

階段式魚道における呼び水の集魚効果

東洋大学大学院 学生員 ○青木 宗之
 東洋大学工学部 非会員 酒井 智章 木村 優太
 東洋大学工学部 学生員 染井 香栄 小原 誠
 東洋大学工学部 正会員 福井 吉孝

1. はじめに

階段式魚道によく用いられる呼び水は、魚道下流入口へ魚を集める目的で設置される。しかし階段式魚道は、河川流量の変動に対応できていないものが多く、呼び水も同様に流量の変動に対応できない難点がある。本研究では、呼び水の効果をより発揮させるために、階段式魚道および呼び水水路の改修方法や改善策を見出すことを目的としている。そのために現地調査、模型実験を行った。

2. 呼び水について

呼び水は、魚道から流れる水とは別に、呼び水水路やポンプ等からの供給方法があり、魚道と隣接して設けられる。また、呼び水の機能は①魚道下流入口の流れの影響範囲を下流域へ拡大させ、②魚を魚道下流入口へ誘導するものである。これは、魚の習性である走流性を利用し、魚の頭を魚道入口方向へ向かわせているものだと考えられる。なお、呼び水の流速は、一般的に魚道から流出する流速の2倍以上とするのが設計上の留意点である。

3. 現地調査

現地調査は、埼玉県飯能市を流れる荒川水系入間川の魚道(図-1)で行った。魚道勾配 1/12、呼び水水路勾配 1/10 であった。隔壁には千鳥状に配置された切り欠きがあり、その対角線上には直径 20(cm)の潜孔がある。この魚道は、第6 プールを後付けしたため、魚道よりも呼び水水路が短くなっている。図-2 に魚道下流域での流速ベクトル図を示す。呼び水水路の直下で循環流(図-2 部分)が形成されていることが分かる。この現象は、流量の大小に関係なく起こってしまう。また、呼び水水路の下流端が一部破損しており、全体的な流れは呼び水水路から左岸側へ向いている。このことにより、魚が循環流形成箇所へ向かって遊泳する可能性がある。ゆえに、魚がこの場で滞留してしまい、遡上出来なくなる可能性がある。

4. 模型実験

模型実験には、図-3 に示すような簡易的な階段式魚道モデルを用いた。隔壁には、現地と同様に切り欠き(2.5×2.5cm)を千鳥状に配置した。魚道勾配 1/10、呼び水水路勾配 1/8 であり、水路勾配 1/200 である。ここでは呼び水の効果を検証するために、魚道下流域($x=0\sim80\text{cm}$)における水理量の測定、および平均体長約 5.5(cm)のウグイを用いた挙動実験を行った。実験 1 回につきウグイ 10 匹を使用し、流水に馴致させた後に 30 分間撮影を行った。実験は、表-1 に示すケースであり、流量や導流壁の形状を変化させて行った。図-4 に、遡上率および誘導率を示し、以下のように定義した。誘導率は、鬼束らが定義した遡上成功率¹⁾を参考にしたものである。

$$\text{遡上率} = \frac{\text{遡上に成功した魚の個体数}}{\text{実験に用いた魚の個体数}} \quad (1)$$



①本川 ②呼び水水路 ③魚道 ④導流壁

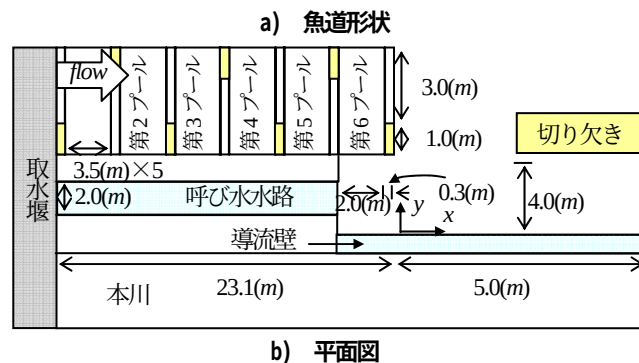
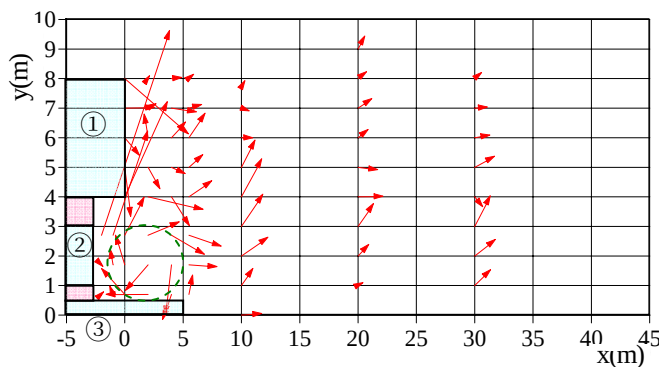
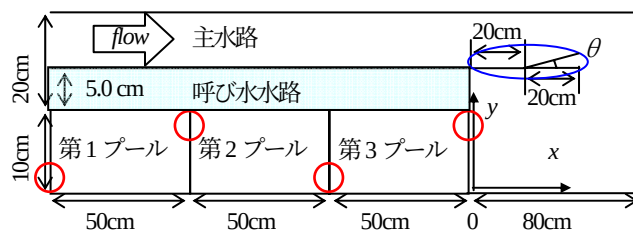


図-1 階段式魚道と呼び水水路 (本郷取水堰)



①魚道 ②呼び水水路 ③導流壁 → 20(cm/s)
 図-2 魚道下流域での流速ベクトル図 ($Q=1.6\text{m}^3/\text{s}$)



○切り欠き ○導流壁
 図-3 簡易的な階段式魚道モデル

キーワード 呼び水, 魚道, 集魚効果

連絡先 〒350-8585 埼玉県川越市鯨井 2100 TEL 049-239-1404 E-mail: dd061001x@toyonet.toyo.ac.jp

表-1 実験ケース一覧表

	流量(l/s)	呼び水	導流壁	傾き θ
Case 1-1	0.5	なし	-	-
Case 2-1	0.5	あり	0cm	-
Case 3-1	0.5	あり	20cm	-
Case 4-1	0.5	あり	40cm	0°
Case 5-1	0.5	あり	40cm	15°
Case 1-2	5.0	なし	-	-
Case 2-2	5.0	あり	0cm	-
Case 3-2	5.0	あり	20cm	-
Case 4-2	5.0	あり	40cm	0°
Case 5-2	5.0	あり	40cm	15°

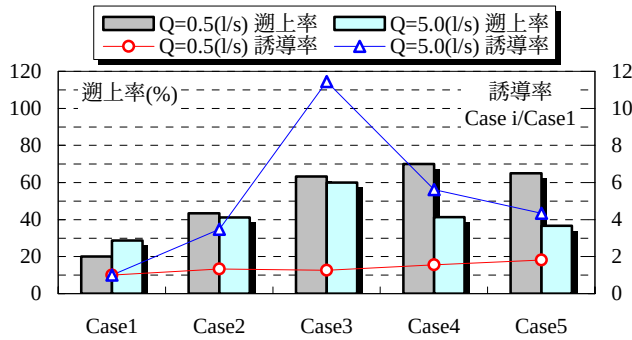
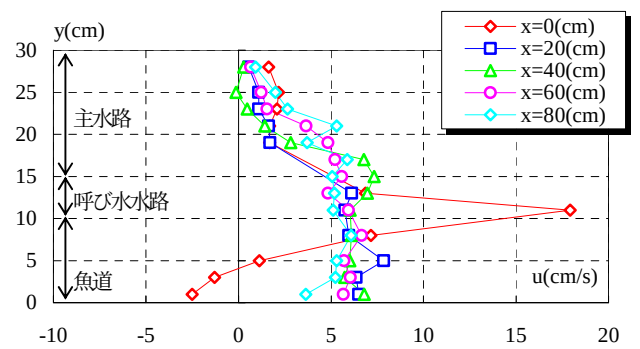


図-4 遡上率および誘導率

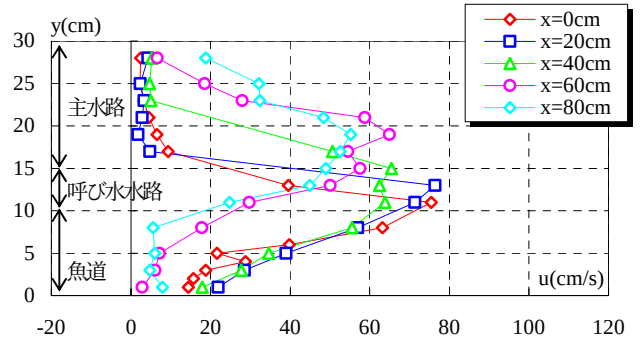
$$\text{誘導率} = \frac{\text{魚道下流入口に行った魚の延べ個体数}}{\text{遡上を試みた魚の延べ個体数}} \quad (2)$$

なお、誘導率は呼び水のない Case1 を基準にして比較している。ここで、一匹の魚が何度も遡上を試みた場合、誘導率は不安定になる可能性があるという問題点が残っている。

Q=5.0(l/s)のとき、呼び水がない Case1-2 に比べ、呼び水がある Case2-2~5-2 は、誘導率、遡上率ともに高いことが分かる。よって、呼び水の効果はあると言える。しかし、Q=0.5(l/s)での誘導率に大きな差は見られない。これは、魚道下流域における横断方向の流速分布 (図-5 a)) で分かるとおり、魚道下流域の流速が約 5~10cm/s であり、魚の巡航速度 (体長の 2~4 倍の値) 以下である。つまり、実験に用いたウグイは疲れることなく自由に遊泳することができ、魚道下流入口へ容易に行けるためである。しかし、流れは魚道下流域へ広がっていない (図-5, 6)。加えて、Case1-1 と Case2-1~5-1 の誘導率を比較しても、呼び水が機能しているとは言い難い。また、Q=5.0(l/s)に比べ、Q=0.5(l/s)では全体的に遡上率が増加していることが分かる。Case4, 5 では流量を変化させた結果、遡上率の差が顕著に現れた。Case4, 5-2 (流量大) の場合、左岸側から遡上してきた魚は約 80cm/s の流れ場を横断する。結果、呼び水に押し戻され魚道下流入口まで辿り着き難い。特に、Case5-2 は導流壁が傾いているため、速い流れが水路中央部へ拡がり (図-5 b)) 押し戻され易い。また、導流壁のない Case2 では、循環流が形成され易く、流れが主水路から右岸側へ向いてしまう (図-6)。そのため、主水路へ進入するウグイが多くなり遡上率は低い。このことは、Case1 も同様のことが言える。これは、導流壁によって魚の進行方向が制限されるためだと考えられる。Case3-2 (流量大) は、左岸側からの遡上距離が Case4-2, 5-2 より短く、魚道下流入口へ辿り易いため誘導率は他ケースに比べ高く、遡上率も高い (図-4) と考えられる。

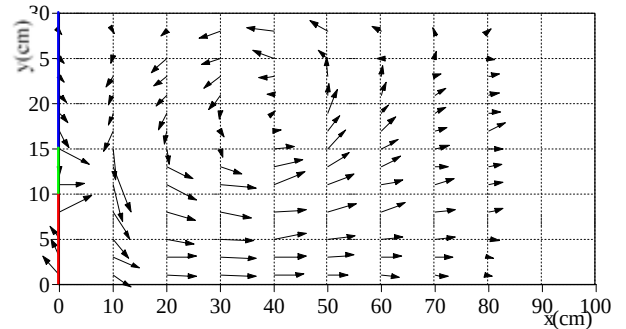


a) Case3-1

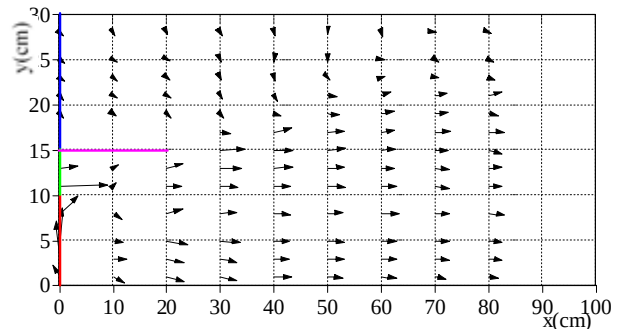


b) Case5-2

図-5 魚道下流域における横断方向の流速分布



a) Case2-1



b) Case3-1

—主水路 —呼び水水路 —魚道 —導流壁 → (10cm/s)

図-6 流速ベクトル図

5. まとめ

- 1) 呼び水が機能するためには、流量が必要である。
- 2) 導流壁を用いることで呼び水の効果は増加し、遡上率も増加する。
- 3) 現地の呼び水を直線的に流下させることにより、呼び水の持つ本来の機能を発揮するものだと考えられる。

参考文献

- 1) 鬼束ら：階段式魚道における切り欠き位置が魚の遡上率に及ぼす影響，水工学論文集第 51 巻，pp. 1279-1284, 2007