

# 河道掘削後の河川氾濫原の変化過程に関する考察

## THE CHANGING PROCESS OF FLOOD PLAIN AFTER RIVER CHANNEL EXCAVATION

池田茂<sup>1</sup>・片桐浩司<sup>2</sup>・大石哲也<sup>3</sup>・原田守啓<sup>4</sup>・萱場祐一<sup>5</sup>

Shigeru IKEDA, Koji KATAGIRI, Tetsuya OOISHI, Morihiko HARADA and Yuichi KAYABA

<sup>1</sup>正会員 工修 土木研究所 水環境研究グループ (〒305-8516 茨城県つくば市南原1番地6)

<sup>2</sup>非会員 農博 土木研究所 河川生態チーム (〒305-8516 茨城県つくば市南原1番地6)

<sup>3</sup>正会員 工博 土木研究所 自然共生研究センター (〒501-6021 岐阜県各務原市川島笠田町)

<sup>4</sup>正会員 工博 岐阜大学流域圏科学研究センター (元土木研究所) (〒501-1193 岐阜市柳戸1番1)

<sup>5</sup>正会員 工博 土木研究所 河川生態チーム (〒305-8516 茨城県つくば市南原1番地6)

We studied a changing process of river cross-sections and the resulting change of riparian vegetation after the excavation of a river channel. The study was conducted on how floods changed the cross sections and finally affected the vegetation environment, based on data and information accumulated for ten years after the excavation together with research on current conditions of vegetation and soil. As a result, the reproduction of a *salix* community was confirmed in the excavated area. The invasion and growth of the *salix* species in the river channel was analyzed in relation to the frequency, duration and depth of inundation. Floodplain pools on the uneven surface of the river channel after the excavation may have generated a favorable condition for the growth of the *salix* species.

**Key Words:** river channel excavation, plant community, *Salix* species, succession

## 1. はじめに

### (1) 背景と目的

河川氾濫原は、物質循環や生物多様性にとって重要な場である。我が国の直轄河川区間は、主に河川中下流部に位置しており、かつて広大な河川氾濫原を有していた。しかし、現在、河川氾濫原は堤外地（河道内）に限定されるとともに、河床の低下、樹木の繁茂などに伴い、著しく変質してきている。このため、河川氾濫原の保全や再生は、重要な課題となっている。

近年、数多くの直轄河川では、流下能力の確保のため河川環境に配慮した河道掘削が行われている。また、礫河原など特徴的な河川環境を再生、保全するため治水と調和した河道掘削や樹木伐開が行われている。河道掘削後、しばらくの間、裸地や礫河原の状態であったものが、時間の経過と共に河床の変動を伴いながら植物に被われることが多い<sup>1)</sup>。この中でも、更に時間が経過し洪水などを受けながら数年すると、樹木の繁茂が目立つところもあれば、草本と樹木が競合する箇所なども存在する。河道掘削後、時間の経過と共に河川氾濫原がどう変化していくのかについては十分に明らかにされていない。

そこで本研究では、高水敷の切り下げ等河道掘削後、時系列で流量・水位の変動、河床の変動、植物の侵入・生長・遷移の関係性を捉えながら考察し、河道掘削後の河川氾濫原の変化過程を解明した。具体的には、H13, 17, 18年度に濁水位～豊水位の様々な高さで高水敷の切り下げ等河道掘削を実施した木曽川水系揖斐川をケーススタディとして、河道掘削後概ね10年間に着目し、河道掘削後の河川氾濫原の変化過程を解明するため、水文・地形・植生資料解析、植生・土質等現地調査を行った。

### (2) 掘削後の河川氾濫原の変化過程を解明する必要性

河道掘削が河川氾濫原の変化に及ぼす影響の評価は、現在のところ各河川で個別に対応しており一般論として確立した方法は存在しない。また、河道掘削後、河川氾濫原は河床の変動を伴いながら多様な植物が侵入・定着、生長・拡大していく。その過程で、植物の遷移・種間競争、洪水に伴う植物の流出、堆積や侵食作用による地形変化が生じる<sup>2)</sup>。これらをきめ細かく精緻に予測することは難しい課題であり、今後、予測技術の開発・向上を図るだけでなく、河道掘削後の河川氾濫原の状態変化を適切な時点で的確にモニタリングし、必要に応じて再掘削や樹木伐開を継続的に行うことが必要である。

この一連の維持管理を効果的・効率的に行うため、河道掘削後、時間の経過と共に変化する特徴のある局面を抽出し、流量・水位の変動、河床の変動、植物の侵入・生長・遷移の関係性について時系列で調査分析することが合理的である。調査分析を行うにあたって、河川氾濫原の変化を捉える対象、及び河川氾濫原の変化に寄与する因子に分けて、維持管理に活用できるよう、関係指標を設定し考察した。

### (3) 掘削後の河川氾濫原の変化を捉える対象

河川氾濫原の変化を捉える対象は、鳥類、昆虫類等の生息場所として機能する「植物」、植物の生育基盤となる「掘削域」とした。また、植物と掘削域の相互の関係性にも着目した。

植物については、植生図より経年変化を追跡し、変化過程を解明するため、裸地、草本、木本など群落に着目した。また、増えすぎて繁茂したヤナギ類は、河積の減少による洪水時の流下能力の低下等治水上、生物多様性の劣化、良好な景観の障害等環境上から、全国的に課題<sup>3)</sup>となっている。揖斐川においても繁茂していることから焦点をあてた。

掘削域については、陸域の地盤高、縦断・横断形状、及び水域に着目した。堆積する土質により水分環境や植物の生長・拡大等へ影響を及ぼす<sup>4)</sup>と考えられることから、陸域を構成する堆積物の内容にも着目した。水域については、ワンド、タマリに着目した。

### (4) 掘削後の河川氾濫原の変化に寄与する因子

河川氾濫原は、頻度高く起こる冠水と著しい乾燥という両極端にまたがる状態を交互に繰り返す。また、植物の生育基盤である表土が洪水により破壊される。特に洪水について、石川(1991)<sup>5)</sup>は、植物体や立地の破壊、植物体の埋没、植物体の生理的活性に及ぼす悪影響があり、これらの作用は、単独で働くものではなく、常に複合された形で植物に影響すると指摘している。これらを踏まえて、河川氾濫原の変化に寄与する因子は、洪水時、平水時において、流量や水位の状態、流水の流体力、及び堆積や侵食作用が河川氾濫原へ及ぼす影響の内容と度合を勘案した「流況」、「位況」に着目した。なお、水際からの距離については、高水敷の切り下げのため有効でないと判断し、検討から除外した。

## 2. 研究の方法

### (1) 調査地の概要

調査地の揖斐川は、幹川流路延長121km、流域面積1,840 km<sup>2</sup>の一級河川である(図-1)。H14年7月洪水では、河口から40.6kmに位置する基準地点万石観測所において、S50年8月の観測史上最高に迫る水位を記録した

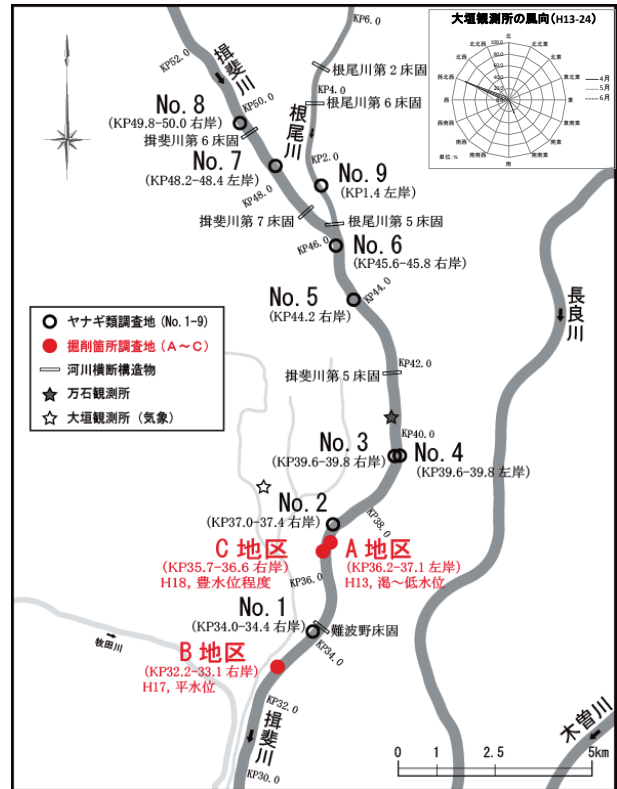


図-1 調査地位置図

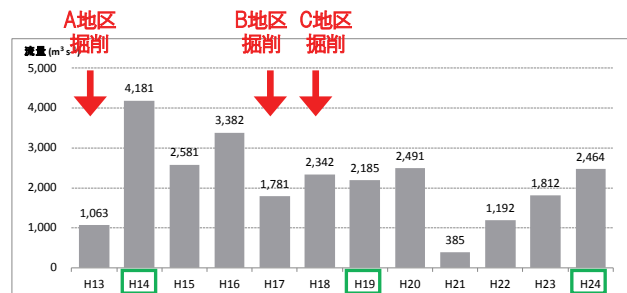


図-2 万石観測所の年最大流量と掘削・植生調査  
(□は河川水辺の国勢調査による植生図作成調査年)

(図-2). 掘削区間は、河口から32km~38kmに位置し、セグメント2-2に区分される。

H13, 17, 18年度に各1箇所が高水敷を切り下げる河道掘削が行われた。掘削高は、H1~11年の万石観測所の水位データから得られた渴水位、低水位、平水位、豊水位をもとに3地区それぞれで設定(図-1, 2)された。3地区の掘削完了工期は、共通して年度末3月であった。

H13~24年の期間、調査地に近い大垣観測所において、ヤナギ類の種子散布時期である4~6月期に最も多かった風向は西北西であった。西を加えると4~6月期の月別で92, 92, 75%であり、調査地の揖斐川を右岸から左岸へ横断する風向が卓越した(図-1)。また、風上に相当する揖斐川右岸側の大垣市は、市街地と農地が混在しておりヤナギ類の繁茂は確認できなかった。

### (2) 資料解析

資料解析には、河川維持管理計画で広く活用されてい

る水文水質データベース，河川水辺の国勢調査，定期縦横断測量，空中写真，気象庁関係資料を用いた。

掘削域の冠水の有無による乾湿状態は，植物の生育にとって重要であり，流量・水位の変動と河床の変動との両者の影響を受ける。本研究では，堆積作用等河床の変動を伴う陸域の地盤高や形状（微地形）の変化を反映した「冠水」の時期，頻度，及び冠水深に着目した。冠水の状態を捉えるため，日単位を採用した。

ヤナギ類は軽量で綿毛の種子を持つことで風や流水

（河川）を通じて広域散布を実現し，水分の存在など好適な生育地に到達すると素早く発芽し生長する<sup>6),7)</sup>。河道掘削後，裸地となる掘削域へ植物が侵入・定着する時期がその後の植生の変化特性を大きく規定すると考えた。反面，ヤナギ類の種子は短い寿命（2週間ほどは高い発芽率を有する）である<sup>6),7)</sup>。ヤナギ類の種子散布時期は，揖斐川の実態を踏まえ4/1から6/30とした。

掘削区間は，上流に大きな流入支川がなく，堤間幅が400m程度，低水路幅が200m程度からなる川幅が万石観測所から連続している。このため水文水質データベースを用いて，万石観測所のH13～24年の日水位ハイログラフを河道掘削の実施時期，河川水辺の国勢調査の実施年を勘案して二期に分けて作成した（図-3，図-4）。年間及びヤナギ類の種子散布時期に着目し，H1～11年の平均の濁水位，低水位，平水位，豊水位と比較して3地区への冠水状況を推定した。H13，17，18年度の掘削完了工期直後の種子散布時期の内，H18年4月に時刻水位で水防団待機水位に達する小洪水が発生した。また，万石観測所の流量を用いて等流計算を行い，3地区の代表断面について冠水日数を算出した。

H14，19，24年の河川水辺の国勢調査の植生図と，3地区の掘削範囲を重ね合わせて植物群落別の地被面積と割合を算出した。またH14，19，24年の植生図から，上流区間を含めたヤナギ類（ジャヤナギアカメヤナギ群落）の縦断分布と河道掘削前の繁茂状況を把握した。

H14，17，20，25年度の定期縦横断測量，H24年度撮影の空中写真を用いて，河道掘削後の陸域の堆積形状，水域の位置・形状を把握した。河川横断図は，掘削域の中央部に相当し，さらに現地調査を実施した箇所距離的に近い断面（側線）を対象とした。

### (3) 現地調査

現地調査は，H26年9～12月に実施した。現地でも多く繁茂しているアカメヤナギに着目して，年輪・胸高直径・樹高・縦横断分布域の形状調査を行い，ヤナギ類の3地区への侵入時期，侵入時期別の個体の繁茂状況を把握した。3地区と上流区間の12地点，計42サンプル（図-1）について，年輪・胸高直径・樹高を調査した。調査箇所は，掘削域の中央部に位置するよう，A地区は36.8km側線，B地区は32.6km側線，C地区は36.4km側線で行った。上流区間は，ジャヤナギアカメヤナギ群

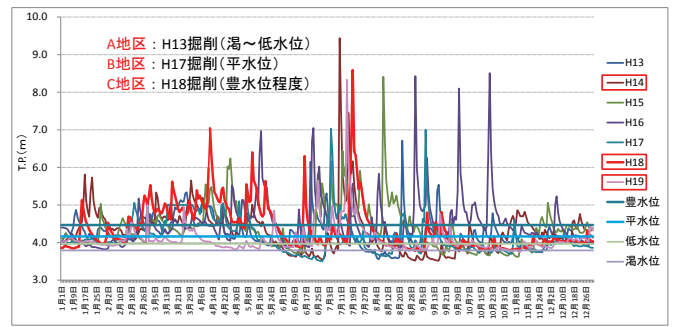


図-3 万石の年間ハイログラフ（H13-19）と3地区の掘削高

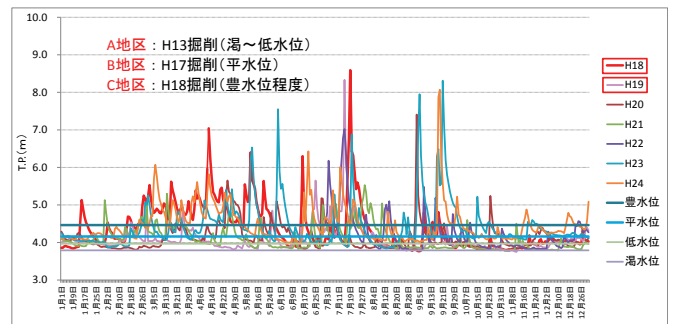


図-4 万石の年間ハイログラフ（H18-24）と3地区の掘削高

落の縦断分布を把握し，3地区から上流へ揖斐川50km，根尾川2kmの間で河道掘削前から存在し繁殖可能な個体<sup>6)</sup>に焦点をあて調査した。この調査結果をもとに年輪（樹齢）と胸高直径，樹高との相関分析を行った。また，陸域と水域の位置と形状の調査，大洪水の経験の有無に着目して堆積土砂内の植物の根茎調査を行った。

## 3. 結果と考察

### (1) ヤナギ類の侵入時期

42サンプルのアカメヤナギの年輪（樹齢）と胸高直径（ $r=0.93$ ），年輪（樹齢）と樹高（ $r=0.88$ ）には，それぞれ有意な正の相関が認められた。年輪と胸高直径，樹高との相関関係が高いことから，3地区それぞれで掘削域全体を俯瞰するよう，胸高直径・樹高を確認した。A地区は36.8km側線の下流側にH14，15，16年，B地区は掘削域（陸域）全域にH18年，C地区は掘削域（陸域）にH19年にそれぞれ侵入したと考えられるアカメヤナギが優占しており，これらが本川流路と平行した方向に帯状に分布していることを確認した。

### (2) H14-19年の地被面積と大洪水との関係（A地区）

H14年7月に観測史上最高水位に迫る大洪水，H16年10月にははん濫危険水位に迫る大洪水が発生した（図-2）。H13年度に河道掘削されたA地区では，H19年で，木本群落（ヤナギ類）15%，1・2年生草本群落48%，湿性・水生植物群落12%，多年生草本群落7%となり，様々な植物群落がみられた（図-5）。現地調査より，H14年7

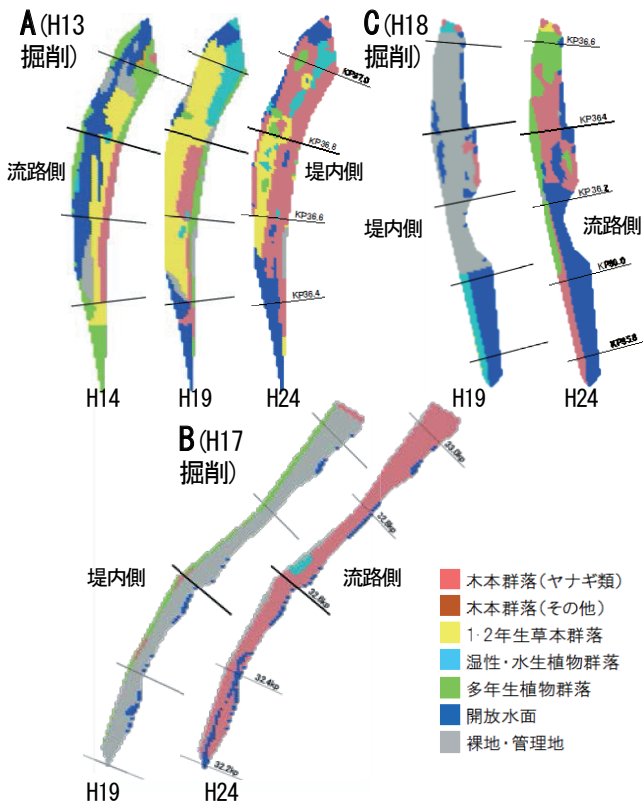


図-5 3地区における植生の変遷(H14, H19, H24)

月の大洪水を経験した掘削域の掘削面に近い砂主体の堆積層の中から、枯死したヤナギ類を確認した。

このため、A地区は、H14, 16年の大洪水により、植物の生育基盤である表土の破壊、土砂の移動とともに、植物の種子や樹根の流出、土砂の堆積が複合的に発生したと考えられる。H19年では、短い期間でH14, 16年の大洪水による攪乱を受け、その結果、掘削域に様々な植物群落が発立したと考えられる<sup>5), 8)</sup>。

### (3) H19-24年のヤナギ類の地被面積の変化 (A, B, C地区)

A地区では、H19年の1・2年生草本群落の一部が、またB, C地区では、H19年の裸地・管理地の多くが、H24年にはヤナギ類の群落へと遷移した。H19-24年のヤナギ類の地被面積の変化率に着目すると、B地区で41倍(2→82%), C地区で18倍(2→36%)に増加し、A地区の3.4倍(15→51%)と比較して大きかった(図-5)。

A地区では、河道掘削後6年間で1・2年生草本群落を主体とする様々な植物群落が発立し、その後H19-24年にかけて、掘削域が植被に覆われた状態で植生が遷移した。一方B, C地区では、掘削完了工期直後のH18, 19年に、先住植物が河道掘削により除かれた裸地にヤナギ類が侵入した。先住植物の根茎が土壌中に少なく、ヤナギ類の根茎が土壌中の資源(水分や栄養)を占有できたため、H24年には開放水面を除く広い範囲にヤナギ類の群落が発立したと考えられる。H18年以降大洪水がなく中小洪水が連続したため(図-2, 4)、土砂の堆積、流出や破壊の影響が小さかったことも、B, C地区のヤナギ類の

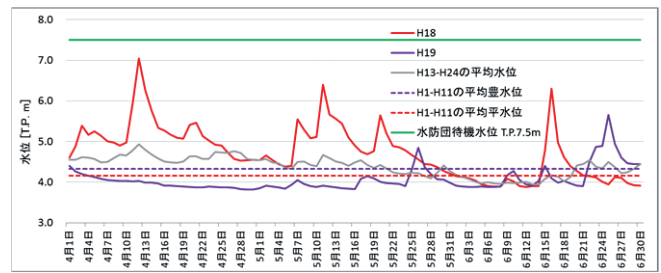


図-6 万石観測所のH18およびH19の水位変化(4/1~6/30)

地被面積が大きくなった要因のひとつと考えられる。

### (4) 種子散布時期の冠水状況からみたヤナギ類の地被面積への影響 (B, C地区)

B, C地区の冠水日数・頻度、冠水深について、B地区(H18赤線)では、掘削完了工期直後のH18年4~6月に小洪水を経験しており、C地区(H19紫線)と比較して冠水日数・頻度、冠水深が著しく大きかった(図-6)。また万石観測所のH18, 19年4~6月の流量を用いて、H20年度測量断面(B地区32.6km断面, C地区36.4km断面)、粗度係数0.027, 河床勾配1/4, 252という条件で等流計算を行った結果、冠水日数はB地区(H18)で57日, C地区(H19)で14日であった。

このためB地区では、C地区と比較してヤナギ類の種子の冠水による侵入機会、種子の量も多かったと考えられる。また、H18年以降大洪水がなく、中小洪水が連続したため(図-2, 4)、土砂の堆積、流出や破壊による影響が小さく、B地区はヤナギ類の群落がH24年で掘削域の全域に成立した(図-5)と考えられる。

### (5) 掘削域の状況

#### a) 掘削域(陸域)の地形

3断面の河川横断面の地形は、時間の経過と共に凹凸が顕著となっていた<sup>9)</sup>(図-7)。現地調査から、3掘削域は全体として本川流路側に土砂の堆積が卓越した形状をし、その背後に水が滞留しやすい凹地があったこと、凹凸のある微地形が連続した形状であったことを確認した。

河道掘削後の堆積形状から、冠水による水が滞留しやすいことのみならずヤナギ類を含めた植物の種子が侵入した後、本川下流への流出が抑制され留まりやすい地形となっていたと考えられる。

#### b) 掘削域(陸域)の堆積物(土質, 根茎)

原田ら(2014)<sup>10)</sup>は、掘削域において堆積層の鉛直構造と粒度組成を調査した結果、A地区の堆積層は、掘削面に近い層が砂主体であり上層になるに従ってシルト主体に、B地区の堆積層は、全体的にシルト主体になっていたことを確認した(図-8, 9)。砂主体の堆積層からヤナギ類の根茎、シルト主体の堆積層からクサヨシ等の根茎を確認した。また、シルト主体の堆積層からアカメヤナギの不定根を確認した(写真-1)。

A地区は、掘削完了工期がH14年3月であり、その後、

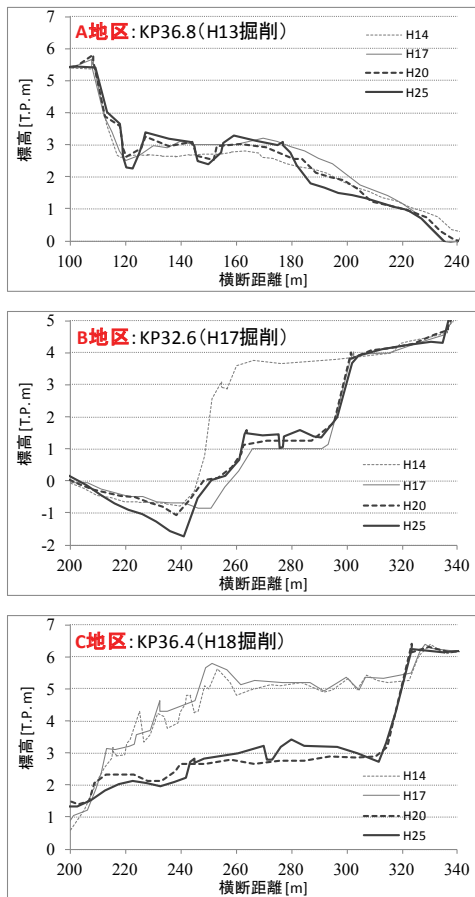


図-7 掘削域の変化

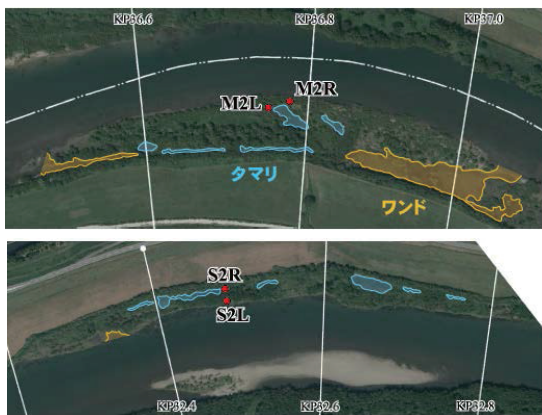


図-8 A : KP36.8 (上図) およびB : KP32.6 (下図) の土質調査位置およびタマリ・ワンドの位置 (原田(2014)を改変)

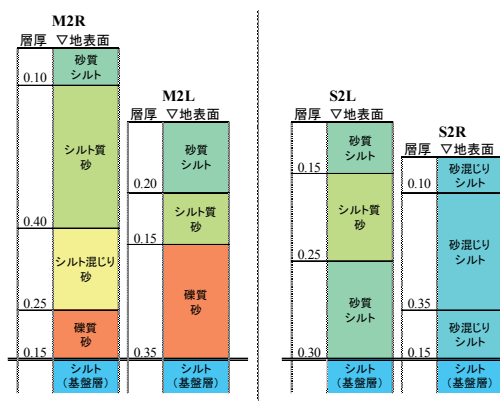


図-9 掘削後の堆積物調査結果 柱状図 (原田(2014)を改変)



アカメヤナギの不定根と土砂の堆積



写真-1 アカメヤナギの不定根および根茎

表-1 3地区の横断形状と植生・開放水面の割合

	H14	H17	H19	H20	H24	H25
河川横断面図	凹凸	凹凸		凹凸		凹凸
A地区 (H13掘削)						
湿性・水生植物群落の割合(%)	1.4		12.4		7.8	
開放水面の割合(%)	31.9		12.1		19.1	
河川横断面図	-	平坦		平坦		凹凸
B地区 (H17掘削)						
湿性・水生植物群落の割合(%)	-		0		2.4	
開放水面の割合(%)	-		3.7		9.2	
河川横断面図	-	-		凹凸		凹凸
C地区 (H18掘削)						
湿性・水生植物群落の割合(%)	-	-	8.8		0.1	
開放水面の割合(%)	-	-	25.9		38.5	

注)「-」は掘削前を示す。

地形の凹凸は時間の経過と共に顕著になる傾向にあった。

H14年7月の大洪水(図-2)の影響を受けて掘削面に近い堆積層が砂主体となったと考えられる。ヤナギ類は河道掘削完了と同年の種子散布時期に侵入・発芽したが、H14年7月の大洪水の影響を受けて倒伏した。また土砂の堆積作用を受けて、不定根を発生したが、地上に達することができず一部枯死したと考えられる。一方大洪水の経験がないB,C地区は、ヤナギ類が侵入した後、素早く発芽し、H18年以降中小洪水(図-2)の堆積作用を受けながら不定根を発生させ<sup>11)</sup>、生長したと考えられる。

### c) 掘削域(水域)の地形

河道掘削後の水域は、本川流路とつながり、水位変動が連動した水面(ワンド)と、堆積作用により出現した本川流路から独立的に存在する水面(タマリ)を形成しているものが存在した(図-8)。3地区について、河川横断面図の凹凸が混在した陸域形状をしていると、湿性・水生植物群落、開放水面の割合が高くなる傾向があった(表-1)。現地調査から、3地区は、凹凸のある微地形が連続している複雑な形状をしており、そのうちの凹地の一部にタマリを確認した。

3地区は、湿潤状態が保持されやすい地形及び土質からなり、雨水や冠水の影響を受け、凹地に相当する箇所へ水分が供給され集中し、タマリが形成されたと考えら

れる。タマリに水分が保持されることにより、タマリ周辺の陸域は、地下水が高く保持されるなど湿潤状態が保持されやすい環境となっていた<sup>4)</sup>と考えられる。

掘削高さの異なる3地区にタマリが存在したことから、高水敷の切り下げ等河道掘削後の河川氾濫原の環境、植生の分布や変化に関して、本川流路を流れる平水位との比高差に加えて、河道掘削後に出現した本川流路から独立的に存在するタマリの有無及びそれとの比高差にも着目することが重要と考える。

なお、治水地形分類図から、掘削区間周辺について、旧河川の存在は確認できなかった。タマリの形成メカニズムについては、今後の課題として、河床の変動、雨水、冠水、及び掘削区間周辺の地下水の流動メカニズムの把握を行うなど詳細な調査・検討が必要である。

#### (6) ヤナギ類の侵入・定着、生長・拡大

3地区では、時間の経過と共に、ジャヤナギーアカメヤナギ群落(ヤナギ類)が、拡大する傾向にあった(図-5)。万石観測所のH13~24年の平均平水位は、H1~11年と比較して17cm下がった。3地区の掘削高は異なるが、河道掘削後の堆積作用を含めても、掘削面とH13~24年の平均平水位との比高差は2m以下であった(図-7, 9)。3地区にはタマリが形成され、その水面と掘削面との比高差は小さかった(図-5, 8)。また、堆積層の土質は、一部下層に砂質が存在するが上層を中心にシルト質で構成されていた(図-9)。

石川(1988)<sup>5)</sup>は、1980年代、揖斐川で植生調査を実施し、本川流路の流水面からの比高と表層堆積物の粒度組成から立地環境を分類整理しており、アカメヤナギの立地環境は、比高で0~2m(比高:小)、平均粒径で0~2cm(平均粒径:細~中)であった。今回の調査結果は類似傾向を示している。3地区は、特にアカメヤナギの生育にとって好環境であったと考えられる。

上記から、ヤナギ類の地被面積が3地区で大きくなった理由は以下のように考察できる。掘削高は3地区で異なったが、掘削域は、冠水による種子の侵入、水分の供給が容易な高さとなっていた。ヤナギ類の種子散布時期の直前に、掘削域では、先住植物が河道掘削により除かれ裸地となった。河道掘削後の掘削域の形状は凹凸のある微地形が卓越しており水分や種子を滞留させやすく、土質は表層を中心にシルト質で占められ冠水や降雨による水分を保持しやすかった。掘削域にタマリが形成されることにより、タマリ周辺の陸域は地下水が高く保持されるなど湿潤な環境となっていた。これらを総合すると、3地区は、ヤナギ類の侵入・定着、生長・拡大にとって好条件が整っていた<sup>4), 5), 12)</sup>と考えられる。

## 4. まとめ

河道掘削後の概ね10年間に着目し、水文水質データ

ベース、河川水辺の国勢調査等の資料解析、植生・土質等の現地調査を実施した。その結果、掘削域でヤナギ類の群落の再生が確認された。再生したヤナギ類の侵入・定着には、河道掘削直後の冠水日数・頻度、冠水深が影響していると考えられた。大洪水による攪乱は、様々な植物群落の成立に影響していると考えられた。また河道掘削後の凹凸地形に形成されたタマリがヤナギ類の生長・拡大にとって好条件となっていた可能性がある。

**謝辞:** 本研究を進めるにあたって、高知大学の石川慎吾教授にご助言を頂いた。貴重なデータを国土交通省木曾川上流河川事務所よりご提供頂いた。資料整理では、水圏科学コンサルタント賀上氏、久城氏にご協力頂いた。ここに記して謝意を表します。

## 参考文献

- 1) 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.
- 2) 辻本哲郎：砂州景観保全を河川生態工学からどう意義づけるか、河川技術論文集、Vol.10, pp.43-48, 2004.
- 3) 田屋祐樹、増本みどり、赤松史一、矢島良紀、佐貫方城、中西哲、三輪準二：河道内樹林における萌芽再生抑制方法の検討、河川技術論文集、Vol.18, pp.59-64, 2012.
- 4) 岡崎正規、木村園子ドロテア、波多野隆介、豊田剛己、林健太郎：[図説]日本の土壌、朝倉書店、pp.76-89, 2010.
- 5) 石川慎吾：揖斐川の河辺植生I. 扇状地の河床に生育する主な種の分布と立地環境、日本生態学会誌、Vol.38, pp.73-84, 1988.
- 6) 崎尾均、山本福壽編：水辺林の生態学、東京大学出版会、2002.
- 7) 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量と時期的な変化、河川技術論文集、Vol.17, pp.215-220, 2011.
- 8) 田頭直樹、片桐浩司、傳田正利、大石哲也、萱場祐一：植物群落と物理環境を基準とした景観区分とその遷移過程—セグメント2河道を対象として—、河川技術論文集、Vol.20, pp.115-120, 2014.
- 9) 武内慶了、服部敦、藤田光一、佐藤慶太：細流土砂堆積による高水敷形成現象を一次元河床変動計算に組み込んだ河積変化予測手法、河川技術論文集、Vol.17, pp.161-166, 2011.
- 10) 原田守啓、永山滋也、大石哲也、萱場祐一：揖斐川高水敷掘削後の微地形形成過程、水工学論文集、Vol.59, pp.1171-1176, 2015.
- 11) 浅見和弘、丸谷成、田野弘明、酒井進：江川ダムの貯水池上流端堆積部に見られたヤナギ群落の生育環境と発達過程、ダム工学、Vol.17, pp.116-124, 2007.
- 12) 大石哲也、萱場祐一：河川敷切り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.41, pp.351-356, 2013.

(2015. 4. 3受付)