



大河川における多自然川づくり

— Q & A 形式で理解を深める —

平成31年3月
国土交通省 水管理・国土保全局 河川環境課



平成 18 年「多自然川づくりの基本指針」が示され、多自然川づくりの基本的考え方が提示された。本基本指針では、河道法線、縦横断形状、河岸を大きく改変する場合を念頭に 8 つの留意事項が示されている。その後、中小河川においては、「中小河川に関する河道計画の技術基準」が明示され、さらに、この解説書となる「ポイントブックⅢ」が発刊された。また、技術基準・ポイントブックに基づき平成 26 年、30 年に「美しい山河を守る災害復旧基本方針」の改定が行われた（以下、これらを基準類と記載）。これらの基準類においては、現況流路を基本としながら拡幅により河積確保を行うことを原則とすること、拡幅を行う場合には片岸拡幅とすること、止むを得ず河道掘削する場合には掘削深さの上限を 60 cm とし、スライドダウンを基本とすることなどが示されている。また、河岸を改変する場合には、護岸の必要性を慎重に判断した上で、護岸を設置する場合には護岸を露出させないこと、露出させる場合には護岸に環境上必要な機能を持たせること、特に、河川景観については具体的な留意事項が詳細に記載された。

このように、中小河川については川づくりに関わる計画・設計に関わる基本的事項が整理され、現場での実践も進んでいる状況にある。また、これらの基準類は、洪水時の流速、掃流力を低減させ、下流への洪水到達時間を遅らせること、河床低下や河岸浸食を抑制することなどにも留意しており、治水と環境との統合を図る技術として位置付けられるものである。

一方、国土交通省が管理する大河川については研究・事例等数多くの知見が集積されてきているが、多自然川づくりという視点での技術体系の整理、情報の共有は進んでいない。これは、「多自然川づくり基本指針」に記載された留意事項が、河道法線の変更など中小河川に見られる河道改変することを念頭に置いており、河道掘削、堤防強化等の河道の一部を対象として整備を行う大河川を対象としていなかったことが一つの理由と考えられる。また、大河川では河川水辺の国勢調査などの既存データを用いた河川環境の現状の評価、この結果を用いた河川環境目標の設定、河道掘削等人為的改変を行う場合のレスポンスの予測、生態系ネットワークの構築等広範な領域を対象としているため、これらを体系的に整理することが難しかったことも要因と考えられる。

本資料では、このような状況に鑑み、大河川において多自然川づくりを実践する際に現場技術者が直面する個別の課題を取り上げ（Question）、これに答える（Answer）ことにより、大河川における多自然川づくりの技術を少しずつではあるが整理し、現場技術者をサポートすることを目的として作成した。以下に本資料のポイント、適用区間等、位置付けをまとめた。

（１）本資料のポイント

- ① 前述したように、大河川における多自然川づくりを実践するため、現場で直面する課題を Question とし、これに Answer として答える形式で取りまとめを行った。
- ② 大河川の多自然川づくりに関連する研究・事例は数多く、これらを全てレビューし

て整理することは難しい。また、現時点においても関連する研究・事業は刻一刻と進捗している。このため各執筆者が作成した Answer は、現在までの知見全てを網羅したものでない。このため、Answer は今後修正される可能性があることをお断りしておく。

- ③ 今回の Question は現場で直面する技術的課題で、かつ、一定の水準で Answer を作成出来るものをリスト化し、この中から現場ニーズが高いと判断されたものを対象とした。対象とならなかった Question については今後追加して整理し、本資料の充実を図って行くこととしている。

(2) 本資料で対象としている河川・区間・場面

- ① 国土交通省が管理する区間を対象としているが、県管理河川・区間でも比較的規模の大きな河川・区間には適用可能な場合がある。特に、複断面河道の区間は適用できる可能性が高い。
- ② 河道掘削、築堤等本資料で扱っている整備を行う場合には適用可能なことが多い。ただし、河川水辺の国勢調査等既存データを活用することを前提とした Answer もあるので、この点には留意して欲しい。
- ③ 河川整備計画策定時から事業実施段階の双方で適用が可能である。整備計画策定時に本資料に関する知見が活かされていない場合においては、事業実施段階において本資料の知見の適用が可能かどうかを判断し、多自然川づくりを実践して欲しい。

(3) 本資料の位置づけ

本資料は、国管理河川をはじめとする大河川において治水事業等の川づくりに取り組む技術者が、それぞれの現場において多自然川づくりを推進するにあたって参考とすることを想定したものであり、いわゆる技術基準として、これに従うことが求められるといったものではない。

なお、本資料では河道掘削、築堤等個々の整備メニューを対象として環境や維持管理の側面から最適と思われる考え方や具体的方法を示している。しかし、河川は本来、治水・環境、維持管理等多面的な要件を踏まえて最適な法線、縦横断形状等を設定することが大切である。本資料は、このような最適な河道法線等を示す技術を提示するものではないが、本資料を次年度以降も継続して作成し、より多くの Question を対象とすることにより、上記に関わる知見の集積が進み、河道計画・設計論への反映が可能になるものと考えている。

現場技術者が本資料を活用することにより、大河川における多自然川づくりがより一層進むことを期待している。

— 目 次 —

Q&A 体系図	i
Q&A の見方	ii

基本編

- Q1-1. 各セグメントにおける土砂動態の特徴を教えてください。
- Q2-1. 河川環境と調和した治水事業を実践するための考え方を教えてください。
- Q3-1. 治水事業において、多自然川づくりで留意すべきポイントを教えてください。

実践編

(現況評価と目標設定)

- Q4-1. 空中写真や河川水辺の国勢調査等の既存データを用いて河川の自然環境の現況を把握・評価する方法を教えてください。

(多自然川づくりの計画・設計)

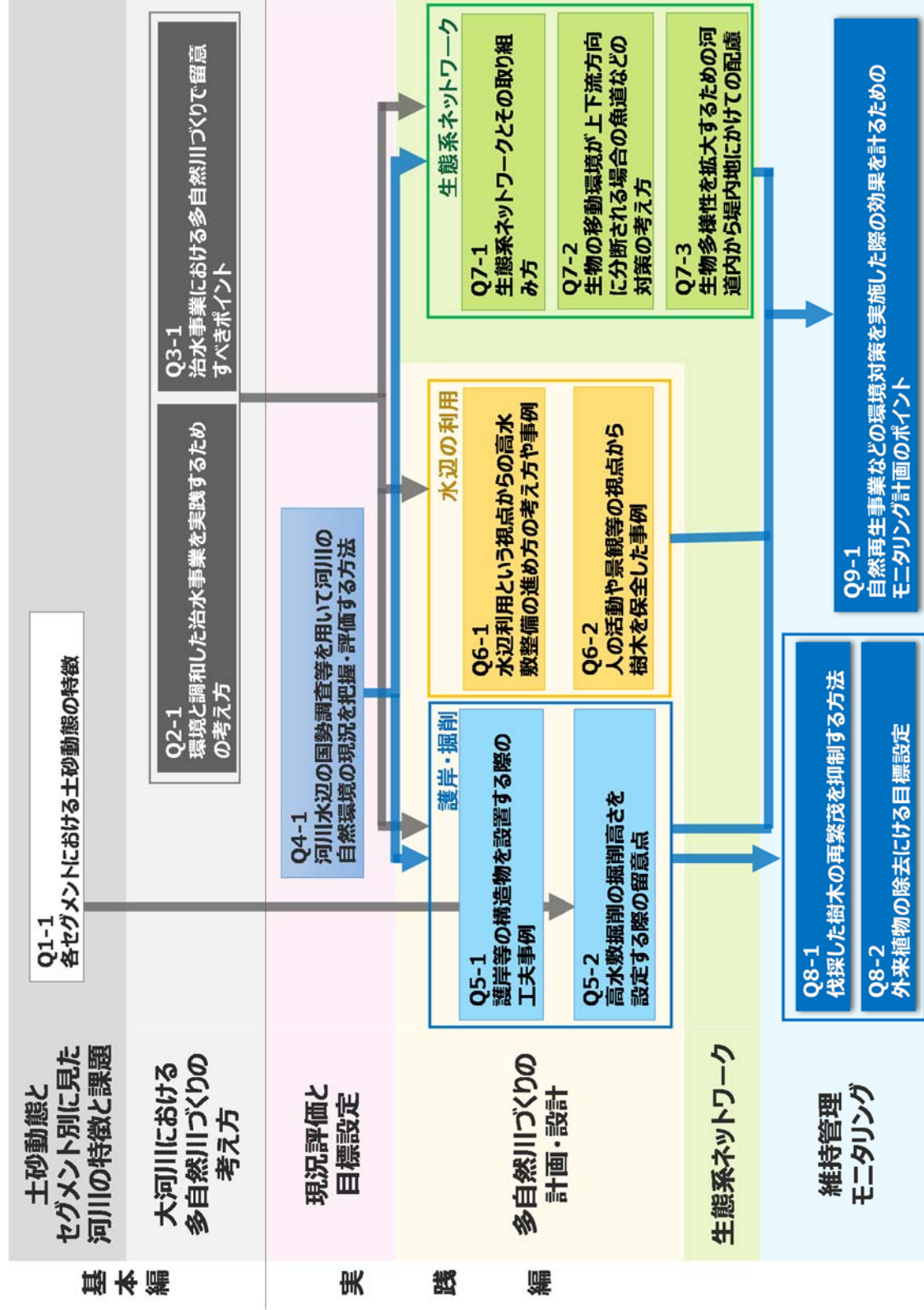
- Q5-1. 護岸等の構造物を設置する際の工夫事例を教えてください。
- Q5-2. 高水敷掘削の掘削高さを設定する際の留意点を教えてください。
- Q6-1. 水辺利用という視点から、高水敷整備をどのように進めたらよいか、考え方や事例を教えてください。
- Q6-2. 人の活動や景観等の観点から、樹木を保全した事例を教えてください。

(生態系ネットワーク)

- Q7-1. 生態系ネットワーク(エコロジカルネットワーク／エコネット)とは何ですか。どう取り組むべきか教えてください。
- Q7-2. 河川横断施設などにより魚類の遡上・降下に影響を与える場合、どのように魚道などの対策を考えればよいか教えてください。
- Q7-3. 生物の多様性を拡大するためには、河道内から堤内地にかけてどのような配慮を行うべきか教えてください。

(維持管理とモニタリング)

- Q8-1. 伐採した樹木の再繁茂を抑制するには、どのような方法があるか教えてください。
- Q8-2. 外来植物の除去において、どのように目標設定をすべきか教えてください。
- Q9-1. 自然再生等の取組みを実施した際、その効果を計るためのモニタリング計画を考えるときのポイントを教えてください。



Q&A 体系図

Q&A の見方

本 Q&A 集は、以下の項目で構成されている。



各 Q&A の 1・2 ページ目：

見開きページで Q&A の概要を把握できます。

①大河川において多自然川づくりを実践する際に現場技術者が直面する課題を Question として取り上げています。

1

6-1 Question

生態系ネットワーク(エコロジカルネットワーク/エコネット)とは何ですか。どう取り組むべきか教えてください。

2

■Question の意味と背景

生物多様性の保全が保たれた国土を実現するためには、保全すべき自然環境や優れた自然条件を有している地域を核として、これらを有機的につなぐ取り組みが必要です。中でも、川は、森林や農地、都市など連続した空間として結びつける、国土の生態系ネットワークの重要な基軸であり、流域の中にまとまった自然環境を保持している貴重な空間です。

②この Question が現場技術者の課題となる背景や意味について説明しています。



図-1 生態系ネットワークのイメージ
※国土交通省 河川を基軸とした生態系ネットワークの形成 より

3

■関連する Question

- Q6-2 堰などによって生物の移動が分断される場合、魚道などの対策の考え方を教えてください
- Q6-3 生物の多様性を拡大するためには、河道内から堤内地にかけてどのような配慮を行うべきですか？

③関連する Question をすぐに参照することができるように掲載しています。

④技術的課題に対して Answer として
一文で答える形式としています。

Answer

生物多様性の保全が保たれた国土を実現するために、保全すべき自然環境や優れた自然条件を有している地域を核として、これらを有機的につなぐ取り組みです。

4

■ Answer の概要と基本的考え方

生態系ネットワークとは、生物多様性の保全が保たれた国土を実現するために、保全すべき自然環境や優れた自然条件を有している地域を核として、これらを有機的につなぐ取り組みです。生態系ネットワークの形成により、生物多様性の確保を図り、人と自然とのふれあいの場を提供することで、地域に社会面・経済面において様々な効果をもたらすことが期待されます。流域の農家・NP0・企業・自治体などの賛同者が集まり、取り組みのシンボルとなる指標種や取り組みの目標を定め、互いに連携して取り組むことが重要です。

5

⑤ Answer の概要や基本的な考え方を 1 ページ
にまとめています。



図一 生態系ネットワーク形成に向けた取り組みと期待される効果のイメージ
※国土交通省 河川を基軸とした生態系ネットワークの形成 より



各 Q&A の 3 ページ以降：

より理解が促進されるよう、Answer の詳細や

知っておくことが望ましい知識、参考となる事例を紹介

6

■Answer の詳細

整備メニューごとに、主なインパクト・レスポンスの概要、留意すべきポイントを示す。なお、ここで示した主なインパクト・レスポンスの概要は、個々の生物種についての言及は困難であり、一般論として、生物の生息・生育環境や、人々の利用、景観といった大局的な事項に

⑥3 ページ以降から、Answer の詳細について説明しています。

(1) 主なインパクト・レスポンス

河道掘削による主なレスポンスは、河岸や河床や高水敷の直接的な改変により、その場の生物の生息・生育環境が消失する。

一方で河道掘削により、水域では緩流域や深場、浅場、陸域では湿地や河原などの環境の再生が可能であることから、生物の生息・生育環境の再生を目的として実施される場合もある。

直接改変以外の影響としては、低水路の河道掘削により掃流力や河幅水深比などが変化し、滞筋（瀬と淵）や砂州の位置や砂州形態、河床材料などが変化する可能性がある。特にセグメント 2 の河川では、掘削後の河岸に土砂堆積がおこり元の川幅に戻ろうとする場合がある。

また、河道掘削後に裸地が出現することにより先駆性植物が侵入しやすくなり、ヤナギなどの樹木が侵入した場合の樹林化や、外来種の侵入などが懸念される。

7

■より深く知りたい技術者のための参考図書等

- 国土技術政策総合研究所 HP, 河川生態ナレッジデータベース, <http://kasenseitai.nilim.go.jp/index.php/>河川生態ナレッジデータベース
- (財) 国土技術研究センター編, 河道計画の手引き, 山海堂 2002
- 土木研究所水環境研究グループ, 河道掘削を念頭に置いた陸域環境の予測・評価方法—河道内陸域環境の評価と実践 (植物編)—, 2016
- 土木研究所水環境研究グループ, 河道掘削を念頭に置いた陸域環境の予測・評価方法に関する事例集 (植物編), 2016

■参考文献

- 1) 国土交通省, 美しい山河を守る災害復旧計画
- 2) 多自然川づくり研究会著, 多自然川づくり
- 3) (財) 国土技術研究センター編, 河道計画
- 4) (財) リバーフロント整備センター, 北川「リバーフロント」報告書, (財) リバーフロント整備センター, 2009
- 5) 中村太士・辻本哲郎・天野邦彦監修, 河川環境目標検討委員会編 (2008) 川の環境目標を考える—川の健康診断—, 技報堂出版, 2008
- 6) 国土交通省 HP, 平成 29 年度多自然川づくり担当者会議開催記録
- 7) 国土交通省 HP, 平成 28 年度多自然川づくり担当者会議開催記録

⑦より深く知りたい方のために、参考となる図書やホームページ、論文等を紹介しています。

■コラム－河川環境情報図の活用

8

大河川（直轄河川）では、河川水辺の国勢調査が実施されており、瀬・淵の状況や生物の生息・生育状況の情報が蓄積され、「河川環境情報図」をはじめとした河川環境に関する情報として整理されている。

そのため、大河川において整備による河川環境への影響の分析を行うにあたり、まず「河川環境情報図」をはじめとした河川環境に関する情報と各整備メニューの実施範囲とを図上で重ね合わせるにより、具体的にどこで、どのような改変が生じるかを確認することができる。

そのような情報を基に、例えば掘削箇所や低水時の影響回避・緩和を検討することが可能となる。

⑧知っておくことが望ましい知識をコラムとして紹介しています。



■参考事例 1—円山川流域（兵庫県豊岡市）

9

コウノトリと人が共生する環境の再生を目指して

かつてコウノトリは日本各地で見られる鳥でしたが、生息環境の悪化により数を減らし、1971年に日本の空から姿を消しました。国内最後の生息地であった兵庫県豊岡市で「コウノトリ野生復帰推進連絡協議会」が設立され、地域住民と連携して再生に向けた取り組みを進めています。

⑨実際に大河川でおこなわれている取り組みを参考事例として紹介しています。

兵庫県と豊岡市は、連携して「コウノトリの郷」を創出し、無農薬・減農薬農法の普及に努めています。また、近畿地方整備局豊岡河川国道事務所では、コウノトリの採食地として活用される湿地の再生を行うなど、地域の取り組みとも連携して河川を基軸とする生態系ネットワークの形成を進めています。

その後、千葉県野田市や福井県越前市、韓国でも同様の取り組みが始まるなど、コウノトリの野生復帰の取り組みの輪は、全国へ、そして世界へ広がっています。



※国土交通省「河川を基軸とした生態系ネットワークの形成」より

1－1 Question

各セグメントにおける土砂動態の特徴を教えてください。

■Question の意味と背景

河川における土砂動態は、水系・河川によって異なるほか、ダム建設や河道改修といった人為的行為によっても変化する。河道を形成している河床構成材料、河道を通過する土砂の粒度分布は、河川の勾配や川幅、河床材料等の河道の特性に応じて変化しており、特に、沖積層を流れる河川（沖積河川）においては、山間地から扇状地、谷底平野、自然堤防帯を経て河口（デルタ）に至る間に、各領域・区間で変化していく。一般的に、このような縦断的な河道特性の変化に対して、セグメント区分（表-1）と呼ばれる縦断的な区分を行い、そのセグメント区分ごとに河道特性や土砂動態の特徴を把握することが行われる。

表-1 沖積河道区間についての代表的なセグメント類型とその特徴¹⁾

	セグメントM	セグメント1	セグメント2		セグメント3
			2-1	2-2	
地形区分	←山 間 地 →← 扇 状 地 → ← 谷 底 平 野 → ← 自然堤防帯 → ← デルタ →				
河床材料の 代表粒径 d_R	多種多様	2cm 以上	3cm～1cm	1cm～0.3mm	0.3mm 以下
河岸の 構成材料	河床 河岸に岩 が出ているこ とが多い	表層に砂、シル トが乗ることが あるが、薄く、河 床材料と同一物 質が占める	細砂、シルト、粘土の混合材料。 ただし下部では河床材料と同一		シルト、粘土
勾配の目	多種多様	1/60～1/400	1/400～1/5,000		1/5,000～水平
蛇行程度	多種多様	曲がりが 少 ない	蛇行が激しいが、川幅水深比が 大きいところでは8字蛇行又 は島の発生		蛇行が大きい ものも小さい ものもある
河岸浸食程度	非常に激しい	非常に激しい	中 (河床材料が大きいほうが、水路 がよく動く)		弱 (ほとんどの 水路の位置は 動かない)
低水路の平均深さ	多種多様	0.5～3m	2～8m		3～8m

※セグメントMは、沖積河道区間には当たらず、溪流区間と山地河道区間を包含するものであるが、河川水系全の状況を俯瞰するため、付け加えている。

多自然川づくりに限らず、河川管理の全般において、人為的改変に対して河川が自然の営力でどう応答するのか、変化の方向性を想定した対応がなされることが望ましい。そのためには、各セグメントの土砂動態の特徴を理解した上で検討を進めることが重要である。

Answer

土砂動態はセグメントごとに変化し、河床を構成する粒径集団や土砂輸送形態も異なります。

■ Answer の概要と基本的考え方

一般的に、山地河道は土砂の生産源に近いために、幅広い粒径の土砂が存在し、粒径が大きい巨石から非常に細かいシルト・粘土までがみられる。これに対し、平野部の河道は、主に洪水によって輸送されてきた土砂によって構成されているために、河床材料の粒径も各セグメントの河床勾配に対応した形で段階的に小さくなっていく（表-1 の河床材料の代表粒径 d_R を参照）。また、各セグメントに存在する河床材料の幅も、下流に至るほど小さくなっていく。例えば、セグメント1では、礫から砂までが広く存在するのにに対し、セグメント3では砂から粘土に限られる。しかしながら、各セグメントに見られる土砂が一様な振舞いをしているわけではなく、河川地形の中での存在状況や動態も異なる。

各セグメントにおける土砂動態の特徴を理解するためには、河床を形成する河床材料を、材料 m (Main 材料)、材料 s (Sub 材料)、材料 t (Transient 材料) の大きく 3 つの粒径集団に分類してとらえることが有効である。

多自然川づくりの対象となる河川区間のセグメントを把握するとともに、対象区間の河道において材料 m、s、t に相当する粒径集団を意識することによって、平水時から出水時にかけての各流量ステージにおける各粒径集団の動態や地形変化を予測することが可能となる。

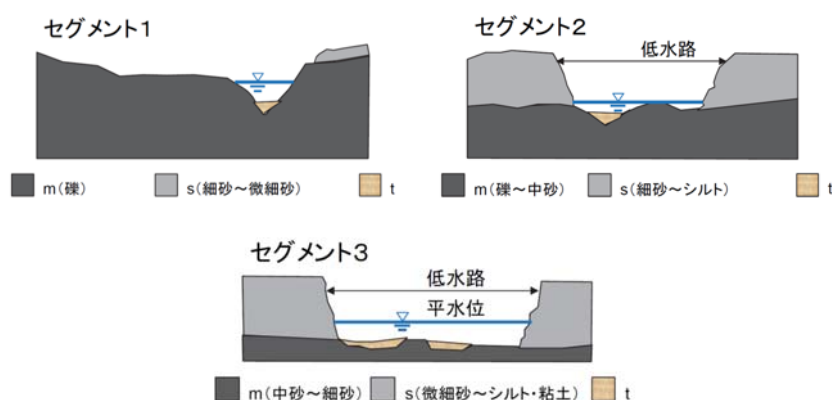


図-1 各セグメント類型における材料 m, s, t の典型的な存在状況¹⁾

■Answer の詳細

1) 流砂系における土砂動態の全体像の捉え方

流程が長い河川においては、山地、谷底平野、扇状地、自然堤防帯、河口デルタ等の異なる土砂動態を示す区間を有し、それらの区間は水や土砂の連続した移動により形作られている。したがって、大規模河川での土砂動態の全体像を把握するためには、流域全体を俯瞰した「流砂系」の視点が重要となる。

一般に、流砂系は広範囲に及び、性質の異なる場から構成されるので、流域～沿岸域の個別領域の現象理解と技術検討を単純に積み上げる方式を採用すると、各領域で使用されてきた異なる記述方法が合体させられることになり、必ずしも全体像の理解にはつながらない。こうしたことから、流砂系全体を見通すための土砂動態の共通の捉え方、共通的な記述法を意識して採用することが必要となる。流砂系の土砂動態の全体像を捉えるための大前提として、土砂を一括りに扱うのではなく、量と質（粒径）の両方に着目することが挙げられる¹⁾。

なお、これらを反映した流砂系の総合的な土砂管理計画がいくつかの河川（流砂系）を対象に策定されてきている（コラム-総合土砂管理計画参照）とともに、これらの観点からの対策も講じられるようになってきている（コラム-ダムからの土砂還元対策の事例他参照）。

2) 各セグメントにおける河道断面内での河床材料 m、s、t の分布状況と特徴

各セグメントにおける土砂動態の特徴を理解するためには、河床を形成する河床材料を粒径集団に分類してとらえることが有効であり、河床材料は材料 m、s、t に大きく分類することができる（図-1）。セグメント 1（扇状地）では、河岸部を含めて大部分を材料 m が占めるが、セグメント 2（主に自然堤防帯）、3（デルタ）では、低水路河岸と高水敷は材料 s で占められる。また、セグメント 3 では、m、s、t の粒径の幅が小さくなり、材料 t がより存在しやすくなる²⁾。このような見方が各セグメントにおける土砂動態を理解する上で有益であることは既に述べたが、各材料が河道管理や河川環境管理にどのように関わっているかについて、具体例を交えて述べる。

材料 m は河床材料の“主役”と言える。材料 m は、安定的に存在し、河道の骨格である縦断形状や砂州形状、低水路の粗度係数、構造物の設計に必須である最大洗堀深、ハビタットの評価に重要な瀬・淵の形態などを規定している。「河床材料」と言えば自動的に材料 m を指すことも多い²⁾。

材料 s は材料 m の“相手役”と言える。主流路の脇で、浮遊してきた細粒土砂が堆積することで材料 s からなる河床や河岸が形成される。材料 s はセグメント 2 と 3 では高水敷の本体を構成している。ここでの材料 s の情報は、低水路河岸の侵食形態・速度の予測や護岸の必要性の判断、水制などによる材料 s の堆積促進効果の判断、低水路川幅拡幅後の土砂堆積による川幅縮小の推定などに必要となる。また材料 s は、粒度の面でも場所的にも植生繁茂に好ましい条件を持つので、密生した植生を伴うことが一般的である。図-1 に示したように、セグメント 1 での材料 s の堆積は、あっても一般に薄い。しかしそこでは、材料 m である礫が露出している場所に比べ植物がずっと繁茂しやすい。植物繁茂を分析する際にも、材料 s の調査は重要である。

材料 t は河床材料の“端役”と言える。材料 t の存在は、一時的で不安定なことが多く、ちょっとした出水があるとフラッシュされ、あるいは増減する。そういう意味で材料 t は、材料 m、s のような“本格的な”河床材料とは呼べない。しかし、材料 m が一時的にせよ部分的にせよ材料 t に覆われることは、ハビタット構造の変化として重要であり、平水が長く続くときの物質循環にも影響を与える。さらに、流域の変状による供給土砂の変化が材料 t の挙動にいち早く現れることも考えられる。こうしたことから、今後の水環境管理において材料 t の重要性が増すことが考えられる。

3) 各粒径集団の土砂輸送形態の捉え方

河川縦断的な土砂動態の連続性から、セグメントの形成機構や材料 m、s、t の堆積機構をマクロに説明するために、図-2²⁾を示す。図-2 の上段は、山地からの土砂供給を受けて構成される扇状地から自然堤防帯、デルタ（セグメント 1～3）に至る関東平野、大阪平野、濃尾平野等に代表される臨海沖積平野の土砂の堆積構造を模式的に示したものである。今日見られる臨海沖積平野は、約 2 万年前の最終氷期最盛期以降に、断続的な海面上昇に伴って堆積した土砂によって形成された。縦線で示された基盤は沖積層基底礫層を示し、それより上は沖積層を示しており、海面上昇に伴って形成された沖積層の典型的な層序を示している。

図-2 下段は、現在の河川において、礫、砂、シルト・粘土の各粒径集団の輸送形態に着目した整理を示している。各粒径集団の動態を表現する際には、当該河道セグメントでの流送が「混合型」か「通過型」かの判別を併せて行う²⁾ものとされている。ここでいう「混合型」、「通過型」とは以下のことを指す。

【混合型】着目している粒径集団が、主河床材料（材料 m）と有意に混じり合いながら輸送

される。河床変動に寄与し、その分、自身の流送量も縦断的に有意に変化する。水理学的分類では掃流砂あるいは浮遊砂に当たり、一出水程度の時間スケールで見た土砂起源による分類では Bed material load に当たる。

【通過型】着目している粒径集団が、その場所の主河床材料（材料m）と有意には混じり合わない（たかだかその隙間を満たす程度）。河床変動にほとんど寄与できず、自身の流送量の縦断変化は小さい。河道条件などによっては、一部が河畔堆積物（材料s）などになるが、一般にその量は当該粒径集団の土砂移動量に比べればごく小さい。以上から、当該河道セグメントは、その粒径集団にとって通過区間となる。土砂水理学的分類では、多くの場合浮遊砂であり、ただし小出水時、平水時には材料mの上を掃流砂で流送されることもある。一出水程度の時間スケールで見た土砂起源による分類では、多くの場合ウォッシュロードに当たる。

図-2 下段に改めて着目すると、上流から下流に向けて、①礫は〔輸送形態の混合型→停止〕し、セグメント 1 の材料 m として振舞う。砂（微細砂を除く）は〔輸送形態の通過型→混合型〕という変化をたどり、礫のセグメント（概ねセグメント 1, 2-1 に該当）、砂のセグメント（概ねセグメント 2-2, 3 に該当）が形成され、②砂のセグメントには、實際上、土砂生産源から主河床材料（材料m）である砂が直接供給される形になること、③細粒土砂（細砂～シルト～粘土）は、その一部が高水敷や表層細粒土層（材料sへ）、河口付近（材料tへ）の河床材料になるものの、多くが海へ流出することを示している²⁾。

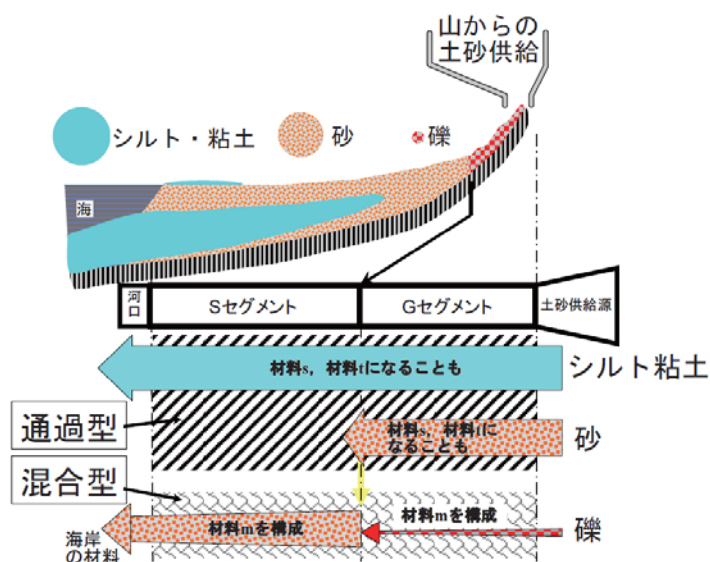


図-2 河床縦断地形の形成、河床材料分級とマクロな土砂収支²⁾

■より深く知りたい技術者のための参考図書等

- 国土技術政策総合研究所河川研究部，（独）土木研究所水環境研究グループ自然共生センター：ダム下流河川の物理環境との関係についての捉え方-下流河川の生物・生態系との関係把握に向けて-，国土技術政策総合研究所資料，第 521 号，土木研究所資料，第 4140 号，2009.
- 山本晃一編著／河川財団企画：総合土砂管理計画一流砂系の健全化に向けて-，技法堂出版，2014.
- 山本晃一著／河川環境管理財団企画：沖積河川～構造と動態～，技法堂出版，2010.
- 国土交通省水管理・国土保全局：国土交通省河川砂防技術基準調査編，2014.

■コラムー 総合土砂管理計画

土砂に関わる課題は、山地部、平野部、河口・海岸部のそれぞれの領域において様々な形で発生している。山地部では、荒廃山地からの流出土砂による溪流河道部での異常堆積あるいは局所侵食や土石流、山腹崩壊、地すべりによる災害発生、ダム貯水池の堆砂による機能低下等が、また、平野部では河床低下（構造物の被災に係る滞筋部の低下を含む）や河床における岩盤の露出などが、河口部では河口砂州の縮小、上流への後退等の変化が、海岸部では海岸侵食等がみられている。海岸侵食は、状況によっては国土の保全にも関わってくる。礫河原の縮小と樹林化の進展など河川の環境形成システムの変調にも、土砂動態の変化が関わっている可能性がある。原因となっている現象が、程度の差はあっても、当該領域を超えたより広域のスケールにまたがることが多く、個別領域の対応だけでは課題の根本的な解決には至らないという状況も想定・考慮すべきである¹⁾。

こうした認識を踏まえ、土砂に関わる課題を総合的に解決するための視点として、流域の源頭部から海岸までの一貫した土砂の運動領域を「流砂系」という概念で捉え、個別領域の特性を踏まえつつ、土砂の移動による災害の防止、適切な河川等の整備・管理、生態系や景観等の河川・海岸環境の保全、河川・海岸の適正な利活用を通じて、豊かで活力ある社会を実現することなどを目標として、総合的な土砂管理を行うことが必要との認識が共有化されている¹⁾。

「総合的な土砂管理」とは、上記のような土砂移動に関する課題に対して、砂防・ダム・河川・海岸の個別領域の問題として対策を行うだけでは解決できない場合に、各領域の個別の対策にとどまらず、流砂系を一貫して、土砂の生産の抑制、流出の調節等の必要な対策を講じ、解決を図ることをいう¹⁾。

総合土砂管理計画の策定は、全国で進められており、平成30年現在8地域で策定されており、他の流砂系でも計画策定に向けて検討が進められている（図-3）。



■コラムーダムからの土砂還元対策の事例

ダム等は、治水や利水、環境の面において重要な役割を果たしている。一方で、水や土砂、その他の物質を貯留するため、河川の状況や貯水池の機能そのものにも影響する。近年では、貯水池内の堆砂対策として土砂還元等の対策が実施されるようになってきている。

ダムからの土砂還元は、貯水池堆砂対策、流砂系総合土砂管理計画等の一環として様々な手法で実施されている。日本のダムにおいて実施事例が多く、下流河川の環境に対するインパクト（効果・影響）が大きいと考えられる事例を表-2に示す。

土砂バイパストンネル、フラッシング・スルーシング排砂は、ダム地点を通過する下流への土砂供給量を増加させる。貯砂ダムは、堆積土砂の除去（掘削）が必要であり、この土砂を下流河川に還元（置土）することにより、下流河川の環境にインパクトを与える。これは、ダム貯水池内での浚渫・掘削も同様である。

表-2 ダム下流河川の環境に効果・影響が生じやすい代表的な対策例

堆砂対策（土砂還元）	日本における事例
流入土砂を減らす対策	
・ 貯砂ダム（堆積土砂の除去）	美和ダム 小渋ダム 長島ダム
流入する土砂を貯めずに流す対策	
・ 土砂バイパストンネル	旭ダム 美和ダム 小渋ダム
・ スルーシング排砂	鯖石川ダム 出し平ダム 宇奈月ダム
貯まった土砂を排出する対策	
・ 浚渫・掘削	秋葉ダム 二瀬ダム 美和ダム 泰阜ダム
・ フラッシング排砂	出し平ダム 宇奈月ダム

■参考事例 1—置土によるダムからの土砂還元（那賀川-長安ロダム）

ダム有効容量の確保、河川環境の復元・回復を目的として、ダム流入土砂を掘削・運搬し、ダム下流河道に投入する土砂還元（置土）を実施

a. ポイント

ダム上流域の掘削により、上流から流下してくる土砂の捕捉機能を確認し、流入する礫分・砂分を陸上掘削により捕捉・除去する⁴⁾。

掘削土砂は、土砂移動の連続性を確保して河川環境の復元・回復に資するべく、ダンプにより運搬し、主に下流河道へ置土を行う（図-4）⁴⁾。

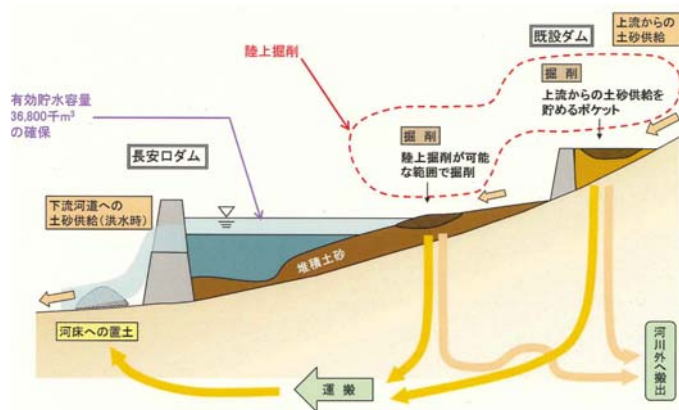


図-4 長安ロダムにおける堆砂対策のイメージ⁴⁾

b. 土砂還元実績

平成 19 年～平成 26 年の 8 年間に、113 万 m^3 の土砂還元を実施した。大規模な出水の発生時には、約 10～30 万 m^3 /年の土砂が流下している（図-5）⁴⁾。

c. モニタリングの状況

置土に合わせてモニタリング（河床材料、瀬淵分布、魚類、底生生物、付着藻類）を実施しており、置土流下後、土砂堆積によって平瀬・早瀬が形成された区間が確認されている⁴⁾。また、クレンジング効果や魚類産卵環境の回復等も確認されている（図-6）⁵⁾。



図-5 置土の流下状況⁴⁾
（平成 26 年 小計箇所）



図-6 河川景観と河床材料の経年変化（小計橋）⁴⁾

■参考事例 2—排砂バイパストンネル（三峰川-美和ダム）

土砂バイパストンネルにより細粒土砂の貯水池への流入・堆積を抑制し、下流河川へ供給

a. ポイント

土砂バイパス施設（土砂バイパストンネル、分派堰、貯砂ダム）を整備し、貯水池への土砂流入を抑制するとともに、湖内堆砂対策施設を整備し、貯水池内の堆砂を抑制している。また、これらの施設により、ダム地点における土砂移動の連続性を強化している（図-7）。

b. 試験運用とモニタリングの状況

美和ダムの土砂流入を抑制する堆砂対策の中心となる施設である土砂バイパス施設が平成17年5月に完成し、同年の出水期から試験運用を開始している。

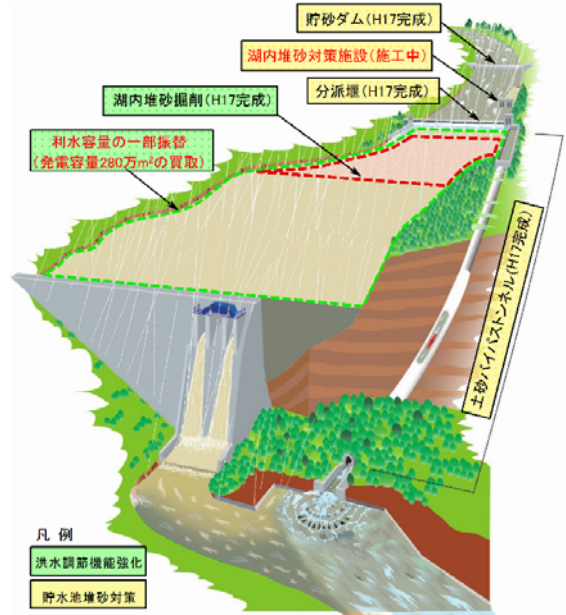


図-7 土砂バイパストンネルの状況⁶⁾

現在、土砂バイパス施設の試験運用を行いつつ、湖内堆砂対策施設の建設を踏まえた、物理環境、水質、生物環境の変化を把握するためにデザインされたモニタリング（図-8）が実施されている。



図-8 環境モニタリング調査地点⁷⁾

■参考文献

- 1) 国土交通省 水管理・国土保全局：国土交通省河川砂防技術基準調査編，2014.
- 2) 国土技術政策総合研究所河川研究部，(独) 土木研究所水環境研究グループ自然共生センター：ダム下流河川の物理環境との関係についての捉え方-下流河川の生物・生態系との関係把握に向けて-，国土技術政策総合研究所資料，第 521 号，土木研究所資料，第 4140 号，2009.
- 3) 国土交通省：HP，<http://www.mlit.go.jp/river/sabo/dosyakanri.html>
- 4) 長安口ダム貯水池機能保全技術会議：長安口ダム貯水池機能保全対策レポート（最終報告）参考資料，2016.
- 5) 那賀川河川事務所：那賀川の土砂還元と生物の再生への取り組み動画について，那賀川事務所 HP，<http://www.skr.mlit.go.jp/nakagawa/committee/dam-reservoir.html>
- 6) 三峰川総合開発工事事務所：事業のあらまし，三峰川総合開発工事事務所 HP，<http://www.cbr.mlit.go.jp/mibuso/jigyo/02naiyou.html>.
- 7) 三峰川総合開発工事事務所：第 4 回 美和ダム再開発湖内堆砂対策施設モニタリング委員会，第 4 回委員会説明資料，2017.

2－1 Question

河川環境と調和した治水事業を実践するための考え方を教えて下さい。

■Question の意味と背景

多自然川づくりには様々なメニューがある。この中で、治水事業、災害復旧事業は事業量も多く、河道を改変する範囲が広く、その程度も大きいことから、これら事業の中で環境との調和をどのように図るかは重要な課題である。

多自然川づくりの基本的な考え方は「多自然川づくりの基本指針」、提言「持続性ある多自然川づくりに向けて」に示されているが、大河川においては環境と調和するための具体的な考え方や計画・設計技術については明示されてこなかった。具体的な考え方や技術等を体系的に議論、整理したわけではないが、本 Question では以下に示す問題意識に立って Answer を作成した。

治水事業において河道を改変する場合には、環境に対する負の影響を予測・評価し、影響を緩和しながら環境の保全を図ることが大切である。一方、河道の改変によって悪化した環境を再生する、新たに環境を創出できる場合も少なくない。このため、環境との調和を図る治水事業を実施するには上述した両面を念頭に置いて計画・設計を立案することが大切である。しかし、実際には保全・再生等に関する目標が不明瞭であること、治水上の目的に沿った計画・設計が先行し、その後に環境に対する配慮を行うこと等の理由から、環境との調和が困難となる、もしくは、不十分となる場合も想定される。このため、環境目標を明確にし、計画・設計の初期段階から治水と環境を一体的に捉え、双方を満足する計画・設計とすることが大切である。ただし、治水事業には様々なメニューがあり、メニューによって調和を図る技術的なポイントや難易度は異なるため（Q3-1 参照）、個々のメニューの特徴を理解することも必要となる。本 Question では、大河川における多自然川づくりを実践する上での基本的考え方を整理し、その概要を示した。詳細については別途関連する Question を設定している場合もあるので、併せてご覧頂きたい。

■関連する Question

- Q3-1 治水事業において、多自然川づくりで留意すべきポイントを教えて下さい。
- Q4-1 空中写真や河川水辺の国勢調査等の既存データを用いて河川の自然環境の現況を把握・評価する方法を教えて下さい。

Answer

河川環境の目標を具体的に設定し、治水メニューの特徴を理解した上で、保全と再生を組み合わせながら河道の計画・設計を行うことが必要です。

■Answer の概要と基本的考え方

大河川における多自然川づくりを実践するためには、治水と環境を一体的に捉え、双方の目標を満足する具体的な河道を計画・設計することが大切になる。このためには、まず、対象としている河川・区間において具体的な環境目標を設定し、目標に照らして保全を図る箇所、再生（形成）を図る箇所等を明確にした上で、治水上の目標も同時に満足する河道（空間）を計画・設計することが大切になる。また、この際、設定した河道がその後の洪水、植生の繁茂等によりどの程度維持できるかも明確にすることが大切になる。さらに、治水整備の中には、より環境と調和できる可能性が高い整備メニューがあるので、各整備メニューが自然環境、河川景観に及ぼす影響をインパクト・レスポンスとの関係等に基づき理解しておくことも重要である。以上から、「Answer の詳細」においては、

- 1) 環境の目標を具体的に考える。
 - 2) 環境の保全と再生を意識する。
 - 3) 治水整備メニューの特徴を理解する。
 - 4) 環境の目標を空間の計画・設計に反映する。
- の4点に絞って解説を行う。

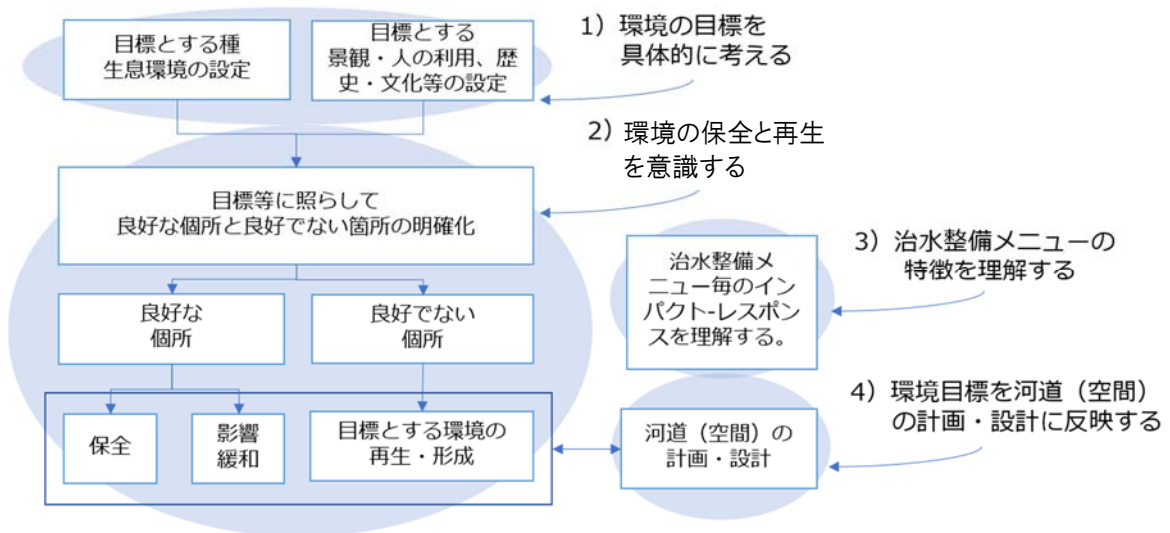


図-1 環境と調和した治水事業実践のためのイメージ

■Answer の詳細

1) 環境の目標を具体的に考える

河川環境という言葉には、①自然環境（生物の生息・生育・繁殖環境）に加えて、②景観、③人の利用、④歴史・文化等様々な要素が含まれる。治水事業の計画・設計を行う際には、河川整備計画を念頭に置きながら、当該区間を含む河川全体についての環境目標を明確にし、この目標を治水上の目標とあわせて具体的な計画・設計に落とし込んでいくことが大切になる。

また、このプロセスにおいては地域住民を含む多くのステークホルダーの意見を聴くことも重要である。また、その際には、専門分野の異なる技術者からなるチームを結成して事業を進めることや、災害復旧の場合においては、多自然川づくりアドバイザー制度を活用することも念頭に置く。特に、②景観、③人の利用、④歴史・文化等の要素については、地域住民が当該空間の主たる利用者となることから、地域住民が目標設定や目標を実現するプロセスに参加することにより、質の高い空間（地形、表層材料、植生、構造物等から形成される空間）の形成が可能になり、維持管理面においても地域の支援を得られやすい。

①については、当該河川・区間の過去から現在までの生物の生息状況を整理し、具体的に保全・再生すべき生息環境はもちろん、できる限り保全する必要がある種や群集・群落を設定することが重要である（Question4-1 参照）。具体的な種等を設定すると、当該種を保全するための具体的な生息環境が設定できる。また、この生息環境を満足する河道の形、掃流力や冠水頻度等が明確になるため、治水上の目標とあわせて満足すべき河道等の条件の設定が可能となる。具体的な種が設定できない場合には、瀬や淵等保全すべき環境要素に着目し、上記と同様のプロセスを経て河道等の条件の設定を行う。既往の河川整備計画を見ると「多様な環境を保全する」等の文言で目標を記載することが多く、具体的目標が掲げられていないケースが多く見られる。河川整備計画に具体的な目標の記載がない場合には、事業実施段階において、保全目標とする種を記載し、河道計画・設計を行って行くことが求められるだろう。なお、福岡県の樋井川における河川整備計画は、保全すべき具体的な種を明記しており、参考になる。

上記検討を進めるために対象とする区間や地域の特性・特徴（基本的な河道特性、流量、水質、生息・生育する生物の分布、歴史文化、人の利用、景観、ステークホルダーやステークホルダーの関心事等）や過去のインパクトに伴う河道や生物相の応答を理解し、目標を達成するために計画・設計した空間がどのように変化するかを（植物の繁茂、洪水時の河床変動）予測することが必要となる。これらの理解、予測のためには、現地に赴き様々な川の体験を通じた川に親しむことや、河川に関する工学的・生態学的知識、分析・予測に関するスキルが必要に

なる。なお、河川の環境目標に関する考え方については、2018 年現在もなおさまざまな議論がなされている¹⁾が、例えば中村ほか(2008)²⁾や島谷(2000)³⁾に識者の考え方や既往研究がまとめられているので参考にされたい。

2) 環境の保全と再生を意識する

多自然川づくりの基本的考え方の一つとして「良好な状態にある生物の生育・生息・繁殖環境を保全するとともに、そのような状態にない河川の環境についてはできる限り向上させる」ことが明示されている¹⁾。人の利用や景観に着目した場合でも、対象とする区間を良好な個所と環境の向上を図るべき箇所に分けて考えることが基本であり、良好な環境が残されている箇所等は出来る限り保全を図り、河道改変等によって影響を受ける可能性がある場合には、影響を事前に予測し、できる限り影響の緩和を図ることが必要である。また、環境の向上が必要な個所については河道改変等の方法を工夫することにより生息環境の再生、河川空間の形成を目指すことが大切である。つまり、環境が良好な状態にあるかどうかを判断しながら、保全と再生を組み合わせて多自然川づくりを実践することが基本となる。

例えば、河道掘削を行う場合には、掘削範囲における環境保全上重要な個所を判断し、重要な個所がある場合においては影響の回避や低減、必用に応じて代償措置を取る。また、掘削断面を工夫すること等により生物の生息環境の再生、人の利用の促進、景観の向上を図り、治水事業においても環境の再生を進めることが基本的なプロセスとなる。

3) 治水整備メニューの特徴を理解する

治水整備メニューは、1) 水位低下対策、2) 河床低下対策、3) 堤防整備、4) 侵食防止、5) 内水対策等に分けることができる。1) には①河道掘削、②樹木伐開、③引堤、④横断工作物の改築、2) には堰・床止め工等の設置、3) には堤防の嵩上げ・腹付け、4) には護岸の設置や高水敷整備、5) には樋門・樋管等の設置・改築がある(Question3-1 参照)。

環境に対するインパクトとその応答(レスポンス)は各整備メニューによって異なるので、各整備メニューのインパクト・レスポンスの関係を直接改変・直接改変以外、工事実施段階・共用段階等に分けて整理しておくことが重要である。例えば、河床低下に伴い乾燥化した高水敷を掘削した場合には、工事実施段階において掘削箇所およびその周辺が直接改変され植生の消失等が生じるが、その後は、掘削面の水面からの比高が小さくなるため湿潤的な環境が形成され、工事終了段階には湿地やワンド・たまり等多用な環境が再生されるといった直接改変

以外の効果が生じる（Question5-2 参照）。一方、河道の低水路を拡幅するように掘削すると、工事実施段階に低水路河岸が直接改変により消失し、工事終了段階には平常時の流路幅拡大に伴う流速・水深の減少、流下時間の増大による水温上昇が直接改変以外の影響として生じる可能性がある。

このように治水整備メニューによってインパクト・レスポンスの関係は異なり、事業実施に伴う環境目標の達成の難易度が変わってくるので、上記視点を十分理解し、治水事業においても環境の保全・再生を適切に図れるように注意したい。なお、各メニューの実施に伴うインパクト・レスポンスの関係は Question3-1 表 1 に示したので、詳細はこちらを参照して欲しい。

4) 環境目標を河道（空間）の計画・設計に反映する

河道計画・設計において河道（空間）を設定する際には、目標流量の安全な流下に加えて、河床変動や植物の繁茂・遷移等を踏まえた長期的な河道の維持も視野に入れる必要がある。これらに関しては多くの知見が集積しており、実際の計画・設計に取り入れられるようになってきている。

一方、環境に関しても、設定した目標を具体的な河道（空間）の計画・設計に反映することが徐々にではあるが可能となってきた。自然環境については、生物と生息環境との関係性、生息環境と河道（空間）との関係性の理解が深まり、具体的な種や生息環境を対象として、河道（空間）の計画・設計を行えるケースが増えつつある。例えば、魚類を対象とした場合には、種と種が依存する生息環境（例、瀬・淵、水際部、ワンド・たまり等の氾濫原環境）との関係性はある程度整理されてきており、目標とする種が決まれば、河道内で保全・再生すべき生息環境が明確になり、河道（空間）の計画・設計に反映することができるようになってきている（Question5-2 参照）。また、人の利用に関しても魅力ある河川空間とするためのデザイン手法に関する理解が進みつつある。高水敷を心地よく、快適に過ごせる空間として目標に位置付けた場合には、今までのような平坦で、工夫のない高水敷を整備するのではなく、高水敷の緩傾斜化、起伏を付ける等の工夫を行うことにより目標が達成できることが明らかになりつつある（Question6-1 参照）。

■より深く知りたい技術者のための参考図書等

- 中村太士, 辻本哲郎, 天野邦彦監修／河川環境目標検討委員会編集：川の環境目標を考える～川
の健康診断～, 技報堂出版, 2008
- 島谷幸宏：河川環境の保全と復元 多自然型川づくりの実際, 鹿島出版会, 2000

■参考文献

- 1) 河川法改正 20 年多自然川づくり推進委員会：提言「持続性ある多自然川づくりに向けて」, 2017
- 2) 中村太士・辻本哲郎・天野邦彦監修／河川環境目標検討委員会編集：川の環境目標を考える～
川の健康診断～, 技報堂出版, 2008
- 3) 島谷幸宏：河川環境の保全と復元 多自然型川づくりの実際, 鹿島出版会, 2000

3－1 Question

治水事業において、多自然川づくりで留意すべきポイントを教えてください。

■Question の意味と背景

多自然川づくりにおける留意すべきポイントをまとめた技術資料として、中小河川については「多自然川づくりポイントブックⅢ」や「美しい山河を守る災害復旧基本方針」などがある。一方、大河川については、「自然再生事業」における整備の考え方や整備内容の事例は多数紹介されているものの、治水整備を中心とした事業に関して留意すべきポイントを示したものも少ない。そこで、ここでは大河川における治水事業を対象に、多自然川づくりにおける留意すべきポイントを整理して示す。なお、樹木管理等の維持管理については別途8章を参照されたい。

大河川における主たる治水整備メニューとしては「水位低下対策」（河道掘削（河口部以外）、河道掘削（河口部）、樹木伐開、引堤、横断工作物の設置・改築等）、「河床低下対策」（横断工作物の設置・改築等）、「堤防整備」（築堤）、「侵食防止」（護岸設置、高水敷整備等）、「内水対策」（樋門・樋管等）などがある。河川環境への影響の観点からみると、それぞれの整備メニューごとに改変対象となる空間や改変の程度等が異なることから、影響を受ける範囲、生物や影響の規模も各メニューで異なる。そのため、これらの影響を理解した上で、整備メニュー別に留意すべきポイントを把握し、河川環境の保全検討を行うことが必要である。

■関連する Question

- Q2-1 環境と調和した治水事業を実践するための考え方を教えてください。
- Q5-1 護岸等の構造物を設置する際の工夫事例を教えてください。
- Q5-2 高水敷掘削の掘削高さを設定する際の留意点を教えてください。

Answer

各整備メニューの特徴に応じて、インパクト-レスポンスの関係を踏まえ、河川環境の保全・再生のポイントを理解しておくことが大切。

■Answer の概要と基本的考え方

河川環境の保全にあたっては、まず、各整備メニューによる河川環境への影響を推定するために、インパクト-レスポンスを把握する必要がある。その上で、それぞれの整備メニューに応じた河川環境の保全や影響緩和を検討することが基本となる。

また、「河道掘削」等の整備メニューは、治水面だけでなく、過去に失われた礫河原や湿地の再生等、環境面での効果も期待できる。このように、整備を通じて自然環境を再生することも検討する。なお、インパクト-レスポンスについては、「河川生態ナレッジデータベース」¹⁾に詳しく紹介されているので参照されたい。

【インパクト-レスポンスとは】

「インパクト-レスポンス」とは、ある作用（インパクト）が河川に加わった場合に河川の物理的な特性が変化し、その変化に河川自身の変動（洪水による浸食・堆積、植生の繁茂）も加わって、結果として生物の生息状況に変化（レスポンス）が現れるという因果関係を記述したものである。影響要因や伝播経路は複数あり、まずはこれらに関係図（フロー）として表し、どの経路が主要なものを分析することが重要である。

整備メニューによって、レスポンスを考える空間スケール・時間スケールが異なることに留意する必要がある。例えば、河道掘削はその影響が上下流に及ぶ可能性があるが、護岸設置は当該箇所周辺に限定される。

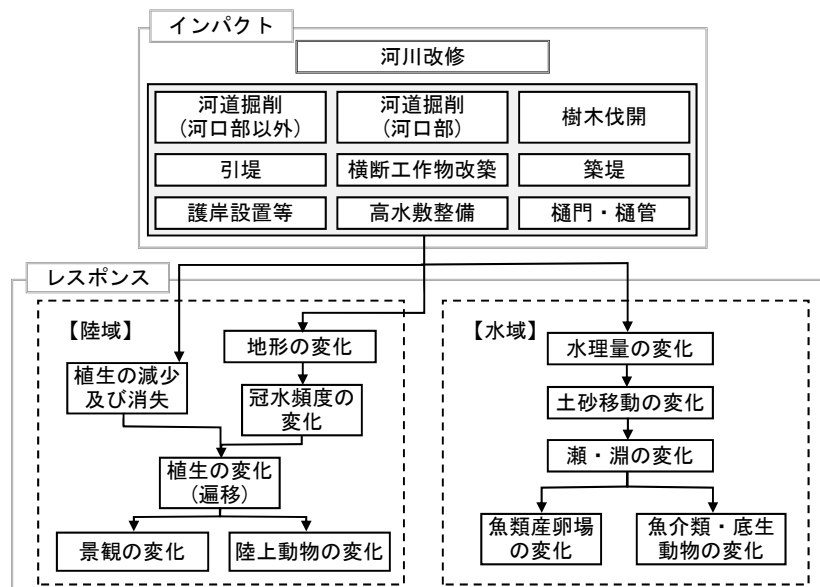


図-1 河川改修インパクトに対する環境への影響伝達フロー（例）²⁾に一部加筆

表- 1 整備メニュー別 主なインパクト-レスポンスの概要と留意点(1/2)

主なインパクト		主なレスポンス		
対策	整備メニュー	直接改変	直接改変以外	景観・利用
水位低下対策	河道掘削 (河口部以外)	・生物の生息・生育環境の一時的消失 ・砂礫河原や湿地などの生物の生息・生育環境の再生	・濤筋（瀬・淵）や砂州形態、河床材料の変化 ・河岸・高水敷への土砂堆積と生息・生育環境の変化 ・樹林化・外来種の侵入	
	河道掘削 (河口部)	・生物の生息・生育環境の一時的消失 ・高比高域を掘削する場合には干潟などの生物の生息・生育環境の再生	・塩分遡上範囲や潮感帯の変化	
	樹木伐開	・樹木そのものの消失 ・生物の生息・生育環境の消失（生息場である樹木の消失）	・樹木カバー消失による水域の生物の生息環境の変化、陸域植生の変化に伴う鳥類等への影響 ・再樹林化	・景観への影響
	引 堤	・引堤箇所での生物の生息・生育環境の消失		・景観への影響 ・人々の回遊性（導線）への影響
	横断工作物の設置・改築	・生物の生息・生育環境の消失 ・魚道設置による魚類の移動の連続性の向上	・濤筋（瀬・淵）や砂州形態、河床材料の変化 ・特に河口域の場合は、塩分遡上範囲や潮感帯の変化	・景観への影響 ・デザイン等に配慮することにより景観や親水性の向上
河床低下対策				
堤防整備	築堤	・生物の生息・生育環境の消失 ・堤内地と堤外地の分断		・景観への影響 ・人々の回遊性（導線）への影響
侵食防止	護岸設置等	・水際の微地形の消失、水際植物帯の消失等による生物の生息・生育環境の消失、生物の移動困難等		・護岸が露出した場合の景観の悪化、水辺へのアプローチの困難 ・デザインに配慮した護岸による景観や親水性の向上
	高水敷整備	・生物の生息・生育環境の消失	・樹林化・外来種の侵入	・人々の回遊性（導線）・利用空間の向上
内水対策	樋門・樋管	・本川と支川間の段差の形成による魚類の移動阻害 ・樋門・樋管出口の堤外水路での細流（クリーク）の形成		・景観への影響

表- 1 整備メニュー別 主なインパクト-レスポンスの概要と留意点 (2/2)

留意すべきポイント
a) 河道地形や流量（洪水時、平時時）などその川の特徴を踏まえ、掘削の範囲・高さや掘削勾配、掘削地形のアンジュレーション等の検討。検討に際しては自然環境、人の利用、景観の向上、維持管理面も念頭に置く b) 直接改変の影響予測・評価を行い、必要に応じ影響緩和策の検討 c) 掘削後の砂州形態、河床材料、土砂堆積等の予測・評価を行い、必要に応じ影響緩和策の検討 d) 掘削後の水面比高、冠水頻度等から推定される植物群落の予測・評価を行い、必要に応じ影響緩和対策の検討 e) 掘削後の礫河原・湿地再生、ワンド・たまりの形成などの環境向上策の検討
a) 直接改変の影響予測・評価を行い、必要に応じ影響緩和策の検討。相対潮汐地盤高等の指標に基づき行うことがある。 b) 掘削に伴う塩水遡上範囲や塩分濃度の変化、植物や底生動物の生息範囲に関する予測・評価を行い、必要に応じ影響緩和策の検討 c) 河道掘削による干潟の形成などの環境向上策の検討
a) 流下能力の確保のために必要な伐採量（面積）を明確にした上で、直接改変による環境影響予測・評価、を行い、必要に応じ影響緩和策の検討 b) 樹木の再樹林化の防止対策の検討 c) 景観に対する予測・評価、必要に応じ樹木の存置もしくは移植等の影響緩和策の検討
a) 直接改変による環境影響予測・評価、必要に応じ影響緩和策の検討 b) 引堤後の新たな河川敷の水面比高や冠水頻度から想定される植物群落の予測・評価、必要に応じ影響緩和対策の検討 c) 人の利用、景観に対する影響予測・評価と、必要に応じ空間デザインの検討
a) 直接改変による環境影響予測・評価、必要に応じ影響緩和対策の検討、魚類等の移動の確保の検討 b) 設置・改築後の砂州形態（みお筋、瀬淵含む）、河床材料の予測・評価、位置・構造の再検討 c) 河口部では、感潮区間における塩水遡上範囲やヤマトシジミなどの注目種の生息範囲（相対潮汐地盤高）の予測・評価を行い、必要に応じ環境影響策の検討 d) 周辺との調和を図る景観設計の検討
a) 直接改変による環境影響予測・評価、必要に応じ影響緩和対策の検討。堤内地と堤外地の分断に伴う生物への影響予測・評価、必要に応じ影響緩和対策の検討 b) 周辺との調和を図る景観設計の検討
a) 護岸設置の必要性の判断、必要最小限での範囲の護岸配置の検討 b) 護岸設置に伴う環境影響予測・評価と必要に応じ影響緩和策の検討 c) 護岸の前面等に自然な河岸・水際部等の形成の可能性について検討 d) 護岸が露出する場合には環境機能の配慮の検討
a) 高水敷整備の複数案比較による直接改変による環境影響の予測・評価と必要に応じ影響緩和対策の検討、人々の利用空間や河川景観への影響・効果の予測・評価 b) 高水敷整備後の新たな河川敷の水面比高や冠水頻度から想定される植物群落の予測・評価、必要に応じ維持管理方法の検討
a) 本川と支川の魚類等の移動経路の確保の検討 b) 堤外水路については本川と異なる細流（クリーク）としての環境を有することから、必要に応じ細流環境として機能するように検討 c) 操作室、取り付け護岸等については周辺との調和を図る景観設計の検討

■Answer の詳細

整備メニューごとに、主なインパクト・レスポンスの概要、留意すべきポイントを示す。なお、ここで示した主なインパクト・レスポンスの概要は、個々の生物種についての言及は困難であり、一般論として、生物の生息・生育・繁殖環境や、人々の利用、景観といった大局的な事項に着目し整理を行った。

また、整備メニューの複数案を比較検討して河川環境へのダメージを最小限にすることが肝要である（コラムー河川改修による環境へのダメージを最小限にする」参照）。整備メニューの複数案の比較検討にあたっては、河川環境情報図に整備メニューの具体的な配置を整理して検討することが有効である（「コラムー河川環境情報図の活用」参照）。

表- 1 に示す整備メニュー別 主なインパクト・レスポンスの概要と留意点のうち、主なものについて以下のとおり補足説明する。

1) 河道掘削（河口部以外）

(1) 主なインパクト・レスポンス

河道掘削による主なレスポンスは、河床、河岸、高水敷への直接的改変により、その場の生物の生息・生育環境が一時的に消失することにある。

直接改変以外の影響としては、低水路幅を拡げる掘削を行う場合には、洪水時の掃流力や河幅水深比などが変化し、砂州形態・位置、河床材料などの変化、平常時の流速・水深の変化が生じ、魚類等の生息環境が変化する可能性がある。

高水敷を中心とした陸域部を掘削する場合は、新たな高水敷面に土砂が堆積し地盤高が徐々に上昇するとともに、裸地面に植物が侵入し、場合によっては樹林化を引き起こすことがある。

一方、高水敷掘削は地盤高の水面比高を小さくするため、礫河原や湿地、ワンドやたまりの形成に寄与することが多く、自然再生との親和性が高いインパクトとなっている。これらの詳細については、「Q5-2. 高水敷掘削の掘削高さを設定する際の留意点を教えてください」を参考にして欲しい。

(2) 留意すべきポイント

留意すべきポイントを以下の a)～e)に示す。a)b)には直接改変による一時的な影響に対する留意すべきポイント、c)～e)には直接改変以外の影響（効果も含む）に対する留意すべきポイントを示している。

①直接改変による一時的な影響

a)直接改変に伴う一時的な影響

河道地形や流量（洪水時、平時時）などその川の特徴を踏まえ、掘削範囲、高さ・勾配、地形のアンジュレーションをつける等河道掘削方法を工夫し、直接改変に伴う一時的な影響を緩和するとともに、礫河原、湿地再生、ワンド・たまりの形成、人の利用や景観の向上を図る。また、掘削後の土砂堆積、植物繁茂に対する維持管理方法も念頭に置く。なお、人の利用や景観の向上に着目した整備について「Q6-1. 水辺利用という観点から、高水敷整備をどのように進めたらよいか、考え方や事例を教えてください」に示したので参考にして欲しい。

b)掘削範囲内の環境影響

掘削範囲内の環境影響予測・評価を行い、必要に応じ影響緩和策を検討する。検討方法例として、植物を対象とした予測・評価例を「Q8-1. 河川管理として河道掘削を行う際の留意事項について教えてください」に示したので参考にして欲しい。

②直接改変以外の影響

c)掘削後の土砂堆積、水生生物の生息環境

掘削後の砂州形態、河床材料、土砂堆積等を予測・評価し、水域については瀬淵構造や河床材料の変化に伴う流速・水深・底質等魚類を中心とした水生生物の生息環境が悪化しないよう留意する。また、土砂堆積に伴う川幅縮小、高水敷への再堆積が生じるので、これらの点についても予測・評価を行う。瀬・淵、河床材料等を対象とした予測手法の例については「コラムーインパクトに対する環境要素の応答予測手法の例」を、高水敷への土砂堆積については「Q5-2. 高水敷掘削の掘削高さを設定する際の留意点を教えてください」を参考にして欲しい。

d)掘削後の水面比高や冠水頻度

掘削後の水面比高や冠水頻度から推定される植生群落を予測・評価する。樹林化や外来植物の侵入等が想定される場合には、安定草本群落による置換、維持管理方

法の検討を行う。植生の変化の予測手法の例については、「コラムーインパクトに対する環境要素の応答予測手法の例」を参考にして欲しい。

e) 掘削後の環境向上対策

掘削後の礫河原再生、湿地再生、ワンド・たまりの形成などの環境向上対策に関する検討を行う。ワンド・たまりの形成については「Q5-2. 高水敷掘削の掘削高さを設定する際の留意点を教えて下さい」を参考にして欲しい。

<良好な環境場の指標を用いて掘削形状を検討した事例-天竜川³⁾>

天竜川では河川整備計画メニューに河道掘削が位置付けられている。掘削が必要な箇所について、水深や流速等から設定した「良好な環境場の指標」を満足することを目標とし、整備計画目標流量に対応した掘削形状を設定した。

「良好な環境場の指標」は、平面二次元流況解析モデルを活用して、対象種の確認箇所の物理環境を整理し、生息箇所の指標を設定した(表- 2)。対象種は、天竜川の河口部にみられる特徴的な種として、主に河川整備計画に記載のある生物種（アユ、カマキリ等）を対象とした。

掘削は、掘削範囲と保全範囲を設定し（図-2）、「良好な環境場の指標」を用いて、掘削後に指標を満足する面積が減少していないか確認し掘削形状を決定した（図-3）。

表- 2 対象種の良好な環境場の指標設定の例

対象種	比高	水深	流速	摩擦速度
アユ カマキリ	約 1~1.5m 以下 (150m ³ /s 流下時)	0.5~1.5m 程度	1~1.5m/s 程度	0.05~0.15m/s 程度

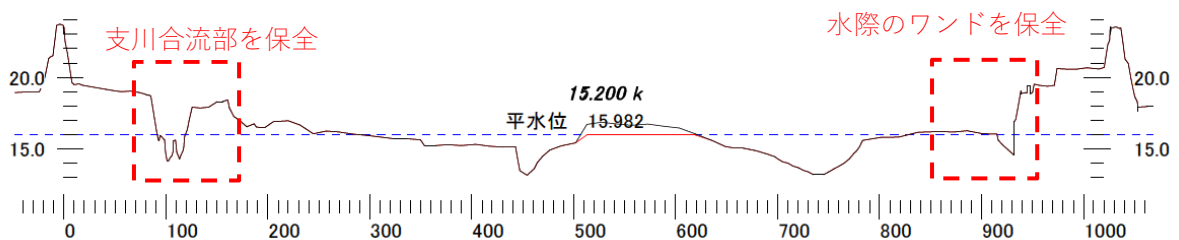


図-2 15 k 付近の掘削形状の例

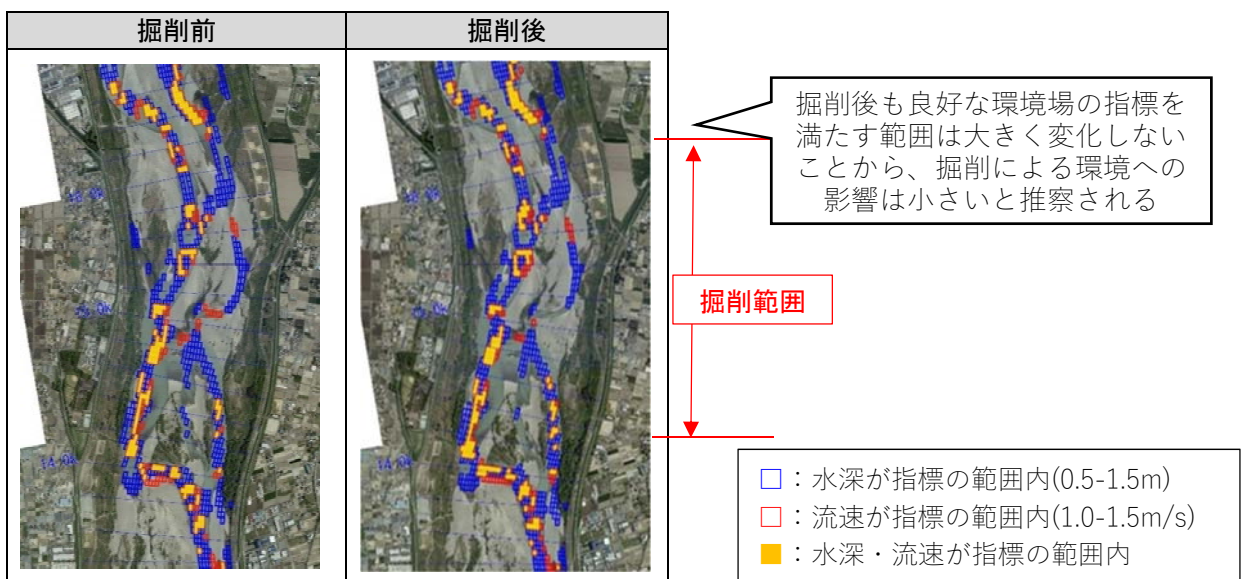


図-3 主に瀬に生息するアユ・カマキリ等の魚種に関する指標での評価

2) 河道掘削（河口部）

(1) 主なインパクト・レスポンス

河口域における河道掘削による主なレスポンスは、河岸・河床の直接的な改変により、その場の生物の生息・生育環境、特に感潮区間特有の干潟環境が消失することである。

また、感潮区間における河道掘削では、塩分遡上範囲や潮間帯の分布が変化し、生物の生息・生育環境に影響する可能性がある。

一方、潮間帯より上部の高比高域を掘削する場合には、ここが潮間帯となり干潟環境が形成され、干潟に依存する生物の生息・生育環境の創出が可能となる場合もある。

(2) 留意すべきポイント

留意すべきポイントを以下の a)～c) に示す。

a) 潮位との関係

河口域における植物や底生動物の生息域は潮位との関係に支配されることが示されており、相対潮汐地盤高のような生息域を評価するための指標も提案されている（「コラムー相対潮汐地盤高」参照）。掘削を行う場合には潮位との関係に留意し、消失する比高域を明確にして、掘削による影響を予測・評価する。特に、潮間帯に該当する比高域を掘削すると干潟が減少するので注意を要する。

b) 塩水遡上範囲

掘削に伴い塩水遡上範囲が上流側に拡大し、潮間帯の分布が変化するので注意が必要である。特に、感潮区間上流にアユの産卵場が分布している場合には、当該河川の中で最も好適な産卵場に影響を及ぼすことになるので、塩水遡上範囲を明確にし、影響が及ぶ場合には緩和策を実施する。

c) 掘削範囲や掘削断面の設定

潮位に対する高比高域を掘削し、地盤高が低下する場合には、ここが潮間帯となり河道掘削により干潟形成に寄与する場合もある。掘削に対するマイナス面に加えて、干潟形成等のプラス面も評価し、掘削範囲や掘削断面を設定する。

＜河口部特有の環境（潮間帯）を整備した事例-五ヶ瀬川^{4), 5), 6), 7)}>

五ヶ瀬川では、平成 17 年 9 月の台風 14 号で甚大な被害を受けたことにより、同年 11 月に「五ヶ瀬川激甚災害対策特別緊急事業（激特事業）」の採択を受けた。

このうち北町・本小路地区では高水敷と河床を掘削して流下能力を大きくした。護岸は法面勾配を立てて「隠し護岸」とした石積護岸とし、護岸前面に緩やかな勾配で汽水域の特色である潮間帯を残すよう緩勾配の覆土とした。

この緩勾配河岸では潮汐や流れの影響を受け、横断方向に干潟の材料粒度が変化しており、緩勾配護岸では生物の生息・生育環境としての多様性が高い。また生物調査より干出部でのみ採集された生物がいることから、生物の生息・生育環境の多様性の増加によって生物の多様性も増したと考えられる。



写真：吉村伸一



図-4 潮間帯として整備した緩傾斜河岸の状況（五ヶ瀬川）

3) 樹木伐開

(1) 主なインパクト・レスポンス

樹木の生態的機能は、河川の流程や、樹木が生育する位置（川辺林や高水敷上の樹林）によって異なり、樹木伐採のレスポンスもそれぞれ異なる。

例えば上流区間での河畔沿いに繁茂する樹木伐開では、樹木そのものが消失するとともに、樹木、樹林を生息場とする生物に影響を及ぼすほか、河畔樹木で覆われていた空間が露出して明るくなり、樹木からの落葉、落下昆虫が減少して水生生物が影響を受ける。また、倒木の減少により瀬淵をはじめとする変化に富んだ河川地形が減少する。

中下流域における陸域部の樹林地の面的な伐開では、樹林を含む既存の植物が消失する。この中には希少な植物が生育する場合もあり注意が必要である。また、樹林地に依存する鳥類等の生物が影響を受けることになる。

また、流程に関わらず、アイストップとなる良好な樹木や、地域信仰等されている樹木を伐採することは、景観面・人の利用面へ影響を及ぼす。

(2) 留意すべきポイント

留意すべきポイントを以下の a)～c) に示す。

a) 必要な伐採量（面積）

流下能力の確保のために必要な伐採量（面積）を明確にした上で、環境への影響を予測・評価することが大切である。影響がある場合には、伐採範囲の変更等影響緩和対策を検討する。樹木伐開を含む陸域環境への評価については「Q8-1. 河川管理として河道掘削を行う際の留意事項について教えて下さい」を参考にして欲しい。

b) 再萌芽

樹木伐開を行っても、根茎や残根、残枝等から再萌芽して再樹林化する場合が多い。樹木の種類によって再萌芽のメカニズムは異なるので、伐開する樹種を念頭に置き、再萌芽対策を講じることが必要である。なお、再萌芽抑制については「Q8-2. 伐採した樹木の再繁茂を抑制するには、どのような方法がありますか」を参考にして欲しい。

c) 景観や人の利用に対する影響

景観や人の利用に対する影響の予測・評価も必要となる場合がある。影響がある

場合には、必要に応じ樹木の存置もしくは移殖等の実施などを検討する。なお、存置、移植等については「Q6-2. 人の活動や景観等の観点から、樹木を保全した事例を教えてください」を参考にして欲しい。

＜高水敷上の樹木の保全事例-厚沢部川＞

厚沢部川（あっさぶかわ）では、水際樹木を可能な限り残して、背後の樹木伐開を行うとともに、高水敷の切り下げにあたっては必要な河積を確保し、治水上問題の少ない樹木は残している。また、樹木伐採にあたっては、野鳥の会や自然保護団体などとの話し合いをしながら整備を進めた。



写真：吉村伸一

図-5 水際樹木の存置、背後の樹木伐開と掘削（厚沢部川）



写真：吉村伸一

図-6 高水敷の切り下げ、河畔樹木の存置（厚沢部川）

4) 引堤・築堤

(1) 主なインパクト・レスポンス

引堤・築堤による主なレスポンスは、まず新たな堤体の出現に伴い、出現した範囲およびその近傍の生息・生育環境が消失すること、堤内地と堤外地との連続性の分断などが生じることにある。土堤の出現により新たな生息地が形成されるが、これを適切に評価した事例は見当たらない。また、景観や人々の回遊性（導線）への影響が生じる可能性がある。

引堤の場合には、旧堤の撤去に伴い、ここが高水敷の標高程度まで整地され、新たな裸地の出現と草本類や木本類等植生域の拡大がレスポンスとして想定される。また、引堤に伴い洪水時の流況（流速・水深の低下）が変化することにより植物への影響が生じる可能性もある。

(2) 留意すべきポイント

留意すべきポイントを以下の a)～c) に示す。

a) 生物や植物等への影響

環境影響予測・評価を行い、影響がある場合には、法線・構造等の変更を含む影響緩和策を検討する。また、築堤の場合には、堤内地と堤外地を行き来する生物等への影響が生じる可能性もあるので、両生類等陸域と水域を生息地とする生物の生息が確認される場合には、これらの種に対する影響についても検討を行う必要がある。直接改変に伴う陸域環境への影響の予測・評価方法について、植物を対象とした予測手法の例を「コラムーインパクトに対する環境要素の応答予測手法の例」に、陸域環境の評価を「Q8-1. 河川管理として河道掘削を行う際の留意事項について教えてください」を示したので、参考にして欲しい。

b) 流況の変化

引堤の場合、洪水時の流況変化に伴い植物群落が変化する可能性がある。念のため、平均年最大流量時の流速、水深、掃流力等がどの程度低下するかを予測し、低下の程度が大きい場合には、土砂堆積の範囲や程度、植物の変化が生じるかを検討する。

c) 景観、人の利用への影響

築堤・引堤は景観、人の利用にも影響を及ぼす場合がある。これについては、具体的な事例を「Q6-2. 人の活動や景観等の観点から、樹木を保全した事例を教えてください」に掲載したので参考にして欲しい。

＜引堤の事例-矢部川^{8), 9)}＞

矢部川は、平成 24 年 7 月の梅雨前線に伴う豪雨により堤防が決壊し甚大な被害を受け、同年 11 月に「矢部川・沖端川河川激甚災害対策特別緊急事業（激特事業）」の採択を受けた。

対象区間の中でも特に川幅が狭い矢部川 5～7km 付近では、河道幅を拓げるために堤防法線是正（引堤）を行い、河道掘削により流下能力を確保した。引堤・掘削は、平均満潮位以上であるため水際部の塩性植物等への影響は少ないと考えられるが、改修前に調査を行い、重要な植物の再生・保全を図っている。また、掘削後の高水敷上には、必要に応じて播種や表土移植等が検討されている。

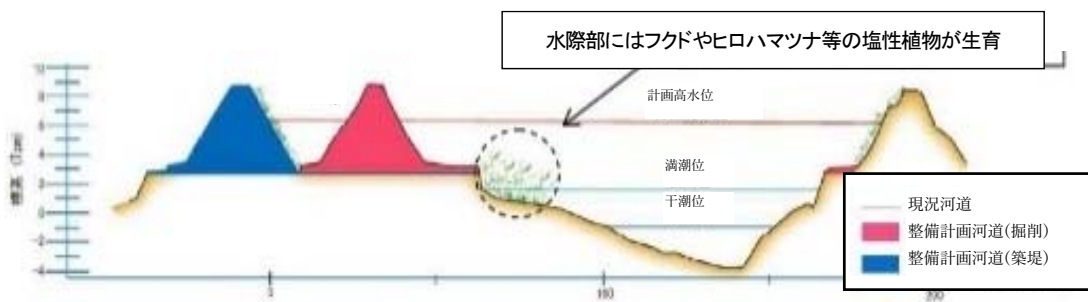


図-7 引堤による河積の確保（上）と標準横断（下）（矢部川）

＜築堤の事例-那賀川¹⁰⁾＞

「南海トラフ巨大地震等」に係わる地震・津波対策を実施している那賀川河口部では、堤防の嵩上げにより那賀川水系の汽水域の重要な環境であるワンド干潟の一部が消失することが想定された。

那賀川では、堤防法面勾配を3割から2割に変更することにより改変面積を低減するとともに、根固ブロックの設置位置を下げて被覆してワンド干潟の再生を図った。またワンド干潟改変の代替地として高水敷を掘削し2箇所のワンド干潟を創出した。

これにより、干潟の消失率は当初予定の24%から10%にまで低減した。

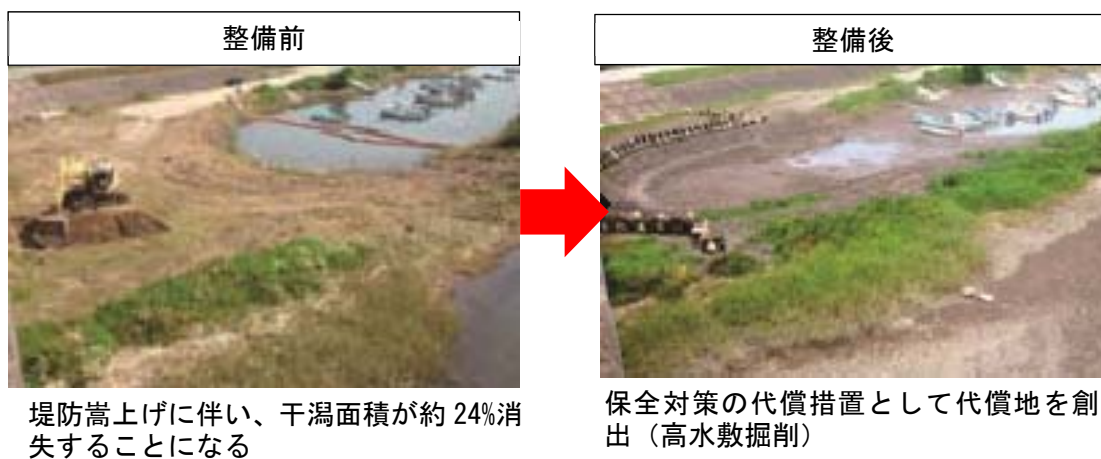
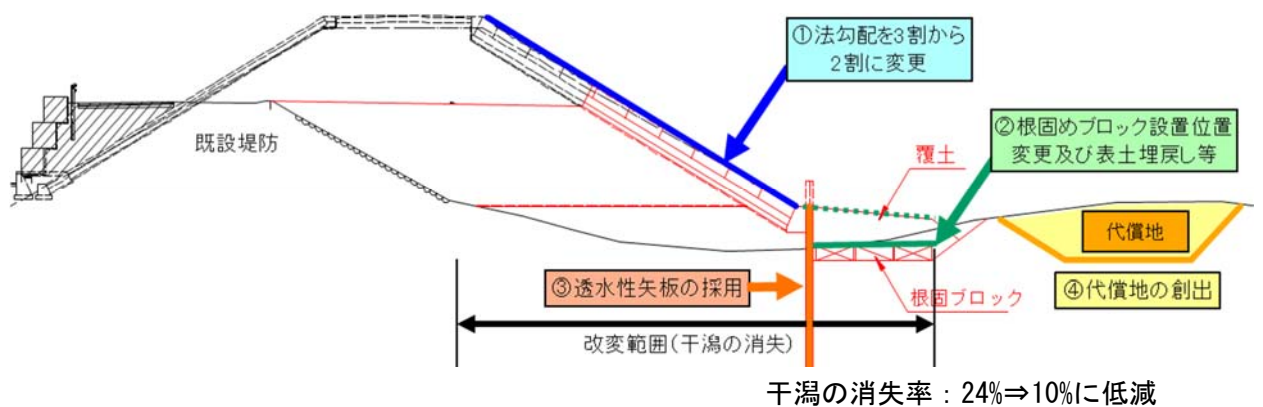


図-8 堤防法面を工夫しワンド干潟の改変面積低減、
高水敷掘削でワンド干潟創出（那賀川）

5) 横断工作物の設置・改築

(1) 主なインパクト・レスポンス

横断工作物の設置・改築による主なレスポンスは、直接改変による影響として、横断工作物の設置・改築に伴う工事、横断工作物の設置範囲の変更により生物の生息・生育環境の消失や移動経路の分断が懸念されることにある。直接改変以外の影響としては、洪水時の流況の変化に伴う砂州形態、河床材料の変化が考えられる。特に河口域の場合は、横断工作物の位置や構造、運用ルールの変更等により塩分遡上範囲や潮感帯の変化が起きることに留意する。また、これら構造物が景観の悪化を招く可能性が想定されるので注意が必要である。一方で、これまで魚道が設置されていない、魚道の機能が劣化していた場合には、新たな魚道設置等により魚類の移動環境の向上が期待される。

(2) 留意すべきポイント

留意すべきポイントを以下の a)～d) に示す。

a) 生物の生育・生息環境の把握

直接改変による環境影響予測・評価を行う。改変される領域内の生物の生育・生息環境の種類や面積を把握し、複数案を比較して良好な環境が極力保全される案を検討し、必要に応じて影響緩和策を検討する。また、魚類等の移動についても検討を行う。なお、魚道については、「Q7-2. 堰などによって生物の移動環境が上下流方向に分断される場合、魚道などの対策の考え方を教えて下さい」を参考にして欲しい。

b) 砂州形態や河床材料の変化

改築後は砂州形態や河床材料が変化する場合があるので、複数案を比較しながら影響の予測・評価を行う。特に、横断工作物の上流もしくは下流に産卵環境等保全すべき箇所がある場合には、慎重に対応する。

c) 感潮区間における塩水遡上範囲

河口部では、感潮区間における塩水遡上範囲や、ヤマトシジミなどの注目種の生息範囲（相対潮汐地盤高）が変化する可能性がある。複数案を比較しながら予測・評価を行い、必要に応じ影響緩和策を検討する。相対潮汐地盤高については「コラム-相対潮汐地盤高」を参考にして欲しい。

d) 景観や親水性の向上

改築に際してはデザイン等に配慮し、景観や親水性の向上を図ることも大切である。

＜堰の改築事例－多摩川¹¹⁾＞

旧堰が老朽化した二ヶ領宿河原堰は、流下能力の確保、高水敷整備による堤防保護、河道安定、二ヶ領用水の流量確保等の目的のため平成 11 年に改築された。

堰の設置にあたっては、土丹層のある景観や、化石が出土するなどの環境学習の場としての保存にも配慮して、設置位置を当初計画から見直し上流側に設置した。また、明度・彩度を落とした石積み模様のコンクリートを採用し、堰の両岸側に魚道を設置するなど、河川景観との調和や生物の移動路の確保への工夫がなされている。



図-9 改築後の二ヶ領宿河原堰 上：堰全景 下：魚道 （多摩川）

6) 護岸設置等

(1) 主なインパクト・レスポンス

人工構造物である護岸を河岸・水際部に設置した場合の主なレスポンスは、河岸の多様な微地形や水際に繁茂する植物帯が失われて魚類等の生息環境が悪化する。また、陸域と水域の双方を利用する生物が移動できなくなる場合もある。また、自然的要素から構成される景観の中に、輪郭が直線的で明度の高い人工構造物が設置されると景観が悪化する。また、法勾配が急な場合には水辺へのアプローチが困難になる。高水護岸の設置についても、影響を受ける種は異なるがほぼ同様のレスポンスが起きると考えて良い。

(2) 留意すべきポイント

留意すべきポイントを以下の a)～d) に示す。

a) 護岸設置の必要性

セグメントや高水敷幅、堤防防護ライン・低水路管理ラインと現況河岸との位置関係、洪水時の流況、河床変動の状況等を踏まえ護岸設置の必要性を慎重に判断し、必要最小限の範囲の護岸配置を検討する。

b) 環境への影響

環境影響予測・評価を行い、必要に応じ影響緩和策（護岸構造の変更、淵、河畔樹木の保全等）を検討する。なお、間知ブロック等を平滑で明度の高い素材を用いると、生物の生息環境、景観への影響が避けられないことから、以下 c) d) に示す配慮を検討することが大切である。

c) 護岸前面への自然な河岸・水際部の形成等

護岸前面への自然な河岸・水際部の形成等を検討する。護岸の前面への寄土、寄石、盛土等による自然な河岸・水際線の形成を検討するとともに、淵や河畔林が存在する場合には、根固工の設置高さの工夫、護岸構造の工夫等により保全を図る。

d) 環境機能の配慮

護岸が露出する場合には、環境機能の配慮を検討する。景観への配慮としては護岸天端等の境界を不明瞭にする、分節して面積を小分けにする、明度を下げる、テクスチャーを付ける等の工夫がある。自然環境への配慮としては護岸そのものに空

隙を設け、湿潤状態が維持できるように工夫する等がある。なお、これらの点については中小河川における災害復旧においては既に実践されており、「美しい山河を守る災害復旧基本方針」にその詳細が記述されている。なお、明度については現在行っているコンクリートブロックに関する明度認証制度がある。護岸の事例について「Q5-1. 護岸等の構造物を設置する際の工夫事例を教えてください」に記載したので参考にして欲しい。

＜景観に配慮した石積み護岸の事例-白川¹²⁾>

白川の改修では、右岸側の護岸は藩政時代に熊本城の外堀として造られた石積みを残すこととし、掘削する左岸側の護岸は右岸側と同様の石積み護岸を整備し、現在の景観を活かした周辺と調和の取れた将来の景観づくりを目指した。石積みの施工に当たっては専門家による現地の施工指導を受け、石垣の線が揃わない布乱積みとしている。



図-10 右岸側で保全した石積み護岸（上）と、左岸側で整備した石積み護岸（下）（白川）

7) 高水敷整備

(1) 主なインパクト・レスポンス

大河川での治水事業における高水敷整備は、洪水による侵食・洗掘に対する堤防の安全性確保のため必要な高水敷幅（堤防防護ライン）を確保することを主な目的として行われる。また、河川の空間利用計画を踏まえ高水敷利用の保全を図るため低水路河岸管理ラインを設定し高水敷を確保する場合もある。

高水敷整備による主なレスポンスは、現況の高水敷の直接的な改変によりその場の生物の生息・生育環境が消失する。

直接改変以外の影響として、高水敷上への植生の生育が可能となるが、樹林化や外来種の侵入も想定される。また高水敷を整備することにより、出水時の流水が低水路に集中して河床低下を起し河道が二極化することも想定される。

一方、新たに形成される高水敷は、人々の回遊性を高めたり、利用の拠点空間として活用される可能性もある。

(2) 留意すべきポイント

留意すべきポイントを以下の a)～b) に示す。

a) 直接改変による環境や人の利用、河川景観への影響

高水敷整備の複数案比較による、直接改変による環境影響の予測・評価と、必要に応じて影響緩和対策を検討する。また、人々の利用空間や河川景観への影響・効果の予測・評価を行う。

b) 水面比高や冠水頻度

高水敷整備後の新たな河川敷の水面比高や冠水頻度から想定される植物群落の予測・評価と、必要に応じた維持管理方法の検討を行う。植生の変化の予測手法の例については、「コラムーインパクトに対する環境要素の応答予測手法の例」を参考にして欲しい。

など

8) 樋門・樋管

(1) 主なインパクト・レスポンス

水門、樋門・樋管を設置した場合の主なレスポンスは、これらの設置により本川と支川との間に段差が生じ、本川と支川を移動する魚類にとって移動阻害となる場合がある。一方、水門、樋門・樋管と本川を結ぶ堤外水路は、本川の流れとは異なる細流や緩流部を形成し、本川と異なる魚類や水草等の生息・生育・繁殖環境となる場合もある。また、これら構造物が周辺の景観のなかで目立ちすぎる場合などは、景観の悪化を招く可能性がある。

(2) 留意すべきポイント

a) 魚類等の移動経路

本川と支川に落差がある、流速が大き過ぎる、水深が小さ過ぎる等魚類の移動が困難な場合には、魚類等の移動経路の確保を検討する。具体的には落差の緩勾配化や魚道の設置、移動経路の断面形状や河床材料の工夫を行う。

なお、魚類の移動をはじめとして「Q7-3. 河道内から堤内地にかけて横断方向の生態系ネットワークを確保するためには、どのような配慮を行うべきですか？」に記載したので参考にして欲しい。

b) 堤外水路

堤外水路の延長が長い等の場合には、堤外水路が生物の生息環境として機能するよう計画・設計を行う。具体的には断面形状や河床材料の工夫、水際部の植物の繁茂を促す等の措置を講ずる。

c) 周辺景観との調和

周辺景観との調和を図る景観設計を検討する。

そのような情報を基に、例えば掘削箇所や低水路法線を複数案比較し、重要な環境への影響回避・緩和を検討することが可能となる。



■コラムー河川改修による環境へのダメージを最小限にする¹⁴⁾

宮崎県北川での激特事業では、友内川・大武川合流点に形成されたヨシ等の湿地環境へのダメージを最小限にするために、堤防の構造・配置について検討を行い、堤体幅を縮小化できる特殊堤を選択した。当該地区は、背後地に青果市場があり用地の確保が難しく、堤防を堤外地側に築造すると湿地環境を大きく損ねることから特殊堤を選択したものである。

また、友内川合流部から上流の二ツ島地区の新設堤防については、堤内地側に引堤し湿地環境をできるだけ保全するよう努めている。

自立式構造の特殊堤及びパラペット構造の特殊堤は特例的に設けられるものであり、土地利用や現存する河川環境等を勘案して慎重に検討する。



図-12 特殊堤を用いて河川環境へのダメージを最小限にした例（北川）

■コラムーインパクトに対する環境要素の応答予測手法の例¹⁵⁾ に一部加筆

人為的改変（インパクト）を行った際の環境要素（瀬・淵等）の応答（レスポンス）の予測には様々な方法がある。ここでは、植生、瀬・淵、潮間帯、水質等を取り上げ予測手法の例を紹介する。予測については平面二次元河床変動計算等のシミュレーションや三次元水質シミュレーション、植生消長シミュレーション等による将来の河道形状・河川環境を予測する方法があるが、ここでは大河川（直轄河川）で一般的に実施されている水理計算（準二次元不等流、一次元河床変動計算）や、河川整備計画策定時に環境面について検討（河道技術会議における環境面の検討）されている一般的な手法をもとに、環境改変に伴うレスポンスの予測手法の例を示した。ここで示した手法は一例を示したものであり、各河川の実情に応じた創意工夫により、より適切な予測をすることが望まれる。また、これらの予測手法を用い、例えば、河道掘削の複数案を比較検討し、治水・環境、維持管理面から最適な計画・設計を行うことが肝要である。

表- 3 環境要素毎の改変の把握手法の一例(1/2)

改変をうける環境要素	予想される変化	チェックの視点	改変の把握手法
植生	植生の変化	・冠水頻度の変化から、改修後の植生の変化について予測しているか	・河道内の代表的な横断植生と、冠水頻度の関係について把握 ・河道改変後の植生の予測(冠水頻度と植生の関係から、どのような植生に変化するか予測)
		・水面比高の変化から、改修後の植生の変化について予測しているか	・河道内の代表的な植生断面と、平常時の水面との比高の関係について把握 ・河道改変後の植生の予測(水面からの比高と植生の関係から、どのような植生に変化するか予測)
瀬・淵	砂州に起因する瀬・淵	・平均年最大流量時の川幅水深比と河床材料の変化から、改修後の河床形態(交互砂州、複列砂州)の変化について予測しているか	・河道改変後の平均年最大流量時の川幅水深比(B/H)と、水深と河床材料の比(H/d)の関係から、改修前後の砂州の発生領域区分を把握
	湾曲部に形成される淵	・河道改変後に淵が維持されるかを予測したか	・航空写真等、横断重ね合わせ図から滞筋の位置と淵の河床高の変化実績を把握し、淵の位置や深さが安定していることを確認 ・河道改変後の河道法線、横断形状から湾曲度(R/B)等が改変前後で同程度なら、改変後に淵が形成されやすい。 ・ただし、水衝部の位置等が変化する場合には淵が形成される位置が変化することがある。

表- 3 環境要素毎の改変の把握手法の一例 (2/2)

改変をうける 環境要素	予想される 変化	チェックの視点	改変の把握手法
瀬・淵	淵の水深	河床形態(交互砂州等)に起因する瀬・淵が保全・再生される計画になっているか	- 改修後の、平均年最大流量時の川幅水深比を把握(平均年最大流量時の川幅水深比が大きく変わらなければ、現在と同程度の砂州が形成される。) - 川幅水深比(B/Hm)と、砂州高と最大水深の比(Hs/Hm)の関係から、改修前後の淵の水深を把握 - 特に、例えば、アユの産卵床などの地域にとって重要な瀬を掘削する場合には、必要に応じて、模型実験により確認。(礫河川であれば比較的安価に予測可能)
		湾曲に起因する淵の水深の変化を予測しているか	河道湾曲状況(蛇行(R/B))と、平均水深と最大水深の比(Hmax/Hm)の関係から、河道改変前後の淵の水深を把握
河床	河床材料構成	河道改変後の将来の河床構成材料を予測したか	- 摩擦速度と代表粒径の確認(河床材料の大幅な変化やセグメントの変化を確認) - 河床変動計算により河床材料を把握 - 特に、例えばアユの産卵床などの地域にとって重要な瀬を掘削する場合には、掘削後の河床材料や水深・流速がアユの産卵環境に適しているか確認
	河床縦断形状	- 河道改変後の将来の河床縦断形状を予測したか - 河道の二極化を予測したか	- 河道改変後の河床縦断形状について摩擦速度から予測 - 河道改変後の河床縦断形状について河床変動計算から評価、特に低水路河床低下による「河道の二極化」の可能性を予測
川幅	川幅の安定性	河道改変後(拡幅後)の川幅の維持について評価しているか	河道改変後(拡幅後)の摩擦速度を算出。拡幅前と比較して著しく減少していないことを確認
潮間帯の面積(汽水域での検討)	相対潮汐地盤高	河道掘削による潮間帯の面積を予測したか	- 改修前後の横断図・平面図から、潮間帯の面積変化を予測 - 特にヤマトシジミなどの注目種が生息・生育する相対潮汐地盤高に該当する面積変化に着目して予測
水質(汽水域での検討)	塩水遡上範囲	河口域における河道掘削により、塩水遡上の範囲が変化し、生物の生息場、利水施設に与える影響を把握しているか	- 朔望平均満潮位と河川水位の改修前後の状況を簡便的に把握 - 簡便的に把握した結果、改修後の塩水遡上範囲に、生物の生息場や利水施設があり影響をうける可能性がある場合には、シミュレーションにより詳細な検討を実施(塩水遡上量・遡上距離・淡塩二層流計算(弱混合)、鉛直二次元密度流拡散計算(弱～緩混合)、一次元分散方程式(強混合))

■コラムー相対潮汐地盤高^{16), 17)}

河川改修などによる地形改変は、河川汽水域生物の生息環境に影響を与えるが、その定量的関係はあまり明らかではなかった、そこで国土技術政策総合研究所では、河川水辺の国勢調査結果の底生生物の調査結果を用いて、主だった河川汽水域生物が選好する比高を明らかにした（図-13 に一例を示す）。

ここでは比高は潮汐との相対的な地盤高で表現し、満潮が1、干潮が0となる「相対潮汐地盤高」を用いている。この関係を活用して河川改修断面を検討することにより、保全すべき生物への影響を最小化することなどが期待できる。

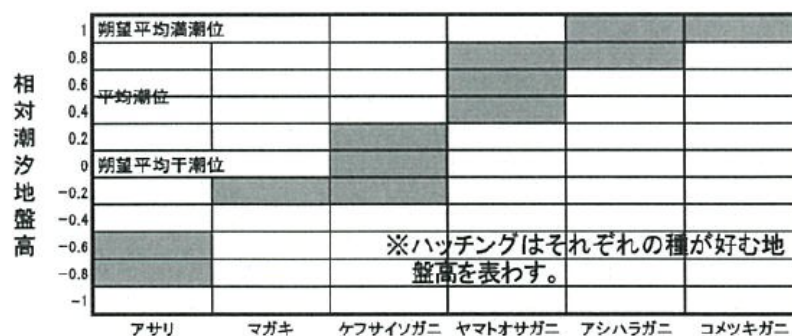


図-13 相対潮汐地盤高の選好性の一例

例えばある川の事例では、河口部の代表的な底生動物・植生群落の相対潮汐地盤高は図-14 のようになる。

この河道の掘削に対して、河道案A（一次設定）と河道案B（環境配慮）を比較したところ、各相対潮汐地盤高で河道案Bの方が多様な生物の生息・生育場がより広く形成されることが確認できた（表- 4）。

このように、相対潮汐地盤高を活用して河川改修断面を複数案の比較検討することで、保全すべき生物への影響を最小化すること、ひいては生息環境の向上を図ることが期待できる。

【河口部】

代表的な底生動物・植物群落の生息地盤高

		底生動物								植物群落		
		エビ・カニ類	二枚貝類	二枚貝類	二枚貝類	ゴカイ類	エビ・カニ類	二枚貝類	巻貝類	ヨシ、セイヨウシオクグ、アキミチヤナギ、ホリハ、ハマアカサ、※フクト、ハママツナ	アイシ	コウホウムギ、ハマヒルガオ、ハマゴウ
		ケフサイソガニ	ソトオリガイ	ホトギスガイ	ヤマトシジミ	カワゴカイ類	コメツキガニ	アサリ	カワザンショウガイ			
相対潮汐地盤高	>2.0											
	1.5~2.0											
	1.0~1.5											
	0.8~1.0											
	0.5~0.8											
	0.2~0.5											
	0~0.2											
	<0											

(底生動物は、H26河川水辺の国勢調査 底生動物調査(定量調査)結果、植物群落はH23河川水辺の国勢調査 河川環境基図調査結果による)

は他河川における生息地盤高

※河道掘削により消失する重要種

図-14 相対潮汐地盤高の選好性の一例

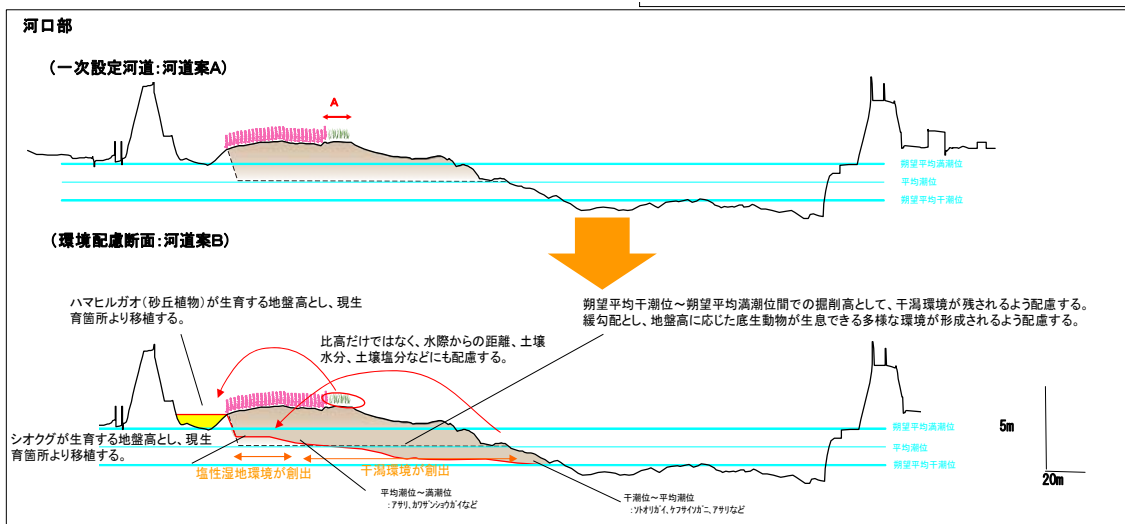


図-15 複数案の比較の例

表- 4 複数案(予測した生育・生息地面積の比較)

単位:m2

	底生動物								植物群落		
	エビ・カニ類	二枚貝類	二枚貝類	二枚貝類	ゴカイ類	エビ・カニ類	二枚貝類	巻貝類	ヨシ、セイヨウシオクグ、アキミチヤナギ、ホリハ、ハマアカサ、※フクト、ハママツナ	アイシ	コウホウムギ、ハマヒルガオ、ハマゴウ
	ケフサイソガニ	ソトオリガイ	ホトギスガイ	ヤマトシジミ	カワゴカイ類	コメツキガニ	アサリ	カワザンショウガイ			
現況	250,000	120,000	120,000	120,000	120,000	370,000	450,000	250,000	250,000	90,000	170,000
河道案A	430,000	140,000	140,000	140,000	140,000	330,000	550,000	190,000	190,000	130,000	80,000
河道案B	450,000	150,000	150,000	150,000	150,000	350,000	550,000	200,000	200,000	130,000	80,000

■より深く知りたい技術者のための参考図書等

- 国土技術政策総合研究所 HP, 河川生態ナレッジデータベース,
<http://kasenseitai.nilim.go.jp/index.php/>河川生態ナレッジデータベース
- (財) 国土技術研究センター編:河道計画の手引き, 山海堂, 2002
- 土木研究所水環境研究グループ:河道掘削を念頭に置いた陸域環境の予測・評価方法-河道内陸域環境の評価と実践(植物編)-, 2016
- 土木研究所水環境研究グループ:河道掘削を念頭に置いた陸域環境の予測・評価方法に関する事例集(植物編), 2016

■参考文献

- 1) 国土技術政策総合研究所 HP, 河川生態ナレッジデータベース,
<http://kasenseitai.nilim.go.jp/index.php/>河川生態ナレッジデータベース
- 2) 中村太士・辻本哲郎・天野邦彦監修, 河川環境目標検討委員会編:川の環境目標を考えるー川の健康診断ー, 技報堂出版, 2008
- 3) 株式会社建設技術研究所:平成 29 年度天竜川整備検討業務報告書, 国土交通省中部地方整備局浜松河川国道事務所, 2018
- 4) 多自然川づくり研究会著:多自然川づくりポイントブックⅢ, 日本河川協会, 2011
- 5) 中島絵理子・島谷幸宏・伊豫岡宏樹・池松伸也:五ヶ瀬川激特事業後の河川環境評価, 土木学会西部支部研究発表会, 2009
- 6) 塚本剛好:五ヶ瀬川激甚災害対策特別緊急事業の進捗状況, 九州技報第 45 号, 2009
- 7) 東均・東和彦・金井茂雄:五ヶ瀬川護岸整備(北町・本小路地区)について, RIVER FRONT Vol162, リバーフロント整備センター, 2008
- 8) 国土交通省九州地方整備局:矢部川水系河川整備計画(変更)-国管理区間-, 2016
- 9) 工藤勝次・永尾豪也・一ノ瀬誠:「矢部川激特事業における河川整備について~H24.7 九州北部豪雨から 5 年の最終報告~」, 2016
- 10) 国土交通省 HP, 平成 28 年度多自然川づくり担当学会議開催記録
- 11) 北村眞一:川のトータルデザイン⑭継承される風景-二ヶ領宿河原堰, FRONT MAY 1999, リバーフロント整備センター, 1999
- 12) 久保尚男・白川大郎・緑の区間WG:白川「緑の区間」の河川整備の取り組みについて
- 13) (財) リバーフロント整備センター:北川「川づくり」報告書, (財) リバーフロント整備センター, 2009
- 14) 多自然川づくり研究会編:多自然川づくりポイントブック, リバーフロント整備センター, 2007
- 15) リバーフロント整備センター:河川環境検討シートの記載事項・検討手法の整理(案), 2006
- 16) 中村圭吾・鈴木宏幸・前田義志・甲斐崇・服部敦:河川汽水域の環境管理をどう実現するか, 国土技術政策研究所河川研究部河川研究室, 国総研レポート 2016, 2016
- 17) 土木研究所水環境研究グループ:河道掘削を念頭に置いた陸域環境の予測・評価方法に関する事例集(植物編), 2016

4－1 Question

空中写真や河川水辺の国勢調査等の既存データを用いて河川の自然環境の現況を把握・評価する方法を教えてください。

■Question の意味と背景

河川の自然環境を管理するには、河川の自然環境の現況を把握・評価し、現状が良好であれば保全を、現状に問題があれば復元・修復することが大切である。例えば、現況が良好な区間において河道掘削、築堤等を行う場合には、影響の緩和を考える必要があるし、現況に問題があれば、自然再生による環境の改善だけでなく、治水事業においても地形や植物（樹木）を改変する中で何か工夫ができないか、模索することが大切となる。既存データに基づき河川の自然環境の現況を把握する方法としては「河川環境情報図」の活用が挙げられ¹⁾、この図には保全すべき生物の分布や主要な生息場の分布が記されている。その一方、現況の評価への活用は十分ではないという面もある。近年、様々な解析手法が提示され、現状の把握に加えて評価、さらには目標設定にまで踏み込んだ試みが行われるようになりつつある²⁾。しかし、全国の河川には様々な違いがあり、河川の自然環境として考慮すべき現象、要因や生物種の違いも多い。このような複雑な状況の中、河川の自然環境をすべての面で把握もしくは評価できるような定まった手法は存在せず、今後は意図する状況に応じた使用する手法の整理が必要となるだろう。そこで、本 Question では、河川の自然環境の現状を把握・評価する一つの考え方として、空中写真や河川水辺の国勢調査等の既存情報を活用して実施できる方法を紹介するとともに、現状の把握・評価手法に関する基本的な枠組みを示し、ここで紹介する方法がこの枠組みの中でどのような位置づけにあるのかを明確にする。

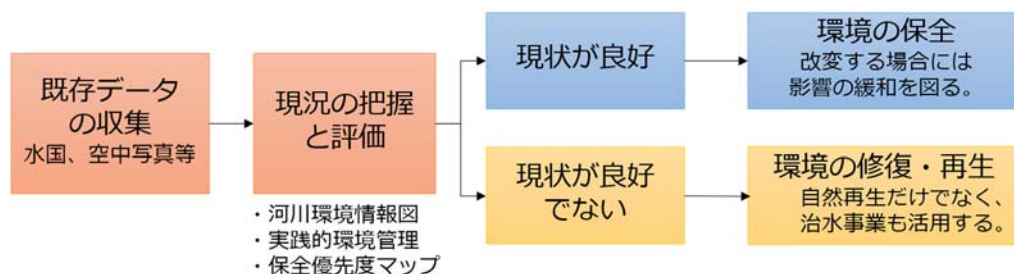


図-1 現況の把握・評価と環境保全・修復・再生の流れ

■関連する Question

- Q2-1 環境と調和した治水事業を実践するための考え方を教えてください。

Answer

景観要素、生物の生育・生息状況を把握し、空間的・時間的な比較をすることで評価が可能となります。

■ Answer の概要と基本的考え方

河川の自然環境の現状を把握・評価するためには、把握・評価する“対象”を明確にした上で、“対象”を“比較”することが必要となる。“対象”として着目するものとしては、①生物種の生育・生息する“場”に着目するアプローチと、②生物種そのものに着目するアプローチに大別される（図 - 2）。①の捉え方には様々な方法があるが、既存データ（空中写真、河川水辺の国勢調査での基図情報）の活用といった視点に基づくと、「景観要素」を対象とする方法が有効である。②の捉え方についても幾つかの方法があるが、河川水辺の国勢調査の対象となっている分類群に対し、種の生育・生息状況を整理する方法が既存資料の活用としては有効である。この中には「群落・群集」に着目する方法と「種や種群」に着目して生息状況を明確にする方法等がある。“比較”には同一時期において、異なる河川や区間と比べる方法（空間的な比較）と同一箇所を過去の状態と比べる方法（時間的な比較）がある。空間的な比較については、同一河川の同一セグメント内で比較する等、比較対象の空間的な位置づけに留意する必要がある。一方、同一箇所の異なる時間軸での比較は、比較的シンプルな評価が可能となる。

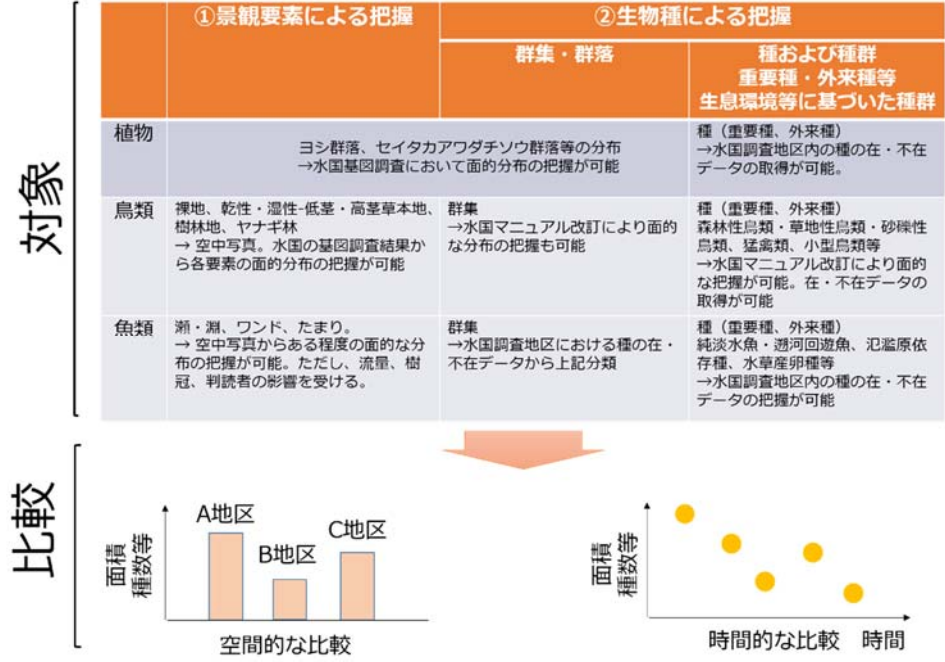


図 - 2 植物・鳥類・魚類を対象とした景観要素、生物種の把握の考え方と比較方法

■ Answer の詳細

1) 対象の考え方

①景観要素の捉え方

景観要素は、景観として面的に一定のまとまりを有するパッチ状の要素であり、生物の生息場所（ハビタット）もしくは生息環境と対応することが広く知られている³⁾。生息場所としての捉え方は対象とする分類群によって異なるが、あまり小さい要素（例、水際植物帯、浮石帯等）に着目すると、既存データからの把握が不可能なだけでなく、河川管理におけるコントロールが困難となる。このため、「樹林地」、「ヨシ群落」、「ワンド・たまり」、「瀬淵」等の一定以上の大きさを有する景観要素に着目して現況の把握・評価を行うことが多い。

空中写真や河川水辺の国勢調査（以下、水国）の基図調査から得られる景観要素は、例として図-3のようにまとめることが可能である。陸域においては、空中写真を用いて樹林地、草本地、自然裸地等、概略を判別することができ、水国の基図調査では乾性草本群落、ヨシ原、ヤナギ林等と分類することが多い（景観要素を主対象として河川の自然環境を評価する手法については「コラム - 実践的環境管理」を参考にして欲しい。図 - 3 の A に該当）。なお、群落は、類似の植物群集が一定の面積に広がって生育するまとまりを意味することから、景観に占めるパッチとして景観要素と捉えることができる。一方、特定の種の組み合わせから構成されるという点では群集として捉えることも可能である（群落を対象として陸域環境を評価する方法については「コラム - 群落情報を用いた陸域環境評価」を参考にして欲しい。図 - 3 の B に該当）。水域においては、瀬淵、ワンド・たまり等に分類できるが（図 - 3）、空中写真の撮影時の流量や樹冠の張り出し等により要素の判読精度が変わることや、判読そのものが困難な場合があることに注意する必要がある。

景観要素は面積や空間的な配置を記録することが可能である。したがって、「2) 比較の考え方」で述べるように量的な取り扱いが可能であり、空間的・時間的な比較を行い易い面を持つ。ただし、同一の景観要素でも質的な差を考慮すべき場合もあり、比較する際には注意が必要である。例えば、ワンドやたまりは存在や個数、大きさだけでなく、それらの水域がどの程度冠水するのか（洪水の影響を受けるのか）、底泥が蓄積しているのか、また、ワンドやたまりの上空が樹冠に覆われているか否かといった点が、質的な評価を大きく分けること示されている^{4), 5)}。

②生物種の捉え方

生物種は水国で調査を実施している全分類群を対象とすることができるが、ここでは植物、鳥類、魚類を対象に整理した。これらの分類群のデータから調査地区の種組成に関するデータが得られ、群落や群集を対象とした把握が可能となる（群落については景観要素において記載）。河川管理において群集を対象とすることはあまりないが、ある地区に人為的インパクトを加えると（例、自然再生）、そこに生息していた種の個体数バランスが変化するなど、群集構造が顕著に変化することもあり、事業効果等を評価する際には有効な場合がある²⁾。種を対象とすることは河川管理において一般的に行われており、特に、保全上重要な種、当該区間における典型種、特殊な環境に生息する種、外来種については、比較的、よく対象とされている⁶⁾。また、選好する生息環境や景観要素（生息場所）に基づき種を分類し、評価に用いる場合も多い。例えば、鳥類では森林や砂礫地、魚類では瀬淵や氾濫原（水田、ワンド・たまり）等に依存する種をグループ化することができ、それらの種群の増減や出現・消失状況を把握することにより、当該区間の生息環境の良し悪し、環境要素の増減や質の劣化等の把握に活用する場合がある。

種については個体数データもあるが、調査地区・調査時期によって比較に耐えられる精度を有していないことが多い⁷⁾。したがって、在・不在データに変換した上で、群集や種の現況把握・評価のための解析を行うことが基本となる。ただし、群集については、解析方法を習熟する必要があること、結果の解釈が難しいことから、実際の把握・評価において積極的に使われることは少なく、今後の課題と言えよう。一方、種については在・不在データを用いてどの種が出現傾向にあるのか、消失傾向にあるのかを簡便に把握・評価することができ、理解しやすいといった特徴を有する（「コラム - 種の在・不在データを用いた出現・消失パターン分析例」を参考にして欲しい。図 - 3 の C 部分）。

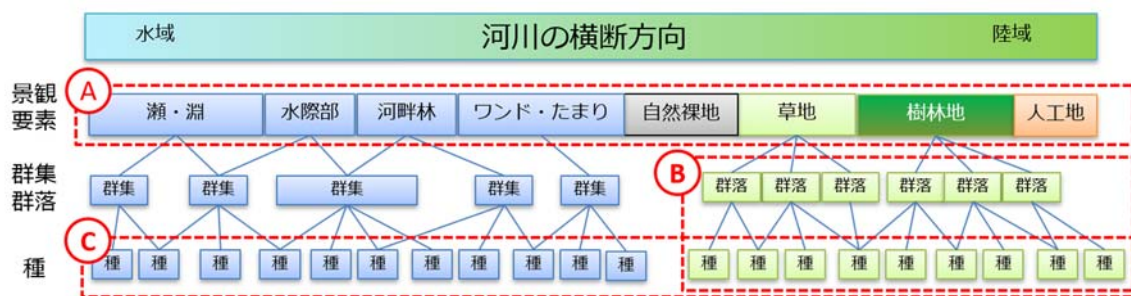


図-3 景観要素・群落・群集・種との関連性と分析方法との関係

上から景観要素、群落・群集、種を示す。景観要素 - 群落・群集 - 種には関連性がある。現況把握においては、どの部分を対象とすることを明確にすることが大切である。また、後述するように、対象の設定に加えて比較の方法もきちんと整理することが大切になる。A, B, C については本文およびコラムを参照のこと。

2) 比較の考え方

河川の自然環境の状況について、景観要素、生物の生息・生育状況を空間的・時間的な把握をすることで評価が可能となる。比較には同一時期で異なる河川や区間と比較する方法（**空間的な比較**）と、同一箇所を過去の状態と比較する方法（**時間的な比較**）がある。空間的な比較においては、河川や区間によって、そもそもの特性（緯度、流域面積、標高、川幅、河床勾配、河床材料、水質等）が異なり、潜在的に考えられる生息場所の種類や面積、そして生育・生息すると考えられる種が変化するため、十分な注意が必要である。このため、空間的な比較においては同一河川の同一セグメント、同質の環境を有する区間（例、環境類型区分）内での調査箇所を対象として比較する等の工夫が必要となるだろう。一方、時間的な比較はこのような問題が起きないためシンプルな評価が可能であり、最初に選択するアプローチと言える。ただし、比較の原点となる過去の状況が必ずしも“良好”であるとは限らないことに十分注意する。例えば、戦後米軍により撮影された空中写真では山林の荒廃により土砂供給量が多く、扇状地区間における自然裸地が多いことが知られている。また、都市河川においては水国開始時期に水質が現在より悪く、生息環境が影響を受けていた可能性もある。

■より深く知りたい技術者のための参考図書等

- 中村太士・辻本哲郎・天野邦彦監修／河川環境目標検討委員会編集／川の環境目標を考える～川の健康診断～，技法堂出版，2008.
- 中村太士編集／川の蛇行復元：水理・物質循環・生態系からの評価，技法堂出版，2011

■コラムー 実践的河川環境管理

河川の自然環境を評価する手法の一つとして、実践的河川環境管理について紹介する。実践的河川環境管理では、既存データを活用して、河川環境が類似した一連区間を「河川環境区分」とする。「河川環境区分」内の評価を行う「空間単位」は適宜、設定することが可能であるが、例えば1 km 毎の生息場の多様さの評価値（点数）を求め、現状の河川の中から河川環境が比較的良好な状態に残されている場（つまり、評価値が高い場）を参考に、改善内容を具体化していく考え方である^{8),9)}。本手法では、直轄区間全川の河川環境（自然環境）を典型性と特殊性の観点から把握・評価する。典型性を把握・評価する対象として、①低中茎草地、②河辺性の樹林・河畔林、③自然裸地、④外来植物生育地、⑤水生植物帯、⑥水際の自然度、⑦水際の複雑さ、⑧連続する瀬と淵、⑨ワンド・たまり、⑩湛水域、⑪干潟（汽水域）、⑫ヨシ原（汽水域）を設定し、当該セグメントの中央値を基準とし、この値との大小によって各要素の評価を行うこととしている（特殊性を含む詳細の評価方法については萱場（2014）⁶⁾も参照）。

本手法における把握・評価対象の多くは前述した景観要素に該当し、空間的な比較に基づき評価する点が特徴である。ただし、改善内容の検討においては、これら要素等の経年的な変化も把握し、この結果を考慮することとしている。つまり、景観要素を主たる対象とし、時間的・空間的比較を行いながら評価するアプローチが採られているものである。

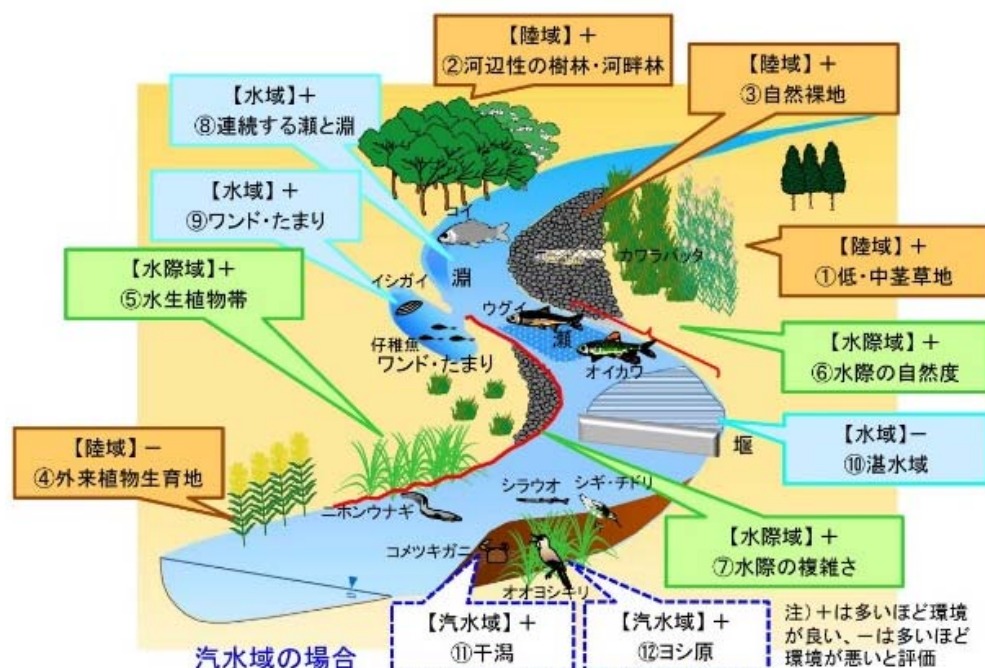


図-4 実践的環境管理における把握・評価対象

■コラムー 群落情報を用いた陸域環境評価

河川水辺の国勢調査で 5 年毎に実施されている河川環境基図作成調査（平成 17 年度までは植物調査）では、平成 2 年頃を初年度として数回の植生図が作成されている。ここでは平成 2 年頃の調査を基準年とし、直近までの調査結果と比較することで、陸域環境を評価する方法を紹介する。群落の保全を図る上での価値付け（保全優先度）に定まったものはないが、本手法では環境アセスメントにおける「動植物の重要種の保全」を参考に「希少性（ここでは重要性を表記）」「典型性」「特殊性」の観点に加えて、外来種の生育に関する「外来性」を加えて保全上価値の高い群落の評価を行っている⁶⁾。

- ① 希少性：重要種（以下の「重要種の基準」参照）を含む可能性の高い群落を設定。
- ② 典型性：河川に典型的に出現する種が優占し、面積減少率の大きな群落を設定
- ③ 特殊性：特殊な種組成を有する群落で面積が小さい設定
- ④ 外来性：特定外来生物を含まず、かつ、外来種の被度合計の少ない群落を設定

これらの設定に基づき群落の保全優先度を決定するため、1) 対象区間内の全群落の面積の変遷を明らかにするとともに（典型性の判定に必要）、2) 群落組成調査に基づき群落と種を紐付けし、個々の群落における重要種の生育可能性（希少性）、特殊な種組成となっている可能性（特殊性）、生態系被害防止外来種の生育可能性（外来性）を明確にする。また、これらの検討結果に基づき、保全上価値が著しく高い群落（保全優先度 A）、高い群落（保全優先度 B）を選定し（表-1 参照）、①②③④に該当する群落を統合して地図化し（図-5）、人為的改変を行う際に影響緩和すべき場所を明確にしている。なお、表-1 は設定例であり、特に、「典型性」に該当するかどうかの閾値（90%、70%）は当該河川の状況を踏まえて適切な値を設定する必要がある。本手法では群落を対象とし、全国的、地域的、当該河川で減少している種（時間的な比較）の観点に立ち陸域環境を評価している点に特徴がある。

表-1 保全対象群落（保全優先度 A および B）の設定例

評価対象項目	ケーススタディー河川における設定基準	
	保全優先度の最も高い群落（保全優先度 A）	保全優先度の高い群落（保全優先度 B）
1) 希少性		
a 全国的に減少している種	絶滅法、環境省第 4 次レッドリスト植物 I（維管束植物）の掲載種が優占している群落 絶滅法、環境省第 4 次レッドリスト植物 I（維管束植物）の高ランクの掲載種（絶滅危惧 I 類）が含まれている群落	環境省第 4 次レッドリスト植物 I（維管束植物）の掲載種が含まれている群落 -
b 地域的に減少している種	県版レッドリスト（維管束植物編）の掲載種が優占している群落 県版レッドリスト（維管束植物編）の高ランクの掲載種（絶滅危惧 I 類相当）が含まれている群落	県版レッドリスト（維管束植物編）の掲載種が含まれている群落 -
2) 典型性	氾濫原環境に立地する*在来植物群落で基準年から 90%減少している群落	氾濫原環境に立地する*在来植物群落で基準年から 70%以上減少している群落
3) 特殊性		
・ 種組成が特殊な群落	TWINSpanにより抽出された種組成の特殊な群落	-
・ 当該河川で小面積の群落	直轄管理区間における面積の合計が 10ha 未満の群落	-
4) 外来性	特定外来生物を含まない、かつ、外来種被度の平均が 10% 未満の群落	特定外来生物を含まない、かつ、外来種被度の平均が 50% 未満の群落

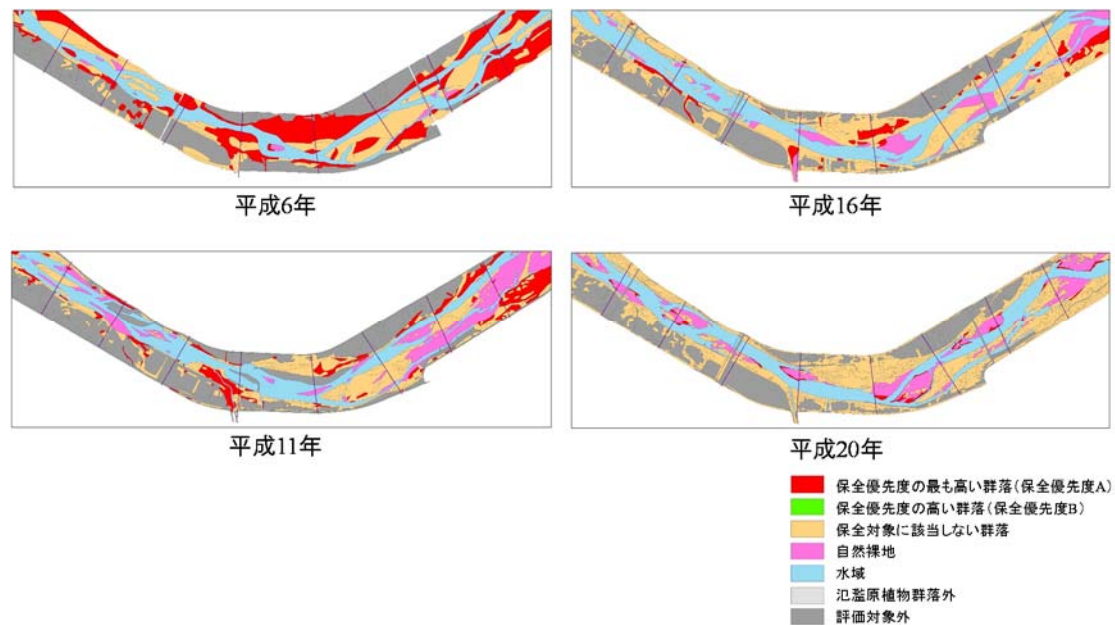


図-5 陸域環境を群落情報に基づき評価した例

平成 6 年と比較して 20 年は保全優先度 A の群落が減少していることが分かる。

■コラムー 河川水辺の国勢調査による種の在・不在データを用いた傾向分析

河川水辺の国勢調査は 1990 年から開始され、魚類など 5 年に 1 度の間隔で調査が行われている分類群については、最大 5 巡分の経時データが整備されている。魚類に関しては、個体数の記録があるものの、調査手法や調査努力量が巡目によって異なっていることから、単純に比較することは困難である⁷⁾。そこで、各種について記録のある個体数データを在・不在データに変換することで、その種の生息状況について評価する試みが行われている。

在・不在データであるため、個体数の増減について評価することはできないが、在と不在がどのような時間的変化を示すかを整理することで、その種は安定的に生息しているのか、出現しつつあるのか、または消失しつつあるのかについての判断材料を提供してくれる。例えば、水

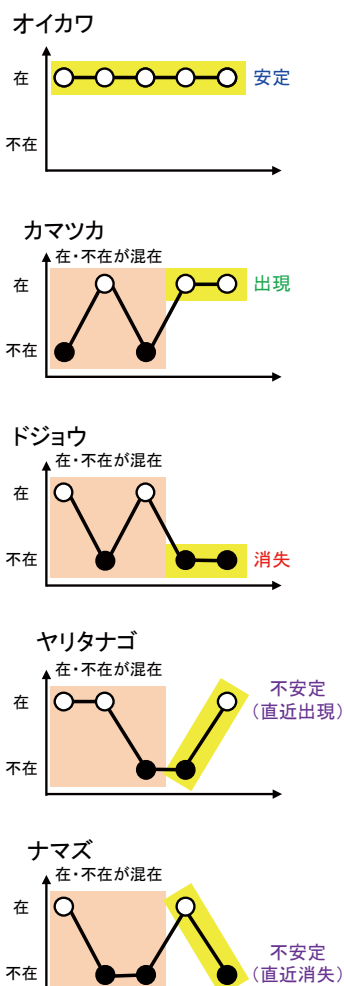
No	3つ以上前の調査結果	2つ前の調査結果	1つ前の調査結果	カテゴリー No	経時変化評価
1	○のみ	○	○	1	安定生息
2	○のみ	○	×	4	不安定（直近での消失）
3	○のみ	×	○	3	不安定（直近での出現）
4	○のみ	×	×	5	消失傾向
5	○×混在	○	○	2	出現傾向
6	○×混在	○	×	4	不安定（直近での消失）
7	○×混在	×	○	3	不安定（直近での出現）
8	○×混在	×	×	5	消失傾向
9	×のみ	○	○	2	出現傾向
10	×のみ	○	×	4	不安定（直近での消失）
11	×のみ	×	○	3	不安定（直近での出現）
12	×のみ	×	×	6	分布/生息しない

表-2 種の在・不在の時間変化に基づいた傾向評価

国から得られた 4 回分の在と不在の変遷から表-2 のような判定を行うことが可能である。この方法では生息が 4 回連続で確認されていれば安定して生息していることを示すが（「安定生息」）、直近の 2 回分で生息していた一方、3 つ以上前の調査結果で生息していなかった回がある種を「出現傾向」とし、直近の 2 回分で生息が確認されなかったが、3 つ以上前の調査結果で生息していた回がある生物を「消失傾向」としている。直近の 2 回分で生息が確認された場合と、確認されなかった場合の両者を含む場合は、傾向が不安定であると考え、直近の生息情報を参考に「不安定（直近での出現）」と「不安定（直近での消失）」に区分するなどにより、今まで漠然としていた種レベルでの生息状況を「時間的な比較」に基づいて評価することが可能である。また、「時間的な比較」によって得られた傾向を集約し、例えば調査地区ごとに何種が出現傾向で何種が消失傾向にあるかを算出することができ、同一河川もしくは類似河川の同じセグメントに該当するような調査地区間で比べるといった、「空間的な比較」へと発展

させることも可能である（図-6）。個体数データを解析するのであれば、その種の時間的な増加・減少傾向を把握・評価することも可能であるが、ここで紹介した方法は、あくまで在・不在データを用いたものである。対象とする種について、「在」が続いたことで安定生息や出現傾向と判断されたとしても、個体数が減少している可能性を否定することができない。在・不在データを用いる際には、得られた結果に関する限界を念頭に現況の把握・評価を行う必要がある。

ステップ① 調査地Aにおける 5巡分のデータを用いた傾向の分析



ステップ② 傾向の分析結果の集約

No	種	調査地区A	調査地区B	調査地区C
1	オイカワ	安定	安定	安定
2	カマツカ	出現	安定	安定
3	ドジョウ	消失	安定	消失
4	ヤリタナゴ	不出現	安定	消失
5	ナマズ	不消失	出現	消失
6	・	安定	出現	不消失
7	・	不出現	不出現	不消失

「時間的な比較」の結果から示唆される現況（例）

調査地区A: ドジョウの生息環境が消失
調査地区B: 良好な環境が維持・ナマズの生息環境が改善
調査地区C: ドジョウ・ヤリタナゴ・ナマズの生息環境が消失

ステップ③ 類似する地区間の比較

種数の集計

	調査地区A	調査地区B	調査地区C
安定生息	2種	4種	2種
出現傾向	1種	2種	0種
不出現	2種	0種	0種
不消失	1種	0種	2種
消失傾向	1種	0種	3種

「空間的な比較」の結果から示唆される現況（例）

調査地区A、B、Cが同一河川、同一セグメントに位置するような場合、調査地区Bは現況を維持し、調査地区Cは環境改善を実施する必要がある

図-6 種の在・不在データを用いた傾向分析の手法

■参考文献

- 1) 池内幸司:河川行政における自然環境の保全・復元に関する政策の実装過程の解明と今後の課題. 河川技術論文集, 23 : 567-572, 2017
- 2) 中村太士編集:川の蛇行復元:水理・物質循環・生態系からの評価, 技法堂出版, 2011
- 3) 森章編集:エコシステムマネジメント, 共立出版, 2012
- 4) 永山滋也, 原田守啓, 萱場祐一, 根岸淳二郎:イシガイ類を指標生物としたセグメント2における氾濫原環境の評価手法の開発:木曽川を事例として. 応用生態工学, 17 : 29-40, 2014
- 5) Nagayama, S., Harada, M. & Kayaba, Y.:Distribution and microhabitats of freshwater mussels in waterbodies in the terrestrialized floodplains of a lowland river. Limnology, 17: 263-272, 2016
- 6) 萱場祐一, 片桐浩司, 傳田正利, 田頭直樹, 中西哲:河道掘削における環境配慮プロセスの提案. 河川技術論文集, 20 : 157-162, 2014
- 7) 末吉正尚, 赤坂卓美, 森照貴, 石山信雄, 川本朋慶, 竹川有哉, 井上幹生, 三橋弘宗, 河口洋一, 鬼倉徳雄, 三宅洋, 片野泉, 中村太士:河川水辺の国勢調査を保全に活かすーデータがもつ課題と研究例. 保全生態学研究, 21 : 167-180. 2016
- 8) 中村圭吾, 服部敦, 福濱方哉, 萱場祐一:河川の環境管理を推進するための課題と方向性, 河川技術論文集, 21 : 31-36, 2015
- 9) 福島雅紀, 鈴木淳史, 諏訪義雄, 川瀬功記, 田中孝幸, 堂蘭俊多:環境管理における対策実施優先区間の選定について, 河川技術論文集, 23 : 609-614, 2017

5－1 Question

護岸等の構造物を設置する際の工夫事例を教えてください。

■Question の意味と背景

大河川における低水護岸は、一般に高さは低水路河岸高程度で延長も長い場合が多い。また、法面勾配は2割程度、法覆工としては明度の高い、平滑なコンクリートブロックが使用されることが多い。このため、河岸・水際部は単調で、目立ちやすく、滑りやすいといった課題を抱えており、自然環境、景観、人の利用の観点等から改善を図る必要がある。改善の方法として、護岸前面に覆土を行い、植生や水際線の変化をつける場合があるが、急流河川や水衝部では覆土が流失してしまうケースも見られ課題がある。中小河川では「中小河川の河道計画の技術基準」「美しい山河を守る災害復旧基本方針」などに護岸前面の河岸・水際線の考え方や護岸が露出する場合の考え方が整理され、事例が紹介されている。しかし、大河川では護岸設置に関して自然環境や河川景観等の視点から留意事項を示したものはほとんど無いことから、ここでは、大河川における護岸等の構造物を設置する際の考え方と事例を紹介する。



図-1 覆土が流失し単調な水際線が連続した事例

Answer

護岸の必要性を慎重に検討し、護岸が必要な場合は、護岸前面に工夫し自然な河岸・水際線の形成に配慮する。護岸が露出する場合には環境上の機能に配慮する。また、施工時の配慮も必要である。

■Answer の概要と基本的考え方

護岸の設置については、

- ・河川砂防技術基準計画編では、「洪水時の流水の状況、みお筋の変化等を十分に踏まえた上で、その必要性（設置箇所）、法線、延長を定めることを基本とする。」とされている。
- ・「改定護岸の力学設計法」（（財）国土技術研究センター 編）では、「侵食に対する堤防及び低水河岸の防護の必要性の判断は、出水による堤防及び低水河岸の侵食発生の可能性、侵食の程度などを考慮して行う。」とし低水河岸を以下のように区分している。

区分 1：一出水による河岸侵食によって、堤防の安全性が損なわれる恐れのある低水河岸。

区分 2：一出水による河岸侵食によっては堤防の安全性が損なわれる恐れのない低水河岸

区分 3：侵食の可能性がほとんどないと判断される低水河岸

そのうえで、区分 1 では護岸を設置、区分 2 では護岸の必要性を判断し所要箇所に護岸を設置、区分 3 は護岸の必要性はほとんどないとされている。

これらを踏まえ護岸の必要性を慎重に検討し、護岸が必要な場合に以下の点に留意する。

＜護岸が必要な場合の留意点＞

- 1) 護岸の前面に自然な河岸・水際部を形成する
- 2) 護岸が露出する場合は、環境上の機能に配慮する
- 3) 施工時にも環境に配慮する

■Answer の詳細

本 Answer は、前述した「護岸が必要な場合の留意点」に沿って以下の構成で紹介する。

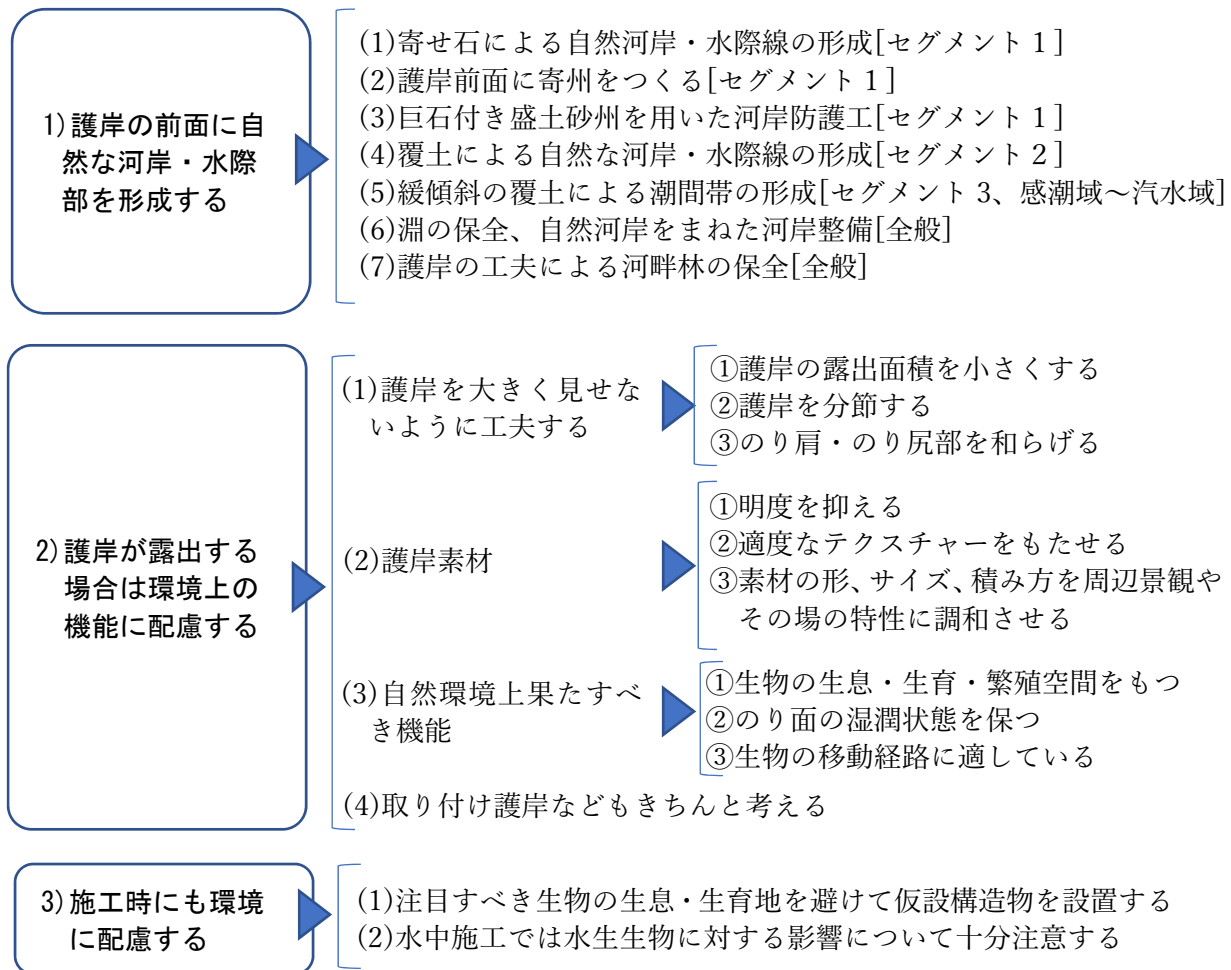


図-2 Answer の詳細の構成

1) 護岸の前面に自然な河岸・水際部を形成する

護岸の前面に自然な河岸・水際線を形成する場合の参考事例として、河道特性（セグメント1、2、感潮域）毎の護岸前面に自然素材の河岸・水際線を形成した事例、河岸形状を工夫した事例、河畔林の保全事例を示す。

護岸前面に自然素材の河岸を形成する場合は、直轄河川ならではの広い河床幅を活かして、流下能力等の治水要件を勘案しつつ、護岸前面に十分な幅の土砂・礫等を設置することが有効である。

(1) 寄せ石による自然な河岸・水際線の形成[セグメント1]

護岸前面の水際の寄せ石により自然な水際線を形成する場合には、河床の主セグメント1の河道で水際へやや大きめの粒度構成からなる河岸材料を用いれば、施工直後から自然状態の河岸が有する耐侵食性が概ね期待できる。

<水際の寄せ石による水際線の形成事例—関川の事例¹⁾>

関川（関川水系/上越市）は平成7年7月豪雨で斜面崩壊や河岸浸食により約450万m³に及ぶ崩壊土砂が流出し、災害を契機とした大規模な河川改修が実施された。

山間部では巨石が多く発生し洪水時に流下することから、低水護岸の防護や魚類等の生息環境向上の目的で、寄せ石が施されている。

寄せ石は簡易な方法であるが、元々の川の水際構造を再生するという重要な意味を持つ。この方法をうまく適用すると天然河岸に近い構造になる。護岸前面に寄せ石を施すという方法を河道計画に取り込むことが望まれる。



図-3 水際の寄せ石（関川）

写真：吉村伸一

(2) 護岸前面に寄州をつくる[セグメント1]

直轄河川のセグメント1は、砂礫河原が特徴的な環境であるとともに比較的広い河床幅を有することから、流下能力等の治水要件を勘案しつつ、護岸前面に現地材料を用いた寄州（砂礫河原）を形成し自然な河岸や滞筋を形成する。

その際、淵が形成される水衝部では水深を浅くしないなど自然に蛇行する滞筋の形成や、自然な河床の横断形状に見られる河道形状の形成に留意する。

また、寄州を構成する材料が小さいと出水で容易に寄州が流失するおそれがあるため、やや大きめの粒度構成からなる材料を用いるよう留意する。

<仮締切の盛土を利用して寄州の形成事例-天竜川の事例^{2), 3)}>

天竜川の災害復旧では、流下断面確保と河床低下対策を行った。

流下断面確保のうち、河床掘削では現況の河床をそのままスライドダウンさせるように掘削し、滞筋や瀬・淵の位置を変えないようにした（図-4）。

一方、河床低下対策の根継工・根固工の設置にあたっては、仮締切の盛土を利用し埋め戻しを行う工事箇所に残しており、護岸前面に自然な河岸・水際線（寄州）を形成している（図-5）。

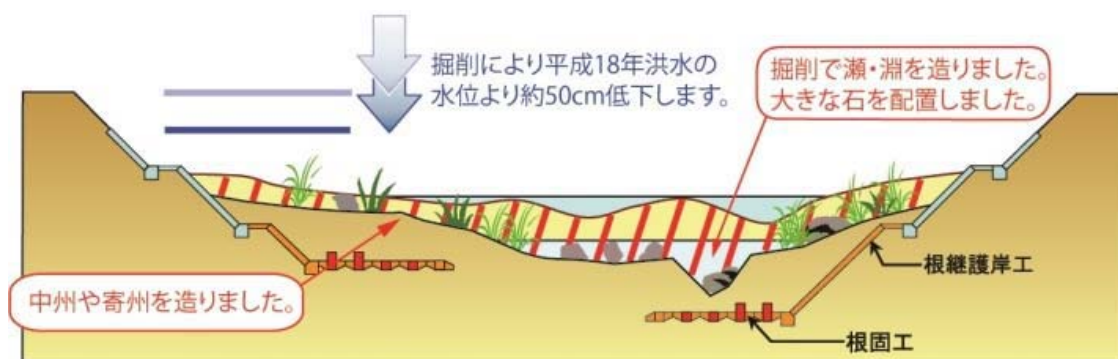


図-4 スライドダウン掘削（天竜川）

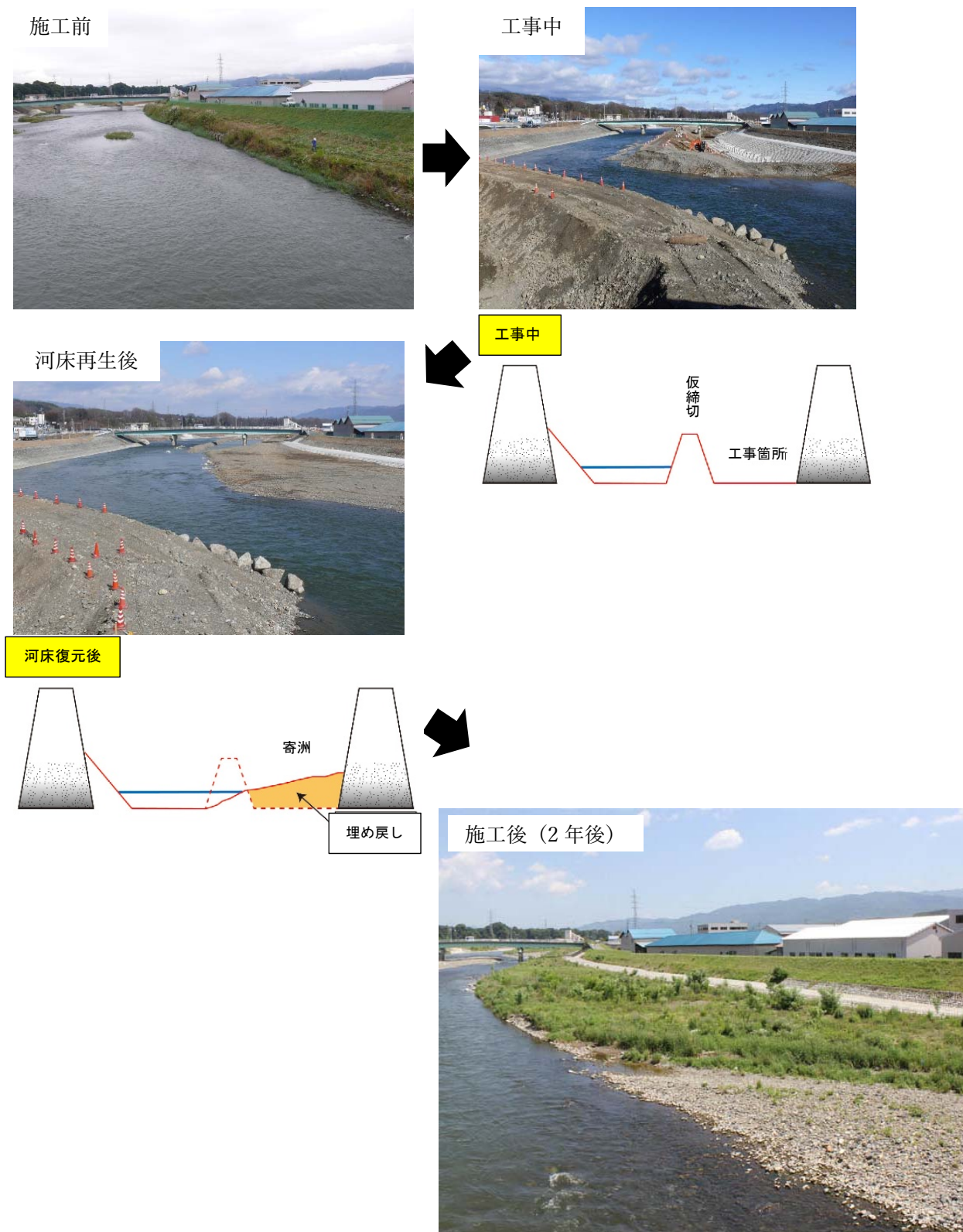


図-5 仮締切の盛土を用いた護岸前面への寄洲の形成（天竜川）

(3) 巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工[セグメント1]

急流河川（セグメント1）では、新しい工法として「巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工」が試行されている。

この工法は、河岸沿いに存在する砂州の上流端に巨石を配し、護岸沿いの洪水流をはねるとともに、巨石と一体化した砂州により滑らかに河道中央に洪水を導き、安定で自然性の高い河岸の形成および既設護岸の長寿命化を図るものである。（図-6）

巨石付き盛土砂州は、現地河床材料を利用した維持管理が容易な構造であり（図-8）、既設の護岸と一体的に予防保全的に配置することにより河川管理施設の長寿命化が期待されており、近年全国各地で施工が行われている。

現在、現地施工後のモニタリング調査に基づいた機能確保に係る実践的、技術的知見は蓄積途上にある。

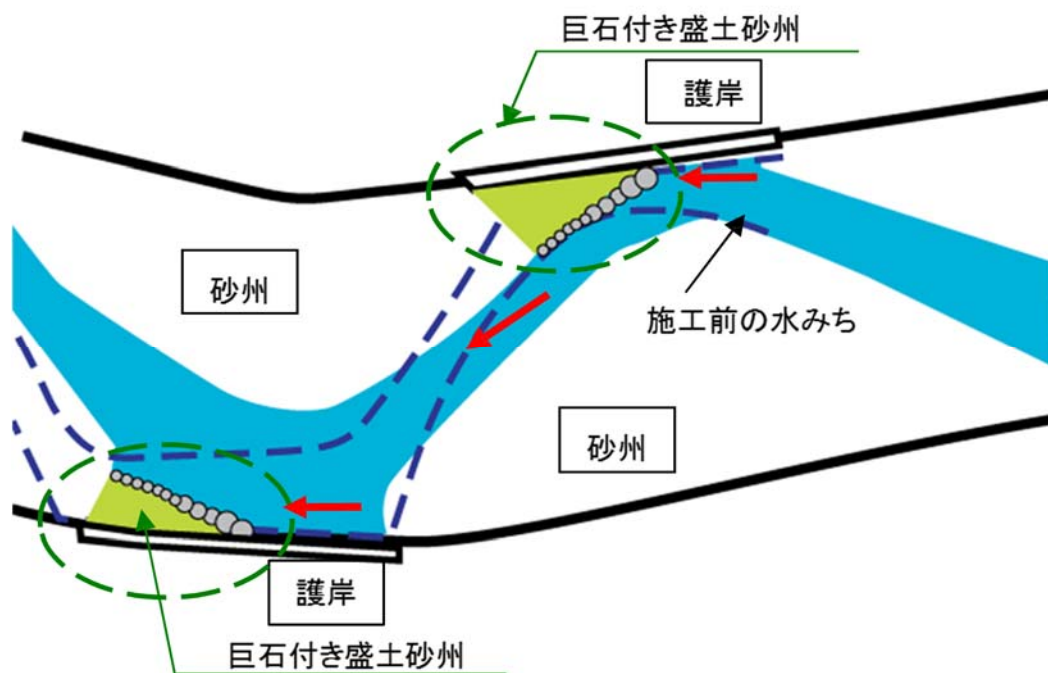


図-6 巨石付き盛土砂州による水衝部対策⁴⁾

< 巨石付盛土砂州を用いた河岸防護工の事例-常願寺川の事例^{4), 5)}に一部加筆 >

急流河川である常願寺川では、護岸際に流れが集中し、護岸前面の河床の洗掘が進行するとともに、流路が護岸沿いに下流へ伸び、護岸の下流への延伸が必要となる（図-7）ことから、巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工を用いた対策を行っている。



図-7 常願寺川の滞筋の変遷 (6.0~7.1k)

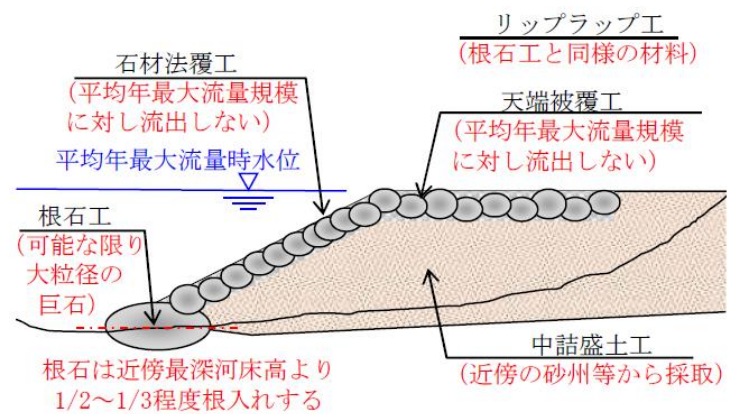


図-8 巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工の構造

(4) 覆土による自然な河岸・水際線の形成[セグメント2]

流下能力に余裕があるところでは十分な厚さを持った覆土による自然河岸・水際線の形成が有効である。ただし、セグメント2の河道での覆土の留意点として、覆土により自然な河岸・水際線を形成する場合には、河岸材料と同様の材料を用いることが必要となる。これは、セグメント2では河床材料と河岸材料が異なるため、覆土に河床材料(砂等の非粘着性の材料)を用いると植生が生育しにくいことと粘着性が期待できないことから、中小出水で容易に侵食されることが想定されるためである。

<覆土による自然な河岸・水際線の形成事例—牛津川の事例⁶⁾>

牛津川では、既設護岸(5分勾配)前面に覆土(2割勾配)して、自然河岸を再生する試みを行っている。



図-9 覆土による自然な河岸の形成(牛津川)

写真: 島谷幸宏

(5) 緩傾斜の覆土による潮間帯の形成[セグメント3・感潮域～汽水域]

感潮域から汽水域では、潮間帯が重要な生物の生息・生育場所となる。潮の干満の影響を受けて環境が日々変化するだけでなく、塩分が遡上する区間においては淡水と塩水が混ざり、縦断方向に環境の勾配が生じしかもそれが時間的に変化する。水位と塩分濃度、そしてその時間変化はそこで生息する生物にとって重要な環境要素となっている。また、広大やヨシ原やマコモ群落、塩分の影響が大きい場所に分布するシオクグのような塩性植物は様々な生物に対して生息場所を提供している。

<緩傾斜の潮間帯の形成事例—五ヶ瀬川の事例⁶⁾>

五ヶ瀬川では、低水護岸（石積護岸）の法面勾配を立てて「隠し護岸」として設置し、護岸前面に緩傾斜の覆土を行うことで自然河岸を形成した。汽水域の特色である潮間帯を残す工夫がされている。



図-10 護岸前面に汽水域の特徴である潮間帯を形成（五ヶ瀬川） 写真：吉村伸一

(6) 淵の保全、自然河岸をまねた河岸整備[全般]

湾曲部外岸側などの水際部に護岸や根固工を設置する場合には、淵の形成を妨げないように根固工の設置深さ・範囲を検討する。

また護岸による水際線は単調になりやすいことから、水制工などにより河岸に凹凸を設けることも考慮する。この際、水制工の河岸や河床への影響を十分考慮することが必要である。

<水制を用いて淵を形成した事例-子吉川の事例⁷⁾>

子吉川の災害復旧では、水制による水の流れの制御により、多様な河川環境の形成、河畔林風景の保全を両立した河川整備が行われた。

子吉川では、水制工の効果について、既往洪水を対象にした二次元流況解析を実施した。その結果、水制間に「よどみハビタット」、水制先端には「淵」が形成されることが想定された。

工事完了のモニタリング（2ヵ年：3洪水後）では、水制前面が洗掘され、水制根付部に堆積域が形成されることが測定されている。



図-11 水衝部に設置された水制工（子吉川）

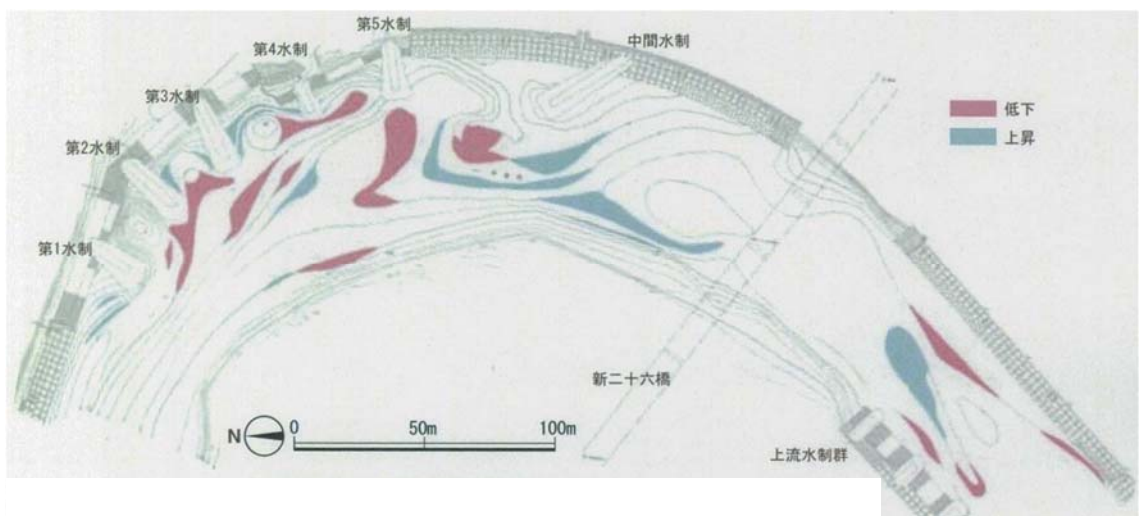


図-12 洪水による河床変動計算結果

＜水衝部の淵の水中カバー（魚類等の隠れ家等となる間隙）の有用性⁸⁾＞

河道特性にもよるが、大河川では、水衝部に大きな淵が形成される場合がみられる。淵の河岸に水際線が単調で水中カバー（=魚類等の隠れ家等となる間隙）のない護岸を一律に整備すると、淵に生息する魚類の生息場・隠れ家等の消失になりかねない。淵の水中カバーへの考慮も欠かせない。

神通川では、サクラマス成魚の越夏場所を確認する潜水調査を実施した。サクラマスは水衝部の淵のブロック間隙の緩流となる空間を選好している様子が確認された。またこのブロック群では他の魚類も種数・個体数ともに多く確認された。ブロックは景観としては好ましくはないが、淵の水中カバーの有用性を示唆している。



図-13 水衝部の淵のブロック（神通川）



図-14 ブロック間隙の緩流部で確認されたサクラマス（神通川）

(7) 護岸の工夫による河畔林の保全[全般]

現況の河道に良好な河畔林がある場合には、護岸法線や横断形の見直し、護岸構造の工夫などにより河畔林を保全する。なお、その際、洪水に対する安全性、樹木管理、流木対策などについても検討しておく必要がある。

<ブロックの工夫で河畔林保全-長良川の事例^{9),10)}>

岐阜県の「水辺の復活プロジェクト」では、その取組みの1つで「必要な立木を極力残す」ことが進められている。

長良川では、河道掘削に当たり、治水上問題のない高木を保全することとし、高木を避けてブロックを配置し、高木の周囲はブロック同士を連結し弱点にならないよう注意して施工を行った。



高木を避けてブロックを配置
高木の周囲はブロック同士を連結

施工直後



6ヶ月経過後



図-15 高木を避けてブロックを配置（写真右上）し河畔林を保全
施工直後（写真左）と施工後6ヶ月後の状況（写真右）

2) 護岸が露出する場合は環境上の機能に配慮する

護岸が露出する場合については、主に中小河川を対象として「多自然川づくりポイントブックⅢ」や「美しい山河を守る災害復旧基本方針」に紹介されており、大河川においても参考となる。

護岸が露出する場合は、護岸を大きく見せないように工夫すること、護岸の素材に工夫すること、自然環境上果たすべき機能を確保することなど、景観面・自然環境面の環境上の機能に配慮することが重要である。

(1) 護岸を大きく見せないように工夫する

- ①護岸の露出面積を小さくする
- ②護岸を分節する
- ③のり肩・のり尻部を和らげる

(2) 護岸素材

- ①明度を抑える
- ②適度なテクスチャーをもたせる
- ③素材の形、サイズ、積み方を周辺景観やその場の特性に調和させる

(3) 自然環境上果たすべき機能

- ①生物の生息・生育・繁殖空間をもつ
- ②のり面の湿潤状態を保つ
- ③生物の移動経路に適している

(4) 取り付け護岸などもきちんと考える

(1) 護岸を大きく見せないように工夫する

① 護岸の露出面積を小さくする

自然的な要素から構成される河川空間の中に護岸のような人工的な構造物があると、人工構造物が景観の中で浮き上がり景観悪化の要因となる場合が多い。特に護岸のり面の露出面積が大きい場合、水際線が直線的になる場合にはこの傾向が強くなる。

護岸の露出面積が大きくなる場合や護岸の設置により水際ラインが直線的になる場合には、護岸前面に自然河岸・水際部を形成して植物の繁茂を促し、露出する面積を小さくするとともに、水際線を不明瞭にする。

< 植生・盛土で護岸の露出面積を小さくした事例 ¹¹⁾ >

下の写真は、護岸前面水際に盛土（低水路）を設け自然な水際線を形成するとともに護岸中段に植栽して護岸の露出面積を小さくする工夫をしている。



図-16 護岸前面に盛土、護岸中段の植栽により護岸の露出面積を小さくしている（中津川：岩手県）

②護岸を分節する

一般的な護岸設計では、護岸を一枚のり面として設計する場合が多く、背後地盤が高いところや水面からつづく堤防護岸等では護岸高が高くなり、護岸の存在感が大きくなる。このような場合には護岸を2段～3段構造に分節すると、一段の高さが小さくなるので、構造物の存在感が緩和される。

また、縦断方向に一連に連続する場合は、水制や親水活用できる階段・テラス等を設置することで、縦断方向の分節をすることができる。

＜横断方向・縦断方向に護岸を区分した事例^{11), 12)}＞



図-17 護岸を一枚のり面にせず、途中に小段を入れて水平方向に2段に分節している（川内川）

写真：吉村伸一



図-18 階段やテラスが流軸方向の連続性を分節し、単調な見えの連続に変化を与えている（太田川）

③のり肩・のり尻部を和らげる

物の輪郭線になる部分は人の目を引きつけやすいという特徴がある。護岸の場合はのり肩やのり尻のラインがこれにあたる。この部分が直線的で明瞭だと全体が固く人工的な印象になる。

大河川では、複断面での低水護岸では天端工や天端保護工が必要となる場合が多いが、その場合にはのり肩処理でラウンディング(丸みを持たせること)などに工夫する。 のり尻部についてはこれまで述べてきたように、護岸前面の自然河岸・水際部の形成に取り組む。

<のり肩をラウンディングさせた事例¹¹⁾>

のり肩部をラウンディングし柔らかな印象になるとともに、天端の植生が護岸との境界を曖昧にしている。



図-19 のり肩の工夫（太田川）

(2) 護岸素材

① 明度を抑える

護岸が露出する場合には、のり面の明度は6以下を目安とする。

滑面のコンクリートブロックの明度は9～10と高い。一方、護岸の背景となる森林の色、草木の色は比較的明度が低く最大で6程度である。一般に、対象物と周辺景観とに明度差が生じると対象物は非常に目立つ存在となる。

古くから護岸材として用いられてきた自然石の明度は比較的低い。土木研究所の研究によると、自然石の明度は3～6の範囲にある。護岸材としての自然石の明度は、3～6の範囲にあることから、コンクリートブロックについても、明度は6以下を目安とするとよい。

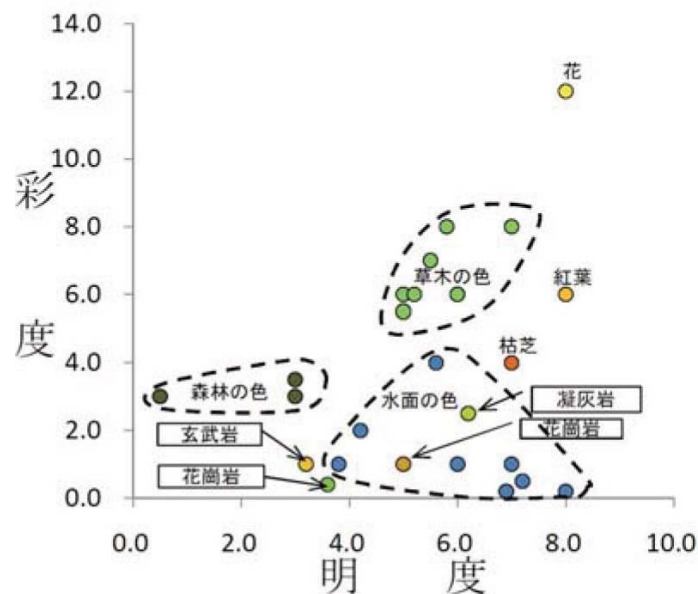


図-20 自然材料の明度と彩度¹³⁾

<コンクリートブロックへの工夫事例¹⁴⁾>

釧路川では護岸の新設にあたり、コンクリートブロック特有の白浮きした人工的な印象を軽減するため、顔料添加量を調整し明度を調整した。またコンクリートブロックの直線的な印象を軽減し、護岸表面に陰影を作り出して輪郭線を曖昧にするため型枠に工夫した。



図-21 明度に工夫した護岸（釧路川）

②適度なテクスチャーをもたせる

護岸が露出する場合、護岸の素材に適度なテクスチャーを持たせる。

テクスチャーとは、材料が持つ肌理を表す。材料表面に凹凸があり、肌理が粗い面は、全体が不均質となり、凹凸の凹部が影になるため明度も低下する。一方、肌理に乏しい平滑な面は全体が均質であり、のっぺりとした感じとなり、明度も上昇する。

一般に、植物や礫や土、水面などから構成される自然景観はテクスチャーが豊かである。この中に、テクスチャーに乏しい平滑なコンクリート法面があると、法面が浮き上がり、景観を悪化させる。

これに対して、昔から護岸材として使用されてきた自然石は表面の肌理が粗く（ざらざらしている）、陰影もあるため明度も低下し、周辺景観から浮き上がることが少ない。

護岸選定にあたっては、素材表面の肌理が適度に粗く凹凸（陰影）があるものを選定する。



図-22 平滑なブロックと自然石のテクスチャー^{15) 16)}

- ・表面がツルツルしている。
- ・もともと明度が高いがテクスチャーがないため、明度が低下していない。
- ・自然石がもつ質感があり表面にざらざら感、凹凸がある。



図-23 コンクリート及び自然石を加工したテクスチャーの例¹⁶⁾

- ・コンクリートに特殊型枠を用いた例。
- ・石の細かい凹凸まで表現されている。
- ・自然石の表面を加工した例。
- ・自然石の質感に加え、ノミ仕上げによる陰影で表情が豊かになっている。

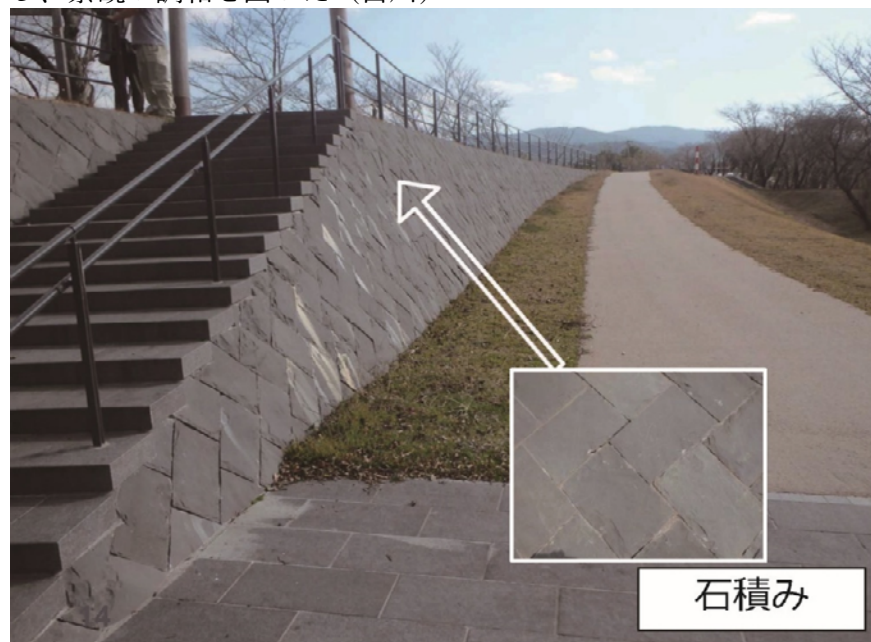
③素材の形、サイズ、積み方を周辺景観やその場の特性に調和させる

護岸に使われる石やブロックの形やサイズ、積み方、目地などを周辺の景観やその場の特性と調和させる。石を用いる場合には、古くからその地域で使われている石の積み方があることから、護岸に石を用いる場合には当該地域固有の石の積み方に留意する必要がある。



石の積み方の工夫：

対岸側に保存されている石積み護岸を模した「布乱積み護岸」とし、景観の調和を図った（白川）



石の積み方の工夫¹⁷⁾：

宮川では、石積みや小広場、階段は、宮川堤の歴史、文化、景観に配慮して「自然石」を採用した。石積み護岸では、安山岩を用い、明度は6以下を目安に選定し、間知石積みとしている。

図-24 護岸の積み方の例

5-1-20

素材の大きさは、河川空間の広さや人間の身体に対して馴染まないほど大きすぎるものは好ましくなく親しみが感じられない。一方、1 単位の大きさが小さすぎると素材の 1 個 1 個の識別が難しくなり、護岸全体がのっぺりとした 1 枚の岩のような無表情な印象となる。石を用いる場合は、個々の石材の大きさが大きくなりすぎると河川景観を悪化させるので留意する。コンクリートブロックについては、素材の大きさに加えて、景観パターン上にみられる見かけ上の素材の大きさも重要な視点となる。

＜素材単位の見えに注意¹⁵⁾＞

右の写真は、施工場所付近の河道にない大きな石を大量に積み上げることは、川そのものの景観を崩すことにつながる。また、素材単位の見えが大きすぎ、親しみにくい印象になっている。



図-25 素材単位の見えが大きすぎる例

コンクリートブロックについては、大型ブロックの場合、素材が大きくなるため、見かけ上の素材の大きさを小さくすることが重

要となる。例えば、大型ブロック（200cm×50cm）の場合、このブロック内に模様目地を設け素材の大きさを小さく見せる必要が生じる。この際、模様目地の入れ方によっては景観を損ねる場合があるので注意する。



図-26 ブロック内に模様目地を付けた大型ブロック

(3) 自然環境上果たすべき機能

①生物の生息・生育・繁殖空間をもつ

水際及び背後地の自然環境が良好な場合、生物の生息・生育場所や植生基盤となりうる空隙を持たせる。

自然河岸ののり面には空隙が少ないが、のり面形状の起伏に伴う凹部が空隙を代替する空間になっており、緩やかな勾配ののり面上の凹凸は砂やシルト、有機物等の物質をのり面に維持する役割を担っていると考えられる。

しかし、のり勾配が急な河岸では自然に形成される凹部において物質を維持することは困難であり、動植物の生育・生息場所としての機能は低下すると考えられる。河岸が人為的に改変され 5 分勾配の護岸が露出する場合には、この傾向がより顕著になるため、比較的深さのある空隙が物質を保持する空間としての役割を担うことになる。従来からある石積護岸の目地部分はこのような空隙の代表的な事例である。

したがって、河岸に動植物の生息・生育・繁殖空間を持たせるためには、護岸を空隙や凹凸を持つ構造、形態にすることが有効である。

②のり面の湿潤状態を保つ

水際及び背後地の自然環境が良好な場合、生物の生息・生育に適したのり面の湿潤状態を確保するために透水性・浸透性を持たせる。

のり面の湿潤状態を保つことは、のり面の植物だけではなく非飛翔性の生物の生息に寄与することが分かっているため、雨水、河川水、背後からの浸透水などによってのり面に水分が供給され、これがある程度保水されることが重要である。

また、のり面の湿潤状態の維持は、護岸の目地等からの植物の繁茂を可能とし、護岸を目立たなくする有効な手法となる。

＜裏込材の工夫による法面の湿潤状態の保持＞

利根川では、玉石（練積み）護岸の裏込材にポーラスコンクリートと普通コンクリートを用いた施工を行った。ポーラスコンクリートを用いた場合にはヤナギやコケ類の生育がみられたが、普通コンクリートの場合には植生はほとんど生育していない。なお、本事例では護岸は日陰側になっており湿潤状態が保たれたものと考えられる。



図-27 玉石（練積み）護岸の裏込材に、ポーラスコンクリート（左）と普通コンクリート（右）を用いた場合の差異

③生物の移動経路に適している

水際及び背後の自然環境が良好な場合、生物の移動経路に配慮するためにのり面に適度な粗度を持たせる。

のり面に細礫と同様の粗度を持たせた場合には、のり面勾配が比較的急（5 分程度）でも短い距離であれば生物の登攀（とうはん）が可能となるため、この程度の工夫を施すことが河川景観の面からも現段階では妥当な方法と考えられる。

また、のり面に部分的に植物が繁茂すると、植物を利用して移動経路とするケースも確認されているため、護岸を植物が繁茂できる構造・形態にすることが有効である。

なお、登攀のためにのり面上に斜路部を設けるなど、造作するケースも考えられるが、その場合には、河川景観が悪化しないよう十分配慮する必要がある。



河岸のり面を移動中のアマガエル。
河岸は練積ブロック護岸（間知ブロック模様）※



河岸のり面を移動中のサワガニ。河岸は空積ブロック護岸（擬木模様）※

図-28 河岸のり面を移動中の生物⁶⁾

※生物の移動経路を説明したもので、護岸を推奨したものではない。

写真：自然共生研究センター

(4) 取り付け護岸などもきちんと考える

支川との合流点の取り付け護岸や、橋梁や樋門・樋管の条件護岸などでは、護岸が露出し、景観への配慮されていない事例や、自然環境果たすべき機能を有していない事例がみられ、周辺の景観に調和せず目立ちすぎている場合も見受けられる。

取り付け護岸・条件護岸においても、護岸が露出する場合は景観や自然環境上果たすべき機能に配慮することが必要である。



図-30 排水樋管の取り付け護岸に、石積み護岸を採用し、景観に配慮した事例（筑後川）



図-29 樋管の条件護岸などでも、景観や自然環境上果たすべき機能に配慮したい

3) 施工時にも環境に配慮する

(1) 注目すべき生物の生息・生育地を避けて仮設構造物を設置する

護岸工事における主な仮設構造物としては、工事用道路、作業・資材ストックヤード、仮締切、現場管理事務所等がある。これらが生物の生息・生育・繁殖環境に与える影響例を以下に示す。

【仮設構造物が生物の生息・生育・繁殖環境に与える影響例】

- 生息・生育・繁殖地の消失
- 生息・生育・繁殖地の分断
- 移動経路の分断
- 騒音・振動による影響
- 水質の悪化
- その他、環境条件の変化

これらの各事項に各種生物が受ける影響を想定し、影響が少ない位置を選定して仮設構造物を配置する。

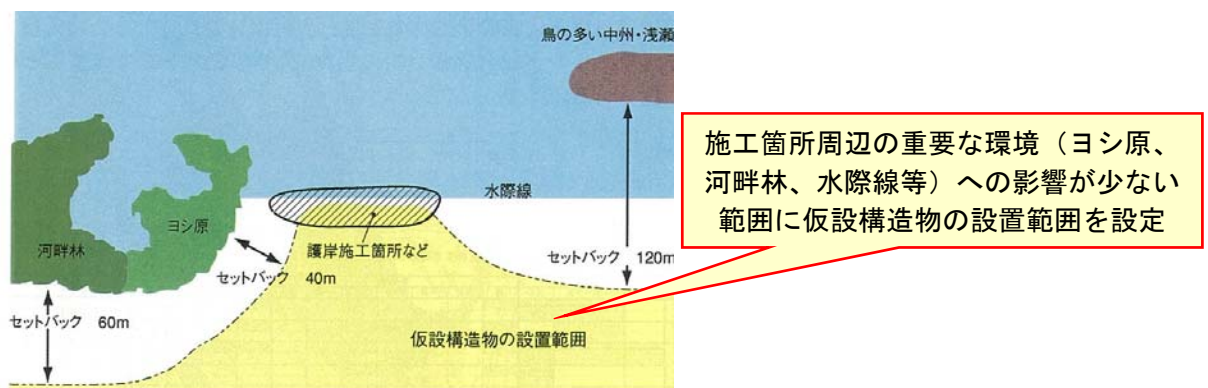


図-31 注目すべき生物の生息・生育・繁殖環境を避けた仮設構造物の設置範囲の例¹⁷⁾



図-32 周辺の植生に配慮して工事用道路等を設置した例（長良川）¹⁷⁾

仮設構造物の設置により裸地化した場合は、現地表土を転用し植生を再生することが望ましい。この場合、工事着工前の条件（日照、水分、水位、冠水頻度、土壌等）をできるだけ再生する、必要に応じて植生が回復するまで土砂流出防止対策を施すなど配慮することが望ましい。

（2）水中施工では水生生物に対する影響について十分注意する

河川における水域の環境は、川の生物にとって微地形や植生環境とともに重要な環境要素である。このため、陸上からの施工に重点をおいた施工計画等、なるべく水域を攪乱しない施工計画を工夫することが望ましい。

水域において工事を行う場合でも、半川締切り等によって水域の連続性を確保し、土砂・濁水の流出を防止・低減する等、攪乱の度合いをなるべく低減することが望まれる。

締切りが不可能な水深が深い場所での施工や、水制工等のように、流水や河床とのなじみ具合を確かめながら水中で施工することが必要な場合もある。この場合でも、濁水の流出防止に留意した施工計画を検討しておくことが重要である。

■コラムー コンクリートブロックの景観評価

-明度とテクスチャーの評価手法と証明制度について-

「ポイントブックⅢ」、「美しい山河を守る災害復旧基本方針」では、コンクリートブロックを護岸として用い、これが露出する場合の景観上として明度 6 以下、滑面ではない護岸ブロックを用いることが推奨されている。しかし、明度やテクスチャーを定量的に評価する手法がなかったことから、(国研) 土木研究所自然共生研究センターは(公社) 全国土木コンクリートブロック協会(以下、ブロック協会)と共同研究を実施し、明度・テクスチャーを簡便に評価する手法の開発を行った。また、ブロック協会ではこの手法に基づき、個々のブロックの明度・テクスチャーの値を測定し、これを証明する制度の運用を開始した。これまでに明度で 1500 以上、テクスチャーで 200 以上の製品について証明がなされており、景観性能を評価された製品は増えてきている。この手法は中小河川を念頭に置いた方法であるが、大河川における護岸ブロックの選定にも参考になる情報が含まれているため、手法の概要を紹介する。なお、証明制度の詳細、具体的な方法についてブロック協会の HP で確認できるので参考にして欲しい(<http://www.cba.or.jp/application.html>)。

①明度の評価手法

本手法では護岸ブロックを 5m 程度の距離からデジタルカメラで撮影し、その写真データを解析アプリケーションに取り込み明度を評価している。具体的には、明度 1.0～9.0 までの色見本が配列されているカラーチャートをデジタルカメラで撮影し、アプリケーションに読み込み(図-33 左)、マンセル値を RGB 値に変換する。次に、同じデジタルカメラを用いて対象ブロックを撮影し、アプリケーションに読み込み、補正板(黄色枠)を利用して写真全体の明るさを補正する(図-33 右)。以上から、護岸ブロックの指定範囲(赤枠の中)の平均 RGB 値とカラーチャートをマッチングさせて護岸ブロックの明度を評価する。



図-33 護岸ブロックの明度評価手法の概要

②テクスチャーの評価手法

本手法でも護岸ブロックをデジタルカメラで撮影し、その写真データを解析アプリケーションに取り込んで評価を行うが、明度と異なり対象ブロックを近距離（20cm）から撮影する。次に、読み込んだ画像データについて、計測範囲を指定し、指定範囲内の各ピクセルのRGB値を輝度値（グレースケール）に変換し、指定範囲について輝度の標準偏差を算出することにより護岸ブロック表面の凹凸（肌理）を評価している（図-34）。



図-34 護岸ブロックのテクスチャー評価手法の概要

輝度の標準偏差から護岸ブロックのテクスチャーを推定する考え方は以下のとおりである。肌理が細かく平らなブロックは、陰影がほとんど形成されないため、輝度のばらつきが小さい（図-35 左）。一方、肌理が粗いブロックは、陰影が形成されるため、輝度のばらつきが大きくなる（図-35 右）。この特性を利用して、護岸ブロックのテクスチャーを輝度の標準偏差（ばらつき）として定量化することができる。

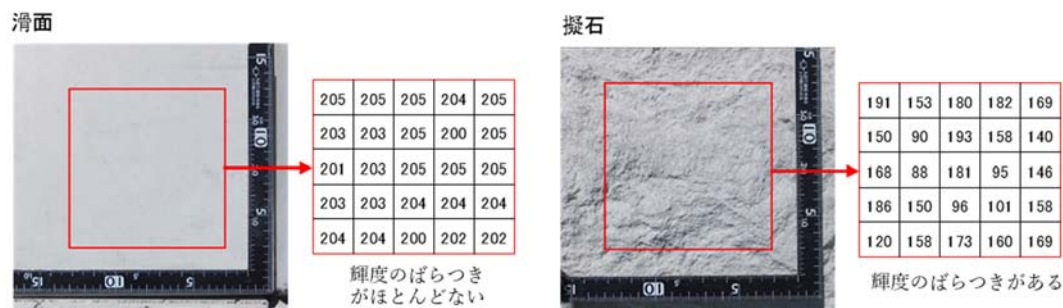


図-35 滑面と擬石の輝度のばらつきの例

輝度の数値は各ピクセルの輝度値をイメージとして示した。

数種類の護岸ブロックのテクスチャーを計測したところ、輝度の標準偏差は滑面で最も小さく、擬石、半割、ポーラスといった順に大きくなっており、ブロック表面の凹凸の程度と概ね一致した（図-36）。また、滑面の値は3～10の範囲であること、また、滑面以外にテクスチャーで10を下回るのは、凹凸の少ない擬石のみであることから、護岸ブロックのテクスチャーについては輝度の標準偏差11を目安とし、これ以上の製品を用いることが望ましいとしている。

参考のため、図-36 及び図-37 に数種類の自然石のテクスチャーを示した。輝度の標準偏差が18～35であり、11より大きいことが分かる。ただし、自然石については、無彩色のコンクリートと違い、自然石によって色も様々であり、花崗岩のように斑模様のももある。そのため、自然石の計測値は、色や模様の影響を含めた値であり、護岸ブロックのように表面の凹凸のみを対象とした値でないことに注意が必要である。

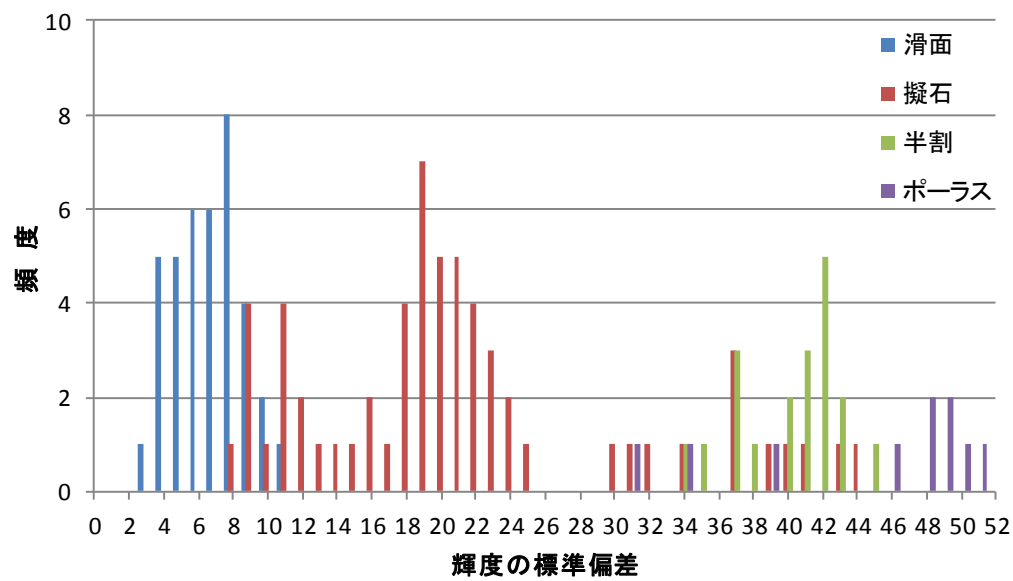


図-36 護岸ブロックと自然石の輝度の標準偏差

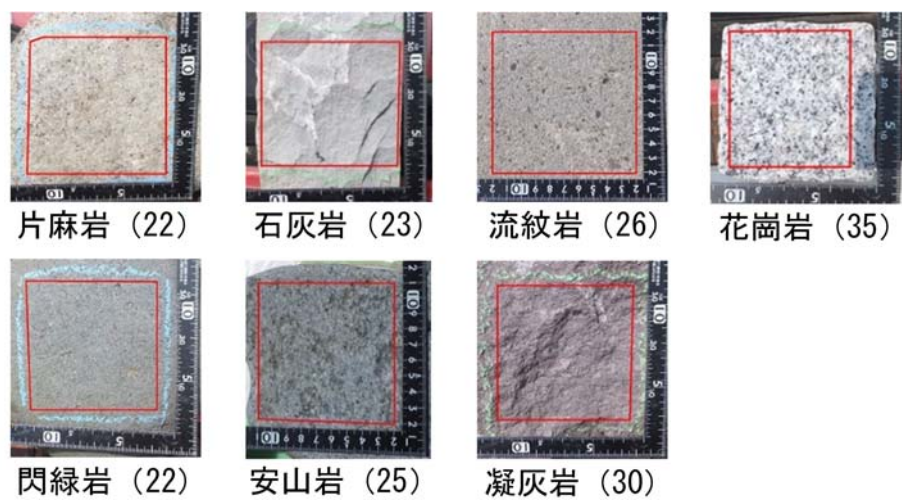


図-37 自然石の輝度の標準偏差 (参考値)

■より深く知りたい技術者のための参考図書等

- 国土交通省:美しい山河を守る災害復旧基本方針, 2018
- 多自然川づくり研究会著:多自然川づくりポイントブックⅢ, 日本河川協会, 2011
- (財) 国土技術研究センター編:改定護岸の力学設計法, 山海堂, 2007
- 「河川景観の形成と保全の考え方」検討委員会編:河川景観デザイン, リバーフロント整備センター, 2007
- 国土交通省:河川の景観形成に資する石積み構造物の整備に関する資料, 2010
- 島谷幸宏編著:河川風景デザイン, 山海堂, 1994
- リバーフロント整備センター編:川の風景を考える 景観設計ガイドライン(護岸), 山海堂, 1993

■参考文献

- 1) リバーフロント研究所 HP:多自然川づくり参考事例集
- 2) 国土交通省 HP:, 天竜川上流での多自然川づくりの取組み, 平成 25 年多自然担当者会議資料
- 3) 天竜川上流河川事務所 HP:激特 MEMORYS
- 4) 北陸地方整備局急流河川研究会:治水と環境の調和した新たな河岸防護技術の手引き, 2013
- 5) 大川泰文・吉田和弘・池田大介:常願寺川における「巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工」設置後の河道への効果について, 富山河川国道事務所, 2016
- 6) 多自然川づくり研究会著:多自然川づくりポイントブックⅢ, 日本河川協会, 2011
- 7) 松江正彦・小栗ひとみ・福井恒明・上島顕司:景観デザイン規範事例集(河川・海岸・港湾編), 国土技術政策総合研究所資料第 434 号, 国土交通省国土技術政策総合研究所, 2008
- 8) 井上創・千田庸哉・仮谷伏竜・稲葉修一・坂本健太郎・宮島重保・山崎憲人・立野祐輔:神通川におけるサクラマス越夏場所の特性について, 応用生態工学会第 14 回研究発表会(ポスター発表), 2011
- 9) リバーフロント研究所 HP:岐阜県における「自然の水辺復活プロジェクト」の取組みについて
- 10) 土木研究所 HP:川で活用するハイブリッド型グリーン・インフラへの期待と可能性
- 11) 「河川景観の形成と保全の考え方」検討委員会編:河川景観デザイン, リバーフロント整備センター, 2007
- 12) 国土子通称 HP:河川法改正 20 年多自然川づくり推進委員会, 第 1 回資料, 2016
- 13) 土木研究所:多自然川づくりにおける河岸・水際部の捉え方, 2010
- 14) 千葉俊文・北清竜也・加治昌秀:「中小河川に関する河道計画の技術基準」を考慮した取組みについて(第 2 報), 釧路開発建設部釧路河川事務所, 2011
- 15) 国土交通省:美しい山河を守る災害復旧基本方針, 2018
- 16) 国土交通省:美しい山河を守る災害復旧基本方針, 2014
- 17) 国土交通省 HP:平成 29 年度多自然川づくり担当者会議開催記録
- 18) リバーフロント整備センター:多自然型川づくり施工と現場の工夫, 1998

5－2 Question

高水敷掘削の掘削高さを設定する際の留意点を教えてください。

■Question の意味と背景

河道掘削（高水敷掘削）は、流下能力を確保するための主要な河川整備メニューとして、これまで各地の直轄河川で実施され、今後も継続が見込まれている。高水敷掘削は、地盤を切り下げることによって相対的に高さの低い、より冠水しやすいエリアを創出する行為であることから、ワンドやたまりを含む氾濫原・湿地環境の形成、そこに依存する生物の保全に寄与することが期待されている¹⁾。しかし、掘削後に土砂の再堆積や樹林化が発生した場合、治水面と環境面の両面の効果が低下することがあるほか、掘削高さの設定によって掘削後の経過が異なることも、各地の事例により明らかになってきている。また、高水敷利用が想定される区間においては、水辺利用や景観面への配慮についても留意が必要（6－1 参照）であり、対象区間の特性に合わせて掘削高さや掘削方法が検討されるべきである。



図-1 河道掘削（高水敷掘削）のイメージ

■関連する Question

- Q7-3 生物の多様性を拡大するためには、河道内から堤内地にかけてどのような配慮を行うべきか教えてください。
- Q6-1 水辺利用という視点から、高水敷整備をどのように進めたらよいか、考え方や事例を教えてください。

Answer

掘削高さによって、掘削後の土砂の再堆積や樹林化の進行に差が生じます。
また、氾濫原的な環境の創出等の効果にも違いがあります。

■ Answer の概要と基本的考え方

高水敷掘削後に土砂の再堆積と樹林化が発生してしまった場合、治水・環境両面の効果を低減させる主要な要因となる。セグメント2河道（1－1参照）においては、掘削後にウォッシュロードに相当する細粒土砂（細砂、シルト、粘土）が一年あたり数 cm から数十 cm といった堆積速度で再堆積した事例が報告^{例え 2, 3)}されているが、高水敷を掘削した際には、高水敷を形成する粒径集団の土砂が堆積することが一般的である。堆積する土砂は出水時に輸送される土砂が掘削面上に堆積したものであるから、掘削高さによって掘削後の経過には違いが生じる。

また、高水敷掘削後の土砂の再堆積に伴い、植物が侵入し、草本から木本へと遷移して再樹林化した事例、掘削後の裸地にヤナギ類が侵入・定着して樹林化した事例等も報告されている。掘削後の植生の遷移についても、掘削高さとの関係性が強く示唆されている。

高水敷掘削によって創出されたワンドやたまりを含む氾濫原・湿地環境、そこに依存する生物の保全に資する効果も確認されている。掘削面に土砂が堆積する過程で生じるワンド・たまりといった氾濫原的な水域が、開発が進む以前の平野部に広く生息していた氾濫原的環境を生息場とする生物の貴重な生息場となる。しかしながら、これらのワンド・たまりの環境も次第に劣化していく場合があり、土砂堆積の進行や樹林化に伴う有機物の集積、冠水頻度の低下などがその要因と考えられている。

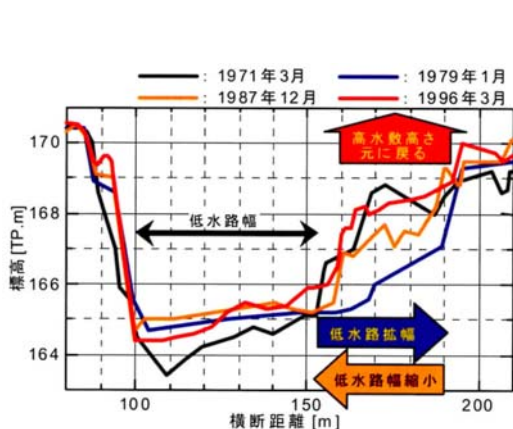


図-2 川内川における土砂再堆積²⁾

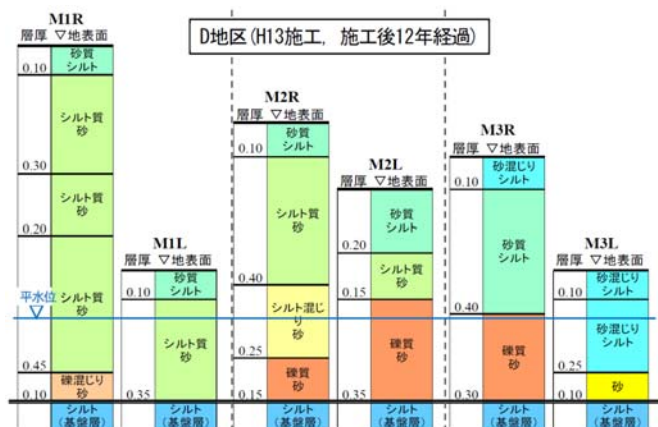


図-3 揖斐川 37k 付近における掘削後の堆積物³⁾

■Answer の詳細

1) 土砂の再堆積と掘削高さ

(1) セグメント 2 における高水敷掘削後の堆積土砂

セグメント 2-2 における高水敷掘削後の土砂堆積の事例として、いくつかの河川の例を示す。揖斐川と米代川における高水敷掘削の事例においても、掘削後に堆積した土砂の主成分はウォッシュロードであった³⁾。揖斐川（河床勾配 1/3, 300）の事例では、掘削後 10 年程度の間堆積した土砂の大部分は、大規模出水ではなく中小出水によっても浮遊砂として運搬される微細砂・シルトであった。また、米代川（河床勾配 1/2, 700）の事例でも、掘削後 40 年余りの間に堆積した土砂の 95%がシルト・粘土であった。これらの事例は、セグメント 2-2 における掘削地の堆積物の主成分が、ウォッシュロードとなることを示している。

洪水時に輸送される土砂濃度は河川毎に異なることは以前から把握されており⁴⁾、同じセグメントであっても、河川毎に掘削後の土砂堆積の傾向が異なる要因となっている可能性が指摘されている⁵⁾。また、ウォッシュロードは中小出水時にも輸送されているため、高い濃度で多量の土砂が輸送されるが頻度は低い大規模出水よりも、相対的に頻度が高い中小出水が土砂再堆積に影響している可能性も示唆されている⁵⁾。揖斐川と長良川の掘削地における堆積土砂とそのポテンシャルを比較した事例では、両河川ともにウォッシュロードの堆積するポテンシャルが導かれるのにもかかわらず、実際には、揖斐川においてのみ顕著なウォッシュロードの堆積が観測されている。この原因として、長良川の流送土砂に含まれるウォッシュロードが少ない可能性が示唆され、出水時における両河川の採水試料を比較した結果、長良川の出水時の土砂濃度は揖斐川よりもかなり低いことも確認されている。

セグメント 2-2 と比べて河床勾配と河床材料の粒径が大きいセグメント 2-1 では、掘削後の経過がやや異なる。岩木川（河床勾配 1/500、セグメント 2-1）における平水位を基準とした中洲の掘削では、その後、掃流砂である砂礫が急速に堆積した。掘削地における掃流砂の堆積は、前述の揖斐川の掘削地の一部でも観測されており、そこでは掘削直後にだけ砂礫が堆積し、それ以降はウォッシュロードに変化している。これらの事例は、掘削面および掘削後の堆積面に掃流砂が流れうるか否かを見極めることで、堆積物を予測できる可能性を示唆する。

(2) セグメント 2 における掘削高さと堆積速度の関係

揖斐川のセグメント 2-2 区間における事例では、渴水位相当から豊水位相当の間で掘削高

さを様々に設定した掘削が試験的に行われており、掘削高さによって土砂堆積の速度に違いがあり、低く設定した工区の方において堆積速度が小さい傾向がみられた^{5,6)}。渇水位から豊水位の間に着目すれば、掘削高さが高いほど土砂の堆積速度が速く、掘削工区ごとの平均で5～12cm/year³⁾であった。土砂の再堆積が進むにつれて比高が高まり、冠水頻度も減少して、土砂堆積速度は次第に頭打ちになっていく傾向がある。

岩木川のセグメント 2-1 区間における中洲の平水位掘削では、掘削後 2 年間で掘削前の高さに戻る箇所がみられ、その堆積速度は 50～65cm/year であった。この急激な堆積には、現地の平面形も影響していると考えられるが、2 年間に発生した出水は中小出水のみであり、堆積に寄与する出水規模は揖斐川の解析例と同様であった。これらの事例は、掘削地における堆積速度を予測するにあたり、頻度の高い中小出水を考慮すべきことを示している。

2) 掘削地の樹林化

高水敷掘削後の土砂の再堆積に伴い、植物が侵入し、草本から木本へと遷移して再樹林化した事例もある⁷⁾。草本類は、ウォッシュロードや浮遊砂として輸送されている細粒土砂を堆積しやすくする作用⁸⁾があり、掘削地における植物の存在は土砂の再堆積を助長する方向に作用する。掘削後に草本群落を経ずヤナギ類により急速に樹林化した例も報告されている^{9,10)}。河道内の樹林化に関わる樹種は地域によって異なり、ヤナギ類、ハリエンジュ、タケ・ササ類が主なものとされている¹¹⁾が、掘削後の再樹林化については、湿潤な環境に適応しており、様々な繁殖方法をもち成長が早いヤナギ類による例が多い⁷⁾。

揖斐川の事例では、渇水位より低く掘削した工区を除き、掘削後の継続的な土砂堆積が生じ、10 年ほどの間に裸地－草本－木本へと植生の遷移が生じた。揖斐川では、掘削後の再樹林化によって、掘削前よりも樹林面積の割合が増大してしまった。この理由の一つとして、高茎草本に覆われて樹木（特にヤナギ類）の侵入が抑制されていた場所を掘削したことで、ヤナギ類に適した土壌・水分条件を有する裸地が創出されたことが指摘されている。また、ヤナギ類が種子散布する時期に裸地が水面程度の高さで露出しており、種子が漂着しやすい条件が整っていたことも一斉に樹林化した要因と分析されている。樹林化した場所を再度掘削するには、樹木の伐採除根、これらの処分費など大きなコストを伴うため、掘削地は草本群落や裸地として維持されることが一般的には望ましいと考えられるものの、そのように維持していくための方策¹⁰⁾を現場で実践するにはいまだ不明な点や課題が多いのが現状である。

の方策¹⁰⁾を現場で実践するにはいまだ不明な点や課題が多いのが現状である。

3) 掘削高さと生息場

(1) ワンド・たまりにおける二枚貝生息環境

高水敷掘削によって創出されたワンドやたまりを含む氾濫原・湿地環境、そこに依存する生物の保全に資する効果について述べる。掘削後の土砂の再堆積や出水による河床変動の過程で、低水路河道と一部連結したワンド、低水路河道とは分離しているたまりなどの氾濫原的な水域が形成される⁴⁾。氾濫原生物の代表であるタナゴ類は、二枚貝の中に卵を産み付けることから二枚貝への依存度が高く、二枚貝がタナゴ類の生息を示す指標となる。

揖斐川における事例では、様々な高さで掘削した結果、掘削後に形成されたワンド・たまりの生物生息環境としての質、さらに、生息環境の劣化につながる土砂堆積の速度に違いがあった。渴水位～平水位程度の低い高さで掘削した場合（図-4 左）、二枚貝の生息量が多くなっており、自然に二枚貝類の生息に適したワンド・たまりが形成された（図-4 中）。これは、冠水頻度の比較的高い水域が二枚貝類の生息に適しているためと考えられる。また、そうした低い掘削高さの工区では、掘削後の土砂の堆積速度も小さかった（図-4 右）。これは、土砂堆積による冠水頻度の低下と水域の縮小、それに続く生息場の劣化が緩やかであり、より長く好適な環境を維持できることを示す。ただし、渴水位よりも低い掘削工区では、土砂が堆積しないためにワンドやたまりも形成されず、本川の一部として存続した。

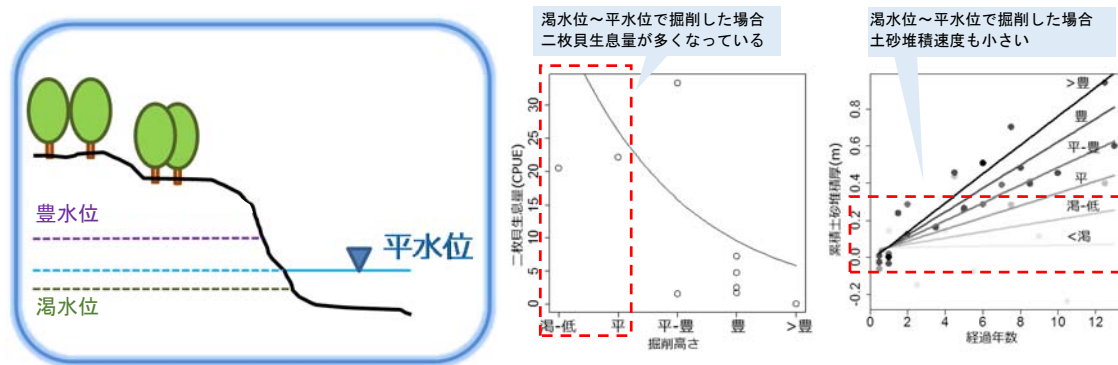


図-4 揖斐川における掘削高さと二枚貝、土砂堆積との関係⁶⁾

(2) 本川水際域の浅場におけるアユとウグイの産卵環境

低水路の水際域における生物生息環境を創出する観点に立てば、常時、浅い水域が形成される低い高さでの掘削（低水路拡幅）も効果的であることが示されている。岩木川（河床勾配 1/500）の事例では、滞筋の河床低下により本川と陸域が二極化して失われていた砂州縁辺部の浅場（平水位-0.2~-0.4m）を掘削によって創出したことで、アユとウグイの産卵環境が再創出された。

掘削による発生土は、低下していた河床に還元して、横断形状を平滑化させた。これにより、増水時に働く掘削面の攪乱力を増大させ、浅場の砂礫環境維持を図った。これらの結果は、治水と環境の両立の観点からも歓迎される結果であった。

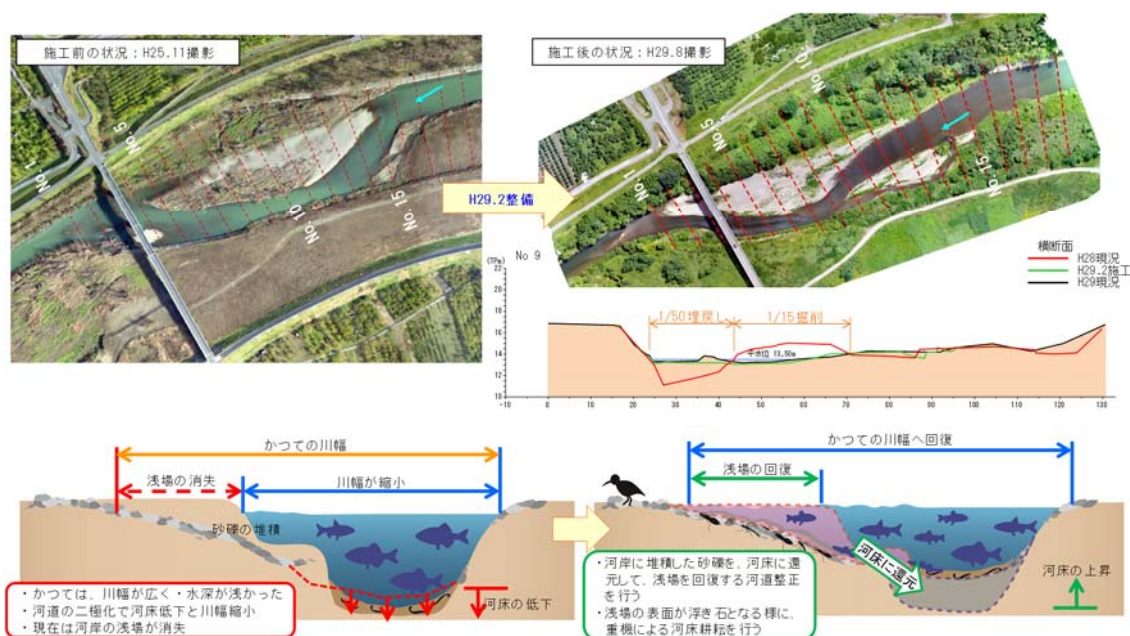


図-5 岩木川における浅場創出のイメージ

(3) 生物多様性に寄与する考え方

上記の揖斐川と岩木川の事例は、低い高さに掘削することで魚類または貝類の生息場形成に寄与するものであるが、その他に、水位変動の影響を受けにくい場所では出現種数が増大する生物（例えば、両生類やトンボ類など）も存在する（図-6）。こうした本川流路の水面からの比高の高いエリアを残すことは、河道掘削において生物多様性を保全するために大切な視点であり、河道掘削断面の設定に際しては、高比高域と低比高域のバランスを考えて計画・設計を行うことが重要である。

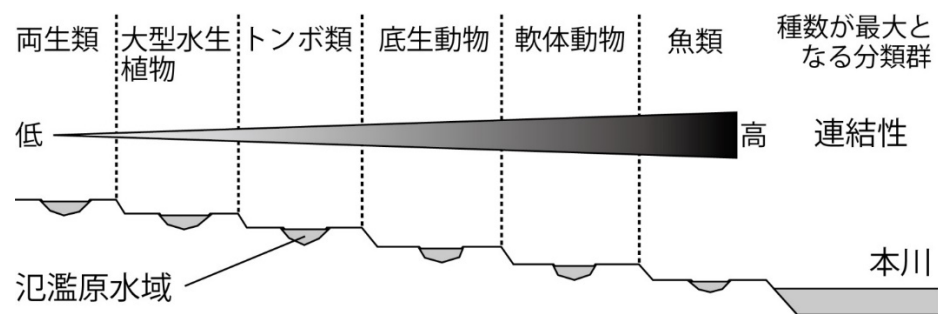


図-6 氾濫原水域と本川の連結性と種数が最大となる分類群の関係

■参考文献

- 1) 永山滋也, 原田守啓, 萱場祐一: 高水敷掘削による氾濫原の再生は可能か? ～ 自然堤防帯を例として～, 応用生態工学, 17, pp. 67-77, 2015.
- 2) 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, 17, pp. 161-166, 2011.
- 3) 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, 土木学会論文集 B1(水工学), Vol. 71, 4, pp. I_1171-1176, 2015.
- 4) 山本晃一編著: 総合土砂管理計画, 技報堂出版, pp. 193-213, 2014.
- 5) 原田守啓, 角田美佳, 赤堀良介, 永山滋也: 自然堤防帯河川の高水敷掘削後の土砂再堆積～揖斐川と長良川の相違点とその要因～. 河川技術論文集 24, pp. 173-178, 2018.
- 6) 永山滋也, 原田守啓, 佐川志朗, 萱場祐一: 揖斐川の高水敷掘削地におけるイシガイ類生息環境－掘削高さおよび経過年数との関係－, 応用生態工学, 19(2), pp. 131-142, 2017.
- 7) 内藤太輔, 金縄健一, 福永和久, 今村史子, 萱場祐一: 全国の河川を対象とした河道内植生の分布特性と成立要因および河道掘削後の変化, 河川技術論文集, 22, pp. 469-474, 2016.
- 8) 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.
- 9) 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 41: pp. 351-356, 2013.
- 10) 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 F4 (建設マネジメント), 73, 2, pp. 38-49, 2017.
- 11) 佐貫茂樹, 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, 土木学会, vol. 14, pp. 145-150, 2010.

6－1 Question

水辺利用という視点から、高水敷整備をどのように進めたらよいか、考え方や事例を教えてください。

■Question の意味と背景

直轄河川の高水敷は、一般に広い面積を有し、公園や緑地、運動場として利用されるなど、都市部では貴重なオープンスペースとしての役割を持つ場所である（図-1）。しかしながらこれまでの水辺整備では、「定規断面」（計画高水流量を流すために必要な河川断面）を確保しただけの平坦な高水敷・低水護岸が形成されることが多く、水辺・水際に近づきづらい、水辺らしい利用がなされていない（公園やスポーツ利用が多い）、樹木が排除されて緑陰がない（居心地がよくない）等の課題がみられる。

平成 28 年に行われた全国市民アンケート調査²⁾では、川に求める役割として、自然が存在する場（74%）、良好な景観を持つまちの顔（45%）等があげられている。また川の利用への要望として、散策（55%）、自然観察（37%）、水泳・水遊び（27%）、釣り等、川の自然と親しむ利用が多く、水辺づくりへの期待として、汚れた水をきれいにする（66%）、水辺沿いの緑を増やす（44%）、水辺沿いを気持ちよく歩けるように散策路等を整備する（34%）が多かった。水辺環境を改善し、水辺特有の心地良さを体感できる利活用が求められているといえよう。

今後の水辺整備では、市民ニーズを踏まえるとともに、まちづくりの視点から、まちにおける水辺の役割を考え合わせていく必要がある。

この設問では、複断面河道の高水敷を対象として、整備計画の検討過程やデザインのポイント・事例を紹介する。水際、堤防など、他の対象場にも基本的な考え方は適用可能である。



※ 「その他」はグライダー場、船舶係留施設など。

図-1 直轄河川の目的別占用面積(km²)¹⁾

■関連する Question

- Q5-2 高水敷掘削の掘削高さを設定する際の留意点を教えてください。
- Q6-2 人の活動や景観等の観点から、樹木を保全した事例を教えてください。

Answer

利用者ニーズを踏まえ、川本来の特性を活かすとともに、まちづくりの視点も加味した水辺整備の考え方や事例を紹介します。

■ Answer の概要と基本的考え方

水辺整備の内容は、対象とする場の特性や背後地のまちとの関係、利用者ニーズ等により異なってくる。計画立案にあたっては、それらを把握した上で、住民・行政など水辺に関わる人々が、対象地の今後の様々な活用可能性を考え、最も重視すべきことは何かを共有・合意することが肝要である。計画を立てる際に必要な視点、検討過程等を図-2 に示す。具体には、参考事例を用いて説明する。

参考事例では、場の特性やまちとの関係を“1) 整備前の課題等”、利用者ニーズや必要な機能を“2) (1)計画・設計条件”、最も重視すべきことを“2) (2)整備方針”、整備方針を実現するための高水敷の設計等を“2) (3)主な実施内容”にて記述している。

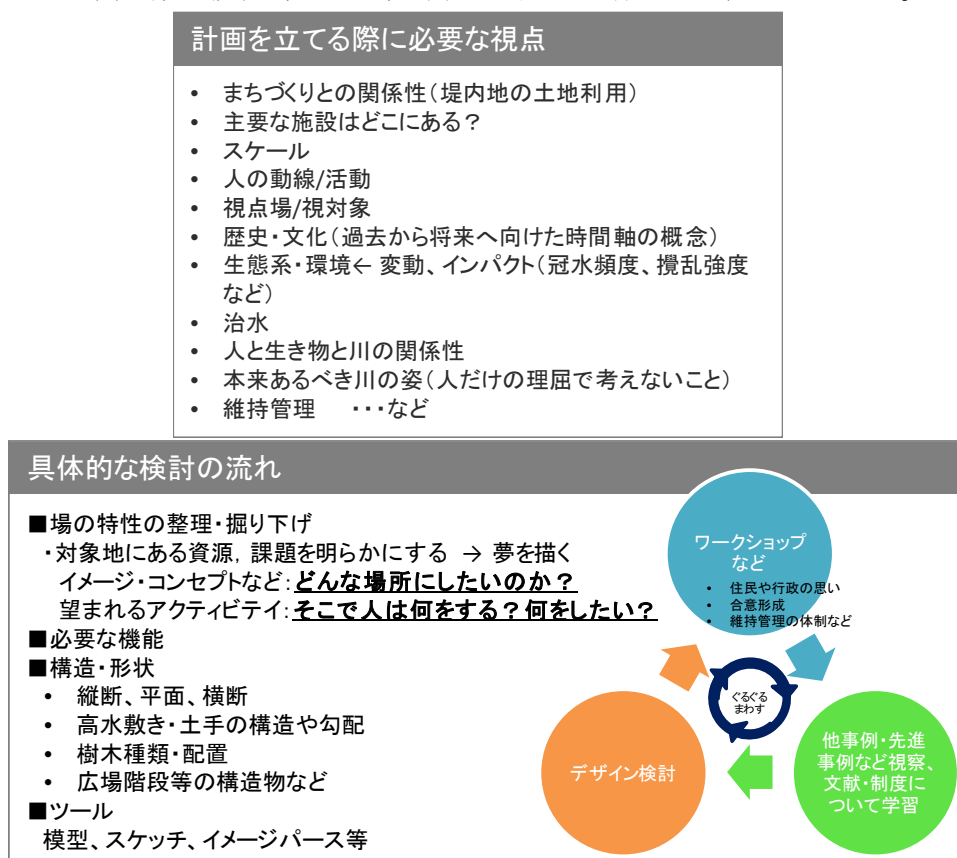


図-2 水辺整備計画に必要な視点及び検討の流れ (林博徳氏作成、一部改変)

■参考事例1—阿武隈川・渡利水辺の楽校（福島県福島市）

水際から高水敷を経て堤防に至る地形を、緩やかな起伏を持つ空間に再編し、自然的で人々が日常的に利用できる水辺空間とした

1) 整備前の課題等

- ・ 県庁前の対岸という、福島市の顔となる場所に立地。
- ・ 水際～高水敷上にヨシ等の水生植物、オオブタクサ等の高茎草本が繁茂し、水面が見えない。人々の利用も困難であった。県庁前の景観としてふさわしくない状況であった。

2) 計画・設計のポイント

(1) 計画・設計条件

- ・ 人々が利用できる空間を創出すること
- ・ 水際の自然性の回復、復元を図ること
- ・ 中小洪水対応の河川断面を確保するため、水際の地盤高を下げる（河川管理者）

(2) 整備方針

あたかも従前からそこにあったような河原を、新たに創出することをデザインコンセプトとして、水際から高水敷を経て堤防に至る地形を、緩やかな起伏を持つ空間に再編し、自然的で人々が日常的に利用できる水辺空間とした。



図-3 整備箇所位置

(3) 主な実施内容

①活動と対応した空間の区分

空間で行われる活動と対応した低位、中位、高位盤という盤高の異なる空間を配置した（図-4）。

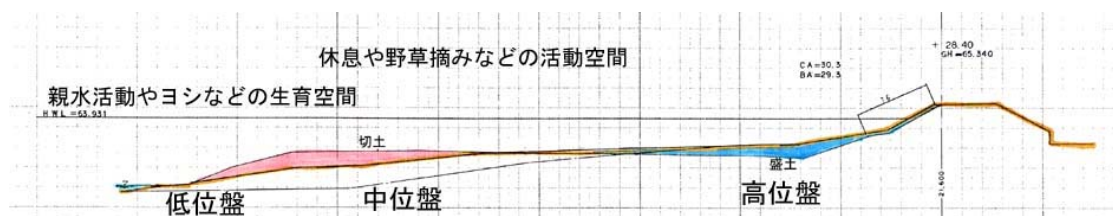


図-4 整備前後の横断面形状⁴⁾

- ・ 低位盤：平均水位に近い標高。常時水が出入りする。水際線から10m程度の範囲で、礫主体の寄州的な親水活動の場。
- ・ 中位盤：年最大流量時の標高（年に一度は水が上がる）。水際線から20～30mの範囲。ピクニックや野草摘み等の活動や、親水活動を眺める空間。
- ・ 高位盤：安全に散策等を楽しめる空間。

なお、中小洪水対応の河積断面を増やすために、水際付近を掘削し、その土砂を堤防に腹付けして堤防強化を図っている。

②施工段階における現場での設計

アンジュレーションによる視覚的稜線の形成（コラム一起伏、植栽による空間の区分 参照）や、自然の流れが作り上げたような形、人の身体的感覚としての居心地の良さを、施工時に現場で確認しながら、形と寸法が決定された。施設、工法に注目するのではなく、空間として考えること、設計当初にすべてを決めず、現場で対応しながら決定することがポイントである。

3) 整備前後の比較



写真-1 整備前の様子⁵⁾



写真-2 整備後の様子⁵⁾ (2004. 9)

4) 整備後の効果

1996年に、全国初の水辺の楽校として認定され、小学生の環境学習の場に活用されるなど、地域の憩いの場として広く親しまれている。また、地域住民で設立された「水辺の会わり」により、サケの稚魚放流、野鳥観察会との活動も行われている。1998年からは整備ゾーンの拡張が行われた。

土木学会東北支部総合技術賞受賞（1997年）、土木学会デザイン賞受賞（2004年）など、自然を活かした水辺空間として社会的にも評価されている。

5) 維持管理

流れの作用（洗掘や堆積等）を前提として、必要に応じて構造物等の形や配置を見直している（流れの作用を受けて、水際・高水敷の形状が変動することは、設計当初からの関係者の了解事項）。これまでに、

- ・ 樹木周辺での側方洗掘対策としての地盤高調整

・経年的な観測に基づく、地盤高調整等のアンジュレーション処理等が実施されている（2000 年、2004 年、2015 年）。これらにより、利用しやすい環境の維持を図るとともに、出水時の円滑な水の流れを担保するなど、当該地区ならではの水辺を維持・育成している。



写真-3 利活用の様子（小学校の環境学習）⁶⁾（2018.6）

6) その他

(1) 整備箇所について

福島県福島市渡利地区地先右岸。延長約 750m

整備期間：1995～2000 年

(2) 河道特性

セグメント 2-1 河床勾配：1/1020 河床材料（平均粒径）：26.16mm

築堤・複断面河道 整備計画流量 4,600 (m³/s)

河道幅：190～230m、高水敷幅（平水時）：45～60m、平水位と堤防との高低差：7.6m

■参考事例2 一遠賀川・直方の水辺（福岡県直方市）⁷⁾

低水護岸ブロックを撤去、高水敷を緩傾斜のスロープとして、どこからでも川面が見え、市民が気軽に訪れることのできる水辺を創出

1) 整備前の課題等

- ・ 遠賀川と彦山川の合流点として、遠賀川流域の中核をなす貴重な空間。
- ・ 地理的にもほぼ直方市の中心に位置し、リバーサイドパークのメインパークとして市の玄関口的な役割を果たしているエリアである。
- ・ オートキャンプ場（既設）は市外からの利用者も多く活用されているが、同じく既設の水上市場ステージの利用頻度の低さ・維持管理の困難さや、コンクリート低水護岸が水際へのアクセスを阻み（写真-7 参照）水辺で遊びづらいことが課題とされた。



図-5 整備箇所位置

2) 計画・設計のポイント

(1) 計画・設計条件

- ・ 河積の増大による治水安全度の向上(河川管理者；災害復旧事業)
- ・ イベント時だけではなく、常に川と親しみ交流できる場所に（市民活動団体）

(2) 整備方針

「“市民が安全かつ自由に利用できる水辺”、“水を身近に感じられる水辺” の創出」を整備方針として、低水護岸ブロックを撤去して、高水敷を緩傾斜スロープ化し、高水敷のどこから

でも水面が見通せる、親水性の高い空間を創出した。

(3) 主な実施内容

① 高水敷・水際の緩傾斜化による水面の見通しの向上

左岸側は水裏で浸食の恐れが小さいため、既存のコンクリートブロック積低水護岸を撤去し、高水護岸中段からなだらかに水面までつながる緩傾斜の土羽スロープ（平均傾斜角度約3度）を基本の断面とした（図-6）。これにより、河川敷のどこからでも水面が見通せるようになった。また、平らだった河川敷を緩い下り斜面に改修することは河積の増大にもつながり、治水安全度が向上した。

② 起伏の造成による様々な利用空間の形成

洪水時の川の流れを阻害しない、かつ川が自然に創出する姿に近いものを目指し、数カ所の丘を設けてうねるような地形のアンジュレーションを造成することにより、開放感のある伸びやかな空間を創出するとともに、視覚的な空間の分節化による奥行き感の創出を両立させた。

アンジュレーションの造成には粘土模型を利用して、空間の分節等を確認した

（写真-4）。分節化した空間のそれぞれには、子どもがサッカーをして遊べる3%未満の勾配から草スキーのできる25%程度の勾配まで（平均勾配20割）様々な空間を埋め込んだ。また、既存の管理用通路を、緩傾斜スロープの起伏に合わせた線形とし、他には散策路を設けず自由に歩行ルートを選択できるようにした。

③ 地域市民との協働

整備にあたっては、河川敷の多様な利用、利用者を意識した動線の視点など、



写真-4 粘土模型による空間の確認⁷⁾



写真-5 粘土模型を用いて、市民が高水敷のイメージを表現⁸⁾

流域市民の意見を取り入れてデザイン案が決定された。

地域市民から具体的なアイディアをもらうツールとして、粘土模型が大変有効であった。この模型は、市民参加での川づくりにおける合意形成ツールとして、またデザイン案を検証、確認するツールとしても重要な役割を担った。

④既存樹木の効果的な配置

市民からは、河川敷内にできるだけたくさん的高木を植えるよう提案が出されていたが、出水時に水の流れを阻害するおそれのある高木を増やすことは難しかったため、今回の事業では以前から植えられていたケヤキ他の高木 4 本を移植するのみとした。これら既存樹木の枝ぶりや大きさを吟味した上で、散策する市民の目標物になる場所や、空間の奥行きを際立たせる場所に移植した（図-7、写真-6 参照）。



起伏により奥の木々が
上の方しか見えない



歩き進み丘を超えると
次の空間が広がる

写真-6 アンジュレーションと高木の配置によって生まれた空間の奥行き

3) 整備前後の比較

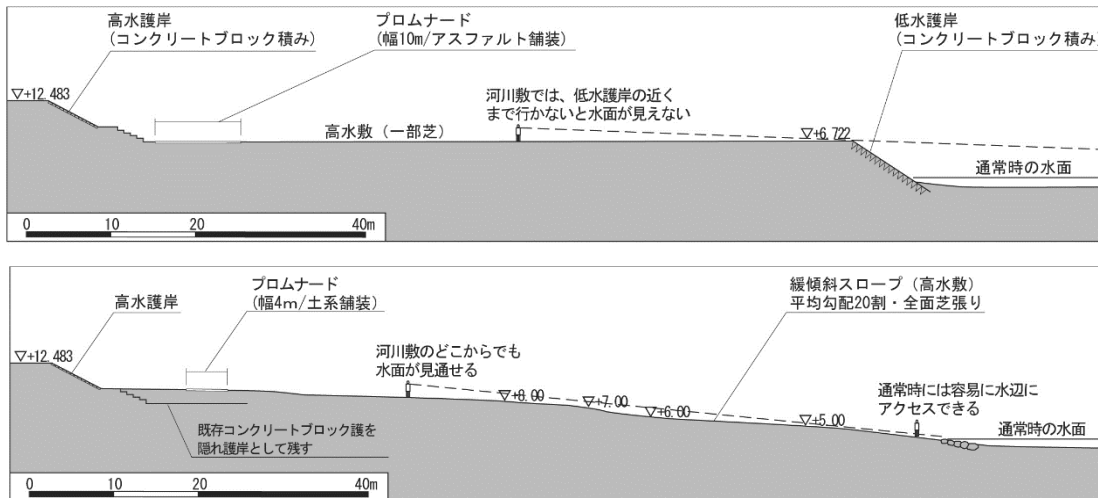


図-6 改修前後の横断形状（上：改修前、下：改修後）



◀高水敷は平坦で、低水護岸の際まで近寄らないと水面が見えない。

ブロック積低水護岸は勾配 1.5 割で、安全に水面まで下りることは困難。

歩行者専用沈下橋の付近のみが水と接することのできる空間であった。



写真-7 改修前後の様子⁹⁾（上：改修前、下：改修後）

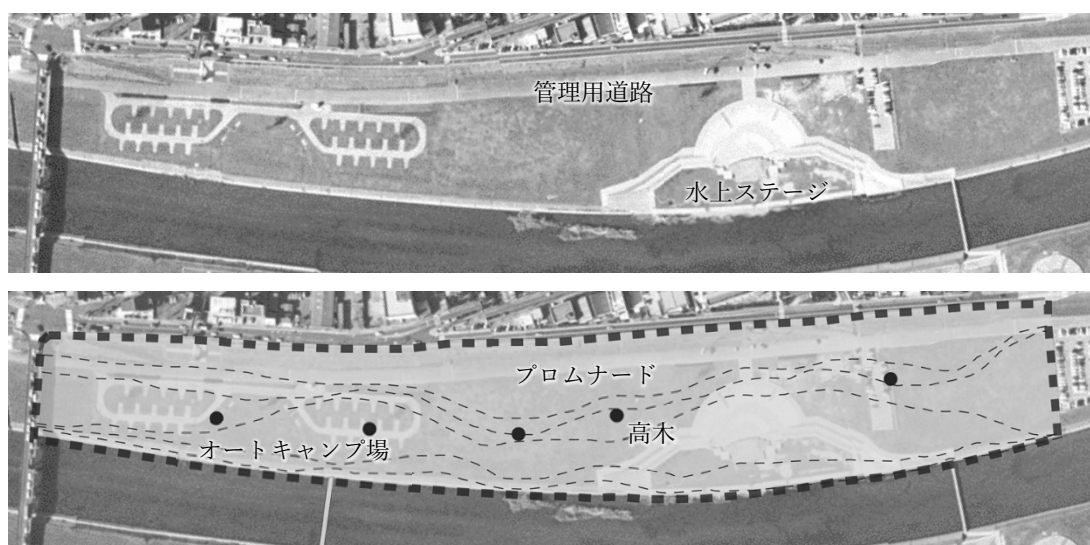


図-7 改修前後の高水敷の様子（上：改修前、下：改修後）

4）整備後の効果

整備後に実施された調査¹⁰⁾によると、来訪促進や利用形態の多様化が見られた。

- ・ 来訪者の数は改修前の約 1.5 倍に増加。
- ・ 来訪者の動きを観察すると、改修前と比較して河川敷を広く利用する傾向や水辺に近づく傾向があること、等高線に平行な動きや高木に向かう動きなど緩傾斜スロープ化による空間の変化に起因するとみられる来訪者の動きがあること等が確認された。
- ・ 草スキーやピクニック、川辺での釣りなど、以前は見られなかった様々なアクティビティが発生したり、市民による定期的な活動が行われるようになったりした。

2009 年には、土木学会デザイン賞最優秀賞を受賞している。



写真-8 利活用の様子（ボール遊び、草スキー、散策など）（2017. 4）

5) その他

(1)整備箇所について

福岡県直方市溝堀地区地先（左岸）。延長約 600m

整備期間：2005～2006 年

(2)河道特性

セグメント 2-2 河床勾配：1/1770 河床材料（平均粒径）：2.016mm

築堤・複断面河道 整備計画流量 3,800 (m³/s)

河道幅：200～210m、高水敷幅（平水時）：100～150m、平水位と堤防との高低差：8.5m

■参考事例3 一子吉川・癒しの川（秋田県由利本荘市）^{11)、12)}

だれもが、いつでも川での癒しを享受できる場を作り出すことを目指し、ユニバーサルデザインに基づき、堤防天端から高水敷への良好なアクセスを確保

1) 整備前の課題等

- ・市街地に隣接した広い河川空間を有した場所であり、沿川には病院や保育所が立地、リバーサイドウォークラリーなど医療分野での河川敷利用が整備前から行われていた。
- ・高水敷上流側は、ゲートボール場が整備されている他は施設がなく開放的な空間であった。しかしながら高木が1本もなく夏季の利用に支障がある等、快適性の面で課題があった（写真-12 参照）。
- ・下流側はヨシやヨモギなどの植生に覆われた自然豊かな区域。

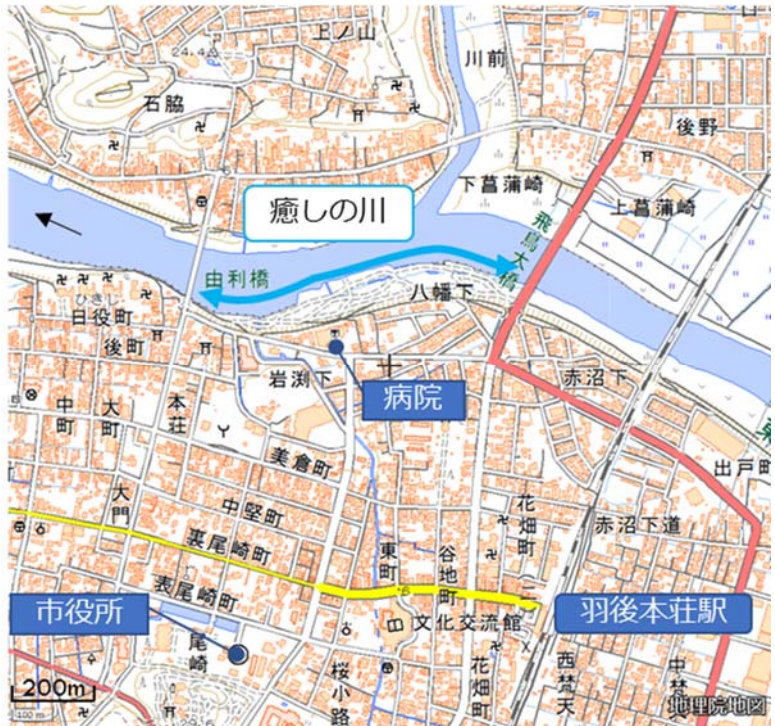


図-8 整備箇所位置

2) 計画・設計のポイント

(1) 計画・設計条件

- ・子どもから高齢者まで、だれもが心身を癒す健康空間を作る（癒しの川づくり懇談会）
- ・心身の病気に対する治療・ケアに向けた補助的な利用を可能とする（同上）
- ・ボートのまち本荘のシンボルとなるような河川空間の創造を図る（河川管理者；河川環境整備事業）

(2) 整備方針

だれもがいつでも気軽に川の癒しを享受できる快適な水辺空間を創出することを整備方針として、ユニバーサルデザインに基づき、堤防天端から高水敷への良好なアクセスを確保した

整備が行われた。

(3) 主な実施内容

① 堤防の緩傾斜化による高水敷へのアクセス性の向上

- ・ 堤防に腹付けして緩傾斜化し、天端から高水敷への良好なアクセス(身障者や高齢者が利用しやすい勾配・舗装を有するスロープ等)を確保した
- ・ 緩傾斜堤防は、一定の勾配とするのではなく、漸次的に勾配を変化(2～6割程度)させて、自然で柔らかな印象となるようにした
- ・ 緩傾斜堤防に腰掛け、ステージの観覧や広場での活動、川を眺めるなどの利用もできる
- ・ 堤防の法尻、法肩はラウンディング処理が行われている

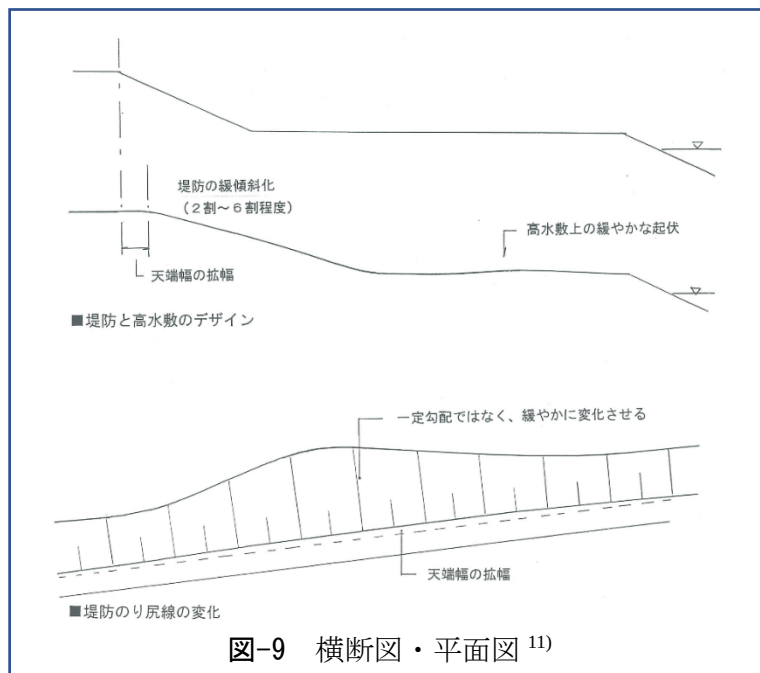


写真-9 緩やかな堤防に設けられたスロープ



写真-10 堤防から広場、川までが一体的に連続(2016. 10)

②様々な歩行体験ができる園路

- 車両の通行が可能な幅員 4m と歩行者専用の幅員 2m の2タイプとし、車椅子のすれ違いが可能な空間構成とした。平面的な線形は、堤防の平面形態や高水敷の起伏に応じて緩やかに曲がるよう、また縦断線形は地形勾配なりとして、現場でのデザイン監理で決定した。
- 様々な経路の園路が緩やかな曲線を描いて整備されており、散策、ウォーキングなど日頃の運動やリハビリの一環として、自分の体力に応じたコース設定ができる(図-10)。
- ベンチ脇には、木陰の下でゆったりと休息できるよう、高木が植樹されている。



写真-11 車椅子を停めて休めるスペース(園路が広がっている箇所)とベンチ

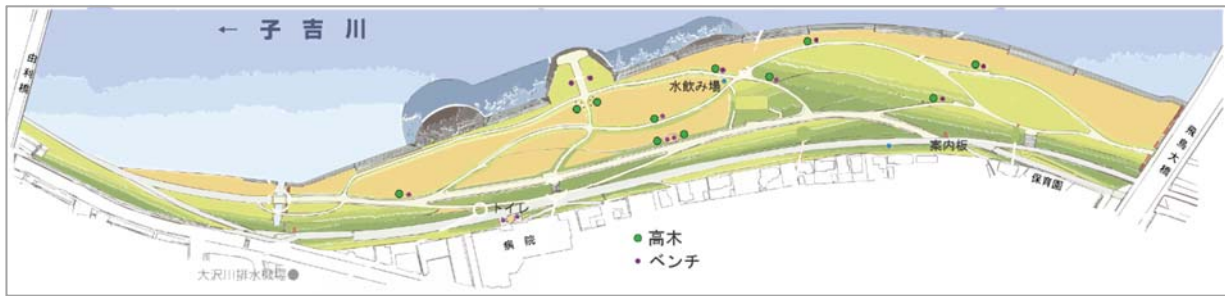


図-10 整備区間¹³⁾

3) 整備前後の比較



写真-12 改修前後の様子（上：改修前¹¹⁾、下：改修後）

4) 整備後の効果

- ・ 癒しの川づくりを契機に、市内の 30 団体や個人が参加する「子吉川市民会議」が設立され、河川愛護、子吉川に関する住民の意識が高まりを見せている。
- ・ 全建賞受賞（2004 年度）。計画段階から、河川管理者、市民と地元行政、医療・福祉関係

者が連携。整備後も官民連携による川での福祉と教育の将来像について情報の収集・発信を行うなど、活発な活動が継続的に行われていることが評価されている。

5) その他

(1) 整備箇所について

秋田県由利本荘市岩渕下地先（本荘地区）左岸。延長約 800m

整備期間：1998～2002 年

(2) 河道特性

セグメント 2-2 河床勾配：1/6500

築堤・複断面河道 整備計画流量 2,800(m³/s)

河道幅：170m、高水敷幅（平水時）：80m、平水位と堤防との高低差：5.8m

■より深く知りたい技術者のための参考図書等

- 「河川景観の形成と保全の考え方」検討委員会編：河川景観デザイン「河川景観の形成と保全の考え方」の解説と実践、(財)リバーフロント整備センター、2008
- 松江正彦、小栗ひとみ、福井恒明、上島頭司：景観デザイン規範事例集(河川・海岸・港湾編)、国土技術政策総合研究所資料第 434 号、国土交通省国土技術政策総合研究所、2008
- 篠原修：都市の水辺をデザインする、彰国社、2005
- (財)リバーフロント整備センター編著：川の親水プランとデザイン、山海堂、1995
- 土木学会編：水辺の景観設計、技報堂出版、1988
- 内山久雄監修＋佐々木葉著：ゼロから学ぶ土木の基本 景観とデザイン、オーム社、2015
- 中村良夫：都市をつくる風景、藤原書店、2010
- 篠原修 土木デザイン論 2003 東京大学出版会

■コラムー起伏、植栽による空間の区分～阿武隈川・渡利水辺の楽校を例に

高水敷は一般に広く平坦なため、茫洋とした単調な空間になりがちである。利用者にとって快適な空間とするためには、ヒューマンスケール（コラムー空間のスケール 参照）に近い大きさに区分し、空間相互を違和感なく結びつけることが望ましい。すなわち、高水敷の利用者が空間の落ち着きと変化を感じられるようにすることである。そこで、アンジュレーション（起伏）により高水敷に高さの変化を作り出し、視覚的稜線の形成（写真-13）や、自然の流れが作り上げたような地形、人の身体的感覚としての居心地の良さを、施工時に現場で確認しながら形成した。

また、高水敷への植栽も、空間を区分し、居心地の良さを高める上で有効である。当該地区では、水際にヤナギが自生していた。施工の進捗に合わせて、株分けと樹木の選別を行い、園路上のシークエンス景観（歩いていくことで連続的に景観が変化）を考慮して移植・配植を行った。



空間と空間の境界部に現れる稜線により、向こうの空間（水際）が見えにくく、期待感が高まる



歩き進むにつれて、向こうの空間が見え始め、2つの空間が1つになり始める

写真-13 アンジュレーションと樹木による空間の区分⁵⁾

■コラム—空間のスケール

スケールとは、物あるいは空間の大きさ（規模）を他の物との関係で示す概念である。「ヒューマンスケール」は、物や空間の大きさを人間のサイズと比較して捉えるものであり、人々が利用する空間の計画・設計には重要な考え方である。一般にヒューマンスケールという場合には、顔の識別ができる最大距離といわれる 24m を指すことが多い¹⁴⁾。他にも、表情の分かる距離（12m）、動作の分かる距離（135m）等の基準もある¹⁵⁾。

人間の行動に基づいた空間のスケールもある。遊歩道等の整備において重要なスケールは、歩行距離に基づいた長さである。視覚によって一区切りの見当をつける距離（目標物を見つけ、とりあえずあそこまで行こうという感覚を人に与える）は約 100m である。また、一区切りの歩行距離（大きな負荷もなく歩いて行ける）は約 500m である。公共交通の駅や小学校の設置なども、この約 500m という距離を基準に設定されている¹⁶⁾。

■コラム—人間の活動と法面勾配

アースデザインにより法面を緩勾配化することは、堤防から水際までを一体化に有効であるばかりか、人間の活動のしやすさ等の向上につながる。また、勾配を緩やかにすると、多様な活動に利用可能となる。

勾 配	～1/5	1/5～1/10	1/10～0
利用率	低 い	高 い	高 い 広場中心部利用は低い
利用 状態	 ・座 る ・寝転ぶ ・語 る ・眺める ・土手滑り（芝滑り） ・読 書	 ・座 る ・寝転ぶ ・散策する ・語 る ・集 う ・軽い運動 （ジョギング、おにごっこ、うまとび、キャッチボール、バレーボールなど）	 ・散策する ・観察する （植物観察、昆虫観察） ・草つみ、虫捕り ・軽い運動 （ジョギング、おにごっこ、うまとび、キャッチボール、バレーボールなど） ・様々な催し物など

図-11 勾配と利用形態の関係¹⁷⁾

■参考文献

- 1) 国土交通省水管理・国土保全局:第2回 資源としての河川利用の高度化に関する検討会 資料2, 2015
- 2) 国土交通省水管理・国土保全局:第2回 河川法改正20年 多自然川づくり推進委員会 資料4, 2017
- 3) 伊藤登, 天野光一: 自然の河川の姿に範をとった非決定的なデザイン手法による河川空間整備, 土木計画学研究・論文集, No. 14, pp. 481-486, 1997
- 4) 松江正彦, 小栗ひとみ, 福井恒明, 上島顕司: 景観デザイン規範事例集(河川・海岸・港湾編), 国土技術政策総合研究所資料第434号, 国土交通省国土技術政策総合研究所, 2008
- 5) (株)プランニングネットワーク・伊藤登氏提供資料
- 6) 福島河川国道事務所提供資料
- 7) 樋口明彦: 遠賀川リバーサイドパーク、風景のとらえ方・つくり方ー九州実践編, 共立出版, 2008
- 8) 樋口明彦氏提供資料
- 9) 遠賀川河川事務所提供資料
- 10) 樋口明彦・田浦扶充子・高尾忠志・佐藤直之・岡本良平: 遠賀川直方地区緩傾斜スロープ高水敷における来場者行動特性, 土木学会景観・デザイン研究論文集, 2007
- 11) 建設省東北地方建設局秋田工事事務所・(株)プランニングネットワーク: 平成10年度癒しの川整備計画検討業務報告書, 1999
- 12) 「子吉川・癒しの川」制作実行委員会編: 癒しの川ー実践・子吉川の川づくりー, 無明舎出版, 2003
- 13) 国土交通省秋田工事事務所: 誰もが気軽に癒しを感じる川 子吉川, 2002
- 14) 篠原修: 土木景観計画, 技報堂出版, 1982
- 15) 篠原修編: 景観用語辞典, 彰国社, 1998
- 16) 星野裕司: 空間のスケール, 風景のとらえ方・つくり方ー九州実践編, 共立出版, 2008
- 17) (財)リバーフロント整備センター: 川の親水プランとデザイン, 山海堂, 1995

6－2 Question

人の活動や景観等の観点から、樹木を保全した事例を教えてください。

■Question の意味と背景

河道内の樹木は、夏場の日差しを遮り、河道内での活動の拠点となるなど、水辺の活動において重要な役割を果たしている。また、川の美しさの重要な要素となっている。例えば、水害防備林など、人々と川との関わりの歴史を反映した美しい景観が、今でも全国各地に残っている。年代を経た樹木は、地域のシンボルとして市民に愛されている。

一方で、河道内の樹木は疎通能力の減少、流木化による下流の河積の減少を引き起こすなどの治水上の支障となることがある（図-1）。そこで、治水上の影響を踏まえながら、積極的に既存樹木を保全していくことが重要である。

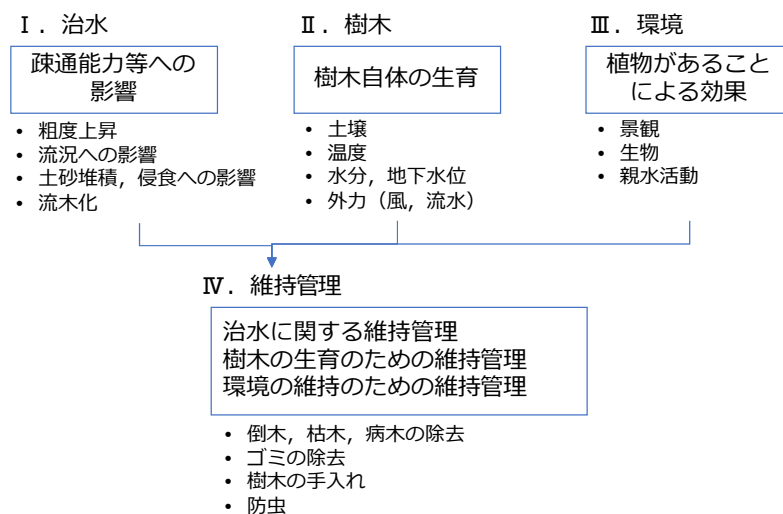


図-1 川辺の樹木に関する検討項目¹⁾

■関連する Question

- Q6-1 水辺利用という視点から、高水敷整備をどのように進めたらよいか、考え方や事例を教えてください。

Answer

既存樹木の保全・移植等により、美しい景観を保全し、心地よい水辺環境を形成した事例を紹介します。

■ Answer の概要と基本的考え方

水辺の樹木は、様々な環境機能を有している（図-2）。したがって、樹木の管理に当たっては、以下のような観点から対処していくことが望ましい²⁾。

- ・ 良好な河川環境の形成に寄与している樹木は、できるだけ存置する。
- ・ 良好な河川環境の形成に寄与している樹木を伐採せざるを得ない場合には、必要に応じ移植などの代償処置を検討する。
- ・ 樹木の伐採が環境面に及ぼす影響については、地域や河川特性によるところが大きいため、地域の住民や学識者等から助言を得て検討する。
- ・ 植樹においては、樹種や樹齢に応じて生育特性が異なるため、植樹の効果が十分発揮できるよう、当該河川に適した樹種などを選定するとともに、経年的な樹木の生長に伴って河川管理上の支障が生じないよう植樹木を適切に管理することが望まれる。

景観機能	親水活動促進機能	自然環境保全機能	川と人との関わりの歴史の象徴
・景観の向上 ・遠くから見た時の目印、広い空間での抛り所 ・広い空間を分節、奥行き感を演出する	・緑陰（涼しさ、プライベート空間） ・遊び（木登り、虫捕りなど）、休息	・生き物の生息場、食料供給 ・グリーンベルト、気温暖和、大気浄化	・防風、防砂、防潮、防音 ・記念樹、文化的象徴

図-2 水辺の樹木が有する環境機能

なお、高水敷上の樹木は、治水上の支障となりうる可能性があることから、安全性を確認した上で、上記機能を発揮するように保全・植樹等を行うこととする。

次ページ以降に、既存樹木の保全・移植等により、美しい景観を保全し、心地よい水辺環境を形成した事例を紹介する。

■参考事例 1-宮川（三重県伊勢市）：宮川堤の堤防拡幅と桜景観保全³⁾⁻⁵⁾

堤防拡幅と桜の景観保全、歴史的土木遺産の保全活用を統合してデザインする

伊勢市中島町から始まる右岸堤防は宮川堤と呼ばれている。宮川堤は現在の伊勢市街地を守る要となる堤防で、昔から洪水被害で破堤するたびに何度もつくりかえられてきたという歴史を持つ。現在は桜の名所として有名であるが、伊勢神宮との結びつきが強く、度会橋付近は伊勢神宮（外宮）への御用材を運ぶ陸曳きの起点となっている。江戸時代に盛んになった伊勢詣は、桜の渡しや柳の渡しを使い、人々は宮川を渡った。当時のにぎわいは歌川広重の「伊勢参宮宮川の渡しの図」に見ることができる。この絵の正面に描かれた突出し堤防は、江戸時代につくられた棒堤と呼ばれる水制工で、現存する。

宮川堤は堤防幅が不足しているため堤防強化を行うことになった。堤防の拡幅は桜の景観だけでなく、伊勢神宮との関わりによって形成されてきた歴史的風景に大きな影響を及ぼす。堤防強化という治水上の課題と桜景観を含む歴史的・文化的な風景を保全継承するという課題を統合的に解決する空間デザインが求められる。

1) 整備前の課題等

■桜の名所／近世の突出し堤が現存

- ・ 宮川堤には約 800 本の桜が植えられており、三重県の名勝指定を受けている。また、さくら名所 100 選（日本さくらの会）にも選出されている。また、近世につくられた突出し堤（水制工）4 基が現存している歴史的土木施設でもある。

■桜の景観と治水上の課題

- ・ 人々に親しまれている桜景観ではあるが、桜に関連する治水上の課題も抱えていた。一つは、堤防本体（両側）に桜が植えられていることである。枯死による堤防の空洞化などのリスクがある。もう一つは、高水敷に植えられた数百本の桜である。河積は確保されているが、流木化等治水上のリスクに関する検証が必要である。

■堤防の安全性の課題

- ・ 宮川堤防は幅が狭く、砂利地盤上にあることから洪水時には堤防裏法尻からの漏水やガマが発生することがある。宮川では、断面不足の堤防について計画断面を確保する整備を進めており、宮川堤についても計画断面を拡幅する整備を行うことになった。
- ・ 堤防断面拡幅により現存する桜景観への影響は免れない。桜景観の保全継承をどのような形で実現できるのかが重要な課題である。

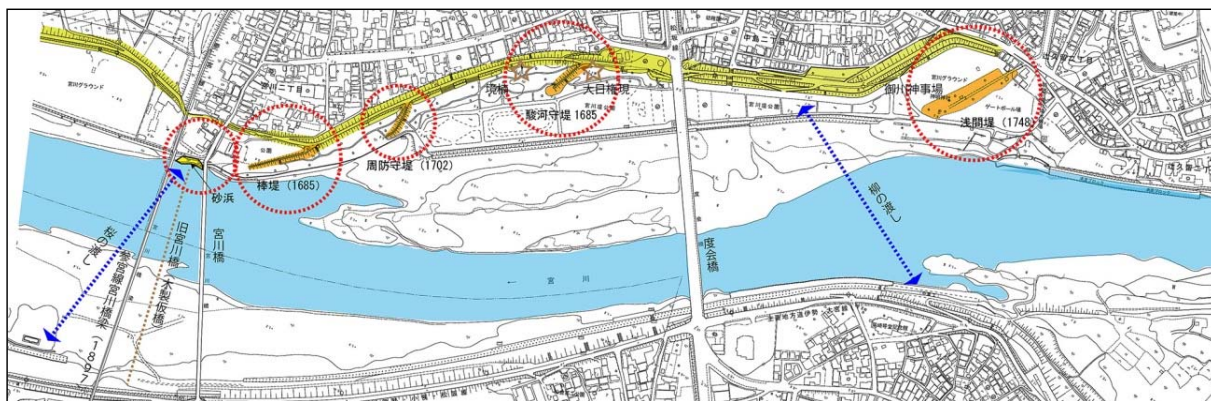


図-3 整備区間。JR参宮線宮川橋梁（桜の渡し）から度会橋上流（柳の渡し）までの右岸約1kmが整備区間である。2017年度末の整備済み区間は、度会橋から棒堤までの約460mと度会橋上流270m区間の一部である。下流（図左手）から棒堤（1685）、周防守堤（1702）、駿河守堤（1685）、浅間堤（1748）と呼ばれる江戸時代の突出し堤（水制工）が現存する（赤丸囲い）。



写真-1 現存する江戸時代の突出し堤（堤防拡幅工事前 2012）。上左：棒堤（1685）、上右：周防守堤（1702）、下：駿河守堤（1685）。水制工は本堤から下流方向に突き出すような形で配置されている。

2) 計画・設計のポイント

(1) 計画・設計条件

- ・整備区間：宮川橋（6.2km）～度会橋上流（7.2km）の約 1km（右岸堤防）
- ・堤防断面の拡幅：天端幅 5m→7m 堤防法勾配 1：2→1：3

宮川 (1.6k~11.6k)

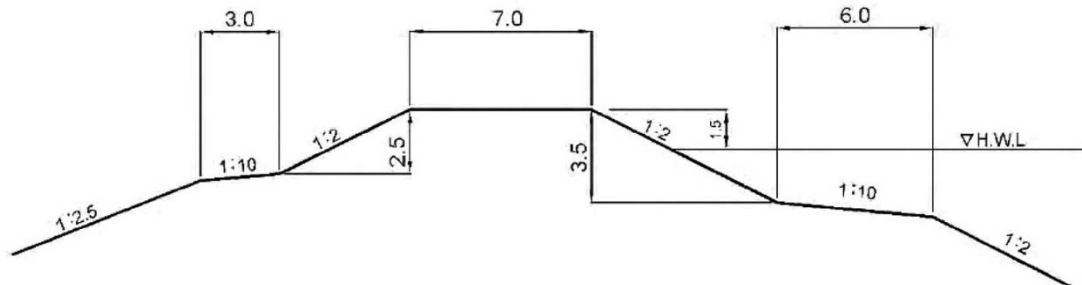


図-4 堤防標準断面図(河川整備計画)⁵⁾

小段を設けず1枚法にした場合はほぼ1:3の法勾配となる
現況は天端幅約5m、堤防法面勾配は表裏ともに1:2

(2) 整備方針

宮川堤の改修は、歴史的施設や桜の名所としての空間構造を将来に渡って継承していくという観点から、次のような整備の基本方針を定めた。

■まちづくりと一体となった堤防改修

- ・安全な堤防を整備しながら、「桜堤」も保全する。
- ・宮川堤の堤防改修と合わせて、周辺の「にぎわい・活性化」につなげる。

■歴史的なもの、今あるよいものを大事にしていく

- ・江戸時代から300年続く宮川堤の景観や治水機能を将来に引き継ぐ。

■時間の経過に伴う風景の変化を見越した堤防整備

- ・現在の風景・改修直後の風景・将来の風景を見越した堤防と景観。
- ・サクラの生長を見越し、緩やかにサクラが世代交代できる。

→次回の式年遷宮(2033)を迎える頃には、見ごたえのある桜堤を！

(3) 度会橋下流の整備方針

■トライアングルコンセプト

堤防の拡幅と桜景觀と近世の突出し堤（歴史的土木遺産）という三つの要素は、お互いに影響を及ぼし合う関係にある。つまり堤防拡幅は現堤防上の桜や高水敷の桜を伐採することにつながる。また、堤体幅が広がればその分突出し堤は新堤防の中に埋没する。現存する桜や突出し堤の保全を重視すれば、堤防拡幅は困難になる。いわば三竦みの状態である（図-5）。

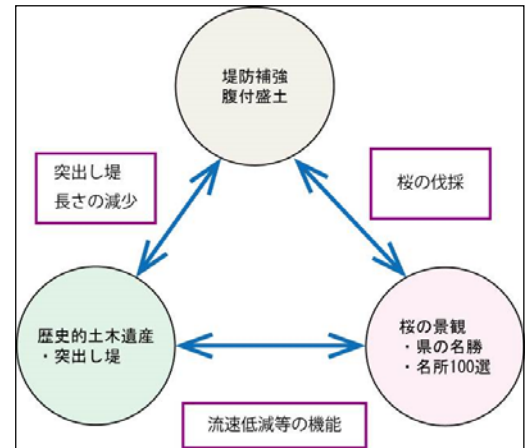


図-5 トライアングルコンセプト

そこで、堤防拡幅という治水上の課題と桜の景觀保全、近世の土木遺産の保全活用という三つの課題を調整し総合化するという方針をたてた（図-5）。

つまり、堤防に求められる強度を確保することを前提としつつ、桜の伐採をできるだけ少なくし、突出し堤の長さ（治水機能）を確保する。と同時に、伐採樹木の代償措置（桜を植えられるスペース）を堤防設計に組み込む。そういうバランスのとれた空間を一つの堤防デザインで解くということである。

①堤防拡幅の方針

- ・度会橋下流は河積に余裕があることから、前腹付盛土による堤防拡幅とする。
- ・堤防拡幅による高水敷桜の伐採は、できるだけ最小限とする。そのことにより、歴史的土木施設である水制工の形状変化もまた最小限とすることが可能になる。
- ・堤防法勾配の設定にあたっては、堤体全体の安定解析を行い必要な堤防強度を確保する。

②桜の伐採と代償措置としての側帯整備

- ・桜が存在する現堤防を第3種側帯として位置づけ、植樹可能なスペースとする。現堤防の両側にある桜並木のうち川裏側はそのまま保全し、川表側の桜は伐採抜根し根茎進入防止ブロックを措置した上で新たに植樹する。このことにより、本堤防に樹木の根が侵入しているという構造上の問題を解決し、同時に桜のトンネル景觀を復元継承することが可能になる（図-6）。

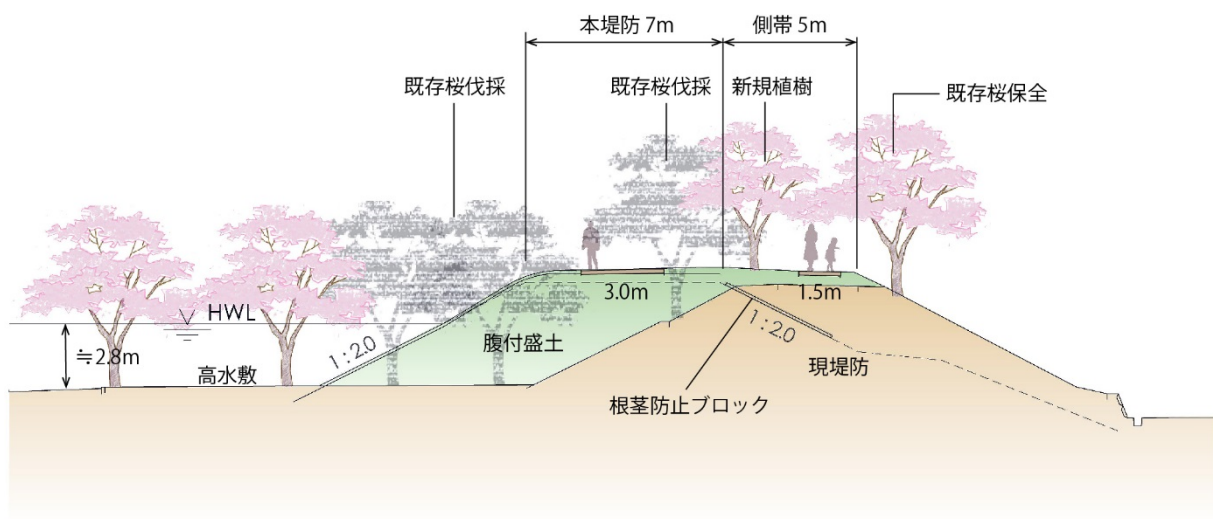


図-6 度会橋下流基本断面。現堤防を側帯として位置づけ桜のトンネル景観を継承する。河川管理用通路は通常天端幅全体を舗装整備することが多いが、ここでは従前の3m幅とし芝生面積を広くとって柔らかい景観となるようにした。側帯には1.5m幅の散策路を設け、従前のように桜のトンネル空間を散策できるようにした。

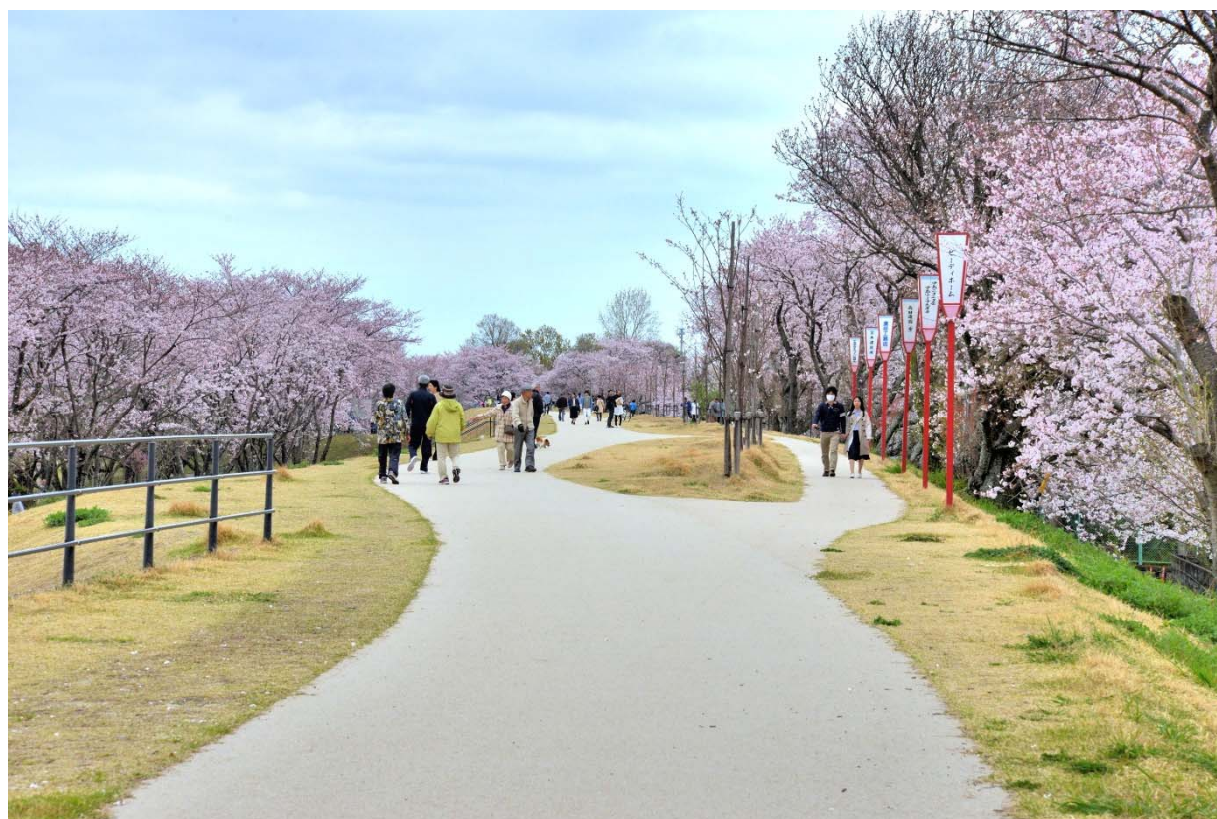


写真-2 整備後の宮川堤。旧堤（写真右側）を側帯とし、本堤（写真左側）との境界に新しく桜を植樹し、桜のトンネル景観を復元した。



写真-3 整備前（上）と整備後（下）。写真左の堤防が駿河守堤と呼ばれる突出し堤。整備前の桜景観は素晴らしいが本堤防が狭い。整備後は堤防天端幅が 5m から 12m に広がり、伸びやかな空間に変貌した。腹付盛土による突出し堤長さの減少も最小限となり、景観的にも大きな変化は見られない。



写真-4 本堤防（左 7m）と側帯（右 5m）。左隅に見える突出し堤は周防守堤。本堤防の河川管理用通路舗装は従前の 3m 幅とし、緑地（芝生）面積を多くとり柔らかい景観となるようにした。本堤の天端下全面に遮水シートを設置して、本堤への雨水浸透を防いでいる。支柱がついた桜が新しく植えた桜。桜の根元に配置した三日月上の小盛土は、水防活動の際に必要となる土のう材料として位置づけているが、普段はベンチとして利用を想定してデザインしたものである（月ノ輪と名付けた）。

③高水敷の桜群落の取り扱い

高水敷には数百本の桜が植えられている。河積は確保されているが、流木化等のリスクがある。当面は、桜群落の存在を容認するとしても、将来に課題を残すことになる。そこで、近世の突出し堤の存在に着目して水理解析を行い、流木化等のリスク評価を行った。もともと、突出し堤は洪水時における本堤への外力を弱め、破堤を防ぐという目的で構築されたもので、宮川堤は本堤と突出し堤（水制工）がセットになった複合的な治水施設である。それを現代水理学で解き、高水敷上の桜の流出リスクを数値的に評価すればよい。

宮川堤の突出し堤は、昭和 40 年代に高水敷整備が行われたこともあって、すでに治水上の役割を終えた土木遺産として捉えられていたが、高水敷の上に約 3m の高さで突き出た水制工の形状は確保されている。「治水施設としての機能（減勢効果、流速低減効果）があるはず」

という仮説を立てて水理解析を実施した。

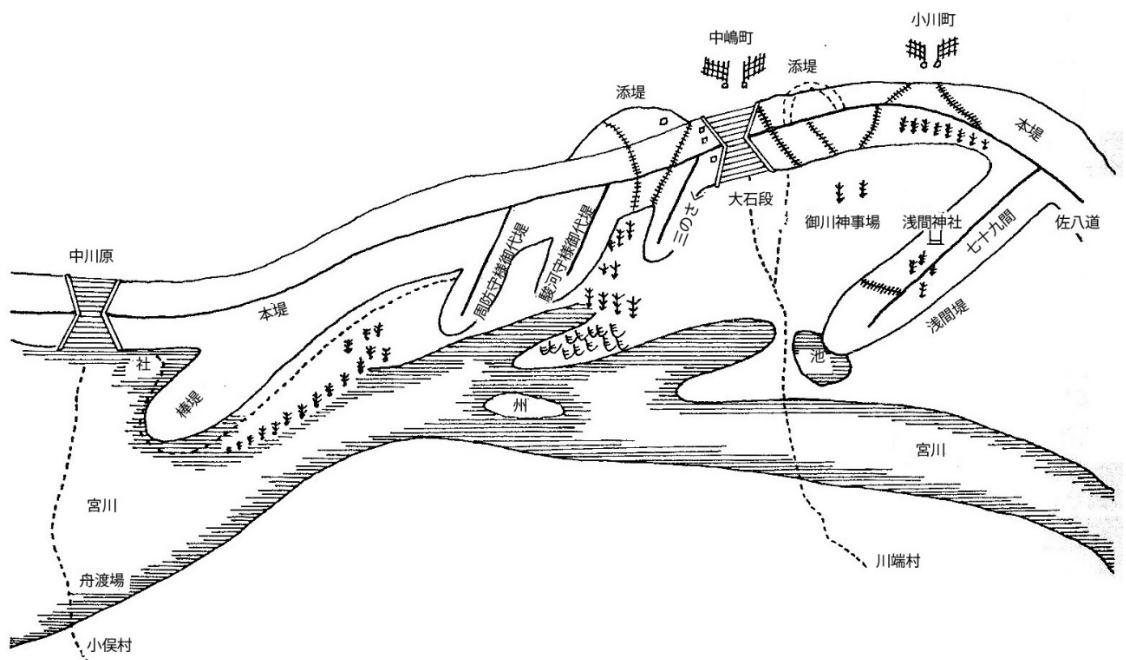


図-7 宮川堤防の図（模写）神宮文庫蔵（図の右を上流にするため左右反転している）。突出し堤によって滞筋は堤防から離れた位置に形成されている。洪水時の流れを堤防から遠ざけ、破堤を防ぐシステムとして機能していたことが読み取れる。推測の域を出ないが、突出し堤の上流側に描かれている樹林は、減勢目的で植えられた水害防備林の可能性もある。

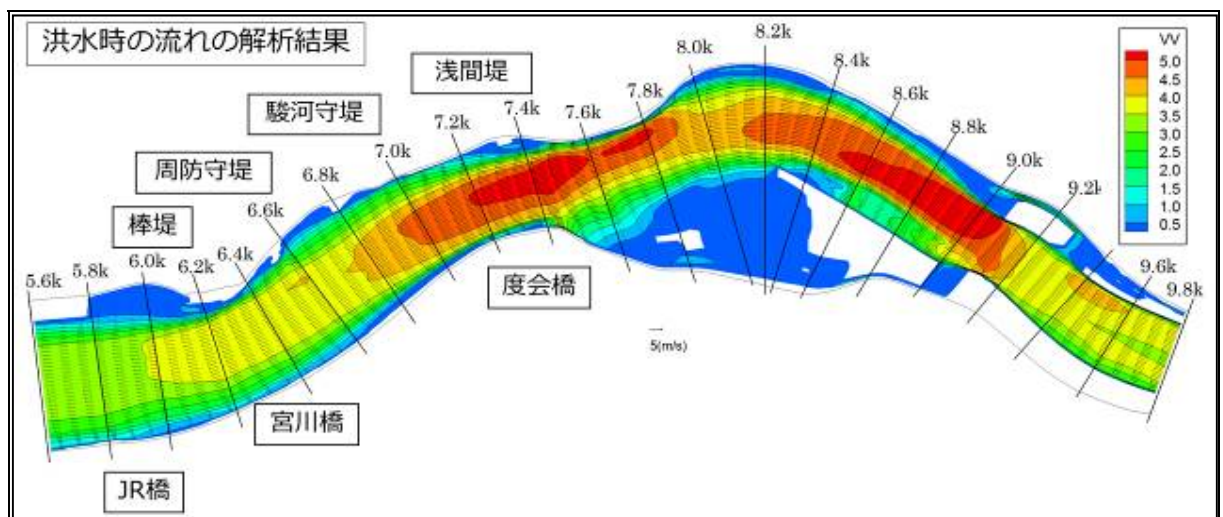


図-8 水理解析結果（準三次元解析）⁵⁾

水理解析の結果、水制工があることによって堤防近傍の流速が 1m/s 以下の低流速に抑制されていることが判明し、水制工の周りは流速の遅い死水域が形成されていることがわかった（図-6）。高水敷の桜群落エリアの流速は 2m/s 以下で、流木化等のリスクは大きくないと判断できる⁶⁾。このことにより、宮川の景観的な特長である高水敷桜群落の持続的な継承の道筋を示すことができた。

（植樹の特例）⁶⁾

第十五 次に掲げる植樹で、数値解析、水理模型実験等により治水上支障とならないと認められるものについては、この章の規定に係わらず植樹することができるものとする。

- 洪水の流勢の緩和等の治水上の必要性から行う植樹
- 生態系の保全、良好な景観形成等の環境上の必要性から行う植樹
- 親水施設等の安全対策として行う低木の植樹



写真-5 景観的な視点からは、高水敷の桜の存在が他の河川にはない特徴的な桜の景観を生み出している。突出し堤（この写真では駿河守堤）の存在により、その下流に流速の遅い死水域が形成されている。

④境楠の保全

駿河守堤下流の堤防脇に「境楠（さかいくす）」と呼ばれる伊勢市指定天然記念物のクスノキがある。現在は枯死しているが、かつて中島町と中川原町（現宮川町）の境界に位置していたことから「境楠」と呼ばれるようになったという。通常の堤防拡幅をすると境楠は盛土に埋没する形になるので、境楠周辺は急勾配の石積護岸とし原位置に残した(図-8)。

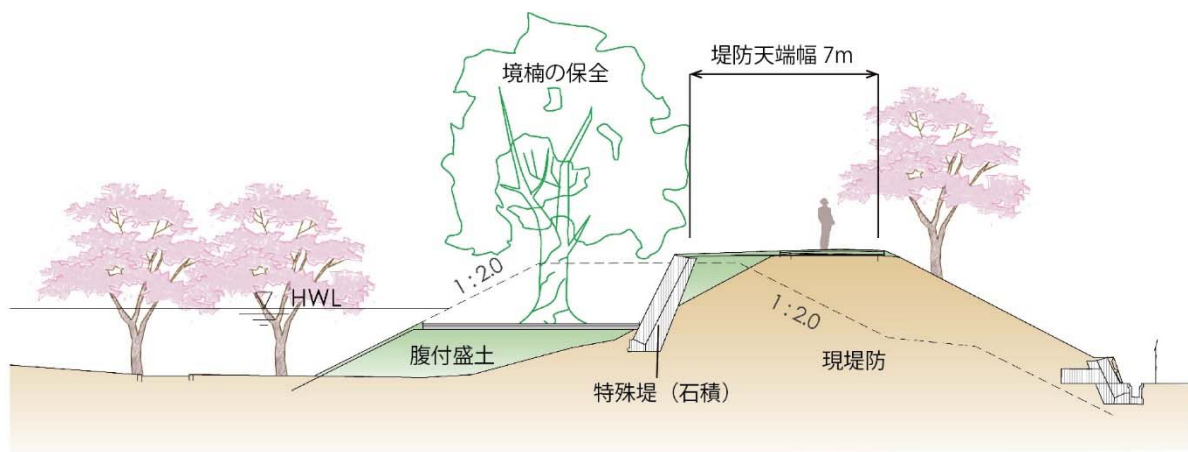


図-8 境楠付近の断面図



写真-6 境楠の保全。護岸を立てて現存する境楠を保全し、合わせてスロープと階段を設けて境楠や高水敷へのアクセスがしやすいように整備した。

(4) 度会橋上流の整備方針

度会橋上流は、河積に余裕がないため引き堤盛土とした。堤防天端の既存桜は伐採するが、本堤の裏側に新しく側帯を設け桜並木の復元を可能とした（ミチゲーション）。また、水防広場を設け度会橋下流にあった水防倉庫を移設することとした（図-9）。

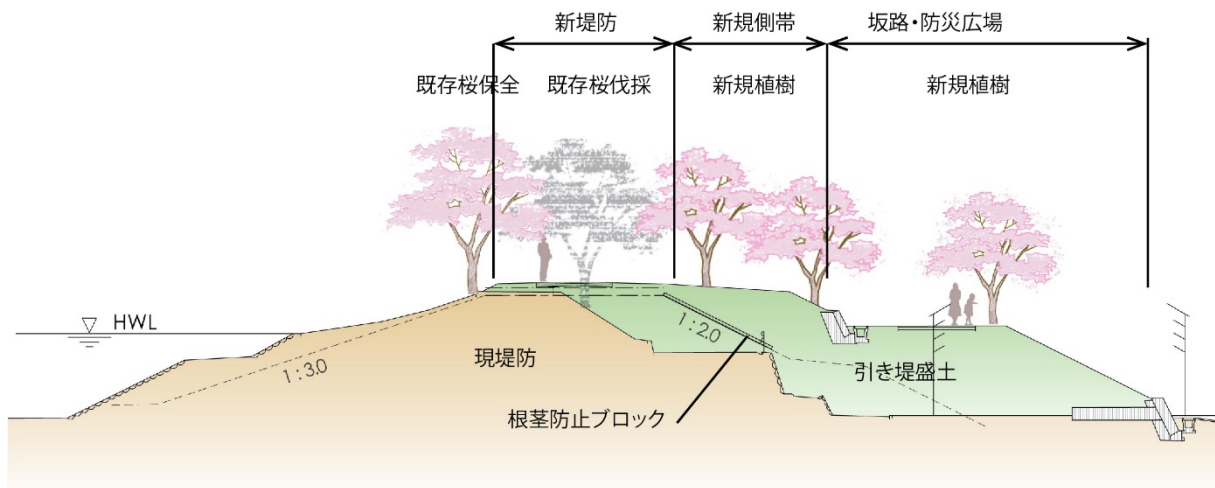


図-9 度会橋上流計画断面



写真-7 度会橋上流水防広場付近

3) 整備後の効果

- ・ 平成 28 年度土木学会選奨土木遺産に認定

4) その他

(1) 整備箇所について

三重県伊勢市宮川町～中島町地先（左岸）。延長約 1km

整備期間：2013～（2016 年一部竣工）

(2) 河道特性

セグメント 2-1 河床勾配： 築堤・複断面河道 整備計画流量 7,300(m³/s)

■参考事例2-白川（熊本県熊本市）：緑の区間⁷⁾⁻⁹⁾

既存樹木の移植や、30年後の樹木の成長・緑量を見据えた樹木配置により、河道拡幅後も「森の都くまもと」のシンボル景観を引き継ぐ

白川・明午橋～大甲橋間右岸に桜などの植樹が行われ始めたのは1961年、当時の自治会長であった鶴田氏が、荒地地となっていた堤防用地の整地作業にとりくんだものである。1963年には熊本市がベンチ等を設置し、鶴田公園が完成した。その後も桜の植樹が続けられ、お花見の場所として市民に利用されてきた。左岸には、老大木が植わっており、両岸に樹木が茂る「緑の区間」となった。

大甲橋から上流をのぞむ景観は、川沿いの樹木群、石積みの護岸、遠景の立田山、これらすべてを映す水面からなり、「森の都くまもと」の代表景として親しまれてきた（写真-9）。



写真-8 鶴田公園（2003年）¹⁰⁾



写真-9 大甲橋から上流をのぞむ景観（整備前）¹⁰⁾



図-10 整備区間（大甲橋～明午橋間の約600m）

1) 整備前の課題等

緑の区間は上下流区間に比べて河川幅が狭く、治水安全度向上のため改修計画が立てられた（1986年）。河道拡幅（掘削）と築堤により、緑の区間の樹木を全て伐採する内容だったため、熊本県、市、学識者、文化団体等から「緑を残してほしい」との声が起こった。

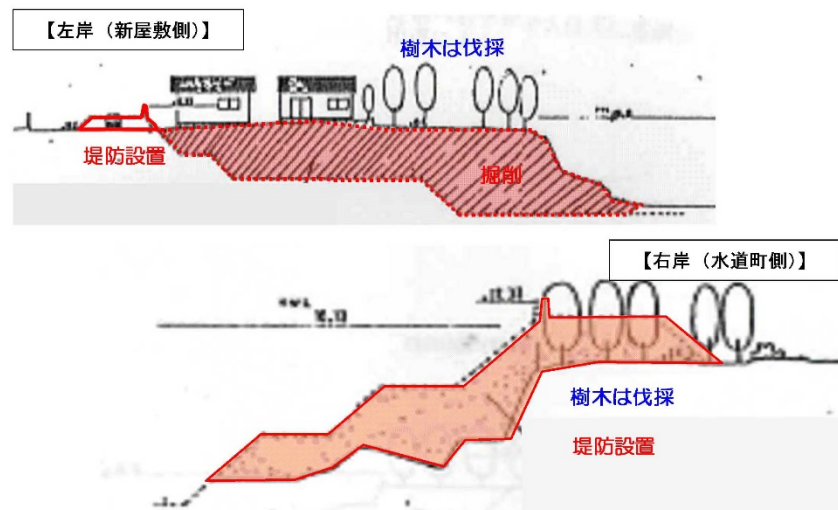


図-11 1986年当初の河川改修計画¹⁰⁾

その後の改修計画（1990年、1997年）も地域住民との折り合いはつかなかった。1997年の河川法改正後、流域住民委員会が設置され（1998年）、緑の保全を考慮した改修手法について、住民を含めての検討が行われた。

2) 計画・設計のポイント

(1) 計画・設計条件

- ・ 「洪水を流す能力の確保」と「現状の景観と緑の確保」の両立
- ・ 樹木は両岸で移植を行い、景観的な緑量を変化させないこと

(2) 整備方針

- ・ 堤防の構造を見直し、土堤ではなく特殊堤（鋼矢板）として伐採樹木を極力減らす
- ・ 兩岸の緑地（高水敷）の外側に堤防を構築する
- ・ 左岸側は、河岸を掘削して川幅を広げ、主要な樹木は背後地に移植する
- ・ 右岸側は、堤防にかかる部分の樹木は伐採が必要だが、鶴田公園をできるだけ残す

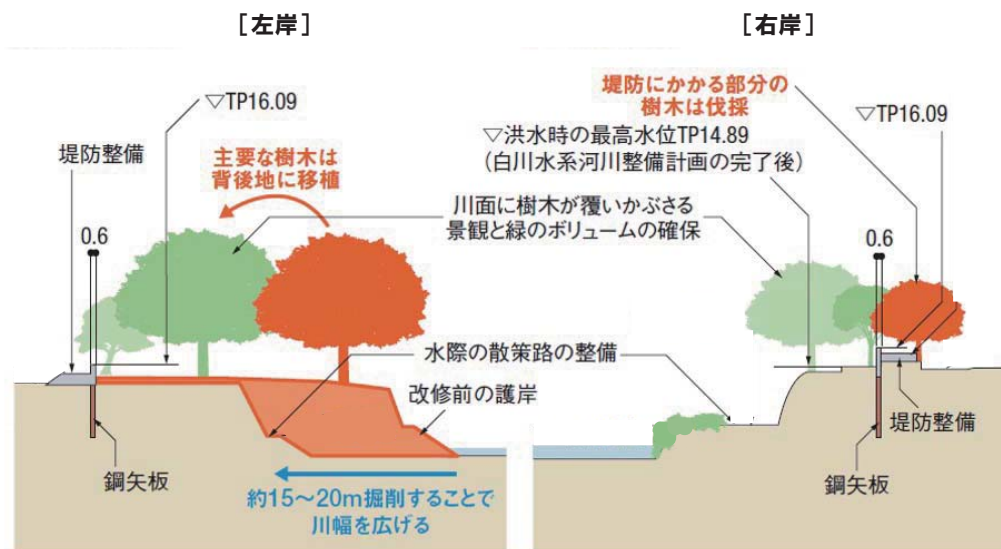


図-12 樹木の伐採・移植方針¹¹⁾

(3) 主な実施内容

河道拡幅後も大甲橋からのシンボル景観を継承すべく、既存樹木の移植や、30年後の樹木の成長・緑量を見据えた樹種と植栽配置計画の検討が行われた。

①既存樹木を極力活かした植栽計画

a) 既存樹木をそのまま残す

- ・ できるだけ移植せず元の場所で生育できるよう、堤防法線の変更(写真-10)が行われた。堤防に鋼矢板を用いることで、堤体下部の止水性を高めるとともに、既存樹木を避けるように法線をカーブさせることが可能となった。
- ・ 特殊堤(8.5mの自立式鋼矢板)を1度に打設するには10m以上の高さの空間が必要となるが、堤防の上に枝が被る場合には枝を伐採するのではなく、鋼矢板を2分割して打設することで保全した。



写真-10 堤防法線をカーブさせて木を保存(右岸)¹¹⁾

b) 既存樹木を移植する(移植)

対象樹木約 130 本)

- ・ 両岸約 500 本の樹木の健康状態を調査し（樹木台帳を作成）、移植可能樹木と伐採樹木を整理した。
- ・ 伐採が必要な理由、将来の樹木の姿や生育を配慮した適切な樹木間隔、移植方法などについて地域住民等と共有した
- ・ 通常の移植工事では、移植直前に根回しを行うため、移植された樹木が枯れないよう貧弱な根による栄養でも耐えられるよう枝を切り落とさなければならない。そこで、移植開始 2 年前に根回し工事を行うことで、既存の樹木の樹形を損なわずに移植した。この結果、枝が張り出し川面に影を落とす、特徴的な景観を保全することができた。
- ・ 樹齢 100 年、100 トンを超える 2 本の大クスノキについては伝統工法の立曳き工事（樹木を立てたまま、滑車によって引っ張り移動する）によって移植を行った。長所として以下が挙げられる。
 - 樹木を立てたまま移動できるため樹皮を傷つけず、樹木の健康を維持できる
 - 伝統技術を継承できる
 - 人力で移動させるため、近隣の小学生など多くの市民が参加することが可能となる（市民の愛着の醸成）



写真-11 大クスノキの移植の様子¹¹⁾。小学校の生徒や市民も参加して滑車を動かす（写真右）

②樹木の成長を見据えた樹木配置

- ・ 整備前の緑地では、樹木の樹間が近すぎ、樹木にとって窮屈であると同時に、鬱蒼として薄暗く人も近寄りがたかった。
- ・ そこで、緑地内の見通しに配慮すると同時に、樹木がのびのびと成長できるように、樹木の間隔を 15～20m 離して配置し、それらの間に中低木を配することとした。
- ・ 樹種については、川側には既存の景観を保全するようにクスノキなどの常緑樹を配置し、まち側にはムクノキやイチョウ、モミジなどの落葉樹を配置し、季節感を演出した。
- ・ 既存のイメージを残しつつ、数年で現況に近いものとするが、最終的には 30 年後に「緑の区間」として安定した風景となることを目指した。



図-13 樹木成長の景観シミュレーション¹⁰⁾

③樹木を引き立てる施設配置

- ・ 上述の、入念な配慮に基づいて保全された樹木を引き立てるため、その他の施設も入念に検討されている。
- ・ 左岸緑地を通り抜ける歩道は、移植樹木群が有するリズムや微地形に即した自然な線形になるように、全ての移植が終わった後に線形を現地で確認し決定された（写真-12）。
- ・ 石積み護岸の法肩は高さ 1 m 前後の土手とし、透過性の高い防護柵を護岸から 1 m 程度セ

ットバックさせることで、水辺～護岸～緑地～樹木の連続性を阻害せず、かつ十分な安全性を確保した（写真-13）。



写真-12 木立の中を通る遊歩道。写真下は線形を決定している様子¹¹⁾。



写真-13 水辺～緑地の様子（左岸）¹¹⁾

3) 整備後の効果



写真-14 大甲橋からのぞむ緑の区間(2018. 8)



写真-15 緑陰が居心地のよい空間を形成¹¹⁾

整備後は、豊かな緑により形成された居心地の良い水辺緑地として住民等に日常的に利用されている（2015 年グッドデザイン賞を受賞）。また、緑の区間の利用を考える協議会が編成され、社会実験（ミズベリングイベント等）により、水辺空間の活用・管理方法が検討されている。

4) その他

(1) 整備箇所について

熊本県熊本市中央区水道町地先（右岸）、中央区新屋敷 1 丁目地先（左岸）、
延長約 600m（大甲橋～明午橋）、整備期間：2006～（2015 年一部竣工）

(2) 河道特性

セグメント 2-2 河床勾配：1/1,700 築堤（パラペット）・複断面河道
整備計画流量 2,000 (m³/s)

■より深く知りたい技術者のための参考図書等

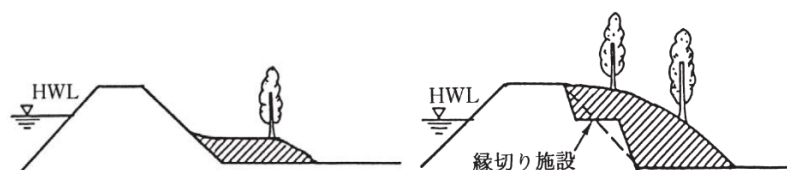
- (財)リバーフロント整備センター編集：河川における樹木管理の手引き、山海堂、1999
- 土木学会編：水辺の景観設計、技報堂出版、1988

■コラムー河道内において植樹できる場所

河道内において植樹ができる場所については、「河川区域内における樹木の伐採・植樹基準」（平成10年6月）において定められている。以下に抜粋を示す。なお、詳細については基準本文を参照されたい。

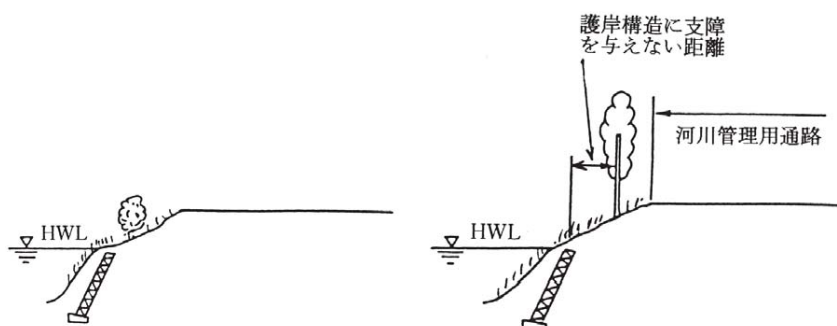
a) 築堤河道（基準第八、九）

堤防裏小段や側帯。縁切りなど堤防安全性に影響がないようにする。



b) 掘込河道（基準第七）

計画高水位より上で護岸に影響を与えない場所



c) 高水敷（基準第十、第十一）

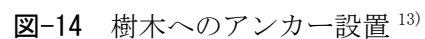
堤防法尻や低水路法肩からの距離、植樹間隔等が定められている。詳細は基準及び参考図書を参照のこと。

d) 植樹の特例（基準第十五）

下記に示す植樹で、数値解析、水理模型実験等により治水上問題とならないと認められるものについては、基準第三章植樹の規定に係わらず植樹することができる。

- 洪水の流勢の緩和等の治水上の必要性から行う植樹
- 生態系の保全、良好な景観形成等の環境上の必要性から行う植樹
- 親水施設等の安全対策として行う植樹

岐阜県糸貫川（北方町）では、水辺公園整備に際し、利用者にとって居心地の良い空間とするために、ベンチや樹木が設置された。植樹にあたっては、①平面二次元不定流解析による出水時の流況検討、②植樹の流出防止対策の検討、③植樹の管理計画の検討が行われた。①の解析結果から、植樹による水位のせき上げは生じえないこと、十分に活着した状態では樹木が流木化しないことが確認された。また、高流速が発生する領域を避けた植樹が計画された。②では、活着するまでの対策として、樹木にアンカーが設置された。③は適切な維持管理によって樹木の枯死や流木化を防止する、というものである。町と河川管理者の間で、上記３項目を盛り込んだ管理協定が結ばれた。



■参考文献

- 1) 北川明, 島谷幸宏, 小栗幸雄: 川辺の樹木に関するフィールドワーク, 第 33 回水理講演会論文集, 1989
- 2) (財)リバーフロント整備センター編集: 河川における樹木管理の手引き, 山海堂, 1999
- 3) 吉村伸一, 原田守啓, 崎谷浩一郎, 山田裕貴: 宮川堤の持続的景観保全 近世突出し堤の機能評価と堤防強化, 景観・デザイン研究講演集, 2015
- 4) 太田猛彦編著: 全国宮川サミット実行委員会「宮川環境読本ー真の循環型社会を求めて」, 東京農大出版会, 2001
- 5) 国土交通省中部地方整備局三重河川国道事務所ホームページ
宮川右岸堤防改修景観検討委員会
<http://www.cbr.mlit.go.jp/mie/river/conference/miyagawa/index.html>
宮川堤さくら通信
<http://www.cbr.mlit.go.jp/mie/river/conference/sakura/index.html>
宮川水系河川整備計画
<http://www.cbr.mlit.go.jp/mie/river/plan/process/miyagawa/index.html>
- 6) (財)リバーフロント整備センター編: 河川における樹木管理の手引きー河川区域内における樹木の伐採・植樹基準の解説, 1999
- 7) 星野裕司, 増山晃太, 小林一郎: 白川・緑の区間のデザイン, 景観・デザイン研究講演集, pp. 141-152, 2016
- 8) 星野裕司: 白川「緑の区間」、風景のとらえ方・つくり方九州実践編, 共立出版, pp. 140-147, 2008
- 9) 小林一郎, 星野裕司, 中島幸香, 松尾賢太郎: 白川「緑の区間」における景観デザイン方針の策定プロセスについて, 景観・デザイン研究講演集, pp. 225-228, 2006
- 10) 熊本河川国道事務所提供資料
- 11) 星野裕司氏提供資料
- 12) 原田守啓, 井上清敬, 桜井孝昭: 水辺をまちにひらく～糸貫川における水辺の拠点整備～土木技術資料, 2018
- 13) 原田守啓氏提供資料

7－1 Question

生態系ネットワーク(エコロジカルネットワーク／エコネット)とは何ですか。どう取り組むべきか教えて下さい。

■Question の意味と背景

生物多様性が保たれた国土を実現するためには、保全すべき自然環境や優れた自然条件を有している地域を核として、これらを有機的につなぐ取り組みが必要あり、中でも、川は、森林や農地、都市など連続した空間として結びつける、国土の生態系ネットワークの重要な基軸であり、流域の中にまとまった自然環境を保持している貴重な空間である。



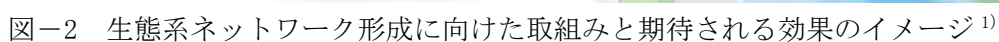
図－1 生態系ネットワークのイメージ¹⁾

■関連する Question

- Q7-2 河川横断施設などにより魚類の遡上・降下に影響を与える場合、どのように魚道などの対策を考えればよいか教えて下さい。
- Q7-3 生物の多様性を拡大するためには、河道内から堤内地にかけてどのような配慮を行うべきか教えて下さい。

生物多様性が保たれた国土を実現するために、保全すべき自然環境や優れた自然条件を有している地域を核として、これらを有機的につなぐ取り組みです。

生態系ネットワークとは、生物多様性が保たれた国土を実現するために、保全すべき自然環境や優れた自然条件を有している地域を核として、これらを有機的につなぐ取り組みである。生態系ネットワークの形成により、生物多様性の確保を図り、人と自然とのふれあいの場を提供することで、地域に社会面・経済面において様々な効果をもたらすことが期待される。流域の農家・NPO・企業・自治体などの賛同者が集まり、取り組みのシンボルとなる指標種や取り組みの目標を定め、互いに連携しながら継続的な活動を進めるものである。



■Answer の詳細

生態系ネットワークの考え方は、国間や国全体を単位として考える広域に及ぶネットワークが想定される場合もあれば、河川や流域を単位とした地域レベルでのネットワークを想定する場合もある。ここでは、河川やその周辺で実施される取組みに焦点を当て、河川や流域を単位とした生態系ネットワークについて説明する。

河川での取組みとして、魚道の設置、樋門などの改修(河川～農業用水路の生態系の連続性の回復)、ワンド・旧流路・河跡湖の保全・再生などがあげられるが、流域全体での生物多様性を保全・再生するためには、河川内での取組みだけでなく、水田や樹林や池沼など流域全体での取組みが必要であり、そのためには、河川管理者、自治体、農林漁業者、NPO、学校、企業など多様な主体の連携が重要となる。例えば、堤内地での、水田魚道の設置(農業用水路～水田の生態系の連続性の回復)、有機・減農薬による農作物の栽培(農地の生物多様性の向上)などがあげられる。

これらの取組みを持続的かつ効果的に進めるためには、経済的な価値が生まれるような工夫が重要であり、生態系ネットワーク形成の取組みを上手く経済の活性化につなげていくためには、行政関係者の他にも、農業、観光、商工などの多様な分野の人達との連携が重要となる。

1) 取組みを成功させるポイント 1～「指標種」となる生きものを選ぶ～

生態系ネットワークの形成に向けて様々な主体との連携を進める上では、地域の生態系の状況を表す特徴的な生きものを「指標種」として選定することが効果的である。指標種を選定することで、取組みの道筋や目指すべきゴールが関係者で共有しやすくなる。

生態系の広域的なつながりを示す指標種の例として、ハクチョウ類、ガン類、コウノトリ、トキなどの大型水鳥があげられる。また、流域における生態系のつながりや地域性を示す指標種の例として、イタセンパラ、ハリヨ、サケ、モクズガニ、ナゴヤサナエなどの水生動物類があげられる。

生態系の
広域的なつながり
を示す指標種

河川の流域から地方圏域、全国そして世界へと広域的に移動する鳥は、生態系ネットワークの連結性を示す良いシンボルになります。また、その中でも大型鳥類はよく目立ち、多くの人々に対して取組みの効果を実感してもらいやすい生きものと言えます。

例)
ハクチョウ類、ガン類、
ツル類、コウノトリ、
トキなどの大型水鳥

ハクチョウ類



オオハクチョウ



コハクチョウ

ガン類



マガン



ヒシクイ



シジュウカラガン

ツル類



ナベヅル



マナヅル



タンチョウ

コウノトリ・トキ



コウノトリ



トキ

流域における
生態系のつながりや
地域性を示す指標種

河川の上・中・下流や支川・水路・水田・池沼などの流域内の様々な水域のつながりや面的な広がりが、その生息域を支えている魚類や昆虫などがいます。これらの中には、地域の固有性や希少性、歴史・文化・生活とのかかわりなどが顕著な生きものもあり、地域における取組みの良いシンボルとなります。

例)
イタセンパラ、ハリ
ヨ、サケ、モクズガ
ニ、ナゴヤサナエな
どの水生動物類



イタセンパラ



ハリヨ



サケ



モクズガニ



ナゴヤサナエ

写真(コウノトリ以外)：(公財)日本生態系協会

図-3 指標種の例¹⁾

2) 取組みを成功させるポイント 2～多様な主体との連携体制の構築～

地域の生物多様性を保全・再生するためには、水田で生物多様性に配慮した農法に取り組んだり、樹林や池沼を保全・再生したりと、流域における取り組みが必要となる。流域全体のネットワーク化を進めるためには、河川管理者、自治体、農林漁業者、NPO、学校、企業など多様な主体の連携が重要である。

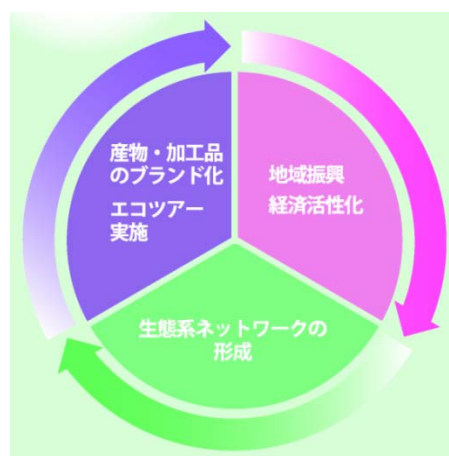


図ー4 多様な主体との連携のイメージ¹⁾

3) 取組みを成功させるポイント3～経済的な価値が生まれるような工夫～

生態系ネットワーク形成の取組みを持続的かつ効果的に進めるためには、経済的な価値が生まれるような工夫が重要である。全国では、指標種となる生きものの生息に配慮した農法で生産した農産物の販売や、エコツーリズムによる観光の促進につなげる展開が各地で始まっている。

生態系ネットワーク形成の取組みを上手く経済の活性化につなげていくためには、行政関係者の他にも、農業、観光、商工などの多様な分野の人達との連携が重要となる。



図ー5 生態系ネットワークの形成から経済的な価値が生まれるイメージ¹⁾

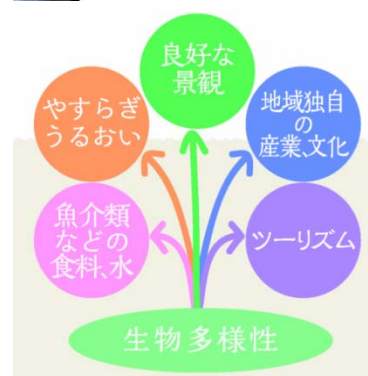
■より深く知りたい技術者のための参考図書等

- 石山 信雄，永山 滋也，岩瀬 晴夫，赤坂 卓美，中村 太士，河川生態系における水域ネットワーク再生手法の整理：日本における現状と課題，応用生態工学，2016，19 巻，2 号，p. 143-164

■コラムー 生物多様性は魅力・活力ある地域づくりの基盤

私たちの暮らしは、生物多様性を基盤とする生態系から得られる恵み（生態系サービス）に支えられている。川の生物多様性がもたらす恵みとしては、おいしい魚介類やきれいな水、釣り・川遊びを通じて得られるやすらぎ・うるおいなどが挙げられる。また、よしずの生産や鵜飼いのように、魅力と活力のある地域づくりに欠かせない地域独自の産業や文化も、川から生み出されてきた。

私たちが将来の世代にもわたってさまざまな恵みを得ていくことを可能としていくためには、その源となる生物多様性を維持・回復していくことが重要である。また、生物多様性を基盤とする地域固有の美しい風景やそれに基づく豊かな文化が引き継がれることで、地域への誇りや愛着の感情を呼び起こし、それが地域の個性となり、人を引きつけ、地域の活力、地域の自立につながると考えられる。



図ー6 生物多様性が地域づくりの基盤となるイメージ¹⁾

■参考事例 1—円山川流域（兵庫県豊岡市）¹⁾

コウノトリと人が共生する環境の再生を目指して

かつてコウノトリは日本各地で見られる鳥であったが、生息環境の悪化により数を減らし、1971年に日本の空から姿を消しました。国内最後の生息地であった兵庫県豊岡市では、「コウノトリ野生復帰推進連絡協議会」を通じて多様な主体が連携し、コウノトリの野生復帰に向けた取組みを進めている。

兵庫県と豊岡市は、連携して保護増殖や放鳥を実施しているほか、「コウノトリ育む農法」とよばれる無農薬・減農薬農法の普及に努めている。また、近畿地方整備局豊岡河川国道事務所では、コウノトリの採食地として活用される湿地の再生を行うなど、地域の取組みとも連携して河川を基軸とする生態系ネットワークの形成を進めている。

その後、千葉県野田市や福井県越前市、韓国でも同様の取組みが始まるなど、コウノトリの野生復帰の取組みの輪は、全国へ、そして世界へ広がっている。



コウノトリってどんな鳥？	
【体 長】	約 100 ～ 110 cm (両翼を広げると約 200 ～ 220 cm)
【体 重】	4 ～ 5 kg
【分 布】	ロシア極東地方や中国東北部などを主な繁殖地とし、中国の長江中流域、韓国、台湾、日本に渡って越冬します。現在では、極東地方に 2000 羽あまりしか生息していません。
【生息環境】	主に内陸の湿地（湿原、湖沼、河川、水田、遊水地など）
【行動範囲】	ねぐさの場所を中心とした半径 2 km の範囲
【ねぐさ】	高木など
【食 性】	肉食性で、ドジョウ、フナなどの魚類をはじめ、ヘビ、カエル、バッタなどの多様な動物を採食します。飼育下では、1羽が1日あたり約 500g の餌を食べます。



写真：豊岡市

水田で採食するコウノトリ。今では 100 羽を超える個体が野外で暮らしている。

浅く、広く掘り、湿地を再生

堤防



高水敷を浅く、広く掘削することにより、治水安全度の向上とあわせて、水生生物が豊富でコウノトリの採食地となる湿地を再生



河川～水路



水路～水田



写真：豊岡市

関係者が連携して、河川～水路～水田の連続性を確保し、生物の多様性を育んでいる



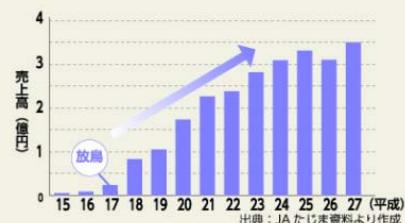
写真：豊岡市

コウノトリにあやかった関連商品も続々登場



写真：豊岡市 沖崎サンエー

「コウノトリ育むお米」は、コウノトリのように世界へ羽ばたこうとしている



出典：JA たじま資料より作成

「コウノトリ育むお米」の売上高の推移
放鳥開始から 10 年間で、2,200 万円から 3 億 5,000 万円に増加

■参考事例 2—木曽三川流域（岐阜県）¹⁾

氾濫原・湧水帯の生きものとの共生

木曽三川（木曽川、長良川、揖斐川）が流れる濃尾平野では、かつての豊かであった生物多様性を取り戻そうと、NPO などによってイタセンパラ・ハリヨといった淡水生物などの保全活動が流域で盛んに行われてきた。中部地方整備局木曽川上流河川事務所では、有識者や NPO、自治体、企業などの多様な主体とともに「木曽三川流域生態系ネットワーク推進協議会」を設立し、“様々な生きものと共生できる安全・安心な地域づくりや、生きものも育む農業を通じた地域の魅力向上”を共通目標として、河川内のワンド整備、堤内地でのピオトープや水田魚道の整備、生物多様性保全米の販売、民間企業や地元小中学校などによる普及啓発活動などの取組みを進めている。



氾濫原生態系ネットワーク
の指標種：イタセンパラ



湧水帯の指標種：ハリヨ



木曽三川流域生態系ネットワークが目指す将来像イメージ



水田 - 水路間の魚類の移動を
目指して設置された水田魚道



田園地帯でのイタセンパラの再生
を見据えたブランド米の取組み

■参考文献

- 1) 国土交通省 水管理・国土保全局 河川環境課：川からはじまる川から広がる 魅力ある地域づくり 河川を基軸とした生態系ネットワークの形成, 2017
- 2) 国土交通省 河川局 河川環境課：人と自然との美しい共生 エコロジカル・ネットワーク, 2004

7-2 Question

河川横断施設などにより魚類の遡上・降下に影響を与える場合、どのように魚道などの対策を考えればよいか教えて下さい。

■Question の意味と背景

河川に生息する生物の多くは、各々の生活史の中で必要となる最適な空間を利用するため河川や周辺水域の間が移動できることが重要である。その中でも河川と海域の双方を利用する回遊性魚類においては、河川の上下流における移動環境が堰などにより分断されることで、産卵や生育の機会が失われ、その種の河川の集団を維持することが困難となる場合もある。回遊魚だけでなく、一生を淡水域で生活する純淡水魚においても、河川の上下流方向の分断による影響が懸念されるときは、魚道などの対策を検討する必要がある。

平成3年度に開始した「魚がのぼりやすい川づくり推進モデル事業」では、指定された19河川における魚類の遡上・降下環境の改善対策が行われてきた。本モデル事業を通じ、魚道の検討・設置に関する課題について、河川工学・生物学双方の専門家を交えた議論がなされており、その成果は「魚がのぼりやすい川づくりの手引き（平成17年3月・河川局）」として取りまとめられている。一方で、どのような対策が効果的であるのかについては、魚類の移動環境を分断させる構造物の特性だけでなく、河道特性、対象魚の遊泳行動などを踏まえた総合的な検討が必要である。

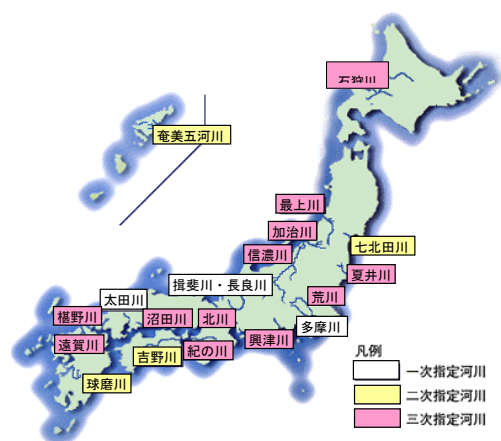


図-1 魚ののぼりやすい川づくり推進モデル事業指定河川¹⁾

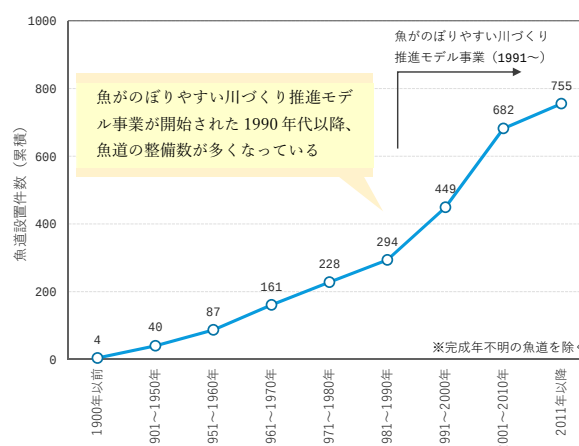


図-2 直轄区間内魚道整備数の推移

■関連する Question

- Q7-1 生態系ネットワーク（エコロジカルネットワーク／エコネット）とは何ですか。どう取り組むべきか教えて下さい。

Answer

河川や堰堤の特性、魚の特性双方の情報を踏まえ、移動環境を効果的・効率的に改善する方法について、魚道およびその他の方法について総合的に考えていく必要があります。

■ Answer の概要と基本的考え方

河川にすむ魚類には、その生活史において河川や周辺水域を移動するものが多い。産卵場へ向かう、生息場へ向かう、危険から逃れる、洪水時に下流へながされた後にもとの場所へ戻る等、移動は様々な目的をもって行われ、移動範囲も様々である。このように、魚類は様々な形で移動することを認識し、河川内に設置されている床止め、砂防えん堤や堰などの河川横断施設が魚類の移動の障害となる、或いは、障害となる恐れがある場合は、その影響を効果的、効率的に改善するための対策の一つである魚道について、その必要性を十分に検討する必要がある。

魚道も含めどのような対策がより効果的であるかについては、対象とする魚種だけでなく、堰堤の位置や種別、規模や管理体制などにより様々である。多くの魚道は、設置後も継続的に良好な状態に保つため、少なからず設置後の維持管理が必要である。堰堤運用方法の工夫や部分的改修など、簡易な対策で魚の移動環境が確保できる場合もあるし、降雨時などに一時的に移動できれば良い場合もある。どのような時期にどの程度の移動環境を確保する必要があるのか、利用すべき・するであろう魚類の生活史や遊泳形態と合わせながら、総合的に魚の移動環境を考えていく必要がある。

		← 下流域	上流域 →		
工作物の種類		潮止め堰	農業用取水堰、床止め	ダム	砂防堰堤
河川の流れ		穏やか	緩やか～やや急	やや急～急	急
設計対象魚種例		アユ、ウナギ、カジカの稚魚 サケ類の成魚	アユ、マス類、カジカなど成魚・稚魚双方含む。魚種は遊泳能力や大きさに絞込む場合が多い	アユ、マス類、溪流魚など	溪流魚
魚道の特徴	総落差	低	低～中	中～高	高
	水位変動	中	施設による	大	
	管理	可	可、困難	可	困難
	流入土砂		多		多
	留意事項	集魚対策 対象魚の遊泳能力が幅広い	土砂堆積、河道流路変動による魚道の干上がり、河床低下による高落差、維持管理、魚道流量の確保	湛水域の水位変動、高落差、設置場所の制約、降下対策、魚道の破損、河床低下	魚道内土砂堆積、土石による破損、魚道の干上がり、高落差、維持管理困難

図-3 魚道設計時の配慮事項の例

■Answer の詳細

1) 魚道の設計にあたってのポイント

(1) 「川を知る」、「魚を知る」

河川は絶えずその姿が変動するという特性を有しているため、河川の縦横断形、流量、滞筋などの変遷をもとに将来の変化を可能な範囲で予測する（図－1.1）。

魚の生活は変化に富んでおり、当該河川における魚の生態や生活史の他、分布・遡上範囲などについて、学識者経験者等の意見を必要に応じて聞くなど可能な範囲で把握する。

当該河川の状況、生息する魚を把握した上で、これらを魚道の設計に反映させる。



図-4 滞筋の変化の例
滞筋の変化により、床固工（円内）上下流の砂州形状が変動している。

(2) 多種多様な魚類への対応

「魚ののぼりやすい川づくりの手引き（平成17年3月 国土交通省河川局）」において、魚道は当該魚道を利用する（可能性も含む）全魚種を対象として設計することと記載されている。

遊泳力が異なる小型魚から大型魚、稚魚から成魚、遊泳形態の異なる遊泳魚や底生魚、魚類の他にカニ等、対象河川に生息する多種多様な魚類等を対象とする。

(3) 魚道入口部（下流側）における河床変動への対応

河川横断施設下流は河床低下が生じやすいため、魚道入口部を現況河床高をもとに設定した場合、将来河床低下により魚道入口と河床との間に大きな落差が生じ、魚が魚道内に進入できない状況が生じる。

このため、魚道入口部は、将来的な河床変動を踏まえて適切に設計する必要がある。

(4) 魚道入口への誘導

魚は流れに向かって遡上しようとする習性（向流性）があるので、強い流れの近くに魚が多く見られる。魚道からの流れが周囲より卓越し、集魚場所に向けての流れを形成させるように配慮すれば魚類を魚道へ誘導しやすいが、河道幅が広く滞筋が多数形成されていたり、魚道以外から強い流れが生じていたりした場合、魚道へ誘導が困難となる。

このため、魚道へ遡上魚を誘導するためには、魚類の遡上経路を把握するだけでなく、設置場所の河道や河川横断施設の特性を踏まえて工夫を行う。

(5) 水位変動への対応

魚道入口、出口の水位の変動は、魚道の設計にとって重要な要素であるので、水位変動の状況を把握する。特に、取水を目的とした河川横断施設や河口堰に設置する場合は、施設の操作・運用条件を把握しておく必要がある。

また、魚道出口の水位変動が大きい場合は、流量調節装置等の付帯施設を検討する。

(6) 魚道内流量の設定

取水を目的とした河川横断施設に魚道を設置する場合は、取水量と河川の流況の関係から、取水期間中において取水機能に支障をきたさないように、関係者の理解を得つつ、魚道流量を設定する必要がある。特に、魚道流量を多く必要とする形式や呼び水水路を併用する場合は十分に配慮する必要がある。

(7) 維持管理面の考慮

魚道内への土砂や礫の流入により、魚道内の流れに乱れ等が生じ、魚道機能が低下したり、魚道入口部が土砂堆積により閉塞され魚類の遡上に影響を及ぼす場合があるため、土砂の移動が大きい場所では土砂堆積の傾向を把握し、堆積しにくい位置に魚道を設置したり、魚道内への土砂の流入対策を施す。

現在の技術では完全に維持管理が不要な魚道の設計は困難であり、定期的な堆積土砂、流木

及びゴミ等の撤去が必要である。このため、設計にあたっては、維持管理面の予測される負担をなるべく軽減できるよう考慮する必要がある。



写真：土木研究所

図-5 魚道に流入した土砂

2) 既設魚道の機能評価

(1) 現地踏査による評価

既設魚道がある場合、魚道本体だけでなく、下流側の滞筋から魚道の上流側までの連続性が確保されているか、総合的に判断する必要がある。その際、魚道形式や対象とする魚種によって、満たすべき項目が異なるので留意する。全般的な留意事項を以下に示す。

表-1 魚道の点検項目

No.	区分	見るべきポイント	確認時の視点	確認項目
1	魚道下流	滞筋から魚道までの連続性	滞筋から魚道下流まで流水は連続しているか？	連続の程度 (流水の量、幅、水深など)
2	魚道 下流側(入口)	土砂やゴミの堆積、植生の繁茂	魚道下流側(入口)は閉塞していないか？ 水深は小さくなっていないか？	土砂やゴミの堆積、植生の繁茂の程度
3		水深	魚道直下の水深は小さすぎないか？	魚道直下の水深 (cm)
4		魚道直下の水面と魚道内の水位差	魚道直下の水面と魚道内の水位差は大きすぎないか？	魚道流出口の水位差 (cm)
5	魚道内	土砂やゴミの堆積、植生の繁茂	魚道内は閉塞していないか？ 水深は小さくなっていないか？	土砂やゴミの堆積、植生の繁茂の程度
6		水位差	隔壁間の水位差は大きすぎないか？	隔壁間最大水位差 (cm)
7		プール内水深	プール内水深は小さすぎないか？	プール内水深 (cm)
8		越流水深	越流水深は小さすぎないか？	越流水深 (cm)
9		隔壁部の剥離※1	越流部で流水が剥離していないか(空洞がないか)？	空洞の形成状況
10		気泡	気泡は多すぎないか？	プール内の気泡の程度
11		セイシュ	セイシュは発生していないか？	セイシュの程度
12	魚道 上流側(出口)	水位差	魚道上流側(出口)の水位差は大きすぎないか？	魚道流入口の水位差 (cm)
13		土砂やゴミの堆積、植生の繁茂	魚道上流側(出口)は閉塞していないか？ 水深は小さくなっていないか？	土砂やゴミの堆積、植生の繁茂の程度
14	その他	魚道以外からの越流部直下(水叩きなど)	魚道以外から越流している場合、越流部直下には水深は確保されているか？	魚道以外からの越流部直下の水深 (cm)
15		魚道周辺での鳥類の存在	魚道直下に滞留もしくは魚道を遡上している魚類等を狙ってサギ類やカワウなどが魚道周辺に存在していないか？	鳥類の存在とその位置
16		その他気づいた点		



図-6 プールタイプ魚道の機能評価 (イメージ)

■参考事例 1—落差を解消するために、河床の石を組み合わせ、既設魚道の隣に扇形魚道を設置した事例

課題：魚道が破損しているほか、魚道に水が流れていないため、魚の遡上を阻害していた。

原因：魚道の老朽化による破損、上流部への土砂等の堆積により魚道の通水が無くなっていた。

対策：既設魚道（階段式）の隣に現地の河床の石材を組み合わせた扇形の魚道を設置し、床止めの落差を解消した。

その他：改良に際して、地元漁業協同組合と協力するとともに、魚道専門家から意見聴取し、改良に反映した。既設魚道は撤去せず存置している。



羽根川水系羽根川 高知室戸事務所の落差解消事例

■参考文献

- 1) 国土交通省河川局:魚ののぼりやすい川づくりの手引き,2005
- 2) 和田吉弘著, (財) ダム水源地環境整備センター編:魚道見聞録
- 3) ダム水源地環境整備センター:最新魚道の設計,1998
- 4) 山口県土木建築課河川課:水辺の小わざ, (有) フロムワン

7－3 Question

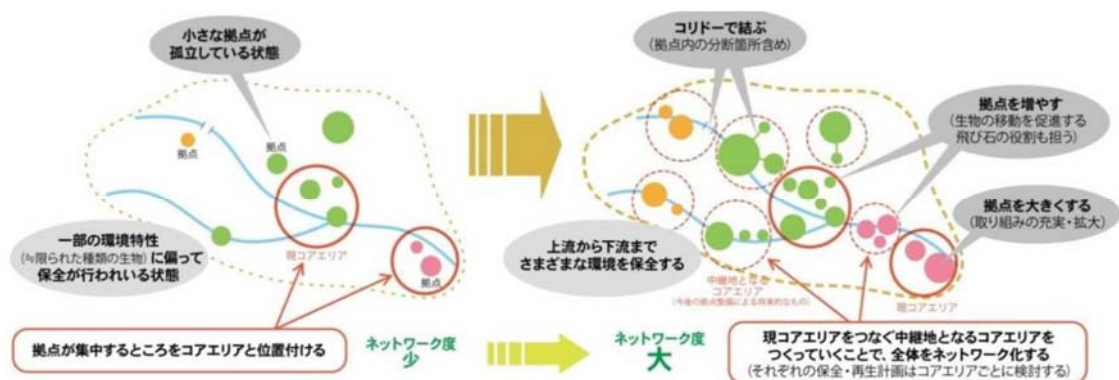
生物の多様性を拡大するためには、河道内から堤内地にかけてどのような配慮を行うべきか教えて下さい。

■Question の意味と背景

生物生息場の拠点（コアエリア）を生態的回廊（コリドー）で連結し、生物の多様性の保全を図る生態系ネットワークが全国で実施されている。

河道内においては、水生生物等の河川縦断方向の移動に支障となる横断工作物（堰や落差工等）への魚道整備はある程度進められているが、生物多様性の保全をさらに拡大するためには、河道内から堤内地にかけての河川横断方向の生態系ネットワークを形成することが必要となる。

そのためには、堤外（水域～河岸・高水敷）及び堤内（農地、山林等）のそれぞれでの場での取り組みや両者をつなぐための取り組みが必要である。これらの具体的内容を理解するため、堤外の湿地環境や農地・山林等における生物の生息環境の創出、樋門・樋管等の堤外水路から堤内の氾濫原的環境（水田、湿地、池沼等）までの連続性の確保などの代表的事例を紹介する。



図一1 生態系ネットワークのイメージ¹⁾

■関連する Question

- Q5-2 高水敷掘削の掘削高さを設定する際の留意点を教えて下さい。
- Q7-1 生態系ネットワーク（エコロジカルネットワーク／エコネット）とは何ですか。どう取り組むべきか教えて下さい。

Answer

河道掘削にあわせた湿地環境の創出や樋門・樋管に接続している水路の改良等のほか、堤内の湿地や森林等とのネットワーク化など流域と一体となった環境整備が必要です。

■ Answer の概要と基本的考え方

生物の多様性を拡大するために河道内から堤内地にかけて流域と一体となった環境整備を行った代表的な事例としては、以下の例がある。

なお、堤内地の整備等は、河川区域外の農地や山林での取り組みとなるため、関係機関や地域住民との連携が重要である。（Q 7－1 「取り組みを成功させるポイント2」参照）

- ①治水事業や自然再生事業等による堤外の河道掘削によって浅場、ワンド、たまり等を整備するとともに、堤内の農地や湿地環境、山林等の環境整備によって河道内とのネットワーク化を図り、水生生物や鳥類等の生息環境を拡大



堤外地での大規模湿地の再生



水田で採食するコウノトリ

図一2 河道内と堤内地とのネットワーク化の例²⁾

- ②樋門・樋管の堤外水路の多自然水路への改築、樋管吐口部の段差や樋管に接続している排水路と水田の用水路間の段差への魚道設置による水生生物の移動経路の確保



多自然水路への改築



簡易魚道の設置

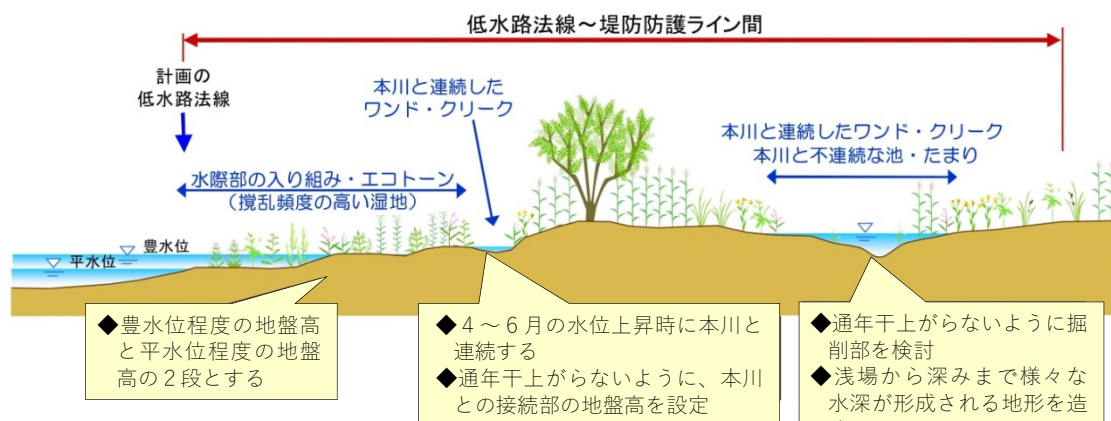
図一3 樋門・樋管等の連続性確保の例¹⁾

■Answer の詳細

河道内から堤内地にかけての流域と一体となった環境整備（河川横断方向の生態系ネットワークの形成）として行われている堤外（水域～河岸・高水敷）、堤内（農地、山林等）及び両者をつなぐための具体的な取り組み内容は以下のとおりである。

1）堤外での取り組み

治水を目的として実施する河川改修工事（河道掘削等）や自然再生等において、高水敷の切り下げや河岸の緩勾配掘削等によって浅場、ワンド、たまり等を整備し、水生生物の生息場や産卵場、小動物や鳥類等の多様な生物の餌場、隠れ場等となる湿地環境を創出する。



図一4 江戸川における河道掘削の基本方針³⁾

2）堤内での取り組み

(1) 農地における生物の生息環境整備

鳥類等が生息するためには、河道内から堤内地にかけての広いエリアに様々な生物が生息する浅水域や湿地が必要である。また、魚類等の水生生物においても堤内の水田等の湿地環境は重要であり、これらの環境の保全や再生、拡大に向けて、堤内の農業用排水路の多自然水路化や段差の改良による水生生物の生息場の確保、移動経路の確保、休耕田の復活、荒廃農地を利用したビオトープ整備、水田の冬期湛水による生物の生息環境の確保などに取り組むことが必要である。

利根運河周辺エリアでは、コウノトリを指標とした生態系ネットワークの形成に向け、「コウノトリ等のさまざまな生物のための定着地づくり」、「人と自然が共生できる取り組みを推進するための人・地域づくり」を柱とした河道内や堤内地を含めた流域一体での様々なプログラムが進められており、農地における生物の生息環境整備もその一環として推進されている。



野田市の冬季湛水水田³⁾



休耕田復活プロジェクト in 流山

図一5 農地における生物の生息環境整備の事例（利根運河周辺エリア）

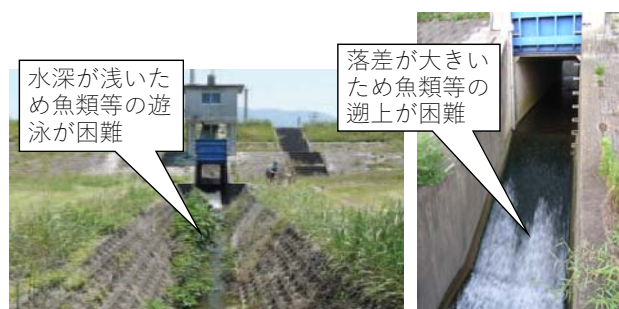
(2) 山林等における鳥類の営巣・ねぐら等環境の創出

鳥類等の営巣やねぐらとなる環境を保全・創出するため、河川の周辺に生育している巨樹、巨木の保全・育成や人工巣塔の整備、多様な環境を有する里山の創出や里山林の分断化の回避、里山に生息する希少動植物の保全を促進する取り組みが必要である。

3) 堤内と堤外をつなぐ取り組み

堰や落差工等の横断工作物への魚道の設置が進み、水生生物の河川縦断方向の移動経路が確保されつつある一方で、河川と堤内地の横断的な移動経路（樋門・樋管、堤外・堤内水路等）の分断が課題となっている。

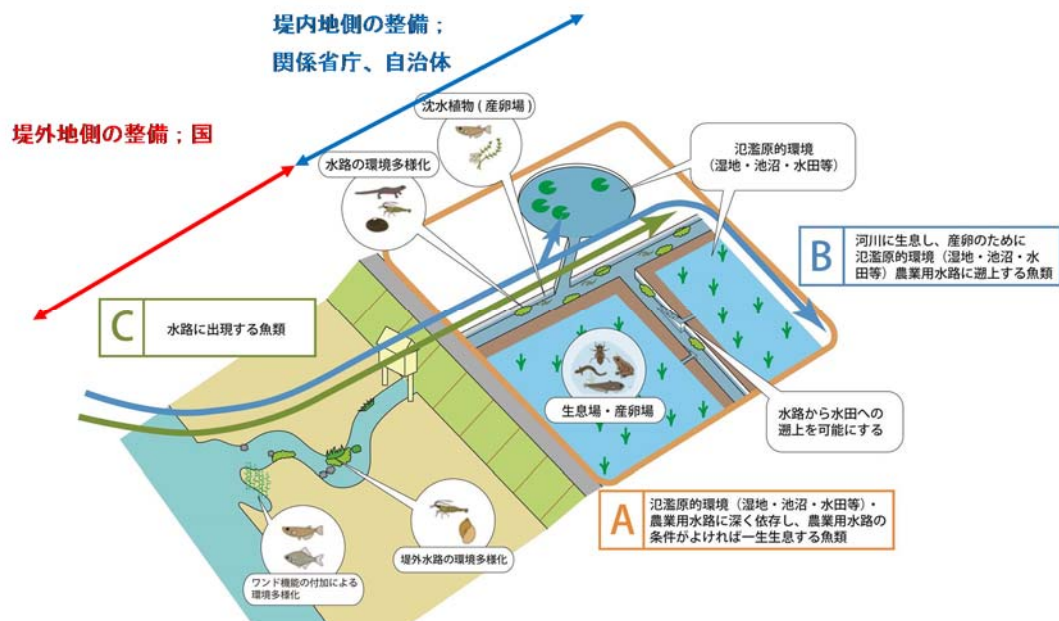
このため、河川と堤内水路の連続性の回復、水生生物の生息・生育場や産卵場としての堤外水路の機能回復、氾濫原的環境（湿地・池沼・水田等）との連続性の回復等が必要である。



図一6 河川と堤内地の横断的な移動経路の連続性が失われている例

■参考事例 1— 遠賀川水系エコロジカルネットワーク再生事業

遠賀川では、平成 21 年度より「遠賀川水系エコロジカルネットワーク再生事業」を開始し、樋門・樋管及びこれに接続する水路等の改良やモニタリング調査などを実施しており、魚類の生息域の拡大などの成果が確認されている。



図—9 河川とその周辺の横断的連続性の再生の概念図¹⁾

同事業で実施されている主な配慮事項は以下のとおりです。

① 樋管吐口部の改良

樋管から堤内水路へ魚類等の移動が可能となるよう、堤外側の吐口部の斜路に階段状の魚道を設置する。(図—10)

② 堤外水路の改良

堤外水路をワンドとして機能させ、緩やかな流れを好むメダカやタナゴ類、稚魚等の生育場や避難場となるよう、水路を本川の平水位程度以下に掘り下げる。

また、多様な水深を確保するとともに、石材等を配置して水生生物の隠れ場を創出する。(図—11)

③ 簡易魚道の設置

樋管に接続している堤内の排水路と水田の用水路間の魚類等の移動が可能となるよう、簡易魚道を設置する。(図—12)



図一10 樋管の吐口部の改良

図一11 堤外水路の改良

図一12 簡易魚道の設置

■コラムー 農地における生物の生息環境整備

利根運河周辺エリアでは、コウノトリの餌となる様々な生物が生息する湿地環境の保全・再生に向け、農林水産省、地元自治体、農業関係者、土地所有者、教育機関、民間企業、市民団体等との連携により、農地における生物の生息環境整備の取り組みが計画・推進されている。

1) 生物多様性に配慮した水稻の栽培面積の拡大

- ・生物多様性に配慮した農業の推進に向けた農業関係者への既存の支援・認定制度の紹介
新たな支援・認定制度の検討
- ・簡易退避池の設置や中干しの延期、簡易素材を用いた農地の連続性の確保等、慣行農業でも実施できる生物多様性に配慮した農法の普及啓発
- ・総合的な学習の時間を活用した環境にやさしい米づくり体験や生物調査の実施

2) 生物の多様性を高める生息環境の整備

- ・水田と水路に生じる落差の解消（水路の堰上げや魚道、スロープ等の設置）
- ・コンクリート水路の部分撤去等による水路内の環境改善、エコトーンの再生
- ・年間を通じて湛水する田内水路や簡易な退避池の設置による中干し期間中の生物の避難場所や越冬場所の創出



図ー7 コンクリート水路撤去の事例⁴⁾

3) 荒廃農地の有効活用

- ・近隣の教育機関（環境教育）や企業等（CSR、社員研修）と連携した荒廃農地でのビオトープづくり、外来植物の駆除
- ・荒廃農地周辺の用水路の堰上げによる湿地環境の創出

4) 冬期の生き物の生息環境の確保

- ・湧水や雨水等の活用、地下水や排水路等のポンプアップによる水田の冬期湛水
- ・環境用水の確保及び導入の検討



図一8 休耕田沿いの湧水を活用した水路³⁾

■参考文献

- 1) 遠賀川流域生態系ネットワーク検討委員会：遠賀川流域における生態系ネットワーク形成の促進に向けて(案), 2017
- 2) 国土交通省水管理・国土保全局河川環境課：川からはじまる川から広がる魅力ある地域づくり 河川を基軸とした生態系ネットワークの形成, 2017
- 3) コウノトリの舞う地域づくり連絡協議会（江戸川・利根川・利根運河地域）：コウノトリ等の多様な生物と共生する地域づくりのための行動計画
- 4) 身近な水域における魚類等の生息環境改善のための事業連携方策調査委員会：身近な水域における魚類等の生息環境改善のための事業連携方策の手引き、2004

8－1 Question

伐採した樹木の再繁茂を抑制するには、どのような方法があるか教えてください。

■Question の意味と背景

河道内における樹林域は、現在全国の河川で進行している。この河道内樹林は、河積阻害、出水時の流木の原因となっている¹⁾。また、このような治水安全性に関わる課題だけでなく、河原固有の生物種減少の原因となるなど、河川の生態系を保全する上でも課題となっている。

河川管理の現場では、河道内樹林を治水上の影響要因として捉え、維持管理による定期的な樹木伐採等の措置が実施されてきた。しかし、伐採のみの対応では、数年後には萌芽等により樹木が再繁茂することが確認されている。

そこで、河道内における伐採後の樹木に対して、再繁茂を抑制する手法が検討されている。

なお、河道掘削後の再樹林化抑制については、別途検討が必要である。



写真－1 伐採後に再繁茂したハリエンジュ

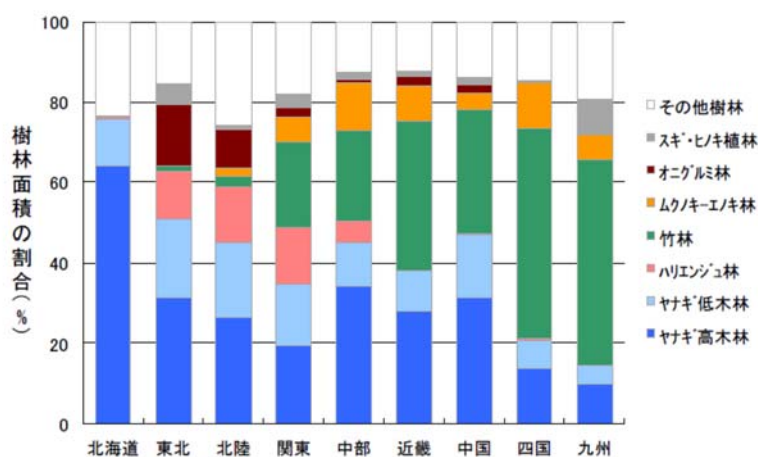
Answer

対策対象種の再繁茂の特性を考慮して手法を選定します。

■ Answer の概要と基本的考え方

全国的に河道内樹木の占優面積が大きいのは、ヤナギ類（ヤナギ高木林、ヤナギ低木林）、ハリエンジュ、タケ・ササ類（マダケ林、メダケ林；河道管理の取り扱いから樹木として扱う）の３種類である。北に行くほどヤナギ類が多く、南に行くほどタケ・ササ類が多くなるなど、地域によって分布割合の差が見られるが、この３種類で河道内樹木の約 60～70%を占めている²⁾（図－1）。

樹木伐採後の再繁茂を抑制するには、それぞれの樹種の再繁茂の特性を把握した上で行うことが重要である（表－1）。例えば、ヤナギ類を伐採する際には、枝を払い落として河道外へ持ち出すが、この際に枝払いした枝がその場に残っていると再繁茂の原因となってしまう恐れがある。また、ヤナギ類は根からの再繁茂を行わないので、除根を行うなど過剰な対策にならないように注意することが必要である。各樹種の再繁茂特性を踏まえて、再繁茂の抑制効果を持続させることが対策の基本的な考え方となる。



図－1 河道内樹林面積の構成割合²⁾

表－1 主要3種の再繁茂特性の違い³⁾

表中「○」は「強い」、「×」は「ほとんど無いか全く無い」を表す。

再繁茂の特性	ヤナギ類	ハリエンジュ	タケ・ササ類
枝からの再生	○	×	×
株(幹)からの再生	○	○	×
根(地下茎)からの再生	×	○	○

■Answerの詳細

1) 再繁茂の抑制手法の種類

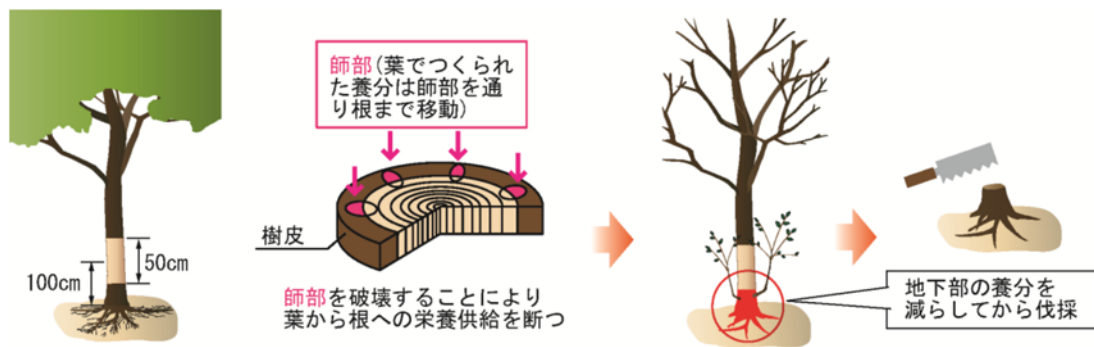
再繁茂の抑制手法には、伐採に加えて次の手法（除根、環状剥皮、天地返し、土砂掘削）が挙げられる²⁾。

(1) 除根

樹木の伐採後に、伐採株およびその根を重機等により取り除く。特に、根からの萌芽が問題となるハリエンジュ、タケ・ササ類に対して有効な方法である。ただし、土壌中に残った根から萌芽するため、再繁茂を抑制するためには土壌中の根を可能な限り除去する必要がある。

(2) 環状剥皮

環状剥皮とは、樹皮を通る師部（葉でつくられた養分は師部を伝って根まで移動する）を、樹皮を剥ぐことで破壊し、葉から根への栄養供給を断つ手法である（図－2）。この手法は「巻き枯らし」とも呼ばれる。環状剥皮により、葉から根への栄養供給が断たれると、根における栄養の貯蔵が減少し枯死に至ると考えられる。枯死後の個体を伐採することで、伐採後の萌芽対策が不要になる。ただし、環状剥皮により枯死に至らしめるには、処置後に一定の期間が必要とされる。ヤナギ類の場合、成長期（＝夏季）を挟むことが望ましい。また、ハリエンジュに処置した場合、単年で枯死することはまれであり、処置後数年間にわたり萌芽の伐採が必要となる⁴⁾。



図ー2 環状剥皮のイメージ²⁾

(3) 天地返し

伐採および除根後に、地下茎を含む土壌の層を、さらにその下の土壌の層と入れ替える方法である。地下茎が多く存在する上層土を下の深い位置に移し、光の到達を抑制することで、伐採木の地下茎からの萌芽の発生を抑制する。特に地下茎からの萌芽が問題となるタケ・ササ類に有効な方法である。

(4) 土砂掘削

土砂掘削は、土壌中の根茎・地下茎等を土壌ごと掘削し除去する方法である。

2) 再繁茂の抑制手法の効果と課題

全国的に河道内樹木として占有面積の大きいヤナギ類、ハリエンジュ、タケ・ササ類について、再繁茂抑制の効果と課題を以下に挙げる。

表－2 再繁茂抑制手法の効果：ヤナギ類（文献 2）を改変）

手法		効果	注意点
0	伐採	（2 年程度で高木（4m）に成長する。）	—
1	環状剥皮 （胸高付近を剥皮） → 伐採	伐採株からの萌芽再生に抑制効果があった。	表皮を剥ぐことで形成層を切断し、個体を枯死させる方法である。山地のオニグルミ等を枯らす場合によく用いられる。ただし、枯死に至るには 9 ヶ月程度必要との実験報告がある。
2	伐採 → 環状剥皮 （伐採株）	伐採株からの萌芽再生は完全に抑制できた。	幹にある節の部分（成長点）に光を与えないことで、萌芽を抑制する方法である。多くの河川で実践されている。
3	伐採 → 覆土	伐採株からの萌芽再生は完全に抑制できた。	2. と同様に成長点に光を与えないことで、萌芽を抑制する方法である。実施河川は多くない。
4	伐採 → 定期伐採	年に 2 回（8・12 月）枝打ちを行えば、翌年の萌芽再生を抑制できた。	成長点から萌芽した枝を伐採することを繰り返すことで、再繁茂を妨げる。個体によるが、1 年～2 年で年 1～2 回行うことで効果的に枯死させることができる。
5	伐採 → 除根	伐採株からの萌芽再生はない。	—

【その他のポイント：枝打ちの処理】

伐採株以外にも樹木を枝打ちした際に、その伐られた枝が周辺に残ることで再繁茂を促進している例が多い。この解決のためには、伐採後に巡視を行って再度の抜き取り（1～2 年内であれば手での抜き取りが可能）を行うように維持管理を見越した計画を立てるか、伐採前に表中” 1 ”の手法で残枝からの再生を無くしてから伐採を行うと良い。

表－3 再繁茂抑制手法の効果：ハリエンジュ（文献 2）を改変）

手法	効果	注意点
0 伐採	（3 年程度で高木（4m）に成長する。）	—
1 環状剥皮 → 伐採	伐採株からの萌芽再生に抑制効果があった。	表皮を剥ぐことで形成層を切断し、個体を枯死させる方法である。
2 伐採 → 定期伐採	年 1 回の再伐採により、萌芽再生量が減少した。	現存しているハリエンジュが立木や小群落であれば、地下部のバイオマスが小さいため、伐採のみで再繁茂が抑えられる例もある。ただし、伐採だけで枯死させることは困難とも言われており ⁵⁾ 、効果が限定的と考えられる。
3 伐採 → 除根	伐採株からの萌芽再生はない。	伐採株だけでなく地下茎を取り除くことが必要である。また、根が礫に埋もれているため、十分に礫を取り除くことができない場合が多いことから、土砂の掘削などの対策を行う必要があることも考えておかなければならない。

表－4 再繁茂抑制手法の効果：タケ・ササ類（文献 2）を改変）

手法	効果	注意点
0 伐採	（2 年程度で 5m 程度に成長する。）	—
1 伐採 → 定期伐採	年 1 回の再伐採により、萌芽再生量の減少傾向があった。	3 年から 5 年の刈り取りで、地下茎のバイオマスが減り、枯死に至ったケースがある。通年で続けることが必要だが、除根の処分費を鑑みると有効な対策と考えられる。
2 伐採 → 除根	萌芽再生に抑制効果があった。	ハリエンジュと同様に、地下茎から再繁茂するため、土砂の掘削などにより十分な対策を行う必要があることも考えておかなければならない。

3) 薬剤使用について

河道内樹林への対策には、特にハリエンジュに対して、切株への除草剤の塗布の事例がある。ここで使用されたのは、グリホサートカリウム塩を有効成分とする除草剤（ラウンドアップ等）であった。

ただし、除草剤の使用については、「農薬の使用に関する河川の維持管理について（平成 2 年 3 月 19 日事務連絡）」によって、上水道取水口より上流区域は原則として使用を取りやめるとされていることから、管理の現場で使用するには検討が必要となる。

4) モニタリングについて

再繁茂抑制手法を紹介したが、これらは事例数が少なく知見はまだ十分ではないと考えられる。ここで紹介した手法を各河川に適用した場合、気候や河床材料等の違いにより、得られる結果も異なることが想定される。

対策の効果を把握するためには、期待した結果に対し、どのような結果が得られたかを記録し、より多くの事例を積み重ねることが重要となる。伐採後は、モニタリングを行い、必要に応じて対策の見直しを行うことも考えるべきである。

5) コストについて

限られた予算内で河川の維持管理を効率的に行うためには、伐採効果を持続させ再繁茂までの期間を長くすることにより、将来の樹林管理の頻度を減らすことが重要である。このためにも、伐採以外の対策を含めて、再樹林化を防ぐための必要な時間と予算を計画しておく必要がある。

■より深く知りたい技術者のための参考図書等

- (独)土木研究所：河道内樹木の萌芽再生抑制方法事例集、土木研究所資料、第 4253 号、2013.
- 外来種影響・対策研究会監修：河川における外来種対策の考え方とその事例(改訂版)、(財)リバーフロント整備研究センター、2011
- 崎尾均、山本福壽（編）：水辺林の生態学、東京大学出版会、2002.
- 崎尾均（編）：ニセアカシアの生態学、文一総合出版、2009.

■参考文献

- 1) 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 第 16 巻 241-246, 2010.
- 2) 土木学会水工学委員会編：環境水理学. 公益社団法人土木学会, 2015.
- 3) 崎尾均, 川西基博, 比嘉基紀, 崎尾萌：巻き枯らしによるハリエンジュの管理, 日本緑化工学会誌 40 : 446-450, 2015.
- 4) 星野義延：多摩川におけるニセアカシア林の構造と防除対策, 「ニセアカシアの生態学」(崎尾均編), pp271-285, 文一総合出版, 2009.
- 5) 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, 第 18 巻, pp. 59~64, 2012
- 6) 伊木千絵美, 矢部浩規, 中津川誠：樹皮剥皮による河道内樹林管理手法の提案, 北海道開発土木研究所月報, No. 622 号, pp. 39~44, 2005
- 7) 丹野幸太, 前田諭：ハリエンジュの萌芽抑制の試験施工とその効果分析, リバーフロント研究所報告, 第 19 号, pp. 104~111, 2008

8－2 Question

外来植物の除去において、どのように目標設定をすべきか教えてください。

■Question の意味と背景

外来種とは、過去あるいは現在の自然分布域外に導入（人為によって直接的・間接的に自然分布域外に移動させること）された種であり、これらのうち特にその地域の本来の自然環境への影響が甚大で、導入もしくは拡散が生物多様性を脅かすものを侵略的外来種という。

河川においては特に外来植物への対策が多く実施されている。侵略的外来植物が河川に侵入すると、在来植物のみならずこれを利用する在来種（昆虫や哺乳類など）の減少や絶滅など、河川の生物多様性を低下させる場合がある。また、シナダレスズメガヤによる土砂の捕捉やハリエンジュによる急速な樹林化の進行のように、治水への影響を与えるおそれもある。これらの対策については、侵略的外来植物を河川に侵入させないことが最も有効であるが、すでに侵入してしまった河川の多くは広範囲で分布域が拡大しているため対策には多大な労力が必要となる。このような場合に、限られたコストや時間の中で効率的・効果的に侵略的外来植物を除去していくために、どのように目標設定をすべきかについては不明瞭である。

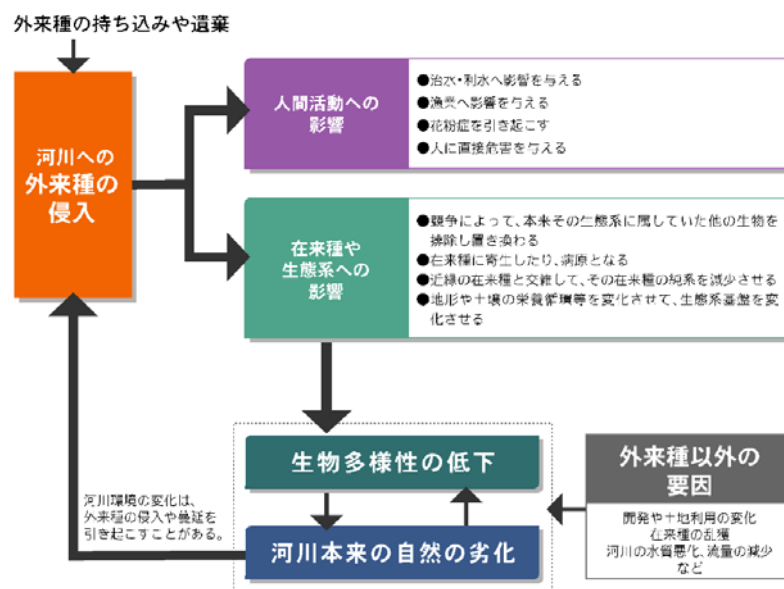


図-1 外来植物の進入が生物多様性や河川の自然に及ぼす影響¹⁾

Answer

すでに定着し分布が広がっている外来植物に対しては、河川全域にわたって完全に除去することは困難であるため、問題の大きい種や場所に対して「根絶」または「抑制」の2通りの対応について優先順位を付けて設定する

■ Answer の概要と基本的考え方

河川の生態系に悪影響を及ぼすおそれのあるすべての外来植物を完全に除去することは現実的には困難であるため、外来植物の侵入を予防することが最も効率が良い対応である。侵入した外来植物に対しては、初期段階において速やかに除去対策を講じることができれば根絶できる可能性が高まる。しかし、すでに侵入・定着し分布域が広がっている外来植物に対しては、対策コストや労力が限られているため、甚大な影響・被害を引き起こすおそれのある種や場所を選定し、優先順位を付けて対策を進めていくことが重要である。その際の目標として、外来植物の個体群が回復できなくなるまで取り除く「根絶」、外来植物による悪影響が長期的に容認可能な程度までにとどめる「抑制」の2通りが考えられる。

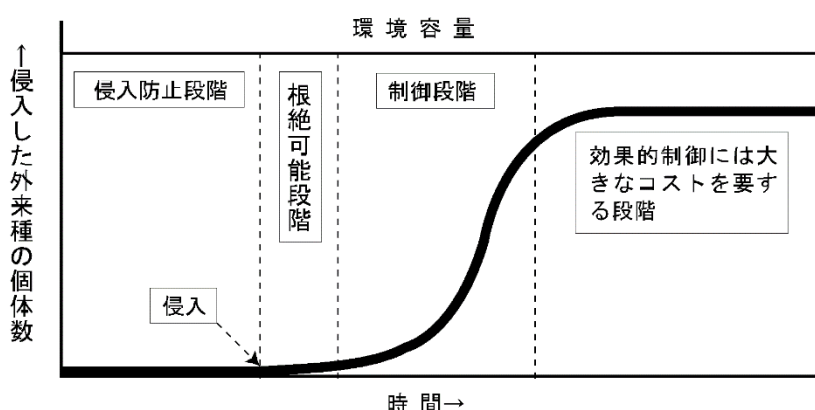


図-2 外来植物の侵入段階と対策の有効性¹⁾

■Answer の詳細

1) 影響・被害（またはそのおそれ）の把握

河川水辺の国勢調査、環境情報図、学識者や市民の意見・要望などの既存資料から、外来植物による影響や被害（またはそのおそれ）の生じている場所・内容を整理する。その際、抽出する外来植物については、対策を効果的・効率的に進めるためにも、顕在化している問題だけではなく、将来的に発生が危惧されるもの（影響・被害のおそれ）も含めることに留意する。また、影響・被害の内容については、「在来種や在来生態系への影響」のみならず「治水・利水への影響」、「人間活動への影響」の3つの観点から整理する。

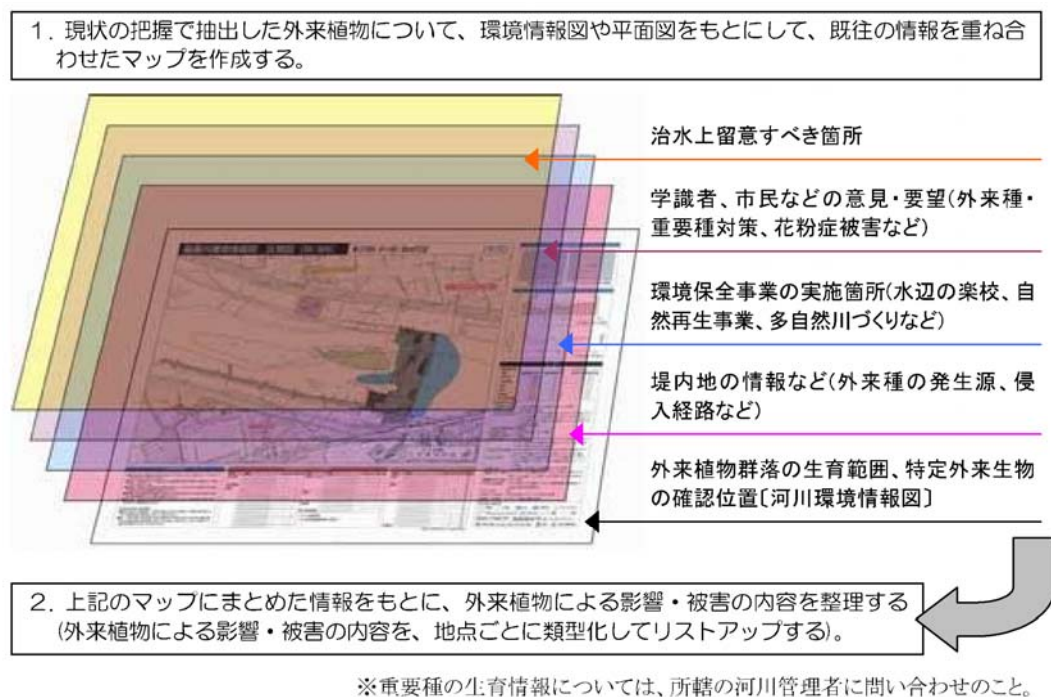


図-3 外来植物による影響・被害の把握のための情報整理の例¹⁾

2) 対策の緊急性の検討

上記1)で抽出された問題について、場所ごとに対策の緊急性が高いか低いかを判断する。その際の判断基準については、以下の状況に照らして評価することとなるが、最終的な判断については、対象種の生態的特徴など考慮すべき点が多いため、学識者や専門家の意見を踏まえることが望ましい。

【緊急的に対策を実施すべき状況】

- 保全上重要な在来種に悪影響（特に絶滅・交雑など）が生じるおそれがある場合
- 治水・利水に悪影響が生じている場合
- 人の健康に悪影響が生じている場合
- 産業などに悪影響が生じている場合

3) 対象種・対象箇所の検討

実際に対策を行う具体的な対象種・対象箇所を検討する。影響・被害（またはそのおそれ）が生じている場所、およびその要因と考えられる外来植物について、対策をより効果的・効率的なものにするため、流域への拡散防止や再侵入防止等の観点から検討する。

【対象種・対象箇所の検討において考慮すべき事項】

- 外来植物の流域への拡散の発生源となっている場所から優先する（上流側、湧水箇所、温排水が生じている箇所など）
- 再侵入が起こりにくい場所から優先する
- 影響・被害を引き起こしている当該種以外の侵略的外来植物についても、対策の対象として考慮する（当該種の対策後の侵入防止）

対策後の意図しない外来植物の繁茂

千曲川・犀川では、外来植物アレチウリへの対策を検討しているが、アレチウリだけではなく、他の外来植物の除去も併せて実施することを推奨している。アレチウリの周りに他の侵略的外来植物が生育している場合、そのままにしておくとアレチウリを除去した後に今度はそれらの外来植物が繁茂する可能性があるためである。



図-4 対策後の意図しない外来植物の繁茂（例）¹⁾

4) 目標の設定

外来植物対策の意義は、本来あるべき生態系や生物多様性の保全・復元を行うことや外来植物によって生じている悪影響を取り除くことにある。このため、目標設定にあたっては、本来の自然環境が損なわれた要因とともに、外来植物が侵入・拡大した原因や、それにより発生している課題を具体的に把握しておくことが望ましい。これらの把握により、具体的な施策を明確にし、実現可能な目標を設定することが出来る（参考事例を参照）。その際、対象箇所における外来植物の根絶を目標とできれば望ましいが、それが現実的ではない場合には、影響の回避・軽減を目的として基準値を設定した個体数の抑制を目標とすることが考えられる。目標を設定する際に配慮すべき項目を以下に示す。

【対象種・対象箇所の検討において考慮すべき事項】

- 外来植物の侵入・拡大の要因
- 外来植物の侵入・拡大により生じている課題
- 社会的な合意（行政（河川管理者）、市民・市民団体、対策協力者の利害関係など）
- 対策に掛けられるコスト（時間、人数、費用など）
- 目標の実現可能性
- 対策の緊急性
- 効果の継続性

なお、対策には長い時間を要することから、長期的な目標だけではなく短期的な達成水準も設定することが重要である。対策を進めていく中で短期的な達成水準に照らし必要に応じて目標を修正してく。また、目標の設定は地域住民をはじめとした利害関係者との合意を得て実施することが望ましい。

■より深く知りたい技術者のための参考図書等

- 国土交通省河川環境課：河川における外来植物対策の手引き, 2013
- 監修 外来種影響・対策研究会, 改訂版、河川における外来種対策の考え方とその事例, (財)リバーフロント整備センター, 2008

■参考文献

- 1) 国土交通省河川環境課：河川における外来植物対策の手引き, 2013

■コラム—対策を優先すべき外来植物

河川における外来植物対策の手引き（H25.12）においては、以下に示す10種について対策を優先すべき外来植物として抽出している。これは、河川管理者を対象としたアンケート（H20）の結果及び専門家による指導・助言を受けて抽出したものである。

【優先的に対策を実施すべき外来植物】

- | | |
|--------------|-------------|
| ● ハリエンジュ | ● アレチウリ |
| ● オオカワヂシャ | ● オオキンケイギク |
| ● オオハングウソウ | ● ナルトサワギク |
| ● セイタカアワダチソウ | ● シナダレスズメガヤ |
| ● ホテイアオイ | ● ボタンウキクサ |

またその他にも、河川における影響・被害の報告があり、近年生育範囲を拡大している主な外来植物は以下のとおりである。

【注意が必要な主な外来植物】

- | | |
|--------------|--------------|
| ● オオアワダチソウ | ● イタチハギ |
| ● アゾラ・クリスタータ | ● ナガエツルノゲイトウ |
| ● オオフサモ | ● ブラジルチドメグサ |
| ● メリケンムグラ | ● アレチハナガサ類 |
| ● ブタクサ | ● オオブタクサ |
| ● ミズヒマワリ | ● オオカナダモ |
| ● カモガヤ | ● オニウシノケグサ |
| ● ネズミムギ・ホソムギ | ● チクゴスズメノヒエ |
| ● メリケンガヤツリ | |

■参考事例—カナダモ類の除去

カナダモ類の全川的な繁茂・拡大とともに、従来の自然環境（瀬・淵・ワンド・礫河原）が減少している。カナダモ類の完全な除去は困難と考えられるため、優先すべき場所を抽出した上で、遊漁種として重要なアユを指標として、早瀬の改善を目標とした。

1) カナダモ類の繁茂・拡大状況と影響の把握

カナダモ類の水域に占める割合（生育被度）について、航空写真および現地調査から増加傾向であることを確認するとともに、アユの漁獲量の変化（減少傾向）や礫河原の減少傾向・草地の増加傾向を把握し、カナダモ類繁茂の影響を分析した。

2) カナダモ類の侵入と環境悪化の要因分析

流域に生じた人為的なインパクト（ダム建設、河道整備、外来生物の移入）とその影響（カナダモ類の繁茂、瀬・淵・わんど・礫河原などの従来の河川環境の減少）について分析し、河川のダイナミズムの不足に伴い河川環境が劣化していることを把握した。

3) 改善目標の設定

現在、カナダモ類が広範囲に分布しており、全川から完全に除去することは困難と考えられるため、優先すべき場所を抽出した上で、アユの生息（餌場）環境である早瀬の改善を目標とした。

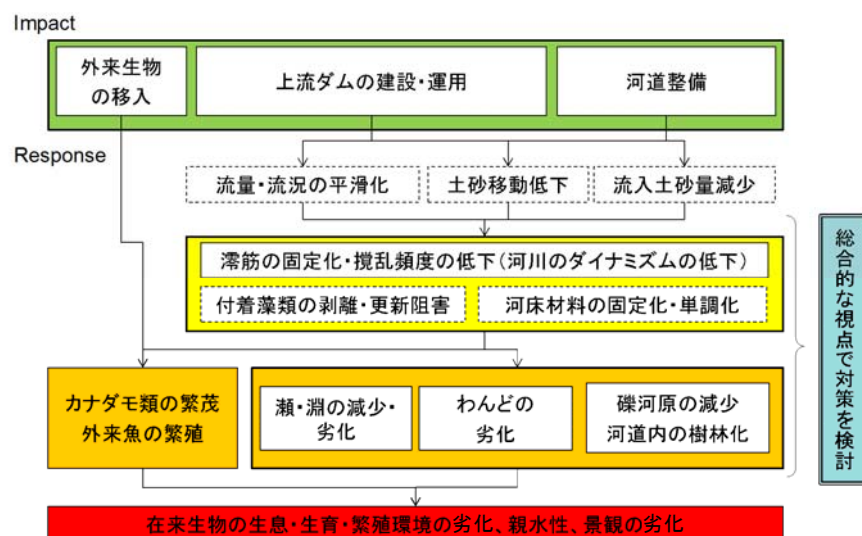


図-5 環境変化の要因分析

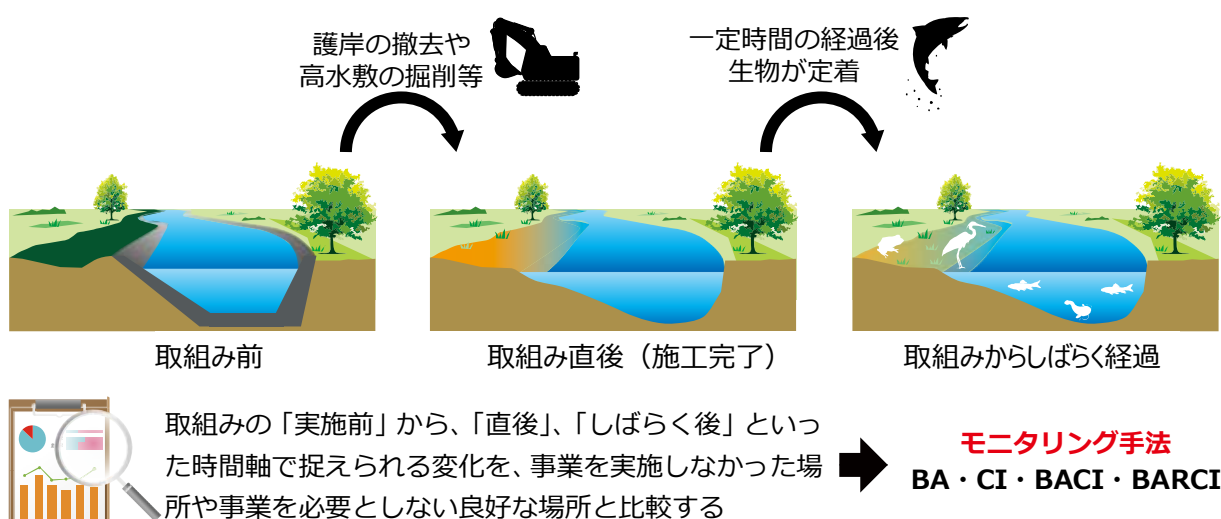
9－1 Question

自然再生等の取組みを実施した際、その効果を計るためのモニタリング計画を考えるときのポイントを教えて下さい。

■Question の意味と背景

河川は洪水などの攪乱の影響を強く受けるなど、変動の大きなシステムである。そのため、自然再生等の取組みを行った際、施工の完了が対策の完了とはならない。施工によるインパクトを与えた後、計画通りに河川環境が目標に近づくか否かについて長期的な検証（モニタリング）が必要となる。

取組みの効果を評価しようと、実施直後に該当区間で調査が行われることは多い。この時、多くの生物が観察されるなど環境改善の効果が推定されたとしても、「取組み実施後だけの単一データ」では何も評価することはできない。取組み実施前から多くの生物がいた可能性もあれば、取組みの有無に関わらず、この時はどこでも生物が多かったタイミングかもしれない。効果を評価することができなければ、継続していくべきなのか、さらなる対策が必要なのか、検討することも難しくなる。モニタリングは効果を評価するために必要不可欠であり、その手法については様々な「調査デザイン」が考え出されている。



■関連する Question

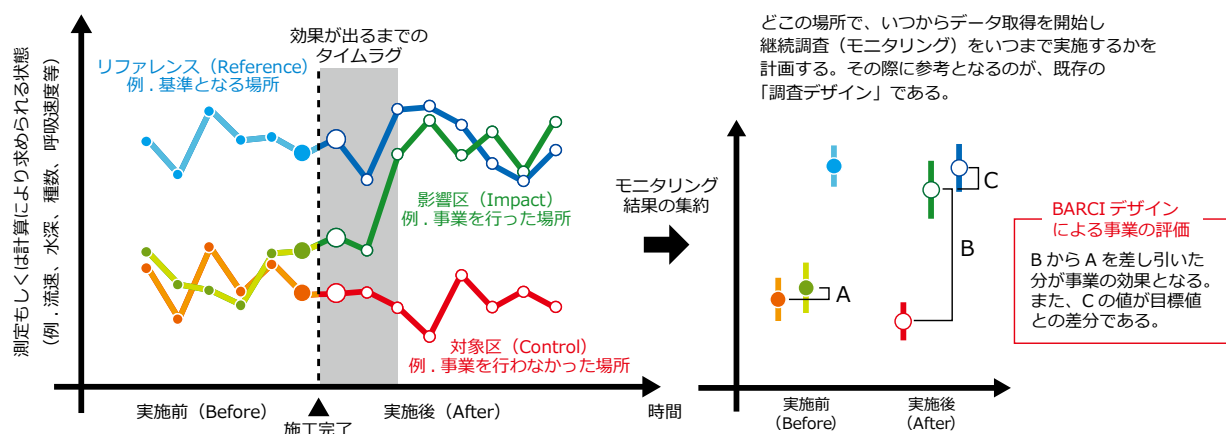
- Q3-1 治水事業において、多自然川づくりで留意すべきポイントを教えて下さい。
- Q5-2 高水敷掘削の掘削高さを設定する際の留意点を教えて下さい。

Answer

空間的・時間的な変化を利用した BACI や BARCI などの調査デザインを考え、効果の検証ができるモニタリング計画を立てましょう。

■ Answer の概要と基本的考え方

河川環境に関して、自然再生等の取組みによる結果を正確に予測することは不可能に近い。そのため、施工を行った後の変化を定期的に把握（モニタリング）することで、予測通りに環境が推移しているかを確認することが望ましい。この時、科学的な手法として考え出された「調査デザイン」に基づくことで、モニタリングの結果を活かし効果を計ることが可能となる。「調査デザイン」が重要視される理由は、取組みの効果を正しく評価するためである。代表的なものとして「Before-After-Control-Impact (BACI) デザイン」が挙げられる。取組みの効果とは「事業によって生じる変化」であり、その変化を捉えるには取組み実施前と比べてどうなったのかを調べる必要がある (Before-After)。また、取組みの効果を調べるには、「取組みを行わなかった」地点と比べることが望ましい (Control-Impact)。そして、目標とする場所や値などが、あらかじめ定まっているような場合には BACI デザインに Reference を加えた「Before-After-Reference-Control-Impact (BARCI) デザイン」も考え出されている。このように、こういった場所と時間でモニタリングを行うことで評価可能となるかを考えることが大切であり、上記の調査デザインは大いに参考となるだろう。なお、モニタリングで対象とする項目・現象の特性（変化する速さなど）に応じて、調査を行う時期、頻度、場所、方法、期間などが決まる。生物や生物現象（行動など）を捉えようとする場合には、生物が定着して繁殖する必要があるなど時間がかかることも多い。移動性の低い生物相の回復には時間がかかると考えられ、取組み実施とのタイムラグを考慮する必要がある。



■Answer の詳細

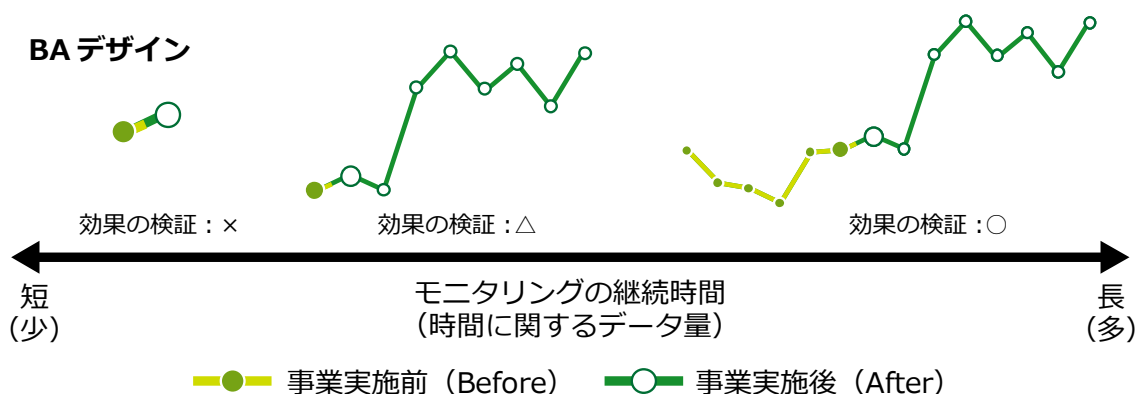
施工後のモニタリングで一般的に用いられている「調査デザイン」の手法について述べる。

1) 調査デザイン

事業の影響を適切に捉えるには、事業を実施した後にその場所だけを調査しても、その影響（環境変化に対する応答）を捉えることはできない。モニタリングにより事業を評価しようとするならば「調査デザイン」（研究デザイン）をよく考え、科学的な評価に堪えられる「比較」を合理的に行い、事業の効果を計ることが必要となる。ここで述べる「調査デザイン」とは、どの時期にどの程度、どこを調査すれば良いのかを設定することである。

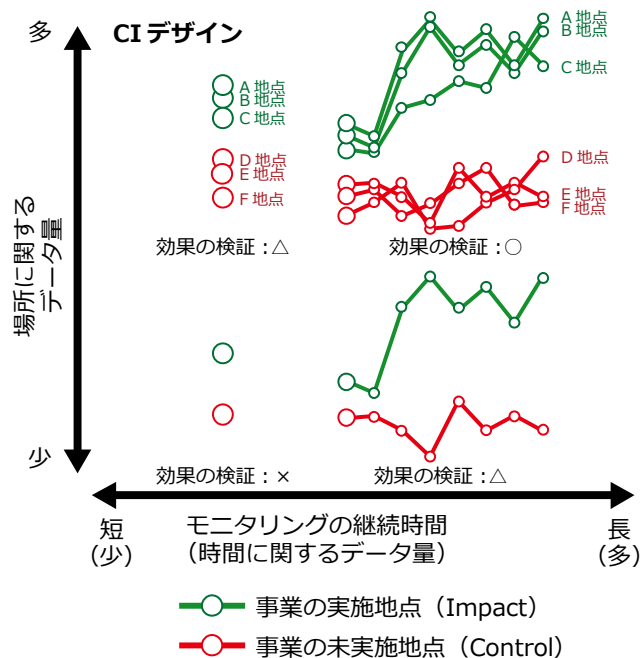
2) Before-After (BA) デザイン

事業を実施する前から調査を開始し、事業前と事業後で比較する方法は Before and After (BA) デザインと呼ばれる。この方法に基づけば、変化の検出は可能のように思える。しかし、自然環境の変動は大きいため、環境対策を行ってないにも関わらず河川の物理・化学環境や生物の生息状況が大きく好転することもある。こういった現象が、事業の実施と偶然、重なる可能性もある。そのため、BA デザインでは事業の効果を厳密に計ることができず、特に短期的なデータのみでは検証が困難となる。ただし、Before と After の両者に関して、様々なデータが長年にわたって蓄積されているような場合、自然環境の変動の程度についても評価することが可能となり、BA デザインによって事業の効果について言及することができる場合もある。



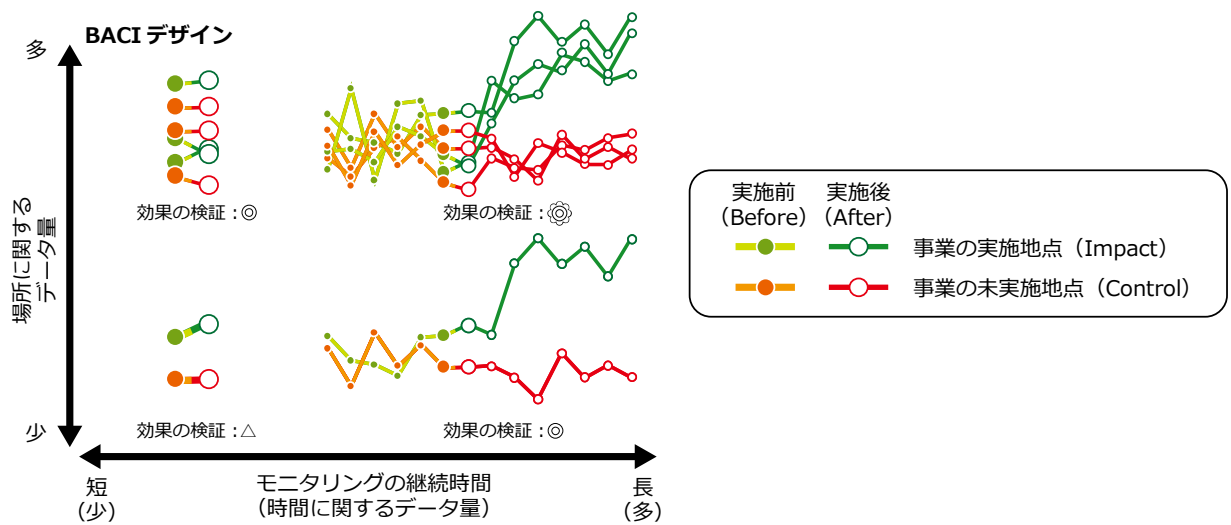
3) Control-Impact (CI) デザイン

事業の効果を検証するには、事業を実施した地点 (Impact) とともに事業を行わなかった地点 (Control) での調査を行うことが望ましい。環境要因や生物の生息状況について、両地点にある差を検出することが肝要であり、この方法は Control and Impact (CI) デザインと呼ばれる。ただし、この比較は Impact 地点と Control 地点では同一の環境・生物相を有することを前提にしており、自然界ではこの前提を厳密に満たす状況は極めて限られている。全く同一でないにしても、Impact 区と Control 区を数多く設定することで、場所間の違い (変異) を考慮した比較を行うことも可能であり、事業の効果について検証することも可能である。



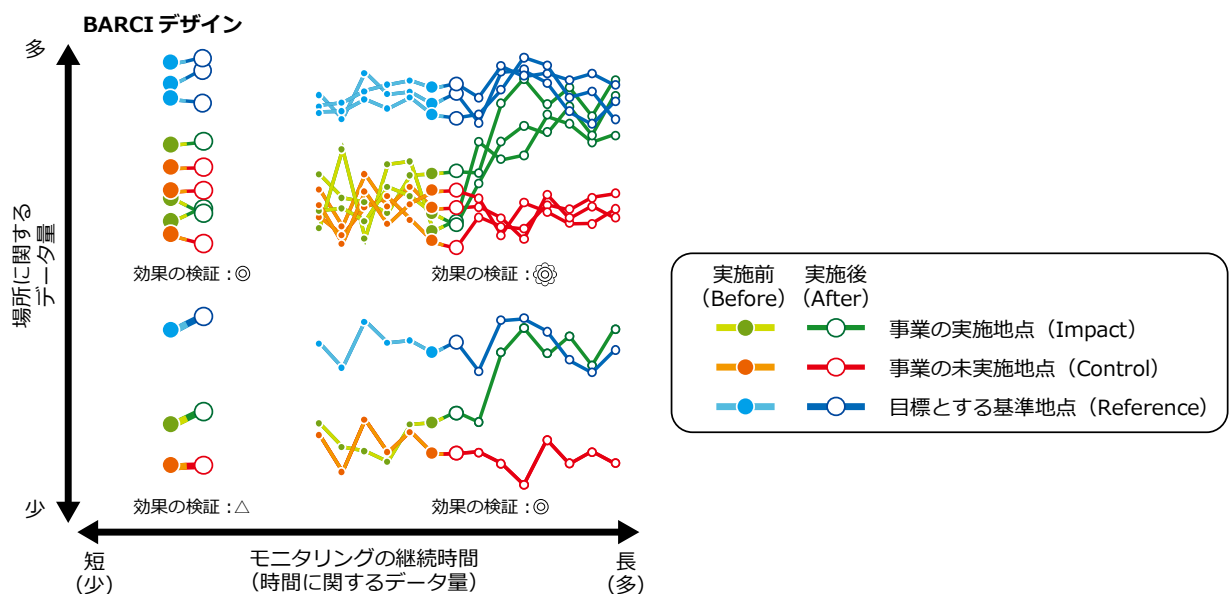
4) Before-After-Control-Impact (BACI) デザイン

BA デザインや CI デザインで生じる問題を回避し、より厳密に事業の効果を評価できるモニタリング計画 (調査デザイン) として、「Before-After-Control-Impact (BACI) デザイン」が挙げられる。BACI デザインは環境影響評価などでも利用されており、事前調査 (Before) と事後調査 (After) という時間評価軸と、事業実施区 (Impact) と対照区とも呼ばれる事業未実施区 (Control) という空間評価軸によって、事業の影響を科学的に評しようとするものである¹⁾。このとき、できる限り時間的にも空間的にも繰り返し (replication) を持つことが望ましい²⁾。ただし事業の規模が大きくなればなるほど、繰り返しを設定することが難しくなるが、それぞれ 1 地区において複数回の事前事後調を実施し、この時間的な繰り返しを利用することで効果を計る (統計的な有意性を証する) ことも可能となる²⁾。



5) Before-After-Reference-Control-Impact (BARCI) デザイン

事業を実施する際、目標の設定は重要であり、モニタリングによって、どの程度目標とする基準（値など）に近接したかを評価することも、事業の効果を計る上で大切なことである。しかし、BA、CI、そしてBACIデザインでは目標にどの程度近づいたのかについて評価することが出来ない。そこで、目標が設定されている際には、BACIデザインにReference（目標となる基準）との近接度を組み込んだBefore-After-Reference-Control-Impact（BARCI）デザインでモニタリング計画を立てることが望ましい^{2), 3)}。Referenceとして目標となる地点を設定することが多いが、その際はReference地点も変動することから、この地点についてもモニタリングが必要となる。



6) 繰り返し

BA、CI、BACI、BARCI デザインと様々な調査デザインを紹介したが、いずれのデザインにしても明確な科学的検証が行えるように、できる限り繰り返し (replication) を多くとることが望ましい²⁾。繰り返しの数は、事業やモニタリングの内容と社会的許容度に依存するが、繰り返しの数が増えるほど、科学的な検証を行いやすく、事業の効果を明確に計ることが可能となる。事業の規模が大きくなるほど、繰り返しを設定することが難しい面があるが、1つの地区において複数回の事前と事後調査を実施する、1つの地区の中でも複数の調査区を設定する、など時間的・空間的な繰り返しを取ることで、より科学的な手法に基づいた効果の検証を行う (統計的な有意性を証する) ことが可能となる²⁾。

7) 順応的管理 (アダプティブマネジメント)

モニタリング調査の結果から事業の効果を監視し、必要に応じて具体的な対策を再検討 (フィードバック) し、手直し (維持管理において、または対策の再実施) によって修復をはかる順応的な管理 (アダプティブマネジメント) の考え方を、事業の効果を計る計画に最初から組み込んでおくことが望ましい。また、モニタリングにより、調査対象や指標がどんな状態 (値) になればフィードバック (どのような対処をするか) を検討するかについても、事業を行う段階で決めておくことも望まれる。ただし、このような判断をいつ行うかを一律に決めることは難しく、対象とする河川の変動性、過去からの変化の速さ、特定の生物を指標として考える場合にはその生物の特性など、総合的に考慮して個別に決めることになるであろう。また、順応的管理を考える際、「許容される可逆的な変動幅」の設定も課題である。環境に手を加えた場合、実施当初に大きな変動がみられても、長期的にはあまり問題にならないこともありうる。そこで、モニタリング計画の立案時や、環境変化を予測する際に、このような初期の変動幅なども、ある程度想定しておくことが望ましい。

■より深く知りたい技術者のための参考図書等

- 中村太士・辻本哲郎・天野邦彦監修／河川環境目標検討委員会編集／川の環境目標を考える～川の健康診断～，技法堂出版，2008.
- 国土技術政策総合研究所河川研究部，（独）土木研究所水環境研究グループ自然共生センター：ダム下流河川の物理環境との関係についての捉え方-下流河川の生物・生態系との関係把握に向けて-，国土技術政策総合研究所資料，第 521 号，土木研究所資料，第 4140 号，2009.
- 中村太士編集／川の蛇行復元：水理・物質循環・生態系からの評価，技法堂出版，2011
- 矢原徹一・松田裕之・竹門康弘・西廣淳／日本生態学会編／自然再生ハンドブック，地人書院，2010

■参考事例

①松浦川（アザメの瀬）

松浦川で行われた自然再生事業では、氾濫原湿地の再生を事業の目標の一つとし、施工後の動植物の生息・生育状況や地下水位等のモニタリングが行われた。そして、得られた結果に合わせて、地盤高や地形勾配などを変更する順応的な管理を行っている。第一次施工が完了後、2004～2005 年にかけて中間モニタリングが実施されたことで課題点が明らかになり、それを踏まえて 2005～2006 年にかけて計画変更が行われた。

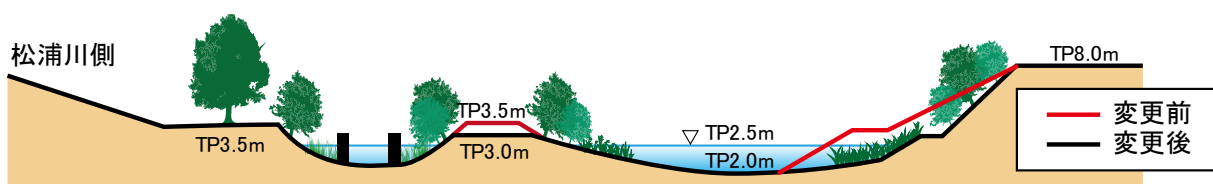


図 モニタリングの結果に基づいた計画の変更前後

（国土交通省九州地方整備局武雄河川事務所（2011）：アザメの瀬の記録を参照して作成）

②円山川

円山川では、治水対策としての高水敷掘削により、湿地面積が増加しコウノトリによる利用も確認されるようになった。しかし、湿地の再生を行った箇所でモニタリングを行ったところ、湿地性植物が定着していないことが明らかとなった。そこで、河岸湿地の質的な改良を実施するために、土砂堆積の傾向に応じた異なる断面形状とし、水際環境や生物相の多様化を図ることとなった。そして、モニタリングの結果から課題として挙げられた「湿地性植物の定着」や「魚類による再生産の場としての利用」、「生物の生息・生育環境の多様性の向上」を目標に、水際環境を創出する対策が講じられた。

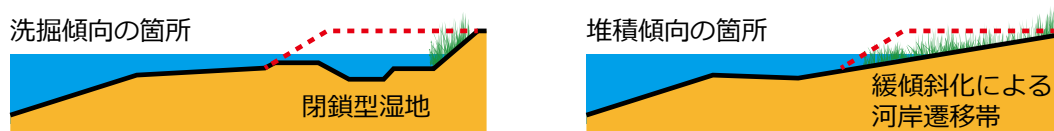


図 土砂堆積傾向に応じた改良方法

③淀川

淀川では、天然記念物であるイタセンパラが激減したワンドにおいて、多数の外来魚と外来植物（水草）の繁茂が確認された。これら外来種による影響が、イタセンパラの消失をもたらしたと考え、イタセンパラ野生復帰プロジェクトを開始した（国土交通省淀川河川事務所、淀川水系イタセンパラ保全市民ネットワーク等が連携）。外来種を駆除し、イタセンパラの成魚の放流などを実施した後、イタセンパラ（成魚、稚魚）の個体数と産卵母貝となる二枚貝（イシガイ、ドブガイ）の生息密度についてモニタリングを行い、水制工の補修による生息環境の改善、外来魚・外来植物の駆除を継続実施している。また、モニタリングと合わせて、ヌートリアが二枚貝を餌として利用していることを把握したことで、ヌートリアの捕獲（試行）等が実施された。



写真 モニタリングが実施されているワンド

④大和川

大和川ではコンクリート護岸の整備や河道掘削により、昭和 40 年代と比べて瀬の約 5 割が消失し、水際植生の約 4 割が消失するなど、河川環境の単調化が生じていた。そこで、水生生物の生息環境を改善するために、袋詰玉石等を利用した瀬淵構造の再生（ハビタットの再生）と捨石を利用した水際植生の保全・再生が実施された。これらの影響を把握するため、瀬の再生状況、水際植生の成長状況、整備箇所周辺の環境変化、魚類調査による整備前後の生息生物の状況等をモニタリングした結果、施工後は様々な種が安定的に確認され、個体数も施工前に比べて増加していた。しかし、整備箇所によっては袋詰め玉石の施工高さが高かったことから、ゴミや土砂等の堆積がみられた。そこで、施工高さや形状などを工夫することで課題の解決を図り、これにより新たに瀬が形成されるなど、当初計画した内容が順調に進んでいる。

■コラムー BACI デザインによる倒木投入の効果検証

自然の河川では、河岸の侵食などで水中に倒伏した倒木や増水時に上流域から運ばれて堆積した流木が観察される。これら倒木と流木を総称して、倒流木と呼ぶことが多い。倒流木は淵の形成や、それ自体が水中におけるカバーとして機能することで、様々な水生生物の生息環境に影響を及ぼす⁴⁾。これまでに、倒流木が増えることで魚の生息量も増える傾向にあることが示されているが、既存の報告の多くは山地溪流を中心としたものであり、沖積低地の蛇行河川での倒流木の影響については未解明であった⁴⁾。そこで、標津川で行われた再蛇行化の事業において、蛇行区間において、さらなる水生生物の生息場改善とその効果の検証を行うために、蛇行部への人為的な倒木の投入・固定が行われ、その効果を検証するモニタリングが実施された⁵⁾。倒木の投入により、平均水深に大きな変化は見られなかったが、流速が減少し、それにより河床に占める砂の割合が多くなった。そして、投入前（before）には倒木投入区（Impact）と倒木未投入区（Control）とで、魚類生息数に違いはほとんどなかったが、倒木を投入した1カ月後（After）には効果が見られ、個体数で約8倍、種数も約2倍の増加をもたらしていた⁵⁾。これは、倒木の投入により緩やかな流れが形成され、止水や緩流域を好む魚種や小型の個体が定着したことに加え、水中カバーとしての効果が大型個体の定着をもたらしたものと考えられる。水生昆虫などの底生動物についても、投入前（Before）には違いがなかった生息密度が、投入後（After）は常に倒木投入区（Impact）の方が倒木未投入区（Control）よりも高くなっていた⁵⁾。沖積低地を

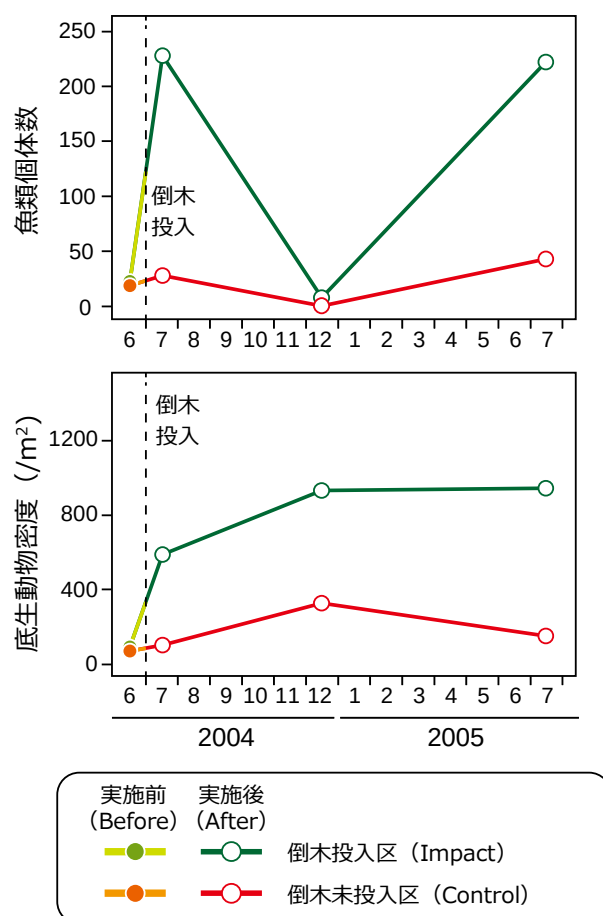


図 倒木投入区と倒木未投入区における魚類個体数と底生動物密度の変化

て、投入前（before）には倒木投入区（Impact）と倒木未投入区（Control）とで、魚類生息数に違いはほとんどなかったが、倒木を投入した1カ月後（After）には効果が見られ、個体数で約8倍、種数も約2倍の増加をもたらしていた⁵⁾。これは、倒木の投入により緩やかな流れが形成され、止水や緩流域を好む魚種や小型の個体が定着したことに加え、水中カバーとしての効果が大型個体の定着をもたらしたものと考えられる。水生昆虫などの底生動物についても、投入前（Before）には違いがなかった生息密度が、投入後（After）は常に倒木投入区（Impact）の方が倒木未投入区（Control）よりも高くなっていた⁵⁾。沖積低地を

流れる河川では、河床の安定性が底生動物にとって重要な要因であることが示されており、倒木を投入することで安定化した河床が生息密度の増加をもたらしたものと考えられた。

■参考文献

- 1) Underwood A. J.: Spatial and temporal problems with monitoring. The river handbook Volume2. (eds. Calow, P. & Petts G.) pp.101-123, Blackwell Science Ltd, 1994
- 2) 中村太士: 河川・湿地における自然復元の考え方と調査・計画論—釧路湿原および標津川における湿地、氾濫源、蛇行流路の復元を事例として—, 応用生態工学会, 5:217-32, 2003
- 3) Lake P. S.: On the maturing of restoration: Linking ecological research and restoration. Ecological Management & Restoration 2: 110-115, 2001
- 4) 永山滋也, 河口洋一, 中野大助, 中村太士: サケ科魚類の生息に及ぼす倒木の効果. 水利科学 299: 60-77, 2008
- 5) 中村太士編集: 川の蛇行復元: 水理・物質循環・生態系からの評価, 技法堂出版, 2011

あとがき

平成 29 年 6 月、河川法改正 20 年多自然川づくり推進委員会（委員長：山岸哲 公益財団法人山階鳥類研究所 名誉所長）から「持続性ある実践的多自然川づくり」が提言されました。

この中で、今後の多自然川づくりの対応方針として、「河川の特徴や性質に応じた多自然川づくりが行われるよう、必要な技術的手法等を検討する」ことが提言されました。本資料は、主として国が管理するような大河川を念頭に置いて、これに対応するものを目指してまとめられたものです。

本資料のとりまとめに際しては、土木研究所水環境研究グループ 萱場祐一グループ長を座長とするワーキンググループの皆様より多大なるご指導を賜りました。ここに深く感謝いたします。

また、いであ株式会社、株式会社建設環境研究所、株式会社建設技術研究所、日本工営株式会社の皆さまにはワーキンググループにおける検討を資料提供等の面から支えていただきました。併せて、この場をお借りして、心より厚く御礼申し上げます。

なお、本資料については、今後も継続して、内容の見直し、新たな知見の整理を踏まえた Q & A の追加等によって充実を図ることが必要と考えています。引き続き、関係の皆様のご支援とご協力を賜ることができれば幸いです。

国土交通省 水管理・国土保全局 河川環境課 平成 31 年 3 月

●多自然川づくり技術検討会（大河川ワーキンググループ） ※50 音順

大槻 順朗 土木研究所自然共生研究センター 専門研究員
(座長) 萱場 祐一 土木研究所水環境研究グループ グループ長
鶴田 舞 土木研究所水環境研究グループ河川生態チーム 主任研究員
中村 圭吾 土木研究所水環境研究グループ河川生態チーム 上席研究員
(兼 自然共生研究センター長)
林 博徳 九州大学大学院 環境社会部門 流域システム工学研究室 助教
林田 寿文 土木研究所 自然共生研究センター 主任研究員
(大石 哲也 元土木研究所 自然共生研究センター 主任研究員)
原田 守啓 岐阜大学流域圏科学研究センター 准教授
森 照貴 土木研究所 自然共生研究センター 研究員
吉村 伸一 株式会社吉村伸一流域計画室 代表取締役

●資料提供等協力

いであ株式会社
株式会社建設環境研究所
株式会社建設技術研究所
日本工営株式会社

●多自然川づくり技術検討会（大河川ワーキンググループ）運営補助

公益財団法人 リバーフロント研究所

