

魚類の生物的指数を用いた 河川環境の健全度評価法

ASSESSING RIVERINE ENVIRONMENTS FOR BIOLOGICAL INTEGRITY ON
THE BASIS OF ECOLOGICAL FEATURES OF FISH

中島 淳¹・島谷幸宏²・巖島 怜³・鬼倉徳雄⁴

Jun NAKAJIMA, Yukihiro SHIMATANI, Rei ITSUKUSHIMA and Norio ONIKURA

¹農博 九州大学大学院工学研究院 学振PD (〒819-0395 福岡市西区元岡744)

²フェロー会員 工博 九州大学大学院工学研究院 (〒819-0395 福岡市西区元岡744)

³正会員 工修 国土交通省大臣官房調査課 (〒100-8918 東京都千代田区霞が関2-1-3)

⁴農博 九州大学大学院農学研究院 (〒811-3304 福岡県福津市津屋崎2506)

The restoration of river ecosystems is of worldwide interest. Although various techniques have been designed, an effective method for environmental evaluation is necessary. We report a new method for the evaluation of the riverine environment on the basis of simple fish ecological data. The 16 indexes studied were (1) native species, (2) alien species, (3) red list species, (4) genuine freshwater fish species, (5) amphidromous or brackish water fish species, (6) swimming species, (7) benthonic species, (8) flowing water species, (9) still water species, (10) permanent water species, (11) temporary water (flood plain) species, (12) spawning in vegetation area species, (13) spawning in muddy bottom species, (14) spawning in sandy-gravelly bottom species, (15) spawning under rocks species, and (16) spawning in mussel species. The reference data is the maximum number of potential species. First, the fish fauna data of the evaluated point was obtained. Next, a radar chart was prepared with regard to the 16 indexes. Although this assessment method can be applied in the same ecoregion, it provided a good evaluation.

Key Words : *freshwater fish, fish community, river restoration, Kyushu island, habitat evaluation procedure, index of biotic integrity, IBI, habitat evaluation procedure, HEP*

1. 背景と目的

日本では2008年に生物多様性基本法が成立するなど国内の特有で豊かな生物相保全の方針を明確にしている¹⁾。河川管理においても同様で、1990年からは多自然川づくりが開始され、1997年の河川法の改定では河川環境の保全が明記された²⁾。しかしながら、河川環境の保全・再生を目的とした多自然川づくりなどの環境対策に関しては、現在でも技術的な試行錯誤が繰り返されているのが現状である^{2), 3)}。効果的な多自然川づくりを推進する上で、その川本来の生態系評価、明快な環境指標による事前・事後評価システムの構築が必要不可欠である²⁾。

河川環境の健全性を評価するための手法については、これまでも数多く提案されており、中でも米国で開発されたIBI, HEPなどが代表的である。IBI (Index of

Biotic Integrity) は、生物、化学、物理など様々な要素に基づいて作成された複数の指数の合計値で表される指標の値をリファレンスとなる自然条件と比較することで調査地の生態学的健全性を評価するものである⁴⁾。また、HEP (Habitat Evaluation Procedure) は、特定の生物種についてその生息場所の価値を質、空間、時間軸に基づき定量化し評価するものである⁵⁾。いずれも米国では一定の成果を挙げており、日本においても若干の適用例がある^{6), 7)}。しかし、日本の河川は大陸と異なる攪乱の大きい中小規模の水系が中心で、国内における河川性生物の生態的・生理的データの蓄積も少ないことから、これらの指標をそのまま適用することが難しい。また、実際にIBIやHEPによる健全性の評価には専門的な知識が要求され、これらを使用可能な技術者が少ないという問題がある。河川における自然再生の現場では、容易に得られる情報を用いて環境の健全度を簡便に評価する技術

の確立が必要不可欠である。

そこで、本研究では河川の隣接した複数地点間における環境健全性や不足している環境構造を、魚類相データを用いて容易に相対的に判定する新しい手法について提案を行う。同時に、実際の調査データに基づいて得点化し、その評価の妥当性について検討を行った。

2. 本評価手法の概念と作成手順の説明

(1) 本評価法の概念と適用条件

本評価法は魚種ごとの生態的特性に基づいて事前に作成した16項目の生物的指数をまとめた表を用いて、魚類相データ（種組成）から相対的にそれぞれの地点の価値や環境構造の良否をレーダーチャートによって判定するものである。したがって、本評価法において事前に必要なのは、評価を行おうとする地点に出現した魚類の生態的特性をまとめた表（生物的指数表）、およびその地点に出現可能性のある魚種のリスト（リファレンスリスト）のみである。また、健全度評価には評価を行おうとする地点の魚類相リスト（種組成）があれば良く、きわめて簡便に評価を行うことができる。ただし、注意点としてリファレンスデータには「その地点に出現可能性のある魚種のリスト」が必要であるが、河川魚類相は一般的に地理的あるいは流程に沿って潜在的に変化することから^{8), 9)}、そのリストは同一地理区分かつ同一流程区間内、すなわち同一のエコリージョン内であることを想定して作成する必要がある。

(2) 魚類の生物的指数表の作成

得点として用いる魚種ごとの生物的指数（生態的特性に関する要素）は16項目で、1. 在来種、2. 外来種、3. 希少種、4. 純淡水性種、5. 通し回遊性種・汽水性種、6. 遊泳性種、7. 底性種、8. 流水性種、9. 止水性種、10. 恒久的水域依存種、11. 氾濫原水域依存種、12. 植生域産卵種、13. 泥底産卵種、14. 砂礫底産卵種、15. 岩裏産卵種、16. 二枚貝産卵種、である。それぞれの種について、上記の1-16の項目に該当する部分にチェックをいれ表を作成する。この中で、例えば「10. 恒久的水域依存種」と「11. 氾濫原水域依存種」において、恒久的水域と氾濫原水域の両方を移動して生活史を回している種については両方にチェックを与えるようにして表を作成する。

(3) 魚類相データと生物的指数表に基づくレーダーチャートの作成手順

まず、評価を行おうとする地点において、出現した魚種リストとその地点に出現可能性のある魚種のリストを作成する。先にとりまとめた生物的指数表に基づいて、

16項目に該当する種数を地点の魚類相リスト、リファレンスリストそれぞれでカウントしとりまとめる。つぎに、16項目の生物的指数それぞれについて、「魚類相リストで該当する種数」÷「リファレンスリストで該当する種数」、を求めて、この値によりレーダーチャートを作成する。なお、「2. 外来種数」についてのみ、1から引いた値として、数値が大きいほど1に近くなるよう補正する。

(4) 得られたレーダーチャートの解釈

上に述べた手法により作成されたレーダーチャートは、全体が外枠（リファレンスデータ）に近いほど健全性が高いと判断する。また、極端に低い項目があればそこが健全性の低い環境構造であり、自然再生を行う際に重要な指針となる。16項目の生物的指数それぞれについてその意味するところを述べると、項目1-5は主にその地点の価値に関するもの、項目6-11はその地点の環境構造の多様性に関するもの、項目12-16についてはすべて産卵環境の多様性に関するものである。このように図にすることで、健全性を評価しようとする地点の魚類相データのみを用いて、その地点の環境構造のうち具体的にどのような環境構造の健全性が高いのか、低いのかを視覚的に示すことができるのが本手法の特徴である。

3. 表の作成と評価の実践

(1) 九州産河川性魚類を用いた生物的指数表の作成

2001年から2010年にかけて行った九州全域における153水系1200地点の野外調査に基づいて（図-1）、九州の河川において一般的にみられる魚類を抽出した。

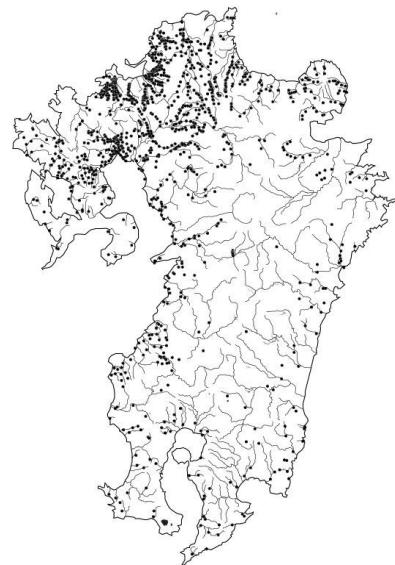


図-1 調査を行った九州全域の153水系1200地点

次に、これらの全魚種について先述した16項目の生物

的指数の該当する部分にポイントを与え生物的指数表を作成した。なお、一覧表の作成には既存の文献データ¹⁰⁾、¹¹⁾および著者らの未発表データを用いた。

(2) 野外調査データに基づく本評価法の検討

本評価法を実際の調査データに基づいて適用し、検証を行った。実際の調査データとしては河川水辺の国勢調査における福岡県遠賀川水系の3地点（遠遠遠3、遠遠遠4、遠彦遠1）のデータを用いた¹²⁾。選んだ3地点（以後地点A、B、Cと記す）の勾配はそれぞれ1700分の1、1800分の1、1670分の1でほぼ同一の河床勾配区間とした。同

時に、遠賀川水系の魚類相データ¹³⁾、¹⁴⁾と九州北西部地域における魚類の流程分布データ¹⁵⁾、¹⁶⁾に基づいて、この3地点において共通して出現する可能性のある魚種のリスト（リファレンスリスト）を推測し、とりまとめた。前述した方法で地点ごとに16項目にあてはまる種数を計数し、レーダーチャートを作成した後に、それぞれの地点で良い/悪いと判断された環境構造が実際の環境構造と一致しているのかどうかについて検討を行った。なお、当データに示されていた明らかに間違いと思われる種同定結果については、適宜データを修正して用いた。

表-1 九州における主要な河川性魚類の一覧と各種の生物的指数

和名	起源		生活史型		遊泳層		好適流速		生息場所		産卵環境					
	1.在来種	2.外来種	3.希少種	4.純淡水種	5.通し回遊・汽水種	6.遊泳性種	7.底性種	8.流水性	9.止水性	10.恒久的水域	11.氾濫原水域	12.種生域	13.泥底	14.砂礫底	15.岩裏	16.二枚貝
1 オオウナギ	+				+			+	+							
2 ウナギ	+		+					+	+							
3 コイ	+				+			+	+							
4 ガシロウフナ		+				+				+						
5 キシフナ	+							+	+							
6 オオキンフナ	+							+	+							
7 ヤリタナゴ			+					+	+							+
8 アブラボテ	+		+					+	+							+
9 カネヒラ			※2					+	+							+
10 セボシタビラ	+							+	+							+
11 イチモンシタナゴ		+						+	+							+
12 タイリカバラタナゴ		+						+	+							+
13 ニッポンバラタナゴ	+		+					+	+							+
14 カセトゲタナゴ	+		+					+	+							+
15 ウタカ		+						+	+				+			
16 カウハタモロコ	+		+					+	+				+			
17 ハス		+						+	+							+
18 オイカワ	+							+	+							+
19 カウムツ	+							+	+							+
20 スナムツ	+		※3					+	+				+			+
21 ビナモロコ		+						+	+				+			
22 タカハヤ	+							+	+							+
23 ウグイ	+			+				+	+							+
24 モツコ	+							+	+				+			+
25 カウヒカイ	+		+					+	+							+
26 ビウヒカイ		+						+	+							+
27 ムギツク	+							+	+							+
28 タモロコ		+						+	+				+			+
29 セゼラ	+							+	+				+			+
30 カマツカ	+							+	+							+
31 ツチフキ	+		+					+	+				+			+
32 ニゴイ	+							+	+							+
33 イトモロコ	+							+	+							+
34 コウライモロコ		+						+	+							+
35 ドジョウ	+		※4					+	+				+			+
36 カラドジョウ		+						+	+				+			+
37 イシドジョウ	+		+					+	+							+
38 シマドジョウ	+							+	+							+
39 ヤマトシマドジョウ	+		+					+	+							+
40 スジシマドジョウ中型種	+		+					+	+				+			+
41 スジシマドジョウ小型種九州型	+		+					+	+				+			+
42 キキ	+	※1	※5					+	+				+			+
43 アリアケギバチ	+		+					+	+				+			+
44 ナマス	+		※6					+	+				+	+		+
45 アカサ	+		+					+	+							+
46 ワカサギ		+						+	+				+			+
47 アユ	+				+			+	+							+
48 ニシマス	+	+			+			+	+							+
49 サケ	+				+			+	+							+
50 ヤマメ(サクラマス)	+		+		+			+	+							+
51 ヤマメ(サツキマス)	+		+		+			+	+							+
52 イワナ		+			+			+	+							+
53 メダカ	+		+					+	+				+			+
54 カダヤシ		+			+			+	+				+			+
55 ヲビ		+			+			+	+				+			+
56 タウナギ		+			+			+	+				+			+
57 イトヨ	+		※7					+	+				+			+
58 カシカ大脚型	+		+					+	+							+
59 カシカ中脚型	+		+					+	+							+
60 カマキリ	+		+					+	+							+
61 ヤマノカミ	+		+					+	+							+
62 オヤニラミ	+		+					+	+				+			+
63 ブルーギル		+						+	+				+			+
64 オオクチハス		+						+	+				+			+
65 ナイルティラピア		+						+	+				+			+
66 シルティラピア		+						+	+				+			+
67 カムルチー		+						+	+				+			+
68 ユゴイ	+				+			+	+							+
69 ドシコ	+				+			+	+				+			+
70 カウアナゴ	+		※8					+	+				+			+
71 ホウスハセ	+				+			+	+				+			+
72 シロウオ	+		+					+	+				+			+
73 スミウキヨリ	+				+			+	+				+			+
74 ウキヨリ	+				+			+	+				+			+
75 スマチチブ	+				+			+	+				+			+
76 コクラクハセ	+				+			+	+				+			+
77 カウヨシノボリ	+				+			+	+				+			+
78 シマヨシノボリ	+				+			+	+				+			+
79 オオヨシノボリ	+				+			+	+				+			+
80 クロヨシノボリ	+				+			+	+				+			+
81 トウヨシノボリ	+				+			+	+				+			+
82 ルリヨシノボリ	+				+			+	+				+			+

※1、ギギは九州北東部(福岡県遠賀川水系～大分県八坂川水系)は在来だが、筑後川水系や球磨川水系のものは外来(国内移入種); ※2～8、環境省版レッドリストに未掲載だが、九州各県版リストのいずれかで指定されている種

4. 結果

(1) 作成された九州の河川魚類の生物的指数表

調査の結果に基づいて、九州で一般的にみられる河川性魚類として82種を選択し、各魚種について16項目の生態的特性をまとめた一覧表を作成した(表-1)。この中で、ゲンゴロウブナ、ハス、ワタカ、イチモンジタナゴについては環境省版レッドリストにおいて絶滅危惧種に指定されている種であるが、いずれも本来の分布域は本州であることから、九州では国内外来種という扱いになる¹³⁾。そのため、ここでは希少種としてランク付けていない。また、ギギは近年、九州北西部の筑後川水系や球磨川水系で発見されているが、本来の自然分布域は福岡県遠賀川水系から大分県八坂川水系に至る地域であり、筑後川水系や球磨川水系の集団は国内外来種という扱いになるので注意が必要である¹³⁾。

生活史型の項では、ウグイ、ヤマメ、アマゴ、ウキゴリ、ヌマチチブ、ゴクラクハゼ、トウシノボリについては河川により陸封型(純淡水魚)の生活史を行う場合と、通し回遊型の生活史を行う場合があることが知られている。調査地点ごとにどちらの生活史型を行うのかについては判断が難しいため、これらについては両方にカウントするものとした。

生息場所の項では、恒久的水域は主に河川や湖沼など干上がりにくく周年比較的安定して水がある水域、氾濫原水域は主に農業用水路、ワンド、小規模なため池など比較的干上がりやすく不安定な水域、と定義しそれらを主要な生息環境とする種にチェックをいれた。どちらでもみられる種についてはどちらにもチェックをいれた。

産卵環境の項では、モツゴでは主に植物や岩など固い部分に産卵するため、植生と岩裏両方にチェックをいれた。また、ギギ、アリアケギバチ、ドンコでは植物の根際や岩裏に産卵することが知られているため、ここでは両方にチェックをいれた。さらに、ムギツクではギギ、

オヤニラミ、ドンコに託卵する習性があることが知られているが¹¹⁾、ここでは便宜的に植生や岩裏に産卵する種としてチェックをいれた。

表-2 遠賀川水系3地点における出現種リスト

	地点A	地点B	地点C
ウナギ	+		
ゲンゴロウブナ		+	+
コイ	+	+	+
ギンブナ	+	+	+
カネヒラ		+	+
ニッポンバラタナゴ			+
ワタカ	+	+	+
ハス	+	+	+
オイカワ	+	+	+
カワムツ		+	+
モツゴ		+	+
ムギツク		+	
ビワヒガイ	+		
カマツカ	+	+	+
ツチフキ	+		
イトモロコ		+	+
スジシマドジョウ		+	+
ギギ		+	+
ナマズ		+	
アユ	+	+	+
メダカ		+	+
ブルーギル	+	+	+
オオクチバス	+	+	+
ドンコ		+	
トウシノボリ	+	+	+
ヌマチチブ	+		+
カムルチー		+	+
総種数	14	22	21

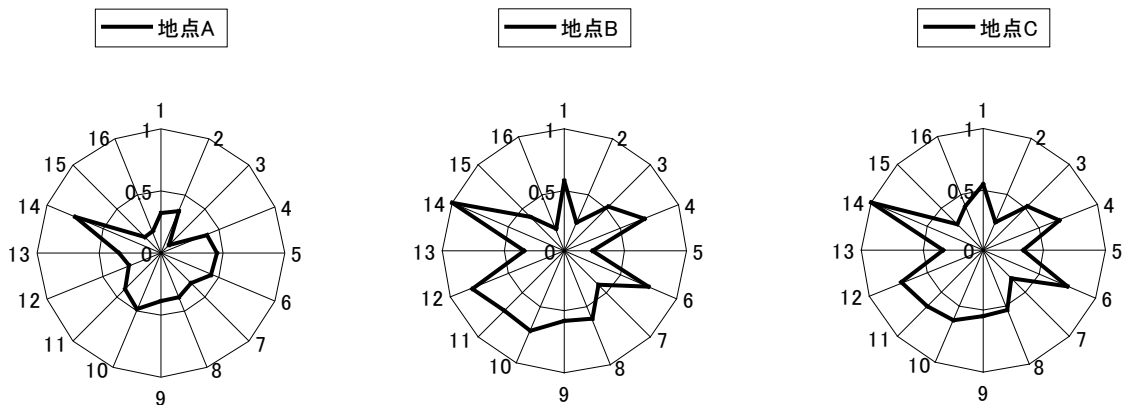


図-2 各地点で作成したレーダーチャート. 1-16の各項目の詳細については表-1を参照.

(2) 実際のデータで作成したレーダーチャートの評価

遠賀川水系の3地点における実際の魚類相リストを示す(表-2)。遠賀川水系当該地点において潜在的に出現すると考えられる魚種を、ウナギ、コイ、ゲンゴロウブナ、ギンブナ、ヤリタナゴ、カネヒラ、ニッポンバラタナゴ、カゼトゲタナゴ、ワタカ、ハス、オイカワ、ヌマムツ、ウグイ、モツゴ、ビワヒガイ、ゼゼラ、カマツカ、ツチフキ、ドジョウ、スジシマドジョウ、ギギ、ナマズ、アユ、サケ、メダカ、カダヤシ、ブルーギル、オオクチバス、カムルチー、ドンコ、カワアナゴ、スミウキゴリ、ウキゴリ、ヌマチチブ、ゴクラクハゼ、シマヨシノボリ、トウヨシノボリの37種とし、これらについても16項目にあてはまる種数を求めた。

つぎに、得られた値に基づいて、各地点でレーダーチャートを作成した(図-2)。すべての地点で予想される数値よりも低い値を示し、特に地点Aでは14項目において潜在的な種数の半分にも満たない得点であった。地点Aでは「3. 希少種数」や「12. 植生域産卵種数」が極端に低く、「5. 通し回遊・汽水魚種数」が比較的高かった。地点Bと地点Cは地点Aより得点の高い項目が多く良く似たチャートを示したが、「7. 底性魚種数」、「13. 泥底産卵種数」、「15. 岩裏産卵種数」、「16. 二枚貝産卵種数」の項目は潜在的な種数の半分にも満たなかった。

5. 考察とまとめ

(1) 各地点の環境構造と本評価法における結果の関係

実際に適用した結果、今回対象とした3地点とも全体的に環境健全性は低いと評価された。各地点の平面図によれば、地点Aは流水部がほとんどなく、瀬淵構造のない堪水域であり、植生域がない地点、地点Bは河床形態がBb-Bc型で、河川敷が存在し片岸には抽水植物が繁茂した地点、地点Cは河床形態がBb-Bc型で、河川敷が存在し水辺にはツルヨシ等が繁茂した地点である¹²⁾。結果で述べたように、地点Aは全体的に得点が低いが、特に地点BやCと比較して「12. 植生域産卵種数」の得点が極端に低かった。これは、地点Aの「植生域がほとんどない」という環境構造の特徴を良く示しているものと考えられる。本結果から、地点Aにおいては今後の事業の中で、水際の植生の創出を意識した自然再生が特に重要であると提言することができる。

また、地点BとCでは「7. 底性魚種数」、「13. 泥底産卵種数」、「15. 岩裏産卵種数」、「16. 二枚貝産卵種数」の各項目の得点が低かった。調査データから、これら2地点の底質環境は砂泥から礫底であるものの、沈み石の環境であることが示されている。これらのことから、陸上からの景観からは判断が難しいものの、実際に

は川底の環境がかなり悪化しているものと推測される。本結果から地点BやCにおいては今後の事業の中で、特に底層環境の改善を意識した自然再生が特に重要であると提言することができる。

地点Aで唯一、他の2地点よりわずかながら評価が高かったのは「5. 通し回遊・汽水魚種数」である。この3地点で河口からの距離をみてみると、地点Aが約11 km、地点Bが約30 km、地点Cが約22 kmと地点Aがもっとも河口に近い。どの調査地点も純淡水域であるが、地点Aは海の影響がもっとも大きい地点であることもこのチャートから読み取ることができた。

(2) 既存の評価法にはない本評価法の利点

背景で述べたように、これまで海外でよく用いられているIBIやHEPは、実際に適用するとなると膨大な生態的・生理的データの蓄積が必要である。残念ながら現在の日本において、河川性魚類各種の生活史や好適水質、好適環境構造に関する詳細な知見はいまだ少なく、欧米で一般的に用いられている環境評価法を用いていくには時期尚早である。しかし、我々が今回挙げた16項目の生物学的指数に関する程度の知見であれば、すでに日本産河川性魚類の多くについて明らかになっており、現状の日本においては本評価法を用いる意義は大きいものと考えられる。各地点において不足している環境構造が明確になることから、本手法を用いて健全度を評価することは、自然再生事業を行う際にも指針として有効に活用できるだろう。

今回我々が提案する河川環境の健全度評価法は、地点の魚類相データのみから、その地点の環境構造の良否や健全度を簡易的に評価しようとする目的で作成したものである。実際の調査データに基づいて評価を行った結果、環境構造に関する項目は解析に入れていないのにも関わらず、植生域の有無や海からの距離など、それぞれの地点の環境構造の特性を示すことに成功した。さらに、実際の調査が困難な底層の環境構造の良否を推測できる可能性があることもわかった。今後は、河川性魚類各種について、なるべく多くの種について、16項目の生物学的指数を明らかにする必要がある、各種の生活史や分布特性に関する情報のよりいっそうの蓄積が望まれる。

(3) 本評価法の課題と今後の展望

一方、本手法にはいくつかの課題がある。まず今回選択した16項目のみで環境構造を評価することの妥当性である。例えば「生息場所」の項目について、「10. 恒久的水域依存種」と「11. 汎濫原水域依存種」において、両方を移動して生活史を回している種については両方にチェックを与えるようにして表を作成しているが、両方を移動して生活しているような種については新たに項目を作って評価すべきであるかもしれない。この他の項目の妥当性も含めて、今後は実際の環境構造と魚類相の関

係についてより詳細な解析を行い、検証していく必要があるだろう。

つぎに、同一のエコリージョン（潜在的な生物相が良く似た地域）の定義についてもさらなる検討が必要である。今回のように同一水系同一勾配といった、完全に同一のエコリージョン内で、かつ魚類相データの蓄積された水系において本評価法は威力を発揮するものと考えられるが、まったく既知の知見がない状態で「同一のエコリージョン」を規定することは難しいのが現状である。

河川性魚類は一般的に移動能力が低く、地理的に生息する種類が大きく異なる。九州でもその東西で大きく生物相が異なることが知られており¹⁴⁾、日本国内の淡水魚類の地理分布についてはすでにその概要が明らかにされている^{17), 18)}。したがって、地理的なエコリージョンについては、これらの研究結果を参考にして対象とする地点がどの地理区分に属するのか、を確認して適用すれば問題がないだろう。

しかしながら、河川ではさらに流程に沿って魚類相が異なるという現象が良く知られており⁹⁾、それは主に勾配（セグメント）によって決定しているという報告がある^{15), 16)}。これをセグメントエコリージョンといい、河川生物の分布様式として重要な概念であるが、国内における研究例が少なくその成立システムには未だ不明な点が多い。今後はこの流程分布を決定する要因、すなわちセグメントと魚類相の関係についてもより詳細な知見の蓄積が急務である。将来的には水系ごとの魚類相に関するデータの蓄積を進め、地域ごと、セグメントごとに成立する潜在的な魚類相を推定できるようなデータベースを作成していく必要があると考えている。

謝辞：本研究は文部科学省科学研究費補助金（特別研究員奨励費：課題番号20・2830）により行われた。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 谷津義男・北川知克・盛山正仁・末松義規・田島一成・村井宗明・江田康幸：生物多様性基本法，ぎょうせい，2008.
- 2) 島谷幸宏：多自然川づくりの技術展開と課題，河川技術論文集，14，pp. 385-390，2008.
- 3) 須賀如川：新河川法を規範とする河川整備方策の基本事項に関する考察-川の個性の尊重と社会・自然環境の反映，河川技術論文集，11，pp. 203-208，2005.
- 4) Karr, J. R.: Biological integrity: A long neglected aspect of water resource management, *Ecological applications*, 1, pp. 66-84, 1991.

- 5) 田中 章：HEP入門<ハビタット評価手続きマニュアル>，朝倉書店，2006.
- 6) 小出水規行・松宮義晴：Index of Biotic Integrityによる河川魚類の生息環境評価，水産海洋研究，61，pp. 144-156，1997.
- 7) 小出水規行・竹村武士・奥島修二・相賀啓尚・山本勝利・蛭原 周：HEP法による農業排水路におけるタモロコの適性生息場所の評価 千葉県谷津田域を事例として，河川技術論文集，11，pp. 489-494，2005.
- 8) Olson D.M., Dinerstein E., Burgess N.D., Powell G.V.N., Underwood E.C., D'Amico J.A., Itoua I., Strand H.E., Morrison J.C., Loucks C.J., Allnutt T.F., Ricketts T.H., Kura Y., Lamoreux J.F., Wettengel W.W., Hedeo P., and Kassem K.R: Terrestrial ecoregions of the worlds: A new map of life on Earth, *Bioscience*, 51, pp. 933-938, 2001.
- 9) Petry, A.C. and Schulz, U.H.: Longitudinal changes and indicator species of the fish fauna in the subtropical Sinos River, Brazil, *Journal of fish biology*, 69, pp. 272-290, 2006.
- 10) 中村守純：日本のコイ科魚類，資源科学研究所，1969.
- 11) 川那部浩哉・水野信彦・細谷和海：山溪カラ一名鑑改定版 日本の淡水魚，山と溪谷社，2001.
- 12) 国土交通省：河川水辺の国勢調査 平成13年度遠賀川水系魚介類調査報告書，2002.
- 13) 中島 淳・鬼倉徳雄・兼頭 淳・乾 隆帝・栗田喜久・中谷祐也・向井貴彦・河口洋一：九州北部における外来魚類の分布状況，日本生物地理学会会報，63，pp. 177-188，2008.
- 14) 中島 淳・鬼倉徳雄・松井誠一・及川 信：福岡県における純淡水魚類の地理的分布パターン，魚類学雑誌，53，pp. 117-131，2006.
- 15) 敵島 怜・島谷幸宏・河口洋一：魚類相の縦断方向変化とセグメント区分に関する研究，水工学論文集，152，pp. 1147-1152，2008.
- 16) 敵島 怜・島谷幸宏・中島 淳・河口洋一：環境指標のための魚類セグメントエコリージョン，水工学論文集，53，pp. 1189-1194，2009.
- 17) Watanabe, K.: Parsimony analysis of the distribution pattern of Japanese primary freshwater fishes, and its application to the distribution of the bagrid catfishes, *Ichthyological Research*, 45, pp. 259-270, 1998.
- 18) 渡辺勝敏・高橋 洋：淡水魚類地理の自然史 多様化と分化をめぐって，東海大学出版会，2010.

(2010. 4. 8受付)