

岩手大学 正員 平山 健一
 学生員 ○長岐 徹
 学生員 吉田 弘司

1. はじめに

河川治水流量の正確な把握、河川維持流量の決定などのため、冬期など治水期における流量測定精度の向上は大変重要な問題である。特に結氷河川においてはIce coverが存在するために水理学的に開水路流れとは異った特性をもち、その観測時における気象条件が苛酷であることもあって正確な流量の観測はなされていなかった。本研究は結氷河川における種々の特色を述べ、その水理学的研究の現状を簡単にまとめたものである。

2. 結氷河川の特色

北海道、東北北部の大部分の河川は、温度低下に伴う結氷の影響をうけており結氷期以外の期間の資料によって作製された流量と水位の関係をそのまま使用することは危険である。結氷による河川断面の減少は水位の上昇を生じ、汐流川(旧高)においては完全結氷によって80cmの水位上昇が観測されている。又水面に生じた新しい境界によってエネルギーの損失が増加して結氷区間におけるエネルギー勾配は一般に大きくなる。しかも氷の下面の粗さは時期的に変化することが知られている。完全結氷以降は流れは管路流れとなるが氷の変形特性や河岸における地熱による融解のため河中がある程度以上になればこの管路内の圧力は氷の厚さの約0.9倍ということになり氷の成長と共に増加する。又このようにIce coverが存在するために流速分布は中央付近で最大値をもつ分布となり流量測定においても数多くの測定点を必要とする。又氷の穴から流速計を入れるため流向が不明確になりやすい。このような困難に加えて雪やジャム状のIce Frazil(もうみとも呼ばれる。)が氷の底面付近に滞留して流積を著しくせしめ、正確な断面形をとることもむずかしい。このような理由で正確な流量測定のためには多大の労力と時間を要することになり、又これらの条件下での観測方法の基準化はまだなされていない。

3. 結氷河川における流量観測の方法

上に述べたような特色を持つ結氷河川における流量測定の方法は次のようなものをあげる事ができる。

Careyは(1)式で与えられるDarcy-Weisbachの公式を用いて水面勾配と1地点における水位観測から流量を計算する式を導いた。

$$Q = \sqrt{\frac{89}{f_{noo}}} AR^{\frac{3}{2}} S^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

g : 重力加速度, f_{noo} : 修正された摩擦要素

A : 断面積, R : 動水勾配, S : 水面勾配

上式で $AR^{\frac{3}{2}}$ は水位の関数で示し、 f_{noo} は水面勾配の関数で表わされるとして2年間の冬期間の流量観測資料を用いて(2)式を求めた。計算された流量と観測された流量の比は図-1に示される。

$$Q = \frac{(162,800)10^{0.148Q_n}}{(10^{3.3305} + 11.19)^{1/2}} S^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

同じくCareyはやはり(1)式で表わされる関係式において粗度は大きな変化がないという仮定で、ある同一水位について異った水面勾配が得られた場合の流量の比は(3)式のように2測点内の水位の差の比 F_1/F_2 で表わされるとして(3)式を求めた。

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \text{function of } \left(\frac{F_1}{F_2} \right) \quad (3)$$

この関係は各々の水位について図-2に示されるような形で表わされすべての計

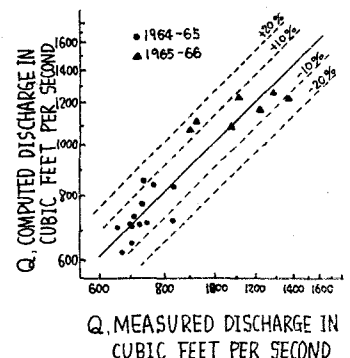


図-1

算値は実測値に非常に近い結果が得られたことが報告されている。Careyによる2方法にお互い異った仮定に立っており、ある河川の資料については、かなりよく説明しているが、普遍的な方法としては一般性が欠けている。USGSで一般に用いられている流量の測定方法は、水位記録、温度、降水量の時間変化と実際の水位と流量の記録を平行に見くらべながら、流量を推定していく方法で、温度の低下による氷の発生、或は降水による水位上昇などを経験的に考慮し、実際の流量を参照しながら、流量記録を作製していくものである。この方法はもちろん経験が重要なファクターを占めるが、割合正しく流量の変動傾向を把握できるといわれている。次節では枯水河川での流量計算と流速分布に大きな影響を持つ氷の粗度係数の求め方について2つの代表的な方法を示した。

4. Ice cover の粗度係数の求め方

河床の粗度係数は氷のない時期の観測によって求めることができるが、氷が存在すれば、河床による効果と氷の効果も両方含んだ混成粗度係数を測定することとなり、氷自体の粗度係数は間接的に計算されることになる。Ice coverのある河川での諸量を図-3のように定義する。Pavlovskiy (1931)は河床とIce coverに働く剪断力と氷に働く重力を考慮して(4)式を導いた。

$$R_0 S = \frac{c_1 P_1 + c_2 P_2}{P_1 + P_2} \quad (4)$$

上式とマンニング平均流速公式と、 $R_0 = R_1 = R_2$ の仮定から(5)式が得られる。

$$n_0^2 = \frac{n_1^2 + a n_2^2}{1 + a} \quad (5)$$

Larsen (1969)は対数型の流速分布式を用いて、粗度係数の間の関係式を求めた。まず河床とIce cover等の境界からの距離を y_i としてその場所の流速を $U_i(y_i)$ とすると(6)式が適用する。

$$U_i(y_i) = 2.5 U_{*i} \ln \frac{30}{K_i} y_i \quad (6)$$

K_i : 境界の粗度

U_{*i} : 摩擦速度

河床とIce coverそれぞれの影響域で、おのおのの平均流速 $\bar{U}_1, \bar{U}_2$ を計算して、マンニング公式による平均流速と比べ、両域の境界で流速が等しい条件を加えると(7)式を得る。

$$\frac{\bar{U}_1}{\bar{U}_2} = \frac{V_1}{V_2} \left(\frac{\ln \frac{30}{K_2} Y_2 - 1}{\ln \frac{30}{K_1} Y_1 - 1} \right) \quad (7)$$

又、連続の関係 $A_0 \bar{U}_0 = A_1 \bar{U}_1 + A_2 \bar{U}_2$ から(8)式が求まる。

$$\frac{1}{n_0} = \frac{(Y_2/Y_1)^{5/8} \frac{1}{n_2} + \frac{1}{n_1}}{(1/2)^{5/8} \left(\frac{Y_2}{Y_1} + 1 \right)^{5/8}} \quad (8)$$

(7)式で通常の河川では、 $\ln(30/K_i) Y_i \gg 1$ となるので Y_2/Y_1 は

n_1/n_2 の関数で与えられ(8)式を満足する n_0 と n_1 よりIce coverの粗度係数 n_2 を求めることができる。これらの関係は図-4に示される。

5. おわりに

本研究は北海道開発局の援助で今年度より始められたものであり、本報告はその第1報である。

- 参考文献 1) M.S. Uzuner : The composite Roughness of Ice covered Streams, IAHR, Journal of Hydraulic Research (1975)
2) K.L. Carey : Analytical Approaches to Computation of Discharge of An Ice-cover Stream, USGS, Prof. Paper 575-C (1967)
3) D.M. Corbett : Stream Gaging Procedure, USGS, Water-Supply Paper 888 (1945)

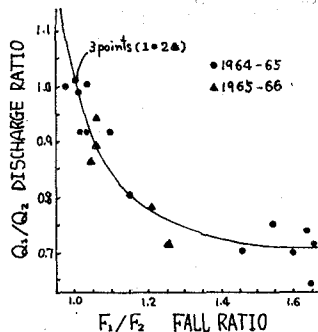


図-2 (F1, F2は最小のBackwaterの水深、Q1は最小のBackwaterの流量)

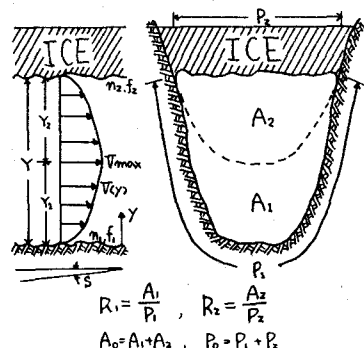


図-3

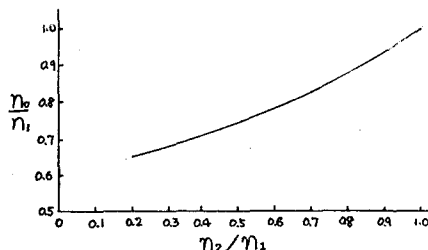


図-4