

魚道内の水中音に対するアユの選好性の実験的解析

○山口大学 学生員 橋口麻美 山口大学 正会員 関根雅彦 宇部市 正会員 岡部勝一
山口大学 学生員 神崎麻純 山口大学 正会員 浮田正夫
山口大学 正会員 今井 剛 山口大学 正会員 樋口隆哉

1. 研究背景及び目的 近年、多自然型川づくりが取り入れられることにより、魚のより良い遡上・降河が可能な河川改修が望まれている。そこで、河川魚の遡上に必要な条件を把握し選好性を評価することが求められている。遡上する魚は落差を越流してくる水の着水音に反応して遡上路を発見しているのではないかという示唆があることから、筆者らはアユを用い、水中の音環境を含め遡上に必要な条件についての環境選好性の定式化を行ってきた^{1),2)}。本研究では、魚道内の水中音を用いた室内実験を行うことで、水中音がアユに与える影響を定量解析するとともに、他の環境因子とのウエイトを算出することで実用的な評価手法としての確立を目的とする。

2. 水中スピーカーを用いた音に対する選好性実験 実験水路を図1に示す。水路は透明アクリル製で両端に水中スピーカーを設置し、アンプを通してパソコンから音声ファイルを再生する。水路壁面および底面から5cm以上隔てて白色のポリエステル製吸音材を敷き詰め、音の反射や周囲の微弱振動を防いだ。試験区間内の照度はほぼ一様とした。

水路内の音圧は水中音圧計を用いて測定した。試験区間にアユ（体長約16.5cm）を3尾投入し、10分間の馴致時間の後、片側のスピーカーから放音した。実験には環境保全型ブロックの落水部音（気泡音少ない）、プール型魚道の落水部音（気泡音多い）、プール型魚道内水中音（気泡音なし）、水音との比較のために White noise、純音（600Hz）の5種類を用いた。アンプの音量を変化させることで、試験区間内の水中音圧を変化させ、各実験条件における音圧レベルに対する分布率を求めた。

解析方法：3分間の魚の挙動を水路上部に設置したPCカメラで3秒間ごとに撮影し、魚の位置を確認する。水槽長軸に沿ってスピーカーからの距離10cm毎に区分し、区間毎の魚の数を計数して3分間平均の分布率を求めた。また、この10cm区間毎の水中音圧も測定した。無音状態のときの水路内におけるアユの分布を図2に示す。同図において水路内の位置における影響を相殺するため、同図の近似曲線が平坦になるように水路内の各位置における補正係数を求め、補正係数で重み付けした補正分布率を求めた。次に、3dB間隔の音圧レベル区分ごとに、該当する区間の分布率を該当する区間の面積の和の逆数で重み付けし、音圧レベル区分に対する分布率を求めた。

結果および考察：各音源に対する選好曲線を図3に示す。ホワイトノイズと純音の結果では、それぞれ135dB、115dB付近で高い選好性が見られた。これは一般の魚の誘致レベルに近い
キーワード：アユ、魚道、水音、選好強度式、分布率、選好曲線

連絡先：〒755-8611 山口県宇部市常盤台2丁目16番1号 山口大学 TEL0836-85-9300

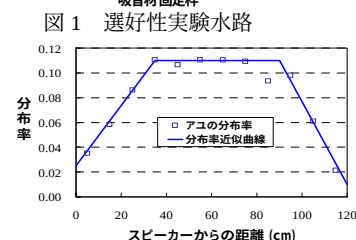
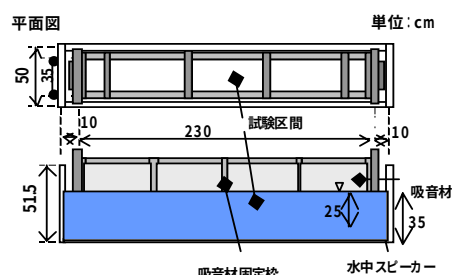


図2 無音状態のアユの分布

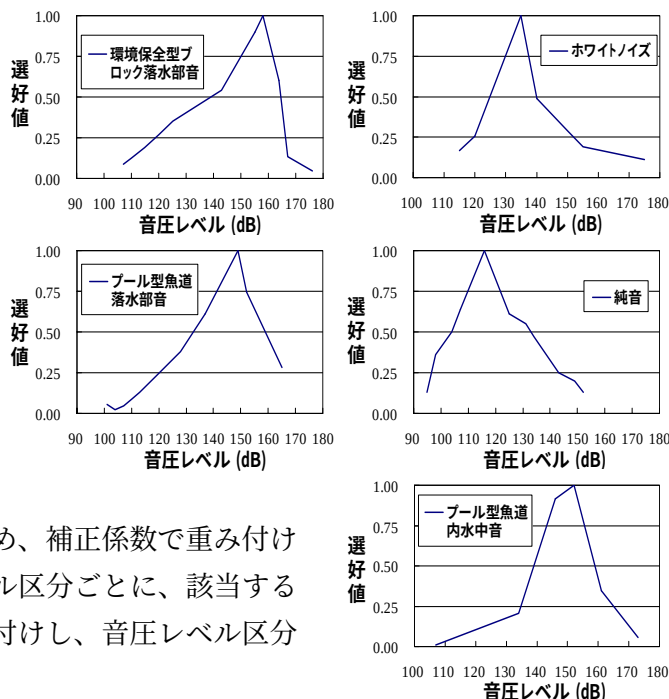


図3 選好性実験結果

範囲である。しかし、環境保全型ブロック落水部音、プール型魚道落水部音、プール型魚道内水中音では、威嚇レベルの範囲である 150dB 付近の音圧で高い選好性が見られた。魚道内で実際に発生している音圧レベルを樺野川に設置されている魚道で確認した。魚道への流入口付近の音圧レベルは 150dB～165dB であった。このことからアユは水の流れる音や気泡の流れる音に対しては高い音圧レベルであっても忌避する訳ではなく、流れ方向に向かっていくことが考えられる。

3. 音とその他の環境因子間ウエイトの算出 実験に

は選好性実験に使用した水路の一部を使用した。試験区間は 60cm とし、図 4 に示す。試験区間の半分に最も高い選好値になる寒冷紗をかぶせ、使用する音も最も高い選好値となるよう調整し放音した。遮蔽率の選好曲線は図 5 に示す。水槽長軸に沿ってスピーカーからの距離 10cm 毎に区分し、それぞれの区間で音・遮蔽率の選好値、アユの分布率を求め、その結果から左側遮蔽区 3 区間の平均（ $P_{音,左}$ $P_{遮蔽率,左}$ $D_{左}$ ）、右側開放区 3 区間の平均（ $P_{音,右}$ $P_{遮蔽率,右}$ $D_{右}$ ）を求めた。環境因子に対する選好度の大きさを示すウエイトを[1]式を用いて計算する。

$$R = \frac{D_{右}}{D_{左}} = \frac{\frac{W_{音}}{(P_{音,右})^{W_{max}} (P_{遮蔽率,右})^{W_{遮蔽率}}}}{\frac{W_{音}}{(P_{音,左})^{W_{max}} (P_{遮蔽率,左})^{W_{遮蔽率}}}} \quad [1]$$

ここで、R は左右水路の魚の個体比である。D は複合実験の結果から、P は単一実験の結果より求めた選好曲線から値が決まる。 $W_{max} = W_{音}$ あるいは $W_{max} = W_{遮蔽率}$ と仮定することでウエイトが求まる。どちらが正しいかは計算結果から判断され、得られた値が 0～1 の範囲内の方をウエイトとして採用する。

結果および考察：算出したウエイトの結果を表 1 に記す。魚道

内の音は比較的ウエイトが高い結果となったが、純音、ホワイト

ノイズのウエイトは他の音と比べて低い結果となった。この

ことより、純音、ホワイトノイズはアユにとってあまり興

味のあるものではないと考えられる。魚道内の音につい

ては気泡の音が多い順にウエイトが高くなる結果となった。このことから、アユは気泡の音をより好み、上流への入りを発見するために気泡の音を利用しているのではないかと考えられる。それぞれの音の周波数解析を図 6 に示す。パワースペクトルを見ると気泡の音が多く含まれる音ほど低い周波数の割合が高くなっている。プール型魚道の音については、マダイやチヌに対して集魚効果があると言われている 200～300Hz の音の含まれる割合が高いことが分かる。このことより、アユでも 200～300Hz の音に集魚効果があるのではないかと考えられる。

4. まとめ アユは水の流れる音や気泡の音に対しては高い音圧レベルの音であっても流れの方向へ向かっていくことが考えられ、魚道内の音のウエイトが高いことから、ホワイトノイズや純音より魚道内の音の方が誘引効果は高いのではないかと考えられる。また、他の環境因子とのウエイトを算出したことで、水中音の選好性を用いた評価が可能になった。

参考文献 1) 森他「落差工の魚類通過性評価のための環境因子性の定式化の検討」第 56 回土木学会中国支部研究発表会概要集 P.663-664 2004

2) 神崎他「落水音に対するアユの選好性の実験的解析」土木学会年次学術講演会講演概要集 Vol.60

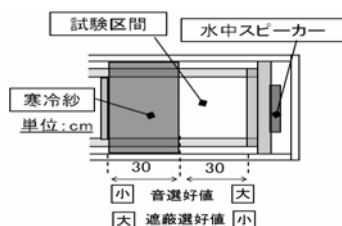


図4 環境因子間ウエイト算出実験水路

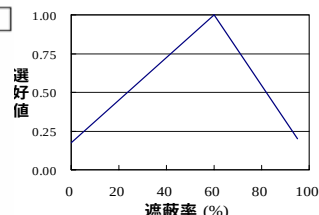


図5 遮蔽率の選好曲線

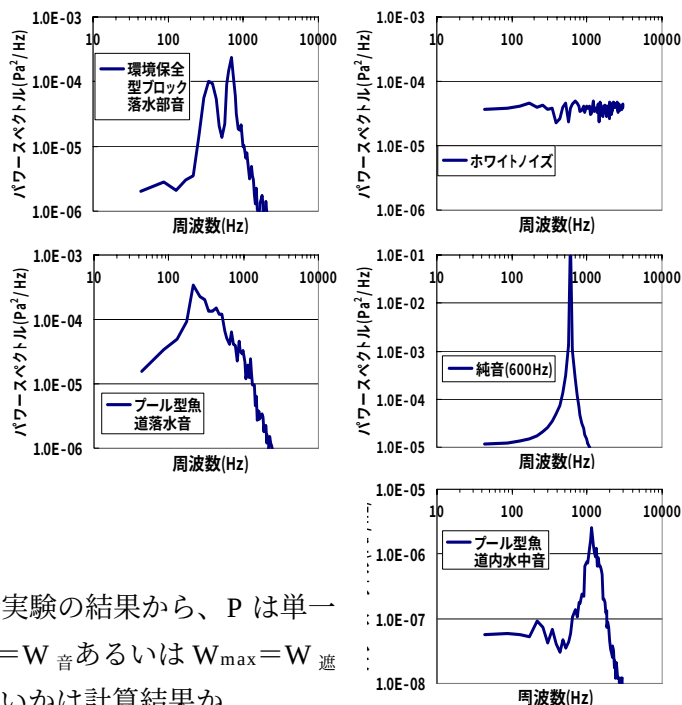


図6 周波数解析結果

表1 ウエイト実験結果

気泡	水温	遮蔽	乱れ	流速
1.00	0.85	0.78	0.60	0.40

プール型魚道落水部音	環境保全型ブロック落水部音	プール型魚道内水中音	純音	ホワイトノイズ
0.75	0.65	0.58	0.28	0.22