

### 1. はじめに

近年、河川管理において治水、利水面に加え生態環境が重視されるようになってきた。このため、各地で生物の生息環境に配慮した河川改修が行われている。生態環境に配慮した改修には物理特性と生物の生息環境との関係の把握が必要である。ハビタットの物理的評価法としてIFIMなどが取り入れられてきているが、問題点も多い。

本研究では、従来の評価法において説明要因間の影響の強さを表現できていないという問題に注目する。そこで、物理特性と生物生息環境との関連について一般化線形モデルおよび一般化線形混合モデルを用いたモデリングによる生息場評価を試みる。

### 2. 観測地点および観測方法

対象河川とした山崎川は名古屋市千種区平和公園内の猫ヶ洞池からの導水を主な水源とし、名古屋市内を流れる都市河川である。旧建設省から「ふるさとの川モデル河川」の指定を受けており、これに基づく整備計画によって中流部には自然的景観が創出されている。調査の対象とした区間は中流部にあたる石川大橋-鼎橋間の約100mの区間、向田橋上流約130mから向田橋の区間の2箇所である。

これら2地点において、物理特性の把握のために測量調査、一次元電磁流速計を用いた流速調査、流量調査、目視による河床材料の観測を行った。詳細な流速、水深分布は測量調査の結果から河床メッシュデータを作成し水深平均二次元モデルを用いた数値計算により算出した。また、生物の生息状況の調査として、直接の採捕による生物種の調査、観測区間における代表種であるオイカワの目視による生息数調査を行った。オイカワの目視調査に関してはビデオカメラで現地の河道を河岸から撮影し、映像から生息数を計数する方法をとった。魚類生息状況の調査と同日に生息が確認された場所において、一次元電磁流速計による流速、箱尺を用いて水深計測、そのほか河床材料、カバー割合、大礫割合の調査を実施している。

### 3. 調査結果

オイカワの生息状況調査を11月29日、12月10日、12月24日に行った。観測流量は鼎橋 0.06[m<sup>3</sup>/s] (11月27日)、向田橋 0.045[m<sup>3</sup>/s] (12月28日)であった。この値を参考に生物調査時の物理条件を最もよく再現できる条件として、鼎橋では流量 0.07[m<sup>3</sup>/s]、下流端水深 0.5[m]、マンニングの粗度係数 0.05、向田橋では流量 0.06[m<sup>3</sup>/s]、下流端水深 0.39[m]、マンニングの粗度係数 0.04 の条件で数値計算を行った。流速、水深の推定結果を図-1、図-2に示す。

鼎橋においては上流部で流速が速く、x=70[m]付近に淵状の掘り込みがあり、水深が深く流速が遅くなっている状態が再現されている。ただし、下流部では実際よりも流速が過小評価されている傾向がある。向田橋においては中流部で流速の極端に速い場所が存在し、下流部で全体的に水深が深くなる様子が表されている。

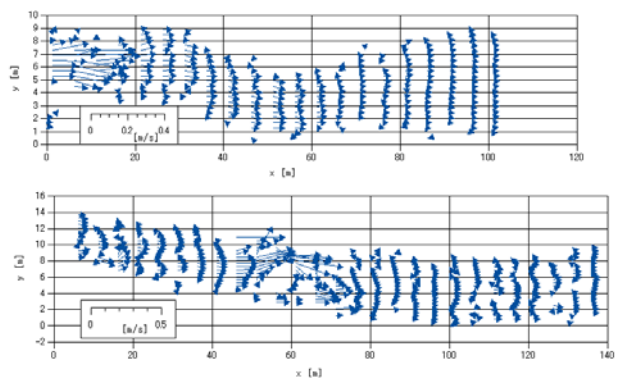


図-1 流速ベクトル図 (上：鼎橋, 下：向田橋)

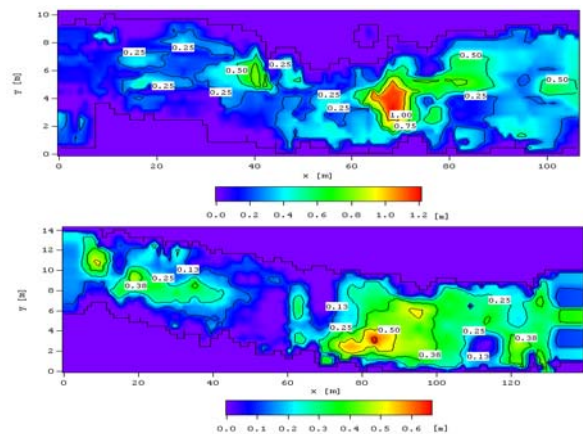


図-2 水深コンター (上：鼎橋, 下：向田橋)

### 4. 生息環境のモデリング

物理環境と生物生息環境の関連を以下の一般式で表される一般化線形 (混合) モデルを用いて解析した。

$$y = \exp(x) = \exp(\beta_0 + \sum \beta_i \cdot x_i + \log(a) + r_i) \quad (1)$$

ここに、 $y$  : オイカワの観測数、 $\beta_i$  : パラメータの係数、 $x_i$  : 説明変数 (流速、水深など)、 $a$  : 面積または物理指標の供給度[m<sup>2</sup>]である。 $a$ を物理指標の供給度としたとき予測したい値は選択度  $E_i$  ( $= U_i / A_i$ ;  $U_i$  : 生息数、 $A_i$  : 供給度) となる。ここに、供給度とはある物理指標の値が対象区間に占める面積の総和である。予測したい値は生息密度および選択度であるが、それぞれの分母である生息面積、供給度は右辺の予測子の中に対数をとって組み

込むことにより表現している。これにより応答変数として誤差を含むデータごとの割算を行ったことによる誤差の増大を回避している。また、観測し切れなかった要因による影響を表すランダム効果項  $r_i$  が付加された形が一般化線形混合モデルである。ランダム効果の導入により観測値のばらつきが多い場合において過分散を防ぐことができパラメータの影響をより明確化することができる。

鼎橋について、観測された変数を流速、水深についてクラス分けを行い、クロス表を作成したデータを用いて選択度を評価した結果を示すと、**図-3** のようである。**図-3** における各係数の値は**表-1** に示した。なお、クラス分けの境界は①0～平均値  $X_{ave}$ -標準偏差  $\sigma$  ②  $X_{ave}-\sigma \sim X_{ave}$  ③  $X_{ave} \sim X_{ave}+\sigma$  ④  $X_{ave}+\sigma \sim$ 無限大とした。

表-1 各係数の値

変数	パラメータの値
切片 $\beta_0$	-2.8
流速 $\beta_v$	18.8
水深 $\beta_h$	4.4

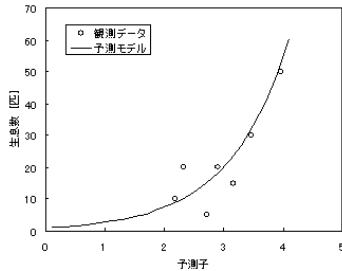


図-3 モデリング結果

パラメータの値より、この地点においては流速、水深の増加がオイカワの生息数を増加させるという予測がなされている。現地をみた実感としても現在流れの速い場所は極端に水深が浅くなっており、この場所の改善によって生息数は増加すると考えられたため、この結果は感覚とも矛盾しない。

### 5. 生息環境評価

物理環境と生息数または選好度のモデリング結果を用いて生息環境評価を行う。ここでは、鼎橋において作成した選好度の評価モデルを用いて、現況の生息環境評価を行った結果を示す。ただし、水深に関して今回の観測では水深 40[cm]以下ではオイカワの生息がみられなかったことから線形判別分析を用いて、以下の式：

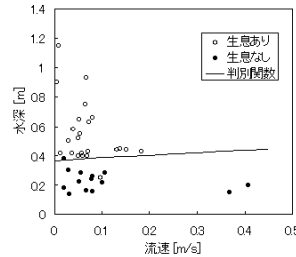


図-4 判別分析の結果

$$h = 0.17v_i + 0.37 \quad [\text{m}] \quad (2)$$

により表される水深以下では適性度なしとして、選択度 0 としている。線形判別分析の結果は**図-4** に示した。また、予測モデルは指数型をしているために予測子の値の大きいところで応答変数の値が急激に増加し、そのままでは予測子の値の小さい範囲での結果が平滑化されてしまう。したがって、一般的に選択度は 0 から 1 の値をとる数として扱われることが多い。ここでは、観測されたデータをモデルにあてはめた結果の中央値を選好度最大 (=1) ，

これ以上をすべて 1 とすることにより選択度を 0 から 1 の値に変換した。モデリング結果に上記の処理を施して結果を図示したものが**図-5 上**である。上流部の一点を除き選好度 1 とされたところでは実際にオイカワの生息が認められた。**図-2** における水深の分布と非常に似ており、冬季の導水の停止に伴う水深の低下で水深の深い場所へ集中させられたと考えられる。

鼎橋において流量を 0.2[m<sup>3</sup>/s]として同様の評価を行ったものが**図-5 下**である。現況のオイカワの生息が一部の深みに集中している状態から河道の中心部も好まれる環境となったことが現れている。オイカワは元来、平瀬を好む性格をもっており、水深が増加すれば図のように瀬にも進出すると考えられる。したがって、結果はやや過大評価と見て取れるところもあるが妥当であるといえる。

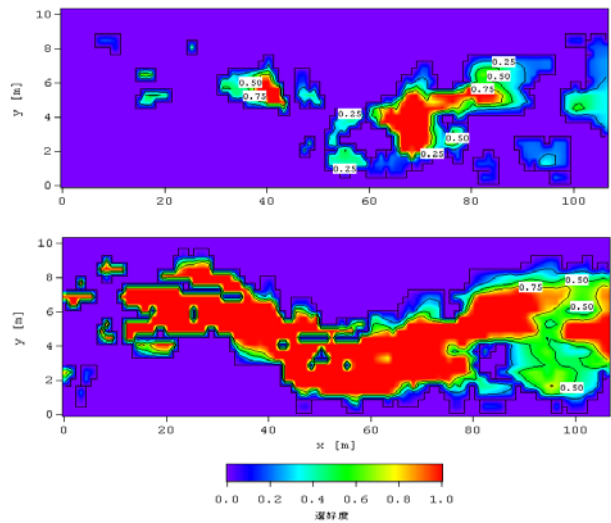


図-5 鼎橋における生息場評価結果

(上：流量 0.06[m<sup>3</sup>/s]，下：流量 0.2[m<sup>3</sup>/s])

### 6. おわりに

一般化線形モデルを用いたモデルにより現在の物理環境の近傍においては魚類の生息状況をよく表すことができることがわかった。今回の観測点では流量を増加させ水深、流速を増加させることが生息環境の改善につながると予測された。しかし、今回のモデルではたとえば流速が限界の遊泳力に近づくにつれ選好度が下がるような現象を表すことができていないため、今後より多くの物理環境と生息数のデータを収集し、場合分けなどを行い適用可能な環境を広げる必要がある。

### 参考文献

- 1) 水野 伸一, 笹本 誠, 堺 茂樹, 野崎 一, 青柳 太: 河川水辺の国勢調査を用いた魚類生息状況と物理特性との関係についての研究, 水工学論文集, 2002
- 2) 楠田哲也, 巖佐庸: 生態系とシミュレーション, 朝倉書店, 2002
- 3) 玉井信行, 水野信彦, 中村俊六, 河川生態環境工学, 東京大学出版会, 1993
- 4) 渡辺裕之: カテゴリカルデータ解析入門, サイエンティスト社, 2003