

## 寒冷地域における河畔林管理に関する研究

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 22～平 25

担当チーム：水環境保全チーム

研究担当者：矢部 浩規、渡邊 和好、横山 洋、  
林田 寿文、丸山 政浩、佐藤 圭、佐藤 好茂

## 【要旨】

寒冷地河川の河道内河畔林はヤナギ類が卓越しており、主に融雪出水が定期的に河道内の攪乱を引き起こし、裸地となった砂州等にヤナギ類種子が根付くと考えられている。また、融雪出水がヤナギ種子を輸送するなどにより生息域拡大の一助を担っていると考えられているが、これら事象の実証はされていなかった。本研究ではヤナギ類の種子散布及び出水による輸送、そして出水による河道内攪乱について研究を行い、寒冷地河川におけるヤナギ類の生息域拡大要因を明らかにした。

キーワード：融雪出水、ヤナギ類、種子散布、河道内植生、寒冷地河川

## 1. はじめに

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・九州などの積雪が少なく融雪出水が発生しない地域では約 1 割であるのに対し、北海道では約 7 割となっている<sup>1)</sup>。これは、融雪出水が発生する地域において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ほぼ一致することなどに起因すると言われている<sup>2)</sup>。そのため、河道の流下断面の拡大を目的とした河道掘削時に、掘削断面や掘削時期などをヤナギ類が発芽・定着しづらいような設定にすることは、北海道内河川における河川管理上、非常に重要である。

ヤナギ類の種子は軽量<sup>3)</sup>で小型の風散布種子を多産<sup>2)</sup>するとともに、種子は水面に浮き流水散布されることにより好適な環境への機会を増加させていることが知られている<sup>4)</sup>。融雪出水時の水位変動が大きい地域の河川でヤナギの生育量が多い<sup>1)</sup>ことや融雪出水後の水位の痕跡線に沿ってヤナギが発芽している状況を考えると、河道内の中州や高水敷などで発芽・定着するヤナギ類については、流水散布による種子量が大きい影響を及ぼすと想定される。しかし、北海道内で流水由来のヤナギ類の種子散布を調べた既往研究はほとんどない<sup>8)</sup>。河道掘削時期を決定するためにしばしば用いられる既往研究としては、長坂<sup>5)</sup>の 1993 年美唄での調査や Niiyama<sup>6)</sup>の 1980~82 年空知川の一部で 6 種類のヤナギを調査したものなどがあるが、いずれも陸上でトラップを設置した結果であることや一部の地域でのみしか調査が行われておらず、流水由来によるヤナギ類種子の河川からの流下に関するデータは把握されていない。そのた

め、各現地でより適切な掘削断面・時期の設定を行うためには、より多くの河川で新たに流水散布しているヤナギ類の種子を時系列的に調査したデータが必要である。

一方、寒冷地では柳の単純林や外来種が優占した河川が多く見られ、多様な樹木にそれぞれ依存する生物にとっても少なからず影響を与えている。また、河畔林は河川環境(景観を含む)を形成する主要な要素であるが、治水上は障害となるものであり、環境と治水といった社会的ニーズのバランスも考慮する必要がある。

本課題はタネの散布時期や新たな生育場造成のきっかけとなる融雪出水の特性も考慮して、寒冷地河川において河道周辺も含めた河畔林の生態学的特性を明らかにし、河畔林管理手法の開発に資するものである。

## 2. ヤナギ種子の河川流下状況調査

## (1) 調査地と調査時期

調査は北海道内の豊平川、忠別川、天塩川、十勝川の 4 河川で実施した。調査地点は、豊平川は藻岩橋、南大橋、北 13 条大橋の 3 地点、忠別川は東橋、東神楽橋、忠別橋の 2 地点、天塩川は中士別橋、曙橋、美深橋の 3 地点、十勝川は新清橋、祥栄橋、千代田新水路連絡橋の 3 地点であり、各河川とも上流域・中流域・下流域からそれぞれ調査地点を選定した。調査時期は、2010 年の 1 回目: 4 月 26~28 日, 2 回目: 5 月 10~11 日, 3 回目: 5 月 24~28 日, 4 回目: 6 月 7~8 日, 5 回目: 6 月 21~22 日, 6 回目: 7 月 5~6 日で実施した。

また、豊平川では、翌年（2011年）の5月26日、6月1日、9日、16日、21日、30日、7月7日、13日、21日、28日の計10回、前年と同じ3地点で調査を実施した。播き出し試験についてはヤナギ類の種類を同定するため10月14日まで実施した。

## (2) 流下種子調査

河川内の流下種子を採取するため、ノルパックネットまたはドリフトネットを1調査地点につき4箇所、直線上に設置した(図-1)。ネットの間隔は、川幅内で均等に配置した。ノルパックネット(丸型、口径45cm、目合0.33mm)は、水深が深い場合に用い、橋の上から垂下させて設置した。ドリフトネット(四角型、口径25cm×25cm、目合0.35mm)は水深が浅い場合に用い、河床に固定して設置した。採取箇所は、調査地周辺で比較的流程が速い横断上に選定した。ネット中央に設置した濾水計による濾水量の計測と、採取時間の記録を行った。調査は、可能な限り風の弱い日を選定した。種子の採取は流下してくる植物体や様々な有機物のネットへの蓄積具合に応じて、5~10分間行った。4箇所のネットでは採取できた種子は1つにまとめ、採取数の測定を行い、1調査地点のデータとした。種子数は、濾水量から単位流量当りの種子数に換算した。

種子の供給源となる高水敷のヤナギ類の生態状況を把握するため、調査地の橋梁周辺に生育しているヤナギ類の開花・結実・種子散布の状況を目視により記録した。

## (3) 播き出し試験

採取した種子は、採取当日に速やかに播種した。採取日及び調査地点別に播種床へ播き出しして、ヤナギ類の形態から可能な限り種類の同定を実施した。播種床にはプラスチック製の植木鉢を用い、底層に鹿沼土を厚さ10cm程度、播種基盤に市販の川砂を厚さ3cm程度敷き詰め、表層に種子を播種した(図-2)。土壌の表面が乾燥した際、適宜水やりを行った。本試験は、ヤナギの種類が同定可能な10月14日まで実施した。

## (4) 種子散布状況調査

各調査地点周辺のヤナギ類河畔林から母樹を選定し、流下種子採取と同時に目視確認を行い、種子散布開始時期と種子散布期間の特定を行った

## (5) ヤナギ類河畔林優占種調査（2011年）

各ヤナギ類河畔林の優占度を把握するため、河川環境情報図(平成22年3月作成)を参考に、豊平川の下流調査地点(KP11.3)から河川環境情報図上流端(KP21.8)の区間(10.5km)を踏査した。踏査は流下種子採取と同時期に行い、河川環境情報図を用いて各ヤナギ類河畔林の面積を求積した。2種類以上のヤナギ類がほぼ同じ優占度の場合は、それぞれを優占種とした。



図-1 ネット設置状況（ドリフトネットの設置）



図-2 播種床の設置状況

## (6) 調査結果

### ①ヤナギ類種子採取結果

本調査の対象とした北海道内4河川の上流・中流・下流で採取された種子数を合計した結果を図-3に示す。全ての河川で、6月上旬に初めて種子が採取された。6月下旬では、豊平川以外の河川ではほとんど種子が採取されず、特に十勝川ではまったく確認されなかった。7月上旬では、豊平川でほとんど種子の採取が確認されない一方、十勝川で種子採取が最も多くなった。忠別川の種子採取量は、採取できた3回の調査時期とも非常に少ない結果となった。種子数のピークとして、豊平川は6月上旬、忠別川はなし、天塩川は6月上旬と7月上旬、十勝川

は7月上旬であった。なお、同時期の同一河川の調査において、上流・中流・下流の調査地点間で種子の採取数に差が見られたが、上流から下流に向かい採取種子量が多くなるような傾向は認められなかった。

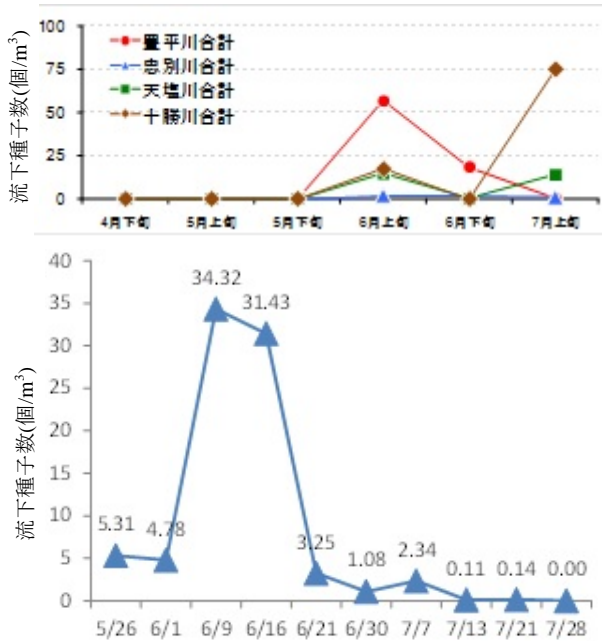


図-3 採取した種子数の変化  
(単位濾過量(1m³)あたり)  
(上段 2010 年、下段 2011 年)

表-1 調査地周辺のヤナギ類の開花・結実・種子散布状況

河川名	4月下旬	5月上旬	5月下旬
豊平川	ヤナギ開花 (種不明)	エゾヤナギ、キヌヤナギ開花中 ヤナギ展葉	
忠別川	ヤナギ開花 (種不明)	エゾヤナギ、キヌヤナギ開花中 ヤナギ展葉	ドロノキ、バッコヤナギ開花 エゾヤナギ、キヌヤナギ結実(散布前)
天塩川	ヤナギ開花 (種不明)	キヌヤナギ開花中 ヤナギ展葉	イヌコリヤナギ結実(散布前)
十勝川	ヤナギ開花 (種不明)	キヌヤナギ開花中 ヤナギ展葉	キヌヤナギ結実(散布前)
河川名	6月上旬	6月下旬	7月上旬
豊平川	エゾヤナギ、キヌヤナギ 散布中	セイヨウハコヤナギ 散布中	
忠別川	ネコヤナギ、エゾヤナギ、キヌヤナギ、 エゾノカワヤナギ、オノエヤナギ 散布中	エゾヤナギ、キヌヤナギ、エゾノカワヤナギ、 オノエヤナギ散布中 (散布量わずか)	ドロノキ、バッコヤナギ 散布中
天塩川	ドロノキ、バッコヤナギ開花中 キヌヤナギ、オノエヤナギ、イヌコリヤ ナギ散布中	キヌヤナギ、エゾノカワヤナギ 散布中(散布量わずか)	ドロノキ (散布量わずか)
十勝川	ネコヤナギ、キヌヤナギ、オノエヤナギ 散布中	散布量わずか(種不明) タチヤナギ結実(散布前)	ドロノキ、タチヤナギ 散布中

着色したセルは種子散布を行っている事を示す。

調査地の橋梁周辺に生育しているヤナギ類の開花・結実・種子散布状況の結果を表-1に示す。この結果、4河川ともに、ネコヤナギ、イヌコリヤナギ、キヌヤナギ、エゾノカワヤナギ、エゾヤナギ、オノエヤナギのいずれかは、6月上旬から下旬にかけて種子を散布しており、ドロノキ、バッコヤナギ、タ

チヤナギは7月上旬以降に種子を散布していた。また、セイヨウハコヤナギはドロノキやタチヤナギよりもやや早く、6月下旬に種子を散布していた。ただし、このデータは、調査地の橋周辺に生育しているヤナギについてのみ記録しているため、その他の種も調査河川には生育している可能性がある。

②播き出し試験結果

5月26日から6月30日までに採取したものは発芽が確認(表-2)されたが、7月7日以降に採取した種子からは発芽が確認されなかった。同定が出来たのはエゾヤナギ(図-4)・エゾノカワヤナギ・オノエヤナギの3種類で、生残数の27%だった。

表-2 播き出し試験結果

採取日	発芽数	生残数	種別個体数			
			エゾヤナギ	エゾノカワヤナギ	オノエヤナギ	種不明
5/26	65	30	30	—	—	—
6/1	70	50	2	13	26	9
6/9	186	169	—	11	—	158
6/16	233	182	—	31	3	148
6/21	3	0	—	—	—	—
6/30	2	1	—	—	—	1
7/7	0	0	—	—	—	—
7/13	0	0	—	—	—	—
7/21	0	0	—	—	—	—
7/28	0	0	—	—	—	—
合計	559	432	32	55	29	316



図-4 播き出し試験の生残体(エゾヤナギ)

③種子散布状況調査

各調査地点周辺で種子散布が確認された種類は全部で12種類だった。エゾヤナギが1番早く、5月26日にはすでに種子散布が始まり、次にキヌヤナギ・エゾノカワヤナギ・オノエヤナギの3種類が6月1日に種子散布が確認された。一番遅かったのはオオバヤナギで、7月21日から7月28日まで種子散布が確認された。種子散布期間はおおむね2~3週間であった。種類が多かったのは、6月9日と6月16日

で8種類だった(表-3)。

樹種名	5/26	6/1	6/9	6/16	6/21	6/30	7/7	7/13	7/21	7/28
エゾヤナギ	○	○	○							
キヌヤナギ		○	○	○						
エゾノカワヤナギ		○	○	○						
オノエヤナギ		○	○	○						
イヌコリヤナギ			○	○						
シダレヤナギ			○	○	○					
シロヤナギ			○	○	○					
タチヤナギ			○	○	○					
ウンリウヤナギ				○	○					
セイヨウハコヤナギ						○				
ドロノキ						○	○			
オオバヤナギ									○	○
合計	1	4	8	8	4	2	1	0	1	1

表-3 種子散布状況調査結果

④ヤナギ類河畔林優占種調査

優占種の割合が1番大きかったのは、エゾノカワヤナギとオノエヤナギの2種類が優占する箇所(24.8%)で、続いてオノエヤナギ(21.3%)、エゾヤナギとオノエヤナギ(16.6%)、エゾノカワヤナギ(12.4%)だった(図-5)。種類別に見ると、オノエヤナギが45.3%と1番大きく、続いてエゾノカワヤナギ(29.1%)、エゾヤナギ(15.6%)で、この3種類を合計するとヤナギ類全体の90%だった(図-6)。

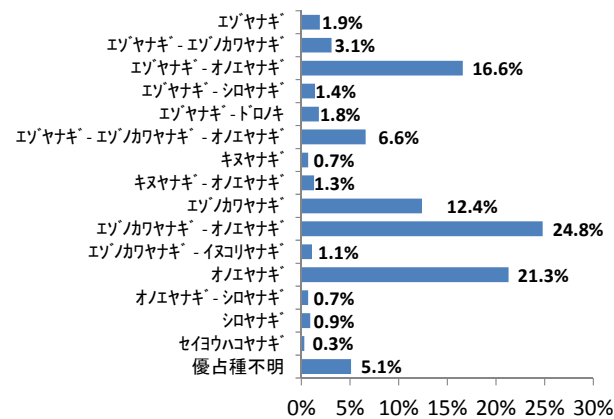


図-5 ヤナギ類河畔林優占種調査結果 (優占種別)

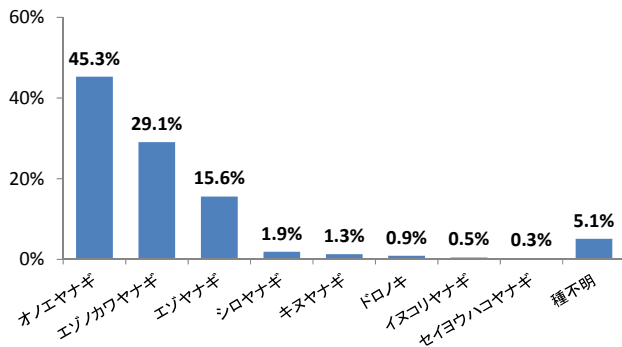


図-6 ヤナギ類河畔林優占種調査結果 (種類別)

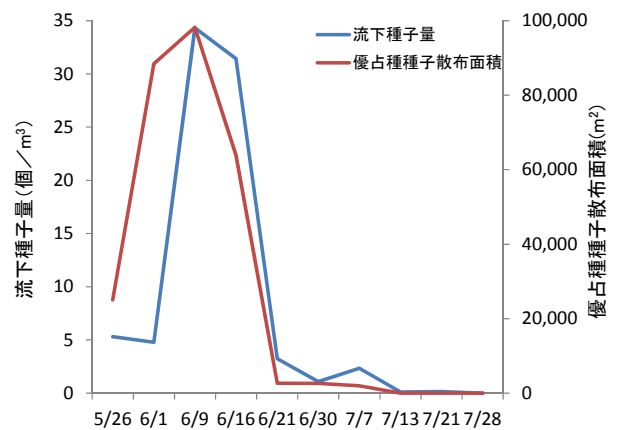


図-7 流下種子量と優占種種子散布面積

(7)考察

①周辺情報と採取種子

新山が空知川で行った研究<sup>2)</sup>では、5℃以上の日平均気温を積算した値が約150℃に達すると種子散布が始まり、300℃に達すると種子散布のピークになると示されている。この知見は今回調査した河川にも適応するか、気温データ(図-8、図-9)と採捕種子(図-3)の比較を行った。気象庁HP<sup>15)</sup>より、2010年度の日平均気温が5℃以上となるのは、豊平川では4月上旬、忠別川・天塩川・十勝川では5月上旬であった。各河川の日平均気温の積算値が300℃に達する時期は図-9から、豊平川では5月中旬、忠別川では5月下旬、天塩川・十勝川では6月上旬という順番であった。この結果と実際に種子を採取したデータ(図-3)を比較すると、豊平川は、6月上旬が採取ピークであり、3週間程度の違いがあった。忠別川は、明確な採取ピークがないものの6月上旬から種子が採取し始められていることから、1週間程度の違いがあった。天塩川は、6月上旬と7月上旬に2回の採取ピークがあり、時期が一致するものと、1カ月遅れるものがあった。十勝川は、7月上旬に採取ピークであり、1か月の違いがあった。今回の結果は、新山<sup>2)</sup>が述べた日平均気温の積算値が300℃で種子散布のピークになるという結果とは異なっていた。本研究で対象とした4河川と新山の研究<sup>2)</sup>の対象となった空知川における調査結果の違いについては、近年の気象変動によるものか、地理的な違いによるものかは明らかではないが、風散布(1次散布)と流水散布(2次散布)の時期に時差が生じている可能性もある。

そこで、風速が種子散布へ与える影響を把握する



ため、図-10 の各河川の日平均風速の結果と図-3 の採取種子量の関係を比較した。日平均風速は豊平川、忠別川の大きいグループと、天塩川、十勝川の小さいグループに分けることが出来た(図-10)。しかし、風速が大きければ、流水で運ばれる種子量が多いということはなかった。例えば、忠別川は他河川と比べ、日平均風速は大きかったが採取種子は少ないという結果であった。風速と流下種子量の関係は種子を散布する母樹の位置や本数と風向に關係する可能性があると考えられる。いずれにしても今回の調査ではこの因果關係は、見出すことが出来なかった。ヤナギ類の種子は融雪出水直後に散布されると、新山<sup>17)</sup>は述べている。そこで、河川水位(図-11)と採取したヤナギ類種子量(図-3)の關係の比較を行った。豊平川では、6月上旬と6月下旬に種子が採取出来、ピークは6月下旬であった。水位ピークは5月上旬であるため、水位ピークの1カ月後から2週間以上にわたり、種子の流下があったことが推察された。忠別川では、調査期間を通じて、ほとんど種子が採取出来なかった。かろうじて種子採取ができた6月上旬では水位が上昇中、6月下旬では水位ピーク付近、7月上旬では水位下降中であつた。忠別川では、水位と種子採取量の關係がないことが推察された。忠別川の融雪出水水位は、他河川と比較して水位変動が小さいことから、種子採取量も少ないと推測されるが、その因果關係の把握については今後の課題である。天塩川では、6月上旬と7月上旬の2時期で採取ピークがあつた。種子を採取できた6月上旬の水位は、融雪出水期にあたるかどうかの判断は難しく、7月上旬の水位については6月23日の降雨で水位上昇が起こり、その後に水位低下した時期にあたる。そのため、天塩川では融雪出水から水位が低下した後にも種子が流下している可能性がある。十勝川では、種子が採取出来た6月上旬、7月上旬ともに融雪出水の水位低下期にあたる。十勝川では、種子の採取ピークが2回起こっていたが、水位の状況は、いずれも融雪出水の水位低下時であつた。このことより、河川水位と流下種子の關係は、①流下する種子数の変動は融雪出水の低下時だけとは限らない、②水位変動と種子の流水散布の量には明瞭な關係がない、③融雪出水後期でも種子の流下が見られない時期・河川がある、ということが推察された。長坂<sup>9)</sup>は、ヤナギ類の多くの種が種子散布を2週間程度行くと示した。それゆえ、融雪出水とヤナギ種子散布による定着のベストタイミングは、条件とし

て非常に狭い期間である可能性がある。仮に一致した年は、その後の天候や定着先の土壌<sup>5)</sup>などの好条件が揃いさえすれば一斉林が形成されると推測できる。

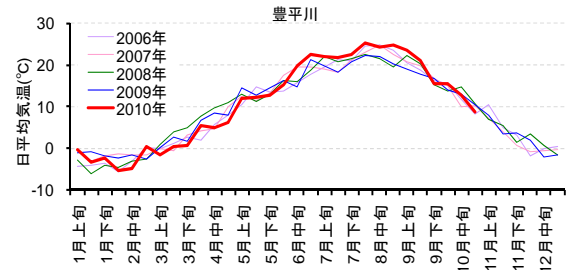


図-8 日平均気温の一例(豊平川, 2006年~2010)

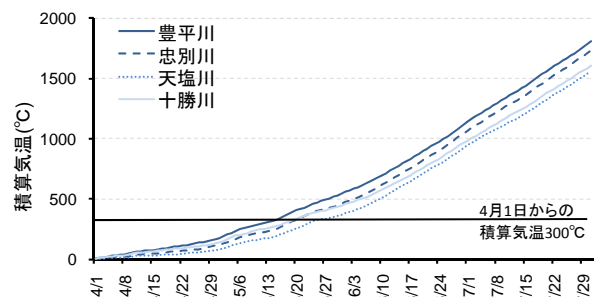


図-9 各河川における4月からの積算気温

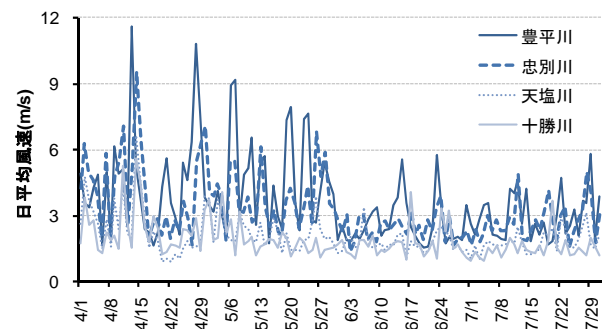


図-10 各河川の日平均風速の推移

## ②採取された種子の同定について

従来、ヤナギ類の同定は葉や樹皮で行われるため、今回、採取したヤナギ類の流下種子は種の同定が困難であつた。そのため、採取流下種子と現地に生育する母樹からの採取種子を比較することで、種の同定を試みた。

その結果を基に、各河川で流下する種子の時期的な変化の推定を行った。

### a) 採取した際の流下種子の状況

採取した流下種子は、大部分が発芽しており様々な発達段階のものが確認された(図-12)。これはヤナギ類の種子は寿命が短く<sup>24)</sup>、湿った地面に着底するとすぐに発芽する<sup>25)</sup>ことから、水面に着水した時点(もしくはそれ以前)で発芽することを示唆している。

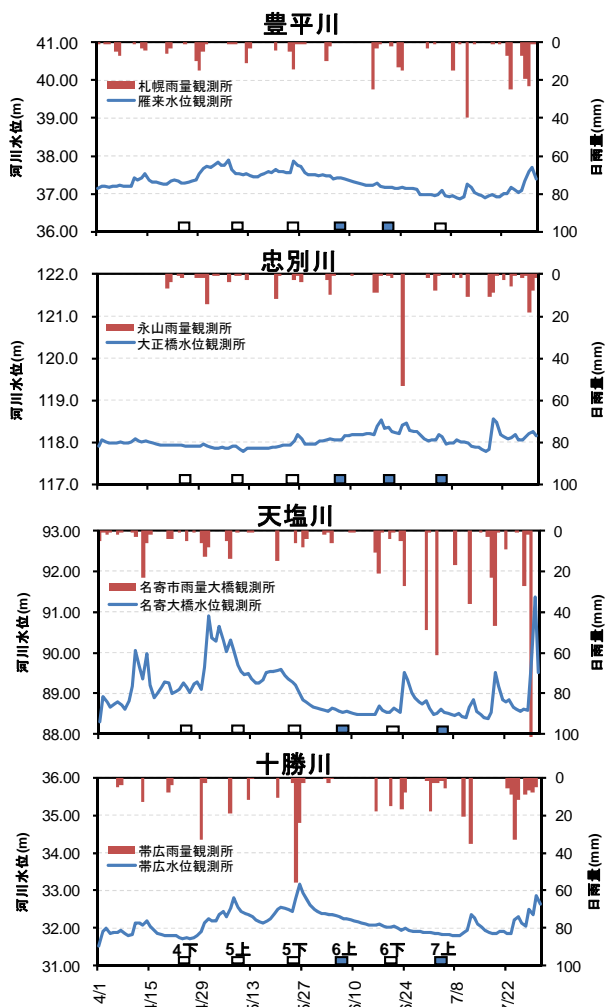


図-11 各河川の4月-7月の河川水位  
 図中のバーは調査期間を示す。着色したバーはヤナギ類の種子を採取出来た調査期間を示す。

そのため、河道内で採取した種子は、単純に大きさを比較して種を識別することは困難であると考えられた。しかし、発芽の初期段階の種子を比較してみたところ、同じ種であれば、胚軸の長さには差はあるものの、子葉の大きさにはほとんど差がなかった(図-12 右下拡大図)。これは、発芽初期の段階では子葉はあまり生長せず、胚軸のみが伸長するというものである。そのため、同定を行った母樹と流下種子の子葉長を比較する事で、種の同定を行うこととした。

b) 母樹から採取した種子の子葉長について

現地の母樹から採取した種はドロノキ、セイヨウハコヤナギ(ポプラ)、イヌコリヤナギ、キヌヤナギ、エゾノカワヤナギ、オノエヤナギ、タチヤナギの7種である(図-9)。各種の子葉長の測定結果を図-13に

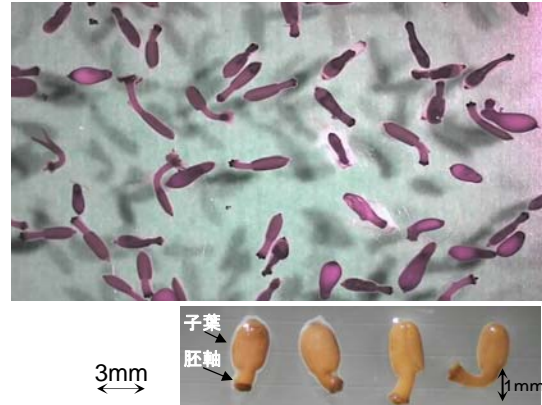
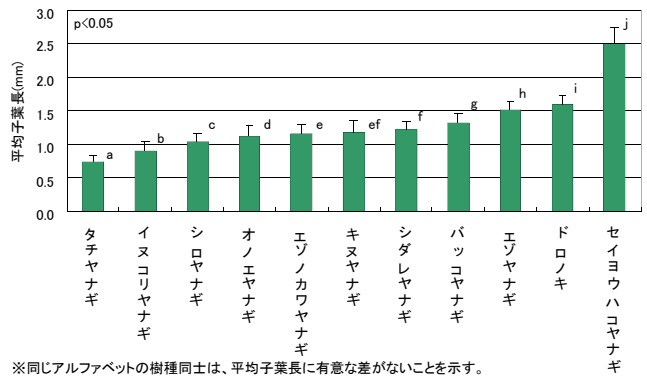


図-12 採取流下種子の状況  
 (十勝川上流・7月5日採取)  
 右下の写真は胚軸と子葉の拡大



※同種アルファベットの樹種同士は、平均子葉長に有意な差がないことを示す。

図-13 ヤナギ類各種類の平均子葉長

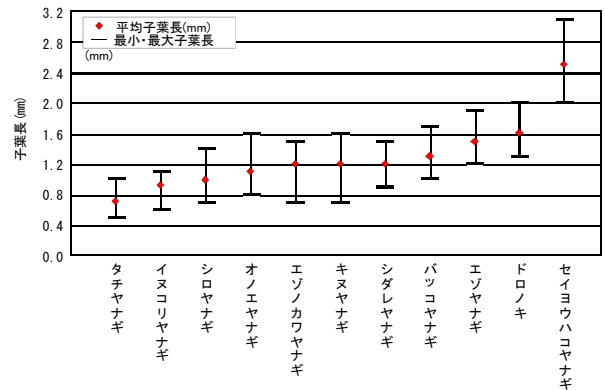


図-14 ヤナギ類各種類の子葉長

示す。ヤナギ類各種の平均子葉長については、Bartlett 検定により等分散ではないことが確認されたため、Kruskal-Wallis 検定を用いて比較したところ、有意差がみられた。そこで、Steel-Dwass の多重比較を用いて、各種間の平均子葉長を比較した。その結果、小型のタチヤナギとイヌコリヤナギの2種 (a 群)、やや小型のオノエヤナギとエゾノカワヤナギ、キヌヤナギの3種 (b 群)、やや大型のドロノキ (c 群)、大型のセイヨウハコヤナギ (d 群) の4群に分

類できることが示唆された。しかし、各種の最小子葉長と最大子葉長を比較したところ、a 群と b 群の子葉長は重複していた(図-14)。そのため、この2 群に属する 5 種のヤナギ類を子葉長から識別する事は困難であったため、a 群、b 群は1 つにまとめて評価を行った。

c) 流下種子の子葉長と調査時期の関係

各河川で採取した、流下種子の子葉長を測定した結果を図-15 上図に示す。豊平川では、6 月上旬、6 月下旬ともに 0.8 mm ~ 1.5 mm 程度の小型種子が多くなった。そして、6 月下旬には少数ながら 2.0 mm 以上の大型種子も確認された。忠別川では、6 月上旬に 1.0 mm ~ 1.5 mm 程度の小型種子が多い傾向にあったが、6 月下旬と7 月上旬には、1.5 mm 以上の大型種子が大半を占める結果となった。天塩川では、6 月上旬は 0.8 mm ~ 1.5 mm 程度の小型種子が多かったが、1.5 mm 以上の大型種子も確認された。6 月下旬には、ほとんど種子が確認されなくなったが、7 月上旬には、1.8 mm 前後を中心に 1.4 mm 以上の大型の種子が大半を占める結果となった。十勝川では、6 月上旬は 0.8 mm ~ 1.5 mm 程度の小型の種子が多い傾向にあった、6 月下旬には、ほとんど種子が確認されず、7 月上旬には 1.8 mm 前後を中心に 1.3 mm 以上の大型種子が大半を占める結果となった。各河川での調査時期により、種子の大きさが異なることが推察された。また、6 月下旬の豊平川のように、採取された流下種子の子葉長分布に不連続性があることから、種子散布時期と流下時期にはズレがあることが示唆された。

d) 母樹からの種子散布時期と種子流下時期の関係

調査地周辺に生育するヤナギ類の開花・結実・種子散布の状況を表-4 に示した。この結果より、調査地周辺で 6 月上旬から下旬にかけて採取された種子は、子葉長が小型(a・b 群)であるイヌコリヤナギ、キヌヤナギ、エゾノカワヤナギ、オノエヤナギのうちのどれかだと考えられる(表-4)。6 月下旬から7 月上旬に採取された種子は子葉長が大型(c・d 群)のドロノキ、セイヨウハコヤナギに加え、小型(a 群)のタチヤナギも確認された(表-4)。表-2 と図-15 を比較すると、6 月上旬に採取された種子は、大部分が小型(a・b 群)種子だと考えられる。6 月下旬から7 月上旬にかけて採取された種子のうち、2.0 mm 以上の大型のものはセイヨウハコヤナギ、1.6 mm 前後のや

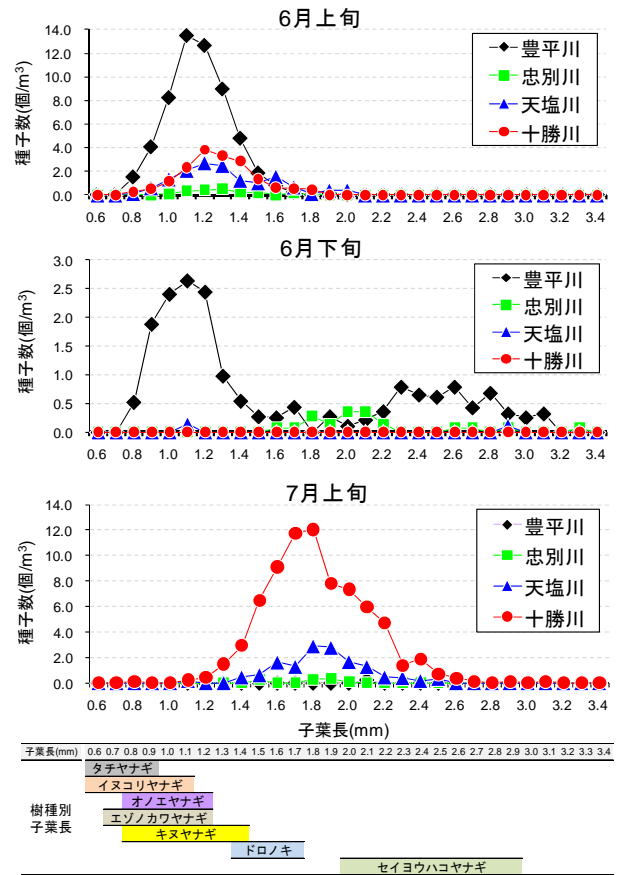


図-15 流下種子数の季節変化  
 上図：河川を流下する種子数(ネット採取)  
 下図：測定した最小最大子葉長より作成(母樹採取)

表-4 ヤナギ類の種子散布時期(想定)

種子サイズ分類	樹種	種子散布時期
a群	イヌコリヤナギ	6月上旬
b群	キヌヤナギ	
b群	エゾノカワヤナギ	
b群	オノエヤナギ	6月下旬
a群	タチヤナギ	6月下旬
c群	ドロノキ	
d群	セイヨウハコヤナギ	7月上旬

や大型のものはドロノキ、1.0 mm 以下のものはタチヤナギだと考えられる。

Niiyama<sup>10)</sup>の研究で用いたヤナギ類 6 種で行ったうち、本研究と一致する 4 種の種子散布時期を、キヌヤナギ; 5 月中旬から 6 月上旬、エゾノカワヤナギ; 5 月下旬から 6 月中旬、オノエヤナギ; 5 月下旬から 6 月下旬、タチヤナギ; 6 月上旬から 7 月上旬であると示した。本調査地周辺でまとめた表-2 の結果と Niiyama<sup>10)</sup>の結果を比較すると、キヌヤナギは散布時期が重複していなかった。エゾノカワヤナギは 1 週間のずれがあった。オノエヤナギとタチヤナ

ギは今回調査の散布時期が約2週間であり、半分の期間であった。分布域の広いヤナギ類の開花結実時期は、地域や流域内での位置に影響を受けることや、各種で積算気温の違いがある可能性が推察された。ただし、今回の結果は、長坂<sup>9)</sup>が述べたヤナギ類の多くの種が種子散布を2週間程度行うという結果と近似するものとなった。

豊平川と忠別川では6月下旬にドロノキやセイヨウハコヤナギと思われる大型種子が確認されているのに対し、天塩川と十勝川では確認されていない。天塩川と十勝川は、遅れて7月上旬に大型種子が確認された。これは豊平川と忠別川の積算気温の高さに影響を受けていることが原因の1つだと推察された。このように、ヤナギ類種子の流下については、種子サイズで分別することと、河川ごとの積算気温に着目することが重要である。

各河川で、6月上旬にわずかながらドロノキやセイヨウハコヤナギの種子に該当する子葉長(1.6 mm 前後・2.0 mm 前後)の種子が確認されている。これは、それぞれの種子散布時期から考えると、ドロノキやセイヨウハコヤナギの可能性は低いと考えられ、別種の可能性がある。この種を解明するためには、より広範囲での母樹調査による種子の特定が必要である。

### ③ 播き出し試験結果と種子散布期間

播き出し試験で同定できた流下種子は、種子散布期間と一致していた(図-16)。5月26日に採取し発芽した種子はすべてエゾヤナギであった。種子散布もエゾヤナギしか確認されていない。また、母樹から種子を採取した子葉長は1.2mm~1.8mm、平均値は1.5mm(図-17)に対し、5月26日に採取した流下種子の子葉長は1.0mm~2.0mm、平均値は1.4mm(図-18)でほぼ同じだったため、5月26日の流下種子はエゾヤナギのみと推測出来る。

### ④ 子葉長と流下種子量について

流下種子量の多い子葉長は、5月26日は1.4mmで徐々に小さくなっていき、流下種子量のピーク(6月9日)では1.0mmになり、それから徐々に大きくなり、流下種子が最後に確認された7月21日は1.6mmになった。この結果から子葉長が短いものは種子散布量が多く、長いものは種子散布量が少ないことが示唆された。

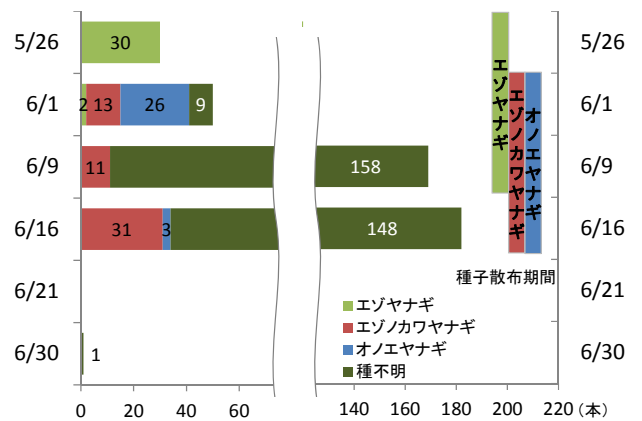


図-16 播き出し試験の同定結果及び種子散布

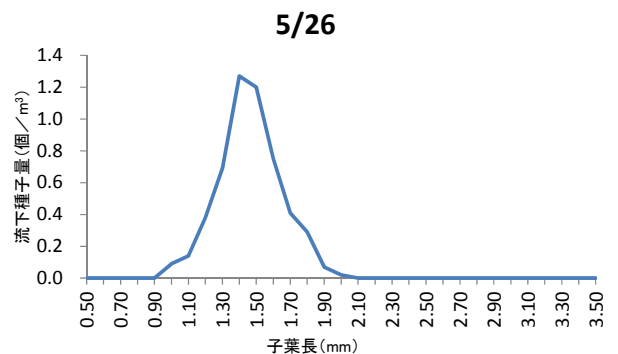


図-17 子葉長別の流下種子量 (5/26 調査)

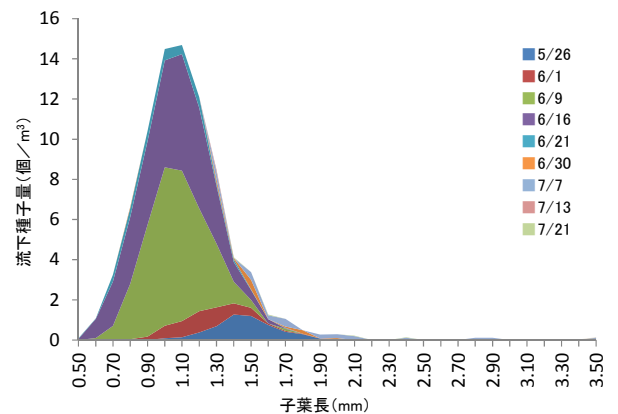


図-18 子葉長別の流下種子量 (積み上げ)



### 3. 千代田新水路における出水前後の植生分布変化調査及び研究

#### (1) 研究概要

図 - 19 に示した十勝川千代田新水路（以下、「千代田新水路」または「新水路」と称す）は、1935年に完成した十勝川千代田堰堤の計画高水流量に対する洪水流下能力の不足を解消することを目的として、新たに開削された分流水路である<sup>9)</sup>。この分水路は洪水流下能力向上のため、現低水路の右岸高水敷に新たに掘削され、2007年に完成した。新水路の完成直後となる7月は図-19 上のように裸地化した低水路河道であり、植生は殆ど確認されてはいなかったが、3年後の7月（図-19 中）には新水路下流部で次第にヤナギ類を中心とした植物の侵入が目立ち始め、4年後の10月には（図-19 下）砂州の発達も顕著に現れている。北海道では、融雪出水後の河床変動により中州や河岸が裸地化した箇所にヤナギ類の種子が着床する。さらに、砂州固定化によりヤナギ類が繁茂することは、流下断面の阻害となり治水安全度低下等の問題が生じる要因となっている。

このような現象に対して、陸上部でのヤナギ類種子散布時期に関する調査<sup>10)</sup>、ヤナギ類の種別による種子流下時期の傾向<sup>11)</sup>や洪水氾濫と植生侵入の樹林化に関する研究<sup>12)</sup>も進められており、比較的規模の大きな出水後には、新水路内のヤナギ類等植生の流失や河床変動も確認されている<sup>12)</sup>。出水により植生消失に至るまでの過程には、植生基盤となる河床条件の変化、すなわち河床変動による土砂移動の影響も考えられる。しかし、出水による氾濫流が植生に与える影響や消失時の外力には不明な点が多く、これを明らかにすることは、ヤナギ消失メカニズムの解明のみならず、良好な河川環境を維持する上でも有用な知見となる。

本研究対象となる千代田新水路は、運用開始以来の流量や水位等、水理データが連続的に蓄積されており、植生変遷を調査する上での重要なパラメータとなる冠水頻度や掃流力が任意の時刻において評価可能であり、より定量的な検討を実施することができる。今回、蓄積された流況データを基に、出水前後のヤナギ類分布状況調査を行い、ヤナギ類消失時の氾濫流を評価し、効果的な河畔林管理を行うための基礎となる現象の把握を試みた。



図 - 19 千代田新水路の変遷（上段：2007年7月帯広開発建設部撮影、中段：2010年7月撮影、下段：2011年10月撮影）

#### (2) 調査概要

##### ①ヤナギ類植生調査

新水路河道内における植生分布状況を把握するため、樹木の侵入が顕著となっている図 - 20 に示した千代田新水路下流部 SP40700～SP41700 を対象として、ラジコンヘリによりデジタルカメラで航空写真撮影を行った。撮影は、図 - 21 に示した 2012年9月と2013年9月、2013年10月の計3回実施した。2012年9月から2013年10月の期間内に、2012年11月8日1:00 最大流量  $Q=813\text{m}^3/\text{s}$ 、2013年9月18日1:00 最大流量  $Q=874\text{m}^3/\text{s}$  となる2度の出水が発生している。撮影した写真から簡易オルソ画像を作成し、現地でヤナギ類の生育状況を確認することとした。

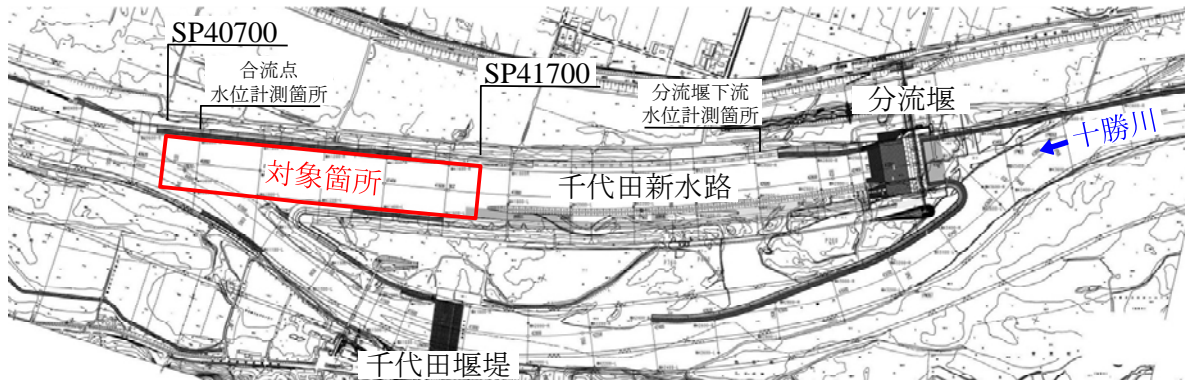


図 - 20 調査箇所図

植生調査は、図 - 21 に示した 2012 年 9 月、2013 年 9 月及び出水後の 10 月に実施している。ヤナギ類の生育については、生長量別に現地繁茂状況を調査し、ヤナギ稚樹（1 年目）と低木（2 年目以上）に分類した。2012 年の低木にはクサヨシ等の草本類も含んでいる。2013 年の低木については、2 年目と 3 年目以上に分類し、分布範囲及び生育状況を把握することとした。

河道横断形状並びに出水前後での変化を把握するため、横断測量は SP40700～SP41700 の区間を 200m 間隔で実施した。測量時期は、2012 年 9 月、2013 年 9 月並びに 12 月に行った。

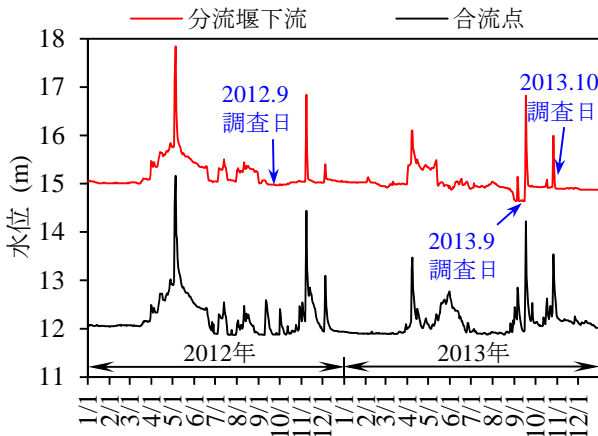


図 - 21 水位状況 (2012. 1. 1～2013. 12. 31)

## ②ヤナギ類に作用する流れの評価

樹林化抑制を考慮した河岸形状設定のガイドライン<sup>5)</sup>には、ヤナギ類の樹林化対策として攪乱による抑制が述べられている。ここでは攪乱強度が高ければヤナギ類の稚樹を流失でき、成木林形成の抑制が図れるとされている。このため本研究においてもヤナギ消失の評価にせん断力を用いることとし、前節

の調査期間内に発生した出水による影響を把握するため、図 - 21 に示したように、出水時のピーク水位からヤナギ類繁茂箇所の側端 ( $h_1, h_3$ )、最低地盤や最高地盤高さ  $h_2$  を各測点毎に 3～4 箇所抽出している。この値を用いて、ピーク流量時に発生する摩擦速度  $u_*$  は式 (1)、無次元掃流力  $\tau_*$  は式 (2) で表すことができる。

$$u_* = \sqrt{ghI_w} \quad (1)$$

$$\tau_* = \frac{hI_w}{sd} \quad (2)$$

ここに、 $g$  は重力加速度、 $h$  は算出地点の水深、 $I_w$  は水面勾配、 $s$  は河床構成材料の水中比重、 $d$  は河床構成材料の粒径である。

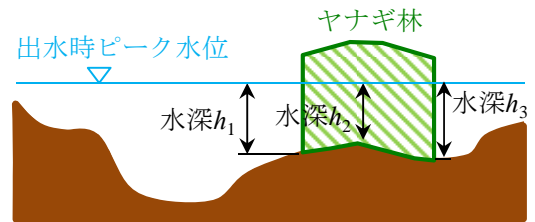


図 - 21 出水時の水深  $h$  算出位置のイメージ

なお、水面勾配  $I_w$  には分流堰下流水位計測箇所と合流点水位計測箇所の水位計による実測値から出水時におけるピーク水位付近での値を算出し、2012 年 11 月出水は 1/750、2013 年 9 月出水は 1/716 とした。河床構成材料の水中比重  $s$  は 1.65 を用いており、河床構成材料の粒径  $d$  は、横断測量実施箇所又は近傍の河床材料調査から、表-5 に示した代表粒径  $D_{60}$  を使用した。

これらの結果を、ガイドライン 13) に示されている攪乱境界の目安と比較し、ヤナギ類の消失特性を検証することとした。

表一5 測点別河床材料一覧（代表粒径  $D_{60}$  の左は 2012 年 11 月、右は 2013 年 9 月の評価に用いた値）

測点 [SP]	代表粒径 $D_{60}$ [cm]		測点 [SP]	代表粒径 $D_{60}$ [cm]	
40700	1.189	0.534	41300	0.625	1.420
40900	1.189	0.500	41500	0.066	1.588
41100	1.189	0.778	41700	0.479	2.369

### （3）調査結果及び考察

#### ①出水の影響によるヤナギ類分布状況変化

図-22 に示した 2012 年 9 月と 2013 年 9 月とを比較すると、2012 年 9 月の稚樹（1 年目）は SP40700～SP41100 の河岸付近で線上の分布が確認されていたが、2013 年 9 月にはヤナギは消失していた。この箇所は本流の水衝部に位置し、分布箇所は河岸洗掘しており出水の影響が窺えた。また、SP41100 付近では砂州のやや低い箇所に分布が確認された稚樹は、一部の個体が生長し 2013 年 9 月には低木（2 年目）となっていたが、一部個体は消失した。このような違いが生じた原因は次節の横断状況より明らかにする。低木（3 年目以上）は、SP40800～SP41000 を中心として砂州中央付近に分布しており、特筆すべき変化は見られていない。2013 年 9 月（出水前）には、稚樹（1 年目）は SP40700～SP41000 の中州右岸側の水際や、SP41000～SP41400 の流路沿いなどに広く分布が確認されており、表-6 よりヤナギ類種子散布時期となる 6 月～7 月の冠水延べ日数は、完全水没や乾燥域とはなっておらず、冠水頻度の面からは稚樹が侵入しやすい状況であると言える。2013 年 10 月（出水後）の状況は、稚樹（1 年目）は出水前に広く分布が確認されていたが、大部分が消失する結果となった。低木（2 年目）についても、その大半が消失しており、残存した個体は主にヤナギ低木（3 年目以上）の下流側に位置するものであった。3 年目以上経過したヤナギが 2 年目のヤナギ流失を防いでいることが窺える。低木（3 年目以上）については、分布範囲が全体的に縮小していた。

図-23 は、SP40600～SP41600 区間における樹齢別のヤナギ面積経年変化を示したものである。なお、2012 年は低木（2 年目）の値が明示されていないのは、調査方法の違いによるものである。図から稚樹（1 年目）の変化は著しく、特に 2012 年 9 月から 2013 年 9 月にかけて稚樹の増加が際立っている。図-21 に示した 2013 年の融雪出水後、種子散布時期となる 6 月～9 月には大きな水位変化が無いことがわかる。崎尾ら<sup>14)</sup>によると、融雪出水が発生する地域

において、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がほぼ一致することが指摘されており、このことから千代田新水路における 2013 年融雪出水後にはヤナギ類種子が着床し、多くの稚樹が定着し生長したと推測される。また、この稚樹は 2013 年 9 月には 1.88ha 存在していたが、10 月には 0.01ha となり、その殆どが消失していた。

低木（2 年目）は、2013 年 9 月（出水前）に 0.27ha 存在していたが、2013 年 10 月（出水後）には 0.08ha と約 70%減少していた。低木（3 年以上）は、2012 年 9 月は 2.05ha、2013 年 9 月は 2.19ha と約 7%増加したが、10 月には 1.89ha となり約 14%減少していたが、稚樹や低木（2 年目）と比べ生存率は高い。このように出水後に生存するヤナギは 3 年目以上が大半を占めており、これらの生存した個体が樹林化することは容易に想像することができ、2 年目までの個体数を適切に管理する事が、ヤナギ類樹林化の抑制に繋がると考えられる。

低木（3 年目以上）は密集域でも 2013 年 9 月規模の出水では部分的に流失しており、このヤナギを伐開し樹木密度を疎とすることで、更なる流失が予想される。これにより僅かではあるが出水後に生存が確認された稚樹や低木（2 年目）についても、同様の出水規模では消失し定着を防げることが示唆され、ヤナギ林の再生抑制が期待できる。

#### ②ヤナギ林繁茂箇所における流れの状況

ヤナギの消失について、図-24 は 2012 年からの横断形状変化並びに 2013 年 9 月出水前後におけるヤナギ林の状況を示している。前節において生存率が高い傾向を示していた低木（3 年以上）は、比較的地盤の高い箇所に存在している様子が窺える。SP40900 の河岸付近に存在する低木（3 年目以上）についても、出水後の消失は僅かであった。一方、稚樹の状況は前節 SP41100 付近の消失と生存した個体が存在した箇所では地盤高も同様であり、違いを見出すことはできなかった。また、SP41700 のように、出水前後の地盤形状に変化が生じていない箇所でも稚樹は消失しており、生育年数により出水に対する抵抗力は異なっていた。図-25 は出水時における状況を生長量別にまとめた結果であり、既往研究により算出された<sup>13)</sup>攪乱境界の目安ラインから、攪乱強度と河床材料を比較したヤナギ類の消長傾向を示している。本検討箇所の値は、全数このラインよりも上側に存在しており、ガイドライン<sup>13)</sup>の分類上



ではすべて植生消失域に該当する。

しかし、このラインより上側にも生存が確認された稚樹は存在していた。同一断面内においても消失と生存した個体が混在しており、稚樹や低木等、生長量の違いによる値の差は明確とはならなかった。すなわち出水時の水深から算出される底面せん断力では評価できない要素が影響していると考えられる。そこで、稚樹の生存箇所近傍の植生繁茂状況を確認した。前節より、出水後に殆どの稚樹は消失し、生存した個体の大半は低木（3年以上）であるのだが、僅かに生存し

ていた稚樹は、この低木（3年以上）の下流側に分布していたという結果を踏まえ、樹木繁茂形態の要因が大きいことが示唆された。

今回、摩擦速度  $u_*$  の評価にあたり、矩形断面で等流を仮定した簡便な手法を用いており、樹木背面の流速低減を考慮できないことが過大評価となる要因として考えられた。今後は、平面的な流速分布を考慮することにより、精度の向上を図る必要がある。

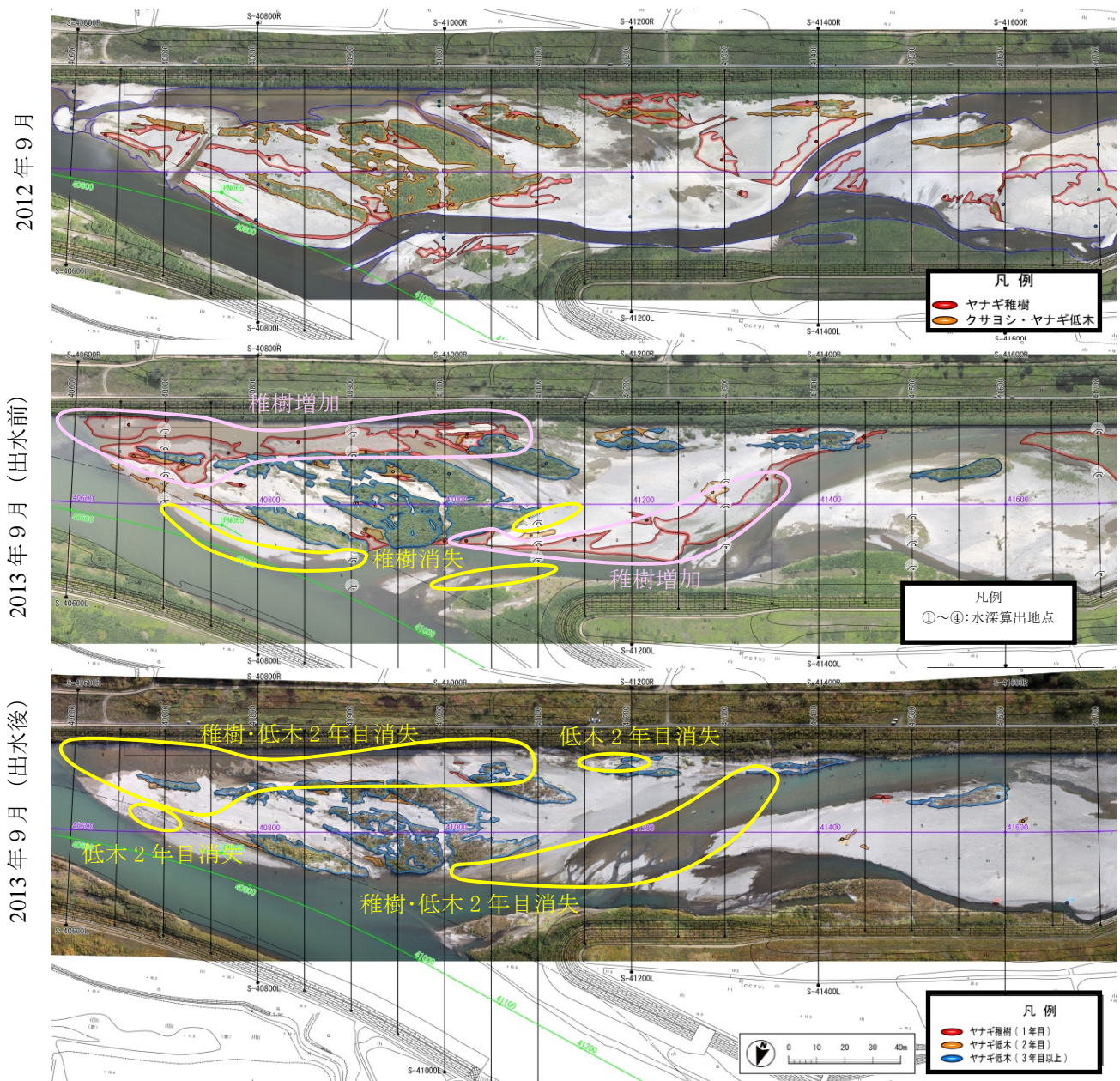
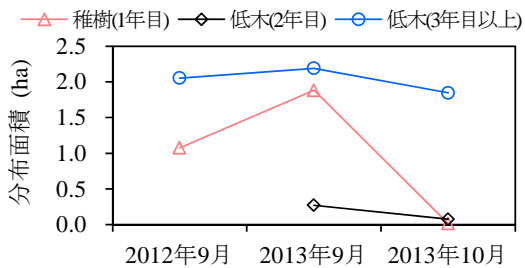


図-22 ヤナギ類分布状況の変化 (上段：2012年9月、中段：2013年9月、下段：2013年10月)

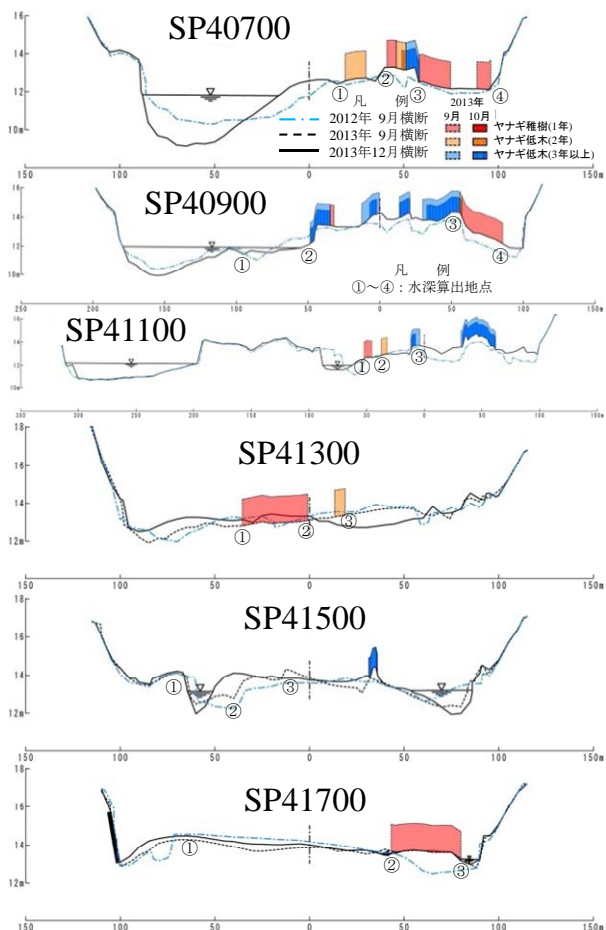


表一六 水深算出地点におけるヤナギ類種子散布時期の冠水延べ日数 (2013年6月~7月)

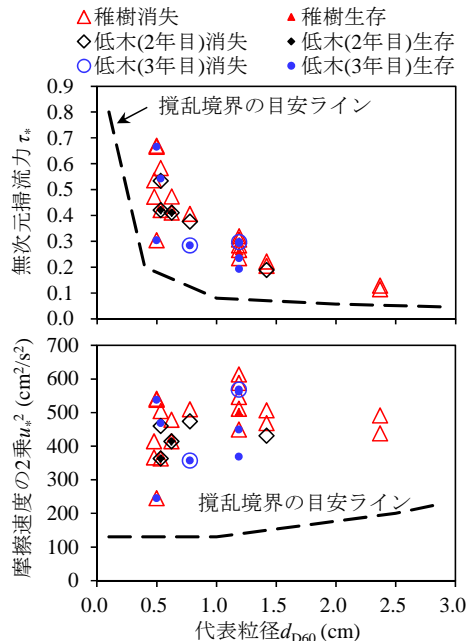
測点 [SP]	冠水延べ日数				測点 [SP]	冠水延べ日数			
	①	②	③	④		①	②	③	④
40700	0	0	1	7	41300	27	12	0	—
40900	61	23	0	23	41500	0	61	0	—
41100	19	4	0	—	41700	0	9	61	—



図一23 ヤナギ類面積推移状況



図一24 横断経年変化とヤナギの分布



図一25 攪乱境界と代表粒径の関係

図中における攪乱境界の目安ラインについては、このラインよりも上側は攪乱されやすく、下側は攪乱されにくい<sup>5)</sup>。攪乱境界の解析対象<sup>5)</sup>は、樹齢1~2年程度のヤナギ類。

#### 4. まとめ

2010年から2013年にわたり、寒冷地河川に特有のヤナギ類が河岸林の大半を占めている要因及びこれら要因を考慮した河岸林管理の手法について得られた知見を以下に示す。

- 1) 融雪出水とヤナギ類の種子散布時期は概ね一致しており、なおかつ、融雪出水によりヤナギ類の種子が拡散される傾向が判明した。
- 2) ヤナギ類は融雪出水を含めた年最大洪水相当の出水による河道内攪乱で生じた裸地等に萌芽する。
- 3) 年最大洪水相当の取水により、1年~2年程度のヤナギ類の幼木は消失し裸地となる。一方、3年以上の成木は、年最大洪水相当規模の出水でもほとんど消失せず、河道内樹木の固定化の一要因となっている。

以上を考慮した寒冷地域における河道内管理手法としては、以下が考えられるが、さらなる事例の蓄積及び実証が必要と考えられる。

- ・河道内及び周辺に生息するヤナギ類は種子散布時期の6月までに伐採するよう努める。
- ・出水後のヤナギ幼木を現地調査などにより着目し、消失が確認できなかった場合は、翌年もしくは翌々年に伐採等の計画を検討する。

- 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) 崎尾均・山本福壽(2003) 水辺林の生態学. 東京大学出版会
- 3) 佐藤義男(1955) ヤナギ科種子の生存期間.北海道大学農学部演習林報告 17:225-226
- 4) 長坂有 (1996) 河畔に生えるヤナギ類. 北海道立林業試験場 光珠内季報 No.101
- 5) 長坂有(2001)洪水からはじまる河畔林、ヤナギ類の生態から見た河畔の保全.Oshimanography 8:11-18
- 6) Niiyama K(1990) The role of seed dispersal and seedling trains in colonization and coexistence of *Salix* species in a seasonally flooded habitat., *Ecological Research* 5: 317-331.
- 7) 林田寿文・小山康吉・横山洋：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. 平成22年度北海道開発局技術研究発表会論文集. 2011年2月22日.AA-5
- 8) 林田寿文・小山康吉・横山洋・佐藤圭 (2011)：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, 17: 215-220
- 9) 千代田新水路 HP, 国土交通省北海道開発局帯広開発建設部:<http://www.ob.hkd.mlit.go.jp/hp/river-office/chiyoda/index.html> (参照日 2014年5月9日).
- 10) Niiyama K : The role of seed dispersal and seedling trains in colonization and coexistence of *Salix* species in a seasonally flooded habitat, *Ecological Research* 5, pp.317- 331, 1990.
- 11) 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, 第17巻, pp. 215-220, 2011.
- 12) 横山洋, 市原哲也, 矢野雅昭, 林田寿文, 桑原誠 : 植生流失を伴う礫床河川の洪水擾乱の流況再現計算, 流体力学会年会 2010 拡張概要集(CD-ROM), 日本流体力学会, 2010.
- 13) 国土交通省北海道開発局, (独) 土木研究所寒地土木研究所 : 樹林化抑制を考慮した河岸形状設定のガイドライン, 平成23年3月, 195p., 2011.
- 14) 崎尾均, 山本福壽, 新山馨, 富士田祐子, S. Reza Pezeshiki : 水辺林の生態学, 東京大学出版会,

STUDY ON RIVER VEGETATION MANAGEMENT IN COLD REGION

Budget : Grants for operating expenses

General account

Research Period : FY2010-2013

Research Team : Watershed Environmental Engineering Team

Author : YABE Hiroki

WATANABE Kazuyoshi

YOKOYAMA Hiroshi

HAYASHIDA Kazufumi

MARUYAMA Masahiro

SATO Kei

SATO Yoshishige

Abstract: River vegetation may prevent flooding in river channel. Willows occupied about 70% of river vegetation in cold region. Because willow seeds may distribute by the floods caused snow melting in spring. And the floods may disappear young willows, after that, willow seeds may germinate on this sites. But, the factor of this events cannot be cleared. So we investigated the quality and quantity of flowing willow seeds in spring to summer. And we studied the change of river vegetation before and after flooding. These results can be basic information for river vegetation management.

Keyword: River vegetation, Willow, Willow seed, Change of river vegetation