

土砂動態にตอบสนองする河道形成と樹林化抑制評価技術に関する研究

研究予算：運営費交付金
 研究期間：平 28～令 2
 担当チーム：寒地河川チーム
 研究担当者：大串弘哉、矢部浩規
 川村里実、大石哲也

【要旨】

近年、河道内の樹林化により、流下能力低下や河川環境悪化が問題となっている。特に北海道の河川は、樹木面積の割合が他の地域よりも高く、北海道開発局の管理延長も長いいため、河道整備や維持管理には、河道特性をいかしたより効果的な樹林化抑制対策が求められる。本研究は、河道特性に応じた効果的な樹林化抑制のための維持管理手法の提案を目的とする。具体的には、河道特性や土砂動態に関して樹林化の要因になり得る現象を検討するとともに、継続していたモニタリングのデータを基に再樹林化抑制手段として適用可能な技術を検討した。本研究成果は、札内川礫河原再生や「防災・減災、国土強靱化のための3か年緊急対策」において反映された。
 キーワード：河道変化、土砂動態、細粒土砂、樹林化抑制対策

1. はじめに

1. 1 研究の背景

近年、河道内の樹木の繁茂により、流下能力の低下や河川環境の悪化が問題となっている。流量の減少等により河道内攪乱が減少すると、主流路の固定化が進行したり、また、砂州や高水敷上で樹林化が進行することで、樹林域での流速の低下や細砂の堆積等により主流路への流れの集中がより進行したりするため、より攪乱しにくい河道が形成されて更に樹林化が加速することが懸念される。

樹林化が問題となる河道は、樹木伐採や掘削等による対策が必要であるが、河道改修にあたっては、可能な限り自然の特性やメカニズムを活用することや土砂の移動等の河川が本来持っているダイナミズムの保全・回復が必要とされている。また、コスト縮減のため、河道掘削後の再堆積、樹木伐採後の再繁茂が少ない持続可能な維持管理が求められている³⁾。特に北海道の河川においては、次節に示すように、河道樹木の多くがヤナギ類である。また、河道内に占める樹木面積の割合が他の地域と比べても高いため、次々項に示すヤナギ類の特徴を踏まえてより効果に樹林化を抑制する手段が必要とされ、一層高度な維持管理の実現が求められている。

1. 1. 1 北海道内の河道樹木の特徴

図-1に日本国内の1級河川に分布する樹木群の樹種別の傾向を示す⁴⁾。砂州や高水敷の陸域に形成する樹種は地域ごとに異なっており、北海道は、約80%がヤナギ類で構成されている。ヤナギ類の割合は、他地域

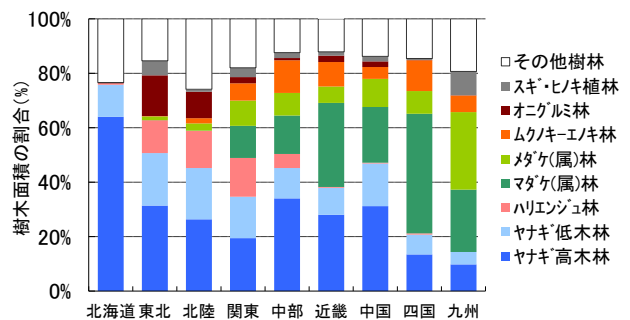


図-1 樹種別にみた全国的な傾向

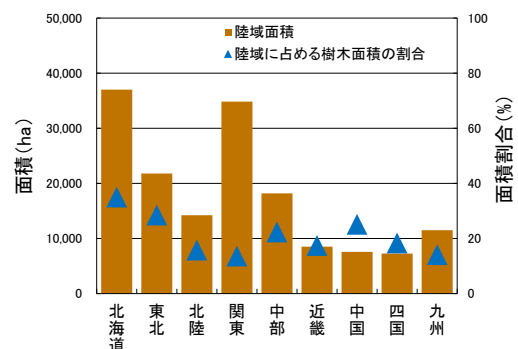


図-2 河道内に占める樹木面積とその割合

と比較して最も大きい。図-2に河道内に占める砂州・高水敷の陸域面積と、そこで成立する樹木面積の割合を示す。北海道の陸域面積は、関東とほぼ同程度だが、樹木面積は約35%と他の地域と比較し最も高いことが分かる。

1. 1. 2 ヤナギ類の特徴

ヤナギ類は明るく湿性な個所に生育することが良く知られている⁵⁾。また、北海道では、本州と比較し種類数も多く、水際から比高が高く、乾燥した個所までヤナギ類が目立つ⁶⁾。表-1 にヤナギ類の生理的特性と抑制の原則を示す。ヤナギ類の多くは、種子と枝等の栄養繁殖により分布域を広げることが可能である。種子は、綿毛を持つため一般的には風散布と理解されているが、河川の場合は降雨等により流水を通じて流下し⁸⁾、砂州や河川敷にまで種子が散布されることもある。また、散布期間は多くの種で5月～6月であり(図-3)、約2～4週間で発芽能力が著しく低くなる⁹⁾ことが知られている。栄養繁殖については、枝や幹、切り株から萌芽することが可能である⁷⁾。例えば、倒木したヤナギの再成長や、夏季の出水に枝が砂州や河川敷に流れ着くことによって、生育場を増やしていくことなどが知られている¹⁰⁾。ヤナギ類の種子は、暗所、乾燥した地盤あるいは過湿の個所では発芽が困難である。また、栄養繁殖においても、暗所や乾燥した地盤では成長が難しい¹¹⁾。

1. 2 研究の目的と内容

本研究の目的は、河道特性や土砂動態の特性を踏まえた効果的な樹林化抑制のための維持管理手法を提案することである。維持管理においては、河道特性や土砂動態の特性に応じてその手段を検討することが肝要となる。例えば、土砂移動が活発で頻りに攪乱が生じる場(急流河川の低水路等)では、主流位置が固定化して攪乱範囲が狭くなると樹木が定着しやすい範囲が広がるため、主流路の固定化を抑制し、出水規模に応じた河道攪乱を維持できるための管理手法を検討することが合理的である^{と考える}。一方で、砂州や高水敷上では細粒土砂の堆積や移動が樹木定着と大きく関連するため、浮遊砂の動態を踏まえた管理手段を検討することが合理的である^{と考える}。

そこで、本研究課題では、まずは、かつては網状の流路がみられた礫床河川において、流路の本数が減って主流路が固定化する要因に関して検討を行った。ここでは供給土砂に着目し、特に側岸侵食に伴う河岸からの土砂供給が流路特性に与える影響を水理実験により検討した(第2章)。また、実河川において置き土による河道攪乱への影響を検討した。直線的になりつつある主流路に置き土することによって、河道攪乱の回復に対する効果を検証したものである(第3章)。

次に、細粒土砂の動態に関する検討を行った。河道セグメント2に分類されるような河道では、河道切り

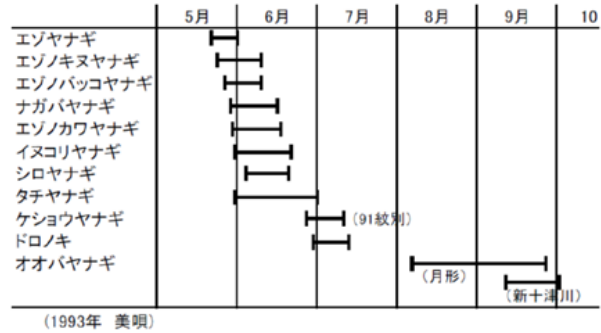


図-3 代表的な樹種の散布時期(北海道)⁴⁾

表-1 ヤナギ類の生理的特性と抑制の原則

<p>▶ ヤナギは明るく、湿性な箇所に生育</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 明るくて、河岸or 平水位からの比高が1mの箇所 →オノエヤナギ、エゾノカワヤナギ など ✓ 地下水位面 (or河川水位) から比高が高く細粒土砂の多い箇所 →ドロノキ、イヌコリヤナギ、オオバヤナギなど <p>▶ 種子の発芽抑制は、暗い、乾燥、過湿 (1つでも該当すれば抑制)</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ (暗) 暗くする ✓ (乾燥) 乾燥させる ✓ (過湿) 水域にする ✓ 強酸性(泥炭地)、強アルカリ性(石灰岩)はどの種も成長し難い。 <p>▶ 株や枝からの再萌芽抑制、暗い、乾燥、外傷</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ (暗) 暗くする ✓ (乾燥) 乾燥させる ✓ (外傷、化学、生物) 外傷や化学・生物で枯死させる (まき枯らし、薬剤、塩害、腐朽類など)
--

下げ後の細粒土砂の再堆積が河川管理上の問題となっている。しかし、細粒土砂の堆積現象は未解明な点が多い。特に、植生域に細粒土砂が急速に堆積する機構については明らかでない。本研究では、草本類を想定した模擬植生を用いた水理実験を実施し、植生長の違いが浮遊砂の堆積量に及ぼす影響を検討した(第4章)。一方で、セグメント1に分類されるような急流区間では、河床材料は主に粒径の粗い砂礫で構成され、細粒土砂が河道形状へ与える影響は小さいと考えられる¹²⁾。実際に、急流河川である札内川でも高水敷上の細砂の堆積厚はせいぜい数十 cm と大きくない。しかし、細粒土砂は樹木の定着・繁茂に影響しており¹³⁾、急流河川の樹林化対策を評価するためにも細粒土砂の挙動を把握することは重要である。それにもかかわらず、前述のように河道形状への細粒土砂の影響が小さいことから、急流河川での浮遊砂の流下現象については未だ十分に検討されていない。そこで、本研究では、水理模型実験により急勾配の複断面河道における高水敷および樹木域の浮遊砂の堆積・流下過程を観察し、その特性を検討した(第5章)。

当研究所の先行研究において、国土交通省北海道開発局（以下、開発局とする）と寒地土木研究所は、2011年に「樹林化抑制を考慮した河岸形状設定のガイドライン（案）」を発行しており、このガイドラインで示された対策手法で整備された箇所でのモニタリングを行ってきた。本研究では、モニタリングデータを精査し、必要に応じてガイドラインにはない対策手法を盛り込み、再樹林化抑制に向けた考え方と適用可能な技術を整理し、ガイドラインを更新した（第6章）。ここで整理した維持管理の方法は開発局の各開発建設部へ提供し、2019年4月以降の整備箇所へ反映されている。

2. 側岸侵食に伴う土砂供給が流路特性に与える影響

急流な礫床河川では、流路の本数が減って主流路位置が固定化すると出水時の攪乱範囲が減少するために樹林化が進行しやすくなるため、主流路が固定化する要因を把握したうえで、出水時に適切な河道攪乱が維持されるような管理手法が望まれる。しかしながら、流路固定化の要因は未だよくわかっていない。本研究では、その要因の一つとして、河道へ供給される土砂の減少が挙げられると考え、検討を実施した。特に、護岸等の設置により河岸侵食が抑制されると本来河岸から河道へ供給されていた土砂移動も抑制されることによって、流路形状は大きく影響を受けると考えられる。流路が護岸にあたる水衝部では護岸前面の洗掘が大きく進行することが知られている¹⁴⁾が、護岸等によって側方への河道拡幅を抑制した場合、河道内流路にどのような影響を与えるのかは未だよくわかっていない。

図-4は、急流河川である忠別川上流部の航空写真およびLP地形データ¹⁵⁾である。航空写真中の淡赤線は低水護岸の設置箇所を示している。地形データを見ると、低水護岸に沿って標高の低い箇所が続いており、流路が護岸沿いに存在していることがわかる。長田ら¹⁶⁾は、急流礫床河川である常願寺川において低水護岸の設置と流路変動の経年変化の関係を調べ、低水護岸沿いの流路の特性について検討している。彼らは、護岸際流路の距離が経年的に伸びていることを示し、その要因として、低水路内の砂州の発達、低水護岸際の深掘れによる高水敷と護岸際流路との比高差の増大、流路の蛇行線形の増大などを挙げている¹⁶⁾。

護岸の設置等による河道拡幅の抑制が河道内の流路へ影響を与える要素として、側岸からの土砂供給量の減少や護岸沿いの直線的な流路では抵抗が小さく流速が増大することなどが考えられるが、その中でも、

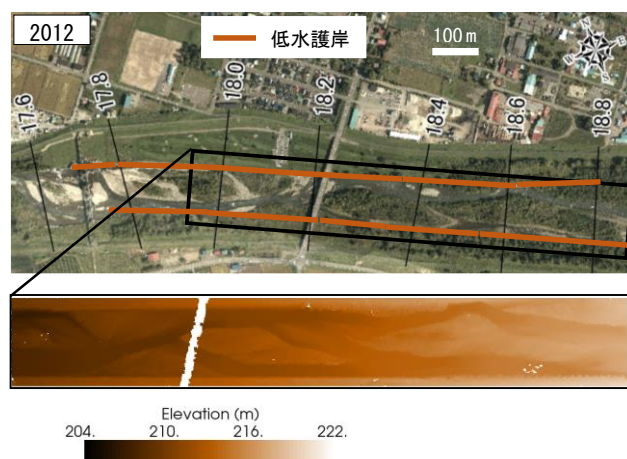


図-4 忠別川上流部の航空写真およびLP地形データ¹⁵⁾

本研究では側岸からの供給土砂の影響に着目した検討を行った。河道拡幅を抑制する移動床実験を実施し、側岸からの土砂供給の有無が河道内の流路特性に与える影響を考察した。

2. 1 実験概要

2. 1. 1 実験水路および実験条件

実験に使用した水路は、寒地土木研究所が所有する全幅3m延長26mの幅広可傾斜水路である。河床勾配は1/100とし、河床材料には東北硅砂4号（平均粒径0.765mm、ほぼ均一粒径）を使用した。実験は4ケース実施し、いずれのケースも水路全体に0.1mの厚さで河床材料を敷設した後、水路中央に幅0.45m高さ0.02mの低水路を整形し、これを初期河床とした。上流端では、写真-1のように初期水路幅および初期河床高さが変化しないように固定堰と固定壁を設けた。

Case1では、写真-2のように水路全幅3mを使用したのに対して、Case2およびCase3では2枚の側壁を写真-3のように設置して水路を仕切ることによって、水路の全幅をそれぞれ2.5mおよび2.0mに狭めた条件を設定した。つまり河道幅がそれぞれ2.5mおよび2.0mを超えるような河道拡幅を固定壁によって抑制するという条件である。Case4では、写真-4に示すように、兩岸からそれぞれ長さ0.5mの水制を配置し、兩岸の水制先端の間が2.0mになるような河道を作成した。水制は兩岸とも縦断方向に1mの間隔で配置した。つまりCase4では、河道幅2mを超えるような河道拡幅を水制によって抑制することになる。なお、水制には厚さ約1.5cmのベニヤ板を使用し、水制の高さは初期高水敷高さと同じ0.1mとした。各ケースで設定した水路幅を表-2にまとめて示す。

いずれのケースも流量 2.76l/s を 10 時間通水した。実験条件を中規模河床形態の区分図¹⁷⁾でみると、初期水路幅 0.45m では初期水深 14mm となり、交互砂州条件となるが、通水中に水路が拡幅し、水路幅が約 0.7m 以上になると複列砂州条件へと移行する。なお、設定した初期水量を一樣流として流下させた場合、河道幅が 1.7m 以上のときに平均掃流力が限界掃流力以下となる。流路形状の把握を行うことが本実験の目的であることから、左右岸の側壁間または水制の先端間の幅はそれよりも広く設定した。また、上流からの給砂は、上流端に設置した幅 0.45m の固定堰区間(写真-1)で実施した。固定堰直下流において河床高の動的平衡が維持されるように注意しながら給砂量を調整した。

ここで、Case1 は山口・渡邊¹⁸⁾の実験で節腹が連続する河道平面形状が現れた条件と同じである。この実験で再現された節腹連続河道は、河道の側岸侵食が水路側壁に達しておらず自由に河道拡幅した場合の河道形状のひとつ、すなわち、河道拡幅抑制の影響が無い場合の河道形状のひとつであると考えられる。なお、複雑な河道平面形状を検討するうえで実験の再現性を確認する必要があるという観点から、本研究において山口・渡邊¹⁸⁾と同条件の実験ケースを再度実施している。Case2 は、Case1 よりも河道幅を 0.5m だけ狭くしており、河道拡幅抑制の影響が比較的小さい場合を想定した条件である。Case3 および Case4 は、さらに河道幅を 0.5m 狭くしており、河道拡幅抑制の影響が比較的大きい場合を想定した条件となっている。このうち Case3 は側壁によって河道拡幅を抑制しており、河道内の流路変動が河道幅 2m の側岸に達した箇所では側岸から土砂が供給されなくなる条件であるのに対して、Case4 は水制によって河道拡幅を抑制するため、河道内の流路変動が河道幅 2m の側方に達した箇所でも直ちに側岸からの土砂供給がなくなるというわけではなく、ある程度は側岸からの土砂の供給が継続する条件である。このような条件下で、側岸侵食による河道拡幅を抑制することが河道内流路形状へどのような影響を及ぼすのかを検討した。

2. 1. 2 側壁の表面粗度

側壁際の流れや河道形状が側壁の表面粗度によって異なるという指摘もある¹⁹⁾。本実験では、側壁表面に河床材料を吹付けて加工し、側壁に河床と同程度の表面粗度を持たせている。そのため、側岸が河床材料でも側壁でも側岸の表面粗度としてはほとんど違いが無いという条件下で実験を実施した。

2. 1. 3 通水中および通水後の計測

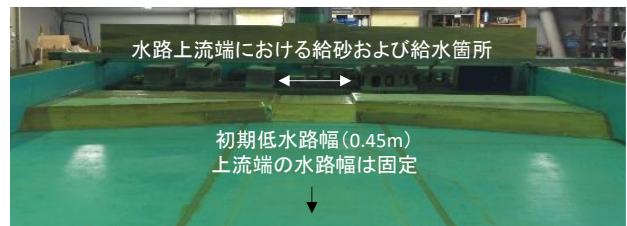


写真-1 水路上流端 (砂敷設前)

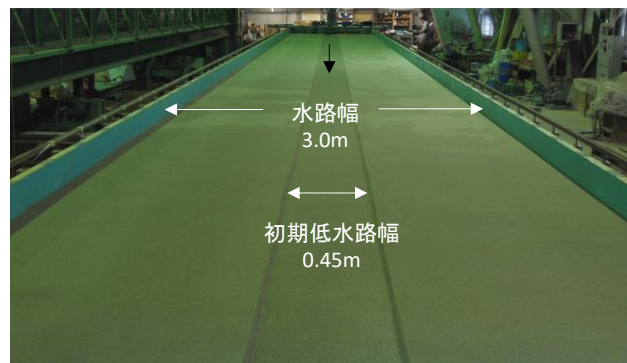


写真-2 Case1 の水路概要 (初期河床整形後)

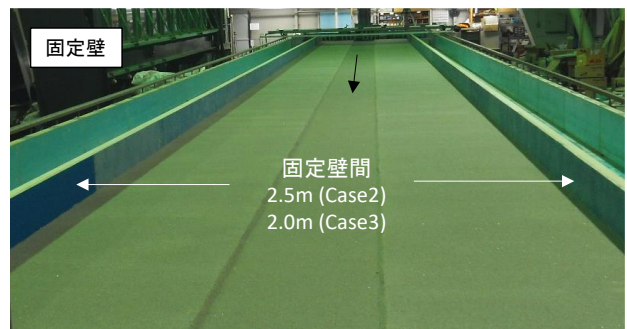


写真-3 Case2、3 の水路概要 (初期河床整形後)

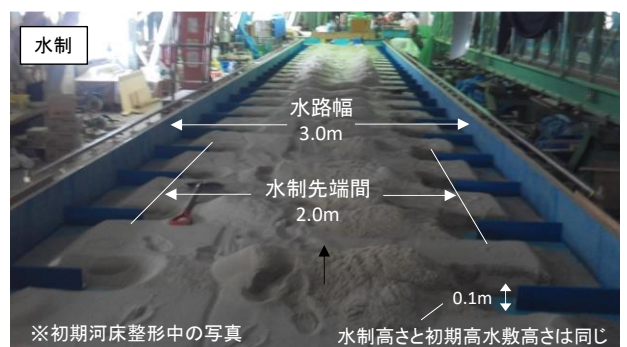


写真-4 Case4 の水路概要 (初期河床整形中)

各ケースでは、10 時間の通水後に河床形状を乱さないように慎重に水路内の水抜きを実施したうえで 3D レーザースキャナー (STONEX 社製モデル X300) により河床形状を計測した。計測は、延長 26m 水路中の

下流より 3m 地点から 23m 地点までの延長 20m の区間とし、3D レーザースキャナーで取得した点群データから縦横断方向 5mm 間隔のメッシュデータを作成した。従来の移動床実験における河床形状計測は多くがレーザー砂面計により実施されている¹⁸⁾が、本実験では計測にかかる作業量や作業時間を低減させるために上記の 3D レーザースキャナーにより計測した。各ケース 5 本の横断測線においてレーザー砂面計と 3D スキャナーで計測した横断形状を比較し、その違いは最大でも粒径の 2 倍程度であり、本研究において実験結果を

考察するのに十分な精度であることを確認している。
また、通水中は水路上空にカメラを設置し、通水開始から実験終了まで約 2 分間隔で静止画の撮影を実施

表-2 実験条件

Case	固定側壁間の幅 (m)
1	3.0
2	2.5
3	2.0
4	(2.0) ※水制で河道拡幅を抑制

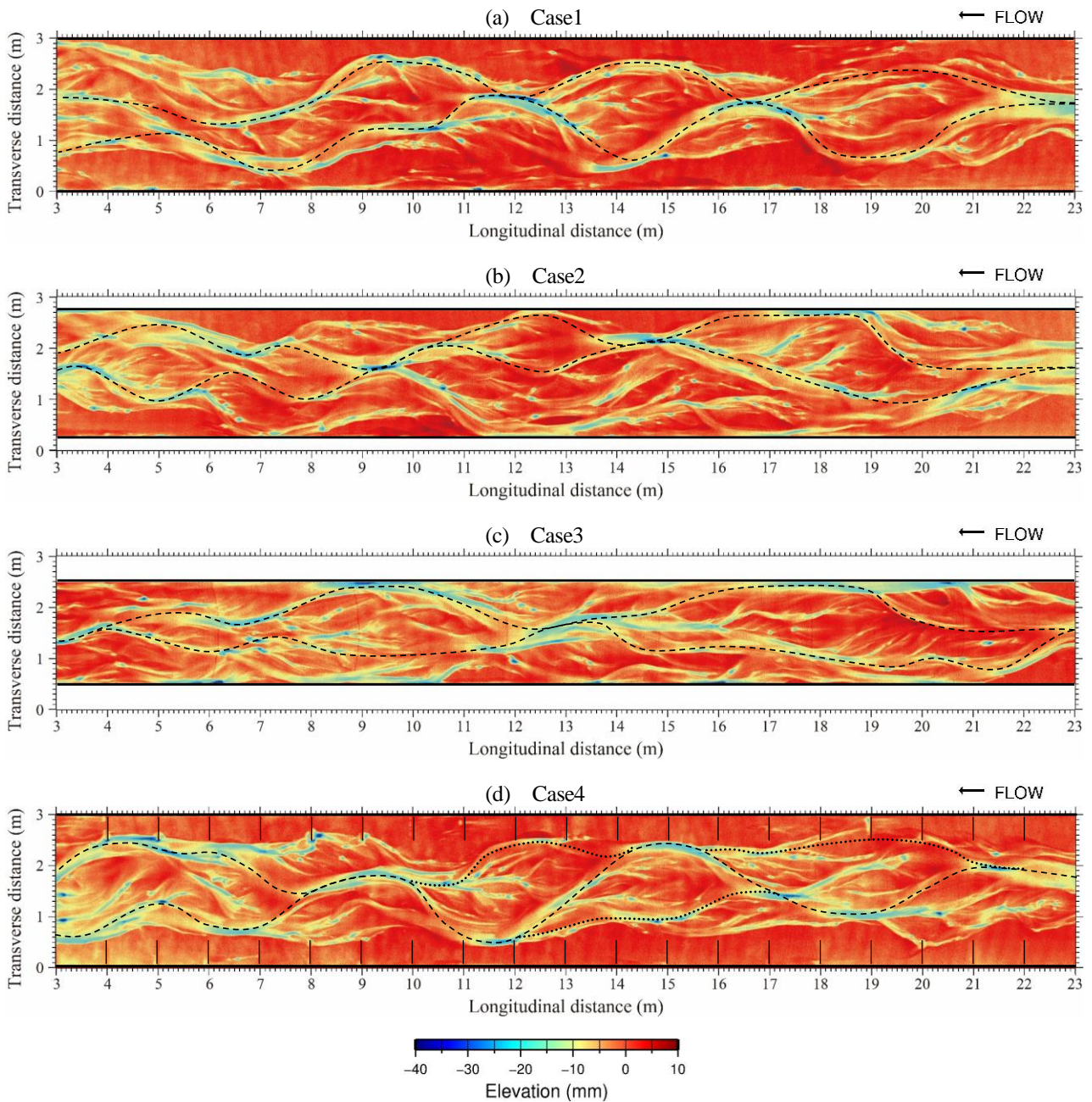


図-5 通水後に計測された各ケースの河床形状

した。この撮影では、下流より 9.5m 地点から 16.5m 地点までの延長 7m の区間の画像が得られている。通水を止める直前には、流水の状況把握のため上流から塗料を流入させ、その軌跡を撮影して流路の平面的な線形を把握した。

2. 2 実験結果および考察

2. 2. 1 側壁により河道の拡幅が抑制される影響

各ケース通水後に計測した河床形状を図-5 に示す。図中の黒実線は固定壁および水制の位置を示す。通水終了直前に流入した塗料の軌跡から確認された流路の

中心線を破線、流路は明確ではないが流れが確認された箇所を点線で示す。

まず、Case1 では山口・渡邊¹⁸⁾の実験と同様な節腹が連続した平面形が見られる。ここで、節とは流路が合流するなど収束しやすい箇所であり、腹とは分岐した流路が分散している箇所である。Case1 では節から節までつまり流路の分岐箇所から次の分岐箇所までの縦断方向距離すなわち波長が山口・渡邊¹⁸⁾の実験と同規模であることから、実験の再現性が確認される。また、Case2 では通水開始から 6~7 時間後、Case3 では

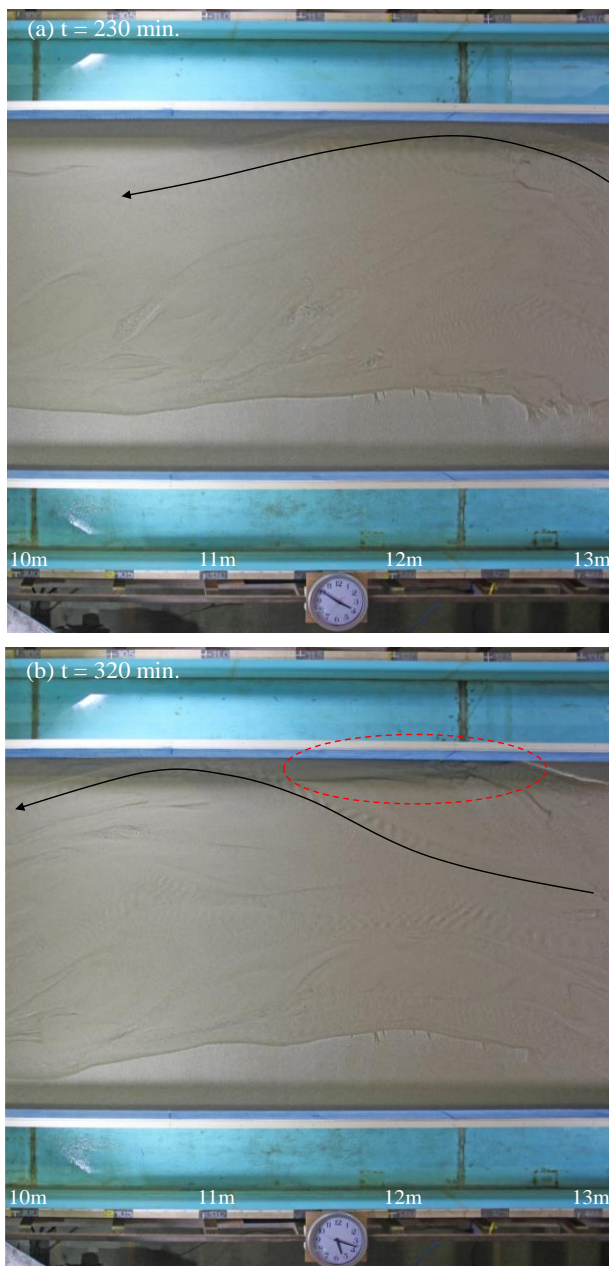


写真-5 水衝部が下流へ移動した時に現れる流路跡の様子 (Case3、縦断距離 10m~13m)

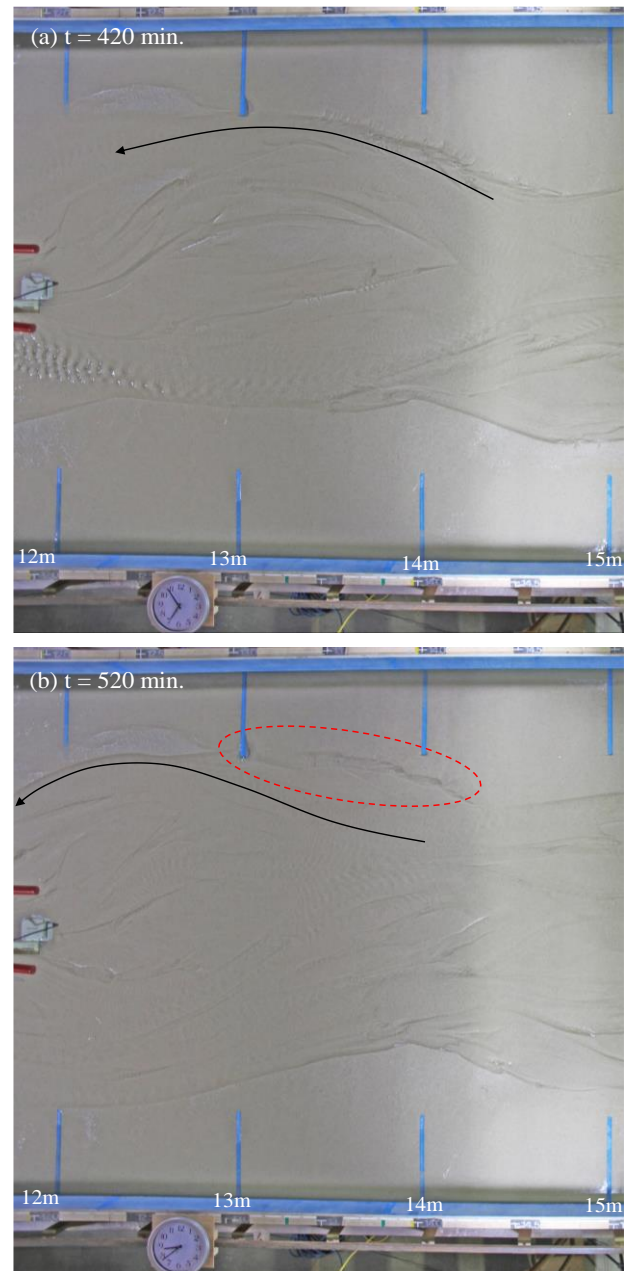


写真-6 水衝部が下流へ移動した時に現れる流路跡の様子 (Case4、縦断距離 12m~15m)

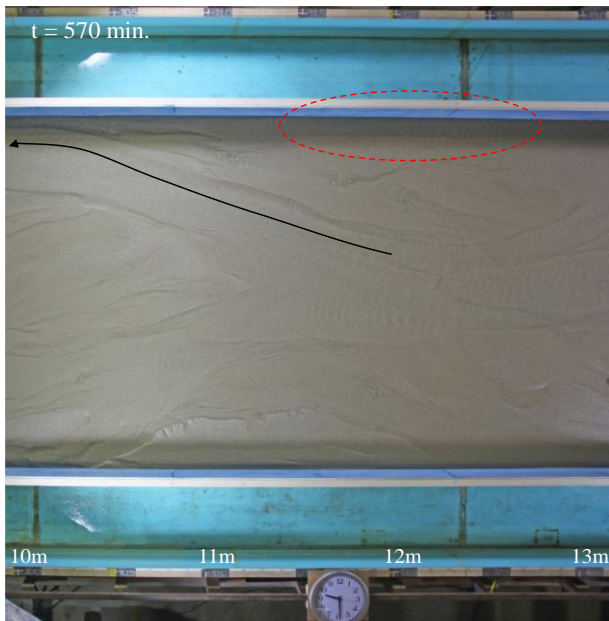


写真-7 上流側からの土砂による埋め戻し (写真-5の続き)

3~4 時間後に上流側で流路の一部が側壁に達した。Case2 の通水 10 時間後の河床形状を見ると、側方へ蛇行した流路の水衝部が側壁に達してはいるが、Case1 と比べて波長が顕著に増大している様子は見られない。一方、Case3 では Case1 と Case 2 に比べて波長が明らかに増大しており、側壁によって側方への河道拡幅を抑制する影響が強いほど節間の距離が増大し、流路の分岐・合流箇所が減少する結果となった。

Case3 の波長が増大した要因として、単位幅流量が Case1 や Case2 よりも大きいことや、蛇行流が河道を拡幅する過程において横断方向への流れと土砂移動が Case1 や Case2 よりも早い段階で側壁によって遮断されていることが挙げられる。前者の影響については、いずれのケースも前述のとおり平均掃流力が限界掃流力以下になるまで拡幅可能なように側壁間または水制の先端間の幅が設定されており、砂の移動が確認できる流路の範囲は河道内の一部に限られている状況からも各ケースの差異はそれほど大きくないとみている。後者の影響については、蛇行流自体の振幅拡大を抑制する影響と側岸からの土砂供給が遮断される影響に分けて考える必要があるだろう。このうち、本研究では、側岸からの土砂供給について着目し、節間の距離が増大、つまり流路の分岐・合流箇所の減少に与える影響を次項で考察する。

2. 2. 2 側岸からの土砂供給の影響

Case3 と Case 4 はどちらも河道幅 2m を超える河道拡幅を抑制しているが、図-5 の両ケースの河床形状を

比べると、Case4 では、Case3 よりも波長が明らかに短く、河道拡幅を抑制しても顕著に波長が増大するという現象は見られない。

Case3 の右岸側上流部 (縦断方向距離 17m~22m 付近右岸) において、延長約 5m の洗掘域が側壁に沿って見られる。そのうち上流側の約 3m (縦断方向距離 19m~22m) の範囲は明確な流れが生じておらず、取り残された流路跡 (旧流路) である。水衝部で側壁前面が洗掘された後、砂州の移動等により流路の水衝部が下流へ移動しても旧水衝部が埋め戻されないために、洗掘域が側壁沿いに延伸しているのがわかる。写真-5 で後述するように、下流側の水衝部においても側壁沿いの旧流路が埋め戻されにくい状況が確認されている。このような側壁沿いに取り残された旧流路を介して隣り合う水衝部間を直接流れる流路が側壁沿いに形成され、砂州や蛇行流が統合されやすく波長が増大したと考えられる。

一方、Case4 の右岸側上流部 (縦断方向距離 16m~21m 付近右岸) にも流路跡が見られるが、ほとんど埋め戻されていて Case 3 の同位置に見られる流路跡のように明確ではない。Case4 では側岸からの土砂供給があることから側岸から供給される土砂が旧流路等へ再堆積することで複数波の蛇行流が統合しにくくなり波長が短いまま維持されており、流路の分岐・合流箇所も Case3 に比べて多く見られる。つまり、土砂供給により流路が分岐しやすい状況が維持されていると考えられる。

写真-5 および写真-6 にそれぞれ Case3 および Case4 の実験で見られた流路跡の様子を示す。通水中の定点カメラ撮影範囲の中から、Case3 (写真-5) については縦断方向距離 10m~13m、Case4 (写真-6) については縦断方向距離 12m~15m をそれぞれ示した (下流側水路中央に見えるのは、上空に設置した撮影機器)。それぞれ (a) の時点で主流だった箇所が (b) の時点では流路跡として取り残された箇所 (赤点線で囲った位置) を示しており、主流だった箇所が水衝部の下流への移動時に流路跡として取り残された様子を示している。Case3 (写真-5) の流路跡を見ると、いくつかの小さな砂州が旧水衝部に止まっている。流路跡を埋め戻すほどの土砂の移動が無く、流路跡が深いまま取り残されている。一方、Case4 (写真-6) の流路跡を見ると、いくつかの小さな砂州が縦断的に見られ、流路内の土砂移動によって、主流が切り替わるのとはほぼ同時に流路跡がある程度埋め戻されていた。

2. 2. 3 上流側からの土砂供給の影響

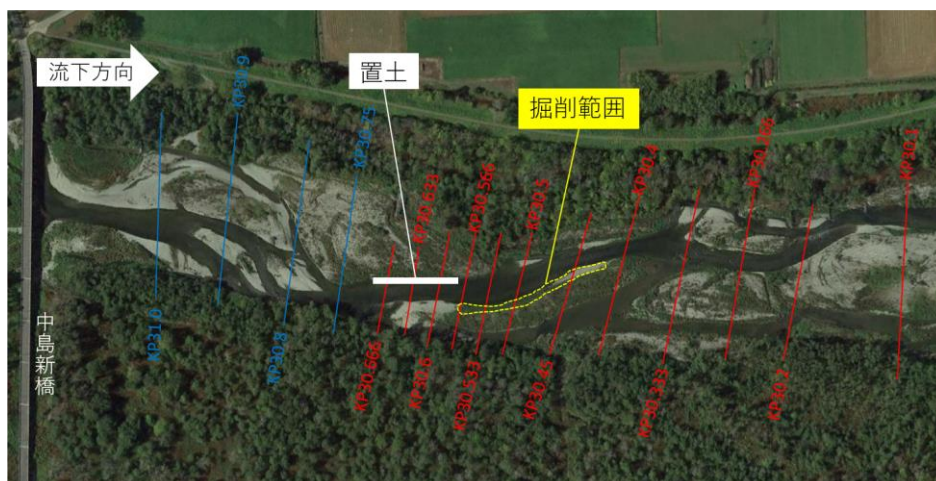


図-6 置土周辺の航空写真

前項で述べたように、側岸からの土砂供給が無いと旧水衝部が埋め戻されにくくなり、側岸際に深い箇所が連続して現われやすくなることを示したが、Case3の実験において写真-5で示した流路跡については、その後、写真-7(写真-5で示した流路跡位置を赤点線で囲む)に示すように最終的には埋め戻される様子が見られた。図-5の通水後の河床形状を見ても、縦断距離10m-13m付近右岸側で側壁沿いに洗掘域が延伸している様子は無い。これは、十分な時間の経過とともに上流側から移動してきた土砂によって最終的に旧水衝部が埋め戻されたためである。一方で、上流側右岸(縦断方向距離17m~22m付近右岸)では、前出のとおり最後まで旧水衝部が埋め戻されずに洗掘域が側壁に沿って延伸している。本実験では上流端での給水と給砂を水路中央から行っており、水路上流端付近の側岸部へは流れも流砂も生じにくい状況であることから、最も上流側の水衝部が下流に移動して形成された旧水衝部には上流側から土砂が十分に供給されなかったと考えられる。このことは、側岸からの土砂供給が無いと側壁沿いの洗掘域が延伸しやすいという影響に対して、上流側から供給される土砂量の大小がその影響を低減または助長することを示している。前述のように節間の距離の増大は側壁沿いの洗掘域の延伸に起因するため、上流側からの供給土砂量が節間の距離すなわち流路の波長に影響する可能性がある。

2.3 まとめ

本研究では、河道の拡幅を抑制する際に側岸からの土砂供給の有無が河道内流路特性に与える影響に着目して検討を行った。移動床実験を実施した結果、側岸侵食による土砂供給が無い場合、水衝部位置の下流に

伴い取り残された深掘れ箇所(旧流路)が埋め戻されずに側岸際に深い箇所が連続して現われやすくなり、この旧流路を介して砂州や蛇行流が統合することによって節間の距離が増大、つまり流路の分岐箇所が減少することが示された。また、上流側からの供給土砂量の大小がその影響を低減または助長させる可能性が示された。このように、本実験の結果は、河岸侵食の抑制により側岸からの土砂供給が制限されると、流路の本数が減り、流路が直線的になりやすいことを示すものであり、また、上流側から十分な土砂供給が無ければ、その傾向が改善されにくいことを示唆するものである。このことが、実河川において、流路の本数が減って主流路の固定化が進行する要因の一つであると考えられる。

3. 実河川における置き土による河道攪乱の回復・維持に関する検証

実河川において、置き土が河道変化へ与える影響を検討した。固定化した流路に置き土することによって、小規模出水で河道攪乱を回復・維持される効果を検証した。対象とした河川は、十勝川水系札内川である。札内川ではかつて、網状の流路を持ち礫河原が広がっていた。出水時の流路の変動も多く、水衝部の位置も出水の度に大きく変化していた。そのため各所に大きな河岸侵食を引き起こし、洪水被害が発生した。1999年に札内川ダムの運用が開始された結果、流量調節により洪水被害が軽減された。しかし一方で、ダム下流の流量の平滑化に伴い、河道攪乱の機会が減少するとともに、流路が固定化され河道内の樹林化が進行し、礫河原が減少した。礫河原には国内でも限られた地域

のみに生息するケシウヤナギが分布するほか、礫河原の生態系が形成されたことから、礫河原の減少は河川環境上大きな問題となっている²⁰⁾。

北海道開発局帯広開発建設部では、札内川技術検討会²⁰⁾を組織し、これに当チームも参画し、この問題を解決する手法の検討を行っている。その中で、置土により土砂を供給することで、砂州の発達を促し、河道攪乱を回復させる効果について検討している²¹⁾。帯広開発建設部では2012年より札内川ダムから最大放流量110~120m³/sのフラッシュ放流を実施している²⁰⁾。このフラッシュ放流の効果を最大化するために旧流路への引き込み掘削を検討し、本研究の先行研究課題においてその効果を検証している²¹⁾²²⁾。この掘削により発生した土砂を置き土へ活用するものである。

3. 1 置き土の敷設箇所

2019年にKP30.7~KP30.6左岸に敷設された置土を対象として検討した。主流が直線的で交互砂州などの顕著な河道変化がみられない流路へ土砂が供給されることを期待して敷設された。置土の規模は約300m³であり、横断方向に約6m、縦断方向に約91m、高さが約0.6mとなっている。置土位置の前後500mの航空写真と置土周辺写真を図-6、図-7に示す。

3. 2 横断測量の概要

図-6中の赤線は横断形状の測線を示す。横断形状の

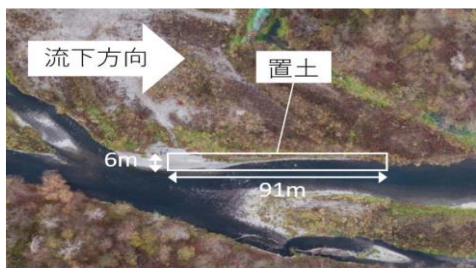


図-7 2020年11月における置き土周辺の状況

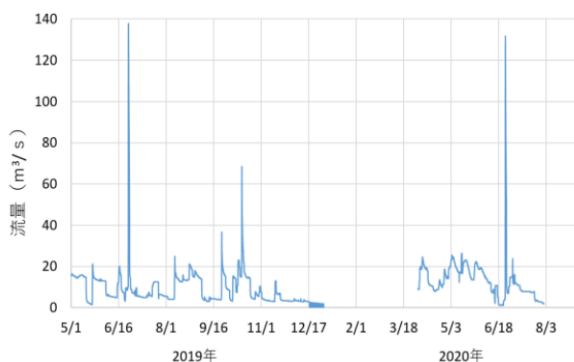


図-8 上札内観測所における2019年5月から2020年7月までの流量変化

測量は、置土の敷設後、2019年および2020年のフラッシュ放流(6月下旬)前後に行われた。なお、置土の敷設の1年後の2020年のフラッシュ放流の前後で行われている横断測量では、測量断面を上流に伸ばし、4側線増やしている。置土より上流位置に最上流の測線を設置することで置土付近の河床変動を把握しやすくするためである。2020年に新たに行った4か所の測線は図-6中に青色の線で示す。また、置土の敷設の1年後の2020年のフラッシュ放流前にKP30.6からKP30.4にかけて縦断方向に約200m、横断方向に幅10mの範囲で流路の右岸部において、約240m³の掘削が実施されている(図-6中の黄色の範囲)。これは砂州を発達させ、河道の攪乱の効果をより大きくすることが目的で行われているが、この掘削の高さは平均が約10cmと規模は小さい。なお、2020年フラッシュ放流前の横断測量は、この掘削後に実施されている。

図-8に札内川上札内観測所における2019年5月から2020年7月までの流量変化を示す。この間、6月下旬に実施された2回のフラッシュ放流を超える規模の出水は発生していない。

3. 3 置土敷設後の河道の変化状況

2回のフラッシュ放流を経た後の横断形状の変化に基づいて、各測線において土砂量の変化を算出した。図-9にKP30.666の測線における横断形状の変化を例として示す。主流路の左岸側で堆積、右岸側で侵食の傾向があることがわかる。このように左岸側と右岸側に分けて、各測線における土砂量を算出したものを図-10に示す。

図をみると、置土区間の下流側で左岸側の侵食が確認され、敷設した置土の一部が河道へ供給されていることがわかる。その下流側では、広範囲にわたって左岸側の大きな堆積傾向と右岸側の同規模の侵食傾向が見られ、砂州形状の発達が確認できる。したがって、

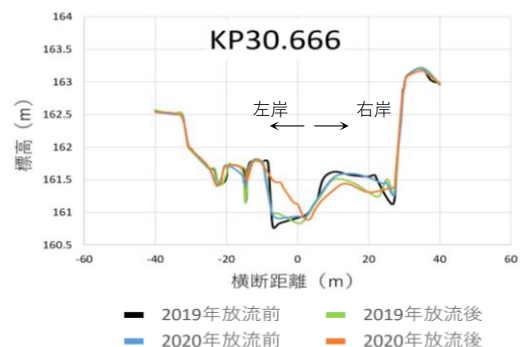


図-9 横断形状の変化 (KP30.666の例)

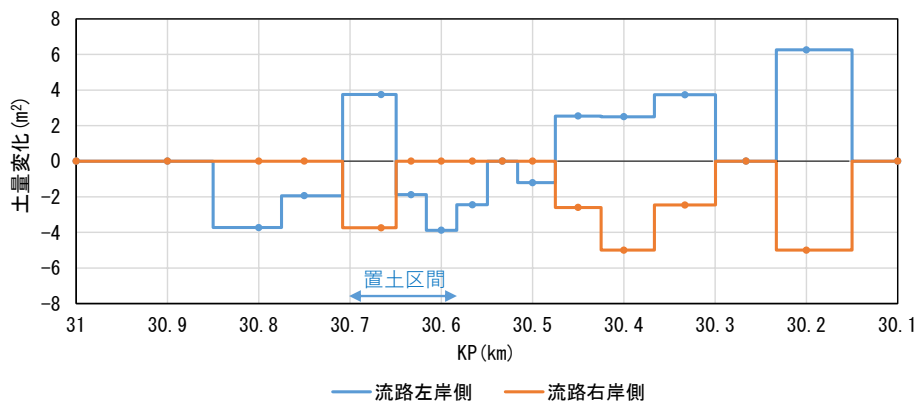


図-10 測線毎の土砂量の変化

小規模出水下であっても、敷設した置土から供給される土砂によって、直線的だった流路に砂州形状の発達を促進できるものと考えられる。

また、置土区間の上流側では、置土した左岸側で堆積傾向となっていて、置土区間上流側に敷設された土砂の移動は確認できなかった。しかし、その対岸（右岸）側や置土区間の直上流左岸側で侵食傾向がみられ、置土区間の上流部付近で比較的大きな河道攪乱が確認できる。これは、置土によって河道形状が変化した影響と考えられ、これによる攪乱で発生した土砂量も下流側の砂州の発達に寄与したものと考えられる。

3. 4 まとめ

札内川において、砂州の発達がみられない直線的な流路を対象として置土の影響を検討した。配置された置土が河道攪乱の回復に対してどのような効果があるのかを現地調査の結果より検証した。その結果、小規模出水下であっても、敷設した置土から供給される土砂によって、直線的だった流路に砂州形状の発達を促進できることが示された。このことから、置土が河道の攪乱や河川環境の再生に有効的な手段であることが明らかとなった。なお、今後、置土の効果が及ぶ範囲等を検証し、より効果的な配置手法を提案することが課題である。

4. 植生域における細粒土砂の堆積に関する検討

砂州の切り下げ等を実施後の細粒土砂の再堆積は河川管理上の問題となっている。しかし、細粒土砂の堆積現象は未解明な点が多い¹²⁾²³⁾。特に、植生域に細粒土砂が急速に堆積する機構については解明されていない。浮遊砂が植生域を通過する際に浮遊砂が貯留・堆積する場合、流下方向の浮遊砂濃度フラックスの変

化が重要となる。一方で、実験時の浮遊砂の取り扱いや観測が容易でないことから、上記を実測の濃度分布から検討した例は少ない。これらを踏まえ、本研究では短い植生模型を設置した水路上における浮遊砂濃度の鉛直方向分布を実測し、濃度フラックスの流下方向の変化を検討した。実験では植生模型の相対高さを変化させた際の濃度フラックスの変化も検討した。

4. 1 実験の概要

4. 1. 1 実験設備の概要

実験には寒地土木研究所第4実験棟の可傾斜水路を用いた（図-11、表-3）。下流端には水槽を設置し、水中ポンプ（鶴見製作所製 KRS-63）により循環通水を行った。浮遊砂として、比重約 1.40、粒径 0.14mm の PVC(塩化ビニル) 粒子を使用した。また、直径 $d=3\text{mm}$ の円柱状の真鍮材および銅材を 21mm 間隔で千鳥状に木材板に取り付け、水路中央部に植生模型として設置した。密度度 $as = (nd)/A$ （ただし n は本数、 A は植生域面積）は 6.8m^{-1} であり、実河川（庄内川 28km 付近）の草本域の実測値範囲（約 0.2~9.0）に収まる。水路床に表面粗度として珪砂（東北 4 号珪砂、平均粒径 0.75~0.76mm）を塗料で貼付した。植生模型は非越流型のモデル（Case0）、冠水時に水深のほぼ 50% 高さとなるモデル（Case1）、および 25% 高さとなるモデル（Case2）の 3 種を用意した。植生部の流下方向の長さは約 1m とした。流量は 5.6L/s、勾配は 1/2000 であり、水路の下流側に堰を設け水深と流速の変更を可能とした。

4. 1. 2 実験手順と計測概要

PVC 粒子を下流側水槽に投入し、ポンプにより循環させた。この際、既往研究²⁴⁾実施時の可視化の検討状況を踏まえて、水槽投入時の粒子濃度を 278ppm とし

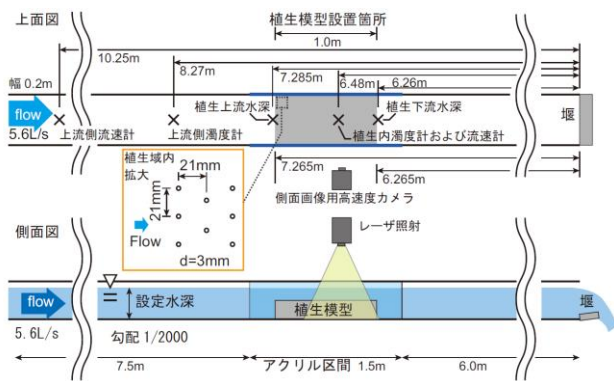


図-11 実験水路の上面図および側面図

表-3 実験条件

ケース	植生長 (m)	植生上流水深 水深比	植生下流水深 (m)	断面平均 流速 (m/s)
Case0	0.285 非越流		0.164	0.171
			0.155	
Case1	0.060 約50%		0.130	0.215
			0.129	
Case2	0.030 約25%		0.130	0.215
			0.129	

た。また、水槽内では攪拌専用には水中ポンプを設置し、水槽内での沈降を防いだ。通水開始後、流量と水位が安定したのちに計測を開始した。植生区間の上下流で水深を計測し、Case1 の条件ではほぼ等流とみなせる状態になるまで下流端の堰の高さを調整した。その他のケースでは Case1 の堰の状態を基本として、可能な限り等流に近い状態となるように堰の高さを調整した。後述の Rouse 分布算出時の植生内の局所的な勾配として植生上下流の水深差を水路勾配に重ね、水面勾配として用いた。

図-11 に示す測定位置に濁度計、電磁流速計を設置し、計測および撮影を行った。濁度計 (KENEK 製 PM-501N および PMT5-50) は 1 秒間隔の測定で 1 分間計測した。また流速計 (KENEK 製 VP2000 および VPT2-200-08PS) は 1 測点につき 20 秒間の平均値を計測した。濁度計、流速計共に、水面近傍を除き鉛直方向に 5mm ごとの高さで測定を実施した。これらの値は、各ケースで実際には 3 回の実験を施行し、その平均値を用いた。

4. 2 実験結果

図-12 に前述の手法で平均化された流下方向流速 u

の鉛直方向分布を示す。以降、鉛直方向に z 軸を取り、河床において $z=0(\text{m})$ とする。上流側測定位置における流速分布の形状は各ケースで類似している。一方で植生域内部に関してはケースごとに状況が異なり、Case0 では重力の流下方向成分と植生抗力が釣り合った状態で鉛直方向に様な流速分布の形状となったと考えられる。Case1 では植生域で大きく流速が低下し、非植生域側における水面よりやや低い領域 ($z=0.08\text{m}$ 付近) で、縮流的に流速が増加してピークを示している。このため、植生の上端位置でのせん断断面 ($z=0.06\text{m}$) を中心として明確な変曲点を有している。また $z=0.08\text{m}$ から水面にかけての領域でも、縮流から減速することで変曲点が存在している。Case2 では植生領域が底面の近傍に限られるが、Case1 と同様に植生域での流速低下が存在する。一方で、せん断断面 ($z=0.03\text{m}$) においては流速の増加は見られても明瞭な S 字状の変曲点は現れず、むしろ縮流による鉛直方向流速成分のピークが現れた位置 ($z=0.06\text{m}$) から水面に向けて減速する領域において、変曲点が明瞭に観察される ($z=0.09\text{m}$ 付近)。植生内でのこれらの分布の傾向は、水面に向けて縮流から減速した領域を除き、清水ら²⁵⁾の計算結果の傾向とよく一致する。

図-13 に各ケースにおける前述の方法で平均化された植生域での浮遊砂 (PVC 粒子) 濃度 c の鉛直方向分布を示す。図-13 中の円形マーカーは植生域での実測値を示し、ひし形のマーカーは水路上流側での実測値を示す。また実線は植生域の水理条件から Rouse 分布の形状を示した²⁶⁾。浮遊砂の乱流拡散係数に対する渦動粘性係数との関係を示す β に対し一般的には $\beta=1:2$ とされるが、本研究では植生域の乱れを含んだ領域を対象としており、その値の適合性に関し本来は十分な検討が必要であると考えられる。ここでは便宜的に既往研究²⁷⁾の際に用いた値および実測との適合性を見て $\beta=2:0$ とした。摩擦速度 u_* は、植生域上下流の水深から得た植生域内の水面勾配 s および植生上流水深 h を用いて、流体密度 $\rho=1000(\text{kg}/\text{m}^3)$ と重力加速度 $g=9.81(\text{m}/\text{s}^2)$ から算出したせん断力 ($\tau=\rho g h s$) を領域内でのせん断力と仮定して算出した ($u_*^2 = \tau/\rho$)。また基準点濃度 C_a に関しては、鉛直方向の濃度の平均値が実測値と Rouse 分布でおおよそ一致するように定めている。

Rouse 分布との比較において実測の濃度分布の傾向が異なる位置では、大規模な乱れの構造に基づく移流による拡散が卓越したと考えられる。Case0 では Rouse 分布と傾向が一致しており、乱れによる拡散が

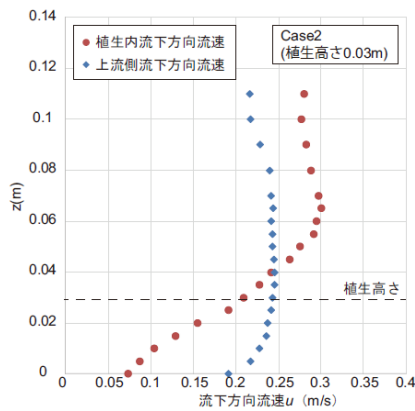
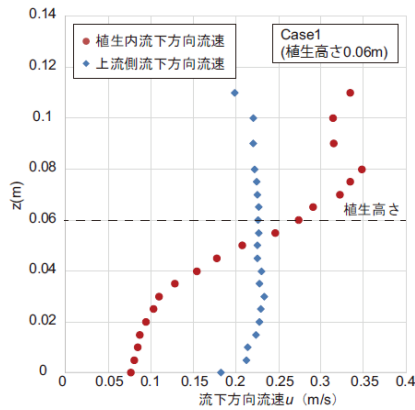
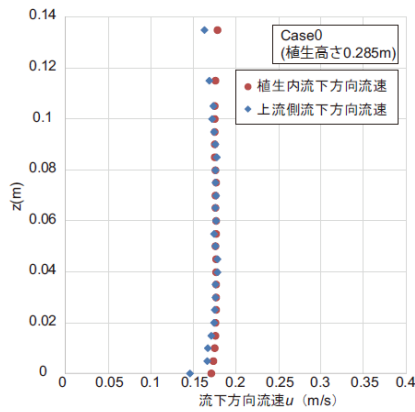


図-12 流下方向流速 u の鉛直方向分布

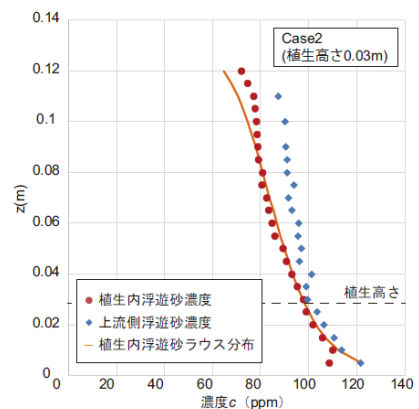
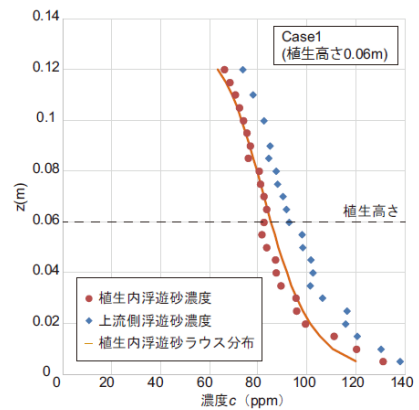
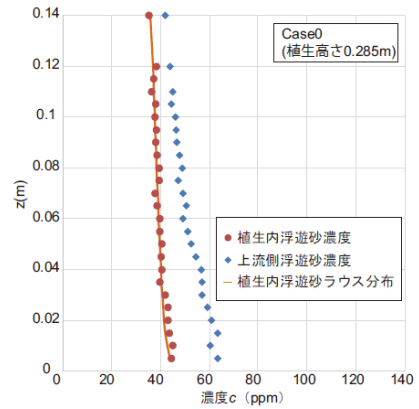


図-13 浮遊砂濃度 c の鉛直方向分布

鉛直方向に単調な構造を有していることが推測される。Case1 では植生域と非植生域のせん断面のやや下側である $z=0.05\text{m}$ から上方に向かって、やや逆勾配となったのちに濃度の減少がゆるやかな勾配で続き、 $z=0.08\text{m}$ 付近で濃度が一旦減少したのち、その上方で Rouse 分布に近づく。一方で $z=0.03\text{m}$ より下方では Rouse 分布と傾向が一致し、底面に向かって急速に濃度分布が増加する。Case2 ではおおよそ Rouse 分布と傾向が一致するが、水面近傍の $z=0.08\text{m}$ 以上の高さの領域、および底面近傍の $z=0.01\text{m}$ 以下の領域では、濃

度分布の鉛直方向の変化が緩やかとなり、Rouse 分布からの逸脱が見られる。

上流側と植生内のそれぞれで、各観測高さにおける浮遊砂濃度と流下方向流速を掛け合わせ、濃度フラックス cu とした。分布を図-14 に示す。上流側の濃度フラックスと、植生内におけるその差が、対象領域内に貯留される浮遊砂粒子の量であると仮定する。Case1 では植生高さより下の領域で流速が大きく低下することから濃度フラックスも低下し、上流側との差が貯留側に大きく出るが、Case2 では Case1 と比較して流速

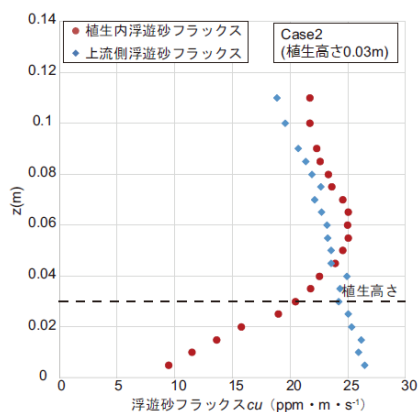
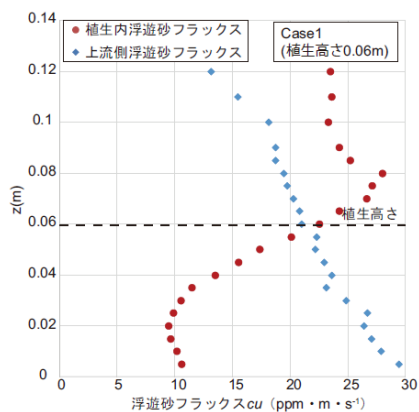
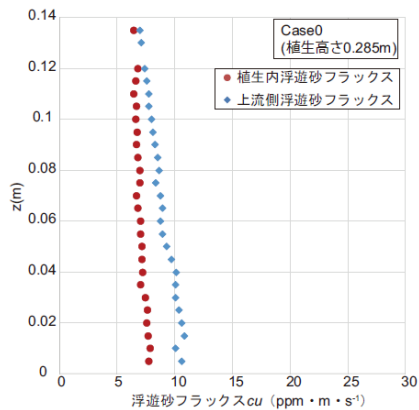


図-14 浮遊砂濃度フラックス c_u の鉛直方向分布

差の大きい領域が狭いことから上流側との濃度フラックスの差が生じにくい。次に断面での総量としてのフラックスの差異を見るため、上流側、植生内それぞれの濃度フラックスを鉛直方向に積分し両者の差を取ることで、単位幅断面間での濃度フラックス低下量を算出した(図-15)。最大の貯留傾向を示した Case1 と、もっとも少ない Case2 の間で、約 18 パーセントの差が生じた。また植生高さにより濃度と流速の鉛直方向の分布が合わせて変化することから、最大に貯留される植生高さに最適値がある可能性が示された。

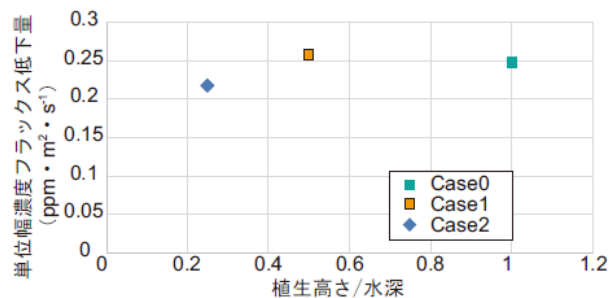


図-15 上流側-植生内間の単位幅断面の濃度フラックス低下量

4. 3 まとめ

本研究では短い冠水する植生模型を設置した水路において浮遊砂の鉛直方向濃度分布を検討した。実験では植生模型の相対高さを変化させた際の濃度フラックスの変化を検討した。結果から、植生の高さにより濃度フラックスの鉛直方向分布が異なり、植生領域の浮遊砂貯留量が 2 割程度異なることが示された。これにより、最も堆積が促進される相対的な植生高さがある可能性が示された。

5. 急流河川における浮遊砂の高水敷および樹木域への堆積過程に関する検討

河川の急流区間では、河道の河床材料は主に粒径の粗い砂礫で構成されるが、高水敷や樹木が繁茂した領域では浮遊砂として運ばれてきた細砂の堆積が見られる(写真-8および写真-9)。セグメント 1 に分類されるような急流河川である札内川でも、高水敷上の樹木域の地盤を調査すると、下層に礫層、上層に細砂の堆積が確認できる。ただし、この細砂の層厚はせいぜい数十 cm と大きいものではない。セグメント 2 の河道で高水敷上または砂州上への細粒土砂の顕著な堆積が報告されている²³⁾²⁸⁾のに対して、セグメント 1 に分類されるような急流河川では、細粒土砂が河道形状へ与える影響は小さいと考えられる¹²⁾。

一方で、近年の樹林化やダム排砂実施等の背景もあり、下流側の河道地形や河川環境への影響を把握するうえでも、セグメント 1 の河道において浮遊砂の堆積・流下過程を予測する必要性が高まりつつある。特に細粒土砂は樹木の定着・繁茂に影響しており¹³⁾、急流河川における樹林化現象を解明するためにも細粒土砂の挙動を把握することは重要である。しかしながら前述のように河道形状への細粒土砂の影響が小さいことから、急流河川での浮遊砂の流下現象については未だ十分に検討されていない。そこで、本研究では、札内川

の高水敷における粒度分布の変化について報告するとともに、水理模型実験により急勾配の複断面河道における高水敷および樹木域への浮遊砂の堆積過程について検討し考察を行った。

5. 1 札内川における高水敷上の粒度分布の変化

札内川では、礫河原再生の取り組みとして 2012 年度より札内川ダムからの中規模フラッシュ放流が実施されている²⁰⁾ 2013 年度の放流前後で高水敷における河床材料の粒度変化を調査した。図-16 に調査地点を



写真-8 礫上に堆積した細砂 (札内川上流部)



写真-9 高水敷上に繁茂するヤナギ (札内川上流部)

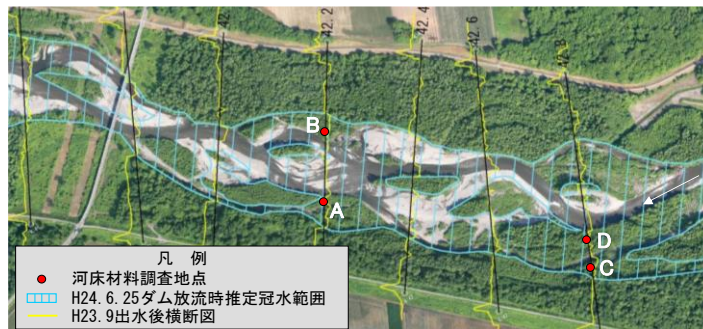


図-16 河床材料調査地点 (札内川上流部 KP42~43 付近)

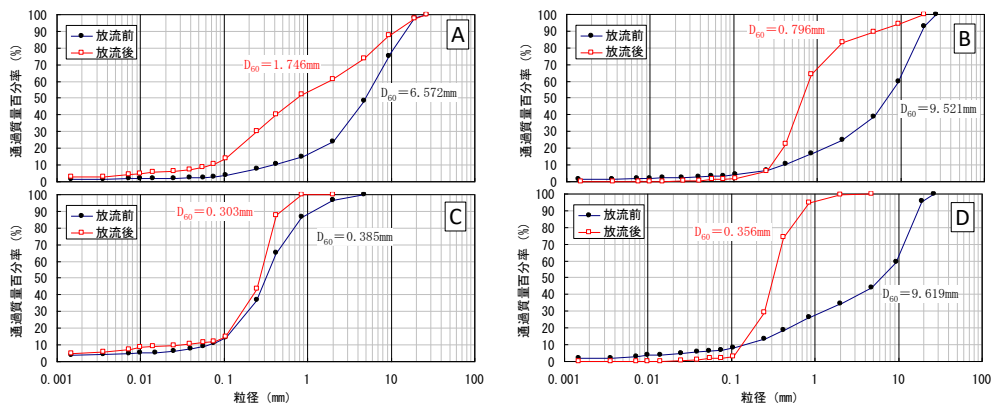


図-17 河床材料調査結果 (A-D 地点)

示し、図-17 に調査結果を示す。調査は他地点でも実施したが、ここでは高水敷上かつ冠水範囲内の地点のみ示している。どの地点でも 1mm 前後の粒径の割合が増大して細粒化しているのがわかる。フラッシュ放流では、高水敷上の大きな地形変化は認められないが、数 mm サイズの砂が高水敷上を被覆したために、表層の粒度分布を変化させたと考えられる。フラッシュ放流時のダム湖内の濁度(SS)は 1 以下であり、1mm 前後の細砂はダム由来とは考えにくく、河床や河岸の侵食に起因するものと考えられる。河道内を移動する細砂が高水敷を被覆することで表層の粒度分布に大きく影響する過程が実河川で確認された。

5. 2 浮遊砂の流下過程に関する水理実験

5. 2. 1 実験概要

現地調査では浮遊砂堆積過程の詳細な把握は難しいため、本研究では以下に示すような水理実験を実施した。

従来の浮遊砂に関する実験は、緩勾配または直線河道で多く実施されている^{29), 30)}。本研究では、図-18 に示すような低水路が蛇行した急勾配 (勾配 1/100) の固定床複断面河道を現地の 1/100 スケールを想定して

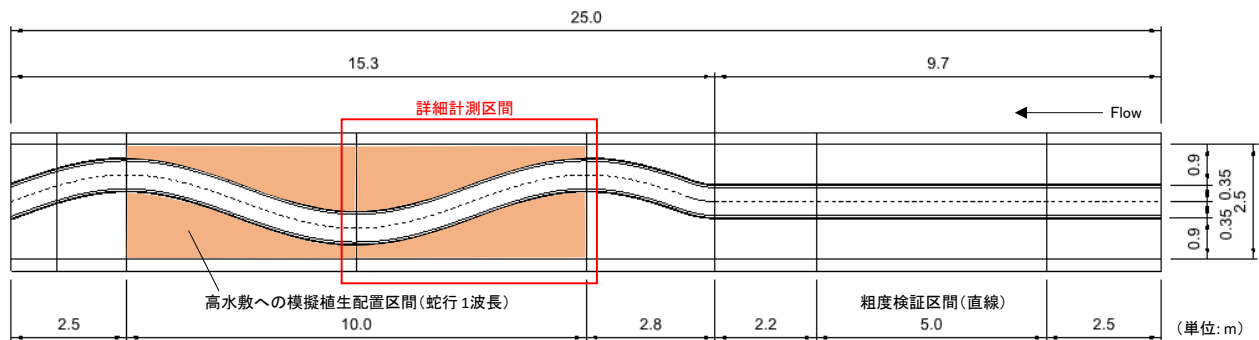


図-18 実験水路の概要 (平面形)

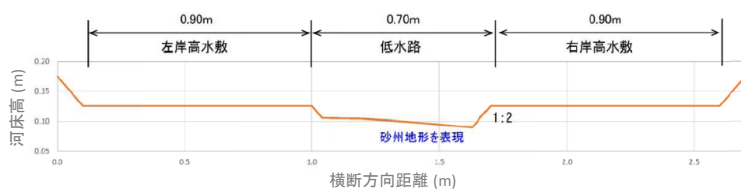


図-19 実験水路の概要 (横断形の例)

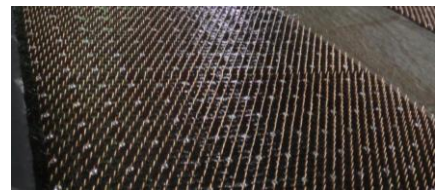


写真-10 高水敷に配置した模擬植生

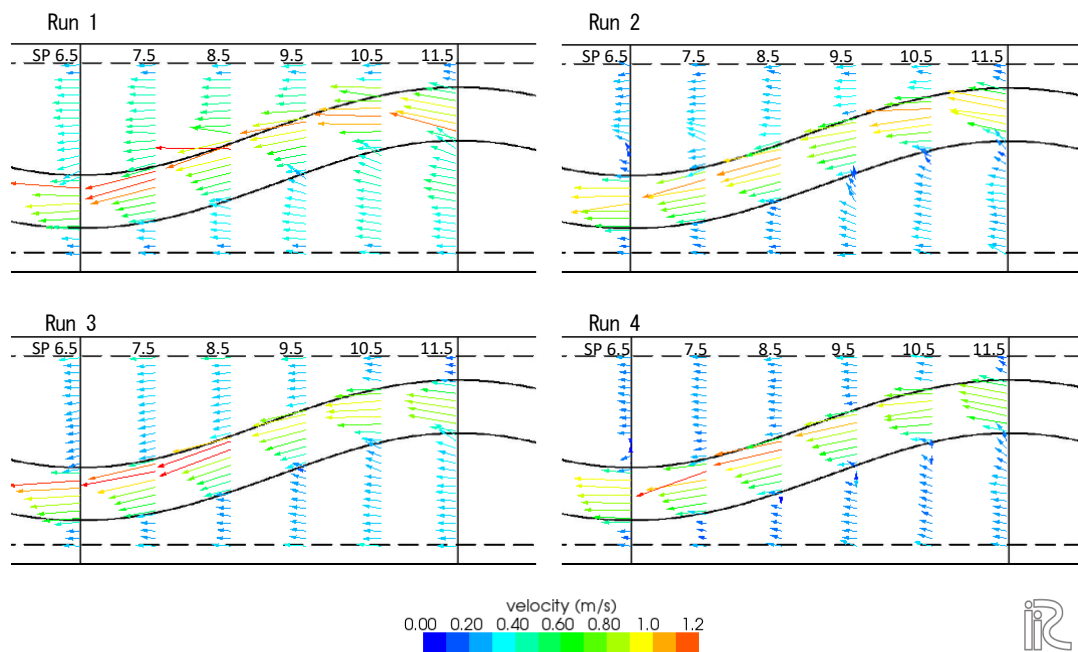


図-20 流速分布 (計測値)

作成した。低水路内には、事前に河床変動計算を実施し想定される砂州形状を配置している (図-19)。高水敷には、粗度を増大させるために縦横断方向に 10cm 間隔で M12 タイプのナット (幅 19mm、奥行 22mm、高さ 10mm) を配置した。上流側の低水路直線区間で粗度を検証し、低水路部 $n=0.018$ 、高水敷 $n=0.022$ であることを確認した。

図-18 中の詳細計測区間の直上流から細砂 (東北珪砂 8 号、平均粒径 0.12mm) を供給し、高水敷上の細

表-4 実験条件

Run No.	流量 (L/s)	高水敷上の樹木	高水敷上の平均水深 (mm)
1	30	無	17
2	20	無	10
3	30	有	21
4	20	有	11

砂の堆積状況を上空からのカメラ撮影で観測した。細砂の供給は、低水路内右岸側 (外岸側) および左岸側

(内岸側)の2箇所で実施し、それぞれ側岸法尻部に漏斗を用いてスポット状に0.12L/分を投入した。通水は90分間実施した。

5. 2. 2 実験条件

実験条件を表-4に示す。Run3およびRun4では、図-18に色塗りで示す高水敷箇所に樹木を模擬した竹串(直径2.5mm)を密度 $3m^{-1}$ で配置した(写真-10)。

各ケースでは、細砂を供給する前に電磁流速計を用いて表面付近の流速を測定した。平面的に得られた流速分布を図-20に示す。SP6.5~11.5の蛇行半波長区間について1m間隔の横断測線で計測したものである。

5. 2. 3 実験結果

実験で撮影した画像の時間経過をケース毎に図-21~図-24に示す。Run1(図-21)では高水敷上の砂の堆積はほとんど見られない。これに対して、Run2~4で

は最終的に高水敷上がほぼ全面砂で覆われている。通水中、いずれのケースでも細砂で被覆された領域が拡大する様子がみられたが、堆積厚が継続して増大する様子は認められなかった。ほぼ全面が被覆されると、細砂が活発に流下しながらも動的平衡状態に達している状況が目視で確認できた。各ケースにおいて90分の通水終了後にレーザー砂面計で測定した河床横断形状を図-25に、各測線の堆積厚の平均値および最大値を図-26に示す。平均値はどのケースもそれほど大きくないが、Run2、3および4で最大10mm程度の堆積が見られる。樹木を配置したRun3およびRun4では、樹木無しのRun1およびRun2に比べて全体的に平均堆積厚が大きく、樹木による浮遊砂の捕捉効果があると思われる。また、Run2では最大値と平均値ともにSP8.5で最大となるのに対して、同流量で樹木有りのRun4

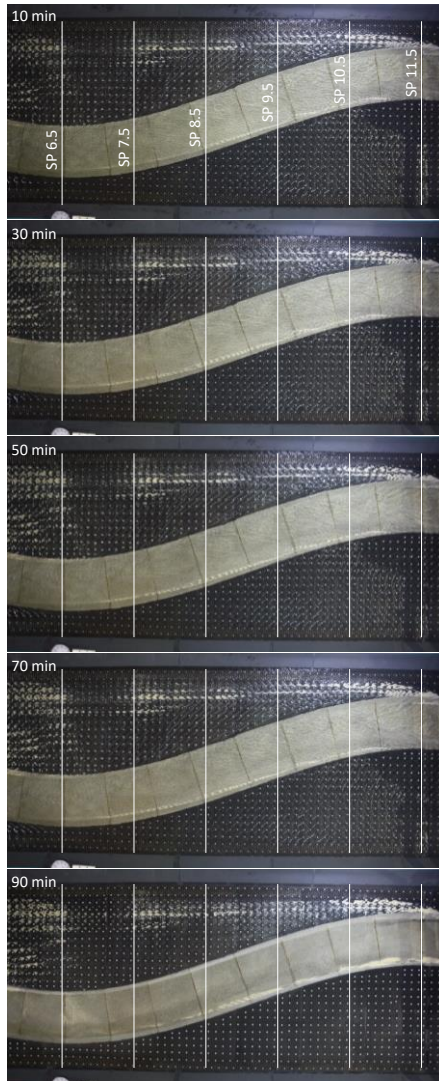


図-21 高水敷上の細砂 (Run1)

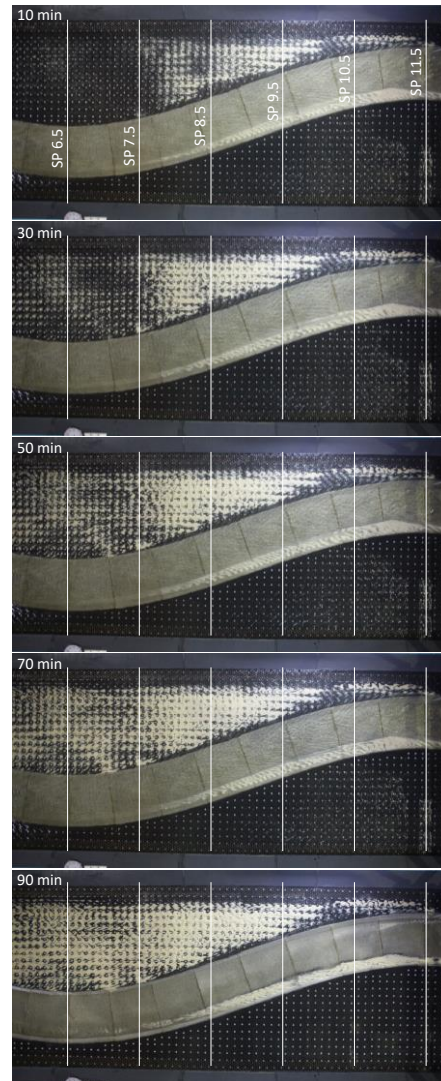


図-22 高水敷上の細砂 (Run2)

では上流側の SP9.5 で最大となり、樹木による浮遊砂の捕捉効果によって堆積域が上流へ移動したと思われる

る。しかし前述のとおり、通水中に動的平衡状態に達するため、その効果は限定的であると考えられる。

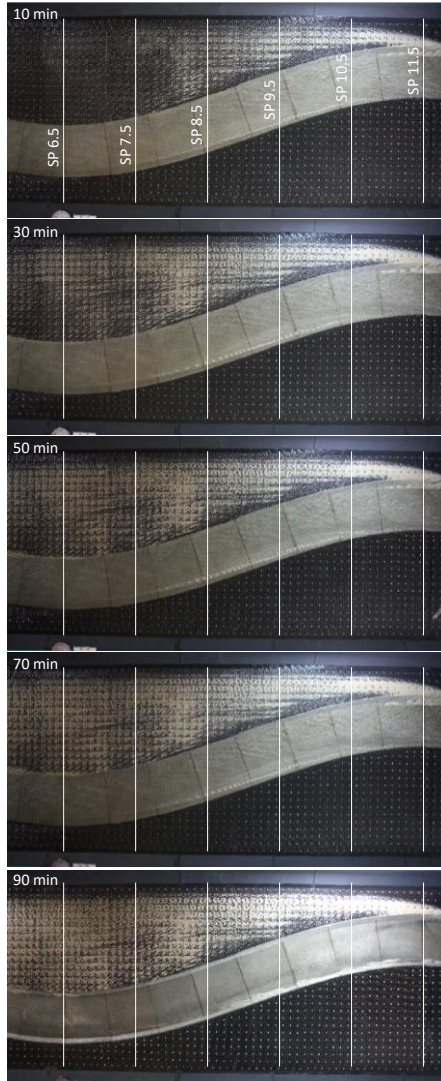


図-23 高水敷上の細砂 (Run3)

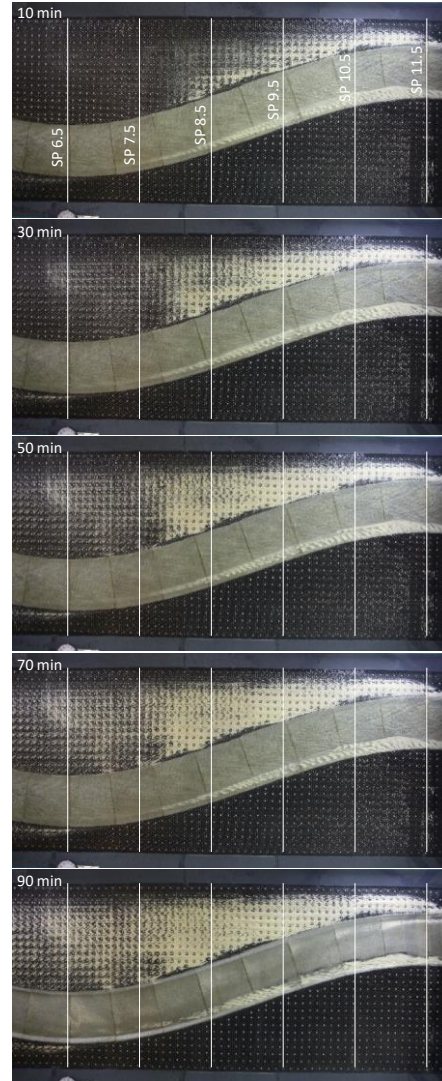


図-24 高水敷上の細砂 (Run4)

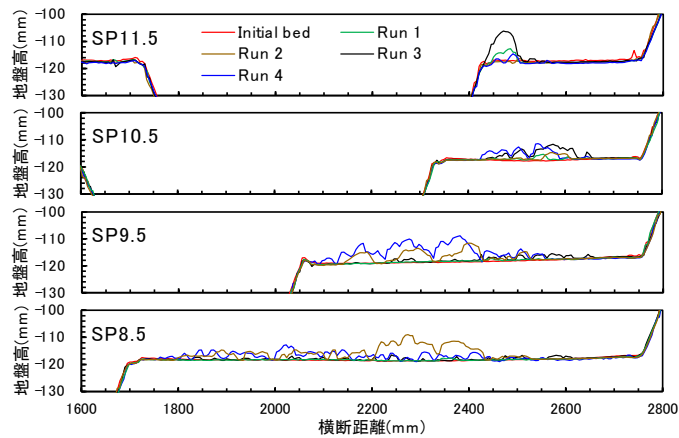


図-25 通水終了後の堆積形状

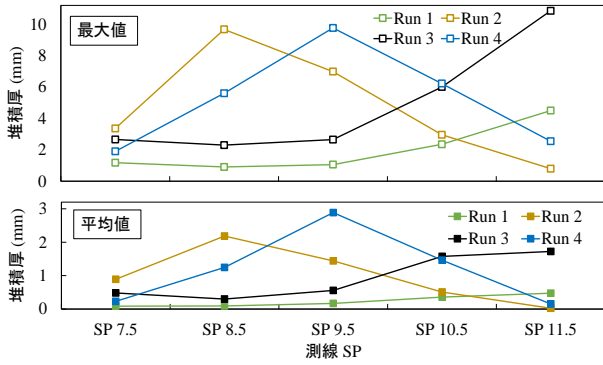


図-26 各測線の堆積厚 (上:最大値、下:平均値)

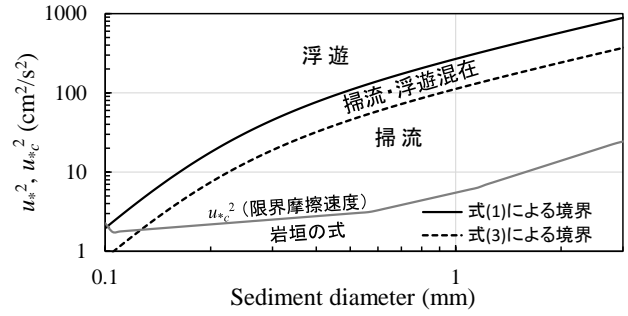


図-27 砂粒子の掃流・浮遊の境界

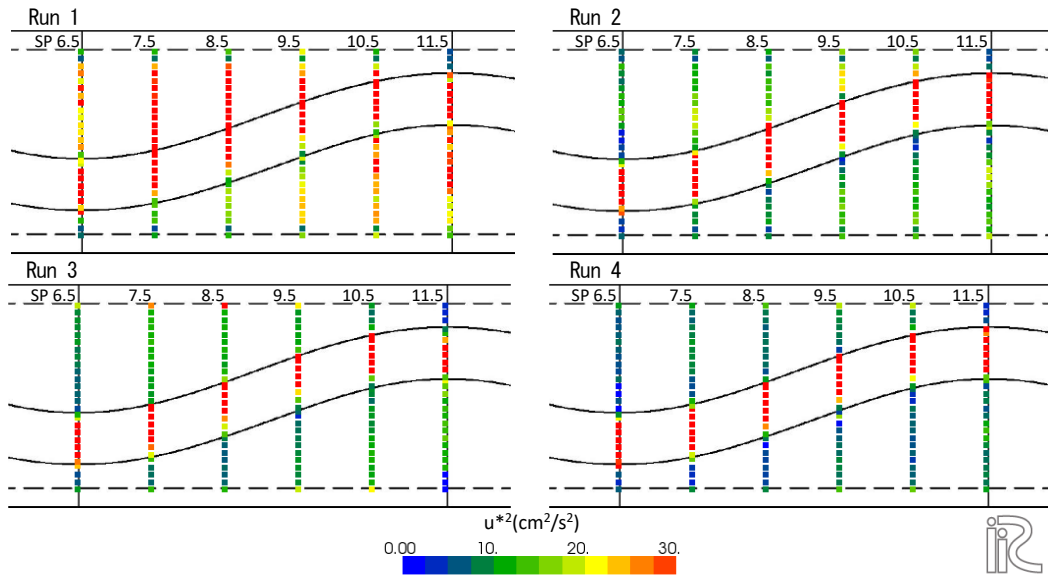


図-28 計測値から算出した u_*^2 の分布

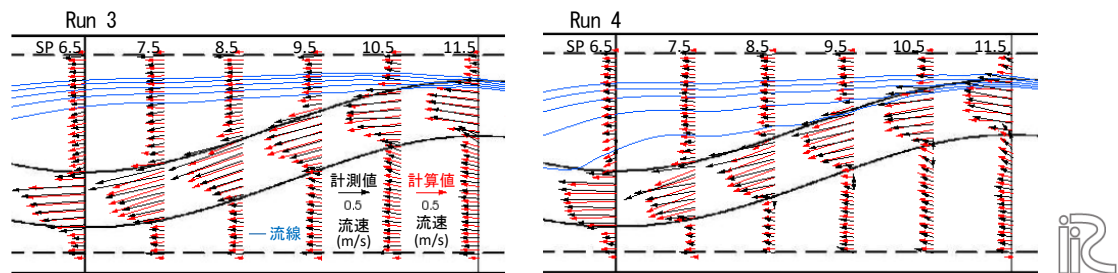


図-29 流況の再現計算および流線

5.3 考察

5.3.1 砂粒子の流下形態区分

砂粒子の移動形式として掃流と浮遊が卓越する領域は次のように表される^{31), 32)}。

掃流卓越領域 $u^*/w_f < 1.08$ (1)

掃流・浮遊の混在領域 $1.08 < u^*/w_f < 1.67$ (2)

浮遊卓越領域 $1.67 < u^*/w_f$ (3)

ここで、 u^* は摩擦速度であり、 w_f は粒子の沈降速度である。上式は、流水の乱れによる上方への砂粒子の移動速度 u_s が理論的または実験的に摩擦速度の 0.6~0.93 倍であること、また、浮遊限界が $u_s/w_f=1$ で表されることより導かれている。上式の沈降速度に Rubey の式³³⁾を適用すると図-27 のように示される。本実験

で使用した東北珪砂8号の粒径は最大で約0.2mmであることから、 u_*^2 の値が約20より大きければ、この珪砂に含まれる全ての粒子が浮遊卓越の移動形態となることが図-27よりわかる。

実験で計測した流速を用いて算出した u_*^2 を図-28に示す。摩擦係数は平均流速公式にマニング則を適用して算出した。Run1では右岸側高水敷上のほぼ全面で u_*^2 の値が20を超えており、浮遊卓越の移動形態に分類されるのに対して、Run2~4ではほぼ全面で20以下であり、掃流・浮遊混在の移動形態に分類される。したがって、Run1では流下する砂全てが活発に浮遊しながら流下したために高水敷上にほとんど砂が残らなかったことがわかる。また、掃流・浮遊の混在領域に分類される場合は、Run2~4のように形状を大きく変化させるほどの堆積は生じないまでも、一部の砂が掃流形態で流下することによって表層の粒度変化には大きく寄与する可能性がある。

5. 3. 2 浮遊砂の移流による移動形態

樹木を配置した2ケースをよくみると、Run3(図-23)では高水敷の上流側から堆積域が拡大しているのに対して、Run4(図-24)では上流からだけでなく、低水路側からも拡大している。また、図-25をみると、Run3は上流側のSP11.5の低水路寄りに大きな堆積厚が見られるのに対して、Run4は少し下流側のSP9.5の低水路寄りの位置に大きな堆積厚が見られる。低水路寄りに比較的大きな堆積が見られる箇所は低水路内の浮遊砂が高水敷へ乗り上がる位置と関連していると思われる。浮遊砂の移動過程を把握するために、流況の再現計算を実施した。計算にはiRIC(<http://i-ric.org/>)のNays2DHソルバーを使用した。計算では、密生度に応じた植生の抵抗を考慮している。

図-29にRun3およびRun4の再現結果を示す。各側線の流速ベクトルについて計測値と計算値を比べると概ね良好に再現される。計算結果に基づいた流線を青実線で示す。流線は実験での右岸側の給砂地点を基点に図示したものである。どちらのケースも流線が高水敷に乗り上がる位置は比較的大きな堆積厚の位置と概ね一致している。流線に沿うように運ばれた浮遊砂が樹木域における掃流力の低下により沈降しやすくなったため、堆積厚が大きくなったと考えられ、これらの位置では横断方向への拡散よりも主流によって浮遊砂が移流され高水敷へ乗り上がる過程が支配的であったと示唆される。少なくとも急勾配河道を対象とした本実験のような条件下では、蛇行低水路内の流れの水衝部における低水路から高水敷への横断方向の移流が浮

遊砂の堆積に与える影響は大きいと考えられる。

5. 4 まとめ

急流河川である札内川の高水敷における粒径分布の変化を確認するとともに、水理実験によって急勾配河道における細砂の流下過程に関する実験を実施し、主に以下のような結果が示された。

- ・樹木による浮遊砂の捕捉効果はある程度確認されたが、いずれのケースもすぐに動的平衡状態に達することが確認され、樹木による捕捉効果は限定的であった。
- ・砂粒子の移動形式が掃流・浮遊の混在領域に分類される条件下では、大きな地形変化は生じなくても、表層の粒度変化に大きく寄与する可能性が示された。
- ・樹木域において細砂が比較的大きく堆積した箇所では、横断方向の拡散よりも主流によって浮遊砂が移流され高水敷へ乗り上がる過程が支配的であったと示唆された。

以上より、急流河川では、細砂の移動形態が掃流・浮遊の混在領域に分類される条件下になり得るため、細砂は、地形変化には大きく影響することがなくても、表層の粒度変化には大きく影響することがあると考えられる。

6 樹林化抑制のための維持管理評価技術の検討

開発局と寒地土木研究所は、2011年に「樹林化抑制を考慮した河岸形状設定のガイドライン(案)」を発刊しており、樹林化抑制に繋がる整備の方法や、整備した箇所のモニタリングを行ってきた。本研究では、ここで示されている対策手法の適用性を検討するため、各所で行われてきたモニタリング河川の経時変化を精査した。次に、精査したデータとその後に進捗のあった他の対策手法も併せ、再樹林化抑制に向けての考え方と適用可能な技術を整理し、開発局からの要請に応じて各開発建設部への技術指導を行った。各開発建設部で行われている各整備箇所を2019年4月から2020年10月にかけて踏査し、これまでの成果を河川管理者へ普及した。

以下では、モニタリングが実施されている11河川38箇所のデータを基に(表-5参照)、対策手法の効果を分析した結果を示す。また、上述の現地踏査で確認された実状況より、特に北海道の河川(寒冷地河川)において再樹林化を抑制するための維持管理の方法および今後の課題について得られた知見を整理した。

6. 1 分析方法

6. 1. 1 資料分析

モニタリング河川は、表-5に掲げた11河川38か所

であり、掘削敷高、対策種別、対策効果について分析した。

掘削敷高については、各河川で大きく異なっているため、本報では平水位を基準とし、平水位よりも低い掘削高を平水位未満、平水位よりも高い掘削高を平水位超過の3種類とした。対策種別については、融雪期のために2ヶ月ほど冠水が期待される場合を冠水とし、冠水の影響よりも夏季の出水等で河床面の土粒子の移動に伴いヤナギの稚樹や幼木が流されることが期待される場合を攪乱とした。また、草地については、掘削跡地に早期に草本を繁茂させる方法で、ここでは主に掘削前に表土をはぎ取り、掘削後に表土戻し（表土復元）を行うものである。対策効果の検証については、整備後から2019年の段階で対策工法による効果が顕著である場合を効果あり、顕著に効果がみられなかった場合を効果なしとし、現場状況や写真等から河川管理者に主観的に判断してもらった。ここで、効果の有無については、抑制効果の正否の程度を示す指標にはなっていないが、少なくとも対策効果があった箇所については、先に示した北海道における樹木面積の平均値である35%を下回っていた。

6. 1. 2 実現場での踏査と状況把握

資料分析と同時に、表-5で示した複数の整備箇所にあわせて各開発建設部で実施されている整備箇所もできるだけ網羅的に現地踏査し（16河川42箇所）、1）樹木伐採や除根の効果、2）切り下げの効果、3）草地化の効果について、再樹林化に至るケースと対策について考察した。

6. 2 結果と考察

6. 2. 1 資料分析からみた河道掘削後の対策効果

図-30に掘削敷高と対策種別に対する効果の有無を示す。攪乱と冠水については、効果なしに比べて効果が多く、とくに平水位以下で有効であった。草地については、平水位未満での対策は効果がなく、平水位よりも高い面で整備を行うことによって効果が見られた。

攪乱で効果があった地点は、夏季出水で地形変化があった箇所で、対策効果が無かった地点は、逆に掘削高が高すぎるか掘削により川幅が広がったため河床に働く力が小さく、攪乱による効果が十分でなかった地点であったと考えられる。冠水で効果があった地点は、掘削箇所が融雪時や通常時にも水面下にあった箇所であった。また、効果がなかった地点は、出水により掘削断面に土砂が堆積したことで融雪時に冠水できなかった箇所であった。

表-5 モニタリング河川の緒言

河川 No.	施工年	河床勾配 (1/x)	掘削敷高	対策種別	対策効果
1	H23	1,210	平水位超過	攪乱	○
2	H24	1,000	平水位超過	攪乱	○
3	H25	710	平水位	攪乱	○
4	H19	800	平水位	攪乱	○
5	H20	800	平水位	攪乱	○
6	H21	960	平水位超過	攪乱	×
7	H24	610	平水位超過	攪乱	×
8	H23~H25	1,070	平水位	冠水	○
9	H24~H26	550	平水位	冠水	○
10	H20~H23	550	平水位	冠水	○
11	H17	520	平水位	冠水	○
12	H23	960	平水位超過	冠水	○
13	H25	1,360	平水位	冠水	×
14	H26	1,360	平水位	冠水	×
15	H19	320	平水位	冠水	○
16	H18	350	平水位	冠水	○
17	H23	220	平水位	冠水	○
18	H20	550	平水位	冠水	○
19	H20	3,050	平水位	冠水	×
20	H20	960	平水位超過	冠水	×
21	H25	610	平水位超過	冠水	×
22	H22~H23	2,090	平水位	冠水	×
23	H22	1,290	平水位	冠水	○
24	H25	2,090	平水位	冠水	×
25	H21	2,660	平水位超過	冠水	×
26	H22	2,660	平水位超過	冠水	×
27	H19	290	平水位未満	冠水	○
28	H19	230	平水位未満	冠水	○
29	H20~25	670	平水位未満	冠水	○
30	H22	2,300	平水位	冠水	○
31	H21~25	6,480	平水位超過	草本	○
32	H17~H27	3,050	平水位超過	草本	○
33	H17~H27	1,400	平水位超過	草本	○
34	H20~25	3,990	平水位超過	草本	×
35	H22	3,990	平水位超過	草本	×
36	H23~H24	1,330	平水位超過	草本	○
37	H20~23	630	平水位未満	草本	×
38	H21	2,300	平水位未満	草本	×

草本で効果があった地点は、平水位から高い地点で攪乱や冠水の影響を受けない地点であった。逆に、草本で効果がなかった地点は、平水位から低い地点か平水位から高い箇所であった。前者は、融雪や出水等で徐々に土砂が堆積する中で樹林化へ至った箇所であった。後者は、表土復元後の数年で広範に樹木域が形成されていたことを推察すると、表土の中にヤナギ類の残枝が残っていた可能性が高い。

図-31に対策種別と河床勾配との関係を効果の有無別に示す。対策種別のうち攪乱については、勾配が約1/1200(表-5参照)までの対策として採用されていた。

また、急勾配になるにつれて対策効果が高くなる傾向にあった。これは、先に述べたように河床に働く力の影響力の差と考えられる。

冠水については、勾配が約 1/3000 (表-5 参照) までの対策として採用されており、分布幅は攪乱対策よりも範囲が大きかった。また、急勾配になるにつれて対策効果が高い傾向にあった。緩勾配の個所で効果が高いのは、急勾配の個所に比べて掘削面に細粒土砂が堆積し易い傾向にあったと考えられる (例えば 33) 34)。

草本については、勾配が約 1/6500 (表-5 参照) までの対策として採用されており、分布域が他の 2 つと比較し広く、明確な傾向はみられなかった。

図-32 (前頁) は、施工年度最終年を起点とし、経年変化によって対策種別ごとに対策効果に違いがあるかを示したものである。また、同図には掘削敷高の違いが分かるように集計をした。全体を俯瞰してみると、攪乱、冠水、草本のいずれの対策も、効果の有無は施工年と関係しない傾向にあった。これは、少なくとも掘削高さの設定や施工方法等が、その後の変化に影響があることを示していると考えられる。つまり、当該箇所の整備時には、河川の河道特性を背景に、適切な整備を行うことで、経年変化の影響は最小限となり、再樹林化の抑制に寄与するものと考えられる。

6. 2. 2 現地踏査で得られた実状況と課題

上記に掲げた資料精査に加え、近年、新たに執り行われた箇所を中心に現地踏査を行うことで、資料の補完を行った。また、モニタリング河川には、樹木の伐採や除根についての対象箇所がなかったため、既存の資料等に基づいて現場での対策効果と課題について検討した。

a. 樹木伐採と除根による整備の効果と課題

ヤナギは、枝と伐採した株から萌芽再生するのみで、根の部分からは再生しない (図-33 a)、b))。このため、伐採時や除根時に切り株から萌芽した枝を複数回 (2~3 回) 刈り取ることで、切り株からの再萌芽の抑制が可能とされる (35)、36)。この方法は、切り株を処分することなく行えるので、整備費の半分以上を占める根株の処分費や運搬費が抑えられるメリットがある (37)。しかし、広範囲に複数本の萌芽枝の刈り取りを複数回実施することは手間が伴う。そこで根株の処理は、近年になって木酢液を利用することで、萌芽再生を抑えることが確認されており (37)、道内河川でも実施検証が始まっている (図-33 c))。現段階では、伐採直後に切り株の外皮の上面と側面に塗布することで効果が発揮されることが確認されている (38)。

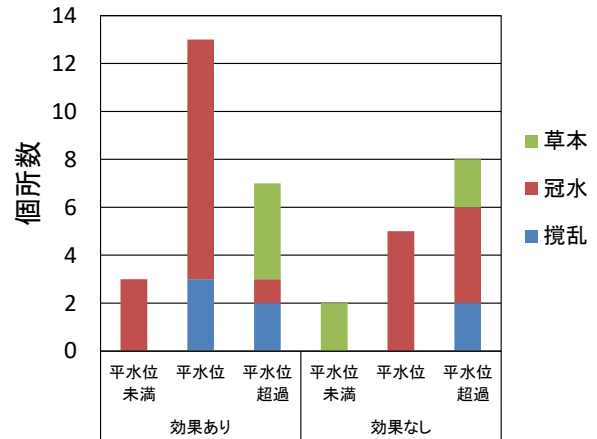


図-30 掘削敷高と対策種別に対する効果の有無

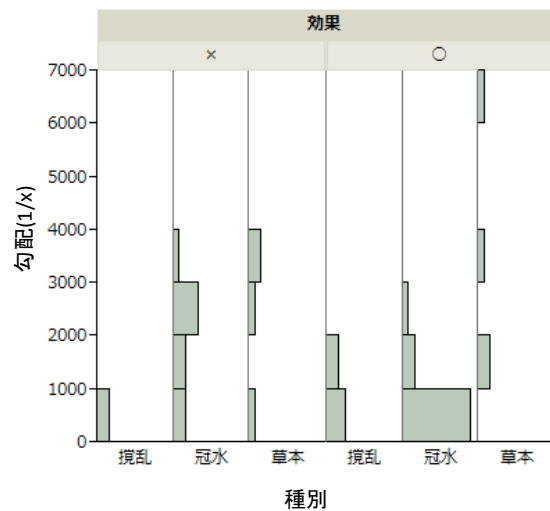


図-31 対策種別と河床勾配との関係

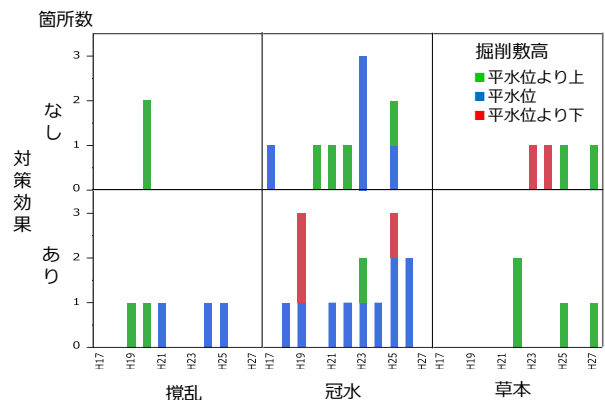


図-32 対策種別および施工最終年度が対策効果に与える影響について

b.河道掘削による効果と課題

i) 低水路化（平水位～平水位未満）

高水敷を切下げること融雪期に冠水させ、ヤナギ類の種子散布期にその着床を防ぎ、樹林化の抑制に成功している個所が多い。本州の河川では、平水位掘削を行うだけでは樹林化が抑えられないケースも見られるが³⁹⁾、寒冷地地域では、平水位掘削によって融雪の利点を再樹林化抑制に生かしている。一方で、低水路化することで、結果的に川幅拡幅を伴った河川では、地形の変化や細粒土砂が出水後に堆積することで、ヤナギ類が定着している箇所もあった（図-34 a）。低水路化することで、結果的に川幅拡幅に至った河川では、出水等による影響で、みお筋から遠い箇所に細粒土砂の堆積を促し、これを契機としてヤナギ類が定着している箇所もあった（図-34 b）。川幅拡幅後の河道の自律的な縮小に伴う樹林化はこれまでも報告されており^{40) 41)}、今後は、1章で示したように計画時にどの程度の土砂移動が可能かを考え、樹林化をどの程度まで許容するかをシミュレートするなど、変化することを想定して整備を行っていくことが課題である⁴²⁾。

ii) 中水敷化（平水位超過）

平水位から平均年最大流量時の高さ、あるいは豊水位の高さに地盤の切り下げを行い、冠水や攪乱を期待するか、草地回復のため表土戻しなどを行っている個所が多い。草地については、草地が早期回復できていれば、ヤナギの種子が水や風により散布されたとしても、広範には広がるのが難しいようである。草地回復による効果は、比高が高いところほど高く、約10年経ても草地のまま維持されている箇所も現地を確認された（図-35）。

6. 2. 3 再樹林化へ至るプロセスと課題

資料分析と現地踏査から、北海道で整備後にヤナギの再樹林化に至った箇所の主な特徴は、①北海道が他地域に比べてヤナギの種類が豊富なため生育可能な適地が広いこと、②対策種別の選定が当該河川の状況に適していないこと、③整備後にヤナギの枝等が広範囲で残っており、徐々に樹林化が進行すること、④対策後に出水等の影響により、整備箇所に細粒土砂が堆積し、裸地化することによりヤナギの定着に適した環境となること、があげられる。

①については、図-1、図-2 でみられるように、ヤナギの種類と割合が多いことから自然とヤナギの再樹林化が起きやすい環境下にあることが考えられる。②については、適切な箇所に適切な工法を適用すること



a) 伐採からの再萌芽（施工1ヵ月後）



b) 残枝からの再萌芽（施工1ヵ月後）



c) 木酢液塗布による再萌芽抑制

図-33 伐採、除根に伴う再萌芽の状況

で、樹林化を抑制することは可能だが、実務者が適切な工法を選べるような工夫が必要ではないかと考えている。これについては、引き続き、検討をして行きた

い。③については、整備の段階からヤナギの枝を落とす場所を決めておくなどし、なるべく広範囲に枝が広がらないように施工段階で配慮を心がけることで、ある程度まで再樹林化を抑制できる可能性が高い。また、治水において河積を十分に確保する必要がある箇所については、整備後の翌春であれば萌芽枝を手で引き抜くことも可能であり、維持管理コストを重視した計画的な管理を考えていくことが重要である。④については、出水後にドローン等により簡易なモニタリングを実施し、早期に対策を行えるような体制が求められる。

6. 3 まとめ

本研究では、11 河川 38 箇所のモニタリングデータを元に、「攪乱」「冠水」「草本」のそれぞれの対策手法の効果分析と、16 河川 42 箇所の現地踏査で得られた実状況から、再樹林化に至るプロセスと対策について分析した。寒冷地河川（北海道）で、樹林化を抑制するポイントは、以下にまとめられる。

河道掘削を伴う整備においては、

- 1) 低水路化する際には、融雪時に冠水させる高さ以下とすること。
 - 2) 中水敷化する際には、河川水位との比高を十分に保ち、早期に草地化する環境を整えること
- 伐採を伴う整備においては、
- 1) 残枝を可能な限り整備地に残さないように工夫すること
 - 2) 切り株からの萌芽枝の抑制には、複数回の刈り取りや、木酢液等で萌芽を抑制すること。

7. 結論

本研究は、河道特性に応じた効果的な樹林化抑制のための維持管理手法の提案を目的とし、河道特性や土砂動態に関して樹林化の要因になり得る現象を検討するとともに、継続していたモニタリングのデータを基に再樹林化抑制手段として適用可能な技術を検討した。本研究の主な結果を以下に示す。

礫床河川を想定した急勾配水路における水理実験を実施し、側岸侵食に伴う河岸からの土砂供給が流路特性に与える影響を検討した。その結果、河岸からの土砂供給が抑制されると流路の本数が減って流路の位置が変更されにくくなること等が示された。また、上流から十分な土砂供給がなければ、この傾向が助長され解消されにくくなることも示された。このことが急流河川における流路固定化の一因であると考えられる。

河道へ土砂を供給する手段の一つとして置土が挙げられる。本研究では、急流河川の札内川において、



a) 平水掘削後に出水を経験した箇所



b) 細粒土砂の堆積後にヤナギ幼樹が定着

図 34 河道掘削を実施した箇所での出水後の変化



図-35 表土復元から 10 年経た箇所の状況
(赤枠の箇所)

配置された置土が河道攪乱の回復に対してどのような効果があるのかを現地調査の結果より検証した。その結果、直線的だった流路に砂州形状の発達を促進でき

ることが示され、置土が河道の攪乱や河川環境の再生に有効的な手段であることを明らかにした。

植生模型を用いた水理実験を実施し、植生域における細粒土砂の堆積現象を検討した。植生の相対高さが異なる影響を検討した結果、植生の高さにより植生領域の浮遊砂貯留量が2割程度異なることが示された。これにより、最も堆積が促進される相対的な植生高さがある可能性が示された。

急流河川の高水敷上での細粒土砂の堆積・流下過程について検討した。札内川の高水敷における粒径分布の変化を確認するとともに、水理実験を実施した。その結果、急流河川の高水敷では、細粒土砂の堆積はある程度確認されるが、樹木があってもすぐに動的平衡状態に達するために堆積する土砂は限定的であることが明らかになった。

先行研究において開発局との連携で2011年に「樹林化抑制を考慮した河岸形状設定のガイドライン(案)」を発刊して以降、このガイドラインで示された対策手法で整備された箇所でのモニタリングを行ってきた。本研究では、このモニタリングデータを元に、「攪乱」「冠水」「草本」のそれぞれの対策手法の効果を分析し、再樹林化抑制に向けた考え方と適用可能な技術を整理した。また、道内各河川の現地踏査で得られた実状況から、再樹林化に至るプロセスと対策について分析した。

本研究の成果は、札内川の礫河原再生や「防災・減災、国土強靱化のための3か年緊急対策」(2018年12月14日閣議決定)において反映された。

参考文献

- 1) 国土交通省: 川づくり基本指針、2006
- 2) 「多自然型川づくり」レビュー委員会: 多自然川づくりへの展開、(2021年8月20日確認)
https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/past_shinngikai/s_hinngikai/nature-review/index.html
- 3) 国土交通省: 社会資本整備審議会答申、2013
- 4) 佐貫方城、大石哲也、三輪準二: 全国一級河川における河道内樹林化と樹木管理の現状に関する考察、河川技術論文集、Vol.16、pp.241-246、2010
- 5) 竹原明秀: ヤナギ類の生態、植物と自然、Vol.18、pp.11-15、1984
- 6) 長坂有: 河畔に生えるヤナギ類、光珠内季報、Vol.101、pp.112-117、1996
- 7) 長坂有、福地稔、柳井清治、佐藤弘和: 河畔生ヤナギ類の発芽と稚樹の生残について、日本林学会北海道支部論文集、Vol.42、pp.76-78、1994
- 8) 林田寿文、小山康吉、横山洋、佐藤圭: 北海道内河川におけるヤナギ種子の流下量と時期的な変化河川技術論文集、Vol.17、pp.215-220、2011
- 9) Kaoru Niiyama: The role of seed dispersal and seedling traits in colonization and coexistence of Salix species in a seasonally flooded habitat, Ecological Research, Vol.5, pp.317-331,1990.
- 10) 斎藤新一郎: 流木起源の細葉ヤナギ類の中洲における樹林化とその対策、日本森林学会北海道支部論文集、Vol.63、pp.85-88、2015
- 11) 斎藤新一郎: ヤナギ類その見分け方と使い方、北海道治山協会、2001
- 12) 原田守啓、永山滋也、大石哲也、萱場祐一: 揖斐川高水敷掘削後の微地形形成過程、土木学会論文集 B1(水工学)Vol.71、No.4、pp.L1171-L1176、2015
- 13) 大石哲也、天野邦彦、中村圭吾: 砂礫構造の違いからみた河原植物の生育環境特性について、河川技術論文集、Vol.12、pp.477-482、2006
- 14) 石井千万太郎、板倉忠興: 噴流の衝突による壁面底部の局所洗掘に関する実験的研究と砂州河道における護岸前面の局所洗掘への応用、水工学論文集、Vol.36、pp.49-54、1992
- 15) 北海道開発局旭川開発建設部: 航空レーザ測量成果、平成21年度施行、2010
- 16) 長田健吾、安部友則、福岡捷二: 急流礫床河川における低水路護岸沿いの深掘れ流路形成とその特性、河川技術論文集、第13巻、pp.321-326、2007
- 17) 黒木幹男、岸力: 中規模河床形態の領域区分に関する理論的研究、土木学会論文報告集、第342号、pp.87-98、1984
- 18) 山口里実、渡邊康玄: 節腹連続河道形状の発達過程に関する実験、土木学会論文集 B1(水工学)、Vol.72、No.4、pp.L745-L750、2016
- 19) 原田大輔、知花武佳: ダムの洪水調節を受ける河川における護岸の形態と砂州構造との関係、土木学会論文集 B1(水工学)、Vol.69、No.4、pp.L1195-L1200、2013
- 20) 北海道開発局帯広開発建設部: 札内川自然再生(礫河原再生)計画書、平成24年11月、2012
- 21) 山口里実、渡邊康玄、武田淳史、住友慶三: 流路の固定化が進行した河道における効率的な旧流路回復手法に関する検討、河川技術論文集、第21巻、pp.217-222、2015
- 22) 住友慶三、渡邊康玄、泉典洋、山口里実、米元光明: 出水時の河道変化に対する分岐流路維持の効果、土木学会論文集 B1(水工学)、Vol.74、No.5、pp.L1003-1008、2018
- 23) 藤田光一、MOODY、JA、宇多高明、藤井政人: ウォッ

- シュローダの堆積による高水敷の形成と川幅縮小、土木学会論文集、No.551/II-37、pp.47-62、1996
- 24) 赤堀良介、春日井勇輝：植生内の流れの構造と浮遊砂堆積状況の関連について、土木学会論文集 A2(応用力学)、Vol.70、No2(応用力学論文集 Vol.17)、pp.1753-1760、2014
- 25) 清水義彦、辻本哲郎、北村忠紀：植生に覆われた砂床上流れの浮遊砂濃度分布、土木学会論文集、35 巻、pp.477-482、1991
- 26) 池田駿介：詳述水理学、技法堂出版、2004
- 27) 谷祖鵬、赤堀良介、池田駿介：水制周辺における流れの瞬間構造と浮遊砂輸送の関係に関する研究、混相流、日本混相流学会、第 23 巻 5 号、pp.615-626、2010
- 28) 池田共実、飯田孝、傳甫潤也：尻別川における河畔林管理—平成 23 年 9 月出水での低水路樹木の倒伏検討—、第 57 回（2013 年度）北海道開発技術研究発表会、2014
- 29) 芦田和男、藤田正治、劉柄義：複断面直線河道における浮遊砂の流送過程、第 32 回水理講演会論文集、pp.407-466、1988
- 30) 佐野良久、野崎一郎、濱谷拓、中井正則、管和利：高水敷に樹木を有する複断面直線水路の流れと浮遊砂の輸送について、水工学論文集、第 35 巻、pp.483-488、1991
- 31) 椿東一郎：水理学Ⅱ（第 14 章）、基礎土木工学全書 7（森北出版）、1974
- 32) 荒井信行、清水康行：現場のための水理学（3）—掃流砂と河床変動—、土木試験所月報、No.413、1987
- 33) Rubey W. W.: Settling Velocities of gravel, sand and silt particles, American Journal of Science, Series 5, Vol. 25, pp.325-338, 1933
- 34) 泉典洋、松田幸子、田中仁：洪水時における高水敷上への細粒土砂堆積、Vol.44、pp.419-424、2000
- 35) 田屋祐樹、槇島みどり、赤松史一、中西哲、三輪準二、萱場祐一：河道内樹林の効率的な管理に向けた伐採後の萌芽再生抑制方法の検証、河川技術論文集、Vol.19、pp.459-464、2013
- 36) 天羽淳、村椿俊幸、米元光明：札内川における河道内樹林化抑制対策の取組について—流木天地返し、立木二段伐りの提案—、第 62 回（平成 30 年度）北海道開発技術研究発表会、2018
- 37) 田村孝夫、馬場和夫、加藤陽子：効率的な樹木伐採への挑戦—萌芽抑制の取り組みについて—、平成 30 年度北陸地方整備局事業研究発表会、2018
- 38) 西村証哉、姫野一樹、伊東秀規：河道内樹木伐採における再樹林化抑制について—取り組み状況とモニタリング方法—、第 63 回（2019 年度）北海道開発技術研究発表会、pp.743-748、2020
- 39) T. Oishi, S. Nagayama : Vegetation variety depending on the geomorphological change caused by river works in inter-levee floodplains, 12th International Symposium on Ecohydraulics 2018 Proceedings, 2018
- 40) 藤田光一、Moody, JA、宇多高明、Meade, RH : 川幅縮小機構についての考察—パウダー川と川内川の観察結果から、第 2 回河道の水理と河川環境シンポジウム、pp.183-190、1995
- 41) 山本晃一、藤田光一、佐々木克也、有澤俊治：低水路川幅変化における土砂と植生の役割、河道の水理と河川環境シンポジウム論文集、pp.233-238、1993
- 42) 藤田光一、李參熙、渡辺敏、塚原隆夫、山本晃一、望月達也：扇状地礫床河道における安定植生域消長の機構とシミュレーション、Vol.747、pp.41-60、2003

RESEARCH ON THE MEASURES FOR SUPPRESSION OF RIPARIAN FOREST EXPANSION BY TAKING ADVANTAGE OF THE RIVER MORPHOLOGY AND SEDIMENT TRANSPORT DYNAMICS

Research Period : FY2016-2020

Research Team : Cold Region Hydraulic
and Aquatic Environment
Engineering Research Group
(River Engineering)

Author : OGUSHI Hiroya

YABE Hiroki

KAWAMURA Satomi

OISHI Tetsuya

Abstract : Recently, since the riparian forest expansion has progressed, decreasing of the channel area for flow capacity and deterioration of the river environment have become problems in river management. In particular, the ratio of tree area to river area is higher in Hokkaido than in other parts of Japan, and the length of rivers managed by the MLIT Hokkaido Regional Development Bureau is long. Therefore, effective measures to suppress the riparian forest expansion are required by taking advantage of the river morphology, when river improvement and maintenance are carried out. In this study, our objective is to propose maintenance techniques for effectively suppressing the riparian forest expansion in accordance with the characteristics of river channel. We conducted some experiments on river morphology and sediment dynamics related to factors of the riparian forest expansion. In addition, based on the data of some field monitoring that had been ongoing for several years, we proposed applicable river maintenance means for suppressing the re-covered by trees. The results of this research contributed to the project for restoration of gravel bed in the Satsunai River and to river maintenance in Hokkaido carried out in the project of "emergency measures for building national resilience".

Key words : river morphology, sediment transport, fine grain sand, suppression of riparian forest expansion