

砂州が形成された河床における 流木の流下に関する実験

AN EXPERIMENT ON THE FLOW-DOWN OF DRIFTWOOD ON RIVERBEDS WITH SANDBARS

佐々木 章允¹・渡邊 康玄²・益本 孝彦¹

Akiyoshi SASAKI, Yasuharu WATANABE, Takahiko MASUMOTO

¹ 学生員 北見工業大学大学院 工学研究科 土木開発工学専攻 (〒 090-8507 北海道北見市公園町 165 番地)

² 正会員 工博 北見工業大学教授 社会環境工学科 (〒 090-8507 北海道北見市公園町 165 番地)

This study focuses on the driftwood trapping function of riverside forests, aiming to clarify the behavior of flowing driftwood and verify the positions at which riverside forests in sandbars can trap driftwood effectively from the viewpoint of riverside forest management. The river channel form between two points (KP: 15.2 and 16.2) on the Tokoro River and the riverside forest vegetation conditions were reproduced in an experimental channel to enable experiments on driftwood behavior at a variety of flow rates and the trapping of driftwood by riverside forests. The experiment on driftwood trapped by riverside forests was conducted for two cases. Most driftwood was trapped by a riverside forest upstream of a sandbar. The pieces that flowed down without being trapped were caught by another riverside forest upstream of the next sandbar. The locations where driftwood was captured varied by the time of flooding, and it was found that riverside forests situated upstream of sandbars were effective in trapping driftwood.

Key Words : Driftwood, Trapping function, Riverside forests, Sandbars,

1. はじめに

河道内の砂州上に生育する河畔林は様々な特性や機能を持っている。洪水時に流れを阻害し水位を上昇させ、治水機能に悪影響を及ぼすことや、河畔林が流木化した場合、橋梁の橋脚等に堆積し構造物に被害を与え、氾濫を拡大させること等、自然災害の要因となる場合もある。また、河道内を流下した流木は海に流出し船舶の運航を妨げ、洪水後の流木除去に多大な費用と時間を要すること等が問題となっている。

2003年8月の台風10号によって沙流川流域では大量の流木が発生し、橋梁の橋脚等に堆積することにより、氾濫の拡大や橋梁の破壊等の被害をもたらした¹⁾。さらに、氾濫後に河川周辺の民家にまで流木が流下し、民家を破壊するという被害も見られた¹⁾。洪水後には二風谷ダムのダム湖に約5万立方メートルもの大量の流木が捕捉されていたことも確認されており、流木の除去に多大な費用と時間を要した¹⁾²⁾。一方で河畔林は、河川の生態系の保全、流勢の抑制機能、景観や自然環境の保全等の役割等も持ち、近年では、河道内の河畔林が流木を捕捉する機能を持つことも確認されている¹⁾²⁾。

以上のことから、河道内の生態系や治水機能等の河

川環境を維持しつつ、洪水時には流木による被害の軽減や流木の捕捉を行うことが可能な河畔林の管理が必要となる。そこで本研究では、河道内の砂州上に生育する河畔林が流木を捕捉する機能を持つことに着目し、流下する流木の挙動を把握し、流木を効果的に捕捉することが可能な砂州上での河畔林の位置を特定することを目的とした。実験は、実際の河道形状や樹木の植生状況等を実験水路上に再現し、数種の水理条件で行われた。

2. 実験概要

(1) 基本実験条件

実験条件の設定にあたって、北海道東部に位置する常呂川の河床形状、植生状況等の調査を行った。図-1に示される、発達した交互砂州が見られ、砂州上に河畔林の植生が確認された³⁾、KP:15.2~16.2区間の河床形状や植生状況を、実験水路に約1/200で再現し、実験を行った。また、流木捕捉実験を行う前に実験水路上に交互砂州を形成させるため、益本ら⁴⁾が行った水みち形成実験のハイドログラフを参考とし、砂州・水みち形成実験を行った。使用した実験水路は、長さ8m、幅0.3mである。河床材料は、4号珪砂(dw=0.765mm)

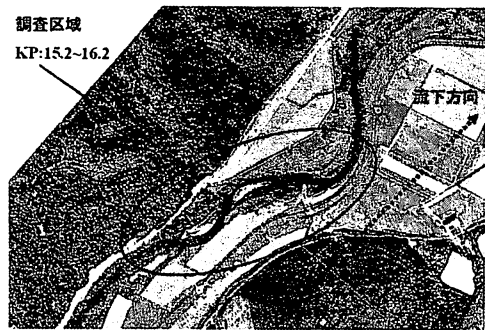
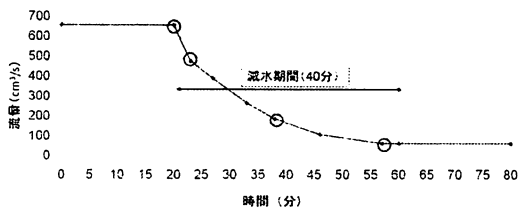


図-1 常呂川航空写真



時刻(分)	0	10	20	30	40	50	60	70	80
流量 (cm³/s)	660	480	300	180	120	90	70	60	60

図-2 砂州・水みち形成実験 ハイドログラフ

と7号珪砂 ($d_w=0.154\text{mm}$) を5:1の割合で配合したものを、河床勾配が1/80となるように均一に水路上に敷き詰め、砂州及び水みち形成の実験を行った。実験時の流量は、水文水質データベース⁵⁾の常呂川のデータから求めた4パターンの流量、100年確率流量相当である $660\text{cm}^3/\text{s}$ 、20年確率流量相当である $480\text{cm}^3/\text{s}$ 、5年確率流量相当である $190\text{cm}^3/\text{s}$ 、1年確率流量相当である $60\text{cm}^3/\text{s}$ を使用した。

(2) 砂州・水みち形成実験

交互砂州形成の流量は、100年確率流量相当である $660\text{cm}^3/\text{s}$ で20分間通水させた。その後、減水期間を40分とした図-2に示すハイドログラフを用いて100年確率流量相当である $660\text{cm}^3/\text{s}$ から1年確率流量相当である $60\text{cm}^3/\text{s}$ まで徐々に流量を減少させ、水みちを形成させた。最後に20分間、1年確率流量相当である $60\text{cm}^3/\text{s}$ を通水させ水みちを発達させた。それぞれ100年確率流量相当で20分間、減水期間40分間、1年確率流量相当で20分間通水後に初期河床からの変化量を測定した。各段階での河床コンター図を図-3に示す。実験後、形成させた河床形状を保つため、河床をモルタルで固定した。

(3) 河畔林が無い場合の実験 (流木の挙動把握)

(2)で形成された河床において、数種の流量で流木の挙動を把握するため河畔林模型を設置せず実験を行った。流量は100年確率流量相当の $660\text{cm}^3/\text{s}$ 、20年確率流量相当の $480\text{cm}^3/\text{s}$ 、5年確率流量相当の $190\text{cm}^3/\text{s}$ 、1年確率流量相当の $60\text{cm}^3/\text{s}$ の4パターンとし、それぞれの流量は定常とした。使用した流木模型は、約1/200

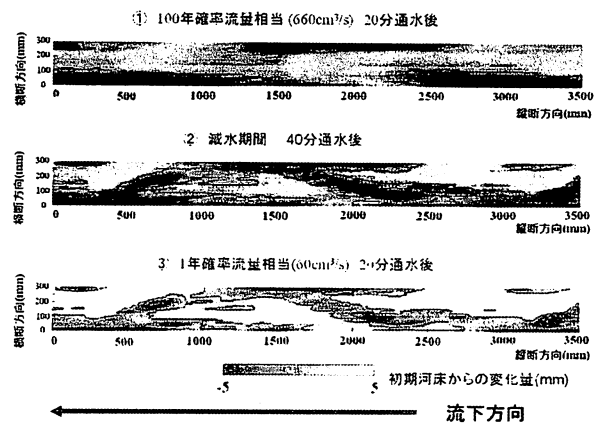


図-3 砂州・水みち形成実験 河床コンター図

スケールの長さ4cm、直径0.1cmであり、根や枝等は考慮していない。流木挙動の測定区間は、縦断方向3.6m、横断方向30cmである。測定区間の縦横断方向にそれぞれ30cm及び2cmピッチに糸で格子状のメッシュを作り、水路の真上から目視で観測し、流木がどの位置を通過したかを記録した。なお、各メッシュは横断方向左岸側から2cm毎にC-1,C-2,C-3…C-14とし、縦断方向下流から上流へ30cm毎にV-1,V-2,V-3…V-12とした。流木模型の投下は測定区間の最下流部から約3.8mの地点とし、横断方向の7地点(C-2,4,6,8,10,12,14)から投下させ、投下本数はそれぞれの地点から10本ずつの計70本とした。

(4) 河畔林模型による流木捕捉実験

常呂川の植生状況を調査した結果、図-1に見られるように、河畔林は砂州の縁、上流部、下流部に多く生育していることが分かった。このことから、本実験では現地調査の結果と実験結果から、砂州全体に河畔林が存在する場合、砂州の上流部と砂州の縁に河畔林が存在する場合の2パターンの実験を行った。図-4にそれぞれの河畔林模型設置状況を示す。

使用した流量は砂州が流水に覆われる、100年確率流量相当の $660\text{cm}^3/\text{s}$ 、20年確率流量相当の $480\text{cm}^3/\text{s}$ の2パターンとし、それぞれの流量は定常とした。5年確率流量と1年確率流量は砂州上に流水が無く、河畔林による捕捉が不可能なため実施していない。使用した河畔林模型は現地の約1/200である長さ6cm、直径0.2cmとした。河畔林模型の密度は、常呂川現地調査結果から実験水路上の 100cm^2 当り15本とした。流木捕捉位置の測定間隔は、詳細な流木の捕捉位置を検証するため縦断方向の測定間隔を30cmから15cmへ変更し、横断間隔は2cm間隔のままとした。流木模型の縦断方向の投下位置は河畔林が無い場合の実験と同様で、横断方向の投下位置は砂州上で流木模型の流下が確認されなかったC-2とC-4地点からは流木の投下は行わず、

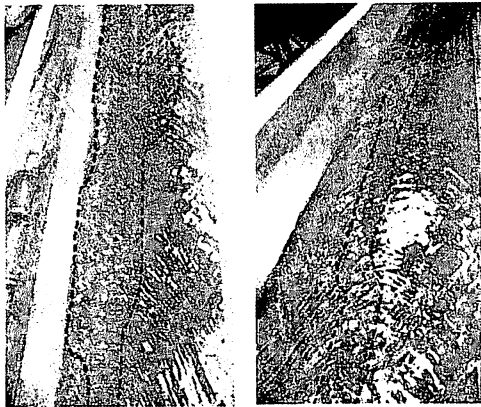


図-4 左:河畔林が砂州全体にある場合 右:河畔林が砂州上流部と縁にある場合

C-6,8,10,12,14の5地点から10本ずつ投下させ、計50本の流木模型を流下させた。

3. 実験結果

(1) 河畔林が無い場合(流木の挙動把握)

実験結果から、河床地形や流量と流木の挙動や河畔林の位置の比較、検討を行うため、図-5に示される河床コンター図と流木の挙動を示したグラフを作成した。コンター図は初期河床からの変化量を表している。右側が上流部、左側が下流部となっており、グラフ上の線は流木の挙動を示し、線端の点は流木の停止した位置あるいは捕捉された位置を示している。また、流木が堆積した縦断方向の位置を流量毎にまとめ、図-6に示した。以下に、図-5、図-6を基にして、各流量毎の結果を述べる。

a) 100年確率流量相当,660cm³/sの場合

河床全体が流水で覆われていたが、発達した砂州により、測定区間内で停止する流木が僅かに存在した。砂州により河床高が高くなっているC-14やC-12から投下した流木は、V-8~V-12にかけて発達した右岸砂州を避けるように直線的に流下した。水みち上であるC-10から投下した流木は、水みちに沿って流下するものが多く見られた。C-8,6,4,2地点から投下した流木は、水みち上を流下しV-3~V-7にかけて発達した左岸砂州の河床が最も高いV-6付近を避けるように2方向に分かれて流下した。

流木堆積割合は、流量が多く河床全体が流水で覆われていたため、下流の測定区間外まで流下した流木が全体の80%以上見られた。途中で堆積した流木の位置では、V-5~V-7区間の発達した左岸砂州上で堆積した流木が約10%と、最も割合が大きかった。その他では、V-1~V-4区間の発達した右岸砂州上や右岸側壁で堆積したものが約5%程であった。

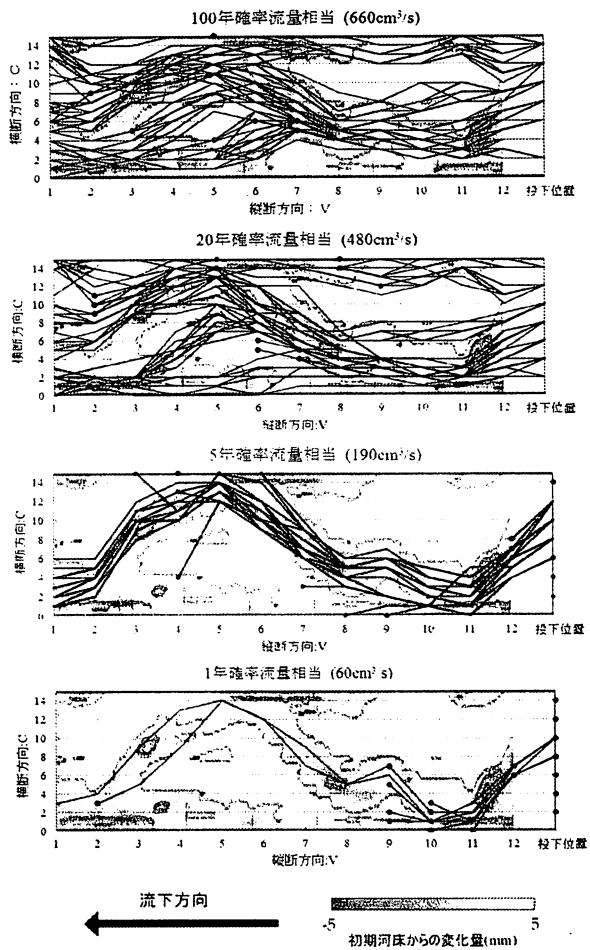


図-5 流木の挙動グラフ+河床コンター図

b) 20年確率流量相当,480cm³/sの場合

発達した砂州が浮洲状に現れたことにより、直線的に砂州上を流下する流木がほとんど見られず、砂州上で堆積する流木が増加した。砂州により河床高が高くなっているC-14,12地点から投下した流木は、すべて上流部の右岸砂州の右側に見られる水みちを流下し、下流部までほぼ直線的に流下した。水みち上のC-10,8から投下した流木は、水みちに沿って流下した。流下した流木は中流部の左岸砂州上や下流部の右岸砂州で堆積した。C-6,4,2から投下した流木は、水みちに沿って流下したものが多く見られたが、左岸砂州の発達が十分ではなかったため、V-7地点から水みちとは逆方向に流下したものが投下直後から左岸側壁付近を直線的に流下したのも見られた。

流木堆積割合は、流量が減少し砂州の河床が高い部分が発達して現れたことが影響し、砂州上で堆積した流木が増加し、下流の測定区間外まで流下した流木が全体の約60%程であった。V-1~V-4区間やV-5~V-7区間で堆積した流木は、それぞれ全体の約15%ずつとなった。V-1~V-4で堆積した流木は水みち上を流下した後、下流部の右岸砂州上で堆積していた。V-5~V-7

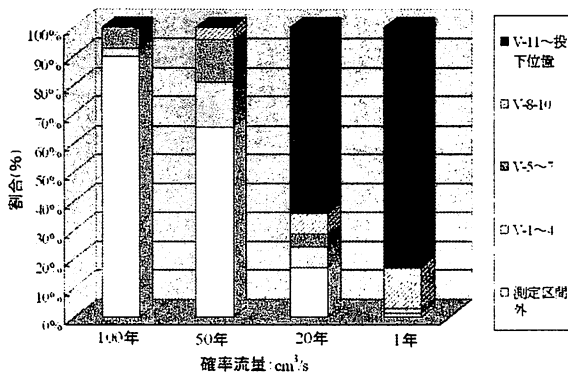


図-6 流量毎の流木堆積割合

で堆積した流木は左岸砂州上や V-5 の右岸側壁付近に堆積していた。V-8~V-10 で堆積した流木は全体の約 5 %程で、上流部の右岸砂州の右側に作られた小さな水みち上や右岸砂州上で堆積していた。V-11~投下位置の間では、流木の堆積は 1 本も確認されなかった。

c) 5 年確率流量相当, 190cm³/s の場合

100 年確率や 20 年確率流量相当に比べ大幅に少ない流量であるため、砂州が明確に現れ、流水の多くは水みち上を流下した。流木投下位置の C-14, 4, 2 地点では、砂州上のため流水が無く流木の流下が見られなかった。C-12, 10, 8, 6 地点から投下した流木の多くが水みちに沿って流下した。C-12 から投下した流木は、水みちの流れに乗り、下流の測定区間外まで流下したものや下流部の右岸砂州上で堆積したもの等、様々な挙動が見られたが、投下位置から流下直後に上流部の右岸砂州の縁に堆積したものが最も多く見られた。水みち上である C-10 から投下した流木は、上流部の右岸砂州や水みちの流下した後、下流部の右岸砂州等で堆積した。同じく水みち上である C-8 からの流木は、全体的に水みちの左側を流下する傾向が見られ、左岸砂州の上流部や河床が高くなっていた部分で堆積していた。水みち上の C-6 地点は C-4, 2 と同様に河床が高い部分であったため、流木投下直後に堆積したものが多かった。また、流下したのもも左岸砂州の上流部に堆積し、水みちに沿って下流部まで流下したものは存在しなかった。

流木堆積割合は、砂州が明確に現れ、流水が水みち上を流れ、C-14, 4, 2 地点から投下したすべての流木や水みち上の C-6 地点から投下した多くの流木が流下せず投下位置に堆積したため、V-11~投下位置の間での堆積割合が全体の約 60 %を占める結果となった。水みち上の C-10 や C-8 地点から投下した流木のうち、水みちに沿って流下し、下流の測定区間外まで流下した流木が約 10 %程見られた。V-1~V-4 区間では下流部の右岸砂州上に、V-8~V-10 区間では左岸砂州の上流部に堆積した流木がそれぞれ 5~10 %程であった。V-5~V-7 で堆積した流木は全体の 5 %以下で、左岸砂州の

中流部から下流部にかけて堆積したものであった。

d) 1 年確率流量相当, 60cm³/s の場合

流水が無い砂州上の C-14, 12, 6, 4, 2 地点から投下した流木は流下しなかった。流量が少なく、水みちの水位も低かったため、水みち上である C-10 と C-8 から投下した流木の大半が測定区間内の上流部に堆積していた。しかし、C-10 地点から流下した 1 本は V-2 まで、C-8 地点から流下した 1 本は下流の測定区間外まで流下した。これらは、水みちが発達し、2 本とも水みちの軌道に乗ったため下流部まで流下したものと考えられる。

流木堆積割合は、5 年確率流量相当時と同様に流木の投下位置に堆積したものが多く見られ、1 年確率流量相当では、C-10 と C-8 以外からの流木の流下は確認されなかったため、V-11~投下位置の区間に堆積した流木は全体の約 90 %となった。V-8~V-10 区間では、左岸砂州の上流部や砂州の縁、水位が低下した水みち上で堆積した流木が見られ、全体の 10 %以下であった。その他、測定区間外まで流下した流木と V-1~V-4 区間で堆積した流木が 1 本ずつ見られ、共に全体の 1 %程の割合であった。なお、V-5~V-7 区間で堆積した流木は存在しなかった。

e) まとめ

砂州や水みちが発達していたため、100 年確率流量相当でも河道内に堆積する流木が存在した。流量が多かった 100 年確率流量相当, 20 年確率流量相当では、河道内全体を流木がほぼ直線的に流下し、中流部の左岸砂州上や下流部の右岸砂州上に堆積する傾向が見られた。流量が減少すると、流木は河床の高い部分を避けるように水みちに沿って流下し、下流部の右岸砂州の縁や左岸砂州の上流部付近で堆積するものが見られた。

(2) 河畔林が砂州全体に存在する場合

河畔林模型を砂州全体に設置し、100 年確率流量相当である 660cm³/s と 20 年確率流量相当である 480cm³/s の 2 パターンの流量で実験を行った。河畔林が無い場合の実験と同様に、図-7 に示す河床コンター図と流木の挙動を示したグラフを作成し比較、検討を行った。また、流木が河畔林によって捕捉された縦断方向の位置を流量毎にまとめ、図-9 示した。

a) 100 年確率流量相当, 660cm³/s の場合

C-14 と C-12 から投下した流木は、V-8.5~V-12 にかけての右岸砂州の縁や中央に存在する河畔林で捕捉された。水みち上である C-10 から投下した流木は、V-11 の砂州の縁や V-4.5~V-7.5 の水みち付近の河畔林で捕捉された。水みち上の C-8, C-6 から投下した流木は、V-4~V-7.5 にかけての左岸砂州の縁や砂州の中央部で捕捉された流木が見られた。

流木捕捉位置の割合を見ると、V-4.5~V-7.5 の左岸砂州上流部や縁で捕捉された流木が最も多く、全体の

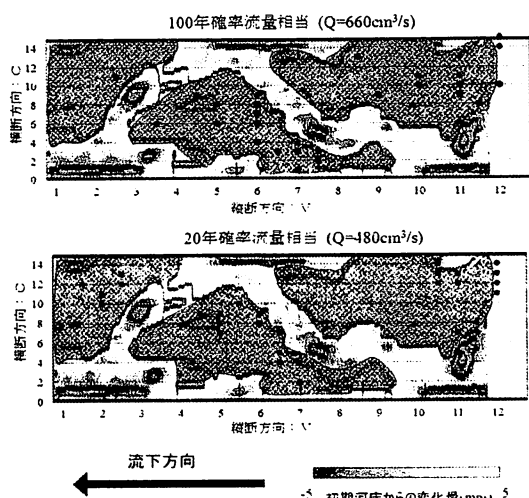


図-7 河畔林模型による流木の捕捉位置 (河畔林が砂州全体に存在する場合)

40～50%であった。V-10.5～投下位置の右岸砂州上流部で捕捉された流木も多く、約30%程であった。流れが速かったため、河畔林の間を縫うように流下しV-8～V-10区間で捕捉された流木も約10%程見られた。V-1～V-4と測定区間外まで流下したものは全体の10%以下であった。

b) 20年確率流量相当,480cm³/s の場合

100年確率流量相当時より流量が減少したため、水みちに沿って流下する流木が増加した。C-14やC-12から投下した流木の多くは、V-10.5～投下位置の区間の右岸砂州上流部の河畔林で捕捉された。C-10から投下した流木は水みちに沿って流下し、左岸砂州の中流部から下流部の河畔林やV-1～V-2の右岸砂州上流部の河畔林によって捕捉される傾向が見られた。C-8とC-6から投下した流木は水みちに沿って流下した後、V-4.5～V-7.5の左岸砂州の縁の河畔林で捕捉されたものが多く見られた。

捕捉位置の割合を見ると、V-10.5～投下位置の右岸砂州上流部とV-4.5～V-7.5の左岸砂州の縁の河畔林で捕捉された流木が全体の約80%程見られた。この両区間で捕捉されずに流下した流木は、V-1～V-4の右岸砂州の河畔林で捕捉されていた。測定区間外まで流下した流木は1本だけ見られ、V-8～V-10で捕捉された流木は無かった。

c) まとめ

100年確率流量相当では、流量が大きかったことに加え、河道内に河畔林が多く生育し水位が上昇して、流木の流下が直線的になったため、捕捉された流木の位置が20年確率流量相当時と比較すると若干異なり、全体的に分散していた。また、河畔林の間を縫うように流下した流木も見られ、砂州の中央の河畔林で捕捉された流木も見られた。20年確率流量相当では流量が減少

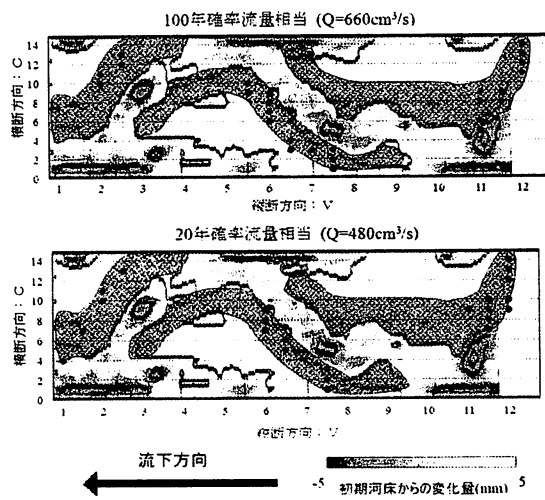


図-8 河畔林模型による流木の捕捉位置 (河畔林が砂州上流部と縁に存在する場合)

し、流木が水みちに沿って流下したため、V-11～V-12付近の右岸砂州上流部で捕捉され、捕捉されなかったものはV-5～V-7付近の左岸砂州上流部や縁で捕捉され、さらに捕捉されなかったものはV-2～V-3付近の右岸砂州上流部で捕捉される結果となり、砂州の上流部と砂州の縁で流木が捕捉されることが確認された。

(3) 河畔林が砂州上流部と縁に存在する場合

河畔林模型を砂州上流部と縁に設置し、100年確率流量相当である660cm³/sと20年確率流量相当である480cm³/sの2パターンでの流量で実験を行った。河畔林が砂州全体に存在する場合と同様に、図-8に示す、河床コンター図と流木の挙動を示したグラフを作成し比較、検討を行った。また、(2)と同様に流木が河畔林によって捕捉された縦断方向の位置を流量毎にまとめ、図-9のように示した。

a) 100年確率流量相当,660cm³/s の場合

流木捕捉位置や捕捉位置の割合は、河畔林が砂州全体に存在する場合と大きな違いは見られなかった。C-14やC-12から投下した流木の多くはV-10.5～投下位置の区間で捕捉され、下流へ流下した流木はV-1～V-4区間やV-4.5～V-7.5区間で捕捉された。水みち上であるC-10から投下した流木は、まずV-11付近で捕捉され、水みちに沿って流下したものはV-4.5～V-7.5で捕捉され、さらに流下したものはV-2付近の河畔林で捕捉される結果となった。同じく水みち上のC-8とC-6から投下した流木は水みちに沿って流下し、V-4.5～V-7.5の砂州の縁で捕捉されたものが多く見られた。

流木捕捉位置の割合を見ると、河畔林が砂州全体に存在する場合と同様にV-4.5～V-7.5区間の左岸砂州の縁とV-10.5～投下位置区間の右岸砂州上流部で捕捉された流木が全体の80～90%であった。この両区間で捕捉されず、水みちを流下した流木は、V-1～V-4の右岸

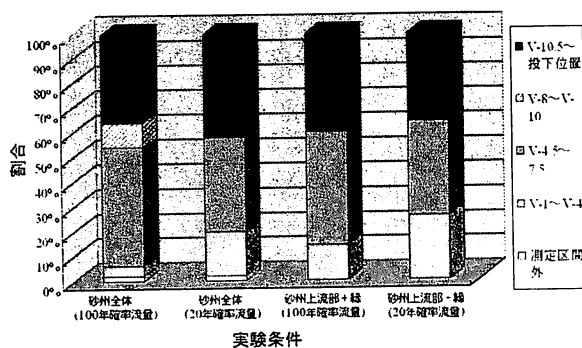


図-9 流量毎と河畔林の植生別の流木堆積割合

砂州上流部ですべて捕捉された。測定区間外まで流下したもののや V-8~V-10 区間で捕捉された流木は確認されなかった。

b) 20年確率流量相当, 480cm³/s の場合

100年確率流量相当時と比較しても、流木捕捉位置や割合に大きな変化は無かった。C-14, C-12 から投下した流木は、すべて V-10.5~投下位置の区間で捕捉された。C-10, 8, 6 地点から投下した流木は水みちに沿って流下した後、V-4.5~V-7.5 区間の左岸砂州上流部や縁で捕捉され、さらに流下したものは V-1~V-4 区間の右岸砂州上流部で捕捉された。

流木捕捉位置の割合を見ると、流量が減少し水みちに沿って流下した流木が増加したため、V-1~V-4 の右岸砂州上流部で捕捉された流木が全体の約 25% となった。V-4.5~V-7.5 区間で捕捉された流木は約 40%、V-10.5~投下位置で捕捉された流木は約 35% であった。測定区間外まで流下したもののや V-8~V-10 区間の右岸砂州の中流部から下流部に堆積したものは確認されなかった。

c) まとめ

100年確率流量相当時と 20年確率流量相当時での大きな違いは見られなかった。河畔林が砂州全体に存在する場合の 20年確率流量相当時とほぼ同様に、砂州上流部あるいは砂州の縁で捕捉されたものが多く、捕捉されずに流下した場合は次の砂州の上流部や縁で捕捉される結果となった。

4. 砂州上の河畔林の有無による違い

100年確率流量相当時、河畔林が無い場合では流木投下位置からほぼ直線的に流下した。砂州上に河畔林がある場合では、流木は投下位置から直線的に流下した後、その直線上の砂州上流部の河畔林で捕捉される傾向が多く見られ、中には河畔林の間を縫うように流下し、砂州中央部や下流の砂州上の河畔林で捕捉されたものも見られた。また、河畔林があることにより、河畔林が無い場合より水みちの流れが明確になったため、水みち上から投下した流木は、水みちに沿って流下し

ながら、砂州上流部や砂州の縁で捕捉される傾向が見られた。

100年確率流量相当時は、河畔林が無い場合では、水みち上から投下した流木は水みちに沿って流下し、水みち上ではない場所から投下した流木は、100年確率流量相当時と同様に、投下位置からほぼ直線的に流下した。砂州上に河畔林がある場合も 100年確率流量相当時と同様に、河畔林があることにより、河畔林が無い場合より水みちの流れが明確になったため、水みちに沿って流下し、砂州の縁の河畔林で捕捉される流木が増加した。捕捉されずに下流へ流下した流木は、次の砂州上流部や砂州の縁で捕捉される傾向が見られた。

河畔林が無い場合に流木が砂州上に堆積する割合と河畔林がある場合に砂州上の河畔林によって流木が捕捉される割合では、100年確率流量相当時、20年確率流量相当時共に、砂州上に河畔林がある方が高いという結果となった。

5. おわりに

本実験結果から、上流から流下してきた流木は洪水時のような水位が高く流量が多い場合、流木化してすぐに砂州上流部や砂州の縁に生育する河畔林で捕捉され、減水期では、水みちに沿って流下していく中で、砂州上流部あるいは砂州の縁で捕捉され、捕捉されずに流下した場合は次の砂州の上流部や縁で捕捉される等、洪水の時期によって、流木の捕捉される場所が異なることが明らかとなった。今後は、様々な植生密度で実験を行うことや河畔林の位置のさらに詳細な検証、流木模型や河畔林模型の根、枝等の影響の考慮を行っていく必要がある。

謝辞 : 本実験は河川整備基金の助成を受けて行われた。記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 財団法人 河川環境管理財団：河川整備基金自主研究事業 流木災害軽減対策と河川樹木管理に関する総合的研究, 1章-3章, 2008.
- 2) 矢部浩規, 渡邊康玄：流木の堆積, 捕捉調査と河道流況特性について, 水工学論文集, 第52巻, pp.661-666, 2008.
- 3) 株式会社 森林環境リアライズ：常呂川河道内樹木調査作業 常呂川河道内樹木データ整理作業 報告書 2008.
- 4) 益本孝彦, 渡邊康玄, 佐々木章允：洪水減水期における水みち形成に関する実験, 土木学会北海道支部平成 20 年度論文報告集, 第 65 号, B-49, 2009.
- 5) 国土交通省 水情報国土データ管理センター：水文水質データベース, <http://www1.river.go.jp/>
- 6) 渡邊康玄, 長谷川和義, 野上毅, 安田浩保：谷底平野の形成過程と洪水流~台湾の河川との比較~, 寒地土木研究所月報, No.647, pp.2-14, 2007.

(2009. 4. 9 受付)