

岩手大学 正員 平山 健一
岩手大学 大村 政義

1 はじめに

著者らは 結氷期の河川の 流況についての調査と実施し、結氷板の形成過程や その流れに対する抵抗の大きさなどについてまとめたが、本報告では結氷板下の流速分布の実測値より その特性を調べた。結氷板の形成に伴い流れの混合、運搬機構に変化が生じ その能力が減することは いくつかの文献に発表されている。又、流量観測においても、流速別走がその精度と左右する。本報告は これらの研究の第一歩として実測資料とまとめたものである。

2 観測と資料のまとめ

流速分布の実測は 河川の氷状が比較的安定な 1~2月に北海道で行われた。使用した流速計は T.F式プロバ型流速計、同型微流速計、野外用ピトー管（ヒ-Q-付）、電磁流速計などで、氷板に穴をあけより上下の移動の可能な支持棒にとりつけて氷板下面より河床までの鉛直分布と測走した。分布測走後、2m×1m程度の大きな氷板と切りその氷との接面を観察した。氷果、流速の範囲はそれぞれ 30~200 cm, 20cm/s ~ 100cm/s の資料がえられている。流速分布は最大流速の位置と境に 河床と氷板の影響域にわけ それぞれの深さと Y_1 , Y_2 とした。次に Prandtl-Karman 型の流速分布公式 $u/u_* = \ln 30g/k \times \frac{1}{k}$ とそれぞれ領域に適用してマッソ速度 u_* , 相当粗度 k を分布より算出した。(カルマン係数 k は 0.4 とした)。これらの値を用い $Re = u_* k / \nu$ と調べ $Re < 5.0$ 以下の場合はその分布は滑面に対応しているものとみなした。河床はすべて粗面であったので氷板が滑面の場合、粗面の場合の2つに分布を分類した。又、両領域の速度と積分して平均流速 V_1 , V_2 とそれぞれ河床、氷板領域に対応して求めた。図-1は氷板滑面の場合 k_2/V_1 と k_1/Y_0 ($Y_0 = Y_1 + Y_2$) の関係と 図-2は同じく Y_1/Y_0 と k_1/Y_0 の関係を示している。同様に氷板粗面の場合に V_2/V_1 及び Y_2/Y_1 につま k_2/k_1 をパラメータにして図-3, 4にそれぞれ示した。

3 考察

結氷下の流れは結氷板の存在のため流れと外部から観測することは難しく、又 晶氷の局所的な滞留により流れが3次元性である場合も想像され 資料にある程度のバラツキは避けられない。このような流れの流速分布公式としては 本例で便宜的にあてはめた対数型の式の外に 2次曲線及び 両者の組合せなどが提案されている。本観測例でも流速分布はその最大流速付近で平坦な部分をもち、境界近くで成立していた $\log y$ と u の直線関係からはみ出てくることが認められた。図1~4に示されている曲線は 両領域に単独に対数型分布式をあてはめて導かれる式1~4に $Y_0 = 200$ cm, $k_1 = 9$ cm, $k_2 = 0.02 \sim 10$ cm, $U_{*2} = 2$ cm/s を与えて得られた計算例の結果と示してある。上記の計算条件は 資料の水理条件とは必ずしも一致しないが V_2/V_1 , Y_1/Y_0 , Y_2/Y_1

(氷板滑面の場合)

$$\sqrt{\frac{Y_1}{Y_0 - Y_1}} (8.5 + 5.75 \log_{10} \frac{Y_1}{K_1}) = \frac{5.5 + 5.75 \log_{10} \frac{U_{*2}(Y_0 - Y_1)}{U}}{U} \quad (1)$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \sqrt{\frac{Y_1}{Y_0 - Y_1}} \frac{6.0 + 5.75 \log_{10} Y_1 / K_1}{3.0 + 5.75 \log_{10} \frac{U_{*2}(Y_0 - Y_1)}{U}} \quad (2)$$

(氷板粗面の場合)

$$\sqrt{\frac{Y_1}{Y_0 - Y_1}} \left(\ln \frac{30 Y_1}{K_1} \right) = \ln \frac{30(Y_0 - Y_1)}{k_2} \quad (3)$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \sqrt{\frac{Y_1}{Y_0 - Y_1}} \frac{\ln 30 Y_1 / K_1 - 1}{\ln 30 Y_0 / k_2 - 1} \quad (4)$$

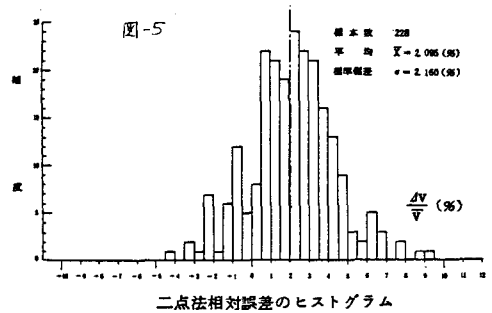
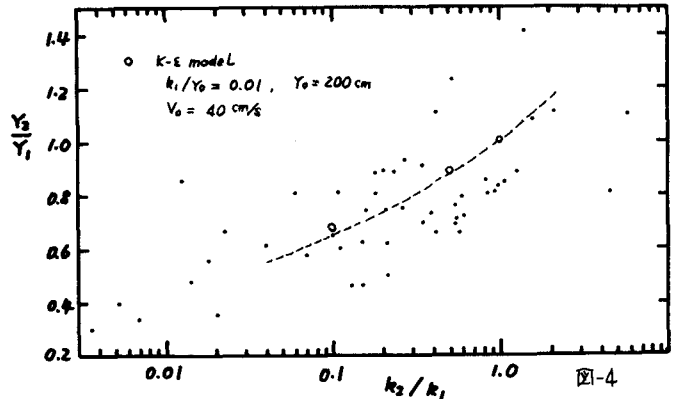
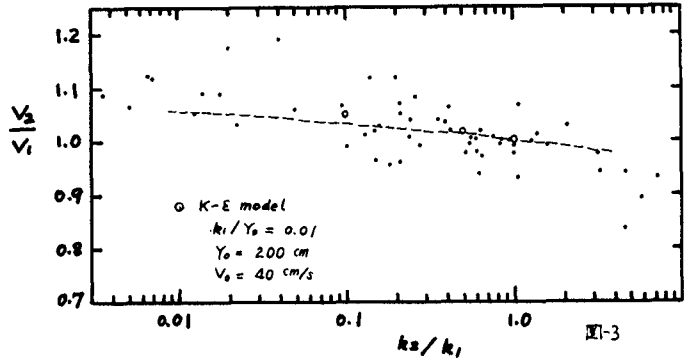
などのパラメータに対する傾向は正しいと認められる。図中の○印で示された点は Launder and Spalding の著書に紹介されている K-E 乱流モデルを用いた Lau の計算値である。結氷河川における実測値を用いた本報告では分布型の適用について明確な結論を導くことは不可能であるが例えば、滑動摩擦係数の実験にふさわしい流速分布型などにつき今後、実験、数値解析などと系統的に調べていくことが大切であろう。

4 2点法、1点法による測線平均流速

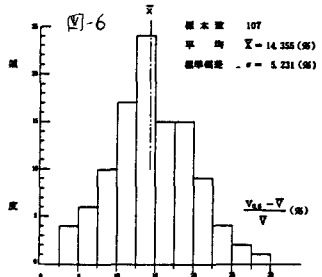
流速分布の観測結果により求められた断面測線の平均流速 $\bar{V}$ と2点法、1点法による流速との比較を行った。資料は平坦氷板、Ice rippleのある氷板、氷板下に晶氷の帯留りがある場合、晶氷流下中など種々の氷の状況にえられた335個の分布である。図-5は水深50cm以上の資料について $\Delta V / \bar{V} = \frac{1}{2} (V_{0.2} + V_{0.8}) / \bar{V} / \bar{V}$ (組し $V_{0.2}$, $V_{0.8}$ は水深の2割、8割の点の流速) と表わされる相対誤差のヒストグラムであり、同じく図-6は水深50cm以下の資料についての相対誤差の頻度分布も示している。一点法を用いる場合水深5割の点の流速を用いる方が6割流速を用いる場合よりも平均流速との相関がよいことも明らかになっている。2点法を用いる場合の流速は、真の平均流速よりやや大きくなっているが、氷板と河床の覆いの組合せにもかわらずほぼ平均流速と一致している点の実用上注目すべきである。これらの結果より結氷下の流量観測においては、次式で使用する事が望ましい。

$$(1点法) \quad \bar{V} = 0.86 V_{0.5}, \quad (2点法) \quad \bar{V} = 0.98 (V_{0.2} + V_{0.8}) / 2$$

(参考文献) (1) 結氷河川の氷理と河床特性について、平山和広他、水溝 1981, (2) Transverse Mixing in ice-covered River, Engman and Kellerhals, Water Resources Research Vol.10, No.4, 1974 82-, (3) Heat and Mass Transfer in Boundary Layer, Patankar & Spalding, Intertext Book, 1970 (4) Velocity distribution under floating ice cover, Lau, Technical note of Canada Centre for inland works, 1981.



二点法相対誤差のヒストグラム



一点法相対誤差のヒストグラム