頼性について、プライス精密観測の測定値を基準値とした測定誤差は 0% から -5% の範囲との報告¹⁾がある。この事から ADCP の測定値は十分信頼性を有していると判断でき、本研究の検討資料とする。

塩分濃度はアレックメモリー STD(ATU100-PK, アレック電子(株)) を用い、水位は精密自記水位計 (MC-1100WA, 光進電気工業(株)) を用いた。

観測結果 観測結果の一例として、下げ潮時の流速および塩分濃度を図-2 に示す。塩分濃度は各測線の横断距離の位置を 0psu とし、右方向を正として塩分濃度を表している。断面下層部において塩水が河川上流へと逆流している状況が見て取れる。

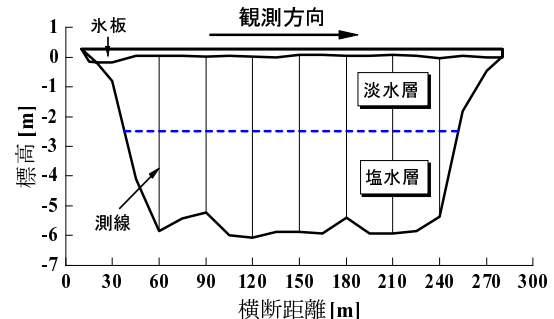


図-1 観測断面の概念図

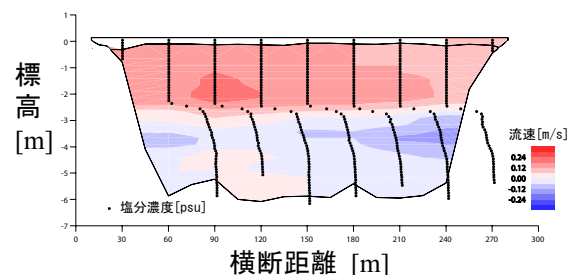


図-2 流速および塩分濃度の観測結果（下げ潮時）

3. 流速測定時間

現行の流速測定時間は、1点につき 20 秒以上と明記²⁾されている。既往研究^{3),4)}では、先の測定時間に理論的説明を加えている。その理論は、流速の時間的な変動特性により測定精度が規定されるというものである。真の平均流速 (U) と観測された平均流速 (U_T) の差が誤差であるが、この誤差を標準偏差 (U'_T) で表し相対誤差 $\epsilon (=U'_T/U)$ で検討している。なお、 ϵ は式 (1) で表されている。

$$\epsilon = \sqrt{2 \frac{T_E}{T}} \cdot \frac{u'}{U} \quad (1)$$

ここで、 T_E : 流水中の平均的な大きさの渦がある点を通過する時間、 T : 測定時間、 u' : 乱れの強さ、 U : 真の平均流速である。

式 (1) より、測定時間が長いほど真の平均流速に近づく事が分かる。しかし、あまりに測定時間を長く取るとは実際上困難であるため、測定精度を決めて測定時間が決定される事となる。

上記の理論は、測定時間を長く取れば真の平均流速に近づく事を前提とした定常流れが仮定できる場合のものである。非定常性が強い流れである感潮域では、測定時間を長く取る事により真の平均流速に近づくとは言えない。本研究の目的である結氷時かつ感潮域の測定時間の検討は、平均流速の挙動、測定時間の差異の2点に着目して行う。

Key Words: 天塩川, 結氷河川, 感潮域, 流量観測, ADCP, 測定時間

〒062-8602 北海道札幌市豊平区平岸1条3丁目1番34号 独立行政法人寒地土木研究所 TEL011-841-1639

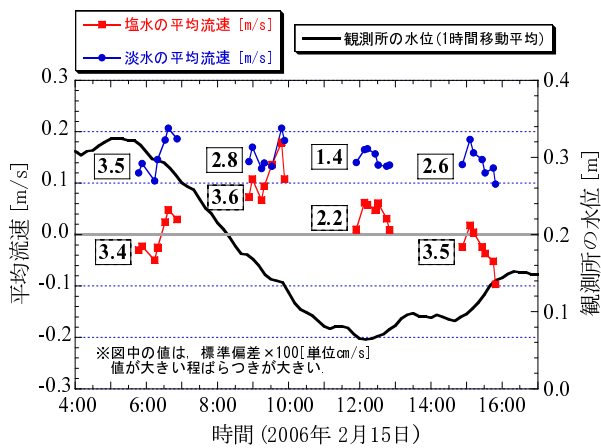


図-3 各測線毎の淡水と塩水の平均流速

(1) 平均流速の挙動

各測線毎の流速分布を塩分濃度 15psu を境界として区分して、淡水層と塩水層の平均流速を算出した。この平均流速を縦軸に、時間を横軸に取り図-3 に示す。正の平均流速の方向は、河口の方向である。感潮域の流れおよび左岸から右岸への観測方向を念頭に置くと、図-3 から平均流速について以下の事が言える。

- 1) 満潮から下げ潮の間の時間帯では、水位が下降するにつれて横断面平均流速が速くなるため、横断面内では測定時刻が相対的に遅い右岸へ行くにつれて平均流速が速くなる。
- 2) 干潮から上げ潮の間の時間帯では、水位が上昇するにつれて横断面平均流速が遅くなるため、横断面内では測定時刻が相対的に遅い右岸へ行くにつれて平均流速が遅くなる。

図-3 の各観測毎の標準偏差は、水位変動が大きい下げ潮時と上げ潮時で値が大きく、この時間帯で平均流速のばらつきが大きい事が分かる。図-4 は 1 分間の水位の変化量と 1 分間の平均流速の変化量の相関図である。図-4 より負の相関がある事が分かる。回帰直線式から水位の変化量の絶対値が小さいほど、平均流速の変化量の絶対値は小さくなる事が分かる。平均流速の変化量の絶対値が小さければ、測線間の平均流速の差が小さくなり、ある瞬間の横断面内の平均流速に近づくとと言える。この平均流速に近づくためには、1 測線の測定時間を短くすれば良い事となる。また、水位変動が大きい時間帯である下げ潮時と上げ潮時では、特に短く取る必要があると言える。

(2) 測定時間による差異

前項の結果より、測定時間を短くすれば良い事が分かった。次に、各測定時間による平均流速の差異に着目して検討を行う事とする。検討には有効水深の 2 割、5 割、8 割の位置の測定値を用いた。180 秒間の測定値から、10 秒、20 秒、40 秒、60 秒、120 秒間の移動平均流速 (U) を算出した。各々の移動平均流速の分散 (s^2) を 180 秒間の平均流速の 2 乗 (u^2) で割った値を縦軸に、各々の移動平均流速 (U) と測定時間 (T) および有効水深 (H) を用いて無次元化した値を横軸それぞれ取り、図示したものが図-5 である。縦軸の値が 0 に近づ

表-1 各測線における平均流速の標準偏差

横断距離 [m]	60	90	120	150	180	210	240
標準偏差 [cm/s]	0.51	0.84	0.44	0.45	0.62	0.53	0.62

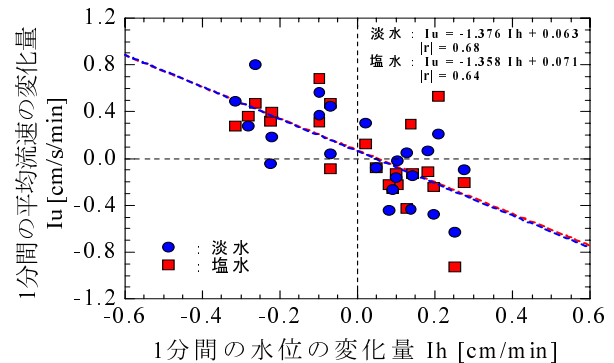


図-4 1 分間の水位と平均流速の変化量の相関図

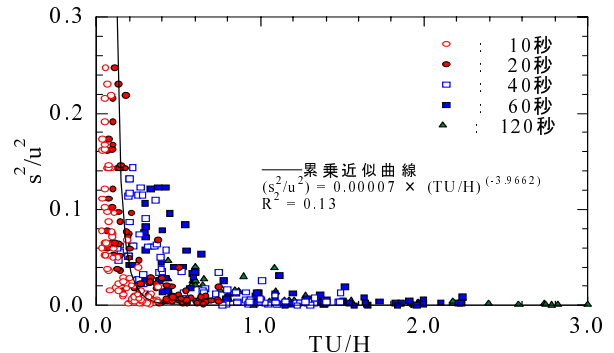


図-5 各測定時間と平均流速の関係図

くほど 180 秒間の移動平均流速に近づく。図中の指数関数の近似曲線は、全ての値を対象としている。近似曲線の R^2 は、近似曲線の値が測定値にどれだけ近いかを表す数値である。 R^2 が 0 に近づくほど、近似曲線の値は測定値から離れる。今回、 R^2 は 0.13 と小さく測定値のばらつきが大きい事を示している。測定時間が長いほど 180 秒の移動平均流速に近づくとは言えない。

次に、測定時間の差異による平均流速の違いを見る事とする。各測線において各測定時間の平均流速の標準偏差を算出したものを表-1 に示す。どの測線においても、標準偏差の値は小さい事が分かる。測定時間の差異による平均流速の違いは小さく、10 秒間の測定値と 120 秒間の測定値は大きな差異がないと言える。

4. 結論

平均流速の挙動および測定時間による差異の検討から、結氷時の感潮域において測定時間を長くしても断面平均流量の精度向上は計れず、ADCP の測定時間の違いによる平均流速の違いは小さい事が分かった。今回の検討結果から、結氷時の感潮域における 1 測線当りの ADCP の測定時間を 10 秒とすれば、断面平均流量の精度が向上すると言える。

参考文献

- 1) 喜澤一史：河川流量観測精度と新しい観測手法の実用化について、土木学会年次学術講演会概要集第 54 回、1999。
- 2) 国土交通省河川局 (独) 土木研究所：平成 14 年度版水文観測、(社) 全日本建設技術協会、pp122, 2002。
- 3) 浅野富夫：流量観測における観測時間と精度との関係、土木技術資料第 22 巻 11 号、pp15-20, 1980。
- 4) 浅野富夫：流量観測における観測時間と精度との関係 (その 2)、土木技術資料第 23 巻 9 号、pp21-26, 1981。