

行動圏内の環境多様性に着目した河川魚類生息場の定量評価手法

山口大学大学院 正会員 神野 有生
 八千代エンジニアリング(株) 正会員 ○藤本 侑樹
 山口大学大学院 正会員 関根 雅彦

1. 目的

河川の生息場価値を定量的に評価する方法として、HSI (Habitat Suitability Index, 生息場適性基準) を用いた方法がある。HSI の求め方や扱いについては多くの研究がされてきたが、生物生息場を高い精度では評価できないことが指摘されている。また、日本の中小河川は保全対象種が明確に定まっていなかったり河川が多くある。本研究では、従来の HSI モデルの問題点を解消し、瀬や淵といった河道環境の多様性を考慮することで、より正確に魚類の生息分布を再現できるモデルを提案することを目的とする。また、明確な保全対象種が定まっていなかったり中小河川においても環境の良し悪しを判断できる、複数の魚種や成長段階にとつての生息場価値を定量評価する手法を提案することを目的とする。

2. 提案する評価手法について

(1) 魚種・成長段階ごとの評価手法

HSI を用いたモデルでは、しばしば魚類生息場の価値を WUA (Weighted Usable Area; 重み付き利用可能面積) の概念により算出する。WUA は、一般的に次式のように表現される。

$$WUA = \sum CSI_i \times a_i \quad (1a)$$

$$CSI_i = SI(d) \times SI(v) \times SI(s) \quad (1b)$$

ここに、 $SI(d) \cdot SI(v) \cdot SI(s)$ はそれぞれ水深・流速・底質に対する選好値で、生物ごとの HSI から決定される。

CSI_i は小区間ごとの合成適性値 (Combined Suitability Index), a_i は小区間の水面積である。それぞれの適性値は 0 から 1 までの無次元数で、魚種や成長段階ごとに適性基準によって決定される。環境因子ごとの適性基準は、それぞれ単一因子のみに対する適性を表すものであり、これらを単純に掛け合わせただけでは、評価対象種が好んで生息する流況を示す指標とはならない。また、摂餌や休息、逃避といった魚類の日周行動による流れの選好性の違いを考慮できていない。

そこで本研究では、一般的な連続変量の HSI ではな
 キーワード HSI, 中小河川, WUA, 多様度指数

く、適性値が 0 と 1 の 2 値化した HSI を用いて、式(1b)から CSI を求める。次に $CSI = 1$ となる範囲を生息可能域とし、その範囲内における生息場価値について評価する。このように、生息可能か否かの判断のみを HSI で行うことで、環境因子の掛け合わせの不自然さを除去し、日周行動の各行動状態における適性範囲を内包することで、従来の HSI モデルの問題点を解消する。

本手法では、瀬と淵といった河道地形のつながりの重要性を表現するために、魚類の行動圏内における水深・流速・底質の多様性について評価する。評価手順を以下に示す。

- ① River2D により流況計算と生息可能域の特定を行い、その範囲内における水深・流速・底質の面積平均値として格子状の点データを出力する。
- ② 出力した点の 3 つの環境因子をそれぞれカテゴリ化し、これらの組み合わせをひとつのカテゴリとする。
- ③ このカテゴリを用いて、生息可能域内の点ごとに、それらを中心とした対象魚の行動圏内の点の多様性を求める。この点の総合カテゴリの多様性を、物理環境の多様性とする。

行動圏 (Home range) の算出には Minns らの報告を参考とし、環境多様性の算出には Simpson の多様度指数 D を用いた。環境多様性の算出に用いる式を以下に示す。

$$\log_e [Home\ range(m^2)] = 3.43 + 0.53 \times \log_e WT \quad (2)$$

$$WT(\text{魚体重}g) = (\text{標準体長}cm)^3 / \text{魚種ごとの体重係数}$$

$$D = 1 - \sum_{i=1}^S \left(\frac{n_i}{N} \right)^2 \quad (3)$$

ここに、 S は行動圏内に存在する総合カテゴリの数、 N は行動圏内のすべての点の数、 n_i は行動圏内のカテゴリ i に属する点の数とする。

また、格子点ごとに求めた環境多様性を、任意の河川区間ごとに評価する際、以下の式によって生息可能域を環境多様性と統合することによりある区間にお

る生息場価値の指標 F_f とする。

$$F_f = \frac{\bar{D}}{N_{all}} = \left(\frac{N_{CSI=1}}{N_{all}} \right)^\alpha \times \left(\frac{\sum_{i=1}^{N_{all}} (D_i \cdot CSI_i)}{N_{CSI=1}} \right)^\beta \quad (4)$$

D_i は区間 i における環境多様度、 N_{all} は区間 i における全ての点の数、 $N_{CSI=1}$ は区間 i における CSI が 1 となる点の数、 α および β は魚種・成長段階ごとに最適化された係数である。

(2) 区間スケールにおける生息場評価手法

本手法では、評価対象種を一種に絞らずに、瀬や淵を組み合わせた区間における生息場価値を予測する。評価方法としては、魚種の適性基準を考慮せずに、評価対象区間における水深および流速をカテゴリ分けして総合カテゴリを作成して面積平均した点の多様度指数を計算し、生息密度と魚種多様性の大きさを評価する指標とした。

3. 現地河川における評価手法の精度の検証

提案手法の精度を検証するために、山口県宇部市の善和川中流部において手法を適用し、その結果と生物量調査の結果を比較した。多様な河床材料と流況の区間 (331m) と砂質河床で単調な流れの区間 (173m) について調査を行った (測量日流量 0.107m³/s)。

評価結果の例として、上流区間において最も生息数が多かったカワムツ未成魚の生息密度と、提案する評価指標 F_f 値および WUA の散布図を 図-1 に示す。

図-1 から、生息密度と提案指標 F_f は単調増加の関係にあり、カワムツ未成魚の生息密度が高い場所ほど F_f が高い値をとることがわかる。また、評価値と生息密度の順位相関係数 ρ は提案指標の方が高いことから、HSI モデルで用いられてきた WUA の手法よりも、環境多様性を考慮した本指標の方が高い精度で生息場価値を説明できるといえる。

区間スケールの評価の結果を表-1 および表-2 に示す。表-1 は流況で分割した区間を 3 つつないだ区間について評価した結果である。表-1 より提案指標 D は、概ね「生息密度が高い」または「生息密度と生物多様性どちらも高い」区間を生息場価値が高い区間であると評価していることが分かる。また表-2 は、多様区間と単調区間の評価結果を比較したものである。表-2 より、多様区間の方が多様度 D の評価値が高く、生息密度および魚類多様性についても高い値を示していることが

わかる。これらの結果より、本指標を用いることで河川改修が施されると想定される程度スケールにおいて、評価対象魚種を定めなくても河川の魚類生息場価値を評価できることが示された。

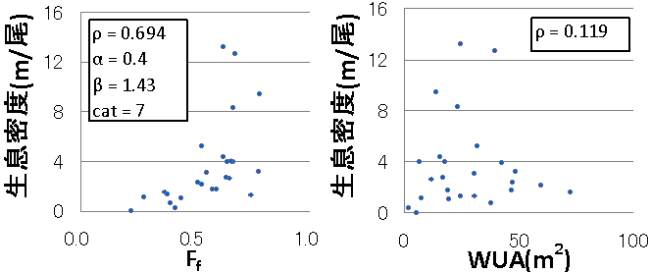


図-1 生息密度と評価値の比較 (左: 提案手法、右: WUA)

表-1 提案手法と WUA の順位相関係数の比較

区間	生息密度 (m/尾)	種・成長 段階別 SimpsonD	種ごとの SimpsonD	D	評価
1, 2, 3	5.12	0.69	0.34	0.60	○
2, 3, 4	3.33	0.59	0.29	0.74	○
3, 4, 5	2.88	0.41	0.27	0.71	○
4, 5, 6	2.55	0.39	0.22	0.72	○
5, 6, 7	3.45	0.75	0.43	0.78	×
6, 7, 8	9.61	0.82	0.61	0.78	○
7, 8, 9	11.08	0.82	0.55	0.77	○
8, 9, 10	10.86	0.80	0.52	0.83	○
9, 10, 11	6.05	0.67	0.34	0.75	○
10, 11, 12	8.42	0.60	0.35	0.79	○
11, 12, 13	13.46	0.60	0.34	0.70	×
12, 13, 14	11.95	0.54	0.27	0.75	×
13, 14, 15	11.49	0.56	0.23	0.78	○
14, 15, 16	7.78	0.53	0.22	0.81	○
15, 16, 17	5.80	0.57	0.23	0.75	○
16, 17, 18	2.54	0.59	0.33	0.70	○
17, 18, 19	2.76	0.57	0.34	0.68	○
18, 19, 20	4.25	0.48	0.34	0.68	○
19, 20, 21	3.95	0.41	0.34	0.67	○
20, 21, 22	4.91	0.31	0.22	0.71	○
21, 22, 23	4.13	0.32	0.23	0.72	○
22, 23, 24	4.06	0.33	0.25	0.73	○
23, 24, 25	11.54	0.67	0.37	0.74	×
閾値	6.61	0.57	0.33	0.75	83%

表-2 改修スケールの生息場評価結果

	多様区間	単調区間
D	0.79	0.71
生息密度	6.56	5.90
種・成長段階の多様度指数	0.68	0.52
種の多様度指数	0.37	0.28