

塩分濃度変化がウナギの遊泳特性に及ぼす影響

九州工業大学
九州工業大学大学院学生会員
学生会員○宮川智行
窄友哉九州工業大学大学院
九州工業大学大学院学生会員
正会員泉孝佑
鬼束幸樹

1. はじめに

世界の 19 種のウナギのうち, 8 種が国際保護連合の絶滅危惧種や準危惧種に指定され, ウナギの食文化は存続の危機に晒されている¹⁾. そのため, ウナギの生態や養殖に関する研究が進行しているが, 海洋および河川の特性変化がウナギの生態や遊泳特性に及ぼす影響について, 未解明な点が多い. 本研究では海水と同程度の塩分濃度 3.5% の水中で飼育したニホンウナギ (*Anguilla japonica*) を塩分濃度 0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5% の 8 通りの水中でそれぞれ遊泳させ, ウナギの遊泳特性の変化を調べた.

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 $D=1.00\text{m}$, 高さ $H=0.28\text{m}$ の円形プールを用いた. 表-1 に実験条件を示す. 実験に使用したニホンウナギの未成魚は平均体長 $\overline{B_L}=73\text{mm}$ であった. ウナギの飼育水の塩分濃度を 1 日ごとに 0% から 0.5% ずつ上昇させることにより 6 日かけてウナギを塩分濃度 $S_L'=3.0\%$ に馴致させた. その後, 塩分濃度 $S_L'=3.5\%$ で 8 日間飼育し, 計 14 日間ウナギを馴致させた. プール内の水は水深 $h=0.05\text{m}$, 塩分濃度 $S_L=0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5\%$ と 8 通りに設定し, それぞれウナギを馴致させた水との塩分濃度差は 3.5, 3.0, 2.5, 2.0, 1.5, 1.0, 0.5, 0% となっている. また, 以下ウナギを馴致させた塩分濃度 S_L' の水を飼育水 ($S_L'=3.5\%$), 実験に使用する 8 通りの塩分濃度 S_L の水を環境水 ($S_L \leq 3.5\%$) と定義する.

内径 0.15m, 高さ 0.2m の円筒金網をプールの中心に設置した. 円筒金網内にウナギを 1 尾挿入後, 円筒金網を取り除きプール上方に設置した画素数 1440×1080, 撮影速度 30fps のビデオカメラを用いてウナギの遊泳挙動を実験時間 $T=300\text{s}$ 間撮影した. 上記の実験を 8 ケースそれぞれ 15 回, 計 120 回行った. 撮影した動画を 0.5s 刻みに画像とし, 画像から読み取れるウナギの遊泳位置をプロットすることでウナギの遊泳距離, 遊泳速度, 停滞率, エリア別滞在頻度分布を算出した.

3. 実験結果および考察

(1) 遊泳距離

図-2 にウナギの総遊泳距離 L の平均値 $\overline{L}$ をウナギの平均体長 $\overline{B_L}=73\text{mm}$ で除した値を体長倍総遊泳距離 $\overline{L}/\overline{B_L}$ と定義する. ウナギの体長倍総遊泳距離 $\overline{L}/\overline{B_L}$ と塩分濃度 S_L との関係を示す. 塩分濃度の増加に伴い体長倍総遊泳距離 $\overline{L}/\overline{B_L}$ が増加している.

ウナギが体を左右に蛇行させた回数 n_t を実験時間 $T=300\text{s}$ で除した値を振動数 n_t/T と定義する. 図-3 にウナギの振動数 n_t/T と塩分濃度 S_L との関係を示す. 塩分濃度の増加に伴い振動数 n_t/T が増加している.

以上より, 飼育水 ($S_L'=3.5\%$) と環境水 ($S_L \leq 3.5\%$) の塩分濃度差の減少に伴い, ウナギは体を左右に素早く振動させて長い距離を遊泳する傾向がある. 飼育水 ($S_L'=3.5\%$) と環境水 ($S_L \leq 3.5\%$) との塩分濃度の差が減少するとウナギの体に加わる負荷が小さくなるため, ウナギはより体を振動させ長い距離を遊泳したと考えられる.

(2) 遊泳速度変化

ウナギの 15 秒ごとの遊泳速度 V の平均値 $\overline{V_m}$ を個体間で平均した値をウナギの平均遊泳速度 $\overline{V_m}$ とする. 図-4 にウナギの平均遊泳速度 $\overline{V_m}$ をウナギの体長 $\overline{B_L}$ で除した平均体長倍遊泳速度 $\overline{V_m}/\overline{B_L}$ をそれぞれ塩分濃度

TOP VIEW

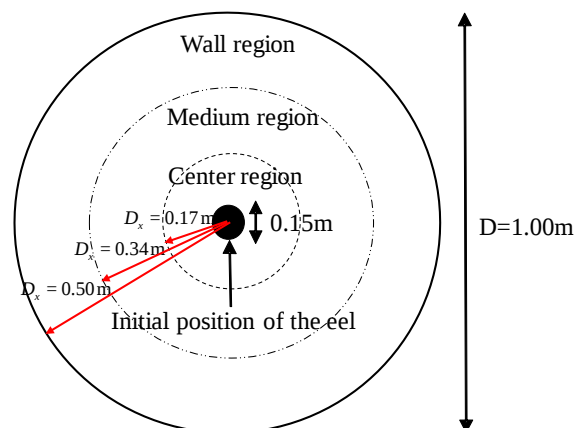


図-1 実験に用いたプールの概要

表-1 実験条件

case name	initial salinity of water	experimental salinity of water
C-0	3.5%	0%
C-0.5		0.5%
C-1.0		1.0%
C-1.5		1.5%
C-2.0		2.0%
C-2.5		2.5%
C-3.0		3.0%
C-3.5		3.5%

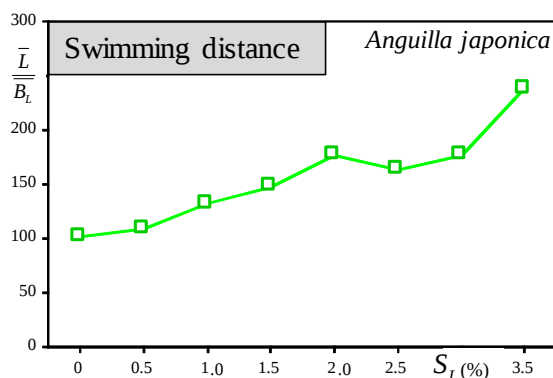


図-2 体長倍総遊泳距離

S_L ごとに示した. 全ケースにおいて, 平均体長倍遊泳速度 $\bar{V}_m/\bar{B}_L$ は $0 \leq t < 30$ s で概ね最大値となり, $30 \leq t < 90$ s で時間経過に伴い減少し $t=90$ s で概ね最小値となった. 飼育水 S_L' と同値である塩分濃度 $S_L=3.5\%$ のケースがその他のケースと同じ傾向を示したため塩分濃度の変化による傾向ではないことが考えられる. ウナギを飼育水からプール内に挿入したことがウナギへの刺激となり $0 < t < 30$ s でウナギは遊泳速度を一時的に上昇させたことが考えられる. また, 全ケースにおいて $t > 90$ s では時間経過による顕著な変化は確認できなかった. また, 塩分濃度 S_L の増加に伴い概ね平均体長倍遊泳速度 $\bar{V}_m/\bar{B}_L$ は増加傾向にあった.

以上より, ウナギが飼育水から環境水へ移動した直後を除き時間経過に伴うウナギの平均体長倍遊泳速度 $\bar{V}_m/\bar{B}_L$ の変化は顕著でない. また, 飼育水 ($S_L'=3.5\%$) と環境水 ($S_L \leq 3.5\%$) の塩分濃度差の減少に伴い, 平均体長倍遊泳速度 $\bar{V}_m/\bar{B}_L$ は増加する傾向にある.

(3) 停滞率

図-5 にウナギの平均停滞時間 $\bar{T}_s$ を実験時間 $T=300$ s で除した値である平均停滞率 $\bar{T}_s/T$ を塩分濃度 S_L ごとに示す. この時, ウナギの平均停滞時間 $\bar{T}_s$ はウナギが体長倍瞬間遊泳速度 $V_m/\bar{B}_L < 0.1(1/s)$ で遊泳した時間の合計値の平均値である. 塩分濃度 S_L の増加に伴い平均停滞率 $\bar{T}_s/T$ が概ね減少している. 飼育水 ($S_L'=3.5\%$) と環境水 ($S_L \leq 3.5\%$) の塩分濃度差の減少に伴い, ウナギの体に加わる負荷が小さくなるため, ウナギは遊泳を盛んに行い停滞する時間が短くなったと考えられる.

(4) エリア別滞在頻度分布

図-1 に示すようにプールの中心からの距離 $0 < Dx < 0.17$ m, $0.17 < Dx < 0.34$ m, $0.34 < Dx < 0.50$ m の範囲をそれぞれ, Wall region, Medium region および Center region とプールを3つの領域に区切った. 図-6 にウナギのエリア別滞在率を頻度分布とし, 塩分濃度 S_L ごとに示した. 全ケースにおいてウナギの Wall region での滞在時間は Medium region および Center region での滞在時間を大きく上回っている. 塩分濃度 S_L の増加に伴いウナギの Wall region での滞在率が概ね増加する傾向が確認できる. また, Medium region でのウナギの滞在率において, 塩分濃度 S_L の変化による顕著な傾向は見られなかった. 飼育水 ($S_L'=3.5\%$) と環境水 ($S_L \leq 3.5\%$) の塩分濃度差の減少に伴い, ウナギはプールの壁に沿って周回する頻度が多い傾向にあったため, 側壁を遊泳する割合が側壁以外を遊泳する割合に比べ大きくなったと考えられる.

4. おわりに

本研究は塩分濃度 3.5%に馴致したニホンウナギ未成魚を使用しプール内の塩分濃度を 3.5%以下の範囲で系統的に変化させ, ニホンウナギ未成魚の遊泳特性に及ぼす影響を解明したものである. その結果, 以下の知見を得た.

- (1) ニホンウナギ未成魚は飼育水と環境水の塩分濃度差の減少に伴い, 体をより素早く蛇行させながら長い距離を遊泳し, 停滞する時間が短くなる.
- (2) 飼育水と環境水の塩分濃度差の減少に伴いウナギの遊泳速度は増加する. また, ウナギが飼育水から環境水へ移動した直後を除き, 時間経過に伴うウナギの遊泳速度の変化は顕著でない.

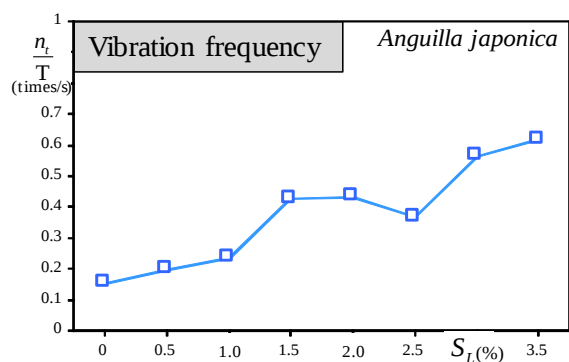


図-3 振動数

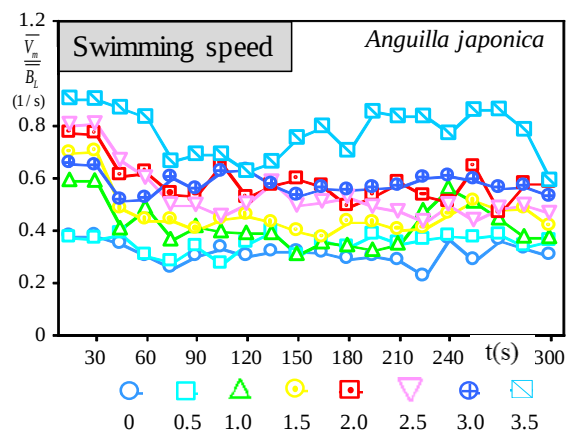


図-4 平均遊泳速度の時間による推移

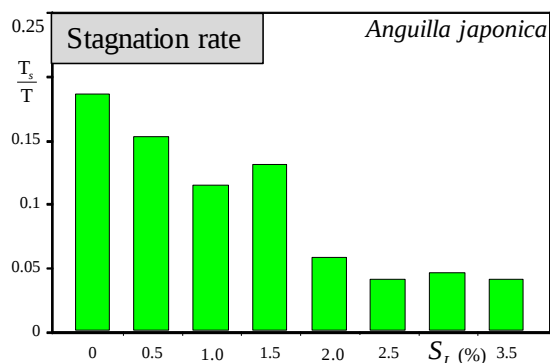


図-5 停滞率

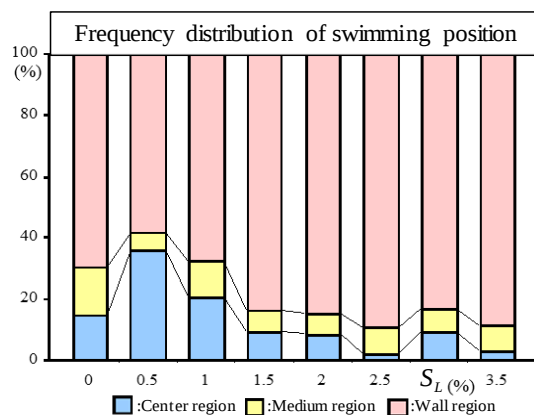


図-6 エリア別滞在頻度分布

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) 塚本勝巳: 水産研究における対象生物種と保全意識, 日本水産学会誌, 第81巻, 第5号, p.787, 2015.