

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

九州工業大学大学院 学生会員

○泉孝佑

九州工業大学大学院 正会員

鬼束幸樹

1. はじめに

ウナギ属魚類(*Anguilla*)は乱獲や河川環境の悪化等により絶滅の危機に瀕している. そのため, 欧米ではウナギ用魚道に関する研究・実証が進み, これらの魚道の斜面上にはブラシや円柱突起物が「千鳥状」または「格子状」に配置されている場合が多い^{1),2)}. しかし, いずれの配置がウナギの遡上に適切であるかは不明である.

本研究では, ウナギ用魚道内に設置した突起物の配置方法を変化させ, ニホンウナギ(*Anguilla japonica*)未成魚の遡上特性に及ぼす影響について比較, 検討した.

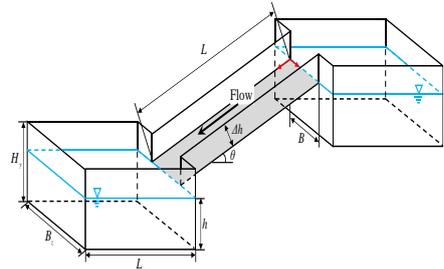


図-1 実験装置の概略

2. 実験装置および実験条件

図-1 に実験装置の概略を示す. 上流側と下流側に設置された長さ $L_x=0.5\text{m}$, 幅 $B_x=0.5\text{m}$, 高さ $H_x=0.5\text{m}$ の 2 つの水槽が, グレーに塗装された魚道長 $L=1.0\text{m}$, 魚道幅 $B=0.3\text{m}$, 側壁高さ $\Delta h=0.3\text{m}$, 傾斜角 $\theta=10^\circ$ の木製魚道によって連結されている. 図-2(a), (b)にウナギ用魚道内に設置した突起物の配置図を示す. 魚道上流端の右岸を原点とし, 流下方向に x 軸, 横断方向に z 軸をとった. 斜面上に配置した突起物は直径 $D=15\text{mm}$, 高さ $h_p=50\text{mm}$ のポリ塩化ビニル製円柱突起物であり, 「千鳥状タイプ(Zigzag type)」と「格子状タイプ(Grid type)」の 2 パターンを設定した. 両タイプの表面積比が同一となるように, 両タイプとも流下方向の突起物間隔を $d_{zx}, d_{gz}=15\text{mm}$ で, 横断方向の突起物間隔を $d_{zz}, d_{zz}=15\text{mm}$ とした.

表-1 に実験条件を示す. 魚道内の突起物の配置を千鳥状タイプ(Zigzag type)と格子状タイプ(Grid type)の 2 通りに変化させると共に, 流量 Q を 80, 160 および 240(ml/s) の 3 通りに変化させた合計 6 通りの実験を行った. これらの流量 Q に対して, 魚道内の水深は約 2, 3 および 4mm となった. 上流側水槽から水を供給し, 下流側水槽から排水量を調整することで下流側水槽の水深 h を 0.25m に保持した. また, 実験装置内の水温は 20°C であった.

下流側水槽に平均体長 $\bar{L}_t=200\text{mm}(\pm 20\text{mm})$ のニホンウナギ未成魚 ($N=25$ 尾)を投入し, 30 分間の遡上実験を各ケースで 3 回ずつ行った. 魚道上部に画素数 1440×1080 , 撮影速度 30fps のビデオカメラを設置し, ウナギ未成魚の挙動を撮影した. 撮影後, 2s ごとに分割した画像をもとにウナギ未成魚の遊泳位置を解析すると共に, 上流側水槽まで到達したウナギ未成魚の遡上数をカウントした.

3. 実験結果および考察

(1) 突起物の配置と平均遡上率との関係

図-3 に流量 Q と平均遡上率 \bar{n}/N との関係突起物の配置別に示す. 千鳥状タイプ(Zigzag type)および格子状タイプ(Grid type)の両配置とも, 流量 Q の増加に伴い平均遡上率 \bar{n}/N が減少している. これは, 流量 Q の増加に伴い魚道内の流速が増加し, ウナギの遡上が困難になったためと考えられる. 一方, いずれの流量 Q についても, 平均遡上率 \bar{n}/N は格子状タイプ(Grid type)に比べて千鳥状タイプ(Zigzag type)の方が大きい. これは, 前者と比較して後者では突起物が水流を障害し, 魚道内の流速が低下することで, ウナギが遡上しやすい状態になったためと考えられる.

以上より, 本実験条件内の流量 $Q=80\sim 240\text{(ml/s)}$ の範囲では, いずれの流量においても千鳥状タイプ(Zigzag type)の遡上率は格子状タイプ(Grid type)よりも上回っていることが判明した.

(2) ウナギの遡上経路

図-4(a), (b)に流量 $Q=240\text{(ml/s)}$ 時の 1 回目の実験で得られたウナギの遡上経路を示す. 千鳥状タイプ(Zigzag

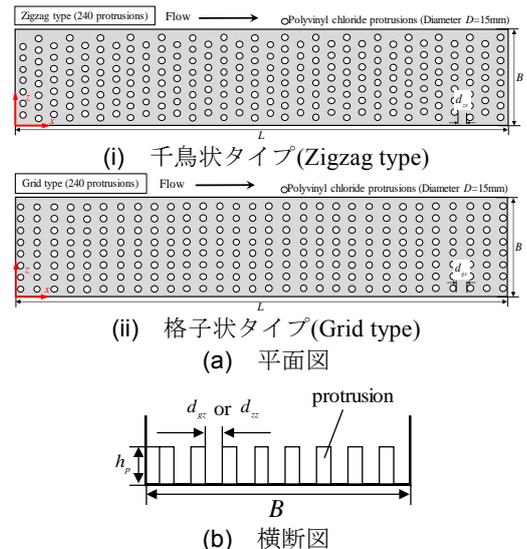


図-2 魚道内に設置した突起物の配置図

表-1 実験条件

Discharge $Q(\text{ml/s})$	Installation location of protrusions	
	Zigzag type	Grid type
80	zt-80	gt-80
160	zt-160	gt-160
240	zt-240	gt-240

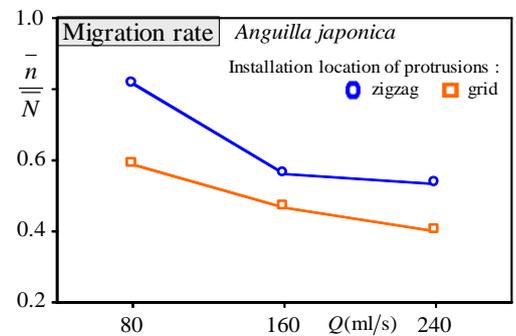


図-3 突起物の配置別の遡上率

type)では遡上経路が魚道内にほぼ均等に広がっているのに対し、格子状タイプ(Grid type)では遡上経路が魚道壁面に偏っている。また、千鳥状タイプ(Zigzag type)と比べて、格子状タイプ(Grid type)では流下方向に平行な遡上経路が多く観察される。

(3) ウナギの蛇行度

ウナギの遡上経路の蛇行度合いを評価するため、ウナギの魚道入口の進入地点と出口の到達地点とを直線で結んだ長さを L_{st} (m)、ウナギの遡上経路長を S_{mr} (m)とした。この遡上経路長 S_{mr} を直線長 L_{st} で除した値を蛇行度 S_{mr}/L_{st} として算出した。

図-5(a)~(c)にウナギの蛇行度 S_{mr}/L_{st} を流量 Q 別に示す。流量 Q の増加に伴って、千鳥状タイプ(Zigzag type)および格子状タイプ(Grid type)の両配置とも蛇行度 S_{mr}/L_{st} が増加傾向を示している。特に千鳥状タイプ(Zigzag type)ではこの傾向が顕著である。この要因として流量 Q の増加に伴う流速の増加に耐えるために、ウナギが複数の突起物に巻きつく必要があったことが挙げられる。また、同流量 Q において千鳥状タイプ(Zigzag type)よりも格子状タイプ(Grid type)で、蛇行度 S_{mr}/L_{st} の分布が $1.0 \leq S_{mr}/L_{st} \leq 1.4$ の範囲に集中していることが確認される。3.(2)で述べたように格子状タイプ(Grid type)ではウナギは直進的に遡上するために経路長 S_{mr} と直線長 L_{st} の差が小さくなり、蛇行度 S_{mr}/L_{st} が 1.0 に近づくためと推測される。

(4) ウナギの遡上速度

ウナギの遡上速度の平均値 \bar{V} (m/s)を平均体長 \bar{B}_L で除した値 \bar{V}/\bar{B}_L (1/s)を体長倍遡上速度とする。図-6に流量 Q と体長倍遡上速度 \bar{V}/\bar{B}_L (1/s)との関係を突起物の配置別に示す。千鳥状タイプ(Zigzag type)と格子状タイプ(Grid type)の両配置ともに、流量 Q の増加に伴い体長倍遡上速度 \bar{V}/\bar{B}_L が減少している。これは流量 Q の増加に伴う魚道内の流速の増加によってウナギの遡上が阻害されたため、体長倍遡上速度 \bar{V}/\bar{B}_L が減少したことが原因と考えられる。また、いずれの流量においても格子状タイプ(Grid type)より千鳥状タイプ(Zigzag type)の方が体長倍遡上速度 \bar{V}/\bar{B}_L は高い値を示している。これは格子状タイプ(Grid type)に比べて千鳥状タイプ(Zigzag type)では水流を阻害する配置の突起物が多いため魚道内の流速が低く、ウナギの遡上が容易なためと推測される。

以上のことから千鳥状タイプ(Zigzag type)の配置では格子状タイプ(Grid type)に比べてニホンウナギの遡上が容易になり、遡上速度と遡上率は向上すると判断される。

4. おわりに

本研究では、ウナギ用魚道内に設置した突起物の配置方法を変化させて、平均体長 $\bar{B}_L=200\text{mm}$ のニホンウナギ未成魚の遡上特性に及ぼす影響について解明を試みた。その結果、以下の知見が得られた。

- (1) 本実験条件内の流量 80~240(ml/s)の範囲では、格子状配置と比較して千鳥状配置の方がニホンウナギの遡上率および遡上速度はいずれの流量においても上回っている。
- (2) 千鳥状配置と比較して格子状配置では、水流を阻害する配置の突起物が少なく、魚道内の流速が軽減されにくい。そのため、格子状配置ではニホンウナギは流されやすい。
- (3) 千鳥状配置ではニホンウナギは体を大きく蛇行させるが、格子状配置では体を蛇行させることは少なく、直進的に遡上する。

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) Clay, C.H.: *Design of Fishways and Other Fish Facilities*, pp.121-127, CRC Press, 1994.
- 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.

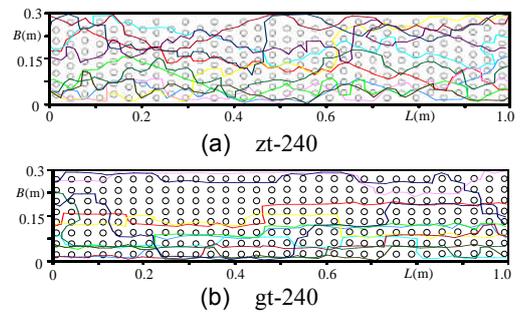


図-4 ウナギの遡上経路 ($Q=240\text{(ml/s)}$ の場合)

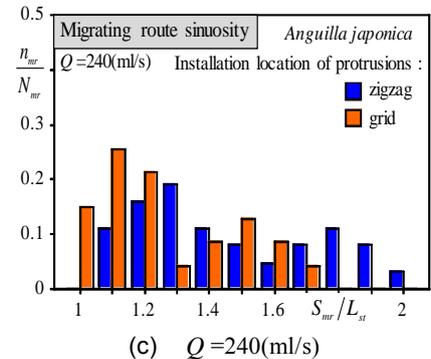
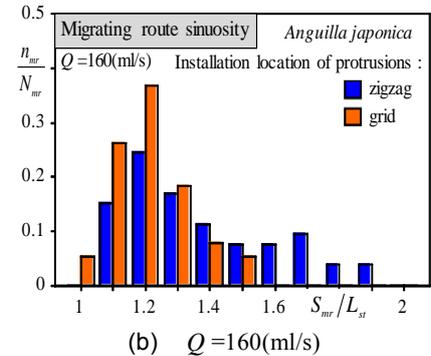
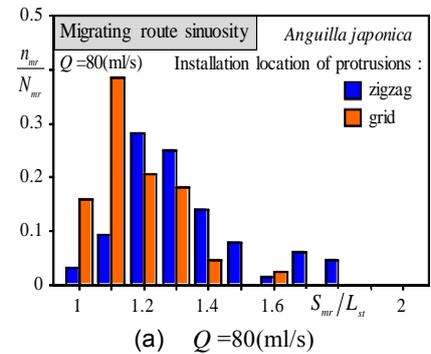


図-5 ウナギの蛇行度

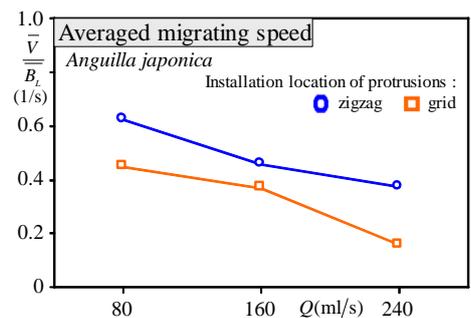


図-6 ウナギの遡上速度