

水田水路における生息環境特性と水生生物相

望月聖子, 大原健一

Effects of habitat characteristics on agricultural stream biota

SHOKO MOCHIZUKI, KENICHI OHARA

日本の平野部において、水田水路を中心とした豊かな水生生物相が成り立っており、水田水路から河川といった水域ネットワークを移動して利用している水生生物の存在が知られている(斎藤ほか, 1988)。近年、水田水域環境において、用排水機能の分離、コンクリート張り工法、稲作方法に合わせた水利用の変化などにより、そこに生息する生物相が影響を受けている。その中には、生息場所を失い絶滅の危機に瀕している生物も存在している。このような現状を受け、農林水産省では2001年より水田水域などにおいて農地整備を行う場合、環境との調和に配慮した工法などの工夫をするように取り組んでいる(<http://www.maff.go.jp/j/nousin/index.html>)。いっぽう、水路などの小河川における水域ネットワークや生息環境を考慮した生物群集や生息環境に関する研究報告は少なく、水域ネットワークの再生を行うための知見を積み重ねていく必要があるとされている(山下ほか, 2010)。そこで、本研究は水域ネットワークのつながりによって成り立つ生息環境の変化が水田水路における魚類及び底生動物相に与える影響について明らかにすることを目的として実施した。その結果得られた魚類調査を中心とした知見については、大原・望月(2010)から報告した。ここでは、水生生物相と生息環境との関係について得られた知見を記載する。

キーワード：流況変化、魚類、底生動物、水質、河床材料

方法

調査日・地点

生息環境調査及び生物調査は、2007年8・11月、2008年2・5・8・11・12月、2009年2月の計7回の調査を行った。

岐阜県瑞穂市の宝江川及びそれに流入する2つの水路を調査地点とした。2つの水路のうち、1つはコンクリート三面張りの水路(以下、コンクリート水路)、もう一つはコンクリートなどの構造物がほとんど設置されていない土水路(以下、土水路)であった。宝江川は長良川の支流であり、川幅は約3.4~3.9m、平均水深は20~63cm(季節変動あり)であった。土水路は、農業用の排兼用水路であり、川幅約1.9~3.6m、水深約7~56cm(季節変動あり)であった。コンクリート水路は、農業用の排水路であり、川幅約2.5m、水深5~54cm(季節変動あり)であった(大原・望月, 2010)。

調査地点は、土水路の約352m区間、コンクリート水路の約

356m区間、宝江川の約290m区間を対象とした。土水路及びコンクリート水路区間の最上流と最下流地点を、それぞれ上流地点と下流地点として調査した。宝江川区間の最上流を上流地点、土水路と合流地点直下を中流地点(上流地点より149m下流)、コンクリート水路との合流点直下の最下流を下流地点とした。

調査方法

流速・水位・川幅・河床材料調査

各調査日及び地点において、流速、水位、川幅の調査を行った。流速は、各調査地点の横断面を10~50cm間隔で電磁流速計(KENEK VP1000)を用いて計測した。水位は、流速を計測した箇所においてスタッフ(3m)を用いて計測した。川幅は、同じく流速を計測した箇所において、50mテープを用いて計測した。計測した水位と流速については変化係数(=平均値/標準偏差)を求めた。

土水路とコンクリート水路の上流地点には、自記水位計

(Onset HOB0 U20) を設置し、2007年6月6日～2009年2月3日の期間、1時間間隔の水位を記録計測した。土水路とコンクリート水路について、水位、川幅及び流速より流量(=断面積×流速)を算出して、調査期間中の流量変化と変化係数を求めた。

各調査地点の河床材料は、砂泥の多い地点(土水路)ではコア(体積; 0.001186m³)、それ以外の地点については0.334mmメッシュの0.25×0.25mコドラート(体積:0.000625m³)を用いて採集した。採集した河床材料は、電磁振動式ふるい分器(ITOH MS-200)を用いて9サイズ(250μm、425μm、850μm、2mm、4.75mm、9.50mm、19.0mm、26.5mm、37.5mm)メッシュのふるいでサイズ分けを行った。石田ほか(2006)に基づいて、第1位から3位の底質をそれぞれ3、2、1点として、さらに各サイズのスコア(>37.5mm:4点、26.5~4.75mm:3点、2mm~425μm:2点、250μm>:1点)を掛け合わせた値の合計値を各地点における底質指数とした。

無・有機物調査

流下無・有機物は、0.334mmメッシュのプランクトンネットを用いて、3分間河道に浸けて流水を濾した。ネット流入部の面積と、流速及び3分間の時間より濾した流量を求めた。

浮遊無・有機物は、1調査地点につき3本の1Lレジューム瓶を用いて採水をした。

河床無・有機物は、コア(体積:9.8125cm³)を用いて採集した。今回の方法では、水位の高い夏季(2007年8月、2008年8月)に河床無・有機物を採集することはできなかった。

以上すべての無・有機物サンプルについて、実験室内におけるインキュベーター(SANYO MIR-162)と電気炉(YAMATO F0300)を用いた強熱減量分析(60℃12時間以上、600℃2時間)を行った。流下及び浮遊無・有機物は1Lあたりの量(mg/L)、河床無・有機物は1cm³あたりの量(g/cm³)に換算した。

水温および水質調査

各調査時に、水温計(SATO SK-1250MCIIIα)、pHメーター(セントラル科学 US-23)、DOメーター(HACH HQd)による、水温(℃)、pH、DO(溶存酸素量mg/L)の計測を行った。

各調査日及び地点で、2本の250mlポリプロピレン製瓶による採水を行った。その水サンプルについて、栄養塩類(全窒素、全リン、アンモニア態窒素、亜硝酸態窒素、硝酸態窒素、リン酸態リン)の分析を、比色法により、分光光度計(SHIMAZU UV mini1240)を用いて行った。また、全窒素及び全リンはサンプルに処理を施し(ペルオキシニ硫酸カリウム分解法)、有機態を無機態に分解するため、約120℃で30分間オートクレーブに入れた後に分析を行った。

魚類調査

タモ網、カゴ網、投網を用いて、各地点で2~3カ所で採集を

行った。各地点の採集時間(約30分)、採集人数(3名)は同じとした。捕獲された個体はその場で種類を識別し計数した。

2008年8月の調査で採集された個体の一部を99.8%エタノール標本にし、実験室内の実体顕微鏡(OLYMPUS SZH10)及び光学顕微鏡(OLYMPUS BX51)下において、消化管内容物の観察を行った。今回は、餌料生物種を把握することを目的としたので、観察個体数は少数とした。

底生動物調査

砂泥の多い地点(土水路)ではコア(体積; 0.001186m³)、それ以外の地点については0.334mmメッシュの0.25×0.25mコドラート(体積; 0.000625m³)を用いた定量採集を各地点で3カ所実施した。サーバーネット(0.334mmメッシュ)による定性採集を、各地点において2名で約10分間実施した。なお、2008年8月については著しく水量が増加しており、定性採集のみとした。

採集された個体は70%エタノール標本にし、実験室内の実体顕微鏡(OLYMPUS SZH10)及び光学顕微鏡(OLYMPUS BX51)下において、種類を識別した後に計数した。

解析方法

各調査項目について、調査日又は調査地点間における差の検定には一元配置分散分析を行った。その結果、有意差が認められた項目については、各群間の多重比較ができ、サンプルサイズが小さくても適用できるScheffe検定を行った。

魚類及び底生動物について、各調査における分類群数、総個体数、5調査以上で確認できた分類群の個体数は、調査地点と調査日の2要因の差を検定する二元配置分散分析を行った。その結果、有意差が認められた項目についてはScheffe検定を行った。底生動物についてはPielou's多様性指数を求め、解析項目に加えた。また、魚類及び底生動物の各環境要因に対する選好性を把握するため重回帰分析を行った。

結果および考察

流速・水位・川幅・河床材料環境

各水路及び宝江川の水位について、調査期間を通した調査地点間での有意差はなく(p>0.05)、全調査地点における調査日間では2007年8月が他の調査日より有意に水位が高かった(p<0.05、第1表)。水位変化係数については、全調査地点における調査日間での有意差はなく(p>0.05)、調査期間を通した調査地点間ではコンクリート水路が土水路や宝江川よりも有意に低かった(p<0.05、第1表)。よって、夏季は水位が高い傾向があるが毎年同じ水位ではなく、コンクリート水路は一定の水位になる河道形状であることが分かった。

	宝江川		土水路	コンクリート水路	調査 日間
	上・中・下流	上・下流	上・下流	上・下流	
水位(m)					
2007年 8月	0.6325 ± 0.2067	0.5565 ± 0.2175	0.5430 ± 0.0404	a	
2007年11月	0.3204 ± 0.1719	0.1549 ± 0.0483	0.1289 ± 0.0144	b	
2008年 2月	0.2746 ± 0.1183	0.0740 ± 0.0346	0.0621 ± 0.0142	b	
2008年 5月	0.3306 ± 0.1304	0.3377 ± 0.2232	0.2780 ± 0.0132	b	
2008年 8月	0.3409 ± 0.0932	0.3780 ± 0.2280	0.2764 ± 0.0081	b	
2008年11月	0.3171 ± 0.0713	0.1567 ± 0.0812	0.1500 ± 0.0105	b	
2009年 2月	0.2038 ± 0.1032	0.1264 ± 0.0566	0.1150 ± 0.0053	b	
調査地点間					
変化係数					
2007年 8月	0.3243 ± 0.0183	0.3891 ± 0.0490	0.0306 ± 0.0273		
2007年11月	0.5538 ± 0.1546	0.3222 ± 0.0306	0.0688 ± 0.0194		
2008年 2月	0.2775 ± 0.1164	0.4512 ± 0.2075	0.0919 ± 0.0206		
2008年 5月	0.3512 ± 0.1455	0.4123 ± 0.3008	0.0282 ± 0.0179		
2008年 8月	0.1923 ± 0.0670	0.6080 ± 0.0079	0.0189 ± 0.0267		
2008年11月	0.2209 ± 0.0211	0.4589 ± 0.0716	0.0000 ± 0.0000		
2009年 2月	0.3969 ± 0.0625	0.3025 ± 0.0573	0.0000 ± 0.0000		
調査地点間	a	a	b		

(a, b; 有意差あり, p<0.05)

各調査地点の流速及び変化係数について、調査期間を通した調査地点間及び全調査地点における調査日間において、有意差はなかった(p>0.05、第2表)。よって、2水路及び宝江川の流速については調査期間を通して時期による変化が大きく、全期間及び地点として有意な差がでなかったと考えられた。

	宝江川		土水路	コンクリート水路	調査 日間
	上・中・下流	上・下流	上・下流	上・下流	
流速(m/s)					
2007年 8月	0.0528 ± 0.0893	0.0221 ± 0.0378	0.2239 ± 0.0259		
2007年11月	0.1146 ± 0.0809	0.1271 ± 0.0774	0.0593 ± 0.0267		
2008年 2月	0.1982 ± 0.1288	0.1151 ± 0.0805	0.0664 ± 0.0445		
2008年 5月	0.2903 ± 0.2687	0.2017 ± 0.1556	0.3048 ± 0.1499		
2008年 8月	0.1798 ± 0.0838	0.0399 ± 0.0352	0.3287 ± 0.0839		
2008年11月	0.1309 ± 0.0931	0.1057 ± 0.1030	0.1084 ± 0.0584		
2009年 2月	0.1174 ± 0.0970	0.1370 ± 0.1118	0.1431 ± 0.0543		
調査地点間					
変化係数					
2007年 8月	1.9170 ± 1.5175	1.5756 ± 0.9940	0.1122 ± 0.0340		
2007年11月	0.7370 ± 0.2409	0.3375 ± 0.1126	0.4534 ± 0.3075		
2008年 2月	0.7935 ± 0.2778	0.6451 ± 0.0370	0.6132 ± 0.1039		
2008年 5月	1.0376 ± 1.1405	0.6929 ± 0.3561	0.4966 ± 0.0677		
2008年 8月	0.3750 ± 0.0368	0.6569 ± 0.0420	0.2590 ± 0.0967		
2008年11月	0.5803 ± 0.0711	0.6797 ± 0.1115	0.4676 ± 0.0727		
2009年 2月	0.6354 ± 0.1071	0.5710 ± 0.1245	0.3438 ± 0.2638		
調査地点間					

(有意差なし, p>0.05)

土水路				
期間		平均値(m ³ /s)	変動係数	
2007/6/6-7/16	増水期	0.1036 ± 0.0091	0.0883	
2007/7/17-8/2	減水期	0.0397 ± 0.0112	0.2823	
2007/8/3-9/23	増水期	0.1023 ± 0.0044	0.0433	
2007/9/24-2008/6/2	減水期	0.0308 ± 0.0105	0.3406	
2008/6/3-7/21	増水期	0.0913 ± 0.0043	0.0471	
2008/7/22-8/2	減水期	0.0280 ± 0.0148	0.5280	
2008/8/3-9/23	増水期	0.0834 ± 0.0063	0.0752	
2008/9/24-2009/2/3	減水期	0.0307 ± 0.0038	0.1243	
コンクリート水路				
期間		平均値(m ³ /s)	変動係数	
2007/6/6-7/16	増水期	0.1844 ± 0.0906	0.4915	
2007/7/17-8/2	減水期	0.0691 ± 0.0495	0.7163	
2007/8/3-9/23	増水期	0.3185 ± 0.0960	0.3014	
2007/9/24-2008/6/2	減水期	0.0935 ± 0.0487	0.5210	
2008/6/3-7/21	増水期	0.2231 ± 0.0606	0.2717	
2008/7/22-8/2	減水期	0.1166 ± 0.0264	0.2264	
2008/8/3-9/23	増水期	0.2627 ± 0.0861	0.3278	
2008/9/24-2009/2/3	減水期	0.1091 ± 0.0604	0.5537	

土水路とコンクリート水路の流量変化より、どちらの水路も増水期と減水期を繰り返していた(第3表)。増水期と減水期における平均流量や変動係数は、土水路よりもコンクリート水路のほうが高い傾向がみられた(第3表)。

各水路及び宝江川の底質指数について、全調査地点における調査日間では有意差はなかった(p>0.05、第4表)。調査期間を通した調査地点間では、コンクリート水路が有意に高く(p<0.05)、土水路が最も低く、宝江川は上流から下流地点になるほど高くなる傾向がみられた(第4表)。よって、コンクリート水路は土水路や宝江川に比べて河床に石や砂利が多く、土水路は河床に砂泥が多く、宝江川は上・中流では砂泥が多めであるがコンクリート水路との合流点より下流の地点では石が多くなるのが分かった。

	宝江川		
	上流	中流	下流
2007年 8月	10.0000 ± 1.0000	9.6667 ± 1.1547	18.0000 ± 0.0000
2007年11月	11.0000 ± 1.0000	12.3333 ± 3.5119	12.0000 ± 0.0000
2008年 2月	9.6667 ± 1.1547	9.0000 ± 0.0000	12.0000 ± 0.0000
2008年 5月	10.3333 ± 1.1547	12.0000 ± 0.0000	11.6667 ± 1.5275
2008年11月	10.0000 ± 1.0000	12.0000 ± 0.0000	12.0000 ± 0.0000
2009年 2月	11.0000 ± 0.0000	14.6667 ± 3.0551	18.0000 ± 0.0000
調査地点間	c	bc	b
土水路			
	上流	下流	
2007年 8月	9.0000 ± 0.0000	11.0000 ± 1.7321	
2007年11月	9.0000 ± 0.0000	9.6667 ± 1.1547	
2008年 2月	9.0000 ± 0.0000	10.0000 ± 1.7321	
2008年 5月	10.3333 ± 2.3094	12.6667 ± 0.5774	
2008年11月	9.6667 ± 1.1547	11.6667 ± 0.5774	
2009年 2月	9.0000 ± 0.0000	18.0000 ± 0.0000	
調査地点間	c	bc	
コンクリート水路			
	上流	下流	
2007年 8月	17.0000 ± 3.0000	19.0000 ± 1.7321	
2007年11月	16.0000 ± 3.4641	13.6667 ± 3.0551	
2008年 2月	17.0000 ± 4.5826	20.3333 ± 1.1547	
2008年 5月	16.6667 ± 2.3094	19.3333 ± 1.5275	
2008年11月	18.3333 ± 1.5275	18.6667 ± 1.1547	
2009年 2月	17.6667 ± 0.5774	20.0000 ± 1.7321	
調査地点間	a	a	

(a, b, c; 有意差あり, p<0.05)

無・有機物量

流下及び浮遊無・有機物量について、全調査地点における調査日間の比較では、2008年の春季から夏季(5月~8月)の流下無・有機物及び浮遊有機物量が秋季から冬季(11月~2月)よりも有意に高くなる傾向がみられた(p<0.05、第5表)。調査期間を通した調査地点間の比較では、浮遊有機物が土水路で有意に最も高く、浮遊無有機物がコンクリート水路で有意に最も低かった(p<0.05、第5表)。よって、流下及び浮遊無・有機物量ほどの地点でも、春季から夏季に多くなる傾向があり、0.334mm以下の細かい粒状物質を含む浮遊無・有機物は土水路に多くコンクリート水路に少ないことが分かった。

河床無・有機物量について、全調査地点における調査日間の比較では、2007年11月で最も低い傾向がみられた(第6表)。調査期間を通した調査地点間の比較では、コンクリート水路の河床有機物が宝江川の中・下流及び土水路の下流地点よりも有意に低かった(p<0.05、第6表)。土水路及び宝江川の同じ河道内の地点において、下流地点の河床有機物は上流地点よりも有意に高かった(p<0.05、第6表)。よって、コンクリート水路は河床堆積物が最も少なく、宝江川と土水路では上流から下流になるほど堆積物が多くなる傾向があることが分かった。

第5表 流下及び浮遊無・有機物量

	宝江川		土水路		コンクリート水路		調査 日間
	下流		下流		下流		
流下有機物量 (mg/L)							
2007年 8月	0.0280 ± 0.0198	0.0163 ± 0.0074	0.0265 ± 0.0101				b
2007年11月	0.0125 ± 0.0038	0.0606 ± 0.0546	0.3389 ± 0.3769				b
2008年 2月	0.3205 ± 0.0485	0.0893 ± 0.0309	0.1165 ± 0.1069				b
2008年 5月	0.3442 ± 0.2256	1.6985 ± 0.0442	0.3514 ± 0.0198				a
2008年 8月	0.1900 ± 0.0105	0.5667 ± 0.3786	0.2378 ± 0.0600				ab
2008年11月	0.1749 ± 0.0323	0.0710 ± 0.0285	0.0375 ± 0.0172				b
2009年 2月	0.1553 ± 0.0407	0.1475 ± 0.0232	0.0578 ± 0.0314				b
調査地点間							
流下無機物量 (mg/L)							
2007年 8月	0.0142 ± 0.0050	0.0320 ± 0.0386	0.0223 ± 0.0134				b
2007年11月	0.0363 ± 0.0186	0.0243 ± 0.0087	0.0530 ± 0.0533				b
2008年 2月	0.1625 ± 0.0396	0.0401 ± 0.0239	0.0447 ± 0.0321				ab
2008年 5月	0.2004 ± 0.1402	0.5406 ± 0.0246	0.1639 ± 0.0162				ab
2008年 8月	0.2196 ± 0.0835	1.1000 ± 0.6557	0.0803 ± 0.0150				a
2008年11月	0.0724 ± 0.0065	0.0619 ± 0.0448	0.0230 ± 0.0084				b
2009年 2月	0.0783 ± 0.0237	0.0000 ± 0.0000	0.0398 ± 0.0078				b
調査地点間							
浮遊有機物量 (mg/L)							
2007年11月	4.0000 ± 1.7321	4.6667 ± 2.0817	3.3333 ± 2.0817				b
2008年 2月	7.6667 ± 1.5275	4.6667 ± 1.5275	4.6667 ± 2.0817				ab
2008年 5月	14.6667 ± 0.5774	24.3333 ± 2.3094	9.3333 ± 0.5774				a
2008年 8月	10.3333 ± 1.5275	3.6667 ± 1.5275	3.3333 ± 2.3094				ab
2008年11月	6.0000 ± 2.0000	4.6667 ± 1.547	1.3333 ± 0.5774				b
2009年 2月	5.3333 ± 0.5774	26.6667 ± 15.9478	3.0000 ± 1.7321				ab
調査地点間	b	a	b				
浮遊無機物量 (mg/L)							
2007年11月	3.3333 ± 2.0817	1.3333 ± 0.5774	1.6667 ± 0.5774				
2008年 2月	2.6667 ± 1.1547	2.0000 ± 0.0000	1.6667 ± 0.5774				
2008年 5月	3.6667 ± 0.5774	4.3333 ± 1.5275	2.0000 ± 1.0000				
2008年 8月	2.0000 ± 0.0000	2.6667 ± 0.5774	2.3333 ± 1.1547				
2008年11月	3.0000 ± 2.6458	2.0000 ± 1.0000	1.3333 ± 0.5774				
2009年 2月	3.6667 ± 1.1547	5.3333 ± 1.5275	1.6667 ± 0.5774				
調査地点間	a	a	b				

(a, b; 有意差あり, p<0.05)

水温および水質環境

水温、pH、溶存酸素量(DO)及び栄養塩類について、全調査地点における調査日間の比較では、水温とpHの季節的变化に伴い栄養塩類も変化し、秋季から冬期(11月~2月)に栄養塩類が高くなる傾向がみられた(第7表)。調査期間を通した調査地点間の比較では、溶存酸素量においてコンクリート水路のほうが宝江川よりも有意に高かった(p<0.05、第7表)。よって、水質環境については季節的变化が大きく、2水路及び宝江川において特徴的な傾向はないことが分かった。なお、溶存酸素量について差が見られたが、2水路及び宝江川とも高い値であり過飽和の状況であったと考えられた。

2水路及び宝江川の生息環境の特徴

上述した流速・水位・川幅・河床材料環境、無・有機物量、水温および水質環境について、2水路及び宝江川の特徴は以下のようになった。

土水路

水位と流速は農業活動による水門操作による変動、水温および水質は季節変動をしている。増水期と減水期が繰り返しあり、各時期内における流量の変動は比較的小さい。河床は、砂泥が多く石などが殆どない。細かい浮遊無・有機物が多い。河床の堆積物が多く、上流から下流になるほど多くなる。

コンクリート水路

水位と流速は農業活動による水門操作による変動、水質は季節変動をしている。水位は、河道内で一定になる河道形状である。増水期と減水期が繰り返しあり、各時期内における流量の変動は比較的大きい。河床には、石や砂利が多い。浮遊無・有機物及び河床の堆積物が少ない。

宝江川

水位と流速は農業活動による水門操作による変動、水質は季節変動をしている。2水路からの流入が増水期と減水期で増減することによって水位が変動している。上流地点と土水路との合流点直下の中流地点における河床には、砂泥が多い。コンクリート水路との合流点直下の下流地点における河床には石や砂利が多くなる。河床の堆積物が、上流から下流になるほど多くなる。

第6表 河床無・有機物量

	宝江川					
	上流		中流		下流	
河床有機物量 (g/cm ³)						
2007年11月	0.3717 ± 0.2246	1.3465 ± 0.4875	1.1035 ± 0.5261			
2008年 2月	0.9932 ± 0.8813	1.6154 ± 0.2937	2.3845 ± 0.2019			
2008年 5月	1.4501 ± 0.2524	1.5260 ± 0.3151	2.0126 ± 0.4441			
2008年11月	0.6351 ± 0.0659	1.5505 ± 0.1875	2.1704 ± 0.3098			
2009年 2月	0.6477 ± 0.1239	2.0266 ± 0.7871	2.0520 ± 0.1333			
調査地点間	c	ab	a			
河床無機物量 (g/cm ³)						
2007年11月	0.0280 ± 0.0186	0.0447 ± 0.0171	0.0496 ± 0.0145			
2008年 2月	0.0462 ± 0.0304	0.0693 ± 0.0063	0.0651 ± 0.0063			
2008年 5月	0.0698 ± 0.0031	0.0455 ± 0.0096	0.0419 ± 0.0125			
2008年11月	0.0721 ± 0.0039	0.0596 ± 0.0069	0.0659 ± 0.0080			
2009年 2月	0.0619 ± 0.0044	0.0504 ± 0.0243	0.0484 ± 0.0045			
調査地点間	ab	b	b			

	土水路	
	上流	下流
河床有機物量 (g/cm ³)		
2007年11月	0.6206 ± 0.0558	0.8793 ± 0.4226
2008年 2月	0.6764 ± 0.0962	0.6001 ± 0.0545
2008年 5月	0.7959 ± 0.1288	1.7665 ± 0.6446
2008年11月	0.7372 ± 0.0342	1.2226 ± 0.1257
2009年 2月	0.6941 ± 0.0772	2.0664 ± 0.3564
調査地点間	c	b
河床無機物量 (g/cm ³)		
2007年11月	0.0682 ± 0.0058	0.0492 ± 0.0306
2008年 2月	0.0775 ± 0.0079	0.0523 ± 0.0027
2008年 5月	0.0719 ± 0.0143	0.0670 ± 0.0173
2008年11月	0.0860 ± 0.0069	0.0642 ± 0.0027
2009年 2月	0.0784 ± 0.0050	0.0610 ± 0.0090
調査地点間	a	ab

	コンクリート水路	
	上流	下流
河床有機物量 (g/cm ³)		
2007年11月	0.3176 ± 0.4040	0.2806 ± 0.1184
2008年 2月	0.6106 ± 0.0663	0.6658 ± 0.2400
2008年 5月	0.6579 ± 0.2628	0.5536 ± 0.1958
2008年11月	0.5684 ± 0.1039	0.5861 ± 0.0056
2009年 2月	0.2929 ± 0.1238	1.0092 ± 0.0551
調査地点間	c	c
河床無機物量 (g/cm ³)		
2007年11月	0.0120 ± 0.0065	0.0163 ± 0.0017
2008年 2月	0.0544 ± 0.0118	0.0403 ± 0.0107
2008年 5月	0.0477 ± 0.0109	0.0400 ± 0.0066
2008年11月	0.0452 ± 0.0078	0.0443 ± 0.0125
2009年 2月	0.0383 ± 0.0145	0.0658 ± 0.0047
調査地点間	b	b

2水路・宝江 調査日間

	河床有機物量 (g/cm ³)	河床無機物量 (g/cm ³)
2007年11月		b
2008年 2月		a
2008年 5月		ab
2008年11月		a
2009年 2月		a

(a, b, c; 有意差あり, p<0.05)

第7表 水温および水質環境の比較

	宝江川		土水路		コンクリート水路		調査 日間	宝江川		土水路		コンクリート水路		調査 日間
	上・中・下流	上・下流	上・下流	上・下流	上・下流	上・下流		上・中・下流	上・下流	上・下流	上・下流	上・下流		
水温 (°C)	亜硝酸態窒素 (mg/L)													
2007年 8月	25.90 ± 0.20	27.35 ± 6.60	27.85 ± 15.96	a	2007年 8月	0.0229 ± 0.0032	0.0186 ± 0.0071	0.0171 ± 0.0080	bcd					
2007年11月	11.13 ± 1.10	11.75 ± 6.15	14.20 ± 4.70	b	2007年11月	0.1120 ± 0.0309	0.0867 ± 0.0333	0.0594 ± 0.0277	ad					
2008年 2月	8.20 ± 0.26	9.35 ± 5.25	9.80 ± 2.63	c	2008年 2月	0.0605 ± 0.0075	0.0996 ± 0.0580	0.0948 ± 0.0248	ad					
2008年 5月	18.73 ± 0.21	19.30 ± 11.02	20.30 ± 5.36	abc	2008年 5月	0.0693 ± 0.0176	0.0276 ± 0.0063	0.0250 ± 0.0109	cd					
2008年 8月	26.80 ± 0.30	28.55 ± 16.39	29.65 ± 7.65	a	2008年 8月	0.0485 ± 0.0104	0.0362 ± 0.0149	0.0450 ± 0.0185	d					
2008年11月	13.33 ± 0.21	13.65 ± 7.76	14.40 ± 3.84	b	2008年11月	0.1271 ± 0.0028	0.1675 ± 0.0962	0.1573 ± 0.0356	b					
2009年 2月	7.97 ± 0.25	8.95 ± 5.04	10.45 ± 3.12	c	2009年 2月	0.1495 ± 0.0309	0.1205 ± 0.0518	0.0665 ± 0.0107	ab					
調査地点間	調査地点間													
pH	硝酸態窒素 (mg/l)													
2007年 8月	7.34 ± 0.07	8.64 ± 2.59	7.36 ± 4.22	ab	2007年 8月	0.6972 ± 0.5331	0.8509 ± 0.5214	0.5784 ± 0.2236	b					
2007年11月	7.73 ± 0.14	8.05 ± 4.57	8.76 ± 2.44	a	2007年11月	0.9697 ± 0.0625	1.0541 ± 0.5729	0.9922 ± 0.3200	b					
2008年 2月	7.38 ± 0.26	7.72 ± 4.31	7.85 ± 2.05	ab	2008年 2月	1.3969 ± 0.0723	1.7457 ± 0.9984	1.5153 ± 0.3012	a					
2008年 5月	7.57 ± 0.19	7.60 ± 4.29	8.08 ± 2.19	ab	2008年 5月	0.6944 ± 0.2540	0.8988 ± 0.3805	0.8162 ± 0.2748	b					
2008年 8月	7.14 ± 0.07	7.24 ± 4.14	7.29 ± 1.82	b	2008年 8月	0.9949 ± 0.0672	0.8900 ± 0.4798	0.8500 ± 0.2224	b					
2008年11月	7.13 ± 0.10	7.31 ± 4.16	7.49 ± 1.92	b	2008年11月	0.9966 ± 0.0761	1.0406 ± 0.5583	1.0962 ± 0.3131	b					
2009年 2月	6.91 ± 0.10	7.12 ± 4.05	7.16 ± 1.80	b	2009年 2月	0.6809 ± 0.0898	0.6276 ± 0.3309	0.6126 ± 0.1667	b					
調査地点間	調査地点間													
DO (mg/L)	全リン (mg/L)													
2007年 8月	7.35 ± 0.32	13.00 ± 4.97	9.34 ± 5.21	ab	2007年 8月	0.0935 ± 0.0108	0.0392 ± 0.0398	0.0983 ± 0.0514	b					
2007年11月	10.12 ± 0.56	11.35 ± 6.26	13.15 ± 4.87	a	2007年11月	0.1594 ± 0.0540	0.1060 ± 0.0402	0.2158 ± 0.1030	ab					
2008年 2月	9.67 ± 0.14	10.81 ± 6.16	12.55 ± 3.83	a	2008年 2月	0.2452 ± 0.0631	0.2414 ± 0.1107	0.0980 ± 0.0369	ab					
2008年 5月	9.48 ± 0.34	9.30 ± 5.18	9.81 ± 2.68	ab	2008年 5月	0.1078 ± 0.0110	0.0996 ± 0.0524	0.0983 ± 0.0265	b					
2008年 8月	6.56 ± 0.24	7.02 ± 3.97	8.58 ± 2.66	b	2008年 8月	0.0906 ± 0.0126	0.1154 ± 0.0604	0.0948 ± 0.0223	b					
2008年11月	9.52 ± 0.26	10.00 ± 5.62	10.43 ± 2.78	ab	2008年11月	0.1516 ± 0.0532	0.2950 ± 0.1439	0.1733 ± 0.0187	a					
2009年 2月	8.42 ± 0.32	9.72 ± 5.43	9.85 ± 2.55	ab	2009年 2月	0.0537 ± 0.0128	0.0974 ± 0.0494	0.0933 ± 0.0254	b					
調査地点間	b		ab		a		調査地点間							
全窒素 (mg/L)	リン酸態リン (mg/L)													
2007年 8月	##### ± 0.1105	0.8150 ± 0.2576	0.7501 ± 0.3715	c	2007年 8月	0.2020 ± 0.0079	0.1774 ± 0.0533	0.1723 ± 0.0958	b					
2007年11月	##### ± 0.6171	1.8683 ± 0.7588	1.8095 ± 0.6130	c	2007年11月	0.2708 ± 0.1295	0.3586 ± 0.1467	0.3385 ± 0.1112	ab					
2008年 2月	##### ± 0.4296	5.4185 ± 2.9376	3.7713 ± 0.8967	b	2008年 2月	0.4923 ± 0.1007	0.4835 ± 0.2428	0.2698 ± 0.1555	a					
2008年 5月	##### ± 0.2911	1.1321 ± 0.4858	1.3105 ± 0.5602	c	2008年 5月	0.2776 ± 0.0451	0.2017 ± 0.0936	0.2184 ± 0.0729	ab					
2008年 8月	##### ± 0.1144	0.8918 ± 0.4717	1.1249 ± 0.3939	c	2008年 8月	0.2770 ± 0.0656	0.3260 ± 0.1511	0.3390 ± 0.1110	ab					
2008年11月	##### ± 0.1221	2.8947 ± 1.6093	2.1815 ± 0.3353	bc	2008年11月	0.2836 ± 0.0440	0.4257 ± 0.2356	0.3019 ± 0.0625	ab					
2009年 2月	##### ± 2.0144	4.5031 ± 1.4745	3.7955 ± 1.3481	ab	2009年 2月	0.1241 ± 0.0323	0.2734 ± 0.1400	0.2655 ± 0.0865	b					
調査地点間	調査地点間													
アンモニア態窒素 (mg/L)														
2007年 8月	##### ± 0.0428	0.0684 ± 0.0365	0.0580 ± 0.0094	b										
2007年11月	##### ± 0.3019	0.4780 ± 0.1934	0.0908 ± 0.0674	b										
2008年 2月	##### ± 0.2915	3.7248 ± 1.9827	1.2835 ± 1.0098	ab										
2008年 5月	##### ± 0.1939	0.7120 ± 0.3030	0.5202 ± 0.1364	b										
2008年 8月	##### ± 0.0860	0.3143 ± 0.1817	0.3175 ± 0.0824	b										
2008年11月	##### ± 0.1037	1.6147 ± 0.8739	0.3207 ± 0.3228	ab										
2009年 2月	##### ± 2.3277	2.4770 ± 0.4395	1.3499 ± 0.5345	a										
調査地点間	調査地点間													

(a, b, c, d; 有意差あり、p<0.05)

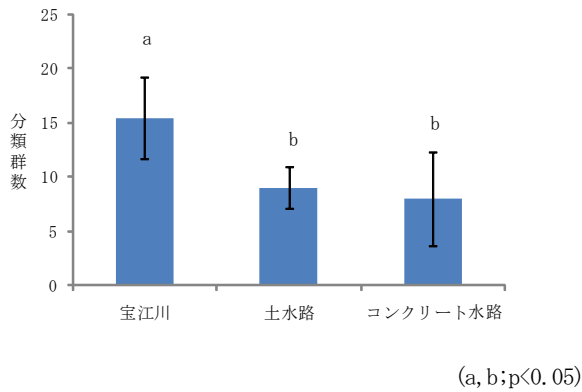
第8表 魚類における分散分析結果

	調査地点		調査日	
	F値	P値	F値	P値
分類群数 (分類群)	18.66	0.0002 **	4.01	0.0195 *
総個体数 (N/0.01m ³)	6.17	0.0144 *	1.32	0.3209
メダカ	4.53	0.0342 *	0.90	0.5275
オイカワ	18.25	0.0002 **	1.55	0.2440
タモロコ	4.23	0.0407 *	5.66	0.0054 **
フナ類	1.68	0.2281	1.52	0.2514
シマドジョウ類	3.38	0.0684	0.50	0.7967
カワバタモロコ	2.12	0.1629	0.85	0.5568
タイリクバラタナゴ	9.26	0.0037 **	0.75	0.6241
ドジョウ	0.74	0.4976	1.85	0.1722
モツゴ	3.26	0.0739	1.72	0.2002
トウヨシノボリ	14.14	0.0007 **	0.38	0.8757
トウカイトシノボリ	12.95	0.0010 **	1.15	0.3941
コイ	3.42	0.0670	3.25	0.0392 *

(*;p<0.05, **;p<0.01分散分析、s;p<0.05 Sheffe検定)

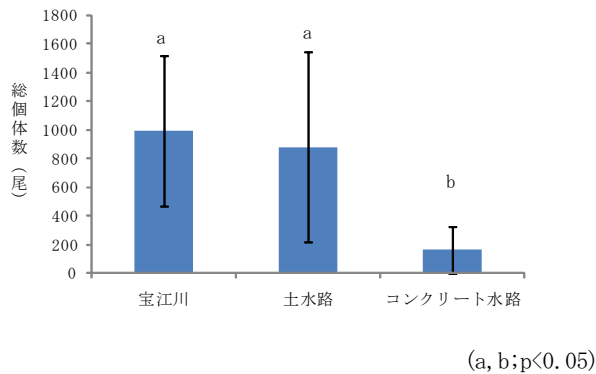
魚類

全調査をとおして22分類群が確認された。分類群数について、調査期間を通した調査地点間で有意な差が認められ ($p < 0.05$ 、第8表)、宝江川が2水路よりも有意に分類群数が多かった ($p < 0.05$ 、第1図)。



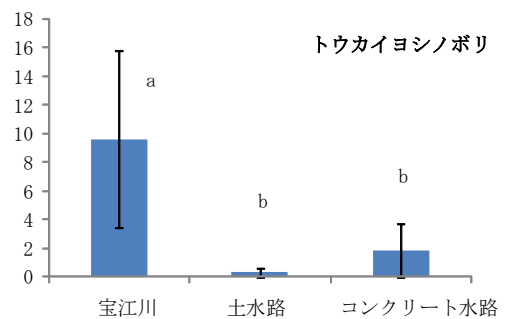
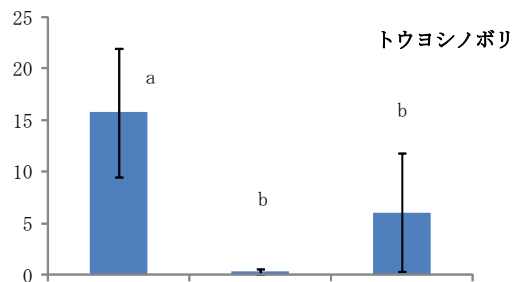
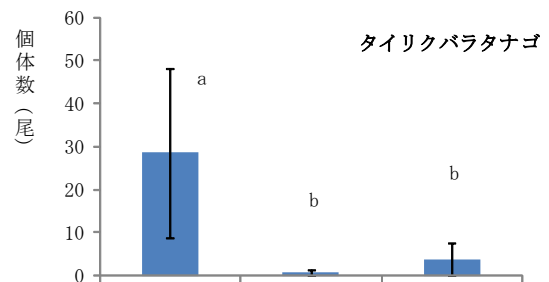
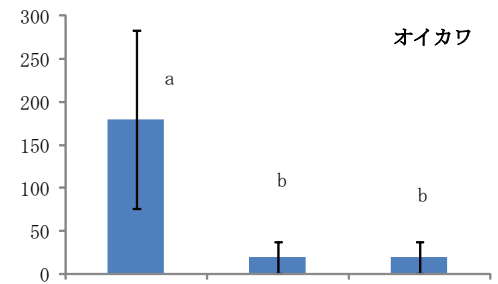
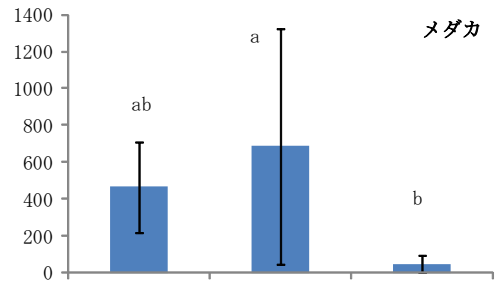
第1図 魚類の分類群数

各調査で採集された総個体数においても調査期間を通した調査地点間で有意な差が認められ ($p < 0.05$ 、第8表)、コンクリート水路が土水路と宝江川よりも有意に少なかった ($p < 0.05$ 、第2図)。



第2図 魚類の総個体数

5調査以上で確認された分類群において、メダカ、オイカワ、タイリクバラタナゴ、トウヨシノボリ、トウカイヨシノボリの個体数で調査地点間の有意差が得られた (第8表)。メダカは、土水路に最も多く、コンクリート水路に最も少なく生息しており、土水路とコンクリート水路における個体数には有意差が認められた (第3図)。宝江川には2水路の間をとる個体数が確認された (第3図)。土水路のメダカの消化管内容物により、デトリタス (生物由来の微細な有機物粒子) 及び珪・緑・藍藻を餌としていることが分かった。また少しではあるが、貧毛類や甲殻



(a, b; $p < 0.05$)

第3図 有意差が認められた魚類の個体数

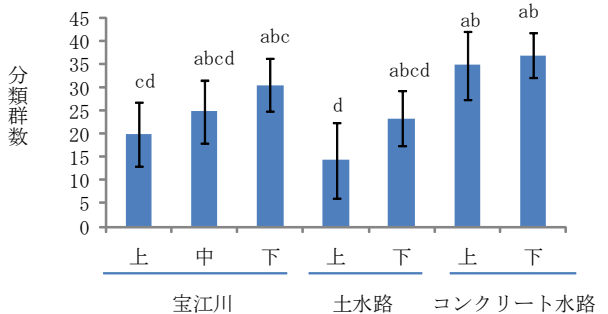
類由来と思われるキチン質の破片も確認された。オイカワ、タイリクバラタナゴ、トウヨシノボリ、トウカイヨシノボリは、宝江川において2水路よりも有意に多い生息個体数が確認された(第3図)。トウヨシノボリの消化管内容物より、デトリタス及び珪・緑・藍藻に加えて貧毛類、動物プランクトン及びトビケラ幼虫が認められた。オイカワの消化管内容物よりデトリタス及び珪・緑・藍藻に加えて、貧毛類、動物プランクトン、ヒメタニシ及びアリ科が多く見られた。

なお多重比較法において、調査日間に有意性が確認された項目はなかったことから、調査日による分類群数や個体数の差よりも、調査地点(2水路と宝江川)による差のほうが大きいことがわかった(第8表)。

魚類の選好性に関して、殆どの環境項目に対して有意な傾向が認められなかった($p>0.05$)が、タイリクバラタナゴについては、溶存酸素量と栄養塩類の間で有意性($p<0.05$)が認められた。タイリクバラタナゴは、十分な溶存酸素量があり栄養塩の分解が進んでいる環境を好んでいる傾向がみられた。しかし、選好性を把握する解析方法については、さらに詳細な調査データを用いた改善が必要であると思われる。

底生動物

全調査をとおして、99分類群が確認された。分類群数について、調査期間を通した調査地点間で有意な差が認められ($p<0.05$, 第9表)、宝江川と土水路の上流地点がコンクリート水路全体よりも有意に少なかった($p<0.05$, 第4図)。



(a, b, c, d; $p<0.05$)

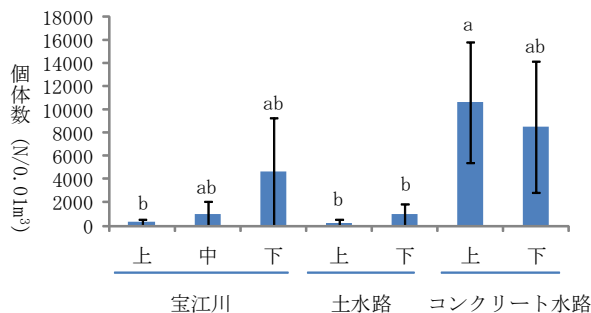
第4図 底生動物の分類群数

各調査で採集された総個体数においても調査期間を通した調査地点間で有意な差があり($p<0.05$, 第9表)、土水路と宝江川の上流地点はコンクリート水路の上流地点よりも有意に低かった($p<0.05$, 第5図)。

多様性指数については、調査地点間及び調査日間に、有意な差はなかった($p>0.05$, 第9表)。

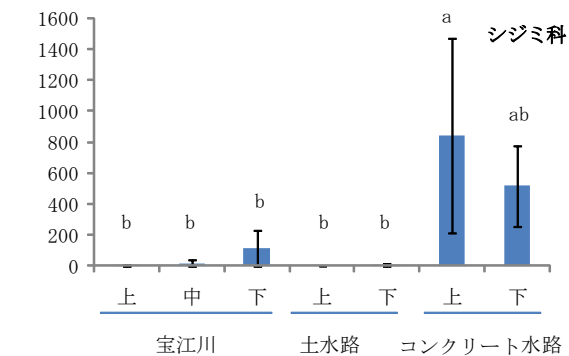
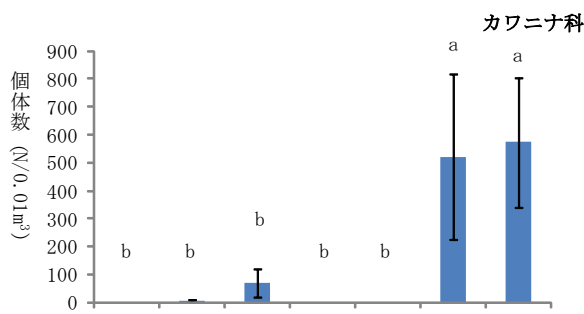
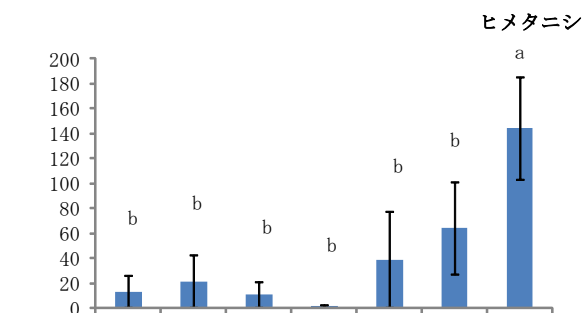
5調査以上で確認された分類群において、ヒメタニシ、カワ

ニナ科、シジミ科、ウシワミミズ属、トガリミズミミズ属、グロシフォニ科、ヒゲユスリカ属の個体数で調査地点間の有意差が認められた(第9表)。



(a, b; $p<0.05$)

第5図 底生動物の総個体数



(a, b; $p<0.05$)

第6図 有意差が認められた貝類の個体数

第9表 底生動物における分散分析結果

	調査地点		調査日	
	F値	P値	F値	P値
分類群数 (分類群)	16.29	0.0000 ** s	6.58	0.0003 **
総個体数 (N/0.01m ³)	6.93	0.0001 ** s	2.67	0.0415 *
多様性指数	1.46	0.2248	1.27	0.3040
ヒメタニシ	15.43	0.0000 ** s	1.39	0.2551
カワナナ科	20.74	0.0000 ** s	1.27	0.3027
マツカサガイ	4.52	0.0023 **	3.47	0.0137 *
イシガイ	3.57	0.0087 **	0.96	0.4577
シジミ科	10.32	0.0000 ** s	1.44	0.2401
ミズミズ属	4.20	0.0035 **	4.83	0.0023 **
ウチワミズ属	6.83	0.0001 ** s	1.72	0.1593
トガリミズミズ属	5.42	0.0007 ** s	1.47	0.2287
ニセミズミズ属	2.27	0.0635	2.38	0.0619
テングミズミズ属	1.51	0.2073	0.59	0.7089
ヨゴレミズミズ属	2.29	0.0618	1.08	0.3905
ユリミズ属	2.65	0.0351 *	1.31	0.2850
フクロイトミミズ	1.55	0.1962	0.94	0.4725
グロシフォニ科	4.07	0.0042 ** s	1.37	0.2650
イシビル科	2.79	0.0281 *	2.28	0.0715
カイアシ亜綱	1.34	0.2709	1.32	0.2810
ヒメトビケラ属	2.09	0.0846	2.90	0.0298 *
ツヤユスリカ属	1.06	0.4084	1.88	0.1270
ハモンユスリカ属	2.59	0.0382 *	2.82	0.0333 *
ナガレユスリカ属	3.64	0.0078 **	4.38	0.0041 **
ヒゲユスリカ属	8.60	0.0000 ** s	1.97	0.1117
ユスリカ属	1.21	0.3305	1.92	0.1201
クロユスリカ属	2.61	0.0375 *	1.61	0.1873

(*:p<0.05, **:p<0.01分散分析、s:p<0.05 Sheffe検定)

貝類であるヒメタニシ、カワナナ科及びシジミ科の個体数は、コンクリート水路の上流又は下流地点において土水路と宝江川よりも有意に多かった (p<0.05、第6図)。

貧毛類であるトガリミズミズ属と昆虫類のヒゲユスリカ属の個体数は、コンクリート水路の上流又は下流地点において土水路と宝江川よりも有意に多かった (p<0.05、第7図)。貧毛類であるウチワミズ属の個体数は、コンクリート水路の上流において高く、宝江川と土水路の上流よりも有意に多かった (p<0.05、第7図)。ヒル類であるグロシフォニ科の個体数は、コンクリート水路の下流において多く、宝江川の上流よりも有意に多かった (p<0.05、第7図)。

なお多重比較法において、調査日間に有意性が確認された項目はなかったことから、調査日による分類群数や個体数の差よりも、調査地点 (2水路と宝江川) による差のほうが大きいことが分かった (第9表)。

底生動物の選好性に関して、総個体数と分類群数は底質スコアが高い (河床が粗い) ほど、高くなる傾向がみられた (p<0.05)。分類群別では、ミズミズ属とヨゴレミズミズ属の個体数は底質スコアが高い (河床が粗い) ほど、高くなる傾

向がみられた (p<0.05)。貝類 (ヒメタニシ、カワナナ科、シジミ科) の個体数は、水位変化係数が低い (水位が多様でない) ほど、多くなる傾向がみられた (p<0.05)。水質項目については、ヨゴレミズミズ属の個体数はアンモニア態窒素が高いほど多くなり、イシビル科の個体数は硝酸態窒素が高いほど多くなる傾向がみられた (p<0.05)。その他の環境項目に対して、有意な傾向はなかった (p>0.05)。しかし、選好性を把握する解析方法については、さらに詳細な調査データを用いて改善し、有意性がみられた項目について再検討する必要があると思われる。

2水路と宝江川の魚類及び底生動物の特徴

上述した魚類と底生動物について、2水路及び宝江川における特徴は以下のようになった。

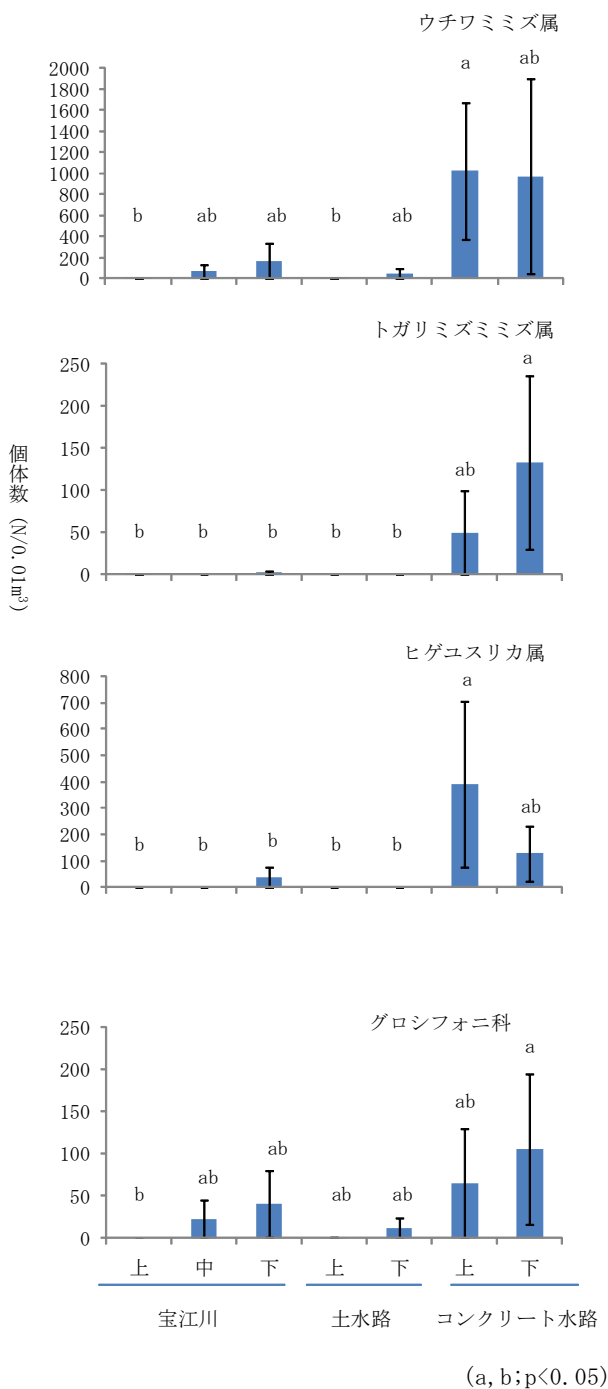
土水路

魚類の現存量が比較的多く、特にメダカが多く生息していた。メダカは、主にデトリタス・藻類・貧毛類を餌としている。

底生動物の種類や現存量は比較的少ないが、宝江川とコンクリート水路よりも多様性が低いということはない。

コンクリート水路

魚類の現存量が最も少ないが、底生動物の種類と現存量は最



第7図 有意差が認められた底生動物の個体数

も多い。底生動物のうち、特に、貝類であるヒメタニシ、カワニナ科及びシジミ科、貧毛類であるトガリミズミミズ属、ヒル類であるグロシフォニ科と昆虫類のヒゲユスリカ属の現存量が多い。

宝江川

魚類の種類が最も多く、現存量も比較的多い。底生動物の種類及び現存量は、2水路の影響をうけ中間値ぐらいである。

魚類では、特にオイカワ、タイリクバラタナゴ、トウヨシノボリ、トウカイヨシノボリが多く、デトリタスと藻類に加えて、貧毛類、動物プランクトン、水中・陸生昆虫類を多く餌としている。

2水路と宝江川の水生生物と生息環境の特徴

上述した「2水路及び宝江川における物理、無・有機物及び水質環境の特徴」と、「魚類及び底生動物の特徴」について、それらの相互関係をみた場合の特徴は以下のようになった。

土水路

農業活動による水門操作に伴い増水期と減水期が、コンクリート水路や宝江川と同じようにあるが、各時期の流量変動は小さい。流況の変動が小さいこと、及び、水際が土盛りで植物が繁茂していることにより河床の堆積物は他の2河道に比べて多く、河床材料の殆どは砂泥の状態である。そのため、石や砂利を利用するような底生動物などは生息しておらず、その種類数や現存量が比較的小さい。しかし、安定した流況や細かい浮遊物質（主にデトリタス）を餌としているメダカといった魚種や底生動物にとっては適切な生息環境である。また生物の種類数や現存量が少なくても多様性は低くなく、土水路を利用している生物の種類数と個体数のバランスが季節を通して保たれていると考えられた。

コンクリート水路

農業活動による水門操作に伴い増水期と減水期があり、各時期の流量変動が比較的大さい。また河道形状は一定で、流況の変動が大さい時期に起こる攪乱は河道内全体の河床堆積物を流下し、河床には堆積物が少なく他に比べて石や砂利が多くなる。そのため、石や砂利を利用するような底生動物（貝類であるヒメタニシ、カワニナ科、シジミ科、貧毛類であるトガリミズミミズ属、ミズミミズ属、ヨゴレミズミミズ属、ヒル類であるグロシフォニ科と昆虫類のヒゲユスリカ属等）が多く生息し、種類数と現存量は比較的多い。しかし、河道形状が一定（水深が深い場所が存在しない）であることや、流況の変動が大さい時期があることで、魚類の現存量は少ない。

宝江川

農業活動による水門操作と、土水路及びコンクリート水路からの流入による影響に伴う増水期と減水期がある。河床については、土水路との合流点直下の中流地点までは砂泥が多く、コンクリート水路との合流点直下の下流地点の河床には石や砂利が多くなるというように、土水路とコンクリート水路の特徴が両方存在している。よって、底生動物は砂泥を利用する種類と石・砂利を利用する種類が生息しており、種類相や現存量は2水路の中間ほどである。魚類については、2水路が

つながっていることで宝江川に移動でき、2水路の生息環境の特徴（河床や河道形状）が宝江川に存在していることで生息可能であることから、種類数や現存量が多い。また、宝江川に生息している魚類は、2水路に生息している魚類よりも貧毛類、動物プランクトン、水中・陸生昆虫類といった多様な生物を餌として利用できる。

要約

1. 土水路は比較的流況の変動が小さく、河床堆積物や浮遊粒状物質が多い特徴がある。この特徴により、砂泥質を生息場とし、デトリタスを餌とするメダカや貧毛類といったサイズの小さい生物が多く生息できる。
2. コンクリート水路は河道形状が一定で、流況の変動が大きく、河床堆積物が少ない特徴がある。この特徴により、河床に石・砂利が多く、河床に様の流速と水位が維持され、貝類、貧毛類、ヒル類、サイズの小さい生物が多く生息できる。いっぽうで、多くの魚類の生息には適していない。魚類による被食緩和が底生動物の高い現存量に影響している可能性もある。

3. 2水路と宝江川の関係にみられるように、生物の生息環境が異なる河道がつながることで、2水路と宝江川を含む流域の生物相が維持されている可能性もある。

文献

- 石田裕子・竹門康弘・池淵周一. 2006. 河川の土砂堆積様式に基づく底生魚類の生息場評価. 京都大学防災研究所年報, 49 (B):661-675.
- 大原健一・望月聖子. 2010. 瑞穂市内の小河川および水路に出現する魚類の種組成の季節変化. 岐阜県河川環境研究所研究報告, 55:31-38.
- 斉藤憲治・片野修・小泉顕雄. 1988. 淡水魚の水田周辺における一時的水域への侵入と産卵. 日本生態学会誌, 38:35-47.
- 山下奉海・河口洋一・谷口義則・鹿野雄一・石間妙子・大石麻美・田中亘・斉藤慶・関島恒夫・島谷幸広. 2010. 佐渡島の小河川における魚類を対象とした農業用取水堰改良効果の検証. 応用生態工学, 13(1):61-76.