

## 水没する植生が河床材料の移動限界に及ぼす影響に関する実験的研究

広島大学大学院工学研究科 学生会員 ○地曳 海渡  
 広島大学大学院工学研究科 フェロー会員 河原 能久

### 1. 研究の背景と目的

現在,川づくりでは多自然川づくりが基本となっており,河川環境を保全するために植生が活用されている。しかし,植生は,流水抵抗となるだけでなく,土砂を捕捉することによって河床形状を固定化するなど,治水水面に対しての問題を引き起こす。河川を総合的に管理していく上で,植生の影響を明らかにしておくことは重要である。そこで本研究では研究事例の少ない植生域内部での土砂移動に注目した。

植生を有する流れ場(以下,植生流れとよぶ)での河床材料の移動限界について研究され始めている。大津ら<sup>1)</sup>は幅40cmの実験水路に非水没で円柱形の変形しない植生モデルを一定間隔で設置し,植生密度 $\lambda$ と河床材料である土砂の粒径を変化させて移動限界を観察した。なお,植生密度( $\lambda \equiv \pi D^2 / (4S^2)$ ,  $D$ :植生の直径,  $S$ :植生の設置間隔)とは平面的に植生の合計面積が底面積に占める割合である。彼らは河床に作用する限界掃流力を流下方向の力のつり合いから求めた有効なせん断応力を用いて算出している。実験結果をシールドズ曲線と比較したものが図1である。植生流れでは限界掃流力が著しく増加し,植生が密になるほど移動しにくくなると報告している。

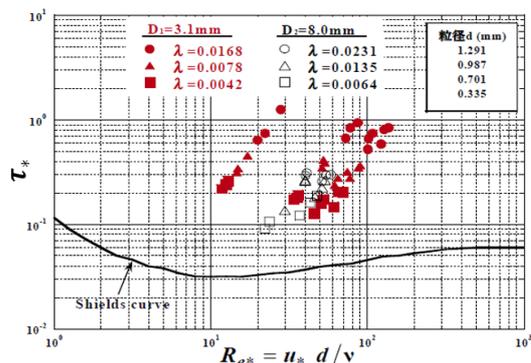


図1 非水没の植生流れでの限界掃流力<sup>1)</sup>

このように水没しない植生流れでの河床材料の移動限界については研究され始めているが,水没する植生を扱ったものはない。そこで本研究では水没する植生流れでの河床材料の移動限界を明らかにすることを目的とする。そのために実験水路において植生の水没の程度と植生密度を変化させ,土砂の移動限界を観察する。得られた結果を既往の研究成果と比較し,植生が河床材料の移動限界に及ぼす機構と限界条件を考察する。

### 2. 実験方法

実験は幅10cm,長さ480cmの直線水路で行う。円柱形で変形しない植生モデルとして直径3mm,高さ8.5cmの竹ひごを用いた。河床材料は水中比重1.65,平均粒径0.8mmの砂を用いた。植生が存在しない流れ(Case 1)と植生流れ(植生密度の異なる3ケース,Case 2~4)において,砂の移動限界の観察を行った。水没しない植生流れでの移動限界時の水深を $h_s$ と基準として,水没する植生の高さ $h_v$ を $h_s$ の2/3,1/3とした。このときに河床勾配は固定した。水路の上流から100~400cmの範囲を植生域とし,等流となった200~300cmの範囲で水深と水面勾配を計測した。移動限界の上流端から250cm下流の地点で判断した。横断方向に糸を張り,そこを通過する土砂が3粒/秒となったときを移動限界とした。また,下流端で流量を計測した。

### 3. 実験結果および考察

#### 3.1 植生流れの流速分布と底面剪断応力

安瀬地ら<sup>2)</sup>は水没する植生流れを図2のように2層の平均流速に分けてモデル化した。

$$\text{植生層 } u_1 = \frac{u_*}{\alpha^2 h_v^2 \kappa} (1 - \exp(-\alpha h_v)) \dots (1) \quad \text{表面層 } u_2 = \frac{u_*}{\kappa} \left[ \frac{h}{h-h_v} \ln \left( \frac{h}{h_v} \right) - 1 \right] + \frac{u_*}{\alpha \kappa h_v} \dots (2)$$

キーワード 植生流れ, 移動限界, 限界掃流力, 水没植生

連絡先 〒739-8527 東広島市鏡山 1-4-1 広島大学大学院工学研究科社会基盤環境工学専攻 TEL: 082-424-7821

$(\alpha = (\lambda C_D / 4\kappa^2 h_v^2)^{\frac{1}{3}})$   $u_*$  : 境界面の摩擦速度  $C_D$  : 抵抗係数  
 また、植生密度は1に比較して十分に小さいので、底面に作用する有効せん断応力は次式から求められる。

$$\rho g h l_e = \tau_e + \frac{1}{2} \rho \beta u_1^2 C_D D h_v \frac{1}{S^2} \quad (3)$$

$(u_1$  : 植生層における植生前面の平均流速  $\tau_e$  : 有効せん断応力,  
 $\beta$  : 運動量補正係数  $h_v$  : 植生高さ)

### 3.2 非水没の植生の影響

図3に実験結果をシールズ曲線と併記している。植生が存在しない流れでの無次元限界掃流力はシールズ曲線にほぼ重なっている。また、丸印で示した水没しない植生流れでは、無次元限界掃流力がシールズ曲線より上方に位置しており、大津らの結果と一致している。しかし、本実験で得られた限界掃流力と粒子レイノルズ数はともに、大津らの結果を下回っている。これは、今回の実験では、水深が1.5 cm程度と大津らの実験の水深5 cmに比較して小さく、移動限界時の摩擦速度が小さいためと推測される。

### 3.3 水没する植生での比較

水没する植生流れでの有効な底面せん断応力(摩擦速度)は式(3)から算出した。運動量補正係数 $\beta$ は水没植生が低くなるほど植生層の流速分布が一様分布から離れると予想されるため、 $h_v/h_s=2/3$ のときは $\beta=1.0$ に、 $h_v/h_s=1/3$ のときは $\beta=1.1$ とした。また抵抗係数 $C_D$ はすべてのケースにおいて1.0とした。水没植生の高さの変化に応じた限界掃流力を図4に示す。 $h_v/h_s=1$ の限界掃流力は非水没時のものを、 $h_v/h_s=0$ の値は植生が存在しない流れでの値である。 $\lambda=0.0177$ ,  $0.0044$ については、 $h_v/h_s=1/3$ のときに植生なしの場合より限界掃流力が減少している。また、植生密度が疎であるほうがより減少している。これは植生密度が一定値より小さくなれば、水没植生は河床材料の移動限界を減少させる可能性があることを示している。

## 4. 結論と課題

水没していない植生は河床材料の限界掃流力を増加させることを確認した。しかし、水没する植生は、植生密度と植生高さによっては限界掃流力を減少させることが判明した。今後、広幅の水路において、移動限界時の水深を増加させ、流速分布や植生に作用する流体力を直接測定しながら、信頼性の高い実験結果を求めていく予定である。また、河床材料の粒径や比重、植生配置などを変化させ、適用性の広い移動限界条件式を導出するつもりである。

### 参考文献

- 1) 大津ら：植生流れにおける限界掃流力と流砂量について，土木学会第57回次学術講演会，II-189，2002.
- 2) 安瀬地ら：水没した植生群を有する流れの抵抗則に関する研究，農業土木学会全国大会講演要旨集，2005.

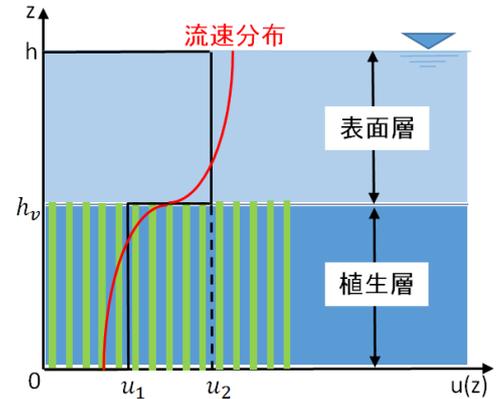


図2 植生流れのモデル

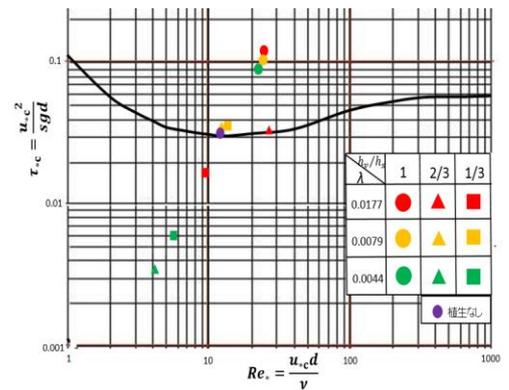


図3 移動限界に関する結果

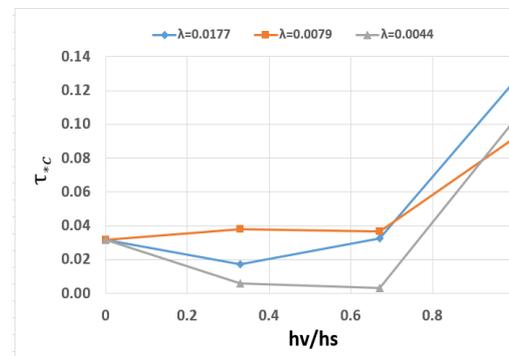


図4 植生密度と植生高さの変化に対する限界掃流力