

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5月中旬から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、12月から4月と、7月に湖底起伏（窪地）や水草帯を対象とした刺網を、4月から6月には生きたフナを餌とした延縄での捕獲試験を行った。その結果、12月から翌年1月にかけて刺網で湖底に起伏や窪地のある水域のうち、急激に水深が変化する箇所を狙うことでオオクチバスを効率的に捕獲できることが明らかとなった。また、3月以降には刺網でのオオクチバス捕獲効率が低下するものの、代わって延縄で効果的に捕獲できることが明らかとなった。曾根沼では、4～7月にかけて既存の手法（電気ショックカーボートや仔稚魚すくい、小型三枚網）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。しかし、当該水域では効果を確認できなかった。冬季には曾根沼の水深、水温分布情報を高性能魚群探知機で明らかにし、バスの蝸集場所を入り組んだ地形である曾根沼南岸と推測した。調査結果を基に曾根沼南岸に水中構造物を設置し、刺網を仕掛けることで、オオクチバスを選択的に捕獲することができた。

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。合わせて、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検討した。

2. 琵琶湖南湖におけるブルーギル蝸集場所の探索と効果的な捕獲手法の検討（春～夏季）

（1）調査方法

ア. ビームトロール網による蜆集場所探索

i ビームトロール網調査

滋賀県水産試験場では外来魚当歳魚の生息状況を把握する目的で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）による捕獲調査を実施している。本研究では春から初夏におけるブルーギル（以下、ギル）の蜆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2018～2020年の3年にわたって捕獲調査を行った（各年の調査日：2018年（5月15、17日、6月4日）、2019年（6月17、18日）、2020年（6月15、16日））。

調査には小型船舶と上記のトロール網を用い、曳網速度0.27 m/秒（時速約1 km）を目安に各定点で5分間底曳きして行った（但し、2019年の調査については、湖底の糸状藻類の繁茂が著しく、曳網に支障をきたしたため、3分間の曳網とした）。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。得られた面積値でギルの捕獲尾数を除して、100 m²あ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スキャン機能付魚群探知機（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、後にLOWRANCE, Sonar viewer 2.1.2で出力した。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て、その湿重量を測定した。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。

イ. 刺網による大型ギル生息状況調査

トロール網では主に小型魚が捕獲対象となることから、小型魚の蜆集場所における大型のギル（体長約100 mm以上）の生息状況把握を目的として、トロール網でギルが多く捕獲された地点5、8、13、24、27の計5地点と捕獲数は少ないものの、魚探画像で地形変化

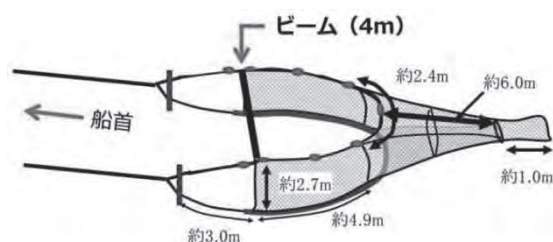


図1 ビームトロール網の概要
開口部のビームにより、水草帯でも安定して曳網が可能であり、外来魚の捕獲に適する。



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

表1 刺網の仕様

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

や魚群反応が豊富であった地点 20、計 6 地点を対象として、刺網による捕獲試験を 2018 年 6 月 14～15 日および 6 月 26 日、7 月 10 日に実施した。刺網は一枚網と三枚網の 2 種類を用いた。仕様を表 1 に示す。各調査地点にこれらの網 2 把ずつを湖岸と平行になるように底刺網で設置した。6 月 14 日の調査では 15:00 に網を設置して、翌日の 10:00 から回収したが、捕獲魚のほとんどが在来魚類で混獲が多かったため、6 月 26 日以降の調査では 10:00 から網を設置して当日の 15:00 より回収した。捕獲魚は全て持ち帰り、体長と体重を測定した。また、捕獲結果をトロール網と比較した。

(2) 結果と考察

ア. ビームトロール網による蜆集場所探索

琵琶湖南湖でのギル小型魚の生息状況

トロール網調査での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各調査年でおおむね体長 30～120 mm で同様であった。しかし、2019 年の調査時には曳網 100 m²あたりの捕獲尾数が 2018 年の 7.8 尾から 0.7 尾（約 9%）まで大幅に減少し、2020 年も同程度の水準（1.1 尾/100 m²）に留まった。特に 2019 年には 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、2018 年 11 月に実施された琵琶湖南湖でのトロール網調査で、ギル当歳魚の生息密度が過去最低を記録し（田口ら 2020）、翌 2019 年春時点でのギル 1 歳魚の生息量が少なくなったために生じたと考えられる。また 2019 年 11 月の調査においてもギル当歳魚の生息密度が低水準であったことから（田口ら未発表）、2020 年の本調査におけるギル捕獲状況も低調なままであったと考えられる。

ギル小型魚の分布

ギルが捕獲された地点を図 4 に示す。ギルの捕獲地点数はその捕獲数の減少に伴って 2018 年には 16 地点であったのが、2019 年に 5 地点まで減少し、2020 年には 7 地点となった。また、南湖北中部に偏る傾向が見られた {2020 年には南寄りの 4 地点でも捕獲されたが、全捕獲尾数（67 尾）のうち、北寄りの 3 地点が占める割合が 71.6%（48 尾）と高かった}。3 年の調査を通して、捕獲地点が完全に一致しないが、近年の琵琶湖南湖では春から初夏にかけて小型のギルは南湖北中部に分布すると考えられる。

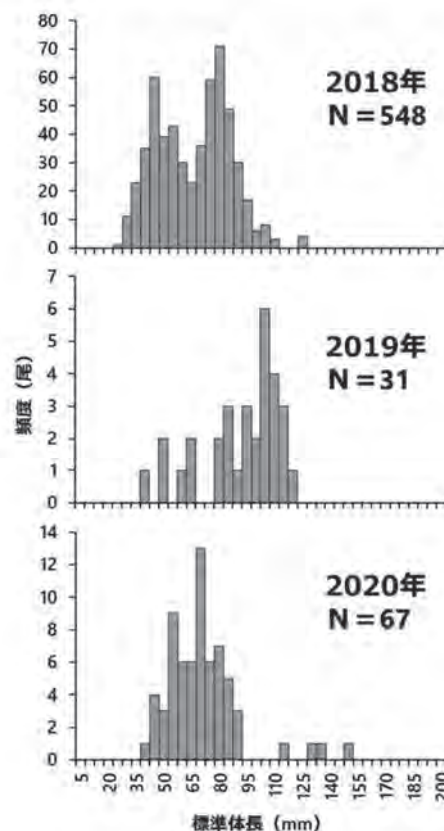


図 3 ビームトロール網で捕獲されたブルーギルの体長組成の比較

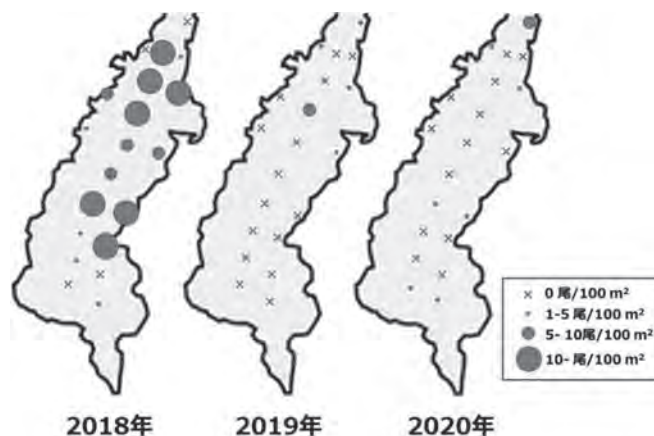


図 4 2018～2020 年調査時の 100 m² あたりブルーギル捕獲尾数の分布

環境条件との関係性

各種環境条件とトロール網でのギル捕獲尾数との関係性については3年の調査で有意な相関を認められたのは、2020年の表層水温のみで、特定の環境条件について一貫した関係性を見出すことはできなかった(図5)。本調査では2019年以降、ギル捕獲数が急減したために、捕獲数「0」のデータが占める割合が高くなってしまったことから、有意な関係性を見出すことが困難になったのかもしれない。ギルが蛸集する環境条件について明らかにするには、本研究で得られた知見を基に、調査対象範囲を絞り込み、より詳細に調査する必要があると考えられる。

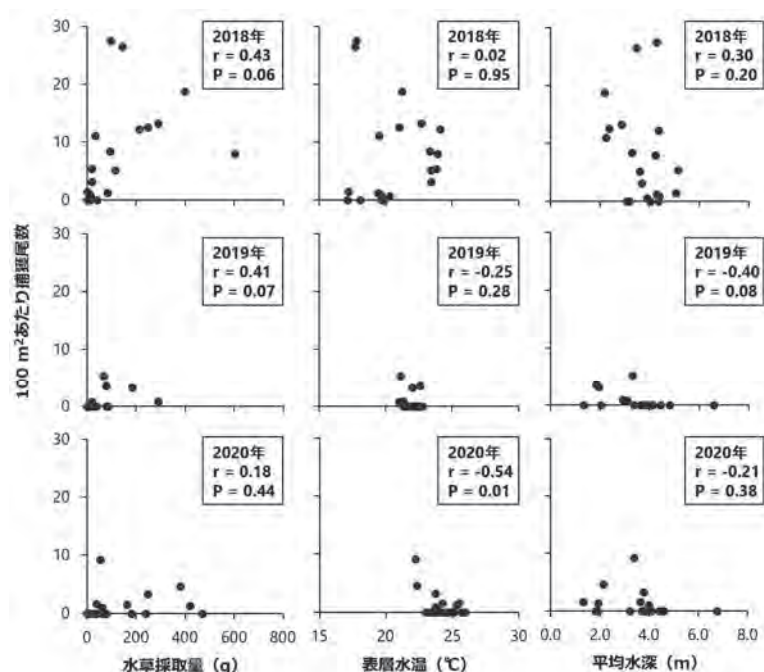


図5 各環境項目と100 m²あたりブルーギル捕獲尾数との関係(それぞれ、n = 20)

表2 一枚網での魚類捕獲状況(2018年)

捕獲地点	オオクチバス				ブルーギル				その他					
	刺網把数	尾数	重量(kg)	CPUE(尾/把)	CPUE(kg/把)	尾数	重量(kg)	CPUE(尾/把)	CPUE(kg/把)	尾数	重量(kg)	CPUE(尾/把)	CPUE(kg/把)	重量割合(混獲率: %)
5	8	2	3.55	0.25	0.44	1	0.05	0.13	0.01	16	7.12	2.00	0.89	66.4
8	6	2	1.43	0.33	0.24	1	0.05	0.17	0.01	18	8.63	3.00	1.44	85.3
13	6	1	0.21	0.17	0.04	6	0.36	1.00	0.06	17	8.53	2.83	1.42	93.7
20	2	1	0.74	0.50	0.37	0	0.00	0.00	0.00	2	0.82	1.00	0.41	52.5
24	2	1	0.16	0.50	0.08	0	0.00	0.00	0.00	1	0.70	0.50	0.35	81.4
27	2	0	0.00	0.00	0.00	1	0.06	0.50	0.03	8	5.45	4.00	2.73	98.9
総計	26	7	6.09	0.27	0.23	9	0.53	0.35	0.02	62	31.24	2.38	1.20	82.5

その他はニゴイ、フナ、ハス、ワタカの合計

表3 三枚網での魚類捕獲状況(2018年)

捕獲地点	オオクチバス				ブルーギル				その他					
	刺網把数	尾数	重量(kg)	CPUE(尾/把)	CPUE(kg/把)	尾数	重量(kg)	CPUE(尾/把)	CPUE(kg/把)	尾数	重量(kg)	CPUE(尾/把)	CPUE(kg/把)	重量割合(混獲率: %)
5	8	2	1.93	0.25	0.24	4	0.28	0.50	0.03	9	5.72	1.13	0.71	72.1
8	6	1	0.86	0.17	0.14	13	0.79	2.17	0.13	38	30.40	6.33	5.07	94.8
13	6	1	1.29	0.17	0.21	12	0.82	2.00	0.14	33	30.03	5.50	5.01	93.4
20	2	2	0.84	1.00	0.42	1	0.06	0.50	0.03	1	0.80	0.50	0.40	46.7
24	2	1	0.25	0.50	0.12	0	0.00	0.00	0.00	1	0.95	0.50	0.48	79.5
27	2	0	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	4	1.59	2.00	0.80	100.0
総計	26	7	5.17	0.27	0.20	30	1.95	1.15	0.08	86	69.49	3.31	2.67	90.7

その他はフナ、ニゴイ、ワタカ、ナマズの合計

イ. 大型ギルの生息状況

2018年の刺網調査での捕獲状況を表2、3に示す。一枚網、三枚網ともにギルの捕獲量が少なかった。

た。琵琶湖におけるギル生息量は 2016 年を境に減少し続けており（滋賀県 2019、酒井ら 2020）、刺網で捕獲対象となる大型のギルも少ないと推測される。

漁法別の混獲状況の比較と現状の琵琶湖南湖に適したギルの駆除方法

表 2、3 に示したように刺網調査では、その他の在来魚類の混獲が非常に多かった{重量で一枚網では 82.5%、三枚網では 90.7%

が在来魚類（特にフナ類、ニゴイが多かった）。一方、同時期のトロール網では、同じ地点で操業した際の混獲が少なかった（表 4）。現状の琵琶湖南湖では、大型ギルが少なく、春～夏にかけて刺網でギル駆除を試みると大半が混獲魚となってしまうことから、実用性を考慮するとトロール網で小型ギルを狙って駆除することが望ましいと考えられる。

表 4 ビームトロール網での魚類捕獲状況

地点	ブルーギル 捕獲重量 (kg)	オオクチバス 捕獲重量 (kg)	その他 捕獲重量 (kg)	その他 魚種割合 (%)
5	1.06	0.00	0.042	3.82
8	1.10	1.65	0.010	0.38
13	0.57	0.01	0.000	0.06
20	0.23	0.00	0.001	0.43
24	0.64	0.01	0.002	0.24
27	0.38	0.80	0.002	0.20
平均	0.66	0.41	0.010	0.85

3. 琵琶湖南湖における冬季のバス親魚の蟄集場所探索とその条件把握

(1) 調査方法

ア. 高性能魚群探知機による湖中環境の把握

バスの蟄集場所を探索する目的で、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。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索できる。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。



写真 3 マルチスキャン魚群探知機

本研究では琵琶湖南湖を東西に結ぶ調査線を約 100～400 m 間隔で設け、2018 年 12 月 10、20、21 日と 2019 年 6 月 28 日および 12 月 9～10 日の計 6 日間、上記 2 種の魚群探知機で走査した。走査時の航行速度は時速 10 km を目安とし、SS 魚探で探査画像を録

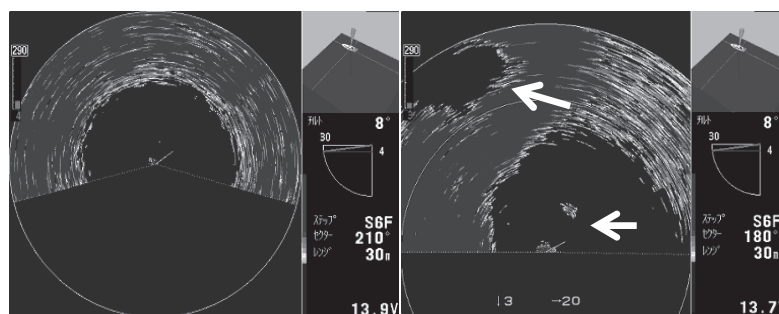


図 6 マルチスキャン魚探の探査画像 （左）平坦な地点。
（右）左舷前方に窪みがあり、正面に魚群らしき反応がある。

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）。

イ．刺網による冬季蛸集場所の探索

i 蛸集場所の絞り込み（複数箇所での刺網調査）

2018 年の調査で可視化した地形情報を基に、地形変化（浚渫跡）および水草帯に着目して捕獲調査地点を選定した（図 8）。調査に先立ち地点⑧で目合い 60 mm の一枚網と三枚網、目合い 120 mm と 136 mm の一枚網の計 4 種類、4 把で試行したところ、60 mm 目合いでは一枚網、三枚網ともに在来魚の混獲率が個体数、重量共に約 90% と高かった。そのため、以降の調査では 120 mm 以上の目合いの一枚網を用いた。刺網の仕様を表 5 に示す。2019 年 1 月 7～8 日、10～11 日、16～17 日の 3 回にわたり、調査を行い、1 地点に 120、136 mm 目合いの刺網 2 把ずつを湖岸と平行になるように底刺網で設置した。入網は各調査初日の 13：00～16：00 に行い、翌日の 10：00～13：00 に取り上げた。なお本調査では、有望と考えた水草帯（図 8、地点 2～4）での捕獲状況が思わしくない一方、急激な水深変化のある地点でバスが多数捕獲されたため（詳細は後述）、1 月 10 日の調査から、水深変化の大きな地点を狙って刺網を設置した（参考：図 9）。また、琵琶湖南湖で最深（約 13m）の浚渫跡（矢橋沖窪地：1 辺約 500 m の正方形型の巨大な窪地）も有望箇所と考え、魚探で地形を把握して調査を行った（図 10、地点 9）。

ii 蛸集状況の再確認（矢橋沖窪地）

地点 9 での調査でバスが多く捕獲されたことから（後述）、湖南漁業協同組合に依頼して、備船調査を実施した。地点を図 10（地点 10～12）に示す。調査には 120 mm 目合いの刺網を用いた。2019 年 1 月 22 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。また、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。

iii 蛸集条件（環境条件）の詳細な把握（2019 年 12 月～2020 年 1 月）

iii-1 刺網での捕獲試験

バスが蛸集する箇所の環境条件を詳細に把握するために表 6 に示す内容で湖底の起伏や窪地、あるいは水草帯を狙って刺網調査を実施した〔調査地点：図 8、10 に示す 5 地点（起伏：⑦志那沖、窪地：⑩矢橋沖、水草帯：②烏丸沖と雄琴沖、起伏と水草帯が複合した地点：④下物沖）〕で刺網を行った。調査には表 5 と同様の仕様の刺網を用い、各地点に目合い 120 または 136 mm の刺網を湖岸と平行になるように底刺網で設置した。14：00 から入網作業を行い、翌日の 10：30 から取り上げた。

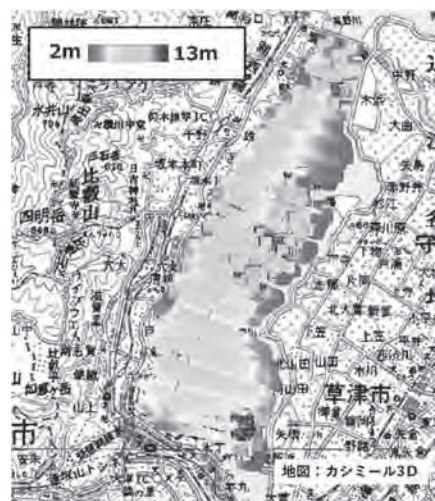


図 7 琵琶湖南湖の水深分布図
色彩変化が水深の変化を表す。

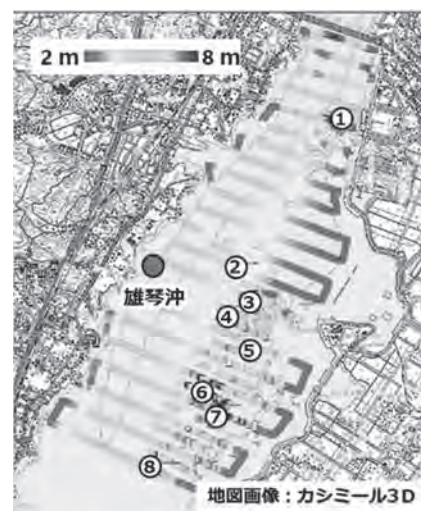


図 8 南湖北中部の刺網調査地点および水深分布図

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。

表 5 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

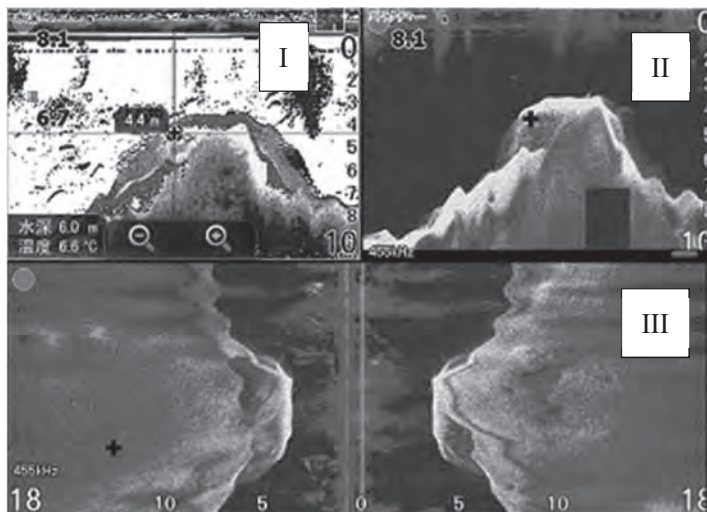


図9 ストラクチャスキャン魚探により確認された急峻な凸型地形（図8 地点⑦） I：ソナー画像、II：ダウンスキャン画像、III：サイドスキャン画像。

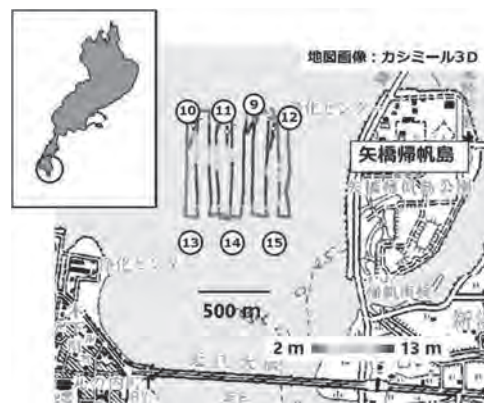


図10 矢橋沖窪地の刺網調査地点および水深分布図

図中の丸数字は入網地点、色彩変化が水深変化を表す。

iii-2 環境条件の把握

各調査場所の環境条件についてはRINKO Profilerで各地点の水深 10 cm ごとの水温とDOを測定した。また、刺網設置場所です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（傭船で実施した2019年12月17日、2020年1月10日、1月24日での試験時を除く）。加えて、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。

iii-3 環境条件とバス捕獲状況との相関分析

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、刺網1把あたりのバス捕獲尾数（刺網バスCPUE）との関係性について相関分析を行った。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（矢橋沖窪地）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。これらの解析で1. 水深CVについて有意な相関が認められたことから（詳細は後述）、イ-i、ii. 2019年1月の捕獲データについても水深CVとCPUEとの関係性を相関分析した。

表6 2019年12月～2020年1月の刺網調査内容と魚類捕獲状況

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、ナマズ、ビワコオオナマズ、カムルチー

2019年12月17日の刺網では⑩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

刺網の設置場所は図8と10を参照

iv 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成熟状況と食性を把握する目的で生殖腺と胃内容物の重量を測定した。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。

(2) 結果と考察

イ. 刺網による冬季蜆集場所の探索

i 蜆集場所の絞り込み (複数箇所での刺網調査)

2019 年 1 月 7～17 日までの間に 3 回実施した捕獲調査では、のべ 48 把の刺網 (120 mm、136 mm を各 24 把) によって合計で 42 尾、55.9 kg のバスが捕獲された (表 7)。一方、その他混獲魚はフナ、ニゴイ、ワタカで合計 15 尾、17.0 kg であった (混獲率: 尾数比で 26.3%、重量比で 23.3%)。地点別でのバス捕獲状況を図 11 に示す。前年の 2017 年 12 月から 2018 年 2 月頃にかけて漁業者による刺網で大型バスが多数捕獲されていた箇所 (②～④: 水草帯、水深 3～4 m) に比べて湖底に起伏や窪地がある地点 (⑥、⑦、⑨: 図 8、9 参照) で刺網バス CPUE が高かった。

ii 蜆集状況の再確認 (矢橋沖窪地)

矢橋沖窪地でのバス捕獲状況を図 12 に示す。3 地点のうち、地点 10 で最もバスが多く捕獲された。この地点は他の 2 地点に比べて水深の変化に富み、水深約 3 m から 12 m と深くなった後、5～6 m を経て再び 3 m まで浅くなる場所であった (地点 11、12 は水深 3 m から 12 m に落ち込んだ後の変化はほぼなかった)。一方、水温については 3 地点の水深、地点別での水温範囲は 6.14～6.35℃で差は僅かであった。また、DO についても 11.38～11.48 mg/L で底以外ではほぼ均一であった {底層 (11.9～12 m) DO、7.23～9.00 mg/L}。i も含むこれらの調査結果から、バスは急激な水深変化のある地点 (いわゆるカケアガリ) を好むことが示唆された。

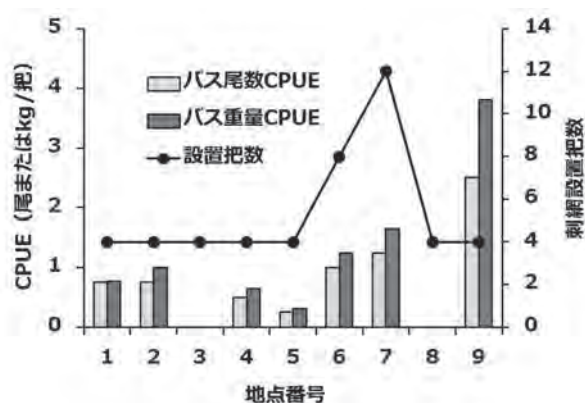


図 11 刺網でのバス捕獲状況 (地点別)

表 7 刺網でのオオクチバス捕獲状況 (目合い別)

		刺網目合い (把数)		
		120mm (24)	136mm (24)	合計 (48)
オオクチバス	尾数	29	13	42
	重量 (kg)	34.9	21.0	55.9
	CPUE (尾/把)	1.2	0.5	0.9
	CPUE (kg/把)	1.5	0.9	1.2
その他	尾数	11	4	15
	重量 (kg)	11.8	5.2	17.0
	CPUE (尾/把)	0.5	0.2	0.3
	CPUE (kg/把)	0.5	0.2	0.4

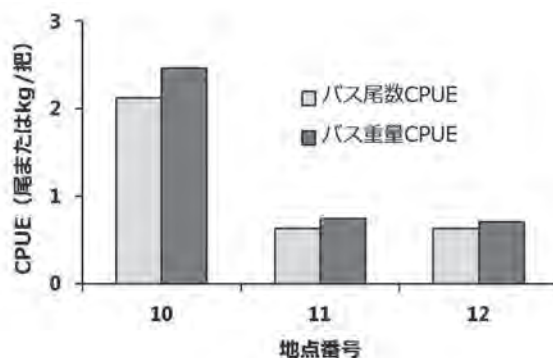


図 12 矢橋沖窪地でのバス捕獲状況 (地点別)

iii 蜆集条件 (環境条件) の詳細な把握

刺網での捕獲状況

蜆集条件を把握する目的で実施した 2019 年 12 月から 2020 年 1 月の刺網での捕獲状況を表 6 に示す。本調査でも上記検証と同様、⑩～⑫矢橋沖の窪地北端での捕獲が多かった。しかしながら、前年、

2019 年 1 月の調査時にバスが多数捕獲された⑦志那沖の起伏では CPUE が低く、他の地点でも雄琴沖を除いては CPUE が低かった。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℃（矢橋沖 2020 年 1 月 15 日）で前年同時期に比べて約 1℃高かった（矢橋沖 2019 年 1 月 17 日、6.7℃）。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、暖冬に伴う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。一方、本調査結果では、地点別の刺網バス 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）。また、4.-(2)に示す矢橋沖窪地（同一箇所）での時期別の刺網調査においても水温と CPUE との間に有意な相関を見いだせていない。今後、複数年の調査結果を基にした更なる比較検証が必要である。

環境条件とバス捕獲

状況との相関分析

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 13） $\{n = 22, r = 0.64, P = 0.001$ （その他項目

水草採取量： $n = 10, r = 0.52, P = 0.12$ 、水温： $n = 21, r = 0.13, P = 0.56$ 、D0： $n = 21, r = 0.19, P = 0.42$ ）。また、追加で検討したイ-i、ii の 2019 年 1 月の調査データの解析でも水深 CV と CPUE の間に有意な相関が認められた（ $n = 14, r = 0.63, P = 0.016$ ）。実際に、矢橋沖での調査において、窪地の端を狙った地点（⑩～⑫矢橋沖）で捕獲魚が多い一方、数百メートル離れた平坦な水草帯（⑬～⑮矢橋沖）ではバスの捕獲数が少ない。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あったが、今回の解析結果からはその要因を説明できなかった。2020 年 1 月 24 日の調査では、低調な捕獲結果となったことから、

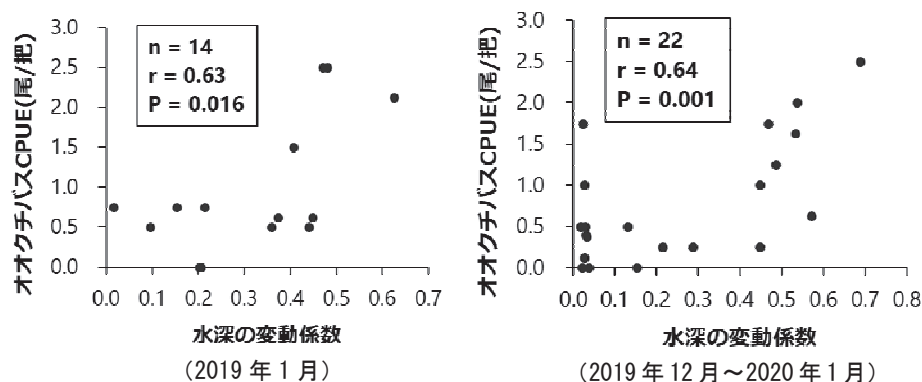


図 13 水深の変動係数と刺網でのオオクチバス CPUE との関係

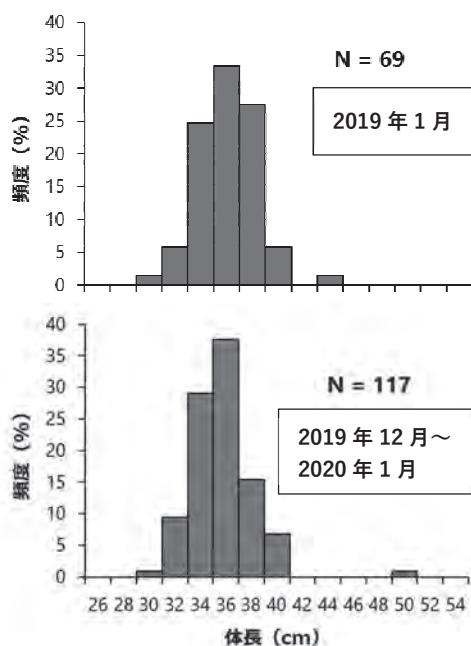


図 14 冬季刺網で捕獲されたバスの体長組成

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。

iv 捕獲魚の測定

冬季刺網での捕獲魚の特徴

冬季の刺網調査での捕獲魚の体長組成と GSI、生殖腺の様子を図 14 と表 8 に示す。冬季刺網では大型のバスが捕獲され、ほとんどの個体で生殖腺が発達していた（写真 4）。胃内容物観察で食性を解析した結果を図 15 に示す。刺網の特性上（対象魚が罹網した際に暴れて、胃内容物を吐き出すことが多い）、空胃個体が多いことが想定されたが、約半数の個体で胃内容物が確認された（2019 年 1 月：69 尾中 38 尾、2019 年 12 月～2020 年 1 月：117 尾中 57 尾）。2019 年 1 月の調査時にはフナ類が最も多く捕食され、次いでハスの割合が高かった。翌年には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%を占めており、冬季においても在来魚類に対するバスの捕食圧が高いことが示唆された。以上の結果から、冬季の刺網によるバス駆除は在来魚類への食害を防ぐ面とバスの繁殖抑制の面との両面から有効な手段と考えられる。

表 8 冬季の刺網での捕獲魚の GSI (%)

2019 年 1 月		
	雄	雌
個体数	36	33
平均値	0.28	1.69
最大値	0.48	3.23
最小値	0.15	0.77
標準偏差	0.06	0.55

2019 年 12 月～2020 年 1 月		
	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

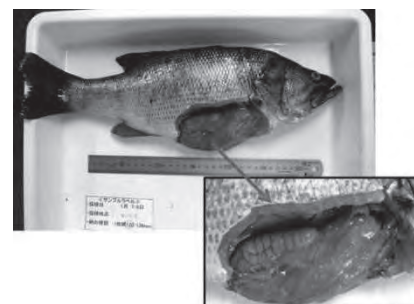


写真 4 刺網で捕獲されたオオクチバス（雌）の生殖腺

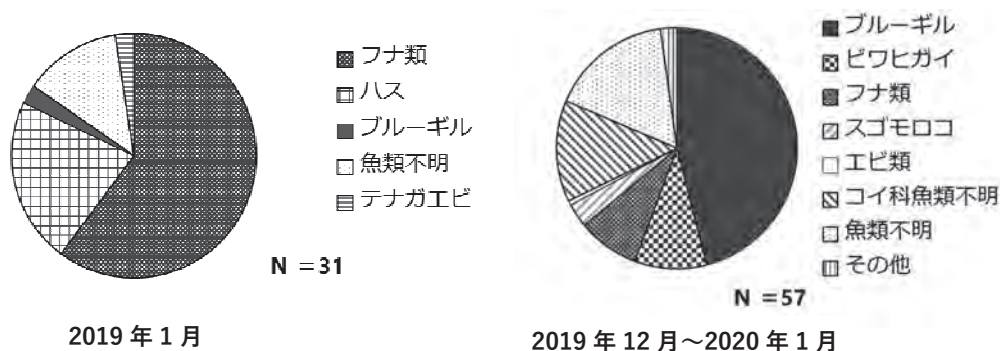


図 15 冬季刺網で捕獲されたバスの胃内容物重量組成 (%W)

4. 琵琶湖南湖で刺網によりバス親魚を効果的に駆除できる時期の検討

(1) 調査方法

3. 項の調査で最もバスの捕獲が多かった、矢橋沖窪地で冬季以外の 2019 年 3、7 月と 2020 年 2～4 月に刺網での捕獲調査を実施した。調査には目合い 120 mm 以上の一枚網の刺網を窪地の北、または南のカケアガリに沿って底刺し網で一昼夜設置した。調査実施日を表 9 に示す（表 6 のうち、矢橋沖の窪地を対象とした調査を含む）。得られた結果（刺網バス CPUE、全捕獲魚に占めるバスとバス以外の魚

類の捕獲割合)を月毎に集計して比較した。また、これら調査時の水温(RINKO Profilerで測定、底から1m上層)と刺網バスCPUEとの関係を相関分析により解析した。

(2) 結果と考察

矢橋沖窪地での刺網調査によるCPUEの経月変化を図16に示す。2019、2020年ともに12月から1月のCPUEが最も高く、その後、暦が進むにつれてCPUEが低下する傾向が見られた。このことから、目合いの大きな刺網を用いてバス親魚を駆除するには12月から1月の真冬の時期が適していると考えられる。一方、水温とCPUEの相関については、低水温下でCPUEが高い傾向がみられたものの、有意な関係性を見出すことはできなかった(図17)。冬季に刺網でバスが獲れやすい(春季に獲れにくくなる)のは、低水温であることよりも、暦の進行により生じる日長変化や積算(経験)水温の変化が影響しているかもしれない(例えば、日長や積算温度で生殖腺の発達具合が変化し、そのことがバスの行動や蟄集性に影響を及ぼすなど)。

バス以外の魚種の混獲状況について、図18に示す。他魚種の混獲割合はバスCPUEの経月変化と逆に暦が進むにつれて上昇する傾向が見られた。混獲防止の観点からも刺網での駆除は冬季に実施することが望ましいと考えられる。

5. 春季以降の効果的なバス親魚駆除手法の検討(延縄)

4. 項の調査で3月以降には刺網バスCPUEが低下することが明らかになったことから、代替漁法として延縄を検討した。

(1) 調査方法

ア. 効果的に駆除できる時期の検討(矢橋沖窪地での検証)

2020年4月6~7日、15~16日、5月18~19日、6月2~3日に延縄での捕獲調査を実施した。調査には表10規格の延縄(但し、5、6月の調査時は1鉢あたりの針数を半分の30本、全長約250mとして使用)を用い、餌には全長10cm前後の生きたゲンゴロウブナ(以下、生きたフナ)を使用した。

表9 矢橋沖窪地での刺網設置状況

日付	設置把数
2019/1/17	4
2019/1/23	24
2019/3/20	48
2019/7/11	24
2019/12/17	24
2019/12/24	4
2020/1/10	24
2020/1/15	4
2020/2/20	12
2020/2/26	48
2020/3/13	48
2020/4/16	12

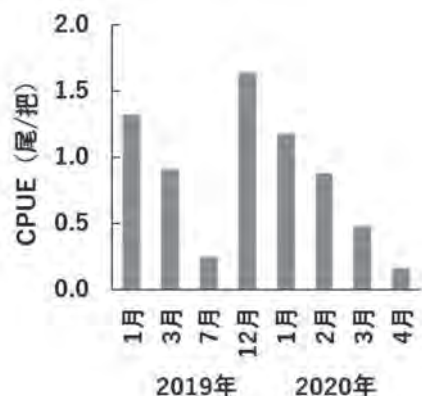


図16 矢橋沖窪地での刺網調査におけるバスCPUEの経月変化

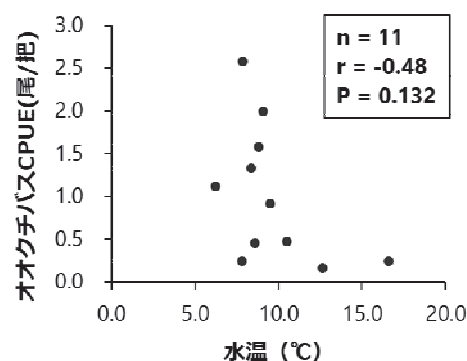


図17 矢橋沖窪地での水温とバス刺網CPUEとの関係
*n=11であるのは、2019年1月17日の水温データが欠測のため。

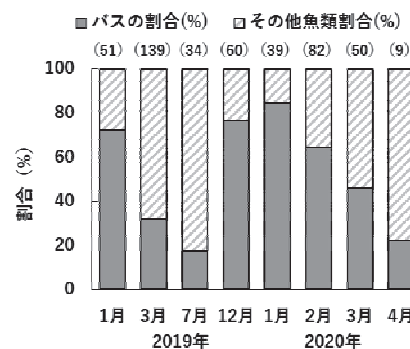


図18 矢橋沖窪地での刺網調査における混獲状況の経月変化
図中の()内の数値は総捕獲尾数

15：00 から図 10 に示した窪地の東西端それぞれに南北方向に 1 鉢ずつ、計 2 鉢を設置し、翌日の 11：00 から回収した。捕獲結果より、1 針当たりのバス捕獲尾数（延縄バス CPUE）を捕獲日ごとに比較した。

イ．効果的に駆除できる場所の検討（複数箇所での検証）

延縄で効果的に駆除できる箇所を検証する目的で、複数箇所での捕獲調査を実施した。調査は 2020 年 5 月 18～19 日、6 月 2～3 日に実施し、対象地点はアの 2 調査地点（アの 5 月 18～19 日調査と同一）に図 8 に示す②烏丸沖、雄琴沖、④下物沖、⑦志那沖、および「におの浜沖（アの調査点より南西へ約 300 m の地点）」の 5 地点を合わせた計 7 地点とした。調査には表 10 規格の半数、針数 30 本（全長約 250 m）の延縄を用い、各調査点で南北方向に 1 鉢を設置した（但し、矢橋沖東西 2 地点と⑦志那沖の地点については次項ウで示す餌の検証と同時に実施したため、生きたフナを餌とした 30 針と冷凍アユを餌とした 30 針の計 60 針を設置し、前者のみをこの比較に用いた）。設置作業は 13：00～15：00 に行い、翌日の 11：00 から取り上げた。捕獲結果から延縄バス CPUE を比較した。

表 10 延縄の規格

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

ウ．効果的に駆除できる餌の検討

延縄で効果的に駆除できる餌を検証する目的で、イの調査時（2020 年 5 月 18～19 日）に矢橋沖の東西 2 地点と⑦志那沖で、生きたフナと冷凍アユ（全長約 10 cm）を餌とした比較調査を実施した。調査方法はイに準じた。なお、生きたフナと冷凍アユのそれぞれを付けた針の投入場所の違いによる影響を低減するため、針 5 本毎に前者と後者の餌を入れ替えて針付けした。捕獲結果から延縄バス CPUE を比較した。

エ．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、雌雄判別と生殖腺重量測定を行い、GSI を算出した。さらに捕獲日ごとに雌雄比率が 1：1 から変化したか検証する目的で母比率検定（F 検定）を行うとともに、雌雄別の GSI の経日変化を検討するため、クラスカル・ウォリス検定を実施した上で、Steel-Dwass の多重比較により捕獲日ごとの GSI の差を検定した。

(2) 結果と考察

ア．効果的に駆除できる時期の検討（矢橋沖窪地での検証）

矢橋沖窪地での延縄では調査期間中の計 360 本の針に対してバスが 55 尾（97.3 kg）捕獲された。一方で、その他魚種の混獲はナマズ 1 尾に留まった。先述の刺網では春季には在来魚種の混獲率が高まることが課題であったが、延縄ではそれがほとんどなく、バスの選択的な捕獲に有効であると考えられる。

延縄バス CPUE の経日変化を図 19 に示す。CPUE は調査開始当初に最も高く、経時的に低下した。4 月は琵琶湖南湖ではバスの産卵期初期にあたることから（津村 1989）、その時期に CPUE が高い延縄での駆除は産卵直前の個体を効率的に捕獲する手法として有効であると考えられる。一方、春季以外の時期の当該漁法の有効性は未検証であり、さらに検証期間を延ばした調査が必要である。

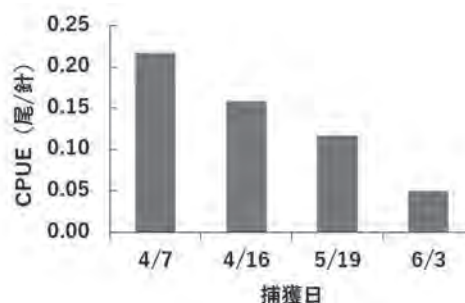


図 19 矢橋沖窪地での延縄バス CPUE の経日変化