

## 流木モデルを用いた樹皮の剥離過程に関する水理実験\*

秋田大学理工学部 佐藤 大  
 秋田大学大学院理工学研究科 谷口 隼也  
 秋田大学大学院理工学研究科 斎藤 憲寿  
 秋田大学大学院理工学研究科 渡辺 一也

### 1. はじめに

台風等の大気による河川流量の増加に伴い水や土砂とともに流域の森林から樹木が流木となって流出<sup>①</sup>し、河川周辺の地域に大きな被害を与えるという事例が頻発している<sup>②③</sup>。流木は流下中に樹皮が剥離するため、この樹皮剥離過程を明らかにすることは流木の発生源の推定に繋がり、今後の森林管理にとって有用である。流木の被害を抑えるための研究<sup>④⑤</sup>は様々な方面で行われているが、流木の樹皮剥離過程に関する研究は少ない。

そこで本研究では、生木の樹皮を用いて流木モデルを作製し、平面循環水路に流木モデルを固定した水理実験により流木の樹皮剥離過程を検討した。

### 2. 流木モデルの作製

既往の研究<sup>⑥</sup>では木の枝を流木モデルとして使用していたが、本研究では生木の樹皮を用いて流木モデルを作製した。流木モデルを図1に示す。使用した樹皮は秋田県秋田市岩見三内産の樹齢40～50年、厚さ約6.7 mmの秋田杉である。芯材は2.4 cm×3.0 cmの木材を使用し、樹皮を短冊状に切断して接着剤で貼り付けた。さらに、剥離箇所を画像解析するため樹皮に白色のスプレーを塗布した。なお、解析の際に各面を区別するため、図1の底面図のように水流に対して正面を①上流側、その他を②下流側、③側面1、④側面2とした。



図1 流木モデル

\*Experimental study on the process of bark exfoliation using driftwood model by Jo SATO, Junya TANIGUCHI, Noritoshi SAITO and Kazuya WATANABE

### 3. 実験概要

平面循環水路の概要を図2に示す。寸法は、水路全体の横幅129.0 cm, 奥行49.4 cm, 水路の外周の長さ280.0 cm, 直線81.5 cm, 曲線58.5 cm, 水路幅11.5 cmである。内側の貯水場から排水ポンプを用いて水を汲み上げ、水流を発生させており、ポンプの吐き出しがは水路外壁の4箇所及び流木モデルを設置した直線上に1箇所とした。流速は水路内に浮かべた木の枝が1周する時間の平均値から0.91 m/sであり、土砂は秋田県北部を流れる馬場目川から採取した。土砂の粒径加積曲線を図3に示す。

流木モデルの4辺の長さの合計と元の樹皮の円周の比より、縮尺を1/7とした。そして、水路上部にアクリル板を設置し、その上にクランプで芯材を挟んだ流木モデルを固定した。固定した流木モデルの様子を図4に示す。実験は、樹皮に清水を衝突させた場合と土砂を含んだ清水を衝突させた2パターンを行った。なお、後者は流木モデルに土砂を衝突させるため、水路内の土砂を循環させながら実験を行った。実験時間は480分とし、30分毎にポンプを停止させ、流木モデルの表面観察と共に、画像解析によって樹皮剥離の評価を行った。評価方法は、流木モデルの樹皮を4面撮影し、それぞれの樹皮全体の面積(pixel)と樹皮の剥離箇所の面積(pixel)を求め、以下の式(1)に示す剥離率(%)とした。

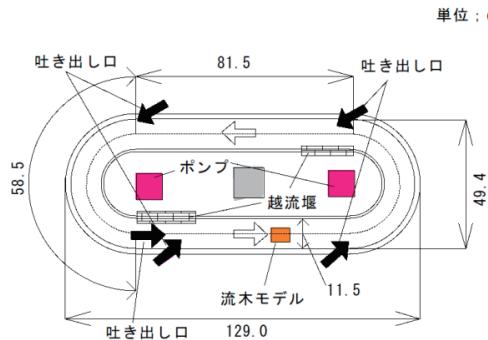


図2 平面循環水路（平面図）

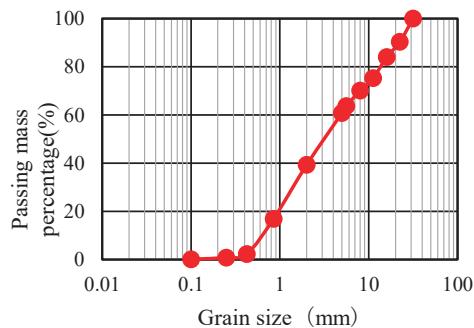
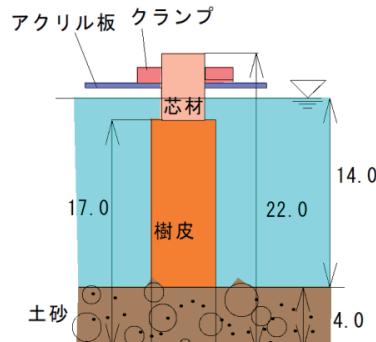
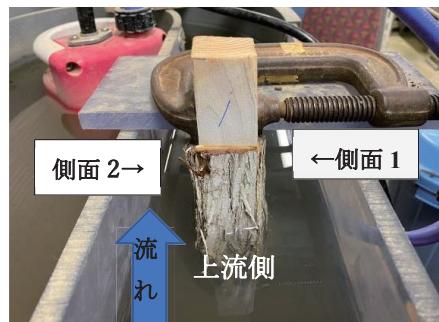


図3 土砂の粒径加積曲線



側面図



正面図

$$\text{剥離率}(\%) = \frac{\text{樹皮の剥離箇所の面積 (pixel)}}{\text{樹皮全体の面積 (pixel)}} \times 100 \quad (1)$$

#### 4. 実験結果及び考察

##### 4.1 清水を用いた実験

実験時間と剥離率の関係を図5、0分（実験前）、240分後、480分後の流木モデルの様子を図6～図9に示す。実験時間が経過しても各面の剥離率の上昇は見られず、480分経過した上流側で最大0.03%であった。また、樹皮の剥離や摩耗、欠けている様子は無く、実験前とほぼ同様であることから、水流のみでは樹皮の剥離は進行しないことが分かった。

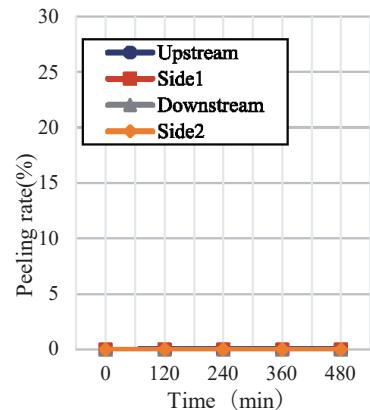


図5 剥離率の時間変化（清水）

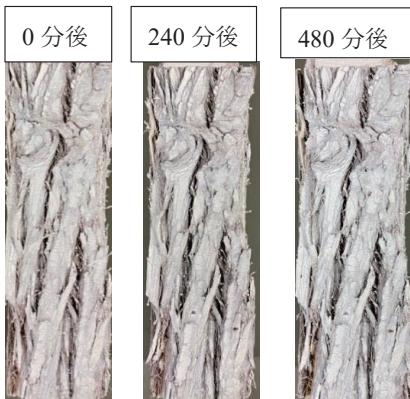


図6 剥離状況（清水-上流側）

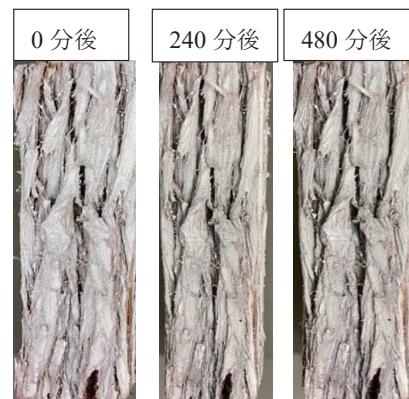


図7 剥離状況（清水-下流側）



図8 剥離状況（清水-側面1）



図9 剥離状況（清水-側面2）

#### 4.2 土砂を用いた実験

図 10 に土砂を含んだ清水を衝突させた場合の剥離率の時間変化を示す。下流側を除く 3 面は、120 分以降に剥離率が増加している。上流側は最も土砂が衝突したことで剥離が大きくなつたと考えられ、480 分後には 25.4 % となつた。側面 1, 側面 2 では上流側と衝突した後の土砂が両側面を擦るように流れていき、剥離が発生したと考えられ、480 分後には 2.51 %～13.4 % となつた。一方、下流側では流れてきた土砂が堆積したが、摩擦が生じなかつたため剥離はほぼ進行せず、480 分後には 1.44 % となつた。

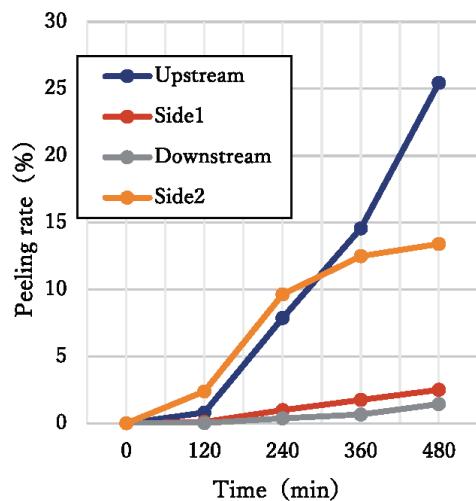


図 10 剥離率の時間変化（土砂）

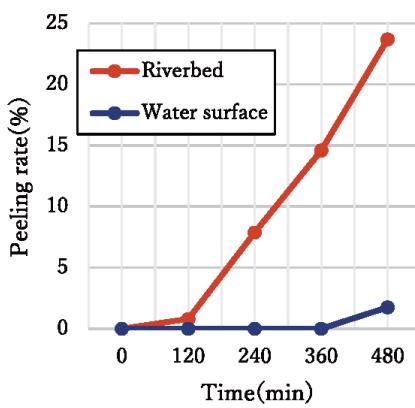


図 11 水面側と河床側の剥離率（上流側）

さらに、流木モデルを水面側と河床側に分けて画像解析を行つた。結果を図 11, 13, 15, 17 に示す。なお、流木モデルの各面において水面方向から中心へ 13.5 cm を水面側、河床方向から中心へ 13.5 cm を河床側として解析を行つた。全ての面において河床側で大きく剥離が進行したが、水面側ではほぼ剥離は発生しなかつた。この原因として、粒径の大きい土砂は水面側まで浮き上がることなく河床を転がり、流木モデルへ衝突していることが考えられる。

0 分（実験前）、240 分後、480 分後の流木モデルの様子を図 12, 14, 16, 18 に示す。表面観察の結果、全体的に上流側では摩耗による樹皮の剥離が生じておる、はじめに剥離が発生した箇所から広がる様子を確認できた。一方、下流側では樹皮の剥離が点在し、そこから剥離が広がることはなかつた。

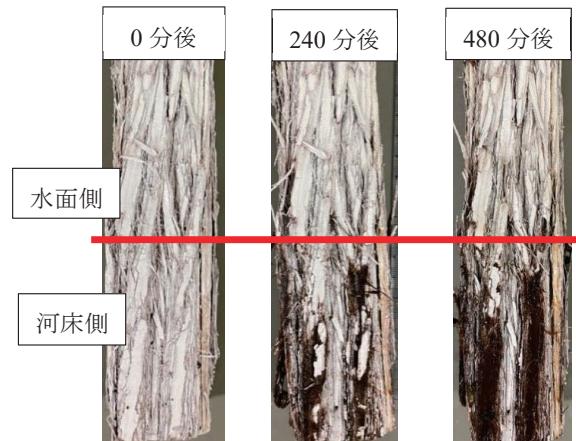


図 12 剥離状況（土砂-上流側）

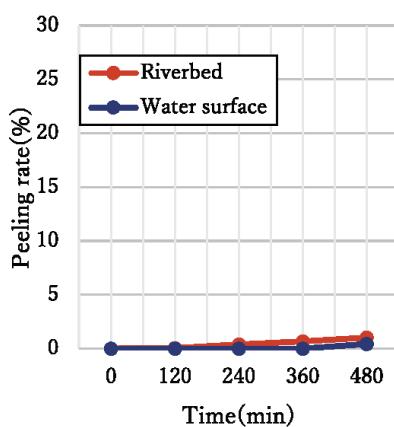


図 13 水面側と河床側の剥離率（土砂-下流側）



図 14 剥離状況（土砂-下流側）

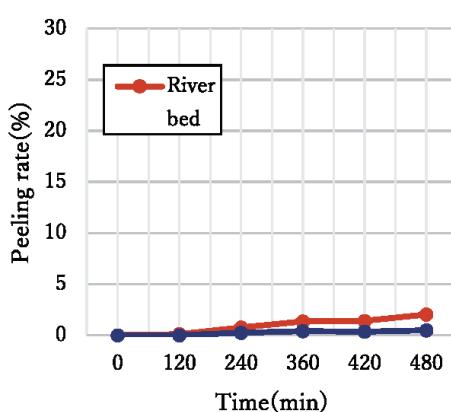


図 15 水面側と河床側の剥離率（土砂-側面 1）

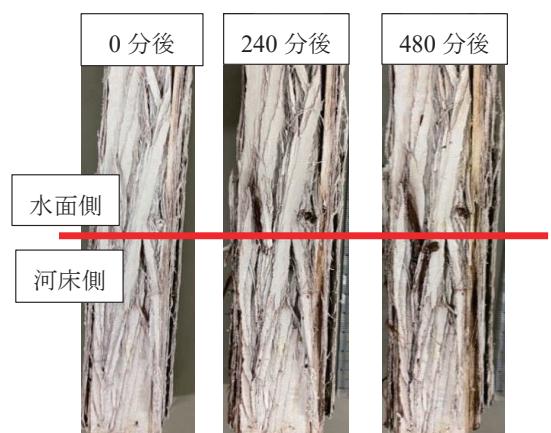


図 16 剥離状況（土砂-側面 1）

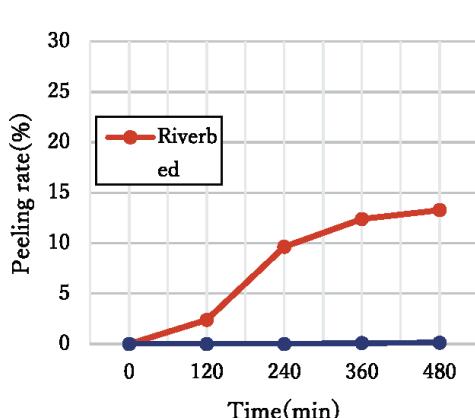


図 17 水面側と河床側の剥離率（土砂-側面 2）

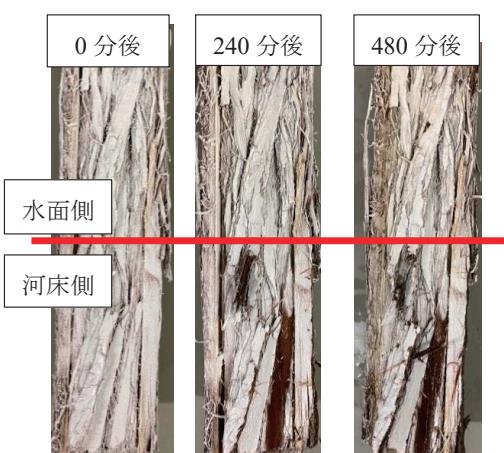


図 18 剥離状況（土砂-側面 2）

また、樹皮の隙間に土砂が入り込んでいる様子は全ての面において確認できたが、そこから剥離が発生したことを確認できたのは側面 2 であった。150 分後における側面 2 の剥離した樹皮の写真を図 19 に示す。120 分後と 150 分後の間で長さ約 7.0 cm の樹皮の塊が一枚大きく剥離したことにより、剥離率が約 6.3 % 上昇した。このことから、剥離の進行は土砂と樹皮の摩擦による剥離の他に、樹皮の隙間に土砂が入り込み、内側から剥離することも要因であると考えられる。しかし、上流側と異なり、剥離が発生した箇所から広がることはなかった。



図 19 側面 2 の剥離した樹皮（150 分後）

## 5. おわりに

本研究では、平面循環水路を用いて流木モデルの樹皮が剥離する過程や様子を検討し、以下の知見が得られた。

- 1) 清水のみを用いて実験を行った場合、水流による樹皮の剥離はほぼ確認できなかった。一方、土砂を用いた実験を行った場合、120 分以降から剥離が生じ、上流側の剥離率が大きくなつた。
- 2) 河床を転がる土砂の影響により、河床側の樹皮が大きく剥離した。
- 3) 剥離の進行は、最初に剥離が発生した箇所を中心に広がるように進行する場合と、樹皮の塊が一枚剥離する場合があつた。

## 謝辞

本研究を行うにあたり、秋田県木材産業共同組合連合会から試料の提供を受けた。ここに記し、謝意を表する。

## 参考文献

- 1) 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、砂防学会誌、第 42 卷 3 号、pp.4-10、1989.
- 2) 鈴木優一、渡邊康玄：沙流川での台風 10 号における流木の挙動、水工学論文集、第 48 卷、pp.1633-1638、2004.
- 3) 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、〈[http://www.mlit.go.jp/river/sabo/h29\\_kyushu\\_gouu/gaiyou.pdf](http://www.mlit.go.jp/river/sabo/h29_kyushu_gouu/gaiyou.pdf)〉、(2020 年 11 月 15 日アクセス)。
- 4) 中屋志郎、横山俊治、佐々浩司、村井政徳：樹木に残された流下痕跡による阿津江土石流の流下方向の推定、日本地すべり学会誌、第 42 卷 6 号、pp.499-505、2006.
- 5) 立石龍平、香月智、石川信隆：回転円筒実験による水・砂・流木の混合土石流の偏析に関する基礎検討、構造工学論文集、第 62 卷 A、pp.1097-1110、2016.
- 6) 谷口隼也、齋藤憲寿、渡辺一也：平面循環水路を用いた樹皮の剥離過程に関する検討、令和元年度土木学会東北支部技術研究発表会、II-40、2020.