

# 揖斐川高水敷掘削後の微地形形成過程

## MICROTOPOGRAPHY FORMATION AFTER FLOOD-CHANNEL EXCAVATION IN IBI-RIVER

原田守啓<sup>1</sup>・永山滋也<sup>2</sup>・大石哲也<sup>1</sup>・萱場祐一<sup>3</sup>

Morihito HARADA, Shigeo NAGAYAMA, Tetsuya OISHI and Yuichi KAYABA

<sup>1</sup>正会員 博（工）（独）土木研究所 水環境研究グループ 自然共生研究センター  
（〒501-6021 岐阜県各務原市川島笠田町官有地無番地）

<sup>2</sup>非会員 博（農）（独）土木研究所 水環境研究グループ 自然共生研究センター（同上）

<sup>3</sup>正会員 博（工）（独）土木研究所 水環境研究グループ 河川生態チーム（〒300-2621 茨城県つくば市南原1-6）

Flood-channel excavation is not only countermeasure against river flooding but also effective operation for floodplain restoration. In the Ibi River, 14 excavation sites varying in relative height to water level were investigated to examine process of microtopography formation after the flood-channel excavation. Deposit rate was lower in the sites with lower relative height. The proportion of water area (i.e. floodplain waterbodies) in the excavation sites was 10-20%. Sediment profiles were also surveyed at 10 locations in two representative sites and were elaborated in relation to microtopographies that were classified into four types: natural-levee, low land behind natural-levee and isolated and connected waterbodies. Moreover, the microtopography formation process and factors were estimated based on the results of the field survey.

**Key Words :** *floodplain restoration, channel excavation, microtopography, backwater, natural-levee*

### 1. はじめに

洪水流下能力の向上を目的とし、河積を拡大するための高水敷掘削が全国各地の河川で計画・実施されている。また、高水敷掘削と同時に、ワンド・たまりといった氾濫原的な環境を河道内に創出する試みも行われつつある。

原生的な氾濫原は、生態学的な生産性と多様性が非常に高い場である<sup>1)</sup>ことが知られている。自然堤防帯（セグメント2）を流下する河川は、自然状態であれば、広大な氾濫原を伴うものであるが、我が国の沖積平野では、近世以降の河道改修と築堤によって後背湿地に氾濫が及ぶ頻度は激減し、“洪水時に冠水する土地”である広義の氾濫原は、河道内に狭く限定されている。河道内の氾濫原は、面積的に狭いだけでなく、連続的な高水敷の造成と低水路の浚渫による河道の複断面化が進められ、より人工的になってきている<sup>2)</sup>。さらに、上流域からの土砂供給の減少や砂利採取等に伴う河床低下により、河道内の水域と陸域の比高差が拡大した結果、比較的自然度が高い状態で残された高水敷・砂州の樹林化が進行し、河道内氾濫原が質的に劣化しつつある河川も見られる<sup>3)</sup>。このような状況にあって、河積の確保を目的とした高水敷の掘削は、比高が高い土地を人為的に切り下げる操作であることから、氾濫原的な環境の創出と両立できる可

能性が高い行為であり、可能であれば氾濫原的な環境を積極的に創出することが望ましい。

高水敷掘削によって河道内に氾濫原的な環境を創出するためには、いくつかの技術的課題が指摘される。まず、河積拡大を目的とした場合とは、望ましい姿が必ずしも一致しない点である。治水目的の高水敷掘削では、洪水の流れを妨げない平滑な地形が掘削後に長く維持されることが望ましい。一方、氾濫原的な環境の創出を目的とした高水敷掘削では、ワンド・たまりといった氾濫原に特徴的な水域とそれを取り巻く微高地が入り組んだ多様な環境が形成・維持されることが期待される。なぜならば、原生的な氾濫原の高い生態的機能は、多様な地形要素により支えられている<sup>4)</sup>ためである。

このため、高水敷掘削において氾濫原環境を創出するためには、氾濫原的な環境が長く維持される地形を当初から整備するか、河川の営力によって形成させるか、いずれかのアプローチを選択する必要が生じる。いずれのアプローチを採るにせよ、掘削後の地形変化を予測する技術が必要である。また、地形変化の予測を踏まえて、氾濫原環境の再生適地の抽出や、最適な掘削方法等の検討がなされるべきである。河道内の地形変化の予測は、平面二次元河床変動解析によってなされることが一般的であるが、解析の空間解像度はメッシュサイズに依存し

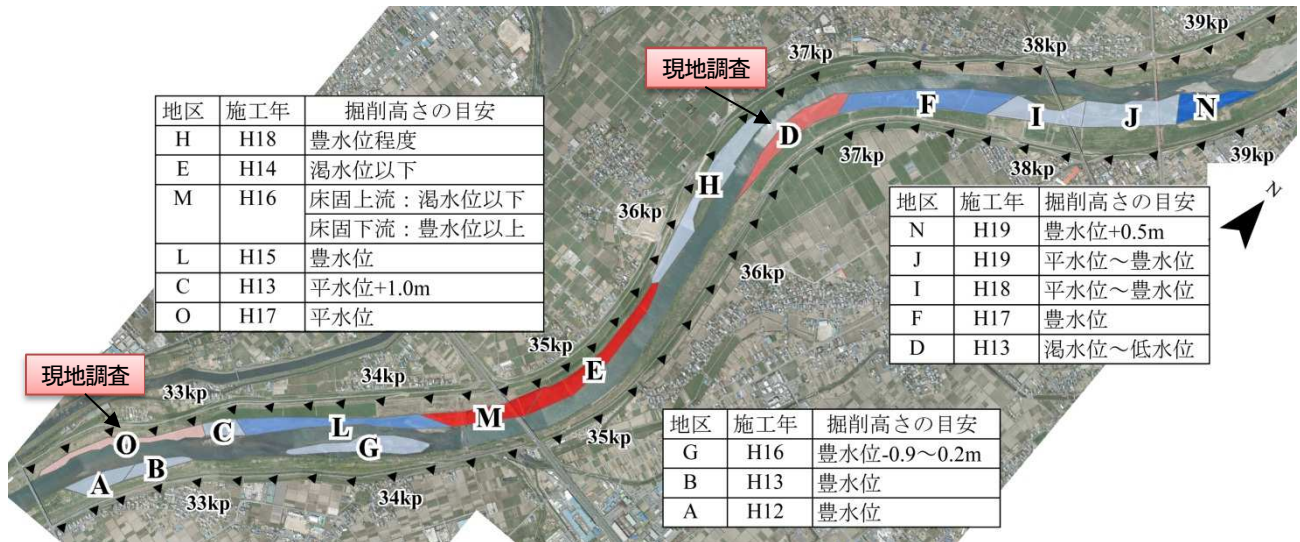


図-1 調査区間及び高水敷掘削箇所一覧（木曽川水系揖斐川）

ており、規模の大きい河川地形の変化や、大まかな侵食・堆積傾向を平面的に把握することはできても、メッシュサイズよりも詳細な地形の表現は困難である。高水敷掘削後の地形を含む環境の変化を予測する手法を構築するためには、掘削後に生じている事象の分析が、まず必要であると考えられる。

そこで本研究は、高水敷掘削において氾濫原的環境を創出するための工学的な知見を蓄積するため、木曽川水系揖斐川をケーススタディとして、掘削後に土砂が再堆積する過程で現れる微地形の形成過程に着目した現地調査を行った。また、現地調査結果を踏まえ、特徴的な微地形の形成プロセスと、ワンド・たまり等の氾濫原的水域の関係について整理した。以上を踏まえ、高水敷掘削後の地形変化を河床変動解析等により予測しようとする際の留意点を検討した。

## 2. 調査手法

### (1) 調査区間の概要

調査区間は、木曽川水系揖斐川32～39k区間である（図-1）。当該区間では、国土交通省木曽川上流河川事務所が、主に河積の拡大を目的としてH12年度からH19年度にかけて低水路に面した高水敷の掘削を実施している。施工年度及び掘削高さの設定が異なる工区毎にそれぞれA～O地区と名付け、モニタリングを実施している。

調査区間の河床勾配は約1/3300程度であるが、区間上流端付近が河床勾配約1/1700程度の区間との勾配変化点にあたり、低水路流心部の河床材料は区間内で大きく変化する。区間上流側では、粗砂・細礫が主体であるのに対し、下流側では細砂・中砂が主体となっている。

河道内の植物群落は、河川水辺の国勢調査より、セイタカアワダチソウ群落、オギ群落、ヤナギ類（アカメヤナギ、ジャヤナギ、タチヤナギ、カワヤナギの4種）が多く見られている。

### (2) 調査手法

#### a) 掘削後の出水履歴、地形変化及び植生遷移

国土交通省水文水質データベースから、調査区間の上下流に位置する万石観測所(40.6k)及び今尾観測所(27.0k)の観測記録を収集し、出水履歴を把握した。また、掘削前後の定期縦横断測量、空中写真等から、掘削後の堆積傾向を把握した。また、河川水辺の国勢調査結果より、植物群落の遷移について把握した。

#### b) 堆積物調査（柱状図及び各層の粒度組成）

掘削後に再堆積した堆積物の鉛直構造と粒度組成を把握するため、高水敷掘削後に再堆積した層の状況と各層のサンプリングを現地作業で行い、持ち帰ったサンプルについて土質粒度試験を行った。調査地点は、a)の調査結果を踏まえ、渴水位から平水位の高さで掘削した2地区（D地区、O地区）を対象を絞り、河道の平面形状と低水路からの距離を考慮して、10地点を設定した。現地調査は、平成26年2月上旬に実施した。

#### c) ヤナギ類の生育状況

ヤナギ類は河川における代表的な先駆植物であり、平水面より低く掘削した箇所に現在生育しているヤナギ類は、土砂の堆積によって水面よりも高い裸地が形成された時期を示す指標になりうると思われる。そこで、堆積物調査を実施した10地点の付近において、ヤナギの樹高、胸高直径及び胸高の年輪数を記録した。サンプル数は各地点N=5 or 6とし、計55サンプルのデータを得た。

## 3. 調査結果と考察

### (1) 出水履歴と流況

調査区間上流に位置する万石水位観測所のH13～H22の10年間の観測値より、出水履歴及び位況を把握した。期間中の平水流量は48m<sup>3</sup>/s、平均年最大流量は2160m<sup>3</sup>/sであった。洪水ピーク流量及び発生時期を整理した結果を図-2に示す。なお、ピーク流量の閾値は、試行的に500m<sup>3</sup>/sとして、これを上回る出水のみを表示した。

掘削計画立案時に掘削高さの拠り所とされた豊平低渇水位は、H1～H11の万石水位観測所の位況の平均値をもって設定されたが、H13～H22各年の豊平低渇水位にはかなりばらつきがあり、豊水位は最も振幅が大きく、年によって50cm程度の差があった。

### (2) 掘削後の堆積状況の概況

H14,H17,H20に実施された3回の測量成果に基づき、各工区の掘削箇所にて該当する測線の横断面から、各工区の掘削面における河床変動量を整理した(図-3)。これらの変動量には、掘削工事による負の変動量も含まれている。施工時期と測量時期のタイミングにより、3グループに分けて示した。グループ1は、H14測量以前に施工された地区であり、H14-H17、H17-H20は掘削後の変動量を示す。グループ2はH14とH17の測量の間に施工されたもので、H17-H20が掘削後の変動量を示す。グループ3は、H17とH20の測量の間に施工されたもので、掘削後の変動量は把握できていない。

図-3のグループ1と2について、堆積速度(m/年)を試算した結果と地区毎の掘削高さの関係を図-4に示す。グループ1についてはH14-H17の値、グループ2についてはH17-H20の変動量を用いた。図-4にはやや右上がりして頭打ちする傾向がみられ、堆積速度には掘削高さに関係している可能性がある。なお、Hori et.al.<sup>5)</sup>は、35.4kp左岸の堤内地で、旧河道の自然堤防及び後背湿地における堆積速度をボーリングコアから推定しており、後背湿地堆積物の堆積速度は0.1～0.2cm/年、自然堤防堆積物は約1.5cm/年と推定している。河道内の高水敷掘削面における堆積速度は、旧河道における堆積速度と比べて、1オーダー程度大きいようである。

### (3) 地被及び開放水面の面積割合の変化

大石ら<sup>6)</sup>が、H13,H19,H24の河川植生図を用いて植物群落の推移を分析した結果によれば、掘削前後の植物群落の変化傾向には、掘削高さによる違いが明瞭に確認されている。図-5に、掘削高さの設定と、掘削範囲における地被及び開放水面の面積割合を示す。掘削工事はH12からH19の間に行われていることから、概ねH13が工事前、H19及びH24が掘削後の変化を示している。

渇水位程度で掘削した工区は、H24に面積の84%が開放水域として維持された。これらの水域は、本川水路と連続した低水路の一部として大部分が維持されており、図-4に示す堆積速度が小さいことと傾向が一致している。一方、低水位から豊水位で掘削した工区では、開放水面は約10～20%見られる。これらは本川と接続したワンド、独立したたまり、または低水路の水面の一部として残存している。氾濫原的な環境の創出を目的とした高水敷掘削では、これらの水域が長期間安定して維持されることが望ましく、この形成・維持機構に着目する必要がある。

低水位から豊水位で掘削した工区は、切り下げ後にヤ

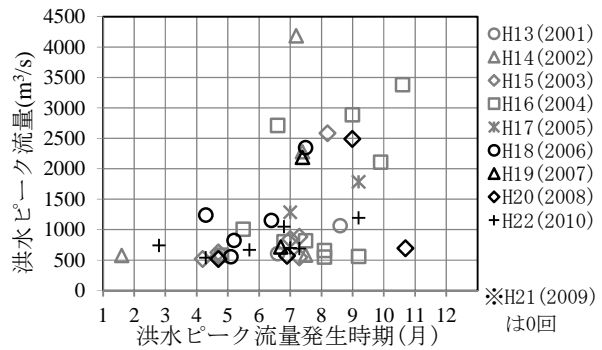


図-2 洪水ピーク流量及び発生時期(万石観測所)

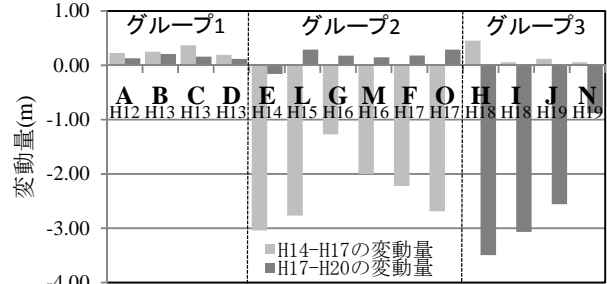


図-3 各地区の平均的な河床変動量

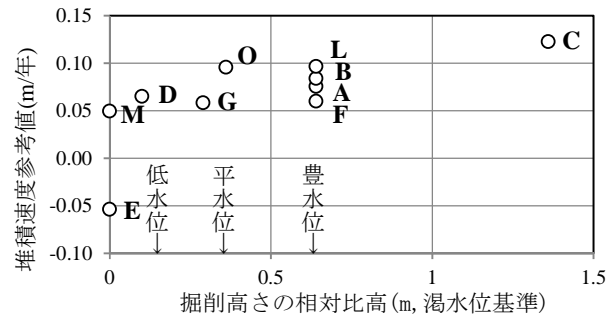


図-4 堆積速度(参考値)と掘削高さの関係

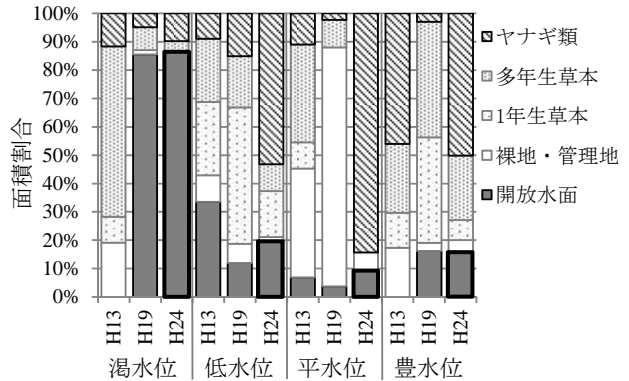


図-5 掘削高さと開放水面を含む地被面積割合の変化

ナギ類が侵入・定着している割合が高い。とくに、平水位で掘削した工区では、H19に大部分が裸地であったのが、H24にはヤナギ類に覆われており、短期間にヤナギ類が侵入・定着したことが確認される。ヤナギ類の種子の発芽能力は種子の散布後の短期間(2週間程度)に限られており、土壌・水分条件が適している必要がある<sup>7)</sup>。調査区間では、掘削後の裸地において、土砂堆積や水位変動の過程で、定着しやすい条件が整ったと考えられる。

### (4) 調査地の景観と特徴的な微地形

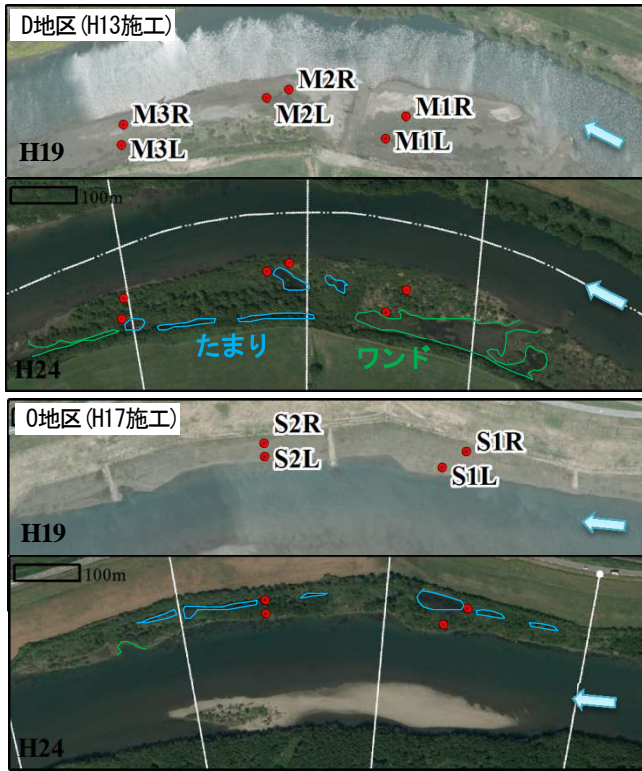


図-6 現地調査地点位置と空中写真 (H19, H24)



写真-1 調査地の景観 (左:M2L付近, 右:S1R付近)

現地調査を実施した、D地区、O地区の空中写真を図-6に示す。両地区とも掘削後に土砂の堆積が進み、主にヤナギ群落に覆われている。湾曲部内岸に位置するD地区では、上流側の大きなワンドと形状が異なる複数のたまりが確認される。直線部あるいは緩い湾曲部の外岸に位置するO地区には、細長いたまりが複数確認される。

両地区の景観を、写真-1に示す。両地区に共通してみられる特徴的な微地形として、①自然堤防状の微高地、

②後背地の微高地、低水路水面に接続している③ワンド、微高地に囲まれた④たまりの4種が確認された。①自然堤防状の微高地は、低水路水際に沿って幅数m程度の微高地が直線的に連続している。一方、②後背地の微高地は、①よりも低く平坦で、複雑な平面形状を有しているのが特徴的である。

(5) 堆積物の内容と特徴的な微地形の対応

より詳細な堆積状況と微地形の形成過程を把握するため、湾曲部内岸に位置するD地区(H13施工、濁水位～平水位で掘削)、直線部のO地区(H17施工、平水位で掘削)の堆積状況を調査した。調査地点は、図-6に示すとおりであり、水際とその後背地の2地点1組で設定した。

図-7に各調査地点の堆積物の簡易柱状図を示す。2地点1組として、水際の地点を左、後背地の地点を右に示す。高水敷掘削工事の時点で、締め固まったシルト層が河床に露出したことが確認されている。本調査においても、堆積層を掘り進む際に、上部の堆積層とは明らかに異なる締め固まったシルト層を確認した。VRS-GPS測量により標高を計測した上で基盤層と判断した。基盤層の高さにほとんど変化はみられなかった。

掘削後に堆積した層は、5組全てにおいて、低水路に近い水際の地点の方が、より高く堆積しており、現地では自然堤防状の微高地を認めることができた。ただし、下流側に向かって、その比高差は縮まる傾向があり、下流側では自然堤防状の高まりが不明瞭となる。

武内ら<sup>8)</sup>は、川内川における掘削後の再堆積過程を詳細に分析し、堆積の生じ方を河川横断面形状に注目して、自然堤防状に堆積する「河岸際凸型」と一様に堆積する「一様堆積型」に区分した。また、この違いが、出水時の低水路と高水敷の水深比と、砂州上流端からの距離により区分される傾向を示した。調査結果は概ねこの知見と一致するが、図-7に示されるとおり、流送土砂の粒度分布が広い本調査地では、堆積過程で平面・鉛直方向の分級が生じており、やや複雑なようである。

自然堤防状の微高地の堆積物に着目すれば、M1Rが砂

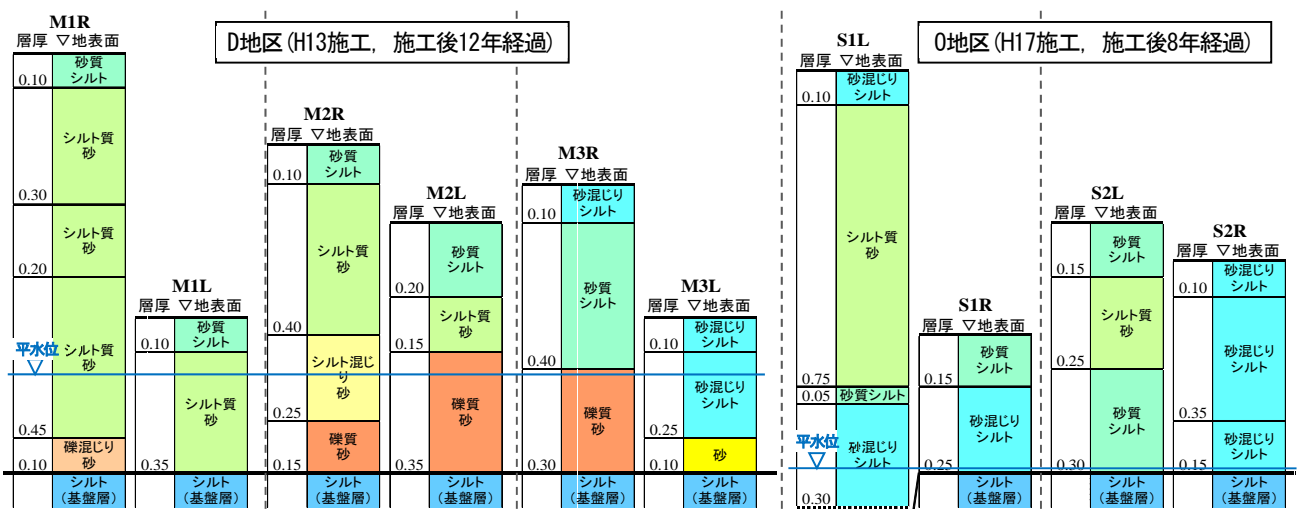


図-7 高水敷掘削後の堆積物調査結果 柱状図

主体であるのに対し、M2R,M3Rと徐々にシルト主体になっていって、縦断的に構成粒度が小さくなっている。ただし、M2からM3の基盤層の直上には、中礫・細礫を含む層が最大35cm堆積しており、堆積の初期に粒径の大きい土砂が基盤層上を流下したことが確認できる(図-6、H19の写真に帯状の堆積地形が確認される)。図-2によれば、M1からM3が位置するD地区が掘削された直後のH14に期間中最大の出水が発生しており、これらの礫質砂はこのときに堆積したものと考えられる。

#### (6) ヤナギ類の定着時期の推定

図-6に示すD地区、O地区におけるヤナギ類の定着時期を考察するため、調査データ計55サンプルの年輪数データに着目した。全体では、年輪数6本が最も多く(25/55)、次いで5本(14/55)であった。H13に施工したD地区とH17に施工したO地区で、年輪数に統計的に有意な差はなく( $p>0.05$ )、両地区へのヤナギ類の定着は概ね同時期に起こったと考えられた。ただし、両地区とも、自然堤防状の微高地と、後背地の微高地を比べると、自然堤防状の微高地の方が平均の年輪数が多い傾向があった。

調査地では土砂堆積が進んでいること、ヤナギが出水等の攪乱を受けており、倒伏・萌芽等の状況が見られたことから、実際の樹齢は年輪数よりは多いと考えられる。O地区がH17施工であることと年輪調査結果から、ヤナギ類の定着時期は両地区共にH18又はH19と推定された。

### 4. 微地形形成プロセスの推定

本調査地における高水敷掘削後に土砂が再堆積する過程で形成された微地形として、①自然堤防状の微高地、②後背地の微高地、自然堤防状の微高地の背後の③ワンド、微高地に囲まれた④たまりの4種が確認された。これらの微地形の形成過程を、総合的に考察すれば以下のようである。また、これらのまとめを図-8に示す。

#### (1) 微高地の形成による水域と陸域の分化

現在の水際に見られる自然堤防状の微高地①は、主に粒径0.1mm程度の微細砂から成る。一方、後背地の微高地②の堆積物は粒径0.01mm程度のシルトが主体である。これらの空間分布の特徴は、藤田<sup>9)</sup>が解析結果に示した微細砂とシルトの堆積速度の横断分布の傾向と良く一致している。調査地点M2、M3の掘削面上には、大規模な出水によって掃流砂として流下・堆積したと考えられる砂礫も堆積しているが、堆積物の大部分は、中小出水によっても浮遊砂として運搬される細粒分である。また、本調査地の掘削面は低く、中小出水によっても長時間冠水する状況にあったことから、これらの微高地の形成は広い幅の流量の下で進んだ可能性がある。また、ヤナギ類の年輪数は②よりも①の方が多く傾向があり、自然堤防状の微高地①の方がより大きい速度で堆積し、先に陸

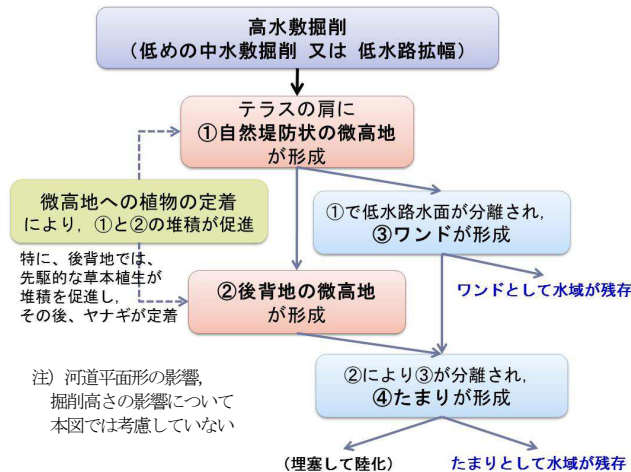


図-8 本調査地において推定される微地形形成過程

域化したことが示唆される。自然堤防状の微高地①が低水路との境界に発達し、低水路と後背地の水域が分離され、植物が定着した結果、低水路から後背地への土砂の流入がより制限されると考えられる。これらのことから、自然堤防状の微高地①は、その背後に位置する氾濫原的水域の形成と維持に深く関わっている可能性がある。

これらを整理すると、自然堤防状の微高地①が発達することにより、低水路と連続した開放水面が隔てられることによってワンド(③)が形成される。微高地①の後背地側のシルトを主体とした微高地②が発達して陸域化することによってワンドの埋塞と分離が進み、たまり(④)が形成されたと考えられる。

#### (2) 微高地の形成における植物の影響

③ワンド、④たまりの水際線は、島状、半島状の複雑な平面形を持つ微高地②によって縁どられている。微高地②では、堆積土砂のかなり深い層から、草本類の根茎や葉が埋没した状態で見つかっている。また、ワンド・たまりの浅い水域には、イグサ科植物が抽水した状態で点在して見られる。水際には、タデ類、イネ科植物が繁茂している。これらの、湿性の環境に適応している先駆的な草本植生が、ヤナギ類が定着するより以前の、地盤高が平水位より低い状態における土砂の堆積に寄与している可能性が示唆される。藤田<sup>9)</sup>は、植生がウォッシュロードの捕捉・堆積に及ぼす効果を仔細に検討し、低水路拡幅後の高水敷形成のシナリオに、部分的な植生繁茂が強く関与することを提示している。本調査地に見られる微高地②の形成においても、先駆的に定着した草本植物を介して同様の堆積機構が作用し、水域と陸域の分化が助長された可能性が高い。抽水状態で点在している草本植物がパッチ状に土砂を堆積させたと仮定すると、微高地②に植物が埋没していること、複雑な平面形を有していることなどがうまく説明できる。

#### (3) 考慮すべきその他の要因

##### a) 出水時の平面流況・局所的な流況との関係

湾曲部内岸に位置するD地区では、内岸の洲の上流側

に上流側開放型ワンド、洲の下流側に下流側開放型ワンドが見られる(図-6)。複断面河道の湾曲部を洪水流が流下する際、流線が内岸側をショートカットするように流れることは良く知られており、D地区のワンドが維持されている一つの要因として考えられる。湾曲部と直線部は出水時の流況が異なり、このことが高水敷掘削後の堆積形状に与える影響に留意しなくてはならない。

また、現地のたまりの中には、出水時の局所的な流況によって、土砂堆積や植物の定着が抑制されていると考えられる箇所も存在する。低水護岸に沿った細長いたまり(図-6; 高水敷沿いに線状に分布)や、水制等の周辺の局所洗掘によって保持されているたまり等である。これらの事象については、別途整理が必要と考えられる。

#### b) 掘削高さとの関係

図-8は、調査地2地区の状況はよく説明しうると考えられるが、他地区には上手く説明できない状況もみられる。例えば、図-5に示す豊水位以上の高さで掘削した地区に、たまりが形成・維持されている機構はおそらく異なる。たまりが干上がらずに維持されるためには、河川表流水、天水、湧水のいずれかに依存せざるを得ない。豊水位以上の高さに存在するたまりは、湧水及び天水への依存性が高い状態で維持されている可能性が高い。

#### c) 本事例の位置づけ

自然堤防帯における高水敷掘削が各地で実施されている中で本事例の位置づけを整理しなくてはならない。揖斐川は、高水敷掘削後の基盤に後背湿地堆積物由来のシルト層が露出し、その後、シルトを主体とした土砂が再堆積する経過を辿った。掘削後の河床材料、堆積・侵食傾向は、河川によって異なると考えられ、全国で実施されてきた高水敷掘削の事例について広範な調査を実施した上で、何らかの類型化が必要であると考えられる。

## 5. おわりに

本研究のまとめを以下に示す。

- ・揖斐川の高水敷掘削後の堆積速度には、掘削高さとの関係性が認められた。水位に対して低く掘削した箇所の方が、平均的な堆積速度が小さい傾向が認められた。
- ・高水敷掘削後に再堆積する過程で形成された微地形として、①自然堤防状の微高地、②後背地の微高地、微高地に囲まれた③ワンド、④たまりを確認した。
- ・微高地①と微高地②では、堆積物の粒度組成が異なり、平面位置による違いも認められた。しかしながら、ヤナギ類の年輪調査により、②より①のヤナギ類の方が年輪数が多く、早く定着したことが示唆された。
- ・現地調査結果より、自然堤防状の微高地①、後背地の微高地②の形成により、水域が分離し、③ワンド、④たまりが形成された過程が推定され、微高地②の形成に、先駆的な草本植物の関与が示唆された。

以上を踏まえ、高水敷掘削後の地形変化を河床変動解

析等で予測する上での留意点を整理する。まず、広い流量レンジが考慮される必要がある。多量の掃流砂が堆積するような出水イベントが存在する一方、堆積物の大半は中小出水によっても運搬されるシルトである。次に、植物の影響を考慮できることである。植物は浮遊砂の堆積が促進されるだけでなく、平面的に複雑な微高地の形成に関与している可能性が指摘される。さらに、幅数mの自然堤防状の微高地、高水敷沿いの線状のたまりなどを表現するには、少なくとも同程度の空間解像度は必要となる。これらの現象を考慮すべく、メッシュサイズをより細かく設定したとしても、掘削後の出水、土砂堆積及び植物の相互作用によって形成される微地形の形成と遷移を正確に予測することには、不確実性が伴うと考えられ、これを補う工夫が必要と考えられる。

本研究は、高水敷掘削後の地形変化のみを扱った。しかしながら、ワンド・たまりを作ることをのみを目標とするのではなく、生態学的に好ましい氾濫原的環境の目標像が必要である。どのような状態にあることが望ましいのか、生態学的見地から、別途検討が必要である。

謝辞：本研究にあたり、国土交通省木曾川上流河川事務所より各種資料を提供いただいた。記して謝意を示す。

## 参考文献

- 1) Tockner K., & Stanford J.A. : Riverine flood plains: present state and future trends., *Environmental Conservation*, vol.29: pp.308-330., 2002.
- 2) 永山滋也, 原田守啓, 萱場祐一 : セグメント2区間における河道タイプと 氾濫原水域・指標生物分布との関係, 土木技術資料, vol.55-9, pp.6-9, 2013.
- 3) 根岸淳二郎, 萱場祐一, 佐川志朗 : 氾濫原の冠水パターンの変化とその生態的な影響～淡水性二枚貝の生息状況の観点から, 土木技術資料, vol.50-11, pp.38-41., 2008.
- 4) Robinson C.T., Tockner K., & Ward J.V. : The fauna of dynamic riverine landscapes., *Freshwater Biology*, vol.47, pp.661-677., 2002.
- 5) Hori, K., Usami, S., & Ueda, H.: Sediment facies and Holocene deposition rate of near-coastal fluvial systems : An example from the Nobi Plain , Japan. *Journal of Asian Earth Sciences*, 41(2), pp.195-203., 2011.
- 6) 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.
- 7) 奥田重俊, 佐々木寧 : 河川環境と水辺植物-植生の保全と管理, pp.116-139., ソフトサイエンス社, 1996.
- 8) 武内慶了, 服部敦, 藤田光一, 佐藤慶太 : 細粒土砂堆積による高水敷形成現象を1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, 第17巻, pp.161-166., 2011.
- 9) 藤田光一, John A. Moody, 宇多高明, 藤田政人 : ウォッシュロードの堆積による高水敷の形成と川幅縮小, 土木学会論文集, No.511/II-37, pp.47-62, 1996.

(2014.9.30受付)