

魚道入口の落差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
九州工業大学大学院 学生会員
九州工業大学 学生会員

○本松七海
窄友哉
峰下颯也

九州工業大学大学院 学生会員
九州工業大学 学生会員
九州工業大学大学院 正会員

泉孝佑
宮川智行
鬼束幸樹

1. はじめに

ニホンウナギ(*Anguilla japonica*)は捕獲量が減少しており、絶滅危惧 IB 類に指定されている。この一因として、ダムや堰などの河川横断構造物によって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、魚道勾配を変化させ、魚道内部に突起物を設置した研究例がある。しかし、ウナギの遡上に適した魚道の構造やウナギの遡上特性の詳細は解明されていない。

本研究は、ウナギ用魚道の水路と下流側水槽との落差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。

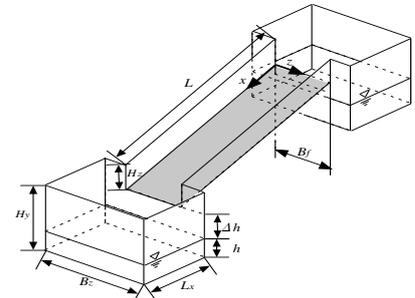


図-1 実験に用いたウナギ用魚道の概要

2. 実験装置および実験条件

図-1 に本実験で用いた 2 つの水槽とウナギ用魚道の概要を示す。上流側と下流側に設置した水槽は、長さ $L_x=0.3\text{m}$ 、幅 $B_z=0.5\text{m}$ 、高さ $H_y=0.5\text{m}$ 、水深 $h=0.05\text{m}$ に設定した。ウナギ用魚道は魚道幅 $B_f=0.3\text{m}$ 、魚道長 $L=1.0\text{m}$ 、側壁高さ $H_z=0.4\text{m}$ に設定した。図-2 に示すように配置する突起物は直径 30mm、高さ 35mm のポリ塩化ビニル製のものを用いた。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突起物の配置を選択したり。また、流下方向に x 軸、横断方向に z 軸をとった。

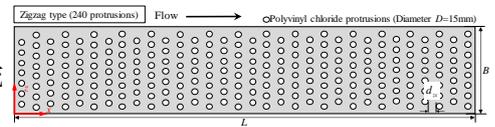


図-2 魚道内に設置した突起物の配置図

表-1 実験条件

Difference depth Δh (m)	Discharge Q (ml/s)		
	80	160	240
$\Delta h=0$	Δh 0-80	Δh 0-160	Δh 0-240
$\Delta h=0.05$	Δh 0.05-80	Δh 0.05-160	Δh 0.05-240
$\Delta h=0.10$	Δh 0.10-80	Δh 0.10-160	Δh 0.10-240
$\Delta h=0.15$	Δh 0.15-80	Δh 0.15-160	Δh 0.15-240

表-1 に実験条件を示す。ウナギ用魚道の水路と下流側水槽との落差 Δh を 0, 0.05, 0.1 および 0.15m の 4 通り変化させると共に、上流側水槽に供給する流量を 3 通りの 80, 160, 240(ml/s) とそれぞれ変化させ、合計 12 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 $\bar{L}_L=200\text{mm}$ のウナギ未成魚 20 尾 ($N=20$) を挿入し、10 分間馴致させた後に実験を 30 分間行った。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、2s 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) 落差および流量と挑戦率との関係

下流側水槽から魚道水路に進入したウナギの尾数を挑戦数 n_c とした。図-3 に各落差 Δh とウナギの挑戦率 n_c/N の関係を流量 Q 別に示す。すべてのケースにおいて落差 Δh の増加に伴い、ウナギの挑戦率 n_c/N は減少することが確認できる。また、流量別に注目すると、 $Q=240(\text{ml/s})$ においてウナギの挑戦率が最も低くなっている。

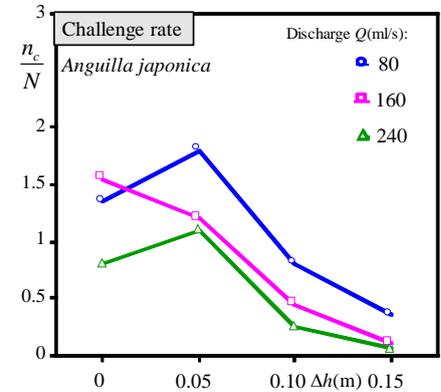


図-3 落差と流量における挑戦率

(2) 落差および流量と遡上率との関係

下流側水槽から上流側水槽に遡上したウナギの尾数を n_m とした。図-4 に各落差 Δh とウナギの遡上率 n_m/N の関係を流量 Q 別に示す。すべてのケースにおいて落差 Δh の増加に伴い、ウナギの遡上率 n_m/N は減少することが確認できる。また、落差 $\Delta h=0, 0.05\text{m}$ の場合は比較的同程度のウナギの遡上率を示している。一方、流量別に注目すると、 $Q=240(\text{ml/s})$ においてウナギの遡上率が最も低くなっている。

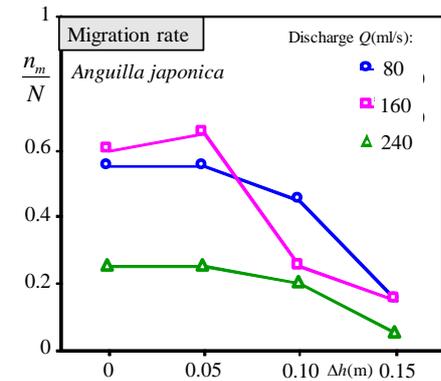


図-4 落差と流量における遡上率

(3) ウナギの平均遡上速度

下流側水槽の水面から上流側水槽の水面まで遡上するウナギの平均遡上速度 \bar{V} (m/s) を求めた。図-5 にウナギの平均遡上速度 \bar{V} (m/s) を平均体長 $\bar{L}_L=200\text{mm}$ で除した体長倍平均遡上速度 \bar{V}/\bar{L}_L (1/s) と落差 Δh との関係を示す。すべてのケースにおいて落差 Δh の増加に

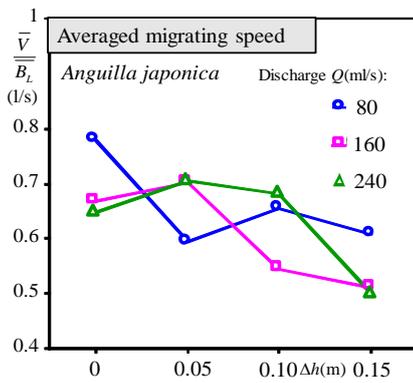


図-5 ウナギの平均遡上速度

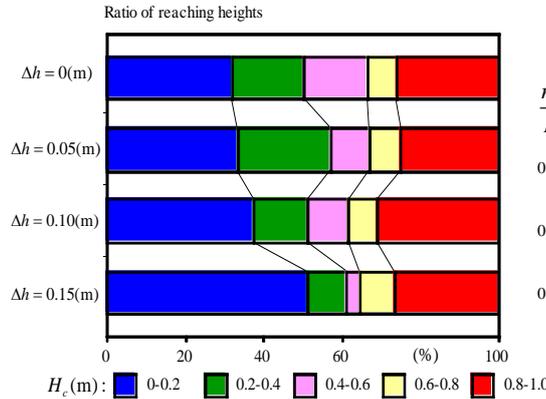


図-6 ウナギの到達高さの割合

伴い、ウナギの平均遡上速度 \bar{v}/B_L が減少している。これは、落差 Δh が大きくなるにつれてウナギが遡上に必要な体力を消耗し、遡上する時間が長くなったことが原因と推測される。

(4) ウナギの到達高さ

魚道の縦断方向 0.2m 間隔ごとのウナギの到達高さ H_c に達した下流側水槽から上流側水槽に遡上するウナギの尾数を遡上挑戦数 n_d として算出した。図-6 に落差 Δh におけるウナギの到達高さ H_c に達した尾数を全遡上挑戦数で除した値 n_d/N を示す。落差の増加に伴い、ウナギの到達高さ $H_c=0-0.2m$ の割合が増加している。これは 3. (3) でも述べたように、落差 Δh の増加によってウナギが遡上に必要な体力を消耗し、徐々に遡上しにくい状態になったためと考えられる。したがって、落差 Δh の増加がウナギの到達高さ H_c の低下を招くと推測される。

(5) ウナギの遡上開始位置

魚道水路の側壁からの距離が $0(m) \leq z < 0.05(m)$ および $0.25(m) \leq z < 0.30(m)$ 領域を Wall region, $0.05(m) \leq z < 0.10(m)$ および $0.20(m) \leq z < 0.25(m)$ 領域を Medium region, $0.10(m) \leq z \leq 0.20(m)$ 領域を Center region と 3 つの領域に区分した。図-7 に遡上開始位置における落差 Δh と魚道水路の側壁からの領域との関係を流量 Q 別に示す。落差が小さい $\Delta h=0, 0.05m$ の場合は全流量において Wall region の割合が最も高く、側壁近くでウナギは遡上を開始したと推測される。一方、落差が大きい $\Delta h=0.10, 0.15m$ の場合は Center region での割合が高く、魚道水路中央付近で遡上開始したと考えられる。これはウナギが落差の大きい壁をよじ登る際に勢いがつくことで体が裏返り、その反動で開始位置が魚道水路中央付近となったことが推測される。

4. おわりに

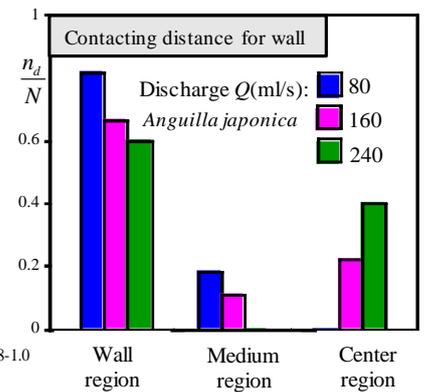
本研究は、ウナギ用魚道の水路と下流側水槽との落差と流量を系統的に変化させ、ウナギ未成魚(平均体長 $B_L=200mm$)の遡上特性に及ぼす影響を解明したものである。その結果、以下の知見を得た。

- (1) 落差の増加に伴い、ウナギの挑戦率および遡上率が減少することが判明した。
- (2) 落差の増加に伴い、ウナギの平均遡上速度が減少することが判明した。これは、落差が大きくなるにつれてウナギが遡上に必要な体力を消耗し、遡上する時間が大きくなったことが原因であると推測される。
- (3) 落差が小さい場合は、ウナギの遡上開始位置が側壁付近であるのに対し、落差が大きい場合は魚道水路中央付近で遡上開始することが判明した。

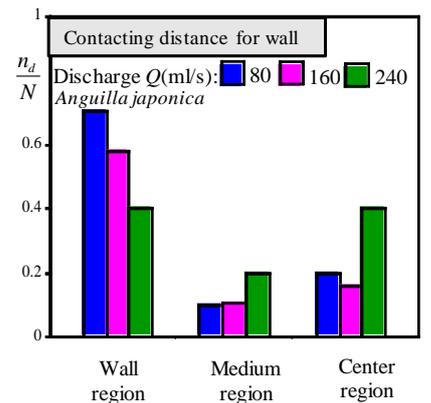
謝辞：本研究で用いた実験魚を無償提供していただいた株式会社丸翔に謝意を表す。

参考文献

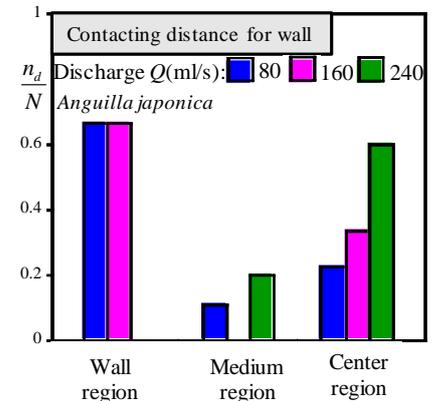
1) Solomon, D.J. and Beach, M.H.: Fish pass design for eel and elver (*Anguilla anguilla*), R&D Technical Report W2-070/TR, 2004.



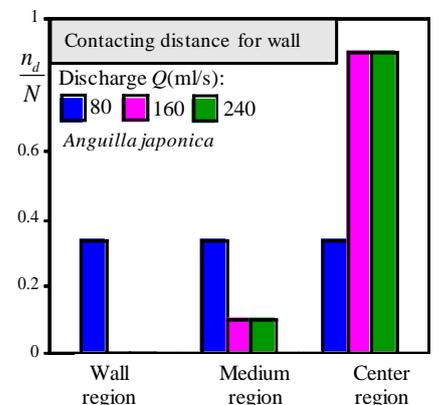
(a) $\Delta h=0cm$



(b) $\Delta h=5cm$



(c) $\Delta h=10cm$



(d) $\Delta h=15cm$

図-7 遡上開始位置における魚道水路の側壁からの領域