

九州大学工学部 正 員 中山比佐雄

九州大学大学院 学生員 橋本 晴行

I. まえがき 本文はシラス斜面の流水による侵食特性を実験的に明らかにし、勾配、給水量を大幅に変えて流速係数、濃度と勾配との関係などを求めた。

II. 実験装置及び方法 長さ2m、幅0.4m、高さ0.75mの両面アクリル製水路に傾斜角 5° 、 10° 、 20° の斜面をつくり下流端に堰を設けて固定した。用いたシラスは密度 2.42 g/cm^3 、平均粒径 $d_m = 0.045 \text{ mm}$ の宮崎産シラス(図1)である。各勾配毎に片方のアクリル面に沿って上流より流量25, 50, 75, 150 cc/sを給水した。測定は横断形状、縦断形状、流量 Q 、流砂量 Q_s 、水深 h 、水面幅 b を適当な時間間隔で測定し、またモータードライブカメラを用いて縦断形状の急激な変化を撮映した。

III 実験結果と考察

1) 侵食の特性 図2のように給水の開始と同時に斜面に多数の微小な擾乱が発生し、時間の経過と共にこれが統合されて5~6個の階段状を呈し、これが水平方向に移動することにより斜面の鉛直方向の侵食が行われる。このとき側方侵食はきわめてわずかである。また下流端から傾斜角 5° 位の斜面が伸びてきて、階段状侵食の上流への移行に伴って上流へ翹上して階段の消滅と共に平坦な斜面となる。鉛直方向の侵食は階段状侵食が進行しているときに急激に起り、これが減衰してきて斜面傾斜角 8° 位で側方侵食が起こり、 5° で側方侵食と鉛直侵食はきわめて緩やかになる。この階段状を呈することは砂

斜面の流水による侵食と比較して著しく異なっている。

図3は階段の水平移動を示し、図4はそれに伴う波高変化を示したものである。シラス斜面の微小擾乱、階段状侵食、平坦斜面への移行という侵食過程のメカニズムの解明は今後の課題である。

2) 流砂量 無次元流砂量 $\bar{Q}_s = \frac{Q_s}{\sqrt{g} d_m^3}$ と無次元有効掃流力 $\bar{u}_{*e} = \frac{u_{*e}}{u_{*c}}$ の関係は図5のようになり、掃流力

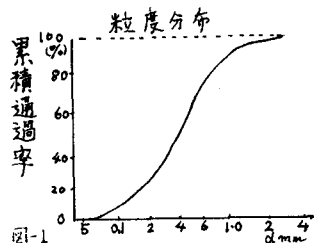


図-1

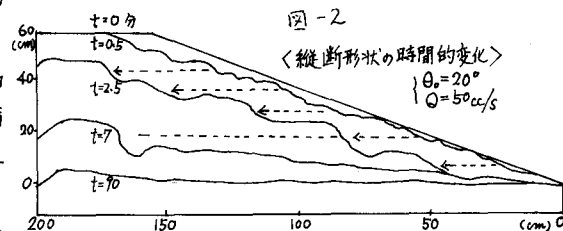
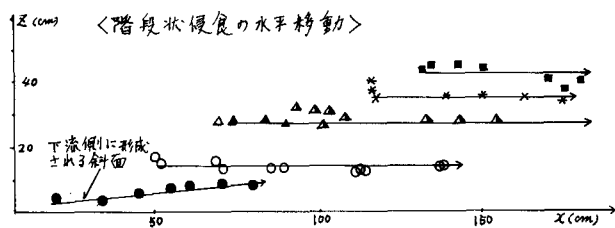


図-2

〈縦断形状の時間的変化〉
 $\theta_0 = 20^\circ$
 $Q = 50 \text{ cc/s}$



〈階段状侵食の水平移動〉

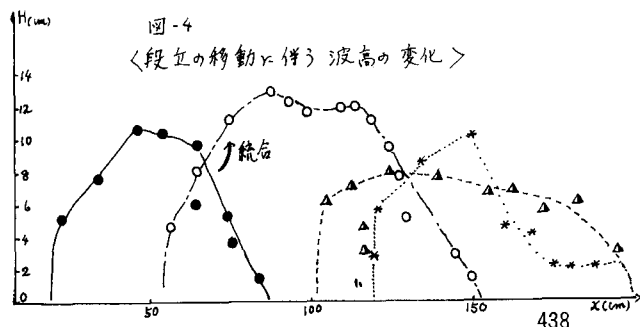
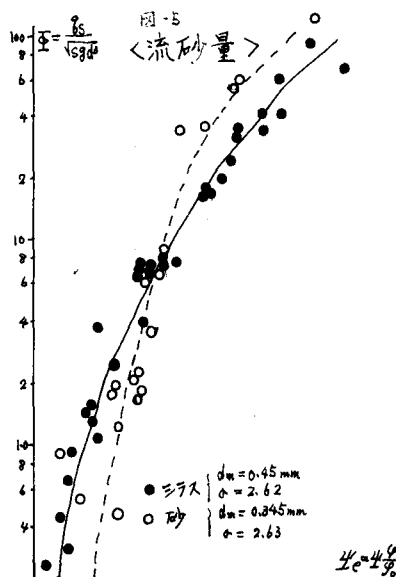
図-4
〈段立の移動に伴う波高の変化〉

図-5

〈流砂量〉

● シラス $d_m = 0.045 \text{ mm}$
 $\rho = 2.62$
○ 砂 $d_m = 0.345 \text{ mm}$
 $\rho = 2.63$

$\bar{u}_{*e} = \frac{u_{*e}}{u_{*c}}$

の小さな場合、ミラスは同じような粒径と密度をもった砂より流れやすく、掃流力が大きくなるにつれてミラスは砂より流れにくくなるという結果が出ている。また濃度 C_0 に関しては図6のように砂は0.6で頭打ちになるがミラスは0.3で頭打ちとなり図5の傾向を反映している。

3) 流速係数 ミラスを高濃度に含んだ流体は粘性流体と考えられる。そこでこの流体を層流的なビンガム流体と仮定する。

$$\tau - \tau_y = \mu_b \frac{du}{dy} \quad \tau_y = \rho g h \sin \theta (1 - a_*)$$

ここに τ_y : 剪断降伏値, μ_b : 粘性度, a_* : 流速勾配のある部分を水深で除した値。これらの物理的意味は不明であるが、河床 $y=0$ で $u=0$ の条件で解くと

$$\varphi = \frac{u_m}{u_*} = \left[\frac{\rho_T}{\mu_b} \cdot \frac{\mu_b}{\rho_b} \cdot \frac{a_*^2 (3 - a_*)}{6} \right]^{\frac{1}{2}} = \left[\frac{\rho_T}{\mu_b} \chi \right]^{\frac{1}{2}}$$

ここに μ_b : 水の動粘性係数, μ_b : ミラス流体の動粘性係数, ρ_T : 下流端

での単位幅流量, $\chi = \frac{\mu_b}{\rho_b} \cdot \frac{6}{a_*^2 (3 - a_*)}$ 。ここで χ は濃度あるいは勾配 I の関数と考えられ、 $\varphi / \left(\frac{\rho_T}{\mu_b} \right)^{\frac{1}{2}} = \chi^{\frac{1}{2}}$ と濃度との関係を求めると図7のようになり

$$\varphi / \left(\frac{\rho_T}{\mu_b} \right)^{\frac{1}{2}} = \begin{cases} 0.091 C_0^{-0.11} & C_0 \leq 0.116 \\ 0.013 C_0^{-1} & C_0 \geq 0.116 \end{cases}$$

また前報で述べたように水深 R と単位幅流量 q_b の間には $R \propto q_b^{\frac{1}{3}}$ が

$$b \text{ と } R \text{ については } \frac{b}{R} = \begin{cases} 9.30 & I \leq 0.055 \\ 0.511 I^{-1} & I \geq 0.055 \end{cases}$$

$$\text{径深は } R = \frac{R}{1 + \alpha \frac{b}{R}} \quad (1 < \alpha < 2) \text{ とすると}$$

$$q_T = R \varphi u_* \text{ より } \varphi \propto \left(\frac{R}{\frac{b}{1 + \alpha \frac{b}{R}}} \right)^{\frac{1}{2}}$$

これらより $I / (1 + \alpha \frac{b}{R}) \propto \chi = \frac{\rho_T}{\mu_b} \cdot \frac{1}{\varphi^2}$ 。これは図8に示すようにはば成立する。

また ρ_T と R の関係より

$$R \left[\frac{\rho_T}{\mu_b} \cdot \frac{1}{1 + \alpha \frac{b}{R}} \right]^{\frac{1}{2}} = \chi^{\frac{1}{2}} = f(C_0)$$

となりこれは図9に示してある。

以上よりミラスを高濃度に含む流体は粘性流体としての取り扱いが妥当であることがわかった。

IV、結句 ミラス斜面の侵食は砂斜面に比べてきわめて鉛直方向の侵食が強く、またその侵食過程に階段状侵食が存在するのの特徴であり、その流れは粘性流体として良いことが分った。また斜面の不安定性から階段状侵食の発達及びその減衰に至るメカニズムの解明及び濃度が砂にくらべて半分位の濃度で頭打ちがみられることは今後検討を要する。

V、謝辞 本研究に当り、九州大学の橋本一郎教授、藤田和夫氏、九州大学卒業生池水隆樹氏、秋山寿一郎氏には多大の指導と助力を受けた。ここに記して謝意を表します。

参考文献

1) 中山、福田、橋本、池水：ミラスの流送と侵食について、西部支部研究発表会講演集、S 52.2。

