

魚道における呼び水の集魚効果に関する研究

九州工業大学工学部	学生会員	○池野慎
九州工業大学大学院	学生会員	山本晃義
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

ダムや堰などに設置される魚道は河川の生態系を維持・保全していく上で重要な役割を担っている¹⁾。しかし、取水口と魚道入り口が近接している場合など、迷入が多発する可能性があり、その対策として呼び水水路の設置が挙げられる²⁾。呼び水水路は魚道本体の集魚効果をも高める目的で設置される。しかし、呼び水水路が効果的に機能する流速については解明されていない。よって、本研究では呼び水水路と魚道内の流速を系統的に変化させ、効果的に集魚できる流速および流速比について検討した。

2. 実験装置および実験条件

図-1に示す水路長4.5m、水路幅 $B=0.4\text{m}$ の水路を呼び水水路と魚道に区切って用いた。流下方向に x 軸、鉛直上向きに y 軸、横断方向に z 軸をとる。呼び水水路の幅を0.04m、魚道の幅を0.08mとした。

魚道の集魚効果に影響を及ぼす因子として、呼び水水路の流速 U_{ma} 、魚道の流速 U_{mf} 、そしてその流速比を想定した。呼び水水路と魚道を区切る

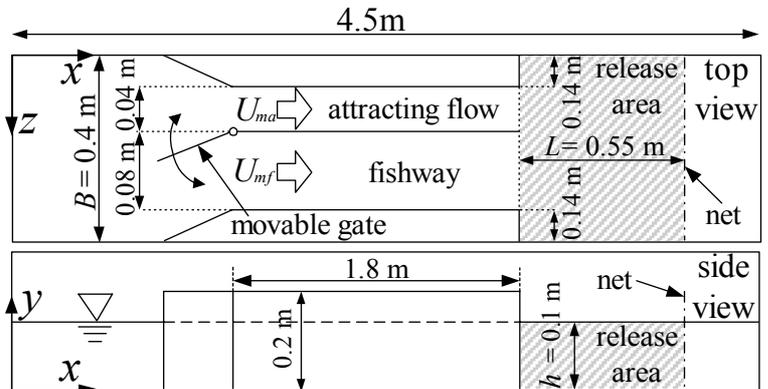


図-1 実験器具

表-1 実験条件

	$U_{ma}/\bar{B}_L=0$	$U_{ma}/\bar{B}_L=3$	$U_{ma}/\bar{B}_L=6$	$U_{ma}/\bar{B}_L=10$	$U_{ma}/\bar{B}_L=15$
$U_{mf}/\bar{B}_L=0$	A0F0	A3F0	A6F0	A10F0	A15F0
$U_{mf}/\bar{B}_L=3$		A3F3	A6F3	A10F3	A15F3
$U_{mf}/\bar{B}_L=6$			A6F6	A10F6	A15F6
$U_{mf}/\bar{B}_L=10$				A10F10	A15F10
$U_{mf}/\bar{B}_L=15$					A15F15

隔壁の上流端を可動式にし、流量を調節することでそれぞれの流速を設定した。なお、流速は平均体長 \bar{B}_L との比を用いて系統的に変化させた。実験を行った流速は \bar{B}_L の0倍、3倍、6倍、10倍、15倍であるが、表-1に示すように魚道の流速が呼び水水路の流速より速くなるケースについては実験を行っていない。これは呼び水の役割を考慮したとき、呼び水水路の流速が魚道の流速と同等以上でないと呼び水として機能しないと考えたためである。実験に用いたオイカワのヒストグラムを図-2に示す。平均体長 \bar{B}_L は0.087mであった。水路上部に設置したビデオカメラを用いてrelease areaに放流したオイカワ10尾の挙動を20分間撮影した。撮影された画像から呼び水に対する挙動を解析した。なお、遡上経路などと比較するためにrelease areaの流況を8×11メッシュで流速測定を行った。計測時間は0.05s間隔で51.2sとした。

3. 実験結果および考察

(1) 魚道流速の集魚効果への影響

迷入および遡上した魚数 n を水路内魚数 N で除したものを迷入率と遡上率とする。表-1に示す実験条件ごとの迷入率と遡上率の呼び水水路の流速による変化を図-3(a), (b)に示す。魚道の流速について考察すると図-3(a)より、魚道の流速 $U_{mf}/\bar{B}_L=0$ と設定したケースでは、A0F0, A15F0を除きすべてのケースで呼び水水路に迷入していることがわかる。図-3(b)より、魚道の流速 $U_{mf}/\bar{B}_L=3$ および6のとき高い遡上率を示していることがわかる。さらに、魚道の流速が \bar{B}_L の10倍以上のとき遡上率は0.1以下しか見られないことがわかる。これは、魚の巡航速度が \bar{B}_L の2~4倍程度¹⁾であるのに対して、魚道の流速が大きかったためであると考えられる。よって、魚道の流速 $U_{mf}/\bar{B}_L=3$ および6が適切であると考えられる。次に呼び水水路の流速について考察すると図-3(b)より、呼び水水路の流速を \bar{B}_L の6倍以下に設定したケースでは、遡上した個体は1尾しか見られず、 $U_{ma}/\bar{B}_L=10$ のとき急激に遡上した個体が増加していることがわかる。しかし、 $U_{ma}/\bar{B}_L=15$ において遡上率が低下している。これらの

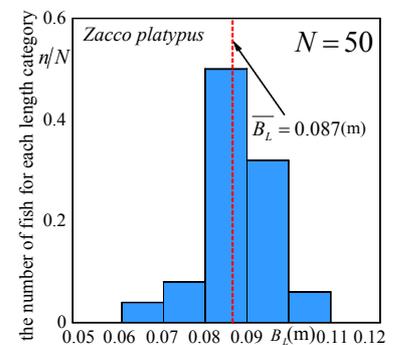


図-2 体長ヒストグラム

ことから、呼び水水路の流速は突進速度以上となるように設定する必要があるが、流速が過度に大きいと逆効果になることが示された。

(2) release areaにおける流況および遊泳軌跡

最も迷入率が高かったA6F0、遡上の失敗が顕著に見られたA15F0および最も高い遡上率を示したA10F6における流速ベクトル、遊泳軌跡を用いた詳細な説明について行う。

最も迷入率が高かったA6F0におけるrelease areaの流況および遊泳軌跡を図-4および図-5に示す。図-4の遊泳軌跡より、呼び水水路入り口付近に至るまではランダムに遊泳しているが、呼び水水路入り口付近で停滞していることがわかる。このことから、呼び水の流れに逆らうように反応しているといえるが、呼び水水路の流速が \bar{B}_L の6倍であり突進速度を用いれば十分に遊泳可能なため、魚道に向かい遊泳することなくそのまま呼び水水路に迷入するという結果になっている。

遡上の失敗が顕著に見られたA15F0におけるrelease areaの流況および遊泳軌跡を図-6および図-7に示す。図-6の遊泳軌跡より、呼び水水路の流れに逆らい遊泳し、呼び水水路入り口付近に集魚した後、下流方向に流されていることがわかる。また、図-7に示す流速ベクトルでは呼び水水路の入り口付近の流速が突進速度の定義である体長の10倍よりも大きいことを示している。これらのことから遡上に失敗したと考えられる。さらに、呼び水に巻き込まれ遡上に失敗する現象は目視によっても確認された。同様の現象がA15F3, A15F10で見られた。よって、呼び水水路は流速があまりに速いと逆効果であるということが解明された。

よって、それぞれの流速だけに注目するのではなく、呼び水水路と魚道の流速比が重要であると考えられる。

最も高い遡上率を示したA10F6におけるrelease areaの流況および遊泳軌跡を図-8および図-9に示す。図-8の遊泳軌跡より、遊泳軌跡が呼び水水路入り口付近の低流速域に集中していることから、呼び水水路の流速が \bar{B}_L の6倍のケースに比べ、呼び水として効果的に集魚していることがわかる。さらにこのケースでは、呼び水水路の流速が体長の15倍のケースで見られた、呼び水に巻き込まれ遡上に失敗するような現象は見られなかった。また、呼び水水路に迷入した個体は見られず、遡上率も最大の0.4となった。よって、呼び水水路の流速も適切であったと考えられる。

4. おわりに

本研究は呼び水水路、魚道の流速を系統的に変化させ、オイカワに対する魚道の集魚効果について検討したものである。以下に結論を示す。

- (1) 呼び水水路の流速のみではなく、魚道の流速も集魚効果に影響を与えており、呼び水水路と魚道の流速比が重要であることが解明された。
- (2) 呼び水水路の流速は魚道の流速よりも速いことで集魚効果を得ているが、極端に呼び水水路の流速が速い場合は呼び水水路から発生する流れに巻き込まれ遡上に失敗するという現象が見られ、逆効果であることが解明された。

参考文献

1) 中村俊六：魚道のはなし，山海堂，1995。
 2) 農業土木学会：「頭首工の魚道」設計指針，2002。

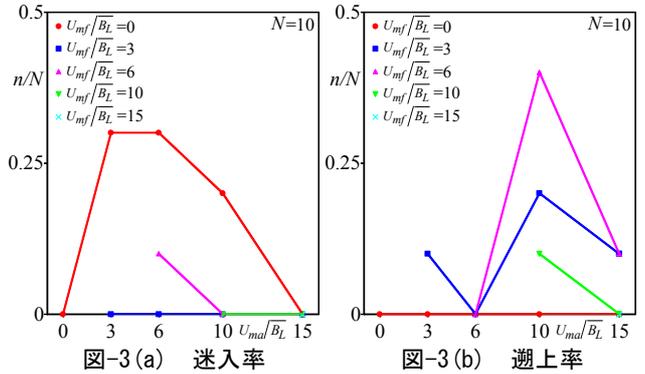


図-3 (a) 迷入率

図-3 (b) 遡上率

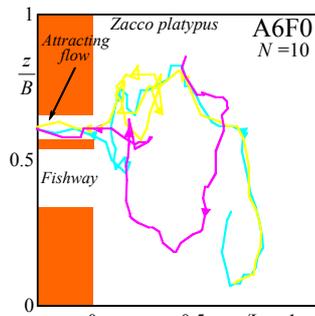


図-4 遊泳軌跡 (A6F0)

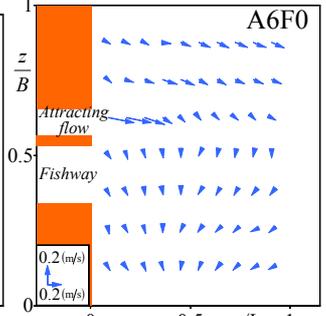


図-5 流速ベクトル (A6F0)

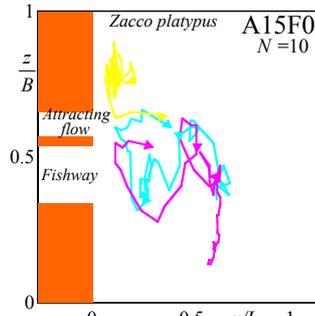


図-6 遊泳軌跡 (A15F0)

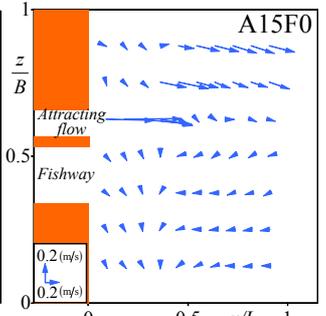


図-7 流速ベクトル (A15F0)

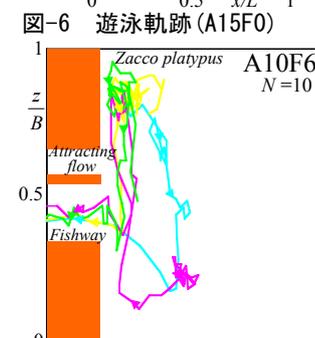


図-8 遊泳軌跡 (A10F6)

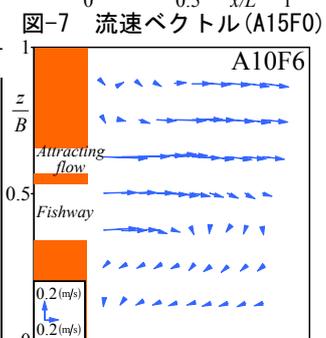


図-9 流速ベクトル (A10F6)