

山口大学工学部 正員 関根雅彦
同上 学生員 ○中西 努
同上 正員 浮田正夫

1.はじめに

水辺は、豊かな自然環境を創り出し人々に心の安らぎを与えると共に、古くから暮らしや文化に大きな影響を与えてきた。近年では、環境問題に対する関心の高まりに伴い、多自然型工法による河川改修が主流になってきている。一方、筆者らは多自然型工法をはじめとした河川工事が生態系、特に魚類に与える影響を評価するためのモデルを開発してきた。本報では、室内実験により求めた魚（オイカワ、フナ、カワムツ）の環境条件に対する選好強度式を用いて、実河川における魚の分布を予測し、実河川で観察した魚の分布との合致度を調べた結果について述べる。

2.ビデオ撮影による生物量調査

ビデオによる無人観察は、8月下旬と11月下旬に古甲川河川改修工事区間の瀬、淵の中から代表的な瀬1ヶ所、淵2ヶ所を選択し年4回行った。撮影は1ヶ所につき14時から15時半までの90分間行うことを基本とし、10分間隔の平均値をもって生物の分布率とした。観察することができた魚の大多数が体長5~10cmのオイカワであり、若干フナ、カワムツ等が含まれていた。撮影終了後、調査を行った場所の水深、流速、底質を調べた。図1は調査地点間の生物量分布をまとめたものである。図1から分かるように、瀬においては夏、秋の両季節において生物を確認することはできなかった。図2は秋の調査地点を図3のように環境条件によってBoxに分割し1つの調査地点での魚の分布をより詳細にまとめたものである。これによると、左岸一帯に魚の分布が多い結果となった。また、夏のこの地点における調査でも同様の結果となった。

3.魚の環境選好性の定量化

3.1.U字迷路型水路による選好性実験

実験水路を図4に示す。水路は2本あり、水路中央のネットで仕切られた25cmの実験区間に、魚を所定数入れる。実験区間の一部で、水路が接合されており、魚は左右の水路を自由に行き来することができる。水路部分に、高さ150cm、底面60cm×60cmのフレームを立てて、フレームを灰

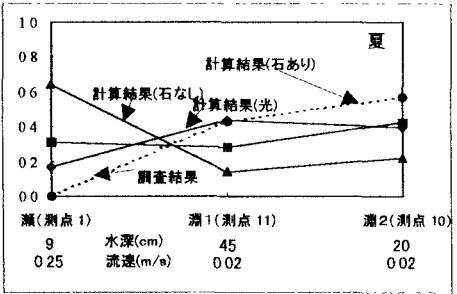


図1 生物量調査結果と計算結果

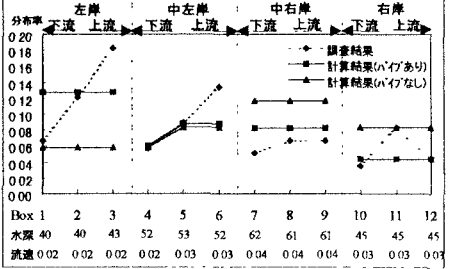


図2 調査結果と計算結果

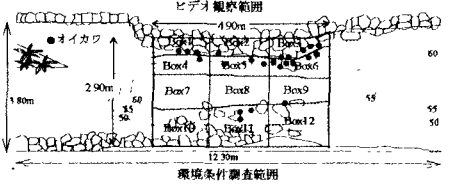


図3 ビデオ撮影範囲とBox分割図

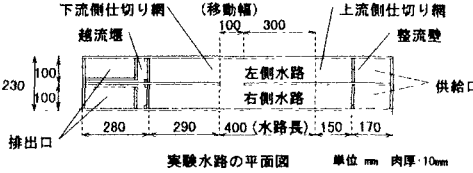


図4 U字迷路型実験水路

色の暗幕で覆い、視覚的に刺激となるものを少なくし、内部を白熱電球1灯で照明した。実験水路の水面位置では、照度は、360lxであった。この実験区間の左右の環境条件を種々変化させ、魚の左右の存在比率を求めた。

実験に使用した魚は、宇部市の真綿川にて捕獲したオイカワとフナおよび山口市の古甲川で採取したカワムツ稚魚である。実験には、オイカワ・フナでは、平均体長約8cmのものを7匹ずつ用い、カワムツ稚魚は体長約6cmのものを10匹用い実験に供した。実験開始に先立ち、培養水槽から実験水路に移動した直後のオイカワ、フナの挙動をビデオ撮影し、約30分で挙動が落ち着くことを確認した。実験を開始してから90分までの挙動をビデオカメラで撮影し、画像から1分毎の左右分布を計数して、31分～90分までの平均分布率を一実験の結果とした。流速、濁度、遮蔽、水深、餌、及び実河川における水生植物を想定した透明棒、竹棒、河床石の各環境因子それぞれを単独に変化させた単一因子実験及びこれらを組み合わせた複合因子実験を実施した。濁度因子実験では、カオリンを上部タンクに懸濁させた。遮蔽因子実験では、接合部を除く水路の上下左右を黒色塩化ビニル薄板で覆ったものを全遮蔽条件とした。水生植物の茎による流速因子への影響に着目したものを透明棒、遮蔽効果にも着目したものを竹棒実験とした。また、供試魚にタナゴ、マス、コイを用いて、有害物質（テトラクロロエチレン、クロロホルム、チウラム、シマジン）に対する挙動も観察した。

オイカワの選好性実験結果を図5に示す。オイカワの方が速い流速を好む。オイカワ、フナ共に浅い水深を好まないことが分かった。カワムツ稚魚、オイカワでは遮蔽に対する選好性が明確でないのに対し、フナは遮蔽に対して明確な選好性を示した。以上の様に常識に合致する結果が定量的に得られた。毒性物質について注目される結果は、魚の挙動により明らかに毒性物質の影響を受けていると分かる場合においても、魚は毒性物質に汚染された水路と安全な水路を感知する事ができず、左右水路で往來を繰り返していた点である。魚種により毒性物質に対する応答に差があり、毒性物質実験では魚の忌避行動として予想ほど明確に表れなかった。

3.2 大型水槽による選好性実験

実験装置は、縦48cm、横100cm、高さ25cmの灰色塩ビ製の水槽である。この水槽を縦に等間隔で区切って端からBox0、Box1とし合計10個のBoxを設定した。そしてBox0、1の環境条件を種々変化させ、魚の水槽全体の分布率を調べた。実験結果を図6に示す。この図からオイカワは穴自体には入らなくとも穴の近傍に誘因されるという興味深い結果となった。これが、魚が計算によって得られた河川中央部ではなく岸近傍に多く存在した理由の1

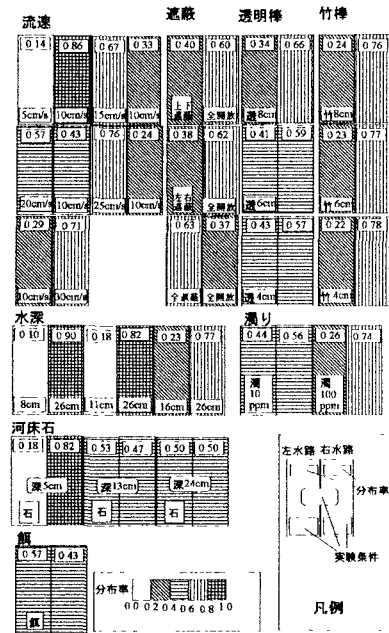


図5. 単一因子実験結果

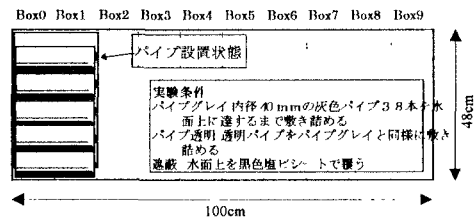


図6 ビデオ撮影範囲とBox分割

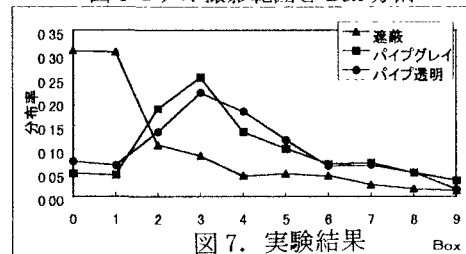


図7. 実験結果

つであると考えられる。

3.3 選好性の定式化と選好強度式の妥当性

本研究では、表 1 に示す式で魚の選好強度を定量化した。しかし、3 種以上の環境因子が複合した条件下での本式の妥当性はまだ確かめられていない。そこで、3 種の環境因子が複合した場合の選好強度式の妥当性を調べる為の複合実験を併せて実施した。

上式から単一因子、2 つの複合因子実験の分布率の実験値を用いて、因子ウェイトを求め、それから 3 つの複合因子実験の分布率を推定することを試みた。その手順を図 8 に示す。流速、遮蔽、水深の単一因子実験の左右分布率と、流速と遮蔽を組み合わせたもの、遮蔽と水深を組み合わせたものの左右分布率から、流速と遮蔽の間のウェイト、遮蔽と水深の間のウェイトを求め、それから流速と遮蔽と水深を組み合わせたものの左右分布率を予測し、実験値と比較したところ、ほぼ観測値と実験値が一致した。一例ではあるが、3 種以上の因子が複合した条件下で選好強度式が妥当であることが示された。

4. 生態系モデルによる魚の分布計算

調査時とほぼ同サイズのオイカワを用いて求めた選好強度式、ウェイト値を調査時の河川環境条件に適用し、生物量の分布を計算した。ここでは、流速、水深、河床石、パイの効果、光の効果に注目した。計算結果は図 1～2 に併せて示してある。図 1 では、瀬については河床石を考慮した場合の分布率が考慮していない場合よりも減少している。水中照度を考える事によりこの誤差は軽減された。図 2 では、魚の分布率が非常に少ないと確認された Box 7 が計算では最大の分布率となった。魚は実際には川の中央部ではなく岸よりに存在していた。パイ実験結果を用いて計算を行うと Box 1,2,3 が Box 7,8,9 よりも大きい分布率となり幾分か実際の状況に近づく結果となった。

5. おわりに

実験室においては選好強度式は 3 種の複合した環境条件に対しても十分な合致度を示したものの、実河川においては、環境条件の定量化の難しさから、十分な合致度が得られたとは言えなかった。しかしながら、多孔質護岸への選好性などを考慮することにより、合致度が改善され得ることが示された。また、農薬などの有害物質に対して、忌避行動としては明確に反応しないことが示された。

参考文献

- 1) 藤岡健智他, 魚の水道水源の水質監視に関する基礎的研究, 土木学会第 50 回年次学術講演概要集, II-B658, 1995
- 2) 中西 努他, 河川改修の影響評価のための魚の行動の実験的解析, 土木学会第 50 回年次学術講演概要集, II-A128, 1995
- 3) 光武博明他, 多自然型河川改修の効果予測を目的とした魚の環境選好性の定式化に関する研究, 土木学会第 51 回年次学術講演概要集, II-220, 1996
- 4) 今井崇史他, 古甲川の魚の生息環境の定量化に関する研究, 土木学会第 51 回年次学術講演概要集, II-222, 1996

表 1 選好強度式

$$D_i = \frac{\prod_{j=1}^J (P_{j,i})^{\frac{W_j}{W_{\max}}}}{\sum_{l=1}^I \left\{ \prod_{j=1}^J (P_{j,l})^{\frac{W_j}{W_{\max}}} \right\}} \dots (a)$$

$$W_{\max} = \begin{cases} \max_{j \in V} (W_j) & V \neq \phi \dots (b) \\ \infty & V = \phi \end{cases}$$

$$V = \left\{ j \mid (\exists i, i') (P_{j,i} \neq P_{j,i'}) \right\} \dots (c)$$

D_i : 複数の水域 i における魚の分布率

$P_{j,i}$: 水域 i における環境因子 j についての

選好強度

W_j : 因子 j についてのウェイト

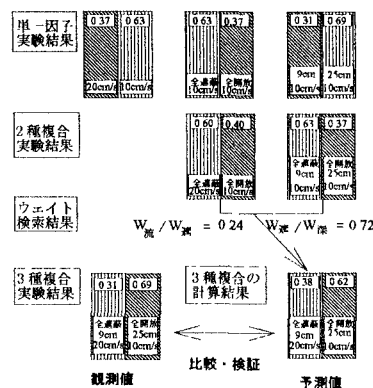


図 8. 分布率の推定手順