

原 著

石川県小松市の農業水路における 通し回遊魚と周縁性淡水魚の分布と季節性

石川県立大学生物資源環境学部 中 野 光 議 *

Distribution and seasonality of diadromous and peripheral freshwater fish in agricultural ditches in Komatsu City, Ishikawa Prefecture. Mitsunori Nakano* (*Faculty of Bioresources and Environmental Sciences, Ishikawa Prefectural University*)

To determine the distribution of diadromous and peripheral fish in agricultural ditches, a survey was conducted in Komatsu City, Ishikawa Prefecture. In addition, the seasonal emersion patterns of these fish were determined in the upper and lower areas of artificial structures in ditches throughout the year. In total, 21 species were captured in 36 sites in ditches. Five diadromous fish (*Rhinogobius* sp., *Gymnogobius urotaenia*, *Gymnogobius urotaenia*, *Rhinogobius giurinus*, and *Tribolodon hakonensis*) and two peripheral fish (*Mugil cephalus* and *Lateolabrax japonicus*) were captured. Each species was captured only in one or two sites, which were located within 2 km from Kakehasi-river. The result of year-round survey indicated that the distributions of diadromous and peripheral fish were restricted to the lower areas of artificial structures, suggesting that these structures were likely to inhibit upstream migration of these fish. My results suggested that aquatic connectivity among sea, rivers and ditches is important for the conservation of fish species richness in ditches.

Keywords : conservation, diadromous fish, freshwater fish, migration, peripheral fish

要旨：石川県小松市の農業水路において、通し回遊魚と周縁性淡水魚を含む魚類の分布を明らかにすることを目的に広域的な調査を行った。また、梯川に流入する2本の水路において、横断構造物の下流と上流のそれぞれに調査地点を設定し、1年間にわたって定期的な調査を行った。広域的に分布を調べた調査では、36地点の水路で合計21種の魚類が採捕された。通し回遊魚はヨシノボリ属魚類とウキゴリ、スミウキゴリ、ゴクラクハゼ、ウグイが採捕され、周縁性淡水魚はボラとスズキが採捕された。これらの種はいずれも2地点(36地点中の5%)以下で採捕されたのみであり、それらの地点はすべて梯川から2km以内に位置していた。通し回遊魚と周縁性淡水魚の合計種数は、幅が広くて水深が深い水路で多かった。定期的な採捕の結果、通し回遊魚と周縁性淡水魚は横断構造物の下流の地点でのみ採捕された。その理由の一つとして、横断構造物に移動を阻害されていた可能性が考えられた。本研究結果から、局所的な水路環境の保全と合わせて、海一河川一水路にわたる広範な水域ネットワークを維持・創出することが、水路における魚類の種多様性を保全・復元する上で重要であることが示唆された。

キーワード：周縁性淡水魚，遡上，淡水魚，通し回遊魚，保全

はじめに

近年、淡水魚類の重要な生息・繁殖場所の一

つである河川氾濫原が衰退しつつある（小川，2008）。その代替的な生息・繁殖場所として、農村地帯に広がる水田や水路等の二次的自然が注目

されている（守山，1997）。農村地帯を流れる水路には多種の魚類が出現し，魚類は水路を餌場や繁殖場等として利用している（片野，1998）。また，水路自体が生息場になるだけではなく，水田やため池，河川等の水域間をつなぐネットワークを形成する（竹村ほか，2012）。しかし近年では，落差工等の横断構造物の設置が魚類の移動を阻害していることが指摘されている（片野，1998；中川，2001；Katayama et al.，2015；石山ほか，2017）。このような背景から，魚類の生息に適した水路環境を保全・復元することが課題となっている。

海から近い水路には，生活史の一部で海を利用する通し回遊魚（以下，回遊魚）や，本来は海や汽水域に生息する海水魚（周縁性淡水魚）が出現することが知られている（一恩ほか，2013）。そのため，水路における魚類の種多様性を保全するには，純淡水魚だけではなく，回遊魚と周縁性淡水魚の保全も図る必要がある。しかし，回遊魚と周縁性淡水魚については，水路における分布や生態に関する知見がほとんど報告されていない。特に，複数の水路系統を含む広い範囲で，回遊魚と周縁性淡水魚の分布を調べた研究例は見当たらない。

本研究は，石川県小松市の農業水路において回遊魚と周縁性淡水魚を含む魚類の分布を明らかにすること，および，これらの魚類の季節的な出現消長を明らかにすることを目的に行った。また，それらの結果をふまえて小松市の水路における魚類の保全策を論じた。

方法

調査地概要

調査地は石川県小松市の約 100km² の範囲とした（図 1）。小松市は石川県の南西部に位置している。2016 年の年平均気温は約 15.2℃，年平均降水量は 133mm であった（小松市，2016）。小松

市の総面積は 371.05km² であり，山林が 32.3%，水田が 23.8%，保安林が 14.2%，宅地が 13.0% を占めている（小松市，2016）。小松市では市街地化が進行しており，1996 年～2015 年までの 19 年間で宅地の割合は 1.8% 増加し，水田の割合は 2% 減少した（小松市，1997，2016）。

調査地には潟埋積平野と砂丘が広がっており，東部と東南部は山地である（小松市，2014）。梯川の中～下流域周辺には，砂泥を主体とする堆積物が広く分布している（国土交通省北陸地方整備局・国土交通省国土地理院，2006）。梯川の左岸一体の農業用水は梯川から取水し，右岸一帯は手取川から取水している（府和，1972）。梯川では近年，河口部の浚渫や水門の整備等が進んでおり，それらの効果によって大きな洪水が起こっていない（府和，1972；国土交通省北陸地方整備局・国土交通省国土地理院，2006）。一方，梯川に流入する水路では現在でも，内生氾濫がしばしば起こる（国土交通省北陸地方整備局・国土交通省国土地理院，2006）。梯川と水路との合流部には樋門が設置されている（中野光議，個人観察）。

広域的な分布調査

2016 年 4 月 27 日～9 月 6 日，および同年 12 月 30 日～2017 年 1 月 2 日に，調査地の水路で魚類の採捕を行った。小松市では 4～8 月が灌漑期，9～3 月が非灌漑期であることから，前期の採捕は主に灌漑期，後期は非灌漑期に行ったことになる。前期は平地の水路のみを対象とし，後期は主に丘陵地の水路を対象とした。東部と東南部の山地では調査を行わなかった。自転車で移動しながら水路を観察し，採捕に適した場所が見つかったら，自転車からおりて採捕を行った。タモ網（網目 2mm），もしくはサデ網（網目 3mm）を使用し，1 調査地点あたり 20 分間程度，陸上からすくい捕るか，もしくは胴長を着用して水路に入って採

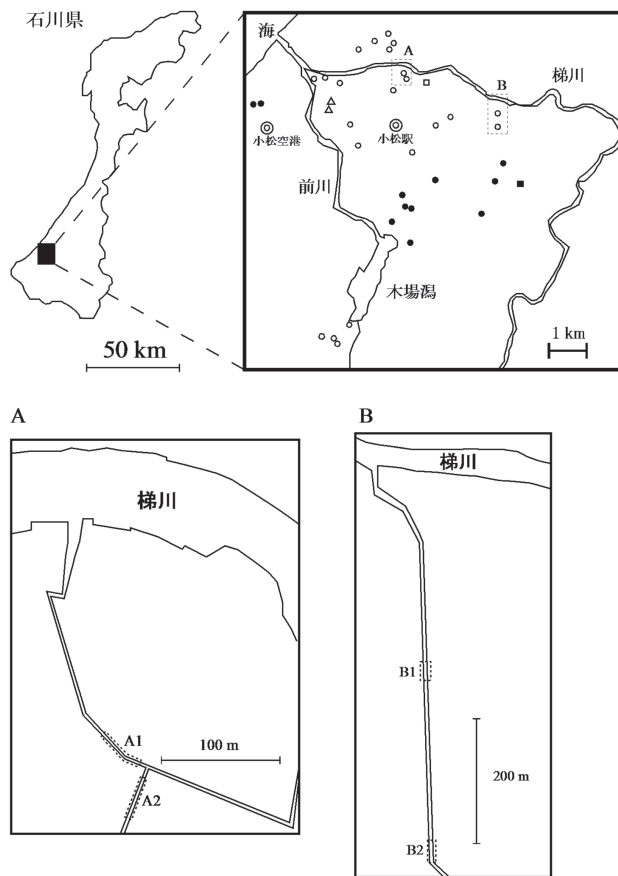


図 1. 調査地の地図. 丸は排水路, 四角形は用水路, 三角形は用排兼用水路を示す. また, 前期 (2016 年 4 月～9 月) に採捕した地点は白色, 後期 (2016 年 12 月～2017 年 1 月) に採捕した地点は黒色で示した. A1 と A2, および B1 と B2 は, 定期的な調査を行った地点である.

捕を行った。広範囲を効率的に探るため、魚類が採捕された地点でのみ、位置情報と採捕結果を記録した。

採捕された魚類は原則として種まで同定した。フナ属魚類 *Carassius* sp. とヨシノボリ属魚類 *Rhinogobius* sp. については、外部形態に基づく同定が困難な近縁種が存在するため、属単位でまとめて扱った。また、川那部ほか (1989) を参考に、純淡水魚、回遊魚、周縁性淡水魚の三つに分類した。本研究で採捕されたヨシノボリ属魚類の中には純淡水魚のカワヨシノボリ *R. flumineus* が含ま

れていた可能性があり、また、ウグイ *Tribolodon hakonensis* は陸封個体であった可能性もあるが、本稿では回遊魚として扱った。

2017 年 1 月 25 日～2 月 22 日に、魚類が採捕された地点の水路環境を調べた。水路の幅、水深、側面の材質 (土・コンクリート)、採捕地点の水路形状 (直線部・樹部・直線部と樹部のどちらも含む)、および両岸の土地利用を測定、もしくは目視確認した。水路の幅は最も広い場所で測定した。同様に、水深は最も深い場所で測定した。なお、水深は灌漑期と非灌漑期との間で大きく異な

る可能性があるため、この調査で測定した水深を非灌漑期の水深と定義した。

回遊魚と周縁性淡水魚は海から遡上してくることから、これらの魚類にとって海からの距離は重要な要因である可能性が考えられた。そのため、各地点と海との直線距離を地図上で測定した。また、魚種の種数と個体数は梯川周辺で特に多かったことから（結果を参照）、各地点と梯川との直線距離も測定した。いずれも、流路上での距離を代替する数値として、直線距離を用いた。

広域に行った採捕では、回遊魚と周縁性淡水魚は各種 1 個体しか採捕されなかった地点がほとんどであった（結果を参照）。また、純淡水魚が 10 個体以上採捕された場合は、正確な個体数を計数しなかった。そのため、個体数ではなく種数に着目して解析することにした。種数と環境要因との関係を明らかにするため、一般化線形モデル (GLM) を用いて解析した。この解析は純淡水魚とその他の魚類（回遊魚と周縁性淡水魚）の二つに分けて行った。また、地点数が比較的多かった前期の採捕結果のみを使用し、後期の採捕結果は解析から除外した。目的変数として種数（純淡水魚の種数、もしくは回遊魚と周縁性淡水魚の合計種数）を使用し、それらの誤差構造はポアソン分布を仮定した。説明変数として水路幅、非灌漑期の水深、水路側面の材質、水路形状、両岸の土地利用（3 カテゴリー：両岸とも水田と隣接する、片方のみ水田と隣接する、水田と隣接しない）、海からの距離、梯川からの距離を使用した。多重共線性の影響を避けるため、重回帰分析は行わず、説明変数ごとに単回帰分析を行った。説明変数が種数に与える影響は、回帰係数と P 値 (Wald 検定) に基づいて評価することとした。

梯川付近の水路における定期調査

上述の分布調査の結果、回遊魚と周縁性淡水魚

の両方が同一地点で採捕されたのは、梯川付近の 2 地点のみであった（結果を参照）。この 2 地点を A1、および B1 と呼ぶことにする（図 1 と 2）。A1 は水路幅が 1.6m、範囲が 48.5m であり（面積 77.6m²）、B1 は水路幅が 2m、範囲が 22m である（面積 44 m²）。これらの地点における魚種の季節的な出現消長を明らかにすることを目的に、8 月の分布調査を初回として 2 か月に 1 度の定期的な調査を 1 年間にわたって行った。調査を行った日は 2016 年 8 月 10 ～ 23 日、10 月 19 日、12 月 25 日、2017 年 2 月 18 日、4 月 22 日、6 月 17 日であった。胴長を着用して水路に入り、サデ網を使用して 20 分間採捕した。採捕された魚種について種の同定と標準体長の計測を行い、生かしたまま元の水路に放流した。なお、本研究でのサケ *Oncorhynchus keta* の採捕に関しては、石川県の承諾を得た。

A1 の最上流部には堰が設置されている。原則として、灌漑期（4 月～8 月）には堰板が下げられて水が堰板上部を越流し、非灌漑期（9 月～3 月）には堰板が上げられて水が堰板の下を通っていた（中野光義、個人観察）。この堰の高さ（堰の上流側と下流側との水面の差）は 50cm であった（2016 年 8 月 23 日測定）。また、B1 の最上流部には落差工があった。この落差工の高さは 60cm であった（2016 年 8 月 23 日測定）。

これらの横断構造物が魚種の分布に与える影響を明らかにすることを目的に、横断構造物より上流にも 1 地点ずつ調査地点を設定し（A2・B2）、下流の A1 および B1 と同様に定期的な調査を行った。A2 は水路幅が 0.8m、範囲が 37.1m であり（面積 29.68 m²）、B2 の水路幅と範囲、面積は B1 と同様である。

毎回の採捕時、もしくは翌日に、水温と水深、表面流速を測定した。水温は各地点の 1 ヶ所で、水温計を水面から 10cm まで沈めて測定した。水

温を測定したのは11～15時であった。水深と流速は地点ごとに3ヶ所ずつ（最上流・中央・最下流の流心部）で測定し、平均値を算出して地点の代表値とした。表面流速は、輪ゴムが水面の

20cmの範囲を流下するのにかかった時間を秒単位で測定し、20cmをその時間で割ることで算出した。

A1とA2との間、およびB1とB2との間で、

A1（2016年8月17日）



B1（2016年8月18日）



A1 上流部の堰（2016年8月20日）



B1 上流部の落差（2017年2月18日）



A2（2016年8月17日）



B2（2016年8月23日）



図2. 定期的な調査を行った地点、および横断構造物の写真。括弧内の日付は撮影日を示す。

魚類の種数に違いがあるかどうかを明らかにするために一般化線形モデル（GLM）を使用して解析した。目的変数として種数を使用し、誤差構造はポアソン分布を仮定した。説明変数として地点を使用した。

また、物理環境の測定値が地点間で異なるかどうかを明らかにするため、一元配置分散分析（ANOVA）を行った。ANOVAの結果が有意であった場合、ペアワイズのT検定を行った。その際、P値はHolm法を用いて調整した。ANOVAとペアワイズのT検定ともに、調査日でデータを対応付けた。

モデル解析は、R 3.2.3を使用した。GLMにはglm関数、ANOVAにはaov関数、ペアワイズのT検定にはpairwise.t.test関数を用いた。

結果

広域的な魚類の分布

広域的に分布を調べた結果、36地点の水路で合計21種の魚類が採捕された（表1）。最も多くの地点で採捕された種はキタノメダカ *Oryzias sakaizumii* であり、17地点（全地点数のうちの47%）で採捕された。これに続いてタモロコ *Gnathopogon elongatus* が12地点（33%）、ドジョウ *Misgurnus anguillicaudatus* が11地点（31%）、フナ属魚類が10地点（28%）で採捕された。純淡水魚は14種であり、これは合計種数（21種）のうちの67%に相当した。

回遊魚はヨシノボリ属魚類とウキゴリ *Gymnogobius urotaenia*、スミウキゴリ *G. petschiliensis*、ゴクラクハゼ *R. giurinus*、ウグイの5種が採捕され

表1. 広域に行った採捕の結果。各種が採捕された地点数、および括弧内は全地点数（36地点）のうち該当種の採捕地点数が占める割合（%）を示す。前期の調査は2016年4～9月、後期の調査は2016年12月～2017年1月に行った。

種	生活史による分類	地点数		
		前期	後期	合計
キタノメダカ	純淡水魚	11	6	17 (47)
タモロコ	純淡水魚	8	4	12 (33)
ドジョウ	純淡水魚	8	3	11 (31)
フナ属	純淡水魚	8	2	10 (28)
タイリクバラタナゴ	純淡水魚（外来種）	5	2	7 (19)
ナマズ	純淡水魚	2	0	2 (6)
ヨシノボリ属	通し回遊魚か純淡水魚	1	1	2 (6)
ウキゴリ	通し回遊魚	2	0	2 (6)
スミウキゴリ	通し回遊魚	1	0	1 (3)
ゴクラクハゼ	通し回遊魚	0	1	1 (3)
ウグイ	通し回遊魚か純淡水魚	1	0	1 (3)
ボラ	周縁性淡水魚	1	0	1 (3)
スズキ	周縁性淡水魚	1	0	1 (3)
コイ	純淡水魚	1	0	1 (3)
カワムツ	純淡水魚	0	1	1 (3)
ヤリタナゴ	純淡水魚	1	0	1 (3)
モツゴ	純淡水魚	1	0	1 (3)
オイカワ	純淡水魚	0	1	1 (3)
スマチチブ	純淡水魚	0	1	1 (3)
ドンコ	純淡水魚	0	1	1 (3)
ブルーギル	純淡水魚（外来種）	0	1	1 (3)
採捕地点数		24	12	36

表2. 広域的な調査で採捕された魚類の種数、各分類群が採捕された地点数、1地点あたりの平均種数、各地点の種数の範囲を示す。

(a) 前期	地点数	種数	
		平均	範囲
純淡水魚	23	1.88	1-7
通し回遊魚	3	0.21	0-2
周縁性淡水魚	2	0.08	0-1
全種	24	2.17	1-10

(b) 後期	地点数	種数	
		平均	範囲
純淡水魚	12	1.83	1-5
通し回遊魚	2	0.17	0-1
周縁性淡水魚	0	-	-
全種	12	2.00	1-6

た。ヨシノボリ属魚類とウキゴリはそれぞれ2地点（5%）、スミウキゴリとゴクラクハゼ、およびウグイはそれぞれ1地点（3%）で採捕された。周縁性淡水魚はボラ *Mugil cephalus* とスズキ *Lateolabrax japonicus* の2種であり、それぞれ1地点（3%）で採捕された。回遊魚と周縁性淡水魚は、2016年8月10日にA1でウグイが2個体、スミウキゴリが7個体採捕されたほかは、1地点あたり各種1個体が採捕された。

1地点あたりの純淡水魚の種数は、前期が1～7種、後期が1～5種であった（表2）。1地点あたりの回遊魚の種数は、前期が0～2種、後期が0～1種であった。周縁性淡水魚は前期には2地点で1種ずつ採捕され、後期は採捕されなかった。

全種の合計種数が1～3種であったのは32地点であり、全36地点のうちの89%に相当した（図3）。5種以上が採捕されたのは4地点であった。そのうち、前期に採捕を行った3地点はいずれも、梯川から0.33km以内に位置していた。また、これら3地点のうちの2地点（A1とB1）では、回遊魚と周縁性淡水魚の両方が採捕された。

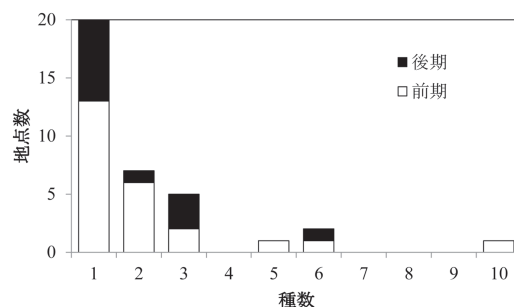


図3. 魚類の種数の分布。採捕を複数回行った地点（A1・2、B1・2）については、初回の採捕結果のみを使用した。

魚類が採捕された水路の環境

魚類が採捕された地点は、水路の幅が0.3～3.0m、非灌漑期の水深が0～51cmであった（表3a）。水深の測定時に底面が干出していた（水深0cm）のは1地点であり、残りの35地点（97%）は水深が1cm以上あった。各地点と海との直線距離は0.63～7.29kmであった。また、各地点と梯川との直線距離は0.07～6.86kmであった。

水路の側面は、34地点（94%）が両側面ともコンクリートで固められていた（表3b）。片側のみがコンクリートで固められ、もう片側が土であったのは1地点（3%）であり、両側面とも土であったのは1地点（3%）であった。水路の形状は、31地点（86%）が直線部のみであった。柵部のみであったのは4地点（11%）、直線部と柵部の両方が含まれていたのは1地点（3%）であった。水路兩岸の土地利用は、兩岸とも水田に隣接していたのが19地点（53%）、片側のみが水田に隣接していたのが13地点（36%）、兩岸とも水田に隣接していなかったのが4地点（11%）であった。水田以外に見られた土地利用は、宅地（4地点が隣接）、空地（4地点）、河川（3地点）、国道

表 3. 広域的な調査で魚類が採捕された地点の水路環境。

(a)	前期		後期		合計	
	平均	範囲	平均	範囲	平均	範囲
水路の幅 (m)	0.9	0.4-3.0	0.8	0.3-1.6	0.9	0.3-3.0
非灌漑期の水深 (cm)	13	0-51	25	1-46	17	0-51
海からの直線距離 (km)	3.59	1.41-6.56	5.16	0.63-7.29	4.11	0.63-7.29
梯川からの直線距離 (km)	1.68	0.07-6.86	2.50	1.18-4.34	1.95	0.07-6.86

(b)	地点数		
	前期	後期	合計
水路側面の材質			
両側面コンクリート張り	23	11	34
片側のみ自然材質	0	1	1
両側が自然材質	1	0	1
水路形状			
直線部のみ	22	9	31
柵部のみ	2	2	4
両方を含む	0	1	1
両岸の土地利用			
両岸とも水田と隣接する	15	4	19
片側のみ水田と隣接する	6	7	13
水田と隣接しない	3	1	4
水路タイプ			
用水路	2	1	3
排水路	19	11	30
用排兼用水路	3	0	3
全地点数	24	12	36

(2 地点), 駐車場 (1 地点), 排水機場 (1 地点), ため池 (1 地点), 工場 (1 地点), 変電所 (1 地点) であった。水路タイプは, 排水路が 30 地点 (83%), 用水路と用排兼用水路がそれぞれ 3 地点 (8%) であった。

GLM を用いて前期のデータを解析した結果, いずれの説明変数も純淡水魚の種数に対する効果は有意ではなかった (Wald 検定 $P > 0.05$)。回遊魚と周縁性淡水魚の合計種数に対して, 水路幅 (係数 1.035, Wald 検定 $P < 0.01$) と非灌漑期の水深 (係数 0.067, Wald 検定 $P < 0.01$) は有意な効果が認められた。回遊魚と周縁性淡水魚の合計種数は, 水路幅が広くて非灌漑期の水深が深い方が多かつ

た。ただし, 水路幅と非灌漑期の水深との間には有意な正の相関があり, 幅が広い水路の方が非灌漑期の水深が深かった (Pearson の相関係数 0.68, $P < 0.001$)。なお, GLM 解析の結果では梯川からの距離が種数に与える影響は有意ではなかったものの, 回遊魚と周縁性淡水魚が複数種採捕された地点はいずれも, 梯川から 2km 以内に位置していた (図 4)。

梯川付近の水路における魚類の出現消長

梯川周辺の 4 地点 (A1, A2, B1, B2) で行った定期的な採捕の結果を図 5 と表 4 に示す。A2 より A1 の方が種数が多かった (GLM, Wald 検定 $P < 0.001$)。ただし, 両地点とも 2 月は 1 個体も採捕されなかった。また, B2 より B1 の方がつねに種数が多かった (GLM, Wald 検定 $P < 0.001$)。

回遊魚と周縁性淡水魚は A1 と B1 で採捕され, A2 と B2 では採捕されなかった。A1 で採捕された回遊魚はウグイ (標準体長 47 ~ 58mm) とスミウキゴリ (37 ~ 57mm), ウキゴリ (19 ~ 75mm), サケ (44mm) であり, 周縁性淡水魚はスズキ (26 ~ 112mm) であった。B1 で採捕された回遊魚はウキゴリ (42 ~ 60mm) とウグイ (49mm), サケ (36mm), ヨシノボリ属魚類 (36mm) であり, 周縁性淡水魚はボラ (82mm) であった。

水温と水深, および流速の測定結果を図 6 に示す。水温と流速は地点間で有意な差が認められなかった (ANOVA, $P > 0.05$)。水深は地点間で有意に異なり (ANOVA, $P < 0.05$), A1 は B1 より

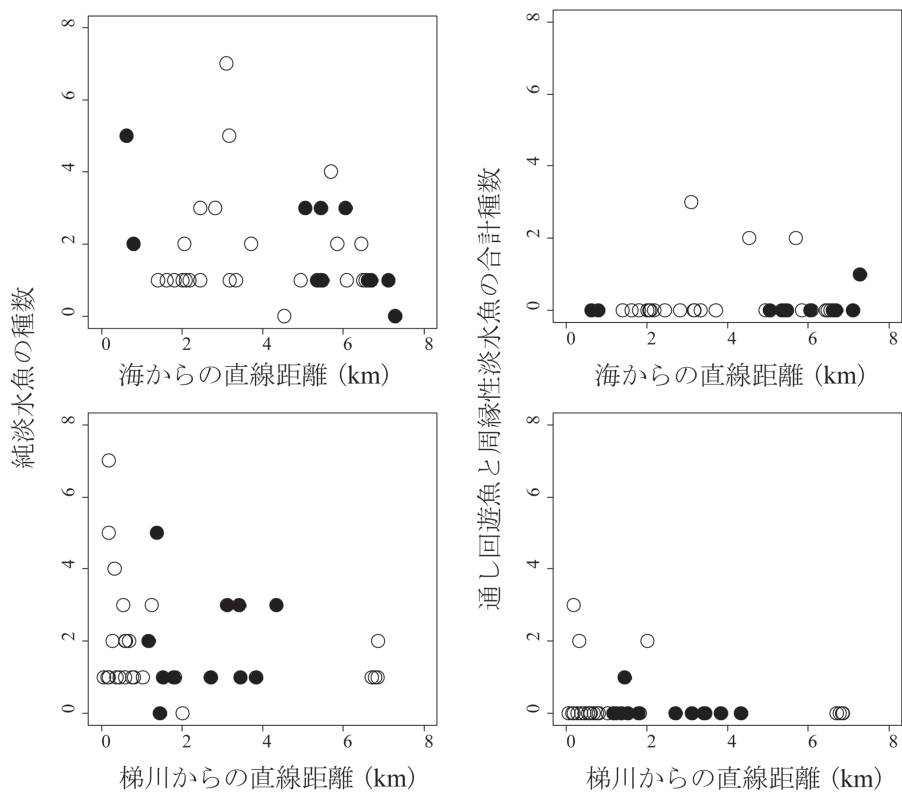


図 4. 魚類の種数と海からの距離との関係、および種数と梯川からの距離との関係。前期に採捕した地点は白色、後期に採捕した地点は黒色で示す。

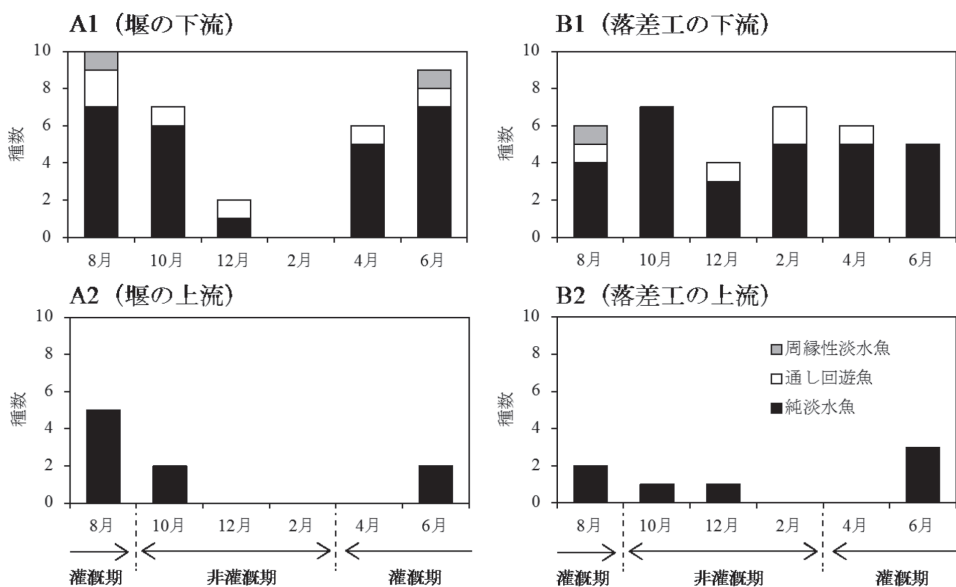


図 5. 梯川周辺の 4 地点で採捕された魚類の種数。

表 4. 梯川周辺の水路で行った定期的な調査で採捕された魚類の個体数.

(a)	種	合計	2016 年		10 月		12 月		2017 年		2 月		4 月		6 月	
			8 月		A1	A2	A1	A2	A1	A2	A1	A2	A1	A2	A1	A2
			A1	A2												
生活史	純淡水魚															
	タイリクバラタナゴ	39	22	-	10	-	-	-	-	-	1	-	6	-		
	オイカワ	32	-	-	30	-	-	-	-	-	1	-	1	-		
	フナ属	30	6	6	1	-	-	-	-	-	5	-	12	-		
	ドジョウ	26	1	1	2	2	-	-	-	-	3	-	15	2		
	タモロコ	20	2	7	4	2	4	-	-	-	-	-	1	-		
	キタノメダカ	13	5	-	2	-	-	-	-	-	1	-	3	2		
	ヤリタナゴ	5	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	モツゴ	4	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	ナマズ	2	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	コイ	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	ヌマムツ	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-		
通し回遊魚	ウキゴリ	16	-	-	1	-	3	-	-	-	-	-	12	-		
	スミウキゴリ	7	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	ウグイ	2	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	サケ	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-		
周縁性淡水魚	スズキ	45	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	44	-		
合計		244	55	17	50	4	7	0	0	0	12	0	95	4		

(b)	種	合計	2016 年		10 月		12 月		2017 年		2 月		4 月		6 月	
			8 月		B1	B2	B1	B2	B1	B2	B1	B2	B1	B2	B1	B2
			B1	B2												
生活史	純淡水魚															
	オイカワ	122	-	-	34	-	8	-	68	-	4	-	8	-		
	タイリクバラタナゴ	40	5	-	30	-	1	-	2	-	1	-	1	-		
	タモロコ	39	15	4	12	-	-	3	1	-	-	-	3	1		
	フナ属	24	6	-	1	-	-	-	2	-	-	-	6	9		
	ドジョウ	23	-	6	-	2	-	-	-	-	-	-	-	15		
	キタノメダカ	6	2	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	カマツカ	3	-	-	-	-	1	-	-	-	1	-	1	-		
	ヤリタナゴ	2	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-		
	モツゴ	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	コイ	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-		
	ナマズ	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-		
通し回遊魚	ウキゴリ	3	1	-	-	-	1	-	1	-	-	-	-	-		
	サケ	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-		
	ウグイ	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-		
	ヨシノボリ属	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-		
周縁性淡水魚	ボラ	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
合計		269	30	10	83	2	11	3	77	0	9	0	19	25		

浅く、B2 より深かった (ペアワイズの T 検定, $P < 0.01$)。また、B1 は A1 と B2 より深かった (ペアワイズの T 検定, $P < 0.01$)。A2 の水深は他の地点との間で有意な差が認められなかった (ペアワイズの T 検定, $P > 0.05$)。

考察

魚類の分布

魚類の分布を広域的に調べた調査、および梯川周辺の水路において行った定期調査の結果、合計 24 種が採捕された。また、小松市の水路ではホトケドジョウ *Lefua echigonia* の生息も確認されて

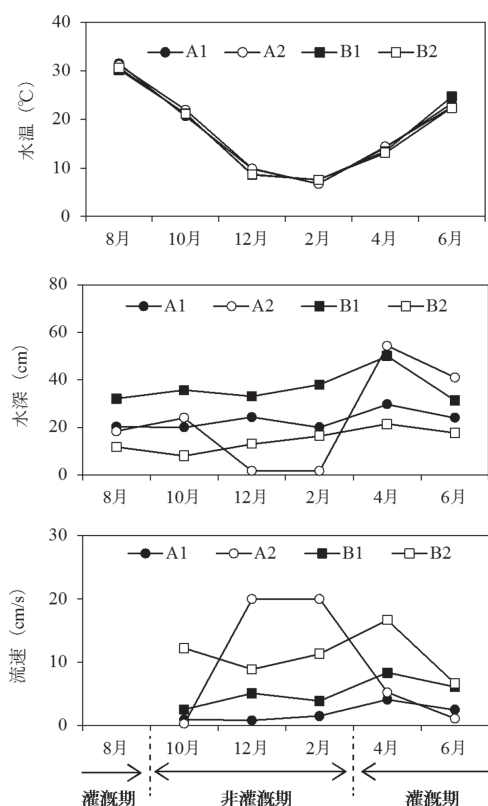


図 6. 梯川周辺の 4 地点の水温と水深、表面流速。

いる（山本ほか，2003）。それを加えると，小松市の水路では 25 種の生息が確認されたことになる。石川県淡水魚類研究会(1996)は 1995 年に行った調査で，梯川では 46 種，前川では 18 種，木場潟では 11 種の魚類が採捕されたことを報告している。ただし，梯川では河川全域にわたる 13 地点で採捕が行われており，本研究の調査範囲に含まれる 3 地点のみを抽出すると 25 種になる。また，木場潟資源調査企画推進委員会（2015）は 2014 年に木場潟で調査を行い，29 種の魚類を採捕した。以上のことから，水路（25 種）は梯川（25 種）や前川（18 種），木場潟（11 種と 29 種）と同等に種数が多い水域と考えられる。

前期のデータを GLM で解析した結果，回遊魚と周縁性淡水魚の合計種数については幅が広く，

かつ非灌漑期の水深が深い水路が多かったことが示された。GLM 解析では梯川からの距離が種数に与える影響は有意ではなかったものの，通し回遊魚と周縁性淡水魚が採捕されたのは梯川から 2km 以内に位置する地点に限られていた。GLM 解析で有意でなかった理由は，梯川から近くても回遊魚と周縁性淡水魚が採捕されなかった地点が多数あったためと推察される。これらの結果は，梯川を遡上する回遊魚と周縁性淡水魚は，梯川に注ぐすべての水路に遡上したのではなく，一部の限られた水路にのみ遡上したことを示唆している。そして，GLM 解析で示されたように，これらの魚類が遡上する水路の特徴として，幅が広くて水深が深いことが挙げられる。一思ほか(2013)は石川県の手取川周辺を流れる 1 本の水路において，回遊魚と周縁性淡水魚をそれぞれ複数種採捕している。その水路は幅が 3.0 ～ 4.2m，水深が 0.10 ～ 0.56m であり（一思ほか，2013），本研究の調査水路（幅 0.3 ～ 3.0m，非灌漑期の水深 0 ～ 0.51m）と比較すると，幅は同等以上であり，最大水深は深い。幅が広くて水深が深い水路に回遊魚と周縁性淡水魚が生息していたという点で，本研究と一思ほか（2013）は一致している。

以上のことから，梯川から 2km 以内にある，幅が広くて水深が深い水路を保全することは，回遊魚と周縁性淡水魚が水路を利用することを可能にする必要条件と考えられる。なお，本研究では各地点と海，および梯川との間の距離について，流路上の距離ではなく直線距離を用いた。流路上の距離は直線距離よりも長くなると予想され，回遊魚と周縁性淡水魚は実際には梯川から 2km 以上にわたって水路を遡上したと推察される。

通し回遊魚および周縁性淡水魚の季節消長

梯川周辺の 4 地点において定期的な採捕を行った結果，横断構造物（堰・落差）より下流に位置

していた A1 と B1 では、回遊魚であるヨシノボリ属魚類とウキゴリ、スミウキゴリ、ウグイ、サケ、および周縁性淡水魚であるボラとスズキが採捕された。本研究の結果は、海一河川一水路間の水域ネットワークが維持されており、魚類がこれらの水域間を移動することが可能な場合、場所によっては水路に回遊魚と周縁性淡水魚が侵入して種数が増加することを示している。魚類にとって河川と水路間のつながりが重要であることは、多数の論文が指摘している（例えば、石山ほか、2017）。本研究は、その水域ネットワークを海にまで拡大することが、水路の魚類相を理解する上で必要であることを示している。

一方、横断構造物より上流の地点（A2・B2）では、回遊魚と周縁性淡水魚が採捕されなかった。また純淡水魚についても、横断構造物より上流の地点は下流の地点と比較して種数が少なかった。このような分布パターンが形成された理由として、(1) 横断構造物の影響と (2) 水路環境の差異の二つの可能性を挙げることが出来る。

一つ目の横断構造物の影響の可能性についてであるが、これは、魚類は梯川を通して水路に侵入して下流の地点まで遡上したが、横断構造物に移動が阻まれて上流の地点までは遡上することが出来なかったという仮説である。水路内に設置された堰が魚類の遡上を阻害したことを示唆する事例が複数報告されており（柿野ほか、2006；田代ほか、2006；森ほか、2014）、本研究の結果はこれらの研究結果と一致している。ただし本研究では、魚類が上流と下流のどちらから A1・B1 に侵入したのかを特定していない。そのため、以上の議論に反して、魚類は A2・B2 より上流で河川から水路に侵入し、A1・B1 まで降下した可能性もある。

次に、二つ目の可能性である水路環境の差異の影響について議論する。水路に生息する魚類の種数は、水深が深い方が多かった事例が報告されて

いる（皆川ほか、2012）。B1 は B2 より一年中水深が深かったことから、その影響で魚類の種数・個体数が多かったのかもしれない。また、A1 の面積（77.6m²）は A2（29.68m²）より 2.6 倍大きかった。一般的に、面積の大きい方が種数は多いことが知られている（Arrhenius, 1921）。そのため、A1の方がA2より種数が多かった理由は、面積がより大きかったからかもしれない。

以上のことから本研究では、上下流間の魚類相の差異は横断構造物による移動阻害によって形成されたのか、もしくは地点間の水路環境の差異によって形成されたのかを厳密に特定することが出来ない。また、これら二つの要因のいずれもが同時に、魚類相に影響していた可能性も考えられる。今後、水路の横断構造物が魚類の生息・分布に与える影響をより正確に特定するために、厳密な野外操作実験を行う必要がある。そして、本研究結果や操作実験の結果等を参考にして、小松市の水路において魚道の設置等の魚類保全策を検討・実施することが望ましい。

謝辞

2名の匿名査読者からは、本稿を改訂する上で有益なコメントを多数頂いた。厚く御礼申し上げます。

引用文献

- Arrhenius, O. 1921. Species and area. *Journal of Ecology*, 9 : 95-99.
- 府和正一郎. 1972. 梯川の意義の変遷 梯川調査 (2). 小松市立女子高等学校社会科研究室（現小松市立高等学校）、小松.
- 石川県淡水魚類研究会（編）. 1996. 石川の自然環境シリーズ 石川県の淡水魚類. 74pp. 石川

- 県環境部自然保護課，金沢．
- 石山信雄・永山滋也・岩瀬晴夫・赤坂卓美・中村太士．2017. 河川生態系における水域ネットワーク再生手法の整理：日本における現状と課題．応用生態工学，19：143－164.
- 一恩英二・能登達也・山本邦彦・長野峻介・上田哲行．2013. 海域に流入する農業水路における淡水魚類の遡上と分布について．雨水資源化システム学会誌，19：19－28.
- 柿野 亘・水谷正一・藤咲雅明・後藤 章．2006. 谷津内水路に生息する魚類の分布とそれを支配する要因の推定．農業土木学会論文集，246：809－816.
- 片野 修．1998. 水田・農業水路の魚類群集．「水辺環境の保全－生物群集の視点から－」（江崎保男・田中哲夫編），pp. 67－79. 朝倉書店，東京．
- Katayama, N., Y. G. Baba, Y. Kusumoto & K. Tanaka. 2015. A review of post-war changes in rice farming and biodiversity in Japan. *Agricultural Systems*, 132：73-84.
- 川那部浩哉・水野信彦・細谷和海（編）．1989. 山溪カラー名鑑 日本の淡水魚．719pp. 山と溪谷社，東京．
- 木場潟資源調査企画推進委員会．2015. 木場潟の自然環境・水辺文化に関する総合調査 報告書．119pp. 小松市環境推進課，小松市．
- 国土交通省北陸地方整備局・国土交通省国土地理院（編）．2006. 古地理で探る越中・加賀の変遷．122pp. 国土交通省北陸地方整備局，新潟．
- 小松市．1997. 小松市統計書 平成8年版．203pp. 小松市，小松．
- ．2014. 小松市の環境 平成25年度．109pp. 小松市，小松．
- ．2016. 小松市統計書 平成27年版．162pp. 小松市，小松．
- 皆川明子・高木強治・須戸 幹・小谷廣通・岩間憲治・金木亮一．2012. 非灌漑期の農業水路における魚類の越冬場造成の試み．農業農村工学会論文集，80：445－454.
- 森 晃・水谷正一・後藤 章．2014. 圃場整備後の小排水路におけるナマズ *Silurus asotus* の繁殖と成育．農業農村工学会論文集，82：121－130.
- 守山 弘．1997. 水田を守るとはどういうことか．205pp. 農山漁村文化協会，東京．
- 中川昭一郎．2001. 農業農村整備とビオトープの保全・創出．農業土木学会誌，69：927－933.
- 小川力也．2008. イタセンパラ：河川氾濫原の水理環境の保全と再生に向けて．魚類学雑誌，55：144－148.
- 竹村武士・水谷正一・森 淳・小出水規行・渡部恵司・西田一也．2012. 水田域における魚類研究の現状と課題．農業農村工学会論文集，80：367－373.
- 田代優秋・上月康則・佐藤陽一・大久保美知子・村上仁士．2006. 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．水工学論文集，50：1219－1224.
- 山本邦彦・佐野 修・石原一彦．2003. 石川県の淡水魚類－補遺1. のと海洋ふれあいセンター研究報告，9：15－23.