原著論文 ORIGINAL PAPER

城北ワンド群におけるトウヨシノボリ縞鰭型の生息場所特性

石田 裕子^{1)*}・安部倉 完²⁾・竹門 康弘³⁾

1) 京都大学大学院工学研究科 〒615-8530 京都市西京区京都大学桂

2) 京都大学大学院理学研究科 〒606-8502 京都市左京区北白川追分町

3) 京都大学防災研究所水資源環境研究センター 〒611-0011 宇治市五ヶ庄

Yuko ISHIDA^{1)*}, Kan ABEKURA²⁾ and Yasuhiro TAKEMON³⁾: Habitat characteristics of *Rhinogobius* sp. OR “Shimahiregata” in Shirokita Wando. *Ecol. Civil Eng.* 8(1), 1-14, 2005.

1) Graduate School of Engineering, Kyoto University, Nishikyo-ku, Kyoto 615-8530, Japan

2) Graduate School of Science, Kyoto University, Sakyo-ku, Kyoto, 606-8502, Japan

3) Water Resources Research Center, Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, Gokasho Uji, Kyoto-fu 611-0011, Japan

Ecology and
Civil Engineering
応用生態工学

Abstract: Habitat selection and food habit of a goby fish, *Rhinogobius* sp. OR “Shimahiregata” were studied in relation to habitat and microhabitat structure of “Wando”, lentic waterbodies formed along river banks, in the lower reaches of Yodo River, Japan from August 2001 to June 2002. The goby fish inhabited exclusively in Wando and none of the fish were found in the main channel. The fish density was more in Wando which were far from main channel than Wando connecting with main channel through a year. The distribution pattern agreed with the microhabitat preference of the fish to muddy and litter-rich substrata which were not preferred by other *Rhinogobius* fish. Gut contents of the fish particularly of juveniles were more in May than in other seasons. The gut contents were composed mainly zooplankton such as Cyclopidae gen. spp. and *Alona* spp. and benthos such as Chironomidae and *Micronecta* sp., most of which were typical still water inhabitants. These results showed that *Rhinogobius* sp. OR adapted to the lentic water condition of Wando. However, the fish used underside of unembedded stones for spawning bed in a newly constructed Wando. The density of adult fish increased in the newly constructed Wando in the breeding season and their larvae and juveniles stayed there in the growing season. It was suggested that the goby fish requires both depositional still water habitats for feeding and erosional stony habitats for spawning. Influence of the floodgate operation on environmental conditions and goby fish populations in Yodo River was discussed.

Key words: habitat selection, multiple spatial scale, *Rhinogobius* sp. OR “Shimahiregata”, Wando, Yodo River

はじめに

河川的环境特性は、階層的な構造を示す複数の空間ス

2004年4月2日受付, 2005年1月28日受理

* e-mail: ishida@urcs.dpri.kyoto-u.ac.jp

ケールによって捉えることができる (Fausch et al. 1994; Inoue et al. 1997 など). 魚類の分布や行動の制限要因は、このような空間スケールごとに異なることが知られている (井上・中野 1994; 渡辺ほか 2001). したがって、魚類の生息環境を検討する際には、河川構造の階層性と各

スケール間の関連性に着目する必要がある。例えば、魚類の生態分布現象は、伝統的に流程に沿った水温と勾配の変化に対応付けて理解されてきた(丹羽 1967)。いっぽう、蛇行区間スケールでも、瀬や淵などの流路単位間では、生息する魚類の種構成や生息密度が異なることが知られている(井上・中野 1994; 渡辺ほか 2001)。また、魚種ごとの生息場所選好性や種間相互作用を表現する際には、流路単位よりさらに小規模で、流速・水深・底質などの環境要因に着目した微生息場所類型も有効である(竹門 1991; 井上・中野 1994; Nakano 1995)。例えば、カジカ科などの底生性魚類では、産卵基質となる底質が生息場所条件として重要であり(Natsumeda 1998, 1999)、浮き石の少ない小粒径砂礫底($\phi \leq 10$ cm)で生息密度が低いという報告がある(渡辺ら 2001)。また、大礫や中礫が優占する底質よりも砂が優占する底質で、カジカ類の捕食効率がよいことも知られている(Brusven & Rose 1981)。

ただし、魚類の生息場所利用と河川形態に関する研究は、可児(1944)の河床型ではAa型やBb型に該当する上・中流域で行われており、河川下流域での研究は、イタセンバラなど特定の魚種の情報に限られている(小川・長田 1999)。一般に、河川下流域では1流路単位の面積が大きく、地形と生物現象を対応させた調査に労力がかかるため、階層構造を扱った研究が少ないと考えられる。しかし、河川下流域は河道の付け替えや堤防・護岸工事などにより人為的改変が最も激しい流程である。このため、その生態系保全や復元を考える上で、河川下流域の環境構造と生物の生息場所利用様式との関係を示すことが急務となっている。

そこで、本研究では淀川下流域に特徴的なワンド環境に注目して、ヨシノボリ属魚類の生息条件を複数の空間スケールで分析した。本来なら、淀川下流域にも蛇行区間スケールに対応した瀬・淵等の生息場所類型が存在するはずである。しかし、淀川には河口から10 km地点にある淀川大堰によって、堰上流に背水波及域が広がっているため、瀬・淵の環境構造が不明瞭になっている。ただし、淀川下流域の河口から12~13 km地点には、大堰の建設以前に形成された城北ワンド群が保全されており、比較的多様な環境構造が存続している。本研究では、城北地区の各ワンドを生息場所スケールの1単位として捉えた。ワンドとは、「水制工に囲まれ流水部に開口部を有する河道内の止水域」と定義され、開口部を持たないタマリと区別されている(森脇 1999)。

城北ワンド群に生息するヨシノボリ類は、池などの止

水域に生息するトウヨシノボリ縞鱗型 *Rhinogobius* sp. OR “Shimahiregata”(鈴木 1996; 辻本ほか 2003)のみであったため、縞鱗型を研究対象とした。ヨシノボリ属は底生生活を送るため、河床の底質が生息場所条件として重要である(水野ほか 1979)。したがって、河床構造と生息場所利用様式との関係を考察するには好適な研究材料と考えられる。

本研究の目的は、城北ワンド群に生息するトウヨシノボリ縞鱗型について、生息場所スケール(ワンド間比較)と微生息場所スケール(底質型間比較)における分布様式を示すことにある。次に、年級群や季節による生息場所の差異や摂餌生態の季節変化を調べることによって、生活史を通じた生息場所利用様式を明らかにすることを目的とした。また、これらの成果に基づいて、ヨシノボリ属魚類からみた河川下流域の生息場所条件を示すとともに、淀川下流域の河川環境の現状についても考察した。

方 法

調査地

調査は、大阪市旭区の淀川下流域の城北ワンド群(河口より12~13 km)で行った。現存する淀川のワンドは全102個であり、1971-75年の航空写真に基づき、左岸1-51、右岸52-102の通し番号がつけられている。以下本文では各ワンドを番号で呼ぶ。2001年はワンド番号29, 30, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39の合計9地点(8月は番号29, 30, 34, 36, 37の合計5地点、綾 1999; Fig. 1)で行い、2002年の調査は、2001年に淀川河川事務所が自然環境復元のために低水敷に創設した2つの「新設ワンド」(34番新設(34 NC)と35番新設(35 NC))を加え合計11地点で行った。ワンドに隣接する淀川本川では、8月と6月に上流部(A)と下流部(B)の岸際で調査を行った。

大水ほか(2001)および河川環境管理財団大阪研究所(2002)によれば、ワンド29, 33, 39は本川と連結している開放型ワンド、ワンド30, 34, 35, 36, 37, 38は本川と連結していない半閉鎖型ワンドに対応する。各ワンドの環境特性をTable 1に示す。物理環境(面積、最大水深、底質の最大値、平均値および標準偏差)によるワンドの変異については主成分分析を行った(Fig. 2)。その結果、第1主成分の軸は面積、水深、底質ともに大きいことを示し、第2主成分の軸は面積、水深が大きいことを示した。また、第1主成分の固有値は2.80、固有値ベクトルは面積0.51、水深0.50、底質の最大値0.39、平

Fig. 1. A map of study area. Numeric numbers represent Wando numbers. Those of nos. 29, 33 and 39 were connected to the main channel of Yodo River and were categorized as “open Wando”. No. 40 was “closed Wando”. The others were “semi-closed Wando”. Allows show sampling sites of goby fish.

Fig. 2. Result of Wandos classification based on the principal components analysis on the environmental factors of Wando such as area, depth at the deepest part and size of substrate. Numeric numbers represent Wando numbers.

均値 0.53, 標準偏差 0.25, 寄与率は 56.06%であり, 第 2 主成分の固有値は 1.25, 固有値ベクトルは面積 0.36, 水深 0.43, 底質の最大値 -0.19, 平均値 -0.25, 標準偏差 -0.77, 寄与率は 24.95%だった. 新設ワンドは小さく浅い形状で底質が細かく, ワンド 33, 34 および 39 は大きく深い形状で底質が粗く, その他のワンドは面積, 水深が大きく, 底質は比較的小さい傾向を示した (Fig. 2).

材料

淀川下流域では, これまでカワヨシノボリ *Rhinogobius flumineus* (Mizuno 1960) と, ヨシノボリ類 *Rhinogobius* sp. およびトウヨシノボリ *Rhinogobius* sp. OR が記録されている (長田 1975; 紀平 1997; 矢田 1999) が, ワンドのヨシノボリ類については必ずしも分類学的検討はされてこなかった (長田 私信). 本研究で採集されたヨシノボリ類の標本は, 胸鰭鰭条数が 17~21 であることからカワヨシノボリとは区別された. 次に, オスの第 1 背鰭が伸長しない, オスの第 2 背鰭が大きい, 雌雄ともに第 2 背鰭の下半部に 2~3 本の紫色縦線, 尾鰭中央に 4~5 本の紫色の横帯があるなどの点から, 淀川水系に生息するビワヨシノボリ (仮称) *Rhinogobius* sp. BW (Takahashi & Okuda 2002) ではなく, トウヨシノボリ縞鰭型 (鈴木 1996) と同定された. 縞鰭型は, 池などの止水域に生息することが知られている (鈴木 1996).

現地調査

調査は, 2001 年 8 月 27-28 日, 10 月 15-20 日, 11 月 30 日-12 月 10 日, 2002 年 4 月 19-26 日 5 月 20-21 日, 6 月 21-28 日の計 6 期にそれぞれ 2-3 日間実施した. タモ網 (メッシュサイズ 1 mm, 間口 35 cm) を用いて 1 ワンドにつき 90 回スイーピング (sweeping: 底面を掃き拘うように採集する方法) を行い, 3 回を 1 セットとして合計 30 セットの採集を行った. スイーピング 1 回ごとに採集した個体数および環境条件として, 底質およびスイーピングした場所に隣接する水際植生を記録した. 個体数密度と環境条件は 1 セットの平均値を求め, その値を解析に用いた.

採集地点の底質を巨石 (ブロックや捨て石: R, $\phi > 250$ mm), 浮き石 (石が積み重なり石と石の隙間が空いた状態の石: U, $\phi > 50$ mm), はまり石 (石の下方が泥や砂のなかに埋もれており石の表面 (上・側面) だけが水中に出ている状態の石: H, $\phi > 50$ mm), 砂利 (G, $\phi = 4 \sim 50$ mm), 砂 (S, $\phi > 4$ mm), 泥 (M), 落葉落枝 (L) を目視で判定し, 50×50 cm の範囲内で被覆面積の多い順に上位 3 つを記録した. また, 岸際環境条件についても現場で記録した (Table 1). 太田ら (2002) に基

づいて, 記録した第 1 位から第 3 位の底質をそれぞれ 3, 2, 1 点として, さらに各底質のスコア (R, 6; U, 5; H, 4; G, 3; S, 2; M・L, 1) を掛け合わせた値の合計値を各地点における底質指数 (SI: Substrate Index) とした. 底質スコアは, 河床材料の粒径に応じて大きなものから小さなものまで 6 点から 1 点の間で与えられている. 底質指数は 6~36 の数値となり, 数値が高いほど土砂や有機物が侵食を受ける傾向にあり, 数値が低いほどこれらが堆積傾向にあると解釈できる. 泥と落葉落枝の粒径は等しくないが, 堆積過程が似ていると考えて同じスコアを与えた. 採集地点の底質を泥・落葉優占底 ($SI \leq 12$: 以下泥落葉底と記す), 礫優占底 ($12 < SI \leq 25$: 以下礫底と記す), ブロック優占底 ($25 < SI$: 以下ブロック底と記す) の 3 つに類型化した上で, ヨシノボリの個体数密度との関係を分析した. コンクリートブロックの底質指数については, その大きさから R と同じスコアを与えた.

形態の計測および消化管内容物分析

採集したトウヨシノボリ縞鰭型は, 現場で 10%ホルマリンを用いて固定した後, 研究室に持ち帰り, 標準体長 (SL: standard length, 以下体長という) と湿重量を測定した. また, 全採集個体について解剖を行い, 生殖腺湿重量および消化管内容物湿重量を測定した. 各採集期の個体の体長と体重の分散図から回帰直線を求め, 回帰直線上の平均値との残差を肥満度と定義した. また, 体重に対する消化管内容物湿重量の割合を充満度, 体重に対する生殖腺湿重量の割合を生殖腺指数 (GSI: gonadosomatic index) として, それぞれ各個体について算出した.

トウヨシノボリ縞鰭型は, 他のヨシノボリ類と違って雄の第 1 背鰭が伸張せず, 全体的に他のヨシノボリ類に比べて体サイズが小さい. 以上の理由から, 外部形態で年級群を分けることが困難だった. そこで, 各時期のサンプルについて, 体長分析を用いたコホート分析 (Cassie 1954) の結果と GSI の値を組み合わせることによって年級群の区分を行った.

消化管内容物については, 実体顕微鏡および光学顕微鏡を用い, 底生動物については川合編 (1985), 近藤ほか (2001), Merritt & Cummins (eds.) (1996), Niitsuma (1995), Wiederholm (1983) に, プランクトンについては水野 (1964) および水野・高橋 (1991) に基づいて種または属の同定を行い, 個体数を記録した.

データ分析

本研究の分析項目については, $\log(n+1)$ 変換を行っ

た上でも正規性が得られなかったためノンパラメトリック検定を行った。2群の差の検定についてはMann-WhitneyのU検定を、3群以上の差の検定についてはKruskal-Wallis検定を、2要因での差の検定についてはFriedman検定を、多重比較についてはSteel-Dwass検定を、相関分析についてはスピアマンの順位相関係数検定を行った。また、年級群による分布型の比較をするために、 χ^2 検定を行った。なお、本稿では、統計値の表示の際に（平均値±標準偏差）の形で示した。

結 果

本川とワンド群の個体数密度

淀川本川の調査地では、少なくとも調査を行った6月と8月にはヨシノボリ類は採集されなかった。しかし、城北ワンド群ではいずれの季節もトウヨシノボリ縞鱗型が採集された。年6回の調査におけるトウヨシノボリ縞鱗型の全11ワンドの年間平均個体数密度（/m²）は0.47±1.43であった。

個体数密度と年級群の季節変化

各季節の平均個体数密度（/m²）は、8月：0.62±1.43、10月：0.17±1.22、11-12月：0.14±0.67、4月0.23±0.95、5月：0.49±1.44、6月1.10±2.28であった（Table 2）。季節間の比較の結果、6月の個体数密度が有意に高かった（Steel-Dwass's test, 8月と10月

（ $W=4.25$ ）、8月と11-12月（ $W=3.69$ ）、8月と4月（ $W=3.14$ ）、10月と5月（ $W=-3.37$ ）、10月と6月（ $W=-7.33$ ）、11-12月と5月（ $W=-3.30$ ）、11-12月と6月（ $W=-7.11$ ）、4月と6月（ $W=-7.20$ ）、5月と6月（ $W=-5.11$ ）、いずれも $P<0.05$ ）。

採集個体をコホート分析により、年級群を0歳魚（以下0⁺と記す）と1歳以上魚（以下1⁺と記す）に分けた。採集された0⁺個体は縞鱗型の特徴である背鰭の縞が1本であったが、尾部基底の暗色班が「く」の字形であったことから縞鱗型と同定された。また、4月に繁殖していた縞鱗型成魚がいた閉鎖的なワンドで、5月にかけて同所的に稚魚が見られたこと、コホート分析において稚魚の成長過程で異なる繁殖期と見られる個体はおらず、季節的な成長が見られたことから、採集されたヨシノボリ類の稚魚を縞鱗型として扱った。

2歳魚以上については、1⁺以上の捕獲個体数が少なかったため、コホート分析による区別が困難だった。縞鱗型と同様にヨシノボリ属のうち小型種とされているカワヨシノボリでは39 mmSL以上の満2歳魚がおり（水野・宮城1968）、回遊性の*Rhinogobius brunneus* (cross-band type; 現在のシマヨシノボリ *Rhinogobius* sp. CR)でも33 mmSL以上の2歳魚が出現することが報告されている（Sawara 1968）。そこで、本研究では2歳魚の可能性のある30 mmSL以上の個体についても、1⁺に含めた。その結果、8月は22.00 mmSL以上、10月は24.75 mm

Table 2. Seasonal changes in population density, obesity and gut fullness of *Rhinogobius* sp. “Shimahiregata” OR. The density (per square meter) estimated by quantitative sweeping sampling of 90 times. Sample size numbers indicate total number of fish sampled in each season. See text explanations of obesity and gut fullness.

		Aug.	Oct.	Nov.-Dec.	Apr.	May.	Jun.
Density	n	13	22	14	62	60	152
	mean	0.62	0.17	0.14	0.23	0.49	1.10
	SD	1.43	1.22	0.67	0.95	1.44	2.28
	maximum	7.14	16.67	7.14	7.14	9.52	11.90
	minimum	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Obesity	mean	4E-08	-2E-09	9E-17	6E-17	-1E-17	2E-15
	SD	0.23	0.04	0.03	0.05	0.06	0.05
	maximum	0.65	0.06	0.05	0.09	0.26	0.09
	minimum	-0.27	-0.08	-0.08	-0.16	-0.12	-0.29
Gut fullness	mean	0.03	0.07	0.05	0.05	0.10	0.04
	SD	0.02	0.06	0.04	0.04	0.08	0.03
	maximum	0.58	0.23	0.16	0.19	0.47	0.16
	minimum	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00

SL 以上, 11-12 月は 26.55 mmSL 以上, 5 月は, 27.40 mmSL 以上, 6 月は 23.00 mmSL 以上が 1^+ に判定された。4 月は, すべて 1^+ であった。各季節の 1^+ に対する 0^+ の割合は, 8 月では 0.63, 10 月では 10.00, 11-12 月では 1.00, 4 月では 0.00, 5 月では 7.56, 6 月では 1.76 であった。

繁殖期と稚魚期の生息場所利用

2002 年 4 月 15 日には, 35 番新設ワンドの開口部で浮き石の下に産卵床が 4 つ確認された。卵塊は石の下面に 1 層に産みつけられていた。そのうちの 2 つの石の長径は 16 cm と 21 cm であり, 卵塊面積はそれぞれ 24 cm² と 36 cm² であった。卵塊の一部を研究室に持ち帰って計測したところ, 発眼卵の長径は 2.3-2.9 mm だった。5 月には 2 つの新設ワンドや 29 番ワンドのヨシ陰で 0^+ が多く出現した。その後, 6 月には全体的に 0^+ が多くなった。その結果, 4 月を繁殖期, 稚魚が出現した 5, 6 月を稚魚期, 8 月から 12 月を非繁殖期と分類し分析に用いた。

ワンドによる生息密度の差異

非繁殖期にはワンド間で生息密度に差異が見られた (Kruskal-Wallis test, $H_{adj}=23.33$, $df=8$, $P<0.01$)。このうち 33 番と 38 番ワンドで個体数が 0 であり, その他のワンドでは 34 番, 36 番, 37 番が比較的個体数密度が高かった (Fig. 3(a))。また, 開放型ワンド ($\bar{m}=0.04$, $n=3$) よりも半閉鎖型ワンド ($\bar{m}=0.27$, $n=6$) で密度が高かった (Mann-Whitney's U test, $U_s=30939$, $P<0.05$)。

繁殖期もワンド間で生息密度に差異が見られ ($H_{adj}=68.67$, $df=10$, $P<0.001$), 35 番新設ワンドの個体数密度がいずれのワンドよりも高かった (Fig. 3(b))。開放型ワンド ($\bar{m}=0.08$, $n=3$) と半閉鎖型ワンド ($\bar{m}=0.29$, $n=9$) で生息密度の違いは見られなかった ($U_s=11307$, $P=0.13$)。ただし, 新設ワンドについては, 隣接する半閉鎖型ワンドに開口部が向いており本川とは連結していないことから, 半閉鎖型ワンドに含めて分析を行った。

稚魚期もまたワンド間で生息密度に差異があり ($H_{adj}=28.49$, $df=10$, $P<0.01$), 35 番新設ワンドで高く, 33 番ワンドで低かった (Fig. 3(c))。しかし, 開放型ワンド ($\bar{m}=0.52$, $n=3$) と半閉鎖型ワンド ($\bar{m}=0.87$, $n=9$) で生息密度の違いは見られなかった ($U_s=40314.5$, $P=0.05$)。

また, 非繁殖期, 稚魚期のいずれの時期についても 0^+ と 1^+ の分布傾向に違いは見られなかった (非繁殖期: $\chi^2=31$, $df=26$, $P=0.23$; 稚魚期: $\chi^2=50$, $df=48$, $P=0.39$)。繁殖期は 1^+ のみが分布していた。

底質型による生息密度の差異

各底質型におけるトウヨシノボリ縞鰭型の年間平均個体数密度は底質型によって異なり, 泥落葉底 (0.10 ± 0.25) が礫底 (0.06 ± 0.18) やブロック底 (0.04 ± 0.15) よりも有意に高かった (Steel-Dwass's test, 泥落葉底と礫底: $W=3.03$, 泥落葉底とブロック底: $W=3.49$, ともに $P<0.05$)。季節要因の影響を調べたところ, 季節によって分布の違いは見られなかった (Friedman test, 季節要因; $\chi^2_{adj}=7.76$, $df=5$, $P=0.17$; Fig. 4)。また, 非繁殖期と稚魚期のいずれの時期でも年級群による分布傾

Fig. 3. Distribution of *Rhinogobius* sp. OR "Shimahiregata" in the Shirokita Wando in (a) non-breeding season (from August to December), (b) breeding season (April), and (c) growing season of larvae and juveniles (from May to June). Numerical numbers in the graphs show the numbers of fish collected in each season.

Fig. 4. Seasonal changes in fish densities of *Rhinogobius* sp. OR "Shimahiregata" at each substrate type. ML means mud and litter substrates. Block means concrete block. Bars indicate standard deviation for means.

Fig. 5. Distributional patterns of larvae and juveniles (0^+) and 1 or more years old (1^+) at each substrate type in (a) non-breeding season and (b) growing season of larvae and juveniles.

Fig. 6. Relations of goby fish density in May to Wando area (a) and to the max depth of silt layer in each Wando (b).

Fig. 7. Seasonal changes in gut fullness (ratio of gut contents weight to body weight) for 0⁺ fish (a) and 1⁺ fish (b). Data denoted by the same letter are not significantly different ($P > 0.05$) by Steel-Dwass's test after Kruskal-Wallis test. Bars indicate standard deviation for means.

向の違いは見られず, 0⁺, 1⁺ともに泥落葉底に多く生息していた (非繁殖期: $\chi^2 = 18$, $df = 14$, $P = 0.21$; 稚魚期: $\chi^2 = 18$, $df = 16$, $P = 0.32$; Fig. 5).

物理環境要因の影響

現存する最新の物理環境データ (1997 年分: 河川環境管理財団大阪研究所 2000) に基づいて, 各ワンドの面積, 最深部の水深および最大堆積層厚 (潜水によって鉄棒をワンド底に突き刺し, 測定した堆積層の厚さ) と個体数密度の相関を調べた. なお, 97 年には新設ワンドが設置されていなかったため, 分析からは除外した. その結果, 5 月の個体数密度は面積が大きくなるにつれ減少し (Spearman's correlation coefficient, $df = 8$, $r = -0.55$, $P = 0.11$; Fig. 6(a)), 最大堆積層厚が大きくなるにつれ増加する傾向があった (Spearman's correlation coefficient, $df = 8$, $r = 0.64$, $P = 0.07$; Fig. 6(b)).

摂餌生態の特徴

(1) 肥満度

肥満度の季節変化を分析した結果, どの季節が肥満度が高いということとはなかった ($\bar{m} = 4.33 \text{ E-}15$, $H_{adj} = 1.23$, $df = 5$, $P = 0.94$). 年級群による違いも見られなかった ($\bar{m} = 1.68 \text{ E-}09$, $U_s = 11422$, $P = 0.17$). 生息場所および微生息場所による違いも見られなかった (生息場所要因: $\bar{m} = 1.54 \text{ E-}09$, $H_{adj} = 11.50$, $df = 10$, $P = 0.24$; 微生息場所要因: $\bar{m} = -0.0001$, $H_{adj} = 1.35$, $df = 2$, $P = 0.51$; Table 2).

(2) 充満度

充満度の季節変化を分析した結果, 5 月 (0.04 ± 0.03) は 8 月 (0.01 ± 0.01), 4 月 (0.02 ± 0.02), 6 月 (0.02 ± 0.01) に比べて有意に高かった (Steel-Dwass's

Fig. 8. Gut fullness of 0⁺ in each Wando in May-June. Data denoted by the same letter are not significantly different ($P > 0.05$) by Steel-Dwass's test after Kruskal-Wallis test. Bars indicate standard deviation for means.

Fig. 9. Composition of food items in the gut contents of *Rhinogobius* sp. OR "Shimahiregata" in (a) August, (b) October, (c) November-December, (d) April, (e) May and (f) June. Numerical numbers show the numbers of fish dissected.

test, 8月と5月: $W = -3.55$, 4月と5月: $W = -3.55$, 5月と6月: $W = 6.08$, いずれも $P < 0.05$; Table 2). また, 年級群要因の影響を調べたところ, 0^+ は5月 (0.11 ± 0.09) に充満度が高かった (Steel-Dwass's test, 5月と6月: $W = 6.55$, $P < 0.05$; Fig. 7(a)) が, 1^+ では4月 (0.05 ± 0.04) に充満度が高かった (Steel-Dwass's test, 4月と6月: $W = 4.09$, $P < 0.05$; Fig. 7(b)). ただし, 1^+ の分析では, 10月の採集個体数が2個体のため分析から除外した.

非繁殖期と繁殖期ではワンド間で充満度に違いは見られなかった (非繁殖期: $\bar{m} = 0.06$, $H_{adj} = 1.47$, $df = 3$, $P = 0.69$; 繁殖期: $\bar{m} = 0.05$, $H_{adj} = 4.90$, $df = 2$, $P = 0.09$). ただし, 非繁殖期の採集個体数は29番, 30番, 39番ワンドでそれぞれ1個体, 繁殖期の採集個体数は30番, 34番, 37番, 39番ワンドでそれぞれ1個体と33番ワンドで2個体のため分析から除外した. 稚魚期の 0^+ の充満度は比較的個体数密度の高い新設ワンド (34 NC: 0.09

± 0.02 , 35 NC: 0.08 ± 0.05) と29番ワンド (0.14 ± 0.08) で高かった (Steel-Dwass's test, 29と35: $W = 3.55$, 29と37: $W = 3.82$, 29と38: $W = 3.65$, 29と39: $W = 3.39$, 37と35 NC: $W = -3.30$, いずれも $P < 0.05$; Fig. 8). 1^+ ではワンド間で違いは見られなかった ($\bar{m} = 0.03$, $H_{adj} = 12.26$, $df = 7$, $P = 0.09$).

底質要因による違いは見られなかった (Friedman test, 底質要因: $\chi^2_{adj} = 0.67$, $df = 2$, $P = 0.71$).

(3) 消化管内容物

トウヨシノボリ縞鰭型の消化管内容物は, いずれの季節もケンミジンコ科 *Cyclopidae* gen. spp. やシカクミジンコ属 *Alona* spp. など底生生活型の種を含むプランクトンが多かった. 各月における採集個体の消化管内容物の個体数割合の内訳を, ワンドごとに示した (Fig. 9(a)–(f)). とくに, 8月から12月にかけて, トウヨシノボリ縞鰭型はプランクトンを多く摂餌していた (Fig. 9(a)–(c)). 4月はプランクトンよりもユスリカ科 (主にコガタユスリ

カ属 *Microchironomus* sp. やホソミユスリカ属の一種 *Dicrotendipes nigrocephalicus*, エリユスリカ属 *Orthocladus* spp.) が多かった (Fig. 9(d)). 35 番新設ワンドで孵化仔魚を摂餌していたのは 2 個体のみで, 他の個体はプランクトンやユスリカ類を摂餌していた. 34 番ワンドの個体はミズダニ Hydrachnellae 幼体を, 37 番ワンドの個体はミズダニやオカメミジンコ属 *Simocephalus* spp. などのプランクトンも摂餌していた. 5 月は個体数密度の高かった新設ワンドでは, チビミズムシ属の一種 *Micronecta* sp. やケンミジンコ科が多く摂餌されていた. 34 番ワンドではミズムシ *Asellus hilgendorfii* しか摂餌していなかった (Fig. 9(e)). 6 月は再びケンミジンコ科やマルミジンコ属 *Chydorus* spp. などの動物プランクトンを多く摂餌するようになったが, 新設ワンドでは多様な餌組成を示した (Fig. 9(f)).

考 察

生息場所利用様式

城北ワンド群に接する淀川本川の岸際で 8 月と 6 月に調査を行ったが, トウヨシノボリ縞鰭型は採集されず, ワンド内でのみ採集された. また, 2002 年 9 月 18-20 日にも本川を調査したがヨシノボリ類は 1 個体も採集されなかった (石田 未発表). このことから, 縞鰭型はワンド内で生活するものと考えられる. ただし, ワンド内の個体数密度が低かった冬期については本川での調査は行っておらず, この時期に縞鰭型が本川に移動するという可能性は否定できない.

主成分分析の結果, ワンドは小型で底質の細かい新設ワンド, 大型で底質の粗い 33, 34, 39 番ワンド, 大型で底質が比較的小さい 29, 30, 35, 36, 37, 38 番ワンドに分けられた (Fig. 2). 城北ワンド群では, 従来, ワンドは水の交換のよい開放型ワンドと水位変化に応じて表面流の流入出が変化する半閉鎖型ワンドに分けられてきた (大水ほか 2001; Fig. 1). 本研究の結果, 開放型の 33, 39 番ワンドは半閉鎖型ワンドと異なる環境を示した. しかしながら, 開放型の 29 番ワンドの環境はむしろ半閉鎖型ワンドに近いと考えられた. すなわち, このワンドと本川をつなぐ水路は増水時にしか連結せず, 稚魚期はほとんど水が通っていなかったため, 他の奥まったワンドと同様の環境条件が生じたのかもしれない. これらの事実, 縞鰭型が閉鎖的で止水的な環境を好むことを示唆している.

トウヨシノボリ縞鰭型の生息密度が高かったのは, 泥

落葉底の多い新設ワンドおよび半閉鎖型のワンドだった. とくに, 5 月において, ワンド面積が小さくなるにつれて個体数密度が高くなり, 最大堆積層厚が厚くなるにつれて個体数密度が高くなっている (Fig. 6) ことから, 縞鰭型は小さくて泥の堆積量が多いワンドに多く棲むと考えられる. この時期に多くなる 0^+ は, 特に泥場をよく利用すると考えられる. 29 番ワンドも半閉鎖型ワンドと同様の環境だったため生息密度が高い傾向を示した (Fig. 3(c)). ただし, 増水時に本川と連結すると, 29 番ワンドは他の開放型ワンドに似た環境になるかもしれない.

上記のようなトウヨシノボリ縞鰭型の生息場所特性は, 河川陸封型のカワヨシノボリが淵よりは瀬に, 砂底や礫底よりは石底に多く生息する (竹門ほか 2003) ことと合わせて対照的である. もともと両側回遊型トウヨシノボリ *Rhinogobius* sp. OR は他のヨシノボリ類と同様, 早瀬の礫底を生息場所としているが, 流れのない泥質の水域にも生息し, 泥の塊に産卵できることが知られている (越川 1989). また, 縞鰭型については, 主に河川敷の池など止水ないし緩流域に生息しているという (鈴木 1996). したがって, 縞鰭型は他のヨシノボリ類より止水に適応しているタイプであると考えられる. ただし, 本研究では 4 月に新設ワンドの長径 16 cm~21 cm の比較的大きな礫の下面に産卵床が 4 つ確認された. このため, 繁殖期以外は泥落葉底に生息しても, 産卵基質としては他のヨシノボリ類と同じく浮き石が適していると考えられる.

生活史に応じたワンドの生息密度の変化

今回調査した 11 個のワンド間では, トウヨシノボリ縞鰭型は全ワンドから採集されたが, 奥まった新設ワンドの個体数密度が高かった. 新設ワンドは既存のワンド (最深部の水深 300 cm) に比べて平均水深が 30 cm 以下と浅く, 隣接したワンドとの連結部分に大型の浮き石が密集しているが, 泥や落葉が優占する底質が広く分布している. 4 月に産卵床が観察されてから, 5 月には同じ新設ワンドの泥落葉底やヨシの陰に稚魚が生息しているのが認められた.

以上のことから, トウヨシノボリ縞鰭型は, 非繁殖期の成魚は泥底のワンド環境に, 繁殖期の成魚は新設ワンドに生じたような侵食が卓越した大礫底のあるワンド環境に集中し, 成育段階にある稚魚は餌場としての泥や落葉が堆積した環境に生息場所を変化させると考えられる. したがって, 前節で述べたように, 冬期に本川へ出る可能性は残るものの, 縞鰭型は基本的にはピワヨシノボリのように繁殖や成長を止水域だけで完結するタイプであ

と考えられる。

生息場所利用様式と摂餌生態の関係

肥満度は季節や場所間で変化しなかったが、充満度は5月に高く、特に0⁺で高かった。稚魚期の0⁺の個体数密度が高かった29番ワンドと新設ワンドでは、充満度も高かった。これらのワンドは、消化管内容物品目の中では比較的重量の大きいケンミジンコ科やチビミズムシ属の一種が豊富である結果、個体数密度も高かったのかもしれない。

次に、縞鱗型の消化管内容物についても生息場所と同様に、河川性ヨシノボリ類と異なる特徴が見られた。すなわち、餌として動物プランクトンが多くを占めており、他のヨシノボリ類の餌となるカゲロウ目などの大型水生昆虫はほとんど見られず、藻類も少なかった。ワンドは止水的環境なので、流水性昆虫は少なく、動物プランクトンやミズムシなどの甲殻類ベントスが多い。そのため、水生昆虫の代わりにプランクトンを食べていたと考えられる。ただし、プランクトンの中にはケンミジンコ科やシカクミジンコ属のように比較的基質上を徘徊する性質の強いものも多く含まれていた。これらのプランクトンについては、必ずしも水中に浮かび上がって捕食したとは限らないが、プランクトンへの依存度が高い結果は、トウヨシノボリ縞鱗型を水槽で飼育すると水中でのホバリングが巧みであるとの観察結果（鈴木 1996）と符合している。

淀川水系におけるヨシノボリ類の分布状況と淀川大堰の影響

河川陸封型のカワヨシノボリと両側回遊型ヨシノボリが同一河川に生息する場合には、中・上流域にカワヨシノボリが、中・下流域にその他のヨシノボリ類が生息することが知られており、中流域では両型のオーバーラップが見られるという（Mizuoka 1962；水野 1963）。ところが、淀川の上流にあたる木津川本川にはカワヨシノボリが単独で分布しており、他のヨシノボリ類と同所的に生息していない（竹門ほか 2003）。また、城北ワンド群においても両側回遊型のヨシノボリ類は一切採集されなかったことから、城北ワンド群に生息するヨシノボリ類は、トウヨシノボリ縞鱗型に限られると考えられる。本研究の調査期間中、淀川本川の鳥飼大橋直下（河口から 17 km 地点）と樟葉（同 33 km 地点）でトウヨシノボリ橙色型が採集された（石田 未発表）。この型も陸封されることが知られており（越川 1989）、必ずしも両側回遊型の生活史をしているとは限らない。淀川流域には、かつて回遊型ヨシノボリ類が生息していたと考えられている（矢

田 1999）。紀平（私信）・長田（私信）によると、淀川大堰が完成した 1984 年以降、ヨシノボリ類の生息個体数が減少したという。大阪市都市環境局の 2001 年度の魚類調査では、大堰下流ではヨシノボリ類は採集されていない。以上の事実や推論を照らし合わせると、少なくとも現在の淀川本川では両側回遊型の生活史を送るヨシノボリ類はいない可能性も考えられる。

いっぽう、本研究によって、トウヨシノボリ縞鱗型は 1) 泥や落葉の底質に主に生息する、2) より閉鎖的な環境を好む、3) 動物プランクトン食であるなどの点で、他のヨシノボリ類に比べてきわめてユニークな生活要求を持つことが明らかとなった。このことから、ワンドの形成や淀川大堰の水位安定化の運用が、トウヨシノボリ縞鱗型個体群にとってプラスに働いたと考えられる。

とくに、淀川大堰が完成した 1984 年以降、水位を安定的に高める運用が続けられており、増水時の攪乱は大幅に減少した（綾 2001；河合 2001）。その結果、砂や石の底質が減少し、泥底が増えたと考えられる。河合（2003）は 1969 年に比べワンド全体の水深が 50～60 cm 増大したと述べている。淀川大堰の水位の安定化運用に伴うワンド環境の止水化が、トウヨシノボリ縞鱗型が生息するのに都合がよかったと考えられる。

ただし、今後も現状のような高めの水位が安定的に維持され続けると、城北ワンド群の環境はますます泥底の止水環境に変化することが予測される。この場合、産卵適地が減少することによってトウヨシノボリ縞鱗型ですら個体群維持が困難となる可能性もある。これを回避するためには、新設ワンドに造成した礫底のような底質環境が自然に形成される過程を回復するための工夫が必要と考えられる。

謝 辞

本研究を行うにあたり、兵庫県立尼崎北高校の鈴木寿之氏にはトウヨシノボリ縞鱗型の同定をしていただいた上、文献や生態の情報をご教示いただいた。大阪工業大学の綾史郎博士には城北ワンド群の情報をいただくとともに、調査の便宜をはかっていただいた。また、環境科学（株）の山本優氏にはユスリカ科幼虫の同定についてご指導いただいた。原稿作成にあたっては、大阪府立大学の谷田一三博士ならびに兵庫県立尼崎北高校の鈴木寿之氏に有益なご助言をいただいた。近畿大学の細谷和海博士、大阪教育大学の長田芳和博士、清風高校の紀平肇氏、京都大学大学院アジア・アフリカ地域研究研究科の

岩田明久博士には有益なご助言をいただいた。国土交通省近畿地方整備局淀川工事事務所にはワンドの物理データをいただいた。近畿大学の玉井理恵氏には現地調査を手伝っていただいた。以上の方々に、深謝の意を表する。なお、本研究は、河川生態学術研究会木津川研究グループの調査研究の一環として実施された。また、分析の一部については、文部科学省科学研究費基盤研究 A2 (No. 15206058) に依った。

摘 要

城北ワンド群に生息するトウヨシノボリ縞鰭型について、生息場所スケール（ワンド間比較）と微生息場所スケール（底質型間比較）での分布様式と摂餌生態を調査した。縞鰭型は、本川では採集されず、ワンド内でのみ生息が確認された。とくに、年間を通して小型で底質の小さい閉鎖的なワンドに多く生息していた。微生息場所スケールでは、泥や落葉が多い底質に多く生息していた。充満度（体重に対する消化管内容物湿重量の割合）は5月に高く、とくに、5月の0歳魚で高かった。消化管内容物には、止水環境に生息するケンミジンコ科やシカクミジンコ属などの動物プランクトンや、チビミズムシやユスリカ類などのベントスが多数出現した。これらの結果は、トウヨシノボリ縞鰭型の生活様式が、ワンドの止水環境に適応していることを示している。

いっぽう、繁殖期と稚魚期には新設ワンドに多く生息しており、繁殖期の成魚は長径 16~21 cm の大きな石の下面に産卵していた。したがって、トウヨシノボリ縞鰭型の生息場所には、餌場としての泥や落葉が堆積した止水域の生息場所と、産卵場としての侵食が卓越した石底のある生息場所が必要ことが示唆された。また、淀川大堰の運用が淀川環境とヨシノボリ類の個体群に与える影響を考察した。

引用文献

- 綾史郎 (1999) 淀川のワンドの形成と変遷。わんどの機能と保全・創造～豊かな河川環境を目指して～, pp. 41-77. 河川環境管理財団大阪研究所。
 綾史郎 (2001) 河川の流量・水位の年間および経年変化と生態環境。魚類自然史研究会会報「ボテジャコ」, **5**: 1-10。
 Brusven M. A. & Rose S. T. (1981) Influence of substrate composition and suspended sediment on insect predation by the torrent sculpin, *Cottus rhotheus*. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences **38**: 1444-1448。
 Cassie R. M. (1954) Some uses of probability paper in the analysis of size frequency distributions. Australian Journal of Ma-

- rine and Freshwater Research **5**: 513-522。
 Fausch K. D., Nakano S. & Ishigaki K. (1994) Distribution of two congeneric charrs in streams of Hokkaido Island, Japan: considering multiple factors across scales. Oecologia **100**: 1-12。
 井上幹生・中野繁 (1994) 小河川の物理的環境構造と魚類の微生息場所。日本生態学会誌 **44**: 151-160。
 Inoue M., Nakano S. & Nakamura F. (1997) Juvenile masu salmon (*Oncorhynchus masou*) abundance and stream habitat relationships in northern Japan. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences **54**: 1331-1341。
 可児藤吉 (1944) 溪流棲昆虫の生態。古川晴男 (編)「昆虫, 上」, pp. 117-317. 研究社, 東京。
 河川環境管理財団大阪研究所 (2000) 平成 11 年度淀川生態環境調査検討業務報告書。
 河川環境管理財団大阪研究所 (2002) 平成 14 年度わんどの水環境改善に関するとりまとめ作業。
 河合典彦 (2001) 景観にみる城北ワンド群の変貌—水位の安定化がもたらしたもの—。魚類自然史研究会会報「ボテジャコ」, **5**: 11-19。
 河合典彦 (2003) 大規模河川改修が淀川の水環境にもたらした功罪—淀川下流の城北ワンド群を中心に—。海洋と生物 **25**(6): 467-475。
 川合禎次編 (1985) 日本産水生昆虫検索図説。東海大学出版会, 東京。
 紀平肇 (1997) 淀川大堰魚道の魚類。魚類自然史研究会会報「ボテジャコ」, **1**: 1-4。
 近藤繁生・平林公男・岩熊敏夫・上野隆平共編 (2001) ユスリカの世界。培風館, 東京。
 越川敏樹 (1989) トウヨシノボリ。川那部浩哉・水野信彦 (編) 日本の淡水魚, pp. 594-597. 山と溪谷社, 東京。
 Merritt R. W. & Cummins K. W. (eds.) (1996) An introduction to the aquatic insects of north America. Kendall-Hunt Publishing Company, USA。
 Mizuno N. (1960) Study on a freshwater goby, *Rhinogobius similis* GILL, with a proposition on the relationships between landlocking and speciation of some freshwater gobies in Japan. Mem. Col. Sci. Univ. Kyoto, Ser., **B27**: 97-115。
 水野信彦 (1963) ヨシノボリとカワヨシノボリの分布—I。湖と池の付近について。日本生態学会誌, **13**(6): 242-247。
 水野信彦・宮城正義 (1968) カワヨシノボリの生長。大阪府の川と魚の生態, 178-182. 大阪府水産林務課。
 水野信彦・上原伸一・牧倫郎 (1979) ヨシノボリの研究 IV。4 型共存河川でのすみわけ。日本生態学会誌, **29**: 137-147。
 水野寿彦 (1964) 日本淡水プランクトン図鑑。保育社, 東京。
 水野寿彦・高橋永治編 (1991) 日本淡水動物プランクトン検索図説。東海大学出版会, 東京。
 Mizuoka S. (1962) Studies on fluvial variations in the gobioid fishes, “Yoshinobori” I. Two types in the Ota river. Educational studies Hiroshima University, **2**(10), 71-95。
 森脇榮一 (1999) 「わんど」とは。わんどの機能と保全・創造～豊かな河川環境を目指して～, pp. 31-39. 河川環境管理財団大阪研究所。
 長田芳和 (1975) 淀川の魚。淡水魚, **1**: 7-15。
 Nakano S. (1995) Competitive interactions for foraging microhabitats in a size-structured interspecific dominance hierarchy of two sympatric stream salmonids in a natural habitat.

- Canadian Journal of Zoology, **73**: 1845-1854.
- Natsumeda T. (1998) Size-assortative nest choice by the Japanese fluvial sculpin in the presence of male-male competition. *Journal of Fish Biology*, **53**: 33-38.
- Natsumeda T. (1999) Year-round local movements of the Japanese fluvial sculpin, *Cottus pollux* (large egg type), with special reference to the distribution of spawning nests. *Ichthyological Research*, **46**(1): 43-48.
- Niitsuma H. (1995) Three species of the genus *Dicrotendipes* (Diptera, Chironomidae) from Japan. *Japanese Journal of Entomology*, **63**(2): 433-449.
- 丹羽彌 (1967) 木曽川の魚. 河川魚相生態学の中下流篇. 木曾教育会. pp. 293.
- 小川力也・長田芳和 (1999) イタセンパラの生息環境から見た淀川水系とその保全・復元に向けて. 森誠一編著. 淡水生物の保全生態学—復元生態学に向けて, pp. 223-239. 信山社サイテック, 東京.
- 大水菜津子・中谷貴史・綾史郎 (2001) 城北ワンド群の水理環境に関する研究. 河川技術論文集第7巻: 345-350.
- 太田太一・池淵周一・竹門康弘 (2002) 河道における物理的環境と底生動物の挙動との関係. 京都大学防災研究所年報第45号: 719-733.
- Sawara Y. (1978) Ecological studies on the common freshwater goby, *Rhinogobius brunneus*, especially on the growth, food habits and feeding activity. *Journal of the faculty of the science, the university of Tokyo* **14**(2): 201-236.
- 鈴木寿之 (1996) 兵庫県円山川で採集されたトウヨシノボリの1新型. 兵庫陸水生物, **47**: 1-9.
- Takahashi S. & Okuda T. (2002) A new lentic form of the "yoshinobori" species complex, *Rhinogobius* spp. from Lake Biwa, Japan, compared with lake-river migrating *Rhinogobius* sp. *OR. Ichthyological Research* **49**: 333-339.
- 竹門康弘 (1991) 動物の眼から見た河川のあり方. 関西自然保護機構会報, **No. 13**: 5-18.
- 竹門康弘・石田裕子・谷田一三 (2003) 淀川水系下流域におけるカワヨシノボリ *Rhinogobius flumineus* とトウヨシノボリ *Rhinogobius* sp. OR 縞鱗型の生息場所選択と摂餌生態. 木津川の総合研究, pp. 517-527. 河川生態学術研究会木津川研究グループ.
- 辻本始・向井貴彦・幸田正典 (2003) トウヨシノボリ橙色型, 縞鱗型およびビワヨシノボリ(仮称)の各型間での交配実験. 関西自然保護機構会誌 **25**(1): 17-21.
- 渡辺恵三・中村太士・加村邦茂・山田浩之・渡辺康玄・土屋進 (2001) 河川改修が底生魚類の分布と生息場環境におよぼす影響. 応用生態工学 **4**(2): 133-146.
- Wiederholm T. (1983) Chironomidae of the holarctic region. Keys and diagnoses. Part1. Larvae. *Entomologica Scandinavica*. Supplement No. 19.
- 矢田敏晃 (1999) 淀川における魚類相及び本流とワンドの生物のかかわり合い. わんどの機能と保全・創造～豊かな河川環境を目指して, pp. 95-103. 河川環境管理財団大阪研究所.