

河川上流域における生息環境評価手法の適用に関する考察

岐阜大学大学院 学生会員 ○原田 守啓 岐阜大学工学部 正 会 員 藤田裕一郎
刈谷市 深谷 治由 岐阜大学工学部 小野 敏雄

1. はじめに 河川における生息環境評価手法として一般的に用いられつつある PHABSIM(Physical Habitat Simulation)では、WUA(Weighted Usable Area)を指標として生息場を評価しているが、それは元々 IFIM の枠組の一部として、正常流量を多分野間の妥協点として見出すための役割りを負っているものであって、そこでの WUA による評価は河川生物の生息環境を論ずる上では必ずしも最適の方法とはいえない。また、例えば PHABSIM で用いられる選好曲線(Preference curve)は、本来水中生物による空間の評価基準であって、生物が生命を維持していく上で重要な課題である外敵からの安全、食餌、休息、繁殖などの要素も包含したものであるべきであって、生息環境評価のための選好曲線の本来の目的は、空間が持つ生息場としてのポテンシャルを水中生物の視点に立って記述することであろう。我々は 96 年から岐阜県根尾川上流域において生物環境・物理環境の両面から現地調査を実施しており、瀬や淵といった河川地形が生物に提供する環境の多様性や、流域から流入する落葉の河川生態系における重要性などを指摘してきた^{2),3)}。本研究では、魚類と底生生物に注目して、現地に PHABSIM を適用する過程において、従来のモデルを再検討し、選好曲線に指数による重み付けを行った新たな観点の PHABSIM モデルを提案する。

2. 重み付き PHABSIM モデル 従来の PHABSIM モデルでは対象領域にセルを設定し、各セルにおける各物理指標の値(流速・水深・底質等)を選好曲線に代入することにより得られる適正指数(Suitability Index: $0 \leq \eta \leq 1$)とセル面積を乗ずることから生息環境を評価している。しかし、生息状況の現地調査に基づいて、各物理指標に対して独立した選好曲線を一意的に定義することには不確実性が伴う。なぜなら、様々な要素が介在する現地では、理想的な条件付きサンプリングの実施は不可能であり、また、生物が空間を把握する際には個別の要素に対する嗜好だけでなく、総合的な判断が関与しているからである。こうした不確実性を補うため、例えば魚類の流速に対する選好曲線には、生態学的見地から耐久遊泳速度⁴⁾の情報が加味されている。そこで本研究では、現地の生息状況から回帰的に作成される選好曲線は、生物が特定の物理指標に対して示す平均的な挙動を示したものであり、選好曲線からのバラツキが大きいほど支配性が低いと考え、その効果を指数によって表現することを試みた。すなわち、この指数は、特定の物理指標が他の物理指標に比して生物に対する支配性を意味していることから重み指数と呼ぶこととし、次のように空間の各点における適正指数を算出する。

$$\text{魚類)} \quad \eta_i = (\eta_v)_i^{\alpha_1} \times (\eta_h)_i^{\alpha_2} \times (\eta_d)_i^{\alpha_3}$$

$$\text{底生生物)} \quad \eta_i = (\eta_v)_i^{\alpha_1} \times (\eta_h)_i^{\alpha_2} \times (\eta_s)_i^{\alpha_3} \times (\eta_{ss})_i^{\alpha_4} \times (\eta_{ls})_i^{\alpha_5}$$

i : 計算地点番号 α_k : 重み指数 η : 選好曲線に物理指標値を代入して得られる適正指数($0 \leq \eta \leq 1$)

η の添え字はどの物理指標に対する選好曲線であるかを示し、 v : 流速、 h : 水深、 d : D_{64} 粒径、 s : 砂率、 ss : 小石率($d \leq 5\text{cm}$)、 ls : 大石率($5\text{cm} < d$)である。底生昆虫に関しては個体の必要とする空間が魚類に比較して狭く、かつ局所的要因である河床表層の状況に依存しているため、河床表層の状況を反映するパラメータを導入した。

(1) 選好曲線の作成 本研究で用いた個々の選好曲線には河村⁵⁾による以下の式形を用いている。

$$\text{左側: } \eta = \text{EXP} \left[-C_3 (X - C_1)^2 \right] \quad (0 \leq X \leq C_1)$$

$$\text{中心: } \eta = 1 \quad (C_1 \leq X \leq C_2)$$

$$\text{右側: } \eta = \text{EXP} \left[-C_4 (X - C_2)^2 \right] \quad (C_2 \leq X)$$

図-1 に選好曲線の例を示す。現地調査から各式の定数 $C_1 \sim C_4$ を決定する際には、次の方法をとった。

- ① 生息密度の最大値の 80% 以上生息が確認されている範囲を、生息に適した範囲($C_1 \leq X \leq C_2$)とする
- ② 生息可能な上限値・下限値を現地調査並びに文献調査より決定し、 C_3, C_4 を逆算する

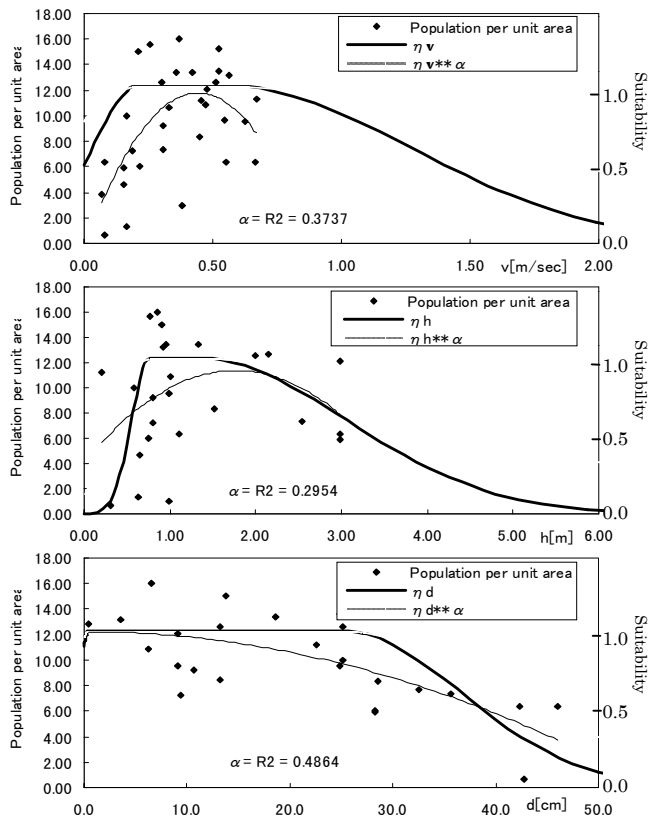


図-1 ウグイ個体数密度による選好曲線

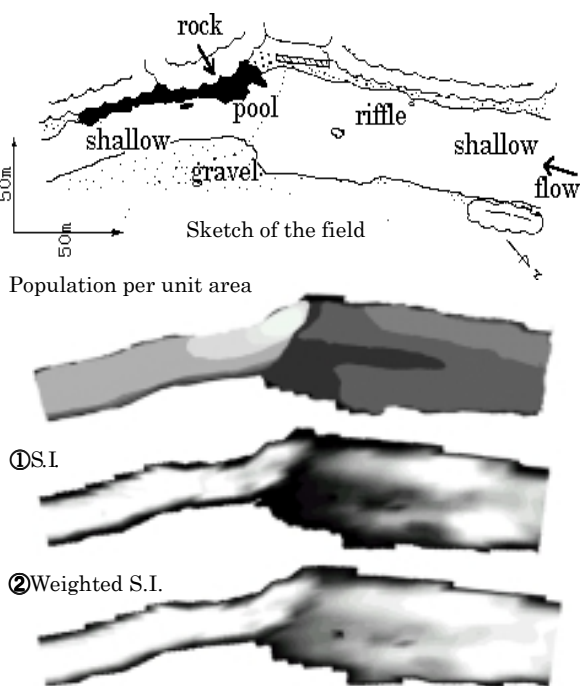


図-2 ウグイの生息状況と適正指数

参考文献

- 1) T.ワドル: IFIM への招待, (財)リバーフロント整備センター: pp.4-22, (1996)
- 2) 水上精栄ら: 根尾川上流域の生態系に関する調査(1), 岐阜大学工学部研究報告第 48 号, 岐阜大学工学部, (1998)
- 3) 原田守啓ら: 根尾川上流域に生態系に関する調査・研究(2), 岐阜大学工学部研究報告第 50 号, 岐阜大学工学部, (2000)
- 4) 鈴木興道: 土木学会論文集 No.622/VII-11, pp.107-115, (1999)
- 5) 自然共生河川研究所: 中部の河川における IFIM 手法の適用研究(1)および(2), (1996, 1997)
- 6) 長田信寿: 水工学における計算機利用の講習会講義集, 土木学会水理委員会基礎水理部会, pp.61-76, (1999)

(2)重み指数の決定 重み指数 α には, 生息密度と物理指標との 2 次近似曲線(細実線)を求めた際の決定係数 ($0 \leq R^2 \leq 1$) を用いている. 先に求めた選好曲線についての決定係数を求めることは容易ではないので, 比較的形狀に近い 2 次近似曲線により, いくつか検討して, 最も安全な方法を選んだ.

重み付けしていない選好曲線(太実線)に対して, 重み指数を導入した選好曲線(灰色線)は現地データをより包絡したものとなっている.

3. 解析結果と考察 現地の流況を平面的に把握するため, 一般座標系を用いた固定床平面 2 次元流れの解析⁶⁾を行った. 各計算格子点 ($\xi = 31, \eta = 35$) において, 計算結果の流速と水深, 現地調査結果から河床表層の情報を各生物種の選好曲線に代入し, 従来の PHABSIM モデル(S.I.①)と重み付きモデル(Weighted S.I.)によって, 各点における適性指数を算出した.

例の一つを, 現地における 10 月のウグイの生息状況と PHABSIM モデルによる解析結果を図-2 に示す. 指数による重みを加味したことで, ①に比べ②ではなだらかな勾配を持つ場が表現されている. また, ①では実際に現地で個体が確認されている地点でも, 適正指数が非常に低い値を取っているがこれも改善されている. これは, 現地調査から平均的に作成された従来の選好曲線をそのまま用いたことにより, 実際には生息している領域であっても, 生息に適さないという結果を与えてしまったものと考えられる.

このように, 従来の選好曲線では無視されていた重みを付加することによって, PHABSIM モデルにより高い柔軟性を持たせることが出来, 選好曲線の定義にそむかない拡張が可能であることを明らかにした. 今後, より詳細なデータを用いて, 重み付き PHABSIM モデルの有効性について検討を進めていく.