

課 題 番 号	3. (4)	事業実施期間	平成 31 年度
課 題 名	漁場環境に応じた資源増殖等の手法開発 ワカサギ		
主 担 当 者	水産研究・教育機構中央水産研究所 宮本幸太		
分担者			

平成 31 年度の成果の要約：ワカサギの耳石標識の染色評価について、客観性を担保した評価指標の開発を行うため、画像解析ソフトを用いて耳石の RGB 値を測定し、従来の目視による評価結果との比較を行った。解析の結果、デジタル評価結果（RGB 値）は目視評価結果と正の相関関係を示した。さらに、デジタル評価結果を用いて解析を行った方が、目視評価結果を用いた場合よりも、目的変数をより良く説明することができた。このため、デジタル評価結果を用いることで、従来用いられてきた目視評価と比べて客観性を担保し、かつ高い精度で解析が行えるようになることが期待された。

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重要な対象種である。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、遊漁対象種としての期待が高まっている。その一方、ワカサギについては増殖効果を把握する際に必要となる標識技術に関する知見が乏しく、資源管理を進めるうえで課題となっている。さらに、ワカサギの卵や仔稚魚の体サイズが極めて小さいことや標識対象となる個体数が膨大であることから、標識法は耳石標識等の着色法が有効と考えられる。従来、魚類の耳石標識には標識剤としてアリザリンコンプレクソン（ALC）が使用されていたが、食の安全・安心の声が高まっていることや標識コストの観点から代替品が望まれている。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技術とその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標識技術を開発する。標識技術の開発にあたり、従来行われてきた目視による標識評価は、主観的な判断に委ねる部分が多く、客観性の担保が課題となっていた。そこで本研究では、蛍光顕微鏡下で撮影した写真から画像解析ソフト（Adobe Photoshop）を用いて、耳石の平均 RGB 値を測定することにより、客観性を担保した耳石評価指標づくりの開発に取り組むこととする。

結果：

(1) 従来行われてきた目視による発色具合の評価（以後、目視評価と呼ぶ）結果と Adobe Photoshop を用いた画像解析による評価（以後、デジタル評価と呼ぶ）結果との相関関係を調べた。その結果、両者には正の相関関係が認められた ($p < 0.05$, スピアマン順位相関) (図 1)。

(2) 図 1 の結果から、目視評価では評価 3（見える）における標準偏差がとりわけ広く、目視評価での精度の甘さが明らかとなった。実際、目視評価を 3 としたデータのうち、デジタル評価では最小値が 15.67 に対し、最大値が 109.46 と数値にして 7 倍近い違いが認められた (写真 1)。

(3) 両測定値が解析結果へ及ぼす影響を評価するため、両者とも一般化線形モデル (GLM) を用いて解析を行った。なお、目視評価ではポワソン分布を、デジタル評価には正規分布を当てはめて解析を行った。目視評価結果またはデジタル評価結果を目的変数として、従属変数には、コチニール溶液浸漬時間、コチニール溶液濃度とそれらの交互作用を用いた。モデル選択により、それぞれのベストモデルを構築し、目的変数に対する予測精度を評価した。なお、両者は解析に用いる分布がそれぞれ異なるため、疑似決定係数を指標として目的変数に対する当てはまりの良さを評価した。解析の結果、目視による評価評価とデジタル評価それぞれで、表 1、表 2 の通りベストモデルが選択された。それぞれのモデルの目的変数に対する当てはまりの良さを疑似決定係数の指標である Adj.McFadden を用いて比較したところ、目視評価では 0.173 であるのに対し、デジタル評価では 0.357 を示し、デジタル評価結果を用いて解析を行ったほうが、目的変数をより高い精度で説明できると考えられた。

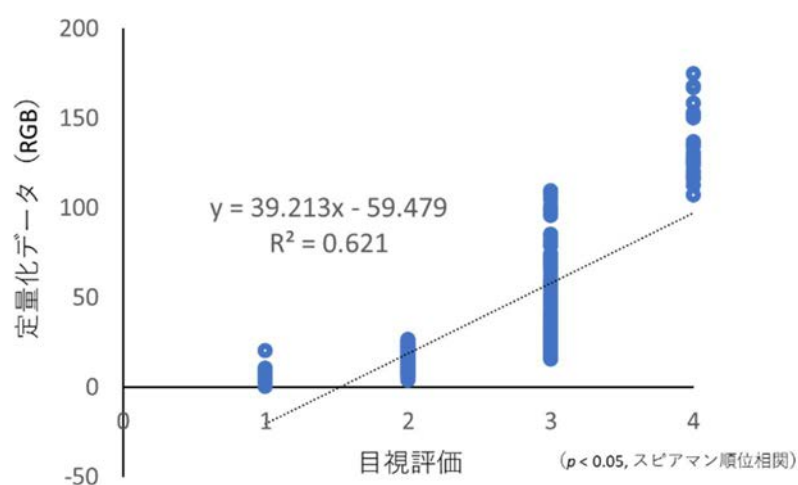


図 1. 目視評価結果とデジタル評価結果との相関関係。

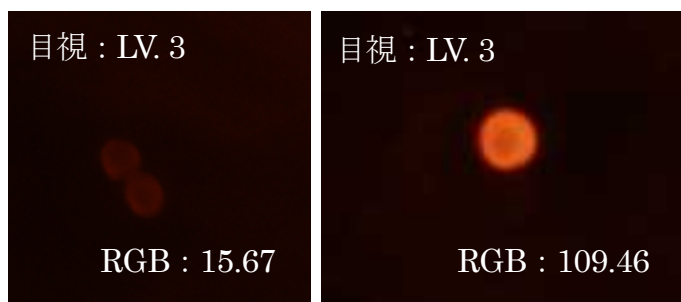


写真 1. 目視評価レベル 3 のうち、デジタル評価結果が最小値と最大値を示した写真

表 1. 目視による評価結果を目的変数として選択されたベストモデルの説明変数

変数	係数	G^2	p
濃度	0.010	5.255	$p < 0.01$
時間	0.012	14.162	$p < 0.001$

表 2. 定量化データ結果 (RGB) を目的変数として選択されたベストモデルの説明変数

変数	係数	G^2	p
濃度	0.192	50.273	$p < 0.001$
時間	-2.068	48.299	$p < 0.001$
濃度 × 時間	0.059	16.389	$p < 0.001$

課題と対応策 : 特になし

課 題 番 号	3. (4)	事業実施期間	平成 31 年度
課 題 名	漁場環境に応じた資源増殖等の手法開発 ワカサギ		
主 担 当 者	名倉盾		
分担者	青柳敏裕 加地弘一		

平成 31 年度の成果の要約：天然色素を使用した標識技術の開発について、コチニールを用いたワカサギの耳石標識についての試験を実施した。飼育実験では、飼育初期の水温やエサとなるワムシの栄養強化の管理を行うことで2か月以上の長期飼育を可能にした。

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種であり、内水面漁業の重要な魚種であったが、近年ドーム船など女性や子供でも安心して釣りを行える施設が増えてきたことなどもあり、特に遊漁対象種として有望な魚種である。その一方で、増殖については詳細な知見が少なく、安定的な資源管理が難しい。また、資源推定のために用いる標識として従来はアリザリンコンプレクソンが使用されていたが、食の安全の観点からその使用は好ましくない。そこで、ワカサギの耳石に天然色素による標識を施すための技術開発を行う。耳石標識技術が開発された後は、その持続期間を調査する。

当該年度計画：耳石標識の持続性について検討を行った。屋外の大型池と室内の 60 cm水槽を用いてワカサギの長期飼育試験を行った。

結果：

- (1) 室内水槽試験は飼育初期をアレンの人工海水（濃度 1/10）で、循環ろ過しながら飼育した。なお、春以降水温が上昇するようになったので、水温を見ながら適時冷凍したペットボトルをろ過用水槽に投入して水温を 23℃以下になるように管理した。
- (2) ワカサギ仔魚を水温 23℃で管理した試験区はふ化後数日で仔魚がいなくなった。また、栄養を強化しないワムシを与えた試験区では約 2 週間後に仔魚がいなくなった。
- (3) 飼育水温を 20℃以下にして、DHA 強化をするためにスーパー生クロレラを使用して培養したワムシを給餌したワカサギについては 71 日間飼育した後、全数をサンプルとして冷凍保存した。なお飼育 1 か月後からワムシに加えてアユ用人工飼料を併用して給餌した。室内飼育したワカサギを図 1 に示した。

- (4) 屋外池の飼育試験魚は、令和2年1月6日現在（飼育263日目）、平均全長123.2mm、平均体重11.8gに成長している（図2）。屋外池での成長を図3に示した。なお、現在も2週間ごとに約20尾のサンプリングを実施している。
- (5) 屋外池飼育ワカサギは耳石標識後の発眼卵を放流したため、サンプルを顕鏡したところ、160日後でも10尾中2尾から標識が確認された。持続性確認のため、現在もサンプリング継続中である。飼育132日目の耳石標識を図4に示した。



図1. 室内で飼育したワカサギ（飼育71日目）



図2. 屋外池で飼育したワカサギ（飼育221日目）

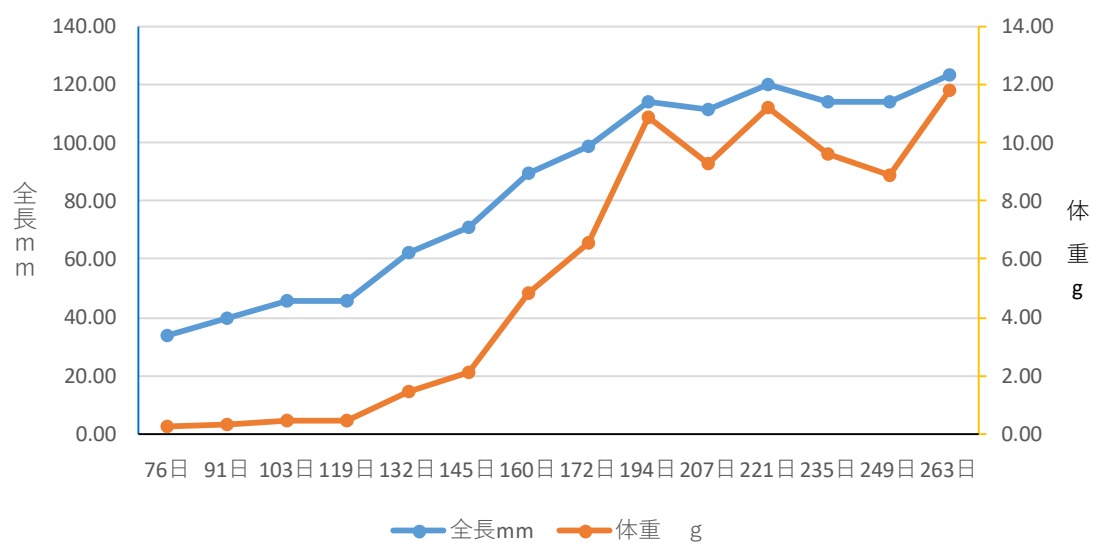


図3. 屋外池飼育試験ワカサギの成長

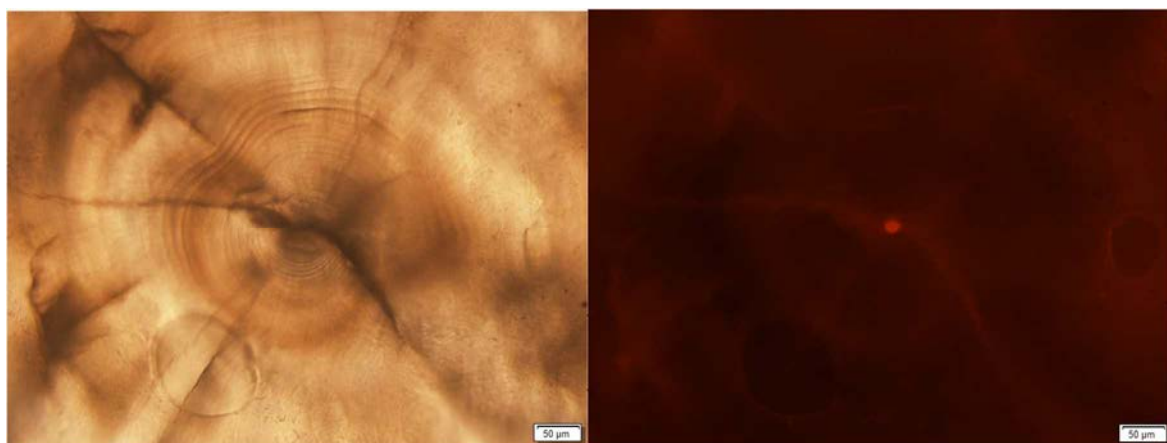


図4. 飼育132日目の耳石標識（左：通常光、右：B励起光による撮影）

課題と対応策：

初期飼育の水溫条件や餌条件（ワムシの栄養強化）を改善することで、長期飼育が可能になった。また、標識が確認できた割合は低いものの160日間以上持続することが判明した。次年度は、前処理による標識率の向上が、どれくらい長期間持続するか、今年度開発した飼育方法で飼育し、確認する必要がある。

課 題 番 号	3. (4)	事業実施期間	平成 31 年度
課 題 名	漁場環境に応じた資源増殖等の手法開発 ワカサギ		
主 担 当 者	長野県（長野県水産試験場諏訪支場） 星河廣樹		
分担者	長野県（長野県水産試験場諏訪支場） 降幡 充		

平成 31 年度の成果の要約：天然色素による耳石標識技術を開発するため、ワカサギ発眼卵の標識液への浸漬条件を検討した。その結果、天然色素コチニールへの浸漬条件は、卵の積算水温が 75、115 および 125℃・日の発眼卵において、濃度 60g/L、水温 10℃、24 時間が良好な成績であった。

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（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：本年度は、天然色素であるコチニールを用いて、浸漬条件（濃度、水温）、ワカサギ発眼卵の発育状況を変化させた。発眼卵はシャーレ内で標識液に 24 時間浸漬し、水洗した後、インキュベーター内で飼育し、ふ化率を調査する。また、浸漬条件毎にふ化仔魚の耳石標識の発色強度を蛍光顕微鏡で調査する。

結果：

（１）濃度、水温を変えて、積算水温 75℃・日のワカサギ発眼卵をコチニール標識液に 24 時間浸漬した。高濃度・高温度になるに従い、ふ化率が低下した（表 1）。カイ二乗検定の結果、試験区間で生残率に有意差があった（ $P<0.01$ ）。残渣分析の結果、15℃・60g/L および 20℃・60g/L 処理卵で有意に生残率が低かった（ $P<0.05$ ）。

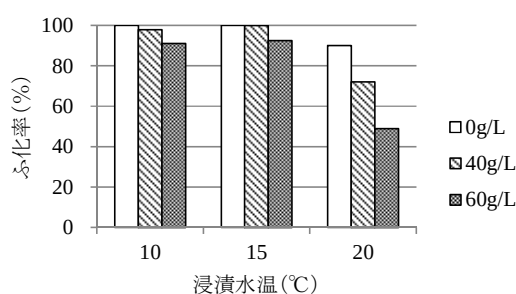
（２）上記試験で得られたふ化仔魚の耳石は、高濃度・高温度になるに従い、発色強度が大きくなった（表 2）。一元配置分散分析の結果、試験区間で発色強度に有意差があった（ $P<0.01$ ）。チューキーの HSD 法の結果、10℃・40g/L－20℃・60g/L 処理卵間および 15℃・40g/L－20℃・60g/L 処理卵間で、20℃・60g/L 処理卵の発色強度が有意に大きかった（ $P<0.05$ ）。

(3) 浸漬開始時の積算水温の影響を把握するため、積算水温 75℃・日の発眼卵をシャーレに小分けにして、10℃のインキュベーターで飼育した。75 から 165℃・日まで 10℃・日ずつ積算水温を高くした卵を供試し、それぞれを 0g/L および 60g/L の標識液に 24 時間浸漬した。60g/L 処理卵は積算水温 85℃・日からふ化率が漸減し始め、135℃・日から急減した (表 3)。カイ二乗検定の結果、試験区間で生残率に有意差があった ($P<0.01$)。残渣分析の結果、0g/L の全処理区および積算水温 75℃・日の 60g/L 処理卵で有意に生残率が高く、積算水温 135、145、155℃・日の 60g/L 処理卵で有意に低かった ($P<0.05$)。

(4) 上記試験の 60g/L 処理卵から得られたふ化仔魚の耳石は、積算水温が増加するに従い、発色強度が増加する正の相関が見られた ($y=0.0864x+2.18, R^2=0.3865$) (表 4)。

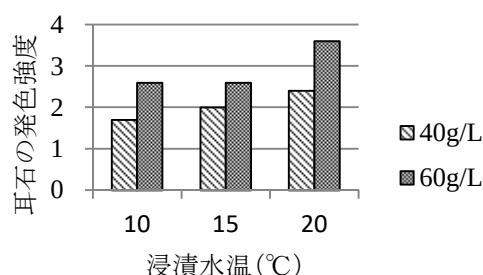
(5) 今年度の結果をまとめると、浸漬濃度、水温および浸漬時の発眼卵の積算水温が増加するに従い、ふ化率が減少し、耳石の発色強度が増加した。卵のふ化率および耳石の発色強度が良好だった浸漬条件は、卵の積算水温が 75、115 および 125℃・日の発眼卵において、濃度 60g/L、水温 10℃であった。

表 1. 浸漬濃度および水温別のワカサギ卵のふ化率^{※1} (%)



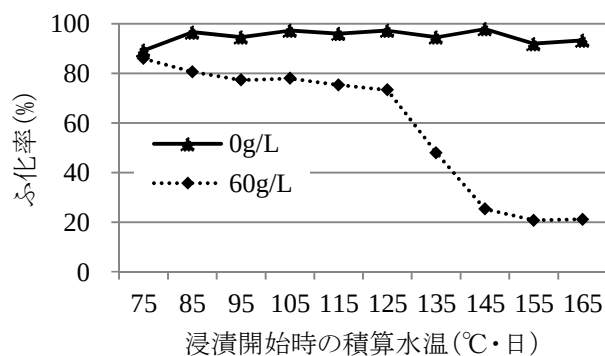
※1: ふ化率 (%) = 正常ふ化尾数/供試発眼卵数×100

表 2. 浸漬濃度および水温別の平均発色強度^{※2}



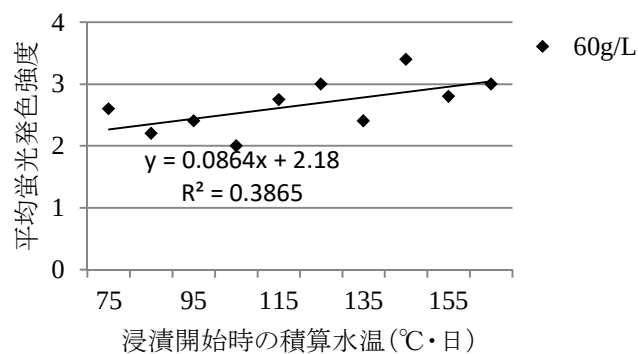
※2: 発色なしを 0、ALC の発色を 4 とし相対的に比較

表 3. 浸漬濃度および供試卵の積算水温別のふ化率※³ (%)



※³: ふ化率 (%) = 正常ふ化尾数/供試発眼卵数×100

表 4. 浸漬濃度および供試卵の積算水温別の平均発色強度※⁴



※³: 発色なしを 0、ALC の発色を 4 として相対的に比較

課題と対応策: ワカサギ発眼卵のふ化率および耳石の発色強度をある程度確保した耳石標識条件が絞り込めたが、事業規模での実証試験は行っていない。また、成長過程の耳石標識の消長および生存への影響が明らかになっていない。来年度は、これらの課題について試験を実施する。

課 題 番 号	3. (4)	事業実施期間	平成 31 年度
課 題 名	漁場環境に応じた資源増殖等の手法開発 ワカサギ		
主 担 当 者	北海道立総合研究機構 楠田聡、佐藤敦一、高島信一、飯嶋亜内、本間隆之、山崎哲也		
分担者			

令和元年度の成果の要約

<放流種苗用餌料の開発>

低水温・低塩分で飼育するワカサギ仔魚の生残率向上のため、ワムシの種類および培養条件をかえ、これらをワカサギ仔魚に給餌し、その後の生残や成長等を比較した。40%海水および80%海水で培養したシオミズボワムシを給餌することで、生残率が最大92%であった。低水温・低塩分で培養することで、従来の培養方法に比べコスト削減につながり、さらに、ワムシ培養水温とワカサギ仔魚の飼育水温との温度差を減らすことで、給餌後もワムシの活力が維持され、飼育成績が向上したことが推察される。

<資源推定手法の開発>

平成30年度に阿寒湖で実施した簡易普及型魚群探知機（以下、魚探）によるワカサギ調査データを解析し、周辺で実施した曳き網漁によるワカサギ漁獲尾数と比較した。使用した魚探が装備した低周波（50 kHz）では小型魚の識別が困難であったが、比較を行った3地点において魚探により大型魚の漁獲尾数を推定可能であることが示唆された。

令和元年度は曳き網漁の地点数を増やすとともに、小型魚の識別が可能であると考えられる高周波（200 kHz）を装備した魚探を用いて調査した。その結果、魚探により体サイズ全範囲においてワカサギ漁獲尾数の多寡の把握が可能であることが示唆された。

全期間を通じた課題目標及び計画：

ワカサギは、ふ化仔魚の無給餌放流により資源造成を図る場合が多いが、年によっては低水温等の理由で、放流時期、湖沼内の餌生物密度が低い場合があり、期待した効果が得られないこともある。本課題では、人工種苗の生残を高めるために、放流仔魚の初期餌料として培養が確立されていない10～15℃程度の低温淡水ワムシ餌料を北海道内の湖沼から探索、作出し、これに加え道総研継代の低温・低塩分ワムシを低水温時の給餌放流等に利用することを検討する。また、湖沼のワカサギには密度効果が働くことから、利用目的にあった資源を形成するためには資源量を推定する必要がある。これまで開発された資源量推定手法は、十分な漁獲情報、水深が浅いという湖沼形状の特徴を前提としており、必ずしも一般的に利用できる手法ではない。本課題では、阿寒湖にて漁獲デ

ータと簡易型魚探データを取得し、両データの照合から、広く利用可能で、低コストなワカサギ資源量推定手法の確立を目指す。

当該年度計画：

＜放流種苗用餌料の開発＞

平成 30 年度網走湖で採集し、単離培養した淡水ワムシ（ヒルガタワムシおよびツボワムシ）を 14～20℃で培養した。さらに栽培水産試験場で継代培養しているシオミズツボワムシを低温に馴致させた。その後、さけます・内水面試験場に移送し、低塩分で培養した。これら複数の培養方法で管理したワムシをワカサギ仔魚に給餌し、生残率および成長率を比較した。実験には洞爺湖あるいは網走湖のワカサギ卵を使用した。

＜資源推定手法の開発＞

平成 30 年度に取得した魚探による調査データを解析する。

令和元年度も前年度と同様に、曳き網漁によるワカサギ漁獲尾数を調査し、曳き網漁実施地点周辺において取得したワカサギの魚探反応値と比較する。前年度より比較地点数を増やすとともに、魚探においてワカサギの小型魚が識別可能であると考えられる高周波（200 kHz）を使用する。

結果

＜放流種苗用餌料の開発＞

ワムシの培養

栽培水産試験場で培養しているシオミズツボワムシを 22℃から 20℃まで 3 日間かけ段階的に水温を下げた。馴致期間中は 80%海水で管理した。馴致終了後、さけます・内水面試験場に移送し、半分を 80%海水で、もう半分を 40%海水で培養した。

19.3～20.6℃で培養したヒルガタワムシの個体数密度は 0～544 個体/ml で、14.7～17.3℃で培養したツボワムシは 16～640 個体/ml であった（図 1）。11.8～13.3℃で培養した 40%海水および 80%海水で培養したシオミズツボワムシは 134～633 個体/ml であり、安定的に高密度で培養することができた。

高水温および高塩分で培養する従来のワムシの培養方法に比べ、本研究で行った培養方法は加温や人工海水等の塩分調整などのコストが低減される。

給餌ワムシの種類による生存率・成長率の比較

5L 角型水槽にワカサギ仔魚を 50 尾収容し、上記のヒルガタワムシ、ツボワムシ、40%海水シオミズツボワムシおよび 80%海水シオミズツボワムシを日に 25,000 個体給餌した。飼育水温は 10.3～12.6℃であり、止水とした。エアレーションは仔魚の遊泳を妨げないように弱通気とした。これを各 2 試行行い、それぞれ 19 日、21 日間飼育した。1 試行目では無給餌区を設定し、14 日後に全滅を確認した（図 2 左図）。ヒルガタワムシ区およびツボワムシ区は実験終了時の生残個体数（および生残率）はそれぞれ 4 尾（8%）、0 尾（0%）であった。一方、40%海水および 80%海水シオミ

ズツボワムシ区では、46尾（92%）、40（80%）であり、高い生残率であった。2試行目では、14日目にヒルガタワムシ区およびズツボワムシ区の全滅を確認した。実験終了時における40%海水および80%海水シオミズツボワムシ区は13尾（26%）、7尾（14%）の生残を確認した（図2右図）。2試行ともにシオミズツボワムシを給餌した実験区の生残率が高かった。また実験終了時の脊索長（平均±SD）は40%シオミズツボワムシ区（9.7mm±0.7）が80%シオミズツボワムシ区（7.7mm±0.7）およびヒルガタワムシ区（6.2mm±0.4）に対し有意に大きかった（図3左図）。2試行目では有意差は認められなかったが、40%シオミズツボワムシ区（6.6mm±0.8）より80%海水シオミズツボワムシ区（7.2mm±0.5）が0.6mm大きかった（図3右図）。

Torao（2000）をもとに仔魚の発育ステージを判断した（図4）。2試行ともに80%海水シオミズツボワムシおよびヒルガタワムシではステージBのみが観察されたが、1試行目の40%海水シオミズツボワムシではBからC1への移行期およびC1の個体が一部確認された（図5）。

ワムシの培養水温と仔魚の飼育水温に5℃以上の差があるとワムシの活力が低下する（Fielder *et al*,2000）。飼育成績の良かったシオミズツボワムシ給餌区では、培養水温と飼育水温との差が小さく、給餌後のワムシの活力低下が抑えられたことが予想される。仔魚の生残率を上げるためにはなるべく水温差を減らす必要がある。

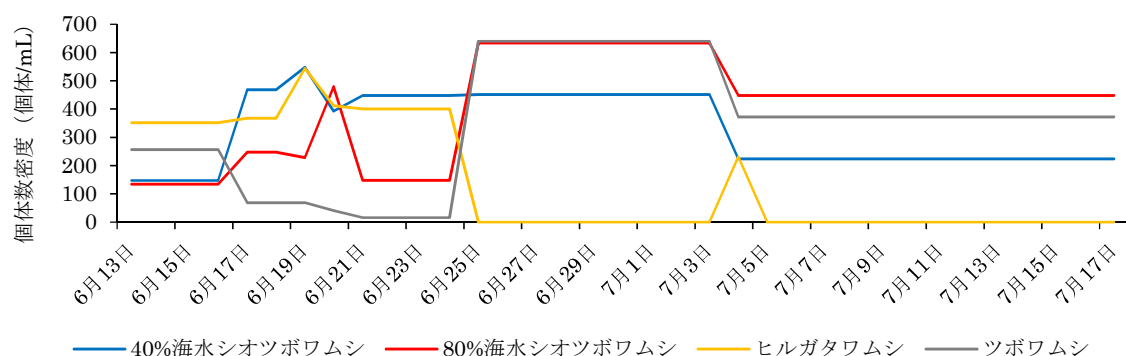


図1. 実験期間中におけるワムシの個体数密度

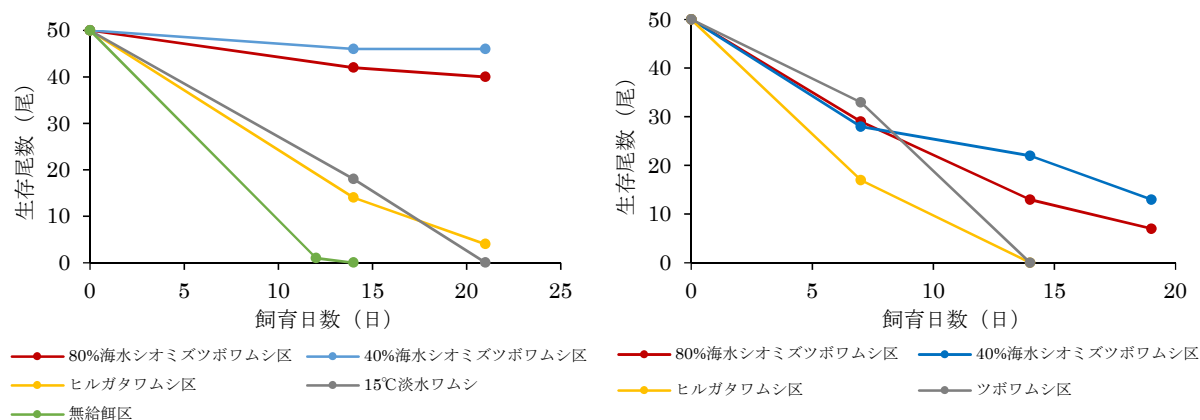


図2.複数の条件で培養したワムシを給餌したワカサギ仔魚の生残率.

左図：1試行目（洞爺湖産のワカサギ卵を使用） 右図：2試行目（網走湖産のワカサギ卵を使用）

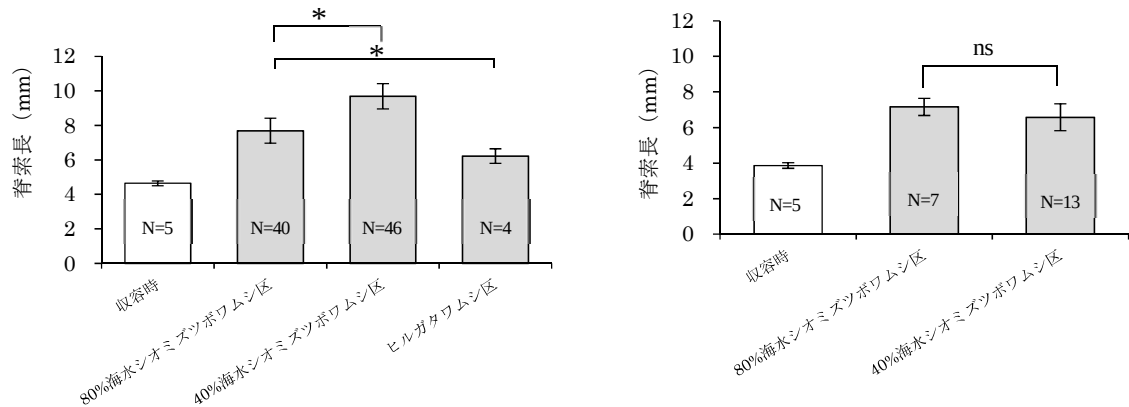


図 3. 複数の条件で培養したワムシを給餌したワカサギ仔魚の収容時および実験終了時の脊索長.

*: $p < 0.05$, ns: 有意差なし

左図: 1 試行目 (洞爺湖産のワカサギ卵を使用)

右図: 2 試行目 (網走湖産のワカサギ卵を使用)

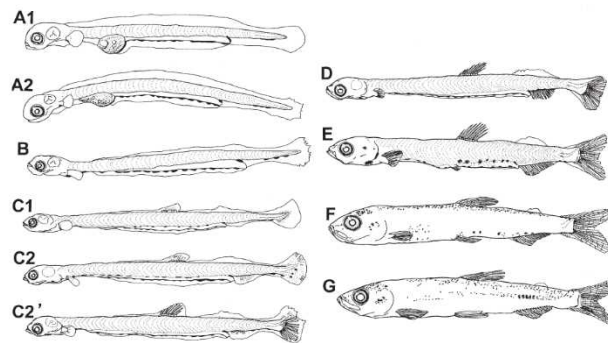


図 4. ワカサギ仔魚の发育ステージおよび全長 (Torao, 2000).

A1) 4.5mm、A2) 4.8mm、B) 5.1mm、C1) 11.9mm、C2) 12.5mm、C2') 14.7mm、D) 27.8mm
E) 35.7mm、F) 36.0mm、G) 50.0mm

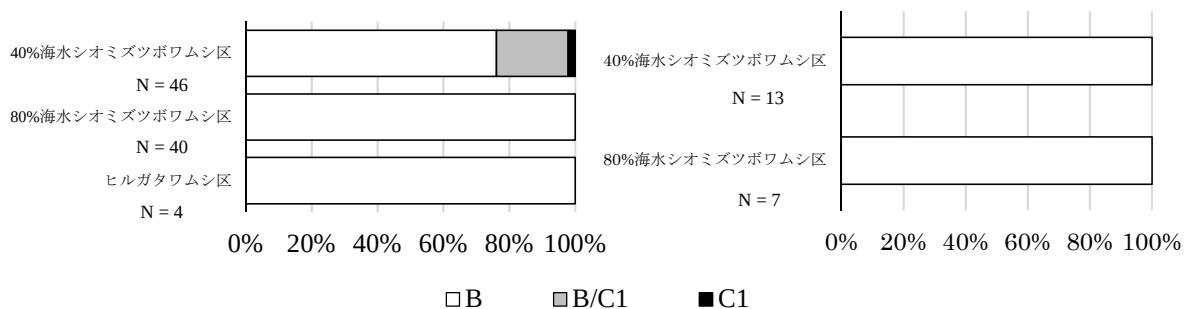


図 5. 実験終了時における各发育ステージの仔魚出現割合.

左図: 1 試行目 (洞爺湖産のワカサギ卵を使用)

右図: 2 試行目 (網走湖産のワカサギ卵を使用)

シオミズツボワムシ給餌による成長の推移

6L および 8L の角形水槽を使用し、各 10 尾/L の密度でワカサギ仔魚を収容した。40‰海水シオミズツボワムシを飼育水量に対し 10 個体/ml 給餌した。水温は 9.9~11.6℃であった。約 1 週間ごとに水槽から仔魚を取り上げ、脊索長を測定するとともに发育ステージを調べた。収容時の平均脊索長は 4.4mm であったが、実験終了時の 6L 水槽実験区ならびに 8L 水槽実験区はそれぞれ 7.3、6.5mm

に成長した（図 6）。実験期間中の成長の停滞はなかった。収容後、6 日を経過すると一部の仔魚は卵黄をすべて吸収し、ステージ B（図 4）へと发育した。それ以降の仔魚はすべてステージ B であった。

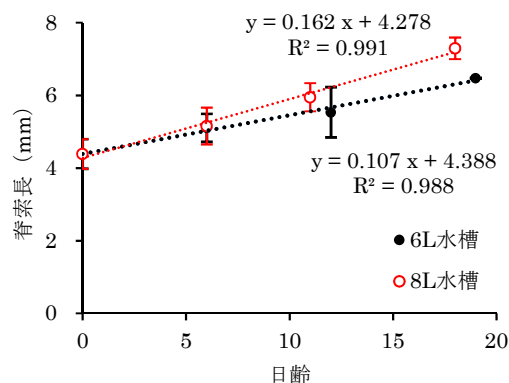


図 6. ワカサギ仔魚の成長の推移.

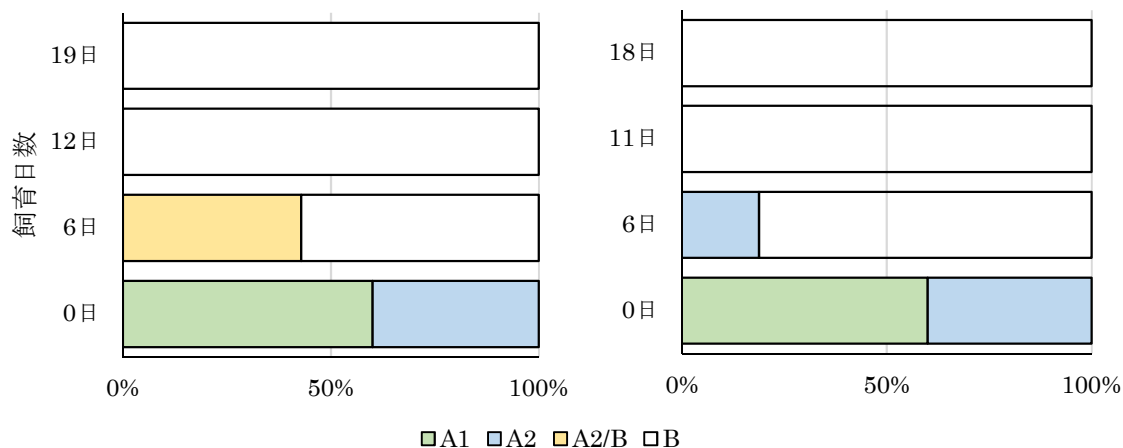


図 7. サンプル日別の发育ステージ. 左図：6L 水槽 右図：8L 水槽

<資源推定手法の開発>

(1) 平成 30 年度に取得した魚探データの解析結果

阿寒湖において、前年度に収集したデータを解析した。従来の魚探を用いたワカサギの調査では、魚探のエコーグラム画像の点を単体魚として目視で計数することにより資源量の推定を行っていたが、本課題では魚探反応データを取得し、資源量指標値をデータ解析により算出した。平成 30 年 9 月 13 日の日没後に魚探（古野電気株式会社製、FCV-1200L、50 kHz）を用いてデータを収集し、9 月 14 日に曳き網漁（網幅 300m、網丈 7.5m、魚捕部の目合 3.5mm）を St.4、St.8、St.10 で実施し、漁獲物を調査した（図 8）。曳き網漁実施前後 300 m の魚探データを切り出して解析した。エコーグラムにおいてワカサギは夜間に表層に分散し個体の識別が容易であり（図 9）、複数のワカサギ単体魚反応からワカサギ 1 尾当たりの魚探反応平均値である平均 TS(ターゲットストレングス)を算出した。そして、平均 TS と単位面積当たりのワカサギの魚探反応量を示す *sa*

(面積後方散乱係数) から、単位面積当たりの平均魚群密度を算出し、それに調査面積を乗じて各地点における推定尾数(調査範囲の現存尾数)を求めた。漁獲されたワカサギは被鱗体長 70mm を目安として、当歳魚である小型魚とそれ以外の大型魚に分けられた (図 10)。3 地点の漁獲尾数と魚探による推定尾数を比較したところ、漁獲尾数のうち大型魚の漁獲尾数との関連性がみられ (図 11)、使用魚探の低周波 (50 kHz) では大型魚の推定は可能であると考えられた。

(2) 令和元年度の調査及び解析結果

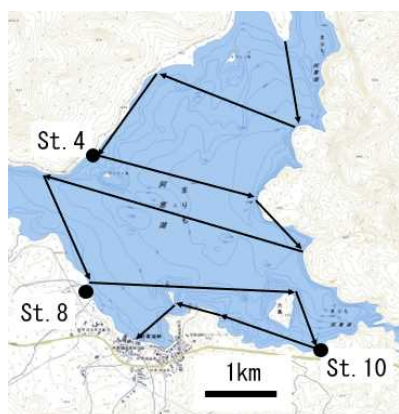


図 8 魚探調査航跡と曳き網漁実施地点 (平成 30 年).

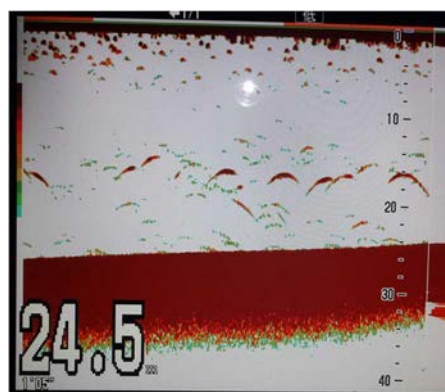


図 9 魚探のエコーグラム. 表層の点がワカサギの単体反応右側の目盛りは水深 (m) を示す

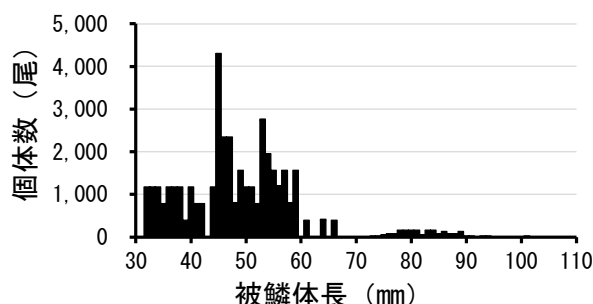


図 10 ワカサギ体長組成 (St.10).

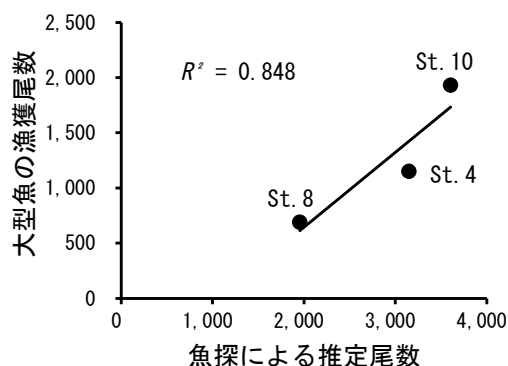


図 11 魚探による推定尾数と大型魚の漁獲尾数との関係 (平成 30 年).

阿寒湖において、令和元年 9 月 24、25 日の日没後に魚探 (古野電気株式会社製、FCV-628、50 kHz/200kHz) を用いてデータを収集し、魚探調査の翌日 (9 月 25、26 日) に計 7 地点において曳き網漁 (網幅 300m、網丈 7.5m、魚捕部の目合 3.5mm) を実施し、漁獲物を調査した (図 12)。漁獲物の大部分がワカサギであり、個体数組成で 99.95%、重量組成で 93.66% を占め優占した。曳き網漁を実施した地点に沿って実施した魚探調査ラインのデータ (200kHz) を解析し、単位面積当たりのワカサギ魚探反応量を示す NASC (面積散乱係数, $NASC = 4\pi \times 1852^2 \times sa$) をラインごとに算出した。7 地点における NASC と漁獲尾数において (図 13)、NASC が高い地点では漁

獲尾数が高い傾向を示し ($R^2 = 0.42$, $p = 0.1207$)、魚探データの解析により体サイズ全範囲でのワカサギ漁獲量の多寡を把握できる可能性が示唆された。

課題と対応策

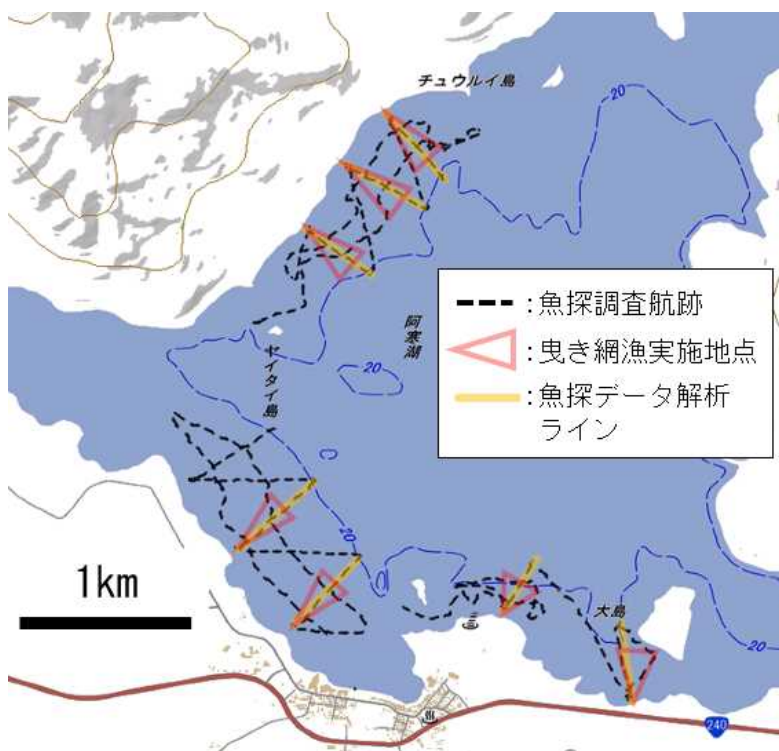


図 12 魚探調査航跡と曳き網漁実施地点 (令和元年)。
陸側の三角形の頂点を起点として湖側の頂点に投網した曳き網を曳いた。

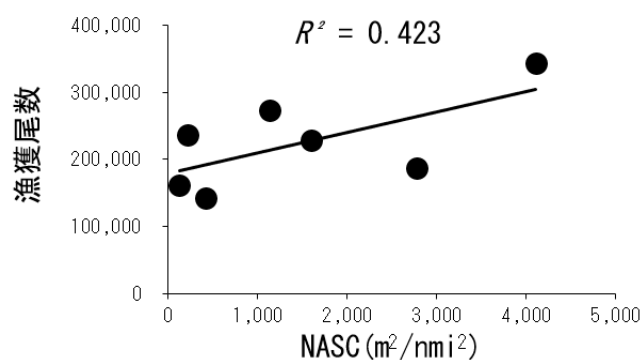


図 13 NASC と漁獲尾数の関係 (令和元年)。

<放流種苗用餌料の開発>

各実験ともに小規模での飼育試験である。実用レベルを目指して、規模を拡大し、本実験と同程度の飼育成績になるのか確認する必要がある。

<資源推定手法の開発>

複数の調査ラインにおいて 50、200 kHz の周波数により取得した魚探データと漁獲尾数を比較することにより、最適なワカサギ資源量調査手法を探索している。NASC の算出ラインや範囲を含め、

今年度に取得したデータのうち未解析の部分については来年度以降に引き続き解析を実施する。

魚探によりワカサギ漁獲尾数の多寡の把握が可能であることが示唆されたが、個別の漁場という狭いスケールにおける同時に実施できない魚探調査と曳き網漁の比較では、ワカサギの移動による誤差が大きいと考えられる。今後は、漁期開始前と漁期終了後に湖全体で魚探調査を実施し、魚探調査間の漁獲による資源減少量と比較することで、広域スケールにおける魚探の推定精度検証の実施を検討する。

引用文献

- Fielder *et al* (2000) Effect of rapid changes in temperature and salinity on availability of the rotifers *Brachionus rotundiformis* and *Brachionus plicatilis*. *Aquaculture*, 189, 85-99.
- Torao M (2000) Early developmental phase of wakasagi, *Hypomesus nipponensis*, in Lake Abashiri. *fisheries science*, 66, 605-607.