

流木の発生・移動・停止パターン

北海道立総合研究機構 林業試験場 道南支場 ○佐藤 創・阿部友幸・南野一博

1 はじめに

流木による災害の軽減のためには、流木の流出メカニズムを明らかにする必要がある。この観点から筆者らは平成 21 年度の砂防学会において、大雨によって再移動しやすい河道内の流木の特徴を明らかにした。すなわち、サイズの小さい流木、腐朽が進んでいない流木、流されやすい位置に堆積する流木は再移動しやすいことを示した。しかし、再移動は発生、移動、停止という流木流出プロセスの一部に過ぎない。そこで、今回は発生、移動、停止の各プロセスがどのように起きているかを調査した。移動と堆積についてはメカニズムを解析し、移動距離のシミュレーションを試みた。

2 調査地と方法

調査地は北海道今金町内の一級河川後志利別川に設定した。この河川の河口から 49km 上流には美利河ダム（流域面積 115km²）があり、上流から流れてきた流木はここで捕捉される。そこで、このダムから本流に沿った上流 11.7km 地点までを調査区間（全調査区間とする）とした（流域面積 57.1 km²）。2010 年 6 月下旬にこの区間のうち上流末端から下流 7.3km までの区間（上流調査区間とする）で、河道内に堆積する長さ 2m、直径 15cm 以上の流木 89 本について、長さ、直径、堆積地形、地図上の位置、その場で倒れた倒木か上流から流されてきた流木か、などを調査した。再調査での移動の有無の確認のため各流木にはマーキングを行った。同年 7 月 29 日に最大日雨量 179mm、8 月 11 日に同 105mm の雨が降った（179mm イベントとする）。その後の 8 月中旬に全調査区間とダム湖でマーキング流木の確認を行った。その後の 8 月 23 日には最大日雨量 60mm の雨が降った（60mm イベントとする）。その後の 9 月上旬に全調査区間でマーキング流木の確認を行った。その後の 10 月 3 日に最大日雨量 145mm の雨が降った（145mm イベントとする）。その後の 10 月中旬に全調査区間でマーキング流木の確認を行った。

調査データを用いて発生、移動、堆積パターンの解析を行った。移動・堆積パターンについては観察された特徴に基づいてシミュレーションモデルを作成し、

モデルの有効性を検討した。

3 結果と考察

3.1 流木の発生

マーキング流木のうち 27%にあたる 35 本は、倒木であった。倒木発生要因の内訳は溪岸浸食 29%、溪岸崩壊 14%、直接の流体力による倒伏 48%、幹折れ 9%であった。この倒木のうち 28%は調査期間内に流木となって下流へ流下した。

3.2 流木の移動

179mm イベントではマーキングした流木の 58%が移動した。その内訳は、26%は移動後の全調査区間内での堆積が確認され、13%は下流末端のダム湖で確認されたが、19%は移動先が不明であった。60mm イベントでは上流調査区間の流木のうち 6%のみが移動したのみで、4%が移動後の全調査区間内での堆積が確認され、2%は移動先不明であった。145mm イベントでは上流調査区間内の流木の移動はなかった。日雨量と流木の移動割合の関係は不明瞭であった（図-1 左）。同じ日雨量でも降り方のパターンによって、河川流量の増加量は異なることが考えられる。そこで、降雨イベント時の最大水位（上流調査区間の下流末端付近にある水位観測所のデータ）と流木の移動割合との関係を表すと比較的明瞭な関係がみられた（図-1 右）。したがって、流木の移動割合には日雨量よりも最大水位の方が良い説明変数となるかも知れない。

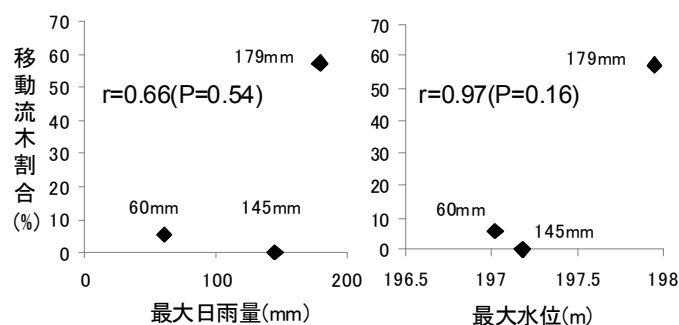


図-1 降雨イベント強度（最大日雨量：左）（最大水位：右）と流木の移動本数割合の関係

3.3 流木の堆積機構

179mm イベントで移動した流木の移動距離の頻度分布を図-2 左に示した。全調査区間の河道内に堆積した流木の移動距離の範囲は 85m～10074m で平均は 4233m であった。ダム湖に流入した流木はダムがなければ更に下流へ流下したと考えられるので、系外への流出とした。系外流出の相対頻度は 0.34 と高かった。

179mm イベントで移動し、河道内に堆積した 25 本の流木の堆積場所を、河道を中州のある区間とない区間に分けて数えると、それぞれ 21 本と 4 本となった。中州のある区間の総延長は 2786m、中州のない区間の総延長は 8914m なので中州のある区間に偏って堆積したと言える (χ^2 検定, $P<0.01$)。中州は流れが乗り上げるので堆積しやすい地形であると推察される。さらに中州のある区間は川が蛇行し、捕捉されやすい地形であったことも一因と考えられる。中州のない区間で堆積した流木も 3 本は流れが乗り上げやすい湾曲部内岸で、残りの 1 本は外岸側の河畔樹木に捕捉され停止していた。

3.4 流木の移動・堆積シミュレーション

上記の堆積パターンを参考に、179mm イベントによる流木の移動距離を再現するシミュレーションを試みた。中州のある区間と中州のない区間は交互に出現するが、流れた流木は中州のある区間で堆積し、中州のない区間では堆積しないと仮定する。隣接する中州区間の距離は一定、中州区間における流木の捕捉率（当該中州区間での堆積流木数／（当該中州区間での堆積流木数＋当該中州区間を通過して流下した流木数））は一定とする。ある地点から流木が流下する場合の上流から n 番目の中州区間での捕捉確率 T_n は

$$T_n = (1 - \sum_{i=1}^{n-1} T_i)P$$

で表される。ここで、 T_i は各中州区間での捕捉確率で $T_1=P$, $T_2=(1-P)P$, $\dots$, P は捕捉率（一定値）。河道内で堆積した流木とダム湖へ流入した合計 36 本の流木について、全部で 19 箇所の中州区間での捕捉率 P を計算し平均すると 0.06 となった。隣接する中州区間の間の距離は $11.7\text{km} \div 19 = 0.62\text{km}$ であった。今、移動した流木が、移動前に上流調査区間に均等に分布しているとすると、 $7.3\text{km} \div 0.62\text{km} = 11.77$ となり、上流側の 12 の中州のない区間それぞれから流木 1 本が流下するとした。各流木の距離毎の捕捉確率分布を求め、そ

れを 12 本について合計し、さらに 12 で除したものを全体としての確率分布とした（図-2 右）。3.3 と同様にダム湖より下流へ達したものは系外流出とした。この確率分布は移動距離の頻度分布を示している。実測値に比べて、シミュレーションでは系外流出の割合が増加したが、全体的にはある程度再現性のある結果となった。このモデルは他の河川にも応用可能な汎用モデルを指向しているため、河道区間を堆積域と非堆積域に分けて、堆積域間の距離は一定とし、堆積域の捕捉率に一定値を与える、という単純化を行った。にもかかわらずある程度再現性が見られたので、このシミュレーションモデルは、流木の移動距離頻度分布を再現するには有効な方法であると考えられる。

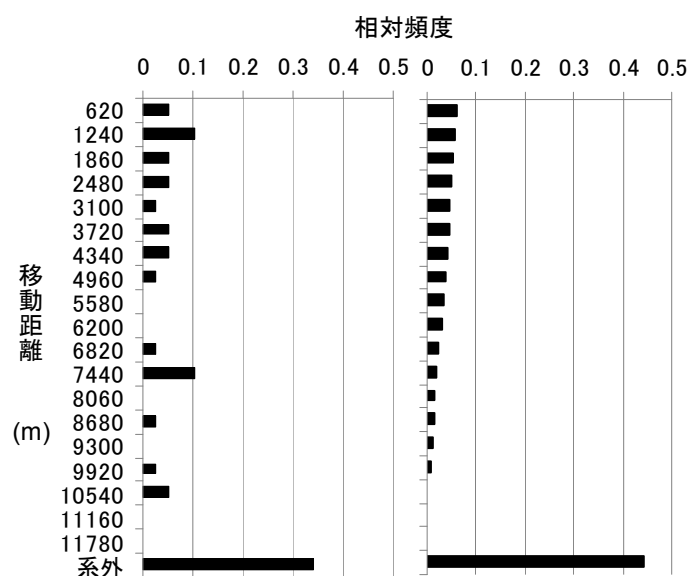


図-2 流木の移動距離の実測による頻度分布（左）およびシミュレーションによる頻度分布（右）

4 まとめと今後の課題

流木の発生については、河畔林からの倒木化、倒木からの流木化の実態を定量化することが出来た。移動については、水位と移動した流木の本数割合にある程度関係が見られた。また、移動と堆積の実態を把握し、シミュレーションモデルによりある程度再現することが出来た。

今後は降雨イベント強度と流木の移動本数割合の関係および、降雨イベント強度と堆積場所での捕捉率の関係を詳細に調べる必要がある。それにより、流木の絶対本数の移動距離分布を再現するシミュレーションが可能になり、流木の流出予測への道が開かれると考えられる。