

群馬県水産試験場研究報告

第 3 0 号

(附 令和5年度業務報告)

REPORT
OF
GUNMA FISHERIES EXPERIMENT STATION
No. 30

令和6年9月

群馬県水産試験場

群馬県水産試験場研究報告

第30号(2024)

目次

I 研究報告

画像解析によるアユ卵自動計数法の開発

阿久津 崇・鈴木 究真……………1

濁りに強いアユの選抜効果

齋藤 駿介・清水 延浩・田島 稔明・高橋 伸幸・田中 英樹……………6

マス類の高付加価値化研究 酒粕およびリンゴジュース副産物添加飼料の有効性

井下 眞・神澤 裕平・星野 勝弘・新井 肇・山下 耕憲……………12

マス類の味上げ試験－I 大型マス類の短時間・高塩分処理試験

井下 眞・神澤 裕平・星野 勝弘・新井 肇・山下 耕憲……………16

マス類の味上げ試験－II 大型マス類の長時間浸漬試験

井下 眞・神澤 裕平・星野 勝弘・新井 肇・山下 耕憲……………20

II 別途報告

Epizootiological Study of Bacterial Cold-water Disease Using PCR-RFLP Genotyping of *Flavobacterium psychrophile* in the Kanna River, Gunma Prefecture, Japan

Hajime Arai, Shun Watanabe and Shotaro Izumi……………24

福島第一原発事故による汚染が湖の魚類に与えた影響

鈴木 究真……………25

溪流漁場における禁漁区設定による増殖効果の定量化

山下 耕憲・松原 利光・神澤 裕平・

鈴木 究真・カルロス アウグスト ストルスマン……………26

画像解析によるアユ卵自動計数法の開発

阿久津 崇・鈴木 究真

要旨

アユの種苗生産業務で行う卵計数を省力化するための手法として、画像解析による卵の自動計数技術を開発し、目視による従来の計数方法と計数の正確性および省力性を比較した。その結果、画像解析による計数は、目視による計数よりも正確な計数を行えることが示された。さらに、画像解析を導入することで計数に要する作業時間が93%縮減された。これらの結果から、アユ卵の計数に画像解析を導入することで、計数の正確性および省力性のどちらにおいても、従来の目視による計数方法から改善が図れることが明らかになった。今後、スマートフォン等のアプリケーション内で一連の計数過程が完結可能になれば、現場への本技術の導入が進めやすくなると考えられる。

I 緒言

群馬県水産試験場（以下「群馬水試」という。）で行うアユの種苗生産においては、採卵ロットごとに単位重量あたりの卵数を目視で計数し、飼育池に収容した卵の合計重量から飼育池内の個体数を推定している。直径約1mmのアユ卵を1回に300～600粒程度計数することや、最盛期には1日に複数のロットを計数することから、卵計数は非常に労力のかかる作業である。また、約1か月の採卵期間中で約35時間が計数作業に充てられるため、人員不足の現状からも、種苗生産の現場では作業の省力化が求められていた。そのため著者らは、卵計数を省力化するための手段として、画像解析による卵計数手法の導入を検討することとした。アユの卵は球形に近いことや、卵は動き回らないことなどから、画像解析によって画像から円形の物体を抽出することで卵計数が可能であると考えたためである。使用ソフトウェアについては、コンピュータのOSを問わず使用でき、オープンソースの画像処理ソフトウェアであることからImageJ^{1, 2)}を選択した。ImageJはアメリカ国立衛生研究所 (NIH) で開発され、対応する画像データの形式や処理内容が幅広く、医学系、生命科学系を中心に様々な研究用途に使用されている。また、ImageJを使用したサンプルの計数については学術論文^{3, 4)}に加えて解

説書⁵⁾も出版され、情報が豊富である。本研究で使用したImageJはFiji⁶⁾とよばれるもので、ImageJに様々な機能を追加して生命科学分野向けにアレンジされており、画像から物体の計数を行うような研究において使用例が多い。なお、Fijiも無料で配布されている。

本研究では、ImageJ(Fiji)の画像解析によりアユ卵の計数を行うことを目的として、ImageJ(Fiji)の設定や撮影方法等について計数に適した条件を検討し、アユ卵自動計数法の開発に取り組んだ。さらにImageJ(Fiji)のマクロ機能により自動化された卵計数法と目視による卵計数法を同一サンプルに対して実施し、計数の正確性と省力性を比較した。

II 材料および方法

1 サンプル画像の取得

群馬水試が保有するアユ系統である江戸川系ver. 2を供試魚とした。人工採卵により得た未受精卵0.15～0.30 g (300～600粒相当)をプラスチックシャーレ(アズワン, アズノール滅菌シャーレJP)に入れ、卵の合計重量を測定した後にサンプルとした。

撮影装置の概要を図1に示した。コピースタンド(LPL, CS-A4)にLEDライトボックス(富士フイルム, ST-A4)を置き、撮影台とした。シャーレ径と同サイズにカ

ットした黒色フェルトを撮影台に敷いて背景とした。その上にシャーレ（下皿のみ）を裏返しに置き、さらにその上にサンプル入りシャーレ（下皿のみ）を置いた。サンプルを入れるシャーレは、サンプルごとに新しいものへ交換した。

供試画像の例を図2に示した。供試画像の取得にはデジタル一眼レフカメラ（Canon, EOS kiss X5）を用い、コピースタンドに固定することで毎回同じ高さ（天板から30 cm）から画像を取得した。レンズ（Canon, EF-S 18-55mm F3.5-5.6 IS USM）の焦点距離は35 mm域で固定し、さらに毎回撮影台の同じ位置にサンプルを置くことで、取得画像中央の毎回同じ位置にサンプル像が写るように設定した。シャッタースピードは1/50秒、絞り値はF8、感度はISO-1600に固定し、ライトボックスをオンにした状態で2秒のセルフタイマーにより撮影した。画像はJPEG形式（約3 MB）で保存した。撮影後のサンプルは、従来通りの方法により目視で卵数を計数した。さらに、取得画像を拡大印刷したものをを用いて目視で卵数を計数し、計数結果をサンプルの真の卵数とした。

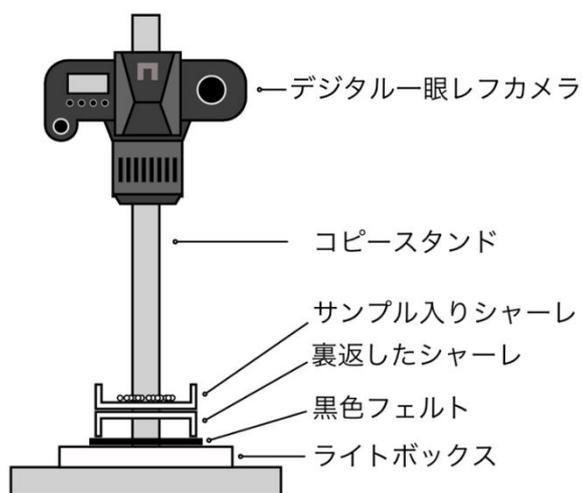


図1 撮影装置の概要

2 目視による卵計数

卵計数作業に5年以上従事し、採卵シーズンあたり40～50サンプルの測定を行う職員1名を被験者とした。撮影済みの卵サンプルについて、被験者が目視で計数

し、計数にかかる時間および計数結果を記録した。

3 画像解析による卵計数

具体的な画像解析過程について以下(1)～(5)に示す。これら一連の過程を記録したマクロを用い、各供試画像に対して卵計数を実施し、計数に要する時間を記録した。作成したマクロには、指定のフォルダ内の全画像に対して画像解析を実行し、その結果を結果保存用フォルダに自動で保存するコードを組み込んだ。マクロはImageJ(Fiji)のrecord機能を基本に、関連する学術論文^{3, 4)}や関連書籍⁶⁾を参考にして作成した。

(1) コンピュータへの画像の読み込み

(2) 画像のグレースケール化

読み込んだ画像を8-bit グレースケール画像に変換した。

(3) 二値化

輝度閾値を設定することにより、卵と背景とを分離した。輝度閾値の設定はImageJ(Fiji)のAuto Threshold機能により行った。閾値設定アルゴリズムはImageJ(Fiji)に標準搭載のものを使用して予備実験を行い、最も好適な結果を得られたアルゴリズムであるLimを選択した。毎回の解析に一貫性を持たせるため、すべてのサンプル画像に対しLimによって二値化を行った。

(4) 重なり合う領域の検出と分割

ImageJ(Fiji)に搭載のWatershed機能を使用して、接触あるいは重なり合う複数の卵をそれぞれ別々の卵として計数できるよう分離した。

(5) 計数

ImageJ(Fiji)に搭載されている粒子解析機能(Analyze Particles)により画像中に含まれる卵を計数した。Size pixel²は、400-Infinity, Circularityは、0.20-1.00にそれぞれ設定した。

3 正確性および省力性の評価

それぞれの手法による卵計数結果について、真の卵数との相対誤差(%)^{*}を求め、正確性の指標とした。計数値が真の卵数より大きな値となった場合、相対誤差が正となる。これは、変形してしまった1個の卵を2個の卵として計数したことや、卵でないものを誤って計数したことを示す。一方、計数値が真の卵数より小さな値となった場合、相対誤差は負となり計数漏れがあ

ったことを示す。求めた相対誤差について、対応のある検定により手法間で計数の正確性を比較した。

さらに、作業時間を手法間で比較するため、画像解析による計数作業の時間を「撮影にかかる時間」、「画像データのコンピュータへの取り込みにかかる時間」および「Image (Fiji) の画像解析による計数にかかる時間」の和として算出し、1 サンプルの計数に要する作業時間を目視による計数法と比較した。撮影にかかる時間は、撮影台にサンプルを乗せてから、撮影画像がカメラの背面液晶に表示されるまでに要する時間とした。画像データのコンピュータへの取り込みにかかる時間は、カメラから取り出したSDカード内のデータをコンピュータの内蔵SSDに保存するまでに要する時間とした。ImageJ (Fiji) の画像解析による計数にかかる時間は、ImageJ (Fiji) の起動から計測を開始し、解析結果が表示されるまでの時間とした。10例で真の卵数および計数値とその測定誤差のデータを取得し、うち7例については作業時間についてのデータも取得した。なお、本研究の統計解析にはR (ver. 4.4.1) ⁷⁾を使用した。

* 相対誤差 (%) = (計数値 - 真の卵数) / 真の卵数 × 100

III 結果

サンプルごとの真の卵数、両手法による計数値およびその測定誤差、要した作業時間を表1に示した。今回使用した10サンプルの真の卵数の平均値は 375.6 ± 73.2 粒であった。計数値の相対誤差は、画像解析による計数で $0.34 \pm 2.89\%$ 、目視による計数で $-8.35 \pm 8.07\%$ となり、手法間で有意な差が認められた (paired *t*-test, $p < 0.05$)。また、目視による計数は計数値のばらつきがより大きく、かつ、相対誤差が負に偏る傾向がみられた (図3)。

画像解析による卵計数の実施例を図4に示した。目視と同様に、画像解析においても、ゴミ等を卵として誤検出することや検出漏れがみられることが示された。

サンプルあたりの作業時間については、目視による計数で 1256.7 ± 365.6 秒であった。一方、画像解析による計数では、撮影1回に要した時間は 41.3 ± 4.33 秒、カメラからSDカードを取り出してコンピュータへの取り込み終了まで 29.0 ± 4.71 秒、ImageJ (Fiji) による画像

解析に 15.0 ± 2.7 秒であった。よって、画像解析による卵計数に要した作業時間は 85.1 ± 5.4 秒であった。画像解析を導入することにより、作業時間は約93%縮減された。



図2 取得画像の例

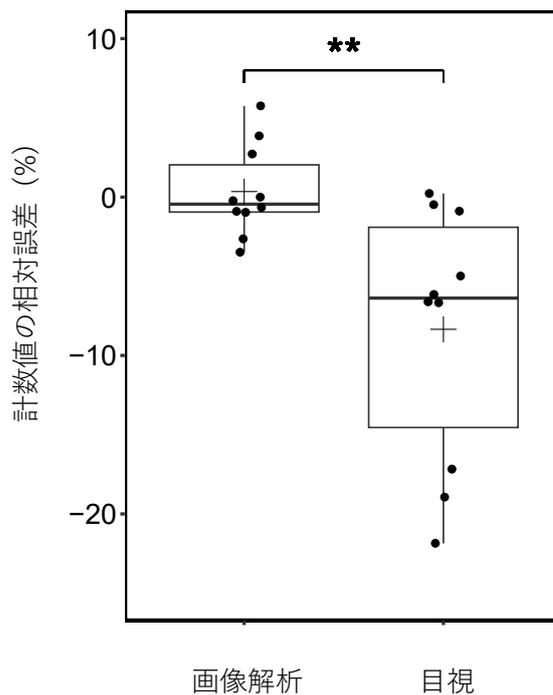


図3 計数値の相対誤差の比較

IV 考察

計数値の相対誤差は画像解析の方が目視より小さな値となっていることから、画像解析による計数の方が

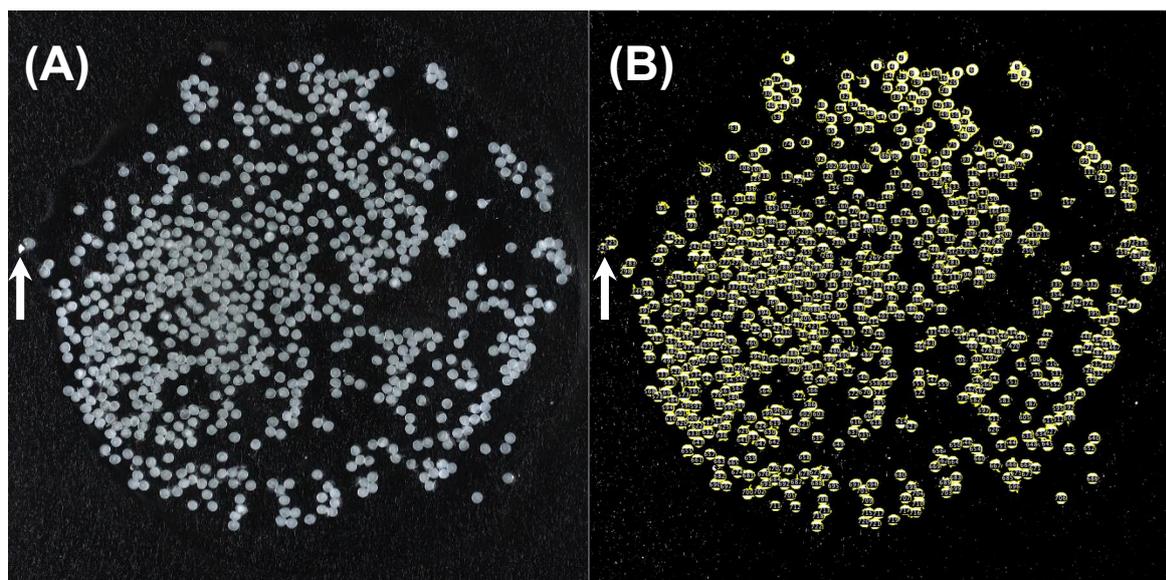


図4 画像解析による計数の例

(A) 解析前. (B) 解析後. 画像解析により 722 粒を計数した。画像中に含まれる真の卵数は 721 粒である。画像解析ではサンプル中のゴミ（矢印で示した）を計数している。

表 1 実験結果の概要

| ID | 真の卵数 (粒) | 計数値 | | 計数値の相対誤差 (%) | | 作業時間 (秒/サンプル) | |
|----|-------------|------------|------------|--------------|-----------|---------------|----------|
| | | 目視 | 画像解析 | 目視 | 画像解析 | 目視 | 画像解析 |
| 1 | 442 | 443 | 438 | 0.23 | -0.90 | - | - |
| 2 | 416 | 414 | 412 | -0.48 | -0.96 | - | - |
| 3 | 454 | 450 | 451 | -0.88 | -0.66 | - | - |
| 4 | 332 | 275 | 341 | -17.17 | 2.71 | 1376 | 83 |
| 5 | 311 | 243 | 323 | -21.86 | 3.86 | 984 | 82 |
| 6 | 261 | 248 | 276 | -4.98 | 5.75 | 749 | 97 |
| 7 | 301 | 244 | 301 | -18.94 | 0 | 1186 | 82 |
| 8 | 439 | 410 | 438 | -6.61 | -0.23 | 1986 | 87 |
| 9 | 345 | 322 | 333 | -6.67 | -3.48 | 1096 | 86 |
| 10 | 455 | 427 | 443 | -6.15 | -2.64 | 1420 | 79 |
| 平均 | 375.6±73.2 | 347.6±84.7 | 375.6±63.7 | -8.35±8.07 | 0.34±2.89 | 1256.7±365.6 | 85.1±5.4 |

目視による計数に比べて真の値に近い計数値を得ていることが分かる。これは、画像解析の方が目視に比べ、正確性の高い計数が可能であることを示している。また、画像解析による計数の方が相対誤差のばらつきが小さいことは、画像解析による計数の方が毎回安定した計数を行えることを示している。さらに、相対誤差の分布が目視で負に偏る傾向がみられたことは、目視に

よる計数は画像解析による計数より見落としが多いことを示すものである。

画像解析の導入により、サンプルあたりの作業時間は約93%縮減されることが示された。さらに、画像解析では複数のサンプルの同時処理が可能であることから、計数対象のサンプル数が増加するに伴って作業時間はより縮減することができると思われる。

なお今回は、約2,000万画素で縦横比3:2の画像について、中央部の座標を指定することにより自動的に円形に切り出し、その範囲内に含まれるアユ卵と思われるサイズの円形粒子を検出したに過ぎない。つまり、アユの卵を認識して検出しているのではなく、ある一定の範囲内に存在するそれらしい粒子を計数したまでである。これは、撮像素子の画素数や取得画像の縦横比が異なれば正確な計数が行えないことを意味している。理想は、スマートフォンやタブレットのカメラで撮影したものを端末内のアプリケーションで計数まで手軽に行えるようになることである。これにより、カメラからコンピュータへのデータ移行は不要になり、現場で作業を完結できるようになる。そのためには、雑に撮影した画像であっても、その中から卵を認識して計数するための技術開発が求められる。実際に作業従事者が、より簡便に対象物の計数を行えるようなAndroidアプリを開発した事例⁸⁾もある。この段階になると、機械学習による物体検出技術の開発が必須となるが、卵計数をより省力化するのであれば、このような技術の開発が望まれるであろう。

V 引用文献

- 1) Rasband WS. ImageJ, U. S. National Institutes of Health, Bethesda, Maryland, USA, <https://imagej.nih.gov/ij/>, 1997-2018.
- 2) Schneider CA, Rasband WS, Eliceiri KW. NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis. *Nature Methods* 2012; **9**: 671-675.
- 3) 曲山幸生, 今村太郎, 古井聡, 宮ノ下明大. フェロモントラップに捕獲されたコクゾウムシの ImageJ を用いた半自動計数法の開発. 農研機構報告 食品部門 2017; **1**: 9-17.
- 4) 上野山亜楠, 小出陽平, 築山拓司, 寺石政義, 奥本 裕. イネ Wx 座における遺伝的組換え頻度簡易計数法の画像解析による簡便化. 作物研究 2016; **61**: 45-49.
- 5) 三浦耕太, 塚田祐基. ImageJ ではじめる生物画像解析. Gakken メディカル事業部. 東京. 2016.
- 6) Schindelin J, Arganda-Carreras I, Frise E, Kaynig V, Longair M, Pietzsch T, Preibisch T, Rueden C, Saalfeld S, Schmid B, Tinevez J, White D, Hartenstein V, Eliceiri K, Tomancak P, Cardona A. Fiji: an open-source platform for biological-image analysis". *Nature methods* 2012; **9**: 676-682.
- 7) R Core Team. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2024. <<https://www.R-project.org/>>.
- 8) 高山翼, 長谷川まどか. 画像処理を用いたミツバチヘギイタダニの計数 Android アプリの実装と評価. 画像電子学会誌 2023; **52**: 319-328.

濁りに強いアユの選抜効果

齋藤 駿介・清水 延浩・田島 稔明・高橋 伸幸・田中 英樹

要旨

濁りに強いアユ *Plecoglossus altivelis* の系統作出に向け、濁水下における「とびはね行動¹⁾」により選抜したとびはね選抜群と無選抜群を用いて、実験水路における各群の移動傾向から選抜効果を確認した。その結果、先行研究²⁻⁴⁾と同様に選抜の有無に関わらず、濁水時にアユは下流に移動する傾向がみられ、濁水はアユの遡上行動を妨げることが示唆された。また、とびはね選抜群と無選抜群の実験水路内の移動性について、今回の試験条件では清水時と濁水時において差がみられなかった。

I 緒言

近年、地球温暖化の進行に伴う気候変動により、全国各地で夏の最高気温が40℃以上となる記録的猛暑や過去最高気温を計測するなど異常気象が話題となっている。異常気象は気温のみならず降水量にも影響を及ぼし、ここ数年のうちに記録的な降水量を観測する大雨が発生するとともに、その回数も増え、河川では濁りが発生しやすくなっている (https://www.data.jma.go.jp/cpd/longfcst/extreme_japan/index.html, 気象庁, 2023年10月2日)。河川において濁りや砂礫の流下が発生すると、放流されたアユをはじめとした魚類の定着に影響を及ぼすことが明らかになっており²⁻³⁾、アユは濁りに対する忌避行動により⁴⁾漁場から流下・散逸し、漁場内で釣れなくなってしまうことが考えられる。このように、濁水がアユに負の影響を与えることから、アユの放流種苗は、河川で濁りが発生した場合においても放流した漁場内に定着する個体や遡上する特性を持つ系統が望まれている。

濁水がアユに負の影響を及ぼすことが広く知られている²⁻⁴⁾一方で、濁りに強い特性を持つアユの系統開発について研究されている知見はない。これまでにアユの遡上行動や友釣りでの再捕率について、落水刺激に対して「とびはね行動」を示す種苗は、水路や天然河川で高い遡上率を示すこと⁵⁾、とびはね

率が高い種苗は、友釣りでの再捕率が高いことが報告されている⁶⁾。そこで、濁水下で流下しにくく、濁りに強いアユの新規系統の作出に向け、濁水下における「とびはね行動」¹⁾により選抜した個体群の実験水路での移動性や選抜効果を確認したため、報告する。

II 材料および方法

1 供試魚

群馬県水産試験場 (以下「群馬水試」という。) で2022年9月に採卵し養成したアユ種苗「江戸川系 ver. 2」を用いた。江戸川系 ver. 2は、2021年に冷水病耐性の高い江戸川系⁷⁾のメス(継代数10)と江戸川河口で採捕し養成したオスを交配した系統である⁸⁾。今回は、江戸川系 ver. 2のうち、2023年2月から3月にカオリン(関東化学株式会社製)濃度200 ppmの濁水下で、とびはね行動¹⁾により上流部へとびはねた個体(以下「とびはね選抜群」という。)と、無選抜の個体(以下「無選抜群」という。)を用いた。とびはね選抜群と無選抜群は、実験開始まで屋内飼育池(八角形50 t容)にて、水温15-20℃の井戸水で配合飼料を与えて養成した。

2 試験期間

2023年4月19日から6月9日の間に、実験水路におけるアユの移動比較試験を濁水条件下で6回、清

水条件下で4回行った。

3 実験水路

実験水路は、黒色のポリエチレン製 U 字溝 (0.5 × 2.2 × 水深 0.5 m) を五つ連結し、長さ 10.0 m、勾配 3 % の同じ実験水路を 2 基作成し、群馬水試の屋内飼育施設に設置した (図 1)。実験水路は、上流から順に 1 区から 9 区として 9 つに区分し、各区の仕切りには発砲スチロール建材を堰板として、1 m 間隔に設置した。堰板は左右で高さを変え、最高部分が 24 cm、最低部分を 7.5 cm とした (図 2)。さらに、堰板は左右を逆に配置し、河川のように水流を蛇行させた。また、水路内の水を循環させるため、実験水路最下流の 9 区から落ちた水をタライで受け、水中ポンプ (寺田ポンプ製作所 CX-400) で最上流部 (1 区の上流部) に汲み上げる構造にした。



図 1 実験水路 (図上部が上流側)



図 2 堰板 (発砲スチロール建材)

4 試験方法

本試験では、とびはね選抜群と無選抜群を識別するため、試験実施日の 2 日前に脂鰭切除による標識を施した。なお、今回の試験では、脂鰭切除の影響を考慮し、とびはね選抜群と無選抜群の両群で脂鰭切除を行った。標識魚は、二つの蓄養池 (6.9 × 1.3 × 水深 0.3 m) に分けて収容し、試験開始まで無給餌で飼育した。

試験当日、二つの実験水路内に水温 17°C の井戸水

を溜め、水中ポンプを用いて水路内の水を循環させた。二つの水路内には、新たに注水等を行わず、循環させた水を使用した。どちらの水路においても、清水条件下で行う場合は、井戸水をそのまま使用し、濁水条件下で行う際は、カオリン (関東化学株式会社製) を 200 ppm の濃度になるように加えた。なお、各水路にはデジタル水温計を設置し、試験開始時および試験終了時の水温を記録した。

次に、両水路の中央区 (5 区) に供試魚を同時に収容した。一つの水路には、脂鰭切除したとびはね選抜群と脂鰭を切除していない無選抜群をそれぞれ 50 尾ずつ、計 100 尾を収容した。他方の水路には、一つ目の水路と逆に、脂鰭切除していないとびはね選抜群と脂鰭切除した無選抜群をそれぞれ 50 尾ずつ、計 100 尾を収容した。各水路の中央区には、収容した供試魚が他の区に移動しないよう網目状のプラスチック製の仕切り (目合い 4 × 5 mm) を設けた。水路収容後は、供試魚を 1 時間水路内中央区の環境に馴致させた。馴致後は、仕切りを外し、6 時間経過後、水路各区 (1-9 区) の堰板に仕切りを設け、アユが他の区に移動しないようにした。その後、各区のアユを取り揚げて標識の有無を判別し、尾数を計数するとともに、とびはね選抜群と無選抜群をそれぞれ 20 尾ずつ、二つの水路で計 80 尾を無作為に選び、体重を測定した。

5 解析方法

本試験と同様の実験水路を用い、山下ら⁹⁾が清水時と濁水時におけるイワナ *Salvelinus leucomaenis* の移動比較を行った際に使用した、多項ロジスティックモデルの一種である比例オッズモデル¹⁰⁾を用いて解析を行った。本試験のとびはね選抜群と無選抜群の移動性は、実験水路の条件 (清水、濁水)、選抜の有無およびそれらの交互作用の影響を受けると仮定した。また、解析により得られた各条件の偏回帰係数から、以下の式によりオッズ比を求め、アユの移動傾向を比較した。

$$\text{オッズ比} = \exp(\text{偏回帰係数})$$

なお、偏回帰係数の基準は、実験水路の条件を清水、選抜の有無については無選抜群とした。また、解析時の実験水路の条件について、清水時が 0、濁水時が 1 の値、選抜の有無については、無選抜群が 0、と

びはね選抜群が1の値をとるカテゴリカル変数とした。解析時は、水路の1-3区を上流、4-6区を中流、7-9区を下流として評価した。統計解析には統計ソフトR(ver. 4.3.1)のライブラリ MASS および AER を用いた。なお、この解析において、有意水準を $\alpha=0.05$ とした。

III 結果

各回における試験開始時から試験終了時の実験水路内における水温は、清水時 18.1-29.3°C、濁水時 16.9-29.2°Cの範囲内であった。

供試魚に用いた、とびはね選抜群および無選抜群の試験実施日ごとの平均体重を表1に示した。

本試験中のアユの行動について、清水時と濁水時の両条件で、試験開始後にアユが水路内の区間を行き来する個体が確認された。また、今回の試験では、試験中にアユが水路から飛び出してしまうことがあった。飛び出た個体については移動状況が不明になってしまい、移動元の場所を確かめることができなかった。そのため、飛び出てしまった個体については、解析から除外した。その他の個体について、水路条件(濁水、清水)における、とびはね選抜群と無選抜群の移動状況の合計数を図3、その割合を表2に示した。また、各変数における偏回帰係数を表3に示した。

実験水路の条件(清水、濁水)と各群(とびはね選抜群、無選抜群)の移動状況について、清水時の場合、とびはね選抜群が上流(1-3区)に193尾、中流(4-6区)に144尾、下流(7-9区)に57尾移動し、無選抜群は上流に224尾、中流に111尾、下流に63尾移動した。濁水時では、とびはね選抜群が上流に168尾、中流に352尾、下流に79尾移動し、無選抜群は上流に191尾、中流に318尾、下流に93尾移動した(図3)。解析の結果から、実験水路の条件における偏回帰係数が有意であり($p < 0.05$)、清水時と濁水時の条件によってアユの移動性は異なることが認められた。オッズ比に注目すると、実験水路の条件のみの場合は0.44倍であり、清水時よりも濁水時の方が下流へ移動する傾向が見られた。一方、とびはね選抜群と無選抜群の選抜の有無のみの偏回帰係数からは、有意な差は認められなかった($p > 0.05$)。また、実験水路の条件およびそれら交互作用の偏回帰係数におい

ても、有意な差は認められなかった($p > 0.05$)。

IV 考察

試験実施日の天気と気温の影響を受け、実験水路内の水温が試験開始時から試験終了時にかけて上昇してしまうことが多かった。これまでの研究で急激な水温変化に対するアユの耐性および行動について、高水温の場合10°C以内まで耐えることができると考察されている¹¹⁾。今回の試験では、急激な水温変化はなく、水路に供試魚を収容してから約7時間の間に少しずつ水温が変化していったことから、アユの行動に多大な影響を与えていないと考えられた。

アユと濁りの関係について、濁水や懸濁物質がアユに負の影響を及ぼすことが確認されており¹²⁻¹³⁾、濁りはアユにストレスを与え¹⁴⁻¹⁶⁾、ストレスを受けたアユは生残率の低下や免疫力の低下を招くことが明らかになっている¹⁷⁾。また、本試験で使用したカオリン200 ppm以上の濃度は、アユに対して短時間においてもストレスを与え、ストレスラーとして作用することが報告されている¹⁴⁻¹⁶⁾。本試験では、選抜の有無に関係なく、清水時よりも濁水時の方が下流に移動する傾向がみられた。このことから、先行研究²⁻⁴⁾と同様に、濁水はアユの定着と遡上性を妨げることが示された。とびはね選抜群と無選抜群の選抜の有無のみの偏回帰係数からは、有意な差が認められなかった。また、実験水路の条件およびそれら交互作用の偏回帰係数においても同様に、有意差は認められなかった。このことから、今回の試験条件では、清水時と濁水時の両条件下において、とびはね選抜群と無選抜群の移動性に差はないことが示唆された。

選抜の有無による各群の移動性に有意差は認められなかったものの、とびはね選抜群および無選抜群の両方の個体群で、濁水時に下流へ移動した個体の割合は低く、中流に留まる、もしくは一部の個体が上流に移動する割合が高い傾向にあった。このことから、本試験で使用した「江戸川系 ver. 2」は、濁水時の河川において流下する個体は少なく、多くの個体が放流場所近辺に留まりやすい系統である可能性が考えられた。一方、本試験で用いた系統は、「江戸川系 ver. 2」のみであり、一系統内のみでの比較であった。群馬県で放流されているアユのうち、約6割が群馬水試で作出した「江戸川系 ver. 2」、残りの約4

割が他県産の系統である。今後は、県内河川に放流されている他系統の行動などとも比較していく必要があるだろう。

今回の試験では、清水時と濁水時の試験実施日の期間が空いてしまい、供試魚の平均体重に差異があった。このことから、今回の試験結果に体重の違いが少なくとも影響を及ぼした可能性も考えられるため、供試魚の状態についても注意を払う必要があることを今後の検討課題としたい。

本試験中に目視で確認されたアユの行動で、試験開始後にアユが上流から下流の間を行き来する個体が確認され、数時間経過すると一定場所に留まりやすい傾向があった。このような行動から、実河川で放流種苗の特性を確認する場合は、放流直後のアユの行動のみで種苗の性質や移動性を判断するのではなく、長期的な視点で観察していく必要があることも考えられた。

今回の実験水路と似た構造の階段式魚道を用いた遡上実験では、階段式魚道のプール水深の減少に伴ってアユの遡上率が高くなること¹⁸⁾やプールの底面傾斜が上流側に下り傾斜であるものがアユの遡上に最も適しているという報告がある¹⁹⁾。これらを踏まえ、本試験の結果においても、実験水路の勾配や構造など様々な条件の違いにより、水路内におけるアユの行動は異なる可能性があると考えられる。したがって、今後、このような実験水路を用いた試験を実施する際は、試験の時間設定や実験水路への収容尾数、水路の設計など改めて検討し、より実河川に近い条件の水路を用いて実験を行うことが必要であると考えられた。また、河川におけるアユの放流試験や濁りが発生しやすい地点での調査を踏まえ、新規系統の開発について検討していく必要があるだろう。

V 引用文献

- 1) 全国湖沼河川養殖研究会. アユの放流研究. アユの放流研究部会 昭和63年～平成2年度とりまとめ 1992: 11-16.
- 2) 坪井潤一, 芦澤晃彦, 熊田那央, 有馬智子, 阿部信一郎. 流下する砂礫が放流されたアユの定着におよぼす影響. 日本水産学会誌 2012; 78: 705-710.
- 3) 荒井真治, 宮本憲治, 丸山悟江. 土砂崩落に起因した濁水発生による生物影響把握について. 北陸地方整備局.
- 4) 宮川幸雄. 川が濁るとどのような行動をとるのでしょうか?. 国立研究開発法人 土木研究所 自然共生研究センター. https://www.pwri.go.jp/team/kyousei/jpn/research/m3_h26_5.htm.
- 5) 内田和男. アユの種苗性と遡下行動. 水産増殖 1990; 38: 210-211.
- 6) Tsukamoto K, Masuda S, Endo M, Otake T. Behavioural Characteristics of the Ayu, *Plecoglossus altivelis*, as Predictive Indices for Stocking Effectiveness in Rivers. *Nippon Suisan Gakkaishi* 1990; 56: 1177-1186.
- 7) 多様性を維持した冷水病耐性アユの作出. 平成24年度群馬県水産試験場業務報告. 群馬県水産試験場, 群馬. 2013; 20-22.
- 8) 戻し交配による新たなアユ系統の作出. 令和3年度群馬県水産試験場業務報告. 群馬県水産試験場, 群馬. 2022; 8.
- 9) 山下耕憲, 鈴木究真. 清水時と濁水時におけるイワナの半天然魚と養殖継代魚の移動性比較. 日本水産学会誌 2019; 85: 182-184.
- 10) 藤井良宜. 「Rで学ぶデータサイエンス1 カテゴリーカルデータ解析」(金明哲編). 共立出版, 東京. 2010.
- 11) 田中英樹, 阿久津崇, 清水延浩, 垣田誉志史, 鈴木究真, 久下敏宏. 人工アユの高温耐性. 群馬県水産試験場研究報告 2019; 25: 15-16.
- 12) 村岡敬子, 天野邦彦, 三輪準二. 濁水が魚に与える影響～高濃度の濁りの場合～. 土木技術の総合情報誌 2012; 54: 4.
- 13) 村岡敬子, 天野邦彦, 土居隆秀, 久保田仁志, 三輪準二. 高濃度濁水下におけるアユの生残率と懸濁物質の粒度組成の関係. 魚類学雑誌 2011; 58: 141-151.
- 14) 井口恵一郎, 安房田智司. 環境要因がアユの行動に与える影響の解析. 平成20～23年度漁場環境調査指針作成事業調査研究結果. 水産総合センター 中央水産研究所 2008-2011; 17-24.

- 15) 田中英樹, 鈴木究真, 星野勝弘, 松岡栄一. アユの冷水と濁水に対する移動性とストレス反応. 群馬県水産試験場研究報告 2014 ; **14** : 1-6.
- 16) 安房田智司, 武島弘彦, 鶴田哲也, 矢田崇, 井口恵一郎. 短時間・長時間の濁りに対するアユのストレス応答 2010 ; **58** : 425-427.
- 17) Iguchi K. Ogawa K. Nagae M. Ito F. The influence of rearing density on stress response and disease susceptibility of ayu. *Aquaculture* 2003 ; **14** : 515-523.
- 18) 鬼束幸樹, 秋山 寿一郎, 松田 孝一郎, 藏本更織, 野口翔平. 階段式魚道におけるプール水深がアユの遡上特性に及ぼす影響. 土木学会論文集G(環境) 2012; **68(6)** : 25-31.
- 19) 鬼束 幸樹, 秋山 寿一郎, 野口 翔平, 宍戸陽. 階段式魚道の底面傾斜がアユの遡上特性に及ぼす影響. 土木学会論文集G(環境) 2014; **70(6)** : 115-121.

表1 試験終了時のとびはね選抜群と無選抜群の平均体重

| 水路条件 | 系統 | 平均体重(g) ± 標準偏差 | | | | | |
|------|-------|----------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | | 1回目 | 2回目 | 3回目 | 4回目 | 5回目 | 6回目 |
| 清水 | とびはね群 | 11.2 ± 1.3 | 11.3 ± 1.6 | 16.6 ± 1.7 | 16.9 ± 1.9 | 未実施 | 未実施 |
| | 無選抜群 | 11.0 ± 1.4 | 10.5 ± 2.0 | 16.8 ± 2.5 | 16.3 ± 2.2 | 未実施 | 未実施 |
| 濁水 | とびはね群 | 8.6 ± 1.3 | 8.6 ± 0.9 | 8.3 ± 1.2 | 8.2 ± 1.1 | 11.6 ± 1.3 | 11.0 ± 1.4 |
| | 無選抜群 | 8.2 ± 1.2 | 8.4 ± 0.9 | 8.0 ± 1.0 | 7.9 ± 1.2 | 11.8 ± 1.4 | 11.2 ± 1.5 |

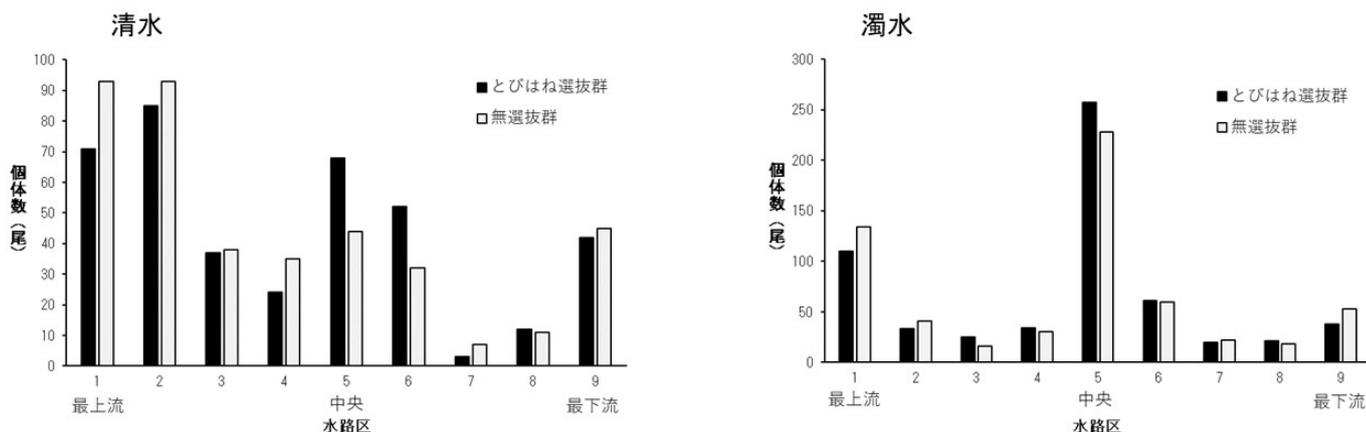


図3 水路条件(清水, 濁水)における各群の移動状況の合計数

表2 各系統における清水時4回と濁水時6回の水路内個体数の割合

| 水路条件 | 系統 | 個体数の割合(%) | | |
|------|-------|-----------|------|------|
| | | 上流 | 中流 | 下流 |
| 清水 | とびはね群 | 48.9 | 36.6 | 14.5 |
| | 無選抜群 | 56.2 | 27.9 | 15.9 |
| 濁水 | とびはね群 | 28.0 | 58.8 | 13.2 |
| | 無選抜群 | 31.7 | 52.8 | 15.5 |

表3 水路の条件(清水;濁水), 選抜の有無(無選抜群, 0;とびはね選抜群, 1), およびそれら交互の作用の影響について, 比例オッズモデルから得られた偏回帰係数, 切片, オッズ比, Z値, およびp値

| | | 推定値 | 標準誤差 | オッズ比 | Z値 | p値 |
|----|---------|-------|------|------|--------|------|
| 係数 | 水路条件 | -0.80 | 0.13 | 0.44 | -6.31 | 0.00 |
| | 系統 | -0.24 | 0.14 | 0.78 | -1.69 | 0.09 |
| | 水路条件×系統 | 0.19 | 0.18 | 1.21 | 1.05 | 0.29 |
| 切片 | 下流/中流 | -2.37 | 0.12 | - | -20.37 | 0.00 |
| | 中流/上流 | -0.11 | 0.10 | - | -1.04 | 0.30 |

マス類の高付加価値化研究

酒粕およびリンゴジュース副産物添加飼料の有効性

井下 眞・神澤 裕平・星野 勝弘・新井 肇・山下 耕憲*

要旨

魚類養殖において、地域の特産品やその加工副産物を添加した飼料を与えたブランド魚の開発は、全国各地で盛んに取り組まれている。本試験では、群馬県内で生産された日本酒およびリンゴジュースの副産物を飼料に添加し、ニジマスに給餌して飼育試験を実施したところ、通常飼料と遜色なく成長した。また、食味試験を実施したところ、生食では食べておいしいのは通常飼料を給餌したニジマスとの回答が多く、焼成では各試験区の違いはなかった。

I 緒言

近年、養殖魚におけるブランド開発は、市場価値や生産者収入の向上を目指し、全国各地で盛んに取り組まれている¹⁻⁷⁾。特に、地域特産の農産物や加工品、製造工程で発生する副産物を飼料に添加したブランド魚は、ブリやカンパチ、マダイなどの海産魚を中心に様々な種類が生産されている²⁻⁷⁾。ニジマス *Oncorhynchus mykiss* においても、ブドウの搾り滓やレモン、オリーブなど多様な原料を使用したブランド魚がすでに開発されている^{2, 3)}。

群馬県の北部に位置する利根沼田地域では、米やリンゴなどの農産物の栽培が盛んであり、これらを利用した加工品が生産されている。そこで、本試験では、群馬県水産試験場川場養魚センター（以下「川場養魚センター」という。）で飼育しているニジマスを供試魚とし、群馬県利根郡川場村で生産されている日本酒およびリンゴジュースの製造過程で発生した副産物（以下「酒粕」、「リンゴ副産物」という。）を添加した飼料を用いて給餌試験を実施した。また、飼育したニジマスの肉質について評価するため食味試験を実施し、これらの副産物の利用可能性について検討した。

II 材料および方法

1 飼育試験

(1) 供試魚

川場養魚センターで飼育しているニジマス（平均体重300 g）を用いた。

(2) 試験期間

期間は、2022年3月28日から2022年7月19日までの16週間とした。

(3) 試験区

試験区として、酒粕を添加した飼料を給餌する「酒粕区」、リンゴ副産物を添加した飼料を給餌する「リンゴ区」、小麦粉を添加した飼料を給餌する「通常飼料区」を設け、各試験区に50尾ずつ収容した。

(4) 試験池

試験池は、すべての試験区が隣接した1.0×3.6×水深0.5 mのコンクリート製屋外池を使用した。飼育水は、水温約12℃の湧水を使用した。

(5) 添加飼料

飼料は、にじます育成用4.5P（表1、株式会社科学飼料研究所）をベースとし、試験区ごとに酒粕、リンゴ副産物、小麦粉を重量の10%分添加した。なお、酒粕およ

* 国立研究開発法人 水産研究・教育機構 水産技術研究所

びリンゴ副産物には、日本酒およびリンゴジュースを生産する過程で発生する搾りかすを使用した。添加後の飼料は水分を多く含むため、カビが発生しないように-30℃で冷凍保存し、給餌の際は冷凍のまま与えた。

表 1 飼料の成分および原材料組成

| 成分 | 割合 |
|---------|----------|
| 粗タンパク質 | 45.0% 以上 |
| 粗脂肪 | 6.0% 以上 |
| 粗繊維 | 3.0% 以上 |
| 粗灰分 | 15.0% 以上 |
| カルシウム | 1.6% 以上 |
| リン | 1.2% 以上 |
| 原材料 | |
| 動物質性飼料 | 54.0% |
| 穀類 | 32.0% |
| 植物性油かす類 | 10.0% |
| そうこう類 | 3.0% |
| その他 | 1.0% |

(6) 給餌方法

給餌量は、川場養魚センターで慣行的に飼育している他のニジマスと同等の割合（飼育魚総重量の1.1～1.4%）とし、体重測定時に計量した総重量をもとに補正した。給餌方法は、月曜日から金曜日まで手撒き給餌とし、土曜日および日曜日、魚体測定の前日は無給餌とした。

(7) 体重測定

試験を開始した2022年3月28日、8週間後の2022年5月23日、16週間後の2022年7月19日に実施し、すべての個体を取り揚げて総重量を計測した。

2 食味試験

(1) 供試魚

各試験区から無作為にサンプリングし、供試魚とした。

(2) サンプル調整

供試魚の内臓と頭部を除去し、三枚におろした半身を1サンプルとした。

(3) 試験条件

試験は、生食および焼成での試食とした。パネリストは、群馬県水産試験場の職員およびその親族、県内養殖業者とした。なお、一部のパネリストは、当日中にサンプルを提供できなかったため、真空パックして-30℃で冷凍保存したサンプルを後日提供した。アンケート項目は表3、4の質問内容とし、集計結果は、有意水準を $\alpha = 0.05$ としたカイ二乗検定によって解析した。なお、無回答および複数回答があった場合は、無効として集計から除外した。

III 結果および考察

1 飼育試験

各試験区の飼育成績を表2に示した。すべての試験区で8週間後および16週間後の平均体重は同程度であった。飼料にブドウ搾り滓や酒粕を添加した研究事例では、魚種によっては飼育成績に差異が生じていることから^{2, 6, 7)}、今後、飼育尾数や試験回数を増やして詳細に検討する必要がある。また、摂餌についてはどの試験区も良好であり、残餌はほとんど発生しなかった。魚種や副産物の添加割合によっては摂餌が消極的になることが報告されており^{2, 6)}、同種のニジマスであっても系統や飼育環境などで添加可能な副産物の上限が変わる可能性がある。そのため、副産物の効果を明確にするには、魚種や系統、飼育方法に合わせて添加する割合を検討する必要がある。

2 食味試験

結果を表3および表4に示した。試験に参加したパネリストは、生食で52名、焼成で19名であった。生食において、食べておいしいのは通常飼料区であるという結果となった（表3, $p < 0.05$ ）。通常飼料区と酒粕区を比較すると、回答数の差は7であったが、リンゴ区は通常飼料区と比較して15の差があった。差が生じた要因として、パネリストから「日頃から食べている味である」という意見が複数名から得られたことから、食べ慣れたニジマスとより近い飼料で飼育された通常飼料区をおいしいと感じたと推察される。また、焼成では、すべての質問で差は生じなかった（表4, $p > 0.05$ ）。なお、有意な差はないものの、肉の軟らかさにおいてリン

表2 各試験区の飼育成績

| | 酒粕区 | | | リンゴ区 | | | 通常飼料区 | | |
|----------------|-----------|-------------|-------------|-----------|-------------|-------------|-----------|-------------|-------------|
| | 尾数 (尾) | 平均体重 (g) | 総重量 (kg) | 尾数 (尾) | 平均体重 (g) | 総重量 (kg) | 尾数 (尾) | 平均体重 (g) | 総重量 (kg) |
| 2022年3月28日(0週) | 50 | 300.0 | 15.0 | 50 | 300.0 | 15.0 | 50 | 298.4 | 14.9 |
| 5月23日(8週) | 50 | 373.2 | 18.7 | 50 | 378.8 | 18.9 | 50 | 377.6 | 18.9 |
| 7月19日(16週) | 50 | 444.8 | 22.2 | 49 | 453.9 | 22.2 | 50 | 451.6 | 22.6 |

表3 食味試験の質問内容と回答者数(生食, n=52)

| 質問内容 | 有効回答率 (%) | 酒粕区 | リンゴ区 | 通常飼料区 | |
|----------------|-----------|-----|------|-------|---|
| 肉の色がよいのはどれですか | 100.0 | 17 | 16 | 19 | |
| 肉が軟らかいのはどれですか | 100.0 | 18 | 17 | 17 | |
| 肉に臭みがないのはどれですか | 94.2 | 15 | 15 | 19 | |
| 脂があるのはどれですか | 94.2 | 16 | 16 | 17 | |
| 食べておいしいのはどれですか | 96.2 | 17 | 9 | 24 | * |

*カイ二乗検定 ($p > 0.05$)

表4 食味試験の質問内容と回答者数(焼成, n=19)

| 質問内容 | 有効回答率 (%) | 酒粕区 | リンゴ区 | 通常飼料区 |
|----------------|-----------|-----|------|-------|
| 肉の色がよいのはどれですか | 100.0 | 4 | 6 | 9 |
| 肉が軟らかいのはどれですか | 100.0 | 4 | 10 | 5 |
| 肉に臭みがないのはどれですか | 89.5 | 6 | 8 | 3 |
| 脂があるのはどれですか | 94.7 | 7 | 7 | 4 |
| 食べておいしいのはどれですか | 100.0 | 3 | 7 | 9 |

*カイ二乗検定 ($p > 0.05$)

ゴ区の回答数が多い傾向が見られたことから、要因は不明だが加熱した際の肉質に影響がある可能性が考えられる。加えて、一部のパネリストから、酒粕区のサンプルから「酒の香りを感じた」と意見があったことから、香り成分への影響も考えられる。

酒粕を飼料に添加した例として、サバやウマヅラハギ、アユで行われており、特にアユではグリシンやアラニン(甘味)、リジン(苦味)などの遊離アミノ酸が増加する可能性が示唆されていることから^{6,8)}、ニジマスにおいても同様に遊離アミノ酸が増加する可能性がある。一方で、先行研究における酒粕の給餌割合は、乾燥重量で全体の10~20%であることから^{6,7)}、より顕著な効果を得るためには酒粕の給餌割合が多くなるように給餌方法を検討する必要がある。

本試験では、酒粕およびリンゴ副産物を添加した飼

料による肉質や食味への効果を明確に抽出することができなかったものの、肉の軟らかさや香り成分など異なる指標での評価の可能性を見出すことができた。今後は、適切な給餌方法や給餌割合を突き詰め、遊離アミノ酸や香り成分、物理的条件を測定するなど、様々な側面から差別化できる条件を検討する必要がある。

IV 謝辞

本試験の実施にあたり、飼料の調整および提供いただいた株式会社科学飼料研究所の皆様、また、酒粕を提供いただいた永井酒造株式会社およびリンゴ副産物を提供いただいたJA利根沼田の皆様へ深く感謝申し上げます。

V 引用文献

- 1) 東谷福太郎. 魚類養殖および畜養に関する広島県の取組内容の紹介. 日本水産学会誌 2019; **85(2)**: 197.
- 2) 名倉淳. ブドウ搾り滓を利用した新ブランド魚の開発. 山梨県水産技術センター業務報告 2013; **40**: 5-7.
- 3) 河田幸視. フルーツ魚の現状と動向. 生駒経済論叢, 2018; **16(2)**: 77-117.
- 4) 深田陽久, 大山憲一, 山下浩史, 木藪仁和. フルーツ魚の開発. 海洋と生物 2016; **226**: 601-611.
- 5) 深田陽久. 柑橘類を用いた新しい養殖ブリ（香るブリ）の開発. 日本水産学会誌 2015; **81(5)**: 796-798.
- 6) 白木信彦, 木原浩志, 松尾圭司. やまぐちほろ酔い養殖業推進事業. 令和2年度山口県水産研究センター事業報告. 2022; 24-25.
- 7) 白木信彦, 柿並宏明, 松尾圭司. やまぐちほろ酔い養殖業推進事業. 令和3年度山口県水産研究センター事業報告. 2024; 12-13.
- 8) 二宮恒彦. アミノ酸の呈味に関する研究. 調理科学 1968; **1(4)**: 185-197.

マス類の味上げ試験－Ⅰ

大型マス類の短時間・高塩分処理試験

井下 眞・神澤 裕平・星野 勝弘・新井 肇・山下 耕憲*

要旨

魚類を一時的に塩水畜養することでうま味成分を含む遊離アミノ酸量が増加する、いわゆる味上げ効果について、効果が表れるまでに24時間以上の長時間の畜養を要することから、より短時間で処理できる手法の開発は現場へ普及にとって重要な課題である。そこで、体重1 kg前後まで養成した大型ニジマスおよびヤマメを用いて短時間・高塩分の味上げ試験を実施した。その結果、対照区と味上げ処理区で一般成分に相違はなかったが、食味試験においてニジマス、ヤマメともに味上げ処理区は肉が柔らかく、ヤマメでは味上げ処理区でより塩味を感じたとの回答が多かった。

I 緒言

近年の全国的なマス類のブランド化戦略により、多種多様なブランドマスが誕生しており¹⁾、ブランド間での差別化が課題となっている。そんな中、低塩分または淡水環境で飼育した魚類を一時的により高い塩分環境で畜養すること（以下「味上げ処理」という。）で、筋肉中でうまみ成分である遊離アミノ酸が増加する、いわゆる味上げ効果が確認されている²⁾。しかしながら、一般的な味上げ処理は24時間～数日にわたることが多く³⁻⁵⁾、注文が入ってから生産者が対応する場合には時間のずれが生じることから、現場普及の障害となる可能性がある。そこで、本研究では群馬県水産試験場川場養魚センター（以下「川場養魚センター」という。）で飼育しているニジマス *Oncorhynchus mykiss* およびヤマメ *Oncorhynchus masou* を短時間・高塩分で味上げ処理し、肉質分析および食味試験を実施した。

II 材料および方法

1 肉質分析

(1) 供試魚

川場養魚センターで飼育しているニジマス（平均体重953 g）5尾およびヤマメ（平均体重897 g）4尾を用いた。

(2) 試験期間

ヤマメは2022年8月31日、ニジマスは2023年1月24日に試験を実施した。

(3) 試験区

試験区は、味上げ処理区および同じ時間淡水中で畜養する対照区を1区ずつ設けた。

(4) 試験水槽

容量が75 Lのポリエチレン製容器を試験水槽として使用した。飼育水には、水温約12℃の湧水を使用し、各区に50 Lずつ貯水した。なお、試験中はエアレーションを用いて通気した。

(5) 試験条件

味上げ処理区にはソーラソルト砕粒（日清製塩株式会社）を使用し、塩分濃度が5%になるように添加した。

* 国立研究開発法人 水産研究・教育機構 水産技術研究所

供試魚をそれぞれの試験水槽に収容し、30分または60分後に取り上げて魚体測定（全長，体長，体重）した。各個体を三枚におろした後，皮と骨を除去した筋肉をサンプルとし，一般成分（水分，タンパク質，脂質，炭水化物，灰分，ナトリウム，エネルギー）を分析した。また，味上げ処理による血清浸透圧の上昇にともない，筋肉中の遊離アミノ酸の増加が報告されていることから²⁾，効果判定の指標として，各個体の尾柄部から注射器を用いて採血した血液を翌日まで4℃で冷蔵保存し，遠心分離（4℃，10,000 rpm，1分）して得られた血清の浸透圧を測定した。

2 食味試験

(1) 供試魚

川場養魚センターで飼育しているニジマス（平均体重1,016 g）およびヤマメ（平均体重782 g）を用いた。

(2) 試験期間

ヤマメは2022年8月31日，ニジマスは2023年2月27日に実施した。

(3) 試験区

試験区は，味上げ処理区および同じ時間淡水中で畜養する対照区を1区ずつ設けた。

(4) 試験水槽

肉質分析と同様の水槽を利用した。

(5) 試験条件

味上げ処理区の設定および条件は肉質分析と同様とした。なお，食味試験は，群馬県水産試験場職員およびその家族25名をパネリストとした。サンプルは生食で提供し，パネリストは，味上げ処理区と対照区の判別ができない状態で試食した。各パネリストから得られた回答は，優位水準を $\alpha = 0.05$ とした二項検定の両側検定によって比較した。また，肉質分析と同様に，採血した各個体の血清浸透圧を測定した。

III 結果および考察

1 肉質分析

表1に供試魚の平均体サイズと血清浸透圧について示した。また，表2に一般成分分析の結果を示した。

一般成分について，味上げ処理区と対照区の間で差はなかった。特に，過去の報告で味上げ処理されたニジ

マスにおいて筋肉中の水分含量が減少するという結果が示されたが²⁾，本試験では，ニジマスは味上げ処理区75.3 g/100 g，対照区76.1 g/100 g，ヤマメは味上げ処理区72.8 g/100 g，対照区72.7 g/100 gとその差はごくわずかであった。また，ベステルチョウザメ（オオチョウザメ*Huso huso*とコチョウザメ*Acipenser ruthenus*の交雑種）では味上げ処理によって脂質の増加が示されている³⁾。本試験では，ニジマスは味上げ処理区2.0 g/100 g，対照区1.5 g/100 gとわずかに増加していたものの，ヤマメは味上げ処理区4.7 g/100 g，対照区5.1 g/100 gとむしろ減少していた。一方で，血清浸透圧については，ニジマスは味上げ処理区616 mOsm，対照区330 mOsmであり，ヤマメは味上げ処理区463 mOsm，対照区334 mOsmと顕著な差が生じた。

以上から，味上げ処理30～60分ほどの短時間では，血清浸透圧が上昇していても筋肉中の水分量および脂質量に変化が表れるには不十分であり，いずれの魚種も味上げ効果は認められなかった。

本試験では，高塩分かつ短時間の味上げ処理で効果を検証したが，高塩分であっても筋肉中の成分へ作用するまでにはより長い時間をかけた味上げ処理が必要であると推察される。また，取り揚げ時には味上げ処理区のニジマスおよびヤマメは瀕死または死亡していたため，長時間の味上げ処理をするためには，取り揚げ時まで生存でき，効果を最大化できる適切な塩分濃度，処理時間および供試魚のサイズなどを検討する必要がある。

表1 供試魚の体サイズと血清浸透圧（平均値）

| | 全長 (cm) | 体長 (cm) | 体重 (g) | 血清浸透圧 (mOsm) |
|--------|------------|------------|-----------|-----------------|
| ヤマメ | | | | |
| 味上げ処理区 | 40.9 | 35.8 | 799 | 467 |
| 対照区 | 42.5 | 37.6 | 996 | 330 |
| ニジマス | | | | |
| 味上げ処理区 | 45.0 | 40.5 | 959 | 616 |
| 対照区 | 45.2 | 40.2 | 948 | 330 |

2 食味試験

供試魚の体サイズおよび血清浸透圧を表3に示した。また，食味試験の結果を表4，5に示した。

表2 一般成分分析結果 (平均値)

| | 水分 (g/100g) | タンパク質 (g/100g) | 脂質 (g/100g) | 炭水化物 (g/100g) | 灰分 (g/100g) | ナトリウム (mg/100g) | 食塩相当量 (g/100g) | エネルギー (Kcal/100g) |
|--------|----------------|-------------------|----------------|------------------|----------------|--------------------|-------------------|----------------------|
| ヤマメ | | | | | | | | |
| 味上げ処理区 | 72.8 | 21.1 | 4.7 | 0.1 | 1.4 | 70.5 | 0.179 | 126 |
| 対照区 | 72.7 | 20.7 | 5.1 | 0.1 | 1.5 | 60.8 | 0.154 | 129 |
| ニジマス | | | | | | | | |
| 味上げ処理区 | 75.3 | 21.5 | 2.0 | 0.0 | 1.2 | 70.0 | 0.177 | 104 |
| 対照区 | 76.1 | 21.0 | 1.5 | 0.1 | 1.4 | 69.0 | 0.175 | 98 |

表3 供試魚の体サイズと血清浸透圧 (平均値)

| | 全長 (cm) | 体長 (cm) | 体重 (g) | 血清浸透圧 (mOsm) |
|--------|------------|------------|-----------|-----------------|
| ヤマメ | | | | |
| 味上げ処理区 | 39.4 | 34.3 | 740 | 459 |
| 対照区 | 41.3 | 35.8 | 825 | 338 |
| ニジマス | | | | |
| 味上げ処理区 | 45.1 | 40.4 | 992 | nd |
| 対照区 | 45.6 | 41.0 | 1,041 | nd |

ヤマメでは、味上げ処理区は肉が柔らかく ($p < 0.05$)、塩味を感じる ($p < 0.05$) との回答が多かった。また、ニジマスでは、対照区は肉の色がよく ($p < 0.05$)、味上げ処理区は肉が柔らかい ($p < 0.05$) との回答が多かった。

生食における魚肉の硬さは、筋肉中の筋繊維およびコラーゲンなどの結合組織の構造や含有量に左右され^{7, 8)}、塩分にさらすなどの処理によって、筋繊維や結合組織を構成するタンパク質が変性および収縮させると、肉質は柔らかくなる^{7, 9-11)}。塩分で処理した魚肉についての研究は、切り身やすり身など筋肉に直接処理をしているものが多く、単純に当てはめることはできないものの、生存中に処理した場合でも同様に肉質へ影響

が生じていたと推察された。

味上げ処理区の子ヤマメにおいて、より塩味を感じたという結果については、味上げ処理区と対照区でナトリウム含有量の差はほとんどなく、すべてが食塩として魚肉中に存在していた場合であっても両区ともに塩味として感知できる閾値を下回っていることから¹²⁾、アミノ酸やペプチド化合物などの塩味に装飾効果のある成分に差異が生じていた可能性がある¹³⁾。

また、味上げ処理区の子ニジマスが対照区より肉の色がよくないという結果については、要因は不明であるが、味上げ処理したニジマスは筋肉表面の赤色が薄くなっていたため、ニジマスらしい肉の色ではなかったためと考えられた。

3 まとめ

本試験では、短時間かつ高塩分の味上げ処理した魚肉の塩味に違いがあったことから、構成するタンパク質やアミノ酸などに変化があった可能性はあるものの、一般成分分析の結果からは対照区との差異を見出すことができず、味上げ効果を認めることはできなかった。一方で、短時間の味上げ処理の副次的な作用として、肉質を柔らかくする可能性が示された。

表4 食味試験の質問内容と回答数 (ヤマメ)

| 質問内容 | 味上げ処理区 | 対照区 |
|-----------------|--------|-----|
| 肉の色がよいのはどちらですか | 8 | 17 |
| 肉が軟らかいのはどちらですか | 19 | 6 * |
| 肉に臭みがないのはどちらですか | 15 | 10 |
| うまみを感じるのはどちらですか | 15 | 10 |
| 食べておいしいのはどちらですか | 15 | 10 |
| 塩味は感じますか | 15 | 4 * |

* $p < 0.05$

表5 食味試験の質問内容と回答数（ニジマス）

| 質問内容 | 味上げ処理区 | 対照区 | |
|-----------------|--------|-----|---|
| 肉の色がよいのはどちらですか | 6 | 19 | * |
| 肉が軟らかいのはどちらですか | 18 | 7 | * |
| 肉に臭みがないのはどちらですか | 10 | 15 | |
| うまみを感じるのはどちらですか | 11 | 14 | |
| 食べておいしいのはどちらですか | 15 | 10 | |
| 塩味は感じますか | 10 | 9 | |

* $p < 0.05$

IV 謝辞

本試験の実施にあたり、東京大学大学院農学生命科学研究科の金子豊二教授にご助言とご指導を頂いた。また、東京大学大学院農学生命科学研究科の井ノ口繭助教には血清浸透圧濃度の測定をして頂いた。両氏に厚く御礼申し上げます。

V 引用文献

- 1) 国内のブランドサケマス養殖地図. にじます. 全国養鱒振興協会 2021; **101**: 6-7.
- 2) 金子豊二. 魚類の浸透圧調節研究とマス類養殖への実践的展開. 第44回全国養鱒技術協議会要録. 2020; 86-91.
- 3) 稲野俊直, 寺山誠人, 小金丸隆, 鳥越正男, 西田司, 村田寿, 鶴雄二, 巻口孝義, 林雅弘, 幡手英雄. ベステルの肉質改良試験. 宮崎県水産試験場事業報告. 2002; 222-228.
- 4) 野口勝明. 温泉水を用いた閉鎖循環型トラフグ養殖システムの開発. 日本水産学会誌 2017; **83(5)**: 750-753.
- 5) 石原学, 小堀功男. プレミアムアユ開発試験—塩水処理による食味向上試験—, 栃木県水産試験場研究報告 2019; **62**: 7-8.
- 6) 畑江敬子, 飛松聡子, 竹山まゆみ, 松元重一郎. 魚肉の物性とその魚種差に対する結合組織の寄与. 日本水産学会誌 1986; **52(11)**: 2001-2007
- 7) 小長谷史郎. 第8章 水産物の組織学的特性. 「水産利用原料」(野中順三九編) 恒星社厚生閣. 1987; 141-162.
- 8) Hatae K, Yoshimatsu F, Matsumoto J. Discriminative Characterization of Different Texture Profiles of Various Cooked Fish Muscles. *J Food Sci.* 1984; **49(3)**: 721-726.
- 9) Andersen UB, Thomassen MS, Rørå AMB. Texture Properties of Farmed Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*): Effects of Diet, Muscle Fat Content and Time of Storage on Ice. *J SCI FOOD AGR.* 1997; **74(3)**: 347-353.
- 10) Taylor R, Fjaera S, Skjervold P. Salmon Fillet Texture is Determined by Myofiber-Myofiber and Myofiber-Myocommata Attachment. *J Food Sci.* 2006; **67(6)**. 2067-2071.
- 11) Thorarinsdottir KA, Arason S, Sigurgisladottir S, Gunnlaugsson VN, Johannsdottir J, Tornberg E. The effects of salt-curing and salting procedures on the microstructure of cod (*Gadus morhua*) muscle. *Food Chem.* 2011; **126(1)**: 109-15.
- 12) 石田賢吾. 食塩の概要と減塩調味料(業界の動向). JAS情報 2012; **47(1)**: 3-7.
- 13) 神田祐輔. 天然素材による塩味感受性の変化(総説特集: 「減塩食品の開発とうま味」). 日本味と匂学会誌 2018; **25(2)**: 109-115.

マス類の味上げ試験－Ⅱ

大型マス類の長時間浸漬試験

井下 真・星野 勝弘・新井 肇・山下 耕憲*

要旨

魚類を一時的に塩水畜養することでうま味成分を含む遊離アミノ酸量が増加する、いわゆる味上げについて、大型のニジマスを対象とした知見は少なく、味上げに要する塩分濃度や処理時間は不明である。そこで、大型ニジマスを用いて長時間の味上げ処理を実施したところ、特定の条件で対照区と味上げ処理区で遊離アミノ酸の成分に相違が見られた。また、一定の塩分濃度で塩水浸漬した際の血清浸透圧の経時的変化を計測したところ、48時間後に最大となった。

I 緒言

味上げは、低塩分または淡水環境で飼育した魚類を一時的に塩分環境で畜養することで、筋肉中でうまみ成分を含む遊離アミノ酸を増加させる手法である¹⁾。味上げの効果が報告されている魚類は、淡水から1～1.5%の低塩分あるいは0.9～3.5%の海水と同程度の塩分に6～24時間程度浸漬することで効果が得られるとされている²⁻⁴⁾。ニジマス*Oncorhynchus mykiss*では、体重200 gほどの個体であれば、80%海水中で24時間後に筋肉中の遊離アミノ酸含量が最大なることが示されている¹⁾。一方で、生食で提供されるような体重1 kgを超える大型個体では、塩分濃度2.8%・6時間では味上げの効果は確認されておらず⁵⁾、200 gのニジマスと同程度あるいはそれ以上の時間の浸漬が必要であることが予想される。そこで、群馬県水産試験場川場養魚センター（以下「川場養魚センター」という。）で飼育しているニジマスを24時間以上塩水浸漬し、肉質分析を実施した。また、塩水浸漬中の血清浸透圧の経時的変化を分析した。

II 材料および方法

1 味上げ処理

(1) 供試魚

川場養魚センターで飼育しているニジマス（平均体重1,048 g）を用いた。

(2) 試験期間

試験は、2024年2月25日に実施した。

(3) 試験区

試験区は、塩水畜養をする味上げ処理区、同じ時間淡水中で畜養する対照区を1区ずつ設けた。

(4) 試験水槽

容量が250 Lの活魚輸送用タンク（ポリエチレン製）を試験水槽として使用した。飼育水には、水温約12℃の湧水を使用し、各区に200 Lずつ貯水した。なお、試験中はエアレーションを用いて通気した。

(5) 試験条件

味上げ処理区には、ソーラソルト砕粒（日清製塩株式会社）を使用し、塩化カリウムおよび塩化カルシウムをそれぞれ10 mM加え、塩分濃度が2.5%になるように調整した。各区とも3尾ずつ収容し、48時間後に取り上げて魚体測定（全長、体長、体重）した。各個体を三枚に

* 国立研究開発法人 水産研究・教育機構 水産技術研究所

おろした後、皮と骨を除去した筋肉をサンプルとし、一般成分（水分、タンパク質、脂質、炭水化物、灰分、ナトリウム、エネルギー）および遊離アミノ酸含量を分析した。また、塩水浸漬による血清浸透圧の上昇にともない、筋肉中の遊離アミノ酸の増加が報告されていることから¹⁾、効果判定の指標として、各個体の尾柄部から注射器を用いて採血した血液を翌日まで4℃で冷蔵保存し、遠心分離（4℃、10,000 rpm、1分）して得られた血清の浸透圧を測定した。

2 血清浸透圧の経時的変化

(1) 供試魚

川場養魚センターで飼育しているニジマス（平均体重1,095 g）を用いた。

(2) 試験期間

試験は、2024年4月2日に実施した。

(3) 試験区

試験区は、味上げ処理区のみとした。

(4) 試験水槽

肉質分析と同様水槽を利用し、収容尾数が多かったため、水槽は2つ使用した。

(5) 試験条件

ソーラソルト砕粒（日清製塩株式会社）を使用し、塩化カリウムおよび塩化カルシウムをそれぞれ10 mM加え、塩分濃度が2.0%になるように調整した。各水槽に7～8尾ずつ収容し、塩水浸漬開始から0, 6, 12, 24, 48, 72時間後に3尾ずつ取り上げて魚体測定（全長、体長、体重）した。また、肉質分析と同様に各個体から採血して血清浸透圧を測定した。

Ⅲ 結果と考察

1 味上げ処理

供試魚の魚体サイズおよび血清浸透圧を表1に示した。また、一般成分分析および遊離アミノ酸含量の分析結果を表2, 3に示した。

対照区はすべての個体が生存していたが、味上げ処理区のID 2, 3の個体は、取り揚げ時に死亡しており、また、ID 2の個体では採血したサンプルを紛失してしまったため、データが得られなかった。

味上げ処理区の血清浸透圧は436～578 mOsmであり、

対照区の306～316 mOsmと比較して約1.6倍であった。特に、味上げ処理区では死亡していた個体の浸透圧が高い値となっており、処理時間が同じであっても、生存しているかどうかで血清浸透圧の値に影響があると考えられる。

一般成分分析の結果、味上げ処理区は対照区よりも水分量が平均3.7 g/100 g少なく、タンパク質量は平均4.0 g/100 g多かった。また、味上げ処理区の遊離アミノ酸含量は全体で274.7 mg/100 gであり、対照区の238.3 mg/100 gよりも約15%多い結果となった。特に、過去の報告¹⁾で確認されているヒスチジン、グリシン、アラニンの含量が味上げ処理区で約13～45%多くなっており、味上げ効果が表れたものと考えられる。一方で、うまみ成分として知られるグルタミン酸の含量が味上げ処理区は約30%低くなっており、食味への影響が懸念される。また、検体数が少数であるため、明確な傾向とは言えないが、同じ味上げ処理区であっても、取り揚げ時に生存していた個体と死亡していた個体で遊離アミノ酸全体の含量やグリシン、ヒスチジン、アラニン、グルタミン酸などで数値に差があることから、今後、取り揚げ時の生存状況等にも留意する必要がある。

表1 供試魚の体サイズおよび血清浸透圧

| | ID | 全長 (cm) | 体長 (cm) | 体重 (g) | 血清浸透圧 (mOsm) |
|--------|----|------------|------------|-----------|-----------------|
| 味上げ処理区 | 1 | 46.4 | 42.1 | 1,190 | 436 |
| | 2 | 44.4 | 40.2 | 1,090 | nd |
| | 3 | 41.4 | 37.6 | 768 | 578 |
| | 平均 | 44.1 | 40.0 | 1,016 | 507 |
| 対照区 | 1 | 44.6 | 40.6 | 1,036 | 316 |
| | 2 | 46.5 | 41.1 | 1,132 | 306 |
| | 3 | 44.4 | 40.4 | 1,072 | 313 |
| | 平均 | 45.7 | 40.7 | 1,080 | 312 |

2 血清浸透圧の経時的変化

表4に供試魚の魚体サイズと血清浸透圧を示した。浸漬6時間後にはすでに血清浸透圧が約10 mOsm上昇し、その後浸漬24時間後まではほぼ横ばいであった。最大となったのは浸漬48時間後の341 mOsmであり、浸漬72時間後になると大きく減少し、312 mOsmとなった。平均体重が200 gのニジマスでは、80%海水に浸漬した際、

表2 一般成分分析結果

| ID | 水分 (g/100g) | タンパク質 (g/100g) | 脂質 (g/100g) | 炭水化物 (g/100g) | 灰分 (g/100g) | ナトリウム (mg/100g) | 食塩相当量 (g/100g) | エネルギー (Kcal/100g) |
|--------|----------------|-------------------|----------------|------------------|----------------|--------------------|-------------------|----------------------|
| 味上げ処理区 | | | | | | | | |
| 1 | 70.6 | 25.7 | 2.0 | 0.0 | 1.7 | 73 | 0.185 | 121 |
| 2 | 72.4 | 23.4 | 2.7 | 0.0 | 1.5 | 103 | 0.262 | 118 |
| 3 | 69.5 | 26.1 | 2.7 | 0.0 | 1.7 | 111 | 0.282 | 129 |
| 平均 | 70.8 | 25.1 | 2.5 | 0.0 | 1.6 | 96 | 0.243 | 123 |
| 対照区 | | | | | | | | |
| 1 | 75.6 | 20.7 | 2.5 | 0.0 | 1.2 | 55 | 0.140 | 105 |
| 2 | 73.6 | 21.4 | 3.6 | 0.0 | 1.4 | 50 | 0.127 | 118 |
| 3 | 74.2 | 21.3 | 3.0 | 0.1 | 1.4 | 48 | 0.122 | 113 |
| 平均 | 74.5 | 21.1 | 3.0 | 0.0 | 1.3 | 51 | 0.130 | 112 |

表3 遊離アミノ酸含量 (mg/100 g)

| ID | Ala | Arg | Asn | Asp | Cys | Gln | Glu | Gly | His | Ile | Leu | Lys | Met | Phe | Pro | Ser | Thr | Trp | Tyr | Val | 合計 | |
|--------|------|-----|-----|-----|-----|-----|------|-------|------|-----|-----|------|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
| 味上げ処理区 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 48 | 2 | 1 | 5 | 0 | 0 | 22 | 81 | 83 | 2 | 4 | 13 | 1 | 2 | 4 | 15 | 13 | 0 | 4 | 4 | 5 | 305 |
| 2 | 36 | 2 | 0 | 5 | 0 | 0 | 5 | 110 | 44 | 1 | 3 | 10 | 2 | 2 | 4 | 13 | 7 | 0 | 3 | 3 | 3 | 250 |
| 3 | 38 | 1 | 0 | 5 | 0 | 0 | 9 | 120 | 53 | 2 | 4 | 4 | 1 | 1 | 3 | 11 | 9 | 0 | 4 | 4 | 4 | 269 |
| 平均 | 40.7 | 1.7 | 0.3 | 5.0 | 0 | 0 | 12.0 | 104.0 | 60.0 | 1.7 | 3.7 | 9.0 | 1.3 | 1.7 | 3.7 | 13.0 | 9.7 | 0 | 3.7 | 4.0 | 4.0 | 274.7 |
| 対照区 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 28 | 3 | 1 | 4 | 0 | 0 | 16 | 93 | 51 | 2 | 3 | 17 | 0 | 2 | 2 | 10 | 6 | 0 | 4 | 4 | 4 | 246 |
| 2 | 29 | 3 | 1 | 4 | 0 | 0 | 23 | 97 | 53 | 2 | 3 | 10 | 0 | 2 | 3 | 10 | 5 | 0 | 4 | 4 | 4 | 253 |
| 3 | 27 | 3 | 0 | 4 | 0 | 0 | 13 | 72 | 55 | 2 | 3 | 13 | 0 | 2 | 2 | 7 | 6 | 0 | 3 | 4 | 4 | 216 |
| 平均 | 28.0 | 3.0 | 0.7 | 4.0 | 0 | 0 | 17.3 | 87.3 | 53.0 | 2.0 | 3.0 | 13.3 | 0 | 2.0 | 2.3 | 9.0 | 5.7 | 0 | 3.7 | 4.0 | 4.0 | 238.3 |

Ala: アラニン, Arg: アルギニン, Asn: アスパラギン, Asp: アスパラギン酸, Cys: シスチン, Gln: グルタミン, Glu: グルタミン酸, Gly: グリシン, His: ヒスチジン, Ile: イソロイシン, Leu: ロイシン, Lys: リジン, Met: メチオニン, Phe: フェニルアラニン, Pro: プロリン, Ser: セリン, Thr: スレオニン, Trp: トリプトファン, Tyr: チロシン, Val: バリン

浸漬24時間後に血清浸透圧がピークになることが報告されており¹⁾、本試験では平均体重が1,000 gを超える大型個体を使用したことで、ピークに達するまでにより長い時間がかかったと考えられる。味上げ処理において、筋肉中の遊離アミノ酸の増加は血清浸透圧の上昇と対応していることから¹⁾、本試験では48時間の味上げ処理が適切であったと推察された。

今後、より効果的な味上げ処理を施すには、筋肉中の遊離アミノ酸の蓄積を促進させる、適切な塩分濃度の検討が必要である。

- 3) 野口勝明. 温泉水を用いた閉鎖循環型トラフグ養殖システムの開発. 日本水産学会誌 2017; **83** (5) : 750-753.
- 4) 石原学, 小堀功男. プレミアムアユ開発試験—塩水処理による食味向上試験—, 栃木県水産試験場研究報告 2019; **62**: 7-8.
- 5) 神澤裕平, 山下耕憲, 星野勝弘, 田中英樹. ニジマスの味上げ試験. 群馬県水産試験場研究報告 2022; **28**: 5-7.

表4 浸漬時間ごとの供試魚の魚体サイズと血清浸透圧 (平均値)

| 浸漬時間 (h) | 全長 (cm) | 体長 (cm) | 体重 (g) | 血清浸透圧 (mOsm) |
|-------------|------------|------------|-----------|-----------------|
| 0 | 44.7 | 40.3 | 1,141 | 323 |
| 6 | 45.1 | 40.6 | 1,049 | 332 |
| 12 | 45.7 | 41.2 | 1,153 | 332 |
| 24 | 44.6 | 40.0 | 1,067 | 334 |
| 48 | 44.9 | 40.3 | 1,079 | 341 |
| 72 | 45.3 | 40.5 | 1,081 | 312 |

IV 謝辞

本試験の実施にあたり、東京大学大学院農学生命科学研究科の金子豊二教授にご助言とご指導を頂いた。また、東京大学大学院農学生命科学研究科の井ノ口繭助教には血清浸透圧濃度の測定をして頂いた。両氏に厚く御礼申し上げる。

V 引用文献

- 1) 金子豊二. 魚類の浸透圧調節研究とマス類養殖への実践的展開. 第44回全国養鱒技術協議会要録. 2020; 86-91.
- 2) 稲野俊直, 寺山誠人, 小金丸隆, 鳥越正男, 西田司, 村田寿, 鶴雄二, 巻口孝義, 林雅弘, 幡手英雄. ベステルの肉質改良試験. 宮崎県水産試験場事業報告. 2002; 222-228.

Epizootiological Study of Bacterial Cold-water Disease Using PCR-RFLP Genotyping of *Flavobacterium psychrophile* in the Kanna River, Gunma Prefecture, Japan (別途報告)

Hajime Arai, Shun Watanabel and Shotaro Izumi*¹

要旨

In Japan, Bacterial cold-water disease (BCWD) is an economically important fish disease, occurring in ayu *Plecoglossus altivelis altivelis* not only at aquaculture farms but also in rivers. In this study, an epizootiological study of BCWD was conducted to understand the route of infection in ayu and the source of the causative agent, *Flavobacterium psychrophilum* in rivers. We used a genotyping system with a combination of four PCR-restriction fragment length polymorphisms (PCR-RFLP). For five years from 2014 to 2018, various fish, mainly ayu, were caught and sampled in the Kanna River, Gunma Prefecture, Japan. A total of 852 isolates of *F. psychrophilum* from these fish species were used as PCR-RFLP genotyping samples. Nine PCR-RFLP genotypes were identified among these isolates, some of which were the typical epizootic types for ayu in this river, while species-specific genotypes exist in other fish species. In addition, fish species other than ayu, decoy ayu, and land-locked ayu were suspected as reservoirs of epizootic *F. psychrophilum* genotypes for ayu in the Kanna River. These results provide the basis for an epizootiological assessment of the transmission dynamics of ayu BCWD not only in the Kanna River but also in rivers in general.

[報告雑誌名 : Fish Pathology, 58 (4), 164-170, 2023. 12]

*¹School of Marine Science and Technology, Tokai University

福島第一原発事故による汚染が湖の魚類に与えた影響 (別途報告)

鈴木 究真

要旨

福島第一原発（FDNPP）事故で放出された放射性 Cs は、群馬県内全域に降下したことが明らかとなっており、赤城大沼のワカサギから 640 Bq/kg の放射性 Cs が検出された。そこで、FDNPP 事故による放射性セシウム汚染が湖沼に生息する魚類に与えた影響について明らかにした。

赤城大沼のワカサギの放射性 Cs 濃度は、2成分の指数関数的減衰モデルで説明が可能であり、速く減衰する成分および遅く減衰する成分の実効生態学的半減期は、それぞれ 0.60 年および 11.8 年と試算され、汚染が長期化していた。また、ワカサギのサイズ（体重）依存的に放射性セシウム濃度が増加する「サイズ効果」を調べたところ、体重依存的に放射性 Cs 濃度の増加が確認され、小型のプランクトン食性魚類でもサイズ効果が認められた。次に FDNPP 事故後の湖沼に生息する魚類における食性の違いが放射性 Cs の蓄積に与える影響を明らかにするため、プランクトン食性のワカサギ等、雑食性のウグイ、オイカワ、フナ等、魚食性のイワナ等に分類して ^{137}Cs 濃度の比較を行ったところ、各食性間で有意差が認められ、プランクトン食性、雑食性、魚食性の順に放射性 Cs 濃度が高くなっていた。最後に赤城大沼の湖沼生態系における放射性 Cs の動態を調べたところ、栄養段階が上位の生物ほど放射性 Cs は高い値となっていることから、食物連鎖過程を良く反映していることが明らかとなった。

[報告雑誌名：吉村真由美（編） 環境Eco選書16 放射線と生き物（榊北隆館 pp.155-175.）]

溪流漁場における禁漁区設定による増殖効果の定量化 (別途報告)

山下 耕憲^{*1}・松原 利光・神澤 裕平・鈴木 究真・カルロス アウグスト ストルスマン^{*2}

要旨

禁漁区の設定による溪流魚の増殖効果の定量化のため、環境条件が異なる複数の河川において調査を行い、禁漁区設定の有無、環境条件および溪流魚の生息密度に関するデータを収集した。傾向スコアによる逆確率重み付け推定により環境条件を調整することで生息密度に対する禁漁区設定の平均処置効果 (ATE) を推定した。その結果、溪流魚の未成熟魚に対する禁漁区設定のATEは有意ではなかったが、成熟魚に対する禁漁区設定のATEは有意であり、禁漁区の設定は成熟魚の生息密度を平均2.18倍増加させると推定された。

[報告雑誌名：日本水産学会誌（令和5年7月）、89巻（2023）4号，345-352]

^{*1}現所属：国立研究開発法人 水産研究・教育機構 水産技術研究所 環境・応用部門
沿岸生態システム部 内水面グループ 日光庁舎， ^{*2}東京海洋大学

群馬県水産試験場業務報告

令和5年度

目次

| | | |
|----|---------------------------------------|----|
| 1 | 組 織 | 1 |
| 2 | 担当業務 | 1 |
| 3 | 職員配置 | 2 |
| 4 | 決算の概要 | 2 |
| 5 | 事業概要 | 4 |
| | 公害対策試験 | 4 |
| | 魚病研究 | 4 |
| | 魚類の繁殖と資源管理手法の研究 | 5 |
| | サケ放流試験 | 9 |
| | 養殖技術研究 | 10 |
| | 人工アユ養殖研究 | 10 |
| | マス類増養殖 | 14 |
| | 四年成熟系ニジマス固定化試験 | 17 |
| | ニシブタ沢(イワナ保護水面)調査 | 17 |
| 6 | 研究成果の発表・伝達 | 18 |
| 7 | 研修会等出席状況 | 19 |
| 8 | 主な会議 | 21 |
| 9 | その他 | 23 |
| | 福島県へのアユ中間育成種苗供給 | 23 |
| | 福島第一原子力発電所事故による放射能汚染に対する県内水産物の放射性物質検査 | 23 |
| | 放射性物質濃度検査結果 | 23 |
| 10 | 公有財産 | 24 |
| 11 | 継代種保有状況 | 25 |
| 12 | 職員名簿 | 25 |

1 組織

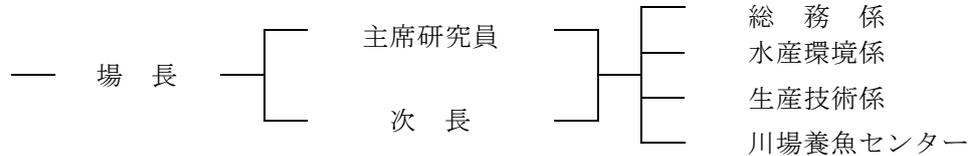
群馬県農政部

|

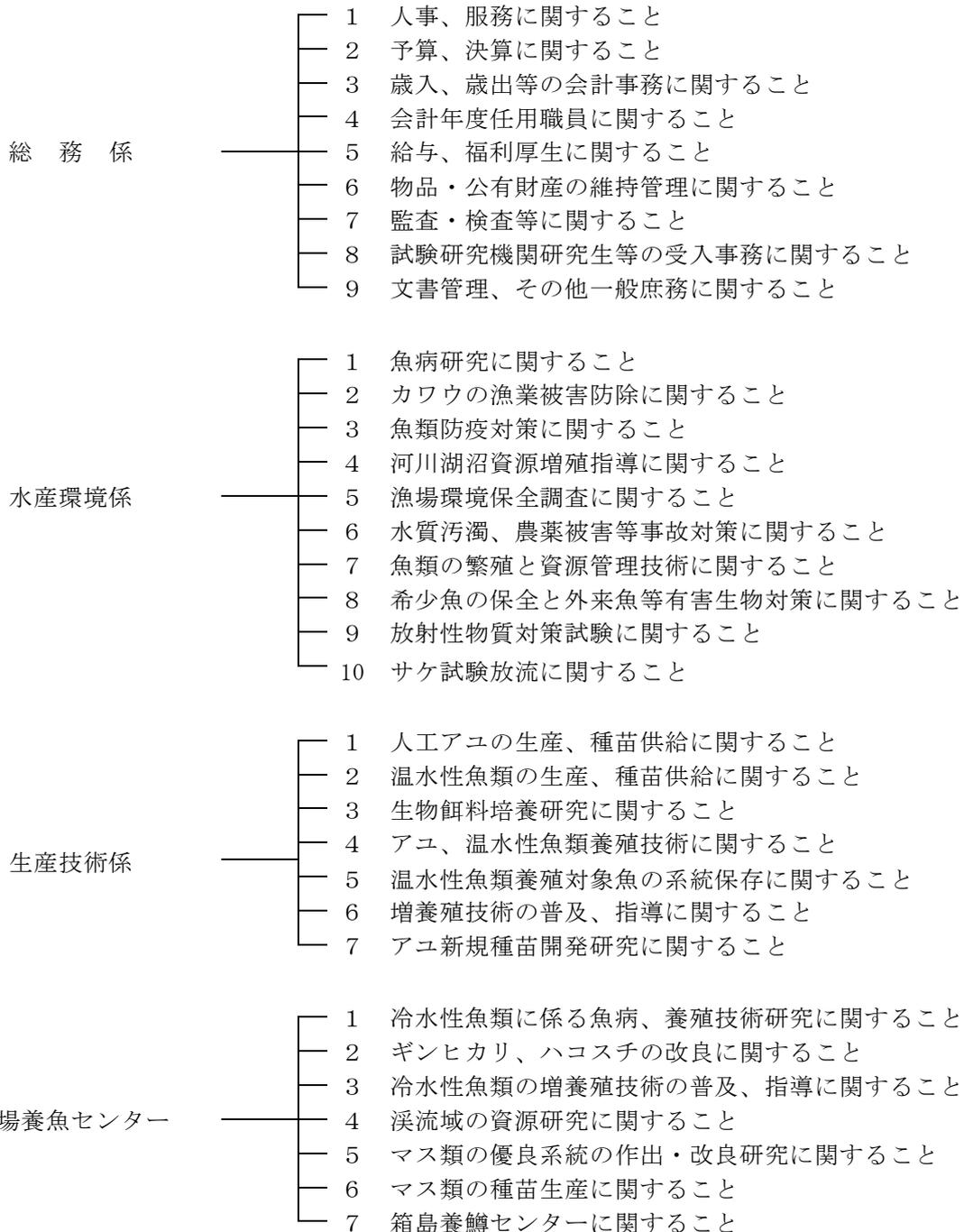
農政課

|

水産試験場



2 担当業務



3 職員配置

令和6年3月31日現在

| 区 分 | 研究職 | 行 政 職 | | 計 |
|-----------|-----|-------|-------|----|
| | | 事務吏員 | 技術吏員等 | |
| 場 長 | 1 | | | 1 |
| 主 席 研 究 員 | 2 | | | 2 |
| 総務係(次長含む) | | 3 | | 3 |
| 水 産 環 境 係 | 4 | | | 4 |
| 生 産 技 術 係 | 2 | | 2 | 4 |
| 川場養魚センター | 2 | | 1 | 3 |
| 合 計 | 11 | 3 | 3 | 17 |

4 決算の概要

(1) 歳 入

(単位：千円)

| 科 目 | 調 定 額 | 収 入 済 額 | 摘 要 |
|-----------|--------|---------|---------|
| 使用料および手数料 | 179 | 179 | 土地使用料 |
| 財産収入 | 19,320 | 19,320 | 生産物売払代金 |
| 諸収入 | 1,867 | 1,867 | 受託事業収入等 |
| 合 計 | 21,366 | 21,366 | |

(2) 歳 出

(単位：千円)

| 費 目 | | 金 額 |
|---------|----------------|---------|
| 人 件 費 | 水産試験場費 | 121,134 |
| | 人事管理費 | 11,249 |
| | 農政総務費 | 42 |
| 小 計 | | 132,425 |
| 施設維持管理費 | 農政総務費(特別維持整備費) | 7,161 |
| | 小 計 | 7,161 |
| 事 業 費 | 水産試験場費 | 49,593 |
| | 農政企画費 | 247 |
| | 水産振興費 | 615 |
| | 農政総務費 | 30 |
| | 畜産費 | 35 |
| | 総務事務費 | 184 |
| | 小 計 | 50,704 |
| 合 計 | | 190,290 |

(3) 事業費（水産試験場費）決算内訳

(単位：千円)

| 事業名 | 事項名 | 実施年度 | 金額 |
|---------------------------|-------------------------|---------|--------|
| 水産試験場運営 (総務係) | 一般常用経費 | — | 7,896 |
| | 一般常用経費(箱島維持管理) | — | 1,514 |
| | 会計年度任用職員経費 | — | 9,857 |
| | 小計 | | 19,267 |
| 水産環境開発研究 (水産環境係) | 魚病研究 | 各年 | 820 |
| | 魚類の繁殖と資源管理手法の研究 | 各年 | 371 |
| | 水圏生態系における放射性セシウムの動態解明 | 各年 | 418 |
| | 先端技術を活用したアユ漁場の活性化 | R3～R7年 | 772 |
| | 小計 | | 2,381 |
| 温水性魚類生産技術研究 (生産技術係) | サケ放流試験 | 各年 | 53 |
| | 人工アユ養殖研究 | 各年 | 20,551 |
| | 温水性魚類養殖技術研究 | 各年 | 59 |
| | アユを用いた老化・寿命に関するメカニズムの解明 | R2～R5年 | 330 |
| | 小計 | | 20,993 |
| 冷水性魚類生産技術研究 (川場養魚センター) | 冷水性魚類生産技術研究 | 各年 | 3,723 |
| | 溪流資源増殖研究 | R5～R10年 | 968 |
| | マス類の高付加価値化研究 | R3～R7年 | 1,961 |
| | 溪流魚の汲み下げ放流試験 | R4～R6年 | 300 |
| | 小計 | | 6,952 |
| 合計 | | | 49,593 |

5 事業概要

公害対策試験

水質汚濁に関連した事故処理

令和5年度中に群馬県内で発生した水質汚濁事故等による魚類被害において、水産試験場内での魚病検査は行わなかった。

魚病研究

魚病対策

魚病の診断と水産用医薬品の適正使用の指導等に関し、コイ、フナ、アユ等の温水性魚類や観賞魚等については群馬県水産試験場本場で、ニジマス、ヤマメ、イワナなどの冷水性魚類については同川場養魚センターで対応した。また、養殖場の定期的巡回、魚病被害等の調査、水産用医薬品残留検査等を実施した。

1 魚病の診断結果と現状

令和5年4月から令和6年3月までに、本場と川場養魚センターで扱った魚病診断件数は14件であった(表1)(令和4年度22件、令和3年度25件)。

ニジマス、在来マスでは細菌性疾病の冷水病の発生が1件、ウイルス性疾病のIHNの発生が2件あった。アユ冷水病の発生河川数は26河川中3河川であった。アユ冷水病対策としては、令和5年度も前年度に引き続き策定した「2023年度アユ冷水病防疫対策指針(群馬県版)」を基に放流方法や輸送時の種苗の取扱い方法、具体的な消毒方法等について河川漁業協同組合とアユ中間育成業者に対して指導を行った。

表1 魚病診断件数

| 疾病 魚種 | 細菌性疾病 | | | | ウイルス性 疾病 | 寄生虫 | その他 | 不明 | 計 |
|-----------|-----------|-----------|-----|-----|-------------|-----|-----|----|----|
| | ビブリ オ病 | せっそ う病 | 冷水病 | その他 | | | | | |
| ニジマス、在来マス | | | 1 | | 2 | | 1 | | 4 |
| コイ | | | | | | | | | |
| アユ | | | 3 | | | | 3 | | 6 |
| その他の魚種 | | | | | | 1 | 3 | | 4 |
| 計 | | | 4 | | 2 | 1 | 7 | | 14 |

2 コイヘルペスウイルス病の発生と検査の概要

コイヘルペスウイルス病(以下「KHV病」という。)は、国内では平成15年10月31日に茨城県霞ヶ浦の養殖コイで、群馬県では平成16年4月に初めて発生が確認された。以後、本県内の湖沼河川、公園池、養殖池、個人観賞池等で次々に発生して大きな被害をもたらした。なお、令和5年度のKHV病検査の実施件数は0件であった(表2)。

表2 KHV病検査概要

| 項目 | 件数（前年） | 陽性率(%)（前年） |
|------|--------|------------|
| 検査件数 | 0（1） | 0（0） |
| 陽性件数 | 0（0） | |
| 検査尾数 | 0（1） | 0（0） |
| 陽性尾数 | 0（0） | |

3 医薬品の残留検査

食品として安全な養殖魚を消費者に提供するために、県内の養鱒業者で飼育しているニジマス2検体を対象にスルフィソゾールナトリウムおよびフロルフェニコールの残留検査をそれぞれ行った（サンプリングは令和5年8月）。その結果、スルフィソゾールナトリウムは定量限界値（0.01 μg/g）以下であった。また、フロルフェニコールは検出されたものの、その濃度は基準値（1 μg/g）以下であった。なお、医薬品の残留分析は株式会社食環境衛生研究所に委託した。

4 巡回指導および魚病被害調査

（1）巡回指導

定期的に養魚場を巡回し、魚病発生状況の把握と適切な治療方法、防疫対策について指導と啓発を図った。

（2）魚病被害調査等

魚病被害の実態調査と水産用医薬品の使用実態調査を行い、魚病対策と医薬品の使用規制、薬の投与方法、休薬期間等を指導した。また、県内の養殖魚類に発生する魚病の原因と対策について検討した。

魚類の繁殖と資源管理手法の研究

減少種の生息保護と系統保存および外来種対策

減少種の生息保護と系統保存を行うとともに、外来種に関する対策を講ずることで、魚類を指標とした生態系保全に努めた。

1 減少種の系統保存

減少種の系統保存として、ヤリタナゴの人工採卵を行った（表1）。用いた親魚は、平成11年に笹川（藤岡市）で採捕した天然魚を起源とする継代飼育魚である。なお、ホトケドジョウは、昨年度に系統保存に十分な稚魚が得られているため、今年度の採卵は行わなかった。

表1 ヤリタナゴの人工採卵成績

| 採卵月日 | 採卵尾数(尾) | 採卵数(粒) | ふ化数(尾) | ふ化率(%) |
|-------|---------|--------|--------|--------|
| 3月31日 | 3 | 141 | 93 | 66.0 |
| 4月10日 | 3 | 194 | 150 | 77.3 |
| 7月3日 | 3 | 224 | 208 | 92.9 |

2 マツカサガイ稚貝の人工飼育

グロキディウム幼生から変態直後のマツカサガイ稚貝を用いて人工飼育を行った。供試貝は、マツカサガイ親貝から温度干出刺激により放出されたグロキディウム幼生をメダカに寄生させ、変態、脱落した稚貝を採捕して用いた。飼育方法は採捕日別に1～8個の稚貝を汲み置きの水道水20mlを入れたシャーレへ収容し、23℃に設定したインキュベーター内で飼育した。飼育期間中は1～3日おきに飼育水の水替えと稚貝の生死確認を行い、1日2回付着珪藻微細胞粉末ジェム（株式会社アイエスシー製）を給餌した。なお、稚貝

の生死確認では、稚貝を実体顕微鏡で確認し、1分以内に稚貝が動かなかった場合、死亡したものと判断した。飼育概要は表1のとおりであった。

表2 稚貝の飼育成績

| 温度干出刺激 実施月日 | 親貝 個数 (個) | 幼生寄生確 認月日 | 稚貝 採集月日 | 稚貝 採集数 (個) | 最終 生息確認日 | 稚貝 飼育日数 (日) |
|----------------|-----------------|--------------|------------|------------------|-------------|-------------------|
| 7月19日 | 39 | 7月24日 | 7月28日-8月1日 | 14 | 9月1日 | 14-32 |
| 7月26日 | 47 | 7月31日 | 8月8-14日 | 46 | 8月31日 | 0-21 |
| 9月7日 | 57 | 9月8日 | 9月20日 | 11 | 10月20日 | 3-30 |

3 外来種対策

上野村漁協管内の神流川（上野ダム堤体直下）と野栗沢（上野村野栗沢）および両毛漁協管内の渡良瀬川（桐生市相生町）において、ミズワタクチビルケイソウの繁茂状況について定点調査を実施した（表3）。調査においては、河川水の水温、溶存酸素、pHを測定したほか、河床の石から珪藻類をサンプリングし、その強熱減量を測定した。

河川水の水温、溶存酸素、pHの測定値に異常値は認められなかった（データ未記載）。神流川と野栗沢においてはほとんどの調査期間を通してミズワタ状の群生の繁茂が確認されたが、強熱減量は夏季に減少し、冬季に再び増加するという季節変動がみられた（図2）。渡良瀬川における目視調査においても、夏季に繁茂は一旦収まり、冬季に再び拡大するという傾向が確認された（図3）。

表3 ミズワタクチビルケイソウの繁茂状況

| 調査場所 | 5月 | 6月 | 7月 | 8月 | 9月 | 10月 | 11月 | 12月 | 1月 | 2月 | 3月 |
|------|-----|-----|-----|----|----|-----|-----|-----|-----|----|----|
| 神流川 | +++ | +++ | +++ | ++ | \ | ++ | \ | +++ | +++ | ++ | \ |
| 野栗沢 | \ | ++ | ++ | + | \ | + | \ | ++ | + | + | \ |
| 渡良瀬川 | ++ | \ | \ | △ | \ | - | + | \ | +++ | ++ | + |

+++：目視で広範囲に確認できる

++：目視で局所的に確認できる

＋：目視でより局所的に確認できる

△：目視では確認できないが、顕微鏡では存在を確認できる

－：目視でも顕微鏡でも確認できない

\：調査を実施していない

表4 河川水の水温・溶存酸素・pHの測定結果

| 調査年月日 | 調査場所 | 水温 (℃) | 溶存酸素 (mg/L) | pH |
|-------------|------|-----------|----------------|-----|
| 2023年5月9日 | 神流川 | 9.5 | 10.7 | 7.3 |
| 2023年5月26日 | 渡良瀬川 | 15.6 | 10.6 | 7.1 |
| 2023年6月1日 | 神流川 | 11.1 | 10.3 | 7.1 |
| 2023年6月1日 | 野栗沢 | 13.5 | 10.1 | 7.2 |
| 2023年7月4日 | 神流川 | 17.1 | 9.0 | 7.4 |
| 2023年7月4日 | 野栗沢 | 18.2 | 9.1 | 7.2 |
| 2023年8月4日 | 渡良瀬川 | 24.5 | 9.1 | 7.3 |
| 2023年8月29日 | 神流川 | 18.7 | 11.7 | 7.5 |
| 2023年8月29日 | 野栗沢 | 20.3 | 8.5 | 7.3 |
| 2023年10月2日 | 渡良瀬川 | 21.5 | 9.6 | 7.5 |
| 2023年10月4日 | 神流川 | 15.5 | 9.4 | 7.5 |
| 2023年10月4日 | 野栗沢 | 16.0 | 9.5 | 7.2 |
| 2023年11月21日 | 渡良瀬川 | 12.8 | 10.5 | 7.2 |
| 2023年12月6日 | 神流川 | 6.2 | 11.0 | 7.4 |
| 2023年12月6日 | 野栗沢 | 6.0 | 11.2 | 7.0 |
| 2024年1月16日 | 渡良瀬川 | 5.5 | 13.0 | 7.2 |
| 2024年1月17日 | 神流川 | 1.2 | 12.7 | 7.3 |
| 2024年1月17日 | 野栗沢 | 1.0 | 12.9 | 7.3 |
| 2024年2月13日 | 渡良瀬川 | 8.2 | 12.4 | 7.2 |
| 2024年2月26日 | 神流川 | 2.9 | 12.2 | 7.2 |
| 2024年2月26日 | 野栗沢 | 3.7 | 12.0 | 7.0 |
| 2024年3月13日 | 渡良瀬川 | 8.2 | 11.4 | 7.0 |

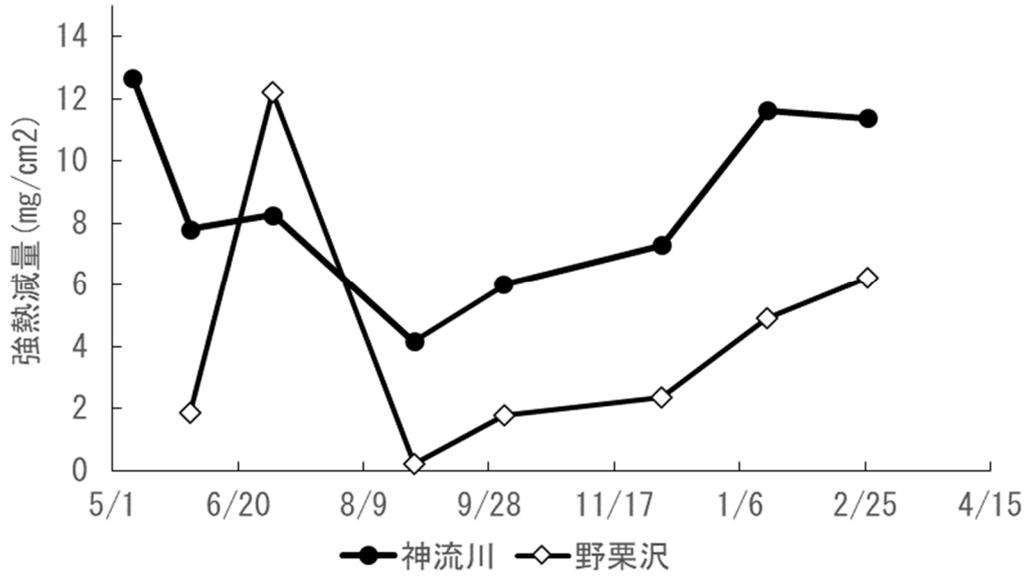


図2 上野村漁協管内（神流川と野栗沢）の調査地点における強熱減量の推移

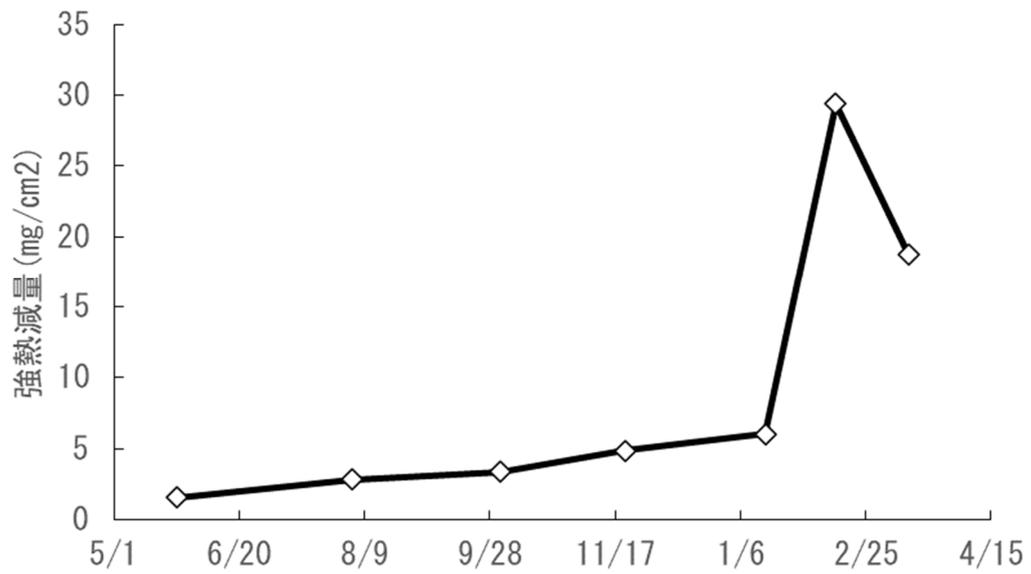


図3 渡良瀬川の調査地点における強熱減量の推移

サケ放流試験

サケ放流試験

群馬県に源を発している利根川は本州太平洋岸におけるサケ産卵遡上の南限となる川であり、そこでの産卵行動は学術的にも極めて重要である。しかし、河川環境等の変化により、サケの遡上は減少し、再生産は極めて難しい状況にあった。そこで本県では、利根川のサケ資源回復を図るため稚魚の放流を行うとともに、情操教育の一環として放流を行っている市民団体に稚魚を配布してきた。ここ数年サケの遡上数が極端に少なく、採卵、採精に供する尾数を採捕できない状況が続いており、令和5年度は採卵に用いる必要尾数の親魚を採捕することができず、採卵を行うことができなかった。なお、利根大堰へのサケ遡上数は令和5年10月1日から令和6年1月5日までで合計8尾であった。

1 稚魚の放流実績と回帰実績の結果

過去25年間の水産試験場のサケ稚魚放流尾数と（独）水資源機構で調査した利根大堰上流への回帰尾数を表に示した。

表 年度別の稚魚放流尾数と回帰尾数(令和5年度調査期間：10月1日～1月5日)

| 年度 | 稚魚放流尾数(尾) | 回帰尾数(尾) | 備考 |
|------|-----------|---------|------------|
| 平成9 | 97,019 | 733 | |
| 平成10 | 98,031 | 516 | |
| 平成12 | 35,995 | 311 | |
| 平成13 | 69,200 | 729 | |
| 平成14 | 81,700 | 1,090 | |
| 平成15 | 19,500 | 1,565 | |
| 平成16 | 17,300 | 1,266 | ゲート操作運用開始 |
| 平成17 | 12,000 | 2,283 | 遡上サケから採卵開始 |
| 平成18 | 26,700 | 3,215 | |
| 平成19 | 27,400 | 4,769 | |
| 平成20 | 14,660 | 5,606 | |
| 平成21 | 10,700 | 9,463 | |
| 平成22 | 12,307 | 8,964 | |
| 平成23 | 14,700 | 15,095 | |
| 平成24 | 18,505 | 15,889 | |
| 平成25 | 16,742 | 18,696 | |
| 平成26 | 11,610 | 8,759 | |
| 平成27 | 9,711 | 12,338 | |
| 平成28 | 47,159 | 4,038 | |
| 平成29 | 17,522 | 3,389 | |
| 平成30 | 16,888 | 4,142 | |
| 令和元 | - | 129 | |
| 令和2 | 4,572 | 140 | |
| 令和3 | 5,947 | 36 | |
| 令和4 | - | 64 | |
| 令和5 | - | 8 | |

養殖技術研究

温水性魚類養殖技術研究

群馬県内における内水面養殖業の振興と資源増殖を図るため、飼育技術の検討と種苗の供給事業を行った。種苗は漁協等に出荷した（表）。なお、キンブナの系統保存も行った。

表 種苗生産状況

| 魚種 | 年齢 | 平均体重(g) | 出荷量(kg) |
|------|-----|---------|---------|
| ギンブナ | 0年魚 | 34.1 | 83 |

人工アユ養殖研究

人工アユ種苗生産

河川放流を目的に中間育成用と、放流用のアユ種苗生産を行った。

1 河川放流数量

群馬県内では約14.3 tのアユが放流され（表1）、そのうち群馬県水産試験場から直接放流用として県下9漁業協同組合に種苗1,865 kgを出荷した。

表1 県内アユ放流実績

| 種 苗 | 放流量(kg) | 放流割合(%) |
|---------|---------|---------|
| 水試産（直接） | 1,865 | 13.0 |
| 県内産人工 | 7,393 | 51.5 |
| 県外産人工 | 5,085 | 35.5 |
| 合 計 | 14,343 | 100 |

2 親魚の由来

(1) 継代系

昭和45年、神流川で採捕した親魚、伊勢崎地域の利根川で採捕した親魚、茨城県波崎町から入手した海産稚鮎と静岡県浜名湖から入手した稚鮎を群馬水試で養成した親魚から採卵し、親魚養成した。

(2) 海産系

平成23年、江戸川河口で採捕した稚魚を人為的に冷水病に感染させ、生残した親魚から採卵し「江戸川系」を作出した。令和3年、この江戸川系のメスに江戸川河口で採捕したオスを戻し交配し、新たな江戸川系として親魚養成した。

3 親魚養成および採卵・ふ化状況

令和5年度は、継代系と海産系の種苗生産を行った。

(1) 親魚養成

1) 継代系

継代数：53代

親魚候補群：令和5年5月29日から約1,800尾を親魚候補群として飼育開始、8月25日に雌雄選別を行った。

2) 海産系

継代数：2代

親魚候補群：令和5年6月5日から約4,400尾を親魚候補群として飼育開始、6月10日から7月19日まで電照を行い、成熟時期を調整した。8月25日と8月28日に雌雄選別を行った。

飼育水：井戸水（17～22℃）

給餌率：配合飼料（日清丸紅飼料、科学飼料研究所製）を3.0%給餌した。

(2) 採卵・発眼

採卵・発眼状況を表2に示す。

表2 採卵・発眼状況

| 系統 | 採卵月日 | 採卵尾数 (尾) | 採卵粒数 (万粒) | 1尾あたり粒数 (粒) | 平均卵重 (mg) | 発眼率 (%) |
|----|-------|-------------|--------------|----------------|--------------|------------|
| 継代 | 8月28日 | 25 | 72 | 28,988 | 0.358 | 71.5 |
| 〃 | 8月28日 | 24 | 90 | 37,616 | 0.335 | 67.4 |
| 〃 | 8月31日 | 14 | 48 | 34,254 | 0.344 | 26.1 |
| 〃 | 8月31日 | 7 | 23 | 33,417 | 0.355 | 66.8 |
| 海産 | 8月30日 | 48 | 149 | 31,058 | 0.344 | 80.9 |
| 〃 | 8月30日 | 30 | 107 | 35,589 | 0.367 | 90.6 |
| 〃 | 9月1日 | 36 | 137 | 37,948 | 0.354 | 78.3 |
| 〃 | 9月1日 | 48 | 161 | 33,487 | 0.353 | 78.4 |
| 〃 | 9月1日 | 25 | 85 | 33,971 | 0.353 | 72.6 |
| 〃 | 9月4日 | 45 | 169 | 37,639 | 0.377 | 66.4 |
| 〃 | 9月4日 | 39 | 158 | 40,438 | 0.339 | 64.6 |
| 〃 | 9月6日 | 19 | 68 | 35,538 | 0.374 | 69.7 |
| 〃 | 9月6日 | 18 | 66 | 36,745 | 0.384 | 72.7 |
| 〃 | 9月8日 | 24 | 75 | 31,280 | 0.374 | 83.6 |
| 〃 | 9月11日 | 33 | 130 | 39,329 | 0.371 | 83.8 |
| 〃 | 9月11日 | 35 | 131 | 37,542 | 0.340 | 87.6 |
| 〃 | 9月13日 | 36 | 137 | 38,104 | 0.351 | 81.9 |
| 〃 | 9月13日 | 36 | 141 | 39,135 | 0.372 | 80.8 |
| 計 | | 542 | 1,947 | | | |

* 1尾あたりの粒数は、採卵粒数（受精卵+廃棄卵）／採卵尾数で算出

4 仔魚の飼育

ふ化直前の発眼卵を屋内飼育池に収容した。仔魚の飼育には塩分濃度4%の人工汽水を用いた。放養初期に水温が25℃を上回る場合があるので、それ未満を維持（22～23℃）するように飼育水をクーラーで冷却した。冬季の水温は15℃を下回らなかったためボイラーでの加温は行わなかった。ふ化後の経過日数で、継代系は67と68日、海産系は71～83日に一次選別を行った。それぞれの飼育結果を表3に示す。

表3 仔魚の放養・取揚結果

| 系統 | 放養尾数(千尾) (月日) | 取揚尾数(千尾) (月日) | 平均体重(g) | 生残率(%) |
|----|--------------------|-------------------------|---------|--------|
| 継代 | 177 (9月5、8日) | 41 (11月14～16日) | 0.563 | 23.1 |
| 海産 | 4,343 (9月9～21日) | 2,509 (11月20日～12月6日) | 0.291 | 57.8 |

5 餌料生物

シオミズツボワムシは、12 t槽12面によるバッチ式で培養した。収穫時にエアレーションを休止し、浮遊懸濁物などを沈降させ、ポンプで上澄みを吸い出し収穫した。餌料には濃縮淡水クロレラ(クロレラ工業株式会社製) およびイースト(オリエンタル酵母工業株式会社)を使用した。培養結果を表4に、年別培養成績を表5に示した。なお、平成19年から継代系以外の親魚では、電照により採卵を早めており、培養日数の短縮を図っている。

表4 ワムシ培養結果

| 項 目 | 内 容 |
|------|--|
| 培養方法 | バッチ式(一部、間引き式を含む) |
| 培養期間 | 8月22日～11月24日(95日間) |
| 培養槽 | 12 t(3×4.9×水深0.78 m) 培養池×12面 |
| 培養水 | 0.8～1%塩水 |
| 水温 | 25.3～33.0℃ |
| 餌料 | 濃縮淡水クロレラ、イースト |
| 給餌量 | クロレラ: ワムシ10億個体あたり4 L/日 (給餌量合計 1,633 L) イースト: " 2 kg/日 (" 416 kg) |
| 給餌回数 | 1日3回(8:30、11:30、16:00) |
| 収穫期間 | 9月5日～11月24日(81日間) |
| 収穫量 | 全体の3/4(総収穫量 689 kg) |
| 種付け量 | 全体の1/4 |
| 培養日数 | 4～5日間 |

表5 年別ワムシ培養成績

| 年 | クロレラ使用量(L) | イースト使用量(kg) | ワムシ生産量(kg) |
|------|------------|-------------|------------|
| 平成12 | 4,095 | 972 | 1,133 |
| 平成13 | 6,708 | 1,841 | 2,174 |
| 平成14 | 6,478 | 3,254 | 2,252 |
| 平成15 | 4,049 | 2,618 | 1,696 |
| 平成16 | 3,235 | 2,442 | 1,526 |
| 平成17 | 4,330 | 3,413 | 2,322 |
| 平成18 | 3,580 | 2,750 | 1,285 |
| 平成19 | 3,439 | 2,152 | 1,413 |
| 平成20 | 2,501 | 1,748 | 1,218 |
| 平成21 | 2,776 | 1,742 | 1,110 |

| | | | |
|------|-------|-------|-------|
| 平成22 | 2,352 | 1,637 | 1,067 |
| 平成23 | 3,125 | 1,858 | 1,231 |
| 平成24 | 2,493 | 1,554 | 1,526 |
| 平成25 | 2,512 | 1,527 | 1,401 |
| 平成26 | 2,369 | 1,344 | 1,385 |
| 平成27 | 2,277 | 1,123 | 1,004 |
| 平成28 | 2,158 | 1,322 | 685 |
| 平成29 | 2,172 | 1,310 | 611 |
| 平成30 | 1,818 | 862 | 878 |
| 令和元 | 2,212 | 869 | 737 |
| 令和2 | 1,858 | 797 | 713 |
| 令和3 | 1,890 | 457 | 664 |
| 令和4 | 1,645 | 471 | 667 |
| 令和5 | 1,633 | 416 | 688 |

6 疾病発生状況

疾病の発生はなかった。

7 中間育成用種苗の出荷

令和5年12月13日から令和6年2月14日まで、6業者（県内5業者、県外1業者）に598 kg、約55万尾を出荷した。表6に中間育成種苗出荷を開始した平成8年以降の実績を示す。

表6 中間育成種苗出荷実績

| 年 | 出荷量(kg) | 平均体重(g) | 出荷尾数(尾) | 放流種苗出荷量(kg) |
|------|---------|---------|-----------|-------------|
| 平成8 | 466 | 0.48 | 959,000 | 5,570 |
| 平成9 | 477 | 0.38 | 1,247,000 | 5,217 |
| 平成10 | 823 | 0.35 | 2,346,600 | 10,791 |
| 平成11 | 975 | 0.50 | 1,932,000 | 15,973 |
| 平成12 | 1,764 | 0.62 | 2,825,000 | 22,677 |
| 平成13 | 1,635 | 0.67 | 2,423,000 | 19,118 |
| 平成14 | 1,651 | 0.50 | 3,260,000 | 19,118 |
| 平成15 | 1,273 | 0.57 | 2,260,000 | 17,656 |
| 平成16 | 818 | 0.47 | 1,711,000 | 16,004 |
| 平成17 | 985 | 0.37 | 2,770,000 | 14,060 |
| 平成18 | 581 | 0.47 | 1,710,000 | 15,824 |
| 平成19 | 450 | 0.45 | 1,060,000 | 12,480 |
| 平成20 | 888 | 0.54 | 2,261,000 | 11,950 |
| 平成21 | 796 | 0.92 | 864,000 | 9,273 |
| 平成22 | 805 | 0.72 | 1,111,000 | 10,645 |
| 平成23 | 835 | 0.83 | 1,001,000 | 7,380 |
| 平成24 | 756 | 0.89 | 847,000 | 7,502 |
| 平成25 | 1,075 | 1.02 | 1,049,000 | 9,546 |
| 平成26 | 842 | 0.93 | 905,000 | 9,358 |

| | | | | |
|------|-------|------|-----------|-------|
| 平成27 | 778 | 0.92 | 844,000 | 7,500 |
| 平成28 | 1,173 | 1.30 | 902,000 | 6,412 |
| 平成29 | 1,049 | 1.01 | 1,038,000 | 8,932 |
| 平成30 | 566 | 1.04 | 545,000 | 8,420 |
| 令和元 | 733 | 0.94 | 783,000 | 7,390 |
| 令和2 | 598 | 0.99 | 606,000 | 5,970 |
| 令和3 | 507 | 1.13 | 447,000 | 8,565 |
| 令和4 | 633 | 1.37 | 463,000 | 8,320 |
| 令和5 | 613 | 1.08 | 565,000 | 9,258 |
| 令和6 | 598 | 1.09 | 547,000 | — |

マス類増養殖

ニジマス、ヤマメ、イワナの種苗生産と養鱒技術指導業務を行った。なお、平成23年度から箱島養鱒センターは川場養魚センターに組織統合されている。

種苗生産

1 親魚の由来

(1) ニジマス

1) 早期採卵系

従来から川場養魚センターで継代飼育してきた系統であり、稚魚期の成長が良好な魚を親魚として養成した。

2) 箱島系

平成13年から箱島養鱒センターで継代飼育してきた系統であり、平成28年に遊漁用ニジマスとして商標登録された「ハコスチ」の雌親魚として養成した。

3) スチールヘッド系

昭和62年に水産庁養殖研究所日光支所から稚魚で導入した。また、上記の「ハコスチ」の雄親魚として養成した。

(2) ギンヒカリ

川場養魚センターで昭和62年から選抜を繰り返して固定化した「性成熟遅延系(三年成熟系)」のニジマスで、生食用を主とした新しい養殖対象魚種として平成14年に「ギンヒカリ」のブランド名で商標登録を行い、川場養魚センターで種卵、種苗の供給体制を整備し、「群馬の最高級ニジマス」として普及を図っている。継代にあたっては、2年目で成熟した個体はすべて淘汰し、3年目以降で初めて成熟した雌雄のみを親魚として採卵した。また、稚魚期における成長が著しく良い個体群(トビ)と悪い個体群(ビリ)を除いた群を親魚として養成した。

(3) ヤマメ

1) 吾妻系

昭和62年に温川支流今川で採捕した天然魚を親魚とし継代飼育している。継代にあたっては採卵期間中のピーク時の群を残し、稚魚期の成長が良好なものを親魚として養成した。

2) 嬭恋系

嬭恋村の養鱒業者が選別してきた体表の斑紋の優良な群を平成16年に導入し、継代飼育している。継代にあたっては斑紋の優良なものを親魚として養成した。

(4) イワナ

昭和56年に薄根川支流の溝又川最上流域で採捕した天然魚を親魚とし継代飼育している。継代にあたっては稚魚期の餌付きが良く、成長が良好なものを親魚として養成した。

2 親魚養成

(1) ニジマス

早期採卵系300尾、箱島系550尾およびスチールヘッド系200尾を川場養魚センターで親魚として養成した。さらに箱島系については、前年に採卵を行った経産魚150尾を継続飼育した。

(2) ギンヒカリ

川場養魚センターで500尾を親魚として養成した。

(3) ヤマメ

川場養魚センターで吾妻系350尾、箱島養鱒センターで孀恋系900尾を親魚として養成した。

(4) イワナ

川場養魚センターで480尾を親魚として養成した。

3 採卵成績

各魚種、各系統の採卵成績を表1～8に示した。

表1 ニジマスの採卵成績（早期採卵系）

| 採卵月日 | 採卵尾数(尾) | 採卵数(粒) | 1尾当たり卵数(粒) | 発眼卵数(粒) | 発眼率(%) |
|-------|---------|--------|------------|---------|--------|
| 9月21日 | 13 | 37,647 | 2,896 | 33,355 | 88.6 |
| 9月28日 | 10 | 27,098 | 2,710 | 22,275 | 82.2 |
| 合計 | 23 | 64,745 | | 55,630 | |

表2 ニジマスの採卵成績（箱島系）

| 採卵月日 | 採卵尾数(尾) | 採卵数(粒) | 1尾当たり卵数(粒) | 発眼卵数(粒) | 発眼率(%) |
|--------|---------|--------|------------|---------|--------|
| 12月6日 | 41 | 38,311 | 934 | 34,327 | 89.6 |
| 12月13日 | 12 | 24,508 | 2,042 | 20,930 | 85.4 |
| 合計 | 53 | 62,819 | | 55,257 | |

表3 ニジマスの採卵成績（スチールヘッド系）

| 採卵月日 | 採卵尾数(尾) | 採卵数(粒) | 1尾当たり卵数(粒) | 発眼卵数(粒) | 発眼率(%) |
|--------|---------|--------|------------|---------|--------|
| 12月7日 | 50 | 24,902 | 498 | 10,508 | 42.2 |
| 12月15日 | 33 | 14,703 | 446 | 10,057 | 68.4 |
| 合計 | 83 | 39,605 | | 20,565 | |

表4 ニジマスの採卵成績（ハコスチ：箱島系♀×スチールヘッド系♂）

| 採卵月日 | 採卵尾数(尾) | 採卵数(粒) | 1尾当たり卵数(粒) | 発眼卵数(粒) | 発眼率(%) |
|--------|----------|---------|------------|---------|--------|
| 11月7日 | 34 (経産魚) | 140,341 | 4,128 | 110,308 | 78.6 |
| 11月14日 | 34 (経産魚) | 125,341 | 3,686 | 113,810 | 90.8 |
| 11月22日 | 34 (経産魚) | 123,556 | 3,634 | 106,752 | 86.4 |
| 11月28日 | 15 | 33,767 | 2,251 | 28,229 | 83.6 |
| 12月25日 | 27 | 21,700 | 804 | 19,704 | 90.8 |
| 合計 | 144 | 444,705 | | 378,803 | |

表5 ギンヒカリの採卵成績

| 採卵月日 | 採卵尾数(尾) | 採卵数(粒) | 1尾当たり卵数(粒) | 発眼卵数(粒) | 発眼率(%) |
|--------|---------|---------|------------|---------|--------|
| 10月12日 | 41 | 169,726 | 4,140 | 116,432 | 68.6 |
| 10月19日 | 33 | 153,562 | 4,635 | 109,336 | 71.2 |
| 10月26日 | 29 | 136,507 | 4,707 | 99,650 | 73.0 |
| 11月6日 | 41 | 171,134 | 4,174 | 114,318 | 66.8 |
| 合計 | 144 | 630,929 | | 439,736 | |

表6 ヤマメの採卵成績（吾妻系）

| 採卵月日 | 採卵尾数(尾) | 採卵数(粒) | 1尾当たり卵数(粒) | 発眼卵数(粒) | 発眼率(%) |
|--------|---------|---------|------------|---------|--------|
| 10月4日 | 162 | 196,238 | 1,211 | 177,988 | 90.7 |
| 10月11日 | 49 | 55,624 | 1,135 | 49,839 | 89.6 |
| 合計 | 211 | 251,862 | | 227,827 | |

表7 ヤマメの採卵成績（孀恋系）

| 採卵月日 | 採卵尾数(尾) | 採卵数(粒) | 1尾当たり卵数(粒) | 発眼卵数(粒) | 発眼率(%) |
|--------|---------|---------|------------|---------|--------|
| 10月3日 | 30 | 51,710 | 1,723 | 45,660 | 88.3 |
| 10月6日 | 51 | 87,538 | 1,716 | 82,811 | 94.6 |
| 10月10日 | 105 | 185,089 | 1,762 | 163,434 | 88.3 |
| 10月13日 | 76 | 136,970 | 1,802 | 127,383 | 93.0 |
| 10月17日 | 55 | 102,101 | 1,856 | 93,321 | 91.4 |
| 合計 | 317 | 563,408 | | 512,609 | |

表8 イワナの採卵結果

| 採卵月日 | 採卵尾数(尾) | 採卵数(粒) | 1尾当たり卵数(粒) | 発眼卵数(粒) | 発眼率(%) |
|--------|---------|---------|------------|---------|--------|
| 11月6日 | 154 | 200,645 | 1,303 | 146,872 | 73.2 |
| 11月13日 | 30 | 38,565 | 1,285 | 28,538 | 74.0 |
| 合計 | 184 | 239,210 | | 175,410 | |

四年成熟系ニジマス固定化試験

令和5年度に4年目で初めて成熟した個体群から、新たな四年成熟系として作出した(表)。

表 四年成熟系ギンヒカリの採卵結果

| 採卵月日 | 採卵尾数(尾) | 採卵数(粒) | 1尾当たり卵数(粒) | 発眼卵数(粒) | 発眼率(%) |
|--------|---------------|--------|------------|---------|--------|
| 10月19日 | オス：3 メス：1 | 6,713 | 6,713 | 15 | 0.2 |
| 10月26日 | オス：3 メス：2 | 10,809 | 5,405 | 9,836 | 91.0 |
| 11月6日 | オス：5 メス：4 | 20,562 | 5,141 | 11,844 | 57.6 |
| 合計 | オス：11 メス：7 | 38,084 | | 21,695 | |

ニシブタ沢(イワナ保護水面)調査

令和5年11月1日に野反湖(中之条町)に流入するニシブタ沢において、湖から約700 m上流の魚止めの滝までの間、目視によりイワナの産卵床造成跡数を確認した。令和5年の産卵床造成跡数は84であった(図)。

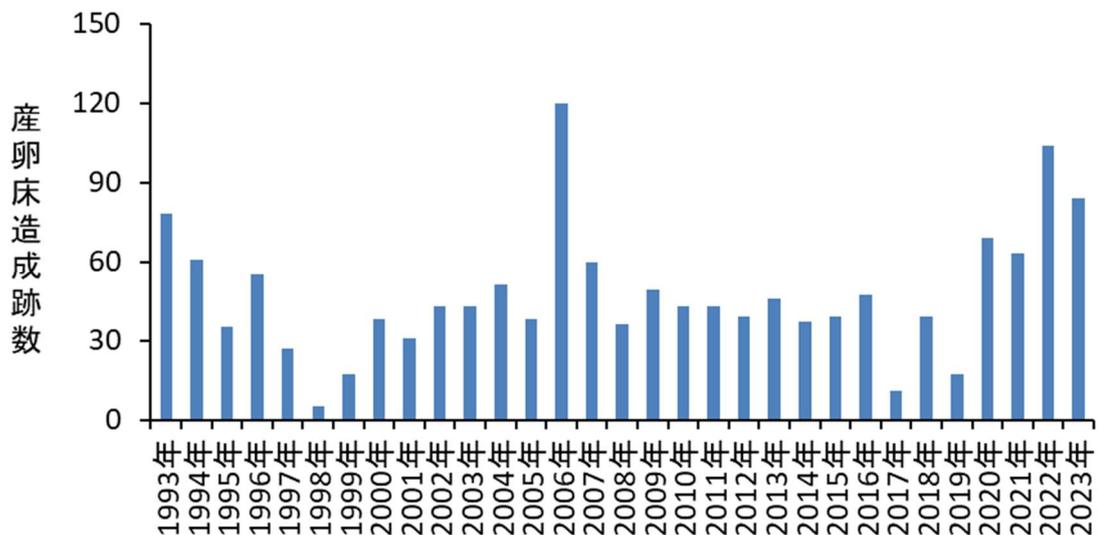


図 イワナの産卵床造成跡数の年次変動

6 研究成果の発表・伝達

(1) 水産試験場研究報告（別途報告を含む）以外の水産試験場発行資料

| 資料名（発行年） | 内 容 |
|---------------------------|--|
| 水試だより 第55号 (令和5年5月) | 【巻頭】新たな県産ブランド魚が目白押し!? 【特集】江戸川系ver.2の冷水病耐性 【水産行政から】ギンヒカリの魅力を再確認!!～G-アナライズ&PRチームと連携した取り組み～ |

(2) 水産試験場主催の講習会等(魚病関係を除く)

| 講習会等の名称(開催日) | 課 題 名 | 講 師 名 |
|---|--------------------------------------|------------------|
| 群馬県水産試験場成果発表会 (令和6年2月7日) (総参加者数69人) | 1 遮光によるアユのコツキ症状の発生抑制 | 塩澤 佳奈子 (水産環境係) |
| | 2 アユにおける胸腺の発達が冷水病耐性に与える影響 | 鈴木 究真 (水産環境係) |
| | 3 画像解析によるアユ卵自動計数法の開発 | 阿久津 崇 (水産環境係) |
| | 4 シオミズツボウムシの効率的な培養方法について | 齋藤 駿介 (生産技術係) |
| | 5 マツカサガイ稚貝の人工飼育 | 鈴木 紘子 (水産環境係) |
| | 6 遊漁規則を読み解く～溪流魚の尾数制限編～ | 渡辺 峻 (蚕糸園芸課・水産係) |
| | 7 吾妻川支流における県内初のブラウントラウト定着事例 | 山下 耕憲 (川場養魚センター) |
| | 8 ギンヒカリ早期成熟に関する聞き取り調査～3年成熟率は変化したのか?～ | 新井 肇 (川場養魚センター) |
| | 9 ギンヒカリ早期成熟状況と対策 | 井下 眞 (川場養魚センター) |

(3) 雑誌、単行本等による技術解説

該当なし

(4) マスコミ発表 (掲 載)

| タ イ ト ル | マスコミ名 | 日 付 |
|-------------------------|-------|----------|
| ミズワタクチビルケイソウ 外来藻類から川守れ | 讀賣新聞 | R5.5.5 |
| 自然繁殖 回復へ挑戦 | 上毛新聞 | R5.5.5 |
| ギンヒカリ人工授精 オレンジの輝き 採卵 川場 | 上毛新聞 | R5.10.27 |
| イチゴとニジマス生産増へ施設整備 | 上毛新聞 | R6.1.29 |

(5) 研究会、研修会および現地講習会等での発表(群馬水試主催を除く)

| 研修会・講習会の名称 | 場 所 | 主 催 | 発表者氏名 | 課 題 名 | 期 日 | 人数 |
|------------|--------|-----------|----------------|------------------------|---------|----|
| ネイチャークラブ | 水産試験場 | コープぐんま | 田中 英樹 鈴木 究真 | ぐんまのお魚を学ぼう! | R5.8.2 | 20 |
| 日本水産学会 | 東京海洋大学 | (公)日本水産学会 | 阿久津 崇 | 代理親魚技術により生産したアユの成長と性成熟 | R6.3.28 | 50 |

(6) 技術相談・依頼診断件数

・現地指導による技術相談・依頼診断等

| 場 所 | 漁場環境 | 漁場増殖 | 養殖技術 | 計 |
|--------|------|------|------|----|
| 本 場 | 18 | 8 | 13 | 39 |
| 川場センター | 0 | 0 | 27 | 27 |
| | 18 | 8 | 40 | 66 |

・来場・電話による技術相談・依頼診断等

| 場 所 | 漁場環境 | 漁場増殖 | 養殖技術 | 計 |
|--------|------|------|------|----|
| 本 場 | 3 | 4 | 13 | 20 |
| 川場センター | 0 | 3 | 6 | 9 |
| 計 | 3 | 7 | 19 | 29 |

(7) 視察および見学

| 場 所 | 日 本 人 | | 外 国 人 | | |
|--------|-------|----|-------|----|----|
| | 件数 | 人員 | 国 名 | 件数 | 人員 |
| 本 場 | 0 | 0 | — | — | — |
| 川場センター | 0 | 0 | パキスタン | 1 | 8 |
| 計 | 0 | 0 | 計 | 1 | 8 |

(8) 研修員（県要領、要綱等に基づく受け入れ）

| 所 属 | 目 的 | 期 間 | 主 担 当 係 | 受入れ基準 |
|----------------|--------------------|-----------------------|----------|---------------------|
| 日本大学生物資源科学部 3名 | 魚類の養殖管理及び資源調査手法の取得 | R5.9.4～9.15 (実10日) | 川場養魚センター | 農業関係試験研究機関実習学生受入れ要領 |

(9) 職場体験学習受入

| 所 属 | 受入人数 | 受 入 期 間 | 主 担 当 係 | 備 考 |
|------------|------|-------------|-------------|-----------|
| 県立万場高校 | 10 | R5.6.8 | 主席研究員 | 講義・施設見学 |
| 県立万場高校 | 6 | R5.9.20 | 川場養魚センター | ニジマス採卵実習 |
| 県立万場高校 | 10 | R5.9.28 | 生産技術係 | アユ採卵・採精実習 |
| 川場村立川場中学校 | 1 | R5.10.10～12 | 川場養魚センター | 飼育管理実習 |
| 前橋市立岩神小学校 | 18 | R5.11.13 | 主席研究員 | 講義・施設見学 |
| 太田市立太田中学校 | 4 | R5.11.28 | 主席研究員 | 講義・施設見学 |
| 群馬県立藤岡北高校 | 21 | R6.2.19 | 水産環境係 | 講義・施設見学 |
| 群馬工業高等専門学校 | 17 | R6.2.27 | 主席研究員、水産環境係 | 講義・施設見学 |

7 研修会等出席状況

(1) 水産関係研修会等

| 研 修 会 名 | 会 場 | 期 間 | 出 席 者 |
|-------------------------------|-------------------|---------------------------|--|
| 令和5年度養殖生成管理技術者養成研修 本科基礎コース | Web開催 | R5.7.3～5.7.14 | 鈴木 紘子 |
| 令和5年度水産資源に関する巡回教室 | 県庁ビジターセンター | R5.8.9 | 小西 浩司 田中 英樹 新井 肇 鈴木 究真 他7名 |
| 令和5年度養殖生成管理技術者養成研修 本科実習コース | 日本獣医生命科学大学、東京海洋大学 | R5.8.22～25 R5.10.25～31 | 阿久津 崇 |

| | | | |
|-------------------------------|------------|-------------|--------------------------|
| 令和5年度養殖生成管理技術者養成研修 本科専門コース | Web開催 | R5.12.19～26 | 阿久津 崇 井下 眞 |
| 令和5年度魚類防疫士技術認定試験 | 日本水産資源保護協会 | R5.12.19～27 | 阿久津 崇 |
| 令和5年度埼玉県水産研究所成果発表会 | 埼玉県水産研究所 | R6.3.11 | 鈴木 究真 塩澤 佳奈子 田島 稔明 |
| コンプライアンス研修会 | 水産試験場 | R6.3.15 | 水試職員 |

(2) 一般研修

| 研 修 会 名 | 会 場 | 期 間 | 研修者氏名 |
|-------------------------|---------------|------------------|----------------------------------|
| 新規採用研修 | 自治研修センター | R5.4.4～5.22(実4日) | 田島 稔明 |
| 再任用研修 | 自治研修センター | R5.4.10 | 高橋 伸幸 |
| 有機農業研修 | ぐんま男女共同参画センター | R5.6.14 | 小西 浩司 |
| | 農林大学校 | R5.8.9 | 清水 延浩 |
| | 前橋合庁舎 | R5.9.20 | 田中 英樹 齋藤 駿介 |
| | 農業技術センター | R5.9.25 | 田島 稔明 高橋 伸幸 |
| | 沼田合庁舎 | R5.9.27 | 新井 肇 星野 勝弘 |
| | | R5.10.5 | 山下 耕憲 井下 眞 |
| | 県庁ビジターセンター | R5.10.13 | 桜木 葉子 |
| | 県庁ビジターセンター | R5.11.29 | 上村 倫恵 北野 洋一 鈴木 究真 鈴木 絃子 |
| | 県庁291会議室 | R5.12.14 | 阿久津 崇 塩澤 佳奈子 |
| 県職員研修 | 県自治研修センター | R5.7.6 | 鈴木 究真 |
| 講師になった時の話し方 研修 | 自治研修センター | R5.8.3 | 齋藤 駿介 |
| フォークリフト研修 | 群馬クレーン教習センター | R5.10.12～18(実4日) | 田島 稔明 |
| ボイラー取扱技能講習会 知的財産セミナー | 勢多会館 | R6.1.18～19 | 田島 稔明 |
| | 農業技術センター | R6.2.16 | 田中 英樹、新井 肇 鈴木 究真 他5名 |

8 主な会議

| 会 議 名 | 開 催 日 | 参 集 範 囲 | 場 所 |
|--------------------------------|------------|---------|-------------|
| 研究調整担当者会議（第1回） | R5.4.25 | 関係者 | (Web開催) |
| 群馬県漁業協同組合連合会漁業組合事務職員会議 | R5.4.28 | 関係者 | 水産会館 |
| 効果的な外来魚等抑制管理技術開発事業第1回検討委員会 | R5.5.2 | 関係者 | (Web開催) |
| 群馬県漁業増殖基金協会定例理事会 | R5.5.16 | 関係者 | 水産会館 |
| 環境収容力推定手法開発事業計画検討会 | R5.5.16 | 関係者 | 東京都 |
| 群馬県漁業増殖基金協会評議員会 | R5.5.31 | 関係者 | 水産会館 |
| 群馬県農業技術推進会議本会議（第1回） | R5.6.2 | 関係者 | (書面開催) |
| 全国養鱒技術協議会 養殖技術部会 | R5.6.9 | 関係者 | 東京都 |
| 群馬県漁業協同組合連合会通常総会 | R5.6.16 | 関係者 | 水産会館 |
| カワウ適正管理計画に係る担当者会議 | R5.6.16 | 関係者 | 水産試験場 |
| 群馬県産農畜産物ブランディング支援業務品目別会議 | R5.6.21 | 関係者 | 水産会館 |
| 内水面水産資源被害対策事業カワウ被害防止対策第1回検討委員会 | R5.6.22 | 関係者 | (Web開催) |
| 全国湖沼河川養殖研究会関東甲信越ブロック会議 | R5.6.23 | 関係者 | 宇都宮市 |
| 全国水産試験場長会内水面部会関東甲信越ブロック会議 | R5.6.23 | 関係者 | 宇都宮市 |
| 多々良沼・城沼自然再生協議会 | R5.6.24 | 関係者 | 館林美術館 |
| 全国養鱒技術協議会 | R5.7.6～7 | 関係者 | 山梨県 |
| 第1回群馬県第二種特定鳥獣適正管理検討委員会カワウ専門部会 | R5.7.11 | 関係者 | 県庁 |
| アユ種苗生産担当者会議 | R5.7.20～21 | 関係者 | 山梨県 |
| 第1回内水面漁場管理委員会 | R5.7.24 | 関係者 | 水産会館 |
| 第31回坂東大堰地区事業推進会議 | R5.8.3 | 関係者 | 前橋市 |
| 第2回内水面漁場管理委員会 | R5.8.21 | 関係者 | 水産会館 |
| 農業技術推進会議 水産専門部会(第1回) | R5.9.5 | 関係者 | 水産試験場 |
| 第1回試験研究機関長会議 | R5.9.6 | 関係者 | 産業技術センター |
| 第2回群馬県第二種特定鳥獣適正管理検討委員会カワウ専門部会 | R5.9.6 | 関係者 | 水産試験場 |
| 群馬県産農畜産物ブランディング支援業務品目別部会 | R5.9.11 | 関係者 | 県庁 |
| 内水面関係研究開発推進会議 | R5.9.13～14 | 関係者 | (Web開催) |
| 群馬県養鱒漁業協同組合第2回理事会 | R5.9.15 | 関係者 | 水産会館 |
| 全国湖沼河川養殖研究会第95回大会 | R5.9.27～28 | 関係者 | 北海道 (Web配信) |
| 研究調整担当者会議（第2回） | R5.10.11 | 関係者 | (Web開催) |
| 群馬県漁業協同組合連合会河川関係漁業協同組合長会議 | R5.10.20 | 関係者 | 水産会館 |
| 群馬県漁業増殖基金協会理事会 | R5.10.20 | 関係者 | 水産会館 |

| | | | |
|--------------------------------|-------------|-------|----------------|
| 養殖衛生管理体制整備事業内水面関東甲信ブロック地域合同検討会 | R5.10.24 | 関係者 | さいたま新都心合同庁舎2号館 |
| 群馬県第二種特定鳥獣適正管理検討委員会（カワウ） | R5.11.1 | 関係者 | 県庁 |
| 群馬県農業技術推進会議本会議（第2回） | R5.11.10 | 関係者 | 県庁 |
| 全国水産試験場長会全国大会 | R5.11.16 | 関係者 | 鹿児島県 |
| 第26回ワカサギに学ぶ会 | R5.11.16 | 関係者 | 長野県 |
| ハコスチの日 | R5.11.21 | 関係者ほか | 沼田市 |
| マス類資源研究部会 | R5.12.7～8 | 関係者 | 東京都 |
| 第3回内水面漁場管理委員会 | R5.12.14 | 関係者 | 水産会館 |
| 群馬県指定農薬運営委員会 | R5.12.18 | 関係者 | （書面開催） |
| 増養殖関係研究水産会議 魚病部会「令和5年度魚病症例研究会」 | R5.12.13～14 | 関係者 | （Web開催） |
| 効果的な外来魚等抑制技術開発事業第2回検討委員会 | R5.12.18 | 関係者 | （Web開催） |
| 群馬県産農畜産物ブランディング支援業務品目別部会 | R5.12.19 | 関係者 | 県庁 |
| 環境収容力推定手法開発事業成果検討会 | R6.1.25～26 | 関係者 | 東京都 |
| 全国湖沼河川養殖研究会アユ資源研究部会 | R6.2.1～2 | 関係者 | 東京都 |
| 群馬県指定農薬運営委員会 | R6.2.2 | 関係者 | （書面開催） |
| 水産関係試験機関長会議 | R6.2.6 | 関係者 | （Web開催） |
| 農業技術推進会議 水産専門部会（第2回） | R6.2.15 | 関係者 | （書面開催） |
| 関東甲信越ブロックマス類養殖担当者研修会 | R6.2.15～16 | 関係者 | 山梨県 |
| 第4回内水面漁場管理委員会 | R6.2.19 | 関係者 | 水産会館 |
| やりたなご懇談会 | R6.2.28 | 関係者 | 水産試験場 |
| 研究調整担当者会議（第3回） | R6.3.5 | 関係者 | （Web開催） |
| 魚道懇談会 | R5.3.6 | 関係者 | 埼玉県 |
| 金沢大学環日本海域環境研究センター共同研究成果報告会 | R6.3.7～8 | 関係者 | （Web開催） |
| 全国養殖衛生管理推進会議 | R6.3.8 | 関係者 | 農林水産省 |
| 群馬県産農畜産物ブランディング支援業務品目別部会 | R6.3.12 | 関係者 | 県庁 |
| 群馬県漁業協同組合連合会組合長会議 | R6.3.15 | 関係者 | 水産会館 |
| 第2回試験研究機関長会議 | R6.3.18 | 関係者 | 産業技術センター |
| 第5回群馬県内水面漁場管理委員会 | R6.3.21 | 関係者 | 水産会館 |
| 第31回坂東大堰地区事業推進会議 | R6.3.25 | 関係者 | 前橋市 |
| 群馬県養鱒漁業協同組合通常総会 | R6.3.25 | 関係者 | 高崎市 |
| 群馬県養鱒漁業協同組合超絶サーモンV3委員会 | R6.3.26 | 関係者 | 高崎市 |
| 群馬県漁業増殖基金協会評議員会 | R6.3.26 | 関係者 | 水産会館 |

9 その他

福島県へのアユ中間育成種苗供給

(公財)福島県栽培漁業協会は、福島県の種苗生産施設(福島県双葉郡大熊町)を利用して年間300万尾のアユ中間育成種苗を生産していたが、平成23年3月11日に起きた東日本大震災で被害を受け、東京電力(株)福島第1原子力発電所の事故により復旧ができないことから、アユ中間育成種苗の生産が不可能となった。このため、平成23年7月11日付けで福島県知事からの依頼により福島県内の養殖業者へアユ中間育成種苗を供給することとなった。本年度も引き続き、海産系種苗を福島県へ計3.0万尾、58 kg(平均体重1.10 g)供給した。

福島第一原子力発電所事故による放射能汚染に対する県内水産物の放射性物質検査

平成23年3月11日の東日本大震災に伴う福島第一原子力発電所事故で大気中に放出された人工放射性核種である放射性セシウム($^{134}\text{Cs}+^{137}\text{Cs}$)と放射性ヨウ素(^{131}I) (以下「放射性物質」という。)は、大気輸送沈着シミュレーションと航空機モニタリング調査結果から、東日本の陸地に高濃度で沈着していることが明らかとなっている。群馬県においても全域で放射性物質の沈着が確認された。そこで、群馬県水産試験場では群馬県農政部蚕糸園芸課水産係と協力し、食の安全性確保の観点から、県内水産物の放射性物質濃度の測定を行った。

放射性物質濃度検査結果

令和5年4月から令和6年3月までの期間に、県内水産物の放射性物質濃度検査を208件行った(表)。放射性物質濃度測定はゲルマニウム半導体検出器を使用し、民間検査機関で行った。

放射性セシウムは養殖魚からは全て不検出で、天然魚(採捕魚)から食品衛生法に基づく基準値である100 Bq/kgを超える検体は確認されなかった。

表 放射性物質検査の検体数

| 区分 | 魚種 | 検査検体数 | 不検出又は 50 Bq/kg 以下 | 50 Bq/kg 超 ～ 100 Bq/kg 以下 | 100 Bq/kg 超 | 100 Bq/kg 超過地点 |
|--------------|-------|-------|----------------------|---------------------------------|-------------|-------------------|
| 天然魚 (採捕魚) | ヤマメ | 80 | 79 | 1 | 0 | - |
| | イワナ | 62 | 60 | 2 | 0 | - |
| | ワカサギ | 13 | 13 | 0 | 0 | - |
| | アユ | 8 | 8 | 0 | 0 | - |
| 小計 | | 163 | 160 | 3 | 0 | - |
| 養殖魚 | ヤマメ | 7 | 7 | 0 | 0 | - |
| | イワナ | 7 | 7 | 0 | 0 | - |
| | アユ | 2 | 2 | 0 | 0 | - |
| | ギンヒカリ | 9 | 9 | 0 | 0 | - |
| | ハコスチ | 7 | 7 | 0 | 0 | - |
| | ニジマス | 13 | 13 | 0 | 0 | - |
| 小計 | | 45 | 45 | 0 | 0 | - |
| 合計 | | 208 | 205 | 3 | 0 | - |

10 公有財産

(1) 土地

| 区 分 | 種 目 | 前年度末の面積(m ²) | 年度中の増減(m ²) | 年度末の面積(m ²) | 備 考 |
|----------------|-----|--------------------------|-------------------------|-------------------------|-----|
| 水産試験場 (本 場) | 敷 地 | 32,980.55 | | 32,980.55 | |
| | 池 沼 | 5,992.29 | | 5,992.29 | |
| | 小 計 | 38,972.84 | | 38,972.84 | |
| 箱島養鱒 センター | 敷 地 | 14,444.24 | | 14,444.24 | |
| | 池 沼 | 1,051.08 | | 1,051.08 | |
| | 小 計 | 15,495.32 | | 15,495.32 | |
| 川場養魚 センター | 敷 地 | 2,969.00 | | 2,969.00 | |
| | 池 沼 | 1,006.00 | | 1,006.00 | |
| | 小 計 | 3,975.00 | | 3,975.00 | |
| 合 計 | 敷 地 | 50,393.79 | | 50,393.79 | |
| | 池 沼 | 8,049.37 | | 8,049.37 | |
| | 合 計 | 58,443.16 | | 58,443.16 | |

(注) 本場の場長公舎および職員公舎の敷地面積(1,100.02 m²)は除く。

(2) 建 物

| 区 分 | 木 造 非木造 の 別 | 前年度末現在高 | | | 前年度末増減高 | | | 年度末現在高 | | |
|----------------|-------------------|--------------------------|--------------------------|----|--------------------------|--------------------------|----|--------------------------|--------------------------|----|
| | | 床面積 (m ²) | 延面積 (m ²) | 棟数 | 床面積 (m ²) | 延面積 (m ²) | 棟数 | 床面積 (m ²) | 延面積 (m ²) | 棟数 |
| 水産試験場 (本 場) | 木 造 | 33.05 | 33.05 | 1 | | | | 33.05 | 33.05 | 1 |
| | 非木造 | 5,375.94 | 5,578.14 | 29 | | | | 5,375.94 | 5,578.14 | 29 |
| | 小 計 | 5,408.99 | 5,611.19 | 30 | | | | 5,408.99 | 5,611.19 | 30 |
| 箱島養鱒 センター | 木 造 | 271.07 | 271.07 | 2 | | | | 271.07 | 271.07 | 2 |
| | 非木造 | 217.65 | 217.65 | 5 | | | | 217.65 | 217.65 | 5 |
| | 小 計 | 488.72 | 488.72 | 7 | | | | 488.72 | 488.72 | 7 |
| 川場養魚 センター | 木 造 | 159.82 | 159.82 | 2 | | | | 159.82 | 159.82 | 2 |
| | 非木造 | 240.15 | 299.77 | 5 | | | | 240.15 | 299.77 | 5 |
| | 小 計 | 399.97 | 459.59 | 7 | | | | 399.97 | 459.59 | 7 |
| 合 計 | 木 造 | 463.94 | 463.94 | 5 | | | | 463.94 | 463.94 | 5 |
| | 非木造 | 5,833.74 | 6,095.56 | 39 | | | | 5,833.74 | 6,095.56 | 39 |
| | 合 計 | 6,297.68 | 6,559.50 | 44 | | | | 6,297.68 | 6,559.50 | 44 |

(注) 本場の場長公舎および職員公舎の建物面積(153.27 m²)は除く。

11 継代種保有状況（令和6年3月31日現在）

| 種名 | 品種・系統名等 | 入手年月 | 備考(特徴、由来、入手先等) | 保有尾数(尾) |
|---------|----------|--------|------------------|---------|
| マゴイ | 群馬在来系 | S5.5 | 不明(本) | 40 |
| キンブナ | 城沼系 | H3.11 | 館林市城沼採取(本) | 600 |
| ギンブナ | 〃 | H25.11 | 〃(本) | 2,200 |
| アユ | 群馬水試継代系 | S44.9 | 海産・湖産交雑54代(本) | 6,800 |
| 〃 | 群馬水試交配系 | R3.9 | 海産10代雌・天然3代雄(本) | 8,400 |
| ヤリタナゴ | 笹川(藤岡市)系 | H11.1 | 藤岡市神流川支流笹川採取(本) | 200 |
| クロメダカ | 群馬在来系 | H12.5 | 群馬県水産学習館(蛇沼産)(本) | 80 |
| ホトケドジョウ | 〃 | H25.9 | 宮城村荒砥川水系採取(本) | 300 |
| ニジマス | 早期採卵系 | S36.10 | 栃木県他より入手選抜淘汰(川) | 370 |
| 〃 | スチールヘッド系 | S62.5 | 養殖研究所日光支所(川) | 400 |
| 〃 | 箱島系 | H13.1 | オリエンタル酵母工業KK(川) | 1,400 |
| 〃 | ギンヒカリ | H14.5 | 早期採卵系より選抜育種(川) | 600 |
| ヤマメ | 吾妻川水系 | S41.9 | 吾妻町温川支流今川採取(川) | 470 |
| イワナ | ホタカイワナ | S58.10 | 川場村薄根川支流溝又川採取(川) | 500 |

保有尾数の欄：(本)は本場、(川)は川場養魚センターを示す。

12 職員名簿（令和6年3月31日現在）

| 係およびセンター | 職名 | 職種 | 氏名 |
|----------|-----------------|-------|-----------|
| | 場長 | 研究職 | 小西 浩司 |
| | 主席研究員(生産技術係長) | 〃 | 田中 英樹 |
| | 次長(総務係長) | 行政職 | 上村 倫恵 |
| 総務係 | 総務係長 | (行政職) | (次長兼務) |
| | 主幹(事) | 行政職 | 北野 洋一 |
| | 副主幹専門員(事) | 〃 | 桜木 葉子 |
| 水産環境係 | 水産環境係長 | 研究職 | 鈴木 究真 |
| | 主任(技) | 〃 | 鈴木 紘子 |
| | 主任(技) | 〃 | 阿久津 崇 |
| | 技師 | 〃 | 塩澤 佳奈子 |
| 生産技術係 | 生産技術係長 | (研究職) | (主席研究員兼務) |
| | 主査(技) | 行政職 | 清水 延浩 |
| | 技師 | 〃 | 田島 稔明 |
| | 技師 | 研究職 | 齋藤 駿介 |
| | 主幹専門員(技) | 〃 | 高橋 伸幸 |
| 川場養魚センター | 主席研究員(センター長)(技) | 〃 | 新井 肇 |
| | 主査(技) | 行政職 | 星野 勝弘 |
| | 主任(技) | 研究職 | 山下 耕憲 |
| | 技師 | 〃 | 井下 眞 |

群馬県水産試験場研究報告
第 30 号

(附 令和 5 年度業務報告)

令和 6 年 9 月 30 日発行

発行者 群馬県水産試験場長
阿久津 良和

発行所 群馬県水産試験場
〒371-0036 群馬県前橋市敷島町 13
TEL 027(231)2803 FAX 027(231)2135
