

植生流れにおける限界掃流力と流砂量について

佐賀大学大学院 学生会員 大津 龍二, 田中 康浩
 佐賀大学理工学部 正会員 渡辺 訓甫, 野口 剛志
 松尾建設株式会社 正会員 渡辺 満

1. はじめに

著者らは、模擬植生を配置した移動床水路を用いて植生流れの流砂量に関する実験的な検討を行い、植生流れにおける流砂の輸送形態を明らかにするとともに、流砂量は非植生流れの流砂量式に適合しないことを示した¹⁾。本文は、さらに広範な水理条件下で実験を行い、有効掃流力の算定法を検討し、植生層内の限界掃流力及び掃流力と流砂量との関係について考察を行ったものである。

2. 実験

実験は、有効長 20m、幅 0.4m、高さ 0.4m の可変勾配水路で行った。模擬植生として図-2 に示すように直径 $D_1=3.1\text{mm}$ の円柱を千鳥状に、直径 $D_2=8.0\text{mm}$ の円柱を正方形に水路全面に配置し、非水没型とした。表-1 に植生間隔 S 、植生密度 λ を示す。河床砂には、粒径 $d=0.987, 0.701, 0.335\text{mm}$ の一様砂を用いた。限界掃流力は、不等流状態で通水して砂粒の移動開始地点を目視により探し、そこでの底面剪断応力とした。流砂量は、等流状態で通水して移動床末端に設置した採砂箱で採砂して求めた。なお、採砂する箇所を植生層内とするため採砂箱上にも植生を配置した。実験は、流量 $Q=3,300\sim 14,975\text{cm}^3/\text{sec}$ 、河床勾配 $I_b=1/1,000\sim 1/72$ の範囲で行った。

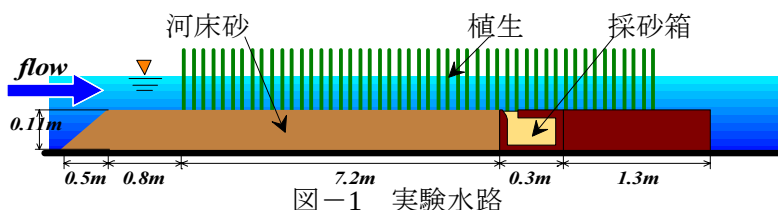


図-1 実験水路

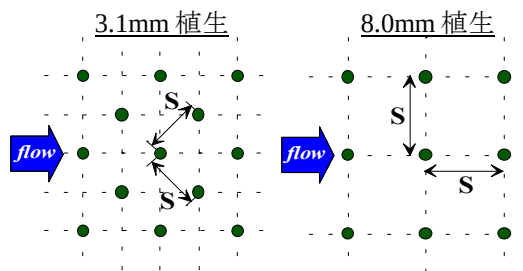


図-2 植生配置

表-1 植生直径・植生密度

D (mm)	S (cm)	λ
3.1	2.12	0.0168
	3.11	0.0078
	4.24	0.0042
8.0	4.90	0.0231
	6.53	0.0135
	9.80	0.0064

3. 実験結果と考察

3.1 有効掃流力の算定

1次元の力のつり合い式(1)を用い、全剪断応力から植生抵抗を減じることにより底面剪断応力を算出した。植生抵抗に関する代表流速として植生前面における鉛直平均流速 $\bar{u}$ を用いた。図-3 は $\bar{u}$ と断面平均流速 U の関係を示したもので、 $\bar{u}/U$ は植生密度 λ によって若干異なるが、平均的に 3.1mm 植生で $\bar{u}/U=0.8$ 、8.0mm 植生で $\bar{u}/U=0.6$ であった。

$$\rho g h I_e = \rho u_{*e}^2 + \frac{1}{2} \rho C_D \bar{u}^2 D h \frac{1}{S^2} \quad (1)$$

u_{*e} : 底面摩擦速度 I_e : エネルギー勾配
 C_D : 抵抗係数 h : 水深

3.2 限界掃流力

図-4 は、限界掃流力 $\Psi_c = u_{*c}^2 / sgd$ の実験結果をシールズダイアグラム上にプロットしたもので、著者らの以前の実験結果を上記の算定法により算出したものも同時にプロットしている。明らかに植生流れにおける限界掃流力は、非植生流れにおけるそれより大きく、植生密度 λ の増加と共に増大していくことがわかる。

キーワード：植生流れ、有効掃流力、限界掃流力、掃流砂量

連絡先：〒840-8502 佐賀市本庄町1番地 Tel: 0952-28-8685 Fax: 0952-28-8699

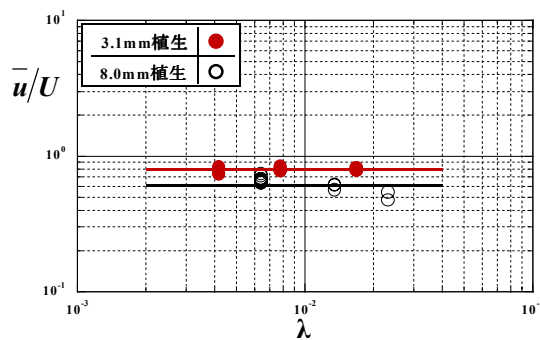


図-3 $\bar{u}/U$ と λ の関係

また、植生密度が同じ程度のものであっても植生直径が小さいと限界掃流力は大きくなる。これは植生直径が小さい程流れの空間スペースが小さく、後流の影響も顕著でなくなるためであると考えられる。

3.3 流砂量

図-5 は実験（以前の結果^{1) 2)}も含む）より得られた流砂量 $\Phi = q_b / \sqrt{sgd^3}$ (q_b : 単位幅流砂量) を、上述の算定法に基づき求められた有効掃流力に対してプロットし、芦田・道上式と比較したものである。図中の破線は岩垣式で求めた限界掃流力を用いた場合であり、図-5(a) に示すように有効掃流力を用いても植生流れの流砂量は芦田・道上式によるそれに比してかなり過少である。図-5(b)～(f) は、植生直径、粒径毎の流砂量を示したものであり、図中の実線は各粒径の限界掃流力の値として植生密度毎に平均した実験値を用いた場合である。若干のばらつきはあるものの芦田・道上式との適合性はかなり良好で、図-5(a) に対する説明がつけられる。限界掃流力として各植生密度における実験値を用いると、植生流れにおける流砂量に対する芦田・道上式の適合性が認められ、植生流れにおける流砂量の推定は限界掃流力の評価に大きく規定されることがわかる。8.0mm 植生（図-5(f)）の一部資料では波高 0.5～1.4cm、波長 20～30cm の dunes が形成されており、ここではその抵抗が考慮されていない。また、植生周りの洗掘孔、植生後方の sand ridge などの影響が有効掃流力に評価されていないことも原因でばらついてはいるが、植生流れの流砂量をかなり説明できた。

4. おわりに

植生流れにおける限界掃流力を用いることで、植生流れの流砂量の算定に従来の流砂量式が適用可能であることを示した。今後は、植生周りの洗掘孔や河床波の抵抗について検討を加える予定である。

【参考文献】

1) 大津龍二・渡辺 満・渡辺訓甫・野口剛志・毛利知広: 植生流れにおける流砂の輸送形態と流砂量について, 土木学会第 56 回年次学術講演会講演概要集, II-128/256, 2001.

2) 毛利知広・渡辺満・H.M.Nagy・渡辺訓甫: 植生流れにおける掃流力と掃流砂量に関する実験的研究, 土木学会第 55 回年次学術講演会講演概要集, II-38/305, 2000.

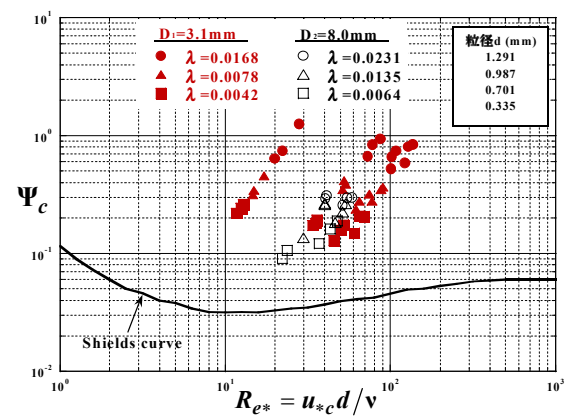


図-4 植生流れにおける限界掃流力

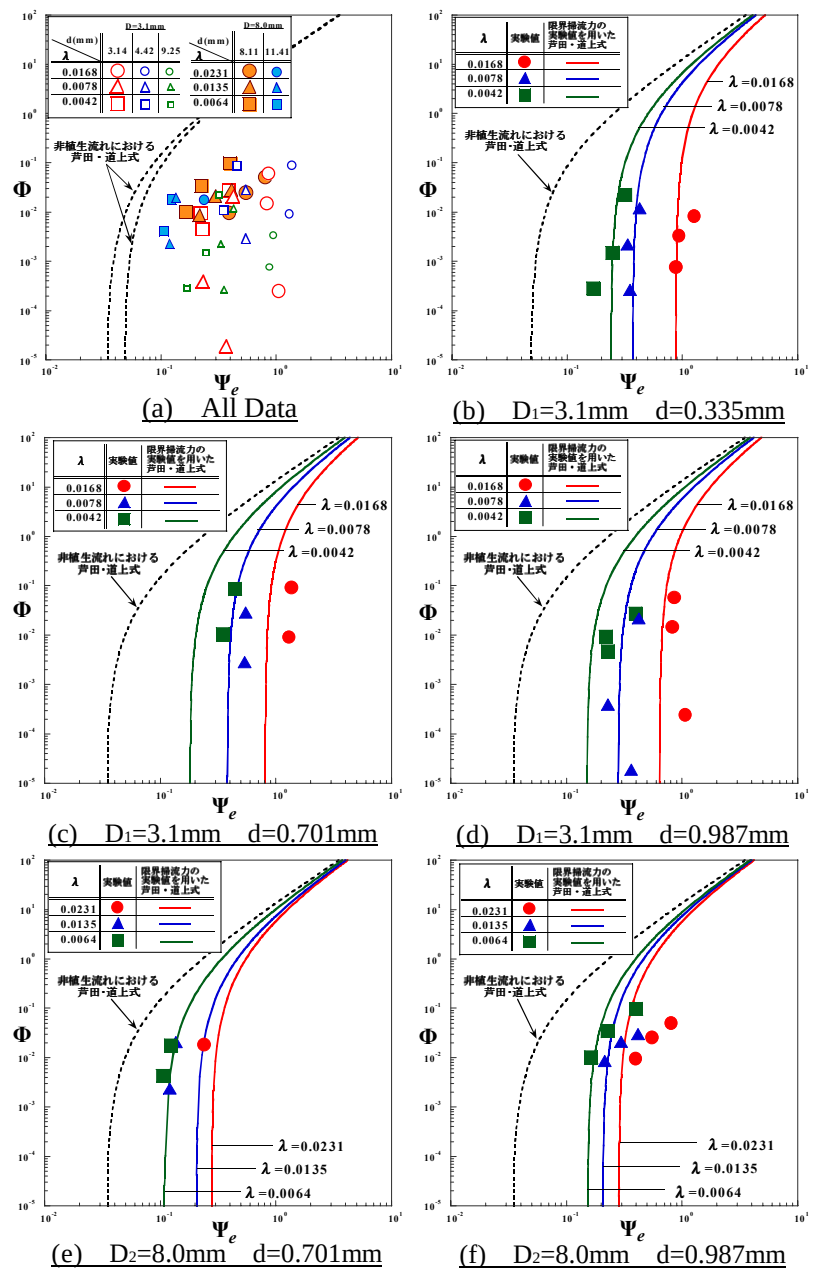


図-5 植生流れの流砂量