

階段式魚道の壁面色がアユの遡上特性に及ぼす影響

九州工業大学大学院 学生会員 ○高松周平
九州工業大学大学院 正会員 鬼束幸樹
九州工業大学大学院 フェロー会員 秋山壽一郎

1. はじめに

河川にダムや堰等が建設されると魚類等の遡上や降下が困難になるため、一般に魚道が併設される。高い遡上率を確保するための手法として、魚道の幾何学形状の変更をせずに、魚の感覚を利用する手法が挙げられる。しかし視覚を利用した事例は少なく、特に忌避色を利用した手法はほとんどない。そこで本研究では、階段式魚道において、遡上入口から遠い下流と左岸の側壁、および遡上入口に近い上流と右岸の側壁にそれぞれ、アユの忌避色として知られる赤色¹⁾、および比較対象として青色、紫色、黄色を塗装し、アユ (*Plecoglossus Altivelis Altivelis*) の遡上特性への影響を検討した。

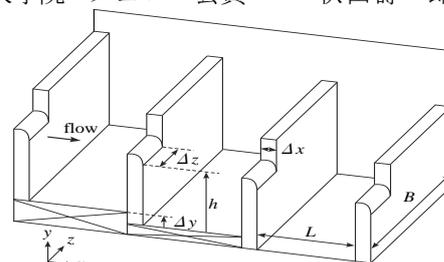


図-1 階段式魚道の概略図

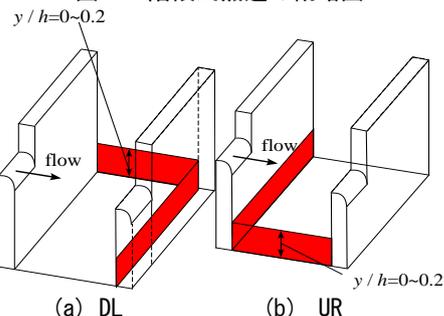


図-2 塗装箇所

2. 実験装置および実験条件

図-1 に実験に用いた片側切欠き付階段式魚道の概要を示す。プール長 $L=0.9\text{m}$ 、プール水深 $h=0.3\text{m}$ 、プール幅 $B=0.8\text{m}$ 、隔壁厚 $\Delta x=0.2\text{m}$ 、落差 $\Delta y=0.1\text{m}$ 、切欠き幅 $\Delta z=0.2\text{m}$ のプールを 3 つ連結した。プール左岸はアクリル製で、それ以外は Munsell 表示で N4.5 に相当するグレーに塗装された木製である。表-1 に実験条件を示す。塗装色にはアユの忌避色の赤色 (Munsell 表示で 5R4/14)、およびそれに伴い色相が均等に変化するよう青色 (4B4/8)、紫色 (2P2/8)、黄色 (8Y8/14) の 4 色を採用した。下流と左岸 (DL) および上流と右岸 (UR) の 2 組の各側壁の $y/h=0\sim 0.2$ の範囲をそれぞれ上記の 4 色で塗装し、合計 8 ケースの実験を行った。図-2 (a) に下流と左岸 (DL)、図-2 (b) に上流と右岸 (UR) を赤色で塗装した例をそれぞれ示す。全ケースにおいて、切欠きの越流流速が体長倍流速で 10l/s (突進速度) となるように流量 $Q=5\text{l/s}$ を与えた。下流から 2 番目のプールに平均体長 $\bar{L}_f=80\text{mm}$ のアユを $N=30$ 尾放流し、プールの左岸側および上部に設置した 2 台のカメラを用いて 30fps で 20 分間の撮影を行なった。撮影後、アユの遊泳位置を 10s ごとに解析すると共に、遡上数をカウントした。x, y, z 軸方向にそれぞれ 7, 5, 7 点のメッシュで構成される合計 245 点において、3次元電磁流速計を用いて流速 3成分を 0.05s 間隔で 25.6s 計測した。計測後、x, y, z 軸方向の時間平均流速 U, V, W から 3次元合成流速 $V_v = \sqrt{U^2 + V^2 + W^2}$ を算出した。

表-1 実験条件

case name	color	hue	value	chroma	Munsell indication
Bu	DL-Bu	blue	B	4	8
	UR-Bu				
Pu	DL-Pu	purple	P	2	8
	UR-Pu				
Rd	DL-Rd	red	R	5	14
	UR-Rd				
Ye	DL-Ye	yellow	Y	8	14
	UR-Ye				

3. 実験結果および考察

図-3 にアユの遡上率 n/N をケース別に示す。Bu, Pu の両ケースにおいては、下流と左岸に塗装した DL、および上流と右岸に塗装した UR の遡上率に大きな差異はない。一方で Rd での遡上率は、DLの方がURよりも顕著に高くなっているが、Yeでの遡上率は、DLではゼロに対してURで高い値を示している。

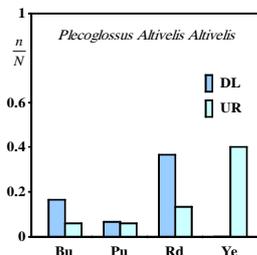


図-3 アユの遡上率

図-4 に水平断面 ($y/h=0.2$) における、流速コンターを示す。切欠き ($z/B=0\sim 0.2$) のある右岸付近の上流領域は、0.5m/s 以上の高速流域を形成しているが、左岸付近は比較的低速である。

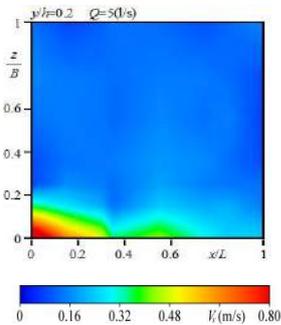


図-4 $y/h=0.2$ における流速コンター図

図-5、図-6 に下流と左岸に塗装した DL、および上流と右岸に塗装した UR の各ケースにおける、鉛直と水平断面内のアユの瞬間魚群重心を示す。図-5 (a) に着目すると、DL-Ye は、他の 3 ケースに比べて塗装面 ($y/h=0\sim 0.2$) 付近を遊泳している頻度が高いことが分かる。一方、図-5 (b) において、DL-Rd は他の 3 ケースよりも比較的魚群重心が壁面から離れている。また、DL-Ye では、黄色で塗装した側壁付近にプロットが集中している。このことからアユが黄色の側壁付近を好んで遊泳していると推察される。図-6 (a) に着目すると、全ケースにおいて類似の高さで遊泳していることが分かる。一方、図-6 (b) において Bu, Pu, Rd では顕著な変化は観察されないが、Ye では魚群重心位置がプールの外周のすぐ内側に魚群重心が点在している。図-7 (a) に DL における 10s ごとのアユの魚群重心から左岸塗装面までの瞬間距離 \tilde{l}_c 、また図-7 (b) に UR における 10s ごとのアユの魚群重心から右岸塗装面までの瞬間距離 \tilde{l}_c を、それぞれプール幅 B で除した値 (\tilde{l}_c/B) の時間変化をケース別に示す。図-7 (a) において、Rd は実験時間の半分以上を塗装面からプール幅の半値以上遠ざかっているが、他の 3 ケース、特に Ye は、実験時間の

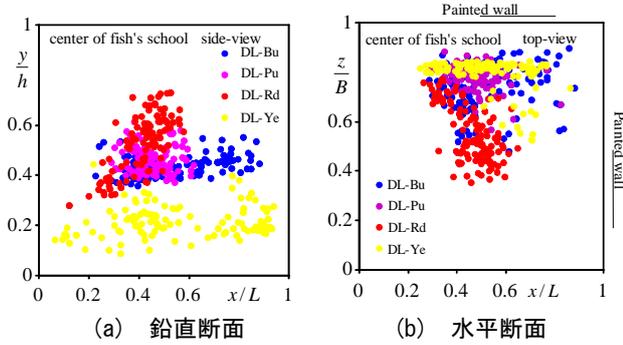


図-5 アユの瞬間魚群重心(DL)

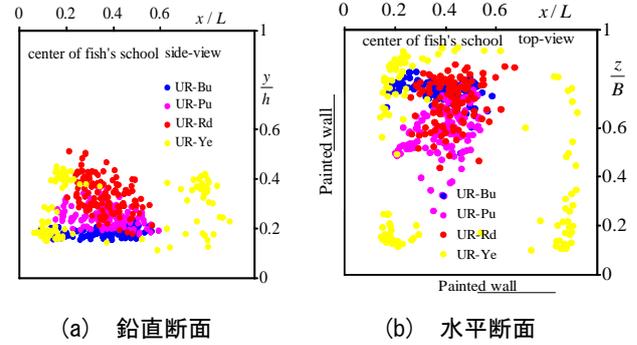


図-6 アユの瞬間魚群重心(UR)

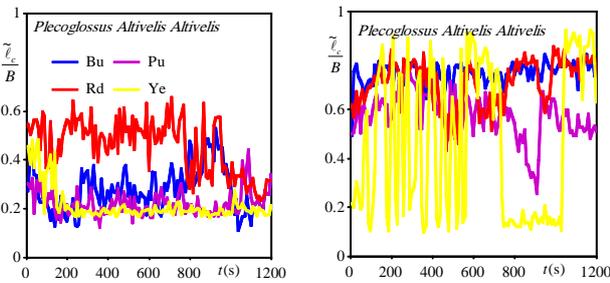


図-7 アユの魚群重心から塗装面までの瞬間距離
(a) DL(下流と左岸) (b) UR(上流と右岸)

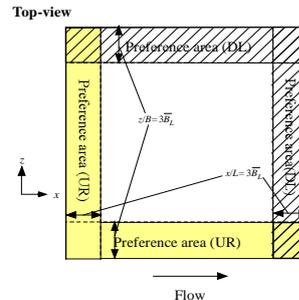


図-8 選好領域の定義

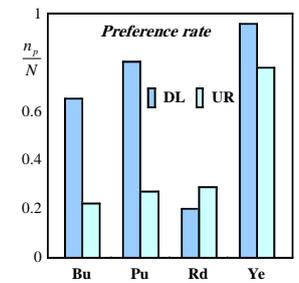


図-9 選好領域におけるアユの存在率

80%以上を $\tilde{z}_c/B=0.2$ 付近で遊泳している。一方、図-7(b)に着目すると、Bu, Pu, Rd の3ケースでは、 \tilde{z}_c/B は 0.5~0.8 の間で増減しているのに対し、Ye では \tilde{z}_c/B の値が 0.1~0.8 の間で急激な増減を繰り返している。これは、アユが Ye の壁面を選好して接近するものの、落下流に流される状況が繰り返されたために生じたものである。

観察の結果、黄色に塗装された壁面付近をアユは選好して遊泳することが判明した。そこで、図-8のように、塗装面から体長倍で3の範囲内を遊泳している場合、塗装色を選好していると見なし、選好領域と定義した。図-9に選好領域の存在率(n_p/N)を示す。アユが選好も忌避もしなかった Bu, Pu では、UR よりも DL における存在率が高くなっている。これは、プール内の流速が一樣ではないため、アユが休憩しやすい低流速の領域を選択したために生じた差異と考えられる。

一方、Ye の場合、DL, UR とともに選好領域の存在率(n_p/N)が最も高くなっており、Rd の場合では低くなっている。図-5、図-6の瞬間魚群重心位置を観察しても、アユは Ye の場合は塗装面付近を遊泳し、Rd の場合は塗装面から離れたプール中心部を遊泳する様子が確認できる。

アユには正の向流性があるため、上流側切欠きからの流れを探知すれば、遡上率は増加すると考えられる。図-10にアユの魚向の定義図を示す。任意のアユの遊泳位置から上流側切欠きの中心地点($x/L=0, z/B=0.125$)をアユが向いている場合を 0° とした。すでに、アユの忌避色が赤色で、選好色が黄色であることが示唆されている。そこで、図-11(a), (b)に下流と左岸および上流と右岸を赤色および黄色で塗装をした場合におけるアユの魚向頻度 n_θ/N_θ をそれぞれ示す。遡上方向である上流側切欠き方向の 0° 付近にピークを有しているのは、図-11(a)では Rd であるが、図-11(b)では Ye である。したがって、下流と左岸に赤色を塗装した場合、および上流と右岸に黄色を塗装した場合にアユは上流側切欠き方向を向きやすくなる。これらのケースは、それぞれの塗装色で最も遡上率が高かったケースと一致する。

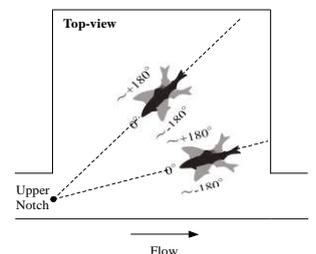
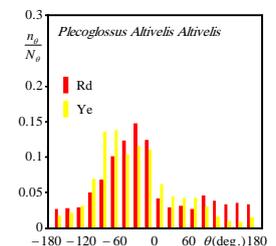
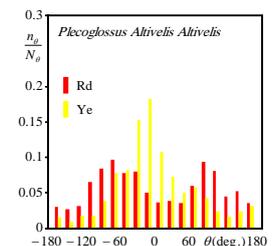


図-10 魚向の定義



(a) DL(下流と左岸)



(b) UR(上流と右岸)

図-11 アユの魚向頻度

4. おわりに

本研究で得られた結論を以下に示す。

- (1) アユは赤色塗装を忌避し、黄色塗装を選好することが判明した。
- (2) 片側切欠き付階段式魚道において切欠きを隅角部とするプールの上流と側壁に黄色で塗装すると、アユは黄色を選好するため遊泳位置が切欠き付近に移動する。すると、落下流を認識しやすくなり、遡上率が向上することが解明された。
- (3) 既設の階段式魚道においてアユの遡上率を向上させるため、上流からの落下流付近の側壁を黄色で塗装することを推奨する。

参考文献

- 1) 鬼束幸樹, 秋山壽一郎, 宍戸陽, 有須田朋子, 高松周平: アユの忌避色を利用した階段式魚道における遡上率改善策, 水工学論文集, 第59巻, L_1087-1092, 2015.