関西自然保護機構会誌 28（2）：127－139，2007

原　著

琵琶湖につながる農業用水路における魚類の季節的消長
―絶滅危惧種スナヤツメの増加傾向に焦点をあてて―

大阪信愛女学院短期大学人間環境学科　中　川　雅　博
びわ湖サテライトエリア研究会　浅　香　智　也
近畿大学農学部　鈴　木　誉　士

Seasonal changes in fish species collected from a paddy field ditch connected to Lake Biwa and the cause of an increase in the endangered *Lethenteron reissneri* species.

Masahiro Nakagawa（*Department of Human and Environmental Science, Osaka Shin-Ai College*）, Tomonari Asaka（*Biwako Satellite-area Research Group*）and Takashi Suzuki（*Faculty of Agriculture, Kinki University*）

To study the fauna around paddy fields, we collected fishes every month from January 2000 to September 2006 at a concrete irrigation ditch connected to Lake Biwa, located in the north eastern region of the Shiga Prefecture. During the study a total of about 4,643 individuals of 25 species were collected. We examined the changes in the individual numbers of each fish species including the endangered *Lethenteron reissneri* species. The patterns of the occurrence of 25 species were categorized as "four-season type," "spring-autumn type," "autumn type," and "sporadic type." The numbers of individual *Lethenteron reissneri* that are categorized as the four-season type have recently increased as have those of loaches. This synchronous increase in the number of these bottom-dwelling fishes indicates that the condition of the bed at the sampling site may be suitable for the bottom-dwelling fishes.

はじめに

琵琶湖につながる農業用水路では，しばしばコアエリアをしのぐ魚種が生息する（嘉田・遊磨，2000）。琵琶湖の魚類には生活環のなかで生息場所を移動していく種が多く，ニゴロブナなど「琵琶湖・内湖・水田回遊型」や，タモロコなど「内湖・水田回遊型」の魚類が，内陸部の農業用水路に侵入して（細谷，2005），種多様度が高まる。

近年，琵琶湖周辺域での魚類相が調査され，体系的な報告がなされるようになった（滋賀県水産試験場，1996；中島ほか，2001；西野・細谷，2004；Nakagawa，2006）。これらにより，魚類の生息場所として琵琶湖周辺水域の重要性がいっそう認識されるようになった。著者らも魚類生態と水田系環境の知見を蓄積するため，琵琶湖につながる農業用水路で魚類相を継続的に定量調査してきた。いままでの調査から，モデル地の三面護岸水路では，在来種主体の魚類相が長期間維持されていること（鈴木，2005），魚種によって利用様式が繁殖や成育のためなど多岐にわたること（Nakagawa & Suzuki，2006），絶滅危惧種のスナヤツメが増加傾向にあること（鈴木ほか，2006 a），など注目に値する特徴が認められた。その

関西自然保護機構業績　第396号　　関西自然保護機構研究助成 No.70

なかでも，３つ目の現象は，魚類相が単純化した1980年代以降の琵琶湖周辺水域にあって，きわめてまれなことである。そのため，当地の環境条件や魚類相を精査することによって，スナヤツメの生息域内保全や環境調和型水路の構築に向けた具体案を示せるものと思われる。

そこで，本研究では当地におけるスナヤツメの増加要因を，他魚種の個体群動態と比較して解明することを試みた。同時に，オイカワなど遊泳力のあるコイ科魚類，タナゴ亜科魚類，フナ属魚類，ドジョウ科魚類，ハゼ科魚類などの季節的消長を，８年間にわたる定量調査から明らかにした。

なお，本稿は2006年６月４日に大阪市立大学文化交流センターホールで開催された研究発表会「関西の自然を考える」（主催：関西自然保護機構）における講演をもとに，いくつかの話題をまとめたものである。富山大学の山崎裕治博士には，当地のスナヤツメの種型を遺伝的解析により同定していただいた。また，本研究の一部は公益信託増進会自然環境保全研究活動助成基金，公益信託TaKaRaハーモニストファンド，財団法人昭和シェル石油環境研究助成財団，および関西自然保護機構の研究助成を受けて行った。各位に謝意を表する。

調査地および調査方法

調査地

調査地とした農業用水路の用水は，琵琶湖流入河川の姉川に由来する。この用水の一部は，内湖を経由して，残りは直接，琵琶湖に流入する。図１に示すように，上流側の水路（以下，水路Ａ）に由来する用水は，225㎝×225㎝のコンクリート枡を経由し，流向を90°転じて下流側の水路（水路Ｂ）に流れる。水路Ａの延長線上の水路（水路Ｃ）は水路Ａ・水路Ｂと同一構造であるものの，

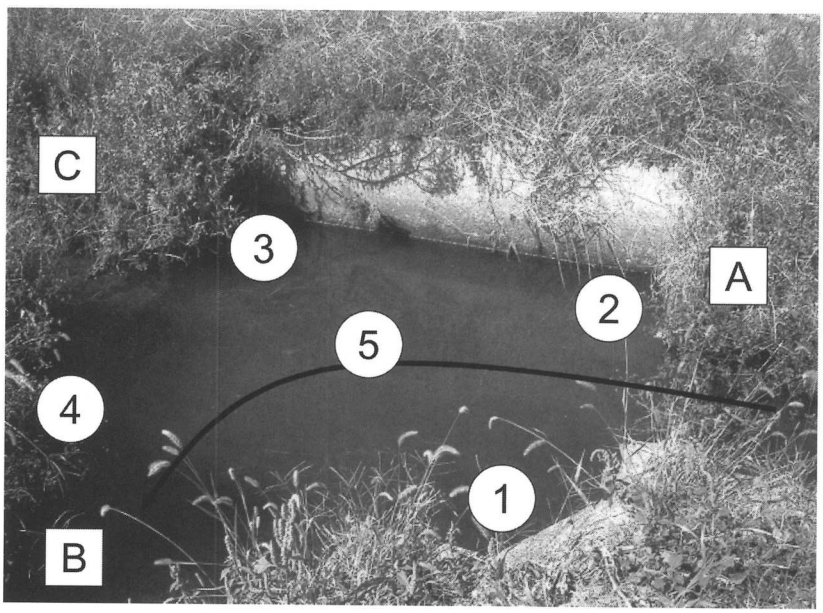


図１． 調査地．A．流入水路．B．流出水路．C．用水が滞留する水路．矢印は用水の流れを示す．１．砂泥～砂礫が15㎝，２．砂泥が２㎝，３．砂泥が５㎝，４と５．砂泥２㎝未満で一部コンクリートが露出する．撮影は2006年10月９日．

用水の浸入がほとんどなく，軟泥が20㎝近く堆積し，季節によっては干上がることもある。水路構造の詳細や流速，当地のベントス相は前報（鈴木ほか，2006a）に詳しい。

採集はコンクリートの枡部でのみ実施した。この枡部も側面と底面がコンクリートで護岸されている。各水路よりも一段深い枡部の水深は，水路の水深と連動しておおむね49～72㎝の範囲（平均58㎝）で変動する。枡部中央は水路Ａから流入した用水が水路Ｂに流出する流路にあたる。そのため，枡部中央の底面は砂泥がわずかに堆積する。一方で，枡部の四隅は用水が滞留し，さまざまな深さの砂泥－砂礫が堆積する。調査期間中，出水によって枡部中央底部の礫が流され，部分的にコンクリート面が露出することはあったものの，四隅の堆積物が完全に逸出することはなかった。

環境条件の測定

水温・水深，底質粒度の３項目を調査した。水温・水深は2002年９月～2006年９月までの４年間，毎月測定した。水温は水路Ａ中央部の水表面から10㎝深の箇所で，棒温度計を用いて測定した。この測定は定量採集を行う直前の13時頃に実施した。水深は採集終了後に水路Ａ中央部のコンクリート底面から水表の間を測定した。底質粒度はスナヤツメが増加傾向にある最近（鈴木ほか，2006a）の環境条件を記録するため実施した。測定は2006年10月９日に枡部で行い，粒度はSugiyama & Goto（2002）に従って区分した。

採集方法

採集はタモ網を用いて２名により20分間おこなった。枡部内での採集箇所は表層から底層および底部の堆積物に至った。この採集時間には，堆積物から個体を取り分ける作業も含まれた。枡部と各水路の間には仕切りなどは設けず，採集中の魚類の枡部から各水路への逃避を制限しなかった。

まず，本種の生息環境の概要を知るため，予備調査を1999年４月28日，５月29日，７月25日，および11月23日の計４回実施し，各調査日における本種の個体数を記録した。この調査時に，未同定のヨシノボリ類については，個体数調査の対象から除外した。

つぎに，スナヤツメと同所的に出現する他の魚種数と個体数を明らかにするため，定量採集をおこなった。採集は2000年１月～2006年９月まで，毎月１回，原則として月の中旬に実施した。ただし，降雪により現地へのアクセスが困難であった2000年２月については欠測とした。

採集された個体は，原則として中坊（2000）に従って種の同定をした後，記録標本とする数個体を除き，ただちにその場に放流した。ただし，ダニオ亜科の未成魚やフナ類など，同定が困難な一部の個体については持ち帰って精査した。

解析

まず，各魚種の季節的消長を明らかにするため，採集日別の個体数を種別に散布図で表した。図示の対象種は，いずれかの採集日で，１採集日あたり２個体以上採集されたことがある20種とした。散布図は，横軸に採集日を，縦軸に各種の個体数をプロットし，つづいて各月のばらつきを抑えるために３区間移動平均処理を施した。本稿での季節の表記は便宜的に４～６月を春季，７～９月を夏季，10～12月を秋季，１～３月を冬季とした。

つぎに，各魚種の出現パターンを明らかにするため，採集された全25種を対象にして，各採集日での出現・非出現の２値（１あるいは０）を与え，ウォード法によりクラスター分析を行った。これにより出現傾向が相互に類似する魚種は，同一クラスターに含まれる。

結　果

水温・水深および底質粒度

図２に水温・水深を示す。平均水温は16.8℃，最低水温は2.5℃（2006年１月），最高水温は29.5℃（2004年７月）であった。2004年12月の水温は14.0℃と高く，2004年を除く他年の11月の平均水温（14.7℃）とほぼ同様であった。水深は雪解け水が大量に流入した2006年１月に110cmを記録した。それを除くと，2001年２月と2005年３月の72cmを超えることはなく，緩やかな水位変動が認められた。

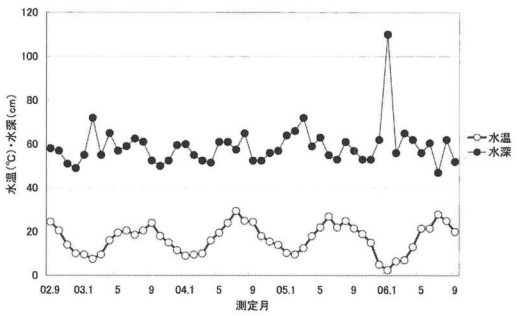


図２． 水温と水深．2004年12月～2005年１月は例年よりも水温がわずかに高い．2006年１月は大雪後の出水のため水深が１ｍを超えた．

底質粒度は枡部中央部で砂泥（２㎜未満）が優占した。一方，枡部隅部では，砂に加えて砂礫（２～16㎜）が優占した。調査時での底質の深さは，中央部２cm未満であり，隅部では２～15cmと多様であった（図１）。また各水路の連結部には，いずれも深さ２cm以上の砂礫が堆積していた。

1999年の予備調査での魚類相

表１に1999年の採集日別の各魚種の個体数を示す。４月と５月の春季，７月の夏季，11月の秋季に実施したこの予備調査で，各魚種の出現パターンが一様でないことが示された。カワムツ，オイカワ，アブラハヤ，タモロコは出現・非出現の差が明瞭で，とくにアブラハヤとタモロコは秋季に多数が出現した。タナゴ類は春季～秋季に出現するものの，種により出現時期が異なった。フナ類は春に出現し，ドジョウ類のうちシマドジョウはいずれの調査日でも多数が採集された。ただし，スナヤツメを含むその他の魚種については，予備調査からはおおまかな出現傾向さえも明らかにできなかった。

表１． 1999年の予備調査における採集日別の各魚種の個体数．*

魚種	4月28日	5月29日	7月25日	11月23日
スナヤツメ	5	0	0	1
カワムツ	5	0	0	1
オイカワ	0	0	0	3
アブラハヤ	4	1	0	18
タモロコ	7	1	9	14
ビワヒガイ	0	1	0	0
ヤリタナゴ	3	5	0	0
アブラボテ	0	1	2	2
カネヒラ	0	0	2	4
ギンブナ	1	1	0	0
ドジョウ	9	1	0	5
シマドジョウ	13	18	30	14
ウキゴリ	1	0	0	0
ドンコ	0	1	0	1
メダカ	0	1	5	0
アユ	0	3	0	0
合計	43	34	48	62

*予備調査でヨシノボリ類は計数しなかった．

2000年１月～2006年９月の魚類相

図３に本調査地で採集された魚種とその個体数を示す。横軸に種の順位を，縦軸に個体数を示すと，多い種から少ない種へ指数関数的に個体数が減少した。

調査期間中25種，4,643個体が採集された。個体数がもっとも多かったのはトウヨシノボリの1,127個体で，シマドジョウの924個体，タモロコの698個体，カネヒラの429個体がこれに続き，これら優占種上位４種で全採集個体数の68.4%を占めた。続く，コイ科上位５種の872個体とドジョウの239個体で優占種上位10種を構成し，これらで全採集個体数の92.4%を占めた。スナヤツメは11番目に多く，全採集個体数の1.8%にあたる82個体が採集された。

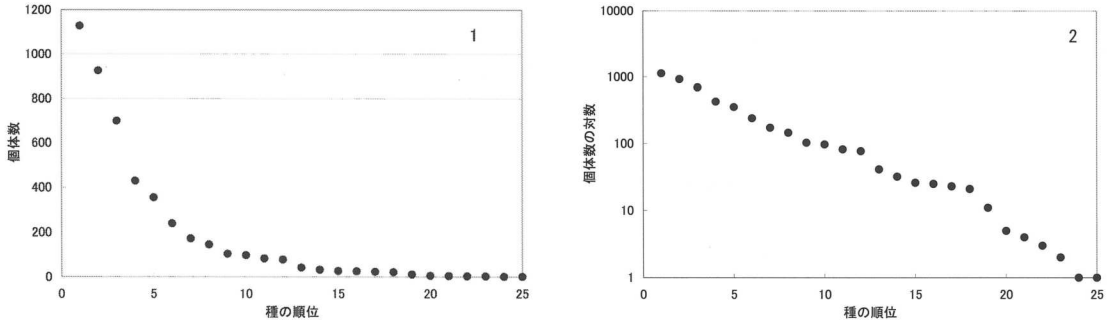


図3． 種の順位と個体数．個体数は1）は実数で，2）は対数で表示．上位10種は，多い順に，トウヨシノボリ，シマドジョウ，タモロコ，カネヒラ，オイカワ，ドジョウ，アブラハヤ，カワムツ，ヤリタナゴ，ギンブナ．続く11～20種はスナヤツメ，ニゴロブナ，メダカ，アユ，アブラボテ，タイリクバラタナゴ，ウキゴリ，ドンコ，ヒガイ，オオクチバス．残るカマツカ，コイ，ヌマムツ，ヌマチチブ，ナマズの個体数はわずかであった．

各魚種の季節的消長

図4に魚種別に季節的消長を示す。各魚種の出現パターンは多岐にわたり，予備調査の結果とおおむね一致した。また，一般的な傾向として，水温が高かった2004年12月と翌年1月には，その他の年よりも出現種とその個体数が多かった。以下に，個体数の季節的変動について種別に列挙する。

スナヤツメ

スナヤツメ *Lethenteron reissneri* は，おもに堆積物のなかから採集された。10～2月の秋季・冬季に比較的多く出現したが，6～7月の夏季にも出現した。2005年6月以降個体数が増加傾向にあり，翌年7月まで14ヶ月連続で採集された。採集個体数は2000年1月～2005年5月の64採集日では32個体（0.5個体／日）であり，一方，2005年6月～2006年9月の16採集日では50個体（3.1個体／日）であった。このことから，本種の最近の増加傾向が再確認された。なお，スナヤツメには遺伝的に隔離した北方種と南方種がおり（Yamazaki & Goto, 1997, 1998），当地の個体群は形態的に南方種が大半を占め（鈴木ほか，2006b），一部の遺伝的解析に供した個体も南方種であった。

遊泳力があるコイ科魚類

コイ科魚類のうち流線型をしたダニオ亜科，ウグイ亜科，バルブス亜科，ヒガイ亜科を遊泳力があるコイ科魚類としてまとめて比較した。

カワムツ *Zacco temmincki* は，2002年（10月の12個体）や2004年（10月～翌年1月の9～36個体）のように秋季に増加した。ただし，2001年7月（13個体）の夏季にも出現した。個体数の年変動は大きく，2004年11～12月にはとりわけ多く出現した。

オイカワ *Z. platypus* は，10～12月の秋季に増加する傾向があった。個体数の年変動は大きく，2001～2003年，2005年に多数が採集された。もっとも多く採集されたのは2002年12月の85個体であった。

アブラハヤ *Phoxinus lagowskii steindachneri* は，11月を中心に出現した。個体数の年変動はきわめて大きく，2000年と2004年の11月にはそれぞれ57個体・56個体と多く採集された一方で，2001～

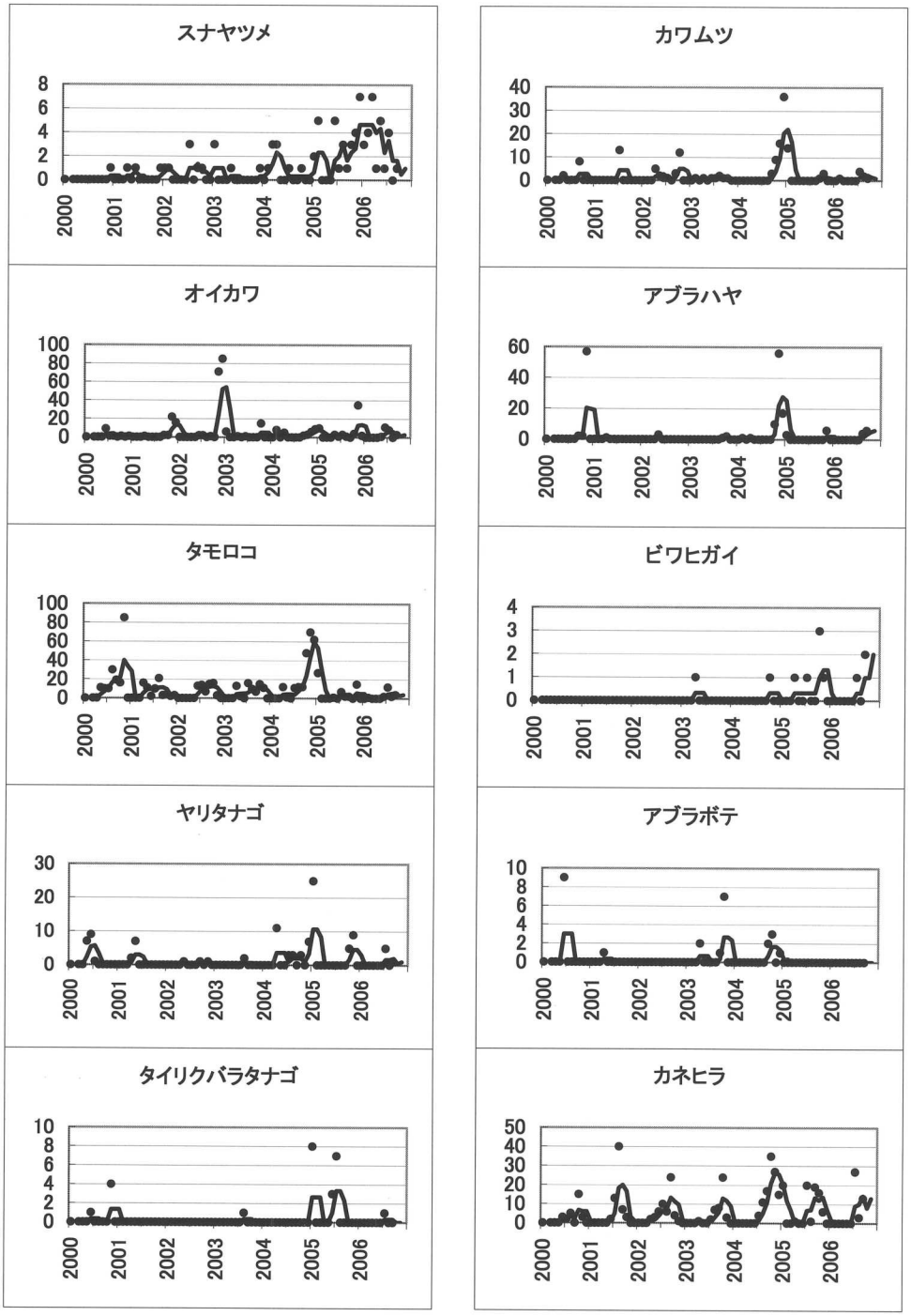
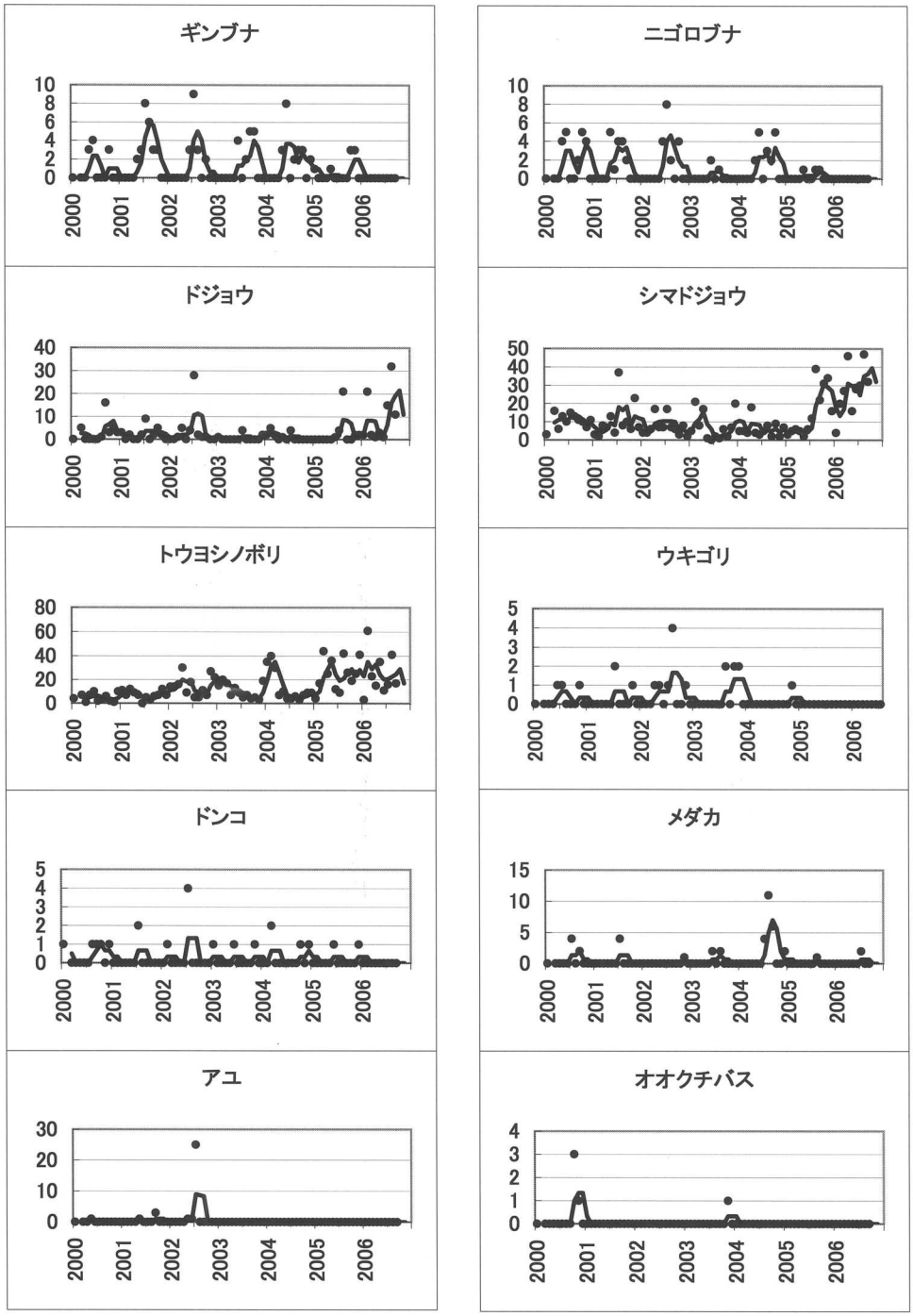


図4．上位20種における個体数の月変動と年変動．横軸に採集月，縦軸に個体数を示す．点は個体数の実数を示し，曲線は3区間の移動平均を示す．


ギンブナ
ニゴロブナ
ドジョウ
シマドジョウ
トウヨシノボリ
ウキゴリ
ドンコ
メダカ
アユ
オオクチバス
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006

2003年と2005年の11月にはそれぞれ0個体・6個体であった。オイカワが出現する年には顕著に出現数が少なく，予備調査の結果と一致した。ただし，個体数が秋季に急増する点と，出現・非出現が明瞭に分かれる点ではオイカワの出現パターンと酷似した。本種とカワムツ・オイカワには雄の婚姻色や追星，テリトリー争いは認められず，産卵直前とみられる雌も採集されなかった。このことから，以上3種は主に成育過程で当地に侵入しているものと推定された。

タモロコ *Gnathopogon elongatus elongatus* は，主として冬季を除く春季－秋季にかけて出現した。そのなかでも個体数が多いのは水温が低下する秋季であった。秋季での個体数の年変動は大きく，とりわけ2000年と2004年で多数が採集された。秋季での出現はアブラハヤに同調的で，逆にオイカワの多い年には少なかった。秋季に個体数が多い点で前述の3種と類似する出現パターンを示したが，春季－夏季にもまとまった個体数が出現する点で顕著に異なった。また，春季には，産卵直前の成熟した雌個体が出現し，腹部の圧迫による雄個体の放精が確認された点が特異的であった。すなわち，本種は繁殖・成育の両面で当地に依存していると推定された。

採集された個体数が少ないビワヒガイ *Sarcocheilichthys variegatus microoculus* は，いまのところ4月・7月・10月・11月の比較的水温が高い月に採集されている。本種は，2004年10月以降になり，少数が採集されるようになったが，原因は不明である。本種は，太く短い産卵管を用いて，生きた二枚貝の外套腔内に産卵する。当地に生息する二枚貝から，本種の受精卵が見つかったこともあり，少なくとも繁殖のために当地を利用していると考えられた。

タナゴ類

タナゴ類は，コイ科タナゴ亜科に属する小型魚で，細く長い産卵管を用いて，生きた二枚貝の外套腔内に産卵する。出現パターンが異なる4種が確認されたので，まとめて比較した。

ヤリタナゴ *Tanakia lanceolata* は，明瞭な季節的消長を示さなかった。多数が出現した月は，多い順に1月（25個体，2005年），4月（11個体，2004年），7月（9個体，2000年）で，規則性が認められない。ただし，水温が高かった2005年1月を秋季とみなせば，本種の出現は春季～秋季に限られた。個体数の年変動も大きく，2002年には3個体が，2004年には2個体が採集されるにとどまった。繁殖期にある成魚サイズの雌雄両個体が確認され，未成魚もわずかに出現することから，本種は繁殖と成育の両面で当地を利用しているものと考えられた。

アブラボテ *T. limbata* も，明瞭な季節的消長を示さなかった。個体数がヤリタナゴよりもいっそう少ないことから，傾向を捉えることはさらに難しい。いまのところ冬季および7～8月には出現していない。また，2005年以降は出現していない。

タイリクバラタナゴ *Rhodeus ocellatus ocellatus* は，7調査日で採集され，そのうち5調査日は夏季であった。ほかの2採集日は秋季であった。2005年には3調査日で採集されたが，年周期ははっきりしなかった。2005年1月を除く冬季に採集されていない点で他のタナゴ類と一致した。

カネヒラ *Acheilognathus rhombeus* は，もっとも明瞭に周期性が認められ，春季に少数が，夏季－秋季に多数が出現した。この季節周期は調査期間，毎年おなじ傾向を示した。タナゴ類4種と同様に，2005年1月を除く冬季には出現しなかった。秋季に出現する雌個体は産卵管が伸長し，雄個体は鮮やかな婚姻色を呈する。当地に産卵基質となる二枚貝が多く生息することと合わせると，繁殖のた

めに侵入するものと推定された。

フナ類

琵琶湖水系にはギンブナ，ニゴロブナ，ゲンゴロウブナの3種が生息する。当地では，ゲンゴロウブナを除く2種が出現した。ギンブナは雌性発生により繁殖することが知られ，繁殖の際には他種雄からの精子提供を必要とするが，野外でどの魚種と交配するかははっきりしていない。

ギンブナ *Carassius auratus langsdorfii* は，春季～秋季に採集された。2005年1月を除く冬季には出現しなかった。2006年には採集されなかった。

ニゴロブナ *C. a. grandoculis* も，ギンブナと同様，春季～秋季に採集された。本種もまた，2006年には採集されなかった。2000～2004年までは，ニゴロブナの出現ときわめて同調的に出現した。両種ともに成熟個体が認められることから，ニゴロブナがギンブナと交配する可能性が高い（前畑，2001）。両種とも出現期と非出現期が明瞭に分かれる点でカネヒラと類似した。

ドジョウ類

ドジョウ類は，シマドジョウ亜科2種が採集された。

ドジョウ *Misgurnus anguillicaudatus* は，夏季に比較的多く採集された。しかしながら，冬季にもしばしば採集されていて，周年出現の傾向があった。2001年，2003年，2004年には9個体以下が採集されるにとどまったが，2005年8月，2006年2月や8月には21個体以上が採集されていて，最近になってにわかに増加している。

シマドジョウ *Cobitis biwae* は，周年，相当数の個体が採集された。とりわけ，スナヤツメと同様に2005年7月以降個体数が増加傾向を示した。2006年では1月を除き，採集される個体数は16個体以上であった。あらゆる成育段階の個体が採集される点で，成熟個体が出現しないドジョウと異なった。また，2003年6月の0個体を除いて，すべての採集日で採集されている点で，2005年まで非出現日があったドジョウと異なった。

ハゼ魚類

ハゼ類はつぎの3種をまとめて比較した。

トウヨシノボリ *Rhinogobius* sp. OR は，周年出現した。2005年3月以降，個体数がやや多かった。あらゆる成育段階の個体が採集される点でシマドジョウと類似する。また，水路を遡上する様子が目視で確認された。

ウキゴリ *Gymnogobius urotaenia* は，12月と冬季には出現していない。2002年は4月・5月・7月・8月・11月で採集されて，一方，2005年はすべての月で採集されなかった。出現が偶発的である点で，周年出現して個体数が多いトウヨシノボリと異なった。

採集された個体数が少ないドンコ *Odontobutis obscura* では，出現の規則性を認めるに至らなかった。2001年は1月，8～10月，12月で採集されたが，それ以降は1年間あたり1～2採集日で採集されるにとどまった。

その他の魚種

メダカ *Oryzias latipes* は，出現頻度が少ないものの，7～8月の出現時には多数が採集された。アユ *Plecoglossus altivelis altivelis* とオオクチバス *Micropterus salmoides* は，出現時期が特定できず，明瞭な年変動も認められなかった。これらの出現は，水温・水深（図2）とは関係はなかった。まれに1採集日あたり1個体が採集される種に，コイ *Cyprinus carpio*，カマツカ *Pseudogobio esocinus esocinus*，ヌマムツ *Z. sieboldii*，ナマズ *Silurus asotus*，ヌマチチブ *Tridentiger brevispinis* の5種があった。

出現パターンのクラスター解析

図5に出現パターンのクラスター解析の結果を示す。クラスターは大きく4つに分かれた。すなわち，アブラハヤに代表されるクラスターAは，数年に1度多数出現して個体数の割合も多いという特徴を示した。ビワヒガイなどに代表されるクラスターBは，出現頻度が少ないうえに出現パターンに季節的な規則性が明瞭でないという特徴を示した。タモロコ・カネヒラに代表されるクラスターCは，ほぼ毎年出現するものの出現しない季節があるという特徴を示した。スナヤツメ・ドジョウ類・トウヨシノボリの底生魚のみで構成されるクラスターDは，調査期間中の周年で出現するという特徴を示した。クラスターBではさらに，ビワヒガイ・タナゴ類2種のグループ，カマツカなど7種のグループ，ドンコ1種のグループに細分された。

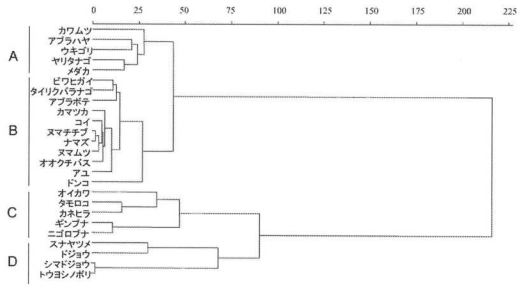


図5．出現パターンのデンドログラム．出現・非出現（0，1）の類似性を示す．同一クラスター内の種同士で出現パターンの類似度が高い．

考　察

河川や湖につながる農業用水路は，しばしばコアエリアをしのぐ魚種が生息することが知られている（Hosoya, 1982；Yuma et al., 1998）。このため，近年，農業用水路での魚類相が着目され，多くの事例が報告されようになった（例えば，中村・尾田，2003；井口ほか，2003；Katano et al., 2003）。しかしながら，これらは灌漑期に限定した調査であったり，長くても2～3年で終了することが多く，定量的で長期的な調査はほとんどない。本調査は冬季でも通水がある農業用水路をモデル地として，毎月の定量調査を実施したもので，予備調査も含めて8年間にわたる長期間の魚類個体群の観測はわが国でも前例がなく，貴重なデータを提供する。

著者らは，一連の調査を4回にわたって報じてきた（鈴木，2005；Nakagawa & Suzuki, 2006；鈴木ほか，2006a，2006b）。その中で，明らかになった主な現象は，1）モデル地の三面護岸用水路では，在来種を中心とした魚類相が長期間維持されていること，2）絶滅危惧種を含む豊かな魚類相が形成されていること，3）外来種の個体数がきわめて少ないこと，3点である。

ここでは，各魚類の出現パターンを周年出現型・春－秋出現型・秋出現型・少数および迷入型の4つに類別し，それらの特徴について言及する。さらに，魚類相の年変動と最近増加傾向にあるスナヤツメに焦点をあて，その増加要因を推察する。

スナヤツメ・ドジョウ類・トウヨシノボリは，採集日別の各魚種の出現パターンから（図4－1～2），「周年出現型」といえる。この結果はクラスター分析で（図5），これらが同クラスターに含まれたことからも支持される。清冽な水が流れる農業用水路で，環境要因と各魚種の採集個体数との関係を調査した藤咲・水谷（1999）は，底生魚のスナヤツメとドジョウが調査期間中の春季～秋季に，ともに相当数が出現することを報告した。これは，両種の出現期が類似するとする本研究結果とよく一致する（図5）。また，この型の魚種は周年出現するため，個体数の種の順位は必然的に上位になる（図3）。

タナゴ類・フナ類は，2005年を除く冬季に出現

しなかったことから，おおむね「春〜秋出現型」として区分できる。ただし，タナゴ類でもカネヒラは毎年秋に個体数が増え，その他3種にはその傾向が認められない（図4）。この種間の差異はクラスター分析の結果でも見てとれる（図5）。一方で，フナ類2種の出現パターンはきわめて同調的であった（図4，図5）。このことは，ギンブナが近縁の他魚種精子を利用して雌性発生するという習性（谷口，2001）に由来するものとみられる。

オイカワ・アブラハヤに代表される遊泳力が強いコイ科魚類の多くは，秋季に多く出現することから「秋出現型」と言える。この種群ではオイカワが少ない年にはアブラハヤとタモロコ，もしくはカワムツを加えた3種が多く，逆にオイカワが多い年には残る3種が少ないという結果が得られた。今回採用した出現・非出現データによるクラスター分析では，個体数データが反映されないため，オイカワとタモロコの非同調性が明確にならなかった（図5）。一方で，オイカワとアブラハヤはまったく異なるクラスターに属し，ここでも非同調性が明確に示された（図5）。ただし，4種中で繁殖直前の個体が出現したタモロコは，残る3種と同列に論ずるのが適当であるか検討の余地を残す（Nakagawa & Suzuki, 2006）。この種群の出現期間は比較的短いが，出現期には多数が採集されるため種の順位で上位になった（図3）。

ビワヒガイ・アユなど個体数が少ない種は，まとめて「迷入型」としておく。これはおおむねクラスターBに属する（図5）。この種群から，ビワヒガイやドンコなどは，個体数データの蓄積により，将来的にはより正確な種群に移行できるものと思われる。

非灌漑期に干上がる農業用水路で遡上魚類の季節変化を調べた中村・尾田（2003）は，各魚種の出現パターンを詳細に類別し，タモロコ・シマドジョウ・トウヨシノボリを「晩春初夏遡上・産卵型」，オイカワを「夏遡上・産卵型」，カワムツを「夏秋遡上・生育型」，ドジョウを「通水期遡上・初夏産卵・通水期生育型」などとした。この類別は，オイカワを例にとると，夏季に農業用水路に遡上するなどの点で，本研究と一致するが（図4），産卵を目的とする点など多くで一致しない。オイカワが成育のために水路を利用するとする本研究結果はむしろ，移動分散や摂餌のために小溝に浸入するという調査結果に近い（斉藤ほか，1988）。魚種別に生息場所の利用様式を分けた報告はいくつかあるため（例えば，片野，1998；細谷，2005；金尾，2006），稿を改めて比較したい。

スナヤツメの増加傾向は前報（鈴木ほか，2006a）ではじめて報告され，その傾向が続いていることが指摘された（図4）。本研究では，同所的に出現する各魚種の月変動と年変動から，底生魚のドジョウ類が，スナヤツメと同期的に出現し（図5），かつ最近になって個体数が増加していることを示した（図4）。本調査地では，底面にさまざまな粒径の堆積物が存在することが示された。南方種と見られる個体が大半を占める当地の底質粒度は，スナヤツメ北方種のアンモシーテス幼生が好む底質粒度とおおむね一致した（Sugiyama & Goto, 2002）。これらのことから，当地のスナヤツメ増加の一因が良好な底質環境にあると考えられる。今後，本種種を含む底生魚と底質の関係について精査を加え，考察を深める予定である。

引用文献

藤咲雅明・水谷正一．1999．魚類の生息場所としての水田環境．「淡水生物の保全生態学—復元生態学に向けて」（森誠一編），76−85．信山社サイテック，東京．

Hosoya K. 1982. Freshwater fish fauna of the

Yoshii River, Okayama Prefecture. Bull. Biogeogr. Soc. Japan, 37：23-35.

細谷和海．2005．琵琶湖周辺内湖における魚類および無脊椎動物の種多様性―琵琶湖の淡水魚の回遊様式と内湖の役割．「内湖からのメッセージ―琵琶湖周辺の湿地再生と生物多様性保全」（西野麻知子・浜端悦治編），118－125．サンライズ出版，滋賀．

井口恵一郎・淀太我・片野修．2003．西表島の水田用水系に出現する魚類の生息環境．魚類学雑誌，50（2）：115－121.

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），67－79．朝倉書店，東京.

Katano, O., Hosoya, K., Iguchi K., Yamaguchi, M., Aonuma, Y. & Kitano, S. 2003. Species diversity and abundance of freshwater fishes in irrigation ditches around rice field. Environmental Biology of Fishes, 66：107-121.

嘉田由紀子・遊磨正秀．2000．水辺遊びの生態学―琵琶湖地域の三世代の語りから―．210pp．農山漁村文化協会，東京.

金尾滋史．2005．琵琶湖周辺の水田地帯における魚類について．関西自然保護機構会誌，27（2）：41－46.

中坊徹次（編）．2000．日本産魚類検索―全種の同定，第二版．1748pp．東海大学出版，東京.

中島経夫・藤岡康弘・前畑政善・大塚泰介・藤本勝行・長田智生・佐藤智之・山田康幸・濱田浩之・木戸裕子・遠藤真樹．2001．滋賀県湖南地域における魚類の分布パターンと地形との関係．陸水学雑誌，62（3）：261－270.

Nakagawa, M. 2006. Disruption in the distribution of fish fauna simultaneous with the increase of introduced bluegill and largemouth bass in a lagoon of Lake Biwa, Japan. Proceedings of the 11th World Lake Conference, Nairobi Kenya, Volume 2. 236-241.

―. & Suzuki T. 2006. Seasonal change in fish species in a paddy ditch linked to Lake Biwa, Japan. Nairobi Kenya, Volume 2. 168-172.

中村智幸・尾田紀夫．2003．栃木県那珂川水系の農業水路における遡上魚類の季節変化．魚類学会誌，50（1）：25－33.

西野麻知子・細谷和海．2004．琵琶湖周辺内湖における外来魚仔稚魚と在来魚仔稚魚の関係．琵琶湖研究所所報，21：17－27.

前畑政善．2001．魚類．「滋賀の田園の生き物」（滋賀自然環境研究会編），116－129．サンライズ出版，滋賀.

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（1）：35－47.

滋賀県水産試験場．1996．平成6－7年度琵琶湖および河川の魚類等生息状況調査報告書．177pp．滋賀県水産試験場，滋賀.

Sugiyama, H. & Goto, A. 2002. Habitat selection by larvae of a fluvial lamprey, *Lethenteron reissneri*, in a small stream and an experimental aquarium. Ichthyol. Res., 49：62-68.

鈴木誉士．2005．水田ネットワークにおける魚類数種の個体群動態に関する研究．Takara ハーモニストファンド平成16年度研究活動報告，53－61．（公）Takara ハーモニストファンド，京都.

―・浅香智也・中川雅博．2006a．琵琶湖につながる護岸された農業用水路におけるスナヤツメ *Lethenteron reissneri* 個体数の経月および経年変動．関西自然保護機構会誌，28（1）：49－57.

—・—・—. 2006b. 琵琶湖につながる農業用水路で採集された希少種スナヤツメ（ヤツメウナギ科）の黄変個体. 南紀生物, 48 (1) : 9−12.
谷口順彦. 2001. ギンブナ.「日本の淡水魚第3版」(川那部浩哉・水野信彦・細谷和海編), 352−353. 山と渓谷社, 東京.
Yamazaki, Y. & Goto, A. 1996. Genetic differentiation of *Lethenteron reissneri* populations, with reference to the existence of discrete taxonomic entities. Ichthyol. Res., 43 : 283-299.
—. &—. 1997. Morphometric and meristric characteristics of two groups of *Lethenteron reissneri*. Ichthyol. Res., 44 : 15-25.
Yuma, M., Hosoya, K. & Nagata, Y. 1998. Distribution of the freshwater fishes of Japan: an historical overview. Environmental Biology of Fishes, 52 : 97-124.