

◆特集：国土交通省国土技術研究会◆

河川事業におけるインパクト・レスポンスの分析および
河川の物理的指標を活用した河川環境評価手法に関する研究

河川局河川環境課

独立行政法人土木研究所つくば中央研究所水環境研究グループ河川生態チーム

北海道開発局建設部河川計画課

東北地方整備局河川部河川調整課 関東地方整備局河川部河川調整課

北陸地方整備局河川部河川計画課 中部地方整備局河川部河川計画課

近畿地方整備局河川部河川調整課 中国地方整備局河川部河川計画課

四国地方整備局河川部河川管理課 九州地方整備局河川部河川計画課

1. はじめに

本研究は、計画段階および事業実施全段階における河川事業の人為的インパクト (I) に対する生態系のレスポンス (R) を予測・評価する手法の確立を目的としている。平成11年度からの2ヶ年は、「河川環境に関するインパクト及びレスポンスに関する研究」、平成13年度からの2ヶ年は、「河川事業における影響軽減手法に関する研究」、平成15年度からの3ヶ年は、「河川事業における環境影響分析手法の高度化に関する研究」と題して研究を進めてきた。平成18年度からは、3ヶ年

に渡り、「河川事業におけるインパクト・レスポンスの分析及び河川の物理的指標を活用した河川環境評価手法に関する研究」とし検討を進める。

本研究会では、全国の河川で測定されている様々なデータをもとに解析を行い、今後の河川事業における環境影響分析手法の高度化と事業の円滑な進捗に向けて検討を行っている。

内容は、事例研究と個別研究の2つに分かれる。平成11年度より継続してきた事例研究は、実際の事業を対象として、インパクト・レスポンス (以下、IR) のフローを作成し、予測～調査～評価までの一連の検討を行うものである。事例研究の目

表-1 インパクトの種類と事業の進捗状況からみた事例研究の位置づけ

		事業の進捗状況			
		現況把握・分析	計画	事前調査 (インパクト前)	事後調査 (インパクト後)
主要インパクトの種類	流量・水位の変化	中国 (斐伊川・神戸川)	○	○	
		北海道 (永山新川 (牛朱別川))	○	○	●
	ショートカット	近畿 (淀川)	○	○	
		北陸 (早出川)	○	○	●
		東北 (砂鉄川)	○	○	●
	低水路拡幅	中国 (斐伊川・神戸川)	○	○	
		九州 (加勢川)	○	○	
	土砂バイパス	中部 (三峰川)	●		
		近畿 (淀川)	○	○	●
	高水敷切り下げ	関東 (多摩川) *1	○	●	●
		四国 (四万十川) ※	●	-	○ (2005.3)
		中部 (三峰川) ※	●	-	○ (2006.3)
	高水敷化、樹林化等* (レスポンスの分析)	四国 (四万十川) *2	●		
		中部 (三峰川) *2	●		

●：検討中 (2006.12現在) ○：検討終了

*1 多摩川は今後予定されている事業を対象として整理している。

*2 四万十川および三峰川は、高水敷化、樹林化した現在のレスポンス状況をインパクトに置き換え、その分析にIRの考え方をを用いている。

※四万十川、三峰川は、高水敷の樹木伐採及び高水敷切り下げを試験的に実施し、事後調査を行っていたが、出水で試験地が流出したため、調査方法を変更し、現況把握・分析を行っている (本文参照)。

的は、事業の進捗状況に応じて、IRの予測、評価、モニタリングを実施し、環境影響分析において今後重点的に解決すべき課題の発掘や分析手法の高度化を図ることにある(表-1)。

一方、個別研究の目的は、各地方整備局が抱えている事業のうち、比較的共通な事項に問題を絞り、その解決に必要とされる予測・評価に関わる要素技術の開発を行うことにある。

平成18年度は、平成16年度より試行的に実施している河川環境情報の評価と調査法の発展について取り組んでいる。河川環境評価については、既に、イギリス、フランス、オーストラリア、アメリカなどを初め、先進諸外国で検討が進んでいる。本研究会では、とくにイギリスで開発されたRHS(River Habitat Survey)を基に、河川の中に見られる河川特性と生育・生息場所の関係を構造的側面から定量的に調査・評価するための技術を検討している。最終的には、これらの技術を応用し、それぞれの河川で誰もが同様の調査・評価ができるような汎用性の高い手法の開発を目的としている。

2. インパクト・レスポンスの概要

河川事業に伴う人為的なインパクトがレスポンスとして波及していくプロセスを考えると、そこには様々なモデルを想定することができる。本研究会では、平成14年12月に発刊された「河川事業の計画段階における環境影響の分析手法の考え方」²⁾で提案されたモデルを基に、IRのプロセス解明を行うこととしている。この考え方は、IRを①インパクト→②河川特性(物理的、化学的環境)の変化→③生息・生育環境の変化→④生物群集の変化、と①～④の個々の要素に分割し、各要素間の予測を行い、インパクト(①)に対するレスポンス(②～④)を評価する手法が採られる(図-1)。

なお、現時点では、これら一連のモデルは、各要素間の予測・評価手法が未確立であるため、その関連性を精度よく解明することが難しい状況にある。本研究会では、この点に鑑み、実際の事業の中で生じる各種変化に関するデータの蓄積、そのために必要となる調査・予測手法の開発・精度向上、今後優先的に開発すべき予測・評価手法の抽出に努めている。

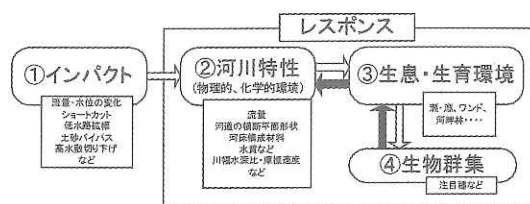


図-1 インパクト・レスポンスの過程

3. 事例研究：樹林を伐採した高水敷での出水による環境変化

四万十川、三峰川では、高水敷の切り下げ・樹林の伐採を試験的に実施し、人為的に裸地を形成し、その後の環境変化をモニタリングしていた(表-1参照)。両河川においては、試験区施工後まもなくに出水が生じたことにより、試験区を中心に河川景観に変化がみられた。とくに明瞭な変化は、砂州景観が広く形成されたことである。砂州景観は、切り下げた区間だけに限らず、その区間を拠点として、切り下げ前面と流下方向に対して大きく形成された。以下では、この2事例の検討内容と今後のモニタリング方針について報告する。

3.1 四万十川(四国地方整備局)の事例

四万十川は、流域面積2,270km²、流路延長196km、河床勾配1/300～1/1,300の一級河川である。本事例は、切り下げを行った入田地区右岸側(10～13km(河床勾配1/1,300))における報告事例である。

入田地区は、昭和30年代後半には白い砂州、広い瀬が形成されていた。しかしながら、昭和40年代前半から、当該区間、上流区間での砂利採取により、河床の低下、流路の固定化が進行し、砂州の冠水や攪乱頻度が減少した。その結果、礫河原が減少し、樹林域が40年間で約4倍に増大した。

そこで、平成17年3月に、砂礫河原の再生、アユの瀬づくりを目標として、12.4～12.8kmにわたり、高水敷切り下げ、樹林伐採を試験的に施工した。施工断面の設計にあたっては、あらかじめ数値解析により、冠水日数年50日以上、平均年最大流量時の無次元掃流力 τ_* (礫河原の河床材料移動限界値を0.06、ツルヨシ等の草本域を破壊する限界値を0.1に設定)を物理的環境指標として決定した。

平成17年9月に大規模出水(戦後第2位:12,596m³/s)が発生し、切り下げ前後区間も含め

てツルヨシ、オギを中心とする草本域が破壊された。

出水後に広大にみられた草本域の破壊、礫河原形成の状況を検証するため、平成17年1月、9月の航空写真を比較することで、草本域の破壊領域を整理した(図-2)。これより、11.8~12.8km付近で、明確に草本域が破壊され、礫河原が増加していることを確認した。破壊された草本域は最大幅約70m(12.6km付近)であった。

さらに、横断測線(200m間隔)上の無次元掃流力を計算すると、無次元掃流力 τ_* の平均は、0.13であり、最大値が0.18であった。いずれの箇所も草本域が破壊に至る無次元掃流力(0.1)よりも大きく、草本域が破壊され、広大な砂礫域が形成されたことを裏付ける結果となった。

試験施工区間の環境変化に出水が及ぼす影響は、今回の出水に見られるように、試験施工区間だけに限らず、出水の規模によっては、その上下流へ大きく波及する場合も想定される。また、礫河原の維持を目的とした高水敷切り下げの設計においては、冠水頻度や出水の検討だけでなく、植物の成長を抑える礫の被覆率や礫の厚さの検討も重要である。そのため、今後はベルトトランセクト調査を行うとともに面的調査(低高度写真撮影等)により、砂礫河原の維持、植生状態をモニタリングしていくことも検討している。

3.2 三峰川(中部地方整備局)の事例

天竜川の支川である三峰川は、流域面積492km²、流路延長60.2km、平均河床勾配1/100の一般河川である。中央構造線の影響を受けた脆弱な地質と南アルプスの山々がなす急峻な地形とが相まって土砂流出が多い。昭和34年には、天竜川合流地点から8km上流に美和ダムが建設された。美和ダムは、流量調整機能を持ち、洪水時には500m³/s以上はカットされる。これにより、治水上は安全度が向上したが、下流への土砂供給が途絶えるなど、流況の平準化、土砂移動の抑制が起きている。さらに、昭和39~56年にわたる砂利採取により、複断面化が進行し、樹林化・砂州の固定化が進行している。これにより、それまで砂州上に生育していたカワラハハコ、カワラニガナ、カワラバタなどの生物は減少の一途を辿り、流域からの外来植物の侵入も手伝い、本地域ではダム建設以前の河原環境が失われつつある。近年になり、とくに、ハリエンジュやアレチウリなどの外来植物の侵入

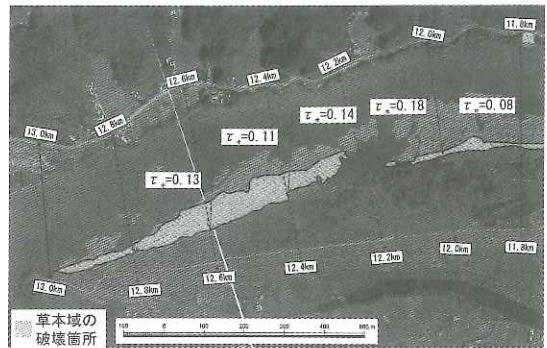


図-2 草本域破壊の状況と無次元掃流力の計算結果
(平成17年9月)

が目立ち、下流域への被害が心配される。それらの状況を加味し、試験的に三峰川中流部(天竜川合流地点より3.0~4.0km)を対象に、外来草本、外来樹木等を除去し、中州の切り下げ、河床低下の著しい箇所の埋め戻しを行った。

平成18年7月に平均年最大流量規模の出水(358m³/s)が発生し、河道内には、明瞭な瀬溝構造が出現した。また、砂州の切り下げを行った箇所では、出水時の流速増大により土砂移動が増加し、その結果、礫河原が形成された(図-3)。これらについては、現在、出水前後の状況や未施工の区域等との比較を通して、施工区域が礫河原、川の瀬淵などの形成に及ぼした影響の検証を行っている。

また、施工の目的の1つは、外来植物の抑制であり、出水によりその多くは減少した。しかしながら、礫河原が復元された後に、アレチウリ等の外来植物の侵入が確認されるなど、礫河原の維持のためには、外来植物や河道内樹木の侵入の防止が欠かせないことが明らかとなった。この点については、継続してモニタリングを実施していくとともに、市民との協働による順応的管理を推進していく予定である。

3.3 まとめ

高水敷の切り下げや樹木の除去という人為的インパクトと出水という自然のインパクトが起きたことにより、礫河原が大きく形成され、かつての礫景観が回復できた事例を紹介した。しかしながら、開放景観である礫河原には、近年、拡大の一途を辿るニセアカシア、アレチウリ、シナダレスズメガヤ等の外来植物の侵入が激しい。そのため、できるだけ長い期間礫河原を維持するには、その

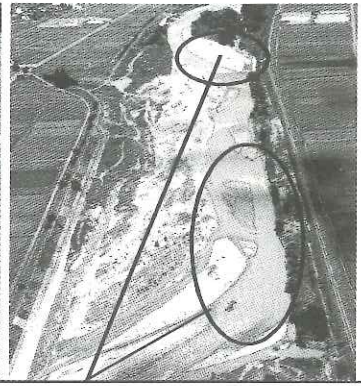
試験施工前 (平成14年)



試験施工後 (平成18年3月)



出水直後 (平成18年7月)



切り下げ区間

全体的に蛇行し、みお筋が変化した

図-3 施工前後、出水後の河川景観の変化 (三峰川)

メンテナンスの方法も視野にしておくことが必要である。すでに三峰川では、出水後の礫河原にアレチウリが確認されているなど、たとえ礫河原が形成されたとしても、それが即ち、在来植物の好適地とは成り得ない。この対策として、住民参加による外来植物の抜き取りの計画があるなど、すでに継続的対策も視野に入れた事業を行っている。このことは、周辺住民の国土交通省の事業への理解のみならず、環境に対する意識を高めることにも繋がる。今後とも市民と共同し、環境モニタリングを継続的にやっていくことが重要である。

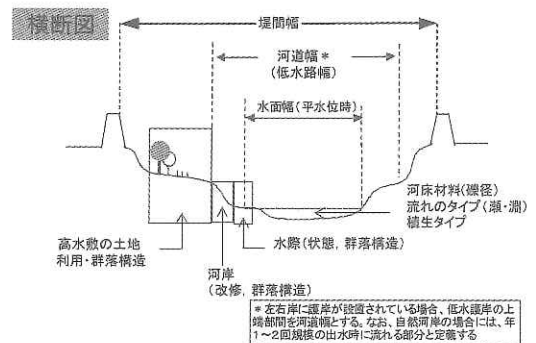


図-4 場の名称 (横断面図)

4. 河川環境情報の評価と調査法の発展—河川構造からみた河川環境評価の課題

4.1 日本版RHS (仮称) の概要

本研究会では、平成16年度より、先進国で実施されている河川環境調査・評価について内容検討を行い、とくにイギリスで開発された調査法であるRHS (River Habitat Survey) を参考に、日本での適用について検討を進めている。RHSの利点は、河道内と高水敷に有する物理特性を定量的データとして抽出し、分析するための体系的な枠組が具備されている点にある。またRHSは、河川環境を構造的側面から評価しようと期待できる³⁾。

調査は3枚の調査シートから構成され、主に机上で検討する「流域調査シート」、現地調査で400mまたは500mごとに記載する「概観調査シート」、50mごとに記載する「詳細調査シート」からなる。図-4に主要な調査項目の定義を示す。

RHSは、調査項目を埋めることで、結果的に河

川における分布状況、希少性、典型性の把握が可能となる。データの収集は画一的であり、1つの調査区間の範囲は、河道縦断方向に長さ500mの区間を標準とする。調査所要時間も短く、調査者が対象区間の物理特性を調査するのに要する時間は、1つの調査区間あたり最短で約40分程度である。

取得されたデータを用いた解析も容易にでき、項目ごとの組み合わせから、河川構造の関連性についても検証できる。なお、本研究会では、これらのシートを汎用性の高いデータベースソフトに記入した後、表計算ソフトのマクロを利用し、自動的に図下処理できるプログラムを開発している。

4.2 河川環境変遷把握への利用

平成17年度より、本手法を用い、空中写真や水辺の国勢調査などの結果から、過去の河川環境を統一的な方法でデータ化し、現在のデータと比較することで、河川環境目標の設定に生かす1つの

ツールにできないかと検討している。この背景には、環境目標を設定する際には、統計データが少ないため、定量的に目標を定めることが難しい点がある。また、この他にも次のような背景がある。河川事業に際して計画される環境保全においては、個々の保全すべき重要な地形、地質あるいは動植物を主に抽出し、その保全を行おうとする。しかし、河川環境のもつ典型性や特徴の分布を評価したうえで、河川全体の中での当該箇所の環境的位置づけを測る方法が不足している。

河川環境変遷把握の最終目的は、過去からのデータを整理することで、同一セグメント・スケール⁴⁾内における河川間の環境状況比較や、1河川の過去と現在の環境状況の比較を通し、今後の目標の方向性を定量的に設定することにある。

4.3 対象河川の概要とデータのとりまとめ

表-2に対象河川の概要を示す。対象年は、空中写真が残っていることを基準に、2時期以上を扱った。これより、少なくとも1つの河川において、現在と過去の環境状況の違いを把握することができる。

以下では、RHSから得られる土地利用、水際、河岸の景観変化の傾向を検討した。検討には、詳細調査シートより得られるデータを利用した。なお、本検討は平成18年12月現在までにデータ解析が終わっているものを対象としている。

表-2 対象河川の概要

河川名	セグメント1	セグメント2	セグメント3	対象区間	対象年							
	河床勾配				1940	1950	1960	1970	1980	1990	2000	
	1/60 ～ 1/400	1/400 ～ 1/5,000	1/5,000 ～ 水平									
	代表粒径											
	～ 2cm	3cm～ 0.3mm	0.3mm ～									
札内川	○			10km					●		●	
雄物川		○		21km	●			●			●	
久慈川		○		10km	●			●		●	●	
手取川	○			17km		●			●		●	
九頭竜川		○		5km			●		●		●	
庄内川		○		15km				●			●	
江の川		○		7km	●					●		
四万十川		○		10km			●		●		●	
本明川	○	○	○	7km					●		●	

4.4 「高水敷の土地利用」の経年変化

図-5にRHSの結果を整理し求めた高水敷の土地利用の結果を示す。図は、1つの項目（たとえば、裸地）が対象区間に占める割合の時系列変化を表している。大局的に見ると、裸地や水田は、右下がり傾向で、草地やグランドなどは右上がり傾向である。ただし、細かく見れば、増加率、減少率や年ごとの傾向は各河川で異なっている。例えば、裸地の変化傾向をみると、四万十川において、1960年～1980年の時期に僅かだが増加していることがわかる。一方、九頭竜川では、この時期に急激に減少している。さらに、久慈川や雄物

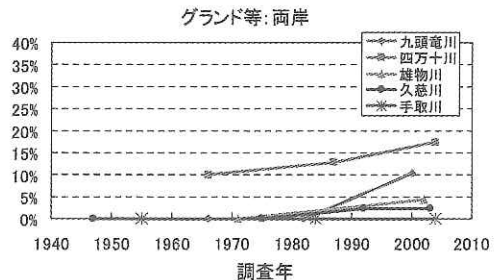
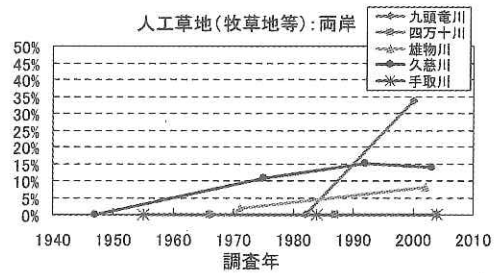
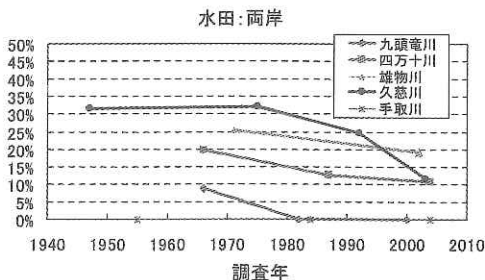
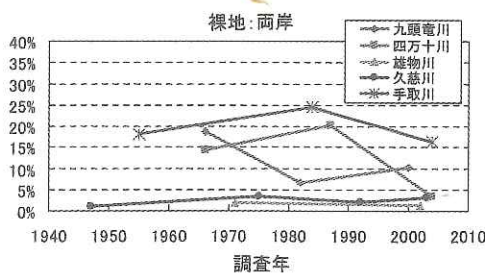


図-5 「高水敷の土地利用」の経年変化

川のように元々裸地域が少ない河川もみられる。ところが、近年では、セグメント2の箇所では、以前には裸地域が多かった四万十川や九頭竜川も、以前から裸地域が少なかった久慈川や雄物川へと近づき、その割合は3~10%であることがわかる。

また、同図には、セグメント1の箇所の手取川の傾向についても示している。セグメント2の箇所と比較して、裸地域が大きく、増減をしながら、15~25%で推移していることがわかる。

4.5 「水際の状況」の経年変化

図-6に水際の状況の経年変化を示す。セグメント2の箇所において、砂州で裸地の傾向は、全体的に右下がりであり、2000年代になると、その割合が10%前後に収束している。とくに九頭竜川では、1970年代前には、最大で70%近くが裸地であったが、この30年の間に10%近くまで減少していることがわかる。一方で、セグメント1の箇所の手取川では砂州の裸地域はほとんど変化がない。

砂州上の植生については、2000年代になり、セグメント2の箇所の河川で、その割合が約40%近くにまで急激に増加していることがわかる。

事例研究でも取り上げた四万十川において、「昭和30年代の礫景観が減少してきている」ことについても、両図を通し、RHSを用いた手法で示すことが可能である。また、このように同じ手法を用いることにより、他河川との比較も可能となる。

4.6 まとめ

従来、河川環境の変遷は、空中写真を使用して視覚的に説明したり、地被状態の判読とその面積などの読み取りを通して、定量的に説明してきている。前者は、定量的な説明が困難であり、他河川との比較はできないという問題があること、後者は、前者の問題点は解決できるが、傾向を知るためだけに、細かな情報まで定量的に計測しなければならず、時間、費用の面でコストがかかりすぎるものが欠点としてあげられる。一方で、RHSによる情報の取得方法は、面積等を測定するといった読み取り方法よりも精度は低いが、環境情報を容易に取得でき、その傾向を統計的に処理できる点において優れている。またデータ取得方法が画一的であることから、他河川のデータとの比較検討が可能となる。

このような数値情報を活用し、河川環境の変化

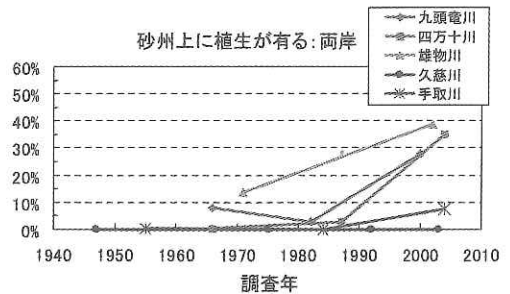
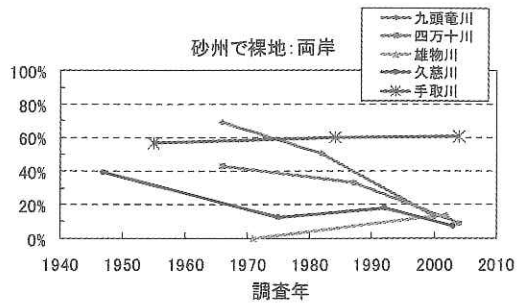


図-6 「水際の状況」の経年変化

の原因を分析する際に、同時期に変化している他の要因(変化)を関連づけることによって、IR分析を簡易にかつ定量的に測定できる可能性が示された。

5. おわりに

本研究会は、今後とも事例研究による環境データを継続的に蓄積するとともに、個別研究から、効果的な環境技術課題の解決に向けた取り組みを実施していく予定である。

参考文献

- 1) River Habitat Survey : Field Survey Guidance Manual, Environment Agency, 182pp, 1997
- 2) 国土交通省河川局河川環境課：河川事業の計画段階における環境影響の分析手法の考え方, 2002. 12
- 3) 大石哲也、天野邦彦、尾澤卓思：RHS・HQAの適用による円山川河川環境評価の検、応用生態工学, Vol.8, No.2, pp.179-191, 2006
- 4) 山本晃一：構造沖積河川学, pp.149-155, 山海堂, 2004

〔文責〕独立行政法人土木研究所つくば中央研究所
水環境研究グループ河川生態チーム上席研究員 天野邦彦
同 研究員 大石哲也
同 交流研究員 児玉秀樹