

令和6年能登半島地震・豪雨災害時の流出流木の実態把握

国土交通省国土技術政策総合研究所 赤澤史顕* 鈴木啓介
八千代エンジニアリング株式会社 ○宮田直樹 西尾陽介 児玉龍朋 大庭稜平 由永尚暉

*現所属 国土交通省砂防部

1. はじめに

土砂・洪水氾濫時に流出する流木の対策計画を立案する上では、適切な流木流出率の設定が不可欠である。しかし、対策の対象となるような比較的広域な流域において、流出率の実態が整理されている事例は多くない。令和6年能登半島地震およびその後の能登半島豪雨では、地震で不安定化した斜面や河道内の倒木が、豪雨時に一斉に流出したことで下流の被害を拡大させた。このような複合的な災害における流木流出の実態を定量的に把握し、流木収支を整理することは、今後の合理的な流木対策計画の策定において重要である。そこで本報告では、石川県輪島市の塚田川および鈴屋川流域を対象として、地震と豪雨の各段階における流木発生量、堆積量、および流出率を算定し、その実態について把握した。

2. 検討対象流域

検討対象は、石川県輪島市に位置する塚田川流域（7.0km²）および鈴屋川流域（20.1km²）である。本流域では、2024年1月の地震により多量の土砂生産が生じ、さらに同年9月の豪雨によって、これら生産土砂や流木が下流へ流出し、甚大な被害をもたらした。対象流域の林相は、スギ等の針葉樹と広葉樹等で構成されるが、全体としてスギを中心とした針葉樹が山地の大半を占めている。特に斜面崩壊が発生した山地部の多くは針葉樹林であり、広葉樹は溪流沿いや針葉樹林の境界付近等に混在するかたちで点在している。

3. 検討方法

3.1. 流域区分

流木収支の算出単位として、流域を斜面域（河床勾配10度以上の範囲）と河道域（河床勾配10度未満の範囲）に分割した（図1）。斜面域は土石流の発生・流下区間、河道域は土石流の堆積区間および掃流区間に相当する。流域の分割数は、鈴屋川で65流域（斜面域：31流域、河道域34流域）、塚田川で28流域（斜面域：16流域、河道域12流域）である。

3.2. 流木の発生・堆積箇所の判読

地震前（2020年）、地震後（2024年3～5月）、豪雨後（2024年9～10月）の3時期の航空レーザ測量（LP）データと空中写真を用いて、土砂移動範囲を判読した。流木の発生箇所は、斜面崩壊や渓床・渓岸侵食等の土砂移動範囲のうち、立木が流失している範囲とした。また、流木の堆積箇所は、空中写真から流木が集積している範囲（堆積流木群）を判読するとともに、単木で堆積している流木の本数を分割流域毎に集計した。

3.3. 発生流木量の算定

発生流木量は、判読した流木発生箇所の面積に、当該

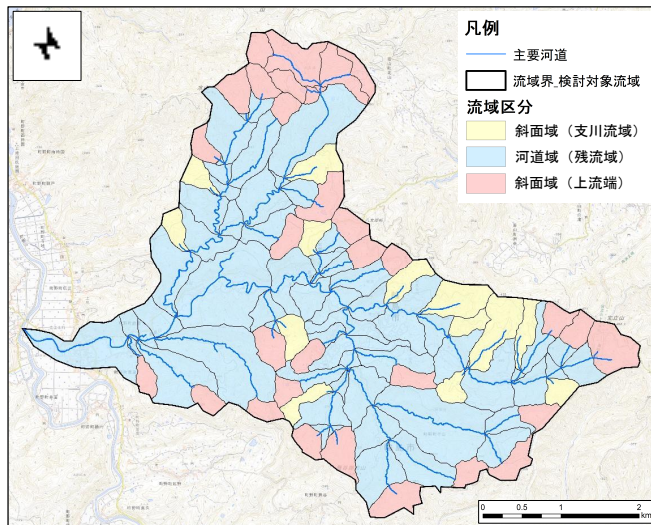


図1 流域区分図（鈴屋川の例）

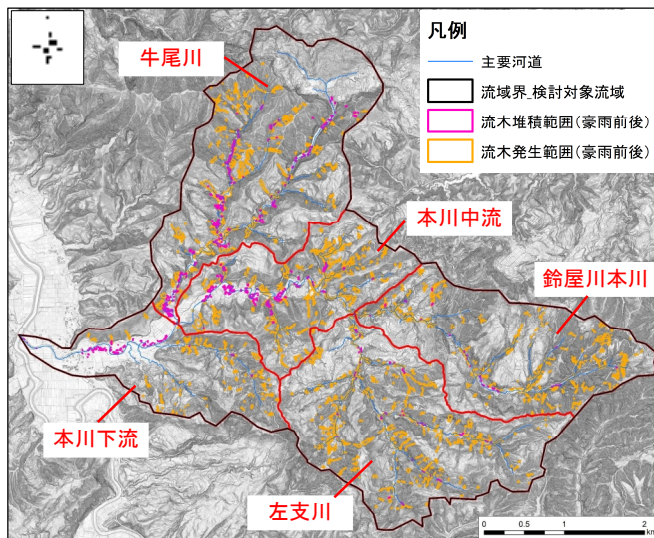


図2 流木発生箇所・堆積箇所の抽出（豪雨時 鈴屋川）

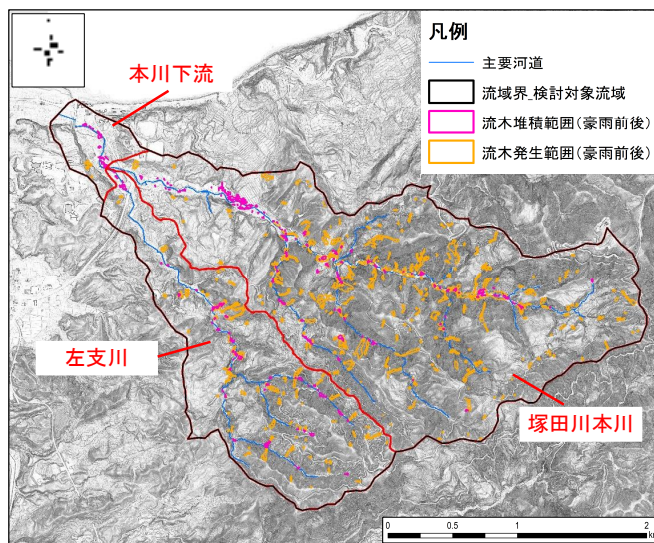


図3 流木発生箇所・堆積箇所の抽出（豪雨時 塚田川）

箇所に対応した樹種の立木材積量を乗じて算定した。樹種区分は、林野庁作成の「樹種ポリゴン」^{*1}を活用し、地震により裸地化した範囲については、周辺の樹種構成から元々の林相を推定した。材積量は、各流域の針葉樹および広葉樹の代表箇所（コドラート）での立木調査結果を適用した。

3.4. 堆積流木量の算定

堆積流木群の量は、範囲（底面積）と堆積高から角錐形状を想定して見かけの容積を求め、これに容積率を乗じて実容積を算定した。堆積高は、堆積流木群の頂部と底部（地面）の差として、堆積範囲内の標高値（LPデータ）の最大値と最小値の差を適用した。容積率は、当該地域の複数箇所での堆積流木群の調査^{*2}において、全木調査の平均値で0.20という結果が得られていることから、これを適用した。単木については、分割流域毎に集計した本数に平均的な長さ、直径を乗じて算定した。

3.5. 流出流木量の算定

斜面域からの流出流木量は、発生流木量に流出率を乗じて求めた。ここでは、流出率（河床勾配10度地点からの流出率）は「砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）」を参考に0.9として整理した。一方、河道域における発生流木量は、発生箇所が直接河道に面しているため、発生した全量がそのまま流出するものとみなした。

3.6. 流木収支の算定

河道域における流出流木量は、「上流域からの流入流木量＋当該区間での発生流木量－当該区間での堆積流木量」により算定した。計算上、下流への流出流木量がマイナスとなる場合は、その地点の流出流木量をゼロに補正した。

4. 検討結果

4.1. 発生流木量の算出結果

発生流木量を算出した結果、地震時の発生流木量は鈴屋川流域で57,789m³、塚田川流域で13,132m³となった。豪雨時の発生流木量は鈴屋川流域で51,833m³、塚田川流域で22,732m³となった。この豪雨時の発生量には、降雨に伴う新規崩壊によるものに加え、地震時に発生して河道内（斜面脚部等）に留まっていた残存木が含まれている。流木被害が顕著であった平成29年九州北部豪雨時の事例^{*3}と比較すると、鈴屋川流域と同規模の流域面積をもつ赤谷川流域（20.1km²）の発生流木量約3.9万m³（約2.0千m³/km²）に対し、今回の鈴屋川流域は約5.2万m³（約2.6千m³/km²）であり、既往の激甚な災害におとらない規模であった。今回の災害において発生流木量が増大した要因は、地震によって供給されていた多量の河道上残存木（鈴屋川で約3.2万m³）が豪雨による出水で一斉に流出したことにある。

4.2. 流出流木量及び流木流出率の算定結果

地震時における流出流木量については、地震による斜面崩壊の直下に土砂や流木が残存しており、下流へ

表1 発生流木量 (m³)

		鈴屋川流域	塚田川流域
地震時	発生流木量	57,789 (2,875)	13,132 (1,876)
	新規発生流木量	20,074 (999)	14,036 (2,005)
豪雨時	地震後 河道上残存木 (豪雨時に流出)	31,759 (1,580)	8,695 (1,242)
	合計	51,833 (2,579)	22,732 (3,247)

※表中の()は比発生流木量 (m³/km²)

の流出がほとんど見られなかったため、発生流木量のみを集計とした。豪雨時における流出流木量は、流木収支に基づき算出した結果、下流への流出流木量は、鈴屋川流域で32,001m³、塚田川流域で16,213m³となった。これに基づく流木流出率は、鈴屋川流域で0.62、塚田川流域で0.71である。鈴屋川流域の流木流出率は、平成29年九州北部豪雨時の赤谷川流域の流出率0.63^{*3}に近い結果となった。

表2 流出流木量

【鈴屋川】

	発生流木量 (m ³)	流入流木量 (m ³)	堆積流木量 (m ³)	流出流木量 (m ³)	流出率	備考
鈴屋川本川	11,527	-	903	10,624	0.92	左支川合流前
左支川	6,508	-	1,152	5,357	0.82	
本川中流	8,560	15,980	6,539	18,001	0.73	牛尾川合流前
牛尾川	23,205	-	10,108	13,097	0.56	
本川下流	2,033	31,098	1,130	32,001	0.97	
流域全体	51,833	-	19,832	32,001	0.62	町野川合流点

【塚田川】

	発生流木量 (m ³)	流入流木量 (m ³)	堆積流木量 (m ³)	流出流木量 (m ³)	流出率	備考
塚田川本川	17,561	-	4,214	13,347	0.76	左支川合流前
左支川	5,171	-	1,954	3,217	0.62	
本川下流	0	16,564	351	16,213	0.98	
流域全体	22,732	-	6,518	16,213	0.71	河口

5. おわりに

広域流域を対象とした流木収支の算定においては、LP差分解析と空中写真判読を組み合わせた手法が有効である。今回の検討により、地震と豪雨の複合災害では、地震時の河道残存木が豪雨時の流出量を著しく高める実態が定量的に明らかとなった。広域流域での流木収支の検討事例は依然として少ないため、今後も事例の蓄積を進める必要がある。なお、今回の算定では斜面域（河床勾配10度以上の範囲）からの流木流出率を一律の値（0.9）で整理したが、実際には地形要因（溪床勾配や溪床幅等）等に応じて変動し得ると考えられる。今後は河床勾配10度以上の範囲についても地形要因等に応じた流出率を設定できるよう、さらなる事例の蓄積を図り、より合理的な流木対策計画の立案に繋げていきたい。

【参考・引用文献】

- 1) 林野庁 (<https://www.geospatial.jp/ckan/dataset/rinya-treespecies-noto2024>)
- 2) 由永尚暉他：空隙率を考慮した堆積流木群の計測，令和8年度砂防学会研究発表会概要集
- 3) 筑後川右岸流域 河川・砂防復旧技術検討委員会 報告書（平成29年11月22日 筑後川右岸流域 河川・砂防復旧技術検討委員会）