

貴重植物、ヨシおよび在来魚からみた内湖の生物多様性

西野麻知子・濱端悦治・金子有子・
福田大輔¹⁾・細谷和海¹⁾・井鷲祐司²⁾

要 約

琵琶湖周辺内湖において、貴重植物等の種多様性、ヨシの遺伝的多様性および在来魚の繁殖状況を調査した。内湖とその周辺で確認された貴重植物および注目種のうち、琵琶湖本湖の1.4倍にあたる32科53種が内湖に分布し、その多くが氾濫原環境の植物と考えられた。広分布種であるヨシでは、多くの内湖で点在する小さな群落で、それぞれ異なるクローンから構成され、集団全体の遺伝的多様性が高かった一方、大規模なヨシ群落が広がる西の湖や琵琶湖岸の雄琴ではクローン多様性が低く、数10mから数100mのクローンが普通に見られた。外来魚の密度や地理的条件の異なる5内湖で仔稚魚調査を行ったところ、3内湖でオオクチバスとブルーギルが優占し、それらの内湖から流出する仔稚魚の90%以上をブルーギルが占め、内湖が琵琶湖へのブルーギルの供給源になっている一方、オオクチバス仔稚魚は内湖から流出しないことが分かった。また内湖に流入する水路では2種の外来魚仔稚魚はほとんど採集されず、種数や密度は極めて低いものの、内湖上流の水路や水田が在来魚の繁殖環境としてある程度機能していることが示唆された。さらに、外来魚の多少に関わらず、流水域の砂底や冷水環境など、各々の内湖がもつ特有の環境要素もまた、在来魚の多様な繁殖環境として機能していることも明らかになった。

1. はじめに

かつて琵琶湖の沿岸部には、内湾あるいは内湖とよばれる閉鎖的な水域が広がっていた。そこにはヨシなどの抽水植物や沈水植物が生い茂り、固有種ゲンゴロウブナをはじめとする多くの在来魚の産卵場でもあった。その頃の琵琶湖は、湖の周囲で雨が降ると水位が上がって湖岸線が陸側に広がり、内湾や内湖と琵琶湖との境が判然としなくなるような湖でもあった。そのため、大雨が降ると湖辺の田畑が浸水する被害が絶えなかった。

1905年、琵琶湖周辺の洪水防御のため、琵琶湖の唯一の流出口である瀬田川に南郷洗堰が設置され、琵琶湖の水位が人為的にコントロールされるようになった。それ以降、琵琶湖周辺の治水とともに、下流の京阪神地域での水需要が高まるなか

で、琵琶湖の水位が長期的に低下するようになった。

琵琶湖水位の低下にともなって内湖の水深は浅くなり、その面積も縮小した。内湖は、新たな農地の候補地とみなされるようになり、干拓計画が幾度か持ち上がったが、その度に地元の反対で実現しなかった。しかしその後、第二次大戦後の食糧難の時代に本格的に干拓が進み、ほとんどが水田等の陸地に姿を変えた。

1940年当時、内湖の総面積は29.02km²にのぼり、また1940年代後半に撮影された米軍の航空写真から推定された内湖の湖岸線は152kmにおよんだ(東, 2004)。これは当時の琵琶湖の湖岸線の総延長のほぼ40%に該当すると推定され(西野, 2005)、内湖は文字どおり琵琶湖の水陸移行帯の主要な部分

1) 近畿大学農学部 2) 広島大学総合科学部

を形成していたと考えられる。しかし現在、残存する内湖の数は23、総面積は7分の1、4.25km²にまで減少した（表1、図1）。にもかかわらず、今でも琵琶湖周辺の湿地帯の56%が琵琶湖の面積の僅か0.6%にすぎない残存内湖に分布している（滋賀県琵琶湖環境部自然保護課，2003）。

内湖は古くから魚類の繁殖場として、また原野（氾濫原）の植物の生育場所や水鳥類の渡りの中継湿地として重要な役割を果たしていたと考えられている（梅原・栗林，1991；須川，2005）。ただ、このような内湖の生態的機能がどう変遷し、現在どのような状況にあるかについては、十分明らか

になっていなかった。

本プロジェクトは、内湖の生物多様性の現状を明らかにすることで、固有種を中心とした在来種が生育、繁殖しやすい内湖環境再生のあり方を示すことを目的としている。最終年度である2004年度は、主要な内湖の植生調査を行うとともに、内湖における貴重植物等の分布と種多様性、および2003年度から行ってきたヨシの遺伝的多様性についての研究をさらに進めた。

また魚類については、魚類相や環境条件の異なる5内湖において、仔稚魚の現状とその移入および移出状況を調査することで、各内湖が在来魚の



図1 残存内湖、消失内湖および人工内湖の分布
1～37：内湖（○印がついているものは消失内湖） A～J：人工内湖

表1 1940年頃の内湖および現在の内湖（琵琶湖干拓史編纂事務局，1970、滋賀県資料等にもとづき作成）

No.*	名称	干拓	一部干拓	残存内湖	面積(1940年頃)ha	面積(現在)ha
1	堅田内湖			●	7.9	7.9
2	小松沼(近江舞子沼)			●	7.8	7.8
3	乙女ヶ池			●	8.9	8.9
4	松の木内湖			●	?	19.9
5	四津川内湖	●			19.9	-
6	五反田沼			●	1.2	1.2
7	十ヶ坪沼(エカイ沼)			●	2.0	2.0
8	菅沼			●	2.8	2.8
9	今津沼	●			?	-
10	浜分沼			●	5.4	5.4
11	貫川内湖(南・北)**	●		△	16.0	5.4
12	塩津内湖	●			16.8	-
13	(塩津) 娑婆内湖	●			16.4	-
14	(湖北) 野田沼			●	6.2	8.6
15	早崎内湖	●			91.9	-
16	南浦内湖		●	●	6.5	6.5
17	大郷内湖	●			13.9	-
18	浜須賀沼	●			2.4	-
19	入江内湖→蓮沼(残存内湖名)			●	305.4	2.0
20	松原内湖	●			73.3	-
21	(彦根) 野田沼			●	15.0	8.4
22	曾根沼		●	●	87.0	21.6
23	今川沼	●			1.0	-
24-1	神上沼			●	3.6	3.6
24-2	古矢場沼			●	3.6	3.6
25	伊庭内湖(東部承水溝)			●	49.0	49.0
26	大中の湖	●			1145.0	-
27	小中の湖	●			342.1	-
28	西の湖			●	221.9	221.9****
29	北の庄沢			●	15.8	15.8
30	津田内湖	●			119.0	-
31	北沢沼			●	4.9	4.9
32	水荃内湖	●			201.3	1.0未満
33	野田沼(野洲市)	●			39.5	-
34	繁昌池	●			33.8	-
35	志那中内湖			●	2.5	2.5
36	柳平湖			●	?	5.7
37	平湖			●	13.4	13.4
	計***	16	2	23	2903.1	428.8

現在の面積が1940年頃当時より増大したり、一部埋め立て、干拓されたにも関わらず減少していない内湖があるが、これは一部陸地面積が含まれているため、実際の水面の面積は当時より狭くなっている。

* 数字は図1と対応している。

** 貫川内湖は1951年にいったん干拓された後、1980年代に再び内湖に復元された。

*** 滋賀県琵琶湖環境部水政課(2000)によると、1940年頃的面積は2902ha、1995年の面積は425ha。

**** 国土地理院(2004)によると、西の湖の面積は219ha。

繁殖場として機能しているかどうかや、琵琶湖一内湖一水田を繋ぐネットワークの現状を解析した。以下にこれらの調査結果を報告するが、2節は浜端が、3節は金子、井鷲が、4節は福田、細谷、西野が執筆し、西野が全体をまとめた。

なお、本プロジェクトの研究成果については、すでに「内湖からのメッセージー琵琶湖周辺の湿地再生と生物多様性保全」(西野・浜端編, 2005)が出版されている。本報告は、その後の調査結果をまとめたもので、上記図書を補う内容となっており、あわせて参照されたい。

2. 植物からみた内湖の種多様性

内湖は、水質浄化機能面において琵琶湖にとっての重要性が強調されることが多いが、琵琶湖の内湾よりさらに穏やかな環境を有しており、多くの貴重な水生生物が分布することからも、琵琶湖への種の供給源として重要な意味をもっている。しかし、絶滅危惧種の中では最もランクの高いIA類(環境庁, 2000)に指定されているフサタヌキモが、1999年になってはじめて琵琶湖周辺内湖で発見されるなど、内湖の水生生物についての知見はまだ不足している。

表 2 内湖別植物群落

	1	2	3	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36, 37				
	堅田内湖	小松沼	乙女ヶ池	松の木内湖	五反田沼	十ヶ坪内湖	菅沼	今津沼	浜分沼	貫川内湖(南)	貫川内湖(北)	塩津内湖(干拓跡)	塩津婆婆内湖(干拓跡)	(湖北)野田沼	早崎内湖(干拓跡)	大浦内湖	大郷内湖	浜須賀内湖	蓮沼	入江内湖(干拓跡)	松原内湖(干拓跡)	(彦根)野田沼	曾根沼	神上沼・古矢場沼	伊庭内湖	大中の湖(干拓跡)	小中の湖(干拓跡)	西の湖	北の庄沢	津田沼(干拓跡)	北沢沼	水葦内湖(干拓跡)	野田沼(野州市)	繁昌池(干拓跡)	志那中内湖	平湖・柳平湖		
1																																						
2		●	●																																			
3																																						
4																																						
5																																						
6		●	●	●	●	●	●																															
7			●																																			
8			●																																			
9																																						
10																																						
11																																						
12																																						
13																																						
14																																						
15																																						
16																																						
17																																						
18																																						
19																																						
20																																						
21																																						
22																																						
23																																						
24																																						
群落数	4	8	1	2	3	2	0	0	6	5	3	3	0	6	0	8	5	0	2	4	0	6	10	4	10	0	0	15	9	10	5	2	7	0	5	3		

本研究では、とくに内湖生態系の基盤ともなる水生植物に焦点を絞り、群落組成、群落構造の把握を行うとともに、内湖での貴重種をはじめとする植物種の分布の実態を明らかにすることを目的として調査を行った。

2.1 調査項目と方法

全内湖とその周辺地域について、群落が残る主要内湖について植生調査と相観植生図作成のための調査を行うとともに、貴重種等についても分布調査を行った。植生調査については、植物社会学的手法（ブラウンプランケ法：1964年）による植生調査を行った。得られた調査票から素表を作成し、種組成による群落識別を行った。また現地踏査および2000年撮影の航空写真を用い、相観植生図も作成した。貴重種等については、調査区域内を踏査し、野帳および地図に記録し、写真撮影および個体数が多ければ標本の採取も行った。な

お、ここでいう貴重種とは、環境庁（2000）、滋賀県（2000）、レッドデータブック近畿研究会（2001）の絶滅危惧種、絶滅危機増大種、希少種等を指し、それに、滋賀県内で注目すべき種などを追加した。

2.2 結果および考察

2.2.1 植物群落

琵琶湖周辺に残存する内湖およびかつて内湖だった干拓地のべ34カ所で確認された植物群落は24群落だった（表2）。ヤナギ林は15内湖で確認され、すべての残存内湖でヨシがみられたが、ヨシ群落は22内湖、4干拓地で認められた。沈水植物はすべてヒルムシロクラスにまとめられ、17の内湖で認められた。またヤナギ林、ヨシ群落および沈水植物群落が同時に成立する内湖は、湖北野田沼、曾根沼、伊庭内湖、西の湖、堅田内湖、小松沼、浜分沼だけであった。

2.2.2 貴重種および注目種

確認された貴重種および注目種は、内湖で32科53種、琵琶湖本湖で22科37種、全体で32科61種であった(表3)。なお、この表では内湖周辺の水田だけで確認された貴重種13種は除外してある。ただ、ガシャモクについては発見記録が1955年以前とかなり古いことを考慮すると、貴重種等は60種とすべきかもしれない。

このように内湖の貴重種等の数は琵琶湖本湖の約1.4倍となったが、それには内湖と琵琶湖本湖との植物相の違い、連続的な氾濫原環境を内湖と本湖に便宜的に区分したこと、それぞれの周辺環境(水田や小水路など)との境界区分が曖昧であること、さらに今回の調査では内湖環境の調査地点数が多く、また調査労力も内湖に偏っており、内湖と本湖の調査精度がアンバランスであることなどが影響していると考えられる。それゆえ、単純に分類群や種数の多少によって両環境の相違を論じることにはできない。

貴重種等の多くは、氾濫原環境の植物相と考えられたが、その生育環境を細かくみると、

1) 主として水田環境に依存する種群(4種): ミズワラビ(グラビア10頁写真)、ウスゲチョウジタデ(グラビア10頁写真)、マルバノサワトウガラシ、カワヂシャ(グラビア10頁写真)

2) 主として干上がった溜池の底質環境に依存する種群(1種): オオシロガヤツリ(グラビア10頁写真)

3) 主として河原環境に依存する種群(1種): カワラハハコ(グラビア10頁写真)

4) 氾濫原では遷移後期に出現すると考えられる木本植物(2種): コブシ(グラビア10頁写真)、コムラサキ(グラビア10頁写真)

など様々である。これらの種は、内湖が多様な氾濫原環境を有することによって存続できていると考えられる。

その他に、

5) 発見が困難で調査精度が十分保証できない沈水植物(14種): バイカモ、ゴハリマツモ、オグラノフサモ、フサタヌキモ、イヌタヌキモ、ネ

ジレモ、コウガイモ、オオササエビモ、サンネンモ、ガシャモク、ヒロハノセンニンモ、ヒロハノエビモ、イバラモ、オオトリゲモ

6) 複数種が含まれている可能性がある分類群(1種?): コウホネ類(ヒメコウホネが一部に含まれている可能性がある)

7) 逸出起源の可能性のある植物種(2種): ノハナショウブ、カキツバタ

のような植物を除外したものが、氾濫原環境の植物相だと考えられる。

これらの結果をまとめると、確認された61種のうち1)~7)の25種を除いた36種の内訳は、内湖に出現した貴重種等32種、本湖に出現した貴重種等24種、両環境に共通する貴重種等20種、内湖にのみ出現した貴重種等12種、本湖にのみ出現した貴重種等4種となった。調査が未だ不十分な沈水植物を除外したという問題は残るものの、湿生植物および水生植物では、貴重種群が本湖よりも内湖に多く出現すると考えてよさそうである。また、内湖でのみ確認された貴重種等が12種にものぼることは、内湖が琵琶湖の植物種の多様性を維持する上で重要な環境であることを示している。

3. 琵琶湖および内湖におけるヨシのクローン多様性

3.1 目的と方法

湖岸に広がるヨシ群落の光景は古来人々に深く親しまれてきた。また近年、ヨシ群落の持つ多面的な機能が評価され、滋賀県では「ヨシ群落保全条例」を制定している。しかし、現状では、ヨシ苗の産地や生産方法等を保全生物学的観点から十分検討することなしに、各地で植栽が行われている(金子, 2005)。そこで、日本の代表的な抽水植物であるヨシ(*Phragmites australis*)について、琵琶湖および内湖における遺伝的多様性を明らかにすることを目的とし、2003、2004年に、琵琶湖地域39箇所のヨシ集団で各々25個体以上から葉試料を採取し、マイクロサテライトマーカー(Saltonstall, 2003)を用いてDNA分析を行い、遺伝的多様性について解析を行った。

表4 内湖および琵琶湖岸のヨシ集団のクローン多様性

集団名	ヨシ群落保全区域*	群落面積 (ha)	解析個体数(N)	クローン数(G)	G/N	クローン多様性指数
乙女ヶ池 (残存内湖)	指定外	0.93	25	13	0.52	0.90
平湖・柳平湖 (残存内湖)	指定外	0.53	59	9	0.15	0.86
松の木内湖 (残存内湖)	指定外	9.50	30	12	0.40	0.84
神上沼・古矢場沼 (残存内湖)	指定外	0.44	29	15	0.52	0.80
貴川内湖 (残存内湖)	保全地域	2.50	30	3	0.10	0.63
西の湖 (残存内湖)	保全地域	108.85	30	9	0.30	0.56
雄琴 (琵琶湖湖辺域)	保全地域	4.57	30	4	0.13	0.40
浜分沼 (残存内湖)	保全地域	1.22	29	2	0.07	0.30

*滋賀県のヨシ群落保全条例による指定

イネ科のヨシは雄花と雌花を持ち、有性繁殖によって種子から子どもを増やす他に、土中の地下茎から新芽を出すことで増殖（無性繁殖）することもできるクローナル植物である。無性繁殖の場合、子どもは親のクローンであり、親と全く同じ遺伝子型となる。ここでは、ヨシの遺伝的多様性として、クローンの多様性についての結果を紹介する。

3.2 クローン多様性

調査した琵琶湖地域39カ所の内訳は、主要なヨシ群落を含む琵琶湖湖辺域15カ所および残存24内湖である。集団のクローン多様性に関する結果の抜粋を表4に示した。表中の解析個体数は、各集団の中から任意に選び遺伝解析を行った個体の数を示している。またクローン数は、マイクロサテライトマーカーによる遺伝分析から個体の遺伝子型を決定し、同じ遺伝子型を示したものは無性繁殖により成立したクローン個体とみなした場合に、各集団にいくつの異なるクローンが存在したかを示す。

1つの内湖集団に含まれるクローンの数は、集団間で大きく異なった（表4）。浜分沼（グラビア13頁図8・写真8：高島市）の2クローンがもっとも少なく、神上沼・古矢場沼（グラビア12頁図3・写真3：彦根市）の15クローンが最多で、乙女ヶ池（グラビア12頁図1・写真1：高島市）の13クローンが続いた。次に、クローン数を解析個体数で割った値をG/Nで示した。この値が高いほどクローンの割合が低いと言えるが、クローン

数同様、浜分沼が最も低く、神上沼・古矢場沼および乙女ヶ池が最多だった。

クローン多様性をあらわす指数として、シンプソンの多様性指数を用いた。この値は、集団から無作為に2つの個体を取り出した時に、その2個体が同一のクローンでない確率である。この値が高いほど集団内のクローンの多様性が高いと言える。琵琶湖地域39集団の中で、最もクローン多様性が高かった集団は北沢沼（近江八幡市）で、乙女ヶ池、湖北野田沼（湖北町）と続いた。一方、最もクローン多様性の低かった集団は浜分沼で、次いで琵琶湖湖辺域の小野（大津市）、雄琴（グラビア13頁図7・写真7：大津市）で低かった（表4）。

3.3 クローンの空間分布

グラビア12, 13頁図1～8に、さまざまな度合いのクローン多様性を示す8集団について、クローンの空間的な分布を示した。

例えば、乙女ヶ池では、池の岸に沿って小規模なヨシ群落が散在して成立しており、池の半分～全体にわたって出現するクローンがあるものの、それらの中に多様なクローンが混在して見られ、全体として高いクローン多様性を保持していた。このように、多くの内湖では、点在する小さな群落がそれぞれ異なるクローンから構成され、集団全体の遺伝的多様性が高い傾向にあった（西野・金子, 2005）。

一方、琵琶湖湖辺域の雄琴や最大の内湖である西の湖の北部（グラビア13頁図6・写真6：安土

町)には大規模なヨシ群落広がっているが、これらはいずれもクローン多様性が低く、地下茎で広がったと考えられる単一のクローンが、雄琴では長さ300m、西の湖北部では1,300mにもわたって広がっていることが明らかになった(井鷲ほか, 2005)。このように、ヨシ群落では数10mから数100mのサイズのクローンが普通に見られることが分かった。

以上のように、集団によってヨシのクローン多様性や空間分布は様々であった。これらを規定する要因としては、生育環境の均質さや連続性、攪乱履歴、人的管理の有無等が考えられるが、その解明は今後の課題である。

4. 内湖における在来魚の繁殖環境：琵琶湖—内湖—水田ネットワークの現状

内湖は、これまで干拓をはじめ様々な人為的改変を受けてきた。在来魚の繁殖場として重要な役割を果たしてきた内湖が、現在、どのような状況にあるかは、内湖の保全を考える上できわめて重要な課題である。しかし近年、内湖で行われてきた調査研究は、成魚を中心とした魚類相調査が主で(滋賀県, 2001; 美濃部・桑村, 2001)、繁殖の現況を調査した研究は非常に少ない。

そこで本プロジェクトでは、魚類の繁殖状況を直接反映する仔稚魚期に注目し、魚類繁殖場としての内湖の現状について調査を行ってきた。2003年度までは、湖北野田沼において仔稚魚の出現、および流入河川からの移入や内湖から琵琶湖への移出について詳細な調査を行ってきた。その結果、湖北野田沼は、滋賀県(2001)の調査で残存内湖中で在来魚の種数が最多だったにもかかわらず、外来種仔稚魚が優占し、在来魚の繁殖場として有効に利用されていないことが明らかになった(西野・細谷, 2004; 福田ほか, 2005)。ただ滋賀県(2001)が示すように、魚類相は内湖ごとに異なっており、湖北野田沼がすべての内湖の現状を反映しているわけではない。

そこで2004年度には調査内湖を増やし、各内湖が在来魚の繁殖場として機能しているかどうか、

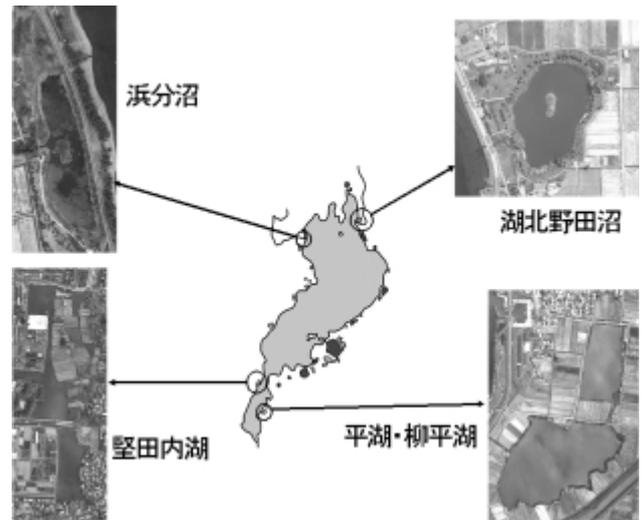


図2 仔稚魚調査を行った5内湖

および琵琶湖—内湖—水田を繋ぐ水系ネットワークの現状について調査を行った。

4.1 調査内湖の概要

調査内湖の選定にあたっては、滋賀県(2001)を参考に現地視察を行い、5つの内湖を選定した。まずブルーギル、オオクチバスが魚類相の大半を占める内湖として、琵琶湖の南東に位置する平湖(草津市)を選び、水路で連絡している柳平湖を含めて調査を行った。植生は、2内湖ともヨシ群落、チクゴスズメノヒエ群落、ヒシ群落からなり、ヤナギ林や沈水植物群落を欠く(表2)。

残り3内湖は、堅田内湖(大津市)、浜分沼(高島市)、湖北野田沼(東浅井郡湖北町)で、それぞれ琵琶湖の南西、北西、北東に位置する(図2)。いずれもヤナギ林、ヨシ群落および沈水植物群落のみが見られたが、外来魚の密度および地理的条件が大きく異なる。

堅田内湖は、周囲の多くを市街地に囲まれ、集水域の土地利用が進み、湖辺のほとんどが人工護岸化されるなど、人間活動の影響を強く受けている内湖である。植生は、ヤナギ林、ヨシ群落、ヒシ群落、沈水植物群落からなる(表2)。

浜分沼は、水温の低い水が流入し、他の内湖とくらべて湖水の透明度が高い。植生はヤナギ林、ヨシ群落、マコモ群落、ミクリ群落、コウホネ群落、

沈水植物群落からなり（表2）、沈水植物が比較的豊富で、スナヤツメなどの冷水性魚類が生息している。

湖北野田沼は、残存内湖の中で在来魚の出現種数をもっとも多く確認される一方、オオクチバス、ブルーギルもまた多く生息する内湖である（滋賀県，2001）。植生は、ヤナギ林、ヨシ群落、マコモ群落、ナガエミクリ群落、キシウスズメノヒエ群落、沈水植物群落と多様である（表2）。

なお堅田内湖への流入水路には農業排水と市街地の排水が流入し、それ以外の内湖への流入水路は周辺の水田等からの排水が流入する農業用水路である。

4.2 調査方法

内湖の仔稚魚および内湖への移入、内湖からの移出の現状を明らかにするため、それぞれの内湖で、①内湖の中、②周囲の水田や水路からの内湖への流入水路、③内湖から琵琶湖への流出水路の3カ所で仔稚魚調査を行った。調査は、それぞれの内湖で2004年の5月下旬、6月中旬、7月上旬の計3回行った。各内湖でそれぞれ4つの抽水植物帯を選定し、3人が稚魚ネット（30x20cm、目合0.5mm）を用い、抽水植物帯の縁辺部を1カ所につき幅20mにわたって仔稚魚を目視で採集した。採集時間は1カ所につき15分ずつで、1内湖での採集にのべ1時間をかけた。平湖と柳平湖ではそれぞれ2カ所の抽水植物帯で採集した

また同じ日に、サーバーネット（口径50x50cm、目合い435 μ m）を各内湖への流入水路と琵琶湖への流出水路の流心に設置し、流下する仔魚期魚類を採集した。流入・流出水路が複数ある場合は、流量が最大の水路にサーバーネットを設置した。なお、平湖への流入水路は、柳平湖との連絡水路となっているため、採集は柳平湖への流入水路で行った。

同様の調査を、2003年度に湖北野田沼で24時間かけて行ったところ、仔稚魚の流入数・流出数ともに21時から22時にかけて最も多かった。そのため、本調査でもこの時間帯にサーバーネットを設

表5 各内湖の調査時における水温（℃）

		5月	6月	7月
平湖・柳平湖	内湖	22.5~25.3	25.2~26.0	30.2~31.2
	流入水路	21.2	23.5	27.3
	流出水路	22.5	25.7	28.9
堅田内湖	内湖	22.0~24.0	25.7~27.7	30.1~32.3
	流入水路	19.1	22.7	19.3
	流出水路	22.7	25.8	21.5
浜分沼	内湖	19.8~21.7	18.2~22.2	20.1~27.6
	流入水路	16.6	17.5	19.3
	流出水路	19.0	21.5	24.2
湖北野田沼	内湖	23.3~26.3	26.1~27.0	29.5~30.6
	流入水路	18.5	19.5	21.4
	流出水路	23.8	25.3	30.1

各内湖の水温はそれぞれ4地点の最大と最小を示した。

表6 各内湖の流入・流出水路の流速（m/秒）

		5月	6月	7月
平湖・柳平湖	流入水路	0.023	0.004	0.006
	流出水路	0.030	0.023	0.006
堅田内湖	流入水路	0.029	0.014	0.009
	流出水路	0.025	0.507	0.617
浜分沼	流入水路	0.225	0.287	0.215
	流出水路	0.092	0.063	0.105
湖北野田沼	流入水路	0.447	0.319	0.141
	流出水路	0.081	0.046	0.053

置した。ネットの浸漬時間は原則として15分とし、水路の流量が少ない場合には適宜延長した。それと同時に水温と流速を計測し、濾過水量を求めた。

採集した標本は5%ホルマリンで固定し、実験室に持ち帰った後選別し、種または亜科、科の同定および計測を行った。流入・流出水路の標本については、さらにその形態から前期仔魚、後期仔魚、稚魚の3発育段階に分けた。

4.3 結果

4.3.1 環境条件

各内湖の中や流入・流出水路の水温および流速を表5、表6に示す。どの内湖も5月から7月にかけて水温が上昇したが、5月、6月については浜分沼が最も低かった。各内湖内の水温は採集を行った4つの抽水植物帯あるいは採集の時間帯により変動したが、いずれも流入水路より流出水路の水温に近かった。また、どの時期でも流入水路の方が流出水路より水温が低かったが、その差は湖北野田沼が5.3~8.7℃と最も大きく、平湖が1.3~2.2℃と最も小さかった。

流速は、5月は野田沼の流入水路、6、7月は堅田内湖の流出水路が最も高く、平湖の流入水路がどの時期でも最も低かった（表6）。

4.3.2 各内湖における仔稚魚の種構成

5～7月の調査で、5つの内湖からのべ4972尾の仔稚魚が採集された。このうちブルーギルが2194尾、オオクチバスが915尾と、2種で採集個体数の63%を占めた。また採集された仔稚魚の発育段階は、個体数の少なかった平湖・柳平湖以外では90%以上が前期仔稚魚だった。

表7に今回の調査で各内湖から採集された仔稚魚の種（科、亜科）リスト、およびグラビア14頁図9にその種（科、亜科）別個体数百分率を示す。平湖・柳平湖では、ホンモロコ、カネヒラ、ヨシノボリ類、ウキゴリの2科4種65尾、およびオオクチバスとブルーギルの仔稚魚1460尾が採集された。このうちオオクチバスが7%、ブルーギルが88%で、両種あわせて個体数の96%を占めた。

堅田内湖では、コイ科、ダニオ亜科、コイ亜科、タナゴ亜科のほかに、ホンモロコ、モツゴ、ドジョウ、ギギ、メダカ、ウキゴリの4科9種632尾の仔稚魚、およびオオクチバスとブルーギルの仔稚魚707尾が採集された。このうちオオクチバスが49%、ブルーギルが3%で、両種あわせて個体数の53%を占めた。

浜分沼では、コイ科、ダニオ亜科、コイ亜科、タナゴ亜科のほか、モツゴ、ドンコの仔稚魚982尾およびブルーギル仔稚魚90尾が採集された。このうちコイ科、コイ亜科、タナゴ亜科、モツゴが個体数の92%を占め、ブルーギルは8%だった。

湖北野田沼では、コイ科、ダニオ亜科、コイ亜科、タナゴ亜科、ウキゴリの仔稚魚184尾、およびオオクチバスとブルーギルの仔稚魚852尾が採集された。このうちオオクチバスが14%、ブルーギルが69%で、両種あわせて個体数の83%を占めた。

4.3.3 流入水路における仔稚魚の種構成

各内湖への流入水路では、5～7月の調査で、

のべ323尾の仔稚魚が採集された。このうちブルーギルは1尾のみで、採集個体数の0.3%にすぎず、オオクチバスは全く採集されなかった。

表7に今回の調査で各内湖の流入水路で採集された仔稚魚の種（科、亜科）リスト、およびグラビア14頁図10（左図）にその種（科、亜科）別個体数百分率を示す。柳平湖への流入水路では、コイ亜科、ヨシノボリ類等の仔稚魚10尾、およびウキゴリの未成魚1尾が採集された。

堅田内湖への流入水路では、コイ科、ダニオ亜科、コイ亜科、ハゼ科仔稚魚が13尾、およびブルーギル1尾が採集された。

浜分沼への流入水路では、「滋賀で大切にすべき野生生物」（滋賀県、2000）で絶滅危機増大種とされるスナヤツメのアンモシーテス幼生のほかに、ダニオ亜科、コイ亜科、ウキゴリ、ハゼ科、ドンコの仔稚魚計222尾が採集され、このうちコイ亜科、ダニオ亜科が個体数の88%を占めた。また外来種仔稚魚は採集されなかった。

湖北野田沼への流入水路では、コイ科、ダニオ亜科、コイ亜科、タナゴ亜科、ドンコ、ハゼ科、ヨシノボリ類、ウキゴリ等計77尾の仔稚魚が採集され、うちハゼ科が個体数の35%、コイ科、ダニオ亜科、コイ亜科、タナゴ亜科が40%を占めていた。その他、ハゼ科等の卵も採集されている。しかし2003年度と同様、ブルーギル、オオクチバス仔稚魚は採集されなかった。

4.3.4 流出水路における仔稚魚の種構成

各内湖から琵琶湖への流出水路では、5～7月の調査でのべ2556尾が採集された。このうちブルーギルは2092尾で、採集個体数の82%を占めたが、オオクチバスは全く採集されなかった。また採集された仔稚魚の発育段階は、平湖・柳平湖の57%、堅田内湖の65%、浜分沼と湖北野田沼ではそれぞれ83%が前期仔稚魚だった。

表7に今回の調査で各内湖の流出水路で採集された仔稚魚の種（科、亜科）リスト、およびグラビア14頁図10（右図）にその種（科、亜科）別個体数百分率を示す。平湖からの流出水路では、ハ

表7 各内湖における成魚、仔稚魚相、および流入・流出水路の仔稚魚相

和名	平湖・柳平湖				堅田内湖				湖北野田沼				浜分沼			
	成魚		仔稚魚		成魚		仔稚魚		成魚		仔稚魚		成魚		仔稚魚	
	内湖	内湖	流入水路	流出水路	内湖	内湖	流入水路	流出水路	内湖	内湖	流入水路	流出水路	内湖	内湖	流入水路	流出水路
ヤツメウナギ目	ヤツメウナギ科 スナヤツメ															
サケ目	サケ科															
	アユ科															
	アユ															
	キュウウオ科 ワカサギ**															
コイ目	コイ科															
	ダニオ亜科															
	オイカフ															
	ヌマムツ															
	ハス*															
	ウグイ亜科															
	ウグイ															
	カブヒラ亜科															
	ワタカ															
	バルブス亜科															
	ホンモロコ*															
	タモロコ															
	ヒガイ亜科															
	ビワヒガイ*															
	モツゴ															
	カマツカ亜科															
	ニゴイ															
	スゴモロコ*															
	コイ亜科															
	ギンブナ															
ゲンゴロウブナ*																
タナゴ亜科																
カネヒラ																
ヤリタナゴ																
タイリクバラタナゴ****																
ドジョウ科																
ドジョウ																
ナマズ目	ギギ科 ギギ															
ダツ目	メダカ科 メダカ															
スズキ目	ドンコ科															
	ドンコ															
	ハゼ科															
	ヨシノボリ類															
	ウキゴリ ヌマチチブ**															
スズキ目	サンフィッシュ科 ブルーギル*** オオクチバス***															
計																
外来種を除いた種数																

成魚については、滋賀県（2001）の確認種を示した。仔稚魚の種数は、種まで同定できなかった場合、1科または1亜種を1種として計数した。また、ヨシノボリ類は1種として計数した。なお堅田内湖は滋賀県（2001）ではオオクチバスは確認されていないが、本調査では成魚も確認されている。

- () 内は、柳平湖で確認された魚種
- △：未成魚（仔稚魚の種数には計数していない）
- ◎：仔稚魚の50%以上を占めていた魚種または亜科
- ：それぞれの内湖で成魚が確認されていない魚種または亜科
- *：琵琶湖固有種、**：国内外来種、***：国外外来種

ゼ科とヨシノボリ類等の仔稚魚8尾とブルーギル仔稚魚84尾が採集され、個体数の91%がブルーギル仔稚魚だった。

堅田内湖からの流出水路では、コイ亜科やハゼ科の仔稚魚280尾およびブルーギル仔稚魚11尾が採集され、うちハゼ科が個体数の92%を占め、ブルーギルは4%にとどまった。

浜分沼からの流出水路では、コイ亜科、ウキゴリ、ハゼ科仔稚魚41尾が採集され、このうちコイ亜科が個体数の63%、ハゼ科が20%を占めた。オオクチバス、ブルーギル仔稚魚は流出水路からは採集されなかった。

湖北野田沼からの流出水路では、ドンコおよびヨシノボリ類、ウキゴリなどのハゼ科等の仔稚魚140尾およびブルーギル仔稚魚1997尾が採集され、うち個体数の93%をブルーギルが占めた。その他、ヨシノボリ類未成魚も採集された。

このように、オオクチバス、ブルーギル成魚が優占する平湖・柳平湖では、内湖の中、流入水路、流出水路ともに5内湖のなかで在来魚仔稚魚の種数および個体数が極めて貧弱だった。

4.4 考察

4.4.1 各内湖の成魚の種構成

表7に滋賀県(2001)で確認された各内湖の成魚リストを示す。在来の成魚種数が最も多かったのは湖北野田沼で在来魚14種(外来魚4種)、次いで堅田内湖で8種および外来魚2種、平湖・柳平湖が6種と外来魚2種、浜分沼では6種と外来魚3種だった。外来魚では、堅田内湖にブルーギルが、その他の内湖すべてにオオクチバスとブルーギルが侵入していた。5内湖すべてに共通して出現した種は、ヨシノボリ類とブルーギルの2種のみだった。

グラビア14頁図11に、5内湖における成魚の種別個体数百分率を示す。在来魚の割合が最も高かったのは堅田内湖で98%、次いで浜分沼の91%、湖北野田沼の79%の順だった。一方、平湖・柳平湖ではブルーギルが96%、オオクチバスが2%で、両種あわせて個体数の99%を占め、在来魚は1%

にすぎなかった。

ただ、滋賀県(2001)は2000年に行われた調査結果で、その後、堅田内湖にもオオクチバスが侵入したことが近畿大学の調査で確認されている。湖北野田沼でも調査時期や方法は異なるが、2001年にはオオクチバスが成魚の個体数の10%、ブルーギルが31%を占め、さらに翌2002年には、それぞれ15%と37%に増加した(細谷, 2002; 福田ほか, 2005)。このように、オオクチバスやブルーギルが比較的少なかった内湖でも、外来魚の割合が年々増加する傾向が見られており、このまま放置すれば、外来魚成魚の割合が今後さらに増加する恐れがある。

4.4.2 各内湖の仔稚魚相

調査を行った5内湖のなかで、外来魚を除く仔稚魚の種数が最も多かったのは堅田内湖で、4科9種だった(表7)。最少は湖北野田沼と平湖・柳平湖で、いずれも2科4種だった。また成魚と同様、5内湖すべてで共通して採集された仔稚魚は、ヨシノボリ類とブルーギルの2種のみだった。

外来魚仔稚魚は、浜分沼でブルーギルが、他の3内湖ではブルーギルとオオクチバスが採集された。

平湖・柳平湖では、成魚が確認された在来種6種のうち、仔稚魚が採集されたのはホンモロコのみだった一方、成魚が確認されていないカネヒラ(タナゴ亜科)仔稚魚が採集された(表7)。

堅田内湖でも、成魚が確認されたホンモロコやモツゴの仔稚魚は採集されなかった一方、成魚がみられなかったダニオ亜科やギギの仔稚魚が出現した(表7)。

湖北野田沼では、成魚が確認されている魚種のうちダニオ亜科、コイ亜科、タナゴ亜科、ブルーギル、オオクチバスの仔稚魚が採集された。しかし、成魚がみられたビワヒガイ、モツゴの仔稚魚は出現しなかった(表7)。

浜分沼でも、成魚が確認されているダニオ亜科、ドンコ、ブルーギル仔稚魚が採集された一方、成魚がみられないモツゴ、コイ亜科、タナゴ亜科の

仔稚魚が採集された(表7)。

このように、各内湖での成魚の種組成と、そこで繁殖する魚種は、一部は共通するものの、確認された成魚すべてが繁殖しているわけではなく、その逆のケースもあった。その理由として、成魚の分布調査が不十分か、あるいは成魚と仔稚魚調査の年が違うため、仔稚魚相にその年の成魚相が反映されていない可能性もある。ただ5内湖とも、仔稚魚は採集されたが成魚が未確認の魚種(科、亜科)の個体数は少なく、例外は浜分沼のコイ亜科198尾だけだった。

4.4.3 内湖間の仔稚魚相の比較

内湖間では、平湖と湖北野田沼の抽水植生帯でブルーギル仔稚魚が優占するのに対して、堅田内湖、浜分沼では総個体数の10%以下にとどまった(グラビア14頁図9)。しかし堅田内湖では、オオクチバス仔稚魚がほぼ半数を占めており、ブルーギルとオオクチバス仔稚魚が個体数に占める割合は53%にのぼる。浜分沼を除く4内湖は、在来魚の繁殖環境として十分機能していないと言わざるをえない。

ところで5~7月の3回の調査で各内湖から採集された仔稚魚の総数は、平湖・柳平湖で1525尾、堅田内湖で1339尾、浜分沼で1072尾、湖北野田沼で1036尾だった。各地点とも採集努力量はほぼ一定で、3回の調査で数の増減はあるものの、総個体数は1000~1500尾の範囲内におさまった。

在来魚、とくにコイ科仔稚魚の多くやオオクチバス、ブルーギル仔稚魚がヨシ帯を成育の場としており、ともに甲殻類プランクトンを初期餌料とし、餌をめぐる競合関係にある(西野・細谷, 2004; 福田ほか, 2005)。外来魚仔稚魚の密度にかかわらず、仔稚魚の密度が各内湖間で一定の範囲内であったことは、各内湖の抽水植物帯が単位面積あたり養いうる仔稚魚のポテンシャル(環境収容力)がよく似ていることを反映しているのかも知れない。

4.4.4 過去の仔稚魚相との比較

古くから内湾や内湖が在来魚の繁殖環境として

重要であることが指摘されてきたにも関わらず、過去の仔稚魚の生息状況が分かる資料は乏しい。唯一可能だったのが平井(1970)で、彼は1964年4~8月に南湖西岸の山ノ下湾の6点で小型定置網を用い、のべ12回の仔稚魚調査を行った。この調査でヤリタナゴ、イチモンジタナゴ、ワタカナなど23種の在来魚仔稚魚が確認され、主要な12種だけで18594尾が採集された。個体数の41%がヨシノボリで、フナ(ほとんどがニゴロブナ)が24%、タナゴ類が24%を占めていた(グラビア14頁図12)。

今回の調査で確認された在来魚仔稚魚は、各内湖で4~9種、固定できたのは5内湖あわせてもホンモロコ、モツゴ、カネヒラ、ドジョウ、ギギ、メダカ、ドンコ、ヨシノボリ類、ウキゴリの9種にとどまる。このうち平井(1970)との共通種は、カネヒラ、オイカワ、ギギ(ハゲギギ)、ヨシノボリ類の4種だけである。それ以外の仔稚魚、とくにフナ類とタナゴ類の個体数百分率は堅田内湖と浜分沼を除くと極めて低かった。

タナゴ亜科については、タビラ、イチモンジタナゴ、ニッポンバラタナゴなど6月に出現のピークがある種は、成魚ですら、どの内湖からも全く確認されていない(滋賀県, 2001)。堅田内湖のタナゴ亜科仔稚魚については、成魚の魚類相(表7)から考えて外来魚のタイリクバラタナゴか、在来魚のカネヒラの可能性が高い。カネヒラについては、オオクチバスやブルーギルと産卵期が異なるうえに、稚魚期の生活場所も異なっており、2種の外来魚の存在下で、本種のもつ生活史特性が生残に有利に働いていることが指摘されている(西野・細谷, 2004; 福田ほか, 2005)。浜分沼のコイ科仔稚魚については、オイカワを除く成魚が全く採集されておらず、どの種が繁殖しているか不明である。コイ亜科については、各地の水田や内湖でフナ類の放流が行われており、自然産卵であるかどうかについてもわかっていない。

いずれにせよ、調査場所、頻度、方法は異なるものの、内湖の在来仔稚魚相は、40年前と比べてきわめて貧弱になったことは疑う余地がない。

その理由として、侵略的外来種であるオオクチ

バス、ブルーギルの影響が極めて大きいと考えてよいだろう。なぜなら、オオクチバスとブルーギル仔稚魚の割合が80%を越す湖北野田沼では、ほとんどの在来魚の産卵盛期にあたる6～8月が、これら2種の外来魚の繁殖期でもあること、この時期に在来魚仔稚魚と2種の外来魚仔稚魚との間に餌となる甲殻類プランクトンをめぐる競争があると考えられること、オオクチバス稚魚による在来魚仔稚魚への食害の影響も極めて大きいことが明らかになっているからである（西野・細谷，2004；福田ほか，2005）。ブルーギル、オオクチバス成魚の割合が99%近い平湖・柳平湖では、これら2種の仔稚魚の割合が96%にのぼる一方、ブルーギル仔稚魚の密度が小さい浜分沼では、在来魚仔稚魚が個体数の92%を占めることも、外来魚仔稚魚が在来魚仔稚魚に与える影響の大きさを示している。

これらの事実は、内湖から2種の外来魚仔稚魚を積極的に取り除くことが、在来魚仔稚魚にとっての生息条件を著しく向上させることを示唆している。

4.4.5 各内湖の流入・流出仔稚魚相の違い

各内湖に流入し、また内湖から流出する仔稚魚の多くが遊泳力の乏しい仔稚魚前期の仔魚であった。一方、2003年の湖北野田沼の調査では、流入・流出する仔稚魚の個体数に日周変化がみられたことから、内湖に流入、あるいは琵琶湖へ流出していた仔稚魚の多くは、水の流れを利用して能動的に移入・移出を行っていると考えられる。

周辺水路から各内湖へ流入する仔稚魚は、4内湖あわせてスナヤツメ、ダニオ亜科、コイ亜科、タナゴ亜科、ドンコ、ヨシノボリ類、ウキゴリの7種だった。このうち4内湖で優占したのはコイ亜科とハゼ科のみだった。なおハゼ科については、成魚の密度から考えて、ヨシノボリの可能性が高い。ダニオ亜科仔稚魚はその大半が浜分沼、湖北野田沼の流入部のみで採集され、スナヤツメは浜分沼だけで採集された。

内湖に流入する水路で、外来魚を除く仔稚魚の種数が最も多かったのは浜分沼と湖北野田沼で4

科5種、最も少なかったのは柳平湖で2科2種だった。外来種仔稚魚は、堅田内湖のみブルーギル仔稚魚が採集されたが、他の3内湖の流入水路ではみられなかった。

一方、各内湖から琵琶湖へ流出する仔稚魚相は、湖北野田沼や平湖のようにブルーギルがその大半を占める内湖と、在来種がほとんどを占める堅田内湖や浜分沼に分かれた。ただ堅田内湖でもブルーギル仔稚魚の流出がみられており、ブルーギルが流出していなかったのは浜分沼のみである。ブルーギル以外の仔稚魚は4つの流出水路あわせても、コイ亜科、ドンコ、ヨシノボリ、ウキゴリの僅か4種で、最も種数が多かった湖北野田沼でも2科3種、最少の平湖に至っては1科1種にすぎなかった。

このように流入・流出仔稚魚の量や種構成は内湖ごとに大きく異なっているものの、どの内湖でも流出水路の仔稚魚の種数は、内湖や、内湖への流入水路のそれにくらべてかなり貧弱である。また、各々の内湖内、流入水路、流出水路とでは種構成が大きく違っていた。

4.4.5.1 内湖への流入仔稚魚

今回の調査で、流入水路で採集された外来魚仔稚魚は、堅田内湖のブルーギル1個体のみだった。このことは、内湖の上流に位置する水田や水路は、外来魚の繁殖場とはなっておらず、在来魚の繁殖環境としてある程度機能していることを示唆している。ただ、調査したすべての流入水路をあわせても個体数は323尾で、琵琶湖へ流出した仔稚魚の個体数とくらべると、その13%にすぎない。出現魚種もブルーギルを除いて7種にとどまる。

細谷（2005）によると、琵琶湖周辺の水田や農業用水路で繁殖していた魚種は少なくとも23種にのぼる。それにくらべ、4内湖へ流入する水路の仔稚魚相がきわめて貧弱であることはいうまでもない。

4.4.5.2 琵琶湖への外来魚仔稚魚の流出

グラビア14頁図10（右図）に示されるように、

平湖と湖北野田沼からはブルーギルの仔稚魚が90%以上を占め、かなりの個体数が琵琶湖へ流出していた。内湖内の在来種仔稚魚の密度は前者が総個体数の1%、後者が17%しかない一方、ブルーギル仔稚魚の密度はそれぞれ88%と69%を占めた。

井出(2004)は、湖北野田沼でブルーギルの産卵床を観察し、細谷(2002)、福田ほか(2005)も、6月下旬から8月下旬にかけてブルーギル仔魚が大量に出現することを確認している。湖北野田沼で、サーバーネットの濾過水量から流出水中のブルーギル仔魚密度を求めたところ、密度が最大だった7月上旬調査時には、一分間に1000個体以上のブルーギル仔魚が琵琶湖に流出していた計算になる。

これらの事実は、湖北野田沼や平湖・柳平湖がブルーギルにとって良好な産卵場であるばかりでなく、琵琶湖のブルーギル仔稚魚の供給源になっていることを示唆している。

なお平湖・柳平湖、湖北野田沼および堅田内湖では、6月にオオクチバス仔稚魚が比較的高密度で採集されたが、流出・流入水路では全く採集されなかった。オオクチバスの仔稚魚は本調査期間内に各内湖で様々なステージが確認されており、もし受動的に分散しているならば、ブルーギル同様、内湖での仔稚魚相とほぼ同じ割合で流出しているはずである。内湖で生まれたオオクチバスは、仔稚魚期を内湖ですごし、内湖の外には移出せず、オオクチバスとブルーギルでは、仔稚魚期の分散様式が異なるというよいだろう。

このことは、オオクチバスの駆除を考える上できわめて重要な事実といえる。つまり、繁殖期に限定して集中的にオオクチバスの密度が高い内湖で本種仔稚魚を駆除すれば、その内湖で繁殖したオオクチバスについては、相当の駆除効果が上がることが期待される。

すでに琵琶湖では、2004年に「琵琶湖のレジャー利用に関する適正化条例」が施行され、外来魚の再放流が禁止されている。またオオクチバス、ブルーギルの駆除事業も実施されている。しかし内湖については一部の内湖で駆除事業が実施されて

いるものの、積極的な駆除施策の対象とはなっていない。オオクチバス、ブルーギルの駆除効果については、生息数のかなりの割合を駆除しないと効果がみられないとの情報もある(安部倉ほか、2003;竹門、私信)。

内湖の多くは水深が1~2mと浅く極めて小面積で、深くて広大な面積の琵琶湖とくらべると、魚類のモニタリングも駆除も、はるかに容易である。駆除の効果とその後の在来魚類相の回復過程を科学的に検証する上でも、今後、外来魚が優占する小面積の内湖で、モニタリングを行いつつ徹底的な駆除が行われることを期待したい。

4.4.5.3 琵琶湖への在来魚仔稚魚の流出

これまで述べてきたように、内湖から琵琶湖へ流出する仔稚魚は、ブルーギル以外は種数、個体数ともに極めて貧弱である。例外は、ブルーギルの流出数が少ない堅田内湖と浜分沼で、前者ではヨシノボリと思われるハゼ科仔稚魚が92%を占めた。また浜分沼ではコイ亜科が70%を占めたが、流出個体すべて合わせても37個体にすぎない。表7に示されるように、浜分沼も含め、すべての内湖で内湖の中や流入水路より流出水路の仔稚魚種数が少ない傾向があった。ハゼ科仔稚魚を除くと、いずれの内湖も琵琶湖への在来魚仔稚魚の供給には十分寄与していないと考えざるを得ない。

4.4.6 内湖間の繁殖環境の違い

これまで述べてきたように、在来魚仔稚魚の種構成は内湖ごとに大きく違っていた。その原因は、流入仔稚魚であれば流入水路(農業用水路)やその上流にある水田等の繁殖環境、流出仔稚魚であれば内湖の繁殖環境に大きく左右されると考えられる。たとえば、オイカワやヌマムツなどダニオ亜科の多くは流水域の砂底を産卵場とするが、ダニオ亜科仔魚は、そのような環境条件を有する浜分沼と湖北野田沼の流入部にのみ出現した。また、冷水性のスナヤツメは、調査期間を通じて最も水温が低い浜分沼にのみ出現した(表5、6)。浜分沼ではサケ科魚類の稚魚の生息も報告されてお

り（滋賀県，2001）、仔稚魚の分布は、それぞれの魚種が求める環境要素を各内湖およびその周辺環境が有しているかどうかを反映していると考えられる。

したがって、内湖における在来魚の多様性を保全するには、それぞれの地域特性にもとづき、魚類の種特性と環境要因との関係および琵琶湖—内湖—水路—水田の水系ネットワークの現状を詳細に解析し、何がどこでどのようにプラスに作用し、あるいは障害となっているかを具体的に整理・検討する必要がある。その上で、各在来魚種が生活史のなかで必要とする環境要素、とりわけ繁殖期に求める環境の障害となっている要素を抽出し、個々の内湖ごとにそれぞれの地域特性を考慮した保全策を検討することが必要となる。無論、さきに述べたように、外来魚が優占する内湖では、積極的に外来魚仔稚魚を駆除することが不可欠であり、外来魚の駆除と在来魚の生息環境の保全・再生のための施策とを組み合わせることで、保全や復元の効果がさらに高まることが期待される。

5. まとめ

これまで貴重植物、ヨシのクローン多様性および在来魚の分布についてみてきたが、これらの生物群の多様性は相互に共通性があるのだろうか？図3に貴重植物種数とヨシのクローン多様性指数、図4に貴重植物種数と在来魚の種数との関係を示した。いずれも有意の相関はみられず、貴重種数が多い内湖で必ずしもヨシのクローン多様性が高いわけではなく、在来魚の種多様性が高いわけでもなかった。ヨシのクローン多様性と在来魚種との間にも有意の相関はなかった。

浜端・西川（2005）は、各内湖の貴重種数が、現在の内湖面積よりも干拓される前の内湖面積との間に強い相関（ $P < 0.001$ ）があることを指摘し、現在の貴重植物の分布は、現在の環境よりむしろ人為的改変を受ける前の環境を反映している可能性が高く、今後時間の経過とともに消失していく可能性が高いと述べている。

さきに述べたように、貴重植物では氾濫原環境

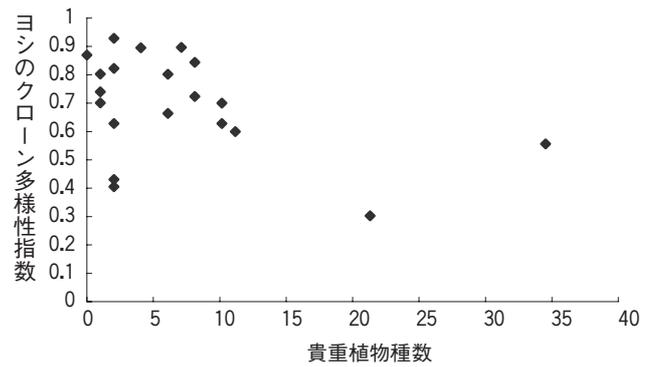


図3 各内湖におけるヨシのクローン多様性と貴重植物種数との関係

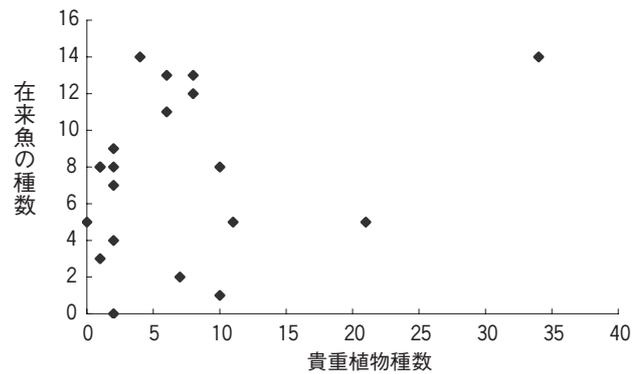


図4 各内湖における在来魚の種数と貴重植物種数との関係

の多様性や地理的・気候的要因、および人為的改変の程度が、ヨシのクローン多様性では、ヨシの生育環境の均質さや連続性、様々な攪乱の履歴、人間による管理の有無等が影響していると考えられる。植物の生育環境には、人為的攪乱の影響が大きいと考えられるが、攪乱の種類やその大きさ、頻度について、氾濫原の植物の種多様性やヨシの遺伝的多様性がどのような関係にあるかは今後の課題である。

西野（2005）は、各内湖の在来魚種数と現在の内湖面積との間には有意の相関（ $P < 0.05$ ）があるものの、とくにブルーギルの密度と極めて強い負の相関（ $P < 0.001$ ）があり、その一方で隣接する琵琶湖や内湖そのものに発達したヨシ帯があると、外来魚の密度が高くても在来魚種数が多いことを指摘した。したがって、在来魚の種多様性保全には、オオクチバスやブルーギルの密度だけでなく、琵琶湖と内湖、内湖と周囲の水路や水田と

の接続状況や地理的・気候的要因、また隣接する琵琶湖や内湖そのものに発達したヨシ帯があるかどうか、などの要素が影響していると考えられる。

今後は、それぞれの要素がどのように関連し、多様な生物の生息環境をつくりだしているかを、各々の内湖の歴史や地域特性とあわせて総合的に検討し、それぞれの内湖ごとに歴史性や地域特性を考慮した具体的な生物多様性保全・再生のメニューやプログラムを作り上げることが課題となろう。

最後に魚類の現地調査、標本精査に協力いただいた自然環境研究所の辻野寿彦氏と近畿大学大学院の横田彰子氏に感謝する。

引用文献

- 安部倉完, 堀道雄, 竹門康弘 (2003): 京都市深泥池における魚類相の変遷と外来種除去による個体群抑制効果. 関西自然保護機構会誌, 25, 79-85.
- 井出充彦 (2004): 野田沼におけるブルーギルの産卵場の特徴. 滋賀県水産試験場事業報告, 2003, 106-107.
- 井鷲裕司, 金子有子, 近藤俊明 (2005): 琵琶湖周辺に生育するヨシのクローン構造. 西野麻知子・浜端悦治 (編)「内湖からのメッセージ」, 99-105, サンライズ出版.
- 梅原徹, 栗林実 (1991): 原野の植物. *Nature Study*, 37, 3-7.
- 金子有子 (2005): 琵琶湖におけるヨシ帯の保全施策. 西野麻知子・浜端悦治 (編)「内湖からのメッセージ」, 80-98, サンライズ出版.
- 環境庁 (2000): 改訂・日本の絶滅のおそれのある野生生物 植物 I (維管束植物).
- 北村四郎編 (1968): 滋賀県植物誌. 保育社, 大阪.
- 佐々木寧 (1995): 琵琶湖の植生環境調査. 埼玉大学紀要 (自然科学篇), 30, 1-52.
- Saltonstall, K. (2003): Microsatellite variation within and among North American lineages of *Phragmites australis*. *Molecular Ecology*, 12: 1689-1702.
- 滋賀県 (2000): 滋賀県で大切にすべき野生生物. CD-ROM版.
- 滋賀県 (2001): 平成12年度水辺環境創生計画策定調査報告書.
- 滋賀県琵琶湖環境部自然保護課 (2003): 平成14年度琵琶湖湖辺動植物調査業務委託報告書.
- 須川恒 (2005): 水鳥類からみた琵琶湖周辺の湿地とその保全. 西野麻知子・浜端悦治 (編)「内湖からのメッセージ」, 80-98, サンライズ出版.
- 瀬戸剛 (1978): 大阪市立自然史博物館収蔵資料目録第10集 三木茂博士寄贈水草さく葉標本目録. 大阪市立自然史博物館.
- 富板勝, 広瀬正明, 小林行吉, 大塚哲哉, 小松俊昌, 村島洋一, 栗林実, 須川恒, 三嶋浩治 (1992): ヨシ群落現存量等把握調査報告書 (ヨシ群落調査編), 滋賀県.
- 西野麻知子 (2005): 内湖魚類相の特性. 西野麻知子・浜端悦治 (編)「内湖からのメッセージ」, 141-155. サンライズ出版.
- 西野麻知子, 金子有子 (2005): 内湖の生物多様性を復元するために -ヨシの遺伝的多様性の保全-. 琵琶湖・環境科学研究センターニュース, 創刊号, 5.
- 西野麻知子, 浜端悦治, 大高明史, 石田昭夫 (2003): 滋賀県琵琶湖研究所報, 20, 12-25.
- 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. 滋賀県琵琶湖研究所報, 21, 17-27.
- 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 (自然科学編), 19, 93-105.
- 藤井伸二 (1994a): 琵琶湖岸の植物 -海浜植物と原野の植物. 植物分類地理, 45, 45-66.
- 藤井伸二 (1994b): 琵琶湖湖岸の「原野の植物」とその現状 (1). *Nature Study*, 40, 99-104.
- 藤井伸二 (1995a): 1993・1994年に採集された琵琶湖産水草標本目録と分類・生態ノート. *自然史研究*, 2, 153-166.
- 藤井伸二 (1995b): 滋賀県におけるヤガミスゲの記録. 植物分類地理, 46, 211.
- 藤井伸二 (1998a): 私のフィールドノートから 26別荘分譲地のミゾコウジュその2. *Nature Study*, 44, 7.
- 藤井伸二 (1998b): 滋賀県で生育が再確認されたヌマゼリの生態. 植物分類地理, 49, 201-204.
- 藤井伸二, 栗林実 (2000): 琵琶湖におけるヤナギトラノオの分布. 水草研究会会報, 70, 17-19.
- 福田大輔, 辻野寿彦, 細谷和海, 西野麻知子 (2005): 湖北野田沼における在来魚と外来魚の現状. 西野麻知子・浜端悦治 (編)「内湖からのメッセージ」, 126-140. サンライズ出版.
- 細谷和海 (2002): 魚類を中心とした内湖の生物多様性維持機構. 平成13年度滋賀県琵琶湖研究所委託研究報告書.
- 細谷和海 (2005): 琵琶湖の淡水魚の回遊様式と内湖の役割. 西野麻知子・浜端悦治 (編)「内湖からのメッセージ」, 118-125, サンライズ出版.
- 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 -在来種の繁殖・生息

の名としての生態的機能復元に向けてー. 応用生態
工学, 4, 27-38.
村瀬忠義 (2004) : 琵琶湖博物館資料目録10号植物標本3
村瀬忠義植物標本目録. 滋賀県立琵琶湖博物館.

レッドデータブック近畿研究会 (2001) : 改訂・近畿地方
の保護上重要な植物ーレッドデータブック近畿2001
ー. 平岡環境科学研究所.