

樹林帯における土砂・水混相流の特性に関する実験

九州大学工学部 ○学生員 玉松 潤一郎
九州大学工学部 正 員 橋本 晴行

九州大学工学部 正 員 平野 宗夫
九州大学大学院 学生員 多川 博章

1.はじめに

樹林帯は水害防災林、飛砂防災林、防雪林など防災的機能を持つものとして現在に至るまで数多く利用されてきた。近年、自然環境的な側面からも樹木がクローズアップされ、その機能について様々な研究が行われるようになってきた。土石流などの土砂災害に対しても、樹林帯は水理学的に大きな粗度と見なすことができ、流出土砂を堆積させる効果のあるものとして注目され、検討されている。しかしながら、その機能については、定量的に十分評価されていない。本研究は、実験水路内に樹林帯の模型を設置し、土砂・水の混相流を発生・流下させ、その内外の水深・平均流速及び土砂の堆積状況などを検討したものである。

2.実験方法

実験に使用した水路は、全長12m、幅15cmで片側アクリルライト製の変可勾配水路である。上流側7mは移動床、下流側5mは固定床とし、さらに下流端から3mの区間には全水路幅にわたって樹木の模型を設置して樹林帯とした。水路図は図-1のようになる。また、樹木の模型には直径 $D=4.0\text{mm}$ のステンレス丸棒を用い、樹木は6cm間隔で千鳥状に配置した。樹林帯密度 λ （河床単位面積に占める樹木の断面積）、密生度 a （流体単位体積あたりの樹木の遮蔽面積）は表-1のようになる。なお、種類A、Bにおいては前報の実験¹⁾を参照した。

河床材料は、粒径 $d=0.17\text{mm}$ 、密度 $\sigma=2.61\text{g/cm}^3$ の均一な砂を用いた。

実験ではまず、水路に河床材料を敷き、所定の勾配 θ_0 に設定した後、上流端から単位幅流量 q_0 の水を供給した。その結果、土砂・水の混相流が発生し、樹林帯の中に流下した。下流端においては、流れを採取して、土砂と水を合わせた全流量・流砂量をそれぞれ測定し、側方からはビデオカメラを用いて樹林帯内外の水深および流れの状況を撮影した。また、比較のために、混相流の全流量と同じ流量の清水を固定床上に流下させ、樹林帯に流入させて上記と同じ計測を行った。

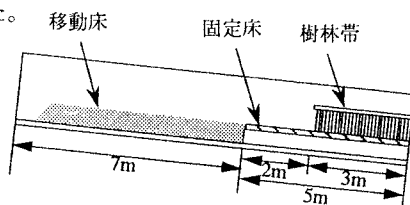


図-1 水路の模式図

種類	A ¹⁾	B ¹⁾	C
D(mm)	4.2	2.0	4.0
λ	1.1×10^{-2}	2.5×10^{-3}	7.0×10^{-3}
$a(1/\text{cm})$	0.0336	0.016	0.0222

表-1 樹木の模型

3.実験結果と考察

実験によると、急勾配（ $\theta_0=6^\circ, 8^\circ, 10^\circ$ ）の場合には樹林帯の中に堆砂が発生しないが、緩勾配（ $\theta_0=3^\circ$ ）の場合には堆砂が発生する。したがって、堆砂が発生しない場合の樹林帯の抵抗則の実験、および堆砂が発生する場合の樹林帯内の堆砂形状を調べる実験の2種類を行った。

(1) 樹林帯の抵抗則

樹林帯内外の断面における連続の式、運動方程式はそれぞれ

$$q_t = v_{h0} = (1-\lambda) v h$$

$$\rho_l g h_0 B \sin \theta_0 = \rho_l \frac{v_0^2}{\phi_0^2} (B + 2h_0)$$

$$\rho_l (1-\lambda) g h B \sin \theta_0 = \rho_l \frac{v_0^2}{\phi^2} \{ B(1-\lambda) + 2h \} + \frac{\rho_l}{2} v^2 C_{Dah} B$$

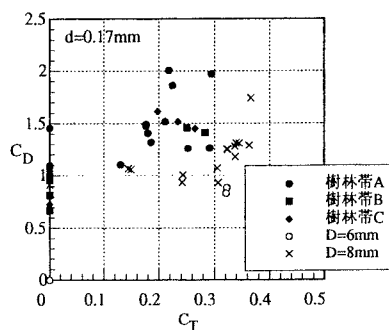


図-2 樹林帯の抗力係数と輸送濃度との関係

ここに、 h 、 B 、 ϕ 、 C_D はそれぞれ水深、水路幅、流速係数および抗力係数である。また、添え字0は樹林帯外の断面を表す。上式において、 $\phi=\phi_0$ として樹林帯の抗力係数 C_D を求め、輸送濃度 C_T との関係を表したものが図-2である。同図には比較のため単独の円柱の抗力係数も示している²⁾。データにはバラツキが見られるが、清水流($C_T=0$)の場合、抗力係数 C_D はほぼ1に近く、混相流の場合はすべて1を越えている。また、輸送濃度 C_T が大きくなると、抗力係数 C_D が大きくなることもわかる。図-3.1、図-3.2は抗力係数 C_D と樹林帯密度 λ との関係である。清水流及び混相流の場合、ともに抗力係数は樹林帯密度の増加に伴い、増加する。

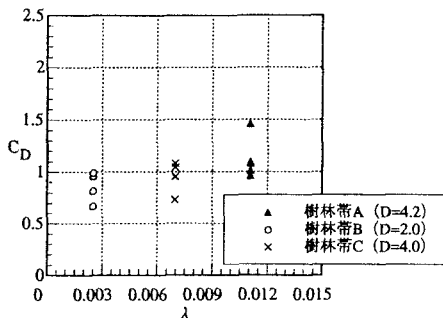


図-3.1 樹林帯の抗力係数と樹林帯密度との関係（清水）

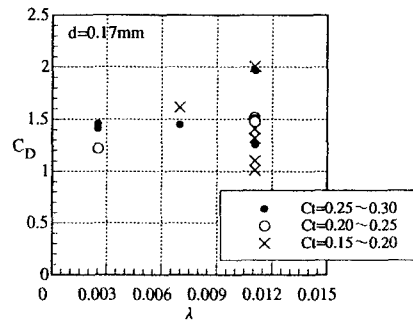


図-3.2 樹林帯の抗力係数と樹林帯密度との関係（混相流）

(2) 樹林帯における土砂堆積

図-3は河床材料 $d=0.17\text{mm}$ 、 $\theta_0=3^\circ$ の時の土砂の堆積形状の時間的な変化を表わしたものである。60秒間測定を行ったところ、 $t=0\sim10$ 秒の間では比較的なだらかな堆積であるが、 $t=20$ 秒を過ぎると $x_t=150\text{cm}$ 付近を境に上流側と下流側とに2つの山ができ、その山が上流側へと進む反砂堆が確認できる。これは、樹林体内の流れが射流($Fr=1.077$)であったためと考えられる。また、時間が経過するにつれ、上流側に多く堆積していることもわかる。

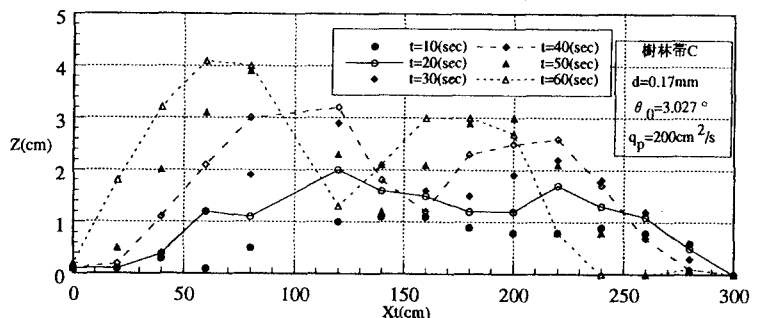


図-4 堆積形状の時間的な変化

4. おわりに

以上、樹林帯における土砂・水混相流の流動状況を調べた。その結果、樹林帯における抗力係数は、土砂濃度や樹林帯密度の増加に伴い、増加する。また、堆積形状については、時間の経過とともに、下流側から上流側の区間へと堆積していくことがわかった。しかし、抗力係数と輸送濃度との関係や堆積形状においては実験結果が十分とはいえないので、さらに実験を重ねていく予定である。最後に、九州大学工学部の池松伸也技官には、樹林帯の制作などにおいて多くの助力を受けた。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 島週健司・平野宗夫・橋本晴行：樹林帯における土砂・水混相流の抵抗則と土砂堆積、土木学会第50回年次学術公演会講演概要集、第2部（A）、1995
- 2) 平野・橋本・福富・田熊・バルー、水工学論文集、第36巻、1992