

ウナギ用魚道の傾斜と突起物の間隔がウナギの遡上特性に及ぼす影響

九州工業大学工学部 学生会員
九州工業大学大学院 正会員

○泉孝佑
鬼束幸樹

九州工業大学大学院 学生会員
九州工業大学大学院 フェロー会員

定地憲人
秋山壽一郎

1. はじめに

ウナギ(*Anguilla japonica*)は一生のうちに海と河川を行き来する回遊魚であるが、河川に設置されたダムや堰によってウナギの遡上が阻害されている。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¹⁾。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はほとんど解明されていない。

本研究は、ウナギ用魚道の傾斜と魚道内部に設置した突起物の間隔を系統的に変化させ、クロコウナギの遡上特性に及ぼす影響を解明した。クロコウナギはウナギの一生の中で稚魚の段階であり、河川を活発に遡上し始める特性を有するため、本実験に用いた。

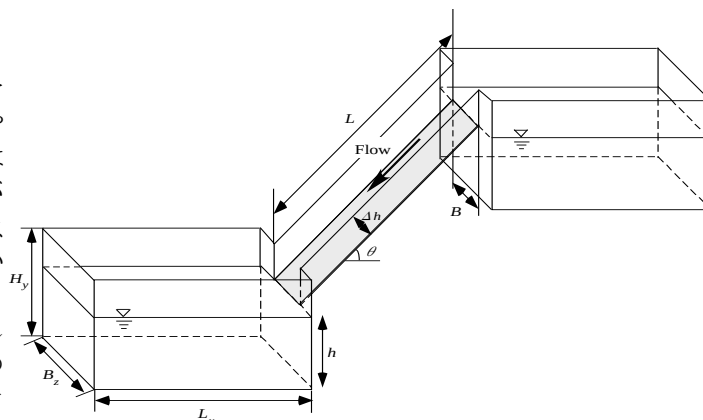


図-1 実験に用いたウナギ用魚道の概要

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。水槽は、長さ $L_x=0.6\text{m}$ 、幅 $B_z=0.4\text{m}$ 、高さ $H_y=0.3\text{m}$ で設定し、下流側の水深を $h=0.2\text{m}$ とした。ウナギ用魚道は魚道幅 $B=0.2\text{m}$ 、魚道長 $L=0.8\text{m}$ 、側壁高さ $\Delta h=0.05\text{m}$ 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を用いた。この突起物を用いて、図-3に示すように突起物の間隔を $d=10, 20, 30(\text{mm})$ として千鳥状にそれぞれ配置した。また、流下方向に x 軸、横断方向に z 軸をとった。

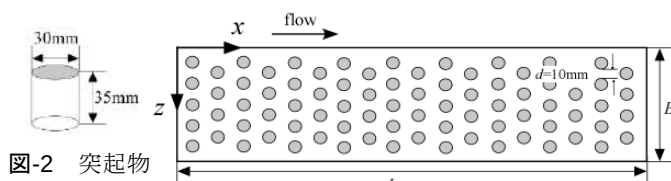


図-2 突起物

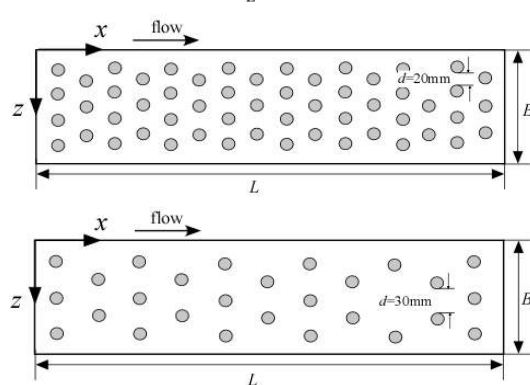


図-3 突起物の配置図

表-1に実験条件を示す。上流側の水槽に供給する流量を一定($Q=80(\text{ml/s})$)とし、ウナギ用魚道の傾斜 θ を $15^\circ, 30^\circ$ および 45° に変化させると共に、突起物の間隔 d を10, 20および30(mm)とそれぞれ変化させ、合計9通りの実験を行った。また、実験時の水温を 20°C とした。

下流側の水槽に平均体長 $\overline{B_L}=200\text{mm}$ のクロコウナギ($N=20$)尾を挿入し、10分間水槽に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、5sごとに分割した画像を基にクロコウナギの遊泳位置を解析し、遡上数をカウントした。

表-1 実験条件

$d(\text{mm})$	$\theta(\text{degree})$		
	15°	30°	45°
10	d10-15	d10-30	d10-45
20	d20-15	d20-30	d20-45
30	d30-15	d30-30	d30-45

3. 実験結果および考察

(1) 傾斜および突起物の間隔と遡上率との関係

図-4に遡上率 n/N を突起物の間隔別に示す。最も遡上率が高いのは、 $d10-15(d=10\text{mm}, \theta=15^\circ)$ のケースであった。突起物の間隔の増加に伴って、遡上率は減少することが確認できる。また、突起物の間隔が最も小さい $d=10\text{mm}$ の場合は、傾斜が増加しても $d=20, 30(\text{mm})$ のケースと比べ、遡上率は比較的高くなっていることが分かる。

したがって、クロコウナギは傾斜 $\theta=15^\circ$ で、配置する突起物の間隔 $d=10\text{mm}$ の場合に最も多く遡上することが判明した。

(2) ウナギの遡上経路

図-5に突起物の間隔 $d=10\text{mm}$ におけるクロコウナギの遡上経路をケース別に示す。ケースごとに大きな差異は確認できないが、いずれのケースにおいても、クロコウナギは体を蛇行させることで、突起物に体を絡めながら遡上していることが分かる。

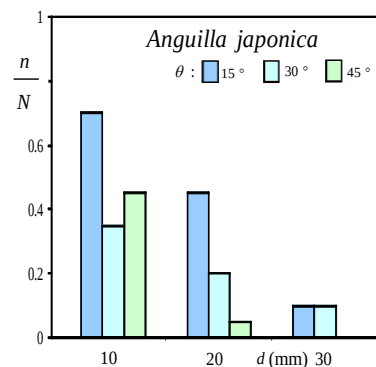
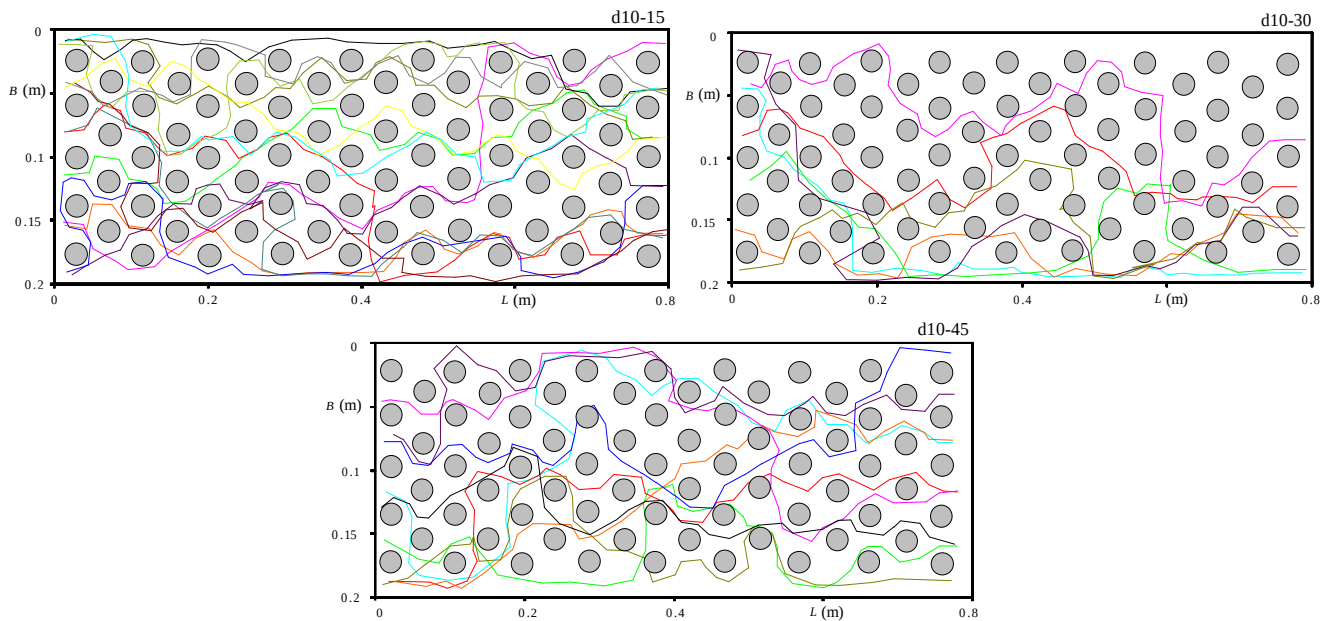


図-4 突起物の間隔別の遡上率

図-5 $d=10\text{mm}$ におけるクロコウナギの遡上経路

(3) 平均遡上速度

図-6 に遡上したクロコウナギの平均遡上速度 $\overline{V_{mr}}$ (cm/s) を傾斜別に示す。いずれの突起物の間隔においても傾斜の増加に伴い、平均遡上速度は増加する傾向がある。一方、傾斜ごとの平均遡上速度に着目すると、突起物の間隔の増加に伴い平均遡上速度が増加している傾向にあるが、 $d=10\text{mm}$ では平均遡上速度の増加率が低いことが確認できる。これは、 $d=10\text{mm}$ では遡上速度を大きく増加させなくても突起物の間隔が小さいため、ウナギが突起物に体を絡ませやすく遡上しやすいことが要因だと考えられる。

(4) ウナギの蛇行度と傾斜との関係

遡上するクロコウナギが遡上入口 ($x=0$) から遡上出口 ($x=0.8$) 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。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、図-7 に $d=10\text{mm}$ において遡上したクロコウナギの蛇行度 s_{mr}/L_{st} の頻度分布を傾斜別に示す。傾斜の増加に伴って、蛇行度のばらつきが減少している。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、傾斜が増加すると、クロコウナギは体をあまり蛇行させずに遡上することが多くなることが分かる。よって、傾斜が増加したとき、(3) より平均遡上速度が増加したことも考慮すると、クロコウナギが遡上するには蛇行度を減少させ、遡上速度を増加させる必要があると考えられる。

4. おわりに

本研究はウナギ用魚道の傾斜と魚道内部に設置した突起物の間隔を系統的に変化させ、ウナギの稚魚であるクロコウナギ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) ウナギ用魚道の傾斜 $\theta=15^\circ$ で、突起物の間隔 $d=10\text{mm}$ の場合にクロコウナギの遡上率は最も高くなった。
- (2) クロコウナギは体を蛇行させることで、突起物に体を絡ませて遡上する。
- (3) 傾斜の増加したとき、クロコウナギが遡上するには蛇行度を減少させ、遡上速度を増加させる必要があると考えられる。

謝辞：本研究を遂行するにあたり実験魚を無償提供していただいた株式会社丸翔に感謝の意を表す。

参考文献

- 1) Solomon, D., and Beach, M. : Fish Pass design for Eel and Elver (*Anguilla anguilla*), Environment Agency R&D Technical Report W2-070/TR, 2004.

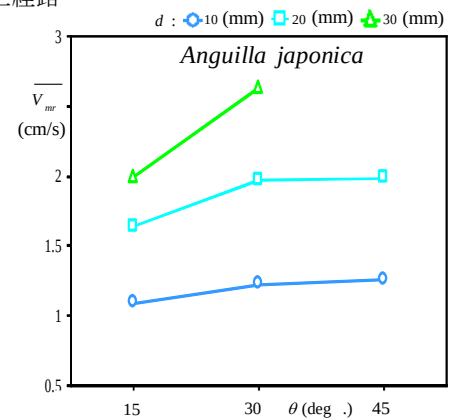
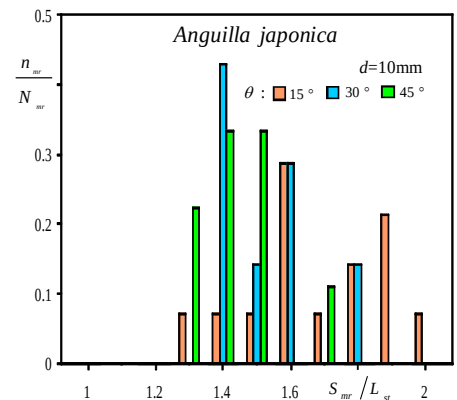


図-6 傾斜別の平均遡上速度

図-7 蛇行度 s_{mr}/L_{st} の頻度分布