

北海道大学工学部 正員 ○ 板倉 忠興
 北海道大学工学部 正員 岸 力
 北海道大学大学院 学生員 篠田 美樹

緒言 著者らは第30回年次講演会において、Manning-Obukhov-Lengthの考え方を取入れて浮遊砂を含む開水路流れの水理特性を統一的に説明することを試み、定性的な解析の結果を発表した。本文は引き続き同解析の定量的検証並びに理論の細部の補正を行った結果を述べたものである。

1. 理論の概要

$$\frac{du}{dy} = \frac{u_*}{k_0 y} \left(1 + \alpha \frac{y}{L}\right), \quad \frac{1}{L} = \frac{k_0 g (S-1) \omega_0 \bar{C}}{u_*^2} \quad (1)$$

$$k_0 = 0.4, \quad \alpha = 7, \quad \phi = \alpha \bar{v} / u_* L \quad (2)$$

$$\frac{C}{C_b} = \left[\left(\frac{h-y}{h-b} \right)^{1+\phi_2} \cdot \left(\frac{b}{h} \right)^{\phi_2} \right]^{\frac{1}{\phi_2}}, \quad \phi_2 = \alpha \frac{h}{L}, \quad \bar{z} = \frac{\omega_0}{k_0 u_*} \quad (3)$$

$$g_b = \int_b^h u \cdot C \, dy = u_* \bar{C} \cdot h = C_b u_* h \left(\frac{b}{h} \right)^{\frac{1}{\phi_2}} P \quad (4)$$

尚、(4)式中のPは前報のものを図-1の様に訂正する。

2. 完全浮遊の場合 清水の流れがあり、そのま

まの状態に二れに固体粒子を序々に加えて流下させると、水深は次第に小となり平均流速は次第に増加する。やがて浮遊砂が成る濃度に達すると河床に堆積が始る。即ち、そこには限界の状態が存在するはずである。浮遊砂を含む流れの流体要素についてのエネルギー方程式で、粒子を浮遊させる為のエネルギー項とエネルギー生成項との比 R_f (Hux Richardson 数) を考えると、 $\tau = g u_*^2$ として、

$$R_f = \frac{g \rho' \tau}{\tau \frac{du}{dy}} = \frac{k_0 g (S-1) \omega_0 \bar{C}}{u_*^2} \cdot y \cdot \left(1 + \alpha \frac{y}{L}\right)^{-1} = \frac{y}{L} \left(1 + \alpha \frac{y}{L}\right)^{-1} \quad (5)$$

$\alpha y/L \ll 1$ であれば、

$$R_f \approx y/L \quad (6)$$

また、湍動粘性係数(運動量輸送係数) ϵ_m は、 τ に直線分布を仮定して、

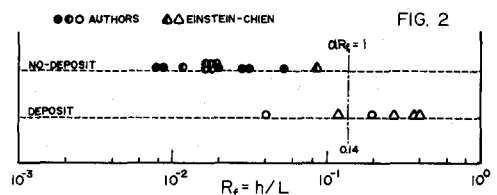
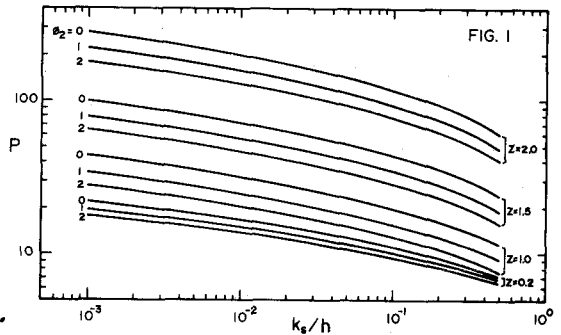
$$\epsilon_m = u_*^2 \left(1 - \frac{y}{L}\right) / \frac{du}{dy} = k_0 u_* y \left(1 - \frac{y}{L}\right) \left(1 + \alpha \frac{y}{L}\right)^{-1} \approx k_0 u_* y \left(1 - \frac{y}{L}\right) (1 - \alpha R_f) \quad (7)$$

(7)式によれば $\alpha R_f = 1$ で乱流運動が衰微する。Webbは $R_f \approx 0.2$ で気流の乱れの衰微が始ることを報告している。浮遊砂流でもこの R_f が最大浮遊砂濃度の限界条件になると考えられる。このことに関して実験資料を整理した結果が、図-2である。ただし、図-2は(6)式を $R_f = h/L$ とし定義したものである。

完全浮遊の場合の浮遊砂量は、給砂量即ち $\bar{C}$ を既知量として与えらねばならぬから、(4)式を用いて基準失濃度 C_b は、

$$C_b = \frac{u_* \bar{C}}{u_* \left(\frac{b}{h}\right)^{\frac{1}{\phi_2}} P} \quad (8)$$

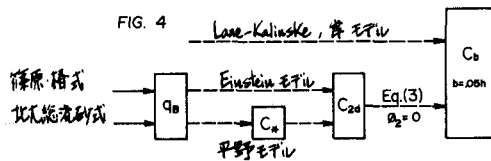
(8)式により、基準失濃度が足まり、流速分布および濃度分布が定量的に確定する。



3. 河床に堆積がある場合 一般の河川の様に掃流砂と浮遊砂が混在し、河床材料の一部が露上、2 浮遊砂を形成する場合は、諸水理量から基準集中度 C_b を推定する必要がある。 C_b が定まれば、以下は前章と同様に求めて確定することになる。

(1) 基準集中度-1 河床に近い位置における浮遊砂濃度と、 w_0/u_* の関係を調べた結果が幾つか発表されており、その中から、 $y=0.05$ 付近の資料をとりまとめると図-3 の様になる。図-3 によれば、推定される値の範囲は非常に大きいが、 w_0/u_* の値のみ知れば非常に容易に C_b の値を得ることが出来る。

(2) 基準集中度-2 掃流砂に関する研究の結果を応用して、図-4 の様な方法で、 C_b の算定を行う。例えば、Einstein 及び平野の方法によれば、砂粒粒径の 2 倍の位置における濃度が算定できる。この式において、河床付近では、 ϕ_2 の影響が小さいことから、 $\phi_2=0$ と近似しての式を外挿して C_b を算定する。図-4 に示す幾つかの方法によって C_b を推定した結果を実測値と比較したものが図-5 であり 2 倍程度の誤差で浮遊砂量を推定することが可能である。



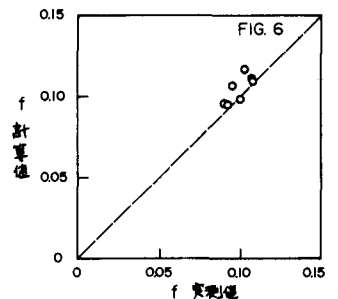
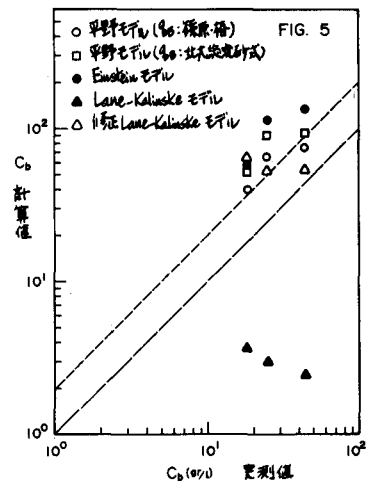
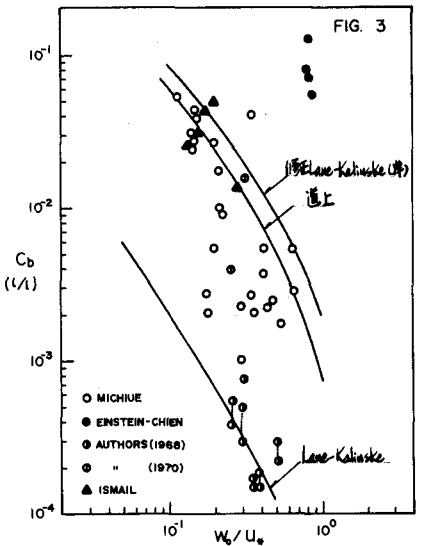
4. 浮遊砂流の抵抗 浮遊砂流の抵抗係数は、清水流の場合の抵抗係数を f_0 とすれば、(9) 式となり、 f_0 よりも小くなる。

$$\sqrt{\frac{8}{f}} = \sqrt{\frac{8}{f_0}} + \frac{\phi_2}{2h_0} \quad (9)$$

図-6 は実測値と計算値を比較したものであり、良い一致が見られる。Durand や Newitt らの管路の流れ及び Montes の研究では浮遊砂の存在は f の値を増し相対する結果となる、という。

5. 乱れの減衰 空気流の温度境界層には Nichol の実験の様に密度勾配によって乱れの強度は非常に減衰すると言われている。他方、日野の理論によれば浮遊砂流での減衰係数 β とされている。実験の結果は表-1 のように日野の考えている分類に属するものと考えられる。

本研究の実験・計算には当時の本学部学生、野中 聡、平田耕二両名の協力を得た。又、本研究には文部省科学研究費（一般研究 B）の援助を受けた。深く謝意を表します。



Run No.	y/h	$\bar{u}$ (cm/sec)	u_* (cm/sec)	F_r	R_*	$R_f = \frac{y}{L}$	$\frac{\sqrt{u'^2}}{u_*}$	Hino's theory	$\bar{C}$
SN-5	0.582	53.4	4.62	0.53	29,300	-	0.96	0.90	0
SN-6	0.611	70.7	3.91	0.87	34,500	0.0123	0.87		2.45×10^{-3}
C-20"	0.585	52.7	4.56	0.72	9,700	-	1.43	0.90	0
S-8"	0.615	55.3	4.50	0.78	9,600	0.0023	1.29		8.45×10^{-4}