

ブルーギル50個体の定期解剖から見えてくるもの

田中宏明（琵琶湖を戻す会）

1. はじめに

ブルーギル【*Lepomis macrochirus*】は1960年にアメリカ合衆国のミシシッピ水系より移入された外来魚で、魚卵食性・稚魚食性が強い他、産卵期に排他的行動をとること、親魚が卵を保護するという繁殖特性上、在来種に比べて繁殖効率が良いことなどもあって、各地で短期に優勢種となり、在来種減少の原因となることから、国内では侵略的外来種に指定され、防除に努められている。琵琶湖でも1965年頃から確認されるようになり1990年代中盤からは南湖において圧倒的多数を占めるようになり、在来種の個体数減少の主因の一つとされている。筆者は、「琵琶湖を戻す会」の外来魚駆除大会において駆除されたブルーギルの計測・解剖結果から、成長曲線の把握、駆除される群集の年齢・性別組成の年変化、食性、繁殖等の生活史等を把握し、駆除の一助とすることを旨とした。

2. 材料と方法

対象魚は2003年4月27日から2005年10月23日にかけて開催された「琵琶湖を戻す会」の志那中での外来魚駆除大会（4月・9月・10月末～11月初旬の年3回）において駆除されたブルーギルの中で、現場水域で採捕された（他水域からの持ち込み個体は排除した）ものから無作為に50個体を抽出した。無作為抽出には標本ストック場所への先着順・またはストック容器中から、その時に最も上にある個体から順に抽出する方式を採用した。ただし、その中に測定や解剖が不可能な標本（呑み込んだ釣針を外すために口が欠損していた例・踏みつぶされていた例）があった場合は、その標本は用いず、新たに無作為抽出した標本で補填した。計測項目は全長と体重で、その他解剖により性別、疾病の有無、胃内容物、耳石年輪、生殖腺の発達状態を記録した。

研究に用いた個体はすべて鮮度良好な状態のものとし、現地で計測・解剖ができない場合には冷凍して持ち帰り、室内で計測・解剖した。

現地での計測と冷凍標本の計測における誤差を検定したところ、死亡直後の表面粘膜が湿潤した状態の標本と、炎天下環境で表面が乾燥ぎみの標本、一旦冷凍し自然解凍した標本の各々について計測した。また、尾鰭の後縁が欠損した個体2例については尾叉長の同じ個体の全長をもって代用し、推定値として特記した。



fig.1 検寸台



fig.2 電子秤

新鮮標本・乾燥ぎみの標本間（全長100mm±2mm・8検体）
全長差：0.3mm/100mm以下 体重差：測定限界以下

新鮮標本・冷凍解凍標本間（全長100mm±1mm・10検体）
全長差：測定限界以下 体重差：0.1g/100mm

新鮮標本・乾燥ぎみの標本間の全長と新鮮標本・冷凍解凍標本間の体重測定値には各々有為な差が発生することは確認されたが測定精度以下であるため、統計上支障なく用いることが可能なデータと判断した。

記録項目	測定方法	記録単位	精度
全長	検寸台を用いて測定した	計寸単位：mm	±0.5mm以下
体重	電子秤を用いて測定した	秤量単位：g	±2g以下（屋内±1g以下）

性別については、解剖して精巣/卵巣を確認することで判定した。未成熟個体で肉眼で判断できないものについては（必要に応じて染色し）生殖腺断面を顕微鏡にて観察して判定した。それでも判定できなかった個体および、生殖腺そのものが確認できなかった個体については、雌雄いずれにも含めず、判別不能として別記した。

疾病の有無については、外見上著しい体型の異常や各部の欠損・変形をとこなうものについて特記した他、内臓・筋肉中の異常についても記録した。特に線虫の寄生については、すべての寄生例を詳細に記録するとともに、虫体や嚢包をホルマリンまたはアルコールで固定し、保存するように努めた。

胃内容物については、組成物を肉眼と顕微鏡にて詳細に観察・記録し、一部はホルマリン固定して保存した。また、一部については重量も計測した。

耳石年輪については、頭蓋より少なくとも左右いずれかの扁平石を摘出・保存し、側方からレーザー光を照射して年輪を判読する方法でカウントした。琵琶湖のブルーギルに関していわゆる年輪（耳石成長輪濃集域）が不明瞭であるという説もあるが、この方法では、そういった傾向は見られなかった。ただし、耳石年輪の形成時期に関して、餌の少ない冬期に形成される個体の他、大型成熟個体では繁殖期（摂餌よりも繁殖行動が優先されるからか？）にも形成され、その2つがセットになって出現する個体、稀には繁殖期のみ形成される個体が存在するため、「年輪数（耳石成長輪濃集域）＝年齢」と判断することは難しい。今回の計測では、セットになっているものは1セット1年とカウントした。また、4月の採集個体については摘出時期が繁殖期にかかるため最も外側に成長輪濃集域が存在する場合には、それを考慮してカウントした。ただしこの方法では、初発の中心年輪は年輪として計測できない（側方からのレーザー光照射では特性上区別できない）ため、ここでいう年輪数（耳石成長輪濃集域）は年齢-1となる。

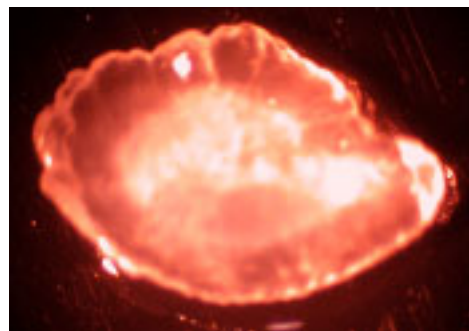
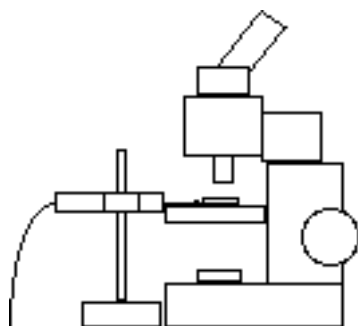


fig. 3a, b レーザー照射による耳石年輪の光学染色

生殖腺の発達状態については、十分に繁殖可能な成熟度のものを+符号で、繁殖後と見られる生殖腺を持つものを-符号で、成熟しきってない個体について無印とした。また大型の成熟個体では生殖腺の重量計測も試みた。ただ、成熟度の定量が方式上困難で、また生殖腺の重量についても測定機器の精度上不十分なため、これらのデータは参考にとどめた。

3. 結果と考察

1). 全長

最小値は59mmで、物理的にそれ以下の個体は釣りによる駆除の対象にならない事が想像される。各年における5mm単位で階級化した全長分布の季節的推移は以下ヒストグラムに示した通りである。

ピークとなるサイズが時間の経過とともに移動（平均1ヶ月あたり3mm）し、10月末～11月初旬になると、それまで釣り駆除の対象とならなかった年齢の群集が加入してくる様子が見て取れるが、2005年の結果についてはややイレギュラーな結果となっている。これは天候不順のため繁殖に失敗したことにより、例年ピークとなっているサイズの年齢の魚が少なくなった結果と思われる。基本的に秋になって小型個体が加入してくるまでは2つの山が重なった分布となっており、駆除の中核となる群集が2つの異なる年齢で構成されていると考えることができる。

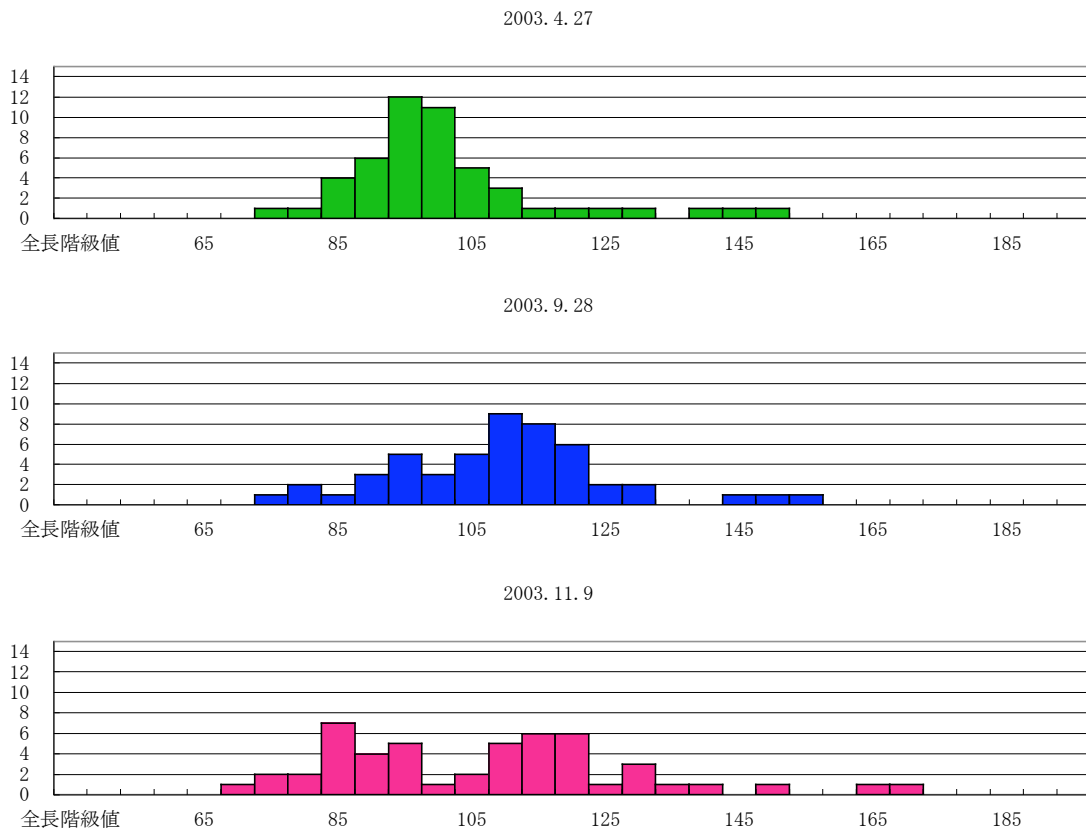
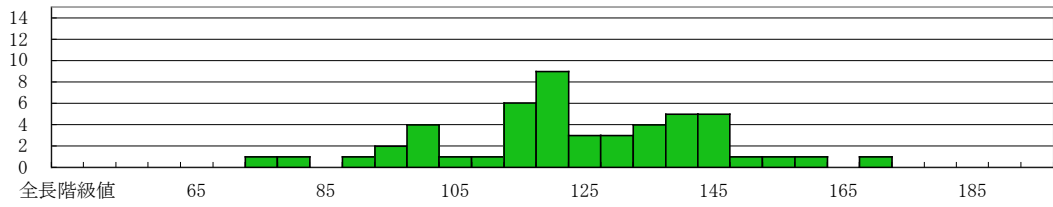
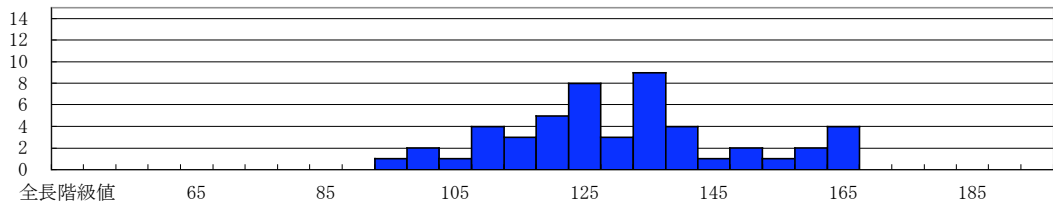


fig. 4 2003年の全長分布の季節的推移

2004. 4. 11



2004. 9. 12



2004. 10. 31

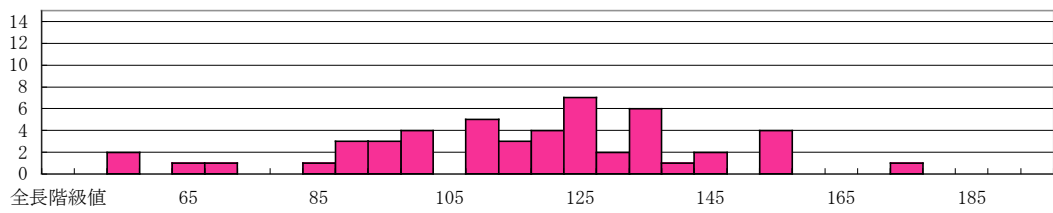
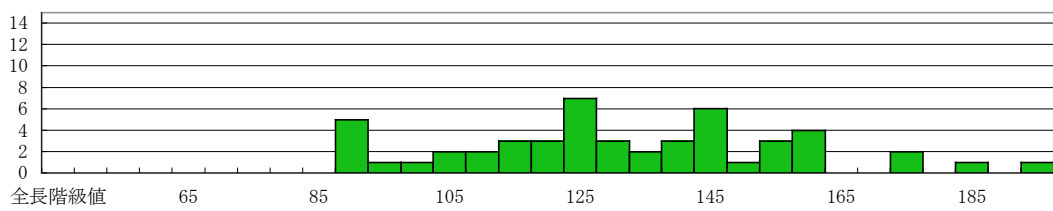
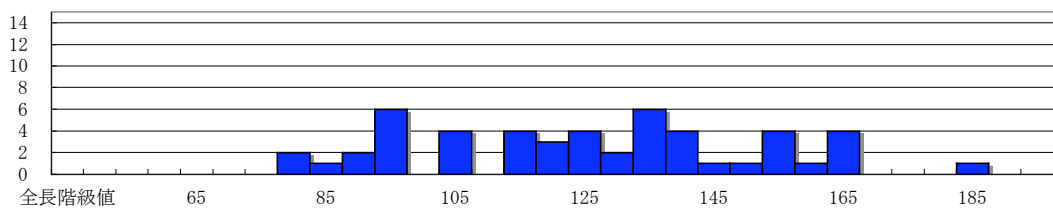


fig. 5 2004年の全長分布の季節的推移

2005. 4. 17



2005. 9. 11



2005. 10. 23

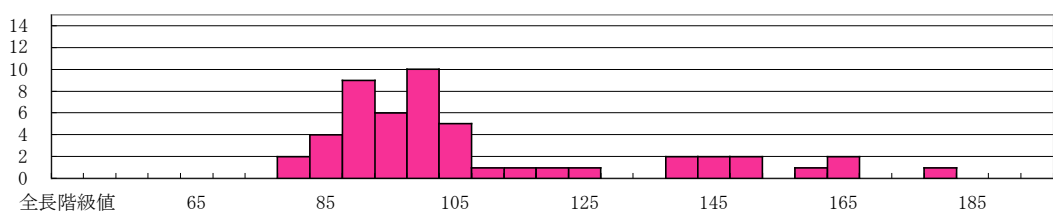
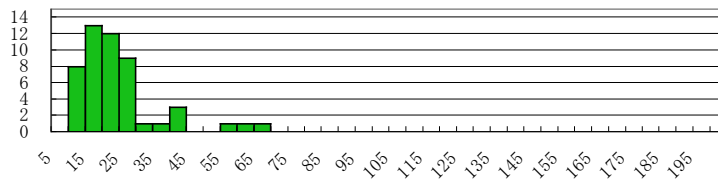


fig. 6 2005年の全長分布の季節的推移

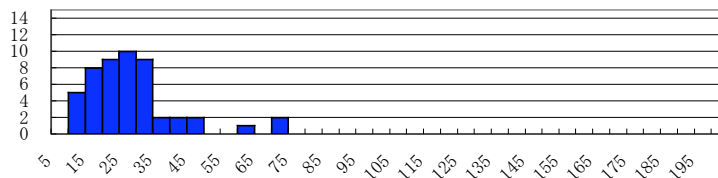
2). 体重

最小値は4g。各年における5g単位で階級化した体重分布の季節的推移は以下ヒストグラムに示した通り。全長に比して体重の増加が直線的でないこと、測定精度として全長よりも体重の精度が若干劣るため、季節変化が不明確。

2003. 4. 27



2003. 9. 28



2003. 11. 9

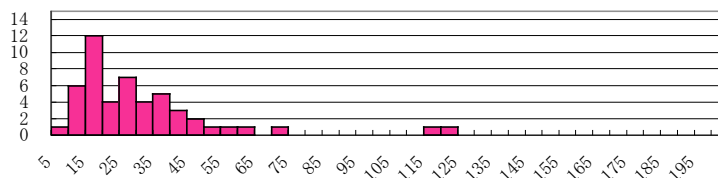
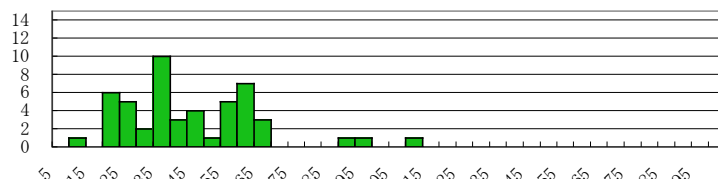
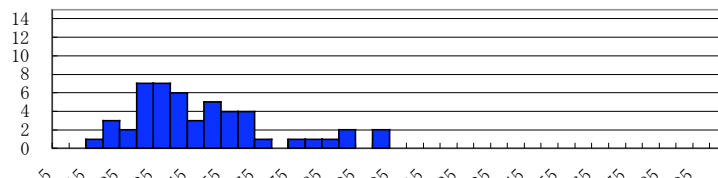


fig. 7 2003年の体重分布の季節的推移

2004. 4. 11



2004. 9. 12



2004. 10. 31

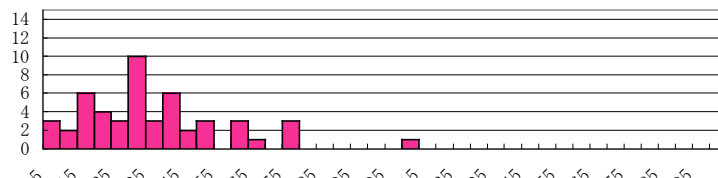
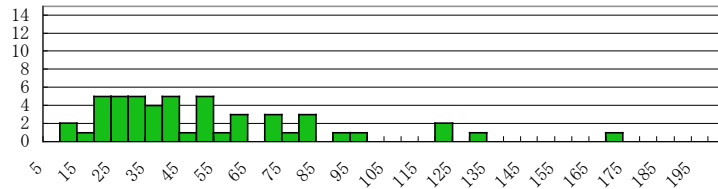
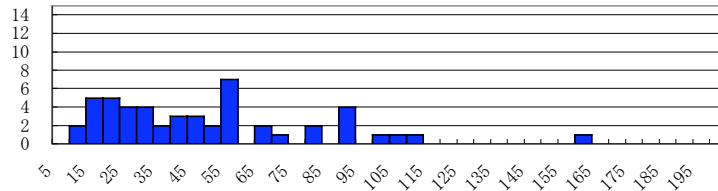


fig. 8 2004年の体重分布の季節的推移

2005. 4. 17



2005. 9. 11



2005. 10. 23

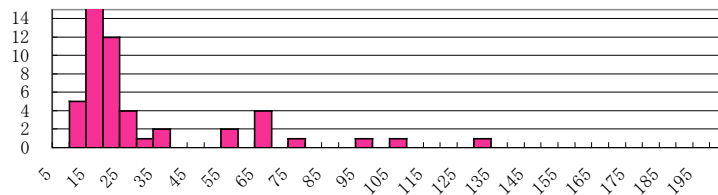


fig. 9 2005年の体重分布の季節的推移

3). 雌雄比率の変動

季節による雌雄比率の変動は、下記のグラフに示した通り。

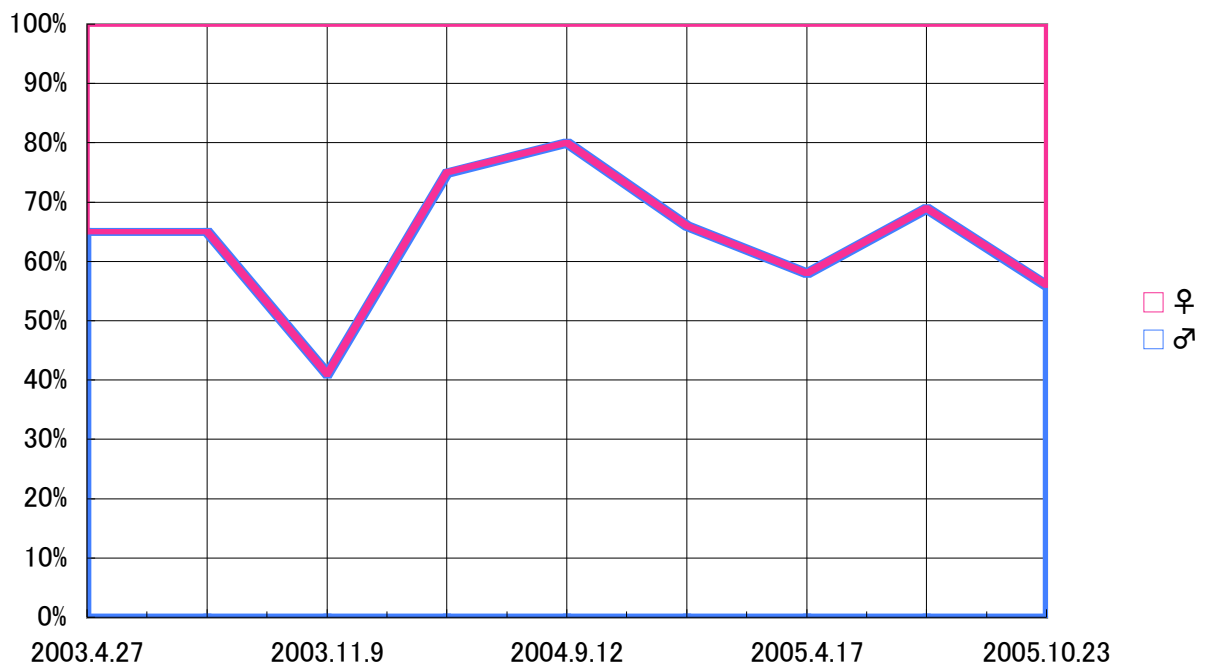


fig. 10 季節による雌雄比率変動

秋口に雄の比率が増加する傾向が明確で、雄の比率の増減は水温変化と調和的である。

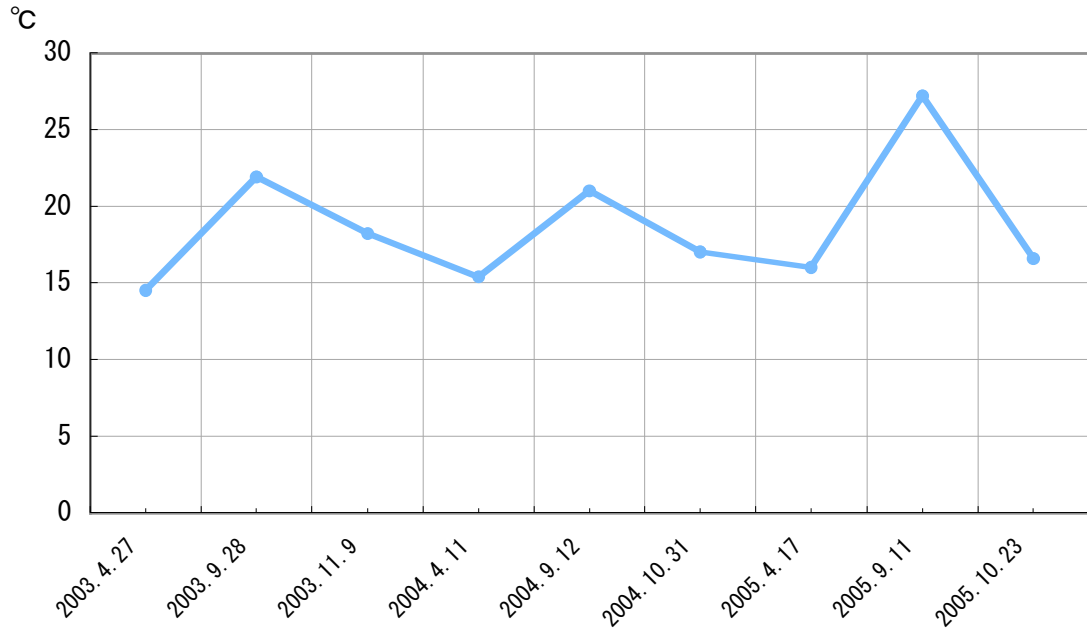


fig. 11 現地表面層水温の季節的変動

雌は、繁殖が終了すると離岸する傾向がうかがえる。

4). 雌雄別全長・体重相関

全長・体重の相関図を雌雄別に作成し比較した結果は下図の通り。

体重 (g)

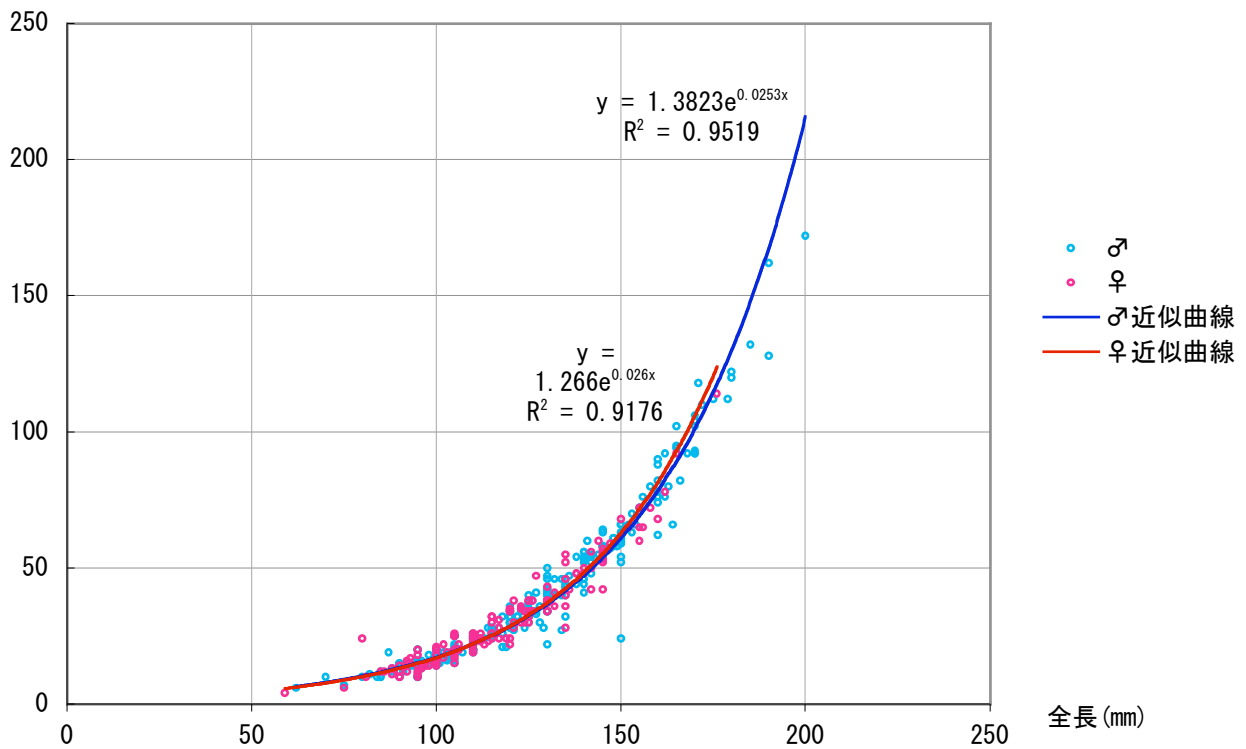


fig. 12 雌雄別の全長・体重相関曲線 (横軸が全長・縦軸が体重)

全長・体重の相関における有為な性差は認められなかった。ただ、このグラフから、雌は小型個体で優勢で、大型個体となる程、雄の率が高くなる傾向が、比較的明瞭に認められる。R²値は雌雄いずれも0.9以上で、十分な測定精度が得られていると判断できる。

5). 産卵の前後における♀の全長・体重相関の変動

産卵の前後となる4月と9月で、雌の全長・体重相関に変動が認められるかどうかを検証した結果、以下のようなグラフが得られた。

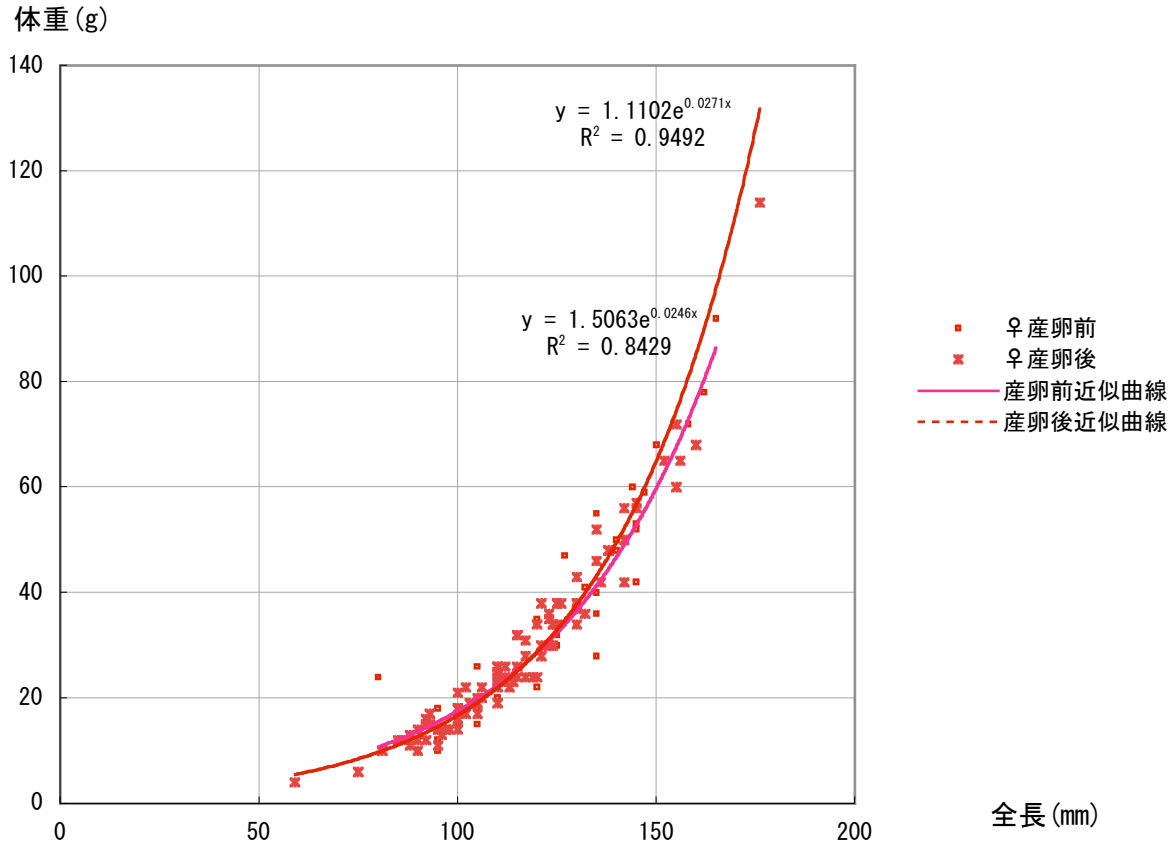


fig. 13 産卵前後の全長・体重相関曲線比較 (横軸が全長・縦軸が体重)

このグラフから判断するに、同体長では、むしろ産卵後の個体のほうが体重が増加している傾向が見られる。このことから、雌の全長の成長差を考慮したとしても、初夏に産卵した雌は秋迄に極めて速やかに体重を復元していることが推測される。

6). 駆除個体の年齢組成

体長の分布等の解析と耳石年輪を比較することにより、初夏から秋口に最頻値をとるのは耳石年輪が1、2の個体群 (おそらく2歳魚、3歳魚) であると考えられる。1歳魚は10月になってようやく釣りの対象となっていると思われ、その量は個体数の推定には無効であると考えられる。そこで、個体比率を反映していると思われる耳石年輪が1以上の個体の比率を求めたところ、table 1のような比率となった。

構成年齢	2歳	3歳	4歳
実数 (匹)	192	21	2
概算比率 (個体%)	89.30	9.76	0.94

table 1

この数比を切片とする関数を求めた結果、下図のように $R^2=1$ となる近似曲線が求められた。それからは当該水域の1歳魚の個体数は単純計算上で2歳魚の6倍近くに上ると推計される。

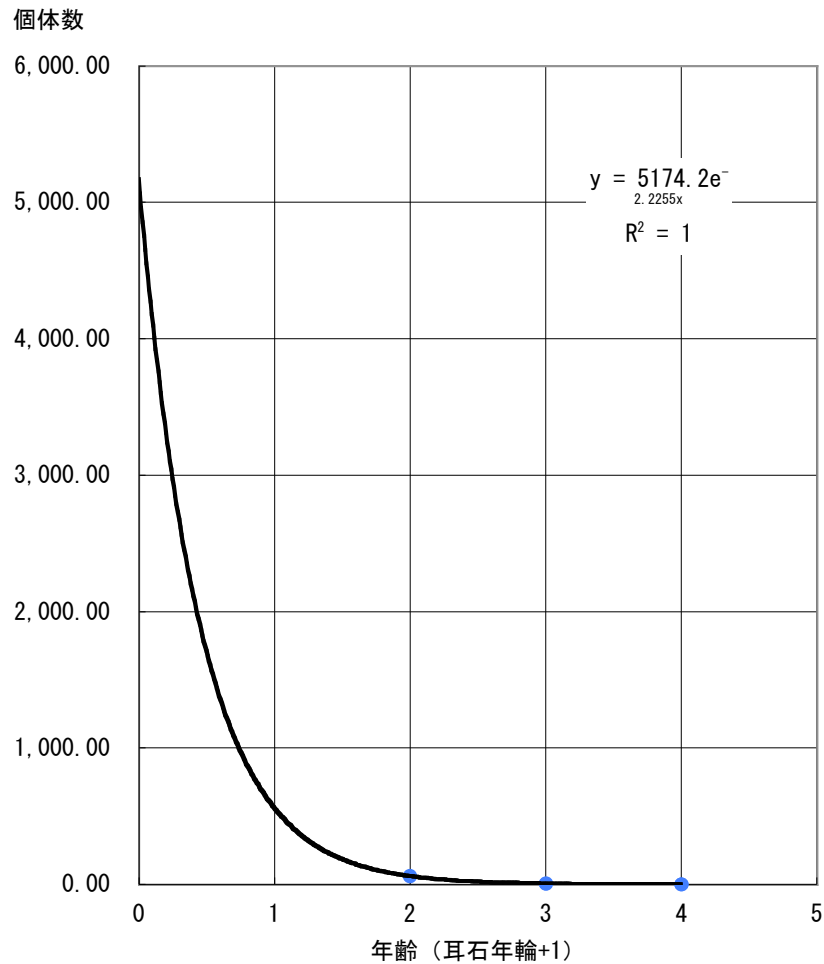


fig. 14 年齢別構成個体数の推算

7). 胃内容物

有効分析標本は325個体から胃の内容物を藻類・水草片、魚類、魚卵、大型甲殻類（十脚類・等脚類）、小型甲殻類（枝角類・橈脚類）、貝類（腹足類・斧足類の軟体部を伴うもの）、昆虫類、環形類、人工餌、非生物、不明物に分類し、その検出率を整理した。全体をまとめた結果がtable 2である。全体を通してみると、植物片や藻類が卓越しているが、サカマキガイ、カワヒバリガイ、タニシ・カワニナ類等の貝類を食べている個体が多い、他に昆虫・蜘蛛類（主にユスリカの幼虫）や湖岸でコイ釣りに使用されている練り餌を横取りして食べている例も目につき、それにエビ類が続くような状態である。特筆すべきなのは非生物とした項目で、ルアーの眼球部を食べていた個体などもあったが、ほとんどの内訳は巻貝の蓋で、これは軟体部を含まない純粋に蓋の部分だけを大量摂取しているものである。従来、魚卵食性・稚魚食性が強いとされているが、今回の結果では、稚魚食の事実は確認されず、魚卵が0.5%で検出されたに過ぎなかった。ただ、これは、ブルーギルの魚卵食性・稚魚食性を否定するものではない。この水域でブルーギル・ブラックバス以外の魚がほとんど生息していないことからの必然的結果と考えるべきである。一方、胃内容物の組成を季節ごとに整理したものがtable 3～5に示したものである。table 3は4月の、table 4は9月中旬の、table 5は10月下旬～11月初旬の結果である。明確な傾向として、春は藻類・水草片への依存度が高く、秋になるとエビ類を捕食するようになる、また、同じく秋が深まると小型甲殻類等のプランクトン食性が強くなる様子が見て取

れる。食性は多岐に渡るが、個体単位では極めて偏食傾向が強い。

内容	%
藻類・植物片・種子	70
魚類	0
魚卵	0.5
大型甲殻類（十脚類・等脚類等）	8.5
小型甲殻類（枝角類・橈脚類等）	6
貝類（腹足類・斧足類の軟体部）	16.5
昆虫・蜘蛛類（幼虫も含む）	5.8
環形類（餌ミミズは除外）	2
練餌（鯉釣りに使われているもの）	5.8
非生物（腹足類の蓋も含む）	4.5
識別不能	2.5
空腹	7

Table 2 全体の胃内容物内訳

内容	%
藻類・植物片・種子	90
魚類	0
魚卵	1
大型甲殻類（十脚類・等脚類等）	3
小型甲殻類（枝角類・橈脚類等）	0
貝類（腹足類・斧足類の軟体部）	21
昆虫・蜘蛛類（幼虫も含む）	7
環形類（餌ミミズは除外）	1
練餌（鯉釣りに使われているもの）	5
非生物（腹足類の蓋も含む）	4
識別不能	1
空腹	3

Table 3 4月の胃内容物

内容	%
藻類・植物片・種子	72
魚類	0
魚卵	0
大型甲殻類（十脚類・等脚類等）	10.7
小型甲殻類（枝角類・橈脚類等）	1.3
貝類（腹足類・斧足類の軟体部）	15.3
昆虫・蜘蛛類（幼虫も含む）	2.7
環形類（餌ミミズは除外）	1.3
練餌（鯉釣りに使われているもの）	3.3
非生物（腹足類の蓋も含む）	6.7
識別不能	4.7
空腹	7.3

Table 4 9月中旬の胃内容物

内容	%
藻類・植物片・種子	54.7
魚類	0
魚卵	0.7
大型甲殻類（十脚類・等脚類等）	10
小型甲殻類（枝角類・橈脚類等）	14.7
貝類（腹足類・斧足類の軟体部）	14.7
昆虫・蜘蛛類（幼虫も含む）	8
環形類（餌ミミズは除外）	3.3
練餌（鯉釣りに使われているもの）	8.7
非生物（腹足類の蓋も含む）	2.7
識別不能	1.3
空腹	9.3

Table 5 10～11月初旬の胃内容物

8). 疾病と線虫の寄生

明確に疾病として確認された事例はなかったが、線虫に寄生されている例が年間平均約4%程度確認された。これらの線虫は頭部の構造より *Philometra* 類の一種と推定される。

i). 線虫の寄生例

主に腹膜付近から発見される。臓の付け根や卵巣の中、胆嚢周辺や筋肉中から発見される例もある。外見的に寄生していることがわかる例は稀だが、腹膜外に寄生しているケースでは、透過光で体外からその存在が確認できた事例もある。寄生されている魚は外見上、特に異常は見られないが、皮下近くに寄生している例では、表皮が腫脹・変色している事

例があった。



fig. 15 線虫の寄生例

ii). 寄生例の体長分布

全長50mm～160mmの個体から発見されている。小型個体程、寄生率が高まる傾向が確認される。

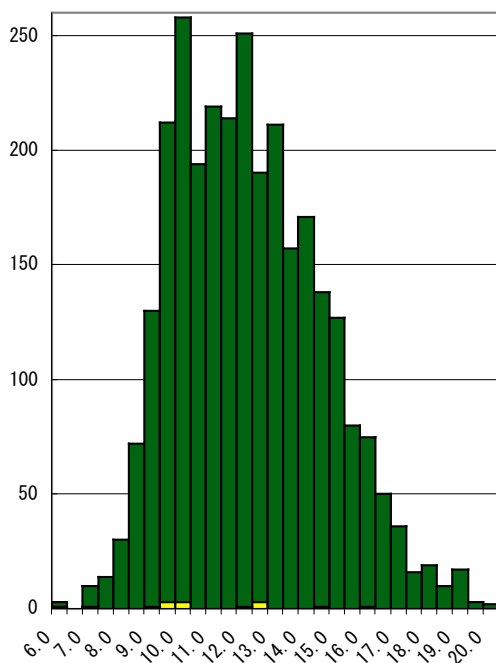


fig. 16 寄生個体の体長分布

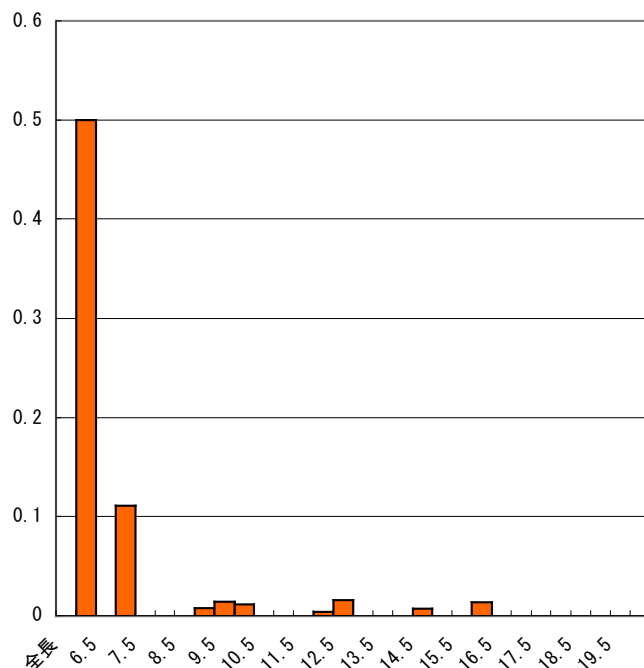


fig. 17 体長別寄生率

iii). 線虫の検出例の宿主性別比較

雌雄で寄生率を比較すると、table 6に示したように有為な性差が認められる。

	雄	雌	性別不明
検出個体数	17	7	0
調査個体数	348	250	7
寄生率(%)	4.89	2.80	0.00

table 6 寄生率の性差

iv). 線虫の寄生による宿主への影響

宿主の健康への影響を考察するため、通常健康個体の全長・体重相関曲線に対して、寄生された個体をプロットしたものがfig. 18である。体重という点で見ると、宿主に影響を与えているという統計的確証は得られない。

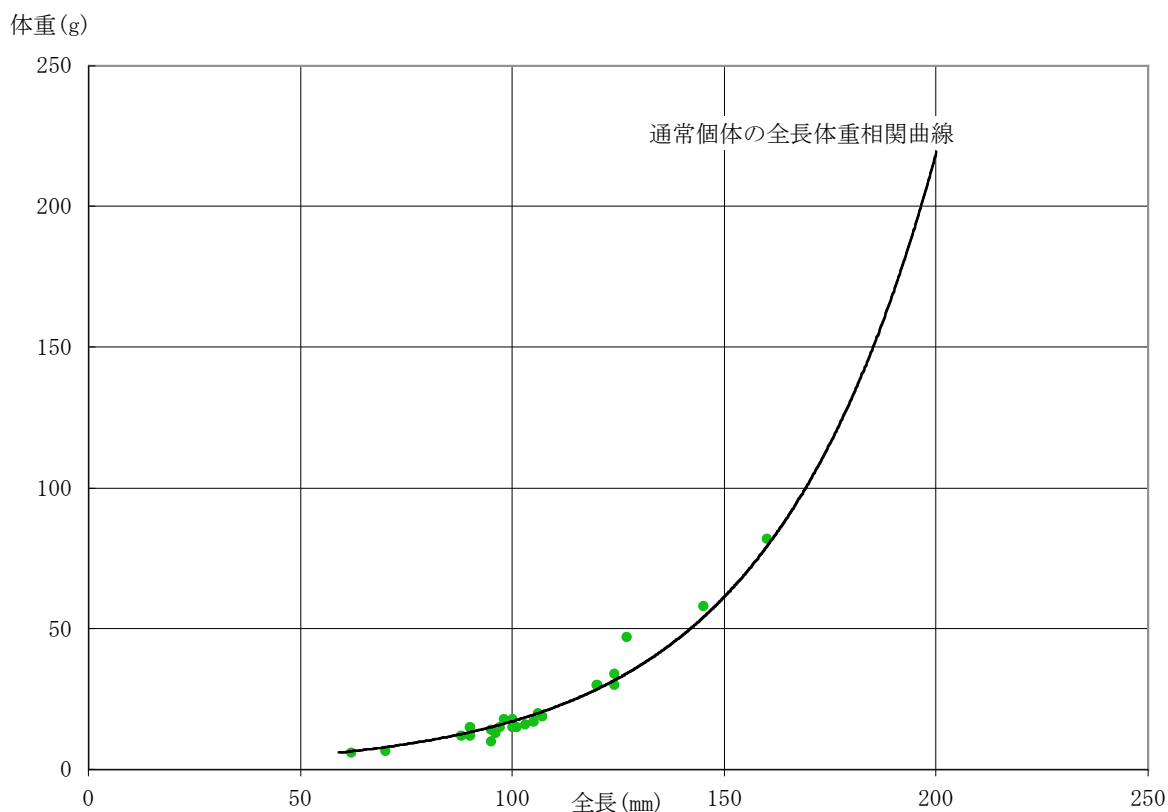


fig. 18 寄生個体と通常個体の全長・体重比較

また、肝臓に寄生されていた個体について、その肝臓を固定・パラフィン包埋して、断面を顕微鏡観察したところ、明確な病変といったものは認められなかった(fig. 19)。



fig. 19 寄生個体の肝組織の断面

v). 季節変化

検出率の季節変動はfig. 20の通り。10～11月の発見率が高くなる傾向がある。

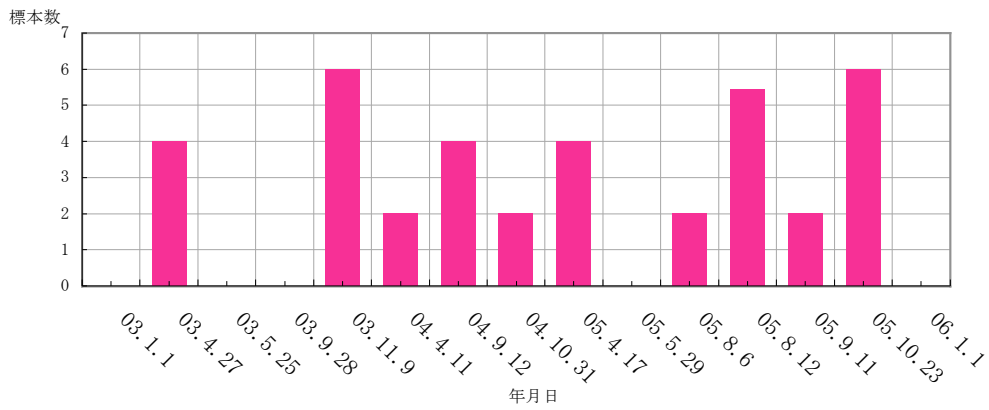


fig. 20 寄生虫の検出率の季節変動

春期は、線虫が単体で腹膜周辺に存在し、内臓や筋肉等に病変はみとめられない。



fig. 21 春期の寄生症例

盛夏期以降は、線虫が嚢包を形成し、その中に滞在していたり、空になった嚢包が認められるようになる。内臓に侵入する場合もあるが、内臓に影響を及ぼしている例は少ない。



fig. 22 初秋期の寄生症例

晩秋になると、表皮に近い筋肉中に移動して嚢包を形成する個体が出て来る。その際に体腎を傷つけて体内出血を引き起こし血腫を作る例もある。



fig. 23 晩秋の寄生例（筋肉への寄生）



fig. 24 晩秋の寄生例（血腫の形成）

これらの線虫の寄生状況から推察するに、内臓に寄生していた線虫は、秋口に筋肉部へと移動し、晩秋から冬にかけて体外に脱出すると思われる。一方、4月には秋に観察されるのと同じサイズの線虫が観察される点から、寄生時期については冬期と考えるのが妥当かもしれない。ただ、志那中以外での検出例では8月に守山市の三号放水路で寄生虫の居ない空の嚢包を持った1個体を得られており、単純に季節的な生活サイクルを持っていない可能性も指摘される。また、隣接する烏丸半島沿岸での5月下旬の調査結果では寄生個体は1例も確認されていない。これが地理的要因なのか、季節的要因なのかについては判然としない。

4. 結論

志那中沿岸のブルーギルの食性は多岐に渡り、種として著しい雑食性を示す一方で、個体単位では極端な偏食性が認められる。このことは、単一の餌を使用した釣り駆除に限界があることを示唆している。また、駆除されている個体の中核を形成するのは2歳魚と3歳魚である。当該水域での全長・体重相関曲線は非常にタイトに収束しており、栄養条件的に十分恵まれた環境にあることが推測される。寄生する線虫についても、今後、季節的な変動や、水域による差を把握する必要がある。

謝辞

「琵琶湖を戻す会」のスタッフには研究材料の確保および解剖にあたり協力を得た。滋賀県立琵琶湖博物館の中井克樹博士、滋賀県立大学大学院の中尾博行氏、藤田 建太郎氏には研究において重要な助言や情報の提供をいただいた。記してここに感謝する。また、徹夜で解剖の助手を努めてくれた妻にも感謝する。