

II - 196

結氷河川における流量観測精度向上に関する研究

北開水工コンサル 正員 福田正一
 北海道開発局 正員 山下彰司
 北海道開発局 正員 石田享平

1. はじめに

流量観測は水位を経続的に観測し、一定期間において水位観測地点で河川横断方向に設置した測点で、1点法（6割水深流速）あるいは2点法（2割水深と8割水深の流速平均値）を用いて流速測定を行って流量を算出し、流量と水位との関係を求めて水位データより流量データを算出している。しかし、冬期間においては北海道の河川の大部分は結氷し、水面を氷板が覆うため流れの抵抗が増加し、開水路とは鉛直流速分布が大きく異なる。したがって、開水期の流速測定手法をそのまま結氷河川に適用するのは適当ではない。本研究では過去3年に渡って北海道の代表的河川である天塩川と石狩川の流量観測所で行われた詳細な流速測定データを用いて、結氷期の流速測定手法を再検討するものである。

2. 平均流速算定手法

本研究では、平成4年、5年に天塩川中流の誉平、平成4年に天塩川支川名寄川の真敷別、平成6年に石狩川支川雨竜川の雨竜橋付近の河道直線部及び河道湾曲部で行われた精密流量観測のデータを用いる。流速測定はプロペラ流速計を用い、各測点の水深方向に10cmあるいは20cm毎に流速データを採取した。各測点において氷厚、モロミ（フラジライズ）厚を除いた有効水深における詳細な鉛直方向の流速分布を用いて、水深方向の平均流速(U_{real})を算出した（以下真の平均流速と考える）。また、同時にこの鉛直流速分布より水深方向に2、4、5、6、8割水深の流速を算出し、0.2D&0.8D法、0.4D法、0.5D法、0.6D法、0.4D&0.8D法の5つの方法を用いて、平均流速(U_{cal})を推定し比較した。以下に手法を示す。

- ①0.2D&0.8D法…($U_{0.2D} + U_{0.8D}$)/2（2割水深流速と8割水深流速の平均値）
- ②0.4D法 … $U_{0.4D} \times 0.86$ （4割水深流速に係数0.86を乗ずる）
- ③0.5D法 … $U_{0.5D} \times 0.88$ （5割水深流速に係数0.88を乗ずる）
- ④0.6D法 … $U_{0.6D} \times 0.92$ （6割水深流速に係数0.92を乗ずる）
- ⑤0.4D&0.8D法… $U_{0.4D} \times 0.32 + U_{0.8D} \times 0.68$ （4割及び8割水深流速にそれぞれ係数0.32及び0.68を乗ずる）

海外での冬期の流速測定はアメリカのUSGSでは0.2D&0.8D法が主である。またAlfordらはカナダの数箇所の河川を用いて0.4D法が0.5Dあるいは0.6D法より精度がよいことを報告している。さらに、Walkerらは北米の13河川の流量観測所のデータを用いて、平均流速算出のための各手法の妥当性を検討している。本研究では同様に北海道の代表的河川である石狩川と天塩川において、5つの流速手法について検討した。

3. 比較検討

表-1は詳細な鉛直流速分布から算定した平均流速 U_{real} と5つの方法で推定した平均流速 U_{cal} との関係を表したものである。表中の補正係数は原点を通る U_{real} と各 U_{cal} の1次相関の傾き、平均2乗誤差は $(U_{real} - U_{cal})$ の2乗和をデータ数で除した値である。この表から、2点法では0.2D&0.8D法、1点法では0.4D法が最も精度が高く、特に0.4D法は2点法の0.4D&0.8D法よりも精度が良いという結果が得られた。図-1、2は U_{real} と0.2D&0.8D法及び0.4D法との相関図であるが、算出された平均流速 U_{cal} は真の平均流速 U_{real} よりも大きめである。

表-1 比較表

	0.2D&0.8D法	0.4D法	0.5D法	0.6D法	0.4D&0.8D法
補正係数	0.946	0.940	0.912	0.894	0.906
平均2乗誤差	0.001548	0.003018	0.004414	0.006314	0.004994

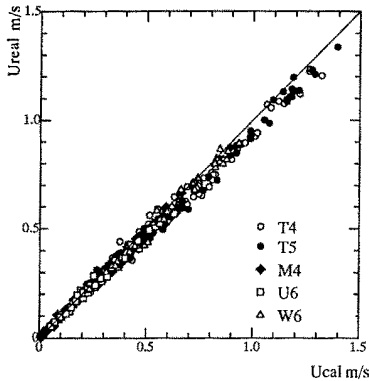


図-1 0.2D&0.8D 法

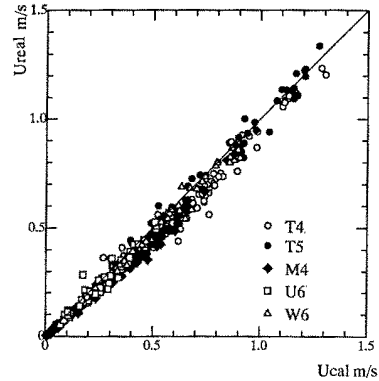


図-2 0.4D 法

また、結氷河川においては水面を氷板が覆うため、氷板下にも摩擦抵抗が生じる。このため、氷板と河床との摩擦抵抗の相互作用が平均流速算定の精度に影響を与えることも考えられる。図-3, 4は0.2D&0.8D法及び0.4D法において横軸に氷板の摩擦係数、縦軸に河床の摩擦係数を取り、相対誤差を用いて描いたコンター図である。

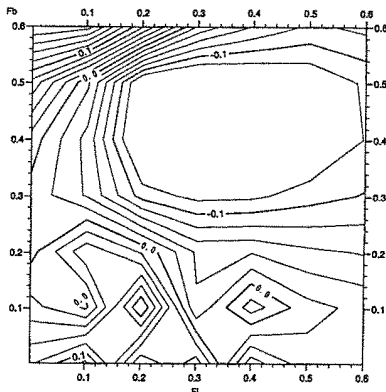


図-3 0.2D&0.8D 法

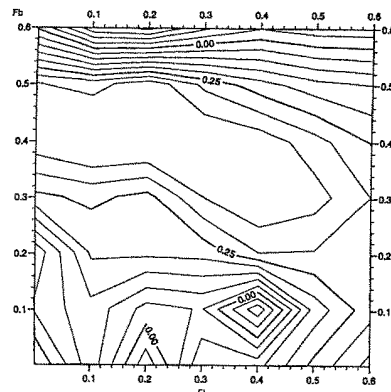


図-4 0.4D 法

図-3より、0.2D&0.8D法では氷板、河床とも摩擦係数が小さいほど相対誤差はプラスの方向に向い、大きくなるほど相対誤差はマイナスの方向に向う。また、図-4より、0.4D法では相対誤差は氷板の摩擦抵抗の影響をあまり受けておらず、主に河床の摩擦抵抗の影響を受けており、河床の摩擦係数が0.3～0.4の時最も大きくなる。（2～3割程度）

4. まとめ

現在の流量測定は1点法（6割水深流速）あるいは2点法（2割水深と8割水深との流速平均値）で行われているが、1点法においては本研究での0.6D法では6割水深流速に係数0.92を乗じているにもかかわらず真値よりも大きい値となり、さらに補正係数0.94を乗ずる必要があることがわかった。また、0.2D&0.8D法においても補正係数0.946を乗じる必要があることもわかった。しかし、これらの補正係数は氷板の摩擦抵抗と河床の摩擦抵抗の相互作用が与える影響について考慮されていない。図-3, 4は氷板と河床の摩擦抵抗条件により、補正係数を変化させねばならないことが示している。

<参考文献>

- J.Walker; *Methods for Measuring Discharge Under Ice Cover*, *Journal of Hydraulic Engineering*, Vol.120 No.11, November 1994.
- M.Teal, R.Ettema, J.Walker; *Estimation of Mean Flow Velocity in Ice-Covered Channels*, *Journal of Hydraulic Engineering*, Vol.120 No.12, November 1994.