

□近年の豪雨等による流木災害について

東京農工大学 名誉教授 石川 芳 治

1. はじめに

わが国の国土の約3/4は山地であり、その大部分は森林により覆われている。このため、河川上流域の溪流においては豪雨等により山腹崩壊、溪岸崩壊、溪岸・溪床侵食等が発生すると、土砂とともに多量の流木が発生して、下流へ流下する。それらの流木が溪流に架かる橋梁、カルバートボックス等を閉塞することにより土石流や洪水の氾濫が発生して、周辺の人家や施設に対する被害を増大させたり、人命を奪う事例がしばしば生じている。このような流木災害が近年目立つようになった原因としては次のような社会および自然条件の変化が考えられる。①近年、都市の近くでは山地溪流の出口付近で宅地開発等が進み被害を受けやすい家屋や施設が増加している。②山地溪流に架かる丈夫な鉄筋コンクリート製の小橋梁やカルバートボックスが増加した。③1950～1960年代に植林された人工林が成長してきており、材積、樹高、直径が増大した。④地球温暖化の影響で降雨強度が大きい豪雨が頻発するようになった。⑤山地溪流においては土砂災害対策として砂防・治山施設が整備されつつあるが、流木災害対策は相対的に遅れている。以下では主として近年の豪雨等による流木災害の事例と特徴、流木の発生メカニズム、流木災害の軽減策について述べる。

2. 流木災害の事例と特徴

流木による災害の形態は大きく分類すると①流木が橋梁・カルバート、水路等に詰まることにより土石流や洪水が河道から溢れて周辺や下流の人家、施設等に被害を与え、人命を奪う。②流木が橋梁等に詰まって上流で土石流や洪水がダムアップしこれらによる流体力や水圧により橋梁が押し流される。③取水堰や放水路の取水口に流木が詰まって取水機能や放水機能を低下させる。④流木の衝突による衝撃力により家屋あるいは河川に設置してある構造物等を破壊する。⑤貯水池等に貯って一部は沈積する。これらは腐敗し水質や景観を損ねる。⑥海に流出して船舶の航行の障害になったり、海岸に漂着してゴミとなる等がある。これらのうちでも特に人命等への危険性が高く人家等への被害も大きいのは①の被災形態である。近年の主な流木災害とそれらの特徴は次のようなものがある。

(1) 平成2年(1990)7月2日の豪雨により阿蘇山のカルデラ内を流れる古恵川(流域面積約10km²)の上流域では山腹斜面崩壊が多数発生して泥流とともに多量の流木が流下した。下流部の一の宮町市街地では古恵川に架かる長さ約10mの国道橋に多量の流木が詰まり、このため泥流および流木は周辺の人家密集地に氾濫して、死者7名、全半壊家屋百数十戸という大きな被害を発生させた¹⁾(図1)。この流木災害を契機

として、平成2年(1990)10月に建設省(現国土交通省)により「流木対策指針(案)」²⁾が策定され、後に述べるような流木対策施設が設置されるようになった。



図1 国道橋が流木により閉塞されたために土石流が周辺に氾濫し人命、人家等に甚大な被害を与えた(1990年7月、熊本県一の宮町古恵川)

(2) 平成11年(1999)年6月に発生した広島災害では多くの流木災害が発生した。一例として荒谷川では溪流に架かっていた橋梁に流木が詰まったことにより周辺への土石流の氾濫が引き起こされて人家が破壊され、死者4名の被害が発生した³⁾(図2)。



図2 溪流に架かる橋梁の流木による閉塞に伴う土石流の氾濫と人家の被害(1999年6月の広島災害における荒谷川)

(3) 平成16年(2004)は梅雨前線と度重なる台風の襲来により、全国各地で土石流による災害が発生したが、土石流とともに流下してきた流木が橋梁を閉塞することにより、土石流や洪水の

災害を拡大させたと考えられる事例が福井県、兵庫県、香川県、愛媛県等において数多く見られた。このうち、愛媛県では多くの溪流において多量の流木が流下して土石流や洪水の被害を拡大させた⁴⁾(図3)。



図3 愛媛県西条市長谷川における流木による橋梁の閉塞と周辺への洪水氾濫(2004年9月台風21号による災害、愛媛県提供)

(4) 平成25年(2013)台風26号により、伊豆大島は24時間雨量が800mmを超える豪雨に見舞われ、大金沢では大規模な土石流が発生し、死者・行方不明者39名の甚大な土砂災害が発生した。この土石流による崩壊・侵食面積率は約18%となったため多量の流木(約13,600m³)が発生・流下し、大金沢の中下流に存在していた橋梁が流木により閉塞されて、土石流が流路の外に氾濫したため家屋や人命に対する被害が拡大した⁵⁾(図4)。



図4 伊豆大島大金沢における流木による橋梁の閉塞と土石流の氾濫(2013年10月台風26号による災害)

(5) 平成29年(2017)7月の「九州北部豪雨」では、福岡県と大分県の県境付近一带に24時間雨量が800mmを超える豪雨が発生した。この豪雨により多数の斜面崩壊や土石流が発生し、これに伴い多量の土砂や流木が溪流及び河川を流下して下流の谷底平野や扇状地に氾濫堆積し、死者・行方不明者41名とともに、人家、ライフライン等の施設等に甚大な被害を発生させた⁶⁾(図5)。



図5 流木により閉塞された橋梁(2017年7月九州北部豪雨、福岡県東峰村、大肥川支川宝珠山川)

(6) 平成30年(2018)7月には、「平成30年7月豪雨」により西日本および中部地方の広い範囲にわたって72時間雨量で400mmを超える強い豪雨が発生し、多数の斜面崩壊や土石流ならびに洪水が発生し、広域にわたる土砂災害により100名を超える甚大な被害が発生した。この豪雨では、特に広島県と愛媛県において多数の土砂災害が発生した。広島県では花崗岩ならびに流紋岩の地質の地域で土石流が多数発生し、こ

れに伴い流木も発生・流下して、橋梁等を閉塞して被害を拡大させた⁷⁾(図6)。



図6 広島県坂町総頭川における流木による橋梁の閉塞と土石流の氾濫(2018年7月豪雨)

(7) 令和4年(2022)8月4日未明、新潟県村上市小岩内地区の大沢川(流域面積約0.74km²)では、最大24時間雨量が410mmの豪雨により土石流が発生し、約1,000m³の流木が下流の小岩内集落に流下して橋梁を閉塞した。このため、土砂と流木は溪流の外に氾濫し、家屋12棟が全・半壊し、市道が埋まり、田畑も土砂や流木で埋まるなどの甚大な被害が発生した⁸⁾(図7)。

(8) 令和6年(2024)9月21日9時半ころ、石川県輪島市の塚田川(流域面積約5.8km²)では、それまでの24時間雨量がアメダス輪島で252mm、最大1時間雨量98.5mmの豪雨により上流で崩壊や土石流が発生した。集落のある下流の久手川地区の河床勾配は1~2°と比較的緩いためこの区間では流れは洪水に変化した。約6,300m³の流木が久手川地区に流下して4基の橋梁を閉



図7 流木による橋梁閉塞により氾濫した洪水による家屋被害(2022年8月豪雨による村上市小岩内大沢川)

塞し、このため橋梁上流の流路の土砂埋塞およびそれに続く流路外への洪水・土砂・流木の氾濫が引き起こされた（図8）。この洪水・土砂・流木の氾濫により、死者4名、流出したり破壊された家屋が数十棟という甚大な被害が発生した（図9）。

3. 流木の発生メカニズム

山地における土石流の発生、流下に伴い発生する流木の模式図を図10に示す。土石流の流下に伴い溪流沿いの森林が侵食されることによりそこに

あった立木が土石流に巻き込まれて流木になる（図11）。このため山地の溪流では土砂と流木が混じって一体となった土石流として流下する（図12）。下流の河川では河床勾配が緩くなるために土砂の濃度が低くなり、土石流は洪水に変化する。このようになると流木は洪水の水面付近を浮いた形で流下するようになる。

一般に流木の量は樹幹の体積である幹材積（単位は m^3 ）で表される。過去の主な流木災害における溪流毎の流域面積 A (km^2)とそれら流域内での流木の発生量（幹材積） V_g (m^3)の関係を図13に示す^{2),9)}。図13には2017年の九州北部豪雨に



図8 輪島市塚田川における流木による橋梁閉塞に伴う土砂・洪水・流木の氾濫（2024年9月）、1/25,000地形図（国土地理院）に加筆



図9 塚田川のA, B地区における流木による橋梁の閉塞に伴う土砂・洪水・流木の氾濫状況（2024年9月）

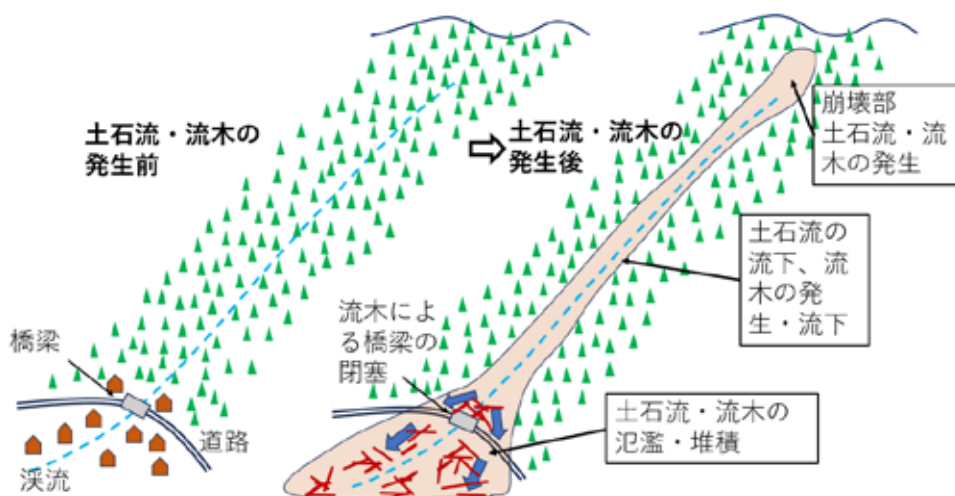


図10 山地溪流における流木の発生と橋梁の閉塞による土石流・流木の氾濫・堆積の模式図



図11 広島市の高松山における土石流・流木の発生・流下（2014年8月、国土地理院撮影）



図12 長野県南木曾町梨子沢における土石流先頭部における流木の流下状況（2014年7月、国土交通省多治見砂防国道事務所撮影）

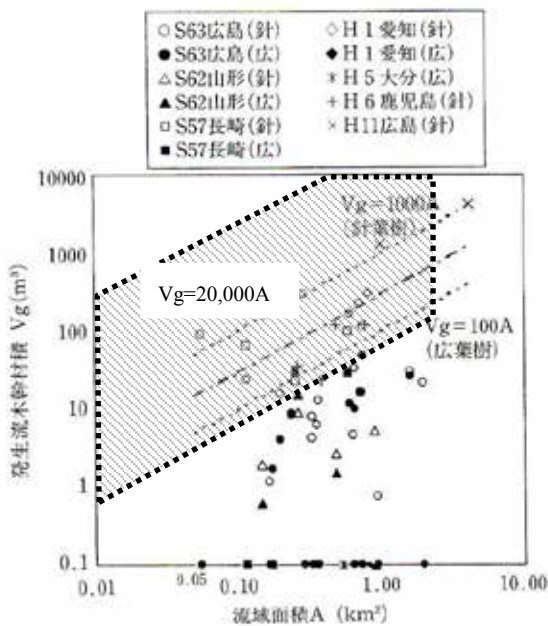


図13 流域面積と発生流木幹材積の関係²⁾、斜線部は九州北部災害(2017)時の溪流の分布(国土交通省⁹⁾、2017に加筆)

よる各溪流での概略の分布範囲⁹⁾も斜線で示す。溪流の流域面積が大きくなると発生する流木の量も比例して大きくなる事が分かる。また、流域面積が同一の場合、針葉樹林の方が広葉樹林よりも発生流木幹材積が多い事が分かる。これは一般に、流域面積1ha当たりの幹材積は2017年時点の全国平均で針葉樹(人工林)では324.5m³であり、広葉樹(天然林、二次林)の130m³に比べて多いためである¹⁰⁾。また、最近、流域面積当たりの発生流木量が増加している傾向が認められる。これは、我が国における単位面積当たりの森林の幹材積が年々増加していることが一つの理由である。例えば、人工林における平均の幹材積は1966年時点では70.6m³/haであったものが、2017年時点では324.5m³/haと約4.6倍に増加している。

また、図14^{2),11)}から、発生流木幹材積 V_g (m³)の上限値は斜面崩壊や土石流による生産土砂量 V_y (m³)の約2%である事が分かる。なお、流域で発生した流木のうち谷の出口まで流出した流木の割合(流出率)は実態調査¹¹⁾によれば各溪流によりバラツキは大きいものの施設が無い場合には約50~90%である。昭和63年(1988)の広島災害の8溪流の流木発生源での調査結果では、流木の長さは発生源の立木の長さの約1/2~1/3であり、流木の平均長は土石流の流下幅の最小値(狭窄部の幅)とほぼ同じであった^{11),12)}。

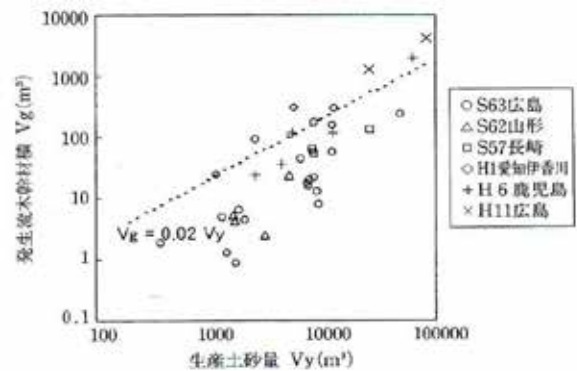


図14 生産土砂量と発生流木幹材積^{2),11)}

4. 流木災害を軽減するための対策

流木災害対策には、施設等によるハード対策と警戒・避難体制の整備等により人命に対する被害を防止するソフト対策がある。前述したように溪流や河川を流下した流木が橋梁を閉塞することで土石流や洪水の氾濫が助長され、周辺の人家や施設に対する被害を大きくする場合が多い。このため、ハード対策としては流木が下流の橋梁や人家付近に到達する前に、上流部において流木捕捉施設等を設置して流木量を減少させる手法が一般的にとられている（図15、図16）。このほかには、流木の発生源となる溪流沿いに生育している大きな樹木を伐採したり、針葉樹を広葉樹に植え替える事等により流木になる量を減らすなどの対策が採られている。ソフト対策においてはハザードマップの整備が重要である。しかしながら現状では、土石流のハザードマップである土砂災害（特別）警戒区域においても、また洪水浸水想定区域図においても流木による橋梁の閉塞による土石流や洪水の氾濫が考慮されておられない。このため、住民に流木災害に対する認識を高めていただき、的確な避難情報を提供するためには、土石流や洪水のハザードマップにおいても流木による橋梁の閉塞による影響を反映させることが必要である。



図15 鋼製透過型砂防堰堤による流木の捕捉例、福岡県田主丸町冷水川



図16 部分透過型砂防堰堤による流木の捕捉例、広島災害（1999年6月）荒谷川

5. おわりに

これまで述べたように、流木は山地溪流の上流において発生し、土石流とともに流れる間にその量を増して行き、下流の橋梁を閉塞することにより、土石流や洪水の氾濫を助長して被害を拡大させる。流木災害を防止・軽減するためには溪流の上流から下流まで連続的かつ総合的に流木の発生を抑制し、流下量を減少させるための対策を進める必要がある。一方で、豪雨の際には多量の流木が下流に流下して道路や人家付近に氾濫・堆積する、このような流木を移動及び除去するためには土砂とは異なる特殊な資機材が必要である。さらには流木の仮置き場等の準備も必要である。このように山間地における土石流や洪水の被災現場での救助や捜索活動を迅速に行うためにはこのような資機材を事前に準備することも重要と思われる。

【参考文献】

- 1) Ishikawa, Y., Kusano, S., Fukuzawa, M.: Mudflow and floating logs disaster in Ichinomiya Town, Kumamoto Pref. in 1990, Proc. of Japan-U.S. Workshop on Snow Avalanche, Landslide, Debris Flow Prediction and Control, pp.487-496, 1991
- 2) 建設省砂防部砂防課：流木対策指針（案）計画編、設計編，pp.1-18, pp.1-17, 2000.
- 3) 海堀正博他：1999年6月29日広島土砂災害に関する緊急調査報告（速報）、砂防学会誌、第52巻、

- 第3号, pp.34-43, 1999.
- 4) 岡本敦：平成16年度愛媛県で発生した土砂災害の対策、第37回砂防学会シンポジウム講演集, pp.73-90, 2005.
 - 5) 石川芳治他：2013年10月16日台風16号による伊豆大島土砂災害、砂防学会誌、第66巻、第5号, pp.61-72, 2014
 - 6) 丸谷知己他：2017年7月九州北部豪雨による土砂災害、砂防学会誌、第70巻、第4号, pp.31-42, 2017.
 - 7) 海堀正博他：平成30年7月豪雨により広島県で発生した土砂災害、砂防学会誌、第71巻、第4号, pp.49-60, 2018
 - 8) 権田豊他：2022（令和4）年8月の大雨により新潟県村上市・関川村で発生した土砂災害、砂防学会誌、第76巻、第2号, pp.37-48, 2023
 - 9) 国土交通省水管理・国土保全局砂防部：平成29年7月九州北部豪雨による土砂災害の概要（速報版）Vol.6、2017、https://www.mlit.go.jp/river/sabo/h29_kyushu_gouu/gaiyou.pdf、（2024年12月28日参照）
 - 10) 林野庁：令和3年度森林・林業白書、p.207, 2022
 - 11) 石川芳治、水山高久、福澤 誠：土石流に伴う流木の発生及び流下機構、新砂防、第42巻、第3号, 4-10, 1989.
 - 12) 石川芳治、水山高久、鈴木浩之：崩壊・土石流に伴う流木の実態と調査法、土木技術資料、第31巻、第1号, pp.23-29, 1989.