

外来魚蝸集場所探索ならびに駆除技術開発研究

要 旨

琵琶湖南湖（琵琶湖大橋以南の琵琶湖）およびその付属湖沼（内湖：曾根沼）で、オオクチバス、ブルーギルの季節ごとの蝸集場所の探索と駆除手法の検討を行った。琵琶湖南湖では高性能魚群探知機とビームトロール網による調査で 6 月にブルーギルの小型個体が南湖北中部に分布したことを明らかにした。また、オオクチバスを対象とした調査では、高性能魚群探知機で南湖の地形や水草帯の分布を把握し、初夏と冬季に湖底起伏（窪地）や水草帯を対象とした刺網での捕獲試験を行った。その結果、冬季にはオオクチバスが湖底起伏や窪地のうち、急激に水深が変化する箇所に蝸集することが示唆された。曾根沼では、4～7 月にかけて既存の手法（電気ショッカーボートや小型三枚網、仔稚魚すくい）によるオオクチバス駆除に加え、オオクチバス成熟雄の胆汁（フェロモン）による成熟雌の誘引捕獲を検討した。冬季には当該水域の水深、水温分布情報から、バスの蝸集状況を推測し、水中構造物と刺網を組み合わせることで、オオクチバスを効率的に捕獲できる可能性があることを見いだした。

1. はじめに

滋賀県では、1985 年より琵琶湖の水産資源に悪影響を与える外来魚（ここではオオクチバスとブルーギルを指す）への対策を開始し、長年にわたって駆除に取り組んできた。特に 2002 年以降は駆除対策を強化し、年間およそ 300 から 500 トン程度の外来魚を駆除することでその生息量を着実に減少させてきた（吉岡ら 2012）。2013 年以降は駆除量が減少し、一時は生息量の再増加も見られたが、直近 2018 年 4 月の生息量は 508 トンと試算され、過去最低となった（滋賀県 2019）。こうした中で、琵琶湖南湖では、2019 年春にホンモロコの大産卵が見られ、外来魚駆除の効果が表れている（米田、私信）。しかし、外来魚のうち、在来魚類を食害し、より影響が大きいと考えられるオオクチバス（以下、バス）については、近年その減少に陰りが見えている。また、駆除を担う漁業者の減少や高齢化による駆除努力量の減少が顕在化しており、今後も外来魚（特にバス）を着実に減らすには、少ない努力量で効率的に捕獲する技術が必要となる。

効率的な駆除には、対象を蝸集場所で集中的に捕獲する、あるいは誘引して捕獲することが有効と考えられる。本研究では琵琶湖南湖で高性能魚群探知機や各種漁具による捕獲調査を冬季を中心として行うことで、外来魚がいつ、どのような場所に蝸集するか明らかにし、その場所でどのような手法が有効か、検証することを目的とした。加えて、バスの生息密度が低く、在来魚類の多いモデル水域の曾根沼で、バスを誘引して駆除できないか合わせて検討した。

2. 琵琶湖南湖における春から初夏にかけてのブルーギル蝸集場所の探索とその環境条件の把握

(1) 調査方法

i ビームトロール網による捕獲調査

滋賀県水産試験場では毎年秋季に琵琶湖沿岸帯でビームトロール網（図1、以下トロール網）による外来魚（主に当歳魚）捕獲調査を実施しており、南湖には41定点がある。本研究では春から初夏におけるブルーギル（以下、ギル）の蝟集場所を探索する目的で、2017年秋の調査でギルの生息密度上位20定点（図2）を対象として2018年5～6月に捕獲調査を行った。その結果、ギルは水草の多い地点に多い傾向が見られたことから、本年度も同一地点での調査を反復することで、水草の多寡等の環境条件がギルの分布に影響するか検証した。

調査は2019年6月17、18日に小型船舶で当該トロール網を曳網速度0.27 m/秒を目安に昨年度と同じ20定点で3分間底曳きして行った（湖底の糸状藻類が昨年に比べて多く、5分間の曳網では網地に大量の糸状藻類が入網して調査に支障をきたしたので、曳網時間を2018年調査時より短縮している）。

捕獲魚はすべて持ち帰り、種ごとに標準体長（以下、体長）と体重を測定した。曳網前後の位置情報をGPS（Garmin etrex10J）に記録し、地図ソフト（カシミール3D, DAN 杉本）で距離を求めて、ビーム長（4 m）を乗じることで曳網面積を算出した。得られた面積値で捕獲尾数を除して、100 m²当たりの捕獲尾数を算出した。

ii 環境条件調査

曳網と同時に水底の様子を詳細に記録し、データ出力できるストラクチャースキャン機能付き魚群探知機（LOWRANCE社製HDS-7 gen2 touch以下、SS魚探、写真1）で録画を行い、調査地点の水深を記録した。また、表層水温を測定した。加えて、曳網終了後に調査地点でスプリングチェーン {チェーン（φ5 mm、2 m）に対し、圧縮スプリング（自由長100 mm、外径14 mm、線径1.6 mm）をおよそ23 cm 間隔に8個、結束バンドで取り付けたもの、金属部分の重量約1 kg：写真2} を3回湖内に投入し、湖底の水草を採取した。得られた水草の湿重量を測定した。SS魚探の水深データは調査終了後にLOWRANCE, Sonar viewer 2.1.2で出力した。当該データには、そのままでは位置情報が重複したデータが複数含まれることから、それらを削除してから後の分析に用いた。iで求めた100 m²あたりのギル捕獲尾数と1. 水草採取量、2. 表層水温、3. 平均水深との関係について相関分析を行った。

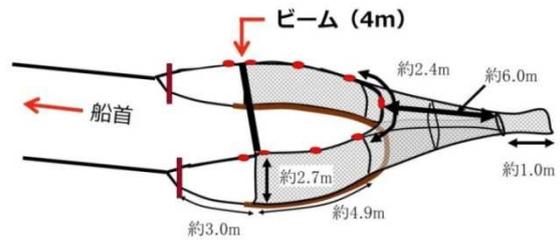


図1 ビームトロール網の概要。

開口部のビームにより、水草帯でも安定して曳網が可能であり、外来魚の捕獲に適する。



図2 調査定点。

○印で調査を実施した。図中の番号は地点番号。
*10・12は欠番。



写真1 ストラクチャー
スキャン機能付魚群探知機

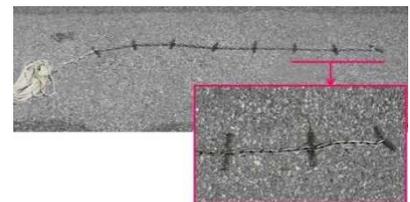


写真2 スプリングチェーン

(2) 結果および考察

捕獲魚の体長組成を図3に示す。捕獲魚の体サイズ範囲はおおむね体長30~120 mmで2018年調査時と同様であったが、本調査では100 m²あたりの捕獲尾数が前年の780尾から70尾(約9%)まで大幅に減少した。特に1歳魚にあたる体長80 mm程度までの個体の減少が著しかった。この減少は、本調査時の環境条件による捕獲効率の低下(糸状藻類が大量に入網)のみによるとは考えづらい。2018年6、7月の刺網調査では、大型(体長約100 mm以上)のブルーギルがほとんど捕獲されなかった(田口ら2019)ことや、2018年11月に実施された琵琶湖南湖でのビームトロール網調査で、ブルーギル当歳魚の生息密度が過去最低を記録したこと(田口、未発表)を踏まえると琵琶湖南湖のブルーギルの生息水準は相当に低いものと考えられる。

ブルーギルが捕獲された地点を図4に示す。ブルーギルの捕獲地点は20地点中5地点で、いずれの地点も南湖北中部であった。前年調査時にブルーギルが多く捕獲された地点(図4)と完全には一致しないが、春から初夏にブルーギルは南湖北中部に分布すると考えられる。

環境条件については、いずれもブルーギルの面積当たり捕獲尾数との間で有意な相関を見いだせなかったが(図5)、昨年にかけて水草採取量が多い地点(南湖北中部)で捕獲量が多い傾向にあった(平均水深について水深が深いほどギルの捕獲尾数が少ない傾向がみられているが、これは平均水深

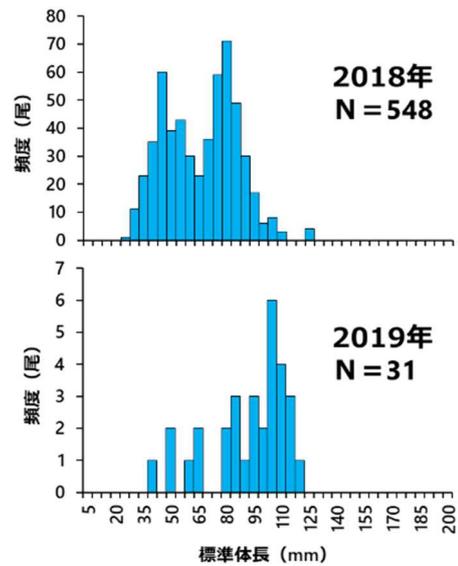


図3 ビームトロール網で捕獲されたブルーギルの体長組成の比較

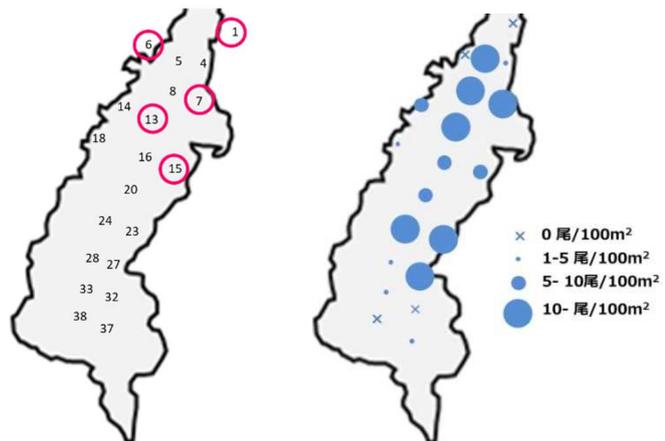


図4 本調査でブルーギルが捕獲された地点(左:丸印)と2018年調査時の100 m²あたりブルーギル捕獲尾数の分布(右)

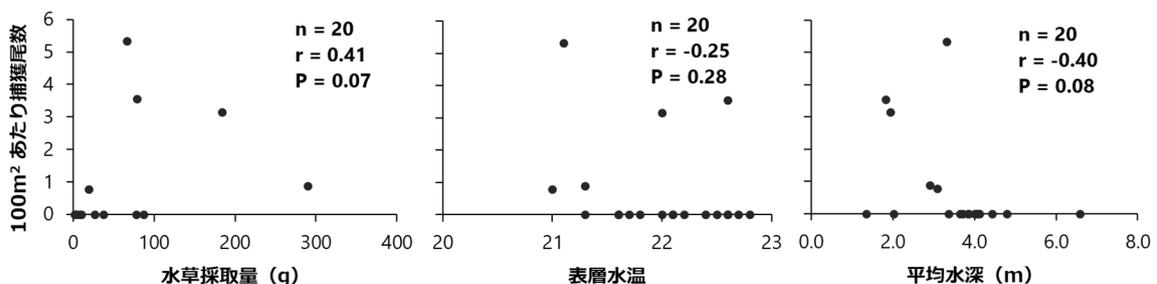


図5 各環境項目と100 m²あたりブルーギル捕獲尾数との関係

と水草採取量との間に有意な負の相関 ($n = 20, r = -0.49, P = 0.03$) が認められたためと考えられる)。これらのことから、琵琶湖南湖で減少したブルーギルをさらに駆除するためには、比較的水草の多い南湖北中部での駆除を進めることが有効と考えられる。

3. 琵琶湖南湖におけるオオクチバス親魚の 蛸集場所探索とその捕獲方法の検討

(1) 調査方法

i 高性能魚群探知機による湖中環境の把握

オオクチバスの蛸集場所を探索する目的で、2018年には先述のSS魚探とマルチスキャン魚群探知機

(本多電子株式会社カラー液晶デジタルマルチスキャン HE-773 II-Di、以下MS魚探、写真3)を用いて湖中の水草の繁茂状況や水深変化等を調査した。本研究では南湖のさらに広範囲の状況を把握するために2019年6月28日と12月9～10日に追加のライトランセクト調査を実施した。

SS魚探はサイドスキャン機能により船舶の真下、左右方向の鮮明な画像を記録出来るが、その範囲は限られ、船舶の前方と後方は探知出来ない。一方、MS魚探はソナー機能を有し、全方位の地形と魚群を把握できる。また、振動子角度を変化させてSS魚探よりも広範囲を探查できる。これら魚探の併用で、広範囲の地形を把握しつつ、水草帯や湖底起伏がある範囲ではさらに詳細な調査ができる。

調査時の航行速度は時速10kmを目安とし、SS魚探で探查画像を録画しながら、MS魚探に何らかの反応(例:図6(右))が見られた際には速度を落として必要な位置情報を記録した。得られた位置情報と水深をLOWRANCE, Sonar viewer 2.1.2で出力し、カシミール3Dでマッピングした(図7)。

ii 初夏の蛸集場所探索と捕獲調査(複数漁具の検討)

産卵期に沿岸に集まるオオクチバス親魚やその後発生する仔稚魚は電気ショッカー



写真3 マルチスキャン魚群探知機

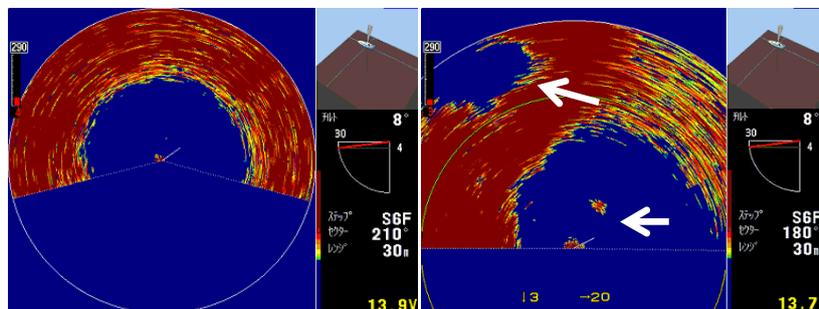


図6 マルチスキャン魚探の探查画像。(左)平坦な箇所。
(右)左舷前方に窪みがあり、正面に魚群らしき反応がある。

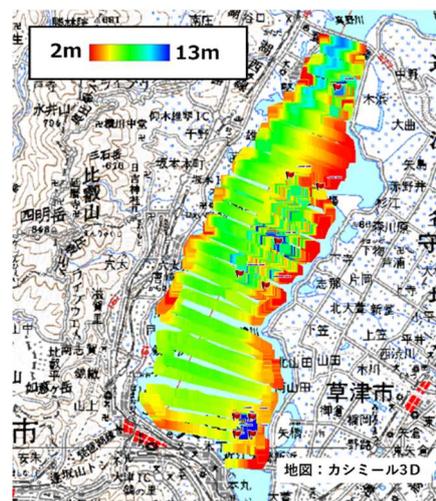


図7 琵琶湖南湖の水深分布図。
色彩変化が水深の変化を表す。

ボート（以下、EFB）や仔稚魚すくいでも効率的に捕獲できる（田口ら 2018）。また、秋季には接岸する当歳魚を EFB で効率的に捕獲できる。一方、産卵期を終えたオオクチバス親魚を集中捕獲できる手法は見当たらない。そこで、先の魚探調査で有望と想定された地点で 2019 年 7 月に複数漁具（刺網、釣り、延縄）での捕獲調査を実施した。調査地点を図 8 に示す。調査場所は前述のトランセクト調査時に水草帯が発達していた地点（図 8：St1、3、4）と冬季の刺網で捕獲実績のある地点（図 8：St2）とした。

刺網調査

刺網調査では 7 月 1～2 日と同 4～5 日の 2 回、表 1 仕様の 120、136 mm 目合いの刺網 2 把ずつを各地点に湖岸と平行に底刺網で設置した。入網は各調査初日の 14：00 頃から行い、翌日の 10：30 頃から取り上げた。また、同年 7 月 10～11 日に漁業者に依頼して、実証規模での調査を実施した。地点は図 9（地点⑩～⑫）とした。調査には 120 mm 目合いの刺網を用いた。初日の 16：00 に各地点の南北方向に 8 把ずつ入網し、翌朝 7：00 に回収した。

釣獲調査

釣りは 7 月 16 日に実施した。表 2 の仕掛けを用い、餌に生きたスジエビとテナガエビ（4-5 cm 前後）、または生きたアユ（体長 10 cm 前後）を用いた。調査員 2 名で、図 8 の St1 と St3 で魚探を用いて湖底起伏や水草帯を狙って 12：00 から約 1 時間 30 分ずつ（のべ 6 時間）釣獲した。

延縄調査

7 月 16 日の 16：00 頃から、表 2 仕様の延縄 2 本、計 120 針を図 8 に示す地点に入網した。餌には冷凍アユ（体長 10 cm 前後）を用い、翌日の 11：00 頃に回収した。

iii 2019～2020 年冬季の刺網での捕獲調査

試験規模での調査

図 7 の地形情報を基に 2019 年 12 月 23～24 日、2020 年 1 月 14～15 日の 2 回、図 9、10 に示す 5 地点（湖底起伏と水草帯）で刺網を行った。各調査地点の選定根拠を以下に示す。湖底起伏として⑦志那沖と⑩矢橋沖を、水草帯として②烏丸沖と雄琴沖を、水草帯と湖底起伏の複合した地点として④下物沖を選定した。各調査で使用した刺網はいずれも表 1 と同様の仕様で、各地点に 120、136 mm 目合いの刺網 2 把ずつ（計 4 把）を湖岸と平行になるように底刺網で設置した。入網は各調査初

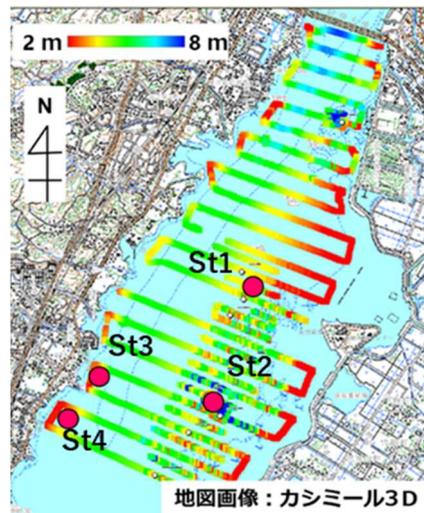


図 8 2019 年 7 月の刺網、釣り、延縄調査地点。図中の丸は刺網入網地点 4 か所（St1～4）を表す。釣りは St1、3 で行い、延縄は St1 から St2 方向と St3 から St4 方向の 2 本を入網した。

表 1 刺網（一枚網）の仕様

長さ	約30m
網丈	約1.5m
材質、線径	ナイロン2号
沈子	25g/m規格の沈子コード

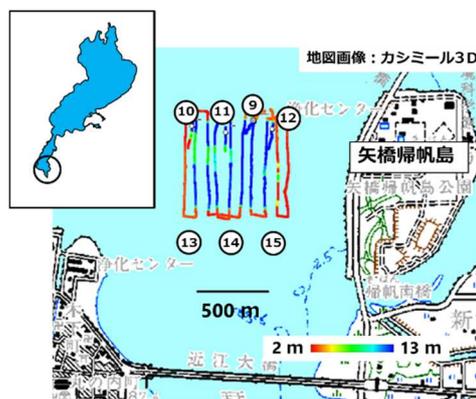


図 9 矢橋帰帆島沖浚渫跡の刺網調査地点および水深分布図。

図中の丸数字は入網地点。色彩変化が水深変化を表す。

日の 14:00 頃から行い、翌日の 10:30 頃から取り上げた。

実証規模での調査（漁業者に依頼した備船）

これまでの調査で最も捕獲実績のある矢橋沖で、実証規模での調査を 2019 年 12 月 16~17 日と 2020 年 1 月 9~10 日の 2 回、実施した。前年の調査では矢橋沖の浚渫跡の端、急激な落ち込みでのバスの捕獲実績が高かったため、本調査では浚渫跡北側の起伏（図 9、地点⑩~⑫）と浚渫南端から約 200 m 南に離れた平坦な水草帯（地点⑬~⑮）に同時に刺網を仕掛け、捕獲状況を比較した。調査には表 1 仕様の 120 mm 目合いの刺網を用いた。初日の 16:00 に各地点の南北方向に 8 把ずつ入網し、翌朝 8:00 に回収した。

さらに先の試験規模の調査で捕獲実績が高かった雄琴沖（平坦な水草帯）についても、実証規模の調査を 2020 年 1 月 23~24 日に実施した。初日の 14:00 から表 1 仕様の 120 mm 目合いの刺網 30 把を湖岸と平行に底刺網で設置し、翌朝 9:00 に回収した。

iv 環境条件の測定

各調査場所の環境条件については RINKO Profiler (ASTD102、JFE アドバンテック株式会社) で各地点の水深 10 cm ごとの水温と DO を測定した。また、刺網調査の際には、設置場所で前述のスプリングチェーンを 3 回湖内に投入し、湖底の水草を採取して、その湿重量を測定した（実証規模での試験時を除く）。また、刺網設置場所の水深を SS 魚探で記録し、調査終了後に LOWRANCE, Sonar viewer 2.1.2 で出力した（出力時の詳細は 2-(1)-ii に記載）。

v 捕獲魚の測定

捕獲魚はすべて持ち帰り、体長と体重を測定した。バスについてはさらに生殖腺と胃内容物重量も測定した。胃内容物は可能な範囲で種を同定した。測定データから捕獲魚の体長組成と生殖腺体指数 (GSI)、および胃内容物重量比 (%W) を算出した。

vi 環境条件とバス捕獲状況との相関分析（冬季）

2019 年 12 月から 2020 年 1 月の冬季調査で得た 1. 約 50 cm 間隔で測定した刺網設置箇所の水深データの変動係数（以下、水深 CV）、2. 水草採取量、3. 水温、4. DO を対象として、バス刺網 CPUE（刺網 1 把あたりの捕獲尾数）との関係性について相関分析を

表 2 釣り、延縄の規格

釣り	
竿	1.8mのルアーロッド
リール	小型スピニングリール
道糸	ナイロン3~4号
浮き	錘負荷2~3号の遊動浮き
錘	クッション錘（2号程度）
ハリス	ナイロン2~3号
針	丸セイゴ12号前後
延縄	
幹糸	延縄用ディーブライン6号
幹糸長	約500 m
枝糸本数	幹糸約8mごとに計60本
枝糸	ナイロンライン7号、約1m
針	ムツ針14号

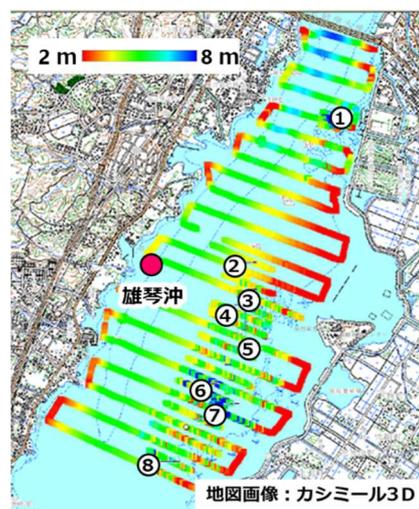


図 10 南湖北中部の刺網調査地点および水深分布図。図中の丸数字と丸印は入網地点。色彩変化が水深変化を表す。①、③、⑤、⑥、⑧は 2018 年 1 月のみの調査地点。

行った。水深データの CV に着目したのは、バスが急激な水深変化のある地点（矢橋沖）で多く捕獲されたためである。なお、水温と DO については刺網設置水深にあたる、湖底より 1 m 上層での測定値を解析に用いた。

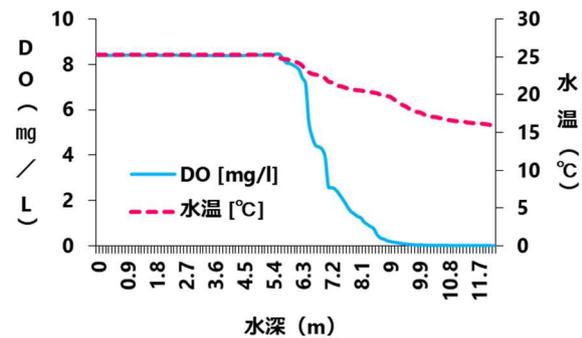


図 11 矢橋沖浚渫跡内部で見られた水温と DO の鉛直分布

(2) 結果および考察

初夏の蝟集場所探索と捕獲調査 (複数漁具の検討)

試験規模の刺網調査では、4 地点で計 2 回（刺網合計 32 把）の調査を行ったが、捕獲されたバスは 3 尾だった。また、矢橋沖での実証規模の調査では、刺網 24 把に対して捕獲されたバスは 6 尾であった。釣り、延縄でのバスの捕獲は、前者で当歳魚 1 尾、後方で体長 379 mm の個体 1 尾であった。

水温と DO の状況を見ると、矢橋沖をはじめとした湖底の窪地では、水深 7~8 m を境にして両者ともに急低下していた(代表として矢橋沖浚渫跡内部の結果を示す:図 11)。夏季の琵琶湖南湖では窪地の内部で貧酸素水塊が発生することが過去にも確認されており(森田ら 2010)、夏季には窪地が様々な生物にとって不適な環境になると考えられる。一方、平坦な水草帯でもバスの捕獲が少なく、夏季の駆除は困難(非効率的)と考えられる。

2019~2020 年冬季の刺網での捕獲調査

2019 年 12 月から 2020 年 1 月の刺網による捕獲状況を表 3 に示す。今回の調査でもこれまでと同様、⑩~⑫矢橋沖の浚渫跡北端での捕獲が多かった。しかしながら、前年に好調であった⑦志那沖ではバスがほとんど捕獲されず、他の地点でも雄琴沖を除いては捕獲が低調であった。この原因として、記録的な暖冬による水温低下の遅れが考えられる。本調査時の琵琶湖南湖の水温は最低でも 7.8°C (矢橋沖 2020 年 1 月 15 日) で昨年同時期に

表 3 冬季の刺網での魚類捕獲状況 (2019 年 12 月~2020 年 1 月)

日付	設置場所	地点 特徴	刺網 把数	捕獲魚数		バスの割合 (%)	1把あたり バス捕獲尾数
				オオクチバス	コイ科等魚類*		
2019年12月17日	⑩矢橋沖	窪地	8	20	7	74.1	2.5
	⑪矢橋沖	窪地	8	13	1	92.9	1.6
	⑫矢橋沖	窪地	8	5	6	45.5	0.6
	⑬矢橋沖	水草帯	8	0	3	0.0	0.0
	⑭矢橋沖	水草帯	8	1	4	20.0	0.1
2019年12月24日	⑩矢橋沖	窪地	4	8	0	100.0	2.0
	⑦志那沖	起伏	4	1	1	50.0	0.3
	④下物沖	起伏+水草帯	4	0	0	-	0.0
	②烏丸沖	水草帯	4	0	1	0.0	0.0
	雄琴沖	水草帯	4	7	1	87.5	1.8
2020年1月10日	⑩矢橋沖	窪地	8	8	2	80.0	1.0
	⑪矢橋沖	窪地	8	14	3	82.4	1.8
	⑫矢橋沖	窪地	8	10	1	90.9	1.3
	⑬矢橋沖	水草帯	8	4	2	66.7	0.5
	⑭矢橋沖	水草帯	8	3	1	75.0	0.4
2020年1月15日	⑮矢橋沖	水草帯	8	1	9	10.0	0.1
	⑩矢橋沖	窪地	4	1	0	100.0	0.3
	⑦志那沖	起伏	4	1	7	12.5	0.3
	④下物沖	起伏+水草帯	4	2	1	66.7	0.5
	②烏丸沖	水草帯	4	2	7	22.2	0.5
2020年1月24日	雄琴沖	水草帯	4	4	0	100.0	1.0
	雄琴沖	水草帯	30	12	6	66.7	0.4
	計		158	117	63	65.0	0.7

*コイ科等魚類はコイ、フナ類、ニゴイ、ワタカ、ナマス、ヒワコオオナマス、カムルチー

2019年12月17日の刺網では⑮矢橋沖は未実施

2019年12月24日、2020年1月15日の刺網把数のうち半数は136mm目合いの刺網

比べて約1°C高い(矢橋沖 2019年1月17日、6.7°C)。過去に実施された、秋季から翌年春季にかけてのバイオテレメトリーでの調査によると、琵琶湖南湖のバスの行動水深と水温との間には対応関係があり、水温が低いほど、遊泳深度が深くなるという(光永2017)。また、数年前から冬季刺網でバス駆除に従事する漁業者からの聞き取りでは、「水温が低いほどバスが獲れやすい。」「春が近くなり、水温が上がると魚が浮いて獲れなくなる。」との証言があり、水温が高いほどバスの泳層が浅くなることが示唆される。本調査で使用した刺網では、底から約1.5 mまでの範囲を遊泳する魚類が捕獲対象となることから、高水温は刺網での捕獲に負の影響を及ぼすかもしれない。実際に水温が上昇し始める2月末から3月にかけて過去実施した調査では、バス刺網 CPUE が同年1月(志那沖 1.1 尾/把、矢橋沖 1.3 尾/把)に比して低かった(表4)。一方、本年の調査結果では、バス刺網 CPUE と各調査地点の水温との間には有意な相関を見いだせなかった(後述)。この違いが南湖全体の水温が高すぎたために生じたのか、水温は捕獲状況に影響しない(他の要因が捕獲状況に影響)

ために生じたのかは不明であり、今後、複数年の調査結果を基にした比較検証が必要である。

各種環境条件とバス刺網 CPUE との関係

性については、今回検討した項目では水深 CV のみ有意な正の相関が認められた(図12) {n = 22, r = 0.64, P = 0.001 (その他項目 水草採取量: n = 10, r = 0.52, P = 0.12、水温: n = 21, r = 0.13, P = 0.56、DO: n = 21, r = 0.19, P = 0.42)。実際に、矢橋沖での実証試験では、窪地の端を狙った地点(⑩~⑫矢橋沖)での捕獲が多い一方、数百メートル離れた平坦な水草帯(⑬~⑮矢橋沖)ではほとんどバスが捕獲されていない。これらのことから、大きな目合いの刺網での冬季のバス駆除では、湖底起伏や窪地で水深が急激に変化する箇所(いわゆるカケアガリ)を集中して狙うことが有効と考えられる。

他方、平坦な雄琴沖の水草帯で集中的にバスが捕獲された場合も見られたが、今回の解析結果からはその要因を説明できなかった。後の実証規模の試験(2020年1月24日)では低調な捕獲結果となったことから、雄琴沖の事例については偶然見られたものであるかもしれないが、今回検討した以外の環境要因や各種環境要

表4 2019年2~3月の志那沖、矢橋沖刺網での魚類捕獲状況

日付	設置場所	刺網把数	捕獲魚数		バスの割合 (%)	1把あたりバス捕獲尾数
			オオクチバス	コイ科魚類*		
2019年2月22日	⑥志那沖	15	2	4	33.3	0.1
	⑦志那沖	15	6	10	37.5	0.4
2019年3月20日	矢橋沖東	12	7	8	46.7	0.6
	矢橋沖西	12	13	59	18.1	1.1
	矢橋沖南	12	11	12	47.8	0.9
	矢橋沖北	12	13	16	44.8	1.1
計		78	52	109	32.3	0.7

*コイ科魚類はコイ、フナ類、ニゴイ、ワタカ

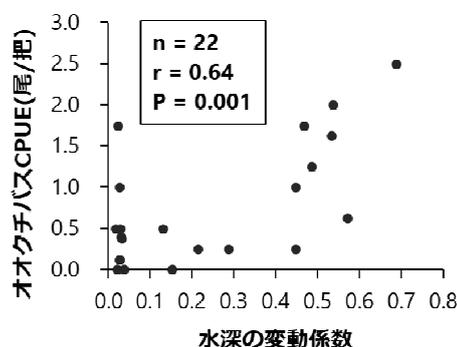


図12 水深の変動係数と刺網でのオオクチバス CPUE との関係

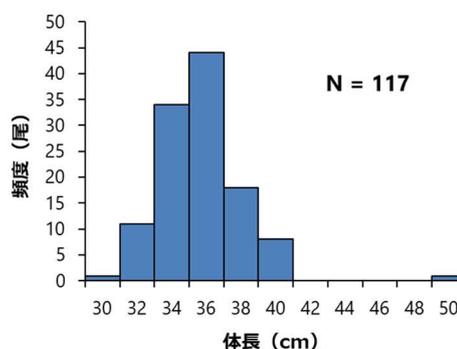


図13 刺網で捕獲されたオオクチバスの体長組成

因間の相互の影響の可能性も考えられることから、今後のさらなる検証が望まれる。

冬季に捕獲されたバスの特徴

捕獲魚 117 尾の体長組成と GSI を図 13、表 5 に示す。昨年度調査と同様、ほとんどの個体で生殖腺がよく発達していた。空胃個体を除く 57 尾の胃内容物については、前年に比べてブルーギルの比率が増したものの、ビワヒガイやフナ類をはじめとした在来魚介類が約 35%を占めていた (図 14)。

表 5 捕獲魚の GSI (%)

	雄	雌
個体数	84	33
平均値	0.31	1.87
最大値	0.50	3.26
最小値	0.11	0.88
標準偏差	0.06	0.56

4. モデル水域 (曾根沼) での外来魚誘引駆除技術の検討ならびに魚類生息状況把握

(1) 調査方法

i バス親魚の誘引駆除技術の検討 (産卵期)

曾根沼では長年の駆除でバスの生息数が少なく (田口ら 2018)、駆除の効率化には数少ないバスを誘引して捕獲する技術が必要と考えられる。宮城県伊豆沼・内沼では、営巢中の雄バスの胆汁 (フェロモン) を用いて成熟雌を捕獲できたとの報告があり (藤本 2013)、胆汁成分の分析、捕獲技術開発等の取り組みが進められている (藤本 2017)。このことから、2018 年の調査では GSI の高い雄バスの胆汁を用いて雌親魚の誘引効果を検証したが、捕獲には至らなかった。そこで本研究では GSI の高い雄に加えて、営巢 (特定場所に固執して定位、または卵、仔稚魚を保護) が明らかかな雄個体を捕獲し、その胆汁を用いて再検証した。

バス雄親魚からの胆汁の採取

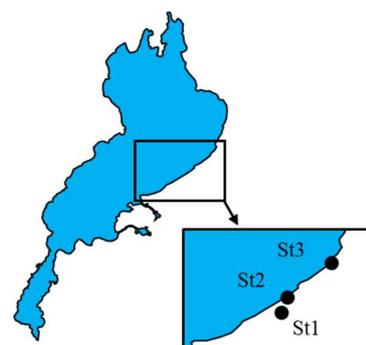
本研究では曾根沼で 2019 年 4 月 8、9 日に EFB で捕獲した雄親魚と、同年 5 月 16 日に曾根沼近郊の琵琶湖 (図 15: St2、3) で営巢していることを確認して釣り、または小型三枚網で捕獲した保護雄を用いた。捕獲魚はその日のうちに開腹し、体長、体重と生殖腺重量を測定後、小型シリンジで胆汁を採取した。採取した胆汁は個体別に 1.5 mL 容のマイクロチューブに保管し、使用時まで -30°C 下で保存した。

トラップを用いた誘引捕獲試験

捕獲試験には藤本 (2013) を参考に作成した胆汁トラップを用いた。胆汁の滴下装置として、1 mm 程度の穴を開けた 500 mL 容のペットボトルに環境水のみを入れたもの (コントロール: C) と環境水と胆汁 300~500 μ L を入れたもの (テスト: T) を用意し、3 箇所



図 14 オオクチバスの胃内容物重量組成 (%W)



St1: 曾根沼 St2: 宇曾川漁港
St3: 彦根旧港湾

図 15 曾根沼と保護雄採取場所の位置関係

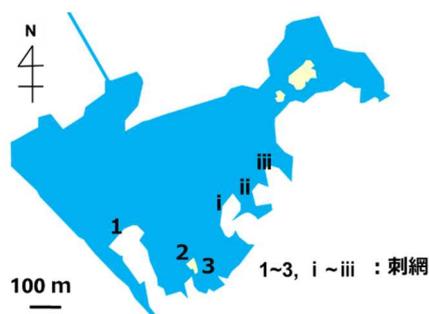


図 16 胆汁トラップ (刺網) の設置場所

ずつに設置して(図16)、その付近を刺網(長さ約10 m、丈1 mの三枚網、内目合い50 mm、外目合い300 mm)で囲んだ。設置場所は過去にバスの産卵床や仔稚魚群が見られた地点(田口ら2018)を基に選定した。C、Tの位置(図16、1~3とi~iii)は調査日ごとに入れ替えた。トラップ設置は2019年4月24日より開始し、夕方設置して翌日の午前中に回収する操作を6月12日までに週に1回のペースで合計6回試行した。なお、試行のうち当初2回は曾根沼で捕獲した雄の胆汁(雄のGSI:0.52~0.7%、平均値0.47)を用いたが、以降の4回は保護雄より採取した胆汁(雄のGSI:0.35~0.64%、平均値0.45)を用いた。

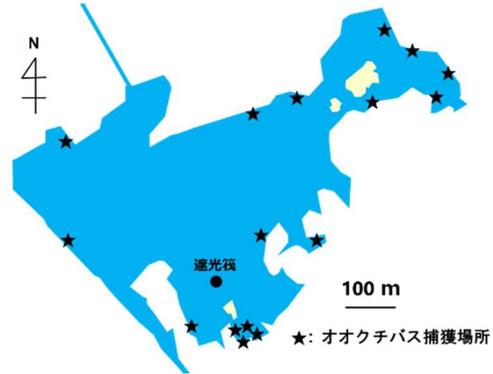


図17 2019年2月の電気ショッカーボートでのオオクチバス捕獲場所

ii 既存手法によるバスの駆除(生息状況把握)と在来魚介類の生息状況調査

バスの駆除

2019年4月8、9日および5月8日に沿岸帯でEFBによる駆除を実施した。また、4月24日から沿岸での仔稚魚すくいを開始し、約1週間に1度の頻度で6月12日までの合計7回、見回りを実施した。なお2018年の調査同様、仔稚魚すくいの範囲を過去に産卵床、仔稚魚が確認されたエリア(田口ら2018、南岸が中心、1回あたり約0.5~0.7周相当)に限定することで駆除努力量を減じた。また、見回り等の際に保護雄らしきバスを発見した際には小型三枚網(1辺約100 cm、内網目合い60 mm、外網目合い300 mm)で捕獲を試みた。これらの駆除の際のCPUE(但し、小型三枚網は除く)を算出し、過去データと比較することで、バス親魚の生息状況および仔稚魚発生状況の指標とした。

小型定置網調査による在来魚介類の生息状況とバス当歳魚加入状況の把握

在来魚介類生息状況およびバス当歳魚の加入状況については、小型定置網(網全長約15 m、目合い5 mm)で調べた。調査期間は2019年4~9月で、毎月中旬に2日間、網を設置して1日ごとに取り上げた。捕獲魚種とその尾数を記録して得られたCPUEを過去データと比較した。

iii バス蝟集場所の探索と誘引方法の検討(冬季)

バス及びコクチバスでは、冬季に水域の深い場所で捕獲される事例がある(田口ら2019、酒井2018)。曾根沼においても冬季にはバスが水深の深い地点に蝟集している可能性があると考え2018年12月にSS魚探による曾根沼の地形および表層水温の分布調査を実施した。加えて、その結果を基に刺網での捕獲調査や遮光筏による誘引場所の作成を行った。その結果、SS魚探調査で選定した場所での刺網では在来魚類が多数捕獲されたもののバスは捕獲されなかった。また、遮光筏周りでは設置後2019年2月末にEFBで捕獲調査を行ったが、バスが捕獲されたのは沿岸のみであった(図17)。本研究ではこれらの結果を踏まえ、誘引資材の見直しや刺網等での捕獲方法の再検討を行った。

誘引資材の設置

2018年の曾根沼の水深、水温分布調査結果と上述の冬のEFBでのバス捕獲場所から、曾根沼の中心部ではなく、南岸がバスの越冬場所と考えた。また、遮光筏(水面のみの

構造物)ではバスを誘引できなかったことから、水中の構造物として 1. 寒冷紗を詰めたカゴ網 (計 4 個)、2. 樹脂製の波板 (60×180 cm) とヨシズ (180×180 cm) を組み合わせた構造物 (写真 4、5) を誘引資材として図 18 の地点①、②に 2019 年 12 月 4 日に設置した (その後の調査結果を受けて 2020 年 1 月 7 日に地点⑦に波板+ヨシズ構造物を追加した)。

刺網調査

調査に使用した刺網の仕様と設置箇所の概要を表 6、7 に示す。初回調査時には、誘引資材を設置した箇所 (地点①、②) に 1 把ずつ、資材を囲むように設置した。この際、②の波板+ヨシズを設置した入り組んだ地形の箇所でバスが多数捕獲されたことから、2 回目には誘引資材を設置していない隣接する同様の地形 (地点③)、それ以外の対照区として地点④～⑥ (北側および中央部) を追加するとともに、地点⑦に新たに波板+ヨシズの構造物を設置した。3 回目の調査では沿岸部 (入り組んだ地形) の優位性と誘引資材の有効性を検証するため、地点⑦～⑨も追加して捕獲調査を実施した。特に②と⑨については大型バスを捕獲する目的で、三枚網を設置した外側にさらに 120 mm 目合いの一枚網 1 把を設置した。刺網の設置は各調査回初日の夕方に行い、翌日の午前中に取り上げた。

延縄調査

2019 年 12 月 25 日に広範囲を調査する目的で延縄 (全長約 250 m、針数 30 本: 表 2 規格の半分) を図 18 中の I～III の 3 箇所 (合計 90 針) に設置した (合計 90 針)。設置は夕方に行い、翌日の午前中に取り上げた。餌には体長約 80 mm の生きた

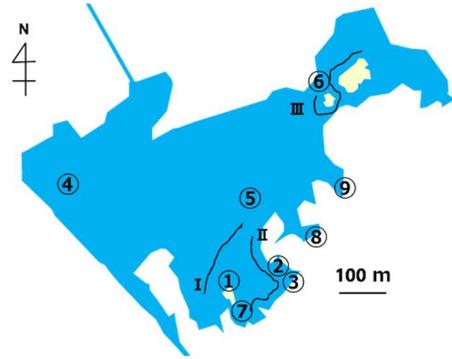


図 18 誘引資材の設置場所および刺網、延縄の設置場所。

図中の丸数字のうち①にはカゴ網、②と⑦には波板+ヨシズの構造物を設置した。①～⑧で刺網を、I～IIIの線図上に延縄を設置した。



写真 4 寒冷紗入りカゴ。左: 魚ハウス南勢型 (直径 90×高さ 70 cm、目合い 30 mm)、右: イジカ型カゴ (直径 80×高さ 30 cm、目合い 30 mm)。南勢型カゴには 1 m 四方の寒冷紗を 5-6 枚、イジカ型カゴには同サイズの寒冷紗を 4-5 枚投入した。

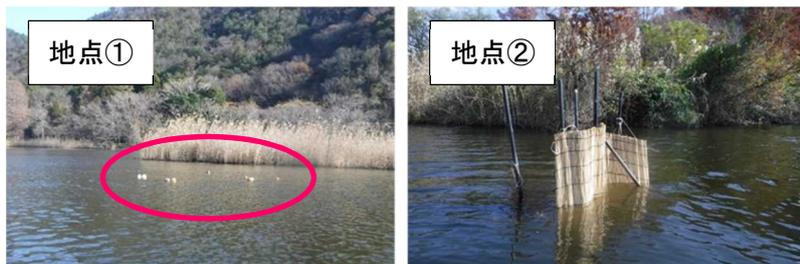


写真 5 カゴ (左) および波板+ヨシズ (右) の設置状況

表 6 刺網の仕様

	三枚網	一枚網
長さ	30 m	
網丈	1.5 m	
目合い	内網: 60mm 外網: 300mm	120mm
材質、線径	内網: ナイロン1.5号 外網: ナイロン2号	ナイロン2号
沈子コード	20 g/m規格	25 g/m規格

ゲンゴロウブナを用いた。

カゴ調査

誘引資材として地点①に沈めたカゴは、刺網調査の取り上げ時に同時に取り上げ、入網している生物を取り上げた(計3回)。

捕獲魚の測定

いずれの調査でも捕獲魚はすべて持ち帰り、魚種ごとに体長と体重を測定した。また、バスについては雌雄と生殖腺重量も測定し、成熟状況を確認した。

(2) 結果および考察

バス親魚の誘引駆除技術の検討(産卵期)

胆汁トラップを用いた捕獲試験を実施したが、保護雄の胆汁を用いた場合でもバス親魚を捕獲できなかった。一方、仔稚魚すくい調査ではバス仔稚魚の発生を確認したことから、バス親魚がいなかったわけではない。また、本試験で使用した刺網は、2018年調査時の一枚網(小型親魚を対象とした仕様)から三枚網(内網50mmから外網300mmまでの幅広い目合いに合う親魚が捕獲される仕様)に変更しており、刺網の目合いが親魚サイズに合わず捕獲されなかったとも考えづらい。以上から、胆汁を用いた誘引捕獲は曾根沼では困難と考えられる。

既存手法によるバスの駆除(生息状況把握)と在来魚介類の生息状況調査

2019年春のEFBでのバス捕獲数は合計34尾で、うち約半数の18尾が体長270~420mmの親魚であった。そのため、親魚サイズの捕獲が0尾の2018年の調査と比べて親魚捕獲CPUE(EFB「春」CPUE)が上昇した(図19)。一方で、仔稚魚すくいのCPUEは前年と同程度で、その後の定置網でのバス当歳魚CPUE(図20)は本調査より高水準の親魚捕獲CPUEであった2013年のそれよりも低かった。これらを勘案すると、本研究で見られたバス親魚のCPUEの上昇は、2018年調査時には取り逃がしてしまった親魚を捕獲できたことを示していると考えられる。

表7 調査日ごとの各漁具設置状況

	設置地点	使用漁具
2019年12月25-26日	①、②	三枚網
	I~III	延縄
2020年1月6-7日	①~⑥	三枚網
2020年1月27-28日	①~⑤、⑦~⑨	三枚網
	②、⑨	一枚網*

*一枚網は三枚網を設置した外側に設置した。

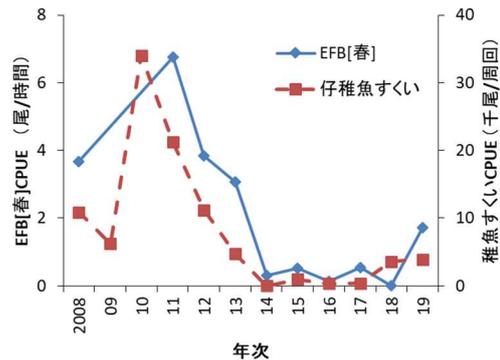


図19 電気ショッカーボート、仔稚魚すくいによるオオクチバスCPUEの経年変化

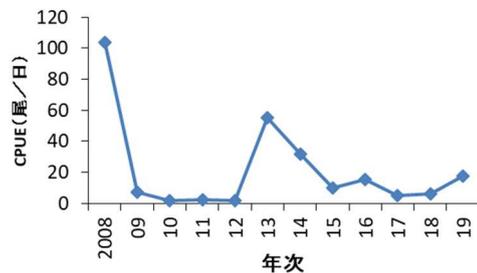


図20 小型定置網でのオオクチバス当歳魚のCPUEの経年変化(6~9月)

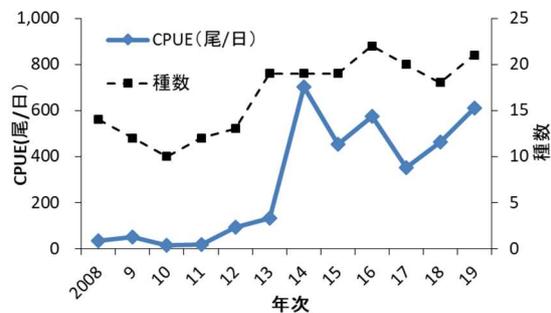


図21 小型定置網での在来魚類、エビ類の種数、CPUEの経年変化(4~9月)

小型三枚網での駆除では、本調査でも昨年同様に保護親魚自体の確認数が5尾と少なく、捕獲個体も2尾にとどまった。しかし、捕獲魚はいずれも成熟した雄で、うち1尾は体長138.5 mm、体重64.3 gと過去最小の親魚であった。小型親魚の成熟については曾根沼近隣のバスを集中駆除した他水域でも報告されており（北野ら 2017）、2017年から見られる小型親魚の存在は、曾根沼のバス親魚生息密度の低さを反映したものと推測される。

小型定置網での

在来魚介類の捕獲状況を図21、表8に示す。在来魚類、エビ類のCPUEは昨年より高い値を示した。個別の種でみると、コイ科魚類やエビ類が2013年以前（EFBの本格導入直後、すなわちバス減少前）に比べて高水準に生息していることが分かる。種数については稀に捕獲される種の有無で年変化が見られるが、2012年以前に比べて高水準を維持している。これらのことから、長年のEFB等、複数の駆除手法によるバス低密度管理により、曾根沼での在来魚介類の生息状況は良好な状態を維持していると考えられる。

バス蝟集場所の探索と誘引方法の検討（冬季）

刺網での捕獲状況

刺網での捕獲結果を表9に示す。バスは全3回の調査で合計15尾捕獲されたが、そのうちの13尾が南岸の入り組んだ地形（地点②、③、⑧）で捕獲された。なかでも波板+ヨシズを設置した地点②では初回調査時に同時に6尾のバスが捕獲され、かつ混獲も少なかった。一方、カゴ網を沈めた地点①では初回にバス2尾が捕獲されたが、地点②に比べてコイ科魚類の混獲が多かった。他の地点（④～⑥、⑦、⑨）ではバスは捕獲されず、特に地点⑤⑥ではコイ科魚類が多数捕獲された。これらの結果から、曾根沼ではバスは冬季に南側の入り組んだ地形の沿岸部を越冬場所として利用していると考えられる。一方でコイ科魚類は、より深い沖合に分布しやすいと推測される。今回見られ

表8 4～9月の小型定置網で捕獲された在来魚介類数*の経年変化

分類群	種類	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
コイ科	コイ	0	28	31	9	12	2	0	13
	フナ類	38	115	96	60	20	42	31	61
	ホンモロコ	13	90	807	258	534	436	101	354
	タモロコ	0	1	0	0	0	0	0	0
	スゴモロコ	0	0	0	0	0	0	0	2
	デメモロコ	1	1	1	2	0	1	0	14
	オイカワ	71	111	150	44	93	12	18	56
	ハス	0	16	8	64	10	0	5	1
	ウグイ	0	0	0	0	1	0	0	0
	カワムツまたはヌマムツ	0	4	1	2	2	1	0	0
	モツゴ	9	43	116	544	1,033	1,146	538	223
	ビワヒガイ	1	0	1	0	7	1	1	45
	ワタカ	1	2	0	0	1	0	2	2
	ツチフキ	0	34	191	272	1,652	242	461	795
	ゼゼラ	10	36	49	168	323	215	152	17
カネヒラ	9	26	38	63	123	31	8	59	
ヤリタナゴ	0	0	0	1	0	0	0	0	
ニゴイ	0	0	0	0	6	4	0	0	
ハゼ科	ウキゴリ	0	2	101	4	203	65	29	88
	ヨシノボリ類	3	8	48	15	23	10	15	21
	ヌマチチブ	0	0	0	3	4	3	1	1
その他	アユ	73	26	173	17	358	113	7	17
	ワカサギ	0	1	8	1	0	0	0	0
	ビワマス	0	0	2	0	0	0	0	0
	ナマス	0	0	0	0	0	0	0	0
	カジカ類	0	0	0	0	1	0	2	0
	ギギ	0	0	0	0	0	0	1	0
	ニホンウナギ	0	0	0	0	0	1	0	1
	ドジョウ	0	0	0	0	3	3	0	1
	エビ類	テナガエビ	12	254	94	334	1,142	511	2,661
スジエビ		855	775	6,516	3,558	1,328	1,382	1,534	4,213

*一部国内外来種を含む

た結果は琵琶湖の浚渫跡でバスが多数捕獲された結果とは異なることが興味深い。琵琶湖南湖の浚渫跡は最深部で13 mであるのに対し、曾根沼の最深部は約2 mと浅いことから、バスにとって冬季に沖合へと移動する意味が

表9 曾根沼での冬季刺網による魚類捕獲状況

日付	網の種類	設置場所	捕獲魚数				バスの割合 (%)
			オオクチバス	ブルーギル	カムルチー	その他コイ科魚類等	
2019年12月26日	三枚網	①	2	1	2	14	10.5
		②	6	1	0	2	66.7
2020年1月7日	三枚網	①	0	1	0	4	0.0
		②	3	1	0	0	75.0
		③	2	0	0	1	66.7
		④	0	0	0	0	-
		⑤	0	0	0	11	0.0
		⑥	0	0	0	9	0.0
2020年1月28日	三枚網	①	0	0	0	0	-
		②	0	0	0	0	-
		③	1	0	0	0	100.0
		④	0	0	0	2	0.0
		⑤	0	0	0	1	0.0
		⑦	0	0	1	0	0.0
		⑧	1	0	0	0	100.0
		⑨	0	0	0	2	0.0
		一枚網	②	0	0	2	1
	⑨	0	0	1	4	0.0	
計			15	4	6	51	19.7

ない、あるいはバスとコイ科魚類では水温等環境の変化に合わせて分布を変える際の条件（閾値）、に違いがあるのかもしれない。現在、バスが多数捕獲された地点②と沖合とで水温の経時変化を温度ロガーで計測中である。今後、これまでの捕獲結果と温度変化等との関係から蟻集条件の詳細な解析を進める予定である。

延縄での捕獲状況

延縄調査では針数 90 本に対し、捕獲されたバスは1尾（体長 432 mm）のみであった。低水温下ではバスの捕食行動が限られると考えられることから、今後、水温上昇期に再検証を予定している。

カゴでの捕獲状況

地点①に設置したカゴ網に入網した魚類は捕獲数の9割以上がブルーギルであったが、小型のバスも合計で5尾捕獲された。カゴでは刺網に比べて小型かつ少数のバスしか捕獲できなかったが（図22）、在来魚類の混獲が少ないこと、たとえ混獲が生じてても再放流が可能であることを考慮すると、補助的な手法として有効であると考えられる。あるいは、今回の調査で入り組んだ地形の沿岸部の有効性が示唆されたことから、同様の地形に誘引資材としてカゴ網を設置し、その周囲に刺網を設置することで、カゴではギルと小型バスを駆除しつつ、刺網で大型バスを選択的に駆除できるかもしれない。

冬季の曾根沼におけるバスの誘引捕獲

本研究では誘引資材を投入した地点①、②に仕掛けた刺網でバスが合計 11 尾捕獲された。しかし、

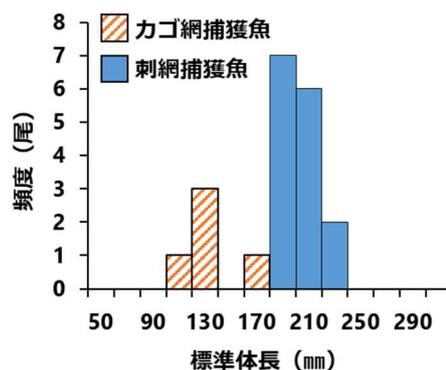


図22 カゴ網と刺網で捕獲されたオオクチバスの体長組成



写真6 刺網で捕獲されたオオクチバスの生殖腺の様子

地点②での捕獲結果をうけて設置した地点⑦の刺網では1回のみを試行であるが、バスを捕獲できなかった。他方、沿岸の入り組んだ地形自体が冬季にバスを捕獲する場所として有効である可能性もあることから、誘引資材の効果についてはさらに検証が必要である。

曾根沼で冬季に捕獲されたバスの特徴

琵琶湖で捕獲される個体に比べて、曾根沼の捕獲魚は小型であったが、その生殖腺は十分に成熟していた(写真6)。今後さらに検証が進むことで、冬季の刺網が曾根沼でも親魚駆除に有効な手法になることが期待される。

5. 引用文献

- 吉岡剛・上垣雅史・太田豊三. 2012. 琵琶湖における有害外来魚ゼロ作戦事業. 日本水産学会誌, 78 (4), 765-768.
- 滋賀県. 2019. 琵琶湖における外来魚生息量について. 令和元年12月13日環境・農水常任委員会資料8.
- 田口貴史・三枝仁・酒井明久. 2019. 平成30年度効果的な外来魚抑制管理技術開発事業報告書. 外来魚蝟集場所探索ならびに駆除技術開発研究.
- 森田尚・芳賀裕之・小林博美・岡村貴司・前河孝志・井戸本純一・孝橋賢一. 南湖における湖底穴の現状と穴内外の水底質、底生動物生息状況. 2010. 滋賀県水産試験場研究報告, 53, 33-50.
- 光永靖. 2017. オオクチバスの季節的な行動分析. 海洋と生物, 228, vol.39 (1), 30-34.
- 田口貴史・臼杵崇広・酒井明久. 2018. 湖沼におけるオオクチバスのリバウンド対策研究. 河川流域等外来魚抑制管理技術開発事業報告書, 26 - 38.
- 藤本泰文. 2013. 外来魚根絶を目指すフェロモン研究. 湖沼復元を目指すための外来魚防除・魚類相復元マニュアル～伊豆沼・内沼の研究事例から～, 87 - 92.
- 藤本泰文. 2017. オオクチバス等の化学的防除手法開発. 特定外来生物の重点的防除対策のための手法開発(4-1401). 環境省環境研究総合推進費終了研究等成果報告書, 102 - 115.
- 酒井忠幸. 2018. 栃木県那珂川水系におけるコクチバスによる漁業被害抑制手法の確立. 河川流域等外来魚抑制管理技術開発事業報告書, 76 - 85.
- 北野大輔・曾我部共生・佐竹祐亮・高倉耕一. 2017. 琵琶湖につながる小規模水域におけるオオクチバス *Micropterus salmoides* 小型個体の性成熟. 保全生態学研究, 22, 345-349.

田口貴史、石崎大介、根本守仁（滋賀県水産試験場）

