

部分透過型砂防堰堤の流木捕捉機構に関する基礎的研究

京都大学大学院 正会員 ○原田 紹臣

正会員 中谷 加奈

立命館大学 正会員 里深 好文

政策研究大学院大学 非会員 水山 高久

1. はじめに

近年、不透過型砂防堰堤における流木捕捉機能の不足が指摘<sup>1)</sup>され、鋼材による流木対策機能を強化する考え方が設計指針等<sup>2,3)</sup>において示された。その考え方の一つは、これまで一般的に採用されてきた不透過型砂防堰堤の前庭部(副堰堤：図-1)に鋼製部材を用いて流木を捕捉する構造である。ただし、本構造はこれまで緩勾配区間である掃流区間における考え方を参考にされたものであり、流木捕捉機構や本堤からの落水による流木捕捉機能へ与える影響等に関する研究は殆ど存在しない。一方、もう一つの考え方は、不透過型砂防堰堤の上部天端部分に鋼製部材を設置したハイブリッド構造(部分透過型砂防堰堤<sup>3)</sup>：図-2)である。しかしながら、部分透過型砂防堰堤は全国的にも施工実績が少なく、流木の捕捉機構等に関する研究は殆ど存在しない。これらの背景より、効果的な流木対策の計画や設計を目的に、これらの構造における流木捕捉機能に関する更なる理解が急務であると考えられる。そこで、我々は基礎的な水路実験によって、流木の回転<sup>4)</sup>や堆積機構を考慮した流木対策の計画や設計における留意点について考察した。

2. 水路実験

(1) 捕捉工の設置位置の違いによる捕捉効果への影響

傾斜させた水路(長さ3m, 幅20cm：図-1及び図-2)の上流から水( $Q_1$ )、流木(円柱材料、流木長 $l_1$ :8cm, 乾燥状態での比重:約0.75, 手動により投入:時間あたりの投入本数が概ね一定)、土砂(珪砂)を供給し、下流部に設置した各流木捕捉工により閉塞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度以上<sup>3)</sup>としている。流木捕捉鋼材の間隔 $l_2$ は、設計指針<sup>3)</sup>を参考に流木長 $l_1$ の2分の1としている。各不透過型砂防堰堤については、満砂時における捕捉機能を想定して事前に堰堤背面に土砂を投入している。実験結果における各対策工の流木捕捉効果に関して、部分透過型砂防堰堤(図-2)での流木捕捉率 $f_{c1}$ 、副堰堤(図-1)での流木捕捉率 $f_{c2}$ は、

$$f_{c1} = n_{dc} / n_w \tag{1}$$

$$f_{c2} = n_{dc} / n_{dd} \tag{2}$$

とそれぞれ表される。ここに、 $n_{dk}$ は各流木対策工で捕捉された流木の本数、 $n_{dd}$ は本堤から下流へ落下した流木の本数(図-1)、 $n_w$ は流木の供給本数である。

流木捕捉工の設置位置(部分透過型砂防堰堤：upper, 図-2及び副堰堤：lower, 図-1)及び水路勾配 $\theta_1$ の違いによる流木捕捉率 $f_c$ の変化を図-3に示す。図-3に示すように、部分透過型砂防堰堤による流木捕捉効果は、副堰堤と比較して高いことが分かった。実験中の観察結果によると、副堰堤(図-1)での流木捕捉に関して、上流の本堤から落差に伴って水及び流木が落下する際に顕著に流木が流れ方向に回転<sup>4)</sup>し、そのまま下流の流木捕捉工(鉛直杭)間を通過するものと考えられる(図-4)。

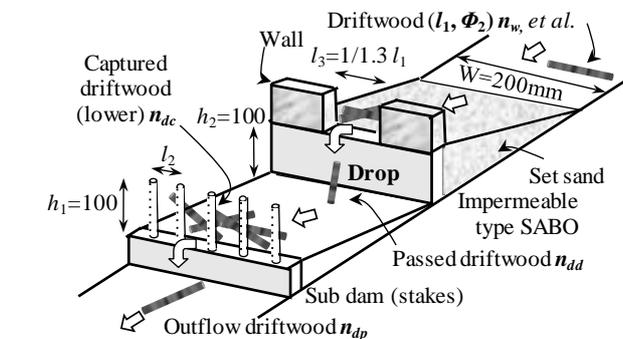


図-1 実験水路の概要(前庭部:副堰堤における流木捕捉工)

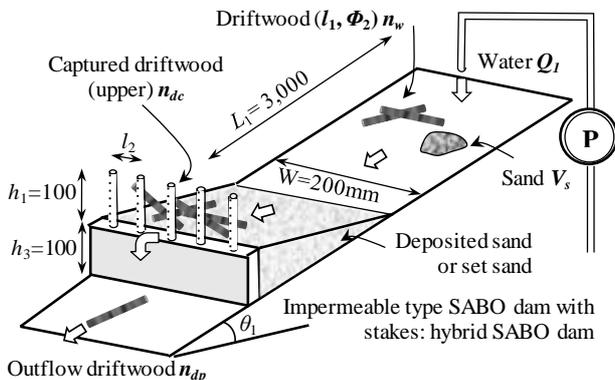


図-2 部分透過型砂防堰堤(本堤における流木捕捉工)の概要

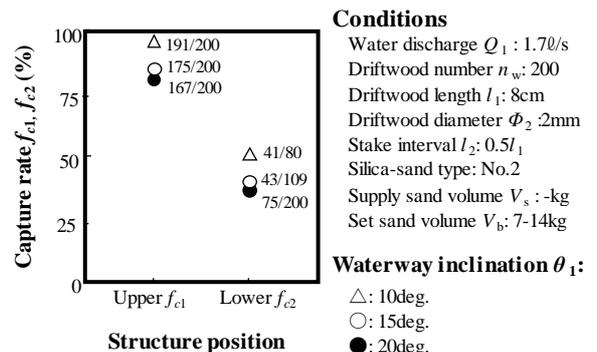


図-3 流木捕捉工の設置位置の違いによる流木捕捉率の変化

キーワード 流木対策, 鋼製部材, 室内実験, 土石流, 部分透過型砂防堰堤

〒606-8502 京都市左京区北白川追分町 京都大学大学院農学研究科森林科学専攻 TEL075-753-6493

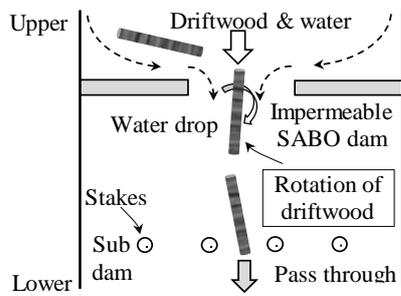


図-4 前庭部における流木の挙動及び回転の概要 (平面図)

(2) 部分透過型砂防堰堤における流木捕捉機能

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)との違い等による流木捕捉機能について実験により把握する。実験に使用した部分透過型砂防堰堤の水路は、(1)と同様の水路(図-2)としている。また、実験条件についても同様としている。

部分透過型砂防堰堤(図-2)における除石管理の有無(除石有、除石無)の違いによる流木捕捉機構に関して、実験の観察結果を図-5および図-6にそれぞれ示す。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鉛直流等の影響を受けて各方向に回転しながら捕捉工を通過せずに浮遊流動して土砂と分離し、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-5)。

なお、流木と土砂との流動に関して、除石有(図-5)及び除石無(図-6)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。なお、堆砂域の勾配変化点を中心に土砂の堆積が始まるとともに、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。

最後に、部分透過型砂防堰堤の除石無における流木捕捉機構の概要について、実験の観察結果を図-7に示す。最大流木捕捉高  $h_{dmax}$  と水深  $h_w$  との比(図-7)は、約1.0から1.2倍程度までであった。これは、捕捉された流木の堆積間における透水性は高く、捕捉された流木の上部を越流することがなかったため、水深程度  $h_w$  までしか流木は捕捉されなかったものと考えられる。これより、今後、部分透過型砂防堰堤の透過部高の設定については留意する必要があると考えられる。

3. おわりに

不透過型砂防堰堤における鋼材を用いた流木対策(例えば、部分透過型砂防堰堤)の機能向上を目的に、基礎的な水路実験によって、流木の回転や堆積機構を考慮した流木対策の設計における留意点について考察した。

本研究により得られた成果を以下に要約する。

- 1) 不透過型砂防堰堤の上部に鋼製部材を配置した構造(部分透過型砂防堰堤)による流木捕捉効果は、従来

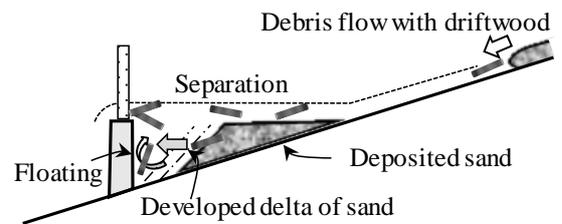


図-5 除石有(未満砂)における流木及び土砂捕捉の概要

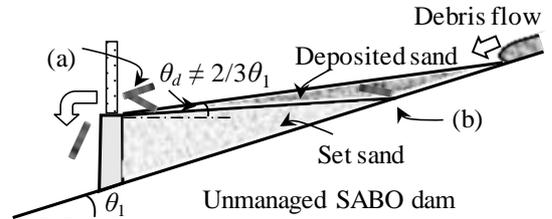


図-6 除石無(満砂)における流木及び土砂捕捉(調節)の概要

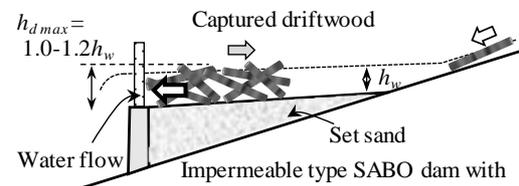


図-7 流木捕捉工における流木捕捉機構の概要(除石無)

の副堰堤と比較して、高いことが新たに分かった。この要因は、副堰堤(前庭部)での流木捕捉の場合、上流本堤(水通し)からの落差に伴って水及び流木が落下する際に顕著に流木が流れ方向へ制御的に回転し、そのまま副堰堤の流木捕捉工(鉛直杭)間を通過してしまうことによるものと考えられる。

- 2) 部分透過型砂防堰堤の除石管理有(未満砂)および除石管理無(満砂)とともに、土砂と流木がそれぞれ捕捉過程において分離することが確認された。
- 3) 部分透過型砂防堰堤(ただし、除石無)における流木捕捉高は、水深程度(約1.0倍から1.2倍程度)までであることが新たに分かった。

参考文献

- 1) 藤村直樹, 黒岩智恵, 泉山寛明, 赤澤史顕, 水野秀明: 不透過型砂防堰堤による流木の捕捉と流出に関する実験報告書, 土木研究所資料, Vol.4331, 2016.
- 2) 国土交通省 砂防部: 事務連絡, 流木対策の実施(当面の対応), 2015.
- 3) 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.
- 4) 原田紹臣, 内藤秀弥, 里深好文, 水山高久, 小杉賢一朗: 橋脚における木除杭及び芥留杭の機能に関する基礎的な実験, 土木学会論文集B1(水工学), Vol. 72, No. 4, pp. 301-306, 2016.