

4-1) 調査研究成果（外来魚）

(1) 閉鎖水域におけるオオクチバスの完全駆除に向けたプログラムの検討

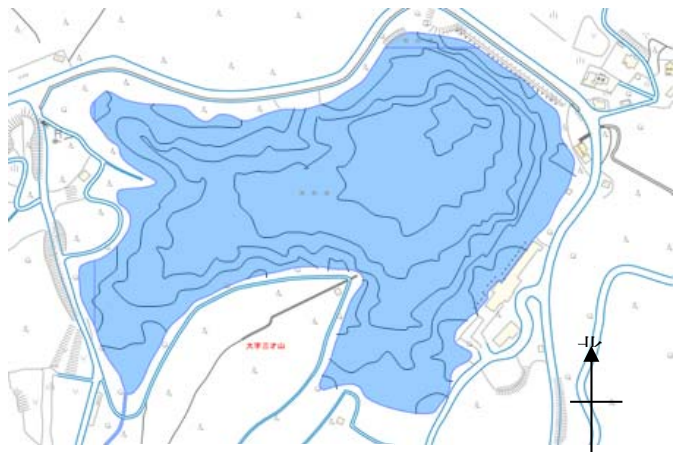
要旨

本事業は、閉鎖水域におけるオオクチバスの完全駆除を目指し、既存の駆除マニュアル（「だれでもできる外来魚駆除 1～3」「外来魚に立ち向かう」）にある技術と水中ドローンなどの先端機器を用いた技術を併用した駆除プログラムを構築することを目的とする。事業は松本市の美鈴湖で行い、初年度は、稚魚のタモ掬い、さで網、背負い式電気ショッカー、水中ポンプによる卵吸引、刺網、小型三枚網、ライトトラップ、水中銃、投網、釣り（テンカラ、餌、ルアー）、ボランティアによる釣り駆除を試行し、美鈴湖に適した駆除方法を検討した。その結果、美鈴湖においては稚魚のタモ掬い、さで網、背負い式電気ショッカー、水中ポンプによる卵吸引は駆除には適さず、刺網、小型三枚網、ライトトラップ、水中銃、投網、釣り（テンカラ、餌、ルアー）、ボランティアによる釣り駆除は適した駆除方法であることがわかった。また、先端技術（水中ドローン、水中スクーター、3D プリンター）を用いた駆除方法の有効性についても検討した。水中ドローンを用いることで、潜水目視では困難な冬期のオオクチバスの調査をすることができた。また、従来の潜水目視調査と比べ、水中ドローンや水中スクーターを用いることで作業時間・労力が削減できることがわかった。また、先端技術を用いた新たな駆除方法や、それらと既存のマニュアルにおける駆除方法を組み合わせることで、より効率的な駆除が可能となることも示唆された。

はじめに

オオクチバス (*Micropterus nigricans*) は水圏生態系に大きな影響を与えることから、IUCN の世界の侵略的外来生物ワースト 100 に指定されている。多くの湖沼や河川で駆除が行われているが、完全駆除の事例は少なく、長野県内では池干しによる完全駆除を除くと東御市の金原ダム湖での駆除（坪井ら 2023）が報告されているのみである。¹⁾

調査区とした美鈴湖（図）は松本市に位置する湛水面積 10ha の農業用ため池（標高 1,000m）で、釣り場としても人気がある。1970 年代まではワカサギの穴釣りが盛んに行われていたが、オオクチバスの侵入によりワカサギ釣りができなくなった。2013 年から美鈴湖の運営管理を行う民間会社がワカサギ卵の放流とオオクチバスの駆除を開始し、2015 年にはワカサギ釣りが再開された。以来、運営管理会社はオオクチバスの完全駆除を目指して、水産試験場と協同して駆除活動・研究を進めている。そのため、長野県水産試験場では駆除実績や生息状況のデータ等の知見を多く有しており、本事業の目的とする閉鎖



水域におけるオオクチバスの完全駆除を目指すうえで最適であると考え、調査区とした。

本年度は、既存のマニュアルに基づき、美鈴湖に適した駆除方法の選定を行った。さらに、先端技術（水中ドローン、水中スクーター、3D プリンター）を活用した生息状況調査の有効性や新たな駆除方法についても検討した。これらの先端機器は比較的高価で操作の習熟が必要であったが、近年は安価で使いやすい機器も市場に流通し、入手しやすくなった。本研究ではこれらの機器・技術を用いることで効率的な外来魚駆除が可能となるか検討した。

1 既存のマニュアルを用いた外来魚駆除

方法

完全駆除に向け、現在的美鈴湖に適したオオクチバスの駆除方法を選定するため、既存のマニュアルを参考に稚魚のタモ掬い、さで網、背負い式電気ショッカー、水中ポンプによる卵吸引、刺網、小型三枚網、ライトトラップ、水中銃、投網、釣り（テンカラ、餌、ルアー）、ボランティアによる釣りによる駆除を試行した。駆除期間は4月～12月で、延べ65日の駆除活動を行った。なお、駆除活動で湖畔を回る際は併せて船上・水中からの目視による産卵床やオオクチバスの探索・調査も随時行った。

結果と考察

まず、美鈴湖に適さないと考えられる駆除方法は次に述べる4つであった。

①稚魚のタモ掬い

美鈴湖の透明度は1.9m～3.9m（平均2.8m）で視界が悪く、水中から稚魚の捕獲を試みたがほとんど捕獲できない状況であった。

②さで網

美鈴湖は岸際が急深となっている地形であることから立ち入りづらい箇所が多く、流れもないため、稚魚を網まで追い込むことが困難であった。

③背負い式電気ショッカー

②と同様、岸際が急深であり、オオクチバスが電気にかかりきらず深場へ逃げてしまうことから捕獲ができなかった。

④水中ポンプによる卵の吸引

過去に長野県の信濃川水系農具川で実施した事例では59か所実施して卵4.4万粒、稚魚7.3万尾を採捕・捕獲している²⁾が、美鈴湖では発見できた産卵床は深い場所にあり、ゆれる船上からでは安定した作業がしづらく、落ち葉・水草も多いことから、これらが水中ポンプに詰まり吸引力がすぐに低下したため、産卵床3か所で1,000粒程度しか採捕できなかった。

ついで、美鈴湖に適すると考えられる方法は次に述べる7つであった。なお、それぞれの駆除結果は表1に示す。

①刺網

11回設置し、48尾が捕獲された。特に4月の捕獲では3枚の刺網（1.8m×10m×目合い75mm2枚、1.8m×10m×目合い60mm1枚）を一晩設置することで、17尾のオオクチバスが捕獲できた。この際はワカサギの自然産卵個体を捕食するために蟄集したと考えられる場所に設置した。この時期は捕食のために群れているオオクチバスが活発に行動し、刺網による駆除には効果的なタイミングであると考えられた。本年度捕獲されたオオクチバスの平均

全長は 26.3cm であり、捕獲されるオオクチバスの大きさは刺網の目合いの大きさによるものと考えられる。今年度の調査において小型のオオクチバスが散見されたため、来年度からは小型魚をターゲットとしたさらに細かい目合いの刺網も併せて用いることで駆除効果がより高くなるものと考えられる。

②小型三枚網

今年度に確認された繁殖期間中(4月下旬～8月中旬)3日に1回以上の頻度で実施した。船上からの目視観察を行い、産卵床、もしくは産卵床を保護していると考えられる定位個体(以下、保護雄)を発見した場合に設置した。延べ36枚設置し、16尾(平均全長28.7cm)のオオクチバスを捕獲した。そのうち13尾が保護雄であった。なお、産卵床については保護雄の捕獲の成否に関わらず、卵がふ化する前に覆砂により破壊した。

③ライトトラップ

5月8日～9月11日までの期間に3基を設置した。設置場所は過去に産卵床が発見された場所や、本年度稚魚が発見された場所、後述する3Dプリンターで作製したスクリーニング用簡易ライトトラップで稚魚が捕獲された場所に設置した。

期間中、オオクチバスは延べ1,086尾(最小全長1.1cm、最大全長4.0cm)捕獲された。ライトトラップに必要な作業は設置・サンプル回収・汚れていた場合の洗浄のみであるため、1回の駆除にかかる労力は少なく、他の駆除活動と同日に作業が可能であった。美鈴湖においてオオクチバスは湖畔に産卵床を作ることが多く、船上からの目視調査や小型三枚網による捕獲等と組み合わせることで、効率的な駆除として活用できると考えられた。

④水中銃

主に湖畔の目視探索を兼ねた小型三枚網の設置やライトトラップの回収・再設置の際に、船上から狙撃できそうな個体が見られた場合に実施した。実施期間は4月17日～7月18日で、4尾(平均全長33.4cm)捕獲した。その他6月7日に、潜水による水中銃での捕獲も試行したが保護雄1尾(全長37.6cm)のみの捕獲であった。潜水による狙撃は後述する水中スクーターと併用することで、より効率的に駆除できることが期待される。

⑤投網

繁殖行動中の親魚やヨシ帯付近に群れている小型魚をターゲットに4月25日、26日に実施し、計16投で14尾(最小全長10.5cm～最大全長47.7cm)を捕獲した。胴長で入ることのできる範囲であれば、群れている小型個体だけでなく、ペアリング行動中の雌親魚も捕獲できた。駆除効果が高く、手軽に実施できる駆除方法である反面、実施者の投網を円状に広げる技術(写真1)やペアリング・産卵行動をしている個体に近づく技術によって捕獲効率が大きく増減してしまうため、捕獲期間前に技術向上を図る必要があると考える。



写真1.円状に広がらない投網

⑥釣り

テンカラ釣り、餌釣り、ワーム釣りを4月26日～8月22日までに8回実施し、13尾のオオクチバスを捕獲した。テンカラ釣りによる駆除は小型のオオクチバスをターゲットと

したが、先にブルーギルが釣れてしまいオオクチバスを捕獲できず駆除には釣りの方法としては適さないと考えられた。餌釣りについてはスジエビを餌に用いて1尾(全長16.2cm)を捕獲した。ワーム釣りについてはCPUEが1尾/人・時間で12尾(平均全長16.8cm)の捕獲だった。したがって、美鈴湖においては餌釣り又はワーム釣りが適していた。釣りは準備するものが少なく、時間があるときに一人で簡単に駆除作業が可能ではある点が優れていることから駆除に適した方法と言える。ただし、技量も影響することから、来年度以降は釣獲者の技量向上や釣獲方法についても改善すべきであると考ええる。

⑦ボランティアによる釣り駆除

主に4名のボランティアが駆除に参加した。駆除期間は土日を中心に周年行われ、本年度は本稿作成時点で少なくとも452尾(最大全長45.7cm、最少全長8.2cm)(延べ65回実施)捕獲された。聞き取りによる調査ではサシを餌としたウキ釣りやスジエビを餌としたフカセ釣り、小型のソフトルアーや大型のハードルアーを用いた釣り等それぞれの得意な釣獲方法を実践していたため、釣獲魚のサイズは大小差が大きくなったものと考えられた。ボランティアによる釣りは人数や時間等の制限がなく、多くのオオクチバスを駆除することができた。なお、ボランティアによる釣りは以前から行われており、ボランティアが釣りを継続しやすい環境が整備された美鈴湖では有用な方法であった。

表1.既存のマニュアルを用いた駆除方法による駆除結果

方法	実施回数	実施期間	捕獲尾数	平均全長(cm)	全長標準偏差(cm)	最小全長(cm)	最大全長(cm)	備考
刺網	11	4月,9~12月	48	26.3	2.4	22.3	34.0	
ライトトラップ	-	5~9月	1086	-	-	1.1	4.0	
釣り	8	4~8月	13	16.7	4.8	9.4	28.4	
水中銃	-	4~8月	5	34.2	8.7	22.9	44.0	船上4尾、潜水1尾
投網	3	4月	14	18.6	11.2	10.5	47.7	16投
小型三枚網	-	4~6月	16	28.7	6.6	13.1	38.4	延べ設置枚数36枚
ボランティアによる釣り駆除	65	周年	452	16.6	6.0	8.2	45.7	主に4名

2 先端技術を用いた外来魚駆除方法の検討

(1) 水中ドローン

方法

本研究では水中ドローンとして M2S (CHASING 社製) を用いた(写真2)。

近年、水中ドローンは操縦性や安定性が進歩するとともに、安価になった。従来のシュノーケリングによる潜水目視では、水深が深い場所の限界や低水温時の長時間探索は安全面や労力の面から困難であったが、水中ドローンを活用することで条件を問わずリアルタイムでの目視調査が可能となった。

美鈴湖では現在リバウンドが起きており、その原因の一つに産卵床の見逃しがあったものと考えられた。これは、「水深が深い」「透明度



写真2.使用した水中ドローン(M2S (CHASING 社製))

が低い」等の理由で船上や岸からの目視だけでは発見できない箇所での見逃しと考えられ、水中ドローンを活用することで解決できるか検討した。産卵床探索調査については5月20日から6月13日までの間に計5回実施した。

また、美鈴湖では、過去の研究でオオクチバスが冬期に南東の入り江に蟄集することが分かっている。しかし、ある程度広範囲に蟄集しているのか、湧水や湖底にカバーがあり局所的に蟄集しているのか等、状況や条件に不明な点が多い。³⁾オオクチバスは水温が10℃前後になる晩秋には深いところへ移動し、厳寒期には沈木その他の障害物の間で群れをなして越冬するとされている。そこで、より効率的な駆除方法を検討する材料とするため、水中ドローンを用いて冬期の生息状況を調査した。冬期の生息状況調査については11月5日から12月17日までの間に南東の入り江内を計6回調査した。

結果と考察

美鈴湖における水中ドローンによる産卵床探索調査では産卵床を発見することはできなかった。これは透明度が低い（平均透明度2.6m、最大3.0m、最少2.3m）ことが大きな要因と考えられ、水中ドローンであっても船上から発見できない産卵床を見つけることは難しかった。ただし、船上目視で観察できた産卵床を水中ドローンにより観察することは可能であったことから、現時点では産卵床の発見にかかる労力を削減するなどの使用方法が想定される。今後、船上目視と水中ドローンとの発見効率（例えば、発見数/探索時間など）の比較・検討をする予定である。

追試験として、美鈴湖で産卵床を発見できなかったことをうけ、そもそも水中ドローンが産卵床を発見する目的で使用できるものか確認するため、透明度の高い河川（信濃川水系農具川）でコクチバスの産卵床を調査したところ、コクチバスの保護雄および産卵床を発見することができた。この際、水中ドローンをコクチバスに近づけるとコクチバスは逃げ、定位していた位置の下を見るとコクチバスの稚魚の群れ（以下、稚魚玉）が確認された。稚魚玉に向かって水中ドローンを降下させると、プロペラの水流で砂利や小石と共に稚魚が巻き上げられて分散し、下流へ流される様子が確認された(写真3)。その後、稚魚がオイカワに捕食されている様子も確認された。

水中ドローンは砂利や小石程度の巻き上がりでは損傷することはない、今後は産卵床破壊等にも使用可能であることが窺えた。また、水中ドローンを産卵床に接近させると保護雄は逃亡することから、あらかじめ刺網を設置しておいて水中ドローンで追い込む等、既存の技術との組み合わせにより効果的な駆除が可能になると考えられた。



写真3.プロペラの水流で分散し下流へ流れるコクチバス

冬期の生息状況調査では、11月12日にはカバーのない水深3.5mの中層を群れて緩慢に泳ぐ20尾（全長20～30cm程）程の群れが観察された（写真4）。調査時の

水温は9.2℃だった。また、12月3日にも同程度の群れが撮影された。この群れは水深3.0mのカバー（倒木）付近の中層を緩慢に泳いでいた。調査時の水温は9.2℃だった。どちらも群れて中層を泳いでいたことから、これらをターゲットとした駆除方法を今後検討していく必要がある。また、今後はさらに水温が低下する厳寒期にも調査を実施し、蛸集場所の状況や条件を解明することが期待される。



写真4 中層を群れて緩慢に泳ぐ20尾程の群れ

(2) 水中スクーター
方法

過去にも水中スクーターを駆除活動に活用する例はあった⁴⁾が、近年ではより操作性が高く、小型かつ安価で片手で操縦できるものが一般向けに販売されている。水中での駆除活動においては片手で水中スクーターを操作し、もう片方の手で水中銃やタモ掬いの操作をすることが可能であれば効率が良くなると考える。そこで、写真5に示すsubnado(WAYDOO社製)を選定した。



写真5.使用した水中スクーター
表2.試験回次ごとの速度(m/s)

本年度は本機種を用いることで実際に労力を低減し、探索・駆除が効率的に実施できるか評価した。すなわち、美鈴湖内に63mの区間を設置し、本機種を付けていない状態（以下、水中スクーター無し）と付けた状態（以下、水中スクーター有り）で模擬的な外来魚の目視探索を12回実施し、調査速度を比較した。併せて前述の水中ドローンについても同様に6回調査し、調査速度を比較した。

試験回次	水中スクーター無し	水中スクーター有り	水中ドローン
1	0.33	0.45	0.50
2	0.26	0.44	0.62
3	0.21	0.43	0.48
4	0.35	0.43	0.35
5	0.32	0.45	0.46
6	0.26	0.44	0.51
7	0.23	0.33	
8	0.28	0.40	
9	0.30	0.33	
10	0.38	0.40	
11	0.30	0.41	
12	0.31	0.45	
平均	0.29	0.41	0.49
標準偏差	0.05	0.04	0.09

結果と考察

それぞれの平均調査速度は水中スクーター無しが0.29m/s、水中スクーター有りが0.41m/s、水中ドローンが0.49m/sであり、それぞれ有意に差があった（Steel-Dwass検定 $p<0.05$ ）。水中スクーター有りでは片手が空いた状態で問題なく調査することができ、水中銃やタモ掬い等と組み合わせることでより効率的に潜水駆除が可能になると推察された。また、水中スクーターを用いた際は疲労感がほとんどなく、バッテリーが続く限りは目視調査ができることから、来年度以降は駆除活動に取り入れることで、より効率的な駆除が可能となるか検証する。

(3) 3Dプリンター
方法

「外来魚に立ち向かう」では、オオクチバス稚魚が青色LED光への走性を示すことを利用した駆除トラップが紹介されている。⁵⁾ このライトトラップを参考に、より安価で入手が容易な材料で簡易トラップを作製した。ライトトラップの亚克力製円筒部を1.5Lの丸いペットボトル4本で代替し、これらの固定台座を3Dプリンターで作製した。フロート部分には発泡スチロールを用いて写真6左に示す簡易トラップ（以下、簡易トラップ丸型）を3基作製した。また、これとは別に、亚克力製円筒部分を6cm×6cm×18cmの角型のプラスチック製ビ



写真6.簡易トラップ丸型（左）と簡易トラップ四角型

ン4本に置き換え、固定台座を3Dプリンターで作製し、フロートについては簡易トラップ丸型と同様、発泡スチロールとした簡易トラップを1基作製した（以下、簡易トラップ四角型）（写真6右）。これらの簡易トラップは多数を作製できる利点に着目し、湖内の広範囲に設置して、産卵床のスクリーニングに使用することを想定している。本年度は想定する用途に使用できるか検証するため、実際にライトトラップ同様捕獲できるか確認した。設置期間は、簡易トラップ丸型は5月15日から8月14日まで、簡易トラップ四角型は6月3日から9月11日までとした。捕獲された地点の稚魚の走光性がなくなったと想定された際は各トラップを別地点へ移動させた。なお、最低でも1週間に1度はサンプル回収を行った。

結果と考察

簡易トラップ丸型では4地点で14回オオクチバス稚魚が採捕されており、スクリーニング調査用トラップとして有効であることが分かった。スクリーニングの結果によってライトトラップや、タモ掬い等の稚魚への対策も地点を特定し実施できることから、効率的な駆除が可能となると考えられた。また、1回で最大320尾のオオクチバス稚魚が採捕され、駆除用のトラップとしても機能することが分かった。一方、簡易トラップ四角型で捕獲できたオオクチバス稚魚は6月11日の2尾のみであり、駆除、調査効率が悪かった。来年度以降は簡易トラップ丸型をできるだけ多数作製し、産卵床が形成されそうな地点に網羅的に設置することで、地点ごとの再生産の有無を判断することができると検証する。

引用文献

- 1)坪井潤一,片野修,水本寛基,荒木仁志.金原ダム湖におけるオオクチバスの機能的根絶.保全生態学研究.2023;28(2).437-452.
- 2)水産庁,国立研究開発法人水産研究・教育機構,全国内水面漁業協同組合連合会.だれでもできる外来魚駆除 3.2021;19
- 3)川之辺素一,下山諒,丸山瑠太.美鈴湖における小型発信機を用いたオオクチバス越冬場所の探査.長野県水産試験場研究報告 2022;21.1-6.
- 4)水産庁,国立研究開発法人水産研究・教育機構,全国内水面漁業協同組合連合会.だれでもできる外来魚駆除 2.2018;2
- 5)水産庁,国立研究開発法人水産研究・教育機構,全国内水面漁業協同組合連合会.外来魚に立ち向かう.2024;5-6

竹内智洋（長野県水産試験場 環境部）

(2) 琵琶湖におけるオオクチバスの効果的な駆除技術の開発

要旨

琵琶湖北湖において、電気ショッカーボートを用いたオオクチバスの効果的な捕獲方法を検討した。竹生島、多景島、愛知川河口、東近江湖岸、近江八幡湖岸を主な調査水域として効率的に捕獲できる条件を探索したところ、水草、木、ヨシ帯等の何らかの植生がある沿岸地形で最も多く捕獲されるとともに、風波の穏やかな場所での捕獲が多い傾向がみられた。この両方の条件を満たす水域でオオクチバスの産卵盛期である 5 月にはひと際、効果的に捕獲された。これまで琵琶湖北湖においては大型のオオクチバスの捕獲手段はほとんどなかったが、浅場にやってくる産卵期には電気ショッカーボートを用いた捕獲が有効であることが示された。

1. はじめに

滋賀県では 1985 年から琵琶湖での外来魚（オオクチバスとブルーギル、以下、バス・ギル）対策を開始し、駆除に取り組んでいる（吉岡ら 2012）。その結果、2007 年には 2,132 トンであった外来魚生息量は、2023 年 4 月には 370 トンまで減少したと試算されており、特にギルが著しく減少している（図 1）。しかし、在来魚への食害が大きいバスは生息量の減少が鈍化傾向にあった。そのため、南湖において産卵期に沿岸に蟄集するバス親魚を電気ショッカーボートでの捕獲（臼杵・関 2016）や沖合で湖底起伏に蟄集するバス親魚を刺網や延縄で捕獲することが効果的であることが明らかにされ（田口ら 2021）、これら手法を活用して漁業者による駆除が行われた結果、南湖においてもオオクチバスの推定生息量は減少してきている。その結果、琵琶湖南湖（琵琶湖大橋以南の琵琶湖、以下、南湖）ではホンモロコいのまとまった産卵が見られる（米田ら 2021）など、外来魚駆除の効果が表れている。

一方、これまで琵琶湖北湖（琵琶湖大橋以北の琵琶湖、以下、北湖）においては、秋季に小型のバス（0～2 歳魚）を対象とした沖曳網による駆除（上垣ら 2012）が行われているものの、それ以外の有効な駆除手法や親魚の駆除手法については知見が少ない。琵琶湖でバスの生息量をさらに低減するには南湖だけでなく、広大かつ深く多様な環境を有する北湖でも効果的な駆除手法を検討する必要がある。加えて北湖は琵琶湖漁業における主要な漁場であり、そこでバス生息量を低減することが滋賀県の水産業の維持、発展には欠かすことができない。これまでの研究では冬季に温排水が流入する彦根旧港湾にはバスやギルが蟄集すること（関 2008）や起伏のある島周りや魚礁で刺網や釣りをを用いて蟄集したバスを捕獲できること（山本ら 2024）が明らかにされているが、その他の蟄集情報は多くない。そこで、本研究では主に琵琶湖北湖で有効な駆除手法を検討することを目的とし、本年度は、主にバスの産卵期に琵琶湖北湖で電気ショッカーボートを用いて効果的に捕獲を行うための条件を検討した。

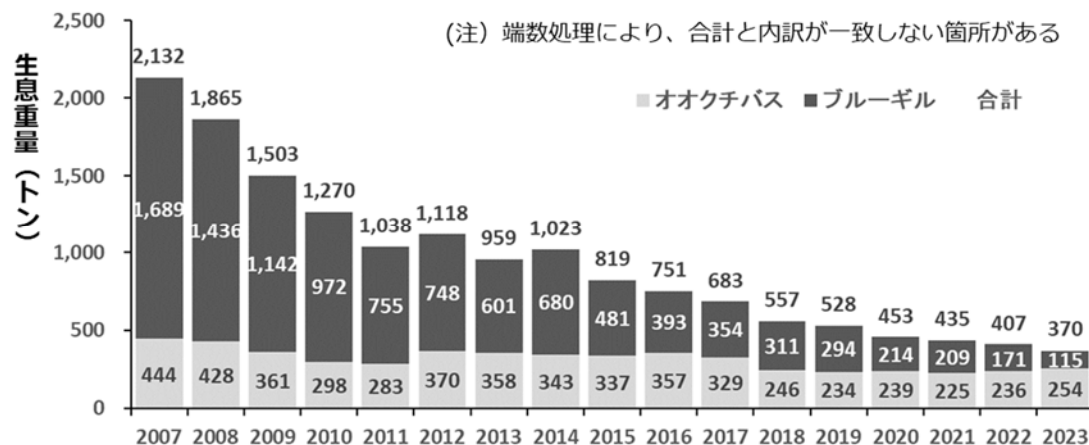


図 1 2023 年度当初までの琵琶湖における外来魚の生息量推定値

2. オオクチバスの産卵期の電気ショッカーボートによる効率的な捕獲

(1) 調査水域および調査頻度

調査は琵琶湖北湖の竹生島、多景島、愛知川河口、東近江湖岸および近江八幡湖岸を主な調査水域として、バスの産卵期である 4 月～7 月に毎月 1 回、10 月（秋季）と 12 月～1 月（冬季）に各 1 回行った。その他の調査水域（尾上沖堤防、浮き産卵床、彦根港周辺、沖の白石、野洲川河口等）の調査は産卵期に 1～2 回行った（図 2）。

(2) 調査方法

電気ショッカーボートはスミスルート社製のエレクトロフィッシャー（電撃捕魚器）5.0GPP 型（出力電力：5,000W、最大出力電流：16A）を搭載して使用した。調査は調査員 3 名（操船者、捕獲者、記録者＋捕獲補助）で岸沿いに連続的に通電しながら航行して行った。感電した魚は全長が約 20 cm 以上の個体数を魚種毎にカウントして、麻痺したバスはタモ網で捕獲した。

感電した 20 cm 以下の在来魚は全数をカウントすることが出来なかったため、魚種名だけを記録し、ギルは可能な限りカウントするとともに捕獲した。捕獲したバスとギルは体長、体重を測定し、捕獲率（捕獲数／感電尾数）と操業時間あたりの CPUE（捕獲重量 kg／操業時間 h）を算出した。また、調査場所の底質、周辺地形、水温、開放度、電気伝導度等を記録した。



図 2 調査水域

(3) 結果および考察

①捕獲率に影響する要素

水温

4 月～1 月に行った調査における調査時の水温と捕獲率の関係を図 3 に示した。7～30℃では水温が捕獲率に影響することはなく、一般に高水温では電気ショックで感電しにくいとされているが、28℃の水温でも少なくとも大型のバスには捕獲率への影響はなかった。しかし、30℃以上の場合は極端に効きが悪くなり、その際に多数存在した全長 15cm 程度のバスに対しては一時的に感電するものの麻痺することはなく、捕獲を試みてもほとんど捕獲できなかった。

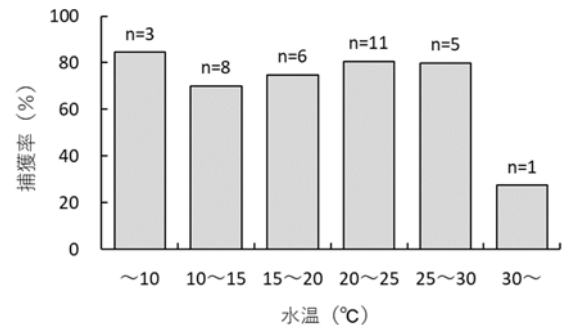


図 3 水温とバスの捕獲率の関係

沿岸地形

調査水域における沿岸の地形と捕獲率の関係を図 4 に示した。捕獲率がやや低いのは沖堤防、石積み、岩崖であり、何れも急深である地形では深い所でバスが感電したり、深い所へと逃げ込むことで取り逃がすことがあり捕獲率がその他の地形と比較して低かった。

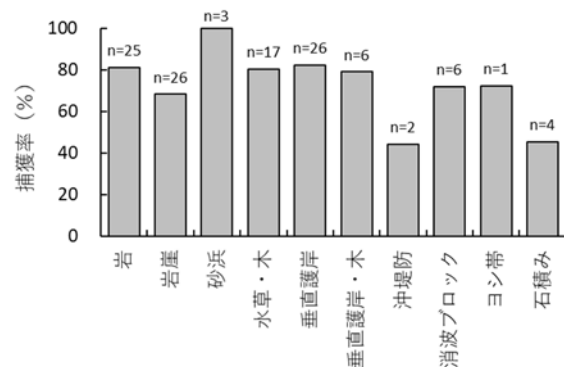


図 4 沿岸地形とバスの捕獲率の関係

②単位時間当たりの捕獲量[CPUE (捕獲重量kg/h)]

調査水域

主な調査水域におけるバスの月毎の CPUE の変化を図 5 に、バスの月毎の平均体重を図 6 に示した。CPUE は東近江湖岸を除いて 5 月が最も高く、7 月または 10 月が最も低かった。また、すべての調査水域で秋季の 10 月より冬期である 12～1 月に増加した。バスの平均体重は産卵期においては 4 月の産卵初期から東近江湖岸を除いて漸減し、多くの調査水域で 10 月に最も小さく、12 月～1 月の冬季には大きくなった。

水域別にみると、CPUE は年間を通じて琵琶湖沖の島周りである竹生島や多景島よりも琵琶湖岸や愛知川河口、東近江湖岸、近江八幡湖岸で CPUE が高く、特に愛知川河口と近江八幡湖岸で高かった。

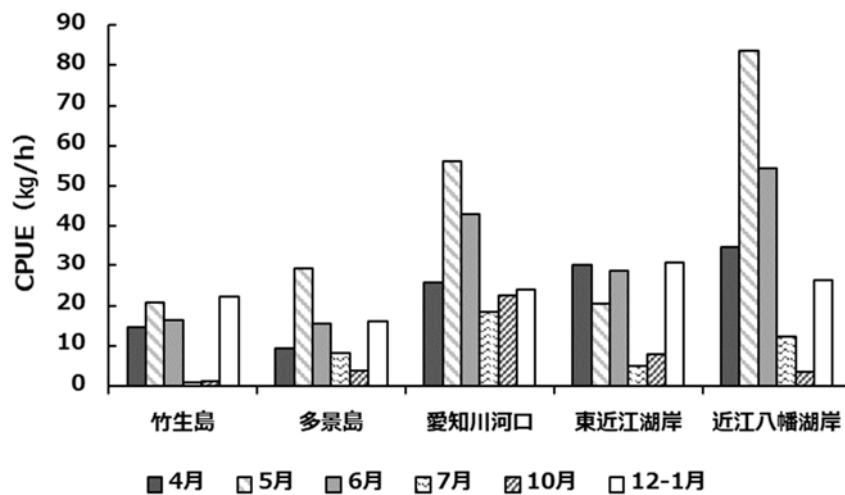


図 5 調査水域におけるバス CPUE の変化

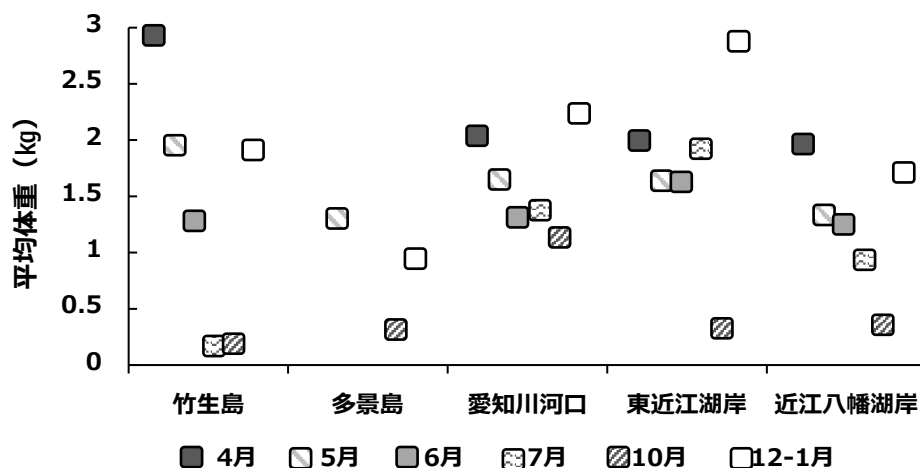


図 6 捕獲されたバスの平均体重 (g)

沿岸地形

4月～1月に行った調査における沿岸地形と CPUE の関係を図 7 に示した。最も CPUE が高かった沿岸地形は「水草・木」で、次いで「垂直護岸・木」、その次が「ヨシ帯」となり、何れも沿岸地形に植物がある地形であった。「垂直護岸」と「垂直護岸・木」を比較すると CPUE は垂直護岸から張り出すように木が生えている「垂直護岸・木」の CPUE が 2 倍以上だったことから植物があると CPUE が高くなると考えられた。他に CPUE が高かったのは「岩」で、これは岩礁帯を指すが、沿岸域の岩場である「岩」よりも竹生島、多景島、沖の白石の急深な岩場である「岩崖」では CPUE が低下したのは急深であるために深い場所でバスが感電してとり逃がしたり、感電したバスが大きな岩に隠れて捕獲できない事例があったためと考えられた。逆に、CPUE が低かった沿岸地形は「取水塔」と「砂浜」で取水塔はバスボートが頻繁に訪れることから多数のバスがいると思われるが、水深が深いため

に電気ショッカーボートで感電する水深にはバスがいなかったと考えられる。また、砂浜はバスをほとんど見かけることはなく、捕獲例は砂浜の一部に植物や沈み根がある場所であった。その他の「石積み」「テトラ」「沖堤防」「浮き産卵床」はバスが集まりやすい構造物ではあるが、水深の深い沖合に設置されていたり、大きな構造物であるため取り逃がしやすいため CPUE がそれほどは高くなかったと考えられる。

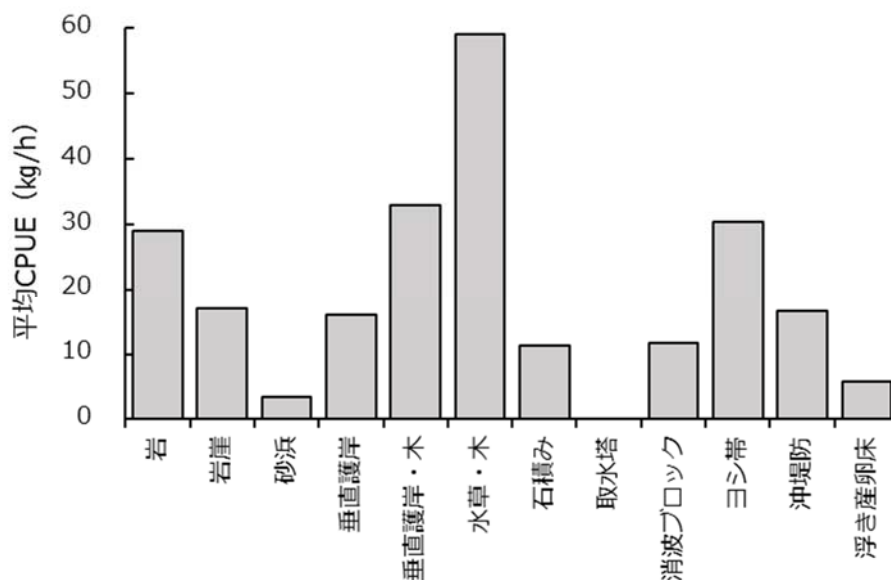


図 7 沿岸地形とバス CPUE の関係

開放度

4 月～1 月に行った調査における開放度と CPUE の関係を表 1 に示した。開放度とは開放的な場所か閉鎖的な場所かを大まかに分類するために用いた指標で、例えば、直線的な堤防などの地形であれば 180° 、それよりも閉じていれば $180^\circ >$ 、開いていけば $180^\circ <$ として分類した。CPUE が高かった時期は産卵期に当たる 4 月～6 月で、開放度は 180° より閉じた環境 ($90^\circ > \sim 180^\circ$ の範囲) で高かった。これは一般にバスの産卵は風波の穏やかな場所で行われるため、風当たりが抑えられる閉鎖的な環境に集まったためと考えられる。

表 1 開放度と CPUE (kg/h) の関係

開放度	4月	5月	6月	7月	10月	12-1月	計
45>	30.3	26.0	17.3	0.0			18.2
90>	26.0	73.8	48.3	17.3	15.5	12.9	36.7
180>	63.5	44.3	21.8	4.4	0.0	12.3	24.4
180°	49.0	10.8	14.9	5.5	0.0	0.0	14.6
180<	10.7	28.1	34.0	7.8	3.8	27.2	20.0
270<			26.9	14.0			24.3
計	26.2	40.1	28.1	8.7	7.1	21.2	23.2

③電気ショッカーボートによるオオクチバス、ブルーギルおよび在来魚の感電尾数

電気ショッカーボートによるバス、ギルおよび在来魚の感電尾数と割合を図 8 (月別)、

図 9（調査水域別）に示した。感電した魚類に占めるバスの割合は、およそ 50%であったが、4 月と 10 月にやや低く、冬期の 12 月～1 月に高かった。場所毎に見ると琵琶湖の沖合の島である竹生島、多景島はバスの割合が高く、愛知川河口や愛知川河口と伊庭内湖と呼ばれる内湖に通じる水路である大同川に挟まれた東近江湖岸では在来魚の割合が高かった。

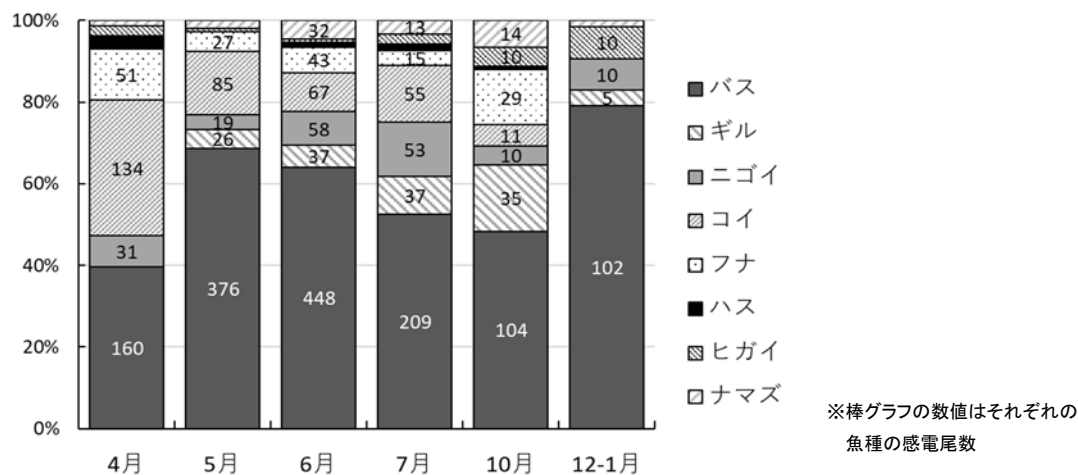


図 8 電気ショックボートによる魚類の感電尾数と割合（月別）

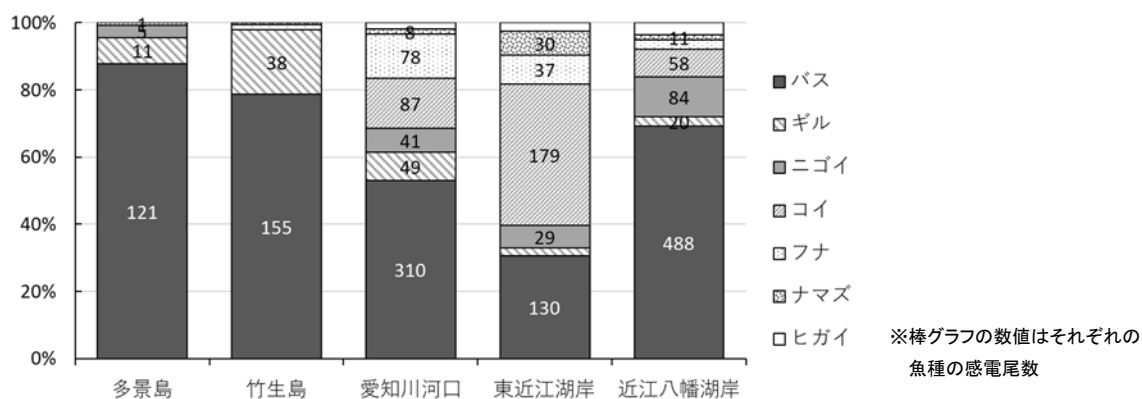


図 9 電気ショックボートによる魚類の感電尾数と割合（場所別）

（４）総合考察

本研究では、これまで駆除が進んでいない深く広大で多様な環境の琵琶湖北湖において効率的にバスを捕獲するため、浅場にバスが蟄集する産卵期において、南湖で多くの捕獲実績がある電気ショックボートによる駆除を検討した。

当初は北湖におけるバスの一大産卵地とみられる竹生島や多景島において最も多くのバスが捕獲されることを想定していたが、これらの水域は沿岸地形が急深であるため電気ショックボートによって感電しない深い水深にいるバスが多く、電気ショックの効きがやや悪かったこと、深場へ逃げるなどしてとり逃がすことがあったために捕獲率が低く、CPUE もやや低かった。CPUE が最も高かった沿岸地形は「水草・木」、「垂直護岸・木」や「ヨシ帯」で何らかの植生がある水域であった。また、開放度の結果から、従来から言われているように風波の穏やかなところで CPUE が高かった。この CPUE の高い両方の条件を満たす「愛知川河口」や「近江八幡湖岸」の特定の場所では、ひと際 CPUE が高かった。

本研究では電気ショッカーボートによって多数の在来魚も感電したが、タモ網等で取り上げなかったため、ほぼすべての個体が感電状態から回復した。そのため、電気ショッカーボートを用いると混獲は皆無で外来魚のみを捕獲することができた。在来魚の多い琵琶湖北湖において外来魚を捕獲するには効率的に捕獲できる点からだけでなく、混獲がない点からも捕獲手法として優先的に用いるべきと考えられる。

電気ショッカーボートを用いた捕獲の課題としては、島周りの「岩崖」や「取水塔」、「浮き産卵床」などの急深な地形の深場ではバスはいるにもかかわらず、想定よりも捕れないことも明らかになったため、現状では電気ショッカーボートは島周りの急深な水域より、琵琶湖の湖岸で優先的に用いて効率的な捕獲を行うべきと考えられた。一方で、急深な深場で今以上に効果的に用いるために電気ショッカーボートの改良を検討することもあるかもしれない。

これまで、琵琶湖北湖ではバスの幼魚を中心に駆除が進められてきたが、成魚においても電気ショッカーボートを用いて産卵期を中心に捕獲駆除ができることが示された。本年の調査水域は島周りと琵琶湖の湖東水域に限られていたため、今後は湖北や湖西において同様の沿岸地形の水域で捕獲を行い、効率的な捕獲条件の検証を行うとともに新たな駆除のホットスポットを探索する必要がある。

3. 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.
- 臼杵崇広・関慎介. 2016. 電気ショッカーボートを用いた駆除によるオオクチバス捕獲状況の変化. 平成 26 年度滋賀県水産試験場事業報告, 60.
- 田口貴史・石崎大介・根本守仁・三枝仁・酒井明久. 2021. 外来魚蛸集場所探索ならびに駆除技術開発研究. 効果的な外来魚抑制管理技術開発事業報告書, 18-42.
- 米田一紀・磯田能年・大植伸之. 2021. 南湖におけるホンモロコの再生産状況調査. 令和元年度滋賀県水産試験場事業報告, 29.
- 上垣雅史・金辻宏明・西森克浩. 2012. 琵琶湖における外来魚駆除技術の開発と内湖における駆除効果の評価. 外来魚抑制管理技術開発事業報告書～有害外来魚駆除マニュアル及び研究報告～, 57-71.
- 関慎介. 2008. 冬季における外来魚の蛸集について. 平成 18 年度滋賀県水産試験場事業報告, 53.
- 山本充孝・石崎大介・孝橋賢一. 2024. 琵琶湖でのオオクチバス蛸集場所の探索と効果的な駆除技術の開発. 効果的な外来魚等抑制管理技術開発事業報告書, 21-28.

山本充孝・大植伸之（滋賀県水産試験場）

(3) 河川のコクチバスにおける駆除圧の空間分布の最適化

要旨

全国有数のアユ漁獲量を誇る栃木県那珂川では、アユの主要漁場となる上流域での漁業被害が発生している。漁業協同組合によるコクチバスの駆除が進められているが、組合員の高齢化や減少によって対策の担い手が不足していることから、釣り人からの買い取りによる駆除が中心となっている。アユの漁業被害を軽減するためには、限られた人員で、コクチバスの分布拡大阻止と低密度維持を両立できるよう、釣りによる駆除を戦略的に進めていく必要がある。そこで、釣りによる駆除の推進にあたって、実施時期や場所、人員配置を最適化するため、空間分布推定手法の開発及び持続可能な駆除体制の構築に関する研究を実施した。

コクチバスの空間分布を迅速かつ簡易に把握するため、大型ルアー（ビッグベイト）を用いてコクチバスを誘引・発見し、目視尾数を計測したところ、SPUE（尾/人・投）は夏季に高く、SPUEが高い場所では餌釣りによるCPUE（尾/人・時間）も高い傾向が確認された。本手法は、コクチバスの生息数が多い場所を速やかに発見し、釣りによる駆除を効率よく進める上で有効な手段になり得ることから、今後、調査地点数や環境データを蓄積しながら、空間分布の推定精度を高めていく。

また、持続可能な駆除体制の構築に向け、釣り人を対象にインターネットアンケートを実施したところ、バス釣りをしない人の78%が買取駆除に協力的であり、バス釣りをする人に比べ2.7倍高く、最低買取希望額もバス釣りをしない人の方が低い傾向が認められた。今後、駆除に協力的な釣り人の特徴を明らかにし、駆除協力者の確保に繋げていく。

1. はじめに

近年、国内の河川において、コクチバスの分布が急拡大している中、栃木県においても那珂川や鬼怒川などの主要なアユ漁場での生息が確認されており、放流アユの食害や混獲によるアユ竿の破損などの漁業被害が発生している。アユの漁業被害の軽減を図るため、県内の約4割の漁業協同組合では、行政や釣り人と連携しながら、年間1,000尾程度のコクチバスを駆除しているが、駆除を進める上で2つの課題に直面している。

1つ目は、コクチバスの上流域への侵入である。全国有数のアユ漁獲量を誇る那珂川では、上流域を管轄する那珂川北部漁業協同組合での駆除尾数がこの3年間で55倍に増加しており（2021年：8尾、2023年：440尾）、現在の駆除圧の掛け方では分布拡大を阻止できないことが示唆された。2つ目は、駆除活動の継続である。コクチバスの生息数を低密度で維持するためには、継続した駆除が不可欠であるが、漁業協同組合員の高齢化や減少に伴って、漁協による駆除が困難になりつつあり、駆除尾数の96%が釣り人からの買い取りによるもの（令和5年度実績）となっており、今後、釣り人とのさらなる連携強化が求められている。アユの漁業被害を軽減するためには、限られた人員で、コクチバスの分布拡大阻止と低密度維持を両立できるよう、釣りによる駆除を戦略的に進めていく必要がある。

そこで、釣りによる駆除の推進にあたって、実施時期や場所、人員配置を最適化するため、空間分布推定手法の開発及び持続可能な駆除体制の構築に関する研究を実施した。

2. 空間分布推定手法の開発

釣りによるコクチバスの駆除効果を高めるためには、生息数が多い時期や場所などに集中して駆除を行うことが望ましいが、那珂川のように流程100kmを超える大河川において生息数を把握することは容易ではない。そこで、当场では、大型ルアー（ビッグベイト）を用いて、消波ブロックなどの障害物に潜むコクチバスを誘引できる事象に着目し、ビッグベイトを活用して迅速かつ簡易にコクチバスを発見し、空間分布を推定する手法の開発を試みた。

(1) 調査方法

栃木県大田原市の那珂川（那珂川北部漁業協同組合管内）において、矢組堰から軍艦岩までの流程約8.7kmの区間に、瀬淵の1セットを基本とする調査地点を7箇所設置した（図1）。2024年6月11日～2025年1月8日の間、各調査地点において、ベイトタックルを用いてビッグベイト（JACKALL：DOWZ SWIMMER 220F）をキャストしながら調査区間を踏査し（写真1）、1投毎にビッグベイトを追跡したコクチバスの目視尾数を記録することにより、SPUE（単位努力量あたりの目視尾数）を求めた。併せて、調査地点毎に、水温、川幅、透視度を計測した。

また、ビッグベイトを追跡した目視尾数と釣れ具合の関係性を把握するため、各調査地点において、目視尾数を計測した後、釣りを行い、釣りによるCPUE（単位努力量あたりの釣獲尾数）を求めた。釣り方については、これまで当场が実施してきた調査方法に準じ¹⁾、ミミズを用いた餌釣りによってコクチバスを釣獲した（写真2）。

さらに、コクチバスの空間分布の見える化を図るため、目視尾数が多かった夏季(7/30～8/13)のビッグベイトSPUEを用いて、Microsoft Excelの3Dマップ機能を活用し、ヒートマップの作成を試みた。



図1 調査地点の概要



写真1 ビッグベイトSPUE調査の様子



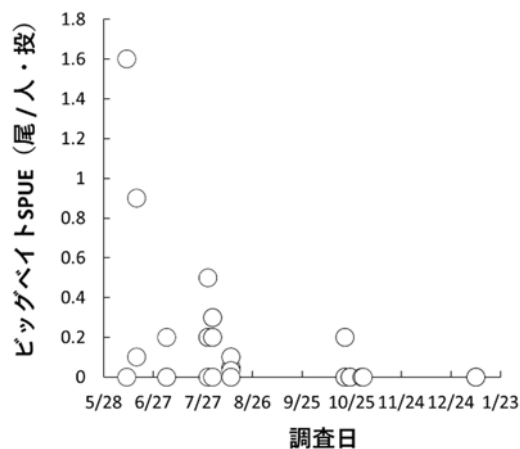
写真2 餌釣りによって釣獲したコクチバス

(2) 結果及び考察

ビッグベイトSPUEの推移

ビッグベイトSPUEは、調査を開始した6月に最も高い値を示し、それ以降、時間経過に伴って減少した ($R^2=0.19, p<0.01$) (図2)。ビッグベイトSPUEと水温の間には関係性が認められなかったものの、1月の調査時には、いずれの調査地点においてもコクチバスを発見することができなかったことから、低水温によりコクチバスの活性が低下し、ビッグベイトSPUEに影響した可能性が考えられた。今後は、調査地点数や頻度を増やしながら、年間通してSPUEの推移を把握するとともに、川幅や透視度などの環境条件との関係性を解析していく。

また、本手法は、ビッグベイトを追跡するコクチバスを目視で発見する必要があることから、河川の増水や濁水、曇天や強風時など、水面下の状況を目視しにくい条件下では、コクチバスの発見率が低下し、SPUEを過小評価する可能性がある。加えて、同一個体がビッグベイトを複数回追跡する様子が確認されるなど、SPUEを過大評価するリスクもあることから、これらの課題を解決しながら、調査手法を確立していく必要がある。



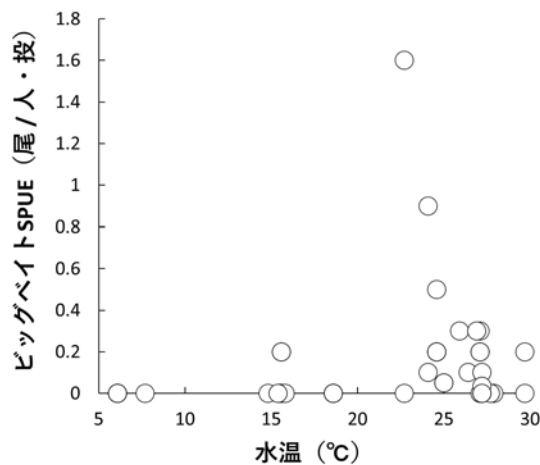


図2 ビッグベイトSPUEと調査日及び水温の関係

ビッグベイトSPUEと釣りCPUEの関係性

ビッグベイトSPUEと釣りCPUEの間には、正の相関が認められ ($R=0.79, p<0.01$)、コクチバスの目視尾数が多いほど、よく釣れる傾向があった(図3)。コクチバスの生息数と釣りCPUEが同調すると仮定した場合、本手法は生息数が多い場所を迅速かつ簡易に特定できる有効な手段になり得ると考えられた。今後もデータを蓄積しながら、SPUEとCPUEの関係性を明らかにしていく。

ヒートマップによる空間分布の見える化

ビッグベイトSPUEに基づき、ヒートマップを作成し、コクチバスの空間分布の見える化を試みた(図4)。本ヒートマップは、Excelの標準機能を用いて作成できるため、誰でも簡単に生息状況の濃淡を示すことができる点が強みである。本研究の出口戦略としては、アユの主要漁場において、漁業協同組合等がSPUE調査によって漁業被害の発生リスクを見える化し、組合員や釣り人に対して警戒アラートを発出することにより、駆除地点の集中と選択による効率的な駆除の推進を目指していく。今後は、現場への普及を見据え、本マップを活用した駆除を試験的に実施し、駆除効果の向上を評価していく必要がある。

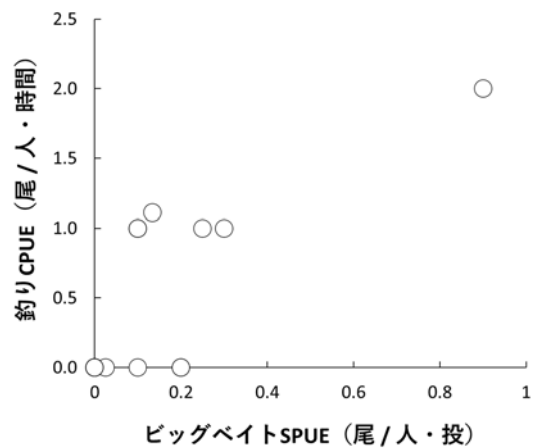


図3 ビッグベイトSPUEと釣りCPUEの関係性

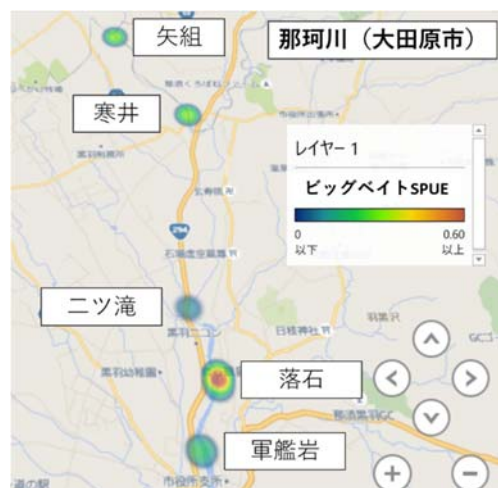


図4 試作したヒートマップ

3. 持続可能な駆除体制の構築

那珂川では、駆除されたコクチバスの96%が釣り人からの買い取りによるものであることから、今後も駆除を継続していくためには、釣り人とのさらなる連携が不可欠である。そこで、駆除協力者の着実な確保に向けて、釣り人を対象にアンケート調査を実施し、買取駆除に協力的な釣り人の特徴や妥当な買取金額等を明らかにした。

(1) 調査方法

2024年12月25日～2025年1月10日の間、釣り人を対象に、コクチバスの駆除に関するWEBアンケート調査を実施した。設問は、年齢、住所、趣味とする釣りの種類、駆除に対する考え方、買取駆除への協力意思、最低買取希望額、栃木県内で釣獲したコクチバスの取り扱い（再放流の有無）、コクチバスに関する規制の認知度、自由意見等とした。これらの設問について、Googleフォームを用いてアンケートを作成し、当場のFacebookを通じて回答を呼びかけた。なお、回答にあたっては、個人が特定されないよう匿名とした。

(2) 結果及び考察

買取駆除に協力的な釣り人の特徴

アンケートの回答者数は2,570名であり、そのうち釣り人からの回答は2,278名であった。趣味とする釣りの種類は、バス釣りが最も多く（1,408名）、続いて、海釣り（1,298名）、川や湖でのトラウト釣り（960名）、管理釣り場でのトラウト釣り（847名）、雑魚等の釣り（559名）、アユ釣り（468名）の順であった。なお、複数の釣りを趣味とする人がいることから、これらの合計は回答者数と一致しないことに留意されたい。

「買取駆除に協力したい・できれば協力したい」と回答した人の割合は、バス釣りをする人では29%であったが、バス釣りをしない人では78%と前者の2.7倍高かった（図5）。買取駆除への協力者を円滑に確保するためには、バス釣りをしない人を対象に情報発信を行うなどの工夫が効果的であると考えられた。また、バス釣りをする人の中にも、駆除に協力的な人が一定数存在し、「完全駆除すべき」、「固有種など生態系への影響が心配」、「上流域には似合わない」などの自由意見が見られた。今後、釣り人の駆除に対する考え方や自由意見の分析を進め、駆除に協力的な釣り人の特徴をより鮮明にしていく。

釣り人との連携強化にあたっては、コクチバスの駆除に否定的な釣り人も多く、ステークホルダーの理解を得にくいことに加え、湖沼で根絶に成功した事例²⁾とは異なり、河川での完全駆除は困難であることなどを踏まえると、上流域への侵入阻止や主要漁場での漁業被害軽減など、現実的かつ多くの人が許容できる具体的な駆除目標の設定が必要であると考えられた。

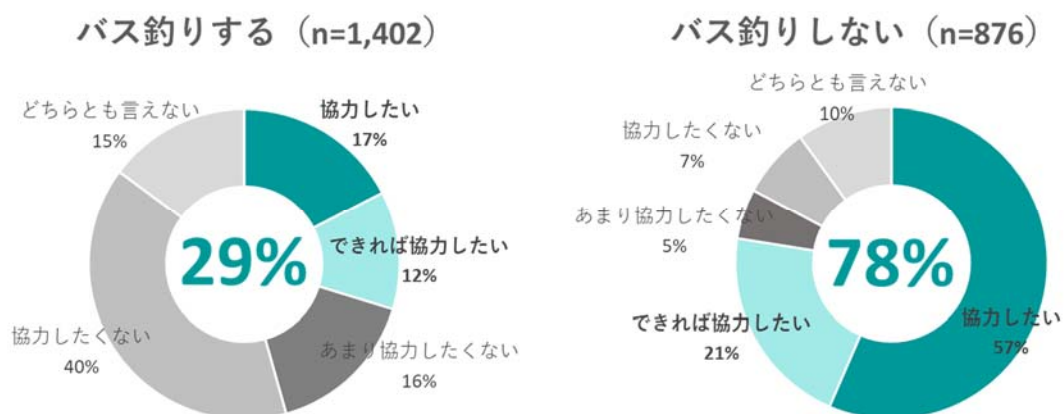


図5 釣り人の買取駆除への協力意思

最低買取希望額

1kgあたりの最低買取希望額は、金額が高くなるほど協力者が増え、1,000円以上で協力者数が概ね一定になる傾向がみられた(図6)。協力者が大きく増加する買取金額のボーダーラインは、500円及び1,000円であると考えられ、買取金額設定時の一つの目安になるだろう。

また、バス釣りをしない人の最低買取希望額は、バス釣りをする人より500円程度低いことから、バス釣りをしない人を対象に駆除協力者を募ることにより、少ない予算で駆除を進められる可能性がある。

なお、本県の場合、漁業協同組合によって買取金額が異なり、1kgあたり300円もしくは600円に設定されている。予算の制約もあるが、買取金額を600円に設定することにより、300円の場合と比べ駆除協力者数が約20%増加するほか、500円と600円では駆除協力者数が1%程度しか変わらないことから、500円に設定した方がコストパフォーマンスが高まると考えられた。

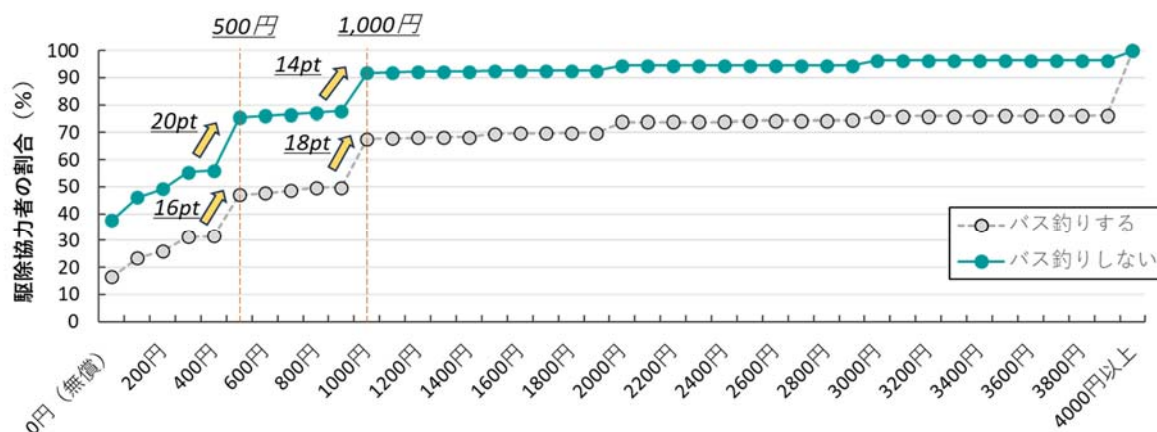


図6 釣り人の最低買取希望額（円/kg）と駆除協力者の割合

再放流したことがある釣り人の割合

栃木県内でコクチバスを釣ったことがある人（n=562）のうち、60%（339名）の釣り人が「再放流したことがある」と回答し、そのうち43%の釣り人が「再放流禁止を知らない」と回答した。本県では、栃木県内水面漁場管理委員会指示によって、コクチバスの再放流が禁止されており、知らないうちに委員会指示を違反している釣り人が一定数存在することから、委員会指示の遵守について、周知を強化していく必要がある。

最後に、本アンケート調査において、買取駆除に協力的な釣り人が多数存在することが明らかになったが、アンケート調査の結果と実際の行動が異なるケースが多く、今後の分野でみられていることから、今後は、現場で駆除を実践している釣り人を対象にヒアリングを行い、買取駆除に関する考え方や課題を整理していく必要がある。

4. 引用文献

- 1) 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.
- 2) 大浜秀規・岡崎 巧・青柳敏裕・加地弘一(2012) 本栖湖に密放流されたコクチバス *Micropterus dolomieu* の根絶, 日本水産学会誌 : 78:711-718.

横塚哲也・村井涼佑（栃木県水産試験場）

(4) コクチバス根絶に向けた低密度管理手法の開発と評価

要旨

山梨県の琴川ダム貯水池において、令和元年に特定外来生物であるコクチバスの定着が確認され、令和2年より積極的な駆除を実施している。個体数は令和4年まで減少したが、令和5年に爆発的に増加したため、令和6年には刺し網による繁殖期の集中的な駆除を実施し、新たにライトトラップや、環境DNA技術も導入して効果を分析した。結果として、効率的に駆除は実施でき、個体数は低位であった。また、従来の目視調査に加え、ライトトラップによるモニタリングにおいても仔稚魚が確認されなかったことから、繁殖を阻止したと考えられる。環境DNAでは、従来の手法と比較して簡易に現場ろ過できる手法が確立され、今後のモニタリングに採用される予定である。コクチバスの減少に伴い、他の魚種の変動も観察され、コイ、ワカサギ、アマゴが増加傾向であった。琴川ダム貯水池におけるコクチバスの個体数は減少し、駆除の効果が認められる状況であるが、今後も引き続き、コクチバス根絶に向けて繁殖期の集中的な駆除とライトトラップや環境DNA技術などを活用したモニタリングを継続することが重要である。

1. はじめに

山梨県の琴川ダム貯水池において、令和元年に特定外来生物コクチバスの定着が確認され、令和6年まで積極的な駆除を実施している。令和5年に個体数が爆発的に増加するいわゆる”リバウンド現象”を確認した(谷沢・三浦 2024)。これはコクチバス個体数が減少したことにより、仔稚魚が成魚に捕食されにくくなり、仔稚魚の生残率が高くなったためと推察される。個体数を減らすことに成功した現状においては、コクチバス根絶に向けた新たなステップとして一度も繁殖を成功させない駆除を実施する必要がある。このため繁殖期の集中的な駆除を実施した。また、モニタリングと、発生した仔稚魚の低減のため、谷沢ら(2024)が考案したライトトラップを導入しその効果を検証した。更にモニタリング手法として近年発展している環境DNA技術を用い、簡易で導入しやすく、コストや労力を低減できる採水法について検討し、従来の方法と比較した。

2. 材料と方法

(1) 調査水域

琴川ダム貯水池は富士川水系笛吹川支流の琴川上流域に位置し(図1)、2008年3月に完成した多目的ダムである。ダム天端標高1,464m、常時満水位は1,453.5mと多目的ダムでは日本一高所にあるのが特徴で、一部に漁業権が設定されている。有効貯水容量4,750,000m³、貯水池面積0.3km²、湖周約3.8kmであり、例年、凡そ1月に結氷が始まり、2月に水面が全面結氷した後、3月には解氷する。

(2) 調査方法

R6 年は R5 年まで実施してきた全年級の個体数を減らす駆除から、繁殖を阻止するため、親魚を対象とした繁殖期の集中的な駆除に方針を変更した。具体的には、過去の研究において最も CPUE の高かった手法の刺し網を用い（谷沢ら 2022）、多い時で 1 回の調査で過去平均の 1.5 倍の枚数となる 35 枚の刺し網を繁殖期（5 月~7 月）に設置した（図 2 上）。刺し網調査は目合 26-80mm、丈 1.5-1.8m、幅 12.5-30m の刺し網（三谷釣漁具店製 sn-13,14,15,21,22,25 等）を適宜組み合わせた。また、ライトトラップを最大 8 カ所設置し（図 2 中）、仔稚魚の発生有無のモニタリングと発生した場合の再生産の低減を目的として設置した。ライトトラップは週に 1 回の刺し網作業時に設置し、1 週間後にサンプル回収し、再度設置した。シュノーケリングによる潜水捕獲は 1 日あたり 2 人でダムサイトを除く湖岸の約 9 割の距離を 2-3 時間かけ日中に潜水した。水深 3m 以浅の場所を目視し、確認されたコクチバスを水中銃（BEUCHAT 製 CANON750）及び、手銃（JACKKNIFE 製カワセミ）で駆除した。同時に目視した魚種、個体数を記録した。環境 DNA については従来の一般社団法人 環境 DNA 学会（2024）の手法（以下、学会手法）と、山中・廣中（2019）が報告した手法を一部改変（ステリベクスではなくフィルターホルダーを使用）した手法（以下、山中手法）の 2 手法により試験した。学会手法では採水するボトルは使用前に次亜塩素酸ナトリウム水溶液で DNA を分解して除染する作業が手間であること、研究室に持ち帰ってからのろ過では、DNA 量が減少している可能性があることなどから、山中手法との比較をした。山中手法を図 3 に示す。使い捨て容器を使うことで、労力が低減されるとともに、コンタミネーションの危険も減る。また、現場でろ過し、ろ紙をすぐ凍結することで、DNA 量の減少を防ぐことが期待される。採水は刺し網設置作業の前に、琴川ダム貯水池内の 3 地点において（図 2 下）、繁殖期



図 1 琴川ダム貯水池の位置図



図 2 調査地点、刺し網（上）、ライトトラップ（中）、環境 DNA（下）

とその前後となる5月下旬から8月上旬にかけて、週に1回程度、計10回実施した。各調査日毎、手法毎にフィールドblankを作成し、全てにおいてコクチバ斯特異的DNAの検出がないことを確認した。

(3) 分析



図3 山中手法（一部改変）における採水からろ過までの手法

捕獲 生殖腺重量を測定すると共に、鱗による年齢査定を行った。坪井ら（2016）の手法により、年級群の減少率から生息個体数推定（Virtual population analysis, VPA）を行った。ただし、R6年は駆除の影響で年級群の順当な減少がみられなかったため全死亡係数が算出できず、全死亡係数はR2～R4の3カ年の平均値を使用した。

環境DNAの分析は一般社団法人環境DNA学会（2024）のマニュアルに則って行った。TaqManプローブ法によりリアルタイムPCRによるDNAの定量を行った。コクチバ斯特異プライマーと蛍光プローブは既報のものを使用した（Jo et al., 2020）。反応試薬については表1のとおりで、既知濃度のコクチバスDNAを用い 1.0×10^4 , 1.0×10^3 , 1.0×10^2 , 2.0×10^1 のコピー/ウェルになるように4段階の希釈系列を用意し、サーマルサイクラー（Thermal Cycler Dice Real Time system IV, タカラバイオ株式会社）に搭載されている分析ソフトにより定量を行った。

表1 環境DNA調査で用いた反応試薬

2×TaqPath Mix	10
primerF(10μM)	1.8
primerR(10μM)	1.8
probe(2.5μM)	1
templateDNA	5
DW	0.4
Total volume	20

サンプル、希釈系列、ブランクは全て3回繰り返し行った。定量限界と検出限界を測定するため、増幅対象領域の人工合成遺伝子をそれぞれ 2.0×10^1 , 1.0×10^1 , 1.0×10^0 コピー/ウェルになるように8繰り返しずつ用意し、DNA溶液と同様のサーマルサイクルでPCRを行った。 2.0×10^1 コピー/ウェル濃度の場合8繰り返しすべてが陽性となり、 1.0×10^1 コピー/ウェルでは8繰り返し中5回、 1.0×10^0 コピー/ウェルでは8繰り返し中2回陽性となった。この結果に基づいて、 2.0×10^1 コピー/ウェル (4.0×10^2 コピー/環境水 1L) を定量限界、 1.0×10^0 コピー/ウェル (2.0×10^1 コピー/環境水 1L) を検出限界をとした。

3. 結果

R6の捕獲個体数は47個体であり、過去最低値であった(図4)。年齢査定の結果、1歳魚は確認されなかった。刺し網のCPUEについては繁殖期(5~7月)のCPUEは0.13/枚であり繁殖期後(8,9月)の0.06/枚と比較し、約2倍の値であった。ライトトラップについては全期間を通してコクチバスの仔稚魚の捕獲は無かった。また、週2回実施した潜水目視調査でも仔稚魚は確認されなかった。

コクチバスと他魚種の推移を確認するため、刺し網のCPUEを比較した。コクチバスのCPUEが減少することに対し、イワナはほぼ変化無し、アマゴは増加、コイが大幅に増加した(図5)。ワカサギについては、刺し網では捕獲されなかったため、潜水目視調査の目視数を比較し、コクチバスの目視数が減るとワカサギの目視数が増加する傾向がみられた(図6)。また、ライトトラップにおいてワカサギは恒常的に捕獲され、7月中旬には1,500個体以上捕獲された。

環境DNAについては、検出された回数は学会手法で3回(N=90)、山中

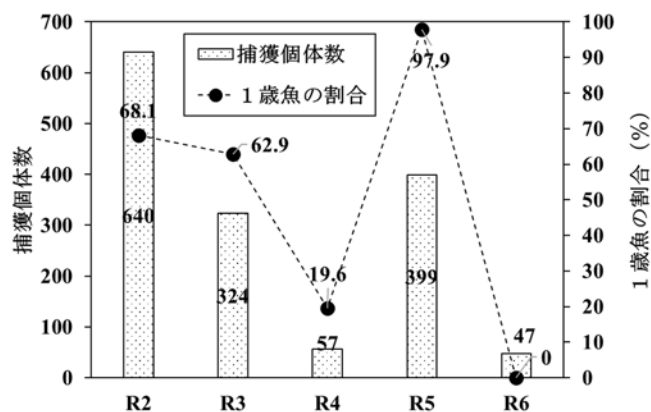


図4 捕獲個体数と1歳魚の割合の推移

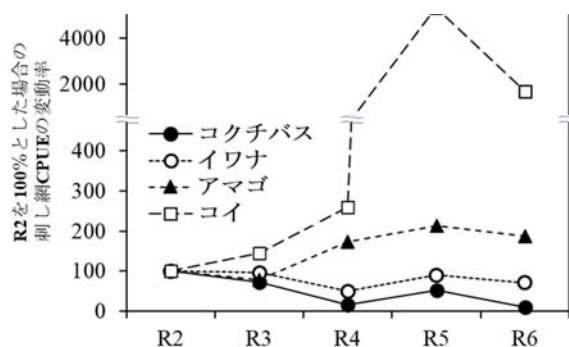


図5 R2を100%とした場合の刺し網

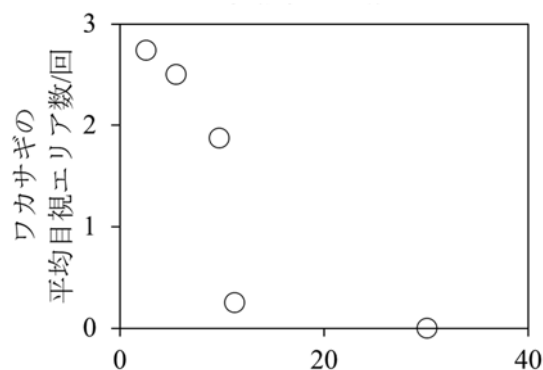


図6 ワカサギの平均目視エリア数と

コクチバスの平均目視個体数の関係

(R2~6)

手法で 9 回 (N=90) と少なかった (図 7)。分析された検出量は全て定量値以下であった (図 8)。学会手法と、山中手法の比較では、検出回数、検出量とも山中手法が高い傾向を示した。ただし、検出回数では有意差は無く、検出量では有意差があったものの、検出量が定量値以下であった。VPA による概算では R6 の生息個体数は 85 個体、生息量は 8.4 kg とされた。この状況下において、検出率は山中手法で 10 %であった。(図 9)

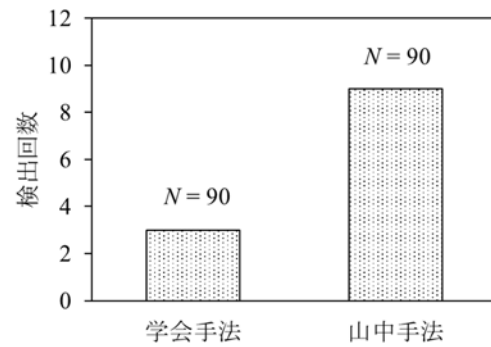


図 7 環境 DNA の採水手法ごとの

4. 考察

R6 年の捕獲結果から、捕獲数は 47 個体、生息数は 85 個体と概算され、琴川ダム貯水池においては既にコクチバスの個体数は少なく、駆除の効果が認められる。また、R6 年に 1 歳魚が確認されなかったことから、R5 年の繁殖はなかったと考えられ、R2 年に積極的な駆除を開始してから初の繁殖阻止に成功したとみられる。琴川ダム貯水池においては全長 20cm から成熟し、成熟した親魚は繁殖期 (5 月下旬～7 月下旬) に効率的に捕獲できることが示されている (谷沢・三浦 2024)。R6 においても同期間の捕獲効率は 8 月以降の約 2 倍であり、繁殖期の刺し網は親魚捕獲に有効であると推察される。

設置したライトトラップに仔稚魚が捕獲されなかったことや、従来のダイバーによる目視調査においても、産卵床や仔稚魚は確認されなかったことから、本年度、繁殖した可能性は低いと予想される。ライトトラップによるモニタリングが加わったことにより、二重の視点から、より精度の高いモニタリングが可能となった。ライトトラップは刺し網設置作業の合間に実施したが、作業時間は湖内 8 カ所に設置した場合でも約 30 分増加した程度であり、既存の駆除活動に追加しても負担は少なかった。

コクチバスと他魚種の刺し網 CPUE の推移をみると、コクチバスの減少に伴い、コイが大幅に増加し、アマゴが増加、イワナがほぼ変化無しであった。アマゴ、イワナについては、コクチバスより深い地点で捕獲されるため、これら 2 種を混獲しないよう設置深度等を浅くするなど毎年最適化している。そのためこの 2 種の CPUE は過小評価されている可能性がある。また目視数ではコクチバスの減少に伴い、ワカサギが増加していた。琴川ダム貯水池において、コクチバスの影響を大きく受けている魚種がコイ、ワカサギ、影響を受けてい

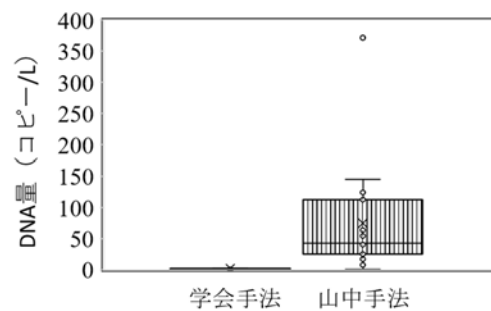


図 8 環境 DNA の採水手法ごとの

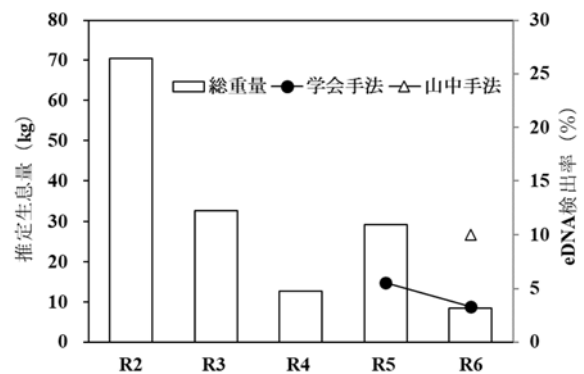


図 9 年毎の推定生息量と手法毎

の環境 DNA 検出率

る魚種がアマゴ、影響が小さい魚種がイワナと示唆される。産卵場所や生息場所が重複する魚種ほど大きな影響を受けていると予想される。環境 DNA 調査において、琴川ダム貯水池では既にコクチバス特異的 DNA は検出しにくい状況にあると推察される。学会手法と山中手法の比較では、山中手法で検出率が高い傾向があった。山中手法は、使い捨て容器を使うため採水ボトルのブリーチの必要が無く労力が少ないこと、電力を使用しないためあらゆる場所で実施可能であること、ろ過機材の初期投資が少ないこと、ランニングコストも安いことなど利点が多く、今後の琴川ダム貯水池のコクチバスのモニタリングにおいてはこの山中手法を採用していく予定である。

5. 引用文献

- 一般社団法人 環境 DNA 学会. (2024) 環境 DNA 調査・実験マニュアル (ver. 3.0). <https://ednasociety.org/manual/> (2024/2/14 確認).
- Jo T, Fukuoka A, Uchida K, Ushimaru A, Minamoto T. (2020) Multiplex real-time PCR enables the simultaneous detection of environmental DNA from freshwater fishes: a case study of three exotic and three threatened native fishes in Japan. *Biological Invasions*, 22, 455–471.
- 谷沢弘将 & 三浦正之 (2024). ダム湖でのコクチバス低密度管理技術の開発. 効果的な外来魚等抑制管理技術開発事業報告書. 52–58.
- 谷沢弘将, 三浦正之, 村井涼佑, 竹内智洋, 山本充孝, 馬場真哉, 増田賢嗣 & 坪井潤一 (2024). ライトトラップによる外来魚仔稚魚の捕獲. 日本水産学会誌. 90. 220–227.
- 谷沢 弘将, 大浜 秀規 & 青柳 敏裕 (2022). 日本一高所に定着したコクチバス *Micropterus dolomieu* の生息状況と駆除結果にもとづいた順応的管理の提案. 伊豆沼・内沼研究報告. 16. 79–95.
- 坪井潤一, 松石隆, 渋谷和治, 高田芳博, 青柳敏裕, 谷沢弘将, 小澤諒 & 岡崎巧 (2016). 西湖におけるクニマス資源量の概算. 日本水産学会誌. 82. 884–890.
- 山中 裕樹 & 廣原 嵩也 (2019). 環境 DNA 試料の採取から分析に至るまで. 化学と生物. 57. 380–387.

谷沢弘将・三浦正之（山梨県水産技術センター）

(5) 瀬田川におけるチャネルキャットフィッシュの琵琶湖への侵入 防止対策

要旨

琵琶湖のチャネルキャットフィッシュは生息量の多い流出河川の瀬田川から侵入してきていると推測されている。本種による琵琶湖での生態系被害や漁業被害を防止するためには、特に生息量の多い瀬田川洗堰（以下、洗堰）より下流の瀬田川から洗堰上流（以下、瀬田川上流）への侵入状況を把握し、琵琶湖への侵入を阻止する必要がある。そこで、洗堰下流の瀬田川（以下、瀬田川下流）で本種の移動状況を調査した。瀬田川下流では産卵期かつ洗堰の放流量の多い6～8月に、洗堰直下の水域で延縄の針100本あたりの採捕数（CPUE）が増加することから、本種は産卵や増水に合わせて天ヶ瀬ダム湖から洗堰直下に遡上してくると考えられた。そして通常は洗堰のゲートにより、堰の下にとどまっているものと推定される。また天ヶ瀬ダム湖の滋賀県部分についてはダム湖の水位が高い4～6月とその後の8月までCPUEが高く、ダム湖の水位に応じて生息数の多い場所が変わっている可能性が示唆された。一方で、2024年は5月から7月まで立て続けに4度の全開放流が行われ、全開放流前に洗堰直下に遡上してきた個体を駆除できる機会が無かった。そのため、この時に遡上したと思われる成魚が8月以降に洗堰上流で6尾採捕された。今後は、洗堰下流において継続的に延縄での採捕を行うことで、生息密度を低下させ、上流への侵入を防ぐことができるのか、実証的試験を続けるとともに、引き続き南湖や洗堰上流の瀬田川での生息状況の把握や侵入した個体の徹底的な駆除を行う必要がある。

1. はじめに

滋賀県内の琵琶湖水系（琵琶湖および流出河川の瀬田川）では2001年に琵琶湖北湖においてチャネルキャットフィッシュ *Ictalurus punctatus* が初めて確認された。その後は2003年に北湖で1個体、2007年に南湖で1個体が確認されたのみであったが、2008年以降天ヶ瀬ダム湖を含む瀬田川洗堰下流の瀬田川で、2012年以降は南湖、2017年以降は洗堰上流の瀬田川で毎年継続的に確認されている（滋賀県水産試験場、2019；臼杵、2019；石崎ほか、2023）（図1、2）。滋賀県内での2023年までの採捕数の総計は1688個体にのぼっており、そのうち瀬田川下流で採捕されたものは1158個体を占め、延縄漁業や調査による漁獲努力量あたりの採捕数（以下、CPUE）は県内の他の水域と比較しても高く、幼魚から成魚までの様々なサイズの個体が毎年まとも

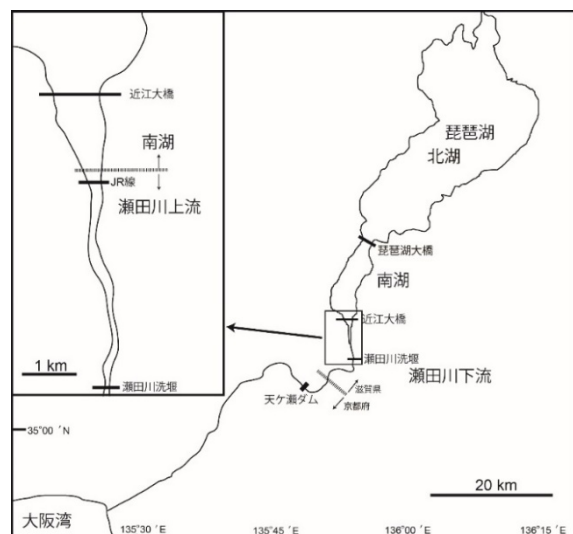


図1 琵琶湖および流出河川の瀬田川

って採捕されていることから、当該水域に定着していると判断されている（石崎ほか，2022；石崎ほか，印刷中）。

一方で、瀬田川上流では 2023 年までの採捕数の総計は 441 個体であり、本水域で繁殖した幼魚や、個体数の多い瀬田川下流から侵入してきた個体が採捕されている可能性が考えられる（石崎ほか，未発表）。この水域では 2019 年から滋賀県漁業協同組合連合会により積極的な駆除活動が行われ、2018 年、2019 年に CPUE は大きく増加したものの、

2020 年以降の CPUE は瀬田川下流より有意に低く抑えられており、定着の判断には至っていない。なお、瀬田川洗堰には魚道がなく、通常放流時の落差は 6 m 程度であることから、通常時の本種の遡上は不可能であるが、琵琶湖水位の上昇を制御するための全開放放流時にはゲートを開放し落差がなくなることから、この時に本種の遡上が可能になるものと予想される。本種は産卵期かつ増水期である 6 月～8 月に洗堰下流側に天ヶ瀬ダム湖から遡上してくることが示唆されており、この時に全開放流が重なることで瀬田川上流へと遡上しているものと思われる。

南湖では 2023 年までに総計で 81 個体が採捕されているが、CPUE は瀬田川下流や上流と比較して低いことから繁殖については判断できず、瀬田川から移動した個体が採捕されている可能性が指摘されている（石崎ほか，2022）。また、南湖全域において環境 DNA 手法による本種の生息状況調査が 2021 年、2022 年に行われ、2021 年の調査では 30 地点中 4 地点において、2022 年の調査では 2 地点においてのみ本種の DNA が検出された（石崎ほか，2023）。

したがって、チャネルキャットフィッシュの生息拡大による、琵琶湖生態系の破壊および漁業被害を防止するためには、本種が定着し生息量も多いと考えられる瀬田川下流から瀬田川上流への侵入を防ぐことが不可欠である。そこで本研究では採捕調査を用いて瀬田川下流における本種の季節的な移動を把握した。

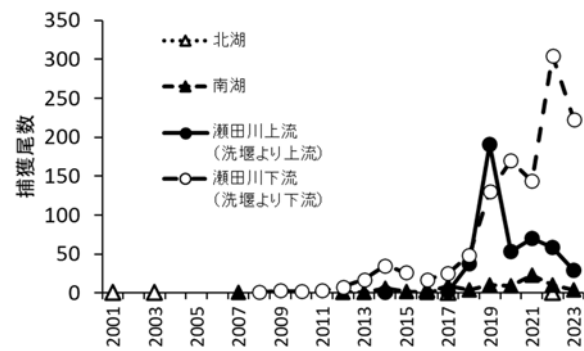


図 2 2001 年から 2023 年までの琵琶湖および瀬

田川におけるチャネルキャットフィッシ

ユの捕獲数の推移

2. 瀬田川下流における本種の季節的な移動状況

(1) 方法

i 調査水域

調査地は琵琶湖流出河川の瀬田川とした。瀬田川には琵琶湖との行政的な境界から約 5 km 下流に瀬田川洗堰が設置されている。調査対象は洗堰下流から約 8 km 下流の京都府と

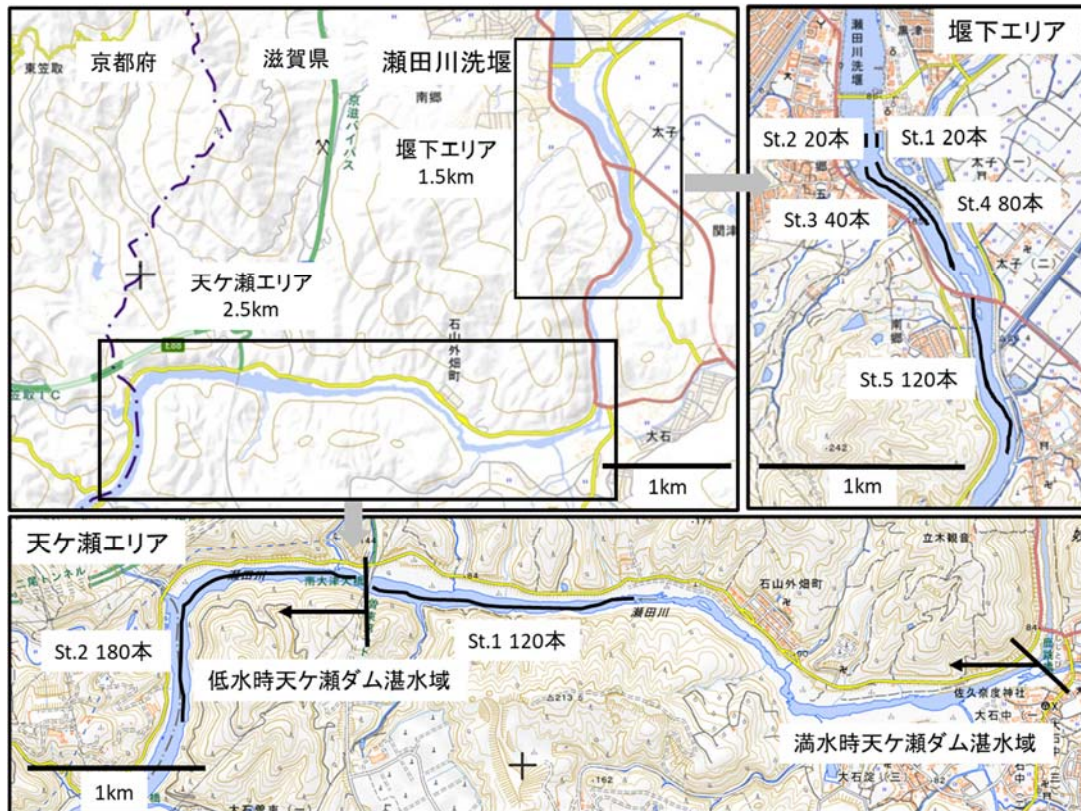


図3 瀬田川下流における調査場所と調査地点（地点名の右記は針数）

の県境付近までとした（図3）。瀬田川は洗堰より約1.5～3.5 km 下流は渓谷となっており、急流で調査が困難である。また、洗堰より約3.5 km 下流が天ヶ瀬ダム満水時の湛水域上端であるが、この湛水域うち約3.5～5.5 kmの間はダムの水位が低下した際には、急流となり調査が不可能である。したがって、調査対象はこれらを除いた区間とし、洗堰下流から約1.5 km までの区間を堰下エリア、約5.5～8.0 km までを天ヶ瀬エリアとした。そして、堰下エリアは5地点を、天ヶ瀬エリアは2地点を設けて調査を実施した。

ii 調査方法

2024年4～11月に原則毎月2回、各エリアで延縄による採捕調査を実施した。延縄は水深等の環境に合わせて、堰下エリアでは、1カゴあたり幹縄長は50ないし500 m、針数は20ないし80本、針は細軸ないし太軸の14号のムツバリの仕様とした。天ヶ瀬エリアでは1カゴあたり500 m、針数60本、針は堰下エリアと同様の仕様とした。これらの延縄を複数カゴ組み合わせ、堰下エリアでは幹縄総延長約1600 m、針数280本、天ヶ瀬エリアでは幹縄総延長約2500 m、針数300本となるように船舶を用いて設置した。また、餌は冷凍のアユの切り身を用い、日中に仕掛け翌日の日中に引き上げた。調査回数は堰下エリアを10回、天ヶ瀬エリアを9回とした。採捕した個体は標準体長を記録し、採捕個体数を針数で除して100倍し、延縄の針100本あたりのCPUEを求めた。CPUEはエリアごとに加え、地点ごとにも算出した。なお、洗堰放流量は滋賀県土木防災情報システムから、天ヶ瀬ダム貯水量は国土交通省水文水質データベースから入手し、グラフを作成した。

また、堰下エリアでの効率的な採捕手法の検討を目的に、9月および10月に刺網による採捕調査を実施した。使用した刺網は目合300mmの外網と目合60mmの内網からなる3枚網で、水深等の環境に合わせ2～10枚を使用した。網は夕方仕掛け翌朝に引き上げ、採捕状況から有効性を検討した。

(2) 結果と考察

堰下エリアでは期間中64個体の本種が延縄により採捕された。CPUEは、5月は低い値を示し、8月から9月まで高い値を示した後9月下旬以降は低い値で推移した(図4)。地点別のCPUE変動はSt.1、4、5は堰下エリアと同様な変動傾向を示した。St.2では期間中継続して採捕されたが、全個体が前年産まれと思われる個体を含む未成魚であった。St.3では採捕個体数が少なく、傾向について把握できなかった。本種は原産国では産卵期に河川を遡上することが知られており(Humphries, 1965)、瀬田川での種の産卵期は5～8月と考えられていることから、この時期に生息量が多いと考えられる天ヶ瀬ダム湖から遡上し洗堰で遡上が止められることにより、このエリアでのCPUEが上昇したものと考えられる。2023年の同様の調査では、特にSt.1で堰下エリア全体と同様なCPUE変動を示し、本種が堰直下にとどまることが示唆されたが、本調査ではSt.1、St.4、St.5で堰下エリア全体と同様なCPUE変動を示したことから、堰下全体に分布していることが伺えた。

図5 天ヶ瀬エリアにおけるCPUE(延縄の

針100本あたりの採捕数)の変化

再び10～11月に上昇し、地点別のCPUEにおいても、St.1、St.2ともに天ヶ瀬エリア全体と同様な傾向を示した(図5)。天ヶ瀬ダムの水位は4月から6月中旬まで高く、再び秋季に

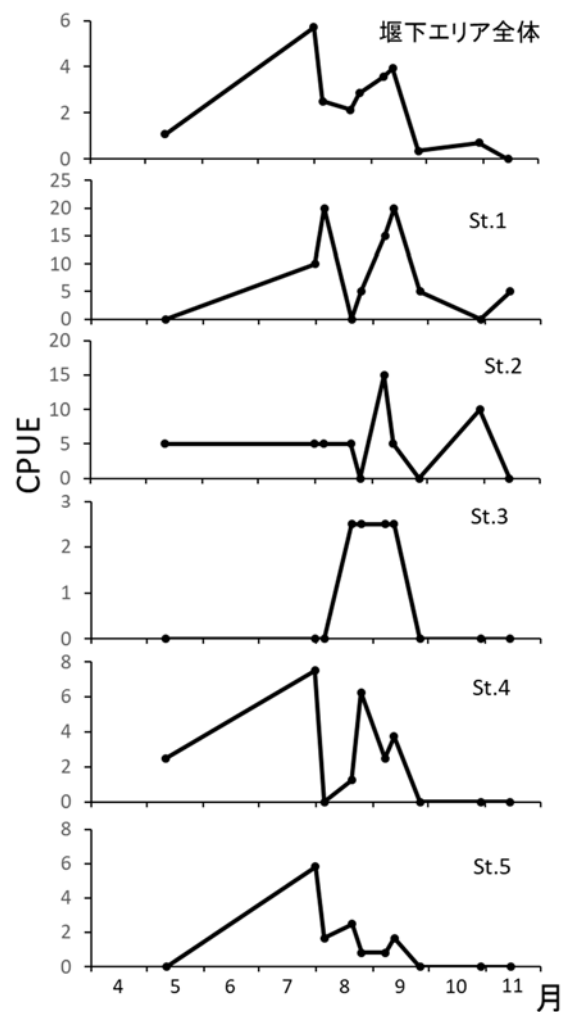
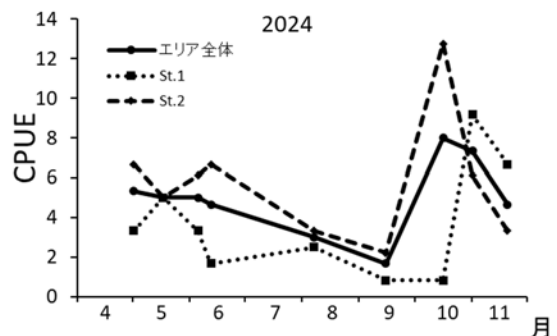


図4 堰下エリアにおけるCPUE(延縄の針

100本あたりの採捕数)の変化



天ヶ瀬エリアでは期間中134個体の本種が延縄により採捕された。CPUEは5～6月に高い値を示し、9月中旬にいったん低下したあと、

高い水位であり、2023 年の調査と同様に水位の変動と連動する傾向を示した（図 6）。

採捕された個体の平均体長は、堰下エリアでは調査開始時が 410 mm で最も大きく、その後低下傾向を示し、9 月下旬以降は 200mm 前後となった。調査開始から 9 月中旬までは毎回大型の成魚が採捕されたが、同時に満 1 歳魚と思われる幼魚が採捕され、その後幼魚の割合が増えることで平均体長が低下した（図 7）。これは前年に堰下エリアで繁殖した幼魚が成長し、仕掛けにかかる大きさに成長したためであると推察された。天ヶ瀬エリアの平均体長は 270mm から 170mm の間で推移し、採捕される個体は 5 月から 8 月は 300mm 前後の満 2 歳魚と思われる個体が、9 月以降は 200mm 前後の満 1 歳魚と思われる個体を中心であった。天ヶ瀬エリアでは特に秋期の CPUE が 2023 年よりも高く、採捕される個体の中心が 200mm 前後であることから、2023 年の幼魚の発生が多かったことと推察された。

産卵期の増水に合わせて下流から遡上する本種が、瀬田川上流へ侵入することを防ぐため、堰直下を中心に延縄を実施したが、2024 年は 5 月下旬から 7 月下旬まで 4 度の全開放流を含め瀬田川洗堰の放流量が多く、延縄を実施できない期間が長く続いた（図 8）。その後、8 月から 10 月にかけて洗堰上流で成魚が 7 尾採捕されており、うち 3 個体は生殖腺の状況から産卵後の個体であると推察された。これらの個体は全開放流時に瀬田川下流から遡上したものと思われ、堰の直下での駆除は時機を得にくいことを改めて示す結果となった。特に遡上の阻止を目的とするならば、全開放流が行われる前に堰直下にいる個体を取り除いておく必要があるため、駆除を行うタイミングが非常に難しく、琵琶湖河川事務所などの他機関との連携協力や、新たな駆除手法の検討などが不可欠と思われる。

採捕手法の検討を目的に堰下エリアで実施した刺網では、17 個体の本種が採捕され、CPUE（刺網 1 把当たりの採捕尾数）は St.2 で最も高かった（図 9）。St.2 は洗堰の放流量が少ない状況下では、周囲よりも水深のある窪んだ地形で、狭くやや閉鎖的であった。一方、St.3 から St.5 は St.2 と比較すると周囲と一体的な地形である。本種の一般的な駆除手法として滋賀県で用いられている延縄は、St.2 のような狭い地点では、多くの針を仕掛けること

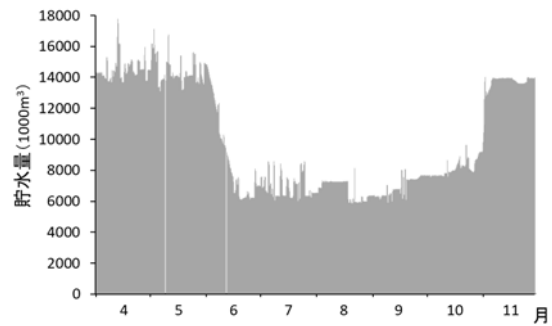


図 6 2024 年 4～11 月の天ヶ瀬ダム貯水量。

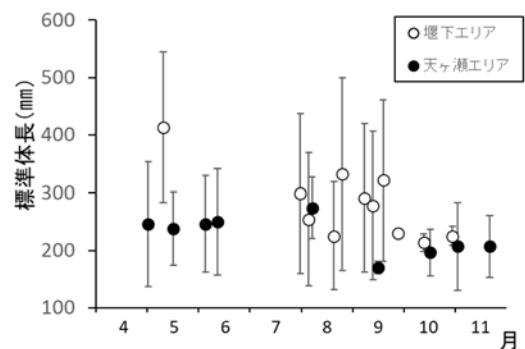


図 7 各エリアで採捕された本種の体長変化

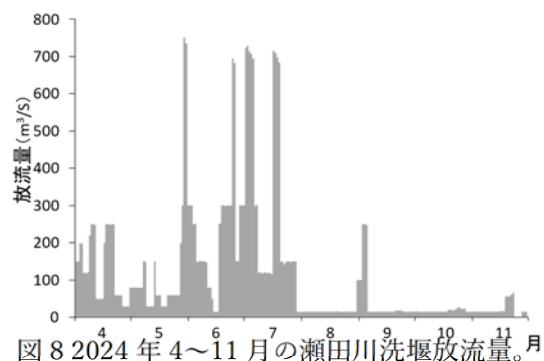


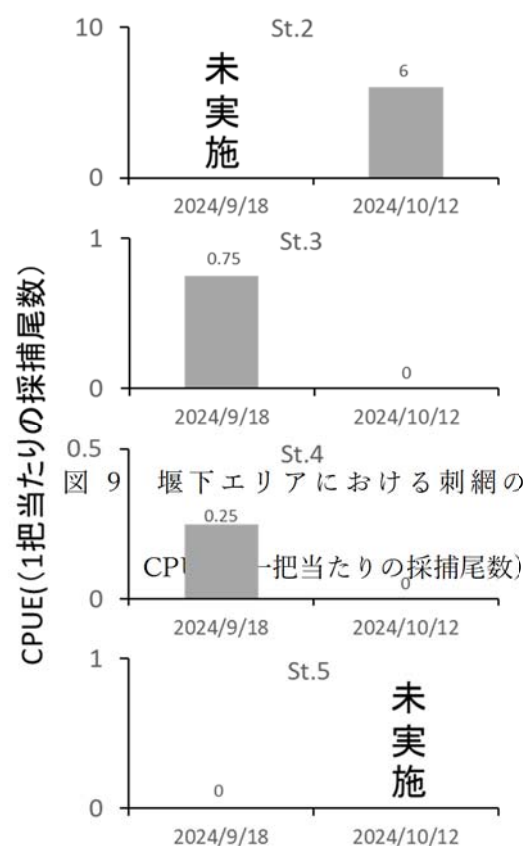
図 8 2024 年 4～11 月の瀬田川洗堰放流量。

301m³/S 以上で全開放流となる

ができず、一度に多くの本種の駆除を行うことは難しいが、調査地点の状況や河川の水量等の条件によっては、刺網を使用することで効率的に駆除できることが示唆された。ただし、各地点ともニゴイやフナ、ギギを始めとした在来魚の混獲が非常に多く、混獲魚を網から外すのに時間と労力を要することに加え、刺網に掛かった魚は網から外してもその後死亡する個体も多いことから、運用方法については検討の必要がある。

4. まとめ

琵琶湖および瀬田川では瀬田川下流に多くのチャネルキャットフィッシュが生息していると考えられており、瀬田川上流および南湖に、本水域から侵入していると考えられている（石崎ほか，2022）。本調査により本種は産卵期かつ増水期の6～8月に洗堰下流側に天ヶ瀬ダム湖から遡上してくることが改めて確認された。通常、洗堰には高さ約6mのゲートがあり本種の遡上は困難であるが、琵琶湖の水位が基準値より大幅に増加した際にはゲートを全開にして放流を行い（全開放流）、落差がなくなることから、洗堰直下まで遡上してきていた本種が洗堰より上流に容易に遡上する可能性がある。実際、瀬田川上流での調査では全開放流後に成魚が採捕されることが多く、7月まで成魚がほとんど採捕されない年があるにも関わらず（石崎・田口，2023）、2019年以降2020年を除いて毎年幼魚の発生が確認されている（石崎・山本，2023）。これらのことから、瀬田川上流では当水域で成長した本種が繁殖しているわけではなく、生息量の多い瀬田川下流から侵入した成魚が産卵することにより幼魚が発生しているものと推測される。また、南湖では本種は全域に広がっておらず、瀬田川上流の採捕数に応じて南湖の採捕数も増減することから（石崎，未発表）、南湖では繁殖しておらず瀬田川上流から侵入しているものと推測される。このようなことから、琵琶湖において本種の定着を阻止し、生態系や漁業の保全を行うためには、瀬田川下流からの侵入を抑える必要がある。本種は天ヶ瀬ダム湖から洗堰直下に遡上してくると考えられるが、通常は洗堰直下で留まり、延縄による採捕で生息数を減少させられる可能性がある。2024年は5月から7月まで立て続けに4度の全開放流が行われ、全開放流前に洗堰直下に遡上してきた個体を駆除できる機会が無かった。今後は、洗堰下流において継続的に延縄での採捕を行うことで、生息密度を低下させ、上流への侵入を防ぐことができるのか、実証的試験を続けるとともに、より良い駆除のタイミングと駆除手法を検討していく。また、天ヶ瀬ダム湖内においても滋賀県部分において延縄での採捕を繰り返すことにより、洗堰下流へ遡上する個体が減少させられるかについても、検討する必要がある。加えて本種は、京都府から移動している可能性もあるため、京都府部分における調査も、関係機関と調整して実施していく必要がある。



5. 引用文献

- Humphries, R. L. 1965. A study of movement of the channel catfish (*Ictalurus punctatus*), in the Savannah River and one of its tributaries within the AEC Savannah River operations area. U.S. Atomic Energy Comm. Rep. TID-21791, Institute of Radiation Ecology, Univ. of Georgia.
- 石崎大介・近藤昭宏・近野真央・山中裕樹. 2023. 南湖における環境 DNA によるチャネルキャットフィッシュの拡散状況の把握. 令和 3 年度滋賀県水産試験場事業報告. 83.
- 石崎大介・山本充孝. 令和 4 年度 (2022 年度) チャネルキャットフィッシュ採捕状況. 令和 4 年度滋賀県水産試験場事業報告. 48.
- 石崎大介・田口貴史. 2023. 令和 3 年度 (2021 年度) 洗堰上流の瀬田川におけるチャネルキャットフィッシュの生息状況. 令和 3 年度滋賀県水産試験場事業報告. 80.
- 石崎大介・臼杵崇広・三枝 仁・上垣雅史・田口貴史・根本守仁・酒井明久. 滋賀県におけるチャネルキャットフィッシュ *Ictalurus punctatus* の生息状況と駆除方法. 滋賀県水産試験場研究報告. 59 : (印刷中)
- 石崎大介・臼杵崇広・三枝 仁・上垣雅史・田口貴史・根本守仁・酒井明久・亀甲武志. 2022. 琵琶湖および流出河川瀬田川におけるチャネルキャットフィッシュの生息状況. 魚類学雑誌. 69 : 75-85.
- 石崎大介・山本充孝. 令和 4 年度 (2022 年度) に瀬田川上流水域で発生したチャネルキャットフィッシュ幼魚の個体数. 令和 4 年度滋賀県水産試験場事業報告. 50.
- 滋賀県水産試験場. 2019. 資料 4 瀬田川および琵琶湖におけるチャネルキャットフィッシュの捕獲状況. 平成 29 年度滋賀県水産試験場事業報告. 152-154.
- 臼杵崇広. 2019. 平成 29 年度におけるチャネルキャットフィッシュの捕獲状況. 平成 29 年度滋賀県水産試験場事業報告. 73.

大植伸之・山本充孝 (滋賀県水産試験場)

(6) ミズワタクチビルケイソウ生息状況の把握と漁場管理方法の検討

要旨

ミズワタクチビルケイソウ (*Cymbella janischii*) が漁場に及ぼす影響を明らかにするため、本年は (1) 繁茂した場所で直接影響していると思われる底生動物の調査の他、(2) 魚類 (イワナ) への影響調査に向けたサンプリングと (3) 既存データ 河川水辺の国勢調査 (水国調査)) を活用した魚類相への影響調査を行なった。また、(4) 前事業で報告された河床材料と繁茂の関係について、九州大学で本種のモニタリングを行っている筑後川と嘉瀬川についての当てはまり確認するとともに、その他の因子についても解析を進めた。以下に主な結果を報告する。

(1) 底生動物について筑後川と雑魚川で調査した結果、両河川共にミズワタクチビルケイソウの被覆度が高い場所 (石) では、カゲロウ目とトビケラ目が有意に減少し、筑後川ではユスリカなどのハエ目が増加し、底生動物への有意な変化が確認された。今後同じ場所で採取したイワナの捕食物を解析することで、イワナへの影響も明らかにできると期待される。(3) ミズワタクチビルケイソウの繁茂が確認されている同じ場所 (多摩川、那珂川) の水国調査のデータからは、侵入前と繁茂していた年の魚類相に有意な差は検出されなかった。しかし、解析方法は一部改善の余地があるため、今後、他の地域も追加して引き続き解析を進める。(4) 筑後川と嘉瀬川もはまり石の割合が多いほど繁茂しやすく、加えて可動する砂・砂利の割合が高く、ダムがない場合に繁茂しにくいことが示唆された。一方、これに当てはまらない河川も存在することから、河床材料以外に他の因子も関係することが考えられた。

1. はじめに

これまでの研究と前事業により、ミズワタクチビルケイソウの特異的検出法が開発され、モニタリング方法が確立された[1][2]。本事業では、開発した検出方法を活用しながら、本種が漁場生物へ及ぼす影響と繁茂する環境条件などを明らかにし、具体的な漁場管理方法を検討することを目的とする。そこで、初年度の本年は、(1) 直接影響していると思われる底生動物への影響を筑後川と雑魚川で調査し、(2) 雑魚川では、さらに底生動物から魚類への影響を探るため、底生動物調査区間のイワナの捕食物調査のためのサンプリングを行なった (解析は次年度の予定)。また、(3) 既存データの河川水辺の国勢調査 (水国調査) を活用した魚類相への影響解析を行なった。繁茂する環境条件については、(4) 前事業で報告された河床材料と繁茂の関係について[3]、筑後川と嘉瀬川での当てはまりを確認するとともに、他の環境因子の解析を行なった。以下に方法と結果を報告する。

2. 方法

2.1. 底生動物への影響

底生動物の調査は、筑後川（大分県）及び雑魚川（長野県）で行った。筑後川は、2024 年の 4 月下旬～5 月中旬の間で、松原ダム下 (33.195789N, 130.994871E) の繁茂している本流および本種の群体が確認されない付近の支流で調査を行った（図 1）。図 1 のように、礫を覆う本種の割合（目視での被覆度）が、95%以上（H 区）、20%以下（L 区）、0%（N 区）の石（長径およそ 15～25 cm のサイズ）をそれぞれ

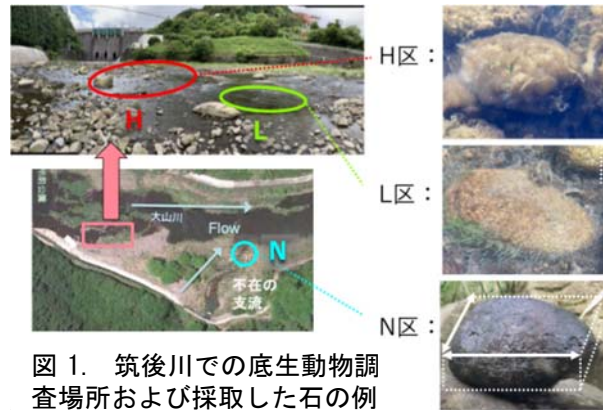


図 1. 筑後川での底生動物調査場所および採取した石の例

5～6 個選定し、その石の下と石に生息する底生動物を 0.5 mm メッシュの D-net で収集した。雑魚川は長野県水産試験場の調査区間① (36.766050N, 138.536624E; 図 2 (A)) で 2024 年の 10 月中旬に実施し、図 2 (B)のように 2 箇所（1-1 と 1-2）で被覆度 95%以上の礫 4 個と 0～60%の礫 9 個から同様に採取した。

採取した底生動物はその場で目毎に分類して 99.5%のエタノールが入った Tube に入れ、4℃に保冷しながら持ち帰った後-20℃に保存した。その場で分類できなかった生物は、後日デジタル顕微鏡（koolertron, Hong Kong 又は TOMLOV TriL110, USA）で形態を確認して分類した。堆積物の中に混ざったユスリカなどの小さな生物は、堆積物と一緒にバットの中に広げて写真を撮影した後、水を切った残渣を ZipBag に回収し、エタノールを満たして同様に輸送・保存した。堆積物の中の個体数は、後日写真からカウントした。湿重量は、目毎にまとめたチューブの重さから求め、堆積物の中の個体は写真中の体のサイズから重量を推定した。採取した生物は主に目まで分類し、石の長径・短径から算出した平面積 10 cm² 当たりの個体数と湿重量を求めた。

被覆度の測定

調査地点①は区間の始点、終点、中間 2 箇所について、岸から河川横断面を 1m 毎に図 3 のワイヤーネット 29.5×29.5cm (Daiso, Japan) を河床に置き、赤の交点に占めるミズワタクチビルケイソウの群体の割合を求め、区間の平均値をその区間の被覆度とした。地点③は区間が短いことから始点、終点、中間 1 箇所を同様に測定した。

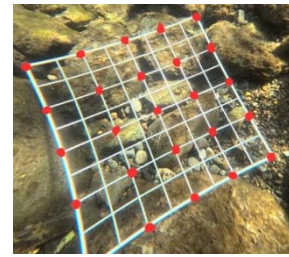


図 3. 被覆度測定に使用

イワナの採捕及び腸の採取

イワナの採捕と麻酔は同試験場報告[5]と同様に行った。採捕したイワナのうち、各地点で 15 cm 以上の 12 個体について、体長、体重、性別、成熟度を測定した後、現場で解剖し、幽門垂下～肛門までの腸を採取した (図 4)。解剖道具は個体毎に洗浄し、解剖時に魚体の下に敷くシートは個体毎に新しいものを使用した。採取した腸は 99.5%エタノールに浸漬して持ち帰った後、-20℃に保存した。なお、DNA 解析は来年度にかけて行う。

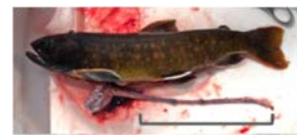


図 4. イワナの腸のサンプリング。

2.3. 河川水辺の国勢調査を利用した繁茂河川での魚類への影響

国土交通省の河川水辺の国勢調査 (水国調査) の調査地点のうち、ミズワタクチビルケイソウが繁茂していた場所とほぼ同じ地点を選定し、ミズワタクチビルケイソウの侵入前、侵入後の生息魚種の種組成・個体数の変化を解析した。水国調査地点とデータは、多摩川両国橋付近の 2006, 2011, 2016, 2021 の春・秋、鬼怒川上大平橋付近の 2009, 2014, 2019 の春・秋を対象にした。水国調査の漁法は、多摩川両国橋付近は定置網、投網、サデ網、タモ網、はえなわ、セルびん、どう、潜水観察; 鬼怒川大平橋付近は定置網、投網、タモ網、はえなわ、目視確認、電撃捕漁器が行われていたが、同地点内の各年で共通の漁法 (多摩川両国橋付近は投網、タモ網; 鬼怒川大平橋付近は定置網、投網、タモ網、電撃捕漁器) に絞った。また、同じ漁法でも調査毎に努力量が異なることから、調査時間や回数などが同じになるように結果の値を調整した (例: 投網の回数が 3~10 回の場合は 5 回分になるように調整)。種組成は、分類が難しいハゼ類はハゼ科まで、フナはフナ類、また種類が細かく出ているドジョウは科までの分類でまとめた。

解析は統計解析ソフト R (Ver4.2.3) 及びパッケージ Vegan (ver.2.6-4)、Cluster (ver.2.1.4) を用いて、多様性、Cluster 解析、nMDS、PERMANOVA による多変量分散分析を行った[4]。類似度は Bray-Curtis 指数を使用し、PERMANOVA では、多摩川両国橋付近は、2011 年秋を除いたデータセットに対し、ミズワタクチビルケイソウが侵入し広範囲に繁茂していたと推定される 2021 年春とその他で、鬼怒川大平橋付近は 2019 年春とその他で検定を行っ

た。

2.4. 河床構造との関係

2023 年度（R5 年度）までの前事業で報告された河床材料と繁茂の関係について、筑後川・嘉瀬川での当てはまりを確認するとともに、他の説明変数に対しても回帰分析を行った。調査は、筑後川は 2024 年 9 月に、嘉瀬川は 2024

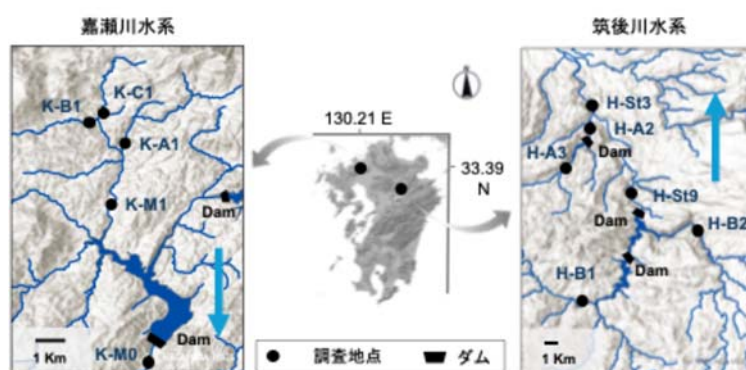


図 5. 河床材料調査地点。図中の矢印は川の流れの方向を示す。

年 10 月に行なった。調査場所は令和 4、5 年度事業でミズワタクチビルケイソウの環境 DNA 調査を行なった同じ地点で行なった（図 5）。調査方法は令和 4 年度事業報告[3]及び阿部ら（2014）の方法に準じて実施した。すなわち、20 cm 四方の格子からなる 1 m 角の格子枠を河床に設置し、格子の交点(36 点)にある石礫の大きさ(長径)と「はまり石」（素手で動かない石）か否かの測定を行ない、国際標準規格（ISO 14688-1:2017）に基づき、砂（<2 mm）、砂利（2–16 mm）、礫（16–63 mm）、石（63–200 mm）、巨石（>200 mm）及び基岩に分類した。

解析は統計解析ソフト R (Ver4.2.3) 及びパッケージ e1071 (ver 1.7-14), car(ver.3.1-2) を用い、応答変数：ミズワタクチビルケイソウの DNA 検出量 (copies / mL) に対し、説明変数：はまり石の割合 A（砂・砂利を除いたはまり石の割合）、はまり石の割合 B（砂・砂利を含めた全河床材料でののはまり石の割合）、砂・砂利の割合、ダムの有無について単回帰分析を行った。解析に使用する変数は事前に歪度を確認し、歪度が ±1 を超えたミズワタクチビルケイソウの DNA 量は対数変換した。

3. 結果および考察

3.1. 底生動物への影響

筑後川の結果を図 6 と図 7 に示す。非計量多次元尺度法解析は繁茂区間 H の底生生物の群衆構造が N, L 区に対して大きく異なることが視覚的に示された（図 6）。調査では、カゲロウ目、カワゲラ目、トビケラ目、ハエ目（ユスリカ）、トンボ目（ヤゴ）、ヨコエビ、貝、プラナリアが観察されたが、群衆構造の有意な違いは、ハエ目、カゲロウ目、トビケラ目で

あることが示された(図6中のベクトル)。環境因子ではミズワタクチビルケイソウの被覆度と pH が有意に異なることが示され、水深・流速は関連性がなかった。箱ひげ図(図7)では、H区でカゲロウが少なく、ハエ目が多いことが示され、これは湿重量でも同様の結果が示された。また、興味深いことにL区ではN,H区に比べトビケラ目が多く、また有意ではなかったがトンボ目も多い傾向が見られた。

底生動物は食性によって、石の付着珪藻を剥ぎ取るように摂食するグレイザー、有機物を濾し取って摂食するフィル

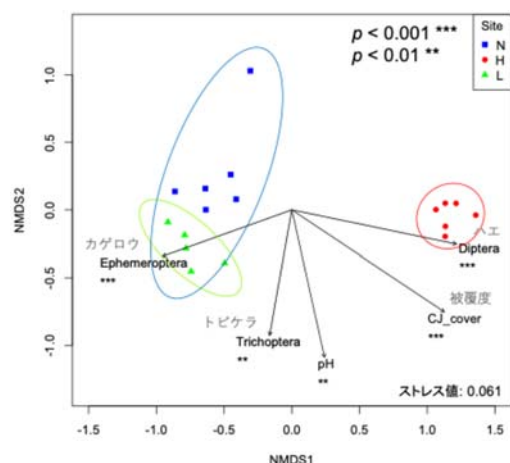


図6. 筑後川底生動物の非計量多次元尺度法解析の結果. 図中の青い円はN区、緑の円はL区、赤い円はH区の95%信頼範囲を示す. ベクトルの矢印は、増加する方向を示す。

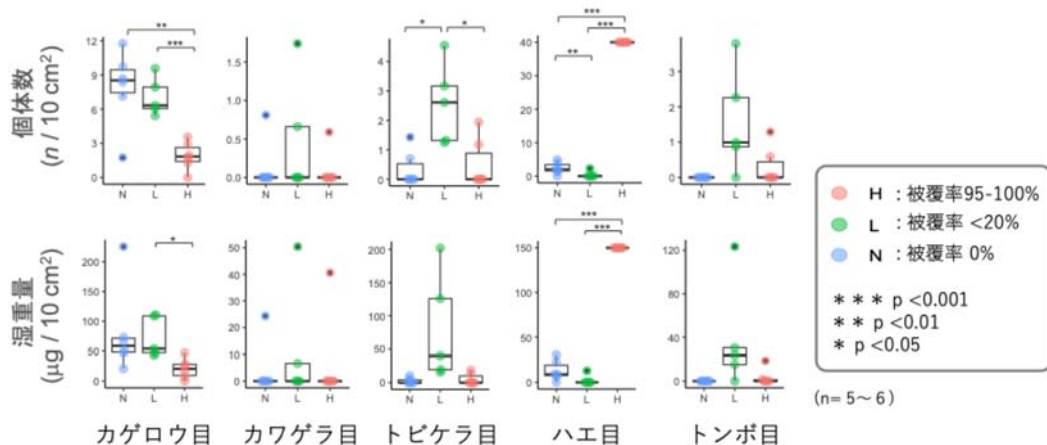


図7. 筑後川底生動物の箱ひげ図.

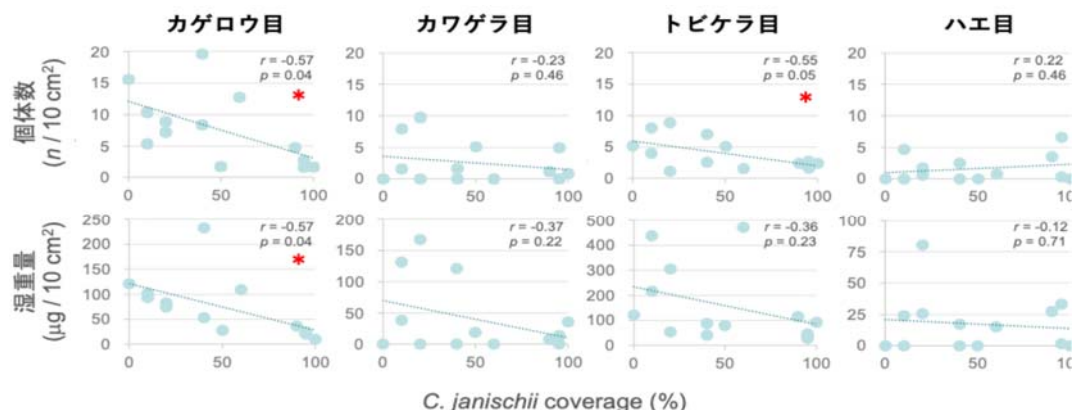


図8. 雑魚川底生動物のミズワタクチビルケイソウ被覆度との相関解析の結果. 相関係数(r)と p 値をそれぞれのグラフの右上に示す. 図中の赤のアスタリスクは有意な相関を示す。

ターフィーダー、他の底生動物を捕食するプレデターなどの摂食機能群に分けられるが[6]、同じ種であっても、食性は成長段階、地域や環境によって可塑性であることが報告されている[7]。ミズワタクチビルケイソウの繁茂の有無で変化した生物群がどの食性で何を捕食していたのか、ミズワタクチビルケイソウを直接捕食したのか否かを確認することは、今後の対策を考える上で重要な情報になると考える。

長野県雑魚川では被覆度に応じた各生物との関係を解析し、個体数・湿重量ともにカゲロウ目で、トビケラは個体数で有意な負の相関を示した（図 8）。筑後川で顕著に見られたハエ目の増加は雑魚川では見られなかった。

今回調査した筑後川は直上にダムがあり、雑魚川にはダムがなく、河川環境が一部異なるが、両河川とも繁茂する石でカゲロウ目が減少することが明らかとなった。筑後川の調査区間（図 1）や雑魚川の調査した石の配置図（図 2(B)）からわかるように、同じ河川の中でも本種に覆われた区間と被覆が軽度の区間、また、覆われた石とそうでない石が混在することがある。今回繁茂した石で特にカゲロウ目の減少が明らかになったことから、広範囲に繁茂した場合は、その区間の生態系が底辺（底生動物）から変化することが予想される。マス類は雑食であるが、カゲロウを好んで捕食することから、ミズワタクチビルケイソウの繁茂がどの程度影響するのかを確認し、具体的な漁場管理に役立てて行く必要がある。

3.2. イワナへの影響調査 -サンプリング-

調査区間の被覆度は、地点①で 82.05%、地点③で 76.57%であり、被覆度の差はあまりなかった。このため、区間間で被覆度の差による違いを比較解析することは難しくなるかもしれないが、捕食物とその中のミズワタクチビルケイソウの DNA 量のデータは、ミズワタクチビルケイソウが生態系底辺からの食物連鎖にどのように関係しているのかを知る基礎資料として、十分貴重なものになると考える。

3.3. 河川水辺の国勢調査を利用した繁茂河川での魚類への影響

多摩川両国橋付近と鬼怒川大平橋付近の解析結果をそれぞれ図 9 と図 10 に示す。多摩川両国橋付近の Cluster 解析（図 8(B)）と nMDS 解析（図 8(C)）は 2011

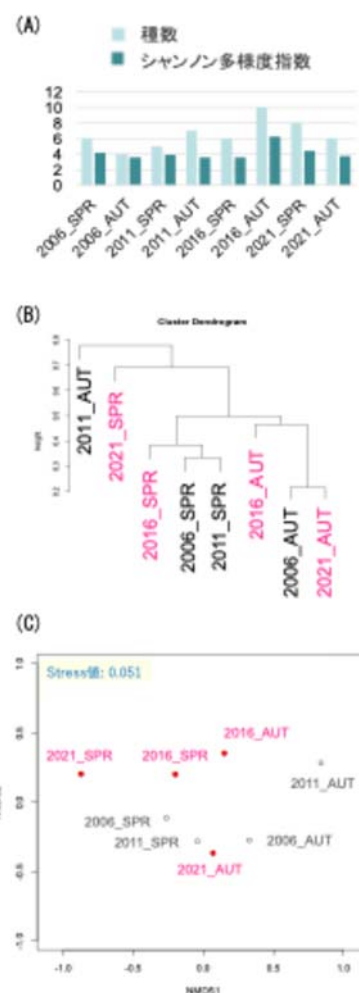


図 9. 多摩川の魚類群集解析結果. (A) 多様度、(B) クラスター解析、(C) nMDS の結果を示す. B, C の赤色はミズワタクチビルケイソウ侵入後の調査を示す.

年秋と 2021 年春が他と少し離れて表示された。そこで 2011 年秋を除き、2021 年春とその他で分散分析を行なったが、有意な差は出なかった ($p>0.05$)。鬼怒川大平橋付近も、有意な差は検出されなかった ($p>0.05$)。

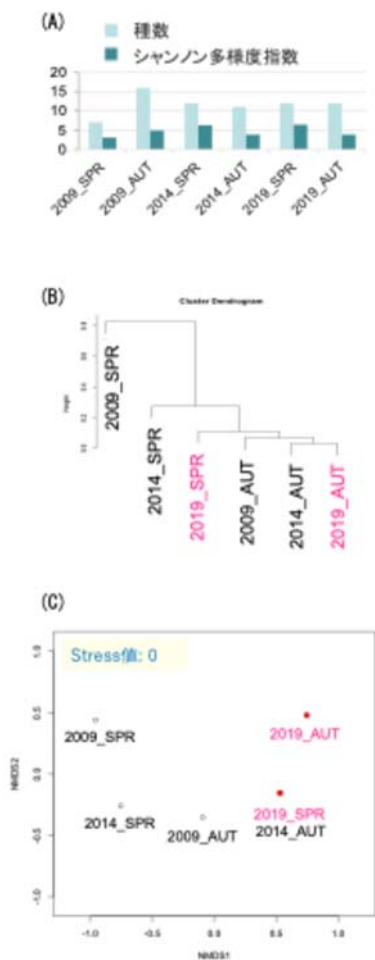


図 10. 鬼怒川の魚類群集解析結果. (A) 多様度、(B) クラスター解析、(C) nMDS の結果を示す. B, C の赤色はミズワタクチビルケイソウ侵入後の調査を示す.

今回、繁茂した年の春を対象にその他との違いを解析したが、nMDS のプロットを見ると、春と秋で分かれる傾向があった。今後は、地点を増やして同じ季節の中で侵入前と後を比較し、また、解析に用いる魚種は地点間の共通のものに絞るなど、条件を再考して引き続き解析を行う余地がある。

3.4. 河床構造との関係

前事業の調査は、那珂川（茨城県）、荒川（山梨県）、大石川・雑魚川（長野県）、九頭竜川（福井県）、安曇川（滋賀県）の 6 河川、計 31 地点で行われ、ミズワタクチビルケイソウが繁茂する河川の半数以上で砂・砂利を除くはまり石の割合(A)が 70%を超えており、安定した河床との関係性が示された[3]。今回、筑後川・嘉瀬川を調査し、回帰分析を行なった結果、表 1 のように、はまり石の割合 A は p 値 0.173 により、帰無仮説（はまり石の割合 A は繁茂に関係しない）は棄却されなかったが、はまり石の割合 B は正の相関で今回解析した変数の中で最も有意に棄却された (p 値 0.009)。次に砂利・砂が負の相関、ダムは正の相関で棄却された。すなわち、はまり石の割合 B が高く、砂利・砂の割合が低く、ダムがある場合に繁茂しやすい；言い換えれば、はまり石の割合 B は低く、砂利・砂の割合が高く、ダムがない場合は繁茂しにくいことが示唆された。

図 11 に、河床材料の割合、はまり石の割合 B、ダムの有無、ミズワタクチビルケイソウの DNA 検出量を示す。これを見ると、K-A1 では、はまり石の割合 B が 50%を超えているが、ミズワタクチビルケイソウは検出されておらず、

同様に 50%以上のはまり石の割合をもつ H-St3, H-A3 と比較すると砂の割合が 30%以上で多かった。はまり石の割合 B が高いものの砂・砂利が多い河川は、筑後川の H-B1 が該当し、ここは筑後

表1. 河床構造とその他環境変数との回帰分析の結果

説明変数	Estimate	Std. Error	t value	$Pr(> t)$
はまり石の割合A	0.043	0.029	1.479	0.173
はまり石の割合B	0.055	0.016	3.346	0.009 **
砂・砂利の割合	-0.044	0.016	-2.724	0.023 *
ダム	2.865	1.126	2.546	0.031 *

** 有意 ($p < 0.01$) , *有意 ($p < 0.05$)

川の中でもミズワタクチビルケイソウの DNA 量が極めて低い。これらは河床で可動な砂・砂利が繁茂の抑制に重要であることを示していると考え。一方で、今回解析には用いなかったが、長野県満水川は基岩が 80%近くで砂・砂利は 10%にも満たないが、ミズワタクチビルケイソウは検出されていない (Data not shown)。満水川の隣の河川雑魚川では、ミズワタクチビルケイソウが繁茂しており、釣り人は雑魚川と満水川の双方を利用できるため、満水川への侵入のリスクは高いはずであるが未だ定着せず繁茂に至らないのは、河床材料以外に水質などの因子も関与していることを示しているのかもしれない。

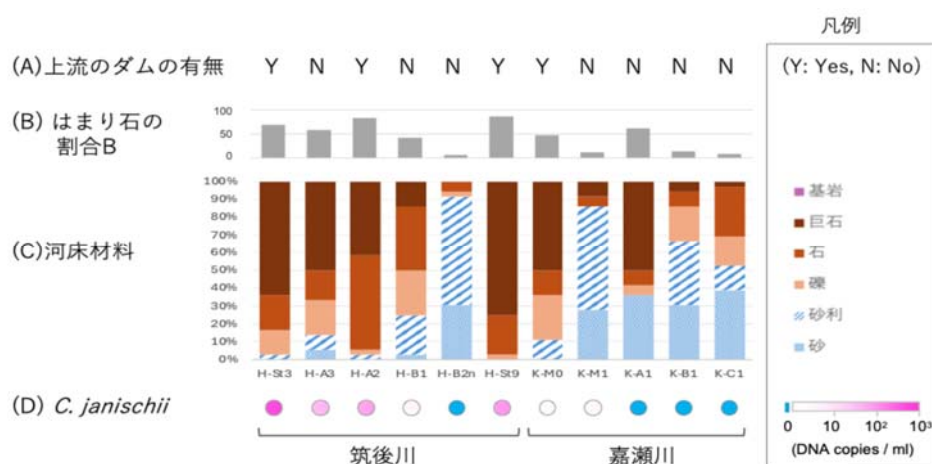


図 11. 河床構造の結果と各環境変数との関係. 河床調査の結果を (B) と (C) に、環境変数のダムを (A)、ミズワタクチビルケイソウ (*C. janischii*) の DNA 量を (D) に示す。調査場所名は (C) のグラフの下に記載する。それぞれの凡例を右の枠内に示す。

4. 総括

本年の調査により、底生動物への影響が明らかとなったが、魚類への影響は水国調査のデータからは確認することができなかった。水国調査の解析は、今後、データを追加し、解析条件を改良して再度解析を行う余地がある。また、長野県で採取した底生動物とイワナの捕食物については、今後 DNA を解析することで、ミズワタクチビルケイソウの利用実態と食物連鎖による魚類への影響を検討できるのではないかと期待する。

河床構造の調査では、前事業での「はまり石の割合」に砂・砂利を含めることで、はまり石の割合が高いほど繁茂しやすいことが筑後川・嘉瀬川でも確認された。更にダムがなく、砂・砂利の割合が高ければ繁茂を抑制できる可能性が示されたが、砂・砂利が少なくても定着・繁茂しない河川もあることから、事例を増やし、他の環境因子も含めて更に検証を進める必要が示唆された。

5. 謝辞

河床材料の調査でご指導いただき、また計測用の枠をお譲り下さった茨城大学 阿部信一

郎教授、底生生物の採取・分類でご助言をいただいた神奈川県環境科学センター 長谷部勇太 主任研究員、フィッシングジャーナリストの佐藤成史様、調査やデータ収集にご協力いただいた長野県水産試験場の皆様、本学スタッフの皆様に感謝申し上げます。

6. 引用文献

1. Kato-Unoki Y, Mayama S, Kurihara A, Minamoto T. Development of specific detection assays from environmental DNA of invasive diatom *Cymbella janischii* in Japan. *Limnology*. 2024;25: 247–254. doi:10.1007/s10201-024-00751-y
2. 鵜木陽子, 清野聡子. DNA情報を利用したミズワタクチビルケイソウ生息診断法の精度の検討. 令和5年度効果的な外来魚等抑制管理技術開発事業報告書. 水産庁; 2024. pp. 78–85.
3. 阿部信一郎. 外来珪藻の繁茂に関連する河川環境要因の抽出とハザードマップの作製. 令和5年度効果的な外来魚等抑制管理技術開発事業報告書. 2024.
4. 土居秀幸, 岡村寛. 生物群集解析のための類似度とその応用: Rを使った類似度の算出、グラフ化、検定. 日本生態学会誌. 2011;61: 3–20. doi:10.18960/seitai.61.1_3
5. 長野県水産試験場. 小雑魚川のニジマス生息状況調査-II. 令和3年度長野県水産試験場事業報告. 2022; 26.
6. Cummins KW. Trophic relations of aquatic insects. *Annu Rev Entomol*. 1973;18: 183–206.
7. 新名史典. 河川昆虫群集の食物網、多様性と動態. 海洋と生物. 1996;18: 434–440.

鵜木（加藤）陽子、清野聡子（九州大学）

(7) チャネルキャットフィッシュへの白色 LED 光源による接近阻害

効果の検証

要旨

海外においては、河川や水路を通じた外来魚（コイやハクレン等）の広がりを阻止するため、移動を抑制する目的で光刺激の効果が研究されている。本研究では本種への白色 LED 光源による接近阻害効果の検証を水槽内で行った。その結果、白色 LED 光源を off 時と on 時の積算回数の相対値間に有意な差が認められなかった。よって夜間に 1,000 lx 程度の連続光は、チャネルキャットフィッシュに対して、接近阻害効果が認められないことが明らかとなった。

1. はじめに

海外においては、河川や水路を通じた外来魚（コイやハクレン等）の広がりを阻止するため、移動を抑制する目的で光刺激の効果が研究されている。夜間の照明下ではチャネルキャットフィッシュの活動が著しく抑制されることが知られている。そのため、本種の河川や水路における夜間の通過を、白色 LED 光源によって抑制できる可能性がある。本研究では本種への白色 LED 光源による接近阻害効果の検証を水槽内で行った。

2. 白色 LED 光源による接近阻害効果の検証

(1) 方法

供試魚には霞ヶ浦で捕獲されたチャネルキャットフィッシュ *Ictalurus punctatus* (n=10, 標準体長±標準偏差=340±11.5mm) を用いた。飼育と実験は水産研究・教育機構の日光庁舎において実施した。供試魚は屋外に設置した角形水槽（長さ 1.8m；幅 0.9m；深さ 0.7m）で水温が 10℃の湧水を僅かに掛け流す状態で飼育し、飼育期間中の水温は 12.5-18.8℃であった。角形水槽での供試魚の馴致は 7 日間以上行い、餌にはサケ科魚類稚魚と乾燥オキアミ（テトラクリル-E, スペクトラムブランドジャパン株式会社）を与えた。実験には屋内に設置したレースウェイ水槽を用いた（図 1）。レースウェイ水槽の周囲と上部は黒色のビニールシートで囲み、外部の光を遮断した。

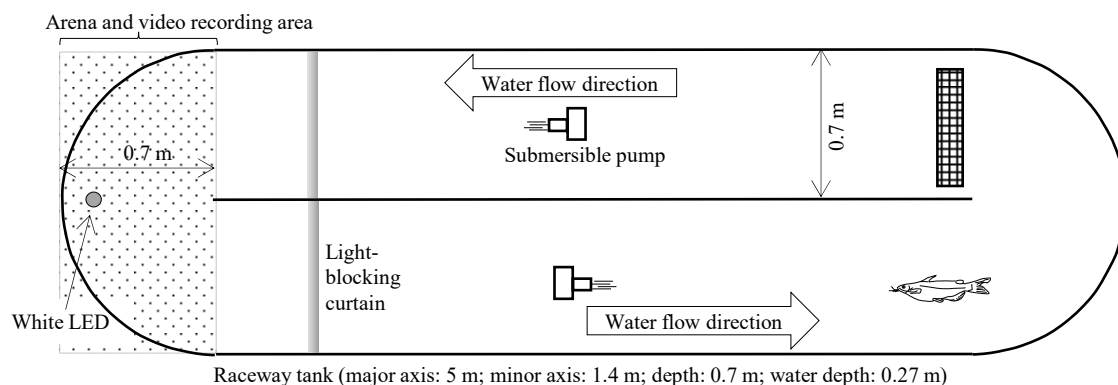


図1 レースウェイ水槽の概要図

実験中はレースウェイ水槽内の水深は 27cm として、500W ヒーターを用いて水温は 17.1-21.6℃を維持した。供試魚の走流性を刺激して遊泳を促すため、レースウェイ水槽内に水中ポンプを設置して緩やかな水流（アリーナ内で流速<11.0cm/s）を発生させた。レースウェイ水槽の長径方向の一端側の底から 0.7m の位置に白色 LED 光源（LRF-80/60W500G-USB; NS Lighting Co., Ltd, Osaka, Japan）4 基を 1 まとめにして設置し、底面に向けて照射した（図 1）。光の強さは黒色のビニールシートの外から USB LED コントローラー（NSUBP4; NS Lighting Co., Ltd）を操作して、底面で 1,000 lx 程度になるように調節した。測定は USB4000（Ocean Optics, Florida, USA）を用いて行い、白色 LED 光源点灯時は、0.7m 離れた真下の底面において、1,077 lx ($15.01 \log \text{photons cm}^{-2} \text{s}^{-1}$) であった（消灯時は 0 lx）。白色 LED 光源を点灯時にレースウェイ水槽内のコントラストを高くするため、白色 LED 光源から 1.6m 離れたレースウェイ水槽内に遮光カーテンを水面近くまで吊るした。

実験では供試魚を 1 回の試行ごとに 1 尾用い、10 試行を行った。実験は 10:00 に角形水槽からバケツ（容量 20L）で 1 尾の供試魚をレースウェイ水槽付近まで運搬し、バケツ内で最長 30 分間の温度馴致を行った後、供試魚をレースウェイ水槽に移した。温度馴致の際の角形水槽とレースウェイ水槽の温度差は最大で 4.6℃であった。移送後から 15:45 までレースウェイ水槽上部の蛍光灯（100W）を点灯させた（1 晩目）。その後、翌朝の 07:00 まで蛍光灯を消灯させた（1 晩目）。次に 07:00 から 15:45 まで蛍光灯を点灯させ、その後、翌朝の 07:00 まで蛍光灯を消灯させた（2 晩目）。1 晩目と 2 晩目で行動に違いがないか確認するため（マン=ホイットニーの U 検定）、10 試行のうち奇数の試行では 1 晩目は白色 LED 光源を 15:45 から翌朝の 07:00 まで点灯させ、2 晩目では点灯させなかった。反対に偶数の試行では 1 晩目は白色 LED 光源を点灯させず、2 晩目では 15:45 から翌朝の 07:00 まで点灯させた。実験中の 15:45 から翌朝の 07:00 までの約 15 時間に渡り、タイムラプスカメラ（BCC100, Brinno Co. Ltd, Taiwan）を用いて 1 分間隔でアリーナ内を撮影、1 晩目と 2 晩目で供試魚がアリーナ内にいた回数をそれぞれ積算した。撮影のため、タイムラプスカメラ作動時にはアリーナ内を赤外線投光機（S20D-IR, 波長 850nm, Scene Electronics (HK) Co. Ltd, China）で照射した。

全試行における白色 LED 光源を off 時と on 時の 1 時間毎の積算回数を箱ひげ図で示した。また、各試行において白色 LED 光源を off 時と on 時の積算回数の相対値 (on 時/off 時) をとって、マン=ホイットニーの U 検定で忌避効果を評価した。

(2) 結果及び考察

白色 LED 光源を off 時と on 時の積算回数の相対値には、1 晩目と 2 晩目間に有意な差が認められなかったため ($U = 36.5$, $P = 0.294$)、白色 LED 光源の off 時と on 時の順番はチャネルキャットフィッシュの行動に影響を与えていないことがわかった。全試行における白色 LED 光源を off 時と on 時の 1 時間毎の積算回数を箱ひげ図で図 2 に示した。行動解析を行った 16:00-07:00 までの 15 時間のうち、13 時間では 1 時間毎の積算回数の中央値は、白色 LED 光源を off 時の方が on 時よりも高かった (図 2)。

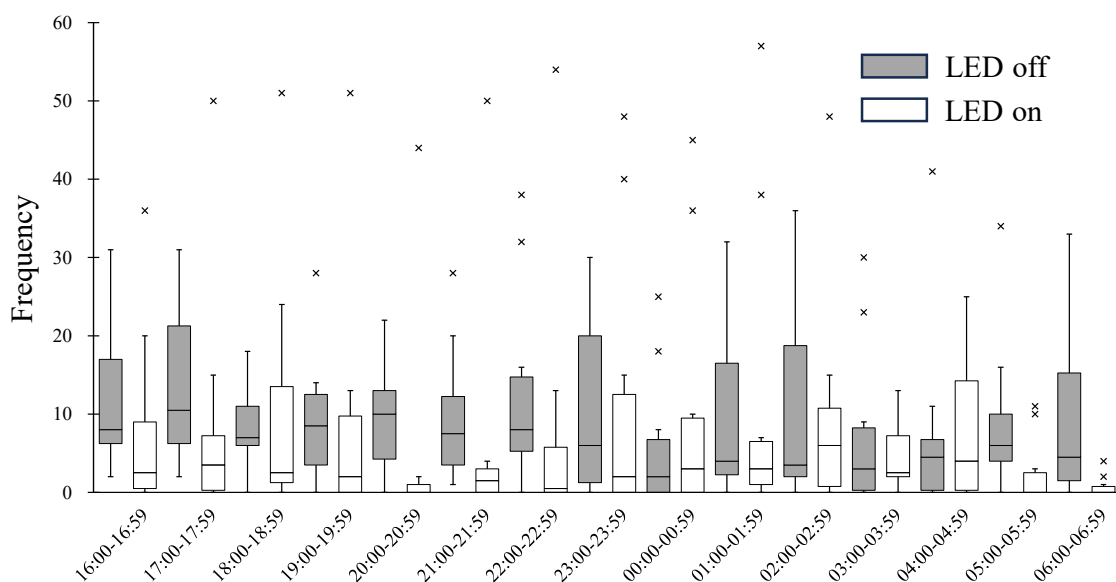


図 2 全試行における白色 LED 光源を off 時と on 時の 1 時間毎の積算回数

しかし、白色 LED 光源を off 時と on 時の積算回数の相対値間に有意な差が認められなかった ($U = 30.0$, $P = 0.114$)。よって夜間に 1,000 lx 程度の連続光は、チャネルキャットフィッシュに対して、接近阻害効果が認められないことが明らかとなった。

松田 圭史 (国立研究開発法人 水産研究・教育機構 水産技術研究所)