

静止流体中を単独で遊泳するウナギの遊泳特性に及ぼす光の色の影響

九州工業大学工学部 学生会員 ○藤木翼  
九州工業大学大学院 学生会員 武田知秀  
九州工業大学大学院 フェロー会員 秋山壽一郎

九州工業大学工学部 学生会員 國崎晃平  
九州工業大学大学院 正会員 鬼束幸樹

1. はじめに

ダムや堰などに設置される取水口に魚類が迷入し、河川に生息する魚類の稚魚が減耗することが問題となっている。魚類の行動特性を利用した迷入防止対策には光、気泡、電気などを用いる方法があるが、それらに対する反応は魚種によって異なると考えられている。

本研究では静止流体中で光の色を変化させ、ウナギ(*Anguilla japonica*)の稚魚であるクロコウナギの遊泳特性に明暗および光の色が及ぼす影響を検討した。

2. 実験装置および実験条件

図-1に実験装置の概要を示す。実験には内径  $D = 1.83\text{m}$ 、高さ  $0.25\text{m}$ の円形プールを用いた。表-1に実験条件を示す。色が可変であるLED投光器を用い、光の色をpurple, blue, green, redおよびwhiteの5通りに変化させた。LED投光器は照射角が約 $120^\circ$ で、全光束が $4000\text{lm}$ のものを使用した。円形プールを線対称にbright areaとdark areaとに分け、bright areaに所定の色を照射した。ウナギは夜行性であるため、本実験は夜を想定して室内で行い、dark areaの照度は $10\sim 20\text{lx}$ 、bright areaの照度は $150\sim 350\text{lx}$ であった。

水深が  $h = 0.05\text{m}$ になるように、水温 $19^\circ\text{C}$ の水を挿入して静水させた。内径  $d = 0.15\text{m}$ 、高さ $0.2\text{m}$ の円筒金網をプール中心に設置した。円筒金網内に平均体長  $\bar{L}_l = 200\text{mm}$ のウナギを1尾挿入し、馴致後、円筒金網を取り除くと同時に、プールの上方に設置した画素数 $1440 \times 1080$ のビデオカメラを使用して撮影速度 $30\text{fps}$ で1分間撮影した。上記の実験を、各ケースで30回、合計150回行った。撮影後、 $0.5\text{s}$ 間隔で画像をキャプチャーし、ウナギの遊泳位置を解析し、遊泳速度および屈折角度を算出した。

3. 実験結果および考察

(1) ウナギの遊泳位置

図-2にbright areaとdark areaのウナギの遊泳時間の比率をケースごとに示す。一方のエリアを好んで遊泳することは観察されず、光の色の違いによる明確な傾向も確認されない。

図-3(a), (b)にbright areaおよびdark areaにおけるウナギと側壁との距離  $d$  を平均体長  $\bar{L}_l$  で除した無次元体長倍距離  $d/\bar{L}_l$  の頻度分布をそれぞれ示す。全ケースにおいて無次元体長倍距離  $d/\bar{L}_l$  が $0.5$ 程度で高頻度を示し、 $1$ 以上では低頻度を示している。図-3(a), (b)を比較すると、頻度分布の形状は類似しておりピーク値の頻度も両エリアで明確な変化は観察されない。以上より、本実験条件内においては明暗および光の色の変化はウナギの遊泳位置に影響を与えないことが明らかになった。

一般に、魚類は側壁付近の遊泳を好む側壁選好性を有している。図-3(a), (b)からウナギについても側壁選好性が顕著に確認される。さらに、本実験条件内においては明暗および光の色の変化はウナギの側壁選好性に影響を与えないことが明らかになった。

(2) ウナギの遊泳速度

図-4にbright areaおよびdark areaにおけるウナギの平均遊泳速度  $\bar{v}$  (m/s)を平均体長  $\bar{L}_l$  で除した平均体長倍遊泳速度  $\bar{v}/\bar{L}_l$  をケースごとに示す。各ケースにおいてbright areaとdark areaとを比較すると平均体長倍遊泳速度  $\bar{v}/\bar{L}_l$  に明確な変化は観察されない。また、ケースごとで比較しても平均体長倍遊泳速度  $\bar{v}/\bar{L}_l$  に明確な変化は観察されない。以上より、本実験条件内においては明暗および光の色の変化はウナギの遊泳速度に影響を与えないことが明らかになった。

(3) ウナギの屈折角度

ウナギの頭部と体が最初に屈曲した点の位置から求めた方向をウナギの魚向と定義し、屈折方向を解析した結果、右方向と左方向への屈折頻度に差異がないことが確認された。そこで、ウナギの屈折角度の絶対値  $|\theta|$  を算出

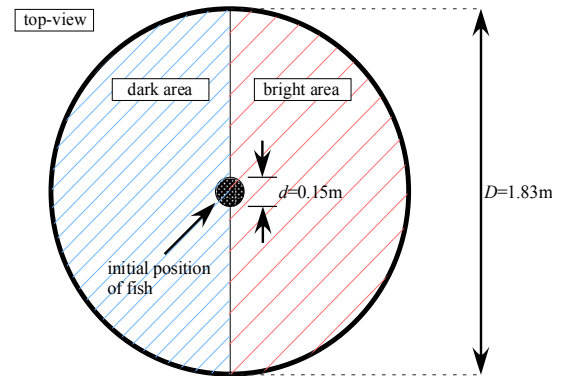


図-1 実験装置

表-1 実験条件

case name	wavelength(nm)
purple	400-435
blue	435-480
green	500-560
red	610-750
white	420-720

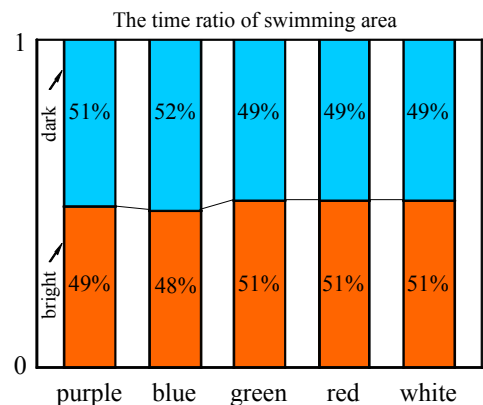


図-2 遊泳エリア選択比率

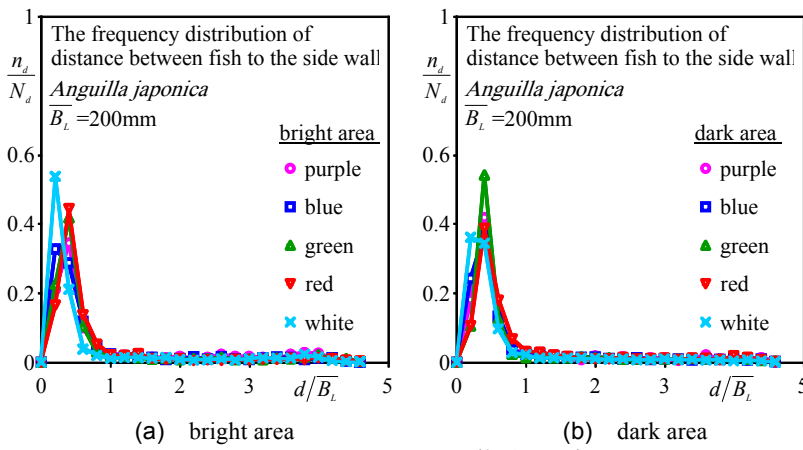


図-3 ウナギと側壁との体長倍距離

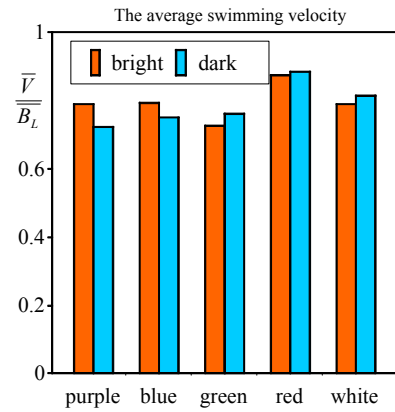


図-4 平均体長倍遊泳速度

し、図-5にケースごとに頻度分布を示した。いずれのケースにおいても20°付近にピークが存在し、角度が増加すると低頻度を示している。以上より、本実験条件内においては光の色の変化はウナギの屈折角度に影響を与えないことが明らかになった。

(4) ウナギの遊泳エリア移動回数

図-6にbright areaとdark areaの境界を通過した回数をカウントして算出した遊泳エリア平均移動回数  $\bar{N}$  を示す。全てのケースにおいて、遊泳エリア平均移動回数  $\bar{N}$  は3回程度であることが確認できる。なお、今回行った150回の実験ではその全てにおいて移動回数が0回である例は観察されなかった。以上より、本実験条件内においては光の色の変化はウナギの遊泳エリア移動回数に影響を与えないことが明らかになった。

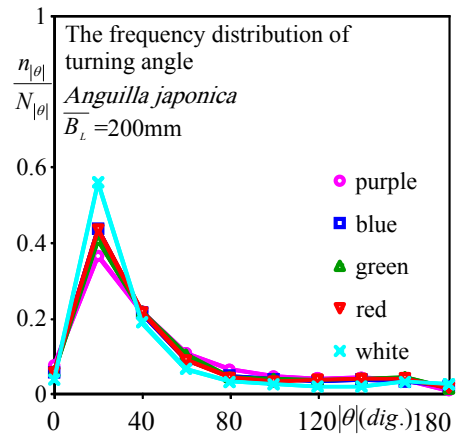


図-5 ウナギの屈折角度

4. おわりに

本研究は静止流体中で光の色を変化させ、ウナギの稚魚であるクロコウナギの遊泳特性に及ぼす影響について解明を試みたものである。その結果、明暗および光の色の変化がウナギの遊泳位置、側壁との距離、遊泳速度、屈折角度および遊泳エリア移動回数に与える影響は認められなかった。

ウナギの仔魚は負の走光性を有している<sup>1)</sup>という報告や、ウナギの稚魚でクロコウナギの前の成長段階であるシラスウナギの漁では光を利用して集めていることから光に反応して遊泳すると思われる。しかし、本実験条件では明確な傾向は確認されなかった。この原因としては次の2つが考えられる。まず、照度の値が小さいため遊泳行動に影響を与えるまでの刺激ではなかった可能性が挙げられる。また、一般に魚類は体長の増加にともなって視力も増加するとされている<sup>2)</sup>。そのため、ウナギの体長および成長段階により光が与える影響に差異が生じ、本実験条件では明確な変化が観察されなかったことが考えられる。

ウナギの生態は十分に解明されておらず、どのような要素が支配的であるかは不明である。今回は  $\bar{B}_L=200\text{mm}$  のクロコウナギを用いて実験を行った。今後、成長過程および体長や尾数、実験装置の大きさや照度、水温などの条件を変化させた研究の発展が望まれる。

謝辞：本実験を実施するにあたり実験魚を無償提供していただいた株式会社丸翔に謝意を表す。

参考文献

- 1) 友田努, 黒木洋明, 岡内正典, 鴨志田正晃, 今泉均, 神保忠雄, 野村和晴, 古板博文, 田中秀樹: ウナギ仔魚はマリンスノーの起源物質を摂取する, 日本水産学会誌, Vol.81, No.4, pp.715-721, 2015.
- 2) 宮城美加代, 秋山清二, 有元貴文: プリの視力の成長にともなう変化, 日本水産学会誌, Vol.67, No.3, pp.455-459, 2001.

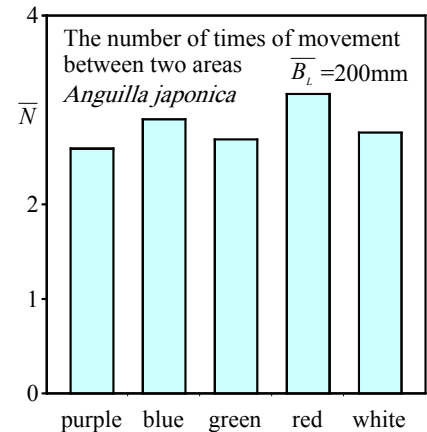


図-6 遊泳エリア平均移動回数