

1 はじめに

結氷河川における水理は、非結氷期における流れとは異なり、それに伴って、異常な水位上昇が生ずることがある。この原因としては、前報告⁽¹⁾に述べたように、(1) ice cover が存在し、涌出が半減し、氷盤の粗さは、河床の粗度係数が一定としても、季節的に変化する。さらに水位計による水位(氷盤に穴をあけた場合の水面の高さ)は、氷厚の増減にも関連している。(2) ice fragile (モロミ)の流

下のため、河川緩流部では、これが滞留して、流水面積をせよめる。又、Pancake 状に成長した氷は、流路中の弯曲部、狭さく部、河口など、水面につまりはじめ、上流に波及していくが、これは大きな背水を伴うことになる。図-1は、鶴川(鶴川町)における昨年末の結氷前後の水位変化を示したが、上流より流下した氷が、河口より下流に堆積して、完全結氷区(12月22日頃)に、大きな水位上昇がみられる。この時期の流出が、地下水によるものであることを考えれば、その後の水位低下は、氷盤下面の粗さが、徐々に平坦化したために生じたことと推察される。

Michael⁽²⁾によれば、Y連の河川において、厳寒期の氷の粗度係数の観測値の平均は、0.008~0.01であるが、氷の流下、堆積による結氷初期には、この5倍程度の大きな値をもつ。氷の発生による水位上昇の現象は、河川の地形的な特徴とも関連しているが、結氷期の気象条件が最も支配的である。

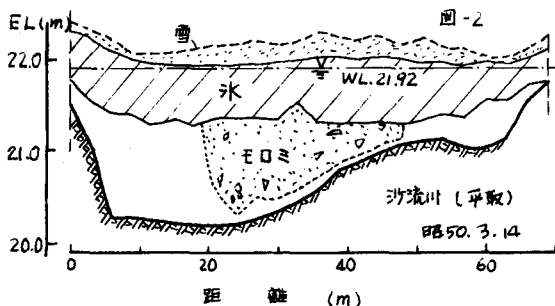
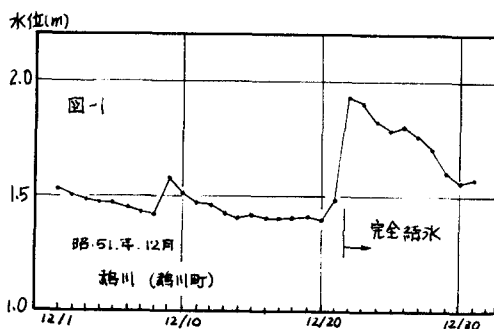
ice cover が出来あがれば、氷の成長は、気温や、降水量によってもなるとは、河川の全面結氷は急流部では生じない。岸⁽³⁾は、北海道の河川について、 $F_r = 0.2$ まで結氷の可能性があり、 $F_r > 0.4$ では、結氷しないという結果を述べているが、モロミの発生は、開水面に限られるため、上流急流部でのモロミの発生量は、気象条件に負うところが大きく、この流下により、下流緩流部に滞留し、セキ上げが生ずるからである。

図-2には、昭和50年3月14日、沙流川(平取)における、流量観測時の河川断面を示したが、モロミが、流積中の大きな部分を占めている。モロミは、氷の結晶の集合体であるが、各々の附着力が弱く、流れに耐えては、それほどの抵抗力をもたないよう観察されるが、一旦滞留すると、流速が60 cm/s 程度でも、剥離が生じない場合がみられた。一般に、流量観測では、モロミ内の流速はないとして、死水域とみなしている。

本研究では、氷盤のある流れの基礎式を示し、結氷期の水位上昇について考察したものである。

2 水位上昇量のみつくり

ice cover のある流れの運動方程式は、氷盤が水面にういていていると考えよければ、水深を h 、氷厚を H 、氷の単位電量を w' 、水の単位電量を w として、次式のように表わされる。



流水面積	25.3 m ²	氷面積	39.4 m ²
モロミ面積	18.6 m ²	(氷面下部)	30.8 m ²
$Q = 10.53 \text{ m}^3/\text{s}$			

$$\frac{w'}{w} \frac{\partial H}{\partial x} + \left(\alpha \frac{Q^2 B}{g A^3} - 1 \right) \frac{\partial h}{\partial x} - S_f + S_0 = \frac{1}{g A} \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{2 Q}{g A^2} \frac{\partial Q}{\partial x} \quad (1)$$

上式は 応力項を除いて 開水路の運動方程式と同一である。 S_0 は河床勾配, S_f は河床と氷盤下面によるマサリ勾配をあらわす。 流れが定常で 応力項断面水路を考えれば (2)式がえられる。

$$\frac{dh}{dx} = i \frac{b h^2 - b_0^2}{h^3 - b_0^3} \quad \text{但し} \quad b = 1 - \frac{w'}{w} \frac{\partial H}{\partial x} \quad (2)$$

h_0 は等流水深は氷盤下面より河床までの深さ, b_0 は限界水深であるが (2)式を $x=0, h=h_0$ の境界条件で積分して

$$\frac{dh}{(h_0/\sqrt{b})} = \frac{h_1 - h}{(h_0/\sqrt{b})} + \left(1 - \frac{b_0^2}{(h_0/\sqrt{b})^2} \right) \left\{ B \left(\frac{h_0/\sqrt{b}}{h} \right) - B \left(\frac{h_0/\sqrt{b}}{h_1} \right) \right\} \quad (3)$$

となり dh/dx が与えられれば 局部的な氷の増減によるセキ上げの背水域も決めることができる。 しかしながら (3)式を用いて 水位観測地点の等流水深からの水位の变化量と求めるためには、近傍に 他の水位観測施設が必要となる。 又、 dh/dx の値は 断片的に変化し、この値を定める作業も容易ではない。

本報告においては (3)式を用いずに、水位観測地点が 背水の影響をうけず 氷厚一様の上面にあるものと仮定して 結氷期の水深 h_1 と、非結氷期の水深 h_0 が、同じ流量について どのような関係にあるかを調べてみた。 例えは、マニング公式を用い、応力項断面の水路の場合、結氷期・非結氷期を通じて 断面の粗度係数が変わらないものとするれば、同じ流量について $h_1 = 1.32 h_0$ の関係がえられる。 一様断面の場合でも、結氷期の $AR^{2/3}/n_0$ (n_0 : 氷盤と河床による合成粗度係数) と計算し、この値に等しい、非結氷期の $AR^{2/3}/n_1$ (n_1 : 河床による粗度係数) のときの水位を求めれば、この水位が非結氷期の水位-流量曲線に対応する相当水位となる。 北海道開発局の流量観測資料を用いて 各観測データ (結氷期) の相当水位を求め、水位-流量式に代入して流量を求め、実測の流量と比較したものが 図3である。 これによれば、補正値が やや小さく計算される場合もあったが、ほぼ通常の水位-流量の関係式のばらつきの程度におさまっている。

3 まとめ

セキミが局地的に滞留することによって生ずる背水の影響のない場合にあっては、結氷期の水位を補正して 非結氷期の水位-流量曲線を用いることは可能である。 今後は 氷盤の粗度係数について 資料と野積していくことが必要である。 又、セキミのある場合についての調査、研究は 今後に残されるが、水位観測所をセキミの下をくぐらないような断面へ移設するなどの抜本的な対策も考えられる。

なお、本調査を行うにあたり、北海道開発局の諸氏と 表平大志、土木工学科の皆様には多大の御援助と頂いたため、感謝の意を表します。

[参考文献]

- 1) 平山吉田長城: 結氷河川流量の推定について、土木学会第16回年次学術講演会 取集集、昭和57年10月
- 2) B. Michel: Winter Regime of Rivers and Lakes, April 1971, Cold Regions Science and Engineering M.111B1
- 3) 岸 甲三: 北海道における河川の結氷と冬期流量について、土木学会第16回年次学術講演会取集集、昭和56年。

