

多自然型川づくりの評価手法について

Evaluation method for nature-oriented river works

研究第二部 主任研究員 水垣 浩
研究第一部 部長 水野 雅光
研究第一部 主任研究員 辻 光浩
研究第一部 主任研究員 斉藤 重人
(株)建設技術研究所 千田 庸哉

平成9年の河川法の改正によって明確に位置づけられた、「河川環境の整備と保全」により、これまで進められてきた多自然型川づくりは、より積極的に推進されることとなり、全国の河川で種々の取り組みが行われている。

しかし、その事業効果を客観的に評価する方法は未だ明快になっていない。そのために、河川特性に応じた工法を適切に選択する判断基準が無く、また、地域住民に対し、何故、その工法が最適と判断したのかを客観的に示すことができない状況となっている。さらに、同改正では、河川整備を実施する際は地域住民の意見聴取も義務付けられており、その事業効果等を定量的に地域住民に提示し、意思決定のプロセスを客観的に説明することが必要不可欠となっている。

本稿は、滋賀県が管理する河川においてケーススタディーを行い、多自然型工法による事業効果を定量的に評価する手法を開発する目的で行ったものである。

キーワード：多自然型川づくり、定量評価、評価指標、砂州形成、冠水頻度

In accordance with the policy of “improvement and conservation of river environments” defined under the River Law amended in 1997, efforts have been redoubled to implement nature-oriented river works for many rivers in Japan.

There is as yet no established method, however, for objective evaluation of project benefits. Consequently, there are no criteria by which to appropriately select construction methods according to river characteristics, nor is it possible to objectively explain to local residents why particular construction methods have been chosen. The amended River Law also requires that the opinions of local residents be heard when implementing a river project. It is therefore necessary to quantitatively show the benefits of the project to the local residents and explain the decision-making process in objective terms.

This study was conducted with the aim of developing a method for the quantitative evaluation of projects for nature-oriented river works by conducting case studies of rivers managed by the Shiga Prefectural Government.

Keywords : nature-oriented river works, quantitative evaluation, evaluation indicator, sandbar formation, inundation frequency

1. はじめに

現在、全国的にも多自然型川づくりの事例は飛躍的に増えているが、その事業効果を客観的に評価する方法は未だ明快になっていない。このことは、河川特性に応じた工法を適切に選択する判断基準が無く、同時に、地域住民に対して、何故、その工法が最適と判断したのかを示すことができないことを意味する。

河川整備を実施するにあたっては、その事業効果等を定量的に地域住民に提示し、意思決定のプロセスを客観的に説明することが必要不可欠である。

本稿は、滋賀県の委託により、県管理河川においてケーススタディーを行い、多自然型工法による事業効果を定量的に評価する手法を開発することを目的に行った「多自然型川づくり評価検討業務」の研究成果であり、滋賀県の河道計画検討マニュアルの基礎資料としてとりまとめた。

2. 評価手法の検討及び活用目的

より適切な評価手法を開発するため、ワーキンググループを設置し、学識経験者の意見を聴くこととした。そのメンバーは、学識経験者として立命館大学教授江頭進治氏、京都大学生態学研究センター助教授 遊磨正秀氏の2名、河川管理者として滋賀県土木交通部河港課、多自然型川づくりの専門家として(財)リバーフロント整備センター等で構成した。ワーキングでは、事務局案をたたき台として、現場で実用可能か、適用する指標は十分か、という観点から検討を行った。具体的には、評価を実施するための調査データがあるかどうか、現場の担当者が十分理解できる内容かどうかという点に注意し、また、最終的に作成された評価手法をどのように活用していくかを念頭に置きワーキングを実施した。表-1に評価結果の活用目的を示す。

表-1 多自然型川づくり評価結果の活用目的

活用目的	(主目的) 計画策定時の 判断材料として	(副次的目的) 説明資料として
誰が	河川計画担当者 (県職員、コンサルタント)	河川計画担当者(県職員)
いつ	河川計画策定時	住民説明会(予算要求時)
誰のために	河川計画担当者(自ら)	住民等の第三者 (財政課等レクを含む)
何のために	河川計画策定時に考慮すべき評価、検討すべき項目を確認する為	アカウンタビリティ(説明責任)向上の為に、河川計画策定の意思決定過程を明確に説明する。

3. 評価項目の体系化及び評価指標の抽出

評価項目の体系化と評価指標の抽出にあたっては、滋賀県における「多自然型川づくり」の効果・影響を総合的に評価できるような指標の抽出を行った。

まず河川をとり巻く要素の整理を行い、それらの要素を表現しうる評価項目を検討する手順で、評価項目の再構築を行った。

河川を取り巻く要素には、既往研究資料¹⁾を参考としながら以下の10要素を選定した。

- ①治水・防災、②利水・水量、③水質、④地形・形状、⑤生物、⑥生態系、⑦利用・景観、⑧漁業、⑨文化、⑩維持管理、

これらの要素のうち「漁業」については、放流や魚種の商品価値など商業性の影響を大きく受けることから除外することとした。また、「利水・水量」「水質」については、河川改修事業での直接的な影響をほとんど受けない指標であることから、これらも除外することとした。「生態系」については、多自然型川づくりの総合評価において、最も重要な要素の一つであるが、生物データの将来予測を行うことは非常に困難であることから、河川の物理環境の変化を代替指標として見なすこととした。

これらの各要素を表現しうる評価項目を平成14年度の研究成果や、これまでの「川づくり会議」などでの議論を踏まえ再整理した。再整理にあたっては、必要な評価項目の補充、将来予測の可能性、滋賀県での実現性等を考慮した。また、評価指標については多自然型川づくりにおけるインパクト-レスポンスの関係をもとに定量的に評価可能となる物理指標を抽出するよう留意した。表-2に評価項目の体系化と抽出した評価指標を示す。表中において青字で記した評価指標は、河川改修に直接影響を受けない指標、あるいは将来予測が困難な指標であり、採用しないこととした。また、重複した評価項目もあるため、以下の16の評価指標を抽出した。(表中において赤字で記した。)

- ①流下能力、②堤防整備率、③砂州形成の有無、④瀬・淵・ワンドの数、⑤水深・流速(代表種の移動可否)、⑥横断構造物の落差(上下流の連続性)、⑦合流部落差(水路との連続性)、⑧河岸植物定着度、⑨冠水頻度別面積(植生分布)、⑩河畔林幅(河畔林機能)、⑪貴重種、固有種の生育・生息可能面積、⑫市民活動の有無、⑬利用空間の面積、⑭人の利用からみた縦断方向の連続性、⑮人の利用から見た横断連続性(堤防～水域)⑯歴史、文化、風土の保全、復元対策の有無。

表一2 評価項目の体系化及び評価指標

赤字：評価指標として採用したもの
 青字：評価指標として採用しなかったもの

評価項目	評価の視点	大分類	中分類	小分類	評価指標	備考				
(1) 治水	川の安全度	治水安全度		量的評価	①流下能力					
				質的評価	②堤防整備率					
(2) 利水		利水面安全度		流水の正常な機能の維持	正常流量達成率					
(3) 河川環境	川の多様度	場の多様度	生物の良好な生息・生育環境	魚類	移動環境	水質汚濁特性				
						⑤水深・流速（代表種の移動可否）				
						⑥横断構造物の落差（上下流の連続性）				
					⑦合流部落差（水路との連続性）					
					⑧河岸植生定着度					
					③砂州形成の有無					
				生息環境	④瀬・淵・ワンドの数					
					水質汚濁特性					
					横断構造物の落差（上下流の連続性）	(⑥へ)				
				産卵環境	水質汚濁特性					
					水深・流速（代表種の移動可否）	(⑤へ)				
					瀬・淵・ワンドの数	(④へ)				
	冠水頻度別面積（植生分布）	(⑨へ)								
	合流部落差（水路との連続性）	(⑦へ)								
	砂州形成の有無	(①へ)								
	探餌場環境	砂州形成の有無	(①へ)							
		瀬・淵・ワンドの数	(④へ)							
		河畔林幅（河畔林機能）	(⑩へ)							
		水深・流速（代表種の移動可否）	(⑤へ)							
		水質汚濁特性								
		⑨冠水頻度別面積（植生分布）								
	川の健康度	種の多様度			植物	生育環境	⑨冠水頻度別面積（植生分布）			
					河岸植生定着度	(⑧へ)				
移動環境					⑩河畔林幅（河畔林機能）					
					冠水頻度別面積（植生分布）	(⑨へ)				
					河畔林幅（河畔林機能）	(⑩へ)				
生息環境					琵琶湖の水位変動					
					砂州形成の有無	(①へ)				
					河岸植生定着度	(⑧へ)				
繁殖環境					冠水頻度別面積（植生分布）	(⑨へ)				
					河岸植生定着度	(⑧へ)				
					河畔林幅（河畔林機能）	(⑩へ)				
探餌場環境	河畔林幅（河畔林機能）	(⑩へ)								
	琵琶湖の水位変動									
	砂州形成の有無	(①へ)								
川の健康度				外来種（植物）対策	冠水頻度別面積（植生分布）	(⑨へ)				
				貴重種、固有種対策	⑪貴重種、固有種の生育・生息可能面積					
				植物の遷移・更新	陸域の植物遷移	冠水頻度別面積（植生分布）	(⑨へ)			
					流況	冠水頻度別面積（植生分布）	(⑨へ)			
				河川の復元力（物理的）	水位・流量移動	冠水頻度別面積（植生分布）	(⑨へ)			
					擾乱頻度	冠水頻度別面積（植生分布）	(⑨へ)			
					土砂移動	ダム、堰等の横断構造物	砂州形成の有無	(①へ)		
				河川の復元力（化学的）	自然浄化機能			水質汚濁特性	生活環境項目の達成率	
								生物学的水質階級		
								砂州形成の有無	(①へ)	
								瀬・淵・ワンドの数	(④へ)	
エコトーン（水際部）	河岸植生定着度	(⑧へ)								
冠水頻度別面積（植生分布）	(⑨へ)									
(4) 利用・景観	川の利用度	直接的な利用度	河川空間の利用（親水活動）	維持管理活動	⑫市民運動の有無					
				点的利用	⑬利用空間の面積					
				線的利用	⑭人の利用からみた横断連続性					
	間接的な利用度	景観			水域へのアクセシビリティ	⑮人の利用からみた横断連続性				
					自然景観	(※場の多様性)				
					内面的（美的）景観	⑯歴史、文化、風土の保全、復元対策の有無				
費用		トータルコストの経済性			初期投資					
					維持管理コスト					

4. 河道特性整理表の作成

評価を実施する前に、対象区間の現状の河道特性を把握しておく必要があることから、「河道特性整理表」を作成することとした。同表では、「河川の状況及び

物理的特性」として河道形状、セグメント、河床材料、川幅水深比、無次元掃流力等を、「河川環境」として、河畔林幅、貴重種・固有種の状況を、「親水・空間利用」として市民運動、堤防・高水敷の利用状況等を整

理する。また、河川整備計画における環境配慮事項を整理し、記入することとした。

5. 評価指標及び評価方法の概要

次項から16の評価指標と評価方法の概要について述べる。なお、今回の検討結果をマニュアルとしてとりまとめることを想定し、実際の使用に即して、マニュアルでは評価方法の考え方や評価手順についても記載する。評価は5段階評価を基本として、ランク5を最高ランクとした。

(1) 流下能力

治水項目の量的評価を行う指標として選定した。現在の堤防高をもとに測点毎の現況流下能力を求め、流下能力確保率（現況流下能力/目標流下能力）を算出し、その平均をもって評価する。

(2) 堤防整備率

治水項目の質的評価を行う指標として選定した。堤防断面の確保状況と護岸整備状況から評価を行う。堤防断面の確保状況は、河川管理施設等構造令²⁾で示されている高さ、天端幅、法面勾配の基準値に対する達成度合いから評価する。護岸整備状況は、必要な護岸距離に対する現況の護岸距離の割合から評価する。

ただし、山付けや掘り込み河道等は天端幅確保率、余裕高確保率、法勾配確保率は100%とみなす。

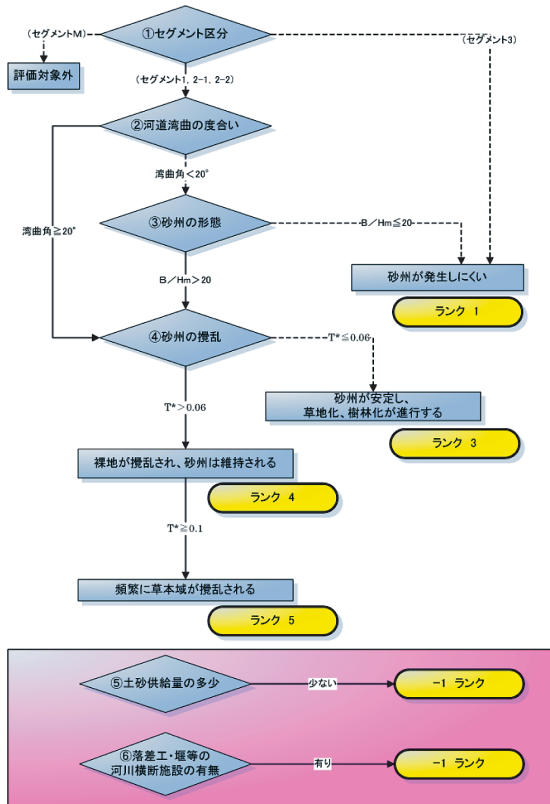


図-1 砂州形成の分析フロー

なお、堤防点検マニュアル^{3) 4)}に即したデータがある場合は、浸透、側方侵食、直接侵食のそれぞれに対する強度評価を行い、安全な区間延長の割合で評価する。

(3) 砂州形成の有無

2回の検討ワーキングで最も議論に時間をかけた評価指標である。砂州が形成され、かつ適度な冠水頻度があれば、自然の営力により川本来の自然環境が保たれると考え、生物の良好な生息、生育環境等を評価する指標として選定した。川本来の砂州形態を図-1砂州形成分析フローに順じ、評価区間のセグメント区分、

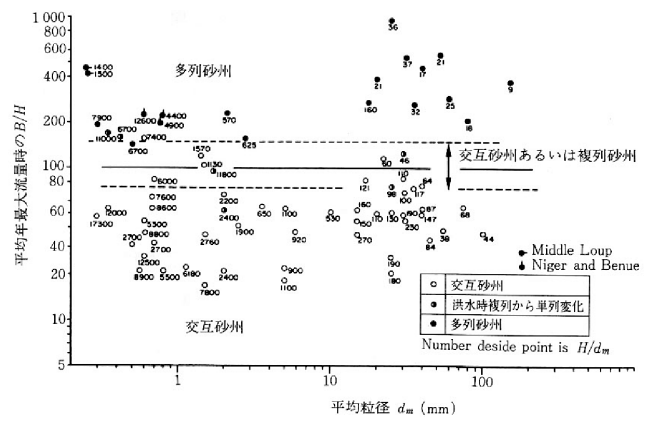
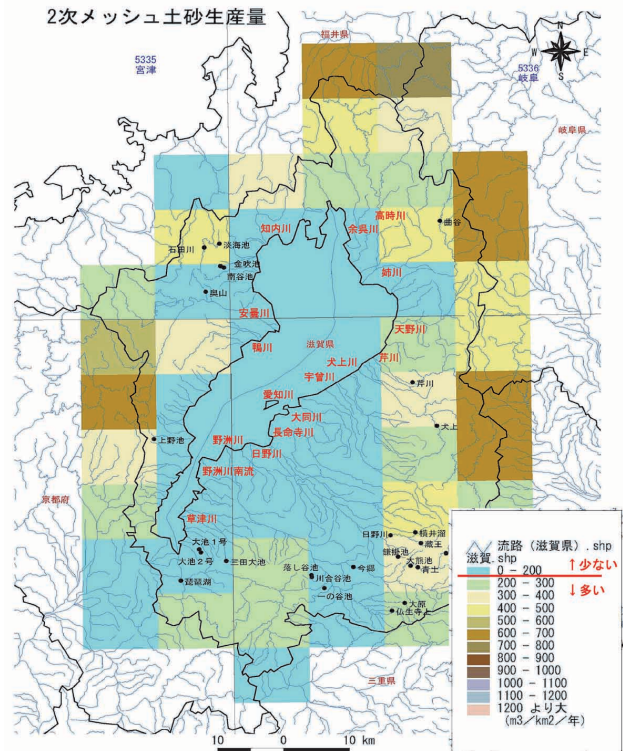


図-2 B/Hからみた砂州の形成区分⁸⁾



【図-B 滋賀県下の土砂生産量】

図-3 滋賀県下の土砂生産強度マップ

湾曲度^{5) 6) 7)}、川幅水深比 (B/Hm)^{8) 9)}、無次元掃流力 (τ^*)^{10) 11) 12)}、土砂供給量¹³⁾、横断構造物の有無、から砂州形成の有無を判定する。

・セグメント区分が1、2-1、2-2の区間で、河道の湾曲度合いが20° 以上の場合には、平均年最大流量時の無次元掃流力 (τ^*) が0.06を上回っていれば、裸地の砂州が維持される。

・セグメント区分が1、2-1、2-2の区間で、河道の湾曲度合いが20° 未満の場合でも、平均年最大流量時の川幅水深比 (B/Hm) が20以上、かつ、無次元掃流力 (τ^*) が0.06を上回っていれば、裸地の砂州が維持される。

なお、流域からの土砂生産が少ない場合、河川横断施設がある場合は、1ランク評価を下げることにした。土砂生産量の多少は図-3滋賀県下の土砂生産強度マップで200m³/km²/年以下を土砂生産が少ないエリアとした。河川横断施設がある場合、砂州の連続性を確保するという観点から、落差、突出高と砂州高で評価する。しかし、施設が評価区間のどこに位置するか、複数基ある場合はどうか、砂州高の推定が複雑である等の理由から、横断工作物が有る場合に全体評価を1ランク下げる評価とした。

(4) 瀬・淵・ワンドの数

前項の「砂州の形成の有無」で砂州が形成される場合、自然の営力で瀬・淵が形成されると見なし、評価ランクは5とする。砂州が形成されない場合には、瀬・淵・ワンドの数で生物の良好な生息、生育環境等を評価する。

(5) 水深・流速 (代表種の移動可否)

前項と同様に「砂州の形成の有無」で砂州が形成される場合、その川本来の流量を確保すれば、流量に応じた水深や流速が適度に維持されると見なし、評価ランクは5とする。砂州が形成されない場合には、評価区間における代表魚種の移動に必要な水深が確保できているかどうかで評価する。代表魚種は滋賀県の河川で標準的な魚であるアユとした。評価は現在の河川で評価区間を通して移動できるか否かで行う。ただし、評価区間が産卵場所である場合には、産卵時に必要な水深、流速が確保できているかについても評価する。

(6) 横断構造物の落差 (上下流の連続性)

現在、河道に存在する横断構造物による落差を魚類がのぼれるかどうかで評価する。評価区間内に複数の横断構造物がある場合は、全ての構造物に対して評価を行う。評価落差は文献から30cmとする。¹⁴⁾

なお、遡上可能な魚道が設置されている場合は、施設の落差に関係なく、遡上可能とする。

(7) 合流部落差 (水路との連続性)

水田に繋がっている支川や用水路と本川との合流部の落差から移動障害箇所数を求め、評価を行う。対象魚はドジョウとし、遡上可能な落差は10cmとした。

なお、合流部に遡上可能な魚道が設置されている場合は、落差の大きさに関係なく遡上可能とする。

(8) 河岸植物定着度

水際部における河岸の多様性を評価する指標として選定した。ただし、上流・中流・下流で本来あるべき水際部の姿が違うことから、河岸勾配や空隙の有無がセグメントにふさわしいかどうかで評価する。平水位±1m程度の範囲で植物が生育し易い (定着し易い) 区間、空隙の区間が評価区間延長に占める割合を目視により把握し、これらの状況が評価区間のセグメントにふさわしいかどうかを判断する。

(9) 冠水頻度別面積 (植生分布)

適切な冠水頻度は、多様な生物の生息・生育環境を形成し、高水敷の樹林化防止にも寄与する。また、生態系という大きなシステムの維持、復元にとっても重要である。

前項の「砂州の形成の有無」で砂州が形成される場合、自然の営力で川本来の水際部が形成されると見なし、評価ランクは5とする。砂州が形成されない場合は、冠水頻度を推算し、評価を行う必要がある。ただし、適切な冠水頻度を求めることは煩雑であることから、適切な冠水頻度を表す指標として、①水域+砂州領域、②河原性草本領域、③湿生高茎草本領域、④乾生草本領域の空間バランスを示した冠水頻度別面積を評価指標として選定した。

上記の領域が一定以上の面積で存在している河川空間が良好な状態であるとして、比較的良好的な砂州が維持されている木津川の近鉄京都線橋梁付近 (11kmから12km付近) を用いて、図-4のフロー図に従って必要最低空間比率を表-3のとおり決定した。¹⁵⁾

表-3 必要最低空間比率

領域	横断に占める最低比率
水域+砂州領域	11%以上
河原性草本領域	2%以上
湿生高茎草本領域	7%以上
乾生草本領域	—

なお、滋賀県の多くの河川は本来、礫河原であり、乾生草本類はほとんど繁茂していなかったと考えられることから、あえて乾生草本領域の最低比率は設定しないものとした。

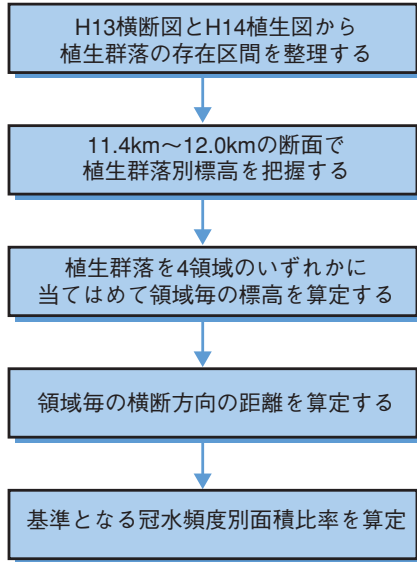


図-4 必要最低面積比率算定フロー

将来評価を行う場合は、植生毎の平均標高を予測することは不可能であるため、前述の木津川のデータなどから領域境界を表-4のとおりとした。

図-5に各領域と比高差のイメージ図を示す。乾生草本領域以外の3領域が必要最低比率以上を満足しているか否かで評価する。評価ランクを表-5に示す。

表-4 領域維持のための平水位からの限高差比高

領域	設定基準高
①水域+砂州領域	~平水位
②河原性草本領域	平水位~平水位+0.25m
③湿生高茎草本領域	平水位+0.25m~平均年最大流量相当水位
④乾生草本領域	平均年最大流量相当水位以上

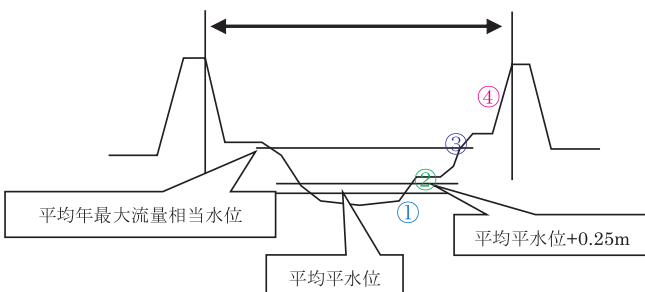


図-5 各領域と比高差のイメージ図

表-5 冠水頻度別面積の評価ランク

		必要最低空間比率の確保状況				
		3領域とも確保	2領域が確保	1領域のみ確保	3領域とも確保できない	2領域とも確保できない
空間構成数	3領域が存在	ランク5	ランク4	ランク3	ランク2	-
	2領域が存在	-	ランク3	ランク2	-	ランク1
	1領域が存在	-	-	ランク1	-	-

(10) 河畔林幅 (河畔林機能)

河畔林は、日光遮断機能、有機物供給機能、倒木供給、水質保全、生物の生息環境提供機能があると言われている。ここでは、日本の急流河川の特徴を考慮し、5つの機能のうち日光遮断機能、有機物供給機能、生物の生息環境提供機能に着目して、望ましい河畔林幅を既往の研究から^{16) 17)} 10mと設定してその延長率を算定することにより評価を行う。

(11) 貴重種、固有種の生育・生息可能面積

貴重種、固有種の生育・生息可能面積、分布位置を把握し、その位置関係により貴重種・固有種の影響度を指標として評価する¹⁸⁾。具体的には、河川改修により改変される面積の割合と、生息区域の中心までの距離で評価する。

(12) 市民活動の有無

維持管理に協力してくれる地域住民や活動団体が存在するかどうかで評価するが、自発的な活動でなくても、県などの主催イベント (定期的なゴミ拾いキャンペーン等) でも集客がある場合は、それも地域協力として評価に入れる。

(13) 利用空間の面積

人の視点からの項目として高水敷の利活用が行われていれば評価が高いものとして、評価区間内の高水敷の利用延長で評価する。

ただし、評価区間延長、高水敷利用延長ともに左右岸を合わせたトータルとして考える。

(14) 人の利用からみた縦断方向の連続性

草本類が繁茂しておらず、縦断方向へ散策可能な距離を用いて評価する。ただし、評価区間延長、散策可能な距離ともに左右岸を合わせたトータルとして考える。

(15) 人の利用から見た横断連続性 (堤防~水域)

堤防から高水敷までのアクセス性と高水敷から水面までのアクセス性から評価を行う。

堤防から高水敷へのアクセス性については、座るなどの行為が可能な勾配として、3割以上の法勾配であるかどうか判断し、3割以上の法勾配の堤防延長より

評価する。ただし、3割未満であっても、階段・坂路の設置があれば、3割以上の法勾配と同程度のアクセス性を有しているとして評価する。なお、階段・坂路がカバーできる範囲は、人が歩行したくなる限界を180mと想定し、前後100mとする。掘り込み河道についても堤防と同じように判断する。

高水敷から水面へのアクセス性については、前面河岸高（高水敷肩と水面までの比高差）が0.5m以下、階段がある、捨石等が護岸の前面に存在する、といった状況であれば降り易いと判断し、前後100mの範囲はアクセス可能とみなす。また、河岸の勾配が10割以上ある区間についてもアクセス性があるとみなす。

(16) 歴史、文化、風土の保全、復元対策の有無

歴史、文化、風土を有しているエリアの面積、分布位置を把握し、その位置関係により歴史、文化、風土の影響度を指標として評価する。

6. ケーススタディ

以上の検討結果（評価指標・評価方法・調査方法等）を実際の県内河川4事例で適用しケーススタディを行った。

(1) モデル河川の選定

モデル河川は、地域区分を考慮し4河川とした。検討対象河川を図-6に選定理由を表-6に示す。

湖西（琵琶湖の西側）は、山地が湖岸付近まで迫っている急流河川であるのに対して、湖東（琵琶湖の東側）は、近江平野を流下し、河床堆積が進む扇状地河川である。このように湖西と湖東で河川形態が大きく

異なることから、湖西のモデル河川として鴨川、湖東のモデル河川として愛知川を選定した。

また、都市部の河川での適応性について検討することを目的に草津市内の都市河川である北川を加え、さらに現在、河川整備計画が議論されている湖北の高時川を加えた4河川を検討対象河川とした。

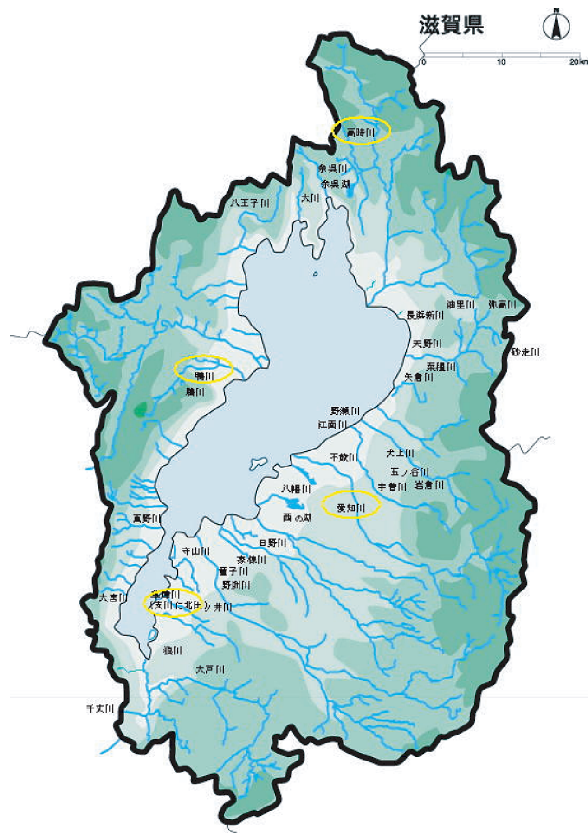


図-6 検討対象河川位置図

表-6 検討対象河川の選定理由

河川分類	地域区分	対象河川	評価対象	選定理由
自然的河川	湖西	鴨川	改修前 暫定計画（環境配慮型, 1/10規模） 改修計画（1/50規模）	1/50改修計画に対して、タブ林保全等の議論がなされ、多自然型計画が立案された。湖西の代表的な自然的河川であり、現況、改修計画、多自然型計画の比較が可能。また、現在、改修中で検証が容易である。
	湖東	愛知川	改修前 暫定計画（環境配慮型, 1/10規模） 改修計画（1/100規模）	大規模な河畔林があり、自然が残されていることから、多自然型計画が立案された。湖東の代表的な自然的河川である。現在、改修中であることから検証が容易である。
	湖北	高時川	改修前 暫定計画（戦後最大）	現在、河川整備計画が議論されている河川。今回の評価手法で妥当性を検証するために選定。
都市河川	湖南	北川	改修前 暫定計画（1/10規模）	都市河川での適応を検証するために選定。現在、改修中であり、検証が容易。

(2) 評価結果

鴨川の評価結果を図-7に示す。16項目の評価結果を川の安全度、川の健康度及び多様度、川の利用度の3分類で色分けし、レーダーチャートを用いて、事業による効果及び影響を総合的、視覚的に把握できるようにした。青線が改修前、赤線が治水安全度1/10の暫定計画、緑線が治水安全度1/50の改修計画を示す。

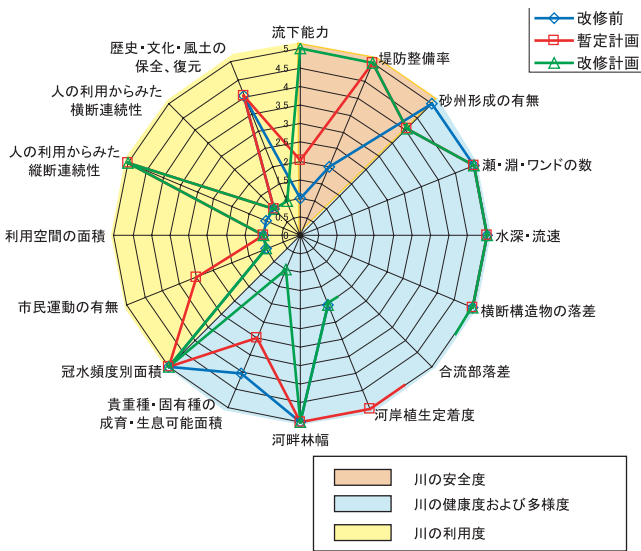


図-7 総合評価のレーダーチャート

7. おわりに

本稿では、紙面の都合上評価ランクに関する説明を省略したが、鴨川の評価結果では川の健康度および多様度に関する評価項目のうち4項目で、改修前、暫定計画、改修計画のすべてで最高のランク5となった。

また、都市河川の北川では予想通り低い評価点となっており、最低のランク1がいくつもある結果となった。これは、ある程度多自然型川づくりを評価出来た結果と言えなくも無いが、鴨川の例では改修前、暫定計画、改修計画で若干の点差が付くような評価ランクの設定を今後検討していくことが必要である。

また、今回の研究では評価指標を全て5段階に一般化しレーダーチャートで同列に評価している。しかし、それぞれの評価指標の持つ重みや意味合いは、各河川の特徴に応じて異なるはずである。そのため、今後は評価指標間の相互関係を整理・分析し、総合評価の方法の改善やキャリブレーション方法等を検討する必要があると考える。

さらには、このような評価検討を通して、点数そのものにこだわるより、現場の担当者が改修する河川の状態を把握すること、各評価項目が何を評価する指標なのかを理解することが重要であると感じた。

最後になりましたが、本検討ワーキングの実施にあ

たり、ご指導、ご助言を頂いた立命館大学教授 江頭進治氏、京都大学助教授遊磨正秀氏、滋賀県土木交通部河港課の職員の方々の関係各位に対して深く感謝を申し上げます。

<参考文献>

- 1) 西保幸ら：河川環境の評価手法に関する基礎的研究 (1998)
- 2) 財団法人国土技術研究センター：改訂 解説・河川管理施設等構造令
- 3) 財団法人国土技術研究センター：河川堤防の構造検討の手引き (2002)
- 4) 建設省河川局治水課：河川堤防の浸透に関する詳略点検について (1997)
- 5) 木下良作、三輪式：砂レキ堆の位置が安定化する流路形状、新砂防Vol94 (1979)
- 6) 木下良作：航空写真による洪水解析の現状と課題、土木学会論文集第345号 (1984)
- 7) 山本晃一、高橋晃、佐藤英治：河道平面形状と砂州の関係に関する基礎調査、土木研究所資料第2806号 (1989)
- 8) 山本晃一：沖積河川学、山海堂 (1994)
- 9) 財団法人国土技術研究センター：河道計画検討の手引き
- 10) 芦田、江頭：混合砂礫の移動限界について、土木学会年次講演会概要集Ⅱ-63、(1971)
- 11) 瀬崎、服部、近藤、徳田、藤田、吉田：礫州上草本植生の流出機構に関する現地観測と考察、水工学論文集、第44巻 (2000)
- 12) 服部、瀬崎、伊藤、末次：河床変動の観点で捉えた河原を支える仕組みの復元-多摩川永田地区を事例として-、河川技術論文集 (2003)
- 13) 谷田、高柳、藤井、水野：ダム貯水池堆砂量の推計精度向上のための一方策-土砂生産量強度マップの作成-、ダム技術No.203 (2003)
- 14) 建設省河川局治水課：魚ののぼりやすさからみた横断施設概略点検マニュアル (案) (1993)
- 15) 河川生態学術研究会：木津川の総合研究-京田辺地区を中心として- (2003)
- 16) 財団法人リバーフロント整備センター：リバーフロント研究所報告第13号「河畔林の保全・整備方針について」(2002)
- 17) 財団法人リバーフロント整備センター：研究所報告第12号「河畔林の保全・整備方針」(2001)
- 18) 財団法人自然環境研究センター：自然環境アセスメントマニュアル