

都市近郊農業水路の魚類群集に及ぼす水路構造 と河川との連続性の影響

INFLUENCES OF CANAL STRUCTURE AND CANAL CONNECTIVITY TO RIVER ON FISH COMMUNITY IN A SUBURBAN AREA

田代優秋¹・上月康則²・佐藤陽一³・大久保美知子⁴・村上仁士⁵

Yushu TASHIRO, Yasunori KOZUKI, Yoichi SATO, Michiko OKUBO and Hitoshi MURAKAMI

¹学生会員 修(工) 徳島大学大学院 工学研究科 (〒770-8506 徳島市南常三島町2-1)

²正会員 博(工) 徳島大学助教授 工学研究科 (〒770-8506 徳島市南常三島町2-1)

³非会員 博(理) 専門学芸員 徳島県立博物館 (〒770-8070 徳島市八万町文化の森総合公園)

⁴正会員 修(工) 日本建設コンサルタント株式会社 (〒105-0004 東京都港区新橋6-17-19)

⁵フェロー会員 工博 徳島大学教授 工学研究科 (〒770-8506 徳島市南常三島町2-1)

Fish community assemblages between earth canals and concrete canals were compared in a land consolidation area, Tokushima City, Japan. This survey recognized 17 genuine freshwater species in eight families in this area. However, differences of species composition, the number of species and population densities of several species between in the both types of canals were small. On the other hand, the population densities of several species showed inverse correlations with distances from survey canals to rivers. In addition, the canals without weirs or drop structures, which prevented migration of fishes, showed higher population densities than the canals with these barriers. These results demonstrate that connectivity to rivers is more important than canal structures for the fish community conservation in land consolidation areas.

Key Words: earth canal, concrete canal, connectivity irrigation canal with river, canal weir
distance between canal and river

1. 緒論

河川とその周辺に広がる水田や農業水路には、日本の淡水魚の多くが生息している。その中でも、昔ながらの土羽のままの水路（以下、素掘水路）は多様な物理環境を持ち、魚類にとって良好な生息場である¹⁾といわれている。近年、この水田や農業水路といった水域は、耕作放棄や宅地化、圃場整備によって水域そのものが消失あるいは改変されたり、素掘水路がコンクリート水路に改修された結果、魚種数と個体数が激減している²⁾³⁾⁴⁾。そのため「環境との調和に配慮した事業実施のための調査計画・設計の手引き」⁵⁾や「身近な水域における魚類等の生息環境改善のための事業連携方策の手引き」⁶⁾の配慮マニュアルも整備された。しかしながら、すでに圃場整備やコンクリート水路化された都市近郊などでの既存水利施設に対する環境配慮の方法は示されていない。そこで、コンクリート水路化された都市近郊の農業水路網を魚類生息場として利活用するために、本研究では、素掘

水路の魚類生息場としての機能とその魚類群集に及ぼす河川との連続性の影響を明らかにすることを目的とした。

2. 調査地域と調査方法

(1) 調査地域と調査地点

調査地域である徳島市国府町は、四国を代表する1級河川吉野川の沖積平野部にあり、河口から約9-13 km、標高約3.0-6.0 m に位置している（図-1）。本地域の用水は、吉野川の1次支川鮎喰川の扇状地にあり、その伏流水を水源とする幹線水路および支線水路からなる農業用排兼用水路が広がっている。本用水は下流で逆瀬川、西大堀川、東大堀川および渡内川の4つの小河川と飯尾川に合流し、吉野川に注ぐ。灌漑方法は、ポンプで地下水を汲み上げて使用する地下水灌漑と、用水の反復利用のため水路に角落とし（以下、堰板）を設置し水位を堰上げて灌漑する方法とが主に用いられている。また、徳島市全域の圃場整備率は47%であり、この値は平地農業

地域における全国平均値と同程度であるが、調査地域の農業水路はいわゆる“コンクリート三面張水路”であり、素掘水路は約10%残っている程度である。したがって、本調査地域は圃場整備などによって改変された都市近郊の環境に残る素掘水路が有する魚類生息場としての機能を調査するために適した地域であると考えられる。

調査地点には、水路構造による魚類群集への影響を検討するために素掘水路（一部、空石積み水路を含む）としてSt.1-St.5、コンクリート水路としてはSt.6-St.7を選んだ（表-1）。St.5は他の地点よりも水路長が長いため約100 m 間隔にSt.5-1-St.5-7の7区間に分けて調査した。さらに、St.8とSt.9は、調査地点内に魚類の移動の障害物となる堰板が設置されており、その下流で河川と直接つながっている。そこで、これら2地点では堰板が河川から農業水路に進入する魚類に与える影響を検討するために、堰上下流に区分して調査した。なお、St.1-St.7は灌漑期にのみ湛水し非灌漑期に干出する一時的的水域であるのに対し、St.8-St.9は周年干出しない恒久的的水域である。

調査は、St.1-St.7では農作業にあわせて2002年5月から9月に毎月1回、St.8とSt.9では2002年7月、8月、9月および2003年8月の4回行った。調査時には天候などによる水位の変化がなかった。ただし、St.1、St.3およびSt.6では9月に農業水路が干出していたために調査できなかった。

(2) 調査方法

a) 魚類の定量調査

魚類の定量調査では、採集による影響を考慮して調査地点の水路長の10%に当たる約10 m を実際に採捕する区間（以下、採捕区間）とした。この際、魚類の採捕区間内外への移動を阻止するためにネット（目合い 2 mm）で上下流端を仕切り、電気ショッカー（FISH SHOCKERⅢ、フロンティアエレクトリック社製）とタモ網（目合い 2 mm）を用い、2名で採捕区間内の仔魚以上の魚類を採捕した。採捕魚類は、10%ホルマリン溶液で固定した後、持ち帰り、全個体の標準体長を計測した。種の同定は主に中坊⁷⁾に従った。ただし、St.8とSt.9では、堰下流側で流速が大きくネットを用いることができなかったため、電気ショッカーとタモ網を用いて2名で60分間採捕した。

b) 水路内の物理環境調査

水路内の物理環境については、魚類調査時に採捕区間内の水深、水面幅、植生、底質材料およびオーバーハングを1 m ごとに記録した。また、採捕区間を代表する地点の中央水深部で流速（VP1000、KENEK社製）、水質項目として水温、pH、EC、DOおよび濁度（U-10、堀場製作所）も測定した。植生は沈水、抽水および浮遊植物の水面に占める割合をそれぞれの被覆率とし、カバー植物は水面に影を落す植物が水際に占める割合を記録した。底質材料はシルト、砂、礫、石以上およびコンクリート

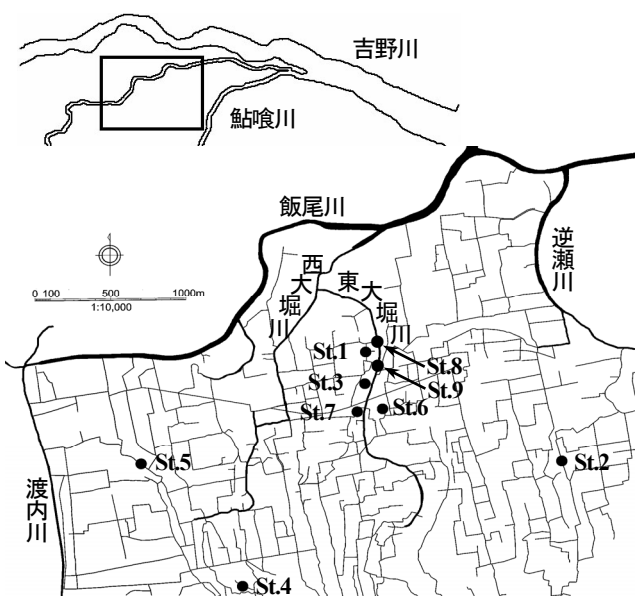


図-1 調査対象地域と調査地点

表-1 調査水路の概要

調査地点	水路材料		水路長 (m)
	土羽	空石 コンクリート	
St.1	両岸		108
St.2	両岸	一部	180
St.3	片岸	片岸	83
St.4	両岸		150
St.5-1~7	両岸		967
St.6		両岸	80
St.7		両岸	150
St.8		両岸	30
St.9		両岸	70

の5区分⁸⁾とし、それらの底面被覆率を記録した。オーバーハング⁹⁾は水路壁面が植物の根や侵食によってえぐられた構造と定義し、その両壁面に占める割合を計測した。農業水路と水田の連続性としては、採捕区間内の水田と農業水路をつなぐ水口と落水口¹⁰⁾の数を記録した。河川と農業水路の連続性としては、採捕区間から河川への最短の水路距離（以下、最短水路距離）、その最短水路内の水門、堰、斜路工、落差工および堰板などの魚類の移動を阻害する物理的な障害物（以下、物理的障害物）の数とその水位差を記録した。

3. 結果と考察

(1) 素掘水路とコンクリート水路の物理環境

ここでは、素掘水路St.1-St.5とコンクリート水路St.6-St.7の物理環境を比較する。調査地点の各物理環境を表-2に示した。St.1-St.7では、採捕区間内を1 m ごとに水深を測定し、調査ごとに変動係数を算出した。その結果、すべての素掘水路St.1-St.5で水路床に起伏が見られた。一方、コンクリート水路St.6とSt.7の水深は全く変動せず、単調な物理環境であった（図-2a）。また、素掘水路とコンクリート水路の物理環境要因の中で違いのあったも

表-2 調査地点の物理環境

物理環境	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.7	St.8		St.9	
								堰上流	堰下流	堰上流	堰下流
水深 (cm)	46 11	14 8	11 2	29 9	56 12	33 10	20 6	81 19	12 5	76 25	28 6
水面幅 (cm)	232 4	72 13	55 4	122 33	326 46	142 0	200 0	180 0	180 0	160 0	160 0
流速 (cm/s)	2.8 3.2	13.3 9.3	6.9 6.4	2.1 2.5	3.9 4.1	0.4 0.8	25.3 19.0	4.9 3.7	21.1 14.3	0.0 0.0	2.6 1.2
抽水植物被覆率 (%)	28 33	9 15	78 13	36 2	42 26	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
浮遊植物被覆率 (%)	0 0	0 0	20 45	0 0	15 35	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
カバー植物被覆率 (%)	0 0	9 18	0 0	0 0	41 31	0 0	75 0	0 0	0 0	0 0	0 0
オーバーハング率 (%)	100 0	3 4	0 0	0 0	3 5	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
最短水路距離 (m)	142	1144	80	654	884	282	10	70	0	70	0
物理的障害物の箇所数	1	2	0	0	2	0	0	1	0	1	0

各物理環境の上段は平均値、下段は標準偏差を表す。St.5はSt.5-1からSt.5-7までをまとめて示している。

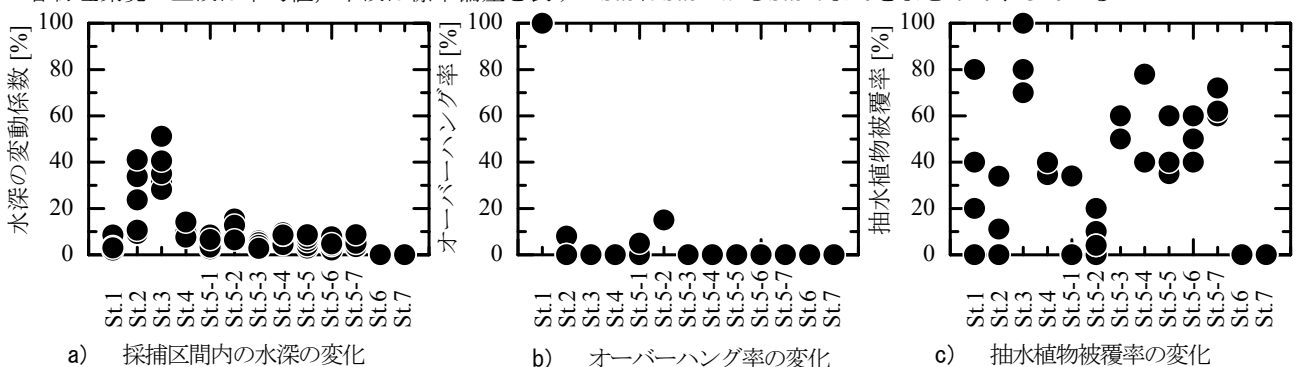


図-2 調査地点の物理環境（プロットはすべて1回の調査を表す）

のは、植生とオーバーハングであり、一方、明らかな違いが見られなかったものは平均水面幅、平均水深および各水質項目であった。オーバーハングは素掘水路のみに見られ、St.1では両岸全面に、St.2、St.5-1およびSt.5-2では一部に見られた（図-2b）。植生は、抽水植物被覆率がSt.2、St.5-1およびSt.5-2において35%以下、その他の素掘水路では60-100%であった（図-2c）。なお、沈水植物は調査期間中すべての調査地点で確認されなかった。

(2) 魚類群集

St.1-St.9での調査で確認された魚種は、コイ、ギンブナ、ヤリタナゴ、タイリクバラタナゴ、オイカワ、ヌマムツ、モツゴ、タモロコ、カマツカ、ニゴイ、ナマズ、タウナギ、メダカ、オオクチバス、ナイルティラピア、トウヨシノボリ縞鰭型およびカムルチーの8科17種であった。これらはすべて純淡水魚であり、ほぼすべての調査月、調査地点でギンブナとメダカが優占していた（表-3）。

(3) 素掘水路とコンクリート水路の魚類群集の比較

a) 出現魚種

ここでは素掘水路とコンクリート水路の魚類群集を比較する。これまでコンクリート水路の魚類生息環境としての問題点は、1) 底に砂や小石がないこと、2) 水路が

直線化していること、3) 水深が一定化していること、および4) 水辺に植物がないこと¹¹⁾と整理され、実際に素掘水路からコンクリート水路への護岸改修によって出現魚種が激減している¹²⁾。

ここで、本調査の素掘水路St.1-St.5とコンクリート水路St.6およびSt.7の魚類群集を比較すると、出現魚種数は素掘水路で4-14種、コンクリート水路で9-11種であった（表-3）。また、素掘水路でのみ出現した魚種は、外来種のタウナギ、オオクチバス、ナイルティラピアおよびカムルチーの4種であった。コンクリート水路でのみ出現した魚種はヌマムツのみであった。ただし、カムルチー以外は、全調査を通して1-2個体確認された程度であった。また、これらの魚種の中でタウナギは、本調査で成魚と稚魚が同時に確認されたこと、土に巣穴を掘り産卵することから¹⁴⁾、素掘水路を産卵、生息場として利用していたと考えられた。

本調査の結果からは、両水路間において出現魚種数、魚種組成に明らかな違いは見られなかった。

b) 個体数密度

藤岡⁴⁾は、茨城県南部の圃場整備排水路（コンクリート水路）と未圃場整備排水路（素掘、石積み水路）の魚類の乾燥重量を比較した結果、特に7月から8月にかけてモツゴ、コイ、フナおよびメダカなどで未圃場整備排水路での乾燥重量の方が大きかったことを報告している。

表-3 各魚種の平均個体数密度 (ind./m²)

魚種	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.7	St.8		St.9	
								堰上流	堰下流	堰上流	堰下流
コイ	0.34	0.01	0.15	0.06	0.02	0.14	0.06	0.01	0.01	—	0.03
	0.65	0.03	0.25	0.09	0.03	0.24	0.11	0.02	0.01	—	0.04
ギンブナ	7.24	1.56	3.69	3.44	10.65	11.57	0.11	0.15	0.19	0.02	0.70
	8.61	3.42	4.96	5.61	20.32	20.17	0.13	0.15	0.17	0.04	0.58
ヤリタナゴ	0.01	—	—	0.01	0.00	0.05	0.02	—	0.01	0.01	0.21
	0.02	—	—	0.02	0.01	0.07	0.04	—	0.01	0.01	0.23
タイリクバラタナゴ	—	—	—	0.03	0.05	0.04	—	—	—	—	—
	—	—	—	0.04	0.12	0.07	—	—	—	—	—
オイカワ	—	—	0.69	0.02	0.00	33.89	0.13	0.09	0.47	0.04	0.15
	—	—	1.43	0.04	0.01	65.16	0.19	0.16	0.42	0.07	0.12
ヌマムツ	—	—	—	—	—	0.05	—	—	0.01	—	—
	—	—	—	—	—	0.11	—	—	0.01	—	—
モツゴ	—	0.05	0.41	0.03	0.00	0.33	0.02	0.11	0.03	0.02	0.05
	—	0.12	0.64	0.08	0.01	0.67	0.04	0.14	0.06	0.03	0.04
タモロコ	0.72	—	1.71	—	0.04	3.84	0.06	0.00	0.02	0.01	0.04
	1.16	—	2.16	—	0.08	7.58	0.09	0.01	0.02	0.01	0.06
カマツカ	—	—	—	—	0.00	—	0.01	—	—	—	0.00
	—	—	—	—	0.01	—	0.02	—	—	—	0.01
ニゴイ	0.17	—	—	—	0.14	0.25	—	0.00	0.00	—	0.02
	0.24	—	—	—	0.31	0.49	—	0.01	0.00	—	0.03
ナマズ	0.27	—	0.87	—	—	0.02	—	—	—	—	—
	0.35	—	0.79	—	—	0.04	—	—	—	—	—
タウナギ	—	—	—	0.01	0.01	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	0.03	0.02	—	—	—	—	—	—
メダカ	0.58	2.35	54.16	0.67	1.39	9.01	5.91	0.77	2.64	1.18	0.54
	0.80	2.93	117.32	0.64	2.30	8.37	6.60	1.03	1.18	1.38	0.42
オオクチバス	—	—	0.04	0.03	0.00	—	—	—	0.02	—	—
	—	—	0.09	0.04	0.01	—	—	—	0.03	—	—
ナイルティラピア	—	—	—	—	0.00	—	—	—	0.20	—	0.02
	—	—	—	—	0.00	—	—	—	0.38	—	0.02
トウヨシノボリ縞鰭型	0.03	—	0.12	—	0.01	—	0.16	—	0.01	—	0.03
	0.08	—	0.17	—	0.04	—	0.33	—	0.01	—	0.04
カムルチー	—	—	—	—	0.35	—	—	0.00	—	—	—
	—	—	—	—	2.01	—	—	0.01	—	—	—
出現魚種数	3.8	1.6	4.8	3.8	4.2	5.5	3.8	4.0	7.0	2.5	8.5
	2.6	1.3	3.0	2.7	2.2	2.5	2.5	2.2	2.4	1.3	1.7

「—」は調査期間中、採捕されなかったことを表す。上段は調査毎に個体数密度を求め算出した平均値、下段は同様に標準偏差を表す。St.5はSt.5-1からSt.5-7までをまとめて示している。

井上¹³⁾は、愛媛県重信川水系において複雑な水路構造であるほど種数、オイカワ、カワムツ、タカハヤおよびギンブナ個体数密度が高くなる傾向を示している。

本調査では、表-3に示した素掘水路とコンクリート水路の両方に出現した魚種のうちナマズ、ニゴイおよびタイリクバラタナゴは、素掘水路で比較的多くの仔稚魚が確認された。特にナマズでは卵も確認されており、これら魚種は本調査でも素掘水路を産卵、生息場として利用していたと考えられた。

しかしながら、これらの魚種以外の水田地帯に出現する典型的な魚種でもあるコイ、ギンブナ、ヤリタナゴ、オイカワ、モツゴ、タモロコ、カマツカ、メダカおよびトウヨシノボリ縞鰭型の9種の個体数密度には、素掘水路とコンクリート水路の間に前述の研究のような顕著な違いを見出すことができなかった。

例えば、ギンブナの平均個体数密度は、素掘水路で8.25 ind./m²、コンクリート水路でも5.84 ind./m²と同程度を維持していた。一方で、多様な物理環境を有する素掘

水路であってもSt.2のように1.56 ind./m²とコンクリート水路よりも個体数密度が低い地点もあった。

以上の結果から、魚類の生息環境として多様な物理環境を有する素掘水路であるにもかかわらず、本調査地域のようにほとんどの農業水路がコンクリート化され、わずかに残存する程度では、素掘水路の有する魚類生息場としての機能が十分に発揮できないことが考えられた。

(4) 最短路距離とその経路上の物理的障害物

本調査地点のSt.1-St.7は一時的な水域であることから、これらの魚類群集は、周辺の河川や恒久的な水域から移動してきた個体、もしくはそこで繁殖した個体で構成されている。そこで、各魚種の個体数密度と表-2に示した最短路距離および落差工や堰板などの物理的障害物の有無との関係について検討した。

最短路距離とナマズ、トウヨシノボリ縞鰭型、コイ、ヤリタナゴ、モツゴおよびタモロコの個体数密度には負の相関関係が見られ、河川から近い地点ほど個体数密度

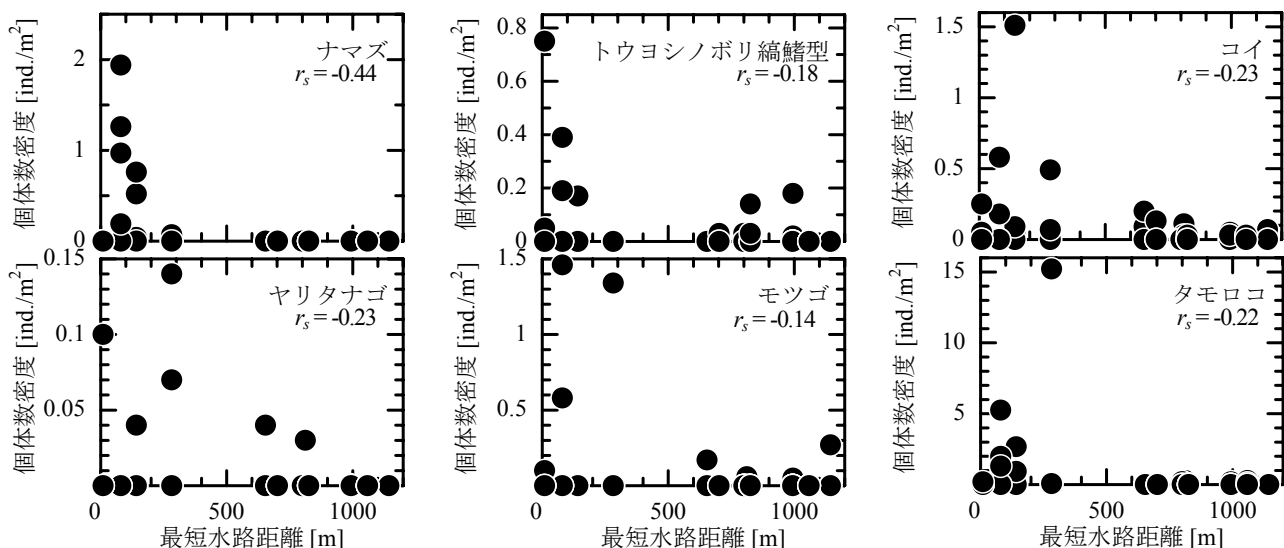


図-3 St.1-St.7における最短水路距離と個体数密度の関係（図中の r_s は、Spearmanの順位相関係数を表す）

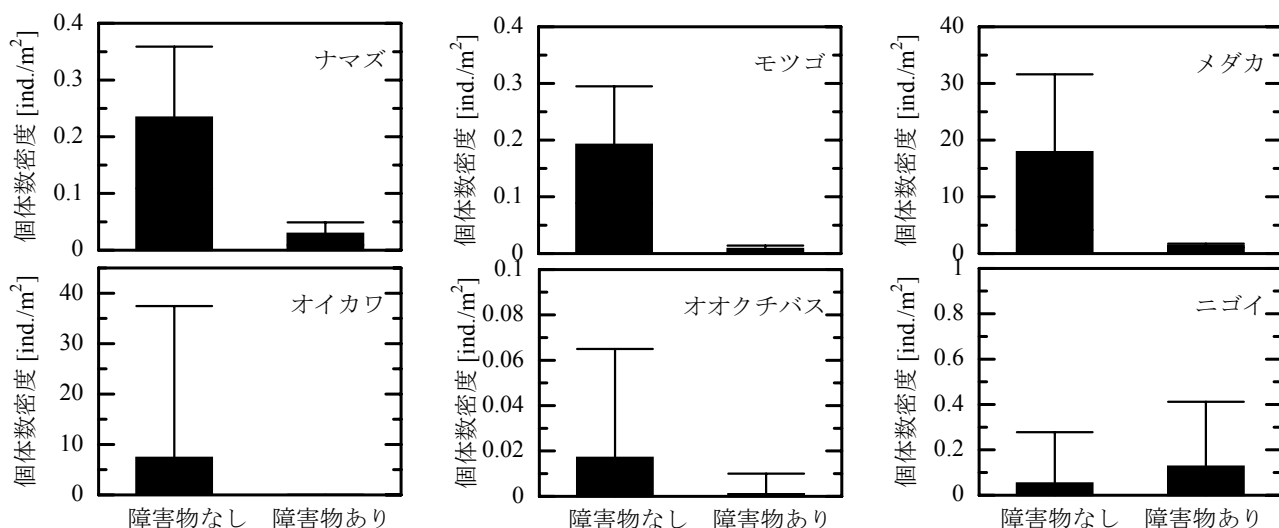


図-4 St.1-St.7における物理的障害物と個体数密度の関係（棒は平均値，エラーバーは標準誤差を表す）

が高かった（図-3）。

最短経路上に物理的障害物の存在しない調査地点では、物理的障害物のある地点よりナマズ、モツゴ、メダカ、オイカワおよびオオクチバスの個体数密度が高かった（いずれもMann-Whitney U test, $P < 0.05$, 図-4）。ただし、ニゴイは物理的障害物のある水路で逆に多かった（Mann-Whitney U test, $P < 0.05$ ）。また、前述の6種以外の出現魚種には、物理的障害物の有無との間に関係が見られなかった。

一時的水域に生息する魚類は、毎年灌漑期に湛水するたびに河川などの恒久的水域から移動しなければならない。したがって、一時的水域に生息する魚類にとっては、河川から農業水路までの距離が短いことおよびその移動経路上に物理的障害がないことが重要と考えられた。つまり、素掘水路といった水路構造だけではなく、河川から農業水路への移動のしやすさが都市近郊農業水路における魚類生息環境要因のひとつであることが示唆された。

(5) 小規模な物理的障害物の堰板による影響

河川から農業水路への魚類の移動のしやすさに着目し、魚類にとって物理的障害物である堰板のあるSt.8とSt.9の堰上下流での魚類群集を比較した。St.8とSt.9の堰板の高さはそれぞれ91 cmと104 cmであり、生じた水位差はともに約80 cmであった。この堰板によって水深と流速は、堰上流でそれぞれ平均78 cm, 2.4 cm/s, 堰下流でそれぞれ平均20 cm, 11.9 cm/sと有意に異なっていた（いずれもMann-Whitney U test, $P < 0.05$ ）。

St.8とSt.9で確認された魚類は14種であり、堰下流でのみ確認された魚種はヌマムツ、カマツカ、トウヨシノボリ縞鰭型、オオクチバスおよびナイルティラピアの5種であった（表-3）。同様に堰上流でのみ確認されたのはカムルチーのみであった。この理由のひとつに農業水路の湛水開始から堰板設置までの間の進入が考えられたが、詳細は不明である。堰上下流の種数を比較すると、図-5に示すように堰下流では 7.8 ± 0.8 種（mean $\pm$ SE）、堰上流では 3.3 ± 0.6 種と有意に堰下流の方が多かった。

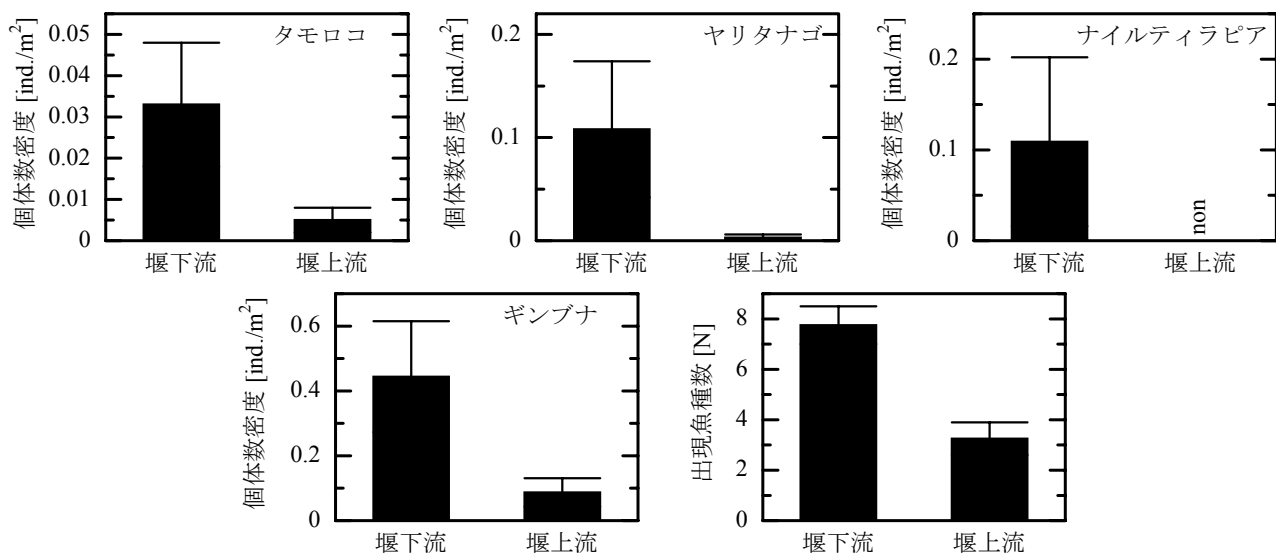


図-5 St.8とSt.9における堰上下流の魚類群集の比較 (棒は平均値, エラーバーは標準誤差を表す)

(Mann-Whitney U test, $P < 0.05$)。また、ギンブナ、ヤリタナゴ、タモロコおよびナイルティラピアの個体数密度は堰上流より堰下流で有意に高かった (いずれも Mann-Whitney U test, $P < 0.05$)。

以上のことから、水位差約80 cm の堰板は河川から農業水路に進入する魚類の移動を阻害していることが明らかになった。

4. 結論

コンクリート化が進行した都市近郊の農業水路において素掘水路とコンクリート水路の魚類群集を調査し、得られた結果を以下にまとめる。

- 1) 本調査地域のようにほとんどの農業水路がコンクリート化され、わずかに残存する程度の素掘水路は、抽水植物やオーバーハングといった多様な物理環境があったとしても、従来から指摘されているほど出現魚種数や個体数密度が高くなかった。
- 2) 都市近郊農業水路では、河川から農業水路までの距離やその間に設置される堰板や落差工などの存在といった河川との連続性が個体数密度に影響していた。
- 3) 堰板が設置された農業水路で調査した結果、堰下流で種数、個体数密度が堰上流よりも高かった。堰板は、河川から農業水路に進入する魚類にとって物理的な障害となっていた。

以上のことから、今後の河川と農業水路における魚類の生息環境修復にあたっては、地域に多くの素掘水路を保全することと共に周辺河川や恒久的水域との連続性といった流域規模での「魚類の移動のしやすさ」に配慮することが必要であると考えられた。

参考文献

- 1) 田中正彦：水田・水路の魚類—淡水魚類からみた土水路の

重要性—, 遺伝, 53巻4号, pp.36-40, 1999.

- 2) 紀平肇：環境の変化と魚相の変遷 (用水路の魚類), 淡水魚, Vol.9, pp.55-58, 1983.
- 3) 坪川健吾：河川改修による魚相の変化・倉安川用水 (岡山県) の場合, 淡水魚, Vol.11, pp.55-58, 1985.
- 4) 藤岡正博：水田がはぐくむ水生動物とサザ類, 遺伝別冊, Vol.9, pp.69-77, 1997.
- 5) 農林水産省：環境との調和に配慮した事業実施のための調査計画・設計の手引き, 2001.
- 6) 身近な水域における魚類等の生息環境改善のための事業連携方策調査委員会：身近な水域における魚類等の生息環境改善のための事業連携方策の手引き, 2004.
- 7) 中坊徹次編：日本産魚類検索全種の同定, 第二版, 東海大学出版, 東京, 2000
- 8) 地盤工学会 土の試験実習書 (第一回改訂版) 編集委員会：土の粒度試験, 土質試験—基本と手引き— (第一回改訂版), pp.27-38, 2001.
- 9) 藤咲雅明, 神宮宇寛, 水谷正一, 後藤章, 渡辺俊介：小河川・農業水路系における魚類の生息と環境構造との関係, 応用生態工学, 2巻1号, pp.53-61, 1999.
- 10) 農林水産省構造改善局：水じり (落水口), 土地改良事業計画設計基準 計画・ほ場整備 (水田), pp.54-55, 1977.
- 11) 小林一郎：生態系を考えた改良ヒューム管, 淡水魚保護, Vol.89, pp.56-58, 1989.
- 12) 根木昭, 根木修：新田と用水路に成立した魚類を中心とする小生態系と現代の農業用水路の改変によるその破壊と再生—岡山平野を例として—, 長岡技術科学大学研究報告, Vol.19, pp.141-150, 1997.
- 13) 井上幹生：河川本流に対する灌漑用湧水池および用水路の魚類生息環境としての役割, 河川美化・緑化調査研究論文集, Vol.10, pp.249-271, 2001.
- 14) 宮地傳三郎, 川那部浩哉, 水野信彦：タウナギ, 原色日本淡水魚類図鑑 (全改訂新版), pp.296-297, 1976.

(2005. 9. 30受付)