

# P24 樹林帯における流砂量と河床変動に関する研究

九州大学大学院工学研究科

九州大学大学院工学研究科

九州大学大学院工学研究科

(株) 東京建設コンサルタント

流域環境研究所

○橋本 晴行

Kichan Park

火箱 貴文

碓 正敬

平野 宗夫

## 1. はじめに

樹林帯は水害防備林、飛砂防備林、防雪林など防災的機能を持つものとして古くから利用されてきた。土砂流や土石流に対しても、良好な環境空間を創造しつつ、土砂堆積を促進する効果のあるものとして注目されているが、その効果については定量的な評価を得るまでには至っていない。著者らは<sup>1) 2) 3)</sup> これまで、実験水路内に樹林帯の模型を設置し、土砂・水混相流に対する樹林帯の抗力係数や、土砂堆積の特性について調べてきた。本研究においては、さらに急勾配における樹林帯内の掃流砂量や底面せん断力について調べるとともに、その成果を用いて河床変動計算を行ったものである。

## 2. 掃流砂量に関する実験

### 2.1 実験方法

樹林帯内での掃流砂量 $q_s$ を調べるため実験を行った。用いた水路は、全長12m、幅15cmの片側アクリルライト製可変勾配水路で、射流の場合図-1の水路を、常流の場合図-2の水路を用いた。図-1では、下流端から7mの区間に全水路幅にわたって樹木の模型を設置し、下流端から5.5mまでは敷き厚5cmの移動床とした。図-2では、下流端から8.5mの区間に全水路幅にわたって樹木の模型を設置し、下流端から2.5m~7.5mの区間は敷き厚3cmの移動床とした。

樹木の模型には直径Dのステンレス丸棒を用い、樹木の中心間隔は6cm、3.3cmの2種類で千鳥状に配置した。ここに、樹林帯密度 $\lambda$ （河床単位面積に占める樹木の断面積の割合）、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。用いた河床材料は粒径 $d=0.55\text{mm}$ ,  $0.84\text{mm}$ ,  $1.9\text{mm}$ の3種類の砂である。

実験では、水路に河床材料を敷き所定の勾配 $\theta$ に設定したあと、上流端から単位幅流量 $q_p$ の水を供給した。樹林帯に流入した流れが等流状態になったことを確認した後、下流端において流れを採取し、流量及び流砂量をそれぞれ測定した。また、側方からはビデオカメラを用いて樹林帯内での水深及び流れの状況を撮影した。

### 2.2 実験結果

図-3は、流砂量の実験値を樹林帯のタイプごとに表したものである。ここに $u_{*0} = \sqrt{gh\sin\theta}$ である。同図中には比較のため、著者らにより提案されている急勾配河道における掃流砂量式<sup>4)</sup>

$$\frac{q_s}{\sqrt{sgd^3}} = 4.7 \tau_*^{3/2} \left(1 - \frac{\tau_*c}{\tau_*}\right) \frac{1}{(\alpha - \tan\theta) \cos\theta} \quad (1)$$

の計算結果も $\tau_*$ を横軸にして示している。ここに、 $s$ ：粒子の水中比重、 $\tau_*$ ：無次元掃流力、 $\alpha$ ：粒子間応力に関する係数である。実験値はいつでも式(1)の計算値より小さくなっている。樹林帯密度 $\lambda$ が大きくなるほど流砂量は小さくなり、また有効摩擦速度 $u_*$ は $u_{*0} = \sqrt{gh\sin\theta}$ より小さくなっていることが分かる。

図-4は、式(1)に流砂量 $q_s$ の実験値を代入して有効摩擦速度 $u_*$ を逆算し、 $u_{*0} = \sqrt{gh\sin\theta}$ との比を求めたものであ

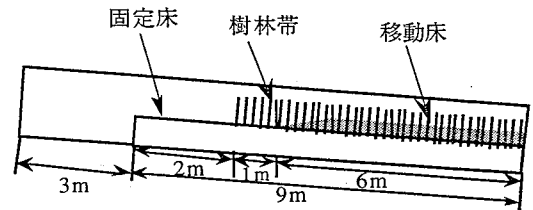


図-1 射流時の使用水路

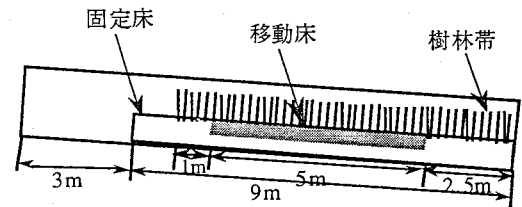


図-2 常流時の使用水路

表-1 実験条件

種類	C	E	F
D(mm)	4.0	2.0	5.0
$\lambda$	$7.0 \times 10^{-3}$	$1.7 \times 10^{-3}$	$1.1 \times 10^{-2}$
$a(1/\text{cm})$	0.0222	0.0111	0.028

る。樹林帯密度 $\lambda$ が大きくなると、 $u_* / u_{*0}$ の値は小さくなる事が分かる。また、図-5は、式(1)より逆算した $u_*$ を用いて流速係数 $\phi$ を求め、樹林帯密度 $\lambda$ との関係を示したものである。流速係数 $\phi$ は通常値より小さく、樹林帯密度 $\lambda$ が大きくなると小さくなる傾向がある。

### 3. 河床変動計算

河床材料として $d=0.84\text{mm}$ の砂を用いた移動床水路において、下流3mの区間に樹林帯を設置した場合<sup>2)</sup>の河床変動計算を行った。用いた基礎式は、樹林帯内における1次元の運動方程式、全相の連続式、流砂の連続式である。流砂量式は橋本・平野の式(1)を不定流に拡張したものである。ここで、流速係数 $\phi$ の値は図-5の実験値を用い、抗力係数 $C_D$ の値は1とした(表-2)。計算区間は、 $x=-300\sim 300(\text{cm})$ である。まず、流砂量 $q_s=0$ の清水の場合について全区間で定常状態となるまで計算をおこない、この計算結果の水深 $h$ と全流量 $q_t$ を初期値とした。河床高については $z=0$ とした。境界条件としては、 $x=-300\text{cm}$ において一定な全流量と平衡流砂量、等流水深を与え、河床高に関しては $z=0$ とした。

図-6, 7は樹林帯Cにおける堆砂形状の実験結果と計算結果を示したものである。ここに、 $t=0$ は流れの先端が樹林帯上流端に到達した時刻であり、 $x$ は水路床に沿って取られた流れ方向の座標で、樹林帯上流端を原点とした。樹林帯における堆積特性は実験結果も計算結果もほぼ同様であり、樹林帯密度が小さい場合は樹林帯の広範囲に堆積し、大きい場合は樹林帯の上流部分において堆積する結果となった。

### 4. おわりに

樹林帯内における掃流砂量を調べることにより、樹林帯における有効摩擦速度、流速係数を求めた。この成果を用いて1次元河床変動計算を行い、実験結果をうまく説明することができた。

### 参考文献

- 1) 平野・橋本・多川・玉松, 水工学論文集, 第41巻, 1997.
- 2) 橋本・平野・玉松・草場, 平成9年度砂防学会研究発表会概要集, 1997.
- 3) 玉松・平野・橋本・中村, 土木学会第52回年次学術講演会概要集, 第2部, 1997.
- 4) 橋本・平野, 土木学会論文集, No.545, 1996.

表-2 計算条件

樹林帯	C	E	F
$C_D$	1.0	1.0	1.0
$\phi$	8	7	7
$\lambda$	$7.0 \times 10^{-3}$	$1.7 \times 10^{-3}$	$1.1 \times 10^{-2}$

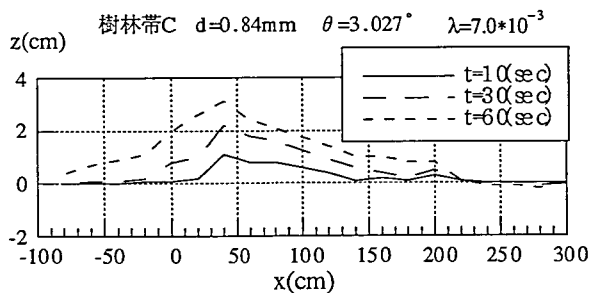


図-6 樹林帯Cの場合の堆砂形状の実験値

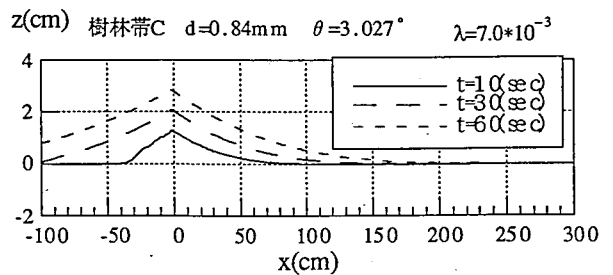


図-7 樹林帯Cの場合の堆砂形状の計算値

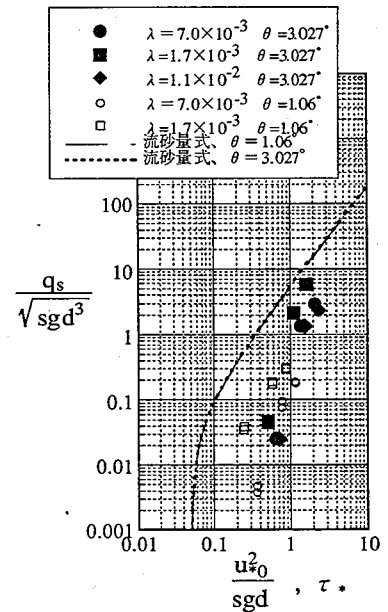


図-3 掃流砂量

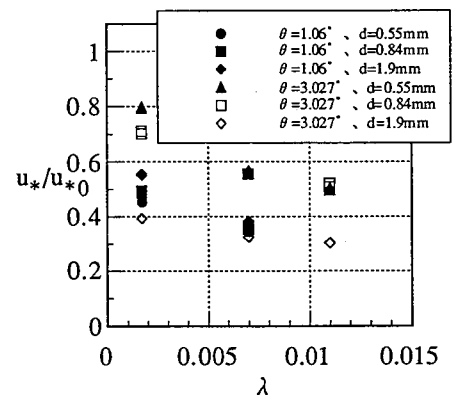


図-4 有効摩擦速度と樹林帯密度との関係

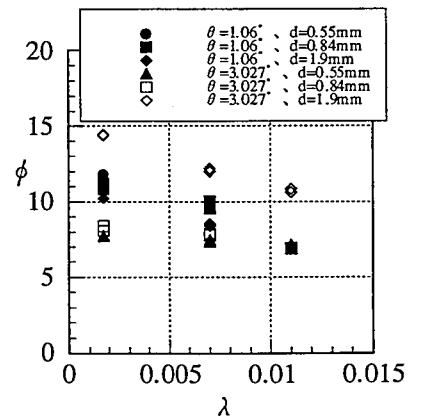


図-5 流速係数と樹林帯密度との関係