

大規模な土砂移動後の扇状地における流木の堆積・再移動が流路変動に及ぼす影響

日本工営(株) ○渡部春樹, 木佐洋志, 保谷智之, 橋本憲二, 松山洋平, 伊藤隆郭
北見工業大学 渡邊康玄, 伏見有貴, 愛知工業大学 赤堀良介

1. はじめに

川幅の広い河川では、土砂移動に伴う流路変動が頻繁に生じるため、水衝部を形成し河岸が侵食されることがある。近年、流木災害が頻発しているが、豪雨時に山間部で生産された流木は、出水時に土砂とともに河道を流下する。このような流木の挙動を踏まえると、土砂移動に加え、流木の挙動と流路変動や分岐の関係について把握することも重要であると考えられる。本研究では、川幅の広い河川を対象とし、流木を含む河床土砂の移動や河道に堆積した流木が流路変動や分岐に与える影響を実験的に検討した。

2. 実験条件

(1)実験ケース：表-1に実験ケース（合計3ケース）を示す。Run1はRun2の初期河床を形成する予備ケース、Run2は流木が流下・堆積した場合の影響を確認するケース、Run3はRun2で堆積した流木の再移動による影響を確認するケースである。上記ケースをRun1からRun3まで順番に実施した。

(2)水理条件：Run1およびRun2では、大規模出水を想定し、河床内の全粒径が移動するように $d_{max}(400mm)$ の移動限界流量相当である $650m^3/s$ を定常的に与えた。Run3では中規模出水を想定し、20年超

過確率相当の流量 $500m^3/s$ ($d_{80}=145mm$ の移動限界流量に相当)を定常的に与えた。表-2に水理条件を示す。川幅は実験時の平面写真より読み取ったものであり、模型範囲内の上中下流の平均値を示している。

(3)粒径： $d_{95}=285mm$ 、 $d_{60}=70mm$ を持つ粒径加積曲線を設定した。

(4)流木諸元：対象とする流木長の頻度分布の内、最大値および50%の2種類の流木長（各16.1m、8.0m）を1:1の割合で設定した。直径は平均胸高直径（0.3m）とした。樹種は、現地調査結果より針葉樹と広葉樹とし、1:9の割合で混合した。樹種の違いは比重にある¹⁾ため、比重はそれぞれ0.95、1.20とし、ポリエチレン製（オレンジ色で着色）およびアクリル製（黄色で着色）の丸棒で再現した。

(4)供給土砂量および給木数：土砂輸送濃度0.003とし平衡給砂を行った。給木はRun2のみで行った。総給木本数は流木が河道に与える影響が大きくなりすぎないよう5,000本程度とした。出水時を想定し、上流端と側岸から給木を行い、その割合は掃流力見合いで設定した。

(5)模型概要：模型縮尺は1/70とし、フルード相似則を適用した。弯曲部や直線部など河道の平面特性を模型に反映し、縦断方向に約30m、横断方向に約10m程度の模型規模とした。

(6)中規模河床形態の分類

図-1に中規模河床形態の領域区分図²⁾に今回の水理条件を示した。本実験の水理条件では、複列砂州の発生領域に区分される。

3. 実験結果

流路形成と流木の挙動

図-2に河道の区分を示す。図-3にRun2およびRun3の実験終了後の平面写真を示す。

Run2では、区間Bに弯曲部があるため右岸側に主流路が形成され、弯曲外岸近くの州の上流に堆積する流木により流路が分かれた。区間Dおよびその下流は直線区間であり、区間Bの弯曲の影響を受け、左岸に主流路が移動し、下流では、州の上流側に堆積する流木により流路が分かれた。流木は主として、水深の小さくなる弯曲部内岸や州の上流側、流路沿いに堆積し、主流路を固定化させる。

一方、Run3では、流量規模が小さくなったことに加え、流木の供給を止めたため、砂州の上流部や中央部

表 - 1 実験ケース

Run No.	流量 (m^3/s)	継続時間 (時間)	供給 土砂量 (m^3/s)	総供給 土砂量 (m^3)	土砂輸送 濃度	給木数 (本/時間)	総給木数 (本)
Run 1	650	33.3	1.96	399,496	0.003	—	—
Run 2	650	17.2	1.96	214,729	0.003	合計：314 (上流端：192) (側岸：122)	合計：5,402 (上流端：3,302) (側岸：2,100)
Run 3	500	24	1.5	299,622	0.003	—	—

表 - 2 水理条件

流量	平均 河床勾配	粗度係数	川幅	水深	粒径	川幅 水深比	水深 粒径比	摩擦速度	無次元 掃流力	粒子 レイノルズ数	$Bl_0^{0.2}/H_0$
Q (m^3/s)	I	n ($s/m^{1/3}$)	B (m)	h (m)	d_{60} (m)	B/h	h/d_{60}	u_* (m/s)	τ_*	$u_* d/\nu$	
500	1/70	0.040	139.0	1.12	0.070	124	16.1	0.397	0.139	27800	52.8
650	1/70	0.040	139.0	1.32	0.070	105	18.8	0.430	0.163	30100	45.1

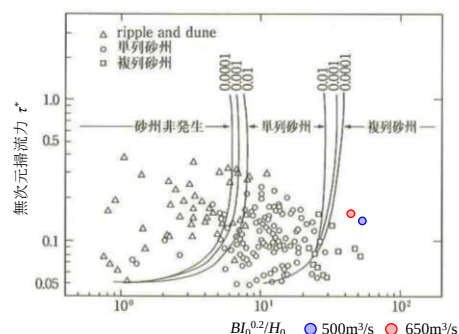


図 - 1 中規模河床形態の領域区分

参考文献 2) に加筆

が側岸侵食により破壊され、分岐により新たな流路が形成された。

特に区間Dでは、川幅が広いとため、分岐流路による側岸侵食により左右に分岐流路が広がった。区間Bは弯曲の影響が強いが、流木の堆積とそれに伴う土砂堆積により、弯曲内岸にも分岐流路が広がった。本実験で対象とした流木は、河床上を移動する樹種が大半であり、大きく流路が変動する場では、埋没や堆積または再移動をしながら、土砂堆積と連動して流路分岐が横断方向に広がった結果、河床が横断方向に平滑化し、水衝部が固定されにくくなった。

図-4にRun3終了後の区間別の河床表層および下層に堆積した流木本数の分布を示す。流路変動が卓越する区間Dでは、表層と下層に堆積する流木の本数はほぼ同数であった。横断方向に流路が広く分岐する結果、土砂移動と共に流木が平面的に様に堆積したためである。区間Bでは下層よりも表層に堆積している流木が多かった。弯曲部内岸や分岐部の表層に堆積した流木が卓越するためである。また、区間Dの分岐部には層状に流木が堆積し、再移動はしなかった。

流木が流路変動に与える影響

Run2では流路変動、Run3では分岐が顕著に行われたため、ケース毎に以下に整理した。

Run2では、区間Dにおいて、流路沿いに流木が堆積し、これらが流路固定を助長する。また、州の上流部に堆積した流木が流路変動を妨げることがわかった。区間Bでは、弯曲部の影響が強く、主流路が右岸側に偏るため、内岸側の州の上流側や州の水際で流木が堆積する。弯曲部と流木堆積の双方の影響により流路が固定される。

Run3では、区間Dにおいて、州の上流部に堆積した流木がトリガーになり、流路が分岐し始め、徐々に上流側に流路の分岐が移っていく。結果として、複数の分岐流路が横断方向に形成されるため、河床が平滑化される。区間Bでは、Run2で形成された分岐流路沿いにある州の先端部および水際に残存していた流木が流送されたため、その部分に新たな分岐流路が形成された。

4. おわりに

出水時に流下・堆積および再移動した流木が流路変動や分岐に与える影響について実験的に検討した。本研究で得られた知見は以下のとおりである。

- ・対象とした流木の多くは水に沈む樹種を対象としたため流木の挙動は土砂移動に依存した。
- ・大規模出水時に流出した流木は、弯曲部内岸や水際に堆積し、流路を固定させる要因になる。
- ・流量規模が小さくなると、州の上流部に堆積した流木がトリガーとなり上流側に向けて徐々に流路が分岐する。また、流路固定を助長していた弯曲部内岸や水際に堆積した流木が河床の侵食とともに流下するため新たな流路が形成される。結果的に複数の分岐流路が形成され横断方向の河床が平滑化されるため水衝部が固定化されない。

参考文献: 1)矢澤亀吉:日本林學會誌,23(8),457-459,1941, 2)社団法人土木学会:水理公式集,丸善(株),184,1999



図 - 2 河道の区分

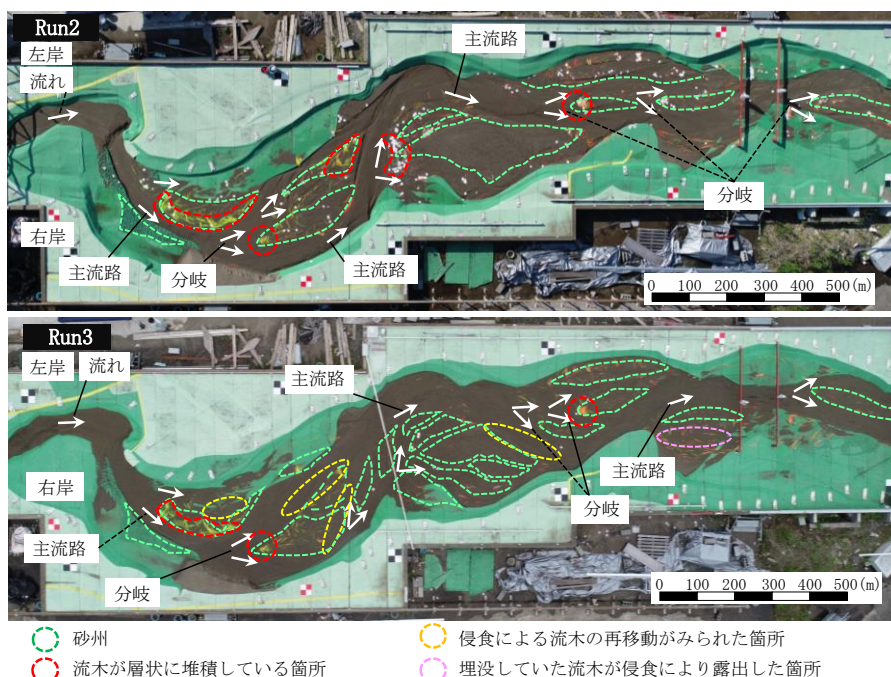


図 - 3 平面写真 (Run2, Run3 の通水後)

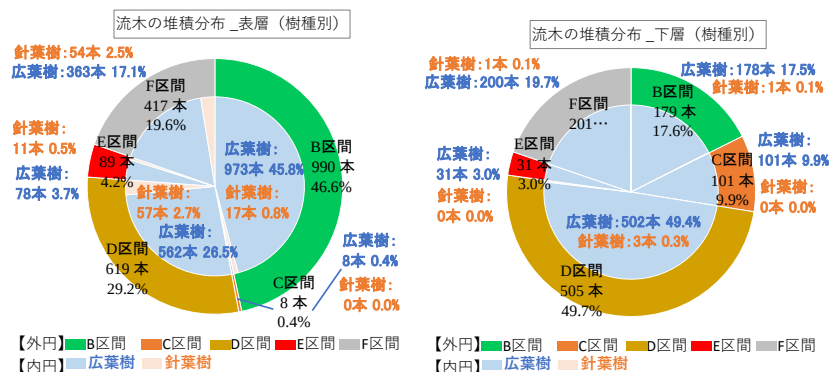


図 - 4 区間別の流木の堆積分布 (Run3 の通水後、表層および下層)