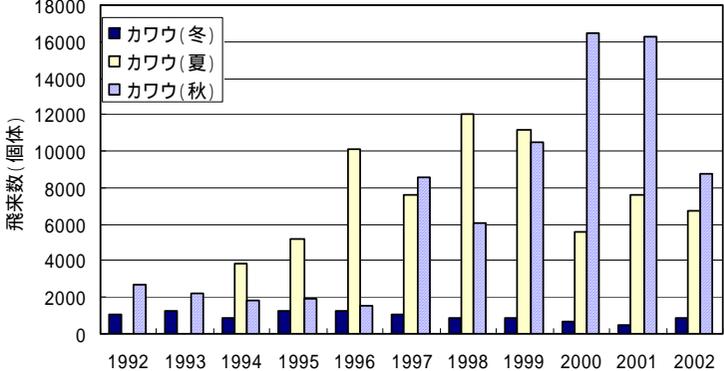


文献調査結果

魚類と琵琶湖水位の関係

魚種	水位に関連する事項	想定される水位の変化による影響
イサザ	<ul style="list-style-type: none"> 4～5月に北部の水深1～9mの礫底に産卵（酒井ほか,1998） 1週間程度で孵化（高橋,1989） 	<ul style="list-style-type: none"> 産卵期の平均的な水位は水位操作規則変更前と大きな差はみられないことから、産卵環境は大きく変化していないと考えられる。 7日間で1m（14cm/日）程度の急激な水位低下が生じれば、卵が干出する恐れがあるが、そのような水位変化は生じていない。 以上のことから、水位の変化はイサザに対して大きな影響を及ぼしていないと考えられる。
アユ	<ul style="list-style-type: none"> 8～9月に産卵遡上 9～10月に仔魚の流下 (塚本,1988) 流速80cm/secで62～68cmの高さを通過できる (Koizumi et al.,1965) 	<ul style="list-style-type: none"> 琵琶湖水位の低下によって流入河川の河口部が瀬切れを起こすと、親魚の産卵遡上および仔魚の流下に影響を与える。 こうした問題に対処するために人工河川が設置され、効果をあげている。（1990年代のアユの漁獲量は1970年代と大きな差はみられない）
ビワマス	<ul style="list-style-type: none"> 9～11月に産卵遡上（古川,1989） 4～6月に稚魚の降湖（藤岡,1991） 	<ul style="list-style-type: none"> 産卵は流入河川の遡上して行われるため、琵琶湖の水位低下によって河口部で瀬切れが生じると、産卵遡上および稚魚の降湖に影響を与える。 漁獲量は一定の水準を保っているが、種苗放流による資源管理がなされている。（1990年代のビワマスの漁獲量は1970年代よりやや増加している）

鳥類・外来魚が在来魚類に与える影響(1)

種	生息状況・食性等	鳥類・外来魚が在来魚類に与える影響
カワウ	<p>琵琶湖への飛来数</p>  <p>出典：滋賀県鳥獣関係統計</p> <p>カワウ 1羽 1日当りの捕食量 500g / 羽 / 日 (水産庁,2003)(亀田ら,2002)</p> <p>魚種別捕食割合</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ ほぼ完全に魚食性であり、遊泳魚が主。広い範囲のサイズの魚類を捕食 (水産庁,2003) ・ 2001年4月から2002年2月の琵琶湖の調査では、捕食する魚類は季節によって異なった (亀田,2003)。 <ul style="list-style-type: none"> 4月～5月上旬：コイ科魚類を含む7～8種の魚類 5月下旬～8月：アユとハスの重量比が高かった。(5月下旬は遡上時期のアユ、8月上旬は琵琶湖に残留するコアユを捕食した可能性が高い) 10～2月：オオクチバス・ブルーギル 	<p>カワウによるコイ科魚類捕食量の試算 「飛来数×カワウ1羽1日当りの捕食量×魚種別捕食割合」 (水産庁,2003)</p> <p>魚種別の捕食割合について詳細な情報が得られなかったことから、</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 4～5月はコイ科魚類のみを捕食する ・ その他の季節にはコイ科魚類を捕食しない <p>と仮定して試算した。(1992～2002年の平均) [夏(5～6月)の飛来数×500g/羽/日×61日(4～5月)×1]</p> <p>カワウ捕食量(試算): 約240t/年 コイ科魚類漁獲量*: 約270t/年</p> <p>* コイ科魚類の漁獲量は、漁獲統計のコイ、フナ類、モロコ類の合計値</p>

鳥類・外来魚が在来魚類に与える影響(2)

種	生息状況・食性等	鳥類・外来魚が在来魚類に与える影響
サギ類	<ul style="list-style-type: none"> ・ 1963年7月の琵琶湖における観察結果によると、サギ類（アオサギ、ダイサギ、チュウサギ、コサギ、アマサギ、ゴイサギ）はほとんど水田地帯で採餌（浦本・白附,1966）。 ・ 魚食性の強い大型のアオサギやダイサギはあまり水田を利用しないが、魚のほかにかエルやザリガニ、昆虫など多彩な餌を採るコサギとゴイサギは地域や時期によってかなり水田を利用する。ドジョウ以外の魚をあまり採らないチュウサギ、および昆虫を主食とするアマサギは、今の日本では水田への依存度が特に高い。また、アマサギにとっては畦、ほかのサギにとっては田んぼ周りの水路も大事な採食環境である（藤岡,1998）。 ・ サギ類の採餌習性を観察すると、遊泳・潜水は行わず、水際に立って採餌するのみ（浦本・白附,1966）。 ・ アユの遡上時（1964年4～5月）の琵琶湖流入河川河口（姉川、知内川、石田川、安曇川、天野川）での調査 個体数：1ヶ所で1時に15羽以下、 採餌行動：約150回/羽/時間 アユの捕食成功率：平均15% 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 1963～1964年の琵琶湖における調査結果によると、春夏を通して平均してみた場合、ゴイサギについては不明であるものの、サギ類は琵琶湖の魚類や甲殻類の種個体群に対しては問題になるほどの影響を与えていないと考えられる（浦本・白附,1966）。 ・ 一時的に餌の多い場所ができるとそこに多くの個体が集中して採餌することがある。アユの遡上時について、1964年の琵琶湖流入河川河口において調査した結果によると、遡上アユに対する捕食は、過大評価の可能性はあるものの、1つの河口で1日約3500尾と推定された（浦本・白附,1966）。

鳥類・外来魚が在来魚類に与える影響(3)

種	生息状況・食性等	鳥類・外来魚が在来魚類に与える影響
オオクチバス	<ul style="list-style-type: none"> ・ オオクチバスの激増を境に小型の沿岸性魚類の多くが激減し、琵琶湖のオオクチバスは在来魚を主に捕食していることが示されている(前畑ほか,1987)。 ・ 実験池における魚類放流実験によると、オオクチバスが侵入した条件下では放流したニゴロブナ稚魚は全滅した(藤原ら,2004)。 ・ 1994～1995年の調査によると、琵琶湖のヨシ帯内部にはオオクチバス(小型の幼魚)が重量比で19.6%を占めた(中井,2002)。 ・ 仔稚魚は動物プランクトンを捕食し、稚魚は全長30～60mmに達した後は、他魚種の仔稚魚を盛んに捕食するようになる。(西野・細谷,2002)。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ バスの激増と在来種の減少・消失の間には強い因果関係があると推察されている(中井,2002)。 ・ 外来魚のなかでもオオクチバスの影響が特に著しい(藤原ら,2004)。 ・ 多くの在来種にとって産卵場であり成育場であるヨシ帯の内部はオオクチバスの幼魚の成育場としても利用されている(中井,2002)。 ・ コイ・フナ類の仔稚魚も甲殻類プランクトンを主要な餌としており、オオクチバスとの間で餌資源を巡る競争にさらされると考えられる(西野・細谷,2002)。
ブルーギル	<ul style="list-style-type: none"> ・ 食性は雑食性で水生昆虫、動物プランクトン、甲殻類、魚卵やその孵化仔魚、水生植物など何でも食べる。餌に対する選好性はほとんどなく、その時に最も利用しやすいものを餌として利用している(全内協,1992)。 ・ ブルーギルの仔稚魚の主要な餌生物は甲殻類プランクトンであった(西野・細谷,2002)。 ・ 実験池における魚類放流実験によると、ブルーギルが侵入した条件下ではニゴロブナ稚魚の発生率や生残率が有意に低くなった(藤原,2004)。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 特に、他の魚種の産卵期にはこれらが産んだ卵や孵化仔魚を嗜好して捕食するため、親が卵を保護する習性を持たない在来魚にとって重大な影響がある(全内協,1992)。 ・ コイ・フナ類の仔稚魚も甲殻類プランクトンを主要な餌としており、ブルーギルとの間で餌資源を巡る競争にさらされると考えられる(西野・細谷,2002)。

イサザ *Chaenogobius isaza*

(1) 生態概要

イサザはハゼ科ウキゴリ属に属し、ウキゴリが直接の祖先であると考えられている。本種は琵琶湖固有種であり、ウキゴリが琵琶湖北湖の沖合環境に適応する方向で進化したものと考えられている（高橋，1994）。

成魚は昼間、沖合の温度躍層下（水深 30m 以深）で生活しているが、夜間に表層付近に移動し、ここで豊富に生息する動物プランクトンを捕食し、日の出時には再び湖底に戻るという、著しい日周期的鉛直回遊を行う（高橋，1994）。夏季には躍層の上下で、温度差が 10 以上にもなり、1 日の間に激しい温度変化を経験する。秋になり表層の水温が低下すると、それを引き金として性成熟が開始される。そして、翌年の 3 月には湖岸に来遊し、他の魚に先がけて産卵を開始する。本種は他の魚種より早い時期に産卵することで、産卵場の競合や卵稚仔の捕食を避けているものと考えられている（高橋，1989；高橋，1994）。

本種は湖岸の礫底部で産卵する。他のハゼ科魚類と同じように雄が手ごろな大きさの礫の下に産卵床を作り、そこに雌を呼び込んで産卵させる。北湖の沿岸部の中で、本種の産卵場として、近江舞子・八屋戸周辺、海津大崎周辺、葛籠尾崎周辺、沖島周辺が知られている。卵は一週間程度で孵化する（高橋，1989）。

近年、琵琶湖にヌマチチブが侵入し、琵琶湖の沿岸域一帯に分布を広げている。本種の産卵期は 4～5 月の短い期間に集中するのに対し、ヌマチチブの産卵期は 4 月～8 月まで長期間にわたる。本種とヌマチチブとの間で産卵期が重なる時期は多少あるものの、ピークは重ならないと推定されている。しかし、ヌマチチブは恒常的に沿岸礫帯の礫下面を隠れ場所として利用しており、礫下面の間隙をめぐる競争が本種との間ではたらいっている可能性が指摘されている（酒井ほか，1998）。

産み付けられた卵は雄により保護され、1 週間程度で孵化する。孵化した仔魚は沖合に流され、浮遊生活に入る。7 月頃から底生生活に入り、徐々に深い所に移動する（高橋，1989）。

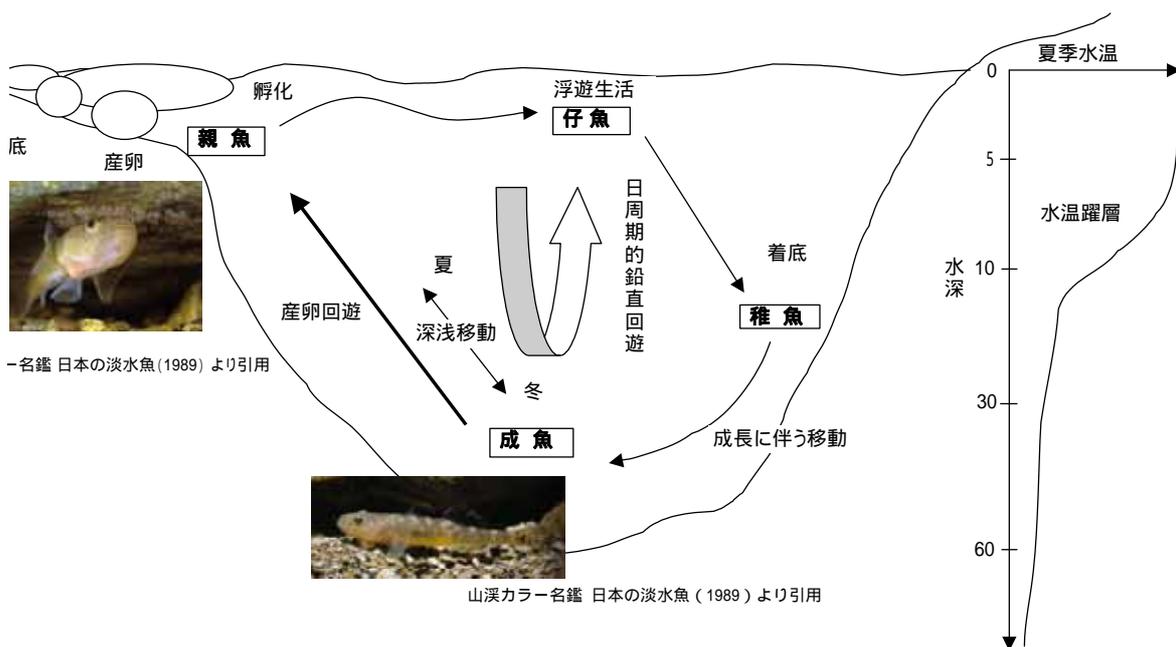
本種は漁獲量変動の激しい魚種で、個体群密度の影響やアユとの競争関係が要因であることが知られている。ここ数年も漁獲量が減少しているが、本種以外の魚種においても漁獲量が減少しており、本種の漁獲量が減少した要因を個体群密度やアユとの関係のみに求めることはできないと考えられる（高橋，1994）。

近年、琵琶湖には様々な魚種が移入されている。その中でも魚食性のブラックバスやブルーギルによる食害が問題視されている。産卵のため沿岸に来遊する本種は、これら移入魚のかつこうな餌となる。仮に産卵に成功しても、孵化した仔稚魚が捕食されるため、資源量減少の大きな要因になっていることが考えられる。

この他に、魚食性でない移入種による影響も考えられる。最近、ワカサギが急激に増加しつつありアユとの競合が懸念されているが、ワカサギと同じように、動物プランクトンを

餌資源とする本種との競合も、考えられる（酒井ほか，1998）。

次に、漁法の変化が考えられる。かつて、エリによる漁獲は産卵後の親魚の捕獲に限られていたが、1980年代から、水深10~15mの沖合に設置されるようになったため、産卵前の親魚も捕獲されるようになった。これにより、産卵量が減少したのではないかと危惧されている。



イサザの生活史模式図

(2) 琵琶湖水位と産卵生態の関係

産卵床の分布水深

酒井ほか(1998)によると、産卵床は水深4m以浅の範囲で形成され、特定的水深に偏る傾向はないと報告されている。むしろ、礫の大きさと着底状態に強く依存しており、本種が産卵床として好む礫の大きさは長径10~40cm程度で、1層浮き石状態(竹門,1995)のものである。Nagoshi(1966)によると水深7mでも産卵床が確認されており、水深7m以浅が産卵に適した水深であると考えられる。

片岡ほか(2000)の調査では、イサザの産卵床は水深1~1.5mの浅所に集中しており、産卵床に適した浮き石が多数存在していた。また、井出ら(1998)は水深別(水深1m、1.5m、2m)に産卵基体を設置したところ、水深1mではイサザの産卵床はほとんど形成されず、水深1.5m以深で産卵床が多く形成された。逆にヌマチチブは、水深1m地点に産卵床を多く形成し、水深2m地点にはほとんど産卵床を作らず、ヌマチチブはイサザより浅い場所を産卵場として好むことが示された。

産卵場の形成阻害要因

酒井ら(1998)によると、葛籠尾崎や沖島では水深1m以浅では産卵床が少なくなっており、これは波浪による底質の攪乱により産卵床の形成が制限されるためとしている。また、適当な大きさの礫が存在していても、その表面がアオミドロ類やサヤミドロ類等の糸状藻類で覆われている場合は、産卵床の形成が少なく、糸状藻類が産卵床の形成を阻害していると推定される(酒井ほか,1998)。

近年、琵琶湖にヌマチチブが侵入し、琵琶湖の沿岸域一帯に分布を広げている。本種の産卵期は4~5月の短い期間に集中するのに対し、ヌマチチブの産卵期は4月~8月まで長期間にわたる。本種とヌマチチブとの間で産卵期が重なる時期は多少あるものの、ピークは重ならないと推定されている。しかし、ヌマチチブは恒常的に沿岸礫帯の礫下面を隠れ場所として利用しており、礫下面の間隙をめぐる競争が本種との間ではたらいっている可能性が指摘されている(酒井ほか,1998)。

琵琶湖の水位変動による影響

本種は、長径10~40cm程度の1層浮き石が存在するところを産卵場としている。礫底の構造は、砂泥の供給・浸食・堆積過程のバランスから形成・維持されている(酒井ほか,1998)。底石の状態は水底の水の動きによって作り出され、それには水位の変動が関与している。これらのことから、イサザの産卵には水位変動が少なからず影響していることが示唆されている(片岡ほか,2000)。

また、波浪が強い場合、水深1m以浅は波浪による攪乱によって産卵床の形成が阻害されるため(酒井ほか,1998)産卵床の分布上限は水位変動によって影響を受けるものと考えられる。

(3) 引用文献

- Nagoshi, M. (1966) Ecological studies on population of isaza *Chaenogobius isaza* Tanaka, in Lake Biwa with special refernce to the effects of population density upon its growth. Res. Popul. Ecol., : 20-36
- 酒井明久・遠藤 誠 (1998) イサザの産卵場所の環境条件と産卵場間の産卵床数の比較. 滋賀県水産試験場研究報告, 47: 1-9
- 高橋さち子 (1989) 日本の淡水魚 (川那辺浩哉・水野信彦 編). 山と溪谷社, 616-617, 東京
- 高橋さち子 (1994) 川と海を回遊する淡水魚 (後藤 晃・塚本勝巳・前川光司編). 東海大学出版会, 170-183. 東京
- 竹門康弘 (1995) 水域の棲み場所を考える. 棲み場所の生態学. 平凡社, 11-66. 東京

琵琶湖水位と産卵生態の関係への引用箇所をアンダ - ラインで示す。

文献：酒井明久・遠藤 誠（1998）イサザの産卵場所の環境条件と産卵場間の産卵床数の比較．滋賀県水産試験場研究報告，47：1-9

イサザの産卵場所の環境条件

ころ、それらには1995、1996年ともに有意差が認められた（Kruskal-Wallis test; 1995: $H' = 11.1, P < 0.05$; 1996: $H' = 15.5, P < 0.01$ ）。1996年には産卵床数の最も多い海津大崎では27.6床、葛籠尾崎、沖島および近江舞子では5.0～8.4床、最も少ない八屋戸では0.4床と水域間で約70倍の差があった（Fig.7）。八屋戸における産卵床数は、1995年には海津大崎と葛籠尾崎より、1996年には他4カ所の産卵場より有意に少なかった（ $P < 0.05$ ）（Fig.10）。
礫帯の幅 各産卵場における調査ラインごとの礫帯の幅の平均をFig.8に示した。先に述べたように、イサザの産卵石の状態は1層浮き石、のり石および多層浮き石のものがほとんどであったことから、これらの状態の礫が卓越する礫帯の幅（以下、産卵可能な礫帯の幅とする）を比較した。産卵可能な礫帯の幅には産卵場間で有意差が認められた（Kruskal-Wallis test; $H' = 14.7, P < 0.05$ ）。八屋戸における産卵可能な礫帯の幅は10mであり、他4カ所の産卵場に比較して有意に狭かったが（ $P < 0.05$ ）（Fig.10）、最も広い沖島におけるその27mとの差は3倍以内であった。

ヌマチチブの密度 各産卵場における調査ラインごとのヌマチチブ密度の平均をFig.9に示した。1995年には、ヌマチチブの密度には産卵場間で有意差が認められた（Kruskal-Wallis test; $H' = 22.4, P < 0.001$ ）。イサザの産卵床がみられなかった八屋戸と近江舞子では、ヌマチチブの密度はそれぞれ106尾/100m²、69尾/100m²と非常に高く、沖島、葛籠尾崎に比べるとその差は有意であった（Fig.10）。一方、1996年にはヌマチチブの密度はどの産卵場においても15尾/100m²以下と低く、産卵場間で差は認められなかった（Kruskal-Wallis test; $H' = 8.9, P > 0.05$ ）。

考 察

1. 産卵場所の環境条件

イサザが産卵に利用する石の大きさは、長径10～40cmのものであった。それらの石の状態は、1層浮き石が最も多く、次いでのり石、多層浮き石となり、はまり石はほとんど利用されていなかった。また、産卵床の分布する場所の底質は、大礫、巨礫が1層浮き石、多層浮き石およびのり石の状態であることが多く、はまり石や岩であることは少なかった。高橋^{15, 16)}の水槽内での観察によれば、イサザが産卵床をつくる場合、石の下の空間は広すぎず体がやっと入るくらいのもの

を選び、砂を掘り出して産卵室をつくるという。また、入口の狭いことが条件らしい。本調査の観察結果は、産卵場においてもイサザが同じ条件で産卵場所を選択し、これが産卵床の分布の特徴となって現れていることを示している。すなわち、1層浮き石は砂礫底との間に若干の隙間を持つ状態であることから、イサザが産卵室の形状を整えたり、入口を狭く加工することが可能であり、イサザにとっては最も利用しやすい状態であったと考えられる。

本調査で確認した産卵床の分布する水深は、礫底部の範囲と一致し、約4m付近までであった。また、産卵床の分布は特定の水深に偏る傾向はみられなかった。産卵床の分布する水深について、Nagoshi⁷⁾は水際から水深7mまでの礫底とし、小林ら⁸⁾は水深にかかわらず礫のある場所には産卵床が認められ、その最深部は水深9mであったとしている。本調査の結果は、これよりも浅い水深までしか産卵床の分布を確認していないが、特定の水深に分布が集中しない点ではこれらと一致した。一方、葛籠尾崎や沖島では、水深1m以浅には産卵床が少なかった。その場所の底質は大礫、巨礫が多層浮き石の状態にあったことから、波浪による底質の攪乱が激しい場所と考えられる。これらのことから、産卵場とされる沿岸の礫底部では、イサザの産卵床の分布は水深には影響されないが、波浪による底質の攪乱によって、浅所での分布が制限されることがあると考えられる。

湖岸付近の礫底や岩石底表面には、アオミドロ類 *Spirogyra* やサヤミドロ類 *Oedogonium* を中心とする糸状藻類が繁茂する。²⁰⁾ これら糸状藻類がイサザの産卵期に石の表面を覆ってしまい、産卵を困難にしている可能性が指摘されている。²¹⁾ 本調査においても、海津大崎と沖島の産卵場の一部には礫表面に糸状藻類が繁茂しており、その区域ではイサザの産卵床は少なかった。糸状藻類が繁茂することは、イサザの移動や、産卵室内の水の交換を妨げると考えられ、産卵場所の制限要因のひとつとなるであろう。一方、1996年の調査で糸状藻類の繁茂区域が拡大したのは、イサザの産卵盛期を過ぎてからであった。このことから、1996年には糸状藻類の繁茂がイサザの産卵量に与えた影響は少なかったと思われる。しかし、糸状藻類の繁茂する時期が1ヵ月早ければ、イサザの産卵盛期と重なり産卵量に大きな影響を及ぼすことが予想される。糸状藻類の繁茂がイサザの産卵量に与える影響を把握するには、糸状藻

2) イサザ産卵調査結果

片岡佳孝・孝橋賢一

【目的】イサザ資源は、平成5年から7年にかけて漁獲量が1tに満たない低資源状態は脱した。平成8年31t、9年161tと回復してきた漁獲量は、平成10年は86tであり、まだ不安定な状態である。そのため、資源動向を把握しておく必要があり、イサザの産卵場所として最も良いとされる海津大崎において、産卵ピークを中心とした産卵状況の調査をおこなった。

【方法】イサザの産卵期に相当する4月下旬から5月上旬にかけて、マキノ町海津大崎地先で、潜水目視観察による産卵状況調査を行った。調査は3回（4月21日、5月7日、5月21日）行い、1回目は予備調査とした。湖岸から沖に向かい、1本30mロープを3本引き（NO. 1、2、3とする）、その両側1mに沿って産卵親魚数、産卵床数（親魚とともに卵塊が確認されたものを産卵床とした）を記録した。

【結果】

4月21日の調査では、NO. 3のトランセクトしか観察できなかったが、親魚数24尾、産卵床4が確認された。調査地点の湖岸水温は14℃であった。

5月7日の調査（図1）では、NO. 1～3の合計で親魚65尾、産卵床26が確認された。産卵床は、NO. 1の水深1～1.5の浅所に集中していた。水温は14.8℃であった。糸状藻類の繁茂が認められたが、浮き石と浮き石の間を埋めるほどには繁茂していなかった。そのため、イサザの産卵を妨げるような状態ではなく、産卵床も保たれていた。また、発眼卵が認められた。

5月21日の調査（図2）ではNO. 1～3の合計で親魚13尾、産卵床2が確認された。糸状藻類の繁茂が顕著となった。糸状藻類の繁茂していない場所は、岸から沖へ向かって4mまでであった。水温は18℃であり、イサザの産卵する水温から考えると高くなった。産卵床は、3～4mの沖側のみとなった。適産卵水温や産卵親魚、産卵床数から産卵はほぼ終了したと考えられた。

NO. 3の経時変化をみると4月21日では産卵床4から5月7日10、5/21と変化していることから5月上旬にピークがあったと考えられた。

今回の調査では、水深1～1.5mの浅所に集中した産卵が認められた。産卵床に良好な浮き石が多数存在していたが、このような状態を作り出すのは水の動きである。イサザの産卵床は水底にあり、一見水位の変動の影響を受けないように見える。しかし、水位の変動により、底石のうける水の動きは変化すると思われる。それにより、産卵場の状態も常に変化していると思われ、イサザの産卵にも少なからず影響している可能性がある。

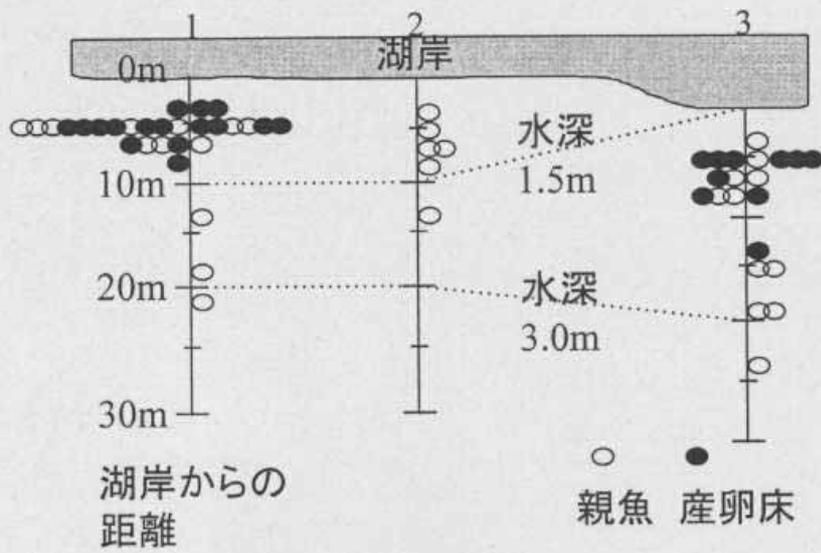


図1 産卵床分布図(5月7日)

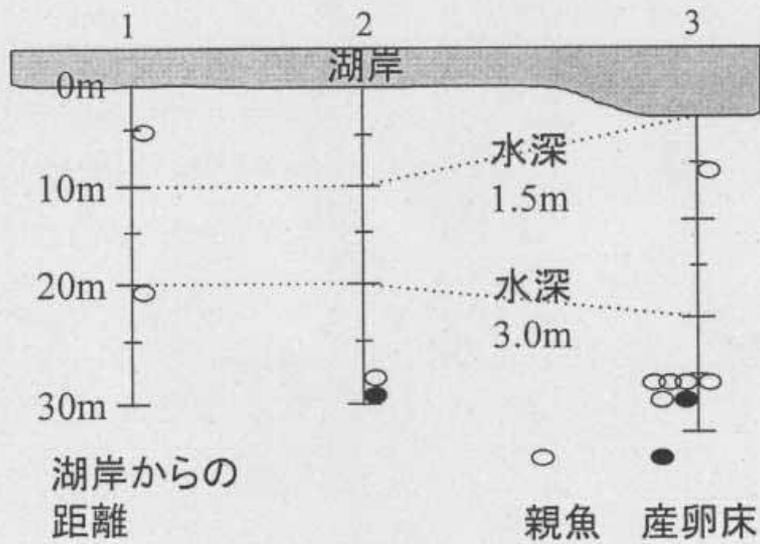


図2 産卵床分布図(5月21日)

2. イサザ等特産種資源対策研究費

1) イサザの産卵基体設置試験結果

井出充彦・吉岡剛

【目的】イサザの漁獲量は昭和61年に567tであったものが平成5年以降平成7年までは1t以下となった。平成8年はわずかながら回復傾向を示し31tとなった。しかし、今後どの程度まで回復するかは不明であり、増殖場造成による資源の増大をはかるための基礎研究とするため、投石による増殖場造成試験を行った。

【方法】4月15日に志賀町近江舞子湖岸の、砂礫底上に投石を行い、ほぼ1週間ごとに6月6日までイサザの産卵状況を観察した。投石はおよそ30×30cmの板状で表面に凹凸のある石を、湖岸より6～8m(地点1 水深約1m)、12～14m(地点2 水深約1.5m)、18～20m(地点3 水深約2m)の3地点に1地点2×2mの範囲で行った。また、石の状態が一層浮き石の状態になるように、潜水者が投石後の石を整頓した。

【結果】投石1週間後にはイサザの産卵床が確認できるようになり、5月20日まで見られた。産卵床数のピークは5月1日で、沖合の地点ほど産卵床の密度が高かった。産卵床の数は地点1、2、3がそれぞれ3、32、93床で、投石面積1㎡あたりそれぞれ0.75、8.00、23.25床となりSt.3では明らかな産卵基体としての効果が見られた。

なお、地点1では5月1日にヌマチチブの産卵が見られ、5月8日にはイサザの産卵床が1床であるのに対し、ヌマチチブの産卵床は9床となった。それ以降地点1はヌマチチブの産卵床のみとなった。地点2および3は5月8日以降にヌマチチブの産卵床が見られたが、特に地点3はイサザの産卵床数と比較してごくわずかであった。ヌマチチブはイサザよりも浅い場所で産卵床をつくるものと思われた。

これらのことから、湖岸より約12～20m、水深約1.5～2mの地点に投石することにより、産卵場所を造成することが可能であると思われた。

文献：高橋さち子(1989)日本の淡水魚(川那辺浩哉・水野信彦 編).山と溪谷社,616-617,
東京

イサザ

⇨582頁

Chaenogobius isaza

ハゼ科ハゼ亜科ウキゴリ属

全長 5～8 cm

地方名

形態 体の地色は淡い^{あかいろ}鉛色で、頭部には淡黒色の斑点が密にある。頭部を除く背部と体側には淡黒色の斑点からなる不明瞭な6～7個の鞍状斑と8～9個の横斑がある。腹側は白色。第1背びれの後端に黒色斑がある。ウキゴリに似るが一見して相違する点は、尾柄が細い、ひれの^{よこじま}横縞が不明瞭、第1背びれの黒色斑の下部に白色斑がないなどである。

産卵前には腹側部に黄色の婚姻色が縦走するが、これは雌に著しい。

分布 ウキゴリから分化したと思われる琵琶湖固有種で琵琶湖の北湖に産する。1964年相模湖と霞ヶ浦から各1尾採集されたが、琵琶湖から移入したアユなどに混入してきたものと考えられ、繁殖定着は確認されていない。

生活 全長18mmくらいの稚魚は水深約20m域、成魚は30m以深に生息する。主に、プランクトン動物、ヨコエビ、ユスリカ科幼虫を食うが、1970年ごろから成長がよくなるとともにヨコエビを食う割合が増加している。

産卵期は4～5月であるが、大部分は湖岸の日中水温が約13℃になる4月末～5月はじめの短期間に産卵する。産卵場は湖岸の石のある地帯で、水際から水深約7mまでの範囲で産卵が観察されている。

雄は、石の下に産卵室をつくり、雌を呼び入れて石の裏面に卵を産ませ、卵を保護する。卵は約1週間で孵化し、仔魚は直ちに沖に流され浮遊生活を送る。

アユ *Plecoglossus altivelis altivelis*

(1) 生態概要

アユの帰属については古くから議論されてきたが、未だ定説をみない。骨格などの形態から推定した分岐図はキュウリウオ科内に位置づけられる。一方、分子系統に基づく最新の研究は、アユとシラウオ科がキュウリウオ科の外群に位置づけられることを予見している（井口，1990）。アユの類縁関係を探るには更なる情報の蓄積が必要であるが、ここでは従来どおり独立の科として扱った（細谷，2000）。

体色は背側は青みがかかったオリ - ブ色で腹側は銀白色であるが、死ぬと全体に黄みを帯びる。特になわばりを持つ個体では、胸びれ基部の後方に長円型の黄斑があらわれ、背びれは長く黒色を帯び、さらにあぶらびれの先端は鮮やかなオレンジ色を呈する。産卵期のアユは「さびアユ」と呼ばれ、雌雄とも体色が黒ずみ、雄では追星の出現が著しく、体の表面がざらざらになる（西田，1989）。

北海道西南部以南の日本各地に分布する。奄美大島と沖縄島に分布するのは別亜種（リュウキュウアユ）である。種としては、朝鮮半島からベトナム国境近くまでの中国大陸沿岸部と台湾島にも分布するが、台湾島では絶滅したとみられている（西田，1989）。

典型的な両側回遊型のアユは、秋に河川の中下流域で産卵する。およそ 2 週間で孵化した体長約 6mm の仔魚は流れにのって海に運ばれ、約 6 ヶ月の間、その半生を海で過ごす。体長 50 ~ 70mm に成長した稚魚は、春河口に集まり遡河を開始する。春から夏にかけて河川の中流域で礫に付着した藻類を餌にして成長する。秋には体長が 120 ~ 300mm に達して成熟し、産卵後に死亡する年魚である。

これに対し、琵琶湖のアユは遡河時期の違いによりの 3 群の回遊型（表、図）に分けられる（塚本，1988）。

表 琵琶湖のアユの回遊型

回遊型	生活史
春遡河群（オオアユ）	春に湖から流入河川に遡上し、中上流域で大きく成長する春遡河群
夏遡河群	春遡河群に遅れて夏に遡上する夏遡河群
秋遡河群（コアユ）	一生の大部分を湖中で過ごし、小サイズで成熟した後、秋に流入河川の下流部で産卵する秋遡河群

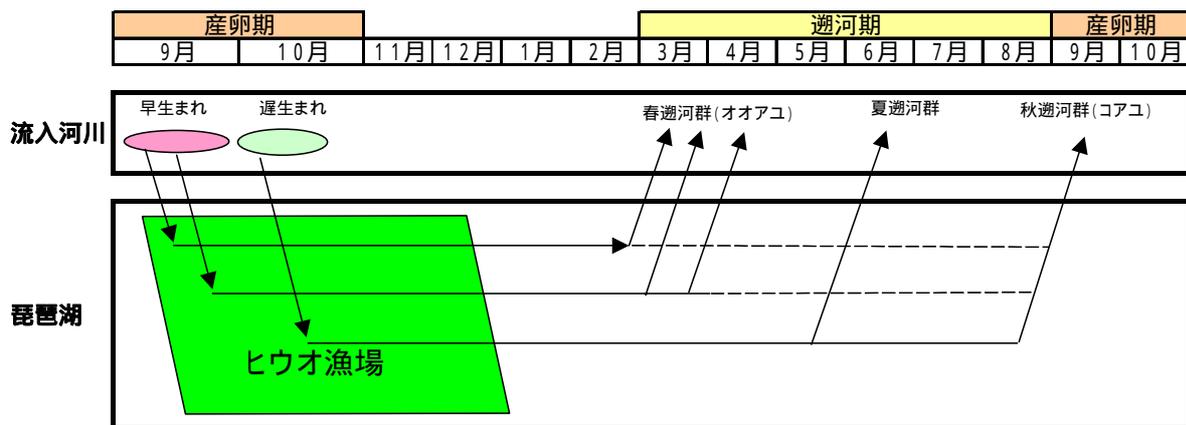


図 琵琶湖のアユの回遊型 (塚本, 1988 を改変)

秋遡河群(コアユ)の産卵期(8~9月)は、春遡河群(オオアユ)の産卵期(9~11月)より1ヶ月以上早いことが知られている。一般に、アユの産卵期は分布の北方で早く、南方で遅くなる傾向があるが、琵琶湖の秋遡河群(コアユ)の産卵期はこの傾向からはずれて、同緯度地域の両側回遊型のアユに比べて半月から1ヶ月近く早い(西田, 1989)。

琵琶湖におけるアユの回遊型は河川への遡上時期によって区分される。河川への遡上時期は、孵化後の成長率によって規定される。すなわち、より高い成長率を獲得した個体は春季に遡上し両側回遊型のアユと同様の生活環をたどりオオアユとなる。それに対し成長の悪い矮小な個体(コアユ)は産卵期まで湖中に留まる。また、中間の成長率を示し夏季に遡上する個体もいる。琵琶湖のアユ資源の大部分はコアユが占め、オオアユや夏季遡上群はごく僅かである。

成長率の違いは孵化した時期に規定されるが、それに加えて、琵琶湖の餌資源の状況や各個体が餌生物の群れと遭遇するか否かといった偶然性にも左右される。以上のことから孵化日の違いと、その後の成長率の違いが回遊型を決定し、回遊型の差がオオアユ・コアユといった外見上の違いを生んだと考えられている(塚本, 1988)。

また、アユにはサケ・マスで言われているような厳密な意味での母川回帰はないと考えられている。サケ・マスではある程度発育が進んだ稚魚の段階まで成長した後、降海しその直前に母川物質の記録がなされる。一方、アユは孵化後直ちに降海するため母川物質を正確に記録する時間的余裕はない(石田, 1988)。

姉川人工河川における実験によると、琵琶湖の春季から夏季にかけての河川への遡上は、河川からの流入水温が湖中のアユ生息場所の水温より高くなったときに起こり、流入水温が14℃を超えると遡上するようになる。人工河川と比べ天然河川のほうがアユの遡上開始時期が早い、これは人工河川が琵琶湖水を使用していたため、水温の上昇が天然河川のほうが早いためであると考えられている(伏木ほか, 1978)。また、春季から夏季にかけての遡上は日中にみられるのに対し、秋季の産卵遡上は夜間である。

(2) 琵琶湖水位と産卵遡上の関係

アユは琵琶湖漁業における最も重要な漁業対象種であり、古くから積極的な保護・増殖策がとられてきた。湖産アユ増殖対策としては、人工採卵孵化放流事業、産卵場造成事業、保護水面管理事業、親魚放流事業などが行われてきた。

昭和47年(1972年)琵琶湖総合開発特別措置法が成立し、開発計画が決定された。その中で、水資源開発事業は直接的に水産生物に影響を及ぼすものと考えられ、開発に伴う影響予測が検討された。湖産アユは水産重要種ということで慎重な検討がなされた(近畿建設局琵琶湖工事事務所ほか, 1993)。

琵琶湖に流入する河川は、河床が周囲の土地よりも高い、いわゆる「天井川」が多いため、渇水時には表流水が伏流化してしまうことがしばしばある。ましてや、天然河川の異常渇水時に利水によって水位が低下した場合、少ない河川表流水は、河口に近い下流部で従来以上に伏流化する可能性がある。このような状態がアユの産卵期間である8~11月に起きた場合は、湖中の親魚群は河川下流域の産卵場へ遡上できなくなる。アユは流速80cm/secで62~68cmの高さを通過できるにすぎない(Koizumi et al.)。また、春先に河川中流域へ遡上して成長したアユは、下流域へ降下して産卵できたとしても、孵化仔アユは伏流部で止まり湖へ流下できなくなる。このようにして、産卵や孵化仔魚流下が湖水位の低下によって阻害されれば、年魚であるアユの資源は壊滅的な打撃を受けることになる。このような深刻な事態に対する措置としては、従来の増殖対策では対応しきれないので、新たな増殖対策、すなわち「人工河川方式によるアユ資源維持対策」に積極的に取り組むこととなった(近畿建設局琵琶湖工事事務所ほか, 1993)。

人工河川から流下する仔アユ数は比較的安定した状態にあるものの、天然河川からの流下仔アユ数に左右されて、人工河川の全体比は5~74%と大きな幅があるものの、平均15%程度の貢献度があるとみてよい(近畿建設局琵琶湖工事事務所ほか, 1993)。これらのことから、琵琶湖のアユにとって琵琶湖の水位低下は産卵遡上や仔魚の流下に影響を及ぼすものの、それに対する資源維持対策として設置された人工河川がよく機能しており、琵琶湖のアユ資源を補っていると考えられる。

(3) 引用文献

- 伏木省三・田沢茂・中賢治．1978．人工河川における春期から夏期にかけてのアユの遡上について．滋賀県水産試験場研究報告第30号，15-19．彦根．
- 細谷和海．2000．日本産魚類検索，中坊徹次編，1475．東海大学出版会．東京．
- 井口恵一郎．1999．アユの過去と未裔たちの現在．魚の自然史 松浦啓一・宮正樹編，133-146．北大図書刊行会．札幌．
- 石田力三．1988．アユ その生態と釣り．つり人社．東京．
- 近畿地方建設局琵琶湖工事事務所・水資源開発公団琵琶湖開発総合管理所．1993．淡海よ永遠に - 琵琶湖開発事業誌 - 特論編，62-70．大阪．
- Koizumi, K et al．1965．Jumping behavior of Ayu-fry, *Plecoglossus altivelis* T.et.S.(Behavior studies on fresh water fishes, I) Jap. J. Ecol.,15(3):94-99.
- 三浦泰蔵・須永哲雄・川那部浩哉・牧岩男・東幹夫・田中晋・平井賢一・成田哲也・友田淑郎・水野信彦・名越誠・高松史朗・白石芳一・小野寺好之・鈴木紀雄・柳島静江．(1966) 魚類班中間報告．近畿地方建設局『びわ湖生物資源調査団一般調査中間報告』,711-906．
- 西田 睦．1989．アユ．日本の淡水魚，川那部浩哉・水野信彦編，66-79．山と溪谷社，東京．
- 塚本勝巳．1988．アユの回遊メカニズムと行動特性．現代の魚類学，上野輝彌・沖山宗雄編，100-133．朝倉書店．東京．

琵琶湖水位と産卵遡上への関係への引用箇所をアンダ - ラインで示す。

文献：近畿地方建設局琵琶湖工事事務所・水資源開発公団琵琶湖開発総合管理所，1993．
淡海よ永遠に - 琵琶湖開発事業誌 - 特論編，62-70．大阪．

表2.4.② 湖産アユ増殖対策の経過



河川が「アユ産卵保護水面」として積極的に管理されるようになり、今では8河川がその対象となっている。水産増殖技術の進歩とともに、長い間続けられてきた人工産卵ふ化放流事業は、30年前から天然河川を対象としたいいわゆる「親魚放流事業」が始められ、途中休むことなく、現在も継続実施されている。

(3) 新たな増殖対策への取り組み

昭和47年(1972年)、琵琶湖総合開発特別措置法が成立し、開発計画が決定された。

その中で、水資源開発事業は直接的に水産生物に影響を及ぼすものと考えられ、開発に伴う影響予測が魚種別に検討された。特に、湖産アユについては河川放流用や養殖用の種苗として全国に出荷されている関係から慎重な検討がなされた。

琵琶湖に流入する河川は、河床が周囲の土地よりも高い、いわゆる「天井川」が多いため、洪水時には表流水が伏流化してしまうことがしばしばある。ましてや、天然河川の異常洪水時に利水によって湖水位が低下した場合、少ない河川表流水は河口に近い下流部で従来以上に伏流化する可能性がある。このような状態がアユの産卵時期

である8～11月に起きた場合は、湖中の親魚群は河川下流域の産卵場へ遡上できなくなる。また、春先に河川中流域へ遡上して成長したアユは、下流域へ降河して産卵できたとしても、ふ化仔アユは伏流部で止まり湖へ流下できなくなる。このようにして、産卵やふ化仔魚流下が湖水位の低下によって阻害されれば、年魚であるアユの資源は潰滅的な打撃を受けることとなる。このような深刻な事態に対する措置としては、従来の増殖対策では対応しきれないので、新たな増殖対策、すなわち「人工河川方式によるアユ資源維持対策」に積極的に取り組むこととなったのである。

(4) アユ資源維持対策の検討経過

アユ資源維持対策の具体的な検討項目のうち、主なものの検討経過は次のとおりであった。

1) 河口部の掘削

河口部を掘削して伏流化を防ぐ方式である。この方式は産卵時期に水位低下が起こらない場合、河川水が滞留し、水質や水温が変化するなど湖中親魚の産卵遡上に支障が生ずる。また、ふ化仔アユの湖中への流下にも影響があるので適当とはいえない。

2) 人工採卵ふ化放流

アユ親魚から人工的に採卵し受精させて天然河川に放流する方式である。年間漁獲量に見合う流下仔アユ数200～500億尾の10分の1を補うとしても、親魚必要量は10%余りとなり、この親魚から受精適期アユを選別する手間が、受精適期間(1日)を考慮して50人以上を必要とし、さらに、人工採卵では、卵の受精率やふ化率が低下しやすいので、これも適当とはいえない。

3) 人工種苗生産放流

ふ化仔アユから仔魚に至る間の、いわば自然減耗率の最も大きな時期を人工的に飼育し、生育した仔アユを湖中に放流する方式である。放流する仔アユ数が少なくとも100億尾必要なことから、現在の種苗生産技術や生産経費から考えて実用化は不可能に近いので、これも適当とはいえない。

4) 人工産卵床造成

人工的に河川型水路を造成し、底面にアユ産卵床を敷設する方式である。技術

表2.4.④ 天然および人工河川における流下仔アユ数の年別比較

(単位: 個尾)

	56年 (1981)	57年 (1982)	58年 (1983)	59年 (1984)	60年 (1985)	61年 (1986)	62年 (1987)	63年 (1988)	元年 (1989)	平均
天然河川	28	532	80	22	30	127	153	761	296	225
人工河川	10	31	25	36	85	51	28	40	47	39
合 計	38	563	105	58	115	178	181	801	343	264
比率(%)	26.3	5.5	23.8	62.1	73.9	28.7	15.5	5.0	13.7	14.8

比率(%) : 人工河川 / (人工河川 + 天然河川) × 100

- 2) 流速50cm/s、水深20cm……勾配を1/700とした。
- 3) 産卵用敷砂利……厚さ20cm、砂利粒径5～25mmとした。
- 4) 食害の防止……ヨシノボリ等アユ卵を食べる魚が遡上できないよう、川下に「かえし」を設けた。
- 5) 養成親魚の成熟促進……養魚池に1面あたり12個の照明灯を設けた。
- 6) その他、産卵後の死魚の処理、停電時の自家発電、水位低下時の遡上水路に配慮を加えた。

昭和56年(1981年)、滋賀県、滋賀県漁連、滋賀県鮎苗漁連の三者によって、財団法人「滋賀県アユ資源培養協会」が設立された。同協会は設立以来施設や事業の運営にあっている。

事業の経過をみると、昭和56年(1981年)は姉川人工河川飼育池で、成熟促進された親アユ約11トンが8月下旬に両人工河川に放流され、その結果、15億1千万粒の有効産着卵が確認できた。この実績を琵琶湖への流下仔アユ数に換算して天然河川を含めた全体の資源添加量に占める人工河川の割合をみると、26%となって初年度から好成績を得ることができたといえよう。

表2.4.⑤のように9ヵ年の経過では、人工河川での流下仔アユ数は比較的安定した状況を示しているが、天然河川での仔アユ数の多寡に左右されて、人

表2.4.⑤ 湖産アユ漁獲量の年変動

(単位: トン)

年	項目	全漁獲量	うち種苗量
S.52(1977)		1,072	405
S.53(1978)		1,150	450
S.54(1979)		1,252	568
S.55(1980)		1,345	552
S.56(1981)		959	500
S.57(1982)		1,316	538
S.58(1983)		1,743	793
S.59(1984)		1,063	546
S.60(1985)		965	533
S.61(1986)		1,660	619
S.62(1987)		1,885	812
S.63(1988)		1,799	733
H.元(1989)		1,764	772

(農林水産統計)

工河川の全体比は5～74%と大きな幅はあるものの、平均15%程度の貢献度があるとみてよい。

一方、漁獲統計でみるアユの年間漁獲量は、表2.4.⑥のように、人工河川稼働後は、稼働前と比べて増加と安定の傾向をみせている。つまり、人工河川の実用化は湖産アユの資源維持培養に多大の貢献をしていると関係者から高く評価されている。

(7) 人工河川の波及的効果

実験人工河川での試験研究の後、人工河川に関する研究としては、昭和52年(1977年)、53年(1978年)度に天然河川から琵琶湖への仔アユの総流下調査を行い、量的な把握を可能とする成果が得られた。その後、昭和56年(1981年)の事業開始に伴って昭和56年(1981年)から60年(1985年)度にかけてその効果を調査し、人工河川由来の仔稚アユの分布が漁獲初期には琵琶湖北湖全域にわたっていることが明らかになった。さらに、昭和59年(1984年)度からは、人工河川を含めた全ふ化仔アユのふ化時期と漁獲への見返り等について、より効果的な増殖方法を探るための研究が進められている。

このように、天然河川の利用のみでは十分に成果を上げ得なかった湖産アユの資源生態研究も人工河川の計画的利用によって大きく進展し、アユの増殖効果の向上に寄与しているという波及的効果の一面も見逃してはならないと思われる。

2.4.2 温水性魚類養殖施設対策等

琵琶湖内の水産資源維持対策について、アユを主体とした冷水性魚類の資源維持対策としては人工河川が建設された。

一方、琵琶湖には、ギンブナ、ゲンゴロウブナ、ニゴロブナの3種のフナやホンモロコといったコイ科の魚種が生息している。これらは一般に温水性魚類と呼ばれている。このうち、ニゴロブナはフナズシの材料となるフナであり、ホンモロコも漁業的価値の高い魚種である。これら温水性魚類は湖岸の蘆場、ヨシ帯が産卵場、仔稚魚成育の場となるため、産卵期等に水位低下が生じた場合には資源再生産に影響が生じることが予測された。

このため、温水性魚類の資源維持対策については、当初湖岸堤を湖中へ沖出すこと

文献：塚本勝巳．1988．アユの回遊メカニズムと行動特性．現代の魚類学，上野輝彌・沖山宗雄編，100-133．朝倉書店．東京．

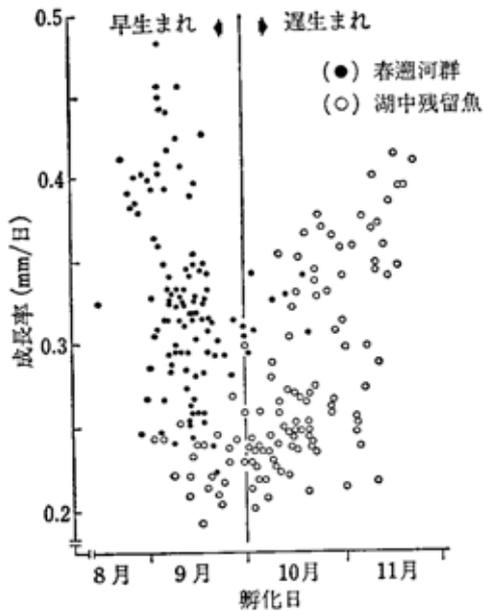


図 5.8 3～5月に琵琶湖の流入河川に遡上した春遡河群と、6月になっても湖中にとどまっていた魚の孵化日と成長率の関係⁴⁾
 孵化時期を便宜的に10月1日を境にして早生まれと遅生まれに分けてある。

にヒウヲ漁場を去り、春先より若齢・小サイズで遡上を始め、春遡河群となる。一方、遅生まれのものは成長が悪く、長い時間かかって高齢・大サイズとなり、遅れてヒウヲ漁場に参加する。これらは6月以降に高齢・大サイズとなって遡上する夏遡河群と、そのまま秋まで湖中にとどまる残留群とにわかれてゆく。なお、ヒウヲ漁場を去った魚がただちに流入河川へ遡上するわけではない。どこか別の生息場所へいったん移動するか、あるいは成長に伴って分布や行動特性が変わったために同じ水域にいても採集できなくなるものと考えられる。

オオアユとコアユ 残留群（コアユ）の産卵期（8～9月）は春遡河群（オオアユ）のそれ（9～11月）より

1カ月以上早いことがわかっている⁵⁾。したがって、小サイズで成熟する残留群（コアユ）は早期に産卵するので、その子は当然、早生まれとなる。上述のよう

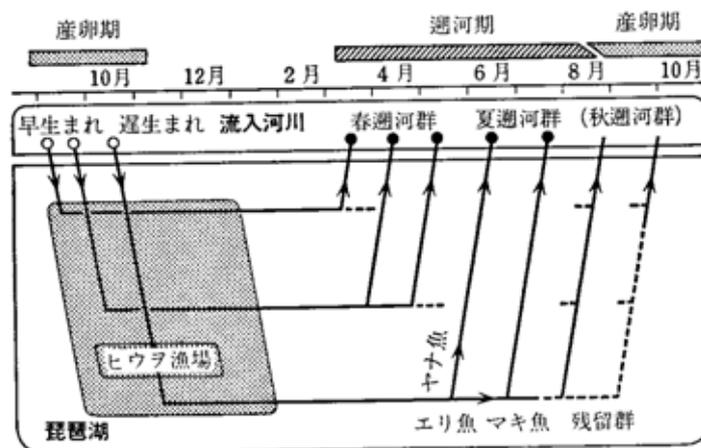


図 5.9 琵琶湖のアユの回遊型⁴⁾
 孵化日と遡河時期の対応関係に注目して書かれている。

文献：三浦泰蔵・須永哲雄・川那部浩哉・牧岩男・東幹夫・田中晋・平井賢一・成田哲也・友田淑郎・水野信彦・名越誠・高松史朗・白石芳一・小野寺好之・鈴木紀雄・柳島静江・（1966）魚類班中間報告．近畿地方建設局『びわ湖生物資源調査団一般調査中間報告』,711-906．

は例年に比して極めて小さかった。そのために例年の産卵場が利用されず、河口附近が主な産卵場となり、その他に例年利用されない小さい河川で産卵することが観察された（内藤ほか 1952）。しかし産卵群の大きさに対して産着卵数が特に少ないということはなく平年なみになっている（永年変動の項参照）。したがってこの程度の低下では河川の流量が小さくても、河口部に産卵した場合にはほとんど問題はない。またその場合、水位低下が起ると産着卵が干上がり死滅する可能性があるが、このタイプでは10月にかけて上昇しているので問題にしないでよい。しかしながら、工事によって、全体としての水位がさらに低下した上に、もしも、秋期に雨量が少ない年がくるならば、夏期の洪水はさらに秋まで長びき、河川および河口部における産卵は大きく破壊される可能性も考えられる。

タイプIIの場合

この場合、タイプIの後半で考察した遡上後の河川生育期および産卵期に対する影響が、タイプIの場合よりも著しくあらわれるであろう。

このタイプの大きな特徴は夏から秋にかけての異常な水位低下である。したがって秋産卵型のアユにとって最悪の条件を与えることになる。9月～10月にかけて水位は-1.8～-2.1 m となるので、たとえ流入河川があったとしても河口部における落差はかなり大きくなるものと予想され（日本建設コンサルタントの予測）、流速80cm/secで62～68cmの高さを通過できるにすぎない（Koizumi, et al. 1965）ので、この種が遡河する可能性は極めて低いであろう。またこのような大きな低下があった場合流入河川の伏流化ははなはだしくなる可能性がある（日本建設コンサルタントの予測）。このようなことが起れば河川産卵は全く不可能になる。

ふつう、びわ湖のアユの産卵が、オオアユもコアユも共に流入河川の下流域でおこなわれるため、水位変動の影響は、遡河および河川生育のほか、産卵において最も顕著にあらわれるであろう。しかも産卵の問題は、Miura (1965) の分析によれば、産卵群の大きさが産着卵数を、産着卵数が11月稚魚の量をそれぞれ規定していることからわかるように、少くとも一定段階まで後の世代の量に関係をもっている。

調査期間中(1961～'65)において、1962, '63, '64年はコアユの遡上、産卵が非常に少なく、したがって、次年度の補充に対して、オオアユの降下産

ビワマス *Oncorhynchus masou* subsp.

(1) 生態概要

サクラマス群 3 者の関係については長年議論されてきたが、現在では一般に 3 亜種として分類され、ビワマスは琵琶湖の固有亜種とされている（大島，1957；加藤，1973；藤岡・伏木，1988；古川，1989；Kimura，1990；藤岡，1991）。さらに Kimura（1990）は、サクラマス群 3 者の模式標本を詳しく調べることで、それぞれの学名をビワマス *Oncorhynchus masou* subsp.、サツキマス *Oncorhynchus masou ishikawai* Jordan et McGregor、サクラマス *Oncorhynchus masou masou* (Brevoort) とすることを提唱している。

形態は、サツキマスと酷似しており一見しての識別は困難である。特に河川生活期のパ - では、両者とも体側にパ - マ - クおよび朱点が存在し、外見的に両者を区別することは難しい。しかし、ビワマスの場合降湖したものでは体長約 20cm に達すると朱点を失うため、生涯朱点を失うことのないサツキマスとはこの点で区別することができる。また、ビワマスの眼径が他の 2 亜種に比べて相対的に大きいためビワマスは顔つきがやさしく感じられる。漁業者は、ビワマスと最近琵琶湖で増加しているサツキマスとを区別している（古川，1989）。

産卵床からの稚魚の浮出は 2 月下旬～3 月であり、6～7 月頃まで河川内に留まる。4 月下旬頃までは流れの緩やかな岸よりの場所や淵に分布するが、5 月上旬には瀬の流心や淵頭に定位し、主として水生昆虫の幼虫、蛹、成虫と落下昆虫を捕食する（加藤，1978；藤岡，1991）。水生昆虫よりも陸生昆虫を積極的に捕食する（上西・藤岡，1988）。

サケ科魚類の多くは、降海回遊の直前に形態的・生理的あるいは行動的に大きな変化を伴う銀毛変態（スモルト化）をすることが知られている。ビワマスの近縁種であるサクラマス（ヤマメ）やサツキマス（アマゴ）においても体色の銀白化に伴うパ - マ - クの消失・背鰭の濃黒化など形態的变化の後に降海することが知られている。ビワマスの近縁種であるサツキマス（アマゴ）やサクラマス（ヤマメ）の降海は、孵化後 1 年あるいはそれ以上経過した冬季から春季で、体長はサクラマス 10cm（全長）以上、サツキマスでは 11cm（標準体長）以上とされている。これに対し、ビワマスの河川から湖への降河は、4 月下旬から体長 4cm 以上で発言し、5 月中旬から 6 月に体長 5～7cm で最も活発となる。（藤岡，1991）。藤岡・伏木（1988）の調査によると、ビワマスの体色の銀白化は、降河直前から始まり降河後さらに強くなる。更にパ - マ - クの消失は、降河後 2～3 ヶ月後に認められる。サケ科魚類の銀毛化は、海水適応への準備であると考えられている。しかし、ビワマスの場合は流入河川から琵琶湖への移動すなわち淡水から淡水への移動であるため、海水適応能を必要としない降回遊である。ビワマスは海水生活に必要な海水適応能を既に失っているといわれており（藤岡，1991）、ビワマスの銀毛化の時期や様相が降海性のサケ科魚類のものと異なる原因は、河川と湖間での回遊という生活史を獲得する中で形成されてきたことに深く関連しているものと考えられている（藤岡・伏木，1988）。降河の盛期は 5 月中旬から 6

月下旬であり、降水量の多い日やその翌日にピ - クが見られ、降雨に伴う流量や濁りとの間に強い相関が認められている（藤岡・伏木，1988）。これまで全ての個体が降河すると考えられていたが、近年河川残留型の存在が示唆されている（藤岡・伏木，1988；桑原・井口，1994）。

降湖後の個体は、アナンデ - ルヨコエビを主に捕食し（上西・藤岡，1998）成長に伴ってアユなどの魚類を捕食するようになる。夏季には水温 20 以下の躍層の直下で生活し、捕食時のみ水温 20~25 の表層近くに浮上すると考えられている（藤岡・伏木，1988；古川，1989）。ピワマスは河川の水温が上昇する時期に河川から湖に降河し、速やかに沖合の深層水域へ移動する。この水域はピワマスにとって水温 20 以下の好適な水温帯が広がり、かつアユやヨコエビなど餌資源となる生物が多数生息している。また、降河後には河川生活期より成長率が低下する（藤岡，1991）。

雌では、4 月以降の GSI（生殖腺重量指数）が 0.2 以上の群で急上昇し、9~11 月にかけて GSI は 10~25 に達し、卵巣が成熟する。8~9 月の時点で GSI が 1 以上の個体はその年成熟群となるが、0.2 以下の個体は未成熟群となる。標準体長で 35cm を境にそれ以下の体長では未成熟個体が大部分を占め、それ以上ではほとんど成熟魚である（藤岡，1991）。一方、雄では 5 月まではほとんどの個体が GSI 0.1 以下であるが、5~6 月以降に GSI が急増する群と、0.1 以下のまま増加傾向を示さない群に分かれる。8~9 月に GSI が 1 以上を示す個体は成熟群となる。標準体長で 25cm を超える個体で成熟群が多くを占める（藤岡，1991）。

現在のところ詳しい産卵生態については明らかにされていないが、雌が産卵床を形成し産卵する行動は、他のサケ科魚類と同様である。産卵期は主に 10 月下旬から 11 月下旬で、北湖の流入河川の中下流部で産卵する。9 月~11 月上旬にかけて、特に雨後のあとの増水時に遡上する（古川，1989）。

ピワマス卵の受精から孵化、受精から浮上までの積算水温は、それぞれ、434（平均）778（平均）であることが報告されている（藤岡，1991）。飼育条件などが他種と異なるので単純には比較できないが、アマゴおよびヤマメとほぼ一致すると考えられている（藤岡 1991）。

(2) 琵琶湖水位と産卵遡上の関係

ビワマスの仔稚魚期は、ふ化場で過ごし、湖中生活は幼魚期に始まる。産卵期を除いてこの魚種の生活空間は湖岸に近い水域を含まない。従って水位低下による生活場所の構造の変化はそれ程大きくないものと予想されるから、大きな影響はないであろう。河川産卵型のこの魚種にとって産卵期における水位低下の影響は大きい。産卵期の漁獲物から採卵して、それから種苗を生産しているのが現在とられている資源管理法であるから、もし成熟した産卵群の漁獲が低下すれば、種苗の生産が低下し、ひいては琵琶湖の個体群全体に影響する。現在、産卵群の捕獲は殆どヤナによって行われており、水位低下によって河川が干上がったたり、流量が低下すると影響がでてくる。ビワマスの産卵遡河は大きな雨が降った後、数日に限られるようである（近畿地方建設局，1966）。

(3) 引用文献

- 藤岡康弘・伏木省三．1988．ビワマス幼魚の降河と銀毛化．日本水産学会誌，54(11)．1889-1897．
- 藤岡康弘．1991．ビワマスの形態ならびに生理・生態に関する研究．醒井養鱒場研報,(3)．1-112．
- 古川哲夫．1989．ビワマス．日本の淡水魚，川那部浩哉・水野信彦編，180-185．山と溪谷社，東京．
- 加藤文夫．1973．伊勢湾で獲れたアマゴの降海型について．魚類学雑誌，20．107-112
- Kimura, S．1990．On the type specimens of *Salmo macrostoma*, *Oncorhynchus ishikawae* and *O. rhodurus*．Bulletin of the Institute of Zoology, Academia Sinica, 29, Supplement. 1-16.
- 近畿地方建設局．1966．びわ湖生物資源調査団一般調査中間報告書，870-871．
- 桑原雅之・井口恵一郎．1994．ビワマスにおける河川残留型成熟雄の存在．魚類学雑誌，40(4)．495-497．
- 大島正満．1957．桜鱒と琵琶鱒．楡書房，札幌．
- 上西実・藤岡康弘．1998．ビワマスの稚魚期における食性の変化．魚類自然史研究会会報ボテジャコ，24-25．魚類自然史研究会．大阪．

琵琶湖水位と産卵遡上の関係への引用箇所をアンダ・ラインで示す。

文献：近畿地方建設局．1966．びわ湖生物資源調査団一般調査中間報告書，870-871．

影響予察 ビワマス

1. 締切堤による分断の影響

本来冷水魚であるビワマスの生活場所は北湖に限られ、南湖には出現しない。したがって締切堤による分断の影響は考慮しなくてもよい。

2. 北湖に起る水位変動の影響

ビワマスの仔稚魚期は、ふ化場で過ごし、湖中生活は幼魚期にはじまる、産卵期を除いてこの魚種の生活空間は湖岸に近い水域を含まない。したがって水位低下による生活場所の構造の変化はそれ程大きくないものと予想されるから、大きな影響はないであろう。一方、放流尾数の多少によってビワマス個体群の量的な存在は左右されており近年は放流尾数がかなり減少しており、その結果、漁獲量が低下している（生活史の項参照）。したがって、この魚種が要求する生活空間や食物の供給源に余裕があると考えるのが妥当であろう。これらの供給源が量的に多少低下しても、それが影響することは考慮の外である。河川産卵型のこの魚種にとって産卵期における水位低下の影響は大きい。産卵期の漁獲物から採卵して、それから種苗を生産しているのが現在とられている資源管理法であるから、もし成熟した産卵群の漁獲が低下すれば、種苗の生産が低下し、ひいては、びわ湖の個体群全体に影響する。現在、産卵群の捕獲は殆んどヤナによって行われており（網エリでの捕獲は比較的少ない）、水位低下によって河川が干上ったり、流量が低下すると、上記の影響がでてくる。タイプⅠ、Ⅲでは産卵期の（10～11月）水位が、-50cmでこの程度の低下は現状でも起っているもので、大きな違いはない。

それに反して、タイプⅡは産卵期の水位が-200～-250cmにも達する。現在でもビワマスの産卵遡上は大きな雨が降った後数日に限られるようである。このタイプで起るような湖面低下によって、遡上の困難さは極めて大きくなる。また、大きな河川のふく流化は当然起り易くなる（日本建設コンサルタントの意見）ということであるから、このように大巾な水位低下があれば河口が不連続になるであろう。その場合は産卵親魚の捕獲は皆無となり、採卵することができない。その結果、その年群からの加入群は皆無となり、それによる影響はこの年だけにとどまらず、その年群が産卵群の主な構成になる年は再び加入群のレベルが低くなることは確実であり、それが何年目かごとに繰返しやってくるであろう。しかし、ビワマスは多年生であるので、

他の年群によって幾分たりとも補償されるから (Rawson & Elsey 1950) 永久にこの繰返しが続くことはなかろう。ただしこのような事が引続き起った場合は回復するのに極めて長い年月を必要とするのが多年生魚種の特徴であることに留意する必要がある。

影響予察 ワタカ

ワタカは沿岸部、とくに水生植物群落の発達した、いわゆる沼沢地帯をおもな生活場所としている魚であるから、締切による影響はまずないといってよい。ただ、産卵期には相当数北湖から南湖に入ってきているので、これらの産卵群が南湖から締め出された場合、どうなるかということが問題になる。しかしワタカの産卵場および仔稚魚の生活場所はホンモロコのものと同様のものと考えられるので、ホンモロコと同じ理由で適当な代償地を北湖で見出し得るものと考えられる。

水位変動に対しても、産卵場および仔稚魚の生活場所についてホンモロコと同様な理由で影響は少なからう。この魚は未成魚および成魚も沿岸部を主要な生活場所としているので、これらの魚に対する影響について少し考察してみよう。未成魚は稚貝、ユスリカ幼虫、スジエビ、沈水植物等なんでも食べるので、たとえこれらの一部が水位変動によって減少したとしても、他のもので不足を補うことはさわめて容易であり、水位変動に伴う影響はまずないといってよい。成魚の食物は沈水植物であるが、水位変動による水生植物群落の影響が全体としてはそれほど大きくないと予想されているので、餌不足におちいるといった事態は考えにくい。

以上のように、ワタカは北湖でも南湖でも独立して生活環を完成することができ、巾広い食性から考えて環境条件の変化によって大きな影響を受けることはまずないであろう。

影響予察 アユ

工事による南北分断と水位変動のアユ個体群に及ぼす影響のうち、最も大きいと考えられるのは、湖から河川への遡上と産卵への影響であろう。なぜならば、湖中生活期の主要な餌生物は、動物プランクトンであるが、動物プランクトン班報告によると、工事後、これらの生物の密度や組成は現在とかわらない

文献：藤岡康弘．1991．ビワマスの形態ならびに生理・生態に関する研究．醒井養鱒場研
報,(3)．1-112．

以上の調査結果により、ビワマスの幼魚期における成長と生息域を中心とした生態の詳細が明らかとなった。ビワマスは孵化後半年余りを河川で生活し、体長4～8cmまで成長する。河川から湖への降河は4月下旬から5月に体長4cm以上で発現し、5月中旬から6月に体長5～7cmで最も活発となる。サケ科魚類の降河行動は種によりその発現時期や体長・年齢等が異なることはよく知られており(Thorpe,1988)、ビワマスに最も近縁であるとされているアマゴやサクラマスの降河は、孵化後1年あるいはそれ以上経過した冬季から春季で、体長はサクラマスで10cm(全長)以上(久保,1980)、アマゴでは11cm(標準体長)以上(加藤,1973b)とされている。一方、シロ

文献：古川哲夫．1989．ビワマス．日本の淡水魚，川那部浩哉・水野信彦編，180-185．山
と溪谷社，東京．

生活 9月～11月上旬にかけて、特に雨のあとの増水時に、産卵のため琵琶湖より遡上する。その上限は、安曇川では市場付近、愛知川では永源寺付近で、これより上流すなわちアマゴ域までは遡上していなかったと伝えられている。直径50cm程度の産卵床を雌が掘るという産卵行動はほかのサケ・マスと同様である。稚魚は翌春5～6月に全長8～10cmで疑似スモルトになり、梅雨の増水ですべての個体が降湖する。

カワウ *Phalacrocorax carbo*

(1) 生態概要

本州中部地方、関東地方を中心に、本州と九州の範囲にコロニーがある。本州北部の青森県では夏鳥として繁殖するが、その他の地域では留鳥(中村雅彦,1995)。滋賀県でも留鳥として生息する(滋賀県,1982)。全国的に見るとほぼ1年中繁殖している。冬でも繁殖するのが特徴でコロニーによって多少異なるが、産卵期は11月から翌年の6月までの長期にわたる。1つがい年で2~3回繁殖する。雛は孵化後30~45日で巣立つ。1年を通じて群れで生活する(中村雅彦,1995)。

内陸の淡水、河川、湖沼に生息し、その近くの林で集団繁殖する。巣は地上から5~25mぐらいの高さの枝上にあり、小枝や枯れ草、海草などを用いてつくる。非繁殖期もコロニー近くの海岸や湖沼に群れて生活することが多い。水かきのついた足を使い、巧に潜水して魚類や甲殻類を捕らえる(中村雅彦,1995)。捕食時に潜水する深さは水面から1m~9.5mで、長いときは約70秒もぐる(Cramp et al. 1997)。

(2) カワウが在来魚類に与える影響

カワウの食性

捕食量

- ・ 野外：体重1kgあたり262gと推定(佐藤ほか1988)
- ・ 飼育下：1日当り約330g(日本野鳥の会,1999)
1日当り400~620g(栃木県調査)(水産庁,2003)

エサ種

- ・ ほぼ完全に魚食性(駆除されたカワウ個体の消化管内容を調べた各県の結果)
(水産庁,2003)
- ・ 遊泳魚(ウグイ、オイカワ、アユ等)が主(水産庁,2003)
底生魚(ドジョウ・カマツカ・ギバチ・ナマズ・ヨシノボリ類)は少ない。
(水産庁,2003)
- ・ 現在までのところ、カワウのエサ(種・サイズ)の選択性はまだ十分に解明された
とはいいがたい。(水産庁,2003)

季節変化

- ・ 基本的に国境を越えるような長距離の渡りは行わないが、季節によって捕食する水域を変える。(水産庁,2003)
- ・ 琵琶湖では、冬には滋賀県外の周辺地域で主に河川で採餌していると考えられている。琵琶湖では冬に水温低下とともに魚類が深層へ移動するため、カワウにとって採餌場所としての価値が低下し、それが採餌場所を河川へとシフトする要因と思われる(亀田2002)
- ・ 2001年4月から2002年2月まで年間を通じて琵琶湖の北湖南東部のカワウコロニー

一、近江八幡市伊崎半島の周辺でカワウの胃内容物を分析した結果によると、カワウに捕食された魚類は、季節によって大きく変化した。4月～5月上旬では、コイ科魚類を含む7～8種の魚類の捕食が確認された。この時期は、沖帯に生息する種類を含め、多くの魚類が産卵のため琵琶湖沿岸域に集まる。カワウは、これらの魚を主な食物としていたと考えられる。一方、5月下旬～8月では、アユとハスの重量比が高かった。5月下旬は、多くのアユが河川に遡上する時期であり、カワウはそれを捕食したものと考えられたが、8月上旬は、琵琶湖に残留するコアユを捕食した可能性が高いと考えられた。6から8月にカワウの群れが琵琶湖の水深20m付近に集まるという直接観察と、コアユを目的とした沖すくい漁船とカワウの群れの位置の類似性から、この可能性は示唆される。その後、10～2月の低温期になると、外来魚（オオクチバス、ブルーギル）がカワウの主な食物（重量比90%以上）となった。この時期、多くの在来魚は湖の深層に移動し、活動しなくなるが、オオクチバスやブルーギルなどの外来魚は、低温期でも沿岸部に多く生息する。したがってカワウは、沿岸域で捕食しやすいこの2種を主に捕食したと考えられた（亀田ら,2003）。

被食魚のサイズ

- ・ カワウの捕食する魚のサイズは広い範囲にあった。（水産庁,2003）
- ・ 体長12cm前後のサイズが多かったが、4.5～32.4cmの範囲に渡っていた（体長32.4cmはニゴイで体重527g）（栃木県の調査）
- ・ 最大は体長35cmのウグイ（体重500g）、体重では630gのボラ（体長32.5cm）であった（戸井田,2002）

採餌の時間帯

- ・ ねぐらから採餌にでかけるのは早朝で、採餌活動が最も盛んであるのは朝である（水産庁,2003）

カワウが在来魚類に与える影響

琵琶湖およびその周辺河川では、アユに対する漁業被害が問題になっている。3月中旬から7月まで、河川を遡上するアユを捕らえるための漁が行われる。ちょうど繁殖期のカワウが、このアユをねらって集まり、捕食する。また、4月から6月には河口付近や湖岸で捕獲されたアユを河川の中上流部で放流するが、そのアユもカワウの捕食の被害にあう。また、禁漁となるアユの産卵期に、産卵に集まったアユを食べてしまうこともあるようである（石田ら,2000）

現在までのところ、カワウのエサ（種・サイズ）の選択性はまだ十分に解明されたとは言いがたいが（水産庁,2003）、年間を通じて琵琶湖の北湖南東部のカワウコロニー、近江八幡市伊崎半島の周辺でカワウの胃内容物を分析した結果によると、カワウに捕食された魚類は、季節によって大きく変化した（亀田ら,2003）。

- ・ 4月～5月上旬：コイ科魚類を含む7～8種の魚類（産卵のため琵琶湖沿岸域に集まる魚類）
- ・ 5月下旬～8月：アユとハスの重量比が高かった。
5月下旬は遡上時期のアユ、8月上旬は琵琶湖に残留するコアユを捕食した可能性が高い。
- ・ 10～2月：オオクチバス、ブルーギル（重量比90%以上）。在来魚が湖の深層に移動する時期であるが、外来魚であるオオクチバスやブルーギルは沿岸部に多く生息する。

カワウによる魚類捕食の被害（捕食）額の試算

カワウによる被害額あるいは捕食額を試算するに当たっては、その「被害・捕食」をどのように捉えるかの問題があるが、基本的には各都県とも

「**飛来数×カワウ1羽1日当りの捕食量×魚種別捕食割合×魚種別単価**」

で計算している。

なお、この場合のカワウ1羽1日当りの捕食量については、いくつかの研究報告から各都県とも500gとしている。

（水産庁,2003）（亀田ら,2002）

(3) 引用文献

- Cramp,S.et al. (1977) Handbook of the Birds of Europe the Middle East and North Africa,1,810-818.
- 亀田佳代子・松原健司・水谷広・山田佳裕(2002)日本におけるカワウの食性と摂餌場所選択. 日本鳥学会誌,51,12-28.
- 亀田佳代子・高橋鉄美・川村めぐみ(2003)琵琶湖におけるカワウの捕食魚の季節変化. 平成15年度日本水産学会近畿支部シンポジウム講演要旨集
- 中村雅彦・中村登流(1995)原色日本野鳥生態図鑑<水鳥編>. 保育社
- 日本野鳥の会(1999)水産庁委託調査 平成10年度内水面 漁場高度利用調査委託事業(かわう等野鳥関係) 報告書,28.
- 佐藤孝二・皇甫宗・奥村純市(1988)カワウの採食量と基礎代謝率. 応用鳥学集報,8,58-62
- 滋賀県(1982)滋賀県の野鳥.
- 水産庁(2003)内水面生態系管理手法開発事業報告書(カワウ等食害防止対策)
- 戸井田伸一(2002)カワウコロニーにおける吐き出し魚と落下魚について. 日本鳥学会 2002年度大会講演要旨

カワウが在来魚類に与える影響についての引用箇所をアンダ - ラインで示す。

文献：水産庁（2003）内水面生態系管理手法開発事業報告書（カワウ等食害防止対策）

第1章 カワウの生態と被害問題との関係の概要

第2節 食性と捕食行動

カワウは魚食性の鳥である。沿岸部の海水域から汽水域、内陸部の淡水域までの幅広い水域で潜水して魚類を捕食している。捕食時に潜水する深さは水面から1m～9.5mで、長いときは約70秒間も潜る(Cramp et al. 1997)と言われている。飼育下での記録では、1日に約330gを食べた(日本野鳥の会 1999)記録があるほかに、1日あたり400g～620gを食べた(第5章第2節栃木県参照)記録がある。飼育下では魚の密度が高く逃げ場がないなど、野外よりも容易に捕食できる環境での結果だということは注意が必要である。野外での捕食量は、体重1kgあたり262g(26.2%)と推定されている(佐藤ほか 1988)。

カワウは基本的に国境を越えるような長距離の渡りは行わないが、季節によって捕食する水域を変える。関東地方ではカワウの捕食場所が春から夏に沿岸部、秋から冬に内陸部の河川へ変化し(福田 1994)、また冬はより内陸部にねぐらが増え、その規模も大きくなることも知られている。こうした季節的移動は、海岸一帯にいるカワウの餌となる魚が、冬期になるとカワウが潜水できる深さよりもさらに深い場所に移動してしまうことが原因と考えられている(福田 1995、亀田ほか 2002)。

第2章 開発試験結果の総括

第3節 カワウによる魚類捕食実態の把握及びその被害（捕食）額の試算

(3) カワウの食性*

駆除されたカワウ個体の消化管内容を調べた各県の結果から、次のことが明らかになった。

ア エサ種について

栃木県・神奈川県・山梨県・長野県・群馬県の各県で、消化管内容調査から得られた結果では、カワウはほぼ完全に魚食性であった。小石や砂、あるいは鉛玉の記録もあったが（2001年3月、群馬県）、前者はたまたま魚に混じって消化管に入ったもの、後者は当該のカワウ個体を銃器で捕獲したさいに消化管に入ったものであろう。日本国内の他の記録では、魚類以外の動物、たとえば甲殻類（アメリカザリガニやエビ類）と軟体動物（巻貝）とを亀田ほか（2002）はあげており、戸井田（2002）は甲殻類2種をあげているが、これら魚類以外のエサが採餌内容に含まれていた場合でも、主食はやはり魚である。Cramp and Simmons（1977）によれば、ヨーロッパで調べられた報告では、カワウはほぼ完全に魚食性であり、魚類以外の動物、例えば甲殻類や多毛類が胃内容に含まれていた場合も、それらはカワウに捕食された魚類に由来するものと考えられている。一方、Cramp and Simmons（1977）のあげた報告例中には、ときに鳥類のヒナ、小型哺乳類・カエル類が食われている場合もあるが、本調査にはそのような例はなかった。

カワウの捕食していた魚類は、各県で調べられた結果では淡水魚類であった。これは、内陸部での調査例が多かったことの反映であろう。一方、海に近い第6台場コロニーや行徳コロニーでの吐き落とし調査例（戸井田 2002）では、沿岸性のカタクチイワシ・マコガレイ、沿岸から汽水に生息するボラ・マハゼなどが主食であり、さらにフナ類が加わっていた。その場合、沿岸性の魚類と淡水魚類とが同じカワウ個体から得られることはなく、個体ごとに採餌場所が異なることを示唆する結果であったという。このことから、同一個体のごく短時間内に採餌場所を変えることはないと思われる。

各県で調べられたカワウの採餌内容は以上のように淡水魚類であったが、その中にはウグイ・オイカワ・アユのような遊泳魚と、ドジョウ・カマツカ・ギバチ・ナマズ・ヨシノボリ類のような底生魚とが含まれていた。しかし後者は数・量とも少なく、ほとんどは遊泳魚であった。とくに、ウグイは重要なエサとなっているようである。ところがイギリスの、主に河口で調べられた例ではむしろカレイ類などの底生魚が多く食われている（Cramp and Simmons 1977）。この違いはおそらく、単にカワウにとって得やすく、また大きなサイズでカワウにとって価値の高い魚種が場所によって異なることの反映であろうと思われる。一方、飼育条件下にあるカワウを用いた魚種の選択実験（栃木県）では、サイズの小さなモツゴがもっともよく捕食され、逆に無傷で生き残ったのはウグイ、ついでアユとカワムツが多く、いずれもモツゴよりサイズはずっと大きかった。一方、ウグイ・ニジマス・ベヘレイを混ぜて与えた場合に、最初に食われたのはウグイであった。このような選択性が生じる要因としては、魚の体サイズのほかにも、魚種による捕食回避行動の違いや体型

* 弘前大学農学生命科学部 佐原雄二

の違いなども考えられる。どんな他魚種が共存するかによっても選択性は変わってくると思われる。現在までのところ、カワウのエサ（種・サイズ）の選択性はまだ十分に解明されたとはいえない。

以上のように、カワウによる魚の選択性に関しては、既往報告を含めると様々な結果が得られている。野外の自然条件下では、カワウの選択的捕食の実態はいっそう複雑であろう。

イ 魚の隠れ家の効果について

カワウのエサ選択性を複雑にする大きな要因として、魚にとっての隠れ家の問題がある。魚の隠れられる避難場所が水中にあればカワウから捕食を免れる可能性が高いことが、栃木県の実験で明らかにされた。それによると、単純な障害物や水中の防鳥テープは効果がなかったが、水中にカゴ状の障害物を設置したときは捕食量が激減した。また東京都の実験した、河川内に塩ビ管を魚の隠れ家として設置する実験結果では「改良を加えれば、かなりの防除効果が期待できる」と考えられている。淡水魚が隠れ家を利用することで捕食を回避する行動は、多くの実例が知られているが、たいていは捕食者として魚食魚を用いた例であり (Phillips and Swears 1979; Gilliam and Fraser 1987; Rahel and Stein 1988)、魚食性鳥類についての研究は少ない。隠れ家の利用の仕方は魚種ばかりでなく魚体サイズによっても異なる。そこで、様々なタイプやサイズの隠れ家を水中に設置することによって、カワウからの捕食を軽減する試みは今後有望な分野と思われる。

ウ 被食魚の季節変化について

カワウの採餌場所には季節的な変化があり、冬期には主に内陸で採餌することが知られている。各県が行った調査でも、カワウが河川に多く飛来するのは主に冬期であり、夏期には主に東京湾で採餌しているものと思われる。一方、琵琶湖では、12月のカワウ個体数は5月の個体数よりずっと少ないことから、冬には滋賀県外の周辺地域で主に河川で採餌していると考えられている (亀田ほか 2002)。つまり、夏期には海や琵琶湖など広い水域で採餌するが、冬期には内陸部の河川を採餌場所としている。この違いは繁殖と直接の関係はない。海や琵琶湖では冬に水温低下とともに魚類が深層へ移動する。例えばマハゼは晩秋から初冬にかけて次第に深みへ移る (落合・田中 1986)。このことはカワウにとって採餌場所としての価値を低下させ、それが採餌場所を河川へとシフトする要因と思われる (亀田ほか 2002)。

また、夏期と冬期という違いのほか、もっと短期間でもカワウの採餌内容には変化が見られた。アユ放流後にアユが捕食されていたことはその例であるが、放流後にアユが利用しやすいことから、これは当然と思われる。一方、琵琶湖での調査例では、重量比では4月にはオオクチバスが多く食われているが、5月にはハスやウグイ・ワタカが比較的多くなった。6月から8月にはハスが主食となっていたが、これはハスが産卵のために浅場に集

まったためだろうという（水谷 1996）。以上のようにカワウの利用する魚種は長期的・短期的に変化する。

エ 被食魚のサイズについて

カワウの捕食する魚のサイズは広い範囲にあった。栃木県による調査では、体長の測定できた個体では、体長 12cm 前後のサイズが多かったが、最小 4.5cm から最大 32.4cm にまで渡っていた。この最大個体はニゴイで、体重 527 g に上った。一方、戸井田（2002）によれば、第 6 台場及び行徳のコロニーでの吐き戻し中、最大の個体は体長では 35cm のウグイ（体重 500 g）、体重では 630 g のボラ（体長 32.5cm）であり、いずれもこれと大きくは違わない。このようにエサのサイズが広い範囲にわたることは、利用する魚種が様々であることと対応するといえよう。

オ 採餌の時間帯

カワウの採餌活動は明るい時間帯に限られている。これは、Cramp and Simmons (1977) や Johansen et al. (2001) が述べていることと一致する。各県での調査でも示されたように、ねぐらから採餌にでかけるのは早朝で、採餌活動が最も盛んであるのは朝である。

(6) カワウによる魚類捕食の被害（捕食）額の試算*

茨城県、栃木県、埼玉県、東京都、神奈川県、山梨県及び長野県の1都6県がカワウによる魚類捕食の被害（捕食）額を試算し、その概要を取りまとめた。また、カワウ食害防止対策事業の実施県ではないが、群馬県から県内影響額の試算資料（2001）**が「かわう等野鳥対策検討委員会（座長 梅沢敏）」に提出されたので参考として記載した。

カワウによる被害額あるいは捕食額を試算するに当たっては、その「被害・捕食」をどのように捉えるかの問題があるが、基本的には各都県とも「 $\text{飛来数} \times \text{カワウ 1羽一日当たりの捕食量} \times \text{魚種別捕食割合} \times \text{魚種別単価}$ 」なる計算式で試算している。従って、その試算された被害（捕食）額が一定の評価を得るためには個々の数値が客観的に算出されねばならないことは論をまたないが、必ずしも容易でなく、現状では各都県の実情に応じた試算となっている。なお、この場合のカワウ1羽一日当たりの捕食量については、いくつかの研究報告（佐藤他 1988, 松沢 1998, (財)日本鳥類保護連盟 1988, 栃木県 2003）から各都県とも 500 g となっている。

茨城県は、春～秋季と冬季に飛来するカワウの羽数から魚類捕食量を推定し、それに魚種別重量比と魚種別単価を乗じて金額に換算している。2001年11月から2002年3月までの間（冬季）の調査日に飛来した羽数を平均化し、それに冬季の期間日数及びカワウ1羽一日の捕食量を積算して、冬季の魚類捕食量を推定した。春～秋季の平均飛来数は冬季の5%と見なして同様に捕食量を推定した。なお、鬼怒川水系での捕食量は栃木県内での捕食も加味（50%）した。その結果、鬼怒川水系ほか4水系及び霞ヶ浦における冬季の捕食量は約265トン、春～秋季の捕食量は約19トンと推定され、その金額は冬季7,179万円、春～秋季1,545万円と推計された。魚種別には、冬季ではウグイが約3,085万円、フナが2,564万円となり、春～秋季ではアユが1,108万円となり上位を占めた。仮に、濁沼と牛久沼の漁獲量とカワウの捕食量を比較すれば、濁沼での捕食量は漁獲量の17%、牛久沼でのそれは370%に達すると推定している。

栃木県は2000年から2001年にかけて実施した、県内に生息するカワウの羽数とアユ及びウグイ他に対する捕食量からその捕食金額を算出した。その際の魚価は、アユは放流種苗アユの単価（4,000円/kg）、その他の魚は養殖ウグイの単価（1,500円/kg）とした。アユとウグイ他の捕食量の推定に当たっては、川にアユが生息する4月～9月の同魚に対する捕食量をカワウの捕食重量の25%とし、残り75%はウグイ他に対する捕食量とした。一方、アユが生息しない時期のカワウの捕食量はその全てをウグイ他として試算した。その結果、カワウによる年間捕食量は約127トン、その捕食金額は約216百万円と推定された。

埼玉県は、カワウの年間捕食量（2002年5月と11月に県内各漁協が実施したカワウの一斉飛来数調査結果×500g）×各魚種の漁獲割合（各魚種漁獲量/総漁獲量）×各魚種の単価（各魚種の漁獲金額/各魚種漁獲量）から試算し、魚類の年間被害金額を378百万円と推定している。

東京都は1999年11月から2000年10月までの間の、多摩川流域におけるカワウによる魚類捕食の金額を試算した。各月毎の飛来数に一日の捕食量と重量比（魚種別重量/全採

* 神奈川県水産総合研究所内水面試験場 佐藤 茂

** 群馬県におけるカワウ被害対策（流通園芸課）

表 2. 琵琶湖のカワウの生息状況の変化と対策
Table 2. Increase of the Great Cormorant and measures taken against it on Lake Biwa.

年	営巣数		個体数			対策	
	竹生島	伊崎	繁殖期		非繁殖期	竹生島での 対策	駆除数 (駆除割合*)
			前期 (5月)	後期 (9-10月)	(12月)		
1982	5						
83							
84							
85	62						
86							
87	200						
88		30-40					
89							
90	約400						30
91		42+					58
92	約590	350			2,713	目玉装置	592
93					2,238	巢落とし のべ932巢	933
94			3,843		1,862	爆音機設置	1,780 (46.3)
95			5,158		1,908	銃猟	2,216 (43.0)
						駆除数95羽	
96	1,439	1,939: 5月 1,517: 7月	10,135		1,518	銃猟	4,663 (46.0)
						駆除数812羽	
97			7,592	8,570	1,223 **	銃猟	4,206 (55.4)
						駆除数258+羽	
98			12,057				

カワウ研究会（1997a）にデータを加え改変。

*駆除割合は繁殖期（前期）の個体数に対する割合 **調査方法が異なっている

一方、琵琶湖周辺の総個体数に関しては、1991年まではデータがない。滋賀県自然保護課によるカワウ生息数一斉調査によれば、非繁殖期（12月）の個体数は約1,500～2,800羽で、若干減少気味であるが、ほぼ一定の個体数を示している。一方繁殖期（5月）の個体数は、1997年にいったん減少がみられたものの増加しており、1998年現在12,000羽をかぞえている（表2）。

カワウの集団繁殖地が形成された竹生島では、樹木枯死と景観の悪化および悪臭の2つの問題が生じている。竹生島は周囲の陸地から隔離された島であり、周りの陸地の森林と比べ特有の生物相を持つと考えられている（北村 1979）。特に樹齢約300年といわれるタブノキの巨木があるなど、タブ林としてはよい状態を保っていたと考えられる。そうした森林がカワウの営巣によって短期間のうちに衰退しており、もとの森林に戻るにはかなりの年月がかかる。また、竹生島には宝巖寺や都九夫須麻神社があり、「西国三十三所観音巡礼」の札所でもあることから、巡礼や観光に訪れる人も多い。昭和5年には名勝および史跡に指定されており、森林衰退による景観の悪化やカワウの糞による悪臭は、聖地・観光地としての島の価値を下けている。

琵琶湖およびその周辺河川における漁業被害では、アユに対する漁業被害が問題になっている。滋賀県農政水産部水産課（1999）によれば、平成9年の琵琶湖沿岸漁業の資料では、アユ苗（河川放流用と養殖用）が14.8%、コアユが33.3%となっており、アユの漁獲量はほ

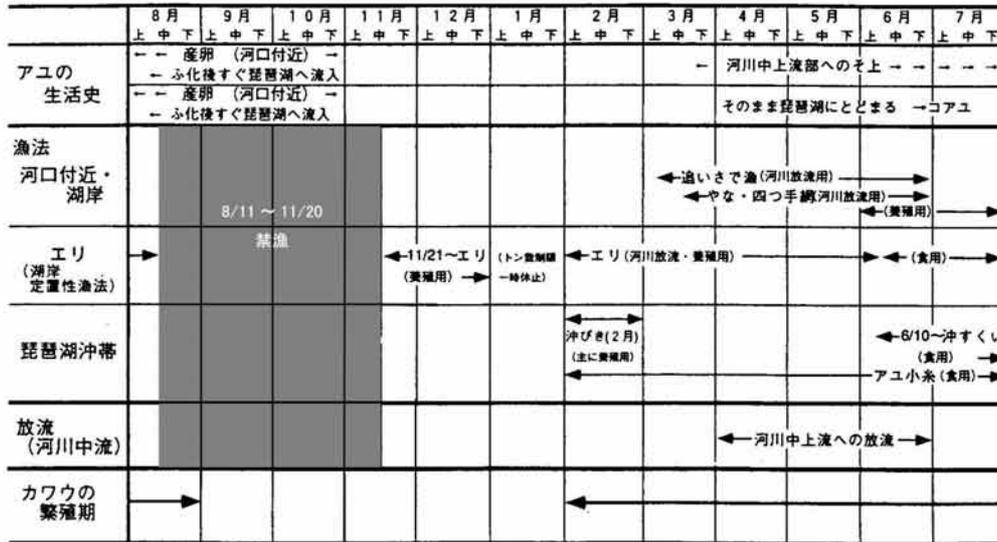


図 8. 琵琶湖のアユの生活史と漁法・用途。
Fig. 8. Life history of the Ayu *Plecoglossus altivelis* and its fishing methods.

かの魚介類と比べて多い。さらに、アユは1匹当たりの単価が高いため、アユ苗44.4%、コアユ18.4%と、その生産額は年間の総生産額の半分以上を占めている。カワウによるアユの漁業被害が琵琶湖の漁師にとって大きな問題とされるのには、このような背景がある。琵琶湖とその周辺におけるアユ漁にはいくつかの方法があり、季節によって漁の場所、漁法が異なっている。被害の発生する可能性の高いところは、大まかに琵琶湖沿岸・河口部での河川放流用・養殖用アユに対する漁業被害、エリ(琵琶湖特有の定置性の漁具)における漁業被害および商品価値の低下、産卵期(禁漁期)のアユの漁業被害、河川中上流部での放流後のアユに対する漁業被害、の4つに分けられる。

一般にアユは秋にふ化し、いったん海へ下った後、再び春に河川に遡上するという生活史をもつ。しかし、琵琶湖周辺ではアユは海へは下らず、琵琶湖を「海」にみたてて、いったん琵琶湖に下ってから春に河川を遡上するタイプと、そのまま琵琶湖にとどまり秋の産卵まで琵琶湖で過ごすタイプの2つに分かれる(図8)。河口付近や湖岸では、3月中旬から7月まで、河川放流用・養殖用に河川を遡上するアユを捕らえるための漁が行なわれる。ちょうど繁殖期のカワウが、このアユをねらって集まり、捕食する。また、4月から6月には河口付近や湖岸で捕獲されたアユを河川の中上流部で放流するが、そのアユもカワウの捕食の被害にあう。琵琶湖に流れ込む河川の大部分には途中に堰があり、中上流部まで自力で遡上できるアユはほとんどいない。そのため、釣り人からの入漁料で収入を得ている中上流部の漁師は、放流の前後でアユが捕食されると死活問題となる。一方、エリでは、アユを含むすべ

での魚種が、漁師が魚を捕獲する「ツボ」と呼ばれる部分に集まり、カワウもこのツボに入り魚を採食することがある。そのため、実際に魚を捕食するだけでなく、カワウに追われた魚が網に接触し、傷ついて商品価値が下がったり、エリ付近を釣りのボートやジェットスキーなどが通ると、驚いたカワウが飛び去る際に食べた魚を吐き出し、ツボの中の魚に臭いが付いて、魚が売り物にならない、ツボの掃除までしなければならない、という話も出ている。また、漁師が禁漁となるアユの産卵期にカワウがアユの産卵場所に群がり、産卵に集まったアユを食べてしまうこともあるようである。

琵琶湖におけるカワウの現状や森林被害に関しては、滋賀県による実態調査が行なわれているが（カワウ環境研究会 1997a, b, カワウ生息数一斉調査など）、効果的な対策とその評価を考える上では必ずしも十分ではない部分もある。一方漁業被害に関しては、総合的な実態把握の調査は全く行なわれていない。

森林被害、漁業被害の問題に対し、滋賀県ではいくつかの被害対策を行なってきた（表2）。まず、最初に問題となった竹生島の森林被害に対する対策として、1992年10月には目玉模様の風船や風車、鳥よけテープが竹生島内に設置された。その翌年には繁殖期にも同様のものが設置されたが、一時的移動はあったもののほとんど効果はなかった。1993年には古巣や造巢中の巣落としが行なわれたが、これも短期間に再び造巢を行ない、生息数を抑える効果は少なかった。1994年からは島内に爆音機が設置されたが、これも最初のうちは多少カワウを追い払い効果があったものの、完全に島からカワウを追い出すことはできなかった。現在も爆音機は設置されているが、ほとんどのカワウは反応していない状態である。

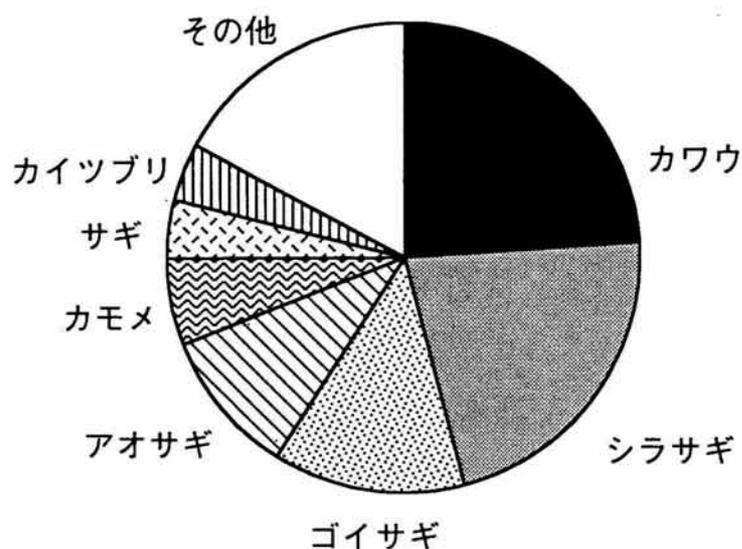


図9. アンケート調査による食害をもたらす鳥類. 日本野鳥の会 (未発表) より作成.

Fig. 9. Fish-eating birds damaging stocked fish populations the result of a questionnaire to the Inland Water Fisheries Cooperatives and to the Fishery Section of each prefectural government in Japan.

琵琶湖におけるカワウの捕食魚の季節変化

○亀田佳代子・高橋鉄美（琵琶湖博）・川村めぐみ（東京都小金井市）

キーワード：カワウ・捕食・季節変化・アユ・外来魚

著者連絡先：kameda@lbn.go.jp

1. 研究の目的

カワウ *Phalacrocorax carbo* は大型の魚食性鳥類で、河川や湖沼、沿岸部で潜って魚を捕らえ、水辺の森林にコロニーを形成し、集団で樹上に営巣する。1960 年代から 70 年代初めには激減したカワウだが、近年、個体数と分布が拡大し、各地で内水面漁業への食害が問題となっている（石田ら 2000）。その多くは、河川や湖沼におけるアユ、フナ類、コイ、ウグイなど、遊魚を目的として放流された魚類への被害であるが、カワウは採食場所や魚類相に応じてさまざまな魚種を捕食することが、いくつかの研究で指摘されている（幸田ら 1994、亀田ら 2002、戸井田 2002）。しかしこれまでの調査は、食害の生じている季節や場所での食性調査が大部分であり、年間を通じてカワウの捕食魚種を調べた研究は、国内ではほとんどない。そこで本研究では、滋賀県琵琶湖において、有害鳥獣駆除および調査捕獲により捕獲されたカワウを用い、各季節にカワウが捕食した魚類を明らかにした。

2. 方法

2001 年 4 月から 2002 年 2 月まで、琵琶湖の北湖南東部のカワウコロニー、近江八幡市伊崎半島の周辺で、カワウの捕獲と回収を行った。捕獲の頻度は、有害鳥獣駆除が行われている 4 月下旬から 6 月上旬までは半月に一回、それ以降はほぼ 2 か月に一回とした。また、有害鳥獣駆除の時期には、比較のため、野洲川流域と南湖のカワウも回収した。

回収したカワウは、冷凍保存の後、形態計測と解剖を行った。取り出したカワウの胃は、70%エタノールで固定した後、開いて内容を分析した。魚種の判定については、魚類の外部形態による同定の他に、咽頭歯、下顎骨、および尾鰭骨による判定を試みた。魚がほぼ完全な

形で出てきた場合にはその体重を測定し、骨格の一部が出てきた場合には、各部のサイズと体長の関係式から体長を推定し、さらに各種の体長—体重の関係式を用いて、体重を算出した。

3. 結果および考察

解剖を行った 135 個体のうち、消化管に食物が入っていたのは 41.5%（56 個体）、魚種が判別できたカワウは 38.5%（52 個体）であった。

カワウに捕食された魚類は、季節によって大きく変化した。4 月～5 月上旬では、コイ科魚類を含む 7-8 種の魚類の捕食が確認された。この時期は、沖帯に生息する種類を含め、多くの魚類が産卵のため琵琶湖沿岸域に集まる。カワウは、これらの魚を主な食物としていたと考えられる。一方、5 月下旬～8 月では、アユとハスの重量比が高かった。5 月下旬は、多くのアユが河川に遡上する時期であり、カワウはそれを捕食したものと考えられたが、8 月上旬は、琵琶湖に残留するコアユを捕食した可能性が高いと考えられた。6～8 月にカワウの群れが琵琶湖の水深 20m 付近に集まるという直接観察（森 私信）と、コアユを目的とした沖すくい漁船とカワウの群れの位置の類似性から、この可能性は示唆される。その後、10～2 月の低温期になると、外来魚 2 種（オオクチバス、ブルーギル）がカワウの主な食物（重量比 90% 以上）となった。この時期、多くの在来魚は湖の深層に移動し、活動しなくなるが、バスやブルーギルなどの外来魚は、低温期でも沿岸部に多く生息する。したがってカワウは、沿岸域で捕食しやすいこの 2 種を主に捕食したと考えられた。

このようにカワウは、季節に応じて捕食魚種を大きく変え、それに伴って、魚類や漁業に対する影響も変化するものと考えられた。

採食可能な魚の大きさとカワウの採食量

カワウに捕食された魚類のサイズについては、消化の進んだものやペリットでは、残存部位から体長や重量を推定する方法が用いられている（日本鳥類保護連盟 1988, 水谷 1996, 植田 1997）。消化管内容物や吐き戻し魚からの採食魚類の測定値とあわせると、これまでに報告されたデータで最も体長の小さかったものは、3.3 cm のオイカワ（神奈川県水産総合研究所内水面試験場 2000）、最大はニゴイの 30.2 cm（水谷 1996）であった。一匹あたりの重量では、オイカワの 0.4 g（神奈川県水産総合研究所内水面試験場 2000）からニゴイの 600 g（日本鳥類保護連盟 1988）までであり、これらがカワウが採食可能な魚類のサイズ幅と考えられる。胃内容物分析などから、カワウが一回に採食する最大量は 500~600 g と考えられており（神奈川県水産総合研究所内水面試験場 2000）、カワウが採食可能な最大サイズの魚類重量とはほぼ一致する。一方、飼育実験により測定されたカワウの一日の採食量は、佐藤ら（1988）の結果では 295 ± 10.5 g、日本野鳥の会（2000）の結果では平均 330 g であり、一回で採食可能な最大量を下回っている。これは、飼育下では採食場所への移動や採食のための潜水などが必要ないため、食物要求量が野外より少なくなるためと考えられる。

佐藤ら（1988）は、基礎代謝率からカワウの必要エネルギー量を推定し、その値からカワウの一日

の採食量を推定している。飼育下でのカワウの体重あたり基礎代謝率は、環境温度が $23 \sim 25^{\circ}\text{C}$ の時は、 15.4 ± 0.54 kJ/hr/kg であり、この値から野外での活動量を考慮して一日の必要エネルギー量を推定すると、体重 1 kg あたり 1,049 kJ となる。Dunn（1976）の求めた魚類の代謝エネルギーから、魚類のエネルギー量は 100 g あたり 404 kJ と換算されるため、体重 2 kg のカワウの場合、一日の必要採食量は 524 g と算出された（佐藤ら 1988）。これは、採食可能な魚類の最大サイズおよび最大胃内容物量とはほぼ一致する。したがって、エネルギー要求量の面からも、カワウの一日の採食量は 500 g 程度と考えられた。しかし魚類は、種類、体サイズ、季節などによってエネルギー量が異なり、採食する魚によっては、カワウの採食量が変化する例もある（日本野鳥の会 2000）。しかしながら、カワウが採食する魚類のエネルギー量や栄養価のデータは、経済魚を除くとほとんどなく、食物のエネルギー量を考慮した野外での研究例もほとんどない。今後カワウの採食量をより詳しく検討するためには、繁殖鳥や成長期の若鳥のエネルギー要求量などカワウの活動量の他に、食物である魚類のエネルギーや栄養価も含めて、採食量の検討を行うことが必要である。

サギ類

(1)種ごとの生態概要および食性

1. サンカノゴイ *Botaurus stellaris*

1.1 生態概要

滋賀県以北の本州と北海道で夏鳥として渡来し繁殖するが、滋賀県にのみ留鳥として周年生息している(江崎・和田ほか,2002)。平地の湖沼、河川、湿田周辺のヨシ原や背の高い草むらに生息する。雛、親とも外敵が巣に近づくと、首をまっすぐ上に伸ばし、静止して周囲のヨシに擬態する(中村雅彦,1995)。巣は、ヨシ原のなかに、枯れたヨシを直径約40cm、高さ20~30cmの円形の皿状に積み上げたものである(平岡考,1996)。琵琶湖南部では大きなヨシ原に営巣し餌をとる(江崎・和田ほか,2002)。

繁殖期は4~7月、年に1回の繁殖が普通。琵琶湖のヨシ原での調査によれば、2月下旬から3月初旬に鳴きはじめ、7月中旬から下旬には鳴きやむ(平岡考,1996)。繁殖期は昼夜にかかわらず鳴き声を発し、日中の飛翔も数多く見られる。(中村雅彦,1995)。

1.2 食性

食物は、魚類や両生類が中心だが、小型哺乳類や鳥類なども捕食する(江崎・和田ほか,2002)。採食行動は、じっと立ち止まり、待ち伏せして餌を狙う。魚やカエル、エビ、ネズミなどを捕らえる。早朝と夕暮れに水辺に出てきて餌をあさる。繁殖期には、昼夜にかかわらず活動する(中村雅彦,1995)。

2. ヨシゴイ *Ixobrychus sinensis*

2.1 生態概要

湿原や水辺の挺水植物群落に夏に渡来する小型のサギである(平岡考,1996)。琵琶湖にも夏鳥として渡来する。池や沼、川岸、休耕田などのヨシ、マコモ、ガマ類などの背の高い単子葉植物が繁茂する湿地に生息し、見通しのよいところに姿を現すことはほとんど無い。水辺にあるヨシやマコモの草原、竹林、水辺の樹木に、生えたままの葉や茎を支えにして、その途中を折り曲げて巣底をつくり、巣の上部の20~30cmぐらいのところ、巣近くあるいは巣を支えている葉を折り曲げて隠蔽する形態をとる。巣は通常水面の上にある(中村雅彦,1995)。繁殖期は5~8月で、年に1回の繁殖が普通。雛、親とも外敵が近づくと、首をまっすぐ上に伸ばして静止し、周囲のヨシに擬態する。(中村雅彦,1995)。

2.2 食性

食物は、小魚、カエル、エビ、ザリガニ、昆虫、クモなどを食べる(平岡考,1996)。採食行動は、じっと立ち止まり、待ち伏せして餌を狙う。ヨシやガマの茎につかまり数十分も待ち伏せして獲物を狙うこともある(中村雅彦,1995)。

3.ゴイサギ *Nycticorax nycticorax*

3.1 生態概要

日本では留鳥もしくは夏鳥で、本州から九州までの各地で数多く繁殖する(中村雅彦,1995)。滋賀県には留鳥として生息する(滋賀県,1982)。夜行性で、日中は河畔や池畔の竹林や樹林、ヨシ原などに集団でねぐらをとって休んでいる。水辺からやや離れた社寺林などにねぐらをとることもある。日没とともに水辺の餌場へと飛びたち、日の出ころには再びねぐらにもどる(平岡考,1996)。樹林や竹林などで集団営巣し、しばしばダイサギ、チュウサギ、コサギ、アマサギ、アオサギなど他のサギ類と混生する。繁殖期は4~9月。繁殖期には昼間も活動し、求愛ディスプレイや造巣も昼間見られる(平岡考,1996)。

3.2 食性

夕方、薄暗くなってから飛びたち、泥っばい沼沢地や水田の水辺、ヨシ原に出て、昆虫、オタマジャクシやカエル、ドジョウやフナ、アメリカザリガニなどを食べる。ほとんどが魚類だが、ハタネズミのような小型の哺乳類も食べる(中村雅彦,1995)。採食は単独で、水辺に立って魚を待ち伏せして採ることが多いが、浅瀬をゆっくり歩きながら魚をねらうこともある(平岡考,1996)。

4.ササゴイ *Butorides striatus*

4.1 生態概要

日本にすむササゴイは10月ごろから3月ごろまで、九州南部から東南アジアにかけて地域で冬を過ごす。春になると本州から九州にかけての各地にやってきて、河川や湖沼などの水辺で生活し繁殖する(樋口広芳,1996)。琵琶湖にも夏鳥として渡来する(滋賀県,2000)。水田、湖沼、河原、ヨシ原など、低地や平地の水辺に生息する。営巣は水辺近くのカワヤナギ、雑木林、マツ、スギなどの樹上に巣を作る。市街地の街路樹にも巣をつくることもある。繁殖期は4~7月、年に1回の繁殖が普通(中村雅彦,1995)。

4.2 食性

採餌は小魚を見つけると縮めていた首をさっと伸ばし、細くて鋭いくちばしで突き刺すか、はさみとる。魚以外にカエルやアメリカザリガニ、水生昆虫も食べる。夕方から夜間にかけて盛んに活動するが、日中でも採餌する(中村雅彦,1995)。1羽1羽がある広さの採食なわばりをかまえる(樋口広芳,1996)。開けた水辺や浅瀬の中にじっと立ち止まって獲物を待ち伏せする方法をとる。また、待ち伏せ方法以外に、浅瀬を静かに歩いて水中の魚を狙う。水田や河川など見通しのよい水辺で餌を探ることが多く、ヨシ原などに潜むことはまれである(中村雅彦,1995)。0.5~1.5くらいの高さの枝上から水面をうかがい、魚が近づいてくると飛び降りていって捕らえることもある(樋口広芳,1996)。

5. アマサギ *Bubulcus ibis*

5.1 生態概要

北海道、本州から九州までの各地に夏鳥として渡来し繁殖する(中村雅彦,1995)。滋賀県にも夏鳥として渡来する(滋賀県,1982)。コサギ、チュウサギ、ダイサギなどと混生して集団繁殖することが多い。農耕地や草原、河原、湖沼地などに生息するが、他のサギ類と比べると乾いた草地を好む。マツ林、雑木林、竹林などの樹上に営巣する。繁殖は4~9月で、年に1回の繁殖が普通(中村雅彦,1995)。

5.2 食性

イナゴ、バッタなどの昆虫やカエルなどをよく食べる。水辺の鳥と言われているが、その食性は草原の鳥といった方が適切で、水田やハス田の畔道や草地である。(中村雅彦,1995)。

6. ダイサギ *Egretta alba*

6.1 生態概要

関東地方から九州までの各地で繁殖する(中村雅彦,1995)。滋賀県では留鳥(滋賀県,1982)。見通しのよい川、湖沼、干潟などで生活する。マツ林、雑木林、竹林など樹上に営巣する。繁殖期は4~9月で、年に1回の繁殖が普通。他のサギ類とともに混生して集団繁殖することが多い(中村雅彦,1995)。

6.2 食性

水の中をゆっくり歩いて魚類を捕らえる。両生類、甲殻類のほかネズミなどの小哺乳類も食べる。(中村雅彦,1995)。

7. チュウサギ *Egretta intermedia*

7.1 生態概要

日本には夏鳥として渡来し、本州から九州の各地で繁殖する(中村雅彦,1995)。琵琶湖にも夏鳥として渡来する(滋賀県,2000)。平地の水田、湿地、ときには大きな川に生息する。マツ林、雑木林、竹林などでコロニーをつくる。巣は樹木の中ほどの枝上にある場合が多い。繁殖期は4~9月、年に1回の繁殖が普通。コサギ、アマサギ、ダイサギ、ゴイサギなどと混生して集団繁殖することが多い。雛は約3週間で巣を離れ、5週間ほどで独立する。(中村雅彦,1995)。

7.2 食性

昆虫、クモ類、ドジョウやフナなどの魚類、アメリカザリガニなどの甲殻類、カエルなどの両生類を食べる。浅瀬を静かに歩きながら餌を探す。魚を狙って水中に不動の姿

勢で立っていることもある（中村雅彦,1995）。

8. コサギ *Egretta garzetta*

8.1 生態概要

日本では夏鳥または漂鳥で、本州から九州までの各地で繁殖する（中村雅彦,1995）。滋賀県では留鳥（滋賀県,1982）。低地のみならず山地の水田、湖沼、河川などの水辺に多い。マツ林、雑木林、竹林どの樹上に営巣する。繁殖期は4～9月、年に一回の繁殖が普通。ゴイサギ、チュウサギ、ダイサギなどと混生して集団繁殖することが多い。育雛期間は約1ヵ月。（中村雅彦,1995）。

8.2 食性

ドジョウ、フナ、ウグイ、オイカワなどの魚類、カエル、アメリカザリガニなどをくちばしではさみとる。1羽ずつ分散して採餌することが多いが、魚が多い場所では群れて採餌する。川の浅瀬や水田を歩いて採餌する。採餌方法は変化に富み、魚群のいる浅瀬を活発に歩き回ったり、岸辺で待ち伏せしたりして餌を捕食する。ときどき片脚を泥の中に差し込んで泥をかき回し、びっくりして飛び出したドジョウを素早く加えとる。（中村雅彦,1995）。

9. アオサギ *Ardea cinerea*

9.1 生態概要

北海道、本州、四国、対馬で繁殖する（中村雅彦,1995）。滋賀県では留鳥（滋賀県,1982）。湖沼、河川、水田、干潟などの水辺に生息する。水辺の樹木で休むことが多い。夕方は川の中州などに集まって眠る。高木の針葉樹や落葉広葉樹の樹上や鞘に営巣する。本種が営巣した樹木は、リンを多量に含む糞のために次第に枯死してしまい、コロニーが長い年月にわたって維持されることは少ない。繁殖期は4～9月、年に1回の繁殖が普通。ゴイサギなどと混生して集団繁殖することもある。繁殖期には、コロニーを中心に半径5～10km ぐらいの範囲を採餌行動圏とし、繁殖が進行するにつれてその範囲は拡大する傾向がある。非繁殖期は単独あるいは小規模なねぐらをつくって眠る。（中村雅彦,1995）。

9.2 食性

魚類のほか、昆虫、両生類、甲殻類やネズミなどの小哺乳類も捕食する。水辺か水の中に入り、じっと立ち止まって待ち伏せしたり、ゆっくり歩いて魚を捕らえる。（中村雅彦,1995）。

(2) サギ類が在来魚類に与える影響

びわ湖の湖面及び沿岸に生息する鳥種はかなり多いが、個体数が多く採食量の多いものは春夏にはサギ類、秋冬にはカモ類（及びアビ・カイツブリ類）に限られる（浦本昌紀・白附憲之,1966）。

びわ湖周辺に生息するアオサギ、ダイサギ、チュウサギ、コサギ、アマサギ、ゴイサギの6種はすべて一緒にサギ山と呼ばれる集団営巣地を形成して繁殖する。そして種によって差はあるが、6種とも渡りをするので9月から3月まではコサギとゴイサギを主とする個体が残留するにすぎない。サギ山は竹生島北岸、沖ノ島北岸、瀬田川東岸（石山寺対岸）、雄琴ヘルスセンター裏山の4箇所が確認された（浦本昌紀・白附憲之,1966）。

各サギ山において鳥の飛立方向と帰来方向は湖岸か水田地帯に集中しているが、1963年7月の調査では、湖岸に見られるのは推定総個体数の1%以下であり、サギ類の主な採餌場所は水田であった（浦本昌紀・白附憲之,1966）。

魚食性の強い大型のアオサギやダイサギはあまり水田を利用しないが、魚のほかにカエルやザリガニ、昆虫など多彩な餌を採るコサギとゴイサギは地域や時期によってかなり水田を利用する。ドジョウ以外の魚をあまり採らないチュウサギ、および昆虫を主食とするアマサギは、今の日本では水田への依存度が特に高い。また、アマサギにとっては蛙、ほかのサギにとっては田んぼ周りの水路も大事な採食環境である（藤岡,1998）。

一方、サギ類の採餌習性を観察すると遊泳・潜水は決して行わず、水際に立って採餌するのみであって、脚の立たないような場所では採餌できない。

以上の諸点を考慮すると、サギ類はびわ湖の魚類や甲殻類の種個体群に対しては問題になるほどの影響を与えていることはあり得ないと言える。但し、夜行性のゴイサギがどれほど湖岸で採餌しているかは未調査であるから、この結論は多少引きすべきかも知れない（浦本昌紀・白附憲之,1966）。また、サンカノゴイ、ヨシゴイ、ササゴイも魚類を採餌するが、琵琶湖における採餌状況については情報が得られていない。

以上の論議は春夏を通して平均した場合についてのものであるが、一時期に餌の多い場所ができるとその間に多くの個体が集中して採餌することがある。1964年のアユの遡上時（4、5月）には、姉川、知内川、石田川、安曇川、天野川の河口で観察されたサギの個体数は1ヵ所で1時に15羽を越えず、1羽1時間当たり約150回の採餌動作を示し、そのうちアユの捕食に成功するのは平均15%であった。15羽が1日8時間採餌したとすると1つの河口で1日約3500尾のアユが捕食されることになる（浦本昌紀・白附憲之,1966）。

しかし、常に15羽が採餌しているわけではないし、通行人や釣人のために飛び去ってしまうこともよくあったから、実際の捕食はこの値をかなり下まわるものと推定される。さらに、この観察を行った1964年はアユの遡上が平年よりもかなり少なかったため、この観察が平年にも通用するかどうかには多少の疑問の余地が残されていることを附記しておく（浦本昌紀・白附憲之,1966）。

(3) 引用文献

- 江崎・和田ほか(2002)近畿地区鳥類レッドデータブック.京都大学学術出版会
- 藤岡正博(1998)サギが警告する田んぼの危機.江崎保男・田中哲男(編)『水辺環境の保全 - 生物群集の視点から』,34-52.
- 樋口広芳(1996)日本動物大百科 3 鳥類 .平凡社
- 平岡考(1996)日本動物大百科 3 鳥類 .平凡社
- 中村登流・中村雅彦(1995)原色日本野鳥生態図鑑<水鳥編>.保育社
- 滋賀県(1982)滋賀県の野鳥.滋賀県
- 浦本昌紀・白附憲之(1966)鳥類班中間報告.近畿地方建設局『びわ湖生物資源調査団一般調査中間報告』,544-551.

サギ類が在来魚類に与える影響についての引用箇所をアンダ - ラインで示す。

文献：浦本昌紀・白附憲之（1966）鳥類班中間報告．近畿地方建設局『びわ湖生物資源調査団一般調査中間報告』,544-551．

3. 結果と考察

びわ湖の湖面及び沿岸に生息する鳥種はかなり多いが、個体数が多く採食量の多いものは春夏にはサギ類、秋冬にはカモ類（及びアビ・カイツブリ類）に限られる。そこで本調査はこれらについてのみ実施した。

3.1 サギ類

びわ湖周辺に生息するサギ類は、アオサギ、ダイサギ、チュウサギ、コサギ、アマサギ、ゴイサギの6種である。この6種はすべて一緒にサギ山と呼ばれる集団営巣地を形成して繁殖する。そして種によって差はあるが、6種共渡りをするので9月から3月まではコサギとゴイサギを主とする個体が残留するにすぎない。そこでサギ類については、サギ山を探し出してその個体数を推定し、同時に採餌区域と採餌場所を調査した。

3.1.1 サギ山の所在

滋賀県下の小・中・高校を対象としたアンケートによる予備調査に基づいて航空機による観察と現地踏査を行ない、また各地で観察したサギの飛翔方向の延長によって未発見サギ山を求めた結果、次の4カ所にサギ山を確認した。竹生島北岸、沖ノ島北岸、瀬田川東岸（石山寺対岸）、雄琴ヘルスセンター裏山。この4カ所以外（少なくとも大きな）サギ山があることは、各地でのサギの飛翔方向からしてあり得ない。

3.1.4 採餌区域、採餌場所、食性

各サギに山において鳥の飛立方向と帰来方向は全方位に散在せず、幾つかの方向に集中している。その方向を延長してみると、それらは必ず湖岸か水田地帯に向かっていることが明らかである。そこでサギ類の採餌場所として湖岸と水田とどちらが重要であるかを検討するために、1963年7月に全湖岸の約70%を調査し、同時に水田地帯での密度をサンプルカウントによって推定した。それによると湖岸に見られるのは推定総個体数の1%以下であり、水田での推定密度は0.2~0.5羽/haであった。この密度は、各サギ山について方位別に飛立数の比を求め、その方向の水田に飛来する個体数を推定して算出した密度とほぼ等しい。従ってサギ類の採餌場所は水田であると結論できよう。

各サギ山からの採餌区域は、竹生島から長浜～米原まで行くこと、沖ノ島から彦根周辺及び高島町まで行くことが確認されたから、直線距離にして20Kmをやや上まわる地点まで含まれるものと見られる。

池田（1952、1956）、小杉（1960）によると、6種のサギ類のうちアマサギの食性は昆虫

食であってその胃から魚類は検出されていない。アオサギとゴイサギは魚類とカエルを主食としている。残る 3 種は魚類、カエル、アメリカザリガニ、昆虫を食べているが大型種ほど魚類とカエルの比重が大きくなっている。一方、サギ類の採餌習性を観察すると遊泳、潜水は決して行わず、水際に立って採餌するのみであって、脚の立たないような場所では採餌できない。

以上の諸点を考慮すると、サギ類はびわ湖の魚類や甲殻類の種個体群に対しては問題になるほどの影響を与えていることはあり得ないとしている。但し、夜行性のゴイサギがどれほど湖岸で採餌しているかは未調査であるから、この結論は多少引きすべきかも知れない。

3.1.5. 遡上アユに対する捕食

以上の論議は春夏を通して平均した場合についてのものであるが、一時期に餌の多い場所ができるとそこに多くの個体が集中して採餌することがある。アユの遡上時にはこの現象が考えられるのでそれについて 1964 年 4、5 月に観察を行った。

姉川、知内川、石田川、安曇川、天野川の河口に見られるサギの個体数は 1 ヲ所で 1 時に 15 羽を越えない。また、そこで採餌動作を観察すると、1 羽 1 時間当たり約 150 回の採餌動作を示すが、そのうちアユの捕食に成功するのは平均 15%であった。従って、もし 15 羽が 1 日 8 時間採餌したとすると 1 つの河口で 1 日約 3500 尾のアユが捕食されることになる。しかし、常に 15 羽が採餌しているわけではないし、通行人や釣人のために飛び去ってしまうこともよくあったから、実際の捕食はこの値をかなり下まわるものと推定される。

但し、この観察を行った 1964 年はアユの遡上が平年よりもかなり少なかったので、この考察が平年にも通用するかどうかには多少の疑問の余地が残されていることを附記しておく。

文献：藤岡正博（1998）サギが警告する田んぼの危機．江崎保男・田中哲男（編）『水辺環境の保全 - 生物群集の視点から』,34-52．

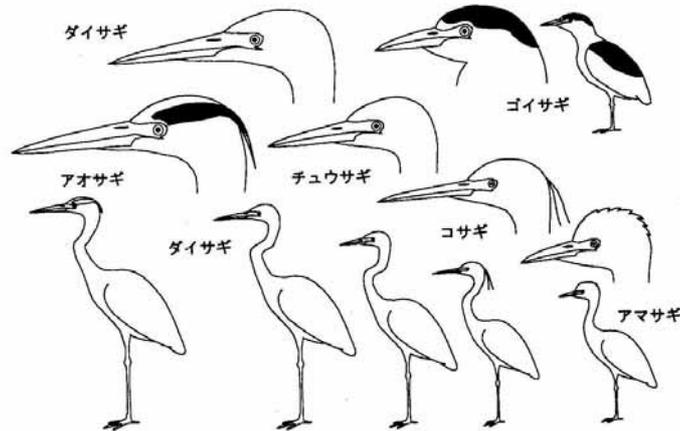


図 3.6 本州でふつうに見られるサギの容姿とくちばしの大きさや形の違い（中島恵子，藤岡原図）
互いに似ているが，体やくちばしの大きさ，形などが違うサギが共存している．ゴイサギは夜行性で，アオサギも薄明薄暮によく活動する．他のシラサギは昼行性．魚をよく採るアオサギ，ダイサギ，コサギのくちばしは細長いのに対し，昆虫をよく採るチュウサギとアマサギのくちばしは短い．

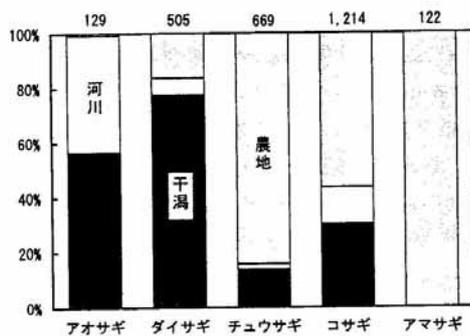


図 3.7 千葉県小櫃川河口域におけるサギ類の採食環境（東條，1996⁹⁾を本人からのデータ提供により改変）
種によって採食に使う環境が違う．

のうち 168 個（76%）が魚であったので，アオサギは基本的には魚食性のサギといえる．この方法の欠点は，複数種が繁殖しているコロニーでは餌を落としたサギの種を特定できないことである．

捕殺して胃内容物を取り出す調査は近年行われていないが，1950 年代に調べられた貴重な資料がある．各地で調べられたゴイサギの餌（図 3.8(a))を見ると，いかに地域差が大きいか分かる．主たる餌は，初夏の兵庫県（日本海沿いの城崎）では魚，千葉県（東京湾岸の新浜）では昆虫，真夏

の滋賀県（湖北の竹生島）では昆虫と魚，埼玉（浦和）ではカエル，秋の滋賀県（琵琶湖岸の彦根）ではアメリカザリガニ（以下ザリガニ），とすべて違っている．ちなみに，青森県のゴイサギだけのコロニーで落ちていた餌を分析した結果では，ドジョウなどの魚類が 79%，カエル・オタマジャクシが 18%であったので，同地では魚が主食といえるだろう¹⁰⁾．

図 3.8(b)にはシラサギ類の資料を示す．やはり地域差が大きい，同時に，種間でも違っている．アマサギはほとんど昆虫やクモなどを採っているのに対して，ダイサギは魚と甲殻類（ザリガニ）が餌の大部分を占め，この 2 種では餌の内容に重複はない．コサギとチュウサギはその中間でさまざまな餌を採るが，コサギがより多く魚を採り，チュウサギがより多く昆虫を採る傾向が見られる．さらに，採る餌の大きさにも違いがあることが知られている¹¹⁾．

水田とのかかわりで種による違いを整理すると，魚食性の強い大型のアオサギやダイサギはあまり水田を利用しないが，魚のほかにカエルやザリガニ，昆虫など多彩な餌を採るコサギとゴイサギは，地域や時期によってかなり水田を利用する．ドジ

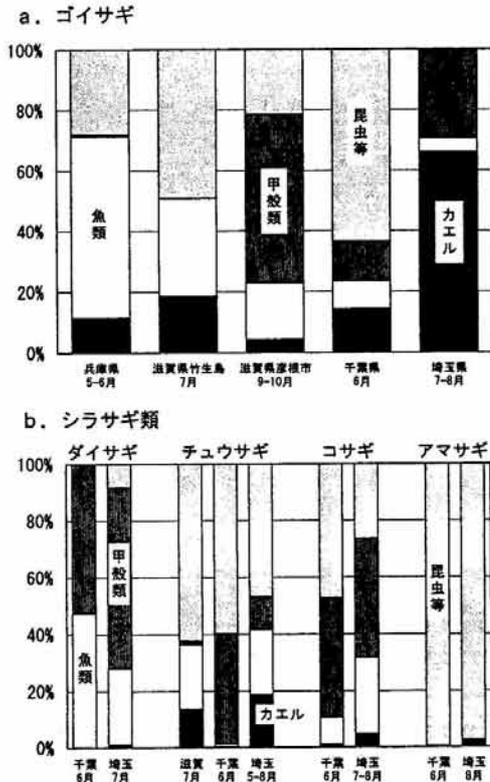


図 3.8 各地で調べられたサギ類の餌内容 (埼玉県の資料は小杉, 1960²⁶⁾より, 他は池田, 1952²⁶⁾, 1956²⁷⁾より作成)

捕殺したサギの胃内容物を調べた結果, a. ゴイサギ, b. シラサギ類, 調べられたサギの数は各調査地で11~26個体, 餌の個体数の割合で示されているので, 昆虫のように小さい動物は過大評価されている。アマサギの一番下は爬虫類。

ヨウ以外の魚をあまり採らないチュウサギ, および昆虫を主食とするアマサギは, 今の日本では水田への依存度が特に高い。また, アマサギにとっては畦, ほかのサギにとっては田んぼ周りの水路も大事な採食環境である。

b. 日本の田んぼ

(1) 田んぼの公益的機能

「最も身近な水辺環境は？」と問われると, 多くの人は田んぼと答えるのではないだろうか。しばらくサギから離れて, 生物多様性とかかわる範囲で田んぼそのものについて見てみよう。日本の稲

作は二千年ほど前の弥生時代に始まったとされてきたが, 最近では縄文時代の遺跡から稲作の痕跡が見つかっており, 日本の稲作の歴史は四千年ともいわれる。その間に, 私たちの祖先は全国津々浦々に田んぼをつくってきた。現在, わが国には全耕地面積の半分以上を占める270万haの水田がある。それを支えるために, 池や川から水路までさまざまな細工がされ, まさに網の目のように複雑な水系をつくり出している。

田んぼは, いうまでもなく米を生産する場である。米は小麦などに比べて生産性が高い。単位面積当たりの収量も, 種子当たりの収量も麦より多く, さらに連作が可能のために土地面積当たりでは圧倒的に米の方が麦より生産性が高いのである¹³⁾。歴史的にも世界の人口密集地の多くは稲作地帯で, 現在でも世界の人口の半分が米を主食としている。わが国は高い人口密度にもかかわらず米を自給してきたが, その高い生産性のおかげもあって国土に占める農地面積の割合は13.6%にすぎず, イギリスの70.1%, フランスの54.8%, ドイツの48.7%, アメリカの43.5%などに比べてはるかに少ない(農地には牧草地を含む)¹⁴⁾。

畦に囲まれた一枚一枚の田んぼは, 水を溜めるために平らである。日本を含むアジアの傾斜地に見られる棚田や谷津田の風景には, 水が張られる故につくられる独特の美がある¹⁵⁾。同時に, 水を溜めるという水田の性格は, 畑地にはないさまざまな公益的機能も生み出す¹⁶⁾。洪水を調整したり, 地下水を涵養するダム機能や, 傾斜地の崩落や土壌の流出を防ぐ国土保全機能など, 水田の外部経済効果は全国で年間約12兆円に達するという三菱総合研究所の試算すらある¹⁶⁾。

(2) 田んぼによる環境破壊

田んぼの「外部効果」はよいことばかりではない。戦後, 先進国では農業が極端に集約的になり, また発展途上国でも輸出作物に偏重した集約・収奪型の農業が進み, 農地や水資源に深刻な問題を引き起こしてきた。1993年のOECD(経済開発機

オオクチバス *Micropterus salmoides*

(1) 生態概要

オオクチバス（俗称ブラックバス）はサンフィッシュ科オオクチバス属に属する。サンフィッシュ科には本属の他、ブルーギルに代表される *Lepomis* 属など 8 属 30 種がふくまれ、全て北アメリカの淡水域を原産地としている（Nelson, 1976）。オオクチバス属には本種の他に 5 種が報告されており、*M. salmoides* は、コクチバスとして日本でも知られている。コクチバスは本種とよく似ているが、上顎の後端が目よりも前に位置すること、頬部に約 17 列の鱗があること（本種は約 10 列）、有孔側線鱗数が 67~78（本種は 58~67）であること等により区別される。また、アメリカ南部には、本種の亜種であるフロリダバス（*M. s. floridanus*）が生息しており、より大型化することや側線鱗数の違い等により、本種と区別される（Scott, 1973）。

本種の原産地は、北アメリカの 5 大湖周辺のカナダからミシシッピ川水系、およびフロリダ州からバージニア州にかけての太平洋沿岸、テキサス州やメキシコ州である。止水域を好むため、主に湖沼に生息しているが、河川においても淵など流れの緩やかな箇所が存在すれば定着し、南部では汽水域にも生息している。また、コクチバスは本種より低水温に適應でき、河川の上中流部など流れのあるところでも定着できる（前畑, 1989）。

1925 年（大正 14 年）に実業家の赤星鉄馬氏によって、米国から神奈川県芦ノ湖へ移植されたのが、わが国における本種移入の第一例である。芦ノ湖では繁殖が認められ、その種苗は各地に移植された（長崎県白雲の池、群馬県田代湖、兵庫県峯山貯水池、山中湖など）。しかし、終戦後（1945 年）には、ほとんどの移植先で繁殖は確認されなくなった（田代湖を除く）。戦後、神奈川県津久井湖や相模湖、宮崎県の小池と御池に移植されている。その後、1965 年から 1969 年にかけて、新たに分布が 6 県に広がり、あわせて 11 県で生息が確認されるにいたった。しかし、わが国に移植されてから 44 年を経過していたが、分布拡大の動きはあまり大きくなく、関西以西に限られていた。ところが、1975 年から 1979 年にかけては、ルアーフィッシング愛好者の急増に伴い、全国的に移植され 40 都道府県でその生息が確認されるようになった。この急激な分布の拡大は、“ヤミ放流行為” が大きく関与しており、現在では、本種の生息は全国の都道府県で確認されるようになった（全内協, 1992）。

湖沼での生息域は水深 10m 以浅の浅場であり、底質が泥で抽水植物や沈水植物が繁茂しているようなところを好む。水深 10m を超える深場で見つかることは希である（全内協, 1992）。本種は非常に強い魚食性を示し、稚魚は体長 30mm を超える頃から徐々に魚食傾向をあらわす。体長 50mm を超える頃からは完全な魚食性となり、琵琶湖においてはエビ類やヨシノボリ、コイ科の小型魚類等を捕食している。なかでも、エビ類に高い選択捕食性を示し、エビ類が生息すれば、優先的にこれを捕食することが、他の湖沼でも知られている（前畑, 1989；田中, 1989）。

産卵期は水温が 16～20 の頃で、関東以西では 4～7 月である。盛期は 5 月下旬から 6 月上旬である。産卵床は水深 50cm～1.5m、砂地、または礫の湖底で水の交換の良い、しかも波浪の直接の影響を受けないような物陰が好まれる。産卵は雄が湖底に作った産卵床で行われる。その形は、円形あるいは楕円形で長径 30～60cm、短径 20～40cm で、くぼみは 0～14cm であり、その深さは底質により異なる。カナダからは、これより大きな産卵床が報告されている。産卵床は互いに、少なくとも 9m くらいは離して形成される。1 床当りの卵数は 5000～43000 粒になる。体重 620g の個体で抱卵数が約 3 万個と報告されており、抱卵数の割に一産卵床当りの卵数が少ないことから、多回産卵の可能性があると考えられている。

産出された卵および孵化後 3 週間くらいまでの仔魚は雄に保護される。稚魚は体長 30mm くらいまで動物プランクトンを捕食しているが、その後は上記の様に魚食性へと移行していく (Scott, 1973; 前畑, 1989; 全内協, 1992)。

(2) 在来魚にあたる影響

オオクチバスは1974年に琵琶湖で初確認された。1983年から突如として増加のきざしをみせ、その翌年から滋賀県による駆除事業が行われたが十分な効果を上げられず、1980年代後半に爆発的に増えピークに達した。この頃から駆除を積極的に進めるためオオクチバスの利用方法が検討され、1987年からは漁獲統計に「ブラックバス」が掲載されるようになった(中井, 2002)。

オオクチバスの激増を境に、小型の沿岸性魚類の多くが激減し、イチモンジタナゴやカワバタモロコなど何種かは湖内で確認できなくなっている。かたや、琵琶湖のオオクチバスは在来魚を主に捕食していることが示されており(前畑ほか, 1987) バスの激増と在来種の減少・消失との間には強い因果関係があると推察できる(中井, 2002)。

藤原ら(2004)が行った、外来魚(オオクチバス、ブル-ギル)の侵入前と侵入後の状況を想定した実験池での魚類放流実験によると、外来魚侵入前の条件では放流したニゴロブナ稚魚は高い生残率を示したが、外来魚の侵入条件下では生残率が有意に低下し、特にオオクチバスが侵入した条件下では放流したニゴロブナ稚魚は全滅し、外来魚のなかでもオオクチバスの影響が特に著しいことを示している。

また、オオクチバスの激増後の1994~1995年にかけて琵琶湖沿岸部の魚類群集が定量的に調査された(滋賀水試, 1996)。それをもとにした解析によると、ヨシ帯の外部では外来魚が重量比で49.4%(オオクチバス:31.6%、ブル-ギル:15.6%)を占めていた。ヨシ帯の内部では外来魚が重量比で70.0%(オオクチバス:19.6%、ブル-ギル:48.2%)に達しており、ブル-ギルは大型個体が多く、オオクチバスは小型の幼魚が多かった。これらのことから、1994~1995年の時点で、琵琶湖の沿岸域ではオオクチバスとブル-ギルが卓越しており、多くの在来種にとって産卵場であり生育場であるヨシ帯の内部は、大型のブル-ギルによって占拠され、かつオオクチバスの幼魚の生育場所としても利用されていたことが明らかとなった(中井, 2002)。

沿岸のヨシ帯と並んで魚類の重要な魚類の生息場所である内湖では、2000年に残存の33内湖で調査が行われ、29種の在来魚が確認された。在来魚からみた種多様性は南湖周辺内湖より北湖周辺内湖のほうが圧倒的に豊かであった。この調査においてオオクチバスとブル-ギルの個体数と在来種の種数の間には負の相関がみられ、オオクチバスやブル-ギルが優占した内湖では在来魚の種多様性が低いことを示しており、南湖周辺内湖の魚類相が乏しいのは外来魚が多いことが大きな原因と考えられている(西野・浜端, 2002)。

また、2001~2002年にかけて湖北野田沼内湖で集中的な仔稚魚調査が行われた。採集された仔稚魚の多くがブル-ギルであり、オオクチバスを含む外来種の比率は2001年が96.5%、2002年が82.2%であった。コイ・フナ類の仔稚魚の出現は4~5月に集中しており、6月はオオクチバスの仔稚魚が、7月以降はブル-ギルの仔稚魚が多く出現し、7月以降はコイ・フナ類の仔稚魚は出現しなかった。外来魚の仔稚魚はコイ・フナ類の仔稚魚と同様に甲殻類プランクトンを餌資源として利用しており、コイ・フナ類の仔稚魚は餌資源

を巡って外来魚の仔稚魚との間で競争にさらされる。また、オオクチバスの稚魚は全長 30 ~ 60mm に達した後は他魚種の仔稚魚を盛んに捕食するようになる。こうしたことから、コイ・フナ類の仔稚魚は餌となる甲殻類プランクトンが豊富に存在し、かつ外来魚の仔稚魚が魚食性に移行する前の 4~5 月に産卵する個体が種の存続を支えており、時間的棲み分けが可能な個体の存在が辛うじて野田沼内湖での絶滅を免れさせていると言える（西野・細谷，2002）。

琵琶湖でオオクチバスとブル - ギルが問題視されるのは、圧倒的な生息数と食性ゆえ、沿岸域に生息する相当量の魚類等が捕食されていると推察されるためである。さらにオオクチバスの激増と同調した在来魚の減少・消失は国内外を問わず他の水域でも確認されており、オオクチバスの生息が、在来魚種の減少の主因の一つであることは疑いない。琵琶湖の場合、外来魚以外にも、湖岸環境の改変や水質の変化、水位操作など、様々な要因が在来種の生存を脅かしてきた可能性が指摘されている（中井，2002）。

(3) 引用文献

- 藤原公一 (2004) ブル - ギルやオオクチバスの侵入が琵琶湖の在来魚介類へ与えた影響 .
2004 年度日本水産学会講演要旨集 . 73
- 前畑政善 (1989) 日本の淡水魚 (川那辺浩哉・水野信彦 編). 495-505 . 山と溪谷社 . 東京
- 前畑政善・桑原雅之・松田征也・秋山廣光 (1987) 滋賀県立琵琶湖文化館研究紀要 5 号 .
1-14 . 滋賀
- 中井克樹 (2002) 琵琶湖における外来魚問題の経緯と現状 . 遺伝 56 巻 6 号 . 35-41 . 裳華
房 . 東京
- 西野麻知子・浜端悦治 (2002) 生物多様性からみた内湖復元の重要性について . 琵琶湖研
究所報第 21 号 . 111-122 . 滋賀
- 西野麻知子・細谷和海 (2002) 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 . 琵琶湖研究所報第 21 号 . 17-27 . 滋賀
- Scott W . B & E . J . Crossman (1973) Freshwater Fishes of Canada , Fisheries Research
Board of Canada Bull , 184
- 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の生息状況調査
- 田中秀具 (1989) 滋賀県水産試験場研究報告 . 40 . 滋賀
- 全国内水面漁業協同組合連合会 (1992) ブラックバスとブルーギルのすべて . 外来魚対策
検討委託事業報告書 . 東京

在来魚への影響に対する引用箇所をアンダ・ラインで示す。

中井克樹 (2002) 琵琶湖における外来魚問題の経緯と現状. 遺伝 56 巻 6 号. 35-41. 裳華房. 東京

1. 外来魚問題の経緯

1) 「問題」が起こるまで

1883 年以来、琵琶湖では、さまざまな非在来の魚介類が国外産・国内産を問わず放流されてきた。今日にいたる外来魚問題は、1960 年代後半のブルーギルの侵入に端緒をたどるが、それ以前に琵琶湖に定着した外来魚介類は、カムルチー・タイリクバラタナゴ・アメリカザリガニ・ウシガエル・テナガエビ・ツツフキ等で¹⁾、最も影響が懸念されたのがカムルチー（雷魚）であった。この東アジア原産の大型魚食魚は、1933 年に琵琶湖地域へ持ち込まれたが、早くも 1937 年には漁業調整規則で移殖や活魚販売が禁止され、捕獲が奨励された²⁾。琵琶湖の沿岸域や周辺の内湖では、戦後カムルチーは著しく増加したが、1980 年代以降は減少傾向にある³⁾。

在来魚への食害を懸念されたカムルチーが幅をきかせていた時期、小型種を含めた在来魚が琵琶湖の沿岸域で豊富に生息していたことは、当時の研究者や漁業者などの証言から窺い知ることができる。同様にカムルチーが在来魚と共存する例は、宮城県伊豆沼や京都市深泥池などでも確認されており⁴⁾、カムルチーによる在来魚類群集への決定的な影響はほとんど知られていない。はからずも、このカムルチーの経験こそが、琵琶湖だけではなく全国的規模で、外来魚に対する安心感を浸透させたのかもしれない⁵⁾。

2) 外来魚の侵入・定着

ブルーギルは、1960 年、時の皇太子殿下が日米修好 100 周年を記念した渡米の際に贈呈された数種の魚類のうちの一つだった。皇室ゆかりの「おめでたい魚」としてブルーギルは全国各地に分与され、釣り対象としての期待から放流された記事も残っている。滋賀県では、淡水真珠の母貝であるイケチョウガイの幼生の寄主としての有用性が見いだされ、各地の真珠養殖場で飼育されるようになった。

1965 年、淡水真珠養殖の盛んな西ノ湖で逸出起源と推測されるブルーギルが確認された。琵琶湖内でも 1968 年に西ノ湖からの水が流れ込む長命寺付近で見つかり、1970 年代前半にかけて湖全体に広まった⁶⁾。しかし、ブルーギルは影響が懸念されるほどには増加せず、オオクチバスと比較して魚食性が強くないため、この魚が将来、爆発的に増加し深刻な打撃を与えることは予測されなかった。

いっぽうオオクチバスは、ブルーギルが湖全体に広がった後、1974 年に湖内で初確認された。1970 年代初頭には全国各地でオオクチバスの私的放流が懸念され始めた時期にあたり、琵琶湖への侵入も一連の放流行為によるものと推測されているが、しばらくの間は大きな注目を集めることはなかった。

3) 顕在化した「問題」

転機は 1983 年、オオクチバスが突如、増加の兆しをみせたことで訪れた。滋賀県はその翌年から駆除事業を開始したが、十分な効果は上げられず、オオクチバスは 1980 年代後半に爆発的に増えピークに達した。駆除を積極的に進めるための利用も検討され、1987 年からは漁獲統計に「ブラックバス」の漁獲量が掲載されるようになった¹⁰⁾。

琵琶湖漁業においては、沿岸域に生息またはそこを主たる産卵・生育場所とする魚種の漁獲量は、1980 年代初頭からの 20 年間で約 4 分の 1 に減少し

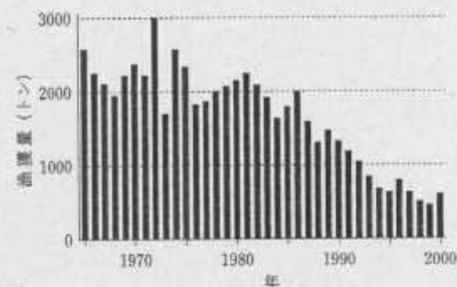


図2 漁獲統計における沿岸性在来魚種の漁獲量（全魚種からアユ・ウナギ・ブラックバス・ワカサギを除いたもの）¹⁰⁾。

た(図2)¹⁰⁾。また、オオクチバスの激増を境に、小型の沿岸性魚種の多くが激減し¹¹⁾、イチモンジタナゴやカワバタモロコなど何種かは湖内で確認できなくなっている¹²⁾。かたや、琵琶湖のオオクチバスは在来魚を主に捕食していることが示されており¹³⁾、バスの激増と在来種の減少・消失との間には、強い因果関係があると推測できる。

いくら外来魚が増加しても、在来種とうまく共存するのであれば、問題視されることはなかっただろう。しかし、オオクチバスの侵入・増加と同調して「在来種の減少」という懸念が現実化する事例は、琵琶湖以外にも全国各地の水域で続発し⁹⁾、外来魚に対する根拠のない安心感を吹き飛ばすことになった。

2. 外来魚の現状

1) 調査の概要

オオクチバスの激増後、1994～1995年度に琵琶湖沿岸域の魚類群集が定量的に調査された¹⁴⁾。計83回の調査で32種、1万33個体が採集され、そのうちワカサギ・タイリクバラタナゴ・カムルチー・オオクチバス・ブルーギル・ヌマチチブの6種、3062個体が外来種であった(表1)。個体数のうえではヨシノボリが最も多かったが、第2位と第4位を外来魚のオオクチバスとブルーギルが占めていた。これらの外来魚2種は体サイズが大型であるため、個体数で示される優占状況は重量でみるとさらに際立つことを、筆者は予測した¹⁵⁾。幸い、報告書(「平成6～7年度琵琶湖および河川の魚類等の生息状況調査」)¹⁴⁾の巻末には「資料編 各地点別採集結果」があり、重量に関するデータが含まれていた。今回は、このデータをさらに分析することとした。

資料編には、調査ごとに種別の採集個体数、計測個体数、体長(最小・最大・平均)、体重(最小・最大・平均)が掲載されている。ここでは計測個体が採集個体を代表するものとし、計測個体から得ら

れた平均体重に採集個体数を乗じることにより、各調査における種別の重量を算出した。なお、この資料編に掲載された採集個体数の合計は8943個体で、上述の1万33個体の89%にあたるが、相対的な種別の出現頻度には両者のデータで大きな違いはないため(表1)、こうして得られた重量データをもとに、沿岸域(ヨシ群落の外側)とヨシ群落内とに分けて魚類群集の構造を検討した。

2) 魚類群集の構造

ヨシ群落の外側では、小型底曳網を用いて計67回の定量的調査が実施された。その結果として、資料編のデータでは6224個体が扱われている。大型のコイ2個体^{*2)}を除く6222個体の内訳は、ヨシノボリが約半数を占め(47.6%)、個体数で5%以上の魚種はゼゼラ、ブルーギル、ピワヒガイ、ヌマチチブ、オオクチバスと続く(表1)。これを重量で見ると、オオクチバス(31.6%)、ブルーギル(15.6%)など外来種が重量比の半分(49.4%)を占めている状況が明らかとなった(図3a)。1個体あたりの平均重量は、オオクチバス、ブルーギルがそれぞれ8.88g、2.90gであるのに対し、ヨシノボリ、ピワヒガイ、ゼゼラ、ヌマチチブはそれぞれ0.36g、1.61g、1.54g、0.73gと値が小さく、最大のオオクチバスの値は、個体数で優占するヨシノボリの値の約25倍であった。

いっぽう、底曳網が使えないヨシ群落の内側では、小型定置網を設置して計16回の調査が実施され、資料編に掲載された個体数は計2319個体であった^{*3)}。ヨシ群落内部で採集された魚種の内訳は、オオクチバスが過半数(51.4%)を占め、個体数で5%以上の魚種は多い順にオイカワ、カネヒラ、ブル

*2) 大型コイ2個体は同時に捕獲されたもので、他の個体と比較して抜きんでて大型(5000gと2500gで総重量の44%を占める)であるため、今回の分析から除外した。

*3) 採集個体には記録されながら資料編に掲載されていないカムルチー8個体は、すべてヨシ群落の内側で捕獲された(藤原公一私伝)。

ーギル、シロヒレタビラ、タイリクバラタナゴであった(表1)。重量で見ると、ブルーギルが圧倒的に多く48.2%を占め、オオクチバスの19.6%がそれに次ぎ、外来魚全体の重量比は70.0%に達して

いる(図3b)。魚種別の平均重量は、ブルーギルが24.96gと抜きん出て大きく、オオクチバス、イカワ、カネヒラ、シロヒレタビラ、タイリクバラタナゴはそれぞれ1.59g、0.65g、5.82g、0.49g

表1 琵琶湖沿岸域における魚類群集の定量的調査の結果¹⁴⁾。「採集個体数」は文献¹⁴⁾の本文中のグラフから読み取り、計測個体数は資料編のデータを集計した。

科名	和名	採集個体数 N (%)	計測個体数			
			合計		沿岸域 (ヨシ群落外)	
			N (%)	N (%)	N	N
【在来種】						
アユ科	アユ	70 (0.7)	70 (0.8)	12 (0.2)	58 (2.1)	
コイ科	カワムツ	2 (0.0)	2 (0.0)	0 (0.0)	2 (0.1)	
	オイカワ	388 (3.9)	388 (4.3)	16 (0.3)	372 (13.7)	
	ハス	7 (0.1)	7 (0.1)	1 (0.0)	6 (0.2)	
	ウグイ	16 (0.2)	16 (0.2)	3 (0.0)	13 (0.5)	
	アブラハヤ	2 (0.0)	2 (0.0)	0 (0.0)	2 (0.1)	
	タモロコ	1 (0.0)	1 (0.0)	1 (0.0)	0 (0.0)	
	ホンモロコ	60 (0.6)	31 (0.3)	31 (0.5)	0 (0.0)	
	モツゴ	96 (1.0)	81 (0.9)	29 (0.5)	52 (1.9)	
	ビワヒガイ	430 (4.3)	430 (4.8)	349 (5.6)	81 (3.0)	
	アブラヒガイ	1 (0.0)	1 (0.0)	1 (0.0)	0 (0.0)	
	カマツカ	93 (0.9)	89 (1.0)	84 (1.3)	5 (0.2)	
	ゼゼラ	907 (9.0)	907 (10.1)	907 (14.6)	0 (0.0)	
	スゴモロコ	98 (1.0)	98 (1.1)	85 (1.4)	13 (0.5)	
	デメモロコ	110 (1.1)	110 (1.2)	110 (1.8)	0 (0.0)	
	ニゴイ	118 (1.2)	80 (0.9)	78 (1.3)	2 (0.1)	
	コイ	10 (0.1)	6 (0.1)	3 (0.0)	3 (0.1)	
	フナ	358 (3.6)	148 (1.7)	102 (1.6)	46 (1.7)	
	ヤリタナゴ	61 (0.6)	61 (0.7)	0 (0.0)	61 (2.2)	
	シロヒレタビラ	178 (1.8)	167 (1.9)	24 (0.4)	143 (5.3)	
	カネヒラ	208 (2.1)	208 (2.3)	8 (0.1)	200 (7.4)	
ドジョウ科	ドジョウ	2 (0.0)	2 (0.0)	0 (0.0)	2 (0.1)	
	スジシマドジョウ	9 (0.1)	9 (0.1)	1 (0.0)	8 (0.3)	
ハゼ科	ヨシノボリ	3524 (35.1)	3024 (33.8)	2962 (47.6)	62 (2.3)	
	ウキゴリ	215 (2.1)	202 (2.3)	177 (2.8)	25 (0.9)	
カジカ科	ウツセミカジカ	7 (0.1)	7 (0.1)	1 (0.0)	6 (0.2)	
【外来種 (国内起源)】						
キュウリウオ科	ワカサギ	53 (0.5)	53 (0.6)	38 (0.6)	15 (0.6)	
ハゼ科	スマチチブ	373 (3.7)	365 (4.1)	341 (5.5)	24 (0.9)	
【外来種 (国外起源)】						
コイ科	タイリクバラタナゴ	254 (2.5)	170 (1.9)	32 (0.5)	138 (5.1)	
タイワンドジョウ科	カムルチー	8 (0.1)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	
サンフィッシュ科	オオクチバス	1638 (16.3)	1516 (17.0)	323 (5.2)	1193 (43.9)	
	ブルーギル	736 (7.3)	692 (7.7)	505 (8.1)	187 (6.9)	
計		10033 (100)	8943 (100)	6224 (100)	2719 (100)	

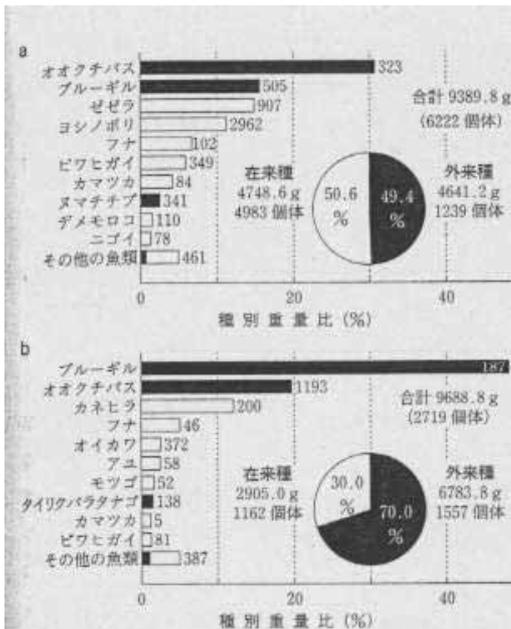


図3 琵琶湖の沿岸域における定量的調査で採集された魚類の種別重量比¹⁴⁾。a: ヨシ群落の外側 (小型底曳網), b: ヨシ群落の内側 (小型定置網)。なお、各棒に添えた数字は採集個体数を示す。

0.99gであった。個体数で過半数を占めるオオクチバスは小型の幼魚が多いこと、タナゴ3種の中ではカネヒラが大型で成魚個体が多いのに対し、シロヒレタビラとタイリクバラタナゴは幼魚が多いことが推測される。なお、その後、シロヒレタビラは滋賀県版レッドデータブック¹⁵⁾において、最も絶滅が心配されるランク「絶滅危惧種」に指定される状況に置かれている。

以上をまとめると、1994~1995年の時点で、琵琶湖の沿岸域ではオオクチバスとブルーギルが卓越し、多くの在来魚種にとって産卵場であり生育場でもあるヨシ群落の内部は、大型のブルーギルに占拠され、かつオオクチバス幼魚の生育場所としても利用されていたことが明らかとなった。

3) 現状はいかに

1980年代後半に増加のピークを迎えた琵琶湖の

オオクチバスは、1990年ごろには減少が指摘され始め¹¹⁾、漁獲統計でも1992年から1995年にかけて急減し、積極的な駆除事業(後述)が始まる1999年まではほぼ横ばいであった(図4)。いっぽう、オオクチバスよりも先に湖に定着していたブルーギルは、1990年代になって目立って増え始めた。バスの激増後に沿岸域魚類の群集構造が大きく変化することが、ブルーギルの増加を促した可能性も指摘されている。とくに1990年代半ば以降の南湖では、ブルーギルが爆発的に増加し(図4)、エリ(定置網)における漁獲量の圧倒的多数を占めることも少なくない。北湖南部の東岸でもブルーギルが大量捕獲される“前線”が南湖側から年々北上し、北湖での勢力拡大が懸念されている(戸田直弘 私信)。

先の調査結果は、オオクチバスが激増のピークよ

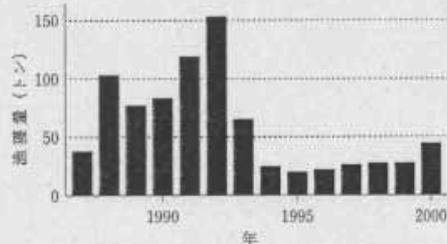


図3 漁獲統計¹⁶⁾における「ブラックバス」の漁獲量。1992年までの増加傾向は、新しく水産資源として扱われ始めたバスの流通経路の拡大によるものと推測され、それ以後の動態は資源量の動態をほぼ表していると思われる。

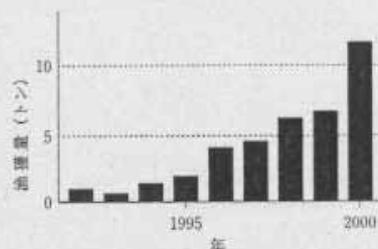


図4 大津漁業協同組合所属のエリ(定置網)1基によるブルーギルの漁獲量。増加傾向は2002年も継続中である(輪野広之 私信)。

りもかなり減った時点でも、沿岸域で最も優占していたことを明示している。さらに、漁獲統計はその後も資源量が安定していることを示し(図4)¹⁰⁾、筆者らの北湖の複数カ所の調査でも、オオクチバスはブルーギルに比肩しうる、あるいはそれを凌ぐ生息密度である(中尾博行・藤田建太郎、未発表)。また増加を続けるブルーギルは、多様な小動物を捕食する性質をもつため¹¹⁾、とくに魚卵・仔稚魚への捕食圧も懸念され¹²⁾、在来魚の減少に追い打ちをかけていることは確実である。そして、沿岸性の魚種の衰退傾向には歯止めがかからない(図2)。

これらの知見の積み重ねは、琵琶湖沿岸域の魚類群集が外来魚によっていっそう危機的な状況に追い込まれていることを示唆するものであり、外来魚の抑制が緊急の課題として浮かび上がってきたのである。滋賀県は、1999年度から外来魚緊急駆除対策事業に着手し、今日に至っている¹³⁾。

最近の調査結果では、琵琶湖の南東側の流入河川において、下流域へのブルーギルとオオクチバスの侵入が目立ち、前者は他のすべての魚種と、後者も大半の魚種と排他的な関係をもつことが示されている²⁰⁾。さらに、外来魚2種が侵入しにくく繁殖も困難と推測される人工水路施設において、人工的な沿岸・底質環境で湖水(正確には流入河川の河口からの水)をそのまま給水しているにもかかわらず、施設内で侵入・繁殖できる小型魚種の生息密度が非常に高まっていることも判明している^{21) 22)}。こうした事実は、「実際に食べてしまう」という直接的な外来魚の影響を緩和することで、在来魚がかなり復活しうる可能性を期待させるものである。

おわりに——「ブラックバス問題」をめぐって

琵琶湖でオオクチバスとブルーギルが問題視され

*4 この調査結果は最近、釣り関係メディアや団体によって、不適切に曲解されたものが流布している。

るのは、圧倒的な生息数と食性ゆえ、沿岸域に生息する相当量の魚類等が捕食されていると推測されるためである。さらに、琵琶湖でもみられたオオクチバスの激増と同調した在来魚の減少・消失は、国内外を問わず他の水域(ときにブルーギルを伴う)でも確認されており⁴⁾、オオクチバス(およびブルーギル)の生息が、在来魚種の減少の主因の一つであることは疑いない。

琵琶湖の場合、外来魚以外にも、湖岸環境の改変や水質の変化、さらには本特集山本の項で紹介される水位の操作など、さまざまな要因が在来種の存続を脅かしてきた可能性が指摘され、それらを改善すべきであるとする立場は筆者も同じである。環境保全を指向した社会的意識の高まりを反映し、こうした要因のそれぞれに対して改善に向けた方向性が示されるようになってきた。外来魚の駆除も生態系の復元・改善をめざす諸施策の一環として正当に位置づけられるものである。

筆者が幾度となく外来魚問題に関連して批判的主張を行う理由は、ことオオクチバスに関しては、科学的に不適切で論理性の欠如した擁護論が、バスを利用する立場から相も変わらず声高に主張されるからである。「批判者はバスにすべての責任を押しつけている」という誤った被害者意識に根ざした主張は、「他の要因こそが問題であって、バスの影響は深刻であるはずがない」という、責任転嫁しながらの希望的観測でしかない。近年、ブラックバスとその釣りがはらむさまざまな問題が批判されているが、擁護論はそれらにほとんど答えられぬままである。

2002年6月、滋賀県は「琵琶湖のレジャー利用の適正化に関する条例要綱案」を提出した。そこには捕獲したオオクチバス・ブルーギルなど指定魚種の再放流(リリース)を禁止する条項が盛り込まれていたため、バス釣り関係者・業界から「釣り人の自由を奪う」「業者の利益を損なう」といった反対

451

ブルーギルやオオクチバスの侵入が琵琶湖の在来魚介類へ与えた影響

藤原公一(滋賀水試)

【目的】ブルーギル(以下、BGと記す。)やオオクチバス(以下、LMBと記す。)といった外来魚の侵入が琵琶湖の在来魚介類へ与えた影響を実験的に検証する。

【方法】BGやLMBが琵琶湖へ侵入する前・後の年代に琵琶湖でみられた魚介類を、ヨシを植栽し、砂を敷設したコンクリート池(40㎡、d=1m)に'03年6月9日～7月15日に放流(下表)し、同年9月11日にそれらの生残や繁殖の状況を調査した。なお、ニゴロブナ稚魚へは放流直前にALC耳石標識を施した。

表 各年代を想定した実験池へ放流した魚介類(単位:尾)

	実験池Ⅰ '55～'65年想定 BG,LB侵入前	実験池Ⅱ '65～'75年想定 BG侵入後	実験池Ⅲ '85～'95年想定 BG,LB侵入後
ニゴロブナ成魚	20	20	16
ニゴロブナ稚魚	100	100	80
コイ成魚	10	10	8
ワタカ成魚	10	10	10
ヨシノボリ成魚	200	200	160
スジエビ	1,650	1,650	1,650
ブルーギルBG	0	20	20
オオクチバスLMB	0	0	12

【結果】BGおよびLMBを放流していない実験池Ⅰでは、ニゴロブナ稚魚は501尾発生し、放流した同稚魚の生残率は62.0%、スジエビの生残率は21.2%であった。しかし、BGを放流した実験池Ⅱでは、それぞれ29尾、45.0%、2.9%と有意に低下した。さらに、BGとLMBを放流した実験池Ⅲでは、ニゴロブナ稚魚は発生せず、放流した同稚魚やスジエビは全滅した。一方、BG稚魚は実験池Ⅱでは156尾、実験池Ⅲでは188尾発生した。これらの結果から、両外来魚は琵琶湖の在来魚介類へ大きな影響を及ぼし、特にLMBの影響が著しいが、LMBはBGの繁殖には大きな影響を及ぼさないと考えられる。

また、回収されたニゴロブナ稚魚(放流魚)について、耳石上のALC標識のサイズから放流時の体長を推定した。その結果、実験池Ⅰでは15.8mm以上のものが生残していたが、実験池Ⅱでは17.3mm以上のものしか生残していなかった。体長17.3mm未満の小型のニゴロブナ稚魚はBGに捕食されたと考えられる。

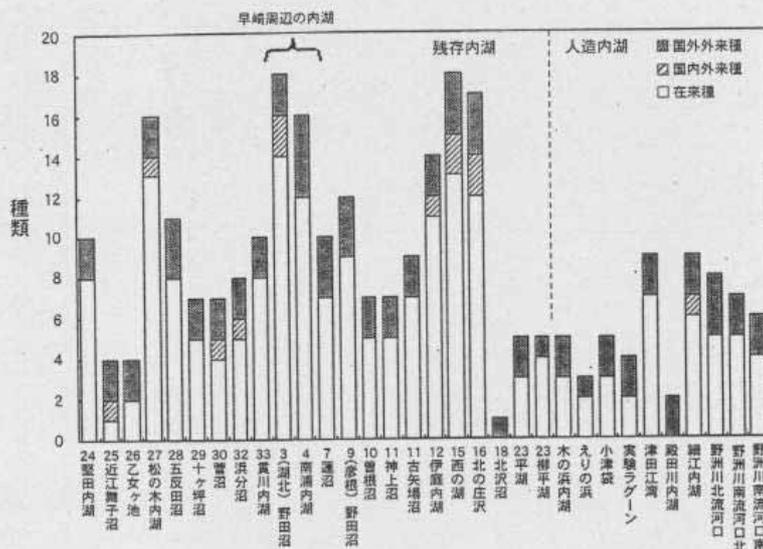


図3 残存内湖および人造内湖で採取された魚類の種数(2000年春・秋調査による：滋賀県水政課資料より作図)。残存内湖の番号は図2と同じだが、面積が縮小した内湖が多い。
 ■ 国外外来種、▨ 国内外来種、□ 在来種

代表する植物であるヨシ帯と生活史が関係する在来魚種は約半数の26種にのぼり、このうち6種を固有種が占める(表3)。また2000年に残存内湖で確認された在来魚の種数は29種で、琵琶湖に生息する在来魚種の60%を占めていた(滋賀県水政課資料)。このうち、最も多くの在来魚種が採集されたのは東浅井郡湖北町の野田沼内湖の14種で、次いで松の木内湖、西の湖の13種、南浦内湖、北の庄沢で12種だった(図3)。これらの内湖はすべて北湖の周辺に位置する。北湖周辺の全残存内湖で確認された在来魚は、全残存内湖と同じ29種に上った。一方、南湖周辺のすべての内湖で採集された在来魚の種数は12種に留まり、南湖周辺で最も在来魚種の多い堅田内湖でも8種だった。在来魚からみた内湖の種多様性は、南湖周辺内湖より北湖周辺内湖の方が圧倒的に豊かであるといえる。

残存内湖および人造内湖におけるオオクチバスとブルーギルの合計個体数が全採集魚類の個体数に占める割合と在来魚の種数との間には有意の負

の相関($n=33$, $R^2=0.444$, $P<0.001$)がみられた(図4)。この結果は、オオクチバスやブルーギルが優占した内湖で在来魚の種多様性が低いことを示している。とくに、多くの南湖周辺内湖(人造内湖を含む)では、全採集個体数に対し、オオクチバスとブルーギルの個体数が占める割合が高く、在来魚の種数が少なかった。南湖周辺内湖の乏しい魚類相は、2種の外来魚が優占している内湖が多いこと、南湖沿岸に外来魚が多いこと(滋賀水試, 1996)が大きな原因だと考えられる。

5. 内湖の面積と生物多様性との関係

各残存内湖でこれまでに確認された貴重植物の種数(y)と内湖の面積(x)との関係を求めると、両対数の直線関係がみられた。最も種数が多かったのは、内湖の中で最大面積を有する西の湖(229ha)で32種だった。このような種数-面積曲線は、一般に島嶼の面積とその島に生育する種数との関係などで広く知られている(MacArthur and Wilson, 1967)。しかし島の面積が大きくなると、いくら

6. 水位変動とコイ・フナ類の産卵期

コイ・フナ類の産卵期の後半が欠落する現象は、1996年に山の下湾で行われた調査でも報告され、琵琶湖の水位操作規則の変更が主な原因ではないかと指摘されている（山本・遊磨，1999）。琵琶湖では、1992年から水位操作規則が変更され、4～5月の水位がそれ以前より20～30cm高く維持される一方、6月中旬以降、水位が恒常的に数十cmも低下するようになったからである。実際、1962～1991年の30年間の平均をみても7月上～中旬にみられた水位の上昇が1991年以降全くみられなくなっている（図5）。また同時に夏季の低水位が頻発化するようになった。1992年以降、琵琶湖水位が-90cm以下に低下した年は1994年、1995年、2000年、2002年の4回にのぼった。

コイ・フナ類仔稚魚は、抽水植物（ヨシ）帯のなかでも水深50cm以浅という極めて浅い水域で生息している。このような水域は、ヨシ等が密生し、大型魚類が侵入しにくく、仔稚魚にとって捕食の危険が少ない。と同時に餌となる植物プランクトンが豊富な場所でもある（藤原ほか，1999）。また、平井（1970）が示すように、フナ類が本来もっていた生活史では、6～7月の梅雨期に水位が上昇する時期、つまりヨシ帯が広く湖水に覆われる時期に合わせて産卵数が最大となるようプログラムされていた、と考えられる。したがって、フナ類の産卵のピークであるべき6～7月に水位が数十cm低下することは、山本・遊磨（1999）が指摘するように、仔稚魚のすみ場であるべき密生したヨシ帯の多くが干上がることを意味し、我々が想像する以上にコイ・フナ類仔稚魚にとって致命的な影響を与えた可能性が高い。

しかし琵琶湖の水位が下がっても、野田沼の水位は琵琶湖ほどには大きく低下しない（図5、西野ほか，2003）。内湖の水位は、流入水量が、内湖表面からの蒸発散量等を下回らない限り、流出口の標高以下に低下しないからである（図6）。したがって野田沼をはじめとする内湖では、水位低下だけがコイ・フナ類の本来の産卵期後半を欠落させた要因だとは考えにくい。

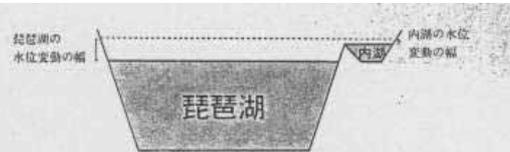


図6 琵琶湖と内湖の水位変動の概念図（浜端原図）

7. 食物をめぐる競争と捕食

本研究では、2002年に仔稚魚の分布を調査するとともに、仔稚魚の胃内容についても解析を行った。その結果、ふ化直後のオオクチバス仔魚は、6月に主に動物プランクトンを捕食するが、全長30～60mmの稚魚に成長した7月以降、他種の仔稚魚を盛んに捕食することが明らかになった（図7）。しかも7月以降のオオクチバス稚魚は、大量にふ化したブルーギル仔稚魚のごく一部を8月に捕食しただけでほとんど捕食しておらず、専らヨシノボリの仔稚魚を捕食していた。

琵琶湖では、コイ・フナ等、在来魚の漁獲量が激減する前の1980年代半ばでは、体長25mmまでのオオクチバス稚魚は、6月にはほとんどコイ科仔稚魚を捕食していた（山中，1989）。宮城県伊豆沼でも、コイ科仔稚魚が体長15～20mmのオオクチバス稚魚胃内容物の大部分を占めていた（淀，2002）。しかし野田沼では、魚食性になる7月のオオクチバス稚魚の胃内容物には、コイ科仔稚魚がほとんどみられなかった。

2001年における琵琶湖のコイ・フナ類の漁獲量は年間165tで、1980年代半ばの4分の1に減少していた（図1）。したがって、野田沼のオオクチバス稚魚がヨシノボリ仔稚魚を捕食していたのは、図3が示すように、7月に捕食可能なコイ科仔稚魚がほとんどいなかったためと考えられ、決してコイ科仔稚魚を好まないということではない。

一方、ふ化直後の7月から10月の全長30～50mmの後期稚魚まで、ブルーギル仔稚魚の主要な餌料は小型のゾウミジンコ、マルミジンコやケンミジンコなどの動物（甲殻類）プランクトンだった。ブルーギル仔稚魚は8月以降、水生昆虫な

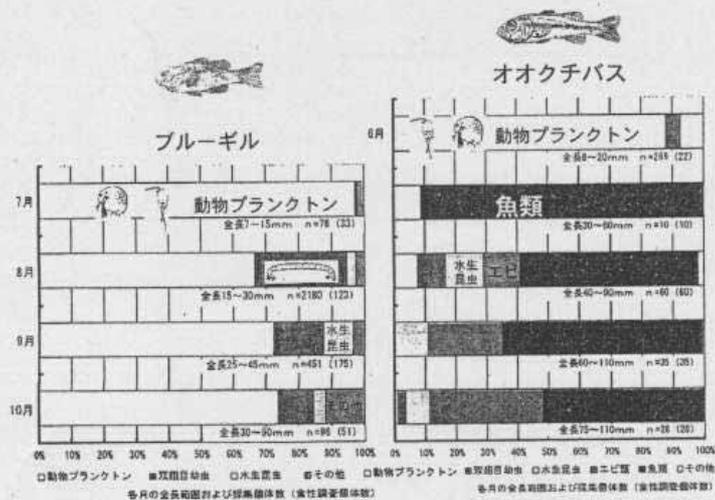


図7 オオクチバス（右）およびブルーギル（左）仔稚魚の食性の月別変化（百分率で示してある）。

ども食べるようになるが、魚類はほとんど捕食せず、ユスリカ等の水生昆虫を捕食していた。

長崎県の川原大池では、ブルーギル稚魚の胃内容物は、体長 20mmでは 60%以上がケンミジンコだが、30~50mmでは大部分がユスリカ等の水生昆虫に変わる（東, 2002）。ところが野田沼では、ほぼ同じ体長のブルーギル稚魚の主な餌は甲殻類プランクトンのままだった（図7）。

野田沼の動物プランクトンを調査した結果によると、甲殻類プランクトンが最も多く出現するのは4月で、オオクチバスやブルーギル仔稚魚が出現する6月以降は激減した。またブルーギル仔稚魚の密度が高かった2001年では、甲殻類プランクトンは6月以降、殆ど出現しなかったが、ブルーギル仔稚魚の密度が低かった2002年では、7~8月の甲殻類プランクトンの密度が前年の約3.5~7.5倍に増加した（川幡, 私信）。このことは、ブルーギル仔稚魚の捕食量が動物プランクトンに与える影響が2001年には非常に大きかったことを示している。

コイ・フナ類仔稚魚もまた、甲殻類プランクト

ンを主要な餌とする（平井, 1972）。そのため、6月にはオオクチバス仔稚魚と、7月以降は大量に出現するブルーギル仔稚魚と同じ餌をめぐる競争にさらされる。実際、甲殻類プランクトンの密度は2001年、2002年とも5月以降に激減しており、このことを裏づけている。

さらに野田沼では、7月以降、コイ・フナ類仔稚魚は出現せず、オオクチバス稚魚の胃内容物からもコイ・フナ類仔稚魚は出現していなかった。このことは、コイ・フナ類仔稚魚の7月以降の生残に、オオクチバス稚魚による捕食が大きな影響を与えていることを示している。

このような厳しい生存条件下、コイ・フナ類は、餌となる甲殻類プランクトンが豊富に存在し、かつ外来魚の仔稚魚が魚食性に移行するより前の4~5月に産卵する個体が、種の存続を支えていると考えられる。すなわち、コイ・フナ類の生活史の中で、時間的棲み分けが可能な個体の存在が、辛うじて野田沼での絶滅を免れさせているといえよう。

ブルーギル *Lepomis macrochirus*

(1) 生態概要

ブルーギルはオオクチバスと同じくサンフィッシュ科に属する。サンフィッシュ科はバス科と称されることもあるが、いわゆるバスの仲間 (*Micropterus* 属) が本科にしめる割合は小さく、科を構成する種の多くはサンフィッシュ属 (*Lepomis* 属) であり、英語でも Sunfish Family と称されていることからサンフィッシュ科と称するのが妥当であると考えられる (寺島, 1989; 全内協, 1992)。本種とオオクチバスの外部形態は大きく異なるものの、遺伝的にはかなり近く、人為的に両種の交雑種を作ることが可能である (West, 1966)。

他のサンフィッシュ科と同じく、北米東部が原産地である。かなり広範囲の水温に適応できるが、おもに温水域を好む。流水域より止水域を好むため、湖沼がおもな生息地となっている。河川にも生息するが、大きな淵や水草帯、障害物の間などに限られる。湖沼においても水草帯や障害物の間に強く依存する傾向がみうけられる (寺島, 1989)。

食性は雑食性で動物プランクトン、水生昆虫、甲殻類、魚卵やその孵化仔魚、水生植物など何でも食べる。餌に対する選好性はほとんどなく、その時に最も利用しやすいものを、餌として利用している (全内協, 1992)。特に他の魚種の産卵期には、これらが産んだ卵や孵化仔魚を選好して捕食するため、親が卵を保護する習性を持たない在来魚にとって、重大な影響がある (高橋, 1994)。

産卵期は6～7月で、雄が砂泥底にすりばち状の産卵床を作り、雌を呼び寄せて産卵させる。産卵床は水深約1.2m以浅の砂泥底あるいは砂礫底に形成される。自然状態での最小成熟年齢は満1歳であるとされるが、飼育状態では生後4ヶ月で成熟が可能となる場合もある (全内協, 1992)。産卵後は雄が卵および孵化仔魚を保護し、これを捕食しに来る外敵を盛んに追い払う。そのため初期減耗率が極めて低く、新たに移入された水域では爆発的に増殖する。そのため、在来種との間では、食害による直接的な影響ばかりでなく、餌資源をめぐる競合による影響も考える必要がある。

本種と、その捕食者であるオオクチバスの資源量の動向には、少なからぬ関係が認められる。オオクチバスが減少すると、本種の個体数は増加するが、餌不足のため魚体は小型化する。逆にオオクチバスが増加し、捕食圧が大きくなると個体数は減少するものの魚体は大きくなることが知られている (全内協, 1992)。

1960年に、米国から水産庁淡水区水産研究所に、試験研究用として移入されたのが、わが国における本種導入の第一例である。その後、大阪府淡水魚試験場と滋賀県水産試験場に分与された。また、1966年には水産庁淡水区水産試験場が中心となり、天然水面への放流が行われた。その後、食用魚として養殖が盛んになり、一時は年間20トン前後の生産があったが、商品価値の低下とともに養殖されなくなった。以後、この養殖魚が天然水面に逸散あるいは放流され、各地に分布が広がったものと思われる。

全国湖沼河川養殖研究小委員会が行った1988年度の調査によると (外来魚小委員会,

1989)、1979年までは関西以西の9府県で生息が確認されたにすぎなかったが、以後急激に分布が拡大し1988年には38都道府県の86湖沼45河川で生息が確認されるに至った。分布の拡大は、オオクチバスと同様に無秩序な放流や養殖魚の逸散によるため、移植時期が明確なのは26湖沼2河川と極めて少ない。移植後の資源の動向をみると、一部の水域では資源の停滞もしくは減少がみられるものの、多くの水域では資源が増加傾向にあるものと考えられる。

わが国には、本種の有効な捕食者が存在しなかったことや、どのような餌でも利用できる柔軟な食性、雄親が卵を保護することによる繁殖率の高さが、本種の爆発的な分布の拡大を招いた。しかし、ため池などの小さな水域においては、個体数の増加が餌資源の枯渇を招き、魚体の小型化や個体数の減少を引き起こした。ところが、本種の捕食者であるオオクチバスが存在すると、本種の個体数は適当に保たれ、その水域において均衡が成立する(全内協, 1992)。

(2) 在来魚にあたる影響

1965年、淡水真珠養殖の盛んな西ノ湖で逸出起源と推測されるブル-ギルが確認され、琵琶湖内でも1968年に西ノ湖からの水が流れ込む長命寺付近で見つかり、1970年代前半にかけて湖全体に広まった。しかし、ブル-ギルは懸念されるほどには増加せず、オオクチバスと比較して魚食性が強くないため、この魚が将来、爆発的に増加し深刻な打撃を与えることは予想されなかった(中井, 2002)。

オオクチバスは1980年代後半に増加のピークを迎え、1990年頃には減少が指摘され始めた。一方、オオクチバスより先に琵琶湖に定着していたブル-ギルは、1990年代に入って目立って増え始め、オオクチバス激増後に沿岸域魚類の群集構造が大きく変化したことが、ブル-ギルの増加を促した可能性も指摘されている。特に1990年代半ば以降の南湖では、ブル-ギルが爆発的に増加し、エリにおける漁獲量の圧倒的多数を占めることも少なくない。北湖南部の東岸でもブル-ギルが大量捕獲される“前線”が南湖側から年々北上し、北湖での勢力拡大が懸念されている(中井, 2002)。また、琵琶湖の衛星湖である内湖にも外来魚は侵入しており、外来魚の個体数比率が高いほど在来魚の種数が減少する傾向がみられる(西野・浜端, 2002)。

滋賀水試が行った食性調査では、ブル-ギルはユスリカを最も多く捕食しており、次いでミジンコ、魚卵、仔稚魚の順で多かった。体長20mm以下ではミジンコ、ケンミジンコで占められ、その中でもミジンコが88%を占めていた(孝橋ほか, 2000)。また、湖北野田沼で行われた仔稚魚調査では、ブル-ギルの仔稚魚は孵化直後の7月から10月の全長30~50mmの後期仔魚まで主要な餌生物は小型のゾウミジンコ、マルミジンコやケンミジンコなどの甲殻類プランクトンであった。コイ・フナ類の仔稚魚もまた甲殻類プランクトンを主要な餌としており、ブル-ギルとの間で餌資源を巡る競争にさらされていると考えられる(西野・細谷, 2002)。また、藤原が行った実験によると、外来魚侵入前の状態を想定した実験池と比べて、ブル-ギルが侵入した状態の実験池ではニゴロブナ稚魚の発生率や生残率が有意に低くなり、ブル-ギルの侵入が琵琶湖の魚類群集に影響を与えたことが示唆された(藤原, 2004)。

(3) 引用文献

- 藤原公一 (2004) ブル - ギルやオオクチバスの侵入が琵琶湖の在来魚介類へ与えた影響 .
2004 年度日本水産学会講演要旨集 . 73
- 中井克樹 (2002) 琵琶湖における外来魚問題の経緯と現状 . 遺伝 56 巻 6 号 . 35-41 . 裳華
房 . 東京
- 西野麻知子・浜端悦治 (2002) 生物多様性からみた内湖復元の重要性について . 琵琶湖研
究所報第 21 号 . 111-122 . 滋賀
- 西野麻知子・細谷和海 (2002) 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 . 琵琶湖研究所報第 21 号 . 17-27 . 滋賀
- 寺島 彰 (1989) 日本の淡水魚 (川那辺浩哉・水野信彦 編) . 506-511 . 山と溪谷社 . 東京
- West ,J .L . & F .E .Hester(1966)Intergeneric hybridization of centrarchids .Trans .
Amer . Fish . Soc . , 95 (3) , 280-288
- 全国内水面漁業協同組合連合会 (1992) ブラックバスとブルーギルのすべて . 外来魚対策
検討委託事業報告書 . 東京
- 全国湖沼河川養殖研究会外来魚研究小委員会 (1989) 我が国における外国産魚介類の現状
と対策への方向

在来魚への影響に対する引用箇所をアンダ・ラインで示す。

中井克樹 (2002) 琵琶湖における外来魚問題の経緯と現状・遺伝 56 巻 6 号・35-41・裳華房・東京

1. 外来魚問題の経緯

1) 「問題」が起こるまで

1883 年以来、琵琶湖では、さまざまな非在来の魚介類が国外産・国内産を問わず放流されてきた。今日にいたる外来魚問題は、1960 年代後半のブルーギルの侵入に端緒をたどるが、それ以前に琵琶湖に定着した外来魚介類は、カムルチー・タイリクバラタナゴ・アメリカザリガニ・ウシガエル・テナガエビ・ツチフキ等¹⁾、最も影響が懸念されたのがカムルチー（雷魚）であった。この東アジア原産の大型魚食魚は、1933 年に琵琶湖地域へ持ち込まれたが、早くも 1937 年には漁業調整規則で移殖や活魚販売が禁止され、捕獲が奨励された²⁾。琵琶湖の沿岸域や周辺の内湖では、戦後カムルチーは著しく増加したが、1980 年代以降は減少傾向にある³⁾。

在来魚への食害を懸念されたカムルチーが幅をきかせていた時期、小型種を含めた在来魚が琵琶湖の沿岸域で豊富に生息していたことは、当時の研究者や漁業者などの証言から窺い知ることができる。同様にカムルチーが在来魚と共存する例は、宮城県伊豆沼や京都府深泥池などでも確認されており⁴⁾、カムルチーによる在来魚類群集への決定的な影響はほとんど知られていない。はからずも、このカムルチーの経験こそが、琵琶湖だけではなく全国的規模で、外来魚に対する安心感を浸透させたのかもしれない⁵⁾。

2) 外来魚の侵入・定着

ブルーギルは、1960 年、時の皇太子殿下が日米修好 100 周年を記念した渡米の際に贈呈された数種の魚類のうちの一つだった。皇室ゆかりの「おめでたい魚」としてブルーギルは全国各地に分与され、釣り対象としての期待から放流された記事も残っている。滋賀県では、淡水真珠の母貝であるイケチョウガイの幼生の寄主としての有用性が見いだされ、各地の真珠養殖場で飼育されるようになった。

1965 年、淡水真珠養殖の盛んな西ノ湖で逸出起源と推測されるブルーギルが確認された。琵琶湖内でも 1968 年に西ノ湖からの水が流れ込む長命寺付近で見つかり、1970 年代前半にかけて湖全体に広まった⁶⁾。しかし、ブルーギルは影響が懸念されるほどには増加せず、オオクチバスと比較して魚食性が強くないため、この魚が将来、爆発的に増加し深刻な打撃を与えることは予測されなかった。

いっぽう オオクチバスは、ブルーギルが湖全体に広がった後、1974 年に湖内で初確認された。1970 年代初頭は全国各地でオオクチバスの私的放流が懸念され始めた時期にあたり、琵琶湖への侵入も一連の放流行為によるものと推測されているが、しばらくの間は大きな注目を集めることはなかった。

3) 顕在化した「問題」

転機は 1983 年、オオクチバスが突如、増加の兆しをみせたことで訪れた。滋賀県はその翌年から駆除事業を開始したが、十分な効果は上げられず、オオクチバスは 1980 年代後半に爆発的に増えピークに達した。駆除を積極的に進めるための利用も検討され、1987 年からは漁獲統計に「ブラックバス」の漁獲量が掲載されるようになった¹⁰⁾。

琵琶湖漁業においては、沿岸域に生息またはそこを主たる産卵・生育場所とする魚種の漁獲量は、1980 年代初頭からの 20 年間で約 4 分の 1 に減少し

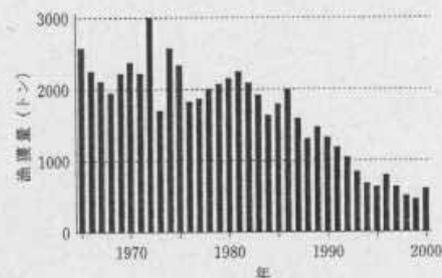


図2 漁獲統計における沿岸性外来魚種の漁獲量（全魚種からアユ・ウナギ・ブラックバス・ワカサギを除いたもの）¹⁰⁾。

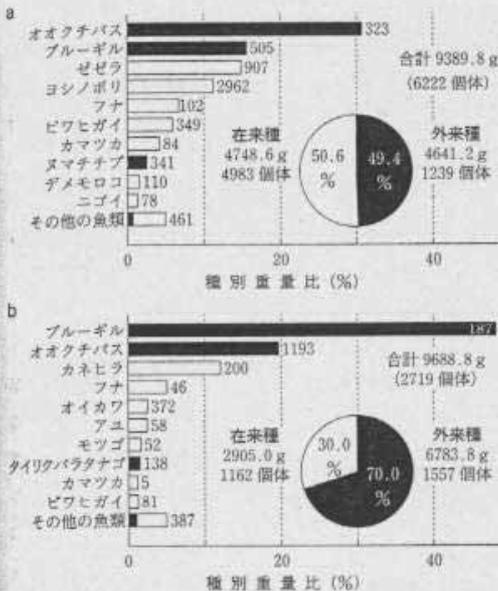


図3 琵琶湖の沿岸域における定量的調査で採集された魚類の種別重量比¹⁴⁾。a: ヨシ群落の外側 (小型底曳網), b: ヨシ群落の内側 (小型定置網)。なお、各棒に添えた数字は採集個体数を示す。

0.99gであった。個体数で過半数を占めるオオクチバスは小型の幼魚が多いこと、タナゴ3種の中ではカネヒラが大型で成魚個体が多いのに対し、シロヒレタビラとタイリクバラタナゴは幼魚が多いことが推測される。なお、その後、シロヒレタビラは滋賀県版レッドデータブック¹⁵⁾において、最も絶滅が心配されるランク「絶滅危惧種」に指定される状況に置かれている。

以上をまとめると、1994~1995年の時点で、琵琶湖の沿岸域ではオオクチバスとブルーギルが卓越し、多くの在来魚種にとって産卵場であり生育場でもあるヨシ群落の内部は、大型のブルーギルに占拠され、かつオオクチバス幼魚の生育場所としても利用されていたことが明らかとなった。

3) 現状はいかに

1980年代後半に増加のピークを迎えた琵琶湖の

オオクチバスは、1990年ごろには減少が指摘され始め¹³⁾、漁獲統計でも1992年から1995年にかけて急減し、積極的な駆除事業(後述)が始まる1999年まではほぼ横ばいであった(図4)。いっぽう、オオクチバスよりも先に湖に定着していたブルーギルは、1990年代になって目立って増え始めた。バスの激増後に沿岸域魚類の群集構造が大きく変化したことが、ブルーギルの増加を促した可能性も指摘されている。とくに1990年代半ば以降の南湖では、ブルーギルが爆発的に増加し(図4)、エリ(定置網)における漁獲量の圧倒的多数を占めることも少なくない。北湖南部の東岸でもブルーギルが大量捕獲される“前線”が南湖側から年々北上し、北湖での勢力拡大が懸念されている(戸田直弘 私信)。

先の調査結果は、オオクチバスが激増のピークよ

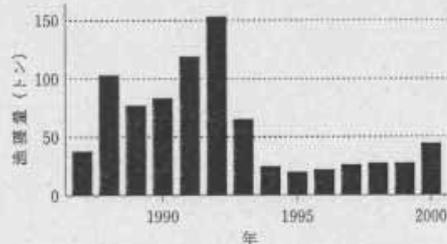


図3 漁獲統計¹⁶⁾における「ブラックバス」の漁獲量。1992年までの増加傾向は、新しく水産資源として扱われ始めたバスの流通経路の拡大によるものと推測され、それ以後の動態は資源量の動態をほぼ表していると思われる。

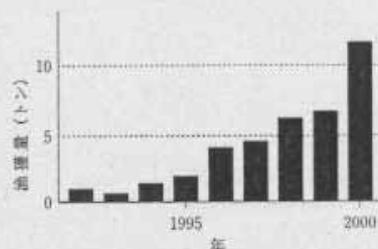


図4 大津漁業協同組合所属のエリ(定置網)1基によるブルーギルの漁獲量。増加傾向は2002年も継続中である(輪野広之 私信)。

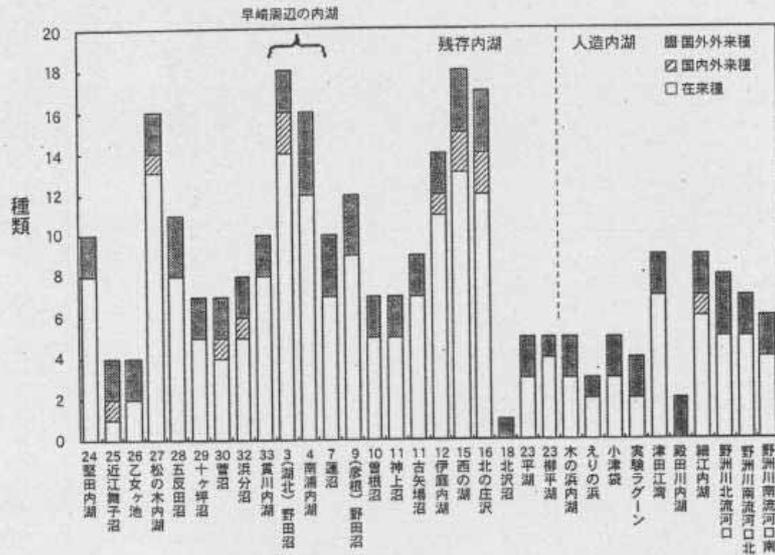


図3 残存内湖および人造内湖で採取された魚類の種数 (2000年春・秋調査による：滋賀県水政課資料より作図)。残存内湖の番号は図2と同じだが、面積が縮小した内湖が多い。
 国外外来種、国内外来種、在来種

代表する植物であるヨシ帯と生活史が関係する在来魚種は約半数の26種にのぼり、このうち6種を固有種が占める(表3)。また2000年に残存内湖で確認された在来魚の種数は29種で、琵琶湖に生息する在来魚種の60%を占めていた(滋賀県水政課資料)。このうち、最も多くの在来魚種が採集されたのは東浅井郡湖北町の野田沼内湖の14種で、次いで松の木内湖、西の湖の13種、南浦内湖、北の庄沢で12種だった(図3)。これらの内湖はすべて北湖の周辺に位置する。北湖周辺の全残存内湖で確認された在来魚は、全残存内湖と同じ29種に上った。一方、南湖周辺のすべての内湖で採集された在来魚の種数は12種に留まり、南湖周辺で最も在来魚種の多い堅田内湖でも8種だった。在来魚からみた内湖の種多様性は、南湖周辺内湖より北湖周辺内湖の方が圧倒的に豊かであるといえる。

残存内湖および人造内湖におけるオオクチバスとブルーギルの合計個体数が全採集魚類の個体数に占める割合と在来魚の種数との間には有意の負

の相関($n=33, R^2=0.444, P<0.001$)がみられた(図4)。この結果は、オオクチバスやブルーギルが優占した内湖で在来魚の種多様性が低いことを示している。とくに、多くの南湖周辺内湖(人造内湖を含む)では、全採集個体数に対し、オオクチバスとブルーギルの個体数が占める割合が高く、在来魚の種数が少なかった。南湖周辺内湖の乏しい魚類相は、2種の外来魚が優占している内湖が多いことと、南湖沿岸に外来魚が多いこと(滋賀水試, 1996)が大きな原因だと考えられる。

5. 内湖の面積と生物多様性との関係

各残存内湖でこれまでに確認された貴重植物の種数(y)と内湖の面積(x)との関係を求めると、両対数の直線関係がみられた。最も種数が多かったのは、内湖の中で最大面積を有する西の湖(229ha)で32種だった。このような種数-面積曲線は、一般に島嶼の面積とその島に生育する種数との関係などで広く知られている(MacArthur and Wilson, 1967)。しかし島の面積が大きくなると、いくら

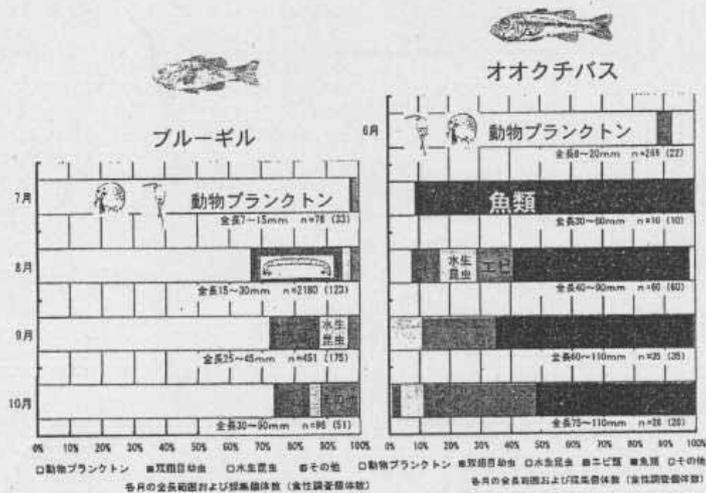


図7 オオクチバス（右）およびブルーギル（左）仔稚魚の食性の月別変化（百分率で示してある）。

ども食べるようになるが、魚類はほとんど捕食せず、ユスリカ等の水生昆虫を捕食していた。

長崎県の川原大池では、ブルーギル稚魚の胃内容物は、体長 20mmでは 60%以上がケンミジンコだが、30~50mmでは大部分がユスリカ等の水生昆虫に変わる（東, 2002）。ところが野田沼では、ほぼ同じ体長のブルーギル稚魚の主な餌は甲殻類プランクトンのままだった（図7）。

野田沼の動物プランクトンを調査した結果によると、甲殻類プランクトンが最も多く出現するのは4月で、オオクチバスやブルーギル仔稚魚が出現する6月以降は激減した。またブルーギル仔稚魚の密度が高かった2001年では、甲殻類プランクトンは6月以降、殆ど出現しなかったが、ブルーギル仔稚魚の密度が低かった2002年では、7~8月の甲殻類プランクトンの密度が前年の約3.5~7.5倍に増加した（川幡, 私信）。このことは、ブルーギル仔稚魚の捕食量が動物プランクトンに与える影響が2001年には非常に大きかったことを示している。

コイ・フナ類仔稚魚もまた、甲殻類プランクト

ンを主要な餌とする（平井, 1972）。そのため、6月にはオオクチバス仔稚魚と、7月以降は大量に出現するブルーギル仔稚魚と同じ餌をめぐる競争にさらされる。実際、甲殻類プランクトンの密度は2001年、2002年とも5月以降に激減しており、このことを裏づけている。

さらに野田沼では、7月以降、コイ・フナ類仔稚魚は出現せず、オオクチバス稚魚の胃内容物からもコイ・フナ類仔稚魚は出現していなかった。このことは、コイ・フナ類仔稚魚の7月以降の生残に、オオクチバス稚魚による捕食が大きな影響を与えていることを示している。

このような厳しい生存条件の下、コイ・フナ類は、餌となる甲殻類プランクトンが豊富に存在し、かつ外来魚の仔稚魚が肉食性に移行するより前の4~5月に産卵する個体が、種の存続を支えていると考えられる。すなわち、コイ・フナ類の生活史の中で、時間的棲み分けが可能な個体の存在が、辛うじて野田沼での絶滅を免れさせているといえよう。

ブルーギルやオオクチバスの侵入が琵琶湖の在来魚介類へ与えた影響

藤原公一(滋賀水試)

【目的】ブルーギル(以下、BGと記す。)やオオクチバス(以下、LMBと記す。)といった外来魚の侵入が琵琶湖の在来魚介類へ与えた影響を実験的に検証する。

【方法】BGやLMBが琵琶湖へ侵入する前・後の年代に琵琶湖でみられた魚介類を、ヨシを植栽し、砂を敷設したコンクリート池(40㎡、d=1m)に'03年6月9日～7月15日に放流(下表)し、同年9月11日にそれらの生残や繁殖の状況を調査した。なお、ニゴロブナ稚魚へは放流直前にALC耳石標識を施した。

表 各年代を想定した実験池へ放流した魚介類(単位:尾)

	実験池Ⅰ '55～65年想定 BG,LB侵入前	実験池Ⅱ '65～75年想定 BG侵入後	実験池Ⅲ '85～95年想定 BG,LB侵入後
ニゴロブナ成魚	20	20	16
ニゴロブナ稚魚	100	100	80
コイ成魚	10	10	8
ワタカ成魚	10	10	10
ヨシノボリ成魚	200	200	160
スジエビ	1,650	1,650	1,650
ブルーギルBG	0	20	20
オオクチバスLMB	0	0	12

【結果】BGおよびLMBを放流していない実験池Ⅰでは、ニゴロブナ稚魚は501尾発生し、放流した同稚魚の生残率は62.0%、スジエビの生残率は21.2%であった。しかし、BGを放流した実験池Ⅱでは、それぞれ29尾、45.0%、2.9%と有意に低下した。さらに、BGとLMBを放流した実験池Ⅲでは、ニゴロブナ稚魚は発生せず、放流した同稚魚やスジエビは全滅した。一方、BG稚魚は実験池Ⅱでは156尾、実験池Ⅲでは188尾発生した。これらの結果から、両外来魚は琵琶湖の在来魚介類へ大きな影響を及ぼし、特にLMBの影響が著しいが、LMBはBGの繁殖には大きな影響を及ぼさないと考えられる。

また、回収されたニゴロブナ稚魚(放流魚)について、耳石上のALC標識のサイズから放流時の体長を推定した。その結果、実験池Ⅰでは15.8mm以上のものが生残していたが、実験池Ⅱでは17.3mm以上のものしか生残していなかった。体長17.3mm未満の小型のニゴロブナ稚魚はBGに捕食されたと考えられる。

文献：全国内水面漁業協同組合連合会（1992）ブラックバスとブルーギルのすべて．外来魚対策検討委託事業報告書．東京

ウ．成魚の食性

原産地の北アメリカおよび日本の各地で調べられたブルーギル成魚の食性を一覧表にとりまとめたものを表1-3-3-3～表1-3-3-4に示す。成魚の食性は、生息場所や時期に関係なく、さまざまな種類の昆虫類を中心として、植物、魚類、貝類、さらには動物プランクトンなど、非常に幅の広い雑食性である点において、かなり共通している。

カナダのオンタリオ州にあるオピニコン湖の事例では、ブルーギルの胃内容物中から、常に9種類以上の餌料が検出されており（Keast and Webb, 1966）、香川県の八幡池（はちまんいけ）の例でも、夏季には1個体平均5種類程度の餌料がみられている（香川水試, 1992）。表1-3-3-3～表1-3-3-4における、出現頻度法による胃内容物の各項目の総合計を100で割ると、胃内容物の平均出現種類数が得られるが、その値は1.4～5.0となり、いずれの水域においてもかなり多様な餌料を食べていることがわかる。この

ようなブルーギルの餌料の多様性は、ブルーギル属の他の近縁種と比較してもきわだっている（Desselle et al., 1978；Ploskey and Jenkins, 1982）。

その多様な餌料中でも、ブルーギルにとって特に重要な餌料は双翅目の昆虫であり、これはユスリカ科の幼虫や蛹がその大部分を占める。胃内容物中の双翅目昆虫の出現頻度は、いずれの調査結果においてもほぼ50%を上回っており、ブルーギルの嗜好性が強いことがうかがえる。

また、ブルーギルは4月～6月にかけて、他の魚の卵稚仔をよく捕食しているという報告があり（Morgan, 1951；Goodson, Applegate et al., 1966；寺島, 1977；寺島, 1988）、香川県の溜池の事例では、ゲンゴロウブナの卵をかなり摂餌している（横川, 1986）。特に八幡池におけるゲンゴロウブナ卵の食害は著しく、1個体のブルーギルが約3,500粒の卵を摂餌していたのが確認されている（香川水試, 1992）。香川県の溜池では、その他にアブラハヤ、ギンブナ、ブルーギルなどの卵や、ブルーギル、オオクチバス、ゲンゴロウブナなどの仔稚魚がブルーギルによって捕食されていたことも知られている（横川, 1986；香川水試, 1992）。さらに、合衆国のアラバマ州の事例では、生息環境中に餌料が極端に少ないときには、雄が自ら保護している産卵巣中の卵を食べることがあるとも言われている（Swingle and Smith, 1943）。

ブルーギルは、原産地の北アメリカでは、サンフィッシュ科魚類の産卵巣から卵を“盗み食い”する魚種としてもよく知られているが（Aasen and Henry, 1980；Bain and Helfrich, 1983）、サンフィッシュ科魚類は周知のように雄親魚が卵を保護する習性があるために、ブルーギルが卵の捕食に成功する確率が低く、現地の調査結果では胃内容物中に出現する率が高くないものと思われる。しかし、日本の湖沼に生息する魚類は、卵をいわゆる“生みっぱなし”の状態にしておく種類がほとんどであるため、このようにブルーギルの恰好の餌料となっている。

ブルーギルはこのように、魚の卵稚仔が多く存在する時期にはそれをよく捕食しているが、魚類に対する嗜好性については、表1-3-3-3～表1-3-3-4をみても、特にその傾向が強いものとは考えられず、ほかに捕食し易い餌料があれば、そちらの方を優先的に利用しているようである。この点については、Seaburg and Moyle (1964)も同様の指摘をしている。