

結氷河川における 感潮域の流量観測手法に関する検討 —常呂川河口観測所における結氷時と開水時の流量観測—

寒地土木研究所 寒地河川チーム ○吉川 泰弘
寒地土木研究所 寒地河川チーム 平井 康幸

河川感潮域では流れが一定ではないため、流量観測を行う場合は、観測時間を短くすることが望ましい。しかし、冬期間に河川水面が氷で覆われる結氷河川では、時間短縮のために例えば、ADCP（鉛直流速を短時間で測定する機器）等の機器を船に乗せて測定を行う曳航観測は、河水が存在するため不可能である。このため、結氷河川における感潮域の流量観測では、時間がかかる徒歩観測に限定され、水位が変動する流況の中でいつ観測を行い、どの程度の測定時間であれば精度が確保されるかについての検討が必要である。本研究は、河川結氷時と開水時に常呂川の河口観測所において、可搬式流速計とADCPを用いて各18回の流量観測を実施し、観測時期と測定時間に関する検討を行った。

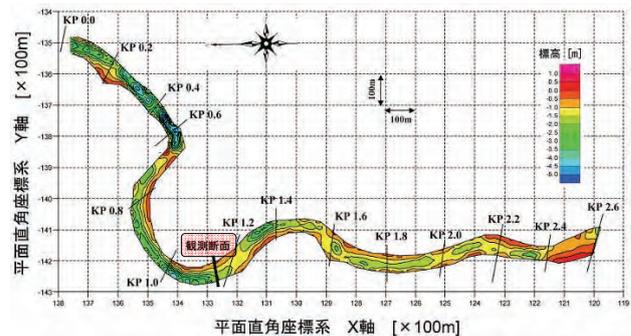
キーワード：結氷河川、感潮域、流量観測、ADCP、2点法

1. はじめに

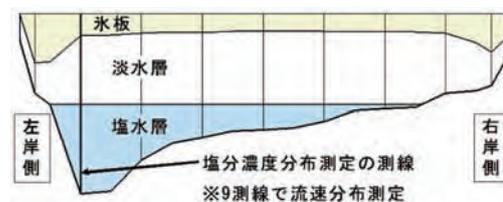
河川流量は、水資源計画を策定する際や合理的な治水計画を立案するための資料となる。近年では、渇水による利水障害の発生や局所的豪雨による洪水の発生が起っており、また、良好な河川環境の保全および創出が社会的に求められている。このような背景から、以前にも増して、河川の基礎データである流量を把握することは重要となっている。

河川河口域は、感潮デルタによって平野となっており、漁業や貿易等により人口が集中する地域が多い。また、河川内では潮汐の影響により栄養塩類を含んだ海水が河川を遡上して淡水と混じり合うため、豊かな河川環境が形成されている。一方で、感潮域の流量を観測することは、水位が時々刻々と変動しているため非感潮域に比べて困難である。感潮域における流量観測の主な注意点¹⁾として、「水位・流速の変動があるから、通常の流量観測よりは手早く行わなければならない」、「満潮・干潮など潮汐をよく考慮して観測計画をたてなければならない」とあるが、具体的手法については、現在、十分には検討されていない。また、冬期間に結氷する河川では、時間短縮のために測定機器を船に乗せて行う曳航観測は、河水が存在するため不可能であり、結氷河川における感潮域の流量観測は、時間がかかる徒歩観測に限定される。

本研究は、感潮域の流量観測において、どの程度の測定時間であれば精度が確保されるのか、潮汐により水位が変動する流況の中でいつ観測を行えばよいのかについて、結氷時と開水時の観測結果を基にして検討を行った。



図—1 常呂川における現地観測場所と河床高コンター

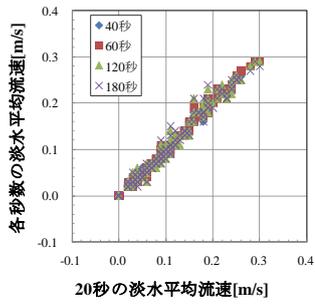


図—2 現地観測の概念図（結氷時の横断面図）

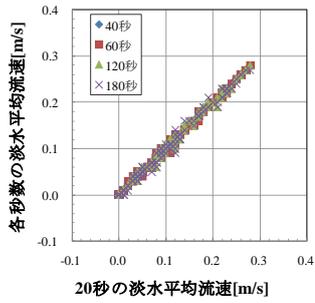
2. 現地観測

現地観測の場所は、塩水の河川遡上があり、冬期間に完全結氷する場所として、図—1に示す北海道東部に位置する常呂川の河口から約1.1kmの観測所とした。結氷時の観測期間は潮位差1.00mの大潮時で2005年2月22日09:00から25日11:50として計18回の観測を実施し、開水時の観測期間は潮位差1.33mの大潮時で2005年8月18日04:40から8月21日07:30として計18回の観測を実施した。

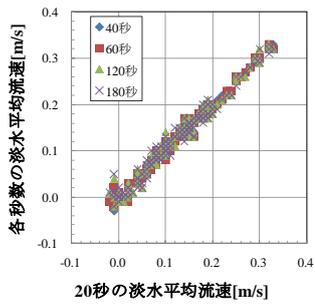
現地観測の概念図を図—2に示す。横断面を9測線に分け各測線でADCP（RD Instruments、WorkHorse Sentinel



a) 2点法による測定データ



b) 精密法による測定データ



c) ADCPによる測定データ

図—3 結氷時における測定時間の違いによる淡水平均流速

表—1 結氷時の各手法における20秒データとの相関係数

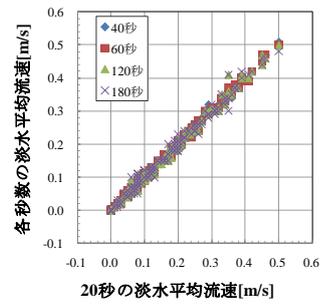
20秒データとの相関係数	40秒	60秒	120秒	180秒
2点法	0.998	0.997	0.992	0.991
精密法	0.999	0.998	0.996	0.995
ADCP	0.997	0.996	0.991	0.989

1200kHz Zed-Hed) および可搬式流速計(三映測量機器㈱、三映式 I 型・II 型流速計)で流速を測定した。また、澤筋の1測線において、アレックメモリーSTD(アレック電子㈱、ATU100-PK)を用いて塩分濃度、自記水位計(光進電気工業㈱、MC-1100WA)を用いて水位を測定した。

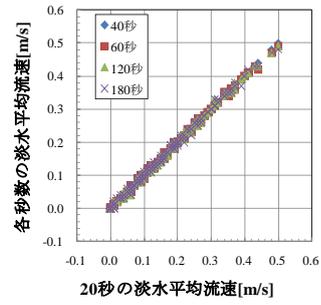
3. 感潮域の流量観測手法

結氷時と開水時における感潮域の流量観測結果を基にして、測定時間および観測時期に関する検討を行った。

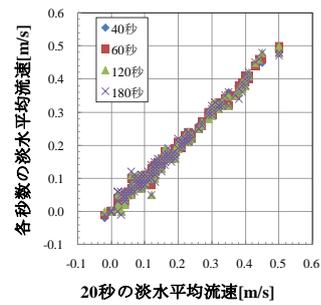
Yasuhiro Yoshikawa, Yasuyuki Hirai



a) 2点法による測定データ



b) 精密法による測定データ



c) ADCPによる測定データ

図—4 開水時における測定時間の違いによる淡水平均流速

表—2 開水時の各手法における20秒データとの相関係数

20秒データとの相関係数	40秒	60秒	120秒	180秒
2点法	0.999	0.998	0.997	0.995
精密法	0.999	0.999	0.999	0.998
ADCP	0.998	0.997	0.994	0.991

なお、本検討で対象とした流量は、河川上流からの淡水の流量とした。淡水と塩水は塩分濃度10psuを基準にして区分した。

(1) 測定時間に関する検討

河川感潮域は潮汐の影響により流況が時々刻々と変動するため、流量観測は手早く行う必要がある。

本検討では、流速測定の測定時間は少なくとも20秒以上¹⁾としていることから、測定時間を20秒、40秒、60秒、120秒、180秒とした場合の平均流速を検討資料とした。測定手法に関しては、通常の流量観測で実施されている

2点法、測定の間隔を密に行う精密法、水面近傍に機器を入れるだけで鉛直流速分布が測定できるADCPの3つの手法について検討を行った。

3つの手法において、各測線における20秒の淡水平均流速を横軸に、各測線における各秒数の淡水平均流速を縦軸にとり、結氷時を図—3に開水時を図—4に示す。

結氷時の図—3より、どの手法においても20秒の淡水平均流速と各秒数の淡水平均流速は正の相関がある。表—1に20秒の淡水平均流速と各秒数の淡水平均流速の相関係数を示す。表—1より、20秒の淡水平均流速との相関係数は、測定秒数が長いほど値は小さく、2点法は精密法に比べて値は小さい。相対的にみると、どの手法も20秒の淡水平均流速と各秒数の淡水平均流速の相関係数は0.9以上である。

開水時の図—4より、どの手法においても20秒の淡水平均流速と各秒数の淡水平均流速は正の相関がある。表—2の20秒の淡水平均流速と各秒数の淡水平均流速の相関係数より、20秒の淡水平均流速との相関係数は、測定秒数が長いほど値は小さく、2点法は精密法に比べて値は小さい。相対的にみると、どの手法も20秒の淡水平均流速と各秒数の淡水平均流速の相関係数は0.9以上である。

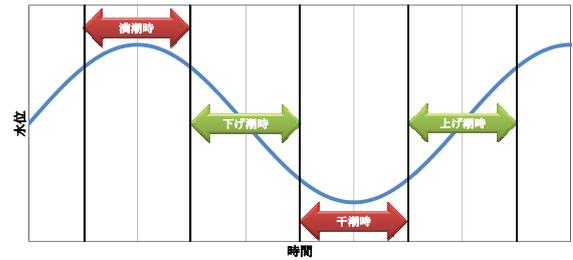
表—1、2から、結氷時と開水時における20秒の淡水平均流速と各秒数の淡水平均流速の相関係数をみると、開水時の方が相関係数が高くなっているが、どの手法も20秒の淡水平均流速と各秒数の淡水平均流速の相関係数は0.9以上で相関が高いことから、今回の結氷時および開水時の現地観測結果から、長い時間測定した淡水平均流速と比べて、測定時間を20秒としてもその測定精度は確保されると推定できる。

(2) 観測時期に関する検討

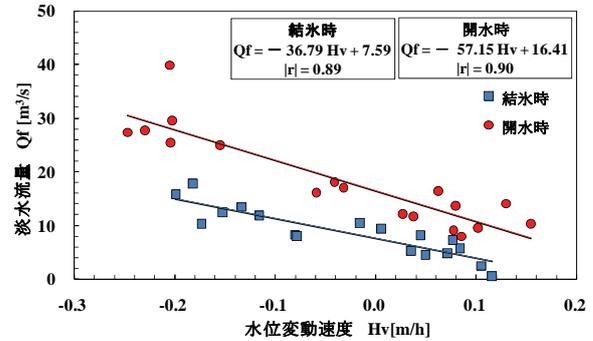
流量観測は、原則として月に3回実施されている。感潮域の淡水流量について、上げ潮時は海水が河川を遡上するため、淡水は流れづらくなり上流で一時貯留され淡水流量は小さくなり、下げ潮時は海水が流下するため、上流で一時貯留されていた淡水が一気に流れ淡水流量は大きくなる。このため、月3回の観測を実施する日時は重要な観測条件となり、通年の流量の変化を知る場合においては、その観測期間の平均値を観測することが望ましいと考えられる。なお、本検討で言う上げ潮時、下げ潮時とは図—5に示す水位が上昇する時期と下降する時期である。

本検討では、観測期間中の淡水流量を推定し、この期間の平均流量と推定した流量との差を求め、いつ、この差が小さくなるかについての検討を行った。また、2点法および精密法による淡水平均流速とADCPの淡水平均流速との差を求めて、同様に検討を行った。

感潮域の淡水流量を連続的に推定する手法は、観測水位データのみで流量を推定することが出来る手法³⁾を用



図—5 水位変動と用語の概念図



図—6 水位変動速度と淡水流量の相関図

いた。この手法は、水位と流量の位相差を考慮して、鉛直方向の水位変動速度m/hから流量を推定する手法であり、開水時の現象より導かれたものである。水位変動速度m/hとは、単位時間の中に水位が上昇または下降した場合の鉛直方向の移動距離であり、本検討では鉛直上方向を正とした。淡水流量と1時間前、2時間前、3時間前の水位変動速度との相関係数を算出した結果、結氷時、開水時ともに1時間前の水位変動速度を用いた場合に相関係数が一番高くなったため、本観測所における水位変動速度と淡水流量の位相差は1時間とした。

水位変動速度と淡水流量の相関図を図—6に示し、結氷時の相関式を式(1)に開水時の相関式を式(2)に記す。

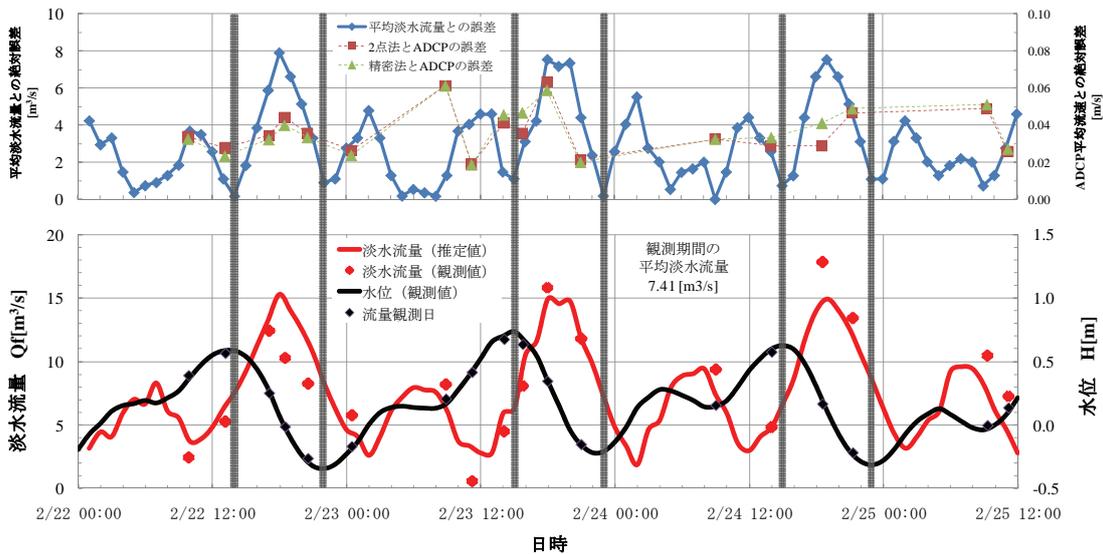
$$\text{結氷時) } Q_f = -36.79 H_v + 7.59 \quad (1)$$

$$\text{開水時) } Q_f = -57.15 H_v + 16.41 \quad (2)$$

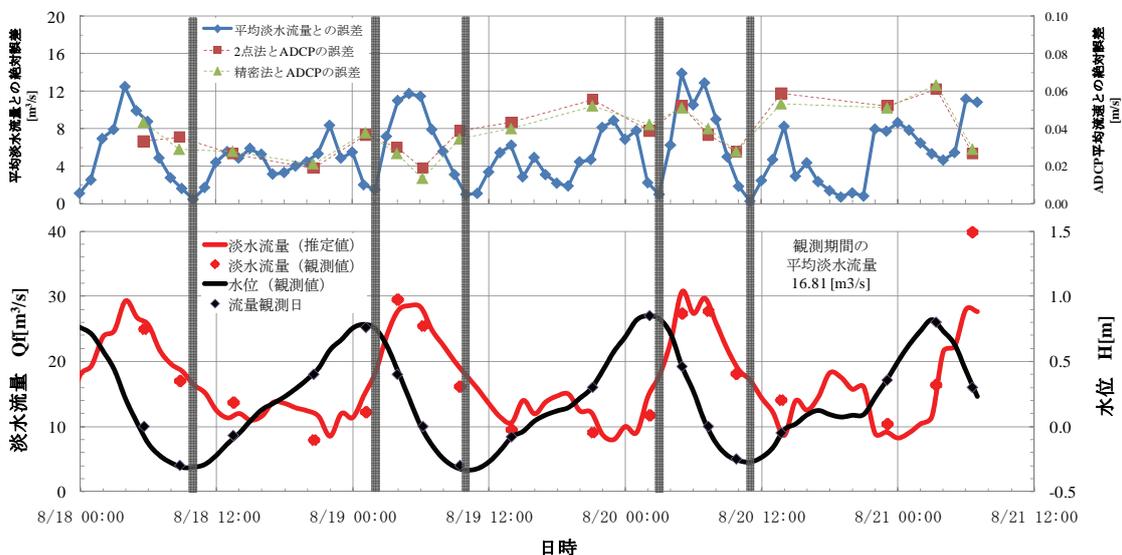
ここで、 Q_f [m³/s] : 淡水の流量、 H_v [m/h] : 1時間当たりの水位変動速度である。

図—6の相関係数の絶対値について、結氷時は0.89、開水時は0.91でありともに高い相関がある。また、流量推定式は通年で一本とされていたが、今回の観測により流量推定式の係数は結氷時と開水時で異なる事が明確となり、この要因として、河氷底面粗度の影響や上流の流量の違いが考えられる。

横軸に日時、縦軸に水位を黒、淡水流量を赤、平均淡水流量との絶対誤差を青、ADCPに対する2点法および精密法の絶対誤差をとり、結氷時を図—7に開水時を図—8に示す。平均淡水流量は、観測期間中の推定した淡水流量の平均値であり、結氷時7.41m³/s、開水時16.81m³/sである。



図—7 結氷時における淡水流量の経時変化と平均淡水流量との誤差



図—8 開氷時における淡水流量の経時変化と平均淡水流量との誤差

結氷時の図—7 および開氷時の図—8 において、水位が上昇すると淡水流量は小さくなり、水位が下降すると淡水流量が大きくなることから分かる。観測期間中の平均淡水流量に対する推定流量の絶対誤差をみると、結氷時および開氷時ともに、図中の灰色で示した満潮時と干潮時において、その誤差は最小となる。また、ADCPの平均流速に対する2点法と精密法の平均流速の絶対誤差をみると、結氷時および開氷時ともに上げ潮と下げ潮において、その誤差は大きくなっている。

今回の観測結果より、結氷時および開氷時の感潮域におけるある期間の平均的な淡水流量を観測する場合には、満潮時または干潮時に流量観測を実施することが望ましいことが推定された。

4. おわりに

本研究による常呂川における現地観測結果から、感潮域の流量観測において以下のことが明らかとなった。

河川結氷時および開氷時のどちらの場合においても、2点法、精密法、ADCPによる流速測定の実測時間は、水文観測において示されている最小測定時間の20秒としてもその精度は確保される。感潮域における平均淡水流量を観測する場合には、満潮時または干潮時に流量観測を実施することが望ましい。

謝辞：本研究は、北海道開発局網走開発建設部より資料提供のご協力、(株)福田水文センターより現地観測のご尽力を頂きました。記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 水文観測-平成14年度版-, 国土交通省河川局監修, 土木研究所編著, 全日本建設技術協会発行, pp.122, 205, 2002.
- 2) 佐藤嘉昭, 山下彰司, 中津川誠: 超音波式流速計を用いた感潮域の流量推定手法, 北海道開発土木研究所月報, No.632, pp.2-11, 2006.