

河川環境の総合的な評価の検討

EXAMINATION ON SYNTHESIZED EVALUATION OF RIPARIAN ENVIRONMENT

杉尾 哲¹・早田陽介²・漆林奉晃³

Satoru SUGIO, Yosuke SOUDA and Masaaki URUSHIBAYASHI

¹正会員 工博 宮崎大学 工学部土木環境工学科 (〒889-2192 宮崎市学園木花台西1-1)

²学生会員 宮崎大学大学院 工学研究科土木環境工学専攻 (〒889-2192 宮崎市学園木花台西1-1)

³元宮崎大学 工学部土木環境工学科 (〒889-2192 宮崎市学園木花台西1-1)

This paper described the result of the examination on the evaluation system for the riparian environment. Fifteen items were used for the synthesized evaluation. These items were composed by not only the physical elements and the biotic elements but also the chemical elements and the sensuous elements. Qualification theory type 3 and cluster analysis were used to classify the features of the surveyed points. The followings were confirmed in this examination. The features of the riparian environment of surveyed points were evaluated by the proposed system. The chemical elements and the sensuous elements were important for the synthesized evaluation. The effect of the improvement of the riparian environment was objectively evaluated.

Key Words: *Riparian environment, synthesized evaluation, multivariate analysis, chemical elements, sensuous elements*

1. まえがき

日本列島は、年平均 1800mm の降水量に恵まれていて、急峻な地形を形成している。このため、多様性の豊かな多くの河川が形成されている。1997 年に河川法が改正されて河川環境の保全と整備が河川管理の目的に位置づけられた以降、2002 年には自然再生推進法が制定され、2006 年には多自然川づくり基本指針が策定された¹⁾。このように、環境管理は、近年、その重要が増している。そのような中、河川整備計画の策定段階における環境影響評価の考え方がまとめられ²⁾、全国のいくつかの河川で試行された。このような分析には、対象とする河川の環境上の特徴を定量的に把握して総合的に評価し、整備の効果を予測・評価する技術が必要である³⁾。

河川環境には、気象や地形、人間活動などの地域特性が強く影響する。河川環境の総合的な評価には、これらの地域特性を十分に反映させることが必要である。諸外国においては、RHS や HQA、AUSRIVAS など多くの評価手法が開発されて適用されている⁴⁻⁵⁾。また、これらの手法を日本の河川に適用する試みも行われている⁶⁻⁷⁾。しかし、日本の多様性豊かな河川に対する総合的な評価の手法は、まだ確立されていない。著者らは、これまで環

境上の特性が明確な宮崎県や沖縄県の河川を対象として、多変量解析手法による客観的な評価を行うことによって河川環境を評価することを検討してきた⁸⁻¹⁰⁾。本論文では、評価項目を整理し、評価の対象河川を追加して検討するとともに、河川環境の改善を目的として実施した整備の効果を総合的に評価することを試みた。本論文は、その検討結果について記述したものである。

2. 河川環境

河川環境にはさまざまな要素が複雑に関係している。諸外国においてすでに適用されている RHS や AUSRIVAS などの評価手法においては、河川環境の評価項目として、物理的要素や生物的要素が用いられている。しかし、日本においては河川環境に人間活動が強く影響することから、河川環境の総合的な評価の項目には、地理と生物の視点だけでなく、社会科学の視点も必要であると考え。この観点から、著者らのこれまでの研究においては、人間活動の影響を組み込むために、化学的要素を含めて検討してきた。また、日本人は水を信仰の対象とするなどの川に対する独特の感性を持っており¹¹⁾、観念的要素を加えることも必要である。したがって、本論文において

表-1 水質階級ごとの指標生物

水質階級Ⅰの生物	水質階級Ⅱの生物	水質階級Ⅲの生物	水質階級Ⅳの生物
アミカの仲間	イシマキガイの仲間	イソコブムシ	アミカザリガニ
カワゲラの仲間	オオシマトビケラ	タイコウチ	エラミズ
カゲロウの仲間	カワニナ	タニシの仲間	サカマキガイ
サワガニ	ゲンジボタル	ニホンドロソコエビ	セスジユスリカ
ヨコエビ	コオニヤンマ	ヒル	チョウバエの仲間
ナミズムシの仲間	コガタシマトビケラ	ミズカマキリ	ハナアブ
ナガレトビケラ	スジエビ	ミズムシ	イトミミズの仲間
ヒゲナガカワトビケラ	ヒラタドROMシ	フジツボの仲間	ゴカイ
ヤマトビケラ	ヤマトシジミ	ガガンボ	
ヒラタカゲロウ	シジミ	サホコカゲロウ	
ブユの仲間	トンボの仲間		
ヘビトンボ			
ナベバタムシ			

注) ●は調査対象地区特有のものとして加えた生物

表-2 HIMの測定項目¹²⁾

川が上下につらなっているか、細流や水路などのつながりが有効か、冠水率の高い水辺（湿地）や伏流水はあるか、河床に大小の石があるか、水深に大小があるか、流速に大小があるか、水生植物があるか、水辺林が連続しているか、水面への光の当たり方、攪乱の度合い

は、河川環境の総合的評価の項目として、物理的要素、生物的要素、化学的要素および観念的要素の4要素を用いることとした。

(1) 調査項目

総合的評価の項目として、河川周辺の土地利用や魚類や植物の生息・生育状況などが考えられるが、本論文では、比較的容易に測定できて、河川間の比較評価に適切な調査項目として、下記を選定した。

物理的要素には、流況の流速 v 、水深 h 、水面幅 B 、水面勾配および河床材料を選定した。

生物的要素には、水生昆虫と森下が提案したHIM¹²⁾を選定した。

化学的要素には、pH、DO、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{PO}_4\text{-P}$ 、CODを選定した。

観念的要素には、水のおい、川辺の音、水の透明度、川辺の景観を選定した。

(2) 調査方法

流況については、器具を用いてそれぞれ測定し、その値を $v/\sqrt{gh}$ と $\text{B}^{1/2}/h$ ¹³⁾の無次元量に整理した。河床材料の測定には、50×50cmのコドラートを使用し、その枠中の礫の混合状態を決定した。水生昆虫については、表-1に示すように標準の指標生物に調査対象の地区に特有の

ものを加えて水質階級ごとの個体総数を測定し、その数で生物区分を決定した。HIMは、森下が提案した表-2に示す魚の生息環境条件の10項目を採点した。水質のpHとDOは水質計を用いて現地で測定した。 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{PO}_4\text{-P}$ 、CODについては、試料を採水して持ち帰って実験室で測定し、三態窒素(I-N)については総量に整理した。水のおい、川辺の音、川辺の景観については、評価シートを作成して、あらかじめ訓練した複数の測定者の五感で測定した。水の透明度については、透視度計を用いて測定した。その結果、調査項目は14項目に整理され、これを総合的評価の項目とした。

3. 対象河川

対象河川は、いろいろな土地利用形態を持つ河川として九州南部と沖縄に位置する10河川を選定し、河川環境の改善効果を評価するための河川として宮崎県の千野川と北川の2河川を選定した。それらの概要を表-3に示している。

調査項目の測定は、各河川の上流・中流・下流で行うこととし、その測定地点の選定基準を以下のように設定した。

- ・上流：それより上流側に集落がなく、日常的な人間活動の影響を受けていない地点
- ・中流：集落を抜け、日常的な人間活動の影響が出始める地点

表-3 評価対象河川の概要

河川名	所在県	流域面積	流路延長	特徴
本庄川	宮崎	509.8	124	世界有数の照葉樹林を上流域に有し、水質良好で水量豊富な河川
清武川	宮崎	179.9	45.9	流域に人口集積地が点在し、その間に山地や田畑などが挟まれている河川
広渡川	宮崎	330.4	39.0	多雨地域の山地を上流域とし、途中に広大な人工林が広がる河川
八重川	宮崎	17.6	8.4	源流域を除いて流域内の大部分に市街地が広がる河川
天降川	鹿児島	411.0	42.5	火山山地の国立公園を上流域とし、アユの稚魚の漁獲量が特に多い河川
源河川	沖縄	20.0	13.5	やんばる地域に位置し、リュウキュウアユの復元が検討されている河川
大井川	沖縄	22.9	8.0	流域内に観光果樹園が広がり、ほとんどの区間で伏没する河川
天願川	沖縄	31.6	13.4	ゴルフ場や米軍基地の横を流れ、下流で多自然型川づくりが実施された河川
宇地泊川	沖縄	8.1	6.0	琉球大学を源流とし、下流域は市街地を流れる河川
饒波川	沖縄	14.6	5.2	上・中流域では農業や畜産業が盛んで、下流域には住宅地が広がる河川
千野川	宮崎	6.0	5.7	ゲンジボタルの生息地を河道改修で新河道に付け替えた河川
北川	宮崎	587.4	50.9	湾曲部の水位低下と淵の環境改善を目的に低水路を付け替えた河川

表-4 評価項目のカテゴリー区分

要素	アイテム	カテゴリー-1	カテゴリー-2	カテゴリー-3	カテゴリー-4
物理的要素	$v/\sqrt{gh}$	0.15以上	0.15未満 0.1以上	0.1未満 0.05以上	0.05未満
	$BI^{0.2}/h$	5未満	5以上 10未満	10以上 15未満	15以上
	河床材料	20cm以上の礫～砂・泥の混合	20cm未満5cm以上の小礫～砂・泥の混合	5cm未満の砂利～砂・泥の混合	礫・砂利を所々含むがほぼ砂質
生物的要素	水生昆虫	水質階級Ⅰの生物	水質階級Ⅱの生物	水質階級Ⅲの生物	水質階級Ⅳの生物
	HIM 指数	35より大	34未満 30以上	29未満 25以上	25未満
化学的要素	pH	8.5以上	8.5未満 8以上	8未満 7.5以上	7.5未満
	DO (mg/L)	10より大	10以下 8より大	8以下 6より大	6以下
	I-N (mg/L)	1未満	1以上 2未満	2以上 3未満	3以上
	PO ₄ -P (mg/L)	0.1未満	0.1以上 0.4未満	0.4以上 0.7未満	0.7以上
	COD (mg/L)	1未満	1以上 3未満	3以上 5未満	5以上
観念的要素	水のおい	全におわらない	何かにおうが気にならない	いやなおいがある	鼻をつまむようなにおいがある
	川辺の音	自然の音しかない	自然の音が多い	人工的な音のほうが多い	人工的な音しかない
	川辺の景観	草と木、砂地がある	草と砂地がある	コンクリートブロックなどの人工物が目立つ	ゴミが多い
	水の透明度	100cm以上	100cm未満 75cm以上	75cm未満 50cm以上	50cm未満

・下流：日常的な人間活動によって十分に影響を受けている地点

なお、河川環境の改善効果を評価する2河川については、改修地点とその直上下流の3地点で測定し、北川については改修後に形成されたワンドと改修区間で合流する家田川の2地点を追加した。その結果、評価の対象地点は38地点となった。

4. 分析方法

本論文で用いる評価項目には、量的変量だけでなく質的変量も含まれている。そのため、まず、評価項目を表-4に示すように4つのカテゴリーに区分して、数量化理論Ⅲ類を用いて解析した。数量化理論Ⅲ類は主成分分析に似た特徴を持つ多変量解析手法であり、カテゴリー数量の正負や大きさによってカテゴリーの各成分に対する効果が分かり、評価項目のレンジによって各成分に対する効果の大きさを把握できるとともに、カテゴリー数量の合成変量で構成されるサンプル数量によって対象地点の特徴を把握することができる。第五成分までのカテ

グリー数量の絶対値の大きいものを表-5に示し、評価項目のレンジおよび各成分の固有値と寄与率を表-6に示す。カテゴリーの数が多いので各成分の寄与率が小さく、分類に必要とされる80%に達するのは第14成分であった。そこで、客観的な分類を行うための解析として、クラスター分析を行った。解析には第20成分までのサンプル数量を用い、ウォード法によって4つのクラスターに分類した。その樹形図を図-1に示す。なお、図中の縦線分の長さは類似性を示している。

5. 結果と考察

表-6に、第五成分までの評価項目のレンジを示し、最大レンジに二重線の枠をつけ、最大レンジの9割以上のものに一重線の枠をつけている。これらの大きなレンジの評価項目に着目すると、各成分を以下のように解釈することができる。まず、第一成分では多数の評価項目が最大レンジとあまり相違しない大きなレンジを持っている。このことから、第一成分は総合的な河川環境を表す合成変量と考えられる。第二成分以下は最大レンジの評価項目の値が突出していて、その評価項目の特性が代表する合成変量と考えられる。第二成分は河床材料が代表すると考えられ、第三成分は流速や水深、水面幅、水面勾配などの物理環境が代表する合成変量、第四成分は水のおいさが代表し、第五成分はCODが代表すると考えられる。このように、本論文で導入した化学的要素と観念的要素が最大レンジの評価項目となったことから、これらの要素の導入の妥当性が確かめられたものと考えられる。

さらに、表-5に示したカテゴリー数量の正負とその大きさを考慮すると、各成分のサンプル数量の特徴を次のように把握できる。まず、第一成分の総合的な河川環境については、正側に劣悪な状態のカテゴリーが並び、

表-5 絶対値の大きいカテゴリー数量

第一成分	第二成分	第三成分	第四成分	第五成分
カテゴリー 数量	カテゴリー 数量	カテゴリー 数量	カテゴリー 数量	カテゴリー 数量
風景1 3.025	生物3 2.323	COD1 2.304	pH4 2.941	COD1 4.025
透明度2 2.739	におい1 2.155	pH4 2.262	DO1 2.696	pH2 2.357
材料1 2.477	材料2 2.095	DO4 1.752	BI ^{0.2} /h2 2.158	v/√gh1 2.186
におい1 2.164	風景2 1.548	材料2 1.665	PO ₄ -P2 2.072	HIM2 2.009
生物2 2.133	COD3 1.423	v/√gh4 1.607	生物1 1.838	におい2 1.948
DO1 2.055	HIM1 1.403	透明度1 1.585	材料1 1.678	BI ^{0.2} /h2 1.785
pH2 1.968	pH4 1.246	HIM1 1.462	におい3 1.236	透明度1 1.383
・	・	・	・	・
HIM3 -1.208	PO ₄ -P1 -1.701	I-N2 -1.353	生物2 -1.435	風景3 -1.372
におい4 -1.337	風景4 -1.733	PO ₄ -P3 -1.681	におい2 -2.271	DO1 -1.398
生物4 -1.351	DO4 -1.770	材料1 -1.716	I-N1 -2.379	HIM1 -1.845
DO4 -1.356	HIM4 -1.773	風景1 -2.244	透明度2 -3.221	風景1 -1.944
pH1 -1.472	DO1 -1.840	v/√gh2 -2.713	風景1 -3.329	におい1 -2.029
COD4 -1.552	材料4 -2.320	BI ^{0.2} /h1 -3.029	におい1 -6.099	材料1 -3.419

注) 風景は川辺の風景、透明度は水の透明度、材料は河床材料、においは水のおいさは水生生物を表す

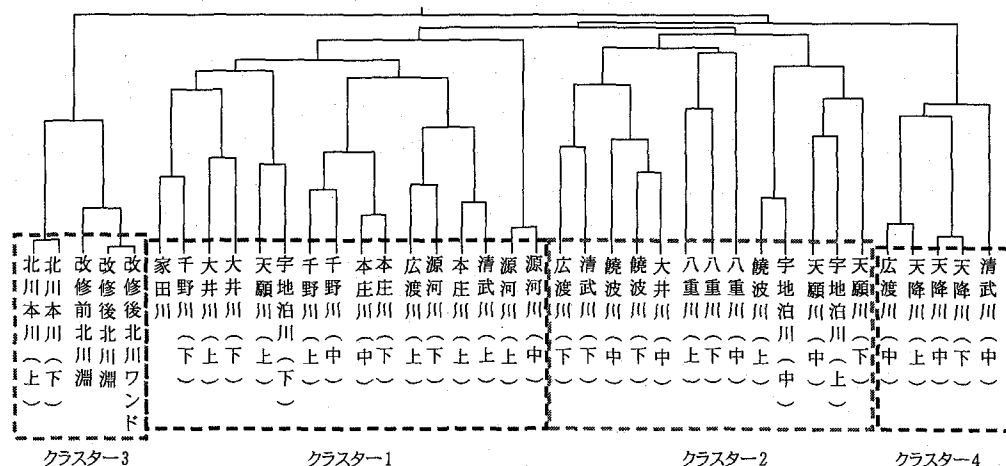


図-1 クラスター分析樹形図

表-6 評価項目のレンジおよび固有値と寄与率

要素	アイテム	第一成分	第二成分	第三成分	第四成分	第五成分
物理的要素	$v/\sqrt{gh}$	1.644	1.903	4.320	2.072	3.418
	$BI^{0.2}/h$	2.081	2.183	4.282	3.571	2.712
	河床材料	3.383	4.415	3.381	2.315	3.800
生物学的要素	水生昆虫	3.484	3.264	1.240	3.273	1.068
	HIM 指数	2.851	3.176	2.545	1.411	3.853
化学的要素	pH	3.440	2.835	2.996	3.442	3.251
	DO	3.411	2.675	2.816	3.723	2.397
	I-N	2.314	1.796	2.158	3.311	2.057
	PO_4-P	2.218	2.451	2.810	3.179	1.836
	COD	3.319	2.528	2.912	0.881	5.235
	水のおいしさ	3.501	2.716	1.602	7.335	3.976
観念的要素	川辺の音	2.384	1.135	1.561	2.204	0.609
	川辺の景	3.635	3.281	3.004	4.247	3.230
	水の透明	3.226	1.685	2.755	3.813	2.691
固有値		0.396	0.294	0.231	0.201	0.181
寄与率		13.5%	10.0%	7.9%	6.9%	6.2%
累積寄与率		13.5%	23.5%	31.4%	38.3%	44.5%

負側に良好な状態のカテゴリーが並んでいる。このことから、第一成分は総合的な河川環境の良否を表す軸であると判定できる。したがって、負の大きな絶対値のサンプル数量は総合的な河川環境が良好であることを意味し、正の大きなサンプル数量は劣悪であることを示す。つぎに、第二成分の河床材料については、負側に 20cm 以上の礫から砂・泥の混在するカテゴリーが現れていて、正側に 5cm 未満の砂利から砂・泥の混在するカテゴリーが現れている。したがって、負の絶対値の大きなサンプル数量は大礫混合の河床材料に代表される特徴を示し、正の大きなサンプル数量は小砂利混合の河床材料に代表される特徴を示す。第三成分については、負側に $BI^{0.2}/h$ が最大のカテゴリーが現れ、正側に $v/\sqrt{gh}$ が最大のカテゴリーが現れている。 $BI^{0.2}/h$ は河道形状に関係し、 $v/\sqrt{gh}$ は流況に関係するから、第三成分は物理環境の大小に関係する軸であり、負の大きな絶対値のサンプル数量は横広河道のゆったりした流況に代表される特徴を示し、正の大きなサンプル数量は縦長河道の激しい流況に代表される特徴を示すと考えられる。第四成分については、負側に劣悪な水のおいしさのカテゴリーが現れていて、負の大きな絶対値のサンプル数量は劣悪な水のおい

いの特徴を示す。第五成分については、正側に COD が 5 以上のカテゴリーが現れていて、正の大きなサンプル数量は有機物が多い特徴を示すと考えられる。

これらの成分のうち、第一成分と第二成分のサンプル数量で描いた対象地点の分布図を図-2 に示し、第一成分と第三成分の分布図を図-3 に示している。以上の各成分のサンプル数量の解釈をもとに、対象地点を評価すると以下ようになる。なお、図-1 の樹形図からは、クラスター1とクラスター2が類似し、クラスター3およびクラスター4はそれらとは別の特性を持つことが示されている。

まず図-2 から、第一成分で負の絶対値が最大のサンプル数量を持つ評価対象地点はクラスター1に属する本庄川の上流地点であり、この地点が対象地点の中で総合的な河川環境が最良であると評価される。また、図中で本庄川上流地点の近くに分布する対象地点は総合的な河川環境が良好であると評価される。さらに本庄川では、中流地点と下流地点が上流地点の右上に位置しており、下流になるほど総合的な河川環境が良好でなくなり、大礫混合に代表される特徴が目立たなくなると評価される。逆に、正の最大のサンプル数量を持つ対象地点はクラスター2に属する八重川下流地点であり、この地点が総合的な河川環境が最悪であると評価され、図中で八重川下流地点の近くに分布する対象地点は総合的な河川環境が劣悪であると評価される。また、八重川では、中・下流地点とも図の上方に位置していることから、全区間で総合的な河川環境が劣悪であると評価される。図中で八重川の近くに分布する対象地点は、いずれも測定作業で入水をためらうほど悪い状況であり、測定時の印象と一致する結果となった。

つぎにクラスター3に属する天降川の全ての対象地点は、第一成分と第二成分で負の大きい絶対値のサンプル数量を持っている。したがって、全区間で総合的な河川環境が良好で、大礫混合の河床材料に代表される特徴を

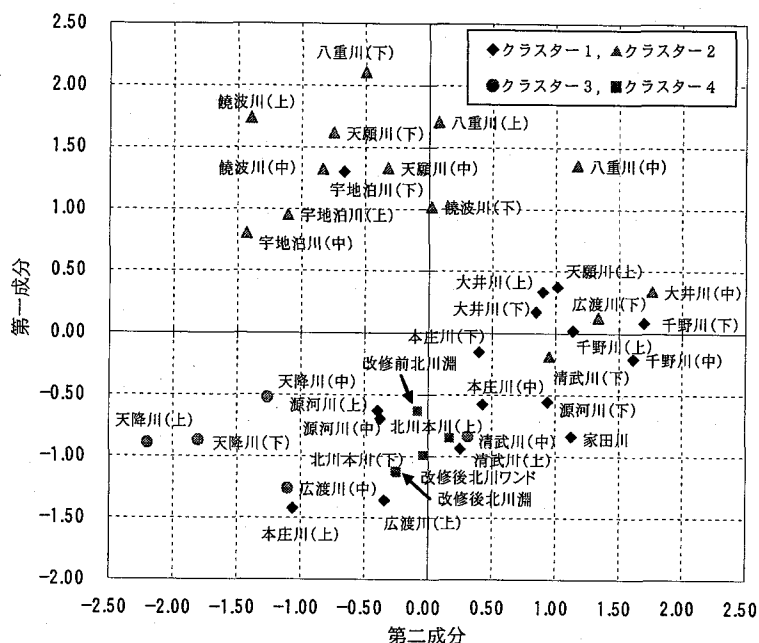


図-2 評価対象地点の分布図(第一成分-第二成分)

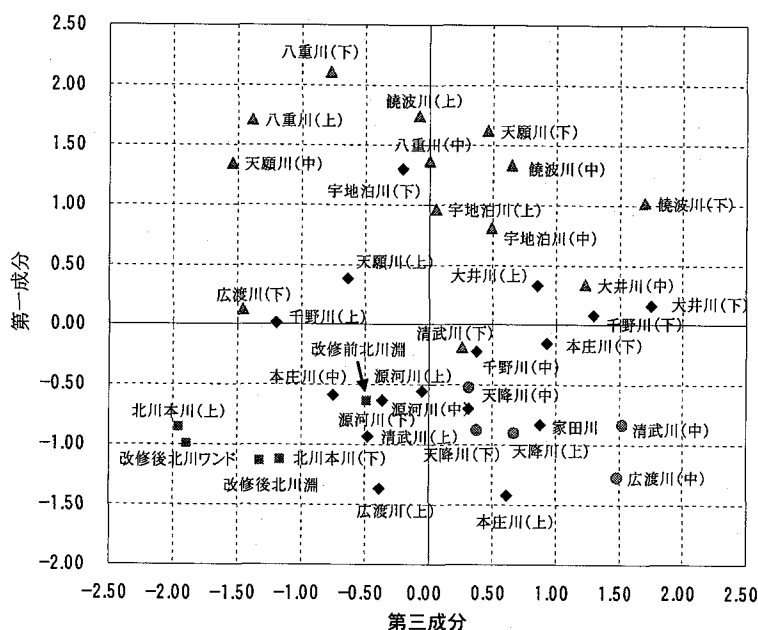


図-3 評価対象地点の分布図(第一成分-第三成分)

持っている」と評価される。クラスター4に属する北川の各地点は第一成分と第三成分で負の大きい絶対値のサンプル数量を持っており、これらの地点は総合的な河川環境が良好で、横広河道のゆったりした流況に代表される特徴を有していると評価される。

6. 河川環境の改善効果の評価

以上の河川環境の総合的な評価結果を用いて、治水と合わせて河川環境の改善を目的として実施された河川

整備について、河川環境の改善効果を客観的に評価することを試みた。評価対象河川は、宮崎県内の千野川と北川である。千野川では、治水安全度を高めるための河川改修が進められていたが、ゲンジボタルの飛翔が多数観察される地区で新河道が平成13年に開削されたため、新河道にボタルの生息環境の形成を図るとともに、旧河道からボタルの幼虫を移植してボタルの飛翔数を維持した⁹⁾。北川では、洪水時の流下能力を確保するために湾曲部の砂州の河畔林が伐採されたが、その後に土砂が堆積し、低水路が蛇行して淵を迂回することとなり、淵の埋没が危惧された。この状況を改善するため、堆積土砂の掘削と合わせて、淵の環境改善を図るために、低水路の元の位置への付け替えが平成18年に行われた。

評価の対象地点としては、千野川では改修が終了した新河道とその直上下流の3地点で測定し、北川については改修前の淵、改修後の淵とその直上下流、および改修後に低水路跡に形成されたワンドと改修区間で合流する家田川の6地点で測定した。第一成分～第十成分のサンプル数量を図-4に示している。

(1) 千野川について

図-1の樹形図では3地点ともクラスター1に属し、新河道(図中の記載は中流)の河川環境は総合的な評価では直上流地点に最も類似している。図-4ではサンプル数量が第三成分で異なっていることが分かる。図-3において、これらの3地点は第三成分の軸上に横一直線で並んでいるから、総合的な河川環境は良好でもなく劣悪でもないが、新河道の物理環境は直上流地点と直下流地点の間になっていると評価される。このことから、新河道の河川環境は物理環境が異なるものの総合的には直上流地点の河川環境をほぼ形成できていると言える。

(2) 北川について

図-1の樹形図では、北川本川の5地点はクラスター4に属し、改修後の淵の河川環境はワンドのそれと最も類似している。図-4のサンプル数量でも改修後の淵の河川環境はワンドのそれと最も類似している。図-2において、淵は改修後に改修前よりも第一成分の負側に移動している。総合的な河川環境が改善されたことが確かめられる。また図-3において、改修前の淵が北川本川の直上下流地点の右側に位置していたが、改修後の淵はその中間に移

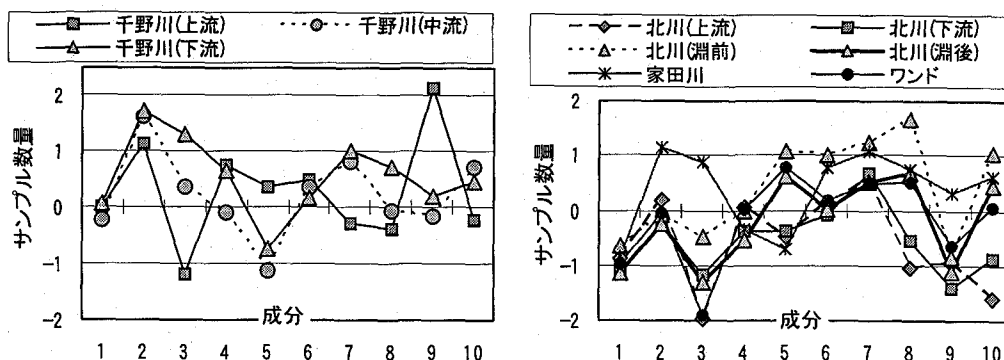


図-4 千野川と北川のサンプル数

動していて、北川本川の河川環境に復元できていることが分かる。

以上のように、千野川と北川を評価対象事例として、河川環境の改善効果を客観的に評価することができた。

7. まとめ

以上のように、河川環境の評価項目として物理的要素、生物的要素、化学的要素および観念的要素を用い、多変量解析手法による客観的な評価を行うことによって、河川環境を総合的に評価することを検討した。本研究成果の主なものをまとめると以下のようである。

- 1) 河川環境の評価項目として14項目を用いることによって、九州南部と沖縄の河川の環境を総合的に評価できた。
- 2) 化学的要素と観念的要素は河川環境の総合的評価の項目として重要であった。
- 3) 第一成分は総合的な河川環境の良否を表し、第二成分以下はさまざまな評価項目が代表する特徴を表した。
- 4) 総合的な河川環境が劣悪であると評価された評価対象地点は、いずれも測定作業をためらうほど劣悪な状況であり、測定時の印象と一致した。
- 5) 以上の評価結果を用いて、千野川と北川を評価対象事例として、河川環境の改善の効果を客観的に評価できた。

本論文では、調査項目をすべて測定することを前提に選定した。一級河川においては、さまざまな調査が行われていて、それらの情報が蓄積されている。今後は、既存資料の活用を検討したい。

謝辞：本研究は、科学研究費補助金の研究助成を受けて行った。また、調査項目の測定には研究室の大学院生や学部生に協力してもらった。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 原田昌直：「多自然型川づくり」レビュー委員会の提言及び「多自然川づくり基本指針」について、河川，第724巻，pp.

5～8，2006。

- 2) (財)ダム水源環境整備センター編集：河川事業の計画段階における環境影響の分析方法の考え方，2002。
- 3) 辻光浩，坪井基展：多自然型川づくりにおける評価指標の検討，平成15年度近畿地方整備局管内技術研究発表会論文集，環境・地域づくり部門，pp. 15-1～15-4，2003。
- 4) Raven, P.J. et al: Towards an integrated approach to classifying and evaluating rivers in the UK, Aquatic Conserv: Mar. Freshw. Ecosyst., Vol.8, pp.383-393, 1998。
- 5) Simpson, J.C. and Norris, R.H.: Biological assessment of river quality: development of AusRivAS models and outputs. RIVPACS and other techniques. Freshwater Biological Association, Ambleside. pp. 125-142, 2000。
- 6) 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討，応用生態工学，第8巻，第2号，pp. 179-192，2006。
- 7) 国土交通省河川局河川環境課，以下10名：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，<http://www.mlit.go.jp/chosahokoku/n18giken/program/kadai/pdf/shitei/shi2-02.pdf>。
- 8) 杉尾哲，中山彬，坂田麻美：宮崎県南地区における代表4河川の環境調査，宮崎大学工学部紀要，第34号，pp. 173-178，2005。
- 9) 杉尾哲，以下5名：千野川の河川改修に伴う多自然型川づくりとその評価，河川技術論文集，第12巻，pp. 397-402，2006。
- 10) Sugio, S. and Souda, Y.: Synthesized evaluation of riparian environment, Proc. inter. conf. on water & flood management, pp. 97-402, 2007。
- 11) 建設省河川局河川環境課：川と風土一望ましい河川像を求めて，(財)リバーフロント整備センター，1999。
- 12) 森下郁子，森下雅子，森下依理子：川のHの条件—陸水生態学からの提言—，山海堂，2000。
- 13) 矢部浩規：河川環境改善のための底生動物生息の物理，餌環境要因分析，土木学会水工学論文集，第49巻，pp. 1459～1465，2005。

(2007.4.5受付)