

階段式魚道におけるアスペクト比が魚の遡上に及ぼす影響

九州工業大学工学部 学生員 ○飯國洋平 高橋康行
 九州工業大学大学院 学生員 木内大介
 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

階段式魚道において魚の遡上に影響を及ぼすものとして水位落差、アスペクト比、粗度の有無、隔壁形状および切り欠き位置などが挙げられる¹⁾。本研究は切り欠き付き階段式魚道においてアスペクト比を変化させ、遡上特性に対する影響を検討したものである。

2. 実験装置および実験条件

実験に用いた階段式魚道は長さ L_x が 0.4m、幅 B が 0.4m、高さ L_y が 0.4m のアクリル製プールを 5 つ連結させたもので、平均傾斜角度が 1/12 である。プール水深を変えることによってアスペクト比 $L_x / (L_y + \Delta y)$ を変化させ、切り欠き位置は交互(alternate notch)および片側(one-sided notch)の 2 通りに変化させた。ここに、 Δy は越流水深である。表-1 にアスペクト比が 1.0 の場合の実験条件を示す。末尾の数字はアスペクト比を意味しており、アスペクト比が 0.67, 1.0, 2.0, 3.0 の時は、それぞれ 07, 10, 20, 30 とする。他のアスペクト比についても同様な実験を行った。実験には平均体長 $\overline{B_L}$ が約 6.7cm オイカワの成魚 40 匹を用いた。

計測項目は魚の挙動の撮影および流速測定であり、上流から 4 番目のプールですべて行った。撮影はハイビジョンカメラを用いてプールの側面、底面の 2 方向から魚の挙動を 20 分間同時に行った。流速測定には 3 次元電磁流速計を用い、流下方向 x 、鉛直上向き y 、横断方向 z にそれぞれ 6 点のメッシュをとった合計 216 点において、流速 3 成分を 0.05s 間隔で 51.2s 測定した。 x 、 y 、 z 方向の時間平均流速を U 、 V 、 W とする。

3. 実験結果および考察

(1) 遡上率

遡上率を単位時間当たりに遡上した魚の数をプールに入れた初期魚数で割った値と定義する。図-1 に各流量の遡上率を示す。片側および交互切り欠きの両者とも、いずれの流量においてもアスペクト比の増加に伴い遡上率が増加する傾向にある。また、流量が 1.6 ℓ/s の時に全アスペクト比で遡上率が高くなっている。片側と交互切り欠きの結果を比較すると、片側の遡上率が若干高い。

(2) 魚の軌跡と流れ場

魚の遊泳速度には巡航速度 V_{FC} と突進速度 V_{FB} があり、前者は 1 時間以上持続できる速度で、後者は数秒しか持続できない速度である²⁾。実験魚の平均体長 $\overline{B_L}$ が約 6.7cm なので巡航速度 V_{FC} は約 13.4cm/s、突進速度 V_{FB} は約 67 cm/s となる。魚が定位、休憩するためには休憩場所の流速が巡航速度 V_{FC} 以下でなければならない。そのため、魚の挙動と流速との比較をすることが重要である。流速測定によって得られた流速ベクトルと魚の軌跡(成功 3 例、失敗 3 例)の例として流量が 1.6 ℓ/s の場合を図-2 に示した。同図には 3 成分で構成される流速ベクトルも示している。多くの成功例は流速の遅い領域から遡上を開始しており、失敗例は流速の高い領域に突入するが途中で流れに押し戻されている例が多い。アスペクト比による遡上の軌跡の違いは顕著ではない。また、図-2 からアスペクト比の増加に伴い、落下流の影響が底面まで及んでいることがわかる。魚は流速の速い流れを見つけると遡上欲が湧くことが知られている。このような流れを「呼び水」と読んでいいる。そのため、アスペクト比の増加に伴い遡上率が高くなったものと理解できる。

(3) 流速ヒストグラム

上記で述べたように魚が定位、休憩するためにはプール内の流速が巡航速度 V_{FC} 以下が望ましい。そこで、プー

表-1 実験条件

Q (ℓ/s)	2.4	2.0	1.6	1.2	0.8
alternate notch	Q2.4alt10	Q2.0alt10	Q1.6alt10	Q1.2alt10	Q0.8alt10
one-sided notch	Q2.4one10	Q2.0one10	Q1.6one10	Q1.2one10	Q0.8one10

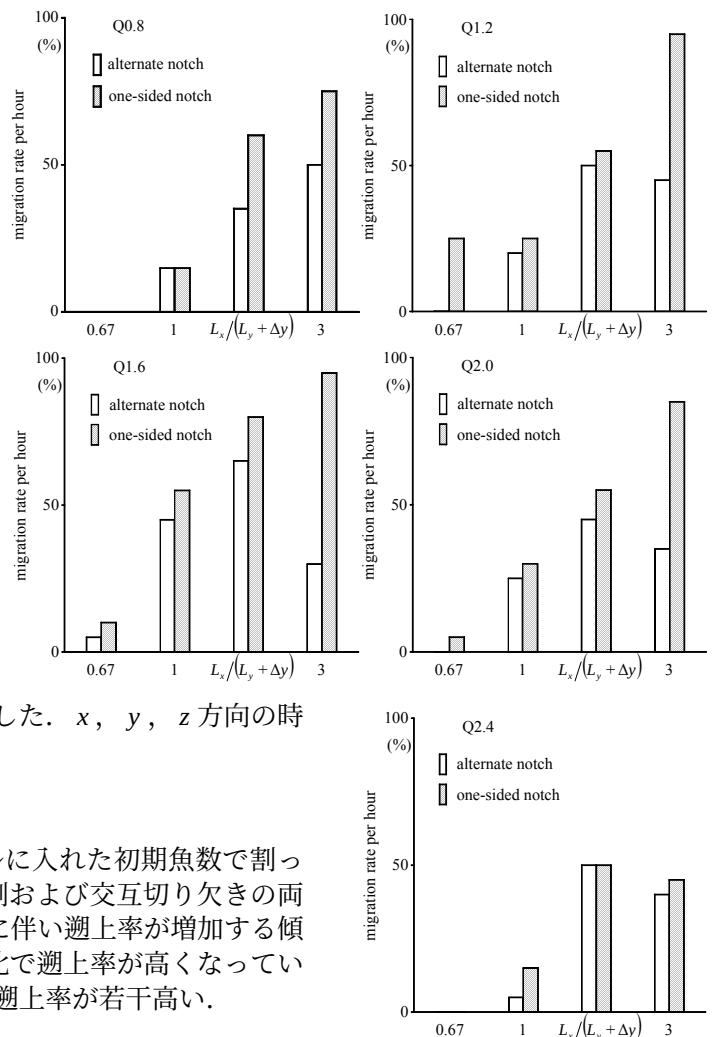


図-1 遡上率

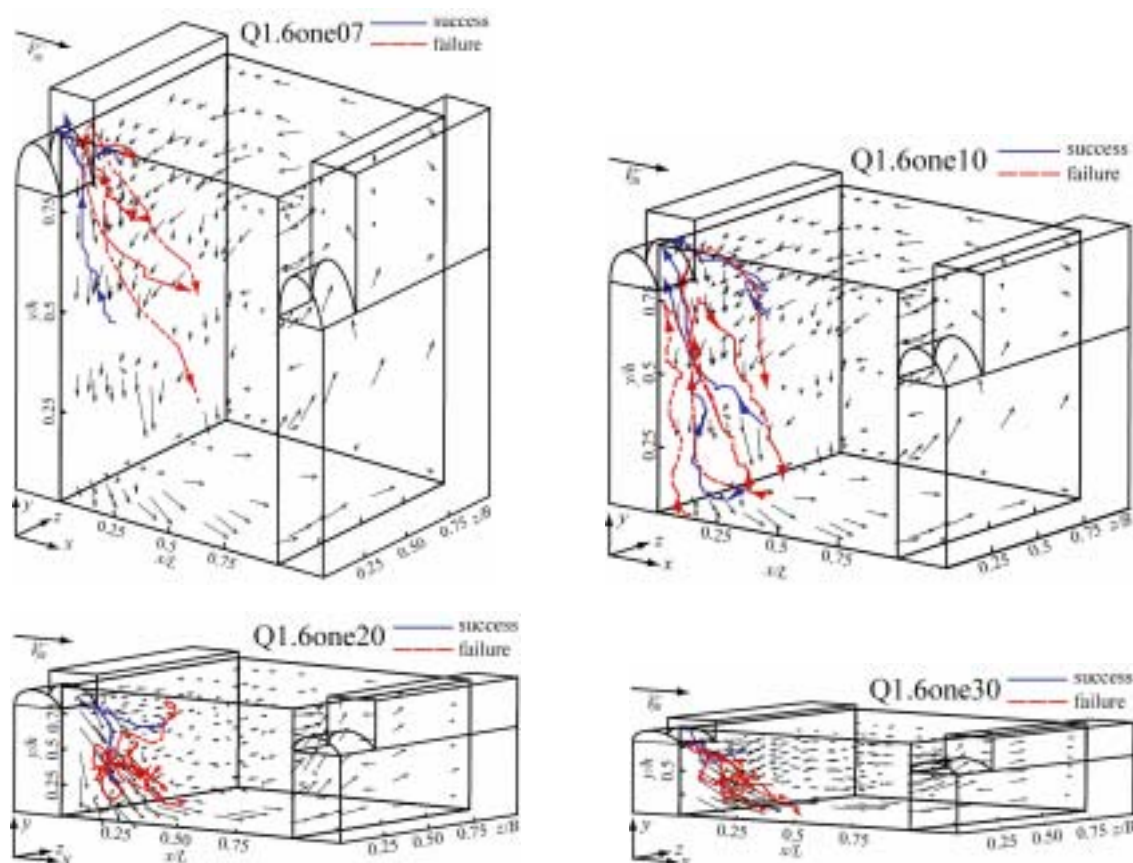


図-2 Q 1.6one の遡上ルートと合成流速の関係

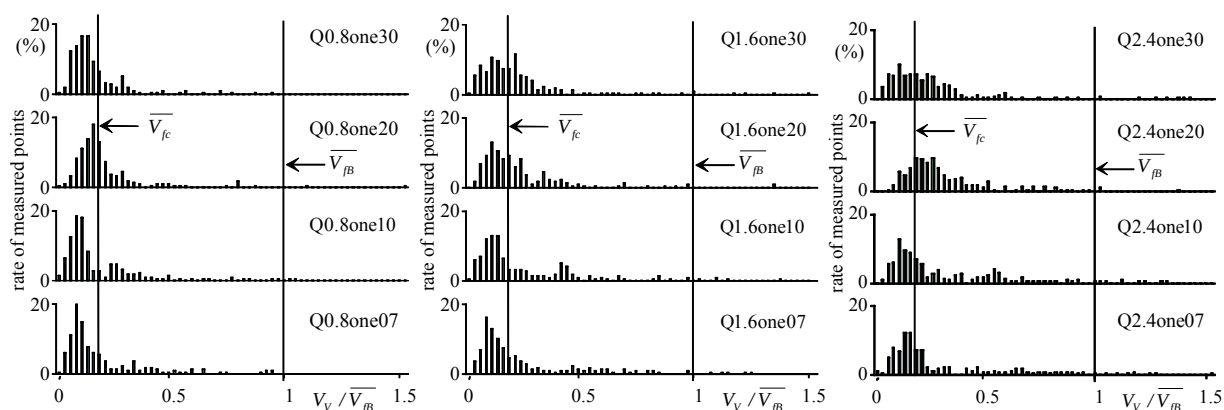


図-3 流速ヒストグラム

ル内の流速の状況把握をするため合成流速 $\sqrt{U^2 + V^2 + W^2}$ を突進速度 V_{β} で無次元化したものをヒストグラムにし、アスペクト比ごとに図-3 に示した。アスペクト比の増加に伴い巡航速度 V_{fc} 以上の流速を有する領域が増えている。したがって、アスペクト比の増加に伴い定位が困難になると考えられる。一方、図-2 で明らかとなったように、アスペクト比の増加に伴い呼び水効果が増加する。これら 2 つの理由からアスペクト比の増加に伴い遡上率が増加したものと判断される。

4. おわりに

本研究では、切り欠き付き階段式魚道においてプール水深を変えることでアスペクト比を変化させ、遡上特性の違いを検討した。その結果、アスペクト比の増加に伴い遡上率が増加する知見を得た。これは、アスペクト比の増加に伴い呼び水効果が増加することおよびプール内流速が増加するために魚が定位することが困難になることの 2 つが理由と考えられる。ただし、本研究ではプール長を一定としているため、今後、プール長なども変化させた実験を行い、統合的な結論を得たいと考えている。

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) 中村俊六：魚道のはなし，山海堂，1995。