

37 樹林の土砂堆積促進効果

筑波大学第二学群農林学類 ○ 小林 幹男

建設省土木研究所 水山 高久

栗原 淳一

筑波大学農林工学系 天田 高白

1. はじめに

土地利用の進展にともない、流域の奥地まで開発が進行し、林地は宅地や耕地などに転換されてきた。そこでは、居住域の拡大につれて土石流等の災害が多発するようになりその防止対策として、各種の対策工が施工されているが、最近緑の砂防ゾーン創出事業をはじめとして単に防災機能だけでなく、環境面からも好ましい、樹林を利用した対策が実施されるようになってきた。

土石流対策として砂防樹林帯を利用する際、その効果や特性を十分把握して計画に反映させる必要がある。樹林帯が河道内に存在すると水理学的に粗度として働き、その区間内の流速は減少し、流出土砂が堆積すると考えられる。本研究では、樹木占有面積率（胸高断面積合計／堆積面積）や立木直径を変化させて水路実験を行い樹林帯の抵抗特性、及び土砂の堆積促進効果を検討した。また流木の影響についても調べた。

2. 樹林帯の抵抗特性に関する実験

2. 1. 実験方法

(1)実験には長さ7 m, 幅0.25 mの一樣勾配の水路を使用した。河床には最大粒径 $d_{max} = 25.0$ mm, 平均粒径 $d_m = 4.0$ mmの土砂を15 cm等厚に敷き詰めた。

(2)立木は長さ15 cm, 直径は10.0 mm, 5.0 mmの二種類とした。立木は水路下端より2 mから4 mの地点に設置した。

(3)流量は5.0 ℓ/S, 8.0 ℓ/S, 10.0 ℓ/Sの三種類とし、5.0 ℓ/S, 8.0 ℓ/Sの時勾配は $i = 0.01$, 10.0 ℓ/Sの時 $i = 0.024$ とした。

(4)測定項目は水深及び流速とした。

2. 2. 実験結果及び考察

(1)立木がない場合の粗度係数 n_0 は、どの場合もほぼ0.018となった。

(2)樹木占有面積率 σ が大きくなれば粗度係数 n が増加する傾向がみられた(図-1)。また流量と樹木占有面積率が同じ場合、立木直径 ϕ が小さい方が粗度係数が大きくなったことから、粗度係数は樹木占有面積率の増加ならびに立木の単位面積当りの本数の増加に

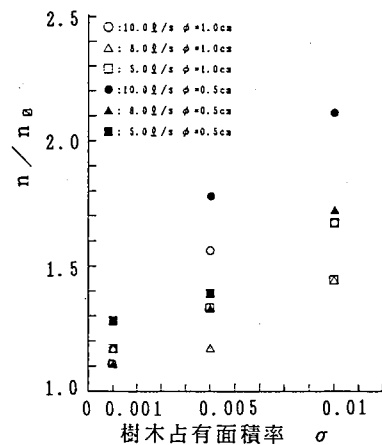


図-1 粗度係数の比と樹木占有面積率との関係

ともない大きくなることが分かった。

(3)等流状態にある立木内の流れを考えると、各立木に作用する抗力の合力と流体塊に作用する流下方向の重力成分が釣り合っているから

$$\Sigma D + \Sigma \tau = \rho \cdot g \cdot i \cdot V \quad \dots\dots(1)$$

が成り立つ。

D : ある立木の抗力 τ : 潤辺の摩擦 ρ : 水の密度
 g : 重力加速度 i : 河床勾配 V : 水の体積である。

この式から立木があるときの粗度係数 n_t は、

$$n_t = (n_b^2 + C_D / 2 g \cdot a \cdot \phi \cdot R^{4/3})^{1/2} \quad \dots\dots(2)$$

で求められる。

n_b : 立木がない場合の粗度係数 C_D : 抗力係数

a : 単位面積当りの本数 ϕ : 立木直径 R : 径深 σ : 樹木占有面積率である。

$C_D = 1.2$ として(2)式で求めた計算値 n_t と実験値 n とを比較すると、樹木占有面積率が 5×10^{-3} 以上になると実験値の方が小さくなる傾向がみられた。そこで抗力係数を逆算して樹木占有面積率との関係を求めた(図-2)。樹木占有面積率が増加すると抗力係数が小さくなることが分かった。つまり、樹木占有面積率が 1.0×10^{-3} の場合のように小さいと単位面積当りの立木本数が少ないため、立木相互間の干渉作用は比較的少なく、立木1本の場合の抗力係数を使用して粗度係数を求めることができるが、樹木占有面積率が 5×10^{-3} 以上になると単位面積当りの立木本数が多いため立木間隔が狭くなり後流が十分に発達できず、立木1本当りの抗力が低下したと考えられる。

3. 樹林帯の土砂堆積促進効果に関する実験

3. 1. 実験方法

(1)実験には図-3に示す8度から3度に勾配が変化する全長18.5m(8度勾配部分6.5m, 3度勾配部分12.0m)の水路を使用した。横断形状は図-4に示す幅50cmの複断面水路で高水敷は幅15cm、低水路は幅20cmで、その比高は2cmとした。高水敷の河床には土砂(最大粒径 $d_{max} = 25.0$ mm、平均粒径 $d_m = 7.0$ mm)を敷いた。低水路はモルタル製である。立木は高水敷上に、勾配変化点より下流1mから4mの区間に設置した。図-5は1m当りの立木の配置例である。

(2)実験時間は20分、流量は 3.5 l/s で、給砂量は $7.0 \text{ cm}^3/\text{s}$ (流量の2%)とした。また給

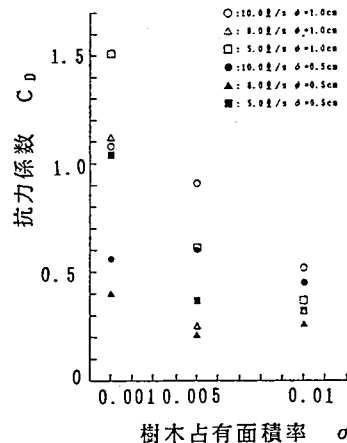


図-2 抗力係数と樹木占有面積率との関係

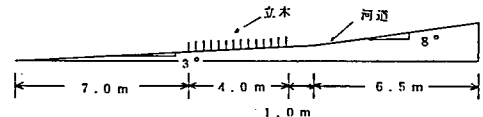


図-3 縦断面図

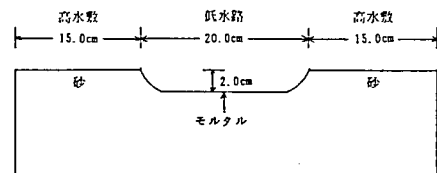


図-4 横断面図

砂した土砂は、河床に敷き詰めたものと同じである。流木は $\phi 1.0 \text{ cm} \times 15.0 \text{ cm}$ 、 $\phi 0.5 \text{ cm} \times 15.0 \text{ cm}$ の2種類を10秒毎に1本ずつ交互に流した。なお、樹木占有面積率 $\sigma = 7.5 \times 10^{-3}$ の場合のみ100分間実験をした。

(3)測定は通水前後の河床高と、流砂量とした。

3. 2. 実験結果及び考察

(1)樹木占有面積率の変化による全堆積土砂量の変化は樹木占有面積率が增加すると堆積土砂量も増加し、 $\sigma = 2.5 \times 10^{-2}$ で堆積土砂量は最大となり、これ以上樹木占有面積率が大きくなると堆積土砂量は減少傾向を示した(図-6)。高水敷堆積土砂量の傾向も全堆積土砂量の場合とほぼ同様であった(図-7)。また $\sigma = 5.0 \times 10^{-2}$ の場合のように極端に樹木占有面積率が大きいと、堆積土砂量は立木がない場合とほぼ同じになった。これは、立木が河道断面積を減少させたために水深及び流速が増したために掃流力も増加し、更に立木間隔 L と最大粒径 $d_{\max}$ との比が $L/d_{\max} = 0.85$ となり高水敷の樹林帯内に大粒径の礫が流入できなくなったためと考えられる。

そこで堆積土砂量に影響を与える要因として、樹木間隔と土砂粒径の比も考えた。図-8に $L/d_{\max}$ と全堆積土砂量の関係を示す。 $L/d_{\max} > 1.4$ の場合樹木占有面積率が大きくなると堆積土砂量は増加傾向を示すが、 $L/d_{\max} < 1.4$ の場合は樹木占有面積率が大きくなるに従って逆に堆積土砂量は減少傾向を示した。

(2)立木直径による堆積土砂量の違いは、 $\sigma = 1.0 \times 10^{-2}$ の場合では $\phi = 1.0 \text{ cm}$ より $\phi = 0.5 \text{ cm}$ の方が全堆積土砂量、高水敷堆積土砂量ともに多かった。

(3)流木が土砂の堆積を促進する効果は、 $\phi = 1.0 \text{ cm}$ の場合では、流木の有無によって堆積土砂量の差はみられなかったが、 $\phi = 0.5 \text{ cm}$ の場合では、流木がある場合の方が全堆積土砂量が多いが高水敷堆積土砂量は少なかった。 $\phi = 0.5 \text{ cm}$ の場合は樹木間隔が狭いため流木が樹林帯内に流入できず、林縁部で流木が捕捉されたため、低

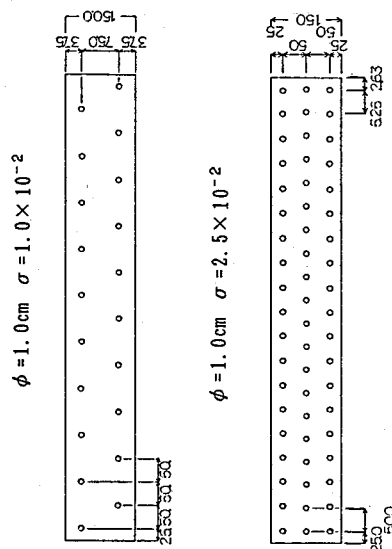


図-5 立木配列(単位: mm)

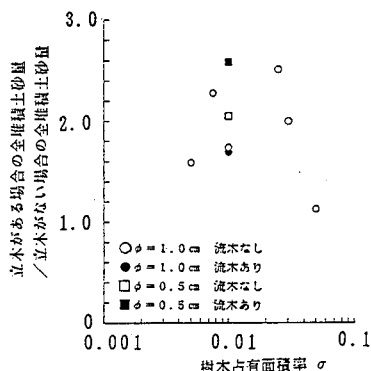


図-6 樹木占有面積率と全堆積土砂量との関係

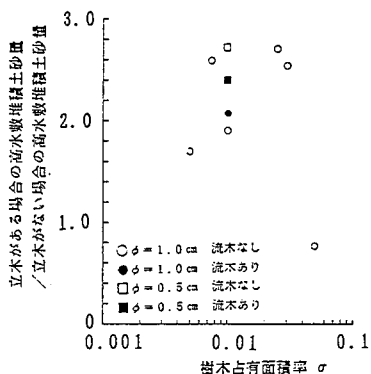


図-7 樹木占有面積率と高水敷堆積土砂量との関係

水路からの土砂の流入を妨げた。 $\phi = 1.0 \text{ cm}$ の場合は流木は主に樹林帯内で捕捉されていて、低水路からの土砂の流入をほとんど妨げなかった。

(4) 100 分間の実験では50分まで土砂は堆積するだけであったが55分以降は流砂量は増加傾向を示し、90分後には $50 \text{ cm}^3/\text{s}$ まで達した(図-9)。堆積範囲も80分以降変化がなかったことからこの時点ではほぼ動的平衡勾配に近づいたと考えられる。この時の河床勾配は8.0%であった。

4. まとめ

立木を粗度として評価する場合、樹木占有面積率と単位面積当りの本数が主に影響を与える因子であることが分かった。(2)式との比較から立木の抗力係数は一定でなく樹木占有面積率が大きくなると低下することが分かった。

堆積土砂量に影響する樹林帯の要素として、樹木占有面積率、樹木間隔と土砂粒径の比を考察した。結果は立木直径 $\phi = 1.0 \text{ cm}$ の場合、全堆積土砂量、高水数堆積土砂量ともに樹木占有面積率 $\sigma = 2.5 \times 10^{-2}$ の時に最大となった。また樹木間隔と最大粒径の比は1.4までなら樹木占有面積率が大きくなれば全堆積土砂量、高水数堆積土砂量ともに増加することが分かった。また流木が土砂の堆積を促進する効果は、流木の捕捉状況によって異なり当初予想した、立木と流木の絡み合により、土砂がその上流に遡上・堆積する現象もあまり見られず、常に期待することができないことが分かった。

今後は、立木の群としての効果の一般的な評価手法の確立、土砂の堆積による樹木の枯死や出水時の流木化などについて検討する必要がある。

参考文献

- 1) 木村正信：樹林帯による衝撃空間の造成について、土砂災害に対する樹林帯の防災機能に関する基礎的研究，昭和59年度文部省科学研究費自然災害特別研究課題番号59020020研究成果報告書，P P. 79-86，1985. 3
- 2) 中野陽子，水山高久，天田高白：樹林の土砂災害制御効果に関する基礎的研究，砂防学会研究発表会講演集，P P. 55-56，1988. 5
- 3) 建設省河川局砂防部砂防課：緑の砂防ゾーン計画策定指針(案)，P P. 1-6，1986. 6

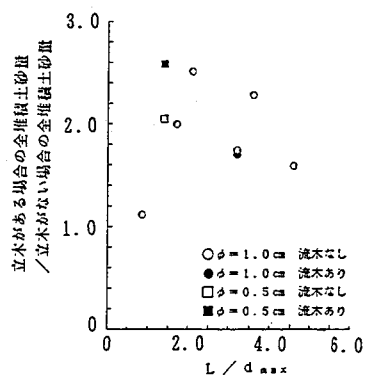


図-8 L/d_{max} と全堆積土砂量との関係

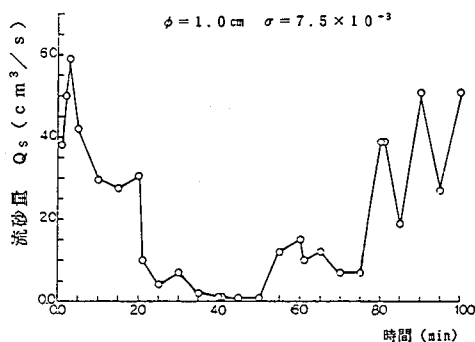


図-9 流砂量の時間的变化