

高水敷切下げ後の樹林化抑制に向けた草本植物 の早期植生回復に関する研究

STUDY ON CONTROL METHOD FOR WILLOW SUPPRESSION BY EARLY
RECOVERY OF TALL GRASSES AFTER LOWERING TERRESTRIALIZED
FLOODPLAINS BY LAND EXCAVATION

兼頭淳¹・大石哲也²・萱場祐一³

Jun Kanetou, Tetsuya Oishi, Yuichi Kayaba

¹非会員 修(農) 土木研究所 自然共生研究センター (〒501-6021岐阜県各務ヶ原市川島笠田町宮有無番地)

²正会員 博(工) 寒地土木研究所 寒地河川チーム (〒062-8602北海道札幌市豊平区平岸1条3丁目1番34号)

³正会員 博(工) 土木研究所 水環境研究グループ長 (〒300-2621茨城県つくば市南原1-6)

A control method for suppressing seed germination and seedling growth of willow after lowering terrestrialized floodplains of lowland rivers by land excavation was proposed on the basis of field surveys and document investigations: the germination and establishment of willow may be prevented by facilitating early recovery of tall grasses. The field surveys (308 sites in seven rivers) indicated willow established in lower land level (i.e., land areas near river level) and the relative elevation was 0.54–1.06 m (first and third quartiles). In addition, occurrence probability of willow increased with decrease in the relative elevation from river level. Also, previous studies showed that increasing plant density promptly after the lowering terrestrialized floodplains could be effective for the suppression of the establishment and growth of willow. These findings demonstrated that the relative elevation and plant density were important for the willow suppression.

Key Words : *adaptive management, cross-sectional area of river, plant density, relative elevation, riparian management*

1. はじめに

自然堤防帯の河川では、河積確保のために高水敷切下げが全国各地の河川で実施されている。切下げ後の地盤面は、当初、裸地の状態であるが、間もなくすると植物に覆われることが多い。このとき、ヤナギ類が再樹林化する箇所もあれば^{1,2,3)}、草本と樹林が競合する箇所もあり、環境条件とその後の植物の状態の関係性については必ずしも十分に明らかにされていない。例えば、小貝川の事例(図-1)では、高水敷を同じ高さで切下げているにも関わらず、ヤナギ類が再樹林化した箇所とヨシ・オギ原が広がった箇所に分かれており、切下げ高さを制御しても狙いの植生状態とならない可能性がある。そのため、河積が確保できない箇所では切下げ後に草本類が優占するほうに誘導する技術を確立する必要がある。

高水敷切下げ後の樹林化を抑制する方法の一つとして、切下げ後にヨシやオギ等の高茎草本を早期に回復させてヤナギ類の定着を抑制する対策が試験的に試行されてい

る(以下、本研究では便宜的に早期植生回復と呼ぶ)。しかし、早期植生回復によるヤナギの抑制効果の評価事例⁴⁾は少ない。え、経年的な変化傾向を分析した研究事例は見当たらない。

そこで本研究では、高水敷切下げ後の樹林化抑制への一助とするため、現地調査と資料分析を実施し、ヨシやオギによるヤナギ類の抑制効果を検討するとともに、早期植生回復の検討手順や課題を抽出した。



図-1 小貝川での切下げ箇所の事例

2. 方法

(1) 現地調査

本研究では、ヨシまたはオギの移植を行っている赤川、多摩川、矢作川、木曽川の計4河川、ヤナギ類とヨシまたはオギが同所的に生育している揖斐川、小貝川、野洲川の計3河川、合計7河川においてベルトトランセクト調査を行った。ベルトトランセクト調査では、まず周囲の植生を代表するような場所で、堤防法尻から水際付近にかけて、横断方向に向かって調査範囲となるベルト測線を設定した。次に、ベルト測線上の中心から幅2mの範囲で、測線上の優占種が異なる任意の地点で調査を行った。調査範囲において、優占植物種、水面比高、表層土壌の含水率と土壌厚を調査・計測した。水面比高については調査時におけるベルト測線上の水際線を基準高さとし、調査地点の比高から求めた。なお、調査地近傍の水位観測所において、調査時の水位が平水位より10cm以上高かった場合は、調査時の水位と平水位の差分で補正した。感潮区間の矢作川については平均潮位（T.P.0m）を基準高さとした。土壌厚は検土杖を用い、地表から1.0mまでを対象に礫層までの深さを計測した。含水率はハンディ土壌水分計（Scientific, Inc社；C-HydroSense）を用い、表層から0.1mまでの体積含水率を計測した。なお、降雨時ならびに冠水している地点の含水率は参考値とし以下の解析には用いていない。

以上の調査を2017年の5月から11月にかけて実施した。赤川では10月に44地点、小貝川では5月に20地点と7月に66地点の計86地点、多摩川では5月に24地点、矢作川では5月に38地点と9月に63地点の計101地点、木曽川では15地点、揖斐川では11月に18地点、野洲川では11月に20地点の合計308地点で調査を実施した（図-2）。

(2) 資料分析

現地調査に加え、ヨシまたはオギの移植を行っている矢作川と赤川については、植生図などのモニタリング調査データや移植に関する資料を収集・分析した。

矢作川の対象区間（5.4-5.7k）については感潮域に位置し、河川水辺の国勢調査（2008年度基図作成）によると、切下げ前はオギ群落やセイタカアワダチソウ群落などの草本類が広く分布し、ヤナギ類はジャヤナギアカメヤナギ群集がパッチ状に分布していた。当該区間では、ヨシ原再生事業として、2010年度に2種類の地盤（T.P.+0.5mおよびT.P.+0.8m）に切下げ（図-3）、2010年度と2011年度の2回に分けて、部分的にヨシ根茎やヨシ苗の移植を行っている（図-4）。

赤川の対象区間（13.8k）については中流部に位置し、河川水辺の国勢調査（2014年度基図作成）によると、切下げ前はヨシ群落やセイタカアワダチソウ群落などの草本類群落やシロヤナギ群集が分布していた。ここでは、



図-2 現地調査対象河川

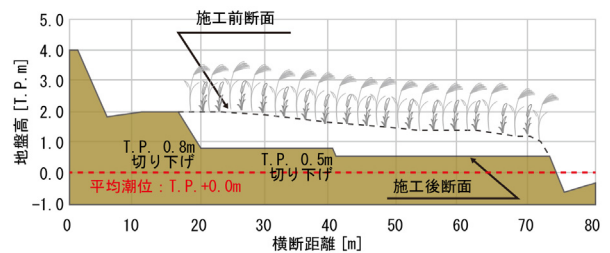


図-3 施工断面図（矢作川；5.4k左岸）

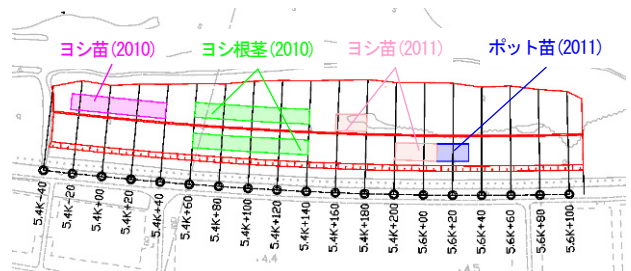


図-4 ヨシ移植区画（矢作川）

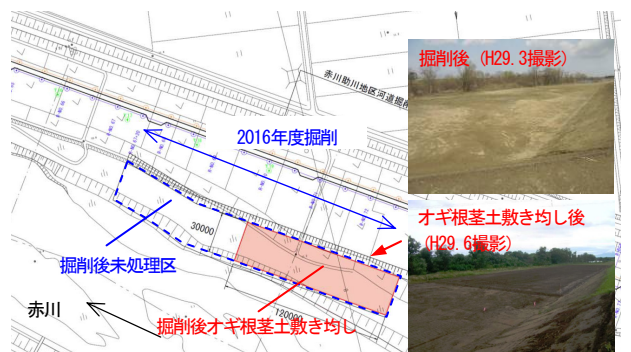


図-5 試験施工箇所（赤川；13.8k右岸）

ヤナギ類やハリエンジュなどの木本類の樹林化抑制の試験施工として、高水敷切下げ（T.P.+7.77m；平水位+4.2m）とオギの根茎を含む表土で厚さ0.2mの敷き均しを実施している（図-5）。切下げ工事は2016年度、オギ根茎土による覆土は2017年度の春期に行われ、対照区として掘削したままの掘削後未処理区画を設けている。

表-1 主な植物の確認状況

植物	確認地点数							水面比高※ (m)	含水率※ (%)	土壌厚※ (m)
	赤川	小貝川	多摩川	矢作川	木曾川	揖斐川	野洲川			
ヤナギ類	0	8	0	22	0	10	6	0.54～1.06	15.0～44.5	0.32～1.00
ヨシ	0	16	0	31	0	3	12	0.44～1.16	29.8～58.6	0.50～1.00
オギ	13	52	15	19	1	4	3	1.31～3.99	9.0～23.5	0.10～0.30
セイタカアワダチソウ	12	41	3	10	0	4	3	1.48～4.27	7.0～11.0	0.08～0.25
ヨモギ	10	18	9	9	0	0	0	2.54～4.01	8.0～15.0	0.03～0.20

※ 水面比高・土壌厚・含水率は25%～75%分位点を示す

(3) データ解析

現地調査で多く確認された植物の上位5種を対象に、それらの生育環境（水面比高，土壌厚，含水率）の比較を行った。各生育環境において等分散性が仮定できなかったため（パートレット検定； $p<0.05$ ），クラスカル・ウォリス検定を用いて植物種間に差が認められるかを検定した。有意差が認められたものについてはシェッフェの方法で多重比較を行った。

ヤナギ類が確認された水面比高について河川間の相違の有無を検証するため，上記と同じ方法で水面比高による河川間比較を行った。ヤナギ類の出現確率に与える水面比高の寄与を分析するため，ヤナギ類の出現・非出現を応答変数，水面比高を説明変数とした一般化線形モデル（GLM）を構築した。分布型は二項分布とし，link関数はlogitとした。なお，同所的に生育するヨシとの競合関係を考慮し，ヨシのみが確認されたデータは解析から除いた。以上のデータ解析にはR3.4.0を使用した。

3. 結果

(1) 現地調査

a) 対象種の生育環境

ベルトトランセクト調査では22科63種の植物が確認された。このうち，確認地点数が多かった上位5種の確認状況を表-1，種ごとの生育環境（水面比高，含水率，土壌厚）を比較した結果を図-6に示す。この図では，黒太線で中央値を，箱の上下端で25-75%分位点を，箱からのびるひげの上下端で10-90%分位点を，丸点で外れ値を示す。なお，ヤナギ類としてはアカメヤナギ，タチヤナギ，カワヤナギの3種が確認されている。

ヤナギ類とヨシが確認された水面比高は，25～75%分位点間で，それぞれ0.54～1.06m，0.44～1.16mであり，有意差が認められず，同じような水面比高で生育していた。土壌厚（ヤナギ類：0.32～1.00m；ヨシ：0.50～1.00m）でも有意差は認められなかったが，含水率（ヤナギ類：15.0～44.5%；ヨシ：29.8～58.6%）には有意差が認められ（ $p<0.05$ ），ヨシの方がヤナギ類より湿潤な環境で確認された。一方，オギ，セイタカアワダチソウ，ヨモギが確認された水面比高は，25～75%分位点間で，

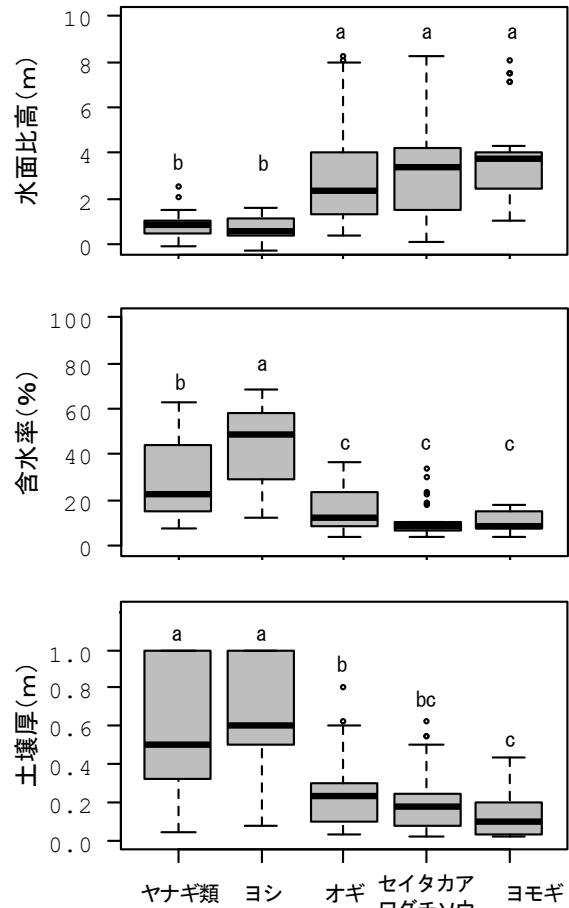


図-6 主な植物の生育環境の比較
アルファベットは多重比較の結果を示す

それぞれ1.31～3.99m，1.48～4.27m，2.54～4.01mであり，ヤナギ類やヨシと比べて有意に高い水面比高で確認された。また，含水率と土壌厚にもヤナギ類やヨシとの間に有意差が認められ，オギ（含水率：9.0～23.5%；土壌厚：0.10～0.30m），セイタカアワダチソウ（含水率：7.0～11.0%；土壌厚：0.08～0.25m），ヨモギ（含水率：8.0～15.0%；土壌厚：0.03～0.20m）の3種は土壌厚が薄く乾燥した場所で確認された。これら3種の生育環境はほぼ同じであり，有意差がみられた土壌ではオギ，セイタカアワダチソウ，ヨモギの順で土壌厚が薄くなった。

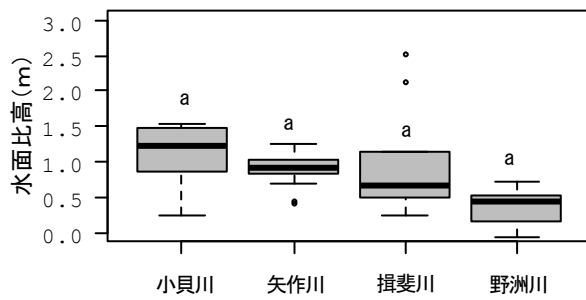


図-7 ヤナギ類が生育する水面比高の比較
アルファベットは多重比較の結果を示す

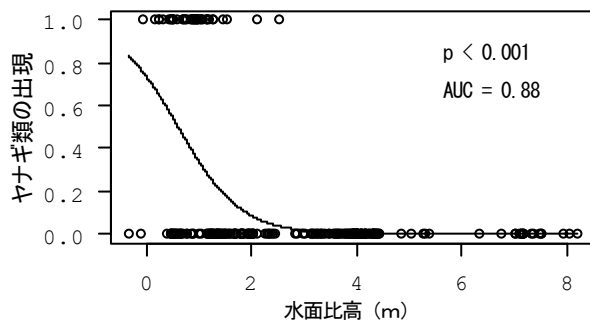


図-8 GLMによるヤナギ類出現確率の推定値（実線）と
実測値（丸点）

b) ヤナギ類が生育する水面比高

ヤナギ類が確認された水面比高について、河川間比較をした結果、野洲川で水面比高がやや低かったものの、河川間で有意差が認められなかった（図-7）。水面比高とヤナギ類の出現には負の関係があり、水面比高の上昇にともない出現確率の推定値は低くなった（図-8）。このモデルによればヤナギ類の出現確率50%のときの水面比高は約0.6mであった。

(2) 資料分析

a) 矢作川

切下げ後1年目から6年目までの植生分布の変遷を図-9に示す。この図より、2種類に切下げた基盤のうち、T.P.+0.5m基盤ではヨシ群落が多く形成されたが、T.P.+0.8m基盤では切下げ後3年目からヤナギ群落が増大する傾向が伺える。一方、T.P.+0.8m基盤のヨシ根茎区（2010）ではヨシやオギが経年的に優占し、ヤナギ類の繁茂を抑制していることが伺える。

ヤナギ群落が増大したT.P.+0.8m基盤における区画別の植物群落の面積比率の経年変化を図-10に示す。なお、移植は2年に分けて実施されており、ヨシ根茎区（2010）と未移植区は2011年を、ヨシ苗移植区（2011）とポット苗移植区（2011）は2012年を切下げ後1年目とした。この図より、2016年（切下げ後5～6年目）のヨシ根茎区（2010）とその他の区におけるヤナギ群落の面積比率は、それぞれ約25%と75%以上であり、ヨシ根茎区

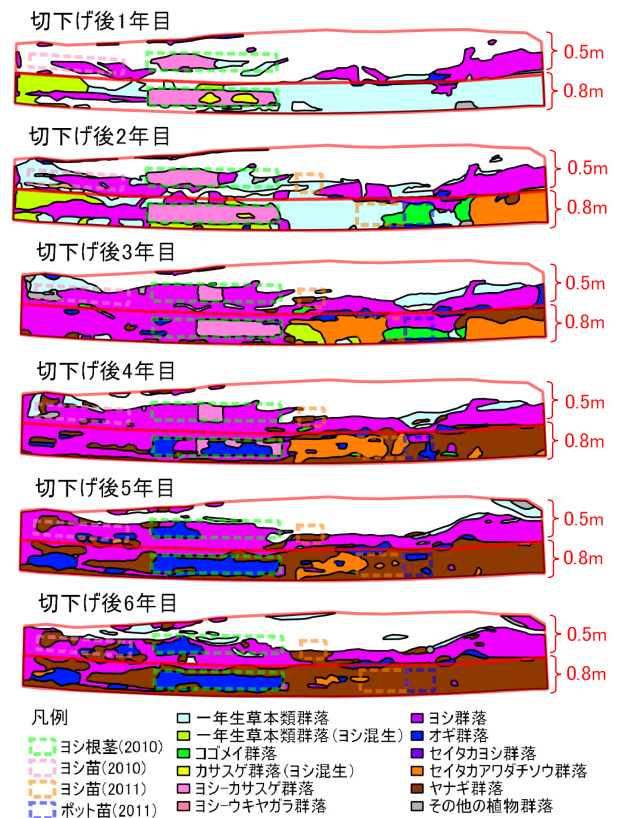


図-9 矢作川の植生分布の経年変化

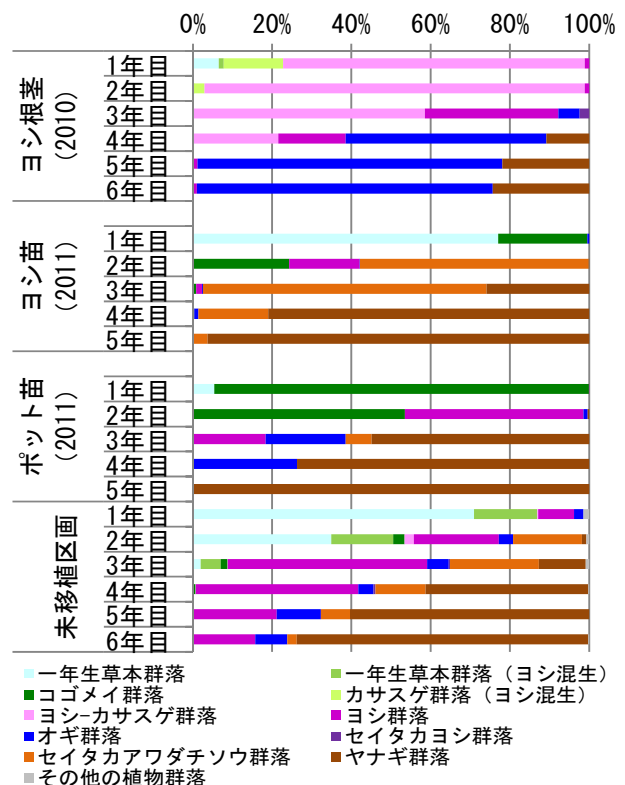


図-10 群落面積比率の変化（矢作川：T.P.+0.8m基盤）

（2010）の方が50%以上ヤナギ群落の面積比率が低かった。ヨシ根茎区（2010）では、切下げ後1年目からヨシ-カササゲ群落が約76%を占めたのに対し、その他の区画ではヨシが優占または混生する群落が10%以下であった。

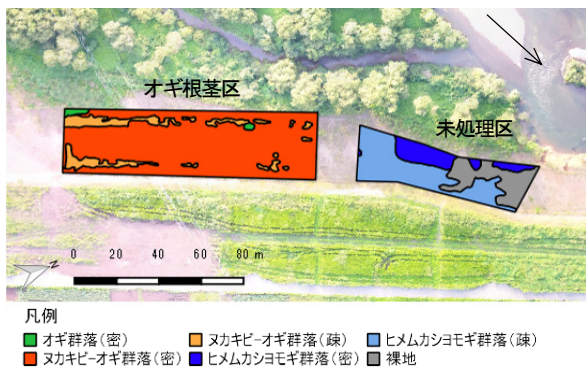


図-11 赤川における試験施工直後の植生分布

表-2 シロヤナギ実生の生育状況

区画	生育密度	樹高	水面比高※	含水率※
オギ根茎区	6.0本/㎡	5～8cm	4.4m	45.3%
未処理区	1.7本/㎡	2～3cm	4.2m	22.8%

※ ベルトトランセクト調査における各区画の平均値を示す

b) 赤川

試験施工直後の植生分布を図-11に、ヤナギ類の生育状況を表-2に示す。ここでは、オギ根茎土の敷き均しを実施した区画をオギ根茎区、掘削したままの区画を未処理区とした。オギ根茎区ではヌカキビとオギが優占し、すべての群落でオギが確認された。その植被率はオギ群落で約60%、それ以外の群落では約20～35%であった。オギは草丈0.7～1.2mまで生長し、開花も確認されるなど、生育が良好であった。未処理区ではヒメムカシヨモギが散生し、オギは群落、個体ともに確認されなかった。木本類としては、シロヤナギとイタチハギが確認された。シロヤナギは実生由来と考えられる個体がオギ根茎区と未処理区で確認された。その樹高と密度はそれぞれ、オギ根茎区で5～8cm、6.0本/㎡、未処理区で2～3cm、1.7本/㎡であった(表-2)。イタチハギは萌芽状況から根茎由来と考えられる個体が4本、オギ根茎区で確認された。

4. 考察

以上、7河川の現地調査と矢作川と赤川での早期植生回復後の経時的な変化について、植物と物理環境特性の関係について分析してきた。早期植生回復が実施された矢作川と赤川では、ヨシやオギによる樹林化抑制が機能した箇所もあれば、かえって樹林化を促進しているような結果も得られている。そこで、以下では、現地調査の結果をもとに、まず矢作川や赤川で行われたヨシやオギによる早期植生回復のうちヤナギ類の樹林化抑制効果について、次に樹林化抑制に向けた高水敷切下げと早期植生回復を実施する際の検討手順と今後の課題について考察した。

(1) ヨシによるヤナギ類の樹林化抑制効果～矢作川～

矢作川のT.P.+0.8mで切下げた基盤での全体傾向をみると、切下げ後2～3年目以降からヤナギ群落は拡大した。しかし、ヨシ根茎区では、切下げたままの区や、ヨシ苗やポット苗を移植した区に比べてヤナギ群落の拡大が著しく抑制されていた(図-9)。この違いが生じた要因としては、ヨシ根茎区において移植後すぐにヨシが優占したことが関係していると考えられる。ヨシ根茎区では、切下げ後1年目からヨシ-カササゲ群落が約76%を占めたのに対し、その他の区画ではヨシが優占または混生する群落が10%以下であった(図-10)。ヤナギ類の多くは明るく土壌水分の多い箇所で旺盛な初期生長を見せることが知られている⁵⁶⁾ことから、初期にヨシが優占したヨシ根茎区ではヤナギ類の種子の発芽に必要な裸地(光環境)の制限を介してヤナギ類の定着を抑制することができたと考えられる。したがって、ヤナギ類の繁茂抑制には早期にヨシを密生させることが重要であり、その工法として根茎土の敷き均しが有効であることが示された。

(2) オギによるヤナギ類の樹林化抑制効果～赤川～

オギの根茎移植を実施した赤川の試験施工箇所では、オギ根茎区の方が未処理区よりもヤナギ類の実生が多かった(表-2)。この違いが生じた要因としては、施工時期や、表土敷き均しによる保水機能の変化が関係していると考えられる。まず、両区でヤナギ類の実生が確認されたのは、高水敷切下げが3月に完了しており、ヤナギ類の種子散布時期(4～6月頃)に裸地面が広がっていたことから、ヤナギ類の発芽や生長につながったと考えられる。次に、オギ根茎区の方がヤナギの実生が多かったのは、オギ根茎区の方が湿潤な土壌が形成されており、根茎土の敷き均しにより、かえってヤナギ類の発芽や生長に有利に働いた可能性が高い。現地調査の結果によると、オギとヤナギ類が生育する物理環境が異なっていたが、当該地区のように水面比高が高くても含水率が高い場合には、ヤナギ類の発芽を促すものと推察できる。このように、早期植生回復を実施する場合は対象種に応じた適切な土壌環境を整備することが重要である。ただし、当該地区は切下げ後1年目であり、オギの生育が良好であることから、オギが密生した状態になれば、ヤナギの生育を妨げ、実生を枯死させられる可能性もある。

(3) 早期植生回復の検討手順と課題

平水位近くまで高水敷切下げを行うと、ヤナギ類の樹林化が進行する可能性が高い。本研究において、ヤナギ類が確認された水面比高は25～75%分位点間で0.54～1.06mであり(表-1)、河川間に有意な差が認められなかった(図-6)。佐貫ら⁷⁾が東北、関東、中部、近畿、九州の合計7河川で行った調査ではヤナギ類が水面比高0.7～1.4m付近で確認されている。また、GLM解析の結果からも、水面比高が低くなるほどヤナギ類の出現確率

が高くなる可能性が示唆されている（図-7）。これらのことから、ヤナギ類の樹林化を避けるためには、まずヤナギ類の生育適地となる平水位付近の高水敷切下げを避けることが重要である。次に、平水位付近まで高水敷を切下げる場合は、ヤナギ類が樹林化する可能性が高くなることを踏まえ、早期植生回復により樹林化抑制対策を行うことが有効であると考えられる。

早期植生回復には、ヤナギ類と生育環境が似ており、競合関係にあるヨシが有効である。ただし、ヤナギ類はヨシより低い含水率の土壌条件下で確認された（図-6）ことから、含水率が低い環境下においては、比較的乾燥に強く、ヨシと同様に密生した群落を形成するオギの移植も有効であると考えられる。ヨシとオギは日本全国の河川で生育しており⁸⁾、移植個体が比較的入手しやすく、移植方法に関する知見が豊富にあり^{9,10,11)}、実用化しやすい種である。しかし、高密度の根茎移植はコスト面だけでなく、自生地への影響も大きくなる。今後、ヤナギ類の繁茂抑制に必要なヨシやオギの植被率等から、移植に必要な根茎の密度を探索することが課題である。

早期植生回復は、ヤナギ類の種子や実生の耐陰性が低いという性質を利用し、光制限から発芽や生長を抑制するものである。しかし、現実には栄養体（枝など）の漂着によりヤナギが定着^{12,13)}することもあるほか、根茎土にヤナギ類の枝が含まれている可能性もある。また、矢作川の事例では経時的にヤナギ類の面積が増加している。そのため、早期植生回復が常にヤナギ類の繁茂を抑制するとは限らず、植生のモニタリング等を通じた監視と伐採等の維持管理の実施といった順応的管理を計画段階から取り組むことが重要である。

5. 結論

本研究では、高水敷切下げ後の樹林化抑制に向け、ヨシやオギの早期植生回復によるヤナギ類の抑制効果や課題を検討するとともに、早期植生回復の検討手順や課題をとりまとめた。以下に本研究の成果概要を示す。

- 1) 高水敷切下げに伴う水面比高の低下に対するヤナギ類の出現増加リスクを定量化し、平水位付近まで切下げた場合に樹林化する可能性が高いことを示した。
- 2) ヤナギ類の種子発芽に必要な裸地をヨシで早期に被覆させることでヤナギ類の繁茂を抑制できることを示した。ただし、移植後のヨシの植被率が低い場合にはヤナギ類の繁茂を効果的に抑制できない。
- 3) 以上をもとに高水敷切下げにともなうヤナギの繁茂を抑制するために以下を提案する。
 - ① 平水位付近での切下げを避ける。
 - ② 平水位付近で切下げる場合はヤナギが樹林化する可能性が高くなることを踏まえ、ヨシなどの早期植生回復により樹林化抑制対策を行う。

- ③ 樹林化の抑制効果を維持するためには、植生モニタリング等を通じた監視と伐採等の維持管理を計画段階から取り組む。

謝辞；本研究の実施に際し、国土交通省中部地方整備局豊橋河川事務所、国土交通省東北地方整備局河川計画課には貴重なデータを提供していただきました。また、自然共生研究センターの皆様には、多大な労力を要した現地調査等、諸々の作業に惜しみないご協力をいただきました。ここに記して、感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 大石哲也，萱場祐一：河川敷切下げに伴う初期条件の違いが植生変化に及ぼす影響に関する一考察，環境システム研究論文発表会講演集，Vol.60，pp.1045-1050，2016
- 2) 池田茂，片桐浩司，大石哲也，對馬育夫，萱場祐一：河道掘削箇所におけるヤナギ類の過剰な繁茂に関する要因分析と抑制方策について，土木学会論文集，Vol.73，No.2，pp.38-49，2017
- 3) 池田茂，片桐浩司，大石哲也，對馬育夫，萱場祐一：河道掘削箇所におけるヤナギ類の過剰な繁茂に関する要因分析と抑制方策について，土木学会論文集，Vol.73，No.2，pp.38-49，2017
- 4) 函館開発建設部，平成21年度後志利別川河川整備計画検討業務（試験施工地調査）報告書，2009
- 5) 斉藤新一郎：ヤナギ類とは一形態・生態について，ヤナギ類その見分け方と使い方，北海道治山協会，144p，2001
- 6) 石川慎吾：河川植物の特性，pp.116-139，河川環境と水辺植物—植生の保全と管理—（奥田重俊，佐々木寧編），ソフトサイエンス社，261p，1996
- 7) 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
- 8) 大石哲也：河川植生の維持管理～基本と実践～，2017年度（第53回）水工学に関する夏期研修会講義集Aコース，2017
- 9) 桜井喜雄：抽水植物群落復元技術の現状と課題，水草研究全国集会講演，1990
- 10) 中村宣彦，山下祥弘，北牧正之：琵琶湖におけるヨシ植栽，ダム工学，Vol.9，pp.66-76，1993
- 11) 田中修平，藤井滋穂，山田淳，市喜敦之：水ヨシ生育に及ぼす植栽条件の影響に関する研究，環境工学研究論文集，Vol.36，pp.253-261，1999
- 12) 渡辺敏，前野詩郎，渡辺秀之，志々田武幸：旭川におけるヤナギ林の拡大機構とその抑制管理手法に関する検討，河川技術論文集，Vol.11，pp.77-82，2005
- 13) 佐藤亜貴夫，中島勇喜：ヤナギ類の分布拡大方法についての一考察-流枝による分布拡大について-，雨水資源化システム学会誌，Vol.15，pp.41-46，2009

(2018. 4. 3受付)