

ウナギ用魚道内の横断勾配および流速の変化が

ニホンウナギの遡上特性に及ぼす影響

九州工業大学大学院 学生会員

○田島 怜太

九州工業大学大学院 正会員

鬼束 幸樹

1. はじめに

河川にダムや堰等が建設されると魚類等の遡上や降下が困難になるため、その改善策として魚道の併設が挙げられる。しかし、魚道の研究においてウナギ等の底生魚を対象とした例は少ない。Gosset *et al.*¹⁾はウナギ用魚道 $B = 0.8\text{m}$ に横断勾配を与えると、ヨーロッパウナギ(*Anguilla anguilla*)の遡上を促すと指摘した。このことからウナギ用魚道に横断勾配を設けることが望ましいと考えられる。また、国内において台形断面の魚道が設置された後にウナギの遡上が確認された²⁾ことから、魚道の両岸に横断勾配を設けることでウナギの遡上率の向上が見込まれる。

本研究では、ウナギ用魚道の両岸に設けた斜面の横断勾配と流速を変化させ、ニホンウナギ(*Anguilla japonica*)の遡上特性に及ぼす影響を比較、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断面図を示す。実験には水路長 $L = 3.0\text{m}$ 、幅 $B = 0.8\text{m}$ の開水路を用い、内部にウナギ用魚道を設置した。上流端から0.5mの領域をupstream area、下流端から0.5mの領域をdownstream areaとした。ウナギ用魚道は長さが2.0m、幅が0.26mの底面の両岸に横断方向に斜面部を配置した構造になっており底面および斜面部には直径 $D = 15\text{mm}$ 、芝丈 $h_b = 50\text{mm}$ のブラシ束を間隔 $d_b = 14\text{mm}$ で千鳥状に配置した。横断方向斜面の勾配の変化によって斜面部に設置したブラシ束の間隔や個数が変化しないよう斜面部の横断方向の幅を0.26mに固定した結果、魚道の両岸端を横断方向に直線で結んだ長さである魚道幅 B_f は0.772, 0.748, 0.710および0.658mとなった。

表-1に実験条件を示す。斜面部の横断勾配を $\theta = 0, 10, 20, 30$ および 40° の5通り、体長倍流速を $U_m/\overline{B_L} = 1, 2, 3$ および $4(1/\text{s})$ の4通りに変化させた合計20ケースの実験を行った。

実験には平均体長 $\overline{B_L} = 200\text{mm}$ のニホンウナギを用いた。魚道中央に一边0.26mの正方形金網を設置し、ニホンウナギ($N=20$ 尾)を挿入した。挿入後60s間馴致した後に金網を取り除くと同時に、水路上部に設置した画素数 1440×1080 、撮影速度30fpsのビデオカメラを使用してウナギの挙動を10分間撮影した。撮影後、動画を1s刻みに分割し、ウナギの遊泳位置を解析するとともに、upstream areaに到達したウナギおよびdownstream areaに降下したウナギの尾数をカウントした。

3. 実験結果および考察

(1) ウナギの遡上率

upstream areaに到達した尾数 n_u を実験に用いた尾数 N で除した遡上率 n_u/N を算出した。図-2に斜面部の横断勾配 θ と遡上率 n_u/N との関係を保体長倍流速 $U_m/\overline{B_L}$ 別に示す。横断勾配 θ の変化に着目すると、横断勾配 θ の変化に伴うウナギの遡上率 n_u/N に顕著な変化は見られない。また、体長倍流速 $U_m/\overline{B_L}$ の変化に着目すると、体長倍流速 $U_m/\overline{B_L}$ の変化に伴うウナギの遡上率 n_u/N の変化に顕著な傾向は見られない。ただし、横断勾配 $\theta = 0^\circ$ すなわち横断勾配のな

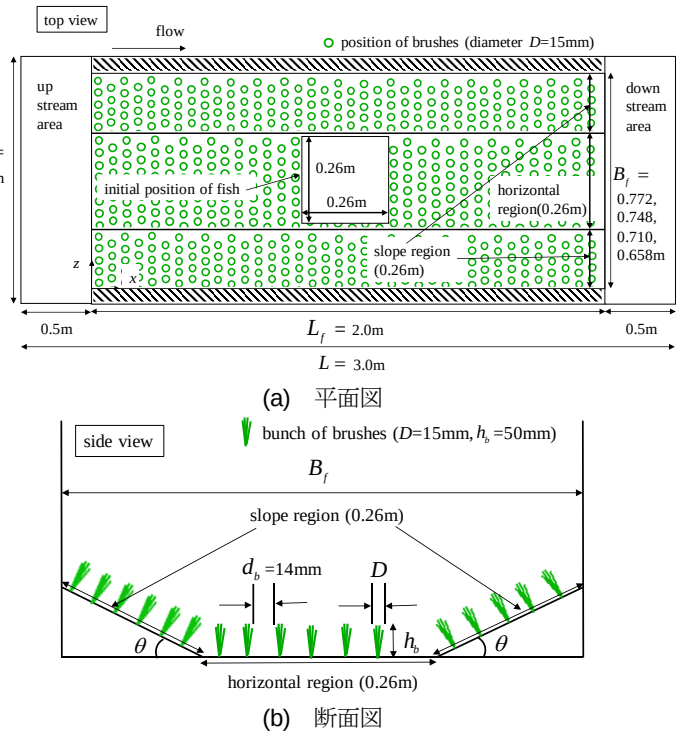


図-1 実験装置の概略図

表-1 実験条件

Lateral slope θ (deg.)		0	10	20	30	40
$U_m/\overline{B_L}$ (1/s)	1	A0-1	A10-1	A20-1	A30-1	A40-1
	2	A0-2	A10-2	A20-2	A30-2	A40-2
	3	A0-3	A10-3	A20-3	A30-3	A40-3
	4	A0-4	A10-4	A20-4	A30-4	A40-4

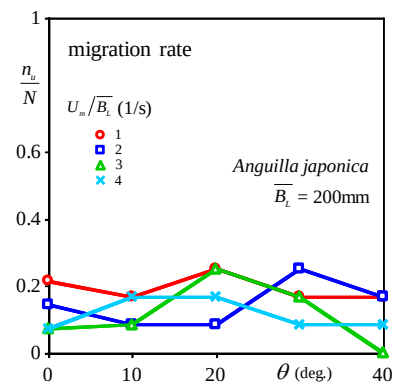


図-2 ウナギの遡上率

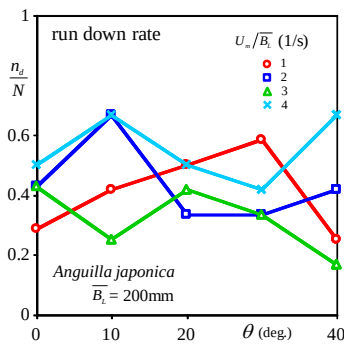


図-3 ウナギの降下率

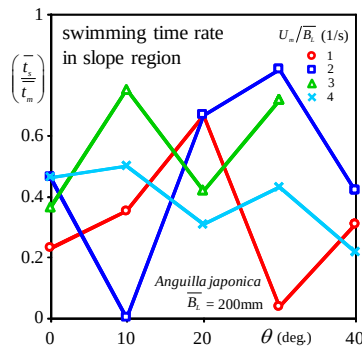


図-4 ウナギの斜面部遊泳比率

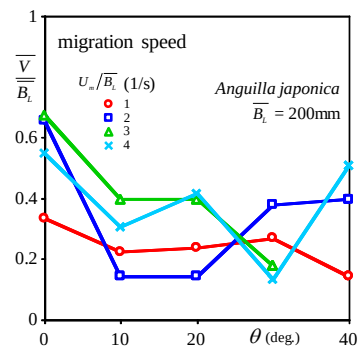


図-5 ウナギの遡上速度

い場合は体長倍流速 $U_m/\overline{B_L}$ の増加に伴ってウナギの遡上率 n_u/N は減少傾向である。このことから、体長倍流速 $U_m/\overline{B_L} = 1-4(1/s)$ の範囲において横断勾配がある場合は流速の増加がウナギの遡上率に与える影響が少ないことが示唆される。

(2) ウナギの降下率

downstream area に降下した尾数 n_d を実験に用いた尾数 N で除した降下率 n_d/N を算出した。図-3 に斜面部の横断勾配 θ と降下率 n_d/N との関係を体長倍流速 $U_m/\overline{B_L}$ 別に示す。横断勾配 θ の変化に着目すると、横断勾配 θ の変化に伴うウナギの降下率 n_d/N に顕著な変化は見られない。また、体長倍流速 $U_m/\overline{B_L}$ の変化に着目すると、体長倍流速 $U_m/\overline{B_L}$ の変化に伴うウナギの降下率 n_d/N の変化に顕著な傾向は見られない。

(3) ウナギの斜面部遊泳比率

upstream area に到達したウナギにおいて、斜面部を遊泳した時間 t_s を遡上に要した時間 t_m で除しウナギの斜面遊泳時間比率 t_s/t_m を算出した。upstream area に到達したそれぞれのウナギの斜面遊泳時間比率 t_s/t_m を算出した後、ウナギの平均斜面遊泳時間比率 $(\overline{t_s/t_m})$ を算出した。図-4 に斜面部の横断勾配 θ とウナギの平均斜面遊泳時間比率 $(\overline{t_s/t_m})$ との関係を体長倍流速 $U_m/\overline{B_L}$ 別に示す。横断勾配 θ の変化に着目すると、横断勾配 θ の変化に伴うウナギの平均斜面遊泳時間比率 $(\overline{t_s/t_m})$ に顕著な変化は見られない。体長倍流速 $U_m/\overline{B_L}$ の変化に着目すると、体長倍流速 $U_m/\overline{B_L} = 1$ および $2(1/s)$ の場合と比較して体長倍流速 $U_m/\overline{B_L} = 3$ および $4(1/s)$ の場合は、横断勾配 θ の変化に関わらず概ねウナギの平均斜面遊泳時間比率 $(\overline{t_s/t_m})$ が高い傾向である。これは、流速が遅い場合と比較して流速が速い場合はウナギが魚道内の斜面部を遊泳している時間が長いことを表している。

(4) ウナギの遡上速度

図-5 に斜面部の横断勾配 θ とウナギの平均遡上速度 $\overline{V}$ を平均体長 $\overline{B_L}$ で除したウナギの体長倍遡上速度 $\overline{V}/\overline{B_L}$ との関係を体長倍流速 $U_m/\overline{B_L}$ 別に示す。横断勾配 θ の変化に着目すると、横断勾配 θ の変化に伴うウナギの体長倍遡上速度 $\overline{V}/\overline{B_L}$ に顕著な変化は見られない。一方、体長倍流速 $U_m/\overline{B_L}$ の変化に着目すると、体長倍流速 $U_m/\overline{B_L} = 1$ および $2(1/s)$ の場合と比較して体長倍流速 $U_m/\overline{B_L} = 3$ および $4(1/s)$ の場合は横断勾配 θ の変化に関わらず概ねウナギの体長倍遡上速度 $\overline{V}/\overline{B_L}$ が速い傾向である。これは、ウナギは流速が速い場合に下流へ流されるのを防ぐため、迅速に上流側へ遡上することを試みた結果、流速が遅い場合と比較して体長倍遡上速度 $\overline{V}/\overline{B_L}$ が速くなったものと考えられる。

4. おわりに

本研究ではウナギ用魚道の斜面部の横断勾配および流速の変化が平均体長 $\overline{B_L} = 200\text{mm}$ のニホンウナギの遡上特性に及ぼす影響についての解明を試みた。その結果、以下の知見が得られた。

- (1) 体長倍流速 $U_m/\overline{B_L} = 1-4(1/s)$ の範囲では、横断勾配がある場合は流速の増加がウナギの遡上率に与える影響が少ないことが示唆される。
- (2) ウナギは体長倍流速 $U_m/\overline{B_L} = 3$ および 4 の場合は体長倍流速 $U_m/\overline{B_L} = 1$ および 2 の場合と比較して、ウナギ用魚道内において斜面部を遊泳する時間が長い。
- (3) 斜面部の横断勾配の変化に関わらず、体長倍流速 $U_m/\overline{B_L} = 3$ および 4 の場合は体長倍流速 $U_m/\overline{B_L} = 1$ および 2 の場合と比較して、ウナギの体長倍遡上速度が速い傾向にある。

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) Gosset, C., Larinier, M., Porcher, J.P. and Travade, F.: 魚道及び降下対策の知識と設計(リバーフロント整備センター翻訳・編), リバーフロント整備センター, pp.322-323, 1996.
- 2) 安田陽一, 大津岩夫, 高橋正行, 三村進二, 原口哲幸: 長崎県千綿川に設置された台形断面魚道の特徴と魚道設置の効果, 河川技術論文集, 第 11 巻, pp.435-440, 2005.