

第3回

琵琶湖オオクチバス等防除モデル事業調査検討会

参考資料 - 1 調査結果報告

目 次

1 業務の概要	1	5.3.2 調査実施日	34
1.1 背景と目的	1	5.3.3 調査方法	35
1.2 業務内容	2	5.3.4 調査結果	36
2 モデル内湖の環境情報図の作成	5	5.4 冬季蛸集調査 総門川河口	42
2.1 調査内容	5	5.4.1 調査場所	42
2.1.1 調査場所	5	5.4.2 調査実施日	42
2.1.2 調査実施日	5	5.4.3 調査方法	43
2.1.3 調査方法	6	5.4.4 調査結果	44
2.2 調査結果	7	6 考察	47
2.2.1 地点概観・植生	7	6.1 野田沼における外来魚の生態	47
2.2.2 水位・水温の変化	8	6.1.1 産卵期	47
3 湖北野田沼における調査・防除	9	6.1.2 産卵場所	57
3.1 調査内容	9	6.1.3 成育場所	62
3.1.1 調査場所	9	6.1.4 オオクチバスの繁殖について	64
3.1.2 調査実施日	9	6.1.5 ブルーギルの繁殖について	65
3.1.3 調査方法	10	6.2 内湖における駆除効果の評価と手法の検討	67
3.2 調査結果	14	6.2.1 駆除効果	67
3.2.1 産卵親魚捕獲結果	14	6.2.2 駆除手法の検討	82
3.2.2 産卵床確認結果	17	6.3 琵琶湖における外来魚の冬季蛸集場所と要因	86
3.2.3 仔稚魚駆除結果	19	6.3.1 琵琶湖における冬季蛸集場所	86
3.2.4 仔稚魚調査結果	19	6.3.2 彦根旧港湾内での蛸集要因	87
3.2.5 魚類相調査結果	20	7 その他	97
3.2.6 資源量推定 標識再捕調査結果	22	7.1 人工産卵床へのモツゴの産卵	97
4 乙女が池における調査	23	7.1.1 人工産卵床の棒の材質	97
4.1 調査内容	23	7.1.2 卵の付着状況	97
4.1.1 調査場所	23	8 課題と計画	98
4.1.2 調査実施日	23	8.1 課題	98
4.1.3 調査方法	24	8.2 平成 19 年度調査の計画	99
4.2 調査結果	25	8.2.1 モデル事業全体のスケジュール	99
4.2.1 魚類相調査結果	25	8.2.2 モデル内湖の環境情報図の作成用情報の収集	100
5 琵琶湖における調査	26	8.2.3 野田沼での駆除・調査計画（案）	101
5.1 漁獲統計整理	26	8.2.4 乙女が池での調査計画（案）	103
5.1.1 調査方法	26	8.2.5 琵琶湖での調査計画（案）	103
5.1.2 調査結果	27	9 要約	105
5.2 漁協聞き取り調査	30	10 参考文献	108
5.2.1 聞き取り先と実施日	30		
5.2.2 調査方法	30		
5.2.3 調査結果	30		
5.3 冬季蛸集調査 彦根旧港湾	34		
5.3.1 調査場所	34		

1 業務の概要

1.1 背景と目的

平成 17 年 6 月 1 日から、特定の外来生物を適正に管理し防除を行うことで生態系等への被害を防止することを目的とした「特定外来生物による生態系等に係る被害の防止に関する法律」(以下、「外来生物法」という。)が施行され、特定外来生物について、必要に応じて防除の計画を定め、防除を行うこととされている。

特定外来生物のうち全国に広範に分布して生態系等に被害を及ぼしているオオクチバス・コクチバス・ブル・ギル(以下「オオクチバス等」)については、地域の状況に応じて適切な手法により防除を進めることが必要である。このため、環境省として優先的に防除に取り組むべき水域(保護地域や希少な生物が生息する水域)について、地方公共団体、関係団体等と連携して防除事業を実施し、その成果をマニュアルとしてとりまとめて各地の防除に活用することを目的としたモデル事業を行うこととしている。

琵琶湖は、50 種を超える固有種が生息する固有の生態系を有しており、ラムサ - ル条約湿地にも登録されているが、オオクチバス等により生態系や水産業に被害が生じている状況にある。そこで本業務は、琵琶湖をモデル事業の一つに選定し、防除手法及び防除体制の検討を行い、最終年度(2008)にはオオクチバス等の防除手法等のマニュアルを作成するために、資料調査、現地調査、聞き取り調査、環境情報図の作成を行い、検討会の設置・運営を補助するものである。

なお、本報告書では平成 18 年度に実施した内容についてとりまとめを行った。

1.2 業務内容

内湖における繁殖抑制手法の検討

外来魚の繁殖抑制技術に係る国内の既存情報を収集整理した上で、琵琶湖の在来魚にとって繁殖上重要な水域と考えられる内湖又は外来魚の繁殖抑制上の効果が想定される内湖を選定し、モデル的に手法に係る実証調査を行った。

琵琶湖における外来魚防除のための基礎情報の収集整理

琵琶湖における外来魚の産卵繁殖場について、漁獲統計と漁協への聞き取りから適地を抽出した。また、冬季における水温変化と外来魚の蛸集との関係を明らかにするため、蛸集実態を調査し、蛸集要因を推測した。

検討会の設置

学識経験者、関係団体、滋賀県等から成る検討会を設置し、3回開催した。

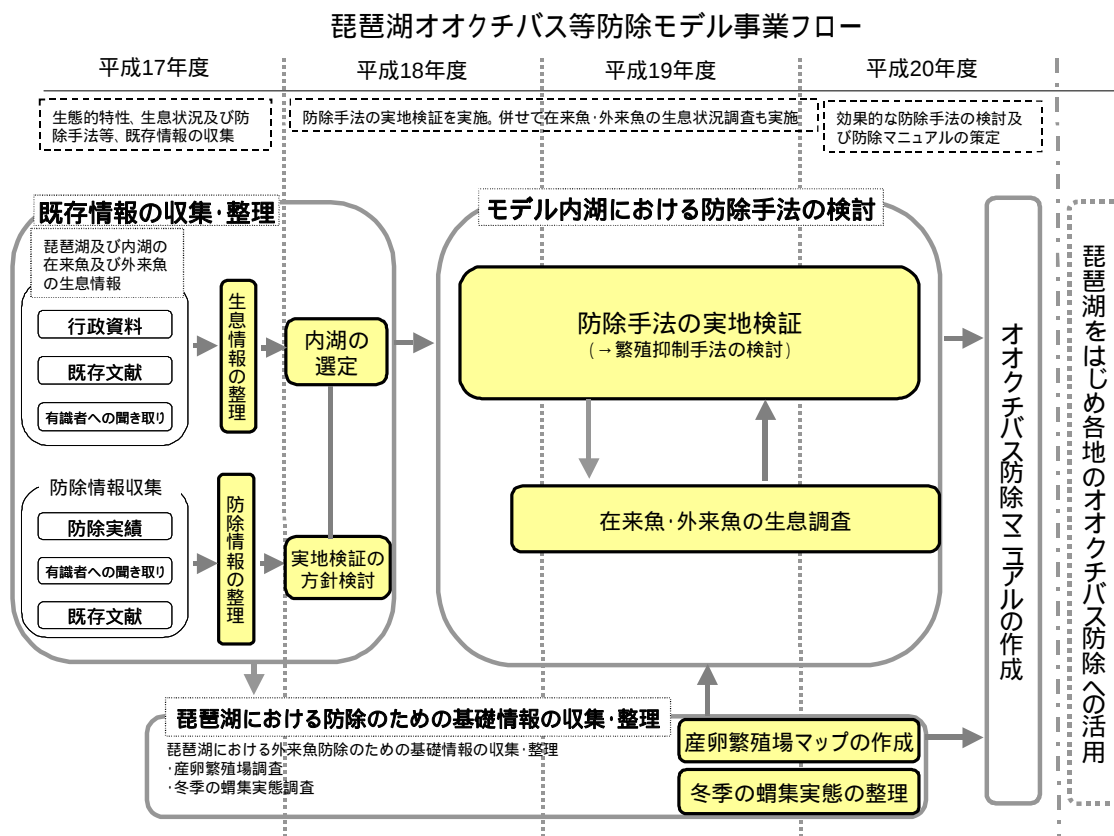


図 2.1.1.1 琵琶湖オオクチバス等防除モデル事業フロー

〔補足：内湖におけるモデル事業の推進について〕

生物多様性保全の視点からみた内湖の特性 現在、残存する内湖は、河川や水路、ため池や水田、湿原など内陸部に広がる他の湿地とは異なる特性を有している。それは40数万年の歴史があり、1000種を超える動植物がすみ琵琶湖と水系で繋がっているという点である。魚類や沈水植物などの水生生物は、堰や樋門など物理的障害がない限り、琵琶湖と内湖の間を自由に行き来できる。生物多様性の視点からみると、内湖が琵琶湖の在来種にとってソ・ス（供給源）あるいはレフュージア（非難場所）であるならば、58種もの固有種を育み、生物多様性に富んだ琵琶湖という古代湖と水系でつながる内湖を保全することは、琵琶湖の生物多様性を高め、保全していくうえで重要な意味を持つ（西野，2005a）。

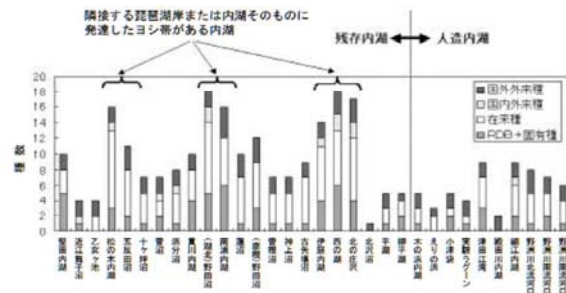


図10 残存内湖および人工内湖で採集された魚種の種数（2000年春・秋調査による）（滋賀県水政課資料より作成）

琵琶湖の魚類にとっての内湖の役割 現在、琵琶湖周辺で見られるヨシ帯の約60%は、琵琶湖の0.6%しかない内湖に集中している。この数値は、いかに内湖が魚類の繁殖場として重要な役割を示している。内湖のヨシ帯は卵を付着させる基質として、あるいは餌場や隠れ場所として機能し、仔稚魚のゆりかごの役目を果たす。琵琶湖・内湖回遊型（ゲンゴロウブナ、ホンモロコなど）や琵琶湖・内湖・水田回遊型（ニゴロブナなど）は、繁殖場として内湖に対する依存度が高い。しかし、ビワマスやハス、アユなど琵琶湖・流入河川回遊型の魚のように、産卵場を内湖に依存しない魚類もいる（細谷，2005）。従来、環境保全の対象は琵琶湖本体だけにとらわれがちであったため、内湖を始めとする周辺水域は開発の対象となることが多かった。琵琶湖の自然再生の機運が高まる中、ようやく内湖の再生事業が始まっている。また、既存内湖ではヨシの植栽なども行われているが、在来魚がほとんど生息しない内湖も多い。このことは、人工内湖に奥行きのあるヨシ帯が存在しないこと、および外来魚が占拠していることが原因のようである（図参照）。

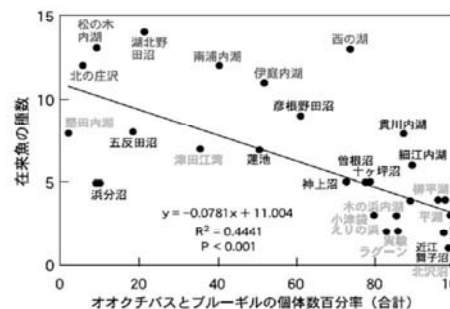


図11 琵琶湖周辺内湖（残存内湖+人工内湖）におけるオオクチバスとブルーギルの個体数百分率（合計）と在来魚種の関係（滋賀県水政課資料より作成）

内湖で外来魚の防除事業に取り組む意義 琵琶湖の淡水魚の保護施策を実施するためには、在来魚の生態、とりわけ回遊様式（生活史のなかでの内湖への依存度）や生息場所の特性（内湖の環境特性）を十分に整合させることが強く望まれる。加えて、繁殖場としての内湖本来のはたらきを発揮させるためには、在来魚に大きな影響を与えているオオクチバスとブルーギルを駆除することが不可欠となる。このように、琵琶湖の固有種が繁殖できるような内湖の機能が戻らない限り、内湖復元の目的が果たされたとは言えない（細谷，2005）。現在のところ、内湖が琵琶湖の魚類の産卵場としてどの程度寄与しているのかは明確ではないが、琵琶湖よりはるかに小面積の内湖は、岸から容易にヨシ帯に近づくことが可能で、外来魚の仔稚魚期、成魚期とも琵琶湖より効率的に防除を行うことが可能である。琵琶湖の在来魚を回復させるために、その基盤となる生態系の保全を図るとするならば、外来魚の防除対策は内湖から率先して行われるべきであると考えられる。

西野麻知子，2005a．琵琶湖と内湖の関係．内湖からのメッセ - ジ，西野麻知子・浜端悦治編著，54-61．サンライズ出版．滋賀

西野麻知子，2005b．内湖の多様性維持機構の解明．琵琶湖研究所所報22号，121-133

細谷和海，2005．琵琶湖の淡水魚類の回遊様式と内湖の役割．内湖からのメッセ - ジ，西野麻知子・浜端悦治編著，118-125．サンライズ出版．滋賀

平成 18 年度調査等実施概要

■ モデル内湖の環境情報図の作成

項目名	実施時期	実施場所	調査内容
空中写真撮影	6/12(1 回)	野田沼全域	ラジコンヘリによる撮影
植生調査	7/13(1 回)	野田沼全域	現地調査による相観植生図の作成
水温ロガー測定	4/25～8/31 (129 日間)	全 7 箇所 (内湖 A～E +流出部、琵琶湖)	自記式水温計による水温連続観測

■ 湖北野田沼における調査・防除

項目名	実施時期と回数	実施場所	調査内容
人工産卵床	4/25 設置 +5/8～8/31(34 回) 8/31 回収	5 区域 (A～E)	設置した人工産卵床の点検
自然産卵床	6/1～8/31(27 回)	全域	自然産卵床の探索
産卵親魚捕獲	5/8～8/31(34 回)	5 区域 (A～E)	小型三枚網による親魚の捕獲
仔稚魚駆除	6/1～8/31(25 回)	全域	サデ網、サーフネットによる外来魚仔稚魚の駆除
仔稚魚調査	4 月(1 回) 5～7 月 (各 2 回) 8～10 月 (各 1 回)	4 地点 (St.1～4)	稚魚ネットによる仔稚魚の採集
魚類相調査	5 月 (春季)(1 回) 8 月 (夏季)(1 回) 11 月 (秋季)(2 回) 2 月(冬季)(1 回)	全域	小型定置網、小型地曳網、投網、タモ網による魚類の採集 11 月は外来魚標識再捕を実施

■ 乙女が池における調査

項目名	実施時期	実施場所	調査内容
魚類相調査	11 月(秋季)1 回	全域	小型定置網、小型地曳網、投網、タモ網による魚類の採集

■ 琵琶湖における調査

項目名	実施時期	実施場所	調査内容
漁獲統計整理	-	-	漁獲統計の地域別整理
漁協聞き取り調査	11～12 月	沿湖 8 漁協	漁業者へ聞き取り調査(産卵場、漁獲方法・状況、生息環境、冬季蛸集場所 等)
冬季蛸集調査	2 月	総門川河口周辺(大津市におの浜)	小型三枚網による捕獲 環境勾配の把握
	2 月	彦根旧港湾	小型三枚網、投網による捕獲 環境勾配の把握 親魚生殖腺および仔稚魚探索

■ 検討会開催

- 第 1 回 琵琶湖オオクチバス等防除モデル事業調査検討会 平成 18 年 4 月 10 日開催
- 第 2 回 琵琶湖オオクチバス等防除モデル事業調査検討会 平成 18 年 12 月 18 日開催
- 第 3 回 琵琶湖オオクチバス等防除モデル事業調査検討会 平成 19 年 3 月 7 日開催

2 モデル内湖の環境情報図の作成

本年度は、モデル内湖として取り上げた湖北野田沼（野田沼と略す）における環境情報を収集し、環境情報図を作成する基礎情報を収集した。

2.1 調査内容

2.1.1 調査場所

湖北野田沼（図 2.1.1.1）

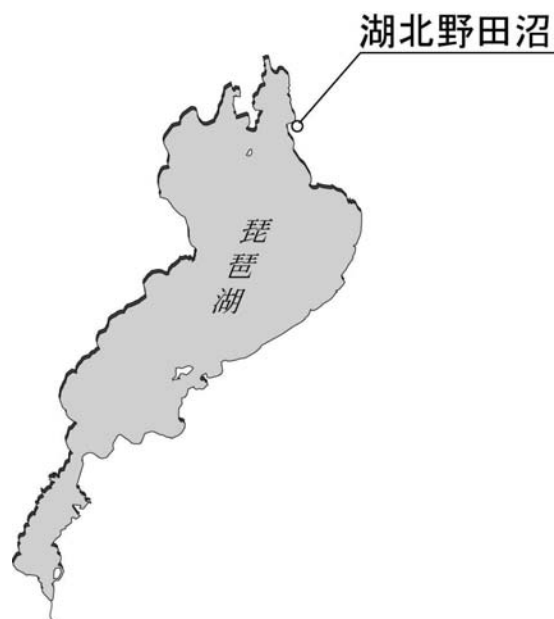


図 2.1.1.1 調査地点

2.1.2 調査実施日

空中写真撮影：	2006年6月12日	1回
植生調査：	2006年7月13日	1回
水位測定：	2006年5月11日～8月31日	33回
水温口ガー測定：	2006年4月26日～8月31日	128日間

2.1.3 調査方法

空中写真撮影

ラジコンヘリコプターにより、高度数十～100m 程度の上空から撮影を行った。

相観植生図

空中写真から予察図を作成し、これをもとに現地において見晴らしの良い場所から眺望して植生を相観的に区分し、植生図を作成した。



カメラを搭載したラジコンヘリコプター

水位測定

野田沼内に任意の定点（図 2.1.3.1 の D）においてスタッフで水深を測定した。

水温ロガー測定

湖内外の計 7 箇所の表層に水温ロガー(HOBO Water Temp Pro、onset 社製)を設置し水温を連続観測した。

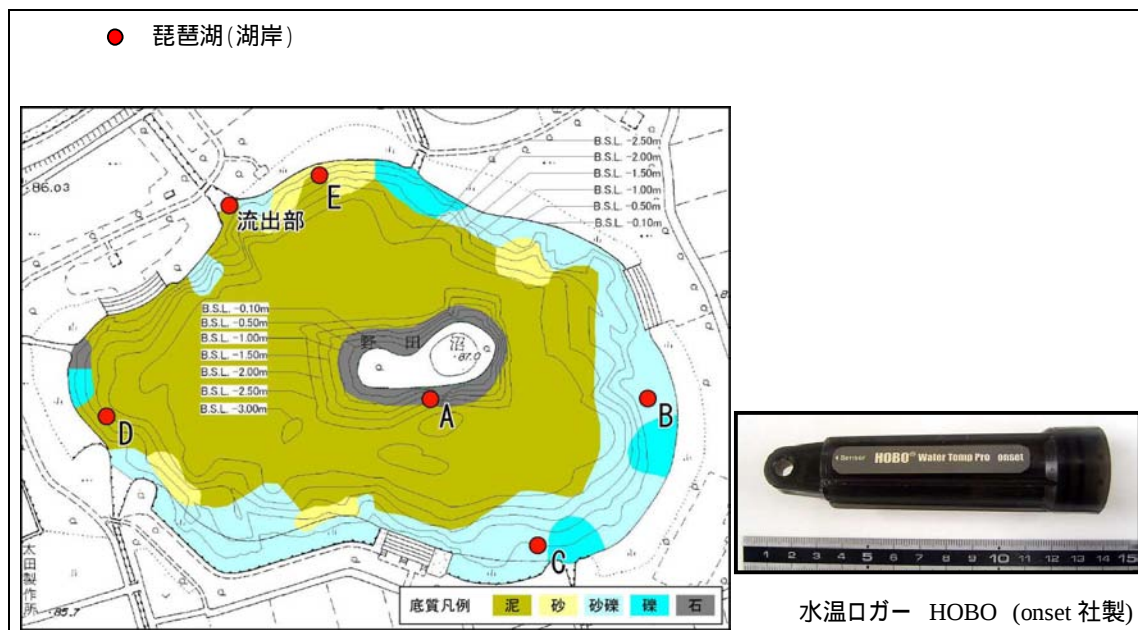


図 2.1.3.1 ロガー設置位置

2.2 調査結果

2.2.1 地点概観・植生

ラジコンヘリによる空中写真撮影例を図 2.2.1.1 に、相関植生図を図 2.2.1.2 示した。全写真については資料編に掲載した。



図 2.2.1.1 野田沼空中写真(例)

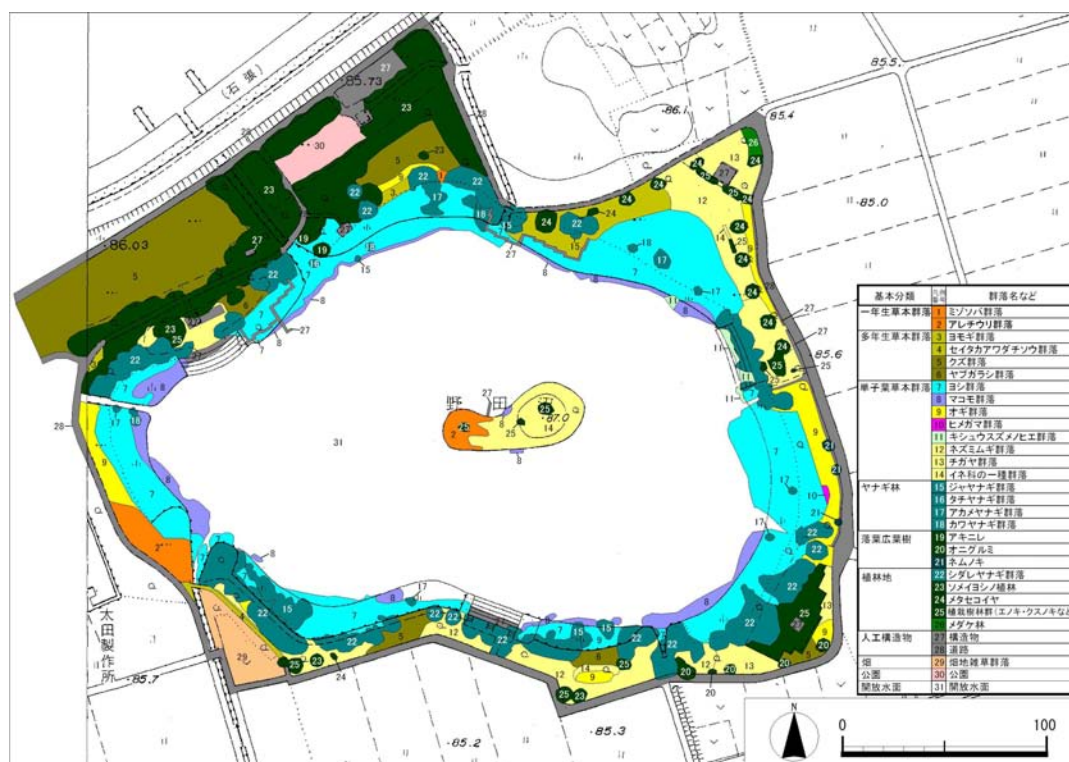


図 2.2.1.2 野田沼の植生

2.2.2 水位・水温の変化

調査期間中の野田沼の水位（定点の水深）と琵琶湖水位の関係を図 2.2.2.1 に、データロガーによる野田沼および近傍琵琶湖湖岸の水温の変化を図 2.2.2.2 に示した。観測データは資料編に示した。

- 野田沼内の定点における水深の変動は琵琶湖水位とほぼ連動していたが、8 月以降に琵琶湖水位が B.S.L.-20cm を下回るようになって野田沼水位は一定であった。
- 野田沼内(A～E)での水温の相違はほとんどみられず、6 月まではすぐ外側の琵琶湖よりもやや高かった。

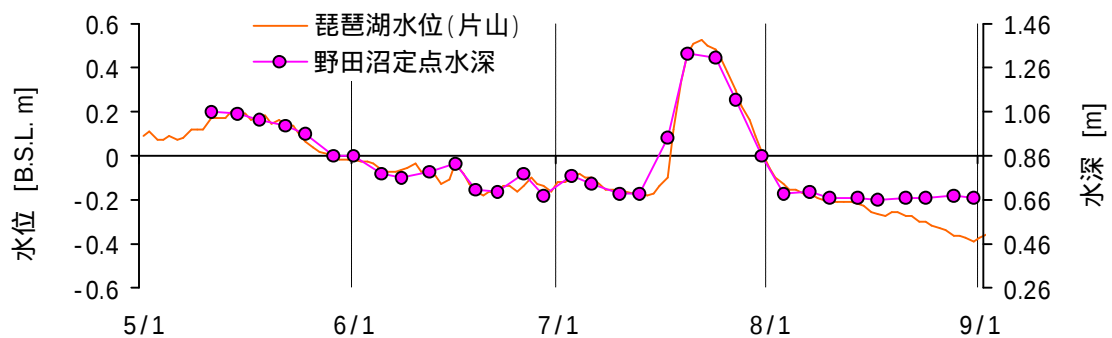
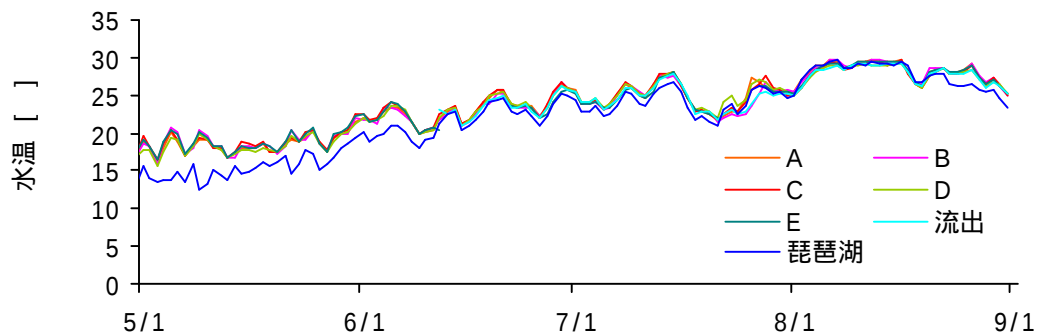


図 2.2.2.1 水位の変化



(流出部 (4/25～6/12) E (6/12～6/22) は不可避の理由により欠測)

図 2.2.2.2 水温の変化

3 湖北野田沼における調査・防除

3.1 調査内容

3.1.1 調査場所

湖北野田沼（図 3.1.1.1）

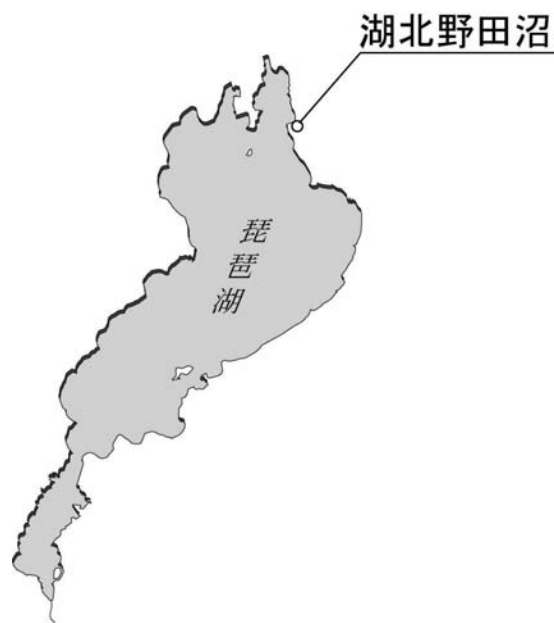


図 3.1.1.1 調査地点

3.1.2 調査実施日

人工産卵床：	2006年5月8日～8月31日	34回
自然産卵床：	2006年6月1日～8月31日	27回
産卵親魚捕獲：	2006年5月8日～8月31日	34回
仔稚魚駆除：	2006年6月1日～8月31日	25回
仔稚魚調査：	2006年4月25日～8月31日	10回
魚類相調査：	2006年5月1日～2日〔春季〕	
	2006年8月8日～9日〔夏季〕	2日間
	2006年11月8日～9日〔秋季1回目〕	×5回
	2006年11月16日～17日〔秋季2回目〕	
	2006年2月6日～7日〔冬季〕	

3.1.3 調査方法

人工産卵床

湖岸部に人工産卵床(ピンポン玉センサーつき)を5区域計79個設置した。調査時には全人工産卵床についてセンサーの反応の有無を確認し、センサーが反応していたものについて水深を測定するとともに潜水等により産着卵の有無を確認した。産卵がみられた場合には保護雄により種の判別を行った後、産着卵を除去した。また、センサー反応の有無に関わらず2週間に1回の頻度で全人工産卵床のチェックを行った。

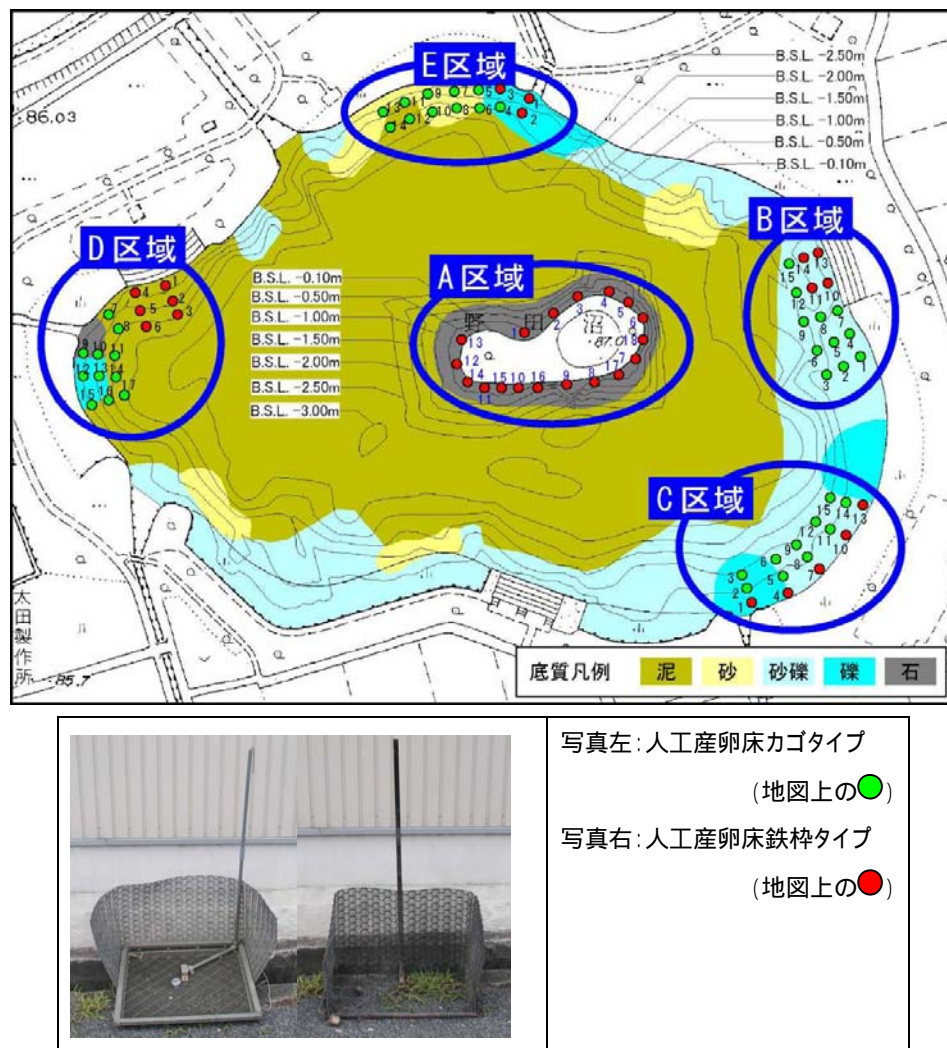


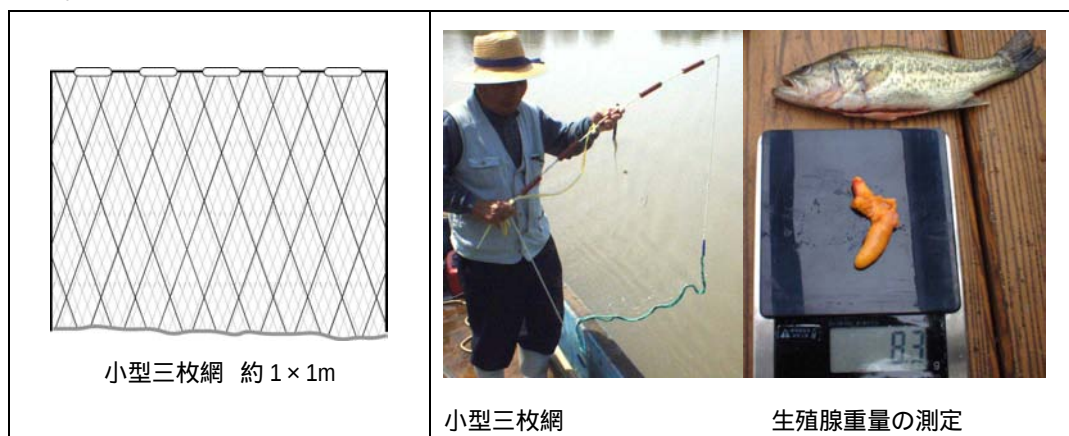
図 3.1.3.1 人工産卵床設置位置

自然産卵床

湖内を周回し、観察筒、潜水目視等により自然産卵床の分布調査を行った。自然産卵床が確認された場合には保護親魚により種を同定し、その位置を地図上に記録した。

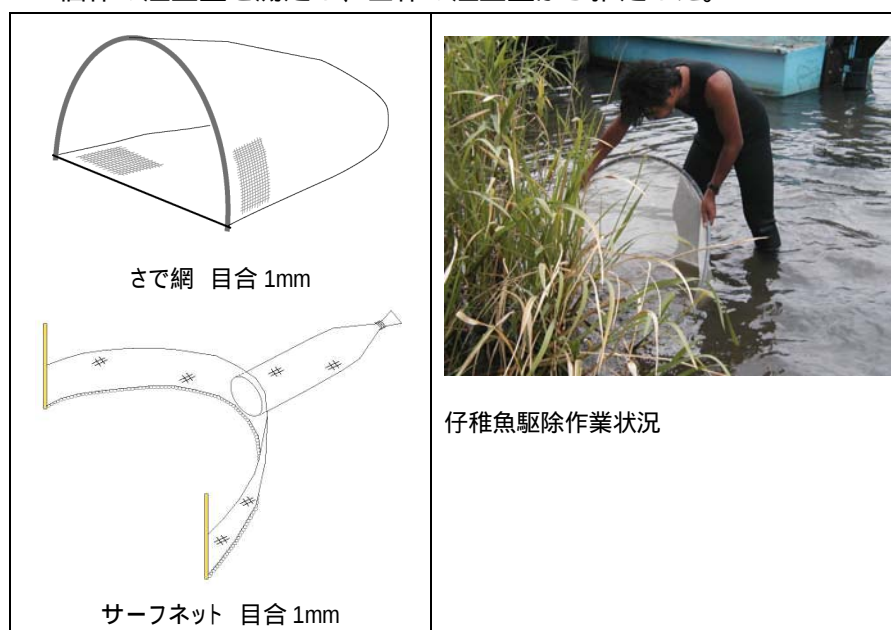
産卵親魚捕獲

5 区域計 79 個設置している人工産卵床付近に各 1 個の小型三枚網を設置し、産卵親魚を捕獲した。在来魚の混獲を軽減するため 設置は日中に限定し、設置時間は約 3 時間とした。採集された魚類については、外部形態により種の同定を行い、オオクチバス、ブルーギルについては、雌雄および捕獲位置を記録するとともに、体長、体重、生殖腺重量の測定を行った。



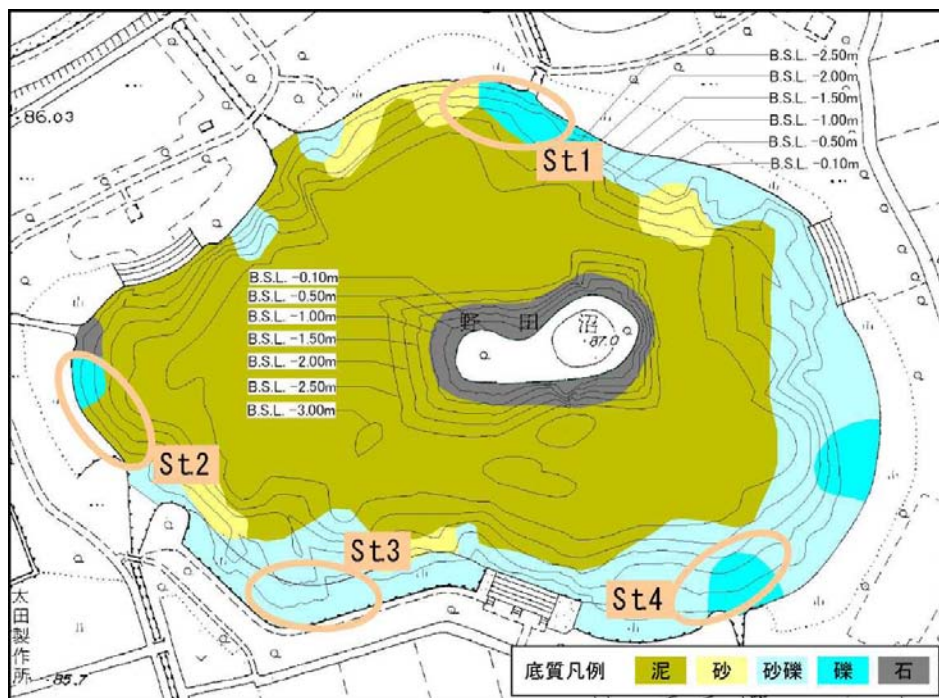
仔稚魚駆除

ヨシ帯際を中心にオオクチバス、ブルーギルの仔魚を探索し、サデ網、サーフネットを用いて採集した。採集された仔稚魚はその場で 10%ホルマリンで固定し、外部形態により種を同定、種ごとの湿重量を測定し、一部について乾燥重量を測定した。なお、個体数については 100 個体の湿重量を測定し、全体の湿重量から推定した。



仔稚魚調査

目合い0.5mmの稚魚ネットを用いて、1地点あたり3名×15分の努力量で魚類の仔稚魚を採集した。採集した仔稚魚は5%ホルマリンで固定した後、外部形態により種の同定を行うとともに、各個体の全長・体重を計測した。なお、仔魚は密生した抽水植物帯内部で確認されることが多く、サデ網では過去調査と比較可能な定量調査が困難であったため採集には稚魚ネットのみを用いた。



魚類相調査

魚類相を把握することを目的とし、小型定置網、小型地曳網、投網、タモ網を用いて魚類を採集した。なお、資源量把握のための標識再捕獲調査を 5 月に予定していたが、採集数が少なかったため 11 月調査時に実施した。

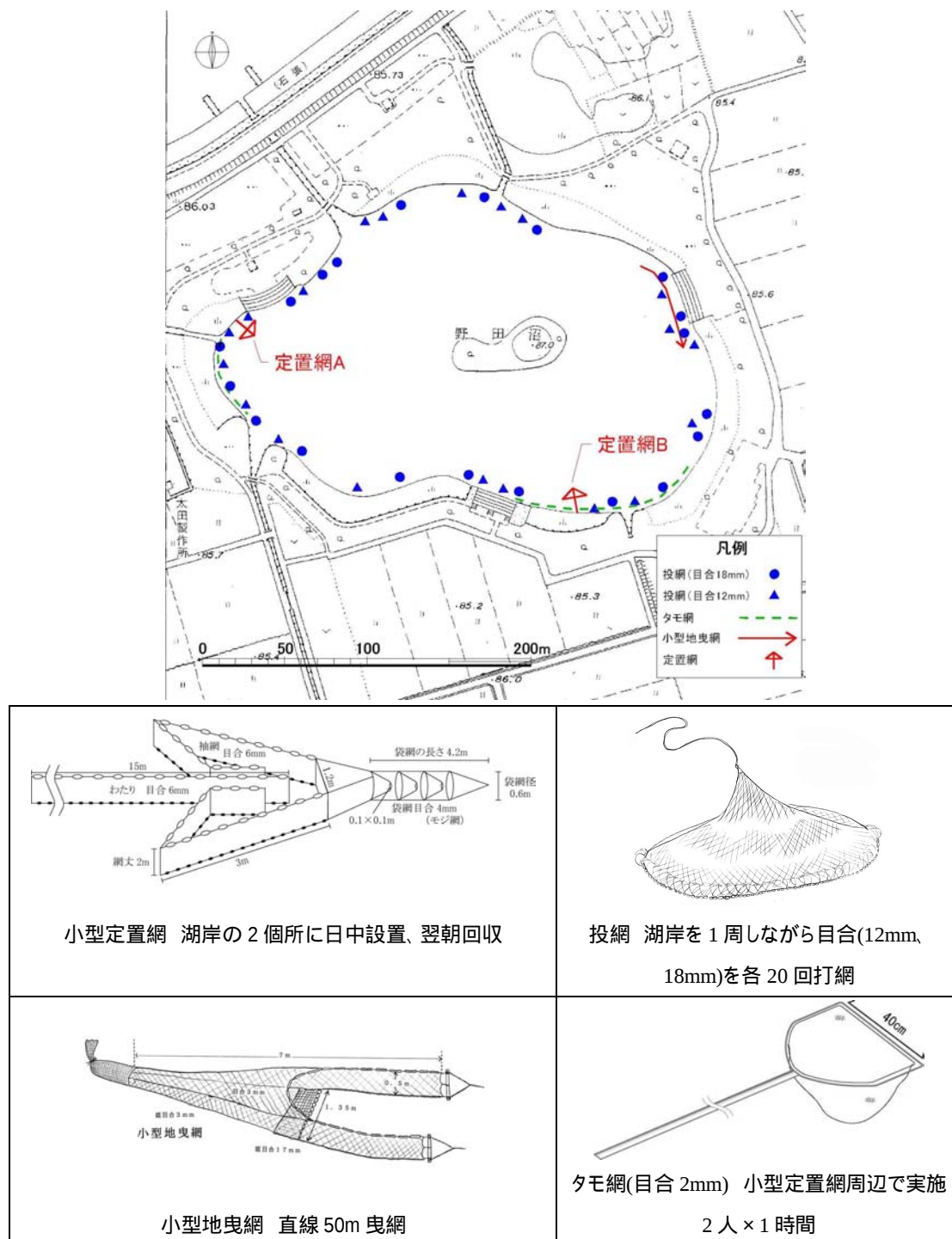


図 3.1.3.2 湖北野田沼における魚類相調査地点と漁具

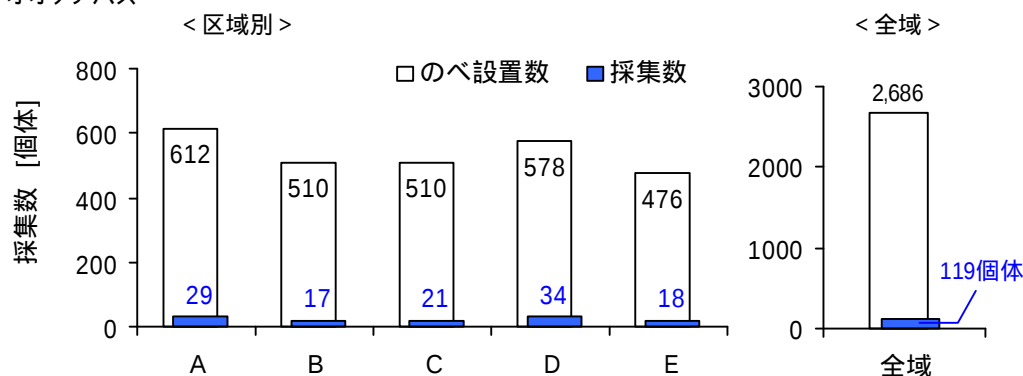
3.2 調査結果

各調査の結果を以下に示す。なお、詳細については資料編に示した。

3.2.1 産卵親魚捕獲結果

- 34 回の調査により、小型三枚網によって各区域で 17～34(合計 119)個体のオオクチバスと 43～120(合計 352)個体のブルーギルが採集された。三枚網 100 枚あたりのオオクチバス採集数は 3.3～5.9 個体であり D 区域で多く、ブルーギルは 7.2～25.2 個体であり E 区域で多かった。

オオクチバス



ブルーギル

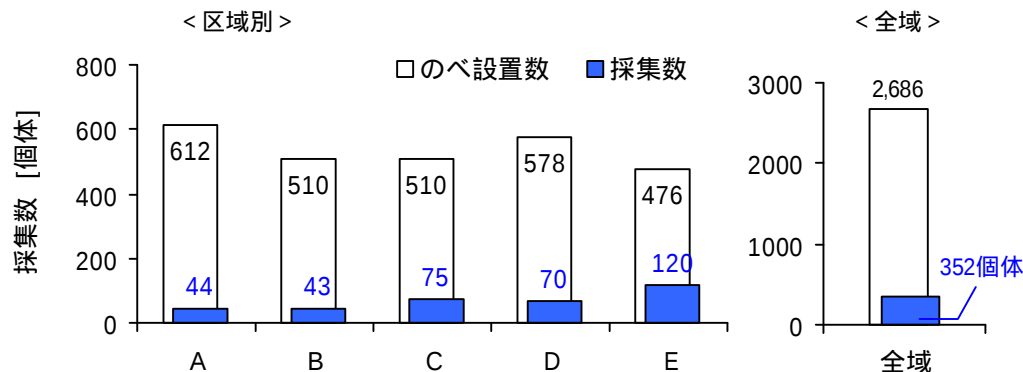
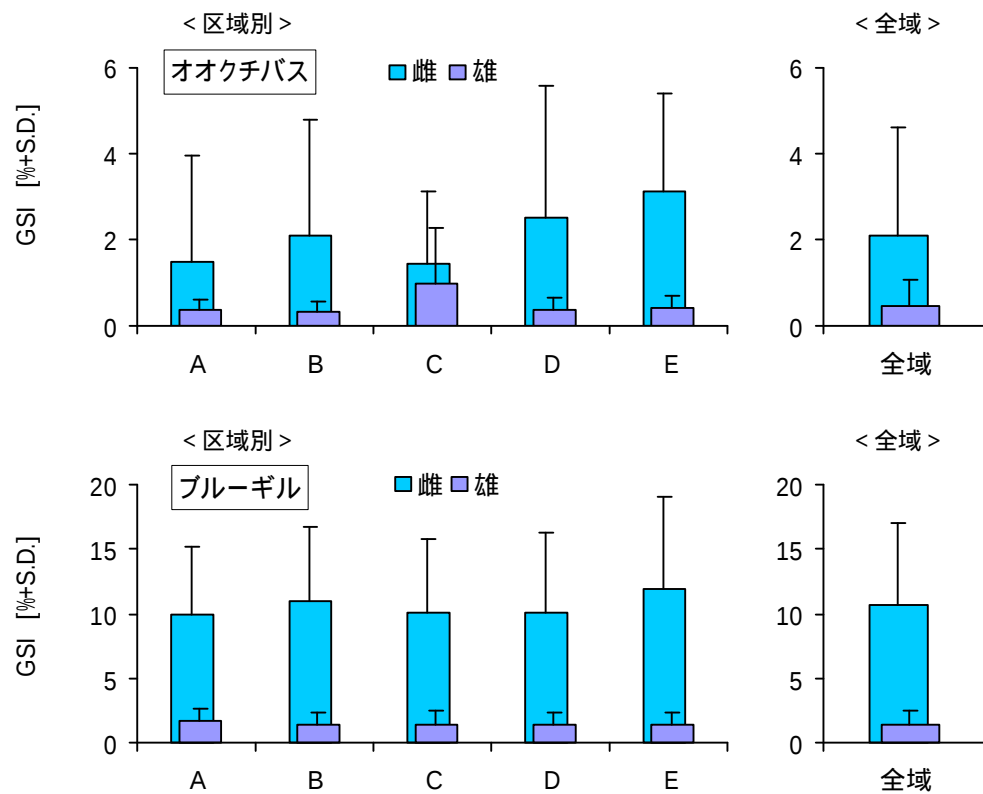


図 3.2.1.1 小型三枚網による特定外来生物採集状況(区域別) [5/8～8/31 34 回調査]

- オオクチバスの生殖腺指数(GSI)は、雌は D、E 区域で高く、雄は C 区域で高かった。
- ブルーギルの GSI は、雌は B、E 区域で高く、雄は区域間で大きな差はみられなかった。



GSI[%] = 生殖腺重量 / (体重 - 生殖腺重量) × 100

図 3.2.1.2 小型三枚網で得られた特定外来生物の生殖腺指数(GSI)の区域間比較 [5/8 ~ 8/31 34 回調査]

GSI(Gonad Somatic Index): 体重に占める生殖腺重量の割合。ここでは、次式を用いている

$$GSI[\%] = \text{生殖腺重量} / (\text{体重} - \text{生殖腺重量}) \times 100$$



- 親魚の採集量の変化傾向として、5 月上～中旬に少なく 5 月下旬から増加した点、6 月上旬および 6/29 に多かった点はオオクチバス、ブルーギルで一致した。

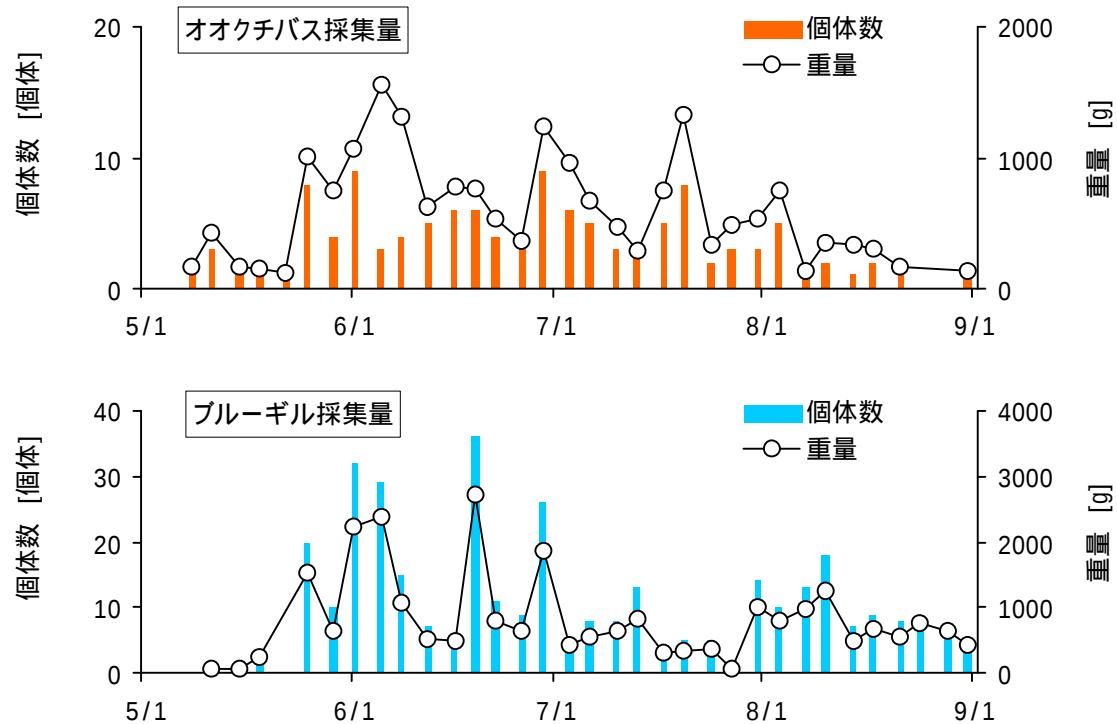


図 3.2.1.3 小型三枚網による特定外来生物採集状況(変化) [5/8～8/31 34 回調査]

- オオクチバス雌親魚の生殖腺指数(GSI)の最大値は 5 月上旬、ブルーギルは 6 月上旬にみられた。

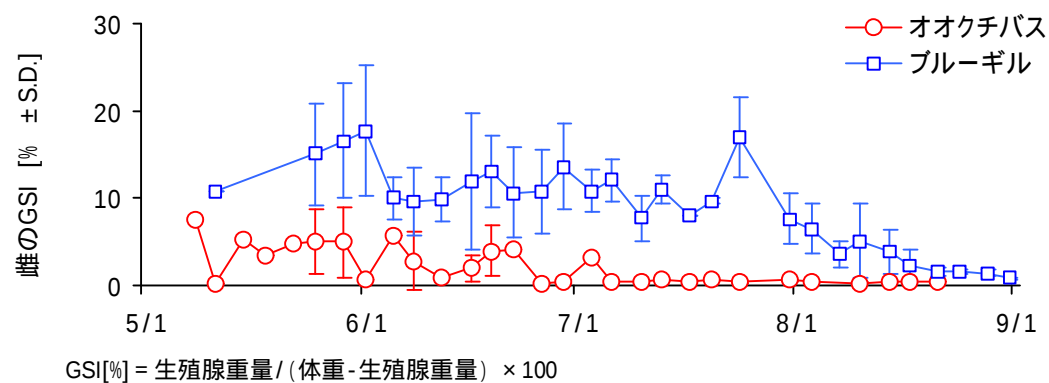


図 3.2.1.4 小型三枚網で得られた特定外来生物の雌の生殖腺指数(GSI)の変化 [5/8～8/31 34 回調査]

3.2.2 産卵床確認結果

- 34 回の調査により、人工産卵床のセンサーが反応したのは 16～34(合計 128)個、反応率(人工産卵床設置数に対するセンサー反応数の割合)は 3.4～6.7%であり B 区域で最も高かった。
- 人工産卵床で産卵が確認されたのは 7 例、うち 2 例がオオクチバス、5 例がブルーギルであった。

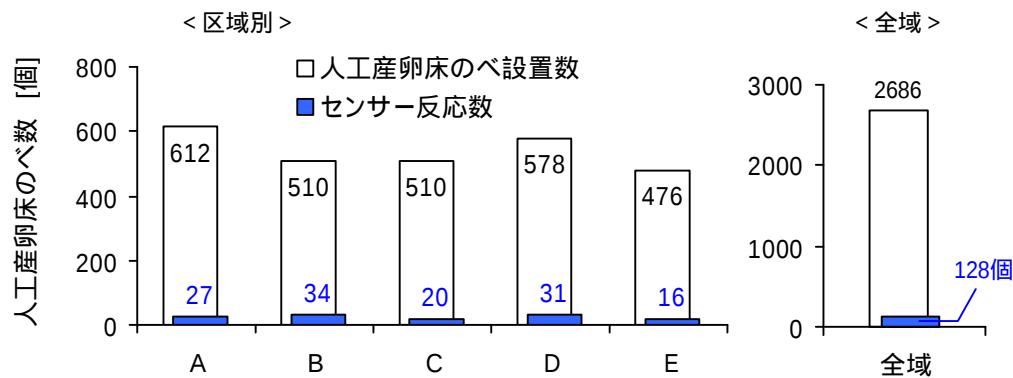
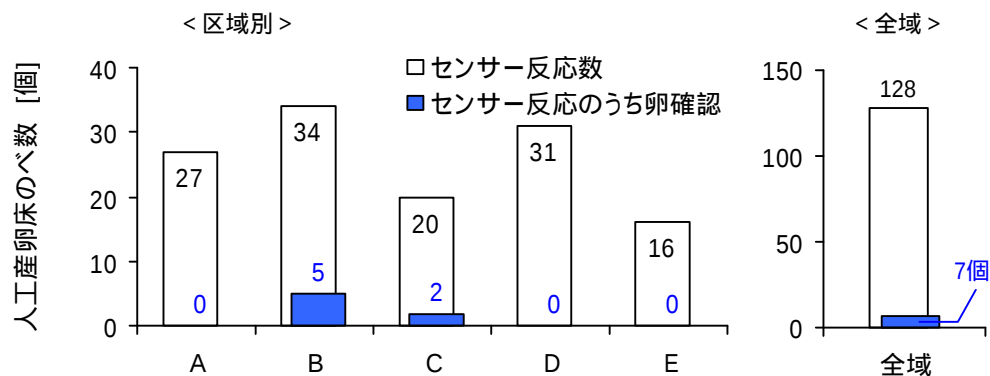


図 3.2.2.1 人工産卵床のセンサー反応状況 [5/8～8/31 34 回調査]



B区域の2例はオオクチバス、3例はブルーギル、C区域はブルーギル2例

図 3.2.2.2 人工産卵床への特定外来生物産卵状況 [5/8～8/31 34 回調査]



人工産卵床に産み付けられた卵
(2006/8/3 区域 C ブルーギル)

- オオクチバスの産卵が確認されたのは6月中旬(人工産卵床)のみであった。
- ブルーギルの産卵が確認されたのは6月上旬(自然産卵床)と7月上～中旬、8月上旬(人工産卵床)であった。

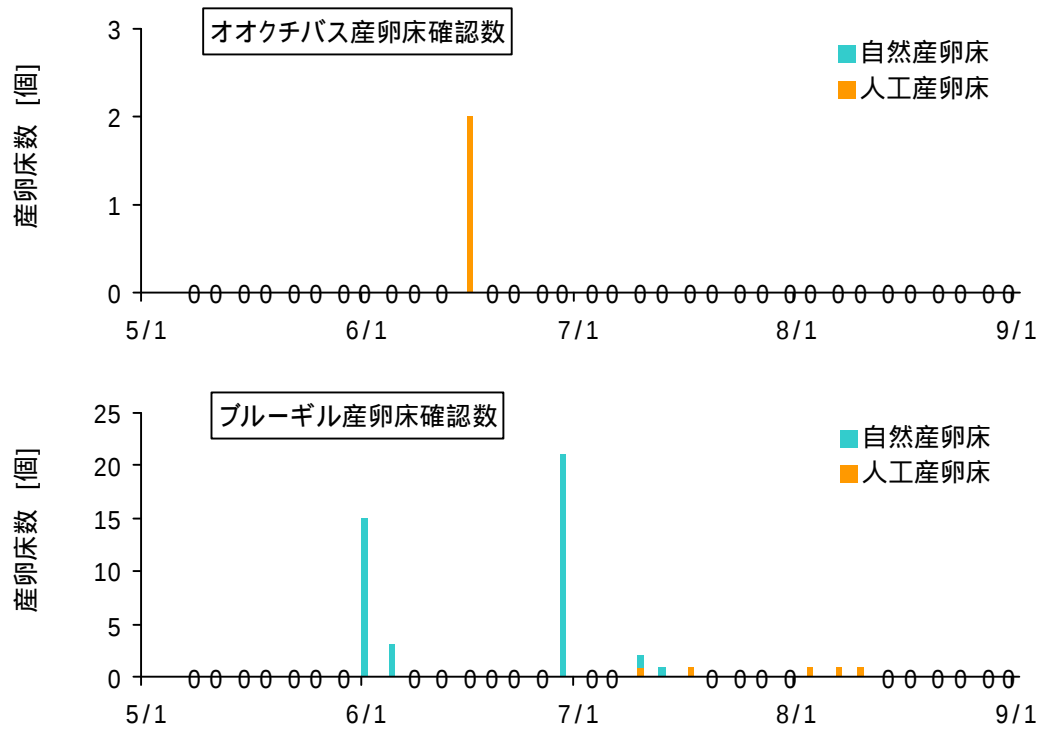


図 3.2.2.3 産卵床の確認数 [5/8～8/31 34回調査]

3.2.3 仔稚魚駆除結果

- 25 回実施した仔稚魚駆除(サデ網、サーフネットによる)ではオオクチバス 5 個体 15g(乾燥重量 2.4g)、ブルーギル 2.5 万個体 1.8kg(乾燥重量 202g)を駆除した。

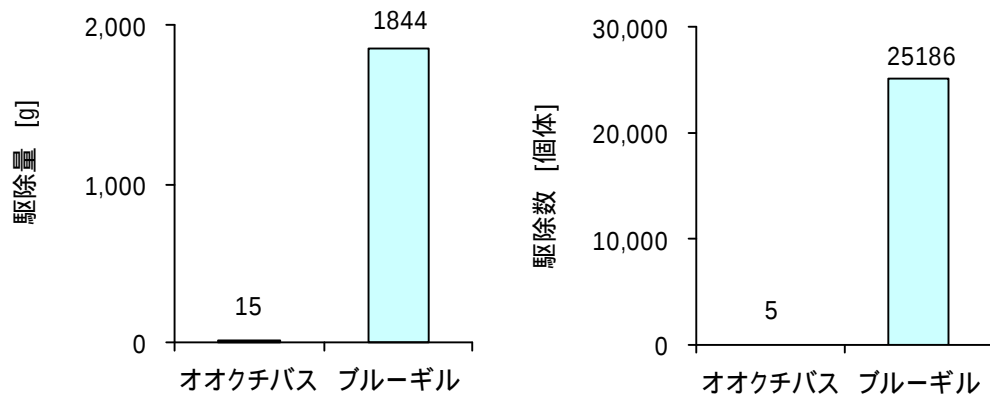


図 3.2.3.1 特定外来生物の駆除量 [2006 年, 野田沼]

3.2.4 仔稚魚調査結果

- 最も多かったのはダニオ亜科であり、7/20 に多かった。ついでカネヒラが多く 5/25 に多かった。ブルーギルは少なく 8～10 月にあわせて 9 個体のみが採集された。

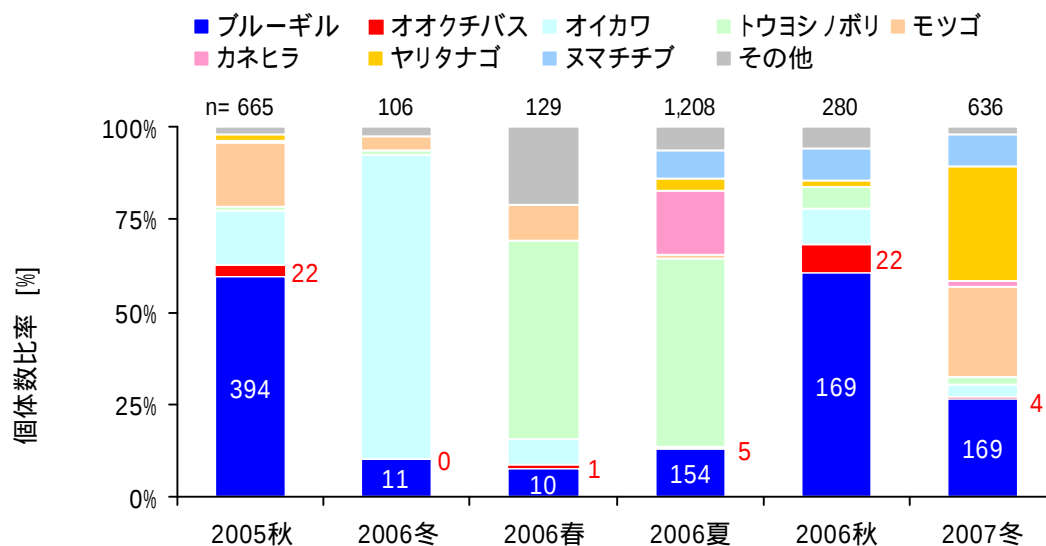
表 3.2.4.1 仔稚魚調査 採集結果 [2006 年, 野田沼]

調査方法: 稚魚ネット
単位: 個体

種名	4月25日	5月11日	5月25日	6月8日	6月22日	7月6日	7月20日	8月17日	9月12日	10月18日	合計
カネヒラ		1	179	19	6	16					221
ヤリタナゴ				2	20	8	23	1			54
アブラボテ						1	1				2
アブラボテ属					5	2			8		15
タイリクバラタナゴ									4	6	10
タナゴ亜科						2	4		1		7
タモロコ属			1	1							2
モツゴ					1						1
ウグイ						2	7				9
アブラハヤ	5		14								19
オイカワ						2	2			4	8
カワムツ										1	1
ヌマムツ									6		6
ダニオ亜科			1			7	143	16	87	4	258
フナ類	2	2		2							6
ブルーギル								4	3	2	9
ヨシノボリ類				1	9	13	8	5	79	12	127
ヌマチチブ			1			1		6	29	4	41
ウキゴリ			1								1

3.2.5 魚類相調査結果

- 魚類相調査による採集魚類に占める特定外来生物の割合は冬、春、夏に低く秋に高いという季節変化傾向がみられた。



注) グラフ中数字は採集数を示す

図 3.2.5.1 魚類相調査結果 [野田沼]

表 3.2.5.1 魚類相調査 採集結果 [野田沼]

漁法:タモ網・定置網・投網・小型地曳網

No	分類	種名	2005秋	2006冬	2006春	2006夏	2006秋	2006秋2回目	2007年冬	単位:個体 合計
1	魚類	ワカサギ							2	2
2		アユ	1	1	3					5
3		カネヒラ	2			211			8	221
4		ヤリタナゴ	12			40	4		198	254
5		アブラボテ			2	4				6
6		タイリクバラタナゴ					1			1
7		ビワヒガイ				8	4	1		13
8		タモロコ				4				4
9		ホンモロコ			11	4				15
10		ゼゼラ			2					2
11		モツゴ	115	4	13	15	1		155	303
12		ウグイ			1					1
13		アブラハヤ				1				1
14		オイカワ	98	87	9	7	27	58	20	306
15		カワムツ				1	7	4	2	14
16		ヌマムツ				16	2	9	1	28
17		ハス				1				1
		ダニオ亜科	7		1					8
18		ギンブナ	1		5					6
19		ニゴロブナ							2	2
20		ゲンゴロウブナ		1			1			2
		フナ類	2			31			5	38
21		コイ		1						1
22		ドジョウ	1				1			2
23		ナマズ							1	1
24		カムルチー	1		1					2
25		オオクチバス	22		1	5	22	21	4	75
26		ブルーギル	394	11	10	154	169	88	169	995
27		ドンコ				1			1	2
28		トウヨシノボリ	9	1	69	608	16	22	14	739
29		ヌマチチブ				88	25	96	54	263
30		ウキゴリ			1	9				10
	魚類 種類数		12	7	13	19	13	8	14	30
	魚類 個体数		665	106	129	1,208	280	299	636	3,323
	エビ類	ヌマエビ	3		87		5	17	4	116
		カワリヌマエビ属	77		8	1	1	78	11	176
		スジエビ	36		16,204	185	682	395	31	17,533
		テナガエビ	13	3		3	10	6	6	41
		アメリカザリガニ	11	1	6	2	3	8	11	42
	エビ類 個体数		140	4	16,305	191	701	504	63	17,908
	合計		805	110	16,434	1,399	981	803	699	21,231

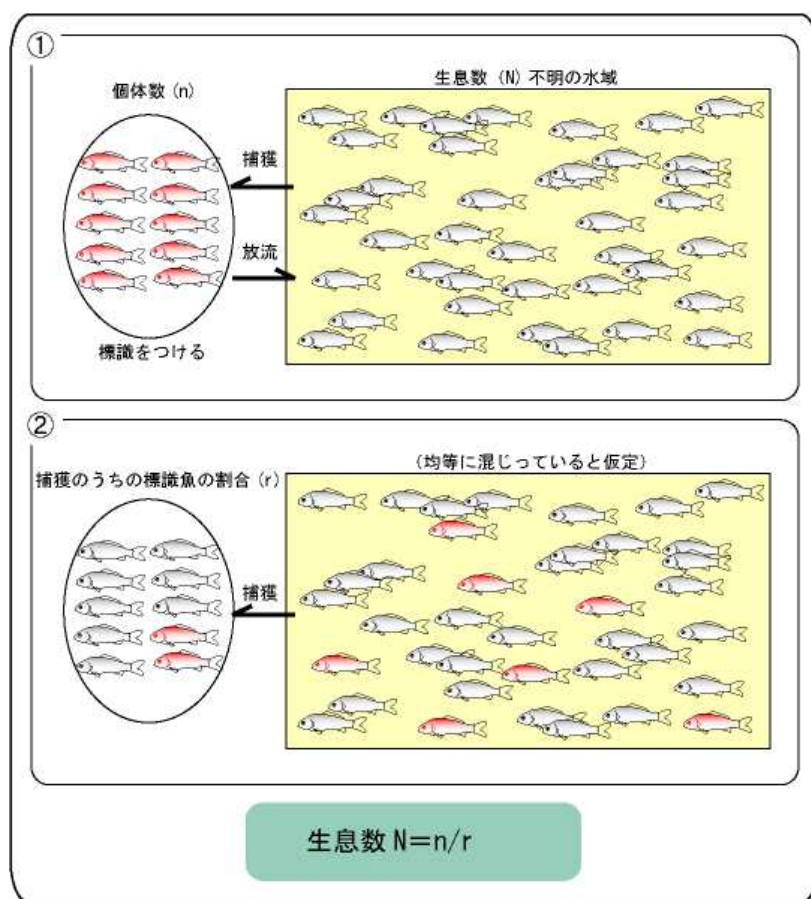
注) 種類数計数方法は河川水辺の国勢調査形式とした

3.2.6 資源量推定 標識再捕調査結果

- 2006 年 11 月に実施した標識再捕調査(11/9-10 にオオクチバス 22 個体、ブルーギル 168 個体に標識をつけ放流、翌週 11/16-17 に再捕)では、オオクチバス 21 個体、ブルーギル 88 個体を採集したが、標識魚は全く採集されず、資源量の推定は行えなかった。

計算ではオオクチバスの資源量は $21 \times 22 = 462$ 個体より多く、ブルーギルは $88 \times 168 = 14,784$ 個体より多い、と推定されるが、放流数・再捕時の採集数が少ないため信頼できる数字ではないと判断される。

参考：標識再捕による資源量推定方法



4 乙女が池における調査

4.1 調査内容

4.1.1 調査場所

乙女が池（図 4.1.1.1）



図 4.1.1.1 調査地点

4.1.2 調査実施日

魚 類 相 調 査 : 2006 年 11 月 9 日 ~ 10 日 1 回

4.1.3 調査方法

魚類相調査

湖北野田沼における魚類相調査と同様に実施した。標識再捕は行わなかった。漁具設置位置等は平成 17 年調査に準じた。

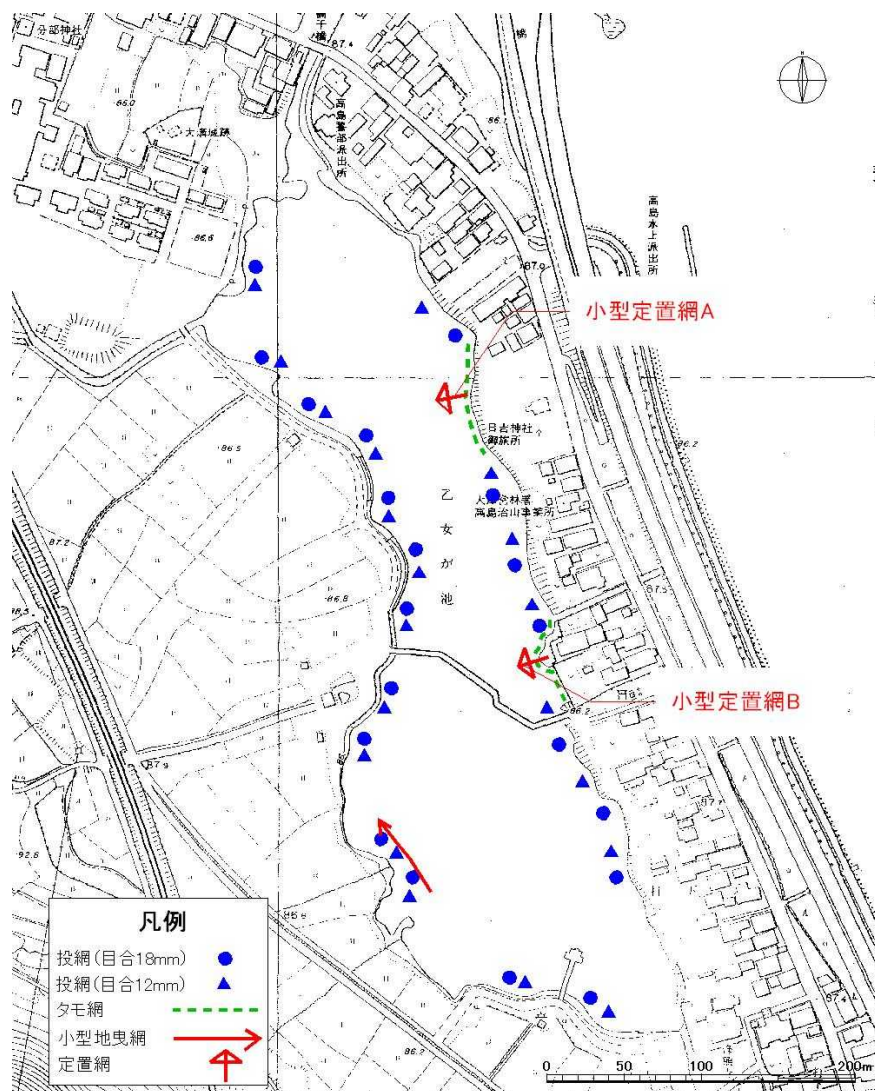
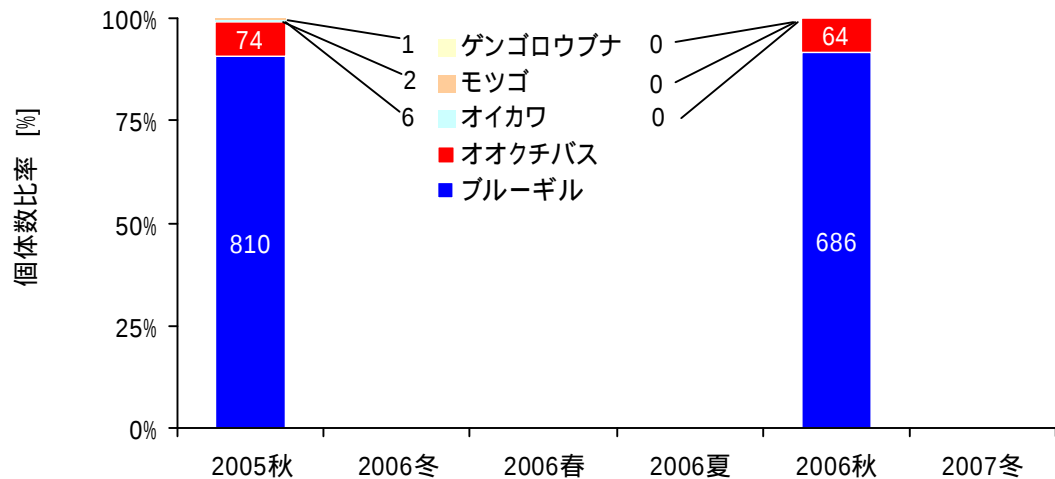


図 4.1.3.1 乙女が池における魚類相調査地点

4.2 調査結果

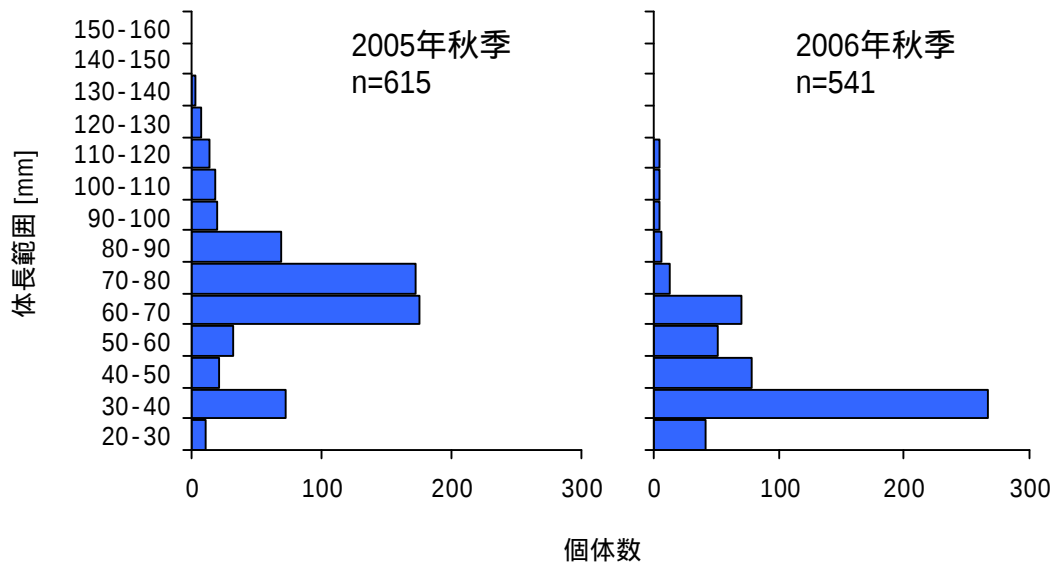
4.2.1 魚類相調査結果

- 2006 年秋の魚類相調査で得られた魚類 750 個体は全て特定外来生物であった。特定外来生物が極めて多い傾向は 2005 年秋と同様であった。
- 採集されたブルーギルのサイズは大きく異なっており、2005 年秋季に比べ 2006 年秋季は体長 3～4cm の小型個体が非常に多く、7cm を超える中型、大型個体は少なかった。



注) グラフ中数字は採集数を示す

図 4.2.1.1 魚類相の年比較 [乙女が池, 小型定置網・投網・タモ網・小型地曳網の合計]



小型定置網2基による採集結果

図 4.2.1.2 ブルーギル体長組成の年比較 [乙女が池]

5 琵琶湖における調査

5.1 漁獲統計整理

5.1.1 調査方法

漁業者による外来魚駆除の漁獲統計を地域別に整理した。地域の分け方については湖岸景観生態学的区分（西野 1988）を参考に、

- 岩礁湖岸中心、急深の湖北
- 砂浜湖岸中心、急深の湖西
- 砂浜湖岸中心、遠浅の湖東
- 人工湖岸中心、全浅の湖南

に分類した。

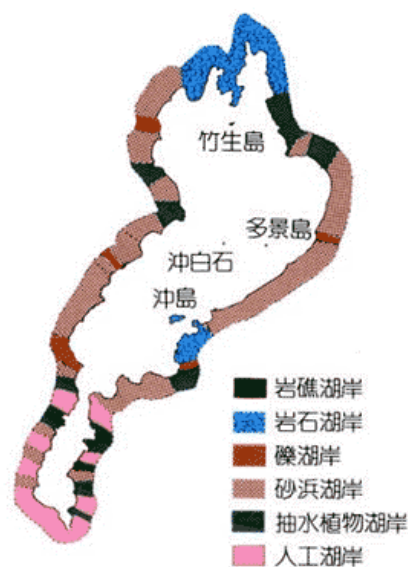


図1 琵琶湖岸の景観生態学的区分(西野1988)

図 5.1.1.1 漁獲統計整理における湖岸区分 （参考）琵琶湖岸の景観生態学的区分

5.1.2 調査結果

■〔経年変化〕 外来魚駆除量は湖東と湖南で経年的に増加傾向にある

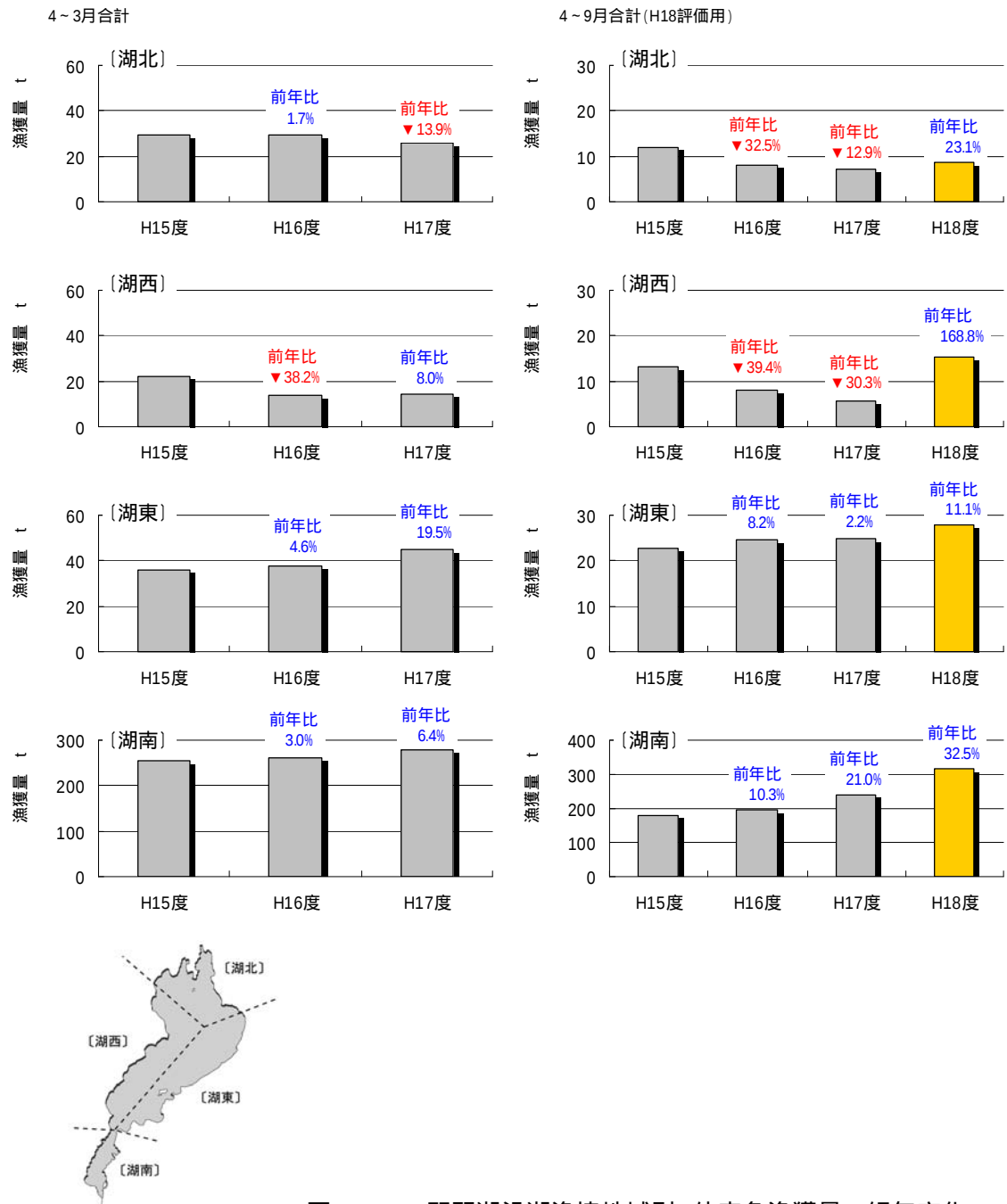


図 5.1.2.1 琵琶湖沿湖漁協地域別 外来魚漁獲量の経年変化

- 〔季節変化〕 湖北と湖南で駆除量の季節変化が異なり、湖南では外来魚の産卵期である初夏に偏って漁獲されるのに対し、湖北では10月から12月の漁獲が多い。湖西、湖東は湖北と湖南の中間的な様相である。

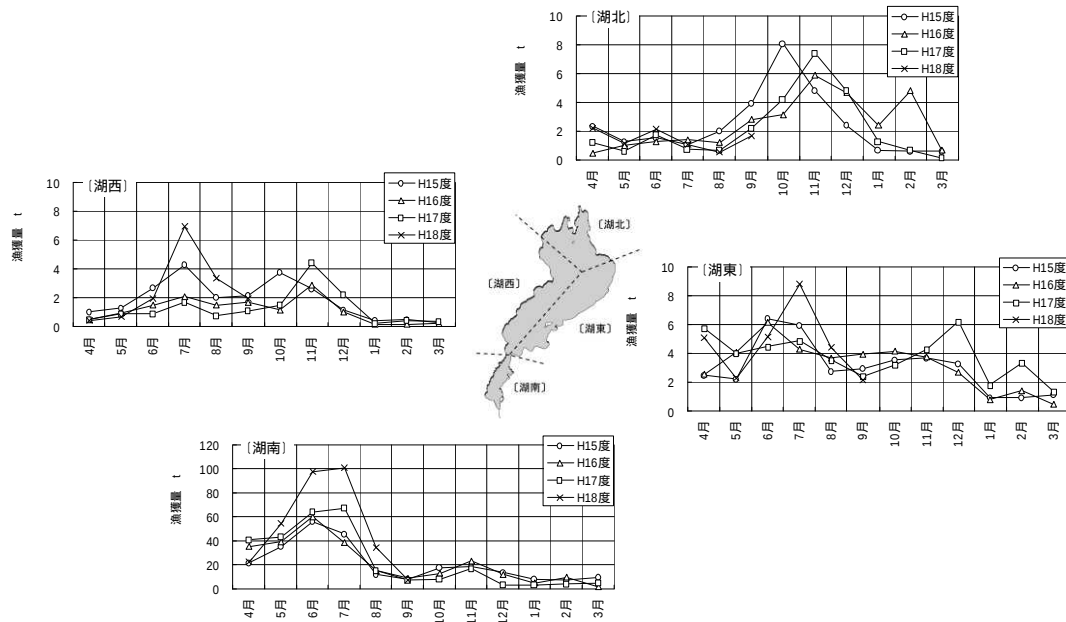
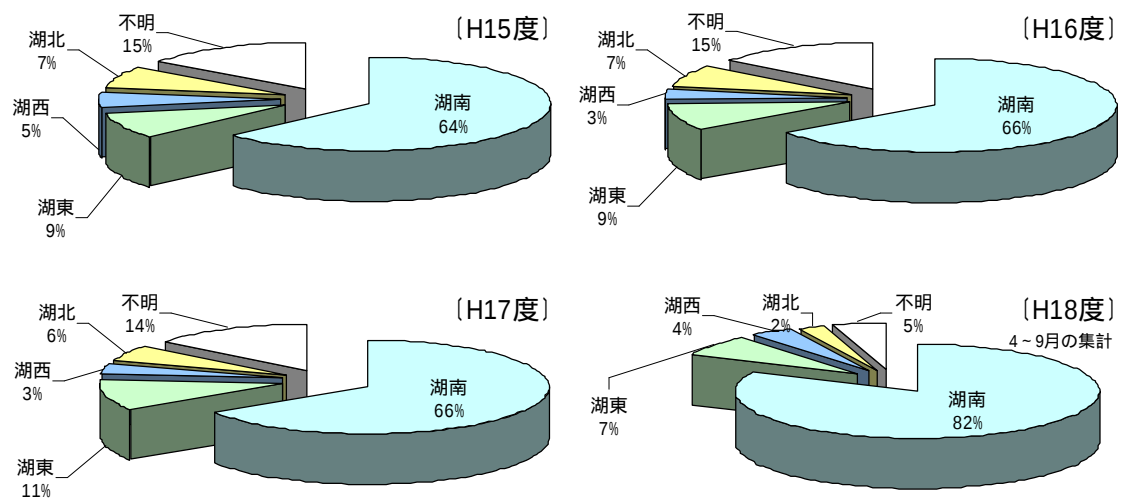


図 5.1.2.2 琵琶湖沿湖漁協地域別 外来魚漁獲量の季節変化

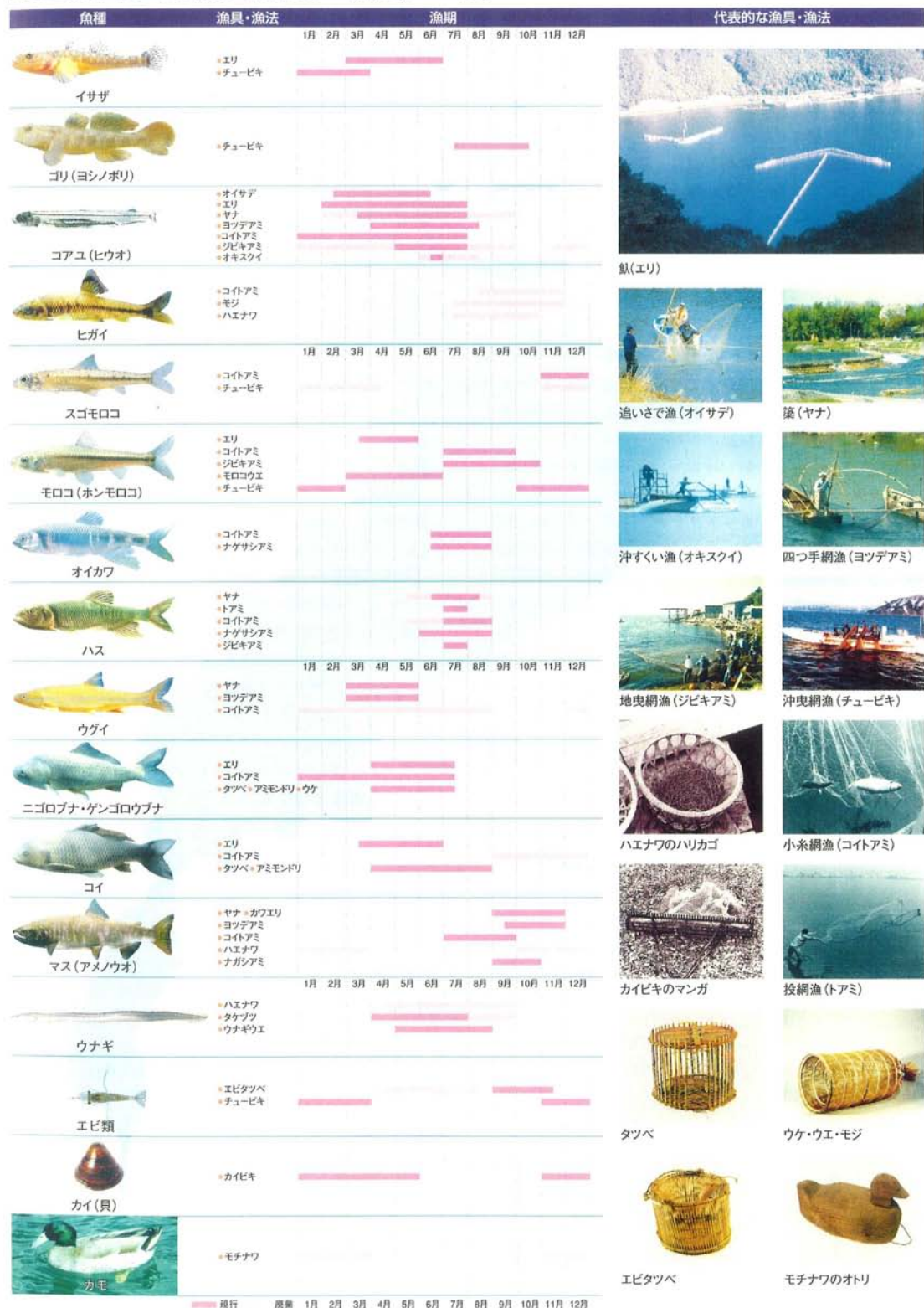
- 〔地理的分布〕 外来魚駆除量は湖南で圧倒的に多い



(沖島、漁青連、真珠母貝組合、真珠養殖組合、余呉湖は不明とした)

図 5.1.2.3 琵琶湖沿湖漁協地域別 外来魚漁獲量

琵琶湖の主な魚と漁具・漁法 図1



参考資料 琵琶湖の主な魚と漁具・漁法 (琵琶湖博物館資料より引用)

5.2 漁協聞き取り調査

5.2.1 聞き取り先と実施日

聞き取り先	実施日
朝日漁協 10/18	2006 年 10 月 18 日
高島漁協 11/8	2006 年 11 月 8 日
海津漁協 11/10	2006 年 11 月 10 日
近江八幡漁協 11/15	2006 年 11 月 15 日
彦根市磯田漁協 11/15	2006 年 11 月 15 日
大津漁協 11/29	2006 年 11 月 29 日
志賀町漁協 11/29	2006 年 11 月 29 日
山田漁協 12/22	2006 年 12 月 22 日

(聞き取り日順)

5.2.2 調査方法

聞き取り先の選定にあたっては、滋賀県漁連のご指導を受け、先に述べた 4 区分 (湖北、湖西、湖東、湖南) からそれぞれ外来魚漁獲量の比較的多い 2 漁協、計 8 漁協を選定した。

聞き取り調査にあたっては、琵琶湖でのオオクチバス等の産卵適地推定のための (1)産卵場に関する情報、漁獲統計を検討するための (2)漁獲状況に関する情報、効率的な駆除を行う参考とするための (3)漁獲手法と生息環境に関する情報、大津市総門川河口と彦根旧港湾以外の場所での (4)冬季謂集に関する情報を中心に聞き取りを行った。また、可能な限りオオクチバスとブルーギルの情報を分けて聞き取った。

5.2.3 調査結果

聞き取り結果について、各項目ごとに一部抜粋し以下に示すとともに概要を表 5.2.3.1 にまとめた。また、繁殖場情報について図 5.2.3.1 に示した。詳細は資料編に示した。

表 5.2.3.1 漁協聞き取り調査結果概要

		地域名	湖北		湖西		湖東		湖南		備考	
		漁協名	朝日	海津	高島	志賀町	彦根市磯田	近江八幡	大津	山田		
主な漁法	設置式	エリ	○			○		○	○	○	岸、沖、あらめ、ほそめ混在	
		タツベ				○			○		水試考案 遮光式カゴ網	
		ます網								○	大津独自	
	移動式	刺網(三枚網)	○			○			○		○	
		刺網(一枚網)		○								海津独自
		釣り						○				
		投網							○			
バス・ギル比率		ギル比率	8～9割	1割弱	8割		ほぼギル	ほぼバス	8割	95%以上	7割	
産卵場情報の有無		バス	○直	○直	○直	○間	×	○間	○直・間	○間	直:産卵床等の目撃による直接的な情報	
		ギル	×	×	×	×	×	×	×	○直	間:仔魚目撃による間接的な情報	
冬季蛸集場所情報		バス	×	×	×	×	×	×	×	×		
		ギル	×	×	×	×	×	×	○	×	大津:雄琴港浚渫航路	

(1) 産卵場に関する情報

- **バス**の産卵は砂地。紅鮎（旅館）の裏で産んでいる。〔朝日漁協〕
 - **ギル**の産卵場所は不明。**バス**よりも環境の選択性が広いのではないか。〔朝日漁協〕
 - 萩の浜の南部分（疎なヨシ帯、浅い砂礫底が広がっている）ではヨシが伸びてくる時期（4～5月）に**バス**の大きいものが目視でき、ヤスで突ける〔高島漁協〕
 - **バス**産卵適地は琵琶湖沿岸部全域。藻さえあれば産卵する。〔海津漁協〕
 - 子持ちの**バス**、**ギル**がとれるのは西の湖と水路から長命寺川が多い 長命寺出口（琵琶湖との連絡口）でも多くとれるときもある〔近江八幡漁協〕
- その他、バスもしくはギルの稚魚がいるという情報は全ての漁協で得られた。

(2) 漁獲状況に関する情報

- 春は小糸網、秋はエリで多い傾向あり〔朝日漁協〕
- **バス**駆除は主に8月以降にやっている これはアユが産卵のため沿岸部に寄り、それを追って4年魚以上の**バス**が浅場に集まり効率がいいから〔海津漁協〕
- 春は二ゴロ用の刺網に大型で子持ちの**ギル**、**バス**がとれる 子持ちの大型**バスギル**は重い〔近江八幡漁協〕
- 釣りは漁師がやる 秋の刺網のできない期間〔近江八幡漁協〕

漁獲量のバスギル比率に関する情報

- どの漁法でも圧倒的に**ギル**が多い（8～9割）〔朝日漁協〕
- 漁獲割合は**ギル**が8割、**バス**が2割で時期、漁法にかかわらずほぼ一定〔高島漁協〕
- **バス**用刺網は他種の混獲率が極めて低い（**バス**9割以上、**ギル**1割弱、在来魚ごくわずか）海津漁協ではほかにエリで**ギル**がとれているが、**バス**刺網に比べ非常に少ない〔海津漁協〕
- とれるのは8割が**ギル**〔近江八幡漁協〕
- 釣りはサシ虫餌でほとんど**ギル** 投網はほとんど**バス**〔彦根市磯田漁協〕

(3) 漁獲手法と生息環境に関する情報

- 片山では沖曳きをやったことがあるが、藻もとってしまったため**バスギル**も在来魚もいなくなった。**バスギル**は潮の流れが速くなるといなくなるようだ。〔朝日漁協〕
- **ギル**の大型個体は乙女が池と漁港の連絡水路の漁港側（急深になっている）に多く、やはり流れのないところを好んでいるようだ〔高島漁協〕

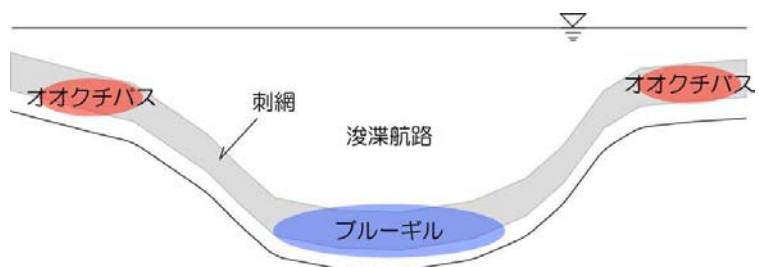
- 台風が繰り返し来た年（2004 年）には打下浜（琵琶湖岸）で藻がなくなり、**バスギル**も減った〔高島漁協〕
- 3 年魚以上の**バス**の生息場所とヨシは関係ない〔海津漁協〕
- 2 年前に大型の**バス**を狙ってとったところ、冬場にはワカサギを追って水深 20m のところに多かった〔海津漁協〕
- **バス**駆除は主に 8 月以降にやっている これはアユが産卵のため沿岸部に寄り、それを追って 4 年魚以上の**バス**が浅場に集まり効率がいいから〔海津漁協〕
- **バス**は性質上エリのような定置網には入らない〔海津漁協〕
- とりつくしたので現在は海津近辺では大型の**バス**はおらず、アユやモロコが増えている やろうと思えばとりつくすことは可能〔海津漁協〕
- **バスギル**は陰のあるところにいる 藻のあるところ、船の沈んでいるところなどに**ギル**があり、それを食べるために**バス**がいる〔近江八幡漁協〕
- アユ用のエリが 2 統あるがなぜか**バスギル**はほとんど入らない〔彦根市磯田漁協〕



バス専用刺網による聞き取り当日の漁獲〔海津漁協〕

(4) 冬季謂集に関する情報

- 2 年前に大型の**バス**を狙ってとったところ、冬場にはワカサギを追って水深 20m のところに多かった〔海津漁協〕
- **バス** 3 年魚は冬になっても深場に移動せず、浅場の藻場（水深 1～5m）にいる〔海津漁協〕
- 西浅井の大浦湾は湧き水があり**バス**の冬の謂集場となっていたがもうとりつくしたのでない〔海津漁協〕
- 冬は西の湖では外来魚は深みにいる 真珠棚のあるところで水深 4m 程度 フナもここに移動する 真珠棚があるのでとりにくい場所〔近江八幡漁協〕
- 冬季に雄琴港で横断方向に刺網をいれると、浚渫航路の底部分（最も深い場所）で**ギル**がぎっしりとれる **バス**はその両側、浅い場所でとれる〔大津漁協〕



雄琴港における冬季のバスギル分布（聞き取り結果を模式的に図示）

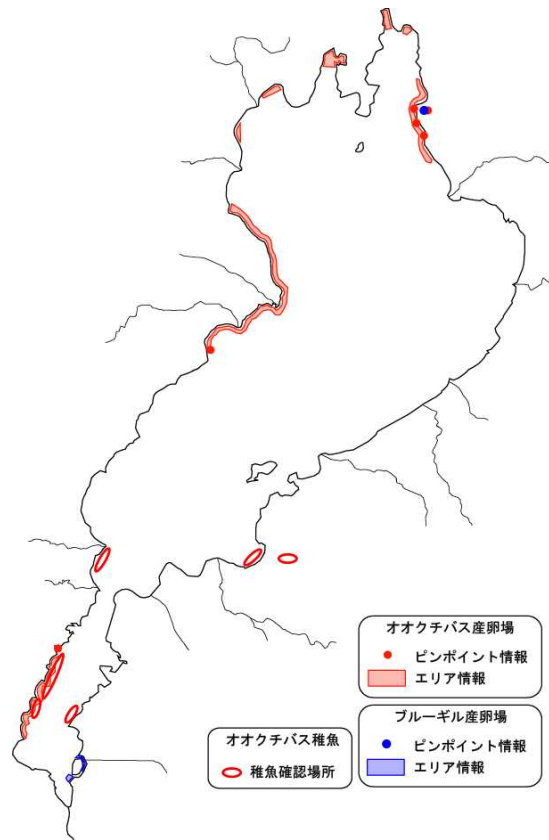


図 5.2.3.1 聞き取りによる琵琶湖での外来魚繁殖場情報

5.3 冬季蛸集調査 彦根旧港湾

彦根旧港湾では、平成 17 年度の調査により湾奥から琵琶湖にかけ水温勾配があり、冬季に多くのオオクチバス等が観察されている。しかし、オオクチバスとブルーギルの区別が行われなかったこと、調査が湾奥部に限られたことから、水温勾配とオオクチバス等の分布の関係は明らかにはされなかった、そこで本年度は、実際に捕獲を行いオオクチバスとブルーギルの区別をした上で、採集数と水温等との関連性について考察するための現地調査を行った。また、繁殖の可能性についてもあわせて調査した。

5.3.1 調査場所

彦根旧港湾（図 5.3.1.1）



図 5.3.1.1 調査地点

5.3.2 調査実施日

2007 年 2 月 2 日

1 回

5.3.3 調査方法

(1) 定点の設定

温源である最湾奥部の処理水排水口から琵琶湖への流入部にかけて、約 50m 間隔で 26 定点を設定した。また、水温等の対称点として琵琶湖（港内）に別途 4 点（1300、BG1～BG3）を設定した（図 5.3.3.1）。

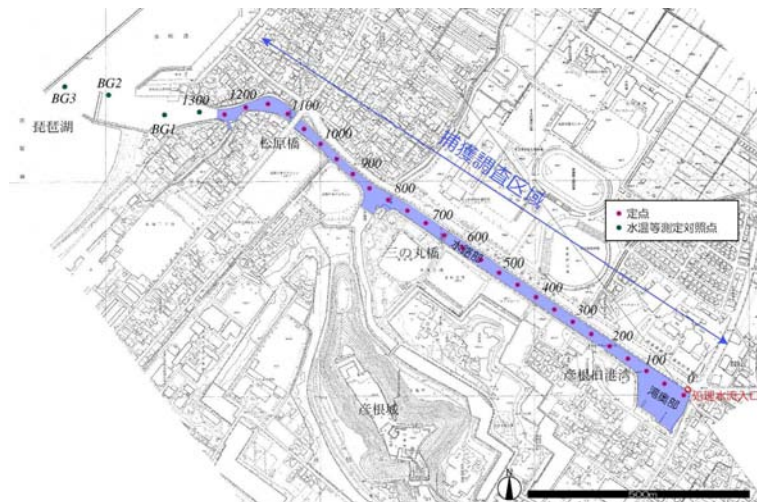


図 5.3.3.1 調査定点(彦根旧港湾)

(2) 水温等測定

各定点において、水温、水深、光透過率、EC、波高を測定し、環境勾配を調べた。水温、光透過率、EC の測定層は表層（水面下 20cm）、底層（底面上 50cm）および水面下 1m ごとに中層を設定した。また、航行時には音探を用い各定点周辺に特徴的な微地形があれば記録した。

(3) オオクチバス等の捕獲

各定点（琵琶湖を除く 26 定点）において小型三枚網を用いオオクチバス等の捕獲を行った。設置数は 1 定点につき 3 枚とした。在来魚の混獲を低減するため、操業は日中に行い、各網の設置時間は約 3 時間とした。また、小型三枚網では補足できない小型魚が多いことが予想されるため、各定点で投網（目合い 18mm）を 3 投ずつ併用した。

(4) 捕獲魚の測定

捕獲されたオオクチバス等については個体ごとに体長、体重の計測を行い、大型の個体についてはさらに生殖腺重量の測定、さらにオオクチバスの大型個体については簡易的に胃内容物を目視観察し、いずれも処分した。その他の種は種の同定、体長、体重の測定を行い、再放流した。

(5) その他

調査時に産卵床、仔稚魚の有無について目視観察を行った。

5.3.4 調査結果

環境勾配

測定した水温、EC、光透過率、水深、波高について図 5.3.4.1～図 5.3.4.4 に示した。なお光透過率については繁茂した水草の影響により表層よりも下では正確な値が得られなかったため、表層のみを図示した。

水温は排水口付近で最も高く（最高 16.9 ）、琵琶湖へ向け低下し最低値は 8.6 であった。なお、800m 地点付近の底層で水温の低い水塊が確認され、これは彦根城堀からの流入水によるものであった（図 5.3.4.1）。

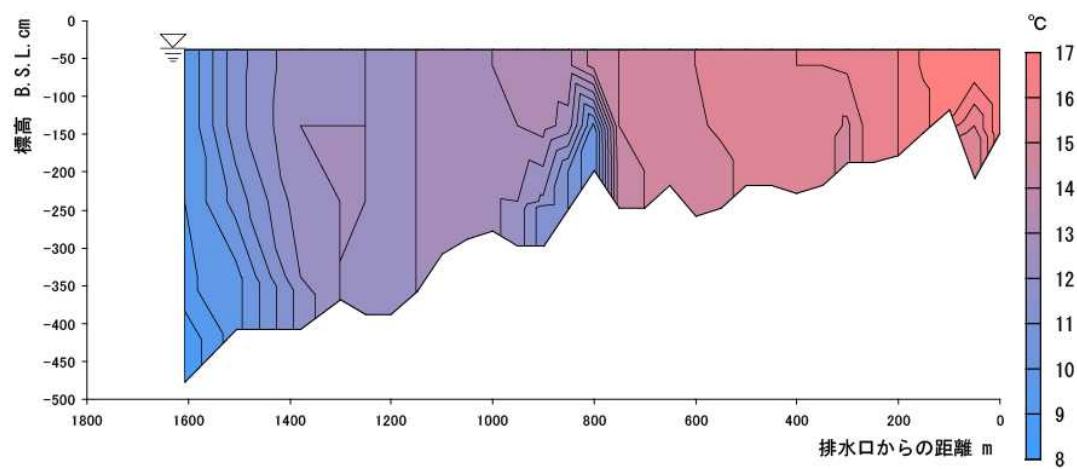


図 5.3.4.1 水温の分布

EC は排水口付近の底層で最も高く（1.142 mS/cm）、琵琶湖へ向け低下した（最低 0.259 mS/cm）。

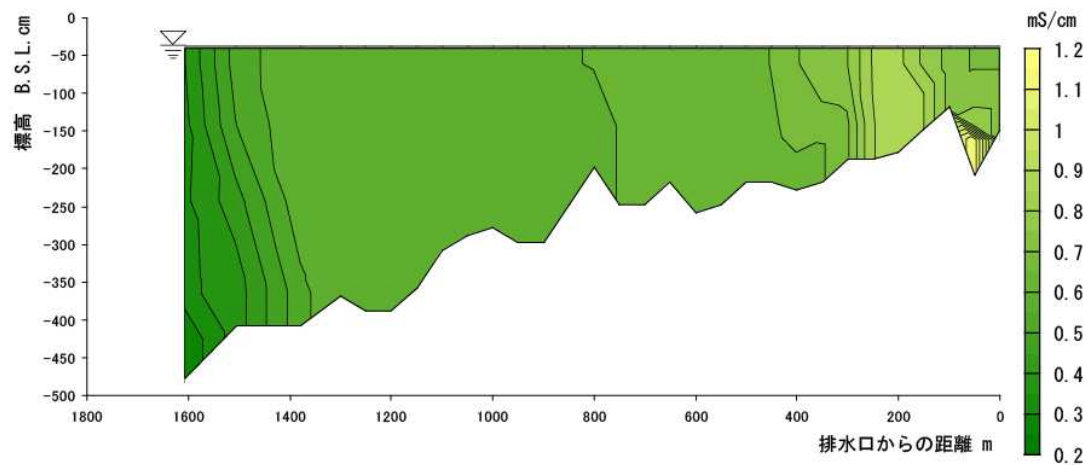


図 5.3.4.2 EC の分布

表層の光透過率は排水口付近から琵琶湖にかけゆるやかに低下した（図 5.3.4.3）。

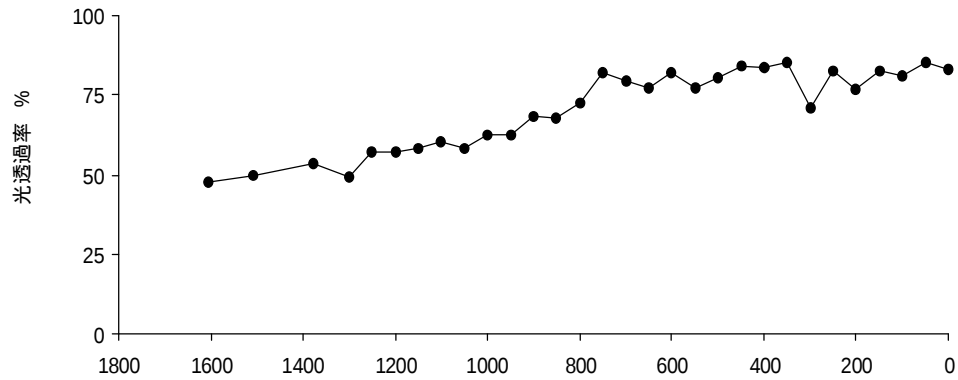


図 5.3.4.3 光透過率(表層)の分布

水深は排水口付近から琵琶湖にかけゆるやかに大きくなっていった。また、波高は 1250m までは 3cm 以下であり、1300m より琵琶湖側ではより大きくなった（図 5.3.4.4）

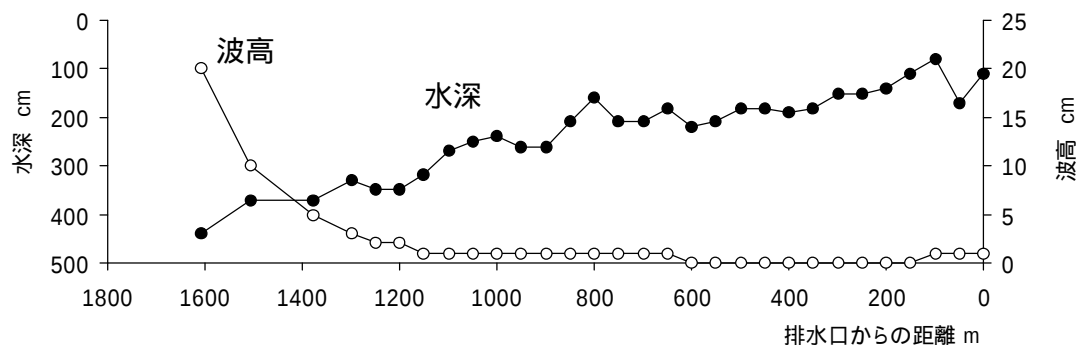


図 5.3.4.4 水深と波高の分布

なお、全域の中～底層で水草が繁茂しており、ほかに特徴的な微地形は観測されなかった。

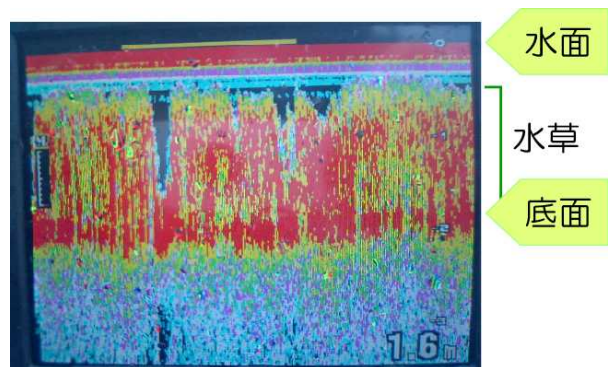


図 5.3.4.5 音探画像(例・350-400m 地点)

魚類採集結果

0~1250 の 26 地点で 7 種 358 個体 26.7kg の魚類が採集された。うちオオクチバスが 199 個体 (17.6kg)、ブルーギルが 134 個体 (5.9kg) であり、両種を合計すると個体数で全体の 93%、重量で 88% を占めていた。

表 5.3.4.1 魚類採集結果 [彦根旧港湾]

小型三枚網 78 枚、投網 78 投の合計

種名		小型三枚網	投網	合計
オオクチバス	個体数	24	175	199
	体重 g	5,326.4	12,273.9	17,600.3
ブルーギル	個体数	42	92	134
	体重 g	4,730.9	1,200.4	5,931.3
ギンブナ	個体数	6		6
	体重 g	1,654.6		1,654.6
オイカワ	個体数		13	13
	体重 g		187.6	187.6
ゲンゴロウブナ	個体数		2	2
	体重 g		50.5	50.5
ニゴロブナ	個体数	3		3
	体重 g	1,047.0		1,047.0
ワタカ	個体数	1		1
	体重 g	199.2		199.2
	個体数合計	76	282	358
	体重合計 g	12,958.1	13,712.4	26,670.5

オオクチバス等の体長組成

採集されたオオクチバス等の体長組成を図 5.3.4.6、図 5.3.4.7 に示す。

いずれの種も小型個体と中・大型個体の区別が比較的明瞭にみられ、オオクチバスでは体長 160mm、ブルーギルでは体長 100mm で区別できた。

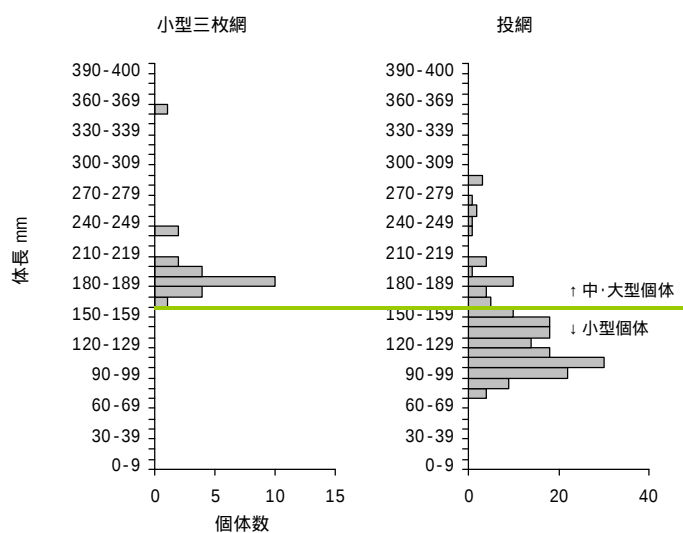


図 5.3.4.6 オオクチバスの体長組成 [彦根旧港湾]

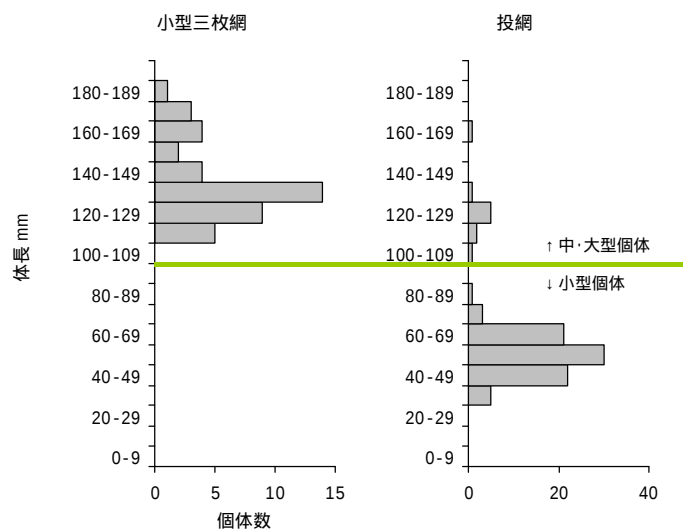
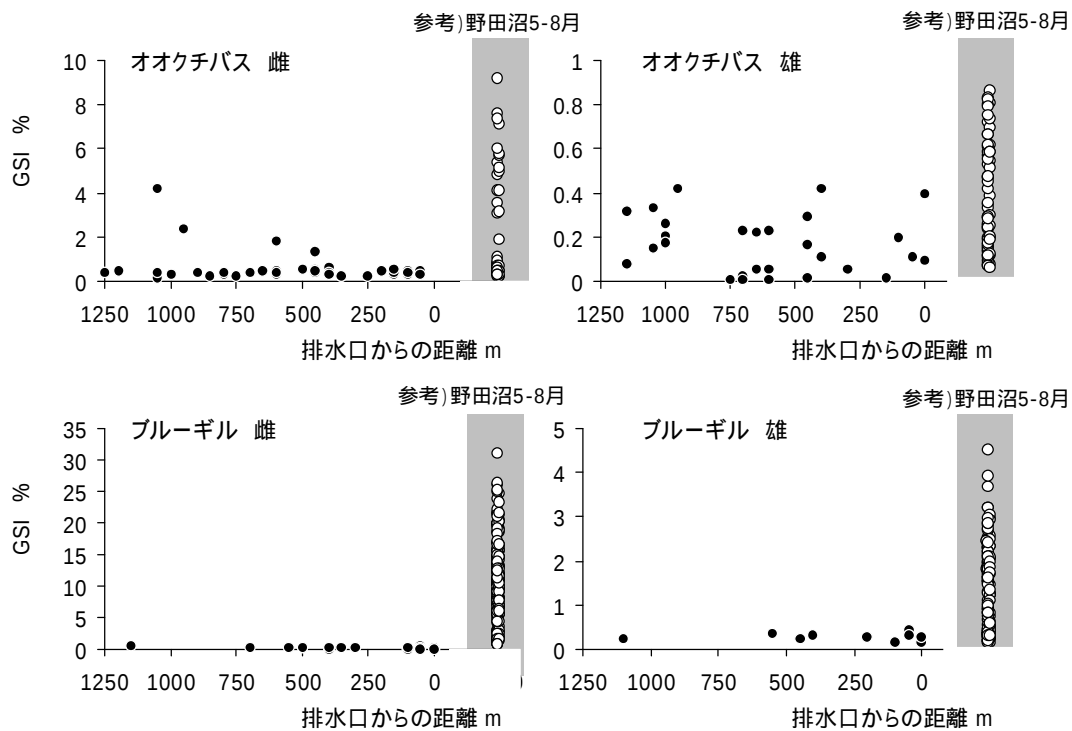


図 5.3.4.7 ブルーギルの体長組成 [彦根旧港湾]

オオクチバス等の GSI

採集されたオオクチバス等のうち中・大型個体（一部小型個体を含む）（オオクチバス 68 個体、ブルーギル 51 個体）の GSI を測定した結果を、今年の野田沼での測定結果とともに図 5.3.4.8 に示す。

オオクチバスで比較的高い値を示す個体がみられたが、産卵に十分な状態であるかは判断が難しかった。排卵個体はなかった。また、ブルーギルの生殖腺は産卵に十分な状態ではないと判断された。



オオクチバス：68 個体（体長 143~352mm） ブルーギル：51 個体（体長 107~180mm）について計測

図 5.3.4.8 オオクチバス等の GSI 分布 [彦根旧港湾]

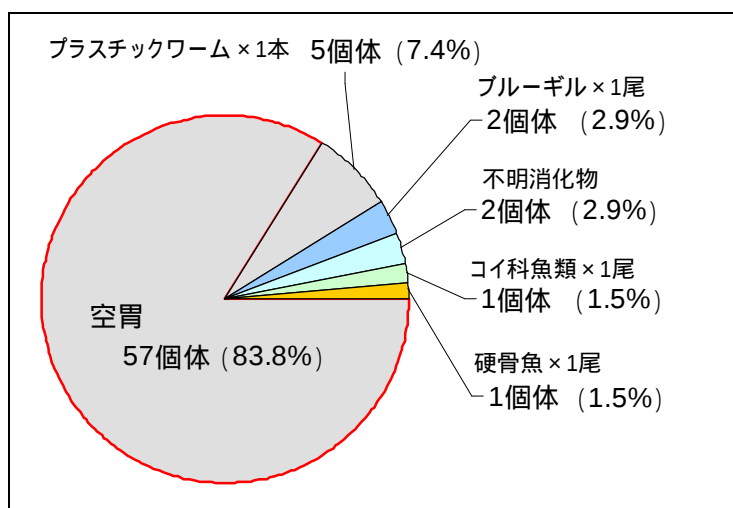
オオクチバス等の繁殖

調査中に目視観察を行ったが、産卵床、保護雄、あるいは仔魚は確認されなかった。

オオクチバスの胃内容物

採集されたオオクチバスのうち中・大型個体（一部小型個体を含む）68 個体の胃内容物をみたところ、何らかの餌を捕食していたのはわずかに 6 個体（8.8%）であった。5 個体（7.4%）はプラスチックワーム（疑似餌の一種）1 個のみを捕食しており、57 個体（83.8%）は空胃であり胃内に何も入っていなかった。

以上より、オオクチバスは本水域でほとんど摂食できていないと考えられた。



体長 143~352mm の 68 個体について計測

図 5.3.4.9 オオクチバス胃内容観察結果



ブルーギルを捕食していたオオクチバス



ワームを捕食していたオオクチバス
(半分腸内に入っていた)

5.4 冬季蛸集調査 総門川河口

総門川河口では、平成 17 年度の調査により河口付近で水温が高く勾配が認められたが、音探、潜水を用いた探索ではオオクチバス等の蛸集は確認できなかった。しかし、ここにオオクチバス等が蛸集しているという情報は依然としてあるため、本年度は捕獲による蛸集状況の再確認を行った。

5.4.1 調査場所

総門川河口（大津市におの浜）（図 5.4.1.1）



図 5.4.1.1 調査地点

5.4.2 調査実施日

2007 年 2 月 1 日

1 回

5.4.3 調査方法

(1) 定点の設定

のように湖岸に垂直な 5 測線を 50m 間隔で設け、各測線上に湖岸から 0, 25, 50, 100, 150m の 5 定点を設けた。また、総門川内に 1 定点を設けた（合計 26 定点）。

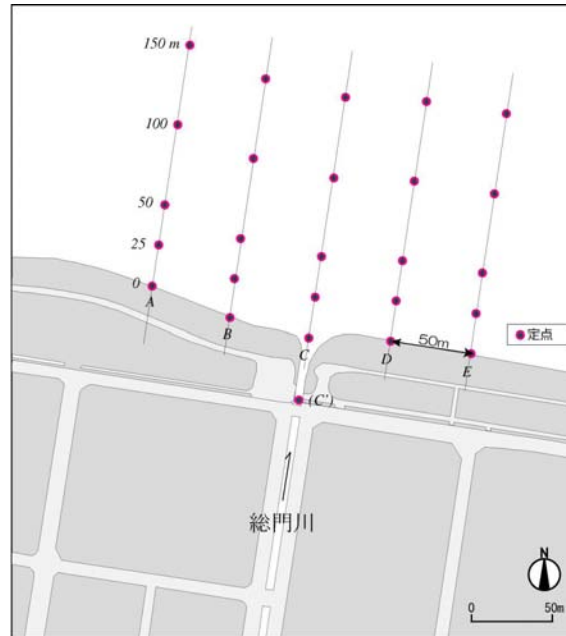


図 5.4.3.1 調査定点(総門川河口)

(2) 水温等測定

各定点において水温、水深、光透過率、EC、波高を測定することにより、環境勾配を調べた。水温、光透過率の測定層は表層（水面下 20cm）、底層（底面上 50cm）および水面下 1m ごとに中層を設定した。また、航行時には音探を用い各定点周辺の微地形を探索した。

(3) オオクチバス等の捕獲

各定点において小型三枚網を用いオオクチバス等の捕獲を行った。設置数は 1 定点につき 3 枚とした。在来魚の混獲を低減するため、操業は日中に行い、各網の設置時間は約 3 時間とした。

(4) 捕獲魚の測定

捕獲された魚類については個体ごとに体長、体重の測定を行った後、再放流した。（オオクチバス等については種の同定、体長、体重を測定し、大型個体について生殖腺重量の測定、さらにそのうちオオクチバスについては胃内容物の観察を行い、処分する計画であったが、オオクチバス、ブルーギルは全く採集されなかった）

5.4.4 調査結果

環境勾配

測定した水温、光透過率、EC について水深とあわせ図 5.4.4.1～図 5.4.4.2 に示した。なお波高については調査中に大きく変化し勾配は明らかでなかった。

周辺地形は、やや岸側と総門川河口で浅いもののいずれの場所も水深約 2m を超えており急深であった。

水温は総門川流入部で最も高く（最高 17.2 ）琵琶湖では水温の高い水塊は底層でみられた。最低値は 7.4 であった（図 5.4.4.1）。

光透過率（39.9～82.3 %）、EC（0.110～1.877 mS/cm）も水温と同じような分布を示し、特に総門川河口部では極めて強い勾配が形成されていた（図 5.4.4.2、図 5.4.4.3）。

総門川からは白濁した高温の水が琵琶湖へ流入しており、この水が琵琶湖の底層へもぐりこんでいたものとみられる。

なお、音探では特に障害物はみあたらなかった。

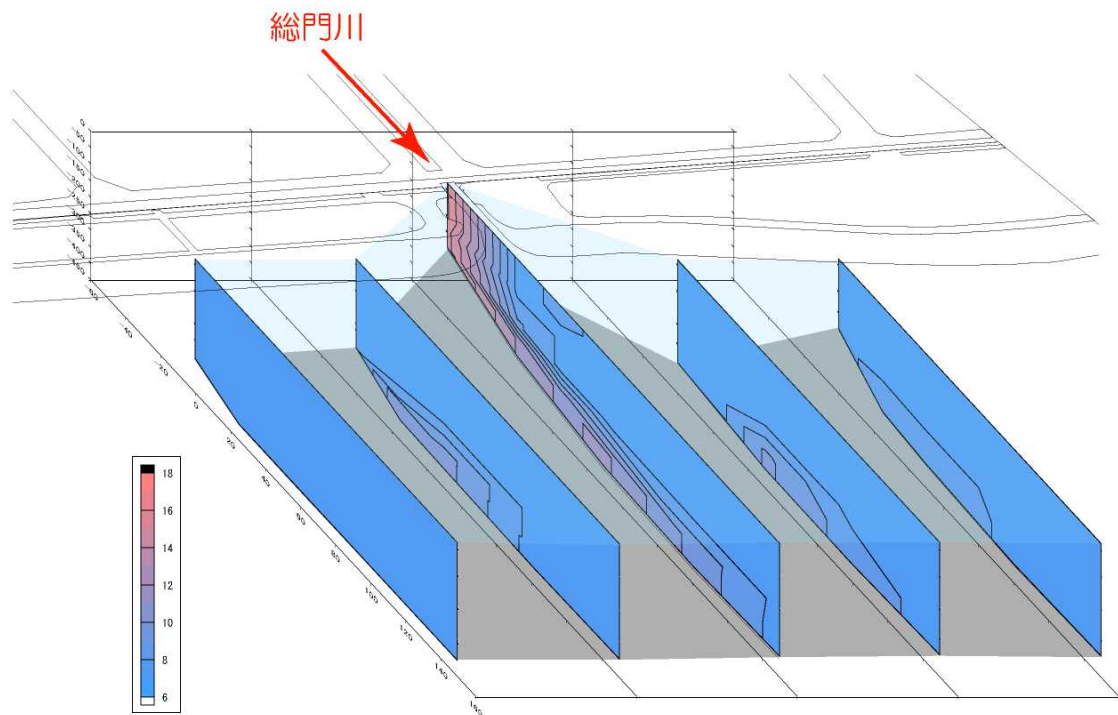


図 5.4.4.1 水温の分布

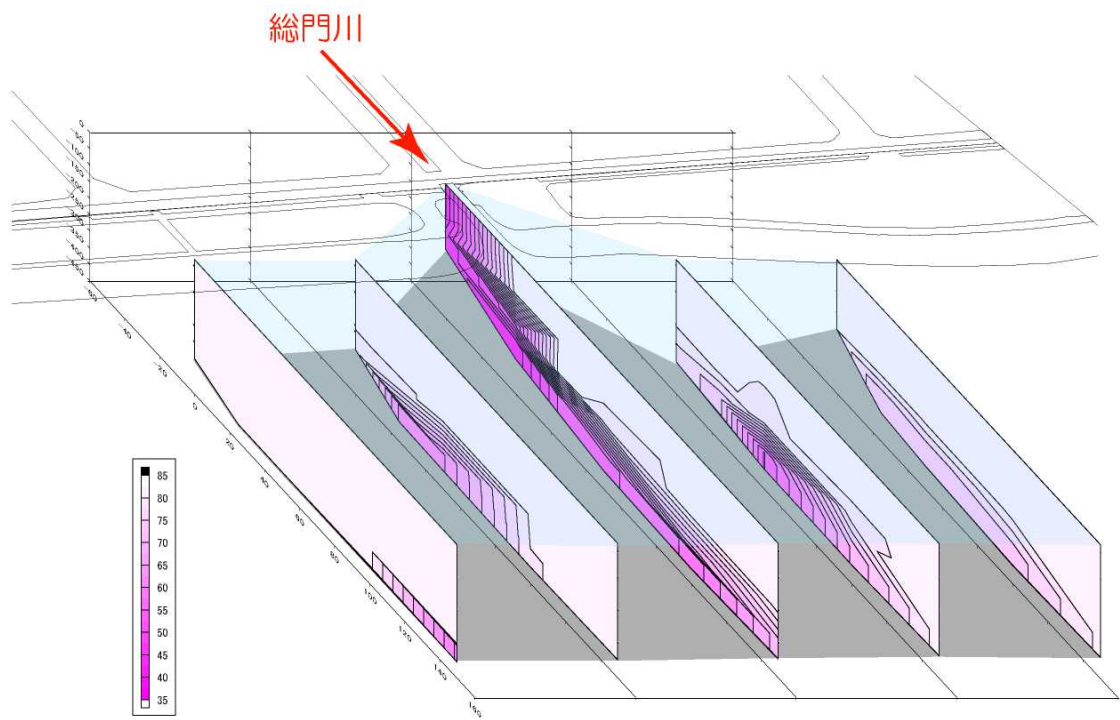


図 5.4.4.2 光透過率の分布

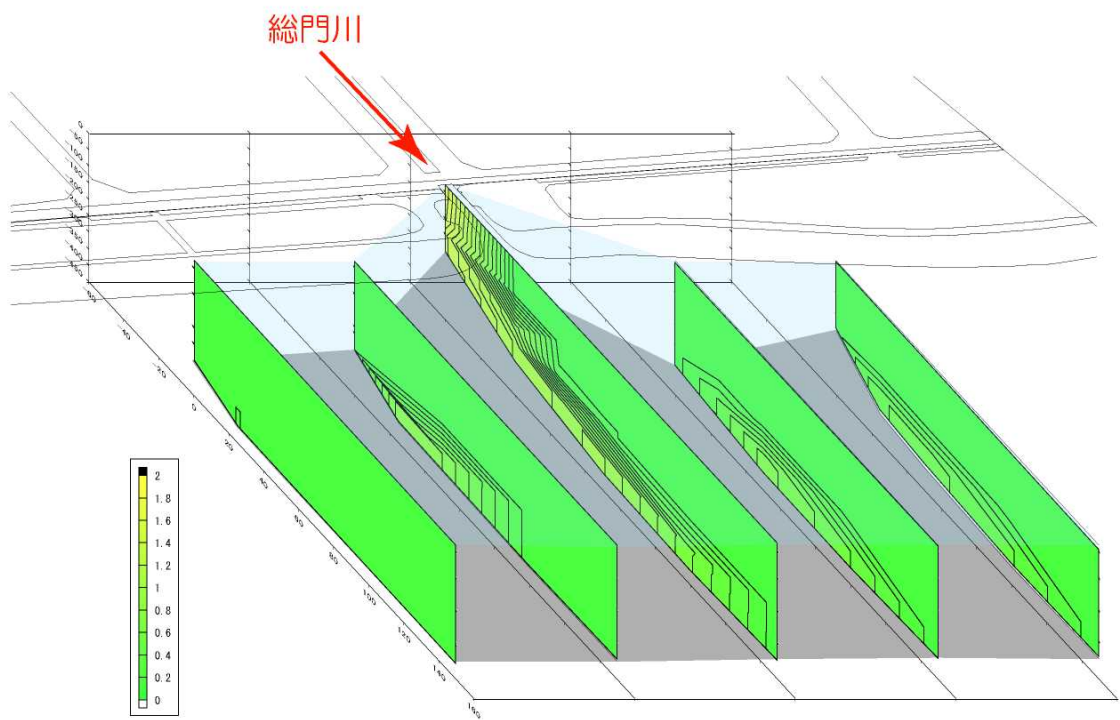
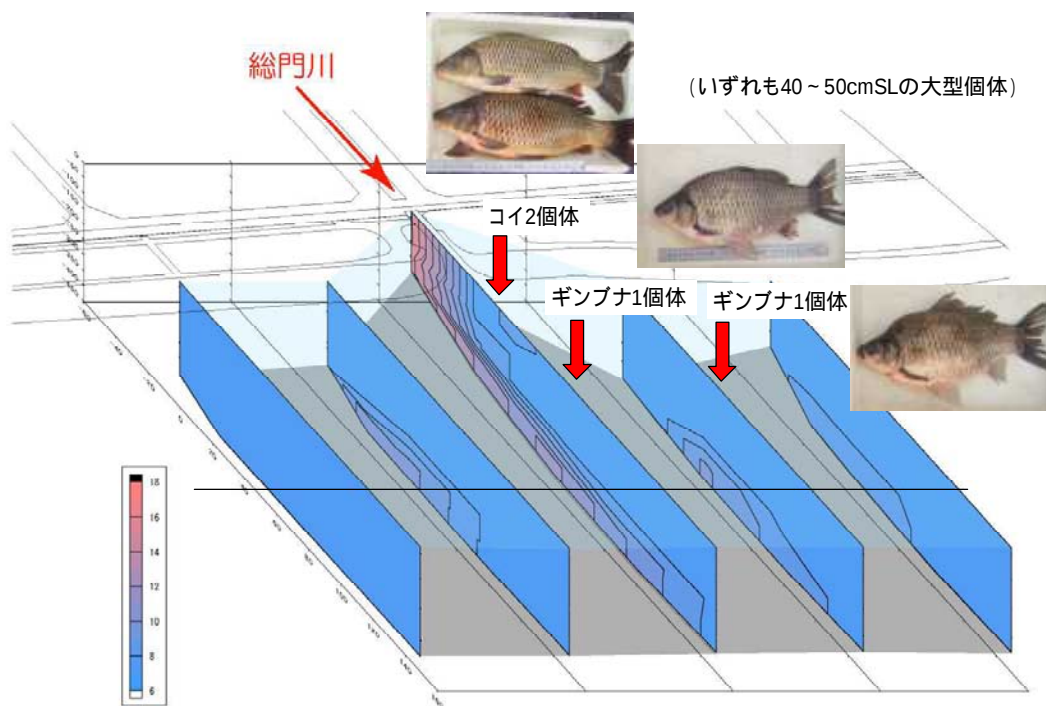


図 5.4.4.3 EC の分布

魚類採集結果

小型三枚網で採集された魚類は 4 個体（コイ 2 個体、ギンブナ 2 個体）であり、オオクチバス等は採集されなかった。コイ 2 個体は総門川河口直近の C0、ギンブナはそのやや沖側の C50 と、A50 でそれぞれ 1 個体が採集された。



6 考察

6.1 野田沼における外来魚の生態

6.1.1 産卵期

産卵期

人工産卵床、自然産卵床を実際に確認した時期および、産卵床調査と平行して行った小型三枚網による採集結果、仔稚魚調査結果、水温測定結果をもとに外来魚の産卵時期を推定し、他の事例と比較検討を行った。

総合的にみて、野田沼におけるオオクチバスの産卵期は5月中旬～7月上旬、ブルーギルの産卵期は5月下旬～8月中旬と推定された。

産卵床確認日

現地で実際に産卵床を確認した時期は、オオクチバスが6月中旬、ブルーギルが6月上旬、6月下旬、7月中旬、8月上旬～中旬であり（表 6.1.1.1）これらの時期は明らかに産卵期間であったといえる。

表 6.1.1.1 産卵床確認日 [2006 年, 野田沼]

種名	産卵床確認日
オオクチバス	6/16
ブルーギル	6/1、6/5、6/29、7/10、7/13、7/17、8/3、8/7、8/10

GSI 変化からの推定

一般に、GSI は産卵期に最大値を示し、産卵期が終了すると生殖腺の萎縮により急速に低下する。小型三枚網で採集されたオオクチバスの GSI** の変化を個体別、雌雄別に図 6.1.1.1 に示した。

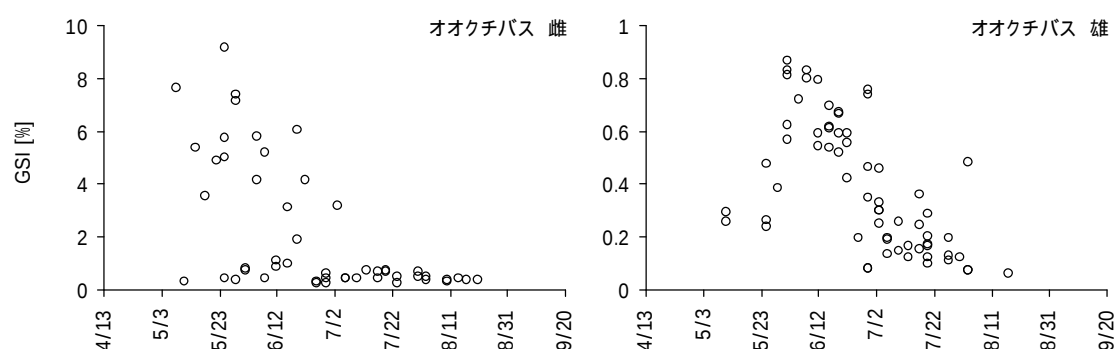


図 6.1.1.1 小型三枚網で採集されたオオクチバスの GSI 変化

オオクチバスの GSI は雌雄ともに期間中に低下傾向がみられた。

産卵期を推定するにあたっては産卵可能な GSI 値が問題となる。そこで、調査全期間に

** GSI ; 生殖腺指数 $GSI = \text{生殖腺重量} / (\text{体重} - \text{生殖腺重量}) \times 100$

小型三枚網で得られた雌全て（n=50）の GSI を並べたところ、1～3%の間に明らかな変曲点が認められ、これ以上は産卵可能、これ以下は産卵後あるいは未成熟であると考えられた。従って、図 6.1.1.1 で GSI3%以上の個体がみられた期間、すなわち 7 月上旬までが産卵期であったと推定される。

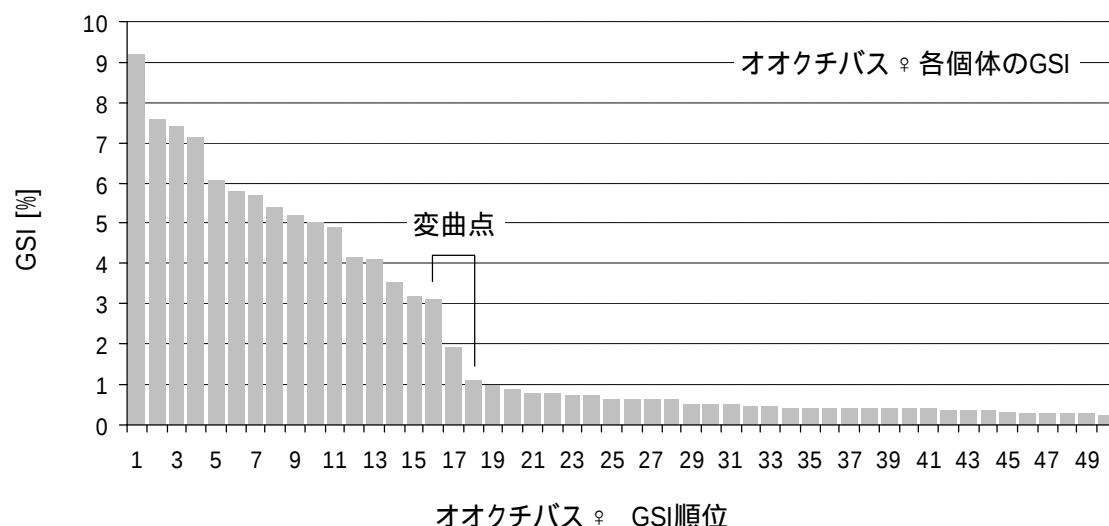


図 6.1.1.2 オオクチバス雌各個体の GSI [2006 年, 野田沼, 小型三枚網]

また、諏訪湖における調査結果および考察結果（武居，2006）からも、GSI が 3%程度であれば産卵期間中と判断されている。従って野田沼で 7 月上旬にみられたこの雌個体は産卵可能なものと考え、概ねオオクチバスの産卵期は 7 月上旬までと推定された（開始時期不明）。

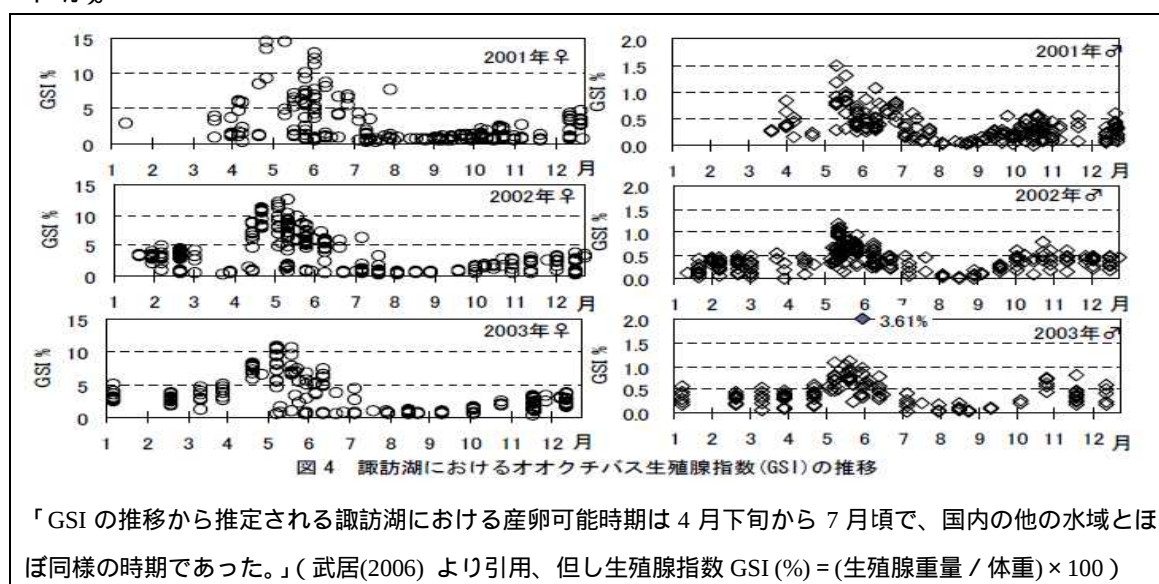


図 6.1.1.3 諏訪湖におけるオオクチバス生殖腺指数(GSI)の推移 武居(2006) より引用

ブルーギルについてもオオクチバスと同様に、小型三枚網で採集された個体の GSI の変化を個体別、雌雄別に図 6.1.1.4 に示した。

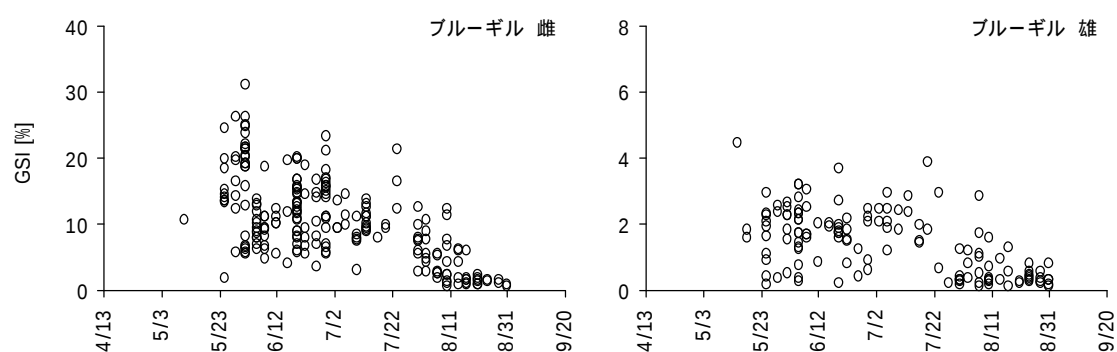
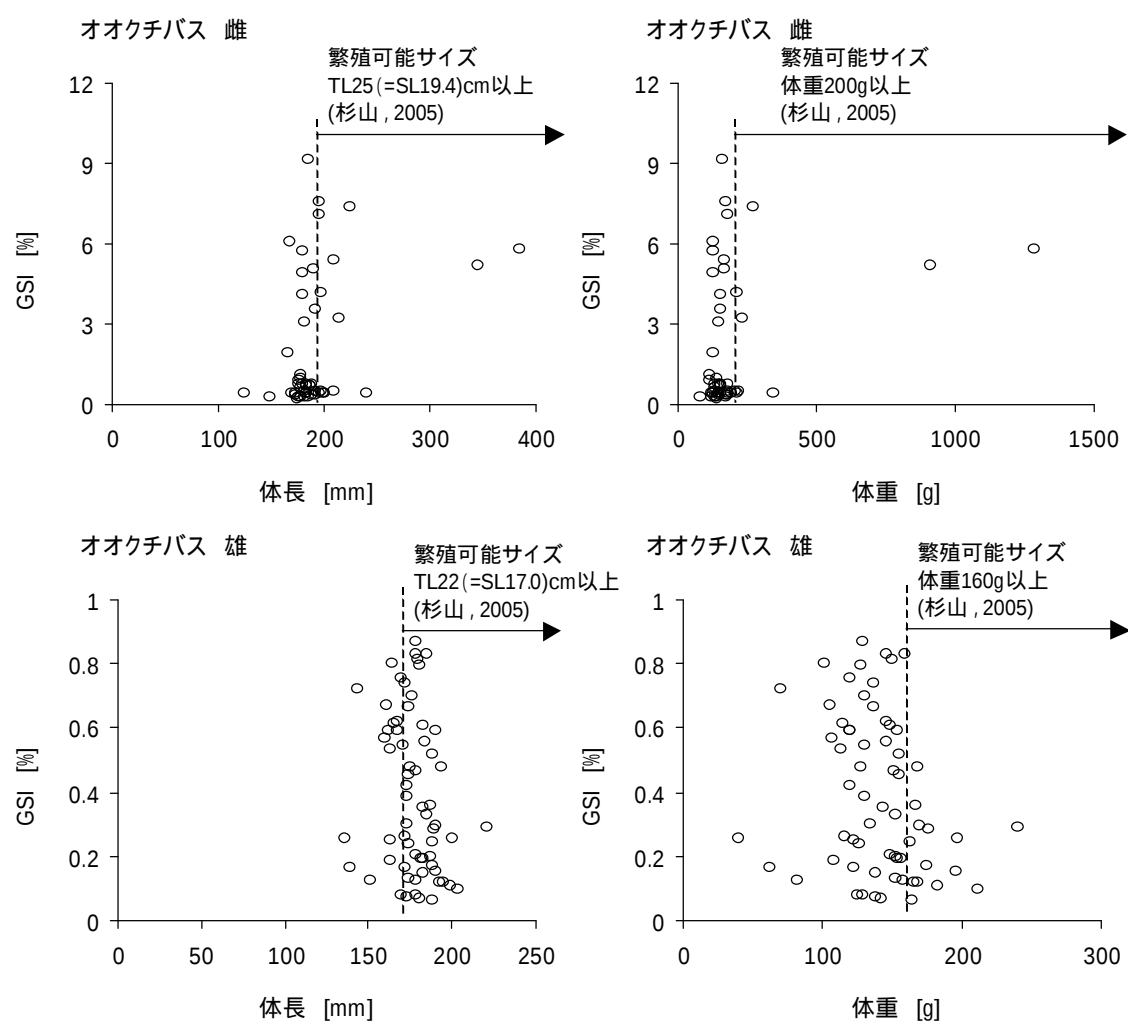


図 6.1.1.4 小型三枚網で採集されたブルーギルの GSI 変化

ブルーギルについては、8月中旬以降に高い GSI を示す個体がみられていないことが雌雄で一致したことから、産卵期は概ね 8月中旬までと推定された（開始時期不明）。

なお、オオクチバスの繁殖可能なサイズについて、杉山（2005）は雌で全長 25cm、体重 200g、雄で全長 22cm、体重 160g で成熟するとしている。本調査の小型三枚網で得られたオオクチバスの GSI と体長、体重の関係は図 6.1.1.5 に示すとおりであり、杉山（2005）の示す繁殖可能サイズよりも小さい個体でも高い GSI を示していた。



香川水試によるオオクチバス全長 - 体長換算式 $SL = 0.7189 \times TL^{1.023}$ を用い杉山（2005）の全長を体長に変換した

図 6.1.1.5 小型三枚網で採集されたオオクチバスの GSI と体長・体重の関係

仔稚魚採集結果からの推定

仔稚魚駆除（サーフネットおよびサデ網）により採集されたブルーギル仔稚魚の体サイズより、孵化日の逆算を試みた。

仔稚魚駆除により採集されたブルーギル仔稚魚について、毎回の試料から無作為に 35～200 個体（全 13 回、総計 1,403 個体）を抽出し、全長を測定した結果を図 6.1.1.6 に示す。この図より、ブルーギル仔魚は複数回にわたり孵化していることがうかがえる。

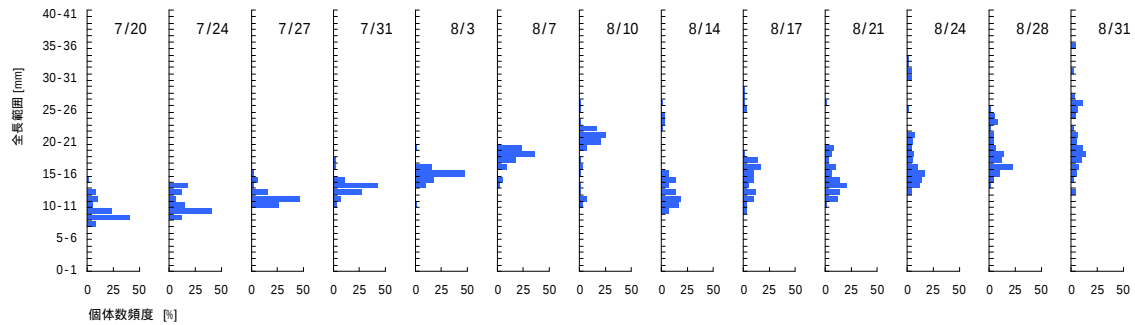


図 6.1.1.6 ブルーギル仔稚魚の全長変化 [2006 年, 野田沼]

得られたブルーギルの全長組成の変化より、ブルーギルの初期成長について MARQUALDT 法によるコホート解析を行い（図 6.1.1.8）得られた最頻値の変化から 2006 年のブルーギル仔魚の野田沼における成長を求めた（図 6.1.1.7）。

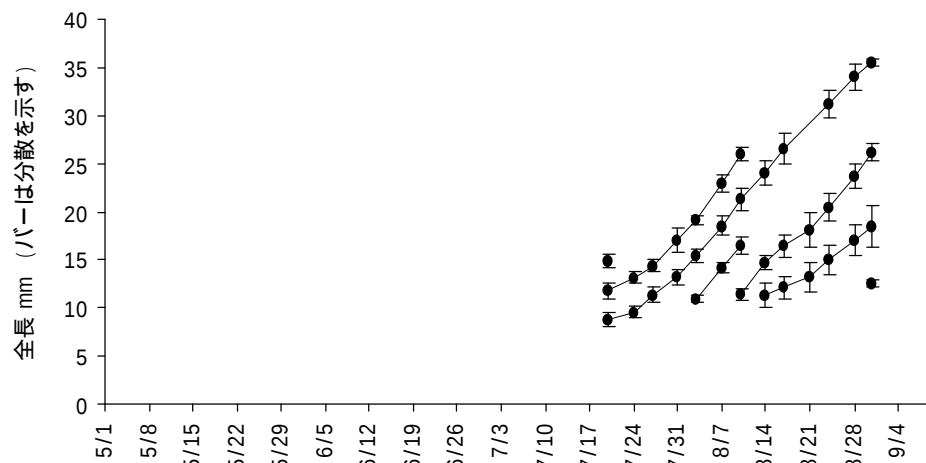
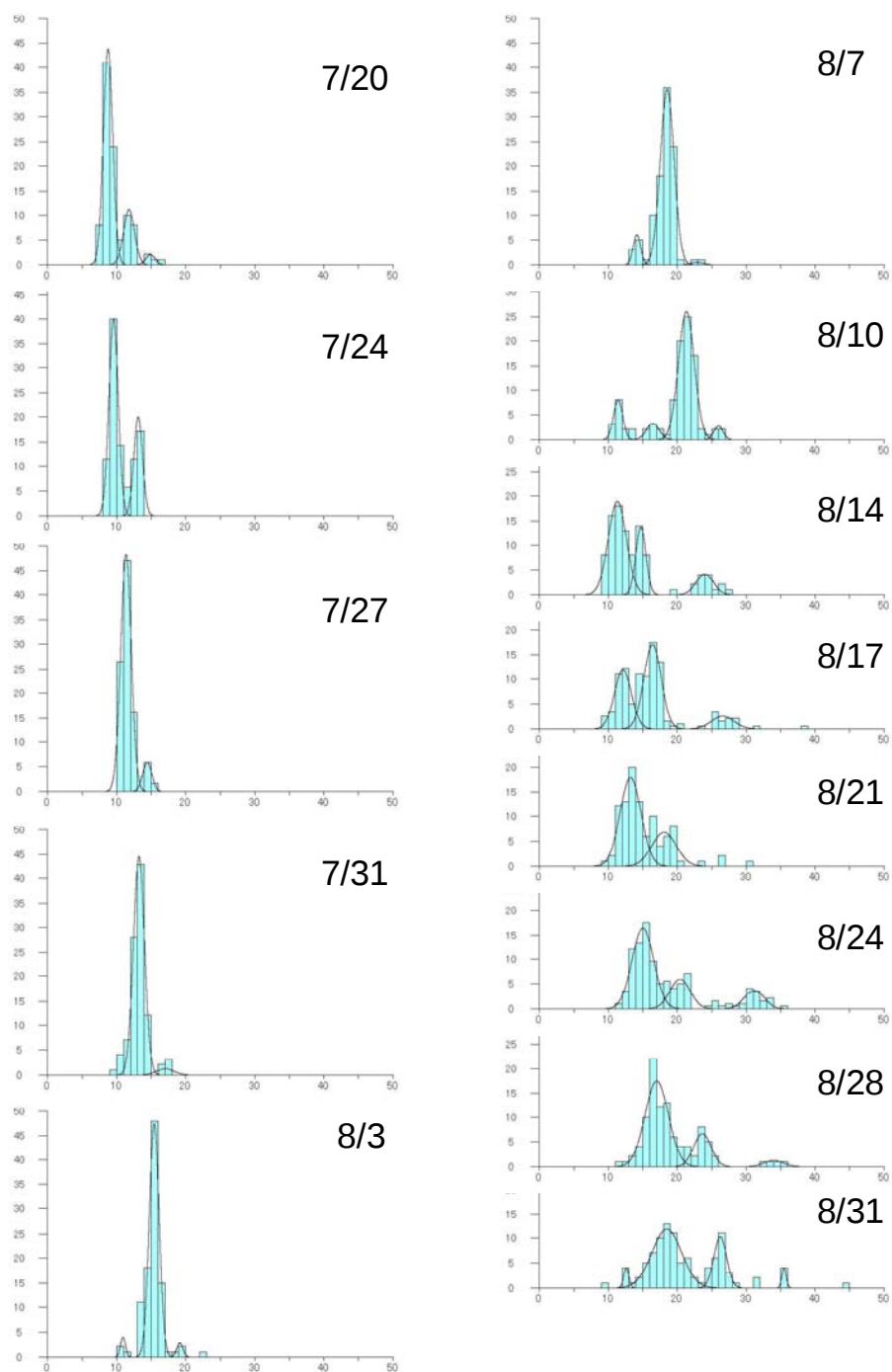


図 6.1.1.7 ブルーギル仔稚魚の全長変化 [2006 年, 野田沼]



縦軸：個体数、横軸：全長 mm

図 6.1.1.8 ブルーギル仔魚の全長頻度分布によるコホート解析結果 [野田沼]

ブルーギル孵化仔魚は全長 3.1～3.5mm とされている（全内協，1992）ことから、おおよそではあるが野田沼におけるブルーギルの孵化日が推定でき、さらに孵化日数を引くことで産卵期が推定できる。孵化日数は水温 20～21 で 48～52 時間（赤崎ほか，1970）24.5 で 37～43 時間、28.5 で 27～29 時間（中村ほか，1971）とされていることから、図 6.1.1.9 に示す通り、産卵期は主に 7 月上旬～7 月下旬と推定された。

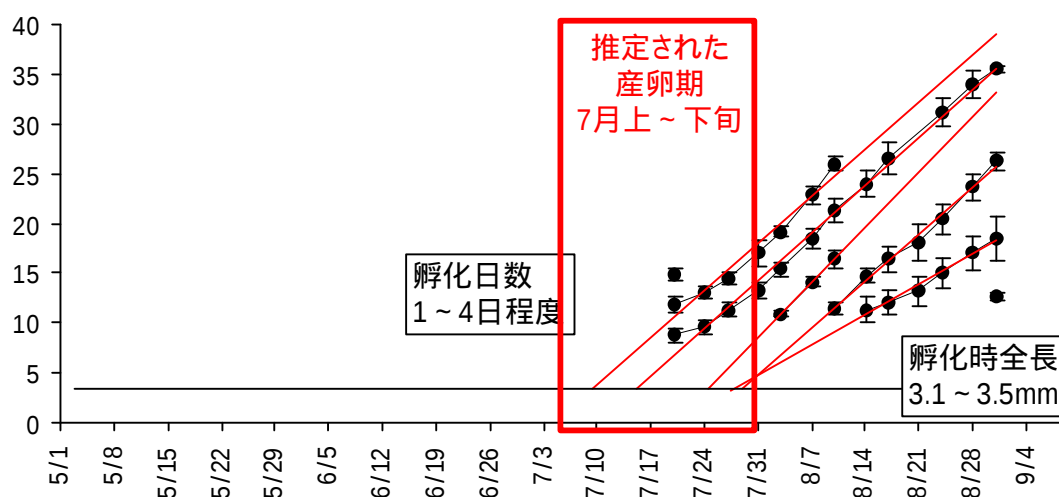


図 6.1.1.9 ブルーギルの成長による産卵期の推定結果 [野田沼]

なお、オオクチバスについては仔稚魚駆除で 5 個体（全長 30 – 82 mm）が確認された。これらは 7 月下旬の出水時以降に確認された稚魚であり、採集数が少なかったこと、それ以前に野田沼内で仔稚魚が確認されていないことから、琵琶湖から野田沼内に侵入してきたものである可能性がある。

表 6.1.1.2 仔稚魚駆除で採集されたオオクチバス 5 個体の測定結果

採集日	全長(mm)	体長(mm)	体重(g)
7月24日	30.4	25.9	0.37
7月27日	42.5	36.1	1.07
8月3日	54.6	46.8	1.99
8月17日	66.1	54.3	3.46
8月17日	81.7	69.9	7.34

水温変化からの推定

既往知見より、オオクチバス、ブルーギルの産卵期水温をまとめ表 6.1.1.3 に示した。残念ながらブルーギル産卵期の水温上限に関する情報は得られなかったが、これは本種の産卵期が時に最高水温期を超え 9 月に至ることから、産卵の終焉が水温によるものでないと判断されているためではないかと推測される。

これらの知見より、オオクチバスの産卵期水温を 15～24 、ブルーギルの産卵期水温を 20 以上として推定を行った。

表 6.1.1.3 オオクチバスの産卵期水温

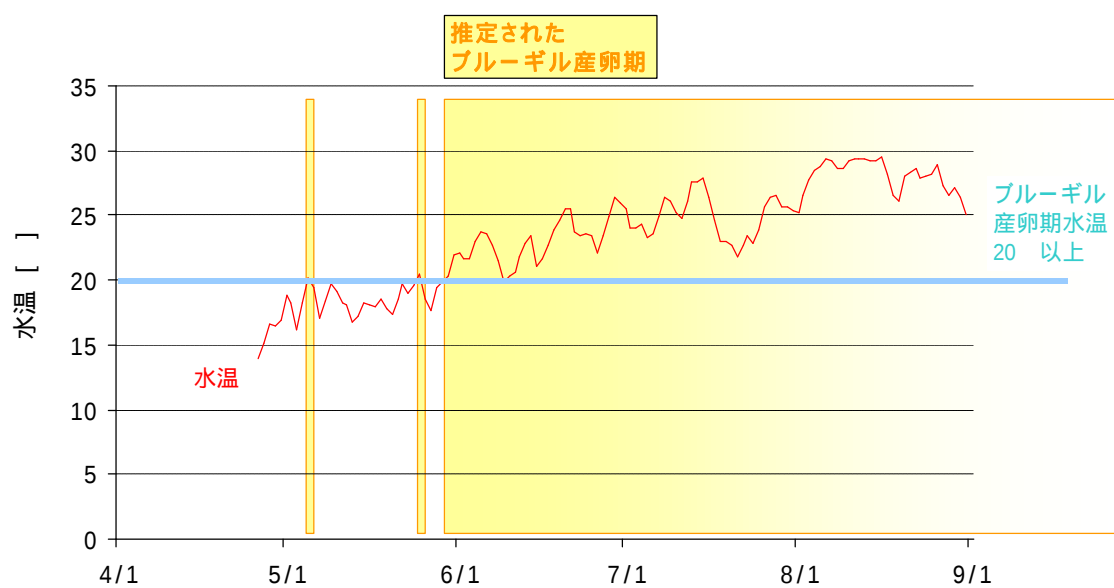
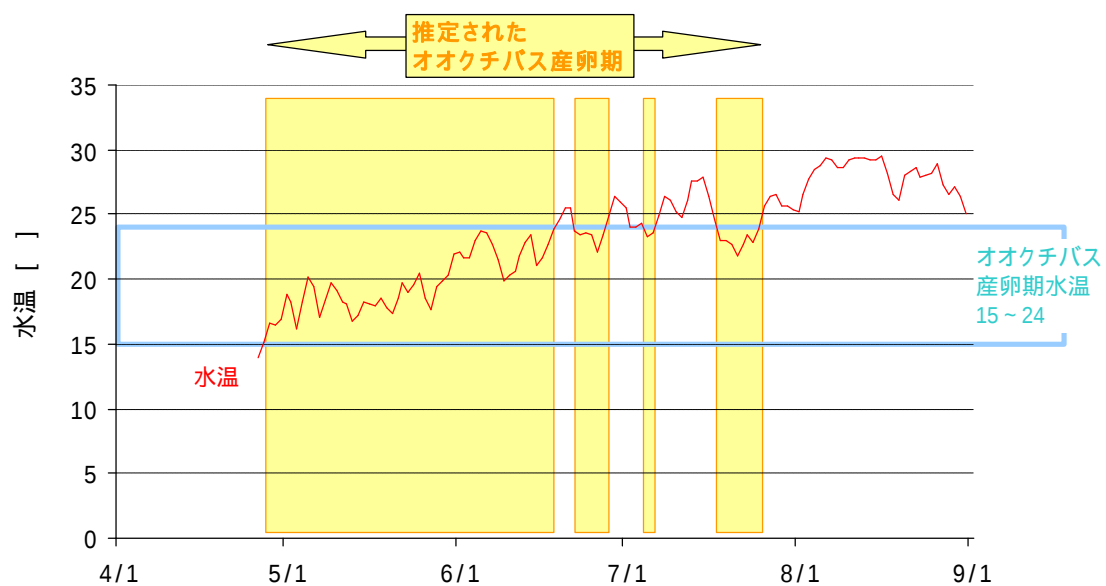
文献	場所	水温帯
Kramer and Smith(1962)	ミネソタ州	15-24
津村(1989)	琵琶湖	11.8～23.3 主に 16～20 前後
前畑(2001)	-	16～22
伊豆沼マニュアル(2006)*	-	(開始)15 前後
遠藤・宇部(2006)	岩手県御所湖	(開始)15 前後

表 6.1.1.4 ブルーギルの産卵期水温

文献	場所	水温帯
全内協(1992)	-	20 以上

野田沼湖内の 5 箇所（区域 A～E）の表層に設置したデータロガーによって得られた日平均水温を、各日について平均した値を野田沼平均水温とし、その変化に上記産卵水温（15～24）を重ねたところ、野田沼におけるオオクチバスの産卵期はおよそ 4 月下旬～7 月下旬、ブルーギルは 5 月下旬以降であったと推定された。

*環境省・宮城県伊豆沼・内沼環境保全財団，2006



野田沼平均水温: 野田沼湖内A～Eにおけるデータロガーによる連続測定結果から毎日の平均値を求め、日付ごとにA～Eを平均した値

図 6.1.1.10 水温によるオオクチバス・ブルーギル産卵期の推定 [2006 年, 野田沼]

本調査による確認・推定結果と他事例の比較

以上の野田沼における産卵期推定結果を、既往知見と照らし表 6.1.1.5 に示した。産卵が実際に確認されており、もしくは他からの推定で 2 項目以上が該当した期間を赤線で囲った。

本調査結果から総合的にみて、野田沼におけるオオクチバスの産卵期は5月中旬～7月上旬、ブルーギルの産卵期は5月下旬～8月中旬と推定された。また、この結果は他の既往知見からみてほぼ妥当であり、オオクチバスの産卵期がブルーギルのそれよりもやや早い点、ブルーギルの産卵期のほうが長い点も一致した。

表 6.1.1.5 野田沼における産卵期推定結果と他水域(既往知見)の比較

種名	場所	内容	4月			5月			6月			7月			8月			9月		
			上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
オオクチバス	野田沼	産卵床確認																		
		GSI変化からの推定																		
		水温変化からの推定																		
	琵琶湖	前畑(2001)																		
	芦ノ湖	前畑(2001)																		
	一般	全内協																		
ブルーギル	野田沼	産卵床確認																		
		GSI変化からの推定																		
		仔稚魚からの推定																		
		水温変化からの推定																		
	大阪府(試験池)	大阪淡水試(1974; 1976)																		
	西日本	寺嶋(2001)																		

6.1.2 産卵場所

産卵場所

野田沼における外来魚の産卵場所について、人工産卵床、自然産卵床を実際に確認した場所について、産卵床調査と平行して行った小型三枚網による採集結果との比較検討を行った。

オオクチバスは産卵床の確認がほとんどなく、また小型三枚網での採集数や GSI の分布にも平面的な強い偏りがみられなかったことから、特定の産卵場は推定できなかった。ブルーギルは西部を除く広い範囲で産卵床が確認されたが、オオクチバスと同様に採集数や GSI の分布に平面的な強い偏りはみられなかった。

産卵床を確認した場所

実際に外来魚の産卵床を確認した場所を図 6.1.2.1 に示す。

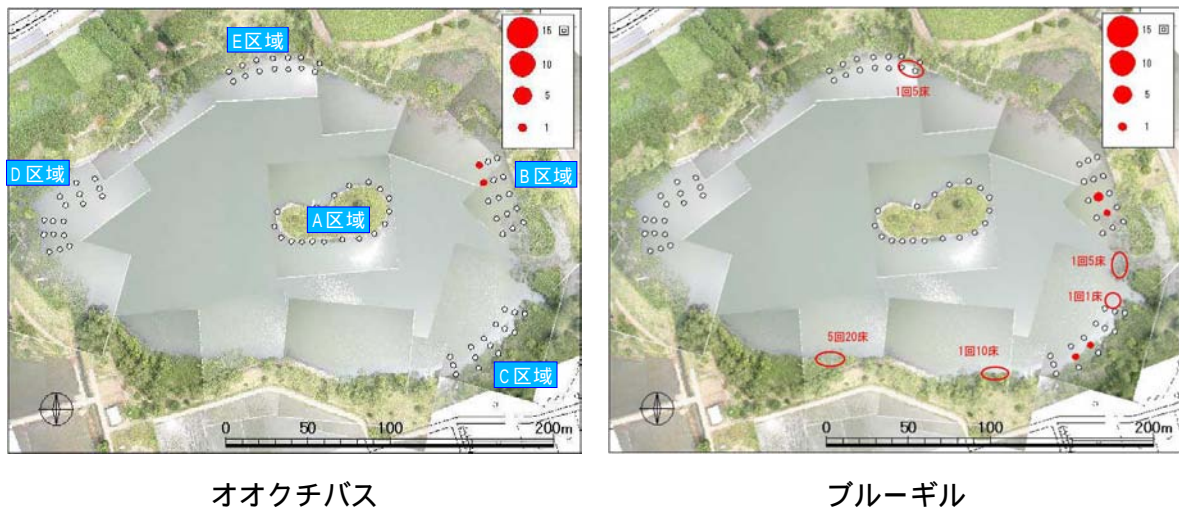


図 6.1.2.1 産卵床確認位置

成魚はどこで多かったか

オオクチバス・ブルーギルはともに水底に産卵床を作り、雄が保護する性質をもつ。従って、産卵場所には産卵親魚が長く留まるため、推測された産卵期に小型三枚網での採集が多かった場所が産卵場として利用されている可能性が高いと考えられる。

小型三枚網による外来魚の採集数を月別に図 6.1.2.2 に示した。オオクチバスはどの月でも分布に偏りがなく、産卵場を推定するに至らなかった。ブルーギルは 5-6 月に E 区域で多く、7 月以降は区域間にほとんど差がみられなかった (図 6.1.2.3)。

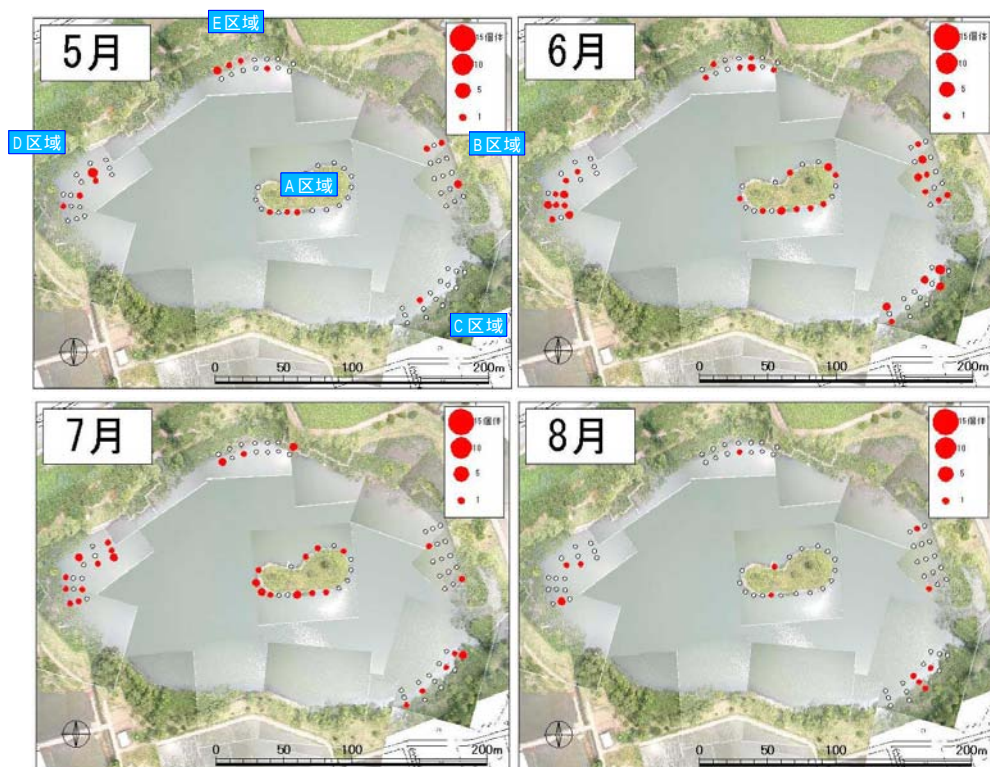


図 6.1.2.2 小型三枚網で採集されたオオクチバスの分布

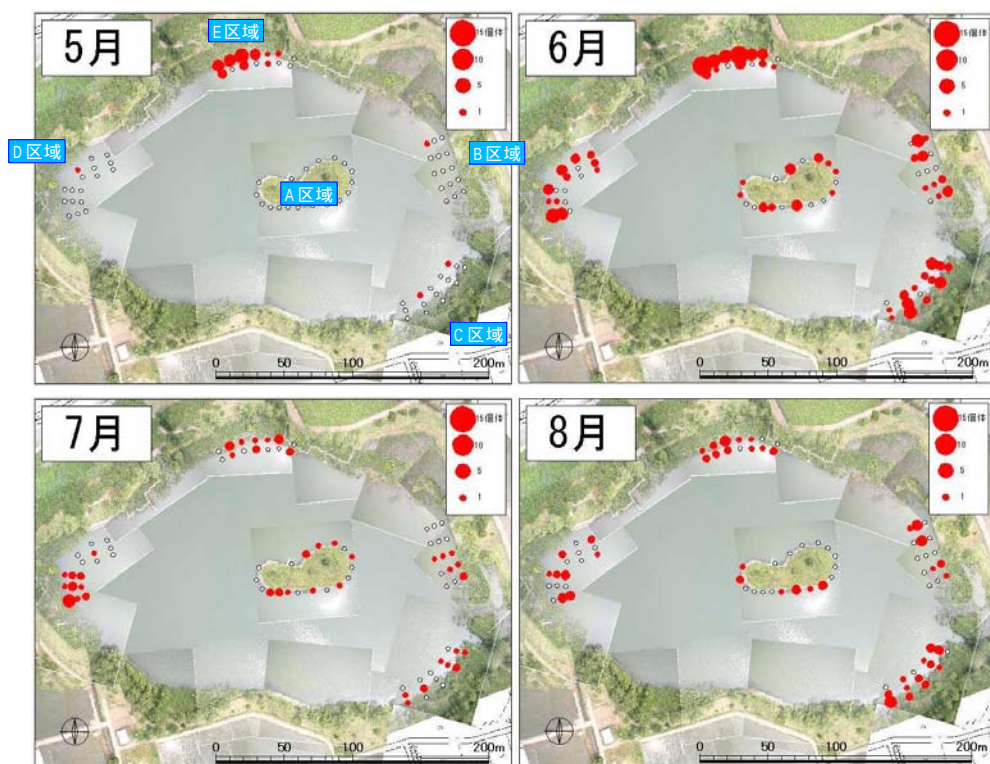


図 6.1.2.3 小型三枚網で採集されたブルーギルの分布

GSI が高い個体はどこで多かったか

産卵前の親魚は GSI が高いため、GSI の高い個体が採集された場所は産卵場に近い可能性が高い。小型三枚網の設置地点（79 箇所）ごとに、採集されたオオクチバス雌各個体の GSI をプロットすると（図 6.1.2.4）オオクチバスでは GSI の高い個体の採集場所に偏りはなく産卵場所を推定するに至らなかった。

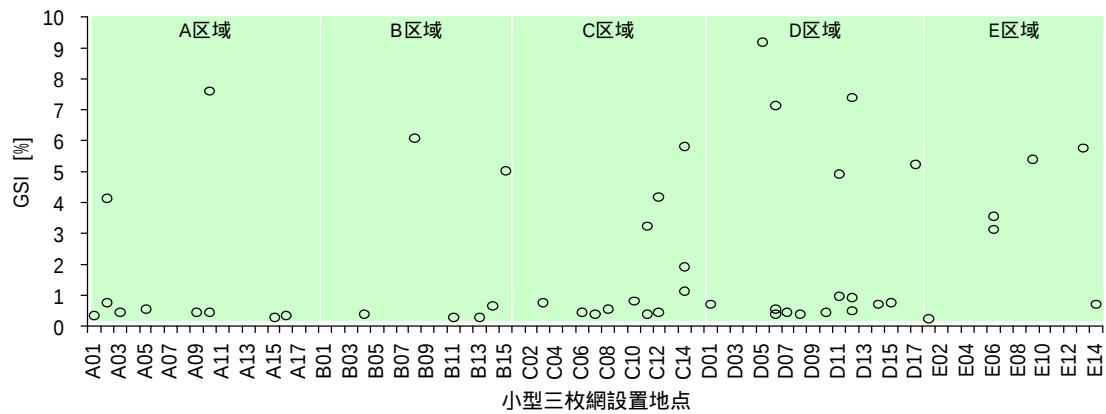


図 6.1.2.4 オオクチバス雌 GSI の分布 小型三枚網設置場所別 [2006 年, 野田沼]

オオクチバスの GSI 分布について水深別にみても（図 6.1.2.5）GSI の高い個体が多い特定の水深帯はみられなかった。

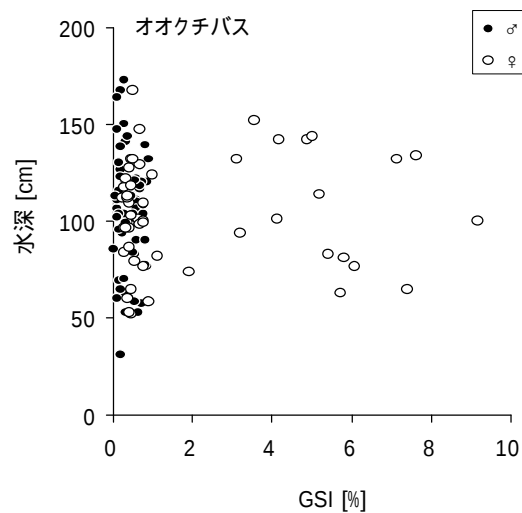


図 6.1.2.5 オオクチバス GSI の分布 水深別

ブルーギル雌でもやはり GSI の高い個体が全区域でみられ、オオクチバスと同様に GSI から産卵場所を推定することは困難であった（図 6.1.2.6）。しかし、GSI の頻度分布でみると（図 6.1.2.7）GSI の高い個体は E 区域で多い傾向がみられた。このことから、GSI 分布からはブルーギルの産卵可能性は比較的 E 区域で高いものと推察された。

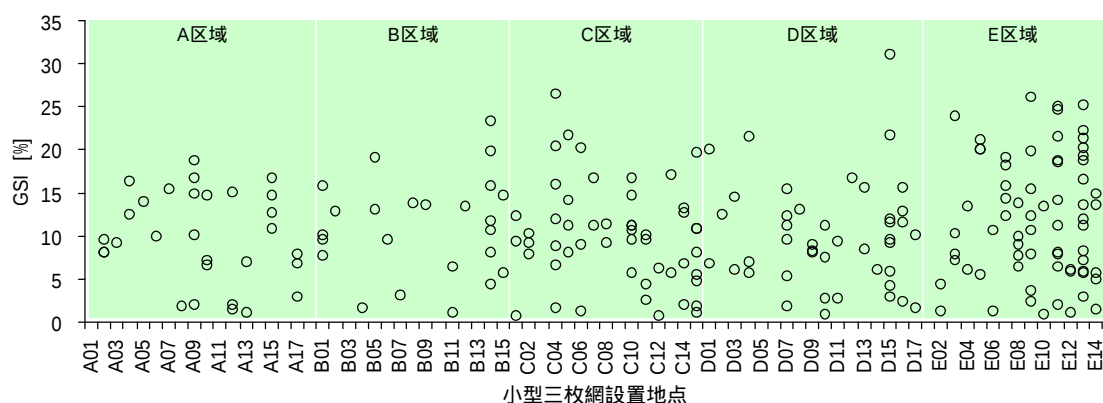


図 6.1.2.6 ブルーギル雌 GSI の分布 [2006 年, 野田沼]

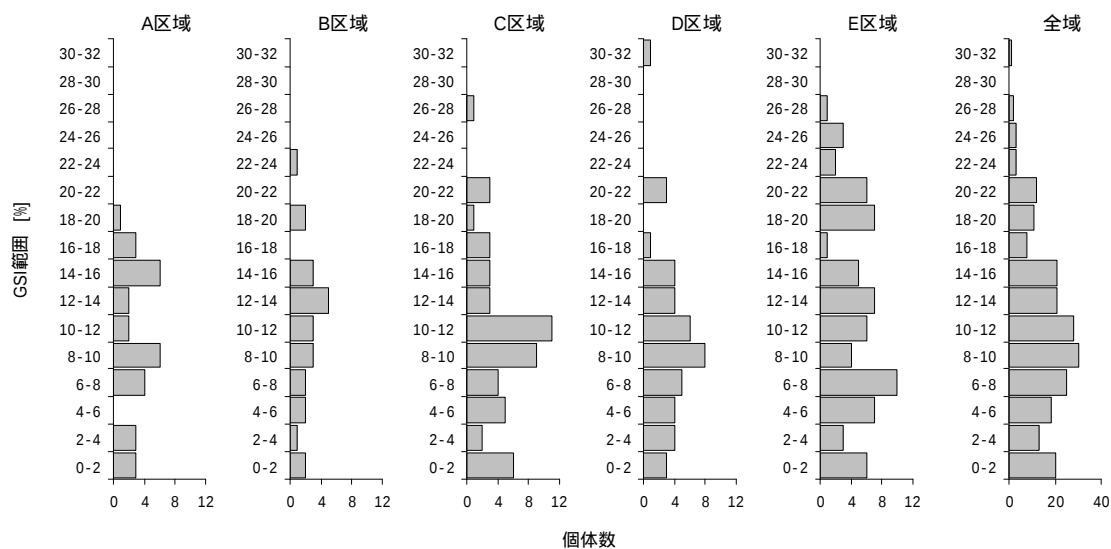


図 6.1.2.7 区域別にみたブルーギル雌 GSI 頻度分布 [2006 年, 野田沼]

ブルーギルの GSI 分布について水深別にみると（図 6.1.2.8）、GSI の高い個体は低い個体に比べ比較的浅い水深帯、特に GSI が 20%を超えるような個体は水深 1m 以浅で採集されているものが多かった。

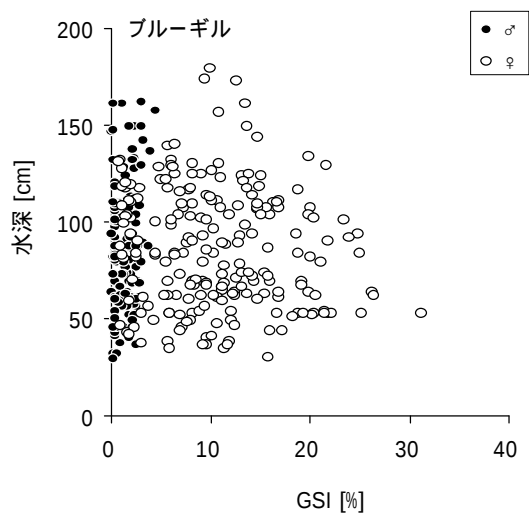


図 6.1.2.8 ブルーギル GSI の分布 水深別

まとめ

オオクチバスは産卵床の確認がほとんどなく、また小型三枚網での採集数や GSI の分布にも平面的な強い偏りがみられなかったことから、特定の産卵場は推定できなかった。ブルーギルは西部を除く広い範囲で産卵床が確認されたが、オオクチバスと同様に採集数や GSI の分布に平面的な強い偏りはみられなかった。

6.1.3 成育場所

成育場所

オオクチバス、ブルーギル仔稚魚の確認位置から野田沼内の成育場所を推察した

オオクチバスの仔稚魚はほとんど採集されず、野田沼内での成育はほとんどなかったものと推察され、成育場所は明らかでなかった

ブルーギルは野田沼内では南側で多い傾向がみられ、かつ沈水植物が生えている場所、あるいは沈船の周辺であり、ヨシ帯直近よりはその沖側に数 m 離れた場所で多い傾向がみられた

野田沼ではオオクチバス仔稚魚はほとんど確認されなかった

オオクチバスの仔稚魚は群れをなすことが知られており、ある程度水が澄んだ状態では水面上から容易に観察することができるが、産卵期から想定される成育期（5～8 月）に週 2 回のペースで湖内を観察したにもかかわらずオオクチバス仔稚魚の群れは全く確認されなかった。4～10 月に 10 回行った仔稚魚調査でもオオクチバス仔稚魚は全く採集されていない。サデ網およびサーフネットを用いた仔稚魚駆除では、7/24～8/17 に 4 回で 5 個体（体長 3～7cm）を確認したのみである。この期間は降雨により琵琶湖水位が近年になく急上昇した直後であり、採集された 5 個体も琵琶湖から進入である可能性が高い。湖内で確認した産卵床数が 2 個と少なかったことからみても、少なくとも 2006 年の野田沼ではオオクチバスの産卵・成育はほとんど行われなかったものと考えられる。しかし、小型三枚網で採集されたメスには排卵しているとみられる個体が多数確認されていることから、産卵を行ったものの何らかの原因により著しく減耗した可能性もある。オオクチバス卵の捕食者は、ブルーギル、ヨシノボリ、オイカワ、コイなどとされており（全内協 1992）他の魚による捕食を受けたのかもしれないが実際のところは不明である。

野田沼におけるブルーギル仔稚魚の出現状況

ブルーギルの仔稚魚はオオクチバスほど顕著な群れを形成しない（全内協，1992）が、群がり（方向不定の集団）を形成することはある。これらの仔稚魚は主に仔稚魚駆除で採集され（図 6.1.3.1）湖内の南側で比較的多い傾向がみられた。なお、ブルーギル仔魚がみられた場所をより詳細に記述すると、沈水植物が生えている場所、あるいは沈船の周辺であり、ヨシ帯直近よりはその沖側に数 m 離れた場所で多く確認された。



図 6.1.3.1 ブルーギル仔魚の主な確認範囲

6.1.4 オオクチバスの繁殖について

野田沼でオオクチバスは繁殖していたのか？

既に述べたとおり、野田沼で得られたオオクチバスの GSI が時期を追って低下したこと、また産卵後と考えられる排卵個体が多数確認されたことは、野田沼におけるオオクチバスの繁殖を示唆している。一方で、産卵床が 2 床しか確認されなかったこと、仔魚が全く確認されず、稚魚もごくわずかであったことは、野田沼でオオクチバスがほとんど繁殖していなかったことを示唆しており、相反する結果となった。

この可能性として考えられることは以下のとおりである。

■ オオクチバスが野田沼で繁殖していたとすると、

- 1 産卵床、仔稚魚の見落とし
- 2 産卵したが何らかの要因により孵化あるいはごく初期の成長ができなかった
- 3 産卵床の見落とし 孵化しごく初期に仔魚が他水域へ移動した

■ オオクチバスが野田沼で繁殖していなかったとすると、

- 1 他水域（琵琶湖等）で産卵した成魚が野田沼に侵入していた

これらの可能性についてそれぞれ考えると、

-1 産卵床、仔稚魚の見落とし については、現地状況より産卵床と仔稚魚の両方を見落とす可能性は極めて低いものと考えられる。

-2 産卵したが何らかの要因により孵化あるいはごく初期の成長ができなかったについては、他魚種等による卵あるいは孵化仔魚への捕食圧が高かった可能性がある。

-3 産卵床の見落とし 孵化しごく初期に仔魚が他水域へ移動した については、オオクチバスの場合、仔魚は一定期間親魚に保護されており、こぞって琵琶湖へ移動したとは考えにくい

-1 他水域（琵琶湖等）で産卵した成魚が野田沼に侵入していた については、可能性としては考えうる

従って、 -2、 -1 の可能性が高いものと考えられたがこれらを検討するための情報が不足しており、野田沼でオオクチバスが繁殖していたかは明らかにできなかった。

6.1.5 ブルーギルの繁殖について

ブルーギル繁殖に関する時期別の検討

本調査結果では、5月に産卵床を多く確認したにもかかわらずその時期に孵化したであろう仔魚は確認されず、野田沼でのブルーギルの繁殖成功が時期別に大きく異なっていることが考えられたため、この要因について検討を行った。

ブルーギルの繁殖に関わると考えられる気象・水象等の時系列変化を図 6.1.5.1 に示した。2006 年の気象・水象で最も特徴的であったのが 7 月中～下旬の降雨およびそれに伴う琵琶湖水位の上昇である。この出水時には水温がおよそ 5～6℃ 低下しており、現地観察では琵琶湖から野田沼へ水が流入しているのを確認した。この出水を境にして、その後成魚の GSI は急に低下し、仔稚魚が駆除されはじめた。従って、7 月の出水が 2006 年の野田沼におけるブルーギルの繁殖に大きなインパクトを与えたであろうことは十分に考えられる。また、6 月の産卵床駆除は効果があったが、7 月の出水時に見えないところで多量の産卵が行われたか、琵琶湖から仔魚が流入したために出水後に仔魚を多数確認するようになったとも考えられる。

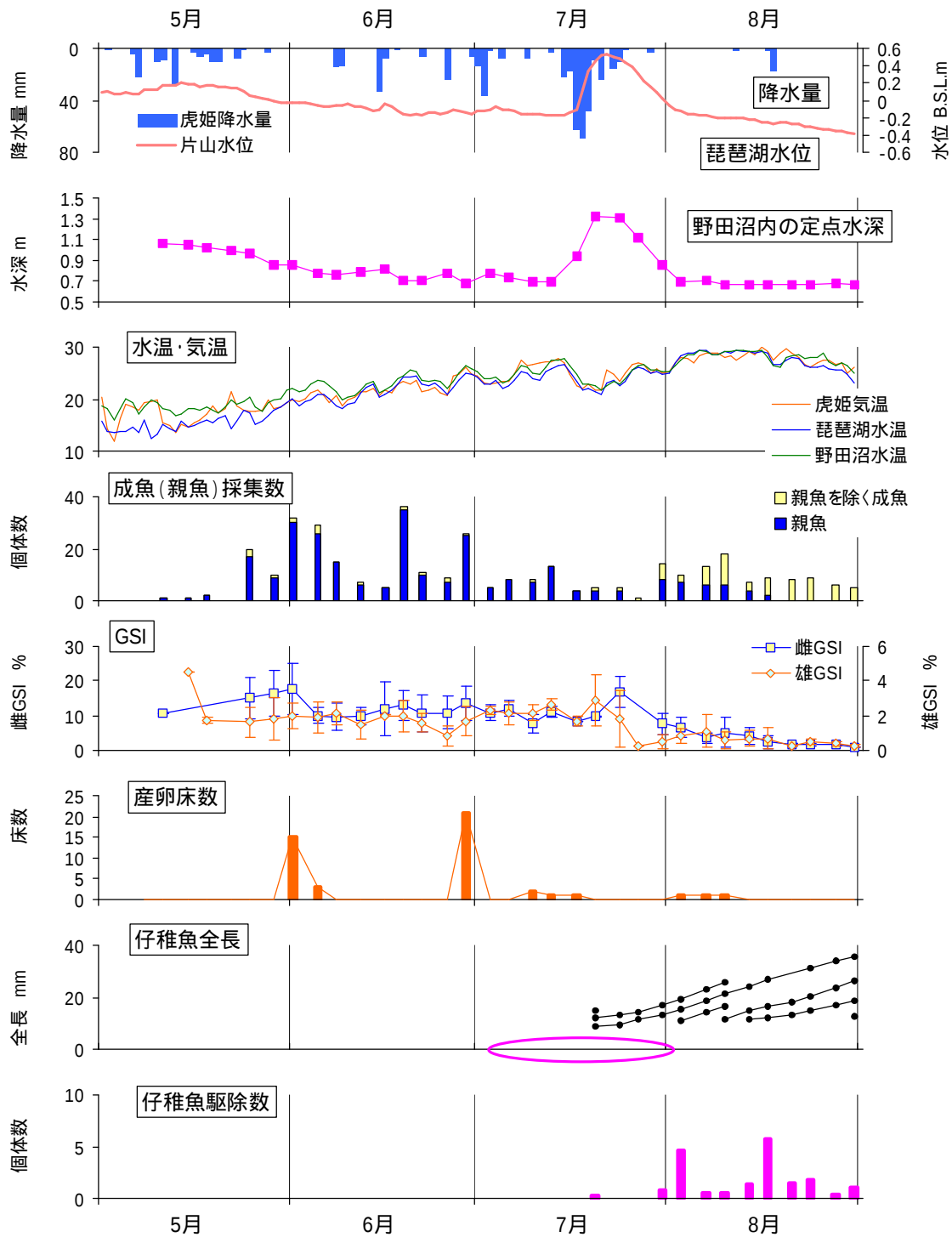


図 6.1.5.1 ブルーギル繁殖に関する事象の時系列変化

6.2 内湖における駆除効果の評価と手法の検討

6.2.1 駆除効果

駆除効果

2005 年 11 月、2006 年 11 月に同じ手法で行った魚類相調査の結果を比較し、駆除の効果について成魚駆除、繁殖抑制の両面から検証した

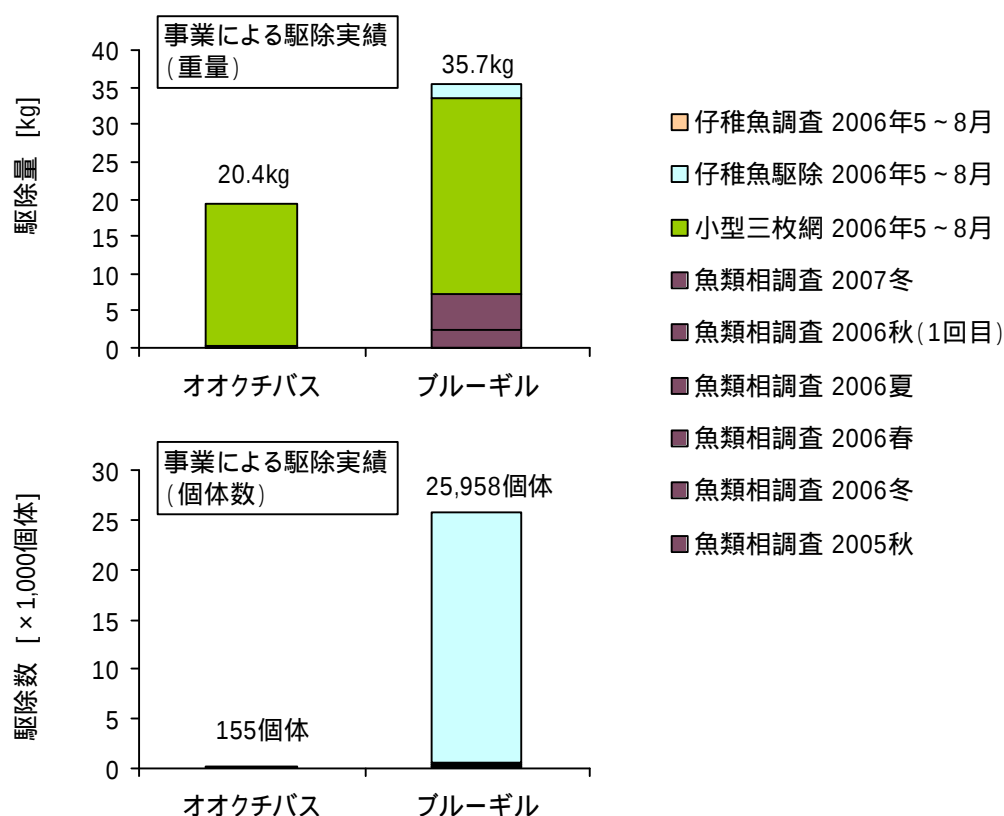
オオクチバスは成魚駆除、繁殖抑制のいずれについても直接的な効果はみられなかった。
ブルーギルは成魚は著しく減少したが駆除の効果であるかは判断できなかった。当歳魚は 34%の減少であり駆除の直接的な効果が認められた。

両種の駆除により、間接的な効果とみられる事象もみられた（在来種数、内湖依存種数の増加）一方で、在来種および内湖依存種の個体数比率は減少した。

2002 年に行われた調査と今回の仔稚魚調査結果を比較し、駆除効果について検証した

同じ手法で行った 2002 年と 2006 年の調査結果を比較すると、ブルーギルは顕著に減少しており、駆除努力をかけたつづけた結果であると考えられた

野田沼における外来魚の駆除実績を図 6.2.1.1 に示す。現時点での駆除実績総量はオオクチバス 20.4kg・155 個体、ブルーギル 35.7kg・25,958 個体である。ここでは 2005 年 11 月、2006 年 11 月に同じ手法で行った魚類相調査の結果を比較し、駆除効果について検証する。



注) 魚類相調査で標識放流したものは除く

図 6.2.1.1 事業全体での特定外来生物駆除総量 [野田沼]

駆除効果の2つの考え方

野田沼における駆除効果の評価にあたっては、在来魚への食害の影響緩和効果としての「成魚の駆除効果」と、外来魚自体を減らすための「繁殖抑制効果」を分けて考えた（図 6.2.1.2）。

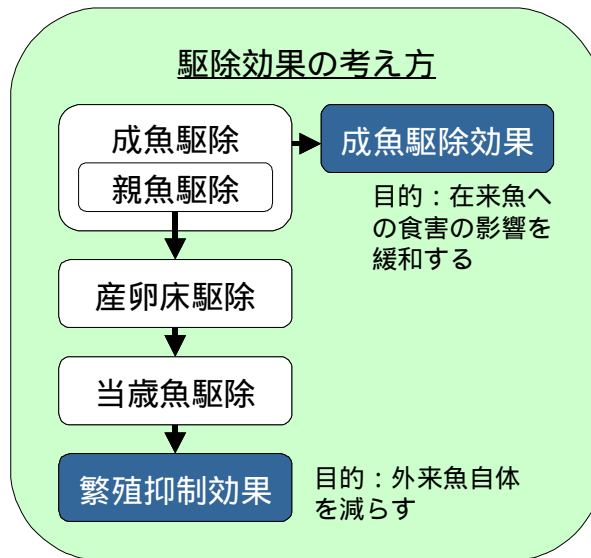


図 6.2.1.2 駆除効果の考え方

“成魚”の判断

野田沼において駆除したオオクチバスとブルーギルについて、体長から成魚と当歳魚を区別した。なお、ここでは成魚は 2005 年以前に生まれた個体、当歳魚は 2006 年に生まれた個体とする。

小型三枚網で採集されたオオクチバスは 99～384mmSL、ブルーギルは 86～181mmSL であり、採集時期からみて 2006 年生まれとは考えられないため全て成魚とした（図 6.2.1.3）

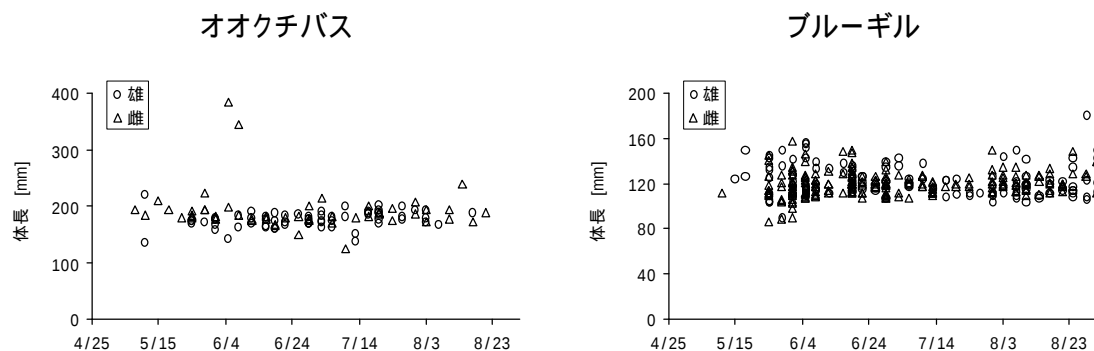


図 6.2.1.3 小型三枚網で採集されたオオクチバス、ブルーギルの体長 [野田沼, 2006]

小型三枚網以外にオオクチバスを駆除した方法として、仔稚魚駆除と魚類相調査があげられる。仔稚魚駆除では 7-8 月に 25.9-69.9mmSL の個体を駆除しており、これらは 2006 年

生まれと考えられた。魚類相調査（標識後再放流した個体を除く）では2006年5月の1個体（115mmSL）が成魚、8月の5個体は全て当歳魚と判断した。なお、2006年秋の魚類相調査をもって駆除効果を評価するため、それ以降は今回は対象外となる（図 6.2.1.4）。

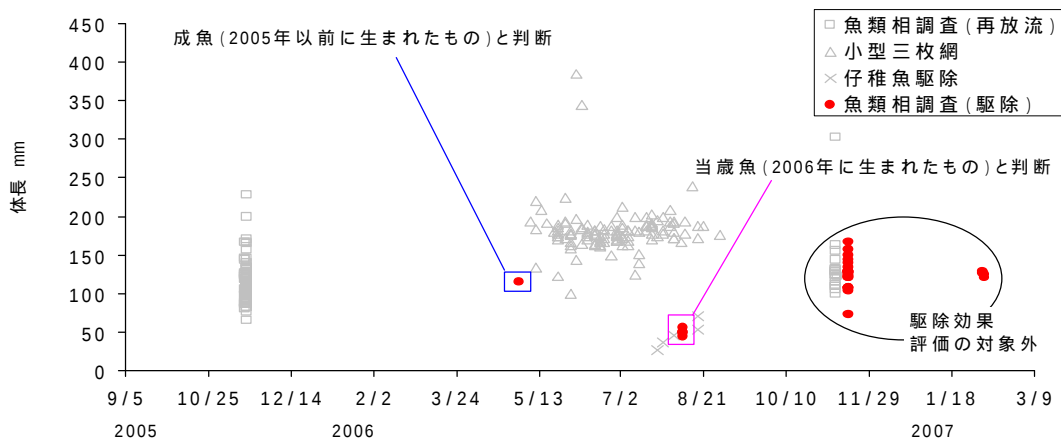


図 6.2.1.4 魚類相調査で駆除されたオオクチバスの体長 [野田沼]

小型三枚網以外にブルーギルを駆除した方法として、仔稚魚駆除、仔稚魚調査と魚類相調査があげられる。仔稚魚駆除では7-8月に7.0-35.5mmSL、仔稚魚調査では8-10月に12.0-23.3mmSLの個体を駆除しており、これらは2006年生まれと考えられた。魚類相調査（標識後再放流した個体を除く）では2006年2月の5個体（31-35mmSL）、5月の1個体（30mmSL）、8月の55個体（53-138mmSL）が成魚とし、8月の99個体（11-25mmSL）は当歳魚と判断した。なお、オオクチバスと同様、2006年秋の魚類相調査をもって駆除効果を評価するため、それ以降は今回は対象外となる（図 6.2.1.4）。

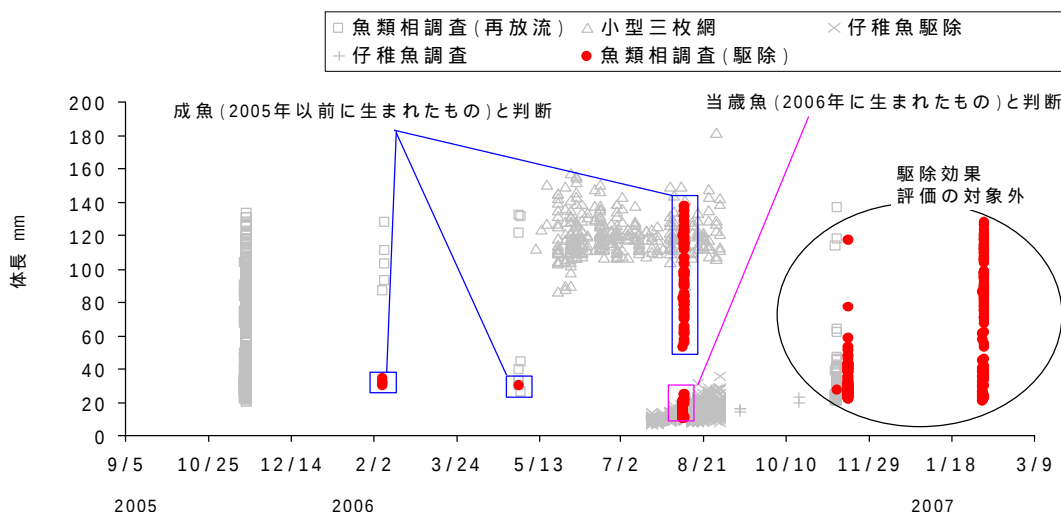


図 6.2.1.5 魚類相調査で駆除されたブルーギルの体長 [野田沼]

“親魚”の判断

野田沼において駆除したオオクチバスとブルーギルについて、GSI から成魚と親魚を区別した。但し、GSI を測定したのは小型三枚網による採集のみであることから、魚類相調査で採集された成魚にも親魚が含まれている可能性はあるもののここでは取り扱わなかった。

小型三枚網で採集されたオオクチバスの GSI 頻度分布は雌雄ともに 2 峰型をなしたため、大まかに 0.3% 以上（雄） 3% 以上（雌）を産卵可能な“親魚”とした（図 6.2.1.6）。ブルーギルもオオクチバスと同様、GSI 頻度分布 2 峰型（あるいはそれ以上）をなしたため、大まかに 0.9% 以上（雄） 4% 以上（雌）を産卵可能な“親魚”とした（図 6.2.1.7）。

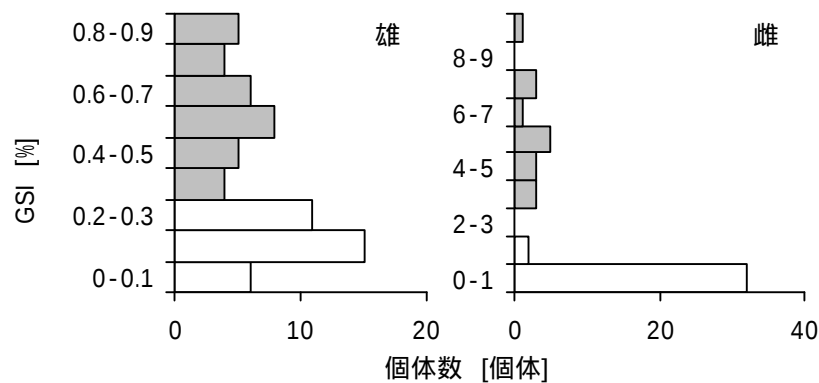


図 6.2.1.6 小型三枚網で採集されたオオクチバス GSI の頻度分布 [野田沼]

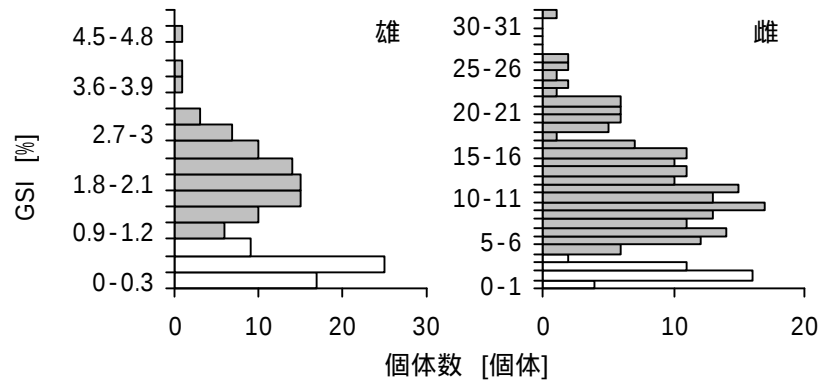


図 6.2.1.7 小型三枚網で採集されたブルーギル GSI の頻度分布 [野田沼]

駆除量まとめ

以上の検討により、“成魚駆除”効果の評価対象となる駆除量はオオクチバスで 119 個体 19.1kg、ブルーギルで 407 個体 28.6kg となった。また、“繁殖抑制”効果の評価対象となる駆除量は、オオクチバスでは親魚 48 個体 8.8kg、当歳魚 10 個体 29g、ブルーギルでは親魚 267 個体 20.1kg、当歳魚 25,286 個体 1.9kg となった。これらに各魚種の産卵床の駆除（オオクチバス 2 床、ブルーギル 46 床）を加えたものが“繁殖抑制”のための駆除量となる。

表 6.2.1.1 野田沼におけるオオクチバス、ブルーギルの駆除量（～2006 年秋）

項目	時期	オオクチバス								ブルーギル							
		成魚(2005年以前に生まれたもの)						当歳魚 (’06年生まれ)		成魚(2005年以前に生まれたもの)						当歳魚 (’06年生まれ)	
		親魚でない成魚		親魚		(計)		重量g	個体数	親魚でない成魚		親魚		(計)		重量g	個体数
		重量g	個体数	重量g	個体数	重量g	個体数			重量g	個体数	重量g	個体数	重量g	個体数		
駆除効果検証期間	魚類相調査 2005秋	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	魚類相調査 2006冬	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	魚類相調査 2006春	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	魚類相調査 2006夏	0	0	0	0	0	0	14	5	2,266	55	0	0	2,266	55	19	99
	小型三枚網 2006年5～8月	10,275	71	8,824	48	19,099	119	0	0	6,206	85	20,101	267	26,307	352	0	0
	仔稚魚駆除 2006年5～8月	0	0	0	0	0	0	15	5	0	0	0	0	0	0	1,844	25,186
	仔稚魚調査 2006年5～8月	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	1
計		10,275	71	8,824	48	19,099	119	29	10	8,473	140	20,101	267	28,574	407	1,872	25,286
駆除効果の評価区別				繁殖抑制		成魚駆除		繁殖抑制				繁殖抑制		成魚駆除		繁殖抑制	

注) 2006年秋季以降の駆除量は含まない

採集量の比較

秋季(11月)に同様の方法で行った2005年、2006年の魚類相調査(小型定置網、タモ網、投網、小型地曳網)によるオオクチバス、ブルーギルの採集数および採集重量を比較し図6.2.1.8に示した。オオクチバスは採集数は同じ、重量は増加したがこれは大型(649g、体長30cm)の1個体によるものであり増加とはいえず、そもそもの採集数が少ないために比較は難しい。ブルーギルは個体数、重量とも顕著に減っていた。

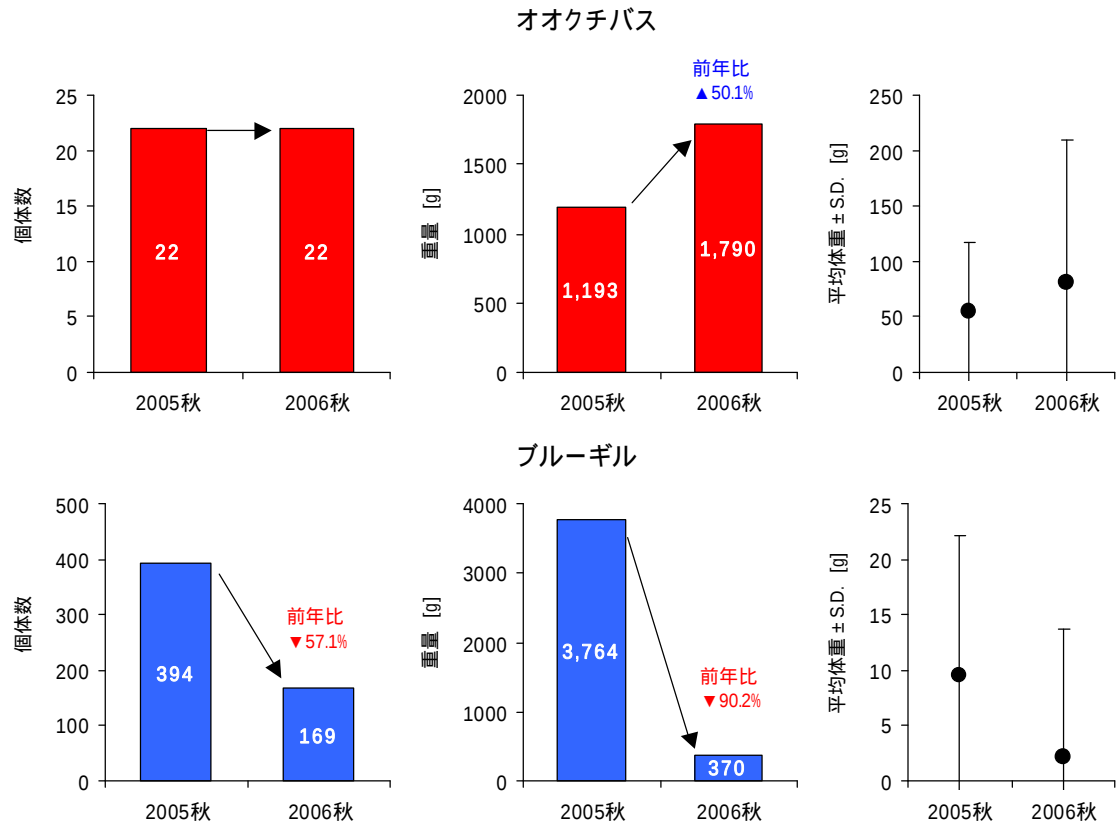


図 6.2.1.8 魚類相調査による特定外来生物採集量の年比較 [野田沼]

繁殖は抑制できたか 当歳魚数の比較

魚類相調査によって採集されたオオクチバスの体長組成を漁法別に図 6.2.1.9 に示す。個体数が少ないため、頻度分布から年級群をみることは困難である。琵琶湖南湖における当歳魚の成長は図 6.2.1.10 に示すとおりであり（全内協，1992）調査を行った秋季（11 月）には当歳魚（0+）はおよそ体長モード 11~13cm であるとよみとれる。次の年級群（1+）ではモード 20cm を超えるので、野田沼の秋季魚類相調査で得られた個体はほとんどが当歳魚であったと考えられ、採集数に増減はみられていない。

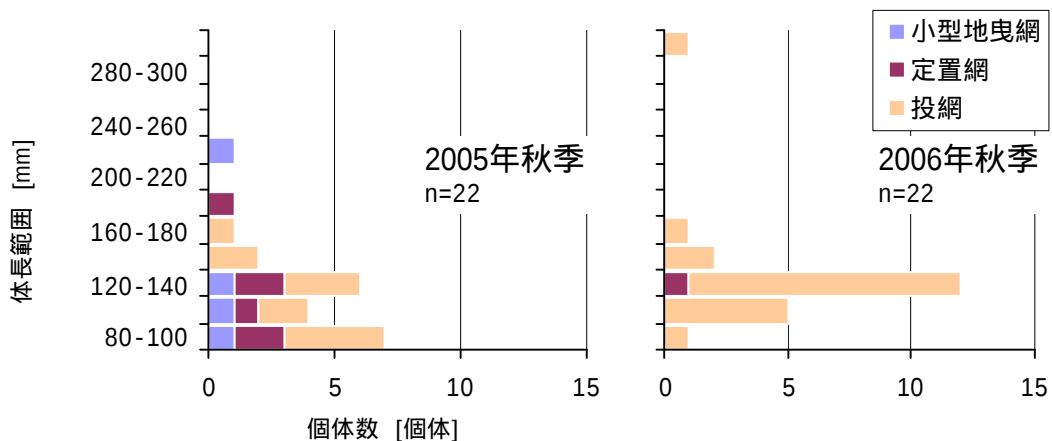
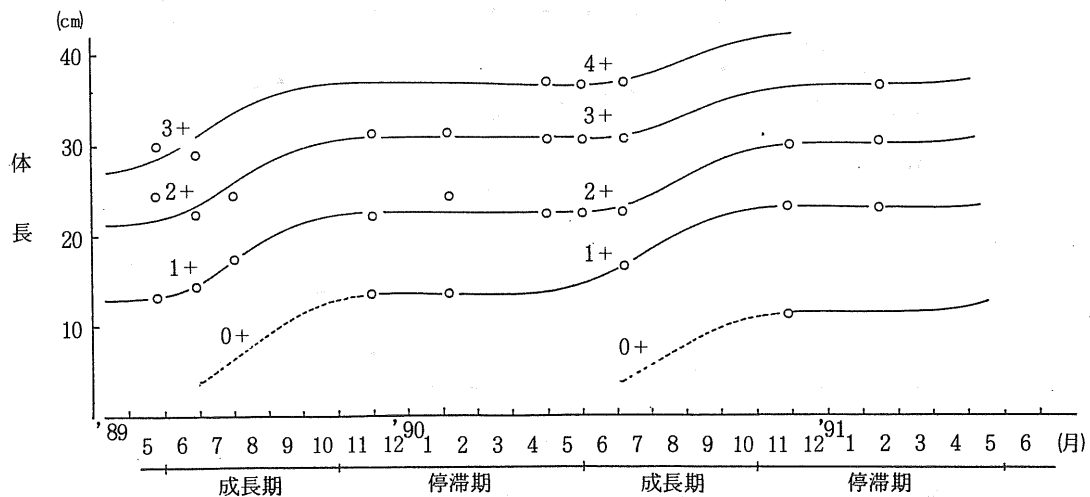


図 6.2.1.9 オオクチバスの体長組成 [野田沼, 秋季]



（全内協，1992 より引用）

図 6.2.1.10 琵琶湖のエリで漁獲されたオオクチバスの各月年級群の平均体長

魚類相調査によって採集されたブルーギルの体長組成を漁法別に図 6.2.1.11 に示す。2005 年秋季には体長 30-40mm をモードとする小型群と、体長 80-90mm をモードとする群がみられ、この小型群が当歳魚とみられる。2006 年秋季には小型群のモードは 2005 年に比べやや

小さく 20-30mm であり、これらもまた当歳魚と考えられる。仮にここで体長 70mm までを当歳魚と仮定すると、採集数は 252 個体（2005 年）→166 個体（2006 年）であり 34% 減であった。

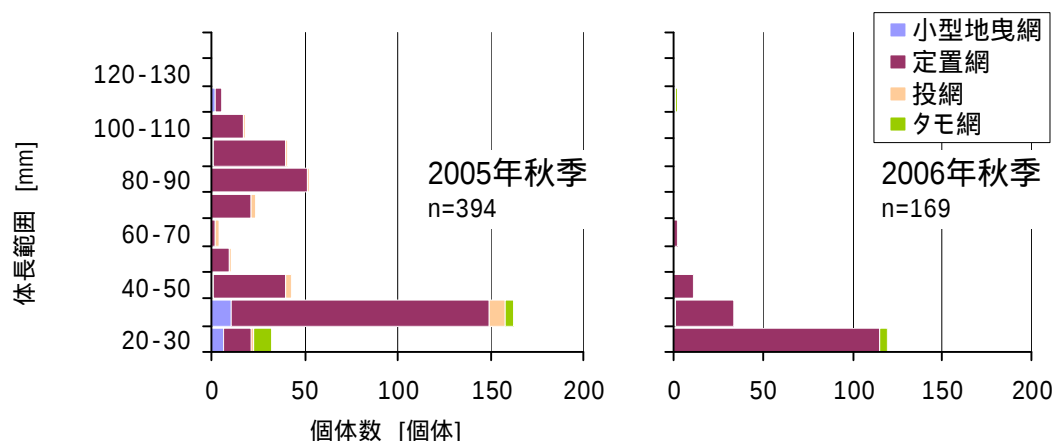


図 6.2.1.11 ブルーギルの体長組成 [野田沼, 秋季]

一方、2005 年秋季の当歳魚と考えられる体長 30-40mm をモードとする小型群が成長したものは、2006 年秋季にはほとんどみられなかった。この群（2005 年群とする）の動態をみるため、秋季以外の魚類相調査結果も合わせて体長組成の変化を図示すると(図 6.2.1.12)、2006 年冬、春に確認された個体はいずれも小さく（体長モード 30-40mm のまま）、成長が認められない。冬、春の採集数自体が極めて少なかったことを踏まえると、この成長停止は現実に即していない可能性もあるが、その場合でもこの 2005 年群にとって 2005 年から 2006 年にかけての冬に成長あるいは生残の点から厳しい環境にあったものと推定される。

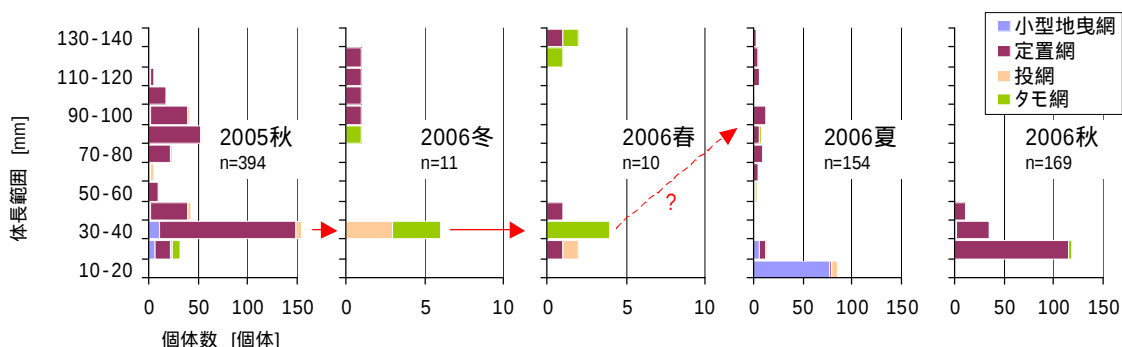
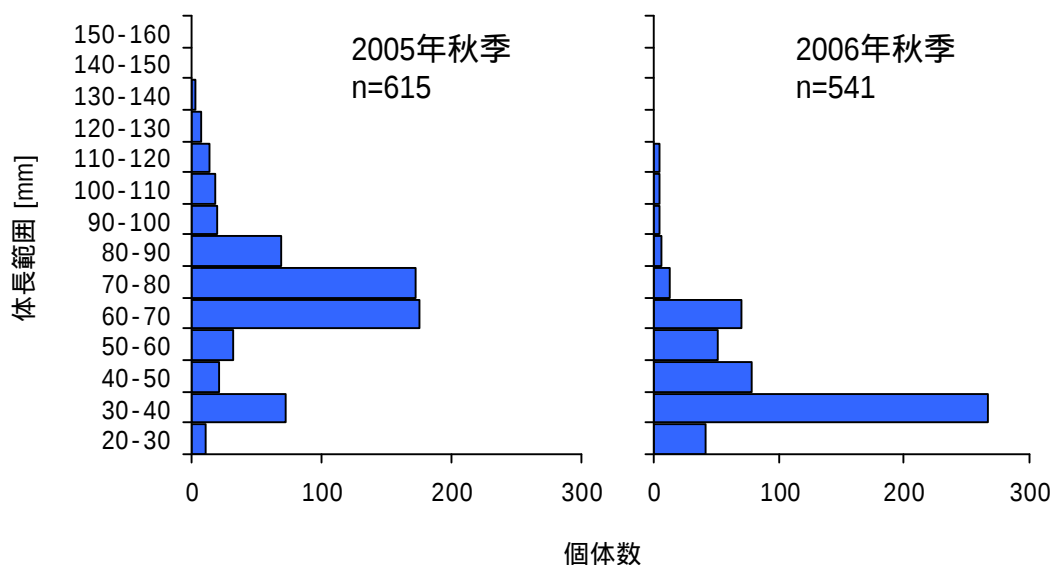


図 6.2.1.12 ブルーギル体長組成の変化 [野田沼]

なお、前述のとおり湖西の乙女が池では、1+歳魚とみられる体長モードが 60-70mm にある点で野田沼（80-90mm）よりも小さいが、2006 年にはこの 1+歳魚が 2005 年の 1+歳魚に比べ少なかった点で野田沼での結果と一致した。一方で、両年の当歳魚とみられる体長モード 30-40mm の小型個体は、2005 年に比べ 2006 年に明らかに増加していた。



小型定置網2基による採集結果

図 6.2.1.13 ブルーギル体長組成の年比較 [乙女が池](再掲)

外来 - 在来種比率の比較

採集量の比率でみると、2005 年に比べ 2006 年にはオオクチバス、ブルーギルをあわせ個体数で 5.7 ポイント、重量で 9.6 ポイントの上昇がみられた。

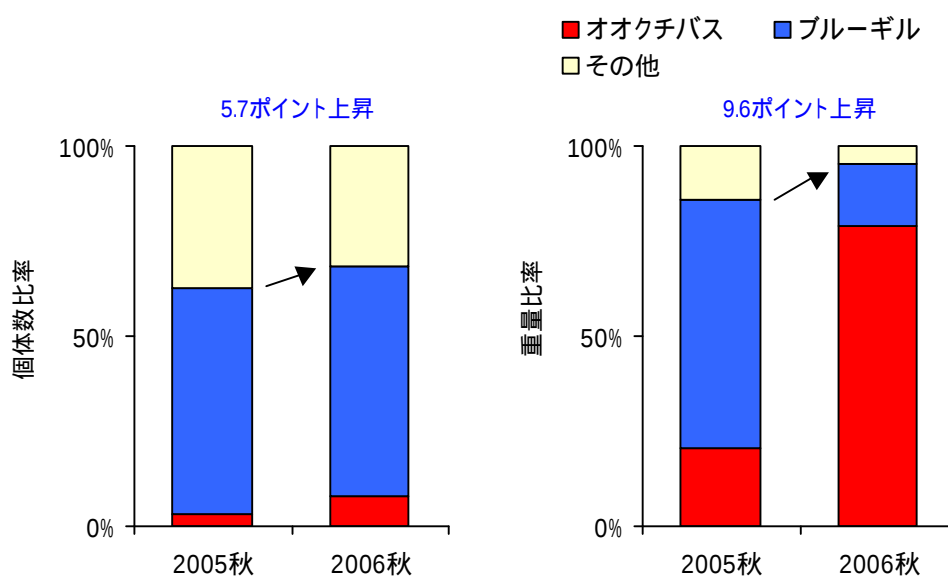


図 6.2.1.14 魚類相調査による特定外来生物採集比率の年比較 [野田沼]

魚類相の変化

2005年秋季、2006年秋季の魚類相調査により採集された魚類の内訳では、2005年に多かったオイカワやモツゴの減少が目立った。逆にヌマチチブは2005年には確認されていなかったが2006年には25個体採集された。参考として、エビ類ではカワリヌマエビ属の減少とスジエビの増加が目立った。このような変化は大きな年変動の一部を呈している可能性があることから、外来魚駆除効果を検証するためには経年的なモニタリングが必要であろう。

表 6.2.1.2 秋季の魚類相調査による2005年と2006年の比較

分類	種名	2005秋	2006秋	増減
魚類	アユ	1		↓
	カネヒラ	2		↓
	ヤリタナゴ	12	4	↓↓
	アブラボテ			
	タイリクバラタナゴ		1	↑
	ビワヒガイ		4	↑
	タモロコ			
	ホンモロコ			
	ゼゼラ			
	モツゴ	115	1	↓↓
	ウグイ			
	アブラハヤ			
	オイカワ	98	27	↓↓
	カワムツ		7	↑↑
	ヌマムツ		2	↑
	ハス			
	ダニオ亜科	7		↓
	ギンブナ	1		↓
	ゲンゴロウブナ		1	↑
	フナ類	2		↓
	コイ			
	ドジョウ	1	1	→
	カムルチー	1		↓
	オオクチバス	22	22	→
	ブルーギル	394	169	↓↓
	ドンコ			
	トウヨシノボリ	9	16	↑↑
	ヌマチチブ		25	↑↑
	ウキゴリ			
エビ類 参考	ヌマエビ	3	5	
	カワリヌマエビ属	77	1	
	スジエビ	36	682	
	テナガエビ	13	10	
	アメリカザリガニ	11	3	

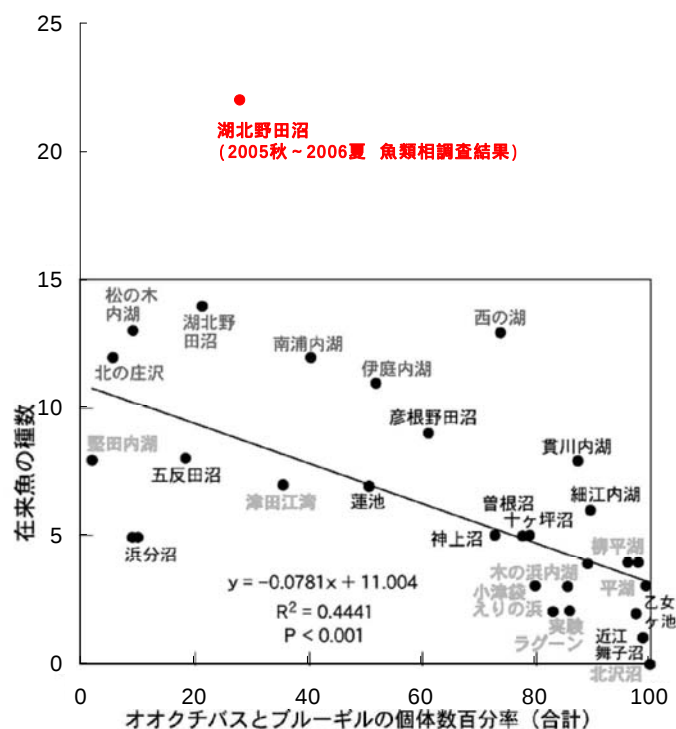
魚類について、5個体以上(増加・減少)かつ50%以上(増加・減少)したものを(↑↑・↓↓)で示した

秋以外の季節に確認した種も参考としてリストアップした

野田沼（湖北野田沼）は、琵琶湖
 の他の内湖からみるとオオクチバ
 ス、ブルーギルの生息密度が低く在
 来種が多い内湖であるとされてい
 る（西野，2005）。2005 年秋から 2006
 年夏の 4 季に 1 回ずつ行った魚類相
 調査の結果を西野（2005）の図にの
 せると図 6.2.1.15 のようになり、や
 はり他の内湖に比べると外来魚生
 息密度が低く在来種数が多い部類
 に入る。

図 6.2.1.15 各内湖におけるオオクチ
 バス・ブルーギル個体数百分率と在
 来魚種数の関係

西野（2005）に本調査結果を乗せて作図



そこでオオクチバスとブルーギルの百分率個体数を基準とし、在来魚の種数、内湖に依存する種の種数、内湖に依存する種の百分率個体数を縦軸にとることによって 2005 年秋と 2006 年秋の魚類相調査結果を比較したところ、在来魚および内湖に依存する種の種数が 2006 年には増えていた。具体的にはタイリクバラタナゴとヌマムツが少ないながら確認された。これは内湖機能復活の兆しともよみとれる。

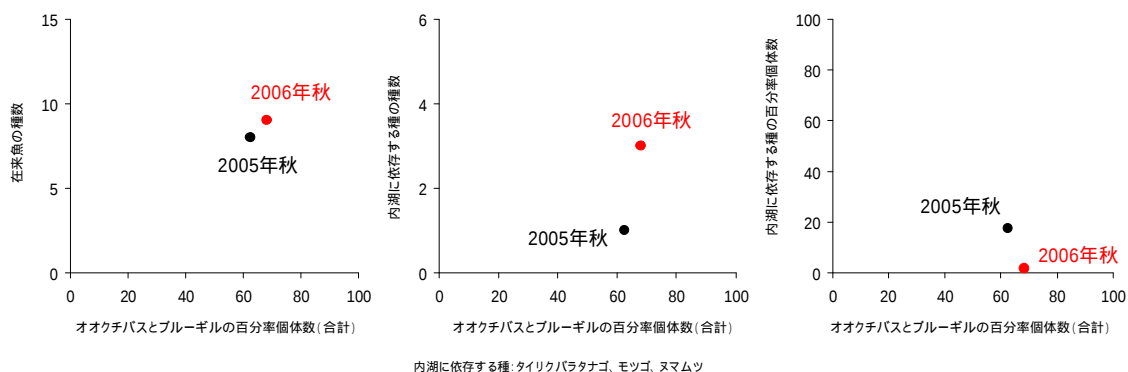
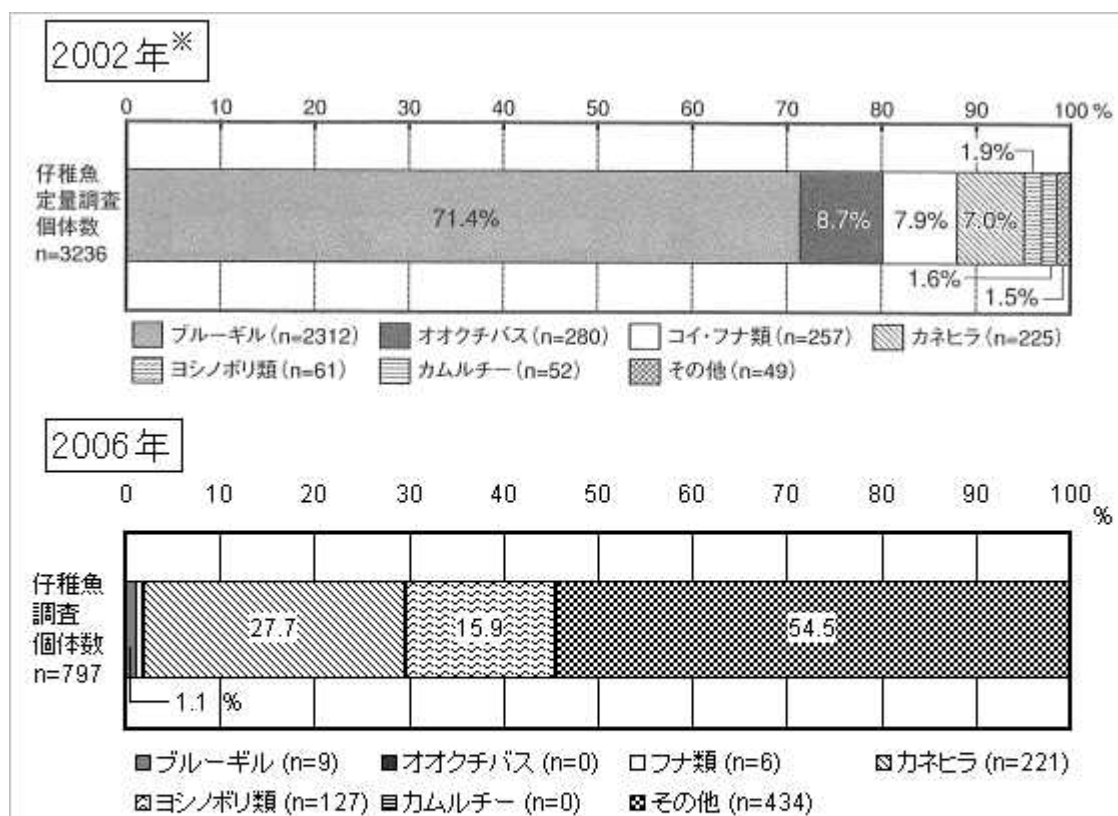


図 6.2.1.16 オオクチバスとブルーギルの百分率個体数に対する在来種数、内湖に依存する種の
 種数および個体数百分率の関係

但し内湖に依存する種の百分率個体数は 2005 年に比べ減少しており、これはモツゴの減少によるものである。モツゴの減少要因については明らかでない。

今回の野田沼での仔稚魚調査は近畿大学水産生物学研究室による過去の野田沼での調査（「仔稚魚定量調査」）と時期・手法・地点・努力量を統一して実施しているため、そのまま比較が可能である。2002年の調査結果と今回（2006年）を比較すると、まず採集数の比率では、2002年にはオオクチバスとブルーギルが80.1%を占めていたのに対し、2006年にはわずか1.1%に過ぎず、オオクチバスの採集数は0であった。



2006年 その他434個体の内訳: ダニオ亜科(n=258)、ヤリタナゴ(n=54)、ヌマチチブ(n=41)、アブラハヤ(n=19)、アブラボテ(n=15)、残り(n=47)

※2002年… 福田大輔・辻野寿彦・細谷和海・西野麻知子 2005. 湖北野田沼における在来魚と外来魚の現状. 西野真知子・浜端悦治 編, 内湖からのメッセージ 琵琶湖周辺の湿地再生と生物多様性保全. サンライズ出版, 彦根. より引用

図 6.2.1.17 仔稚魚調査結果(魚類相)の既往知見との比較

コイ・フナ類、カネヒラ、オオクチバス、ブルーギルの4種類について季節別の変化を見ると(図 6.2.1.18)、コイ・フナ類は2006年に顕著に少なく、出現が6月上旬までに限られた(2002年は7月まで出現していた)。カネヒラは時期、採集数とも両年ともほぼ同じであった。オオクチバスは2002年は6月に多量に採集されており、それ以降もわずかつ採集されているが2006年は全く採集されなかった。ブルーギルは2002年は7月以降継続的に採集され、特に8月以降に多かったのに対し、2006年は8月以降9個体のみの採集であった。

ブルーギルについて、仔稚魚、成魚の駆除努力をかけた結果(図 6.2.1.20)、仔稚魚調査による出現が少なく抑えられたものと考えられる。

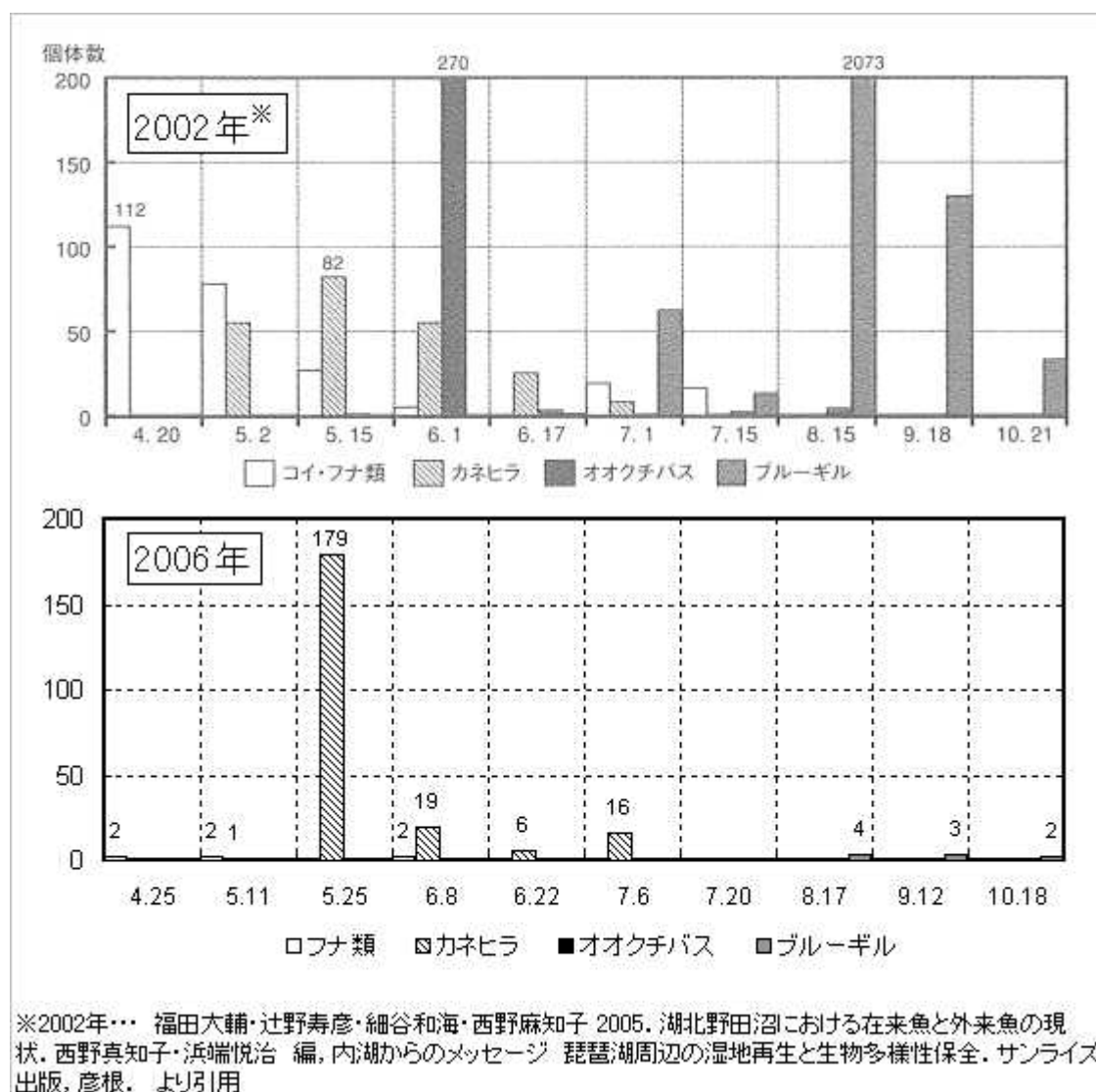
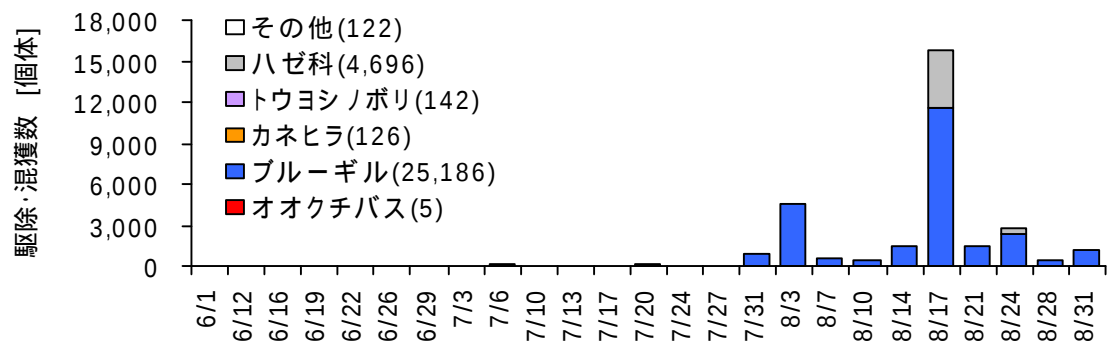


図 6.2.1.18 仔稚魚調査結果(主要種の採集数変化)の既往知見との比較



凡例 ()内数字は期間合計の駆除・混獲数を示す

図 6.2.1.19 仔稚魚駆除数の変化 [2006 年, 野田沼]

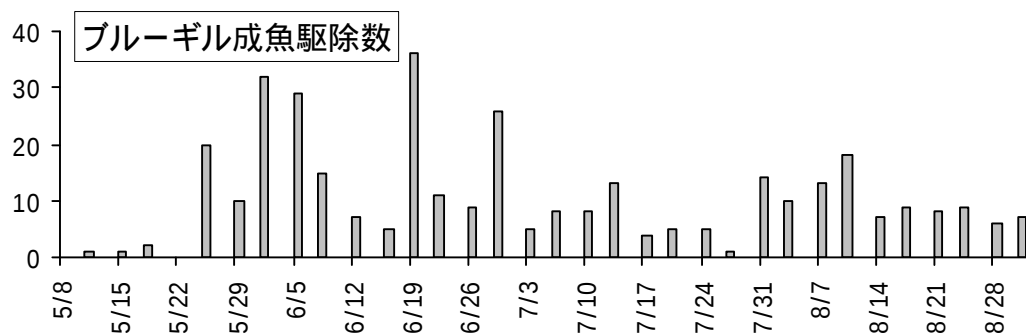
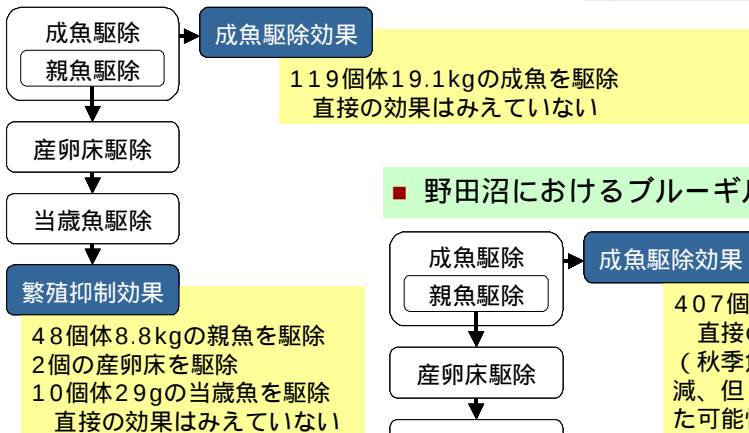


図 6.2.1.20 ブルーギル成魚駆除数の変化 [2006 年, 野田沼]

駆除効果まとめ

以上の駆除効果に関する考察をまとめ、図 6.2.1.21、図 6.2.1.22 に示した。

■ 野田沼におけるオオクチバスの駆除効果



■ 野田沼におけるブルーギルの駆除効果

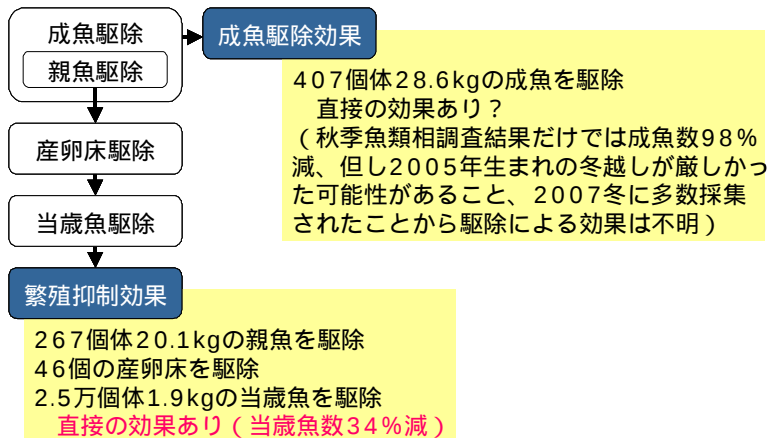


図 6.2.1.21 野田沼における 2005 秋～2006 秋駆除の直接的な効果の評価

■ 野田沼における駆除の間接的な効果

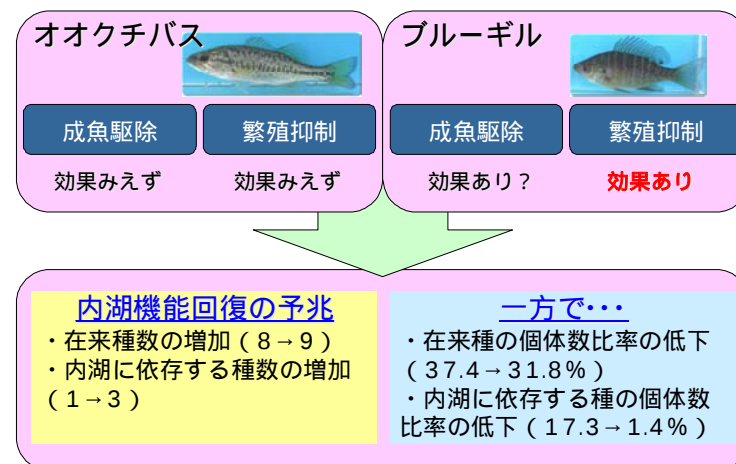


図 6.2.1.22 野田沼における 2005 秋～2006 秋駆除の間接的な効果の評価

6.2.2 駆除手法の検討

駆除手法の検討

野田沼では、駆除、調査をあわせ 7 通りの漁法により外来魚を捕獲した。ここでは、各漁法による捕獲効率を整理することにより、今後の駆除手法について検討を行った。

オオクチバス成魚駆除には投網、小型三枚網、ブルーギル成魚駆除には定置網が比較的效果が高いと考えられた。

ブルーギル産卵床の駆除は人工産卵床よりも自然産卵床の駆除が効率的であると考えられた。

オオクチバス親魚捕獲には投網・小型三枚網、ブルーギルには定置網、小型三枚網が、ブルーギル稚稚魚捕獲にはサデ網、サーフネットが比較的效果的であると考えられた。

捕獲効率の比較手法 CPUE と混獲率を用いた評価

CPUE (Catch per unit effort) は、漁獲量を努力量あたりに換算することにより、異なった漁法での漁獲量を比較するために広く用いられている。そこで、野田沼において実施した外来魚の捕獲効率についてまず CPUE を用いて評価した。さらに、駆除のコンセプトとして在来種をできるだけ混獲しないことが望ましいという考え方から、在来種の混獲率および、在来魚を生かして再放流できるかについても各漁法間で比較した。

なお、評価にあたっては前項 駆除効果の評価 と同様に、“成魚の駆除”と“繁殖抑制”の両面についてそれぞれ検討した。但し、成魚と親魚の区別については、各漁法の実施時期などによって変化するものであり、成魚であるか親魚であるかによって漁獲効率が大きく変わるとは考えにくいいため、ここでは漁獲物の体サイズでのみ評価した。

各漁法の CPUE の計算

野田沼で実施した 7 通りの漁法（稚魚ネットは除く）について、CPUE（努力量あたりの漁獲量）を算出した。計算にあたっては、努力量の実績を（人×時間）で表した。

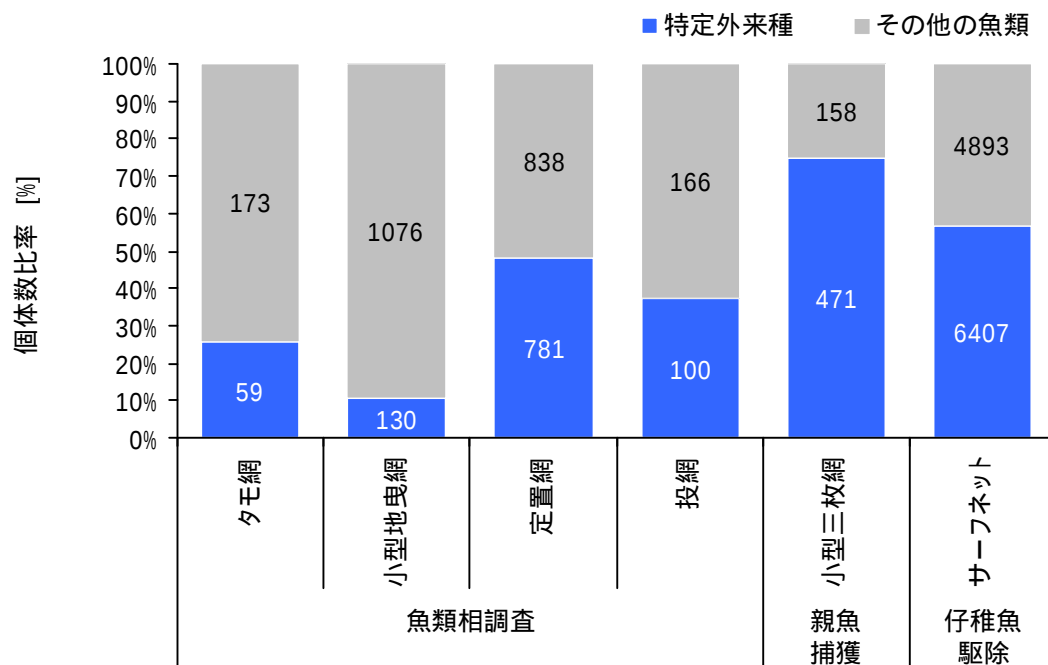
表 6.2.2.1 各漁法による特定外来生物漁獲の CPUE 比較 [2005-2006 野田沼]

総漁獲量					総努力量	CPUE			
オオクチバス		ブルーギル		オオクチバス		ブルーギル			
漁法 \ 単位:	(個体)	(g)	(個体)	(g)	(人×時間)	(個体/人・時間)	(g/人・時間)	(個体/人・時間)	(g/人・時間)
タモ網	3	155.6	56	334.7	14	0.2	11	4.0	24
小型地曳網	6	392.6	124	171.2	21	0.3	19	5.9	8
定置網	9	404.6	772	11,446.5	42	0.2	10	18.4	273
投網	57	3,333.1	43	238.1	14	4.1	238	3.1	17
小型三枚網	119	19,244.8	354	26,570.4	204	0.6	94	1.7	130
さで網	3	3.6	18,781	1,322.2	65	0.0	0	288.9	20
サーフネット	2	11.6	6,405	521.7	8	0.3	1	800.6	65

混獲率

各漁法での混獲率（特定外来生物であるオオクチバス、ブルーギル以外の魚類を捕獲してしまう割合）は小型地曳網、タモ網で比較的高く、定置網、小型三枚網、サーフネットで低く50%を下回った。

小型地曳網とサーフネットでは、漁具の特性から対象となる魚類のサイズが小さく（平均体長約20mm）水草等のゴミを同時に多量にとることから採集された魚類のほとんどが弱っており、再放流してもほとんど生きるものはないため、在来種が多い環境での駆除方法としては適さない。一方でその他の漁法はほとんど全ての魚を生きたまま採集することができた。



注) グラフ中数字は採集数を示す

図 6.2.2.1 漁法ごとの特定外来生物とその他魚類の採集状況

野田沼における漁法ごとの駆除効率の相対評価 - 成魚駆除

各漁法の CPUE および混獲率より、オオクチバス、ブルーギル成魚の駆除に効率的、効果的な漁法を検討した結果、総合的に見て、オオクチバス成魚駆除には投網、小型三枚網、ブルーギル成魚駆除には定置網が比較的效果が高いと考えられた。

表 6.2.2.2 成魚駆除効率の漁法比較 [野田沼, vs. オオクチバス]

手法	CPUE /人・時間		漁獲体長 mm			バスギル以外の魚類 混獲率 生死		手法評価 (相対評価・野田沼限定) 成魚駆除
	個体数	重量g	平均	±	S.D.	%		
タモ網	0.2	11	127.7	±	0.9	74.6	○	×
小型地曳網	0.3	19	109.3	±	60.8	89.2	×	×
定置網	0.2	10	122.6	±	30.6	51.8	○	×
投網	4.1	238	122.9	±	35.0	62.4	○	○
小型三枚網	0.6	94	181.9	±	30.3	25.1		

注)バスギル以外の魚類の生死は、○(生かすことが可能)
(生かすことが可能 但しダメージは大きい) ×(ほとんど死ぬ)

表 6.2.2.3 成魚駆除効率の漁法比較 [野田沼, vs. ブルーギル]

手法	CPUE /人・時間		漁獲体長 mm			バスギル以外の魚類 混獲率 生死		手法評価 (相対評価・野田沼限定) 成魚駆除
	個体数	重量g	平均	±	S.D.	%		
タモ網	4.0	24	39.2	±	24.7	74.6	○	×
小型地曳網	5.9	8	22.0	±	15.1	89.2	×	×
定置網	18.4	273	58.8	±	31.9	51.8	○	○
投網	3.1	17	41.6	±	24.0	62.4	○	×
小型三枚網	1.7	130	120.1	±	11.8	25.1		×

注)バスギル以外の魚類の生死は、○(生かすことが可能)
(生かすことが可能 但しダメージは大きい) ×(ほとんど死ぬ)

野田沼における漁法ごとの駆除効率の相対評価 - 繁殖抑制

繁殖抑制について、ブルーギル産卵床は自然産卵床の駆除が効率的であると考えられた。また、各漁法の CPUE、漁獲体長および混獲率、漁獲物の生死より総合的にみて、オオクチバス親魚捕獲には投網・小型三枚網、ブルーギルには定置網、小型三枚網が、ブルーギル仔稚魚捕獲にはサデ網、サーフネットが比較的効果的であると考えられた。

表 6.2.2.4 産卵床駆除効率の手法比較 [野田沼]

	駆除産卵床数	
	オオクチバス	ブルーギル
人工産卵床	2	5
自然産卵床	0	41

(混獲なし)
(混獲なし)

表 6.2.2.5 親魚・仔稚魚駆除効率の漁法比較 [野田沼, vs. オオクチバス]

手法	CPUE		漁獲体長			バスギル以外の魚類		手法評価
	/人・時間		mm			混獲率	生死	(相対評価・野田沼限定)
	個体数	重量g	平均	±	S.D.	%		
タモ網	0.2	11	127.7	±	0.9	74.6	○	×
小型地曳網	0.3	19	109.3	±	60.8	89.2	×	×
定置網	0.2	10	122.6	±	30.6	51.8	○	×
投網	4.1	238	122.9	±	35.0	62.4	○	
小型三枚網	0.6	94	181.9	±	30.3	25.1		○
サデ網	0.0	0	36.3	±	10.5	-	○	×
サーフネット	0.3	1	62.1	±	11.0	43.3	×	×

注)バスギル以外の魚類の生死は、○(生かすことが可能)
(生かすことが可能 但しダメージは大きい) ×(ほとんど死ぬ)

表 6.2.2.6 親魚・仔稚魚駆除効率の漁法比較 [野田沼, vs. ブルーギル]

手法	CPUE		漁獲体長 mm			バスギル以外の魚類		手法評価
	/人・時間		mm			混獲率	生死	(相対評価・野田沼限定) 繁殖抑制
	個体数	重量g	平均	±	S.D.	%		
タモ網	4.0	24	39.2	±	24.7	74.6	○	×
小型地曳網	5.9	8	22.0	±	15.1	89.2	×	×
定置網	18.4	273	58.8	±	31.9	51.8	○	○
投網	3.1	17	41.6	±	24.0	62.4	○	×
小型三枚網	1.7	130	120.1	±	11.8	25.1		○
サデ網	288.9	20	12.9	±	3.6	-	○	○
サーフネット	800.6	65	14.6	±	5.0	43.3	×	

注)バスギル以外の魚類の生死は、○(生かすことが可能)
(生かすことが可能 但しダメージは大きい) ×(ほとんど死ぬ)

6.3 琵琶湖における外来魚の冬季蝾集場所と要因

6.3.1 琵琶湖における冬季蝾集場所

本事業において、琵琶湖における冬季蝾集場所として彦根旧港湾と総門川河口の 2 箇所を取り上げ、現地調査を実施した。その結果、総門川河口では全く外来魚が採集されず、蝾集していることが確認されたのは彦根旧港湾であった。なお、沿湖 8 漁協への聞き取りによって、1 箇所（雄琴港浚渫航路底部へのブルーギルの蝾集）の情報が得られたが、実際に蝾集しているかの確認はできなかった。

従って、現段階で明らかとなった琵琶湖における外来魚の冬季蝾集場所は彦根旧港湾のみである。

6.3.2 彦根旧港湾内での蛸集要因

彦根旧港湾内での外来魚採集結果と環境測定結果より、蛸集要因について分析した。

彦根旧港湾内での蛸集要因

彦根旧港湾内での外来魚採集結果と環境測定結果より、蛸集要因について分析した

以下の点が明らかとなった

- ・ オオクチバスの多い場所にはブルーギルも多い
- ・ ブルーギルは水深が小さく、水温が高く、光透過率が高い場所に多い。
- ・ 小型個体は下流側が急に冷たくなっている場所に多い
- ・ オオクチバス、ブルーギルともに上流側が急に暖かくなっている場所に多い

種間関係

彦根旧港湾内 26 定点でのオオクチバス、ブルーギルの採集数を小型個体と中・大型個体に分けて図 6.3.2.1 に示した。

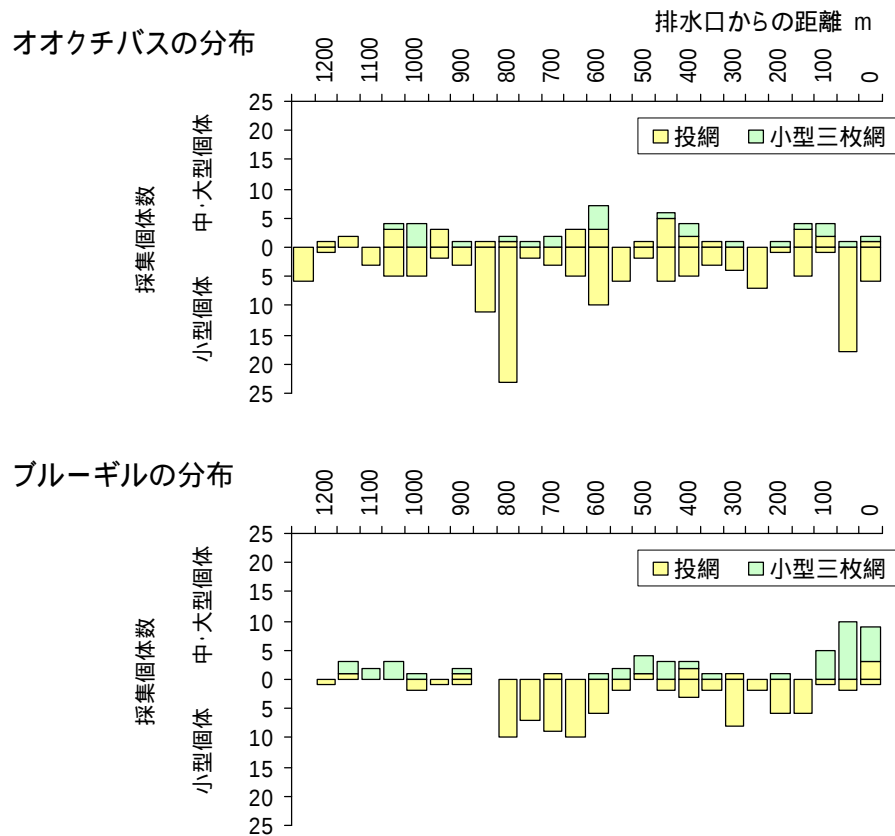


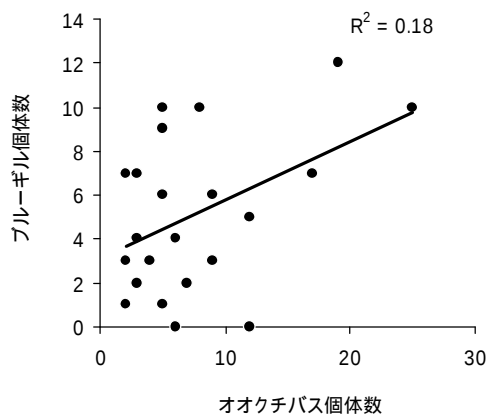
図 6.3.2.1 彦根旧港湾におけるオオクチバス等の採集数

オオクチバスとブルーギルの分布の関係をみるため、各地点の採集数について回帰分析による検定を行ったところ、有意な関係にあったのはオオクチバス全数とブルーギル全数の関係であり（ $n=26$ ， $p<0.05$ ）オオクチバスの多い場所にはブルーギルも多いという結果となった（表 6.3.2.1）。

表 6.3.2.1 オオクチバスとブルーギルの分布の関係 [彦根旧港湾]

	オオクチバス 小型個体	オオクチバス (中～大型個体)	ブルーギル (小型個体)	ブルーギル (中～大型個体)
オオクチバス 小型個体				
オオクチバス (中～大型個体)	-			
ブルーギル (小型個体)	-	-		
ブルーギル (中～大型個体)	-	-	-	

	オオクチバス (全個体)	ブルーギル (全個体)
オオクチバス (全個体)		
ブルーギル (全個体)	* ($r^2=0.18$)	



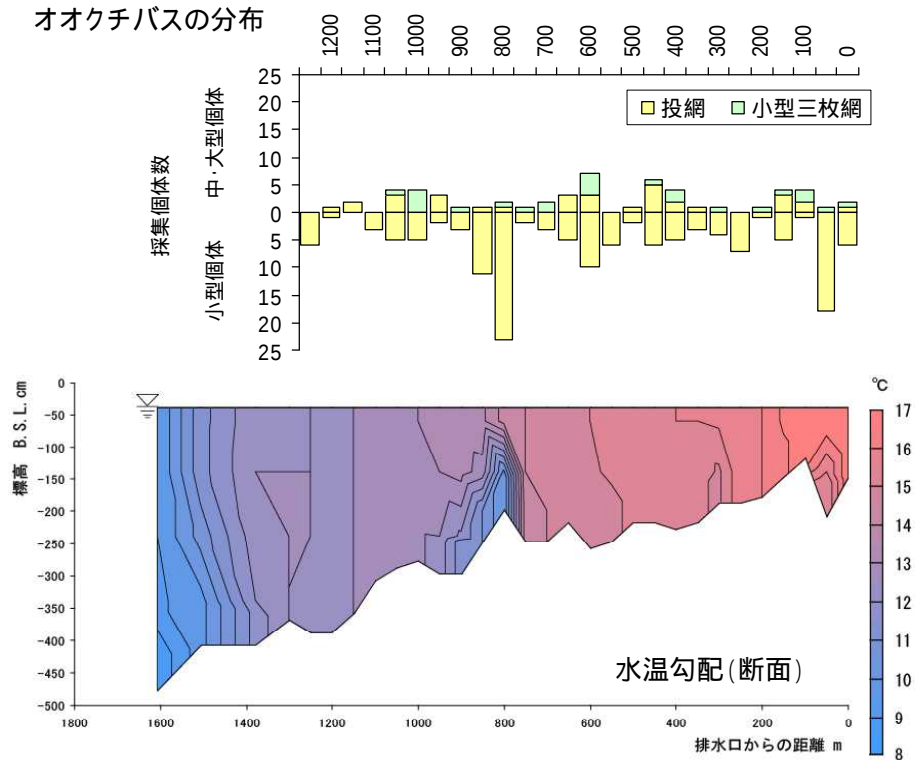
*： $p<0.05$ で有意

-：有意な関係は認められない（単回帰分析，直線近似）

外来魚分布と環境測定値との関係

彦根旧港湾内 26 定点でのオオクチバス、ブルーギルの採集数と、各環境（水温、水深、波高、水温（表層）、水温（底層）、光透過率、導電率（表層））の関係を図 6.3.2.2～図 6.3.2.5 に示した。

オオクチバスの分布



オオクチバスの分布

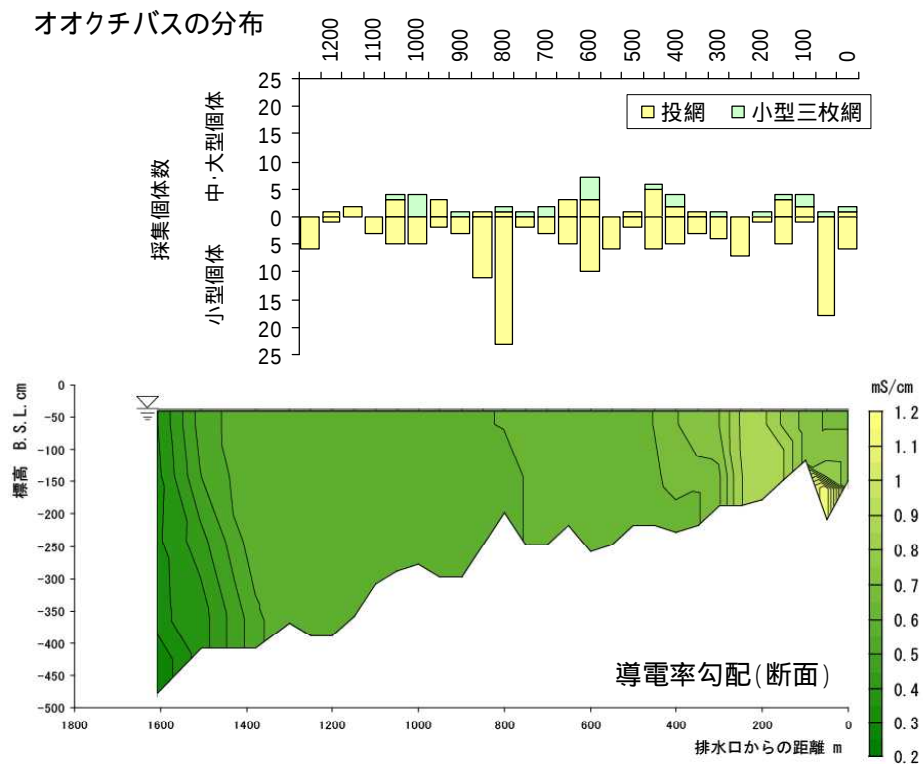


図 6.3.2.2 彦根旧港湾におけるオオクチバスの採集数と環境勾配 - 1

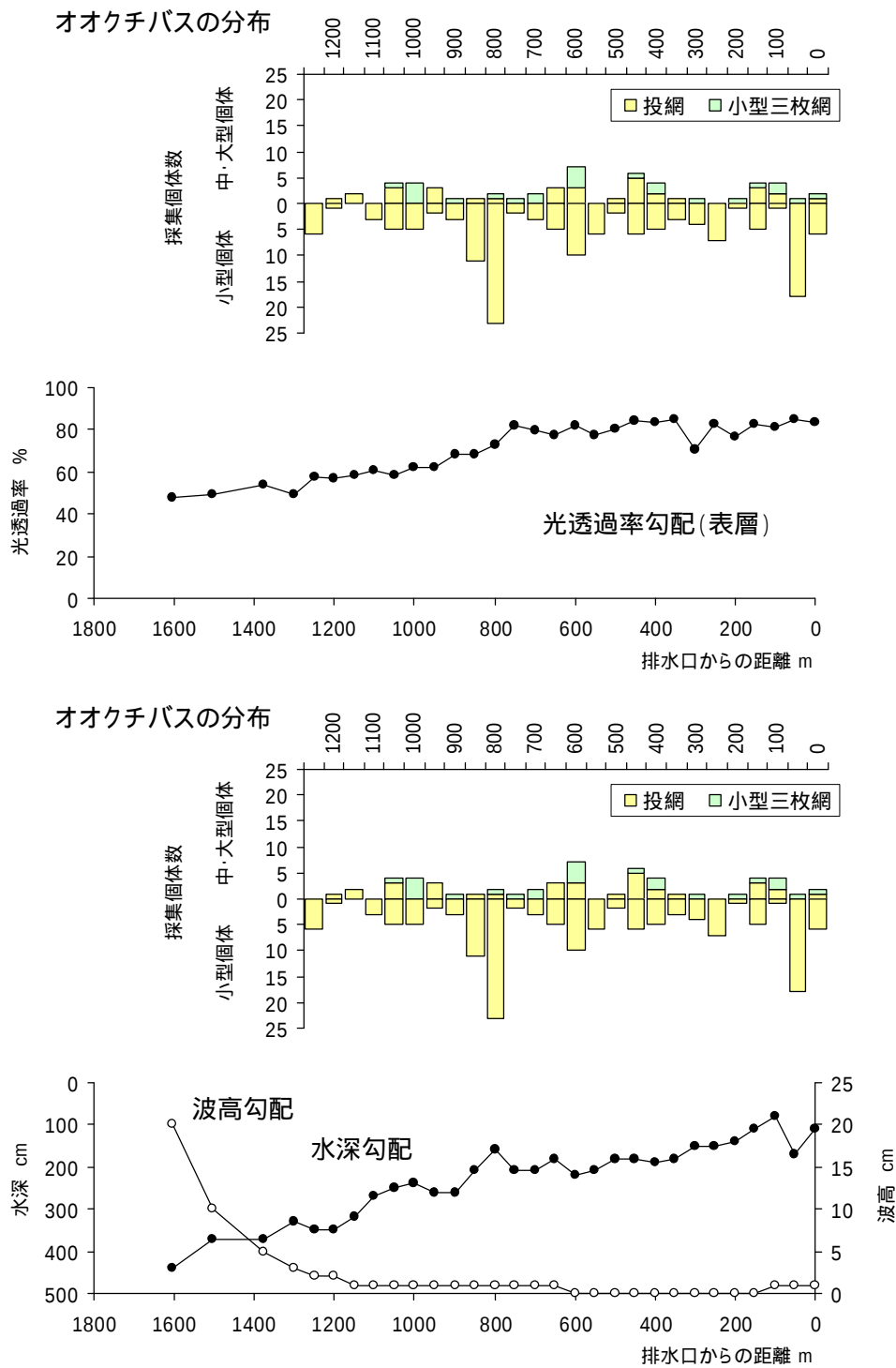


図 6.3.2.3 彦根旧港湾におけるオオクチバスの採集数と環境勾配 - 2

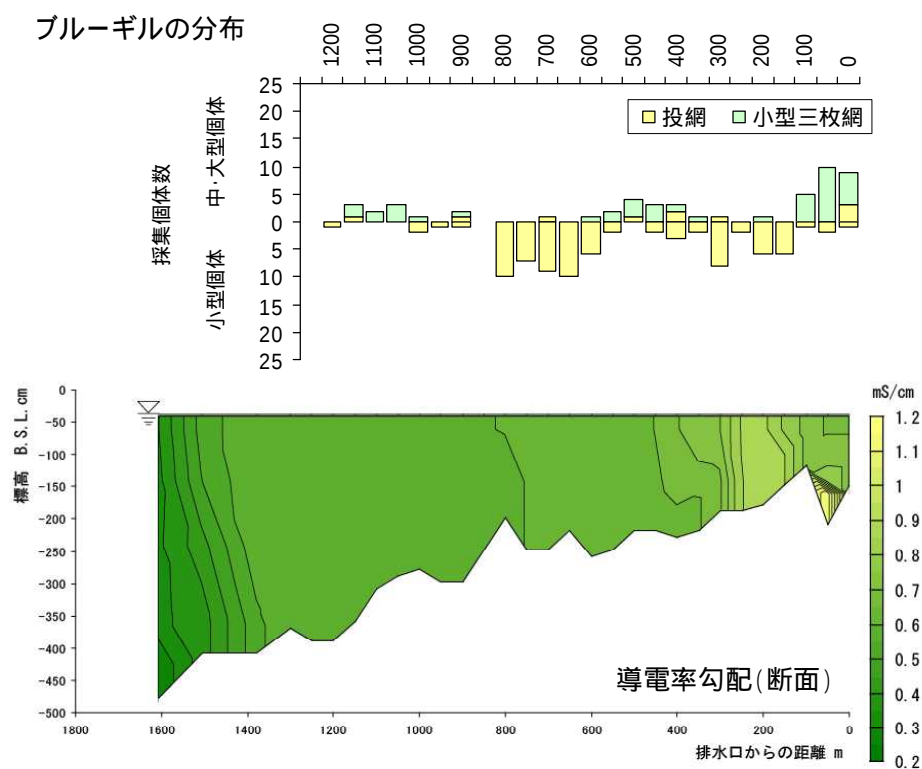
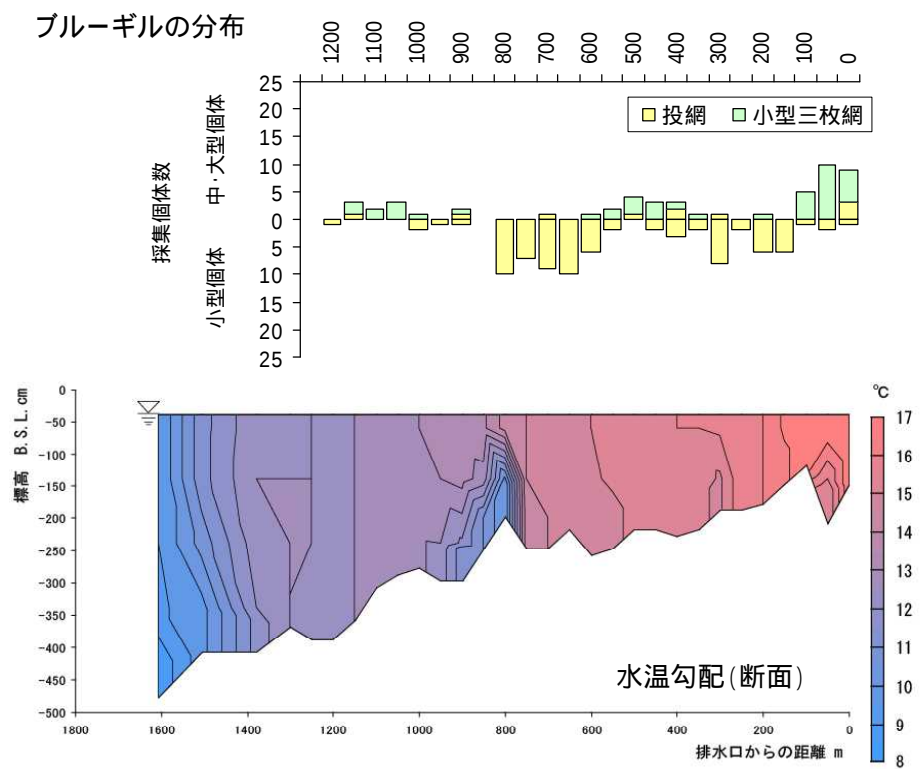


図 6.3.2.4 彦根旧港湾におけるブルーギルの採集数と環境勾配 - 1

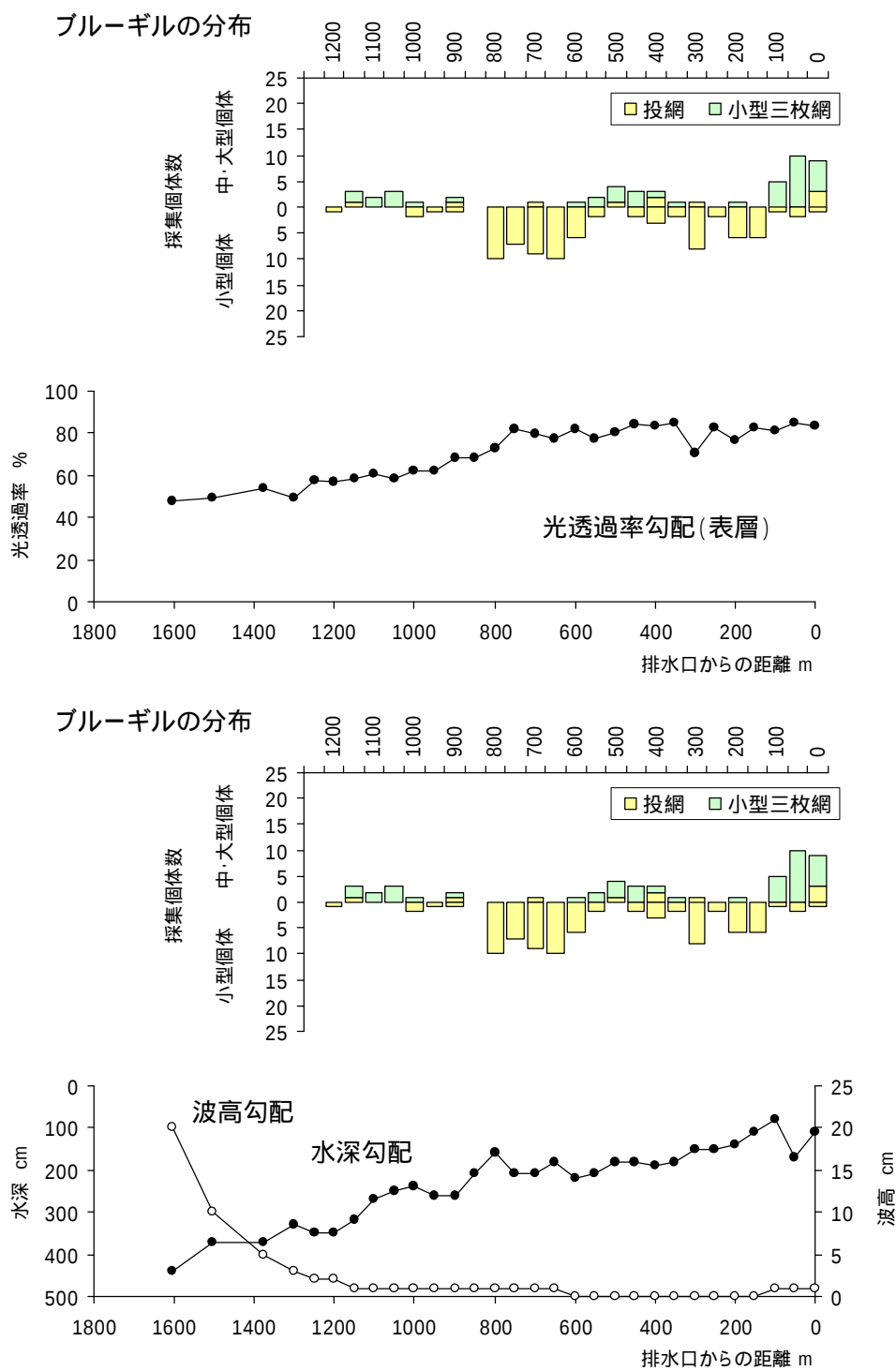


図 6.3.2.5 彦根旧港湾におけるブルーギルの採集数と環境勾配 - 2

オオクチバス、ブルーギルの採集数と、採集場所の環境測定値の関係について回帰分析し、結果を表 6.3.2.2、図 6.3.2.6 に示した。結果、ブルーギルの採集数と水深、表層水温、光透過率のそれぞれの測定値について有意な関係 ($p<0.01$, $n=26$) がみられたことから、彦根旧港湾内ではブルーギルは水深が小さく、水温が高く、光透過率が高い場所に多い傾向があるものと考えられた。さらに、一方、オオクチバスでは採集数と環境測定値の有意な関係 ($p<0.05$) はみられなかった。

表 6.3.2.2 外来魚の採集数と環境測定値の関係 [彦根旧港湾]

採集数	測定値(広域の勾配) $n=26$					導電率 (表層)
	水深	波高	水温 (表層)	水温 (底層)	光透過率	
オオクチバス(小型個体)	-	-	-	-	-	-
オオクチバス(中～大型個体)	-	-	-	-	-	-
オオクチバス(全個体)	-	-	-	-	-	-
ブルーギル(小型個体)	-	-	-	-	-	-
ブルーギル(中～大型個体)	-	-	*(0.21)	*(0.15)	-	-
ブルーギル(全個体)	** (0.36)	-	** (0.41)	*(0.18)	** (0.34)	-
小型個体(オオクチバス+ブルーギル)	-	-	-	-	-	-
中～大型個体(オオクチバス+ブルーギル)	-	-	*(0.20)	*(0.18)	-	-
全個体(オオクチバス+ブルーギル)	*(0.21)	-	*(0.19)	-	*(0.20)	-

単回帰分析 ()内は r^2 * $p<0.05$ ** $p<0.01$ 有意 - : 有意な関係はみられない

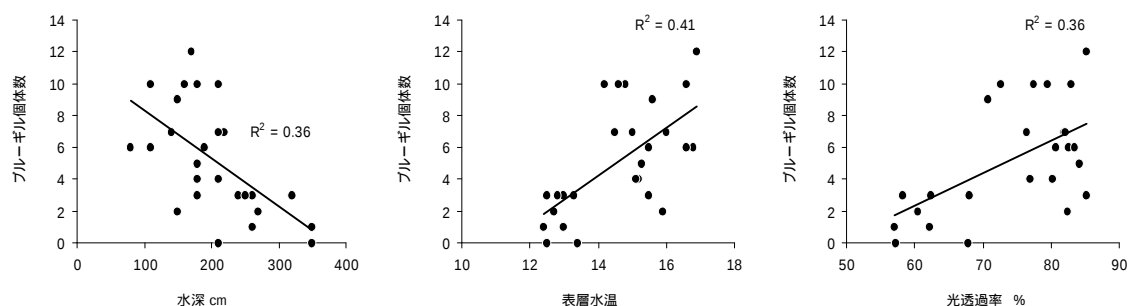


図 6.3.2.6 ブルーギル採集数と環境測定値の関係 [彦根旧港湾]

外来魚分布と環境測定値勾配との関係

彦根旧港湾内 26 定点でのオオクチバス、ブルーギルの採集数について、各環境（水温、水深、波高、水温（表層）、水温（底層）、光透過率、導電率（表層））の測定値の勾配との関係をみるため、環境測定値について定点間（距離 50m）の差を説明変数とした回帰分析を行い、結果を表 6.3.2.3、図 6.3.2.7、表 6.3.2.4、図 6.3.2.8 に示した。なお、定点間の差については、琵琶湖側隣接地点との差（パターン 1）および排水口側隣接地点との差（パターン 2）の 2 通りで行った。

パターン 1 では、表層水温の勾配と小型個体（オオクチバス+ブルーギル）に有意な関係（ $p<0.01$, $n=26$ ）がみられ、小型個体は下流側への表層水温勾配が大きい、すなわち下流側が急に冷たくなっている場所に多いという傾向がみられた。水温以外の環境勾配では有意な関係（ $p<0.05$ ）はみられなかった。

表 6.3.2.3 外来魚の採集数と環境勾配の関係(パターン 1) [彦根旧港湾]

採集数	測定値局所勾配(琵琶湖側隣接地点との差) n=26					
	水深	波高	水温 (表層)	水温 (底層)	光透過率	導電率 (表層)
オオクチバス(小型個体)	-	-	*(0.21)	*(0.15)	-	-
オオクチバス(中～大型個体)	-	-	-	-	-	-
オオクチバス(全個体)	-	-	*(0.21)	-	-	-
ブルーギル(小型個体)	-	-	*(0.23)	-	-	-
ブルーギル(中～大型個体)	-	-	*(0.16)	-	-	-
ブルーギル(全個体)	-	-	-	-	-	-
小型個体(オオクチバス+ブルーギル)	-	-	** (0.33)	-	-	-
中～大型個体(オオクチバス+ブルーギル)	-	-	-	-	-	-
全個体(オオクチバス+ブルーギル)	-	-	*(0.17)	-	-	-

単回帰分析 ()内は r^2

* $p<0.05$ ** $p<0.01$ で有意 - :有意な関係はみられない

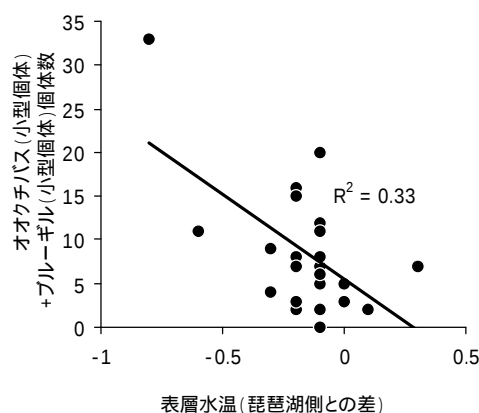


図 6.3.2.7 小型個体(オオクチバス+ブルーギル)採集数と表層水温勾配の関係 [彦根旧港湾]

パターン2では、底層水温の勾配と外来魚の採集数に有意な関係 ($p<0.01$, $n=25$) がみられ、オオクチバス、ブルーギルともに排水口側への底層水温勾配が大きい、すなわち上流側が急に暖かくなっている場所に多いという傾向がみられた。水温以外の環境勾配では有意な関係 ($p<0.05$) はみられなかった。

表 6.3.2.4 外来魚の採集数と環境勾配の関係(パターン2) [彦根旧港湾]

採集数	測定値局所勾配(排水口側隣接地点との差) $n=25$					導電率 (表層)
	水深	波高	水温 (表層)	水温 (底層)	光透過率	
オオクチバス(小型個体)	-	-	-	** (0.52)	-	-
オオクチバス(中～大型個体)	-	-	-	-	-	-
オオクチバス(全個体)	-	-	-	** (0.36)	-	-
ブルーギル(小型個体)	-	-	-	** (0.27)	-	-
ブルーギル(中～大型個体)	-	-	*(0.24)	-	-	-
ブルーギル(全個体)	-	-	-	** (0.31)	-	-
小型個体(オオクチバス+ブルーギル)	-	-	-	** (0.63)	-	-
中～大型個体(オオクチバス+ブルーギル)	-	-	-	-	-	-
全個体(オオクチバス+ブルーギル)	-	-	-	** (0.47)	-	-

単回帰分析 ()内は r^2 * $p<0.05$ ** $p<0.01$ 有意 - : 有意な関係はみられない

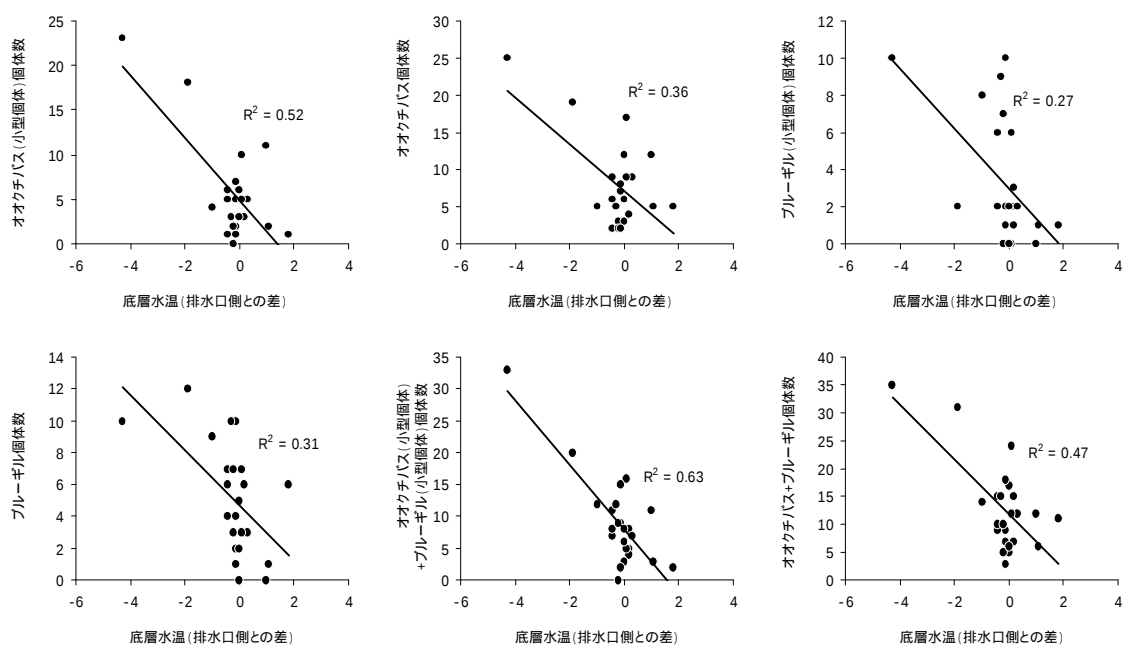
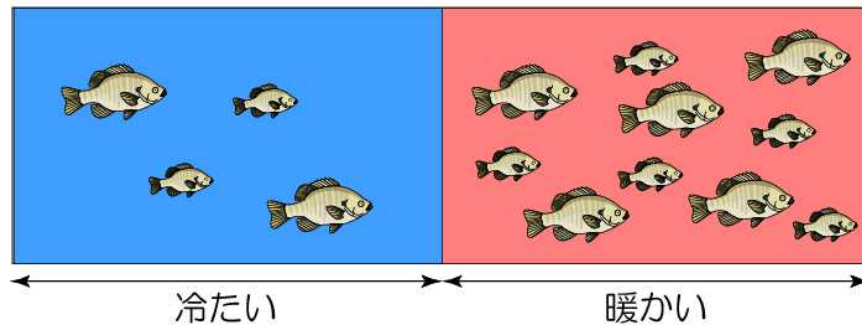


図 6.3.2.8 外来魚採集数と底層水温勾配の関係 [彦根旧港湾]

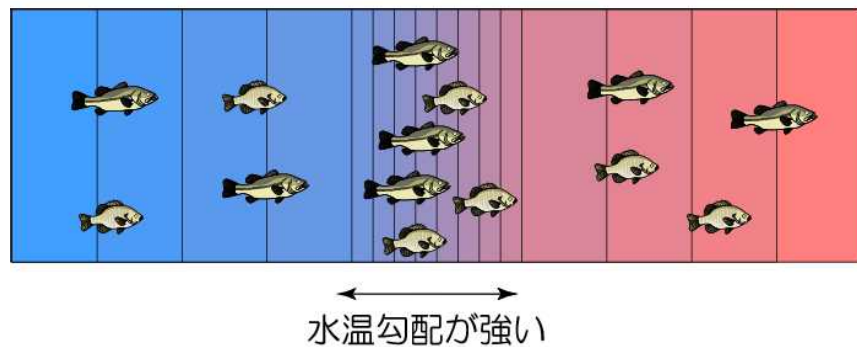
まとめ 冬季蝟集模式

以上の検討結果から、水温と外来魚の分布に関し明らかになった事項を模式的に示した。

- ・ブルーギルは水温が高い場所に多い



- ・小型個体は
表層の下流側が急に冷たくなっている場所に多い



- ・オオクチバス、ブルーギルともに
底層の上流側が急に暖かくなっている場所に多い

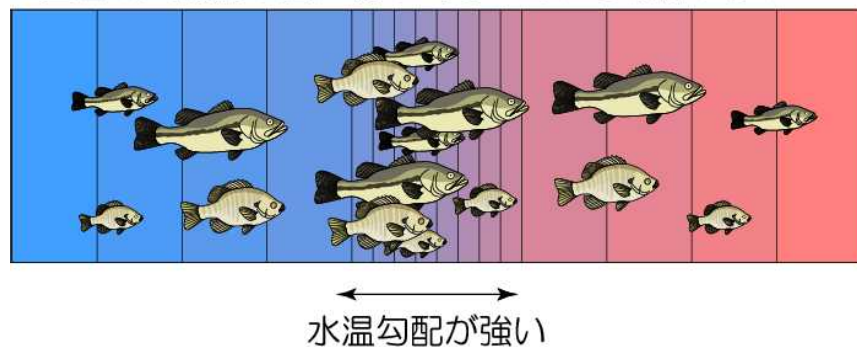


図 6.3.2.9 冬季における外来魚の蝟集と水温の関係

7 その他

7.1 人工産卵床へのモツゴの産卵

人工産卵床の棒部分にモツゴの産卵がみられたため、補足的に記録を行った。

7.1.1 人工産卵床の棒の材質

鉄棒タイプの人工産卵床の棒部分の材質は鉄、カゴタイプは塩ビであった。

7.1.2 卵の付着状況

卵の付着は調査開始（5月頭）から終了（8月末）まで継続してみられた。人工産卵床への付着は期間前半に多くみられ、約 6 割の人工産卵床に卵が付着していた。産着卵確認範囲について、D 区域で 1 回のみ記録した。傾向として浅場よりも深場、底層よりも表層に多かった（図 7.1.2.1）。

卵を採取するために棒部分に黄色ビニールテープをまいたところ、それを避けるように産卵されており、産卵基質への選択性が強いものと考えられた。



鉄棒タイプ



カゴタイプ



ビニールテープで採取されたモツゴ卵

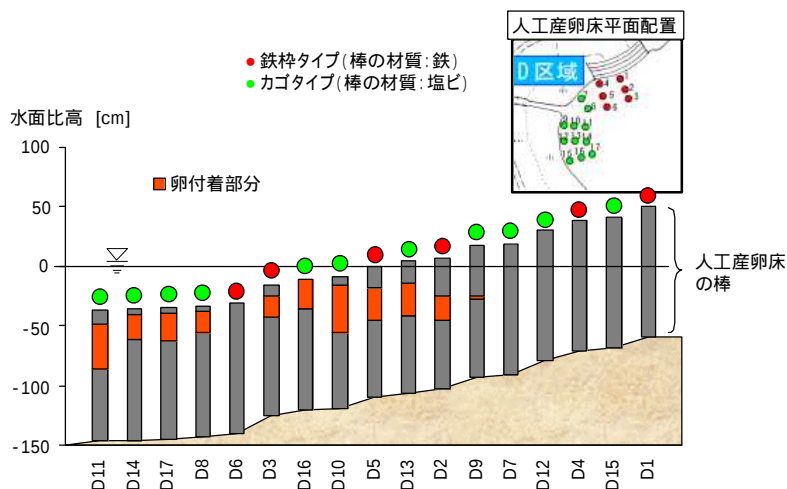


図 7.1.2.1 D 区域の人工産卵床におけるモツゴ産着卵の分布 [2006 年 5 月 18 日, 野田沼]

期間後半は人工産卵床の約 1 割程度に産卵がみられ、その他にガマの茎への産卵が増えた。

周辺には筒を仕掛けるときの竹や木杭などがあるが、長く水中にあり表面に藻類、ごみなどが付着しており卵は確認できなかったことから、ある程度表面が滑らかなものを選好しているのかも知れない。

かなり多量の産着卵がみられたことから親魚も多く生息していたことが想定されるが、その後秋季の魚類相調査ではほとんど採集されなかった。また、多量に孵化したはずの仔稚魚も仔稚魚調査で 1 個体 (SL11mm)、仔稚魚駆除で 3 個体 (SL16-20mm) が採集されたに過ぎず、これらの原因については明らかでない。

8 課題と計画

8.1 課題

本業務において明らかにできなかった課題について以下にまとめた。

本業務で残された課題

- (1) 野田沼におけるオオクチバスの繁殖抑制がほとんど行えず効果がみえていない その背景として繁殖実態が抑えられていない、琵琶湖との移動が明らかでない
- (2) 野田沼においてオオクチバスの成魚駆除効果がみえていない その背景として琵琶湖との移動が明らかでない
- (3) 野田沼におけるブルーギル繁殖成功の時期による違いの要因が明らかでない その背景として琵琶湖との移動が明らかでない
- (4) 漁獲量の分布から繁殖場が推定できない 背景として様々なバイアス（漁法の違いやオオクチバス、ブルーギルの漁獲比率の違い、買い上げ時期の制限など）がある
- (5) 繁殖場情報、特にブルーギルの繁殖場情報が不足している
- (6) 琵琶湖での冬季蛸集場が彦根旧港湾以外に確認されていない
- (7) 野田沼も含め、オオクチバス等の内湖の利用状況が明らかでない（繁殖場として利用？ 越冬場として利用？）

以上を今後明らかとするための具体的調査検討内容について次項で提案する。

8.2 平成 19 年度調査の計画

本報告書での調査検討結果および抽出された課題、漁業者への聞き取り、検討会での委員からの指摘等を踏まえ、防除モデル事業の全体スケジュールにおける平成 19 年度分の事業計画を立案した。

8.2.1 モデル事業全体のスケジュール

事業当初に立てた 3 カ年計画のうち、平成 19 年度は 2 カ年目にあたり、基本的に平成 18 年度事業内容の継続実施が予定される。

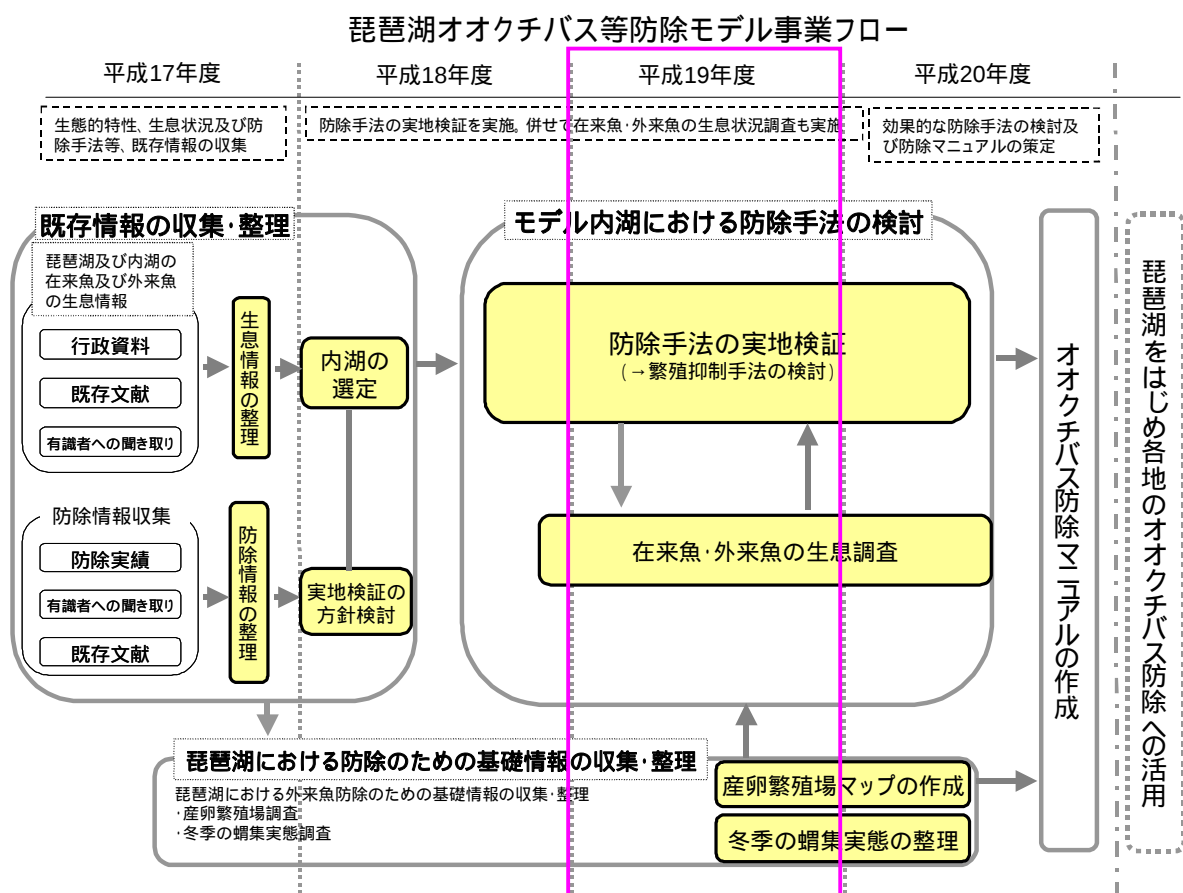


図 8.2.1.1 琵琶湖オオクチバス等防除モデル事業フロー

8.2.2 モデル内湖の環境情報図の作成用情報の収集

平成 18 年度までに得られた情報に追加する情報を平成 19 年度に得、平成 20 年度に作成する環境情報図への資料とするための計画（案）を策定した。

表 8.2.2.1 平成 19 年度 モデル内湖の環境情報図作成用情報の収集(案)

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none">■ 空中写真撮影→行わない〔撮影済み〕■ 植生調査→行わない〔済み〕■ 水温ロガー測定→〔改良継続〕 |
|--|

(1) 水温ロガー測定の改良継続

平成 18 年度は、野田沼内 5 箇所および流出部、琵琶湖のいずれも表層において水温の連続観測を行った。結果、琵琶湖と野田沼との表層水温に差はみられたが、野田沼内ではほとんど差がみられなかった。また、彦根旧港湾では冬季にオオクチバス、ブルーギルの分布と水温勾配の関係がみられ、それ以外の季節にも水温差による分布の違いがある可能性が考えられる。そこで、野田沼内の平面的な水温分布はほぼ同じと考えられるため、平成 19 年度は鉛直的な断面分布をとらえる。最深部を含む横断面を設定し、表層～底層に自記式水温計を設置、連続観測する。

8.2.3 野田沼での駆除・調査計画（案）

平成 19 年度の野田沼での駆除・調査計画案における事業の効率的な実施のためのポイントは、琵琶湖-野田沼の移動調査を重点的に行うとともに、効率的な駆除を実施することである。この考え方に基づき、以下に計画（案）を策定した。

表 8.2.3.1 平成 19 年度 野田沼における駆除・調査計画(案)

- 人工産卵床→行わない〔省力化〕
- 自然産卵床の探索駆除→〔継続〕
- 小型三枚網による成魚・親魚駆除→〔継続〕
- 仔稚魚駆除→〔継続〕
- 仔稚魚調査→〔省力化〕
- 魚類相調査→〔継続〕
- 〔新規〕集魚灯による仔稚魚調査
- 〔新規〕一枚網による成魚・親魚駆除
- 〔新規〕琵琶湖 - 野田沼の魚類移動調査

(2) 人工産卵床

平成 18 年度は、人工産卵床では有効に活用できなかった。また、「ブラックバス駆除マニュアル」(環境省東北地方環境事務所・財団法人宮城県伊豆沼・内沼環境保全財団, 2006)においても、人工産卵床の観察は必ず週 2 回実施することとされており、調査頻度を高めている要因でもある。従って、調査頻度の軽減のため、平成 19 年度は人工産卵床の設置は行わない。

(3) 自然産卵床の探索駆除

平成 18 年度には特に産卵期前半(5~6月)においてブルーギルの繁殖を抑制できていたものとみられ、効果があると考えられることから自然産卵床の探索駆除は継続する。

(4) 小型三枚網による成魚駆除

平成 18 年度にはオオクチバス、ブルーギルの成魚・親魚を継続的に捕獲することができた。また、様々な検討に必要である GSI の情報も得られたことから、小型三枚網による成魚駆除は継続する。地点による採集量の偏りがみられなかったことから重点的に行う場所はみえていないことから、設置場所、設置数は平成 18 年度と同様とする。

(5) 仔稚魚駆除

平成 18 年度には特に 8 月にブルーギルの仔魚を多く駆除できており、成長に関する知見も得られたことから仔稚魚駆除は継続する。サデ網とサーフネットについては、CPUE では

サーフネットのほうが高かったものの、これはブルーギル仔魚が多いときに限定した実施であったためとみられ、サデ網では在来魚をある程度再放流することが可能であることから、やはり平成 19 年度と同様、サデ網を中心に実施し、ブルーギル仔魚が多量に確認された時期にサーフネットを併用するものとする。

(6) 仔稚魚調査

平成 18 年は先行事例（滋賀県琵琶湖研究所）との比較のために実施したが、駆除を並行して実施中であったため過去との比較検討は難しかった。従って、省力化のため、平成 19 年度は仔稚魚調査は行わない。

(7) 魚類相調査

魚類相調査は駆除効果の評価のために不可欠であるため継続する。時期別の比較が重要であることから、方法についても平成 18 年度までをそのまま継承する。

(8) 集魚灯による仔稚魚調査〔新規〕

平成 18 年度には、オオクチバス、ブルーギルの繁殖成功について、孵化仔魚期の情報が得られなかった。これは、全て日中の調査であり、夜間に弱い光をあてることで孵化仔魚が得られるとの委員からの情報（第 2 回検討会）に基づき、調査のために集魚灯採集を行う。

(9) 一枚網による成魚駆除〔新規〕

平成 18 年度には、オオクチバス成魚の駆除効果がみられなかった。漁協への聞き取り調査により、オオクチバスの漁獲には一枚網の刺網が極めて有効であるとの情報が得られたため、オオクチバス成魚駆除手法として試験的に一枚網を導入する。

(10) 琵琶湖 - 野田沼の魚類移動調査〔新規〕

平成 18 年度で残された課題の多くが、琵琶湖と野田沼の魚類（成魚、仔稚魚）の移動状況が不明であることに由来していたため、琵琶湖と野田沼の魚類移動状況について調査を行う。

8.2.4 乙女が池での調査計画（案）

表 8.2.4.1 平成 19 年度 乙女が池における調査計画(案)

■ 魚類相調査 →〔継続〕

乙女が池では秋季の魚類相調査のみを実施しており、野田沼での魚類相調査結果との比較検討用の資料として有意義であることから継続実施する。

8.2.5 琵琶湖での調査計画（案）

平成 19 年度の琵琶湖での調査計画案について、平成 18 年度で残された課題等を元に計画（案）を策定した。

表 8.2.5.1 平成 19 年度琵琶湖における調査計画(案)

■ 漁獲統計整理 →行わない〔省力化〕
■ 漁協聞き取り調査 →〔改良継続〕
■ 冬季蝸集調査 →〔改良継続〕

(1) 漁獲統計整理

平成 18 年度に行った漁獲統計整理では、外来魚の駆除量について地域的な季節変化傾向の相違や年変動などがみられたが、オオクチバスとブルーギルをあわせていることや地域による漁法の相違、さらに漁法による操業時期の相違などのバイアスがかなり大きく、琵琶湖における繁殖場の推定には使えなかった。従って、滋賀県漁連が平成 19 年も同様の漁獲統計をとるのであれば、継続する意味はないものとする。

(2) 漁協聞き取り調査

平成 18 年度の漁協聞き取り調査では様々な有用な情報が得られたが、本来の目的である琵琶湖におけるオオクチバス、ブルーギルの繁殖場に関する情報については依然として不足している。従って、平成 19 年は手法を変え、各漁協へのアンケート調査を実施することにより、オオクチバス、ブルーギルの繁殖場情報を直接的に把握するものとする。具体的には、事前にアンケート用紙を配布し、オオクチバス、ブルーギルの産卵床あるいは保護雄を確認した時に月日と場所を記録してもらうことを想定している。

(3) 冬季蝸集調査

平成 17、18 年度に彦根旧港湾および総門川河口において冬季の外来魚蝸集実態を調査し、蝸集要因についてはある程度の結論が得られた。従って、平成 19 年は既に蝸集が明らかで

ある彦根旧港湾においてより実践的な駆除を実施する。具体的には、本事業が終了した後も継続して駆除が行えるような枠組みについて検討し、その初年度として実施する。

9 要約

背景と目的

本業務は、琵琶湖をモデル事業の一つに選定し、防除手法及び防除体制の検討を行い、最終年度(2008)にはオオクチバス等の防除手法等のマニュアルを作成するために、資料調査、現地調査、聞き取り調査、環境情報図の作成を行い、検討会の設置・運営を補助したものである。なお、本報告書では平成 18 年度に実施した内容についてとりまとめを行った。

業務内容

内湖における繁殖抑制手法の検討

外来魚の繁殖抑制技術に係る国内の既存情報を収集整理した上で、琵琶湖の在来魚にとって繁殖上重要な水域と考えられる内湖又は外来魚の繁殖抑制上の効果が想定される内湖を選定し、モデル的に手法に係る実証調査を行った。

琵琶湖における外来魚防除のための基礎情報の収集整理

琵琶湖における外来魚の産卵繁殖場について、漁獲統計と漁協への聞き取りから適地を抽出した。また、冬季における水温変化と外来魚の蝸集との関係を明らかにするため、蝸集実態を調査し、蝸集要因を推測した。

検討会の設置

学識経験者、関係団体、滋賀県等から成る検討会を設置し、3 回開催した。

調査結果〔野田沼〕

- 〔水深〕野田沼内の定点における水深の変動は琵琶湖水位とほぼ連動していたが、8 月以降に琵琶湖水位が B.S.L.-20cm を下回るようになって野田沼水位は一定であった。
- 〔水温〕野田沼内での水温の相違はほとんどみられず、6 月まではすぐ外側の琵琶湖よりもやや高かった。
- 〔小型三枚網〕34 回の調査により、小型三枚網によって各区域で 17～34(合計 119)個体のオオクチバスと 43～120(合計 352)個体のブルーギルが採集された。
- 〔人工産卵床・自然産卵床〕34 回の調査により、人工産卵床で産卵が確認されたのは 7 例、うち 2 例がオオクチバス、5 例がブルーギルであった。オオクチバスの産卵が確認されたのは 6 月中旬(人工産卵床)のみであった。ブルーギルの産卵が確認されたのは 6 月上旬(自然産卵床)と 7 月上旬～中旬、8 月上旬(人工産卵床)であった。
- 〔仔稚魚駆除〕25 回実施した仔稚魚駆除ではオオクチバス 5 個体 15g(乾燥重量 2.4g)、ブルーギル 2.5 万個体 1.8kg(乾燥重量 202g)を駆除した。
- 〔仔稚魚調査〕最も多かったのはダニオ亜科であり、7/20 に多かった。ついでカネヒラが多く 5/25 に多かった。ブルーギルは少なく 8～10 月にあわせて 9 個体のみが採集された。オオクチバスは採集されなかった。
- 〔魚類相調査・標識再補〕魚類相調査による採集魚類に占める特定外来生物の割合は冬、春、夏に低く秋に高いという季節変化傾向がみられた。2006 年 11 月に実施した標識再捕調査では、標識魚は全く採集されず、資源量の推定は行えなかった。

調査結果〔乙女が池〕

- 〔魚類相調査〕2006 年秋の魚類相調査で得られた魚類 750 個体は全て特定外来生物であった。特定外来生物が極めて多い傾向は 2005 年秋と同様であった。

調査結果〔漁獲統計整理〕

- 〔経年変化〕外来魚駆除量は湖東と湖南で経年的に増加傾向にあった
- 〔季節変化〕湖北と湖南で駆除量の季節変化が異なり、湖南では外来魚の産卵期である初夏に偏って漁獲されるのに対し、湖北では 10 月から 12 月の漁獲が多かった。湖西、湖東は湖北と湖南の中間的な様相であった。

- 〔地理的分布〕外来魚駆除量は湖南で圧倒的に多かった。

調査結果〔冬季蛸集調査 - 彦根旧港湾〕

- 〔環境勾配〕水温は排水口付近で最も高く(最高 16.9)、琵琶湖へ向け低下し最低値は 8.6 であった。なお、800m 地点付近の底層で水温の低い水塊が確認された。EC は排水口付近の底層で最も高く(1.142 mS/cm)、琵琶湖へ向け低下した(最低 0.259 mS/cm)。表層の光透過率は排水口付近から琵琶湖にかけゆるやかに低下した。水深は排水口付近から琵琶湖にかけゆるやかに大きくなっていった。また、波高は 1250m までは 3cm 以下であり、1300m より琵琶湖側ではより大きくなった。全域の中~底層で水草が繁茂しており、ほかに特徴的な微地形は観測されなかった。
- 〔魚類採集結果〕26 地点で 7 種 358 個体 26.7kg の魚類が採集された。うちオオクチバスが 199 個体(17.6kg)、ブルーギルが 134 個体(5.9kg)であり、両種を合計すると個体数で全体の 93%、重量で 88%を占めていた。
- 〔繁殖の可能性〕オオクチバスで比較的高い GSI 値を示す個体がみられたが、産卵に十分な状態であるかは判断が難しかった。排卵個体はなかった。また、ブルーギルの生殖腺は産卵に十分な状態ではないと判断された。調査中に目視観察を行ったが、産卵床、保護雄、あるいは仔魚は確認されなかった。
- 〔オオクチバスの胃内容物〕解剖したオオクチバス 68 個体のうち、何らかの餌を捕食していたのはわずかに 6 個体(8.8%)であった。5 個体(7.4%)はプラスチックワーム(疑似餌の一種)1 個のみを捕食しており、57 個体(83.8%)は空胃であり胃内に何も入っていないかった。

調査結果〔冬季蛸集調査 - 彦根旧港湾〕

- 〔環境勾配〕周辺地形は、やや岸側と総門川河口で浅いもののいずれの場所も水深約 2m を超えており急深であった。水温は総門川流入部で最も高く(最高 17.2)、琵琶湖では水温の高い水塊は底層でみられた。最低値は 7.4 であった。光透過率(39.9 ~ 82.3 %)、EC(0.110 ~ 1.877 mS/cm)も水温と同じような分布を示し、特に総門川河口部では極めて強い勾配が形成されていた。総門川からは白濁した高温の水が琵琶湖へ流入しており、この水が琵琶湖の底層へもぐりこんでいたものとみられる。なお、音探では特に障害物はみあたらなかった。
- 〔魚類採集結果〕小型三枚網で採集された魚類は 4 個体(コイ 2 個体、ギンブナ 2 個体)であり、オオクチバス等は採集されなかった。

考察〔野田沼〕

- 〔産卵期〕人工産卵床、自然産卵床を実際に確認した時期および、産卵床調査と平行して行った小型三枚網による採集結果、仔稚魚調査結果、水温測定結果をもとに外来魚の産卵時期を推定した。結果、総合的にみて、野田沼におけるオオクチバスの産卵期は 5 月中旬 ~ 7 月上旬、ブルーギルの産卵期は 5 月下旬 ~ 8 月中旬と推定された。
- 〔産卵場所〕野田沼における外来魚の産卵場所について、人工産卵床、自然産卵床を実際に確認した場所および小型三枚網による採集結果との比較検討を行った。結果、オオクチバスは産卵床の確認がほとんどなく、また小型三枚網での採集数や GSI の分布にも平面的な強い偏りがみられなかったことから、特定の産卵場は推定できなかった。ブルーギルは西部を除く広い範囲で産卵床が確認されたが、オオクチバスと同様に採集数や GSI の分布に平面的な強い偏りはみられなかった。
- 〔成育場所〕オオクチバス、ブルーギル仔稚魚の確認位置から野田沼内の成育場所を推察した。結果、オオクチバスの仔稚魚はほとんど採集されず、野田沼内での成育はほとんどなかったものと推察され、成育場所は明らかでなかった。ブルーギルは野田沼内では南側で多い傾向がみられ、かつ沈水植物が生えている場所、あるいは沈船の周辺であり、ヨシ帯直近よりはその沖側に数 m 離れた場所で多い傾向がみられた。
- 〔オオクチバスの繁殖について〕野田沼で得られたオオクチバスの GSI が時期を追って低下したこと、また産卵後と考えられる排卵個体が多数確認されたことは、野田沼におけるオオクチバスの繁殖を示唆している。一方で、産卵床が 2 床しか確認されなかったこと、仔魚が全く確認されず、稚

魚もごくわずかであったことは、野田沼でオオクチバスがほとんど繁殖していなかったことを示唆しており、相反する結果となった。この理由として、オオクチバスが野田沼で産卵したが何らかの要因により孵化あるいはごく初期の成長ができなかった、あるいは他水域(琵琶湖等)で産卵したオオクチバス成魚が野田沼に侵入していた可能性が考えられた。

- (ブルーギルの繁殖について) 本調査結果では、野田沼でのブルーギルの繁殖成功が7月中～下旬の出水前後で大きく異なっており、出水による強いインパクトを受けたとかがえられた。また、6月の産卵床駆除は効果があったが、7月の出水時に見えないところで多量の産卵が行われたか、琵琶湖から仔魚が流入したために出水後に仔魚を多数確認するようになったとも考えられた。

内湖における駆除効果の評価と手法の検討

- (駆除効果) 2005、2006 秋に同じ手法で行った魚類相調査の結果を比較し、駆除の効果について成魚駆除、繁殖抑制の両面から検証した。オオクチバスは成魚駆除、繁殖抑制のいずれについても直接的な効果はみられなかった。ブルーギルは成魚は著しく減少したが駆除の効果であるかは判断できなかった。当歳魚は34%の減少であり駆除の直接的な効果が認められた。両種の駆除により、間接的な効果とみられる事象もみられた(在来種数、内湖依存種数の増加)一方で、在来種および内湖依存種の個体数比率は減少した。
- (駆除手法の検討) 各漁法による捕獲効率を整理することにより、今後の駆除手法について検討を行った。結果、オオクチバス成魚駆除には投網、小型三枚網、ブルーギル成魚駆除には定置網が比較的效果が高いと考えられた。ブルーギル産卵床の駆除は人工産卵床よりも自然産卵床の駆除が効率的であると考えられた。オオクチバス親魚捕獲には投網・小型三枚網、ブルーギルには定置網、小型三枚網が、ブルーギル仔稚魚捕獲にはサデ網、サーフネットが比較的效果的であると考えられた。

琵琶湖における外来魚の冬季蛸集場所と要因

- (琵琶湖における冬季蛸集場所) 現段階で明らかとなった琵琶湖における外来魚の冬季蛸集場所は彦根旧港湾のみである。
- (彦根旧港湾内での蛸集要因) 彦根旧港湾内での外来魚採集結果と環境測定結果より、蛸集要因について分析した。結果、オオクチバスの多い場所にはブルーギルも多いこと、ブルーギルは水深が小さく、水温が高く、光透過率が高い場所に多いこと、小型個体は下流側が急に冷たくなっている場所に多いこと、オオクチバス、ブルーギルともに上流側が急に暖かくなっている場所に多いことが明らかとなった。

その他

- (人工産卵床へのモツゴの産卵) 人工産卵床の棒部分にモツゴの産卵がみられたため、補足的に記録を行った。

本業務で残された課題

- (1) 野田沼におけるオオクチバスの繁殖抑制がほとんど行えず効果がみえていない
- (2) 野田沼においてオオクチバスの成魚駆除効果がみえていない
- (3) 野田沼におけるブルーギル繁殖成功の時期による違いの要因が明らかでない
- (4) 漁獲量の分布から繁殖場が推定できない
- (5) 繁殖場情報、特にブルーギルの繁殖場情報が不足している
- (6) 琵琶湖での冬季蛸集場が彦根旧港湾以外に確認されていない
- (7) 野田沼も含め、オオクチバス等の内湖の利用状況が明らかでない

平成 19 年度調査の計画

- 本報告書での調査検討結果および抽出された課題、漁業者への聞き取り、検討会での委員からの指摘等を踏まえ、防除モデル事業の全体スケジュールにおける平成 19 年度分の事業計画を立案した。

10 参考文献

- Kramer, R. H. and L. L. Smith, Jr. 1962. Formation of Year Classes in Largemouth Bass. Transactions of the American Fisheries Society, 91, 29-41.
- 赤崎正人・松岡正浩・新崎 勉. 1970. ブルーギルの産卵と卵発生. 水産増殖, 18(4): 191-199.
- 遠藤良徳・宇部稔, 2003. 外来魚の生態に関する研究. 平成 16 年度岩手県内水面水産技術センター年報.
- 福田大輔・辻野寿彦・細谷和海・西野麻知子 2005. 湖北野田沼における在来魚と外来魚の現状. 西野真知子・浜端悦治 編, 内湖からのメッセージ 琵琶湖周辺の湿地再生と生物多様性保全. サンライズ出版, 彦根.
- 環境省東北地方環境事務所・財団法人宮城県伊豆沼・内沼環境保全財団. 2006. ブラックバス駆除マニュアル～伊豆沼方式オオクチバス駆除の実例～. 96pp.
- 前畑政善, 2001. 日本の淡水魚(川那辺浩哉・水野信彦 編) 3 版. 494-503. 山と溪谷社. 東京
- 中村中六・笠原正五郎・矢田敏晃. 1971. 実験動物としてのブルーギルサンフィッシュに関する研究, II. 卵内発生と仔魚の成長. 広島大学水産学部紀要. 10(2): 139-151.
- 西野真知子. 2005. 内湖の生物多様性維持機構の解明. 琵琶湖研究所記念誌, 22, 121-133.
- 大阪府淡水試験場, 1974. ブルーギル養成試験. 大阪府淡水魚試験場業務報告, 昭和 47 年度. 68-88.
- 大阪府淡水試験場, 1976. ブルーギル養成試験. 大阪府淡水魚試験場業務報告, 昭和 49 年度. 5-22.
- 杉山秀樹, 2005. オオクチバス駆除最前線. (有)無明舎出版. 秋田
- 武居薫, 2006. 諏訪湖のオオクチバスの定着初期における生態. 長野県水産試験場研究報告, 8, 22-30.
- 寺島 彰, 2001. 日本の淡水魚(川那辺浩哉・水野信彦 編) 3 版. 506-511. 山と溪谷社. 東京
- 津村祐司, 1989. 産卵生態および産卵床分布. 昭和 60～62 年度オオクチバス対策総合調査報告書. 滋賀県水産試験場研究報告. 第 40 号
- 全国内水面漁業共同組合連合会, 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
- 農林水産技術会議事務局, 2003. 外来魚コクチバスの生態学的研究及び繁殖抑制技術の開発. 研究成果第 417 集.