

水質汚濁がアユの行動に与える影響に関する実験的研究

ランダス株式会社 正会員 ○中島美行 山口大学工学部 正会員 関根雅彦
 株式会社エース 正会員 松尾光郎 山口大学工学部 正会員 浮田正夫

1. 研究背景と目的 今日までの環境基準の設定は、人の健康の保護や有機物汚濁物質による富栄養化の防止に重点が置かれてきたために、水生生物保全の観点を中心に据えた化学物質汚染に関わる明確な水質目標は設定されていない。

本研究では、代表的な川魚で漁業的価値の高いアユの稚魚を用いたU字型水路実験を行う。その結果を用い選好曲線の作成、ウェイトの算出などによる選好性の定量化を行い、水質目標決定の基礎資料となることを目的とした。

2. 実験装置と実験方法 実験に用いたのは写真1の水路である。左右水路の物理的な条件を同じ(流速 2cm/s、水深 10cm)にし、実験区間にアユを3尾入れる。左右水路の水質条件を実験毎に変化させ魚の挙動を観察した。実験中の魚の挙動は実験水路上部のビデオカメラにより撮影した。実験終了後ビデオテープより1分毎の魚の分布率を求めその平均値を実験結果とした。分布率は、左右どちらかの水路の魚の尾数を魚の総数(3)で除して求められる。分布率を求める際に対象となる水路は各実験により異なる。

3. 遊離アンモニア忌避実験 右水路に塩化アンモニウムイオンを注入し、遊離アンモニア忌避実験を行った。水生生物に悪影響を与えるのはアンモニア(T-NH₃)の成分である非イオン化アンモニウム(NH₃、以下遊離アンモニア)である。実験後遊離アンモニア濃度を測定し、実験濃度とした。実験結果を図1に示す。分布率を求める際の対象水路は右水路である。実験の結果、遊離アンモニア濃度 0.25mg/L 以下では平均分布率が 0.56、0.25mg/L 以上では 0.34 となり、この濃度を境に忌避反応を示し始めるという結果が得られた。

4. 濁度忌避実験(カオリン) 右水路にカオリンにより作った濁水を流し、濁水忌避実験を行った。実験結果を図2に示す。実験の結果、濁度 50ppm 以下では平均分布率が 0.53、50ppm 以上では 0.17 となり、この濁度を境に忌避反応を示し始めるという結果が得られた。

5. 濁度忌避実験(実河川水) 土木工事により濁水の発生している実河川より持ち帰った濁水を右水路に流し、濁水忌避実験を行った。実験結果を

図3に示す。カオリンによる濁りと実河川の濁りを魚の挙動で比較するという目的で行った実験であったが、両者に大きな違いは見られなかった。

6. 遊離アンモニア・濁度複合実験 右水路にカオリンによる濁水(800ppm)、左水路に遊離アンモニア(目標濃度 0.8mg/L)を流し、遊離アンモニア・濁度複合実験を行った。実験結果を図4に示す。分布率の対象水路はアンモニアを流した左水路である。実験の結果、稚アユは濁度 800ppm の方をより忌避するという結果が得られた。しかし濁度の単一因子実験の結果と比べ、濁度側の水路の分布率が高くなっており、遊離アンモニアの影響もあったものと思われる。

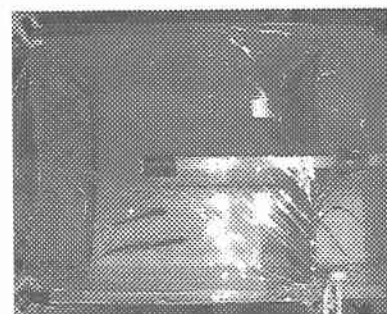


写真1 実験水路

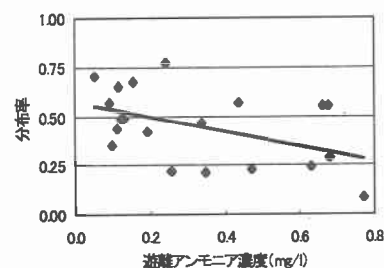


図1 アンモニア実験結果

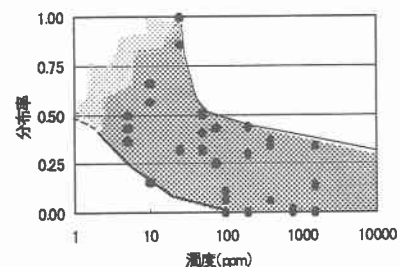


図2 濁度(カオリン)実験結果

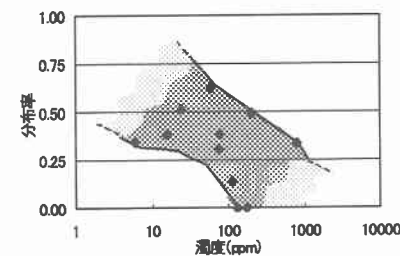


図3 濁度(実河川水)実験結果

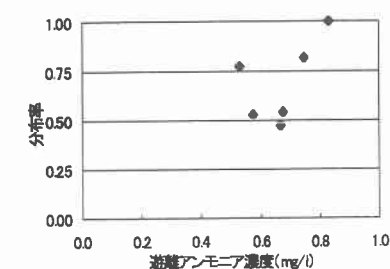


図4 アンモニア・濁度複合実験結果

7. 水温実験 右水路に16℃の水、左水路に前歴水温(20℃)の水を流し、水温実験を行った。実験結果を図5に示す。分布率の対象水路は右水路である。実験の結果、16℃の水を忌避するという結果が得られた(平均分布率0.19)。そこで、水温・濁度複合実験における水温を16℃に決定した。

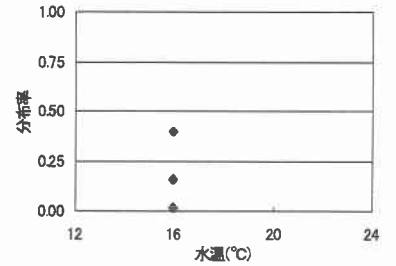


図5 水温実験結果

8. 水温・濁度複合実験 右水路に濁水(800ppm)、左水路に16℃の水を流し、水温・濁度複合実験を行った。実験結果を図7に示す。分布率の対象水路は左水路である。実験の結果、ここでも濁度の法をより忌避するという結果が得られた。

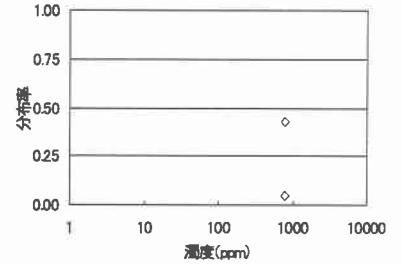


図6 水温・濁度複合実験結果

9. 選好曲線 遊離アンモニア、濁度、水温の単一因子実験の結果より、分布率を選好値に換算しそれぞれの因子における選好曲線を作成した。作成の際には因子の値が0のときの分布率を0.5として考えた。また遊離アンモニア、濁度に関しては実験毎の分布率にばらつきがあったため、分布率の上限值を用いたもの(普通線)、平均値を用いたもの(点線)、下限値を用いたもの(太線)の3本の選好曲線を作成した。選好曲線を図7~10に示す。これを見ると平均値の線、下限値の線は遊離アンモニア濃度、濁度の上昇に伴い下っているが、上限の線は途中に山があり、見ると多少のアンモニア濃度、濁度を好む個体もいるということがわかる。

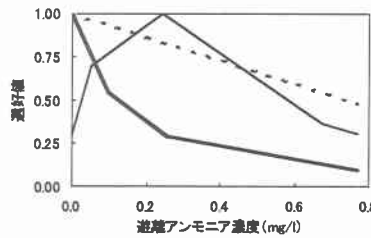


図7 アンモニア選好曲線

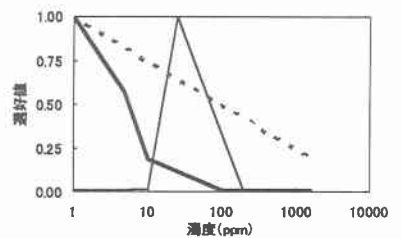


図8 カオリン選好曲線

10. 環境因子ウェイト 選好曲線により求められた選好値、複合実験の結果から、それぞれの環境因子におけるウェイトを求めた。ウェイトとはある魚が水質を評価するときの重みのことである。濁水とアンモニアの複合実験を例にとると、計算式は以下のようになる。

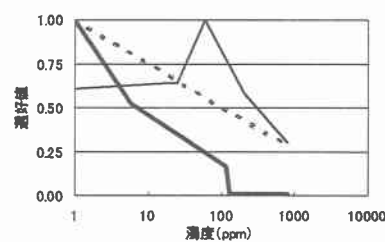


図9 実河川水選好曲線

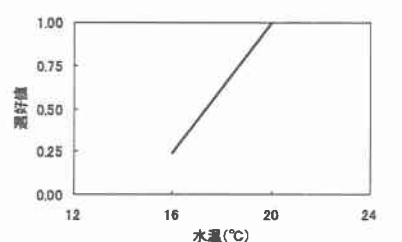


図10 水温選好曲線

$$R_{\text{濁水・アンモニア}} = \frac{D_{\text{右}}}{D_{\text{左}}} = \frac{(P_{\text{濁水,右}})^{\frac{W_{\text{濁水}}}{W_{\text{max}}}} (P_{\text{アンモニアなし,右}})^{\frac{W_{\text{アンモニア}}}{W_{\text{max}}}}}{(P_{\text{清水,左}})^{\frac{W_{\text{濁水}}}{W_{\text{max}}}} (P_{\text{アンモニアあり,左}})^{\frac{W_{\text{アンモニア}}}{W_{\text{max}}}}}$$

ここで、 D_i ($i=右$ or $左$) は分布率を指し、複合因子実験の結果から、 $P_{j,i}$ ($j=\{濁水,アンモニア\}$ 、 $i=\{右,左\}$) は選好値を指し、単一因子実験の結果から値が求まる。よって、 $W_{\text{max}}=W_{\text{濁水}}$ あるいは、 $W_{\text{max}}=W_{\text{アンモニア}}$ と仮定することで、 $W_{\text{アンモニア}}/W_{\text{濁水}}$ あるいは $W_{\text{濁水}}/W_{\text{アンモニア}}$ の値を得る。どちらの仮定が正しいかは、計算結果から判断され、得られた値が0~1の範囲内の方をウェイトとして採用する。同様の方法で水温のウェイトも求めた。

ウェイトは遊離アンモニア、濁度、水温それぞれ0.85、1、0.09となった。ウェイトの意味は、それを求めるにあたって使用した選好曲線の各因子がとる値の範囲によって変化するが、今回用いた水温の選好曲線における4℃という範囲は、人間にとっては気温20℃の変化に相当する大きなインパクトであると言われている。したがって、濁度0~1000ppm、遊離アンモニア0~0.8mg/Lの変化はこの水温変化よりはるかにインパクトが大きい、ということが言える。