

ウナギの尾数と遡上意欲との関係

九州工業大学大学院 学生会員 ○宮川智行

九州工業大学大学院 正会員

鬼束幸樹

1. はじめに

現在、水域の縦断方向における連続性を確保し、魚類の遡上を促すために魚道が設置されている¹⁾。しかし、魚道の多くは遊泳魚を対象とし、遊泳力の低い底生魚のウナギ属魚類(*Anguilla*)の稚魚や未成魚の遡上に必ずしも有効とは言えない。そこで、ウナギ用魚道の設置が場合によっては必要となりまた、ウナギ用魚道の最適な幾何学形状、水理条件およびウナギの遡上を誘発する外的要因の解明が欧米を中心に進められている²⁾。ウナギの遡上を誘発する外的要因を解明する研究の一環とし、本研究ではウナギの尾数と遡上意欲の関係性について検討した。

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 $B_x=0.5\text{m}$ 、高さ $H_y=0.3\text{m}$ 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 $\Delta h=0.2\text{m}$ のグレーに塗装した木製魚道によって連結されている。実際に北米で使用されているウナギ用魚道を参考にし、魚道底面には高さ 100mm、直径 $D=15\text{mm}$ のポリ塩化ビニル製円柱突起物を間隔 $d=15\text{mm}$ で千鳥状に配置し、また、魚道の縦断方向における傾斜角 θ を 30° とした³⁾ (図-2)。また、上流側水槽に水温 20°C の水を供給することで魚道上に水を流し、下流側水槽で排水量を調整することで下流側水槽の水深 h を 0.20m に保持した。魚道上流側右岸を原点とし、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。下流側水槽内で遊泳するウナギの尾数 N を 1, 3, 5, 10 および 20 尾の 5 通りに変化させると共に、流量 Q を 220, 440, 660 および 880ml/s の 4 通りに変化させ、合計 20 通りの実験を行った。なお、実験は各ケース 3 回ずつ行った。図-3 に本実験で用いた平均体長 $B_L=200\text{mm}$ のニホンウナギ未成魚(*Anguilla japonica*)を示す。使用したニホンウナギはシラスウナギの段階で捕獲され、その後蓄養によって育てられたものである。ウナギ未成魚は成長段階の中で河川への遡上が最も活発である。ウナギの遡上の様子を下流側水槽および魚道上部に設置した画素数 1440×1080 、撮影速度 30fps のビデオカメラで撮影した。撮影後、 0.5s ごとに分割した画像をもとに実験中のウナギの挙動を解析した。

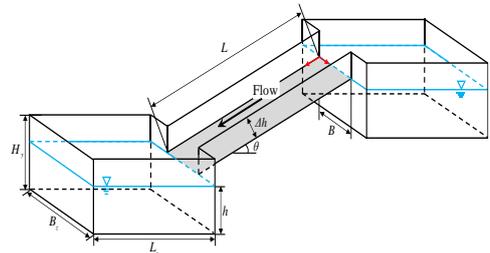


図-1 実験装置の概略

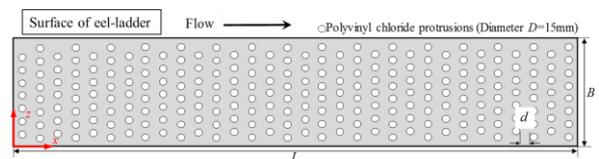


図-2 魚道平面図

表-1 実験条件

Discharge Q (ml/s)	The number of eel N				
	1	3	5	10	20
220	220-1	220-3	220-5	220-10	220-20
440	440-1	440-3	440-5	440-10	440-20
660	660-1	660-3	660-5	660-10	660-20
880	880-1	880-3	880-5	880-10	880-20



図-3 実験に用いたウナギ

3. 実験結果および考察

(1) ウナギの遡上誘発率

ウナギが遡上を試みた時間の間隔を遡上挑戦間隔 T_i (s) とする。図-4 にウナギの尾数 $N=20$ 、流量 $Q=880(\text{ml/s})$ における遡上挑戦間隔 T_i とその累計回数 n を示す。遡上挑戦間隔が $T_i=3(\text{s})$ での遡上が最も多く試みられていることから、遡上挑戦間隔 $T_i \leq 3(\text{s})$ のとき、ウナギが遡上を誘発されていると判断した。なお、他のケースでも同様の結果が得られた。遡上を誘発されたウナギの尾数 N_i を遡上を試みたウナギの尾数 N_c で除した値を遡上誘発率 N_i/N_c として算出した。図-5 にウナギの尾数 N と遡上誘発率 N_i/N_c との関係を示す。いずれの流量 Q に関し、尾数 $N=1\sim 10$ のケースにおいては、尾数 N の増加に伴い遡上誘発率 N_i/N_c に増加傾向が見られるが、尾数 $N=10$ 以上のケースにおいては概ね一定の遡上誘発率 N_i/N_c が確認される。また、流量 Q の増加に伴い遡上誘発率 N_i/N_c に増加傾向が見られる。流量 Q の増加に伴い、ウナギは魚道内の水の流れを認知し易くなり、遡上意欲が向上したと考えられる。

(2) ウナギの遡上率

上流側水槽に到達したウナギの平均尾数 \overline{N}_m を実験で用いた尾数 N で除した値を平均遡上率 \overline{N}_m/N とする。図-6 にウナギの尾数 N と平均遡上率 \overline{N}_m/N との関係を示す。いずれの流量 Q に関しても、尾数 $N=1\sim 10$ のケースにおいて尾数 N の増加に伴い遡上率 \overline{N}_m/N に増加傾向が見られるが、尾数 $N=10$ 以上のケースにおいては概ね一定の遡上率 \overline{N}_m/N となっている。これは、図-5 で示したように、尾数 $N=1\sim 10$ の範囲においては尾数 N の増加に伴い遡上意欲が向上したウナギの割合が増加し、尾数 $N=10$ 以上のケースでは一定であったことに起因されると考えられる。また、いずれの尾数 N においても、流量 Q の増加に伴い遡上率 \overline{N}_m/N に増加傾向が見られる。流量 Q の増加に伴い、ウナギの遡上意欲が向上したためと考えられる。

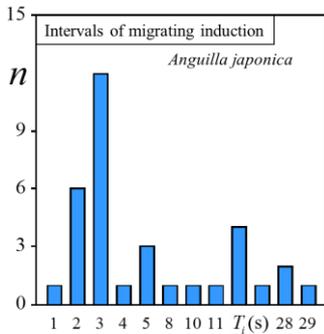


図-4 ウナギの遡上挑戦間隔

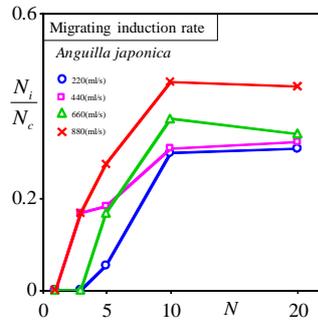


図-5 ウナギの遡上誘発率

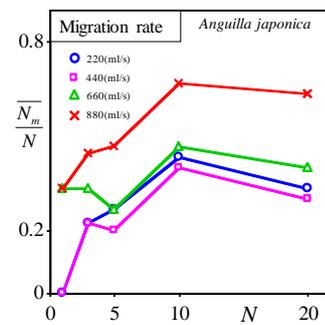


図-6 ウナギの遡上率

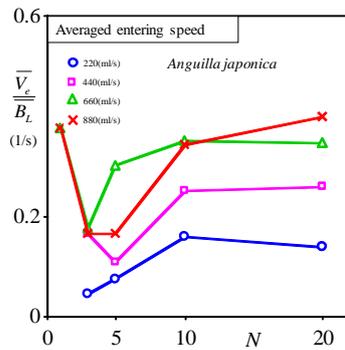


図-7 ウナギの進入速度

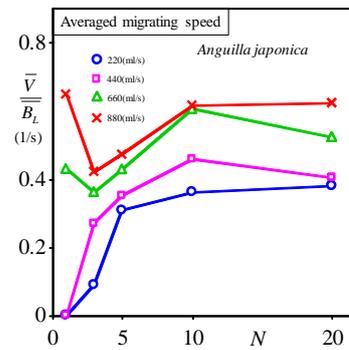


図-8 ウナギの遡上速度

(3) ウナギの進入速度および遡上速度

ウナギの魚道入口への進入速度の平均値を平均進入速度 \bar{V}_e (m/s) とし、平均進入速度 \bar{V}_e を平均体長 $\bar{B}_L = 200\text{mm}$ で除した値を体長倍平均進入速度 \bar{V}_e/\bar{B}_L (1/s) として算出した。図-7 にウナギの尾数 N と進入速度 \bar{V}_e/\bar{B}_L との関係流量 Q 別に示す。いずれの流量 Q においても、尾数 $N=1\sim 10$ のケースでは尾数 N の増加に伴い進入速度 \bar{V}_e/\bar{B}_L に増加傾向が見られるが、尾数 $N=10$ 以上のケースには概ね一定の進入速度 \bar{V}_e/\bar{B}_L が確認される。尾数 $N=1\sim 10$ のケースにおいては、尾数 N の増加に伴い、遡上意欲が向上したウナギの割合が増加したことにより、進入速度 \bar{V}_e/\bar{B}_L は増加したと考えられる。尾数 $N=10$ 以上のケースにおいては、遡上意欲が向上したウナギの割合が一定であるため、進入速度 \bar{V}_e/\bar{B}_L が一定となったと考えられる。また、いずれの尾数 N においても、流量 Q の増加に伴い概ね進入速度 \bar{V}_e/\bar{B}_L に増加傾向が見られる。流量 Q の増加に伴い遡上意欲が向上したウナギの割合が増加したことにより、進入速度 \bar{V}_e/\bar{B}_L は増加したと考えられる。

ウナギの平均遡上速度 \bar{V} (m/s) 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-8 にウナギの尾数 N と遡上速度 \bar{V}/\bar{B}_L との関係を流量 Q 別に示す。いずれの流量 Q においても、尾数 $N=1\sim 10$ のケースでは尾数 N の増加に伴い遡上速度 \bar{V}/\bar{B}_L には増加傾向が見られ、尾数 $N=10$ 以上のケースにおいては概ね一定の遡上速度 \bar{V}/\bar{B}_L を示す。しかし、これらの傾向は図-8 で示した傾向と比較しあまり顕著でないため、魚道進入後のウナギの遡上速度は、尾数 N の増加に伴う遡上意欲の向上にあまり影響を受けないことが理解できる。また、いずれの尾数 N においても、流量 Q の増加に伴い遡上速度 \bar{V}/\bar{B}_L に増加傾向が見られるものの、図-8 で示した傾向と比較しあまり顕著でないため、魚道進入後のウナギの遡上速度は流量 Q の増加に伴う遡上意欲の向上にあまり影響を受けないことが理解できる。

4. おわりに

本研究では平均体長 $\bar{B}_L = 200\text{mm}$ のニホンウナギ未成魚の尾数と遡上意欲の関係性について検討した。その結果、以下の知見が得られた。

- (1) 尾数および流量の増加に伴い、遡上を誘発されるウナギの割合は増加し、10尾以上になると一定となる。
- (2) 尾数および流量の増加に伴いウナギの遡上率、魚道に進入する速度は増加し、10尾以上になると一定となる。
- (3) 魚道進入直後以降のウナギの遡上速度は尾数および流量に影響されない。

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) Piper, A.T., Wright, R.M. and Kemp, P.S.: The influence of attraction flow on upstream passage of European eel (*Anguilla anguilla*) at intertidal barriers, *Ecological Engineering*, Vol.44, pp.329-336, 2012.
- 2) Bunt, C.M.: Performance of fish passage structures at upstream barriers to migration, *River Research and Applications*, Vol.28, No.4, pp.457-478, 2012.
- 3) Environment Agency: Eel and elver passes: manual for the design and implementation of passage solutions, pp.4-8, 2017.