

部分透過型砂防堰堤における除石管理が流木捕捉機能に与える影響

○原田 紹臣, 中谷 加奈 (京都大学大学院農学研究科)
里深 好文 (立 命 館 大 学)
水山 高久 (京 都 大 学 名 誉 教 授)

1. はじめに

九州北部豪雨災害 (H29) では, 多くの不透過型砂防堰堤において流木が捕捉せずに下流まで流出した. 一方, 一部の不透過型砂防堰堤 (須川第一砂防堰堤) において顕著に流木を捕捉した (図-1) ¹⁾. これより, 不透過型砂防堰堤の流木捕捉機能に関して, 更なる議論が必要であると考えられる. この対応として, 鋼材を併用した構造や部分透過型砂防堰堤²⁾が提案されているが, これらの構造の流木捕捉機構や, 近年に課題となっている除石管理有無の違いが流木捕捉機能に与える影響についても更なる議論が必要である. そこで, 本稿では不透過型砂防堰堤や部分透過型砂防堰堤での流木捕捉における除石管理の必要性に関して考察する.



図-1 顕著に流木を捕捉した不透過型砂防堰堤の事例¹⁾に一部加筆

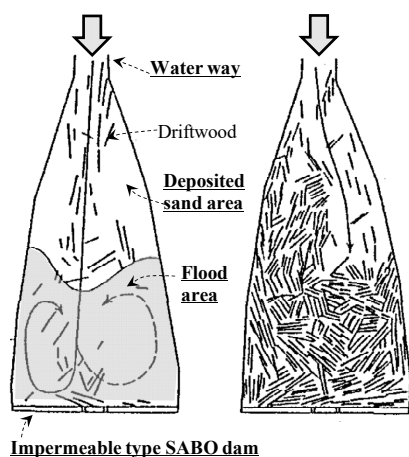


図-2 不透過型砂防堰堤 (未満砂) における流木捕捉の概要図³⁾

2. 不透過部における流木捕捉機構に関する考察

須川第一砂防堰堤では, 図-1に示されるとおり, 堆積した流木群の下面は災害後も自然な状態で湛水 (水深2m程度) していた. ここで, 未満砂状態で湛水している不透過型砂防堰堤における流木捕捉機能に関して, 既往研究³⁾によると不透過型砂防堰堤の湛水部に流入した流木は湛水面内で発生する平面流 (渦流) の影響を受けて, 壁体直上流付近において両側 (横断) 方向へ回転しながら流木が運搬され, 最終的に多くの流木が湛水部で捕捉される機構 (図-2) が知られている. なお, 筆者らも堰堤を通過する際に縮流されることによって発生する直上流における3次元的な水位分布の影響を受け, 多くの流木が横断方向へ運搬されて捕捉される現象について, 水理実験により把握している (図-3) ⁴⁾. これらより, 砂防堰堤での不透過部等の直上流において3次元的な水位分布が見られる湛水部が存在する場合, 特に, 流木を捕捉するものと考えられる.

3. 部分透過型砂防堰堤における除石管理が与える影響

部分透過型砂防堰堤に関して, 除石管理有 (未満砂状態での捕捉) と, 除石管理無 (満砂状態での捕捉) との違いによる, 部分透過型砂防堰堤における各流木捕捉効果の変化について考察する. 実験に使用した水路 (図-4) において, 上流から水 (Q_1), 流木 (円柱材料, 流木長 $l_1:8\text{cm}$), 土砂 (珪砂) を供給し, 下流部に設置した流木捕捉工により捕捉された流木等の本数をそれぞれ計測している. 水路の傾斜角は土石流区間での流木対策を想定し, 10° 以上²⁾としている. なお, 流木捕捉鋼材の間隔 l_2 は, 既往研究³⁾や設計指針²⁾を参考に, 流木長 l_1 の2分の1としている.

実験結果における対策工の流木捕捉効果に関して, 部分

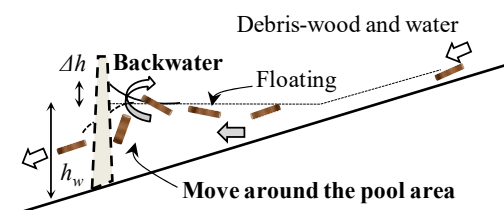


図-3 給水中の湛水部における流向及び流木挙動の縦断概要⁴⁾

透過型砂防堰堤での下流への各流木流出率 f_{dp} は,

$$f_{dp} = n_{dp} / n_w \quad (1)$$

と表される. ここに, n_w は流木の供給本数, n_{dp} は対策工を通過して下流へ流出した流木の本数 (図-4) である.

部分透過型砂防堰堤における除石管理の有無 (除石有: managed dam, 除石無: unmanaged dam) の違いによる流木流出率 f_{dp} の変化を図-5に示す. 除石有の流木流出率 f_{dp} は除石無に比べて小さい傾向であった. 実験中の観察結果によると, 除石有の場合, 初期段階での流木は堰堤直上流背面において3次元的な水位分布等の影響を受けて各方向に捕捉工を通過せずに浮遊流動し, その後, 段階的に湛水域において上流から進行する堆砂デルタに取り込まれていくのが確認された (図-6). 一方, 除石無において水路勾配が急な場合, 流れ方向へ回転した流木はそのまま杭間を通過するのが確認された. なお, 図-7に示すように, 除石無 (満砂) においては, 鋼材 (杭) による捕捉 (a) 及び土砂堆積 (b: deposited sand) に取り込まれて, 流木が捕捉された. ここで, 流木と土砂との流動に関して, 除石無 (図-7) 及び除石有 (図-6) とともに, 流木と土砂の比重の違いを受けたと考えられ, それぞれ土砂と流木とが分離して挙動するのが確認された. また, 堆砂域の勾配変化点を中心に土砂の堆積が開始するとともに, 同地点付近より流木が土砂と分離し, そのまま下流へ流下する傾向が確認された.

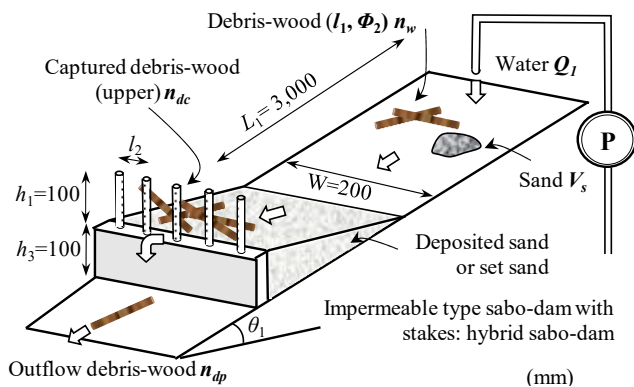


図-4 部分透過型砂防堰堤の流木捕捉機能に関する実験概要

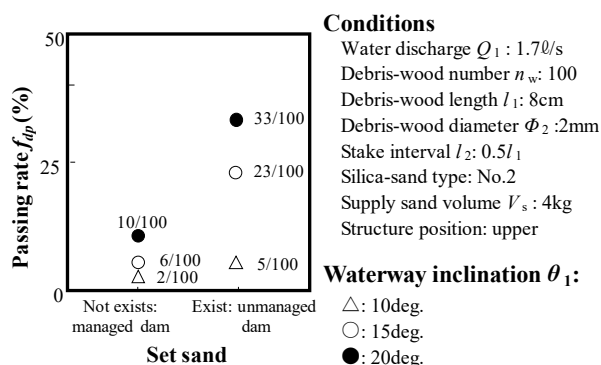


図-5 不透過部での除石管理有無の違いによる流木流出率の変化

最後に, 部分透過型砂防堰堤の不透過部において, 除石により確保される空間で捕捉 (堆積) させる流木量 (計画堆積流木量) Y_w に関する概要²⁾を図-8に示す. ここで, Y は土石流・流木対策施設の計画堆積量, V は土石流および流木等の計画流出量, V_w は計画流出流木量, K_{w0} は本堰堤で流入が想定される計画流出量に対する流木容積率, K_{w1} は計画堆積量に対する流木容積率, α は本堰堤からの流木の流出率 (0.5程度), K_{w1} は不透過型砂防堰堤の計画捕捉流木量 (図-7: b) に準じるとされており, 対象溪流において捕捉事例がない場合は2%としてよいとしている²⁾. しかしながら, 前述までに示す流木捕捉機構より, 不透過部上流において湛水池が存在している場合は, より多くの流木が堆積されることが考えられる. 今後, 除石による空間部での計画流木堆積量算出における K_{w1} について, 更なる議論が望まれる.

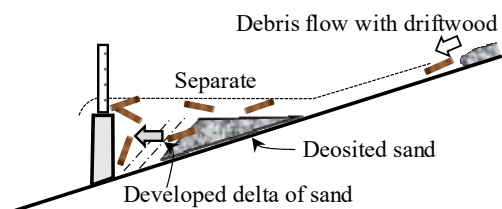


図-6 除石管理有 (未満砂) における流木及び土砂捕捉等の概要

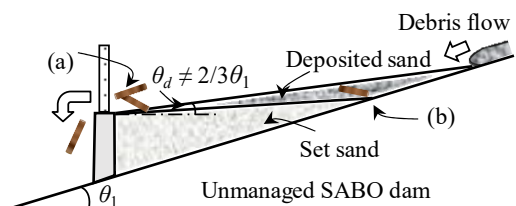


図-7 除石管理無 (満砂) における流木及び土砂捕捉等の概要

$$Y_w = \text{Min} [K_{w0} \times Y \times (1 - \alpha), K_{w1} \times Y]$$

$$K_{w0} = V_w / V, \quad \alpha = 0.5, \quad K_{w1} = 0.02 \text{ (or ?)}$$

図-8 除石により確保される空間での流木堆積量に関する概要²⁾に加筆

参考文献

- 1) 国土交通省: 【施設効果事例】須川第1砂防堰堤 (福岡県朝倉市), http://www.mlit.go.jp/river/sabo/h29_kyushu_gouu/, 2017.
- 2) 国土交通省 砂防部: 砂防基本計画策定指針 (土石流・流木対策編) 解説, 国総研資料, Vol.904, 2016.
- 3) 国土石川芳治: 山地小溪流からの流木を伴う土砂流出による災害に関する研究, 京都大学博士学位論文, 1990.
- 4) 原田紹臣: 流木の回転を考慮した流木対策工に関する研究, 京都大学博士学位論文, 2019.