

九州大学工学部 正員 椿 東一郎
 九州大学工学部 正員 山内 豊聡
 九州大学大学院 学生員 ○福田 幸司

まえがき

南九州に広く分布している特殊土壌シラスは水にきわめて弱く、豪雨による斜面の侵食、崩壊、流動などによる大きな災害の原因となっている。本文はシラス地帯の崩壊、流動特性を水理学と土質力学の両面から究明する試みの第1歩をなすもので、薄層流によるシラスの流砂量について実験を行ない、普通砂の流砂量式と比較して、シラスの流送特性を把握するとともに、シラスの流砂量式を提示したものである。

実験の方法

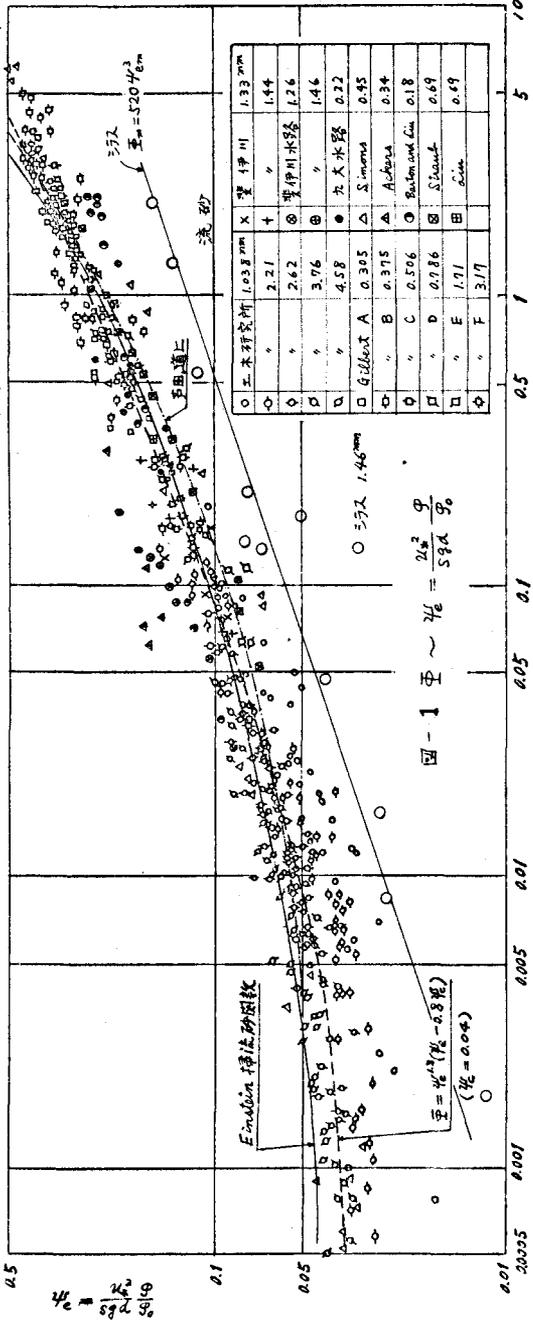
長さ4m、幅20cmの水路に、10cmの厚さにシラスをしき、射流の等流状態における流砂量を測定した。用いたシラスは鹿児島産のもので、1.9/cm以上の大きな粒径の軽石を除いてフルイ分けた粒度特性を表1に示す。シラスは河床砂にくらべて、広範な粒度分布をもつこと、比重の小さいことが特徴であるが、とくに水中比重は粒径0.2cmを境にして大きく変化している。顕微鏡写真などによると、 $d \geq 0.2\text{cm}$ のものは、軽石的で内部はポーラスであり、水中比重はきわめて小さい。 $d < 0.2\text{cm}$ の細砂分は、 $S = 1.4 \sim 1.5$ 程度ではほぼ一様であるが、ガラスをくたいたような破片状の形をもつ。これらの形状特性が、流砂量に大きく影響することが予想される。

表1

粒径範囲 (cm)	ib	d_i (cm)	d_i/d_m	水中比重 S
1.91 ~ 0.952	0.02	1.352	9.26	0.44
0.952 ~ 0.476	0.042	0.673	4.61	0.69
0.476 ~ 0.200	0.075	0.309	2.12	0.84
0.200 ~ 0.084	0.129	0.130	0.89	1.49
0.084 ~ 0.042	0.184	0.063	0.432	1.45
0.042 ~ 0.025	0.167	0.032	0.219	1.38
0.025 ~ 0.0105	0.229	0.0162	0.111	1.37
0.0105 ~ 0.0074	0.067	0.0088	0.0603	1.40

実験の結果とその考察

図-1は、シラスを平均粒径 $d_m = 0.146\text{cm}$ 、平均水中比重 $S = 1.29$ の一様砂とみなし、流砂量 Q_s の無次元強度 $\bar{Q}_s = Q_s / \sqrt{Sg} d_m^3$ と有効掃流力 $u_{*m} = U_*^2 / Sg d_m$ (%) との関係を示したもので、図には、既在の流砂実験の結果もプロットされている。普通砂の流砂実験資料については、篠原・椿の



式、及び芦田・道上の式

$$\Phi_{ri} = \frac{i_r q_r}{i_b \sqrt{S_i g d_i^3}} = 17.4 \frac{u_{*c}^2}{u_{*c}^2} (1 - \frac{\phi_{ci}}{\phi_i}) (1 - \sqrt{\frac{\phi_{ci}}{\phi_i}}) \quad \dots [1]$$

で、 $i_b = i_r = 1$, $S_i = \bar{S}$, $d_i = d_m$, $\phi_i = \phi_{em}$, $u_{*c}^2 = u_{*c}^2 (\frac{g}{g_0})$ とおいた式がよく適合している。明らかに、シラスの流砂量は、普通砂の流砂量にくらべて、数倍程度大きい。また 限界掃流力 u_{*c}^2 の値は、普通砂の $u_{*c}^2 / S g d = 0.04$ よりもかなり小さく、低い ϕ_{em} の値に対しても限界掃流力の影響は現われず、実験式としては次式のような

$$\Phi_{Tm} = K \phi_{em}^3 \quad K=520 \quad \dots [2]$$

次に、シラスを混合砂とし、粒径毎の流砂量 $\Phi_{ri} = i_r q_r / i_b \sqrt{S_i g d_i^3}$ を粒度ごとの掃流力 $\phi_{ci} = u_{*c}^2 / S_i g d_i$ に対してプロットしたものが、図-2である。図には、Egiazaroffなどの式によって ϕ_{ci} を計算し、式(1)によって Φ_{ri} を計算した結果も示している。シラスの ϕ_{ci} が砂の ϕ_{ci} にくらべてかなり小さいこと、砂の Φ_{ri} が ϕ_{ci} において $\Phi_{ri} \propto \phi_{ci}^2$ であるのに対して、シラスでは低い ϕ_{ci} から各粒径とも

$$\Phi_{ri} = K_i \phi_{ci}^3 \quad \dots [3]$$

に沿い、その Φ_{ri} の値は砂にくらべて著しく大きい。もともと、シラスの流送性のよいことはよく知られており、水搬送工などに適用されているが、その理由としては、比重の小さいことが上げられてきた。図-2では、粒子の比重の影響は一応式に含まれているので、シラスと砂との Φ_{ri} が大きく異なるのは、シラスの粒子性状に起因するものと考えられ、今後詳しく検討する予定である。

シラスの流砂量式

(3) 式の K_i を d_i/d_m に対してプロットすると図-3に示すように、ほぼ $K_i = 430 (d_i/d_m)^{5/2}$ となる。それ故 (2) 式の $i_r q_r / i_b$ は

$$\frac{i_r q_r}{i_b \sqrt{S_i g d_m}} = 430 \frac{u_{*c}^5}{(S_i g d_m)^{5/2}} \left(\frac{d_m}{d_i} \right)^{1/2} \left(\frac{g}{g_0} \right)^{3/2} \quad [4]$$

となる。浮流砂との関連において、なお、多くの検討すべき事柄が残されているが、掃流型式によるシラスの流砂量式として、(4) 式を提示しておく。

