

流木の挙動が節腹河道の交番現象に与える影響

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

1. はじめに

土砂・洪水氾濫に見られるように、大量の土砂と流木が流下することで氾濫被害が拡大している。豪雨時に山間部で生産された流木は、流下と堆積を繰り返しながら移動していくことから土砂と流木の挙動には何かしらの関係性があると考えられる。一方、川幅の広い河川では流路変動が生じやすく、複列砂州では土砂の供給バランスに依り、主流路と副流路が入れ替わる流路交番現象¹⁾がみられる。交番現象は流路の分岐を伴うものであり、結果として下流の土砂流出に影響を与える。その他に、河道平面形状も土砂流出と関係性がある。河道幅が狭くなる「節」と河道幅が広がる「腹」が縦断方向に交互かつ連続的に出現する平面形状において、節と腹が乱されることで土砂流出に影響を与えると考えられる。著者らは、流木の挙動と土砂流出の関係性を把握するために、節と腹が連続する河道を対象とした水理模型実験を実施し、山間部から生産された流木の流下や堆積が流路形成に与える影響について検討を行ってきた²⁾。

本研究では、既報で示した水理模型実験で得られた結果を基に、流木の挙動が交番現象や土砂流出に与える影響、中規模河床形態の形成領域と分岐の関係に着目した検討を行った。

2. 実験条件

(1) 実験ケース：Run1は土砂のみを対象にしたケース、Run2は流木を供給したケース、Run3はRun2で堆積した流木の再移動の影響を確認するケースである。(表-1) Run1からRun3の順に実施した。

(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 $d_{max}(400\text{mm})$ の移動限界流量相当である $650\text{m}^3/\text{s}$ 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 $500\text{m}^3/\text{s}$ ($d_{80}=145\text{mm}$ の移動限界流量に相当)を定常的に与えた。

(3) 粒径： $d_{95}=285\text{mm}$ 、 $d_{60}=70\text{mm}$ 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り³⁾、それぞれ0.95, 1.20とし、ポリエチレン製(オレンジ色)およびアクリル製(黄色)の丸棒で再現した。

(5) 供給土砂量と給木数：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るよう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し、掃流力見合いで設定した。

(6) 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。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。

3. 流木の堆積が流路交番現象や土砂流出に与える影響

(1) 交番現象や分岐への影響

図-1はRun1～Run3の通水後の流木の堆積状況と砂州および流路の位置を示している。流木は、①砂州の上流側に堆積するもの、②流路沿いに堆積するもの、の2つのパターンが確認され

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	—	—

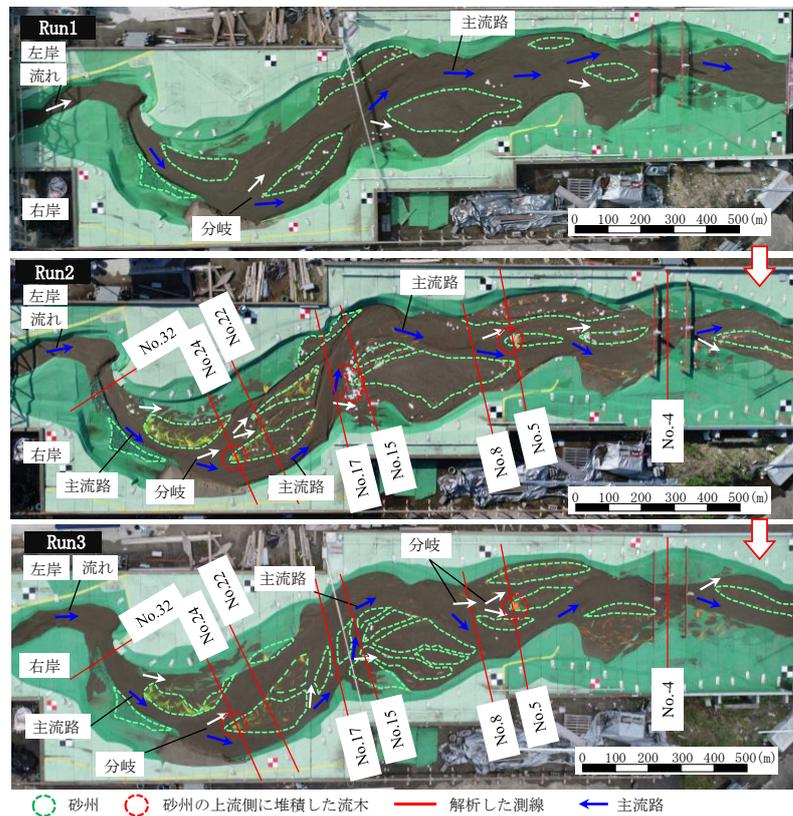


図 - 1 各ケースの流路と流木の堆積



図 - 2 流木の堆積状況

た。①は層を成すように堆積し、②は流れに対して平行に堆積するものが多い。(図-2)

Run1とRun2は流木の有無による影響を確認するものであり、Run2ではNo.5やNo.15にみられるように流木の堆積箇所を始端とした主流路の分岐が行われた。Run2とRun3は、流木の再移動による影響を示すもので、Run3ではNo.8～No.15の腹の区間で砂州上に複数の分岐流路が形成された。砂州上流端に堆積していた一部の流木が土砂に埋没したことで、流木が流路に与える影響が少なくなったため、分岐がしやすくなったと考えられる。その他に、No.8やNo.22でも流路の分岐が行われた。図-3はRun1～Run3の主流路の時系列的な変化を示す。分岐が行われた箇所の内、弯曲による影響の少ない区間(白破線部)の状況を見る。流木が堆積し始めたRun2の48h以降で主流路が右岸側に移行したが交番現象は発生しなかった。対象区間上流側の流路沿いに堆積した流木が流路を固定化した影響が下流側に伝播したと考えられる。表層に堆積した流木は流路の固定化を助長するが、流木が埋没や流出すると流路変動や分岐に与える影響が少なくなる。このように、流木は分岐等の小規模なスケールから交番現象等の川幅スケールに至る種々の流路形成に影響を与えるようである。

(2) 土砂流出への影響

図-4は模型下流端での土砂輸送濃度の時系列を示す。Run1では土砂輸送濃度が0.002程度で一定の値であるが、流木を投入したRun2以降は0.0008から0.003の間で値がバラつく。流木の堆積による流路の固定化や腹の位置等での分岐流路の形成により、土砂移動が活発になり、土砂輸送濃度に影響があったと考えられる。

4. 中規模河床形態の形成領域と分岐の関係

図-5に中規模河床形態の形成領域^{4),5)}を示す。これらに今回の実験で得られた測線(図-1に図示)上のデータをプロットし、形成領域と分岐の関係について検討した。水深 H_0 は、流況を撮影した画像から読み取った水面幅 B_0 と流速から算出し、河床勾配 I_0 は各ケース終了時点の各断面周辺の値を用いた。Run2(650m³/s)では、概ね複列砂州の領域に分布するが、一部の測線(No.-4, No.5, No.8, No.15, No.17)ではRun3(500m³/s)になると単列砂州と複列砂州の境界付近に遷移する。Run3(500m³/s)の流路をみるとNo.5, No.8, No.15, No.17は分岐が行われた上流側の測線であり、これらは単列砂州と複列砂州の境界の右寄りの領域に線状に分布する。分岐は当領域の周辺で行われる可能性があると考えられる。No.24も分岐直上の断面であるが上記の領域には区分されない。当測線は、弯曲が強い区間であり、河道平面形状の影響を受けているようである。

5. おわりに

流木の挙動が流路交番現象や土砂流出に与える影響、中規模河床形態の形成領域と分岐の関係について検討した。弯曲の影響が少ない区間をみると、土砂と流木を同時に流したケースでは交番現象が発生しなかった。対象区間上流側の流路沿いに堆積した流木が流路を固定化したことで、対象区間の交番現象を妨げたものと考えられる。また、砂州の上流側に堆積していた流木が埋没等により表層に存在しない場合、砂州上に分岐流路が形成される。流木の移動や堆積により、流路固定や分岐が行われることで模型下流端での土砂輸送濃度にバラつきが出ることもわかった。また、中規模河床形態の形成領域と分岐の関係について検討を行った。Run2(650m³/s)では多くの箇所で複列砂州の領域に位置するが、Run3(500m³/s)になると分岐上流側の断面では単列砂州と複列砂州の境界の右寄りにデータが遷移する。これらのデータは縦軸方向に線状で分布しており、当領域で分岐が行われる可能性があることを示した。

参考文献: 1) 長谷川ら: 水工学論文集, 第47巻, p.679-684, 2003 2) 渡部ら: 砂防学会研究発表会概要集, p.95-96, 2023 3) 矢澤亀吉: 日本林學會誌, 23(8), 457-459, 1941 4) 黒木ら: 土木学会論文報告書, 第342巻, p.87-96, 1984 5) 社団法人土木学会: 水理公式集, 丸善(株), p.184, 1999

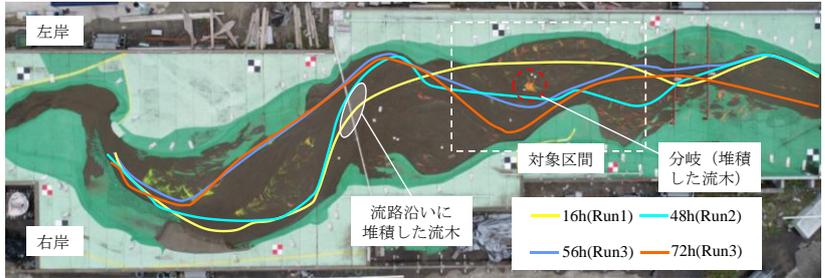


図-3 主流路の時系列的な変化

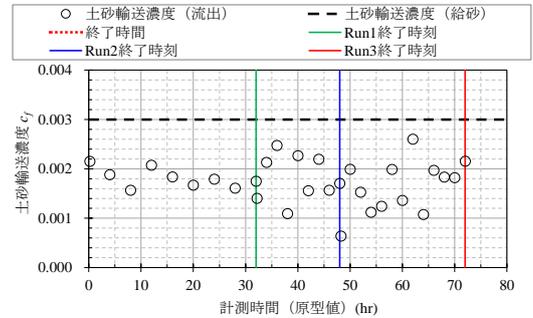


図-4 模型下流端での土砂輸送濃度の時系列

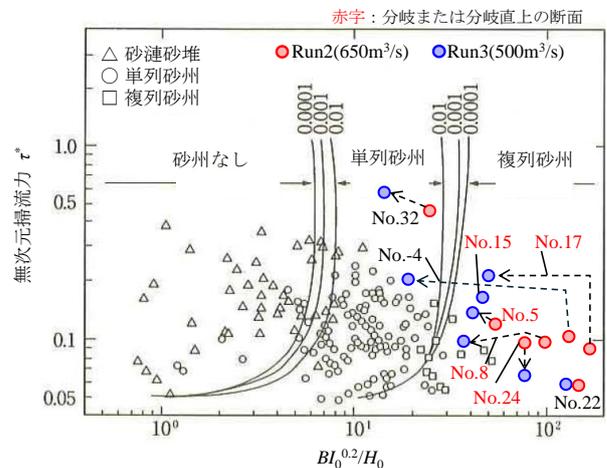


図-5 中規模河床形態の形成領域