

ウナギ用魚道の入口幅とウナギの遡上特性との関係について

九州工業大学 学生会員

○夏山健斗

九州工業大学大学院 正会員

鬼束幸樹

1. はじめに

ニホンウナギ(*Anguilla japonica*)は個体数が近年激減している。その要因として河川にダムや堰などの河川横断構造物が設置されたことでウナギの遡上が困難になったことが挙げられる¹⁾。欧米ではウナギの遡上を促すことを目的とし、河川横断構造物にウナギ用魚道を設置する試みが行われている²⁾。ウナギは正の向流性を有しており、魚道入口付近で流れを感知することにより遡上意欲を向上させ遡上する。ゆえに、魚道入口付近の流速を増大させることでウナギの遡上活動は活発化される。魚道入口付近における流速を増大させる方法の一つとして、魚道入口の幅を縮小させることが挙げられる。しかし、魚道入口の幅が極めて小さいと、魚道内に進入するための空間が小さくなりウナギの遡上が阻害される恐れがある。よって、ウナギが遡上するのに適した魚道入口の幅は不明である。本研究ではウナギ用魚道の入口幅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 $L_x=0.5\text{m}$ 、幅 $B_x=0.7\text{m}$ 、高さ $H_y=0.5\text{m}$ の2つの水槽が、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 $h=0.10\text{m}$ に設定した。図-2に示すように、突起物は直径 $D=15\text{mm}$ 、高さ $h_p=50\text{mm}$ のポリ塩化ビニル製突起物を $d=15\text{mm}$ の間隔で千鳥状に魚道内に配置した。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方法である³⁾。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。ウナギ用魚道の入口幅 B_e はヨーロッパウナギ用に多く用いられている $0.3(\text{m})$ を最大値とし^{4),5)}、 0.2 、 $0.1(\text{m})$ と3通りに変化させると共に、流量を $Q=220, 440, 660, 880$ および $1200(\text{ml/s})$ の5通りに変化させ、合計15通りの実験を行った。なお、魚道出口の幅は $0.3, 0.4, 0.5(\text{m})$ とし、すべてのケースにおいて魚道の面積を等しくした。実験時の水温を 20°C とした。

下流側水槽に平均体長 $B_L=200\text{mm}$ 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、 1.0s 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到達したウナギの尾数をウナギの遡上数 N_m とした。ウナギの遡上数 N_m と実験に用いたウナギの尾数 N との比を遡上率 N_m/N とし、図-3に流量 Q との関係を魚道入口幅 B_e 別に示す。いずれの魚道入口幅 B_e 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、流量 $Q=220, 440(\text{ml/s})$ の場合、魚道入口幅 B_e 減少に伴い遡上率 N_m/N に増加傾向が見られた。

(2) ウナギの遡上挑戦率

遡上を試みたウナギの尾数をウナギの遡上挑戦数 N_c とした。ウナギの遡上挑戦数 N_c と実験に用いたウナギの尾数 N との比を遡上挑戦率 N_c/N とし、図-4に流量 Q との関係を魚道入口幅 B_e 別に示す。いずれの魚道入口幅 B_e においても、流量 Q の増加に伴い遡上挑戦率 N_c/N に増加傾向が見られる。これは、流量の増加に伴いウナギが魚道入口を認知しやすくなった為と考えられる。魚道入口幅 $B_e=0.1(\text{m})$ において、 $0.3, 0.2(\text{m})$ と比較すると、遡上挑戦率 N_c/N が低くなっている。魚道入口幅 $B_e=0.1(\text{m})$ では他のケースと比較して魚道入口付近における流速が大きくなるため、ウナギは魚道内に進入することが困難になったと考えられる。

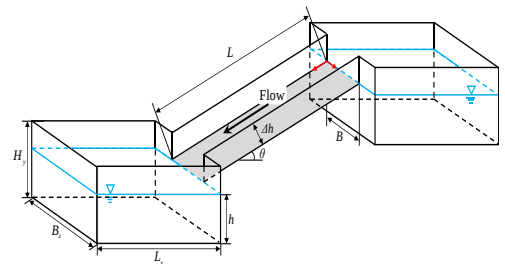
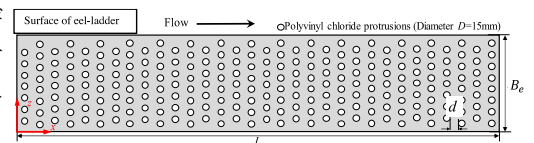
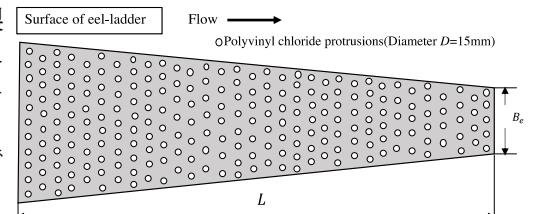


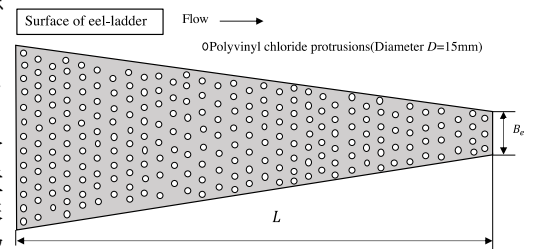
図-1 実験に用いたウナギ用魚道の概要



(a) $B_e=0.3(\text{m})$



(b) $B_e=0.2(\text{m})$



(c) $B_e=0.1(\text{m})$

図-2 魚道底面

表-1 実験条件

魚道入口幅 $B_e(\text{m})$	流量 $Q(\text{ml/s})$				
	220	440	660	880	1200
0.3	Be0.3-220	Be0.3-440	Be0.3-660	Be0.3-880	Be0.3-1200
0.2	Be0.2-220	Be0.2-440	Be0.2-660	Be0.2-880	Be0.2-1200
0.1	Be0.1-220	Be0.1-440	Be0.1-660	Be0.1-880	Be0.1-1200

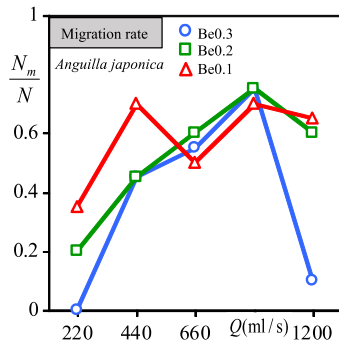


図-3 ウナギの遡上率

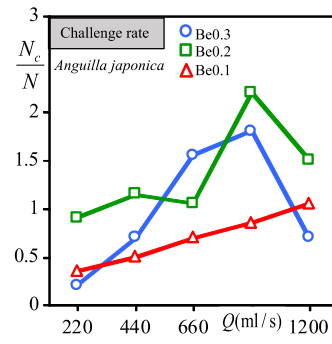


図-4 ウナギの遡上挑戦率

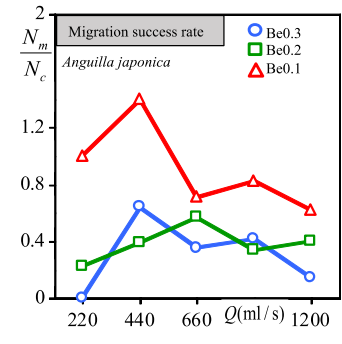


図-5 ウナギの遡上成功率

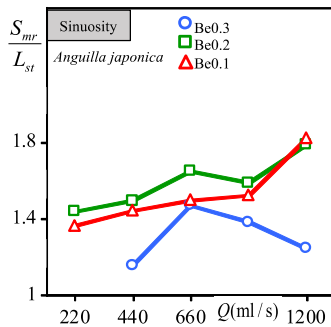


図-6 ウナギの蛇行度

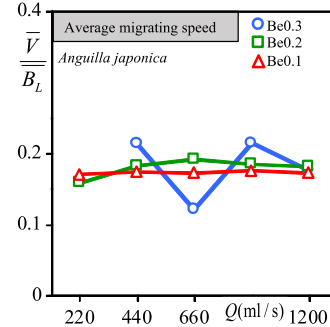


図-7 ウナギの平均遡上速度

(3) ウナギの遡上成功率

ウナギの遡上数 N_m とウナギの遡上挑戦数 N_c との比を遡上成功率 N_m/N_c とし、図-5 に流量 Q と遡上成功率 N_m/N_c との関係を魚道入口幅 B_e 別に示す。いずれの魚道入口幅 B_e においても、流量 Q の変化に伴う遡上成功率 N_m/N_c に顕著な変化は見られなかった。魚道入口幅 B_e の変化に着目すると、魚道幅入口幅 $B_e=0.1(\text{m})$ において遡上成功率 N_m/N_c が最も高くなっている。魚道幅入口幅 $B_e=0.1(\text{m})$ のケースでは、魚道出口の幅が $0.5(\text{m})$ となり、他のケースと比較し広くなっている。よって、魚道出口付近における流速が他のケースと比較し小さくなるため、魚道に進入したウナギは下流側水槽に流されづらくなり、遡上成功率が最も高くなったと考えられる。

(4) ウナギの蛇行度

遡上したウナギが遡上入口から遡上出口まで直進して遡上した場合の経路長を L_{st} (m) とし、実際に遡上した際の経路長を遡上経路長 S_{mr} (m) とした。遡上経路長 S_{mr} を直線長 L_{st} で除した値を蛇行度 S_{mr}/L_{st} として算出し、図-6 に流量 Q と蛇行度 S_{mr}/L_{st} との関係を魚道入口幅 B_e 別に示す。いずれの魚道入口幅 B_e においても、流量 Q の変化による蛇行度 S_{mr}/L_{st} の変化はあまり見られなかった。また、魚道入口幅 B_e の変化による蛇行度 S_{mr}/L_{st} に顕著な変化は見られなかった。

(5) 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 $\bar{B}_L=200\text{mm}$ 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-7 に流量 Q と遡上速度 $\bar{V}/\bar{B}_L$ との関係を魚道入口幅 B_e 別に示す。いずれの魚道入口幅 B_e においても、流量 Q の変化による平均遡上速度 $\bar{V}/\bar{B}_L$ の変化は見られなかった。また、魚道入口幅 B_e の変化による平均遡上速度 $\bar{V}/\bar{B}_L$ に顕著な変化は見られなかった。

4. おわりに

本研究は、ウナギ用魚道の魚道入口幅と流量を系統的に変化させ、ウナギ未成魚(平均体長 $\bar{B}_L=200\text{mm}$)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) 流量 $Q=220, 440(\text{ml/s})$ のとき、魚道入口幅の減少に伴いウナギの遡上率は増加する。
- (2) 魚道入口幅 $B_e=0.1, 0.2(\text{m})$ のとき、ウナギの遡上成功率は増加する。
- (3) いずれの魚道入口幅を用いた場合においても、流量の増加に伴いウナギの遡上率および遡上挑戦率は増加する。

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) Santos, J.M., Rivaes, R., Oliveira, J. and Ferreira, T.: Improving yellow eel upstream movements with fish lifts, *Journal of Ecohydraulics*, Vol.1, pp.50-61, 2016.
- 2) Solomon, D.J. and Beach, M.H.: Fish pass design for eel and elver (*Anguilla anguilla*), *R&D Technical Report W2-070/TRI*, Environment Agency, pp.1-5, 2004.
- 3) 鬼束幸樹, 泉孝佑, 窄友哉, 宮川智行, 峰下颯也, 本松七海: ウナギ用魚道内の突起物の配置がウナギの遡上特性に及ぼす影響, 土木学会論文集 B1(水工学), Vol.75, No.2, pp.I_547-I_552, 2019.
- 4) Clay, C.H.: *Design of Fishways and Other Fish Facilities*, pp. 121-127, CRC Press, 1994.
- 5) Solomon, D.J. and Beach, M.H.: Fish Pass design for Eel and Elver (*Anguilla anguilla*), *R&D Technical Report W2-070/TR*, 2004.