

断続光の周期と照度変化がオイカワの忌避特性に及ぼす影響

九州工業大学 学生会員 ○梅野翔太

九州工業大学大学院 正会員 鬼束幸樹

1. はじめに

ダムや堰には取水口が設置されている。しかし、長良川の北伊勢工業用水道取水口では、1年間に140万-240万尾の仔アユが取水口に吸入されていたと報告されている¹⁾。このように、取水口に魚類が迷入し、放流魚の相当量が減耗することが問題となっている。また、視覚情報は魚類の遊泳特性に及ぼす影響の一因であり、迷入防止の対策として光を用いた魚類の行動制御の研究が行われてきたが、オイカワ (*Opsariichthys platypus*)等の河川魚を対象として断続光の点滅周期と照度を变化させた際の忌避行動との関係を解明した研究はほとんど行われていない。

本研究では、静止流体中で断続光の点滅周期と照度を变化させ、オイカワの忌避特性に及ぼす影響を検討した。

2. 実験装置および実験条件

図-1(a), (b)に実験装置の平面図と側面図を示す。実験には長さ $L=0.90\text{m}$ 、幅 $B=0.45\text{m}$ および高さ 0.40m の水槽を用いた。水槽の水深 h は 0.05m に設定した。照明器具として、光量と点滅周期が調整可能な白色LED投光器を用いた。照明器具を照射したエリアをbright areaとし、水槽の中央を分割する仕切り板を水面より上に設け、bright areaとdark areaを区別した。表-1に実験条件を示す。dark areaの照度は約30lxで統一し、bright areaの照度を500, 1000, 2000および3000lxの4通り、点滅周期を0.3, 1.3, 2.3, 3.3および4.3Hzの5通りに变化させた合計20ケースの実験を行った。

実験には西日本の河川に広く分布している、平均体長 $\overline{B_L}=70\text{mm}$ のオイカワ300尾を用意し、実験結果に偏りがないように順番に使用した。水槽中央に直径0.1mの円形金網を設置し、1尾のオイカワを挿入した。挿入後10s間馴致した後に金網を取り除くと同時に、水槽上方に設置した画素数1440×1080、撮影速度30fpsのビデオカメラを使用してbright areaおよびdark areaを1分間撮影した。上記の実験を各ケースで15回、合計300回行った。撮影後、動画を0.5s刻みに分割し、オイカワの遊泳位置を解析した。

3. 実験結果および考察

(1) オイカワのbright areaへの進入率

bright areaに到達した尾数 n_e を実験に用いた尾数 N で除した n_e/N をbright areaへの進入率と定義する。点滅周期別に照度とオイカワのbright areaへの進入率 n_e/N との関係を図-2に示した。F0.3のケースでは照度の変化による進入率への顕著な影響はみられない。一方、F1.3, 2.3, 3.3および4.3のケースでは照度が増加するにつれて進入率が減少し、F4.3のケースではいずれの照度においても最も低い進入率を示している。以上より、F0.3のケースでは照度変化によるbright areaに進入する割合への影響はみられないが、点滅周期が大きくなると照度の増加に伴いbright areaに進入する割合は減少することが解明された。

(2) オイカワの体長倍遊泳速度と停滞率

bright areaにおけるオイカワの平均遊泳速度 $\overline{V_s}$ (m/s) を平均体長 $\overline{B_L}$ で除した平均体長倍遊泳速度 $\overline{V_s}/\overline{B_L}$ (1/s) を算出した。照度と各点滅周期のbright areaにおける平均体長倍遊泳速度 $\overline{V_s}/\overline{B_L}$ との関係を図-3に示した。F0.3のケースでは照度の変化による平均体長倍遊泳速度 $\overline{V_s}/\overline{B_L}$ への顕著な影響はみられない。一方、F1.3, 2.3, 3.3および4.3のケースでは、照度が増加するにつれてオイカワの平均体長倍遊泳速度 $\overline{V_s}/\overline{B_L}$ が増加している。

bright areaにおいて0.5sの間にオイカワが移動した距離がオイカワの平均体長 $\overline{B_L}$ の0.1倍以下の場合を停滞したと定義する。停滞したオイカワの尾数 n_s をカウントし、時間平均尾数 $\overline{n_s}$ を算出してbright areaにおける停滞率 $\overline{n_s}/N$ を求めた。図-4に照度とbright areaにおけるオイカワの停滞率 $\overline{n_s}/N$ との関係を示した。F0.3のケースでは照度の変化によるオイカワの停滞率 $\overline{n_s}/N$ への顕著な影響はみられない。一方、F1.3, 2.3, 3.3および4.3のケースでは、照度が増加するにつれてオイカワの停滞率 $\overline{n_s}/N$ が減少している。以上より、F0.3のケースでは照度の変化によるbright areaにおける遊泳速度と停滞率への影響はみられないが、点滅周期が大きくなると照度の増加に伴い遊泳速度は増加し停滞率は減少することがわかる。これは、図-2からわかるようにオイカワがbright areaにおいて点滅周

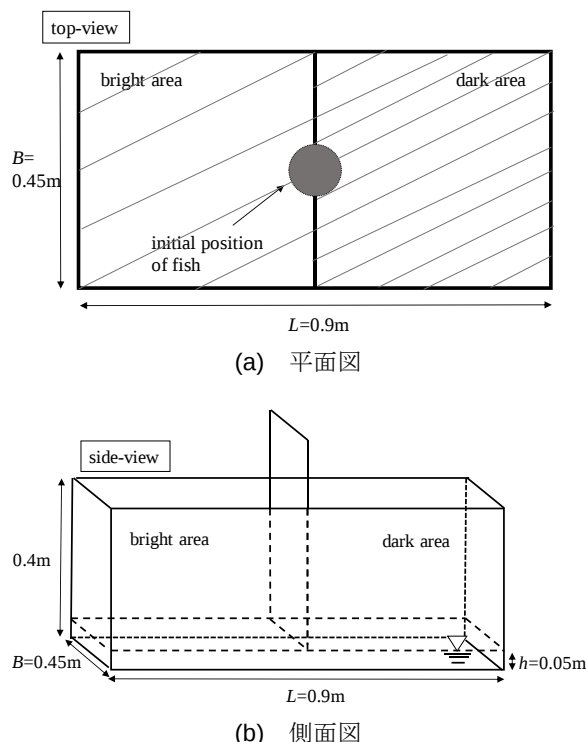


表-1 実験条件

illuminance (lx)		500	1000	2000	3000
Frequency (Hz)	0.3	F0.3-500	F0.3-1000	F0.3-2000	F0.3-3000
	1.3	F1.3-500	F1.3-1000	F1.3-2000	F1.3-3000
	2.3	F2.3-500	F2.3-1000	F2.3-2000	F2.3-3000
	3.3	F3.3-500	F3.3-1000	F3.3-2000	F3.3-3000
	4.3	F4.3-500	F4.3-1000	F4.3-2000	F4.3-3000

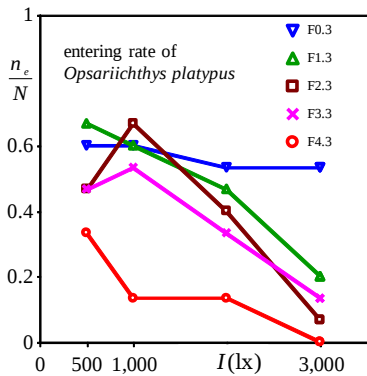


図-2 bright area 進入率

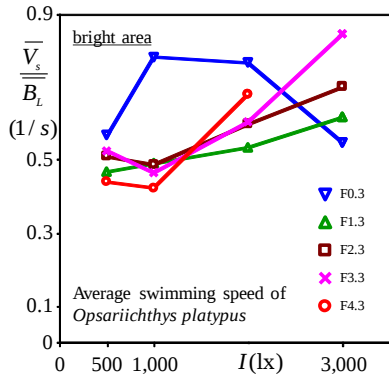


図-3 体長倍遊泳速度(bright area)

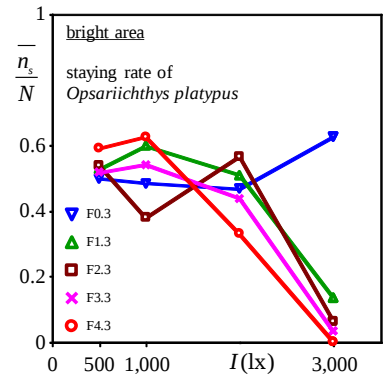


図-4 停滞率(bright area)

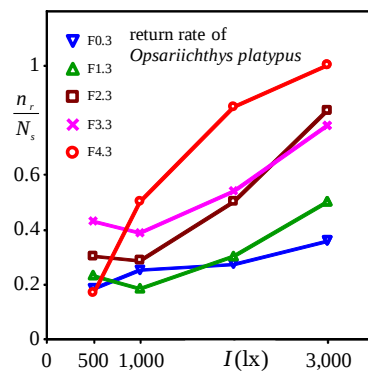


図-5 後退率

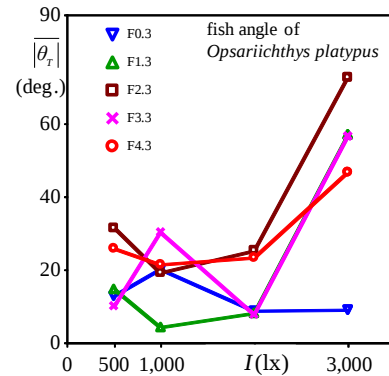


図-6 水平断面における魚向

期と照度の大きい断続光から忌避しようとしたため、オイカワの平均体長倍遊泳速度は増加し、停滞率は減少したと考えられる。

(3) オイカワの後退率

dark areaにおいて境界から体長分の範囲にオイカワの頭が到達したが bright areaに進入しなかったものを後退したと定義する。後退したオイカワの尾数 n_r をカウントし、dark areaにおいて境界から体長分の範囲にオイカワの頭が到達した尾数 N_s で除した後退率 n_r/N_s を求めた。図-5 に照度とオイカワの後退率 n_r/N_s との関係を示した。いずれの点滅周期においても照度の増加に伴い後退率は増加する傾向がみられた。F4.3 のケースは最も高い後退率を示している。以上より、照度が大きくなると境界付近に到達したが bright areaに進入しなかった割合が増加し、F4.3 では最も高くなることがわかる。

(4) 水平断面における魚向

頭部と尻尾を結んだ線とx軸とが成す角度の絶対値 $|\theta_r|$ を水平断面における魚向と定義し、dark areaからbright areaに向かう魚の魚向についてbright area方向を $|\theta_r|=0^\circ$ とする。オイカワの頭部もしくは尻尾がbright areaとdark areaの境界から体長分の範囲にある場合のdark areaからbright areaに向かう魚の魚向を求め、照度と各点滅周期における平均魚向 $|\theta_r|$ との関係を図-6に示した。F0.3のケースでは照度の変化による魚向への顕著な影響はみられない。一方、F1.3, 2.3, 3.3および4.3のケースでは、照度が増加するにつれてオイカワの魚向が増加し、照度が3000lxにおいて魚向が最も大きくなることがわかる。以上より、F0.3のケースでは照度変化による魚向への影響はみられないが、点滅周期が大きくなると照度の増加に伴い増加することが解明された。

4. おわりに

本研究では、静止流体中において断続光の点滅周期と照度を変化させて、平均体長 $B_L=70\text{mm}$ のオイカワの忌避特性に及ぼす影響について解明を試みた。その結果、以下の知見が得られた。

- (1) 点滅周期が 0.3Hz において、光が照射されたエリアにオイカワが進入する割合の顕著な傾向はみられないが、点滅周期が大きくなると照度の増加に伴い減少する。本実験条件内の最大点滅周期である 4.3Hz では、どの照度においても光が照射されたエリアに侵入する割合は最も小さくなる。
- (2) 点滅周期が 0.3Hz において、光が照射されたエリアにおけるオイカワの平均遊泳速度と停滞率は顕著な傾向はみられないが、点滅周期が大きくなると光が照射されたエリアにおける平均遊泳速度は増加し停滞率は減少する。これは、点滅周期と照度の大きい断続光から忌避しようとしたためである。
- (3) 照度が増加すると、光が照射されたエリアに向かう際のオイカワの魚向が増加する。これは、照度の増加に伴いオイカワが境界付近に到達したが光が照射されたエリアに進入しなかった割合が増加したためである。

参考文献

- 1) 小山長雄：アユの生態，中央公論社，1978.