

河川落差部のアユの遡上経路の環境選好性に基づく数値予測に関する基礎的検討

○国土交通省四国地方整備局 正会員 小松 悠 山口大学 正会員 関根雅彦 明石高専 正会員 渡部守義
山口大学 学生員 小川智久 山口大学 学生員 野口浩幸 山口大学 学生員 森 知孝
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. 研究目的：近年、多自然型川づくりに基づく河川改修に伴い、各地で多数の魚道や環境保全型落差工が施工されている。しかし魚道における遡上調査に関しては多くの報告があるが、魚にとっての落差部通過しやすさの理論的な裏付けは、適当な評価法がないために殆どなされていない。そこで本研究では、流速、乱れ、気泡混入率に注目し、自然を模したせせらぎ魚道および環境保全型ブロックを用いた落差工（以下ブロック魚道）が施工されている山口三隅川において、魚類の遡上量や行動様式を比較し、落差部の物理環境に基づく評価手法を開発することを目的とする。

2. アユの遡上調査：三隅川に設置されているブロック魚道と、それに平行して設置されている、せせらぎ魚道で、対象調査区間の上流部を袖つき袋網、下流を網で仕切り、調査区間下流端において調査当日に購入した養殖の稚アユ 100 尾を放流し、遡上し採捕網内に入ったものを 6 時間間隔で 2002 年度は 24 時間、2003 年度は 48 時間計数した。

遡上調査の結果と考察：調査時の流況、遡上結果を表 1 に示す。兩年ともブロック魚道の遡上数が勝っている。2003 年にせせらぎ魚道で 1 尾も遡上しなかったのは、調査中に流量が $0.013\text{m}^3/\text{s}$ から $0.004\text{m}^3/\text{s}$ へ減少し、採捕網周辺の水深が浅くなったため、隠れ場となる岩の多い中段や下段プールに魚が留まったことが挙げられる。

3. アユの追跡調査：2003 年 8 月 21 日～22 日に実施した遡上調査ではアユが魚道を登ることが確認された。そこで電波発信機を用いた遠隔測定法により、アユの行動経路や魚道入り口を発見できるか否かを調べた。ブロック魚道入り口付近で、体長約 20cm のアユに発信機をつけて河川に放流した。調査終了後、行動範囲の水深、流速(3 次元)、気泡、音圧分布を測定した。追跡調査の結果と考察：図 1 にアユの行動経路、図 2、3 に水温と音圧の分布を示す。アユは図 1 中の落差工直下①②③に留まることが多く、特に③の位置に長く留まった。アユが魚道の入り口付近を遊泳してはいたことから魚道を発見したと思われるが、調査時期が遡上時期でなかった事などもあり遡上には至らなかった。

4. 選好強度を用いたアユの遡上経路評価：調査対象区間内及び、各魚道のプール内の物理環境因子(流速、気泡、乱れエネルギー)を測定し、河川の 2 次元流況シミュレーションプログラム River2D¹⁾ を用いて測点以外の流速を計算し、それを著者らの室内実験の結果より作成した選好強度式²⁾ を適用することで、アユの想定遡上経路を導き出した。アユが巡航速度で通過できるプール部の選好強度を以下の(1)式で、魚道越流部のようにアユが突進速度または跳躍で通過する場所の選好強度は以下の(2)式で表す。

表 1 三隅川遡上調査結果

調査地点	ブロック魚道		せせらぎ魚道	
	2003年	2002年	2003年	2002年
調査年月日	4月12～14日	8月7～8日	4月12～14日	8月7～8日
プール1個当たり(l)	300		650	
落差(cm)	17		10	
段数(個)	8		19	
調査区間(m)	12		50	
勾配	1/9		1/33	
平均流量(m^3/sec)	0.065	0.018	0.009	0.08
平均水温($^{\circ}\text{C}$)	14	27.5	14.3	27.5
採捕数(24時間平均の採捕数)	60(30)	38(38)	0(0)	26(26)

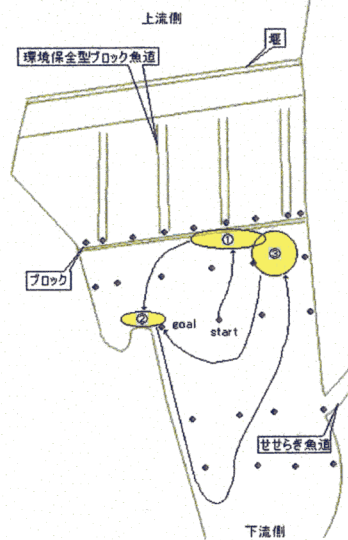


図 1 追跡調査結果

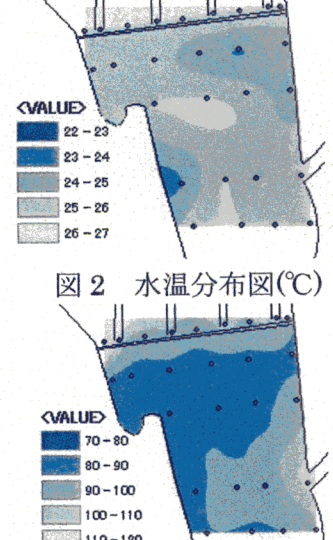
図 2 水温分布図($^{\circ}\text{C}$)

図 3 音圧分布図(dB)

キーワード：アユ、選好強度式、遡上調査、追跡調査、流況シミュレーション

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

$$P_{\text{プール部}} = (P_{\text{気泡}})^{\frac{W_{\text{気泡}}}{W_{\text{気泡}}}} \times (P_{\text{流速}})^{\frac{W_{\text{流速}}}{W_{\text{気泡}}}} \times (P_{\text{乱れ}})^{\frac{W_{\text{乱れ}}}{W_{\text{気泡}}}} \quad (1)$$

$$P_{\text{越流部}} = \left\{ (P_{\text{突進時間}})^{\frac{W_{\text{突進時間}}}{W_{\text{max}}}} (P_{\text{気泡}})^{\frac{W_{\text{気泡}}}{W_{\text{max}}}} (P_{\text{水深}})^{\frac{W_{\text{水深}}}{W_{\text{max}}}} \right\} \times W_{\text{越流部流況}} + P_{\text{隔壁落差}} \times W_{\text{越流部落差}}$$

ここにPは選好強度、Wは各因子についてのウェイトである。

想定遡上経路の評価と考察：調査対象区間の総合選好値を図5に示す。

図5中の矢印は最も選好値の高い経路である。

本研究ではこれを想定遡上経路とした。図6は縦軸に想定遡上経路の選好強度、横軸に想定遡上経路の下流端からの距離を示したものである（プール内以外は2003年のデータによる）。ブロック魚道と2002年のせせらぎ魚道は越流部の選好値が高く、またプール内上流端周辺及び下流端に対しプール中央部の選好値が低い。その結果、上流部へと集まったアユはより選好値の高い上流へ遡上したため、両年ともアユが遡上したのではないかと考えられる。一方、2003年のせせらぎ魚道は上流端周辺に比べ、プール中央部の選好値が高い。このため、アユにとってプール内の居心地がよく、生息場としての価値が高まったため遡上が見られなかったと考えられる。

また、両魚道の下流の三隅川内での選好値は、魚道内と比べて非常に小さかった。これはアユが若干の乱れを好む傾向があるのに対し、三隅川内では、全体的に乱れが少なかったからだと考えられる。この結果から推察すると、魚道下流側を遊泳してきたアユは、選好値の高い河川内の想定遡上経路を辿ってどちらかの魚道入り口へと向かい、そこからより選好値の高い魚道内へと遡上していく、という仮定が立てられる。しかし実際の追跡調査の結果では、アユは図6中の点線の矢印のような動きを見せた。最も選好値の高いせせらぎ魚道入り口付近へと向かわなかったのは、魚類が自分の体長に相当する長さの流れしか認識できないため、認識できる範囲内での高い選好値を求めて遡上したためと考えられる。さらに追跡調査中にアユが長時間留まった図1①③の位置は一見選好値が高いようには見えないが、図2を参照にすると同位置の水温が低かったことがわかる。アユは前歴温度を好む傾向があり、今回調査で使用したアユは18～19℃で飼育されていたことから、今回選好強度式に含まれていない水温条件によって行動が改定されたものと考えられる。

音圧については現在実験中であるため、詳細な評価は出来ないが、今回の結果からはアユは音圧の低い所を通っているように見られた。一般に魚類の聴覚閾値は90dB以上であるため、音を忌避していた可能性も考えられる。

5. まとめ：今回の研究で使用した選好強度式はまだ研究途上のものであったが、遡上経路の選好値と遡上数の関係を評価することが出来た。今後は、音や乱れのスケール、行動モードを考慮した選好強度式を作成し、3Dの流況シミュレーションなどと組み合わせることで、河川構造物の適切な設計などに応用していきたい。

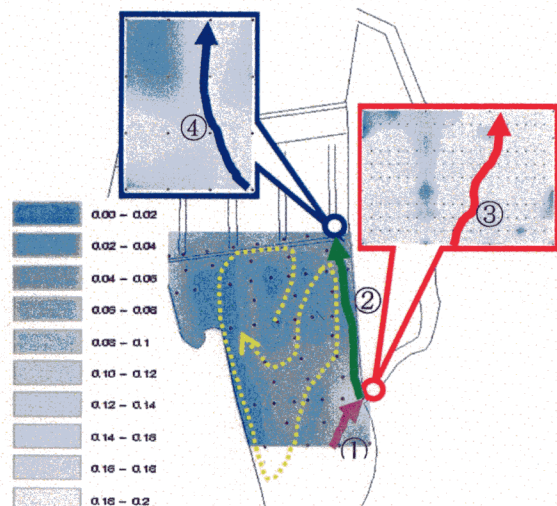


図5 三隅川の選好強度値と想定遡上経路

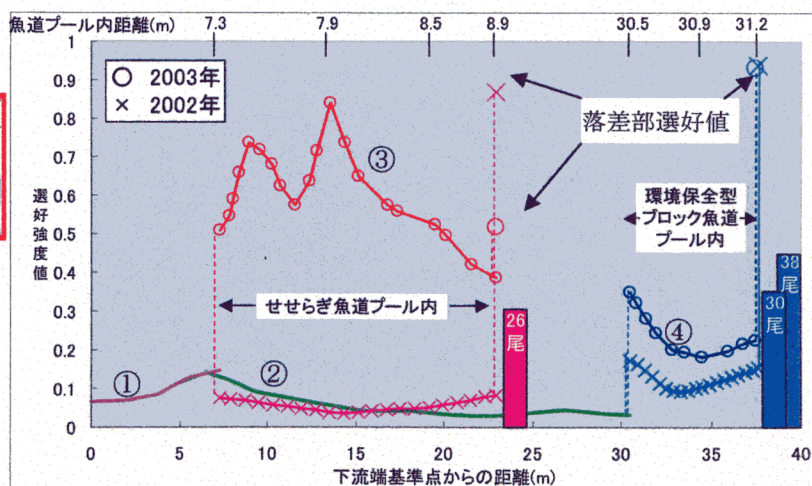


図6 想定遡上経路上の選好強度値

参考文献 1) River2D ホームページ：http://www.river2d.ualberta.ca/

2) 森他：落差工の魚類通過能評価のための環境選好性の定式化の検討