

# 河川環境整備計画のための総合評価指標作成に関する研究\*

Comprehensive Estimation Index for River Environment Improvement Planning\*

矢部 浩規\*\*・中津川誠\*\*\*

By Hiroki YABE\*\*・Makoto NAKATSUGAWA\*\*\*

## 1. はじめに

河川整備計画の策定、河川工事、管理に関する調査、実施の際に、現況河川の自然、社会環境を適切に把握し、河川環境に及ぼす影響を予測、評価することが求められている。本研究では、近年、整備が進んでいる河川環境情報図など河川環境、生態系に関する情報から、植生や河道、高水敷の状況等河川の物理的要因を抽出し、様々な生物の生息、利用環境、河川整備による環境影響の評価が同時にかつ空間的に可能な総合指標を作成することを目的としている。

## 2. 研究の方法

従来の調査、研究においては、人間による利用や意識、生息生物の生態系からの評価が個別に行われている事例が多く、河川環境を総合的に評価する試みは少ない。総合評価の例として、水の量、川の流れ方や水際、周辺の土地利用や高水敷、川底の様子、水の汚れ、鳥、植物などの項目に点数をつけて総合点を算出する方法や、生物からみた生物学的水質、生物が多様に存在していることを示す種の多様性、貴重性や移動性、指標種出現の有無による生育、生息域の多様性について、同様に点数をつける評価法がある。これらの手法は、生物の生息と河川の物理的構成要素を同時に評価しており指標種を対

\*キーワード：河川環境整備、評価指標

\*\*正員、博士(工学)、(独)北海道開発土木研究所 環境水工部 環境研究室

(札幌市豊平区平岸1-3、

TEL011-841-1696、FAX011-818-7036)

\*\*\*正員、博士(工学)、同上

象とした評価は可能であるが、広範な生物の評価は難しい。また、評価対象種を設定しなければならない方法は、目標設定の段階での指標としては適切ではない。生物の生息等実測調査が必要な方法も、河川の全区間を範囲とする場合や河川間の比較評価に対しては費用の面から難しい場合が多い。さらに、河川に関わるデータは広範で大量の情報を扱わなければならないため、具体的に評価する際、いかに情報を集約するかが課題となり、多くの情報を自由に比較分析、表現することが重要であると考えられる。

以上から、本研究では、魚類や鳥類、人間等河川空間を利用する様々な生物の生息環境の評価が同時に可能であり、航空写真や河川環境情報図や現地観測等既存のデータなど比較的容易に入手可能な河川環境を構成する植生や河道状況等の物理的データにより構築される点が特徴な評価指標を提案するものである。関連研究として、河川の水深、流速、瀬、淵、蛇行程度、水面幅、河床材料、水生植物、中州、河畔林などによる評価法(RHS)があり、これらの要素や既往知見を参考に河川の物理的要因を抽出する。豊平川を対象に評価し、得られた評価指標について、河川空間を利用する代表的な生物である魚類、鳥類の実測の生息データ、人々の利用データとの比較検証を行って有効性を示す。

## 3. 河川環境指標の作成方法

### (1) 主成分分析の適用とGISの利用

河川の物理的環境データは多数の項目からなるため、それらを総合化し、河川環境の状態をより理解しやすい形にまとめる必要がある。データを圧縮し分析する手法としては、主成分分析、因子分析などがあるが、個々のデータの関

係性を説明するのに最適であると考えられる主成分分析を適用した。主成分分析は、多数の変数の値に異なる重みをつけて互いに独立な合成変数を求める手法で、多数の要因を少数の総合評価に集約する。合成変量（主成分）を各変数の関係から主観的に判断し、データ構造を理解するものである。

主成分分析の適用によって、対象とする河川環境の構成要素を用いた指標化と、その指標による各々の河川環境の相対的な評価が可能となる。同一河川での評価のほか、他河川を含めて客観的に評価、比較の可能性も高い。指標は各主成分からなり、主成分を構成する各変数の関係は、河川環境の解釈や構成要素の関連性から河川整備、管理に役立つことが予想される。

豊平川の 13km 区間を対象に、河畔林、高水敷、水面等河川環境の物理的構成要素 29 項目を GIS による河川環境情報図を利用して計測、作成した。GIS は河川環境情報に関する定量的、空間的なデータの利用、操作性に優れ、各変数のデータ抽出、様々な集計、利用が容易となった。これらの各変数について対象区間を 100 m 区間ごとに 130 個に分け、計 3770 個のデータを解析する。

( 2 ) 分析結果

主成分分析による合成変量  $Y_1 \sim Y_q$  は、 $q$  個の河川環境の物理的構成要素データ ( $X_1 \sim X_q$ )、調査地点が  $m$  個の場合、次式で表される。

$$Y_{m1 \sim m q} = a_{1q}X_1 + a_{2q}X_2 + \dots + a_{qq} X_q$$

$Y_1$  が第 1 主成分、 $Y_q$  が第  $q$  主成分であり、係数  $a_{1q} \sim a_{qq}$  が固有ベクトルとなる。固有ベクトルの正負、大きさによって各主成分

に対して変量  $X_1 \sim X_q$  がどの程度効いているかが分かり、その特性を把握することが可能となる。各変数を標準化した相関行列の固有値、固

有ベクトルを求めた結果が表 - 1 である。第 1 主成分の寄与率は 24% であり、第 7 主成分までの累積寄与率は 65% となった。各主成分の解釈は以下のように考えられる。第 1 主成分は、河川の自由度や砂州、淵や早瀬、流速、水深差の有無等の要因から河川の多様性と、人工草地、高木なヤナギ林等で構成される軸と考えられる。第 2 主成分は、樹木や草本など人工草地、牧草地を除く自然の緑量と、水面面積が広く、床止め、人工草地が存在する河川を示している。第 3 主成分は、河床勾配が急で人工構造物があり、草本や人工草地などから、河川の地形や草地性と考えられる。以下、第 4 主成分は橋梁、人工構造物から人工性と、河畔林のカバー、第 5 主成分は湾曲、分流と中州部分の河畔林、第 6

表 - 1 主成分分析結果

固有ベクトル	主成分1	主成分2	主成分3	主成分4	主成分5	主成分6	主成分7
ヤナギ林	-0.243	0.26	0.09	-0.176	0.274	0.036	0.043
ハリエンジュ	-0.005	0.03	0.244	0.073	0.113	-0.005	-0.223
植栽樹	0.006	0.144	0.049	0.268	0.218	0.204	0.276
高茎草本	-0.084	0.303	-0.418	0.213	0.111	-0.002	0.151
低茎草本	0.032	0.293	-0.14	0.102	-0.288	-0.233	-0.042
人工草地	-0.254	-0.228	-0.263	-0.058	0.027	0.066	-0.087
グランド公園	0.003	0.095	0.146	0.221	-0.142	-0.46	0
人工裸地	0.017	0.085	0.113	-0.145	0	0.072	-0.111
人工構造物	0.158	-0.05	0.239	0.393	0.143	-0.075	0.03
自然裸地	0.323	-0.09	-0.031	-0.096	0.047	0.117	-0.082
開放水面	-0.236	-0.336	-0.064	-0.083	-0.104	-0.115	0.235
樹木率	-0.16	0.364	0.225	-0.178	0.243	0.094	0.085
草本率	-0.013	0.413	-0.378	0.208	-0.051	-0.069	0.116
人工草地	0.104	0.127	0.125	-0.152	-0.108	-0.41	-0.051
淵	0.223	0.105	-0.155	-0.1	-0.104	0.271	-0.313
早瀬	0.169	-0.026	-0.107	-0.23	0.183	-0.109	0.34
平瀬	-0.294	-0.065	0.197	0.238	-0.043	-0.141	0.015
砂州有無	0.298	0.17	0.153	-0.059	-0.016	-0.134	0.022
分流湾曲	0.175	-0.077	-0.046	-0.125	0.338	-0.309	-0.106
自由度	0.335	0.013	-0.034	-0.054	0.066	0.133	-0.167
流速水深	0.193	0.121	0.009	-0.148	0.132	0.157	0.304
支川流入	-0.016	-0.012	0.117	-0.148	-0.224	0.112	0.405
水際カバー	-0.235	0.092	0.177	-0.237	0.122	-0.018	-0.015
中州河畔林	0.074	-0.007	-0.163	-0.22	0.341	-0.388	0.043
樹木高さ	-0.243	-0.008	0.111	-0.034	0.237	-0.036	-0.141
樹木連続性	-0.195	0.29	0.125	-0.162	-0.186	0.144	-0.075
橋梁有無	0.107	-0.037	0.192	0.416	0.32	0.145	0.025
床止め	0.107	-0.202	0.041	0.002	-0.053	0.012	0.425
河床勾配	0.179	0.15	0.349	-0.069	-0.287	0.003	0.155
固有値	6.954	2.984	2.181	1.925	1.821	1.601	1.371
寄与率	23.90%	10.20%	7.50%	6.60%	6.20%	5.50%	4.70%
累積寄与率	23.90%	34.20%	41.70%	48.40%	54.70%	60.20%	64.90%

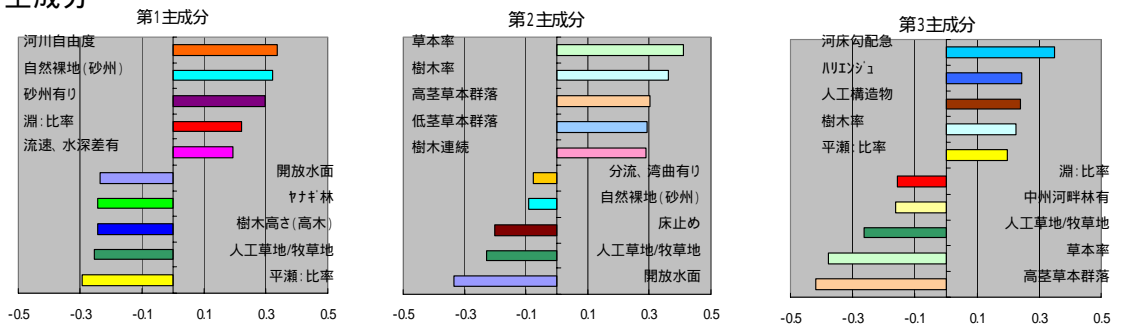


図 - 1 主成分分析結果(第 1 ~ 第 3)

主成分は高水敷の人間の利用、第 7 主成分は床止めの設置や支川流入、淵などが関係している。

各主成分の得点は 100 m 区間ごとの各地点で算出され、地点間の比較が以上の河川環境軸によって定量的に可能となる。しかし、主成分の解釈は主観的であり、各生物との実データとの比較によって検討を進める必要がある。そこで、次に各地点の主成分得点を、魚類、鳥類の実測データ、人々の空間利用データによって検証する。

#### 4. 実測データによる検証と評価値の比較

##### (1) 魚類の実測データによる検証

豊平川の各地点で 2001～2002 年の夏期 4 回、苗穂鉄道橋、南 7 条大橋、幌平橋、ミュンヘン大橋の各地点 300 m 区間で平瀬、早瀬、淵の河川形態別に、魚類を採捕し生息数等を計測した。

魚類の実測地点における主成分得点と魚類の生息数との関係を相関分析によって相対比較する。生息数は、各地点の平瀬、早瀬、淵に生息した平均個体数密度を用いて比較した。全体の個体数、ヤマメ、ウグイ属、ハナカジカ、フクドジョウ等魚種別(遊泳性、底生魚類)の各個体数に分けて検討した結果、河川の多様性を表す第 1 主成分とは正の相関がある。第 2 主成分とは負の相関があり、河川の水面面積が広いほど生息数が多い。第 3 主成分からは河床勾配が急である事が生息数を減じていると考えられ、第 4 主成分からは、河畔林のカバーや中州の河畔林、早瀬が魚類の生息数を増加させ、人工構造物の存在が減少させており、第 5 主成分では、河川流水部の蛇行、河畔林が生息数を増加させているとい

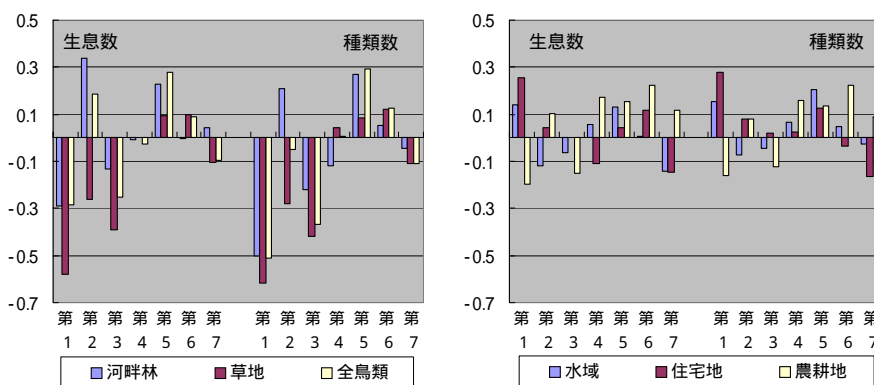


図-2 各主成分得点と鳥類生息との相関関係

ると考えられる。遊泳魚と底生魚では主成分値によっては相関関係が逆のケースがあった。

以上の結果は、おおむね既往知見と一致しており、魚類の生息に対して今回得られた河川環境指標が有効であることが示された。調査時期によって相関の強さが異なるが、魚類の生態に関係する要因、流量、水質その他時期的な変動を取り込んだ物理的要素を考慮する必要があると考えられる。

##### (2) 鳥類の実測データによる検証

鳥類は、ラインセンサス法によって全区間を調査した。2003 年 6 月に 3 回実施し、鳥類の種及び数を確認し記録する。これらから 100m 区間ごとの鳥類の種、数の実測データが得られ、同様に各地点における主成分得点と生息との相関関係を分析した。鳥類の全種類数、全生息数と、河畔林、草地性、水域性、住宅地、農耕地の生息別によるケースに対して検証している。その結果を図 - 2 に示す。

鳥類全般を対象に検討した結果からは、第 1 主成分と負の相関があり、平瀬、高木の樹木、ヤナギ林、草地と相関がある。種類数の方が生息数に比べ相関係数が大きい。第 2 主成分の自然の緑量は、全生息数、河畔林性、住宅、農耕地に生息する鳥類と正の相関があったが、草地、水域性鳥類は負の相関であり、水面と人工草地と関連している。第 3 主成分の草本群、草地がある場合は種類数、生息数を増加させ、人工構造物は減じている。第 5 主成分の中州にある河畔林や、分流、湾曲など河川の蛇行は鳥類の生息と正の相関がある。

##### (3) 河川空間利用データによる検証

豊平川における水辺の国勢調査～河川空間利用調査(2000 年 4、5、7、11 月の合計 6 日)による 1km 区間ごとの利用者数(全数、目的、場所別利用者数)と主成分得点との関係を比較した。その結果、全体の利用者数との関係では、第 3 主成分と正の相関、時期によって第 1、2 主成分と正の相関、第 6 主成分と負の相関がある。利用目的別では、散歩利用が第 3 主成分と正の相関、時

期によって第1、2主成分と正の相関、第5、第6主成分と負の相関がある。場所別利用では、高水敷利用が第3主成分と正の相関があり、時期によって第1、2主成分と

正の相関、第6主成分と負の相関がある。人々は、河川の多様

性、自然の緑の量、人工構造物、グラウンド、公園、人工草地等の要素がある空間を利用している。水面、水際利用は、7月のみ河川の多様性、複雑性を示す第1主成分と正の相関があった。

#### (4) 評価値の地点間比較

各地点の河川環境の評価、地点間の比較を、魚類の生息実施箇所4地点(苗穂大橋、南7条橋、幌平橋、ミュンヘン橋)を対象に行う。図3に各地点の主成分別得点を示す。得られた指標(河川環境軸を表す各主成分)から、魚類と鳥類の生息及び人々の利用評価を同時に行うことが可能となる。なお、地点別の主成分得点の算出は、各主成分を表す式に、物理的構成要素データ( $X_1 \sim X_q$ )を代入して得られる( $Y_1 \sim Y_q$ )。主成分得点は300m区間の平均値を用いた。

寄与率が高い第1、第2主成分の得点から4地点を比較評価すると、ミュンヘン大橋は鳥類、南7条大橋は魚類と河畔林性、住宅、農耕地に生息する鳥類と人々の利用、苗穂大橋は魚類の生息環境が良好となる結果となった。

第3主成分からは苗穂大橋で高く、魚類の他、鳥類にとっても良いことがわかり、ミュンヘン大橋での人々の利用が高い。第4主成分から魚類の生息がミュンヘン大橋で優れている。苗穂大橋は、第5主成分からも魚類、鳥類の両方にとって良好な環境であることが示されている。人々の高水敷利用を表す軸である第6主成分は、南7条大橋、幌平橋が高い。第7主成分からは苗穂大橋が魚類に良好な環境となっている。

このように、各地点の河川環境が多様な指標で表され、各指標と魚類、鳥類、人間等各生物との関係から、その生息評価を同時に行うことが可能となっ

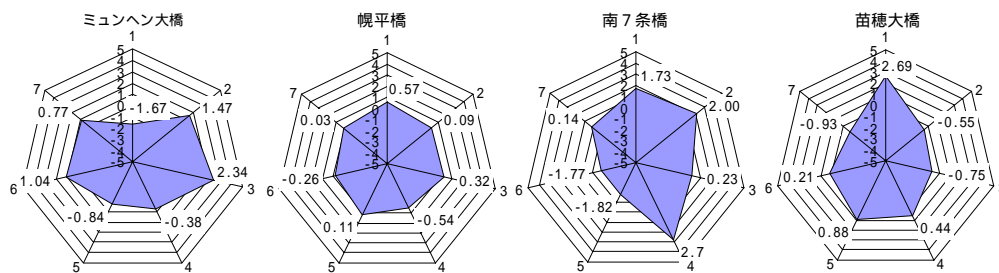


図-3 地点別の各主成分得点結果

た。各地点間の比較も可能であるが、本手法は、対象とする河川の相対的な比較に関する情報が得られるものであり、外的な基準によって整備の方向性を評価することはできない。しかし、現況の河川環境の特性を定量的に評価するとともに、改修工事等を実施し河川の物理的構成要素を変化させた場合に、各生物への影響がどの程度になるのか、数値指標により予測、評価が可能であり、環境に配慮した河川整備計画の策定、実施、人々への説明、合意形成に対する支援情報が提供される点で有効であると思われる。

#### 5. おわりに

本研究で提案した評価指標は、容易に計測できる河川環境の物理的データを用いて河川環境を総合的に評価、類型化しており、その後の詳細な調査、計画の支援情報となる。さらに、効率的、効果的な指標の算出、調査方法を確立するために、適切なデータの抽出方法についても検討が必要である。また、本手法の有効性を高めるため、実測データとの比較、検証の蓄積の他、河川空間を利用する他の生物、属性別の生息環境に関連するデータ、河道の変化など変動するデータを収集する必要がある。

本研究は北海道開発局から参考資料等データの提供をして頂いた。ここに記して謝意を表す。

#### 参考文献

- 1) 国土交通省河川局、リバーフロント整備センター：河川水辺総括資料作成調査の手引き(案), 2001
- 2) 国土交通省中国地方整備局、「河川水辺国勢調査」に基づく河川環境評価の手引き, 2002
- 3) 玉井信行、奥田重俊、中村俊六：河川生態環境評価法、東京大学出版会、2000