

堰によって生じる水位差がウナギの飛び上り特性に及ぼす影響

九州工業大学工学部 学生会員

○下江海斗

九州工業大学大学院 正会員

鬼束幸樹

1.はじめに

近年、河川に設置されたダムや堰、落差工等の河川横断構造物により生じる水位差が全長 240mm 以下のニホンウナギの個体数密度に影響を与えていることが示された¹⁾。一方、垂直に設置された堰によって生じる水位差がウナギの行動特性に及ぼす影響について解明した研究は少ない。本研究では、水位差・流量がウナギの飛び上り特性に及ぼす影響について比較、検討した。

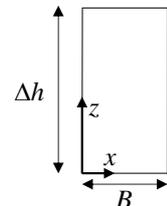
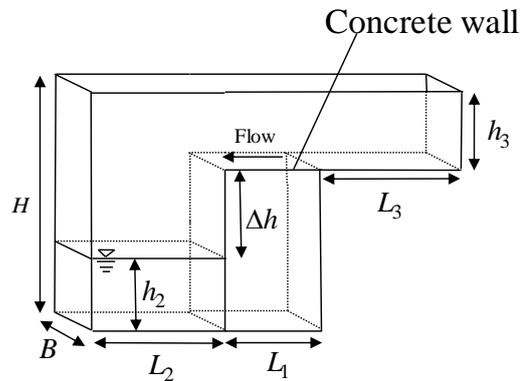


図-1 実験に用いた装置

図-2 コンクリート壁

2.実験装置および実験条件

図-1 に示すように長さ $L_1 = 0.05\text{ m}$ 、幅 $B = 0.3\text{ m}$ のコンクリート壁に長さ $L_3 = 0.5\text{ m}$ 、幅 $B = 0.3\text{ m}$ 、高さ $h_3 = 0.3\text{ m}$ の水路を上流側に、長さ $L_2 = 0.3\text{ m}$ 、幅 $B = 0.3\text{ m}$ 、水深 $h_2 = 0.1\text{ m}$ 、高さ $H = (h_2 + h_3 + \Delta h)\text{ m}$ の水槽を下流側に取り付けられた装置を本実験で用いた。

表-1 実験条件表

Water level difference Δh (mm)	Discharge Q (ml/s)				
	200	300	400	500	600
50	d50-200	d50-300	d50-400	d50-500	d50-600
75	d75-200	d75-300	d75-400	d75-500	d75-600
100	d100-200	d100-300	d100-400	d100-500	d100-600

上流側の水路に供給する流量

$Q = 200, 300, 400, 500$ および 600 (ml/s) に変化させ、下流側水槽から排水量を調節することで下流側水槽の水深 $h_2 = 0.1\text{ m}$ に保持した。水位差 $\Delta h = 50, 75$ および 100 (mm) とそれぞれ変化させ、表-1 のように合計 15 通りの実験を行った。また、実験時の水温を 20°C とした。図-2 に示すように魚道下流端の右岸を原点とし、横断方向に x 軸、上流側に向けて z 軸をとった。

下流側水槽に平均体長 $\bar{L}_t = 200\text{ mm}$ 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。実験の様子をコンクリート壁正面に設置した画素数 1440×1080 、撮影速度 30 fps のビデオカメラを用いて撮影した。撮影後、 0.2 s ごとにキャプチャーした画像を基にクロコウナギの遊泳位置を解析した。

3.実験結果および考察

(1) 飛び上り率

本研究でウナギは水位差 $\Delta h = 50, 75$ および 100 (mm) の時、垂直に設置したコンクリートを飛び上るように遡上することを確認した。これをウナギの飛び上りと呼称する。

ウナギの全体長がコンクリート壁上面に接した回数を飛び上り成功回数 N_s とする。飛び上り成功回数 N_s を実験に使用したウナギの尾数 N で除した値を飛び上り率 N_s/N とする。図-3 に流量 Q と飛び上り率 N_s/N の関係を水位差 Δh 別に示す。水位差 $\Delta h = 50\text{ (mm)}$ を除き、流量 Q の増加による顕著な傾向は見られない。水位差 Δh の増加に伴い、飛び上り率 N_s/N は減少傾向にある。これは、水位差 Δh の増加により、ウナギが飛び上りにくくなったことを示している。

(2) 飛び上り成功率

コンクリート壁上面にウナギの頭部が接した回数を飛び上り挑戦回数 N_c とし、飛び上り成功回数 N_s を挑戦回数 N_c で除した値を飛び上り成功率 N_s/N_c とする。図-4 に流量 Q と飛び上り成功率 N_s/N_c の関係を水位差 Δh 別に示す。流量 Q の増加に伴い、顕著な傾向は見られない。一方、水位差 Δh の増加に伴い、飛び上り成功率 N_s/N_c は減少傾向にある。水位差 Δh の増加により、飛び上り中、水の流れに逆らって飛び上がることができないウナギの尾数 N が増加し、飛び上り成功回数が減少したため、飛び上り成功率 N_s/N_c が減少傾向にあると考察する。

(3) 最高到達高さ比

z 軸方向にウナギの頭が到達した高さを到達高さ H とする。飛び上りに成功したウナギの到達高さ H の最大値を個体間で平均した値を平均最高到達高さ H_{max} とし、最高到達高さ H_{max} を水位差 Δh で除した値を平均最高到

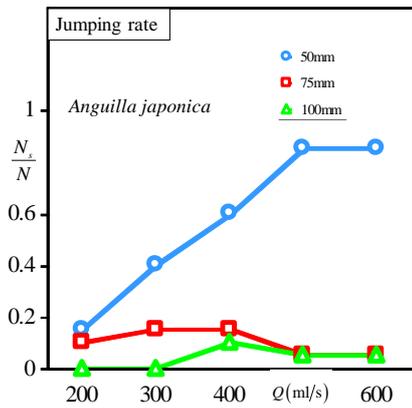


図-3 飛び上り率

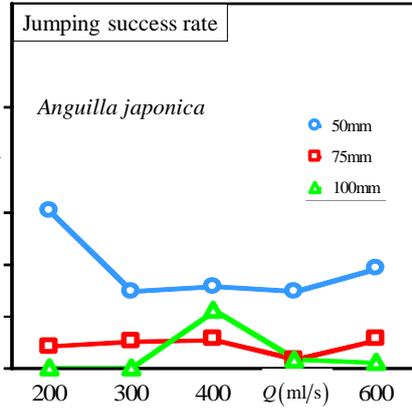


図-4 飛び上り成功率

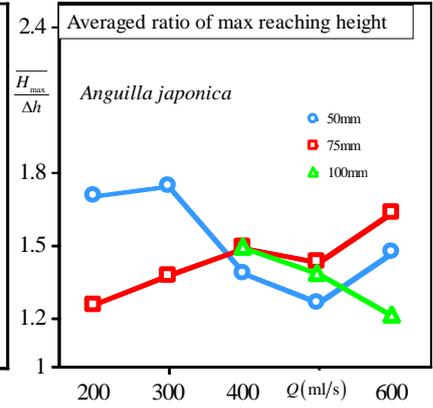


図-5 平均最高到達高さ比

達高さ比 $\overline{H_{max}}/\Delta h$ とする。図-5 に流量 Q と最高到達高さ比 $\overline{H_{max}}/\Delta h$ の関係を水位差 Δh 別に示す。流量 Q の増加に伴う顕著な傾向は見られない。また、水位差 Δh の増加による顕著な傾向も見られない。

(4) 最大飛び上り速度

飛び上りに成功したウナギがキャプチャー間隔 0.2s で z 軸方向に進んだ距離を飛び上り速度 U とする。飛び上り速度 U の最大値を個体間で平均した値を平均最大飛び上り速度 $\overline{U_{max}}$ とする。ウナギが水面から飛び出し、壁に飛び上るまでの時間を 2 等分し、前半を水面からの飛び出し後、後半を壁に飛び上る前とする。それぞれの時間帯に最大飛び上り速度 $\overline{U_{max}}$ を迎えるウナギの尾数 N の割合を時間帯別割合とする。図-6 に流量 Q と時間帯別割合の関係を水位差 Δh 別に示す。流量 Q の増加により水面からの飛び出し後に時間帯別割合が増大している。水位差 Δh の増加に伴う顕著な傾向は見られない。

図-7 に流量 Q と最大飛び上り速度 $\overline{U_{max}}$ の関係を水位差 Δh 別に示す。流量 Q の増加に伴い、最大飛び上り速度 $\overline{U_{max}}$ は増加傾向にある。一方、水位差 Δh の増加に伴う顕著な傾向は見られない。これらより、流量 Q の増加に伴い、助走をつけて水面からの飛び出し後に最大飛び上り速度 $\overline{U_{max}}$ を迎えるウナギの尾数 N の割合が増加し、速い水の流れに逆らって泳ぐために最大飛び上り速度 $\overline{U_{max}}$ が増加すると考察する。

4.おわりに

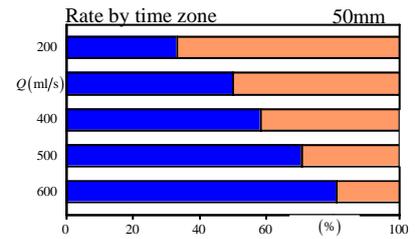
本研究では、垂直に設置された堰によって生じる水位差が平均体長 $B_L=200\text{mm}$ のクロコウナギの飛び上り特性に及ぼす影響について解明を試みた。その結果、以下の知見が得られた。

- (1)飛び上り率、飛び上り成功率は、流量の増加による顕著な傾向は見られない。一方、水位差の増加に伴い、減少傾向がある。
- (2)ウナギは、水面から飛び出た直後に最大飛び上り速度を迎える場合と、壁を飛び上る直前に最大飛び上り速度を迎える場合がある。
- (3)流量の増加に伴い、助走をつけて水面からの飛び出し後に最大飛び上り速度を迎えるウナギの割合が増加し、速い水の流れに逆らって泳ぐために最大飛び上り速度が増加する。

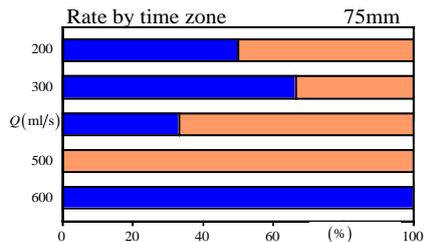
謝辞：本研究を遂行するにあたり実験魚を無償提供していただいた株式会社丸翔に感謝の意を表す。

参考文献

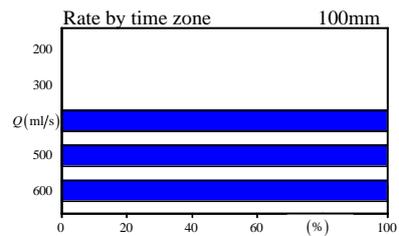
- 1) 環境省 自然環境局 野生動物課：ニホンウナギの生息地保全の考え方, pp.11, 2017.



(a) 50mm



(b) 75mm



(c) 100mm

■ 水面からの飛び出し後 ■ 壁に飛び上る前

図-6 時間帯別割合

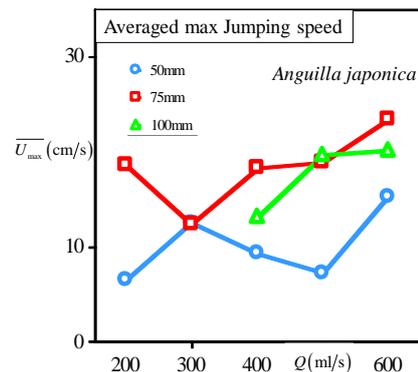


図-7 平均最大飛び上り速度