

# 和歌山県那智川流域における平成 23 年台風 12 号による流木の流出実態

国立研究開発法人土木研究所 ○黒岩知恵, 藤村直樹, 木下篤彦, 水野秀明  
和歌山県(大規模土砂災害対策研究機構) 福田和寿

## 1. はじめに

和歌山県那智川流域では、平成 23 年台風 12 号に伴う豪雨により、流木を含む土石流が複数の箇所が発生し、橋梁を閉塞したり、河道から越流・氾濫したりして、家屋の倒壊など甚大な被害が広範囲に発生した(例えば、松村ら、2012)。土石流とともに流下する流木の実態については、これまでに多くの研究が行われてきた(例えば、石川ら、1989)。しかしながら、流木の挙動を推定するうえで重要な流木流出率(発生流木のうち対象地点まで到達した流木の割合)については、地形・植生等の多くの要因に影響されるため、未だ不明な点が多い。そこで、本研究は、地形が異なる那智川流域内の 4 つの支川を対象として、平成 23 年台風 12 号による流木流出率を推定するとともに、流木堆積箇所の河道地形と流木流出率との関係を明らかにすることを目的とした。

## 2. 対象流域の概要

対象流域は、図-1 と表-1 に示すように、和歌山県東牟婁郡那智勝浦町に位置する那智川の左支川①～④の 4 溪流である。流域面積は 0.28～0.78km<sup>2</sup>で、標高は 70～685.8m である。平均溪床勾配は、陰陽川左支溪(①)と内の川(②)で 20° 以上であり、樋口川(③)と平野川(④)はこれら 2 溪流よりも緩勾配となっている。地質は 4 溪流ともに概ね同様で、上～中流域の地質は花崗斑岩、下流域は熊野層群の砂岩・泥岩から成る。植生は 4 溪流とも、樹高 10～20m のスギ人工林が主体で、上流域には樹高 10m 程度以上の常緑広葉樹林が優占する。内の川(②)には、内の川砂防堰堤(不透過型、有効高 13m)が谷出口の直上流に存在する。

## 3. 流木流出率

流木流出率は、既往災害資料の調査を中心とし、空中写真判読と代表箇所の現地調査により推定した。具体的には、(1)～(2)式を用いて、谷出口地点と溪流内を概ね 50m 間隔に分割した区間ごとに流木流出率を算出した。式中の発生流木量( $V_1$ )は崩壊や溪岸・溪床侵食により発生した流木量、堆積流木量( $V_2$ )は土石流流下後に溪流内に堆積した流木量である。

$$V_3 = V_1 - V_2 \quad \dots\dots\dots (1) \text{式}$$

$$\alpha = \Sigma V_3 / \Sigma V_1 \cdot 100 \quad \dots\dots\dots (2) \text{式}$$

ここに  $\alpha$ : 流木流出率(%),  $V_3$ : 各区間の流出流木量(m<sup>3</sup>),  $V_1$ : 各区間の発生流木量(m<sup>3</sup>),  $V_2$ : 各区間の堆積流木量(m<sup>3</sup>)である。

各溪流の谷出口地点での流木流出率の推定結果を表-1 に示す。流木流出率は、陰陽川左支溪(①)と内の川(②)では 83～89% であった。これらに対して、樋口川(③)と平野川(④)の流木流出率はそれぞれ 50.4%、69.3%と低く、上記 2 溪流と比較すると 15～40%程度の差が見られる。

つぎに、溪流内での流木流出率の変化を見ると、陰陽川左支溪(①)では、流木流出率は大半の区間で 85%以上を示し、顕著な流木堆積箇所はほとんど見られなかった。内の川(②)でも、内の川堰堤によって流木流出率が減少したものの、それ以外の区間では流木が多く堆積した箇所はなく、流木流出率は全区間を通して概ね 80%以上であった。これらに対して、樋口川(③)や平野川(④)では、溪流内で流木流出率が大きく変化する。樋口川(③)

では、図-2 に示すように、流木流出率は上流域で 100%であったのに対し、中流域では 20%以下に減少し、再び下流域にかけて増加する。流木流出率が変化した中流域は、溪岸・溪床侵食による発生流木がある一方で、20～40m<sup>3</sup>程度と多くの流木が堆積した区間が連続している。

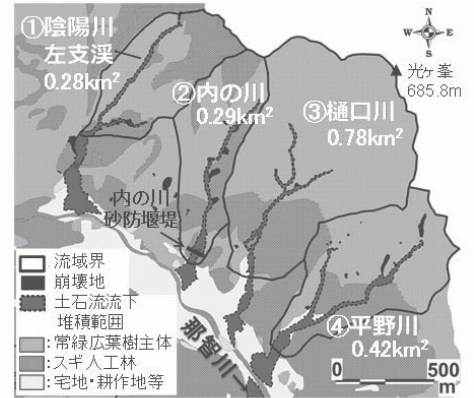


図-1 対象流域の位置

表-1 流域諸元と流木流出率

溪流名	流域面積 km <sup>2</sup>	溪床勾配 ※1 °	流木流出率 %	発生流木量 m <sup>3</sup>	堆積流木量 m <sup>3</sup>	流出流木量 m <sup>3</sup>	比発生流木量 m <sup>3</sup> /km <sup>2</sup>
① 陰陽川左支溪	0.28	20.9	88.4	415	48	367	1,481
② 内の川	0.29	21.9	83.8	704	114※2	590	2,426
③ 樋口川	0.78	13.7	50.4	467	232	235	599
④ 平野川	0.42	19.8	69.3	900	276	624	2,144

※1: 本川の土石流源頭部～谷出口までを対象に算出

※2: このうち、堰堤の堆積流木量は堆積面上の流木量を計上

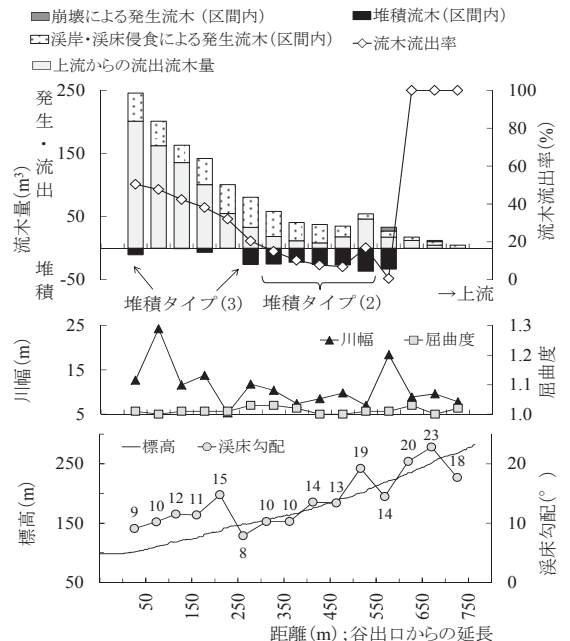


図-2 流木流出率と河道地形の変化(③樋口川)

## 4. 流木堆積箇所の河道地形

### 4.1 流木堆積形態

流木の堆積形態は、代表箇所の現地調査および既往災害資料にある流木堆積箇所の写真から、主に(1)源頭部付近での堆積、(2)河道幅が流木長よりも狭い区間での堆積、(3)土砂の堆積箇所での堆積の3つのタイプに分けられる。(1)は、崩壊地からの発生流木の一部が崩壊地周縁の立木に引っかかって停止したと考えられる。(2)は、溪岸・溪床侵食によって発生した流木が河道幅よりも長く、倒れたり、流下する過程で兩岸の立木に引っかかり停止したと考えられる。これらの流木堆積箇所に、上流からの流木が絡み合って停止したものもある。(3)は、堆砂面上で水深が減少して、流木が浮遊することなく停止したと推測される。堆積した巨礫に引っかかり、流下しなかった流木もある。

### 4.2 流木堆積箇所の河道地形の特徴

流木の堆積には溪床勾配や河道幅などが影響することが報告されており(例えば、石川ら、1989)、上述した流木の堆積にもこれらが関与したと考えられる。そこで、流木堆積タイプごとに河道地形の特徴を把握した。流木堆積箇所の河道地形は、災害後の航空レーザ計測データを用いて、流木流出率を推定した区間ごとの溪床勾配、河道幅および湾曲状況を把握した。溪床勾配は、当該区間の上流地点と下流地点の標高差と距離から算出した。河道幅は、土石流流下幅の平均値とした。湾曲状況(屈曲度)は、宮縁ら(1999)が用いた算出方法を参考とし、対象区間の河道中心線の長さを区間の直線距離で除した値とした。流木堆積タイプごとの流木堆積量と河道地形との関係を図-3に示す。溪床勾配と流木堆積量との関係を見ると(図-3の左)、タイプ(3)は、溪床勾配15°以下の区間で見られ、この勾配は本地域の土砂の堆積箇所の勾配と一致する。タイプ(1)と(2)は、多少のばらつきが認められるものの、勾配が緩いほど流木堆積量が大きくなる傾向が見られる。河道幅と流木堆積量との関係を見ると(図-3の右)、タイプ(2)は、河道幅10m以下の区間となっている。本地域では、流木発生源である植生の平均樹高が10m以上であることから、10m以上の長さの流木が多かったと推察される。このため、流木長よりも狭い河道幅10m以下の区間で、流木が引っかかって堆積したと考えられる。タイプ(1)と(3)については、河道幅と流木堆積量との間に明瞭な関係は見られなかった。いずれのタイプでも、屈曲度と流木堆積量との間に明瞭な関係は確認できなかった。以上の結果、流木堆積箇所は堆積形態によって異なり、タイプ(3)は溪床勾配15°以下、タイプ(2)は河道幅10m以下の区間であることがわかった。

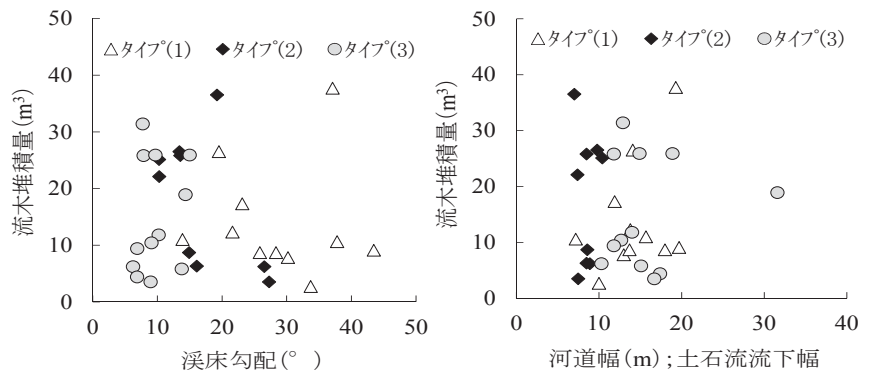


図-3 流木堆積量と溪床勾配および河道幅との関係

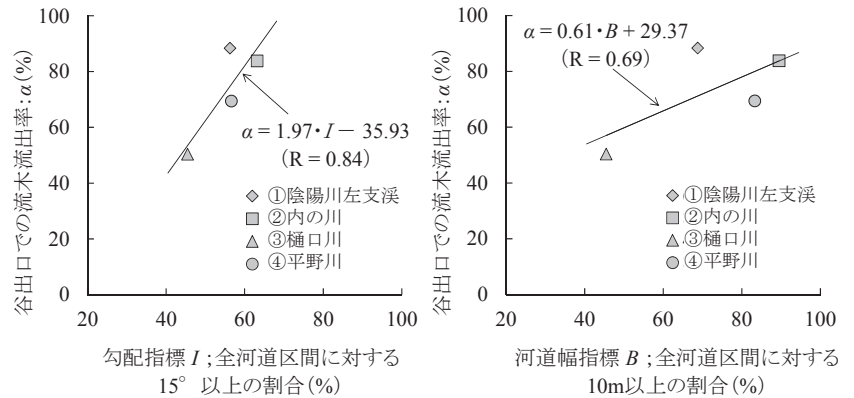


図-4 流木流出率と勾配指標および河道幅指標との関係

## 5. 流木流出率と河道地形との関係

前章の結果から、溪床勾配が15°以下であればタイプ(3)、河道幅10m以下であればタイプ(2)により、流木が堆積する可能性が考えられる。そこで、これら以外の区間では、流木が堆積せずに流出する可能性が高いと想定し、流木流出率の説明指標として「勾配指標：全河道区間に対する溪床勾配15°以上となる区間の割合」と「河道幅指標：全河道区間に対する河道幅10m以上となる区間の割合」を提示した。勾配指標および河道幅指標と谷出口での流木流出率との関係を示す図-4より、これらの間には正の相関性が見られ、同図に示す式で直線近似可能である。とくに、勾配指標と流木流出率の相関係数は $R=0.84$ と高いことを確認した。

## 6. おわりに

本研究により、平成23年台風12号による那智川左支川の4溪流における流木流出率は50.4~88.4%と、溪流によって大きく異なることがわかった。また、流木流出率と流木堆積箇所の河道地形との関係が明らかとなった。今後は、流木堆積箇所の現地調査を行い、場の特性である河道地形や植生(樹高、立木密度等)と堆積流木の特徴(流木長等)との関係を把握し、その結果から流木流出率に関わる要因を詳細に分析する予定である。

**謝辞:** 本研究に際し、国土交通省近畿地方整備局紀伊山地砂防事務所に貴重な資料をご提供いただきました。感謝申し上げます。

**引用文献:** 石川ら(1989): 土石流に伴う流木の発生及び流下機構、砂防学会誌、Vol.42、No.3、p.4-10

松村ら(2012): 2011年9月台風12号による紀伊半島で発生した土砂災害、砂防学会誌、Vol.64、No.5、p.43-53

宮縁ら(1999): 九州北部の山地河川に堆積する倒・流木と土砂、砂防学会誌、Vol.52、No.1、p.21-27