

# 再堆積しにくい河道掘削形状の設計にあたっての留意点

## 自然堤防帯区間の河川を対象として

福島 雅紀

河道管理の現場では、掘削後の河道が土砂堆積と河岸形成を繰り返す状態を維持し、掘削によって確保した河積をできるだけ長持ちさせるように、近傍で過去に実施された掘削後の変化を分析し、河岸再形成が起こりにくい掘削形状となるように設計が試みられている。その一方で、エコトーンの確保といった環境上の機能も期待して低水路拡幅を行う事業も行われており、“維持管理の容易性”と“良好な河川環境の維持”の両者を踏まえて掘削形状を決定する必要がある。本稿では、自然堤防帯区間の河川を対象として、河道掘削後の再堆積が生じにくい河道掘削形状を現地データの調査結果および河床変動計算結果に基づいて考察し、河道掘削形状の設計にあたって留意点を整理した。

キーワード：河道掘削、樹木伐採、再堆積、再繁茂

### 1. はじめに

河川の流下能力確保のために、全国で河道掘削が行われている。その際、低水路に隣接する高水敷を平水位以下あるいは小出水で冠水する高さまで切り下げる「低水路拡幅」(図-1①)が行われることが多い。低水路拡幅は、掘削土量に対して効率的に流下能力を確保でき、水棲生物や利水等への影響が少ないという利点を持つ。一方、自然堤防帯区間(河道特性としてはセグメント2-1, 2-2に相当)の河川では、水面上に露出した砂州の高位部等に植生が形成され、出水時に浮遊砂やウォッシュロードを捕捉することで<sup>1)</sup>、拡幅から数年程度で河岸が再形成し、流下能力を大きく低減させてしまう場合がある(図-1②③)。その後は、堆積土と植生の一部が消失し砂州の一部が回復するのか(図-1④)、滲筋が完全に固定化し、いわゆる二極化が進行するかのいずれかとなる。特に二極化は、流下能力の低下だけでなく護岸や橋脚基礎の被災、自然環境の単調化等を引き起こすおそれがあり、河道管理上注意が必要である。

河道管理の現場では、掘削後の河道が土砂堆積と河岸形成を繰り返す状態を維持し、掘削によって確保した河積をできるだけ長持ちさせるように、近傍で過去に実施された掘削後の変化を分析し、河岸再形成が起こりにくい掘削形状となるように設計が試みられている<sup>2), 3)</sup>など。その一方で、エコトーンの確保といった環境上の機能も期待して低水路拡幅を行う事業も行わ

れており、“維持管理の容易性”と“良好な河川環境の維持”の両者を踏まえて掘削形状を決定する必要がある。

本稿では、図-1③で出現する堆積部分(平水位よりも高いが高水敷よりも低いことから、以下「中水敷」と呼ぶ)に着目して実施した分析結果について報告する。具体的には、中水敷となると、その多くは直ぐに高水敷化してしまうのか、それとも河岸侵食によって砂州の一部が回復するのかについて、現地データの整理や数値解析をもとに考察した結果を報告し、これらの結果をとりまとめ、自然堤防帯区間の河道掘削において留意すべき事項を述べる。

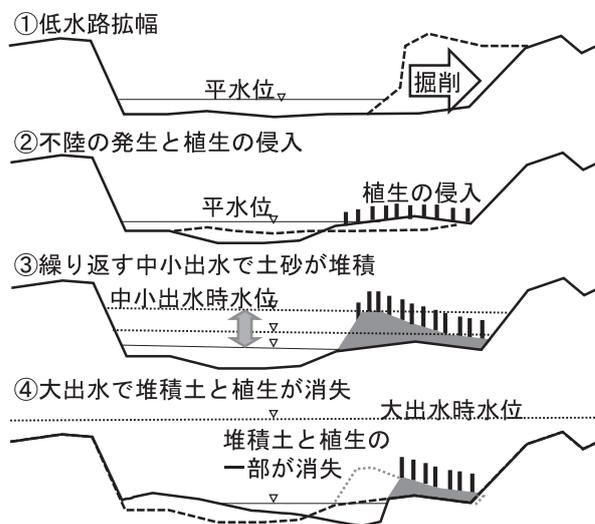


図-1 低水路拡幅後の植生の消長と地形変化

## 2. 現地データの整理

表—1 に示す 3 河川の自然堤防帯区間を対象に、整備計画規模相当の大規模な出水（対象出水）前後での地形や植生の変化について現地データの整理を行った。

表—1 調査対象河川の概要

河川名	延長 (KP)	河床勾配 (1/T)	代表粒径 (mm)	対象出水 (m <sup>3</sup> /s)	整備計画流量 (m <sup>3</sup> /s)
雄物川	0.0 ~ 13.0	4,160	1.1	3,951 (H29.7)	6,800
	13.1 ~ 30.0	4,218	18.0		
斐伊川	0.1 ~ 1.8	1,500	1.2	2,400 (H18.7)	2,500
	2.0 ~ 25.8	860~1,200	2.0		
	26.0 ~ 29.3	700~1,000	3.0		
由良川	0.0 ~ 15.2	2,314~3,440	7.4	5,300 (H25.9)	5,600
	15.4 ~ 24.8		12.0		
	25.0 ~ 37.4	887~1,719	20.0		
	37.6 ~ 40.0	681	31.0		

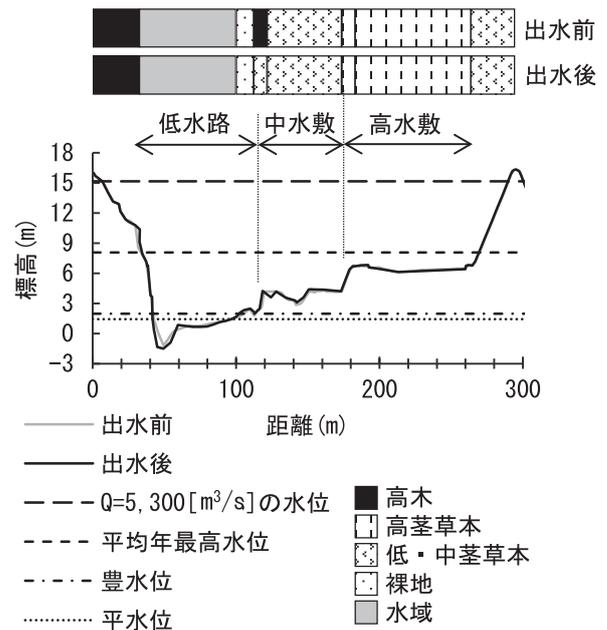
### (1) 横断形状と地被、河川水位の関係

出水前後での横断形状および植生分布の変化の一例として、由良川 24.6KP の調査結果を図—2 に示す。地被の分類としては、水域、裸地に加え、植生に覆われた箇所を高木、低木、高茎草本、低・中茎草本とした。出水前後に植生図が河川事務所等によって作成されていれば、その情報を利用した。植生図が作成されていなければ、航空写真画像から判読し植生図を作成した上で、横断測線上の地被の情報を利用した。なお、当該断面に低木は存在しない。

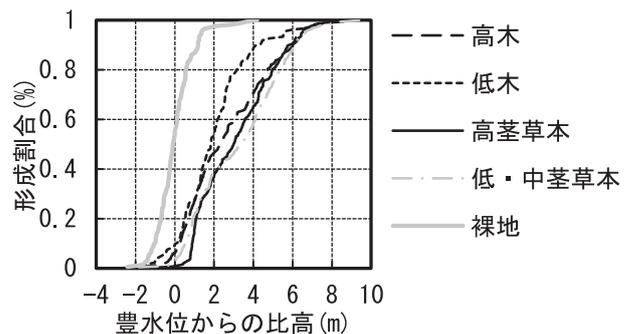
裸地については、高水敷の利用や河川工事等の人為的に改変された場所以外ではほとんど確認することができず、平水位から豊水位程度の高さの狭い場所、中水敷の低水路側にわずかに存在する状況であった。平水位よりも 4 m ~ 5 m 高い高水敷上は全面的に高茎草本で覆われる状況であった。低水路と高水敷との間には、平水位よりも 0 m ~ 3 m 程度高く、高木や低・中茎草本で覆われた中水敷が存在した。このような中水敷は砂州の発達によるものと考えられ、湾曲部内岸の固定砂州(ポイントバーとも言う)や中州も含めると、調査対象河川に比較的多く存在していた。大出水や大規模河川改修事業の後でなくとも、中水敷が存在していることを航空写真や横断図等から確認でき、調査対象河川においては、ある程度の期間にわたり維持される仕組みが存在することが示唆された。

図—3 は、地被ごとに水面（豊水位）からの比高

で形成割合を整理した結果である。図—2 の植生分布図において、同一地被であっても標高の変化点や出水前後で地被が変わった境界で分割し、その代表高さとして平均標高を与え、全ての断面の情報を集計した結果である。なお、水位観測所間の測線での豊水位は不等流計算の結果を参考にして内挿しているため、一定の誤差を含んでいる。これを見ると、低木は中水敷に相当する比高 0 m ~ 3 m の間に集中していて、高水敷に相当する比高 4 m 以上の地点には少ない。それ以外の高木、高茎草本、低・中茎草本に関しては、既往研究<sup>4)</sup>では、植生の種類によって比高別の棲み分けが一定程度あることが報告されているが、今回の調査対象河川では、豊水位以上の幅広い比高の箇所分布して差が見られなかった。裸地については、比高 -1 m ~ 1 m くらいの間に集中的に分布している。豊水位程度の箇所を除き、中水敷のほとんどに植生が形成され、土砂堆積が進む可能性がある場所であることがわかった。



図—2 由良川 24.6KP 横断面の断面形状と植生分布の変化、水位との関係

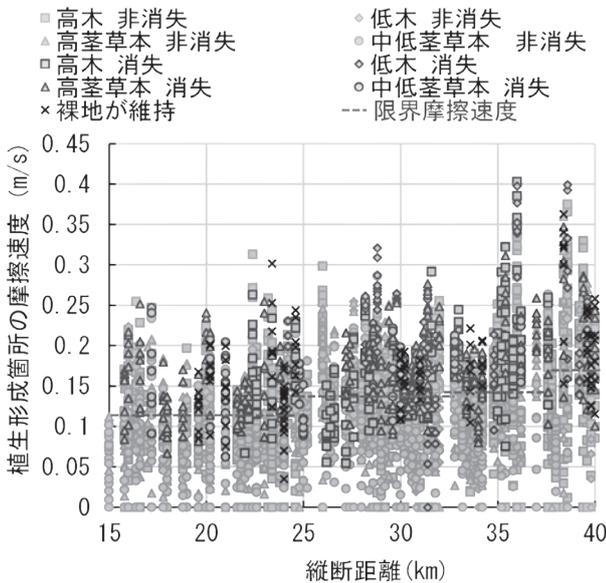


図—3 地被の比高別分布

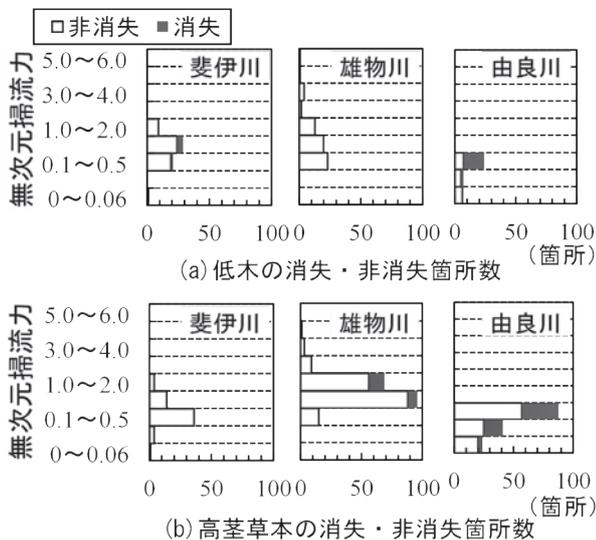
(2) 出水による植生消失の状況

中水敷を維持するために必要な条件を確認する。図一4は、各断面においてピーク流量時に作用した摩擦速度を地敷ごとに整理した結果である。ここで、摩擦速度は出水前の河道形状および植生分布を与えて算定した値である。植生が消失した箇所のデータを黒い線で囲み、消失しなかった箇所のデータを灰色の線で囲んだ。由良川では、平成25年9月出水によって15KP~40KPの広い範囲で植生の消失が生じており、比較的摩擦速度が大きい箇所で植生が破壊されていることが分かる。一方で、点線で示す河床材料の移動限界摩擦速度以下でも植生が破壊されていたり、移動限界摩擦速度以上でも植生が残存していたりと、移動限界摩擦速度だけで単純に説明できないことが分かる。

図一5は、低木と高茎草本に着目して、それぞれ



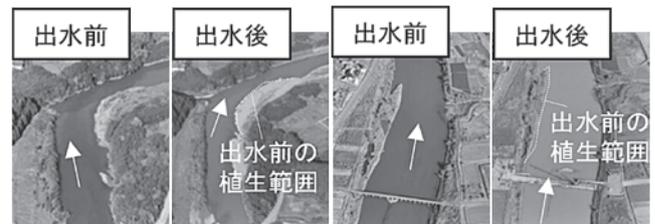
図一4 植生の消失状況 (由良川調査区間)



図一5 低木と高茎草本形成箇所に作用する無次元掃流力と消失の有無

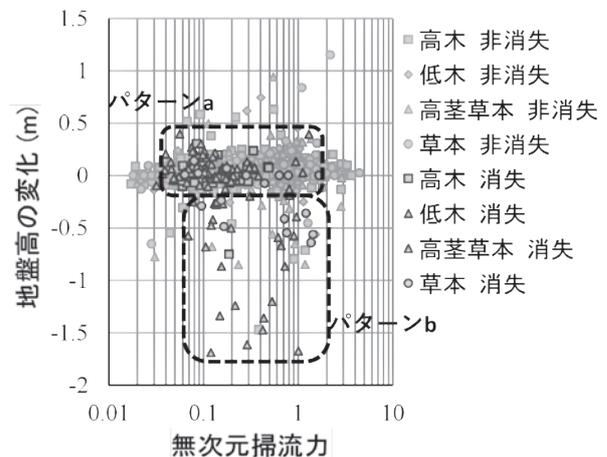
の地敷に作用する無次元掃流力と消失・非消失の箇所数の関係を整理した結果である。ここで、無次元掃流力は出水前の河道形状および植生分布を与えて算定した値である。由良川では、無次元限界掃流力相当の0.06を超えると消失箇所の割合が増えるが、他の2河川では同様な傾向を確認することができなかった。

ここで空中写真から植生消失の発生状況を確認すると、主に図一6に示す2つの破壊パターンに分類されることが分かった。1つめのパターンaは湾曲部の内岸の固定砂州上の植生が消失するものであり、調査対象河川の中で、特に河道が湾曲している由良川で多く見られた。一方で、蛇行の発達に伴う湾曲部外岸での侵食はほとんど確認されなかった。これは、調査対象河川のほとんどの湾曲部外岸に根固めブロックが敷設され侵食が抑制されていたためと考えられた。パターンaの発生箇所では、無次元掃流力が無次元限界掃流力を超過していた。もう1つのパターンbは、主に直線部にある寄り州や中州が下流に移動して植生が消失するものである。植生消失地点の掃流力が小さくても、砂州上流側の外縁部が側方侵食されて植生が消失していた。図一7には、各地点の出水前後の地盤高の変化と無次元掃流力の分布を示した。河床低下が顕著な箇所(パターンb)では植生がほとんど消失しており、地盤高の変化が小さいものの無次元掃流力



(パターンa)湾曲部固定砂州 (パターンb)直線部砂州

図一6 調査対象河川の調査期間で見られた植生の主な破壊パターン



図一7 地盤高の変化と植生の消失の有無との関係

が河床材料の移動限界無次元掃流力を超えている箇所（パターン a）では植生消失が見られる。

### 3. 低水路横断形状と植生消失に関する数値計算

現地データに基づいて植生の破壊を調査した結果、湾曲部内岸の固定砂州上での破壊（パターン a）については無次元掃流力によって一定の評価を行えるものの、砂州の移動や変形に伴う破壊（パターン b）については関係性を見いだせなかった。具体的には、河道掘削形状を設定する上での知見を見いだせなかった。そこで、砂州の移動・変形に伴う植生の消失頻度が低水路の横断形に応じて、どのように影響を受けるかの傾向を確認するために平面 2 次元河床変動計算<sup>5)</sup>による感度分析を実施した。図-8 に示す複断面直線河道を対象に、10 年分の流量ハイドログラフ（図-9）を作用させ河床変動計算を実施した。断面諸元と流量条件は、自然堤防帯区間の実河川を参考に設定し、低水路の幅と深さは表-2 に示す組み合わせとした。

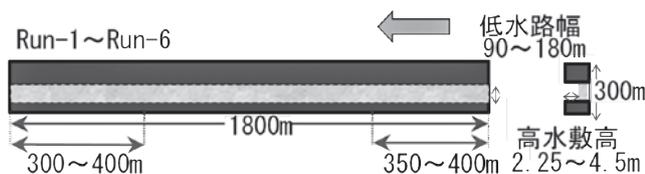


図-8 数値計算の対象とした河道の形状

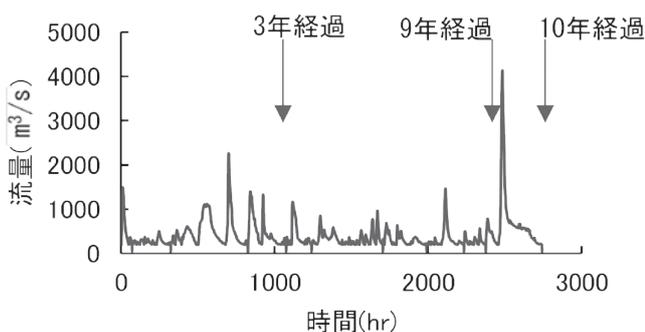


図-9 計算時の流量ハイドログラフ

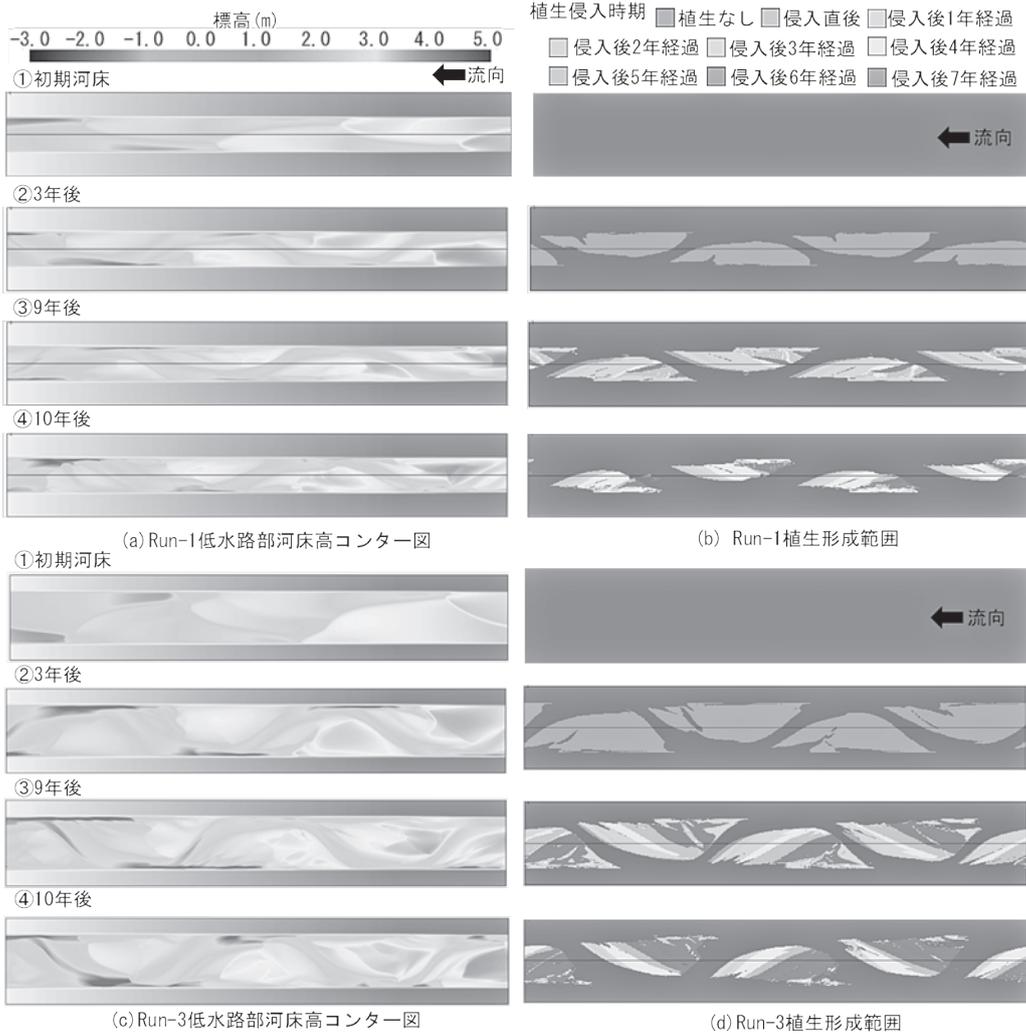
表-2 検討ケース

ケース	低水路幅 (m)	高水敷高 (m)	河床 勾配	低水路の 流下能力 (対 Run-1)
Run-1	120	3.00	1/700	1
Run-2	150	3.00		1.25
Run-3	180	3.00		1.5
Run-4	90	3.00		0.75
Run-5	120	3.43		1.25
Run-6	120	3.82		1.5

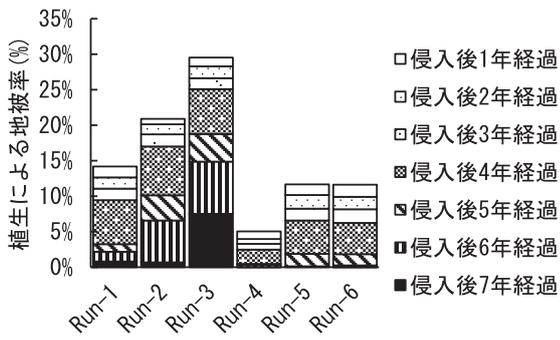
河床変動計算にあたって、植生の侵入や遷移については藤田らのモデル<sup>6)</sup>、河岸侵食については長谷川<sup>7)</sup>や関根<sup>8)</sup>を参考にした。また、各年の流量ハイドログラフを作用させた後で、流量を豊水流量程度まで低下させ、豊水位以下の水際には植生が侵入しないこととした。非出水期に植生を消失させるような洪水は発生しないが、初期状態で設定した平水位を基準に植生の侵入範囲を決定することは、水際の土砂堆積量の際現に影響が大きいと想定して取り入れたモデルである。冠水による植生繁茂抑制については、信濃川<sup>9)</sup>や六角川<sup>10)</sup>などでの試験施工事例がある。

図-10 に、計算結果の一例として Run-1 及び Run-3 の地形及び植生形成域を示す。Run-1 の結果 ((a) 及び (b)) に着目すると、まず、②3 年経過時点において、砂州が下流側に移動するとともに下流に伸びた三日月型の形状になった。これは、由良川等の自然堤防帯区間で一般的に見られる形状である。中小規模の出水を繰り返し受けた③9 年経過時点においては、砂州の移動によって、②時点に侵入した植生で残存するのは約 10% 程度である。大規模出水を経た④10 年経過時点では、更に砂州の植生消失が進み、②時点で侵入した植生で残存する面積は約 3.5% であった。このような河道条件では、中水敷が高水敷化せずに維持されるものと考えられる。一方で、低水路幅を 50% 拡幅した Run-3 の計算結果 ((c) 及び (d)) を見ると、豊水流量が Run-1 と同じであるため、植生形成域は②3 年経過時点においても Run-1 の約 1.6 倍存在する。また、②時点に侵入した植生が、③9 年経過時点で約 30%、④10 年経過時点でも約 20% 残存しており、これらについては高水敷化する可能性が高い。

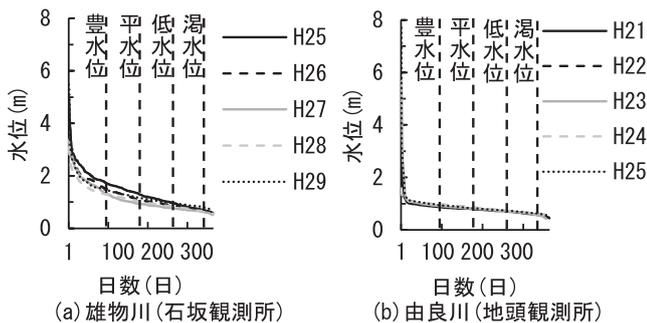
図-11 に、各ケースにおける砂州上の植生地被率の経年変化の比較を示す。低水路幅の狭い Run-4、低水路水深の大きい Run-5、6 では、植生地被率が小さくなる結果が得られた。これらのケースでは砂州移動が顕著であり、植生が消失しやすい状態にあったことを確認している。よって、低水路幅が狭く、低水路水深が大きいほど、砂州冠水頻度が高まって大きな掃流力が働くことから、洪水時の砂州移動が顕著となり、河岸が再形成されやすい傾向にあることが確認された。一方、砂州上の植生侵入は、平水位以下の頻度が重要となると考えられる。これは、平水位等の位況を確認することの重要性を指摘しているが、過去 5 年間の位況を確認してみると（図-12）、由良川のように年ごとに位況が安定している河川もあれば、雄物川のように年ごとに平水位が 0.5 m 程度も異なる河川もある。長期間の湛水を期待して掘削したにもかかわらず



図一10 計算結果 (Run-1, Run-3。河床高：左側の濃い色は標高が低い。植生：初期着色箇所は植生なし)



図一11 各年最後の植生面積と侵入後の経過年数



図一12 河川ごとの位況の違い

ず、平水位が低い年が続き植生が繁茂することがあるので留意が必要である。

#### 4. おわりに

自然堤防帯区間の河川における河道掘削後の高水敷再形成過程を説明した上で、高水敷を低く切り下げた箇所形成される中水敷の変化を現地データおよび数値計算結果に基づいて考察した。その結果、大出水や大規模河川改修後でなくとも中水敷は存在しており、ある程度の期間にわたり維持されることが確認された。中水敷上には、豊水位を基準として比高が-1m~1m程度の範囲、いわゆる水際に裸地が存在することが多く、豊水位よりも高い範囲には種々の植生が繁茂し、土砂堆積が進む可能性が高いことが確認された。中水敷が維持される仕組みとして、湾曲部内岸の固定砂州上の植生が洪水流によって破壊されるパターン、直線部河道の砂州の移動や変形に伴う植生基盤の消失によって植生が破壊されるパターンが確認され

た。特に直線部河道においては、低水路幅が狭く、低水路水深が大きいほど、砂州冠水頻度が高まって水際の裸地化が生じやすいことが確認された。また、水際（豊水位からの比高が±1 m）は冠水によって植生が繁茂しにくく、その結果として土砂堆積が生じにくいことも影響していると考えられた。

河道掘削断面の設計にあたっては、「低水路幅を広げ過ぎ、侵食による中水敷の破壊頻度を極端に低下させないこと」、「位況の安定性を考慮した上で平水位や豊水位を設定すること」の2点が留意点として挙げられた。なお、河道掘削後の河道の応答については、河道特性や上流域から土砂供給条件、当該河川に繁茂する植生の種類等によって異なる。そのため、河道掘削後の土砂堆積状況や植生繁茂状況を確認し、再堆積しにくい河道掘削形状であったのかについて定期的に見直すことが重要である。治水機能と環境機能を維持するためにはPDCA型の管理が必要であり、掘削後の河道の応答を評価すること（PDCAのCに相当）が最適な河道掘削形状を見つけ出す近道と言える。

最後に、本稿は文献11を再編集して作成したものであることを付記する。

J	C	M	A
---	---	---	---

#### 《参考文献》

- 1) 藤田光一, John A. MOODY, 宇多高明, 藤井政人: 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.551/II-37, pp.47-62, 1996.
- 2) 森英高, 大坪摩耶, 津田匠, 今井勝一, 瀬崎智之, 福島雅紀: 遠賀川支川穂波川における再堆積を見込んだ維持管理計画の検討, 河川技術論文集, 第26巻, pp.533-538, 2020.
- 3) 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再形成現象を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.
- 4) 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, 第38巻, 第2号, pp.73-84, 1988.
- 5) iRIC-Nays2DH  
<https://i-ric.org/solvers/nays2dh/> (2022年4月20日確認).
- 6) 藤田光一, 李參熙, 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.
- 7) 長谷川和義: 非平衡性を考慮した側岸侵食量に関する研究, 土木学会論文報告集, 第316号, pp.37-50, 1981.
- 8) 関根正人: 斜面崩落モデルを用いた網状流路の形成過程シミュレーション, 土木学会水工学論文集, 第47号, pp.637-642, 2003.
- 9) 木伏重男, 若杉康夫: 信濃川下流における環境に配慮した河道掘削の取組  
[https://www.mlit.go.jp/river/kankyo/main/kankyou/tashizen/pdf/h29\\_2\\_1.pdf](https://www.mlit.go.jp/river/kankyo/main/kankyou/tashizen/pdf/h29_2_1.pdf) (2022年4月20日確認).
- 10) 佐藤博志, 永尾豪也, 川崎裕之: 牛津川における河道内ガタ土の堆積調査とヨシ植生管理のモニタリング  
[http://www.qsr.mlit.go.jp/n-shiryu/kensyu\\_ronbun/04/24.pdf](http://www.qsr.mlit.go.jp/n-shiryu/kensyu_ronbun/04/24.pdf) (2022年4月20日確認).
- 11) 大坪摩耶, 瀬崎智之, 福島雅紀: 自然堤防帯区間の河川における植生の消失に関する研究, 河川技術論文集, 第27巻, pp.421-426, 2021.

#### [筆者紹介]

福島 雅紀 (ふくしま まさき)  
国土技術政策総合研究所  
河川研究部 河川研究室  
室長