

杭水制の密度および明度を利用したウナギの誘導手法

九州工業大学大学院 学生会員

○窄友哉

九州工業大学大学院 正会員

鬼束幸樹

1. はじめに

杭水制は我が国の伝統的な水勢緩和法であり、魚類の外敵からの隠れ場所としても有用である。杭水制を利用すると推定されるニホンウナギは近年個体数が激減しており¹⁾²⁾、ニホンウナギが杭水制をより利用するように工夫することで種の保存に貢献できると考えられる。杭水制の利用率を高める方法として幾何学形状の変更や視覚等のニホンウナギの感覚を利用する方法が挙げられる。本研究では、静止流体中に杭水制を設置し、杭水制の間隔および明度を変化させることでニホンウナギの杭水制の利用率を向上させる方法を検討した。

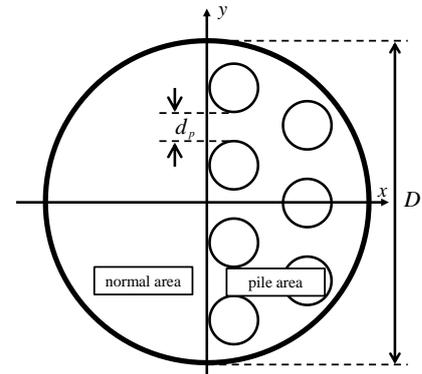


図-1 実験に用いたウナギ用魚道の概略図

2. 実験装置および実験条件

図-1 に本実験で用いた実験装置の概要を示す。実験には内径 $D=1.00\text{m}$ 、高さ 0.30m の円形プールを用いた。カルキ抜きした水道水を円形プールに挿入し水深を $h=0.03\text{m}$ とし、本実験の水温を 20°C に設定した。表-1 に実験条件を示す。実際の河川の杭水制の直径が $0.12\sim 0.15\text{m}$ であることを考慮し、本実験では杭水制を模した円柱の直径を 0.14m に設定した。円形プールを線対称に、normal area と pile area とに分割し、円柱の間隔 $d_p=20, 40, 60, 80$ および 100mm に変化させ、千鳥状に配置した。日本工業規格 JIS-Z-8721 による色相、明度、彩度の三属性を尺度化した表記方法に基づき、円柱の色の明度を N1, N3, N5, N7 および N9 まで変化させた。ここで N1 は黒、N9 は白を示す。また、プール中心を原点とし、normal area と pile area の境界線の垂直に x 軸、normal area と pile area の境界線と平行に y 軸を設定した。

本実験では平均体長 $\bar{L}_L=200\text{mm}$ の未成魚のニホンウナギを用いた。内径 0.15m 、高さ 0.2m の円筒金網をプール中心に設置し、その中にニホンウナギ未成魚を1尾挿入し、1分間馴致させた後に円筒金網を取り除いた。金網を取り除くと同時に、プール上方に設置した画素数 1440×1080 のビデオカメラを用いて撮影速度 30fps で3分間の撮影を行った。上記の実験を各ケースで15回、合計375回行った。撮影後、動画を1s刻みに分割した画像をもとにウナギの遊泳位置を解析し、ウナギの遊泳速度を算出した。

3. 実験結果および考察

(1) ウナギの遊泳位置

図-2(a)~(c)に normal area と pile area のウナギの遊泳エリア選択率 t_n/T および t_p/T を円柱の間隔 d_p 毎に示した図を円柱の色別に示す。全ケースにおいて normal area 選択率よりも pile area 選択率が高いことが確認される。同一色のケースにおいて、円柱の間隔の増加に伴い pile area 選択率は減少傾向を示す。同一間隔のケースにおいて、円柱の色が N1 から N9 に変化するのに伴い pile area 選択率は減少傾向を示す。以上より、いずれのケースにおいてもウナギが円柱付近を選択して遊泳することが判明した。また、円柱の間隔が狭く、明度が低いときに円柱付近を遊泳することが判明した。

(2) ウナギの屈曲角度

頭部と体の中心部を結んだ線と、体の中心部と尾鰭を結んだ線とのなす角 θ の絶対値を屈曲角度 $|\theta|$ と定義する。図-3(a), (b)に normal area と pile area の円柱の間隔 d_p 毎に屈曲角度 $|\theta|$ の頻度分布を円柱の色別に示す。図-3(a)(i), (ii)に着目すると、いずれのケースにおいても $10^\circ \leq |\theta| \leq 20^\circ$ に頻度が集中していることが確認された。また、円柱の間隔および色の変化による顕著な傾向は確認されなかった。以上より、円柱のない箇所において円柱の間隔および色の変化に関わらず、ウナギは体をあまり屈曲させずに遊泳することが判明した。

図-3(b)(i), (ii)に着目すると、いずれのケースにおいても $10^\circ \leq |\theta| \leq 30^\circ$ に頻度が集中しており、円柱の間隔の増

表-1 実験条件

Value	Interval of piles(mm)				
	20	40	60	80	100
N1	N1-2	N1-4	N1-6	N1-8	N1-10
N3	N3-2	N3-4	N3-6	N3-8	N3-10
N5	N5-2	N5-4	N5-6	N5-8	N5-10
N7	N7-2	N7-4	N7-6	N7-8	N7-10
N9	N9-2	N9-4	N9-6	N9-8	N9-10

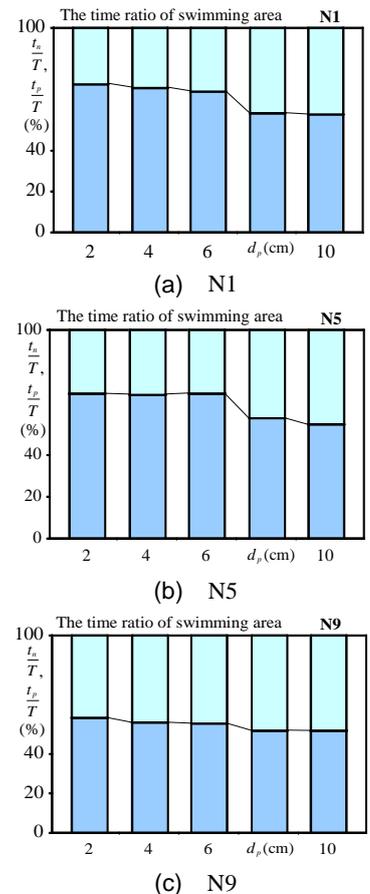


図-2 遊泳エリア選択比率

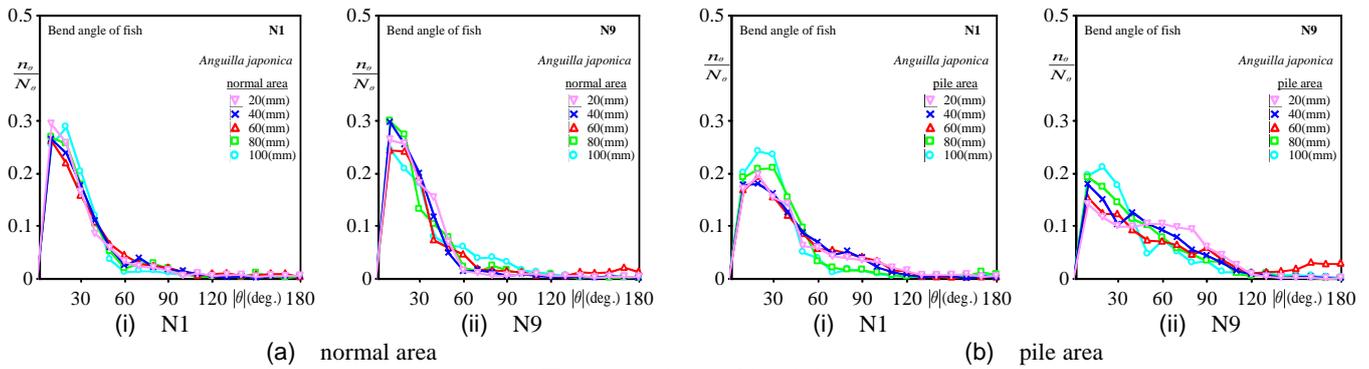


図-3 屈曲角度の頻度分布

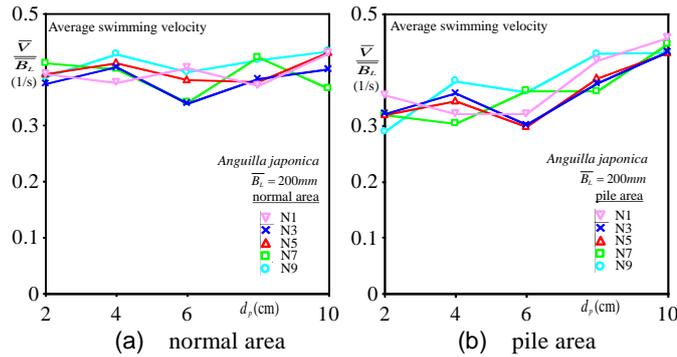


図-4 体長倍遊泳速度

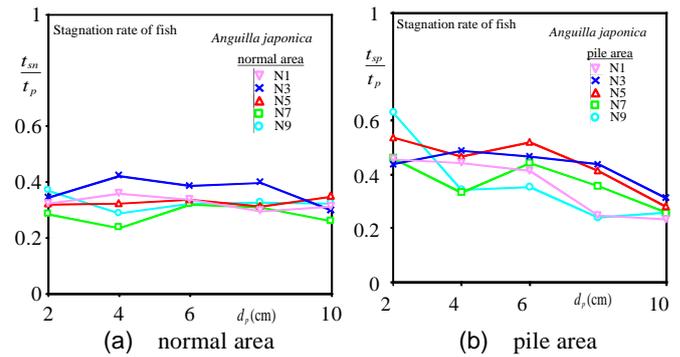


図-5 停滞率

加に伴い頻度のばらつきが少なくなる傾向が確認される。また、円柱の色が N1 から N9 に変化するのに伴い頻度のばらつきが少なくなり、 $10^{\circ} \leq \theta \leq 30^{\circ}$ に頻度が集中するようになることが確認される。以上より、円柱付近において円柱の間隔が狭く、円柱の色の明度が低いとき、ウナギが体をより屈曲させていることが確認された。これは、ウナギが円柱に沿って遊泳するようになったことが原因と推測される。

また、normal area と pile area を比較すると、いずれのケースにおいても normal area よりも pile area の方が頻度のばらつきが確認された。よって、円柱付近ではウナギが体をより屈曲させて遊泳することが判明した。

(3) ウナギの遊泳速度および停滞率

ウナギの平均遊泳速度 \bar{v} を平均体長 \bar{B}_L で除した体長倍遊泳速度 \bar{v} / \bar{B}_L を算出した。図-4(a), (b)に円柱の間隔 d_p と normal area および pile area における体長倍遊泳速度 \bar{v} / \bar{B}_L の関係を円柱の色別に示す。normal area に着目すると、いずれのケースにおいても円柱の間隔および色の変化に伴う体長倍遊泳速度の変化に顕著な傾向は観察されなかった。一方、pile area に着目すると、円柱の間隔の増加に伴い体長倍遊泳速度は増加傾向を示す。normal area と pile area を比較すると、円柱の間隔が狭いときに normal area よりも pile area の方がウナギの遊泳速度が遅くなることが確認された。

ウナギの 1s 間の移動距離がウナギの平均体長 \bar{B}_L の 0.2 倍以下である場合を停滞と定義した。図-5(a), (b)に円柱の間隔 d_p と normal area および pile area における停滞率 t_{sn} / t_n , t_{sp} / t_p の関係を円柱の色別に示す。normal area に着目すると、いずれの色においても円柱の間隔および色の変化に伴う停滞率の変化に顕著な傾向は観察されなかった。一方、pile area に着目すると、いずれの色においても円柱の間隔の増加に伴い停滞率は減少傾向を示した。normal area と pile area を比較すると、円柱の間隔が狭いときに normal area よりも pile area の方がウナギの停滞率が高くなることが確認された。

4. おわりに

本研究では、静止流体中に杭水制を模した円柱を設置し、円柱の間隔および円柱の明度を変化させ、ニホンウナギの杭水制の利用率を向上させる方法を検討した。その結果、以下の知見が得られた。

- (1)円柱の間隔および明度の変化に関わらず、ウナギは円柱付近を遊泳する割合が高くなる。
- (2)ウナギは円柱に沿うように遊泳する。
- (3)円柱の間隔が狭いときに遊泳速度は遅くなり、停滞率は高くなる。

謝辞：本研究で用いた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) 松井魁：シラスウナギの生態，水産増殖，Vol.6, No.4, pp.2-8, 1959.
 2) 環境省：レッドデータブック 2014 4 気水・淡水魚，2015.