

粗放的飼育を行った。

(2) 飼育ワカサギからの標識確認 耳石標識の持続期間を調べるために飼育したワカサギをサンプリングし、コチニールによって施された耳石標識がどれくらいの期間判別可能か検討した。

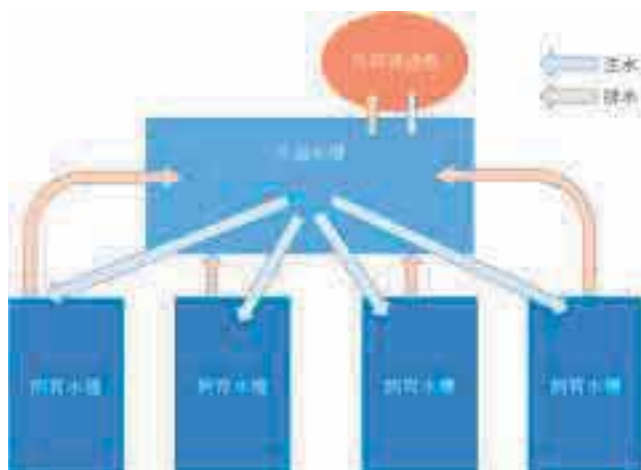


図 1. 室内飼育の飼育風景と概略図

大量標識技術の開発

実験的には 60g/L コチニール溶液 24 時間で耳石標識ができることが当事業で判ってきたが、実用規模で染色を実施するために以下の項目を実施した。

(1) 染色容器の作成 大量染色を施すために塩化ビニール製のパイプ（100mm 径×1000mm）を用いて染色用の器具を作成した（図 2）。この染色容器を用いて 10 万粒~365 万粒のワカサギ卵を 6L のコチニール溶液で染色し、発光強度を検討した。令和 4 年 4 月に自作染色容器での染色中、気温が 20℃以上に上昇した。その結果、十分に発達する前にふ化してしまうなどの異常ふ化が見られた。水温の急激な変化が異常ふ化の原因ではないかと考え、異常ふ化が起こらないように染色容器の周りに保温材（気泡緩衝材：通称プチプチ）を 2 重に巻き付け、-20℃で凍らせた 500mL ペットボトルを 2 本染色液中に投入して水温変動を抑え、異常ふ化が改善するかを検討した。



図2. 自作染色容器での染色と染色容器の構造

(2) 酸素ばっ気効果の確認 染色強度の向上と安定化を目的に染色開始 1 時間酸素を添加した。コチニール濃度は酸素による発色強度向上効果を期待して 60g/L と 30 g/L の 2 通りで実施した。また、ショ糖処理なしでも発光強度が向上することを期待してショ糖処理しない試験区も設けた。染色後、卵の一部をシャーレ上に取り出し井水で置換してインキュベーター内に保管し 15℃で管理した。同様の染色を酸素は添加せず空気をばっ気した試験区を対照区とした。ふ化したワカサギをサンプリングして発光強度を確認した。染色には 1.5L ペットボトルを切って作成した容器に卵を 2,000 粒入れ、コチニール溶液を 1 L 入れて 24 時間浸漬した。24 時間後に井水に置換し空気でばっ気しながら 15℃で管理した。

耳石標識したワカサギの放流試験

屋外池への放流試験 耳石標識したワカサギが耳石標識をしていないワカサギと同等の生残を示すか確認するために、176.3m²の屋外池に、標識卵 5 万粒・非標識卵 5 万粒を放流して飼育し、成長後にサンプリングして耳石標識を確認した。

低温低塩分培養可能なシオミズツボワムシ培養実証試験

北海道立総合研究機構の開発した低温低塩分培養可能なシオミズツボワムシ（以下道総研ワムシ）が民間の事業者でも培養可能か実証試験を実施した。ワムシの培養は河口湖漁業協同組合のワカサギ飼育施設内にあるシオミズツボワムシ培養水槽 2 槽で実施した。培養水槽は 2 トン FRP 水槽で、培養水は 1%塩水である。当初、通常のシオミズツボワムシ（太平洋貿易より購入、以下通常ワムシ）1 槽と道総研ワムシ 1 槽で培養を開始した。培養温度は通常ワムシは 26℃、道総研ワムシは 20℃にサーモスタットを設定した。ワムシの収穫時に個体数、抱卵率を測定し記録した。

結果

耳石標識発色強度の向上

(1) 染色用水の検討 蒸留水を染色液作成用水およびふ化するまでの管理用水として使用すると、卵の生存率が著しく低下した（表1）。温度による影響はなかったが、滅菌蒸留水を使用した場合、25℃で管理するとより生存率が低下した。

表1. 異なる管理水源を用いた際の標識ワカサギ卵のふ化率

使用水	管理温度	ふ化率 (%)
滅菌井水	12	95.7
	25	95.5
滅菌蒸留水	12	31.7
	25	2

(2) 発光強度の向上を図るための前処理方法の検討 ワカサギ発眼卵をコチニール溶液に浸漬する直前に、ショ糖やNaClで前処理を行った。発眼卵の前処理により、ショ糖区①、塩水区①は有意に通常染色区よりふ化率が低下した（表2）。

標識したワカサギのふ化仔魚を蛍光顕微鏡で観察した。その結果、通常染色区の発色ランクが3以上の個体が10%だったのに対し、前処理を実施した試験区は3以上の発色率が100%となり、前処理によって標識率が向上した（表2、図3）。

表2. 前処理方法による生存率および発色強度への影響

試験区	前処理方法				ふ化率	発色強度				発色3以上 割合	発色4 割合
	成分	濃度	分	洗浄		1	2	3	4		
ショ糖区①	ショ糖	21%	7	○	74.7	0	0	9	1	100.0	10.0
ショ糖区②	ショ糖	21%	7	×	80.2	0	0	7	3	100.0	30.0
ショ糖区③	ショ糖	21%	5	×	76.9	0	0	10	2	100.0	16.7
塩水区①	NaCl	2%	30	×	72.9	0	0	8	3	100.0	27.3
塩水区②	NaCl	2%	60	×	85.2	0	0	9	1	100.0	10.0
通常染色区				×	82.7	4	5	1	0	10.0	0.0
無処理区				×	89.4	10	0	0	0	0.0	0.0

染色はコチニール60g/L溶液に24時間浸漬。15℃で管理

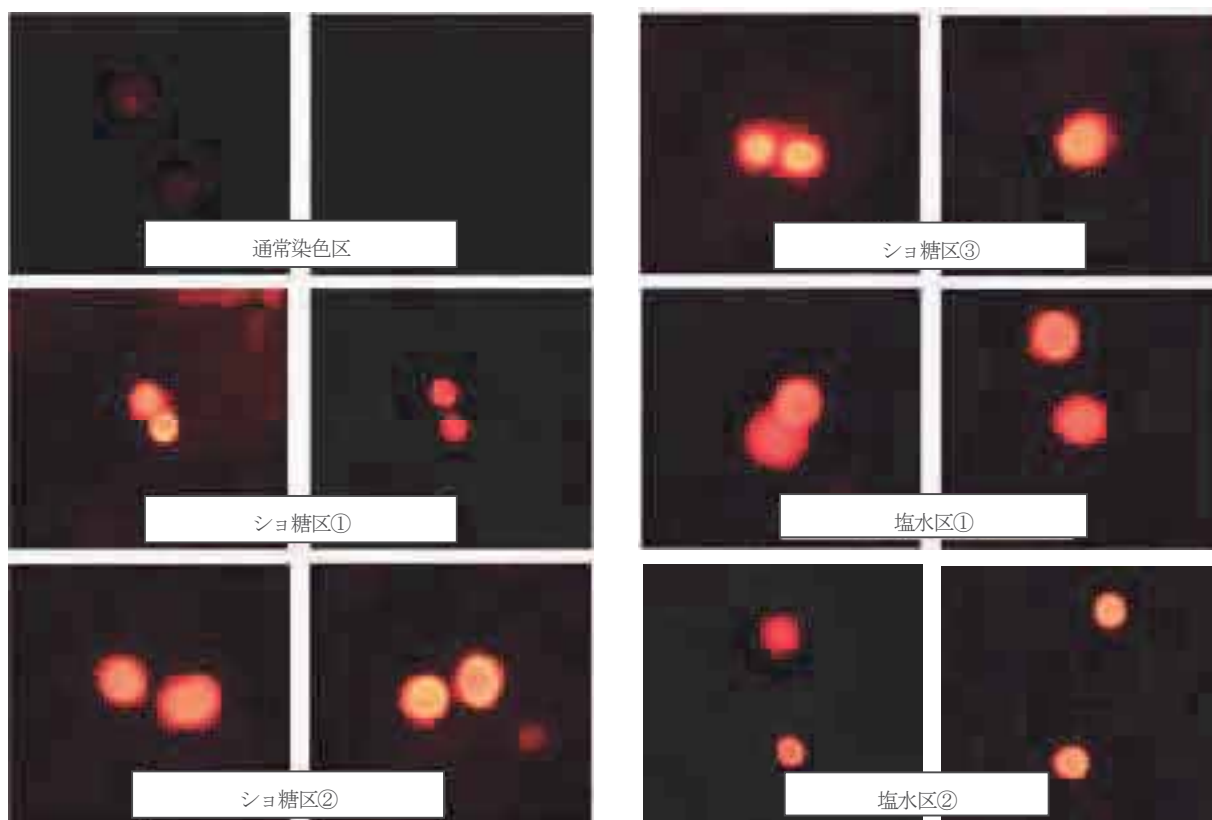


図3. 前処理方法による発色の違い

(3) 粘着除去方法の検討 コチニール標識をするワカサギ卵の粘着性除去方法を検討したところ、カオリンによる粘着除去法の生存率が高かった(図4)。

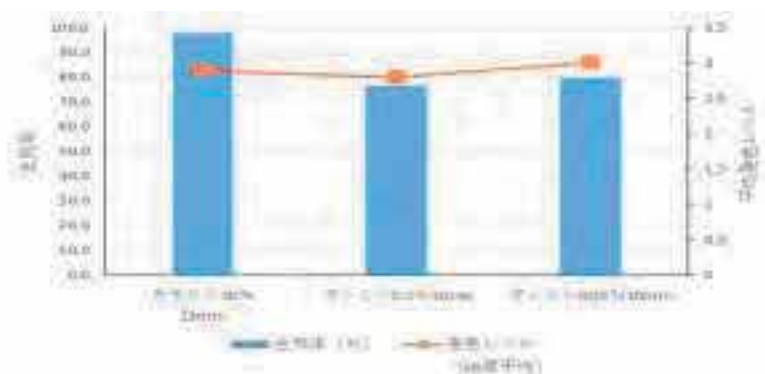


図4. 粘着性除去方法による標識後のふ化率と耳石標識発色強度

標識持続期間の確認

(1) 持続期間確認のための飼育 室内飼育では77日間の飼育後に全数をサンプリングした。ふ化2週間後に飼育水温が23℃を超えたことがあったが、目視で飼育数が半減したため、水温が23℃を超えないように冷凍したペットボトルを随時投入し、水温が23℃以下になるように調整し

た。なお、ワカサギ仔魚を水温23℃で管理してみたところふ化後数日で仔魚が見えなくなった。また、栄養を強化しないワムシを与えた試験区では約2週間後に仔魚が見えなくなった。水槽の底に死亡魚が見えたため、いずれも全数が死亡したと考えられた。

屋外試験では、孵化した年の12月までに2,000尾～3,000尾のワカサギを得ることができた。飼育中にふ化後76日～584日のワカサギをサンプリングし、検鏡した。

(2) 飼育ワカサギからの標識確認 サンプリングしたワカサギ耳石の標識発光強度を測定した。屋外飼育ワカサギは、ショ糖による前処理を行った後は、令和2年の飼育89日群以外はほぼ標識を確認することができた(表3)。標識の持続性について60g/Lコチニール溶液24時間浸漬、ショ糖21%7分間の前処理あり条件で染色した584日齢のワカサギ耳石を検鏡したところ、耳石研磨なしでも12個体中10個体で標識を確認できた(図5、表3)。発色強度3以上の耳石は58.3%で、耳石の厚みが増すことにより標識が観察しにくくなっていたが、研磨なしでも標識を確認することができた。室内飼育個体について令和2年度に91日間飼育した試験区の試験方法及び耳石標識発光強度を表4に示した。ショ糖による前処理ありの試験区が発光強度3以上率40.0%、RGB平均51.97と通常染色区を上回っていた。通常染色した試験区とショ糖による前処理を行った試験区いずれも標識が判別できない個体は見られなかった。



図5. 飼育584日のワカサギ耳石標識の発色と屋外飼育池

表3. 屋外飼育日数と標識発光強度

染色 年度	飼育 日数	処理方法				検鏡尾数	発色強度					3以上率	RGB平均
		コチニール濃度	ショ糖前処理	酸素ばっ気	ふ化率 (%)		1	2	3	4			
H31	76	60 g/L	×	×	85.5	11	9	1	1	0	10	—	
H31	103	60 g/L	×	×	85.5	9	7	2	0	0	0	—	
H31	132	60 g/L	×	×	85.5	10	8	1	1	0	10	—	
H31	160	60 g/L	×	×	85.5	11	9	2	0	0	0	—	
H31	380	60 g/L	×	×	85.5	6	5	1	0	0	0	—	
R2	0	60 g/L	○	×	95.8	10	0	0	8	2	100.0	50.523	
R2	89	60 g/L	○	×	95.8	10	4	4	2	0	20.0	27.166	
R2	146	60 g/L	○	×	95.8	9	0	4	5	0	55.6	—	
R2	188	60 g/L	○	×	95.8	11	0	6	5	0	45.5	—	
R2	216	60 g/L	○	×	95.8	10	0	2	8	0	80.0	—	
R2	244	60 g/L	○	×	96.8	10	0	4	6	0	60.0	—	
R2	584	60 g/L	○	×	97.1	12	2	3	7	0	58.3	29.42	
R3	232	60 g/L	○	×	98.1	13	0	0	13	0	100.0	51.77	
R3	232	60 g/L	○	○	100.0	11	0	1	10	0	90.9	61.61	

表4. 令和2年度室内飼育試験飼育区分と発光強度

	染色剤	飼育 日数	処理方法		検鏡 尾数	発光強度					RGB平均
			染色濃度	ショ糖前処理		1	2	3	4	3以上率	
通常染色区	コチニール	91	60 g/L	×	8	0	5	2	1	37.5	37.42
前処理区	コチニール	91	60 g/L	○	10	0	6	2	2	40.0	51.97
陽性対照区	アリザリン コンプレクソン	91	0.1 g/L	×	12	0	0	11	1	100.0	90.16
陰性対照区	—	76	0	×	10	10	0	0	0	0.0	1.15

* 陰性対照区は76日目で全数サンプリングした

大量標識技術の開発

(1) 染色容器の作成 作成した染色容器を用いて実施した令和3年～4年に10万粒以上の染色による発光強度を表5にまとめた。標識強度の3以上率は20.0%～100.0%まで幅があった。また試験区⑥⑦は発光強度3以上率が高かったがふ化率が低くなった。

気泡緩衝材及び凍結したペットボトルを染色液中に投入することで、水温の上昇は抑えられ、ふ化率も改善した (表6)

表5. 令和3年及び令和4年に実施した大量標識処理結果

染色年	染色日	試験区	処理方法				検鏡尾数	発光強度					
			コチニール	染色粒数	ショ糖前処理	ばっ気		ふ化率	1	2	3	4	3以上率
R3	3月5日	①	60 g /L	356万	○	酸素	98.1	16	0	5	11	0	68.8
	3月15日	②	60 g /L	10万	○	空気	—	13	0	0	13	0	100.0
	3月15日	③	60 g /L	10万	○	酸素	—	11	0	1	10	0	90.9
	3月17日	④	60 g /L	356万	○	空気	100.0	16	7	3	6	0	37.5
	4月5日	⑤	60 g /L	320万	○	酸素	95.8	10	0	2	8	0	80.0
R4	4月11日	⑥	60 g /L	150万	○	酸素	52.6	38	0	0	38	0	100.0
	4月13日	⑦	60 g /L	150万	○	酸素	59.6	30	0	0	30	0	100.0
	4月15日	⑧	60 g /L	150万	○	酸素	94.4	27	0	0	27	0	100.0
	4月18日	⑨	60 g /L	150万	○	酸素	97.0	46	0	25	21	0	45.7
	4月23日	⑩	60 g /L	150万	○	酸素	84.3	10	1	7	2	0	20.0
	4月25日	⑪	60 g /L	150万	○	酸素	72.1	17	6	3	7	1	47.1
	5月2日	⑫	60 g /L	150万	○	酸素	77.5	10	2	3	5	0	50.0

表6. 保温対策の有無とふ化率

染色日	保温対策 の有無	水温 (°C)		ふ化率 (%)
		染色開始	染色終了	
4月11日	×	*未測定	未測定	52.6
4月13日	×	*未測定	未測定	59.7
4月15日	○	13.0	13.1	94.4
4月22日	○	11.8	14.1	84.3
4月25日	○	12.6	13.5	72.1

* 未測定であるが管理用井水はおおよそ13°C

(2) 酸素ばっ気効果の確認 試験の結果を表7に示す。コチニール30 g/L溶液を用いた試験区はいずれも発光強度1で標識はつかなかった。コチニール60 g/L溶液を用いた試験区では酸素で1時間ばっ気を行った場合、発光強度3以上率が90%と最も高く、RGB平均も34.9と高い値を示した。ふ化率は全試験区を通して高く、ばっ気の種類によるふ化率への影響はなかった。

表7. ばっ気によるふ化率と発色強度

処理方法				検鏡尾数	発光LV					RGB平均
コチニール	ショ糖処理	ばっ気	ふ化率		1	2	3	4	3以上率	
60 g/L	○	酸素	99.3	10	0	1	9	0	90	34.9
30 g/L	○	酸素	99.5	10	10	0	0	0	0	3.5
60 g/L	○	空気	98.8	10	1	2	7	0	70	24.0
30 g/L	○	空気	99.5	10	10	0	0	0	0	2.7
60 g/L	—	酸素	99.2	10	2	3	5	0	50	36.1
30 g/L	—	酸素	99.0	10	10	0	0	0	0	2.6
0g/L	○	酸素	98.5	10	10	0	0	0	0	2.8
0g/L	○	空気	99.1	10	10	0	0	0	0	3.2

耳石標識したワカサギの放流試験

(1) 屋外池への放流試験 ふ化後、標識持続確認試験と同様の飼育方法で飼育し、令和4年5月11日（9日齢）と9月30日（151日齢）にサンプリングを実施し、発色強度を確認した（表7）。その結果標識率は43.3%と50.0%であり、おおよそ放流割合と一致した。

表8. 標識ワカサギの生存確認試験

サンプリング日	検鏡尾数	発色強度					3以上率	標識率
		1	2	3	4			
5月11日	30	17	5	8	0	26.7	43.3	
9月30日	30	15	7	8	0	26.7	50.0	

道総研ワムシ実証試験

通常ワムシを令和4年4月26日から、道総研ワムシは5月11日から培養開始した（道総研ワムシ①）。通常ワムシは44日間培養した後廃棄し、同じ水槽で道総研ワムシを種付けした（道総研ワムシ②）。ワムシの密度は通常ワムシが培養開始19日目の404個体/mLから培養を終了する42日目の174個体/mLであったのに対し、道総研ワムシ①が培養開始44日目の186個体/mLから培養を終了する56日目の62個体/mL、道総研ワムシ②が培養開始13日目の166個体/mLから培養19日目の72個体/mLであった。抱卵率は通常ワムシが8.4～18.9%、道総研ワムシ①が8.8～30.8%、道総研ワムシ②が6.8～24.5%であった。培養期間は通常ワムシが44日間、道総研ワムシ①が56日間、道総研ワムシ②が29日間だった（図7）。総収穫量（億個体）、収穫回数、培養日数を表9に示した。

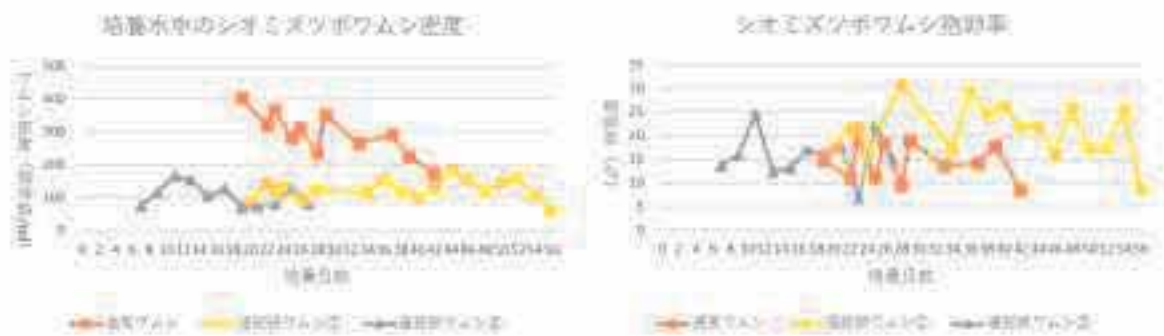


図7. 民間事業場で培養した道総研ワムシの密度と抱卵率

表9. ワムシ培養の概要

	収穫量 (億個体)	収穫回数	培養日数
通常ワムシ	18.57	11	44
道総研ワムシ①	4.22	16	58
道総研ワムシ②	7.37	10	29

考察

オニオコゼなどの海産魚に対するコチニール標識は4 g/Lで行われている⁵⁾。これに対してワカサギの耳石標識には60 g/Lと12倍もの高濃度が必要だということが判ってきた。標識の発光強度もやや不安定なため、改善を図るために様々な試験を実施した。最初に実施したのはコチニールを溶解するための用水の検討だった。当初蒸留水を使用してコチニール溶液を作成し、管理用水も滅菌蒸留水を使用していたが、ふ化率が低下することが判明し、井水へと変更した。管理用水については、実用化の際に卵管理に蒸留水を使用することは考えにくいので、実際には問題ないと思われる。

次にコチニール標識をする直前の前処理について検討した。ショ糖及びNaCl溶液による脱水処理後標識を行うと大幅に発光強度が向上することが判明した。現在も山梨県の河口湖漁業協同組合のワカサギ卵生産現場ではワカサギ発眼卵出荷前にショ糖による死卵除去作業を実施している。このため、標識効果の向上が判明して以降はショ糖による前処理を実施した。ショ糖溶液への卵の浸漬（死卵除去）と併用して染色作業を行うことで、最小限の作業で効果的に染色することが可能になると考えられる。しかし、染色作業を実施する場所で標識効果が異なることが確認されたため、事前に少数の卵でショ糖処理の効果を検証することが好ましいと考えられた。

粘着性の除去方法の確認についてはカオリンにふ化率の点で優位性が見られた。タンニン酸溶液は卵殻を固くすることが知られており、そのためにふ化率が低下したと考えられた⁶⁾。

残念ながら染色液中への塩分添加にはふ化率が低下してしまい標識発光強度向上効果が見られなかった。染色液から取り出したワカサギ卵を観察すると真っ赤に染まっており、過剰に染色液を取り込んでいた可能性が考えられた。予備的にコチニール濃度を半分の30 g/Lで染色したところ耳石は全く発光せず、効果がないことが判明した。

ワカサギの飼育試験において、室内飼育は標識が比較的短期間で消えてしまうことを考慮して実施した。飼育は可能になったが、耳石標識持続期間が長かったことと飼育の労力がかかることから令和2年までで実施を終了した。耳石標識の持続期間としては屋外池で584日飼育した個体からも耳石標識は観察された。ワカサギは3年程度生きる個体がいるとされているが、耳石にしっかりと標識されていれば2シーズンは耳石が観察されることが判った。年級の違いは耳石標識を確認するときに不透明帯を観察することで判るので、越年したとしても標識率の算出は可能と思われる。このことから、持続期間に関してはワカサギ用標識剤としてのコチニールの有用性が確認された。

大量標識については、ふ化率で72.1～100%（染色中に温度上昇のあった試験区⑧⑨を除く）、発光強度3以上率20.0～100%と大きくバラつきが見られた。染色中の水温上昇問題や酸素ばっ気などにより改善されているものの、まだ不十分であると感じられる。今後は大量かつ確実に標識することを目標に改良が必要と考える。

耳石標識を施したワカサギが、通常ワカサギと比較して生残に影響がないかを確認するために、令和4年度は同じ屋外飼育池内に標識卵5万粒と非標識卵5万粒を放流した。5月11日及び9月30日に採捕し、30尾ずつ標識を確認したところ標識率がそれぞれ43.3%、50.0%とおおよそ想定された値になった。このことから、標識ワカサギと非標識ワカサギの生存に差がないと推測された。なお、5月11日にワカサギを採捕するときには日没後に暗くなってからLEDライトを池に照射し、集まってきたワカサギ仔魚を金魚ネットですくって採集した。今まで遊泳力が出てきたワカサギ稚魚を採捕することが困難であったが、今後は光を利用した採集する方法が期待できる。

道総研ワムシについて、民間の事業者でも培養できるかについて検討を行った。その結果、問題なく培養は可能であった。その培養については飼育担当者から、「抱卵数が安定しており扱いやすい、水質が悪化しにくく給餌に気を使わない」という好意的な言葉が聞かれた。その一方で、最高密度は通常ワムシの404個体/mlに対して道総研ワムシ①が186個体/ml、道総研ワムシ②が166個体/mlであったように、収穫量そのものは通常ワムシが上回った。28℃で培養したシオミズツボワムシを15℃のワカサギ飼育水中に放したところ、抱卵個体は8分程度、未抱卵で小型の若い個体でも20分程度で運動を止めてしまった（名倉未発表データ）。その一方同条件で道総研ワムシは48時間後にも運動を続けていた。このことから、ワカサギ飼育開始初期のワムシ要求量が少ない時に通常ワムシを給餌し、ワカサギ仔魚が食べきれなかった通常ワムシは死亡するだけであるのに対し、道総研ワムシは長い間遊泳しているのでワカサギが空腹になったタイミングで摂餌が可能であり、ワカサギ仔魚の餌として有効であると考えられる。以上により、ワカサギ飼育初期には道総研ワムシがかなり有効であるが、ワカサギの成長に伴いワムシの量を多く収穫したい場合には通常ワムシのほうが有利と考えられる。そのためワムシの量が必要になってくるワカサギ飼育中期以降に通常ワムシ切り替える、もしくは水温を上げて生産性を高めるなどすると、より効果的なワムシ給餌が可能になると考えられた。

試験開始初年度は、耳石標識がほとんど発光せず、耳石標識そのものが不可能かと思われた時期もあったが、コチニール濃度、浸漬時間、管理温度や標識を施すタイミング、発光強度を上げる試みなどにより標識自体は可能となった。今後は実用化を目指して、大量染色と発光強度の安定の両立が課題である。

参考文献

- 1) 桐生透・内田和男（1992）「アリザリンコンプレクソンによるワカサギの耳石標識」平成4年度山梨県魚苗センター事業報告書 53-57
- 2) Kouta m,Hiroki H,Jun N,Yoshihiro S,Milos D,Kengo O(2021)「Cochineal Dye Concentration and Treatment Time for Otolith Marking of Japanese Smelt *Hypomesus nipponensis* Embryos」 Transactions of the American Fisheries Society
- 3) 佐々木義隆（2004）「ワカサギ孵化場に瓶式ふ化器を導入したら？」北海道立総合研究機構試験研究は今No.520
- 4) 石崎博美（1990）「ワカサギ受精卵の粘着性除去試験-2」神奈川県淡水魚増殖試験場報告,24,74-78
- 5) 独立行政法人水産総合研究センター（2012）「魚類の標識剤と標識方法」特許公報，特許題024985号
- 6) 水野伸也（2011）「サケ科及びキュウリウオ科魚類の種苗生産技術向上に関する研究」日本農学進歩賞受賞要旨
- 7) 松原喜代松・落合明（1965）「魚類学（下）」恒星社厚生閣,19頁
- 8) 川本信之編（1967）「養魚学各論」恒星社厚生閣，163-179

担当者

平成30年度～令和4年度 山梨県水産技術センター 名倉 盾
青柳 敏裕
加地 弘一
谷沢 弘将
藤原 亮

1. ワカサギの放流種苗用餌料と資源推定手法の開発

地方独立行政法人北海道立総合研究機構

さけます・内水面水産試験場 栽培水産試験場 稚内水産試験場 釧路水産試験場

要旨

<放流種苗用餌料の開発>

網走湖で採集したワムシ類から、ツボワムシ属とヒルガタワムシを単離培養した。これらワムシに加え、道総研が継代培養を行っているシオミズツボワムシ（以下、道総研ワムシ）を用いて飼育実験を行った。その結果、低温・低塩分で培養したシオミズツボワムシを給餌した試験区のワカサギ仔魚の生残率が高く、翌年以降は同ワムシを使用して実験を行うこととした。ワカサギ仔魚の飼育には餌料として低温・低塩分環境下におけるシオミズツボワムシを使用し、止水飼育により生残率の向上およびシオミズツボワムシの使用量が削減され、省力生産が可能となった。

<資源推定手法の開発>

阿寒湖において簡易普及型魚群探知機（以下、魚探という）を用いたデータ収集を行ったところ、特定区域における魚探データとワカサギ漁獲尾数との間に負の相関がみられ、資源量推定に利用できることが明らかになった。これを利用して、阿寒湖全域で3ヵ年の魚探データを収集したところ、令和2～4年におけるワカサギ初期資源量はそれぞれ49.8 t、51.9 t、43.6 tと推定された。近年、漁獲過多にならないよう留意して行われた阿寒湖でのワカサギ漁獲量は安定しており、推定値の妥当性を担保する。よって本課題で実施された、湖沼における簡易普及型魚群探知機を用いた資源量推定手法は有効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

<放流種苗用餌料の開発>

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低温・低塩分環境下で培養可能なワムシを北海道内の湖沼から探索、作出し、低水温時の給餌放流等に利用することを検討する。

<資源推定手法の開発>

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。

方法

＜放流種苗用餌料の開発＞

淡水ワムシの単離および培養

網走湖でワムシを探索し、単離したのち水槽での培養を試みて、適正な培養条件に関する基礎資料を得た。

異なる種類あるいは培養条件が異なるワムシを用いたワカサギ仔魚の飼育

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。さらに道総研ワムシを低温に馴致させた。その後、さけます・内水面水産試験場に移送し、低塩分で培養した。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。実験には洞爺湖あるいは網走湖で採集したワカサギ親魚から得た卵を使用した。

飼育管理手法の比較

30L の円形水槽（実水量 20L）2 基にワカサギの孵化仔魚をそれぞれ 1,000 尾収容し、21 日間飼育した。注水量を 20 L / 日の掛け流しとした試験区（掛け流し区）と、注水しない試験区（止水区）を設定した。14℃、14.4psu（11.6～17.2psu）で培養したシオミズツボワムシ（以下、ワムシ）を給餌し、仔魚の成長と生残率を比較した。両試験水槽は水温を 10.0℃（8.8～12.2℃）に管理した。

摂餌選択性

8L の角型水槽（実水量 5L）にワカサギの孵化仔魚を 300 尾収容し、21 日間飼育した。餌料は掛け流し区および止水区で使用したワムシを用いて、5～30 個体/mL になるよう日に 1 回、計 10 回給餌した。飼育期間中に 4 回サンプリングし、孵化仔魚の脊索長およびワムシの背甲長を測定した。試験水槽は水温を 14.0℃（13.5～15.0℃）に管理した。

ワムシの低水温、低塩分投入試験

飼育試験で使用したワムシを実験終了後も同一条件で培養を続け、50 mL の細胞培養フラスコに表 1 で示した溶液とワムシを含む培養水（以下、培養水）を計 50 mL になるよう加えた。希釈前における培養水の塩分は 12.4～15.3psu の範囲であり、希釈後の塩分はそれぞれ 1psu、0.1psu、1psu に調整した。細胞培養フラスコに培養水を投入後、9℃で最大 30 日間培養し、ワムシの生存個体数、抱卵個体数、遊泳個体数を計数した。

表 1 試験区および培養液内訳

試験区	溶液 (mL)	クロレラ (mL)	培養水 (mL)	塩分 (PSU)	
10 倍+1PSU	蒸留水	44.8	0.2	5	1
100 倍+0.1PSU	蒸留水	49.3	0.2	0.5	0.1
100 倍+1PSU	濾過海水+蒸留水	49.3	0.2	0.5	1

低塩分、低水温で培養できるシオミズツボワムシの作出

25psu、20℃で培養している道総研ワムシを、7psu・11℃と 7psu・13℃の条件下で 10 日間培養し、日間増殖率を比較した。

異なる注水量で飼育したワカサギ仔魚の飼育

500L の円形水槽に塩分 1psu を入れ、孵化仔魚 2,500 尾を投入した。試験区は止水区、1/4 回転区（注水量 125L/日）および 1/2 回転区（注水量 250L/日）の 3 区を設定し、各試験区 2 試行行った。止水区①および 1/2 回転区①は 5 月 12 日孵化群を、止水区②、1/4 回転区①・②および 1/2 回転区②は 5 月 13 日孵化群を使用した。実験水槽はウォータバスで管理し、水温は 8.7～14.0℃であった。1/4 回転区①・②および 1/2 回転区①・②は塩分が 0.0psu に 2～4 日に 1 回自然海水を注水し、1psu に調整した。給餌前に水槽内におけるワムシの個体数を計数し、給餌後水槽内の個体数密度が 5 個体/ml になるように給餌した。ワムシは約 12℃、約 10psu で培養した。各試験区とも 22 日間飼育し、実験終了時に仔魚の生残数を計数し、脊索長を測定した。実験期間中、週に 2 回程度、飼育水をサンプリングし、pH およびアンモニアを測定した。

<資源推定手法の開発>

調査手法の検討

北海道釧路市の阿寒湖に設定した計 7 つの調査ライン（図 1）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-628,50kHz/200kHz）を用いてデータ収集（200kHz）を行った。Echoview（Ver.8,Echoview Software 社製）を用いて収集したデータを解析し、複数のワカサギ単魚体反応からワカサギ 1 尾あたりの魚探反応平均値である平均 TS を算出した。そして、平均 TS と単位面積当たりのワカサギ魚探量を示す sa （面積後方錯乱係数）から、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。また魚探調査の翌日（9 月 25、26 日）に同地点で曳き網漁（網幅 300m、網丈 7.5m、魚捕部の目合 3.5mm）を実施し、漁獲物から調査ラインにおけるワカサギ尾数を算出した。

また適切な航行速度を検討するため、令和 3 年 5 月 18 日の日中に阿寒湖で調査を行った。排水量 3.3 t の漁船に魚探の送受波器を取り付けて航行速度 4 kt、6 kt、8 kt で航行し（図 2）、収集した魚探データを解析した。

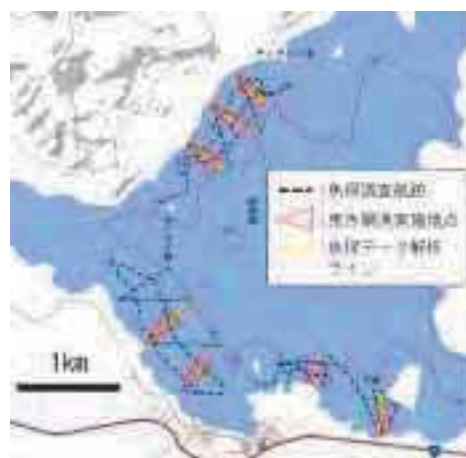


図 1 魚探調査航跡と曳き網漁実施地点（令和元年）。

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網を曳いた。



図2 航行速度検討にかかる調査ライン

阿寒湖におけるワカサギ初期資源量の推定

阿寒湖全体をカバーした調査ラインを設定し（図3）、漁獲前、漁期中（累積漁獲量10t程度時点）、漁獲後（累積漁獲量20t程度時点）と3度の調査を3年（令和2～4年）にかけて調査した。調査はワカサギが表層～中層に分散する日没後に行い、巡航速度4ktで魚探データを収集した。またワカサギ初期資源量の推定のため、NASCと累積漁獲量の関係を示した回帰式を得た。



図3 資源量推定にかかる調査ライン

資源量推定に必要な調査ラインの検討

初期資源量の推定に用いた令和2～4年のデータから、資源量推定に必要な調査距離を検討した。調査ラインを7つに区分して単独もしくは隣接区間を組み合わせ（図4）、各組合せのNASCと累積漁獲量間の R^2 値を算出した。この R^2 値を用いて適切な調査ラインを検証した。



図4 調査ラインの区画化

結果

<放流種苗用餌料の開発>

淡水ワムシの単離および培養

網走湖でワムシを採集し、ツボワムシ属とヒルガタワムシ属のワムシを単離した。ヒルガタワム

シ（図5）は7.3～22.5℃で、ツボワムシ（図6）は11.7～17.9℃で培養できた。10℃で60日間培養したヒルガタワムシの密度は2.6～20.8 個体/ml の範囲で変化し、15℃で60日間培養したツボワムシの密度は0.0～1.3 個体/ml であった。ツボワムシは、水質の変化（水換え）や12℃以下の水温では耐久卵をつくり、増殖が停止する現象が観察された。



図5 単離されたヒルガタワムシ



図6 単離されたツボワムシ

異なる種類あるいは培養条件でワムシを用いたワカサギ仔魚の飼育

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7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%）と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ツボワムシ区の全滅を確認した（図7右図）。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7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±標準偏差）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8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8右図）。

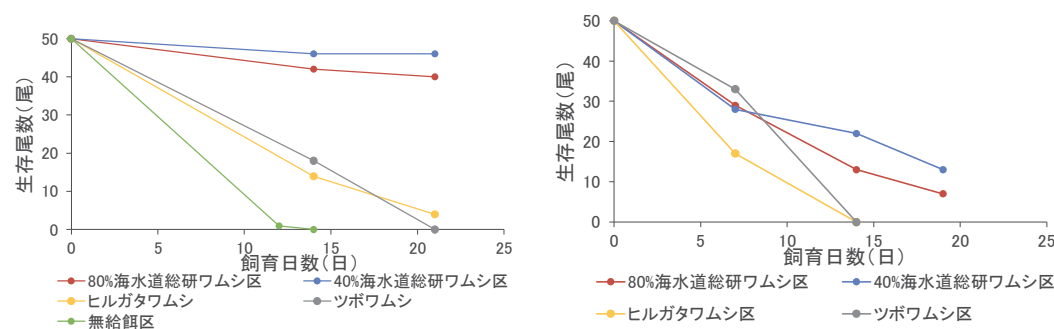


図7 複数の条件で培養したワムシを給餌したワカサギ仔魚の生残率

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

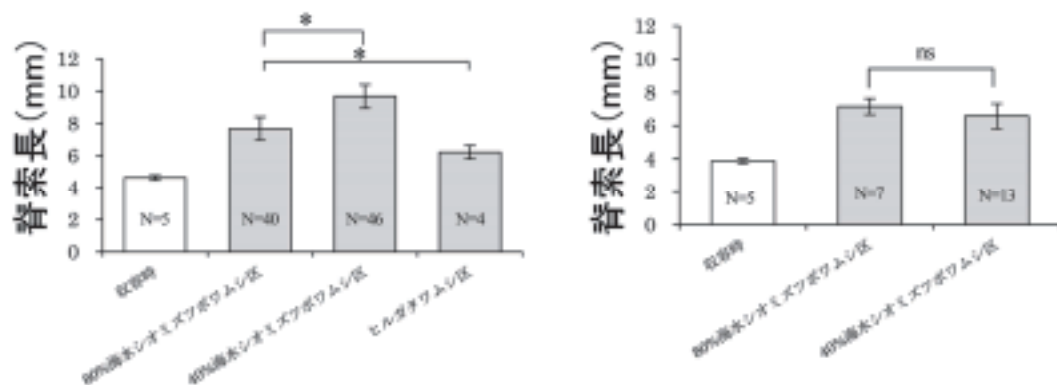


図8 複数の条件で培養したワムシを給餌したワカサギ仔魚の収容時および実験終了時の脊索長

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

飼育管理手法の検討

掛け流し区は試験期間を通し0psuであったが、止水区では給餌した培養水に含まれる塩分の蓄積により、12日後から塩分が上がり始め実験終了時には3.1psuに上昇した（図9）。ワムシの給餌量および飼育水中のワムシ密度を図10に示した。掛け流し区では、飼育水中にワムシが確認された日は少なく、個体数も2.7個体/mL以下と少なかった。一方、止水区では3日後からほとんどの日でワムシが確認され、塩分の増加と同時期に増加傾向を示し、実験終了時は70.7個体/mLになった。11日後のワカサギ仔魚の生残率は止水区（59.0 %）が掛け流し区（38.0 %）より高かった（図 11）。実験終了時も同様の傾向を示し、それぞれ46.0 %、20.6 %であった。実験終了時における仔魚の脊索長は、掛け流し区（平均±標準偏差、7.4±0.7 mm）と止水区（7.5±0.8 mm）で差はなかった。

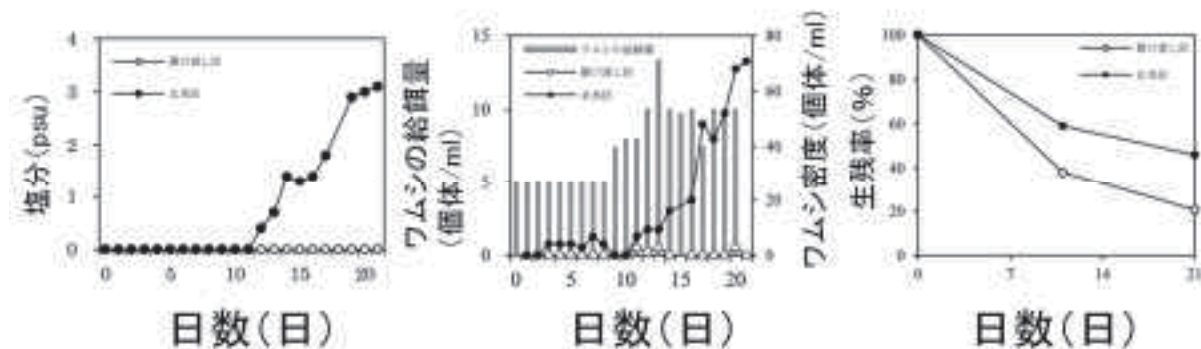


図9 飼育期間中の塩分

図10 飼育期間中におけるワムシの給餌量と飼育水中のワ

図11 飼育期間中におけるワカサギ仔魚の生残率

摂餌選択性

試験開始時の孵化仔魚の脊索長（平均±標準偏差）は5.4±0.6 mmで、21日後に9.0±0.9 mmへ成長した（図12）。飼育水中および摂餌ワムシの背甲長を図13に示した。収容から1日後、4日後、10

日後における飼育水中のワムシサイズに対し胃内容中のワムシサイズは有意に小さく（t検定, $P < 0.01$ ）、小型のワムシを選択的に摂餌していた。脊索長により仔魚を5グループに分けたところ、飼育期間中、仔魚が摂餌したワムシの背甲長は107~313 μm で、摂餌したワムシのサイズが最も大きかったのは脊索長10-11 mmのグループであり（ $231.8 \pm 21.6 \mu\text{m}$ ）、成長に伴い大型のワムシを摂餌する傾向が見られた（図14）。

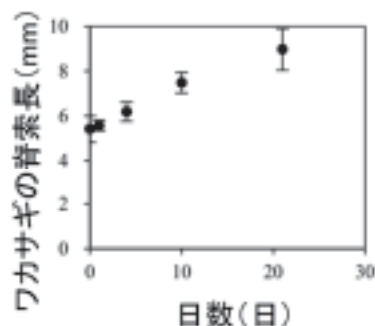


図12 摂餌選択性試験で使
用したワカサギ仔魚の脊索長

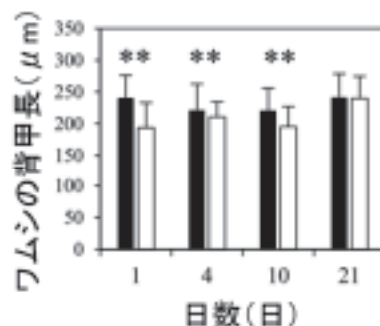


図13 飼育水中（■）およ
びワカサギ仔魚が摂餌したワ
ムシ（□）の背甲長 **t 検
定 $p < 0.01$

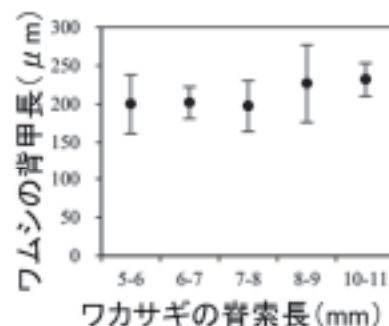


図14 ワカサギの脊索長別
の摂餌ワムシの背甲長

ワムシの低水温、低塩分投入試験

投入直後におけるワムシの個体数密度（平均±標準偏差）が 34.0 ± 9.1 個体/mLであった10倍+1psu区は、2日後まで増加し（ 43.0 ± 4.5 個体/mL）、その後、減少傾向を示した（図15A）。3試行それぞれ22日後、27日後、28日後に全滅を確認した。100倍+0.1psu区は、投入直後は 7.0 ± 2.2 個体/mLだったが、1日後に3試行すべて全滅した。100倍+1psu区は 14.0 ± 4.2 個体/mLから1日後には 8.3 ± 2.5

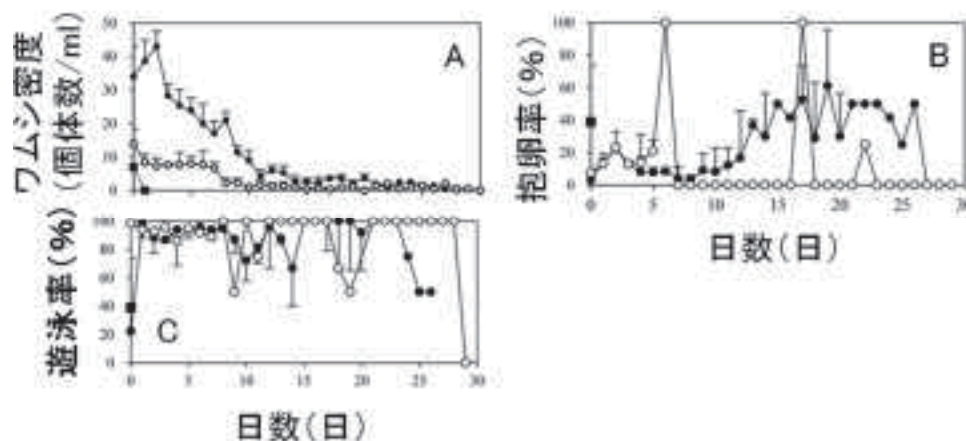


図15 9℃の細胞培養フラスコ投入時におけるワムシの個体数密度（A）、抱卵率（B）、遊泳率（C）の推移

● : 10 倍+1psu 区 ■ : 100 倍+0.1psu 区 ○ : 100 倍+1psu 区

個体/mLに減少し、7日後まで横ばいだった（8.3～6.7個体/mL）。8日後に 2.3 ± 1.2 個体に減少し、3試行それぞれ19日後、26日後、30日後に全滅を確認した。10倍+1psu区の抱卵率（平均±標準偏差）は投入直後（ $3.2 \pm 1.2\%$ ）から2日後（ $22.4 \pm 10.6\%$ ）にかけて増加し、12日後までは3.2～16.7%で推移した（図15B）。13日後以降は25.0～61.1%であった。投入直後の10倍+1psu区の遊泳率（平均±標準偏差）は $22.7 \pm 22.7\%$ で低かったが、翌日以降、50.0～100.0%と高かった（図15C）。100倍+1psu区は投入直後から全滅する前日まで高い遊泳率を示した（50.0～100.0%）。塩分が1psuあることで水温9℃でも高い活力を維持した。

低塩分、低水温で培養できるシオミズツボワムシの作出

7psu・13℃で培養したワムシは、道総研ワムシ（25psu・20℃）とほぼ同じ日間増殖率を示した（図16）。7psu・11℃で培養したワムシは、道総研ワムシよりやや低かったが、日間増殖率は115%以上を示し、餌培養としては十分な値であった。

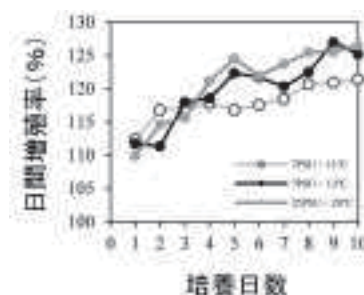


図 16 ワムシの日間増殖率

最終年度の結果

異なる注水量で飼育したワカサギ仔魚の飼育

実験終了時における各実験区における生残率は0.2～98.8%であった（表2）。止水区および1/2回転区は2試行ともに高い生残率を示したが、1/4回転区の2試行目において、低かった。実験開始時における仔魚の脊索長は4.4～4.6mm、終了時における各試験区では8.3～8.9mmであった。飼育水中におけるワムシの個体数は0.0～10.8個体/mLで推移した。実験終了時におけるワムシの積算給餌量は止水区で少なく、他の試験区の半分程度であった。1/4回転区および1/2回転区の2試行の平均値は同程度であった。

表 2 異なる注水量で飼育したワカサギ仔魚の飼育成績

	止水区①	止水区②	1/4回転区①	1/4回転区②	1/2回転区①	1/2回転区②
生残率 (%)	87.2	97	72.6	0.2	81.8	98.8
実験開始時の脊索長* (mm)	4.4±0.3	4.6±0.3	4.4±0.3	4.6±0.3	4.6±0.3	4.6±0.3
実験終了時の脊索長* (mm)	8.9±0.5	8.8±0.7	8.8±0.6	ND	8.7±0.8	8.3±0.7
積算給餌量 (万個体)	1891.8	1697	3445.3	3647.4	3099.4	4150.5

*平均値±標準偏差

ND : No data

<資源推定手法の開発>

調査手法の検討

7つの調査地点において得られた NASC とワカサギ漁獲尾数において、NASC が高い地点では漁獲尾数が多い傾向を示し、NASC とワカサギ資源量には正の相関 ($R^2=0.42$, $p=0.12$) があることが示された (図 19)。また航行速度 4kt で湖底を感知することができるが、6 kt で部分的に湖底を感知できなくなり、8 kt で完全に感知できなくなった。

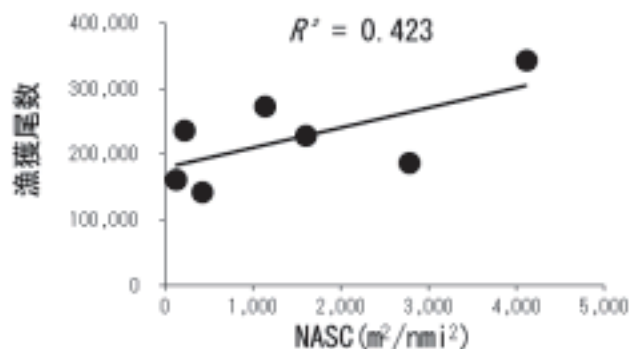


図 19 NASC と漁獲尾数の関係

阿寒湖における初期資源量の推定

令和 2 年の調査では、漁獲前 (9 月 8 日)、累積漁獲量 9.5 t (10 月 7 日)、累積漁獲量 20.7 t (11 月 9 日) 時点の NASC がそれぞれ 7.5、5.8、4.4 で、このとき回帰式に対する切片項は 49.8 であった。令和 3 年の調査では、漁獲前 (9 月 8 日)、累積漁獲量 9.3 t (10 月 7 日)、累積漁獲量 11.8 t (10 月 26 日) 時点の NASC がそれぞれ 10.6、8.4、8.5 で、このとき回帰式に対する切片項は 51.9 であった (図 20)。

最終年度の結果として令和 4 年の調査では、漁獲前 (9 月 14 日)、累積漁獲量 11.3 t (10 月 17 日)、累積漁獲量 20.4 t (11 月 7 日) 時点の NASC がそれぞれ 8.9、8.1、4.9 で、このとき回帰式に対する切片項は 43.6 であった (図 20)。

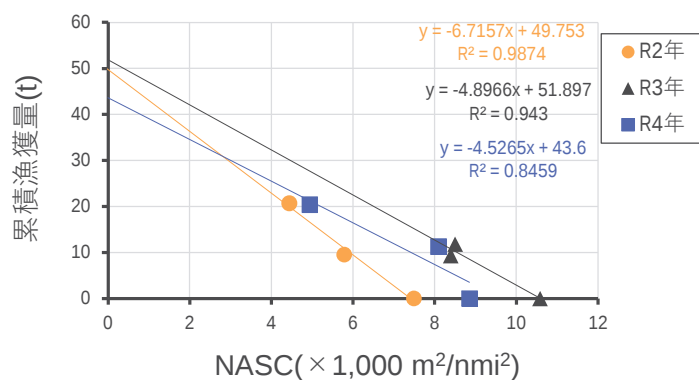


図 20 NASC と累積漁獲量の関係

資源量推定に必要な調査ラインの検討

令和2年は概ね5 km以上、令和3年は概ね10 km以上の調査区間とすることで R^2 値が1付近に収束した(図21)。

最終年度の結果として、令和4年は概ね9 km以上の調査区間とすることで R^2 値が1付近に収束した(図21)。

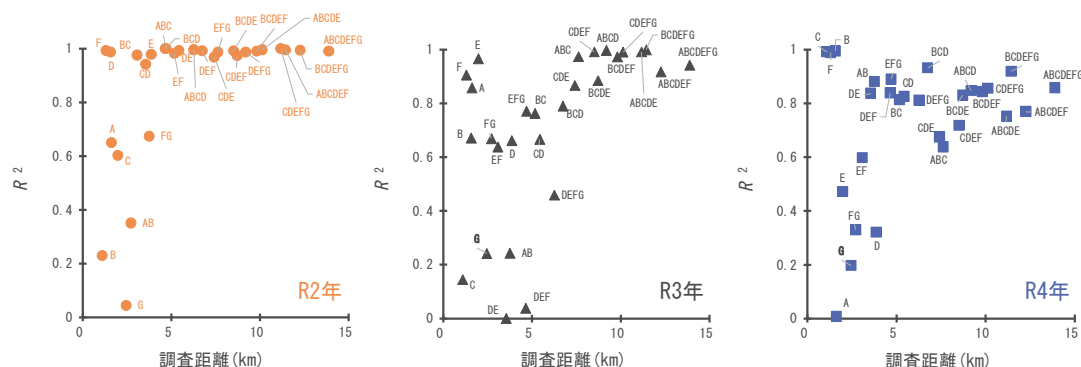


図21 距離と R^2 値(NASCと累積漁獲量)の関係

考察

<放流種苗用餌料の開発>

網走湖から採集し、単離培養したツボワムシ属およびヒルガタワムシ属をワカサギのふ化仔魚に給餌し、低水温下で飼育を行ったが、3週間後の生残率が低く、給餌放流等への利用は不適と考えられた。一方で、海産魚を中心として仔魚飼育に利用されるシオミズツボワムシを低水温で培養し、これを給餌した結果、生残率が高く、低水温環境下におけるワカサギのふ化仔魚への初期餌料として有効であると考えられた。

本研究では、止水(止水区)と1日1回転の注水量のかけ流し(かけ流し区)を比較した場合、止水区におけるワカサギ仔魚の生残率が高かった。この実験では飼育水および注水を淡水としており、ワムシ給餌後、翌日のワムシ個体数密度は0個体/mlであった。ワムシを給餌する際、培養水とともにワムシを給餌しており、培養水に含まれる塩分により飼育水槽中に塩分が増加し、それに伴い、止水区の塩分が増加した。これと同時期に飼育水槽内のワムシ個体数は増加し仔魚の摂餌機会が増加し、生存率が向上したと考えられる。すなわち、ワムシ給餌後も、飼育水槽内にワムシが生残し、仔魚がいつでも摂餌できる環境を保つことができた。ワムシの活性試験においても、培養水の塩分を1psuに保つことで、ワムシの生存期間が長かった。そのため、ワカサギ仔魚の飼育において、初期餌料であるワムシの活性を維持するため塩分を添加することが望ましいと考えられた。また仔魚の飼育水温とワムシの培養水温の差が大きい場合、給餌したワム

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と推定される。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。そのため、仔魚の飼育水温とワムシの培養水温を近づけて、ワムシの活力低下を防ぐ必要がある。

飼育水槽の塩分を 1 psu とし、異なる注水量で仔魚を飼育した場合、1/4 回転の 1 水槽で生残率が低かったものの、他の 5 水槽は 72.6~98.8% であった。これは飼育水槽内におけるワムシの個体数も維持され、仔魚が常にワムシを摂餌できる環境であったためと考えられる。また、止水区における積算給餌量は他の試験区と比べ、半分程度と少なく、培養コストの大幅な省力化が見込まれる。

本研究により少量の塩分を添加し、止水で飼育することで高生残率かつワムシの給餌量の削減、すなわち飼育コストの削減が可能となることが確認された。現在行われているふ化仔魚放流では、ふ化時期と放流水域における餌料の多寡でミスマッチが起きる年もある。そこで、本研究で開発した飼育技術を用いて、ふ化後短期間の飼育を行い、稚魚放流を行うことで初期減耗を回避し、資源造成に寄与することを期待する。

<資源推定手法の開発>

本課題では湖沼におけるワカサギ資源量を、収集した魚探データから算出した NASC を用いて推定することを試みた。令和元年に実施した調査では、特定区画内における魚探データの収集と漁獲調査を並行して行った。本調査から区画内における NASC の値とワカサギ漁獲尾数に正の相関がみられたことから、NASC はワカサギ資源量を適切に反映しており、これを用いた資源量推定が可能であることが明らかとなった。また魚探の送受波器から発射した超音波を反射、減衰させる気泡の発生には、航行速度が大きく影響する。令和 3 年に実施した調査において、魚探データの収集にあたっては航行速度を 4 kt とすることで気泡の発生が抑えられ、湖底の探知が可能であった。従って魚探を用いた調査では気泡の発生に留意した速度での航行速度とすることで魚探データの収集が可能となる。

令和 2 年から令和 4 年の調査では上記の点に留意し、沿岸部と湖央部を通過する阿寒湖全体をカバーした調査ラインで魚探データを収集した。各年度における NASC と累積漁獲量には比例的な関係があり、DeLury 法に基づいた考えを適用すると NASC を 0 としたときの累積漁獲量が湖沼におけるワカサギ初期資源量と同義である。漁期中の自然死亡は漁獲量より遥かに少なくその影響を無視できると仮定するならば、各年度のワカサギ初期資源量は各回帰式の切片項を用いて、令和 2 年で 49.8 t、令和 3 年で 51.9 t、令和 4 年で 43.6 t と推定される。近年、阿寒湖におけるワカサギの漁獲量は推定された初期資源量を参考に 20 t 程度に留めている。それ以降、阿寒湖のワカサギ漁業は持続可能な漁業として安定するようになったことから、初期資源量の推定値がワカサギ漁業の実績を通じて妥当な値にあると考えることができる。

また各年度において推定された初期資源量は、調査コース全てから得られたデータを用いて算出している。阿寒湖のワカサギの時空間的な分布の差により資源推定に必要な調査距離は年度に

よって異なるが、一定の調査距離（5～10km）を確保すれば、湖沼内におけるどの場所を調査しても同様の資源推定が可能であると考えられる。

本課題を通じた検証により、各地の湖沼によって調査コースの設定やデータ収集条件の検討は必要であるものの、湖沼単位の資源量推定には魚探を用いた本手法が有効であると考えられる。

参考文献

Fielder, D. S., Purser G. J., and Battaglene S. C. (2000) Effect of rapid changes in temperature and salinity on availability of the rotifers *Brachionus rotundiformis* and *Brachionus plicatilis*. *Aquaculture*, 189, 85-99.

担当者

平成30年度 さけます・内水面水産試験場 内水面資源部 畑山 誠, 佐藤 敦一
道東センター 眞野 修一

栽培水産試験場 栽培技術部 栽培技術グループ 高畠 信一
釧路水産試験場 調査研究部 管理増殖グループ 本間 隆之

令和1年度 さけます・内水面水産試験場 内水面資源部 楠田 聡, 佐藤 敦一, 山崎 哲也
道東センター 飯嶋 亜内, 橋本 龍治

栽培水産試験場 栽培技術部 栽培技術グループ 高畠 信一
釧路水産試験場 調査研究部 管理増殖グループ 本間 隆之

令和2年度 さけます・内水面水産試験場 内水面資源部 楠田 聡, 佐藤敦一, 山崎 哲也
道東センター 飯嶋 亜内, 橋本 龍治

中央水産試験場 資源増殖部 資源増殖グループ 高畠 信一
釧路水産試験場 調査研究部 管理増殖グループ 本間 隆之

令和3年度 さけます・内水面水産試験場 内水面資源部 楠田 聡, 佐藤敦一, 山崎 哲也
道東センター 飯嶋 亜内, 橋本 龍治

稚内水産試験場 調査研究部 管理増殖グループ 高畠 信一
釧路水産試験場 調査研究部 管理増殖グループ 本間 隆之

令和4年度 さけます・内水面水産試験場 内水面資源部 楠田 聡, 眞野 修一
道東センター 橋本 龍治

栽培水産試験場 栽培技術部 栽培技術グループ 佐藤敦一, 山崎 哲也

稚内水産試験場 調査研究部 管理増殖グループ 高畠 信一
釧路水産試験場 調査研究部 管理増殖グループ 本間 隆之

水産庁委託

ウナギ等資源回復推進事業のうち

「環境収容力推定手法開発事業」

成果報告書 別冊

計画検討・成果報告会議

議事録

令和5年3月

水産研究・教育機構

愛媛大学

長崎大学

北海道立総合研究機構

栃木県水産試験場

群馬県水産試験場

山梨県水産技術センター

長野県水産試験場

岐阜県水産研究所

滋賀県水産試験場

和歌山県水産試験場・和歌山県立自然博物館

島根県水産技術センター

高知県内水面漁業センター

山口県水産研究センター

熊本県水産研究センター

宮崎県水産試験場

鹿児島県水産技術開発センター

目次

平成 30 年度（ウナギ）計画検討会議の概要	1
平成 30 年度（アユ・溪流魚・ワカサギ）計画検討会議の概要	5
平成 30 年度（ウナギ）成果報告会議の概要	7
平成 30 年度（アユ・溪流魚・ワカサギ）成果報告会議の概要	12
平成 31 年度（ウナギ）計画検討会議の概要	15
平成 31 年度（アユ・溪流魚・ワカサギ）計画検討会議の概要	23
平成 31 年度（溪流魚）中間検討会議の概要	25
平成 31 年度（ウナギ）成果報告会議の概要	28
平成 31 年度（アユ・溪流魚・ワカサギ）成果報告会議の概要	30
令和 2 年度（ウナギ）計画検討会議の概要	33
平成 2 年度（アユ・溪流魚・ワカサギ）計画検討会議の概要	39
平成 2 年度（ウナギ）成果報告会議の概要	51
平成 2 年度（アユ・溪流魚・ワカサギ）成果報告会議の概要	62
令和 3 年度（ウナギ）計画検討会議の概要	68
平成 3 年度（アユ・溪流魚・ワカサギ）計画検討会議の概要	71
平成 3 年度（ウナギ）成果報告会議の概要	82
平成 3 年度（アユ・溪流魚・ワカサギ）成果報告会議の概要	86
令和 4 年度（ウナギ）計画検討会議の概要	100
平成 4 年度（アユ・溪流魚・ワカサギ）計画検討会議の概要	103
平成 4 年度（ウナギ）成果報告会議の概要	114
平成 4 年度（アユ・溪流魚・ワカサギ）成果報告会議の概要	117

平成30年度「環境収容力推定手法開発事業」ウナギ課題計画検討会議
議事次第

日時：平成30年6月7日（木） 13：00～17：00

場所：一般財団法人東京水産振興会 2階 会議室
〒104-0055 東京都中央区豊海町5番1号 豊海センタービル

内容：

- 1) 開会 中央水産研究所
- 2) 挨拶 水産庁、水産研究・教育機構本部
- 3) 全体計画について 中央水産研究所
- 4) 実施計画
 1. ニホンウナギ等の内水面魚種の分布状況及び生息環境の調査・分析
和歌山県水産試験場内水面試験地・和歌山県立自然博物館
高知県内水面漁業センター
宮崎県水産試験場内水面支場
鹿児島県水産技術開発センター
 2. 環境収容力を推定するための手法開発
中央水産研究所・愛媛大学
中央水産研究所・鹿児島県水産技術開発センター
山口県水産研究センター内海研究部
愛媛大学・中央水産研究所
 3. 漁場環境に応じた資源増殖等の手法開発
鹿児島県水産技術開発センター
- 5) 総合討論
- 6) 検討委員・水産庁講評
- 7) その他
- 8) 閉会 中央水産研究所

平成30年度「環境収容力推定手法開発事業」ウナギ課題計画検討会議
出席者名簿

氏 名	所 属	役 職
<委託元>		
鈴木 信一	水産庁 増殖推進部 栽培養殖課	課長補佐
横尾 俊博		係長
鎌倉 明穂		係員
和田 智子	水産庁 資源管理部 漁業調整課	課長補佐
<検討委員>		
白石 嘉男	日本養鰻漁業協同組合連合会	代表理事会長
望岡 典隆	九州大学大学院農学研究院	准教授
<参画機関>		
井上 幹生	愛媛大学大学院 理工学研究科	教授
畑 啓生		准教授
林 寛文	和歌山県水産試験場 内水面試験地	主任研究員
揖 善継	和歌山県立自然博物館	主査学芸員
稲葉 太郎	高知県内水面漁業センター	主任研究員
畑間 俊弘	山口県水産研究センター 内海研究部	専門研究員
和西 昭仁		専門研究員
兒玉 龍介	宮崎県水産試験場 内水面支場	主任研究員
猪狩 忠光	鹿児島県水産技術開発センター 漁場環境部	研究専門員
平江 多績		研究専門員
市来 拓海		研究員
養松 郁子	国立研究開発法人 水産研究・教育機構 本部	研究開発コーディネーター
品川 三矢子	研究推進部	係員
中村 智幸	中央水産研究所 内水面研究センター	センター長
矢田 崇		グループ長
山本 祥一郎		グループ長
増田 賢嗣		主任研究員
瀬藤 聡	海洋・生態系研究センター	グループ長
西本 篤史		研究員
關野 正志	水産生命情報研究センター	グループ長
安池 元重		主任研究員
馬久地 みゆき		研究員
伊藤 正木	中央水産研究所	特任部長
山本 敏博	資源研究センター	主任研究員
横内 一樹		研究員
澤山 周平		研究員
<オブザーバ>		
若林 稔	日本養鰻漁業協同組合連合会	参事

平成 30 年度「環境収容力推定手法開発事業」ウナギ課題計画検討会議
総合討論議事録

西本：

環境収容力という語の意味が分からなくなってきた。各発表を聞くと、各河川の現存量をとらえて、それを収容力とみなすようなことになっている。果たしてそれでいいのだろうか。来遊したシラスを漁獲することで実際の環境収容力が満たされていない可能性もある。どう考えるべきか。

山本：

シラスの加入量自体をおさえないと、本来の収容力そのものはわからないかもしれない。一方、加入以降生活史段階（クロコ期以降）の現存量とその減少から分かることもあると思う。

井上：

たしかに、環境収容力というのはポテンシャルを意味する。その推定は難しい。回遊してくる魚は環境収容力を埋めているとは限らない。

溪流魚のように空間内の環境要素との傾向が強く見られれば、収容力がある程度埋まっているとみなせるのではと個人的には考えている。

ただし堰などで移動が阻害されていて、上流の収容力が埋まっていないのであれば、また他のアプローチをする必要があるかもしれない。

西本：

ハビタットや最終的な現存量だけでなく基礎生産からのアプローチがもっと重要なのではと考えていたが、あまり今回の話では出てこなかった。

井上：

一般にはボトムアップ、エネルギー収支からの制限要因から考えることもあれば、ハビタットの量による制限も考えられるので、両面からのアプローチが重要。

または、収容力を超える個体数を放流し、その減少を見ることで推定できるかもしれない。

山本(敏)：

収容力について、資源学的な見方からはどうか？>伊藤

伊藤：

資源学では従来決まったパイの中で資源が動くとされてきたが、そのパイ自体が環境要因によって変わってくるということもある。一筋縄ではいかない問題。

鈴木課長補佐：

仕様書の方では、環境収容力が万限まで使われているかが分かれば良いという視点だった。収容力がマックスであれば、収容力自体をアップさせる手法の開発につなげる。逆に、収容力が使い切れていないのであれば、どういった整備が必要といった指針が出口になるかと思う。

稲葉：

西本さんのご指摘は、シラスの採取による乱獲の影響を無視していることを問題視しているということか？

西本：

それもあるが、現状でキャパを万限まで使っているという仮定の下で話を進めているような印象を受けた。

稲葉：

高知県では、この事業の下では、ウナギにとってのすみよい環境とはどのようなものなのかを明らかにすることを目指すという考えでいた。環境収容力という語を厳密に解釈するか、もう少しゆったりととらえるかの問題もあると思う。

山本(祥)：

少なくとも、現状では流域間、河川間で多い少ないがあることが分かっている。それを規定する環境要素は何なのかを突き止めるというのは有意義だと思う。

平成30年度環境収容力推定手法開発事業（アユ・溪流魚・ワカサギ）計画検討会

議事次第

日 時： 平成30年6月11日（月）13時～17時、同年6月12日（火）9～12時

場 所： 一般社団法人 東京水産振興会 豊海センタービル会議室

内 容：

1. 開会
2. あいさつ
水産庁
水産研究・教育機構
3. 調査研究計画の説明と検討（アユ）
中央水産研究所内水面研究センター
栃木県水産試験場
岐阜県水産研究所
高知県内水面漁業センター
熊本県水産研究センター
国立大学法人長崎大学
4. 調査研究計画の説明と検討（ワカサギ）
中央水産研究所内水面研究センター
北海道立総合研究機構 さけます・内水面水産試験場
山梨県水産技術センター
長野県水産試験場
5. 調査研究計画の説明と検討（溪流魚）
中央水産研究所内水面研究センター
群馬県水産試験場
長野県水産試験場
岐阜県水産研究所
滋賀県水産試験場
6. 総合討論
7. その他
8. 閉会

平成30年度「環境収容力推定手法開発事業」(アユ・溪流魚・ワカサギ)
計画検討会議出席者名簿

氏 名	所 属	役 職
<委託元>		
中奥 龍也	水産庁 増殖推進部 栽培養殖課 内水面漁業振興室	室長
清水 孝之	水産庁 増殖推進部 栽培養殖課	課長補佐
鈴木 信一		課長補佐
横尾 俊博		係長
図師 尚文		係長
鎌倉 明穂		係員
和田 智子	水産庁 資源管理部 漁業調整課	課長補佐
川上 賢治		釣人専門官
<検討委員>		
徳田 幸憲	高原川漁業協同組合	参事
小関 右介	大妻女子大学	准教授
<参画機関>		
井口 恵一郎	国立大学法人長崎大学大学院	教授
村瀬 偉紀		大学院生
畑山 誠	地方独立行政法人北海道立総合研究機構	研究主幹
高木 優也	栃木県水産試験場	主任
山下 耕憲	群馬県水産試験場	技師
名倉 盾	山梨県水産技術センター	主任研究員
山本 聡	長野県水産試験場	部長
下山 諒		技師
沢本 良宏	長野県水産試験場 諏訪支場	支場長
星河 廣樹		研究員
大原 健一	岐阜県水産研究所	専門研究員
辻 寛人		研究員
岸 大弼	岐阜県水産研究所 下呂支所	専門研究員
徳原 哲也		専門研究員
菅原 和宏	滋賀県水産試験場	主査
占部 敦史	高知県内水面漁業センター	研究員
宗 達郎	熊本県水産研究センター	研究参事
養松 郁子	国立研究開発法人 水産研究・教育機構 本部	研究開発コーディネーター
中村 智幸	中央水産研究所 内水面研究センター	センター長
矢田 崇		グループ長
坪井 潤一		主任研究員
増田 賢嗣		主任研究員
宮本 幸太		研究員

平成30年度「環境収容力推定手法開発事業」ウナギ課題
年度末報告会議 議事次第

日時：平成31年3月4日（月） 13：00～17：00

場所：一般財団法人東京水産振興会 2階 会議室
〒104-0055 東京都中央区豊海町5番1号 豊海センタービル

内容：

- 1) 開会 中央水産研究所
- 2) 挨拶 水産庁、水産研究・教育機構本部
- 3) 全体計画について 中央水産研究所
- 4) 成果発表
 1. ニホンウナギ等の内水面魚種の分布状況及び生息環境の調査・分析
和歌山県水産試験場内水面試験地・和歌山県立自然博物館
高知県内水面漁業センター
宮崎県水産試験場内水面支場
鹿児島県水産技術開発センター
 2. 環境収容力を推定するための手法開発
中央水産研究所・愛媛大学
中央水産研究所・鹿児島県水産技術開発センター
山口県水産研究センター内海研究部
愛媛大学・中央水産研究所
 3. 漁場環境に応じた資源増殖等の手法開発
鹿児島県水産技術開発センター
- 5) 総合討論
- 6) 検討委員・水産庁講評
- 7) その他
- 8) 閉会 中央水産研究所

平成30年度「環境収容力推定手法開発事業」ウナギ課題年度末報告会議
出席者名簿

氏 名	所 属	役 職
<委託元>		
中奥 龍也	水産庁 増殖推進部 栽培養殖課 内水面漁業振興室	室長
鈴木 信一	栽培養殖課	課長補佐
横尾 俊博		係長
図師 尚史		係長
和田 智子	水産庁 資源管理部 漁業調整課	課長補佐
<検討委員>		
白石 嘉男	日本養鰻漁業協同組合連合会	代表理事会長
望岡 典隆	九州大学大学院農学研究院	准教授
<参画機関>		
井上 幹生	愛媛大学大学院 理工学研究科	教授
林 寛文	和歌山県水産試験場 内水面試験地	主任研究員
稲葉 太郎	高知県内水面漁業センター	主任研究員
畑間 俊弘	山口県水産研究センター 内海研究部	専門研究員
和西 昭仁		専門研究員
兒玉 龍介	宮崎県水産試験場 内水面支場	主任研究員
猪狩 忠光	鹿児島県水産技術開発センター 漁場環境部	研究専門員
平江 多績		研究専門員
市来 拓海		研究員
中村 智幸	中央水産研究所 内水面研究センター	センター長
矢田 崇		グループ長
山本 祥一郎		グループ長
西本 篤史		研究員
關野 正志	水産生命情報研究センター	グループ長
安池 元重		主任研究員
小林 真弓		研究支援職員
伊藤 正木	中央水産研究所	特任部長
山本 敏博	資源研究センター	主任研究員
横内 一樹		主任研究員
澤山 周平		研究員
福田 野歩人		研究員
<オブザーバ>		
若林 稔	日本養鰻漁業協同組合連合会	参事
羽田 好孝	静岡県水産技術研究所 浜名湖分場	所長
鈴木 基生		上席研究員
内田 和男	全国内水面漁業協同組合連合会	専務理事

平成 30 年度「環境収容力推定手法開発事業」ウナギ課題成果報告会議
総合討論議事録

中奥

ウナギ資源は低位かつ減少傾向にある

中国台湾は、シラスウナギ来遊があるが、日本は低調

河川におけるウナギの資源のために、環境収容力をキーワードに、進めてもらいたい

矢田

種苗生産と天然資源の研究を進めている

来遊事業に加え、本事業では、河川での成長期を対象として、収容力の側面から調査事業間で連携を図りながらすすめたい

全体計画（山本）

質疑なし

和歌山（林）

福田：隠れ家面積と個体数密度について、両者に関係がみられないという解釈の方が妥当では？

a.おっしゃるとおり

福田：個体による選好性について、石垣護岸の多いエリアであれば、再捕される可能性があるため、

環境と個体の選好性をともに考慮すべき

a.おっしゃるとおり

望岡：隠れ家面積の算出法について、再検討が必要では？ ウナギのサイズ別に検討されてはいかがか？

a.検討していきたい

山本祥：50m 区間内で、上・下流で傾向があるか？

a.今のところ、認識していない

望岡：石垣護岸で多く採集されているが、同じ場所を利用しているのか？

a.同じ穴の利用というわけではないようだ

高知（稲葉）

横尾：昨年度まで河川の調査について聞きたい

前事業での知見など、すでにわかっていることがあるが、それと現課題の位置付けは？

a.定点調査は今年度から開始したものであるが、その他の調査内容は、前事業から継続して

いるものがある。

宮崎（児玉）

横尾：隠れ家でとれるウナギは、追われて逃げ込んだ個体と、元々隠れ家を使っている個体について、ショッカーの調査では、どちらを見ているのか？

a.逃げ込んでいくことは確認したことがない。

鹿児島（平江）

山本祥：カバーについて、その影響はどうか？

a.時間的に変わってしまうので、検討はむずかしい。変わらないものについて、検討した。
（高知、宮崎）カバーの時間的な変化は、検討余地があるが、エフォートがかかる。

環境 DNA(山本祥)

横尾：板倉さんたちの論文との手法の違いについて、教えて欲しい

a.論文を精査し、重複しないようにしたい。

望岡：人工河川のデータで、一点だけ高い値になっているが？

a.実験的なハンドリングエラーによる

漁具バイアス（山本）

福田：サイズバイアスとなっているが、商業的な筒との対応について検討しては？

a.筒の太さで、細いものを選択するために、商業的な筒では、小型ウナギがとれないと説明できる可能性がある

a.ウナギのサイズによって、要因が異なる可能性を検討したい。

愛媛大、中央水研

望岡：うなぎがいない河川があったが、要因は？

a.急傾斜の山から、流れる小河川であるが、淡水域のみを対象。隣接する河川でとれたので、たまたまとれなかったと考えている。

望岡：ストマックポンプを試したウナギのサイズは？

a.結果は、大きさによらないようだったが、全長35cm以下の個体は、難しい。また、内容物によって、調べられるかどうかが違う。

総合討論

鈴木：コンクリートの場所でもウナギがとれるのは？

a.井上:3面護岸の場所にもいることがあるが、その河川に入ってしまった場合、他の河川に

行くことはなさそうである。大型個体がみつかることが多い。隠れる場所があれば、そこを利用するのがウナギであると考えている。

その場所を利用することは、あまり良いことではないと思っている。

望岡：河川内での標識調査で、成長が停滞するのはなぜか？

a.稲葉：氷と炭酸で麻酔し、イラストマーを行っているため、重いハンドリングの影響。

a.山本：ショッカーによる採集も影響があるかもしれないが、。

a.畑間：ショッカー試験に用いたウナギは、三日後には摂餌を開始しているので、そこには影響がないのではないか？

a.井上：頻繁に調査していた際には、肥満度の低下を観察していた。

山本祥：環境収容力の評価としては、個体の成長もあるかもしれないが、ウナギの成長停滞の問題もある。

山本：加入量の増減が、その後の生残に影響する場合には、そこも考慮する必要があるかもしれない。

福田：環境収容力としては、餌生物の量が一番重要なのではないか？餌の量とウナギの密度の関係を明らかにすることが重要。ニホンウナギではこれまで、そのアプローチがない。利用する餌生物との分布の対応がみられるかは、検討する価値があるのではないか？

澤山：餌料について、その量を考えるためには、ウナギがどのような種類の餌を利用しているのか？をまず整理していく必要があると考えている。

検討委員講評

白石会長：河川のウナギの再採捕されたウナギの行動範囲は狭いということを感じた。今後、調査、実験を継続してってもらいたい。

望岡：初年度として、順調に事業が開始されていると感じる。環境収容力というと、意味が広く、曖昧なところもある、大きなテーマだが、4年間で少しずつアプローチしてってもらいたい。

中奥：初年度、様々な実験、調査を進めていただいている。次年度以降につながる課題が見えてきていると思う。課題間の連携を強めて進めて欲しい。

矢田

PIT タグの情報データベースについて、今後の協力を要請。

中村

統計解析を行って、差がある、相関があると言う必要がある。

小河川に入り込んだウナギがいることは、良材料であると感じた。

平成30年度環境収容力推定手法開発事業（アユ・溪流魚・ワカサギ）成果検討会

議事次第

日 時： 平成31年2月27日（水）13時～17時、同年2月28日（木）9～12時

場 所： 一般社団法人 東京水産振興会 豊海センタービル会議室

内 容：

1. 開会
2. あいさつ
水産庁
水産研究・教育機構
3. 調査研究計画の説明（溪流魚）
岐阜県水産研究所
長野県水産試験場
滋賀県水産試験場
群馬県水産試験場
中央水産研究所内水面研究センター
4. 調査研究計画の説明（ワカサギ）
北海道立総合研究機構 さけます・内水面水産試験場
山梨県水産技術センター
長野県水産試験場
中央水産研究所内水面研究センター
5. 調査研究計画の説明（アユ）
中央水産研究所内水面研究センター
栃木県水産試験場
岐阜県水産研究所
高知県内水面漁業センター
熊本県水産研究センター
国立大学法人長崎大学
6. 総合討論
7. その他
8. 閉会

平成30年度「環境収容力推定手法開発事業」(アユ・溪流魚・ワカサギ)成果検討会議出席者名簿		
氏 名	所 属	役 職
<委託元>		
中奥 龍也	水産庁 増殖推進部 栽培養殖課 内水面漁業振興室	室長
鈴木 信一		課長補佐
横尾 俊博		係長
鎌倉 明穂		係員
和田 智子	水産庁 資源管理部 漁業調整課	課長補佐
川上 賢治		釣人専門官
<検討委員>		
徳田 幸憲	高原川漁業協同組合	参事
小関 右介	大妻女子大学	准教授
<参画機関>		
井口 恵一朗	国立大学法人長崎大学	教授
畑山 誠	地方独立行政法人北海道立総合研究機構	研究主幹
高木 優也	栃木県水産試験場	主任
山下 耕憲	群馬県水産試験場	技師
名倉 盾	山梨県水産技術センター	主任研究員
山本 聡	長野県水産試験場	部長
下山 諒		技師
澤本 良宏	長野県水産試験場 諏訪支場	支場長
星河 廣樹		研究員
大原 健一	岐阜県水産研究所	専門研究員
田中 綾子		研究員
岸 大弼	岐阜県水産研究所 下呂支所	専門研究員
亀甲 武志	滋賀県水産試験場	主任主査
菅原 和宏		主査
占部 敦史	高知県内水面漁業センター	研究員
宗 達郎	熊本県水産研究センター	研究参事
養松 郁子	国立研究開発法人 水産研究・教育機構 本部	研究開発コーディネーター
中村 智幸	中央水産研究所 内水面研究センター	センター長
矢田 崇		グループ長
坪井 潤一		主任研究員
宮本 幸太		研究員
<オブザーバ>		
内田 和男	全国内水面漁業協同組合連合会	専務理事