

## 立木による流木の捕捉を検討する水路実験

国研 森林研究・整備機構 森林総合研究所 ○岡田康彦

CTIリード株式会社 長井斎、丸田龍一郎

### 1 要旨

流木を含む土石流をスギ林が捕捉して下流域の被害を軽減する効果を調べるために、模型を用いた水路実験（縮尺は 1/20）を実施した。川砂を洗って粒度調整した飽和供試体を流下させ、流走域を移動中に計 32 本の流木を与えることにより、流木混じりの土石流を発生させた。下流の堆積域には、所定の転倒抵抗モーメントを有したスギ立木を所定の本数密度で与えておき、流木混じりの土石流がこの部分を通過する際に生じる相互作用を調べた。本数密度が大きく細かい林分構造から、間伐を実施して本数密度を減らすとともに太く立木を生長させると、あるいは、同じ立木本数密度であるならば立木が太い場合に、流木が下流へ流下する距離および立木が傾倒、流出する面積が減少する結果が得られ、下流域の被害を軽減する効果が期待できることが示された。

### 2 イントロダクション

森林が有する公益的機能のうち、山地を保全し山崩れや洪水などの災害を防止することに対する国民からの期待は大きい状態が長期間に渡り維持されている。気候変動の影響もあってか毎年のように激しい豪雨が発生しており、これに合わせて各地で甚大な土砂災害が引き起こされている。山地は斜面から成り立つことから、重力の影響を受けて常に下方へ移動するポテンシャルを有しており、豪雨などの誘因に対しては、如何にその下方への移動を食い止め、また、移動土砂の氾濫を最小限に抑えるのかが重要な課題となる。森林は、斜面の崩壊を防止し下方への移動の発生を妨げているほか、崩壊して下方へ移動する流木混じりの土砂を捕捉して被害を軽減する機能を有しており、この機能を最大限発揮させるためには、どのような林分構造に誘導することが適切なかの解明が喫緊の課題となっている。

崩壊の発生防止機能については、潜在的なすべり面に位置するスギ根の本数と太さを求め、また、別途、生長する根および伐採された根株の腐朽により弱る根の引抜抵抗力と根の直径の関数を調べることで、新規植栽から 50 年までにスギが発揮する表層崩壊防止機能の動態が示されているなど、これまでの研究成果も認められる。他方、立木が流木混じりの流下土砂を捕捉し下流域の保全対象を災害から守る機能については、研究がやや遅れており、水路を用いた実証的な模型実験や数値解析研究の進展が求められている。

本稿は、縮尺 1/20 を想定した水路実験を通じて、スギ立木が流木混じりの流下土砂を捕捉する機能の実態を調べることで、特に、森林施業で一般的に実施される間伐の効果を検証した結果について報告する。

### 3 実験方法と結果

川砂を洗って粒度調整した試料を供試砂とした（平均粒径  $D_{50}$  は 0.6 mm、均等係数  $U_c$  は 3.4、曲率係数  $U_c'$  は 0.66）。供試体は水路最上端部に設置した止水ゲートの背後に作製することとし、実験 1 回につき  $2.0 \times 10^{-2} \text{ m}^3$  を使用し、これに水  $2.55 \times 10^{-2} \text{ m}^3$  をゆっくりと供給して飽和させた。縮尺 1/20 の水路模

型は、流走域の全長 2.75m (実寸大では 55.0 m)、堆積域は同 2.42 m (同 48.4 m) で与えた。流走域 2.75m は、上流側から勾配 30 度 (幅 0.15 m、長さ 1.55 m)、勾配 20 度 (幅 0.15 m、長さ 0.80 m)、勾配 15 度 (幅 0.15 m、長さ 0.40 m) を連結してあり、最上端部に止水ゲートを設けてある。この流走域中、勾配 15 度の部分では、高さ 0.01 m、長さ 0.01 m、幅 0.15 m の瓦棧を 0.1 m 間隔で設置して粗度調整を行うと共に  $4.0 \times 10^{-3} \text{ m}^3$  の砂を水路底面に敷き詰めた。流走域より下流に位置する堆積域 2.42 m は、勾配 15 度 (長さ 0.91 m)、勾配 10 度 (長さ 1.51 m) を連結してあり、この部分に立木を所定の密度で設置する仕様とした。堆積域は平板の他に、左右両側方に 20 度の傾斜を与えた条件を設定した。後者については、通常は水が必ずしも流れているわけではないが、上流に位置する斜面が崩壊して土石流が生じたような場合に、土砂が流下する経路 (写真-1) を想定したものである。立木を設置する堆積域に関して、15 度勾配部の幅は、上流側が 0.6 m、下流側が 1.2 m で、10 度勾配部は幅 1.2 m で一定である。

流木を含む土石流が立木を与えた想定堆積域に流入してくると、一部の立木は傾倒または流出して土石流に取り込まれるが、土石流の勢いが減勢してくるとともに土石流中に含まれる流木が立木に絡まりあうようにして、最終的にはビーバーダムのような形状で停止した。流走域の下端から流木が立木により捕捉されて停止した位置までの到達距離と立木面積率の関係 (図-1a) を見ると、胸高直径が小さい場合に流木の到達距離が大きく、胸高直径が大きくなるに従って到達距離は減少する結果が得られた。立木本数密度が 2、700 で限界に枯死線に近い胸高直径の条件を与えた Ex-G、本数密度が 1、800 で収量比数が大きな Ex-K、そして本数密度が 1、000 で収量比数が大きな Ex-L を基礎条件として捉えた場合 (以下、同様)、植栽時に高密度で植えられた林分に対して、その後、適切な時期に保育間伐を実施して立木の本数密度を減らして立木の生長を促し、再度適切な時期に間伐を実施してさらなる生長を促進するという通常の施業を実施することにより、流木を含む土石流の流下距離が減少して被害の程度を軽減することを示唆する。

条件として与えていた立木が流木を含む土石流により完全に傾倒もしくは流出した範囲の面積と立木面積率の関係 (図-1b) を見ると、こちらについても、3つの基礎条件を与えた実験で比較した場合、高密度で細い立木の林分条件に較べて、低密度ながら太い立木の林分になるほど、立木流出面積が小さくなる結果が認められた。立木流出面積は土石流により被災した箇所の面積を示すことから、こちらの結果からも、植栽時に高密度で植えられた林分に対して、適切な時期に保育間伐を実施して立木の本数密度を減らして立木の生長を促し、再度適切な時期に間伐を実施してさらなる生長を促進するという通常の施業を実施することにより、土石流による被害を軽減することが示された。

表-1. 水路実験の諸元

	立木本数密度 (本/ha)	立木直径 (m)	立木面積率 (%)
Ex-G	2, 700	0.12	0.305
Ex-H	1, 800	0.12	0.203
Ex-I	1, 000	0.12	0.113
Ex-J	1, 800	0.20	0.565
Ex-K	1, 000	0.20	0.314
Ex-L	1, 000	0.30	0.707

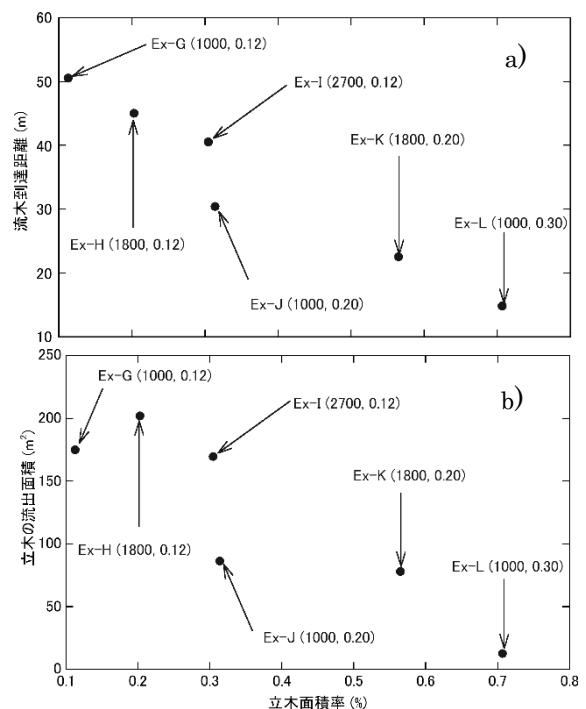


図-1. 水路実験の結果. a) 流木の流下距離、b) 立木の流出面積