

交互砂州上に存在する樹木群の 中規模洪水時における流出と砂州に与える影響

Outflow of riparian forest on alternate bars during the flood and the effect on the bar

(株)北開水工コンサルタント ○ 正員 油川曜佑 (Yousuke Aburakawa)
北見工業大学社会環境系 正員 渡邊康玄 (Yasuharu Watanabe)

1. はじめに

近年の水害は洪水氾濫に留まらず、山地斜面の崩壊等により発生する流木が複合して、被害を助長する事例が多く見られている。R元年東日本台風、R2年7月豪雨などでは大量の流木が流出し、洪水被害を拡大させた大きな原因となったことは記憶に新しい。北海道十勝川水系においても洪水時に流木が十勝川河口付近に漂着し、河川管理上の支障や、再流出による漁業活動への悪影響を及ぼすことが問題となっている。

特に音更川ではH23年、H28年の大規模出水時において、河道の複数地点で河岸侵食により高水敷樹木や低水路内樹木が流出した。しかし、河岸侵食を伴わない低水路満水程度の中規模洪水における樹木群流出の現象については、これまであまり報告されていない。

このことから本研究では、H17年9月およびH18年8月音更川洪水（以下H17年洪水、H18年洪水）に着目し、交互砂州上に存在する樹木群の流出について把握する。また、平面2次元数値解析モデルによる再現計算を行うとともに、矩形直線河道における交互砂州上の樹木群流出について数値実験を行い、樹木群流出が砂州に与える影響を検証する。

2. 調査区間の概要

音更川は北海道十勝地方を流れる1級河川十勝川の一次支川であり流域面積740.3km²・流路延長93.5kmの1級河川である。検討対象となる箇所は音更川下流（KP1.8～2.2km）の左岸に位置しH17年～H18年当時、交互砂州上に樹木群が存在していた。

林分構造把握のため、H17年洪水前に実施した調査では、図1に示すKP1.955測線から5m上流までの調査範囲130m²に平均樹径6.9cm、樹高4.9mのヤナギ類が約70本の樹木が確認された。

樹木密度は0.53本/m²であり、H17年洪水前の樹木面積は8,800m²程度であることから、4,660本程度の樹木が繁茂していたと推定された。

3. 樹木流出と水理量の関係

(1)対象洪水規模

H17年洪水およびH18年洪水の水位ハイドログラフおよびハイトグラフを図2に示す。なお、水位はKP9.1に位置する音更観測所の観測データを、雨量は観測地点から約30km離れた上士幌雨量観測所の観測データをそれぞれ使用している。

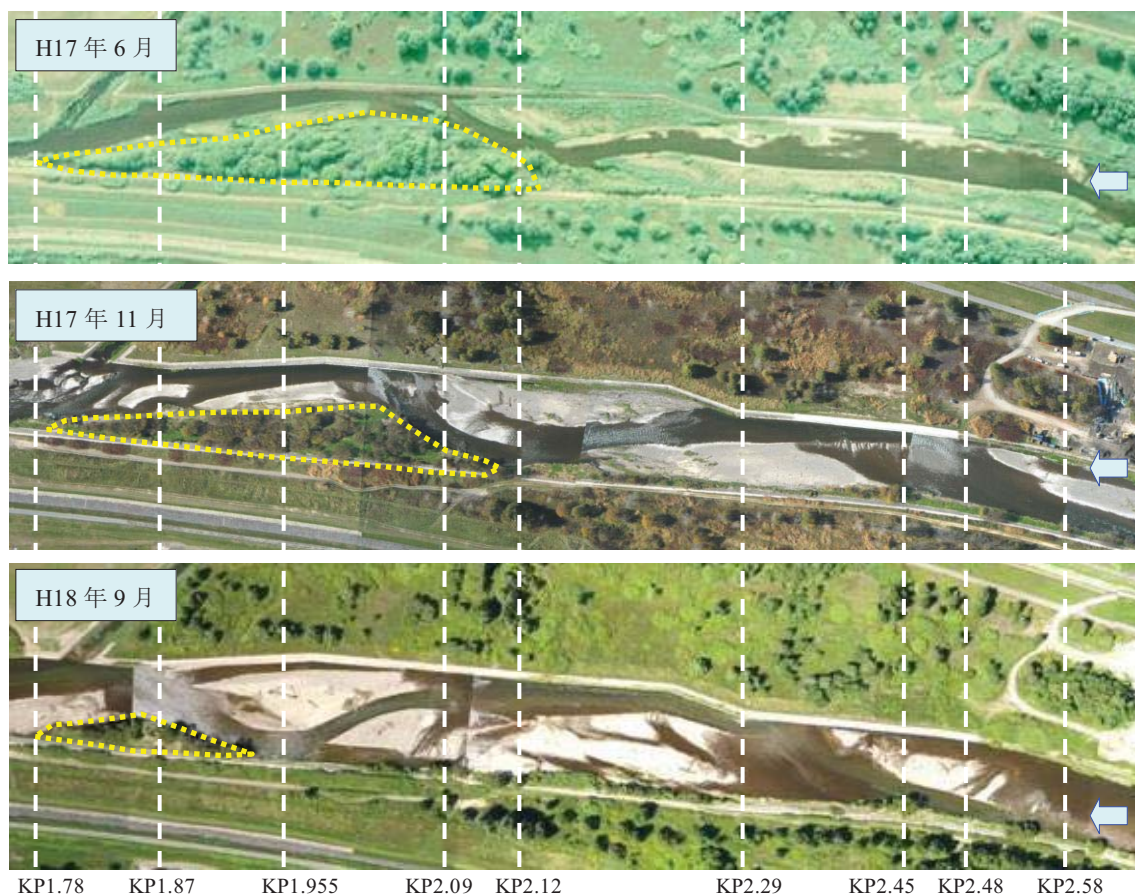


図1 樹木群流出変遷

H17 年洪水では平常時の水位である 71.3m 程度から徐々に上昇し始め、9 月 8 日 4 時頃に当時の氾濫注意水位に近づく最大ピーク水位 73.31m を記録した。また、H18 年洪水では、平常時の水位である 70.9m 程度から徐々に上昇し始め、8 月 18 日 18 時頃に 1 回目のピーク水位 71.9m、8 月 19 日 0 時頃に 2 回目のピーク水位 72.22m、その後 8 月 19 日 11 時頃に 3 回目最大ピーク水位 73.31m を記録した。これらの出水では、いずれも低水路が概ね満水状態となった。

また、最大流量はそれぞれ $453\text{m}^3/\text{s}$ ・ $278\text{m}^3/\text{s}$ であり、H17 年度洪水は H18 年度洪水より 1.6 倍程度大きい。

(2) 樹林帯の流出状況

図 1 に、H17 年 6 月 (H17 年洪水前)、H17 年 11 月 (H17 年洪水後)、H18 年 9 月 (H18 年洪水前) の航空写真を比較した。図中に示す測線は洪水前後に横断測量を、また、KP1.87・KP1.955・KP2.09・KP2.12・KP2.45 では水位観測を実施した。

H17 年洪水では樹木群の先端部が流出している。出水前後の樹木群面積を比較すると洪水前の樹木群面積は $8,800\text{m}^2$ 、洪水後の樹木群面積は $5,068\text{m}^2$ であったことから、樹木群が約 1/4 (約 $3,732\text{m}^2$)、1,980 本程度の樹木が流出したと推定される。一方、H18 年洪水では洪水後の樹木群面積は約 $1,100\text{m}^2$ であったことから、約 1/4.5 (約 $2,632\text{m}^2$)、1,395 本程度の樹木が流出したと推定される。また、樹木群の流出率は H17 年洪水と同程度であったと思われる。

(3) 砂州移動による樹木群流出

航空写真を比較すると、樹木群の位置は変化していないことから、両洪水とも上流側の砂州が下流側へシフトする際に交互砂州上の樹木群が削られ流出したものと考えられる。

H18 年洪水では、洪水時に半波長下流側へシフトし概ね逆位相になっている。

一方、流量規模を見てみると前述したように H17 年洪水よりも H18 年洪水の方が小さいにもかかわらず、砂州移動量は H18 年の方が大きく樹木群の流出規模も大きい。

ここで、KP1.955 で観測した水位データを用いて両年における樹木群の冠水時間を図 3 に比較した。その結果、H17 年洪水での樹木群への冠水時間は 14 時間程度であるのに対し、H18 年洪水では約 1.7 倍となる 25 時間であった。このことから砂州が発達する時間が十分に確保されたと考えられる¹⁾。

また、H18 年洪水は 3 回のピークが生じている。桑村らは、H23 年洪水における再現計算および現地観測において水位低下時にかけて蛇行がさらに発達することを見出している²⁾。そのため、単一ピークの H17 年洪水と比較し、蛇行が発達しやすい状況にあったものと推察される。

3. 平面 2 次元河床変動解析による再現計算

H17 年洪水および H18 年洪水における交互砂州の移

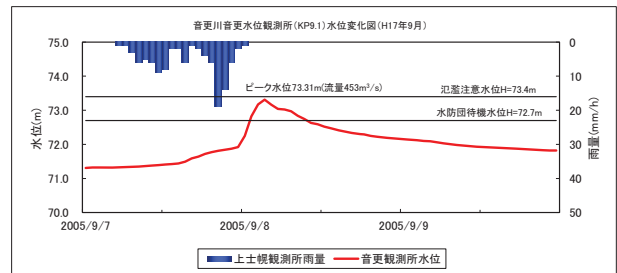


図 2 H17 洪水と H18 洪水のハイドログラフ

* 基準水位は当時の設定値

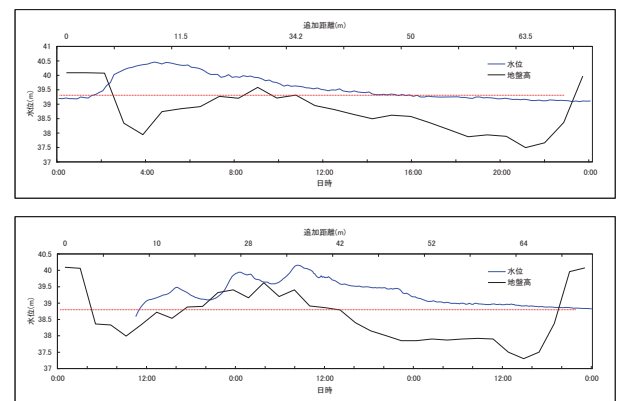


図 3 砂州への冠水時間

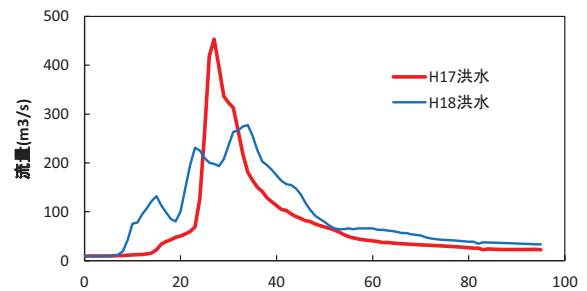


図 4 計算流量

動による河道変動特性について、変動過程をより詳細に把握するため、平面 2 次元河床変動解析を行った。

(1) 計算条件

平面 2 次元河床変動解析には、出水中の局所洗掘に伴い植生が流出する条件を追加した iRIC Nays2D を用いた。計算区間は KP1.4～KP3.3 とし、洪水発生前の横断測量データを用いて計算格子を作成した。計算格子は 1 格子約 $5\text{m} \times 5\text{m}$ とした。計算流量は水文・水質 DB から音更観測所における各年の流量を抽出し、H17 年洪水は 9 月 7 日 1:00～9/10 8:00、H18 年洪水は 8/18 1:00～8/21 0:00 までとした。また、河床材料は現地調査結果より均一粒径 40mm とした。

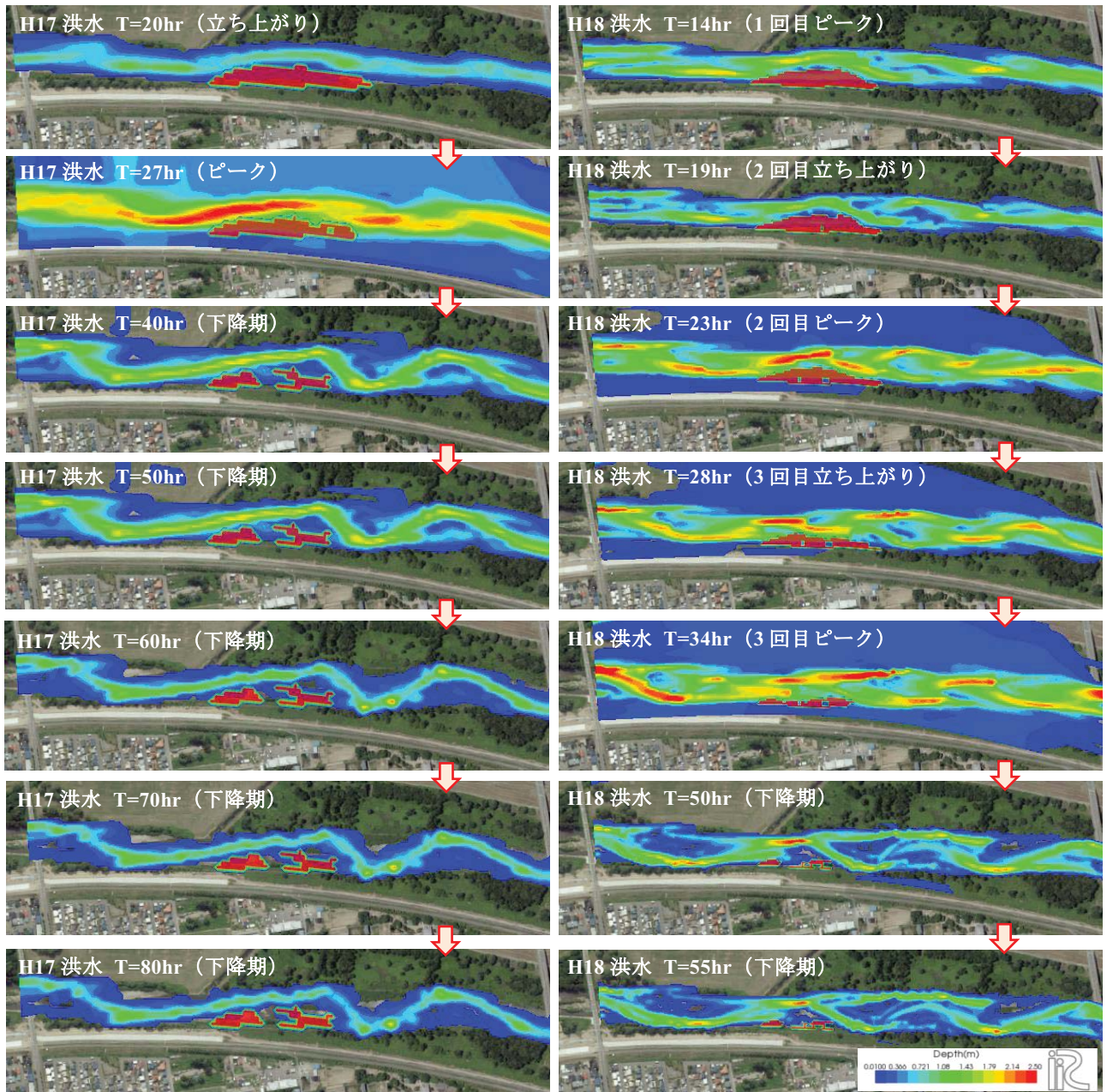


図5 平面2次元河床変動による樹木群流出再現計算 (左図: H17洪水 右図: H18洪水)

(2) 樹木の抵抗および根の長さ

樹木の抵抗は、樹木の抗力係数と植生の密生度を用いて設定し、樹木調査結果等からそれぞれ 1.2 および 0.038 を与えた。また、樹木の根の長さは 0.1m とし、洗堀深が 0.1m の時に流出するよう設定した。

(3) 計算結果

図5に樹木群流出を考慮した平面2次元河床変動計算結果を示す。図中、赤範囲は樹木群の設定箇所である。

H17洪水では樹木群の先端部が流出した。計算では立ち上がりからピーク時には顕著に流出していないが、水位下降期においては実際の現象同様に先端部が流出する現象を再現した。また、下降期に蛇行の振幅が大きくなっていた。

H18洪水では樹木群の大部分が流出し、下流側の樹

木群が一部残存していた。本洪水では3回のピークが発生しており、計算では1回目のピークから2回目の立ち上がりまでは流出は見られないが、2回目のピークから水位低下後、再度水位上昇し3回目のピークを迎える期間に顕著な樹木群流出が見られた。3回目のピークから水位下降期には樹木群流出が更に促進し、樹木群の大部分が流出し樹林帯の一部が残存する現象を再現した。また、H17年洪水同様下降期に蛇行の振幅が大きくなっている。このことから、樹木群流出は砂州が下流側へ拡大しながら移動したことにより発生したものと推察される。両洪水とも、本計算による水位下降期の平面形状と図1に示す航空写真を比較すると、流路および砂州発生箇所、樹木群残存箇所は概ね一致していることから、交互砂州上の樹木群流出を考慮できる本モデルの妥当性が確認された。

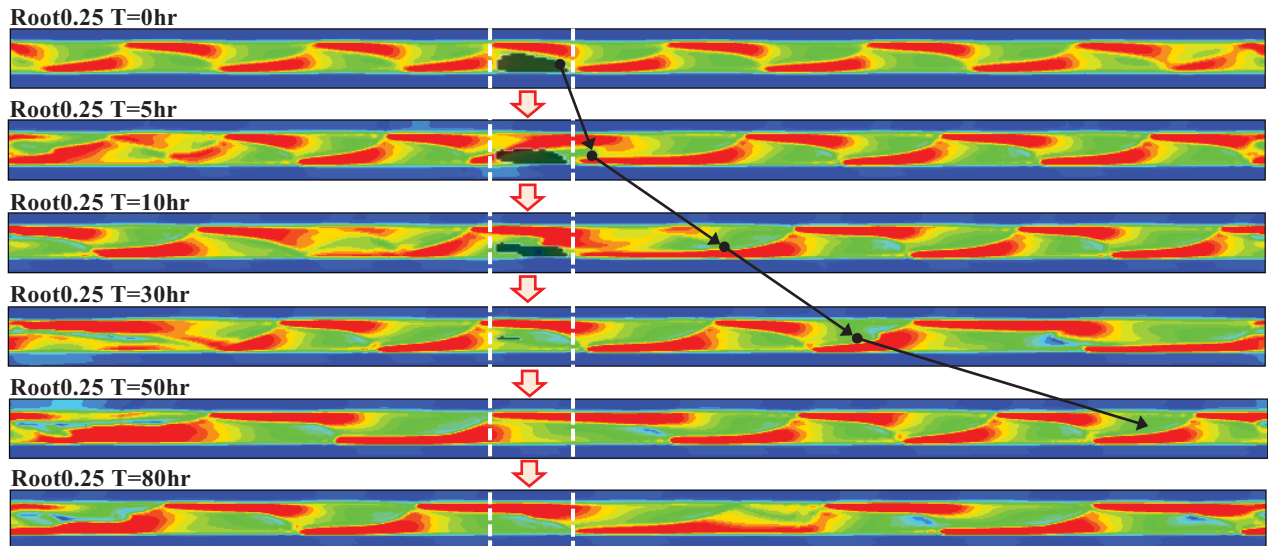
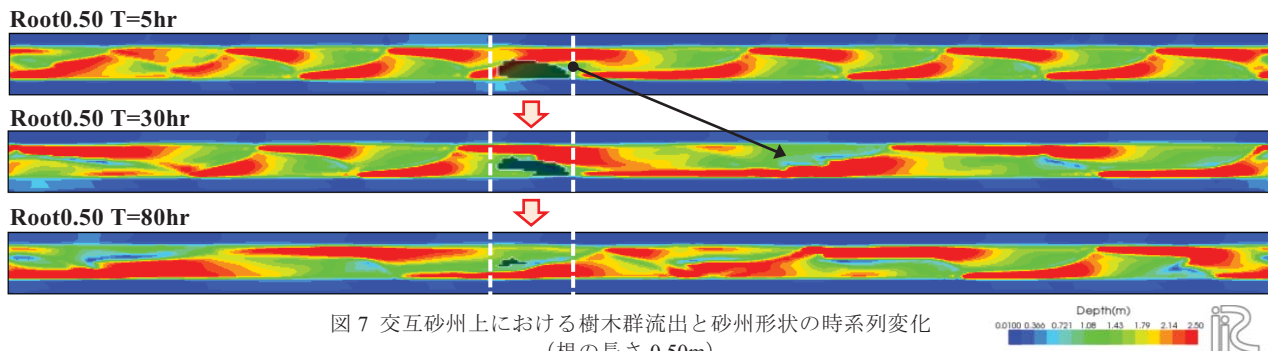


図6 交互砂州上における樹木群流出と砂州形状の時系列変化（根の長さ 0.25m）

図7 交互砂州上における樹木群流出と砂州形状の時系列変化
(根の長さ 0.50m)

4. 矩形直線河道における交互砂州上の樹木群流出に関する数値実験

3.においてモデルの妥当性を確認できたことから、交互砂州上の樹木群流出と砂州形状との関係について把握するため数値実験を行う。

交互砂州は音更川を想定した矩形断面において低水路満水程度となる流量を一定時間通水して発生させる。表1に発生条件を示した。次に発生した交互砂州上に樹木群を1箇所設定し、根の長さを0.25mと0.50mで与えた場合について感度分析を行う。計算で与える流量は交互砂州発生条件と同様に低水路満水程度となる520m³/sとし80時間程度通水させた。

図6と図7に根の長さの違いによる樹木群流出と砂州形状の時系列変化を示した。図中には樹木群が存在する砂州の移動を追跡し矢印で示した。

両者を比較すると根の長さが小さい0.25mの方が、樹木群流出が早いのは自明であり、T=30hrではほぼ流失している。一方、0.50mは初期から1/4程度の流出が見られる。

また、根の長さによらず樹木群流出時には下流側の波長が長くなっていることが読み取れる。現時点では詳細は分からないが、樹木群流出時には下流側の砂州が伸長する可能性が示唆されることから、今後、実現象と比較して検証する必要がある。

表1 交互砂州発生条件

項目	内容	設定値
断面形状	矩形断面	-
河道形状	低水路幅	70m
	高水敷幅	65m
	河岸高	2m
	河床勾配	1/200
	流路延長	3,000m
計算条件	流量	520m ³ /s 一定
	河床材料	40mm
	計算時間	200時間

5. まとめ

本報告では低水路満水程度の中規模洪水時における砂州上の樹木群流出について検討した。その結果、流出は砂州の下流側への移動に伴い発生し、流量低下時や砂州への冠水時間が長いと促進すると考えられた。また、数値実験により樹木群流出時には下流側の砂州が伸長する可能性が示唆された。

謝辞：本論文の執筆にあたり北海道開発局帯広開発建設部治水課にデータを提供頂いた。ここに記し、関係者の方々に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 油川曜佑ら：2006年8月洪水における音更川河道変遷,河川技術論文集,第13巻,pp369-374,2007.
- 2) 桑村貴志,渡邊康玄:出水時の河岸浸食を伴う流路変動の発達要因,河川技術論文集,第22巻,pp163-168,2016.