

旭川におけるヤナギ林の拡大機構と その抑制管理のあり方に関する検討

Study on expansion mechanism of *Salicaceous species* community
and its control management method in the Asahi River

渡辺 敏¹・前野詩朗²・渡部秀之³・志々田武幸⁴

Satoshi WATANABE, Shiro MAENO, Hideyuki WATANABE and Takeyuki SHISHIDA

¹正会員 農修 (株)ウエスコ 環境計画部 (〒700-0033 岡山市島田本町 2-5-35)

²正会員 工博 岡山大学助教授 環境理工学部環境デザイン工学科 (〒700-8530 岡山市津島中 3-1-1)

³正会員 工修 国土交通省中国地方整備局岡山河川事務所 (〒700-0914 岡山市鹿田町 2-4-36)

⁴非会員 工修 国土交通省中国地方整備局岡山河川事務所 (〒700-0914 岡山市鹿田町 2-4-36)

The expansion mechanism of *Salicaceous species* community in the middle reaches of the Asahi River was investigated by ecological field surveys and experiments. The results of study show that *Salicaceous species* takes root on a damp riverbed, and it withers if the riverbed immediately dried. A bank protection effect by *Salicaceous species* contributes to the stability and the expansion of the bar, and the direction of flood flow and the existence of dammed up area influence the habitat of *Salicaceous species*. The control technology and the spatial layout of *Salicaceous species* community were proposed based on the obtained inclusive scenario for the expansion of *Salicaceous species*.

Key Words : *Salicaceous species, management of river wood land, wood land expansion, flood, the Asahi river,*

1. はじめに

洪水時における流砂, さらに砂州地形の変化との対応関係を考慮して, 河道内自然環境の発達特性を考察した研究が数多くなされている(例えば, 数例を挙げると, 李¹⁾, 藤田²⁾, 福岡³⁾, 服部⁴⁾, 寺本⁵⁾). そして, それら研究によって, 河川に固有の自然環境の発達にとって, どのような川の営みや川の立地環境が必要とされているかが, 相当明らかにされている. しかし, そのような川のシステムがある程度理解されたとしても, 実際の川を管理する現場では, いくつかの疑問や戸惑いが生じることも少なくないのが現状である. 例えば, それは, 川らしい植生の発達にとっては, 川がもっと自由に暴れることが大事とわかっていても, 堤防や護岸, ダムによる洪水コントロールを放棄することは現実的でないことや, 確かに河道内樹木が問題になっていることは理解できる

が, それをどのようにして除去, 制御してゆけばよいのか, 長期的視点に立った具体的かつ効果的な管理手法がわからない, 等である.

1997年の河川法改正以来, 河川環境の保全が強調され, その本質的な保全のあり方が活発に議論されてきた. しかし, 同改正の本来の目的は, 治水, 利水, 環境の調和であり, それらを踏まえた最適解としての計画や管理の方法を見出すことにあったと思われる. その上で, 上記のような河川管理の現場における現実の課題を解決するためには, 治水や利水を考慮した上で, もう一步踏み込んで, 現場毎の現在の川のシステムや植物の生活史を理解し, その知恵を使って現場を計画・管理する手法や技術論を, 実用的レベルにまで発展させる必要があると考えられる.

本研究は, 川の自然環境の中でも多くの河川で問題となっている樹林化に着目したものである. 本研究で対象とした旭川中流域もその例外ではなく, 主にヤナギ類に

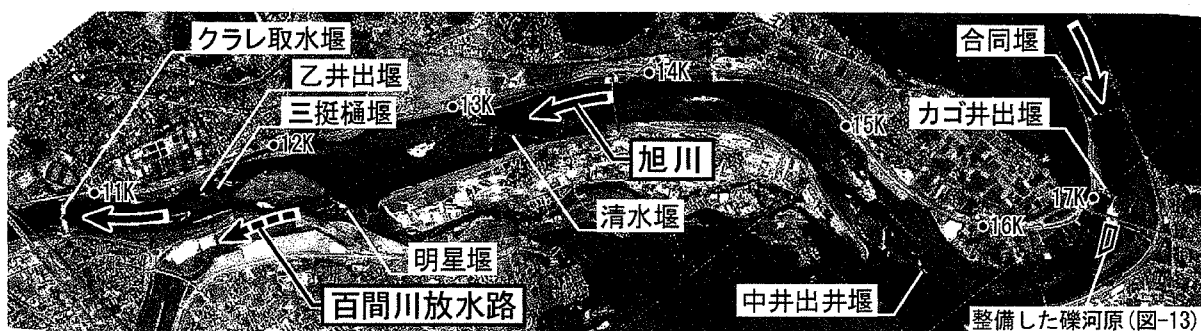


図-1 旭川対象区間

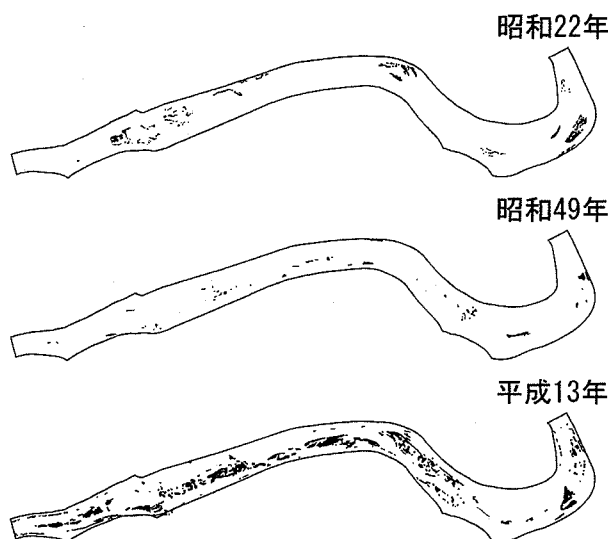


図-2 旭川対象区間におけるヤナギ分布の変遷

よる樹林化が30年位前から急激に進行した。ヤナギ類は、外来種のハリエンジュ等とは異なり、川らしさにおける必要な要素の1つではあるが、増えすぎたヤナギ類は、治水安全度の低下、生態的多様性の劣化、さらには、川らしい景観の損失の原因となる問題要素であり、その適切な対応が課題となっている。

そこで、本研究では、ヤナギ類が川の中のどのような場所の、どのような条件で、どのようにして増えてきたのかを調査し、治水や生態、景観を考慮して、今後、樹林化対策に、どのような場所から、どのように着手すれば、適切かつ効果的な管理手法となり得るのかの考察を行った。

2. 調査地の概要

(1) 対象区間の概要

図-1に本研究の対象区間(旭川約10.8-17.4km)を示す。平均河床勾配は1/670、平均年最大流量1,400 m³/s、川幅300 m程度、河床材料の代表粒径40~70 mmで、山本⁶⁾を参考すれば、Segment 2-1に区分される。対象区間の洪水流れや平常時の流況を支配する要素として、大きな蛇行と数多くの横断工作物の存在がある。なお、その横断工作物による湛水区間は約3.3 kmに及び、対象区間の約半分に相当する。

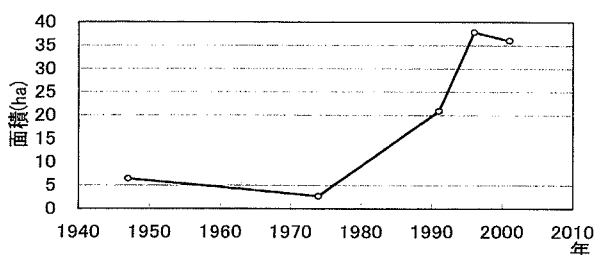


図-3 昭和以降における樹林面積の変化

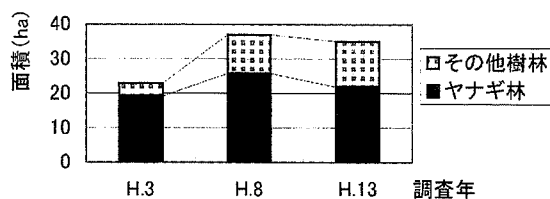


図-4 近年における樹林面積の変化

(2) 樹林化の変遷概要

対象区間の樹林化は、昭和50年代以降急激に進行した(図-2)。図-3に示すように、河道内の樹林面積は平成8年まで増加を続けた。平成8年から平成10年にかけて若干減少しているが、これは平成10年に昭和以降歴代3位の大洪水(4,405 m³/s、生起確率:約1回/50年)が発生し、一部の樹林が破壊消失したことによる。

図-4は、平成3年以降の樹林構成割合の変化を示している。平成3年当時、河道内樹林の80%以上がヤナギ林で、その他は竹林であったものが、その後エノキ・ムクノキ林、アキニレ林等の発達も認められるようになっており、現況では、河道内砂州の約50%の面積で樹林が発達するまでに至っている。なお、対象区間で優占するヤナギは、アカメヤナギとジャヤナギの2種(以下、ヤナギ)であり、これらが河道内のヤナギ類の大半を占めている。

3. ヤナギ林の拡大機構

(1) ヤナギの定着

ヤナギの初期定着には、種子繁殖と栄養繁殖の2種類がある。種子繁殖では小さく冠毛のある軽い種子が風や流水によって散布されるが、水位が安定して湿った立地でないと成長できないことがわかっている。それは、ヤナギの種子や芽生えが極めて乾燥に弱いことによる⁷⁾。

表-1 ヤナギの栄養繁殖実験の条件区分

ケース区分		ヤナギの枝の設置条件	
①	湛水 プランター	浮漂	水面に浮かせる
②		冠水埋没	水中の河床に埋設する
③		冠水挿木	冠水下の河床に枝を挿す
④		水際漂着	水際で水と陸に接する(接岸)
⑤		湿润挿木	湿った河床に枝を挿す(枝の一部は地下水位以下に位置)
⑥	乾燥 プランター	湿润地表	やや湿った河床に枝を置く
⑦		乾燥埋没	乾燥した河床に埋設する
⑧		乾燥挿木	乾燥した河床に枝を挿す
⑨		乾燥地表	乾燥した河床に枝を置く

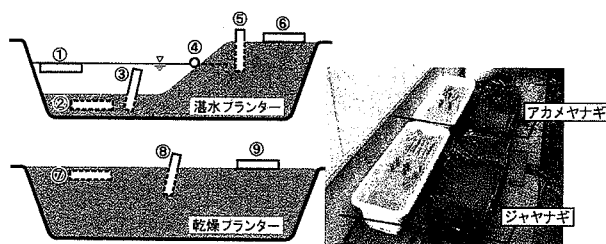


図-5 ヤナギの栄養繁殖実験の初期条件

図中の①～⑨は表-1と対応、写真右湛水、左乾燥のプランター

一方、河川では、ヤナギが流れ着いた枝から繁殖する(栄養繁殖)ことはよく知られているが、それがどのような立地の条件において可能なか、あるいは制限されるのかを基礎的に調べた既存の研究事例は見当たらなかった。そのため、本研究ではヤナギの栄養繁殖による再生実験を行った。

同実験では、洪水でヤナギの枝が様々な場所に流れ着くことを想定して、表-1及び図-5に示す9つの条件を設定した。各条件下において、現地で優占するジャヤナギとアカメヤナギの枝を用いて、10cm程度に切断した1年生、2年生、3年生の枝をそれぞれ2本ずつ設置した。プランターは屋外に設置し、湛水プランターは毎日水やりをして水位を一定に保ち、乾燥プランターは降雨のみの水供給とした。実験は4月下旬から開始した。

秋の成長休止期の段階におけるヤナギ両種に共通した結果(図-6)として、湛水プランターのケース④と⑤では活着・成長したが、乾燥プランターのケース⑦～⑨及び、湛水プランターの②とケース⑥では活着と成長が認められなかった。残るケース①と③について、ジャヤナギは活着・成長したが、アカメヤナギはしなかった。活着・成長が良好であったジャヤナギについて詳細に見ると、ケース①と③では発芽後に水面上にシュートが達してからでないと開葉しなかった。また、ジャヤナギのケース⑦は、降雨の多かった時期において一時的に発芽・成長が認められたが、その後の乾燥で枯死した過程があった。なお、ジャヤナギのケース⑧の成長枯死過程を除けば、上記の活着・成長に関する実験の結果は、実験開始から10日後で既に傾向が表れていた。

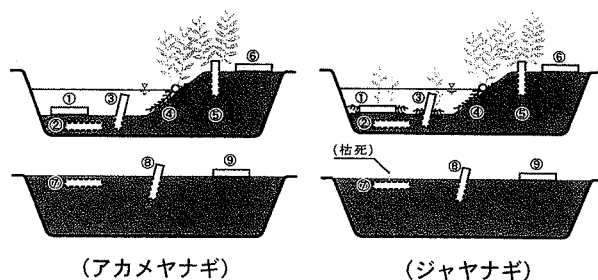


図-6 ヤナギの栄養繁殖実験の結果(6ヵ月後)

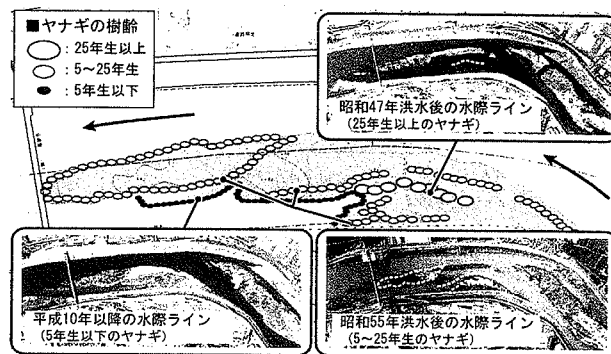


図-7 洪水に伴う砂州形成とヤナギ分布の拡大過程

実験の結果から以下のことが言える。a) アカメヤナギは、水際に流れ着いたものだけが発芽成長し、定着する。b) ジャヤナギは、水際に流れ着いたものと、沈水下で完全に河床に埋没していないものは発芽成長して定着するが、それは水深が浅く、流れ着いた枝の貯蔵物質で水面上までシュートを伸ばすことが出来る個体に限られる。逆に、c) 乾燥した場所に流れ着いた枝は、両種共に栄養成長は抑制され定着できない。d) 冠水や降雨等で湿った河床条件が整えば一時的に成長する場合もあるが、その後乾燥すれば成長が抑制され枯死する。

これらa)～d)の結論から言えることは、ヤナギ両種は水辺で定着できるが、乾燥した場所では定着できないということであり、それは水際線に沿ってヤナギ類が定着し、分布している現地の状況と一致している。

(2) ヤナギの定着と砂州の安定の共役的影響

前節でヤナギが水際に定着しやすいことを明らかにした。しかし、ヤナギの定着箇所が洗掘されるとヤナギは流失する。そのため、その洗掘に耐えられる程度に根を発達させるまでは、河床が安定していることが、ヤナギの定着にとっての必要条件となる。他方、現地では、河岸で定着したヤナギが、水際ラインに沿って細根をマット状に密生させており、洪水による河岸の洗掘を相当防護している状況が見られる。すなわち、河岸の安定とヤナギの定着は、相互に寄与し合う共役の関係にあると考えられる。

図-7に、現地でヤナギ林が拡大してきた過程を示す。同図は、洪水によって新たに形成された水際に種子また

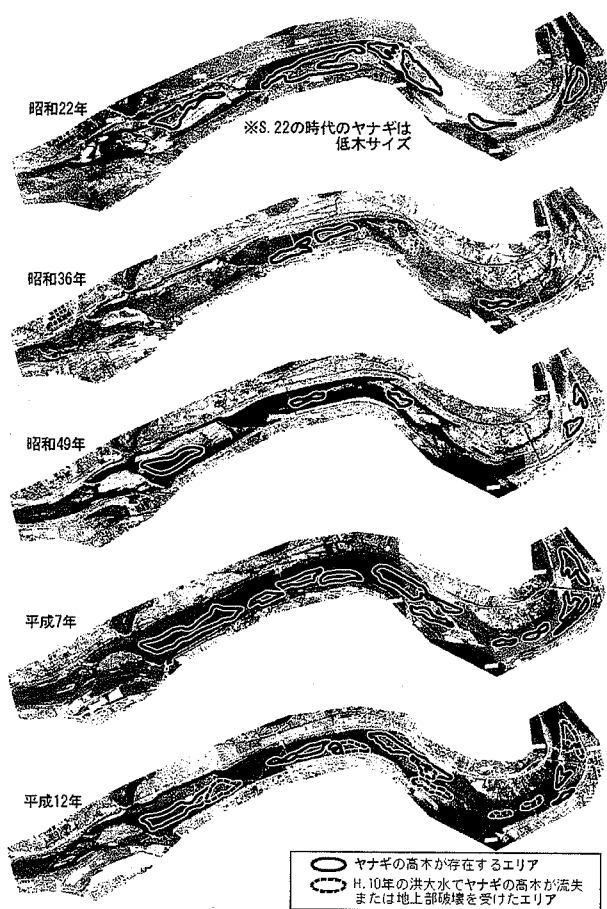


図-8 ヤナギ類の分布の消長

は枝等の栄養繁殖体が漂着し、そこで定着したヤナギが河岸を後退させることなく一方向的に砂州を拡大させ、さらに拡大した砂州の水際にまたヤナギが定着する過程をよく表している。なお、ヤナギの樹齢分布は、平成16年において伐採された切り株の年輪から調査したものである。

(3) 洪水によるヤナギ林の破壊

図-8に、対象区間におけるヤナギ分布の変遷を示す。対象区間では、昭和30年代中盤に大規模な砂利採取を経験し、河道内のヤナギは砂州もろとも一時的に消失した。しかし、その後、河道内のヤナギ分布は、砂州の拡大と並行して一方向的に拡大した。前にも述べたが、平成10年の昭和以降歴代3位の大洪水によってヤナギ林の一部が破壊された。同破壊エリアは、昭和22年の写真において、洪水が砂州河床を動かし、植生の発達が疎な礫河原が分布していたエリアとほぼ一致する(図-8)。さらに、平成10年の洪水でヤナギが破壊されなかったエリアは、昭和22年においてもヤナギが分布していたエリアとほぼ一致する。そのことから、ヤナギが安定的に発達する場所は、河道の法線形(蛇行)や横断施設(堰)の設置方向によって相当支配されていると考えられる。

一方で、ヤナギの存在が、洪水作用の平面分布に作用している要素も小さくはない。図-9は、現況植生が存在

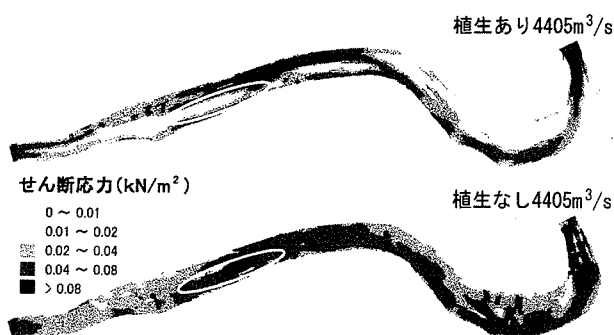


図-9 植生の有無によるせん断応力分布の違い

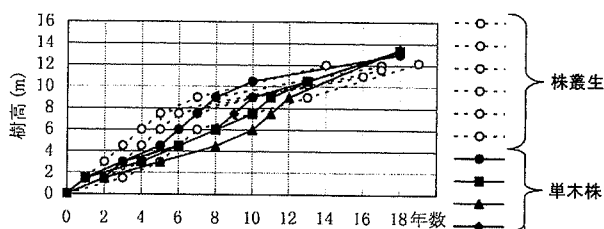


図-10 伐採木の年輪解析によるヤナギの樹高成長速度

する条件下と、植生が全く無い場合のせん断応力分布を平面二次元解析により求めたものである(詳細な内容は今後発表する予定である)。植生がない場合のせん断応力分布は、ある場合と比較して、全体的に大きくなり、砂州上にも強い流れが働くようになってきていることがわかる。例えば、図中の実線で囲んだ部分(清水堰下流:図-1)については、植生有りの現況では右岸側に洪水流が集中しているのに対して、植生無しでは左岸側に大きなせん断応力が働くようになっている。現況の清水堰直下左岸側の砂州には、ヤナギの高木林が面的に発達している。他方、右岸側の砂州は採草地として管理され、植生の発達が抑制されている。以上は、ヤナギ等による大きな植生塊(樹林)がまとまりを持って分布すると、その空間周辺に働く洪水の破壊・攪乱作用が弱まることを表している。

また、洪水に伴うヤナギ林の破壊に関して留意すべきこととして、前述の平成10年の大洪水でもそうであったが、ヤナギが根こそぎ破壊・流失することは稀で、多くの場合、地上部が破壊されても地下部は残存する点が挙げられる。そして、残存した地下部からは萌芽によって速やかに再生するため、根本的な破壊に至ることは少ない。

(4) ヤナギの再成長

洪水による地上部の破壊、あるいは治水上の伐採管理により残存したヤナギ地下部からの再生速度について、現地を対象に2通りの調査を行った。1つは、伐採木を用いた年輪解析によるものであり、もう1つはその伐採された株から再生した萌芽枝の成長速度の測定による。

前者の結果を図-10に示す。同図は、現地で樹高10mを超えるヤナギを対象にしたが、成長の良いものは約10年で10mに達している。成長速度を大雑把に見れば、最

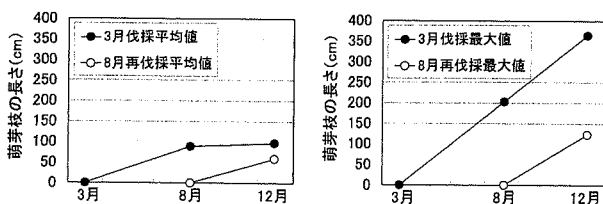


図-11 伐採翌年におけるヤナギの萌芽枝再生速度

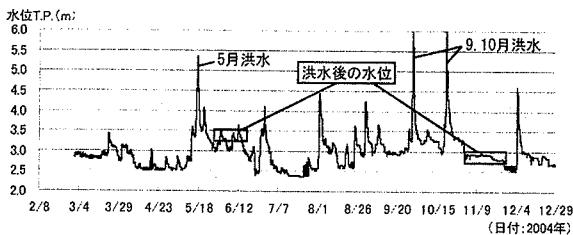


図-12 位 況（最寄水位観測所：旭川三野）

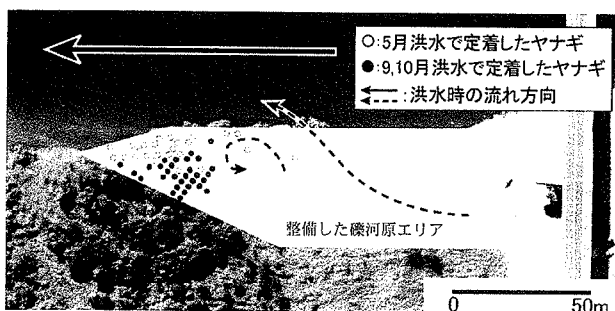


図-13 整備した礫河原の初年度におけるヤナギ定着位置

初の10年がほぼ1.0 m/年で、その後約0.5 m/年の速度で成長している。また、単木個体よりも株叢生個体の方が、概して初期成長が良い。それは、株叢生個体の方が個体間の隣接距離が近いと、光を求めて上へと成長する個体間の競争が激しいためと考えられる。なお、本調査で対象としたヤナギは全てアカメヤナギであったが、対象地域では12~14 mが樹高成長のほぼ限界であり、それ以上に成長するヤナギ個体はみられない。

図-11に、伐採した年における萌芽枝の成長速度を示す。ヤナギの伐採(3月)後に再生した萌芽枝は、1年で平均97 cm、最大で365 cmの長さまで成長した。8月において再度伐採した株においても、その後に再生した萌芽枝が、約4ヵ月後の12月には平均で59 cm、最大で123 cmに達した。萌芽枝も150 cmを超えれば、周囲の草本植生に覆われて枯れるようなことなく、その後はほぼ順調に成長を続ける。

(5) 河道におけるヤナギの定着箇所

ヤナギの枝は強風や洪水によって折れ、流水によって散布され、止水域の水際に漂着する。平成16年には、ヤナギの枝が数多く散布される出水が3度有り、カゴ井出堰下流地点において平成16年3月に整備した礫河原では、ヤナギの枝が流れ着き定着した。1回目は、5月17日の大雨による洪水(5月洪水)、後の2回は9月30日、10月20日の台風に伴う洪水(9, 10月洪水)である(図



図-14 洪水流が砂州を横断する箇所でのヤナギの不定着



図-15 河床の安定に伴うヤナギ以外の樹木による樹林化-12)。また、対象区間は堰が多い(図-1)ことから判るように、岡山平野の水田地帯に水を配る用水の要の区間となっている。そのため、対象区間の河川水位は、稲作の代掻き時期(5月中旬から6月中旬)にかけて全般的に高くなる。同時に、平成16年はこの時期の雨も多かったため、それも水位上昇に寄与している。それと比較して、稲作とは関係の無い9, 10月洪水後の河川水位は、さらに低い位置にまで低下している(図-12)。

図-13に、整備した礫河原におけるヤナギの定着位置を示す。ヤナギの定着位置の調査は8月と11月において実施した。したがって、8月の調査では5月洪水で定着したヤナギの位置、11月調査では9, 10月洪水で定着したヤナギの位置を表していると考えられる。なお、同礫河原は、水際から横断方向に2°の角度で河床が切り下げられており、水際に近い程河床高は低くなっている。

現地では、砂州の切り下げによって創出した礫河原上で洪水作用が大きくなったが、背後に密なヤナギの樹林が接するその最下流部では流れの緩やかな部分が出来て、土砂だけでなく、ヤナギの枝や植物の種子が堆積する空間が生じた。このことより、ヤナギの枝が漂着する箇所は、洪水時の流れの緩やかな部分にある程度限定されることがわかる。したがって、今回整備した礫河原の最下流部がそのような場所といえる。

しかし、その後ヤナギが定着できるかどうかは、前述のように、漂着後に河床が湿った状態にあるか、正確には地下水位(水際には河川水位: 図-12)が十分に高い位置にあるかどうかによって決まる。そのため、5月洪水では整備した礫河原の比較的高い位置でもヤナギが定着できたが、9, 10月洪水では低い位置でしか定着できなかったと考えられる。

対象区間では、平均年最大流量程度で、洪水流が砂州を横断する場所が2箇所あるが、そのような比較的頻繁に砂州河床が攪乱作用を受ける場所では、ヤナギは定着していない(図-14)。他方で、安定しすぎる場所でもヤナギは定着しておらず、蛇行の内岸や水辺から離れた場所では、ヤナギ以外のエノキ、ムクノキ、それに竹林やシンジュ等による樹林化が進行している(図-15)。それ

らから、ヤナギは川の安定化によって増えるが、同時に川の動的な要素にも依存して発達していると考えられる。言い換えれば、冠水頻度が大きな水際や、植生の発達が疎で河床が乾燥していない低比高地の減少により、ヤナギの定着箇所は減少し、また、ヤナギの根の深さ以上に河床が変動したり、平常時の大きな水位変動によって河床が乾燥したりする等、川の動的要素が大きすぎてもヤナギの定着は抑制されると考えられる。

4. 現場への適用

前章で得られた知見を参考にすれば、現場における具体的なヤナギの管理手法として、以下が提案される。

まず、ヤナギ林の拡大抑制技術に関して、どちらかと言えば、ヤナギは河床の攪乱や冠水といった川らしい作用が大きな水際で定着し、また、ヤナギの種子や枝が水際に漂着した後に、水位低下等によって河床が乾燥すると、ヤナギは活着出来ずに枯死する(図-6)と考えられる。それらの点からは、ヤナギの定着防止に関して、河床を動的にすることや、平常時の水量に変動があることが、重要な要素になるといえる。

河床を動的にするという観点においては、ヤナギの河岸固定が砂州の安定化に寄与し、洪水で拡大する砂州の水際にその都度ヤナギが定着してきた過程(図-7)や、ヤナギの分布が砂州を攪乱する洪水流を寄せつけないこと(図-9)を踏まえれば、ヤナギの新たな定着を抑制したい場所の周辺では、根こそぎ排除すべきといえる。また、平常時の水位変動に関しては、ヤナギの漂着後の水位操作(例えば、洪水減衰期のダムの放流量調整や洪水後の堰の水位操作)によって、ヤナギの定着直後の根の深さ程度(10~20cm程度)に水位を低下させれば、ヤナギの定着は相当抑制できると考えられる。

紙面の制限のため本報では報告できないが、数年で元通りに戻ってしまう(図-10, 11)従来の地上部伐採手法を改善するため、複数のヤナギ除去手法を現地で試験的に始めている。それらは、地下部を殺す考えを基本とし、長期的視点に立った管理コストミニマムや管理効果の長寿命化を目的としているが、上記の定着抑制テクニックの提案に関しても基本的な目的と考えは同じである。

つぎに、ヤナギの分布の空間管理に関して、ヤナギが安定的に発達する場所は、河道の法線形(蛇行や堤防)や横断施設(堰)の設置方向によって、相当程度支配されており、それは過去と比較して大きくは変化していないこと(図-8)がわかった。そのような状況を変化させたい場合は、水制の設置等によって洪水の流向を変化させ、安定していた砂州を攪乱させるシステムを導入する考えも持てるが、ヤナギの平面分布特性に関して、過去を規範とし、ヤナギが発達してしまう場所を選定する考えも積極的選択肢の1つになると考える。また、ヤナギ

の定着にとっては、ヤナギの枝や種子が漂着した後の水位の安定が必要条件となるが、本研究の対象区間のように、利水のための堰が多く、水位が安定する湛水区間が広く分布する状況において、当面利水施設を放棄あるいは改築することが現実的でないとするれば、それもまた、ヤナギが発達してしまう区間を選定する明確な根拠となると考える。

河川にヤナギが全く存在しないことは寂しく、それは川らしさの損失でもある。そのような意味においても、河道の中でヤナギが存在してもよい場所を積極的に選定する考えは重要である。その上で、ヤナギの必要性に関する具体的検討では、景観やアメニティー空間の保全、洪水流を一時貯留したり百間川放水路への分流を促す要素としての治水の役割も考慮に入れ、さらに自然環境面においても、現状で貴重種が集中的に分布するワンド等の空間を保護するための配置を考慮する等、ヤナギ林を利用する観点も必要になる。また、そのように環境だけでなく、治水や利活用の面からも、それぞれが本来求めた機能の考えに基づく具体的な手法を互いに提案し、議論するプロセスが、ヤナギ林の管理の最適解を導くための重要なプロセスになると考えられる。

謝辞: 本研究に当たって、資料提供及び調査実施に際しての多大なる便宜、協力をして頂いた国土交通省岡山河川事務所、調査・解析の一部を担って頂いた(株)ウエスコの白井宏尚氏、藤原正季氏に対し、ここに記して謝意を表す。また、岡山河川事務所が設立する「旭川植生管理検討会」の委員の方々からは、多くの示唆を与えて頂き、本研究をリードして頂いた。ここに記して敬意と感謝の意を表したい。

参考文献

- 1) 李参熙・渡辺敏・望月達也・藤田光一・塚原隆夫：礫索性の植物群落の破壊と河床材料の移動，土木学会第52回年次学術講習会，pp.286-287，1998.
- 2) 藤田光一，李参熙，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，土木学会論文集，No.747/II-65，pp.41-60，2003.
- 3) 福岡捷二，渡邊昭英，新井田浩，佐藤健二：オギ・ヨシ等の植生の河岸保護機能の評価，土木学会論文集，No.503/II-29，pp.59-68，1994.
- 4) 服部敦，瀬崎智之，伊藤政彦，末次忠司：河床変動の観点で捉えた河原を支える仕組みの復元，河川技術論文集，第9巻，pp.85-90，2003.
- 5) 寺本敦子，辻本哲郎：植生域を伴う砂州の地形変化，水工学論文集，第49巻，pp.1021-1026，2005.
- 6) 山本晃一：沖積河川学，(株)山海堂，1994.
- 7) Shingo ISHIKAWA：Seedling growth traits of three Salicaceous species under different condition of soil and water level，Ecological Review，Vol.23, No.1，1994.

(2005. 4. 7 受付)