

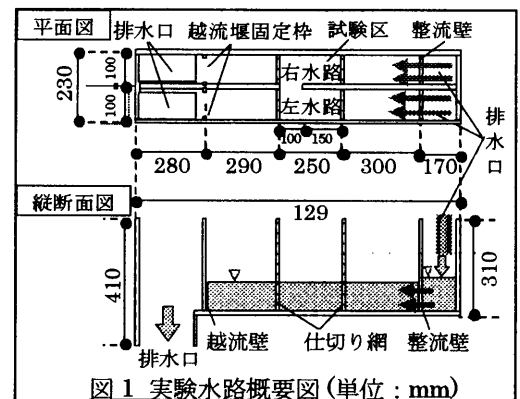
気泡と乱れがアユの行動に与える影響の定量解析

山口大学大学院 学生員○野口浩幸 山口大学大学院 正会員 関根雅彦 山口大学 VBL 正会員 渡部守義
山口大学大学院 学生員 小川智久 山口大学大学院 正会員 浮田正夫 山口大学大学院 正会員 今井剛

はじめに 近年、河川の生息場の価値を評価する手法は種々提案されてきたが、環境保全型ブロック、魚道、護岸工、護床工等の工法の適否を評価できるものはない。こうした工法評価のためには、より小さいスケールの生息場に影響を及ぼす環境因子について考慮する必要がある。より小さいスケールにおいては、これまでに注目されてきた流速、水深、カバーの3条件の他に、気泡の発生や水の乱れの因子が大きな影響を及ぼしていると考えられる。本研究では、室内の実験施設水路で水流に乱れや気泡を生じさせ、日本の川魚の代表格であるアユを対象とした選好性実験を行うことで、これらの因子が及ぼす影響を定量解析することを目的とする。

U字迷路型水路を用いた選好性実験

(1)実験水路：実験水路の概略を図1に示す。水路は透明アクリル製で、2本の水路(試験水路・対照水路)が平行している。実験区間は水路中央の網で仕切った25×20×30cmの区間で、魚を所定数ここに入れて実験を行った。実験区間の一部で2本の水路が接合されており、魚は左右の水路を自由に選択することができる。実験水路の周りは暗幕で覆い、視覚的に刺激となるものを少なくした。実験水路内の水温、溶存酸素を一定にするために、水路内の水を循環させた。実験水の水温は、水温自動調節器を使用して、21±1℃に保った。



(2)実験手順：実験魚には養殖のアユを用いた(体長は11cm±1cm)。蓄養は実験水路の下流に直結させた水槽内で行い、蓄養水と試験水が同じものになるようにした。魚は昼間と夜間で行動モードが異なるため¹⁾、実験は10:00～18:00に行った。1回の実験での試験魚数は3尾とし、馴致のため水路内で20分～1時間放置した後、1時間の実験を行った。実験魚は連続して同じ個体を用いないよう配慮しつつ蓄養槽から無作為に選んだ。実験回数は基本的には1条件につき3回とし、結果にばらつきが見られた場合にはより近い値2つを採用した。初めの2回が同様の結果であった場合は、2回で終了とした。

・流速実験：流速は実験水路上部に設置したタンクのコックの開閉により調整した。

・気泡実験:実験区間底面にエアストーンを敷き詰め、エアポンプあるいは空気ポンベから気泡を発生させた。気泡量の測定は 60ml 注射器で引き抜いた空気量により行った。なお、実験時の流速は 10cm/s とした。

・水の乱れ実験：試験区の上流に障害物を設置し、水の乱れを発生させた。本研究では水の乱れ具合を[1]式の乱れエネルギー(K)で表現した。

$$K = \frac{1}{2} \cdot (\overline{u'^2} + \overline{v'^2} + \overline{z'^2}) \quad [1]$$

ここに、 $\overline{u'^2}, \overline{v'^2}, \overline{z'^2}$ はそれぞれ x, y, z 方向の流速の分散(乱れ強度)である。なお、実験時の流速は 35cm/s とした。実験水路内の乱れエネルギーが平面方向で一様ではなかったため、水路平面を流下方向 3 区画×横断方向 5 区画の 15 分割し、各エリアの魚の分布率を求めた。

(3)分布率および選好値の計算方法：実験水路上部に設置した PC カメラにより、魚の挙動を 1 分間ごとに撮影し、魚の左右水路の存在数を計数し、実験に用いた魚の総数で除し分布率を求めた。なお、一回の実験の分布率は、実験条件を変化させた水路の 60 分間の平均値とした。選好値(P)は、次の[2]式から求める。

キーワード：アユ、選好強度、魚道、気泡、乱れ

連絡先 山口大学工学部・〒755-8611 山口県宇部市常盤台2丁目16-1・(0836)35-9984

$$\frac{D_{右}}{D_{左}} = \frac{P_{右}}{P_{左}} \quad [2]$$

ここに $D_{左}$ は単一因子の実験結果における各値での左水路の分布率の平均であり、 $D_{右}=1-D_{左}$ が成り立つ。仮に右水路の実験条件を固定して左水路の条件を変化させたとすると、 $P_{右}$ を任意の一定値に固定して、 $D_{左}$ の値ごとに[2]式から $P_{左}$ を計算する。計算した $P_{左}$ のうち最大値を1となるよう正規化し、選好曲線を導いた。

選好性実験結果および考察

(1)流速実験：選好性実験の結果より得られた選好曲線を図 2-1 に示す。アユの巡航速度は体長の4倍から7倍であると言われており、本実験はこれとほぼ一致する結果であった。

(2)気泡実験：選好性実験の結果より得られた選好曲線を図 2-2 に示す。魚は気泡を嫌うという定説があるが、少量の気泡ならばカバーの効果も望めるためか、忌避の度合いも少なかった。しかし一定量を超えると急激に忌避の度合いが強まった。

(3)水の乱れ実験：選好性実験の結果より得られた選好値の分布および、それに基づいて得られた選好曲線を図 2-3 に示す。これによりアユは完全な整流域よりも、多少は乱れた流れを選好する傾向が現れている。

環境因子のウエイト

(1)ウエイト算出方法：異なる環境因子間のウエイトを、単一因子実験の選好値と複合因子実験の結果を基に[3]式より求める。

$$R_{A \cdot B} = \frac{D_{右}}{D_{左}} = \frac{(P_{右のAに関する選好値})^{\frac{W_A}{W_{max}}} \cdot (P_{右のBに関する選好値})^{\frac{W_B}{W_{max}}}}{(P_{左のAに関する選好値})^{\frac{W_A}{W_{max}}} \cdot (P_{左のBに関する選好値})^{\frac{W_B}{W_{max}}}} \quad [3]$$

ここに、 A, B :環境因子、 R :左右両水路の魚の個体数比、 D :分布率、 P :選好値、 W :ウエイト値であり、 D は複合実験結果より、 P は単一実験結果の選好曲線より得られる。 $W_A=W_{max}=1$ 、あるいは $W_B=W_{max}=1$ と仮定することで、 $W_A:W_B$ が求められる。これにより、アユは因子 A と B のどちらを、どのくらい嫌うのか定量的に判断できる。

(2)複合実験結果および考察：算出した環境因子のウエイト値を表-1 に示す。気泡、水温、水の乱れ、流速の順に因子の影響が高く作用することになる。

おわりに 本研究では局所的流れのアユに対する影響として、気泡と乱れエネルギーに注目して選好性を実験的に求め、選好曲線および各因子間のウエイト値を求めた。その結果、以下の知見を得た。1. 体長約11cmのアユの選好流速帯は20~40cm/sであった。2. 気泡は極少量ならば忌避はせず、混入率が5%を超える辺りから急激な忌避行動をとることが確認できた。3. 水の乱れについては、完全な整流域よりも多少は乱れている流れを選好し、乱れエネルギーが0.15~0.35 (m/s)² の範囲を選好していた。4. 各環境因子間のウエイト値は表-1 に示す通りである。

本実験では気泡や高流速時の水の乱れを考慮できていないなど、実験技術的な問題が残されている。これらの条件を単独で扱えるような実験方法を確立する事が今後の課題である。

参考文献 1): 楊 継東, 関根雅彦ら: 行動モードを考慮した魚の生息環境評価手法に関する研究, 土木学会論文集, Vol.671, pp13~23, 2001.2

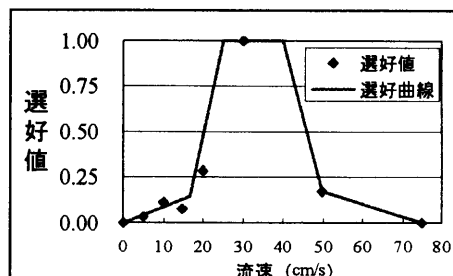


図 2-1 アユの流速に対する選好曲線

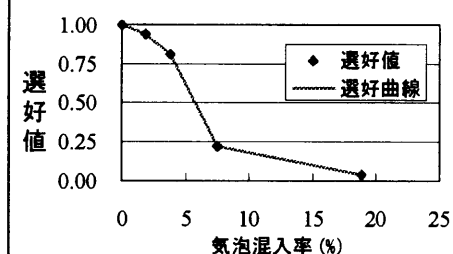


図 2-2 アユの気泡に対する選好曲線

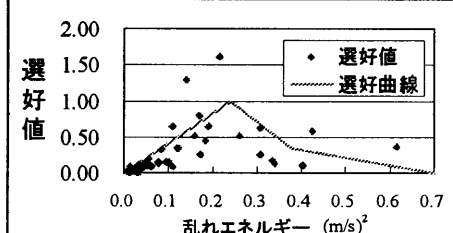


図 2-3 アユの乱れエネルギーに対する選好曲線

表 1 環境因子のウエイト値

気泡	水温	乱れ	流速
1.00	0.85	0.60	0.40

ただし水温の選好曲線は、昨年度の研究成果を用いた。