

階段式魚道におけるプール間落差とオイカワの遡上率に関する研究

九州工業大学工学部 学生員 ○森悠輔・小林達也
 九州工業大学大学院 学生員 飯國洋平
 九州工業大学工学部 正会員 鬼束幸樹
 九州工業大学工学部 フェロー会員 秋山壽一郎

1. はじめに

魚類の遡上および降下を助ける目的で魚道は設置されてきた。日本の既設魚道の主流は階段式魚道である。高い遡上率を達成するためには遡上率に影響を与える隔壁形状、プール間落差切り欠きの有無、隔壁部の切り欠き率などに配慮した建設計画を行う必要がある¹⁾。国土交通省²⁾はプール間落差に関して、0.1～0.2mの範囲に設定することを推奨しているが、これを実証したものはほとんどない。そこで本研究は、階段式魚道のプール間落差および流量を系統的に変化させて遡上率の変化を解明した。続いて、流速測定および定位位置を測定し、遡上特性に及ぼす影響を検討した。

2. 実験装置および実験条件

実験装置を図-1に示す。プール長 $L_x=0.9\text{m}$ 、魚道幅 $B=0.8\text{m}$ 、プール底面から切り欠き下端までの高さ0.7mの3つのプールを連結させた切り欠き率(=切り欠き幅 B_n /魚道幅 B)が0.2の片側切り欠き付き階段式魚道を用いた。魚道は黒に塗装した木製で、側壁方向からの撮影を可能にするため、切り欠きの対岸側の側壁材料にアクリル板を用いた。実験条件を表-1に示す。6通りのプール間落差 ℓ_h ($=0.05\sim0.425\text{m}$)と5通りの流量 Q ($=1\sim13\text{ l/s}$)の組み合わせ(合計30ケース)で実験を行った。実験項目は、魚の定位位置の撮影と流速測定である。用いた実験魚はオイカワ(平均体長 $\overline{B_L}=5.3\text{cm}$)の成魚80尾である。上流から2番目のプールの側壁および水路上部からビデオカメラを用いて30分間の同時撮影を行い撮影後3次元の画像解析を行った。画像解析から600sごとのオイカワの位置が得られている。そこで、プールの鉛直断面($x-y$)および水平断面($x-z$)をそれぞれ10分割して得られる100($=10\times10$)メッシュ内の魚数 n を算出した。

流下方向(x)、鉛直上向き(y)、横断方向(z)にそれぞれ7点のメッシュをとった合計343点において、3次元電磁流速計を用いて瞬間流速を0.05s間隔で25.6s計測した。

3. 実験結果および考察

(1) 遡上率とプール間落差との関係

表-1 実験条件

ℓ_h (m)	$Q=1(\text{l/s})$	$Q=4(\text{l/s})$	$Q=7(\text{l/s})$	$Q=10(\text{l/s})$	$Q=13(\text{l/s})$
0.05	0.05Q1	0.05Q4	0.05Q7	0.05Q10	0.05Q13
0.125	0.125Q1	0.125Q4	0.125Q7	0.125Q10	0.125Q13
0.2	0.2Q1	0.2Q4	0.2Q7	0.2Q10	0.2Q13
0.275	0.275Q1	0.275Q4	0.275Q7	0.275Q10	0.275Q13
0.35	0.35Q1	0.35Q4	0.35Q7	0.35Q10	0.35Q13
0.425	0.425Q1	0.425Q4	0.425Q7	0.425Q10	0.425Q13

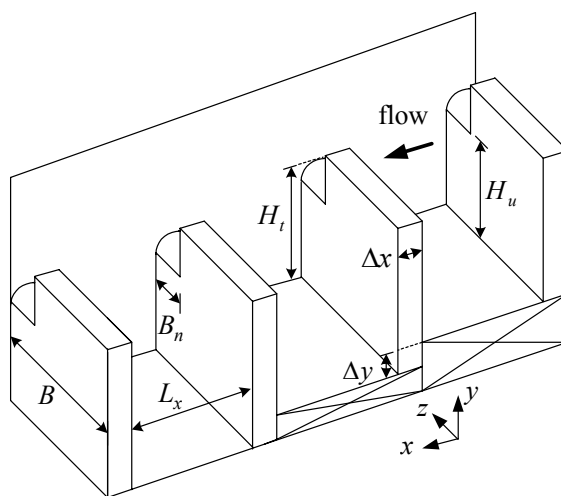


図-1 プール間落差一定条件下の定位位置

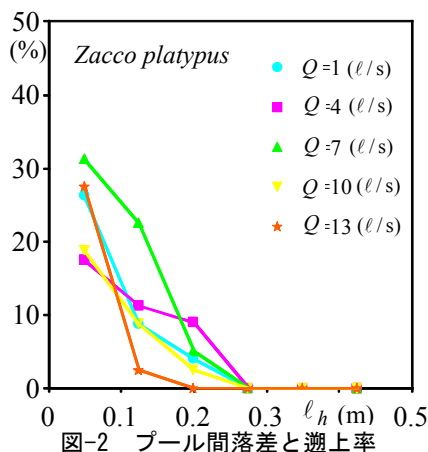


図-2 プール間落差と遡上率

遡上した魚数をプールに入れた初期魚数で割ったものを遡上率と定義する．図-2にプール間落差 ℓ_h と遡上率との関係を流量別に示す．全てのケースにおいて，プール間落差が大きくなると遡上率は低くなっている．従って，プール間落差の減少に伴い，遡上率は増加していることがわかる．プール間落差 $\ell_h=0.275\text{m}$ 以上のケースにおいて遡上は見られなかった．切り欠きを越流した流れの落下流速が突進速度を超えているため遡上できなかったものと考えられる．すなわち，国土交通省の推奨値($0.1\sim0.2\text{m}$)が妥当であることが証明できた．

(2) 定位位置が遡上率に及ぼす影響

オイカワの定位位置がほぼ定常的と判明したため以下では30分間に得られた定位位置を平均したものをを用いる．図-3にプール間落差が一定($\ell_h=0.125\text{m}$)で，流量($Q=1, 7, 13\text{ l/s}$)の異なる場合の定位位置を示す．ここに， z' は切り欠きの左岸端から右岸方向の座標である．鉛直断面($x-y$)においては，流量が増加しても定位位置は変化していない．水平断面($x-z$)においては，遡上率が最も高い0.125Q7は切り欠きに最も近い位置に定位している．遡上率が最も低い0.125Q1は切り欠きに最も遠い位置に定位している．つまり，定位位置から遡上場所への距離が増加するために遡上率が低下したものと考えられる．

(3) プール内の定位位置と流速との関係

定位位置と遡上率との関係が求められたが，流量が変化すると同時に定位位置が変化する理由が解明されていない．魚の定位位置はプール内の流速に大きく依存すると考えられる．そこで，魚の存在確率(n/N)が0.03以上の領域(orientation area)を3次元的に求め，その領域の平均流速 $V_r = \sqrt{U^2 + V^2 + W^2}$ を算出した．図-4にプール間落差が一定($\ell_h=0.125\text{m}$)の流量($Q=1, 7, 13\text{ l/s}$)が異なる場合の V_r の流速ヒストグラムを示す．ここで，突進速度 V_{fb} は魚の体長の10倍程度である．non-orientation areaの流速は流量が増加するにつれて大きなばらつきが生じるが，orientation areaの流速は一定の範囲に位置している．orientation areaの流速は突進速度 V_{fb} の約5～25%であることが判明した．これは，オイカワがある流速範囲を選好して定位していることを示唆している．

4. おわりに

本研究は階段式魚道のプール間落差および流量を系統的に変化させて遡上率の変化を確認し，流速測定および定位場所を測定し，水理量が遡上特性に及ぼす影響を検討したものである．得られた知見を以下に示す．

- (1) プール間落差の増加に伴い，遡上率は減少する．プール間落差が 0.275m 以上では遡上は見られなかった．一方，プール間落差を減少させるためには魚道長を長くする必要がある．従って，双方を考慮することにより国土交通省²⁾の推奨値(プール間落差 $0.1\sim0.2\text{m}$)が妥当であることが確認できた．
- (2) オイカワは突進速度の5～25%の流速場を選んで定位することを確認した．そのため，流量が増加してプール内の流速が増加すると，流脈直下流の流速の速い領域を避けて定位する．一方，遡上場所への距離が増加するために遡上率が低下すると考えられる．

参考文献

- (1) (財)ダム水源環境整備センター編：最新魚道の設計，信山社サイテック，1998．
- (2) 国土交通省河川局：魚が上りやすい川づくりの手引き，2005．

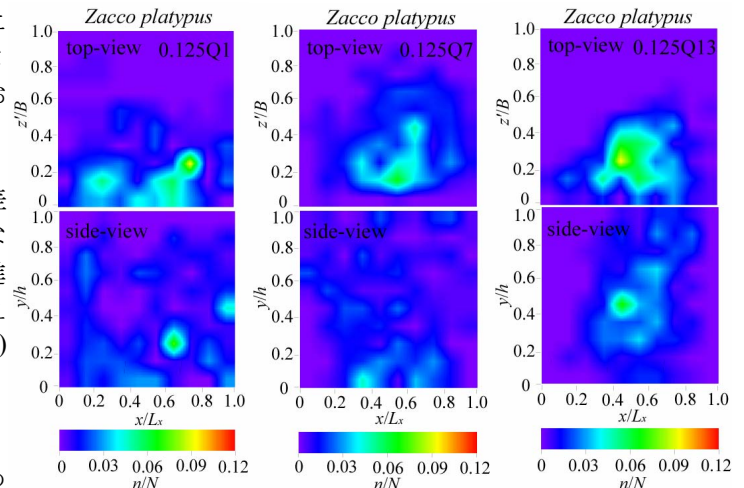


図-3 プール間落差一定時の流速ヒストグラム

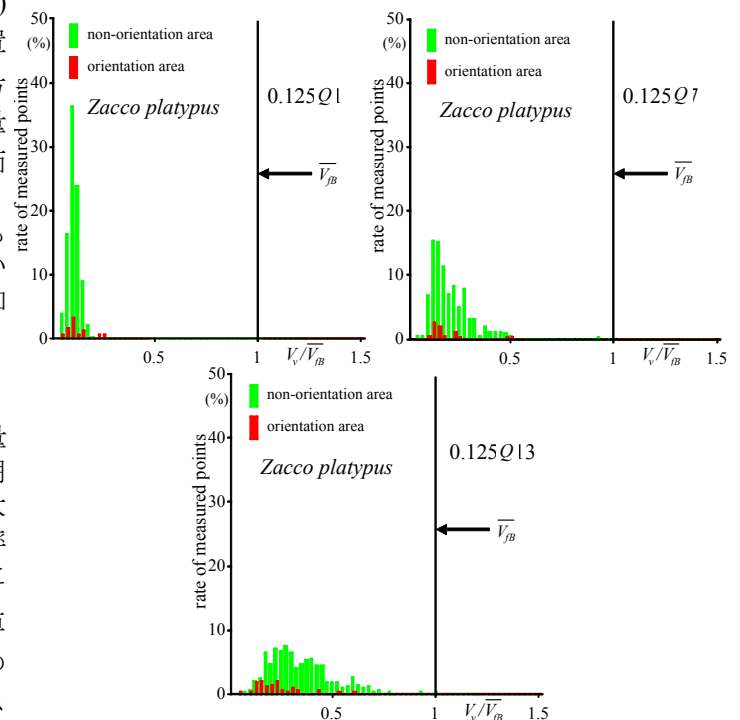


図-4 プール間落差一定時の流速ヒストグラム