



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

（令和７年８月一部改訂）





■はじめに

平成 18 年に「多自然川づくりの基本指針」を定め、多自然川づくりの基本的考え方を提示した。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 つの留意事項を示している。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」を提示した。さらに、この解説書となる「多自然川づくりポイントブック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」の改定を行った（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 ㎝とし、スライドダウンを基本とすることなどを示している。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を詳細に記載した。

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 主に流域面積が概ね 200km² 以上の国土交通省が管理する河川の区間を対象としている。都道府県管理河川・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。なお、国管理区間であっても、流域面積が概ね 200km² 未満の河川の区間においては、「多自然川づくりポイントブックⅢ」を参照するとよい。

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。

それぞれの河川の河道特性、環境特性等を踏まえ、適宜創意工夫も図りながら川づくりを進めていただきたい。

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。

■近年の動き

令和６年５月「生物の生息・生育・繁殖の場としてもふさわしい河川整備及び流域全体としての生態系ネットワークのあり方」検討会から提言が示された。この提言を受けて、「河川環境の整備と保全の着実な推進や流域連携について」通知を発出した（令和６年６月水管理・国土保全局長）。河川環境の目指すべき水準の明確化による河川環境の整備と保全の着実な推進、流域関係者との連携による河川を基軸とした生態系ネットワークの形成、多自然川づくりの一層の推進等があげられており、これを受けて「多自然川づくり基本指針」（令和６年６月）を改定した。主な改定事項として、河川環境が常に変動することを前提とした整備と順応的管理に努めること、流量

や土砂のダイナミズム等の自然の営みを視野に入れた川づくりをすること、知見の体系化や人材の育成を推進すること、等を明確化している。

これらの背景として、ネイチャーポジティブに向けた国際的な動き等があげられる。河川管理における全ての段階・過程（調査、計画、設計、施工、維持管理・更新、災害復旧等）において、ネイチャーポジティブを実現する機会と捉え、河川環境の保全・創出に取り組むことが肝要である。

― 大 目 次 ―

Q&A 構成図・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ i
Q&A 詳細目次・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ ii
Q&A の記載項目早見表・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ xi
Q&A の見方・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ xiii

基本編

Q1-1. 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下さい。
Q2-1. 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。
Q2-2. 多自然川づくりにおいてグリーンインフラ活用のポイントについて教えてください。
Q3-1. 各セグメントにおける土砂動態の特徴を教えて下さい。

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た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。
Q4-2. 河川環境の改善に向けた河川環境管理シートの活用方法について、具体的な事例を交えて教えてください。

（多自然川づくりの計画・設計）

Q5-1. 護岸等を設置する際の工夫事例を教えて下さい。
Q5-2. 高水敷掘削や切下げを行う際に、掘削の効果を長持ちさせながら、河川環境の改善に寄与するための留意点を教えてください。
Q6-1. 人の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下さい。
Q6-2. 通常の河川改修で伐採対象となる樹木を、保全・復元した事例を教えて下さい。

（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）とはどのようなもので、どのように取り組んだらよいか教えて下さい。
Q7-2. 河川事業における生態系ネットワーク構築の評価の考え方について教えて下さい。
Q7-3. 河川横断施設などに魚道を設置する際に、どのような点に留意すればよいのか教えて下さい。
Q7-4. 生物の多様性向上のために河道～水路～流域の環境をつなぐ有効な方法を教えてください。

（維持管理とモニタリング）

Q8-1. 河川における樹木管理の基本的な考え方について教えて下さい。
Q8-2. 河道内樹林の再繁茂対策の方法を教えてください。
Q8-3. 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下さい。
Q8-4. 外来植物除去の基本的な考え方を教えてください。
Q9-1. 自然環境に関連した河川整備を実施する上で、モニタリングのポイントを教えてください。

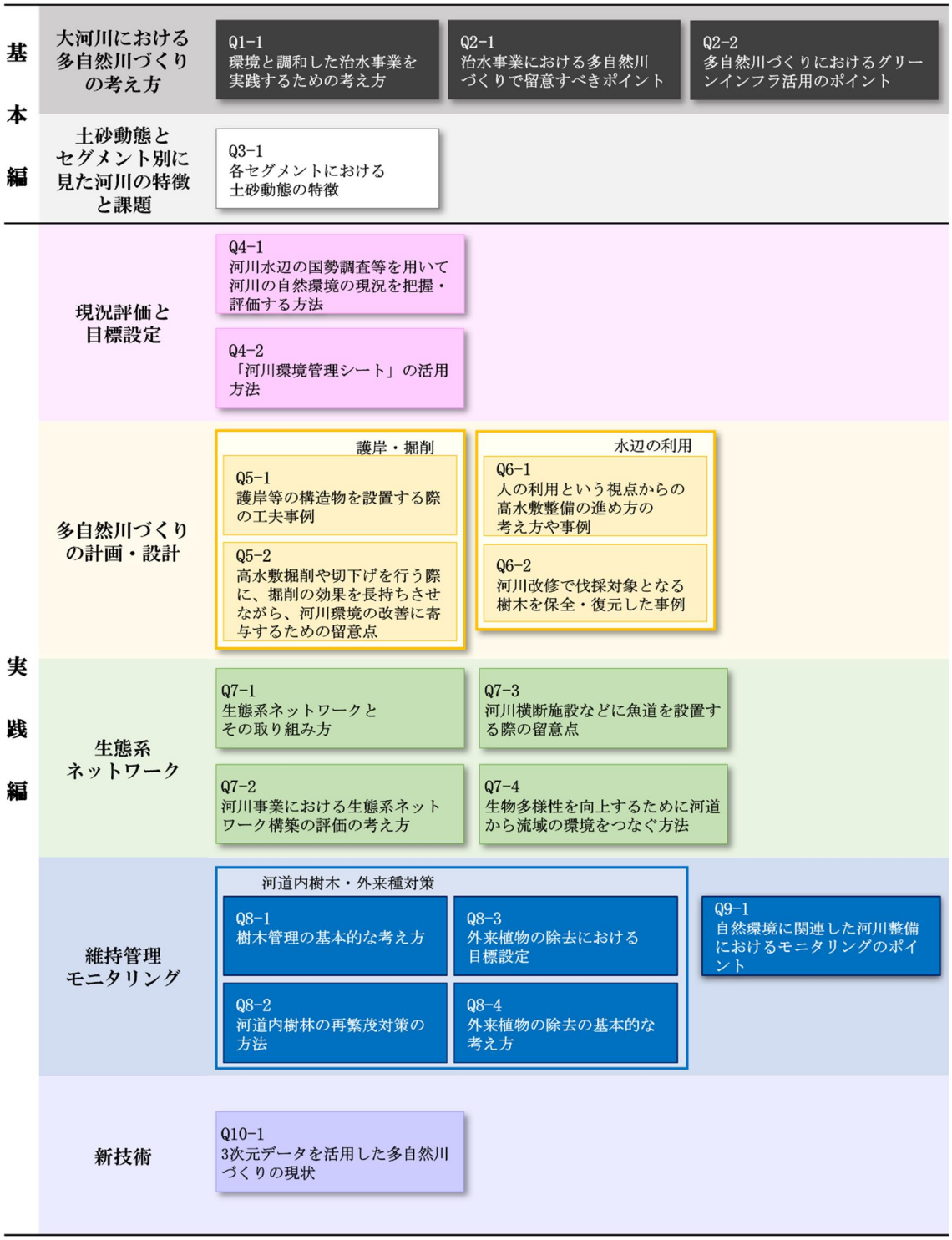
（新技術）

Q10-1. ３次元データを活用した多自然川づくりの現状について教えてください。

参考資料

・索引集
・用語集

■Q＆A構成図


基本編
大河川における多自然川づくりの考え方
Q1-1 環境と調和した治水事業を実践するための考え方
Q2-1 治水事業における多自然川づくりで留意すべきポイント
Q2-2 多自然川づくりにおけるグリーンインフラ活用のポイント
土砂動態とセグメント別に見た河川の特徴と課題
Q3-1 各セグメントにおける土砂動態の特徴
実践編
現況評価と目標設定
Q4-1 河川水辺の国勢調査等を用いて河川の自然環境の現況を把握・評価する方法
Q4-2 「河川環境管理シート」の活用方法
多自然川づくりの計画・設計
護岸・掘削
Q5-1 護岸等の構造物を設置する際の工夫事例
Q5-2 高水敷掘削や切下げを行う際に、掘削の効果を長持ちさせながら、河川環境の改善に寄与するための留意点
水辺の利用
Q6-1 人の利用という視点からの高水敷整備の進め方の考え方や事例
Q6-2 河川改修で伐採対象となる樹木を保全・復元した事例
生態系ネットワーク
Q7-1 生態系ネットワークとその取り組み方
Q7-2 河川事業における生態系ネットワーク構築の評価の考え方
Q7-3 河川横断施設などに魚道を設置する際の留意点
Q7-4 生物多様性を向上するために河道から流域の環境をつなぐ方法
維持管理モニタリング
河道内樹木・外来種対策
Q8-1 樹木管理の基本的な考え方
Q8-2 河道内樹林の再繁茂対策の方法
Q8-3 外来植物の除去における目標設定
Q8-4 外来植物の除去の基本的な考え方
Q9-1 自然環境に関連した河川整備におけるモニタリングのポイント
新技術
Q10-1 3次元データを活用した多自然川づくりの現状

― 詳 細 目 次 ―

基本編

Q1-1 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下さい。 1-1-1
■ **Question の意味と背景** **1-1-1**
■ **Answer の概要と基本的考え方** **1-1-2**
■ **Answer の詳細** **1-1-3**
（1） 環境の目標を具体的に考える 1-1-3
（2） 環境の保全と再生を意識する 1-1-4
（3） 治水整備メニューの特徴を理解する 1-1-4
（4） 環境目標を河道（空間）の計画・設計に反映する 1-1-5

Q2-1 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さい。 2-1-1
■ **Question の意味と背景** **2-1-1**
■ **Answer の概要と基本的考え方** **2-1-2**
■ **Answer の詳細** **2-1-5**
（1） 河道掘削（河口部以外） 2-1-5
1） 主なインパクト-レスポンス 2-1-5
2） 留意すべきポイント 2-1-6
■ 参考事例― 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] 2-1-8
（2） 河道掘削（河口部） 2-1-9
1） 主なインパクト-レスポンス 2-1-9
2） 留意すべきポイント 2-1-9
■ 参考事例―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)] 2-1-10
（3） 樹木伐開 2-1-11
1） 主なインパクト-レスポンス 2-1-11
2） 留意すべきポイント 2-1-11
■ 参考事例―高水敷上の樹木の保全事例-厚沢部川 2-1-13
（4） 引堤・築堤 2-1-14
1） 主なインパクト-レスポンス 2-1-14
2） 留意すべきポイント 2-1-14
■ 参考事例１―引堤の事例-矢部川 [8), 9)] 2-1-15
■ 参考事例２―築堤の事例-那賀川 [10)] 2-1-16
（5） 横断工作物の設置・改築 2-1-17
1） 主なインパクト-レスポンス 2-1-17
2） 留意すべきポイント 2-1-17
■ 参考事例―堰の改築事例－多摩川 [11)] 2-1-19
（6） 護岸設置等 2-1-20
1） 主なインパクト-レスポンス 2-1-20
2） 留意すべきポイント 2-1-20
■ 参考事例―景観に配慮した石積み護岸の事例-白川 [12)] 2-1-22

（7） 高水敷整備 2-1-23
1） 主なインパクト-レスポンス 2-1-23
2） 留意すべきポイント 2-1-23
（8） 樋門・樋管 2-1-24
1） 主なインパクト-レスポンス 2-1-24
2） 留意すべきポイント 2-1-24
■ コラムー河川環境情報図の活用 13) 2-1-25
■ 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) 2-1-26
■ 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）に加筆 2-1-27
■ コラムー相対潮汐地盤高 16),17) 2-1-29

Q2-2 多自然川づくりにおいてグリーンインフラ活用のポイントについて教えてください。 2-2-1
■ **Question の意味と背景** 2-2-1
■ **Answer の概要と基本的考え方** 2-2-2
■ **Answer の詳細** 2-2-3
（1） グリーンインフラの概要 2-2-3
（2） グリーンインフラの評価 2-2-4
（3） 河川や流域におけるグリーンインフラの具体例 2-2-6
1） 多自然川づくり 2-2-6
2） グリーンインフラを意識した自然再生事業（地域振興、多様な資金調達） 2-2-7
3） 河川環境管理シート(Q4-2 参照)等を用いたネイチャーポジティブな河川管理 2-2-7
4） 流域の生息ポテンシャルマップ作成による環境の見える化 2-2-7
5） 多様な機能を有する遊水地等の湿地環境の創出 2-2-8

実践編

Q3-1 各セグメントにおける土砂動態の特徴を教えて下さい。 3-1-1
■ **Question の意味と背景** 3-1-1
■ **Answer の概要と基本的考え方** 3-1-2
■ **Answer の詳細** 3-1-3
（1） 流砂系における土砂動態の全体像の捉え方 3-1-3
（2） 低水路の河床材料粒度分布の縦断的な変化 3-1-3
（3） 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 3-1-4
（4） 各粒径集団の土砂輸送形態の捉え方 3-1-5
■ コラム― 総合土砂管理計画 3-1-7
■ コラム-ダムからの土砂還元対策の事例 3-1-9
■ 参考事例 1―置土によるダムからの土砂還元（那賀川-長安口ダム） 3-1-10
■ 参考事例 2―排砂バイパストンネル（三峰川-美和ダム） 3-1-11

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た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。 4-1-1
■ **Question の意味と背景** 4-1-1
■ **Answer の概要と基本的考え方** 4-1-2
■ **Answer の詳細** 4-1-3
（1） 対象の考え方 4-1-3
（2） 比較の考え方 4-1-5
■コラム― 河川環境情報図の「生物名が書かれていない区間」における河川環境の確認方法 4-1-7
■コラム― 群落情報を用いた陸域環境評価 4-1-9
■コラム― 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 .4-1-11

Q4-2 河川環境の改善に向けた河川環境管理シートの活用方法について、具体的な事例を交えて教えてください。 4-2-1
■ **Question の意味と背景** 4-2-1
■ **Answer の概要と基本的考え方** 4-2-3
■ **Answer の詳細** 4-2-4
（1） 河川環境管理シート作成の手引きの更新内容 4-2-4
（2） 河川環境管理シートの位置づけ 4-2-5
（3） 河川環境管理シートの活用状況 4-2-6
1） 河川整備基本方針への活用 4-2-6
2） 河川整備計画 4-2-7
3） 緊急治水プロジェクト 4-2-9
4） 河川改修事業フォローアップ 4-2-10
5） 維持管理計画への活用 4-2-11
6） 自然再生計画 4-2-12
7） 事業区間の割り付け 4-2-13
8） ネイチャーポジティブ 4-2-15

Q5-1 護岸等を設置する際の工夫事例を教えて下さい。 5-1-1
■ **Question の意味と背景** 5-1-1
■ **Answer の概要と基本的考え方** 5-1-2
■ **Answer の詳細** 5-1-3
（1） 護岸の前面に自然な河岸・水際部を形成する 5-1-4
1） 寄せ石による自然な河岸・水際部の形成[セグメント1] 5-1-4
■ 参考事例―水際の寄せ石による水際線の形成事例―関川の事例 1) 5-1-4
2） 護岸前面に寄州をつくる[セグメント1] 5-1-5
■ 参考事例―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) 5-1-5
3） 巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工[セグメント1] 5-1-7
■ 参考事例―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)に加筆 5-1-7
4） 覆土による自然な河岸・水際部の形成[セグメント2] 5-1-9
■ 参考事例―＜覆土による自然な河岸・水際部の形成事例―牛津川の事例 6) 5-1-9

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] 5-1-10
■ 参考事例―緩傾斜の潮間帯の形成事例―五ヶ瀬川の事例 6) 5-1-10
６） 淵の保全、自然河岸をまねた河岸整備[全般].....5-1-11
■ 参考事例―水制を用いて淵を形成した事例-子吉川の事例 7) 5-1-11
■ 参考事例―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)
.....5-1-12
７） 護岸の工夫による河畔林の保全[全般] 5-1-13
■ 参考事例―ブロックの工夫で河畔林保全-長良川の事例 9),10) 5-1-13
（２） 護岸が露出する場合は環境上の機能に配慮する 5-1-14
１） 護岸を大きく見せないように工夫する 5-1-15
■ 参考事例―植生・盛土で護岸の露出面積を小さくした事例 11) 5-1-15
■ 参考事例―横断方向・縦断方向に護岸を区分した事例 11),12) 5-1-16
■ 参考事例―法肩をラウンディングさせた事例 11) 5-1-17
２） 護岸素材 5-1-18
■ 参考事例―コンクリートブロックへの工夫事例 14) 5-1-18
■ 参考事例―周囲の景観と調和する護岸の素材の大きさに配慮する 15) 5-1-21
３） 自然環境上、果たすべき機能.....5-1-22
■ 参考事例―裏込材の工夫による法面の湿潤状態の保持.....5-1-23
４） 取り付け護岸が浮き立たないよう配慮する 5-1-25
（３） 施工時にも環境に配慮する 5-1-26
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 5-1-26
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.....5-1-27
■ コラム― コンクリートブロックの景観評価 5-1-28

Q5-2 高水敷掘削や切下げを行う際に、掘削の効果を長持ちさせながら、河川環境の改善に寄与するための留意点を教えてください。 5-2-1
■ Question の意味と背景.....5-2-1
■ Answer の概要と基本的考え方 5-2-3
■ Answer の詳細.....5-2-4
（１） 土砂の再堆積と掘削高さ 5-2-4
１） セグメント 2 における高水敷掘削後の土砂再堆積.....5-2-4
２） セグメント 2-2 における土砂再堆積の事例 5-2-4
３） セグメント 2-1 における土砂再堆積の事例 5-2-7
４） セグメント 2 における掘削高さと堆積速度の関係.....5-2-7
５） セグメント 2 における高水敷掘削の留意点.....5-2-9
（２） 掘削地の樹林化..... 5-2-9
（３） 掘削高さと生息場..... 5-2-10
１） 高水敷掘削後に形成されたワンド・たまりにおける二枚貝生息環境とその寿命
.....5-2-10

２） 生物多様性に寄与する高水敷掘削の考え方 5-2-12
（４） セグメント１における砂州の掘削・切下げに関する留意点 5-2-14
（５） 高水敷掘削・砂州切下げにおける工夫事例 5-2-16
１） 二段階の掘削によって樹林化を回避し草本群落へと誘導（セグメント 2-2）[27] 5-2-16
２） 本川水際域の浅場におけるアユとウグイの産卵環境創出の例（セグメント 2-1） 5-2-17
３） 樹林化抑制とアユ産卵環境創出の例（セグメント 2-1）[28] 5-2-18
４） 自然営力によるヤナギ再繁茂抑制を狙った砂州の切下げ（セグメント 2-1）[29] 5-2-19
５） 洪水による樹木の流出まで視野に入れた伐採・掘削計画（セグメント 1）[30] 5-2-20

Q6-1 人の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下さい。 6-1-1
■ **Question の意味と背景** **6-1-1**
■ **Answer の概要と基本的考え方** **6-1-2**
■ **参考事例1―阿武隈川・渡利水辺の楽校（福島県福島市）** **6-1-3**
（１） 場の特性等 6-1-3
（２） 計画・設計のポイント 6-1-3
１） 計画・設計条件 6-1-3
２） 整備方針 6-1-3
３） 主な実施内容[2] 6-1-4
（３） 整備前後の比較 6-1-5
（４） 整備後の効果 6-1-5
（５） 維持管理 6-1-6
（６） その他 6-1-7
１） 整備箇所について 6-1-7
■ **参考事例2―遠賀川・直方の水辺（福岡県直方市）[4]** **6-1-7**
（１） 場の特性等 6-1-7
（２） 計画・設計のポイント 6-1-8
１） 計画・設計条件 6-1-8
２） 整備方針 6-1-8
３） 主な実施内容 6-1-8
（３） 整備前後の比較 6-1-10
（４） 整備後の効果 6-1-11
（５） その他 6-1-12
１） 整備箇所について 6-1-12
２） 河道特性 6-1-12
３） 断面変更に伴う流況解析[6] 6-1-12
■ **参考事例3―子吉川・癒しの川（秋田県由利本荘市）[7]** **6-1-13**
（１） 場の特性等 6-1-13
（２） 計画・設計のポイント 6-1-13

１） 計画・設計条件 6-1-13
２） 整備方針 6-1-13
３） 主な実施内容 6-1-14
（３） 整備前後の比較 6-1-16
（４） 整備後の効果 6-1-16
（５） その他 6-1-17
１） 整備箇所について 6-1-17
２） 河道特性 6-1-17

Q6-2 通常の河川改修で伐採対象となる樹木を、保全・復元した事例を教えて下さい。 6-2-1
■ **Question の意味と背景** **6-2-1**
■ **Answer の概要と基本的考え方** **6-2-2**
■ **参考事例1-宮川・宮川堤の堤防拡幅と桜景観保全（三重県伊勢市）[1)-3)]** **6-2-3**
（１） 場の特性等 6-2-3
（２） 計画・設計のポイント 6-2-5
１） 計画・設計条件 6-2-5
２） 整備方針 6-2-6
３） 度会橋下流の整備方針 6-2-7
４） 度会橋上流の整備方針 6-2-14
（３） 整備後の効果 6-2-15
（４） その他 6-2-15
１） 整備箇所について 6-2-15
２） 河道特性 6-2-15
■ **参考事例2-白川・緑の区間（熊本県熊本市）[5)- 7)]** **6-2-16**
（１） 場の特性等 6-2-16
（２） 計画・設計のポイント 6-2-18
１） 計画・設計条件 6-2-18
２） 整備方針 6-2-18
３） 主な実施内容 6-2-18
（３） 整備後の効果 6-2-23
（４） その他 6-2-24
１） 整備箇所について 6-2-24
２） 河道特性 6-2-24

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）とはどのようなもので、どのように取り組んだらよいか教えて下さい。 7-1-1
■ **Question の意味と背景** **7-1-1**
■ **Answer の概要と基本的考え方** **7-1-2**
■ **Answer の詳細** **7-1-3**
（１） 取り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～ .. 7-1-3
（２） 取り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～ 7-1-5
（３） 取り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～ 7-1-6
■ コラム― 生物多様性は魅力・活力ある地域づくりの基盤 7-1-7

■ コラム―　河川を基軸とした生態系ネットワークの現状と課題 7-1-8
■ コラム―　全国の生態系ネットワーク形成の取り組み.....7-1-9
■ 参考事例 1―木曽三川流域（岐阜県）[1)] 7-1-10

Q7-2 河川事業における生態系ネットワーク構築の評価の考え方について教えて下さい。...
.....7-2-1
■ **Question の意味と背景**.....7-2-1
■ **Answer の概要と基本的考え方** 7-2-3
■ **Answer の詳細**.....7-2-4
（1） 事前評価、事後評価について 7-2-4
（2） 生態系ネットワークの評価手法について 7-2-6
1） 調査結果を基にした直接的な評価 7-2-6
2） 生物の生息地としての適性（生息ポテンシャル）を推定する間接的な評価.....7-2-6
（3） 評価結果の例　四万十川 7-2-7

Q7-3 河川横断施設などに魚道を設置する際に、どのような点に留意すればよいのか教えて下さい。 7-3-1
■ **Question の意味と背景**.....7-3-1
■ **Answer の概要と基本的考え方** 7-3-2
■ **Answer の詳細**.....7-3-3
（1） 魚道の設計にあたってのポイント 7-3-3
1） 河道の特性や魚の分布・生態を整理する.....7-3-3
2） 多種多様な魚類への対応.....7-3-3
3） 魚道入口への誘導.....7-3-5
4） 水位変動への対応.....7-3-5
5） 魚道内流量の設定.....7-3-6
6） 維持管理面の考慮.....7-3-6
（2） 既設魚道の機能評価 7-3-8
1） 現地踏査による評価.....7-3-8
■ 参考事例　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.....7-3-9

Q7-4 生物の多様性向上のために河道～水路～流域の環境をつなぐ有効な方法を教えてください。 7-4-1
■ **Question の意味と背景**.....7-4-1
■ **Answer の概要と基本的考え方** 7-4-2
■ **Answer の詳細**.....7-4-3
（1） 堤外での取り組み 7-4-3
（2） 堤内での取り組み 7-4-3
1） 農地における生物の生息環境整備 7-4-3
2） 山林等における鳥類の営巣・ねぐら等環境の創出.....7-4-4
3） 堤内と堤外をつなぐ取り組み.....7-4-4
■ 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 7-4-5

■ コラム―　農地における生物の生息環境整備 7-4-7

Q8-1 河川における樹木管理の基本的な考え方について教えて下さい。 8-1-1
■ Question の意味と背景 8-1-1
■ Answer の概要と基本的考え方 8-1-2
■ Answer の詳細 8-1-3
（1） 景観要素の変化 8-1-3
（2） 河道内樹木の構成種 8-1-4
（3） 河道内樹木の繁茂による環境機能の変化 8-1-7
■ コラム―　河道内樹木と昆虫の関わり 8-1-8
（4） 分布拡大速度 8-1-9
■ コラム―　水害防備林 8-1-10
■ コラム―　治水効果を発揮する樹木群について 8-1-13

Q8-2 河道内樹林の再繁茂対策の方法を教えてください。 8-2-1
■ Question の意味と背景 8-2-1
■ 関連する Question 8-2-1
■ Answer の概要と基本的考え方 8-2-2
■ Answer の詳細 8-2-3
（1） 河道内樹木の再繁茂 8-2-3
（2） 再繁茂に至る 2 つの経路 8-2-5
1） 萌芽枝（ほうがし）からの生長による再繁茂 8-2-5
2） 種子からの定着・生長による再繁茂 8-2-6
（3） 各樹種の特徴 8-2-6
1） ヤナギ類[7] 8-2-6
2） ハリエンジュ[8] 8-2-7
3） タケ・ササ類 8-2-8
（4） 萌芽による再繁茂への対策と有効性[9] 8-2-9
1） ヤナギ類における萌芽枝による再繁茂への対策と有効性（表－3） 8-2-9
2） ハリエンジュにおける萌芽枝による再繁茂への対策と有効性[16,17,18,19] 8-2-11
3） タケ・ササ類における地下茎からの再繁茂に対する対策と有効性[22] 8-2-13
（5） 種子の定着・生長による再繁茂への対策 8-2-15
1） 定期的な刈取り 8-2-16
2） 抜取り 8-2-16
3） 出水を活用した対策 8-2-16
4） 草地化工法 8-2-17
5） 水面形成 8-2-17
6） ブルドーザーによる踏み倒し 8-2-18
（6） モニタリングと維持管理 8-2-19
■コラム―　草地化工法の検討フロー[40] 8-2-20

Q8-3 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下さい。 8-3-1
■ Question の意味と背景 8-3-1

■ **Answer の概要と基本的考え方** 8-3-2
■ **Answer の詳細** 8-3-3
（1） 影響・被害（またはそのおそれ）の把握 8-3-3
（2） 対策の緊急性の検討 8-3-3
（3） 対象種・対象箇所の検討 8-3-4
（4） 目標の設定 8-3-5
■ コラム―対策を優先すべき外来植物 8-3-6
■ 参考事例―カナダモ類の除去 8-3-7

Q8-4 外来植物除去の基本的な考え方を教えてください。 8-4-1
■ **Question の意味と背景** 8-4-1
■ **Answer の概要と基本的考え方** 8-4-2
■ **Answer の詳細** 8-4-3
（1） 外来種の現状について 8-4-3
（2） 外来種対策の考え方 8-4-4
（3） 防除のポイント・考え方 8-4-5
（4） ハンドブックに掲載されている外来植物 10 種について 8-4-6
（5） 外来種防除の例　アレチウリ 8-4-6

Q9-1 自然環境に関連した河川整備を実施する上で、モニタリングのポイントを教えてください。 9-1-1
■ **Question の意味と背景** 9-1-1
■ **Answer の概要と基本的考え方** 9-1-2
■ **Answer の詳細** 9-1-3
（1） 調査デザイン 9-1-3
（2） Before-After（BA）デザイン 9-1-3
（3） Control-Impact（CI）デザイン 9-1-4
（4） Before-After-Control-Impact（BACI）デザイン 9-1-4
（5） Before-After-Reference-Control-Impact（BARCI）デザイン 9-1-5
（6） 繰り返し 9-1-6
（7） 調査の項目と間隔 9-1-6
（8） 順応的管理（アダプティブマネジメント） 9-1-7
■ 参考事例 9-1-7
■ コラム―　BACI デザインによる倒木投入の効果検証 9-1-11

Q10-1 3次元データを活用した多自然川づくりの現状について教えてください。 10-1-1
■ **Question の意味と背景** 10-1-1
■ **Answer の概要と基本的考え方** 10-1-2
■ **Answer の詳細** 10-1-3
（1） 調査 10-1-4
（2） 設計 10-1-4
1） 地形編集 10-1-5
2） 定量的評価（土砂水理・河川環境など） 10-1-6
3） 定性的評価（景観など） 10-1-7
（3） 施工 10-1-9
（4） 維持管理（3 次元管内図） 10-1-9

■ 参考事例― 雲出川の 3 次元河道設計ツールを用いた治水･環境の一体的検討の試行 10-1-10
■ 参考事例― 九頭竜川水系日野川における３次元の川づくりによる施工例 ... 10-1-11

■ 大河川Q&Aの記載項目早見表

大河川Q＆A　目次		凡例 ◎ 関連性が高い ○ 関連性がある	①多自然川づくりの基本的な考え方	②現況評価・目標設定			③計画設計							④維持管理・ﾓﾆﾀﾘﾝｸﾞ
				現況評価	ビジョン共有型の目標設定	リファレンス型の目標設定	河道掘削	高水敷掘削・整備	引堤・築堤	樹木伐採・植樹・植生管理	護岸整備・侵食対策・水際工夫	堰・樋門樋管	生態系ＮＷの形成	
Q1-1 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下さい。	（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）環境目標を河道（空間）の計画・設計に反映する		◎		○	○								
Q2-1 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。	（1）河道掘削（河口部以外）						◎	◎						
	（2）河道掘削（河口部）						◎							
	（3）樹木伐開									◎				
	（4）引堤　築堤								◎					
	（5）横断工作物の設置　改築											◎		
	（6）護岸設置等										◎			
	（7）高水敷整備							◎						
	（8）樋門　樋管											◎	◎	
Q2-2 多自然川づくりにおいてグリーンインフラ活用のポイントについて教えてください。	（1）グリーンインフラの概要		○											
	（2）グリーンインフラの評価													
	（3）河川や流域におけるグリーンインフラの具体例							○					○	
Q3-1 各セグメントにおける土砂動態の特徴を教えて下さい。	（1）流砂系における土砂動態の全体像の捉え方			◎				○		○				◎
	（2）低水路の河床材料粒度分布の縦断的な変化			◎				○		○				◎
	（3）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			◎				○		○				◎
	（4）各粒径集団の土砂輸送形態の捉え方			◎				○		○				◎
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た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。	（1）対象の考え方			◎										
	（2）比較の考え方			◎										
Q4-2 河川環境の改善に向けた河川環境管理シートの活用方法について、具体的な事例を交えて教えてください。	（1）河川環境管理シート作成の手引きの更新内容			◎		◎								◎
	（2）河川環境管理シートの位置づけ			◎		◎								◎
	（3）河川環境管理シートの活用状況			◎		◎								◎
Q5-1 護岸等を設置する際の工夫事例を教えて下さい。	（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										◎			
Q5-2 高水敷掘削や切下げを行う際に、掘削の効果を長持ちさせながら、河川環境の改善に寄与するための留意点を教えてください。	（1）土砂の再堆積と掘削高さ						◎	◎						◎
	（2）掘削地の樹林化						◎	◎						◎
	（3）掘削高さと生息場						◎	◎						◎
	（4）セグメント1における砂州の掘削・切下げに関する留意点						◎	◎						◎
	（5）高水敷掘削・砂州切下げにおける工夫事例						◎	◎						◎
Q6-1 人の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下さい。	参考事例１一阿武隈川　渡利水辺の楽校（福島県福島市）						○	◎						◎
	参考事例２一遠賀川　直方の水辺（福岡県直方市）						○	◎		○				
	参考事例３一子吉川　癒しの川（秋田県由利本荘市）							◎						
Q6-2 通常の河川改修で伐採対象となる樹木を、保全・復元した事例を教えて下さい。	参考事例１-宮川　宮川堤の堤防拡幅と桜景観保全（三重県伊勢市）							◎	○	◎				
	参考事例２-白川　緑の区間（熊本県熊本市）						◎			◎				

大河川Q＆A　目次

凡例
◎ 関連性が高い
○ 関連性がある

		①多自然川づくりの基本的な考え方	②現況評価・目標設定			③計画設計							④
			現況評価	ビジョン共有型の目標設定	リファレンス型の目標設定	河道掘削	高水敷掘削・整備	引堤・築堤	樹木伐採・植樹・植生管理	護岸整備・侵食対策・水際工夫	堰・樋門樋管	生態系ＮＷの形成	維持管理・ﾓﾆﾀﾘﾝｸﾞ
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）とはどのようなもので、どのように取り組んだらよいか教えて下さい。	（1）取り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～			◎								◎	
	（2）取り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～											◎	
	（3）取り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～											◎	
Q7-2 河川事業における生態系ネットワーク構築の評価の考え方について教えて下さい。	（1）.事前評価、事後評価について		◎									◎	
	（2）.生態系ネットワークの評価手法について		◎									◎	
Q7-3 河川横断施設などに魚道を設置する際に、どのような点に留意すればよいのか教えて下さい。	（1）魚道の設計にあたってのポイント										◎	◎	
	（2）既設魚道の機能評価										◎	◎	
Q7-4 生物の多様性向上のために河道～水路～流域の環境をつなぐ有効な方法を教えてください。	（1）堤外での取り組み					○	○					◎	
	（2）堤内での取り組み										○	◎	
Q8-1 河川における樹木管理の基本的な考え方について教えて下さい。	（1）景観要素の変化								◎				◎
	（2）河道内樹木の構成種								◎				◎
	（3）河道内樹木の繁茂による河川機能の変化								◎				◎
	（4）分布拡大速度								◎				◎
Q8-2 河道内樹林の再繁茂対策の方法を教えてください。	（1）河道内樹木の再繁茂						○		◎				◎
	（2）再繁茂に至る２つの経路						○		◎				◎
	（3）各樹種の特徴						○		◎				◎
	（4）萌芽による再繁茂への対策と有効性						○		◎				◎
	（5）種子の定着・生長による再繁茂への対策						○		◎				◎
	（6）モニタリングと維持管理						○		◎				◎
Q8-3 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下さい。	（1）影響　被害（またはそのおそれ）の把握		◎						◎				◎
	（2）対策の緊急性の検討								◎				◎
	（3）対象種　対象箇所の検討								◎				◎
	（4）目標の設定			◎					◎				◎
Q8-4 外来植物の除去の基本的な考え方を教えて下さい。	（1）外来種の現状について								◎				◎
	（2）外来種対策の考え方								◎				◎
	（3）防除のポイント・考え方								◎				◎
	（4）ハンドブックに掲載されている外来植物10種について								◎				◎
	（5）外来種防除の例　アレチウリ								◎				◎
Q9-1 自然環境に関連した河川整備を実施する上で、モニタリングのポイントを教えてください。	（1）調査デザイン		◎										◎
	（2）Before-After（BA）デザイン		◎										◎
	（3）Control-Impact（CI）デザイン		◎										◎
	（4）Before-After-Control-Impact（BACI）デザイン		◎										◎
	（5）Before-After-Reference-Control-Impact（BARCI）デザイン		◎		◎								◎
	（6）繰り返し		◎										◎
	（7）調査の項目と間隔		◎										◎
	（8）順応的管理（アダプティブマネジメント）		◎										◎
Q10-1 ３次元データを活用した多自然川づくりの現状について教えてください。	（1）調査												
	（2）設計												
	（3）施工												
	（4）維持管理（3次元管内図）												◎

■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下さい。

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下さい
- 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組みです。

④

■Answer の概要と基本的考え方

⑤

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・NPO・企業・自治体などの賛同者が集まり、取組みのシンボルとなる指標種や取組みの目標を定め、互いに連携しながら継続的な活動を進めるものです。

⑤Answer 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－2　生態系ネットワーク形成に向けた取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しています。

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、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）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、澪筋（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場合がある。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生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

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。

■参考文献

1)国土交通省, 美しい山河を守る災害復旧基本方針, 2018
2)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
3)（財）国土技術研究センター編, 河道計画の手引き, 山海堂 2002
4)（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
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

■コラム－河川環境情報図の活用

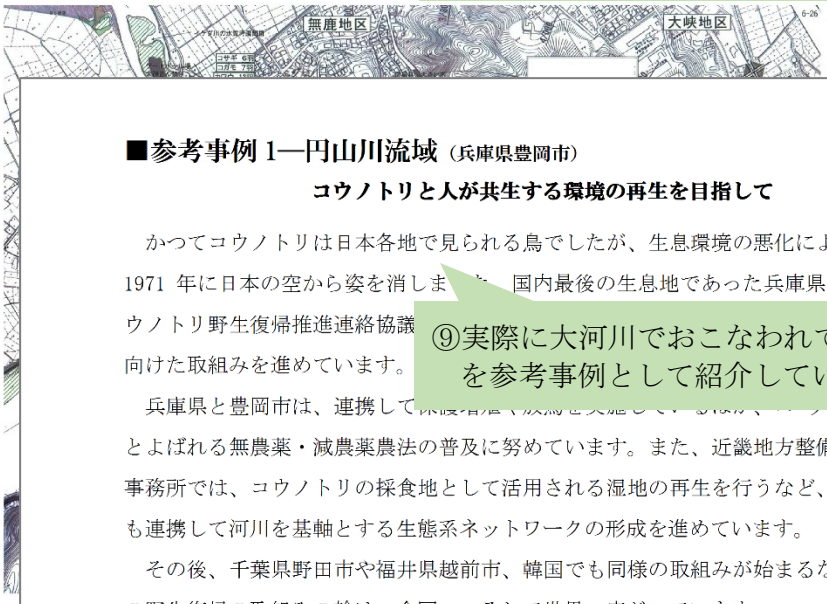
⑧

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せることにより、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路の影響回避・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）

コウノトリと人が共生する環境の再生を目指して

⑨

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[illegible]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[illegible]向けた取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[illegible]とよばれる無農薬・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

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、これらの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。

治水事業等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、新たに良好な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、実際には河川環境の保全・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場合が多いこと等の理由から、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（Q2-1 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

- Q2-1　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・設計することが重要である。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重要である。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。

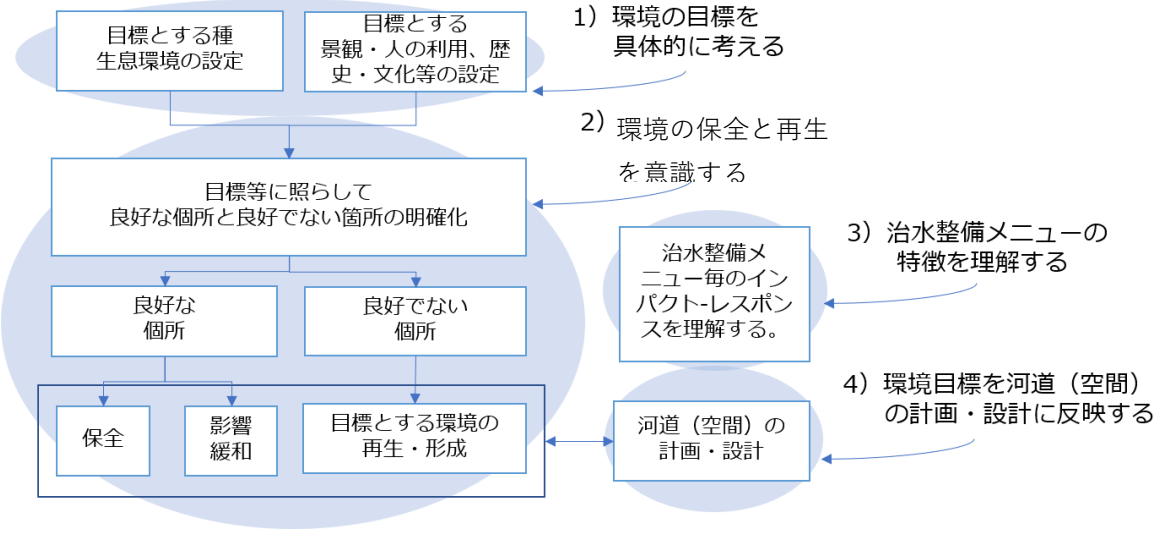


図-1　環境と調和した治水事業実践のためのイメージ

■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重要である。

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・生育・繁殖状況を整理し、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・群落を具体的に設定することが重要である（Q4-1 参照）。具体的な種等を設定することにより、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・生育・繁殖環境を成立させる河道の形、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、保全目標とする種等を設定し、河道計画・設計を行う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・繁殖する生物の分布、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（植物の繁茂、洪水時の河床変動等）を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、現地に赴き様々な体験を通じ

て川に親しむことや、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は影響の回避や低減をはかり、必要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・生育・繁殖環境の再生、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）水位のコントロール、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（Q3-1 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・供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・たまり等多様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（Q5-2 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 Q2-1 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ている。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、種とその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（Q5-2 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（Q6-1 参照）。

なお、実際の事業においては、時間軸を意識することが重要となる。すなわち、設計に時間の概念をどのように持ち込むかという視点が重要である。河川環境は時間とともに変化し、ある程度の時間を経て環境目標に近づくという考え方が、設計時にも不可欠である。

■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「持続性ある実践的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

2022 年(令和 4 年)3 月　一部改訂

２－１　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参考資料として、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は少ない。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 Q8 等を参照されたい。

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

- Q1-1　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下さい。
- Q5-1　護岸等を設置する際の工夫事例を教えて下さい。
- Q5-2　高水敷掘削や切り下げを行う際に、掘削の効果を長持ちさせながら、河川環境の改善に寄与するための留意点を教えてください。
- Q8-2　河道内樹林が再繁茂しにくい施工や維持管理の方法を教えて下さい。

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・生育状況に変化（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、まずはこれらを関係図（フロー）として表し、どの経路が主要なものか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。

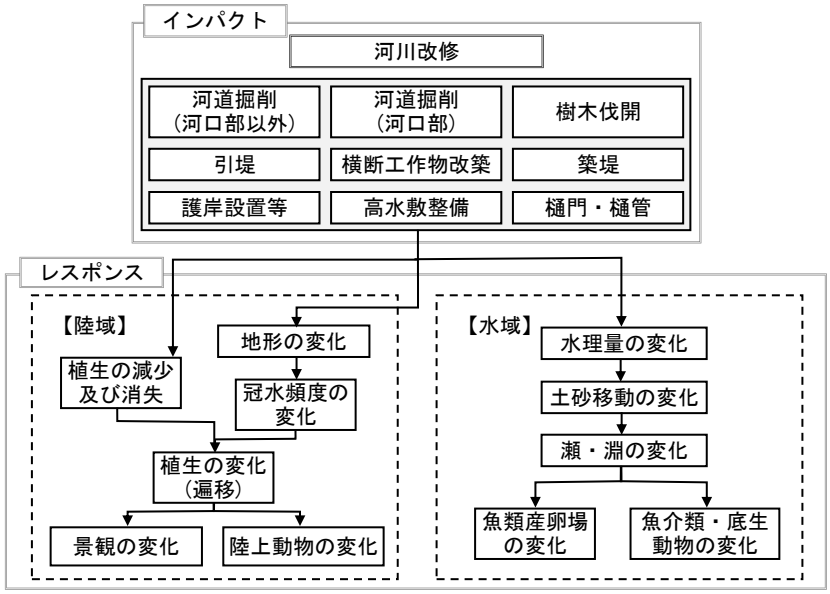


図- 1　河川改修インパクトに対する環境への影響伝達フロー（例） 2)に一部加筆

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	・澪筋（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	・人の利用・景観への影響
	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など、干潟などの生物の生息・生育環境の再生	・塩分遡上範囲や潮間帯の変化	
	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(動線)への影響
水位低下対策 河床低下対策	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 ・湛水域の出現	・澪筋（瀬・淵）や砂州形態、河床材料の変化 ・特に河口域の場合は、塩分遡上範囲や潮間帯の変化 ・水質悪化の懸念	・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
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(動線)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（動線）・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) 湛水域の出現により富栄養化による水質悪化が懸念される場合には、必要に応じて水質シミュレーション等の実施を検討 e) 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 e) 護岸が露出してしまい人が水辺に近づきにくくなるような場合には、利用状況に応じて水辺へのアプローチ・動線の確保を検討
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したり、人の利用、景観への影響が生じたりすることにある。

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. 高水敷掘削や切り下げを行う際に、掘削の効果を長持ちさせながら、河川環境の改善に寄与するため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. 人の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下さい」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「Q8-2. 河道内樹林が再繁茂しにくい施工や維持管理の方法を教えて下さい」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. 高水敷掘削や切り下げを行う際に、掘削の効果を長持ちさせながら、河川環境の改善に寄与するため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、樹木の再繁茂の抑制については、「Q8-2. 河道内樹林が再繁茂しにくい施工や維持管理の方法を教えて下さい」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. 高水敷掘削や切り下げを行う際に、掘削の効果を長持ちさせながら、河川環境の改善に寄与するための留意点を教えてください」を参考にして欲しい。

■参考事例―　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

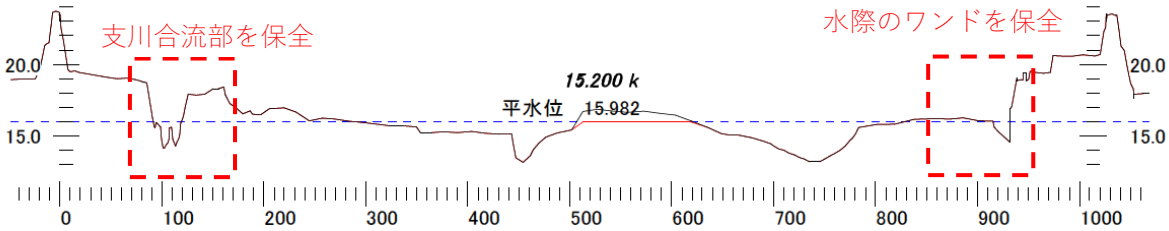


図- 2　15k 付近の掘削形状の例

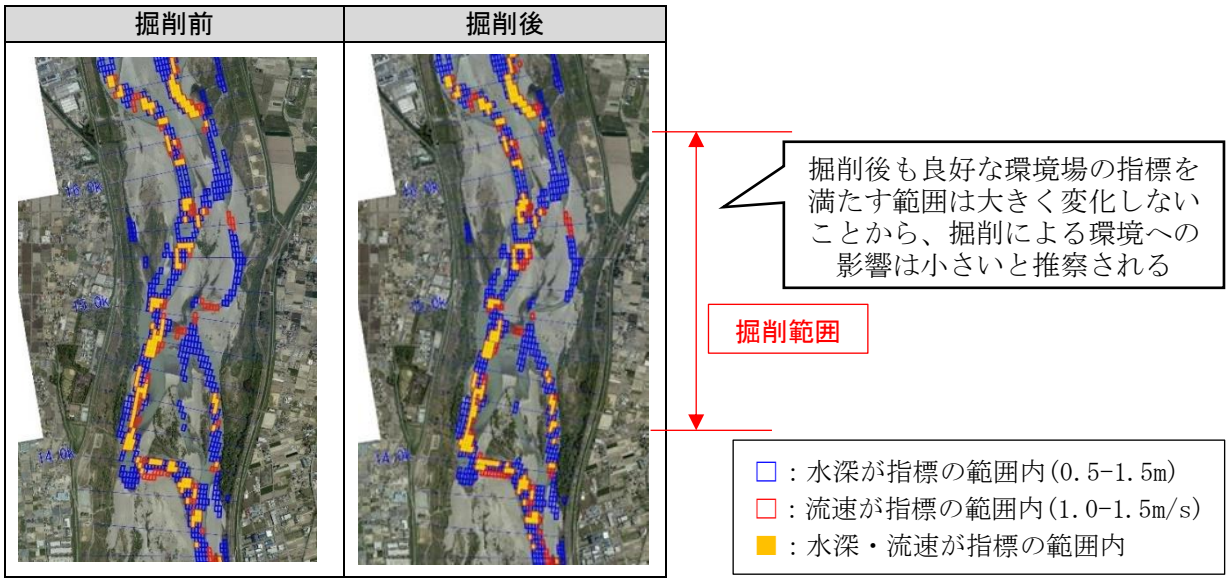


図- 3　主に瀬に生息するアユ・カマキリ等の魚種に関する指標での評価

（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、塩水遡上範囲や潮間帯の範囲が変化し、生物の生息・生育環境に影響する可能性がある。

一方、高比高域を掘削し、地盤高が潮間帯の範囲となると干潟が形成され、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、潮間帯の範囲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

潮位より高い高比高域を掘削し、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。

■参考事例―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。また、災害への対応等により、短い期間で樹木の伐採を進めざるを得ない状況が生じることもあるため、平常時から、河川環境情報図を用いて、重要な植物・樹木の有無や、重要な生物が利用している樹木、鳥類の営巣地として利用されている植物群落等を確認しておき、保全対象となる樹木や群落を把握しておくことも重要である。樹木伐開を含む陸域環境への評価については「Q8-2. 河道内樹林が再繁茂しにくい施工や維持管理の方法を教えて下さい。」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. 河道内樹林が再繁茂しにくい施工や維持管理の方法を教えて下さい。」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植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. 通常の河川改修で伐採対象となる樹木を、保全・復元した事例を教えて下さい。」を参考にして欲しい。

■参考事例―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（動線）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、両生類等の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. 通常の河川改修で伐採対象となる樹木を、保全・復元した事例を教えて下さい。」に掲載したので参考にして欲しい。

■参考事例１―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、河道幅を拡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。



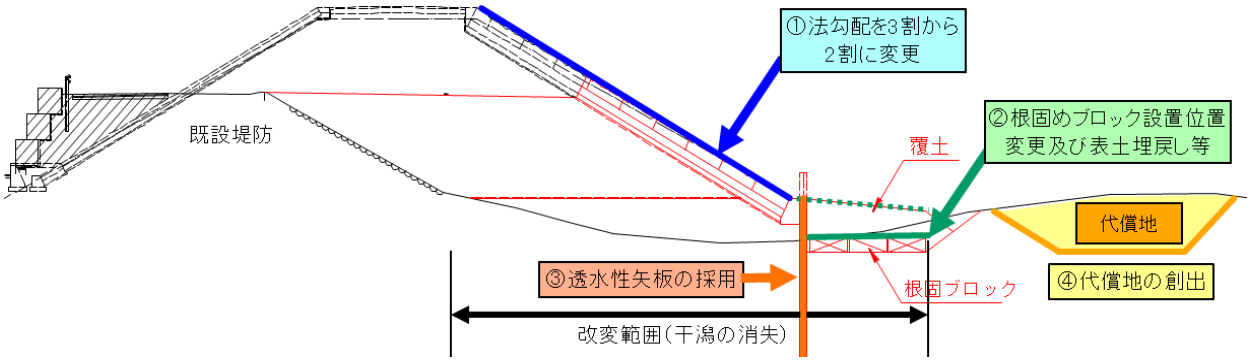
図- 7　　引堤による河積の確保（上）と標準横断（下）（矢部川）

■参考事例２―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。



干潟の消失率：24%⇒10%に低減



堤防嵩上げに伴い、干潟面積が約 24%消失することになる

保全対策の代償措置として代償地を創出（高水敷掘削）

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、湛水域創出による水質悪化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間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)～e)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、「Q7-3. 河川横断施設などに魚道を設置する際に、どのような点に留意すればよいのか教えて下さい。」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）湛水域の出現・水質悪化の懸念

新たに形成される湛水域の規模や流入する栄養塩類の量によっては、富栄養化による水質の悪化が生じる場合がある。利水や人の利用等への影響が懸念される場合には、水質シミュレーション等による水質予測を実施し、必要な対策について検討する必要がある。

e）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。

■参考事例―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、堰の両岸側への魚道設置や副ダムを設置し降下魚や迷入対策を施すなど、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部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. 護岸等を設置する際の工夫事例を教えて下さい。」に記載したので参考にして欲しい。

e) 水辺へのアプローチ・動線の確保

現況で人の水辺利用があり、護岸設置により人が水辺に近づきにくくなるような場合には、その利用状況に応じて階段護岸の設置や緩傾斜の河岸構造とすること等を検討し、人の水辺へのアプローチ・動線の確保を図ることが望ましい。水辺利用の視点や事例については、「Q6-1. 人の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下さい。」に記載したので参考にして欲しい。

■参考事例―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こ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。

（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「Q7-4. 生物の多様性向上のために河道～水路～流域の環境をつなぐ有効な方法を教えてください。」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よう、景観に配慮した設計について検討する。検討にあたっては、「川の風景を考えるⅡ 景観設計のためのガイド（水門，樋門)」を参照されたい。

■コラムー河川環境情報図の活用 [13)]

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せることにより、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。

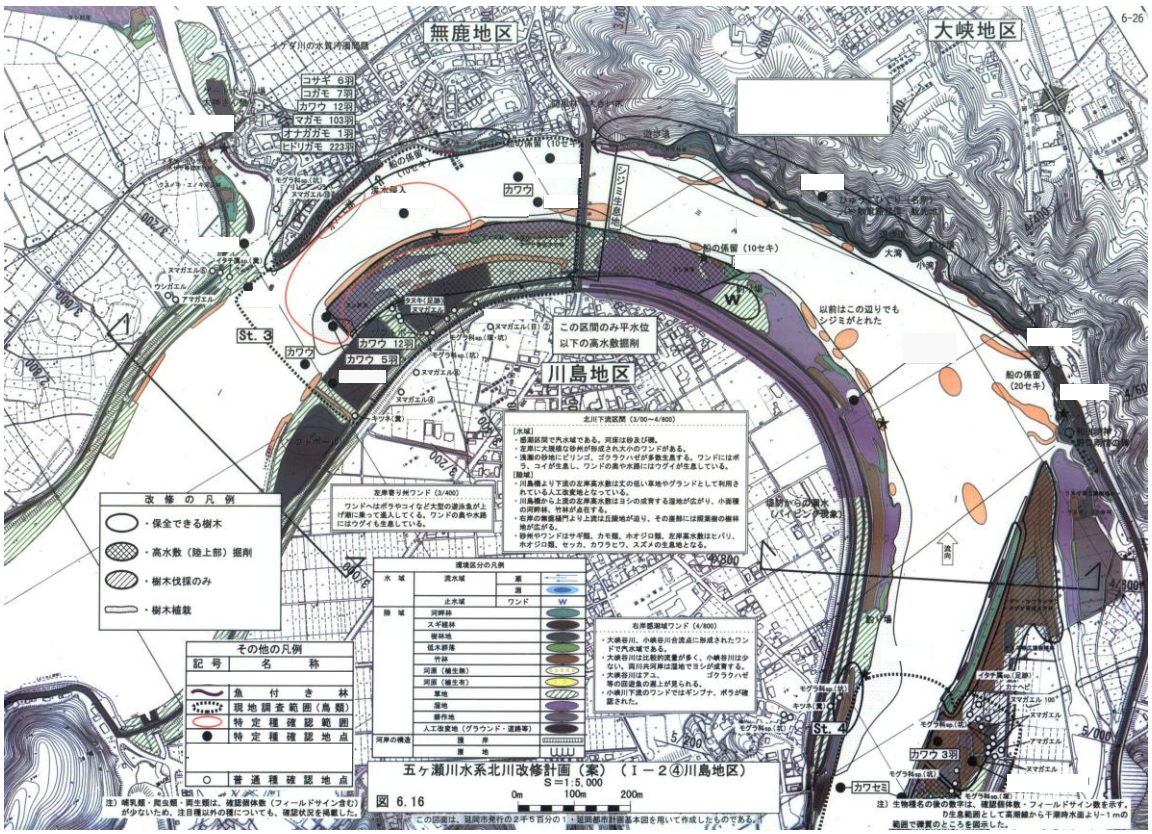


図- 11　河川環境情報図を用いて掘削範囲・樹木伐採範囲等を検討（北川）

■コラム－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澪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。

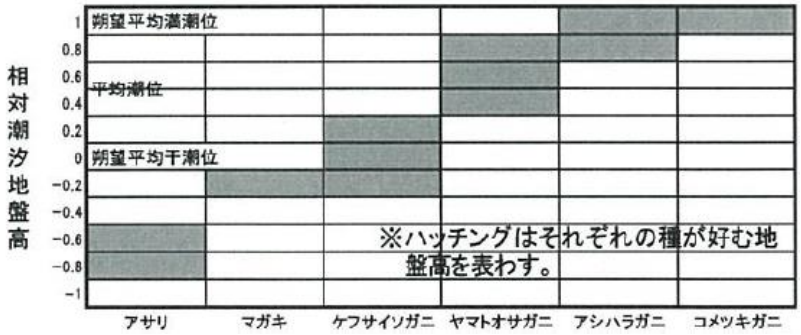


図- 13　相対潮汐地盤高の選好性の一例

例えばある河川の事例では、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。(図-15)

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、セイタカヨシ シオクグ、アキノミチヤナギ－ホソバノハマアカザ ※フクド、ハママツナ	アイアシ	コウボウムギ、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	（朔望平均満潮位）										
	0.8～1.0											
	0.5～0.8	（平均潮位）										
	0.2～0.5											
	0～0.2	（朔望平均干潮位）										
	＜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

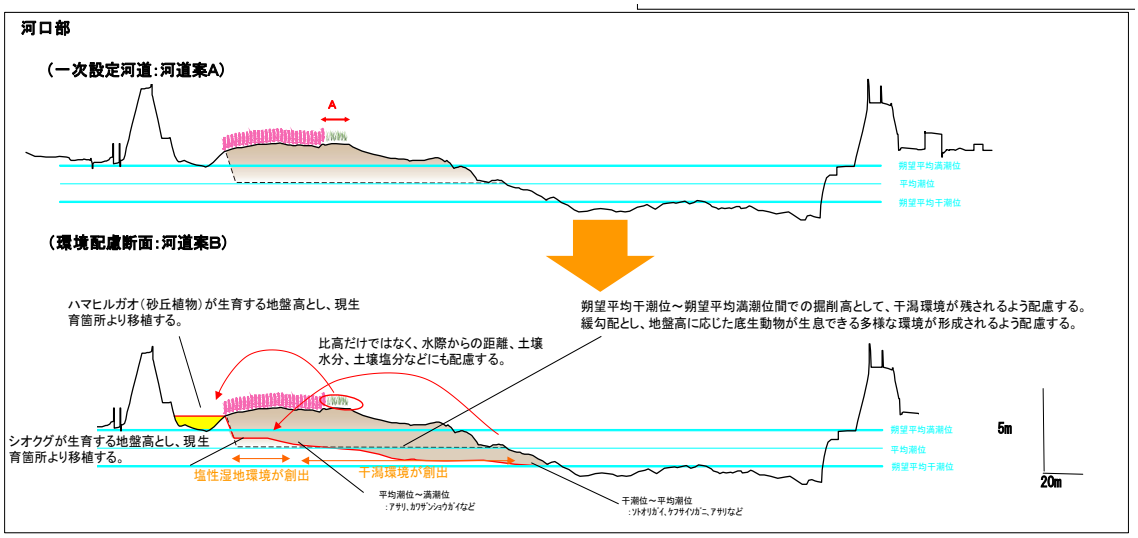


図- 15　　複数案の比較の例

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,セイタカヨシ,シオクグ アキノミチヤナギ－ホソバノハマアカザ ※フクド、ハママツナ	アイアシ	コウボウムギ、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
- リバーフロント整備センター編:川の風景を考えるⅡ 景観設計のためのガイド（水門，樋門）,1996

■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 Vol62,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者会議開催記録
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

2022 年(令和 4 年)3 月　一部改訂

２－２　Question

多自然川づくりにおいてグリーンインフラ活用のポイントについて教えてください。

■Question の意味と背景

グリーインフラは国土交通省において「社会資本整備や土地利用等のハード・ソフト両面において、自然環境が有する多様な機能を活用し、持続可能で魅力ある国土・都市・地域づくりを進める取組」1)として定義されており、国土形成計画[2)]や社会資本重点整備計画[3)]にも位置付けられるなど、インフラ整備における重要な考え方となっている。2019 年には国土交通省として「グリーンインフラ推進戦略」[1)]が策定され、「グリーンインフラ官民連携プラットフォーム」が立ち上げられた。「グリーンインフラ活用型都市構築支援事業」などの新たな助成制度もつくられるなど、今後の社会資本整備の目指すべき方向性として推進されている。

流域治水の取組においても「自然環境が有する多様な機能を活かすグリーンインフラの考えを推進し、災害リスクの低減に寄与する生態系の機能を積極的に保全又は再生することにより、生態系ネットワークの形成に貢献すること」[4)]とされており、多自然川づくりにおいても活用を進める必要がある。しかしながら、グリーンインフラ自体の考え方の理解はかならずしも十分でなく、具体に何をすべきかと言ったことも十分に認識されていない。ここでは、グリーンインフラの考え方を概説したうえで、具体的な活用のポイントについて示す。

■関連する Question

- Q1-1　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下さい。
- Q2-1　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。
- Q4-2　「河川環境管理シート」の活用方法について教えて下さい。
- 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）とはどのようなもので、どのように取り組んだらよいか教えて下さい。
- Q7-2　河川事業における生態系ネットワーク構築の評価の考え方について教えて下さい。
- Q7-3　河川横断施設などに魚道を設置する際に、どのような点に留意すればよいのか教えて下さい。
- Q7-4　生物の多様性向上のために河道～水路～流域の環境をつなぐ有効な方法を教えてください。

Answer

グリーンインフラの「自然環境が有する多様な機能を活かす」という考えを理解し、治水や環境に加えて地域振興など多様な視点から保全や整備を進め、持続可能な国土・都市・地域づくりに貢献することが大切です。

■Answer の概要と基本的考え方

持続可能な国土や地域を形成する上で、重要な考え方が「グリーンインフラ」で、国土形成計画や社会資本整備重点計画にも記載されている。国土交通省の定義は「社会資本整備や土地利用等のハード・ソフト両面において、自然環境が有する多様な機能を活用し、持続可能で魅力ある国土・都市・地域づくりを進める取組」[1)]とかなり幅広い定義となっているが、簡単に言うと「自然の多様な機能を活用したインフラ整備や土地利用」と理解するとよいだろう。

河川や流域の自然環境には多様な機能が存在する（図－1)。その機能を理解して、多様な視点で環境保全やインフラ整備を実施する必要がある。河川管理者の具体的なグリーンインフラの取組みとしては、河道内での多自然川づくり、遊水地の自然機能やにぎわい機能の強化から、霞堤を活かした防災と環境保全の両立、生態系ネットワーク構築のための生息ポテンシャルマップの流域への提供などが考えられる。さらに広くは流域全体の土地利用などにも目を配る必要がある。

河川管理者が直接管理しない流域を含めた取り組みを進めるためには多様な主体との連携や河川予算に限らない多様な資金調達を進める必要がある。グリーンインフラの取組を進めネイチャーポジティブな流域の管理を進めることが持続可能な国土・都市・地域づくりに重要である。



図 1　自然環境が有する多様な機能（国土交通省資料より）

■Answer の詳細

（1）グリーンインフラの概要

気候変動をきっかけにサステナビリティ（持続可能性）が時代のキーワードとなっている。社会的責任投資を意識した投資家連合の声も大きくなっており、社会や環境の持続可能性に配慮した経営を行わない企業からは投資を撤退させている（これをダイベストメントと言う）。地域のサステナビリティという観点からは、災害に対する復元力（レジリエンス）に加え、同時に地域の自然や美しい景観、地域のつながりを保全しつつ、地域経済を上手く循環させる行政運営（あるいはガバナンス）が求められている。

この持続可能な国土や地域を形成する上で、重要な考え方がグリーンインフラである。国土交通省の定義では「社会資本整備や土地利用等のハード・ソフト両面において、自然環境が有する多様な機能を活用し、持続可能で魅力ある国土・都市・地域づくりを進める取組」[3] となっている。「実践版！グリーンインフラ」の書籍などを書いたグリーンインフラ研究会（実務者や環境関連等の幅広い研究者らで構成される団体）では「自然が持つ多様な機能を賢く活用することで、持続可能な社会と経済の発展に寄与するインフラや土地利用計画を、グリーンインフラと定義する」 としている。簡単に言うと「自然の多様な機能を活用したインフラ整備や土地利用」となる。考え方という意味では、持続可能な国土・都市・地域づくりのための哲学、とも言い換えることができるであろう。なお、ここでグリーンインフラの「グリーン」は単に緑や植物という意味よりももっと広い概念である。さらにグリーンインフラは、グレーインフラとも呼ばれる従来型のインフラ整備と組み合わせることで、ハイブリッドインフラとして、より高い機能を有する整備へとつながることが指摘されている[5]。

グリーンインフラに近い言葉として Eco-DRR(生態系を活用した防災･減災)や Nature-based Solutions (NbS, 自然に根ざした解決策あるいは自然を活用した解決策などと訳される)がある。その意味するところに重複も多いが、Eco-DRR は文字通り生態系や自然を活用して防災や減災に役立てるところに主眼があり、図-2 で言うと(1)防災・減災と(2)環境に軸足を置いている。NbS は IUCN の定義によると「社会課題に効果的かつ順応的に対処し、人間の幸福および生物多様性による恩恵を同時にもたらす、自然の、あるいは人為的に改変された生態系の保護、持続可能な管理、回復のための行動」[6]とされており、社会課題を解決するための一つのアプローチとしてグリーンインフラは位置づけられている。実際の用例としてグリーンインフラと NbS は似通っており、日本ではグリーンインフラが、国際的には NbS が言葉としては広く認識されており、これまで使用されてきている。

グリーンインフラを活用することにより多様な効果を発揮するが、その効果は主に３つの柱（防災・減災、環境、地域振興）で示されると言われている。河川管理においてはこれまでも防災・減災はもちろんのこと、河川環境も目標に実施されてきたが、グリーンインフラの考え方ではこれまで以上に自然環境（グリーン）に留意するとともに、地域振興（にぎわい）や経済（金融）にも力点をおいて進めることが実務上のポイントとなる。

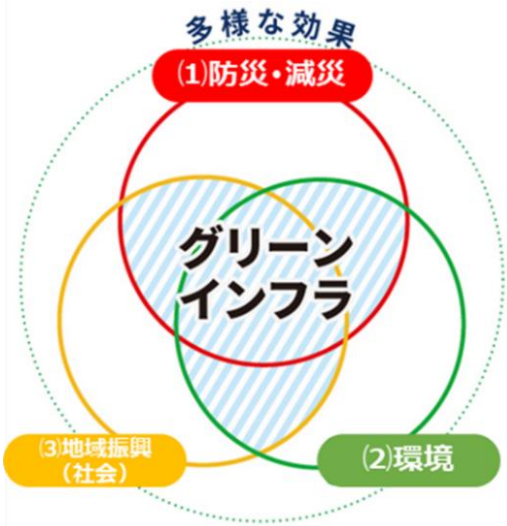


図 2　グリーンインフラの効果の３つの柱（国土交通省資料より）

（２）グリーンインフラの評価

グリーンインフラの評価にはさまざまな手法が提案されているが、グリーンインフラ官民連携プラットフォームの評価に関する中間報告書 [7]ではグリーンインフラの評価を都市浸透対策、猛暑対策、生物多様性保全、温室効果ガス削減、健康増進、地域経済振興の６つとしている。このなかでも定量的な評価が進んでいるのは都市浸透対策や治水効果など防災に関するものだろう。次に定量的な評価が進んでいるのは生物多様性保全など自然環境に関するものである。自然環境の評価においては、生態系ネットワークの評価において生息ポテンシャルマップなどが作成されることが一般的になってきている [8]。まちづくりなどにおいては猛暑対策、温室効果ガス削減の観点から評価されている事例も多い。健康増進や地域経済振興あるいはにぎわいと言った項目は昨今、ウェルビーイング（健康や幸福度などが満たされている状態）を評価する指標としても注目されており、研究・検討例も増えている。健康評価は容易ではないが、例えばまちづくりにおいては気軽に歩行できる空間がどのくらい整備されているかと

言った、ウォーカブルに関するインフラ整備の度合いを健康指標に用いることも可能である[9]。健康については、地域の健康度合い（一人当たりの医療費等）で評価することも可能であろうが、他にも関連指標として人々のつながりという観点からその地域の NPO の数なども用いられる場合もある。

グリーンインフラの評価においては、適用するインフラのスケールの大小、また評価コストも考えて適切なレベルの評価手法を用いる必要がある[7]。上記の中間報告書においては、大スケールとして基礎自治体スケールや流域スケール、小スケールとして事業単位、中スケールとして街区などのその中間的なスケールを例として挙げている。また評価のレベルとしてシミュレーションなどを用いた詳細スケールから、原単位×面積程度で求められる中位レベル、緑被率などの単純な観測である簡易レベルまでの３つがあるとして整理している。事業のスケールや求められている精度や予算に応じて適切な指標を用いて評価する必要がある。



図 3　グリーンインフラの評価スケールと評価レベルの考え方[7]より引用

（３）河川や流域におけるグリーンインフラの具体例

１）多自然川づくり

河川におけるグリーンインフラとしては「河川環境の整備と保全」を目標として、しっかりと多自然川づくりや自然再生に取り組むことがまずは大事である。「すべての川づくりが多自然川づくり」と言われるように、治水が主目的の河川改修であっても河川環境の保全に留意し、むしろ積極的に湿地や川原など、その場所に必要な環境を再生・創出することが重要である。よく実施される例としては、高水敷の掘削に合わせて湿地を再生するような事例が挙げられる（図-4)。グリーンインフラの観点からは河川空間を活かしたにぎわいにも留意することも大切である。都市空間においては親水性やデザインに重点を置いた方が良い場合もあると考えるので、その空間特性に合わせて、整備の力点を変えると良い。



図 4　高水敷掘削に合わせて湿地を再生した事例（日野川・福井河川国道事務所）

２）グリーンインフラを意識した自然再生事業（地域振興、多様な資金調達）

自然再生事業はグリーンインフラ的な整備であるが、グリーンインフラの考え方を活用し、これまでの発想に一工夫加えると良い。つまり自然環境の再生だけでなく、地域のにぎわいと言った観点も可能なかぎり計画段階でしっかり考慮すべきである。また自然再生の進め方として多様な主体との連携が大切である。地域の企業やNPOと取り組む自然再生などはその例となる。さらに、グリーンインフラ的発想として「多様な資金調達」を考えるとよい。資金面において、河川予算だけでなく、公園予算や道路予算と連携するといった官官連携の発想が大事である。また、公的資金だけでなく助成金や民間企業の協力、あるいはグリーンボンド、ソーシャルインパクトボンド（SIB）と言った新たな金融手法を組み合わせることも今後の自然再生事業においては重要である。これらの多様な資金調達については「グリーンインフラ金融部会資料集」[10]や「グリーンインフラ支援制度集」[11]も参考にするとよい。

３）河川環境管理シート(Q4-2参照)等を用いたネイチャーポジティブな河川管理

河川環境管理シートなどを用いて河川環境を定量的に評価することはグリーンインフラを推進する上で重要である。河川環境管理シートの考え方は「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、そのような状態に無い河川の環境についてはできる限り向上させる」と言うものであり、これは2030年までに自然を回復基調にするという国際的な約束である「ネイチャーポジティブ」と同様の考え方である。このように河川環境管理シートなどの定量的な手法で河川環境を評価し、ネイチャーポジティブ（自然を増やす）を目指すという方向もグリーンインフラ的な考え方と言えるであろう。

４）流域の生息ポテンシャルマップ作成による環境の見える化

河川管理者は率先して、流域の生態系ネットワーク形成に寄与する情報を流域関係者に提示し、グリーンインフラを推進することが大事である。そのために、流域の生息ポテンシャルマップを作成し、環境を見える化し、関係者で情報の共有を図ることが有効である。生息ポテンシャルマップについては参考文献6やQ 7-2も参照されたい。

５）多様な機能を有する遊水地等の湿地環境の創出

遊水地の主目的は防災であるが、整備方法を工夫することで豊かな生物多様性を有する湿地とすることも可能である。遊水地を設置する場合は、その場所の環境だけでなく、生態系ネットワーク形成を意識することで、より高い機能を有することにつながる。防災上同等の機能を有する遊水地の候補地があれば、生態系ネットワーク形成の観点から優先順位を決めることもできるであろう。またその際には、遊水地の維持管理まで視野に入れ、持続可能な湿地機能・防災機能を果たす計画を策定することが大事である。



図 5　野生復帰後、東日本初のコウノトリのヒナが誕生した渡良瀬遊水地

■より深く知りたい技術者のための参考図書等

- グリーンインフラ研究会、三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング、日経コンストラクション（2017）決定版！グリーンインフラ、日経 BP 社.
- グリーンインフラ研究会、三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング、日経コンストラクション（2020）実践版！グリーンインフラ、日経 BP 社.
- グリーンインフラ官民連携プラットフォーム技術部会（2021）グリーンインフラ技術集, https://green-infra-pdf.s3-ap-northeast-1.amazonaws.com/%E6%8A%80%E8%A1%93%E9%9B%86.pdf （2022 年 12 月 29 日確認）
- グリーンインフラ官民連携プラットフォーム企画・広報部会（2021）グリーンインフラ事例集, https://green-infra-pdf.s3-ap-northeast-1.amazonaws.com/%E4%BA%8B%E4%BE%8B%E9%9B%86.pdf （2022 年 12 月 29 日確認）

■参考文献

1) 国土交通省：グリーンインフラ推進戦略, 2019.
2) 国土交通省：国土形成計画（全国計画）, 2015.
3) 国土交通省：社会資本重点整備計画, 2015.
4) 特定都市河川浸水被害対策法等の一部を改正する法律案に対する附帯決議, https://www.shugiin.go.jp/Internet/itdb_rchome.nsf/html/rchome/Futai/kokudoB82B6401ACD9B759492586B0001DCB58.htm （2022 年 12 月 29 日確認）.
5) Nakamura, F. (2022). Concept and Application of Green and Hybrid Infrastructure. In: Nakamura, F. (eds) Green Infrastructure and Climate Change Adaptation. Ecological Research Monographs. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-16-6791-6_2
6) 環境用語集:自然を活用した解決策, https://www.eic.or.jp/ecoterm/?act=view&serial=4846 (2022 年 12 月 29 日確認).
7) グリーンインフラ官民連携プラットフォーム技術部会:グリーンインフラ評価の考え方とその評価例（令和 3 年度中間報告書）, 2022, https://green-infra-pdf.s3.ap-northeast-1.amazonaws.com/Rep-hyoka.pdf （2022 年 12 月 29 日確認）.
8) 国土交通省水管理・国土保全局河川環境課: 河川事業における生態系保全に関する評価の手引き（実務者向け）（案）～生態系ネットワーク形成に向けて～, 2021.
9) まちなかの居心地の良さを測る指標（案）, https://www.mlit.go.jp/toshi/toshi_machi_fr_000009.html （2022 年 12 月 29 日確認）.
10) グリーンインフラ官民連携プラットフォーム金融部会：グリーンインフラ金融部会資料集, https://data.kd-net.ne.jp/kinyu.pdf（2022 年 12 月 29 日確認）.
11) 国土交通省・農林水産省・環境省: グリーンインフラ支援制度集, 2022, https://www.mlit.go.jp/report/press/content/001480252.pdf （2022 年 12 月 29 日確認）.

2023 年(令和 5 年)3 月　一部改訂

3－1　Question

各セグメントにおける土砂動態の特徴を教えて下さい。

■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材料の構成、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、沖積層上を流れる河川（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・区間で段階的に変化していく。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。

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。

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、渓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。

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・粘土までが混在してみられる。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対し、セグメント 3 では砂から粘土に限られる。このように、河床材料は縦断的に不連続な分布をもち、同じセグメント内では概ね同様の粒度分布をしているのが一般的である。

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 s（Sub)、材料 t（Transient）の大きく 3 つの粒径集団に分類して、あるセグメント内の材料構成をとらえることが有効である。対象とするセグメントにおいて、材料 m、s、t に相当する粒径集団が河道内のどこに存在しているかをあらかじめ把握することによって、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、改修後の地形変化を推定することが可能となる。

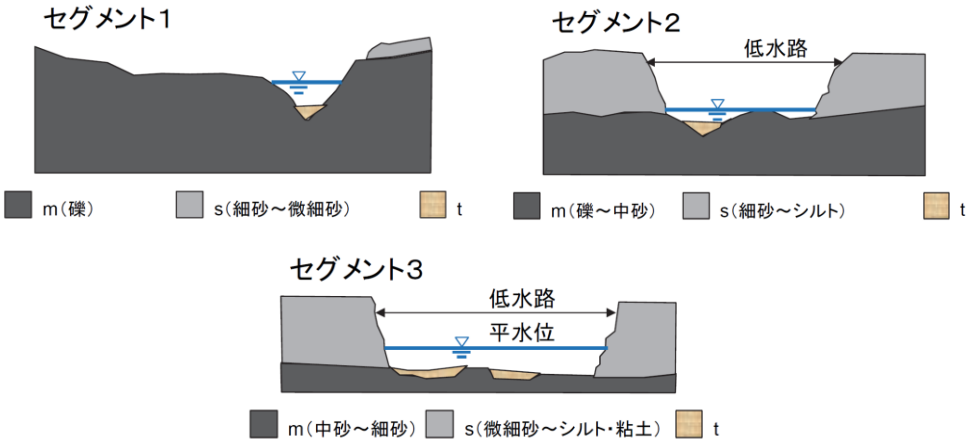


図-1　各セグメント類型における材料 m，s，t の典型的な存在状況 [1)]

■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、河口デルタ等の地形に応じて異なる土砂動態を有する。そしてその特性は、河川の縦断的な土砂輸送の結果として形作られている。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。

流砂系を捉えようとするとき、一般にその範囲は広範囲に及び、性質の異なる場から構成されているため、流域～沿岸域の個別領域の現象の理解と技術的検討を単純に積み上げるだけでは、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）低水路の河床材料粒度分布の縦断的な変化

低水路の河床材料の粒度分布の縦断変化の例を図-2 に示す。扇状地区間（セグメント 1）では、礫スケールの土砂が大部分を占める。ただし、河床表層は細かい土砂が洗い流されて粗粒化しているのが普通であり、表層とその下層とでは粒度分布が全く異なることに留意が必要である。河床表層を覆う石礫が移動するような出水では、その下層に存在するより小さい粒径の土砂が大量に移動することとなる。自然堤防帯（セグメント 2-2）の河床は中砂が主体である。セグメント 1 と 2 の勾配変化点下流側の移行区間では、礫から砂へと主材料が変化している。より下流のデルタ（セグメント 3）では、シルトと細砂が主体となっている。これは典型的な例であり、河床材料の縦断分布には河川ごとに違いがみられる。

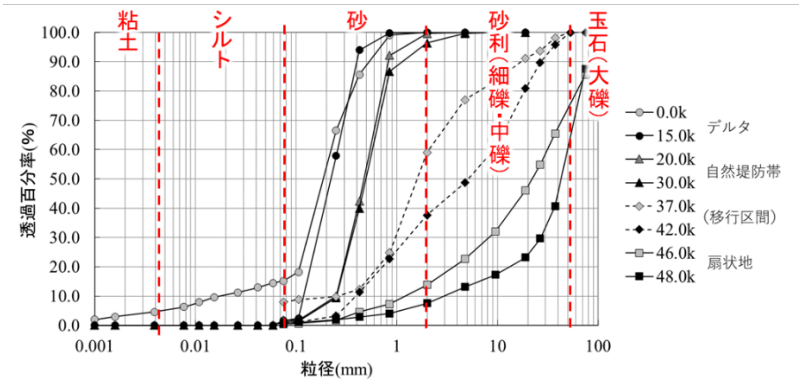


図-2　　低水路部における河床材料粒度分布の縦断的変化の例

（3）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）。先に述べた低水路河床材料の縦断分布に加え、断面内での分布に着目する。

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”といえる。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”といえる。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 に関する情報は、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、高水敷掘削後の再堆積の予測などに必要となる。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”といえる。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。

（４）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-3[2)]を示す。図-3 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、断続的な海水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、海水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-3 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形態が「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、河床形状や河床面の状態に応じて自身の流送量も縦断的に有意に変化する。土砂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-3 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、実際上、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)]。

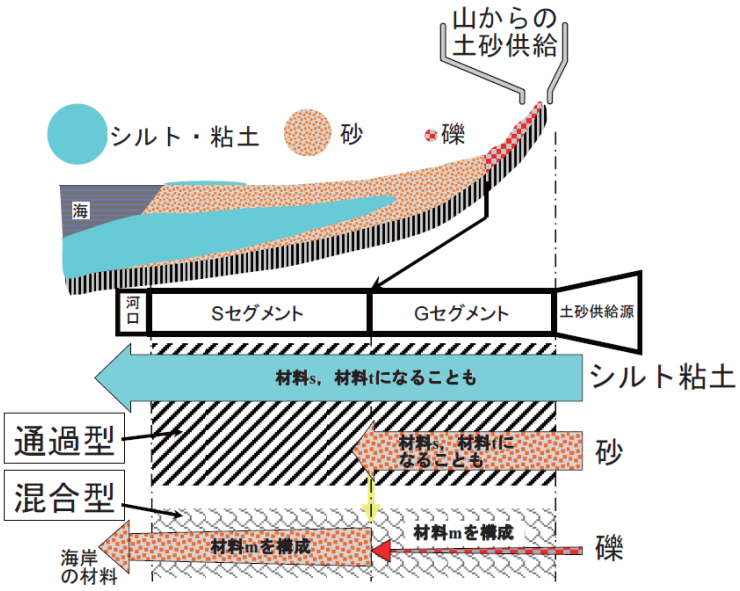


図-3　河床縦断地形の形成，河床材料分級とマクロな土砂収支 [2)]

■コラム一　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渓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（構造物の被災に関係する澪筋部の低下を含む）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-4)。

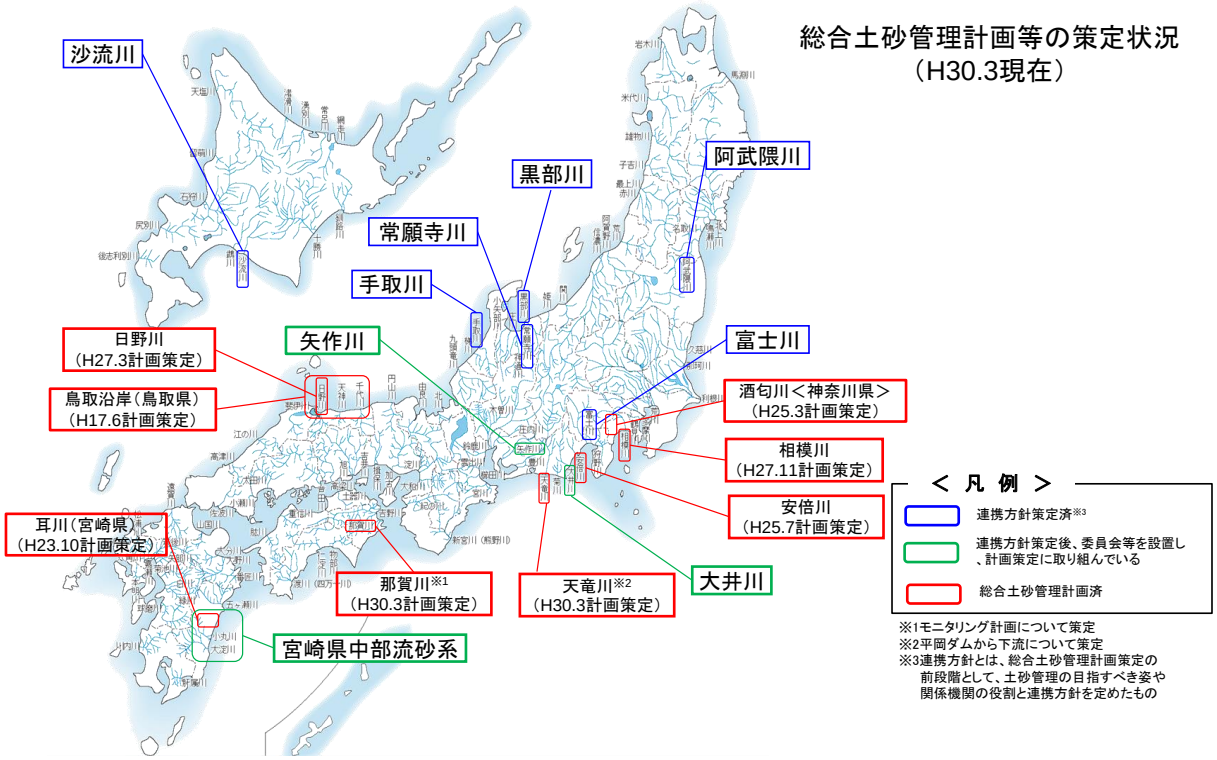


図-4　総合土砂管理計画等の策定状況（平成 30 年 3 月現在） [3)]

■コラム―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-長安口ダム）

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保し、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-5）[4]。

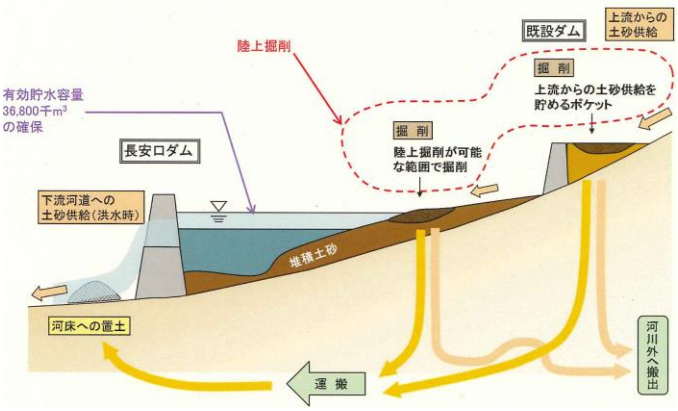


図-5　長安口ダムにおける堆砂対策のイメージ[4]

b. 土砂還元実績

平成 19 年～平成 26 年の 8 年間に、113 万 m³ 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 m³／年の土砂が流下している（図-6）[4]。



図-6　置土の流下状況[4]（平成 26 年　小計箇所）

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]。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-7）[5]。



図-7　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-8）。

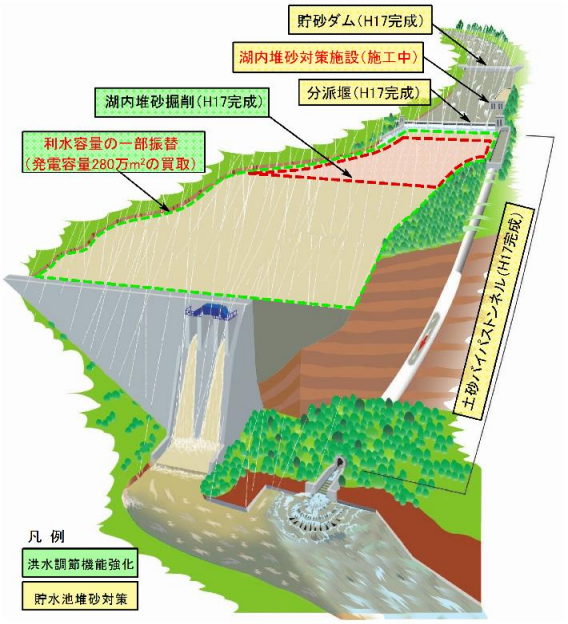


図-8　土砂バイパストンネルの状況 [6]

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。

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-9）が実施されている。



図-9　環境モニタリング調査地点 [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－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.

■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.

2022 年(令和 4 年)3 月　一部改訂

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た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。

■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再生（復元・修復）することが大切である（図-1）。例えば、現況が良好な区間にて河道掘削、築堤等を行う場合には、影響の緩和を図る必要があるし、現況に問題があれば、自然再生による改善だけでなく、治水事業において地形や植物（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)]、保全すべき生物の分布や主要な生息場が記されている。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、現況を評価するのに活用できるデータが蓄積されつつあるとともに、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つつある[2)]。しかし、河川には様々な特性（流域面積、勾配、河床材料、水質等）の違いがあり、考慮すべき現象や要因、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定まった手法は存在せず、環境目標についても一律に設定することは困難である。そのため、今後は状況に応じた手法の整理・選定が必要となるだろう。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。

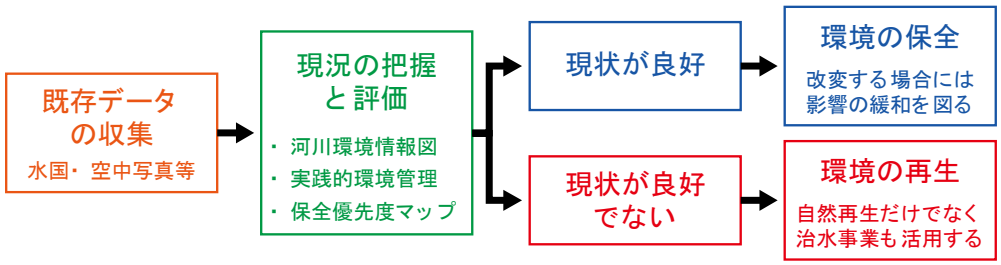


図-1　現況の把握・評価と環境保全・再生（復元・修復）の流れ

■関連する Question

- Q1-1　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下さい。
- Q4-2　「河川環境管理シート」の活用方法について教えて下さい。

Answer

裸地や群落、瀬-淵などの景観要素や生物の生育・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生物の生育・生息する“場”と、②“生物種”そのものに大別される（図 - 2)。①の“場”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、裸地やヨシ群落、瀬-淵などとして捉えられる「景観要素」を対象とする方法が有効である。②の“生物種”の捉え方についてもいく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植物や魚類といった分類群を基に、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がある。“比較”には同一時期において、異なる河川や区間を比べる方法（空間的な比較）と同一箇所の現在と過去の状態を比べる方法（時間的な比較）がある。空間的な比較は、同一河川の同一セグメント内等、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、時間の間隔に留意すれば比較的シンプルな評価が可能となる。

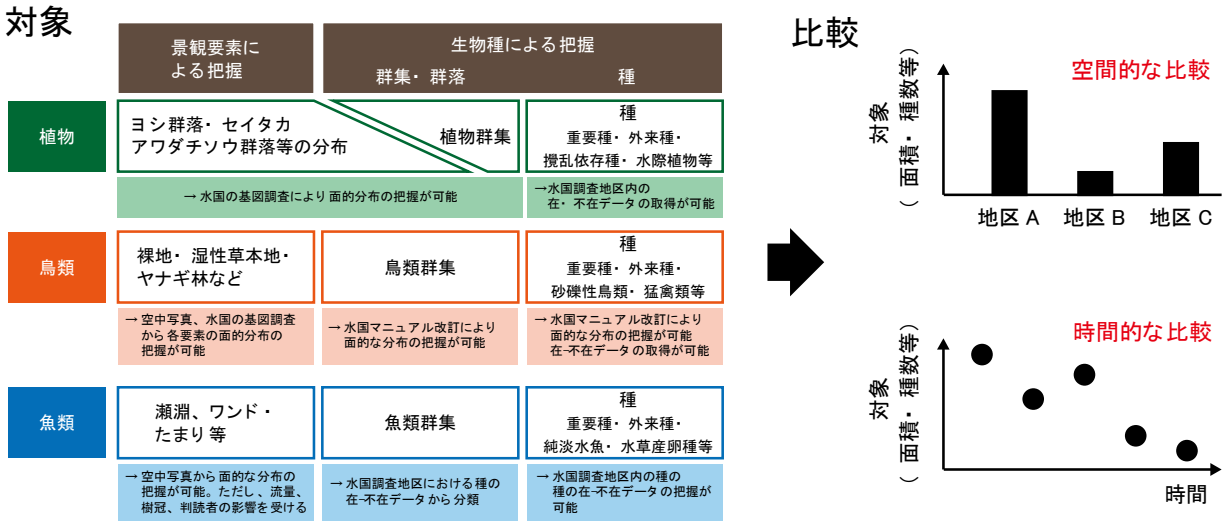


図 - 2　植物・鳥類・魚類を対象とした景観要素、生物種の把握の考え方と比較方法

■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、現況の把握・評価は「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。陸域については、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「Q4-2「河川環境管理シート」の活用方法について教えて下さい。」もしくは「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。

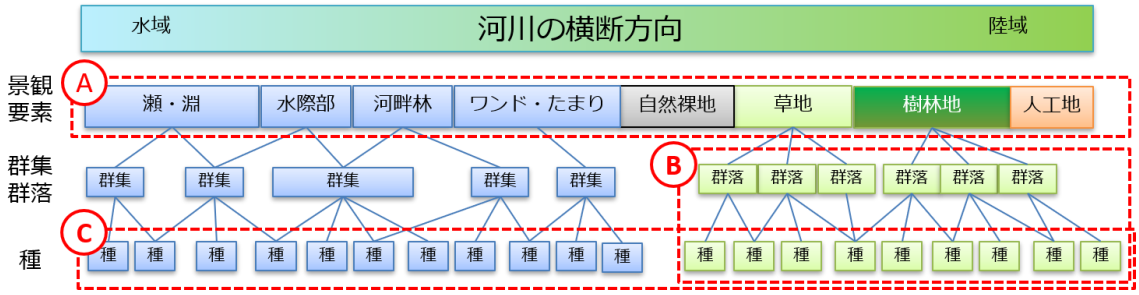


図-3　景観要素―群落・群集-種との関連性と分析方法との関係

上から景観要素、群集・群落、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か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。

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が示されている[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）。

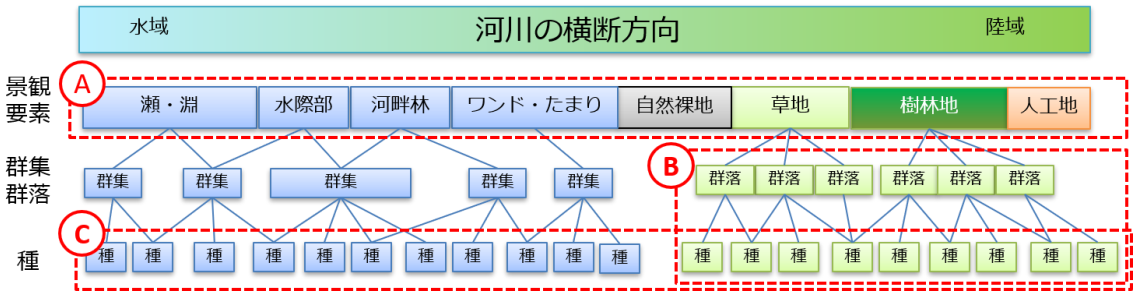


図-3　景観要素―群落・群集-種との関連性と分析方法との関係

上から景観要素、群集・群落、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か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

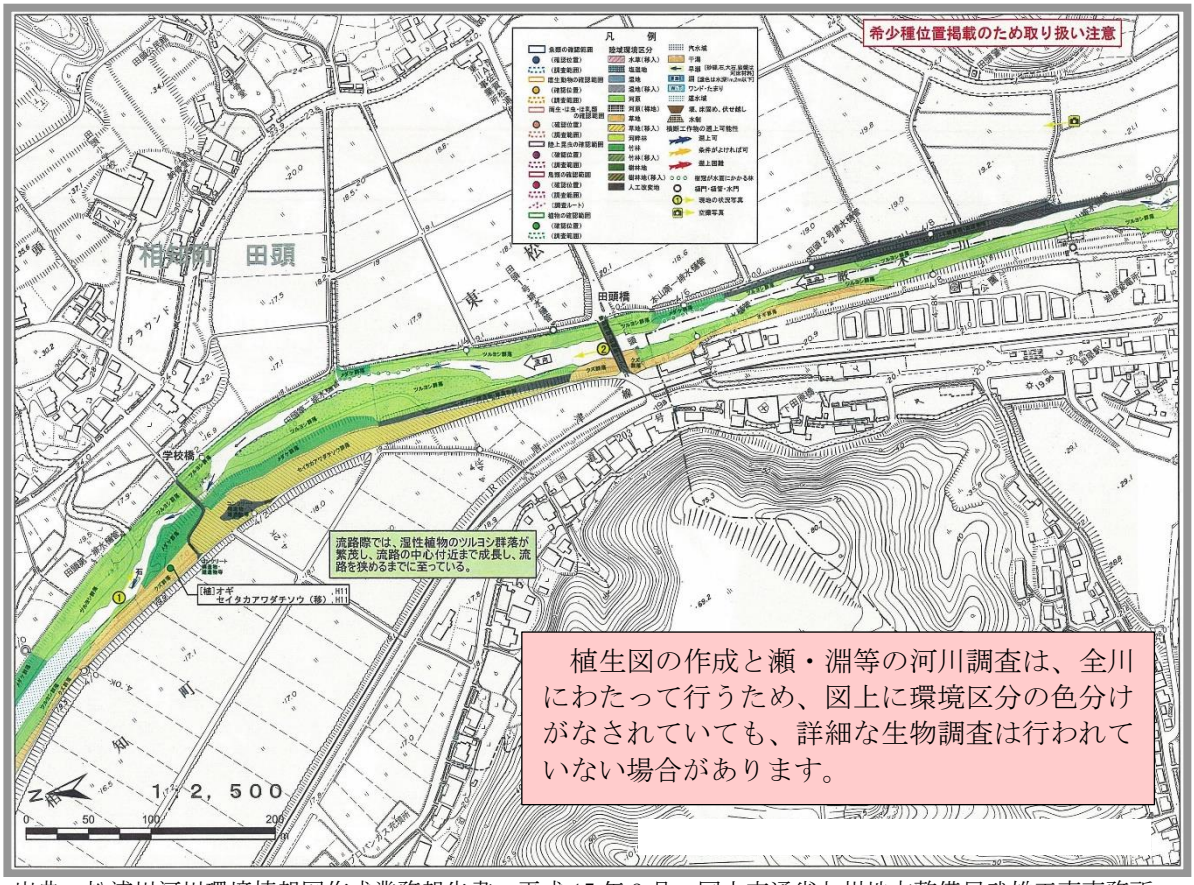
河川の自然環境の状況については、景観要素、生物の生息・生育状況の「**空間的・時間的な比較**」を行うことで、変化を把握することができ、その結果に基づいて評価を行うことが可能となる。比較には同一時期で異なる河川や区間と比較する方法（**空間的な比較**）と、同一箇所の現在と過去の状態を比較する方法（**時間的な比較**）がある。空間的な比較においては、河川や区間によって、そもそもの特性（緯度、流域面積、標高、川幅、河床勾配、河床材料、水質等）が異なり、潜在的に考えられる生息場所の種類や面積、そして生育・生息すると考えられる種が変化する。このため、空間的な比較においては同一河川の同一セグメント、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、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。

■コラム―　河川環境情報図の「生物名が書かれていない区間」における河川環境の確認方法

河川水辺の国勢調査は、全ての箇所で詳細な生物調査を実施している訳ではない。全川にわたって、調査しているのは、植生区分と瀬・淵等だけであり、詳細な生物調査は、その川の代表的な調査地区・地点だけで実施されている。

そのため、調査を行っていない区間では、河川環境情報図上に注目種等の生物種目名の表示がなく、環境区分の色分けだけがなされた区間図となっている。



出典；松浦川河川環境情報図作成業務報告書，平成 15 年 3 月，国土交通省九州地方整備局武雄工事事務所

図-4　「生物名が書かれていない区間」の例

引用：河川環境資料の活用の手引き(H18/財団法人リバーフロント整備センター)

このような「生物名が書かれていない区間」については、以下の確認フローをもとに当該区間の環境を把握するとよい。

【確認フロー】

①全体図・広域図より、生物調査が実施された区間を確認する。

↓

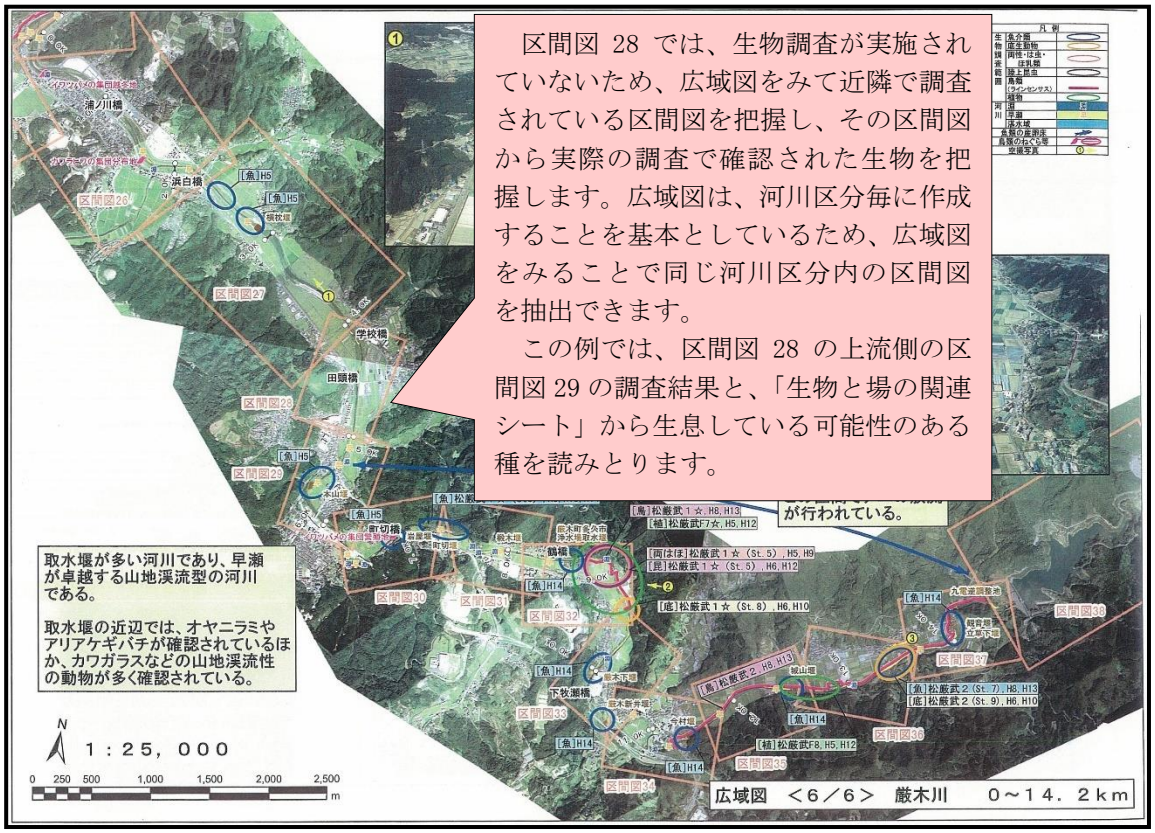
②「環境区分と生物との関連シート」に記載されている注目集等の生息する環境区分が、当該区間に存在するか確認する。

↓

③「生物種名が表示されていない区間図」と同じ河川区分内にある区間図、その区間図の範囲が含まれる広域図の中で、重要種・注目種が確認されているか見比べる。

↓

④同じ河川区分内にある環境区分で重要種が確認されていれば、「生物名が書かれていない区間」にも重要種が生息している可能性がある。



出典；松浦川河川環境情報図作成業務報告書，平成 15 年 3 月，国土交通省九州地方整備局武雄工事事務所

図-5 「生物名が書かれていない区間」における環境の確認方法の例

引用：河川環境資料の活用の手引き(H18/財団法人リバーフロント整備センター)

■コラム―　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として実施）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、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

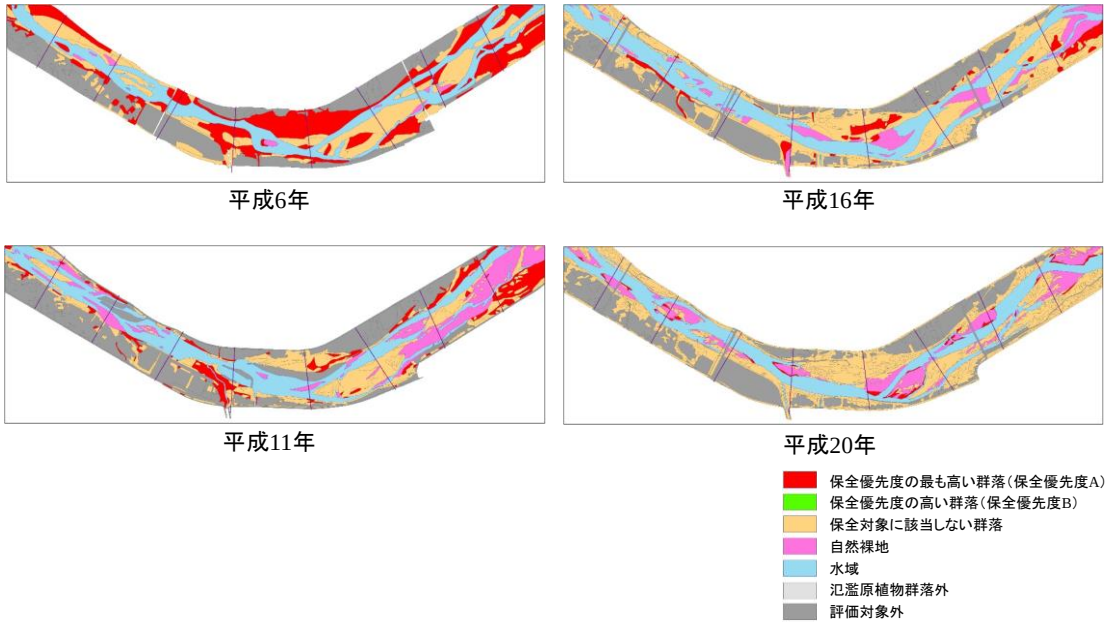
③ 特殊性：特殊な種組成を有する群落で面積が小さい設定

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に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	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
	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	－
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）の掲載種が含まれている群落
	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	－
2) 典型性	河川性（水辺性）の種が優占する在来植物群落で基準年から90%減少している群落	河川性（水辺性）の種が優占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) 外来種	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－6　陸域環境を群落情報に基づき評価した例

平成 6 年と比較して平成 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―　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

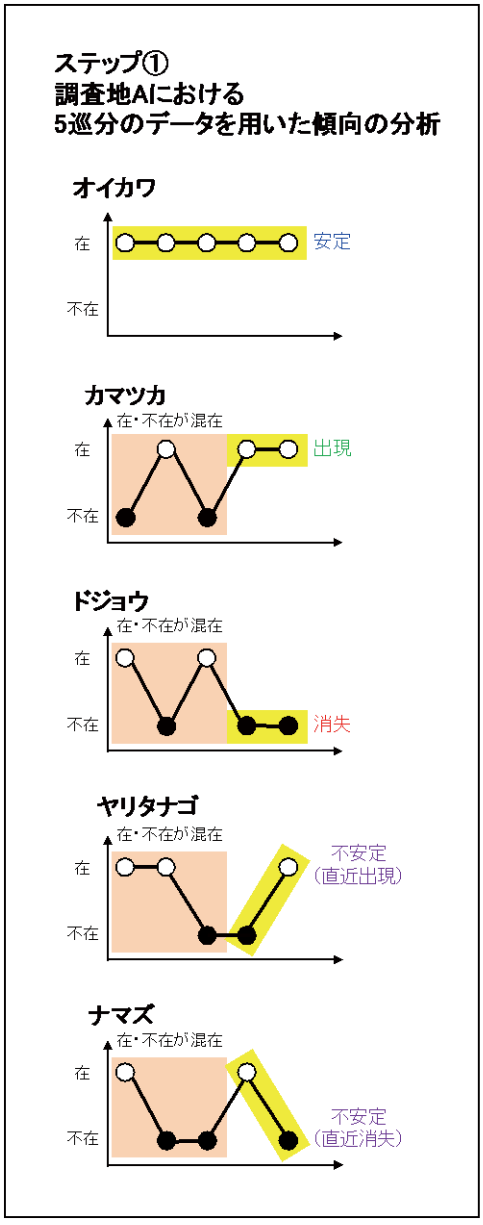
河川水辺の国勢調査（以下、水国）は平成 2 年（1990 年）から開始され、魚類など 5 年に 1 度の間隔で調査が行われている分類群については、最大 5 巡分の経時データが整備されている。魚類に関しては、個体数の記録があるものの、調査手法や調査努力量が巡目によって異なっていることから、単純に比較することは困難である[7]。そこで、各種について記録のある個体数データを在・不在データに変換することで、その種の生息状況について評価する試みが行われている。

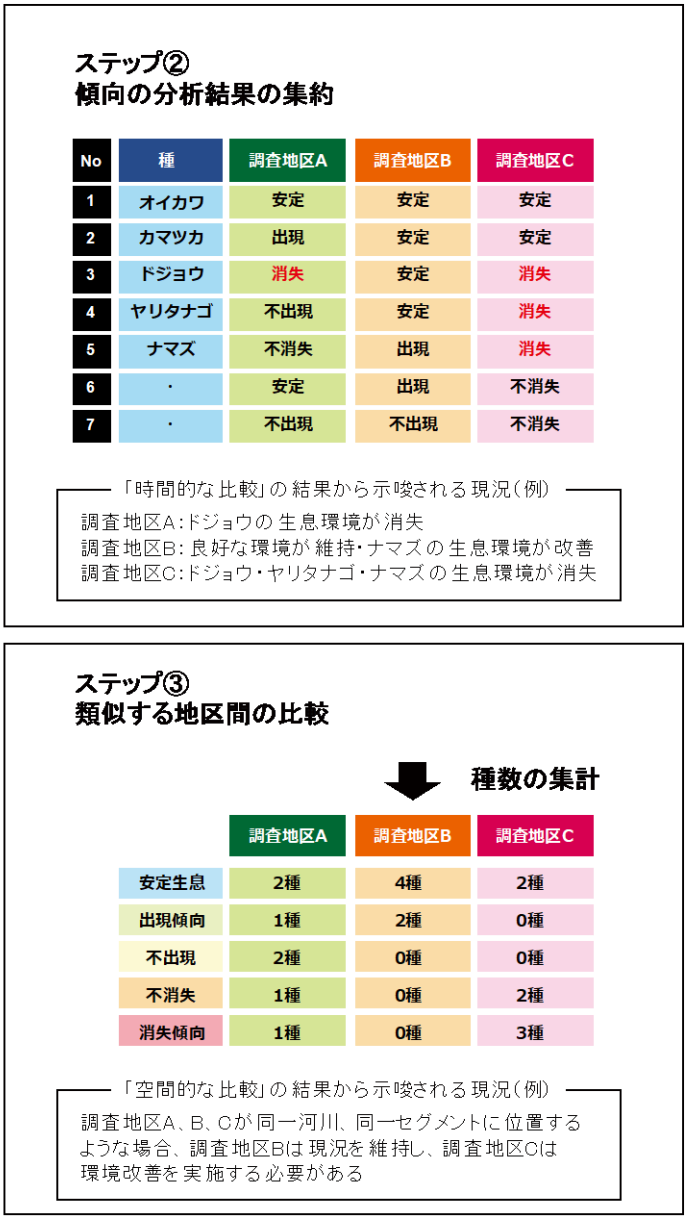
在・不在データであるため、個体数の増減について評価することはできないが、在と不在がどのような時間的変化を示すかを整理することで、その種は安定的に生息しているのか、出現しつつあるのか、または消失しつつあるのかについての判断材料を提供してくれる。例えば、水国から得られた 4 回分の在と不在の変遷から表-2 のような判定を行うことが可能である。この方法では生息が 4 回連続で確認されていれば安定して生息していることを示すが（「安定生息」）、直近の 2 回分で生息していたが、3 つ以上前の調査結果で生息していなかった回がある種を「出現傾向」とし、直近の 2 回分で生息が確認されなかったが、3 つ以上前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）。その他にも、「安定生息」から「消失傾向」ま

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

でのカテゴリーに数値を与え（表-2 におけるカテゴリーNo）、ある時間における平均値や河川もしくはセグメントごとに求めた平均値を用いて、「時間的な比較」や「空間的な比較」を行うこともできる。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。





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

	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

図-7 種の在・不在データを用いた傾向分析の手法

■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

■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―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，堂薗俊多: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

2022 年(令和 4 年)3 月　一部改訂

４－２　Question

河川環境の改善に向けた河川環境管理シートの活用方法について、具体的な事例を交えて教えてください。

■Question の意味と背景

河川環境管理シートは、河川環境の改善を念頭に、生物の生息場に関する定量情報に基づき対象河川の全川的な状態把握及び評価を行うシートであり、河川水辺の国勢調査等の情報をもとに作成される。本シートは、平成 29 年の「河川法改正 20 年多自然川づくり推進委員会」からの提言である「持続性ある実践的な多自然川づくりに向けて」[1] を機に検討が進められたものであり、平成 31 年（令和元年）に手引き（案）が試行的に作成され[2]、全国の直轄水系を対象に整備が進められた。令和 5 年 7 月には、手引き（案）を見直した「河川環境管理シートを用いた河川環境評価の手引き～河川環境の定量評価と改善に向けて～」（国土交通省 水管理・国土保全局 河川環境課）が作成された（手引き（案）（以降、「旧手引き」という。）は廃止）[3,4]。また、令和 6 年 5 月にとりまとめられた「生物の生息・生育・繁殖の場としてもふさわしい河川整備及び流域全体としての生態系ネットワークのあり方検討会」の提言では、今後は「生物の生息・生育・繁殖の場」に関する定量的な目標を定め、河川環境の保全と整備、維持管理を実施すべきであることが示され、生息場の情報は更に重要性を増している。なお、令和 5 年度中の直轄水系内における河川環境管理シートの作成着手率は 100%となっている。

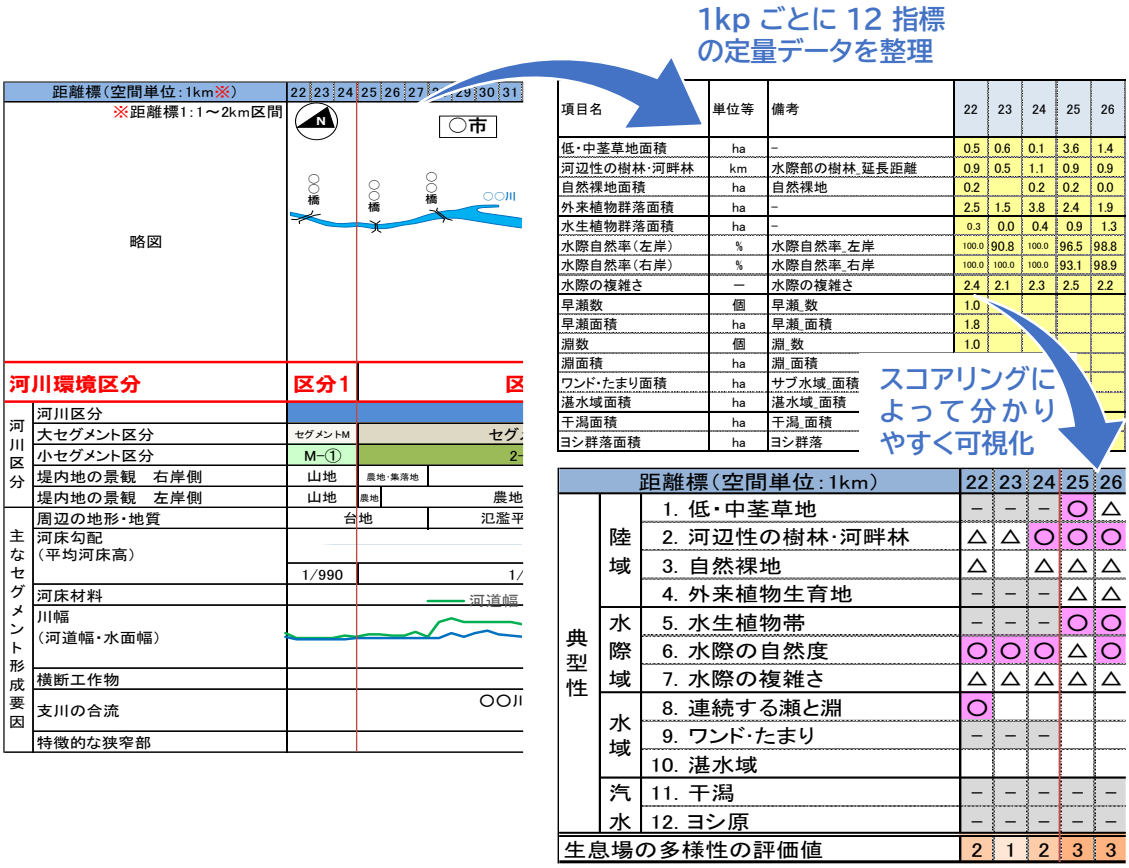


図 1　河川環境管理シートのイメージ

■関連する Question

- Q1-1　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下さい。
- Q2-2　多自然川づくりにおいてグリーンインフラ活用のポイントについて教えてください。
- 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

河川環境管理シートは、河川環境改善への計画立案をはじめ、改修や洪水のインパクト評価、維持管理等へ活用されている。

■Answer の概要と基本的考え方

河川環境管理シートは、河川環境の改善を念頭に、対象区間を縦断区分し、12 の指標を用いて定量的かつ経年的に評価するための環境資料である。本シートは、河川水辺の国勢調査（河川環境基図作成調査）などから得られる生息場の面積や河岸延長などの定量情報を用いて作成される。本シートによる状態把握及び評価は、左右岸を含めた 1kp（キロポスト）の区間ごとに行い、河川管理者が地盤高などを目安に制御可能な「生息場」を評価指標としている。

本シートを活用した河川環境の改善手順は、対象河川を環境の類似性に基づき縦断区分し、区分ごとに、最も生息場が多様な区間を「代表区間)」として設定し、この代表区間を手本（リファレンス）として、他の区間を改善するものである。

上記の基本的な考え方のもと、河川環境管理シートは、河川整備基本方針策定又は変更時における対象河川の特徴把握、河川整備計画又は自然再生事業における縦断区間ごとの保全・創出区間の設定や事業メニューの選定、維持管理計画における目的別巡視への活用、さらに自然再生計画や河川改修計画の事業区間の割り付けなど、全国の直轄河川を中心に河川管理の様々な場面において全国の直轄河川を中心に活用されている。また、河川環境に関する定量目標を設定する際にも、河川環境管理シートは有効なツールとなる。

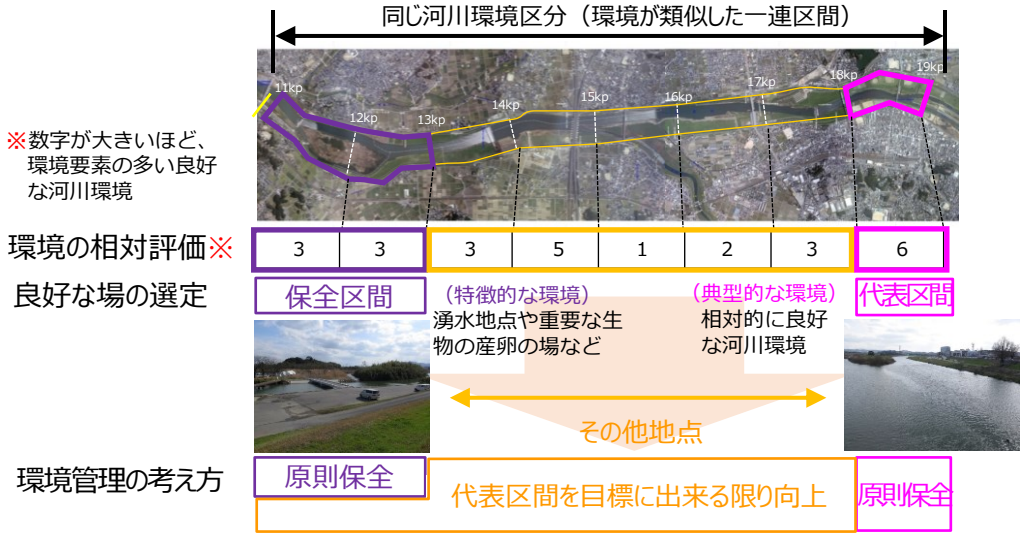


図 2　代表区間を手本とした河川環境の改善の考え方

■Answer の詳細

河川環境管理シートの作成・内容の詳細については、「河川環境管理シートを用いた環境評価の手引き～河川環境の定量評価と改善に向けて～」（国土交通省 水管理・国土保全局 河川環境課）（本編[3] 及び解説と概要[4]：https://www.mlit.go.jp/river/shishin_guideline/kankyo/hyoukatebiki/index.html）を参照されたい。ここでは、同手引きには未掲載である、旧手引きからの更新内容、技術基準への位置づけ及びシートを用いた活用事例について述べることとする[5,6]。

（１）河川環境管理シート作成の手引きの更新内容

冒頭で述べたように、河川環境管理シートの作成に関する手引きは、令和 5 年 7 月に新たな手引きへ更新が図られている。更新内容は、表 1 に示すとおりであり、河川環境管理シートの基本的な構成は変わっていない[7]。

表 1　旧手引きからの更新内容

旧手引きからの更新事項		詳細
（１）評価指標の詳細指定	①低・中茎草地の定義	・ 具体の該当群落を「巻末表８（１）低・中茎草地、水生植物帯対象群落」に掲載
	②水生植物帯の定義	
	③水際の複雑さの定義	・ 流心の定義を設定した（水面の範囲で流速が周りに比べて速い部分）
	④その他事項	・ 河畔林の対象樹種は川ごとに選定 ・ 自然裸地には軟岩の露出範囲等も含まれることから注意 ・ ワンド･たまりは距離標をまたいで存在する場合は分割する旨を記述
（２）代表区間選定シートの注目種の取扱い		・ 掲載種を大幅増加（魚類 84 分類群→181 分類群、鳥類 95 種→185 種） ・種と依存する環境の見直し
（３）各様式のナンバリング		・ 様式①→様式 1-1 ・ 様式①（参考）→様式 1-2　など
（４）河川環境経年変化シートの数式等修正		・ 旧手引きに附属されていた表計算ファイルのうち、河川環境経年変化シートの一部で数式の参照先等に誤りがみられたため、改善を図っている。

（2）河川環境管理シートの位置づけ

河川環境管理シートは、河川砂防技術基準 計画編 施設配置計画編（令和 4 年 6 月改定）[8] 及び調査編（令和 6 年 6 月改定）[9]において「河川環境等の整備と保全」における活用が位置づけられている（例：表 2）。

表 2　河川環境等の整備と保全（施設配置等計画編）[8]から引用

第 1 章 河川環境等の整備と保全及び総合的な土砂管理
第 1 節 河川環境等の整備と保全
1. 1 総説
＜考え方＞
河川環境等に関する計画の策定に当たっては、文献調査、現地調査、関係者からのヒアリング等を行い、1．これらの分析から河川・流域等の特性及びそれらの歴史的変遷等の把握、2．河川環境等の整備と保全の目指すべき方向性の設定、3．この方向性と治水・利水面等を総合的に勘案し、河川環境等の整備と保全の目標の設定、4．目標を踏まえた河川環境等の整備と保全の方策の策定、と段階ごとに検討を行う必要がある。

＜必 須＞

河川環境等の整備と保全に関する計画を策定するに当たっては、河川環境等の特徴、流域・沿岸の自然環境や社会環境及びそれらの歴史的な変遷等を把握し、治水・利水機能との整合を図りながら、河川環境等の整備と保全の目標を設定し、それを実現するための方策を策定するものとする。また、この際には、動植物の良好な生息・生育・繁殖環境の保全・創出、良好な景観の保全・創出、人と河川等との豊かな触れ合い活動の場の保全・創出、良好な水質の保全等を総合的に勘案するものとする。

＜例 示＞
策定の流れを以下に示す。

河川環境等の特徴、流域・沿岸の特性及びそれらの歴史的な変遷の把握
↓
河川環境等の整備と保全の目指すべき方向性と目標の設定
↓
河川環境等の整備と保全の方策の策定

河川環境等の整備と保全に関する検討を行うに当たっては、以下の点に留意する必要がある。

1. 河川･流域等の特性及びそれらの歴史的な変遷を十分に踏まえ、その川らしさとは何かということについて十分に検討すること。
2. 既往文献調査、現地調査、有識者、地元関係者、市民団体等からのヒアリング等を十分に行うこと。
3. 調査結果を河川環境情報図（河川環境等に関する情報を適切に把握することを目的として、河床形態や植生の状況、動植物の生息･生育環境、河川環境の特徴等をわかりやすく図面上に整理したもの）等にとりまとめ、河川環境等の特徴を把握すること。
4. 「現況の環境を保全するとともにできる限り向上させる」という考え方のもとで、河川全体の俯瞰的な把握を踏まえ、**「河川環境管理シート」をツールとして使いながら、河川環境が相対的に良好な場を参考として、河川環境の評価を行うこと。**
5. 治水･利水上の検討を行った後に環境面に配慮するのではなく、順応的管理の考え方を踏まえ、検討の初期段階より治水面･利水面･環境面から総合的な検討を行うこと。

（３）河川環境管理シートの活用状況

河川環境管理シートは、令和 3 年度以降において、以下の活用がみられる。

- 河川整備基本方針及び河川整備計画等の上位計画の策定時
- 河川を大規模に改修する緊急治水プロジェクトの実施段階
- 河川改修事業のフォローアップ時の活用
- 維持管理計画への活用
- 自然再生計画における課題箇所の抽出と環境改善方策の検討
- 河川改修時における多自然川づくり事業と自然再生事業の事業区間の割り付け検討

以下に事例を掲載する。

１）河川整備基本方針への活用

多摩川では、河川整備基本方針の策定における説明資料として、上中下流といった河川縦断区分と、河川環境管理シートによる河川環境区分の関係性を明示の上、流程ごとの注目種や自然環境の特性を整理している。



図 3　流程と河川縦断区分の関係整理、及び自然環境の特性整理 [10)]

２）河川整備計画

黒部川では、河川整備計画の検討に係る資料として、自然環境上の課題の一つを説明するため、河川環境管理シートを活用した外来植物群落種情報を図 4 のように整理している。

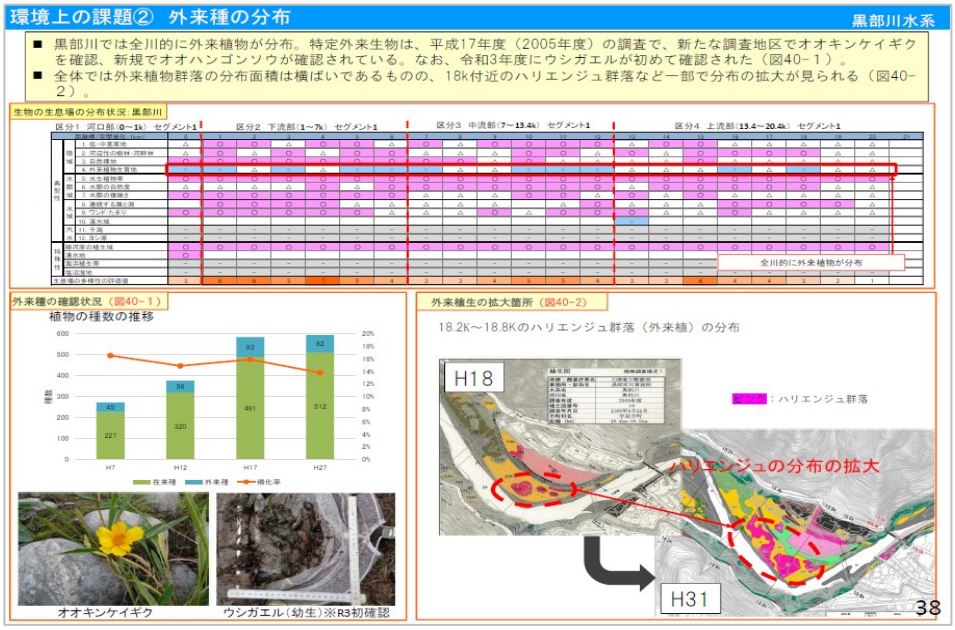


図 4　河川環境上の課題の明示（外来植物群落） [11)]

また、自然環境上の現状を説明するため、河川環境管理シートを活用した自然裸地、早瀬、淵、ワンド・たまりの分布状況を図 5 のように整理している。

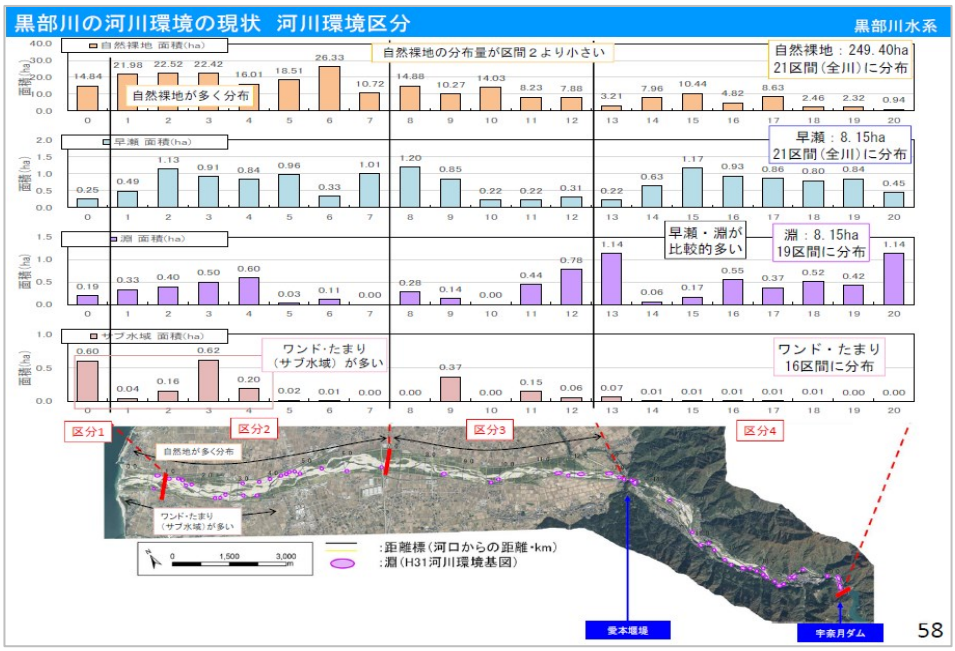


図 5　河川縦断区分ごとの環境特性の定量的な整理例 [11)]

米代川では、河川整備計画の整備区間に対し、生息場の多様性の評価値、保全区間の選定区間、アユやカワヤツメ産卵場などの特徴的な環境要素、及び河道掘削範囲を重ね合わせた整理を行っている。これらを踏まえて、河川改修時における課題を明確化している。

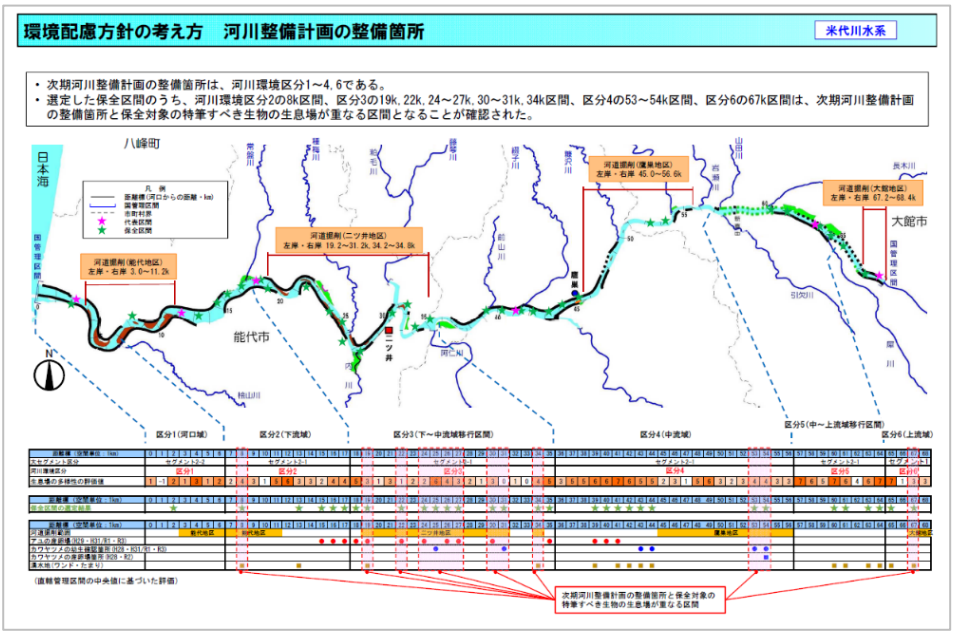


図 6　環境配慮方針の整理例 [12)]

渚滑川では、施工対象区間の環境特性の整理として、代表区間選定シートを河川環境情報図と合わせて用い、目標とする環境及び目標とする種を設定している。これらの情報を踏まえ、代表断面を用いて河川改修上の保全・創出内容を整理している。

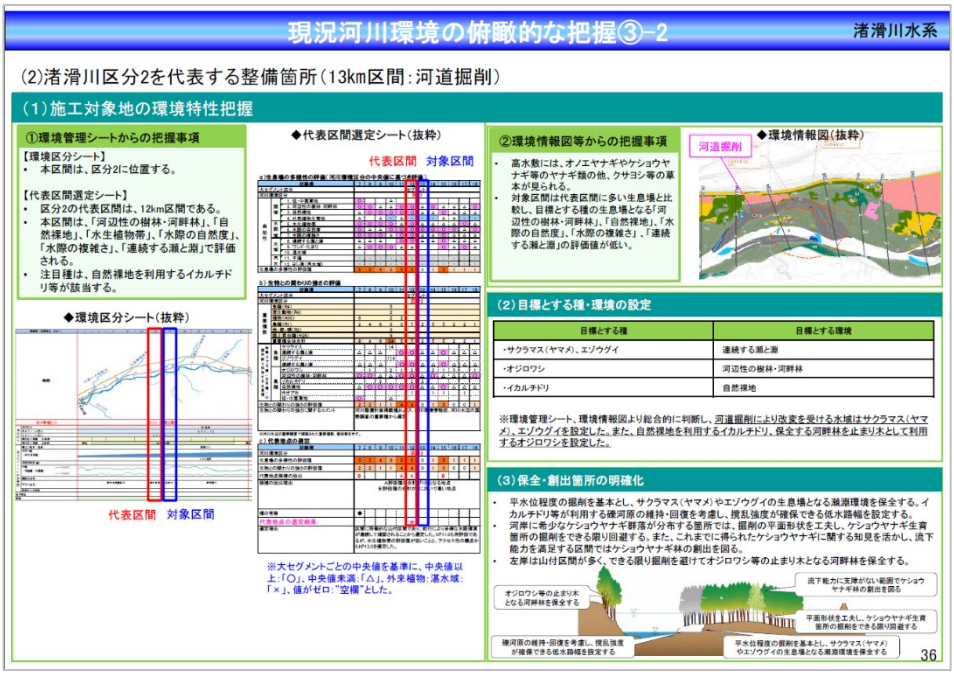


図 7　整備箇所における環境保全・創出事項の整理例 [13)]

3）緊急治水プロジェクト

千曲川では、既存の河川環境管理シートをアレンジし（植生に関する評価項目を除く）、出水前後及び河川改修後の将来予測を行うためのシートを作成している。

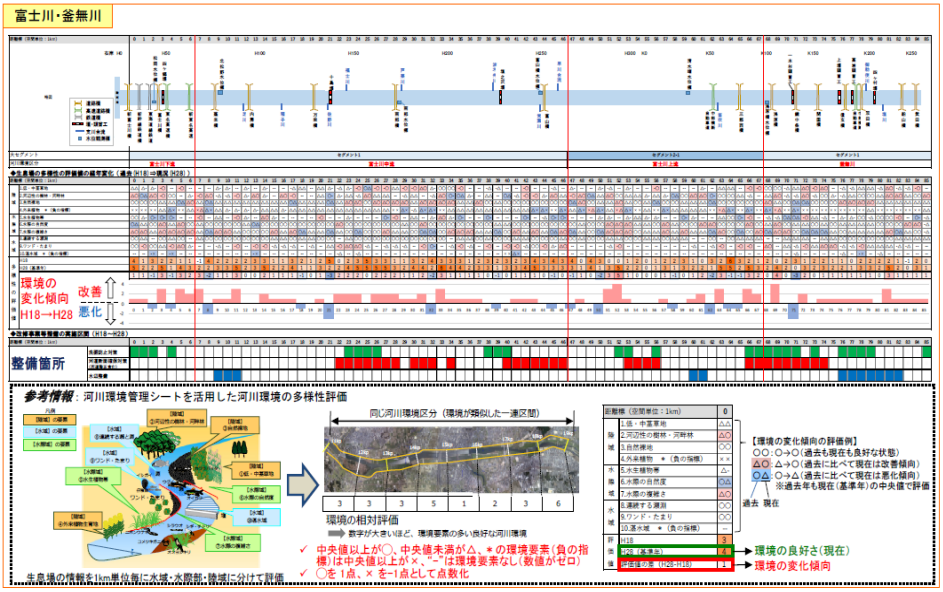
出水前（H25）	典型性	陸域　3. 自然裸地	△	△	△	△	△	○	○	△	△	△	△	△	△	△	△
		水際域　6. 水際の自然度	△	○	○	○	○	○	○	○	△	○	○	○	○	○	○
		7. 水際の複雑さ	△	△	△	○	△	△	△	○	△	○	○	○	△	△	△
		水域　9. ワンド・たまり				△	△	△	△	△		△	○	○		△	
	生息場の多様性の評価値		0	1	1	2	1	2	2	2	0	2	3	3	1	1	1
出水後（R01）	典型性	陸域　3. 自然裸地	△		△	△	○	○	○	△	△	△	△	△	△	△	△
		水際域　6. 水際の自然度	○	○	○	○	○	○	○	○	△	○	○	○	○	○	△
		7. 水際の複雑さ	△	△	△	○	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
		水域　9. ワンド・たまり				△	△	△	△	△	△	△	△		△	△	△
	生息場の多様性の評価値		1	1	1	2	3	2	2	1	0	1	1	1	1	1	0
工事直後	典型性	陸域　3. 自然裸地	△		△	△	○	○	○	△	△	△	△	△	△	△	△
		水際域　6. 水際の自然度	○	○	○	○	○	○	○	○	△	○	△	○	○	○	△
		7. 水際の複雑さ	△	△	△	○	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	○
		水域　9. ワンド・たまり				△	△	△	△	△	△	△	△		△	△	△
	生息場の多様性の評価値		1	1	1	2	3	2	2	1	0	1	0	1	1	1	1
生息場の多様性の評価値の比較		出水前（H25）−出水後（R1）	↑	→	→	→	↑	→	→	↓	→	↓	↓	↓	→	→	↓
		出水後（R1）−掘削直後	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	↓	→	→	→	↑

図 8　植生を除く出水前後，施工前後における評価例 [14)]

４）河川改修事業フォローアップ

富士川では、河川環境経年変化シートを用いて、河川改修前後の環境変化を定量評価し、改修後に環境の改善区間が増加している点を可視化している。

なお、留意事項として、経年変化シートでは最新年の中央値を基準に評価を行うため、データ更新時に何もしていなくても過去の情報が変化する可能性があり（例：○から×に変化）、定量値の変化を確認する必要がある。



図Ⅳ-1-25　河川環境区分毎の環境変化（富士川、釜無川）

図 9　改修前後における河川環境の経年変化 [15)]

５）維持管理計画への活用

九州地方整備局では、令和 5 年度以降更新する維持管理計画において河川環境管理シートの活用について記載し、代表区間、保全区間の維持管理に留意した内容としている。

表 3　河川維持管理計画への活用の例 [16)]

<table>
<tr><th>河川環境管理シートの活用に関する記載箇所</th><th>記載ページ</th></tr>
<tr><td>④ 環境
河川環境管理シートで代表区間や保全区間に選定されている箇所。
水草外来植物等の異常繁茂が頻繁に見られる箇所、特定外来植物の生育が顕著な箇所。
<table><tr><th>区分</th><th>要　件</th></tr><tr><td>代表区間</td><td>河川環境が典型的でありかつ相対的に良好な場を選定</td></tr><tr><td>保全区間</td><td>河川環境が特殊かつ重要な場を選定</td></tr></table></td><td>p13</td></tr>
<tr><td>４．２．４．河川環境の整備と保全
（１）環境
河川環境は相対的に良好な場や重要な要素を含む場を原則保全しつつ、相対的に劣っている場を改善することにより河川環境の底上げを図ることを目標とし、河川環境管理シートを活用して区間設定を行う。
区間設定においては、河川環境が比較的良好な状態で残されている区間を「代表区間」として設定し、河川環境が特殊かつ重要な場が残されている区間を「保全区間」として設定する。
なお、「代表区間」、「保全区間」以外の区間については、「代表区間」と同程度に良好であればそれを維持し、相対的に劣れば目標を達成するために必要となる方策を行う。
なお、「代表区間」、「保全区間」については付表１０のとおりとする。</td><td>p14</td></tr>
</table>

６）自然再生計画

阿賀野川では、河川環境経年変化シートを用い、2 時点を比較することで、劣化区間と劣化要因となった環境要素を明確化している。

特に劣化傾向がみられた環境要素として、水際の植生に関連する「低・中茎草地」「水生植物帯」の劣化区間が明らかになった。また、ワンド整備によって評価点が上昇した区間を明確化した。

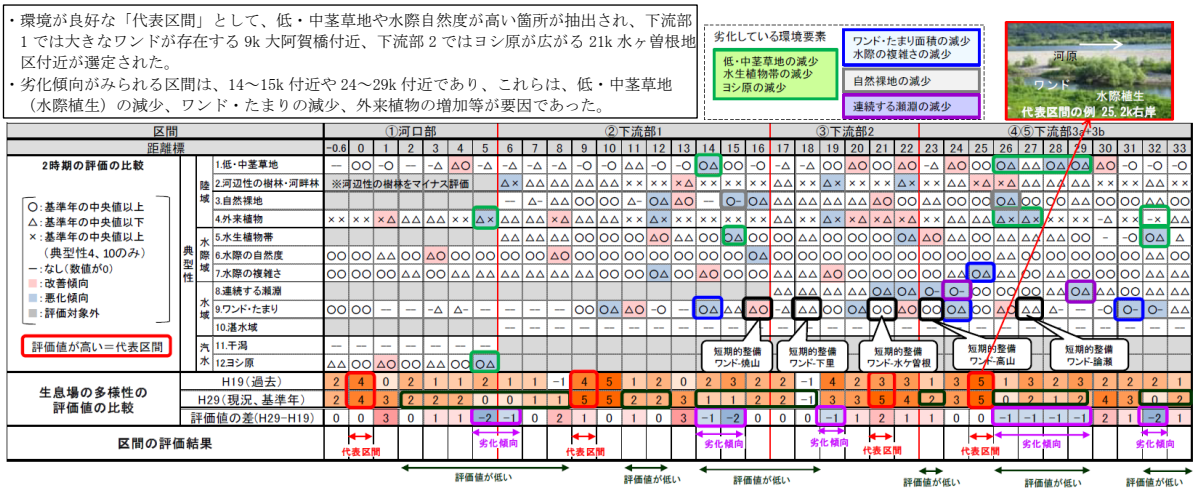


図 10　河川環境の劣化区間や整備効果の整理例 [17)]

櫛田川では、河川環境経年変化シートを用い、2 時点を比較することで、環境の劣化区間を可視化し、対策の必要性を検討している。

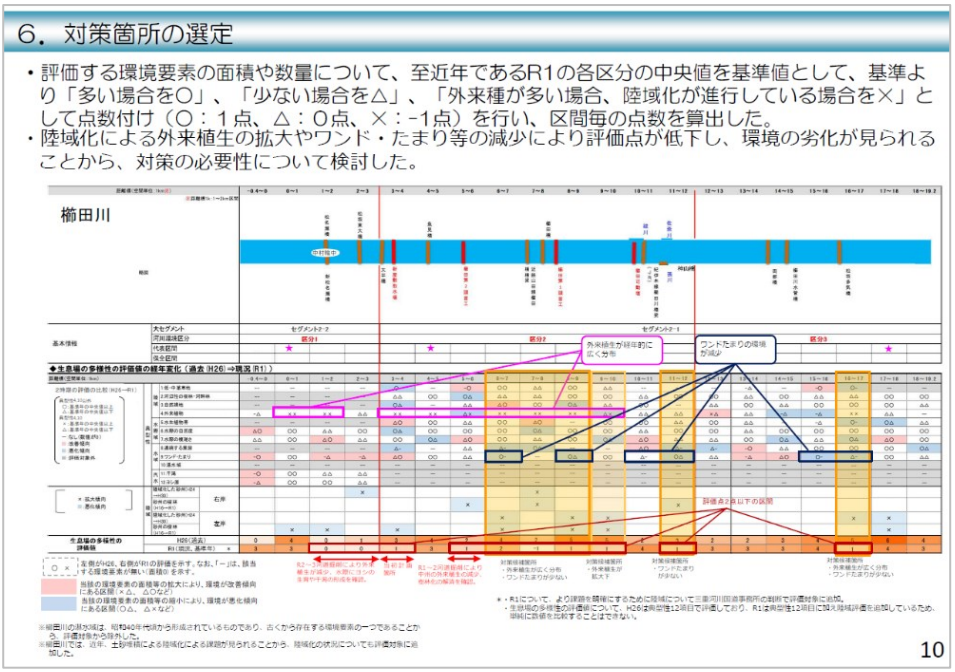


図 11　河川環境の劣化区間の整理例 [18)]

7）事業区間の割り付け

中国地方整備局では、河川全体の環境改善を図る上で、河川環境経年変化シートを用い、多自然川づくり（治水整備）と自然再生（環境整備）の事業区間を分けて設定する方法を整理している事例がある。

事例では、全川を「対策検討の必要性」及び「対策検討の緊急性」の観点から評価を行い、検討すべき区間を抽出の上、図 12 に示すフローに従って上述の 2 つの事業区間を設定している。ここで、

- 「対策検討の必要性（必要性）」は、代表区間と対象区間の評価値の差が“特に大きな”1km 区間
- 「対策検討の緊急性（緊急性）」は、2 時期の評価値の差が“特に大きな”1km 区間

と定義している。本事例に関しては図 13 に示すように“特に大きな”閾値判定の考え方を「平均値 -（マイナス） 標準偏差」の値（約 16%）を目安としている。

なお、図 12 のフローを踏まえ、「必要性」及び「緊急性」が高い区間であっても、既に自然再生を実施した区間で今後の推移をモニタリング中である区間や、堰直下・直上で両岸に低水護岸が入っており環境改善が難しい区間などは、図 14 の青枠部分に示すように理由を明記するとともに対象区間から除外することを認めている。

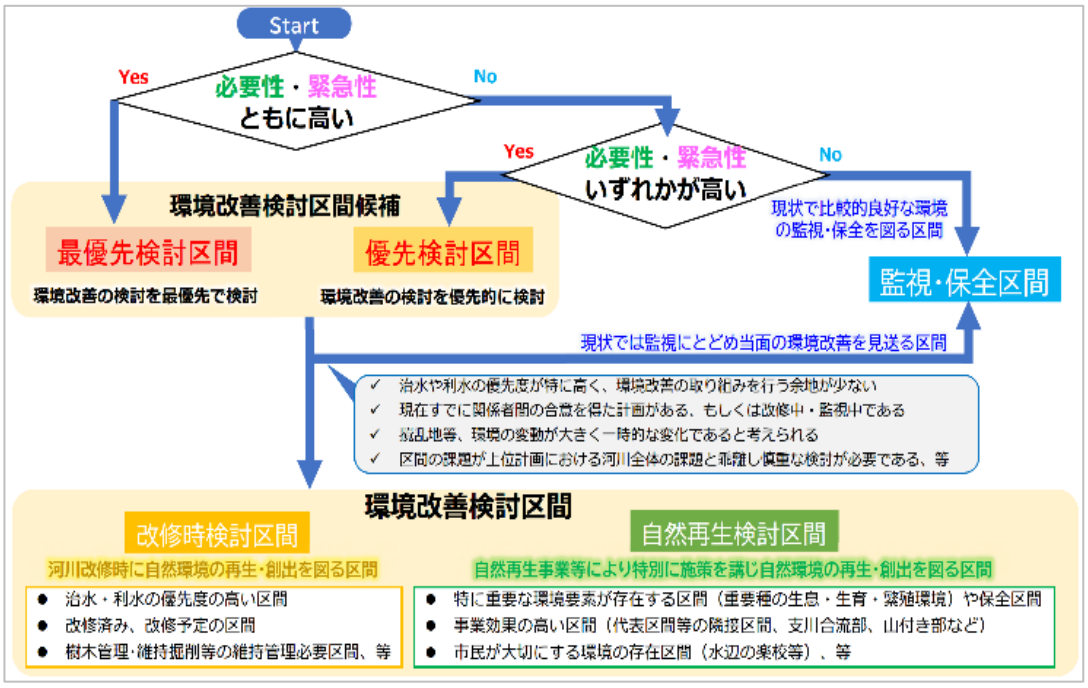


図 12　環境改善検討区間の選定フロー[19)]

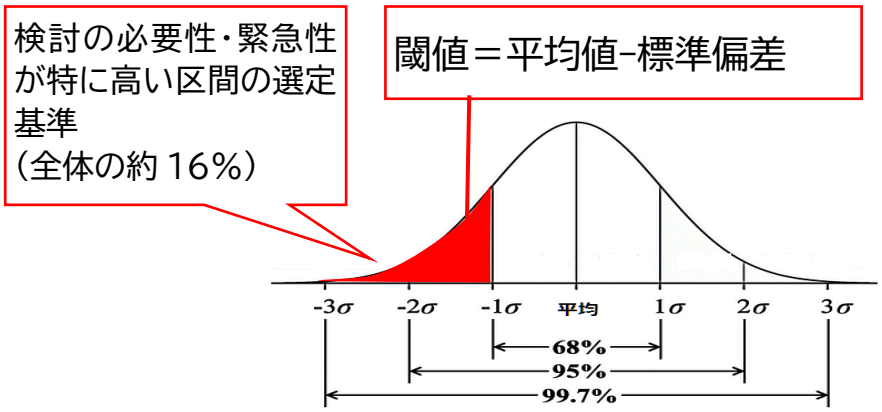


図 13　必要性・緊急性の閾値の考え方 [19)]

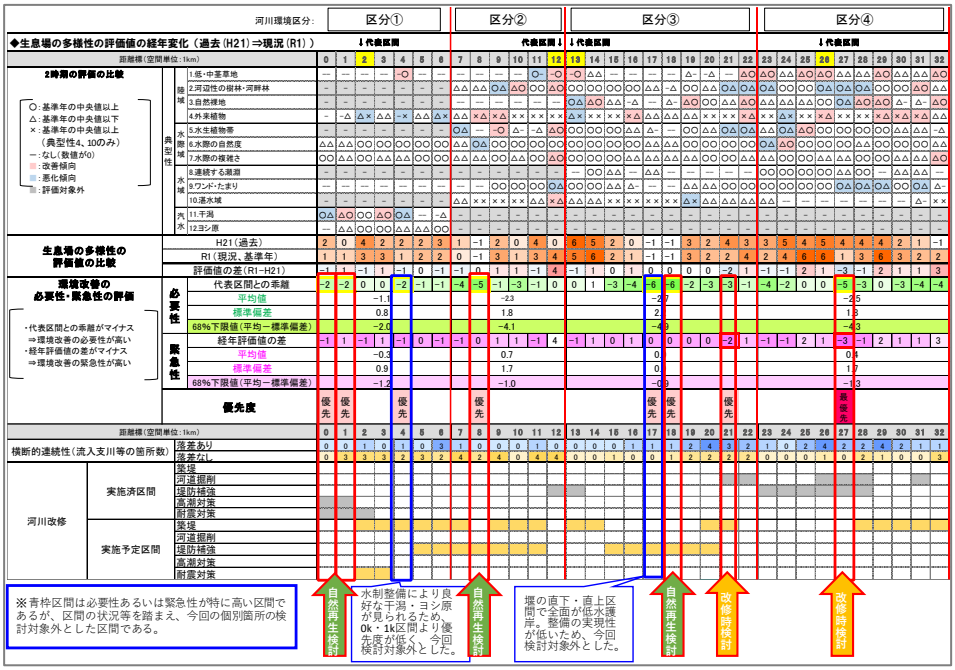


図 14　環境改善検討区間（多自然川づくり／自然再生）の割り付け [19)]

８）ネイチャーポジティブ

令和 5 年 3 月に「生物多様性国家戦略 2023-2030」が閣議決定された[20]。本戦略は、令和 4 年 12 月の生物多様性条約第 15 回締約国会議において採択された「昆明・モントリオール生物多様性枠組」を踏まえた生物多様性の保全と持続可能な利用に関する基本的な計画である。

これを受け、現在我が国ではネイチャーポジティブの達成に向け、様々な主体による取組が行われており[21,22]、令和 5 年 7 月 28 日に閣議決定された「国土形成計画（全国計画）」の中では、「環境と共生する国土利用・管理」としてネイチャーポジティブの考え方に根差した国土利用・管理の推進を挙げている[23]。さらに、国土交通省 水管理・国土保全局による「令和 5 年度予算概要」（令和 5 年 1 月）においても「多自然川づくりの高度化（ネイチャーポジティブな流域治水の取組）」を挙げており、ネイチャーポジティブに向けた取組が加速しつつある[23]。

こうした中、河川環境管理シートを活用した河川環境改善においては、「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」という考え方を基本としている。良好な環境を保全し、課題ある環境を改善・創出によって底上げを図ろうとする考え方は、ネイチャーポジティブの思想に通じるものである。今後は、河川に特有な 12 指標に加え、生態系ネットワークの観点を踏まえた水域の連続性などを考慮の上、ネイチャーポジティブの実現に向けた河川環境管理シートの活用が期待される。

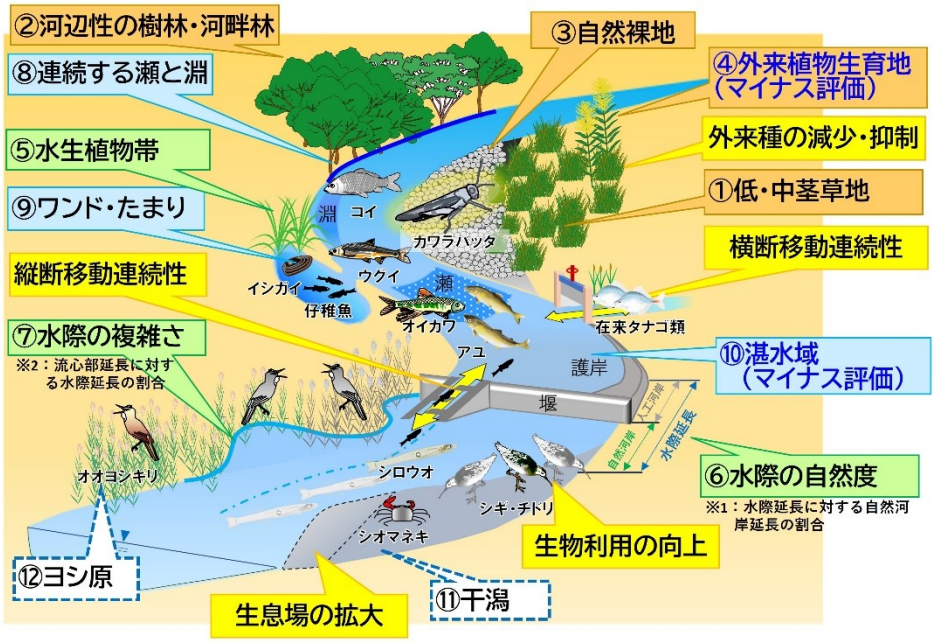


図 15　河川環境管理シートの 12 指標と連続性

■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 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，第 21 巻，pp. 31-36，2015.
- 中村 圭吾，服部 敦，福濱 方哉，萱場 祐一，堂薗 俊多，金縄 健一，福永 和久，“ 河川環境管理の実効性を高める考え方と取組み，”雑誌河川 10 月号，No. 831，pp. 50-54，2015.
- 中村 俊介，“河川における実践的な環境管理の手法」の適用例：加古川について，https://www.kkr.mlit.go.jp/river/kankyou/tashizen/qgl8vl0000006460-att/05.pdf
- 白尾 豪宏，池田 裕一，内藤 太輔，吉田 邦伸，中村 圭吾，森 吉尚 “河川環境管理シートにおける注目種と依存する生息場リストの見直しについて，”リバーフロント研究所報告 第 33 号，2022.
- 白尾 豪宏，内藤 太輔，吉田 邦伸，森 吉尚 “河川環境管理シートを活用した氾濫原環境の評価について，”リバーフロント研究所報告 第 32 号，2021

■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 『持続性ある実践的多自然川づくりに向けて』，2017.
2） 公益財団法人リバーフロント研究所， 実践的な河川環境の評価・改善の手引き（案），2019.
3） 国土交通省 水管理･国土保全局河川環境課， 河川環境管理シートを用いた河川環境評価の手引き，2023.
4） 国道交通省 水管理･国土保全局河川環境課， “河川環境管理シートを用いた環境評価の手引き 概要と解説，” 2023.
5） 中村 圭吾， 白尾豪宏. “河川環境管理シートによる河川環境の定量化と多自然川づくり，” 水環境学会誌 第 45 巻（A）第 4 号，2022.
6） 白尾 豪宏，森本 洋一，内藤 太輔，都築 隆禎，中村 圭吾，“河川環境管理シートを用いた環境評価の考え方，”リバーフロント研究所報告 第 34 号，2023.
7） 白尾 豪宏，金子 祐，森本 洋一，内藤 太輔，都築 隆禎，中村 圭吾，“河川環境管理シートに関する手引きの更新の解説・留意点，”リバーフロント研究所報告 第 34 号，2023.
8） 国土交通省 水管理･国土保全局，“河川砂防技術基準 計画編 施設配置等計画編 令和 5 年 10 月時点，” 2023.
9） 国土交通省 水管理・国土保全局，“河川砂防技術基準 調査編 令和 6 年 6 月時点，”2024.
10） 国土交通省 水管理･国土保全局，“多摩川水系河川整備基本方針の変更について＜説明資料＞，”第 121 回 河川整備基本方針検討小委員会 配付資料，2023.
11） 国土交通省 水管理･国土保全局 北陸地方整備局 黒部河川事務所， “黒部川水系河川整備計画（変更），”官･室長会議説明資料，2023.
12） 国土交通省 水管理･国土保全局 東北地方整備局 能代河川国道事務所， 米代川水系河川整備計画変更説明資料，官･室長会議説明資料，2023.
13） 国土交通省 北海道開発局，北海道開発局提供資料.
14） 笹田 直樹，吉田 邦伸，森 吉尚，“大規模水災害後の多自然川づくりに資する河川環

境管理シートと河川環境情報図の活用検討,”リバーフロント研究所報告 第32号，2021.
15） 国土交通省 水管理･国土保全局 関東地方整備局， 第1回委員会の補足説明資料について， 富士川水系河川整備計画フォローアップ委員会 第 2 回フォローアップ委員会説明資料，2020.
16） 国土交通省 水管理･国土保全局 九州地方整備局 佐伯河川国道事務所， 番匠川水系河川維持管理計画，2023.
17） 国土交通省 水管理･国土保全局 北陸地方整備局 阿賀野川河川事務所， 阿賀野川自然再生計画書，2021.
18） 国土交通省 水管理･国土保全局 中部地方整備局 三重河川国道事務所， 櫛田川自然再生計画の変更について，第8回櫛田川自然再生推進会議 説明資料，2023.
19） 白尾 豪宏,“河川環境管理シートに関する手引きの更新と活用方策に関する研究,”第31回リバーフロント研究所研究発表会 発表資料，2023.
20） 環境省， “「生物多様性国家戦略 2023-2030」の閣議決定について,” 2023. https://www.env.go.jp/press/press_01379.html
21）2030生物多様性枠組実現日本会議（J-GBF），“Ｊ－ＧＢＦネイチャーポジティブ行動計画（案）,” 2030生物多様性枠組実現日本会議 第二回総会 配布資料，2023.
22） 中村 圭吾，“イングランドにおける生物多様性ネットゲイン（BNG）政策とその影響について,” リバーフロント研究所報告 第33号，2022.
23）国土交通省 国土政策局，“国土形成計画（全国計画）,” 2023.
24） 国土交通省 水管理･国土保全局， 令和5年度水管理・国土保全局関係予算概要 5.地域活性化 グリーンインフラの取組の深化，2023.

2024年(令和6年)3月　一部改訂

５－１　Question

護岸等を設置する際の工夫事例を教えて下さい。

■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、護岸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「中小河川に関する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・水際部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。そこで本 Question 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

■関連する Question

- Q6-1. 人の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下さい。

Answer

護岸前面を工夫し自然な河岸・水際部の形成に配慮する。護岸が露出する場合は環境上の機能に配慮する。

■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。

- **1)護岸の前面に自然な河岸・水際部を形成する**
  - (1)寄せ石による自然河岸・水際部の形成[セグメント１]
  - (2)護岸前面に寄州をつくる[セグメント１]
  - (3)巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工[セグメント１]
  - (4)覆土による自然な河岸・水際部の形成[セグメント２]
  - (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]
  - (6)淵の保全、自然河岸をまねた河岸整備[全般]
  - (7)護岸の工夫による河畔林の保全[全般]
- **2)護岸が露出する場合は環境上の機能に配慮する**
  - (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法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
- **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

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・水際部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・水際部を形成した事例、 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。また、人の利用は護岸のみでなく高水敷等と一体となった設計が必要であることから、「Q6-1. 人の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下さい。」も参照されたい。

１）寄せ石による自然な河岸・水際部の形成[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、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。

■参考事例―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㎥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自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。



写真：吉村伸一

図-3　水際の寄せ石（関川）

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澪筋を形成する。

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澪筋の形成や、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。

■参考事例―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、澪筋や瀬・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寄州として残しており、護岸前面に自然な河岸・水際部（寄州）を形成している（**図-5**）。

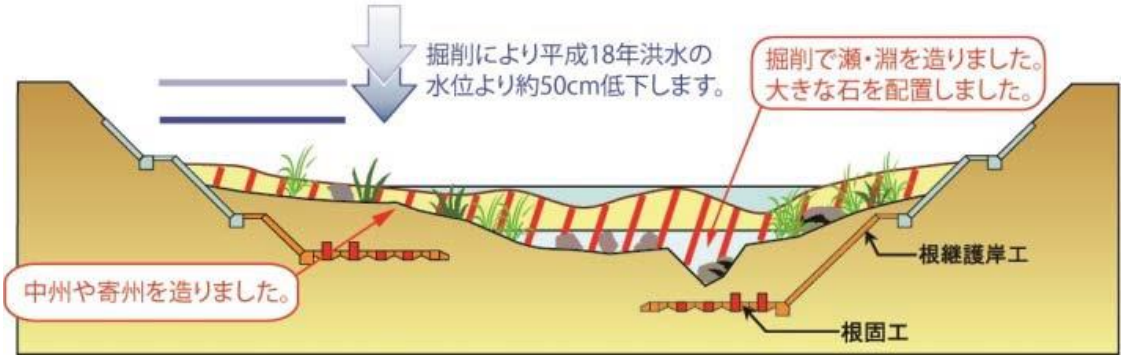


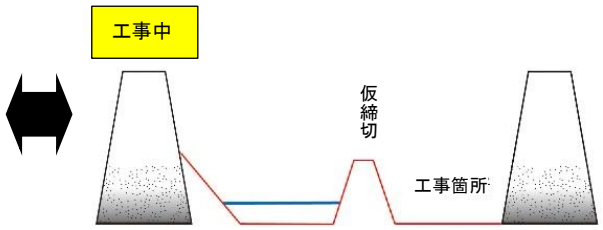
図-4　スライドダウン掘削（天竜川）

施工前



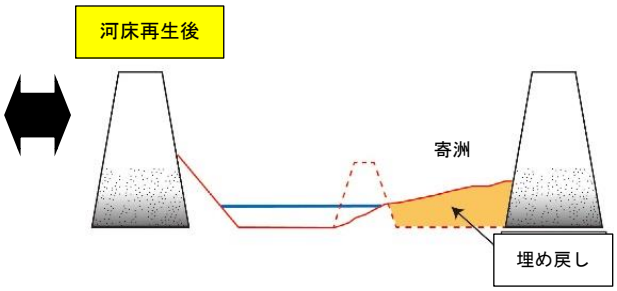
工事中





河床再生後





施工後（2 年後）



図-5　仮締切の盛土を用いた護岸前面への寄州の形成（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措置として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、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。

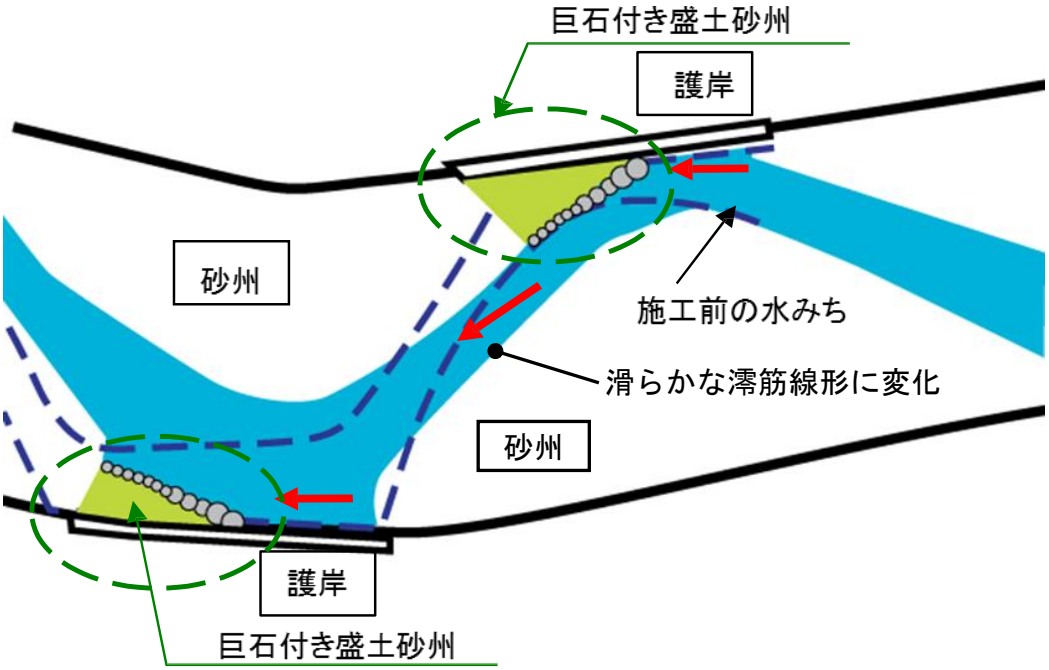


図-6　巨石付き盛土砂州による水衝部対策 [4)]

■参考事例―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て護岸前面の河床洗掘が進行するとともに、流路が護岸沿いに偏ったことから、護岸前面の洗掘対策および、下流川への護岸の延伸が必要となっていた（図-7）。これらへの対策として、巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工を行っている。



図-7　常願寺川の澪筋の変遷（6.0～7.1k）



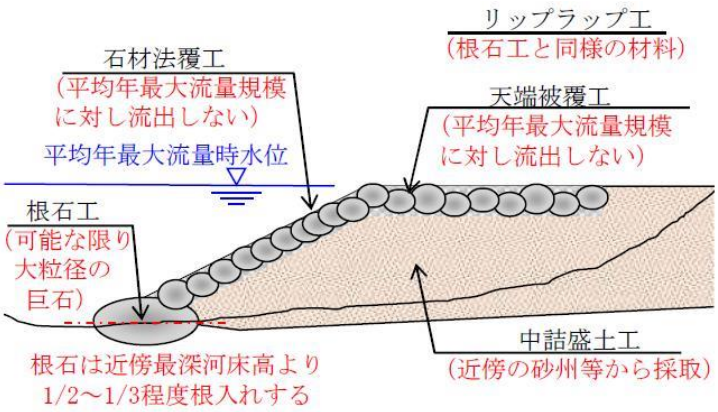


図-8　巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工の構造

４）覆土による自然な河岸・水際部の形成[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・水際部の形成が有効である。ただし、セグメント２の河道で、覆土により自然な河岸・水際部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に留意する必要がある。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。

■参考事例―＜覆土による自然な河岸・水際部の形成事例―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。



写真：島谷幸宏

図-9　覆土による自然な河岸の形成（牛津川）

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。感潮域から汽水域は、潮の満ち引きの影響を受けて環境が日々変化するだけでなく、塩水遡上区間では淡水と塩水が混ざり、汽水環境が縦断方向に生じるとともに、時間により変化する。このような水位と塩分濃度、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、広大なヨシ原やマコモ群落、塩分の影響が大きい場所に生育するシオクグのような塩性植物は、汽水域の様々な生物に対して生息場所を提供している。

■参考事例―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。



写真：吉村伸一

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）

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、護岸設置による水際部は単調と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たり、土砂堆積を促したり、淵の形成なども考慮する。なお、水制工を検討する際は、水制工設置に伴う流れの変化が河岸や河床へ与える影響を十分考慮することが必要である。

■参考事例―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）

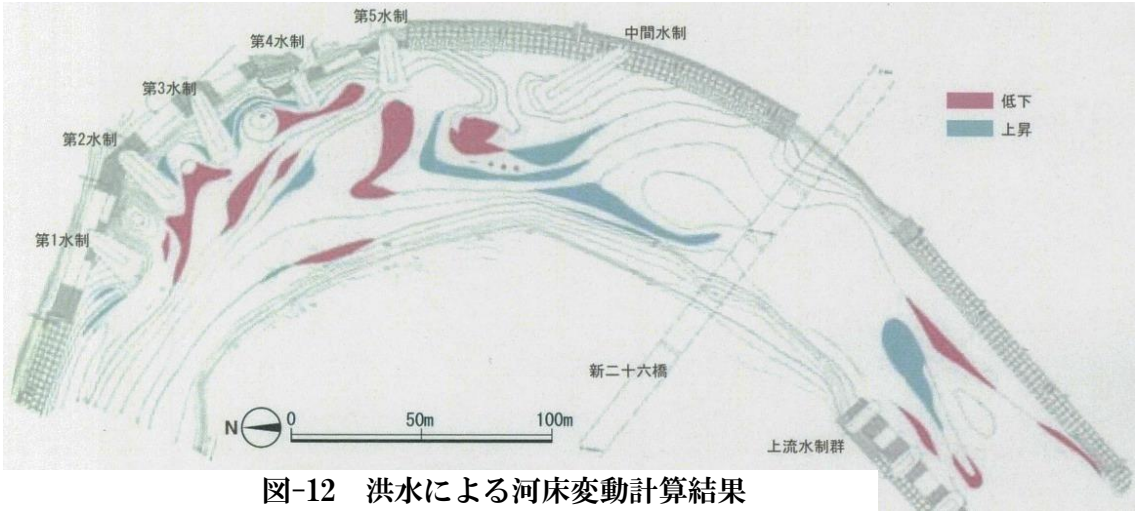


図-12　洪水による河床変動計算結果

■参考事例―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ある。淵の河岸に、水中カバー（=魚類等の隠れ家等となる間隙）のない単調な護岸を一律に整備してしまうと、淵に生息する魚類の生息場・隠れ家等の消失に繋がりかねず、淵にある水中カバーへの配慮も欠かすことができない。

神通川では、サクラマス成魚が越夏する場所を確認するために潜水調査を実施し、水衝部の淵にあるブロック間隙を選好している様子が確認された。また、この間隙の流れは緩やかであり、他の場所に比べて魚類の種数・個体数が多く確認された。コンクリートブロックは景観上好ましくないものの、水中カバーとして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。

■参考事例―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



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法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に、人工構造物である護岸を設置すると、河川景観の中で護岸の存在が際立ち、河川景観を阻害する要因となる場合がある。特に、護岸法面の面積が広い場合や、直線的で単調な水際線が形成される場合にはこの傾向が強くなる。

護岸の露出が大きくなったり、護岸設置により単調な水際線が形成されそうな場合には、盛土による護岸の埋戻しや、寄せ土などにより形成した植生による護岸の遮蔽・露出の低減など、護岸前面への工夫や多様な水際の創出により、自然的な河川景観の形成に努める必要がある。

■参考事例―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、護岸を一枚法として設計する場合が多く、背後地盤が高いところや、水面から続く堤防護岸等では護岸高が高くなり、護岸の面積が大きくなる。このような場合には護岸を 2 段～3 段構造に分節すると、一段の高さが低くなるため、護岸の見えによる存在感・圧迫感が緩和される。

また、縦断方向に単調な護岸が連続する場合は、水制や親水活用できる階段・テラス等を設置することで、縦断方向の分節を図ることができる。

■参考事例―横断方向・縦断方向に護岸を区分した事例 [11),12)]



写真：吉村伸一

図-17　護岸を一枚法にせず、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）



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法肩・法尻部などの境界を曖昧にする

物の輪郭線となる部分は、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、法肩や法尻部の線形が輪郭にあたり、この部分が直線的で明瞭だと、自然な要素で構成されている河川景観の中で目立ち、固く人工的な印象となってしまう。

大河川の複断面での低水護岸法肩には、天端工や天端保護工が必要となる場合が多いが、その場合には法肩をラウンディング（丸みを持たせること）したり、植生により法肩部と高水敷の境界線を曖昧にするなどの工夫が必要である。また、法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・水際の形成を図っていく。

■参考事例―法肩をラウンディングさせた事例 [11)]

背後地との調和を勘案してデザインされており、法肩部はラウンディングして柔らかな印象とするとともに、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）



写真：土木学会デザイン賞 HP

図-20　背後地と調和したデザイン（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、法面の明度は 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。

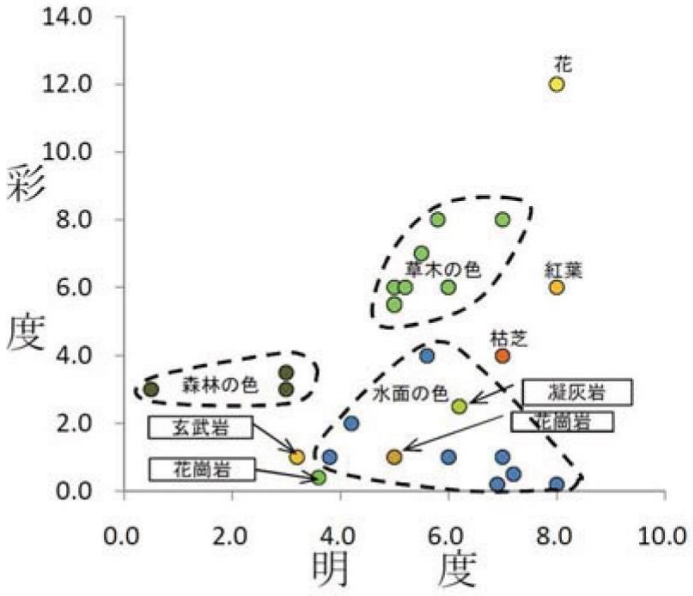


図-21 自然材料の明度と彩度 [13)]

■参考事例―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-22　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であり、凹凸の凹部が影となるため陰影に富み、明度は低下する。一方、肌理が細かい平滑な面は均質であるため、陰影が少なくのっぺりとした印象となり、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-23　平滑なブロックと自然石のテクスチャー

・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乏しく、明度が低下していない。

[15) 16)]

・自然石がもつ質感があり表面にざらざら感、凹凸がある。



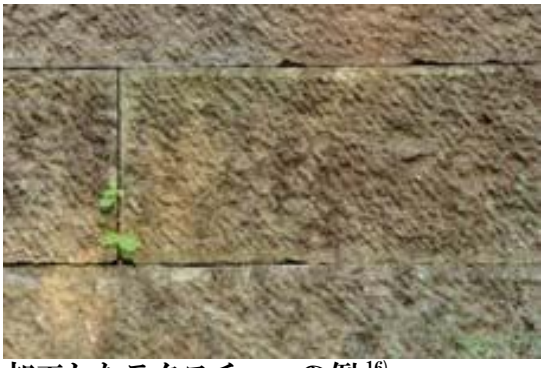


図-24　コンクリート及び自然石を加工したテクスチャーの例 [16)]

・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。

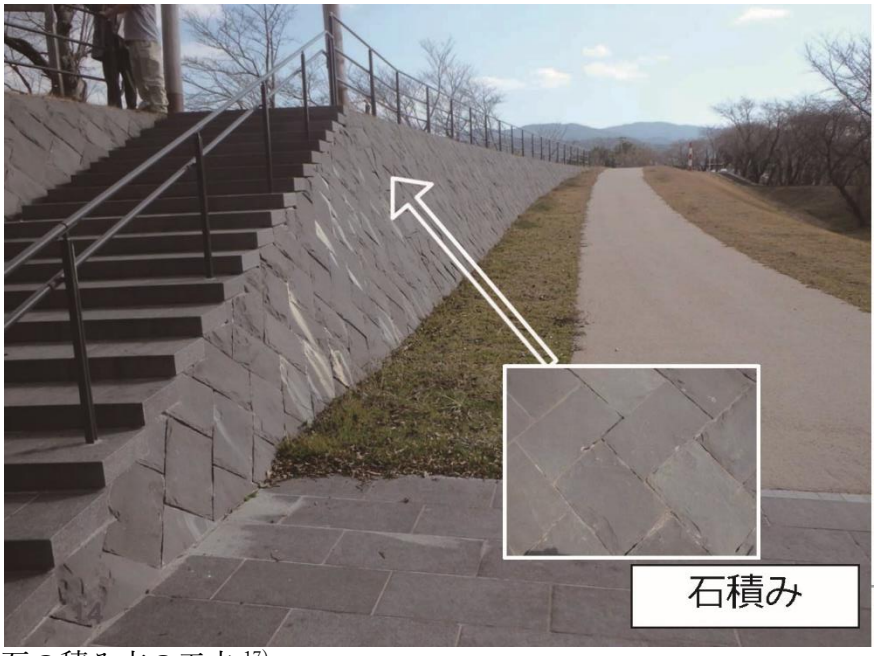
・自然石の表面を加工した例。
・自然石の質感に加え、ノミ仕上げによる陰影で表情が豊かになっている。

③素材の形、サイズ、積み方を周辺景観やその場の特性と調和させる

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-25　護岸の積み方の例

護岸などに用いる素材の大きさは、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枚の板のような、単調で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。なお、コンクリートブロックを使用せざるを得ない場合においても、ブロックそのものの大きさに加えて、景観パターン上にみられる見かけ上の素材の大きさに留意することも重要である。

■参考事例―周囲の景観と調和する護岸の素材の大きさに配慮する [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阻害することにつながる。また、素材単位の見えが大きすぎ、親しみにくい印象となっている。



図-26　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（景観パターン上の大きさ）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。



写真：吉村伸一

図-27　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・繁殖に寄与する空隙を確保する

改修前の水際及び、背後地の自然環境が良好な場合、改修後の河岸・水際部に生物の生息・生育場所や植生基盤となりうる空隙を持たせる。

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

しかし、法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となる。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法面の湿潤状態を保つ

改修前の水際及び、背後地の自然環境が良好な場合、改修後の生物の生息・生育に適した法面の湿潤状態を確保するため、法面や護岸に透水性・浸透性を持たせる。

法面の湿潤状態を保つことは、法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法面に水分が供給され、ある程度保水・維持されることが重要である。

また、法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、護岸の見えによる存在感・圧迫感を緩和する有効な手法となる。

■参考事例―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-28　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生物の移動が可能となるよう粗度を持たせる

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法面に適度な粗度を持たせる。

法面に細礫と同様の粗度を持たせた場合には、法面勾配が比較的急（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、法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、登攀のために法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。



河岸法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）※



河岸法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）※

※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

図-29　河岸法面を移動中の生物 [6)]

４）取り付け護岸が浮き立たないよう配慮する

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、周辺の景観に調和していない事例や、自然環境が果たすべき機能を有していない事例などが見受けられる。

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への配慮を行い、自然環境上、果たすべき機能を有するよう配慮していく必要がある。



図-31　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-30　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。

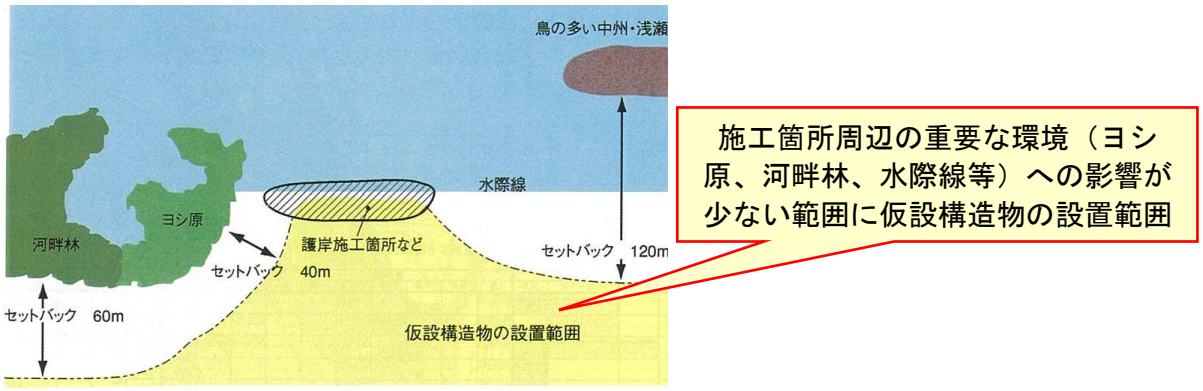


図-32　注目すべき生物の生息・生育・繁殖環境を避けた仮設構造物の設置範囲の例 [17)]



図-33　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。施工にあたっての環境への配慮や検討にあたっては、「多自然型川づくり 施工と現場の工夫」[18] を参照されたい。

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―　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-

「多自然川づくりポイントブック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-34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-34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。

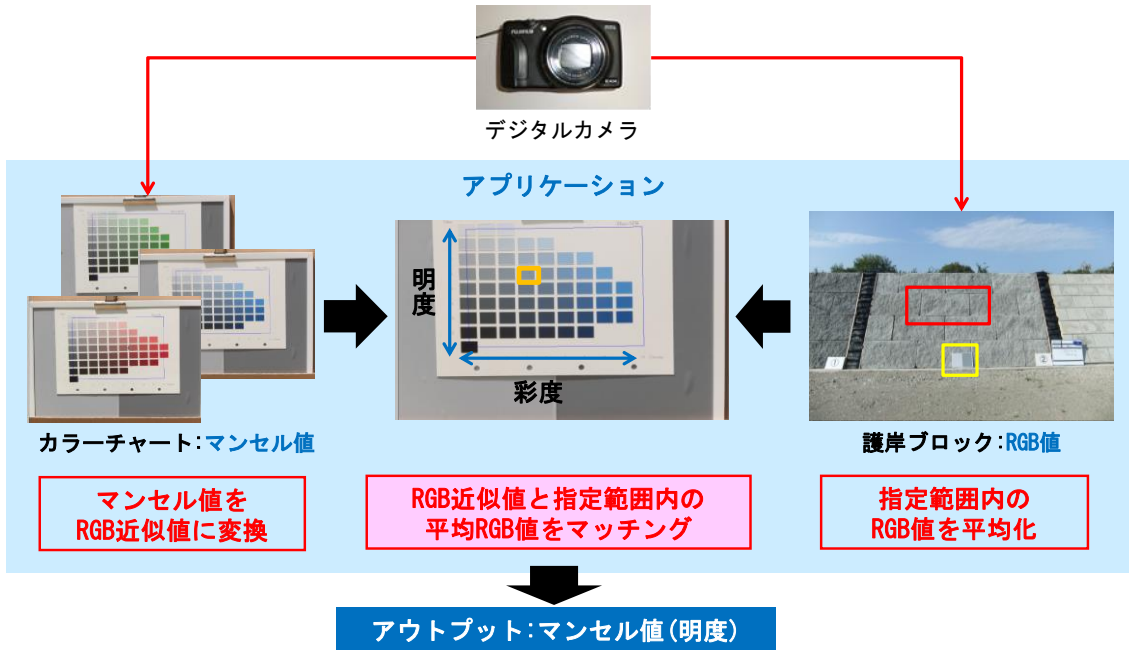


図-34　護岸ブロックの明度評価手法の概要

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-35）。

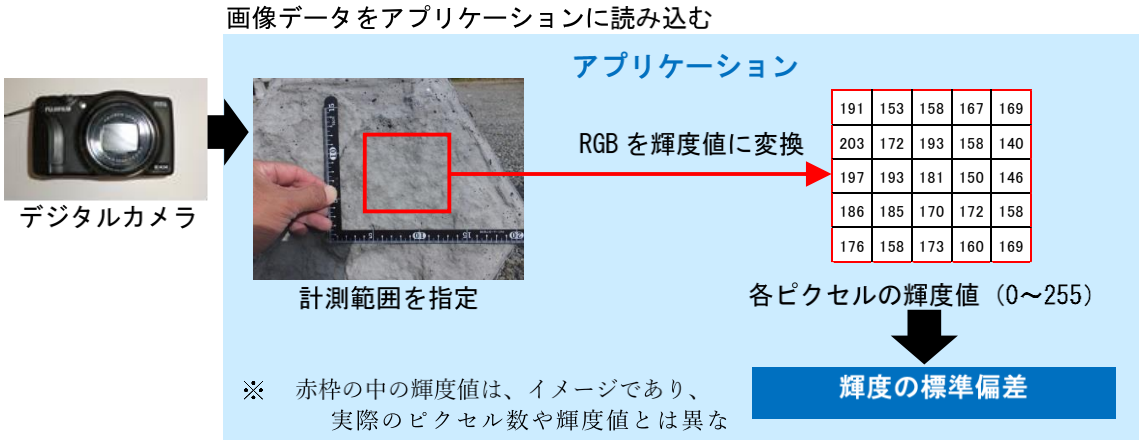


図-35　護岸ブロックのテクスチャー評価手法の概要

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-36 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-36 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。

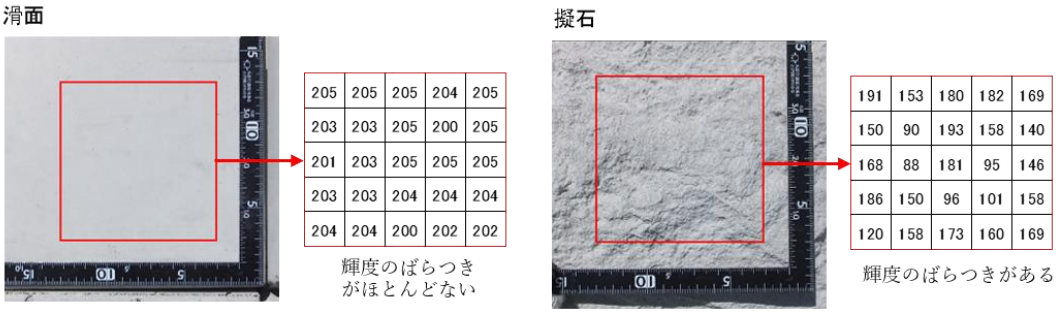


図-36　滑面と擬石の輝度のばらつきの例

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-37）。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-37 及び図-38 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のもある。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。

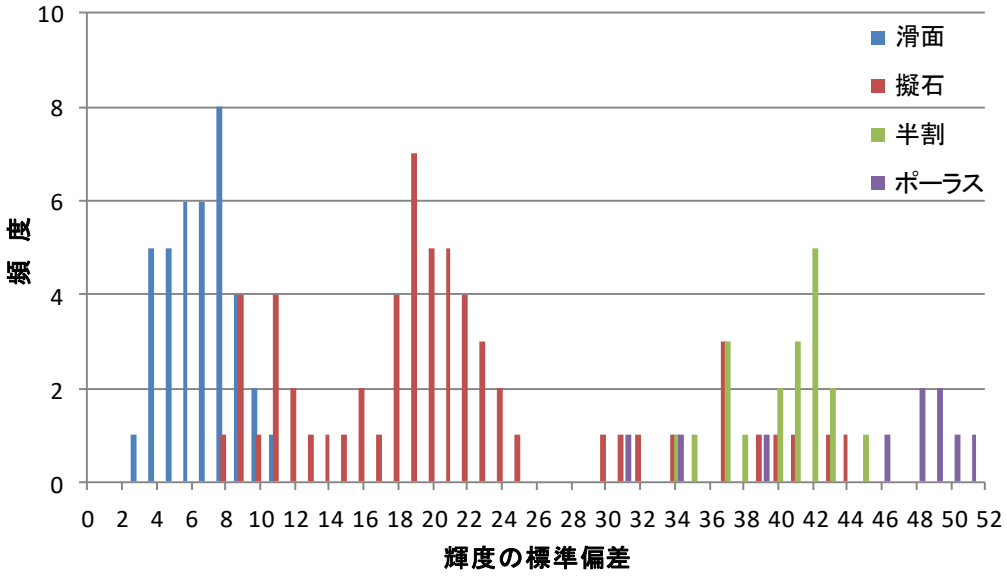


図-37　護岸ブロックと自然石の輝度の標準偏差

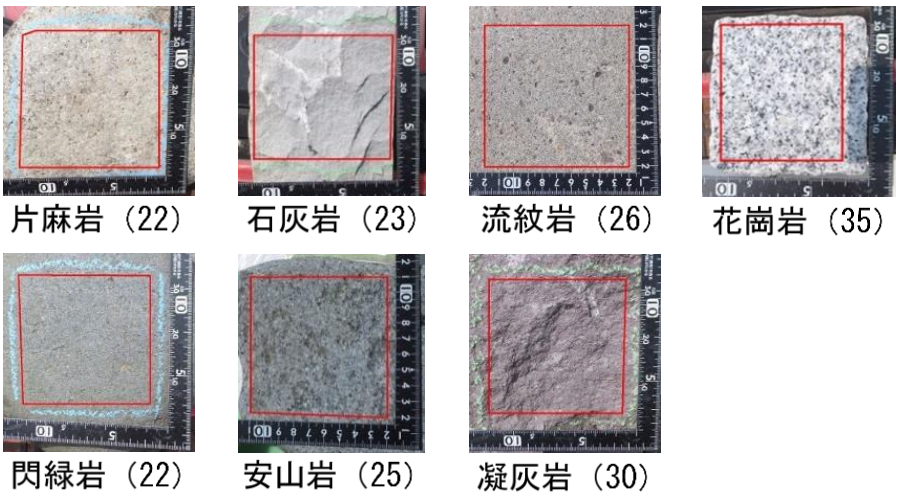


図-38　自然石の輝度の標準偏差（参考値）

■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) 大利泰文・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の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」の取り組みについて
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」を考慮した取り組みについて（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

2022 年(令和 4 年)3 月　一部改訂

５－２　Question

高水敷掘削や切下げを行う際に、掘削の効果を長持ちさせながら、河川環境の改善に寄与するため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、河積を増大させ、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各地の河川で実施され、今後も継続が見込まれている。高水敷掘削や砂州・寄り洲等の切下げは、河道内の地盤の切下げ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（Q6-1 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。主にセグメント 2 河道における高水敷掘削、切下げを行う際のポイントについて示す。



【高水敷掘削後】

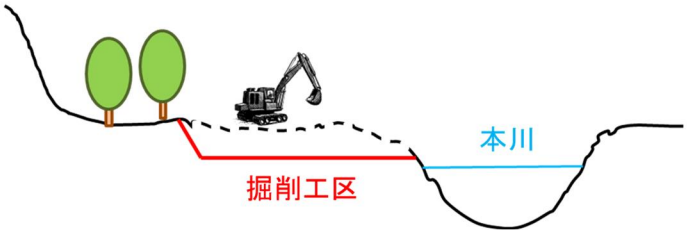


図 1　河道掘削（高水敷掘削）のイメージ（長良川セグメント 1 区間）

■関連する Question

- Q2-1　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。
- Q3-1　各セグメントにおける土砂動態の特徴を教えて下さい。
- Q6-1　人の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下さい。
- Q7-4　生物の多様性向上のために河道～水路～流域の環境をつなぐ有効な方法を教えて下さい。
- Q8-1　河川における樹木管理の基本的な考え方について教えて下さい。
- Q8-2　河道内樹林が再繁茂しにくい施工や維持管理の方法を教えてください。
- Q9-1　自然環境に関連した河川整備を実施する上で、モニタリングのポイントを教えてください。

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

高水敷掘削は、流下能力確保のためだけでなく、二極化・樹林化が進む河道において、重要な生息場を残しつつ“生息場の更新・若返り”を人為的に起こす手段として“適度に”活用することで、河川環境の多様性を保つ有効な手段となりうる。一方、高水敷掘削後に生じる土砂の再堆積と樹林化は、治水・環境両面の効果を低減させる主要な要因となる。高水敷を掘削した際には、高水敷を形成していた粒径集団の土砂が再堆積することが一般的であり、セグメントによって堆積する土砂の性質が異なる。堆積する土砂は出水時に輸送された土砂が掘削面上に堆積したものであるから、掘削高さが異なれば出水により受ける外力の規模・冠水する頻度も変化するために掘削後の経過にも違いが生じる。また、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。植生は土砂の堆積を促進し、掘削の効果を短期間に低減させるため、掘削地における樹林化の抑制（Q8-2 参照）にも留意した計画とする必要がある。

セグメント 2-2 河道（Q3-1 参照）では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的な湿地環境、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。

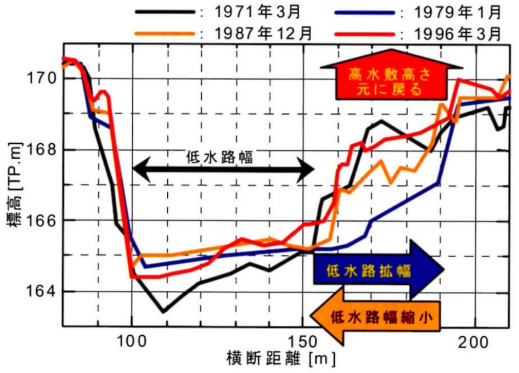


図 2　川内川における土砂再堆積 [2)]

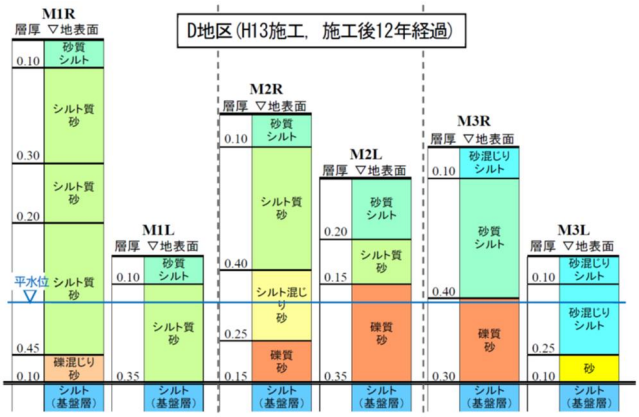


図 3　揖斐川掘削地における掘削後の堆積物 [3)]

■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土砂再堆積

セグメント 2 において高水敷掘削を行った場合、再堆積する土砂の粒径は、低水路の河床にみられる土砂よりは 1 オーダー以上小さく、掘削前に高水敷を形成していた土砂と同クラスのものが堆積することが普通である（Q3-1 参照）。一般的には、セグメント 2-2 河道では、ウォッシュロードや浮遊砂として輸送される細砂・シルト、セグメント 2-1 河道では浮遊砂や掃流砂として輸送される礫・砂が堆積する。

掘削地に堆積する土砂の粒径や堆積量は、出水時における土砂の輸送形態から考察すると理解しやすい。掃流砂は河床面に近いところを跳躍するように流下し、浮遊砂は河床面近傍で掃流砂と入れ替わりながら、河床面付近の濃度が高く河床面から離れるほど濃度が小さくなる鉛直分布をもって流下することから、流水中の高さによって流下している土砂の粒径と量が異なる。このため、低水路に面した掘削地に流入・流下する土砂は、河川水位に対する掘削地の比高（掘削高さ）の影響を大きく受けている。

平水位に対する比高が大きければ掘削地に再堆積する土砂はウォッシュロードや浮遊砂として輸送されうる細砂・シルトに限定され、その粒径も、より小さくなることが予想される。しかしながら、掘削地に堆積する土砂の量は、掘削地が冠水時に流水中を沈降する土砂と、底面から巻き上げられる土砂との量的なバランスで決まることから、実際の堆積量は掘削地上を流れる流れの状態の影響を強く受けることとなる。さらに、植生が存在すると植生周辺の流れは静穏になり、沈降速度が小さく堆積しにくい細粒土砂であっても堆積しやすい微環境を形成し、出水時により多くの土砂を堆積させる方向に作用する。したがって、掘削面の比高が高く冠水頻度が低いにも関わらず植生が繁茂している掘削地では細粒土砂の堆積量が多く、掘削面の比高が小さく植生が少ない掘削地の方がかえって土砂の再堆積が生じにくい、といったことが起こりうる。

2）セグメント 2-2 における土砂再堆積の事例

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、幾つかの河川の例を示す。揖斐川（河床勾配 1/3,300）の事例では、掘削後 10 年程度の間に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運搬されうる微細砂・シルトであった[3)]。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[3]。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して輸送されるおおむね粒形が 0.1mm 以下の細粒土砂であることを示している。

ウォッシュロードは、沈降速度が非常に小さく、流水によって巻き上げられやすいために水深方向の濃度が一様に近い状態で流下する特性がある。出水時に川が濁っているのはウォッシュロードや粒状有機物が水面付近まで浮上して流下しているためである。川ごとに出水時に濁りやすい川とあまり濁らない川があることから類推されるように、洪水時の細粒土砂濃度には、河川ごとに違いがある。洪水時に輸送される土砂濃度が河川ごとに異なることは以前から把握されており[4]、昭和 40 年代に旧建設省が各地の河川で行った流量－浮遊砂量の観測では、同じ洪水流量に対して 100 倍程度の土砂濃度の違いが計測されている（図 4）。このような河川ごとの土砂輸送特性の違いが、河川ごとに掘削後の土砂堆積の傾向が異なる大きな要因の一つとなっている[5,6]。実際には、同じ川で同じ流量が流れていても、土砂濃度は出水の履歴によって異なることが一般的であり、一つの洪水波形の間にも土砂濃度は大きく変動する。

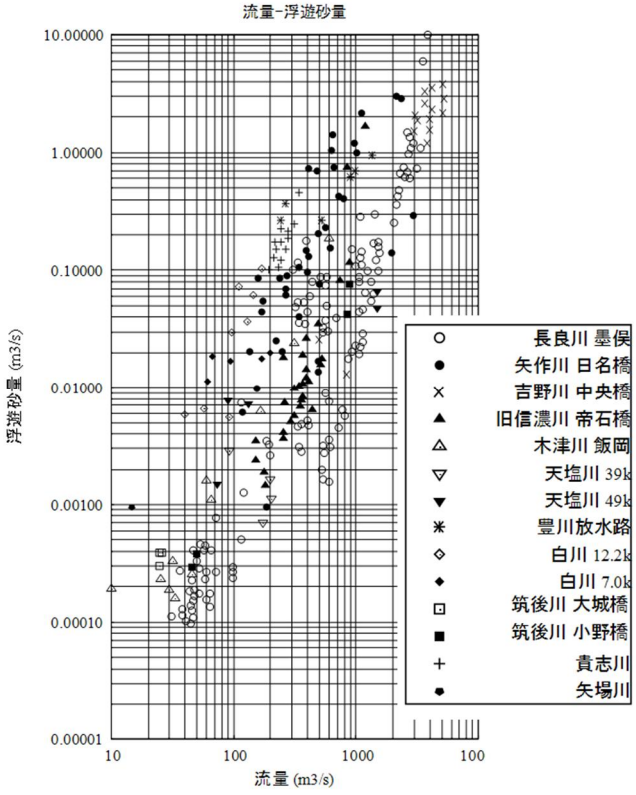
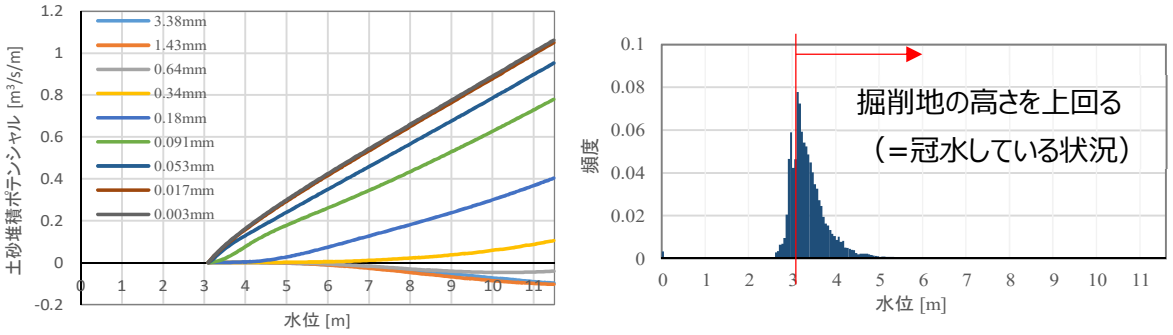


図 4　旧建設省による流量（㎥/s）と浮流砂量の測定結果[4]より再作図

セグメント 2-2 において土砂堆積の主要因となる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だけでなく、相対的に頻度が高い中小出水も土砂再堆積に影響している。図 5 は揖斐川掘削地において、水位（流量）と土砂が堆積しうる最大量をポテンシャルとして粒径別に検討した例[5]である。



水位に応じた粒径ごとの土砂堆積ポテンシャル　　時刻水位の頻度分布

図 5　水位に応じた土砂堆積ポテンシャルと水位の時間頻度分布の例[5] より再作図

水位が高い（流量が多い）ほど、流送される土砂濃度・量は上昇し、掘削地に堆積しうる状況になり、粒径が細かい土砂ではそれがより顕著になる（図 5 左）。しかしながら、掘削地は、掘削高さによっては、大規模な出水でなくても冠水し、低頻度な大規模出水よりも、高頻度な中小出水で冠水している時間帯の方が多い（図 5 右）。実際の土砂堆積は、これらの掛け合わせによるものであり、中小規模の出水がウォッシュロードや低水路河床由来の浮遊砂を堆積させる主要因となっている可能性が示唆される。加えて、ウォッシュロードの堆積量を予測するに当たっては、図 4 に示したとおり、河川ごとに洪水時の土砂濃度に違いがあることを考慮する必要がある。

濃尾平野を隣接して流れる揖斐川と長良川を対象に、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[5]では、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た。そこで、揖斐川と長良川における高水流量観測時に採水を行い、採水試料に含まれる土砂濃度を比較した結果、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が確認された[6]。これらの知見を踏まえ、中小出水も含む年間の水位・流量の時間頻度（図 5 右）と、河川ごとの流量－土砂濃度の関係性の両方を考慮したモデル計算を行うことによって、揖斐川と長良川の掘削地におけるウォッシュロード堆積量の再現が可能であることが示されている[6]。加えて、沈降速度が極めて小さいウォッシュロードが盛んに堆積する条件として、ヤ

ナギ類が繁茂した樹林帯やヨシ・オギ等による密な高茎草本群落等により形成される流れの静穏域（いわゆる死水域）が深く関わっていることも確かめられている[7]。

以上に示したように、セグメント 2-2 区間における高水敷掘削後の経過観察と分析の結果は、高水敷掘削後の土砂再堆積には河川ごとの違いがあり、河川ごとに異なる土砂流送特性や流況特性がその違いを生じる要因となっていることを示している。加えて、樹林化した状況は細粒土砂の再堆積を加速させる方向に作用することから、掘削地の樹林化を抑制することが、掘削の効果を長持ちさせるために最も重要な点であるといえる。

3）セグメント 2-1 における土砂再堆積の事例

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、掘削後に堆積する土砂は主に掃流砂・浮遊砂としてもたらされるために、掘削後の経過が異なる。一例として、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、掘削後の出水により砂礫が急速に堆積し、これらの砂礫は、主に掃流砂として輸送された低水路由来の土砂が掘削面上に堆積したものと考えられた。セグメント 2-1 における河床材料は砂礫が中心であり、したがって掘削後の土砂再堆積は主に掃流砂の形で掘削地に輸送されてきた土砂が堆積するものと考えられる。したがって、セグメント 2-1 における高水敷掘削の計画においては、掘削後の出水による低水路由来の掃流砂・浮遊砂の動態の予測が重要であり、これらを扱いうる平面二次元河床変動解析等の解析手法によって、土砂堆積に関する予測はある程度可能であると考えられる。

なお、河道計画のより所とされてきた河道計画検討の手引き（2002）[8]の「第 7 章　河道の縦横断計画（河積確保）」では、河道掘削等による河道整備後の河床変化に対する簡便なチェック方法として、平均年最大流量時の摩擦速度 u*を算出し、整備後の u*が現況河道における u*の 0.85～1.15 倍であれば整備後の河床は安定すると判断する方法が提示されている。河道掘削により、当該区間の出水時の摩擦速度が大幅に低下するような状況では、短期間に土砂の再堆積が進行し、掘削によって確保した河積は短期間に減少することが予想される。セグメント 1 における砂州の掘削においても同様の観点からのチェックが必要である。

4）セグメント 2 における掘削高さと堆積速度の関係

高水敷掘削時の掘削高さの設定は、掘削地が冠水する頻度及び出水時に受ける外力並びに掘削地上を流れる土砂輸送に直接的に関係する要因であり、高水敷掘削を計画するに当たっ

て最も重要な検討事項である。

揖斐川のセグメント 2-2 区間における事例では、渇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た。掘削高さによって土砂堆積の速度に違いがみられ、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認められた（図 6）[5]。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大きく、掘削工区ごとの平均で 5～12cm/year[3]であった。土砂の堆積が進むにつれて比高は大きくなり、冠水頻度も減少して、図を左から右にみていくと土砂堆積速度の分布が次第に頭打ちになっていく傾向も認められる（図 6 左）。また、掘削地に形成される微地形に着目すると、低水路に面した掘削地の肩には自然堤防状の微高地が発達する。自然堤防状の微高地の堆積速度は、その後背地の堆積速度よりかなり大きい[3]。また、自然堤防状の微高地を構成する土砂の粒径は低水路河床にも含まれる中砂を主体としていることから、低水路から浮遊砂として巻き上げられた土砂が堆積したものと考えられる。低水路の河岸に植生が繁茂している場合、低水路から巻き上げられる土砂の堆積速度は更に大きくなる[9]。揖斐川では、掘削後の比較的早い時期に低水路の河岸にヤナギ類が定着したことが年輪調査等によって把握されており[3]、低水路に沿った自然堤防状の微高地に浮遊砂がより多く捕捉・堆積する状況が生じたと考えられる。

長良川のセグメント 2-2 区間における事例では、揖斐川と同様に渇水位相当から豊水位、あるいはそれ以上の高さまでの間で掘削高さに幅を持たせた高水敷掘削が行われている。掘削後の土砂堆積速度を定期横断測量成果から分析した結果、長良川においては掘削後の出水によってむしろ掘削地が侵食を受けている工区も多く存在していること、掘削高さとの関係に着目すると、低めに掘削した工区の方が侵食傾向であることが確認できる（図 6 右）。

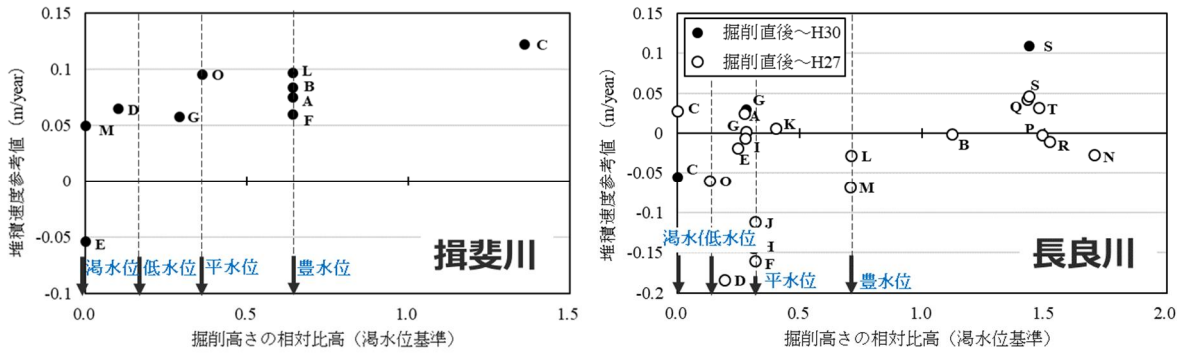


図 6　セグメント 2-2 における高水敷掘削高さと再堆積速度の例（揖斐川・長良川）[5]

５）セグメント２における高水敷掘削の留意点

これらの事例が示唆することは、セグメント 2-2 においては、前に述べたとおり河川ごとの土砂流送特性の違いが掘削後の経過に大きく影響しており、すべての河川において適切な掘削高さの設定は存在しないものの、低めに掘削した方が掘削の効果が長持ちする傾向が認められる。これは、掘削後の出水時に掘削地に作用する流水の作用によるものと、植生が侵入・定着しにくいという２つの要因が関わっていることが推察される。しかしながら、低水路に沿った高水敷を深く掘削する行為は低水路拡幅に近い変化を河道に与えるものであり、出水時に低水路に作用する掃流力を全体的に低下させることにもつながる。低水路拡幅後に土砂の再堆積により河岸が形成され元の川幅に縮小する現象はよく知られている[2,10]。一部区間のみの低水路拡幅であっても、掃流力（あるいは摩擦速度）の縦断的な分布を変化させ、低水路への土砂堆積や河床形状の変化による新たな水衝部の形成といった好ましからざる変化を招く可能性もある[8]。掘削高さの決定に当たっては縦断的・平面的な河道計画の観点をもって検討を行い、高水敷掘削が河道の安定に思わぬ悪影響を生じさせないための留意が必要である。

（２）掘削地の樹林化

前節で述べたように、セグメント 2 における高水敷掘削後の土砂の再堆積には、掘削地における樹林化も大きく関係する。草本類は、流水中に浮遊して輸送されている細粒土砂を堆積させやすくする作用[10]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。下草が生えていなくともヤナギ類が密に繁茂した高水敷では出水時に冠水した高水敷が死水域的な環境となり細粒土砂の堆積が生じやすい[7]。国内河川を対象とした分析の結果、高水敷掘削後の土砂の再堆積に伴い、植物が侵入し、草本群落から木本群落へと遷移して再樹林化した事例もある[11]。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[12,13]。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[14]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[11]。

揖斐川の事例では、渇水位より低く掘削した工区を除き、掘削後に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[13]。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[13]。

さらに、中部・関東・東北 7 河川の掘削地の比高と土壌の含水率、優先的に繁茂している植物種の関係性を分析した結果、ヤナギ類、ヨシは比高が低く湿潤な掘削地に、オギ、セイタカアワダチソウ、ヨモギは比高が高く含水率が低い掘削地に優先すること[15]、ヤナギ類が侵入した掘削地では掘削後 5～10 年後に急激に面積を拡大し 75%程度まで被覆面積が拡大すること[16]といった分析が示されている。

ヤナギ類は地上部だけを伐採した場合、切り株から萌芽再生し、多くの枝を伸長して流水抵抗がより大きい形態になること、風散布・水散布される種子からだけでなく、枝の一部からでも再生しうることなど、洪水攪乱や人為的な伐採に対して非常に打たれ強い生態を持つ。ヤナギ類により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、掘削後に生じた裸地に、ヤナギ類を定着させない工夫、草本群落に誘導する工夫、樹木の繁茂を抑制する工法などが各地の河川で研究開発・試行されている（Q8-2 を参照）。

（3）掘削高さと生息場

1）高水敷掘削後に形成されたワンド・たまりにおける二枚貝生息環境とその寿命

セグメント 2 河道における高水敷掘削後に形成されたワンドやたまりを含む氾濫原的な湿地環境、そこに依存する生物の保全に資する効果[1]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[3]。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。渇水位～平水位程度の低い高さで掘削した場合（図 7 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 7 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 7 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、渇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。

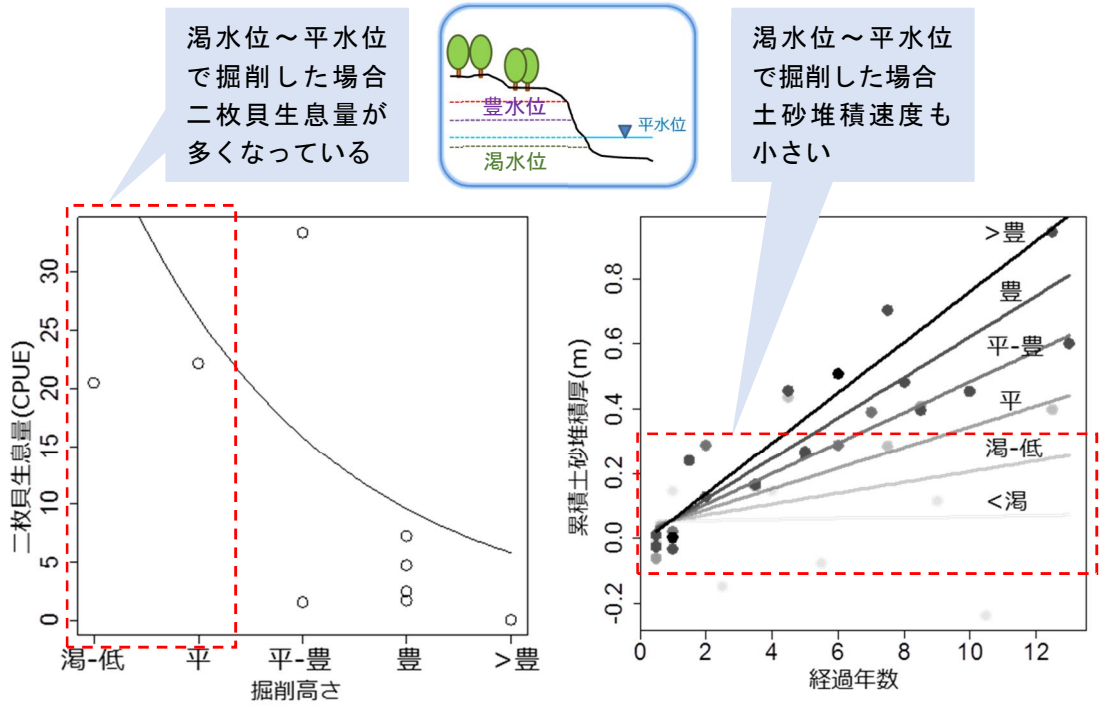


図 7　揖斐川における掘削高さと二枚貝、土砂堆積との関係 [17)]

揖斐川の高水敷掘削後に形成されたワンド・たまりにおける二枚貝類の追跡調査の結果、イシガイ類の生息場となる水域の量は掘削後 6～9 年目に、また水域内におけるイシガイ類の生息量は掘削後 5 年目に最大となったが、その後減少に転じる傾向が確認された [17)]。揖斐川と同じ濃尾平野を流れ、河道内氾濫原のワンド・たまりに淡水二枚貝類が生息し、天然記念物イタセンパラが生息する木曽川における長期モニタリングの結果でも、人為的な再生を施したワンド・たまりの陸地化が進行し、冠水頻度の減少や枝葉の堆積等の要因によって二枚貝類の生息環境が劣化すること、出水によって自然に形成されたワンドでは新たな個体の定着がみられることなどが示された [18)]。これらの事例は、ワンドやたまりといった、氾濫原的な水域に生息場としての寿命があること、自然度が高い原生的な河川においては洪水による攪乱が生息場の更新や若返りを促しているが、改修が進んだ人工的な河道においては、伐採・掘削等の河川管理によって、生息場の若返りの役割が期待できることなどを示唆している [18)]。しかし、まとまった範囲を一度に伐採・掘削した際には、生息場に対する直接的な改変のインパクトによる負の影響の方が大きくなる可能性が高く、河川ごとに順応的な維持管理サイクルを見い

だしていく必要がある。

２）生物多様性に寄与する高水敷掘削の考え方

ここまでに示したとおり、高水敷掘削による地盤の切下げや、これに伴う樹木伐採などは、河道内の物理的な環境に人為的なインパクトを与えるものであるが、これを河道内氾濫原や水域の環境再生に資するものとするためには、自然度が高い原生的な河川において河道内の生息場が形成・維持・更新される仕組みを理解することが重要である。

河道や河道に隣接する氾濫原には、洪水攪乱の影響を強く受けた自然裸地（河原）や一年生草本群落、相対的に安定的な多年生草本群落や木本群落など、様々な景観要素がみられ、このことが生息場の多様性を生んでいる。このような多様性は、自然度が高い河道では洪水に伴う土砂輸送と侵食・堆積作用により生じる流路変動によって、安定的な景観要素が破壊・更新されることによってもたらされている（このような仕組みは、シフティング・ハビタット・モザイクと呼ばれる）。しかしながら、自然営力による流路変動は、ときとして堤防の侵食にもつながる事象であることから、我が国の河川では、堤防―高水敷―低水路を明確に分け、護岸・根固め・水制等によって流路変動を制御してきたという実態もある。このように、自然営力による流路変動に伴う生息場の更新を期待しにくい河川においては、定期的な高水敷掘削等による“人為的な生息場の更新・若返り”が河道内景観の多様性を保つ上で有効な手段となりうる。

図 8 には、河川水辺の国勢調査や河川環境情報図における河道内景観の景観要素、群落・群集、種の関係性を示している [19)]。我が国の河道は全体的な傾向としては低水路の固定化と河床低下による二極化・樹林化が進行しており、樹木伐採と高水敷掘削を適度に実施することによって、洪水流下能力を確保しながら同時に河道内景観の多様性を保つことに寄与することも期待される。しかしながら、高水敷掘削によって元あった景観・群落、その場を利用していた生物の生息場は一旦破壊されることになることから、連続した高水敷の大部分を一斉に掘削することは、大きな負のインパクトを与えることに留意しなくてはならない。

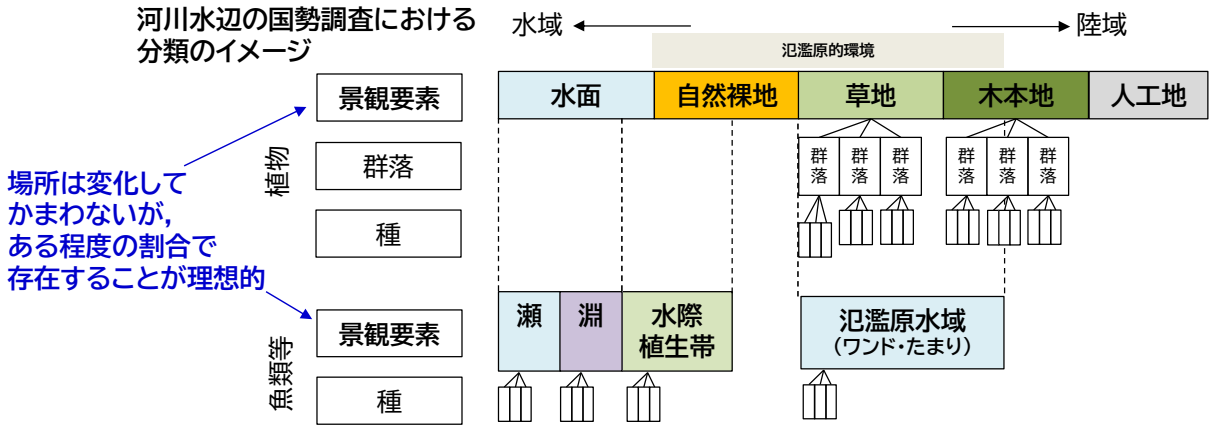


図 8　河道内の景観要素と群落・種の関係性[19] より再作図

また、事例として示した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又は貝類の生息場形成に寄与するものであるが、そのほかに、水位変動の影響を受けにくい場所で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 9）。こうした本川流路の水面からの比高が大き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・設計を行うことも重要である。

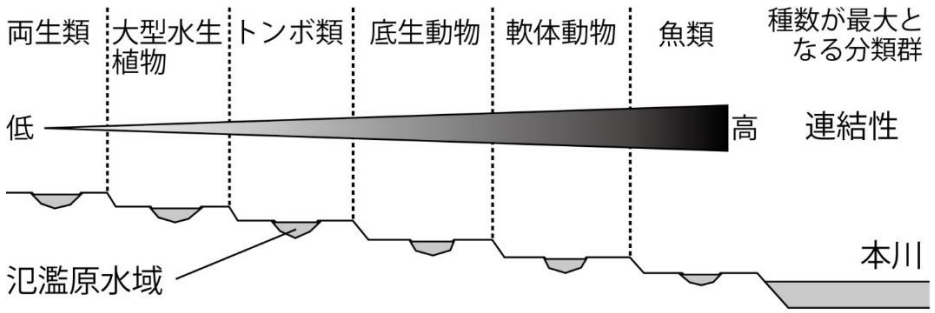


図 9　氾濫原水域と本川の連結性と種数が最大となる分類群の関係

高水敷を掘削する際に、掘削地に傾斜をつけて工事を実施した菊池川の事例では、掘削面を緩傾斜にしたことで氾濫原依存種の植物、魚類が増加したこと、水際部の入り組みも自然に形成されたことが報告されている[20]。掘削形状や掘削高さに工夫を施した事例は全国各地で行われてきており、物理環境の変化と生物の応答に関するモニタリング調査の結果を集約しながら、各地の河川で応用可能な知見を蓄積・共有する取組が今後ますます期待される。

（4）セグメント 1 における砂州の掘削・切下げに関する留意点

石礫を中心とした河床材料により河川地形が構成され、砂州が河川地形の骨格となっていることが多いセグメント 1 河道（Q3-1 参照）において、砂州の掘削を計画する際には、セグメント 2 河道とは異なる点に留意する必要がある。

過去に実施されてきた石礫床河道の砂州の掘削では、単に河積の増大を目的とした掘削以外にも、二極化・高水敷化した砂州上部を切下げ、平水時の流路との比高差を是正することによって、洪水による攪乱を受けやすくすることでいわゆる“礫河原”の再生に取り組む事例が多く報告されてきた。全国の河川で取り組まれてきた自然再生事業においても、セグメント 1 における礫河原再生を目的とした事業 [21]は多く、川らしい景観とそこに生息・生育する生物群集の保全に一定の成果を収めてきたといえる。河川における自然再生事業は、川のシステムの再生、より具体的には「川の攪乱と更新のシステム」、「物質の循環システム」などの本来の川のシステムを再生・健全化することを主目的としている [22]。二極化した砂州の切下げによる礫河原再生は、河積を増大しながら、川が有する攪乱と更新のシステムの再生を目論んだものであるといえる。

しかしながら、砂州上部の切下げを順次行い、平水時に河原として認識される砂州上部全体に及ぶほどの大規模な掘削は砂州を平坦化（砂州波高を減少）させ、砂州を骨格として成り立っていた瀬淵構造の劣化を招くおそれがある [23]。砂州河道における重要な生息場である早瀬と淵は、河道内に形成された砂州の前縁線を乗り越える位置に早瀬が、その下流側の砂州にせきあげられた流水が淵を形成している（図 10）。図 10 下段は、澪筋に沿った縦断形を模式的に示しており、手前側と奥側の陸部は省略されている。非出水期に陸部となっている砂州上部を平坦に掘削した際には、出水期に流量が増加するにつれて水面幅は広く浅い流れとなる。掘削前と比べると平瀬-早瀬-淵の水面勾配が全体的に平滑化され、瀬淵のメリハリは減少する。

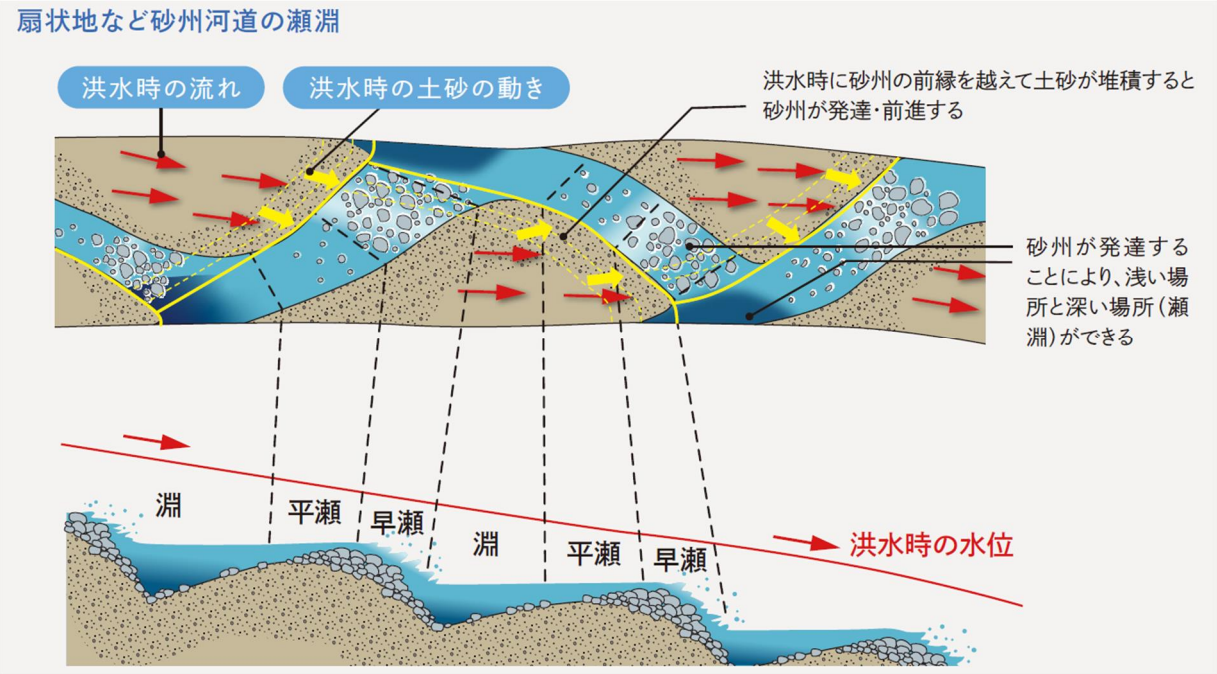


図 10　セグメント 1 の代表的な河川地形である「砂州」と瀬淵の関係性 [24)]

ただし、砂州上部を掘削し、砂州波高が減少したとしても、掘削後の出水によって掘削前と同等の粒径集団の土砂が大量に輸送されれば、砂州が元どおり発達（再堆積）すると想定される。しかしながら、国土交通省が 2002 年にまとめた「流砂系現況マップ」[25)] によれば、ダム建設・砂防事業の進展等による流域からの土砂供給の減少、過去の砂利採取等の影響もあいまって、中長期的には河床低下傾向にある河道が多い。

砂州河道への土砂供給量の減少は、河床低下とこれに伴う二極化をもたらす。実験による観察では、澪筋の河床低下とともに土砂が動きにくい浮き洲が形成され二極化するとともに、砂州の波長が大きくなる [26)]。更に大きい流量下で全体の河床低下が進行する際には、砂州の発達が抑制され、砂州の波長・波高ともに減少し、河床は平坦に近づき、一時的な砂州の消滅も起こることが報告されている [26)]。すなわち、砂州を掘削した後に再び砂州が発達するか、より河床形状が平坦になる方向に変化してしまうかは、その河道に流入する土砂の量や洪水の規模等に依存している。

石礫床から成るセグメント 1 の砂州河道において土砂が活発に移動し砂州が発達するような出水の発生頻度はそれほど多くはないため、セグメント 2-1、2-2 と比べて掘削後の河床形状がより長期間残存しやすいという特徴がある。掘削直後の河床形状について、河川環境面や景観面からも留意した掘削計画とすべきであり、砂州の掘削後に生じる河床形状や河床環境の変化の傾向についても、出水規模に応じた変化を観察して管理対象とする河道区間の特性

について知見を蓄積することが望ましい。

加えて、掘削後に上流から流下してくる土砂は、小さい粒径のものほど動きやすく、長い距離を短い期間で通過していくのに対し、大きな粒径のものは動きにくく流下に時間を要するために、掘削後に流下・再堆積する土砂は、掘削により除去した河床材料の粒度分布よりも小さい粒径集団のものに置き換わることがある。低水路内の平均的な掃流力の低下によって、河床が全体的に砂利・砂に覆われ、河床環境が悪化することも懸念される。砂州の掘削による河床環境への影響を軽減する観点から、掘削時に玉石をふるい分け、掘削後の河床に残置する取組も幾つかの河川で試行的に行われている。

（５）高水敷掘削・砂州切下げにおける工夫事例

１）二段階の掘削によって樹林化を回避し草本群落へと誘導（セグメント 2-2）[27)]

石狩川下流部（セグメント 2-2）では、流下能力確保のために大規模な高水敷掘削が必要とされた。一方で、掘削後に出現する広い裸地にヤナギ類が一斉に定着・樹林化するおそれがあったことから、二段階の掘削によって、掘削地へのヤナギの定着を抑制しながらヨシ等の草本群落へと誘導した後、二次掘削により高水敷掘削を完成させるという方策がとられた。

昭和 56 年に掘削を実施し、現在もヨシ群落として維持されているリファレンスサイトを参考に、一次掘削では河岸を小堤状に残して「つぼ堀」し、工事による濁水の流出を防止しながら、春には融雪水が湛水した状態を維持することによってヤナギの定着を回避し、ヨシ等の生育に適した環境を創出する。ヨシが定着した段階で河岸に残した小堤を低く切下げ、掘削を完成させる。融雪水がたまる程度には河岸を残すことがヨシ群落を維持するための留意点である。

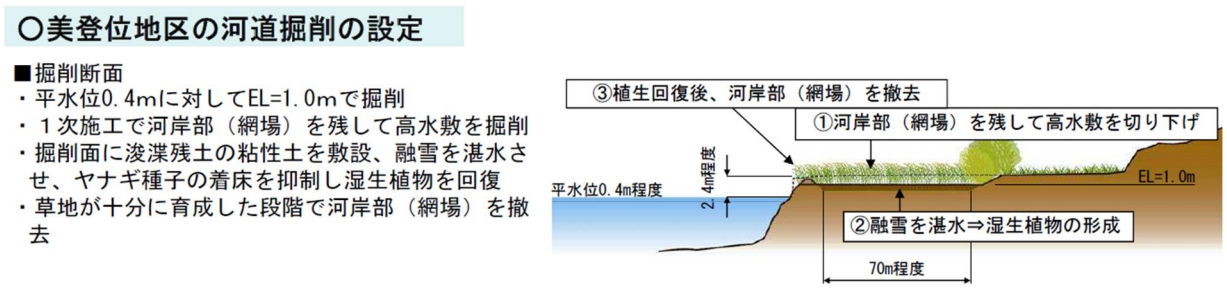


図 15　石狩川における河道掘削の模式図 [27)]



図 16　石狩川における河道掘削の模式図と施工後の経過写真 [27)]

２）本川水際域の浅場におけるアユとウグイの産卵環境創出の例（セグメント 2-1）

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、澪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）を掘削によって形成したことで、アユとウグイの産卵環境が再創出された（図 11）。さらに、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。

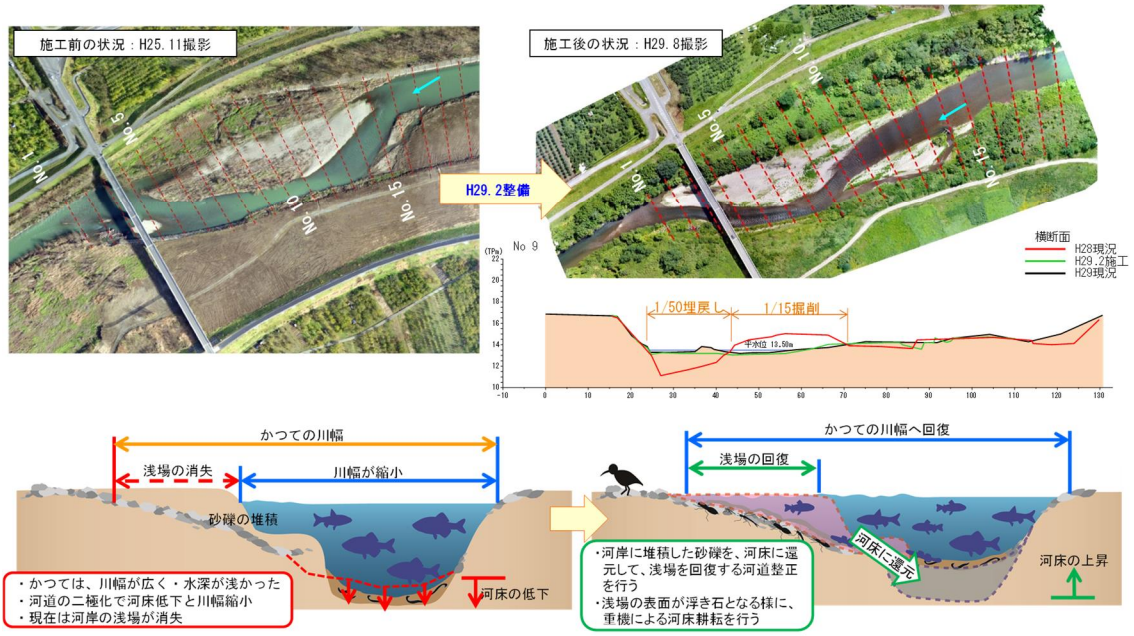


図 11　岩木川における浅場創出のイメージ

３）樹林化抑制とアユ産卵環境創出の例（セグメント 2-1）[28)]

高津川（セグメント 2-1 区間）では、二極化・樹林化した砂州の切下げにおいて、年最大流量流下時に掘削地に作用する無次元掃流力を平面二次元解析により評価し、掘削高さ及び掘削形状が決定された。裸地が維持される指標として、平水位から比高差 1.0m 以下、代表粒径に対する無次元掃流力 0.13 以上が用いられた。

さらに、砂州の切下げた際の掘削土をふるい分けして瀬に投入し、アユの産卵場に適した瀬を、流速・水深・河床材料を指標とした適地評価モデルにより評価した上で、平成 25 年度に試験施工を行ってその妥当性を評価している。



図 12　高津川 エンコウの瀬における試験施工 [28)]

4）自然営力によるヤナギ再繁茂抑制を狙った砂州の切下げ（セグメント 2-1）[29)]

かつて複列砂州の網状流路であったのが河床低下に伴い、砂州の単列化や澪筋の固定化、樹林化が生じている天竜川（セグメント 2-1 区間）において、洪水攪乱によってヤナギを幼木段階で流出させ、ヤナギ樹林化を自然営力によって抑制することを意図した掘削が行われた。

平成 21 年以降に樹木伐開を実施した箇所で裸地が維持されている箇所について、平面二次元解析によって掃流力を確認した結果を踏まえ、平均年最大流量（4500m^3/s）流下時に無次元掃流力が 0.03 以上となることを指標に、樹木伐開及び切下げの検討が行われた。令和元年には試験施工を行い、その後 2 年間モニタリング調査を行い、令和 5 年度以降の樹木伐開工事の計画に反映する計画により、試験施工が進められた。

令和 2 年 7 月の出水前後に計測された ALB（グリーンレーザ測量）の分析から、伐開及び切下げを行った箇所で河床低下が生じており、その下流まで河床地形の攪乱の効果が及んでいることが確認され、自然営力によるヤナギ再繁茂抑制の狙いはひとまず達成されていると考えられた。モニタリングを経て、伐開及び切下げを検討する際の対象流量と無次元掃流力の閾値の見直し（図 13）が行われ、令和 5 年度以降の計画が進められている。

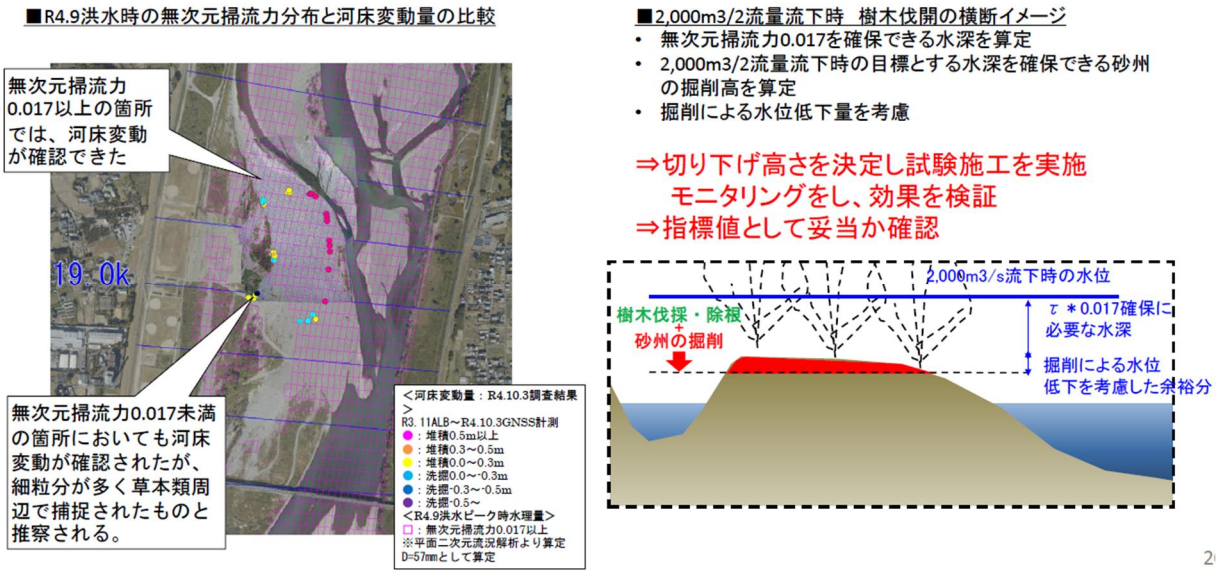


図 13　天竜川における樹木伐開・砂州切下げの指標 [29)]

5）洪水による樹木の流出まで視野に入れた伐採・掘削計画（セグメント 1）[30)]

千曲川（セグメント 1）では、ハリエンジュによる樹林化への対策がかねてより課題となっており、冠水頻度と出水時の無次元掃流力を指標とした礫河原再生に取り組まれてきた。令和元年東日本台風における豪雨災害により、河道内の樹林帯が流失し、礫河原の面積が増大したことを契機に、再樹林化のリスクも考慮した伐採・掘削計画へとアップデートが行われた。

樹木の再繁茂リスクは、従来指標としていた冠水頻度と無次元掃流力に加え、樹木に係る流体力の指標 BOI を、複数段階の流量を想定した平面二次元解析によって評価し、樹林化リスクマップとして整理した（図 14）。自然の営力により砂礫河原が再生・維持される可能性が高い箇所を後回しにし、樹林化リスクが高い箇所の樹林帯を優先的に伐採・掘削することにより、より事業効率の向上が見込まれる計画とすることができた。

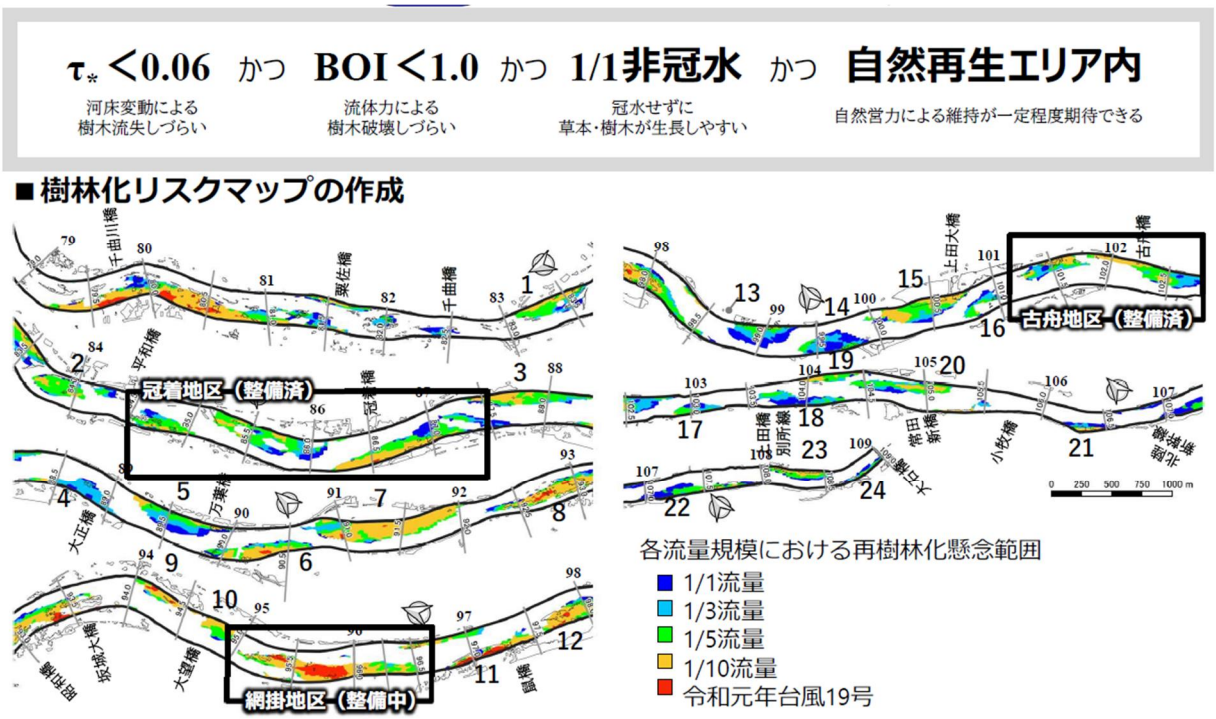


図 14　千曲川を対象に作成された樹林化リスクマップ [30)]

■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) 原田守啓，赤堀良介，武田正太郎：洪水時のウォッシュロード濃度の簡易計測に基づく土砂再堆積予測，河川技術論文集，第 26 巻，pp. 585-590，2020.
7) 戸崎大介，原田守啓：自然堤防帯河川におけるウォッシュロード堆積モデルの検証，土木学会論文集 B1（水工学），78(2)，pp. I_1075-I_1080，2022.
8) 国土技術研究センター編：第 7 章　河道の縦横断計画（河積確保），河道計画検討の手引き，pp. 139-162，山海堂，2002.
9) 尾花まき子，村上尚哉，戸田祐嗣：高水敷高さおよび植生の有無が高水敷への浮遊砂堆積に与える影響，土木学会論文集 B1（水工学），75(2)，pp. I_331-I_336，2019.
10) 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.
11) 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.
12) 大石哲也，萱場祐一:河川敷切下げに伴う初期条件の違いが植生変化に及ぼす影響に関する一考察. 環境システム研究論文発表会講演集 41：pp. 351-356，2013.
13) 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.
14) 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.
15) 兼頭淳，大石哲也，萱場祐一：高水敷切下げ後の樹林化抑制に向けた草本植物の早期植生回復に関する研究，河川技術論文集，24，pp.179-184，2018.
16) 川尻啓太，森照貴，内藤太輔，今村史子，徳江義宏，中村圭吾：高水敷を掘削した後に見られる河道内樹林の拡大速度，応用生態工学，26(1)，pp.23-32，2023.
17) 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.
18) Nagayama, S., Harada, M., Negishi, J. N., Kitamura, J. I., Mori, T., & Mori, S.: Habitat aging and degradation in terrestrialized floodplains: a need to rejuvenate processes for sustaining freshwater mussel populations. Restoration Ecology, https://doi.org/10.1111/rec.14050., 2023.
19) 応用生態工学会：第3章河道内氾濫原の保全と再生，応用生態工学会テキスト河道内氾濫原の保全と再生，pp.73-111，2019.
20) 上杉幸輔，伊東麗子，皆川朋子：氾濫原依存種保全の観点からみた高水敷緩傾斜掘削の評価-菊池川を事例として，河川技術論文集，23，pp.627-632，2017.
21) 土門晋，伊藤将文，佐合純造：全国での川の自然再生の現状と分析，平成18年度リバーフロント研究所報告，pp.50-57，2007.
22) 国土交通省河川環境課：自然再生事業 川本来の姿を蘇らせる川づくり～計画から実施までの考え方（案）～，42pp，2005.
23) 原田守啓，萱場祐一：河道の限界-治水と環境が調和した持続可能な河道についての一考察.河川技術論文集，28，pp.451-456，2022.
24) 中部地方整備局河川部河川環境課：自然をいかした川そだて 中部地整の多自然川づくり 入門編，2022.（https://www.cbr.mlit.go.jp/kawatomizu/tashizen/data/kawa_sodate.pdf）
25) 国土技術政策総合研究所環境研究部,(独)土木研究所水環境研究グループ自然共生センター:ダムと下流河川の物理環境との関係についての捉え方,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，pp.3-14－3-15，2009.
26) 三輪浩，大同淳之，片山智仁：交互砂州河床の変動に及ぼす流量・土砂供給条件の影響，水工学論文集，51，1051-1056，2007.
27) 国土交通省 北海道開発局 札幌開発建設部：大規模な河道掘削等を通じた多自然川づくりの推進 －石狩川美登位地区の樹林化抑制への配慮について－，2021.
28) 国土交通省 中国地方 整備局 浜田河川国道事務所 河川管理課：高津川におけるアユの産卵状況に配慮した河床掘削（試験施工）とモニタリング結果について，令和4年度全国多自然川づくり会議：2022.
29) 中部地方整備局 浜松河川国道事務所：天竜川下流部における河道内樹木の再繁茂抑制対策検討，令和4年度全国多自然川づくり会議：2022.
29) 国土交通省北陸地方整備局 千曲川河川事務所 調査課：千曲川自然再生実施箇所における大規模洪水後の再樹林化リスク評価手法の立案，令和3年度全国多自然川づくり会議：2021.

2024年(令和6年)7月　一部改訂

6－1　Question

人の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下さい。

■Question の意味と背景

大河川の高水敷は、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。これまでの水辺整備では、河道の複断面計画に基づくいわゆる定規断面的な高水敷の上に公園や運動場が配置されることが多く、緑陰がない（居心地がよくない）、水辺・水際に近づきづらい等、人の利用の観点からの課題がみられる。

平成 28 年度（河川法改正 20 周年）に国土交通省が実施したアンケート調査[1)]では、河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%）が突出しており（**図-1**）、河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、河川の自然と親しむ利用が上位を占めている。水辺づくりへの期待としては、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。このように、水辺特有の心地良さを体感できる水辺整備が求められているといえよう。また、このような市民意識や社会の変化を踏まえた水辺整備のあり方（川の形：低水路河岸形状、高水敷の地形デザイン）やまちの顔としての景観形成をどのようにして進めていくかも課題である。

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。ここでは高水敷に的を絞るが、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。

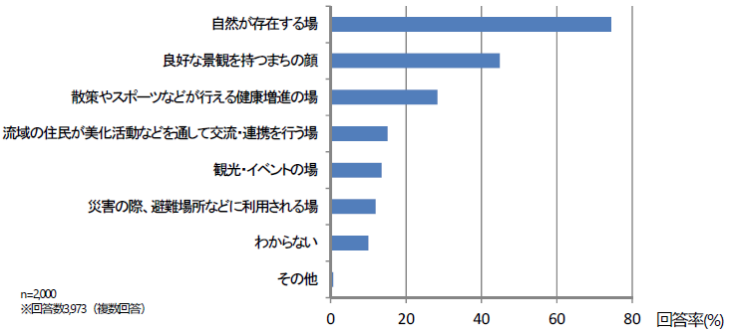


図-1　日本人の河川環境に関する意識アンケート調査結果
（Q6：あなたは，河川に特にどのような役割を求めますか。この中からいくつでもあげてください。）[1)]

■関連する Question

- Q5-2 高水敷掘削や切り下げを行う際に、掘削の効果を長持ちさせながら、河川環境の改善に寄与するための留意点を教えてください。
- Q6-2 通常の河川改修で伐採対象となる樹木を保全・復元した事例を教えて下さい。

Answer

利用者ニーズを踏まえ、川の自然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、及び高水敷の地形処理を工夫した事例を紹介します。

■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、整備後の様々な活用可能性を考え、対象地をどのような場所にしたいのか、コンセプトを共有・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及び検討の流れの一例を**図-2** に示す。

次ページ以降に、河岸や高水敷の地形処理に工夫を凝らした事例を３つ取り上げ、紹介する。ともすれば、平らな複断面高水敷の上に利用施設を配置しがちであるが、これら３つの事例に共通するのは自然の川の地形のように多様な形があるということを認識している点である。なお、低水路や高水敷の形を変えることによる影響が想定される場合は、水理解析による検証を実施するとよい（参考事例２）。

また、参考事例では、場の特性やまちとの関係を“１）場の特性等”、利用者ニーズや必要な機能を“２）(1)計画・設計条件”、コンセプトを“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。

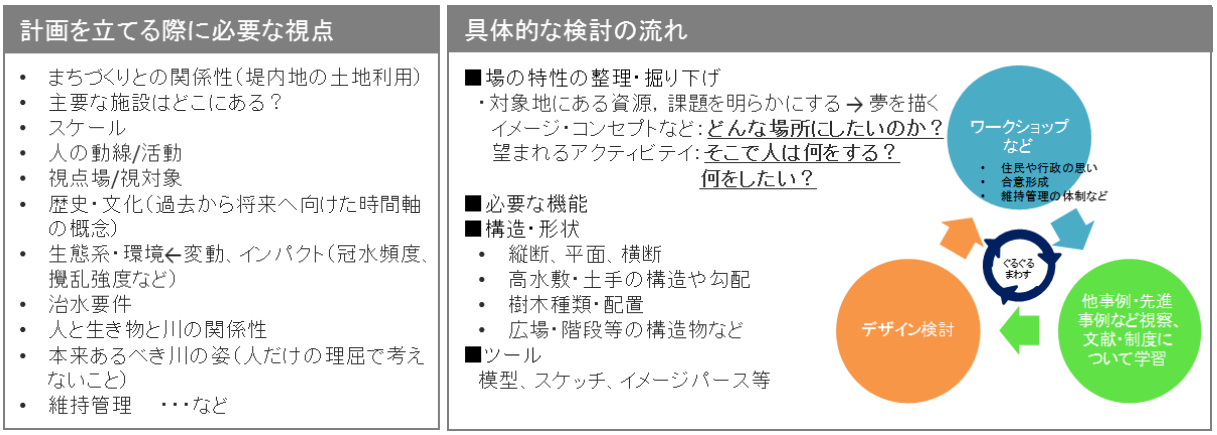


図-2　水辺整備計画に必要な視点及び検討の流れ（九州大学 林博徳氏作成、一部改変）

上記のような水辺整備の推進には、「かわまちづくり」（まちと水辺が融合した良好な空間形成・活用を目指す取組み）等が適用できる。

■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）場の特性等

■まちにおける位置づけ

・　整備対象箇所は、阿武隈川右岸側で、県庁前の対岸という、福島市の顔となる場所に立地している。

■利用・景観上の課題

・　河岸にヤナギが自生、河原にはヨシやオオブタクサ等の高茎草本が繁茂し、水面を見通すことも、人の立寄りも困難であった（**写真-1**参照）。荒れた印象で、県庁前の景観としてふさわしくない状況であった。



図-3　整備箇所位置

（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こと

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。

３）主な実施内容 [2)]

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**）。

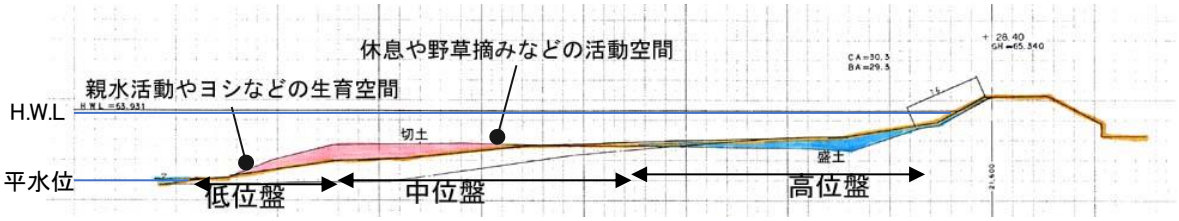


図-4　整備前後の横断面形状 [3)]

- 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、併せて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デザイン

個々の施設、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定せず、地形の最終的な調整を施工時に現場で行ったことがポイントである。後者については、アンジュレーションによる視覚的稜線の形成（コラム―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現場で実際に確認しながら手直しを行った。

（３）整備前後の比較



写真-1　整備前の様子（(株）プランニングネットワーク 伊藤登氏提供）



写真-2　整備後の様子（2004.9）（(株）プランニングネットワーク 伊藤登氏提供）

（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、自然と親しめる地域の憩いの場として広く活用されている（**写真-3**）。また、地域住民で設立された「水辺の会わたり」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となっている。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及び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。2018.6）（福島河川国道事務所提供）

（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(m^3/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―遠賀川・直方の水辺（福岡県直方市）[4)]

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）場の特性等

■まちにおける位置づけ

・　整備対象箇所は、直方市のほぼ中心に位置し、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。

■従前の利用状況及び課題

・　既設のオートキャンプ場は、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

・　河積の拡大による治水安全度の向上(災害復旧事業として実施)

・　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

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

左岸側は水裏で河岸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、高水護岸中段から水面までなだらかに続く緩傾斜の土羽スロープ（平均傾斜角度約３度）を基本とした（**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。平らだった河川敷を緩い下り斜面に改修することは、河積の拡大にもつながった。

②アンジュレーション（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した。これにより、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計画には、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（コラム―起伏、植栽による空間の区分



写真-4　粘土模型による空間の確認
（九州大学 樋口明彦氏提供）

参照)。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、高水敷の多様な利用、利用者を意識した動線の視点など、流域市民の意見を取り入れてデザイン案が決定された。

粘土模型は、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も大変有効であった。この模型は、市民参加での川づくりにおける合意形成のためのツールとして、またデザイン案を検証、確認するためのツールとしても重要な役割を担った。



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（九州大学 樋口明彦氏提供）

④既存樹木の効果的な配置

市民からは、高水敷にできるだけたくさんの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

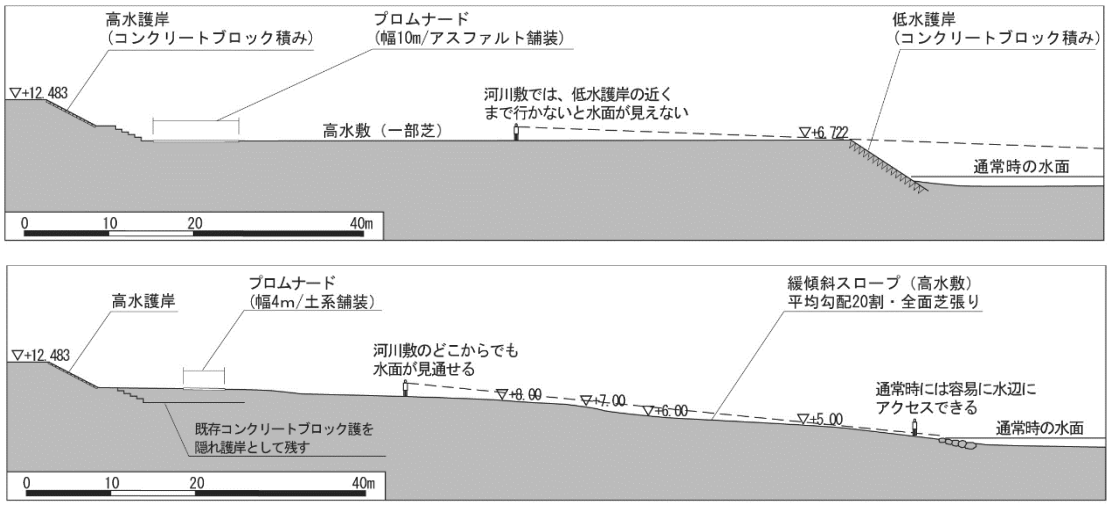


図-6　改修前後の横断形状[5)]（上：改修前、下：改修後）



・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（上：改修前、下：改修後）（遠賀川河川事務所提供）

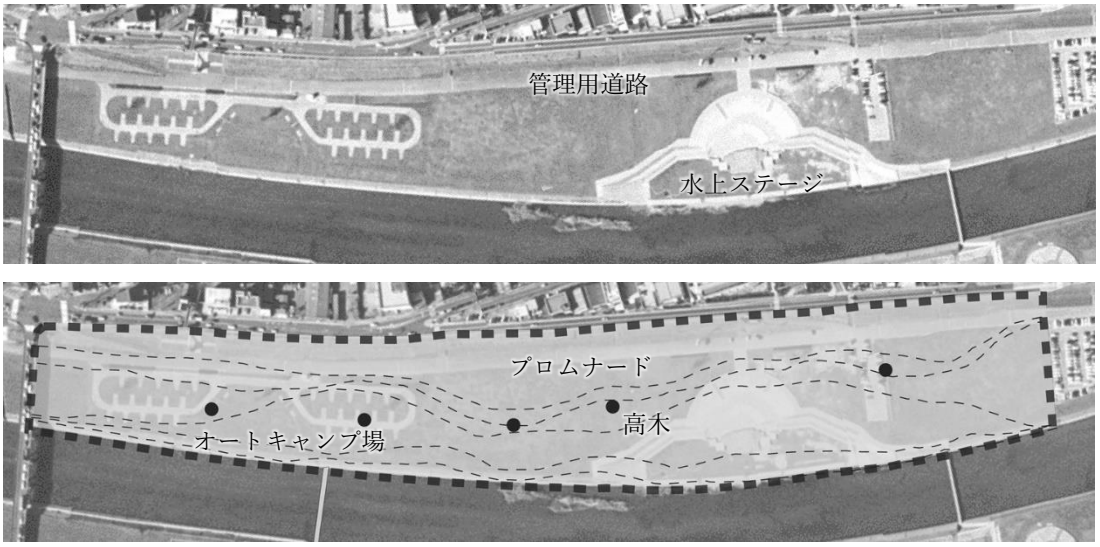


図-7　改修前後の高水敷の様子 5)（上：改修前、下：改修後）

（４）整備後の効果

整備後に実施された調査[5)]によると、来訪者数の増加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(m^3/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

３）断面変更に伴う流況解析 [6)]

複断面河道の断面変更による洪水流況と低水路河床高の変化について、流況解析が行われている。解析結果より、「改修前の複断面河道に対して流速縦断勾配が緩やかになり、流況が改善された」こと、「掃流砂量の縦断分布の変化が小さくなり、その結果河床変動量は改修前の複断面河道に比べ小さくなり、安定的な河道になった」ことが報告されている。

■参考事例３―子吉川・癒しの川（秋田県由利本荘市）[7)]

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）場の特性等

■まちにおける位置づけ

・整備対象箇所は、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している。

■従前の自然環境

・下流側の高水敷は、ヨシやヨモギなどの植生に覆われた自然豊かな区域であった。

■従前の利用状況及び課題

・リバーサイドウォークラリーなど医療分野での高水敷利用が整備前から行われていた。

・上流側は、高水敷に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）。

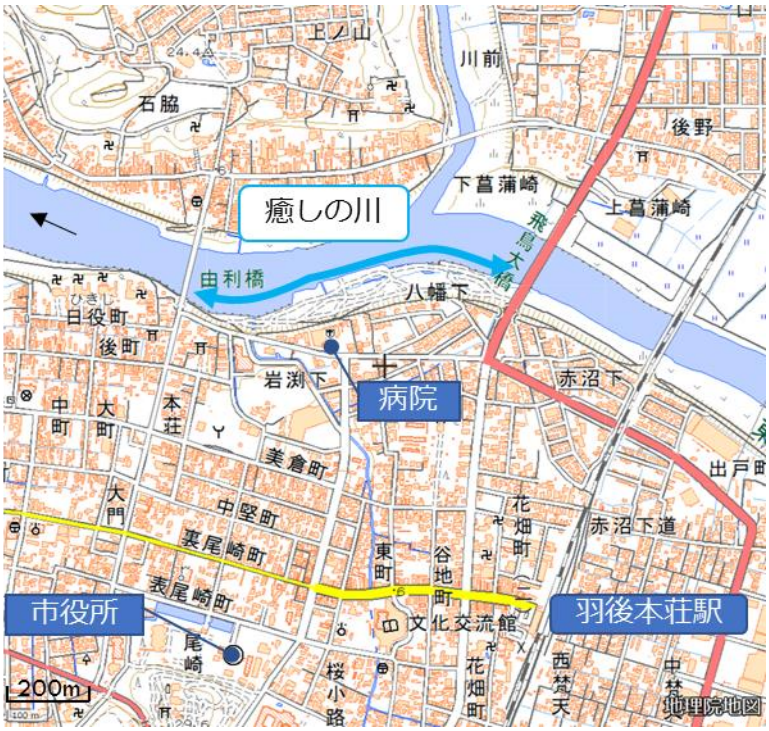


図-8　整備箇所位置

（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つくる

・　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（河川環境整備事業として実施）

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することで（**図-9**）、天端から高水敷へのアクセス（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（**写真-9**）

・ 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

・ 緩傾斜堤防にすることで、容易に腰を下ろすことができるようになり、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ようにした

・ 堤防の法尻、法肩はラウンディング処理が施されている

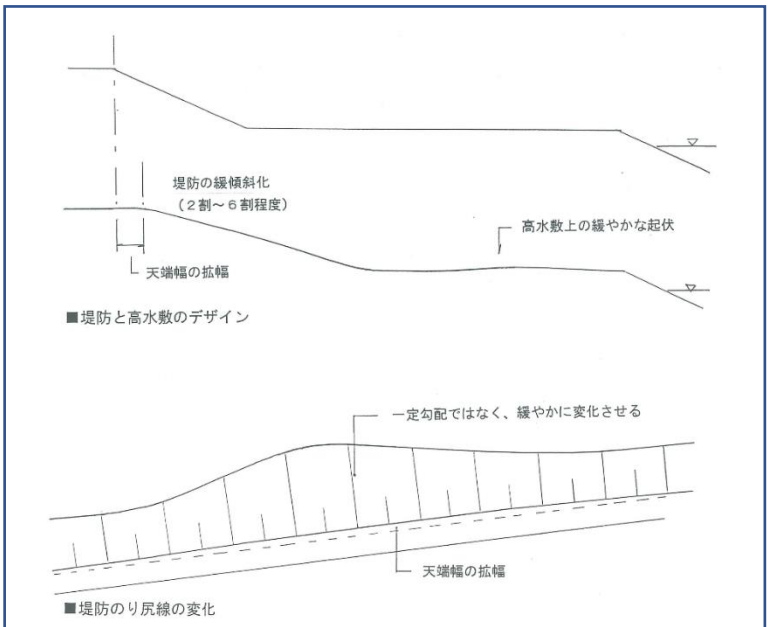


図-9　横断図・平面図（秋田河川国道事務所提供）



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

- 管理用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、施工段階に現場で確認しながら最終的な形を決めた。
- 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**)



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

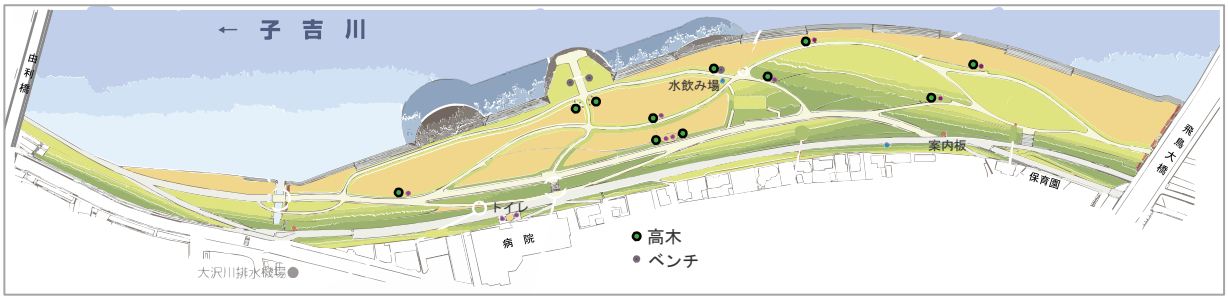


図-10　園路や高木、ベンチの配置 8)

（３）整備前後の比較





写真-12　改修前後の様子（上：改修前（秋田河川国道事務所提供）、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 の団体と個人が参加する「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・福祉関係者が連携し、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、活発な活動な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(m^3/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
・ 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―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。このような配慮により、利用者が空間の落ち着きと変化を感じることができるようになる。空間の区分には、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、視覚的稜線を形成することが有効である（**写真-13**）。空間の区分と、自然の流れが作り上げたような地形の表現、人の身体的感覚としての居心地の良さを調和させるため、施工時に現場で確認しながら地形処理が行われた。

また、高水敷への樹木植栽も、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・配植が行われた。



アンジュレーションにより視覚的稜線が形成され、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
（（株）プランニングネットワーク 伊藤登氏提供）

■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[9]。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[10]。

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。バスや地下鉄などの公共交通の駅や都市計画上の小学校の配置なども、この約 500m という距離を基準に設定されている[11]。

■コラム―人間の活動と法面勾配

法面を緩勾配化することは、堤防から水際までの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。

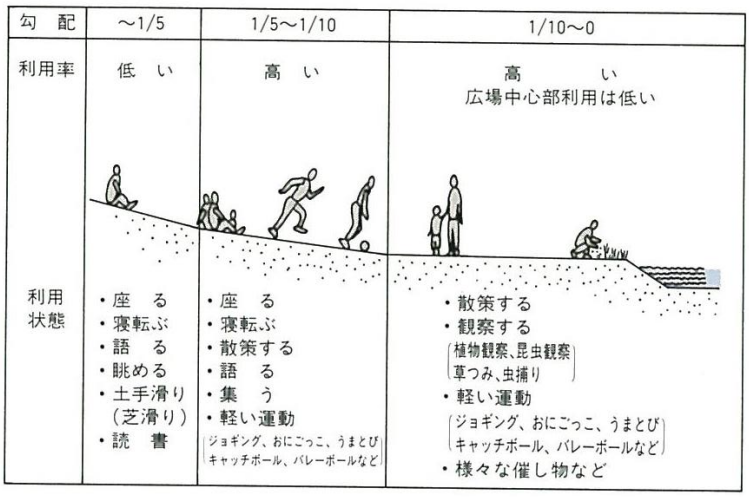


図-11　勾配と利用形態の関係[12]

■参考文献

1) 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
https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/tashizen/dai02kai/pdf/11_shiryo4_enquete.pdf
2) 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
3) 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
4) 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－九州実践編,共立出版,2008
5) 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
6) 笹木拓真, 宮原幸嗣, 福岡捷二：複断面から船底型断面河道への改修による洪水流況及び低水路河床高の変化, 河川技術論文集, 第20巻, 2014
7) 「子吉川・癒しの川」制作実行委員会編：癒しの川－実践・子吉川の川づくり－,無明舎出版, 2003
8) 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
9) 篠原修：土木景観計画,技報堂出版,1982
10) 篠原修編：景観用語辞典,彰国社,1998
11) 星野裕司：空間のスケール,風景のとらえ方・つくり方－九州実践編,共立出版,2008
12) (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

2022年(令和4年)3月　一部改訂

６－２　Question

通常の河川改修で伐採対象となる樹木を、保全・復元した事例を教えて下さい。

■Question の意味と背景

河川砂防技術基準（計画編）において、河川環境の整備と保全に関する計画の策定にあたっては、「動植物の良好な生息・生育環境の保全・復元、良好な景観の維持・形成、人と河川との豊かな触れ合い活動の場の維持・形成、良好な水質の保全について、総合的に考慮して定めるものとする」とされている。現存する河畔樹木は、保全・復元の対象として検討すべきであることはいうまでもない。水辺の樹木は、単に残す残さないだけでなく、良好な景観の形成も含め様々な環境機能（**図-1**）に関連するからである。

しかしながら、河川改修では低水路の拡幅や高水敷の切り下げ、堤防の拡幅・かさ上げなどの地形改変とともに、既存樹木は「治水上支障になる」という理由で伐採されることが多く、復元（移植、植樹）されることもないまま失われているのが現状である。

河川法でいう河川環境の“整備と保全”、河川砂防技術基準の“保全・復元”、“維持・形成”をもう一度注意深く捉える必要があろう。多くの場合、“保全・維持”のレベルで「治水計画上無理」と諦めているのではないか。河川環境の“復元・形成”という、もう一つの重要な検討課題に真剣に向き合い、河道計画に組み込むことが重要である。この設問では、そのための方法論について、事例を通して考える。

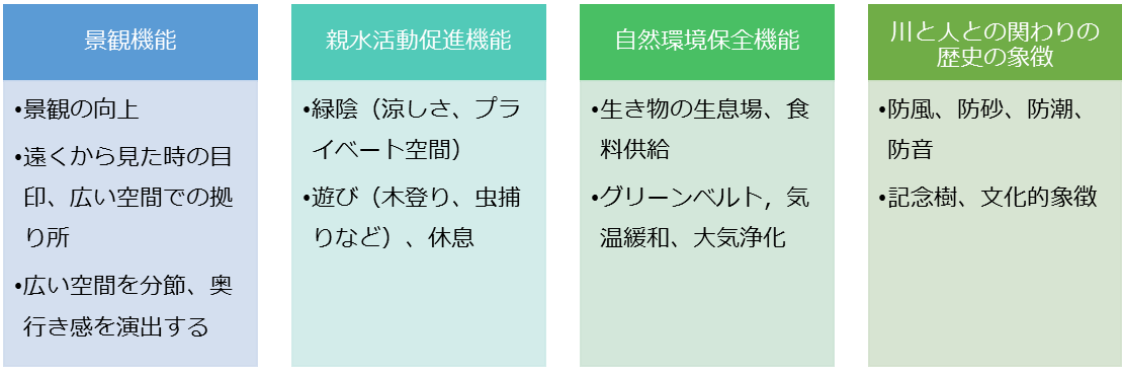


図-1　水辺の樹木が有する環境機能

■関連する Question

- Q6-1 人の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下さい。

Answer

既存樹木の保全や市民に親しまれてきた景観の継承のために、河道計画を見直した事例を紹介します。

■Answer の概要と基本的考え方

河川整備基本方針・河川整備計画では、河川環境の整備と保全について位置づけられているが、治水計画上の河道計画が前提としてあるために、治水と環境のトレードオフの関係は残されている。したがって、河川改修実施の段階で様々な問題が起こる場合がある。ミチゲーション（人為的行為が自然環境に与える影響の緩和措置）の考え方では、「回避、最小化、矯正、軽減、代償」の５段階があるとされている。河道計画の検討プロセスで、これらの各段階に相当する検討を行い、河川環境の保全・整備の方法を見いだしていくことが重要である。ここでは、２つの事例を取り上げて、いかにして河畔林を保全・復元したか、河畔林のある景観を保全・継承したか、その考え方と方法論を紹介する。

宮川（三重県伊勢市）では、高水敷上にある数百本の桜の取扱いについて、現存する江戸時代の水制工の流速低減効果を水理解析によって明らかにすることで、樹木群の保全・管理に関する道筋を示した。堤防上の既存の桜については、現堤防を側帯とする堤防計画を立案し、堤防上の複列桜並木を保全・復元した。引堤区間では、堤防側帯を新たに整備（側帯のための用地買収）して、桜の景観が保全・継承された。

白川（熊本県熊本市）の「緑の区間」では、当初改修計画の河道拡幅と築堤盛土により河畔樹木が失われてしまうことから、市民と河川管理者との間で長年に渡って話し合いが継続されてきた。その結果、堤防を特殊堤（鋼矢板＋パラペット）とするアイディア等によって、河畔樹木の保全と整備が実現した。特に左岸側において、特殊堤の位置を河岸ではなく道路境界に後退させるというアイディアは素晴らしい。これによって市民に親しまれてきた「緑の区間」の景観が継承された。さらに特筆すべきは、話し合いの過程に地元熊本大学の研究者が加わり、様々な意見やアイディアを元に模型を制作して議論するなど、空間的なイメージを積み上げてきたことである。

これらの事例における検討プロセスは、河川砂防技術基準（計画編）でいう「総合的に考慮して定める」ということの本来の意味を提示している。治水と環境を“総合的に考慮”した創造的なアイディアを生み出す努力が肝要である。

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

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宮川の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（**図-2**、丸囲い）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本事業における課題であった。

（１）場の特性等

■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）に桜が植えられており、枯死による堤防の空洞化などの懸念が生じていた。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ものの、通水能力の減少や流木化等、治水上のリスクに関しては未検討であった。

■堤防の安全性の課題

・ 宮川堤防は敷幅が狭く、砂質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噴砂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断面拡幅を進めており、

宮川堤についても同様に整備を行うことになった。

・ 単純な堤防の断面拡幅では、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。

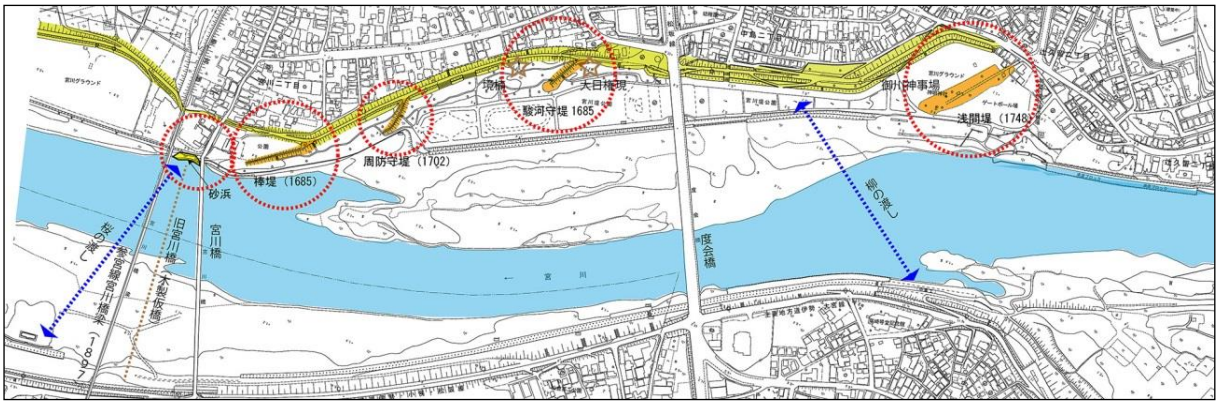


図-2　整備区間。JR 参宮線宮川橋梁(桜の渡し)から度会橋上流(柳の渡し)までの右岸約 1㎞が整備区間である。2017 年度末の整備済み区間は、度会橋から棒堤までの約 460m と度会橋上流 270m 区間の一部である。下流(図左手)から棒堤(1685)、周防守堤（1702)、駿河守堤（1685)、浅間堤（1748）と呼ばれる江戸時代の突出し堤（水制工）が現存する（赤丸囲い)。



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

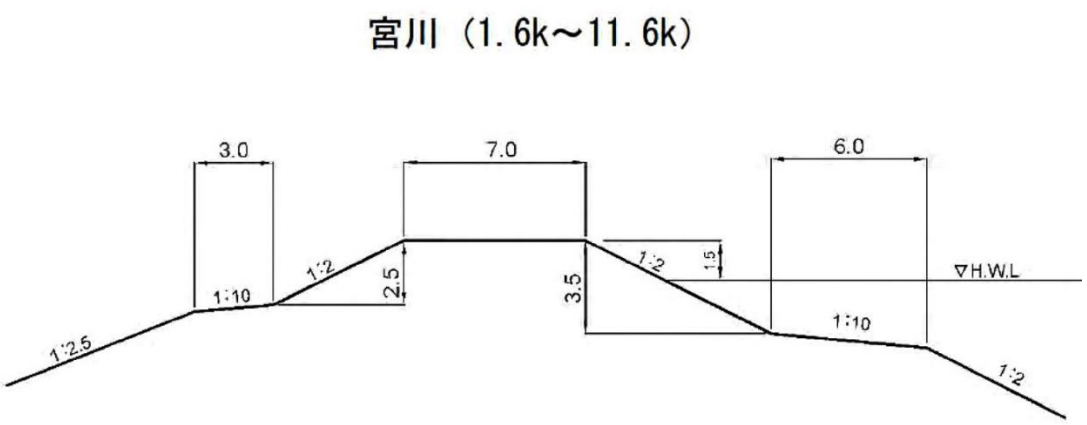


図-3　　堤防の標準断面図（河川整備計画）3)
小段を設けず 1 枚法にした場合はほぼ 1：3 の法勾配となる
現況は天端幅約 5m、堤防法面勾配は表裏ともに 1：2

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！

以降では、度会橋下流側と上流側で整備方針が異なるため、それぞれ（３）、（４）に分けて記述する。

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、桜景観の保全、近世の突出し堤（歴史的土木遺産）の保全活用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（**図-4**）。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り、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。

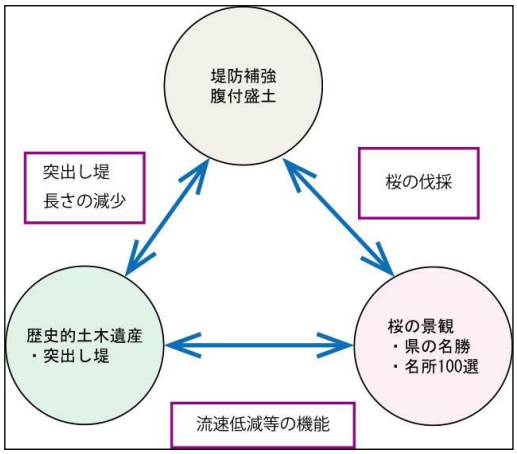


図-4　トライアングルコンセプト

そこで、これら三つの課題を調整し総合化するという、トライアングルコンセプトによる方針をたてた。これは、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。同時に、桜を植えられるスペースの創出（伐採樹木の代償措置）を堤防設計に組み込む。このような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を基本とする。
・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、環境保全のために設ける第３種側帯として位置づけることで、植樹可能なスペースとする（ミチゲーションの回避措置）。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（矯正措置）。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観を復元、継承することが可能になった（**図-5**）。

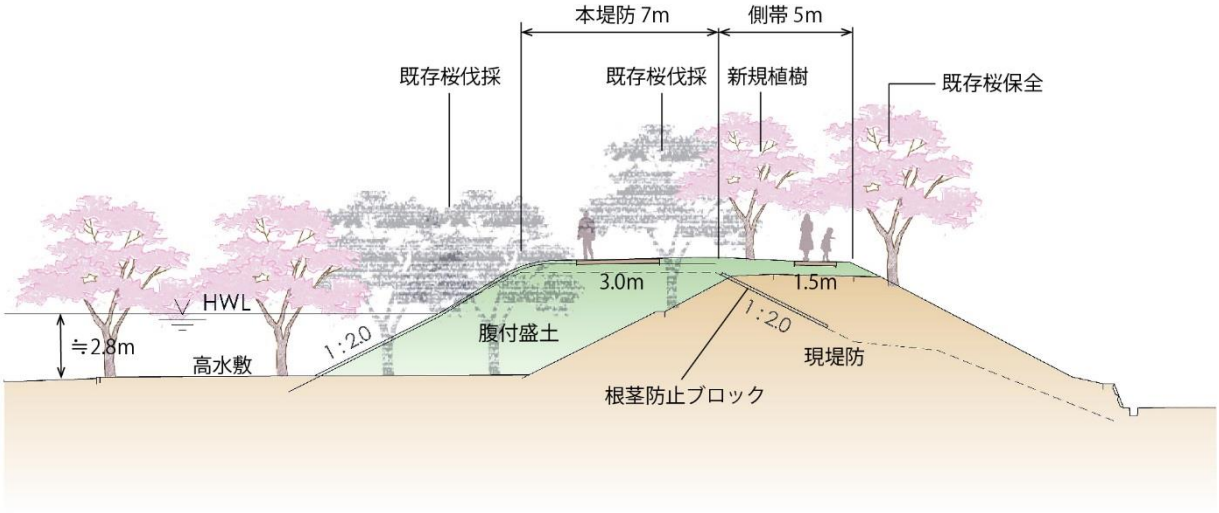


図-5　度会橋下流基本断面。現堤防を側帯として位置づけ桜のトンネル景観を継承する。河川管理用通路は通常天端幅全体を舗装整備することが多いが、ここでは従前の 3m 幅とし芝生面積を広くとって柔らかい景観となるようにした（遮水シートは全幅）。側帯には 1.5m 幅の散策路を設け、従前のように桜のトンネル空間を散策できるようにした。



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。

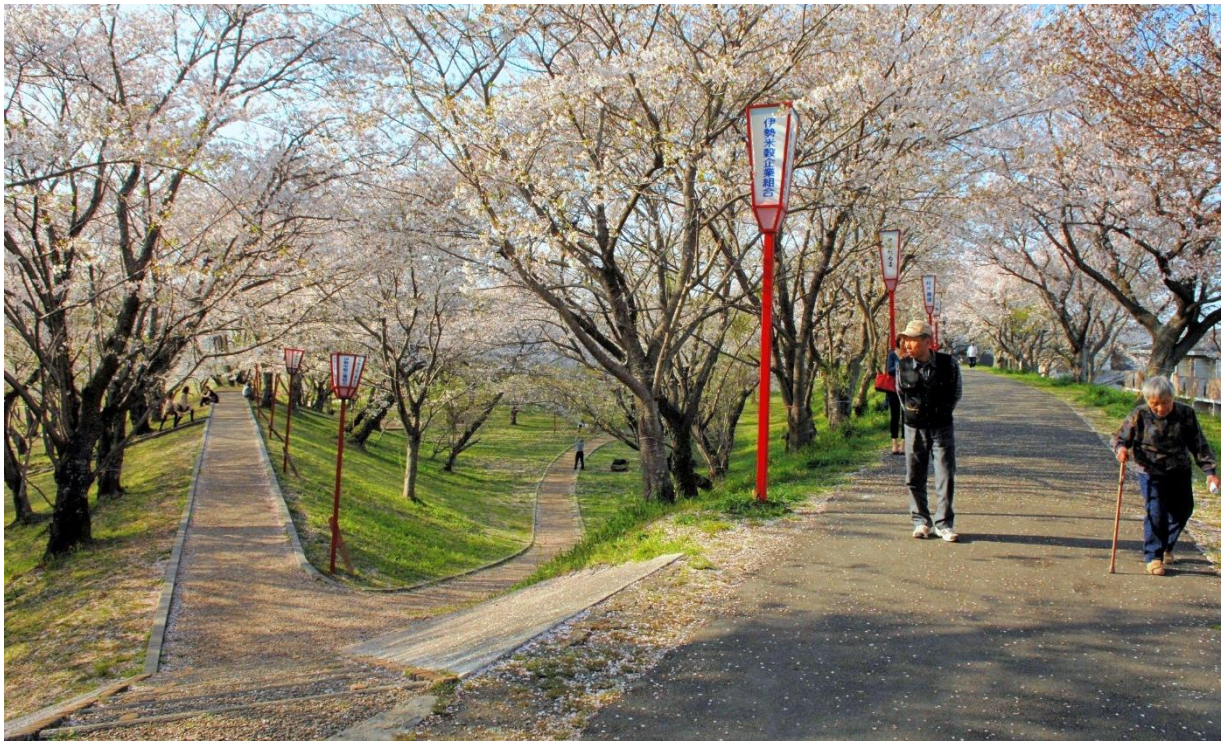




写真-3　整備前（上）と整備後（下）。写真左の堤防が駿河守堤と呼ばれる突出し堤。整備前の桜景観は素晴らしいが本堤防が狭い。整備後は堤防天端幅が 5m から 12m に広がり、伸びやかな空間に変貌した。腹付盛土による突出し堤長さの減少も最小限となり、景観的にも大きな変化は見られない。



写真-4　本堤防（左 7m）と側帯（右 5m）。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ものの、流失等のリスクもあり、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準三次元水理解析を行い、洪水時の流況の確認を行った。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伝統的治水施設であるが、その効果を現代の水理学で解き、高水敷上の桜の流出リスクを数値的に評価した。

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。

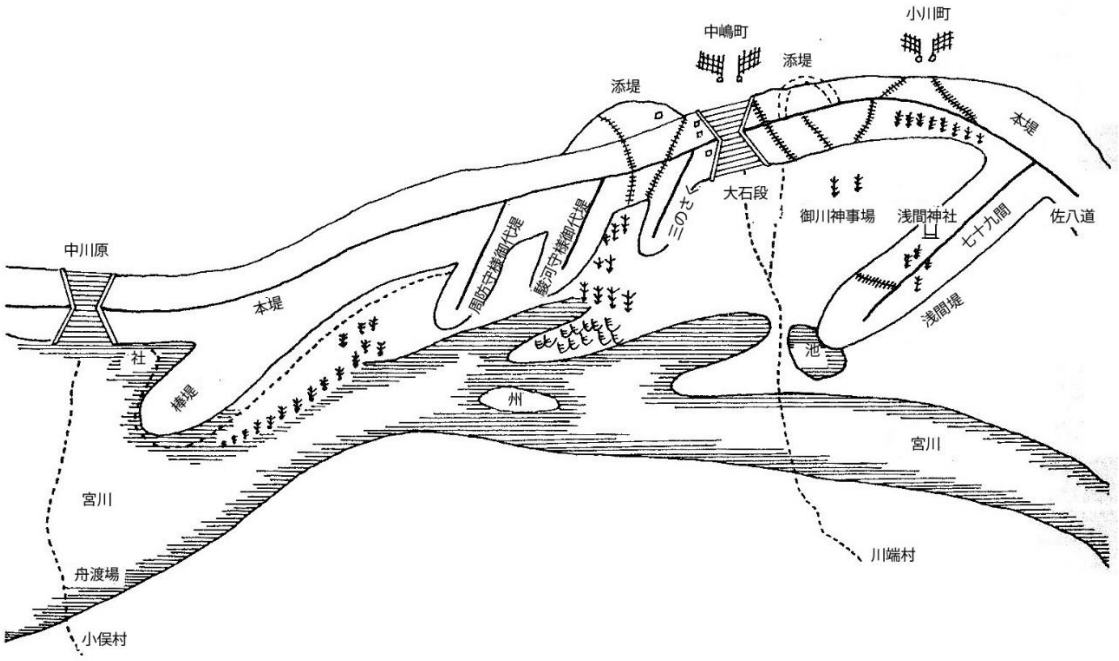


図-6　宮川堤防の図（模写）神宮文庫蔵（図の右を上流にするため左右反転している）。突出し堤によって澪筋は堤防から離れた位置に形成されている。洪水時の流れを堤防から遠ざけ、破堤を防ぐシステムとして機能していたことが読み取れる。推測の域を出ないが、突出し堤の上流側に描かれている樹林は、減勢目的で植えられた水害防備林の可能性もある。

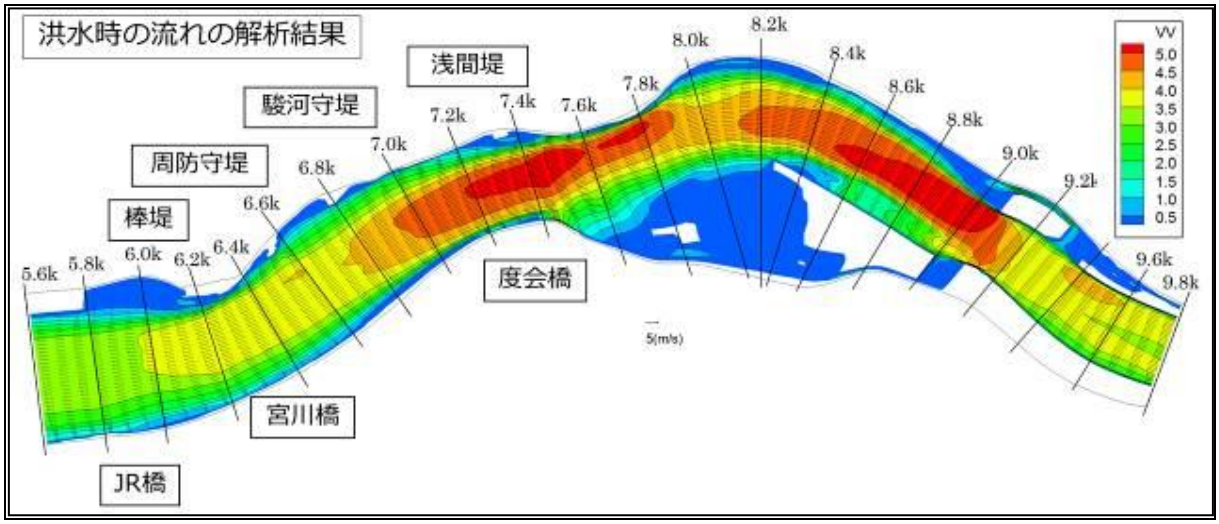


図-7　水理解析結果（準三次元解析）3)

水理解析の結果が**図-7** である。水制工があることによって洪水時における堤防近傍の流速が 1m/s 以下の低流速に抑制されており、突出し堤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。高水敷の桜群落エリアの流速は 2m/s 以下で、桜の流失等のリスクは大きくないと判断できる[4]。この結果を受け、桜の保全に対し科学的根拠を得たことから、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（回避措置）への道筋を示すことができた。

（植樹の特例）[4]

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。

一　洪水の流勢の緩和等の治水上の必要性から行う植樹

一　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

一　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。そのため、境楠周辺は急勾配の石積護岸とし原位置に残した(**図-8**)。

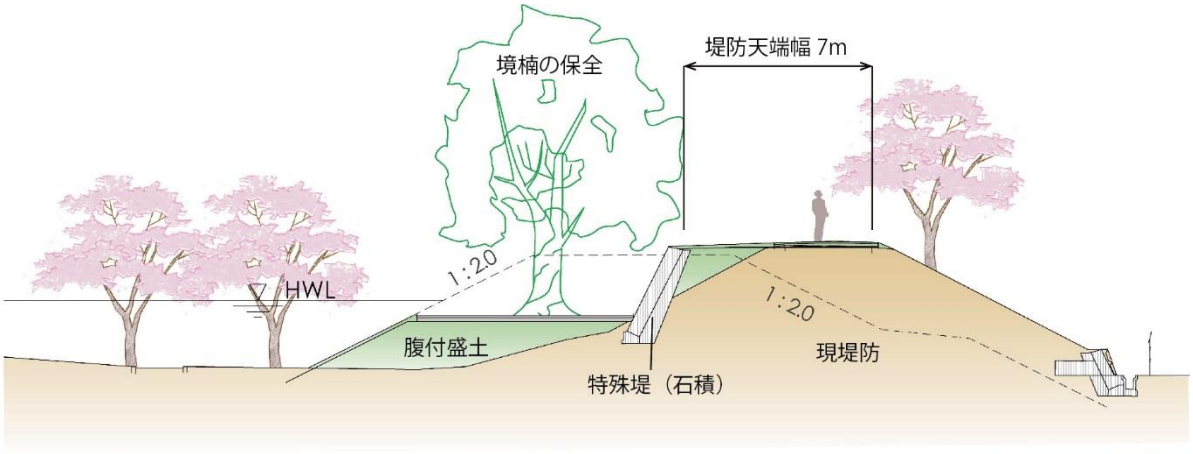


図-8　境楠付近の断面図



写真-6　境楠。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（代償措置）。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した（**図-9、写真-7**）。

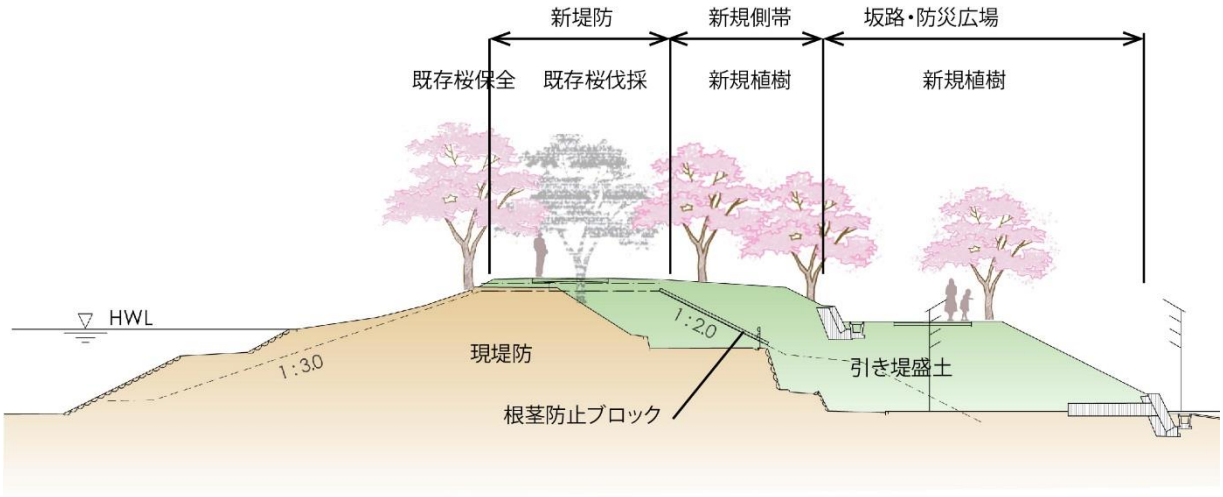


図-9　度会橋上流計画断面



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(m^3/s)

■参考事例２-白川・緑の区間（熊本県熊本市）[5)- 7)]

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

熊本市の中心市街部に位置する白川・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、荒れ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（**写真-8**）。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。

一方で、当該区間は川幅が上下流に比べ狭く治水上のネック箇所となっており、万一氾濫した場合は中心市街地部に甚大な被害が想定されることから、早急な河川整備と合わせて、周辺の景観と調和した良好な河川空間の形成が求められてきた。

（１）場の特性等

■「森の都くまもと」の代表景

・　大甲橋から上流をのぞむ景観は、河川沿いの樹木群、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）[8)]



写真-9　大甲橋から上流をのぞむ景観（整備前）[8)]

■治水上の課題と樹木保全

・　白川の治水安全度向上のため、1986 年に緑の区間の改修計画が立てられた（**図-10**）。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計画内容だったため（**図-11**）、熊本県、市、学識者、文化団体等から「緑を残してほしい」との声が上がった。

・　しかしながら、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。



図-10　整備区間（大甲橋～明午橋間の約 600m）

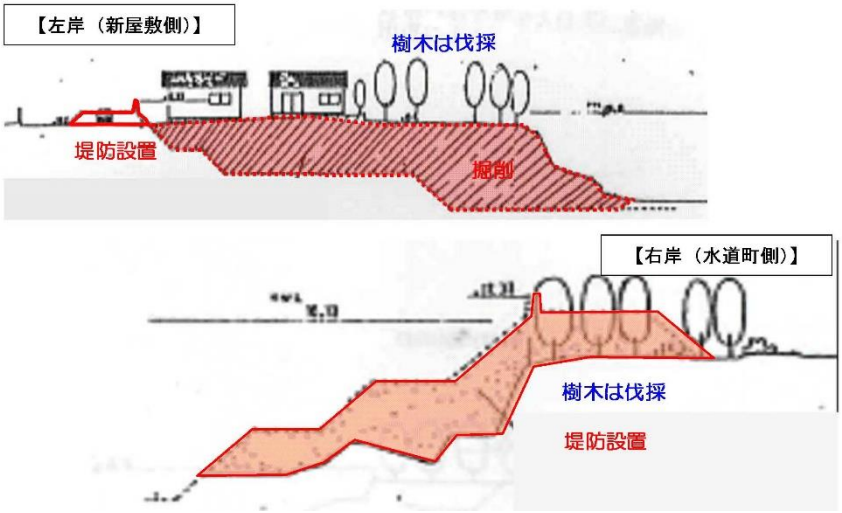


図-11　1986 年当初の河川改修計画 10)

（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

・ 両岸の緑地（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

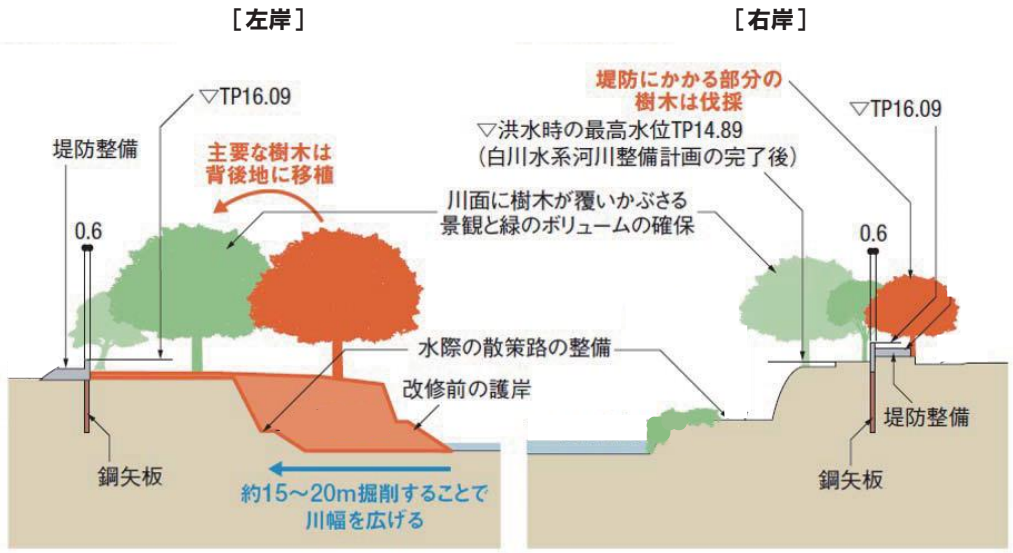


図-12　樹木の伐採･移植方針（熊本大学 星野裕司氏提供）

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。最終的な計画の概要を**図-12**に示す。

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（回避措置）

・ 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。



写真-10　堤防法線をカーブさせて木を保存（右岸）
（熊本大学 星野裕司氏提供）

・ 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。

b）既存樹木を移植する（軽減･代償措置）

・ 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（移植対象樹木約 130 本）。

・ 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にするためには、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細根の発生を促し、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。小学校の生徒や市民も参加して滑車を動かす（写真右）（熊本大学 星野裕司氏提供）

②樹木の成長を見据えた樹木配置

- 整備前の緑地では、樹木間の距離が近すぎ、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**）。



図-13　樹木成長の景観シミュレーション（熊本河川国道事務所提供）

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１m 前後の土手とし、透過性の高い防護柵を護岸から１m 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 9)。




写真-13　水辺～緑地の様子（左岸）9)

（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 9)

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。本事業は、2015 年グッドデザイン賞を受賞した。また、緑の区間の利用を考える協議会が編成され、ミズベリングイベント等の社会実験により、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

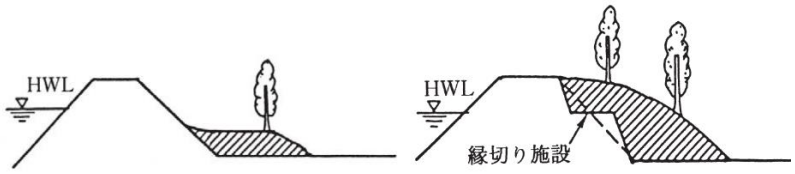
セグメント 2-2　河床勾配：1/1,700　築堤（パラペット)・複断面河道
整備計画流量 2,000 (m^3/s)

■コラム―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。

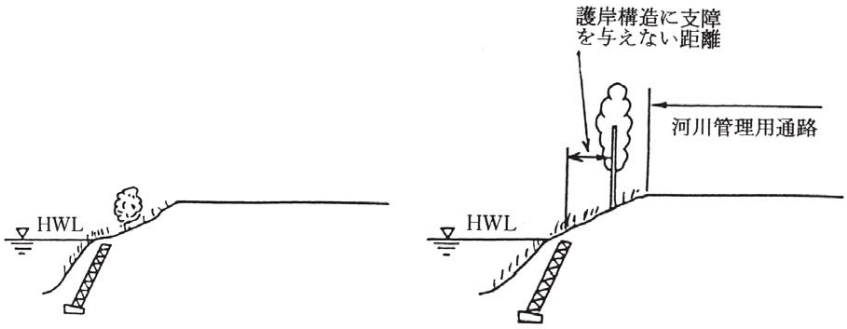
a）築堤河道（基準第八，九）

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）堀込河道（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

■コラム―植樹基準をクリアするための検討～糸貫川・清流平和公園を例に～[8)]

高水敷に樹木を新たに植樹するには、治水上支障とならないことを確認する必要がある（基準第十五「植樹の特例」）。数値解析等により、同基準への適合を確認した事例を紹介する。

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失しないことが確認された。計算結果に基づき、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（図-14）。③については、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。

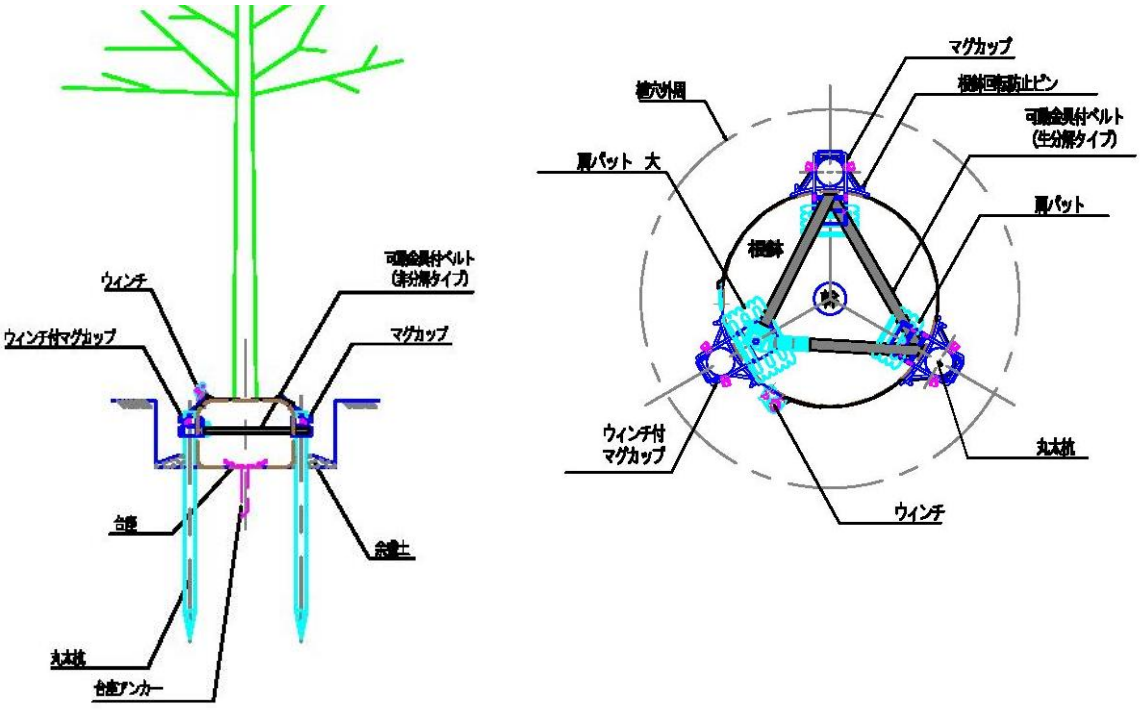


図-14　樹木へのアンカー設置（岐阜大学 原田守啓氏提供）

■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

■参考文献

1) 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
2) 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－真の循環型社会を求めて」,東京農大出版会,2001
3) 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
4) (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－河川区域内における樹木の伐採・植樹基準の解説,山海堂,1999
5) 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
6) 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
7) 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
8) 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

2022年(令和4年)3月　一部改訂

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）とはどのようなもので、どのように取り組んだらよいか教えて下さい。

■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であり、中でも、河川は、森林や農地、都市などを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

- Q7-3 河川横断施設などに魚道を設置する際に、どのような点に留意すればよいのか教えて下さい。
- Q7-4 生物の多様性向上のために河道～水路～流域の環境をつなぐ有効な方法を教えてください。

Answer

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組みであり、これを形成することにより、生物多様性の保全・再生を図ることができます。

■Answer の概要と基本的考え方

生態系ネットワークとは、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組みであり、これを形成することにより、生物多様性の保全・再生を図ることができる。生態系ネットワークの対象は流域全体など広域に及ぶため、多様な主体の連携によって取り組むことが必要である。生態系ネットワークの形成により、生物多様性の保全・再生を図り、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ことが重要である。



図－2　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 [1)]

■Answer の詳細

生物多様性を保全・再生するためには、生物の分散・移動を可能として個体群の交流を促進し、種や遺伝的な多様性を保全することが必要で、そのためには生物の生息・生育地をつなげることが重要となる。

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り組みに焦点を当て、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。

河川での取り組みとして、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・旧流路の保全・再生などがあげられる。

流域全体での生物多様性を保全・再生するためには、河川内での取り組みだけでなく、水田や樹林や池沼など流域全体での取り組みが必要であり、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。

これらの取り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り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）取り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、取り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
写真：豊岡市
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）取り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－4　多様な主体との連携のイメージ [1)]

1971 年にコウノトリが日本の空から姿を消した際に、コウノトリの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り組みを進めている。

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る。



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



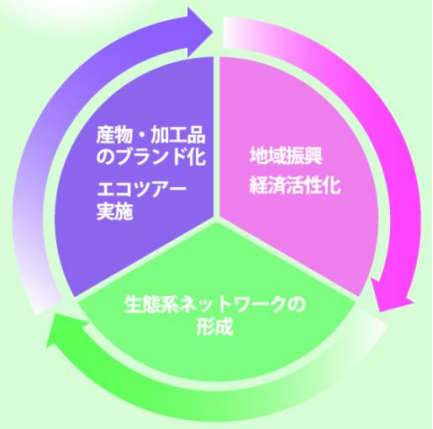


図－5　多様な主体の連携した取り組みによる生態系ネットワークの形成 [1)]

（3）取り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り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り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－6　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)]

豊岡市では、豊岡型地産地消・豊岡型環境創造型農業の推進、コウノトリツーリズムの展開等を柱とする「豊岡市環境経済戦略」を策定し、「環境」と「経済」を共に発展させることを目指しており、「コウノトリ育むお米」の売上高は、平成 17 年のコウノトリの放鳥開始から 10 年間で、2,200 万円から 3 億 5,000 万円に増加した。

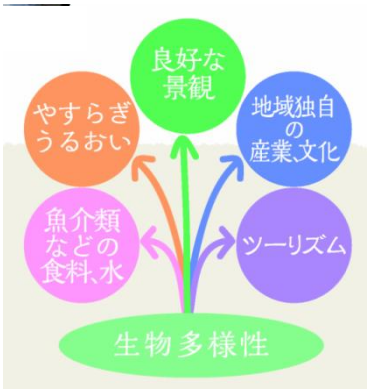


図－7　コウノトリの関連商品と経済効果の例 [1)]

■コラム―　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、生物多様性を基礎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。

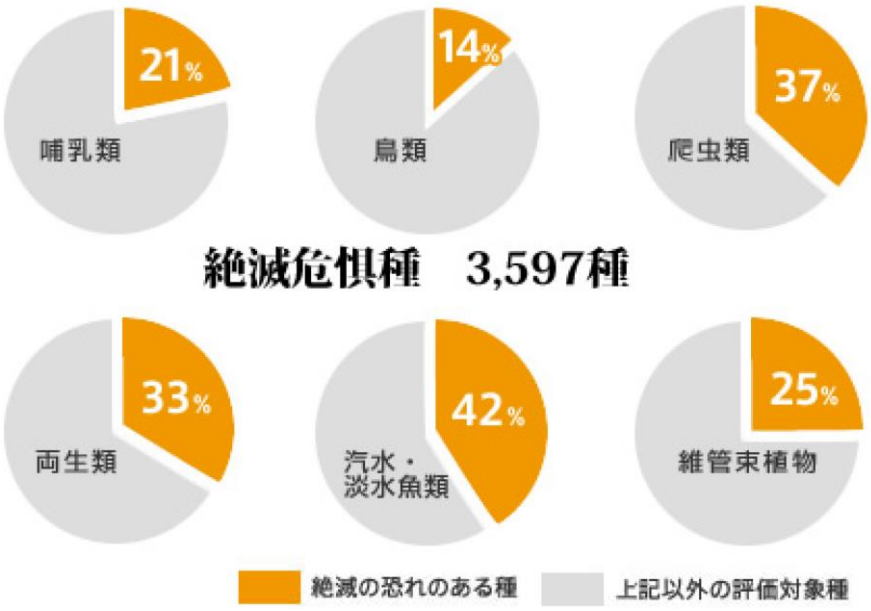


図－8　生物多様性が地域づくりの基盤となるイメージ [1)]

■コラム―　河川を基軸とした生態系ネットワークの現状と課題

日本は、国土面積に対して、横断工作物数が多く（世界第３位、Lehner et al. 2011）、このことは、日本の河川が世界の中でも顕著に分断化されていることを示唆している（一方で、魚道の設置等により縦断方向の連続性改善も進められている）。また、日本の主要河川のほとんどの中・下流部には連続堤防が建設されており、氾濫原を含む河川空間は自然状態と異なり狭い範囲に制限されている。

生物に目を向ければ、日本に広く分布する汽水・淡水魚類の約４割の絶滅が危惧されるなど、依然として日本の河川生態系は厳しい状況にある。実際に、問題が多い魚類として、生態系ネットワークと関連しているウナギなどの回遊魚や湿地やそれを代替する水田・水路などに生息するドジョウやナマズなどの氾濫原依存種と呼ばれる種が挙げられ、これらの多くの種が数を減らしたり、絶滅危惧種となったりしている。



図－9　日本の絶滅危惧種

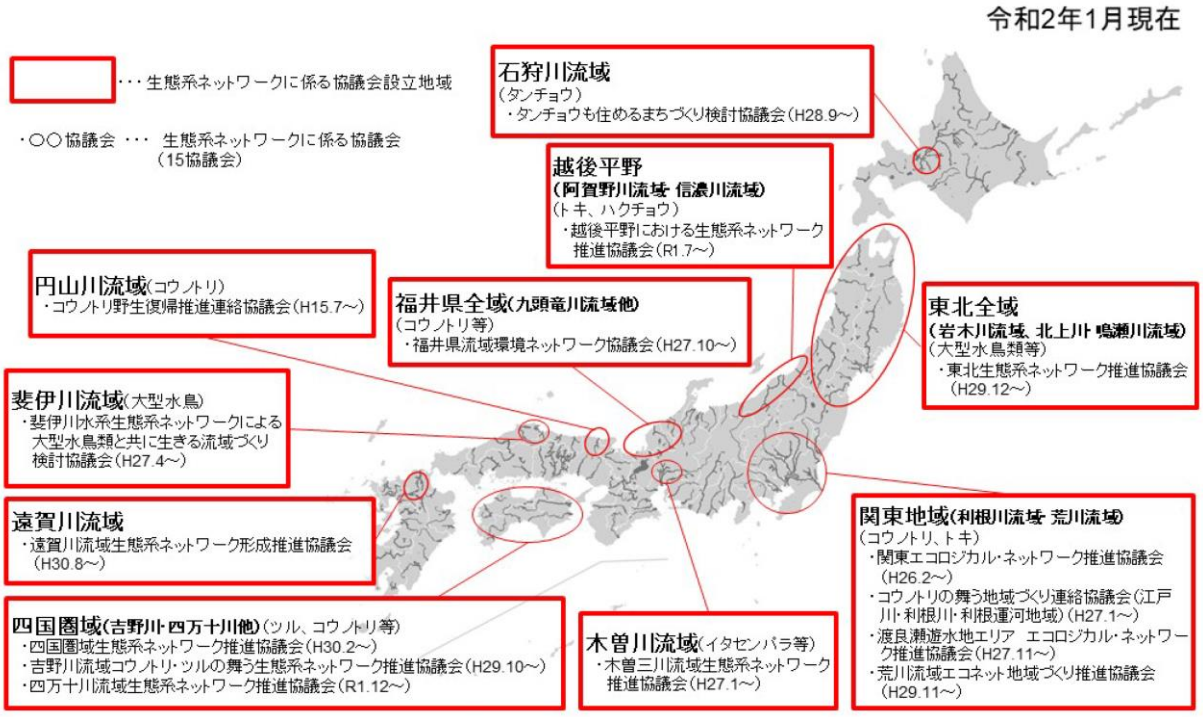
引用：環境省ウェブページ

https://www.biodic.go.jp/biodiversity/about/biodiv_crisis.html

■コラム―　全国の生態系ネットワーク形成の取り組み

国土交通省が関係する全国の河川を基軸とした生態系ネットワーク形成の取組は、令和 2 年 1 月現在で、10 の地域で協議会が設立されている。このうち、東北生態系ネットワーク推進協議会（北上川、岩木川、鳴瀬川）、関東エコロジカル・ネットワーク推進協議会（荒川、利根川）、越後平野（阿賀野川流域、信濃川流域）福井県流域環境ネットワーク協議会（九頭竜川流域他）、四国圏域（吉野川、四万十川他）は、それぞれ複数の流域がまとまって広域の協議会を設置している。

設定している指標種、シンボルにはコウノトリ、トキ、ツル、ガン、ハクチョウなど大型の鳥類が多いが、木曽川流域ではイタセンパラ等の魚類が設定されている。



図－9　全国の河川を基軸とした生態系ネットワーク形成の取組

出典：河川を基軸とした生態系ネットワーク形成のための手引き(案)
(R1/国土交通省水管理・国土保全局河川環境課)

■参考事例 1―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した地域の魅力向上”を共通目標として、河川内のワンド整備、堤内地でのビ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り組みを進めている。



図－9　木曽三川流域での取り組みの例 [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

■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

2022 年(令和 4 年)3 月　一部改訂

７－２　Question

河川事業における生態系ネットワーク構築の評価の考え方について教えて下さい。

■Question の意味と背景

近年、気候変動により頻発している大規模水災害を受け、国土交通省では「流域治水」への転換を打ち出した。これを踏まえ各地で「緊急治水対策プロジェクト」や「流域治水プロジェクト」等が進められており、持続可能な河道の流下能力の維持向上に向けて河道掘削、樹木伐採をはじめとした対策が実施されるとともに、流域全体で洪水のインパクトに対応するため、貯水池や霞堤の整備・保全による貯留浸透機能の確保、氾濫原対策として樹林帯や二線堤の保全・整備などの取り組みが始まっている。この「流域治水」の取り組みにあたり「自然環境が有する多様な機能を活かすグリーンインフラの考えを推進し、災害リスクの低減に寄与する生態系の機能を積極的に保全又は再生することにより、生態系ネットワークの形成に貢献すること。」とされている（特定都市河川浸水被害対策法等の一部を改正する法律案に対する附帯決議）。

国土交通省では、かねてより流域における多様な主体と連携し、川の中を主とした取組から、流域の「河川を基軸とした生態系ネットワークの形成」へと視点を広げ、流域の農地や緑地などにおける施策とも連携しながら魅力的で活力ある地域づくりを支援してきたところであり、国土交通省水管理・国土保全局河川環境課から「河川事業における生態系保全に関する評価の手引き（実務者向け）（案）～生態系ネットワーク形成に向けて～」（令和 3 年 6 月）が出されている。

https://www.mlit.go.jp/river/pamphlet_jirei/kankyo/gaiyou/panf/seitaikei_network_hyoka.pdf

本手引きは、河川管理者が多様な主体と連携して、河川を基軸とした生態系ネットワークの構築を行う際に、計画・整備・維持管理段階における生態系保全に関する評価手法の適切な選択方法を示し、効果的・効率的な生態系ネットワークの形成を支援することを目的としているものであり、その内容について紹介する。

■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）とはどのようなもので、どのように取り組んだらよいか教えて下さい。
- Q7-3 河川横断施設などに魚道を設置する際に、どのような点に留意すればよいのか教えて下さい。
- Q7-4 生物の多様性向上のために河道～水路～流域の環境をつなぐ有効な方法を教えてください。

Answer

河川事業において生態系ネットワークを構築する際に、科学的な根拠のある適切な評価、定量的な評価を事業の流れに組込むことにより、優先的な保全・対策箇所の抽出、有効な対策の選定、事業効果の把握が可能となるため、効果的・効率的な生態系ネットワークの構築につなげることができる。

■Answer の概要と基本的考え方

本手引きを用いることで、事業の流れにあわせて、目標設定・改善策の検討や、取り組み・事業効果の把握などに効果的な評価方法を適切に取り入れることが可能となり、データによる評価結果を基にした合理的な判断、多様な主体との円滑な目標の共有、ＰＤＣＡによる継続的な取り組み改善の実現に繋がり、生態系ネットワーク形成の実効性があがる効果が得られることを目指している。

内容としては、既存の生物多様性の確保を目的とした生物の生息・生育・繁殖環境をつなぐ、生態系ネットワークを対象に、主にその評価手法についてとりまとめている。

対象生物としては、主に鳥類、魚類を中心として記述している。また、生態系ネットワークを形成する効果として、生態系保全の観点を対象としている。

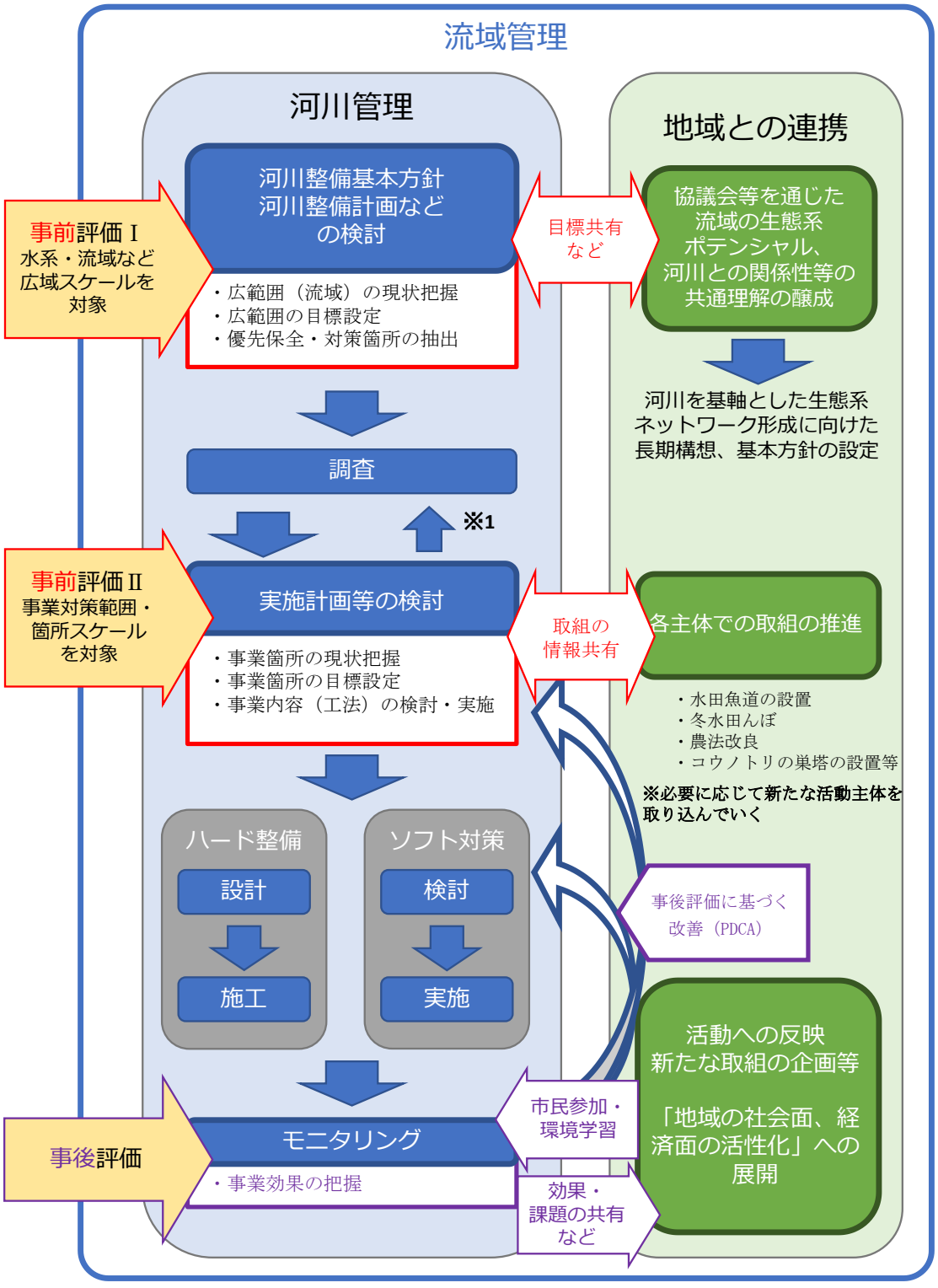
■Answer の詳細

（１）事前評価、事後評価について

事業効果を適切に評価することにより、事業の妥当性を支持し、さらなる取り組みの展開のための PR としても活用できる。仮に十分な事業効果が得られなかった場合にも、要因分析の手掛かりとなり、事業改善のための貴重な情報を得ることができる。

上位計画・構想段階の「事前評価（Ⅰ）」は、森林、草原、河川、農地（水田）、都市、海などを含む広範囲の流域を対象としたもので、目標設定や優先的な保全、対策箇所の選定などに活用する。事業計画段階の「事前評価（Ⅱ）」は、指標種の生活史に関係する重要な生物の生息状況や生態系ネットワークの障害要因など現状を把握し、具体的な目標設定や改善策を検討する際に必要となる。 「事前評価」では、現状評価をすることで、目標設定や優先的な保全・対策個所の選定に役立てることができる。全川的な河川環境を評価した河川環境管理シートが作成されている場合はその活用も検討するとよい。

モニタリング段階での「事後評価」は、事業効果を把握するとともに、評価結果を用いて改善策を検討することで、順応的管理や PDCA サイクルに寄与できる。 「事後評価」では、事業前後の調査結果の比較、あるいは目標に対する達成度によって対策の効果を評価することができる。例えば、魚道の設置について、改修前後の魚類相調査に基づく魚種数、個体数の増加、延長した遡上可能距離で改善効果を評価するなどである。



※1：実施計画等の検討からのフィードバック（必要な調査の実施）

図 1　河川を基軸とした生態系ネットワーク形成の流れと評価

（2）生態系ネットワークの評価手法について

河川管理での導入実績の多い、調査結果を基にした“直接的な評価”と、環境要因の情報から生物の生息地としての適性（ポテンシャル）を推定する“間接的な評価”を中心に評価手法を概説する。

1）調査結果を基にした直接的な評価

「直接的な評価方法」とは、対策の前後の「物理環境」や「生物の種数・現存量」の変化を測定、調査し、増減傾向などから評価する手法であり、結果がわかりやすく、実際の導入実績も多い。

このうち、「物理環境」を調査する手法は、再生した瀬やワンドの数、面積や魚道改築による遡上可能延長などが従来から評価の指標として使われている。また、「生物」を調査する手法は、魚道設置やワンド整備の効果を把握するために、整備前後での種数や魚類相の比較が多くの現場で取り入れられている。

調査による「直接的な評価手法」の課題としては、データを取得するための調査負担が大きいことなどから、調査、評価範囲が限定されることが挙げられる。

2）生物の生息地としての適性（生息ポテンシャル）を推定する間接的な評価

「間接的な評価手法」とは、広域で統一的なデータが整備されている物理指標（環境要因）をもとに生物の生息地としての適性（生息ポテンシャル）を用いて「間接的に評価」する手法である。流域スケールでの生態系ネットワーク形成にあたり、特に優先保全、対策箇所の選定などを事前に検討する計画段階で、広い範囲を統一的に評価できる手法として有効である。この評価手法には、大きく「モデル型」（統計的なモデルを使った手法）と、「非モデル型」（モデルを使わない手法）の二つがある。

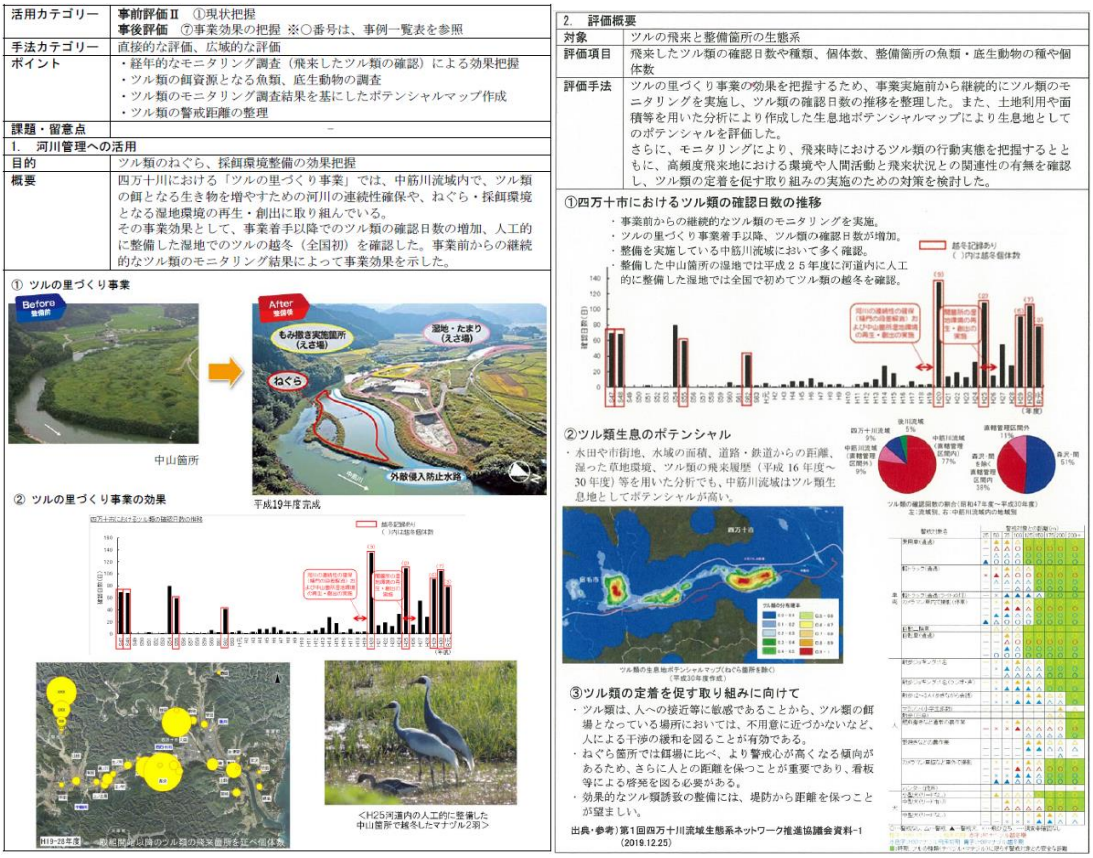
「モデル型」の調査手法は、生物情報と環境要因との関係性を生息適地モデルと呼ばれる統計的な解析によって明らかにしたうえで、対象生物の生息ポテンシャルを評価する手法であり、科学的な根拠に基づくことが特徴である。

「非モデル型」の調査手法は、既存の知見から対象生物と関係性のある環境要因を選定し、一定のルールによって点数化することで、生息ポテンシャルを評価する手法であり、扱いやすく、一般に低コストにできる長所がある。

これらの評価結果を可視化した「生息ポテンシャルマップ」は、関係者との情報共有、目標の共有を目的としたツールとして活用することが期待されている。

（３）評価結果の例　四万十川

ツル類を指標種とした自然再生事業の効果の把握（四万十川）



■より深く知りたい技術者のための参考図書等

- 国土交通省水管理・国土保全局河川環境課から「河川事業における生態系保全に関する評価の手引き（実務者向け）（案）～生態系ネットワーク形成に向けて～」
https://www.mlit.go.jp/river/pamphlet_jirei/kankyo/gaiyou/panf/seitaikei_network_hyoka.pdf

■参考文献

1)　国土交通省水管理・国土保全局河川環境課から「河川事業における生態系保全に関する評価の手引き（実務者向け）（案）～生態系ネットワーク形成に向けて～」2021
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)　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

2022年(令和4年)3月　一部改訂（新規追加）

7－3　Question

河川横断施設などに魚道を設置する際に、どのような点に留意すればよいのか教えて下さい。

■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生息環境を利用するため、河川や周辺水域の間を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ことから、移動環境を確保することが必要である。回遊性魚類だけでなく、一生を淡水域で生活する純淡水魚、甲殻類や両生類などの水生生物においても、河川の上下流方向や横断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（図-1，2)。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、個々の現場において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。

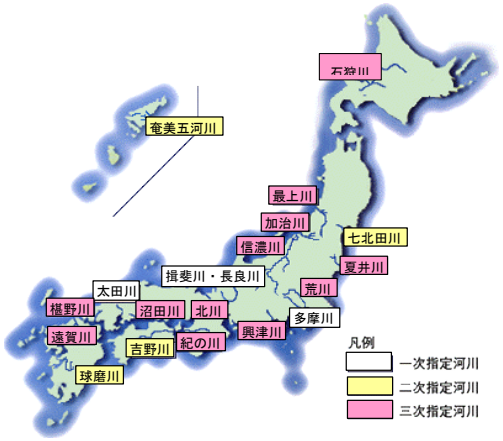


図-1 魚ののぼりやすい川づくり推進モデル事業指定河川 [1)]

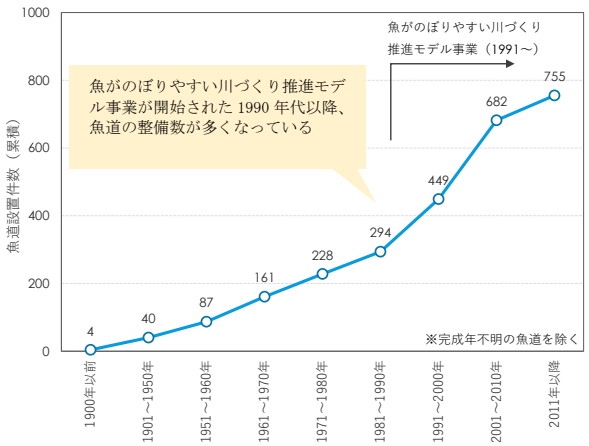


図-2 直轄区間内魚道整備数の推移

■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）とはどのようなもので、どのように取り組んだらよいか教えて下さい。

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、魚道の必要性および周辺施設のあり方を総合的に考えていくことが必要です。

■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、ダムや堰などの河川横断施設が魚類の移動の障害となる、あるいは、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効果的な対策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、魚道を利用すると想定される魚類の生活史や遊泳形態と合わせながら、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で絞り込む場が合多い	アユ、マス類、渓流魚など	渓流魚
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

表-1 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）河道の特性や魚の分布・生態を整理する

当該河川の特性や変遷の状況、生息する魚の分布や生態を把握した上で、これらを魚道の設計に反映させることが大切である。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、澪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。さらに、それぞれの魚の遊泳能力、遊泳形態、当該地点における移動時の大きさから対象魚種を絞り込み、魚道設計に必要な諸元を絞りこんでいく。



図-3 澪筋の変化の例
澪筋の変化により、床固工（円内）上下流の砂州形状が変動している。

また、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あらかじめ河床低下後の河床高まで魚道を伸ばすなど、適切な設計が必要である。

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されており、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。 一般には、当該施設通過時の体長あるいは体高が大きい魚種、遊泳能力が最も小さい遊泳魚および底生魚を選定することが多い。



図-4 多様な魚種に対応するために、複数の魚道形式を併設した事例（信濃川　洗堰）魚の遡上経路に配慮し、河岸側から中心に向かい魚道内遡上経路の流速が速くなるよう設計されている

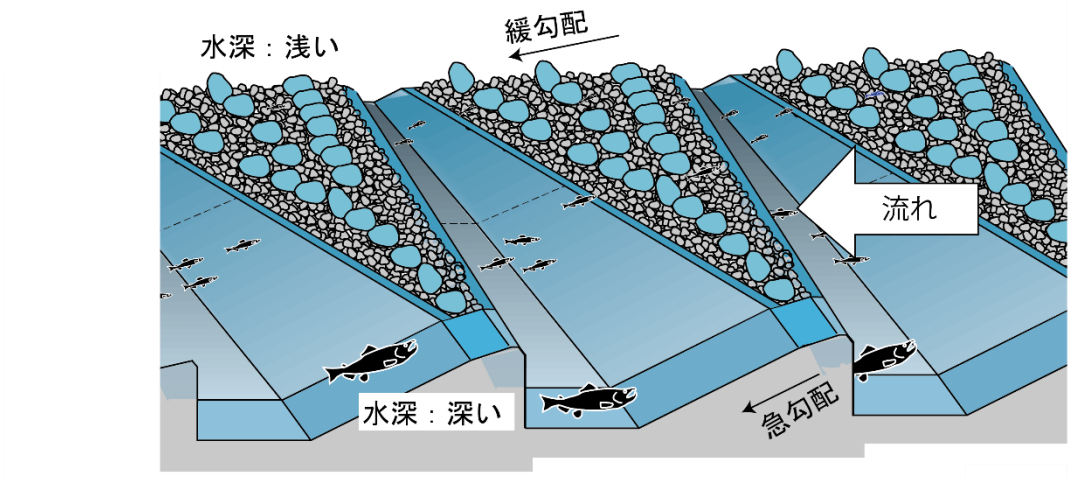


図-5 体長・遊泳形態が多様な設計対象魚（サツキマス、アユ、アユカケ）に対応するために、魚道諸元を横断方向に連続的に変化させ計画された魚道（文献５を元に作成）

３）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（走流性・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。しかし、河道幅が広く澪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、魚道への誘導が困難となる。

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はなく、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（図-6）。

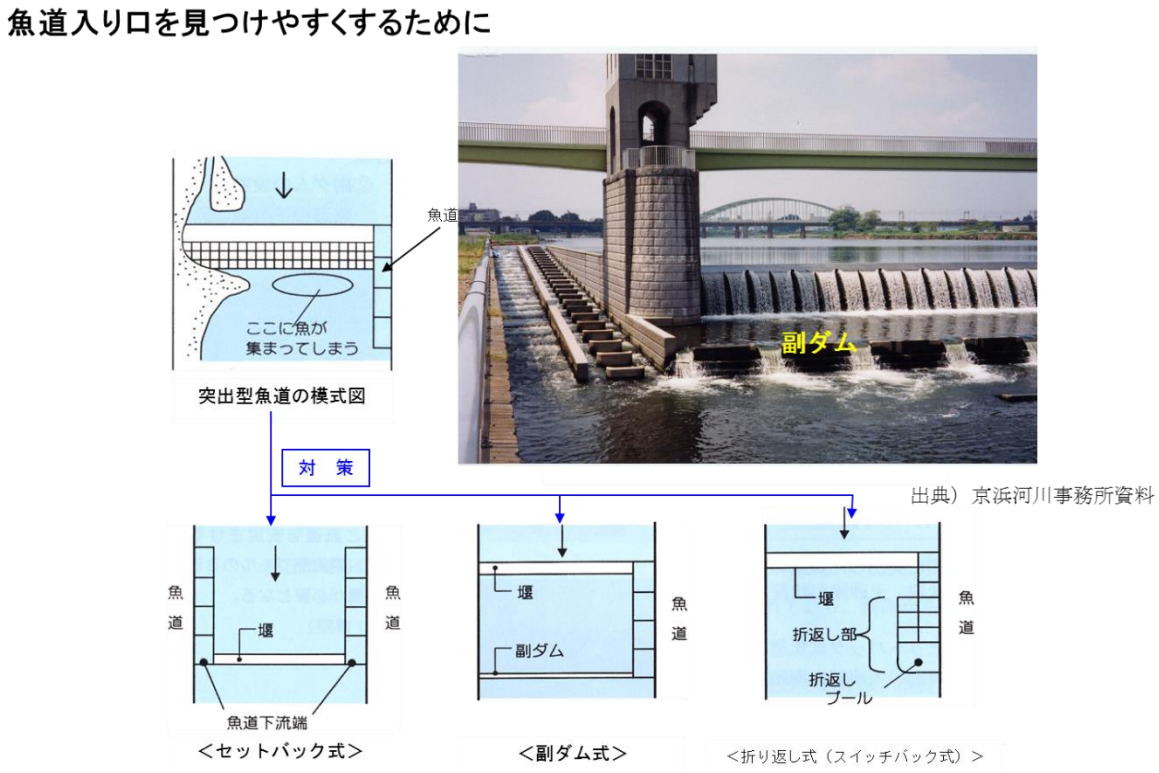


図-6 魚道の入り口を見つけやすくするための方策（参考文献１）より引用）

４）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、出口の落差を小さくするとともに、魚道内の流況を安定させる魚道ゲート等の流量調節装置を検討する。

５）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、機能上流量を多く必要とする魚道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。

６）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、土砂堆積により魚道入口部が閉塞し、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。また、魚道折り返し部など流れが緩やかになるプールや、出水時に魚道下流側に堰上げの影響を受けるプールタイプ魚道では、魚道内に土砂堆積を起こしやすい（図-7)。魚道設置個所周辺の構造物や堰の運用方法なども考慮する必要がある。

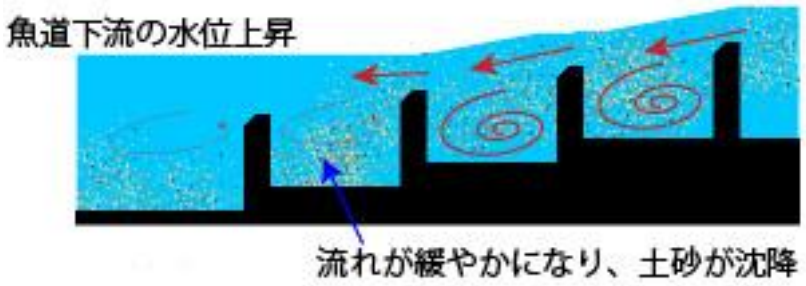


図-7 魚道下流側のせき上げによる魚道下流側の堆砂

また、魚の遡上経路の点から魚道は河岸寄りに設置することが望ましいとされるが、河道湾曲部の内側のように土砂が堆積しやすい場所に魚道を設置すると、魚道出入り口周辺に土砂が堆積し、魚道機能が低下する場合もある。このような場合には、土砂堆積の影響を受けにくい位置に魚道を設置する、全断面魚道を選択するなどの対策もある（図-8)。



改修前　2006.9（赤丸は魚道設置位置）



改修後 2010.6

図-8　土砂対策のため、設置位置を変更した事例（豊平川幌平橋下流魚道）

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。魚道や周辺設備の設計にあたっては、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、魚道へのアクセスや作業スペースの確保など、重機の使用の可能性も含め考慮する必要がある。

（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、下流側の澪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-2　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	澪筋から魚道までの連続性	澪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	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		

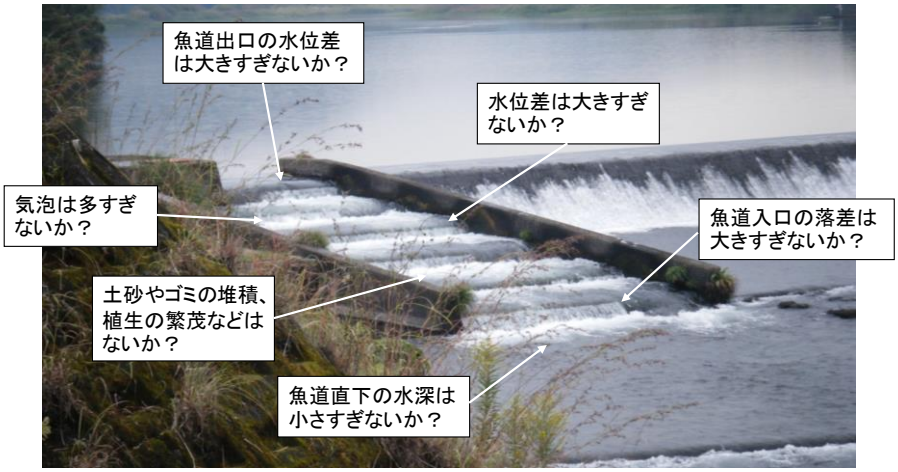


図-9 プールタイプ魚道の機能評価（イメージ）※魚道改善の事例集

■参考事例　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
5) 土木研究所資料第 3629 号　吉野川第十堰魚道の水理及び遡上実験, 1999

2022 年(令和 4 年)3 月　一部改訂

7－4　Question

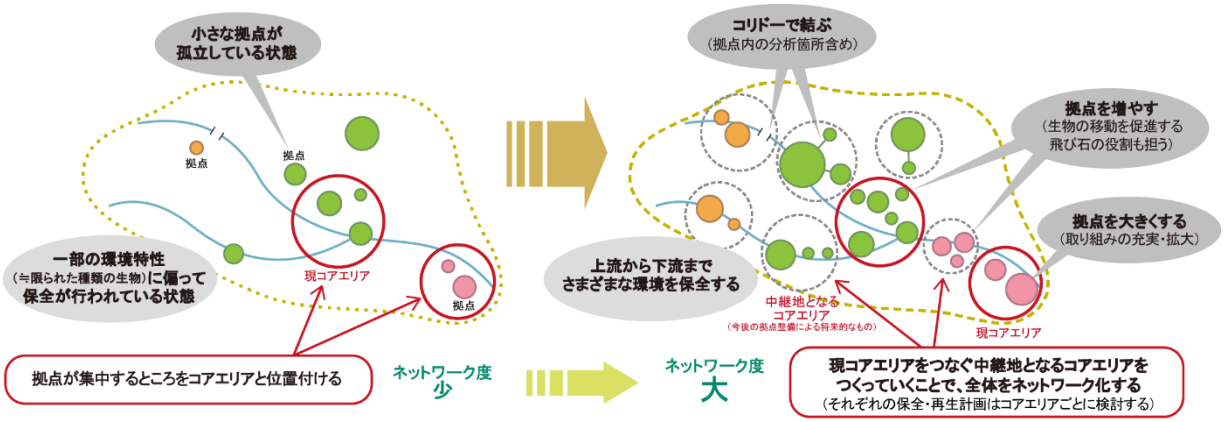
生物の多様性向上のために河道～水路～流域の環境をつなぐ有効な方法を教えてください。

■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形成の取り組みが全国で推進されている。

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―1　生態系ネットワークのイメージ [1)]

■関連する Question

- Q5-2 高水敷掘削や切り下げを行う際に、掘削の効果を長持ちさせながら、河川環境の改善に寄与するための留意点を教えてください。
- 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）とはどのようなもので、どのように取り組んだらよいか教えて下さい。

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

生物の多様性を向上させ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。

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―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化、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



樋管の吐口部の魚道設置



簡易魚道の設置

図―3　樋門・樋管等の連続性確保の例 [1)]

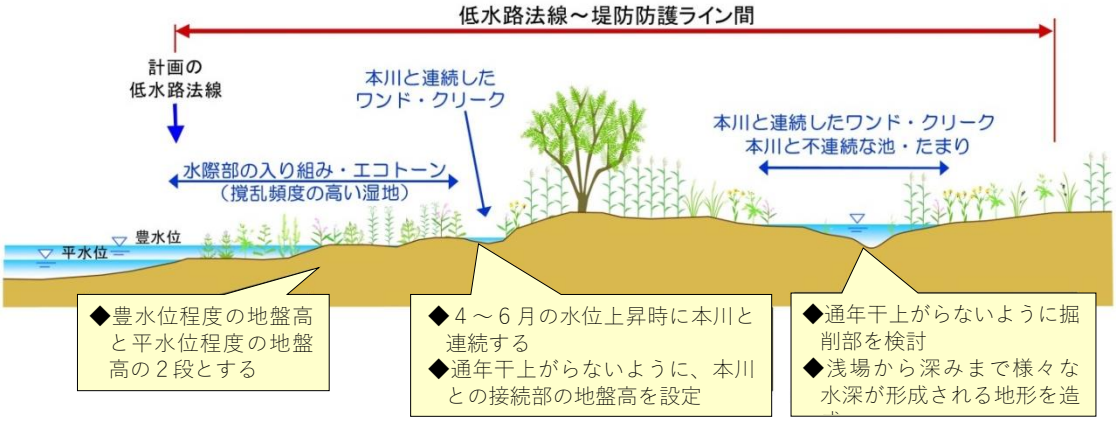
なお、堤内地の整備等は、河川区域外の農地や山林での取り組みとなるため、関係機関や地域住民との連携が重要である。（Ｑ７－１「取り組みを成功させるポイント２」参照）

■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の例を以下に示す。

（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等を保全、創出する。



図―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―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。

堤内地の水田や湿地は、河川や堤内水路に生息するタナゴ類やコイ、フナ、ナマズ、ドジョウ等の魚類や稚魚にとって隠れ場や産卵場となる重要な環境であり、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―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ある。

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―10　樋管の吐口部の改良



図―11　堤外水路の改良



図―12　簡易魚道の設置

■コラム―　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稲の栽培面積の拡大

・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―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―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

2022 年(令和 4 年)3 月　一部改訂

8－1　Question

河川における樹木管理の基本的な考え方について教えて下さい。

■Question の意味と背景

日本の高温多湿な気候下では、低温や乾燥、強風といった強いストレスが働く場所を除けば、時間が経過するにつれて裸地から草地に、そして樹木へと至る植生遷移（一次遷移）が観察される。しかし、河道内の陸域は流量や地形変化の影響を受けやすく、変動の激しい場所であるため、遷移が進んだとして洪水による樹木の流失が起きたり、新たに裸地が作られたりするものである。つまり、洪水による消失と遷移による回復を高頻度に繰り返す環境といえる。しかし、近年、河道内にて樹木の定着範囲が急増する「樹林化」が全国で生じており（図-1）、治水上の課題として注目されている[1)]。また、樹林化してしまうことは、水際の湿地や草地、砂州や河原といった自然裸地を好む生物種の減少をもたらす可能性があり、人による利用をも遠ざけてしまうことが考えられ、河川の環境に広く関わる課題でもある[2)]。

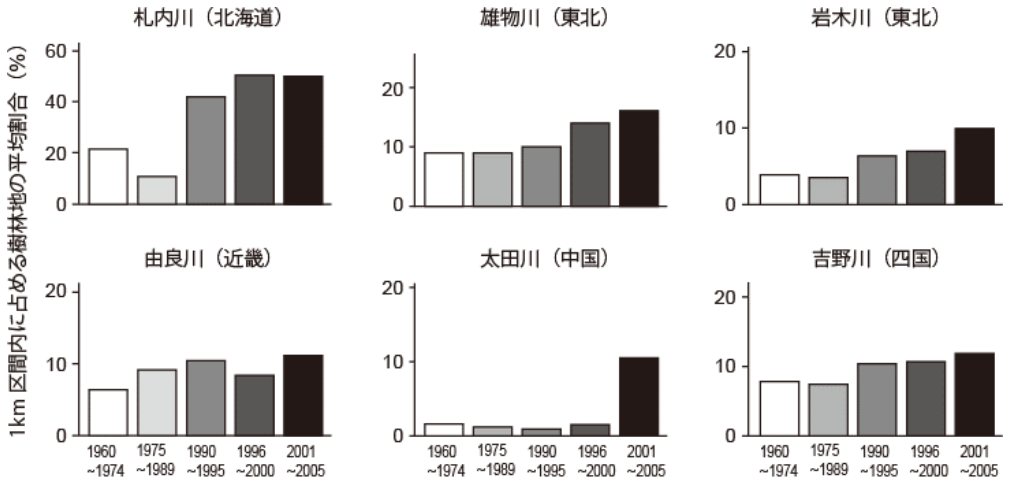


図 1　河道内樹木の増加傾向[3)]をもとに作図。1990 年代以降増加傾向が見られるが、太田川については 2000 年代に入ってから増加していた。

■関連する Question

- Q5-2　高水敷掘削や切り下げを行う際に、掘削の効果を長持ちさせながら、河川環境の改善に寄与するための留意点を教えてください。
- Q6-2　通常の河川改修で伐採対象となる樹木を、保全・復元した事例を教えて下さい。
- Q8-2　河道内樹林が再繁茂しにくい施工や維持管理の方法を教えて下さい。

Answer

樹木が有する治水機能と環境機能について整理し、地域や河川の特性に応じた適切な管理について考える必要があります。

■Answer の概要と基本的考え方

河道内樹木は、洪水時における水位上昇、堤防沿いの高流速の発生などの治水上の支障として捉えられることが多いが、洪水の流勢の緩和などの治水機能、生態系の保全、良好な景観形成などの環境機能などを有している。ただし、「樹林化」は裸地や草地、湿地といった河川近傍に存在する氾濫原環境の減少を招くことも多く（写真-1）、裸地でのみ見られる先駆植物や、水際の裸地や草地を好む昆虫類や鳥類等にとっては生息に適さない環境となる。近年、治水機能の維持・向上のために、樹木の伐採が行われており（写真-1）、環境機能の維持・向上につながる可能性がある。過度な樹林化は治水と環境の両面から問題となりえる一方、過度な伐採が広く行われることも治水と環境の両面から問題となりえる可能性がある。つまり、伐採だけでなく、水害防備林や環境林等として、いかに残すかといった検討も求められる。河川整備計画等を踏まえて、適切に樹木の伐採、植樹および樹木の管理を行う必要があるが、地域や河川の特徴についても理解し、樹木の有する治水機能と環境機能を十分考慮した上での対応が求められる。1990 年代から樹林化が進行している河川がある一方、2000 年代に入ってから変貌した河川もある（図-1）。必ずしも過去の状況が、生物多様性や人による利用にとって良好だったとは限らないが、現状との相違を認識することは大事である。そして、樹林化が著しい場合には、新たな裸地や草地が形成される状況を促すとともに、適切な樹木の定着範囲を検討した上で、裸地から樹木の定着へ至る変化をゆっくりにすることが重要であろう。



写真 1　河川における樹木の繁茂（左）と広範囲にわたる伐採（右）

■Answer の詳細

（１）景観要素の変化

河川における樹木管理を全国一律に捉えることは難しく、地域や河川ごとの特徴に応じた対応を検討すべきだろう。代表的な特徴としては、過去から現在に至るまでに生じた河道内の景観変化と、河道内で見られる樹木の構成種が挙げられる。河道内の景観は、木本地（樹林地）、草本地、自然裸地、人工地といった地被状態に応じた要素として区分することができ、空中写真の判読や河川水辺の国勢調査の結果、さらには現地調査から比較的簡単に把握することができる。治水を考える上で、木本地（樹林地）がどのように時間変化したのか、総量としての面積だけでなく、その配置についても認識しておくことは、適切な樹木管理につながる。さらに、各景観要素の量としての面積や空間的な配置から、植物種の分布範囲の推定や、各植物種もしくは植物群落に依存する昆虫類や鳥類の分布の理解にもつながる。このように、各景観要素の時間的な変化は、河川における生物の分布とその時間的なトレンド（時系列変化）を概括的に理解する上で重要な情報となる。

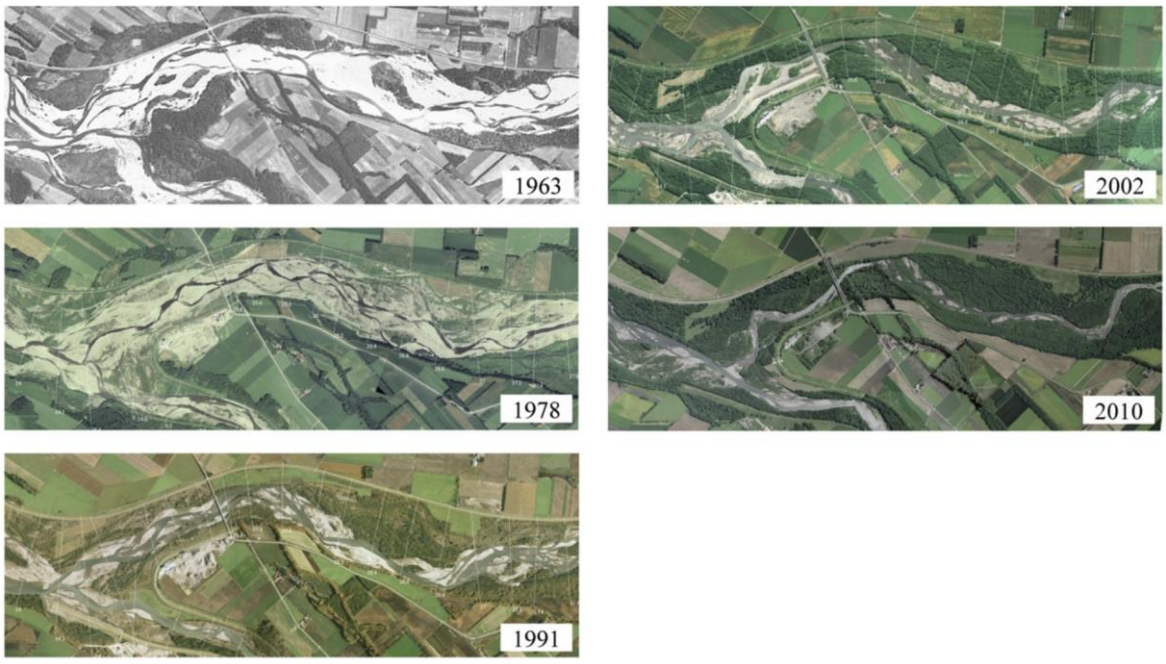


写真 2　札内川の礫地や氾濫原に拡大していく樹木群の様子 [3)]

河道内の景観要素は、洪水による植物の流失とその後の遷移（回復）を繰り返す河川特有のプロセスを経るため、面積や配置が時間的に安定しないことも多い。そのため、時系列変化を理解するためには、できる限り長期間のデータを収集し、分析することが推奨される。景観要素を評価する上で、河川水辺の国勢調査の活用が考えられるが、1990 年から開始されたことから、それ以前の情報を得ることができない。そこで、空中写真を活用した判読結果も含めるなどして(写真-2)、なるべく長期変化が把握できるように整理することが望まれる。得られた情報を図示する際、自然裸地の減少の程度や樹林化の進行の程度を区間での合計値だけでなく、セグメント別に集計するなど色々な面から評価することで、対象河川の特徴を深く理解することができる。

（２）河道内樹木の構成種

河道内樹木の管理を考える上で、樹木群の構成種を理解することは大切である。これは樹種に応じて、伐採や掘削などを行う際に留意すべき項目が異なるためである(Q8-2 参照)。現状、樹林化において課題とされている樹種はヤナギ類、ハリエンジュ、タケ・ササ類の 3 つであるが[4)]、ニワウルシのような樹種が問題となっている河川もある。ヤナギ類は全国に分布するものの、北日本に向かうほど河道内に占める割合は大きくなる（図-2)。一方、タケ・ササ類は西日本に向かうほど占める割合が大きくなる（図-2)。ハリエンジュは中部以東の比較的寒い地域の河川で見られているようだが、温暖な地域で観察されることも多い。ハリエンジュやニワウルシは外来種であることに加え、どちらも伐採し切株を除根したとしても、水平方向に広がった根茎から萌芽するといった特徴を持つ。根茎から萌芽する樹木の管理は困難を極めることが多いため、発見した際には小面積のうちに対応することが求められる。

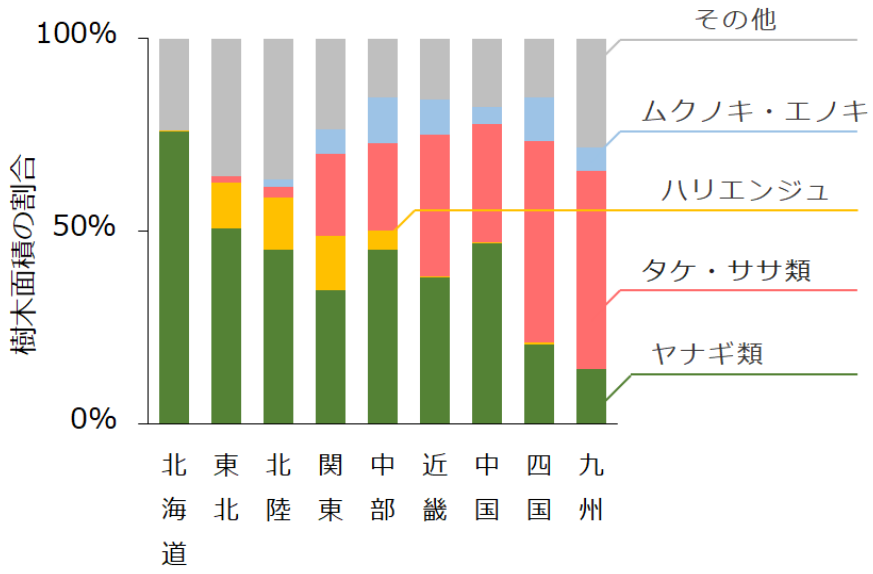


図 2　管理対象樹種の構成割合 [4] より再作図

河道内における樹木の繁茂状況は面積や面積割合で評価されることが多く、樹林化の進行はこれらの変化率で示されてきた[5]。ただし、樹林化という現象を深く捉えようとするには、各区間や場所の経時変化を追いかける解析も必要である。仮に管理区間全体で樹林地の面積が変化していない結果が得られたとしても、樹木の繁茂する範囲が変化していない静的平衡と言える状態と、樹木の繁茂する範囲が変化しながらも合計としては一定を保つ動的平衡と言える状態とでは、管理する際に注意すべき内容が異なる可能性がある。そこで、例えば 1 km ごとに面積変化を整理する[3]、もしくは河川に多数のポイントを設定し、そのポイント上での変化を追いかけるといった手法がある[6]。

全国の 9 河川を対象に多数のポイントを設定し、その変化について捉えた研究では[6]、ヤナギ高木林は河川水辺の国勢調査の巡目間（約 5 年間隔）で 10%程度増加していることを示していることに加え、平均でヤナギ高木林の 58%は巡目間で維持されることを示している（図-3）。ただし、河川間でのバラツキは大きく、ヤナギ高木林が非常に安定している河川もあれば、そうでない河川もあるように、河川ごとに特徴を理解することの重要性がここでも示されていると言えよう。さらに、このような解析をすることで樹林化に至る前段階の状況を整理することができ、一年生草本群落からヤナギ高木林へと変化しやすい河川もあれば、多年生草本群落からヤナギ高木林へと変化しやすい河川もあることが理解できる（図-4）

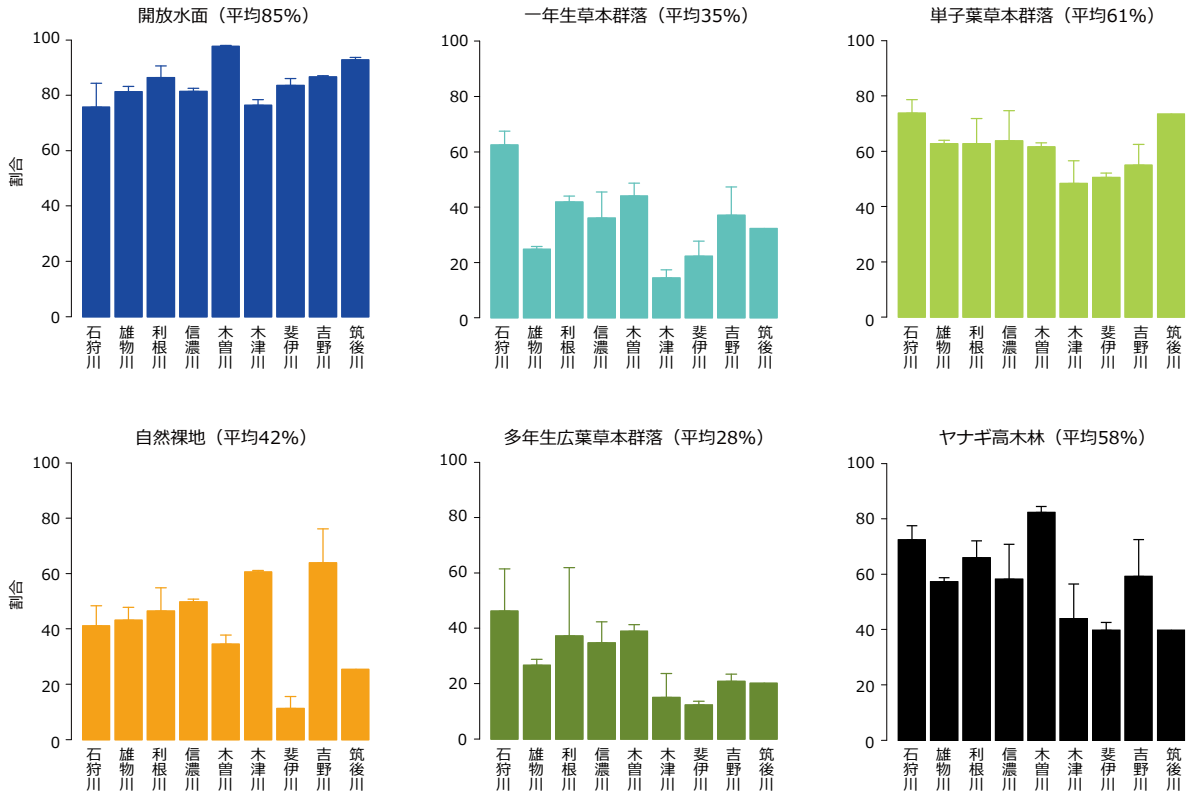


図 3　各基本分類の安定性（巡目間で維持される割合）[6)]

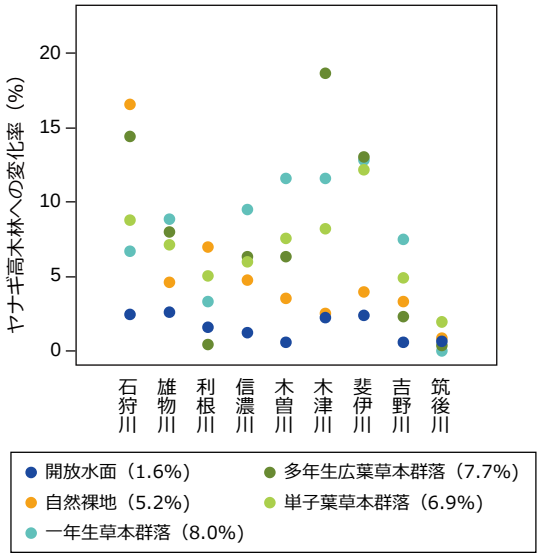


図 4　ヤナギ高木林への変化率[6)]。括弧内の数字は 9 河川の平均値を表す。

（３）河道内樹木の繁茂による環境機能の変化

河道内樹木が広く繁茂する「樹林化」は、治水機能と環境機能に大きな影響を及ぼす現象である。河川の横断方向に樹木が並べば、増水時に水が流れにくくなり、水位が上昇しやすくなる。一方、流速が下がることで洪水が下流に到達するのを遅らせ、流水の集中による氾濫を防ぐといった面もある。これまでに、こうした植生の水理的作用については、様々な検討が進められ[7) 8)]、河川における樹木管理の手引き[9)]や水理公式集[10)]にまとめられている。

河道内という限られた空間の中には、河原や湿地といった氾濫原環境と呼べる河川特有の場所が存在する。樹林化は、このような氾濫原環境の減少をもたらすことが多く、河原のような裸地に先駆的に定着する植物（先駆種）や、河原や湿地、水際の草地を好む昆虫類や鳥類にとっては負の影響が多くなるだろう[11)12)]。つまり、河道内に樹木が“過度に”繁茂することは、環境面での影響が大きいものと考えられる。ただし、河畔域に存在する樹木も、河川特有の環境であることを忘れてはならない。そして、河道内の樹木を好む生物も多く存在する（コラム参照）。河道内に樹木が増えることによる影響については、少しずつ知見が蓄積されつつあるが、管理する上で適切な樹木の面積や配置については未解明であり、河川ごとに丁寧な検討が求められる。

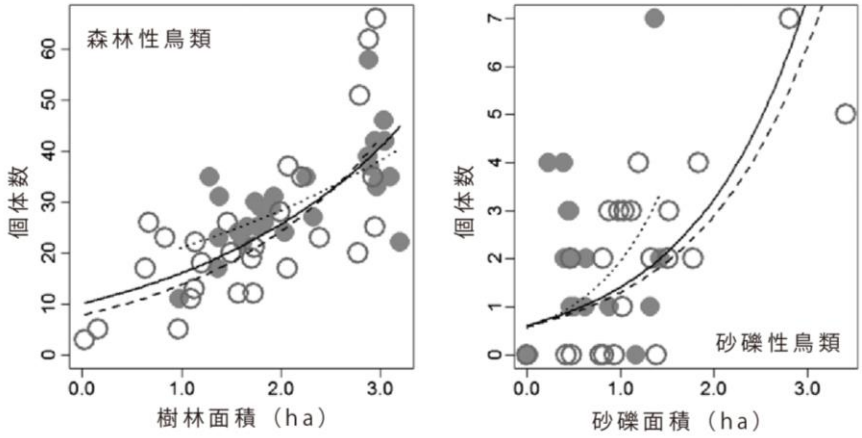


図 5　森林性鳥類（a）および砂礫性鳥類（b）の個体数と植生面積との関係[11)]**をもとに作成**

■コラム―　河道内樹木と昆虫の関わり

砂州や河原など、河川特有の陸域環境を好む昆虫としてカワラバッタやカワラゴミムシのような「カワラ」と名につくものの他に、エリザハンミョウやオオヒョウタンゴミムシなどが存在する[12)]。このような河川特有の裸地に生息する昆虫類がいる一方で、河道内の樹木を必要とする、もしくは頻繁に利用する種もいる。代表的な昆虫としては、トンボ類が挙げられる。トンボ類の幼虫期（ヤゴ）に水環境を利用するため、大河川の中下流域でも様々な種が生息している。その中でもオオサカサナエ（絶滅危惧 II 類）やナゴヤサナエ（絶滅危惧 II 類）といったトンボは、中下流域で周囲に樹林が存在する環境にのみ生息するのではないかと考えられている[13)]。また、ナツアカネ、コノシメトンボ、マユタテアカネ、ノシメトンボ等は、水田や水路で幼虫期を過ごすが、餌となる昆虫を求めて河道内に広がる樹林を利用するとともに、休息場としても利用することが示されている[14)]。このように河道内の樹木が昆虫類の生息にとって必要なこともあり、維持管理をする上で配慮が必要な場合もあると考えられる。



写真 3　河道内の樹林でも観察されるナツアカネ（左）、コノシメトンボ（中）、マユタテアカネ（右）

（４）分布拡大速度

温暖で降水量の多い日本は、低温や乾燥、強風などのストレスがかかる一部の地域を除いて、時間の経過に伴い裸地から草地に、そして樹木へと至る植生遷移（一次遷移）が観察される環境である。しかし、河道内の陸域は流量や地形変化の影響を受けやすく、変動の激しい場所であるため、遷移が進んだとして洪水による樹木の流失が起きたり、新たに裸地が作られたりするものである。つまり、洪水による消失と遷移による回復を高頻度に繰り返す環境といえる。しかし、近年、河床の低下や流況の変化、護岸の設置や砂利採取の減少など、様々な要因の結果として樹林化が各地で生じている。樹林化したことで、河道の維持管理等のために大規模な伐採が行われ、新たに裸地や草地が創出されることも多くなった。しかし、樹林化をもたらす要因に対応しない限りは、再び樹林化する可能性も高い。つまり、再び樹林化することを考慮した管理も視野に入れる必要があるだろう。この時、重要な情報となるのが、伐採や掘削を行った後、どの程度の速さで再び樹木が繁茂していくかである。高水敷掘削を対象に、ヤナギ類の樹林の拡大速度について検証したところ、掘削から約 10 年が経過すると掘削した範囲の約 50 %の面積が再び樹木で覆われる傾向が示された（図-6）。さらに、河床勾配が小さい区間ほど樹林化の進行する速度が速いことも示された [15]。このような解析は、無償提供されている衛星写真や航空写真を用いることで捉えることが可能である。地域や河川、そして樹林を構成種によっても進行速度に違いがあると考えられることから、対象河川ごとに樹林化の速度を整理することで、次に河道内樹木の管理を開始する時期を決める資料となるだろう

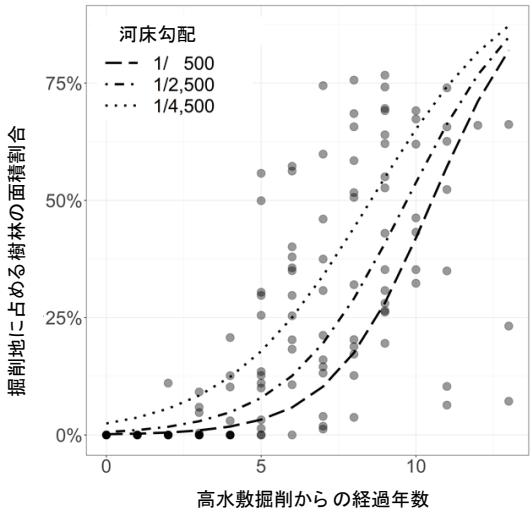


図 6　河床勾配に応じた掘削からの経過年数と樹林の面積割合との関係 [15]

■コラム―　水害防備林

水害防備林（以下、水防林。写真 4）とは、河川に沿って植栽され、洪水時に河岸や背後地を防御し水害被害を軽減する機能を有する樹林帯を指す。堤防強化、河岸侵食防御、流速低減、土砂礫・流木の捕捉（スクリーニング）などの効果が期待できる。植物の有する特性を巧みに活用した、いわゆるグリーンインフラやEco-DRR(Ecosystem-based Disaster Risk Reduction)の代表的な例である。



写真 4　河川に沿って存在する水害防備林

近世までは、重要な治水施設として扱われてきたが、近代の連続堤防の整備に伴って多くが失われた。これに対し 1996 年の河川審議会答申において水防林の機能が再評価され、1997 年（平成 9）年の河川法改正において河川管理施設としての“樹林帯”に位置づけられた。しかし、その後も水防林は積極的に河川計画に取り入られることはなく、洪水外力の増大によって河積確保を厳に求められてきたことや、維持管理の手が十分に及ばなくなったことでさらに減少しているのが現状である。今後、水防林を適切な形で存続、活用していくためには、水防林の有する治水効果と効果的な維持管理、水防林の有する自然・生活環境の提供などの副次的側面について、より深く統合的に理解することが必要である。

現存する水防林には、河道内にあるものと、堤内にあるものとがある。河道内にあるものは、河岸や堤防を侵食から防御する役割が強い、このような水防林は吉野川、久慈川などの河床材料がやや細かいセグメント２程度の勾配帯や、江の川などの谷底平野に見られ、根茎の強度が高く、密に生え、素材としても価値のあるタケがよく用いられている。堤内にある水防林は、

富士川の万力林（笛吹川）や福島荒川などのセグメント１などの急こう配河川に現存しており、主としてアカマツやケヤキなどの高木が用いられている。これらの違いは、出水外力の特性や河床材料、必要とする治水効果、材料となる植物の生育しやすさなどが勘案されて洪水経験を経て歴史的に選ばれてきた結果である。アカマツ林は一見疎で、タケに比べて止水能力が小さく治水効果が小さいように思われるが、流入する土砂が大きいため、林内での土砂や流木をトラップするには有効である。疎であることは林内を公園として人々が活用するには有利である。

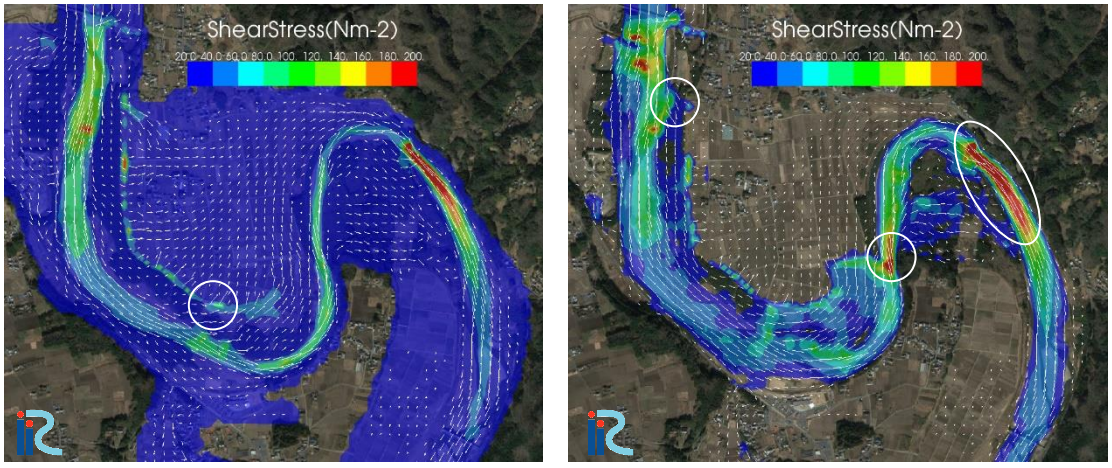
河川管理の視点では、特に堤外の水防林の取り扱いが難しい。すなわち、水防林の存在が河岸防御などの正の治水効果をもたらす一方で、河積を阻害し水位上昇を招く負の側面もあるためである。現在はことに水位管理を厳格とする傾向が強く、残念ながら、河道内の樹木はすべからく伐採される方向にある。しかし水防林（河道内樹木）の伐採もまた、負の側面を有することに注意を払いたい。一つに、伐採による水あたりの変化がそれまで表面化していなかった治水上の弱点を露呈させる可能性がある。実際に水防林の切れ間から破堤した事例も生じている。また、水防林を伐採することは必ず正の治水効果を発揮するとは限らず下流への流量負荷を増加させることにつながる。したがって、水防林、河道内樹林の伐採には本来より慎重を期すべきである。2 次元水理シミュレーションはこうした検討には有効である。iRIC ソフトウェアは 2 次元水理河床変動計算が出来る無料のソフトであり、樹木密度に応じた抵抗を加味した計算も可能で、図 7 のように現況や伐採後の水あたりを確認することで、水防林の位置や幅、密度の管理計画を合理的に検討することができる。

特に堤外の水防林については、正の治水効果を保持していくために適切な維持管理が欠かせない。また、維持管理を行っていく上では、それに対するリソースが不可欠である。かつては竹材やタケノコ採取など治水に付随したメリットもあったが、それらの経済性は現代では低下している。また、地域の高齢化や人口減少といった担い手不足がネックになっているケースも多い。社会情勢が変化する中、こうした課題を新たな視点で解決していくことが必要である。例えば、クリーンエネルギーの一つとして木質バイオマス発電が注目されている。水防林によく用いられるタケの燃焼に関しても、燃焼時のクリンカ（燃えカス）の発生や材の乾燥時間などの課題とされてきた部分が少しずつ技術的に解決されてきている。また、維持管理のニーズや賛同を喚起するためには、水防林に人が立ち入って関わることが重要である。木津川では現地竹材を用いた蛇篭と聖牛づくりを通じて、タケを通じて伝統的治水の理解を深める活動が行われている。また、立木密度と場の活動（遊び）には強い関係性があることが公園整備

の知見から明らかであり、視点を変えた目標設定が必要かもしれない。

環境の側面から述べると、水防林の環境機能に関する研究事例は少ないが、環境機能がないということではない。過去の調査では環境面から価値がある水防林と回答があった河川は 14 河川（回答数の 44%）あり、ワンドの脇の樹木は日射を遮ることで水温上昇を緩和する。水防林が鳥類の重要なコロニーとなっていることもある。また、環境機能は生物生息場としての環境だけではなく、人間活動に潤いをもたらす緑の空間としての環境の価値にも目を向けたい。

このように水防林には様々な側面と機能がある。流域治水の手法として活用するには、治水上の機能と維持管理、環境・生態系サービスを評価し、環境や景観の整備が治水のためにもなるといったように、部局横断的な対応や相補的なしくみを構築し、継続的に保全・管理されていくことが求められる。



a) 掃流力のコンターと流速ベクトル図：植生有の場合．〇部は水防林の切れ目部で，流速・せん断力が大きくなっており，実洪水でも堤防の破堤が生じた箇所.

b) 掃流力のコンターと流速ベクトル図：植生無の場合．〇部は掃流力の増加が顕著な箇所

図 7　iRIC ソフトウェアによる水害防備林伐採の影響評価の例

■コラム―　治水効果を発揮する樹木群について

Q2-1 Answer「（３）樹木伐開」においては、樹木の生態的機能について「河川の流程や、樹木が生育する位置によって異なる」ことが紹介されており、流下能力の確保のために樹木伐開時に留意すべき事項が解説されている。

一方で、樹木群には、河川内の配置によって治水的機能を発揮する場合がある。河道計画検討時に樹木の効果を積極的に活用することができるケースもあるので以下を紹介する。

①湾曲部における堤防防護

湾曲部の外岸側では堤防に向かう流れが生じ、堤防沿いの流速が大きくなる場合がある。このような区域の樹木群は流勢を緩和し、堤防を保護する働きがある。

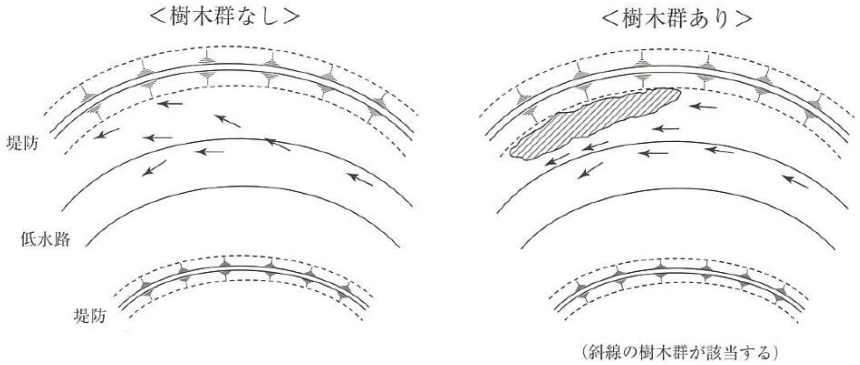


図 8　湾曲部において樹木群が治水効果を発揮する一例

②支川合流部における堤防防護

自然合流部においては河道線形や出水時差により、川の流れが堤防に向かう場合がある。樹木群はこの水の勢いを弱め、堤防を保護する働きがある。

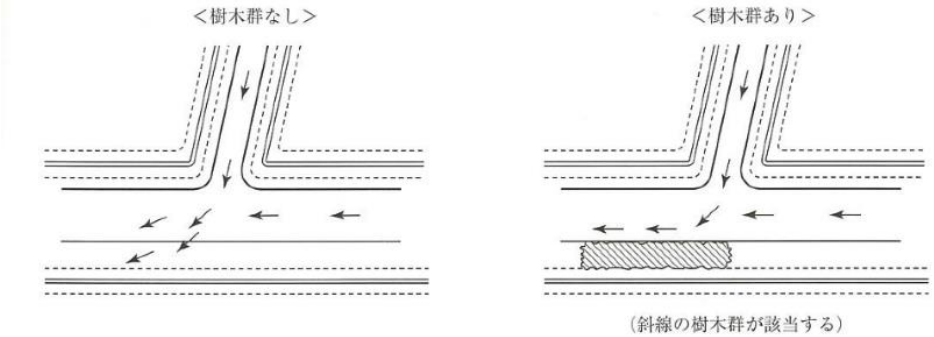


図 9　支川合流部において樹木群が治水効果を発揮する一例

出典：河川おける樹木管理の手引き(H12/リバーフロント整備センター)

■参考文献

1) 宮本仁志，赤松良久，戸田祐嗣：河川の樹林化課題に対する研究の現状と将来展望．河川技術論文集，19：441-446，2013
2) 渡辺敏，前野詩朗，馬場俊介：樹林化に伴う河川景観変化の土木史的考察－旭川における近年の治水事業に伴う河道特性変化とヤナギ林の発達との関連－．土木史研究論文集，25：137-147，2006
3) Nakamura, F., Seo, J. I., Akasaka, T., & Swanson, F. J. Large wood, sediment, and flow regimes: Their interactions and temporal changes caused by human impacts in Japan. Geomorphology, 279: 176-187, 2017
4) 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， 14：145-150，2010
5) 大石哲也，萱場祐一：河川敷切下げに伴う初期条件の違いが植生変化に及ぼす影響に関する一考察．環境システム研究論文発表会講演集，60：1045-1050，2016
6) 兼頭淳，森照貴，中村圭吾：河道内における植物群落の安定性と樹林への変遷．河川技術論文集，27：283-288，2021
7) 福岡捷二，藤田光一，新井田浩：樹木群を有する河道の洪水位予測．土木学会論文集，447：17-24，1992.
8) 福岡捷二，藤澤寛，大沼史佳：利根川河道の樹木群透過係数と高水敷粗度係数.河川技術論文集，13：333-338，2007
9) リバーフロント整備センター：河川における樹木管理の手引き―河川区域内における樹木の伐採・植樹基準の解説，山海堂，1999
10) 土木学会水工学委員会水理公式集編集小委員会：水理公式集，土木学会，2019
11) Yabuhara, Y., Yamaura, Y., Akasaka, T., & Nakamura, F. Predicting long-term changes in riparian bird communities in floodplain landscapes. River Research and Applications, 31:109-119, 2015
12) 応用生態工学会：河道内氾濫原の保全と再生．技報堂出版，2019
13) 尾園暁，川島逸郎，二橋亮：日本のトンボ改訂版，文一総合出版，2021
14) 東川航，吉村真由美，八木剛，前藤薫：水田地帯における赤とんぼの衰退と保全に関する課題―生息地利用の視点から―．陸水学雑誌，80：107-124，2019
15) 川尻啓太，森照貴，内藤太輔，今村史子，徳江義宏，中村圭吾：高水敷を掘削した後に見られる河道内樹林の拡大速度．投稿準備中

2022 年(令和 4 年)3 月　一部改訂（新規追加）

8－2　Question

河道内樹林の再繁茂対策の方法を教えてください。

■Question の意味と背景

河道内の高水敷に広く繁茂した樹木（樹林）や厚く堆積した土砂は河積阻害を招くことになる。また、河道内に維持されていた裸地や草地が樹木に覆われることで、水際部又は砂州若しくは河原などの環境を好む生物種の減少をもたらすなど、河川環境（自然環境）に関わる課題でもある。そのため、「樹木の伐採」や「高水敷の掘削」が行われているが、数年後に再び繁茂する場合が確認されている。これは伐採後の萌芽による生長や、伐採や掘削後に整地されることで裸地が出現し、ヤナギ類やハリエンジュなどにとって種子からの生育に好適な環境が用意されることが原因と考えられる。そこで、河道内における樹木（河道内樹林）に対して、伐採後の再繁茂を抑制する手法や、裸地からの定着・拡大を抑制する手法が検討されている。



写真-1　伐採後にみられる萌芽枝



写真-2　掘削跡地に定着したヤナギ

■関連する Question

- Q2-1　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。
- Q3-1　各セグメントにおける土砂動態の特徴を教えて下さい。
- Q5-2　高水敷掘削や切下げを行う際に、掘削の効果を長持ちさせながら、河川環境の改善に寄与するための留意点を教えてください。
- Q8-1　河川における樹木管理の基本的な考え方について教えて下さい。
- Q8-3　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下さい。
- Q8-4　外来植物除去の基本的な考え方を教えてください。

Answer

対象とする樹種の特性を考慮して、再繁茂対策の手法を選定します。

■Answer の概要と基本的考え方

河道内樹木として広く繁茂している樹種としては、ヤナギ類、ハリエンジュ、タケ・ササ類（河道管理の取扱いから樹木として扱う）の 3 種類が挙げられる [1)]。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、地域や河川によって面積の違いがみられるが、この 3 種類で河道内樹木の約 60～70%を占めている [2)]。伐採後に生じる再繁茂を抑制する上で重要なのは、これら 3 種類について再繁茂へと至る樹種の特性をそれぞれ把握し、「萌芽枝（ほうがし）からの生長による再繁茂」と「種子からの定着・生長による再繁茂」に分けて抑制手法を検討することである（表－1）。日本の気候下では時間とともに植生遷移が進み、樹木の定着・生長へと至ることになるが、伐採から再繁茂するまでの期間を長くなるような工夫をすることで、将来の樹林管理の頻度を減らすことになり、限られた予算での効率的な管理へとつながる。

表－1　主要 3 種の特性の違い

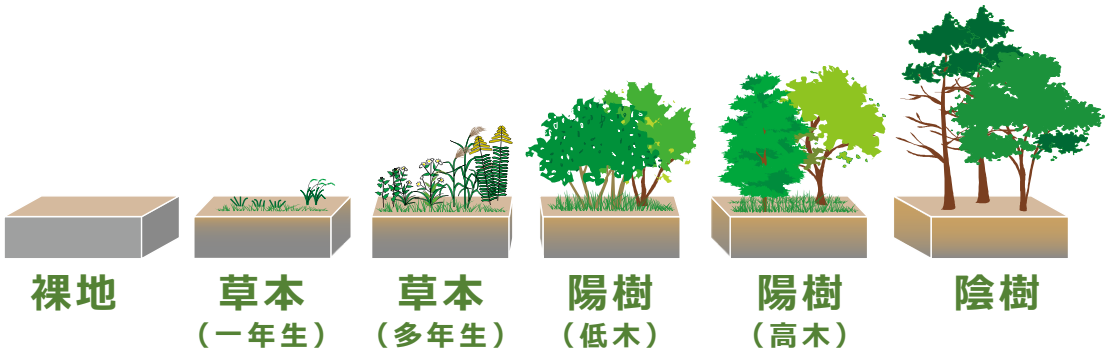
特性	ヤナギ類	ハリエンジュ	タケ・ササ類
萌芽に関する特性の違い			
落枝からの再生	○	×	×
切り株からの再生	○	○	×
地下茎・根からの再生	×	○	○
種子に関する特性の違い			
散布数	非常に多い	多い	不明※
埋土種子	作らない	作る	不明※
発芽スイッチ	吸水	非休眠種子：吸水 休眠種子：傷＋吸水	不明※

※タケ・ササ類の種子は数十年に一度しか作られないことから不明な点が多い。

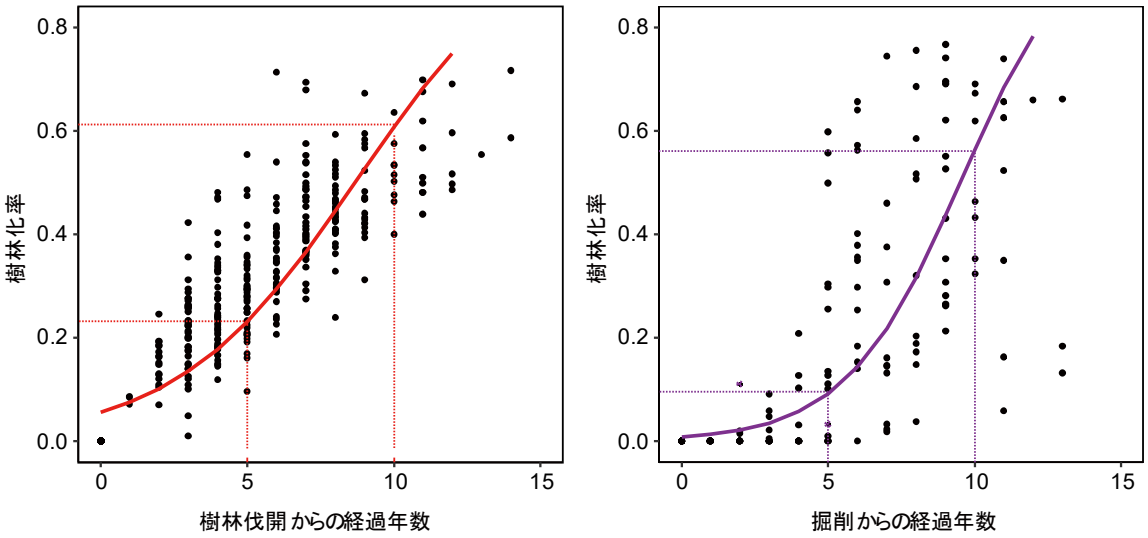
■Answer の詳細

（１）河道内樹木の再繁茂

河道内の高水敷に樹木が広く繁茂する「樹林化」は全国で報告されている。日本の湿潤で温暖な気候は植物の生育にとって適したものであり、たとえ裸地があったとしても、その場所が「安定していれば」数年のうちに草本や生長の早い木本類（陽樹）で覆われる（図－1)。河川は洪水という攪乱により裸地が創出・維持されることもあるが、河床の低下や流況の変化、護岸の設置等、攪乱頻度や強度の低下に関連した様々な理由により、樹林化が生じていると考えられている。過去 15 年ほどの変化を捉えた研究では、樹木伐開や河道掘削によって裸地が作り出されたとしても、10 年ほどで掘削範囲の約 50%が樹林で覆われていることが示されている（図－2)。また、樹木伐開と河道掘削のどちらを実施しても、最初の 5 年間よりもその後の 5 年間の方が樹林で覆われる面積は大きく、5 年ごとに 2 回事業を実施する方が、10 年ごとに 1 回実施するよりも対象とする面積が小さくなる可能性が示唆される。河川により特性が異なるために一概に比較できないが、傾向をみる限り、樹木伐開の方が河道掘削よりも早く再樹林化している（図－2)。



図－1　植生の遷移。必ずしも左から右に順番通り進むわけではなく、裸地から陽樹が定着する場合もある。



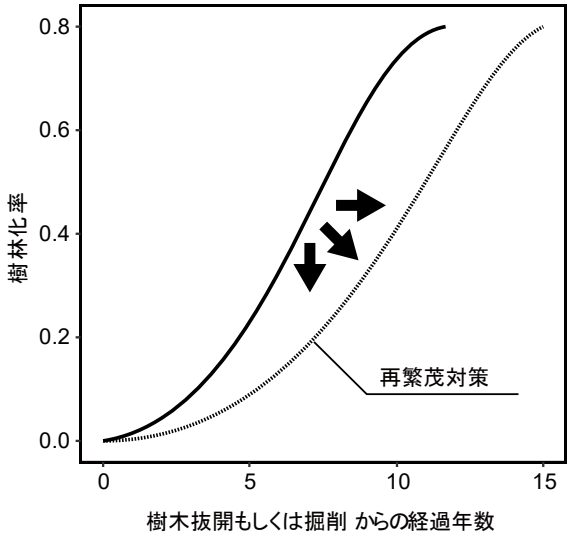
※ここでの樹林化率は、樹木伐開又は高水敷掘削により創出された裸地の面積に対して樹林化した面積の割合を示す。どちらも主に中部地方を対象に解析。

図－2　樹木伐開（左）及び高水敷掘削（右）からの経過年数と樹林化率との関係 3）及び4）を改変して作図

樹木伐開や掘削後の（再）樹林化対策として重要なのは「樹林化しない」ことを目指すのではなく、

- 「樹林化するまでの年数を長くする」
- 「樹林化に至る遷移を途中で戻してやる」

ことである（図－3）。河川管理の結果、攪乱頻度や強度が高まったことで土砂が頻繁に動くようになった河川では、樹木の定着・生長が妨げられる可能性もあり、再繁茂や再樹林化が生じにくい河道も十分あり得る。



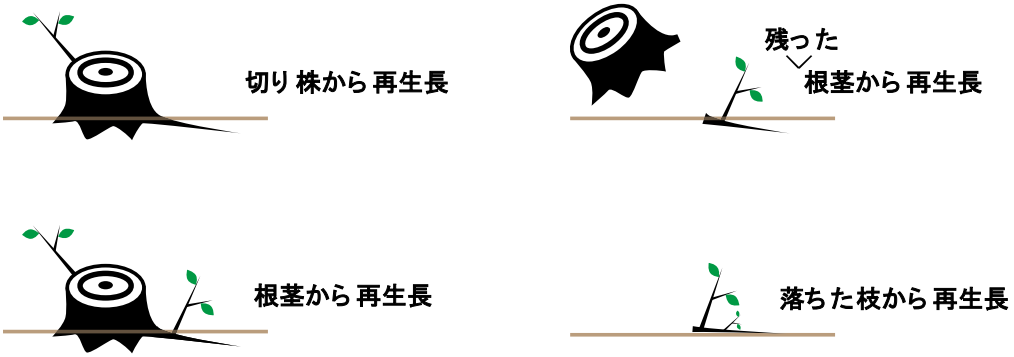
図－3　再繁茂対策のイメージ

（2）再繁茂に至る 2 つの経路

樹木を含む植物の個体が増える・面積が広がる方法として 2 つの繁殖様式が存在する。この繁殖様式を理解することが、再繁茂対策を考える上で重要である。1 つ目は無性生殖の 1 つとしてのクローン繁殖（栄養繁殖）であり、挿し木に用いられるように樹木はその一部から、独立個体として生長することが可能である。2 つ目は有性生殖であり、受粉によりできた種が散布されることで、クローンではない親とは別の個体として生長する。樹林化又は再樹林化を抑制するためには、繁殖様式に応じた対策が必要となる。

1）萌芽枝（ほうがし）からの生長による再繁茂

樹木には葉や幹などの地上部と根などの地下部が存在するが、バイオマスの約 20～40%は根であることが示されている [5]。つまり、地上部の幹を伐採して切り株の状態になったとしても、その個体を取り除くことができたわけではない。切り株から「萌芽枝」を出すことで再び生長することが可能な樹木は多く [6]（図－4、ヤナギやハリエンジュなど）、切り株にしても数年後には再樹林化する可能性が高い。さらに、切り株どころか、地下部にある根からも「萌芽枝」を出すことで生長を開始する樹木もあり（図－4、ハリエンジュやニワウルシなど）、伐採することで樹木がより高密度となる可能性もある。タケ・ササ類は地下茎（タケノコ）からの再繁茂が主な分布拡大の手段となっている。前述したように、樹木はその一部からでも別の個体として生長することが可能であり、切り株を伐根しても残った根茎から再生長することや（図－4）、根まで丁寧に取り除いたとしても地上部の枝を残置してしまえば、そこから再生長することがある（図－4）。



図－4　萌芽枝からの再生長

2）種子からの定着・生長による再繁茂

有性生殖として受粉などによりできた種子は、散布体であり親木から周囲へ運ばれる。風や水、動物などによって運ばれる種子は、植物にとって分布を拡大する機会となる。つまり、植物のない場所でも時間が経過することで植物がみられるようになるのは種子が運ばれてくるからである。ただし、発芽能力はあるが発芽しない状態の休眠種子を作る植物も多く、この種子が土壌に存在し、何らかの刺激により生長を開始することもある。伐採や掘削により、元々あった植物を取り除いたとしても、周辺から種子が運ばれてくることや、休眠種子が生長を開始することで、再樹林化に至ることがある。

（3）各樹種の特徴

どのような繁殖様式を有するかは樹木によって異なっており、河畔林として代表的なヤナギは切り株から再生長することはあっても、根茎から再生長することはない。一方、ハリエンジュは切り株だけでなく根茎からも再生長する。このように、樹林化・再樹林化を考える上で、管理対象となる樹種は何か、そしてどういった特徴なのかを理解しておくべきであろう。

1）ヤナギ類[7)]

ヤナギ類は在来種で河畔林の代表ともいえる。ヤナギ類というように、アカメヤナギ、コゴメヤナギ、タチヤナギ、カワヤナギといったように、少しずつ種子の散布時期など特性の異なる種が国内には分布している。河道内にヤナギ類の樹林が形成されることがあるが、その理由としては、種子の散布能力が高いことに加え発芽率が高く、生長速度が速い、洪水によって折れたり伐採を行ったりしても残った切り株から再生長し、落ちた枝からも生長する（写真－1）といった特性によるものである。そのため、これら特性を踏まえた上で、萌芽による再繁茂と種子による再繁茂を抑制する手法を検討することが肝要である。



写真－1　ヤナギ類でみられる枝からの再生長

2）ハリエンジュ [8)]

ハリエンジュは北米原産の外来種であり、ニセアカシアとも呼ばれる。空中の窒素を固定できる根粒菌と共生していることから、貧栄養土壌でも生育でき生長も早い。そのため、古くから治山・砂防などの現場で活用されてきた。種子の散布能力も決して低いわけではなく、その上、非休眠種子と休眠種子を生産するといった特徴を持つ。非休眠種子は散布された後、速やかに発芽するものであるが、休眠種子はその年に発芽しなくとも、発芽のスイッチが入る現象が生じるまで数年の間、発芽能力を有し続ける（つまり、土壌シードバンクを形成する)。休眠種子は、不透水性の種皮に胚が包まれており、損壊や摩耗することで発芽に至るため、出水による礫との衝突や、重機の移動や掘削などによって発芽するものと考えられる。さらに、伐採すると切り株からの萌芽だけでなく（写真－2)、地下に伸びる根茎からも萌芽し（写真－2)、伐採木 1 本あたり約 50 本もの萌芽枝が発生するといった報告もある。そのため、このような性質を念頭に、萌芽による再繁茂と種子による再繁茂を抑制する手法を検討する必要があるが、ヤナギ類やタケ・ササ類に比べると対策が困難であり、早期に対策を講じる必要があるだろう。



写真－2　ハリエンジュでみられる切り株（左）及び根茎（右）からの再生長

３）タケ・ササ類

タケ・ササ類と一般に呼ばれるものはイネ科タケ亜科に属するもので、イネ科とあるように樹木ではなく草本に位置づけられるものである。しかし、モウソウチクやマダケ、ハチクなどは高さが 5 m を越えるような竹林を形成することから、河道内樹林としてヤナギ類やハリエンジュと並んで扱われることが多い。タケ・ササ類の種類は多く、日本にも 100 種以上分布するものの、竹林の大部分はモウソウチクとマダケである。モウソウチクは生長速度が速く、タケノコから 1 か月も経過しないうちに 10 m を越える高さに生長し、管理されていない場所では毎年のように分布域を広げる。この拡大スピードが速いことに加え、伐採したとしても地下茎（タケノコ）からの伸長が速いために再繁茂に至りやすいといった特性を持つ。ただし、タケ・ササ類は数十年に 1 度しか花をつけず、種子による分布拡大はめったなことでは生じない。そのため、伐採後の地下茎の処理を中心に、再繁茂を抑制する手法を検討する必要がある。

（４）萌芽による再繁茂への対策と有効性[9)]

無性生殖の 1 つとしてのクローン繁殖（栄養繁殖）の有無や特性は樹種によって異なるため、その違いに応じた対策が必要である（表－2)。

表－2　樹種ごとの有効な対策

再繁茂への対策	ヤナギ類	ハリエンジュ	タケ・ササ類
伐採のみ	×	×	×
伐採→除根	○	△	－
伐採→切り株処理	○	△	－
環状剥皮→伐採	◎	△	－
伐採 → 切り株処理＆水平根処理	－	○？	○（地下茎処理）

１）ヤナギ類における萌芽枝による再繁茂への対策と有効性（表－3）

① 伐採のみ：×

地上部で伸長している樹木（幹）を伐採しただけでは、残った切り株から盛んに萌芽するため、数年でヤナギ林が形成されてしまう。この萌芽は種子からの生長が 1 年未満の稚樹でもみられる（写真－3)。それほど明確な効果があるわけではないが、伐採する時期によって切り株からの萌芽しやすさが変わる可能性があり、光合成を活発に行う夏季に行う方が、秋や冬に行うよりも枯死する確率が高いことが示されている[10)]。



写真－3　ヤナギ類の稚樹でみられる伐採からの萌芽

② 伐採 → 除根：○

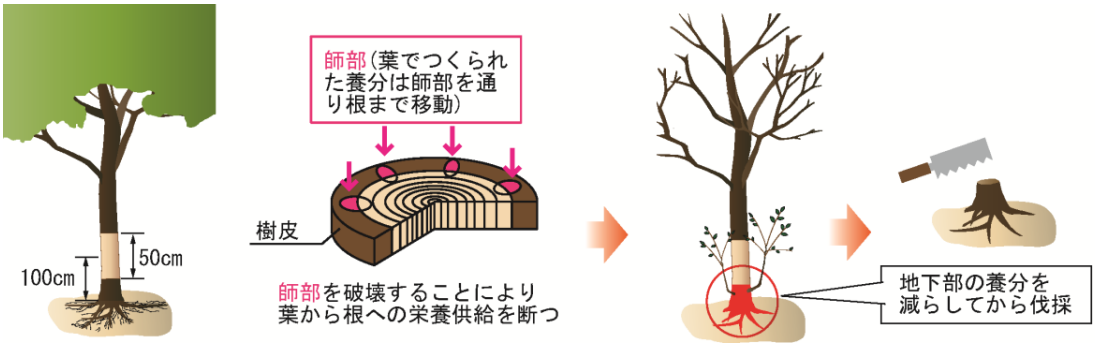
地上部で伸長している樹木（幹）を伐採した後、残った切り株を重機等により取り除く。この処理によって切り株からの萌芽枝による再生を防ぐことができる。ただし、伐採した地上部（幹）の搬出・処理を行う際、落ちた枝からも再生することから、施工後に枝類を残さないようにする必要がある。

③ 伐採 → 切り株処理：○

地上部で伸長している樹木（幹）を伐採した後、残った切り株に対し萌芽を抑制する処理を行う。現在までに効果が確認されているものとして、切り株の樹皮を剥ぐ方法（樹皮剥皮）や切り株に土を完全にかぶせてしまう方法（覆土）が挙げられる。切り株に対して木酢液の塗布や注入を行い、枯死させることで抑制しようという方法が全国の河川で試行されており、実際に枯死したとの報告もある。その一方、石狩川水系や天塩川水系で実施された木酢液の塗布については、明確な効果はなかったと報告されている[11),12),13),14)]。木酢液は木材由来であり合成農薬ではないものの、失効農薬であることを踏まえ使用には留意すべきであろう。切り株を覆土することで萌芽枝の生長を抑制できたといった報告もあるが[14),15)]、切り株が枯死したか否かについての検討は行われていない。いずれにせよ、「(2) 伐採＋除根」で述べたように、伐採した地上部（幹）の搬出・処理を行う際、落枝からも再生することから、施工後に枝類を残さないようにする。

④ 環状剥皮（巻枯らし）→ 伐採：◎

環状剥皮とは、樹皮を通る師部（葉で作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、葉と根の間で行われる栄養供給を断つ手法である(図－5)。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ている。枯死後の個体を伐採することで、切り株から生じる萌芽枝への対策は不要となる。ただし、環状剥皮によって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。環状剥皮の利点としては、伐採する時点で枯死しているために、搬出などの際に生じる落枝から再生する可能性が低いことが挙げられる。



図－5　環状剥皮のイメージ [9)]

表－3　ヤナギ類による萌芽枝からの再繁茂抑制手法の有効性 [9)] **を参照に作成**

方法	有効性	理由	条件，留意点
伐採して搬出処理	×	切り株から萌芽し、搬出処理の落枝からも再生	
伐採後の切り株処理	○	樹皮剥皮、覆土、切り株ごと伐根	伐採木からの落枝をしっかりと処理
伐採する木を先に処理	○	環状剥皮して伐採	枯死するまで数か月が必要。倒木にも注意

２）ハリエンジュにおける萌芽枝による再繁茂への対策と有効性 [16, 17, 18, 19)]（表－4）

① 伐採のみ：×

地上部で伸長している樹木（幹）を伐採しただけでは、残った切り株から盛んに萌芽することに加え、地下に広がる根系からも萌芽するため、数年でハリエンジュ林が形成されてしまう。

② 伐採 → 除根：△

地上部で伸長している樹木（幹）を伐採した後、残った切り株を重機等により取り除く。この処理によって切り株からの萌芽は防げる。しかし、ハリエンジュは根萌芽と呼ばれる、地下に広がる根からも萌芽する。そのため、切り株から水平に広がる根を掘り出す必要があるが、通常は困難である。実際、除根を行ってもハリエンジュの再繁茂が観察されており、除根した上で、定期的な刈取り（1 回/年）や踏み倒し（1～数回/年）を実施することで、

徐々に抑制できる可能性はある[20]。

③ 伐採 → 切り株処理：△

地上部で伸長している樹木（幹）を伐採した後、残った切り株に対し萌芽を抑制する処理を行う。処理方法としては、切り株の樹皮を剥ぐ、覆土するなどが挙げられ、ヤナギでは有効な手段であるが、ハリエンジュに対して検討された例は少ない。しかし、「(2)伐採 → 除根」で紹介したように切り株だけの処理だけでは根萌芽を防ぐことができず、根萌芽を抑制する手法を組み合わせる必要がある。切り株に木酢液を塗布したとしても根茎まで影響する可能性は低く、効果はないとされている[11),20)]。

④ 環状剥皮（巻枯らし）→ 伐採：△

環状剥皮とは、樹皮を通る師部（葉で作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、葉と根の間で行われる栄養供給を断つ手法である（図－5）。この手法は「巻き枯らし」とも呼ばれる。ヤナギ類では環状剥皮によって枯死させることができ、その後の伐採で切り株からの萌芽を防ぐことができる。しかし、ハリエンジュは環状剥皮によって地上部が枯死したとしても、更に枯死した後に伐採したとしても、根系からの萌芽を抑制することはできない。上述の除根や切り株処理と同様に根萌芽を抑制する手法の検討が必要である。

⑤ 伐採 → 切り株処理＆水平根処理：○？

ハリエンジュは伐採することで、切り株からだけでなく水平に広がる根茎（水平根）からも萌芽するため、①から④で紹介した方法では再繁茂対策として不十分なことが多い[16)]。水平根を土壌ごと除去するといった掘削に近い方法も考えられるが、根や埋土種子を多く含む残土の処理には注意を要する。水平根を除去しようと、スケルトンバケットを用いてすき取りが実施された事例もあるが、取り残しも多く密度の減少には至らなかったことが報告されている[17)]。ただし、これまでの研究例を整理すると、水平根は浅い土壌層から萌芽枝を伸ばすことができるが、深い土壌層からは伸ばすことができない可能性が示唆されている。赤川水系での調査によると、萌芽していた根茎は地上から深さ 24 cm 以内にあり、40 cm ほどの深さで根茎の除去や切下げ行うことで効果があるのかもしれない[21)]。他にも、根を深い層へと追いやることで、再繁茂を抑制できる可能性がある。例えば、砂利の被覆を行った

場所[20]や 10～20 cm の堆砂があった場所ではハリエンジュの根からの萌芽が減少していたことが報告されており[18]、木片チップを 10～15 cm ほどマルチングした場所でも萌芽数が減ったとの報告がある[19]。伐採及び除根後に根系を含む土壌層を、更にその下の土壌層と入れ替える天地返しが実施された事例があるが、赤川水系では明確な効果は示されていない[17]。一方、庄内川水系で実施された天地返しでは、抑制効果を示唆する結果が得られている[20]。このような結果の差異は、入れ替える深さや根茎の量に応じて効果が異なる可能性が考えられる。

他にも効果が確認されている方法としては、伐採と除根後、天地返し又はスケルトンバケットを用いたすき取りまで行い、その翌年に「抜取り」を行うものである[17]。この抜取りは人の手で行うものであるが、2 回にわたり実施することで、数年後の密度が減少していたと報告されている[17]。伐採によって地上部を失ったハリエンジュは、残された根系に貯蔵された資源（エネルギー）を使って萌芽枝を伸ばし、光合成による栄養獲得を図る。天地返しやすき取りによって断片化した根系では残された資源も少なく、限られた資源を目一杯使って萌芽枝を伸ばしている可能性がある。そのため伸長した萌芽枝を、資源の獲得となる光合成が行われる前や初期段階で抜き取ってしまうのは効果が大きいものと考えられる。

表－4　ハリエンジュによる萌芽枝からの再繁茂抑制手法の有効性[16),17),18),19)]を参照に作成

方法	有効性	理由	条件，留意点
伐採して搬出処理	×	切り株と水平根から萌芽	
伐採後の切り株処理	△	水平根から萌芽	水平根からの萌芽を防ぐ必要
伐採後の切り株と水平根処理	○？	スケルトンバケット・天地返し・抜取りなどを組合せでの可能性	抜取りなど追加処理が必要。厚いマルチングや覆土でも対処できる可能性

3）タケ・ササ類における地下茎からの再繁茂に対する対策と有効性[22]（表－5）

① 伐採のみ：×（定期伐採により○）

地上部で伸長している部分（稈（かん））を伐採しただけでは、残った地下茎から盛んにタケノコが出現し、すぐに元の竹林に戻ってしまう。ただし、大型タケ類のマダケ及びモウ

ソウチクについては、年 1～2 回の定期伐採を 3 年程度実施することにより、萌芽再生をほぼ抑制できることが示唆されている [23]。ただし、伐採を 3 年連続で行ったとしても、一部で再生もみられるとの報告があるように [24]、根茎からの再生が速いことを踏まえれば 3 年で取りやめるのではなく、モニタリング結果に応じて再度伐採を行う必要があるだろう。繰り返し伐採の効果は大分川水系でも報告されており [25]、取り残した根茎からの再繁茂が想定される伐根よりも、繰り返し伐採の方がコストは安くなることが試算されている。一方、数回の伐採を 1 年の間に行ったとしても抑制できていないとの報告があり [20]、複数年にわたって伐採を続けることが重要なのかもしれない。その他、タケ類を地上から 1 m の位置で切ることで枯らす方法が提案されているが、効果がみられなかったとの報告が多い [24]。竹林での実施例は少ないものの、伐採後に行う定期的な踏み倒しについては抑制効果が示唆されているが [20]、生長の早いタケ類に対してはタイミングが重要であると考えられる。

② 伐採 → 地下茎処理：◎

地上部で伸長している部分（稈）を伐採した後、重機等によって残った地下茎を取り除く手法は、タケ・ササ類にとって有効な方法である。ただし、伐根したとしても取り切れなかった地下茎から竹林が再生してしまう事例も報告されている [20),25]。伐採よりも伐根した方が抑制効果は高いものの、根茎の取り残しがあることを念頭に追加伐採をあらかじめ計画しておくのが良いであろう。また、一定のまとまりのある竹林の全域に対して、地下茎の処理を行うことは有効であるが、一部のみに対して行う場合には注意を要する。たとえ竹林の一部を伐採し地下茎を取り除いたとしても、残った（残した）タケ・ササ類で作られた栄養によって、急速に地下茎を再度、伸長させる可能性がある。そのため、竹林を一部残すような場合には、将来的に拡大することを念頭に計画する必要がある。また、伐採及び除根後に、地下茎を取り除くのではなく、地下茎を含む土壌の層を、更にその下の土壌の層と入れ替える天地返しの有効性も確認されている [22]。その他にも、チップのような柔らかい材料で覆っても抑制効果はみられないが、砂利による被覆は抑制効果があったと庄内川水系では報告されている。

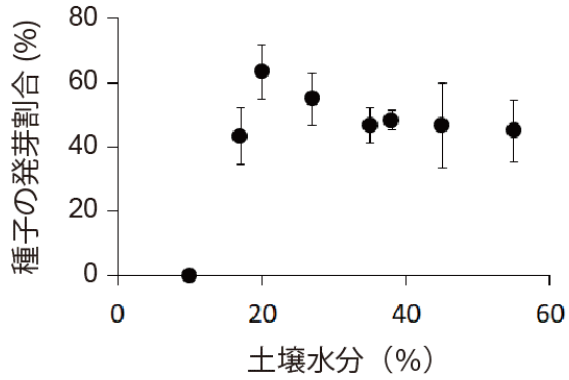
表－5　タケ・ササ類による地下茎からの再繁茂抑制手法の有効性 [20),23),24),25)を参照に作成]

方法	有効性	理由	条件，留意点
伐採のみ	×	地下茎から再繁茂し、すぐに戻ってしまう。	
定期伐採	○		モニタリング結果に応じた追加伐採をあらかじめ計画しておく
伐採→地下茎処理	◎		取り切れなかった地下茎から再生する可能性

（5）種子の定着・生長による再繁茂への対策

樹木を伐採し萌芽枝からの再生を抑制したとして、最後に整地されるなどして裸地が創出されることが多い。また高水敷を掘削することで、新たな地表面が出てくるわけであるが、これも裸地に該当する。このような裸地が、ヤナギ類やハリエンジュの種子にとって定着・生長するのに適した環境を有することもあり、新規に加入した種子が実生へと生長し、数年のうちに高木層が成立することがある。

ヤナギ類の種子は含水率が 10%程度と低く、乾燥した土壌では発芽・生長することは少ないことが示されており（図－6)、地盤高が高く土壌が乾燥した高水敷では種子からの再繁茂が生じる可能性は少ないものと考えられる。一方、ハリエンジュは乾燥にも強いことが示されているが、水際での定着はそれほど確認されておらず [26)]、土壌水分が高い環境では生育が困難なのかもしれない。種子の定着・生長による再繁茂への対策は、対象となる樹種の特性と土壌水分や水面比高などの環境条件とを組み合わせて考えるべきである。



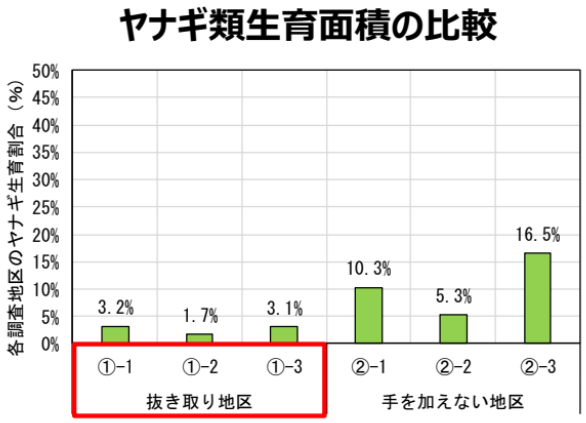
図－6　ヤナギ類の種子からの発芽割合と土壌水分との関係

１）定期的な刈取り

基本的な対策として、刈取りの実施が挙げられる。タケ類を除き、ヤナギ類やハリエンジュなどの樹木は 1 年で 2 m 以上の樹高となる可能性は低く、重機やチェーンソーを使わずとも刈り取りできる大きさにとどまる。そのため、年 1 回だとしても毎年の刈取りを行うことで、樹林化を抑制できる可能性は高い。

２）抜取り

信濃川下流河川事務所では、湿地においてヤナギ類の抜取りを実施しており、2 年又は 3 年の間に、3 回の抜取りを実施することを提案している（図-7）[27]。ヤナギ類は早春から葉をつけるため、見つけやすいという特徴がある。このことを活用し、早春の展葉時期に抜取りを実施するのは効果が高い可能性がある。また、ハリエンジュについても、トゲを持つために種を識別しやすく、抜取りの効果が確認された事例も報告されている [17]。



図－7　ヤナギ類に対する抜取りの効果 [27]

３）出水を活用した対策

掘削は河川地形を改変するため、流速や水深などが事業前とは変化することになり、出水を活用した樹林化の抑制を検討することが可能である。長良川では出水時の無次元掃流力（$=hI/1.65d$，h :水深，I :河床勾配，d :粒径）が 0.05 を越えない場所でヤナギ類が生育・拡大していることが報告されている [28]。千曲川では砂礫河原の再生と外来植物の抑制を目指し、冠水頻度が年 1 回以上であり、出水時の無次元掃流力が 0.06 以上の環境を整える取組が行われている [29]。さらに、目指す環境の条件に BOI（樹木にかかる流体力による破壊の

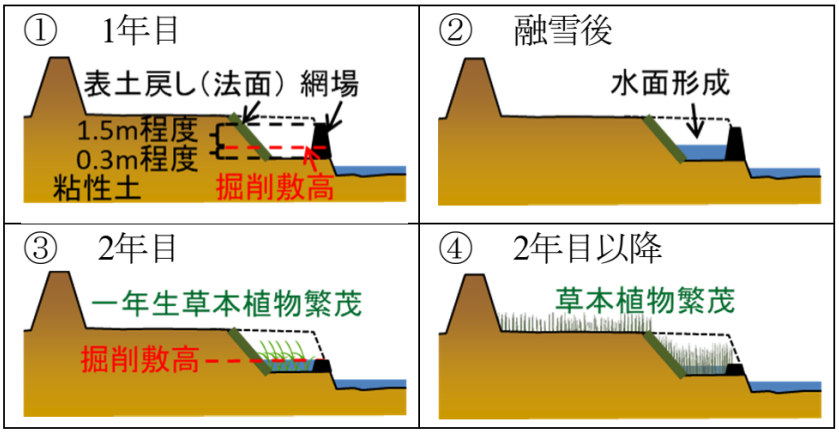
指標）も加えた検討も進められている。天竜川では出水時の無次元掃流力がおおむね 0.03 以上の箇所で裸地が維持されていたことから、再樹林化対策として「樹木伐開と砂州の切下げを実施し、無次元掃流力が 0.03 以上となることを目標としている [30]（その後、0.017 以上に見直しされている)。他にも、河口域での取組として、櫛田川では朔望（さくぼう）平均満潮位と摩擦速度に注目して、樹林化を抑制する掘削断面の検討が行われている [31]。

４）草地化工法

樹木伐開や掘削後にヨシやオギなどの高茎草本を早期に回復させ、樹木の繁茂を抑制する手法（以下、草地化工法）の有効性が確認され始めている [32]。草本による樹林化抑制は、種子の発芽や実生の生長に必要な光環境を制限することを狙いとしており、現在までにヤナギ類においては、その効果が実験的に確かめられつつある（コラム参照)。一方、ハリエンジュに対する効果については、野外にて示唆する結果が得られているものの [33]、まだ不明な点も多いことに留意が必要である。これまでに赤川水系で草地化対策が実施されているが、まいた表土が湿潤だったことで、試験施工区（草地化工法の実施区）でヤナギ類の定着が多く確認されている [34]。一方、対象区（草地化工法の未実施区）は乾燥していたことから定着が少なく、ヤナギ類のように湿潤な土壌を好む樹種の抑制が狙いであれば、乾燥している地面に対しては逆効果となってしまうことが示されている。一方、最上川水系で実施された草地化工法では、ヤナギ類の定着を抑制できているようであり [35]、今後、抑制効果の強弱を左右する要因について、更に検討が必要であろう。

５）水面形成

開放水面を作り出すことで、ヤナギ類の種子による定着を抑制する取組が行われている（図－8)。ヤナギ類の多くは春から初夏にかけて種子を散布させるが、この種子が水中で発芽・生長する可能性は低い。そもそも、ヤナギ類の種子には綿毛がついており、水中に沈むことは少ない。このヤナギ類の特性と、融雪出水という北日本の流況を活用した抑制が試行されている。石狩川水系では掘削後の水際に網場（あば）を残すことで、融雪出水時に水域を作り出し、ヤナギ類の種子散布が終えた後に網場の撤去が行われた [12]。網場が撤去された後に草本類が繁茂することで、その後もヤナギ類の定着・生長を抑制しようというものである（草地化工法を参照)。



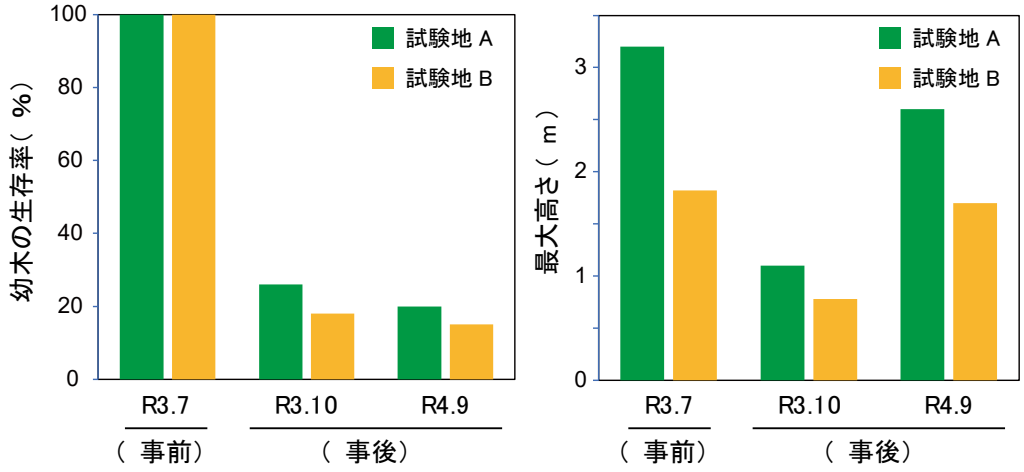
図－8　水面形成によるヤナギ類の抑制

6）ブルドーザーによる踏み倒し

樹木の繁茂を抑制する手法として、ブルドーザーによる踏み倒しも様々な河川で試行されている。樹木を伐採した後、ブルドーザーが定期的に（1～2 回/年）通行することで、伐採後に生えてくる樹木を幼木段階で踏み倒し、樹木の生長・繁茂を防ぐことが狙いである（写真－4）。ブルドーザーにより踏み倒された幼木や草本類はそのままとするため、刈草の集草・処分費がかからず除草よりもコストの削減が図れる場合もある。ヤナギ類の幼木のまとまった生育が確認された箇所にて、踏み倒しを行うことで生存率が約 20%前後に抑えられているとの報告があり [36]（図－9）、継続することでの抑制効果が期待できる。他にも、鳴瀬川水系 [37]や矢作川水系 [38]、四万十川水系 [39]ではブルドーザーによる踏み倒しを行っており、2 年という短いモニタリング期間であるが効果があったとの報告がある。



写真-4　ブルドーザーによる踏み倒しの例



図－9　ブルドーザーによる踏み倒しが幼木の生存率と最大高さに及ぼす影響 [36)]

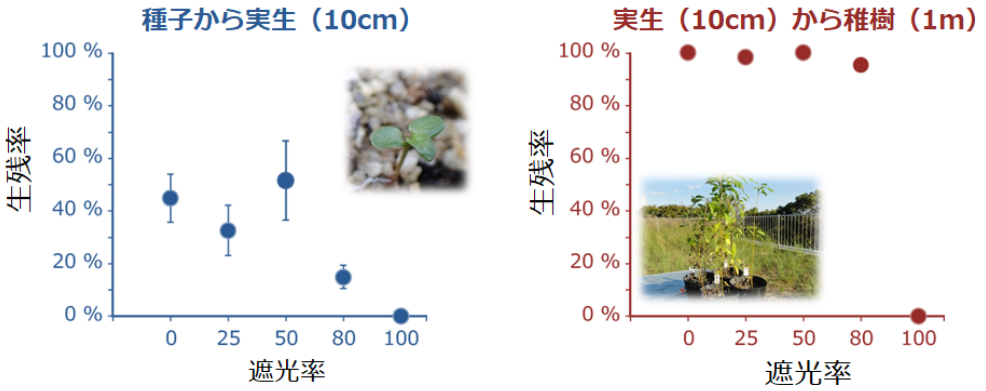
（6）モニタリングと維持管理

本 Question ではヤナギ類、ハリエンジュ、タケ・ササ類に関する再繁茂抑制手法を紹介したが、これらは事例が少なく知見はまだ十分ではない状況である。そのため、ここで紹介した手法を対象とする河川に適用した場合、気候の違いだけでなく、河床材料や流量変動などの河川環境の違いによって、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、どのような結果が実際に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。

■コラム―　草地化工法の検討フロー[40)]

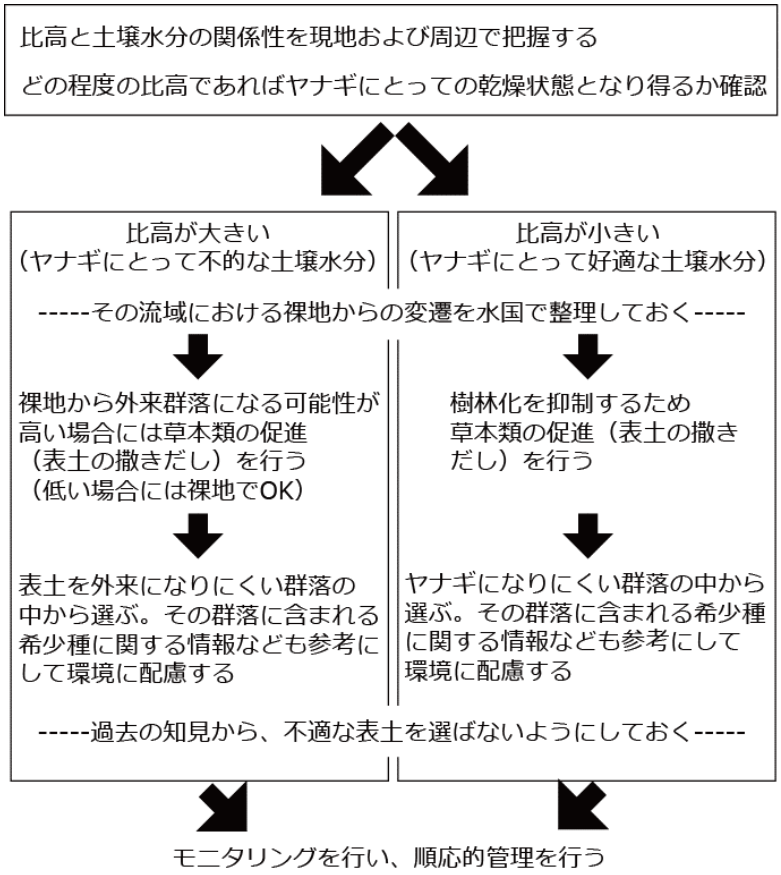
草地化工法とは、樹林の伐採や高水敷の掘削によって生じた裸地を対象に、草本類の定着を促すことで樹木の定着を抑制しようとするものである。ここでの抑制とは、樹木の定着を遅らせることで次の維持管理までの時間を長引かせる、又は樹木の定着数を減らすことで、次の維持管理で必要となる処分にかかる数量を減らすことを意味している。日本の気候下において、頻繁に出水の影響を受ける場所を除けば、樹木の定着を完全に排除する（ゼロにする）ことは現実的ではないことから、抑制することで維持管理にかかるコストを下げようというものである[40)]。

河道内において樹林帯を形成する樹木としてヤナギ類やハリエンジュが代表的であるが、これらの樹種は一般に陽樹と呼ばれる「光に対する要求性が高い」ものである。そのため、陰樹と呼ばれる「光に対する要求性が低い」樹木が、陽樹の下で生長を続け、陰樹に覆われることで陽樹が衰退していくのが、一般的に考えられる植物の遷移である。ヤナギ類やハリエンジュは、「光に対する要求性が高い」ために、施工後に生じた裸地において旺盛な生長を遂げるわけだが、ヨシ・オギなどの背の高い高茎草本類が裸地を覆うことで地表面に達する光を遮ることになり、陽樹の生長を抑制できる可能性が示されつつある。これまでに、地表面の 50%ほどが植物に覆われ、地表に到達する太陽光の 70%ほどが遮られることで、ヤナギの定着数が減少することが示されている[41)]。ただし、この遮光によってヤナギの定着・生育を抑制する方法は、種子から 10cm ほどの実生へと生長する過程においては効果的であったが、実生から 1m ほどの稚樹へと生長する過程においては、ほとんど効果がみられなかった（図-10）[41)]。つまり、生長段階の「初期」の方が抑制しやすい可能性が高く、ヤナギ類の種子が散布される時期（春～初夏）には、草本類が定着し生長していることが望ましい。

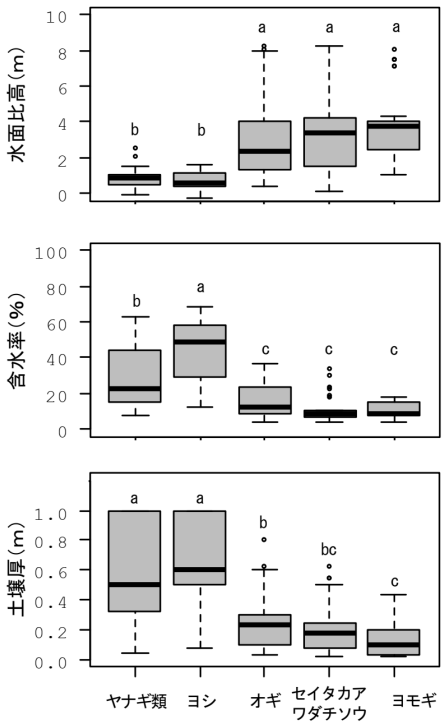


図－10　ヤナギ類の種子の生残率と遮光率との関係[40),42)]

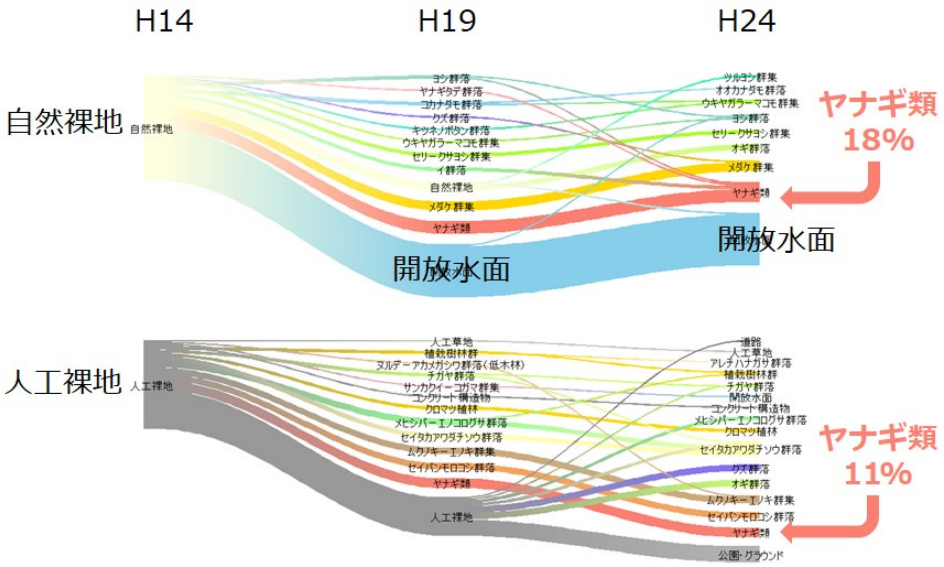
伐採や切下げにより生じる裸地で、樹林化を招くことが想定される場合、どのようにして「早期に草本の定着を促すか」が重要な点であるが、自然な植生遷移に頼る場合と、表土のまきだしによる草地化工法を用いる場合とに分けられるだろう。表土に用いる草本群落の選定については、河川水辺の国勢調査のデータを活用することが 1 つの案として考えられる。例えばヤナギ類と似たような環境（水際からの距離や比高など）に存在する草本群落を抽出し、その草本群落が調査ごとに（例．4 巡と 5 巡目との間で)、どの程度変化するのか（維持されるのか、又はヤナギ類へと遷移してしまうのか）を整理することで、表土の候補を選定することができる。現在、まだ検討段階ではあるが、図-11 のようなフローに基づき、図-12 から図-14 で示す関係性をベースに草地化工法を実施することができる[40)]。ただし、表土をどのようにまくことが効果的であるかなどは、今後も検討していく必要がある。



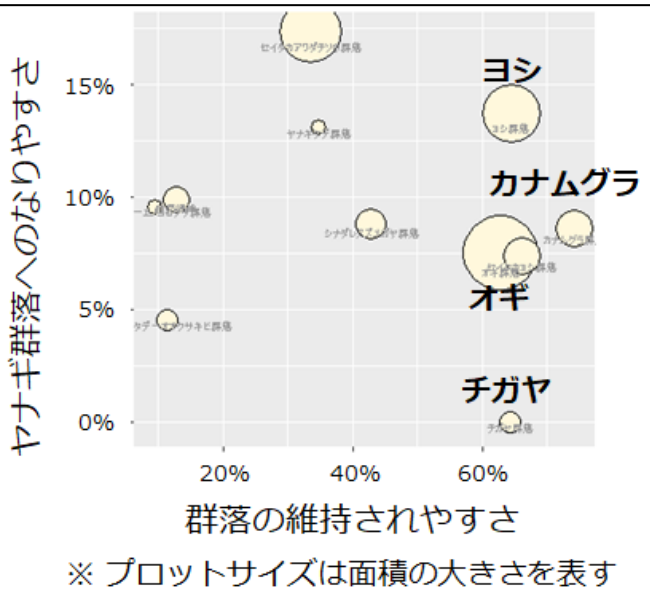
図－11　草地化工法の適用検討フロー（案）[40)]



図－12　主な植物の生育環境の比較 [32)]



図－13　草地化工法の適用検討フローで利用する自然裸地や人工裸地からの変遷の整理方法 [40)]
データは河川水辺の国勢調査を利用し、R package の"riverplot"で表現。帯の太さが面積に該当する



図－14　河川水辺の国勢調査を用いた各群落の維持されやすさと、ヤナギ群落へのなりやすさの関係性[40]。ここでの群落の維持されやすさとは、各群落が次の巡目の調査でも、おなじ群落のまま維持されている面積割合を示し、ヤナギ群落へのなりやすさとは、各群落が次の巡目でヤナギ群落へと変化している面積割合を示す。

■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，16：261-246，2010.
2) 佐貫方城，大石哲也，三輪準二：河道内樹木化と樹木管理の現状に関する考察．土木技術資料 52-6：34-37，2010.
3) 川尻啓太，森照貴，内藤太輔，今村史子，徳江義宏，中村圭吾：高水敷を掘削した後に見られる河道内樹林の拡大速度．応用生態工学，26-1 ： 23-32 ， 2023 ．https://doi.org/10.3825/ece.22-00011
4) 森照貴，増田進一，相川隆生：河道での樹林伐開後の再繁茂と継続的把握．土木技術資料 65-12：46-47，2023.
5) Brunner I.， Godbold D. L. : Tree roots in a changing world. Journal of Forst Research，12：78-82，2007. https://doi.org/10.1007/s10310-006-0261-4
6) de Kroon H.，Van Groenendael J. : The ecology and evolution of clonal plants. Backhuys Publishers，Leiden，1997.
7) 崎尾均，山本福寿：水辺林の生態学．東京大学出版会，2002.
8) 崎尾均：ニセアカシアの生態学―外来樹の歴史・利用・生態とその管理．文一総合出版，2002.
9) 槙島みどり，田屋祐樹，赤松史一，中西哲，三輪準二，萱場祐一：河道内におけるヤナギ類の効果的な伐採方法．土木技術資料，55-3：38-41，2013.
10) 大石哲也，平田智道，布川雅典，山岸祐介，西田侑希，山中直樹：展葉直後の伐採および複数回の刈取りによるヤナギ類の再繁茂抑制効果の検討．河川技術論文集，29：347-352：2023．https://doi.org/10.11532/river.29.0_347
11) 西田侑希，西前駿太郎，山本貴久：木酢液塗布による再樹林化抑制試験の取組状況について．第 65 回（2021 年度）北海道開発技術研究発表会論文：636-640，2022.
12) 小林瞬，石川大朗，伊東秀規：河道内樹木伐採における再樹林化抑制の取組状況について．第 64 回(2020 年度)北海道開発技術研究発表会論文：524-529，2021.
13) 西村柾哉，姫野一樹，伊東秀規：河道内樹木伐採における再樹林化抑制について ―取り組み状況とモニタリング方法―．第 63 回(2019 年度)北海道開発技術研究発表会論文：743-748，2020.
14) 留萌開発建設部 幌延河川事務所 鈴木順也：天塩川下流域樹木管理方法の紹介について．令和 4 年度全国多自然川づくり会議 開催記録，2022．https://www.mlit.go.jp/river/kankyo/main/kankyou/tashizen/gaiyou_R04.html
15) 田村孝夫，馬場和夫，加藤陽子：効率的な樹木伐採への挑戦～萌芽抑制の取り組みについて～．平成 30 年度 北陸地方整備局 事業研究発表会，2018.
16) 田屋祐樹，槙島みどり，赤松史一，中西哲，三輪準二，萱場祐一：河道内樹林の効率的な管理に向けた伐採後の萌芽再生抑制方法の検証．河川技術論文集，19：459-464，2013.
17) 田熊亮介，小山浩正：河川敷におけるニセアカシア駆除の工法別の有効性．森林立地，55：37-42，2013.
18) 長坂有：冠水する河畔に植栽されたニセアカシアの生育状況．日本林学会北海道支部論文集，56：17-19，2008.
19) 増子輝明，前村良雄，森川陽一，阿部充：神流川における河道内樹林の適正管理について．リバーフロント研究所報告，21：67-76，2010.
20) 庄内川河川事務所：令和 3 年度庄内川河道環境モニタリング業務報告書，2024.
21) 丹野幸太，前田諭：伐採・抜根によるハリエンジュ駆除効果と今後の課題．リバーフロント研究所報告，18：119-127：2007.

22）槙島みどり，田屋祐樹，赤松史一，中西哲，萱場祐一：河道内樹木の管理方法に関する研究．平成 23 年度国土交通省国土技術研究会，2012.
23）塩見真矢，伊藤一之，寺田伸子，森脇広志，今井洋介，大石哲也：竹林の再繁茂を抑制する管理技術の検討．河川技術論文集，25：595-598，2019
24）山本洋，中村大輔：河道内の効果的な竹伐採方法について．令和 2 年度近畿地方整備局研究発表会 論文集，イノベーション部門Ⅱ No.2：1-6，2020.
25）九州地方整備局 大分河川国道事務所 渡邊文恵：大分川・大野川の河道管理における環境配慮への取組．平成 29 年度全国多自然川づくり会議　開催記録，2017．https://www.mlit.go.jp/river/kankyo/main/kankyou/tashizen/gaiyou_h29.html
26）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，22：469-474，2016.
27）北陸地方整備局 信濃川下流河川事務所 永井新悟：信濃川下流河道掘削における環境配慮の取組み．令和 3 年度全国多自然川づくり会議　開催記録，2021．https://www.mlit.go.jp/river/kankyo/main/kankyou/tashizen/gaiyou_R03.html
28）野副健司，北岡洋尚，山本晃一，賀川真樹，賀川泰棋：長良川中流部礫河原再生箇所におけるヤナギ類の抑制条件の検討．令和 5 年度(第 33 回)建設コンサルタント業務技術発表会 発表論文集：133-136，2023.
29）北陸地方整備局 千曲川河川事務所 渡邉洋之：千曲川自然再生実施箇所における大規模洪水後の再樹林化リスク評価手法の立案．令和 3 年度全国多自然川づくり会議　開催記録，2021.
https://www.mlit.go.jp/river/kankyo/main/kankyou/tashizen/gaiyou_R03.html
30）中部地方整備局 浜松河川国道事務所 足立美津江：天竜川下流部における河道内樹木の再繁茂抑制対策検討．令和 4 年度全国多自然川づくり会議：2022
31）鈴木杏奈，池羽邦佳，野副健司，森光弘：植生の状態変化予測手法を用いた再繁茂抑制断面の設定と効果検証．第 31 回建設コンサルタント業務技術発表論文集：2021.
32）兼頭淳，大石哲也，萱場祐一：高水敷切下げ後の樹林化抑制に向けた草本植物の早期植生回復に関する研究．河川技術論文集 24：179-184，2018.
33）崎尾均：ニセアカシア（*Robinia pseudoacacia* L.）は渓畔域から除去可能か？日本林学会誌，85：355-358，2003.
34）東北地方整備局 酒田河川国道事務所 中村公貴：赤川における河道掘削箇所の樹木再繁茂対策について．令和 2 年度全国多自然川づくり会議　開催記録，2020．https://www.mlit.go.jp/river/kankyo/main/kankyou/tashizen/gaiyou_R02.html
35）東北地方整備局 酒田河川国道事務所 田中大輔：最上川下流河道掘削事業における樹木再繁茂対策について．令和 3 年度全国多自然川づくり会議　開催記録，2021．https://www.mlit.go.jp/river/kankyo/main/kankyou/tashizen/gaiyou_R03.html
36）里村駿佑，三上孝敏，笹谷佑人：後志利別川における樹木伐採後のヤナギ幼木対策について―維持管理のコスト縮減に向けた再樹林化抑制の取り組み―．第 66 回(2022 年度)北海道開発技術研究発表会論文：670-675，2023.
37）東北地方整備局 北上川下流河川事務所 田中優希：鳴瀬川水系吉田川における斜め掘削の実施とモニタリングについて．平成 29 年度全国多自然川づくり会議　開催記録，2017.
https://www.mlit.go.jp/river/kankyo/main/kankyou/tashizen/gaiyou_h29.html
38）山下隆弘：豊川及び矢作川における河道内樹木の管理について～河道内樹木の再繁茂を簡易な工法で抑制する取り組みについて～．令和 5 年度中部地方整備局管内事業研究発表会，2023.
39）川﨑智仁：河川の維持管理における中村河川国道事務所の取り組みについて，四国地方

整備局管内技術・業務研究発表会，2016.
40）森照貴：河道内樹木の伐採および掘削後の動態と再繁茂対策～多自然川づくりとしての植生管理～．応用生態工学会名古屋フィールドシンポジウム，2019.
41）兼頭淳，森照貴，大石哲也，中村圭吾，萱場祐一：ヨシやオギなどの草本による河川の樹林化抑制に関する研究．応用生態工学会 第23回研究発表会，2019.
42）溝口裕太，森照貴，中村圭吾，萱場祐一：河道掘削後の土砂堆積・植物繁茂に関する特性と樹林化抑制に資する草地化工法の提案．土木技術資料，62-8：24-29．2020.

8－3　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下さい。

■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。

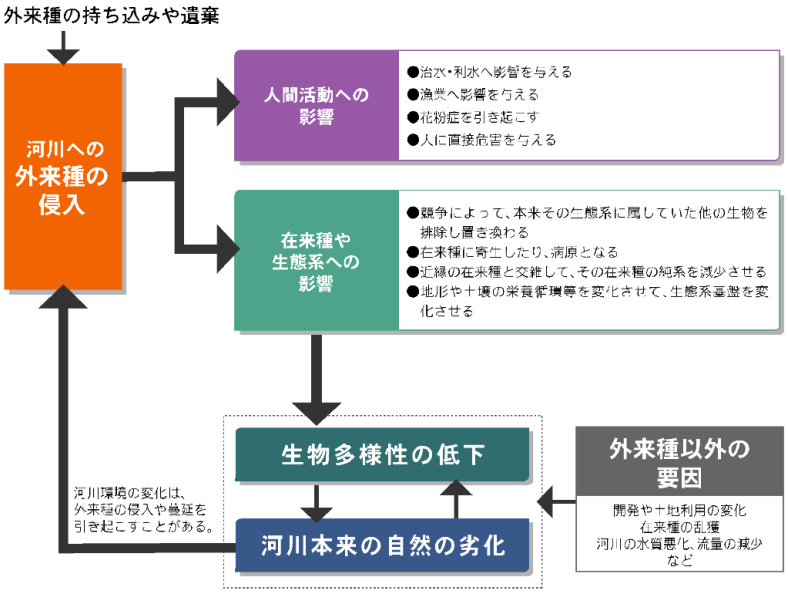


図-1　外来植物の進入が生物多様性や河川の自然に及ぼす影響 [1)]

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。

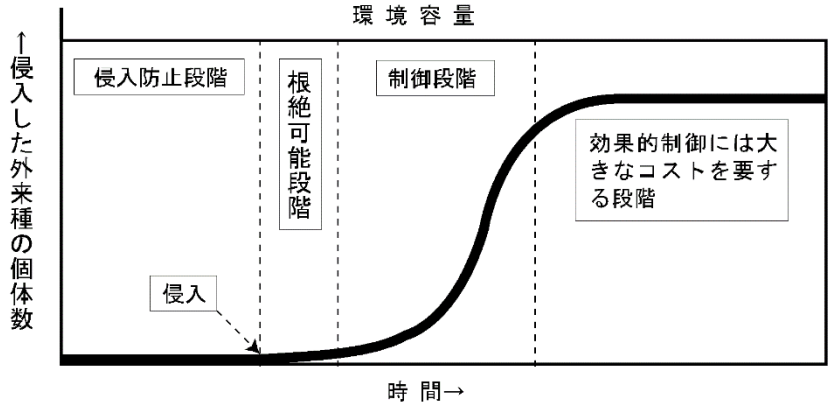


図-2　外来植物の侵入段階と対策の有効性 [1)]

■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。

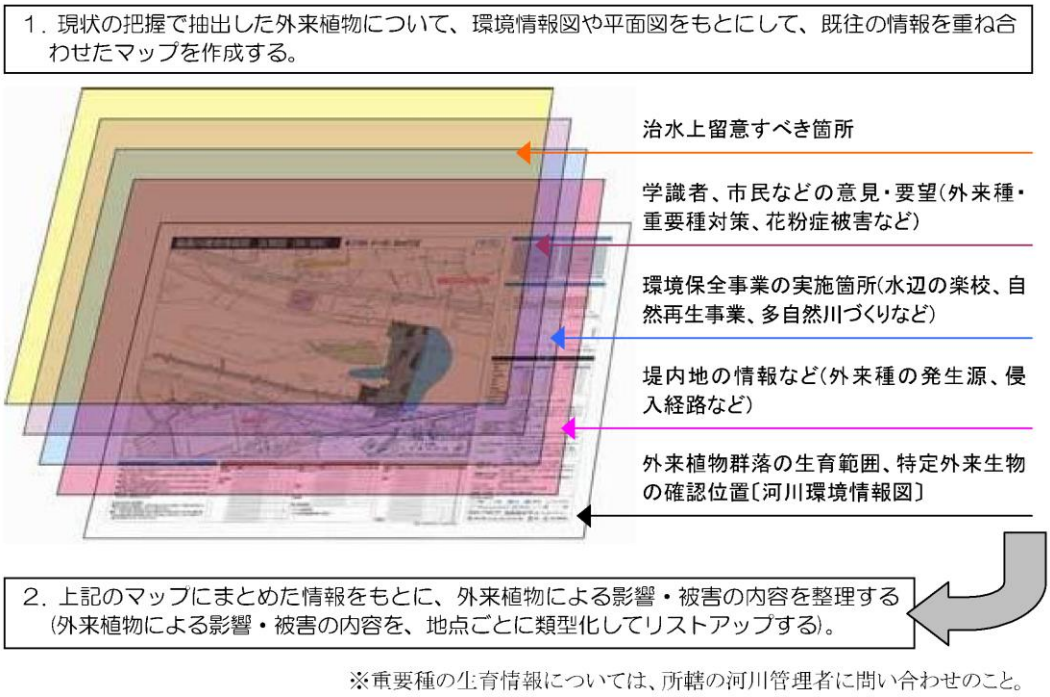


図-3　外来植物による影響・被害の把握のための情報整理の例 [1)]

（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。

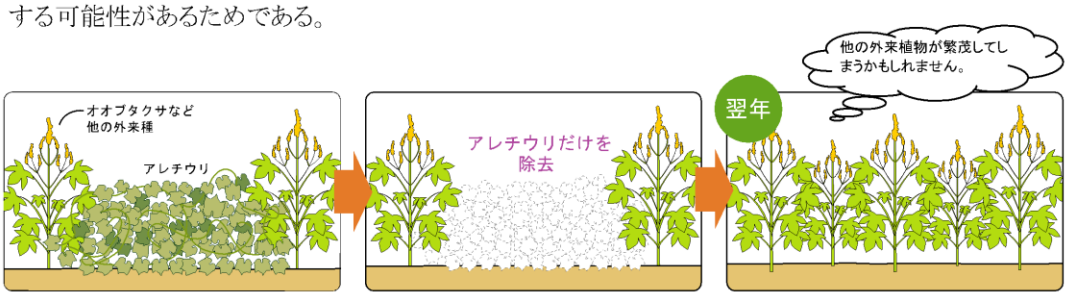


図-4　対策後の意図しない外来植物の繁茂（例） [1)]

（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。

■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
- オオカワヂシャ
- オオハンゴウソウ
- セイタカアワダチソウ
- ホテイアオイ
- アレチウリ
- オオキンケイギク
- ナルトサワギク
- シナダレスズメガヤ
- 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
- アゾラ・クリスタータ
- オオフサモ
- メリケンムグラ
- ブタクサ
- ミズヒマワリ
- カモガヤ
- ネズミムギ・ホソムギ
- メリケンガヤツリ
- イタチハギ
- ナガエツルノゲイトウ
- ブラジルチドメグサ
- アレチハナガサ類
- オオブタクサ
- オオカナダモ
- オニウシノケグサ
- チクゴスズメノヒエ

■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。

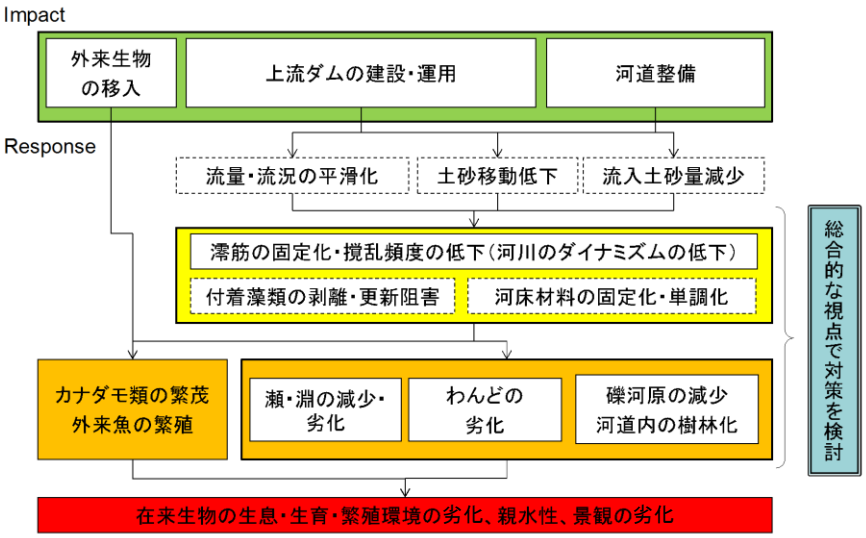


図-5　環境変化の要因分析

■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

2022 年(令和 4 年)3 月　一部改訂

8－4　Question

外来植物除去の基本的な考え方を教えてください。

■Question の意味と背景

“外来種”とは、人の活動によって本来の分布域の外の国や地域に導入（移動）された生物種である。これに対して、もともとその地域に分布している種を“在来種”という。外来種について、海外から日本に持ち込まれた生物を「国外由来の外来種」と呼び、日本の在来種であっても本来分布していない地域に導入された外来種を「国内由来の外来種」と呼ぶ。

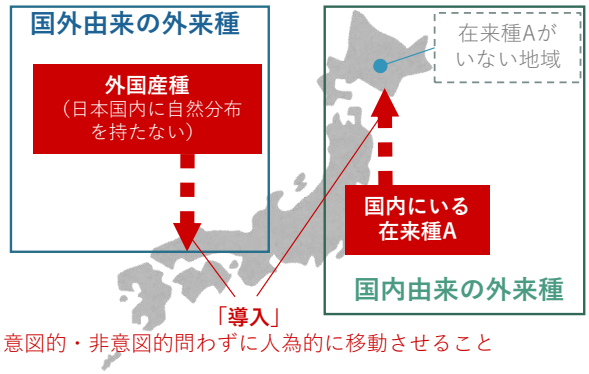


図 1　外来種の種類

河川における外来植物の侵入によって、在来種や在来生態系、治水・利水、人間活動などへ悪影響を与える恐れがある。

これらの外来植物除去については、国土交通省水管理・国土保全局から、「地域と連携した外来植物防除対策ハンドブック（案）」（令和 3 年 7 月）が出されている。

https://www.mlit.go.jp/river/shishin_guideline/kankyo/gairai/pdf/handbook.pdf

このハンドブックは、日本の河川で問題となっている外来植物 10 種について、その特徴や防除方法を分かり易く説明したものであり、その内容について紹介する。

■関連する Question

- Q8-2 河道内樹林が再繁茂しにくい施工や維持管理の方法を教えて下さい。
- Q8-3 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下さい。

Answer

外来植物は、侵入しやすい場所などを日常的に監視することで早期発見に努めることが重要である。侵入してしまった場合、侵入初期に速やかに除去対策を講じることが有効であり、そのためには、河川管理者だけでなく地域の方の協力が必要である。

■Answer の概要と基本的考え方

「地域と連携した外来植物防除対策ハンドブック（案)」は、外来植物に共通する基礎知識や駆除に関する留意点をまとめた“外来種について”と 10 種それぞれの対策をまとめた“個別対策編”の大きく 2 部構成である。地域で問題になっている、あるいは駆除活動の対象としている外来植物がすでにある場合は、個別対策編の該当ページを読むと良い。外来植物について、広く知識を身につけたい方は、“外来種についての該当ページ”を読むと良い。

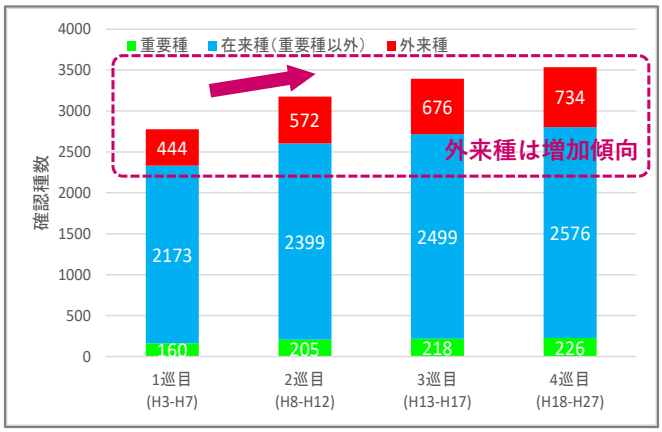
より詳しい情報や対策は、「河川における外来植物対策の手引き」（平成 25 年 12 月 国土交通省河川環境課）を参照されたい。

（http://www.mlit.go.jp/river/shishin_guideline/kankyo/gairai/tebiki.html）

■Answer の詳細

（１）外来種の現状について

河川水辺の国勢調査の結果によると、外来植物は全国の河川に広く分布しており、確認種数は増加傾向にある。



「これまでの河川水辺の国勢調査結果総括検討〔河川版（生物調査編）ダイジェスト版〕」より

図 2　全国河川における植物の確認種数

外来植物の広がり方は以下の通りである

- 河川の流水や土砂の移動に伴い種子や植物体が分散、堆積した土砂に一斉に繁茂する
- 種子が風よって散布される
- 園芸用や緑化用であった植物が野外に逸出する

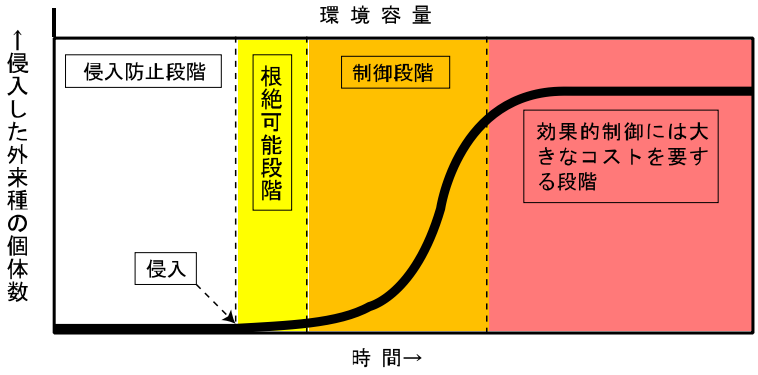


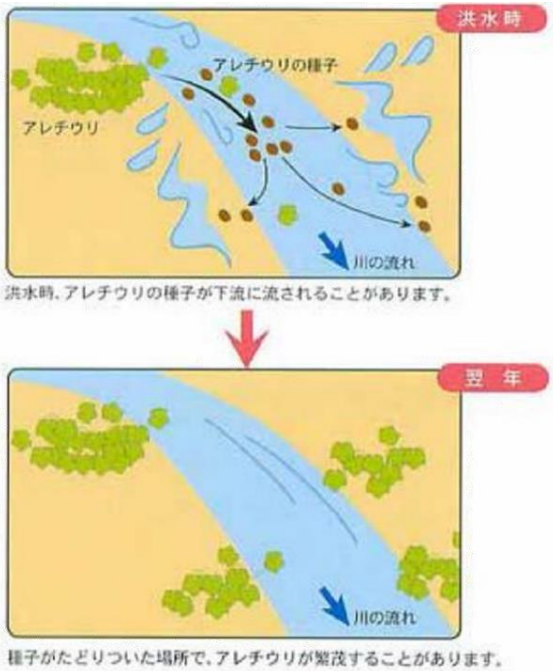
図 3　外来種の侵入段階と対策の有効性のイメージ

特に注意が必要な場所は以下の通りであり、これらに着目して外来種の侵入を監視することが効率的である。

- 外来種がすでに繁茂している箇所から下流側に拡大する恐れがある
- 出水等により既存の植生が剥がれ裸地化した箇所
- グランド・人工草地・管理されていない公園等は外来種が侵入し、大群落となる可能性がある。
- 耕作地等の栄養が豊富で日当たりの良い場所も注意が必要
- 支川において繁茂している場合には本川との合流点付近も注意が必要

（2）外来種対策の考え方

外来植物は、侵入しやすい場所などを日常的に監視することで早期発見に努めることが重要である。侵入してしまった場合、侵入初期に速やかに除去対策を講じることが有効であり、そのためには、河川管理者だけでなく地域の方の協力が必要である。



「千曲川・犀川のアレチウリー河川の自然を保護するための外来植物対策ー」より

図 4　種子の流下による外来種拡大の様子

＜日常的な監視のポイント＞

① 外来種が侵入しやすい場所を知る

「特に注意が必要な場所」を念頭に置き、外来種が繁茂している場所の下流側や公園や耕作地周辺等に着目して監視をすると効率的である。

② 見つけやすい時期に監視する

外来種ごとの生態を踏まえて、花が咲く時期や冬季にロゼット状の葉を探すなどが有効。

③ 洪水の後は注意が必要

洪水によって外来種の種子や植物体を含んだ土砂が流出し、下流で堆積することによって外来種が定着する恐れがある。そのため洪水後のタイミングで現地を確認することが有効である。

④ 保全すべき種の生物に着目する

外来植物が広範囲にわたって繁茂してしまっている場合などは、在来種などの保全すべき生物の生息地に注目し、優先順位をつけて監視をすることが重要である

（3）防除のポイント・考え方

① 種子がつく前に防除を行う

種子をつけてから防除を行うと逆に種子を拡散させ、被害が拡大する恐れがある。

② 複数の外来種が生育している場合は併せて防除

複数の外来種が生息・生育している場所では、ある種を除去した後に別の外来種が繁茂する可能性があるため、他の外来種も併せて防除すると良い。

（4）ハンドブックに掲載されている外来植物 10 種について

手引きでは「河川における外来植物対策の手引き」（国土交通省, H25. 12）において設定されている「対策を優先すべき主な外来植物」を対象としている。全国の河川で影響・被害が大きい種、専門家によって指摘された種、特定外来生物に指定され国土交通大臣が防除の公示を行っている種という 3 つの観点によって抽出が行われた種である。

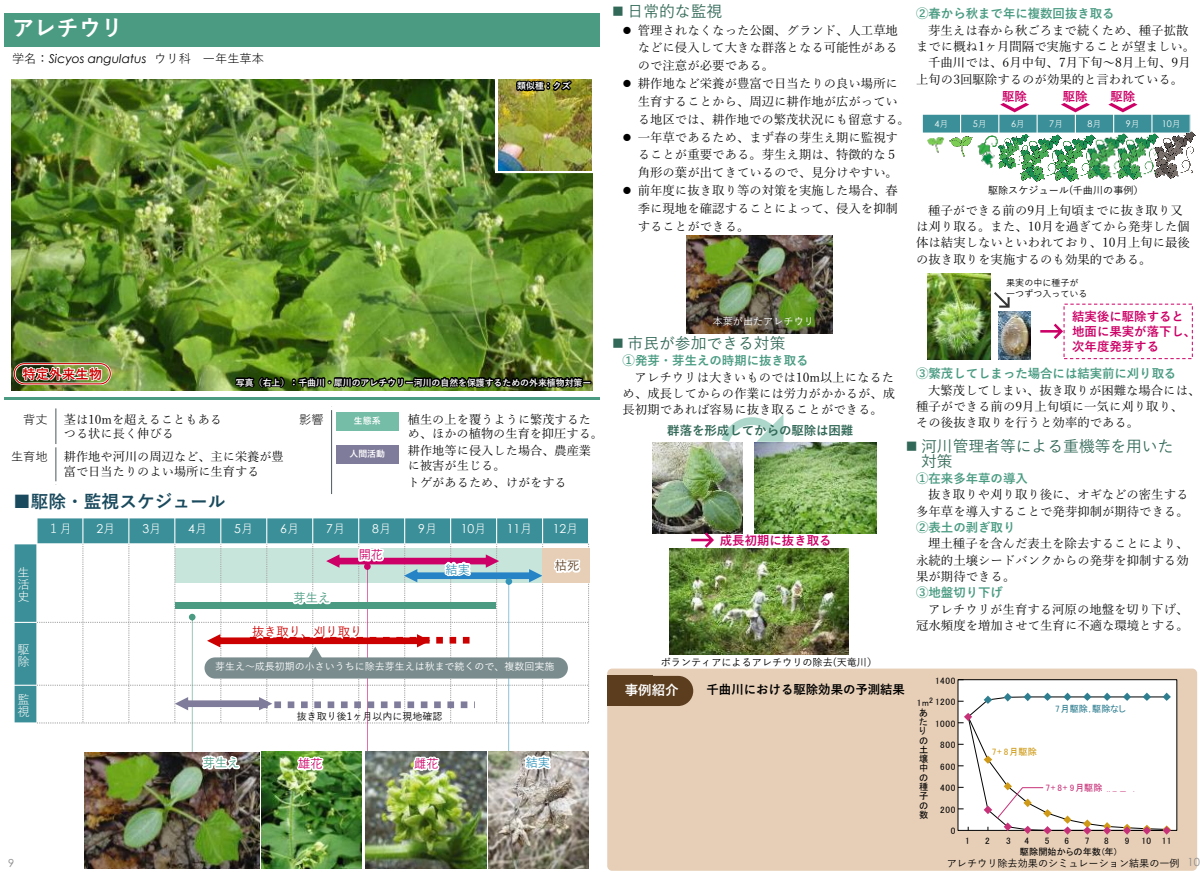
手引きで対象とする外来植物 10 種は以下の通りである。

木本： ハリエンジュ

草本： アレチウリ　オオキンケイギク　セイタカアワダチソウ　シナダレスズメガヤ
オオカワヂシャ　オオハンゴンソウ　ナルトサワギク

水草： ボタンウキクサ　ホテイアオイ

（5）外来種防除の例　アレチウリ



■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：地域と連携した外来植物防除対策ハンドブック（案）, 2021
- 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：地域と連携した外来植物防除対策ハンドブック（案）, 2021
2) 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

2022 年(令和 4 年)3 月　一部改訂（新規追加）

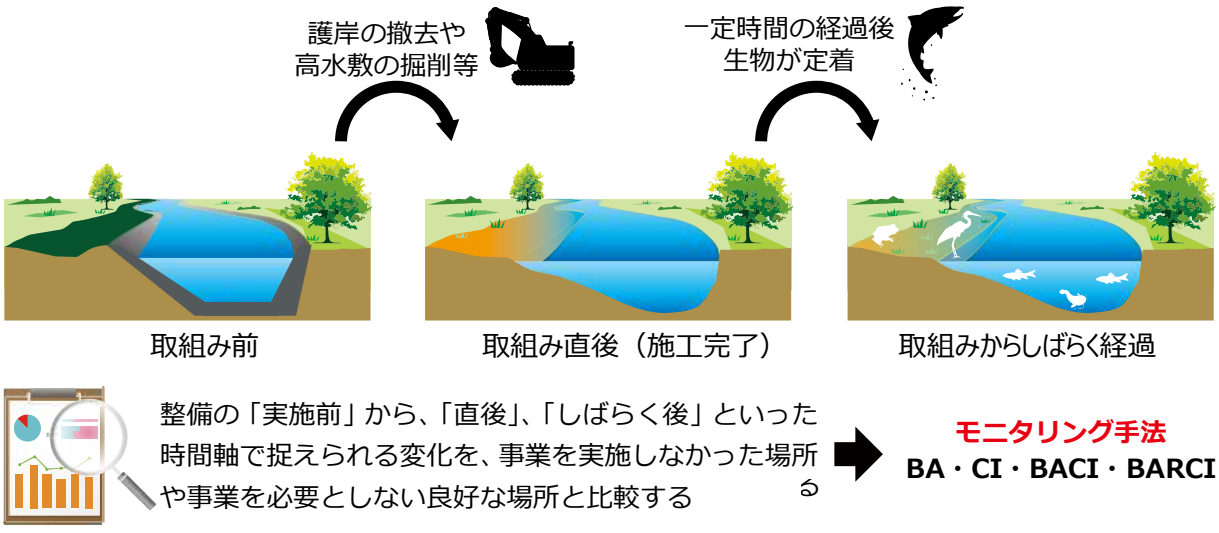
9－1　Question

自然環境に関連した河川整備を実施する上で、モニタリングのポイントを教えてください。

■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、河川整備計画や自然再生計画に基づいた自然環境に関連した整備を行った際、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「モニタリング」が必要となる。

整備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。このとき、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、「整備後のデータだけ」では適切な評価は困難である。整備前から多くの生物が生息していた可能性もあれば、整備の有無に関わらず、調査時はどこでも生物が多かったタイミングかもしれない。整備による効果を評価できなければ、継続していくべきなのか、さらなる対策が必要なのか、順応的管理を検討することも難しい。モニタリングは整備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「決まり事（調査デザイン）」が考え出されている。



■関連する Question

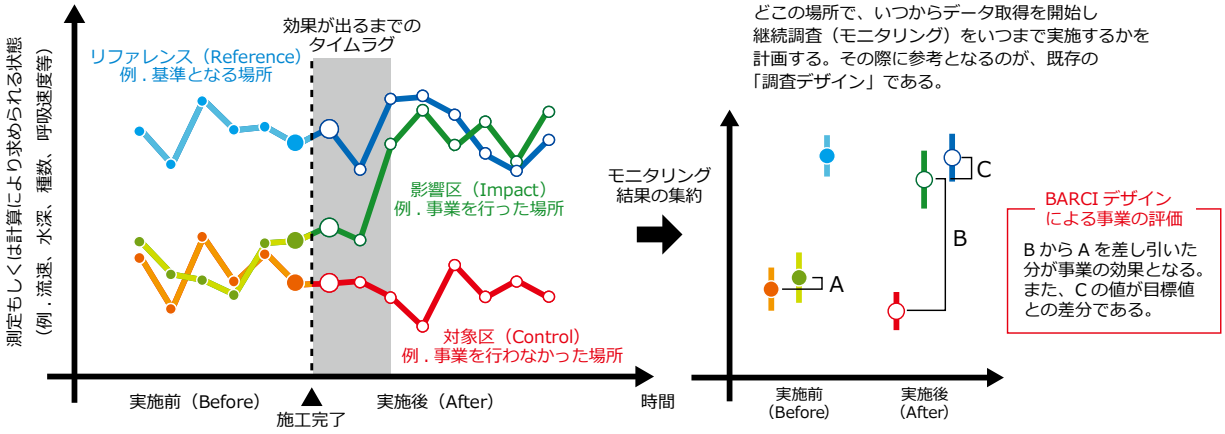
- Q2-1　治水事業において、多自然川づくりで留意すべきポイントを教えて下さい。
- Q5-2　高水敷掘削や切下げを行う際に、掘削の効果を長持ちさせながら、河川環境の改善に寄与するための留意点を教えてください

Answer

整備前からデータを取ることが必要といった「決まり事（調査デザイン）」を踏まえたモニタリング計画が求められます。

■Answer の概要と基本的考え方

河川の自然環境に関して、河川整備計画や自然再生計画等に基づいた整備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、考えていた通りに環境が推移しているかを確認することが求められている。このとき、適切な手法として考え出された「決まり事」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。「決まり事」とは「調査デザイン」であり、この「調査デザイン」が適切でなければ、整備の効果を正しく評価することはできない。代表的な「調査デザイン」として、「Before-After-Control-Impact（BACI）デザイン」が挙げられる。整備効果とは「整備によって生じる変化」であり、その変化を捉えるには整備前と比べてどうなったのかを調べる必要がある（「前後（Before-After）」の比較）。さらに、整備の効果を調べるには、「整備を行わなかった」地点と比べることが求められる（「整備の有無（Control-Impact）の比較）。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 デザインに目標や参照（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、どういった場所と時間にモニタリングを行うことで、整備による効果を評価できるかを考えることが大切であり、上記の調査デザインに基づくよう努めるべきである。なお、モニタリングの対象とする項目・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、整備の実施とのタイムラグを考慮する必要がある。



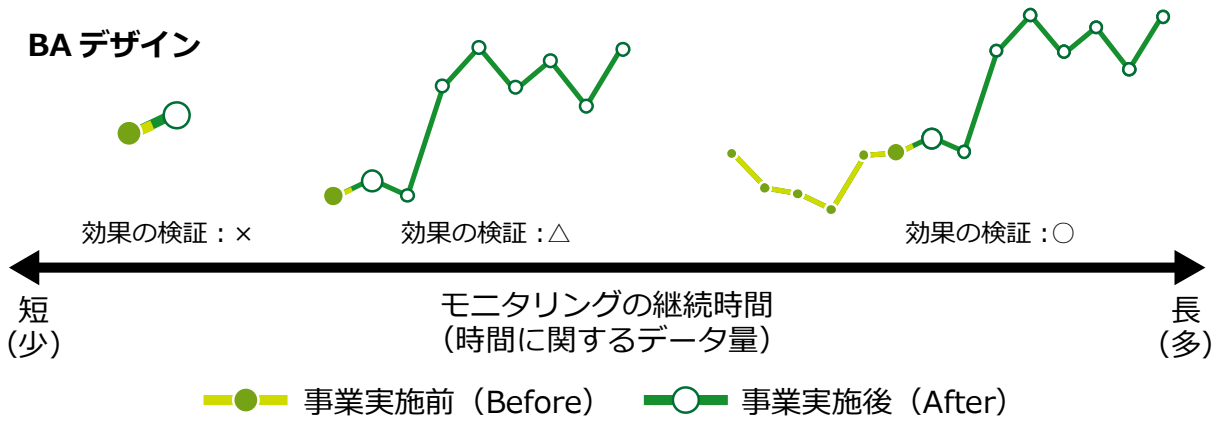
■Answer の詳細

（１）調査デザイン

整備の影響を適切に捉えるには、整備を実施した後にその場所だけを調査しても、その影響（改変に対する応答）を捉えることはできない。モニタリングにより整備を評価しようとするならば「調査デザイン」をよく考え、評価に堪えられる「比較」を合理的に行い、整備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り、評価する上での「決まり事」若しくは「約束事」に近いものである。整備の内容や規模、場所、さらには整備による応答の種類に応じて「調査デザイン」は変わるものである。過去に戻ってデータを取ることは、写真等から読み取れるものを除けば、基本的に不可能である。そのため、整備することが決まった時点（実際に整備を行う前の時点）で、「調査デザイン」を考えることが非常に重要である。

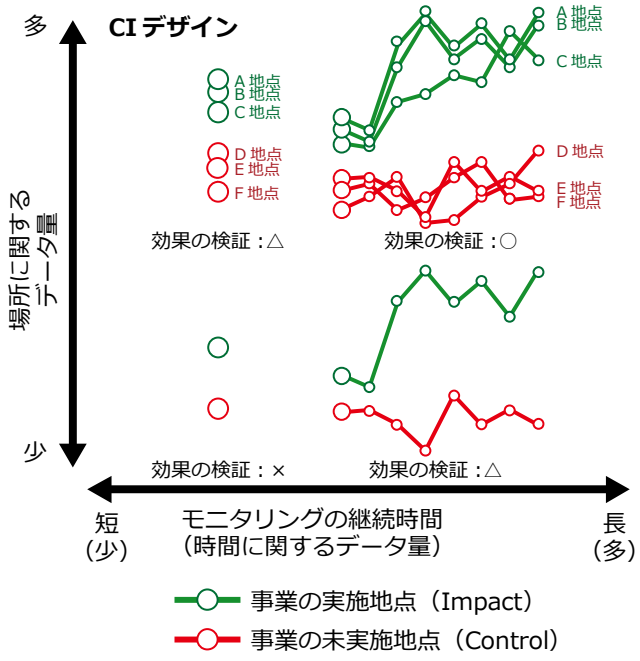
（２）Before-After（BA）デザイン

整備を実施する前から調査を開始し、整備「前」と整備「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、環境の変化を促すような対策を行ってい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、整備の実施と偶然、重なる可能性もある。そのため、BA デザインでは整備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、整備前（Before）と整備後（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 デザインによって整備の効果について言及することができる場合もある。



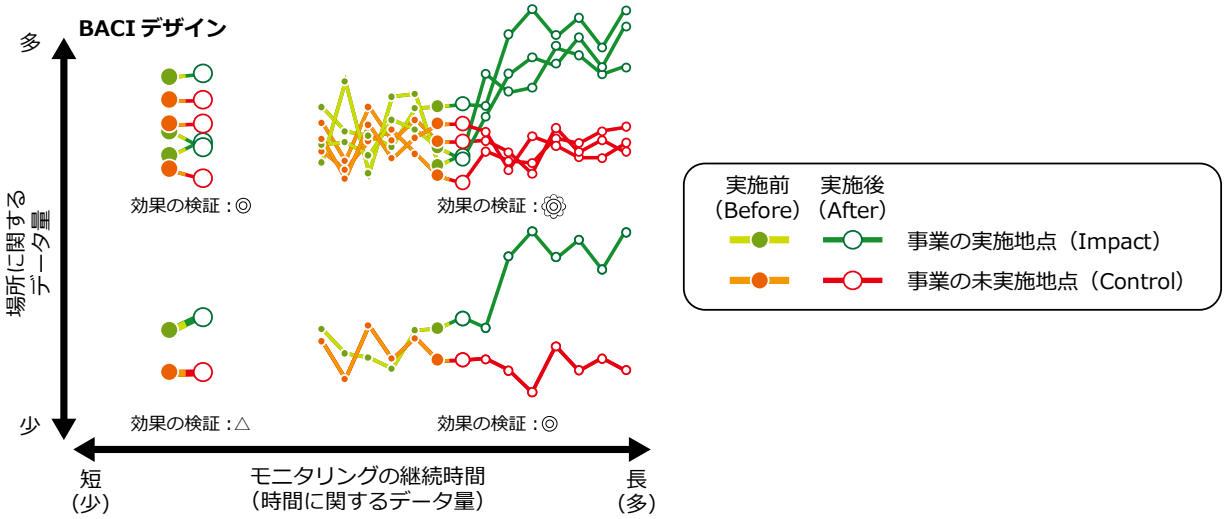
（３）Control-Impact（CI）デザイン

整備の効果を検証するには、整備を実施した地点（Impact）とともに整備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、この比較は整備した（Impact）地点と整備しなかった（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、整備した（Impact）地点と整備しなった（Control）地点を数多く設定することで、地点間の違い（変異）を考慮した比較を行うことも可能であり、整備の効果について検証することも可能である。



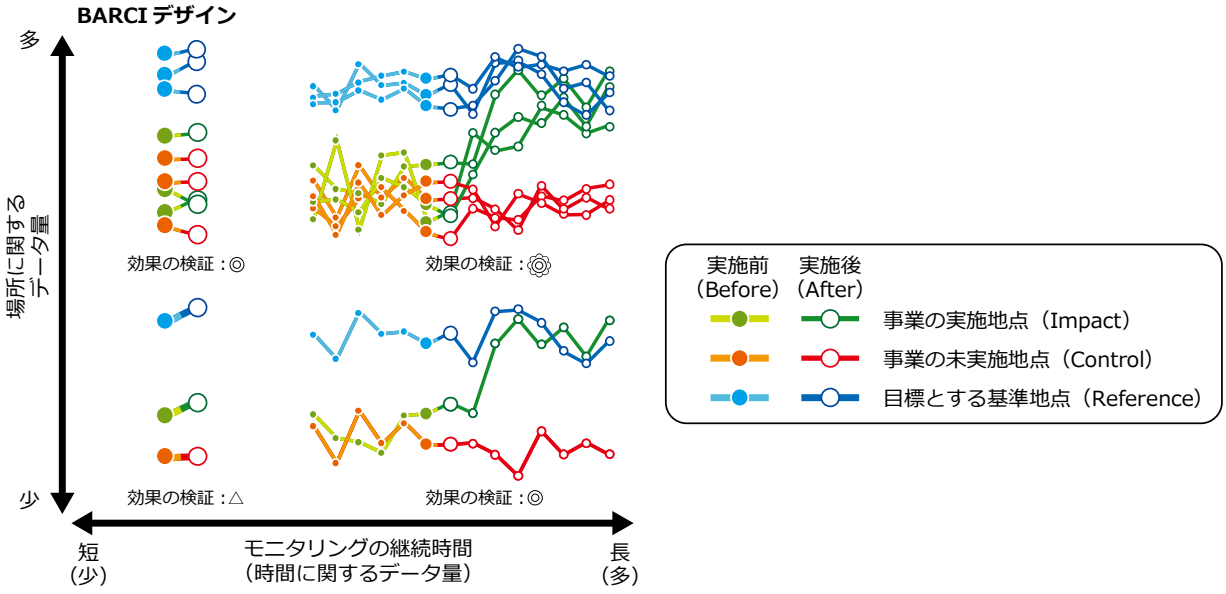
（４）Before-After-Control-Impact（BACI）デザイン

整備「前・後」を比較する「BA デザイン」や、整備を「した・しなかった」を比較する「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、整備実施区（Impact）と対照区とも呼ばれる整備未実施区（Control)という空間評価軸によって、整備の影響を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の調査を実施し、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

整備を実施する際、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できない。特に「河川環境の目標を定量的に設定した」際には、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)]。これは、前項で述べた 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手法である。目標となる地点を Reference と設定することで、整備により Reference に近づくことを目指すことになるだろうが、目標となる地点（Reference）自体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検証が行えるように、繰り返し（replication）を多く取ることが望ましい[2)]。繰り返しの数は、整備やモニタリングの内容、コストや社会的許容度に依存するが、繰り返しの数が増えるほど検証を行いやすく、整備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整備前と整備後の調査を実施する、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、より適切に効果の検証を行う（統計的な有意性を証する）ことが可能となる[2)]。

（７）調査の項目と間隔

調査デザインを決める際に、悩むことになるのが調査の項目と間隔であろう。整備によって期待する応答の種類に応じて、調査する項目と間隔は変わる。物理的変量（河床材料や流況、地形等）、化学的変量（水温や BOD、濁度等）、生物的変量（各種の個体数や生息範囲、種数等）など、モニタリングできる項目には様々な種類がある。このとき、過去からの変化を捉える上で、河川定期縦横断測量や河川水辺の国勢調査等の蓄積されてきたデータを活用することも検討してみるのが良いだろう。調査の間隔に関しては、整備直後に大きく変化することが想定されるため、整備前後は比較的、密な間隔で調査することが望ましい。ただし、整備から一定程度の時間が経過し、変動しながらも状況が安定していることが確認されれば、5 年から 10 年程度の間隔で実施される定期調査でモニタリングすることも効率化の面から採用すべきであろう。ただし、絶滅危惧種のような個体数が最初から限られている生物に関しては、急減する可能性もあるため、分布範囲や個体数など現状をよく踏まえてモニタリングの間隔を検討することが必要である。

（８）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整備による効果を監視し、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、又は対策の再実施）によって修復を図る順応的管理（アダプティブマネジメント）の考え方を、整備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、整備をする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。

■参考事例

①松浦川（アザメの瀬）

九州地方整備局管内を流れる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 年にかけて植物相や魚類相に関する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。この事業では竣工後の維持管理についても、住民らが主体的に取り組んでおり、草刈り等の植生管理と清掃が行われているだけでなく、小学生などを対象とした環境学習や地域で昔から取り組まれていた伝統的行事の活動の場としても利用されているなど、「順応的な管理」を行いながら「住民参加」によって進められている（詳細は、「林ほか 2012 湿地研究 vol.2 27-38」や「国土交通省九州地方整備局 アザメの瀬の記録（https://www.qsr.mlit.go.jp/takeo/azame/azame_oshirase/kiroku.html)」を参照)。

表　モニタリングによって明らかとなった課題と対応としての計画変更の内容

（林ほか 2012 湿地研究 vol.2 27-38 に基づいて作成）

中間モニタリングが実施されたことによって明らかとなった課題	課題を踏まえて行った計画変更
①クリークと下池の地盤高は T.P.3.5m で、乾燥した比高の高い T.P.3.2m 以上にはセイタカアワダチソウ等の外来植物が繁茂。 ②下池周辺で乾燥化が進行し、荒地性雑草群落を主とした群落が形成されており、沈水植物や抽水植物が繁茂する水域から陸域への移行帯（エコトーン）が乏しい。 ③下池の水際には湿性の外来種であるキシュウスズメノヒエなど，単一の植物群落が優占。 ④出水時に運ばれてきたヤナギの定着とヤナギタデの拡大により、クリークが植生に覆われ、開放水面が失われつつある。	①　クリーク周辺の土地が乾燥するため、クリークの地盤高を T.P.3.5m から T.P.3.0m まで下げる（冠水頻度 15～20 回／年程度）。 ②陸生の外来植生の繁茂を抑制し、目標である湿地植生域を拡大するために、下池及び上池東側の法面の勾配を当初の 5～7 割から 2 割の急勾配とし、冠水頻度が高い湿地部分の面積を拡大する。 ③湿地水温の上昇や外来草本の繁茂を抑制するために、ヤナギ類の植樹を行う。 ④クリーク上流部の河岸崩壊を抑制し，一定の水面幅を確保する ために河岸に木柵を設置する。

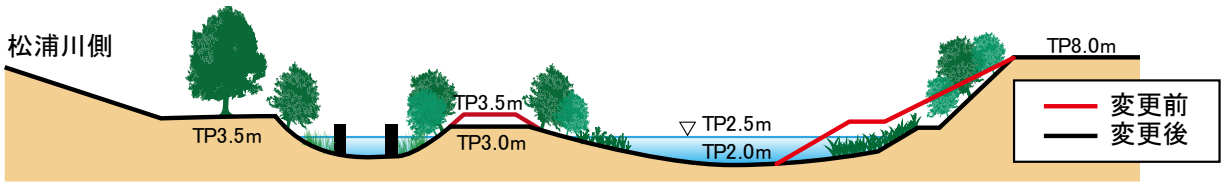


図　モニタリングの結果に基づいた計画の変更前後の横断イメージ

（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

近畿地方整備局管内を流れる円山川では、平成 16 年 10 月に台風 23 号による既往最大の出水があり、甚大な損害を被ったことから、平成 16 年度から平成 22 年度まで再度災害防止のための河川激甚災害対策特別緊急事業（激特事業）が行われた。事業実施にあたり、円山川自然再生推進委員会・技術部会の意見を踏まえ、激特事業開始前の河川水辺の国勢調査で確認された重要種や、出水後から河道掘削が本格化する前に実施したモニタリング調査で確認された種から着目する種（希少種・典型種）を設定した。そのうえで、激特事業による河川環境への影響を、着目種の確認種数の変化から検証した。激特事業の開始前から事業期間中も続けたモニタリング調査の結果、河川水辺の国勢調査結果と照らし合わせることで出水による種数の減少が確認されたが、激特事業を実施する期間中に種数が回復していることが明らかとなった。

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、掘削により再生を行った湿地でのモニタリング結果から、湿地生植物が十分に定着していないことなどが明らかとなった。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（順応的管理）。そして、モニタリングの結果から課題として挙げられた「湿地生植物の定着」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。

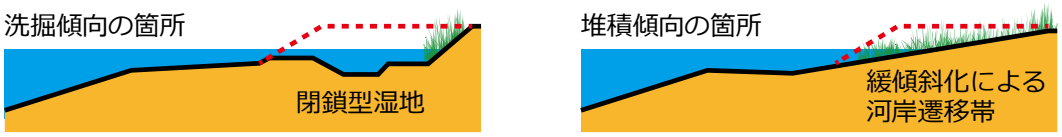
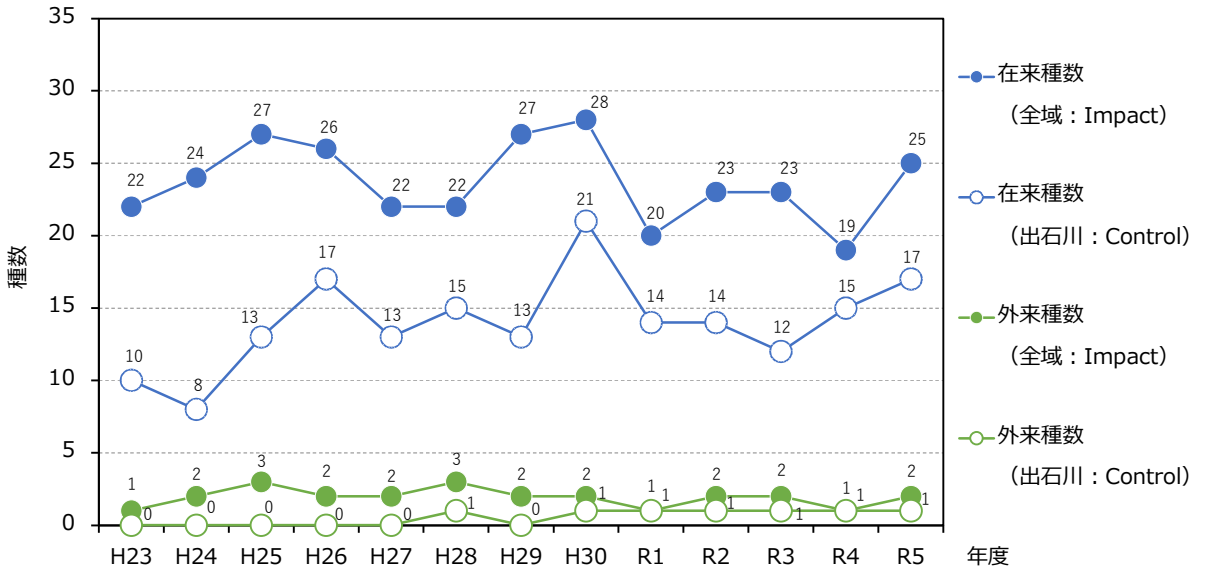


図 土砂堆積傾向に応じた改良方法

さらに、平成 22 年度から実施している自然再生事業の効果検証調査として、湿地再生を実施した区間では Control-Impact（CI）デザインに基づいたモニタリングを行い、魚類への効果を評価している。出石川を対象に、「本川の流路のみ」を Control とし、「再生した湿地環境と本川の流路」を Impact として設定し、魚種数の経年変化を調査している。その結果、再生した湿地環境を含む Impact 区間では、本川のみの Control と比べて 1.3～3.0 倍の魚種数（在来）が確認され、整備による効果が明確となっている。自然再生事業によるモニタリング調査は約 10 年間続けられ基本的に令和 5 年度に終了したが、その後も河川水辺の

国勢調査での調査地点として設定することで、CI デザインに基づいた調査が継続的に行われるように工夫している。



※出石川：出石川本川で確認された魚種数、全域：再生した湿地及び出石川本川で確認された魚種数

図 加陽湿地の魚類確認種数の経年変化

③大和川

近畿地方整備局管内を流れる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―　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渓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みられなかったが、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 か月後（After）には効果がみられ、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。

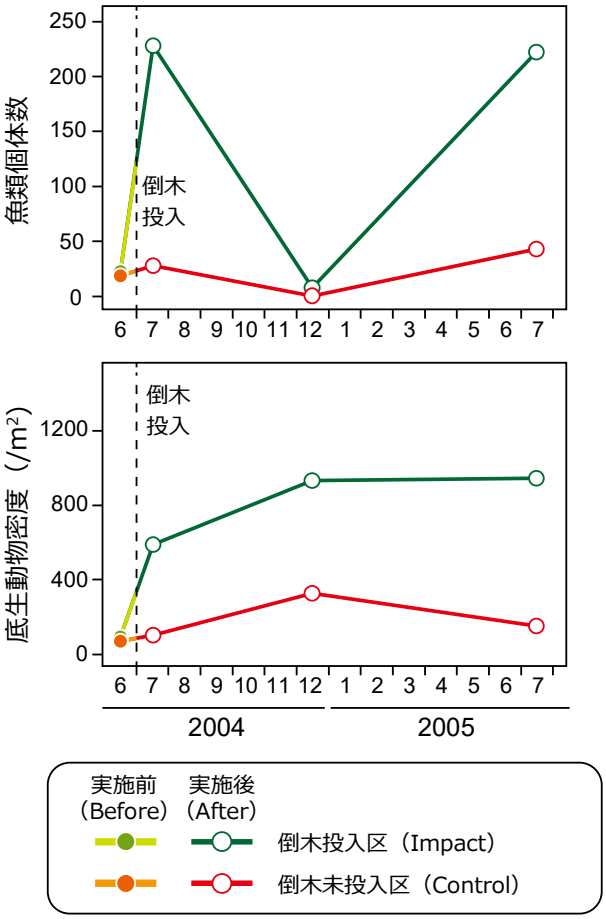


図　倒木投入区と倒木未投入区における魚類個体数と底生動物密度の変化

■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
- 国土交通省 九州地方整備局 武雄河川事務所，国土交通省 九州地方整備局 武雄河川事務所ウェブサイト アザメの瀬の記録，令和 7 年 2 月閲覧，https://www.qsr.mlit.go.jp/takeo/azame/azame_oshirase/kiroku.html
- 国土交通省 近畿地方整備局 豊岡河川国道事務所，国土交通省 近畿地方整備局 豊岡河川国道事務所ウェブサイト 円山川水系自然再生事業，令和 7 年 2 月閲覧，https://www.kkr.mlit.go.jp/toyooka/kasen/saisei/index.html

■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,BlackwellScienceLtd,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・計画論ー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ー，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
6) 林博徳，島谷幸宏，小崎拳，池松伸也，辻本陽琢，宮島泰志，安形仁宏，鈴木太郎，添田昌史，川原輝久:再生氾濫原アザメの瀬における取り組みの包括的報告と事業評価,湿地研究 2,p.27-38，2012. https://doi.org/10.24785/wetlandresearch.WR002004
7) 近畿地方整備局豊岡河川国道事務所 田中祐行：高水敷切下げによる環境改善の取組みについて，国土交通省ウェブサイト 令和元年度全国多自然川づくり会議，令和 7 年 2 月閲覧，https://www.mlit.go.jp/river/kankyo/main/kankyou/tashizen/gaiyou_R01.html
8) 都築隆禎，坂之井和之，和泉谷直樹，西嶋貴彦：円山川水系自然再生計画 ～激特事業完了後の計画見直し～，リバーフロント研究所報告 24，2013.9. https://www.rfc.or.jp/rp/files/24-19.pdf

2025 年(令和 7 年)8 月　一部改訂

１０－１　Question

３次元データを活用した多自然川づくりの現状について教えてください。

■Question の意味と背景

国土交通省では令和５年度までに小規模を除く全ての公共工事において BIM/CIM 原則適用の方針が示され、建設現場の生産性向上や働き方改革の促進が求められている。河川の現場においても ICT 建設機械を活用した i-Construction による施工も普及してきた。河道地形の把握においても、グリーンレーザ（ALB）や UAV などによる航空測量を中心に河川において３次元データが急激に取得されるようになってきている。課題であった 3 次元設計についても検討が進み iRIC、三次元 CAD あるいはゲームエンジンを活用した手法が試みられている。河川管理についても３次元管内図を活用する動きとなっており、3 次元データの活用はますます大事になってきている。しかしながら、現場では、まだ試行段階のものが多く、必ずしも理解が進んでおらず、なじみの深いものとはなっていない。多様で複雑な河川環境の場（生息場）をそのまま捉えることのできる 3 次元データは多自然川づくりを高度化させるうえで重要な技術となりつつある。

■関連する Question

特になし

Answer

調査、設計、施工、維持管理あらゆる段階で３次元データが活用されています。３次元データの活用は正確な生息場の把握や環境の定量的評価につながり、多自然川づくり技術の向上が期待できます。

■Answer の概要と基本的考え方

河川測量にグリーンレーザ（ALB）が一般的に使用されるようになり、3 次元データを活用の基盤ができた。同時に ICT 建設機械の普及により、複雑な河道地形の整形も 3 次元データを建設機械に取り込むことで可能となってきた。測量から施工に至る途中の設計段階で、一度2 次元図面に戻ることが課題であったが、3 次元測量から直接 3 次元設計に進むプロセスについても様々な取り組みがなされており、急激に技術は進展しつつある。3 次元データを活用することにより治水と環境を統合した定量的な評価、あるいはゲームエンジン等を用いた景観評価についても検討が進んでおり、これまでよりも高度で美しい川づくりが実現できる素地が出来てきた。河川のかたちをそのまま再現でき、精度よく定量的な評価を可能とする 3 次元データはより進んだ多自然川づくりを進める上で必須の技術となりつつある。3 次元データを河川管理に応用する 3 次元管内図の開発も進んでおり、河川のデジタルツインを活用した治水と環境の両立した河道管理の時代を迎えようとしてる。

■Answer の詳細

川づくりは一般的に調査、設計、施工、維持管理という４つの段階で進むここでは、これら４つの段階にそって現状を紹介する。

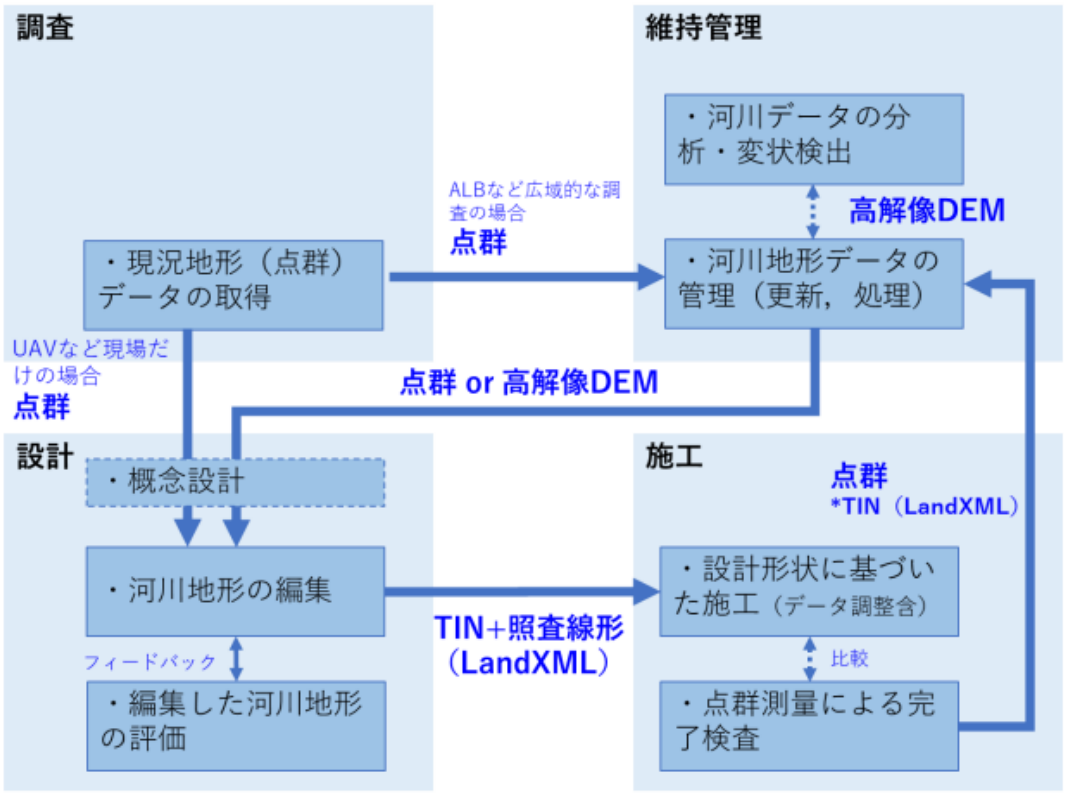


図 1　４つの段階と３次元地形データのフロー[1)]
（河川 CIM 成果報告書：P17 図３－２－１より）

（１）調査

現況地形の測量は、直轄河川においてはグリーンレーザ（ALB）による測量 2),3),4)が一般的となってきており、透明度が高く全川にわたってグリーンレーザで測深できる場合はあまり問題がない。濁りや水深の問題などでグリーンレーザが使用できない、あるいは部分的にしか使用できない場合は、音響測深（ソナー）や実測による補足的な測量（補測）が必要であり、コストの上昇やデータの統合の最適化などの問題を検討する必要がある。

運用するデータとしては、目的によって異なってくるが、おおむね DEM（グリッドデータ）1m で整備すれば問題ないと言われており、本省のマニュアル(p.3-17)5)も 1m を標準としている。活用するデータとしては XYZ の点群データが中心となる。DEM の元となるグランドデータやオリジナルデータでは RGB（色の情報）や反射強度を記録することも可能な LAS 形式で保存しておくと、応用的な活用ができる可能性がある。

（２）設計

3 次元データを活用した設計は図に示すように地形編集と評価（定量・定性）に分かれる。ここでは地形編集、定量的評価（主として水理、環境）、定性的評価（主として景観評価）に分けて説明する。活用できるソフトウェア等はさまざまであるが、ここでは多自然川づくりに関連して整理されている事例として「河川 CIM 標準検討小委員会成果報告書」1)（河川 CIM 標準化検討小委員会）の例を用いて紹介する。

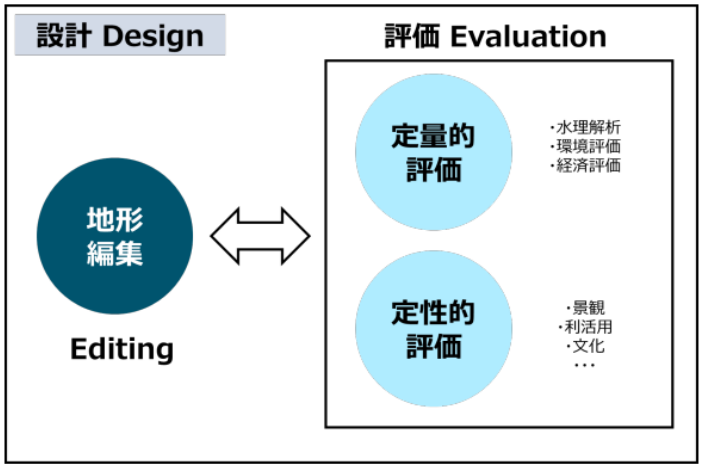


図 2　設計における「編集」と「評価」[1)]
（河川 CIM 成果報告書：P20 図３－４－１より）

１）地形編集

3 次元設計のうち地形編集の考え方としては大きく２つあり、ひとつは「従来の 2 次元設計の手法を活かし、結果として 3 次元設計となる手法」、もうひとつは「3 次元のまま設計する手法」である。前者は、これまでの設計技術の経験が生かせる方法で、後者は新しいタイプの設計技術や経験が必要と考えられる。前者として iRIC（RiTER Xsec)[6]、後者として 3 次元 CAD やゲームエンジンを用いた手法がある。ここでは一例として iRIC ソフトウェアをベースとした RiTER Xsec（土木研究所・自然共生研究センター開発）を紹介する。なお、RiTER Xsec の機能は iRIC 本体に実装されているので RiTER Xsec というソフトウェアは外向けには存在しない。

iRIC ソフトウェアは無料で高性能な水理計算プラットフォームとして広く活用されているが、基本的に現象再現のためのソフトウェアであり、実務的に河道設計に用いるためには、いくらか改良が必要であった。そこで、土木研究所は iRIC 研究会と連携し、本ソフトウェア上での地形編集機能（RiTER Xsec）を開発し、より実践的に河道設計に活用できるように改良した。先ほどの「従来の 2 次元設計の手法を活かし、結果として 3 次元設計となる手法」をコンセプトに、横断形作成の操作性の改善、官民境界の旗揚げ、既存の図面の重ね合わせ機能、データコンバート機能、DEM から任意間隔で断面図を切り出す機能などの追加を行った。横断の改良が平面図に連動するため分かりやすく、これまでの図面による設計の感覚で川を設計することにより、結果として 3 次元設計を行うのが RiTER Xsec の特長である。

3 次元 CAD は、土木分野において最も一般的に使われている 3 次元データ作成するソフトウェアであり、後段の施工との相性もよい。欠点としては、導入コストや河川のような 3 次元的に複雑な地形を編集するにはスキルや工夫がいる点である。

ゲームエンジンは、土木分野での活用は増えてきているもののまだ一般的ではない。しかしながら美しい描画力と複雑な形状の修正が比較的容易である点（九州地整の動画参照 [7]）が魅力的である。ただし、そもそもゲームを作るためのソフトであるので、施工など後段とのデータのやり取りに課題があったが、現在は河川 CIM 標準検討小委員会や関連する九州地方整備局の成果 [8] によりデータのやり取りも容易になっている。

２）定量的評価（土砂水理・河川環境など）

土砂・水理現象を定量的に評価する手法は様々であるがソフトウェアが無料であるという点や使いやすさ、可視化の美しさなどの観点から iRIC が計算プラットフォームとしては広く活用されている。3 次元データを活用すれば、iRIC の平面二次元ソルバ(iRIC 上で動くソフトウェア)である Nays2DH を用いて、平面的な流速分布や河床変動を把握することができるため、リーチスケールの定量評価によく活用されている。

河川環境の定量的評価ツールとしては土木研究所が EvaTRiP [9]を iRIC ソフトウェアのソルバとして平成 26 年度に開発し、その改良版として令和 2 年度末に EvaTRiP Pro をリリースしている。もともとは改良復旧などの中小河川の災害復旧工事による影響を簡易に評価するツールとして開発しており、特定の魚種の生息場の変化や、瀬や淵の位置や面積の変化を iRIC ソフトウェアの水理・河床変動計算ソルバ（Nays2DH）などと組み合わせて評価する(図-3)。このソフトウェアを活用して、改修前後に河川の生息場（例えば瀬や淵）の分布などが大きく変化していないか、あるいは環境目標となっている生息場が増えているかどうか、などを確認することが可能である。EvaTRiP Pro では、瀬淵分布を容易に表示する機能や計算の自由度を増した開発となっている（下記の雲出川の参考事例参照 [10]）。なかでも世界中で利用されるプログラム言語である Python に対応したことも大きい。

これらの機能を活用して、時間制約のある災害復旧時においても、図－4 に示すようなプロセスで、3 次元的に複雑な本来の河川地形をベースとして治水・環境面からより良い川づくりを目指すことが可能である（図－4)。

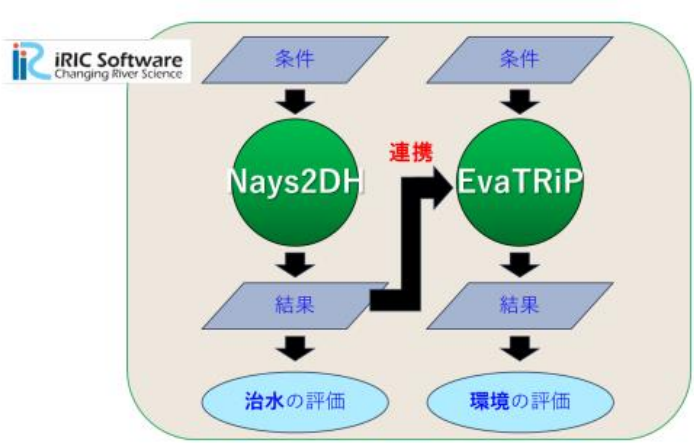


図 3　治水と環境の定量評価 [1]
(河川 CIM 成果報告書：P37 図４－２－７より)

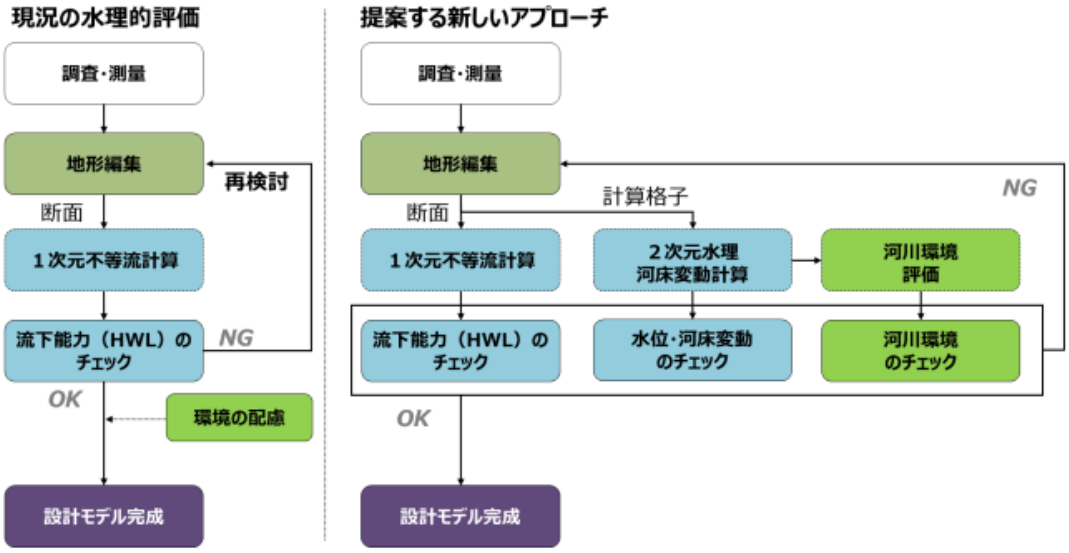


図 4　地形モデルの水理的評価・河川環境評価に対する新しいアプローチ [1)]
（河川 CIM 成果報告書：P37 図４－２－７より）

３）定性的評価（景観など）

定性的評価の例として、治水と環境の両面から定量的にチェックした河道に、さらにワンドや細流、あるいは水際設計などのディテールや周辺も含めた景観設計を行うことを考えてみたい。景観設計などの定性的評価はすべての河川設計においてかならずしも実施されていない。河川の重要度によっては実施せずに、一次検討から施工段階に行く場合もあるであろう。ただし、その場合にこれまで施工段階で“現場合わせ”として、実施してきたワンドや瀬淵の創出、寄せ石などの工夫を 3 次元の図面にどう反映させるか、完成検査はどうするかなど、実務的には制度設計上の工夫がさらに必要である。3 次元設計はすべての形状を定量的に決めているため、横断ベースの設計と比較して現場での融通が利かないところがある。

景観設計については、九州技術事務所・九州地方整備局を中心に土研とも連携しながら技術開発を行っている。これはゲームのソフトウェアに用いられるゲームエンジンを河川の設計に用いようとするもので、前段で作成された 3 次元データを読み込み、その表面に様々な素材のテクスチャーなどを張り込むことにより、比較的簡易にリアリティの有る仮想現実（VR: Virtual Reality）空間を作成できるものである（図－５）。VR 空間化することのメリットは、単に施工後の地形や景観が分かりやすくなるということだけではない。ヘッドセットを用いれば、その場に立ったときの奥行き感、高さ感、景色の移り変わりといった、図面だけでは困難だった部分までも認識を共有でき、地域住民などの利害関係者

や有識者等との合意形成の場面では強力なツールになりうる（※実際に九州地整では山国川のかわまちづくりの合意形成に活用しており、効果を確認している)。このソフトウェアには、粘土模型のような直感的な操作で、掘削・盛土も行う機能が備わっており 7)、ヘッドセットで見ながら地形を変えて合意形成といったことも可能である。既存データを読み込み背後の地形や画像を活用することで、さらに広域の景観設計に活用することも出来る。この詳細段階では、川づくりの設計者のニーズを満たし、施工に直接データ移行ができる VR ソフトの早急な開発が望まれる。ゲームエンジンについては、九州地方整備局がマニュアルや講義動画を公開している[8),11)]。また、有志企業を中心とする「川づくりデジタールフォーラム」も結成されており、技術者間の相互支援を行う体制も構築されている[12)]。



図 5　ゲームエンジンを用いた設計例（河川 CIM 標準化検討小委員会より）

（３）施工

設計で得られた地形（座標）データは、一般にそのままではICT建機にインプットできない。また、３次元設計を行っているとしても、既往の各種図面は施工から検査までの各段階で必要となるため、3D CADソフトウェアを利用した施工用のデータ処理・作成、図面化が現状では必要である。ICT建機で利用できるのは主としてLandXML形式のTIN（不整三角形網）データであり、単純には詳細検討段階の地形データをLandXML形式で出力すればよいようにも思われる。しかしながら、例えばICT建機が受け取れるデータ量に制限があることや建機のバケット幅よりも小さいTINが認識されると施工速度の低下や動作エラーを生じるなど、建機の特性によって細かな課題が存在し、現状では3D CADを用いて施工段階のファイルを微調整したものを利用するのが現実的であると考える。これらの課題は今後、i-Constructionに携わる関係者間で課題やノウハウを共有し、解決することが必要であると考える。

（４）維持管理（3次元管内図）

3次元データの活用は河川の維持管理にも影響を及ぼす。３次元管内図と呼ばれる河川管理ツールが、その中心となっていく。これまで管理のベースマップである2次元の紙の管内図がデジタル化され、3次元になったものである。表示においては2次元をベースとして、必要に応じて3次元データも活用することも考えられる。3次元管内図は各地で作られ始めており、今後、そのフォーマットが固まっていくものと考えられる。

■参考事例― 雲出川の 3 次元河道設計ツールを用いた治水･環境の一体的検討の試行

雲出川では、グリーンレーザの測量結果を活用して、河川整備計画の暫定対応河道の評価を実施している。治水評価においては、iRIC を用いて、河床変動計算を行い河道の安定性を確認している。河川環境については、EvaTRiP Pro を用いて原稿の河道と比べて瀬淵分布に大きな差はないか、アユの産卵環境は保全できているかなどを確認している。また、維持管理の観点から樹林化を WOI という指標を用いて予測し、河道が樹林化しないか、つまり時間経過とともに樹林化が治水上の課題とならないか、と言った観点からの解析を実施している。詳細は参考文献[10]を一読いただきたい。

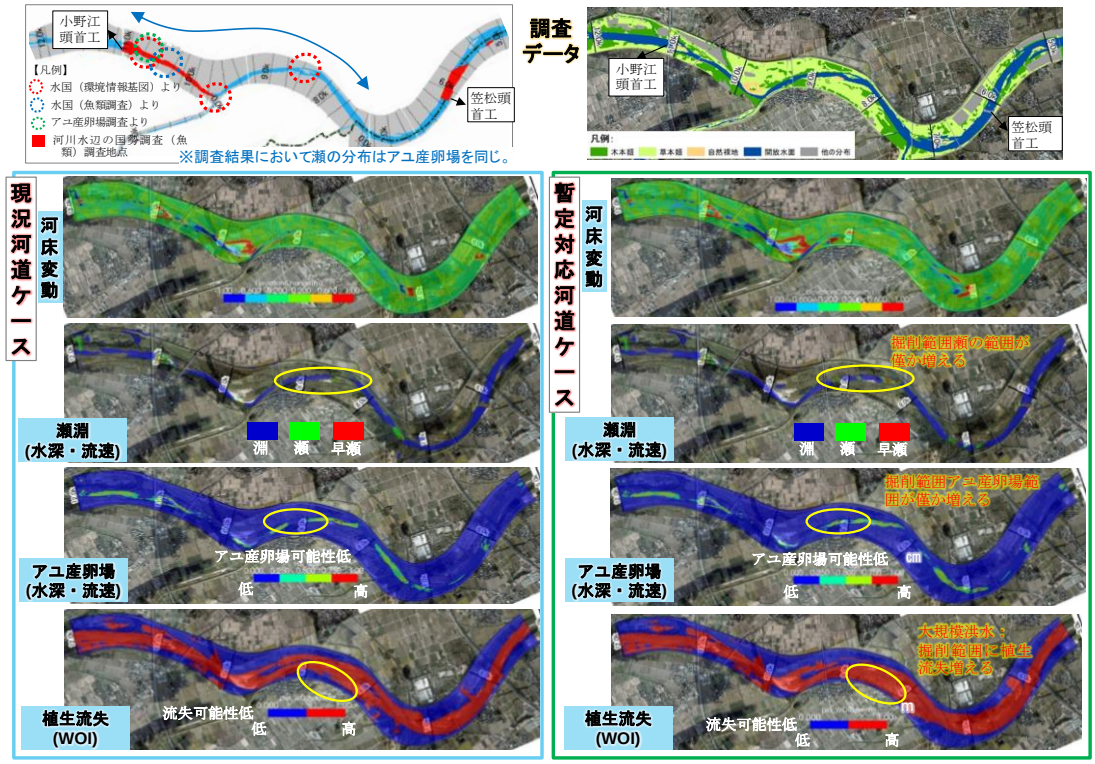


図 6　雲出川（三重河川国道事務所）における 3 次元データを用いた川づくり検討

■参考事例― 九頭竜川水系日野川における３次元の川づくりによる施工例

福井河川国道事務所の九頭竜川水系日野川では実務において、測量から設計、施工、さらに維持管理のベースマップまで渡す、一連の流れをパイロット的に構築している。測量はグリーンレーザで、設計は三次元 CAD で、施工は i-Construction で実施し、さらに施工の出来形を３次元で取得することにより、当所の測量データを置き換え、３次元地形データの更新まで試行している。３次元データで一連のプロセスを河川実務で実施した国内の嚆矢となる事例である（図－７）[1)]。

実際の設計プロセス（図－８）では、CAD によるイメージモデルの作成から、受発注者間の設計協議を実施し、イメージモデルを修正し、その後、河道技術部会と呼ばれる有識者委員会での議論を経て、掘削形状を決定し、３次元 CAD により設計データを作成し、その後の MC 建設機械で施工を実施している。現場では、河川改修に合わせて図－９のような複雑な形状の湿地が創出されている。この複雑な形状は２次元図面では把握しづらいが、３次元モデルがあったことで現場の施工者らの理解も容易であったそうだ。

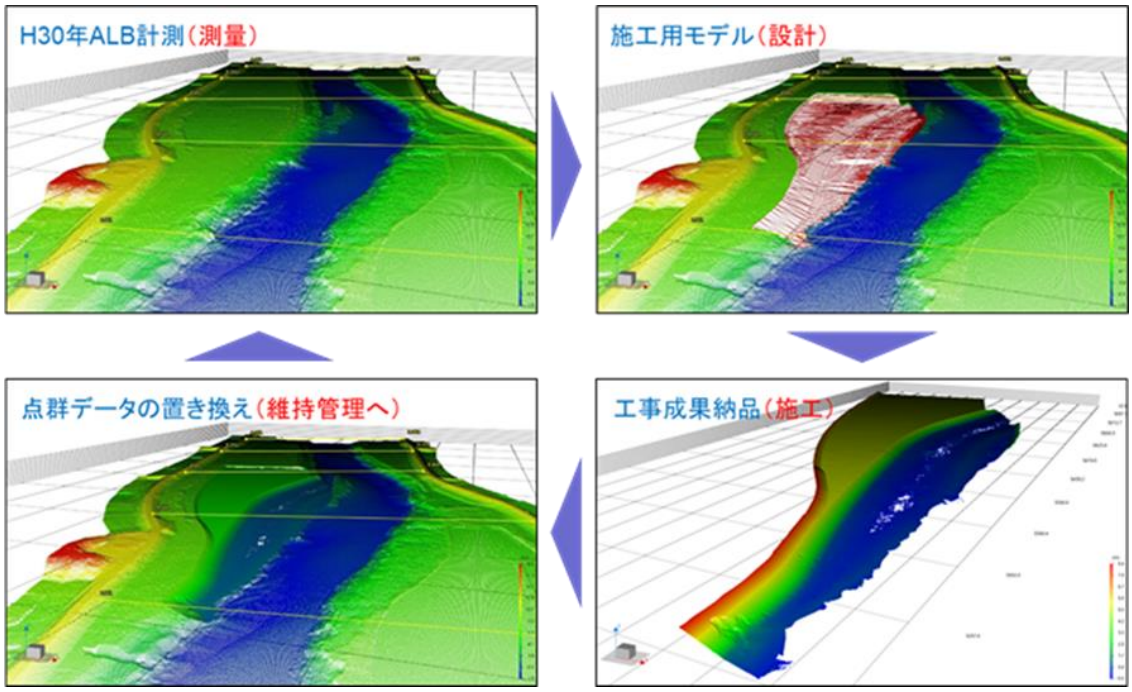


図 7　日野川（九頭竜川水系）：3 次元データによる測量、設計、施工、維持管理に向けたデータの置き換えの例（福井河川国道事務所提供）

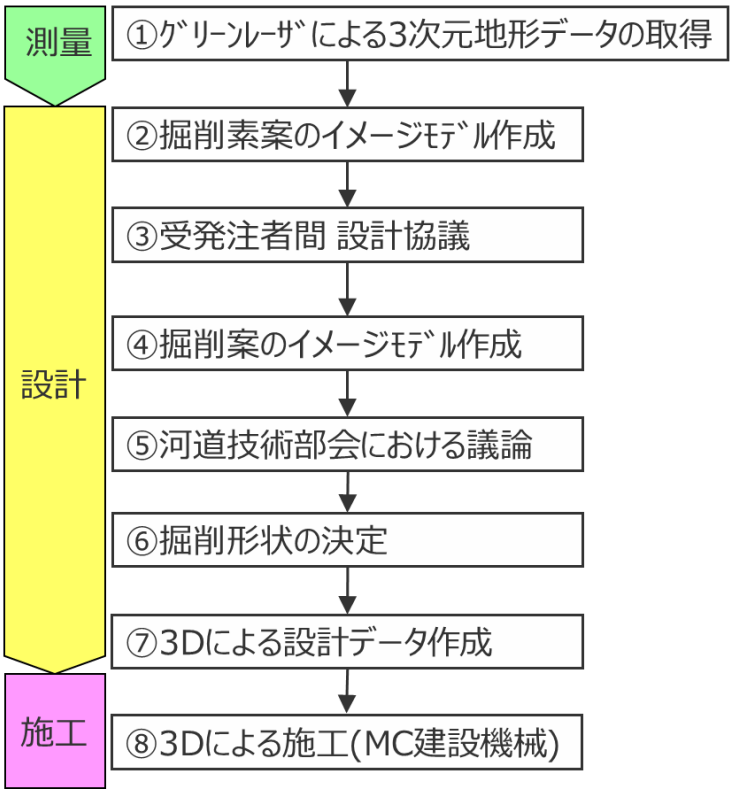


図 8　測量から設計、施工に至る実務プロセス（八千代エンジニヤリング・山本一浩氏提供）



図 9　河川改修に合わせて創出された湿地

■より深く知りたい技術者のための参考図書等

- CAD はもういらない！？ ～河川 CIM の最新技術セミナー～, https://youtu.be/sNU9DT6ZLvg
- 河川 CIM 標準化検討小委員会　最終報告セミナー, https://youtu.be/vUx62nA_Xx8
- メタバース（仮想世界）を用いた川づくりセミナー, https://youtu.be/cFUIe2kcwiU
- 中村圭吾、林田寿文、大槻順朗、小林一郎（2020）河川 CIM（３次元川づくり）の考え方と標準化に向けた取り組み・課題、河川 76(3)、pp.41-45.

■参考文献

1) 河川 CIM 標準化検討小委員会 成果報告書, https://www.pwri.go.jp/team/kyousei/jpn/downloads/houkoku20210630.pdf
2) 中村圭吾、福岡浩史、小川善史、山本一浩：グリーンレーザ（ALB）による河川測量とその活用. RIVER FRONT 84、pp.16-19、2017、http://www.rfc.or.jp/pdf/vol_84/p016.pdf
3) 山本一浩、中村圭吾、福岡浩史、戸村健太、金田真一：グリーンレーザ(ALB)を用いた河川測量の試み、河川技術論文集 23、pp.293-298、2017.
4) 中村圭吾：グリーンレーザを用いた航空レーザ測深（ALB）による河川調査の現状と可能性、水環境学会誌　42(A)(5)、pp.174-178、2019.
5) 国土交通省水管理・国土保全局河川環境課河川保全企画室：河川管理用三次元データ活用マニュアル（案)、2020.
6) 林田寿文、大槻順朗、中村圭吾、萱場祐一：新しい河道計画プロセスを念頭に置いた多自然川づくり支援ツールの開発、Ⅱ-22、令和元年度土木学会全国大会第 74 回年次学術講演会、2019.
7) 国土交通省九州技術事務所、VR を使った水辺空間構築, https://youtu.be/mjr7sXTRAcw
8) 国土交通省九州地方整備局：ゲームエンジンを用いたメタバース（仮想空間）での川づくりツールの操作マニュアル（案）を公開しました, https://www.qsr.mlit.go.jp/kyugi/tech_improve/dx/gameengine.html
9) 自然共生研究センター、簡易河川環境評価ツール EvaTRiP を用いた治水と環境を両立させる川づくり、土木研究所 Web マガジン、Vol.53, 2018, https://www.pwri.go.jp/jpn/about/pr/mail-mag/webmag/wm053/kenkyu.html#01
10) 周 月霞, 吉武 央気, 東海林 太郎, 森下 祐, 小河 健一郎, 堀江 隆生, 関谷 雄大, 中村洋平, 河野 誉仁, 林田 寿文（2022）3 次元河道設計ツールを用いた治水・環境の一体的検討の試行～雲出川直轄区間を例として～、河川技術論文集第 28 巻, p. 205-210. https://www.jstage.jst.go.jp/article/river/28/0/28_205/_article/-char/ja/
11) 国土交通省九州地方整備局：メタバースを用いた川づくりセミナー（5/12）の動画を公開, http://www.qsr.mlit.go.jp/infradx/index220512seminar.html
12) 川づくりデジタル研究フォーラム, https://www.facebook.com/100088105993529

2023 年(令和 5 年)3 月　一部改訂

参考資料　索引集・用語集

～目　次～

■ **索引集** 1

■ **用語集** 6

（１）　河岸・水際部..... 6
（２）　川幅水深比..... 7
（３）　砂州形態..... 8
（４）　瀬・淵..... 11

■索引集

ABC 順,五十音順	該当ページ	説明ページ
B		
BACI デザイン	9-1-2, 9-1-4, 9-1-5, 9-1-10	9-1-4
BARCI デザイン	9-1-2, 9-1-5, 9-1-6	9-1-5
BA デザイン	9-1-3, 9-1-4	9-1-3
C		
CI デザイン	9-1-2, 9-1-4	9-1-4
ア行		
アイストップ	2-1-12	2-1-12
移植	2-1-4, 2-1-13, 2-1-17, 2-1-32, 6-1-9, 6-1-18, 6-2-1, 6-2-16, 6-2-18, 6-2-19, 6-2-20, 6-2-21	6-2-1
インパクト-レスポンス	1-1-2, 1-1-5, 2-1-2, 2-1-3, 2-1-4, 2-1-5, 2-1-10, 2-1-12, 2-1-15, 2-1-19, 2-1-22, 2-1-25, 2-1-26	2-1-2
ウォッシュロード	3-1-6, 5-2-4, 5-2-5, 5-2-6,	5-2-4
塩水遡上	2-1-4, 2-1-10, 2-1-19, 2-1-30, 5-1-10	2-1-30
塩性植物	2-1-17, 5-1-10	5-1-10
カ行		
回遊性魚類	7-3-1	7-3-1
外来植物	2-1-7, 4-1-7, 7-4-7, 8-2-16, 8-3-1, 8-3-2, 8-3-3, 8-3-4, 8-3-5, 8-3-6, 8-4-1, 8-4-2, 8-4-3, 8-4-4, 8-4-5, 8-4-6, 8-4-7, 9-1-9	8-3-1
河岸	1-1-5, 2-1-3, 2-1-4, 2-1-5, 2-1-10, 2-1-11, 2-1-22, 2-1-23, 2-1-25, 3-1-1, 3-1-4, 5-1-1, 5-1-2, 5-1-3, 5-1-4, 5-1-7, 5-1-8, 5-1-9, 5-1-10, 5-1-11, 5-1-12, 5-1-17, 5-1-22, 5-1-24, 6-1-1, 6-1-2, 6-1-3, 6-1-8, 6-2-2, 6-2-18, 7-3-4, 7-3-6, 7-4-1, 7-4-3, 9-1-8, 9-1-10	用語集
隠し護岸	2-1-11, 5-1-10	2-1-11
河道特性	1-1-3, 3-1-1, 5-1-4, 5-1-12, 6-1-7, 6-1-12, 6-1-17, 6-2-15, 6-2-24, 7-3-1	3-1-1

河畔林	2-1-22, 4-1-7, 5-1-3, 5-1-4, 5-1-11, 5-1-13, 5-1-26, 6-2-2, 8-1-12, 8-2-6	5-1-13
川幅水深比	2-1-29, 2-1-30, 3-1-1	用語集
環境情報図	2-1-5, 2-1-12, 2-1-27, 4-1-1, 8-3-3	2-1-27
冠水頻度	1-1-3, 2-1-4, 2-1-7, 2-1-25, 2-1-29, 5-1-27, 5-2-3, 5-2-4, 5-2-8, 5-2-10, 5-2-11, 5-2-20. 8-2-16	2-1-29
感潮区間	2-1-4, 2-1-10, 2-1-19	2-1-10
巨石付き盛土砂州	5-1-3, 5-1-7, 5-1-9	5-1-7
魚道	2-1-3, 2-1-19, 2-1-21, 2-1-26, 7-1-1, 7-1-3, 7-1-8, 7-2-4, 7-2-6, 7-3-1, 7-3-2, 7-3-3, 7-3-4, 7-3-5, 7-3-6, 7-3-7, 7-3-8, 7-3-9, 7-3-10, 7-4-1, 7-4-2, 7-4-4, 7-4-5, 7-4-6, 7-4-7	7-3-1
群集・群落	1-1-3, 4-1-2, 4-1-3, 4-1-5	4-1-3
景観要素	4-1-2, 4-1-3, 4-1-4, 4-1-5, 4-1-7	4-1-3
混合型（土砂輸送形態）	3-1-2, 3-1-5, 3-1-6	3-1-5

サ行		
彩度	2-1-21, 5-1-18	5-1-18
再萌芽	2-1-13	2-1-13
砂州形態	2-1-3, 2-1-4, 2-1-5, 2-1-7, 2-1-19	用語集
砂州の発生領域区分	2-1-29	2-1-29
自然堤防帯	3-1-1, 3-1-3, 3-1-4, 3-1-5	3-1-1
湿地	1-1-5, 2-1-2, 2-1-3, 2-1-4, 2-1-5, 2-1-6, 2-1-7, 2-1-28, 2-1-32, 5-2-1, 5-2-3, 5-2-10, 7-1-5, 7-4-1, 7-4-2, 7-4-3, 7-4-4, 7-4-7, 9-1-8	7-4-2
樹木管理、樹木の再繁茂の抑制	2-1-1, 2-1-7, 5-1-13, 8-1-1, 8-1-3, 8-1-7, 8-1-13, 8-1-14	8-1-1
樹林化	2-1-3, 2-1-4, 2-1-7, 2-1-13, 2-1-25, 3-1-8, 5-2-1, 5-2-3, 5-2-7, 5-2-9, 5-2-10, 5-2-12, 5-2-16, 5-2-18, 5-2-19, 5-2-20, 5-2-21, 8-1-1, 8-1-2, 8-1-4, 8-1-5, 8-1-7, 8-1-9, 8-1-14, 8-2-3, 8-2-4, 8-2-5, 8-2-6, 8-2-16, 8-2-17, 8-2-21, 8-3-1	8-2-3
植生消長	2-1-29	2-1-29

シミュレーション		
侵略的外来植物	8-3-1, 8-3-4	8-3-1
瀬	1-1-3, 1-1-5, 2-1-2, 2-1-3, 2-1-4, 2-1-7, 2-1-9, 2-1-12, 2-1-27, 2-1-29, 2-1-30, 3-1-4, 3-1-11, 4-1-2, 4-1-3, 4-1-4, 4-1-7, 5-1-5, 8-3-7, 9-1-8, 9-1-9	用語集
生息環境	1-1-3, 1-1-4, 1-1-5, 2-1-3, 2-1-5, 2-1-7, 2-1-19, 2-1-22, 2-1-26, 2-1-31, 4-1-3, 4-1-4, 4-1-6, 4-1-11, 5-1-4, 5-2-10, 5-2-11, 5-2-17, 7-3-1, 7-4-1, 7-4-2, 7-4-3, 7-4-4, 7-4-7, 9-1-9, 9-1-10	7-4-1
生態系サービス	7-1-7	7-1-7
生態系ネットワーク(生態的回廊)	2-1-26, 4-2-15, 7-1-1, 7-1-2, 7-1-3, 7-1-5, 7-1-6, 7-2-1, 7-2-3, 7-2-4, 7-2-5, 7-2-6, 7-2-7 7-3-1, 7-4-1, 7-4-3,	7-1-1
生物多様性	4-2-15, 5-2-12, 5-2-13, 7-1-1, 7-1-2, 7-1-3, 7-1-5, 7-1-7, 7-1-8, 7-2-3, 7-4-1, 7-4-7, 8-3-1, 8-3-5	7-1-7
セグメント	2-1-22, 2-1-30, 3-1-1, 3-1-2, 3-1-3, 3-1-4, 3-1-5, 3-1-6, 4-1-2, 4-1-5, 4-1-7, 4-1-10, 4-1-11, 5-1-3, 5-1-4, 5-1-5, 5-1-7, 5-1-9, 5-1-10, 5-2-1, 5-2-3, 5-2-4, 5-2-5, 5-2-6, 5-2-7, 5-2-8, 5-2-9, 5-2-10, 5-2-14, 5-2-15, 5-2-16, 5-2-17, 5-2-18, 5-2-19, 5-2-20, 6-1-7, 6-1-12, 6-1-17, 6-2-15, 6-2-24	3-1-1
扇状地	3-1-1, 3-1-3, 3-1-4, 3-1-5, 4-1-6	3-1-1
総合土砂管理	3-1-8, 3-1-9, 3-1-10	3-1-8
相対潮汐地盤高	2-1-4, 2-1-10, 2-1-19, 2-1-20, 2-1-30, 2-1-31, 2-1-32	2-1-31

タ行

代償措置	1-1-4, 2-1-18, 6-2-7, 6-2-14, 6-2-19	6-2-2
代表粒径	2-1-30, 3-1-1, 3-1-2	3-1-1
多自然川づくりアドバイザー	1-1-3	1-1-3
谷底平野	3-1-1, 3-1-3	3-1-1
たまり	1-1-5, 2-1-4, 2-1-5, 2-1-6, 2-1-7, 4-1-2, 4-1-3, 4-1-4, 4-1-7, 4-2-4, 4-2-7, 5-2-1, 5-2-3, 5-2-10, 5-2-11, 5-2-15, 7-4-2, 7-4-3	5-2-1

沖積河川	3-1-1	3-1-1
潮間帯	2-1-3, 2-1-10, 2-1-11, 2-1-19, 2-1-29, 2-1-30, 5-1-3, 5-1-10	2-1-10
テクスチャー	2-1-22, 5-1-3, 5-1-14, 5-1-19, 5-1-28, 5-1-29, 5-1-30	5-1-19
典型性	4-1-7, 4-1-8	4-1-8
倒流木	9-1-10	9-1-10
土砂還元	3-1-3, 3-1-10, 3-1-11	3-1-10
土砂管理	3-1-3, 3-1-8, 3-1-9, 3-1-10	3-1-8
土砂動態	3-1-1, 3-1-2, 3-1-3, 3-1-4, 3-1-5, 3-1-8	3-1-2
土砂輸送	3-1-2, 3-1-3, 3-1-5, 5-2-5, 5-2-7, 5-2-12	3-1-5

ナ行

法覆工	5-1-9	5-1-9

ハ行

ハビタット	3-1-4, 3-1-5, 4-1-3, 5-1-11, 9-1-9	4-1-3
氾濫原（氾濫原環境）	1-1-5, 4-1-4, 5-2-1, 5-2-3, 5-2-10, 5-2-11, 5-2-12, 5-2-13, 7-1-8, 7-2-1, 7-4-1, 7-4-4, 9-1-8	5-2-3
干潟	2-1-3, 2-1-4, 2-1-10, 2-1-11, 2-1-18, 2-1-32, 4-1-7	2-1-10
比高	1-1-4, 2-1-3, 2-1-4, 2-1-5, 2-1-7, 2-1-8, 2-1-10, 2-1-25, 2-1-29, 2-1-31, 2-1-32, 5-2-4, 5-2-8, 5-2-10, 5-2-13, 5-2-14, 5-2-18, 8-2-15, 8-2-21	2-1-7
淵	1-1-3, 1-1-5, 2-1-2, 2-1-3, 2-1-4, 2-1-7, 2-1-8, 2-1-12, 2-1-22, 2-1-27, 2-1-29, 2-1-30, 3-1-4, 3-1-11, 4-1-2, 4-1-3, 4-1-4, 4-1-7, 4-2-7, 5-1-3, 5-1-5, 5-1-11, 5-1-12, 8-3-7, 9-1-9, 9-1-10	用語集

マ行

摩擦速度	2-1-8, 2-1-30	2-1-30
澪筋	2-1-3, 2-1-29, 3-1-8, 5-1-5, 5-1-7, 5-1-8, 5-2-14, 5-2-15, 5-2-17, 5-2-19, 6-2-11, 7-3-3, 7-3-5, 7-3-8	5-1-5
水際部	1-1-5, 2-1-4, 2-1-17, 2-1-22, 2-1-26, 5-1-1, 5-1-2, 5-1-3, 5-1-4, 5-1-5, 5-1-9, 5-1-11, 5-1-22, 8-2-1	用語集
明度	2-1-21, 2-1-22, 2-1-23, 5-1-1, 5-1-3, 5-1-14, 5-1-18, 5-1-19, 5-1-20, 5-1-28, 5-1-29	5-1-18

ヤ行		
ユニバーサルデザイン	6-1-13	6-1-13
寄せ石	5-1-3, 5-1-4	5-1-4
寄州	5-1-3, 5-1-5, 5-1-6, 6-1-4	5-1-5

ラ行		
ラウンディング	5-1-17, 6-1-14	5-1-17
粒径集団	3-1-2, 3-1-4, 3-1-5, 3-1-6, 5-2-3, 5-2-15, 5-2-16	3-1-2
レスポンス	1-1-2, 1-1-4, 1-1-5, 2-1-2, 2-1-3, 2-1-4, 2-1-5, 2-1-10, 2-1-12, 2-1-15, 2-1-19, 2-1-22, 2-1-25, 2-1-26, 2-1-29	2-1-2

ワ行		
ワンド	1-1-5, 2-1-4, 2-1-5, 2-1-6, 2-1-7, 2-1-8, 2-1-18, 4-1-2, 4-1-3, 4-1-4, 4-1-7, 4-2-4, 4-2-7, 4-2-12, 5-2-1, 5-2-3, 5-2-10, 5-2-11, 5-2-13, 7-1-3, 7-1-8, 7-2-6, 7-4-2, 7-4-3, 7-4-5, 8-3-7, 9-1-9	5-2-1

■用語集

（１）河岸・水際部

「美しい山河を守る災害復旧基本方針」から河岸と水際部の位置と、そこに出現する環境要素の例を引用して示す。

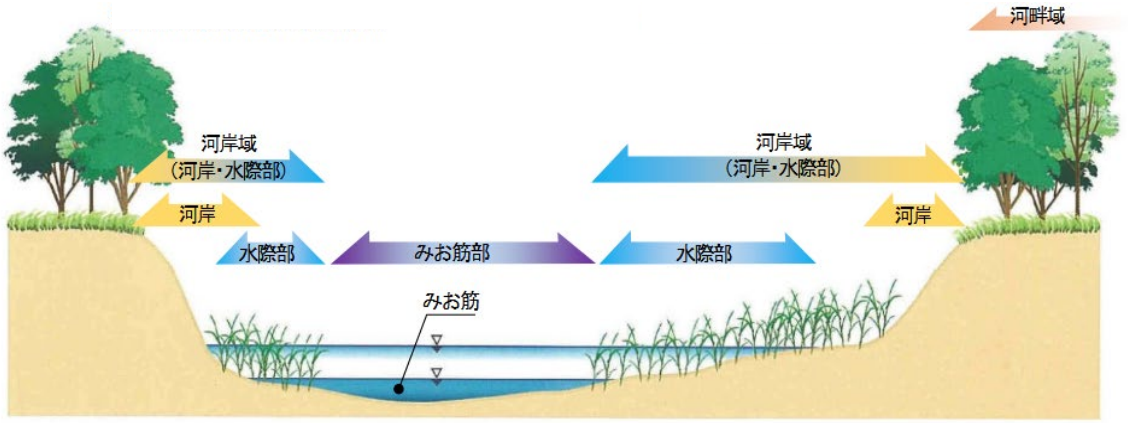


図 1.4　河岸と水際部の主たる範囲

表 1.1　横断方向の領域別に見た出現する環境要素の例

横断方向の領域	出現する環境要素の例	対象となる事業		備考
		災害復旧事業(単災)	改良復旧事業等	
みお筋部	瀬淵構造			河道の法線、川幅の設定によって形成の有無・程度が決まる。
河岸･水際部	水際部の植物帯			河床幅が広い場合には自然に形成される場合が多い。
	水際部の空隙			寄石等の措置が必要な場合が多い。
	湾曲部外岸側に形成される淵			災害復旧事業においては保全が原則。基礎工の深さ、根固工の設置高さを工夫する。
	河岸・法尻における湧水・浸透水			災害復旧事業において保全が原則だが、定まった工法がない。
	河畔樹木			災害復旧においては保全が原則。樹木を保全する工法を選択する。
河畔域	河畔樹木もしくは樹木群、並木等			河道の法線、川幅の設定、拡幅の仕方によって保全の可否が決まる。
	崖地、山付き部、斜面林			河道の法線、川幅の設定、拡幅の仕方によって保全の可否が決まる。

引用）美しい山河を守る災害復旧基本方針, p.10,P.11, 2018.
http://www.mlit.go.jp/river/bousai/hukkyu/pdf/bisanga04.pdf

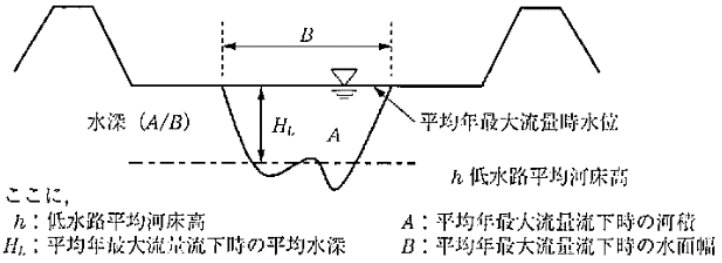
（２）川幅水深比

「河道計画検討の手引き」から川幅水深比の解説を以下に引用して示す。

4-1-8　川幅水深比（B/H_L）

砂州の変化など河床の三次元的形態については，この川幅水深比が重要になる．つまり川幅水深比は，砂州の性質や移動床の流れを判断する指標ということになる．

このときの川幅および水深は，平均年最大流量時の水理諸量を取るものとする．川幅水深比は低水路の安定性を判断する一つの指標となる．



ここに，
h：低水路平均河床高　　A：平均年最大流量流下時の河積
H_L：平均年最大流量流下時の平均水深　　B：平均年最大流量流下時の水面幅

図 4-1　低水路の諸元の概略

引用）河道計画検討の手引き,財団法人国土技術センター編, p.57,p.63, 2003.
http://www.jice.or.jp/cms/kokudo/pdf/tech/material/kadoukeikaku.pdf

（３）砂州形態

「沖積河川-構造と動態-」から砂州の解説を引用して以下に示す。

砂州は、規模の大きい河床形態であって、その波長は、水路幅あるいは水深と密接な関係がある。

砂州には、湾曲部の凸岸に見られる固定砂州（point bars）や左右交互に周期的に現れる交互砂州（alternate bars）、川幅水深比が大きなときに現れるうろこ状砂州（multiple bars）等がある。

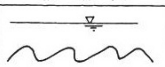
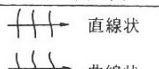
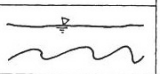
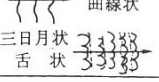
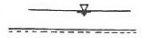
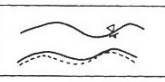
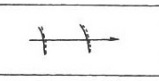
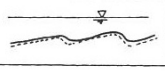
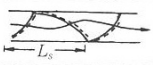
河床形態			形状・流れのパターン 縦断図	形状・流れのパターン 平面図	移動方向	河床波の特性
小規模河床形態	低水流領域	砂漣		 直線状 曲線状	下流	河床波の移動速度は，流水の速度よりも小さい．砂漣の波長は，河床材料の粒径の約500～1500倍である．
		砂堆		 三日月状 舌状	下流	河床波の上流側斜面は，通常，勾配の急な下流側斜面に比べると，緩やかに傾斜している．砂堆の波長は，水深の約４～10倍である．
		遷移河床				発達の初期段階にある小さな砂漣と砂堆が平坦河床の間に広がっている．
	高水流領域	平坦河床				多量の流砂が平坦な河床上を流れている．
		反砂堆			上流 停止 下流	河床波と同位相の水面波と強い相互干渉を持つ河床波．
中規模河床形態		交互砂州			下流	水流は，水路内を曲がりくねって流れる．交互砂州の波長は，水路幅の約５～16倍である．
		複列砂州			下流	—
		うろこ状砂州			下流	うろこ状砂州は，B/Hが非常に大きい領域で発生する．それは，魚のうろこのように見える．

図-1.6　河床波の特徴と定義（土木学会水理委員会，1973 を微修正）

引用）山本晃一：沖積河川-構造と動態-,技報堂出版,2010.

「河道計画検討の手引き」から砂州形態の解説を以下に引用して示す。

7-6-1　河道特性と最深河床の関係

河道の平面形状と河床変動形態は，砂州の発生形態や移動と密接に関係している．わが国の河川における典型的な砂州のスケールを図 7-11 に示す．砂州の発生形態は洗掘現象と強く関係するので，河道の平面形状と砂州の発生形態の関係について，十分に検討しておく必要がある．

（1）直線河道の場合

河道幅がほぼ一定の直線河道では，最深河床高とその位置は，主に砂州の規模を表わす波高，波長で限定される．砂州の変動は，河道のセグメント区分ごとに特徴がある．

① セグメント 1 および 2—1 の河道

セグメント 1 および 2—1 では，単列砂州あるいは多列砂州が発生する．これらの砂州は洪水時には移動する．最深河床高は砂州波高に限定され，また，砂州波高および波長は平均年最大流量時の水深，川幅に支配される．

② セグメント 2—2 の河道

河床勾配が 1/800～1/3 000 程度で，河床材料が粗砂あるいは中砂によって形成されている河道では，洪水時と平水時に砂州のスケールが異なる．また，小出水で砂が動く特徴を持つために，洗掘部の埋め戻し現象が発生し，洪水後の洗掘部の測量データを用いて最深河床高を評価することはできない．また，河床勾配が 1/3 000 程度より緩い場合には，埋戻し現象が顕著でないので，大出水時の洗掘データの収集により推定精度の向上に努めることが重要である．

③ セグメント 3 の河道

セグメント 3 の河道で河床材料の代表粒径が 0.15 mm 以下の場合では一般に砂州は発生せず，直線河道の場合の最深部は河道中央寄りとなる．また，最深部に粘土層が露出し，河床洗堀がそれ以上進まないことがある．

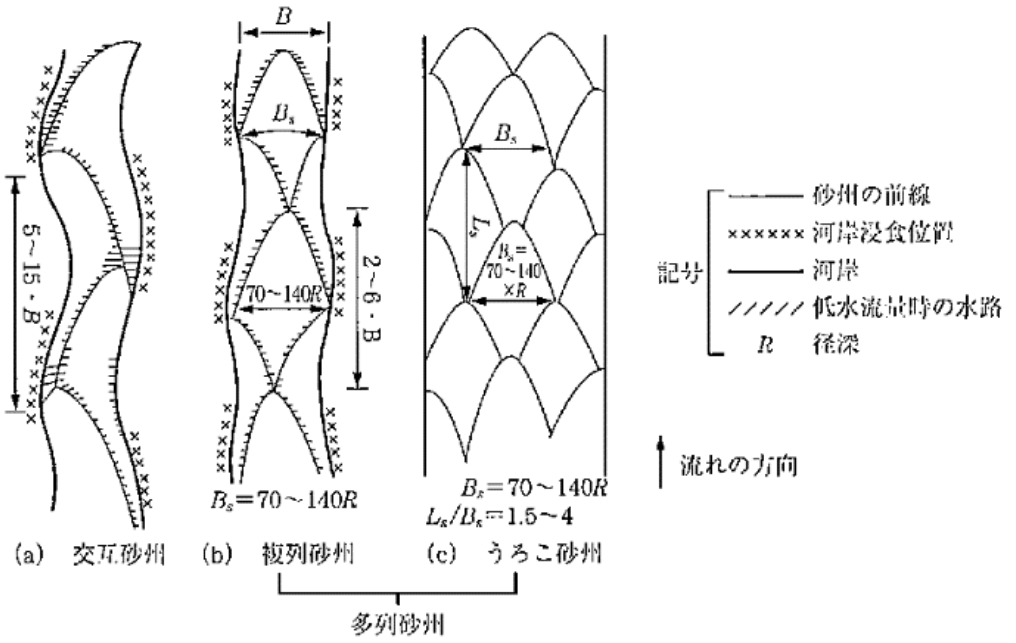


図 7-11 典型的な砂州のスケール[6)]

（2）単わん曲河道の場合

① セグメント 1 の河道

セグメント 1 では一般に顕著なわん曲は形成されないが，山地部等で強制的にわん曲している箇所では，現地の特性に応じた検討が必要である．

② セグメント 2 および 3 の河道

セグメント 2 および 3 のわん曲部ではわん曲部の二次流，および砂州によって洗掘が生じる．洪水ピーク後には埋戻しが生じる．現段階では埋戻しの評価は困難な状況であるので，洪水中の最深河床高のデータ収集に努めることが重要である．なお，セグメント 3 の河道での埋め戻し現象は，セグメント 2―2 の河道ほどは顕著ではない．また，セグメント 2―2，3 では洗掘部で，粘土層，岩が露出することがあり最深河床高が規定されることがある．

（3）蛇曲河道における最深河床高

蛇曲河道の最深河床高については，一般には単わん曲河道と同様に考えることができる．

引用）河道計画検討の手引き,財団法人国土技術センター編, p.157-158, 2003.
http://www.jice.or.jp/cms/kokudo/pdf/tech/material/kadoukeikaku.pdf

（４）瀬・淵

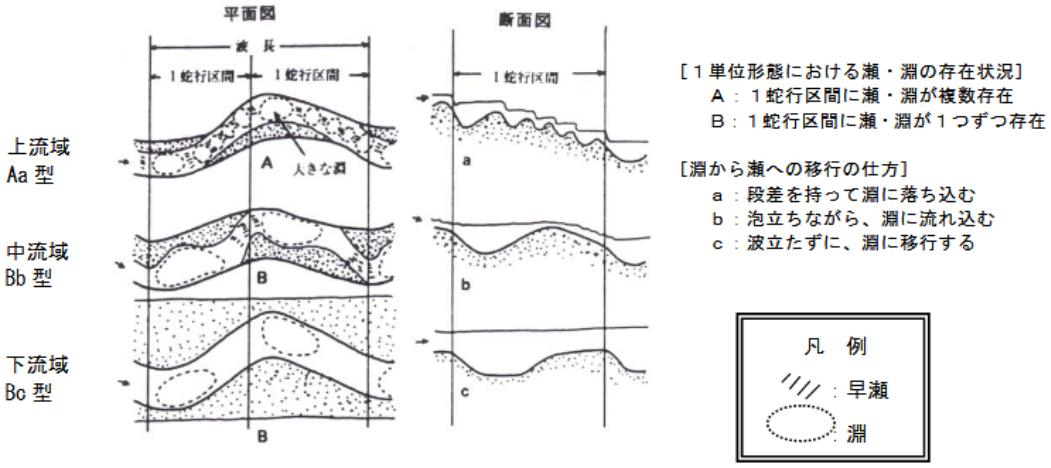
「平成 28 年度版河川水辺の国勢調査基本調査マニュアル[河川版]（河川環境基図作成調査編）」から瀬淵の解説を以下に引用して示す。

2. 河川生態学からみた瀬・淵

河川生態学からみた分類としては、可児藤吉が提案した区分が一般に用いられている。

可児は平水時における流路を、水深、流速、河床材料等の状態から瀬と淵に分類し、さらに瀬を平瀬と早瀬にわけた。そして、1 蛇行区間に出現する淵、平瀬、早瀬と連なる 1 組を川の単位形態とみなした。

一般に、河川の上・中・下流で、瀬・淵は次のように出現するといわれている。また河床勾配が連続的に変化する場合は、移行型である Aa-Bb 型、Bb-Bc 型が存在する。



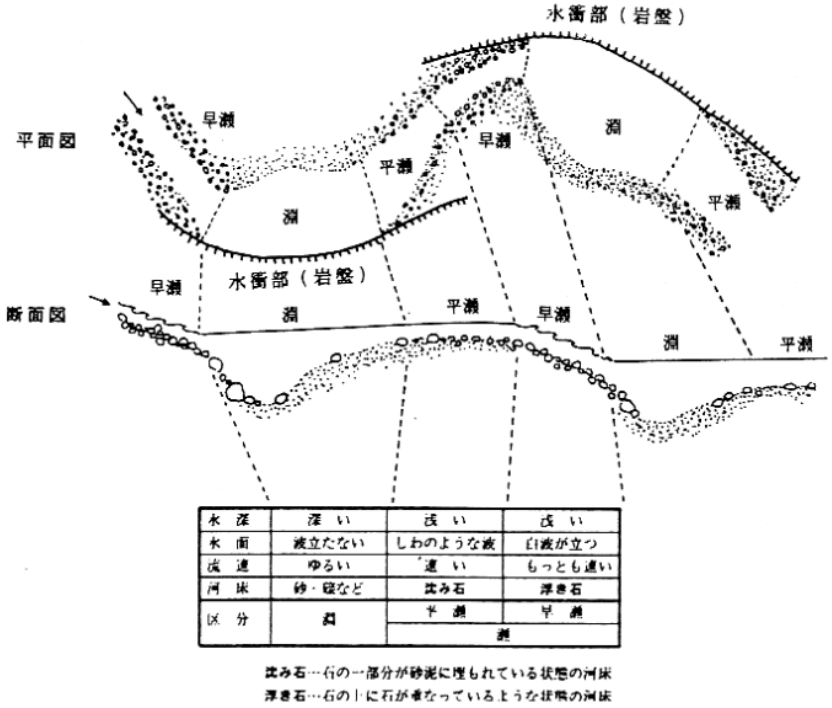
2.1 上流域

1 蛇行区間に瀬と淵が複数個存在する。瀬から淵への移行は段差をともない、ステップ・アンド・プール状となる。蛇行区間では、直線的な区間よりも大きな淵(後述の MS 型の淵)がみられる。これは河川生態学でいう Aa 型に相当する。さらに Aa 型については、源流部で見られるものを Aa(Ⅰ)型、渓流部で見られるものを Aa(Ⅱ)型として区分する。

2.2 中流域

通常、1 蛇行区間に 1 組の瀬と淵が存在する。瀬から淵への移行は、流速が増しかつ水深が浅い流れ(平瀬)となり、ついで波立つような早瀬が発生する。河川生態学でいう Bb 型に相当する。

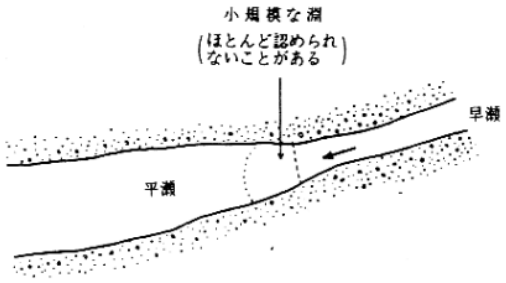
中流域の典型的な河道では、1 蛇行区間に瀬と淵が、淵→平瀬→早瀬→淵の順に出現し、それらが連続することによって流路が形成されている。このように早瀬と淵が連続して現れている区間は、魚類にとって餌の供給と休息場の提供という視点から生態学的に重要である。ただし、常にこのような順に瀬と淵が並ぶわけではなく、例えば、早瀬の下流側が直線的となっている場合は、深掘れが生じにくいので、淵がほとんどなかったり、水深が浅く小規模な淵が認められるのみで、その下流側に長い平瀬が出現するような場合もある。



水深	深い	浅い	浅い
水面	波立たない	しわのような波	白波が立つ
流速	ゆるい	速い	もっとも速い
河床	砂・礫など	沈み石	浮き石
区分	淵	平瀬	早瀬
		瀬	

沈み石…石の一部分が砂泥に埋もれている状態の河床
浮き石…石の上に石が重なっている状態の河床

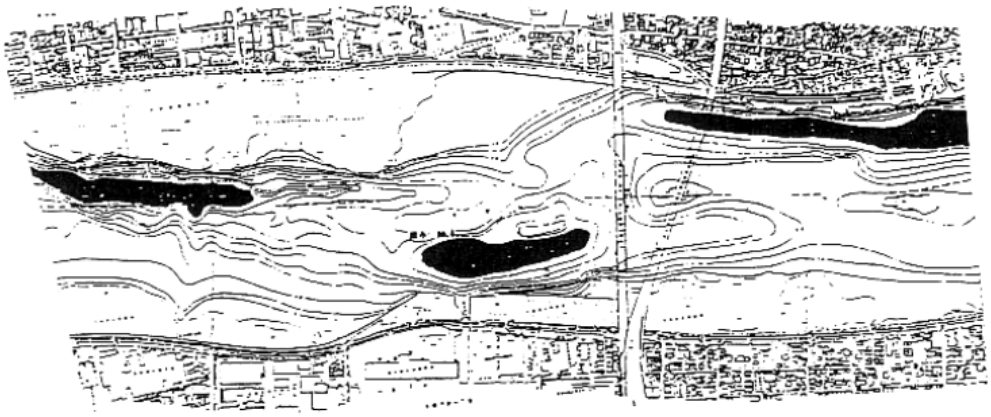
中流域における典型的な瀬・淵の分布



平瀬から早瀬に移行する河道区分の例

2.3 下流域

全体的に水深が深くなり流速も小さくなるので、目視による瀬・淵の判別は困難となる。しかしながら、出水時の水衝部等には上・下流に比べて相対的に水深の深い部分、すなわち淵が明らかに存在している。瀬から淵へは波立たずに移行する。河川生態学でいう Bc 型に相当する。ただし急流河川では河口付近まで Bb 型で Bc 型がほとんど存在しない河川もある。



下流域にみられる淵(黒く塗りつぶした部分)

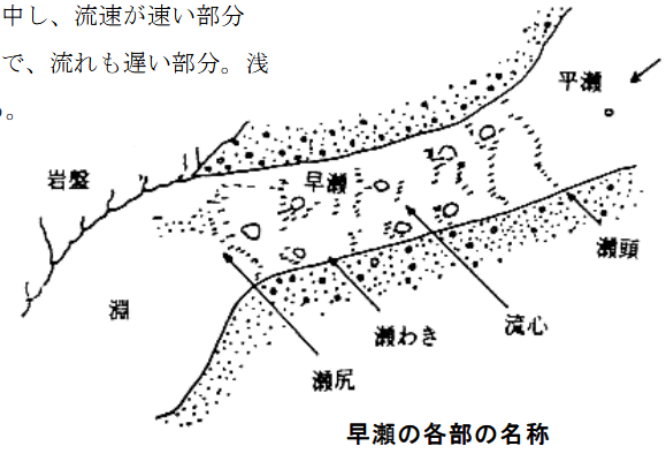
3. 瀬・淵の形態と現場での区分方法

3.1 瀬

3.1.1 瀬の各部位の名称

一般に早瀬については、各部に次のような名称が与えられている。

(ア) 瀬頭: 瀬の入り口
(イ) 瀬尻: 瀬の終り
(ウ) 流心: 瀬の流れが集中し、流速が速い部分
(エ) 瀬わき: 河岸の部分で、流れも遅い部分。浅瀬とよぶこともある。



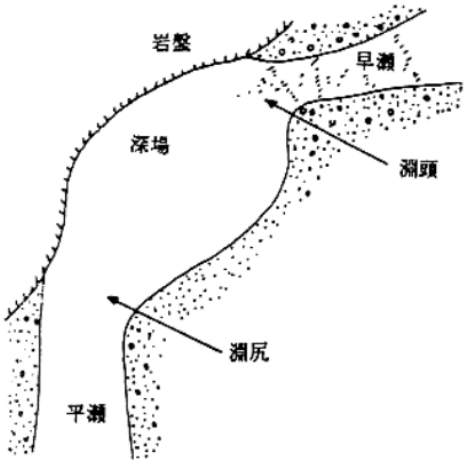
早瀬の各部の名称

3.2 淵

3.2.1 淵の各部位の名称

淵は平水時に上・下流に比べて水深が深く、流速が緩い部分の総称であり、一般には淵の各部分に次のような名称が与えられている。

(ア) 淵頭: 淵の入り口で深みの始まる上流端。表面流速は速いが、下流にかけて急に小さくなる。早瀬で発生した泡が表面をすべるように流れる。水深は急に深くなる。
(イ) 淵尻: 淵の出口で深みの終り
(ウ) 深場: 洪水流や人為的な影響によって形成された深みで、周囲よりも相対的に深い部分。



淵の各部の名称

3.2.2 淵の成因

淵は、その成因によって次の 5 タイプに区分できる。ほとんどのタイプは洪水流により形成されるが、O 型の一部のように人為的に掘削された部分も淵に含めている。

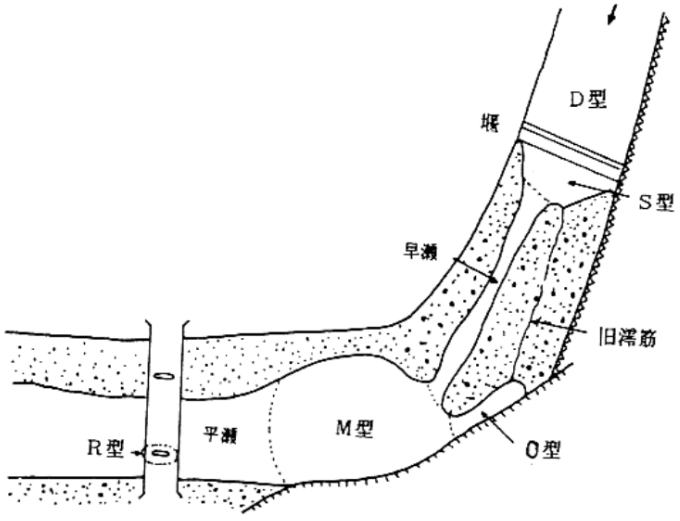
(ア) M 型: 蛇行の水衝部が深掘れしたもの(Meander;蛇行)河道が直線状であっても、砂礫堆の形成により流路が蛇行し、淵が認められることがある。

(イ) R 型: 岩、橋脚、水制等の周りが深掘れしたもの(Rock;岩)

(ウ) S 型: 岩盤、堰、床固等の下流が深掘れしたもの(Substrate;河床材料)

(エ) D 型: 堰の上流側の河床が深掘れしたもの(Dam;ダム)

(オ) O 型: 旧澪筋の名残や人為的な掘削による本流から入り込んだ深み(Ox-bow;三日月)



成因からみた淵の基本形

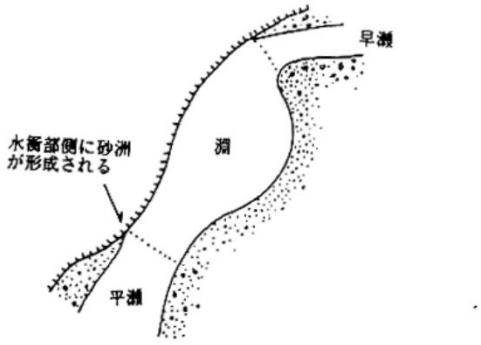
(1) M 型の淵

M 型の淵では、淵頭と淵尻に着目し、流速の変化と縦断的な水深の変化としての水面形態を注意深く観察し、上・下流方向の区域設定を行う。

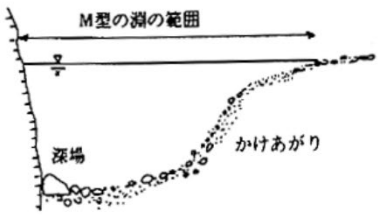
上・中流域の M 型の淵では、淵頭は泡をともなった早瀬の落ち込みの部分が目安となり、比較的容易に区分することができる。一方、淵尻の下流には平瀬が出現することが多く、平瀬との境界を淵尻とみなす。平瀬は前述のように、しわのような波、沈み石といった特徴が確認できるので、流速の変化とあわせて淵の区域設定の判断を行う。また、流れが岩盤より離れて、水衝部側に砂洲の形成される所を淵と平瀬との境界の目安とすることもできる。

大規模な淵では、中程度の深さで流速のほとんどない河川生態学でいう“とろ”という部分が認められることがあるが、ここでは“とろ”を含めて淵として区分する。

なお、M 型の淵を横断的にみると、内湾部(水裏部)には“かけあがり”という部分があり、深場から内湾部の岸よりにかけて水深が浅くなるような部分がある。横断的にはこの部分を含めて水面幅すべてを淵の区域とする。



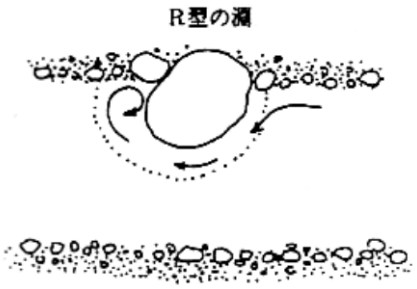
淵と平瀬の境界付近に形成される砂州



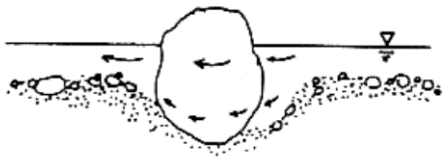
横断方向にみた淵の範囲

(2) R 型の淵

R 型の淵は他の淵に比べてその規模が小さい。また、R 型の淵では、その他の淵と異なり、表面流速が周囲よりも速いこともある。したがって、流速だけでは判断せずに、流水や障害物の状況、そして現場で観察された表面流速の状況等から淵が形成されているかどうかを判断する。



平面図

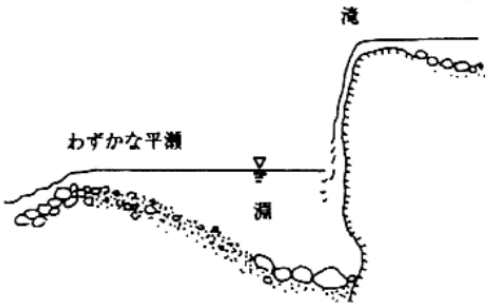


断面図

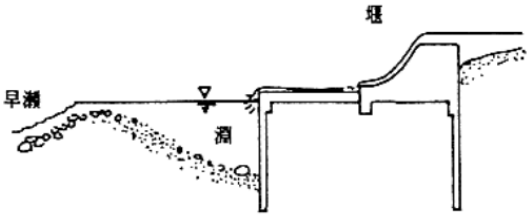
(3) S 型の淵

S 型の淵では、淵頭については小さな滝あるいは堰や床固で区分されることから、明確に区域設定が可能である。

淵尻は、上流域では下流側にわずかの平瀬を伴い連続して S 型の淵が続くので区域の設定は容易である。堰や床固めの直下にある S 型の淵の場合も、洪水時に洗掘された河床材料がその下流側に堆積されることから比較的容易に区分できる。



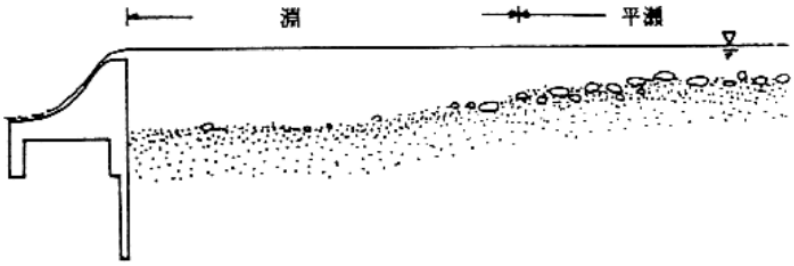
上流域にみられる S 型の淵



堰下流にみられる S 型の淵

(4) D 型の淵

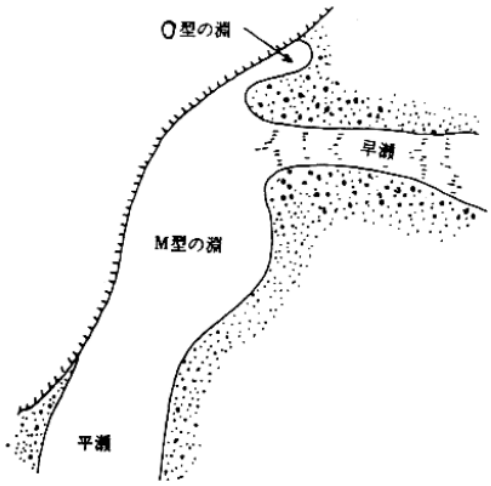
D 型の淵の淵尻は河川横断施設の部分であり、明確に区域設定ができる。上流側は、通常、平瀬となっており、淵との境界の設定は難しく、水深、流速、河床材料の変化等に注意して淵の区域を設定する。なお、河川横断施設の上流に土砂が堆積して平瀬状になっていたり、M 型の淵が連なり、MD 型の淵となっていることがあるので注意する。



D 型の淵

(5) O 型の淵

O 型の淵には一般に流れはほとんどなく、流速の変化等に基づく区域設定は困難であるが、盲腸状の独特の形状であるので、区域の設定は容易である。ただし、水面上からみた形状が同じでも、水深が浅い場合には「入江」であり、O 型の淵としない。判断が難しい場合は「ワンド・たまり」としてあつかってよい。



O 型の淵

引用）平成 28 年度版河川水辺の国勢調査基本調査マニュアル[河川版]（河川環境基図作成調査編），国土交通省水管理・国土保全局河川環境課, p.Ⅷ-86-Ⅷ-93，2016.
http://www.nilim.go.jp/lab/fbg/ksnkankyo/mizukokuweb/system/DownLoad/H28KK_manual_river/H28KK_07.kizu.pdf

■ 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

（令和 7 年 2 月時点）

（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
平成 29 年度まで）

大槻　順朗　山梨大学大学院
総合研究部附属地域防災・マネジメント研究センター　准教授

（萱場　祐一　元土木研究所水環境研究グループ　グループ長
平成 30 年度まで座長）

（崎谷　和貴　元土木研究所流域水環境研究グループ流域生態チーム　上席研究員
令和 5 年度まで）

田中　孝幸　土木研究所流域水環境研究グループ流域生態チーム　上席研究員

（鶴田　　舞　元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
令和 2 年度まで）

（中村　圭吾　元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　令和元（平成 31）年度から令和 3 年度
まで座長）

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　准教授

林田　寿文　土木研究所　自然共生研究センター　主任研究員

原田　守啓　環境社会共生体研究センター 環境変動適応研究領域 教授

（村岡　敬子　元土木研究所水環境研究グループ河川生態チーム　総括主任研究員
令和 3 年度まで）

（座長）　森　　照貴　土木研究所　自然共生研究センター　センター長

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

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 ―

著者
国土交通省
水管理・国土保全局　河川環境課

平成31年3月　　発行
令和 2年3月　　一部改訂
令和 3年3月　　一部改訂
令和 4年3月　　一部改訂
令和 5年3月　　一部改訂
令和 6年7月　　一部改訂
令和 7年8月　　一部改訂