関西自然保護機構会誌 *29*（*1*）：*27−37*，*2007*

原　著

琵琶湖の堅田内湖に生息するフナ属魚類を中心とした主要コイ科魚類の季節的消長

大阪信愛女学院短期大学人間環境学科　中　川　雅　博
近畿大学農学部　鈴　木　誉　士

Seasonal changes in the populations of *Carassius* sp. and the other five cyprinid fishes in Katada Naiko, Lake Biwa. Masahiro Nakagawa（*Department of Human and Environmental Science, Osaka Shin-Ai College*）and Takashi Suzuki（*Faculty of Agriculture, Kinki University*）

To study the fish fauna at satellite lakes around Lake Biwa, we collected fishes in 112 nights from 31 August 2001 to 29 August 2002 at Katada Naiko, which is one of the satellite lakes, located in the western region of the Shiga Prefecture. During the study a total of 1,483 individuals of 14 species were collected. We examined the changes in the individual numbers of each fish species including *Carassius* sp. The patterns of the occurrence of 14 species were categorized as "four-season type," "higher water temperature type," "lower water temperature type," and "unidentified type." The numbers of individual *Carassius* sp. that are categorized as the four-season type have increased from the late of April through the early of May. These results suggest that the fishes seasonally share the coastal area of the Naiko.

はじめに

琵琶湖周辺に点在する内湖は，魚類の繁殖・生息の場としての役割を持つことが指摘されている（倉田，1983）。そのため，かつての内湖は，魚類の繁殖期において，本湖をしのぐ魚種が出現する生物多様性維持の要であった。琵琶湖・内湖間や，内湖・水田間を往来する魚種は多く，たとえばニゴロブナは「琵琶湖・内湖・水田回遊型」魚類として，ゲンゴロウブナは「琵琶湖・内湖回遊型」魚類として内湖に出現する（細谷，2005）。そのことが，内湖の種多様度を高め，豊かで多様な生態系の基盤となってきた。

内湖の研究は，その重要性にもかかわらず，琵琶湖本体の研究に比べると顕著に少ない。とりわけ，魚類相に関してはその傾向が強く，まとまった報告は近年まで，わずかに名越・三浦（1964）や平井（1970）があるのみであった。最近になってようやく，内湖を含む琵琶湖周辺域での魚類相が活発に調査されはじめ（中島ほか，2001；西野・細谷，2004；滋賀県水産試験場，2005），多種にわたる魚類の生息地として，内湖が機能することがいっそう認識されるようになった。

しかしながら，これらの調査は，特定の季節もしくは短期間に行われたものや，定性的な記録にとどまるものであり，内湖に生息する魚類の資源量や生活史を解明するにはさらに調査データの蓄積が求められる。本研究で主に取り扱うフナ属魚

関西自然保護機構業績　第410号

類 *Carassius* sp.もまた，水産有用魚種でありながら内湖での情報に，いまだ具体性を欠く魚種の1つである。

琵琶湖水系のフナ属魚類は，固有種のニゴロブナ *C. auratus grandoculis* とゲンゴロウブナ *C. cuvieri* に加えて，雌性発生による繁殖生態をもつギンブナ *C. a. langsdorfii* の3種が生息する（中坊，2000）。近年，フナ属魚類の琵琶湖個体群は，いずれの種も減少傾向が認められるため（滋賀県生きもの総合調査委員会，2006），ニゴロブナを中心として資源回復策が検討・実施されている。フナ属魚類の減少は，ブルーギルとオオクチバスの定着と増加（中島ほか，2001），干拓による内湖の減少や水位調節による水位低下が引き起こす産卵場および仔稚魚期の成育場の消失（山本・遊麿，1999）が複合的に関与すると考えられている。フナ属魚類の内湖での繁殖生態等を精査することは，その減少要因の絞込みに役立ち，資源量回復のためにきわめて重要な基礎的知見をもたらす。

そこで，本研究では，琵琶湖周辺に残存する内湖の1つで，多様な魚類相を保つことから魚類の生息環境分析が急務とされる琵琶湖西部の堅田内湖において（美濃部・桑村，2001），フナ属魚類を含む主要コイ科魚類の季節的消長を定量的に調査した。つぎに，採集された全魚種の採集日データを用いてクラスター分析を施し，各魚種の出現パターンを類型化してフナ属魚類と他魚種との湖岸の利用様式の違いを明らかにした。さらに，これらの結果をもとに，フナ属魚類の季節的消長と出現パターンに関する既報と比較して議論した。

調査地および調査方法

調査地

調査地である滋賀県大津市の堅田内湖は，残存

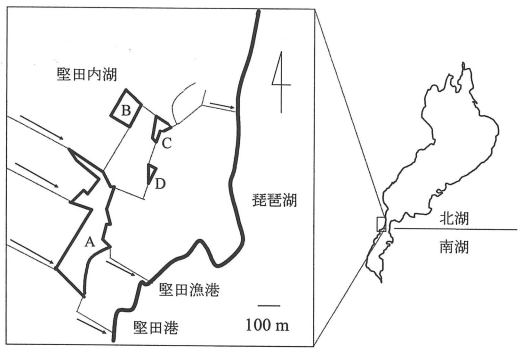


図1．調査地．矢印は流れの方向を示す．開水面が大きい順にA池，B池，C池，D池とした．C池の東岸の一部は2005年に埋め立てられた．

内湖のひとつであり，琵琶湖の南湖西岸の真野川と天神川の間に位置する。主たる開水面は4つにわかれ，それらすべてをあわせても，表面積は0.1㎢に満たない。本稿では既報（中川，2005）に従い，水路でつながった4つの水面を大きい順にA池，B池，C池およびD池と称することにする（図1）。主な流入水路はA池に注ぐ3本（図の左側矢印）があり，いずれもコンクリート護岸が施されている。琵琶湖への流出は3箇所あり，それぞれA池から堅田港と堅田漁港につながる2つの水路，C池からの1つの水路である。採集は原則としてC池の東岸で行った。

堅田内湖は，流出箇所の3水路すべてが堰により琵琶湖と隔離された閉鎖系であるため（美濃部・桑村，2001），琵琶湖の水位に関係なく，調査地付近での水深は概ね80㎝と一定である。

調査時期と採集方法

調査は，2001年8月31日～翌年8月29日の1年間に行った。1ヶ月あたり調査日数は約8～12日であり，年間合計は112日である。調査方法は投網（目合10㎜×10㎜）を用いた定量法とした。いずれの調査日においても漁獲努力量が同一になる

ように配慮した。すなわち，採集時間は，日照等の環境諸条件のばらつきが少なく，多くの魚類が群れを解消して分散状態となる夜間21：00～24：00（井上，1955）のうち，20分間とした。この20分間のうちに投網をC池内の7箇所に7度投じ，得られた個体の同定と計数を行った。なお，得られた個体は今後の体サイズの分析等のために，原則として固定標本に供した。

当地におけるフナ属魚類には，ゲンゴロウブナ・ニゴロブナ・ギンブナの3種が報告されており（中島ほか，2001），著者ら（未発表データ）は一部の個体で雑種個体を確認している。そこで本稿では便宜的に，これらを一括してフナ属魚類1種として取り扱った。また，ホンモロコとした個体の中には，いくぶん同属のタモロコに似る個体も含まれたものの，その程度および中間個体の出現頻度から判断して本稿ではまとめてホンモロコとした。なお，混獲された魚類には「レッドデータブック」（環境省，2003）に記載されている種はなかった。

解析

まず，フナ属魚類を含む主要コイ科魚類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。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区間の移動平均処理を施した。図示の対象種は，調査期間中に採集されたコイ科魚類の上位6種とした。このうち，ワタカ（鈴木ほか，2007）とツチフキ（中島・中川，2007）の季節的消長については報告済みであるが，本稿の考察に必要であるため，解析に修正を加えて再録した。

つぎに，フナ属魚類の出現パターンを同所的に生息する他の魚種と比較するため，期間中に採集された全14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。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。

はたき行動の調査

2001年11月～2002年8月までの採集を行っている20分間に，C池とそれに連絡する3つの水路において，魚類が跳ねたり，尾で水面を叩いたりして発せられた各々の音を数えた。1回の行動で生じた音をはたき行動1回として，それらの合計数を1調査日あたりのはたき数と定義した。

調査日によっては，はたき行動の調査区間内で，産卵のために複数の個体が数秒～数十秒にわたって継続して水面をはたく音があった。この場合には，継続した音をまとめて1回としてカウントした。

調査は夜間に行われていたため，騒音など人間活動による聞き取りへの支障はまったくなかった。ただし，強い降雨のため聞き取りの精度が保てない調査日については欠測とした。得られたはたき行動の数は，折れ線グラフとして表示して，水面下10㎝箇所で測定された水温と比較した。

結　果

魚類の種組成

図2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。すなわち，一般に生物群集について種と個体数の間に見られる関係が，当地の魚類相においても認められた。

個体数がもっとも多かったのはフナ属魚類の695個体で，モツゴの341個体，タイリクバラタナゴの200個体がこれに続き，これら優占種上位3種で全採集個体数の83.3％を占めた。続く，ワタ

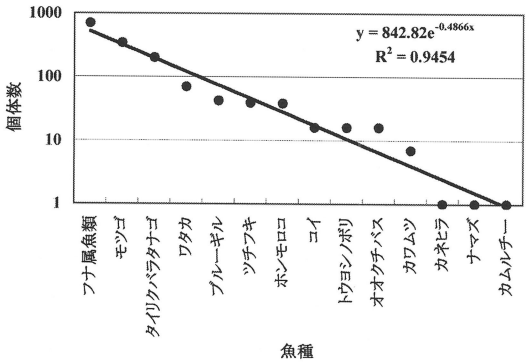


図2．採集された魚種とその個体数．個体数は対数で表示．

カ（4位），ツチフキ（6位），およびホンモロコ（7位）のコイ科3種147個体とブルーギル（5位）の42個体で全採集個体数の96.1%を占めた。オオクチバスは，コイやトウヨシノボリと同様に8位であり，全採集個体数の1.1%にあたる16個体がそれぞれ採集されるにとどまった。ブルーギルとオオクチバスの個体数が全採集個体数の3.9%とわずかであることから，当地のコイ科魚類の生活史は，この2種の影響をほとんど受けないものと推察された。

各魚類の季節的消長

図3に魚種別の季節的消長を示す。各魚種の出現パターンは多岐にわたった。一般的な傾向として，3月中旬ごろに多くの個体が採集された。以下に，個体数の季節的消長について種別に列挙する。

フナ属魚類は，112調査日のうち105調査で採集されたことから，周年にわたって湖岸に出現するといえる。ただし，個体数は調査日により0～31個体と大きく増減した。出現ピークは，4月下旬～5月上旬の1回であり，5調査日連続して19個体～31個体が採集された。また，3月下旬にも21個体が採集されているが，その後は7個体以下にとどまる調査日が続いた。

モツゴとタイリクバラタナゴも，周年出現した。また，季節的な個体数の増減は不明瞭ながらも認められた。モツゴは，12月中旬～4月上旬に多数が出現した。この期間には，採集されなかった調査日がわずかであり，個体数においても最優占種のフナ属魚類をしのぐ調査日もあった。タイリクバラタナゴは，モツゴよりも周年出現の傾向がいっそう強く，また出現ピークの傾向が一段と不明瞭であった。3月上旬と6月上旬に2つのピークが認められた。

ワタカ，ツチフキ，ホンモロコの3種は，明瞭な季節的消長が認められた。ワタカは，水温が比較的高い2月下旬～10月上旬に出現し，10月19日～2月17日では39調査日連続で採集されなかった。一方，ツチフキは，水温が比較的低い10月中旬～4月下旬に長期間にわたって出現し，5月1日～8月29日では37調査日連続で採集されなかった。ホンモロコは，低水温期の11月下旬～3月下旬にのみ集中して出現し，8月31日～11月20日の20調査日および3月30日～8月29日の47調査日で連続して採集されなかった。

出現パターンのクラスター解析

図4に調査した14魚種の季節的な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，ツチフキとホンモロコに代表されるクラスターAは，季節的消長が比較的明瞭で，低水温期に出現して高水温期に採集されないという特徴を示した。コイとオオクチバス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。ワタカ1種で構成されるクラスターCは，季節的消長が明瞭で，7月や8月の高水温期に出現して晩秋－厳冬期に採集されないという特徴を示した。フナ属魚類，

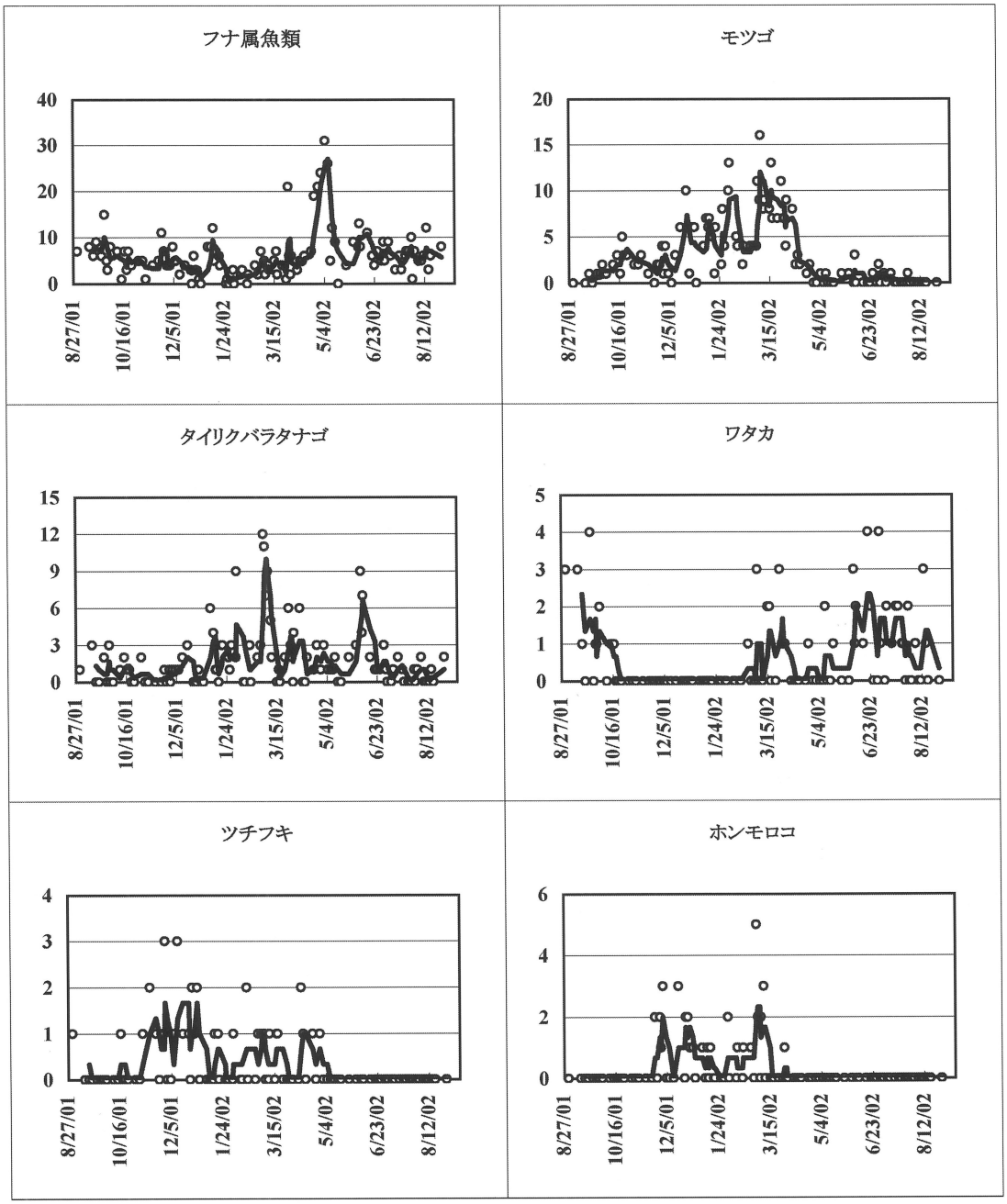


図3. フナ属魚類とコイ科魚類上位5種における個体数の季節的変動．横軸に調査日，縦軸に個体数を示す．白丸は個体数の実数を示し，曲線は3区間の移動平均を示す．

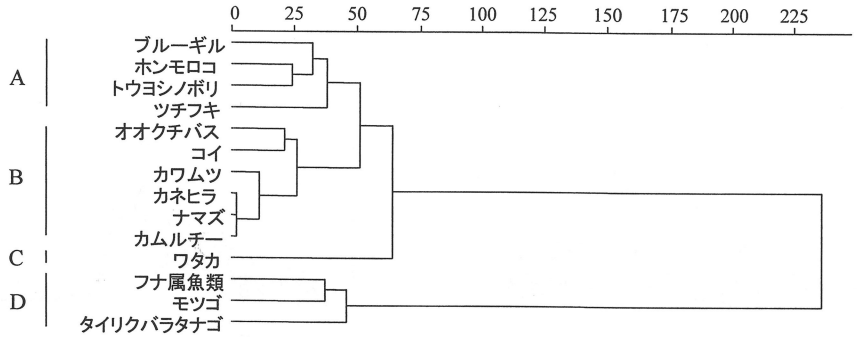


図4．出現パターンのデンドログラム．出現・非出現（0，1）の類似性を示す．同一クラスター内の種同士で出現パターンの類似度が高い．

モツゴ，タイリクバラタナゴの3種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，コイとオオクチバスのグループ，カネヒラなど4つのグループに細分された。これらの結果は，堅田内湖の湖岸が季節によって異なる魚種に利用されていることを示す。

はたき行動の季節的変動

図5に水温とはたき行動が見られる回数の季節的変動の結果を示す。調査開始後10月24日までは水温は，15℃（後述のようにフナ属魚類の産卵が活発になる水温）を超え（中川ほか，未発表），

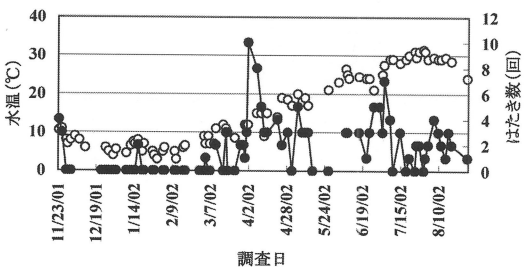


図5．水温とはたき数の季節的変動．白丸が水温．実線がはたき数．魚類が水面上に跳ねたり，水面を尾で叩いたりする行動をはたき数として計数した．

その後，2002年の4月1日まで15℃未満を記録した。4月7日には再び15℃以上の調査日が見られ，4月14日以降は調査終了日まで，すべての調査日で15℃以上を記録した。

はたき行動の回数が最も多かったのは4月1日の10回で，4月7日の8回，7月3日の7回が続いた。はたき行動は，水温が高まる3月中旬から増加傾向にあり，4月以降，はたき行動の回数がゼロとなる3調査日を除いて，6月23日までに1～5回が記録された。続く6月28日～7月3日の4調査日中3調査日で5回以上のはたき数を記録した。はたき行動の回数のピークは，この4月上旬と6月下旬の2回であり，2回目のピークは，水温上昇とは連動しなかった。

考　察

琵琶湖周辺に点在する内湖が，琵琶湖水系の豊かな魚類相を維持するうえで重要な働きをしているとの指摘が多くある（倉田，1983）。しかしながら，そのことに着目して内湖の魚類を継続的に調査した例はあまり知られていない。著者らは，堅田内湖で内湖に生息する魚類の生活史を解明する一環として，魚類相の時系列変化を調査してき

た。調査は2001年８月から５ヵ年間実施され，研究が滞りがちである魚類相についても徐々に知見の蓄積がなされてきた。そのもっとも重要な現象は，2004年ごろから，多くのコイ科魚類と排他的関係にあるとされるブルーギルとオオクチバスが急増し，採集個体に占めるコイ科魚類の割合が激減したことである（Nakagawa，2006；鈴木ほか，2007）。

この現象を別の視点で捉えると，調査開始当初，すなわち2003年以前は，ブルーギルとオオクチバスが占拠する以前の堅田内湖本来の魚類相であると考えることができる。したがって，この時期の魚類の季節的消長に関するデータは，2004年以降の内湖では激減した在来種の，かつての生息実態を知る貴重な手がかりになる。

そこで，本研究では，2001年８月31日～2002年８月29日の１年間に112回の定量採集で得られたデータをもとにして，各魚種の季節的消長を分析した。以下では，クラスター分析により類型化された，各魚種の出現パターンを４つに類別し，それらの特徴について言及する。つぎに，最優占種にあるフナ属魚類に焦点をあて，その季節的消長について考察する。最後に，本研究で試験的に採用したはたき行動の調査の有用性について検証する。

出現パターンの類型化

季節的消長とクラスター解析の結果から，各魚種による湖岸の季節別利用状況が類型化された。これは，堅田内湖での各魚種の生活史を推測するうえで役立つ。

フナ属魚類・モツゴ・タイリクバラタナゴの３種は，調査日別の各魚種の出現パターンから（図３），「周年接岸型」と呼ぶことにする。この結果は，クラスター分析で（図４），この３種が同一クラスターに含まれたことからも支持される。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２）。2000年度に堅田内湖で投網を用いた魚類相の周年調査を実施した井戸本（2004）も，この３種が優占することを報告しており，堅田内湖のＣ池に限定して実施した本研究結果とよく一致する（図４）。一方，滋賀県水産試験場（2005）が小型定置網を堅田内湖Ｂ池に設置して行った調査では，1994年度と2002年度で，ともにモツゴとタイリクバラタナゴが優占し，フナ属魚類の個体数は少なかった。フナ属魚類を対象とした漁業が成立している西の湖でも，この小型定置網による調査結果では，フナ属魚類の採集個体数は少ない（滋賀県水産試験場，2005）。このことから，小型定置網の結果は，フナ属魚類の個体数を過小評価している可能性が高い。したがって，内湖の魚類相を評価する際には，調査手法の特長と調査時期に留意する必要がある。

ツチフキとホンモロコの２種は，水温が高い６～８月にほとんどあるいはまったく出現しなかったことから（図３），「低水温期接岸型」として区分できる。ツチフキの繁殖期はふつう４～６月である（細谷，2001）。しかしながら，堅田内湖でのツチフキの繁殖期は，生殖腺指数の解析などから，２月下旬に始まり４月中旬には収束することが知られている（中島・中川，2007）。ツチフキの接岸が繁殖期によって規定されているのであれば，他の内湖では，本種の出現時期は４～６月にシフトすると予想される。湖岸で産卵するホンモロコの出現期間は，ツチフキのそれよりもいっそう短縮し，11月下旬～３月下旬に限られた（図３）。この期間は，一般に知られている本種の繁殖盛期の３～７月（細谷，2001）よりもずいぶん早い。堅田内湖で繁殖期が早まる現象が，ホンモロコにも認められるか否かは，今後，生殖腺指数などの調査を実施して明らかにしたい。

ブルーギルも「低水温期接岸型」として区分された（図４）。本種は，2004年以降では優占種となり（鈴木ほか，2007），かつ周年出現することが確認されている（中川ほか，未発表）。このことから，本種は本調査時に個体群の増加過程にあって，一時的にこのカテゴリーに属したものと思われる。また，同一クラスターに区分されたトウヨシノボリについては，採用した投網の目合が本種の採集に不向きであることと，本種の採集個体数が少なかったことから，別カテゴリーに移動することがありえる。

ワタカは，２月下旬～10月上旬に出現し，晩秋から厳冬季には出現しないことが示された（図３）。また，他魚種の出現ピークが収束する６月以降に頻繁に出現することから「高水温期接岸型」と呼ぶことにする。当地で，ワタカの繁殖盛期は６～７月の２ヶ月に集中することが生殖腺指数の調査から明らかになっている（鈴木ほか，2007）。この出現ピークの他魚種に対する遅れは，産卵場所がフナ属魚類などと重複するワタカが，産卵時期を高水温期にシフトさせ，他魚種との競合を回避して，繁殖場を確保する戦略をとっていると捉えればうまく説明ができる。ワタカが琵琶湖水系の固有種であること，琵琶湖水系で急激な減少のために絶滅危惧種に指定されていること（滋賀県生きもの総合調査委員会，2006），最近ではまとまって採集されている水域が堅田内湖に限られること（中島ほか，2001）をかんがみると，堅田内湖の保全上の優先順位はきわめて高い。また，ワタカはその固有性や脅威度のみならず，草食に傾く食性から富栄養化を制御する働きをするとみられ，水質改善の観点からきわめて有用な魚種である。今後，本種の保護保存が図られると見込まれるが，本結果はその際に有益な基礎的知見となる。

カネヒラやコイなど個体数が少ない種は，まとめて「少数不明瞭型」としておく。このタイプはおおむねクラスターＢに属する（図４）。カネヒラは，季節的に回遊することが知られており，琵琶湖北部につながる農業用水路では，水温が低くなる秋季に多く出現する（中川ほか，2007）。したがって，本種の個体数データが蓄積された場合，明瞭な季節的消長を示す可能性がある。コイは，フナ属魚類よりも１ヶ月遅く産卵するとする細谷（2001）に従えば，５月下旬～６月上旬に接岸するものと予想できる。オオクチバスは，最近，急増しているため（Nakagawa，2006），標本数を増やして傾向をつかむ予定である。本研究では採集されなかったアユ（滋賀県水産試験場，2005），ドジョウやメダカ（中島ほか，2001），オイカワやスゴモロコ（鈴木ほか，2007）もこのカテゴリーに入れておくのが妥当であろう。

フナ属魚類の季節的消長

フナ属魚類は周年にわたって採集されたものの，その個体数には季節によって大きく異なり，とりわけ４月下旬～５月上旬に多数が採集された（図３）。この季節的な個体数の増加は，フナ属魚類の成魚が繁殖のために，接岸することに起因すると思われる。実際に，本調査終了後に実施した関連の調査においても，４月～５月にかけて，フナ属魚類の産卵と仔魚を確認している（鈴木ほか，未発表）。

琵琶湖水系におけるフナ属魚類の繁殖期は，３月下旬～７月中旬とされる（宮地ほか，1963）。本調査において，フナ属魚類が多く出現した期間は，４月下旬～５月上旬であり，これに比べてはるかに短かった。宮地ほか（1963）は，少なくともゲンゴロウブナについては，産卵を終えるとすぐに内湖を去ると指摘している。これらのことから，2002年の当地ではゲンゴロウブナが多く接岸していたものと予想される。

フナ属魚類の出現数とはたき数のピーク

フナ属魚類は繁殖期になると，水面上に跳ねる行動や尾で水面を叩く「はたき行動」が増えることが広く知られている（友田，1978；小川，2005）。したがって本研究では，フナ属魚類における季節的消長のデータを補足する試みとして，これらの行動の頻度を計数した。当地に生息する魚類のうち，繁殖期に同様の行動をとると予想できる種にコイがいるが（細谷，2001），魚類の種組成から（図２），その行動の多くがフナ属魚類によるものとみられる。

フナ属魚類の出現数（図３）とはたき数（図５）を比較すると，出現数が少なかった11月下旬～３月上旬には，はたき数もまた低調であった。しかしながら，出現数のピークが４月下旬から５月上旬の１回であったのに対し，はたき数のピークは４月上旬と６月下旬の２回に分かれた。連続してフナ属魚類が水面をはたく行動があった４月１日には，本種の産卵を確認しており，2007年４月15日にはフナ属魚類の稚魚を発見している（鈴木ほか，未発表）。これらのことは，堅田内湖においてフナ属魚類の繁殖期は少なくとも４月上旬に行われていることを示唆する。

出現数のピークとはたき数のピークは，半月ほどのズレが生じている（図３，図５）。先行するはたき行動の４月上旬ピーク後も，しばらくの期間で，３～５回のはたき行動を記録しており，これは出現数のピークと重複する。このことは，当地でのフナ属魚類の繁殖盛期は少なくとも４月下旬まで続くことを示唆する。友田（1978）は，フナ属魚類の産卵が多く見られる水温は14～15℃付近にみているが，当地における出現数のピークとはたき数の４月上旬ピーク時における水温はまさに，この付近であった（図５）。

はたき数のもう一方のピーク，すなわち６月下旬ピークが，フナ属魚類の繁殖期と連動するか否かは，本研究では明らかにできなかった。ニゴロブナの産卵期は，４月中旬～７月中旬で，その中頃にいったん中断するといわれている（宮地ほか，1963）。ニゴロブナで，この産卵の中休みがあることは友田（1978）も指摘している。実際，琵琶湖産のフナ属魚類３種が多かった1964年に，琵琶湖南湖西岸の山ノ下湾では，フナ属魚類の仔稚魚は，５月と７月に分かれて多く出現している（平井，1970）。これらは，本研究のはたき数が４月上旬ピークと６月下旬ピークの２回に分かれたことと一致する。また，他魚種の精子を利用して雌性発生するギンブナは，琵琶湖水系でニゴロブナと一緒に行動する例が知れられているから（前畑，2001；中川ほか，2007），ギンブナの繁殖期もニゴロブナと同調する可能性が高い。

一方，ゲンゴロウブナの産卵期は，３月下旬～７月中旬で，盛期が５～６月である（宮地ほか，1963）。また，内湖で中断せずにゲンゴロウブナのみが産卵を続けるとする報告もある（友田，1978）。さらに，ニゴロブナの減少が著しい最近ではフナ属魚類の出現のピークは１回と報告されることが多い。たとえば，2002年に残存内湖のひとつである湖北野田沼で，フナ属魚類の仔稚魚の出現ピークを調査した西野・細谷（2004）は，５月のみに小さな出現ピークを認めている。同様に，西の湖で仔稚魚調査をした鈴木ほか（2005）も１回のみ出現ピークを認めている。

これらを考慮し，はたき行動が繁殖期の指標として機能するとすれば，本研究におけるはたき数の１回目のピークは，ゲンゴロウブナ・ニゴロブナ・ギンブナの３種によるものであり，２回目にピークは，ニゴロブナ・ギンブナの２種によるものであると推測される。今後，はたき数の６月下旬ピークの動作主を特定するために，フナ属魚類の同定を進め，かつ７月以降のフナ属魚類の仔稚魚を調査する必要がある。

生物季節学的手法の有効性

本調査では，繁殖期に主にフナ属魚類が水面上に跳ねたり，水面を尾で叩いたりする行動に着目して，その頻度を指数化した。生物の行動は，環境温度や気候条件と密接に連動しており，それらの関係を調べる学問を生物季節学 Phenology という。いまのところ，淡水魚の行動に由来する音を生物季節学的手法により指数化した報告はほとんどない（小川，2005）。

はたき行動の調査は，1）その動作主がおおよそでしか特定できないこと，2）騒音など人間活動による聞き取りの障害がない場所と時刻でのみ有効であること，3）降雨や波浪など天候条件に聞き取り精度が左右されること，といった短所がある。しかしながら，1）実施にあたって新たな機材や技能をまったく必要としないこと，2）調査地の生態系にまったく影響を与えずに遂行できること，3）特別の労力を伴うことなく主たる調査と並行して実施できること，といった長所があるため，魚類相調査の補助的手段として採用できる。本調査で実施したようにはたき数が定量的に記録されたのであれば，各種の多様度指数でうまく表現できなかった，「水辺のにぎわい」を数値化するのにも役立つものと期待できる。

引用文献

平井賢一．1970．びわ湖内湾の水生植物帯における仔稚魚の生態Ⅰ－仔稚魚の生活場所について．金沢大学教育学部紀要，19：93－105.

細谷和海．2001．ホンモロコ，ツチフキ，コイ．「日本の淡水魚第3版」（川那部浩哉・水野信彦・細谷和海編），297，316，334－338．山と渓谷社，東京.

――．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.

井戸本純一．2004．バス・ギルと在来魚が共存!?ふしぎな内湖の話．琵琶湖博物館だより－うみんど，30：6.

井上喜平治．1955．淡水魚の夜間行動に関する実験（第1報）．日本生態学会誌，4：156－157.

環境省自然環境局野生生物課（編）．2003．改訂・日本の絶滅のおそれのある野生生物－レッドデータブック－4，汽水・淡水魚類．230pp.（財）自然環境研究センター，東京.

倉田　亮．1983．湖とその集水域の物質動態④，内湖－その生態学的機能．滋賀県琵琶湖研究所所報2，46－54.

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.

美濃部博・桑村邦彦．2001．琵琶湖周辺の内湖における魚類相の変化と生息環境分析－在来魚の繁殖・生息の場としての生態的機能の復元に向けて．応用生態工学，4：27－38.

名越　誠・三浦泰蔵．1964．びわ湖産のゲンゴロウブナの個体群生態学的研究Ⅰ．標識法による早崎内湖産卵群の現存数，移入数および経日変化の推定．生理生態，12：93－98.

宮地傳三郎・川那部浩哉・水野信彦．1963．原色日本淡水魚図鑑．462pp．保育社，大阪.

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，62：261－270.

中川雅博．2005．2004年の滋賀県堅田内湖に発生したボタンウキクサの繁茂状況．関西自然保護機構会誌，27：53－56．
――・浅香智也・鈴木誉士．2007．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に焦点をあてて．関西自然保護機構会誌，28：127－139．
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.
中島　淳・中川雅博．2007．琵琶湖の堅田内湖に生息するツチフキの繁殖期．人と自然，17：13－18．
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．
小川力也．2005．水位変動がコイ・フナ類の繁殖生態に及ぼす影響．「流水・土砂の管理と河川環境の復元・保全に関する研究（改訂版）」，203－218．河川環境管理財団．
滋賀県生きもの総合調査委員会．2006．滋賀県で大切にすべき野生生物－滋賀県レッドデータブック2005年版．560pp．サンライズ出版，滋賀．
滋賀県水産試験場．2005．内湖．「平成14－15年度琵琶湖および河川の魚類等生息状況調査報告書」，滋賀県水産試験場．76－84．
鈴木誉士・永野　元・小林　徹・上野紘一．2005．RAPD分析による琵琶湖産フナ属魚類の種・亜種判別およびヨシ帯に出現するフナ仔稚魚の季節変化．日本水産学会誌，71：10－15．
――・中島　淳・中川雅博．2006：琵琶湖の堅田内湖に生息するワタカ個体群の季節的消長．関西自然保護機構会誌，28：117－125．
友田淑郎．1978．進化の秘密をさぐる－琵琶湖とナマズ．326pp．汐文社，東京．
山本敏哉・遊磨正秀．1999．琵琶湖におけるコイ科仔魚の初期生態－水位調節に翻弄された生息環境．「淡水生物の保全生態学－復元生態学に向けて－」（森誠一編著），193－203．信山社サイテック，東京．