

プール式台形断面魚道内の流れと遊泳魚の遡上経路との関係

Relationship between migration route of swimming fishes and flow in pool-type fishway with trapezoidal section

日大理工大学院理工学研究科土木工学専攻 学生員○宮嶋麻里

日本大学理工学部土木工学科 正員 安田陽一

はじめに

河川環境改善という観点から河川の連続性および水生生物の移動環境を確保するために河川横断構造物に魚道が整備されている。国土交通省によって「魚がのぼりやすい川づくりの手引き」¹⁾が示されている。魚道の構造は様々であり²⁾、魚道内の水理環境が構造によりどのように異なるか比較検討がなされていない。また、魚道という人工構造物における各種水生生物の遡上・降河経路の実態が把握されていないのが現状である。そのため、魚道内の流れと水生生物の遡上経路との関係が明らかにされないまま魚道が設置されている。さらに、原型と模型との間ではプール内の気泡混入量が異なり、どの程度の模型スケールで実験することが遊泳魚の遡上経路を解明するのに有効なのか、明らかにされていない。

ここでは、遊泳魚ばかりでなく底生魚および甲殻類に配慮したプール式台形断面魚道²⁾を対象に遊泳魚の遡上経路について 2 分の 1 縮尺の模型スケールでの室内実験および現地調査を通じて検討を行った。また、プール内の流速場を示し、遡上経路との関係について考察した。

実験

実験では、写真 1 に示す 2 分の 1 縮尺のプール式台形断面魚道を使って水理環境および遊泳魚の遡上経路を検討した。遡上経路を検討するために、ウグイおよびアユを魚道内に放流し、ビデオカメラで映像を記録した。

原型スケールでの検討については、北海道知床半島を流れる S 河川に設置された魚道、および長崎県西海市を流れる K 河川に設置された魚道を調査対象として行った(写真 2 参照)。なお、流速については 2 次元電磁流速計を用いて計測した(計測時間 30 秒、採取間隔 10ms)。また、ビデオカメラを用いて流況の映像を記録した。

遊泳魚の遡上経路

台形断面魚道における遊泳魚の遡上経路を定性的に把握するために模型実験を行った。2 分の 1 縮尺模型の魚道にアユおよびウグイを放流し、遡上経路を検討した。その結果、対象魚は跳躍して遡上する行動は見られなかった。また、遡上経路は図 1 で示すように、隔壁を越える流れの近くでは水際付近を大半の魚が利用することを確認した。さらに、隔壁を遡上する前の待機場所としてプール後方の左右の空間を利用することが分かった。

長崎県西海市を流れる K 河川に設置された魚道においてアユの遡上調査を行なったところ、隔壁を越える流れの周辺では水際付近を遡上することを確認した。この場合、隔壁の左岸側には側壁沿いに切り欠きが一部設けられている。遡上状況は、切り欠きがある方で遡上頻度が高くなっていた。

北海道知床半島の羅臼側を流れる S 河川に設置された魚道においてカラフトマスおよびシロザケの遡上調査を行なった。S 川には 2 タイプの魚道が設置されている。どちらの場合も、対象魚は隔壁を越える流れの近くで側壁が傾いている水際近くを主に遡上することを確認している。現地調査により得られた半台形断面魚道における遡上経路を図 2 示す。

なお、図 1 に示す遡上経路については、現地調査でも同様な遡上経路であることが確かめられた。また、現地調査より台形断面魚道の場合、遡上経路においては、気泡混入量が少ないことが確かめられ、遡上の妨げにならないものと考えられる。

魚道プール内の平面流速ベクトル

2 分の 1 縮尺の魚道模型の平面流速ベクトルを図 3 に示す。図に示されるように、側壁傾斜面上の流向は流下方向を示していることが多い。また、横断方向にも流速が変化し、水際近くでは流速が小さくなっている。さらに、側壁の傾斜面上に遡上経路が確保されることがわかる。

S 河川に設置された半台形断面魚道および左右対称の台形断面魚道内の平面流速ベクトルを図 4, 5 に示す。図



写真 1 2 分の 1 縮尺模型
($i=1/10, m=1, S=9\text{cm}, h=18\text{cm}$
 $Q=0.0315\text{m}^3/\text{s}, dc/s = 0.49$)



写真 2 原型の一例
($i=1/10, m=1, S=30\text{cm}, h=50\text{cm}$
 $Q=0.292\text{m}^3/\text{s}, dc/s=0.4$)

記号説明 h: 隔壁上流面側の高さ, i: 魚道勾配, m: 側壁勾配, Q: 流量, S: 隔壁間の落差

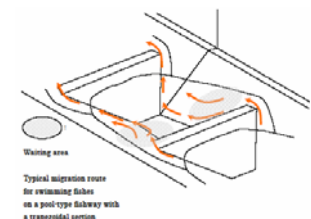


図 1 遊泳魚の主な遡上経路の概略図

図中→: 遡上経路

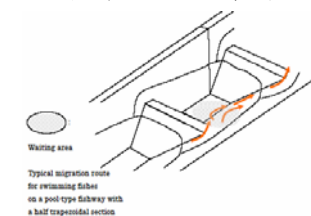
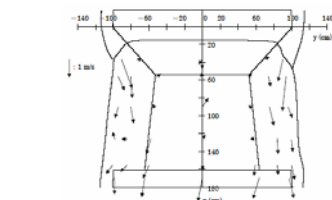


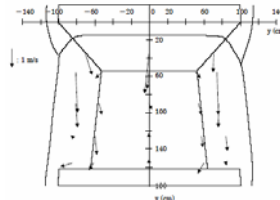
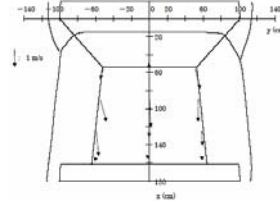
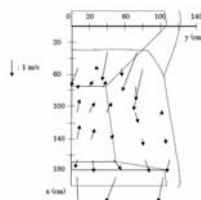
図 2 半台形断面魚道における遊泳魚の主な遡上経路

キーワード: プール式魚道, 台形断面魚道, 遡上経路, 多様な水生生物, 流速分布

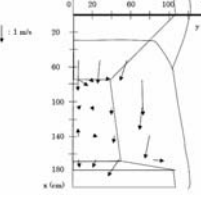
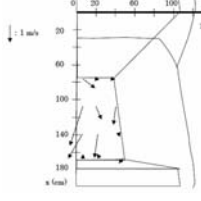
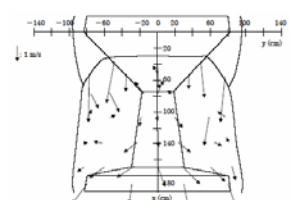
連絡先: 〒101-8308 東京都千代田区神田駿河台 1-8; TEL&FAX: 03-3259-0409 E-mail:yokyas@civil.cst.nihon-u.ac.jp



a) 表層(水面下 6cm)

b) 中層(プール底面より 20cm
から 22cm 上方)c) 底層(プール底面より 1cm 上方)
図 3

a) 表層(水面下 10cm)

b) 中層(プール底面より 27cm
から 30cm 上方)c) 底層(プール底面より 1cm 上方)
図 4

a) 表層(水面下 10cm)

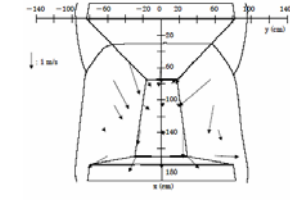
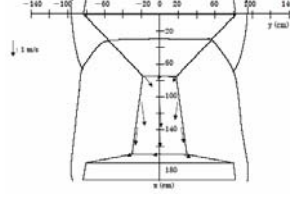
b) 中層(プール底面より 22cm
から 32cm 上方)c) 底層(プール底面から 1cm 上方)
図 5

図 3 台形断面模型の平面流速ベクトル(寸法および流速の大きさは原型に換算) $Q = 0.178 \text{ m}^3/\text{s}$, $d_c = 8.79 \text{ cm}$ (水理水深), $S = 18 \text{ cm}$, $h = 36 \text{ cm}$, 魚道勾配 $i = 1/10$, $d_c/S = 0.49$, $h/S = 2.00$, 第 2 プール

図 4 半台形断面魚道内の平面流速ベクトル $Q = 0.233 \text{ m}^3/\text{s}$, d_c (水理水深= A_c/T_c ; A_c : 流積, T_c : 水面幅) = 15.5 cm , $S = 25 \text{ cm}$, $h = 50 \text{ cm}$, 魚道勾配 $i = 1/8$, $d_c/S = 0.620$, $h/S = 2.0$, 第 2 プール

図 5 台形断面魚道内の平面流速ベクトル $Q = 0.400 \text{ m}^3/\text{s}$, $d_c = 17.4 \text{ cm}$ (水理水深), $S = 25 \text{ cm}$, $h = 50 \text{ cm}$, 魚道勾配 $i = 1/8$, $d_c/S = 0.696$, $h/S = 2.0$, 第 4 プール

4 に示されるように、半台形断面魚道の場合、隔壁から越えた流れが潜り込み、その主な流れが鉛直側壁側に衝突している。また、側壁が傾いている側の流速ベクトルから傾斜面上での流向が流下方向に向いている場合が多く、流速が横断方向に変化していることが理解される。このことから正の走流性を有する遊泳魚にとって遡上しやすい環境であると考えられる。

左右対称の台形断面魚道の場合、図 5 に示されるように、隔壁から越えた流れが潜り込むときの流向が中央部に向い、側壁傾斜面上では横断方向に流速の大きさが異なる。また、側壁傾斜面上の流向については順流方向を示す場合が多い。これは遡上する遊泳魚にとって遡上経路が見つかりやすく、流速の大きさを選択して遡上できる環境であることが推定される。

現地で計測した流速ベクトルの結果と 2 分の 1 縮尺の模型で計測した流速ベクトルの結果は、魚道勾配、プール深さ、魚道幅、魚道内の形状・寸法など魚道構造が異なる。しかし、いずれの場合も側壁の傾斜面上で遡上経路が確保できることが流速ベクトルから推定される。

まとめ

側壁勾配が 1 : 1 を有する台形断面魚道における遊泳魚の遡上経路および流速場との関係を 2 分の 1 縮尺模型および原型の両面から検討した結果を以下にまとめる。

- 1) 2 分の 1 の縮尺模型を用いることによって台形断面魚道内での遡上経路を明確に把握することができた (図 1 参照)。また、室内実験の結果を踏まえて遡上行動を注意深く観察することで現地に設置された台形断面魚道において、遡上経路を検証することができた (図 1, 2 参照)。
- 2) 魚道内の平面流速ベクトルについて室内実験および現地調査によって明らかにし、側壁傾斜面上の流向については順流方向を示す場合が多いことが分かった。
- 3) 流速ベクトル結果と遡上経路の観察記録との対応を検討した結果、側壁の傾斜面上で遡上経路が確保され、遊泳魚にとって遡上経路が見つかりやすく、流速の大きさを選択して遡上できる環境であることが分かった。

参考文献

- 1) 国土交通省河川局(2005), 魚がのぼりやすい川づくりの手引き, 160 pages.
- 2) 安田陽一, 高橋正行, 大津岩夫, 三村進二, 原口哲幸(2005), 長崎県千綿川に設置された台形断面魚道の効果, 河川技術論文集, 土木学会, 第 11 巻, pp435-440.
- 3) 高橋直樹, 大西貴, 安田陽一(2008), プール式台形断面魚道における流速特性に対する側壁勾配の影響, 第 63 回土木学会年次学術講演会, 第 2 部門, CD-ROM.