

札内川における礫州へのケショウヤナギ実生の侵入と保全管理に関する検討

STUDY ON INVASION AND CONSERVATION MANAGEMENT OF SALIX ARBUTIFOLIA SEEDLING ON GRAVEL BED RIVER IN SATSUNAI RIVER

天羽淳¹・大石哲也²・米元光明¹・村椿俊幸³・山口里実²・住友慶三⁴・田崎冬記⁵
Jun AMOU, Tetsuya OISHI, Mitsuaki YONEMOTO, Toshiyuki MURATSUBAKI, Satomi YAMAGUCHI, Keizo SUMITOMO and Fuyuki TAZAKI

¹非会員 国土交通省北海道開発局 建設部河川計画課
(元 国土交通省北海道開発局 帯広開発建設部 治水課)
(〒060-8511 札幌市北区北8条西2丁目札幌第1合同庁舎)

²正会員 博(工) (国研) 土木研究所寒地土木研究所 寒地水圏研究グループ 寒地河川チーム
(〒062-8602 札幌市豊平区平岸1条3-1-34)
(〒060-8511 札幌市北区北8条西2丁目札幌第1合同庁舎)

³非会員 国土交通省北海道開発局 帯広開発建設部池田河川事務所 計画課
(元 国土交通省北海道開発局 帯広開発建設部 治水課)
(〒083-0032 北海道中川郡池田町字利別東町)

⁴正会員 株式会社ドーコン 水工事業本部 河川環境部
(〒004-8585 札幌市厚別区厚別中央1条5丁目4-1)

⁵非会員 修(農) 株式会社 北開水工コンサルタント 本社 防災環境部
(〒080-0314 北海道河東郡音更町共栄台西11-1)

The purpose of this paper is to deal with studying on the invasion and conservation management of *Salix arbutifolia* seedling on gravel bed river in the Satsunai River. Firstly, we explored the seedling density by field surveys based on aerial photo over about 23km. Secondly, we conducted the vegetation survey by belt transect method in the same target area. Finally, we analyzed these data using GIS(ArcGIS10.6). As a result, we found willow trees were widely distributed close to waterside in this section. Especially, *S. arbutifolia* seedlings tended to be growing more in waterside than those of many other willow trees. We conclude that conducting the excavation to maintain double-row bars at the time of flash discharge can contribute to the graded age structure of *S. arbutifolia* formation because it can reduce the disturbance impact against seedlings growing along the waterside.

Key Words : *Salix arbutifolia*, riparian vegetation, gravel bed river, riverine ecosystem management

1. はじめに

札内川(一級水系十勝川の一次支川)は、かつて複列流路と広い礫河原を有する河川であったが、2006~2010年の年最大流量の大幅な減少等が影響し、河道内が著しく樹林化した¹⁾²⁾。これにより、流路は固定化し、礫河原の面積は急速に減少した。この状況を踏まえ、札内川では、礫河原の再生を目的として2012年(平成4年)より6月末に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すると共に、既に閉塞した旧流路のうち淵下流の河床勾配が急になる箇所掘削を実践した。また、掘削により、樹木流亡を伴う流路変動の発生を促すことで、旧流路が維持されると共に、礫河原の再生にとっても効率的な方法であることを解析的にも示した³⁾。

以上の対策を整備する過程で、2016年8月に大出水が生じたことで河道が大きく変化した。礫州面積は、樹木の流亡により15%から40%に増え、札内川ダム完成前ま

で回復した(図-1)。また、礫州の増加に伴い、希少性のケショウヤナギ(*Salix arbutifolia*)の生育が複数箇所確認された。北海道開発局帯広開発建設部では、この出水を契機とし、できる限り再樹林化を抑制すると共に、高齢化による世代交代が懸念されていたケショウヤナギに対して、礫河原の更新環境を整える際、実生の保全の観点も考慮し事業を行うことを計画している。ただし、これまで実生が成長していく過程についての知見が少なく⁴⁾、ケショウヤナギの野外における生態的な特性についても未知な部分も多い。栄養繁殖(枝など)による拡大が難しい本種にとって、この過程を明らかにすることは、生態的特性の解明に繋がるものと考えられる。

本報では、今後の礫河原再生事業に向けて、ヤナギ類の実生および河原性植物の生育適地の調査を行い、ケショウヤナギ実生の礫州への侵入条件と実生の保全管理について検討した。

2. 検討方法

(1) 広域データ分析によるヤナギ類実生の生育特性把握

対象地点は、十勝川合流点から 24.8 - 48kp (河床勾配が約 1/110 - 135) とした。ヤナギ類の生育状況を把握するため、本報告では、まず、生育密度別に密 (30 本以上/m²)、並 (10-30 本未満/m²)、疎 (10 本未満/m²) の3段階に分けた。この区分のうち疎については、ヤナギ類の実生の枯死率は 80%以上には達することから^{5,6)}、当年に最大で 9 本の実生が確認された場合に、翌年にも 1 本 (2 本未満) の確認があるものとして設定した。その他については、現場の状況を鑑みて任意に区分した。

次に、航空写真を元に現地踏査 (図-2) によりヤナギ類の実生植生図を作成した。また、2016 年の大規模出水後の 10 月に対象地点の LP データを取得しており、LP データと植生図を GIS (ArcGIS 10.6) に格納し、地形の高さレイヤデータとヤナギ類の密度別のポリゴンデータを作成した。なお、本調査は、2018 年 6 月 14 - 22 日に行った。

データ分析では、平常時の水位と地盤高の差を求め、ヤナギ類実生の生育適地を算出することとした。平常時水位を求めるにあたっては、既往の平水位データおよび低水路付近に設置している簡易水位計の低水位時の水面勾配および低水時の準二次元不等流計算結果をもとに平常時水位面を算出した。

(2) 詳細調査による植物の生育特性の把握

礫州上の植物の生育特性を知るため、区間の上流から下流のうち 28kp, 38kp, 45kp 付近でベルトトランセクト調査を 2018 年 9 月 12, 13 日に 8 測線で実施した。調査では、まず、砂州上に測線を設定し、次に、測線上の任意の箇所で 1m×1m のコドラートを設置した後、VRS-GNSS により座標点 (x,y,z)、全植被率、第 1・第 2 優占種の種名、被度と高さを取得した。また、測線付近にケショウヤナギの実生を発見した場合は、その座標点を取得し、同様な方法でデータ収集に努めた。本調査では、ベルトトランセクト調査地点付近に地下水水位計を 12 箇所設置し、礫州内の地下水水位 (表層) との関係も調査した。

広域データと同様に、全ての調査データを GIS に格納すると共に、地形と地下水水位データとの比高を算出した。地下水水位データの算出にあたり、低水路付近に設置している簡易水位計とトランセクト調査時の水位点データをもとに、水位レイヤ面を作成した。なお、各水位計のデータは、9 月 12 日 12 時の値を用いた。

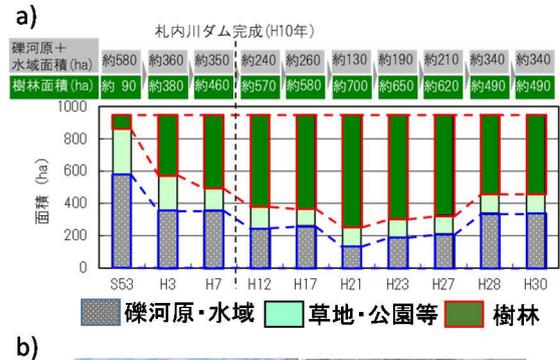


図-1 札内川の地被状態の変化
a) 24-48kp での変化 b) 変化例 (写真)



図-2 現地調査の様子 (ケショウヤナギが帯状に分布)

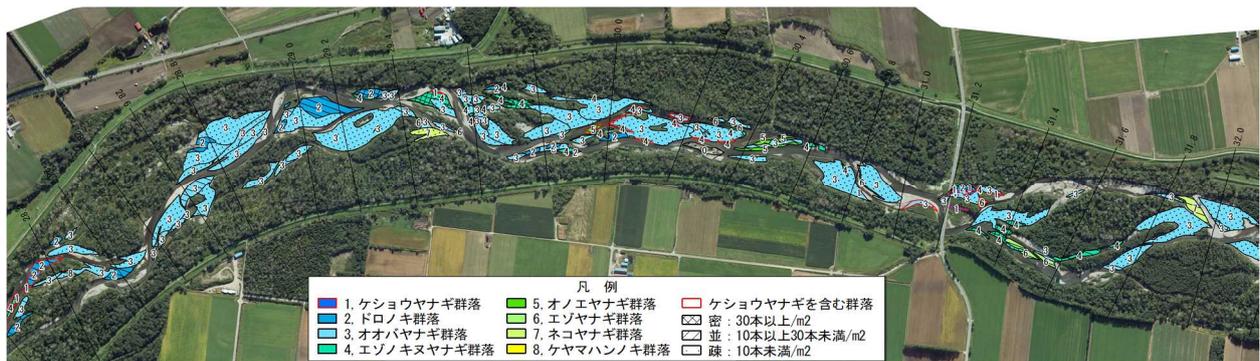


図-3 札内川上流区間のヤナギ類実生分布図 (28-32kp)

以上に掲げた各種データは、各々の植物の生育適地と物理環境との関係性を知るための分析に用いた。

3. データ分析の結果と考察

広域データと詳細調査時のデータ分析では、地盤高および水位面の算出方法が異なっている。詳細調査時に得られた測点を元にし、広域データとの精度誤差を表-1にまとめた。地盤高については、平均で0.03m、標準偏差で-0.13mと両者の誤差は少なかった。一方、水位の差については、平均で-0.26m、標準偏差で-0.27mと広域データで利用した水位の方が詳細調査時で利用した水位よりも低く、両者に差がみられた。以下では、複数のヤナギの生育箇所の違いについて、広域データ、詳細データの比較を通してケショウヤナギの適地の傾向を捉え保全策の考え方について検討を行うものとし、両者間の精度誤差が一定程度生じているものとして捉えられたい。

(1) 広域データから示されるヤナギ類実生の生育適域

図-3にヤナギ類実生分布図を示す(前頁参照)。紙面の都合から28-32kpのみだが、この区間ではオオバヤナギ(*Salix cardiophylla*)の群落が目立ち、疎(10本未満/m²)の要素が多いことが分かる。図-4に比高別に見たヤナギ類の実生生育分布を示す。同図は、調査区間におけるヤナギ類の全体傾向を示しており、多くが比高-1mから3mの区間で分布しており、疎の割合が最も大きかった。ただし、平常時水位からの比高については、比高が小さくなると、密(30本以上/m²)や並(10-30本未満/m²)の占める面積割合が大きくなる傾向にあった。また、面積については、疎と並については、上に凸の正規分布に近い形状で、生育密度別に分布のピークが密で0.4m前後、並で0.7m前後であった。密については、上に凸な形状であるが、0.3m前後で1つのピークがあり、1.4m前後でもう1つのピークをもっており、やや2峰性の分布形状を示していた。

図-5に各ヤナギ類の実生分布図を示す。調査範囲における総面積の多い順に傾向をみるとオオバヤナギは、密で0.5m、並で0.7m、疎で1.1m、エゾヤナギ(*Salix rorida*)が密で0.2m、並・疎で、0.7m、ドロノキ(*Populus maximowiczii*)が密で0.7m、並で1.1m、疎で0.5m、オノエヤナギ(*S. sachalinensis*)が密で0.4m、並で0.6、疎で0.3m、エゾノキヌヤナギ(*S. pe-susu*)が密で0.7m、並で0.3m、疎で0.3、ネコヤナギ(*S. gracilistyla*)が密で0.2m、並で0.1m、疎で0.3m、ケショウヤナギが密で0.2m、並で0.2m、疎で0.7mの順であった。多くの実生は、密ほど比高の小さい箇所ピークを迎え、疎になるほど比高の大きい箇所に

表-1 広域データと詳細調査時の地盤高および水位の差

広域データ(H28)と詳細調査時データ(H30)との差	N(地点)	平均(m)	中央値(m)	標準偏差(m)
地盤高の差	309	0.03	0.02	-0.13
水位の差		-0.26	-0.24	-0.27

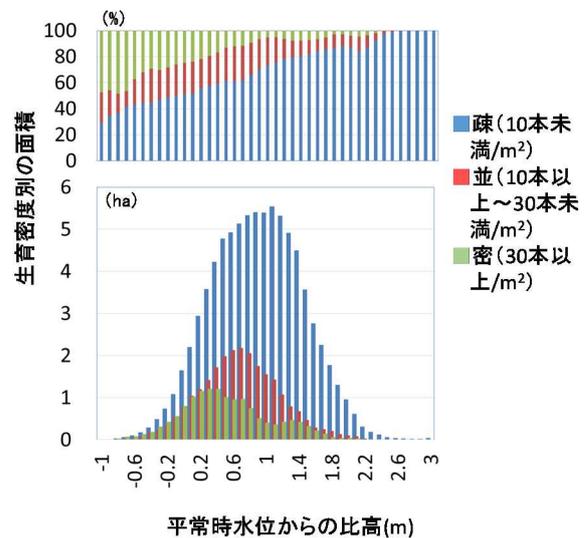


図-4 比高別に見たヤナギ類の実生生育分布 (上: 面積割合 (%), 下: 面積 (ha))

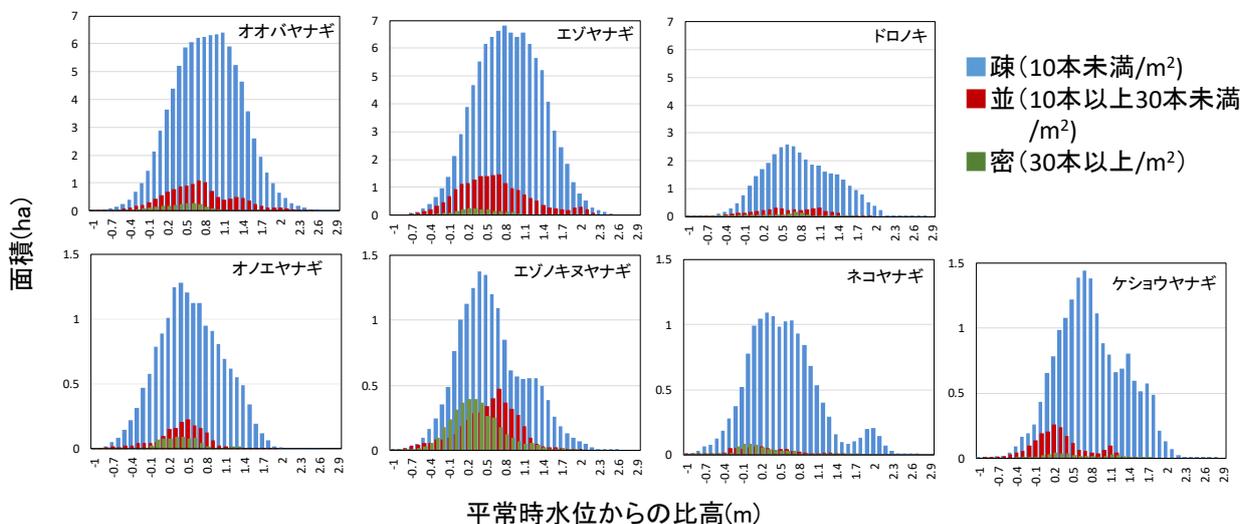


図-5 各ヤナギの実生生育分布 (上段と下段では縦軸の大きさが異なっている点に注意されたい)

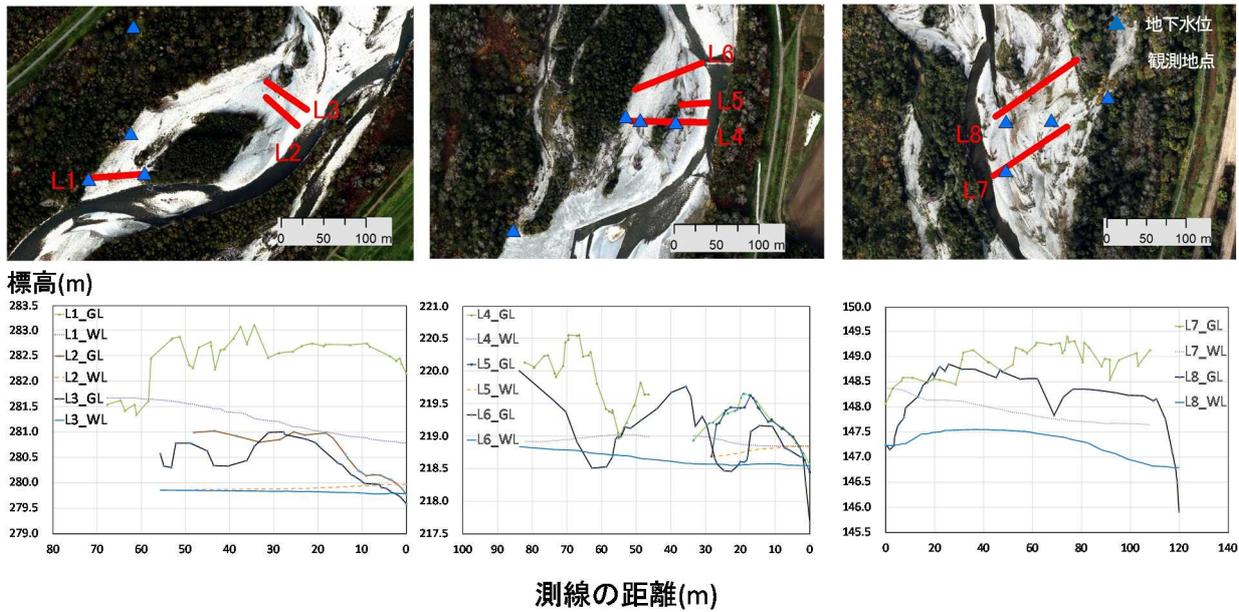


図-6 ベルトトランセクトの測線と地下水位との関係

分布していた。ただし、ドロノキのように、比高が高くなるほど密や並の多くなる種類や、ネコヤナギの疎の要素で見られるように、比高が0.30mで大きなピークを持つと同時に比高が0.19mで小さいがピークをもつ二峰性の分布形状を示している種類もあった。一般的に、ドロノキは水域に近い箇所よりも陸域のようなやや乾燥している箇所が適地で高木林を形成することから、比高が高いところで多くの実生が生育していると考えられる。

また、ネコヤナギは、水域からやや乾燥している領域まで広く分布していること、他のヤナギ類と比較し散布・発芽・成長時期が早いことが知られている⁸⁾。さらに、ネコヤナギに限ったことでないが、ヤナギ類の実生は、砂礫堆における水分条件の差異によって、生育に適した立地と不適な立地が形成されるものと考えられている⁹⁾。河川の場合、水域から2mも地盤高が高い箇所では、やや乾燥した箇所であることが多く、生理的に水分が不足することで生育できない場合が多い。ただし、ネコヤナギにとっては、他種と比べて乾燥に強い箇所での生育も可能であること⁸⁾、また、乾燥に強い競争種が少なく裸地面を散布等が早いと言った生理的特性のため優先的に利用でき、他種との競争の少ない箇所に飛び地のよう分布したものと考えられる。この結果として、二峰性の分布に繋がったのではないかと推察される。

実生の多い並と密の分布の傾向をみると、比高が0.2m前後の水位面に近い箇所ではネコヤナギ、ケショウヤナギが優占し、少し高くなるにつれて、オノエヤナギ、エゾノキヌヤナギ、オオバヤナギ、ドロノキが優占していた。

(2) 詳細調査によるヤナギ類実生の生育適域

図-6に各測線と地下水位との関係を示す。植物と地下水位面からの比高との関係を示す。地下水位面については、L2, L3, L4, L5のように流下方向に対して直角方向の測線では、低水路から高水敷かけて水位面はほぼ水平

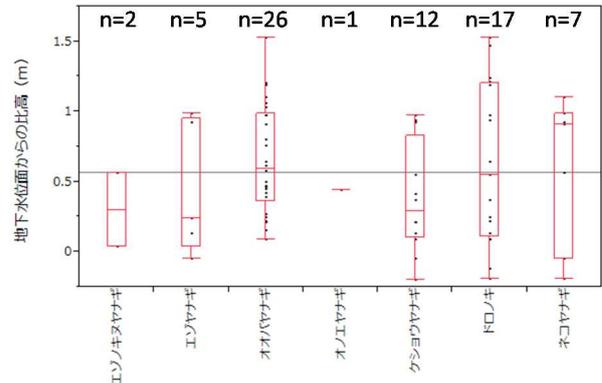


図-7 ヤナギ実生と地下水位面からの比高との関係

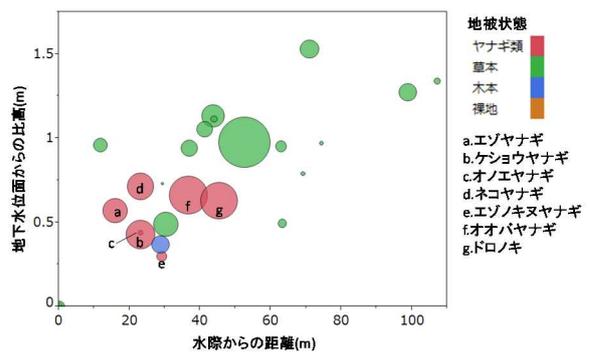


図-8 比高と水際からの距離との関係からみた河原植物の分布傾向

であった。一方で、L1, L7, L8のように、流下方向に対して水平方向を持つ測線では、上流から下流に向けてやや傾きを有していることがわかる。このことから推察するに、同区間の礫州において、河川水位と地下水位の関係は、ほぼ同じ水位にあると考えられる。

図-7に詳細調査(トランセクトデータ)で得られたヤナギ類実生と地下水位面からの比高との関係について示した。図中の箱ひげ図は、両端が90%、10%の分位点を示し、箱内の上、下辺が4分位点、箱内の横線は中央値を示している。これらは分布の偏りを示す指標となる。また、図中に横断する線は、全ての比高データの平均値を示している。

各々のヤナギ類の傾向を確認すると、中央値ではケショウヤナギが0.29m、エゾヤナギが0.24m、エゾノキヤナギが0.30mと全体の平均値よりも低く、ドロノキ、オオバヤナギは、全体の平均値とほぼ同じ約0.6mであった。これらの種は、広域データの優先順と同じであった。

ただし、ネコヤナギについては、分布の中央値が0.9mと広域データの優先順よりも高い位置にあった。広域データからもネコヤナギの分布は、ケショウヤナギ同様にあまり多くないうえ、第2優占種までのデータを取り扱っていることも関係しているものと考えられる。

図-8に水際からの距離と地下水位面からの比高との関係から、詳細調査で実施した植物が平均的にみてもどの位置に生育しているかを示す。同図のX軸、Y軸は、各々の植物が生育している範囲の平均値を示している。例えば、ある植物がX軸、Y軸上に0-50cmで分布していれば、平均値は25cmとなる。また、バブル円の大きさは、各々の植物の被度の合計値が示されている。

これらの分析から、平均してヤナギ類は比高が0~0.7m、水際からの距離が10-50mの箇所に分布していることが分かる。一方で、水際から距離が離れ、比高が大きくなるに連れて、草本が優占していた。つまり、出水から数年以内の同区間の礫州では、水域に近いほど木本が優占し、水域から遠いほど草本が優占し易いと言える。

4. ケショウヤナギの保全管理に向けて

広域データおよび詳細調査のデータ分析から、ケショウヤナギ実生の生育適地は、比高が小さく水際に近い箇所で有利であった。これまでの報告によると、ケショウヤナギの生育適地は、比高が大きく乾燥している箇所に存在するとの例があるが⁹⁾、これらは成長木の調査結果から得られた成果である。一般的に、河川に生育する植物の生活史全体を通してみた場合には、新しくできた裸地に侵入する条件と成長した後に環境条件が異なることが多い。それは、河川に生育する植物の環境が侵食や堆積を繰り返される場であることや、種そのものの生育ステージが進むに連れて、その耐性も変化するためであり、実生の生育適地と成長木の生育適地は異なることがあるためと考えられている¹⁰⁾。したがって、実生の適地を増やしても、それだけではケショウヤナギの段階的な樹齢更新は維持できない可能性が高い。

同種の成長木が比高の小さな箇所に残存しない理由を考えると、比高の小さな箇所では、出水攪乱の影響で

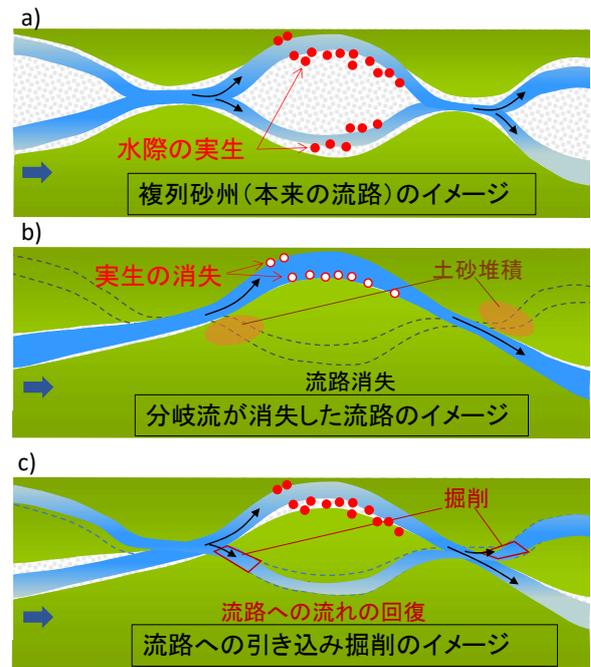


図-9 引き込み掘削を利用したケショウヤナギ実生の保全(イメージ図)

実生個体が流送される可能性が高いためと考えられる¹¹⁾。一方、残存できた理由を考えると、実生の段階では分布密度が小さいものの、比高が高い箇所に存在していたため攪乱の影響を受けなかった個体か、比高が小さくとも偶然に流れなかった個体またはわずかな土砂堆積を伴っても再び成長できた個体と考えられる。いずれにしても、繰り返し出水の影響が及ぶ比高が小さい箇所では、攪乱の影響によって成長木が残存し難いことが推察される¹²⁾。

2016年の出水では、河道が大きく攪乱されて多くの樹木が流亡した一方で、土砂の堆積によって部分的に流路と砂州の比高差が拡大した箇所も見られる。既報³⁾によると、本来の札内川の河道は図-9のイメージ図a)に示す複列砂州の特性を有していたのに対して、近年では、b)に示すように土砂堆積等で一度分岐流が消失すると、固定化した砂州上での樹林化が急速に進行してしまうことが報告されている。このため、b)に示すように分岐流が閉ざされた箇所では、2016年と同様の大規模な出水がなければ、数年間で礫州上に草地、樹林地が回復すると考えられる。このような箇所では、複列砂州を維持することが難しくなり、主流路沿いに流れが集中するため、攪乱に対する耐性の弱い実生や稚樹が流亡され、比高の小さい水際に密に生育するケショウヤナギが流される可能性を高めてしまう。そこで、c)に示すように、フラッシュ放流時には、引き込み掘削により分岐流を維持することで、主流路への流れの集中化を抑止することが考えられる¹³⁾。このような積極的な対策を行うことは、複列砂州の河道を維持するとともに、ケショウヤナギの実生が成長する期間を確保でき、立地ごとに年代の異なる林齢構成が形成し易くなる¹⁴⁾¹⁶⁾ものと考えられる。

5. おわりに

本報では、高齢化による世代交代が懸念されている札内川のケシヨウヤナギに関して、2016年の出水を契機として、礫州へ侵入したケシヨウヤナギ実生の生育適地と実生の保全管理について検討した。具体的には、航空写真を元に約23kmの区間における実生の分布踏査にLPデータを重ね合わせた広域データの分析と同区間中の礫州を対象にしたベルトトランセクト等による植物の生育特性調査を行った。広域データの特性と詳細調査の分析から、以下のことが結論付けられた。

1. 広域データと詳細調査のデータ分析の結果から、いずれも水域に近いほどヤナギ類実生が多く分布していることが明らかとなった。一方、礫州で行ったトランセクトデータの分析から、水位面からの比高が高くなると草本が多くなる傾向が確認された。
2. ケシヨウヤナギの実生は、他のヤナギ類（例えば、ドロノキやオオバヤナギなど）と比較しても水際域に多く分布し易いことが明らかとなった。
3. フラッシュ放流時に、引き込み掘削により分岐流を維持することで、主流路への流れの集中化を抑止でき、現況のケシヨウヤナギの実生保全に配慮できる可能性を示した。また、これらの方策を行うことで、段階的な樹齢構成の形成に貢献できるものと考えられる。

謝辞：札内川の礫河原再生は、「札内川技術検討会」の委員をはじめ多くの方々からの助言や協力を得て取り組みが進められている。ここに感謝の意を記す。

参考文献

- 1) 高橋輝好, 法村賢一, 武田淳史: 札内川における礫河原再生の取り組みについて, 第56回北海道開発局技術研究発表会, https://thesis.ceri.go.jp/db/documents/public_detail/60091, 2015.
- 2) 北海道開発局帯広開発建設部: 札内川技術検討会資料, <https://www.hkd.mlit.go.jp/ob/tisui/tisuijigyou/satsunaigawatorikumi/kentoukai.html>
- 3) 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, Vol. 21, pp. 217-222, 2015.
- 4) 横山雄一, 島野光司: 梓川流域におけるケシヨウ箇所の生育立地と群落動態, 植生学会誌, Vol. 31(2), pp. 119-128, 2014.
- 5) J. R. McBride, J. Strahan: Establishment and Survival of Woody Riparian Species on Gravel Bars of an Intermittent Stream, The American Midland Naturalist, Vol. 112(2), pp. 235-245,

1984.

- 6) C. F. Sacchi, P. W. Price: The Relative Roles of Abiotic and Biotic Factors in Seedling Demography of Arroyo Willow (*Salix lasiolepis*: Salicaceae), American Journal of Botany, Vol. 79(4), pp. 395-405, 1992.
- 7) 石川慎吾: 北海道地方の河辺に発達するヤナギ林について, 高知大学学術研究報告 自然科学, Vol. 29, pp. 73-78, 1980.
- 8) 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, pp. 19-44, 2001.
- 9) 中井亜理沙, 木佐貫博光: 宮川中流域の砂礫堆におけるネコヤナギの分布と水際からの比高との関係, 第114回日本林学会大会, pp. 324, 2003.
- 10) 石川慎吾: 河川の植物の特性, 奥田重俊, 佐々木寧編, 河川環境と水辺植物. -植生の保全と管理, ソフトサイエンス社, pp. 22-40, 1996.
- 11) 斎藤新一郎, 天羽淳, 村椿俊幸, 住友慶三: 洪水後の礫川原における細葉ヤナギ類の流木繁殖と実生繁殖の初期成長量の違い, 第67回北方森林学会大会, Vol. 67, pp. 57-60, 2019.
- 12) 新山馨: ヤナギ科植物の生活史特性と河川環境, 日本生態学会誌, Vol. 45(3), pp. 301-306, 1995.
- 13) 住友慶三, 渡邊康玄, 泉典洋, 山口里実, 横濱秀明: 河道攪乱のためのフラッシュ放流による旧流路の維持に関する研究, 土木学会論文集B1(水工学), Vol. 72(4), pp. I_751-I_756, 2016.
- 14) 館脇操, 内田丈夫, 石川俊夫, 鈴木兵二, 楠宏, 勝井義雄, 高橋啓二: 带状区調査「石狩川源流原生林総合調査報告」(石狩川源流原生林総合調査団編), pp. 31-154, 1955.
- 15) 岡村俊邦, 中村太士: 自然河川の流路変動と河川環境に関する砂防学的研究, 水利科学, Vol. 32(6), pp. 32-53, 1989.
- 16) F. Nakamura, N. Shin, S. Inahara: Shifting mosaic in maintaining diversity of floodplain tree species in the northern temperate zone of Japan, Forest Ecology and Management, Vol. 241(1), pp. 28-38, 2007.

(2019.4.2 受付)