

建設省土木研究所 ○石川芳治

水山高久

福澤 誠

1. はじめに

山地の溪流においては洪水や土石流の発生・流下に伴い多量の流木が発生して洪水や土石流とともに下流へ流下する。これらの流木はしばしば溪流の谷の出口に形成された扇状地上に氾濫、堆積して人家や人命、橋梁、道路等に多大な被害を与える。扇状地上における流木の運動・堆積機構を知ることは流木による被害の発生および流木対策を検討する上で重要であるが、これらについてはこれまでほとんど検討されてきていない。本報告では洪水・土石流とともに流下する流木の扇状地上での堆積特性を主として水路模型実験結果に基づいて考察する。

2. 実験概要

扇状地および扇状地上流の水路は、全国約200箇所の土石流発生溪流における実態調査結果をもとに、縮尺1/50として図-1に示すような形状の模型を製作した。扇状地面はモルタルで製作し固定床とした。また扇状地上流水路は幅20cm、深さ40cmの側面アルリル板の木製水路である。

模型の規模は実物で流域面積1.0km²程度の溪流を想定して計画洪水流量は25m³/sec、計画流出土砂量は30,000m³とした。

これらにフルードの相似則を適用して実験に用いる流量は1.5 l/sec、土砂量は240 lとした。実験に用いた土砂は、土石流による堆積土砂を1/50に縮小した粒度分布を持つ砂礫として $d_{max}=2.3\text{mm}$ 、 $d_{60}=1.5\text{mm}$ の砂礫を用いた。土石流中の細粒分（粒径0.1mm以下）としてはフライアッシュを用いた。流木の模型は実物の1/50の縮尺として表-1に示す直径及び長さの異なる6種類の流木模型を用いた。給水時間は実物の時間で約30分に当たる4分間とした。なお実験を通して流木模型の比重は0.90~0.98であった。

実験はその主な目的により次の2つに分類される。

- ① 洪水による流木の氾濫・堆積実験（以下実験Aとする）：洪水（清水のみ）を発生させて上流直線水路に毎秒20本の割合で流木を投入し、扇状地模型上での流木の氾濫・堆積形態等を検討する。
- ② 土石流による流木の氾濫・堆積実験（以下実験Bとする）：上流直線水路上に厚さ11cmで土砂を

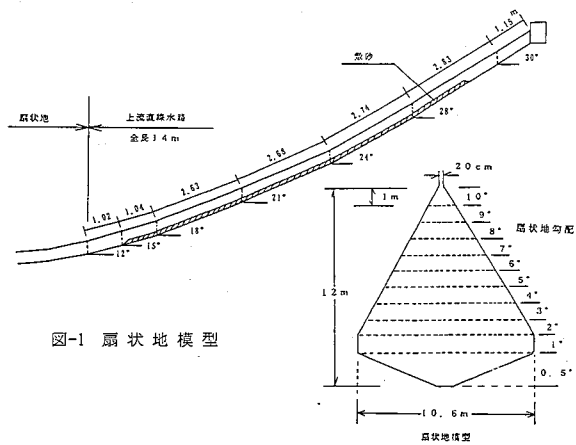
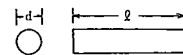


図-1 扇状地模型

表-1. 流木模型種類

種類	直径 d (ca)	長さ l (ca)
1	0.6	5
2	0.6	1.0
3	0.6	2.0
4	1.5	5
5	1.5	1.0
6	1.5	2.0



敷均して流木模型を立て、上流から給水することによって土石流とともに流木を発生・流下させ、扇状地模型上での流木の氾濫・堆積形態等を検討する。

3. 洪水による流木の運動と堆積 (実験A)

3.1 扇状地上における流木の運動と堆積

扇頂部から扇状地部へ流出する際には洪水は流水幅を増すと同時に河床勾配も 12° から 10° へと緩くなるため、流速が急激に低下する(図-2)。扇頂部では川幅の拡大に伴い兩岸へ向かう流れが発生するため、速度を減じた流木はこの流れに乗って、主流路から兩岸へと転がりながら流される。これは多くの流木が主流の流向とほぼ平行に流れてくるため側方へと転がり易いことも重要な要因となっている。このようにして流下して来た最初の流木群は長軸方向をほぼ流路と平行にして扇頂部に堆積を開始する(写真-1)。扇頂部にある程度の流木が堆積するとこれらの流木があたかも堤防のようになり、それ以上の流木の兩岸への堆積を阻止するため、後続の流木は流水によりさらに下流に流下し兩岸に堆積を進めていくことになる。このようにして流木の堆積は主流路の兩岸に沿って上流(扇頂部)から下流へと発達する。

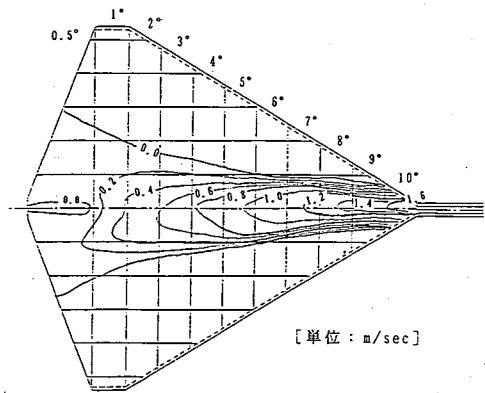


図-2 扇状地での最大流速の分布 (給水量 1.5 L/s)



写真-1 洪水により運ばれた流木の扇頂部における堆積開始形態

3.2 流木の扇状地における縦断方向堆積分布

(1) 流量と流木堆積分布

流量を 1.5 、 2.0 、 2.5 L/sec と変化した場合の流木の堆積分布の変化を図-3に示す。流量が増大すると流木はより下流まで堆積していることが分かる。これは流量の増加により扇状地における流水の流速及び水深が増大し、これにより流木の受ける流体力が増加して、流木がより下流まで押し流されるためと考えられる。

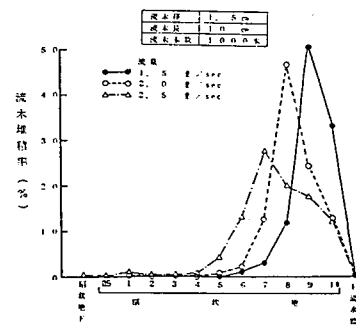


図-3 流量と縦断方向流木堆積分布

(2) 大きさの異なる流木を混合した場合の堆積分布

大きさ(直径、長さ)の異なる4種類の流木を125本ずつ計500本投入した場合の各大きさの流木の堆積分布を図-4に示す。

単一の大きさの流木のみを投入した場合の堆積分布とほぼ同一の堆積分布を示し、流木の大きさによる堆積分布の変化は少ないと言える。

(3) 投入本数と堆積分布

直径 1.5 cm 、長さ 10 cm の流木を100本、500本、1,000本流したときの流木の堆積分布の変化を図-5に示す。100本と500本との間では本数が増える程下流へ堆積する割合が多いが500本と1,000本の流木の間では逆に本数が増加すると上流へ堆積する割合が大きくなる。これは500本流下した時点を境にして

扇状地上に形成された流路が流木の堆積により閉塞されて後から流れてきた流木の堆積遡上現象が起こり、流木堆積が上流へと進むためと考えられる。

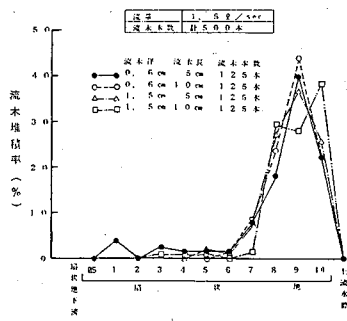


図-4 大きさ異なる流木を混合した場合の堆積分布

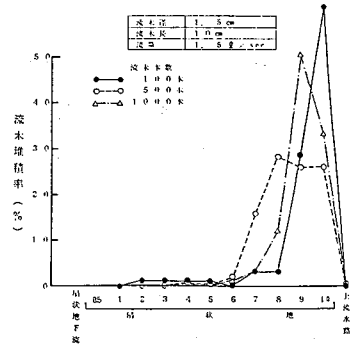


図-5 流木本数と堆積本数 (直径1.5cm)

4. 土石流による流木の運動と堆積 (実験B)

4.1 扇状地における流木及び土石流の運動と堆積

扇状地上流の直線水路内の敷砂上に等間隔で立てられた流木は給水による敷砂の土石流化に伴い倒れて土石流とともに流下する。土石流中にとり込まれた流木は土石流の表面を浮くような状態で流下して行く。扇頂部から扇状地部へ流出する際には土石流は流動幅が増大するとともに河床勾配も緩くなるため流速が減少する。しかしながら洪水の場合と異なり大半の流木は土石流の先頭部に集中して

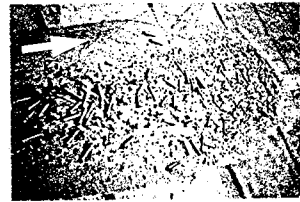


写真-2 扇状地を流下する土石流の先頭部

流下を続け、扇頂部にはほとんど堆積しない(写真-2)。土石流先頭部は勾配7~8°の地点で停止するが流木は土石流先頭部から流れ出た泥水とともに更に1mほど下流まで流下する。

4.2 流木および土砂の扇状地における縦断方向堆積分布

(1) 流量と流木及び土砂の堆積分布

扇状地上流の直線水路への給水流量を1.5 l/s、2.0 l/sと変化させた場合の流木及び土砂の縦断方向堆積分布の変化を図-6に示す。給水流量が増大すると土石流の流量も増大して土石流がより下流へ流下し、これに伴って土石流とともに流下する流木もより下流へ到達する。

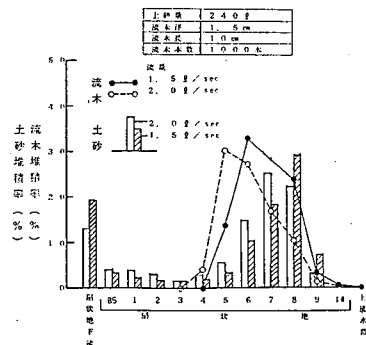


図-6 流量による流木及び土砂の縦断方向堆積分布

(2) 流木の大きさと流木及び土砂の堆積分布

直径及び長さの異なる5種類の流木をそれぞれ500本及び1,000本ずつ扇状地上流の直線水路上に設置し、土石流を流下させた場合の扇状地上での流木の堆積分布を図-7、8に示す。

流木により上流水路が閉塞する長さ20cmの流木を除いて、流木を500本設置した場合には流木の大きさによる堆積分布の差は顕著でない。しかしながら流木を1,000本設置した場合には、大きな流木ほど上流へ堆積する割合が大きい傾向が見られる。

(3) 流木本数と流木及び土砂の堆積分布

図-7、8より流木本数が増加すると上流へ堆積する流木の割合が大きくなる傾向が認められる。これは土石流先頭部の停止により流木も停止し、後から流下した流木はこれらの土砂や流木により流下を

阻止されて堆積遡上現象を起こすためと考えられる。

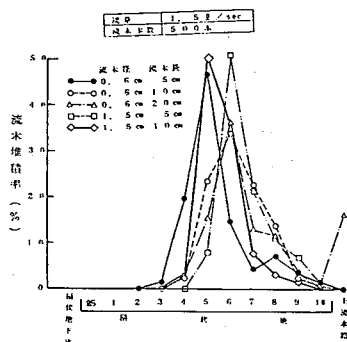


図-7 流木の大きさと堆積分布 (500本)

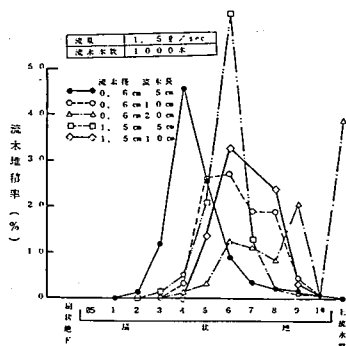


図-8 流木の大きさと堆積分布 (1,000本)

4.3 実際の土石流における流木及び土砂の堆積分布との比較

昭和63年7月に広島県加計町を中心として発生した土石流災害において土石流・流木が発生して下流の扇状地に堆積した中西平谷川について流木、土砂の堆積分布を空中写真判読により調査した。中西平谷川における流木および土砂の縦断方向の堆積分布(図-9)は水理模型実験結果である図-6に極めて良く一致している。また、土砂および流木の平面的分布形態も水理模型実験結果に近似している。このことから、今回実施した扇状地模型実験は実際の流木及び土砂の氾濫、堆積形態をよく再現しているといえる。

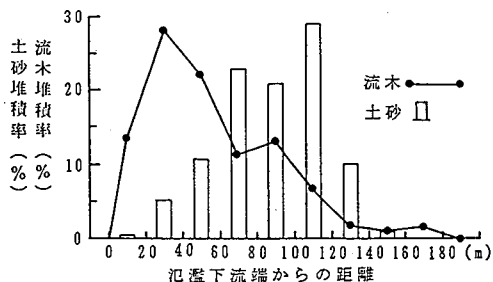


図-9 中西平谷川における土砂と流木の縦断方向堆積分布

5. まとめ

模型実験より洪水では流木の堆積は扇頂部から下流へ、土石流では扇状地中部から上流へ流木の堆積が進行し、洪水と土石流では流木の堆積進行形態が異なることが判明した。

また洪水(清水)とともに流下する流木の扇状地縦断方向の堆積分布に関しては次のことが明らかとなった。①(単位幅)流量が増加すると流木はより下流まで堆積する。②流木の直径、長さが流木の堆積分布に与える影響は少ない。③流木本数に関しては流木堆積遡上現象が発生する前までは本数が多い程下流まで氾濫・堆積し、堆積遡上現象の発生後は流木本数が多い程上流へ堆積する割合が多くなる。

土石流とともに流下する流木の扇状地縦断方向の堆積分布に関しては次のことが明らかとなった。①(単位幅)流量が増加すると流木、土砂はより下流へ氾濫・堆積する。②流木の直径、長さが流木の堆積分布に与える影響は少ない。③流木の本数が多いほど上流へ氾濫・堆積する傾向が認められる。

参考文献

- 1) 建設省河川局砂防部砂防課、土木研究所：流域の危険度判定に関する研究、第32回建設省技術研究会、pp525~547、1979