

農業用水路におけるメダカ的环境選好性の定量化

阿部, 勝一郎
九州大学大学院生物資源環境科学府

福田, 信二
九州大学大学院生物資源環境科学府

平松, 和昭
九州大学大学院農学研究院

森, 牧人
九州大学大学院農学研究院

他

<https://doi.org/10.15017/4361>

出版情報：九州大学大学院農学研究院学芸雑誌. 60 (2), pp.173-178, 2005-10-01. 九州大学大学院農学
研究院

バージョン：

権利関係：

農業用水路におけるメダカ的环境選好性の定量化

阿部 勝一郎¹・福田 信二¹・平松 和昭*
森 牧人・四ヶ所 四男美²

九州大学大学院農学研究院生産環境科学部門地域環境科学講座水環境学研究室
(2005年6月30日受付, 2005年7月26日受理)

Quantification of Preference Intensity of Japanese Medaka for Environmental Factors in Agricultural Canal

Katsuichirou ABE¹, Shinji FUKUDA¹, Kazuaki HIRAMATSU*,
Makito MORI and Shiomi SHIKASHO²

Laboratory of Drainage and Water Environment, Division of Regional Environment Science,
Department of Bioproduction Environmental Sciences, Faculty of Agriculture,
Kyushu University, Fukuoka812-8581, Japan

緒 言

近年, 治水機能や利水機能だけでなく, 自然環境の保全・創出にも重点を置いた多自然型工法による河川改修の試みが各地で展開されてきている。これに伴い, 河川改修による影響を予測することや種々の効果を比較・検討するための手法が求められている。

欧米を中心に河川の生態環境評価手法は多数あるが, 現在最もよく用いられているものの一つとして IFIM (Instream Flow Incremental Methodology) があげられる。IFIM は流量の変化に伴う魚類生息場ポテンシャルの変化を評価するための手法である。米国, カナダの多くの州では, その理論的な明快さとある程度の汎用性から IFIM による魚類生息環境評価手法が採用され実用化している (Stalnaker *et al.* 1995)。この手法を日本の河川に適用するには, まず日本の河川に生息する魚類について, 魚類の生息数と河川の物理環境を関係づける選好曲線を作成することが必要となる。

Hiramatsu and Shikasho (2002) は, 室内実験を中心に流速, 遮蔽および水深の3環境因子に対するメダカ (*Oryzias latipes*) の選好特性のモデリング研究を進めてきた。しかしながら, 楊ら (1998) の研究によると, 室内実験より求められた選好曲線から生息場として適していると判断されるにもかかわらず, 実際には生息個体数が極めて少ない場合があることが観察されるなど, 実河川における魚類の行動解明には至っていない。

本研究では, 実水域におけるメダカの生息場選好性を把握することを目的とし, 農業用水路において実施したフィールド調査の結果をもとに選好強度式を構築した。

材料と方法

1. 調査地区

研究対象とする農業用水路の条件として, ①水路構造がコンクリート三面張りでないこと (土羽, 石積み, 等), ②水路の横断勾配が比較的緩やかであること,

¹九州大学大学院生物資源環境科学府生産環境科学専攻地域環境科学講座水環境学研究室

²九州大学名誉教授

¹Laboratory of Drainage and Water Environment, Division of Regional Environment Science, Department of Bioproduction Environmental Sciences, Graduate School of Bioresource and Bioenvironmental Sciences, Kyushu University

²Professor Emeritus, Kyushu University

*Corresponding author (E-mail: hiramatsu@bpes.kyushu-u.ac.jp)

③魚類の産卵環境となる水田や湿地が周辺に多いこと(畑、樹園地は不可)、以上の3項目を考慮した。これらを総合的に判断して候補水路を選定し、その中でメダカの有無、水路断面、水生植物の有無を現地で確認して、図1に示す北九州市、小倉南区、曾根新田内の農業用水路を調査水路と決定し、2004年8月24日に調査を行なった。



図1 調査地周辺地図.

2. 調査方法

調査水路の中でもメダカが生息しており、流速および水深が多様性に富む水域を調査区間として調査を行なった。図2に示すように調査区間を1mごとに区切り水路の概略図と植生を方眼紙にスケッチし、清書してコピーしたものに全てのデータを記入した。調査は晴天時のメダカが活動している時間帯(10時~14時)に実施し、水路の上流から下流に向かってメダカの個体数分布を用紙に記入する作業を数回繰り返した。生息個体数調査終了後、直ちに物理環境調査を実施した。流速はプロペラ流速計(VC-301型)を測量用のポール

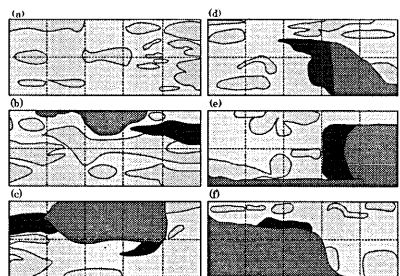


図2 調査水路の概略図.

に取り付けて(図3)使用し、水路縦断方向1mごとに水路横断方向の中央部と水際部(2点)の3点で計測した。水深は、測量用のポールに金属スケールを取り付け(図4)、流速と同地点について計測した。

3. 観測データ

本研究では、水域ごとの流速、遮蔽率、水深、個体分布密度(y)を観測し、これを解析に使用した。ここで、水域とは、図5のように水深、流速および遮蔽条件がほぼ同じ値を示す場所を1つの単位として分割した領域である。ここで遮蔽率とは水路分割図(図5)から計算した水生植物の面積を水域面積で除した単位水域当たりの遮蔽物の割合である。また、個体分布密度には生息個体数を水域面積で除した値の平均値を採用した。

4. 選好強度式の概要

関根ら(1994)は、流速、水温、遮蔽、濁度等を環境因子とし、室内実験によってこれらに対するタナゴの選好強度を定式化している。選好強度の定式化には図6に示す4パターンの選好強度式が導入されている。各グラフの縦軸は選好強度、横軸は環境因子の値である。Type2はType1を包含しているが、環境因子の値

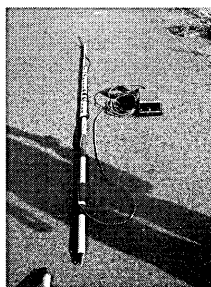


図3 流速測定器具.

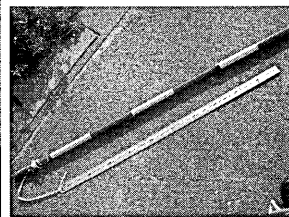


図4 水深測定器具.

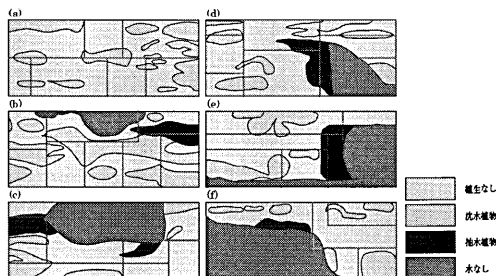


図5 調査水路の水域分割図.

に対する選好強度の挙動をわかりやすくするために区別してある。本研究では単純性を重視した式形として Type1と Type2を採用した。なお、この2パターンにおけるパラメータ値 ν_1, ν_2 および ν_3 は相互の比率にしか意味はなく、通常は3つのパラメータのうち最大のものを1とするように値を定める。

5. 選好強度式の構築

(1) 単一環境因子に対する選好強度式

本研究では曾根新田のデータをもとに流速、遮蔽率および水深の3つの環境因子に対するメダカの選好強度の定式化を試みる。選好強度モデルとしては、Hiramatsu and Shikasho (2002) による室内実験の結果を参考に、流速は前述の選好強度式 Type2を、

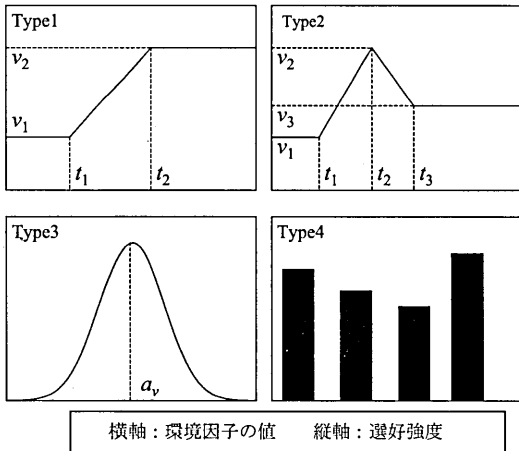


図6 選好強度式モデル.

水深と遮蔽率については Type1をモデルとして採用した。図7のように各式形の基礎となる座標点 (x_1, y_1) を定め、そこからの変位量により他の点の座標を決めていく。本研究ではこれらの値 $x_1, y_1, \Delta x_2, \Delta x_3, \Delta y_2$ を後述のように遺伝的アルゴリズムによる最適値探索を用いて決定した。

(2) 複合された環境因子に対する選好強度式

以上が単独の環境因子にのみ着目した場合の選好強度式の求め方であるが、実際には複数の因子がメダカの選好性に影響している。本研究では流速、遮蔽率および水深の3因子を複合させた選好強度を検討する。複合された環境での選好強度には各因子に重みを与えてその相互関係を考慮する必要がある。重みとはある環境因子が他の因子と比べてどの程度選好性に影響を与えるかの指標である。関根ら (1994) の乗法形選好強度式を採用すると、重みを考慮した選好強度は、

$$P_{total} = (P_v)^{\frac{W_v}{W_{max}}} (P_c)^{\frac{W_c}{W_{max}}} (P_d)^{\frac{W_d}{W_{max}}} \quad (1)$$

$$W_{max} = \text{Max}(W_v, W_c, W_d) \quad (2)$$

となる。ここで、 W_v, W_c, W_d はそれぞれ流速、遮蔽率および水深に対する選好強度の重みである。重みも他の環境因子との相対的な比率となっているので、通常最大のものを1として計算する。これら3つのパラメータも単純 GA (Simple Genetic Algorithm) による最適値探索を用いて計算した。

(3) 単純 GA による最適モデル構造の探索

本研究では、選好強度式の11個のパラメータ (流速

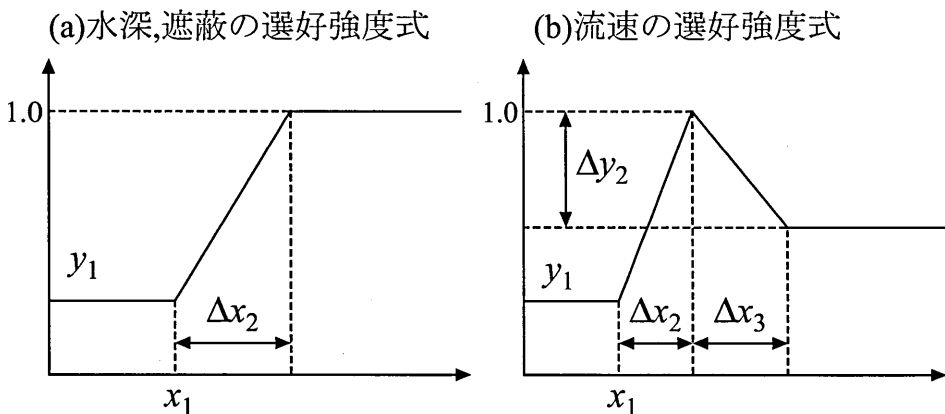


図7 選好強度式計算モデル.

5個、遮蔽率3個、水深3個)および各因子間の重み(3個)を単純GAを用いた最適値探索により決定した。その際、適応度は以下のように定義した。

関根ら(1994)は、水域面積一定下において水域番号*i*、選好強度 P_i 、個体数 N_i を用い

$$\frac{P_i}{\sum P_i} = \frac{N_i}{\sum N_i} \quad (3)$$

が成り立つとしている。ここで選好強度 P_i とは、適当に定めた $x_1, y_1, \Delta x_2, \Delta x_3, \Delta y_2$ によって表される選好強度式に実測した環境因子の値 x_i を代入したときの選好強度である。本研究では水域面積が一定ではなく(3)式は成立しない。そこで、個体数ではなく個体数を水域面積で除した値、個体分布密度 D_i を用い、

$$\frac{P_i}{\sum P_i} = \frac{D_i}{\sum D_i} \quad (4)$$

が成り立つとする。ここで、

$$\frac{P_i \times \sum D_i}{\sum P_i} = D_i \quad (5)$$

として(左辺は予測個体分布密度、右辺は実測個体分布密度)、両辺の平均二乗誤差を計算し、水域数 N_i で除した値 E_r の逆数を単純GAで用いる適応度 f_i として採用した。

$$E_r = \frac{1}{N_i} \sum_{i=1}^{N_i} \left(\frac{P_i \times \sum D_i}{\sum P_i} - D_i \right)^2 \quad (6)$$

$$f_i = \frac{1}{E_r} \quad (7)$$

結果と考察

本研究では夏季(8月)の調査データをもとにメダカの選好強度を定式化した。流速、遮蔽率および水深の3つの環境因子について得られた選好強度式を図8に示す。ここでは、横軸に各環境因子、縦軸には選好強度と個体分布密度(全ての値を最大値により正規化)としている。図8の個体分布密度より、流速3~15cm/s、遮蔽率30~50%、水深8cm以上の領域が選好されていることが推察された。単純GAによって得られた選好強度式(図8)から、流速では3.8cm/s、遮蔽率では35%、水深では8cmで選好強度が最大値として計算され、個体分布密度と同様の傾向を示していた。

各因子間の重みは、流速が1、遮蔽率と水深が0.992という値が得られた。重みの観点からは、3因子が同じ程度で強く影響し合っていると考えられるが、中でも流速の重みが大きくなっており、この水路における流速因子の重要性が示唆された。

図9では、得られた選好強度式の評価基準として予

測分布密度と実測分布密度を2種類の方法により比較している。図9のa)は実測分布密度と予測分布密度の散布図で、図9のb)は横軸に水域番号を、縦軸に計算値および実測値を正規化した個体分布密度をとってプロットし、その傾向や誤差を評価している。同図より、メダカの空間分布の傾向はほぼ再現されており、本研究で得られた選好強度式の妥当性が示唆された。

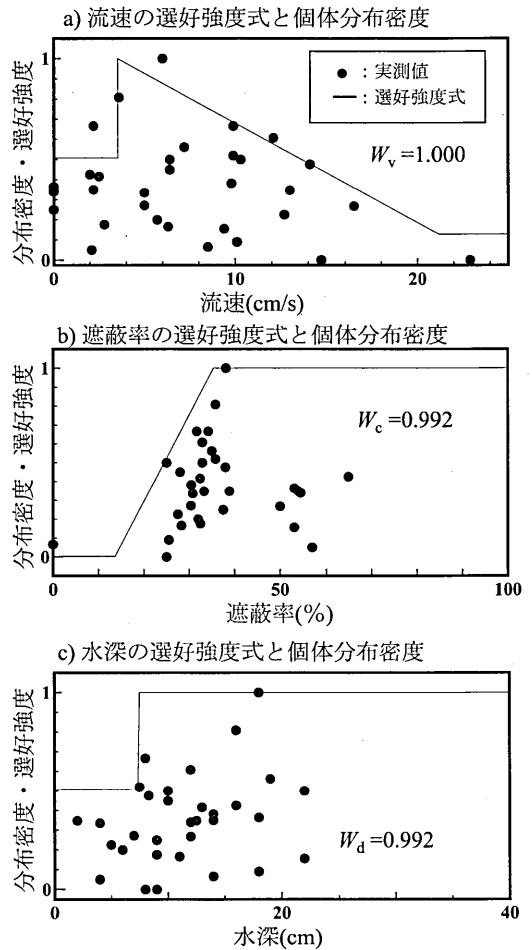


図8 選好強度式と重み。

要 約

近年、治水機能や利水機能だけでなく、自然環境の保全・創出にも重点を置いた多自然型工法による河川改修の試みが各地で展開されてきている。これに伴い、河川改修の影響を予測することや種々の河川改修の効果を比較・検討するための手法が求められている。

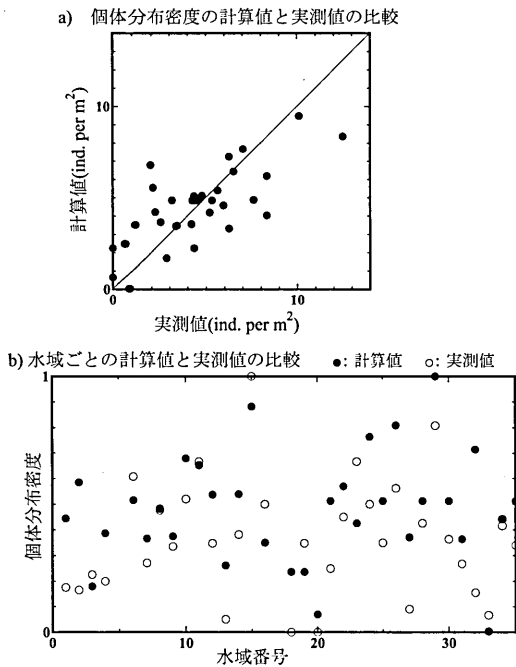


図9 個体分布密度の計算値と実測値の比較.

九州大学水環境学研究室では、室内実験を中心に水深、流速、遮蔽の3環境因子に対するメダカの選好特性のモデリング研究を進めてきた。しかしながら、室内実験より求められた選好曲線では生息場として適していると判断されるにもかかわらず、実際には魚量が極めて少ない場合があることが観察されるなど、実河川における魚類の行動解明には至っていない。

本研究では農業用水路においてフィールド調査を行い、その観測データをもとに遺伝的アルゴリズムを用いた最適値探索を行い、流速、遮蔽率および水深の3環境因子に対するメダカの選好強度モデルを検討した。

定式化には、Hiramatsu and Shikasho (2002) の選好強度モデルをもとに、観測した個体分布密度からメダカの選好強度を定式化し、その再現性について検討した。

フィールド調査の結果をもとに単純GAにより最適値探索された選好強度式から流速では3.8cm/s、遮蔽率は35%、水深は8cmで選好強度が最大値として計算された。また、それにより計算されたメダカの予測分布密度は、観測されたメダカの実測個体分布密度と、ばらつきはあるが相関関係を示した。メダカの空間分布の傾向をほぼ再現できたことから、本手法の妥当性が示唆された。

文 献

Hiramatsu, K. and S. Shikasho 2002 Mathematical Modeling of Preference Intensity of Japanese Medaka for Environmental Factors in Streamflow. *Journal of Faculty of Agriculture, Kyushu University*, 47: 109-127

関根雅彦・浮田正夫・中西弘・内田唯史 1994 河川環境管理を目的とした生態系モデルにおける生物の環境選好性の定式化. *土木学会論文集*, 503/II-29: 177-186

Stalnaker, C., B. L. Lamb, J. Henriksen, K. Bovee and J. Bartholow 1995 *The Instream Flow Incremental Methodology A Primer for IFIM*. National Biological Service, Washington, pp.1-44

楊継東・関根雅彦・今井崇史・川本泰生・浮田正夫 1998 多自然型河川改修効果予測のための魚の生態環境評価手法に関する研究. *環境システム研究*, 26: 61-66

Summary

The preference intensities of Japanese Medaka (Japanese killifish, *Oryzias latipes*) to the three environmental factors of water depth, current velocity and cover were discussed in this paper. Mathematical models for preference intensities of Japanese Medaka to the three environmental factors were constructed by an on-the-spot examination executed in an agricultural canal located at Sone-sinden, Kita-kyushu City, Fukuoka Prefecture, Japan. A simple genetic algorithm was introduced to search for the optimal functional representation of preference intensity. The results indicated that the maximum preference level of Japanese Medaka was determined at a water depth of 8 cm, a current velocity of 3.8 cm/s and a cover ratio of 38%. The relative weights of the three environmental factors were evaluated as 0.992 for depth, 1.0 for velocity and 0.992 for cover, when the maximum weight was normalized to be unity. The weight values suggested that the environmental preferences of Japanese Medaka were almost equally affected by the three environmental factors. Judging from the good agreement between the predicted and observed distributions, the model could successfully predict the environmental preferences of Japanese Medaka.