

1.はじめに：水に多量の土砂を含む流れの流動機構についていくらかの事が明らかにされている。粒子が比較的大きく濃度が高い場合にはダイラタント流体モデルが、また粒子が小さく高濃度の場合にはビンガム流体モデルがそれぞれ適用できることが明らかにされている。またいずれの場合も濃度が非常に低くなればニュートン流体とみなすことができよう。しかしどの程度の粒径からダイラタントからビンガムへ、またどのような濃度からニュートン流体として扱うことができるかなどはまだ十分明らかでない。が、高濃度であるならば、 $d=0.17\text{ mm}$ 程度までほぼダイラタント流体的であることを明らかにした¹⁾。またこの粒径における濃度変化による流動機構の変化の特徴も示したが、従来のモデルでは一貫して説明することができない。ここでは新たにモデルを示すとともに実験結果との比較を考察する。

2.流動理論：水の中に粒子を多く含む場合、粒子どうしの衝突による運動量の伝達と、粒子及び流体の一群が移動することによ、て生じる運動量の交換とが考えられ、せん断力は、

$$\tau = a_i \sin \alpha \cdot (\lambda d)^2 \left(\frac{du}{dy} \right)^2 + (1-c) \rho_f l_f^2 \left(\frac{du}{dy} \right)^2 + c \rho_p l_p^2 \left(\frac{du}{dy} \right)^2 \quad \dots (1)$$

と表わせる。ここに、 ρ ：水及び粒子の密度、 d ：粒径、 α ：粒子どうしの衝突角、 c ：粒子の容積濃度、 l_f, l_p ：流体及び粒子の混合距離、 $\lambda = 1/c_g$ ：線濃度、 a_i ：定数。式(1)の右辺第一項はBagnoldによる粒子どうしの衝突による応力の効果であり、第二、第三項は流体及び粒子の一群が移動することによ、て生じる応力の項である。いま比較的粒子が小さく $u_p = u_f$ 、 $l_p = l_f$ となるような流体を考えると式(1)は、 $\tau = a_i \sin \alpha \cdot (\lambda d)^2 \left(\frac{du}{dy} \right)^2 + \rho_m l^2 \left(\frac{du}{dy} \right)^2$ 、 $\rho_m = \rho + (a-p) \cdot c$ $\dots (2)$

と表わすことができる。開水路において水深方向に土砂濃度が一定であるとするならば、せん断力は

$$\tau = g \rho_m \sin \theta (h-y) \quad \dots (3) \quad \text{とすることが出来る。ここに、} g: \text{重力加速度、} \theta: \text{水路向配、} h: \text{水深である。式(2)と式(3)がつかい合、ているとし、混合距離を } l = K y \quad \dots (4) \text{ と仮定し、}$$

$1 \gg \frac{y}{h}$ なる近似を行ない、これを解くと、

$$u = \frac{u_0}{K} \ln \left| \frac{2Ky + 2\sqrt{K\{Ky^2 + a_i \sin \alpha \left(\frac{\rho}{\rho_m} \right) (\lambda d)^2\}}}{2Ky_0 + 2\sqrt{K\{Ky_0^2 + a_i \sin \alpha \left(\frac{\rho}{\rho_m} \right) (\lambda d)^2\}}} \right| + A. \quad \dots (5)$$

となる。ここに、 A ：積分定数、 $u_0 = \sqrt{2h \sin \theta}$ 。そして境界条件として、 $y = y_0$ で $u = 0$ とすると、

$$\frac{u}{u_0} = \frac{1}{K} \ln \left| \frac{2Ky + 2\sqrt{K\{Ky^2 + a_i \sin \alpha \left(\frac{\rho}{\rho_m} \right) (\lambda d)^2\}}}{2Ky_0 + 2\sqrt{K\{Ky_0^2 + a_i \sin \alpha \left(\frac{\rho}{\rho_m} \right) (\lambda d)^2\}}} \right| \quad \dots (6)$$

となる。ところで式(6)は $c \rightarrow 0$ 、すなわち $\lambda \rightarrow 0$ において清水における理論と適合しなければならぬ。したが、て壁面が滑らかな場合について考えると、清水において y_0 は壁面のせん断力で、流体の密度および動粘性係数 ν の関数であることが明らかにされてあり、 $y_0 = \frac{a \nu}{u_*}$ 、 $a = 9.025$ $\dots (7)$ とすることが出来る。よって河床が滑らかな場合の流速分布式は次式のように表わせる。

$$\frac{u}{u_*} = \frac{1}{K} \ln \frac{\frac{y}{h} + \sqrt{\left(\frac{y}{h} \right)^2 + \lambda^2 \left(\frac{a_i \sin \alpha}{\rho_m} \right) \left(\frac{\rho}{\rho_m} \right) \left(\frac{d}{h} \right)^2}}{\frac{a}{R_*} + \sqrt{\left(\frac{a}{R_*} \right)^2 + \lambda^2 \left(\frac{a_i \sin \alpha}{\rho_m} \right) \left(\frac{\rho}{\rho_m} \right) \left(\frac{d}{h} \right)^2}}, \quad R_* = \frac{u_* R}{\nu} \quad \dots (8)$$

