

河畔植生の維持管理を考慮した河道断面設定に関する研究

とりまとめ担当 北海道開発局 建設部 河川計画課
河川工事課
河川管理課
各開発建設部 (札幌を除く)

はじめに

積雪寒冷地である北海道の河川では、融雪出水後の土砂堆積による裸地の形成時期とヤナギ類の種子散布時期とが合致することなどから河畔にはヤナギ林が多く分布している。河岸延長に対する河畔のヤナギ林の延長比率は、関東、四国、九州などの寡雪地帯では約1割であるのに対し、北海道のそれは約7割となっている¹⁾。こうした河畔林は、河川の景観を特徴づけているとともに、生態系の構成要素として重要な役割を担っている一方で、洪水時には水位の上昇や流木の発生原因となることが懸念されている。

今後、多くの河川で河道掘削などが計画されているが、河川管理を適切に進めていくためには、多様性のある水際の保全と形成に努めながら、流下能力の向上を図るための河道掘削や樹木管理を行っていく必要がある。そのため、本研究では、河畔林の創出が可能な河道断面の設定や維持管理の省力化を念頭においた樹木管理手法について研究を行うものである。

1. 研究の全体計画

本研究では、樹林化の抑制に着目した河道断面設定、樹木管理方法に関する技術的な手法などについて調査検討を行い、それらの成果を最終的にガイドラインとしてまとめる計画としている。

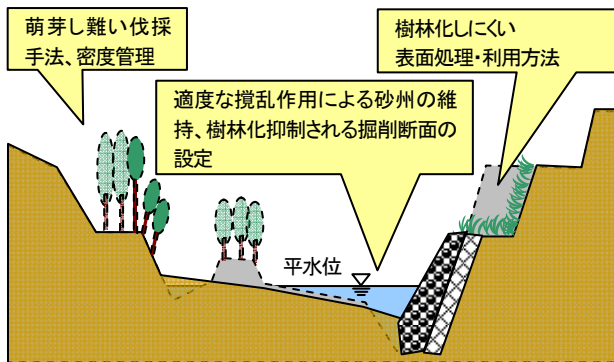


図1 河畔植生の維持管理を考慮した河道断面設定のイメージ

1年目の本研究では、全道の河川において河道の改変及び樹林伐開後の植生変化に着目した現地調査結果などをもとに、既往文献や研究の検証を行いながらガイドラインの骨子を作成する。また、2年目は、ガイドラインの充実を図るために必要となる調査、検討を引き続き実施するとともに、学識者等の助言を受けながらガイドラインのとりまとめを行うものである。

2. 樹林化抑制に着目した河道断面

本章では、はじめにセグメント別の樹林化の特徴を概観し、次に樹林化を抑制する河道断面の設定の際に留意すべき事項について考察した。また、掘削跡地でのヤナギ類の定着抑制に関する現地試験の取り組みについて報告する。

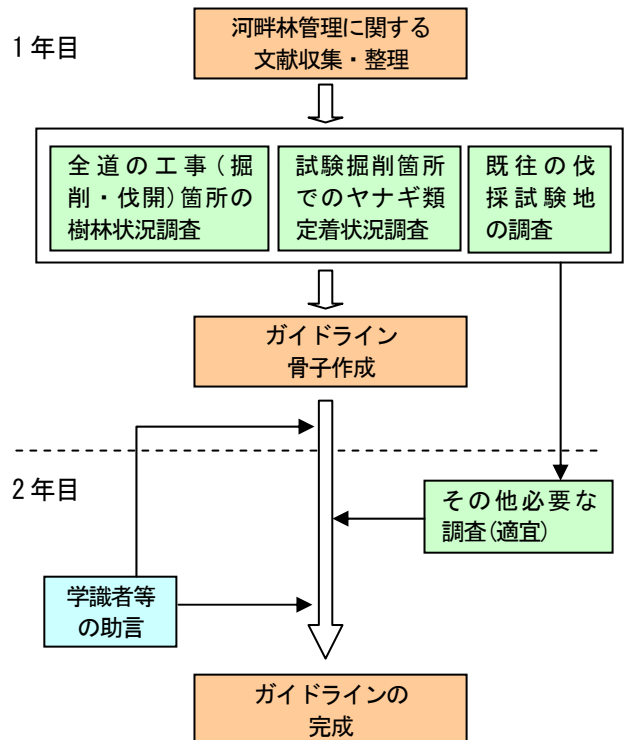


図2 ガイドライン作成の流れ

2-1 セグメント毎の樹林化の特徴

河床勾配、河床材料などから区分されるセグメント(表1)は、河道特性を区分する基本的な単位であると同時に、河川の生態系を空間的に区分する単位でもある。(表2)上流から下流にかけてセグメントが変化し、それに対応するように各種の群落形成されている。一般的な道内河川のヤナギ類の河畔林は、上流域ではオオバヤナギ、ドロヤナギ、中流域にエゾノキヌヤナギ、オノエヤナギ、下流域でタチヤナギが優占するように、縦断的に優占種が変化している²⁾。

また、低地帯の有堤区間の河川地形は、おおよそ低水路と高水敷に大別されるが、低水路内の土砂の堆積地や高水敷の水際部は、水分の補給が容易でヤナギ類の種子が定着しやすく河畔林が繁茂しやすいことから、これらを上手くコントロールすることが河川管理の上で重要となる。

一般に、低水路内の攪乱作用は、上流から下流に向かうほど小さくなる。(写真1)セグメント1では、流水の攪乱作用による樹林化抑制が期待できるが、セグメント2では流水の攪乱作用が減少するため、後述のような冠水によるヤナギ類の種子定着抑制が必要となる。セグメント3では、比較的に河畔林は少ないが、樹木抑制の必要がある場合にはセグメント2と同様の対策が必要となる。高水敷では、洪水時の水深が浅いうえ冠水頻度が低いことから、低水路内のような流水の攪乱作用は期待できない。そのため、セグメント1、2の高水敷では樹林化することが多い。セグメント3では高水敷上で降雨が滞水しやすきことなどから草本群落が発達³⁾することが多い。高水敷では、冠水頻度が低いことから、低水路内のような流水の攪乱作用の影響は及び難い。セグメント1、2では樹林化傾向となるが、セグメント3では湿地状態となることが影響するなど草本群落が発達³⁾することが多い。



写真1 石狩川各セグメントの様子

表1 各セグメントとその特徴⁴⁾

	セグメントM	セグメント1	セグメント2		セグメント3
			2-1	2-2	
地形区分	←山間地→	←扇状地→	←谷底平野→		←デルタ→
河床材料の代表粒径 d_{60}	さまざま	2cm以上	3cm~1cm	1cm~0.3mm	0.3mm以下
河岸構成物質	河床河岸に岩が出ていることが多い。	表層に砂、シルトが乗ることがあるが薄く、河床材料と同一物質が占める。	下層は河床材料と同一、細砂、シルト、粘土の混合物。		シルト、粘土
勾配の目安	さまざま	1/60~1/400	1/400~1/5000	1/5000~水平	

表2 各セグメントの低水路内、高水敷の樹林化特性

セグメント	低水路内	高(中)水敷
1	砂州・河原(裸地)	樹林化傾向
2	砂州の樹林化	樹林化傾向
3	水面	樹林化抑制傾向 (草本植生の繁茂)

キーワード：河道断面設定、樹木管理、ガイドライン

2-2 樹林化抑制を考慮した掘削方法の検討

(1) 低水路内

1) セグメント1

最近では、攪乱作用の指標となる無次元掃流力 τ^* と植生の流出の関係について着目されており、例えば、多摩川と千曲川での草本植生と τ^* の関係からは、植生流出の抵抗力が弱いタイプ(オオアレチノギク、カワラヨモギ、ヨモギなど)の場合は、 τ^* が 0.06~0.09 で流出、抵抗力が強いタイプ(オギ、ススキ、ツルヨシ、クサヨシなど)の場合は、 τ^* が 0.08~0.14 で流出、吉野川では砂州に拡大している外来草本種シナダレスズメガヤの場合は、 τ^* が 0.13 以上必要と報告されている^{5),6)}。また、忠別川の砂州におけるヤナギ林の分布頻度は、平均年最大流量時の τ^* が 0.07 より大きい箇所では極端に低いことが旭川開発建設部の調査で明らかになっている⁷⁾。このように、掘削時の検討では τ^* が植生のコントロールのための重要な指標となる。

このため、流水の攪乱作用が大きいセグメント 1 においては、所定の τ^* が確保できるよう、川幅、水深を考慮した河道断面設定が重要となる。

また、豊平川でのヤナギの稚樹密度と立地環境(冠水頻度、比高、 τ^* 、粒径)との関係からは、稚樹密度は種子散布時期(融雪期)と成長期の冠水頻度との関係が強く、ヤナギ類の種子散布時期に掘削面が冠水し種子定着を抑制すること⁸⁾が考えられ、掘削面の高さについては融雪期の水位が重要な指標となる。

なお、上記の吉野川におけるシナダレスズメガヤの検討では、ヤナギ群落内に分布している場合、林の地表面付近の τ^* に及ぼす樹木群の影響を考慮することが難しいことも指摘されており⁶⁾、今後 τ^* と植生の流出に関する知見の蓄積が必要となる。

2) セグメント2

低水路拡幅後には土砂の流送力が小さくなり、河道内に土砂を堆積しやすくなるため、川幅が元の低水路幅へと戻ろうとする。これは摩擦速度 u_* の 2 乗と河床材料との関係であらわされ、この関係を大きく崩すように拡幅すると、川幅は元に戻るか、 u_* が減少した場合には河床材料が細粒化する(図 3)⁹⁾¹⁰⁾。このセグメントでは低水路拡幅が検討されることが多く、その際には u_* 、河床材料を考慮した断面設定を行うことが河道安定のために重要となる。

このようなことを踏まえ、セグメント2においては、河道形状が維持されるよう適切な u_* が確保されることが重要であり、掘削高は図4のType I、あるいはType II のように、平水位などの低い高さとするなど、セグメント1と同様に融雪期に掘削面を冠水させること⁸⁾が考えられる。また、土砂堆積を抑制し掘削面の高さを維持するには、適切な u_* が確保されているかをチェックする必要がある。ただし、掘削後の植生の応答に関する知見は少ないのが現状であり、掘削後の地形や

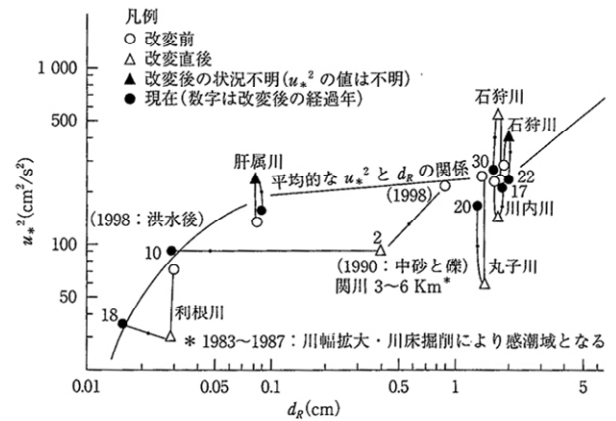


図3 人工的河道改変後の河道の応答

植生の応答を把握しながら順応的管理を行っていく必要があると考えられる。

3) セグメント3

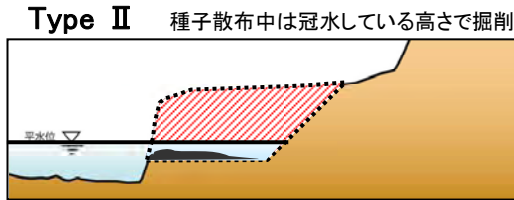
セグメント 3 では低水路内に砂州が発生しておらず河岸以外にほとんど樹木は存在していない(写真 1)。しかし、新たに河岸の掘削を計画している箇所については、前記のセグメント 2 と同様に、ヤナギ類の種子定着抑制を考慮した掘削高や、掘削面の高さを維持するための適切な u_* が確保されているかのチェックが必要となる。

(2) 高水敷

人為的に形成された裸地、冠水による土砂堆積や侵食により形成された裸地は、先駆種であるヤナギ類の好適な定着地となる。したがって、高水敷掘削では、裸地の発生を抑えるため、融雪時に冠水しない高さとするのがヤナギ類の定着抑制になると考えられる(図 4Type IV)。また、草本植生による裸地の減少、定着実生の被圧による抑制を期待し、草本類の種子が含まれている掘削前の表土を掘削後に敷き均すなど、早期の草本植生の再生のための表面処理などが有効と考えられる(図 4Type III)。



Type I 砂州の維持によるヤナギ類の定着抑制
 適度な攪乱作用により、砂州が維持され、種子の定着を抑制



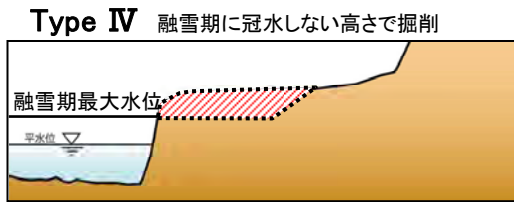
Type II 種子散布中は冠水している高さで掘削

ヤナギ類の種子定着の回避。ただし、土砂堆積による河床の上昇分を考慮



Type III 草本植生によるヤナギ類の定着抑制

ヨシ等の草本植生再生により、ヤナギ類の定着抑制



Type IV 融雪期に冠水しない高さで掘削

融雪出水後の裸地形成の回避

図4 ヤナギ類の定着抑制を考慮した河道断面

2-3 掘削跡地でのヤナギ類定着抑制に関する検討

河道掘削後には、ヤナギ類による樹林化が想定され、それによる流下阻害が懸念される。後志利別川では、掘削後におけるヤナギ類の定着化による流下阻害の防止を目的に、阻害の影響が少ない草本植生の早期再生を検討している。ここでは、「草本類の早期再生を目指した箇所における3年後の植生状況」「冠水頻度の違いによるヤナギ類の侵入と表土復元の有無を考慮した試験掘削」の取り組みを報告する。

(1) 草本類の早期再生を目指した試験地における3年後の植生状況

実施箇所は後志利別川下流右岸のKP2.8~KP6.4の区間で、高水敷にヨシ類などの草本類が優占しており、河岸部にはヤナギ類が繁茂していた。この区間では現地状況から中水敷掘削を実施するにあたり、草本植生の早期再生とヤナギ類の定着抑制を目的とし、掘削面

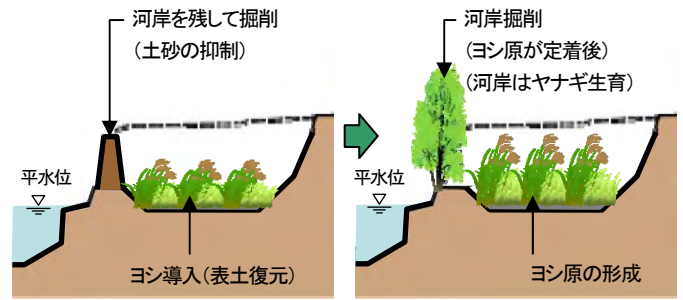


図5 掘削形状と表土復元 (KP2.8~6.4)

施工前の植生はオオイタドリ、ヤナギ林。
 掘削は2006年8~11月に実施。

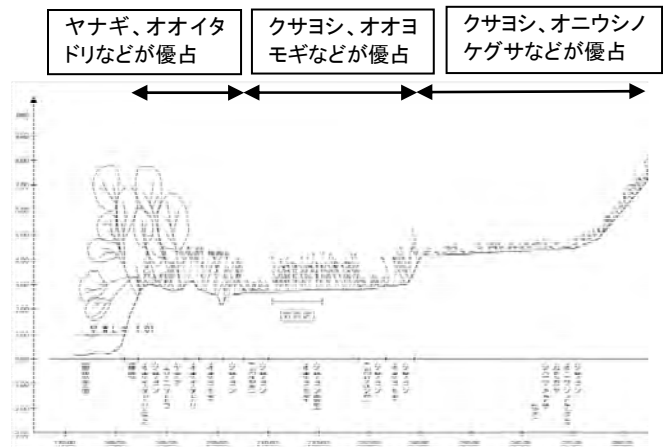


図6 掘削3年後の植生断面 (KP4.6 右岸)

に現地の表土を戻し、早期の植生回復を図る取り組みを行った。また、掘削断面形状は、河岸部の魚類の生息環境の保全と多様な水辺空間の創出に配慮し、河岸部のヤナギ類を一部残し掘削高を平水位程度に設定して必要な断面分を掘削する形状とした。(図5)。

3年後の植生断面から、試験箇所での植生回復は顕著であり、クサヨシ、オオヨモギなどが優占しており(図6)、現状の表土を復元したことによる効果があったと考えられるほか、施工時期がヤナギ類の種子散布時期(5~6月)を避けたこともヤナギ類の定着を抑制できた一因とも考えられる。また、河岸部を残した断面形状のため、冠水しづらい状況であり堆積土砂の影響も少なかったことも要因と考えられる。

現地は、草本類が優先していた表土を戻すことにより掘削前とほぼ変わらない状態に植生が回復したが、表土を戻す際は、回復を期待する植生により、掘削前後の地下水位の状況や土質成分の把握が必要になることも考えられる。今後は、ヤナギ林の定着抑制状況の確認を行うとともに、河岸部の既存のヤナギ林について、将来における流下阻害の可能性を検討し、必要に応じて樹木管理を実施していく予定である。

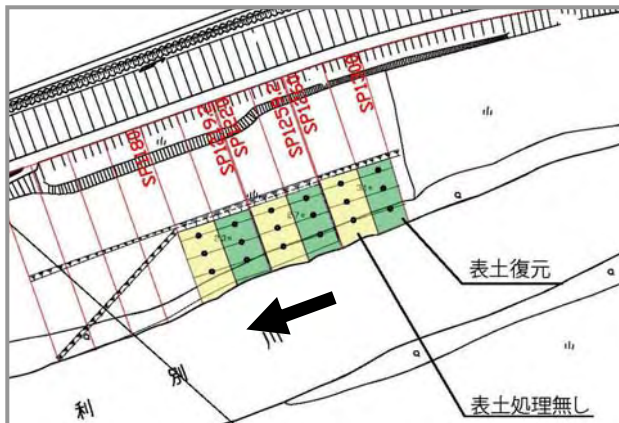


図7 冠水頻度、表土復元の有無を設定した掘削試験 (KP5. 2~5. 4)

(2) 冠水頻度の違いによるヤナギ類の侵入と表土復元の有無を考慮した試験掘削

草本植生の早期再生とヤナギ類の定着抑制を目的に、掘削高をヤナギ類の種子散布時期となる5~6月の冠水頻度が100、50、10%となるよう(1998-2007年の10ヵ年平均)3段階に設定して冠水頻度、表土復元の有無を組み合わせさせた試験施工を2008年12月に実施した(図7)。モニタリングは、横断測量のほか、施工後の冠水頻度、植生状況、ヤナギ類の進入状況、土質試験について実施している。

冠水頻度の高さに応じて土砂の堆積、ヤナギ類の進入傾向がみられるが、土質成分とヤナギ類の定着の関係性は明確ではない。この調査結果で特筆すべきは、表土復元処理を実施した区画には冠水頻度に関わらず、ヤナギ類が侵入していないことである。

草本植生の導入(表土復元)は、ヤナギ類の定着に対し抑制効果を示しているものと推察する(図7)。ヤナギ類の定着と草本植生・冠水頻度の関係性については、今後もモニタリング調査を継続し、特に冠水頻度との関係性について検討を進めたい。

3. 効果的な樹木管理を行うための伐採方法

治水条件によっては樹木伐採が必要な箇所もある。近年では、効果的な伐採手法を把握するために様々な試験が実施されている。ここでは、伐採後の萌芽再生の抑制及び、ヤナギ林の密度低下などの樹林構造に着目した試みについて紹介する。

3-1 伐採方法と萌芽再生の抑制

ヤナギ類の萌芽再生は旺盛であることから、それらを抑制する効果的な伐採手法が必要となり、図8のような伐採部位を変えた比較¹³⁾¹⁴⁾、樹皮剥皮¹⁵⁾、あるいは皆伐、間伐処理の比較¹⁶⁾などが行われている。このような試験から、萌芽本数、体積の抑制には、単幹状の場合は根元で伐採し、二股状などでは根元で幹を残して伐採することが効果的なことが報告されている¹³⁾。また、樹皮の内側に分布する休眠芽を取り除く樹皮剥皮が、萌芽抑制に有効なことも報告されている¹⁵⁾。他方、間伐などにより光環境が改善されると草本類が優占する、そしてそれらがヤナギ類の萌芽枝との競争関係により、萌芽枝の枯死、成長抑制へとつながることが報告されている¹⁶⁾。

ただし、上記のような伐採と萌芽再生に関する報告の多くは、伐採後1、2年のものが多い状況である。萌芽本数と伸長量には負の相関があるとの報告もあり¹⁷⁾、初期に萌芽本数を抑制できた箇所は樹林構造としてどのように変化するかという経年変化の蓄積が望まれる。

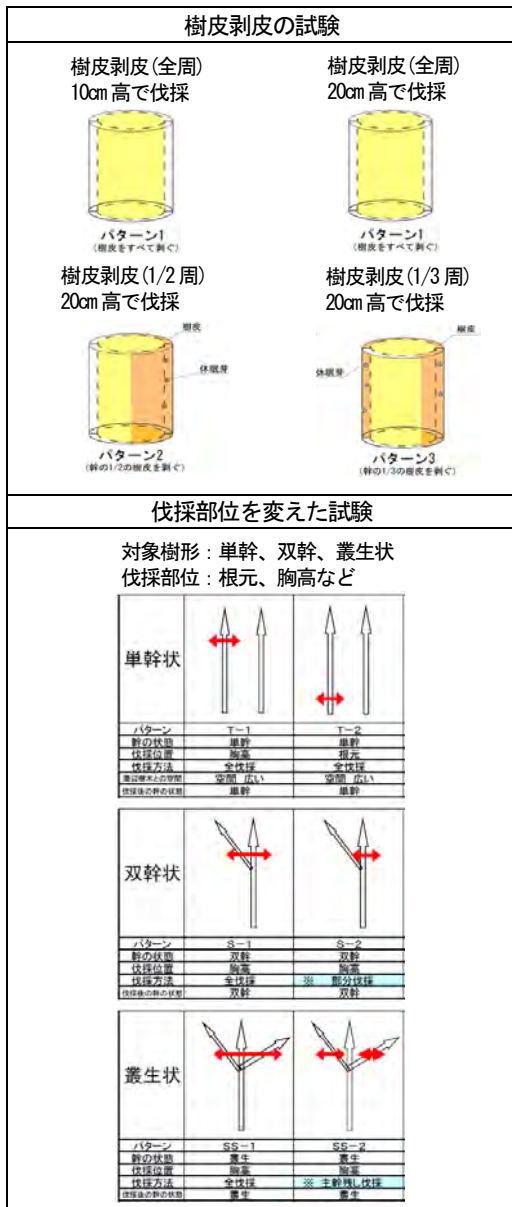


図8 樹皮剥皮¹⁵⁾や伐採部位を変えた¹⁸⁾試験

3-2 伐採試験 12年後の河畔林の構造

(1) 試験概要

河畔林の構造は洪水時の疎通能力を検討する上で重要な要素となる。しかしながら、伐採後の密度、蓄積、枝下高などの河畔林の構造に着目した報告は少ない状況である。その様ななか平成9年度指定課題では、尻別川、留萌川、常呂川、沙流川、夕張川において、1997年に皆伐区(根元から10cmの高さで伐採)、下枝払い区(尻別川では計画高水位の約6mまでを枝打ち)、50%伐採区(本数比率で50%残す)、75%伐採区(本数比率で25%残す)の試験区からなる方形調査区が設定された(図9)¹⁹⁾。今回は、その内の尻別川における12年後の河畔林の構造をについて、今後の樹林管理の基礎資料とすることを目的に調査を実施した。なお、河岸の土砂堆

キーワード：河道断面設定、樹木管理、ガイドライン



図9 方形調査区の位置(KP20 付近)

伐採前のヤナギ林は、エゾノキヌヤナギが優占する樹齢8~12年、樹高8~10mの一斉林。1つの試験区のサイズは10m×20m。

積地に位置する方形調査区の冠水日数は5.5日/年(1997-2008年平均)である。

(2) 12年後の樹林構造

伐採前のヤナギ林は、エゾノキヌヤナギが優占する樹齢8~12年、樹高8~10mの一斉林であった。

伐採12年後の河畔林の構造は、全体的に、伐採前と12年後の状況から、時間経過とともに、樹幹密度(単位面積あたりの幹の密度)が低下、蓄積(胸高断面積合計BA)が増加、樹高、DBH(胸高直径)は増加していた(図10)。

12年後の樹幹密度は、皆伐区が最も低く、それ以外の試験区では自然淘汰による密度低下の影響が大きいと思われる、顕著な違いはみられなかった(図10)。

BAでは、樹幹密度と同様、皆伐区が最も低く、それ以外の試験区では太さ方向の成長といった経年的な影響が大きいと思われる、顕著な違いはみられなかった(図10B)。

樹高、DBHは、個体数の少ない皆伐区でバラツキは小さいが、それ以外の試験区ではバラツキが大きく、顕著な違いはみられない状況であった(図10C, D)。平均値でみると、75%伐採区で若干小さい傾向であった。

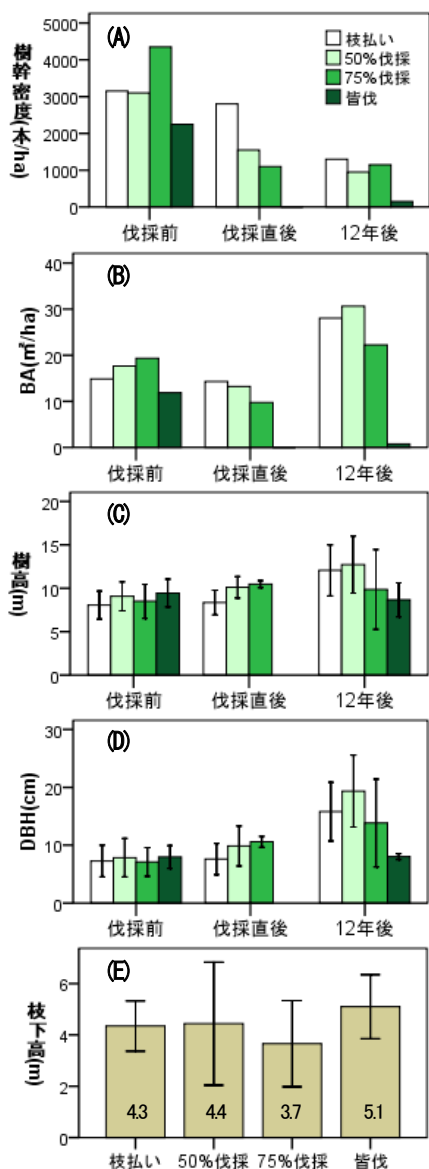


図 10 伐採前後の (A) 樹幹密度、(B) BA、(C) 樹高、(D) DBH 及び、(E) 12 年後の枝下高。枝下高の調査は、伐採前、伐採直後(翌年)には実施されていない。データは生存個体に対するものである。エラーバーは標準偏差、棒グラフの数値は平均値を示す。

枝下高は、伐採時のデータがなく初期状態は不明であるが、12 年後には皆伐区で平均値 5.1m、下枝払い区 4.3m、50%伐採区 4.4m、75%伐採区 3.7m となっており、下枝払い区で高い枝下高を維持している様子はみられなかった(図 10E)。

なお、50%伐採区、75%伐採区の樹高、DBH の平均値が伐採直後に若干増加傾向にあるのは、伐採時に DBH3cm 以下の個体を全て伐採した影響によると考えられる。

(3) 今後の予定

今後、平成 9 年度指定課題で同様な試験が行われている留萌川、常呂川、沙流川、夕張川で調査を実施し、

キーワード：河道断面設定、樹木管理、ガイドライン

表3 調査地

担当開発建設部	地点数
石狩川	40
函館	10
小樽	3
旭川	71
室蘭	16
釧路	11
帯広	31
網走	47
留萌	18
稚内	3

冠水頻度の違いによる河畔林の構造の変化などを把握する。

4. 全道の工事箇所の樹林化状況調査

前記のように、河道断面、樹木管理の検討には、工事後の地形、植生の応答に関する基礎的情報が必要となるが、現状ではそれらは把握されていない。また、様々な試験施工を実施し、おおよその基礎的情報が揃うまで、樹木管理、河道断面設定を待つことはできないため、全道河川において、過去に行った掘削、伐開箇所を抽出し、その後の樹林化状況の調査を実施し(表 3)、樹木の進入状況、それらの生育状況を把握することは、樹林化抑制、樹木成長特性など、有益な情報が得られると考えている。今後、本調査結果などから 2 章で述べた河道特性毎の樹林化抑制手法の検証を行う。

4-1 調査方法

調査は各開発建設部で実施している。現地では、周辺状況(植生状況、地形)を考慮し、その地点を代表する範囲で方形区(10m×10m)を設定した。調査項目は、代表的な進入樹種、本数、樹高、DBH、樹齡、冠水頻度、冠水時期などである。

4-2 評価方法

得られたデータは、まず、樹木密度、樹木生育特性に対し、冠水頻度、工事後の経過年数、セグメントなどを用いた線形モデルから影響の大きな要因をスクリーニングする。そして、抽出された影響の大きな要因を軸に、樹林化抑制に関する考察を行う予定である。

5. ガイドラインの骨子(案)

我々が実際に河道掘削や樹木管理を行っていく上では、現場の治水条件や環境条件を把握するための事前の調査、その現場に合った河道断面設定や伐採範囲・区間を設定する計画、現地状況に対応した工事の実施、

表4 ガイドラインの骨子(案)

	調 査	計 画	工 事	維持管理
低水路 掘削断面設定	治水面の条件設定 ・ 流下能力 ・ 管理（構造物） 環境面の条件設定 ・ 連続性 ・ 生物利用 ・ 瀬淵の保全 ・ 樹種の保全 ・ 水辺の多様性	・ 低水路掘削断面設定 ・ 環境改変を考慮した掘削・伐採 ・ 掘削後の断面維持	・ 施工時の配慮事項	・ モニタリング（洗掘・水位低下・砂州の土砂堆積・樹林化状況） ・ 順応的管理
高水敷 掘削高設定	同上加え ・ 地下水位 ・ 土質	・ 高水敷掘削高設定（冠水頻度） ・ 環境改変を考慮した掘削・伐採 ・ 掘削後の断面維持	・ 施工時の配慮事項	・ モニタリング（樹林化状況） ・ 順応的管理
樹木管理	同上	・ 将来的な樹木許容、抑制範囲の設定 ・ 環境改変を考慮した伐採 ・ 土地活用（採草地、雪堆積場）	・ 施工時の配慮事項	・ モニタリング（樹林化状況） ・ 順応的管理

を行っていく予定である。

施工後の状況を把握するモニタリングなどの維持管理、といった一連の作業がある。これら各段階における課題として、環境面の機能を保持し、かつ施工時の樹林化抑制を考慮した掘削断面・掘削高をどのように設定するのか、施工時の配慮事項の整理、また、樹木伐採後数年で元の状態に戻ってしまうため萌芽などを抑制する効果的な伐採手法、どの程度まで繁茂した状態で次の伐採を行うかといったタイミングの問題、施工後のモニタリング手法の問題が上げられる。

よって、これらの課題に対しガイドライン骨子(案)では、調査、計画、工事、維持管理の各段階における、低水路の掘削断面設定、高水敷の掘削高の設定、樹木管理を行う際の判断基準や考え方、手法などについて技術的な部分を整理する。

本年の研究では、一案として河道特性から樹木抑制手法の検討を進めているが、前述の樹林化状況の調査に加え、今後各種文献を整理していく中で、北海道に当てはまる手法や数式などの検証を行い、河道特性以外の視点からも検討を進めガイドラインに反映させることを考えている。

おわりに

今年度は、文献や既往の研究成果をもとにガイドラインの骨子の作成を行った。また、過去に河道掘削あるいは樹木伐採を行った箇所での樹木の追跡調査を開始した。これら追跡調査の結果および分析結果については次回の報告としたい。次年度は、現地調査を含め多角的な視点でさらに分析を行い、ガイドラインの作成

参考文献

- 1) 傳甫潤也・堀岡和晃・米元光明・伊藤昌弘 (2008) 人為改変後の低地の河畔におけるヤナギ林の地域分布. 応用生態工学会誌 11: 13-27.
- 2) 新山 肇 (1995) ヤナギ科植物の生活史特性と河川環境. 日本生態学会誌 45: 301-306.
- 3) 宇多高明・藤田光一・佐々木克也・服部 敦・平館治 (1994) 河道特性による植物群落の分類, 利根川と鬼怒川を事例として. 土木技術資料 36: 56-61.
- 4) 山本晃一 (1994) 沖積河川学, 堆積環境の視点から. 山海堂, 東京.
- 5) 末次忠司・藤田光一・服部 敦・瀬崎智之・伊藤政彦・榎本真二 (2004) 礫床河川に繁茂する植生の洪水攪乱に対する応答, 遷移および群落拡大の特性, 多摩川と千曲川の礫河原を対象として. 国土技術政策総合研究所資料 161: 1-148.
- 6) 福岡泰斗・鎌田磨人 (2005) 洪水によるシナダレスズメガヤの除去効果及びそれに対するヤナギ群落の阻害効果. 応用生態工学会第9回研究発表会講演集: 187-190.
- 7) 旭川開発建設部 (2009) 平成20年度石狩川上流河川環境動態予測管理手法検討業務報告書.
- 8) 伊木千絵美・矢部浩規・中津川誠 (2005) 河川の水理条件による河道内樹木の稚樹定着抑制. 河川技術論文集 11: 505-510.
- 9) 山本晃一 (2005) 生態系基盤としての河川地形に及ぼす自然的攪乱・人為的インパクトとその応答.

キーワード：河道断面設定、樹木管理、ガイドライン

- 「自然的攪乱・人為的インパクトと生態系」(小倉紀雄・山本晃一 編), pp. 77-152. 技報堂出版, 東京.
- 10) 末次忠司 (2004) 河川の減災マニュアル, 現場で役立つ実践的減災読本. 山海堂, 東京.
- 11) 長坂 有 (1996) 河畔に生えるヤナギ類. 光珠内季報 **101**: 12-17.
- 12) 新山 馨 (2002) 河畔林. 「水辺林の生態学」(崎尾均・山本福壽 編), pp. 61-93, 東京大学出版会, 東京.
- 13) 畠 秀樹・渡邊康玄・野上 毅 (2001) 河道内樹木の伐採管理. 土木学会第 56 回年次学術講演会: 574-575.
- 14) 坂井一浩・渡邊康玄・吉井厚志 (2000) 伐採による河畔林の樹形特性. 水工学論文集 **44**: 1221-1226.
- 15) 伊木千絵美・斉藤敦子・矢部浩規・中津川 誠 (2004) ヤナギ類の樹皮剥皮による萌芽抑制実験. 応用生態工学会第 8 回研究発表会講演集: 37-40.
- 16) 大谷英樹 (2000) 河道内樹木の適正管理に関する現地試験について. 土木学会年次学術講演会講演概要集第 2 部 **55**: 278-279.
- 17) 真鍋 徹・山本進一・千葉喬三 (1991) 伐採当年のヒサカキ (*Eurya japonica*) の萌芽再生. 日本緑化工学会誌 **16**: 1-9.
- 18) 畠 秀樹・渡邊康玄・野上 毅・坂井一浩・吉井厚志 (2007) 河畔林の管理伐採後の形状変化に関する報告. 河川技術論文集 **7**: 387-392.
- 19) 北海道開発局 (1998) 河道内植生の計画と適正管理に関する研究. 第 41 回北海道開発技術研究発表会概要集: 指-02.