

照度および時間帯変化に伴うオイカワの遊泳特性解析

九州工業大学工学部 学生会員 ○内田和馬
九州工業大学大学院 学生会員 三原和也
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

魚のすみやすい川づくりを推進するために、各魚種の生息域や行動特性を把握する必要がある。魚の遊泳特性に変化を与える要因として、様々な研究がなされている。関谷ら¹⁾、鬼束ら²⁾によって照度の変化が魚の遊泳特性に影響を与えることが解明されている。また、川那部ら³⁾によって時間帯によって魚の行動特性に変化が見られることが指摘されており、日中の遡上率がピークとなることが解明されている。しかし、照度を系統的に変化させ、行動特性の変化を観察したものや、照度と時間帯を関連付けている論文はほとんどない。本研究は照度および時間帯の変化に伴うオイカワの遊泳特性の変化を解析したものである。

2. 実験装置および実験条件

直径 1.0m の円形プールに注水し、水深を 0.05m とし、平均体長 $\overline{B_L}$ が 70mm のオイカワを実験に用いた。プール周辺にハロゲンランプを設置し、照度計を用いて照度を調節した。照度および時間帯を表-1 に示すように、照度を 3 通り、時間帯を 4 通りに変化させ、計 12 ケースの実験を行った。照度については、夜、朝、昼の明るさを想定し、1.0lx、 1.0×10^3 lx、 1.0×10^5 lx と設定した。ただし、光に対する慣れの影響を考慮し、毎回異なるオイカワを用いて実験を行った。各ケースでプール中央に直径 0.25m の円形金網を設置し、1 尾のオイカワを挿入する。オイカワが落ち着いたことを確認したあとに金網を取り上げ、プール上部に設置した画素数 1440×1080、撮影速度 30fps のビデオカメラで 30 分間の撮影を行った。撮影した動画を 0.1s 刻みに分割し、分割した画像において四隅のうち左上の一点を原点とし、水平方向に x 軸、鉛直方向に z 軸をとり位置情報を得た。得られた位置情報より、遊泳速度、遊泳距離および停滞率を算出した。ただし、停滞率の算出については遊泳速度が 1.0cm/s 以下の場合を停滞と定義して解析を行った。

3. 実験結果および考察

(1) 照度および時間帯変化に伴う遊泳速度の変化

図-1 (a) ~ (c) に各照度における遊泳速度 V を平均体長 $\overline{B_L}$ で除した値 $V/\overline{B_L}$ の頻度分布を時間帯ごとに示す。遊泳速度はいずれのケースも低値が高頻度で高値方向に裾を持つ形状を示す。そこで、式(1)、(2)に示すガンマ分布を採用し図中に曲線で示した。

$$f(V/\overline{B_L}) = \frac{1}{\Gamma(\lambda)} \alpha^\lambda (V/\overline{B_L})^{\lambda-1} e^{-\alpha V/\overline{B_L}} \quad (1)$$

$$\Gamma(\lambda) = \int_0^\infty e^{-x} x^{\lambda-1} dx \quad (2)$$

係数 α 、 λ は最小二乗法より算出した。いずれの照度においても 12:00 における遊泳速度が高値をとっており、21:00 における遊泳速度が低値をとっていることがわかる。これは、日中においてオイカワの遊泳が最も活発となり、時間の経過に伴い徐々に休憩の割合が高くなっているためと考えられる。このように時間帯変化に伴い、オイカワの遊泳特性に変化が見られているが、これは既往の研究と一致している³⁾。

表-1 実験条件

1.0lx	9:00	1.0lx	12:00
1.0×10^3 lx		1.0×10^3 lx	
1.0×10^5 lx		1.0×10^5 lx	
1.0lx	17:00	1.0lx	21:00
1.0×10^3 lx		1.0×10^3 lx	
1.0×10^5 lx		1.0×10^5 lx	

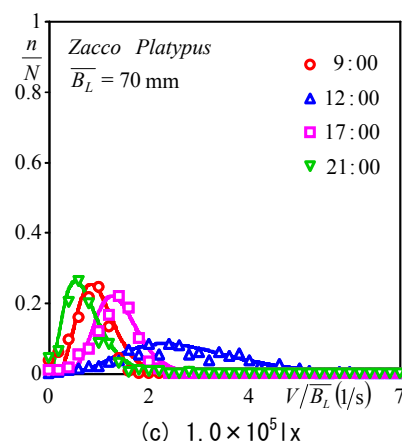
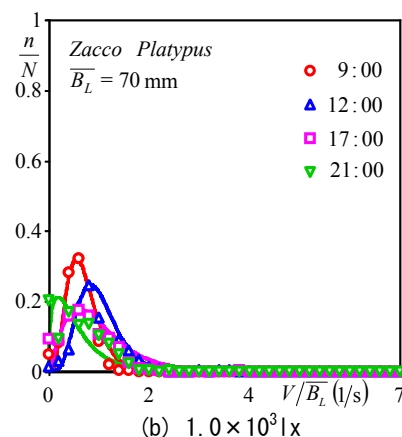
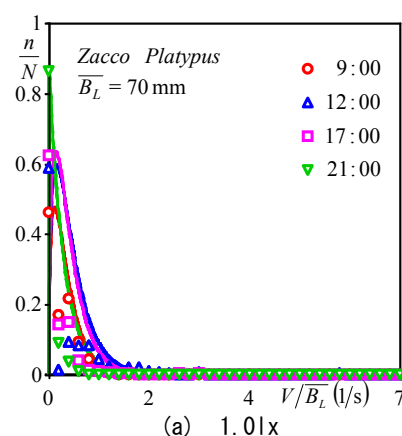


図-1 遊泳速度の時間帯変化・頻度分布

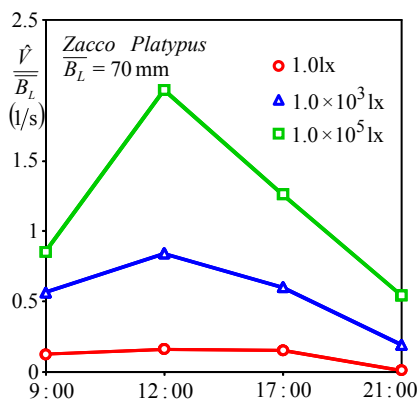


図-2 遊泳速度・最頻値

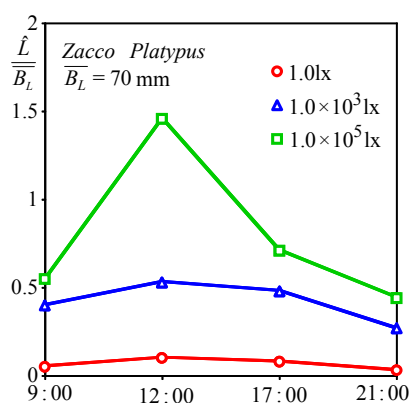


図-3 遊泳距離・最頻値

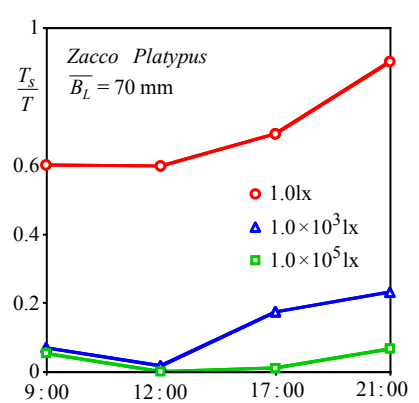


図-4 停滯率

図-2 に遊泳速度の最頻値 $\hat{V}$ を平均体長 $\overline{B_L}$ で除した値を時間帯ごとに示す。いずれのケースにおいても遊泳速度は12:00 でピーク値をとっており、時間の経過とともに減少していることがわかる。これは日中のオイカワの遊泳が活発であることを示している。また、いずれの時間帯においても遊泳速度は $1.0 \times 10^5 \text{lx}$ でピーク値をとっており、照度の低下に伴い減少している。これは、高い照度においてオイカワは休憩する割合が低下したためと思われる。

(2) 照度および時間帯変化に伴う遊泳距離の変化

図-3 に遊泳距離 L を平均体長 $\overline{B_L}$ で除した値の時間帯ごとの最頻値を示す。図-2 と同様にいずれのケースにおいても遊泳距離は12:00 でピーク値をとっており、時間の経過に伴い減少している。これより日中に魚の行動が活発になっていることがわかる。また、同じ時間帯においては照度の増加に伴い遊泳距離は大きな値を示す傾向がみられる。これはオイカワは、高い照度において活発に遊泳したためと考えられる。

既往の研究より、時間帯の変化によって魚の遊泳挙動に変化が見られることがわかっている³⁾が、図-2, 3 より、照度が増加するにつれて、時間帯の変化による遊泳特性の変化率は増加していることがわかる。これより、時間帯の変化に伴い魚の遊泳特性に変化が見られるのは、日中など照度が高い状態では魚が活発に遊泳し、夜などの照度が低い状態においては魚は休憩する割合が高くなり、あまり遊泳しなくなるためだと考えられる。つまり時間帯の変化によって魚の遊泳特性に変化が見られる要因としては照度が関わっていると考えられる。

(3) 照度および時間帯変化に伴う停滯率の変化

図-4 に停滯時間 T_s を測定時間 T で除した停滯率 T_s/T の時間帯による変化を各照度ごとに示す。 $1.0 \times 10^5 \text{lx}$ においてはいずれの時間帯においても停滯率は小さく、解析時間中は遊泳を続けており、 1.0lx においてはいずれの時間帯においても停滯率は大きく、休憩する割合が大きくなっていることがわかる。照度の増加に伴い停滯時間は減少しており、いずれのケースにおいても21:00 でピーク値をとっている。これより、照度の低下および時間の経過に伴い休憩時間が増加していることがわかる。ここで、 1.0cm/s 以下を停滯とみなして解析を行った結果であると考えられる。

4. おわりに

本研究は照度および時間帯を系統的に変化させて、静止流体中におけるオイカワの挙動を解析したものである。得られた知見は以下の通りである。

- (1) オイカワの行動が活発になる要因として照度の影響が挙げられてきたが、照度の増加に伴いオイカワは活発に遊泳する。照度の影響についての既往の研究²⁾よりも詳細な結果を得ることができた。
- (2) 時間帯の変化に伴いオイカワの遊泳行動には変化が見られ、日中の活動が最も活発となる。また、照度が増加するにつれて時間帯の変化に伴う遊泳行動の変化率は大きくなることが判明した。

今回の実験は3段階の照度変化のもとで1尾のオイカワを用いたものであるが、今後はさらに照度を細かく分類したものや、尾数を変えた実験を行いたい。

参考文献

- 1) 関谷明, 下村充, 坂本裕嗣, 甲田篤史, 福井吉孝: アユの行動特性と迷入防止について, 水工学論文集, 第46巻, pp.1133-1138, 2002.
- 2) 鬼束幸樹, 秋山壽一郎, 渡邊拓哉, 飯国洋平, 小林達也: 透過光および気泡が魚の行動特性に及ぼす影響, 水工学論文集, 第52巻, pp.1207-1212, 2008.
- 3) 川那部浩哉, 宮地伝三郎, 森圭一, 原田英司, 水原洋城, 大串竜一: 遡上アユの生態 II, 京大生理生態業績, 第79巻, No.2, pp.145-167, 1956.