

アユの休憩場所の水理特性とその挙動との関係

九州工業大学大学院	学生会員	○関強志
(株) 大林組	非会員	森悠輔
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

魚類の遡上および降下を助ける目的で魚道が設置される。中村¹⁾は魚が魚道を遡上するためには魚道内に十分な休憩場所があることが条件の一つであると述べている。これまで、休憩場所について検討している研究は幾分存在しており、アユが魚道における粗石背後や阻流板間で休憩すること、阻流板間での休憩時間が正規分布に従う等の知見が得られている。しかし、魚の休憩時における3次元的挙動や水理量と休憩場所との定量的な検討はあまり行われていない。本研究は、段落ち下流部で遊泳しているアユの挙動を撮影すると共に流速測定を行い、休憩時におけるアユの挙動を詳細に分析し、水理量と休憩場所との関係を解明したものである。

2. 実験条件および実験装置

全長1.8m、水路幅0.4m、高さ0.9mで、上流端から0.95mの位置に段落ち部を設置した水平な開水路を実験に用いた。段落ち部から流下方向に x 軸、鉛直上向きに y 軸をとる。段落ち部上流側の水深を0.1mで固定し表-1に示すように段落ち高さ h_l と段落ち部下流側の水深との比 L_y/h_l を0.35~0.80の4通りに変化した。体長 B_L が6.5~9cm(平均体長 $\overline{B_L}$ は7.8cm)のアユ $N=20$ 尾を実験に用いた。小山²⁾はアユの遊泳欲が流速に依存し、体長が6~8cm、8~9cmのアユはそれぞれ流速が0.4~0.6m/s、0.5~0.7m/sの時に最も遊泳欲が湧くことを指摘した。

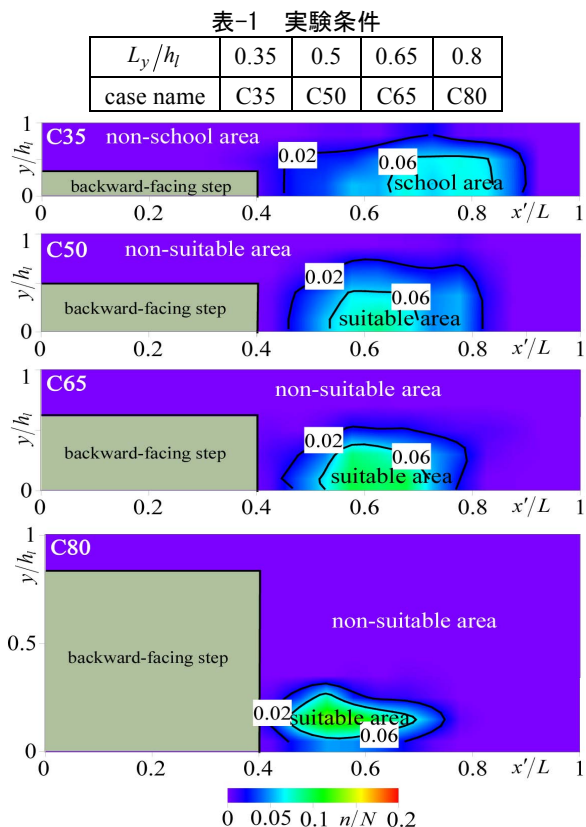
そこで、段落ち部上流の流速を0.6m/sに設定した。開水路側壁に設置したビデオカメラを用いてアユの挙動を30Hzで15分間撮影した。撮影後、1s毎の900枚について全てのアユの吻端位置を抽出した。また、 x 、 y 軸方向にそれぞれ10、7点の合計70点において、3次元電磁流速計で x 、 y 軸方向の瞬間流速を0.05s間隔で25.6s計測した。

3. 実験結果および考察

(1) 魚の休憩場所の定義

図-1に時間平均の魚の存在率を示す。いずれのケースにおいても高い存在率が段落ちよりも下流部に位置するが、段落ち高さが増加するに伴い徐々に段落ち部に近づいている。いずれのケースも高い存在率は比較的底面付近に位置しており、魚の存在率は特定のエリアに集中していることが確認できる。ただし、C35~C80の存在率のピーク値はそれぞれ7%、10%、10%、14%で、特にC35の存在率のピーク値が小さく、他のケースよりも分散してアユが遊泳していることを示唆している。図-2に1s毎の魚群の重心位置(G_x, G_y)の60s間における挙動を示す。

図-2よりいずれのケースも魚群重心が時間と共に移動しているが、流下および水深方向の移動量は微小で、図-1に示した時間平均の魚の存在率が大きな値を有する場所とほぼ一致する。そこで、図-1の存在率のコンター図より図-2の魚群重心位置の存在率を求めた結果、すべてのケースにおいて6%が下限値であることがわかった。これより、魚の存在率が6%以上の領域を休憩場所(suitable area)と定義し、図-1中に示した。ただし、C35については、上記に述べたように存在率が全体的に低いこと、また、目視により魚群内での魚の遊泳位置の変化が他のケースよりも顕著であることが確認されており、一概に魚が休憩しているとは言えない。そこで、suitable areaではなく魚群領域(school area)と定義する。一方、非休憩場所(non-suitable area)については、6%未満とするのが一つの方法であるが、図-1より6%未満の領域にもある程度のアユが遊泳していることから、ここでは存在率が2%未満の領域を非休憩場所と定義し、図-1中に示した。C35については非魚群領域(non-school area)と定義する。ただ



し、これらの値は魚数および存在率を算出するメッシュサイズに依存するため、普遍性はない。

(2) 休憩場所および非休憩場所の水理量の比較

休憩場所および非休憩場所における水理量の空間平均値を求め、 $\langle \rangle$ で表示する。図-3に休憩場所および非休憩場所における空間平均された流下方向流速 $\langle U \rangle$ および鉛直方向流速 $\langle V \rangle$ と段落ち高さ L_y との関係をそれぞれ平均体長 $\bar{B}_L$ で除した値を示す。図-3より、段落ち高さ L_y の増加に伴い非休憩場所の流速 $\langle U \rangle$ も低下しているが、その値には大きな差があることがわかる。C35を除いて考えると、休憩場所の流速は体長の ± 1.0 倍程度の低流速であること、また、流速が正、負両方の値をとっていることから流向に依存しないことが理解される。C35については、 $\langle U \rangle$ が他のケースと比べ若干大きな値を示している。一方、各ケースにおいて、休憩場所および非休憩場所の鉛直方向流速 $\langle V \rangle$ が体長の ± 1.0 倍程度の低流速であること、また、 $\langle U \rangle$ と同様に流向に依存しないことが理解される。

図-4に休憩場所および非休憩場所における空間平均された流下方向乱れ強度 $\langle u' \rangle$ および鉛直方向乱れ強度 $\langle v' \rangle$ と段落ち高さ L_y との関係をそれぞれ平均体長 $\bar{B}_L$ で除した値を示す。非休憩場所よりも休憩場所の乱れ強度が小さいことが判断される。C35以外のケースでは、休憩場所の流下方向 u' は体長の0.1倍以下、鉛直方向乱れ強度 v' は体長の0.05倍以下であることが解明された。従来、魚は乱れの少ない領域を好むと指摘されていたが、本研究により定量的に解明された。C35については、図-3同様、 $\langle u' \rangle$ において若干大きな値を示している。図-1に示すようにC35の魚の存在率のピーク値が他のケースと比べ低いのは、選好する流れ場に近い条件を遊泳しているものの、必ずしも選好する水理量が確保されておらず、魚群形状が時折崩れるためと判断できる。

4. おわりに

本研究は、段落ち下流部で遊泳しているアユの挙動を撮影すると共に流速測定を行い、休憩時におけるアユの挙動を分析し、水理量と休憩場所との関係を解明したものである。以下に結論を示す。

(1) 体長7.8cm程度のアユは、流下および鉛直方向の流速が体長の ± 1 倍程度で、流下および鉛直方向の乱れ強度が体長の0.1, 0.05倍以下の領域を休憩場所として選択し、流向には依存しないことが解明された。

(2) アユは選好する流れ場がない時、それに近い条件の流れ場を選択し遊泳する。ただし、必ずしも選好する水理量が確保されていないため、魚群形状が時折崩れると考えられる。

参考文献

- 1) 中村俊六：魚道のはなし，山海堂，1995。
- 2) 小山長雄：木曾三川河口資源調査団，1965。

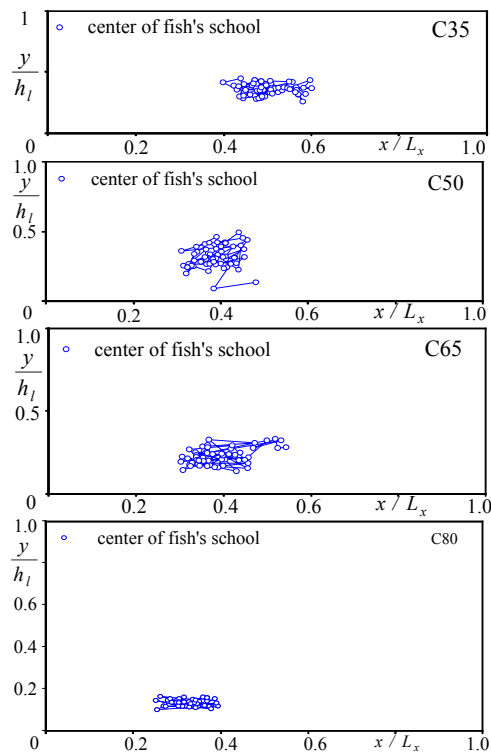


図-2 魚群の重心軌跡

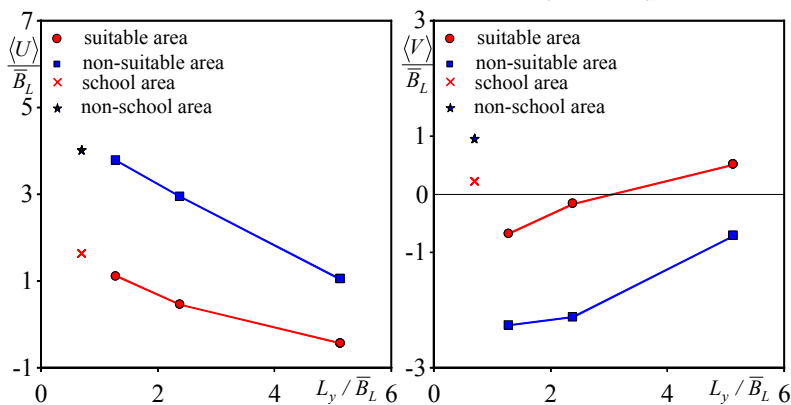


図-3 休憩・非休憩場所の流下および鉛直方向流速と段高さの関係

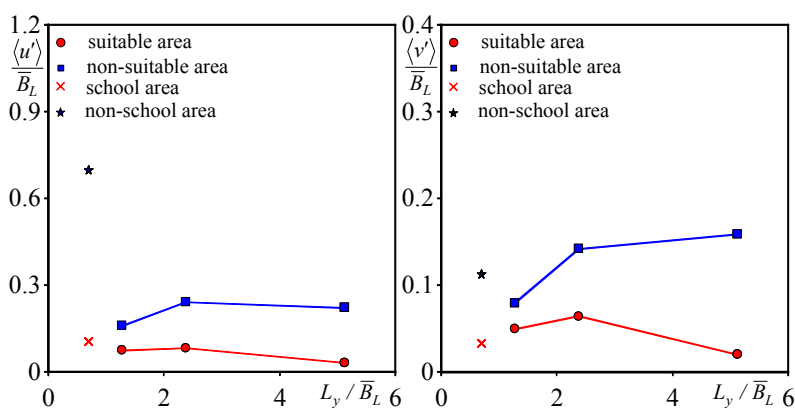


図-4 休憩・非休憩場所の流下および鉛直方向乱れ強度と段高さの関係