

## 令和6年度 環境収容力推定手法開発事業 報告

課題番号	エ(1)	事業実施期間	令和6年度
課題名	ニホンウナギ等内水面資源の生息状況調査・分析、資源増殖等の手法検討 (ワカサギ)		
担当者	水産研究・教育機構水産技術研究所 宮本幸太		
分担者			

**令和6年度の成果の要約：** ワカサギの耳石標識放流試験において、湖沼における仔稚魚のサンプリング技術が未だ確立されていないことが障壁となっている。本年度、集魚灯や投光器を用いたワカサギ仔稚魚のサンプリング技術の開発を行った結果、ペットボトルと水中集魚灯を用いた簡易ライトトラップを用いることで夜間における湖内の分布状況の考察が可能となった。さらに、投光器と水中集魚灯を併用した「ワクワク法」を実施することで従来の採捕法よりも効率的にワカサギ仔稚魚の採捕が可能となった。

**全期間を通じた課題目標及び計画：**湖沼等の環境とワカサギの生息状況に係る知見を収集・分析し、漁場環境に応じた資源の適切な増殖手法等について検討する。

**当該年度計画：**天然色素を使用した標識技術の開発：食の安心・安全のため、従来使用されてきたALCよりも安全性が高いと考えられる天然色素剤コチニールを用いた大量耳石染色とその放流技術を開発する。標識調査を実施する場合、耳石標識を施し湖沼へ放流した魚を採集して、それらの標識の有無を調べる必要がある。しかし、ワカサギのように資源量の多い魚種について放流効果等を把握する場合、大量のサンプルを評価する必要があるが、特にワカサギ仔稚魚においてはサンプリング技術が未だ確立されていないことが障壁となっている。そこでR6年度は集魚灯や投光器を用いたワカサギ稚魚のサンプリング技術の開発を行った。

### 結果：

(1) 昨年(R5年)度、長野県水産試験場が美鈴湖(長野県松本市)で実施したライトトラップ3基によるワカサギ仔稚魚の採集では、6月の3度の調査で採集できたワカサギ仔稚魚は25個体であり、サンプル数が十分に集まらなかった。この原因として、①湖内のトラップ設置場所が適切ではなかった、②ライトの照射する面積や強度が適切ではなかったことが考えられた。はじめに①への対策として、ペットボトル(大塚製薬、ポカリスエット2L)と乾電池式集魚灯(ルミカ社、水中集魚灯ボルト2)を用いて、簡易ライトトラップ28基(5月17日は18基)を作製し、湖のおよそ全域に設置することで、サンプリングギアとしての効果を検証した(図1)。簡易ライトトラップによるサンプリング調査は5月17日、5月24日、6月13日の3回実施した。設置は前日の昼頃に設置して翌日の朝にペットボトル内に捕獲された仔稚魚を回収した。調査の結果、ワカサギ仔稚魚の採捕個体数は5月17日に80個体、5月24日に47個体、6月13日に60個体で

あり、いずれの調査日においても昨年度のライトトラップ調査3回分よりも数多くのワカサギ仔稚魚を採集することに成功した(図2)。ワカサギの採捕個体数と簡易ライトトラップの設置地点との関係を調べると、5個体以上のワカサギ仔稚魚が採捕できた場所は3調査日で10地点であり(図2)、その多くが湖心から近い栈橋や湖岸の近くであった。これらの結果から、美鈴湖におけるワカサギ仔稚魚については、夜間は湖心から比較的近い岸や障害物付近に帯状に分布・遊泳していると考えられた。

(2) 調査日6/13には②で挙げたライトの照射範囲や強度による影響を調査するため、LED投光器(株式会社ライトボーイ、LB202WS)を設置して両側のライトを最大出力で点灯させ、ライトから約45度の角度で湖面を照射した(図3)。投光器は簡易ライトトラップでの捕獲に実績のあった栈橋に設置し、16時頃から照射を開始して20~22時にかけてワカサギ仔稚魚の採捕を試みた。投光器を設置した栈橋の足元には、乾電池式水中集魚灯(ルミカ社、水中集魚灯ボルト2)を設置して、投光器で栈橋周辺まで誘引した魚類を水中の集魚灯で足元まで寄せられるよう設定した。採集時には足元の集魚灯付近に接近したワカサギを大型のたも網で掬いとるようにした。作業の手順は、①投光器で湖面を照射し、集魚灯を設置、②投光器を消灯して約15分間、集魚灯のみを点灯、③集魚灯に十分なワカサギ仔稚魚が集まったら大型網ですくう、この工程を繰り返して採捕を行った。以下、この採捕方法をワカサギワクワク法(略してワクワク法)と呼称する。採集調査の結果、わずか2時間で150個体以上のワカサギ仔稚魚を採捕することができた。

(3) 先述したペットボトル法とワクワク法の効果を比較する。ペットボトル法では設置と回収にそれぞれ2時間以上を要し、容器内に大量のプランクトンが混入することからソーティングにも1時間程度を要した。さらにこれらの工程には2日間を要し、船作業を伴うものであった。これに対してワクワク法は設置が30分程度(栈橋で1か所のみ)で作業時間も2時間程度かつ1日の作業で終了した。調査の結果、採捕できたワカサギ仔稚魚のサンプルはペットボトル法の2~3倍程度の個体数を採捕できた。さらに、ペットボトル法で捕獲したワカサギ仔稚魚は、翌朝の回収時にペットボトル内で死亡し腐敗が進んでおりソーティング時に崩れたり、頭部が欠損してしまうことが多かった。一方、ワクワク法では、採捕直後の活魚を捕獲できること、プランクトンの混入が少ないことからソーティングの必要もなく、サンプルを新鮮な状態で冷凍保存することが可能であった(図3)。本調査では、簡易ライトトラップ法の結果により夜間における湖内のワカサギ分布や移動を考察することができ、それらの結果をもとに、より効率的なワクワク法を開発することができた。このため、他の湖沼でワクワク法を実施する場合には、夜間のワカサギの分布や移動を事前に把握する必要があるかもしれない。さらにワクワク法は夜間の作業となるため、投光器の光が届かない場所では移動等の作業時には十分に注意をする必要がある。

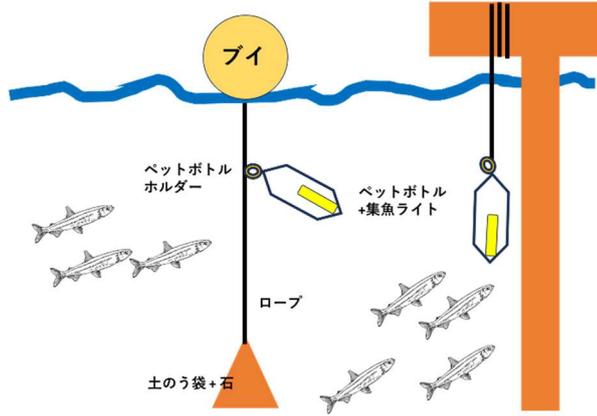


図1. ペットボトルと集魚灯を用いた簡易ライトトラップ (左) とその設置方法 (右)

### ワカサギ採捕個体数とトラップ設置場所

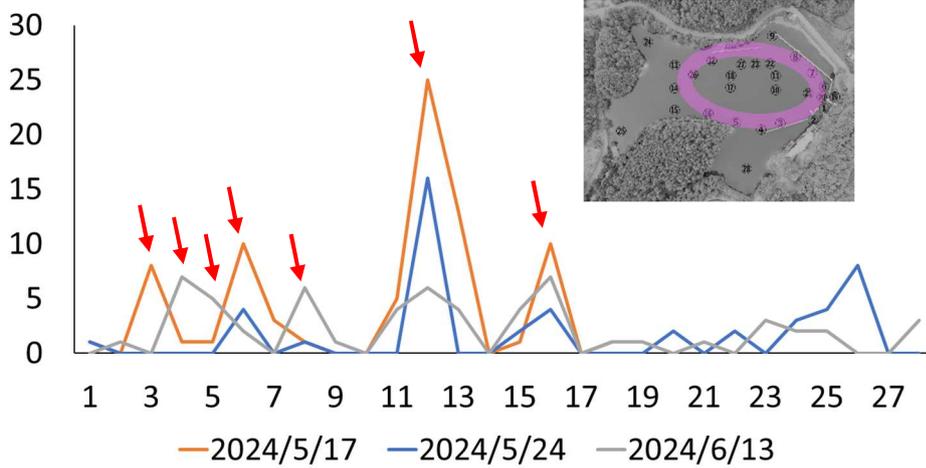


図2. 簡易ライトトラップによるワカサギの採捕個体数と設置場所との関係  
赤矢印は湖心周辺の棧橋または湖岸付近で5個体以上が採捕された場所。



図3. 投光器と集魚灯を用いたワカサギワクワク法 (左) と採集したワカサギ稚魚サンプルの様子 (右)

**令和6年度 ニホンウナギ等内水面資源の生息状況調査・分析、資源増殖等の手法検討  
(ワカサギ) 報告**

課題番号	エ(2)	事業実施期間	令和6年度
課題名	ニホンウナギ等内水面資源の生息状況調査・分析、資源増殖等の手法検討 (ワカサギ)		
担当者	茨城県水産試験場内水面支場 山崎幸夫		
分担者			

**令和6年度の成果の要約：** ワカサギの耳石日齢解析から、ふ化時期の水温、餌料密度が成長速度に影響している可能性が示唆された。ワカサギの資源動向と湖水温との関係を検討した結果、夏季の高水温が魚体の成長停滞、体重減少につながり、資源減少要因になっている可能性が示唆された。定置網調査の結果を過去の資料と比較した結果、魚類組成の変化がみられた。

**全期間を通じた課題目標及び計画：** ワカサギは、霞ヶ浦・北浦における重要な漁業対象種であり、その漁獲量は、2000年以降、17～520トンと年変動が大きく、2015年以降は減少傾向が続いている。また、北浦においては2019年以降にワカサギ以外のシラウオ、エビ類も急激に漁獲量が減少しており、その要因の解明が急務となっている。そこで、本事業ではワカサギの資源減少要因を解明するため、耳石の日周輪によるふ化時期の推定と初期の成長における生育環境（水温・餌料環境等）との関係、及びワカサギ以外の生息魚類との関係を明らかにすることを目標にした。

**当該年度計画：** (1) 耳石日周輪による成長解析 霞ヶ浦を対象とし、親魚量に対する翌年の加入量が悪い2016年及び良い2020年の2か年について耳石日周輪解析を実施する。(2) 夏季高水温の影響評価 2018年以降の夏季の湖水温の上昇が、ワカサギ資源に与える影響を漁業情報と生物データから検討する。(3) 動物プランクトンの年変動の把握 湖内の動物プランクトン密度の変動をモニタリングするため、霞ヶ浦・北浦の両湖において、沖合において調査船で月1回の採水、湖岸域において産卵期の3月に10日に1回の頻度で陸上から採水を行い、動物プランクトンの採集・計数を行う。(4) 漁獲資源の分布量調査 定置網による魚類採集調査を年3回行い、魚類相及び分布量を把握する。

**結果：**

### (1) 耳石日周輪による成長解析

霞ヶ浦において、親魚量に対する翌年の加入が悪かった2016年5月、及び7月の採取魚、良かった2020年の7月の採取魚について日齢解析を行った。ふ化期間は2月3日から4月27日までと推定され、2016年は5月採取魚が2月下旬、7月採取魚が3月下旬にふ化のピークがあり、ふ化期間は約2か月間、2020年の7月採取魚は4月上旬をピークに1か月間となった(図1)。成長は2020年7月採取魚、2016年7月に採取魚の順に良く、2016年5月採取魚は50日齢以降で成長が劣った(図2)。2016年は3月上旬の湖岸の餌料密度が低く(図3)、3月の水温が低く推移しており(図4)、これらが成長の停滞に影響した可能性がある。

### (2) 夏季高水温の影響評価

2018年以降、夏季の湖水温は29°Cを超える日が多くなり水温が上昇傾向にある(表1)。トロール漁業のCPUE(1隻1時間当たりの漁獲量)は7月の操業解禁以降で徐々に減少していくが、8月の水温が高い年は、初期資源に対する12月親資源の残存比率が低くなる傾向がある(図5)。またワカサギの肥満度は通常夏季に横ばいもしくはやや低下する傾向にあるが、8月の水温が高かった2019、2020年、2023年は特に7月から8月の肥満度の減少割合が高く、かなり痩せている状況にあったといえる(図6)。このことから、夏季の高水温によりワカサギの成長は停滞し痩せた状態となり、減耗につながった可能性が示唆された。

### (3) 動物プランクトンの年変動の把握

霞ヶ浦北浦における2024年の沖合域の動物プランクトンの分布密度は中～低位水準(2003～2024年期間の評価)で、中でもワカサギのふ化時期となる3、4月のワムシ類の分布密度は低い状況にあった。一方、湖岸域の3月のワムシ類の分布密度は中位水準となったことから、今年の餌料環境は、ふ化仔魚に対しては特に悪い状況ではなかったと考えられた。

### (4) 漁獲資源の分布量調査

定置網漁獲物調査を12月までに3回(5、8、12月)実施した。重量で見ると、各回ともにアメリカナマズの比率が高く、また、12月は他の時期と比べスズキが多く入網した。同時期・同水域で調査を実施した2012、2017年の結果と比べると(表2)、1カ統当たりの平均漁獲量は12～16kgと大きな変化はないが、アメリカナマズ、スズキが増加傾向、ワカサギ、ハゼ類等が減少傾向にあり、魚種組成が変化していることが示唆された。

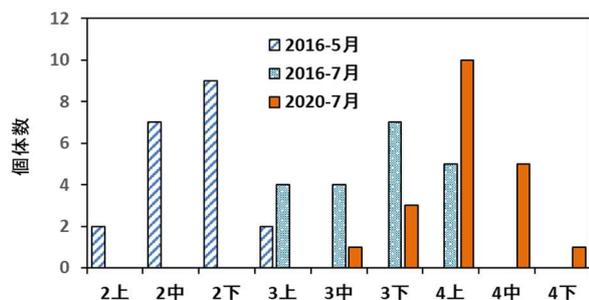


図1 耳石輪紋数から推定したふ化時期

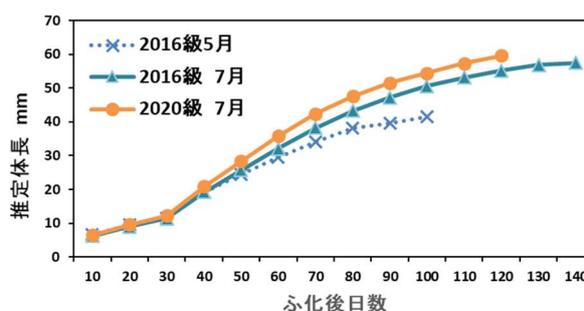


図2 耳石輪紋数から推定したワカサギの成長履歴

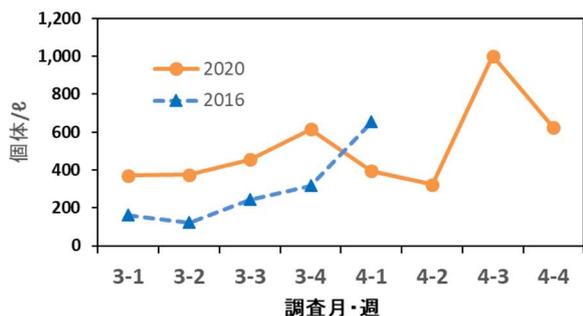


図3 霞ヶ浦湖岸域の3～4月のワムシの分布密度



図4 霞ヶ浦湖岸域の水温変動

表1 霞ヶ浦における高水温の観測日数の推移

	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
29<	11	23	18	27	16	25	49	41
うち30℃<	0	12	12	18	11	10	39	30
うち31℃<	0	7	11	11	3	3	22	17
うち32℃<	0	1	8	3	0	2	2	5
最高水温	29.9	32.5	33.0	32.3	31.5	32.6	32.3	32.5

※ 内水面支場観測棧橋での水深1mの観測データ



図5 8月の平均水温とトロール漁業での7月と12月の漁獲量 (CPUE) の減少比率の関係

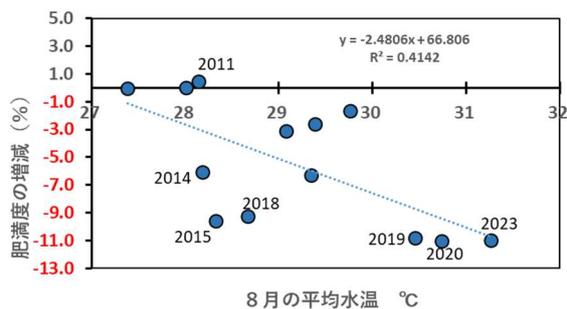


図6 8月の平均水温と7月から9月期間のワカサギ肥満度の減少割合

表2 定置網1カ統当たりの魚種別漁獲量

魚種	2012				2013				2014				2015			
	尾	重量	尾%	%重量	尾	重量	尾%	%重量	尾	重量	尾%	%重量	尾	重量	尾%	%重量
アメリカナマス	163	6,103	7.0	<b>42.0</b>	46	5,275	4.5	<b>41.0</b>	31	7,060	5.8	<b>42.0</b>	36	11,988	22.5	<b>72.9</b>
スズキ	1	496	0.0	3.4	1	796	0.1	6.2	10	5,476	1.9	<b>32.8</b>	9	1,819	5.3	<b>11.1</b>
フナ類	55	2,377	2.4	<b>16.3</b>	26	3,874	2.6	<b>30.1</b>	12	1,466	2.2	8.7	9	1,993	5.3	<b>12.1</b>
コイ	634	1,716	27.4	<b>11.8</b>	2	193	0.1	1.5	0	0	0.0	0.0	0	142	0.2	0.9
ニゴイ	16	767	0.7	5.3	31	555	3.1	4.3	6	527	1.1	3.1	0	25	0.2	0.2
ワカサギ	216	484	<b>9.3</b>	3.3	72	249	<b>7.1</b>	1.9	7	31	1.4	0.2	1	0	0.6	0.0
シラウオ									97	92	18.5	0.5	10	6	6.1	0.0
アユ	6	127	0.3	0.9					24	178	4.6	1.1	0	0	0.0	0.0
モロコ	124	287	5.4	2.0	30	58	3.0	0.4	24	72	4.6	0.4	14	33	8.9	0.2
モンゴ	298	391	<b>12.9</b>	2.7	153	263	<b>15.2</b>	2.0	162	452	<b>30.8</b>	2.7	26	60	<b>16.5</b>	0.4
オイカワ	0	12	0.0	0.1	0	0	0.0	0.0	76	142	14.3	0.8	25	24	<b>15.5</b>	0.1
タナゴ	0	0	0.0	0.0	75	84	7.4	0.6	9	16	1.7	0.1	8	46	0.1	0.3
ハゼ類	777	204	<b>33.5</b>	1.4	487	270	<b>48.2</b>	2.1	5	3	1.0	0.0	16	6	9.7	0.0
ウグイ	6	409	0.2	2.8					3	311	0.6	1.8	0	0	0.0	0.0
ボラ									5	77	1.0	0.5				
うなぎ	1	192	0.0	1.3									0	1	0.0	0.0
ダントウボウ	0	0	0.0	0.0	4	12	0.4	0.1	7	100	1.4	0.6	1	5	0.3	0.0
オオクチバス	0	0	0.0	0.0	1	136	0.1	1.1	1	97	0.1	0.6	0	0	0.0	0.0
ハス	4	425	0.2	2.9	3	49	0.3	0.4	34	613	<b>8.5</b>	3.6	1	5	0.3	0.0
ワタカ	0	69	0.0	0.5	0	0	0.0	0.0	1	21	0.2	0.1	1	87	0.5	0.5
ブルーギル	15	490	0.6	3.4	33	405	3.3	3.1	6	31	1.0	0.2	5	193	2.8	1.2
サヨリ									6	45	1.1	0.3				
合計	2,316	14,550	100	100	963	12,219	100	100	526	16,808	100	100	159	16,434	100	100

※2012～2024年に霞ヶ浦北部、中部において4～11月に実施した調査の1網当たりの平均漁獲量

## 令和6年度 資源回復のための種苗育成・放流手法検討事業 報告

課題番号	エ (3)	事業実施期間	令和6年度
課題名	ニホンウナギ等内水面資源の生息状況調査・分析、資源増殖等の手法検討 ワカサギ		
主担当者	山梨県水産技術センター 小澤 諒		
分担者	谷沢弘将		

**令和6年度の成果の要約：**天然色素を用いたワカサギ標識技術の実用化に向けた試験の一環として、天然水域での簡易的な放流技術の開発について検討した。野池において簡易的な自作放流器具を用いた卵管理とふ化仔魚放流を試みるとともに、最適なバッテリーの選定や問題点の洗い出しを行った。おおよそ5万円以内の価格帯で5種類の容量の異なるバッテリー（ポータブル電源3種、鉛及びリチウムイオンバッテリー各1種）を比較したところ、作動時間及び扱いやすさの観点から12.8v、125Ahのリチウムイオンバッテリー（SG12125P、SGO POWER INC.）が最適であることが分かった。また、野外でバッテリーを使用する場合は収納ボックス等に入れて防水することや、卵の流出防止又はふ化仔魚の放出促進のため水中ポンプ等で流量を段階的に調整することなどが必要であり、管理期間中は1日最低1回は動作確認することが重要と考えられた。その他、卵染色処理時の水温が16℃を超えた場合著しく正常ふ化率が低下する可能性が示唆されるなど、染色時水温の重要性が推察された。また、天然水域での自然産卵の促進を図るため、産卵生態の解明や産卵場造成等の技術開発に向けた調査を実施した。産卵環境の調査の結果、河川の場合は流速が90cm/sを超えると遡上が滞る傾向があった一方で、流速30cm/s程度の場所に重複産卵がみられる傾向があった。また、砂利地帯を増大することで産卵場の拡大に繋がる可能性が示唆された。一方、湖岸における産卵場探索の方法としてライトトラップの有効性を検討したが、現状ライトトラップでの仔魚捕獲による産卵場評価は難しいものと推察された。

**全期間を通じた課題目標及び計画：**ワカサギは従来から漁業や遊漁の対象であり、内水面漁業において重要な位置付けにある。さらに近年ではドーム船など女性や子供でも安心してワカサギ釣りができる施設が各地で増加しており、遊漁対象種として益々期待が高まっている。一方、ワカサギの増殖効果については知見が乏しく、安定的な資源管理を維持する上で課題となっている。そこで本事業では、天然色素を用いたワカサギの耳石標識とその簡易的な放流手法の技術開発を行うこととする。さらに、ワカサギの不漁による漁協経営の悪化、ワカサギ産地での不漁により他湖沼で増殖用の卵が買えないなどの問題を解決するため、産卵生態の解明や産卵場造成等の技術開発を検討するなど、効果的な増殖事業の発展を図り、ワカサギ資源の増大及び安定化を目指す。

**当該年度計画：**簡易的な自作放流器具の開発に当たっては、卵を収容してからふ化までの間、持

続的に水中ポンプを作動させるバッテリーを準備する必要がある。そこで規格の異なる5種類のバッテリーの作動時間を比較するなど最適なバッテリーの選定を行うほか、天然水域で自作放流器具の実証試験を実施し、問題点の抽出を行う。なお普及を念頭に置き、バッテリーは低価格帯のものを使用することとする。また昨年度の試験において染色処理卵のふ化率が著しく低下したことから、再試験を行いその要因について検討する。さらに、天然水域での自然産卵の促進に向けた試験を新たに実施していくに当たって、ワカサギが産卵するための遡上河川のある河口湖と遡上河川のない山中湖を対象に、まずは産卵環境の把握を目指すとともに、産卵場造成の可能性について検討する。

## 結果：

(1) おおよそ5万円以内の価格帯で容量の異なる5種類のバッテリー（ポータブル電源3種、鉛及びリチウムイオンバッテリー各1種）と自作放流器具で使用する水中ポンプ（コンパクトオン 300 NEW、EHEIM、6w）を接続し、水中ポンプの作動時間を比較した（図1）。その結果、作動時間が短かったものから順に、ポータブル電源①（EB3A、BLUETTI、268wh、重量約4.7kg）が作動時間約13時間、ポータブル電源②（YW500、LVYUAN、499wh、重量約4.7kg）が作動時間約40時間、ポータブル電源③（UA550、LVYUAN、700wh、重量約6.4kg）が作動時間約47時間、鉛バッテリー（M31MF、ACDelco、12v 100Ah、重量30kg以上）が作動時間約97時間、リチウムイオンバッテリー（SG12125P、SGO POWER INC.、12.8v 125Ah、重量約12.5kg）が作動時間約137時間だった。なお、鉛及びリチウムイオンバッテリーでは水中ポンプとの間に瞬間最大出力300wのインバーター（SCH300-112、Suzhou Cosuper Energy Technology Co., Ltd.）を使用した。またバッテリーをソーラーパネル（各ポータブル電源にはLSFC-120、LVYUAN、120w、鉛バッテリーにはDL-100PW、SN Solar Technology Co., Ltd.、100wを使用）に接続し日中充電しながら、水中ポンプを作動させたところ、ポータブル電源②、③では約52時間とやや作動時間が延び、鉛バッテリーでは10日以上作動可能であることが確認された。なお、ポータブル電源①では1晩のうちに水中ポンプが停止するなど容量不足であることが分かった。ワカサギの産卵期に当たる4月の日の入り時刻から日の出時刻までは約13時間あることから、最低でも13時間以上は単独で作動できるバッテリー能力が必要である。また、昨年度からの試験より、卵のふ化期間は染色処理後2～7日程度であることから（染色時の積算水温75～125℃・日、染色後の水温約15℃）、この期間作動しうるバッテリーを選定する必要がある。それを踏まえ、今回比較した5種の中では、ソーラーパネルを使用する必要があるものの、作動時間の点では鉛及びリチウムイオンバッテリーが優れており、重量等扱いやすさも含めるとリチウムイオンバッテリーが最適であると考えられた。なお、インバーター自体が電力を消費するため、これを介さないバッテリー直結の水中ポンプを使用することで、より作動時間を延ばせる可能性がある。一方、使用する環境（気温、天気等）で作動時間が異なる可能性があるため、事前の試運転等の確認は不可欠である。

(2) 野池にて実際に自作放流器具を使用し、染色処理卵のふ化放流を試みた（図2）。使用の際

の注意点として、自作放流器具の筒は、水中ポンプにゴミが詰まる可能性があるため淀みに設置しない、バッテリーの防水対策を講じる、卵の収容直後は水中ポンプの流量を弱くし（約7ml/s）、放流口からの卵の流出を防ぐ、ふ化日が近づくに連れて水中ポンプの流量を徐々に上げていき（約25～40ml/s）、仔魚の放出を促進する必要があることなどが考えられた。特に水中ポンプの流量については、常時弱すぎると卵が流動せず酸欠になる可能性があり、死卵からミズカビが増長することで、筒内の表層でだまのようになり、それが蓋となってふ化仔魚が浮上できず死亡するトラブルに発展しかねないため細心の注意を払う必要がある。またバッテリーや水中ポンプのトラブルに備え、予備バッテリーの準備や電池式エアポンプを併設することも効果的であると考えられる。いずれにせよワカサギ卵は高額であるため、放流器具の流量の調整や動作に不具合がないかなど1日1回は現地確認することが重要と考えられた。

(3) 昨年度、染色処理区の卵のふ化率が低かったことから、自作染色容器を用いた大量標識試験（卵数125～150万粒）を再度実施した（図3）。染色時の水温は16～18℃であり、その後15℃下でふ化まで管理した。その結果、染色前のシヨ糖処理の有無に関わらず、染色区の正常ふ化率は対照区（非染色区）と比較し低かった（表1）。長野県水産試験場の過去の報告で、染色処理時の水温は10℃前後が基本であり、生残率は15℃で72.0%、20℃で33.7%に低下することが示されていることから、染色区のみふ化率低下の要因として水温が不適であった可能性が推察された。また本試験の結果、16～18℃の範囲でも正常ふ化率が24.7%以下まで低下する可能性が示唆されるなど、改めて染色処理時の水温遵守の重要性が示された。なお、シヨ糖処理の有無に関わらず、耳石標識の発光強度3以上率は100%と成績が良かった（各20尾検鏡）。一方、死卵内の魚体までも染色された事例が確認され、高水温により染色液が卵内へ過度に浸透した可能性が考えられた。

(4) 産卵のための遡上河川のある河口湖と遡上河川がなく湖岸産卵が行われている山中湖で、産卵環境の調査を開始した。まず河口湖の遡上河川である奥川と寺川において、4月に産卵遡上を確認した（図4）。河川の中で群れの一部が滞留している場所の上流の流速は約90cm/sであり、これ以上の流速になると遡上できない個体が出現する可能性が考えられた（図5）。また重複産卵が多く見られた場所の流速は約30cm/sであり、産卵に最適な流速である可能性が考えられた（図6）。このことから、流速など河川環境を改良することで、産卵場拡大や卵の生残率向上を図ることができる可能性がある。一方、流入河川のない山中湖では、親魚の接岸は確認されているが産卵場所は特定されていない。そこで、ライトトラップによる仔魚捕獲（水深1m付近に1～2晩設置）及び岸辺での着卵確認による産卵場探索の可能性を検討したが、ライトトラップにおいては風向や風量、流向、ふ化日など様々な要因を考慮する必要があると考えられ現状産卵場の特定には至らなかった（図7、8）。しかし、今後産卵生態の異なる2湖の環境条件の探索を継続することで、各湖間で応用可能な自然産卵促進の取り組みができるかもしれない。

(5) 産卵遡上のある河口湖の奥川において、遡上期間中である4月に砂利の少ない場所に少量の砂利を撒き、産卵場拡大の可能性について検討した（図9）。5日後に砂利を確認したところ、着卵が確認されたものの（図10）、泥が被ったり流出した砂利も多かった。本試験から産卵基材の

設置により、産卵場拡大といった自然産卵を促進できる可能性が示唆されたため、今後は泥等の対策も含め、引き続き適切な産卵基材や設置場所等を検討していく必要がある。



図1. バッテリーの作動時間比較試験の一例  
(写真は鉛バッテリーを使用)

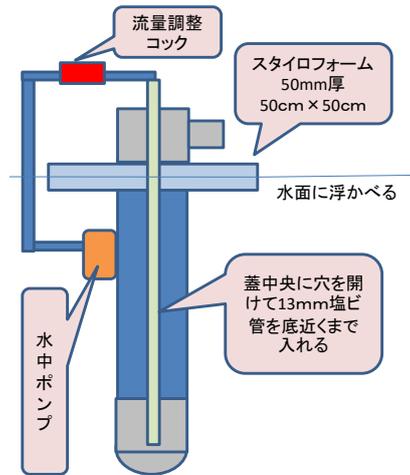


図3. 自作染色容器による大量標識

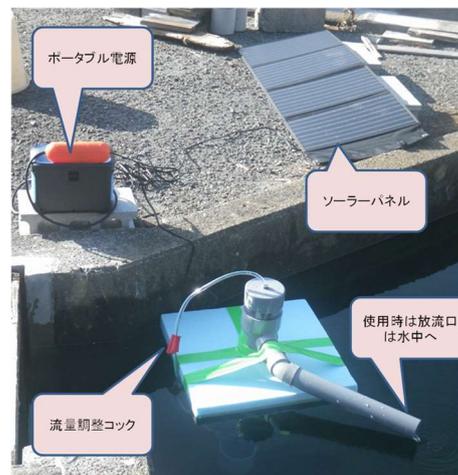


図2. 自作放流器具 (上：設計、下：使用例)

表1. 染色卵の正常ふ化率等  
(上：シヨ糖処理無し、中：シヨ糖処理有り、下：シヨ糖処理の有無で比較)

	管理卵数	全ふ化数	正常ふ化数	奇形数	正常ふ化率(%)	奇形率(%)
染色区	279	85	69	16	24.7	18.8
対照区	277	273	273	0	98.6	0.0

	管理卵数	全ふ化数	正常ふ化数	奇形数	正常ふ化率(%)	奇形率(%)
染色区	304	38	26	12	8.6	31.6
対照区	521	516	509	7	97.7	1.4

	管理卵数	全ふ化数	正常ふ化数	奇形数	正常ふ化率(%)	奇形率(%)
シヨ糖有・染色区	336	6	5	1	1.5	16.7
シヨ糖無・染色区	453	10	8	2	1.8	20.0



図4. 奥川を遡上するワカサギ



図6. 奥川における重複産卵

図5. 寺川で滞留するワカサギ



図7. 山中湖に設置したライトトラップ



図8. ライトトラップ設置場所 (①～⑥) と採集仔魚尾数等 (尾数は2回設置した合算 ※⑥のみ1回)



図9. 奥川河口に砂利撒き



図10. 撒いた砂利への着卵確認

## 令和6年度 資源回復のための種苗育成・放流手法検討事業 報告

課題番号	エ (4)	事業実施期間	令和6年度
課題名	ニホンウナギ等内水面資源の生息状況調査・分析、資源増殖等の手法検討 (ワカサギ)		
主担当者	長野県水産試験場諏訪支場 松澤 峻		
分担者			

**令和6年度の成果の要約：**ワカサギの標識発眼卵を長野県内の美鈴湖へふ化放流した結果、標識率は6月から12月にかけて37～76%で推移した。また、当歳魚であってもサイズ差によって異なる群れを形成している可能性があり、放流効果を評価する際にはそれを考慮したサンプリング地点や方法を選択する必要があると考えられた。

ふ化仔魚に対する耳石標識の持続性を検証した結果、発眼卵標識と同程度の持続性を確認した。

**全期間を通じた課題目標及び計画：**標識用の試薬として使用されてきたアリザリンコンプレクソン（以下、ALC）は食品としての安全性が確認されていないため、コチニールやラック等の天然色素剤による大量標識が可能な標識技術を開発する。また、開発された標識技術を使用した放流手法の開発を行う。

**当該年度計画：**天然色素を使用した標識技術の開発：標識用の試薬として使用されてきたアリザリンコンプレクソン（ALC）の食品としての安全性は確認されていない。そこで、食の安心・安全のため、天然色素剤コチニールによる耳石標識技術を開発する。本年度は長野県内の美鈴湖において標識卵のふ化放流を行い、その後、サンプリング、採捕魚の耳石標識の有無および採捕魚に占める標識魚の割合（以下、標識率）の推移を確認した（試験1）。加えて、ふ化仔魚に施した標識の持続性についても検証した（試験2）。

**結果：**（試験1）美鈴湖での標識卵のふ化筒への収容日、収容卵数を表1に示した。ふ化放流には河口湖産の発眼卵（積算水温75～125℃）を長野県水産試験場において標識液濃度60g/L、浸漬時間24時間、水温12℃で標識したものをを用いた。標識作業は吊り下げ式密閉タンク（日東金属工業製 容量20L）に標識液を入れ、そこへ発眼卵を12.5万粒/Lとなるよう収容し、24時間浸漬した。浸漬中は蓋をせず、発眼卵の攪拌および酸欠防止のためエアレーションを実施した。加えて、水温を一定にするため、発眼卵を入れたバケツは12℃の井水をかけ流しにした水槽へ収容した（図1）。標識後の発眼卵の一部は汲み置きした水道水を入れたシャーレに収容、12℃に設定し

たインキュベーター内で管理し、そのふ化仔魚に標識が施されていることを確認した。放流後は魚のサイズに合わせ、投光器（アイリスオーヤマ社製 明るさ 10000Lm）の光を利用した採捕（以下、投光器）、投網および釣りによるサンプリングを行い、採捕したワカサギは検鏡まで冷凍保存した。投光器による採捕は夕方から湖面を投光器で照らし、日没後に投光器周辺に集まったワカサギを大型のたも網で掬う方法で行った。釣りによるサンプリングには美鈴湖で日頃ワカサギ釣りを行っている方々にもご協力いただいた。入手したサンプルの内、7月以降については検鏡時に全長測定と耳石による年齢査定を行い、当歳魚のみについて個体ごとに標識の有無を確認した。なお、今回放流した標識発眼卵からのふ化仔魚の標識率は98.8%であり、平均発色強度は2.7と十分な標識が確認された。美鈴湖での自然再生産は、流入河川において3月下旬には確認したが、4月上旬に立て続いた雨の影響により流入河川の増水および流量調整による渇水が発生し、それ以降のまとまった産卵遡上は見られなかった。

サンプリングは令和6年6月13日および7月11日に投光器、8月28日に投網、9月26日、10月22日、11月20日および12月5日に釣りで実施し、10月のみ地点AおよびBの2地点で釣りを実施した（図2）。投光器での標識率はそれぞれ76および75%であった。投網での標識率は60%であった。釣りでの標識率はそれぞれで37、52、63および56%あった（図3）。標識率は6月の76%から9月に37%まで低下し、その後は再び上昇し52~63%で推移した。この要因として、標識魚と無標識魚の平均全長の推移を見ると、9月以降の標識魚の平均全長は無標識魚よりも小型で推移していた（図4）。加えて、10月の地点A、Bの標識率および平均全長はそれぞれ40および65%、54.70および48.81mmであり、地点Aよりもサイズが小型である地点Bの方が標識率は高かった。このことから、当歳魚であってもサイズの違いによって違う群れを形成していると考えられ、小さい個体の群れに標識魚が多く存在していたと推察された。さらに、9月の平均全長は10月よりも大きいため、標識魚の少ない大きい個体の群れからサンプリングしていた可能性が考えられ、逆に、他の月においては標識魚が多い群れを主体としてサンプリングしていることも考えられた。

去年はサンプリング地点や群れごとに標識率に差はなかったが、今年は差があったことから、その年の自然再生産の状況やふ化放流のタイミングによっては形成する群れがサイズごとに異なる可能性が示唆された。放流効果を評価する際には、標識魚と無標識魚のサイズ差から群れの形成状況を考慮したサンプリング地点や方法を選択する必要があると考えられた。

なお、標識魚が無標識魚よりも小型であるのは、今回のふ化放流の標識率から無標識魚のほとんどが自然再生産由来と考えられるが、自然再生産は3月下旬に確認されたものの、4月上旬以降はそれができない状況だったため、無標識魚はふ化放流よりも前にふ化した個体が多く、その分成長しているためと考えられた。

（試験2）河口湖産の発眼卵からのふ化仔魚に対し、ふ化後24時間以内に標識液濃度5g/L、浸漬時間24時間、水温約12°Cで標識を施した。標識後は500L透明パンライト水槽（以下、飼育水槽）に収容し、飼育しながら随時サンプリングおよび発色強度の確認を実施した。飼育は飼育水

槽に濾過槽として1t 円形水槽を併用し、飼育水槽は遮光のため周囲を寒冷紗で覆った。飼育水は収容から80日目までは塩分濃度3‰の人工海水（株式会社イワキ社製 レイシーマリン）での循環飼育とし、必要に応じて換水を行った。81日目以降は淡水のかけ流し飼育に切り替えた。給餌は収容から50日目まではシオミズツボムシとし、7日目からはアユ用配合飼料も併用し、51日目以降はアユ用配合飼料のみとした。サンプリングは5月12日（標識終了直後）、6月18日、8月15日および12月10日に実施し、検鏡まで冷凍保存した。

各月の標識率は100%であり、発色強度は標識直後を対照区とした6月、8月および12月との比較で有意差はなかった（図5、DUNNET法  $P < 0.05$ ）。本試験では標識後213日まで標識を確認することができ、ふ化後203日まで標識が確認された発眼卵標識と同程度の持続性であった。



図1 発眼卵への標識中の様子

表1 美鈴湖への標識卵の放流の概要

産地	収容卵数（万粒）	収容日
河口湖	1,000	R6. 4. 26
	850	R6. 5. 8

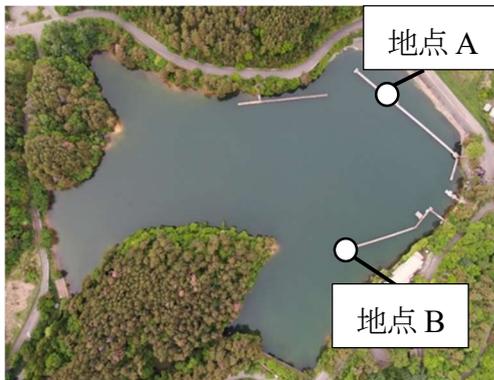


図2. 美鈴湖での10月22日における採捕地点

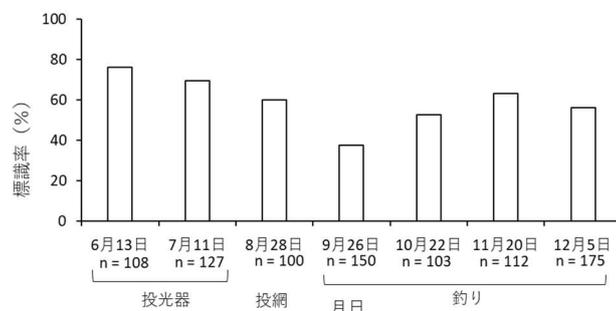


図3. 美鈴湖で採捕したワカサギの標識魚の割合の推移

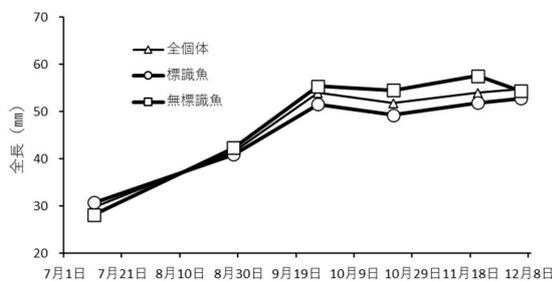


図4. 美鈴湖で採捕したワカサギの平均全長の推移

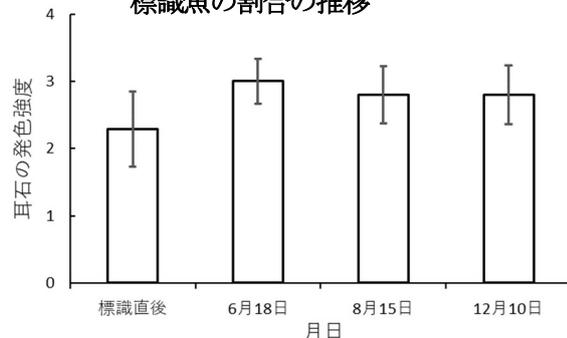


図5. ふ化仔魚に施した耳石標識の平均発色強度の推移 (バーは標準偏差を示す)

## 令和6年度 資源回復のための種苗育成・放流手法検討事業 報告

課題番号	エ(1)	事業実施期間	令和6年度
課題名	ニホンウナギ等内水面資源の生息状況調査・分析、資源増殖等の手法検討 (溪流魚)		
主担当者	水産研究・教育機構水産技術研究所 宮本幸太		
分担者			

**令和6年度の成果の要約：**本調査結果から、河川にバープ工を設置することでイワナ・ヤマメの両種、そしてそれらの成魚と幼魚の生息個体数が増加する傾向が認められた。その要因としてバープ工の先端付近では水深が深くなり淵が形成される等、河川内に多様な物理環境が形成され、これが成魚や幼魚の生息環境となると考えられた。

**全期間を通じた課題目標及び計画：**河川環境と溪流魚の生息状況に係る知見を収集・分析し、漁場環境に応じた資源の適切な増殖手法等について検討する。具体的には、人力で設置可能な規模の石組みや土木工事等の際に設置された投石等の河川環境改善効果を調査することで、溪流魚の増殖効果の検討を行う。

**当該年度計画：**河川工事や洪水による河床の平坦化は、イワナやヤマメといった溪流魚にとって、採餌効率が高く、隠れ家や産卵場所となる淵の消失を招くと考えられる。そこで本研究では河川の瀬淵構造を復元し、溪流魚の生息個体数の回復を目指すため、利根川水系鬼怒川支流の男鹿川におけるC&R区間にバープ工(※)を設置し、溪流魚の生息状況と水深等の物理環境について調査をおこなった。

※バープ工とは、川の流れに対して、河岸から上流側に向けて突き出して設置する水制工の一種

### 結果：

- (1) 男鹿川支流見通沢の調査区間20mにおいて、河原や河川内にある石を用いて河岸から流心に向かって上向きの石組み(バープ工)を2か所設置した。調査区間は縦断面で5等分、横断面で4等分となるようグリッドを組み、各グリッドの交点にて水深(cm)と60%水深の流速(cm/s)を測定した。さらに調査区間内の溪流魚(イワナやヤマメ)の生息状況を調査するため、区間の上流端と下流端にブロックネットを設置した後にエレクトロショックカーを用いて区間内の魚類を採捕し、採捕した場所をグリッドごとに記録した。採捕した魚類については魚種、全長、尾叉長、体重を記録した。なお、バープ工の設置効果を調べるため、バープ工の設置前(5/14)にも魚類採集と環境測定を実施し、設置前後で比較を

行った。

- (2) 水深を調査した結果、バープ工の設置後は図1の通りバープ工の先端が位置するL3-2、L4-3付近の水深が深いまま維持されていた。
- (3) 魚類採捕調査の結果、設置前(5/14)は採捕個体数が0であったが、設置後は魚類の生息が確認されるようになり、6月には13個体が採捕された。13個体の内訳は、全長150mm未満が5個体(77.3±30.9mm)、全長150mm以上が8個体(210.9±27.1mm)であった。なお13個体中、8個体がイワナであった(図2)。
- (4) 2023年8月に河川工事によりバープ工や河川内に配置した石等が撤去されたため、本調査は一旦中止とした。その後、同年10月にバープ工の跡地において魚類採集と環境観測を実施し、同河川内に工事跡地と同様の物理環境を有する対照区を選定した。その後、おじかきぬ漁協の組合員らとともに旧バープ工設置区間(20m)に新たに3基のバープ工を設置した(図3)。
- (5) 2023年10月にバープ工設置予定区と対照区を調査した結果、両区間ともに魚類の採捕個体数は0個体であり、両区の水深と流速に有意な差は認められなかった(水深： $F_{1,46} = 3.23, P > 0.05$ , one-way ANOVA; 流速： $F_{1,46} = 0.44, P > 0.05$ , one-way ANOVA)。
- (6) 2024年4月にバープ工設置区間と対照区の物理環境を比較した結果、水深はバープ工設置区(31.8±9.9cm)では対照区(20.3±4.3cm)よりも有意に深く( $F_{1,46} = 25.5, P < 0.01$ , one-way ANOVA)、流速はバープ工設置区(31.8±9.9cm/s)では対照区(44.9±22.7cm/s)よりも有意に遅い傾向が認められた( $F_{1,46} = 4.42, P < 0.05$ , one-way ANOVA)。
- (7) 採捕したイワナ・ヤマメの個体数は、バープ工設置区では11個体(イワナ6個体)、対照区では1個体(イワナ)であった。バープ工設置区で採捕した個体のうち15cm未満は9個体(118.0±13.0mm)、15cm以上は2個体(251.5±7.5mm)であった。

#### 考察：

本調査結果から、バープ工設置によりイワナ・ヤマメの両種、そしてそれらの成魚と幼魚の双方を対象とした生息地の造成が可能になると考えられた。その要因としてバープ工の先端付近では水深が深くなり、淵が形成されるため成魚の生息環境となること、流速が弱まることで幼魚にとっても好適な生息環境となるためと考えられた。バープ工の設置前後の魚類の生息個体数を調査した結果、2023年には0個体から13個体、2024年には0個体から11個体の生息が認められ、両年共に平均全長が20cmを超える個体が複数確認されたことから、バープ工の設置が遊漁のための漁場づくりとしても機能すると予想された。しかし本試験はC&R区間での調査であるため魚の持ち帰りが可能な一般漁場においても同様の成果が得られるかについては今後検証する必要がある。

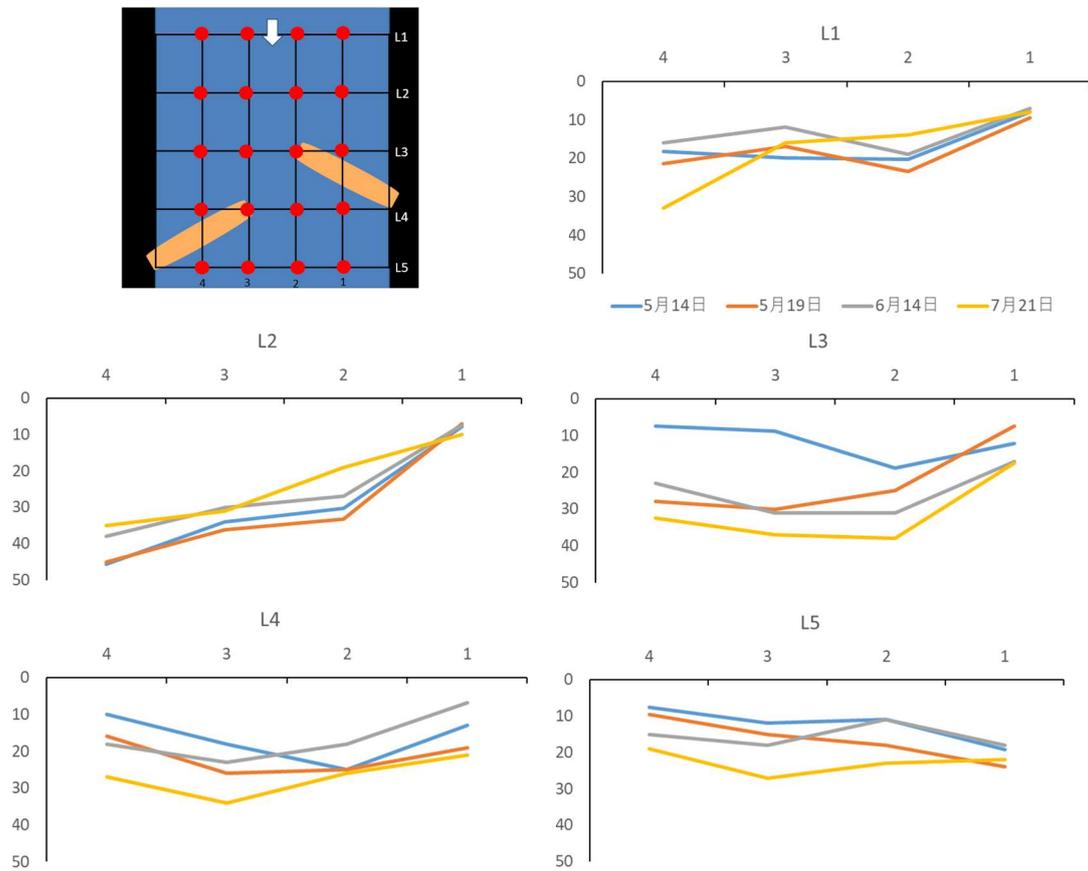


図1. バープ工設置区間における横断面 (L1, L2, L3, L4, L5) ごとの水深 (横断面) の推移 (2023年)

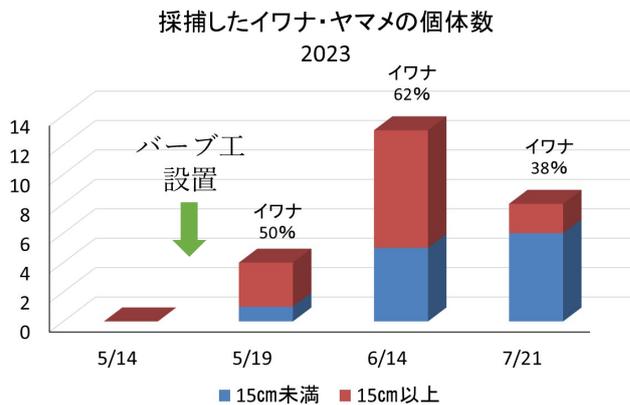


図2. バープ工設置前 (5/14) と設置後 (5/19以降) の溪流魚の採捕個体数の推移



図3. 河川工事 (林道補修のための土のうづくり) 後のバープ工跡地の様子 (左) と復元後の様子 (右)

## 令和6年度 資源回復のための種苗育成・放流手法検討事業報告

課題番号	エ(2)	事業実施期間	令和6年度
課題名	ニホンウナギ等内水面資源の生息状況調査・分析、資源増殖等の手法検討 (溪流魚)		
主担当者	群馬県水産試験場 渡辺峻		
分担者	群馬県水産試験場 新井肇、井下眞		

**令和6年度の成果の要約：**溪流魚の資源量増加を目的とした漁場の環境改変のため、石組みの効果を検証した。神流川本流では河川管理者が行う規模の大きな石組みについて環境測定および資源量推定を行った。神流川支流では漁協単体が行う規模の小さな石組みについて形状や設置方法の検討、環境測定および資源量調査を行った。その結果、神流川本流では石組みのある区間の環境は複雑な傾向がみられ、ヤマメ資源量が対照区よりも多かった。神流川支流では川を横断するような形で石組みを設置することで石組みのある区間は減水時も水深の維持が可能となり、溪流魚の資源量を維持できる可能性が示唆された。

**全期間を通じた課題目標及び計画：**溪流魚の資源量増加を目的とした人為的な環境改変が資源量および生息環境に及ぼす影響を評価する。

**当該年度計画：**神流川本流では石組みを行った区と石組みを行っていない区で資源量および生息環境の調査を行い、石組みによる環境改変が資源量および生息環境に与える影響を明らかにする。神流川支流では、漁協単体で行える規模の石組みを検討・設置し、その効果を明らかにする。

**結果：**神流川最上流域は令和元年の東日本台風による影響で、令和6年現在も河川の単調化（瀬化）が問題となっている。そこで、石組みによる環境改変が溪流魚の資源量および生息環境に与える影響を調査するため、群馬県内を流れる神流川最上流域の（1）本流および（2）その支流である住居附沢川をフィールドとし研究を行った。

### （1）神流川本流

神流川の本流では、令和3-5年に実施された群馬県多野郡上野村の事業により、本流右岸側から川幅の約半分の長さで河道の垂直方向に石組みが4基設置された。今回、石組みが設置された瀬を介入区、介入区直上・直下の単調化した瀬を対照区とした（図1a）。

調査は7月18日に行った。生息環境の測定は、チャンネルユニットの全長を測定後、全長を平均川幅の0.5倍ずつに分割した。河道の垂直方向については、左岸、左岸中心間、中心、右岸中心間

および右岸に均等に5分割し、これらの分割点において水深ならびに表層、中層および底層それぞれの流速を測定した。また、石組みによる河床変化を確認するために、第1石組みと第2石組みの間(図1a、I・IIとIII・IVを結ぶ線の間)は、石組みを河道の垂直方向に3分割、水平方向に1mで分割し、それぞれの分割点で水深を測定した。資源量については、担当者1名が下流端から上流端に向けて潜水し、ジグザグに移動しながら目視計数を1回行い、区内の生息魚を種毎にカウントした。

本流における介入区および対照区の生息環境を表1に示す。また、第1石組みと第2石組みの間の河床変化を図1bに示す。介入区では対照区よりも流速が小さい傾向が見られ、石組み間の水深は石組み直下で水深が深くなり、その後浅くなっていた。資源量の目視調査では、ヤマメ、アユ、ウグイおよびカワムツが確認され、そのうちヤマメとアユの目視数および生息密度を表2に示す。いずれの魚種においても介入区で目視数が高い傾向が見られた。

今回得られた結果は、昨年度とほぼ同様の傾向であった。しかしながら、本河川は小石や砂利が多く、今後も石組み設置による河川環境が変化することが予想される。そのため、石組みの有効性を検証するためには、引き続き石組み区間の環境変化やそれに伴う溪流魚の資源量の経年変化を調査する必要がある。

## (2) 神流川支流

神流川支流である住居附沢川では、単調化した一部区間の複雑化を目的とした石組みの介入操作を行い、溪流魚の資源量および生息環境に与える影響を評価した。石組みを設置した区間を介入区、その上下区間の単調化した瀬を対照区とした。

石組みは、11月18日に担当者2名で付近の河原の石を手作業で運び、川を横断する形で4基設置した(図2)。設置した石組みは、河道に対して水平方向の長さ(厚さ)は約50cm、垂直方向の長さは約300cm、造成時間は1基につき20-30分となった。資源量推定については、11月18日の石組み設置前と設置約1か月後の12月17日に電気ショッカーを用いて2パス法で区間内の生息魚を採捕し、魚体測定および生息尾数の推定を行った。環境測定は11月18日の石組み設置後および12月17日に河道の水平方向1m毎に河川中心部の水深を測定した。

住居附沢川で採捕された魚はヤマメ、イワナおよびその交雑種であった。各区の推定生息密度を表3に示す。石組み設置前は、介入区と対照区で生息密度に大きな差は認められなかったものの、石組み設置後は対照区で生息密度が減少する傾向がみられた。これは、水量が減ったことにより、対照区では水深が下がったが、介入区は石組みが堰の役割をはたし水深を維持できたことが要因である可能性がある(図3)。

今回設置した石組みは溪流魚の産卵床を作製する際の一工程を応用したものである。これは、小規模河川に限られるものの、漁協にとってイメージのしやすい作業であるため、普及もしやすい。今後は、他河川においても調査を行い、石組みが溪流魚の資源量に与える要因を明らかにするとともに再現性を検証する必要がある。

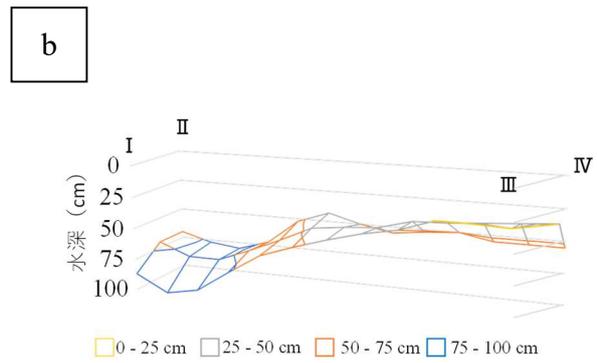
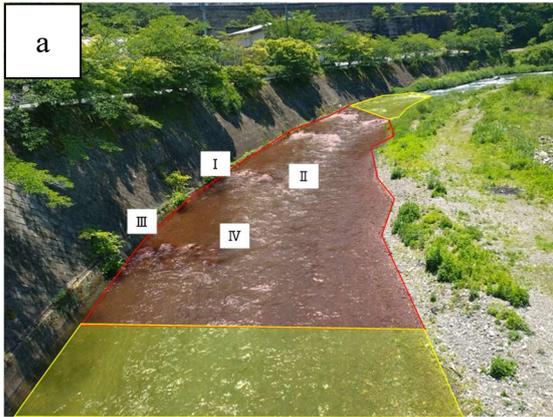


図1 a 神流川本流調査区間、b 第1石組みと第2石組み間の等深線図

(赤枠内は介入区、黄枠内は対照区、I～IIは第2石組み下流端、III～IVは第1石組み上流端)



図2 住居附沢川介入区に設置した石組み (赤矢印)

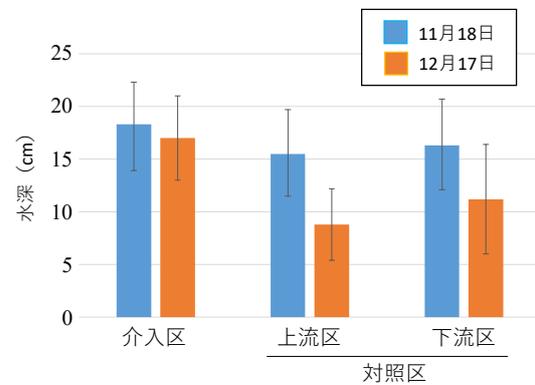


図3 介入区および対照区における水深の平均値

表1 神流川本流における生息環境

(平均±標準偏差、水表面積のみ合計値)

	介入区	対照区
水深(cm)	48.7 ± 7.8	45.3 ± 8.2
表増流速(cm/s)	75.6 ± 12.6	80.7 ± 11.0
中層流速(cm/s)	67.1 ± 7.0	74.7 ± 13.7
低層流速(cm/s)	43.6 ± 9.6	49.1 ± 11.5
川幅(m)	10.6 ± 0.9	11.1 ± 2.0
水表面積(m <sup>2</sup> )	531.6	278.0

表2 神流川本流における生息魚の目視数

および推定生息密度

区	項目	ヤマメ	アユ
介入区	目視数(尾)	30	20
	生息密度(尾/m <sup>2</sup> )	0.056	0.038
対照区	目視数(尾)	3	5
	生息密度(尾/m <sup>2</sup> )	0.006	0.018

表3 居住附沢川における生息魚の推定生息密度

項目	時期	介入区	対照区	
			上流区	下流区
生息密度(尾/m <sup>2</sup> )	石組み設置前 (11月18日)	0.14	0.11	0.12
	石組み設置約1か月後 (12月17日)	0.13	0.06	0.04

## 令和6年度 資源回復のための種苗育成・放流手法検討事業 報告

課題番号	エ(3)	事業実施期間	令和6年度
課題名	ニホンウナギ、アユ、ワカサギ及びイワナ等の溪流魚の生息環境調査・分析、資源の増殖手法等の検討(溪流魚)		
主担当者	栃木県水産試験場 主任 高木 優也		
分担者	栃木県水産試験場 技師 竹中 剛志		

**令和6年度の成果の要約**：栃木県の3漁協管内67地点でヤマメの生息状況を調査したところ、漁協がメイン漁場と考えているエリアよりも上流が分布の中心となっており、水温上昇の影響が推察された。また、水深1m以上の淵がある区間では、ない区間と比べて釣り対象サイズヤマメが平均1.5倍多かった。さらに、56個の淵を調査したところ、ヤマメの隠れ場所として機能するカバーはまれであった(1つもない淵が25%)。

これらから、当該漁場でのヤマメの増殖に当たっては、堰堤のスリット化や簡易魚道の設置等によって上流、支流への移動性を改善すること、深い淵や淵のカバー(隠れ場)を保全すること、淵のカバーを改善することが有効と考えられた。

防鳥糸の設置によって淵のカバーを改善できるか検証するために、前述の56個の淵にヤマメを放流し、そのうち半数の淵について5m間隔で黒テグスを設置した。また、河川工事の影響回避手法について検証するために、河川工事現場の上下にヤマメ発眼卵を埋設放流したところ、ふ化率への影響は認められなかった。

**全期間を通じた課題目標及び計画**：イワナ等の溪流魚の生息環境調査・分析を通じて漁場環境に応じた資源増殖等の手法を検討することを目的とする。前事業である環境収容力推定手法開発事業において、増殖に当たっては“漁場の環境収容力や利用状況に応じた適切な採捕規制や漁場環境の保全・改善と効果的な種苗放流を組み合わせる”ことが重要であることが明らかとなった。このうち、採捕規制や種苗放流については様々な技術開発が成され、現場へも普及してきている。一方で、漁場環境の保全・改善については、簡易魚道の設置、堰堤のスリット化、河畔林の保全、淵頭のカバーの保全などが推奨されてきたが、現場へ普及しているとは言い難い。

この要因としては、特に改善技術についての知見が不足していることや実施主体である漁協にとって漁場環境の保全・改善の効果や緊急度が判断しづらく、取組の優先度が低くなりやすいことが考えられる。

そこで本研究では、ヤマメ、イワナの生息状況と漁場環境の関係を調査し、漁場ごとに緊急度と効果が高いと予測される漁場環境の保全・改善の取組を明らかにする。これらに基づき、費用対効果の高い漁場環境の保全・改善技術の開発と現場レベルでの実証試験を実施する。

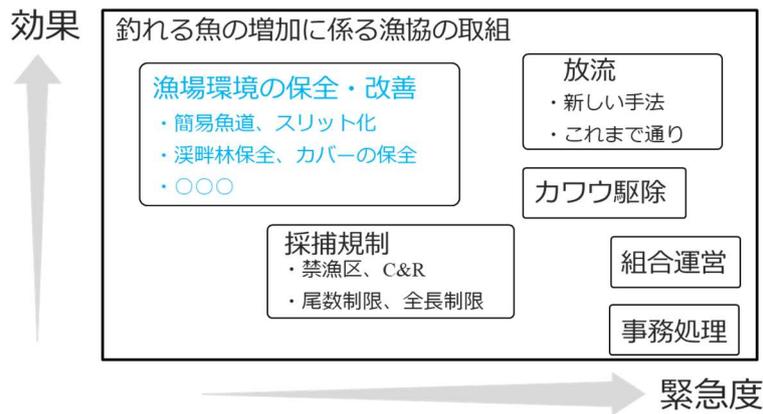


図1. 増殖（釣れる魚の増加）に係る漁協の取組の概念図

当該年度計画：3漁協（西大芦漁協、黒川漁協、おじかきぬ漁協）管内で調査を実施した。緊急度と効果が高い漁場環境の保全・改善について予測するために、67地点（1地点あたり流程50m）でヤマメ目視尾数と漁場環境の関係を調査した（図1）。また、淵のカバーの保全・改善について検討するために、56個の淵でカバーの有無と種類等を調査した。

3漁協が実施している漁場環境改善の主な取組は、『（毎年）防鳥糸の設置、（時々）淵へカバーとなる木や竹を投入、（必ず）河川工事の濁りをさけて発眼卵放流の場所を選定する』であった。西大芦漁協では、川に人がいなくなる禁漁期間中のカワウやサギの飛来を防ぐために、11月から3月にかけてメイン漁場の流程8km全域に黄色い防鳥糸及び黒テグスを設置していた。そこで、防鳥糸の効果を検証するために、12月に前述の56個の淵に平均32gのヤマメを各40尾ずつ放流し、そのうち半数の淵について5m間隔で黒テグスを設置した。また、河川工事現場の上下にヤマメ発眼卵を埋設放流し、そのふ化率を調査した。

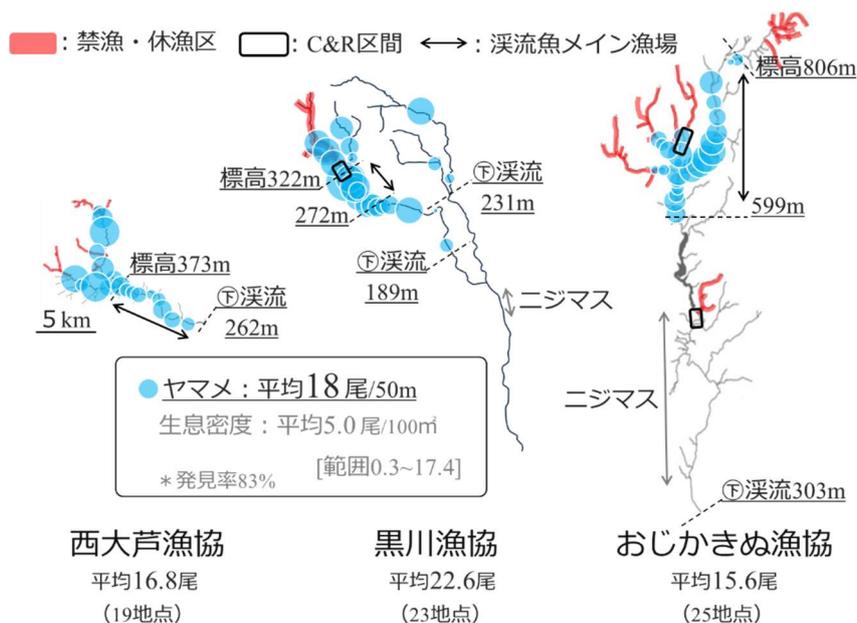


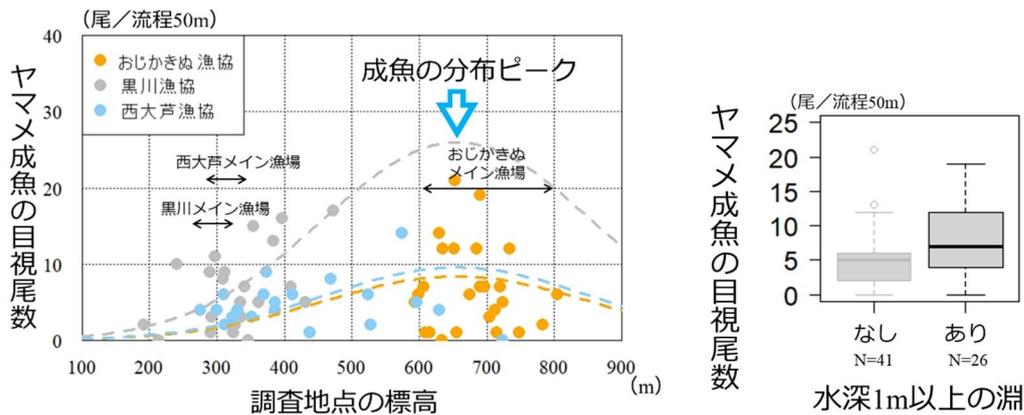
図2. 調査河川と流程50mあたりのヤマメ目視尾数

結果：

(1) ヤマメ目視尾数と漁場環境の関係の調査（流程 50m×67 地点）

ヤマメ目視尾数と漁場環境の関係について、一般化線形モデルで解析した（図3）。ヤマメ成魚（全長 15cm 超）、ヤマメ当歳魚（全長 15cm 以下：持ち帰り禁止サイズ）ともに標高の影響が認められ、全体的に標高が高いおじかきぬ漁協を除き、漁協が考えるメイン漁場よりも上流にヤマメ成魚が多かった。ヤマメは冷水性魚類であり、近年の水温上昇によって、これまでのメイン漁場が生息に適さなくなっている可能性が示唆された。また、水深 1m 以上の淵がある区間はない区間と比べてヤマメ成魚の数が平均 1.5 倍多かった。

これらから、釣り対象となるヤマメを増やすには、夏季に上流や支流へと避難できるように、堰堤のスリット化や簡易魚道の設置等を進めることや深い淵を保全することが有効であると考えられた。また、溪畔林には日陰をもたらすことで水温上昇を抑える機能があるが、今回のデータからは樹冠率が高いほどヤマメが多いという傾向は見られなかった。



変数	P値	
	当歳魚	成魚
漁協	0.002	0.001
標高	0.0002	0.012
樹冠率	0.488	0.372
淵の有無	0.479	0.030

尤度比検定

```
glm(formula = 目視発見尾数 ~ 漁協 + I(標高^2) + 標高 + 樹冠率 + 水深1m以上の淵の有無, family = poisson(log), offset = log(調査面積))
```

図3. 尤度比検定の結果及びヤマメ成魚の目視尾数と標高、水深 1m 以上の淵の有無との関係

(2) 淵のカバーの調査（56 淵）

溪流魚にとって出水時や捕食者からの避難場所としてカバーが重要である。淵自体もカバーとして機能するが、淵におけるイワナの定住性は淵の長さや最大水深と関係なく、巨石や倒木、川岸の植生やえぐれといった構造物としてのカバーがある淵ほど高い（Nakamura 2011）。また、人工河川に造成した淵での実験から、全長 20cm 前後のイワナにとって保全すべきカバーの物理条件に

についても明らかにされている（山下ら 2016. 寺田ら 2020）。

そこで、このようなカバー（幅 30cm 以上、奥行き 30cm 以上、高さ 10cm 以上）が淵にどの程度存在しているか調査したところ、1つもない淵が 14（25%）、1～2個の淵が 30（54%）であった（図 4）。面積で見ると、1淵あたり 2㎡までが 36（64%）であった。カバーの種類としては、巨石（面積で 51%）と倒木（面積で 31%）がメインであった（図 5）。現状、淵のカバーは非常にまれであり、釣り対象となるヤマメを増やすには、その保全と改善が有効であると考えられた。

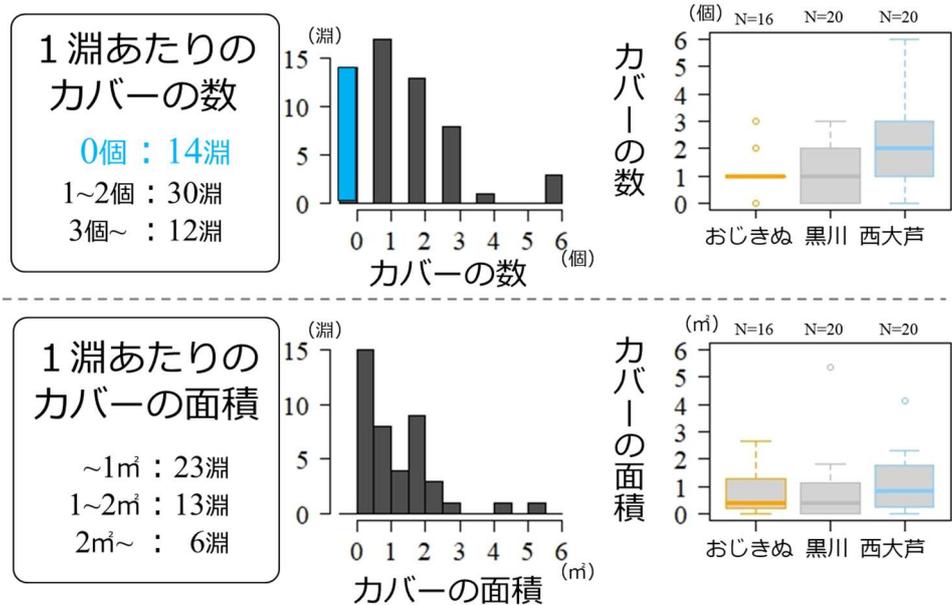


図 4. 1 淵あたりのカバーの数と面積

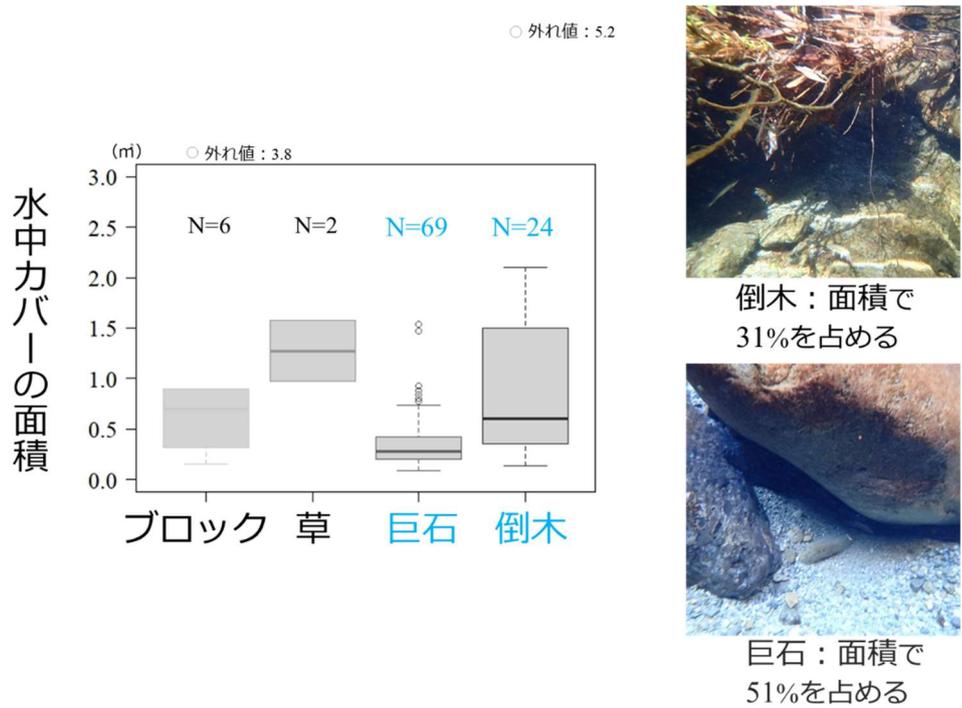


図 5. カバーの種類と面積

### (3) 防鳥糸の設置による淵のカバー改善 (56 淵)

12月に前述の56個の淵に平均32gのヤマメを各40尾ずつ放流し、そのうち半数の淵について5m間隔で黒テグス(規格:12号)を設置した。解禁直前である2~3月に各淵のヤマメ残存尾数を調査し、先住魚の数と既存カバーの状況を踏まえた上で、黒テグスの効果を評価する。

### (4) 河川工事のヤマメ発眼卵への影響調査 (3カ所)

多くの河川工事は、非出水期である秋から春にかけて実施される。この時期は、溪流魚の産卵期にあたるため、その影響を心配する漁協が多い。そこで、河川工事現場の上下にヤマメ発眼卵を埋設放流し、ふ化率への影響を調査した。工事現場下流では、泥で河床が固まり、ヤマメの産卵には厳しいと考えられる状況(親魚が産卵床を掘れない)であった。一方で、工事現場の下流でふ化率が低下するような傾向は認められなかった(図6)。今後は、産卵から発眼まで及びふ化以降のステージへの影響についても検証が必要である。

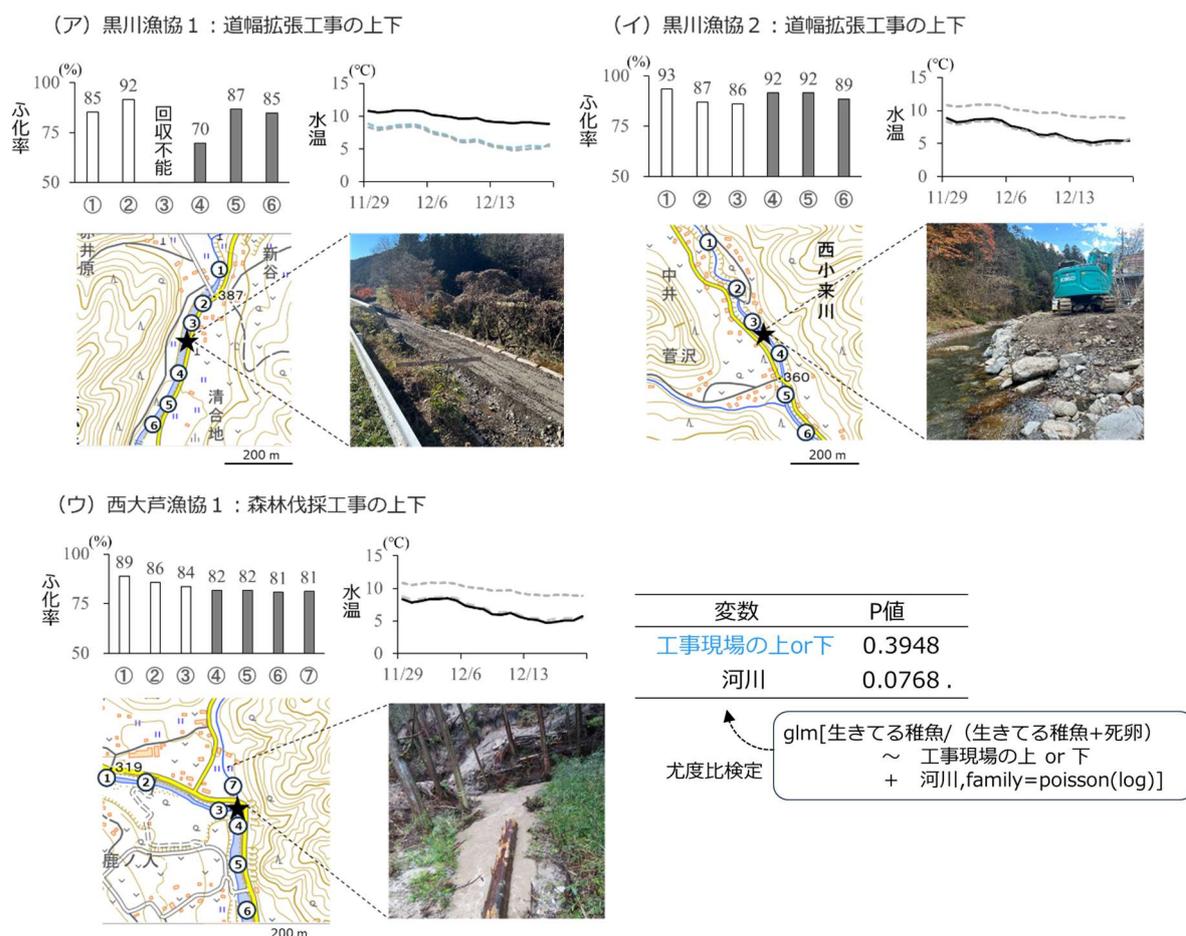


図6. 尤度比検定の結果及び各地点のふ化率

## 令和6年度 資源回復のための種苗育成・放流手法検討事業 報告

課題番号	エ(4)	事業実施期間	令和6年度
課題名	ニホンウナギ等内水面資源の生息状況調査・分析、資源増殖等の手法検討 (溪流魚)		
主担当者	水産研究・教育機構水産技術研究所 宮本幸太		
分担者	長野県水産試験場環境部 小松典彦		

**令和6年度の成果の要約：**支流から下流へのイワナの移動（以下、しみ出し）がある河川において、それらを有効活用した漁場を創出することを目指し、全長2～3cm程度の浮上して間もないと考えられる稚魚（以下、浮上稚魚）の生息場所となるよう、令和5年10月に現場の石を活用して3種類の人工構造物を造成した。令和6年度は、これらの構造物を浮上稚魚が利用するか目視調査を行った。その結果、いずれの構造物においても浮上稚魚が観察された。また、調査期間を通じて、浮上稚魚は同一、またはほぼ同一の場所で観察された。浮上稚魚の目視調査と併せて生息場所の物理環境を計測した結果、水深15cm・流速10cm/S未満の場所で多く見られる傾向があった。3種類の人工構造物については、その大きさに対して利用している浮上稚魚が少ない、越流するような増水があった後には補修が必要となるなどの課題が見られた。これらの課題を解決するため、今後、浮上稚魚が降下する直前である3月～4月に石をコの字状及びハの字状に配置した小型の構造物を造成し、浮上稚魚が利用するか調査する予定である。

**全期間を通じた課題目標及び計画：**ウナギ等内水面資源について、産卵回遊が期待できる個体の検討や放流個体の産卵参加状況の把握を行うほか、生息環境の調査・分析などを通じて漁場環境に応じた資源増殖等の手法を検討することを目的とする。前事業である環境収容力推定手法開発事業において、種川である支流から下流へのイワナのしみ出しの実態を県内6河川で調査した結果、いずれの河川においても降下がみられたことから、しみ出しは一般的な現象であり、下流への資源添加が期待できることがわかった。しかし、近年は河床の平坦化などにより魚類の生息場所が少ないと考えられる河川もたびたび見られ、しみ出しがあったとしても降下魚が定着できないことが推察される。そこで、本研究では降下魚の生息場所の造成を試行し、野生魚の増加により有用な漁場となるか検証する。

**当該年度計画：**令和5年度に長野県大町市美麻を流下する土尻川において、これまでにイワナのしみ出しがあることが確認されている土尻川の2支流（藤沢川および裏の沢）と土尻川の合流点から下流にある別の支流（片岡沢）と土尻川の合流点までのおよそ800mを調査区間とし、4つ（A～D）に区切って資源状況のデータを収集した。さらに、区間Dには3種類の人工構造物（単

一のバープ工、大小のバープ工を平行に5列配置したものおよび大小のバープ工と逆向きのバープ工を交互に5列配置したものを、以下、それぞれ構造物①、構造物②および構造物③)を造成した。本年度は令和5年度に引き続き、それぞれの区間について、人工構造物造成後の資源状況のデータを収集した。また、構造物①～③を経時的に観察し、造成に係る課題を抽出した。

## 結果：

### (1) 人工構造物造成後の資源状況調査

資源状況の調査は次の4つとした。①しみ出しを再確認するための浮上稚魚降下状況調査、②目視による浮上稚魚生息状況調査、③標識再捕法による生息密度の推定、④テンカラによる釣獲調査。①については3月～6月にかけて7回、②は4～6月にかけて5回、③は7月、8月、11月に3回、④は6月と7月に2回実施した。

浮上稚魚の降下状況を調べた結果、藤沢川では4月中旬に1歳魚以上の降下があったが、当歳魚の降下はなかった(図1左図)。一方、裏の沢では4月中旬、5月上旬および6月中旬に当歳魚(全長2.2～5.6cm)の降下が見られ、その累積推定降下尾数は約198尾であった(図1右図)。

目視により浮上稚魚の生息状況を調査した結果、調査区間全体の100m<sup>2</sup>あたりの発見数は0.05～0.25尾であった(表1)。特に、人工構造物を設置した区間Dでは他の区間に比べ、調査回次ごとの浮上稚魚発見数が多い傾向が見られた。また、構造物①付近では調査4、5回次を除いて1尾、②と③では調査5回次を除き、それぞれ1尾と1～2尾の浮上稚魚が観察された。(図2)。これらが同一個体か否かは不明だが、調査回次が異なってもそれぞれの構造物の同一、またはほぼ同一の場所で観察されたことから、浮上稚魚の生息に適した場所が創出されたと考えられる。浮上稚魚が見られた場所では、物理環境(水深、流速、流向、底質及びカバーの有無)を併せて計測した。その結果、水深が概ね2cm～10cmの場所で見られることが多かった(図3左図)。一方、流速は概ね0.1cm/S～8cm/Sの間であり、半数以上が2cm/S以下であった(図3右図)。また、両者の分布をみると、水深15cm未満で流速10cm/S未満の場所に浮上稚魚が多くみられる傾向があった(図4)。特に水深10cm以下で5cm/S未満の場所に集中しているため、浮上稚魚にとってはなるべく水深が浅く、流速が緩いことが重要かもしれない。加えて、浮上稚魚はすべて石の隙間や河岸の植物の影などのカバーがある場所で観察された。一例として、図5に構造物①～③において浮上稚魚が見られた場所のカバーの様子を示す。以上に述べた物理環境の特徴は構造物を造成する際の目安になると考える。

標識再捕法による生息密度推定では、令和5年度に比べて、生息密度が概ね低めに推移した(図6)。11月に調査区間の下流側にあたる区間A～Cで生息密度が高くなったが、秋頃に支流及び区間Dで河川工事が行われたことおよび区間Cで10月下旬に河川を管轄する漁協のイワナ成魚放流(平均全長約18cm)があったことが影響しているかもしれない。なお、今回の生息密度推定では放流魚のデータを除いて算出している。

また、6月および7月の釣獲調査ではイワナは釣獲されなかった。

## (2) 人工構造物の課題抽出

造成後約4ヶ月となる2月28日に人工構造物の観察を行ったところ、構造物①はほぼ崩壊し、礫等で埋まる、②はバープ工間の隙間が土砂や礫等で埋まる、③は土砂や礫の堆積が見られるものの、比較的流れの緩い部分も残っている状態であった。このままでは浮上稚魚が利用できる部分が少ないと考えられたことから、3月中旬に土砂の撤去や石の積み直しなどの補修を行った。その後、降雨による増水があり、都度構造物に土砂の堆積や崩壊等が見られたため、4月上旬に二度目、同中旬に三度目の補修を同様に行った(図7)。なお、構造物①、②および③の補修に要した作業員数と作業時間は、一度目の補修でそれぞれ2名と25分、40分、15分、二度目の補修で3名と15分、40分、40分、三度目の補修で3名と10分、20分、25分であった。

以上から、降雨等により、構造物を越流するような増水があると、浮上稚魚の降下前に土砂で埋まる、崩壊するなど生息に適さない状態となり、その都度、補修が必要となるため、降下直前に造成することが望ましいと考えられた。また、構造物が大きいほど補修に労力がかかること、凡そ4~5mほどある構造物の大きさに対して浮上稚魚が1~2尾しか観察されないことから、より小型の構造物を造成し、崩壊した場合は作り直すほうが効率的と考えられた。したがって、翌年3月~4月にかけて、浅くて流れの緩い場所を作るため、大きさが概ね1m程度の河川の流れに向かって下向きのコの字型の構造物と横に倒したハの字型の構造物を造成し、浮上稚魚の生息状況を調査する予定である。

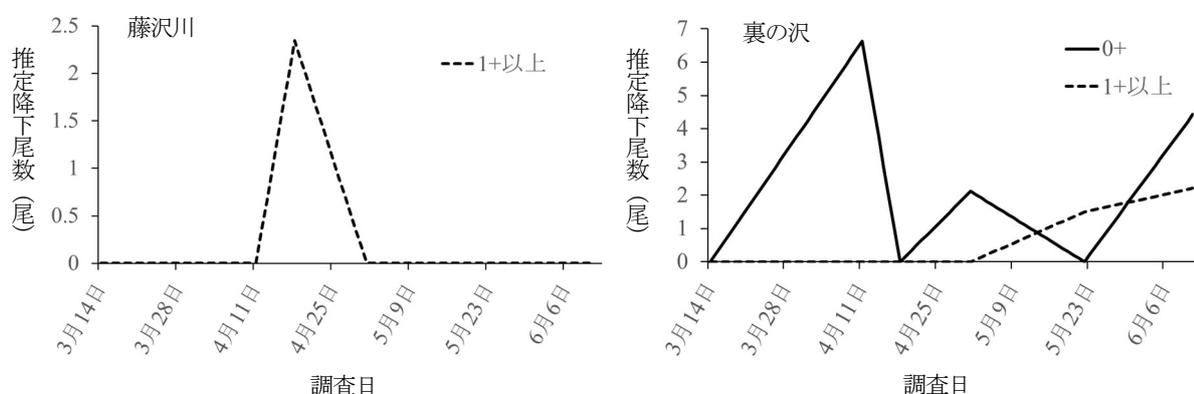


図1. 土尻川調査区間の支流(左図; 藤沢川、右図; 裏の沢)における推定降下尾数

表1. 目視による調査区間100m<sup>2</sup>あたりの浮上稚魚発見数(尾/100m<sup>2</sup>)

調査回次	調査日	区間				
		A	B	C	D	全体
1	4月23日 - 4月24日	0	0.24	0.13	0.34	0.18
2	4月30日 - 5月1日	0	0.08	0.07	0.57	0.16
3	5月8日 - 5月10日	0	0.08	0.26	0.57	0.23
4	5月15日 - 5月17日	0.14	0.24	0.26	0.34	0.25
5	6月5日 - 6月7日	0	0	0.07	0.11	0.05

表中の発見数は大きさ、土尻川の魚類相等からイワナ浮上稚魚と判断した個体を含む。

なお、調査4回次中、近隣住民から農業用水の取水のために構造物を撤去するよう依頼があり、5月16日に構造物③のみ撤去した。そのため、調査4回次の区間Dは構造物周辺のみを調査した結果を示す。また、構造物①および②は調査5回次には降雨による増水で崩壊、あるいは土砂の堆積等で埋まった状態であった。

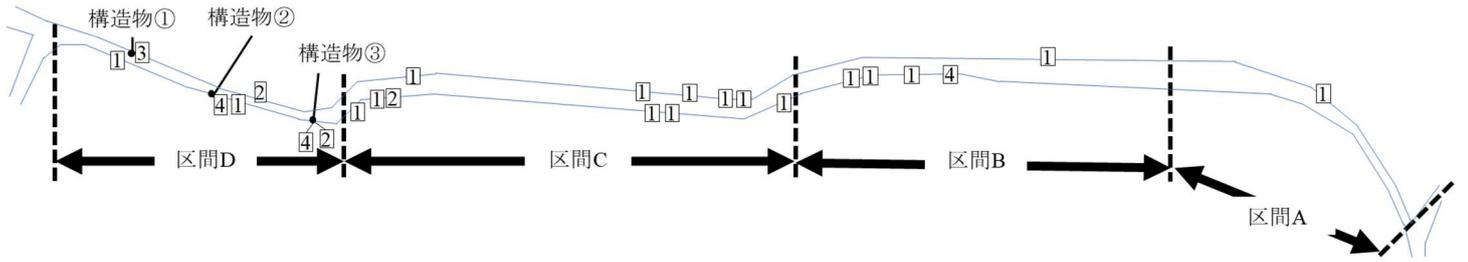


図2. 各調査区間における浮上稚魚の発見場所

図中の四角は浮上稚魚が観察された場所を示す。また、四角内の数値は同一またはほぼ同一の場所で観察された回数を示す。

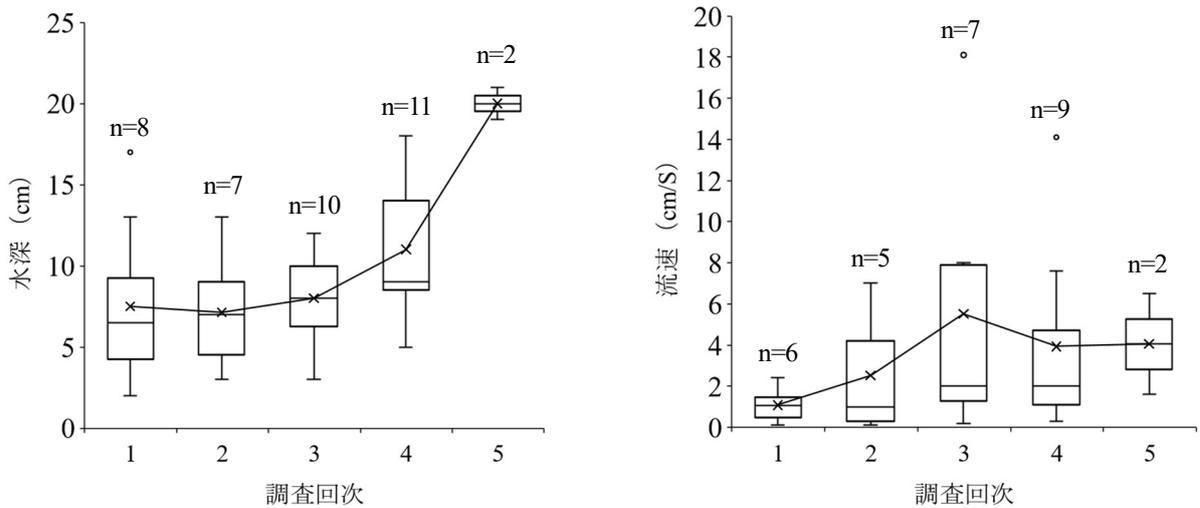


図3. 浮上稚魚の発見場所の水深 (左図) と流速 (右図) の推移

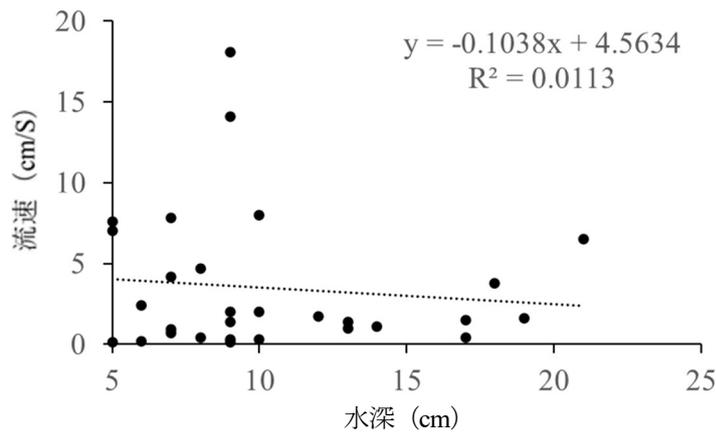


図4. 浮上稚魚を発見した場所の水深と流速の分布

水深 5 cm 未満の場所は電磁流速計の測定可能水深以下のため、流速を測定できなかった。



図5. 構造物①～③における浮上稚魚が見られた場所とカバーの様子

上段に浮上稚魚が見られた場所の様子を、下段にカバーの様子を示す。また、図中の丸は浮上稚魚が見られた位置を示す。

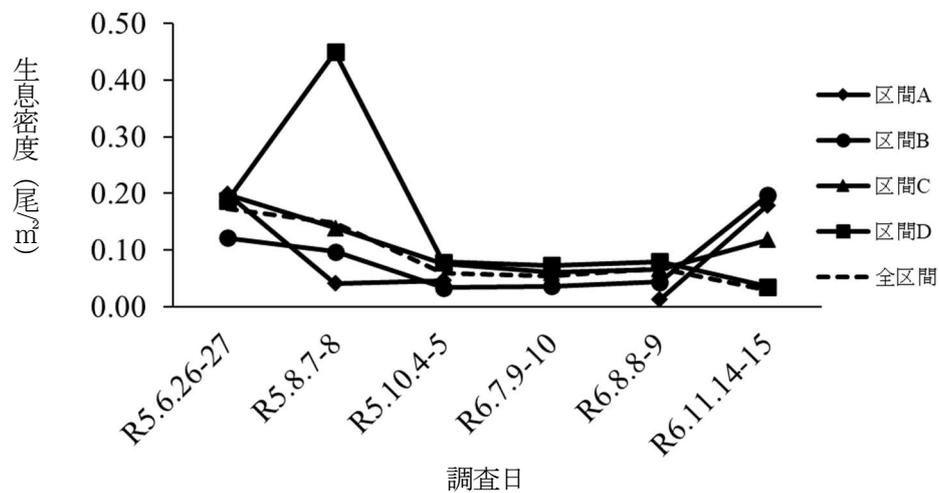


図6. 各調査区間における生息密度の推移



図7. 修繕前の構造物（上段）および修繕後の構造物（下段）の様子（4月上旬）

## 令和6年度 資源回復のための種苗育成・放流手法検討事業 報告

課題番号	エ(5)	事業実施期間	令和6年度
課題名	ニホンウナギ等内水面資源の生息状況調査・分析、資源増殖等の手法検討 (溪流魚)		
主担当者	滋賀県水産試験場 幡野真隆		
分担者			

### 令和6年度の成果の要約：

溪流魚の生息環境改善を目的として、砂防堰堤等により平坦化した溪流漁場において人力で可能な規模の石組みを設置し、溪流魚の定着状況を調査した。石組みは置石工よりもバープ工の方がアマゴの定着率が高かった。また、石組み下流側の水深が深く、カバーが多い構造物の方が定着しやすい傾向が認められた。稚魚の生息環境造成を目的としてイワナ浮上稚魚の生息環境を調査したところ、浅く、奥行が深いカバーがある静水面に稚魚が定着しやすいことが明らかになった。禁漁区等から下流への資源添加構造を明らかにするために除去調査を行ったところ、イワナでは1歳以上魚の加入が多かった。

### 全期間を通じた課題目標及び計画：

溪流魚の生息環境は長年にわたる人工工作物の設置による改変や、頻発する記録的な降雨による土砂の流入等により大きく損なわれている。溪流魚資源の維持回復には生息環境の改善が必要であるが、生息環境改善を主目的とした大規模な工事等の実施は容易ではない。そこで、本課題では人力で設置可能な規模の石組みや土木工事等の際に設置された投石等の効果を調査する。また、生息環境が改善された場所には上流からの資源供給が想定されるため、増殖した資源の下流への資源添加構造を調査することにより、溪流魚の増殖効果の検討を行う。

### 当該年度計画：

- (1) 渓流域において砂防堰堤の設置により平坦化した区間において、人力で設置可能な規模の石組みによる溪流魚の生息環境の創出効果を評価する。
- (2) 姉川水系の支流において、イワナ稚魚が生息する場所の物理環境（水深、流速、カバーサイズ）を調査し、イワナ稚魚が定着しやすい条件を評価する。
- (3) 上流から下流への資源添加構造を明らかにするために、禁漁区や漁獲影響が少ない河川の下流の堰堤等で区切られた区間の溪流魚を定期的に除去し、上流から下流への加入量を評価する。

## 結果：

(1) 姉川水系足俣川および犬上川水系の2か所に平坦な区域を含んだ調査区間(120-255m)を置いた。調査区間の上流から瀬淵構造があつて溪流魚の生息に好適と考えられる区間(以下、標準区)、平坦な区間で構造物を設置しない区間(以下、対照区)、平坦な区間で構造物を設置する区間(以下、試験区)を設定した(表1)。試験区には複数の石をまとめて置いた石組み(以下、置石工)と河岸から流心に向かって上向きに石を並べて設置する構造(以下、バープ工の2種類の石組みを複数箇所設置した(写真1)。石組み設置試験は、5-6月と10月の2回実施した(表2)。設置後、足俣川と犬上川北流には2回ともアマゴを調査区間全体へ10m毎に0.2尾/m<sup>2</sup>となるよう均等に放流し、犬上川上流へは上流からの流下を想定して1回目のみ標準区内へまとめて放流した。放流魚の尾叉長および体重は1回目が63.8±6.6mmおよび2.8±1.0g(平均±SD)、2回目が80.8±10.9mmおよび5.6±2.4gであった。設置前の溪流魚生息密度と設置約1か月後の溪流魚生息密度を調査するとともに、石組み周辺の物理環境(水深、流速、カバーサイズ)を計測し、溪流魚の定着の有無との関係を検討した。

1回目の設置試験では設置前と比較して、犬上川北流と足俣川では試験区のアマゴ生息密度が標準区と同程度に回復したが、犬上川上流では標準区からの流下が少なく、試験区、対照区ともに生息密度は低かった(図1)。置石工はバープ工よりも残存数が少なく(表3)、残存した場合でも埋没によりアマゴの生息場所として機能していない事例も多かったことから、足俣川および犬上川北流では10月に残存していた置石工を撤去した上でバープ工を再設置した。アマゴ生息密度は1回目とは異なり、試験

表1 調査河川の概要

河川名	試験区間長(m)			平均川幅(m)
	標準区	対照区	試験区	
足俣川	40	20	60	8.4
犬上川北流	40	20	60	8.9
犬上川上流	100	35	120	4.6



写真1 設置した石組みの一例

表2 調査時期

河川名	事前	石組設置		放流		採捕・計測	
	調査	1回目	2回目	1回目	2回目	1回目	2回目
足俣川	6/5	6/7	10/1	6/11	10/15	7/10	11/5
犬上川北流	5/17	5/23	10/2	6/11	10/15	6/27	11/7
犬上川上流	4/15	5/8	-	6/11	10/15	7/8	11/12

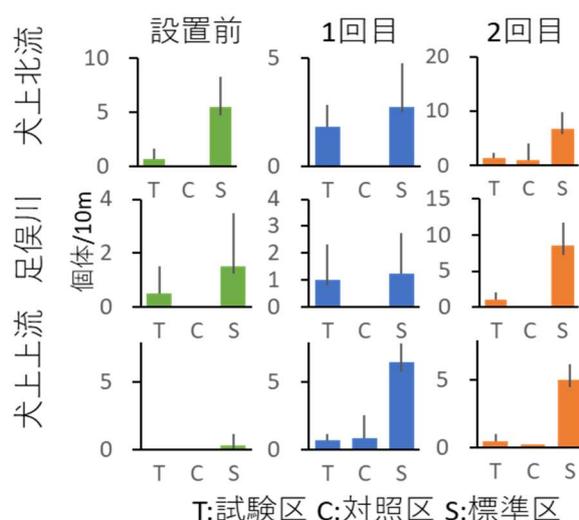


図1 採捕調査結果

区の生息密度は標準区よりも低い傾向であった。

表3 石組みの設置数、残存率および定着率

河川名	1回目						2回目					
	バープ工			置石工			バープ工			置石工		
	設置数	残存率	定着率	設置数	残存率	定着率	設置数	残存率	定着率	設置数	残存率	定着率
足俣川	3	100%	67%	5	40%	0%	5	100%	40%	-	-	-
犬上川北流	1	100%	0%	8	100%	50%	4	100%	50%	-	-	-
犬上川上流	1	100%	100%	8	100%	13%	-	100%	100%	-	50%	0%

バープ工と置石工でアマゴ当歳魚の定着の有無を比較したところ、置石工よりバープ工の方が定着率（アマゴを確認した石組み数／石組み設置数×100）は高かったことから（Fisherの正確確率検定、 $p>0.05$ ）、バープ工がアマゴ当歳魚の生息場場所として有効であると考えられた。また、採捕後に測定した石組みの物理環境とアマゴの定着の有無の関係をリンク関数にロジット関数を用い、分布として二項分布を仮定した一般化線形モデルにより解析したところ、最大水深、カバーの合計面積、カバーの最大奥行との間に有意な相関が認められ（ $p<0.05$ ）、水深やカバーの存在がアマゴ当歳魚の定着に重要であると考えられた。カバーは設置した石の下流側の下部が出水により洗堀され、2次的に形成される。そのため、設置する石はカバーサイズが確保されるよう、大きい石を使用する方が良いと考えられた。また、複数のバープ工等の石組みを連続して設置して、構造物下流側の水深が確保されるように考慮する必要があると考えられた。

(2) 2024年5月2日に姉川水系のイワナが生息する禁漁区の支流において、長さ200mの区間でイワナ稚魚を探索した。探索は目視で確認した後、隠れ場所となる石等の下を小枝で探り、稚魚の出現を確認することで行った。イワナ稚魚は流速10cm/s未満の静水面で確認されることが知られており（山本ほか2001）、基準に合致するハビタットの水深および水面面積、底質、水面下にある岩の下のカバーの奥行とその面積を測定し、イワナの稚魚の有無を記録した。稚魚の有無を目的変数、ハビタットの面積、ハビタットの平均水深、カバーの面積、カバーの平均奥行、底質を説明変数として一般化線形モデル解析を行った。モデルの適合評価にはAICを用い、ベストモデルを選択した。その結果、ハビタットの平均水深とカバー奥行を説明変数とするモデルがベストモデルとして選択され（AIC=74.77、フルモデルのAIC=79.61）、水深が浅く、カバーの奥行が深い環境がイワナ稚魚の生息に重要であると示唆された（表4）。ベストモデルで選択された水深およびカバーの奥行について、Manlyの選択性指数 $\alpha$ を求めたところ、5cm単位で区分した場合、水深では15cm未満、カバーの奥行では

10cm以上で選択性が高かったことから

（図2）、これらがイワナ稚魚のハビタット造成の参考指標になると考えられた。

表4 一般化線形モデル解析による稚魚の生息モデル式と係数

モデル式：稚魚の有無～ハビタット水深+カバー奥行				
係数	推定値	標準誤差	z値	p値
切片	-0.01	0.70	-0.01	0.989
ハビタット水深	-0.25	0.08	-3.21	0.001
カバー奥行	0.18	0.05	4.07	0.000

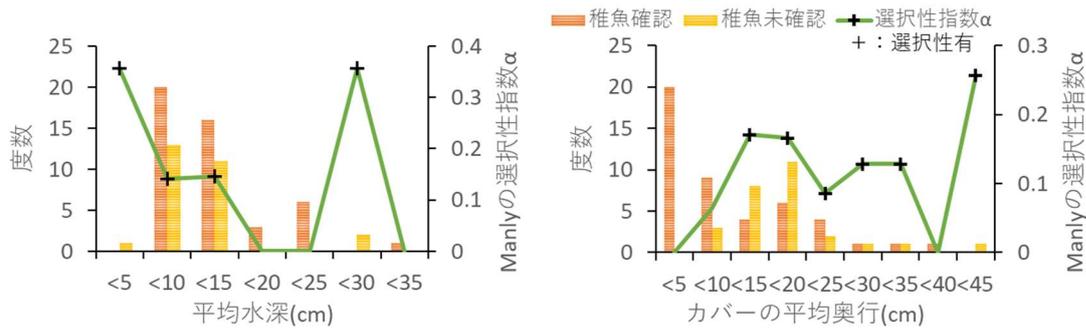


図2 稚魚の生息有無と物理環境（左図：ハビタットの平均水深、右図：カバーの平均奥行）の関係

(3) 姉川水系の向山谷と大長谷ではイワナを、犬上川水系の瀬川ではアマゴを対象として、堰堤や滝で区切られた約 200m の区間に生息する個体を電気漁具で採捕した。2パス除去法により個体数推定を行い、採捕魚は下流の区間外に放流した。除去後の推定生息個体数と次回調査時の推定個体数の差を求め、上流からの加入個体数を推定した。採捕は4月、6月、8月、9月の4回実施した。10月に上流の約 500m の区間で採捕調査を行い、生息数を推定した。向山谷では調査開始時の4月22日時点で54尾が生息していたが、9月までに調査開始時とほぼ同数の53尾が上流区間から加入したと推測された。一方、加入が最も少なかった瀬川では4月初めで72尾が生息していたが、9月までの加入は4尾のみであった(表5)。イワナは当歳魚よりも1歳以上魚の方が上流からの加入が多かった。アマゴでは上流からの加入自体が少なかった。魚種による加入特性の違いも考えられるものの、上流区間の生息密度が高いほど除去区間への加入が多い可能性があり、引き続き検討する必要がある。

表5 上流からの総加入尾数と上流区間の密度

河川名	魚種	区間面積 m <sup>2</sup>	除去前生息尾数			総加入尾数			上流区間密度 個体/100m <sup>2</sup>
			0+	≧1+	計	0+	≧1+	計	
姉川水系向山谷	イワナ	726	27(23-38)	27(25-36)	54(48-74)	11	42	53	17.3(16.3-18.9)
姉川水系大長谷	イワナ	618	34(28-47)	45(41-56)	79(69-103)	16	18	34	12.2(10.7-13.7)
犬上川水系瀬川	アマゴ	1,268	29(25-40)	43(39-55)	72(64-95)	2	2	4	7.4(6.9-8.4)