

# 河川におけるオイカワの行動と環境利用

龍谷大学大学院理工学研究科環境ソリューション工学専攻

武村 達也

龍谷大学工学部教授・里山学研究センター研究スタッフ

遊磨 正秀

## 1 はじめに

近年、生態系保全することを目的とした魚の住みやすい川づくり事業や多自然型工法等が実施されるようになり、魚類の生態と河川の関係を知るための研究が進められている（北川ら1988）。河川において魚の住みやすい生息環境として重要と考えられている項目として、水深や流速などの水理特性や水質、河床材料等が挙げられる。これらの項目と魚類の関係については多く報告されており、魚種やその成長段階によって異なる条件を好むことが明らかにされている（川本ら1998）。

今回調査の対象としたオイカワ（*Zacco platypus*）は日本の多くの河川に生息する魚種で、基本生態（川那部ほか1989）や産卵生態（馬場 長田2005）、遊泳能力（鬼束ほか2008）、水理特性との関係（金ら1996）等、様々報告されている。またオイカワ幼魚の生息場所利用に着目した研究では、とろ・とろ脇・平瀬・平瀬脇・藻場といった類型的区分の内部においても幼魚の分布は一様でなく、摂食場所としてほとんど利用されない地点にいる個体の胃内容物がよくつまっていたことから、ほかの場所で摂食した後に集まってきたと考えられる地点もあり、小生息場所が個体によって“つかいわけ”られている（高村1979）と報告している。

一般的に魚類は上記の摂食（本研究では摂餌とする）を含む休息、産卵、回避、攻撃等の異なる行動を示す。これら行動によって環境選好性が変化していると考えられており、休息と摂餌に着目した室内実験において異なる環境選好性があることが報告された（楊ら1999）。しかしながら、これら行動に着目した野外の河川における研究報告は乏しい。

本研究ではモニタリング手法を用い、休息と摂餌行動を対象とし、実河川における環境利用の違いを明らかにすることを目的とした。

## 2 調査方法

### 2.1 調査地

本研究は、琵琶湖流入河川である日野川の支流、佐久良川（東近江市横山町）の日野川との合流部付近を選定し、水理特性、河床材料、水際環境等が多様かつオイカワの行動や分布の観察が行いやすい穏やかな水面、直線50mを調査区間とした（Fig. 1, 2）。調査は2013年10月29、30日の10～16時に行った。

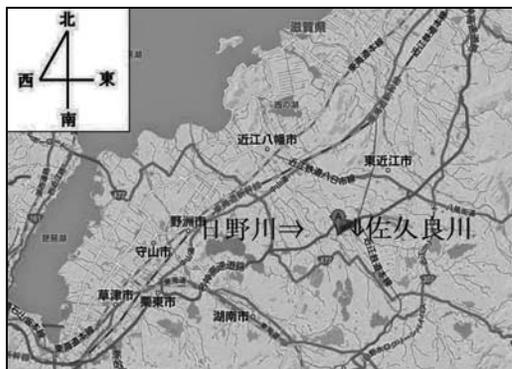


Fig. 1 調査河川地図



Fig. 2 調査河川風景

## 2.2 野外調査

### 2.2.1 モニタリング

調査区間の下流側から上流にむけて潜水目視、もしくは水上からの目視で対象魚の全長・個体数・行動（休息又は摂餌）・遊泳層を記録し、観測された地点に標識を置いた（以下標識を置いた場所を観測点とする）。全長は、1～30mm、31～50 mm、51～70 mm、71～90 mm、91mm以上の5段階に分けた。対象魚の全長は目測によって計測したが、その精度を確認するため2013年11月5日に49個体の全長を目測した後、実測した。その結果、目測全長と実測全長の最大誤差は2.8mmで、ほぼ傾き1の回帰直線（ $r=0.985$ ,  $P<0.01$ ）が得られ（Fig. 3）、目測精度は確かなものであった。

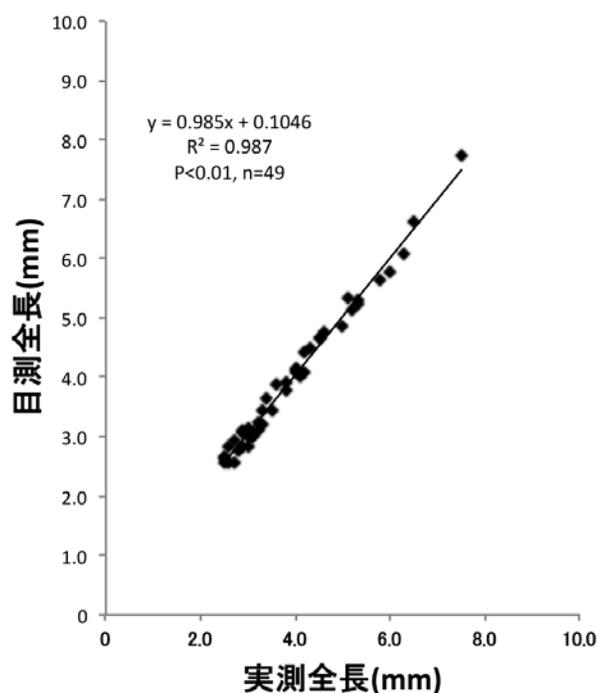


Fig. 3 実測全長と目測全長

定位している場所から3秒以上大きく動かない個体を「休息」、実際の摂餌の有無に関わらず活発な餌探索活動が観測できた場合「摂餌」と定義し、これら行動をとる個体のみを対象とし、記録した。遊泳層は水面から2割の深度を表層、2～8割を中層、8～10割を底層とした。

## 2.2.2 環境要因測定

調査区間の下流から上流に5mごとに、横断方向に右岸から1m、以降2m間隔で左岸まで測定点を設け、各測定点で水深（cm）、表層流速（cm/sec）を測定した。表層流速は水面直下で3回計測し平均値を用いた。

## 2.3 データ分析および統計解析

解析に用いる観測点における水深、表層流速はQuantum GIS ver. 1.7.1（Creative Commons社）により、測定値を基にデータ補間し、数値を抽出し図示した（Fig. 4, 5）。

全長、行動により利用する遊泳層が異なるかを検討するため、ピアソンのカイ二乗検定（以下カイ二乗検定とする）もしくはフィッシャーの直接確立検定（以下直接確率検定とする）を用いて分析した（Table 1）。

個体群の分布様式を解析するため、調査域を水際線と横断測量線に沿って四角セルに分割した後、10m<sup>2</sup>あたりの個体数としてセル単位で計測し、森下の $I_{\delta}$ 指数を計算した（式1）。

$$I_{\delta} = q \sum_{j=1}^q x_j(x_j - 1) / \sum_{j=1}^q x_j \left( \sum_{j=1}^q x_j - 1 \right) \dots\dots\dots \text{(式1)}$$

q : 区画数

$x_j$  : j番目の区画の個体数

$I_{\delta} > 1$  のとき分布様式は集中分布

$I_{\delta} = 1$  のとき分布様式はポアソン分布に従う機会分布

$I_{\delta} < 1$  のとき分布様式は一様分布

行動間で各環境要因の平均値に差があるかを検討するため観測点での値を正規化（ $\log(n+1)$ 変換）し、スチューデントのt検定（以下t検定とする）を行った（Table 2）。

## 3 結果

### 3.1 調査地環境

河川内の水深、表層流速の分布をFig. 4, 5に示す。河川形態は右岸がほぼ直線、左岸は曲がっており、川幅は上流端から25m付近まで徐々に広がり、それ以降下流端まで徐々に狭くなる（Fig. 4）。

水深は左岸付近で深くなっているところが多く、右岸寄りになだらか、左岸寄りに急な斜面になっている（Fig. 4）。

2日間の測定データでは表層流速の最大値は75.2cm/secで、流心は河川の中程に位置する（Fig. 5）。

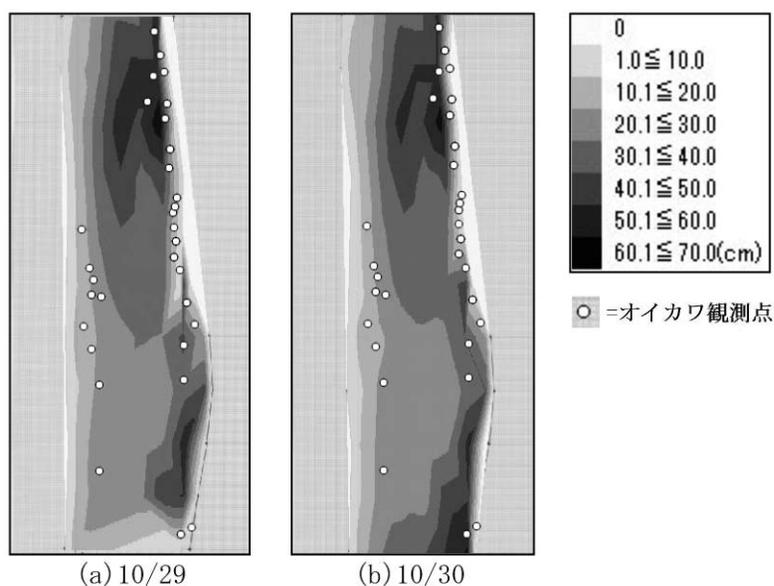


Fig. 4 水深分布

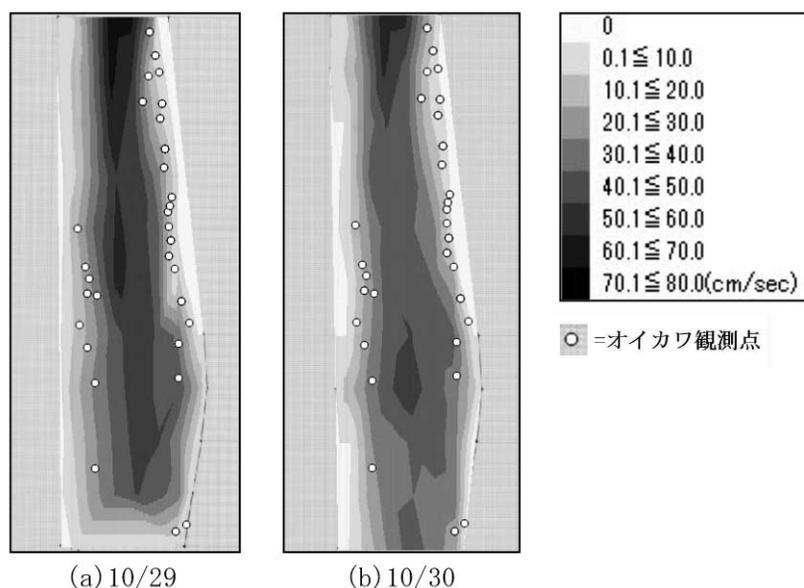


Fig. 5 表層流速分布

### 3.2 遊泳層利用及び河川内分布

2日間の調査で観測できた総個体数は364個体（全長23～94mm）であった。全長、行動及び遊泳層別の個体数をFig. 6及びTable 1に示した。

サイズ区分間で遊泳層利用が異なるか検討するため、カイ二乗検定もしくは直接確率検定を用いて分析した結果、休息、摂餌どちらの行動においても有意な差が得られた ( $P < 0.05$ )。ただし51～70、71～90、91mm～の3群で同様に分析した結果、有意な差は得られなかった。また1～30、31～50、51mm～の3群にデータをまとめ同様に解析した結果、有意な差（休息：

P<0.01, 摂餌:P<0.01) が得られた。この結果を基に、本研究では全長を 1～30mm (小型)、31～50mm (中型)、51mm～ (大型) の 3 群に区分しデータを扱うこととした。

行動間で遊泳層利用が異なるか検討するため、カイ二乗検定もしくは直接確率検定を用いて分析した結果、0～30、31～50、51mm～の個体は休息と摂餌で利用している遊泳層の個体数に有意な差 (P<0.05) が得られた。すなわち、どのサイズにおいても行動によって主に利用する遊泳層が異なることがわかった。

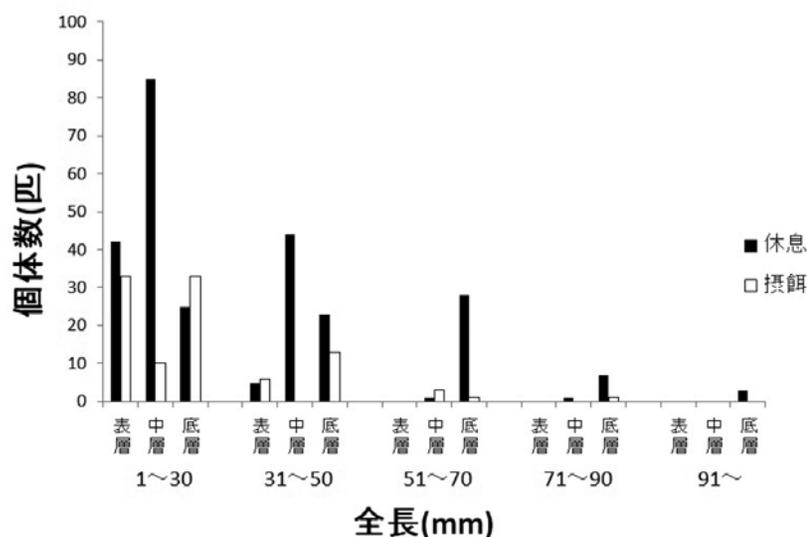


Fig. 6 行動・全長毎の利用遊泳層

Table 1 個体数と利用遊泳層

全長区分(mm)	行動	個体数			
		表層	中層	底層	合計
1~30	休息	42	85	25	152
	摂餌	33	10	33	76
31~50	休息	5	44	23	72
	摂餌	6	0	13	19
51~	休息	0	2	38	40
	摂餌	0	31	2	33

小型、中型、大型のサイズ区分での10月29日における河川内分布をFig. 7に示した。小型、中型、大型個体のどれも岸の近くにて多く観測できた。小型は右岸にもみられたが、中型、大型個体はほとんど左岸寄りを利用していた。それぞれのサイズ区分について、森下の $I_{\delta}$ 指数を計算した結果、小型は $I_{\delta}=7.17$ 、中型は $I_{\delta}=6.71$ 、大型は $I_{\delta}=10.3$ で全てのサイズ区分において $I_{\delta}>1$ となり集中分布を示した。これらのことから、岸よりの場所に集中分布していることがわかった。

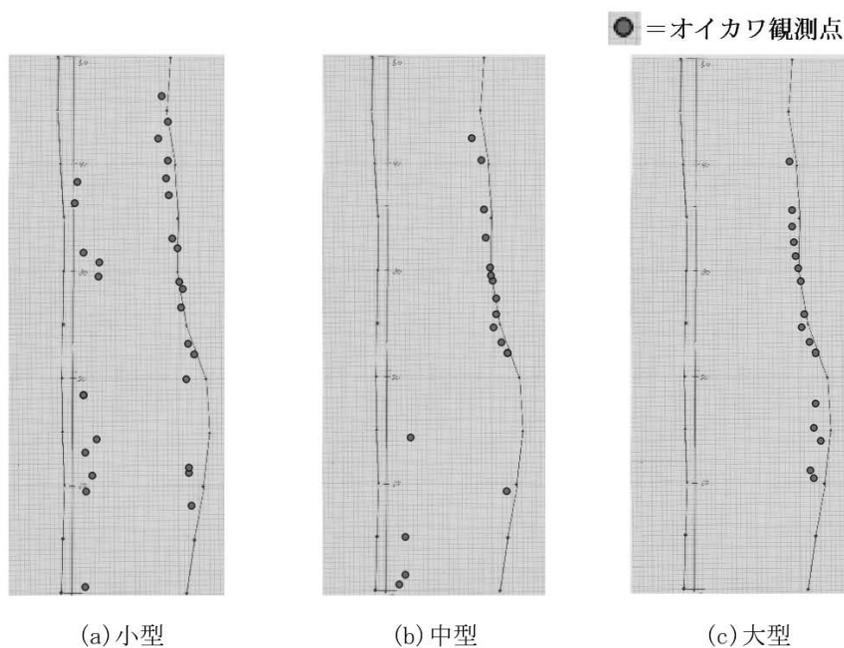


Fig. 7 10月29日の観測点分布

### 3.3 行動と環境要因

行動およびサイズ区分間において利用する環境が異なるか検討するためt検定を行った (Table 2)。

水深についてみると、小型個体では、行動間で有意な差が得られた ( $P < 0.05$ )。すなわち、摂餌個体は休息個体よりも深い場所を利用していた。中型個体では差は認められなかった。

サイズ区分間で同様に行った結果、どちらの行動においても有意な差は得られなかった。

表層流速についてみると、小型では行動間で有意な差が得られた ( $P < 0.01$ )。すなわち、摂餌個体は休息個体よりも流速の速い場所を利用していた。中型は行動間で有意な差は得られなかった。

またサイズ区分間で同様に行った結果、どちらの行動においても有意な差は得られなかった。

Table 2 行動およびサイズ区分間において利用する環境の比較

[\*]は $P < 0.05$ 、[\* \*]は $P < 0.01$  (いずれも t 検定)

		水深(cm)		表層流速(cm/sec)	
		平均値±SD	P値	平均値±SD	P値
小型	休息	18.0±7.0		10.8±5.1	
	摂餌	25.2±8.2	*	18.0±5.4	**
中型	休息	17.7±8.5		8.1±3.1	
	摂餌	18.8±3.3		15.5±8.5	
休息	小型	18.0±7.0		10.8±5.1	
	中型	17.7±8.5		8.1±3.1	
摂餌	小型	25.2±8.2		18.0±5.4	
	中型	18.8±3.3		15.5±8.5	

#### 4 考察

今回の結果から、休息個体と摂餌個体では利用する遊泳層に違いがあること、またそれらはサイズによっても異なること、また岸よりの場所に集中分布することが示された。

休息行動に関して、楊ら（1999）は体長80~100mmのオイカワを用いた室内実験で流れの遅い深淵のような環境に対する選好性が強いと報告している。調査地では上流寄りの左岸付近に設置されている床止めには隙間があり、この隙間で多くの大型休息個体が確認できた。この場所は水深が深く、岸近くで流速も遅いことから楊らの記述と酷似する。また大型個体は底層をよく利用していたが、小型及び中型個体は中層をよく利用していた（Table 1）。中層を利用していた個体は、餌が流れてくるのをうかがいながら定位していた可能性（本研究では「休息」として扱っていた）や、底層を大型に優占されていた可能性が考えられる。今後、行動の定義を見直し、行動と遊泳層の関係を明らかにしたい。

彼らはまた、休息モード時、遮蔽因子のウェイトが最も大きいと報告している。遮蔽条件に関して、植生カバー率とされる陸生植物の木陰などを遮蔽の一つととらえる例がある。調査地の左岸には陸生植物が豊富で、広い範囲に陰をおとしていた（Fig. 2）。つまりこのような植生カバーが遮蔽条件として有用であるならば、左岸付近は休息場となることが考えられた。森下のIδ指数より、岸よりに集中分布していることから示唆される。しかし、選択的にその場所を利用しているのか、種内及び種間の影響による制限を受けているのか等、原因を明らかにできなかった。今後、カバーからの距離や遮蔽率、植生カバー率といったデータを測定し、行動との関係を交えながらこれらを明らかにすべきである。

摂餌行動に関して、片野（1994）は、オイカワとカワムツが同所的に生息する河川において、種内及び種間で攻撃的干渉をよく行い、この攻撃的干渉は摂餌頻度と相関関係にあり、より大きい個体が優位であると報告している。これは、上記2種のサイズ依存による支配階級の存在を示唆し、より大きい個体が表層を占有することを示している。一般的に表層付近は落下昆虫や流下物などの餌供給が多い場所とされており（Katano 1987）、これら餌資源を確保するため、より大きい個体が表層でなわばりを形成しているのと、片野は推測している。本研究では、小型・中型個体は表層と底層どちらも利用していた（Table 1）。つまり、より大きい個体である中型個体による小型個体への影響が認められなかった。さらに、表層は小型個体のほうが利用割合が高いことから示唆される（Fig. 6）。片野（1994）の研究では全長80mm前後の個体での観測であるのに対し、本研究での小型・中型個体は全長50mm以下であり、このサイズでは上記のようななわばり形成をしない可能性がある。一方で、大型個体はなわばり形成する可能性があるものの、観測数が少なく影響はみられなかった。

オイカワは一般的に藻類を中心とする雑食と言われており、付着藻類が存在する底層での摂餌が多いと考えられる。しかし本研究ではサイズによって若干の差異はあるものの、概して表層と底層どちらも利用していた。これらは、河川内に存在する餌資源の種類や量によって左右される可能性が高い。今後、オイカワの個体数密度、河川内の餌資源量やサイズ毎の胃内容などを調査しこれら関係を明らかにすべきである。

本研究では野外の河川において休息、摂餌行動に着目して調査及び解析を行った。佐久良川において、オイカワは体サイズや行動によって異なる環境を利用することが示唆された。おそらくこれは他の河川や魚類でも同様であると考えられる。しかし、既存の魚類生息場所評価や河川評価に関する研究において、魚類のさまざまな行動は考慮がされていなかった。今回の結

果から少なくとも休息、摂餌行動においては異なる環境を利用することが示されたため、これまでは正しい河川環境評価がされていたとは言い難い。この結果は河川における魚類の生息場所や行動に関する重要な知見であり、今後より詳細な研究が必要である。

#### 参考文献

- 馬場吉弘 長田芳和 (2005) オイカワの産卵床における卵と仔魚の分布と動態 魚類学雑誌52 (2) : 125-132
- Katano, O (1987) Social structure of the ark chub, *Zacco temmincki*, in a small pond in relation to individual differences. *Physiol. Ecol. Japan*, 24 : 1-132
- 片野修 (1994) カワムツとオイカワの摂餌に関連した攻撃的干渉 魚類学雑誌40 (4) : 441-449
- 川本泰生 関根雅彦 楊継東 今井崇史 浮田正夫 (1998) IFIMにおける河川生態環境評価手法の制度と普遍性に関する一考察 環境システム研究Vol. 26 : 447-452
- 川那部浩哉 水野信彦 細谷和海 (1989) 日本の淡水魚 244-249 山と溪谷社
- 金亨烈 玉井信行 松崎浩憲 (1996) 流量増分生息域評価法における生息数基準に関する研究 水工学論文集 第40巻 : 151-156
- 北川明 鈴木研司 神庭治司 (1988) 魚類と河川流量の関係 環境システム研究 Vol. 16 : 180-185
- 鬼束幸樹 秋山壽一郎 山本晃義 飯國洋平 (2008) 流速および体長別のオイカワの突進速度 水工学論文集 第52巻 : 1183-1188
- 高村健二 (1979) オイカワ幼魚の生息場所利用について 日生態会誌 29 295-306
- 楊継東 関根雅彦 浮田正夫 今井剛 (1999) 行動モードを考慮した魚の環境選好性に関する実験的研究 土木学会論文集 No. 636/VII-13 : 35-45