

# ウナギ用魚道の傾斜と長さ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

○富澤太一

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*)は近年個体数が激減しており、2013 年には環境省がニホンウナギを絶滅危惧 IB 類に区分した<sup>1)</sup>。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挙げられる。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。欧米では魚道内部にブラシや凹凸等を配置したウナギ用魚道が活用されているが<sup>2)</sup>、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、ウナギ用魚道の傾斜と長さ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。

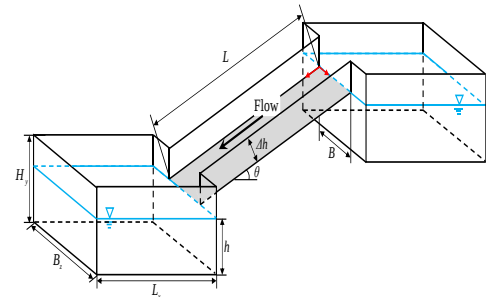


図-1 実験に用いたウナギ用魚道の概要

## 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  $L_x=0.5\text{m}$ 、幅  $B_x=0.5\text{m}$ 、高さ  $H_y=0.3\text{m}$ 、水深  $h=0.1\text{m}$ 、ウナギ用魚道は魚道幅  $B=0.3\text{m}$ 、側壁高さ  $\Delta h=0.3\text{m}$  に設定した。図-2 に示すように配置する突起物は直径  $D=15\text{mm}$ 、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。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。上流側水槽に供給する流量を一定 ( $Q=440\text{ml/s}$ ) とし、ウナギ用魚道の傾斜  $\theta$  を  $15^\circ$ 、 $30^\circ$  および  $45^\circ$  に変化させると共に、魚道長さ  $L$  を  $0.4$ 、 $0.8$ 、 $1.2$ 、 $1.6$  および  $2.0\text{m}$  とそれぞれ変化させ、合計 15 通りの実験を行った。また、実験時の水温を  $20^\circ\text{C}$  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、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  $1440 \times 1080$ 、撮影速度  $30\text{fps}$  のビデオカメラを用いて撮影した。撮影後、 $0.5\text{s}$  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遡上数  $n$  とした。図-3 に魚道の傾斜  $\theta$  と遡上率  $n/N$  の関係を魚道長さ  $L$  別に示す。すべてのケースにおいて傾斜  $\theta=30^\circ$  で高い遡上率を示している。また、魚道長さ  $L$  別に着目すると、長さの増加に伴い遡上率  $n/N$  は減少する傾向にある。

### (2) ウナギの挑戦率および遡上成功率

下流側水槽から魚道に進入したウナギの尾数を挑戦数  $n_c$  とした。図-4 に魚道の傾斜  $\theta$  と挑戦率  $n_c/N$  の関係を魚道長さ  $L$  別に示す。魚道長さ  $L=0.4\text{m}$  を除くケースにおいて傾斜  $\theta$  が  $30^\circ$  で高い挑戦率を示している。また、魚道長さ  $L$  別に着目すると、長さの増加に伴い挑戦率  $n_c/N$  は増加する傾向にある。図-5 に魚道の傾斜  $\theta$  と遡上成功率  $n/n_c$  の関係を魚道長さ  $L$  別に示す。傾斜  $\theta$  の変化に伴う遡上成功率の顕著な傾向は確認されなかった。また、魚道長さ  $L$  別に着目すると、長さの増加に伴い遡上成功率  $n/n_c$  は減少する傾向にある。

### (3) ウナギの遡上速度

ウナギの遡上速度の平均値  $\bar{V}$  ( $\text{m/s}$ ) を平均体長  $\bar{L}_t$  ( $\text{m}$ ) で除した値を体長倍遡上速度  $\bar{V}/\bar{L}_t$  ( $1/\text{s}$ ) とする。図-6 に魚道の傾斜  $\theta$  と体長倍平均遡上速度  $\bar{V}/\bar{L}_t$  ( $1/\text{s}$ ) の関係を魚道長さ  $L$  別に示す。傾斜  $\theta$  の変化に伴う遡上速度の顕著な傾向は確認されなかった。また、魚道長さ  $L$  別に着目すると、長さの増加に伴い遡上速度  $\bar{V}/\bar{L}_t$  は増加する傾向にある。魚道長さ  $L$  の増加に伴い遡上速度  $\bar{V}/\bar{L}_t$  が速いウナギのみが遡上する傾向があったためと考えられる。

### (4) ウナギの停滞率

ウナギの遊泳位置より移動距離を求め、 $1\text{s}$  間の移動距離がウナギの平均体長  $\bar{L}_t$  の  $0.2$  倍以下である場合を停滞

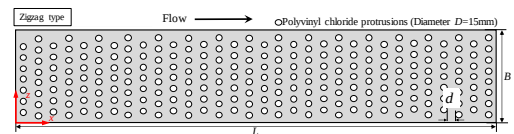


図-2 魚道内に設置した突起物の配置図

表-1 実験条件

| $\theta$ (degree) | Length of fishway $L$ (m) |         |         |         |         |
|-------------------|---------------------------|---------|---------|---------|---------|
|                   | 0.4                       | 0.8     | 1.2     | 1.6     | 2       |
| 15                | L0.4-15                   | L0.8-15 | L1.2-15 | L1.6-15 | L2.0-15 |
| 30                | L0.4-30                   | L0.8-30 | L1.2-30 | L1.6-30 | L2.0-30 |
| 45                | L0.4-45                   | L0.8-45 | L1.2-45 | L1.6-45 | L2.0-45 |

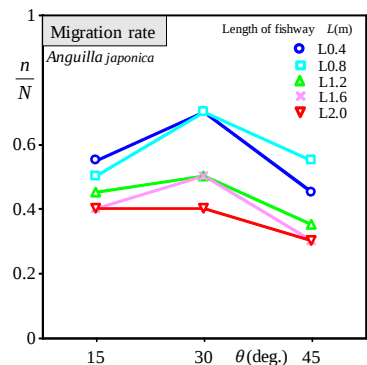


図-3 遡上率

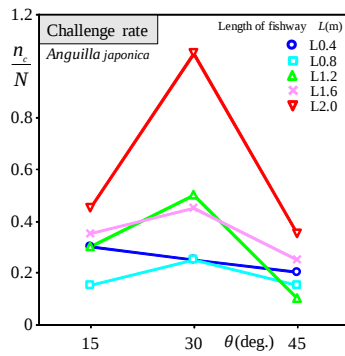


図-4 挑戦率

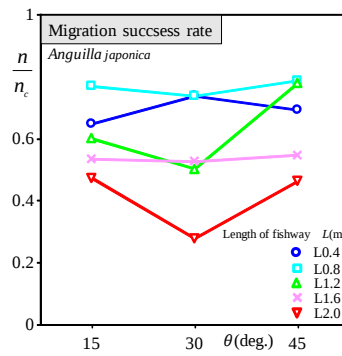


図-5 遡上成功率

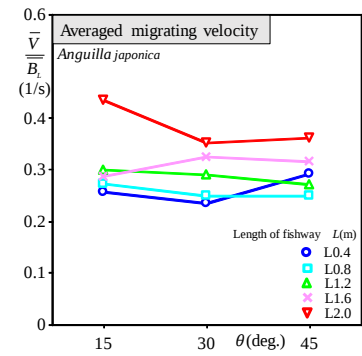


図-6 平均遡上速度

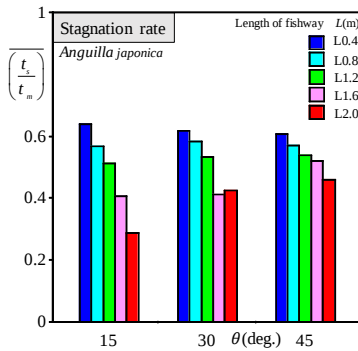


図-7 停滞率

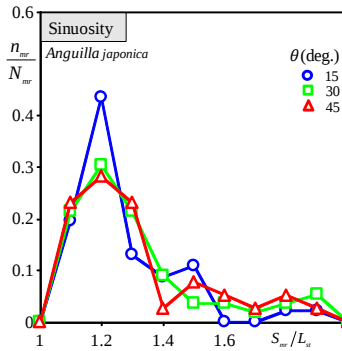
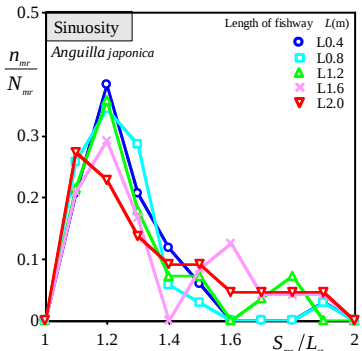
(a)魚道の傾斜  $\theta$  別(b)魚道長さ  $L$  別

図-8 蛇行度の頻度分布

状態と定義し、遡上時間  $t_m$  に対する停滞時間  $t_s$  の割合を停滞率  $t_s/t_m$  として求めた. 図-7 に魚道の傾斜  $\theta$  と平均停滞率 ( $t_s/t_m$ ) の関係を魚道長さ  $L$  別に示す. 傾斜  $\theta$  の変化に伴う停滞率の顕著な傾向は確認されなかった. また, 魚道長さ  $L$  別に着目すると, 長さの増加に伴い停滞率 ( $t_s/t_m$ ) は減少する傾向にある.

#### (5) ウナギの蛇行度

遡上する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-8(a), (b) にウナギの蛇行度  $S_{mr}/L_{st}$  の頻度分布を魚道の傾斜  $\theta$  別および魚道長さ  $L$  別に示す. いずれの魚道長さ  $L$  において, 魚道の傾斜が  $30^\circ$ ,  $45^\circ$  の場合に, 傾斜が  $15^\circ$  のケースと比較して  $S_{mr}/L_{st} = 1.2$  付近の割合が減少し,  $S_{mr}/L_{st} = 1.7$  付近の割合が増加する傾向にある. また, いずれの魚道の傾斜  $\theta$  において, 魚道長さ  $L$  の増加に伴い魚道長さが  $0.4$ ,  $0.8$  (m) と比較して  $S_{mr}/L_{st} = 1.2$  付近の割合が減少し,  $S_{mr}/L_{st} = 1.7$  付近の割合が増加する傾向にある. 蛇行度は  $S_{mr}/L_{st} = 1$  に近いほど, ウナギは体をあまり蛇行させず直進して遡上することを意味する. したがって, 傾斜  $\theta = 30^\circ$ ,  $45^\circ$  および魚道長さ  $L$  の増加に伴いウナギは体を蛇行させて遡上することが多くなることが分かる. 傾斜  $\theta = 30^\circ$ ,  $45^\circ$  の場合, 増加する流速に耐えるためにウナギが複数の突起物に巻きつくことが必要となり, 蛇行度が増加したことが原因と考えられる. (4) で示したように魚道長さ  $L$  の増加に伴い停滞率 ( $t_s/t_m$ ) が減少したことを踏まえると, ウナギは魚道長さの増加に伴い遡上する際に停滞せず, 体を蛇行させて遡上することが判明した.

#### 4. おわりに

本研究はウナギ用魚道の傾斜と長さを系統的に変化させ, ウナギ未成魚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) 魚道長さの増加に伴い, 遡上率  $n/N$  および遡上成功率  $n/n_c$  は減少し, 魚道の傾斜  $\theta = 30^\circ$  の時, 最も遡上率が高い.
- (2) 魚道長さ  $L$  の増加に伴い, ウナギの平均遡上速度  $\bar{V}/B_L$  が増加する. 魚道長さ  $L$  の増加に伴い遡上速度  $\bar{V}/B_L$  が速いウナギのみが遡上する傾向があったためと考えられる.
- (3) 魚道の傾斜  $\theta = 30^\circ$ ,  $45^\circ$  および魚道長さの増加に伴い, ウナギは蛇行しながら遡上する. 増加する流速に耐えるためにウナギが複数の突起物に巻きつくことや魚道長さ  $L$  の増加に伴い遡上する際に停滞せず, 体を蛇行させて遡上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) 環境省: レッドデータブック 2014 4 気水・淡水魚, 2015.
- 2) Solomon, D.J. and Beach, M.H.: Fish pass design for eel and elver (*Anguilla anguilla*), R&D Technical Report W2-070/TR, 2004.