

特集報文：人の暮らしと水辺環境を両立させる河道保全技術の研究

流域を含む環境視点からの河道マネジメントの考え方

中村圭吾・森 照貴・溝口裕太

1. はじめに

国際的な潮流として環境への関心が高まっている。生物多様性は気候変動とならんでサステナビリティに大きな影響を与える両輪としてとらえられており、2030年までに生物多様性など自然の状態を回復基調とするなどネイチャー・ポジティブの考え方方が浸透し、国際的な課題となっている。

民間部門においても、大手企業を中心として、TNFD（自然関連財務情報開示）などの考え方に基づき生物多様性を含むサステナビリティに関する情報の開示が求められるようになっている。企業活動が自然に大きく依存することが明らかになって来ており、自然の状態が企業活動のサステナビリティを左右するものであり、自然に悪い影響を与える企業活動は投資家や市場から非難される一方、この潮流を機会と捉え、自然と共生する、あるいは企業活動を通じて自然のサステナビリティを向上させる企業の価値が市場で高まるという状況である。もはやイメージ先行のCSR（企業の社会貢献）的な環境保全に取り組む時代は過ぎ去り、企業の本業に資するCSV（共有価値の創造）的な活動として企業戦略と一体的に環境に取り組む時代となってきた。

河川においては、河川水辺の国勢調査（以下「水国調査」という。）による河川生態系の把握、河川環境管理シート（以下「環管シート」という。）などによる定量的な河川の生息場の把握に努めてきたところであるが、流域治水においてもグリーンインフラを活用した流域対策が求められている。さらに上述の国際的な潮流や企業の姿勢の変化を受けて、今年2024年5月24日に河川環境の定量的な目標設定などを中心とする画期的な提言「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」が出されたところである。この提言の記者発表では国交省からも「ネイチャー・ポジティブを実現する川づくりを進めます」という方針が打ち出されるなど、他に先駆けて、ネイチャー・ポジティブの社会実装を進めている。

筆者らは、これまでこの提言の技術的基礎となる「環管シート」の開発や活用¹⁾、河川環境の定量的な目標設定の根拠となる研究や考え方を示してきた²⁾。

本稿では、環境の視点からの河道マネジメントを中心に一部観点を流域に広げて必要な視点と道具（技術）の現状について述べたい。

2. 環境と河道マネジメント

ここでは環境の視点から河道マネジメントを捉えるうえで、まずは環境全体を概観する視点を説明し、続いて「場」としては河道内を陸域と水域に分けて議論するとともに、河川管理者があまり得意でない生物・生態系の視点から河道を考える。さらに、グリーンインフラを活用した流域治水や上述の提言などを受けて、いっそう重要となってきた流域の視点からも解説する。

河川事業において環境を考える一歩として「ミティゲーション・ヒエラルキー」（環境影響緩和を考える順序）を理解しておく必要がある。ミティゲーションとは環境への影響緩和のことであるが、これには優先的に考える順序（ヒエラルキー）がある。まずは、回避（avoid）。本当にその事業が必要であるか、あるいは環境上重要な場所以外で掘削などの事業ができないかを考えることである。次に、最小化（minimize）。実施するならば掘削範囲の最小化など、その影響を最小にとどめることを考える。極力保全するという考え方である。最小化が難

しい場合は再生（restore）を考える。施工場所あるいはその敷地内において同様の生息場を再生することである。どうしても現地の保全や再生が難しい場合は、その近傍の上流や下流、場合によっては流域内（堤内地）など、他の場所で保全・再生し、環境影響を相殺するオフセット（offset）を考える。オフセットには図-1に示す同量を相殺するノーネットロスの考え方と、さらに環境価値を純増させるネットゲインの考え方がある。ネットゲインは量によっては生態系保全上の安全率という見方もできる。英国の環境法では開発時に10%のネットゲインが2024年2月から義務化されている。

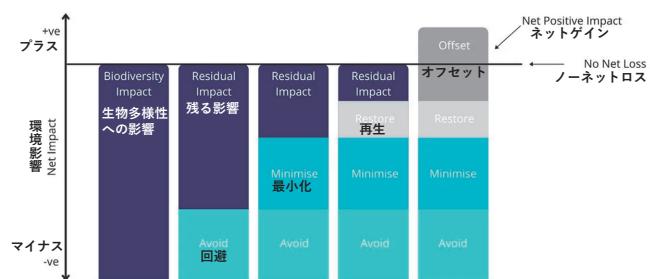


図-1 環境影響緩和を考える順序

出典: <https://www.thebiodiversityconsultancy.com/our-work/our-expertise/strategy/mitigation-hierarchy/>

3. 「概観」する視点

河川環境に限らず環境をとらえるには、多様な時空間的な観点からその実態を把握する必要がある。つまりいろいろな情報を重ねて理解するという視点であり、GIS的な把握の観点と言ってもよい。ここでは紙面の都合上、環境の土台としての地質・地形、人為あるいは地域との連携の観点から歴史・文化、さらに河川環境を定量的に概観するツールとしての環管シートのみについてふれる。

3.1 地質・地形をとらえる

環境に限らず地質・地形をとらえるのは土木工学の基礎である。ジオダイバーシティという言葉があるように、まずは多様な地質・地形を概観し、その河川がどのような土台（基礎）にあり、どのような地形的変遷を受け現状の河道として成立しているかということを理解する必要がある。流域の最高標高（1000mか3000mか）は土砂量に大きくかかわる。風化花崗岩に覆わ

れた流域では土砂生産が多いことが想定される。出水時に濁りが多い川か、つまり土砂輸送量が多いか小さいかを把握することも大事である。例えば土砂が多く運ばれる川ではワンドを再生してもすぐ埋まることがある。地形は地形図を読むとともに、水害地形分類図なども参照し、その成り立ちを理解する。その川の特性を大きく理解するとともに、あふれる場所、堤防の弱部、湧水しそうな箇所などが想像できる。もちろん、現地に行って実際に確認することが重要なことは言うまでもない。

3.2 歴史・文化を把握する

川は自然であるが自然のままではない。流域の住民との長い歴史の中でさまざまな変化を受け、利用され、形作られている。そのような人と川の歴史についても理解しておく必要がある。河道はいつ付け替えられたのか、水の利用はどういう歴史を有するのか。特に多くの川では大規模な改修が実施された江戸時代が始まるころからの歴史を概観しておくとよい。河川環境は地元との長年の付き合いの中で形成されているので、歴史・文化を理解するとともに、住民との対話を通じて、知恵を出し合い、皆でどのような川（あるいは流域）が良いかを考える必要がある（コレクティブ・アクションとも呼ばれる）。

3.3 生息場を概観する環管シート

最終目的が生物や生態系の保全であったとしても、我々土木技術者は生物を直接扱うことは難しい。したがって生物が依存する場所、生息場（habitat）の管理と保全が重要となる。現場でアドバイスをもらう生物学者には、生物情報を生息場に「翻訳」することをお願いするとい。直轄河川においては生息場を管理するツールとして環管シートが109水系で準備されている。これは水国調査の基図調査などの結果を整理したものであり、生息場の状態、経年変化、生物と生息場の関係などを読み解くことができる。環管シートは河川環境管理の基礎となる資料であるので、手引きなどを参考に、その読み方を習熟しておく必要がある³⁾。

距離標(空間単位: 1km)											
セグメント2-2											
セグメント2-1											
区分1【汽水域】											
河川環境区分											
陸域 域 性	1. 低・中蓋草地	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2. 河辺性的樹林・河畔林	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	3. 自然裸地	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	4. 外来植物生長地	△	△	△	x	x	x	△	x	x	△
水 域 性	5. 水生植物帯	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	6. 水際の自然度	△	○	△	△	△	△	○	○	○	○
	7. 水際の複雑さ	○	○	△	○	△	○	○	△	△	△
	8. 連続する灘と澗	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
水 域 域	9. ワンドたまり	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	10. 水際	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	11. 干潟	○	○	-	-	-	-	-	-	-	-
	12. ジシ原	△	○	○	○	○	○	△	△	△	△
生息場の多様性の評価値											
2 5 0 0 -1 3 1 0 2 1 2											

図-2 環管シートの例

4. 「河道」を見る視点

4.1 陸域の視点

河道の陸域を捉えるには、水系スケールでその場所がどのセグメントにあるか、縦断図・横断図などを用いて河床変動の傾向などから侵食あるいは堆積傾向にあるかなどを把握する。そのうえで、リーチスケール（瀬淵が2～3セグメント含まれる程度）の環境を把握するために、河川環境情報図や環管シートを活用しながらその場の生息場の状況を把握する。加えて、経年変化シートなどからその現場の環境が安定しているのか、二極化が進んでいるのかなど、そのトレンドを把握する。

河道内の景観変化をとらえる手法としては水国調査の基図調査や植生図を用いることが基本である。しかし、水国調査（植生）は5年に1回の調査のため、河原再生の効果把握や洪水時の流下阻害となるヤナギ類の侵入などを適切にとらえるには時間的間隔が長すぎるかもしれない。川尻ら⁴⁾によれば掘削から約5年で複数の個体が大きく成長している。5年より短い周期で植生を把握する手法として人工衛星による植生など景観の把握やUAVを用いる方法などが検討されている⁵⁾。河道内樹林の再繁茂対策については技術資料⁶⁾も整理されているので参照するとよい。

河川管理では「樹林化」を極力抑制するという視点になりがちであるが、河川環境の観点からは、治水上支障のない範囲で、いかに樹林帯やヨシ原などを残すかという観点も重要である。樹林は、さまざまな機能を持ち、景観形成、木かけの存在、バードウォッチングの場所など、利用の観点からも重要である。水辺の樹林は、河川の水温を下げる効果や落下昆虫などによるエサ資源の供給効果も大きい。自然共生研究セ

ンターの研究でも適度な河道内の樹木管理はトンボ類など身近な生き物の多様性にも寄与することが示唆されている⁷⁾。

極力保全するという観点からは、ALB（グリーンレーザ）などによる樹木調査結果⁸⁾を活用して、治水と環境のバランスを取りながら、より高度な維持管理を実施することが必要である。

ここでは主として環境の観点からの留意点を記載しているので、河川工学的、あるいは土砂水理学的な視点からの見方については本特集の他の原稿も併せて参照いただきたい。

4.2 水域の視点

水面下の河道地形についてはALBによる3次元地形測量により詳細に把握できるようになっており、その管理水準は格段に高まっている。すでに2時期以上の3次元データを有する河川も増えてきており、その間の地形変化も面的かつ定量的に捉えられるようになってきた。ただし水域については、陸域と比べて、生息場と生物の関係に関する定量的整理がまだ不足している。

水域の瀬や淵の位置や量については、水国調査（基図調査）で把握することができるが、調査方法がやや定性的であり、定量性に難があった。そこでALBの結果を活用して、定量的かつ効率的に瀬や淵の量を把握する検討があり⁹⁾、早晚このような、より定量的な手法になると思われる。

改修や掘削で瀬や淵を再生した場合は、その時間的変化を予測する必要がある。これについてはiRICのEvaTRiPなどのソフトを活用し、想定される出水を起こし、地形変化させた後に瀬淵面積等を確認するなどの手法がある¹⁰⁾。しかし、供給土砂量の不確かさに起因する地形変化の再現性に課題があるなど、結果の検証などによってその有効性を確認する必要があり、今後の技術開発テーマである。

水域の河川環境保全の原則は「多様な水深と流速」の確保である。まずはその視点で管理する河川を考えてみてほしい。加えて、河道だけではなくその周辺のワンドや細流などの環境も含めて考える必要がある。特に出水時に流速の遅い場所の確保が大事であり、浅い水際やワンド

に加えて、支川との連続性などが挙げられる。最近では気候変動を意識した水温の低い細流や湧水のあるワンドなどの高水温に対する避難場も意識することが大切である。

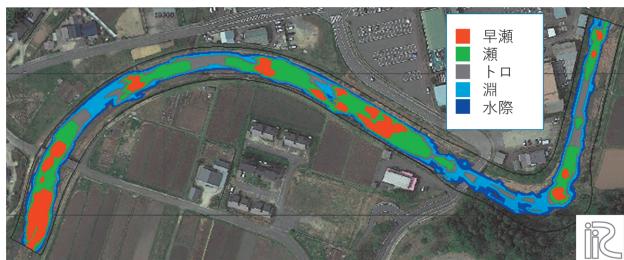


図-3 EvaTRiPによる瀬淵の分類例

5. 生物・生態系の視点

生物の視点からは、水国調査をまずは有効に使うことを考えたい。水国調査は1990年から30年以上にわたって日本の主たる河川109水系の魚類や鳥類など多様な種群について調査したものであり、日本が世界に誇る生物のデータセットとなっている。このデータセットは国内の変化¹¹⁾はもとより、世界との比較においても活用されている¹²⁾。

水国調査を活用して、専門家とも相談しながら、着目すべき種について、その変化を追い、課題があれば、その原因を推定することが大事である。そのときに、保全すべき「貴重種」とその場所の環境を代表する「典型種」の2つについて着目するとよい。多くの河川ではこれらのデータは整備計画を策定するときなどに整理されている。

「貴重種」は、種そのものに注目して十分な個体数が確保できるだけの環境を、過去の知見や調査、あるいは生息適地モデルなどを活用して保全・再生する。「典型種」については、過去の知見や調査、生息適地モデルなどを活用することは貴重種と変わらないかもしれないが、貴重種のような種そのものに注目するよりも、依存する「生息場」に着目し、その生息場の保全に努める。これらの関係性を見るときには環管シートで整理された種と「生息場」の関係も活用するとよい。

水域に依存し、河川改修の影響を最も受けるのは魚類である。水国調査は有益なデータであ

るもの、河川改修との関係性を検討するうえで、多くの直轄河川でその調査地点数は十分でない。適宜補足的な調査を加える必要があるが、現在、環境DNAが水国調査の魚類調査に公式に活用されることが決まっており、調査地点も増えることが想定されるので、今後はそのデータを有効に活用することができるであろう。

生物の保全を考える場合、土木技術者が扱えるのは生息場である。したがって、生物と生息場の関係をモデル化した「生息適地モデル」が重要となる。これは生物（Y）と生息場（X）（例：ヨシ原、河原、瀬、淵など）の関数を何らかの手法で関係づけたモデルで、多くの手法が存在する。例えばランダム・フォレストという機械学習を用いて、ある地整単位で魚類のカジカの生息確率を求めた例（図-4）では、瀬の面積割合が10%以下になると著しく生息確率が減少することが示された。この結果に従い、瀬の面積が10%以下にならないように河川管理をするなどの定量的な目標が立てられる。上述したEvaTRiPのような数値計算も援用して、改修後の断面でもこの生息場が維持できるか確認することも大事である。ただし数値計算の再現性と、生息場と生物の関係性については、対象地ごとで検証を深めるなど、実際の運用では重要度に応じて試行錯誤しながら進めるとよい。

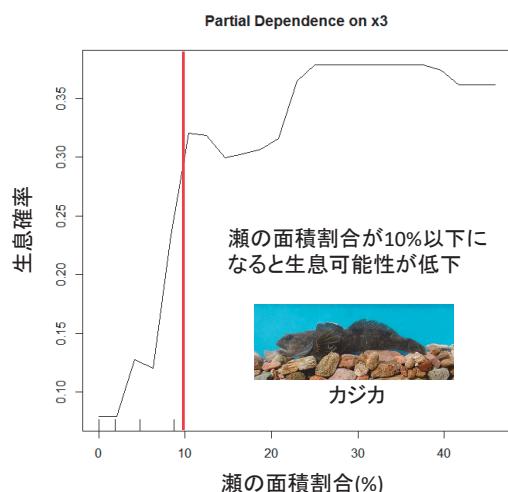


図-4 カジカの生息確率に対する瀬の面積割合 (%)

6. 流域の視点

頭痛の原因が頭でなくて肩こりであったりするように、河川環境悪化の原因が海域や流域など、河川そのもの以外であることも多い。実際に水国調査によると回遊魚と流域など氾濫原に依存する魚種が減少している傾向がある。

河川を遡上する回遊魚が減っているのであれば、河川の生息場・連続性を見るだけでなく、河口・沿岸の生息場の環境や場合によっては海域まで目を配る必要がある。沿岸の開発や改変が影響していないか、海域の水温や黒潮の蛇行の影響を受けていないか、などの視点でチェックする。海との関係はここではあまり触れないが、「河川汽水域における多自然川づくりの技術資料（試案）」¹³⁾に「3.1 調査・計画における留意点」が整理されているので参考されたい。

河川環境は流域環境の鏡である。健全な流域環境なしに、健全な河川環境は存在しない。実務的に流域環境を見る視点として、「流域に多様な水域が存在するか、河川とのつながりは保たれているか」の2点で見るとよい。つながりは流域全体で見るのが望ましいが、最低限、管理する河川と流入する支川や水路とのつながりを確認したい。分断化されている流入支川等（落差0.5m以上）については水国調査（基図調査）にデータがあるので確認するとよい。可能であればその支川や水路の小流域（集水域、農地では受益面積）の面積を把握し、大きいものから優先して対処するとよい。

流域環境のデータは、河川環境と比べて著しくデータ量が減少するが、その把握が試みられている。研究レベルではあるが実務的に使いやすいものとして「さとがわ指数」¹⁴⁾がある。これは、景観（見た目ではなく、池、水田といった均質な空間）が多様であるほど生物も多様である、という仮説をもとにつくられた「さとやま指数」の水辺版であり、水域の景観構成要素が多様であれば、水域の生物多様性も高い、という研究結果に基づいて作成されている。すでに全国のデータが整理・公開されており、実務でも「生物多様性しが戦略2024」などに利用されている。

九州地整では、水国調査と大学の調査結果を

合わせて、流域全体の魚類多様性を推測したマップを作成しており、すでに4流域で整備している（図-5参照）。九州地整ではこのマップを利用して、県の災害復旧時に環境上留意すべき場所について情報提供をし、災害復旧時の多自然川づくりに活用している。

直轄河川区域外の流域の生物データは貧弱であるが、そのような河川でも環境DNAデータを活用すれば比較的容易に九州地整同様のデータが作成可能と考えられる。自然共生研究センターの成果では、かなり広い流域であっても數十点ほどの環境DNAデータで流域の魚類多様性の推測が可能である、といった結果もある（論文準備中）。今後、直轄河川においては河川環境の保全の観点から流域の生物ポテンシャルをマップ化し、優先箇所を示したうえで、関係機関や流域の企業などとも連携し、流域での対策をリードしていくことが望まれる。

流域の生息場と河川の生息場の補完関係にも留意が必要である。例えば治水事業で河川の生息場に手を入れる場合、同様の環境が近傍の流域内（堤内地）にあるのであれば、場合によっては事業実施時の保険として考えられることもある。しかし、流域を含めても河道内にしかない生息場の場合、保全優先度は相当高くなる。流域環境を横目で見ながら河川環境を考える視点が重要である。

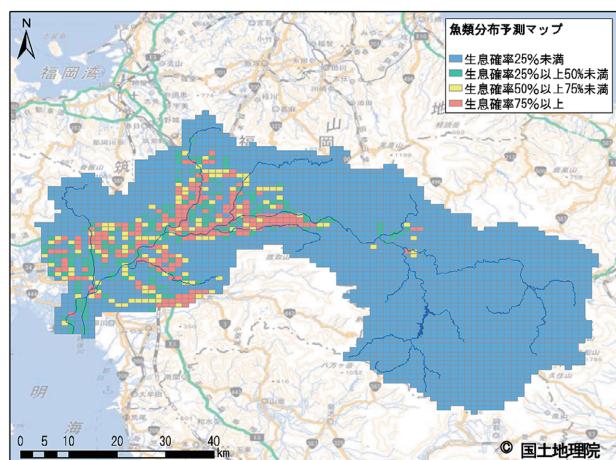


図-5 流域全体の生息確率評価例（出典¹⁵⁾）

7. おわりに～サステナブルな河道～

本稿では、「ネイチャー・ポジティブを実現する川づくり」を目指して、流域を含む環境の観点から河道マネジメントの考え方について4つの視点から述べた。

土木研究所では、これらの考え方を実現するための実践的な道具（技術）の研究や開発に取り組んできたところではあるが、「定量的な環境目標」が社会実装されるなかで、今後、多くの技術課題が出てくることとなる。これらの技術課題を解決するための研究を進めるとともに、現場の技術支援にもこれまで以上に取り組んでいく。

多くの河川管理者は河川環境の視点から河道をみることには慣れていないと思う。川幅が十分にあり、変化のある川は一般に河川環境が豊かであるが、現実に河道法線は動かすことが難しく、変化のある川は維持管理にとっては厄介でもある。しかし、安全で安心な河道を維持管理しつつ、自然環境豊かな美しい川はすべての人の願いであり、河川管理者は最小限のマネジメントでそれを実現したいと考えているであろう。本稿が、少しでもその一助となり、サステナブルな河道マネジメントにつながれば幸いである。

参考文献

- 1) 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 45(A)(4), p. 119~123, 2022.
- 2) 森照貴、中川光：ネイチャー・ポジティブな川づくりに向けた河川の生物多様性の現況把握、土木技術資料 第65巻、第5号、p. 24~27, 2023.
- 3) 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、2023.

- 4) 川尻ら：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), p. 23~32, 2023.
- 5) 宮脇ら：衛星画像および地形データを活用した機械学習による河川植生判別手法の検討、応用生態工学23(2), p. 261~278, 2021.
- 6) 河道内樹林の再繁茂対策の方法を教えてください(河川環境課：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ー、2024更新)
- 7) Higashikawa et al. Forest expansion affects Odonata assemblage in floodplain: a case study in the Kiso River, central Japan. Limnology 25, p. 337–344, 2024.
- 8) 藤原ら：航空レーザ測量から得られる3次元点群データを活用した河道内樹木量推定について、第74回 中国地方技術研究会、2023.
- 9) 森本ら：点群データを用いた瀬・淵の定量的な抽出に向けた基礎的検討、河川技術論文集30, p.47~52, 2024.
- 10) 多自然川づくり高度化ワーキンググループ・公益財団法人リバーフロント研究所：多自然川づくりの高度化に向けた河道の3次元設計導入の手引き(案)、2024.
- 11) 森ら：過去40年間で見られなくなった淡水魚はいるのか：河川中下流域における緑の国勢調査と河川水辺の国勢調査を用いた比較、応用生態工学24 (2), p.173 ~190, 2022.
- 12) Feio et al. Fish and macroinvertebrate assemblages reveal extensive degradation of the world's rivers. Global Change Biology 29, p.355–374, 2023.
- 13) 多自然川づくり技術検討会汽水域ワーキンググループ・公益財団法人リバーフロント研究所：河川汽水域における多自然川づくりの技術資料(試案)、2024.
- 14) 東川航：さとがわ指数(SGI)による流域の水生生物多様性の評価、Riverfront98, pp.16~19, 2024.
- 15) 遠山ら：一級水系流域における魚類分布予測モデルの構築と多自然川づくり支援システムの開発、河川技術論文集25, p.363~368, 2019.

中村圭吾



土木研究所 流域水環境研究グループ長、博士（工学）
Dr. NAKAMURA Keigo

森 照貴



土木研究所 流域水環境研究グループ 自然共生研究センター長、博士（環境科学）
Dr. MORI Terutaka

溝口裕太



土木研究所 流域水環境研究グループ 自然共生研究センター専門研究員、博士（工学）
Dr. MIZOGUCHI Yuta