

千野川の河川改修に伴う 多自然型川づくりとその評価

NATURE-FRIENDLY RIVER WORK IN CHINO RIVER AND ITS EVALUATION

杉尾 哲¹・村上啓介¹・神田 猛²・西脇亜也²・森田哲夫³・伊藤 哲⁴
Satoru SUGIO, Keisuke MURAKAMI, Takeshi KANDA, Aya NISHIWAKI,
Tetsuo MORITA and Satoshi ITO

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農博 宮崎大学 農学部自然共生フィールド科学教育研究センター (〒889-2192 宮崎市学園木花台西1-1)

³農博 宮崎大学 農学部食料生産科学科 (〒889-2192 宮崎市学園木花台西1-1)

⁴農博 宮崎大学 農学部生物環境科学科 (〒889-2192 宮崎市学園木花台西1-1)

This paper presents the results of an objective evaluation of the natural environment of the Chino River. River improvements were executed by restoring the fireflies' natural environment in the new channel. The number of flights of fireflies was almost the same as the number before the river improvements. The observed results suggested that the river improvements had been relatively well executed to conserve the habitat of the firefly. In order to evaluate objectively, the natural environment of the four rivers in the southern part of Miyazaki were classified by the principal component analysis. The analyzed result showed that the natural environment in the new channel was classified in the state influenced by human activity. This result showed the importance of the objective evaluation.

Key Words : *Nature-friendly river work, restoration of river environment, habitat of the firefly, Objective evaluation, principal component analysis*

1. まえがき

現在, 全国でさまざまな多自然型川づくりが進められている。宮崎県においても五ヶ瀬川水系北川¹⁾や大淀川水系岩瀬川²⁾を始めとして, 河川環境の保全と調和した河川改修が行われてきた。宮崎県最南部に位置する二級河川千野川においては, 治水安全度を高めるための河川改修が進められてきたが, 改修上流区間で付け替えられた新河道において地域住民に親しまれていたホタルの保全が図られた³⁾。このように整備された新河道の河川環境を総合的に評価し, フォローアップに活かすことは重要である。それには, 様々な視点から評価することが重要である。本研究は, 千野川の河川環境を総合的に評価することを目的に, 宮崎県内の環境上の特性が明確な3河川を加えて, いろいろな測定項目で河川環境の測定を行って, 客観的な評価を検討したものである。

2. 千野川の多自然型川づくり

(1) 経緯

千野川は, 宮崎県最南端の串間市に位置する流域面積6km², 流路延長5.7kmの二級河川である。治水安全度を高めるための河川改修が平成9年より下流から進められてきたが, 改修上流区間の上千野橋の下流部は県内で最も早い4月下旬~5月上旬にゲンジボタルの飛翔が多数観察される地区として地域住民に親しまれており, 改修に際してホタルの保全を図る必要があった。そのため, 河道の一部(以下, 旧河道という)を残したまま, その横に新河道を開削してホタルの幼虫を移植することが計画され, その開削工事が平成13年11月にほぼ完了した。その情報を入手した著者らが, 自立できる生態系の復元を図るための自主研究を平成13年8月から開始した³⁾。

(2) 多自然型川づくり

まず, 川づくりについての理解と河川環境保全についての認識を深めてもらうために, 平成14年5月と11月に地元住民, 施工業者及び行政担当者との協議を行った。その結果, 相互に連携することで新河道にホタルの生息場を創出する合意を形成した。しかし, 新河道は法面勾

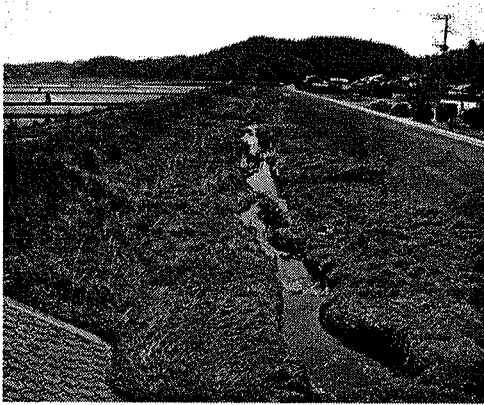


写真-1 千野川の調査対象区間（平成18年3月）

配3割、低水路幅5.4mの台形断面水路ですでに施工されていたため、環境形成の誘導は新河道の法面植生と低々水路の形成に限られた。そこで、法面については、在来植生の回復を促進することと法面の侵食防止を図るために、旧河道の廃川となった区間の河岸表土を平成13年12月に試験的に移植させた。低々水路については、基本的に自然のダイナミズムに任せることとし、所々に自然石を配置して流れの蛇行を図ることで、瀬や淵が連続する水辺環境の創出を図った。しかし河床材料については、礫が少なかったことから、旧河道の河床材料と同程度の粒径の礫を新河道全体の240m区間にほぼ均等に50m³投入させた。また、旧河道については、早期に締め切る計画であったが、ホタル生息場の新河道への転換が確認できるまで残置させることとした。

(3) ホタルの生息環境

自立できる生態系の復元を図るには、ホタルの生息環境を理解する必要がある。そのため、宮崎県南部でゲンジボタルが自生する地点のホタルおよびカワニナの生息に対する物理的要因と化学的要因との関連について調査した。

調査地点は、聞き取り調査によって宮崎市・都城市・小林市・串間市の計18ヶ所を選定した。調査方法は、文献⁴⁾を基に選定した流速や法面材質などの物理的環境14項目とpHやカルシウムイオンなどの化学的環境9項目の計23項目について測定することとし、化学的環境についてはマルチ水質モニタリングシステム（HORIBA）と水質分析器DR2000型分光光度計（セントラル科学）を用いて測定した。ホタルの飛翔数は地元自治体で計測された値を使用した。

測定した諸項目とホタルの飛翔数あるいはカワニナの生息密度との関連は、重回帰分析や数量化理論第Ⅰ類⁹⁾を用いて、説明変数に用いる項目を選択しながら解析を行って検討した。その結果、ホタルの飛翔数については図-1に、カワニナの生息密度については図-2に示す項目を選択し、量的変数を図に示すように区分した場合

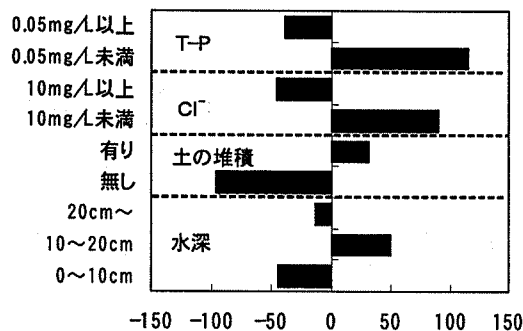


図-1 ホタル飛翔数に対するカテゴリ数
(重相関係数0.858)

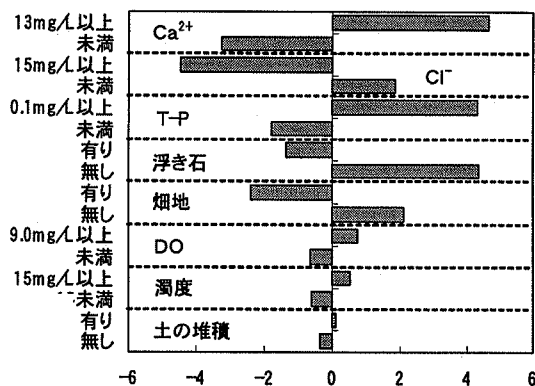


図-2 カワニナ生息密度に対するカテゴリ数
(重相関係数0.894)

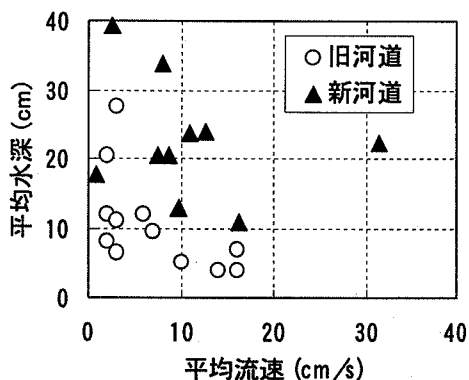


図-3 平均流速と平均水深

に重相関係数が最大となった。図中の項目は、偏相関係数が大きい順に上から記載している。これより、ホタルの生息については、水質の全リンと塩化物イオン、および物理的環境としての土の堆積の有無と水深が強く関連することが分かった。さらに、全リンと塩化物イオンについては、ホタルとカワニナで逆の相関になった。

(4) 千野川的环境

最新の状況を写真-1に示している。図-3は、平成

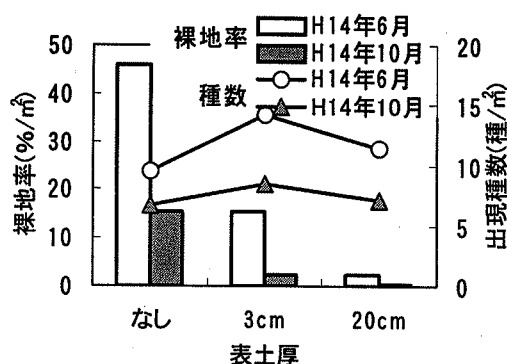


図-4 裸地率と出現種数

14年11月時点の旧河道と平成18年3月時点の新河道低々水路内における平均流速と平均水深の場所的な変動を示したものである。平均流速と平均水深は適当にばらついており、新河道低々水路内の流況にある程度の場所的な変動が形成されている。両河道における平均流速と平均水深を比較すると、新河道における平均流速と平均水深は旧河道に比べて大きい状況にある。これは、水際植生によって低々水路が固定されて全体的に深掘れが生じていることに因るようである。

水質は、地区の下水道施設が未整備であることから、生活排水が新河道に出てくるが、全リンは図-1に示したホタルの生息に対する化学的要因を満たしている。

植生に関しては、現在では旧河道の表土を移植した部分と移植しなかった部分で明確な植生の相違はないが、移植直後の平均裸地率と出現種数を比較して図-4に示している。測定は表土移植を行わなかった部分と撒きだし厚さ3cmあるいは20cmで移植した部分のそれぞれに5箇所の1×1mコドラート枠を設置して行った。移植を行った部分ではセイタカアワダチソウなどの外来種の進入割合が少なかった。これらの結果を総合すると、早期緑化に表土移植が有効であり、表土は薄く撒くことが有効であると考えられる⁹⁾。

鳥類については、平成14年度から3年間の調査の結果、観察された鳥類は9目23科52種にのぼった。新河道が開削された翌年末に初めて観察されたコガモ・カルガモはその後引き続き確認されている。平成16年度から下流側でカモ類・シギ類の数種が観察されるようになった。これらの種の観察例が増加したことは、千野川が水鳥・水辺の鳥にとって良好な採餌場になりつつあることを示している。

小型哺乳類については、ハツカネズミ、ジネズミとモグラ類が以前から確認されていたが、平成16年度に肉食獣であるイタチが観察された。餌となる小動物の存在は確認されていたので、その時点で千野川はイタチが捕食の場として利用しうる段階まで復元していたといえる。

図-5は、ホタルの最大数飛翔日の飛翔数の経年的な変動を示したものである。新河道の飛翔数は開削直後に

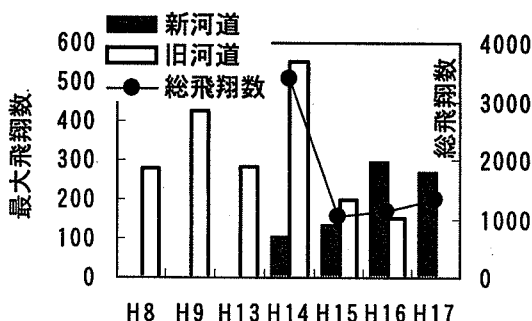


図-5 ホタルの飛翔数

少なかったが、次第に増加し、平成17年度には新河道だけで飛翔した。なお、平成17年度の最大飛翔数は平成16年度より少ないが、飛翔期間内で集計した総飛翔数は、平成16年度より多い。したがって、新河道でのホタルの飛翔は例年とほぼ同じ数を保持できたといえる。また、ホタルのサナギ調査を行ったところ、新河道でサナギが発見されたことから、ホタルは新河道で生活サイクルを完結させていることが確認された。これを受けて、残置しておいた旧河道は平成17年12月に埋め立てられて、その位置に右岸堤体上部が施工された。

3. 河川環境の評価

以上のように新河道はホタルの生息に対してほぼ良好な環境が形成されているように判断されたが、この河川環境を総合的に評価することを試みた。河川環境にはさまざまな要素が複雑に関係している。そのため、河川環境を総合的に評価するのは困難であるが、ここでは、宮崎県内の環境上の特性が明確な3河川を加えて、できるだけ数多くの項目の測定を行って、多変量解析を用いて検討することとした。

(1) 調査対象河川と測定地点

調査対象河川として新たに追加した3河川の概要は以下のようである。

- ・本庄川 世界有数の照葉樹林を上流域に有し、BODによる水質が上位にランクされる一級河川大淀川水系の左一次支川
 - ・清武川 上流域に人口集積地が点在し、その途中に山地や田畑などが挟まれていて、下流域での水質汚染が課題⁷⁾になっている二級河川
 - ・広渡川 県内有数の多雨地域の青井岳山地を上流域とし、途中に広大な人工林が広がる二級河川
- 環境測定は、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始め

表-1 HIM評価指標⁹⁾

川が上下につながっているか、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

表-2 景観評価項目

豊かな自然を感じるか、水はきれいか、水量は十分か
ゴミはないか、危険な場所はないか、景色は良いか
歴史・文化を感じるか、河川敷に近づきやすいか、
水辺に入りやすいか、木陰は十分か

表-4 主成分寄与率

	寄与率(%)	累積寄与率(%)
第一主成分	41.48	41.48
第二主成分	20.32	61.80
第三主成分	16.27	78.08

る地点

- ・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

各河川の上流地点と下流地点の区間距離は、本庄川で23km、清武川で16km、広渡川で28km、千野川で300mである。なお、広渡川には、本評価手法の妥当性の検討用に中流域の互いに5.4km離れた位置に2つの測定地点を設定した。また、千野川については、旧河道と新河道の分流点よりも上流側の地点を上流とし、合流点の下流側の地点を下流、その途中の新河道の中央部を中流とした。さらに、旧河道も測定地点に加えている。

(2) 測定項目

調査は、平成17年2月に行った⁹⁾。調査項目としては、生態的環境として水生生物調査とHIM評価⁹⁾の2種類、物理的環境として景観評価、低々水路の平均流速および平均粒径の測定³⁾の3種類、化学的環境として水質調査を採用した。水生生物の調査結果からは、指標生物による水質階級、Beck-Tsuda法による生物指数およびPantle u. Buck法による生物汚濁指数、さらに多様性指数を求めた¹⁰⁾。水質調査ではpH、電気伝導度、溶存酸素、濁度、硝酸性窒素、亜硝酸性窒素、アンモニウム性窒素、リン酸態リン、CODを測定した。

(3) 調査方法

HIM評価は、森下が提案した表-1に示す河川環境の評価指標を用いて採点し、その合計点をHIM指数とした。景観評価には、国土交通省が川の通信簿の採点に用いている16項目を参考にして、表-2に示す10項目を用いて、各項目を良い方から3点・2点・1点の三段階で採点し、その合計点を景観指数と定義した。水生生物調査は、4人で30分間サンプリング調査を行うβ法を採用した。

(4) 評価

これら17項目の測定値を用いて、主成分分析⁹⁾によって予備処理を行い、項目間の相関係数が高いものと固有ベクトルが小さい項目を除きながら、できるだけ少ない主成分で累積寄与率が80%に近づくように測定項目を選択した。その結果、表-3に示す10項目を用いることで第3主成分までの累積寄与率が78%となった。また、主成分の寄与率を表-4に示しているように、第一主成分と第二主成分で測定箇所を概略分類できることとなった。

表-3 分類に用いた測定項目の測定値

測定地点	pH	DO (mg/L)	NO3-N (mg/L)	COD (mg/L)	粒径 (mm)	景観指数	HIM	生物指数	生物汚濁指数	多様性指数
千野・上流	7	13.5	0.077	3.3	26.2	20	36	16	1.937	0.927
千野・新	7.17	13.5	0	6	12.6	21	38	12	2.214	0.813
千野・旧	7.33	13.4	0	2	17.7	11	24	8	2.769	0.628
千野・下流	7.5	13.9	0.23	6.7	23.8	20	38	8	1.428	0.454
本庄・上流	7	14.2	0.23	0	49.4	29	48	15	1.20	0.519
本庄・中流	7	13.5	0.23	0	30.3	22	30	12	1.30	0.628
本庄・下流	7.17	14.4	0.46	2	19.0	21	26	10	1.333	0.685
清武・上流	7	14.7	0.46	0	50.7	23	36	15	1.0	0.682
清武・中流	7	13.7	0.92	0	38.0	27	38	16	1.50	0.789
清武・下流	7	15.8	1.15	3.3	27.8	18	26	7	1.667	0.624
広渡・上流	7	14.8	0	0	41.0	27	48	15	1.125	0.436
広渡・中流1	7	13.4	0.46	0	33.2	28	38	8	1.133	0.322
広渡・中流2	7	14.5	0.23	2.7	28.8	22	36	5	1.166	0.245
広渡・下流	7.17	14.9	0.46	0	22.6	14	24	8	2.142	0.598

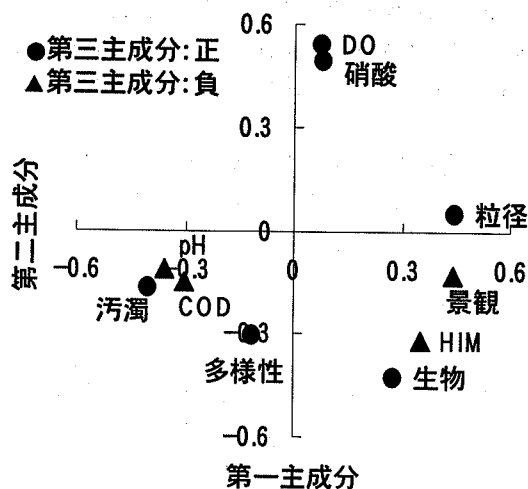


図-6 測定項目の固有ベクトル

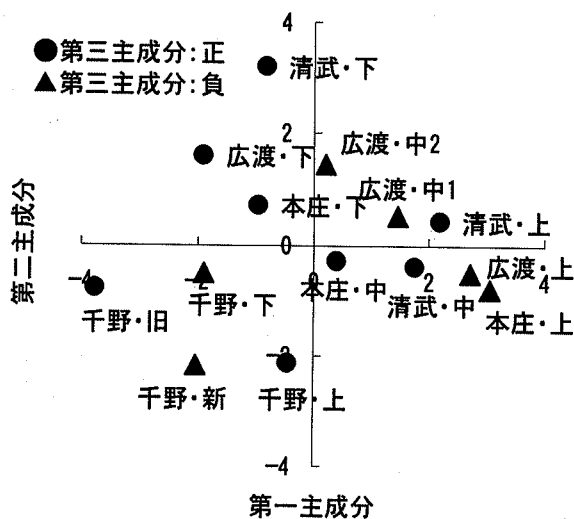


図-7 測定地点の分布図

た。第一主成分と第二主成分の固有ベクトルで10項目を分類すると図-6のようになる。最も寄与率の大きな第一主成分において、測定項目の固有ベクトルは平均粒径と景観指数が特に大きく、次いで生物汚濁指数の順になっている。したがって、本解析では、河川環境の評価は、河床材料の平均粒径、新たに定義した景観指数、水生生物による汚濁指数に強く依存することが分かる。

第一主成分は景観指数や平均粒径が正の大きな成分となり、生物汚濁指数やpHが負の大きな成分となっている。このことから、第一主成分の正軸は物理的環境を総合的に表し、負軸は化学的環境を総合的に表す軸と解釈した。また、第二主成分は溶存酸素や硝酸性窒素が正の大きな成分となり、生物指数や多様性指数が負の大きな成分となっている。このことから、第二主成分の正軸は化学的な水質を総合的に表し、負軸は生物の生息環境を総合的に

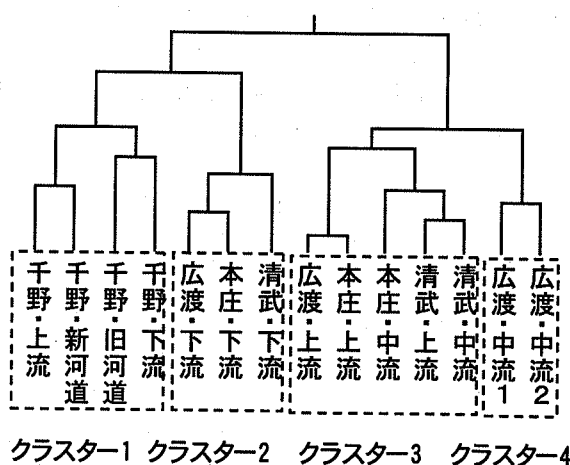


図-8 測定地点の樹形図

に表す軸と解釈した。

この分析結果から第一主成分と第二主成分の主成分得点で測定地点の分布図を描くと図-7のようになった。この図では千野川が第三象限に分布し、他の3河川の上流が第一主成分の正軸上に分布しているが、詳しい分類が困難である。そこで、第一主成分から第三主成分までの主成分得点を用いてクラスター分析¹¹⁾を行った。

その結果を図示したものが図-8の樹形図であり、縦線分の長さは類似性を示している。これから、測定地点は四つのクラスターに分類され、さらにクラスター1とクラスター2のグループとクラスター3とクラスター4のグループの二つに大別されることが分かった。クラスター1は千野川の全測定地点で構成され、クラスター2は他の3河川の下流の測定地点で、クラスター3は上流の測定地点などで、クラスター4は広渡川の中流の測定地点で構成された。ここに、本分析の妥当性の検討用に設定した広渡川の中流の2地点が互いに類似した測定地点として分類され、その内の上流側に位置する中流1が図-7で広渡川上流のプロット位置に近いこと、さらに図-7で、自然環境が良好な追加3河川の上流の測定地点が狭い範囲に分布していて、水質汚染が課題になっている清武川下流がそれらとは離れてプロットされていることなどから、本分析による分類の妥当性が確認されたと考えた。

この分析結果から、千野川の全測定地点は、図-7の第三象限に分布して化学的な環境と生物の生息環境に特徴を持つ地点として分類され、クラスターが日常的な人間活動によって十分に影響を受けている3河川の下流地点で構成されたクラスター2に類似していると分類された。なお、最も類似した測定地点として、本庄川上流と広渡川上流が分類された。本庄川上流には広葉樹が分布し、広渡川上流には針葉樹が広く分布しているが、本分析では本庄川と広渡川の流域の森林状況による環境上の相違は表現できなかった。

以上の結果から、千野川の新河道の総合的な河川環境は、客観的に評価すると、以下のものである。

- ①千野川の新河道は、化学的環境に特徴を持ち、日常的な人間活動によって十分に影響を受けた箇所に分類される。
- ②新河道の物理的環境は、相対的に良くなく、千野川の上流測定地点より劣り、下流測定地点とほぼ同じ状態である。
- ③新河道の生物の生息環境は、千野川の下流測定地点より多様で、上流測定地点とほぼ同じ状態である。

以上のように、第2章の環境調査では、新河道はホタルの生息に対してほぼ良好な環境が形成されているように判断されたが、第3章の河川環境の総合的な評価では、あまり良好な河川環境でないことが判明した。このことから、新河道の河川環境の形成には、低々水路の固定を解消して物理的環境を改善するなどのフォローアップが必要であることが分かる。さらに、総合的な河川環境の評価は生態的環境と物理的環境および化学的環境の種々の測定項目を基に客観的に行うことが必要であり、本研究はその総合評価手法の一つを示すことができたと考ええる。

4. まとめ

本研究成果の主なものをまとめると以下のものである。

- 1) 千野川河川改修の課題であったホタルの保全については、例年とほぼ同じホタル飛翔数を保持できたことを確認できた。
- 2) 宮崎県内の4河川における総合的な河川環境の評価は、生態的環境と物理的環境および化学的環境の10測定項目を基に、多変量解析を行うことにより客観的に行うことができた。
- 3) 本解析においては、河川環境の評価は、河床材料の平均粒径、景観指数、水生生物による汚濁指数に強く依存した。
- 4) 千野川の新河道を客観的に評価すると、総合的にはあまり良好な河川環境ではないことが判明した。

本研究では、においや川底の感触などの五感に関する項目は入っていない。国土交通省は平成16年4月に五感

の項目を含めた水質管理指標(案)¹⁰⁾を公表して、全国の一級河川で水質評価を実施しようとしている。今後は、これらの五感の項目を含めた検討も必要と考えている。

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、宮崎県串間土木事務所及び㈱国土開発コンサルタントと連携して行った。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 池内幸司：北川激特事業における良好な河川環境の保全・復元を目指した川づくり、河川と自然環境、理工図書、pp. 67-72, 2000.
- 2) 藤原秀志、杉尾哲：水生生物カワゴロモの保全に配慮した滝の景観再生、第9回土木学会地球環境シンポジウム、pp. 45-50, 2001.
- 3) 杉尾哲、村上啓介、神田猛、森田哲夫、西脇亜也、伊藤哲：千野川における河川改修に伴う生態系の復元に関する研究河川技術論文集、第9巻、pp. 445-450, 2003.
- 4) 大場信義：日本の昆虫⑩ゲンジボタル、文一総合出版、1988.
- 5) 吉田信夫：計画と管理のための予測手法、山海堂、1974.
- 6) 岡田久美子：多自然型河川工法による生物相の回復に関する研究、宮崎大学大学院農学研究科修士学位論文、2004.
- 7) 増田純雄、永友総一郎、山内正仁、土手裕、丸山俊朗：河川の大腸菌群汚染に関する基礎的研究、環境工学研究論文集、第38巻、pp. 219-226, 2001.
- 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) 森下郁子、森下雅子、森下依理子：川のHの条件—陸水生生態学からの提言—、山海堂、2000.
- 10) 津田松苗、森下郁子：生物による水質調査法、山海堂、1974.
- 11) 脇本和昌、田中豊編：多変量統計解析法、BASIC数学3月号別冊、現代数学社、1982.
- 12) 国土交通省河川局河川環境課：「河川水質の新しい指標について～親しみやすく、わかりやすい川の指標を目指して～」、国土交通省河川局ホームページ、2004.

(2006. 4. 6 受付)