

# 環境管理における対策実施優先区間の 選定について

## ON PRIORITIZATION OF RIVER CONSERVATION AREA IN ENVIRONMENTAL MANAGEMENT

福島雅紀<sup>1</sup>・鈴木淳史<sup>2</sup>・諏訪義雄<sup>3</sup>・川瀬功記<sup>4</sup>・田中孝幸<sup>5</sup>・堂菌俊多<sup>6</sup>  
Masaki FUKUSHIMA, Atsunori SUZUKI, Yoshio SUWA, Koki KAWASE, Takayuki TANAKA  
and Shunta DOZONO

<sup>1</sup>正会員 工博 国土技術政策総合研究所 河川研究部 河川研究室 主任研究官  
(〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地)

<sup>2</sup>非会員 工修 国土技術政策総合研究所 河川研究部 河川研究室 研究官(同上)

<sup>3</sup>正会員 国土技術政策総合研究所 河川研究部 河川研究室 室長(同上)

<sup>4</sup>非会員 国土交通省 水管理・国土保全局 河川環境課 係長  
(〒100-8918 東京都千代田区霞が関2-1-3)

<sup>5</sup>非会員 国土交通省 水管理・国土保全局 河川環境課 課長補佐(同上)

<sup>6</sup>正会員 工博 国土交通省 水管理・国土保全局 河川環境課 河川環境保全調整官(同上)

Environmental management should be implemented as part of a regular management even if an engineer in charge of a river site does not have special skills or long experience. The authors indicated the basic idea of the environmental management as "the relatively good site is conserved and other sites are restored referring the good site as much as possible", and proposed the river environment basic sheet to support to set the good site. In this study, the methods which set the good site from the typical and special aspects, and select a stretch to implement conservation and restoration as priority were examined. As a result, a procedure which sets a prioritized stretch to implement the measures from the similarity aspect was indicated in addition to the complementarity and non-substitutability aspect for the distance of two points in a river.

**Key Words:** River environment Typical aspect, Special aspect, Habitat, River management

### 1. はじめに

状態把握→分析評価→対策実施→事後調査といった、河川における一連の管理業務の流れの中で、環境の状態を把握し、環境目標を設定した上で、対策実施優先区間や対策内容を検討する必要がある。これらの検討にあたっては、委員会方式が採用されることが多く、こうした委員会の場合には河川環境をさらに向上させる観点から議論される傾向にある。一方で、残された良好な場を把握し、他の区間の環境を少しでも良好な場に近づける、いわゆる底上げ型の環境管理も重要である。委員会方式で検討する際、ベースとなるデータ(河川水辺の国勢調査等)を分析・整理し、河川管理者としての考えを示す上でも、日頃の管理業務の中で良好な場や環境改善にあたっての対策内容を把握しておくことは有効であろう。また、河川管理を担当する技術者が特別な技術や長い経

験を持たなくても、通常の管理業務の一環として実施されることが望ましい。

著者らは、これまでに「相対的に良好な場を保全し、他の区間を良好な場に近づける」と言った環境管理の基本的考え方を提示した上で、それを実現するための検討ツールとして河川環境管理シート(以下、本シート)を提案し<sup>1)</sup>、いくつかの国管理河川に適用することで、その有効性を検証してきた。その結果、環境の類似した一連の区間(以下、環境区分)の中で相対的に良好な場を選定する上で、本シートが十分な役割を果たすことが確認された<sup>2)</sup>。一方で、対策の検討にあたり、環境区分の中でどの箇所の対策を優先的に実施すべきか、どのような対策によって環境の改善を図るべきか、対策にあたって留意すべき点はないか、などの本シートの活用方法については十分に議論されていない。

そこで本論文では、本シートを用いた環境管理の流れ及び主な検討内容について概説した上で(第2章)、信

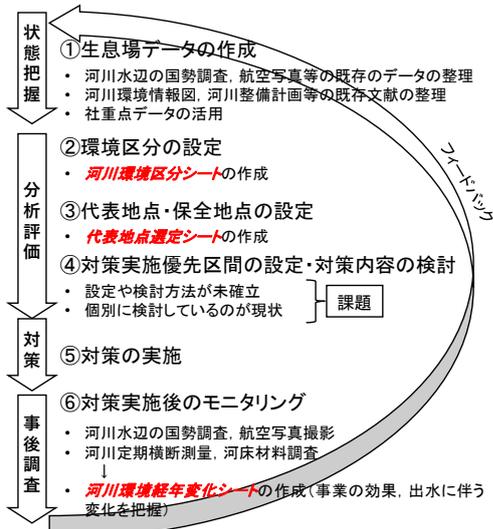


図-1 河川環境管理シートを用いた環境の管理業務の流れ

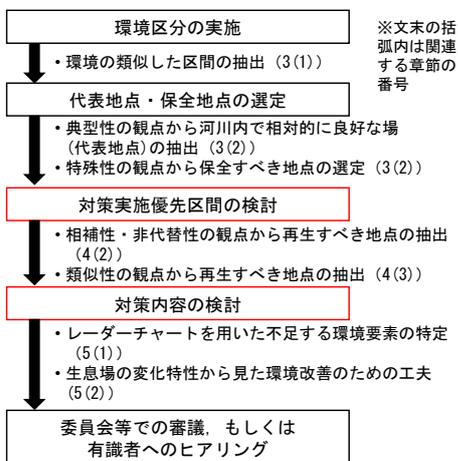


図-2 分析評価における具体的な作業の流れ

濃川水系千曲川22.0km～109.2kmを対象に実施した環境区分、環境区分の中で相対的に良好な場（以下、代表地点）を選定した結果について紹介する（第3章）。第4章では環境区分の中から優先的に再生することが望ましい地点（以下、対策実施優先区間）を選定する手法について、第5章では対策内容について検討した。

## 2. 管理業務の流れと本論文の検討範囲

図-1は管理業務の流れを示す。本シートは、河川環境区分シート、代表地点選定シート、河川環境経年変化シートの3種類のシートで構成され、それぞれ「②環境区分の設定」、「③代表地点・保全地点の設定」、及び「⑥対策実施後のモニタリング」において活用される。なお、河川環境経年変化シートは、事業の効果や今後の対策を分析評価するための作業シートであり、本論文では取り扱わない。

「①生息場データの作成」にあたっては、過去からのトレンドを把握する必要があることから、平成18年度に作成された生息場データ<sup>3)</sup>（以下、社重点データ）に準

じて作成した。社重点データは、1960年～1989年をⅠ・Ⅱ時期、1990年～2000年をⅢ・Ⅳ時期、2001年～2005年をⅤ時期として、河道幅、水面幅、瀬淵の面積や数、水際線の長さ、砂州・砂礫堆の面積、樹林地面積などの環境要素に関する情報を1kmピッチで整理したものである。こうした情報を活用するため、本シートでも1kmピッチでの評価とした。

第1章で述べたように、日々の管理業務の中で環境に関する分析評価の作業は定着していない。図-2は、その分析評価について具体的な作業の流れを示す。河川環境区分シートや代表地点選定シートを作成し、現場の状況と突き合わせることで、環境区分の設定や代表地点の選定が可能となった。対策実施優先区間の検討にあたっては、前田<sup>4)</sup>によって導入された「相補性」や「非代替性」に加え、地点間の「類似性」の観点から検討した。また、対策内容については、レーダーチャートを用いて代表地点との環境要素の差異を確認することで、着目する環境要素を明確にした。また、過去の地形変化から対策内容のヒントを得る方法を示した。

## 3. 環境区分の設定と代表地点の選定

### (1) 環境区分の設定

表-1は、千曲川の環境区分の結果と区分理由である。区分にあたっては、図-3に示すⅦ時期（2010～2015年）の河川環境区分シートを用いた。ここでは、紙面の関係から区分4、5の結果を示す。河川環境区分シートには、河川区分やセグメント情報等の基本情報に加え、生物生息場の分布状況を整理した。環境区分は、基本情報と生物生息場の分布状況から、環境の類似した区間に区分するが、千曲川では主に基本情報から区分した。

基本情報としては、支川の合流点、市町村境界を記載した略図、上中下流の区分、セグメント区分、景観、周辺地形や地質、河床勾配、河床材料、横断工作物の有無、狭窄部、自然再生事業の実施状況などを整理した（図-3 a)）。これらはいずれも環境の類似した区間を区分する上で利用できる指標と考える。生物生息場の分布状況について、環境影響評価（環境アセスメント）においては、上位性・典型性・特殊性の視点から注目種や群集を選定しているが、ここでは、全国の河川で利用可能な生息場の情報として、典型性と特殊性の観点から生息場の環境要素を一律に選定することとした。図-3 b) に示すように典型性を表す12個の環境要素としては、陸域では「低・中茎草地」、「河辺性の樹林・河畔林」、「自然裸地」、「外来植物生息地」とした。水際域では「水生植物帯」、「水際の自然度」、「水際の複雑さ」とした。水域では「連続する瀬と淵」、「ワンド・たまり」とした。汽水域では「干潟」、「ヨシ原」とした。特殊性を表す4個の環境要素として、「礫河原の植生域」、「涌



表-2 生息適地モデルの構築結果

種名	在データ数	モデルの適合性(AUC)	生息場データの寄与状況						
			低中茎草地	河辺性の樹林・河畔林	自然裸地	外来植物生育地	水生植物帯	ワンドたまり	湛水域
イカルチドリ	11	0.72	(-)18.2	71.1					

種名	在データ数	モデルの適合性(AUC)	生息場データの寄与状況						
			水際の自然度(平均)	水際の自然度(最大)	水際の複雑さ	早瀬(数)	早瀬(面積)	淵(数)	淵(面積)
アカザ	8	0.77	59.4			39.8			
アユ	11	0.80	20.1	(-)14.4		29.8		22.7	
メダカ類	7	0.65	84.3		(-)15.7				

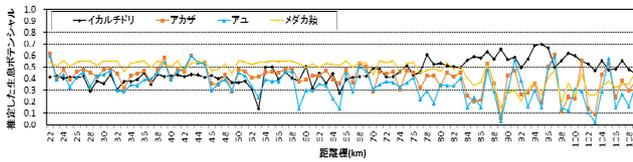


図-5 対象とする生物の生息ポテンシャルの推定結果

を判断する考え方が提案されている<sup>6)</sup>。この考え方に基づくと、良好な環境が失われつつある地点、環境のさらなる悪化が見られる地点、悪化した環境でその改善が見られない地点が保全や再生の対象となる。こうした地点毎の判断に加え、河川全体を考え、相対的に優先度が高い地点を選定することが重要である。こうした場を選定するため、前田らにならって相補性解析<sup>9)</sup>を適用した。

また、代表地点と環境要素の特徴が類似した地点の方が、具体的な対策を適用しやすいと考えた。例えば、代表地点に比べて連続する瀬淵面積が少ないことを確認できれば、瀬淵面積を増やす対策を検討できる。そこで、ある地点における代表地点との類似性をレーダーチャートによって評価する手法を検討した。

## (2) 生息適地モデルを用いた相補性・非代替性の高い地点の抽出

地点毎に生物の在・不在情報と生物生息場に関する情報を突き合わせ、機械学習の一つである“MaxEnt”を用いて、生息適地モデルを構築した(表-2)。鳥類は陸上、魚類は水際及び水中の環境要素を説明変数とした。ただし、灰色で塗りつぶした環境要素は、当該環境区分に広く分布することから解析の対象から除外した。また、対象とする生物は、代表地点選定シートと同様とした。相補性の評価にあたっては、陸域、水域それぞれで2種類以上の生物が必要となる。陸域について、コチドリ等を追加することを検討したが、過去に実施された河川水辺の国勢調査では在情報が得られず、1種類の生物しか選択できなかった。したがって、陸域については相補性の評価はできていない。

構築した生息適地モデルを用いて、対象とする生物の生息ポテンシャルを地点毎に推定した(図-5)。イカルチドリにとっては、上流側の生息ポテンシャルが高い。これは、イカルチドリにとって正の寄与率が高い自然裸地が上流側で多いためと考えられる。また、魚類は下流ほど生息ポテンシャルが高い傾向にあり、これは対象とした種で正の寄与率が高い水際の自然度が下流ほど高いた

表-3 保全率の設定根拠

種名	出現頻度	設定した保全率	保全する地点数	
鳥類	イカルチドリ	48.8%(43/88)	100%	43
	アカザ	5%(5/88)	100%	5
魚類	アユ	40%(36/88)	14%	5
	メダカ類	33%(29/88)	17%	5

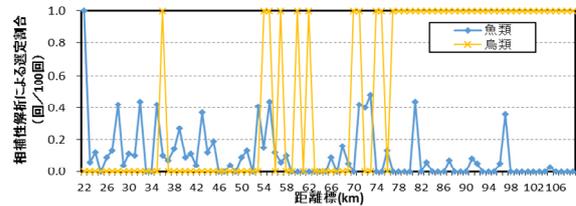


図-6 相補性解析による選定割合

めと考えられる。

相補性解析を実施するため、推定した生息ポテンシャルから在・不在情報を作成した。その際、推定した生息ポテンシャルと在・不在の対応が最も良くなる生息ポテンシャルの閾値を種毎に算定した。閾値の算定にあたっては、閾値を変化させながら推定結果と調査結果との適合度を集計し、最も適合度が高くなる閾値を探す方法であるROC分析を用いた。その結果、閾値は、イカルチドリで0.443、アユが0.378、アカザが0.55、メダカ類が0.534であった。

こうして作成した在・不在情報を用いて、“Marxan”を用いて相補性解析を実施した。解析条件である保全率は表-3の通りとした。相補性解析にあたって、保全率は重要なパラメータである。以下のa)~d)の設定を魚類に試行した結果、b)の設定で希少な生物であるアカザを重視した結果が得られたことから、b)を採用した。その時の魚類、鳥類の選定割合は図-6の通りである。このように保全率の設定にあたっては、対象河川で重要と考えられる生物が優先されるまで試行錯誤の計算が必要である。

- a) 3種とも1地点を保全
- b) 3種とも5地点を保全
- c) 3種とも30%を保全
- d) 3種それぞれで出現頻度に基づき保全率を設定

## (3) レーダーチャートを用いた代表地点に類似した地点の抽出

生物生息場の環境要素の構成や量について、地点毎の類似性を比較するため、図-7(a)のように環境要素をレーダーチャートで表現した。ここでは、陸域の環境要素として「低・中茎草本」、「河辺性の樹林・河畔林」、「自然裸地」、「外来植物生育地」、「水生植物帯」を選び、その面積を表示した。面積等の次元量で表現した場合、環境要素毎の面積の違いが大きく、比較しにくい。そこで、地点毎に環境区分内の各要素の平均値を用いて、各要素の面積を相対値に変換することで、要素間のばらつきを小さくした(図-7(b))。また、対象とする地点のレーダーチャートの大きさが代表地点と大きく異なる場合、両者の特徴を比較しにくくなることから、図

表-4 対策実施優先地点の選定結果の一例

距離標(km)	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81
評価点	3	1	0	0	0	1	1	1	1	1	3	1	2	2	3	1	2
生息ポテンシャル	×	×	×	×	△	○	△	×	△	△	○	△	○	○	○	○	○
相補性・非代替性	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
かい離度	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
判定	○の数	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1	1	2	1	2
△の数	1	1	1	1	2	2	3	2	2	2	2	3	2	1	2	1	2
×の数	2	2	2	2	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
総合判定				II	III	III		III	II	III	III	II	III	I	III	I	II
参考情報											保全			代表			

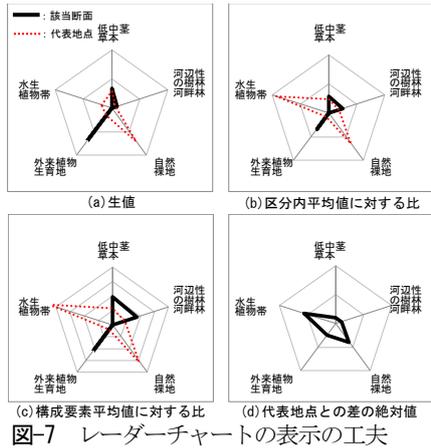
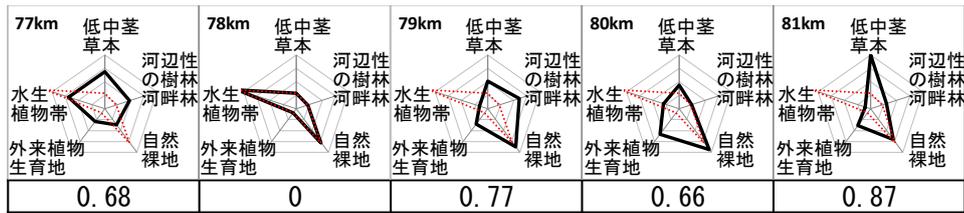


図-7 レーダーチャートの表示の工夫



(a) 陸域における生物生息場の構成要素のレーダーチャートとかい離度

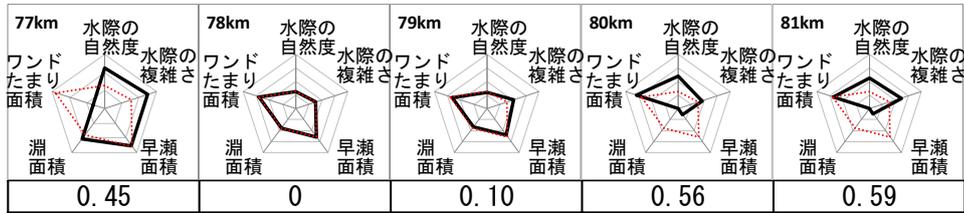


図-8 生物生息場の構成要素のレーダーチャートによる比較例 (赤破線は代表地点 (78km))

表-5 生息場の変化特性例 (赤枠: 代表地点, 橙枠: 対策実施優先地点)

項目	年度	65k	66k	67k	68k	69k	70k	71k	72k	73k	74k	75k	76k	77k	78k	79k	80k	81k	
変低水路内の生息場 (m <sup>2</sup> ) の	自然裸地	出現	0	480	0	2690	2200	1000	2390	5400	2530	300	4280	1460	25550	23230	15330	10210	
		維持	0	1880	670	2040	1910	0	570	1560	0	0	0	0	5980	12800	2340	10140	
		消失1(堆積)	440	0	18,700	1,580	11,530	14,560	6,810	570	5,100	1,020	0	0	8,690	3,030	8,060	2,810	10,820
		消失2(低下)	290	0	3,060	0	630	450	100	180	0	0	200	0	0	820	940	140	3,620
	50%以上を占める生息場の変化		消失1		消失1	消失1	消失1	消失1	消失1	出現	-	出現	出現	出現	消失1	出現	出現	出現	-
	瀬	出現	0	0	0	1,840	1,300	410	0	0	0	0	400	0	2,100	1,570	0	560	
		維持	0	0	0	2640	2010	0	0	0	0	0	200	0	2870	0	0	0	
		消失1(堆積)	0	0	1,320	0	280	0	0	0	0	0	0	0	0	1,690	540	0	
		消失2(低下)	0	0	0	0	210	0	0	0	0	0	770	0	0	1,790	5,400	0	
	50%以上を占める生息場の変化				消失1	維持	維持	出現				消失2		維持	出現	-	消失2	出現	
	淵	出現	0	0	0	0	0	0	0	200	0	0	0	1100	390	430	0	0	
		維持	0	0	0	4,130	0	0	0	7,040	0	0	0	0	5,750	5,350	6,500	0	0
消失1(堆積)		0	0	0	230	0	0	0	280	0	0	0	0	0	0	0	0		
消失2(低下)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
50%以上を占める生息場の変化					維持				維持				-	維持	維持	消失2	消失2		
ワンドたまり	出現	0	0	0	0	0	0	0	370	0	0	0	0	0	2830	360	360		
	維持	0	0	0	360	1,250	0	0	720	3,460	0	0	250	0	1,260	1,750	0		
	消失1(堆積)	170	0	0	0	0	0	0	930	0	0	0	0	1,490	170	820	2,950		
	消失2(低下)	0	0	0	0	0	0	140	0	0	0	0	0	420	0	0	0		
50%以上を占める生息場の変化		消失1			維持	維持			維持	維持			維持	消失1	出現	維持	消失1		

-7(b)の相対値の平均値で各相対値を割ることで、レーダーチャートの大きさを整えた。こうして整えたレーダーチャートの構成要素の相対値を比較し、その差を絶対値で表示したのが図-7(d)である。また、これらの絶対値を平均し、かい離度とした。

(4) 対策実施を優先する地点の選定

相補性・非代替性、類似度を総合的に評価し、対策実施の優先度が高い地点を抽出する。ここでは、以下に示すように各指標を同等の重みで考え、優先順位の高い方から2つ目までを選定し、68km, 73km, 76km, 80km,

81km地点とした(表-4)。

- 相補性・非代替性については、選定頻度から66%値以上を“○”，33%以上66%未満を“△”，33%未満を“×”とした。非代替性、相補性が高い地点は、再生の必要性が高く再生に適している地点とした。
- 生息場の類似度については、かい離度が33%未満を“○”，33%値から66%未満を“△”，66%以上を“×”に3段階評価した。代表地点と類似するほど、再生の効率が高く再生に適していると判断した。
- なお、陸域の鳥類は1種(イカルチドリ)のみ扱っており、相補性の視点から評価すべきではないと考

え、評価点を全て“△”とした。また、比較的確認頻度が大きかったことから、非代替性も評価していない。

- 陸域、水域とも○2つ、△1つが最高であり“●”の判定とした。また、○1つ、△2つが次点であり、“▲”とした。
- 総合判定では、陸域が“●”，水域が“▲”が最高点（Ⅰ）であり、次点（Ⅱ）は陸域及び水域とも“△”，もしくは陸域か水域の一方が“○”の場合とした。どちらか一方が“△”の場合には、第3位（Ⅲ）とした。

## 5. 環境改善のための対策内容に関する考察

### (1) 不足する環境要素から見た対策内容

レーダーチャートから改善対策の内容を考えることができる。図-8(a)の陸域を見ると、対策実施優先区間に選定された5地点の中から80km地点に着目すると、代表地点に比べて外来植生生育地の面積が6倍程度であり、水生植物帯の面積が1/4程度である。外来植生生育地を減少させ、水生植生帯を増加させる必要がある。具体的には、外来植生が繁茂する高水敷を切り下げて、水生植物帯が繁茂できる水際の浅い水深のある環境を再生することが考えられる。また、図-8(b)の水域では、80km地点で早瀬及び淵の面積がほとんどなく、早瀬や淵を再生することが考えられる。

具体的な改修断面については別途検討を要するが、典型性を表す環境要素について、改善が必要となる要素とその改善の度合いを確認することができる。

### (2) 生息場の変化特性から見た対策内容

区分5において、自然裸地、瀬、淵、ワンド・たまりのそれぞれの面積について、Ⅵ期(H19)からⅦ期(H25)にかけての変化パターンを整理した(表-5)。変化パターンとして、全く別の状態から新たに形成された場合を「出現」、その状態が維持された場合を「維持」、土砂が堆積することで消失した場合(自然裸地の場合は植生繁茂を含む)を「消失1」、河床低下によって消失した場合を「消失2」とした。これを見ると、各環境要素がどのように増加したかを確認できる。例えば、対策実施優先区間の80km地点では、自然裸地は出現によって増加しており、航空写真を確認すると、水衝部等において低水路河岸が侵食された結果として自然裸地が形成されたものと推測された。また、瀬及び淵については、河床低下によってほとんどの瀬が消失したことを確認できる。ワンド・たまりについては堆積によって消失したことが分かる。瀬淵とワンド・たまりの変化から低水路と高水敷の比高差の増大を推定できる。こうした情報をどう改善対

策に活用していくかについては、個々に考える必要があるが、対策を検討する上でのヒントになると考える。

## 6. おわりに

本論文では、これまでPDC Aを回すことが難しかった環境の管理について、日々の管理業務の中で、調査結果の分析や対策方法の検討について具体的な方法や流れを示した。今後はこうした方法を普及していく段階にあり、対象とする河川において重要となる環境要素や生物の保全がより適切に実施されるようになることが期待される。また、環境を点数化したことで、環境に関する知識が乏しい担当者でも環境業務に抵抗なく従事することが可能となり、ひいては環境に対する理解が深まることも期待される。

一方で、環境の点数化にあたっては、典型性について12の環境要素に絞ったことから、湿地再生などの環境改善効果を表現できないなどの課題が指摘されている。こうした課題については、引き続き委員会方式等を通じて有識者のご意見を聞きつつ、対象とする河川や生物に応じた環境要素の選択方法など、個々に検討する必要がある。最後になるが、本シートを用いた管理を実践する場合においても、個々の河川に応じた工夫を行っていくことが肝要であることを強調しておく。

**謝辞：**河川環境管理シートを作成するにあたり、北海道開発局及び各地方整備局の河川環境を担当する方々から航空写真、河川環境情報図などの各種データを提供していただいた。ここに記して、謝意を表します。

### 参考文献

- 1) 福島雅紀：河川における環境管理の取組み～環境管理のための手引きの策定に向けて～、土木技術資料、Vol.59, No.1, pp.50-51, 2017.
- 2) 中村圭吾、服部敦、福濱方哉、萱場祐一、堂菌俊多、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、河川、10月号, pp.50-54, 2015.
- 3) 楯慎一郎、小林稔：物理環境からみた全国河川の状況、リバーフロント研究所報告、第19号, pp.87-95, 2008.
- 4) 前田義志、上野裕介、中村圭吾、服部敦：生物生息適地モデルと相補性解析による河川における環境保全優先箇所の選定、土木技術資料、第58巻、第4号, pp.36-41, 2016.
- 5) 国土交通省河川局河川環境課：河川環境検討シート作成の手引き(案)、平成15年3月。
- 6) 中村太士、辻本哲郎、天野邦彦：川の環境目標を考える 一川の健康診断一、河川環境目標検討委員会編集、技報堂、平成20年7月。

(2017. 4. 3受付)