

ウナギ用魚道の底面形状変化がウナギの遡上特性に及ぼす影響

九州工業大学 学生会員

○中村大地

九州工業大学大学院 正会員

鬼束幸樹

1. はじめに

近年、河川におけるニホンウナギ(*Anguilla japonica*)の個体数は激減しており、絶滅の一途を辿っている。その要因の一つに、取水堰や落差工等の河川横断構造物が水域の連続性を断つことでウナギの遡上が阻害されていることが指摘されている。したがって、河川の連続性を確保する魚道の設置が必要となる。ウナギ用魚道では、魚道底面にブラシ束や円柱突起物などを設置した研究例があるものの、ウナギの遡上に最適な底面形状については解明されていない¹⁾。

本研究では、ウナギ用魚道の底面形状と流量を系統的に変化させ、ウナギの遡上特性に及ぼす影響を解明した。

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。長さ $L_x=0.3\text{m}$ 、幅 $B_x=0.5\text{m}$ 、高さ $H_y=0.5\text{m}$ の 2 つの水槽が、魚道幅 $B=0.3\text{m}$ 、魚道長 $L=1.0\text{m}$ 、側壁高さ $\Delta H=0.3\text{m}$ の木製魚道によって連結されている。水深は $h=0.30\text{m}$ に設定した。図-2 に本実験で用いたブラシ束、粗石および円柱突起物の配置図と立体網目状マットを示す。ブラシ束、粗石および円柱突起物はいずれも千鳥状に配置し、直径 $D=15\text{mm}$ 、間隔 $d=10\text{mm}$ とした。また、立体網目状マットは密度 $\rho=55\text{kg/m}^3$ とした。これは、既往の研究においてウナギの遡上率が高い傾向にあった配置を選択した。また、流下方向に x 軸、横断方向に z 軸をとった。

表-1 に実験条件を示す。ウナギ用魚道の底面をブラシ束、立体網目状マット、粗石および円柱突起物の 4 通りに変化させると共に、流量を $Q=220, 440, 660$ および $880(\text{ml/s})$ の 4 通りに変化させ、合計 16 通りの実験を行った。また、実験時の水温を 20°C とした。

下流側水槽に平均体長 $\bar{L}_t=250\text{mm}$ のウナギ未成魚 20 尾 ($N=20$) を挿入し、30 分間の遡上実験を行った。実験の様子を魚道上部に設置した画素数 1440×1080 、撮影速度 30fps のビデオカメラを用いて撮影した。撮影後、 0.5s ごとに分割した画像を基にウナギの遊泳位置を解析し、遡上数をカウントした。

3. 実験結果および考察

(1) ウナギの遡上率

下流側水槽から上流側水槽に遡上したウナギの尾数をウナギの遡上数 N_m とし、実験に用いたウナギの尾数 N で除すことにより遡上率 N_m/N を算出した。図-3 に流量 Q とウナギの遡上率 N_m/N の関係を底面別に示す。いずれの底面においても、流量 Q の増加に伴いウナギの遡上率 N_m/N に増加傾向が見られる。また、底面別に着目すると、魚道底面に円柱突起物を用いた場合にウナギの遡上率が最も高くなっている。このことから、ウナギは遡上を行う際に円柱突起物を用いることによって高い遡上率を示すことが示唆される。

(2) ウナギの遡上成功率

ウナギの遡上数 N_m を、遡上を試みたウナギの尾数 N_c で除した値を遡上成功率 N_m/N_c として算出した。図-4 に流量 Q と遡上成功率 N_m/N_c との関係を魚道底面別に示す。いずれの魚道底面においても、流量 Q の増加に伴い遡上成功率に増加傾向が見られる。これは、流量増加に伴う流速の増加に対し、流されずに遡上できるウナギが主に魚道内に進入したため、遡上成功率 N_m/N_c は増加したと考えられる。魚道底面の変化に着目すると、立体網目状マットを用いた場合に遡上成功率が最も高くなっている。これは、立体網目状マットは冠水していなかったためウナギは魚道内で流量による影響を受けず、魚道内部で流れによって押し戻されなかったことが原因と考えられる。

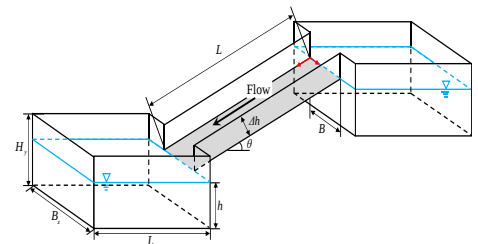
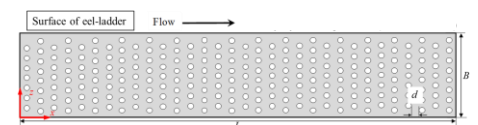


図-1 実験に用いたウナギ用魚道の概要



(a) 配置図



(b) 立体網目状マット

図-2 魚道底面

表-1 実験条件

Discharge $Q(\text{ml/s})$	The bottom of eel-ladder			
	Bunches of brushes	Mesh mat	Boulders	Cylindrical protrusions
220	Br-220	Me-220	Bo-220	Pr-220
440	Br-440	Me-440	Bo-440	Pr-440
660	Br-660	Me-660	Bo-660	Pr-660
880	Br-880	Me-880	Bo-880	Pr-880

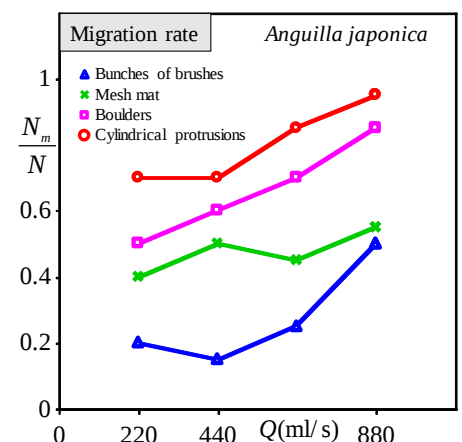


図-3 ウナギの遡上率

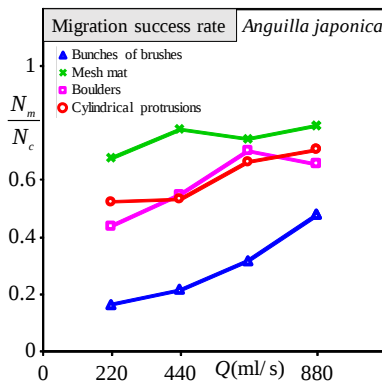


図-4 ウナギの遡上成功率

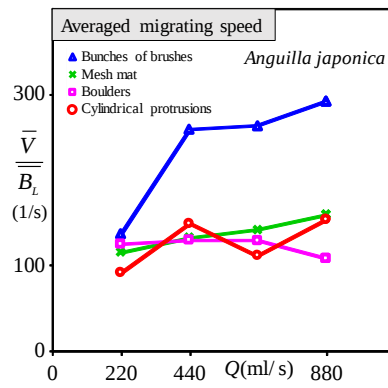


図-5 ウナギの平均遡上速度

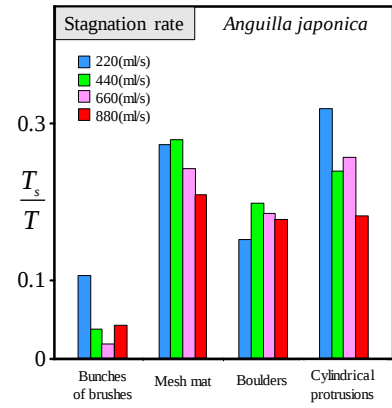


図-6 ウナギの停滞率

(3) ウナギの遡上速度

ウナギの平均遡上速度 $\bar{V}$ を平均体長 $\bar{B}_L = 250\text{mm}$ で除した値を体長倍平均遡上速度 $\bar{V}/\bar{B}_L$ (1/s) として算出した. 図-5 に流量 Q と遡上速度 $\bar{V}/\bar{B}_L$ との関係を図道底面別に示す. 魚道底面にブラシ束を用いた場合においては, 流量 Q の増加に伴い遡上速度 $\bar{V}/\bar{B}_L$ は増加しているが, その他の魚道底面を用いた場合には流量 Q の変化に伴う顕著な傾向は見られない. これは, ブラシ束ではウナギが身体を巻き付けて遡上することが困難であったために, 流量の増加に伴う流速の増加に対し, 遡上速度 $\bar{V}/\bar{B}_L$ を増加させて遡上を試みたことが原因と考えられる.

(4) ウナギの停滞率

ウナギが体長倍平均遡上速度 $\bar{V}/\bar{B}_L = 0.25(1/s)$ で遡上した合計時間 T_s (s) を, 遡上時間 T (s) で除した値を停滞率 T_s/T として算出した. 図-6 に流量 Q と停滞率 T_s/T との関係を図道底面別に示す. 流量 Q の変化に着目すると, 流量 Q の増加に伴い停滞率 T_s/T に減少傾向が見られる. 魚道底面の変化に着目すると, ブラシ束を用いた場合に停滞率 T_s/T が著しく低くなっている. 流量増加に伴う流速の増加に抵抗することができず, 魚道内で停滞するウナギの尾数は減少していくと考えられ, 特にブラシ束ではウナギが身体を巻き付けることが困難であったため, 停滞率は低い値となったと考えられる.

(5) ウナギの到達高さ

魚道の縦断方向 0.25m 間隔ごとの到達高さ H_c に達したウナギの尾数を算出した. 図-7 に流量 Q 別の到達高さ H_c に達したウナギの尾数を遡上を試みたウナギの尾数で除し, それぞれ魚道底面別に示す. 流量 Q の変化に着目すると, 魚道底面にブラシ束, 粗石および円柱突起物を用いた場合においては, 流量 Q の増加に伴い到達高さ $H_c = 0 \sim 0.25\text{m}$ の割合が減少し $H_c = 0.75 \sim 1\text{m}$ の割合が増加している. 一方, 立体網目状マットを用いた場合には, 流量 Q の変化に伴う到達高さ H_c への顕著な傾向は見られない. 魚道底面の変化に着目すると, ブラシ束を用いた場合において, その他の魚道底面を用いた場合と比較して到達高さ $H_c = 0.25 \sim 0.75$ の割合が高くなっている.

4. おわりに

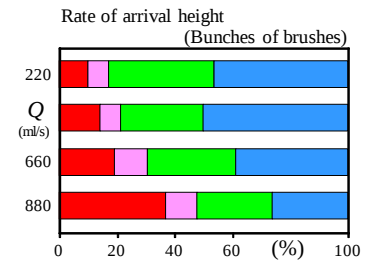
本研究は, ウナギ用魚道の底面と流量を系統的に変化させ, ウナギ未成魚(平均体長 $\bar{B}_L = 250\text{mm}$)の遡上特性に及ぼす影響を解明したものである. その結果, 以下の知見を得た.

- (1) いずれの魚道底面を用いた場合においても, 流量の増加に伴い遡上率および遡上成功率は増加する.
- (2) 魚道底面に円柱突起物を用いた場合, 最も高い遡上率が得られる.
- (3) 魚道底面に立体網目状マットを用いた場合, 遡上率, 遡上成功率, 遡上速度および到達高さにおいて, 流量の変化に伴い一定の傾向が得られる.

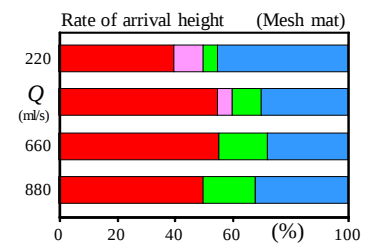
謝辞: 本研究で用いた実験魚を無償提供していただいた株式会社丸翔に謝意を表す.

参考文献

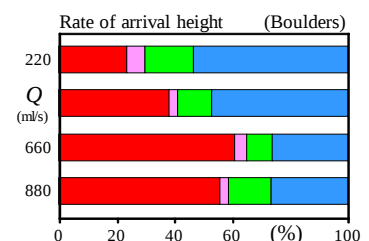
- 1) Solomon, D.J. and Beach, M.H.: Fish pass design for eel and elver (*Anguilla anguilla*), R&D Technical Report W2-070/TR, 2004.



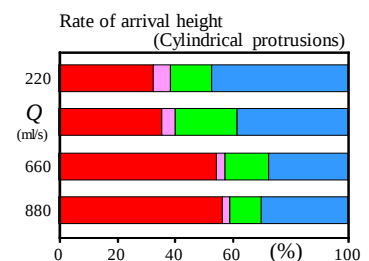
(a) ブラシ束



(b) 立体網目状マット



(c) 粗石



(d) 円柱突起物

H_c (m): ■ 0-0.25 ■ 0.25-0.5 ■ 0.5-0.75 ■ 0.75-1

図-7 ウナギの到達高さ