

# 水際部の低流速域に対して配慮が必要とされる流速条件とは？ —魚類による低流速域の利用に関する水路実験から—

小野田幸生\* 萱場祐一\*\*

## 1. はじめに

水際部とは、「水際(陸域と水域との境界)から、陸域側には日常的な水位変動の影響を受ける範囲を、水域側には水域近傍の植物及び地形の影響を受けて水理特性・環境特性が変化する範囲」と定義される<sup>1)</sup>(図-1)。この水際部は河川を構成する重要な要素であり、多自然川づくりでも、配慮すべき要素の一つとして挙げられている<sup>1)</sup>。本稿では、水際部の中でも水域部分に限定して着目し、そこに形成される低流速域と魚類の関係性について報告する。

水際部の低流速域は、遊泳能力の低い遊泳魚の仔稚魚によってよく利用されており、流心部の高流速からの忌避場所として重要であると考えられる<sup>2)</sup>。しかしながら、水際部の忌避場所としての重要性は中流部での観察によるものが多く、流心部の流速が異なる上流部や下流部にも拡張できるのかについては検討を要する。流速からの忌避場所としての水際部の効果は、流心部の流速の大小によって異なることが予想されるからである。そのため、流心部の流速がどのくらい大きい時に、水際部の低流速域が利用されるのかという整理が必要となる。この整理が進むことによって、水際部の流速の設定などに役立てることができ、多自然川づくりで重要視されている水際部の処理手法の効果的な実施やその効果の評価が可能になると考えられる。

これまで水際部の低流速域の重要性を示した研究は野外観察によるものが多く、流心部の流速との関係については断片的な情報にとどまっている<sup>2)</sup>。その一因として、野外観察では流速を制御しにくく、流心部の流速のデータを幅広く集めにくいことも影響していると考えられる。

そこで、魚類の生息場所として低流速域の重要性が流心部の流速によって変化するかを検証することを目的に行った水路実験の結果<sup>3)</sup>を紹介し

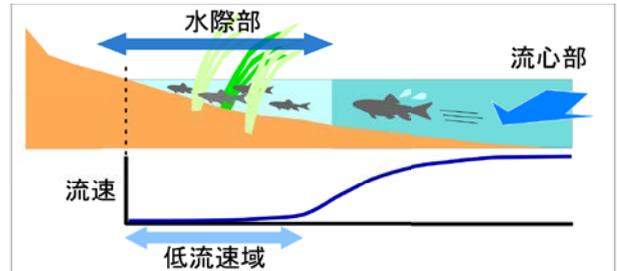


図-1 水際部と低流速域のイメージ

たい。具体的には、実験水路内に水際の低流速域に見立てた区画を用意し、流速を増加させた時に魚類による低流速区画の利用頻度が増加するかどうかを調べたものである。

## 2. 水路実験

### 2.1 実験方法

実験には、岐阜県各務原市に位置する国土交通省水辺共生体験館の大型実験水路を利用した。観察のために、実験水路の横断面を水平方向と垂直方向にそれぞれ3等分し、合計9区画を設定した(図-2)。実験水路の片側の底面に鉄製の棧粗度を設置することによって、低流速域を形成した。次に水路内の流量を5段階(0, 2.9, 7.2, 12.8, 24.9 m<sup>3</sup>/min)に変化させ、流心部の流速を調節した。また、各条件において、下流端堰上げを行い等流状態になるように調節した。各条件に調節後、魚を約30分間馴化させ行動が落ち着くのを待って、魚による利用区画を記録した。実験対象魚には、

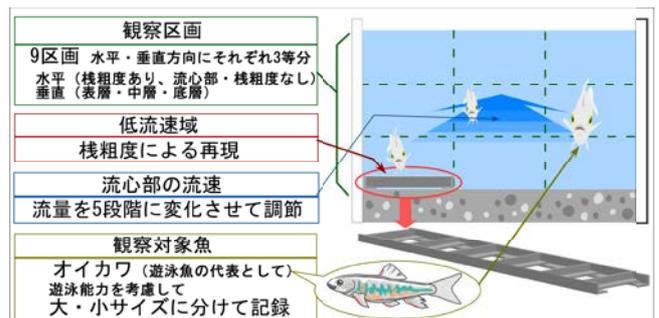


図-2 水路実験のデザイン

What current-velocity conditions do fish need low-velocity zone near river shoreline?

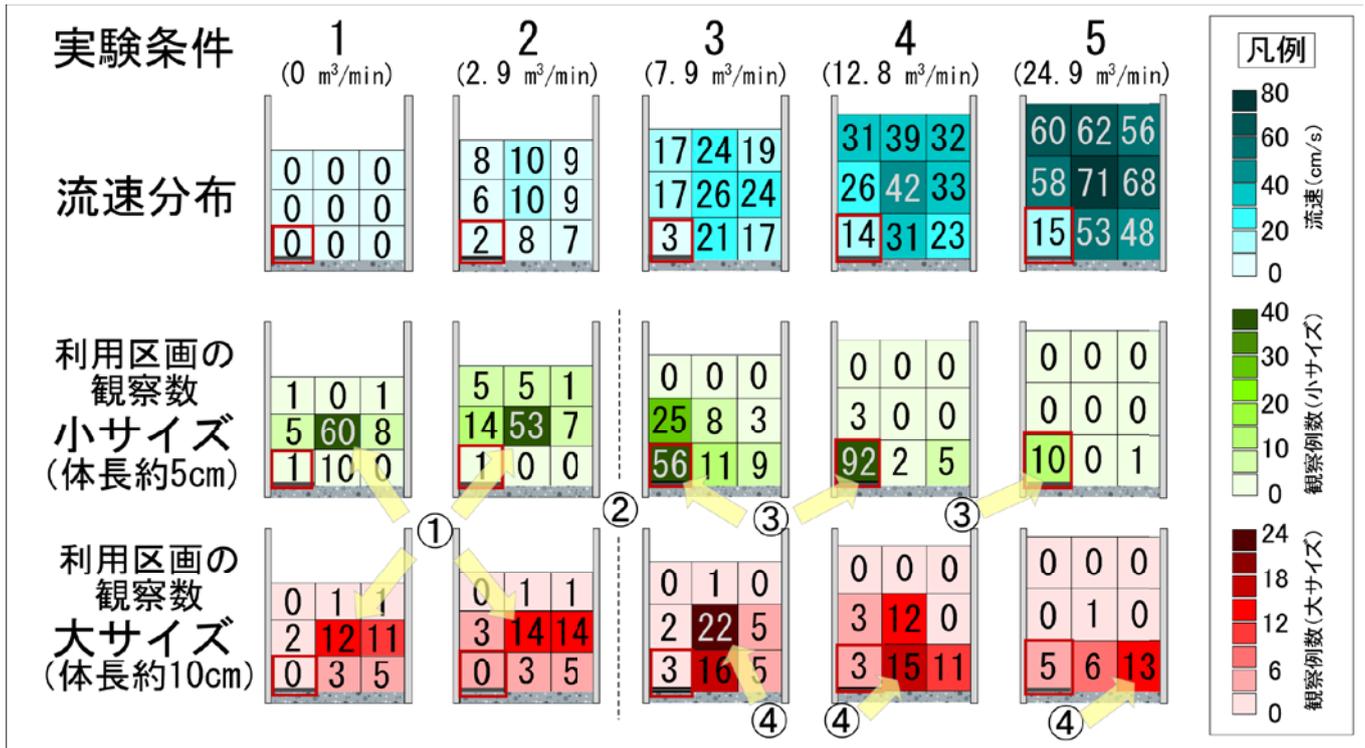


図-3 実験結果：流速の違いによるオイカワ利用区画の違い<sup>3)</sup>

図の示し方は、図-2と同様。左下の赤枠で囲んだ区画は、棧粗度直上の低流速の区画を表す。図中の①～④は、本文の結果説明文と対応している。流速の増加による観察総数の減少は、観察領域よりも下流に流された個体があったため。

実際の河川で一般的に見られるオイカワを用い、体サイズ（大サイズ群：約10 cm，小サイズ群：約5 cm）に分けて利用区画を記録した。利用区画の結果は、流路縦断方向の利用区画の観察例数をすべて合計し、1つの横断面における利用区画の観察例数として取りまとめた。

### 2.2 実験結果

流心部の流速によってオイカワによる利用区画は変化し、流速が大きいほど低流速域の利用頻度割合が増加した（図-3）。

「流心部・中層」区画の流速が10 cm/s以下の時には、両サイズ共に「流心部・中層」区画を最も多く利用した（図-3の①）。「流心部・中層」区画の流速が26 cm/s以上の時には、体サイズによって反応が異なった（図-3の②）。小サイズ群は棧粗度直上の低流速域へと利用を変化させた（図-3の③）。一方、大サイズ群は「流心部・中層」区画を多く利用しつつも、底層の区画も利用した（図-3の④）。大サイズ群は、さらに流速が大きい条件になるにつれ、底層の低流速域を多く利用したが、棧粗度直上の区画はほとんど利用しなかった。

### 2.3 考察

流心部の流速に依存した利用区画の変化は、高流速区画から低流速区画への忌避行動の結果と考えられる。今回の低流速区画への利用場所の変化は、巡航速度（30-数時間疲労することなく泳ぎ続けられる速度の中で最大のもので、一般に2-3BL（体長）/sで推定できる<sup>4)</sup>；図-4参照）を適用すると説明できるからである。

今回用いたオイカワの体サイズに適用すると、

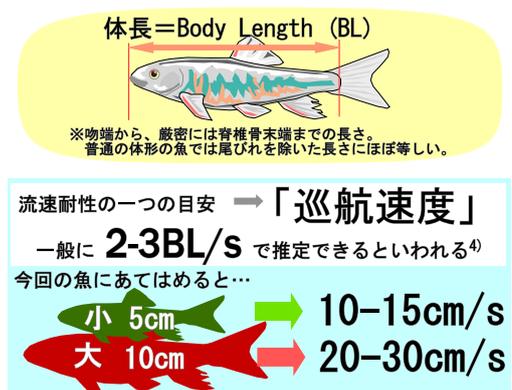


図-4 体長と体長から推定される巡航速度

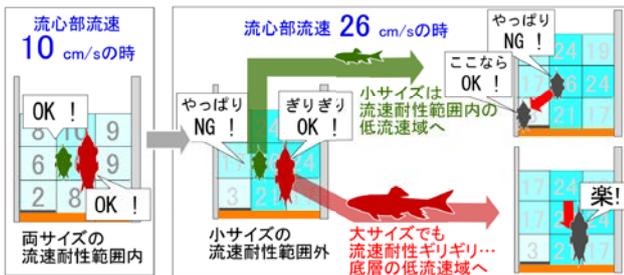


図-5 実験結果の考察

巡航速度は小サイズ群では10～15 cm/sとなり、大サイズ群では20～30 cm/sと推定される。それぞれのサイズ群が低流速の区画へと利用場所を変化させ始めた流速条件は、ちょうどそれぞれの巡航速度を超えたあたりである (図-5参照)。

また、小サイズ群が利用した低流速域の区画は最速の流速条件下でも15 cm/sにとどまり、巡航速度の範囲内であったことから、低流速域が高流速からの忌避場所として機能したことを示唆する。大サイズ群が高流速の条件時に利用した区画の流速は、やや巡航速度を超えていたものの、より底層を利用することで高流速に耐えていたと考えられる。大サイズ群が栈粗度直上の区画を利用しなかった理由は不明であり今後の課題であるが、流速が大きくなるにつれ、低流速域を利用したことは小サイズ群と共通した反応であり、重要な結果であると考えられる。

このように、低流速域の利用は高流速域からの忌避行動の結果と考えることができ、流心部の流速条件および対象魚の巡航速度の両方を考慮する必要があることが示唆された。

### 3. 現場への適用

#### 3.1 水路実験結果の実河川適用の整合性

水路実験の結果から、野外においても、①流心部の流速が対象魚の流速耐性を超える時に低流速域が必要とされ、②水際部の低流速域が対象魚の流速耐性の範囲内であれば、高流速からの忌避場所として機能する、ことが示唆された。さらに、流速耐性の基準として、体長から推定される巡航速度 (2-3BL/s) が一つの目安になることも示唆された。

実際の河川における魚類による水際域の利用も、上記の考えを支持する。たとえば、萱場ほか<sup>2)</sup>はアブラハヤを中心とした魚類群集において、体長3cmまでの体サイズ群が流心部 (平均流速76cm/s) ではほとんど見られず、水際の緩流域 (同10cm/s) に集中していたことを観察している。流心部と水際部の流速に大きな差があるものの、この水際部の低流速域の利用も、対象魚種の2-3BL/sによって推定される巡航速度を目安としておおよそ説明でき、その汎用性の広さを支持する事例である。

#### 3.2 現場への適用手順

これまで、流速などの物理環境要素を生息場所として評価する際にはPHABSIM<sup>\*</sup>などの手法が用いられてきた。これは、物理環境に対する対象生物の選好曲線をあてはめる評価手法であるが、今回対象とした水際部を評価する手法は含まれていない。水際部の生息場所としての評価は、水際部の流速だけでは評価できないため、流心部の流速条件も考慮して評価すべき点に注意しなければ

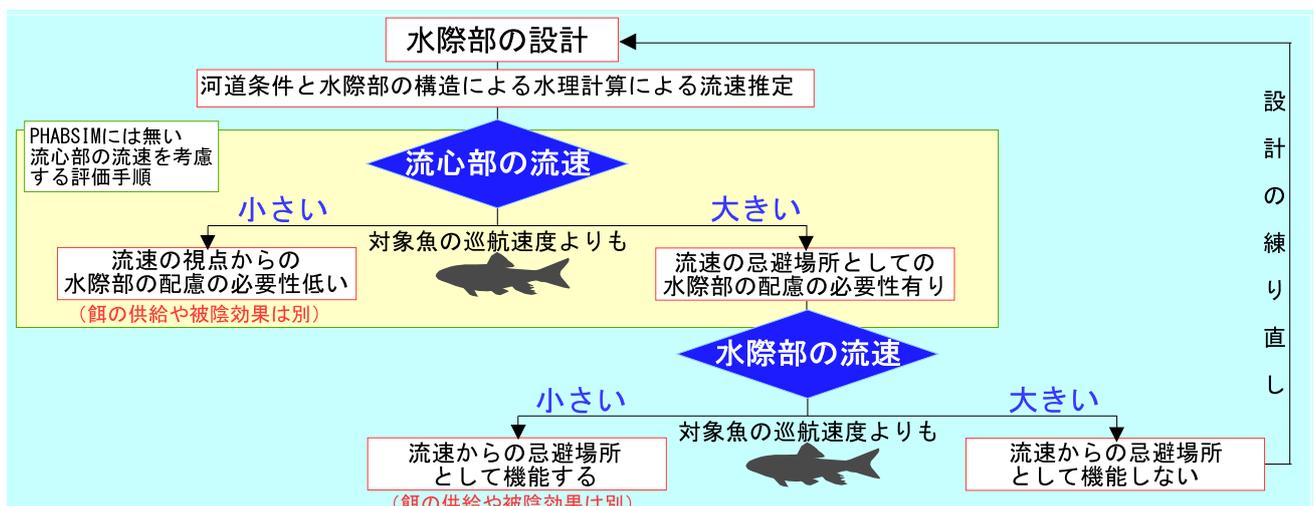


図-6 水路実験をもとに提案できる水際部評価のフローチャート

\*土木用語解説：PHABSIM

ならない(図-6の黄色部分)。

今回の結果を現場へと適用すると、水際部を含む領域を改変する際に、設計段階からの検討や評価が可能になると考えられる(図-6)。設計段階においても、河道条件や水際部の構造を基に水理計算を行うことで、流心部や水際部での流速を推定することが可能である。まず、流心部の流速に着目し、そこに生息する魚類の巡航速度を超えるかどうかを検討する。もし超えているようであれば、水際部の低流速域への配慮が必要であり、水際部の低流速域が巡航速度の範囲内になるような設計が求められる。

### 3.3 現場適用の注意点

本知見を利用する際に重要となるのは、流心部および水際部の流速を対象魚の巡航速度と比較するステップであり(図-6参照)、基準となる巡航速度を正確に知ることが必要となる。

今回は便宜的に体長を2~3倍することで巡航速度を推定し、オイカワによる低流速域の利用を説明した。また、アブラハヤの仔稚魚などに対しても2-3BL/sが目安として利用でき、その汎用性の広さについても紹介した。しかしながら、巡航速度を実測<sup>\*</sup>すると、アユの巡航速度が10BL/sになることが知られており例外もある<sup>5)</sup>。したがって、体長から推定される巡航速度(2-3BL/s)は、実測による巡航速度の知見が無い場合の次善の策として利用されるべきだろう。今後、水際部の効果的な設計のために、いろいろな魚種・成長段階における巡航速度が実測され、知見の集積や整理がなされることを期待したい。

## 4. おわりに

本稿では、水路実験の結果として、魚類による低流速域の利用は流心部の流速が大きくなると増加し、その閾値として2-3BL/sで推定される巡航速度が一つの目安となることを紹介した。

今回紹介した知見は、水理計算によって導かれる流心部と水際部の流速から、遊泳魚の忌避場所として水際部が機能するかどうかを判断する材料として有効であり、多自然川づくりの計画・設計時に水際部の構造を決定する根拠になると考えら

れる。

今後はオイカワだけでなく、その他の魚種についても水路実験を行うことによって、多くの魚種による低流速域利用パターンを明らかにしたい。あわせて、多くの魚種・成長段階における巡航速度の実測なども行い、多自然川づくりで重要視されている水際部の設計に資する知見の集積・整理へとつなげていきたいと考えている。

## 謝 辞

本研究を行うにあたり、実験水路を貸与頂いた水辺共生体験館運営会議の皆様、ならびに実験水路の管理などをして頂いた木曾川上流河川事務所の皆様に感謝申し上げます。また、実験準備などについては、自然共生研究センターの皆様にご助力頂いた。ここに感謝の意を表します。

## 参考文献

- 1) 多自然川づくり研究会：多自然川づくりポイントブックⅢ 川の営みを活かした川づくり~河道計画の基本から水際部の設計まで~、p.260、日本河川協会発行、2011
- 2) 萱場祐一、吉田桂治、田村秀夫、剣持浩高、高木茂知、林尚：水際における生息場所タイプと魚類の生息分布—砂鉄川における現地調査から—、河川技術論文集、第11巻、pp.31~34、2005
- 3) 小野田幸生、佐川志朗、上野公彦、尾崎正樹、久米学、相川隆生、森照貴、萱場祐一：流速の増大がオイカワによる水際の緩流域利用頻度に及ぼす影響、河川技術論文集、第17巻、pp.197~202、2011
- 4) 塚本勝巳：遊泳生理、In：板沢靖男・羽生功(編) 魚類生理学、恒星社厚生閣、pp.539~584、1991
- 5) 塚本勝巳、梶原武、益田信之、森由基彦：放流時における人工種苗アユの分散—I、日本水産学会誌、第41巻、pp.733~737、1975

小野田幸生\*



独立行政法人土木研究所  
つくば中央研究所水環境  
研究グループ自然共生研  
究センター 専門研究員、  
理博  
Dr. Yukio ONODA

萱場祐一\*\*



独立行政法人土木研究所  
つくば中央研究所水環境  
研究グループ自然共生研  
究センター 上席研究員、  
工博  
Dr. Yuichi KAYABA

<sup>\*</sup>実際に巡航速度を求める方法<sup>4)</sup>：供試魚を水の入ったトンネル内に入れ一定時間(60分が一般的)流速にさらし、疲労して泳げなくなる流速を計測する。