

底生動物のハビタット区分と河川環境評価への応用

Division of Habitats of Benthic Fauna, and Application to Evaluation of River Environments

研究第二部 研究員 富田 尚道

研究第二部 次長 安田 実

Many benthic fauna are less migratory in water areas than are fish, depending directly on the immediate physical environment such as river bed materials in their habitat; therefore, they are considered to provide accurate expression of the environmental conditions of a specific location, as indicators of their water area environment. We studied methods for accurately understanding and evaluating the environment inhabited by benthic fauna, through the investigation of existing documents concerning the midstream basin of the Yura river, and we suggest IEI (Index of Ecological Indicator) as a new evaluation index.

Keywords: Benthic fauna, habitat, ecological indicator species, IEI

1. はじめに

河川審議会答申「今後の河川環境のあり方」の中でも「生物の多様な生育・生息環境の確保」が挙げられ、自然豊かで美しい河川整備を行う「多自然型川づくり」などの生物の生育・生息環境に配慮した河川管理が行われている。生物の生育・生息環境に配慮した河川管理では、河川環境における生物の生育・生息環境を的確に把握し、評価する手法が必要である。

水域環境に関する生物の生息環境を評価するために、底生動物を取り上げた利点は下記のとおりである。

- ・ 移動性が少なく、確認された場所の河床材料などの物理環境に直接的に依存しているため、特定の場所の環境条件を的確に表現していると考えられる。
- ・ 取り扱う対象となる種類数が多く、河床材料、水深、流速などが異なる多様な環境に生息するため、さまざまな環境における指標となりうる。
- ・ 魚類と異なり放流による人為的攪乱を受けにくいいため、河川環境の変化に直接依存する。

- ・ 環境の変化に敏感であるため、経年的な変化や地点間の違いなどを把握しやすい。
- ・ 食性(動物食、植物食など)、生息環境などが多岐に渡っているため多面的な見方が可能である。

本検討では、由良川中流域において底生動物のハビタットと生物相の関連性を通して、底生動物のハビタットに基づく環境の評価手法を検討することを目的とする。

2. 底生動物のハビタットに関する既往調査の概要

近年、生物保全の国家戦略として生物多様性がクローズアップされており、生態系の多様性、種の多様性、ハビタットの多様性など多くのレベルでの多様性を把握する必要性が指摘されている。生態系を大きく生物多様性の3つの枠組み(生態系の多様性・種の多様性・生息環境の多様性)で考えた時、特に河川環境においては生息環境の多様性(地形、攪乱、堆積・侵食システムなど)を抜きに生物多様性を考えることはできない。

河川生態系における多様性のつながりを考

えると生息環境の多様性が増加すると生息ニッチェが増え種の多様性が増加し、生態系の多様性が増加する。またトビケラの造巣活動などのようなコンディショニング（生物の活動が生息環境を変質させる）などの効果により種の多様性は生息環境の多様性に直接作用する。このように生物多様性の要因は生息環境の多様性に反映される（図-1）。

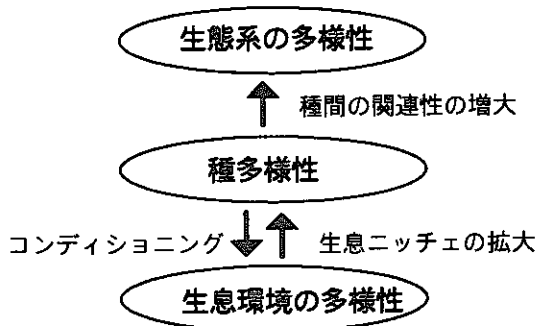


図-1 底生動物の多様性
Fig. 1 Diversity of benthic fauna

このような底生動物の生息環境の多様性に着目した研究としてはTakemon and Tanida (1993)が、奈良県吉野川の溪流部において、底生動物の生息場要素（ハビタット）と重要な生息場所を区分し、生物の各ステージ（若齢幼虫など）における生息場所としての重要性などから底生動物におけるハビタットとしての重要性を示した（表-1）。

これを用いてハビタットの数の多さと生息種数の多さが高いほど、河川環境における生息環境の多様性、種の多様性が維持されているとしている。これによりどんな生息環境が存在するかで、簡便に渓流域の河川環境を底生動物の生息環境の多様性といった観点から捉えることができる。

3. ハビタット区分と河川環境評価への応用
河川環境を底生動物の生息場所（ハビタット）という観点から評価する手法を検討する。

評価手法の流れは次の通りである（図-2）。

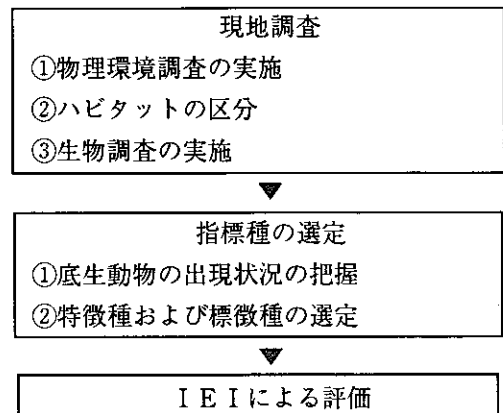


図-2 評価の流れ
Fig. 2 Evaluation flow

3-1 現地調査

現地調査では底生動物の採集とその生息環境の特徴を把握する必要がある。調査の概要は由良川波美橋付近で行われた既往調査（谷田：未発表）によると以下の通りである。

① 物理環境調査の実施

波美橋橋脚部を起点として、上下流200mの範囲で縦断方向10m×横断方向2mのメッシュを設定し、メッシュの各交点において水深、流速、河床材料などを測定することにより調査地点における底生動物の物理的な生息環境を把握する（図-3）。

② ハビタットの区分

Takemon and Tanida (1993)による渓流域のハビタット区分結果などをもとに、底生動物にとって環境の質の異なると考えられる場所をハビタットとして区分した（図-4）。

瀬——早瀬・横断型早瀬・平瀬
淵
岸際——砂礫堆・ヨシ帯
止水域——バックウォーター・サイドプール

ただし、河床内間隙（ハイフォレイックゾーン）などの目視により把握できない要素を除いた。

③ 生物調査の実施

②で区分した各ハビタットにおいて25cm×25cmコドラート法により定量採集を行った。採集は、ハンドネットやサーバーネットを使用した。網目は0.25mmメッシュで、砂礫・有機物・ベントスは浮遊選別で砂礫を除去し、残ったものを約10%ホルマリン溶液で固定・

保存した。また、ヨシ水際部などのコドラート法が適用できない場所では、キック&スイープ法やスイーピング法（サーバーネットで直接1m²程度の範囲をすくい取る）により採集を行った。

表一 川虫のすみ場所チェックシート
Table 1 River invertebrates habitats check sheet

区分	景観的区分	生息場所										
		岩盤	湿潤区	浮き石	はまり石	砂利	抽水植物	植物根	モスマット	堆積型砂地	ダム型リターパック	河床内の間隙
流れの中央部	滝状の瀬	◎							○			
	早瀬	○		◎	○						○	○
	平瀬	○		○	◎	○						○
水中の岸辺	滝状の瀬	○	◎						◎		○	
	早瀬	○	○	◎	○	○	○	○	◎	○	○	○
	平瀬	○	○	○	◎	◎	○	○	◎	○	○	○
	サイドプール	○	○	○	○	○	○	○	◎	◎	○	○

○はよく見られる、◎は重要な生息場所。竹門(1991)、Takemon and TANDA(1993)に基づいて作成

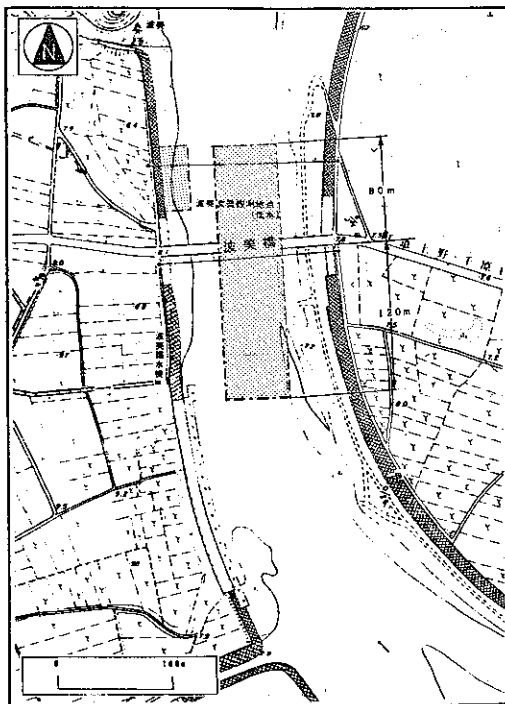


図-3 物理環境調査の範囲

Fig. 3 Scope of physical environmental investigation

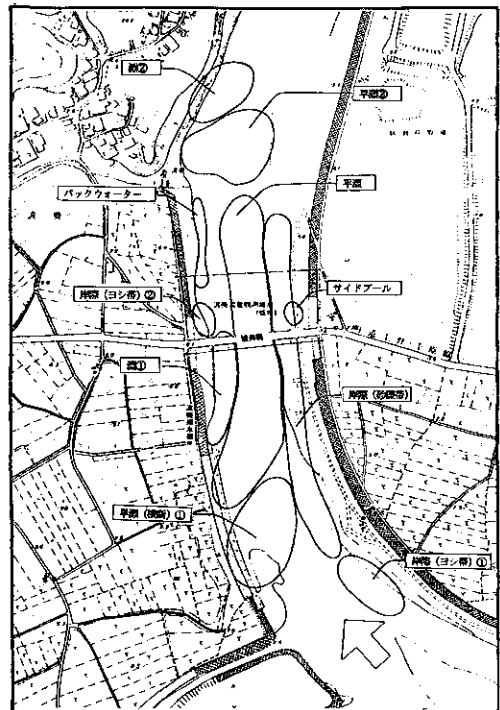


図-4 ハビタットの分布

Fig. 4 Habitat distribution

3-2 指標種の選定

① 指標種の考え方

近年、生物保全の国家戦略として生物多様性がクローズアップされており、どのようにして生物多様性を保全するのか世界的に考えられている。例えば、ある地域の生物多様性を考える場合、以下に示すような特徴のいずれかをもつ種の保全を追求することによって、地域の生物多様性の保全そのものに貢献することが大きいと考えられている(表-3)。

表-2 指標種

Table 2 Indicator species

指標種	指標種の特徴
生態的指標種	同様の生息場所や環境条件要求性をもつ種群を代表する種。特に環境の消失及び不足がその種の生存の障害となる種
キーストーン種	群集における生物間相互作用の要石(キーストーン)となっており、その種を失うと生物群集が異なるものに変質してしまうもの
アンブレラ種	生息場所の面積要求性の大きい種。その種の生存を保証することでおのずから多数の種の生存が確保されるもの
象徴種	その美しさや魅力によって世間に特定の生息場所の保護をアピールすることに役立つもの
危急種	希少種や絶滅の危険の高い種。生息のための最も良好な環境条件を要求する種を保護することで、多くのふつうの種の生息条件が確保される

このうち、“生態的指標種”の考え方を利用し、“特徴種”および“標徴種”を選定する(表-3)。

表-3 指標種の区分

Table 3 Division of indicator species

区分	特徴
特徴種	ハビタットの限定性の高い生物。特に特定のハビタットの消失及び不足がその生物の生存の障害となると考えられる生物。“生態的指標種”として取り上げる可能性の高い種
標徴種	“特徴種”に準じるが、他のハビタットにも多少は見られる生物

② 出現状況の整理

波美橋周辺地域の物理環境調査を実施した場所を岸際(砂礫堆)、岸際(ヨシ帯)、サイドプール、バックウォーター、横断型早瀬、平瀬の6つのハビタットとして区分し、各ハビタットで出現した個体数について、出現状況を以下のように区分する(表-4)。

表-4 出現状況

Table 4 Appearance situation

区分	出現状況
A	イトミミズ科を除く総個体数の0.5%未満の種。ただし総個体数0.5%未満の種においても、既往の知見で分布様式が判っている種についてはB、C、Dとする
B	他のハビタットに比べて個体数が著しく少ない。
C	他のハビタットに比べて突出した個体数の多さ少なさは見られない。
D	他のハビタットに比べて個体数が著しく多い。

③ 特徴種および標徴種の選定

上記の分布状況より、生態的指標種として特徴種及び標徴種を選定する。選定条件は以下の通りである(表-5)。

表-5 指標種の選定

Table 5 Selection of indicator species

区分	選定条件
特徴種	①他のハビタットがAもしくはBの時、そのハビタットがDである ②そのハビタットで出現しているが他のハビタットでは出現していない
標徴種	①他のハビタットがAもしくはBの時、そのハビタットがCである ②他のハビタットがCの時、そのハビタットがDである

これにより各ハビタットで選定された指標種は次の通りである(表-6)。なお、サイドプール、岸際(砂礫堆)については指標種に該当する種は無かった。

表-6 選定された指標種

Table 6 Selected indicator species

ハビタット	指標種	種名			
横断型 早瀬	特徴種	ヒラタドロムシ <i>Mataeopsephenus japonicus</i>			
		標徴種	サツキヒメヒラタカゲロウ <i>Rhithrogena satsukii</i> ギフシマトビケラ <i>Hydropsyche gifuana</i> エチゴシマトビケラ <i>Potamyia echigoensis</i> クダトビケラ属 <i>Psychomya</i> spp.		
	平瀬	標徴種	コカゲロウ属の一種 <i>Baethis</i> sp. YQ		
	岸特 (ヨシ帯)	特徴種	ヒメクロサナエ <i>Lanthus fujiacus</i> コカクツツトビケラ属 <i>Goerodes</i> sp. グマガトビケラ属 <i>Gumaga</i> sp. センカイトビケラ属 <i>Triaenodes</i> sp. ヒゲナガトビケラ科 <i>Leptoceridae</i> gen. sp.		
			標徴種	マダラカゲロウ属 <i>Ephemerella</i> sp.	
			バック ウォーター	特徴種	クロイトトンボ <i>Cercion calamorum</i> コオニヤンマ <i>Sieboldius albardae</i> ツマグロトビケラ <i>Colpomera japonica</i> ヒメアメンボ <i>Gerris lacustaris</i> ミズカマキリ <i>Ranatra chinensis</i> タイコウチ <i>Laccotrephes japonensis</i> ハマダラカ属 <i>Anopheles</i> カワコザラガイ <i>Laevapex nipponica</i>
					標徴種

3-3 I E Iによる評価

水質指標などで用いられている生物指数の考え方に基づいて、以下のようなハビタットごとの生物多様性を示すような指数を考案した。生物多様性の評価においては種数の多さが、多様性を増加させることから、スコア値の総合計とした。

$$\text{I E I (Index of Ecological Indicator)} \\ = \sum a_i$$

なお、 a_i は種 i のスコア値を示しており、内訳は以下のとおである(表-7)。

表-7 スコア値

Table 7 Score values

指標種	スコア値
特徴種	5
標徴種	3
その他	1

I E Iでは標徴種および特徴種の2区分については該当する生息場所(ハビタット)で指標種が確認された時のみにスコア値を与える。それ以外の場所で確認された場合は、“その他”のスコア値として扱う。標徴種および特徴種は「③特徴種および標徴種の選定」で選定した種(表-6)である。このスコア値を出現種のすべてに与え、出現種全体の合計値をハビタットのI E Iとする。この値が高いほどハビタットにおける生物多様性が高くなると考えることができる。なおスコア値は谷田(1995)における属指数を参考にした。I E Iの特徴は以下のとおりである。

- ・指標値を算出するため、ハビタット間の評価値の比較のみならず、評価値の良し悪しを判断することも可能である。
- ・出現個体数は無視しているため、本指標値の導出にあたっては、採集方法の規定が必要なく広い範囲で利用できる。

・I E I値に影響を与える項目は、“種数の多さ”と“特徴種および標徴種の多さ”である。このことから種数や多様度指数などでは従来評価できなかった種数が少ないような貧栄養環境(貧栄養環境では水質の状態が良いにも関わらず、多様度指数は低くなる)についても、“特徴種および標徴種の多さ”などから評価を加えることが可能である。

4. 事例

河川水辺の国勢調査の調査結果(平成4年度)と既往の結果(Tanida:未発表)に基づいて波美橋におけるハビタットの評価を試みた(図-5)。これを見ると、ヨシ帯、横断型早瀬やバックウォーターなどでI E Iスコアは高くなる傾向が見られる。

5. 今後の課題

① 調査結果の同定レベル

底生動物の多くは生態的な知見や分類学的知見が少ない種類が多く、属や科のレベルまでしか同定できない種が多い。このため既往の調査結果に対して、同定レベルを検証せずに本検討で得られた手法を適用することはできない。これについては、今後の底生動物の同定レベルの向上を待つしかないが、ひとつの解決策として従来の水質指標に対する批判の中で、谷田(1995)は同様の理由から属までの知見で水質を指標できる指数を提案しており、これを応用することにより従来の知見に基づく結果でも同様の評価が行える可能性がある。

② ハビタット

本検討では波美橋周辺という限られた空間において点在するハビタットを抽出し評価対象としている。しかし実際の河川環境では、この中で示されたようなハビタット以外に根固めや護岸などの人為による空間や既往文献で触れていない淵などのハビタットが存在す

る。このため今後、これらの問題をいかに解決し、河川環境を類型化しハビタットとしてまとめることができるかが課題になる。

③ 面的評価手法への展開

今後河川環境を類型化し、ハビタットとしてのまとめが進むことにより、面的な河川環境の評価を行うことが可能となる。これは、航空写真や平面図などをもとに現場踏査することにより、生物調査を行っていない区間ごとにあらかじめハビタットを分類し、区間内のIEI合計値、ハビタット数、ハビタットの多様度等を推定することにより、区間の比較を可能とするような面的評価手法について、検討を進めていく方針である。

④ 河川管理への活用

本検討では、底生動物のハビタット区分に

基づく環境評価手法の提案を行った。これにより、河川環境を景観的に評価することが可能なため、比較的簡単な物理環境調査と定量採集結果を組み合わせることで事業実施前後における変化をモニタリングすることが可能である。また、景観的な構成要素の組み合わせを考えることから、あらかじめどんなハビタットを作れば、どんな種類が増えるか、その地区の生物多様性が増加するかといった観点から改修後の状況を予測したり、改修目標を設定し評価することが可能になる。

<参考文献>

- 1)建設省福知山工事事務所・(財)リバーフロント整備センター(H9.3):底生動物の生息環境に基づく環境評価手法検討業務報告書
- 2)Takemon and Tanida (1993): Environmental elements for recovery and conservation of riverine nature. ISGA Osaka '92:349-356
- 3)谷田一三(1995):河川の水質指標としての底生動物 -有効性と問題点- 日本産水生昆虫類の分類生態基礎情報について 平成6年度 文部省科学研究費補助金報告書:25-32
- 4)谷田一三ほか(未発表):由良川(波美橋)の底生動物調査
- 5)(財)日本自然保護協会編集・監修(1996):昆虫ウォッチング
- 6)平成4年度由良川水系底生動物調査報告書(河川水辺の国勢調査)
- 7)鷺谷いづみ・矢原徹一(1996):保全生態学入門

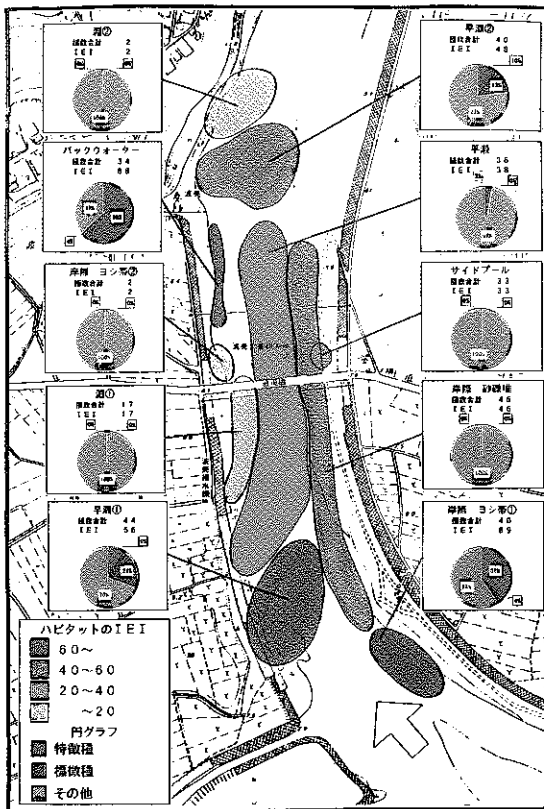


図-5 IEIの算出
Fig. 5 Calculation of IEI