

階段式魚道における水深変化が魚の遡上および降下特性に及ぼす影響

九州工業大学大学院 学生会員 ○野口翔平, 蔵本更織
九州工業大学大学院 正会員 鬼束幸樹
九州工業大学大学院 フェロー会員 秋山壽一郎

1.はじめに

河川構造物には一般に魚道が併設される。魚道を設計する上で、適切な勾配、プール間落差、プール長、プール水深等の情報が必要となるが、プール水深に関しては、推奨される定量値は示されていない。和田¹⁾は片側切欠き付き階段式魚道において、プール水深を変化させアユの遡上実験を行った結果、水深の減少に伴い遡上率が増加することを発見したが、流量の変化に対する影響は考慮していない。本研究は片側切欠き付き階段式魚道において、プール水深および流量を系統的に変化させ、アユの遡上特性を解明したものである。

2. 実験装置および実験条件

図-1 に実験に用いた片側切欠き付き階段式魚道の模式図を示す。各諸元は表-1 に示す通りである。表-2 に示すように、プール水深 h を 0.2, 0.4 および 0.8m の 3 通り、流量 Q を 3~11 ℓ/s の範囲で 5 通りに変化した合計 15 ケースの実験を行った。ケース名は例えば 20Q5 は $h=0.2m$, $Q=5\ell/s$ を意味する。第 2 プールに平均体長 $\overline{B_L}$ が 70mm のアユ 50 尾を放流して流水を開始した。目視で定常を確認した後、第 2 プールの側壁および上部に設置したビデオカメラで 30 分間の撮影を行った。魚向は $x-z$ 平面内において x 軸方向を 0° とし、反時計回りを正とした。また、 x , y , z 軸方向にそれぞれ 7, 9, 7 点のメッシュで構成される合計 441 点において、3 次元電磁流速計を用いて流速 3 成分を計測した。

3. 実験結果および考察

(1) 遡上率の変化

遡上率を次式のように定義する。

$$\text{遡上率} = \frac{\text{遡上に成功した尾数 } n}{\text{実験に用いた尾数 } N (=50)} \quad (1)$$

図-2 に流量 Q と遡上率 n/N との関係を水深 h ごとに示す。大凡全ての流量において水深の増加に伴い遡上率が低下している。いずれのプール水深 h でも流量 Q が 5 ℓ/s の時に遡上率が最大となっている。特に遡上率が高いのはプール水深 h が 0.2m および 0.4m で流量 Q が 5 ℓ/s の時(ケース 20Q5 および 40Q5)である。したがって、遡上に適したプール水深は 0.2~0.4m 程度である。ただし、流量が少ない時および多い時に遡上が困難になる。

(2) アユの定位場所

図-3(a)~(d)に流量 Q が 5 ℓ/s における全プール水深の、図-3(e), (f)にプール水深 h が 0.4m で全流量の鉛直断面内($x-y$)および水平断面内($x-z$)における 10s ごとの魚群の重心位置を示す。なお、水深が同一の場合には図面を統合している。鉛直断面に着目すると、いずれのケースにおいても、魚群重心が半水深以下に位置することがわかる。一方、水平断面に着目すると、20Q5 および 40Q5 のケースについては魚群重心位置が 2 カ所に存在し、魚群が下流側隔壁付近および上流側隔壁付近で定位していることが伺える。目視によって後者のアユが遡上を試みることがほとんどであることが確認された。その

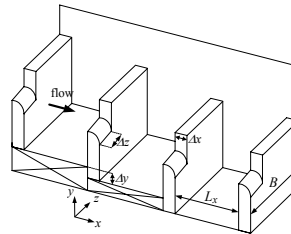


図-1 魚道概略図

表-2 実験条件

Q (ℓ/s)	h (m)	0.2	0.4	0.8
3		20Q3	40Q3	80Q3
5		20Q5	40Q5	80Q5
7		20Q7	40Q7	80Q7
9		20Q9	40Q9	80Q9
11		20Q11	40Q11	80Q11

表-1 魚道諸元

名称	記号	長さ(m)
プール長	L	0.7
プール幅	B	0.8
隔壁厚	Δx	0.2
落差	Δy	0.15
切欠き幅	Δz	0.15

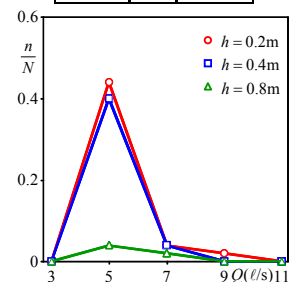
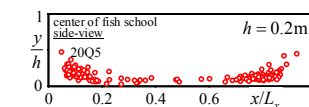
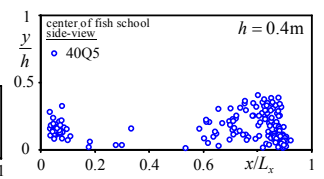


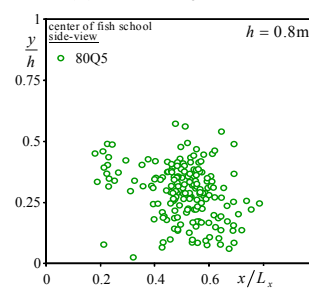
図-2 遡上率の変化



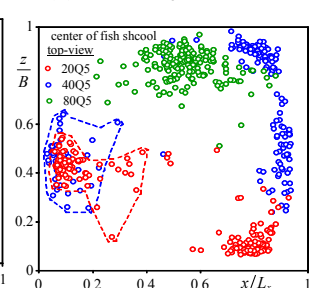
(a) 20Q5 鉛直断面



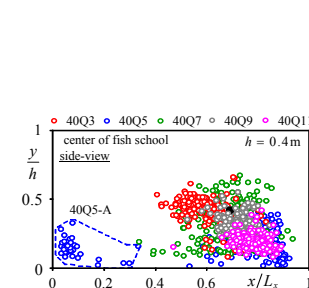
(b) 40Q5 鉛直断面



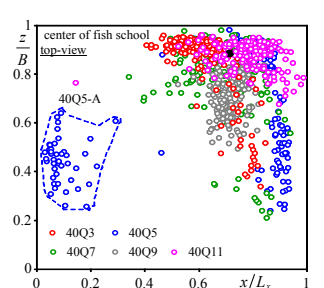
(c) 80Q5 鉛直断面



(d) Q=5 l/s 水平断面



(e) h=0.4m 鉛直断面



(f) h=0.4m 水平断面

図-3 瞬間魚群重心位置の移動状況

ため、20Q5 および 40Q5 のケースにおける上流側隔壁付近の定位状況をそれぞれパターン A と呼称し、変数やケース名の後に「-A」を付記する。

(3) アユの定位場所および非定位場所の流速の比較

アユが瞬間的に存在している場所をアユの定位場所と定義する。図-4 に流量 Q と定位場所(suitable area)および非定位場所(non-suitable area)の空間時間平均流速 $\langle V_x \rangle$ を平均体長 $\overline{B_L}$ で除した値との関係を示す。パターン A を除くと、アユの定位場所の流速が非定位場所の流速よりも低速となっている。また、アユの定位場所の流速が体長倍流速で 3 以下となっている。体長倍流速が 4 以下では普通筋を使用せずに疲労が蓄積しないため、アユはこれらの領域を選好して定位していると考えられる。

(4) 魚向と遡上率の関係

図-5 に流量 Q と魚向の標準偏差 θ_f との関係を示す。パターン A を除くと魚向の標準偏差 θ_f は流量および水深によって大きな影響は受けない。これは、アユが定位しているときは流量や水深によらず様々な方向を向いていること意味する。一方、パターン A における魚向の標準偏差 θ_f は著しく低いため、パターン A における多くのアユが類似の方向を向いて定位していることがわかる。

アユの瞬間存在位置と上流側切欠き中央とを結ぶ線と瞬間魚向の角度差を θ_n と定義する。図-6 に流量 Q と角度差 θ_n の絶対値の空間時間平均値 $|\overline{\theta_n}|$ との関係を示す。パターン A における角度差 $|\overline{\theta_n}|$ はその他の場合と比較して小さな値を示している。これは、パターン A におけるアユが上流側切欠き方向を向いていることを表している。

以上のことから、下流側隔壁付近で定位している多くのアユはランダムな方向を向いて遊泳している。この場合、上流側切欠きとの距離が遠いため落下流を発見できず、遡上を試みることがほとんどない。一方、パターン A のアユは上流側切欠きからの距離が近く、落下流からの高速流を発見し、魚向をそろえた状態で上流側隔壁方向を向きながら定位している。アユは正の向流性を有しているため、しばしば遡上を試みていると考えられる。

(5) 降下特性の解明

降下率を次式のように定義する。

$$\text{降下率} = \frac{\text{降下した尾数 } n_s}{\text{実験に用いた尾数 } N (=50)} \quad (2)$$

図-7 に流量 Q と降下率 n_s / N との関係を示す。水深 h の増加に伴い降下率は減少傾向を示している。図-3 に示したように、下流側隔壁付近の魚群は横断方向および鉛直方向に移動している。そこで、図-8 に流量 Q と 10s ごとに得られた魚群と下流側切欠きまでの最小距離の平均値 $\overline{L_{d\min}}$ を平均体長 $\overline{B_L}$ で除した値との関係を示す。パターン A を除くと、水深の増加に伴い最小距離が増加している。したがって、下流側隔壁付近の魚群は、下流側切欠きとの距離が小さくなると上流側隔壁から下流側隔壁へと流れる高速流に乗り、下流に流されていると考えられる。

4. おわりに

本研究は、階段式魚道のプール水深および流量を系統的に変化させ、アユの遡上特性を解明したものである。その結果、以下の知見が得られた。

- (1) アユの遡上に適したプール水深は 0.2~0.4m であることが、流量が少ない時および多い時に遡上が困難になる。
- (2) 魚群は遊泳に普通筋を使用せず疲労が蓄積されない体長倍流速が 3 以下の領域を、定位場所として選好する。
- (3) 上流側切欠き付近の魚の魚向が上流側切欠き方向を向いている場合、正の向流性によりアユの遡上が誘発される。
- (4) プール水深が低いと魚群と下流側切欠きとの距離が短くなり、魚が高速流に流されやすくなるため降下率が高くなる。

参考文献

- 1) 和田吉弘：長良川のアユづくり，治水社，1993。

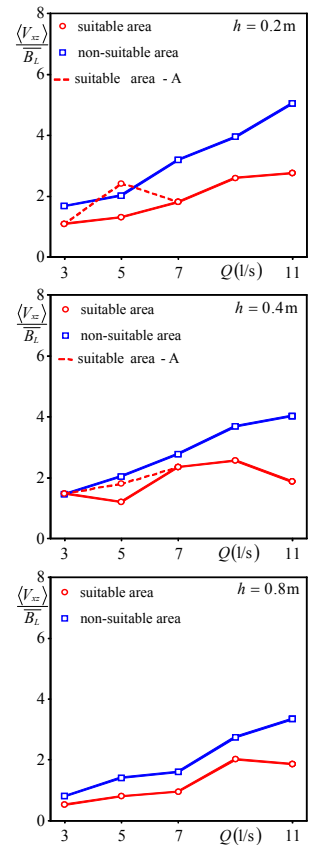


図-4 流量と魚の定位・非定位場所の流速との関係

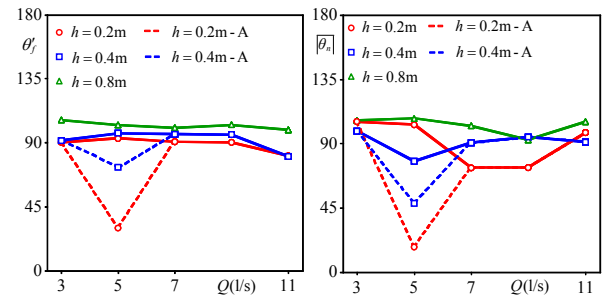


図-5 魚向の標準偏差

図-6 魚向と上流側切欠き方向との角度差

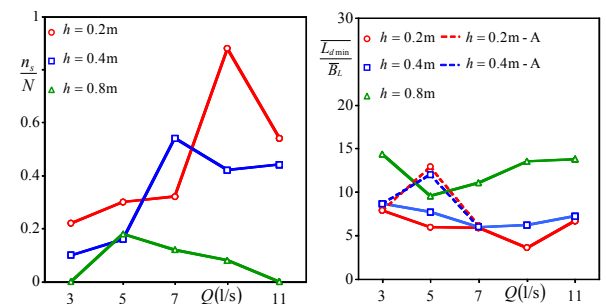


図-7 降下率の変化

図-8 魚群から下流側切欠きまでの最小距離