2023 年度

青森県産業技術センター
内水面研究所

事 業 報 告

2025 年 3 月

地方独立行政法人　青森県産業技術センター
内水面研究所

2023 年度　青森県産業技術センター内水面研究所 事業報告

目　　次

養 殖 技 術 部

1　養殖衛生管理体制整備事業…… 1
2　魚類防疫支援事業…… 4
3　十和田湖資源生態調査事業…… 6
4　資源管理基礎調査事業（ワカサギ、シラウオ）…… 12
5　「青い森紅サーモン」生産力強化事業…… 18
6　海面サーモンの地域特産品化技術事業…… 22

調 査 研 究 部

7　シジミの大型種苗生産技術と放流手法の開発事業…… 27
8　太陽光発電を用いた湖面かけ流し式シジミ中間育成システムに関する研究事業…… 35
9　資源管理基礎調査事業（ヤマトシジミ）…… 41
10　さけ・ます資源増大対策調査事業（サケ）…… 43
11　さけ・ます資源増大対策調査事業（サクラマス）
　サクラマス 0+秋放流魚追跡調査…… 55
　サクラマス幼魚回遊生態調査…… 57
　サクラマス増殖実態調査…… 58
12　サクラマス資源評価調査…… 61
13　ニホンウナギの資源回復のための種苗育成・放流手法検討事業…… 64
14　カワウによる内水面資源の捕食実態の把握…… 72
15　漁業公害調査指導事業…… 77
16　十三湖における夏期の水温と塩分の連続観測…… 91
17　小川原湖産水産物の安全・安心確保対策事業…… 93
18　湖沼のカビ臭原因菌の生態学的多様性に着目した発生予測と
　ファージレメディエーション事業…… 96

庶 務 担 当

19　内水面研究所の沿革と組織…… 98

養殖衛生管理体制整備事業

髙橋　進吾、松田　忍、鈴木　亮、鳴海　一侑、沢目　司

目　的

県内の養殖生産者等に対し、養殖衛生管理及び疾病対策に関する技術・知識の普及、指導等を行い、健全で安全な養殖魚の生産を図る。

材料と方法

1. 総合推進対策

養殖衛生対策を具体的に推進する上で必要な事項について検討する会議へ出席した。

2. 養殖衛生管理指導

水産用医薬品の適正使用等について現地調査時に指導を行うとともに、関係者を参集して青森県養殖衛生推進会議を開催した。

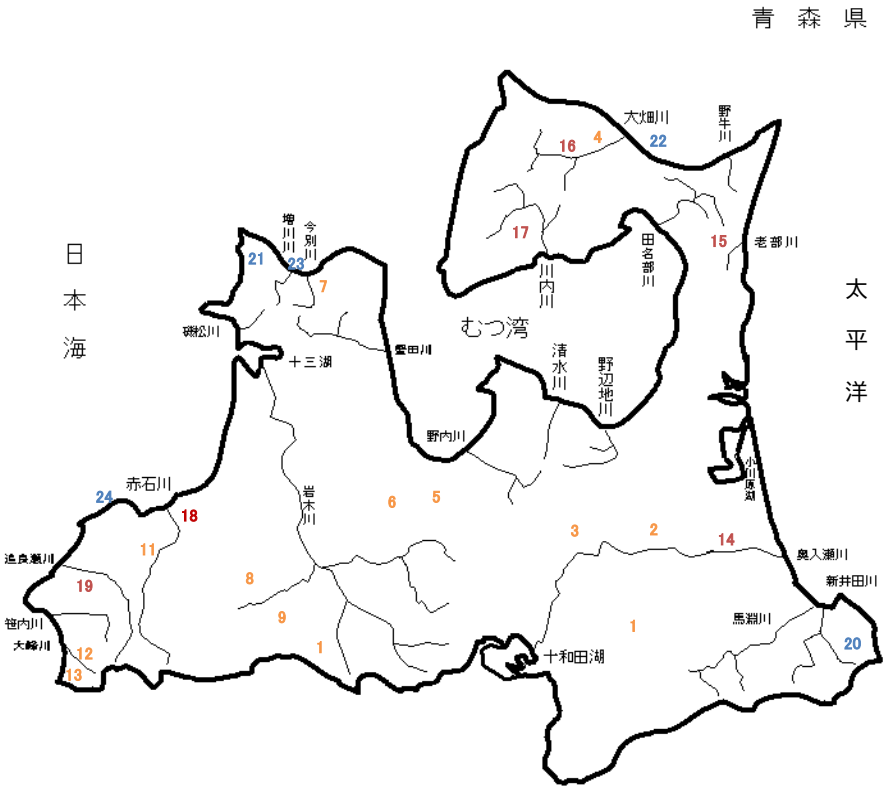
3. 養殖場の調査・監視

現地調査を行うとともに、水産用医薬品の使用状況などに係るアンケート調査を実施した。

4. 疾病対策

検査依頼のあった検体の魚病診断及び特定疾病、本県にとって重要な疾病について魚病検査を実施した。

5. 主な県内養殖生産施設と主な飼育魚種（図 1）



【内水面】

No.	増養殖魚種
1	ニジマス、イワナ、イトウ
2	ニジマス、イワナ
3	ニジマス
4	ニジマス、ヤマメ
5	ニジマス、イワナ
6	イワナ
7	ニジマス
8	ニジマス
9	イワナ、ニジマス
10	ニジマス
11	イトウ
12	ニジマス
13	ニジマス
14	ヤマメ、サクラマス
15	ヤマメ、サクラマス
16	ヤマメ、サクラマス
17	ヤマメ、サクラマス
18	アユ
19	ヤマメ、サクラマス

【海　面】

No.	増養殖施設
20	ヒラメ、マツカワ、エゾアワビ
21	マツカワ
22	ニジマス
23	ニジマス
24	ニジマス

図 1. 主な県内養殖生産施設と主な飼育魚種

結　果

1. 総合推進対策

全国養殖衛生管理推進会議(表 1)、及び隣接する複数の道県等で構成される魚類防疫地域合同検討会(表 2～3) に出席した。

表 1. 全国養殖衛生管理推進会議

開催時期	開催場所	構成員(参加者)	議　題	担当機関
2024年 3月8日	東京都 (対面及び WEB会議)	都道府県、農林水産省消費・安全局、東北農政局、関東農政局、水産庁、(国研)水産研究・教育機構、(公社)日本水産資源保護協会	(1)水産防疫の実施状況 ・魚病被害調査、令和6年度予算他 (2)水研機構、公設水試からの発表 (3)養殖魚の迅速な診断体制に向けた対応	農林水産省 消費・安全局

表 2. 東北・北海道ブロック魚類防疫地域合同検討会

開催時期	開催場所	構成員(参加者)	議　題	担当機関
2023年 11月29～30日	山形県 山形市 (対面及び WEB会議)	北海道、青森県、秋田県、岩手県、山形県、宮城県、福島県、新潟県 農林水産省消費・安全局 (国研)水産研究・教育機構 水産技術研究所、(公社)日本水産資源保護協会	(1)魚類防疫に関する協議 ・各道県における魚病発生状況 ・ブロック内における魚病問題 (2)話題提供 ・水技研、秋田県、新潟県 (3)情報提供 ・農林水産省消費・安全局 ・日本水産資源保護協会	山形県 内水面水産研究所

表 3. 北部日本海ブロック魚類防疫地域合同検討会

開催時期	開催場所	構成員(参加者)	議　題	担当機関
2023年 10月30日	WEB会議	青森県、秋田県、山形県、新潟県、富山県、石川県、 農林水産省消費・安全局、 (国研)水産研究・教育機構 水産技術研究所、(公社)日本水産資源保護協会	(1)魚類防疫に関する協議 ・各県海面における魚病発生状況 ・ブロック内における魚病問題 (2)話題提供 ・水技研、富山県 (3)情報提供 ・農林水産省消費・安全局	新潟県 内水面水産試験場

2. 養殖衛生管理指導

全国養殖衛生管理推進会議で収集した魚病関連情報の他、養殖漁場等での調査結果と防疫指導の内容、魚病発生状況、水産用医薬品の適正使用等について、青森県養殖衛生管理推進会議(表 4)や現地調査時に指導した。

表 4. 青森県養殖衛生管理推進会議

開催時期	開催場所	構成員(参加者)	議　題	担当機関
2024年 3月	書面会議	青森県(水産振興課、水産事務所、水産業改良普及所)、水総研、内水研、栽培協会、浅虫水族館、市町村、内水面漁協、養鱒業者	(1)養殖衛生管理体制整備事業 (2)県内の魚病発生状況 (3)魚病に係る情報提供	青森県 水産振興課

3. 養殖場の調査・監視

水産用医薬品の使用状況、養殖場等の飼育実態について、現地やアンケートによる調査、監視を行った。主にサケマス類の卵消毒に水産用イソジンやパイセスが使用されており、使用方法は適切であった。

サケマス類の疾病予防に用いる水産用ワクチン 1 件、水産用抗菌剤 3 件について使用申請があり、指導を行った。

4. 疾病対策

検査依頼のあったものについて魚病診断、更には特定疾病等の魚病検査を行い、疾病の早期発見、発生予防、まん延防止に努めた。

(1) 魚病診断（詳細は魚類防疫支援事業参照）

2023 年の診断件数は、内水面では 13 件で、3 魚種から 7 種類の疾病が確認された。

(2) 特定疾病

コイヘルペスウイルス(KHV)病は、岩木川及び馬渕川で採捕したコイを検査した結果、陰性であった。

(3) その他

① アユの冷水病及びエドワジエライクタルリ症

生産した種苗を検査した結果、それぞれ陰性であった。

放流用種苗を配布する際には種苗来歴カードが添付されていた。

考　察

会議や研修会等で得られた情報は、魚病診断技術の向上及び指導の高度化に反映させるとともに、引き続き魚類防疫に関する情報提供及び魚病の発生防止、被害軽減に努める必要がある。

魚類防疫支援事業

髙橋　進吾、松田　忍、鈴木　亮、鳴海　一侑、沢目　司

目　的

健全で安全な養殖魚や種苗の生産を図るため、魚病の診断、防疫・養殖衛生管理・飼育に関する指導、専門的な知識を持つ技術者の育成を行う。

材料と方法

1. 魚病診断

内水面養殖業者や海産魚類増養殖場等から検査依頼があった検体について、定法により魚病診断検査を行った。

2. 防疫・養殖衛生管理・飼育に関する指導

県内の増養殖場を対象に行った。

3. 技術者の育成

魚類防疫士を育成するため、(一社)日本水産資源保護協会が開催する養殖衛生管理技術者養成研修を受講した。

結　果

1. 魚病診断

2023 年 1～12 月における魚病相談は、内水面 13 件、海面 3 件の合計 16 件があり、魚病診断・検査を行った(表 1)。検査方法は、外部観察、解剖を基に推定診断を行い、必要に応じて菌分離検査、ウイルス検査を行い確定診断とした。

内水面魚種では 3 魚種から 7 種類の疾病が確認され、ニジマスの相談が多かった(表 2～3)。特に 8 月以降は、猛暑による高水温や水不足による影響が見られ、体調不良から発症しやすい環境にあったものと考えられた。

2. 防疫・養殖衛生管理・飼育に関する指導

県内 24 ヶ所の増養殖場で、防疫・養殖衛生管理・飼育に関する状況を確認し、必要な指導を行った。

3. 技術者の育成

養殖衛生管理技術者養成研修のうち本科専門コースを水産総合研究所職員 1 名と内水面研究所職員 1 名が受講した。

考　察

引き続き魚類防疫に関する情報提供及び魚病の発生防止、被害軽減に努める。

表 1. 魚病検査の実施状況

●内水面

（2023年1月～12月）

年月日	魚病名	魚種	サイズ	件数	病魚の特徴	参考となる事項	処　置
2023年2月	イクチオボド症	サケ	FL 3.9～4.4 cm BW 0.5～0.8 g	1	動き弱く、排水部に流される 体表、鰓に寄生	道移入卵	食酢0.4%・1時間浴
2023年2月	不明	ニジマス	FL 4.7～5.9 cm BW 1.1～2.5 g	1	体色黒化（検体の2/3） 眼球突出・白濁他、一部へい死	施設に移動後に発症 冷水病・ウイルス・細菌：陰性	
2023年3月	不明	ニジマス	FL 4.3～7.1 cm BW 0.8～5.0 g	1	一部貧血、斃死が徐々に増加 摂餌良好（飽食ぎみ）	ウイルス・細菌・寄生虫：陰性	摂餌調整（減らし）
2023年4月	冷水病＋寄生虫	ニジマス	FL 15.8～16.6 cm BW 60.6～68.2 g	1	へい死散見 背側に膨隆部＋下顎出血他		抗菌剤経口投与
2023年5月	水カビ病	ニジマス	SL 40.0～42.0 cm BW 1.0 ～1.1 kg	1	へい死散見 腹膜に点状出血他	体表擦れが多い （移動時のストレス等）	
2023年8月	鰓病＋高水温 白点病＋高水温	ヤマメ	BL 6.8～9.7 cm BW 4.7～6.2 g	2	動き鈍い 背鰭・尾鰭下部スレ 水温上昇とともにへい死も増加（100尾/日）	水温21.5℃～へい死散見 水温25.0℃～へい死増加	・換水率アップ（一定の効果） ・塩水2%・2分浴、注水量増
2023年8月	IHN+冷水病	ニジマス	BL 10 cm BW 13 g	1	へい死（15-20尾/日） 肝臓・腎臓　貧血多い	水温17℃	抗菌剤経口投与
2023年9月	IHN	ニジマス	BL 10.5～18.0 cm BW 14～27 g	2	へい死（5-40尾/日） 鰓・肝臓・腎臓　貧血多い		
2023年9月	IHN+冷水病	ニジマス	BL 6.4～8.3 cm BW 2.9～6.7 g	1	だらだらとへい死 鰓貧血多い	寄生虫（ギロダクチルス＋白点虫）も散見	抗菌剤経口投与
2023年10月	IHN	ニジマス	BL 8.4 cm BW 6.9 g	1	へい死（5-100尾/日） 鰓・肝臓・腎臓　貧血多い	白点虫も散見	
2023年12月	不明	サケ	ふ化仔魚	1	へい死	水カビ着生	

●海　面

（2023年1月～12月）

年月日	魚病名	魚種	サイズ	件数	病魚の特徴	参考となる事項	処　置
2023年2月	不明	マツカワ	FL 20～37 cm BW 140～700 g	1	腎臓肥大（小型個体） へい死や衰弱はなし	小型個体で症状あり、摂餌（成長）に多少の影響が心配	
2023年6月	不明（摂餌不良）	アイナメ	TL 7.4-11.0 cm BW 4.4-15.8 g	1	衰弱個体：鰓・肝臓貧血 動き鈍い等	池移動時のストレス等	
2023年8月	高水温	マツカワ	BL 26.5-27.5 cm BW 281-315 g	1	体色・白化、鰓一部発赤	水温22℃～へい死30-50尾/日	

表 2. 魚種別疾病別診断件数

（2023年1月～12月）

魚種名 / 疾病名	内水面			海　面		合　計
	ニジマス	サケ	ヤマメ	マツカワ	アイナメ	
IHN	3					3
IHN＋冷水病	2					2
冷水病＋寄生虫	1					1
イクチオボド症		1				1
水カビ病	1					1
鰓病＋高水温			1			1
白点病＋高水温			1			1
不明（高水温他）	2	1		2	1	6
計	9	2	2	2	1	16

表 3. 魚種別月別診断件数

（2023年1月～12月）

魚種名	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	合計
ニジマス		1	1	1	1			1	3	1			9
サケ		1										1	2
ヤマメ								2					2
マツカワ		1						1					2
アイナメ						1							1
計		3	1	1	1	1		4	3	1		1	16

十和田湖資源生態調査事業

髙橋　進吾、松田　忍

目　的

十和田湖におけるヒメマス漁業の安定に資するため、ヒメマス及びワカサギの資源状態及び生態に関するデータの収集と取りまとめを行う。

材料と方法

1. 漁獲動向調査

宇樽部、休屋及び大川岱地区の3集荷場のヒメマス及びワカサギの毎月の取扱量を調べた。

2. 集荷場調査

2023年4～10月に月1回、主に宇樽部集荷場でヒメマスの魚体測定、採鱗を1回につき60尾を目標として行った。また、標識は調査日に水揚げされた全数を確認し、魚体測定と採鱗も行った。年齢査定は、基本的に鱗輪紋の読み取りから推定し、標識(毎年、標識部位を変えて稚魚の一部に鰭カット標識を付して放流)の確認で補完した。年齢は満1歳～2歳を1^{+}、満2歳～3歳を2^{+}などと標記した。

3. 刺網調査

2023年4～10月に月1回、漁業者が刺網(目合1.7寸)で漁獲し内臓を除去する前のヒメマスを入手し、魚体測定、採鱗、標識の確認、食性把握のための胃内容物を取り出し90%エタノール固定した。

ワカサギは、主漁期の4～6月に月1回、ふくべ網で漁獲された個体を入手し、ヒメマスと同様に測定等を行った。ヒメマス、ワカサギとも1回につき30尾を目標として行い、取り出した胃内容物の分析用検体は、分析を担当する秋田県水産振興センターに送付した。

4. 親魚調査

2023年10月17日及び10月26日にヒメマスの種苗生産用親魚について各60尾を目標として魚体測定を行った。また、標識は採卵に供した全数を確認した。なお、年齢は満年齢で標記した。

5. 放流種苗調査

2022年9～10月に採卵したヒメマス放流稚魚について、2023年5月14日(標識放流魚)と6月12日(最終放流直前)に魚体測定を行うとともに、放流履歴を調べた。

6. 表層水温調査

十和田湖ふ化場前(係船ロープに垂下、水深1.5m)に自記式水温計を設置し、表層水温を観測した。

結　果

1. 漁獲動向調査

集荷場では、内臓を除去したヒメマスを取り扱うことから、集荷量を1.1倍に換算し漁獲量とした。

ヒメマス漁獲量は2.5トン(対前年比32%)と急減し､1985年の2.3トンに次いで過去2番目に少なかった。一方、ワカサギは20.7トン(対前年比209%)で前年を上回った(図1)。

ヒメマスの月別漁獲量は、漁期を通して過去5年平均の2～4割と低調に推移した(図2)。なお、十和田湖増殖漁協では4～6月の漁模様が思わしくなかったことから、秋の採卵親魚を確保するために7月11日の漁再開から禁漁区域の拡大等の自主規制を行った。一方、ワカサギの月別漁獲量は5月が多く、前年の約2倍、過去10年平均の約1.5倍であった(図3)。

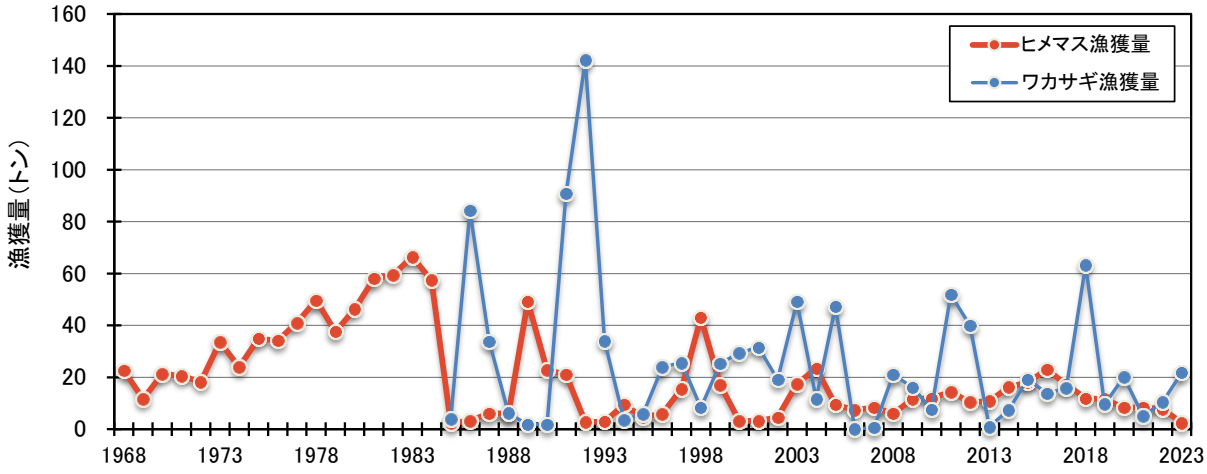


図 1. ヒメマスとワカサギ漁獲量の経年変化

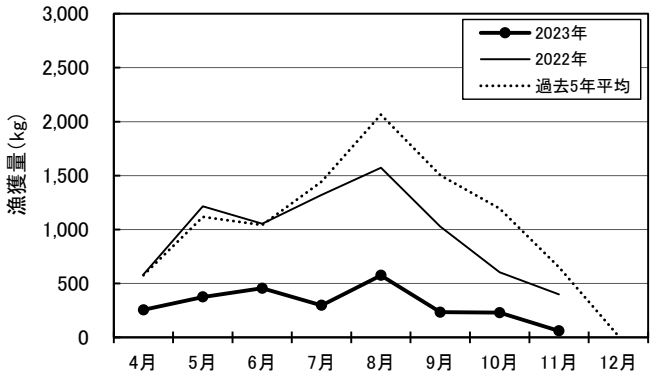


図 2. ヒメマス漁獲量の月別変化

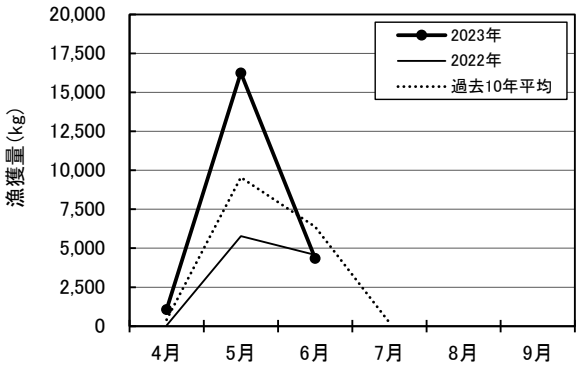


図 3. ワカサギ漁獲量の月別変化

2. 集荷場調査

(1) 魚体測定

4～10 月で合計 251 尾のヒメマスを測定した。漁獲量が少なかったため測定尾数も前年の 1/2 程度となった。漁獲されたヒメマスの平均被鱗体長は 237.2 ㎜(最小 200 ㎜～最大 300 ㎜)、平均体重 169.4g(最小 92.6g～最大 353.1g)で、前年よりやや大きかった(表 1)。なお、体重が 90g 以上なのは、集荷場での取扱いサイズが内臓除去重量で 90g 以上による。

表 1. 集荷場調査でのヒメマス測定結果

調査月	測定尾数	被鱗体長(mm)			体 重(g)		
		平均	最小	最大	平均	最小	最大
4月	62	236.8	202	273	150.9	92.6	253.2
5月	61	244.7	204	280	195.0	97.7	304.8
6月	17	249.2	213	285	202.0	113.2	328.0
7月	31	234.9	202	288	157.6	92.8	310.0
8月	15	246.9	205	300	197.7	103.0	353.1
9月	33	229.8	200	283	152.6	98.2	313.3
10月	32	222.9	200	280	154.5	104.9	323.0
計	251	237.2			169.4		
	2022年	232.8			148.8		

(2) 年齢組成

漁獲されたヒメマスの年齢組成は、2^+魚(出現割合 32%)と 3^+魚(同 42%)が主体であったが、前年に比べて 2^+魚の割合が減少した。また、漁獲量と年齢組成から推定した漁獲尾数は 1.3 万尾とデータのある 1986 年以降では最低となった(図 4)。

2023 年漁期の月別変化をみると、4～7 月は 3^+魚の割合が多く、9 月以降は例年どおり 2^+魚の割合が多かった(図 5)。特に 4～7 月に 2^+魚が少なかったのは、成長が遅い可能性が示唆される。9 月以降は、主に

3⁺魚以上は産卵回帰のため西湖からふ化場周辺を回遊するため、漁獲主体は成熟前の2⁺魚の割合が高まったものと推察される。

(3) 標識魚の出現状況

集荷場調査において確認した標識魚の出現率は2.5%(276尾のうち7尾)で、前年(0.3%)を上回り、最近並み(2019年3.3%、2020年3.0%、2021年2.0%)に回復した。標識部位は脂鰭が5尾で3⁺魚(2020年春放流群)、脂鰭＋左腹鰭が2尾で5⁺魚(2018年春放流群)と判別された(表 2)。漁獲主群を反映して3⁺魚の出現が多かった。

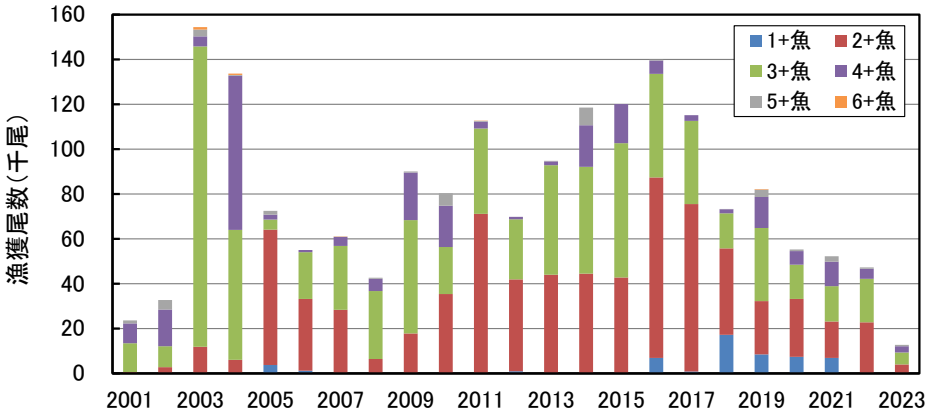


図 4. ヒメマス年齢組成の経年変化

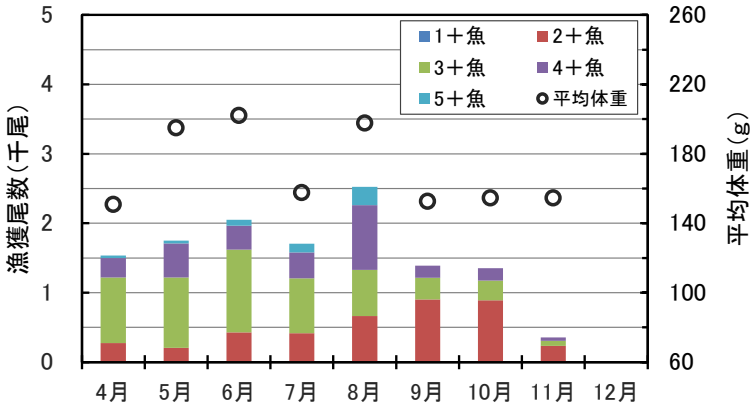


図 5. ヒメマス年齢組成の月別変化(2023年)

3. 刺網調査

(1) ヒメマス

4～10月で合計71尾を測定し、そのうち胃内容物採取尾数は合計 59 尾であった(表 3)。測定尾数も漁獲状況を反映して、前年より減少した。

ヒメマスの平均被鱗体長は247.1㎜(最小192㎜～最大313㎜)、平均体重225.6g(最小82.8g～最大 465.2g)で、集荷場調査と同様に前年よりやや大きかった。標識魚の出現尾数は8月に1尾で、標識部位は脂鰭で3⁺魚と判別された。

表 2. 標識魚の出現状況(集荷場調査)

調査月	調査尾数	標識部位別の出現尾数(尾)			標識魚の出現率(%)
		脂鰭	脂鰭＋左腹鰭	脂鰭＋右腹鰭	
4月	68				
5月	69	3			4.3
6月	17	1			5.9
7月	42	1	2		7.1
8月	15				
9月	33				
10月	32				
計	276	5	2	0	2.5

表 3. 刺網調査でのヒメマス測定結果

調査月	測定尾数	被鱗体長(mm)			体 重(g)			胃内容物採取尾数	標識魚の出現尾数
		平均	最小	最大	平均	最小	最大		
4月	8	269.8	240	311	271.5	173.0	399.4	8	
5月	12	249.2	217	310	224.0	129.6	465.2	11	
6月	7	216.7	193	240	143.0	82.8	215.8	5	
7月	10	225.2	192	277	161.3	93.5	248.4	10	
8月	21	271.0	225	313	302.6	171.1	420.3	15	1
9月	7	231.1	193	278	182.9	89.1	329.0	4	
10月	6	219.0	200	236	151.3	113.9	194.5	6	
計	71	247.1			225.6			59	1
	2022年	230.8			170.2				

(2) ワカサギ

4～6 月で合計 90 尾を測定し、そのうち胃内容物採取尾数は合計 39 尾で、5～6 月は成熟や放卵個体が増加し、それらは空胃であった(表 4)。これらから、成熟盛期は例年同様、5～6 月と考えられた。ワカサギの平均被鱗体長は 84.7 ㎜(最小 58 ㎜～最大 99㎜)、平均体重 4.7g(最小 1.4g～最大 8.4g)で、前年とほぼ同程度であった。なお、採取したヒメマスとワカサギの胃内容物は分析用に秋田県へ送付した。

表 4. 刺網調査でのワカサギ測定結果

調査月	測定尾数	被鱗体長(mm)			体 重(g)			胃内容物採取尾数
		平均	最小	最大	平均	最小	最大	
4月	30	86.7	74	97	5.7	3.1	8.4	15
5月	30	87.8	74	98	5.0	3.0	8.4	16
6月	30	79.8	58	99	3.4	1.4	5.3	8
計	90	84.7			4.7			39
	2022年	83.2			4.3			

4. 親魚調査

(1) 魚体測定

今期のヒメマス遡上開始は 9 月 22 日頃で、例年より 3 週間程遅れた。これは、猛暑により高水温が続き、ふ化場前の水温降下も遅延した影響が大きいものと考えられた。

そのため、ヒメマスの採捕親魚は、雌 650 尾、雄 1,168 尾の計 1,818 尾と前年の 34%に減少した(図 6)。2001 年以降では、2006 年 970 尾、2002 年 1,132 尾、2005 年 1,731 尾に次いで過去 4 番目に少なかった。

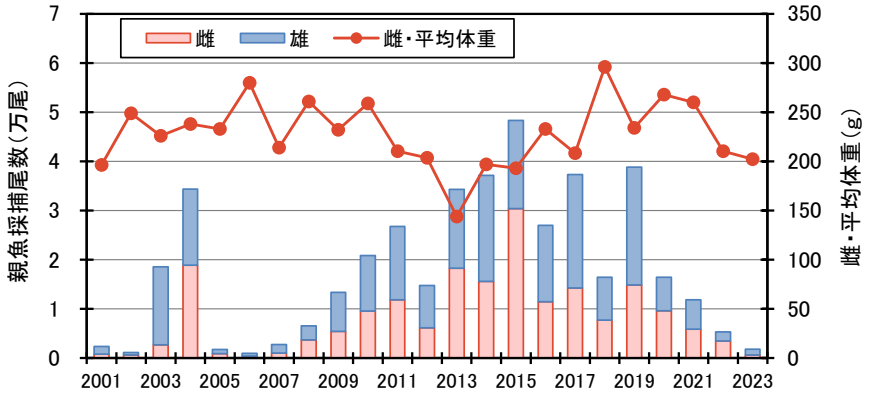


図 6. ヒメマス親魚採捕数と雌平均体重の経年変化

表 5. 種苗生産用ヒメマス親魚の測定結果

	測定尾数	被鱗体長(mm)			体 重(g)			標識魚(尾)	混入率(%)
		平均	最小	最大	平均	最小	最大		
雌	152	242.8	202	316	202.3	102.6	494.2	24	4.5
雄	141	243.2	190	344	197.0	79.3	484.9	12	2.6
※標識魚の確認尾数は、雌531尾、雄468尾.							計	36	3.6

そのうち、種苗生産用に使用したヒメマス親魚は、雌 535 尾、雄 488 尾の計 1,023 尾であった。

雌は合計 152 尾を測定し、平均被鱗体長 242.8 ㎜(最小 202 ㎜～最大 316 ㎜)、平均体重 202.3g(最小 102.6g～最大 494.2g)、雄は合計 141 尾を測定し、平均被鱗体長 243.2 ㎜(最小 190 ㎜～最大 344 ㎜)、平均体重 197.0g(最小 79.3g～最大 484.9g)で、雌雄とも標識魚の体長から満 4 歳が多いと推定される被鱗体長 22 ㎝～26 ㎝の出現割合が高かった(表 5、図 7)。

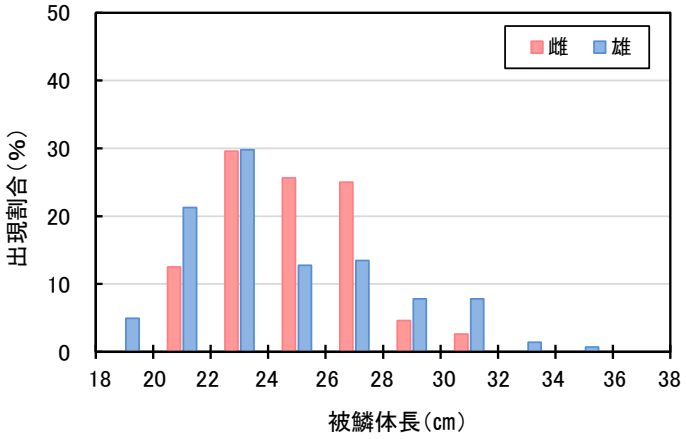


図 7. 種苗生産用ヒメマス親魚の体長組成

親魚の標識魚の混入率は、雌 4.5%(531 尾のうち 24 尾)、雄 2.6%(468 尾のうち 12 尾)、合計 3.6%で、

前年(1.7%)より高かった(表 5)。集荷場調査での標識魚の出現も回復していることから、放流魚の親魚までの生残はそれ程心配ないと思われる。

標識部位から推定したヒメマス親魚の雌雄別の年齢組成(満年齢)は、雌雄とも 3～6 歳が出現し、4 歳魚が主体で、前年(3 歳魚が主体)より高齢魚が多かった(表 6)。今期の 8 月頃までの漁獲主群がそのまま親魚回帰したものと考えられた。

表 6. 標識部位から推定したヒメマス親魚の年齢組成

満年齢	標識部位	雌	出現割合(%)	雄	出現割合(%)
3歳魚	脂鰭＋左腹鰭	7	29.2	4	33.3
4歳魚	脂鰭	14	58.3	6	50.0
5歳魚	脂鰭＋右腹鰭	1	4.2	0	0.0
6歳魚	脂鰭＋左腹鰭	2	8	2	17
	計	24 尾	100	12 尾	100

(2) 採卵

回帰親魚の大幅な減少により採卵も 3 回のみ(10 月 17 日、10 月 27 日、11 月 5 日)で、採卵数も合計 210 千粒と前年(1,050 千粒)を大きく下回った。採卵した雌の平均体重は 202g と前年(210g)と同程度であったが、1 尾当たりの採卵数は 394 粒と前年(370 粒)より微増した。前年より 1 歳多い 4 歳魚が主体のため採卵数が微増したと思われる。発眼率は 79.1%(発眼数 17 万粒)で、前年(88.3%)より 9 ポイント減少し、卵質もあまり良い状態でなかったものと考えられた。

5. 表層水温

十和田湖ふ化場前沖の表層水温は、猛暑の影響で 8 月 6 日から平年比 3℃以上となり 10 月 5 日頃までの 2 か月間は 20℃以上の高水温が続いた。特にヒメマス親魚の遡上時期の 8 月下旬から 9 月末頃までは平年より 4℃～5℃高め(最大＋5.6℃)で推移した(図 8)。

これまでにない高水温が採捕親魚数の大幅な減少の大きな要因と推察された。前年 8 月の大雨による土砂大量流入に続き、ヒメマス親魚遡上には厳しい環境変化が続いた。

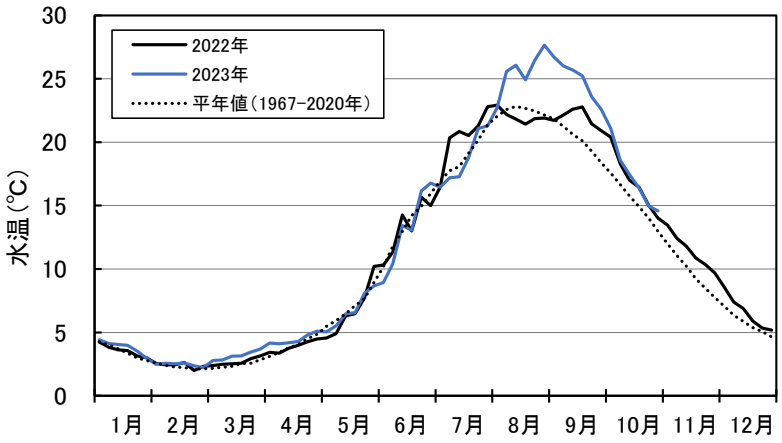


図 8. 十和田湖ふ化場前の表層水温の推移

6. 放流種苗調査

2022 年秋に採卵したヒメマス放流稚魚は、2023 年 3 月 23 日に 19.4 万尾(平均体重 0.33g)、4 月 21 日に 17.4 万尾(同 0.93g)、5 月 15 日～19 日に 3.6 万尾(同 3.02g)、6 月 14 日に 29.6 万尾(同 3.64g)の合計 70 万尾が放流された。近年、秋田県の保菌検査において細菌性腎臓病(BKD)が確認されていることから、飼育密度を適宜軽減し魚病の発症を抑

表 7. ヒメマス稚魚の放流状況(2022 年春)

回次	放流月日	放流尾数(尾)	標識尾数(尾)	標識有無	標識部位	平均被鱗体長(cm)	平均体重(g)
1	2023/03/23	194,000		－		(3.4)	0.33
2	2023/04/21	174,000		－		(4.4)	0.93
3	2023/5/15-19	35,558	35,558	○	脂鰭	6.3	3.02
4	2023/06/14	296,442		－		6.8	3.64
	計	700,000	35,558			5.2	2.0

( )は推定値

制するために、4回の分散放流が行われ、そのうち5月放流群35,558尾に脂鰭カットの標識(標識率5.1%)が施された(表7～8)。

表8. ヒメマス稚魚の放流状況(2015～2023年)

放流年		放流月	放流尾数(尾)	標識尾数(尾)	標識率(%)	標識部位	平均被鱗体長(cm)	平均体重(g)
2015	H27	4-6月	700,000	26,111	3.7	脂鰭＋左腹鰭	5.6	2.5
2016	H28	3-6月	700,000	31,636	4.5	脂鰭＋右腹鰭	5.7	2.4
2017	H29	3-6月	700,000	46,764	6.7	脂鰭	5.2	2.1
2018	H30	3-6月	700,000	28,240	4.0	脂鰭＋左腹鰭	5.6	2.3
2019	R01	3-6月	700,000	43,600	6.2	脂鰭＋右腹鰭	4.7	1.9
2020	R02	3-6月	700,000	55,866	8.0	脂鰭	6.0	2.6
2021	R03	3-6月	700,000	45,178	6.5	脂鰭＋左腹鰭	6.6	2.1
2022	R04	3-6月	700,000	34,727	5.0	脂鰭＋右腹鰭	6.4	2.9
2023	R05	3-6月	700,000	35,508	5.1	脂鰭	5.2	2.0

※平均被鱗体長、平均体重は全・放流回数(3-4回)の平均値

考　察

ヒメマス漁獲量は、稚魚放流数が2010年から70万尾を維持して以降、10～23トンと比較的安定してきたものの、2020年以降は10トンを下回り、2022年漁期は2011年以降で最低の7.8トンとなった。一方、集荷場分は高鮮度出荷のため、漁獲量には含まれない自家消費(未出荷分)もあり、これを加算してヒメマス資源量指標とした(表9)が、それでも2020年以降は10トン未満で、2022年は9.1トンと減少傾向が続いている。2023年は操業自主規制もあったが資源量指標3.2トンと急減し、ヒメマス資源の減少が憂慮される。前年8月の大雨による環境変化も懸念され、実際、秋田県の動物プランクトン調査では、主要餌料ハリナガミジンコが例年同様8月に出現したものの前年よりやや減少、10月には少なかった前年よりさらに減少し、全く出現しなかった定点が4点あるなど出現水準が大幅に低下している。また、青森県と秋田県の環境サイドが継続モニタリングしている湖心1定点におけるクロロフィルa量(植物プランクトン発生の指標)についても、2023年春季は前年より大幅に低下との速報結果があり、主要餌料ハリナガミジンコの発生への影響が示唆される。

表9. ヒメマス資源量指標

(単位:kg)

漁期年	漁獲量	自家消費	合　計
2020	8,336	821	9,157
2021	8,384	1,344	9,728
2022	7,777	1,275	9,052
2023	2,482	693	3,175

一方、ヒメマス体重別の胃内容物の出現傾向をみると、体重250g未満では主に5～6月は魚類(主にワカサギ仔稚魚)と陸生昆虫、7～9月はヨコエビ類が主体で、主要餌料ハリナガミジンコは8月のみの摂餌となり、体重250g以上では主に魚類(主にワカサギ仔稚魚)の摂餌であった。近年の出現傾向とは異なり、今期漁獲量が増加したワカサギ仔稚魚を摂餌している場合が多かった。2023年は2^{+}魚の漁獲割合が少なく、餌料の減少による成長遅延の影響の一端が見え始めていると考えると、ハリナガミジンコの減少は特に体重250g未満のヒメマスの成長への影響が懸念される。

これらから、今後も餌料環境やヒメマスの成長、資源変動などの動向を注視していく必要がある。

文　献

1) 高田ら(2022)湖沼河川における水産資源の安定化と活用に関する研究(十和田湖ヒメマスの資源対策調査). 令和4年度秋田県水産振興センター業務報告書,P133-144.

2) 高田ら(2023)湖沼河川における水産資源の安定化と活用に関する研究(十和田湖ヒメマスの資源対策調査). 令和5年度秋田県水産振興センター業務報告書,印刷中.

資源管理基礎調査事業（ワカサギ、シラウオ）

鳴海　一侑

目　的

小川原湖における重要魚種であるワカサギ、シラウオの漁獲状況等を調査し、資源管理方策の基礎資料とする。

材料と方法

1. 漁獲動向調査

小川原湖漁協船ヶ沢分場において取扱いのワカサギ、シラウオについて、月別漁獲量を集計した。

2. 魚体測定調査

2023 年 4 月～2024 年 3 月、小川原湖船ヶ沢分場に水揚げされたワカサギ、シラウオについて、それぞれ漁法別(定置網、船曳網)に月 1 回 80 尾を目標として魚体測定を行った。成熟状況の指標として、両魚種の生殖腺重量指数(生殖腺重量÷体重×100)を求めた。また、シラウオの雌は成熟程度の判定として、未熟(卵径が小さく弾力がない)、成熟(卵径が大きく弾力・粒々感あり)、放卵の状況を整理した。

結果と考察

1. 漁獲動向調査

(1) ワカサギ

2023 年 1～12 月の小川原湖漁協船ヶ沢分場のワカサギ漁獲量は、104.7 トン(対前年比 117%)で前年を上回った(図 1)。2023 年級群の月別漁獲量は、1 月～3 月にかけて漁獲が少なかったが、9～12 月は過去 3 年平均を上回った(図 2)。

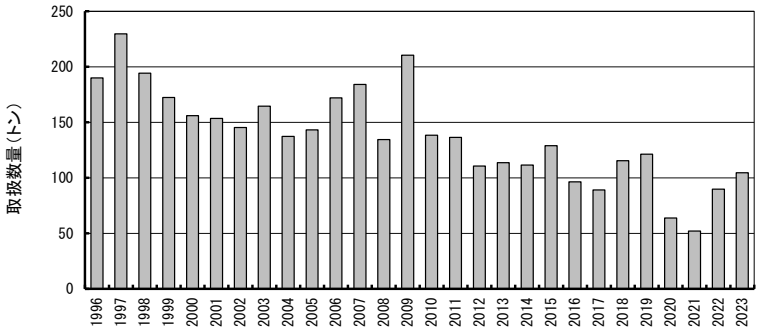


図 1. ワカサギ漁獲量の経年変化

（小川原湖船ヶ沢分場取扱い、1～12 月集計値）

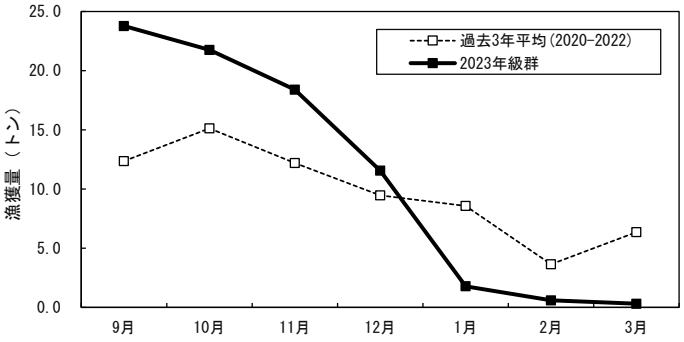


図 2. ワカサギ取扱数量の月別変化

（小川原湖船ヶ沢分場取扱い）

(2) シラウオ

2023 年 1～12 月の小川原湖漁協船ヶ沢分場のシラウオ漁獲量は、6.3 トン(対前年比 38%)で前年を下回った(図 3)。2023 年級群の月別漁獲量はシラウオの生食用出荷の自主規制による漁獲制限の影響を受け過去 3 年平均を大きく下回った(図 4)。

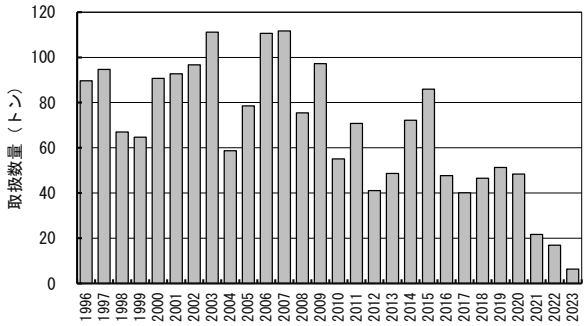


図 3. シラウオ漁獲量の経年変化

（小川原湖船ヶ沢分場取扱い、1～12 月集計値）

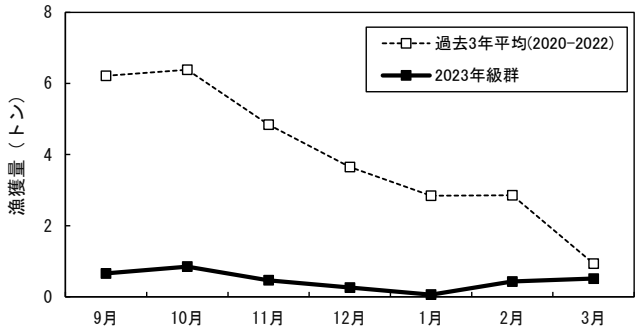


図 4. シラウオ取扱数量の月別変化

（小川原湖船ヶ沢分場取扱い）

2. 魚体測定調査

（1）ワカサギ

2023 年級群のワカサギの成長は、前年に比べて定置網、船曳網とも低調であった(図 5、6)。成熟状況調査では 2022 年級群では成熟個体は雌雄とも 10 月下旬から確認されたが、2023 年級群では 12 月下旬から確認された。成熟個体の出現は前年度の群よりも遅かったが生殖腺重量指数では、例年通り 3～4 月に高い値を示した(図 7)。小川原湖におけるワカサギの産卵時期は 3～4 月頃[1)]と言われており、成長はやや前年度よりも劣るが成熟は順調に進んでいるものと思われた。

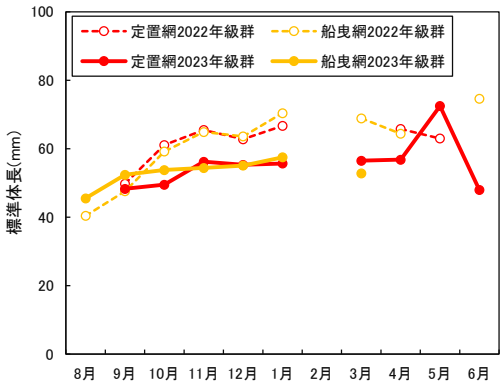


図 5. 漁獲されたワカサギの平均標準体長の推移

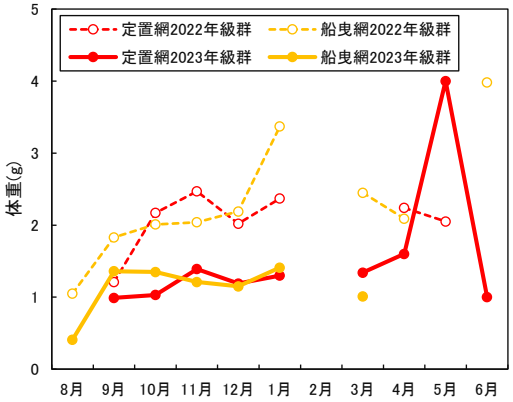


図 6. 漁獲されたワカサギの平均体重の推移

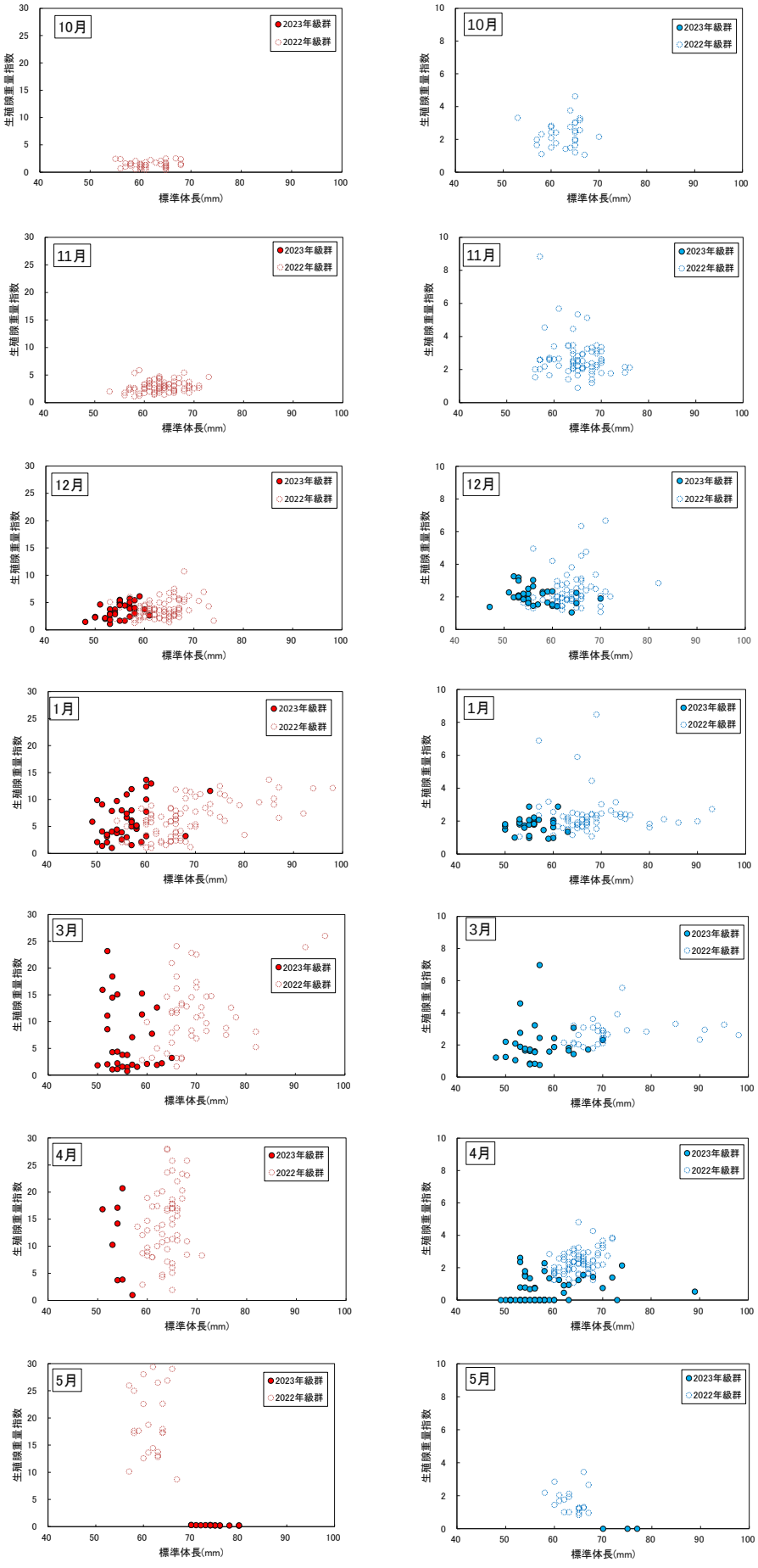


図 7. ワカサギの生殖腺重量指数の月別変化(左:雌、右:雄)

（2）シラウオ

2023 年級群のシラウオは、前年と比較して低調に成長した(図 8、9)。2023 年 4 月 26 日から 6 月 22 日の期間に小川原湖漁業協同組合曳網部会と三八地方水産事務所が共同で実施したシラウオ産卵調査結果[2)]によると、2023 年のシラウオ卵の出現密度は平年並みで、平成 25 年以降 4 番目に多かった(平均 1,012 個/m²)。

当研究所の成熟状況調査で、2022 年級群は産卵時期である 2023 年 6 月 16 日時点で未熟個体が多く成熟の遅れがみられたが、2023 年級群では 2024 年 6 月 14 日時点でほぼ全数が成熟個体であり生殖腺重量指数も高く、放卵個体も確認出来たことから 2021 年級群と同様[3)]に 6 月が産卵のピークと考えられた(図 10)。

シラウオの漁獲量は2022年から実施している生食用出荷の自主規制により1996年以降最も少なかった。また、2012 年から 2021 年までのシラウオ卵出現密度と漁獲量を集計すると、過年度のシラウオ卵出現密度と漁獲量の間に同様の傾向がみられた(図 11)。そのことより、シラウオ漁の自主規制が続く場合、2023 年級群は多く湖内に残り、翌春の産卵に寄与することが期待される。

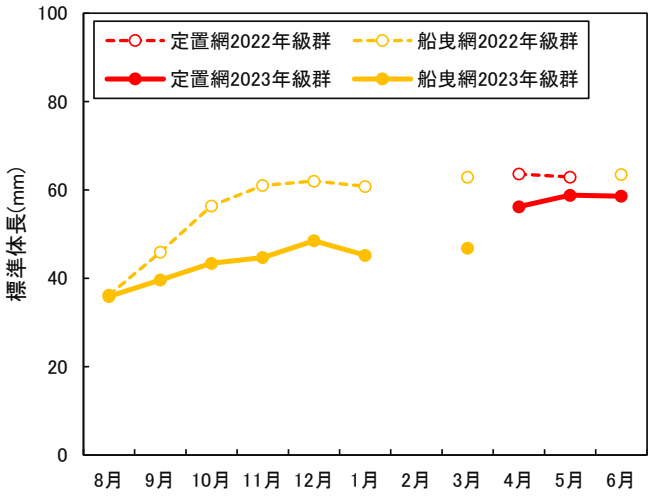


図 8. 漁獲されたシラウオの平均標準体長の推移

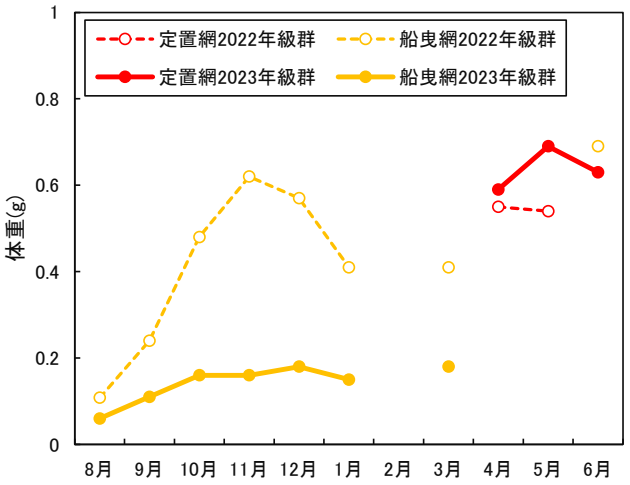


図 9. 漁獲されたシラウオの平均体重の推移

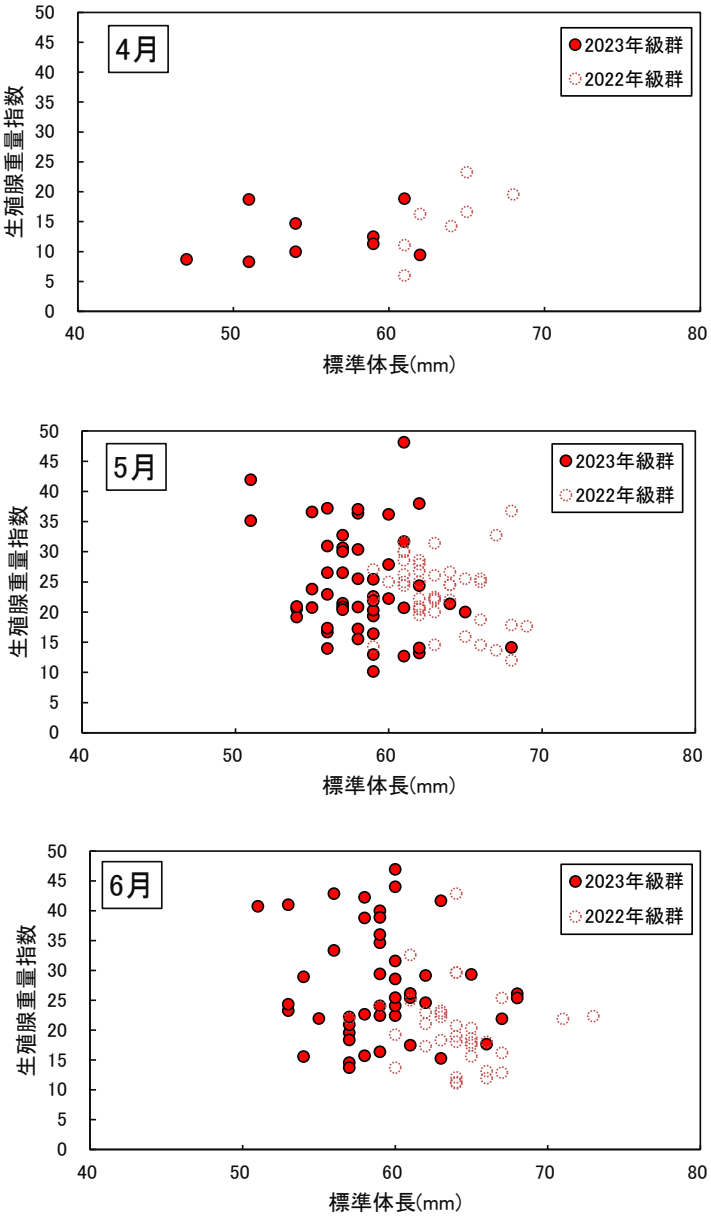


図 10. シラウオ(雌)の生殖腺重量指数の月別変化

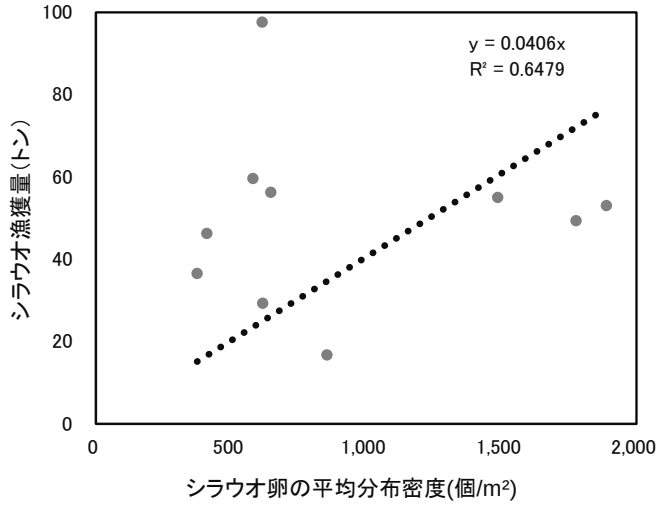


図 11. 2012～2021 年のシラウオ卵の平均分布密度と漁獲量の関係

文　献

1) 片山知史（1996）小川原湖のワカサギ個体群に関する資源生態学的研究,東北大学農学部水産資源学講座学位論文

2) 令和 4 年小川原湖におけるシラウオの産卵調査結果(2022 年 7 月)小川原湖漁業協同組合曳網部会、三八地方水産事務所

3) 鳴海一侑(2022)資源管理基礎調査事業(ワカサギ、シラウオ).2022 年度青森県産業技術センター内水面研究所報告,12-15.

「青い森紅サーモン」生産力強化事業

鈴木　亮、鳴海　一侑、髙橋　進吾、松田　忍、沢目　司

目　的

「青い森紅サーモン」の生産量の増大に向けて、養魚場の確保や養魚場での増産技術を確立し、養殖業者の生産力の強化に取り組む。

材料と方法

1. 新規養魚場での養殖検討

新規養魚場候補として、現在休止している養魚場「フィッシングパークのへじ」において、水質等環境調査及び成長段階別養殖試験を実施した。

(1) 水質等環境調査

マルチポータブル水質計（㈱堀場アドバンスドテクノ社製：LAQUA　WQ-320J）を用いて溶存酸素量、pH 等の測定を定期的に行った。また、水温については自記式水温計（Onset 社　ティドビット V2）を設置し、4 時間間隔で測定した。

(2) 新規養魚場候補での養殖試験

試験魚には母系に青森系ニジマス、父系に海水耐性系ドナルドソンニジマスを掛け合わせた全雌三倍体ニジマス（以下、青い森紅サーモンと称す。生産マニュアルでは、5 つの品質基準[1)]を全て満たしたものを「青い森紅サーモン」としているが、本報告では同じ方法で作出した魚を示す名称として、これを使用する。）を用いた。2022 年 10 月 14 日に平均体重 220g まで内水面研究所で飼育した青い森紅サーモンの幼魚 150 尾を屋外池 10t（長さ 11m×幅 1.5m×水深 0.6m）へ収容し、飼育試験を行った。飼育用水は河川水のかけ流し、給餌量については餌料効率を 100%として、魚体重あたり 0.2-0.9%の給餌率で給餌した。また、定期的に尾叉長、被鱗体長、体重を測定した。

2. 増産技術の向上検討

(1) 飼育環境モニタリングシステムの開発

工業総合研究所と共同で開発し 2022 年 11 月 18 日に内水面研究所内へ設置した、飼育環境モニタリングシステムへ新たなに 5 項目（湿度、照度、紫外線量、気圧、揮発性有機化合物）の取得データの追加を行った。また、改良後のシステムを 2023 年 9 月 5 日に、フィッシングパークのへじへ設置した。

(2) 酸素溶解機を用いた飼育試験

注水量 4t/h で換水率は 0.5 回転/h（基準 1 回転/h[1)]）に設定した内水面研究所の屋外池 10t（水量 8t）へ、飼育密度が 2.7%（基準密度 3%[1)]）になるように、平均体重 1.5 kgの青い森紅サーモン 140 尾を収容した。そこへ出力 0.4kw の水中ポンプ（川本製作所社製：WUP4-505-0.4S）を用いた酸素溶解機（図 1）を設置し、高密度飼育を行った。溶存酸素量のモニタリングについては、飼育環境モニタリングシステムを用いた。



図 1. 水中ポンプを用いた酸素溶解機

結果と考察

1.　新規養魚場での養殖検討

(1) 水質等環境調査

2022 年 9 月～2023 年 12 月のフィッシングパークのへじにおける水温は 0.2～21.2℃、溶存酸素量は 7.94～11.39mg/L で推移した（図 2）。

水温について、観測期間中の最低水温は 2023 年 1 月 27 日に記録した 0.17℃、最高水温は 2023 年 8 月 12 日の 21.22℃であった。青い森紅サーモンの中間育成期における適飼育水温は 8～16℃とされている [1)]。観測期間中に適飼育水温外である 8℃未満の日は概ね 12 月から翌 4 月の期間中 178 日、17℃以上の日は概ね 7 月から 9 月の期間中 76 日であった。観測した合計日数は 478 日、適飼育水温外の日数は上限下限合わせて 254 日で、その割合は 53.1%と観測期間中の約半分は適飼育水温外であったことから、湧水を用いた養魚場に比べて水温だけで観た飼育環境は青い森紅サーモンを養殖する上で厳しい環境であることが分かった。しかし、今回観測した期間は約 1 年間のみのデータであるため、青い森紅サーモンの養殖施設としての適否については、今後もデータを収集して総合的な判断が必要であると考える。

溶存酸素量については、4 mg/L[1)]を下回ることはなく、概ね 8 mg/L 以上の値であったことから青い森紅サーモンを養殖する上で十分であると考える。

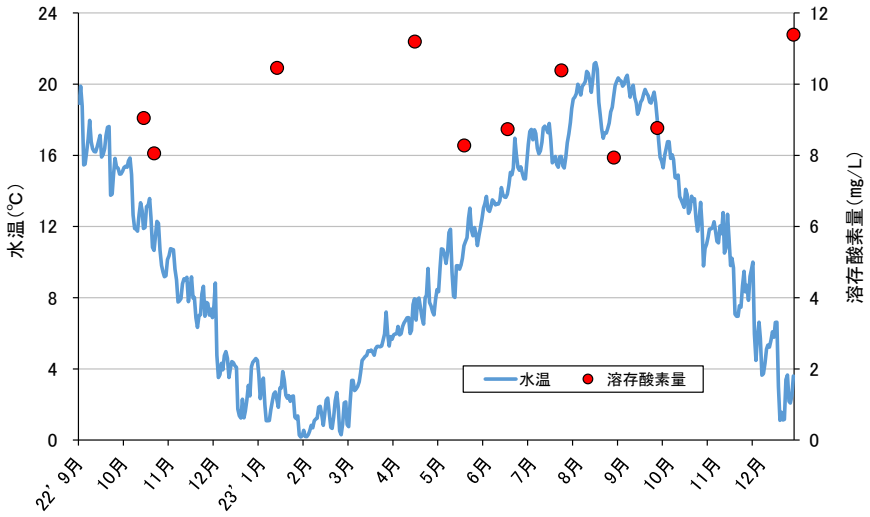


図 2.　フィッシングパークのへじにおける溶存酸素量と水温の推移

(2) 新規養魚場候補での養殖試験

2024 年 3 月 27 日現在で、平均尾叉長 446mm（Max:476、Min:400）、平均被鱗体長 415mm（Max:450、Min:367）、平均体重 1,438g（Max:1,904、Min:944）であった（図 3、図 4、図 5）。生残数は 120 尾（生残率 80%）であった。

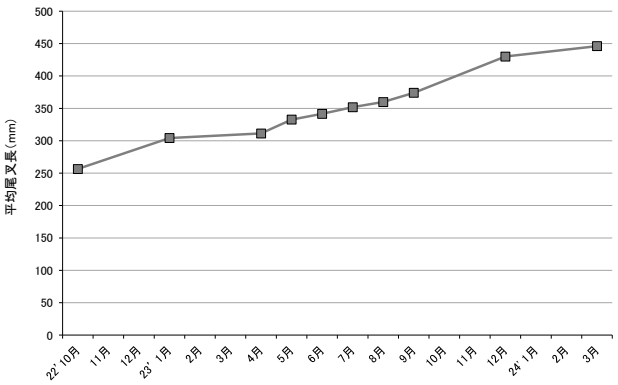


図 3.　フィッシングパークのへじにおける試験魚の平均尾叉長の推移

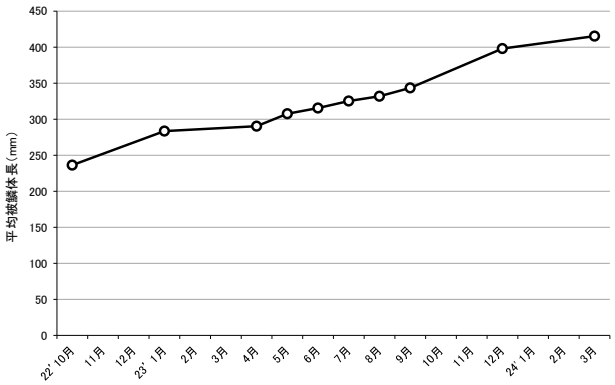


図 4.　フィッシングパークのへじにおける試験魚の平均被鱗体長の推移

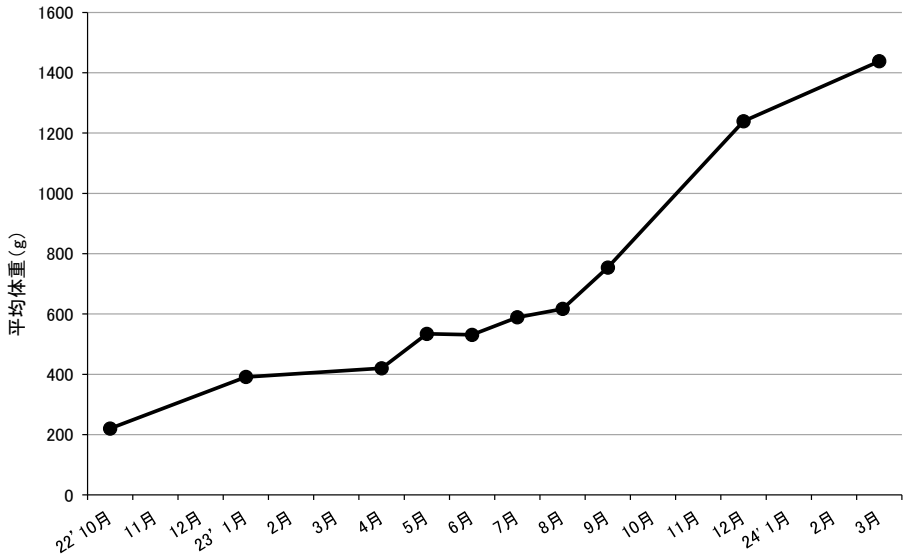


図 5. フィッシングパークのへじにおける試験魚の平均体重の推移

2. 増産技術の向上検討

(1) 飼育環境モニタリングシステムの開発

これまでの水温、溶存酸素量、気温の他、新たに湿度、照度、紫外線量、気圧、揮発性有機化合物の 5 項目を取得できるよう改良した。改良した同システムを内水研試験池及びフィッシングパークのへじの溶存酸素量や水温等をモニタリングし、減産防止対策のためのデータを収集した。

フィッシングパークのへじに設置した飼育環境モニタリングシステムで取得した水温データと自記式水温計による水温データを比較したところ（図 6）、概ね同様の傾向を示していたことから、同システムを用いて水温観測を行っても問題ないことが示された。溶存酸素量については、付着物などの影響で乱高下することが確認されたため、設置場所の検討などが必要と考えられた（図 7）。

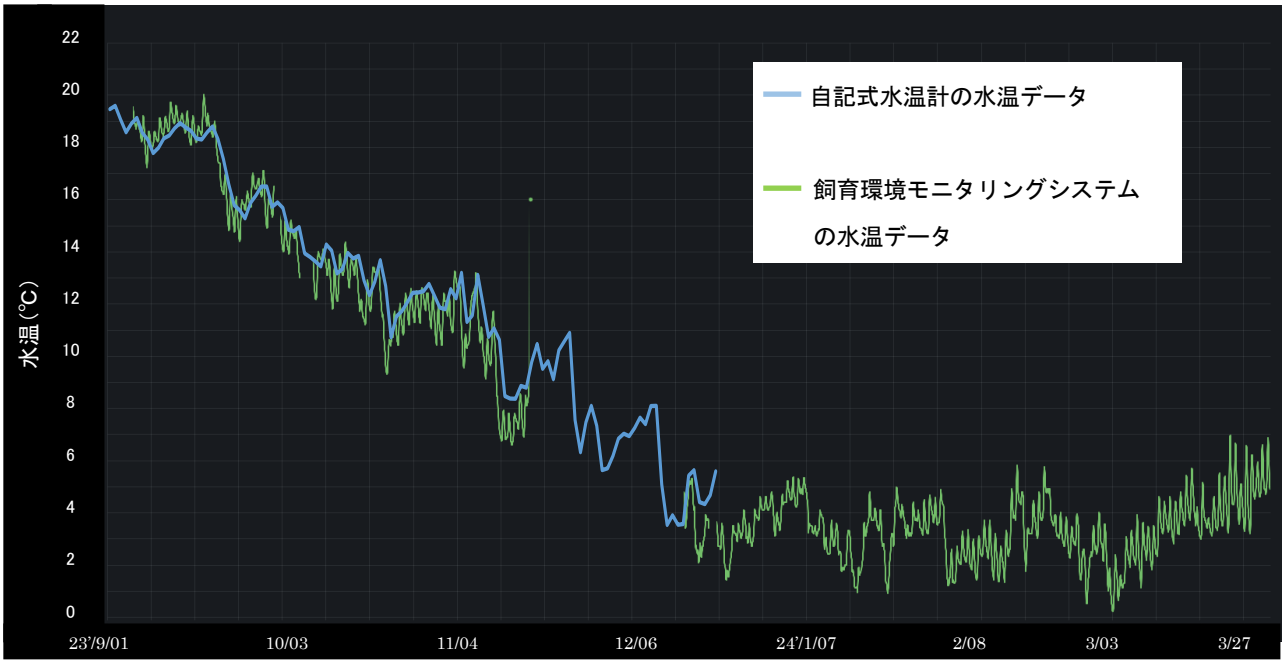


図 6. フィッシングパークのへじに設置した飼育環境モニタリングシステムと自記式水温計の水温比較

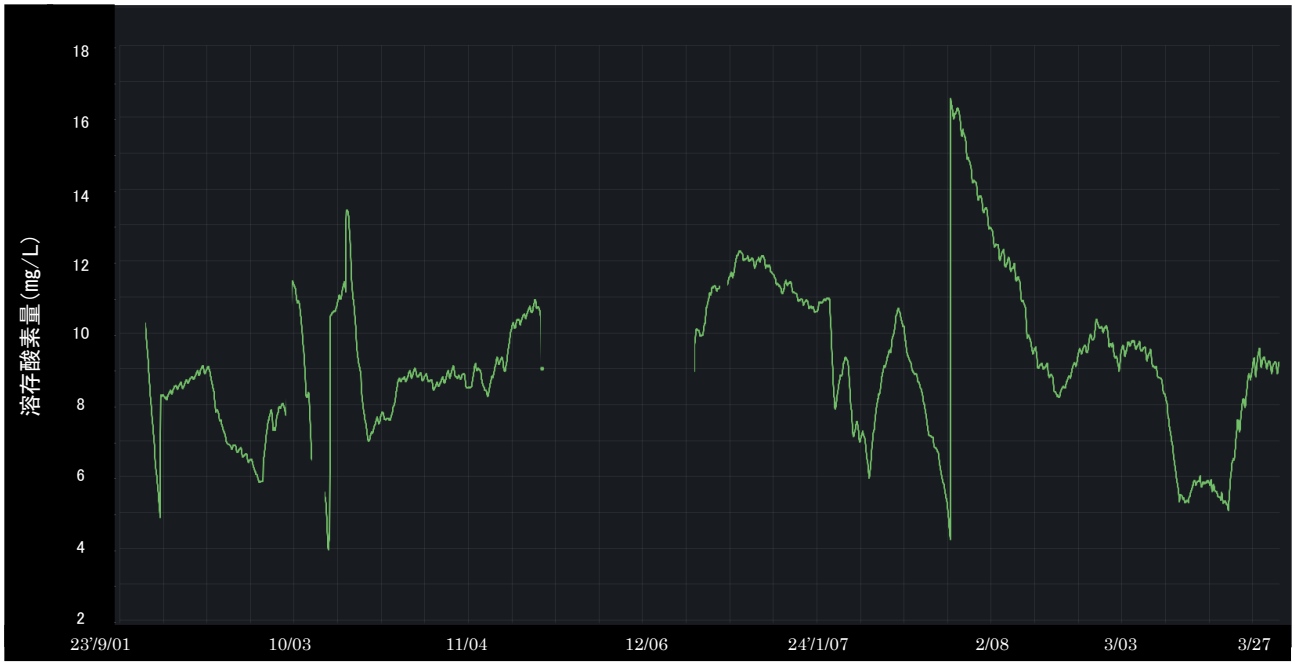


図 7. フィッシングパークのへじに設置した飼育環境モニタリングシステムによる溶存酸素量の推移

(2) 酸素溶解機を用いた飼育試験

水中ポンプを用いた酸素溶解機によって、溶存酸素量 3 ㎎/L 以上の上昇を確認した。また、2024 年 3 月末現在で給餌量、餌料効率から算出した平均体重は 2.0kg と推定され、飼育密度は 3.7%になると推察された。これまでの累計へい死尾数は 4 尾で生残率 97.1%と、規定密度である 3%[1] を超えた 3.7%まで飼育可能であることを確認した（図 8）。

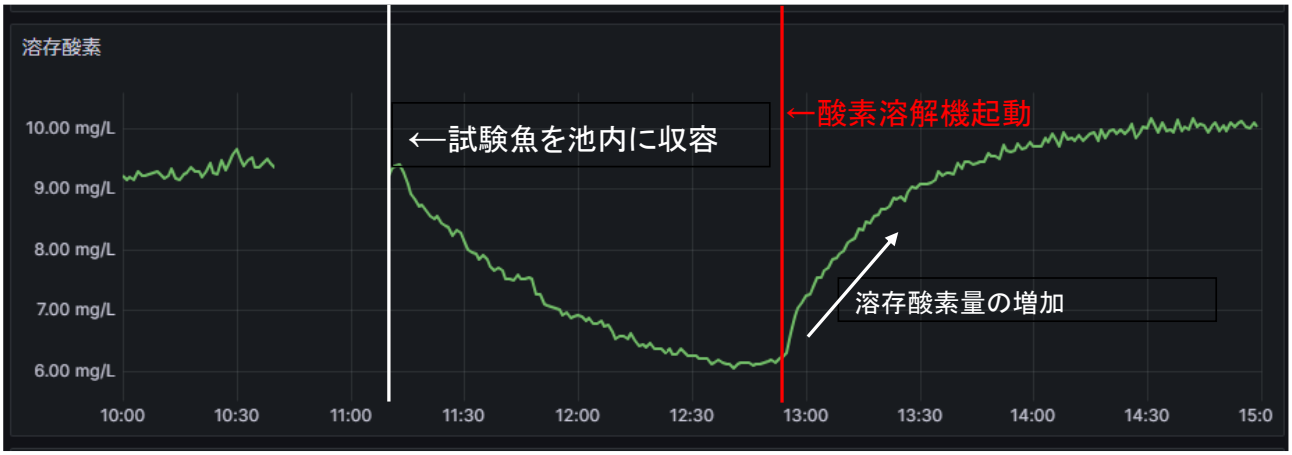


図 8. 飼育環境モニタリングシステムによる溶存酸素量の推移（内水面研究所）

文　献

1) 「青い森紅サーモン」生産マニュアル(2020). 青森県産業技術センター内水面研究所

海面サーモンの地域特産品化技術事業

鳴海　一侑、髙橋　進吾、鈴木　亮、沢目　司、松田　忍

目　的

海面養殖用種苗として利用され、内水面研究所が保有するスチールヘッド系ニジマス(以下「スチールヘッド系」とする)について、淡水下で継続飼育した際の成長特性や海水馴致時の体重による影響を調べた。

材料と方法

1. 海面養殖用種苗の淡水継続飼育下での成長特性の把握

(1) 試験魚

内水面研究所で作出した平均体重 3.7g のスチールヘッド系全雌二倍体 150 尾及び、平均体重 3.9g のスチールヘッド系全雌三倍体 150 尾を用いた。三倍体魚については、受精卵を吸水 10 分後に恒温水槽(アドバンテック東洋社製、TBR601DB)で 26℃・20 分間温度処理を行い、第二極体放出を阻止して作出したものを用いた。

(2) 試験方法

2021年3月24日から2023年10月31日までの951日間実施した。湧水を掛け流しで飼育し、給餌は手撒きで1日3回行い、給餌量はライトリッツの給餌率表の150%量を与えた。体重が445g 以上に成長した試験魚には内水面研究所が作成した[1] 大型魚用の給餌率表(表1)の150%量を給餌した。対照群はライトリッツ及び、大型魚用の給餌率表に従った給餌を行った。

概ね 4～8 週間に 1 回の頻度で試験魚全数の尾叉長及び体重を測定し、生残数を確認した。成長に伴い飼育密度が過密になった際は飼育密度の調整をした。

表 1. 大型魚用の給餌率表

体重 (g)	445～945	945～1,445	1,445～1,945	1,945～2,445	2,445～2,945	2,945～3,445	3,445～3,945	3,945～4,445	4,445～4,945
1日の給餌率 (%)	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1

2. 小型海面養殖用種苗の海水適応能の評価及び成長特性の把握

(1) 試験魚

海面養殖開始の目安体重 500g に満たない小型種苗を想定し、淡水飼育時の給餌量を調整した平均体重 424g のスチールヘッド系全雌二倍体 140 尾を用いた。

(2) 試験方法

2023 年 11 月 28 日に、内水面研究所から活魚運搬車を用いて水産総合研究所の屋外 15 トンコンクリート水槽へ試験魚を収容し、海水馴致を行った。試験魚は事前に 7 日間の餌止めを行い、活魚輸送時の収容密度は 10%程度を上限とした。試験魚を活魚運搬車へ積み下ろす際に暴れることで鱗が剥がれるなど、ハンドリングによる影響を減らすために麻酔した。麻酔方法は、定法として FA100(物産アニマルヘルス㈱)を用いることが望ましいが、海水育成時に FA100 を用いた場合に翌日にへい死が見られることがあるため[2]、2-フェノキシエタノールを 3,000～4,000 倍に希釈して用いた。また、活魚水槽には予め酸素ボンベを用いて用水に十分に酸素を溶解させてから試験魚を投入し、投入後は清浄な用水で試験魚の体表面から分泌された粘液などが無くなるまで水槽内の水を入れ替えた。輸送中は溶存酸素量を適宜測定した。

海水馴致は 50%海水から始め、25 時間かけて 100%海水になるよう淡水を入れて調整した(表 2)。海水馴致終了後、7 日後の 2023 年 12 月 5 日に生残数を確認した。その後、2023 年 12 月 6 日から 2024 年 6 月 19 日のまでの 196 日間育成を行った。飼育に用いた用水は陸奥湾から水産総合研究所へ汲み上げたものをかけ流しで使用した。

育成期間中の給餌量は体重の 1.1～1.4%として、手撒きで 1 日 2～3 回行った。2024 年 6 月 20 日に魚体測定を行い、うち 40 尾は生殖腺重量などを精密測定した。へい死魚については体重のみ測定した。試験期間中の水温は水槽に自記式水温計(Onset 社製、TidbiT®V2)を設置し、1 時間毎に水温を観測した。気温は青森地方気象台の青森のデータを参考とした。

表 2. 海水馴致の実施状況

時刻	経過時間	飼育水に占める海水の割合(%)
2023/11/28 16:00	0:00	50
2023/11/28 17:30	1:30	60
2023/11/29 7:00	15:00	70
2023/11/29 17:00	25:00	100

結果と考察

1. 海面養殖用種苗の淡水継続飼育下での成長特性の把握

スチールヘッド系全雌二倍体の 150%給餌群での平均体重は 4,510g(最大 5,560g、最小 3,710g)、100%給餌群では平均体重 3,581g(最大 3,940g、最小 3,060g)だった(図 1)。スチールヘッド系全雌三倍体は、150%給餌群では平均体重 4,676g(最大 5,080g、最小 4,290g)、100%給餌群では平均体重 3,857g(最大 4,390g、最小 3,180g)だった(図 1)。全ての試験区で期間生残率は概ね 80%から 100%程度で良好だった(表 3、表 4)。

試験に用いたスチールヘッド系全雌二倍体は満 2 才時点で性成熟が確認され、2023 年 1 月 31 日に成熟卵の空搾りを実施している[1)]。その後の成長は性成熟しない全雌三倍体に比べ低調に推移し、満 3 才時の体重では全雌三倍体をやや下回り(図 1)、生産コストや成熟の影響を考慮する必要があるが、海面養殖だけでなく淡水養殖にも活用が可能と考えられる。

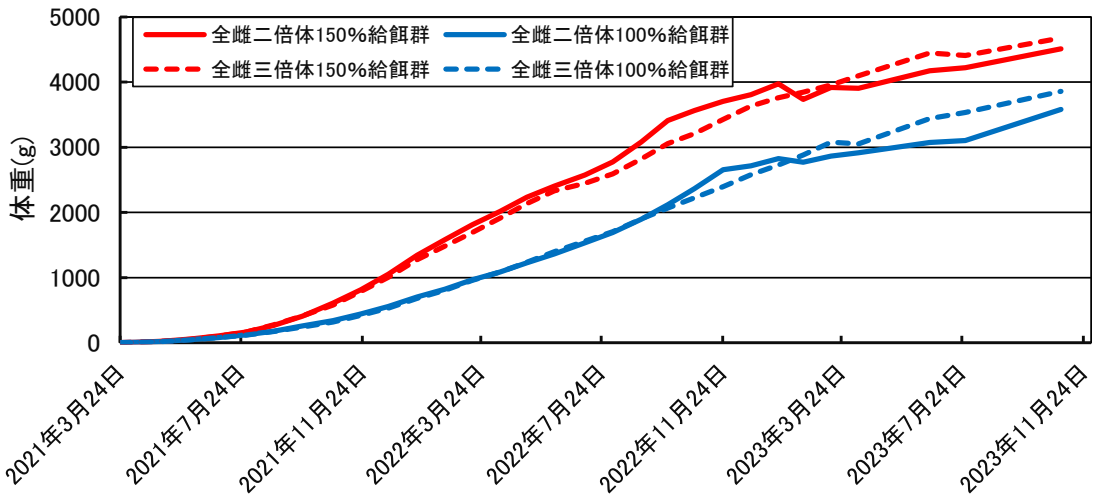


図 1. スチールヘッド系の淡水継続飼育下での平均体重の推移

表 3. 全雌二倍体の生残数の推移

測定実施日	150%給餌群			100%給餌群		
	生残数(尾)	へい死数(尾)	期間生存率(%)	生残数(尾)	へい死数(尾)	期間生存率(%)
2021年03月24日	150	–	–	–	–	–
2022年03月15日	75	–	–	76	–	–
2022年07月07日	69	6	92	74	1	98
2022年10月26日	59	1	98*	59	1	98*
2023年03月13日	23	7	77**	24	6	80**
2023年06月21日	20	3	87	23	1	96
2023年07月27日	20	0	100	23	0	100
2023年11月01日	10	0	100***	9	1	90***

表 4. 全雌三倍体の生残数の推移

測定実施日	150%給餌群			100%給餌群		
	生残数(尾)	へい死数(尾)	期間生存率(%)	生残数(尾)	へい死数(尾)	期間生存率(%)
2021年03月24日	150	–	–	150	–	–
2022年03月15日	67	–	–	78	–	–
2022年07月07日	63	6	94	77	1	99
2022年10月26日	58	2	97*	60	0	100*
2023年03月13日	29	1	97**	30	0	100**
2023年06月21日	25	4	86	30	0	100
2023年07月27日	25	0	100	30	0	100
2023年11月01日	10	0	100***	10	0	100***

*2022年7月7日に飼育尾数を60尾に調整(60尾に対する生残率)
**2022年10月27日に飼育尾数を30尾に調整(30尾に対する生残率)
***2023年7月27日に飼育尾数を10尾に調整(10尾に対する生残率)

2. 小型海面養殖用種苗の海水適応能の評価及び、成長特性の把握

(1) 海水適応能の評価

活魚輸送時の収容密度は 7.4%で、搬入終了まで 2 時間 20 分を要した(表 5)。海水馴致時及び馴致終了後 7 日経過時点でへい死はなかった。馴致終了から 12 日経過後に 1 尾のへい死が確認されたが体重 134g と極めて小型の個体だった。海水馴致後 3 カ月経過した 2 月 28 日時点での生残数は 133 尾で、生残率は 95%と高く、体重 400g 台の小型種苗であっても目立ったへい死は発生しなかった(図 2)。

表 5. 小型海面用種苗の運搬状況

地点	時刻	運搬時間	溶存酸素量 (mg/L)	水温 (℃)	平均魚体重 (g)	尾数	水槽容量 (m^3)	収容密度 (%)	備考
内水面研究所	2023/11/28 13:10	-	12.25	12.2	424	140	0.8	7.4	運搬開始
七戸町	2023/11/28 13:48	0:38	20以上	12.4	↓	↓	↓	↓	溶存酸素量測定
東北町	2023/11/28 14:35	1:25	20以上	12.2	↓	↓	↓	↓	溶存酸素量測定
水産総合研究所	2023/11/28 15:30	2:20	10.45	11.5	↓	↓	10.0	0.6	運搬完了

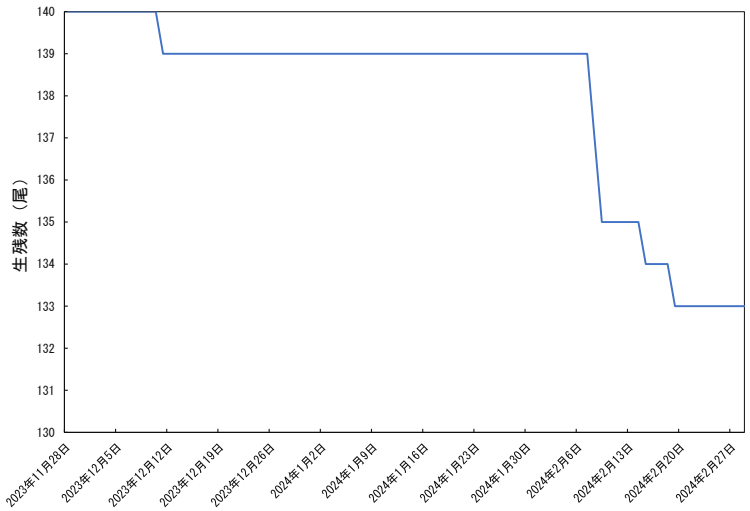


図 2. 海水馴致開始から 3 カ月間の生残数の推移

(2) 成長特性の把握

海水育成終了時の平均体重は 1,257g(最大 2,007g、最小 697g)だった(図 3、4)。生殖腺重量指数(GSI(%)＝生殖腺重量×100/体重)は 0.04～0.8%だった(図 5)。生殖腺は未発達であり性成熟しないことを確認した。

試験期間中の水温は 5.2℃から 19.3℃、気温は-8.1℃から 23.3℃で推移した(図 6)。試験終了間際に急激に水温が上昇したが、18℃以上の高水温での飼育日数は 4 日間のみで、概ね試験期間中は適水温であった。

試験終了時の生残数は 89 尾であり、へい死尾数は 51 尾だった(図 6)。へい死魚の平均体重は 732g(最大 1,345g、最小 134g)だった。商品サイズとされる 2,000g 以上の個体は 1 尾だった。

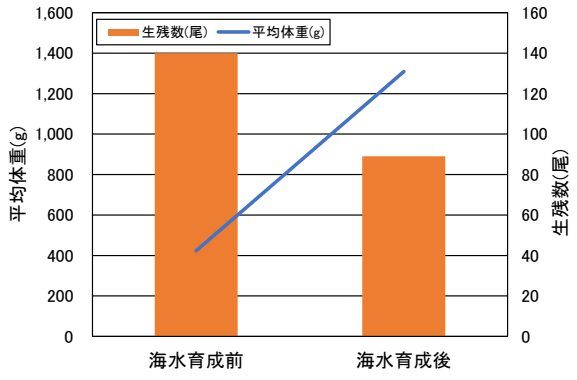


図 3. 海水育成時における体重と生残数の変化

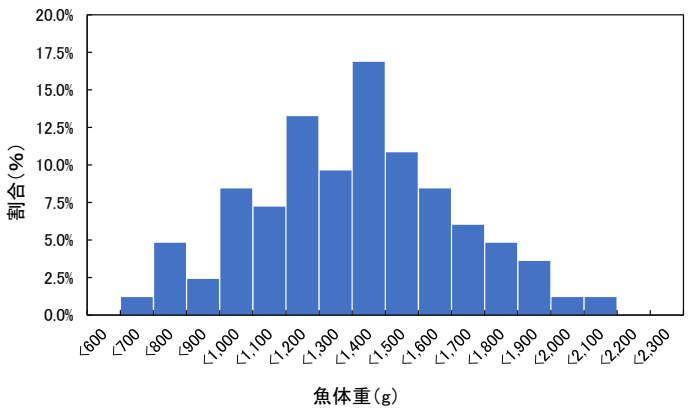


図 4. 海水育成時における体重の分布

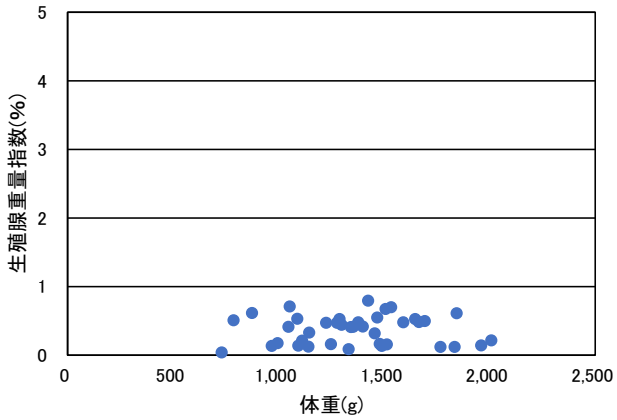


図 5. スチールヘッド系全雌ニ倍体の生殖腺重量測定結果

青森県の海面養殖サーモンは 500g 以上の種苗を 5～8 ヵ月間、海面で育成し 2,000g 以上を出荷サイズとしているが、体重 500g 未満の小型種苗では大多数が出荷サイズに到達しないことが示唆された。

生残率は 64%(生残数 89 尾、試験尾数 140 尾)だったが、2021 年度に実施した体重 610g の種苗を用いた同様の海水育成試験[3)]では、生残率は 92%(生残数 55 尾、試験尾数 60 尾)であり、従来の試験と比較して低い結果となった。試験開始から翌年 4 月末頃までの生残率は 90%以上だったが、その頃から水温の上昇がみられ、へい死数が急増した(図 6)。飼育に用いた用水は湾内からの汲み上げであり、気温などの天候による影響を水温に反映しやすい。へい死要因として 4 月末以降の寒暖差などが水温に反映され、試験魚がストレスとして受けてしまった可能性が考えられる。

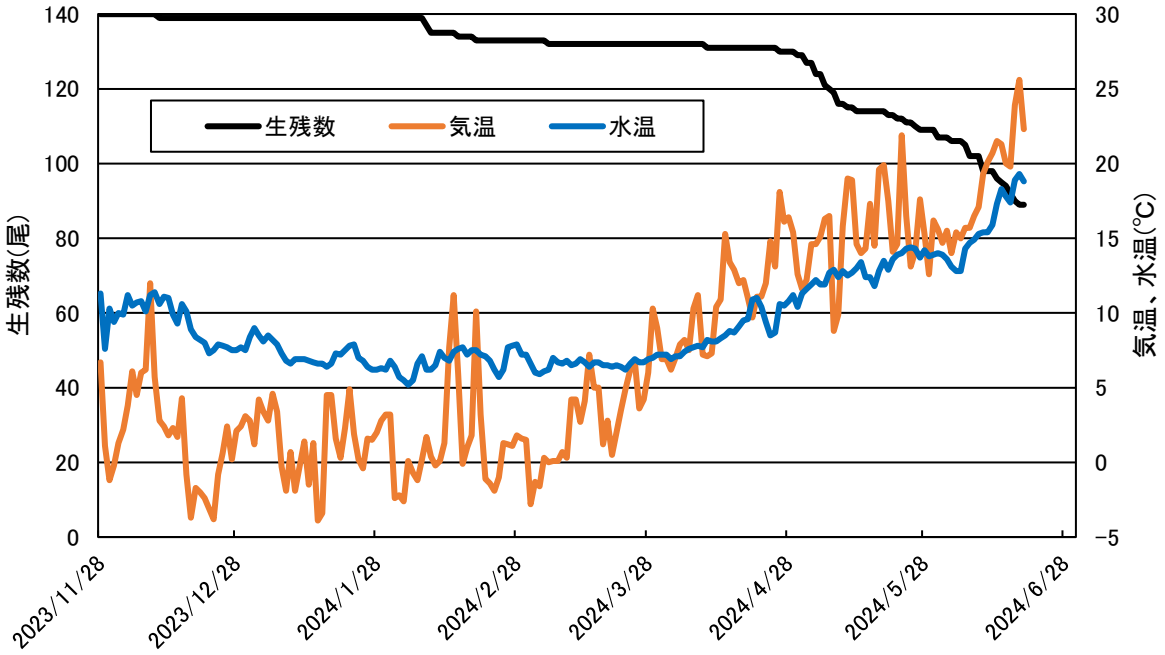


図 6. 海水育成時における生残数、気温、水温の推移

試験魚の平均体重とへい死魚の体重を集計すると、へい死魚の多くが平均体重に満たない個体であった(図 7)。また、試験終了間際においても 400g 程度でほとんど成長していない個体がみられた。小型種苗は海水馴致直後には問題とならないが、その後の成長不良や、水温の上昇などのストレスによりへい死に繋がる可能性がある。

淡水育成期間の短縮や活魚輸送の効率化などのメリットが考えられるが、出荷サイズの小型化や、へい死の発生などのデメリットがあり、小型種苗を用いた海面養殖については、費用対効果などの検討が必要と思われる。

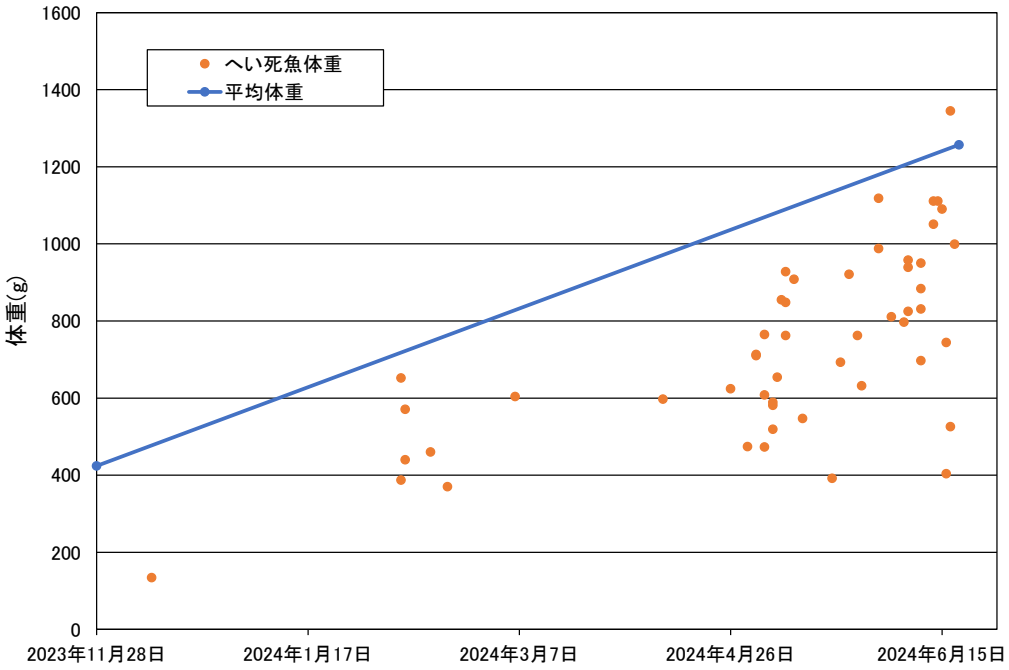


図 7. 海水育成時における平均体重とへい死魚の体重の関係

文　献

1) 牛崎圭輔、髙橋進吾、鳴海一侑、沢目司、松田忍(2022)海面サーモンの地域特産品化技術事業. 2022 年度青森県産業技術センター内水面研究所報告, 22-27.

2) 前田穣、沢目司、松田忍、鈴木亮(2014)大とろニジマス作出試験. 平成 26 年度青森県産業技術センター内水面研究所報告, 3-7.

3) 牛崎圭輔、前田穣、沢目司、松田忍(2021)海面サーモンの地域特産品化技術事業. 2021 年度青森県産業技術センター内面研究所報告, 24-29.

シジミの大型種苗生産技術と放流手法の開発事業

遠藤　赳寛

目　的

本県内水面漁業の重要資源であるヤマトシジミの持続的漁業生産に向けた資源管理手法として、大型種苗生産技術と放流手法の開発を進めている（図 1）。事業最終年度となる 2023 年度は、冬期の閉鎖循環飼育にかかる電力コスト、春から秋の中間育成における種苗生産能力、放流サイズ、及び種苗生産にかかる総コストを検討し、マニュアルとして取りまとめた。

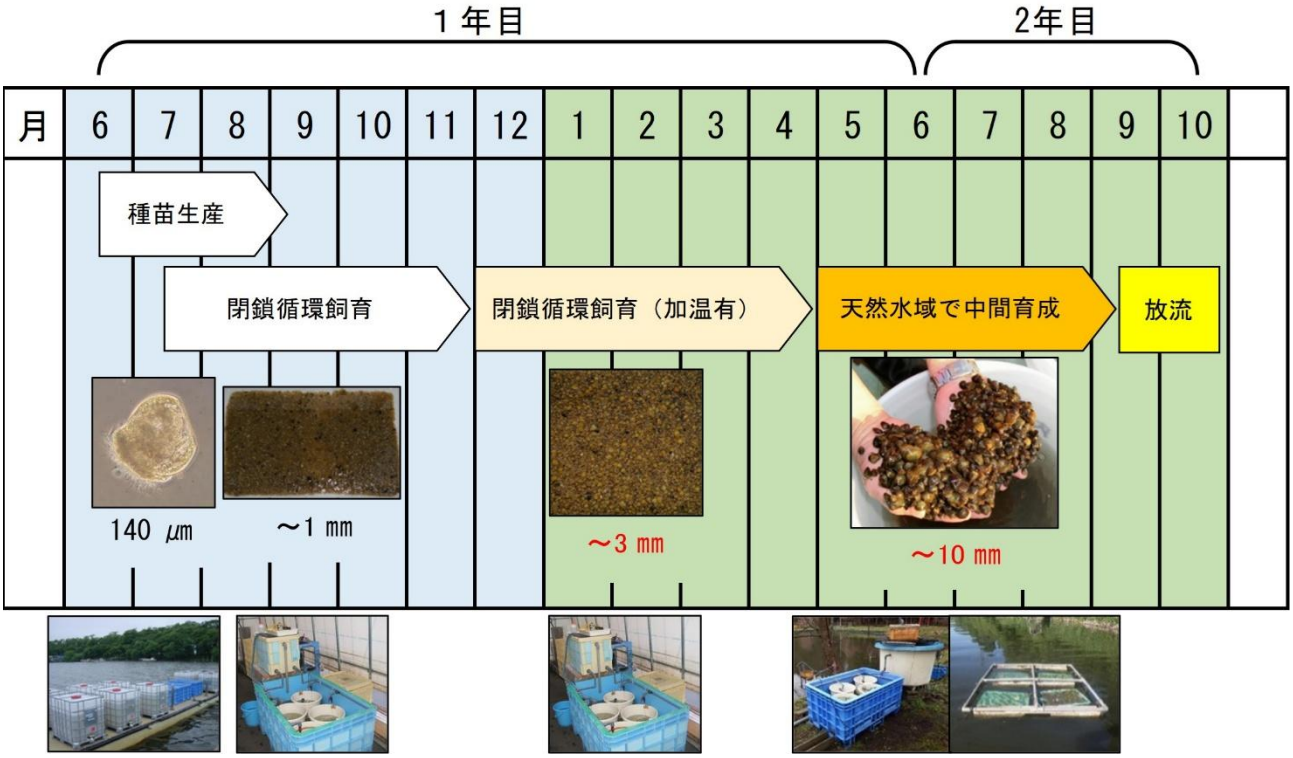


図 1. ヤマトシジミ大型種苗生産体制

材料と方法

1. 冬期の稚貝管理方法の検討

冬期の加温閉鎖循環稚貝管理における管理水温について、電力コストの面から検討するため、閉鎖循環システムを 28℃及び 20℃で運用した際の消費電力量の実測値を比較した。なお、種苗の成長は温度に依存し、従来は 28℃での管理を念頭に技術開発してきたが、松谷（2020）[1)]により 20℃で管理した場合においても十分に成長することを確認している。

実際に種苗を管理している水温 28℃及び 20℃の加温閉鎖循環飼育システム（図 2）[2)]について、2023 年 2 月 2 日から 2023 年 4 月 6 日までの 60 日間、循環用の水中ポンプ、給餌用の定量ポンプ及びサーモヒーターの積算消費電力量を記録した。積算電力量の測定にはワットチェッカー（ELPA、EC-03EB）を使用し、平日は原則毎日記録した。また、休日等で記録できなかった日については前後の積算消費電力量の測定値から推定してデータを補完した。

本試験のうち 2023 年 2 月 2 日から 2023 年 3 月 31 日については 2022 年度の閉鎖循環飼育試験の試験区を対象に実施し、4 月 1 日以降は本試験のために条件を変えずに種苗の管理を継続した。従って、詳細な運用条件は遠藤（2023）[2)]に記載のとおりである。

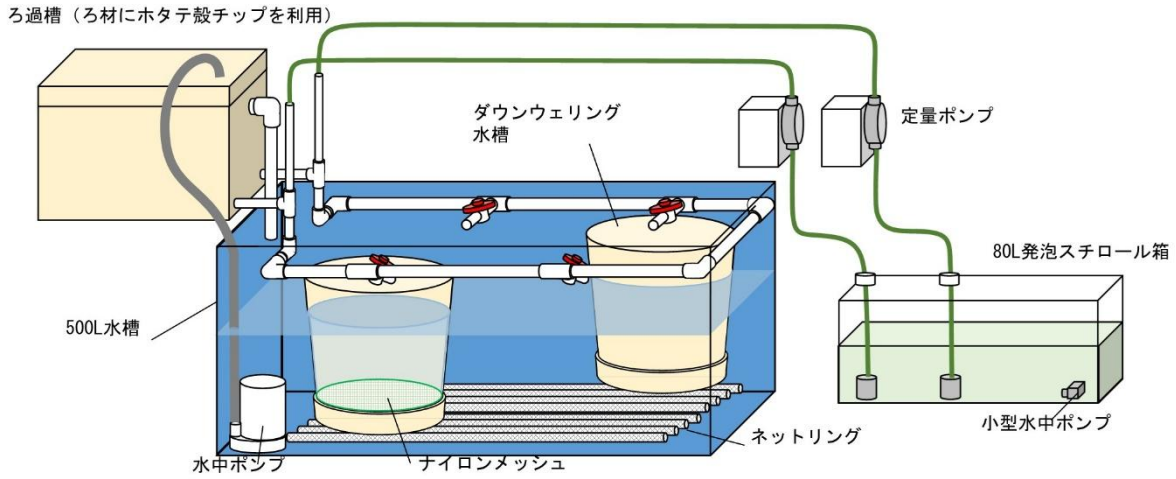


図 2. 試験に使用した閉鎖循環飼育システム（連続給餌ありの場合）

2. 春から秋の中間育成技術開発

遠藤（2023）で開発した籠垂下式の中間育成施設（図 3）[3)]における適切な稚貝管理数を検討するため、小川原湖に接続する姉沼（図 4）において、収容密度別に稚貝を管理し、成績を比較した。

塩ビ管とスタイロフォームで製作した 1.2m 四方の筏から 3 つの蓄養籠を水深約 10cm の位置に垂下し、それぞれに平均殻長 3.0 ㎜の稚貝を 1,000、2,000 及び 4,000 個体収容して中間育成した。試験には 2022 年に小川原湖産の親貝から種苗生産し、内水研で育成した稚貝を使用した。蓄養籠の内側には遠藤（2023）[3)]に準じて稚貝が散逸しないようにナイロンメッシュ及びトリカルネットを張り、基質として砂 2L を入れた。試験は 2023 年 5 月 17 日から 2023 年 9 月 26 日まで実施した。



図 3. 使用した筏（試験は籠 3 つで実施）



図 4. 中間育成試験実施地点

生残と成長の確認は月に 1 回実施した。測定はふるい（目開き 6.5㎜、4.0㎜、2.8㎜、2.0㎜ 及び 1.4㎜）を用いて稚貝を 4 つのサイズ階級（6.5㎜ 残、4.0㎜ 残、2.8㎜ 残、2.0㎜ 残及び 1.4㎜ 残）に分け、階級毎に実施した。各サイズ階級について生残数を確認した後、無作為に選んだ 100 個体（100 個体以下の場合は全数）の殻長をデジタルノギスで測定し、サイズ階級毎の平均殻長を求めた。また、試験区全体の平均殻長を以下により求めた。

$$試験区全体の平均殻長 = \frac{6.5mm残の平均殻長 \times 生残数 + 4.0mm残の平均殻長 \times 生残数 + \cdots + 1.4mm残の平均殻長 \times 生残数}{6.5mm残の生残数 + 4.0mm残の生残数 + \cdots + 1.4mm残の生残数}$$

試験期間中は水質計（YSI、 Pro30 及び東亜 DKK、MM-42DP）により水温、pH 及び溶存酸素量を適宜記録した。

3. 放流後の大型種苗の成長及び生残確認

2022 年度までの中間育成試験では目標放流サイズを殻長 10 ㎜として、主に殻長 10 ㎜以上で放流した場合の健苗性等を検討し、問題が無いことを確認してきた [3-4]。2023 年度は殻長 10 ㎜より小型の種苗を放流した場合の成長及び生残を確認するため、新たに殻長 8 ㎜程度の種苗を対象に標識放流試験を実施した。

2022 年の中間育成試験で得た平均殻長 9.9㎜ 及び 7.9㎜ の人工種苗（以下、10 ㎜放流群及び 8 ㎜放流群）各 160 個体について、ハンドルーターで殻に標識を施し、2022 年 10 月 4 日に小川原湖タカトリ地区の湖底に埋設した野菜籠（535㎜×370㎜×305㎜）に収容した。なお、試験中に籠が流されて紛失するリスクを分散するため野菜籠は 2 つ使用し、各籠に人工種苗と天然個体を 80 個体ずつ混ぜて収容した。籠は湖底から約 10㎝ 露出するように埋設し、上面には収容した稚貝の散逸を低減するため目合い 10 ㎜のトリカルネットを被せた。

2023 年 10 月 3 日に野菜籠を回収し、殻長及び重量を測定した。なお、結果的に籠の紛失はなく、各解析は 2 つの籠の個体をプールして実施した。

4. 種苗生産コストの検討

長崎（2022）[5]及び 2019～2023 年度の本事業の結果 [1-4, 6, 7]を基に、各システムの運用に要する電気代、人件費、餌代、種苗生産能力及び放流後の生残率を試算し、最終的に種苗生産によって漁獲サイズのヤマトシジミ 1 個体を得るのに要するコストを求めた。

5. 種苗生産マニュアルの作成

2019～2023 年度の本事業の結果 [1-4, 6, 7]をもとに、稚貝の越冬方法、中間育成方法及び放流方法をマニュアル化した。

結果と考察

1. 冬期の稚貝管理方法の検討

試験期間における 28℃及び 20℃に加温した場合の閉鎖循環飼育システム全体の消費電力量は図 5 のようになった。

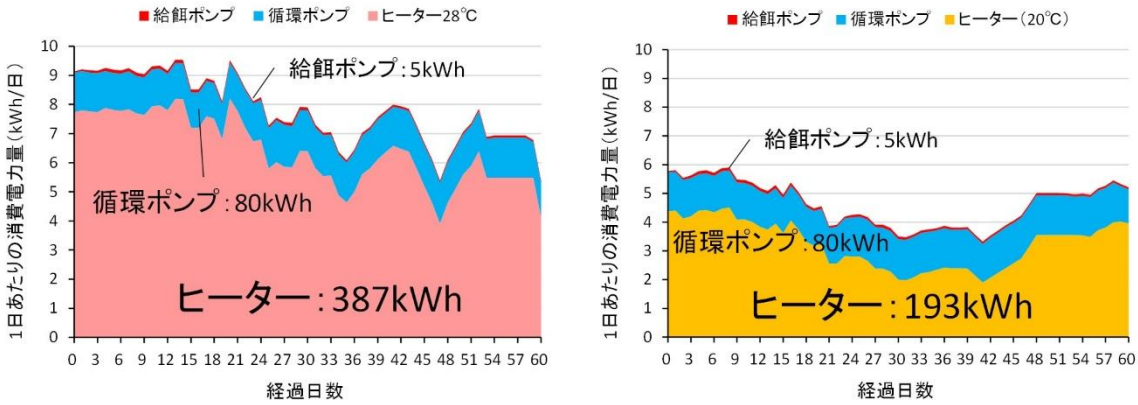


図 5. 水温 28℃（左）及び 20℃（右）の閉鎖循環飼育における 2 か月間の総消費電力量

60 日間の消費電力量の内訳は、循環用の水中ポンプが 80kWh、給餌用の定量ポンプが 5kWh、サーモヒーターが 28℃管理の場合で 387kWh、20℃の場合で 193kWh だった。2023 年 12 月現在の東北電力における電気代 36.46 円/kWh を基に、各水温で閉鎖循環飼育システムを 2 か月間運用した場合の電気代は、28℃管理の場合で 17,209 円、20℃管理の場合で 10,136 円となった。運用にかかる電力コストの大部分が加温によるもので、管理温度を 20℃に抑えることによって電気代を 41%削減できることを確認した。

2. 春から秋の中間育成技術開発

姉沼における試験期間中の水温、pH 及び溶存酸素量は図 6～8 のように推移した。

観測はいずれも日中に実施し、水温は 19.1～33.7℃、pH は 7.99～10.43、溶存酸素量は 4.3～検出限界の 22.0mg/L（55～220%）の範囲で推移した。特に溶存酸素量は 8 月中旬から下旬にかけて検出限界に達する極めて高い値を頻繁に記録した。2023 年 8 月の姉沼ではアオコの大量発生が確認されており（図 9）、日中は大量のアオコによる光合成で溶存酸素量が著しく上昇していたものと推察された。

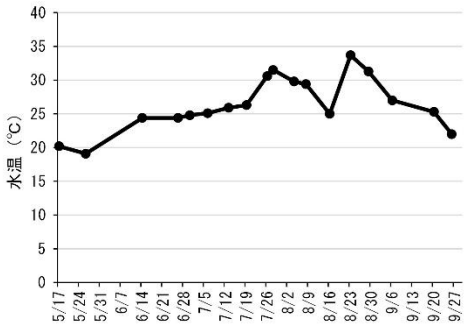


図 6. 中間育成試験における水温の推移

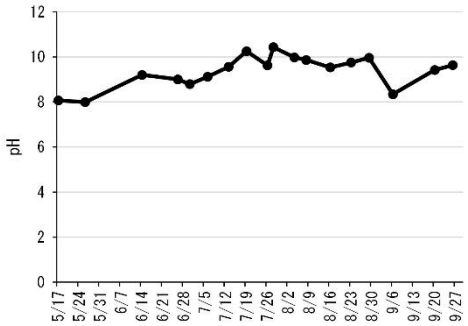


図 7. 中間育成試験における pH の推移

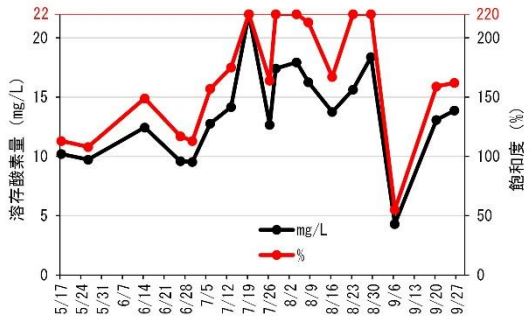


図 8. 中間育成試験における溶存酸素量の推移



図 9. 姉沼で発生したアオコ

各収容数における月別、サイズ階級別の平均殻長、生残率及び総重量は表 1 のようになった。また、各試験区の平均殻長及び生残率は図 10 のように推移した。

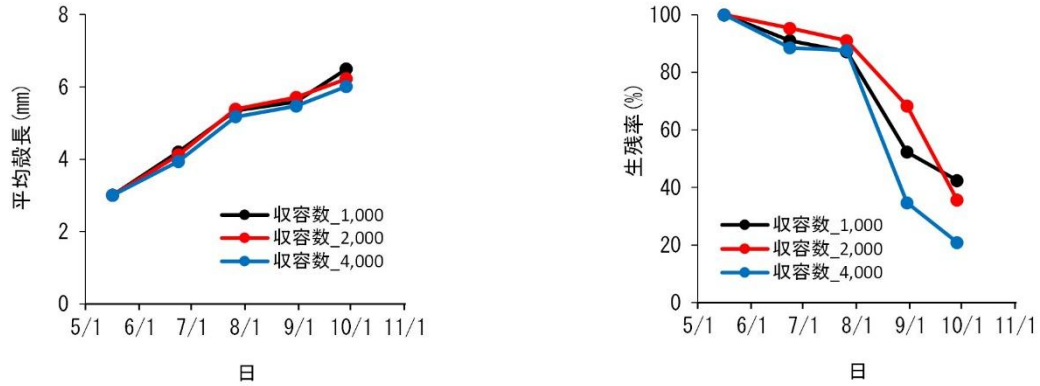


図 10. 中間育成試験における平均殻長（左）及び生残率（右）の推移

表 1. 中間育成試験における収容数別月別サイズ階級別の生残数、総重量及び平均殻長

収容数 1,000個体

測定日	1.4mm残			2.0mm残			2.8mm残			4.0mm残			6.5mm残			全体		
	平均殻長±SD(mm)	生残数(個)	総重量(g)	平均殻長±SD(mm)	生残数(個)	総重量(g)	平均殻長±SD(mm)	生残数(個)	総重量(g)	平均殻長±SD(mm)	生残数(個)	総重量(g)	平均殻長±SD(mm)	生残数(個)	総重量(g)	平均殻長±SD(mm)	生残数(個)	総重量(g)
5月16日	2.60±0.27	570	2.74	3.54±0.35	430	5.24	–	–	–	–	–	–	–	–	–	3.00±0.31	1,000	7.98
6月23日	2.70±0.23	101	0.68	3.68±0.42	414	6.01	4.96±0.53	356	11.60	6.57±0.48	39	2.80	–	–	–	4.20±0.46	910	21.09
7月26日	3.15±0.43	31	0.25	3.73±0.40	183	2.77	5.07±0.56	413	14.98	7.22±0.85	237	23.24	9.83±0.63	8	1.90	5.35±0.62	872	43.14
8月30日	2.82±0.11	3	0.02	3.85±0.51	100	1.42	5.09±0.66	238	8.89	7.08±0.73	172	16.08	9.87±0.58	10	2.30	5.59±0.65	523	28.71
9月28日	2.78±0.14	3	0.01	3.71±0.32	45	0.65	5.17±0.50	135	4.75	7.40±0.95	210	21.53	10.54±0.99	31	9.03	6.49±0.78	424	35.97

収容数 2,000個体

測定日	1.4mm残			2.0mm残			2.8mm残			4.0mm残			6.5mm残			全体		
	平均殻長±SD(mm)	生残数(個)	総重量(g)	平均殻長±SD(mm)	生残数(個)	総重量(g)	平均殻長±SD(mm)	生残数(個)	総重量(g)	平均殻長±SD(mm)	生残数(個)	総重量(g)	平均殻長±SD(mm)	生残数(個)	総重量(g)	平均殻長±SD(mm)	生残数(個)	総重量(g)
5月16日	2.60±0.27	1,140	5.46	3.54±0.35	860	10.46	–	–	–	–	–	–	–	–	–	3.00±0.31	2,000	15.92
6月23日	2.62±0.24	327	2.11	3.57±0.43	793	11.49	4.96±0.46	622	20.73	6.52±0.50	163	11.59	–	–	–	4.12±0.42	1,905	45.92
7月26日	2.93±0.25	88	0.59	3.76±0.42	482	7.10	5.10±0.60	712	26.07	7.42±0.96	502	52.00	10.26±0.53	35	8.48	5.38±0.67	1,819	94.24
8月30日	3.06±0.21	5	0.03	3.78±0.40	332	4.95	5.14±0.52	556	19.49	7.51±1.06	430	39.51	10.06±0.55	43	10.13	5.71±0.71	1,366	74.11
9月28日	2.86±0.15	18	0.12	3.70±0.32	99	1.42	5.20±0.51	261	9.20	7.33±1.03	270	28.29	10.61±0.90	63	18.58	6.22±0.76	711	57.61

収容数 4,000個体

測定日	1.4mm残			2.0mm残			2.8mm残			4.0mm残			6.5mm残			全体		
	平均殻長±SD(mm)	生残数(個)	総重量(g)	平均殻長±SD(mm)	生残数(個)	総重量(g)	平均殻長±SD(mm)	生残数(個)	総重量(g)	平均殻長±SD(mm)	生残数(個)	総重量(g)	平均殻長±SD(mm)	生残数(個)	総重量(g)	平均殻長±SD(mm)	生残数(個)	総重量(g)
5月16日	2.60±0.27	2,280	10.95	3.54±0.35	1,720	20.85	–	–	–	–	–	–	–	–	–	3.00±0.31	4,000	31.80
6月23日	2.63±0.23	568	3.87	3.68±0.38	1,699	27.65	4.85±0.47	1,273	42.01	–	–	–	–	–	–	3.93±0.40	3,540	73.53
7月26日	2.67±0.30	155	0.94	3.68±0.39	900	12.99	5.29±0.53	1,625	56.77	7.03±0.78	822	69.97	9.59±0.22	2	0.18	5.17±0.56	3,504	140.85
8月30日	2.76±0.26	12	0.10	3.88±0.45	292	4.12	5.23±0.58	654	24.56	7.00±0.71	427	37.89	8.75	1	0.14	5.47±0.60	1,386	66.81
9月28日	2.67±0.35	3	0.01	3.64±0.36	89	1.20	5.02±0.58	339	11.50	7.33±0.89	393	40.18	10.00±0.43	10	2.28	6.01±0.73	834	55.17

試験終了時の平均殻長は収容数 1,000 個体で 6.5㎜、収容数 2,000 個体で 6.2㎜、収容数 4,000 個体で 6.0㎜だった。また、生残率は収容数 1,000 個体で 42.4%、収容数 2,000 個体で 35.6%、収容数 4,000 個体で 20.9%だった。

成長、生残ともに収容数が少ない方が最終的な結果は良かったものの、全体的に過年度の姉沼における中間育成試験と比較して成績が著しく悪かった。遠藤（2023）[3)]では中間育成開始時の平均殻長が 3.6㎜とやや大きいものの、今回と同様の施設で収容数 1,000 個体、育成期間 5 月 18 日から 10 月 28 日の条件において、試験終了時の平均殻長が 8.9㎜、生残率が 91%だった。また、遠藤（2022）[6)]では平均殻長 3.8㎜、収容数 1,500 個体、育成期間 5 月 14 日から 9 月 9 日の条件において、試験終了時の平均殻長が 7.7㎜、生残率が 85%だった。

本試験ではいずれの収容数においても 7 月までは 80%以上の高い生残率を維持していたものの、8 月以降に著しく低下した。また、7 月から 8 月の測定までの期間はいずれの収容数においても成長が停滞しており、これらは日中の溶存酸素量が著しく高くなった時期と対応している。日中に光合成をしたアオコ等の植物は夜間になると呼吸に転じ、酸素を消費することから、8 月中～下旬の姉沼は夜間に著しい貧酸素に曝されていたと考えられ、シジミの成長、生残に影響した可能性がある。

本試験の結果のみをもって、開発した中間育成施設における最適な収容数を決定することはできないものの、遠藤(2023)[3)]の結果を踏まえると、環境条件が著しく悪い場合を除き、少なくとも 1,000 個体程度は管理可能であると考えられた。

2019～2023 年度にかけて実施した一連の中間育成試験の結果[1,3,4,6)]から、稚貝の成長及び生産は環境条件により制限されることが示唆された。近年富栄養化が顕在化し、特に夏季に水質悪化が目立つ小川原湖周辺水域においては、適宜水質をモニタリングし、斃死が懸念される状況となった場合には育成期間を短縮して早期に放流するなど、柔軟な管理スケジュールをとることが望ましい。

3. 放流後の大型種苗の成長及び生残確認

2022 年に放流した 10 ㎜放流区及び 8 ㎜放流区の個体について、生残個体及び死殻を籠ごと回収した（表 2）。なお、両群とも籠外へ稚貝の散逸があり全数の回収はできず、回収率は 10 ㎜放流区で 47.5%、8 ㎜放流区で 30.6%だった。回収率は 8 ㎜放流群で有意に低く（chi-square test、$p<0.01$）、これは殻長が小さいことにより籠外に抜けやすかったことによると考えられた。

回収個体に占める生残個体の割合を 2 群間で比較したところ、有意な差は無かった（chi-square test、$p>0.05$、図 11）。また、試験終了時の平均殻長は 10 ㎜放流区が 19.6㎜、8 ㎜放流区が 18.7㎜で、10 ㎜放流区が有意に大きかったが（Student t-test、$p<0.01$、図 12）、両群ともに放流から 1 年で漁獲の目安となる殻長 18.5㎜に達し、放流後の成長は良好だった。

2 群間で回収率に差が出たものの、回収できた個体に基づく試験結果から、籠外に散逸した未回収個体においても同等に成長、生残しているとすると、殻長 8 ㎜で放流した場合においても十分な成長、生残が期待できると考えられた。

表 2. 標識放流試験における放流・回収時の平均殻長、生残数、死殻数、生残率及び回収率

測定日	8㎜放流区					10㎜放流区				
	平均殻長±SD（mm）	生残数（個）	死殻数（個）	生残率（%）	回収率（%）	平均殻長±SD（mm）	生残数（個）	死殻数（個）	生残率（%）	回収率（%）
2022/10/3	7.93±0.29	160	−	−	−	9.88±0.29	160	−	−	−
2023/10/3	18.69±1.54	47	2	95.9	30.6	19.62±1.49	73	3	96.1	47.5

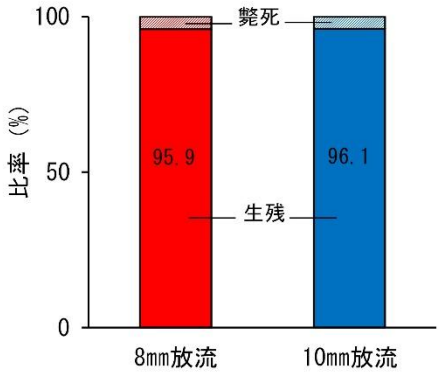


図 11. 標識放流試験において回収された個体に占める生残/斃死の比率

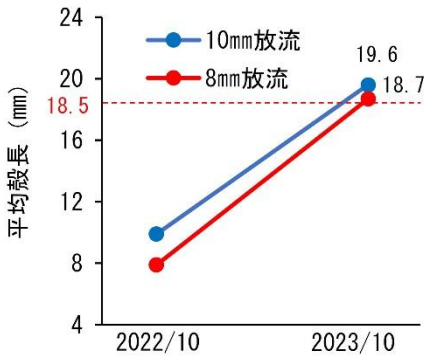


図 12. 標識放流試験における平均殻長の推移

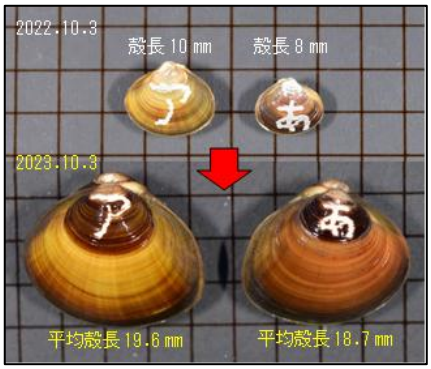


図 13. 10 mm放流区（左）と 8 mm放流区（右）の放流前と回収後の比較（各群から平均殻長に相当する 1 個体を抽出）

4. 種苗生産コストの検討

2023 年 12 月現在の種苗生産から放流までの各段階における生産コストは表 3 のようになった。最終的に漁獲サイズのヤマトシジミ 1 個体を得るのに要するコストは、春から秋の中間育成にかけ流し式中間育成を採用した場合で 2.18 円、垂下式中間育成を採用した場合で 1.07 円と試算された。

表 3. 種苗生産の各段階で必要な経費の積算

管理期間（月）	管理方法（×1システム）	種苗殻長（mm）	生産能力（個体）	電気代（円/月）	餌代（円/月）	人件費（円/月）	1月あたり総コスト（円/月）	1シーズンあたり総コスト（円）	1個体あたり生産コスト（円/個体）
8–11	閉鎖循環システム（無加温）	–1	120万	1,545	2,249	8,980	12,774	51,096	0.04
12–4	閉鎖循環システム（20℃加温）	–3	10万	5,068	2,249	8,980	16,297	81,485	0.81
5–9	かけ流し式中間育成システム	8–10	3万	5,338	–	–	5,338	26,690	0.89
5–9	垂下式中間育成システム	8–10	0.5万	–	–	–	–	–	–
10–翌10	放流	18.5–	（80%生残）	–	–	–	–	–	–
合計（かけ流し式中間育成の場合）			2.4万	11,951	4,498	17,960	34,409	159,271	2.18
合計（垂下式中間育成の場合）			0.4万	6,613	4,498	17,960	29,071	132,581	1.07

電気代：東北電力の電気料単価36.46円/kWh、閉鎖循環飼育における1月あたり消費電力量42.5kWh（無加温）・139kWh（20℃加温）、かけ流し式中間育成システムの1月あたりポンプ消費電力量146.4kWhとして計算

餌　代：ダウンウェリング水槽1基1日あたりの給餌量を270ml（冷凍ナンノ6.75ml、ヨーグルト10.8g）、原料価格（税込）を冷凍ナンノ18150円/8kg、ヨーグルト127円/400gとして計算

人件費：小川原湖漁協の運用状況を参考に1システムあたり1/3人、1日の作業時間を3時間、青森県最低賃金を898円/hとして計算

※いずれも2023年12月現在の水準による

小川原湖における主要な出荷サイズであるＬサイズのヤマトシジミ 1kg あたりの個体数は、2023 年に購入した漁獲物を対象に重量法で推定したところ、285.7 個体だった。また、小川原湖漁協からの聞き取りを基に算出した 2019～2023 年のＬサイズの 5 か年平均単価は 705.0 円/kg だったことから、2023 年時点でＬサイズ 1 個体あたりの市場価格はおよそ 2.47 円と試算された。

開発したシステムの生産能力を十分に活用することができた場合、種苗生産により漁獲サイズのシジミ 1 個体を得るコストは 2023 年現在の市場価格を下回ることが期待され、実用的なコストで運用可能と思われた。一方で、天然水域における種苗の成長や生残は環境依存のため、条件によっては期待される種苗生産能力や放流後の生残率が得られないことが想定される。試験結果の再現性については引き続き複数年にわたり検討を重ねるとともに、社会実装に際しては実際の運用コストや市場価格等の状況を踏まえながら段階的に導入することが好ましい。

5. 種苗生産マニュアルの作成

「ヤマトシジミ種苗生産マニュアル 3 ― 天然水域での中間育成で大型種苗をつくる ―」を作成し、2024 年 3 月 27 日に内水面研究所ホームページで公開した [8)]。

文　献

1) 松谷紀明（2022）シジミの大型種苗生産技術と放流手法の開発事業. 2019･2020 年度青森県産業技術センター内水面研究所事業報告，60-66.

2) 遠藤赳寛（2023）シジミの大型種苗生産技術と放流手法の開発事業（稚貝越冬方法の開発）. 2022 年度青森県産業技術センター内水面研究所事業報告，36-42.

3) 遠藤赳寛（2023）シジミの大型種苗生産技術と放流手法の開発事業（春から秋の中間育成技術開発）. 2022 年度青森県産業技術センター内水面研究所事業報告，31-35.

4) 遠藤赳寛（2023）シジミの大型種苗生産技術と放流手法の開発事業（春から秋の中間育成技術開発）. 2021 年度青森県産業技術センター内水面研究所事業報告，30-37.

5) 長崎勝康（2022）シジミ安定生産のための資源管理手法の開発事業（閉鎖循環システムによるヤマトシジミ種苗生産 2）. 平成 30 年度青森県産業技術センター内水面研究所事業報告，23-27.

6) 遠藤赳寛（2022）シジミの大型種苗生産技術と放流手法の開発事業（春から秋の中間育成技術開発）. 2019･2020 年度青森県産業技術センター内水面研究所事業報告，67-74.

7) 遠藤赳寛（2023）シジミの大型種苗生産技術と放流手法の開発事業（稚貝越冬方法の開発）. 2021 年度青森県産業技術センター内水面研究所事業報告，38-41.

8) 地方独立行政法人青森県産業技術センター内水面研究所（2024）ヤマトシジミ種苗生産マニュアル 3 ― 天然水域での中間育成で大型種苗をつくる ―. https://www.aomori-itc.or.jp/_files/00199162/corbicula_japonica_seedling_production_manual_3.pdf,（参照 2024 年 11 月 11 日）.

謝　辞

本事業にご協力いただきました小川原湖漁業協同組合の皆様に感謝申し上げます。

太陽光発電を用いた湖面かけ流し式シジミ中間育成システムに関する研究事業

遠藤　赳寛

目　的

国内屈指のヤマトシジミ産地である小川原湖では、不安定な再生産に起因する資源減少が問題となっており、現場からは高生残が期待できる大型種苗の放流が望まれている。小川原湖水域の富栄養湖では、籠垂下式の中間育成試験で稚貝の成長が良いことが確認されており[1)]、シジミ大型種苗生産適地として期待される一方、夏季に溶存酸素量が低下するため、社会実装に際しては大量斃死が危惧される。水中ポンプで飼育施設内に強制的に水流を作り、湖水に酸素を取り込むことで、酸欠による斃死は軽減可能と考えられる。加えて、シジミの餌となる湖水中の懸濁物を効率良く供給する効果が期待される。酸欠対策と成長促進を同時に実現し、湖水環境の変化に対して頑強な種苗生産手法を確立する端緒として、本研究では、太陽光発電式の湖面かけ流し中間育成システムを開発し、有効性を検証する。場所を選ばず設置可能な方式とすることで現場導入が容易となり、将来的に広く普及し、シジミ資源安定の一助となることが期待される。

材料と方法

1. 湖面かけ流し式中間育成システムの製作

ダウンウェリング容器1槽(田中三次郎商店)、観賞魚用小型水中ポンプ2台(GEX　コーナーパワーフィルター1(3.2W)、PF-701（7.5W))、68W ソーラーパネル 1 台（JVC ケンウッド　BH-SP68-CK）及び 375Wh リチウムイオンバッテリー1 台（JVC ケンウッド　BN-RB37-CK）から成る太陽光発電式のかけ流し飼育システムを搭載した小型の筏を製作した（図 1)。

筏は塩ビ管と EVA フロートで製作し、水中ポンプ、ソーラーパネル及びバッテリーは施設規模を踏まえ、搭載可能な重量の製品を選択した。ダウンウェリング容器の底には 1,000μm のナイロンメッシュを張り、砂等の基質は入れなかった。

使用したバッテリーはパススルー充電に対応しており、ソーラーパネルで充電している間も常時ポンプを稼働できるが、一度容量が 0%まで低下すると出力が OFF になり、手動で電源を入れ直す操作が必要になる。また、製品の仕様上、AC10W 未満で使用し続けると 12 時間で給電が停止する。そこで、可能な限り消費電力を抑えてバッテリー残量を維持しつつ、給電の停止を回避するため、3.2W ポンプを常時稼働させながら、タイマーで 7.5W ポンプを 11 時間 50 分おきに 10 分間だけ稼働して定期的に消費電力 10W 以上の状態を作るように設定した。

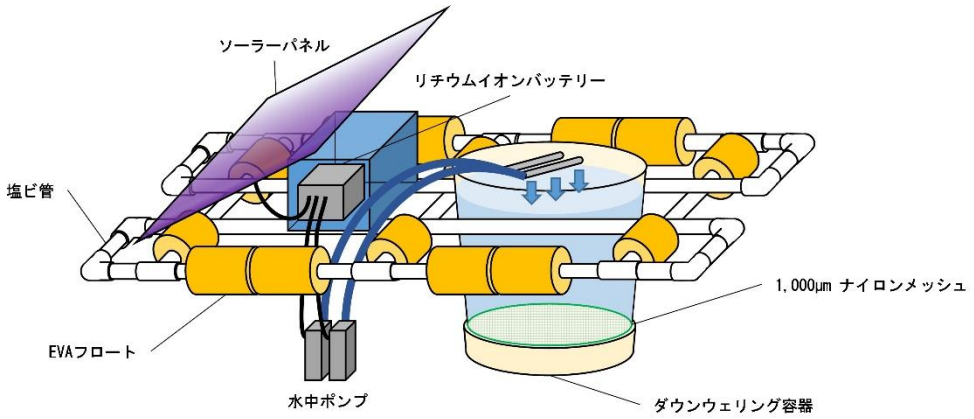


図 1. 湖面かけ流し式中間育成システム

2. 中間育成試験

内水面研究所試験池（以下、試験池）及び小川原湖に接続する内沼（図 2）のそれぞれにおいて、湖面かけ流し式中間育成システム（以下、かけ流し区）および遠藤（2023）[2)]で開発した籠垂下式の中間育成システム（以下、垂下区。籠は

1 つのみ使用）を各 1 セットずつ設置し、シジミ稚貝を収容して成長および生残を比較した（図 3）。



図 2. 試験実施地点

試験には内水面研究所で種苗生産した稚貝を使用した。試験池では 2021 年に種苗生産した平均殻長 5.8 ㎜の稚貝を各区にそれぞれ 400 個体ずつ、内沼では 2022 年に種苗生産した平均殻長 5.5㎜ の稚貝を 340 個体ずつ収容した。試験池では 2023 年 6 月 29 日から 2023 年 9 月 29 日まで、内沼では 2023 年 6 月 30 日から 2023 年 9 月 26 日まで中間育成した。

測定および生残の確認は 1 か月に一度、遠藤（2024）[3]と同様の方法により実施した。また、かけ流し区の注水部及びポンプが詰まることを避けるため適宜清掃したほか、かけ流し区のシステムの稼働状況について、試験池については休日を除き原則毎日、内沼については週に 1 回程度確認した。システムの停止が確認された場合は、バッテリーが十分に充電されていれば電源を再度 ON にし、充電が残っていなければバッテリーごと満充電されたものに交換してシステムを再稼働した。なお、内沼のかけ流し区については立地の都合上、充電不足によるポンプ停止時に即座に対応できないことから、8 月 4 日以降は陸上から電源を引き込み、常時稼働する 7.5W ポンプ 1 台を追加した。

試験期間中は水質計（YSI、 Pro30 及び東亜 DKK、MM-42DP）により池の水温、塩分（内沼のみ）、pH 及び溶存酸素量を適宜記録した。


図 3. 湖面かけ流し式中間育成システム（左）と垂下式中間育成システム（右）

結果と考察

試験期間中の水温、pH、塩分及び溶存酸素量は図 4～7 のように推移した。

水温は試験池で 19.9～32.5℃、内沼で 21.9～31.9℃、pH は試験池で 7.6～9.9、内沼で 8.4～10.0 の範囲で推移した。また、内沼の塩分は 0.8～1.1 の範囲で推移した。

溶存酸素量は試験池、内沼ともに試験期間を通じて 100%から検出限界の 220%までの過飽和状態になる日が多かった。

内沼では近年、富栄養化によるアオコの増殖が頻繁に確認されており、遠藤（2023）[4]では DO ロガーを用いた観測により、夏季の内沼において溶存酸素量が昼夜に激しく上下動し、夜間には時折 0mg/L を記録することを報告している。また、試験池においても近年、慢性的な泥の堆積等による水質の悪化が顕在化している。本試験における水質の観測は試験池、内沼のいずれについても日中に行っていることから、観測時には過剰な植物プランクトンの光合成により溶存酸素量が著しく上昇し、夜間には呼吸に転じて大量の酸素が消費され、貧酸素状態に陥っていることが推察された。

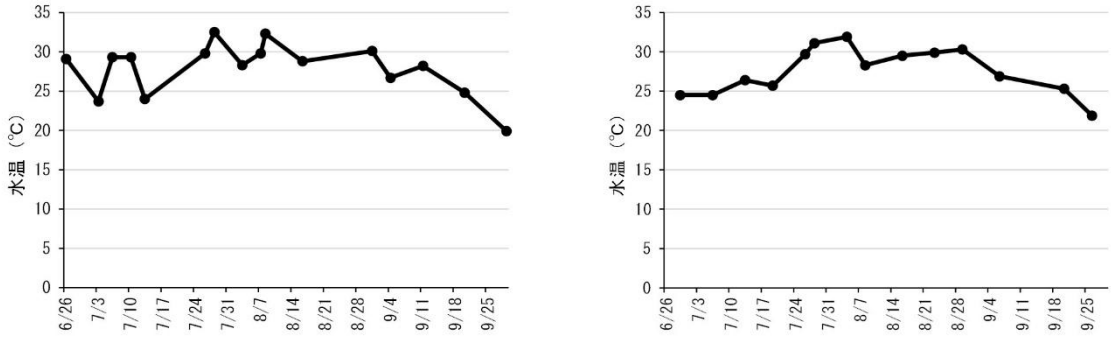


図 4. 試験池（左）と内沼（右）の水温の推移

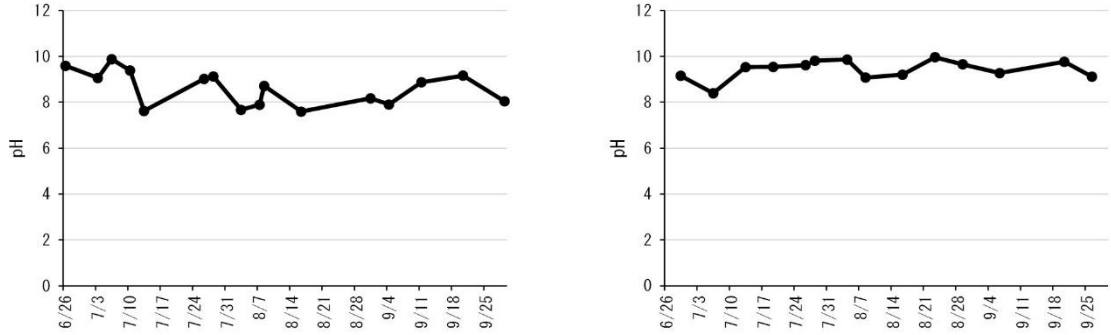


図 5. 試験池（左）と内沼（右）の pH の推移

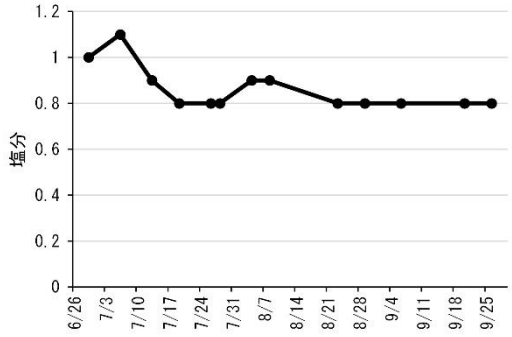


図 6. 内沼の塩分の推移

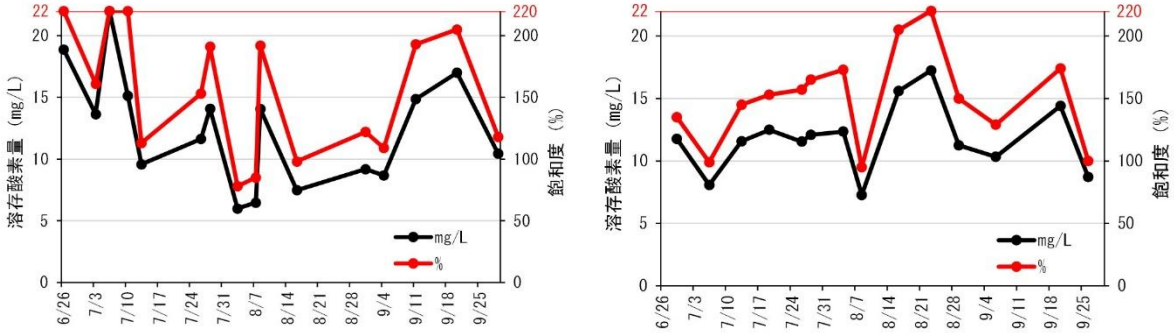


図 7. 試験池（左）と内沼（右）の溶存酸素量の推移

試験期間中のシジミの平均殻長及び生残率は図 8 のように推移した。また、各月の測定結果は表 1 のとおりである。

試験池における試験終了時の平均殻長はかけ流し区で 12.8 ㎜、垂下区で 14.1 ㎜だった。

試験池では 7 月の生残率がかけ流し区で 57.3%、垂下区で 68.3%といずれも大きく低下した。試験開始から 7 月上旬にかけて、試験池の日中の溶存酸素量は特に高く、夜間の溶存酸素量の落ち込みが大きかったことが影響した可能性がある。8 月以降はいずれの区も貝の斃死が落ち着き、試験終了時の生残率はかけ流し区で 52.5%、垂下区で 64.5%だった。

内沼における試験終了時の平均殻長はかけ流し区で 7.71㎜、垂下区で 9.45㎜ だった。

内沼における 8 月時点の生残率はかけ流し区で 94.4%、垂下区で 76.2%となり、かけ流し区で極めて高い生残率を維持していた。しかし、1 か月後の試験終了時にはかけ流し区で 45.9%、垂下区で 73.5%となり、かけ流し区のみが急激に生残率を落とした。試験池でかけ流し区と垂下区の生残率の動態が比較的同期していたのに対して、内沼でかけ流し区と垂下区の生残率の差が顕著となった一因として、バッテリーの消耗に伴うシステムの停止に即座に対処できなかったことに加え、ポンプや注水部の清掃頻度が試験池より低く、かけ流し水量が不安定だったことが挙げられる。

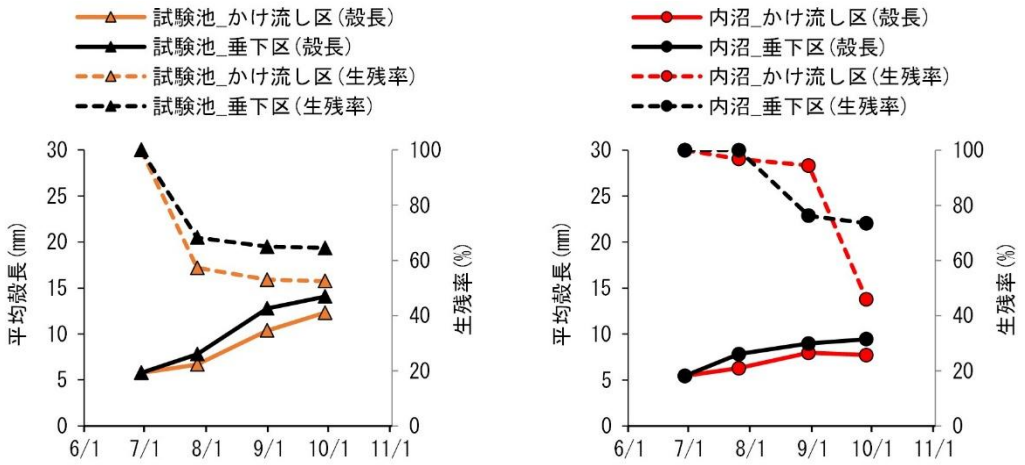


図 8. 試験池（左）と内沼（右）の平均殻長及び生残率の推移

試験池及び内沼のいずれにおいても、かけ流し区より垂下区の方が高成長、高生残だった。この要因として、垂下区の籠内において自然に置換される水量に対し、かけ流し区のかけ流し水量が不足していたことが考えられた。

バッテリーは終日晴れの日を除き徐々に残量が減り、概ね 4 日ごとに交換が必要になった。また、かけ流し水量は現状、電力量及び積載するポンプの能力により制限されており、太陽光のみで十分な水量を賄うには、施設に積載するソーラーパネル、バッテリー及び水中ポンプを大型化することが不可欠である。従って、湖面かけ流し式の中間育成を実用化するには積載重量増に伴う施設規模の大幅な拡張が必須となり、施設の可搬性や設置水深などの諸条件から実現可能性を検討する必要があるものと考えられた。

表 1. 各試験区の測定日別サイズ階級別測定結果

内水面研究所試験池　かけ流し区

測定日	2.8mm残 平均殻長±SD(mm)	2.8mm残 生残数(個)	2.8mm残 総重量(g)	4.0mm残 平均殻長±SD(mm)	4.0mm残 生残数(個)	4.0mm残 総重量(g)	6.5mm残 平均殻長±SD(mm)	6.5mm残 生残数(個)	6.5mm残 総重量(g)	全体 平均殻長±SD(mm)	全体 生残数(個)	全体 総重量(g)
6月29日	5.49±0.52	295	10.14	6.61±0.39	105	6.60	−	−	−	5.78±0.49	400	16.74
7月27日	5.38±0.43	51	2.28	7.01±0.69	175	15.35	10.11±0.63	3	0.69	6.68±0.64	229	18.32
8月30日	−	−	−	8.29±0.93	60	8.83	11.21±1.62	152	52.15	10.38±1.46	212	60.98
9月29日	−	−	−	8.17±0.99	21	2.94	12.77±2.03	189	96.94	12.77±2.03	210	99.88

内水面研究所試験池　垂下区

測定日	2.8mm残 平均殻長±SD(mm)	2.8mm残 生残数(個)	2.8mm残 総重量(g)	4.0mm残 平均殻長±SD(mm)	4.0mm残 生残数(個)	4.0mm残 総重量(g)	6.5mm残 平均殻長±SD(mm)	6.5mm残 生残数(個)	6.5mm残 総重量(g)	全体 平均殻長±SD(mm)	全体 生残数(個)	全体 総重量(g)
6月29日	5.44±0.52	295	9.85	6.72±0.49	105	6.72	−	−	−	5.78±0.51	400	16.57
7月27日	5.40±0.47	37	1.48	7.68±0.67	190	20.65	10.22±0.69	46	10.70	7.80±0.87	273	18.32
8月30日	−	−	−	7.90±1.01	26	3.57	13.32±1.89	234	131.88	12.78±1.82	260	135.45
9月29日	−	−	−	8.36±1.19	13	2.01	14.37±2.03	245	187.14	14.07±1.99	258	189.15

内沼　かけ流し区

測定日	2.8mm残 平均殻長±SD(mm)	2.8mm残 生残数(個)	2.8mm残 総重量(g)	4.0mm残 平均殻長±SD(mm)	4.0mm残 生残数(個)	4.0mm残 総重量(g)	6.5mm残 平均殻長±SD(mm)	6.5mm残 生残数(個)	6.5mm残 総重量(g)	全体 平均殻長±SD(mm)	全体 生残数(個)	全体 総重量(g)
6月29日	5.26±0.44	295	10.10	6.69±0.40	45	3.35	−	−	−	5.45±0.43	340	13.45
7月26日	5.51±0.41	150	7.02	6.94±0.67	178	14.72	9.22	1	0.19	6.29±0.56	329	21.93
8月30日	5.43±0.38	23	1.03	8.09±0.89	281	30.27	9.29±0.51	17	3.49	7.96±0.85	321	34.79
9月28日	5.62±0.29	14	0.67	7.67±0.84	123	14.90	9.57±0.60	19	4.30	7.71±0.77	156	19.87

内沼　垂下区

測定日	2.8mm残 平均殻長±SD(mm)	2.8mm残 生残数(個)	2.8mm残 総重量(g)	4.0mm残 平均殻長±SD(mm)	4.0mm残 生残数(個)	4.0mm残 総重量(g)	6.5mm残 平均殻長±SD(mm)	6.5mm残 生残数(個)	6.5mm残 総重量(g)	全体 平均殻長±SD(mm)	全体 生残数(個)	全体 総重量(g)
6月29日	5.26±0.53	295	10.43	6.67±0.41	45	3.31	−	−	−	5.45±0.52	340	13.74
7月26日	5.58±0.64	14	0.64	7.74±0.93	299	33.36	9.92±0.45	27	5.08	7.82±0.89	340	39.08
8月30日	5.95	1	0.05	8.32±0.84	171	24.07	10.31±0.85	87	23.22	8.98±0.84	259	47.34
9月28日	−	−	−	8.39±0.71	123	17.38	10.47±0.94	127	36.59	9.45±0.83	250	53.97

文　献

1) 遠藤赳寛（2022）シジミの大型種苗生産技術と放流手法の開発事業（春から秋の中間育成技術開発）．2019･2020 年度青森県産業技術センター内水面研究所事業報告，67-74.

2) 遠藤赳寛（2023）シジミの大型種苗生産技術と放流手法の開発事業（春から秋の中間育成技術開発）．2022 年度青森県産業技術センター内水面研究所事業報告，31-35.

3) 遠藤赳寛（2025）シジミの大型種苗生産技術と放流手法の開発事業．2023 年度青森県産業技術センター内水面研究所事業報告，27-34.

4) 遠藤赳寛（2023）シジミの大型種苗生産技術と放流手法の開発事業（春から秋の中間育成技術開発）．2021 年度青森

県産業技術センター内水面研究所事業報告，30-37.

謝　辞

本事業にご協力いただきました小川原湖漁業協同組合の皆様に感謝申し上げます。

資源管理基礎調査事業（ヤマトシジミ）

田澤　亮・静　一徳・遠藤　赳寛

目　的

本県内水面漁業の重要資源であるヤマトシジミ（以下シジミという）の安定漁獲に向けた資源管理のため、小川原湖と十三湖の資源量を明らかにする。

材料と方法

1. ヤマトシジミ現存量調査

（1）　小川原湖

調査は 2023 年 9 月 4 日と 5 日に行った。調査地点は、小川原湖の 10m 以浅（面積約 25.5km^2）にできるだけ均一になるように 89 地点を設けた（図 1）。各地点でエクマンバージ採泥器（15×15cm）により 2 回底泥を採取し、目合 1mm のフルイにかけ、残ったシジミを試料とした。採取した全てのシジミの殻長をデジタルノギスまたは実体顕微鏡下で測定した。重量は、漁獲サイズとなる殻長 18.5mm 以上の個体と 18.5mm 未満の個体に分けてそれぞれの合計重量を計量した。

現存量は、小川原湖内をイカト、セモダ、三沢灘、船ヶ沢前、タカトリ、島口の 6 地区に分けて地区毎に 1m^2 あたりの平均個体数を求め、面積で引き伸ばして地区別に算出した。

（2）　十三湖

調査は 2023 年 8 月 17 日と 18 日に行った。調査地点は、十三湖の全域（18.06km^2）にできるだけ均等になるように 39 地点を設けた（図 2）。サンプルの採取及び測定は小川原湖の調査と同様に行った。

現存量は、湖全体の 1m^2 あたりの平均個体数を求め、一般漁場面積に引き延ばして求めた。湖の一般漁場面積は、総面積を 18.06km^2 とし、この面積から個人の蓄養場（0.34km^2）、スナザキ休漁区（0.0025km^2）を除いた 17.7km^2 とした。

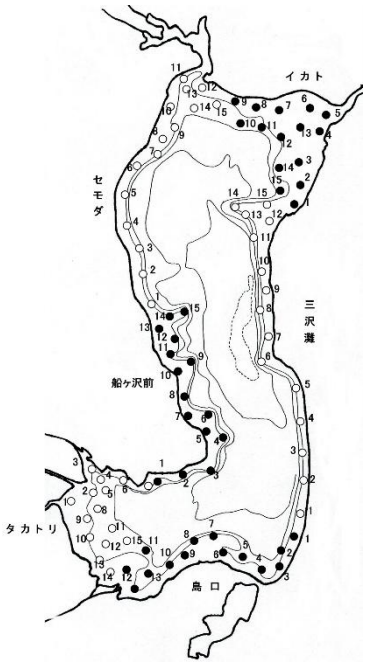


図 1. 小川原湖のヤマトシジミ現存量調査地点

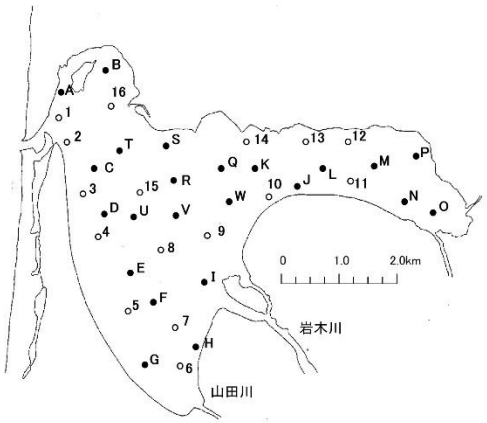


図 2. 十三湖のヤマトシジミ現存量調査地点

結果と考察

1. ヤマトシジミ現存量調査

（1）　小川原湖

小川原湖の現存量は、殻長 18.5mm 未満の漁獲サイズに達しないものが約 9,834 トン（2022 年 4,496 トン）、18.5mm 以上の漁獲サイズが約 5,387 トン（2022 年 3,131 トン）、合計約 15,221 トン（2022 年 7,627 トン）と推定され、前年と比べて約 7,594 トン増加した（図 3）。

地区別現存量は、イカトが 4,773 トン（2022 年 3,207 トン）、セモダが 2,894 トン（2022 年 1,243 トン）、三沢灘が 3,962 トン（2022 年 1,268 トン）、船ヶ沢前が 2,339 トン（2022 年 894 トン）、タカトリが 576 トン（2022 年 499 トン）、島口が 677 トン（2022 年 516 トン）と全地区で前年より増加し、特に、イカト、セモダ、三沢灘、船ヶ沢前での増加が大きかった。

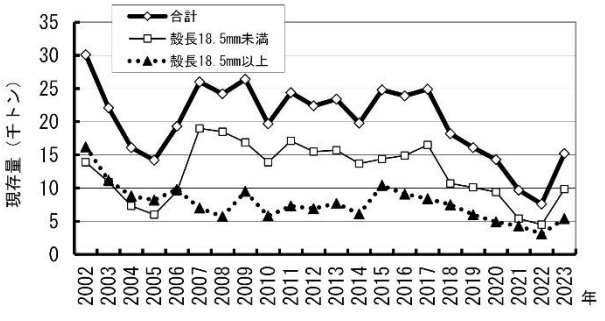


図 3. 小川原湖におけるヤマトシジミ現存量の推移

全域の 1㎡ あたりの平均個体数は、1,595 個/㎡ と推定され、前年の 810 個/㎡ から 785 個増加した。サイズ別では 18.5 ㎜未満が 1,521 個/㎡、18.5 ㎜以上が 74 個/㎡ で、2022 年の 18.5 ㎜未満 765 個/㎡、18.5 ㎜以上 45 個/㎡ と比べ、18.5 ㎜未満で 756 個増加、18.5 ㎜以上で 29 個増加した。1.5㎜-3.4㎜ サイズが減少したものの、他のサイズは全体的に増加したことから、現存量及び生息密度の増加につながった（図 4-5）。

ただし、シジミは水温の高い夏季には底質の表層近くにいて、水温の低下する冬季になると殻長の 3 倍近い深さまで鉛直移動することが知られており、今年度の調査時の水温は、89 地点の平均で 27.3℃とこれまでの調査時の水温の中で高い方だったことから、高水温によってシジミが底質の表層近くに分布する割合が増えたことでエクマン採泥器の採捕効率が高くなり、現存量及び生息密度が高めに評価された可能性がある。このため今後も調査を継続し、動向を把握する必要がある。

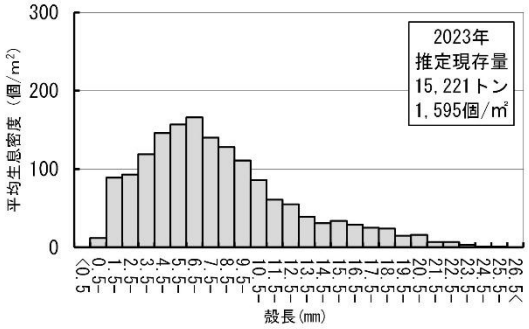


図 4. 小川原湖のヤマトシジミ殻長別平均生息密度

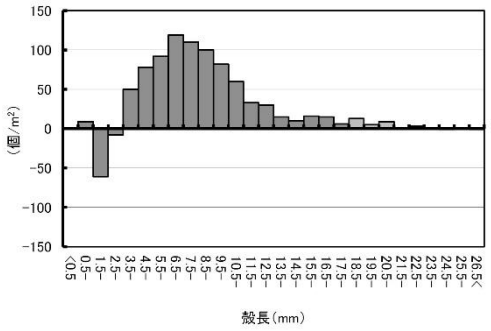


図 5. 小川原湖のヤマトシジミ殻長別平均生息密度の増減
（2023 年結果を前年と比較）

(2)　十三湖

十三湖の現存量は、殻長 18.5㎜ 未満の漁獲サイズに達しないものが約 8,100 トン（2022 年 6,600 トン）、18.5㎜ 以上の漁獲サイズが約 2,100 トン（2022 年 1,000 トン）、合計約 10,200 トン（2022 年 7,600 トン）と推定され、前年より 2,600 トン増加した（図 6）。

全域の 1㎡ あたりの平均個体数は、2,624 個/㎡ と推定され、前年の 2,566 個/㎡ と同程度だった。サイズ別では 18.5㎜ 未満が 2,591 個/㎡、18.5㎜ 以上は 33 個/㎡ で、2022 年の 18.5㎜ 未満 2,547 個/㎡、18.5㎜ 以上 19 個/㎡ と同程度だった。殻長 18.5 ㎜未満では、殻長 3.5～6.4 ㎜のサイズの減少が大きかった一方、殻長 9.5～12.4 ㎜のサイズの増加が大きかった（図 7-8）。

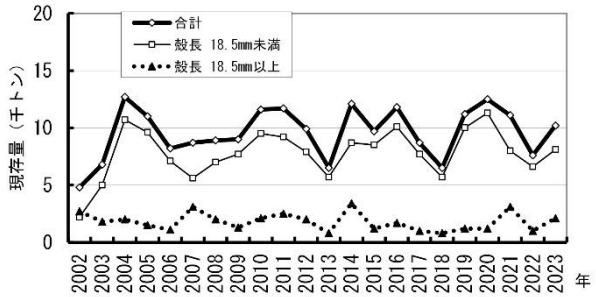


図 6. 十三湖におけるヤマトシジミ現存量の推移

2022 年の調査では、殻長 1.5～7.4 ㎜サイズの増加が見られており、これらが順調に成育したことが本年の現存量の増加につながったものと考えられた。

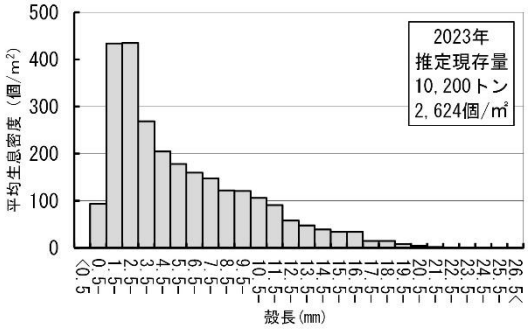


図 7. 十三湖のヤマトシジミ殻長別平均生息密度

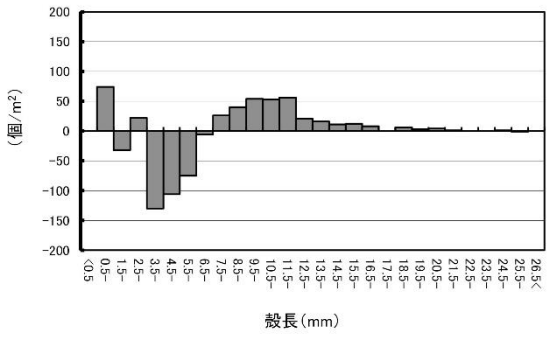


図 8. 十三湖のヤマトシジミ殻長別平均生息密度の増減
（2023 年結果を前年と比較）

さけ・ます資源増大対策調査事業（サケ）

田澤　亮

目　的

さけ資源の増大及び回帰率の向上のため、県内ふ化場の増殖実態を把握し、適正な種苗生産及び放流の指導を行う。また、河川回帰親魚調査により資源評価及び来遊予測のための基礎資料を得る。

材料と方法

1. 捕獲親魚調査

青森県農林水産部水産局水産振興課が各ふ化場から集計した2023年8月から2024年1月までの旬別サケ捕獲尾数を使用した。また、旬毎に雌雄各50尾の尾叉長、体重測定及び採鱗を各ふ化場に依頼し、年齢査定を行った。なお、新井田川、奥入瀬川、老部川、追良瀬川については、国立研究開発法人水産研究･教育機構　水産資源研究所が査定した。

なお、笹内川及び清水川は2022年度に引き続き、川内川は2023年度から親魚捕獲が行われなかった。また、赤石川ふ化場では赤石川及び中村川に捕獲施設を設置せず、ふ化場の排水路に遡上した親魚の捕獲を行った。

［調査対象河川］

太 平 洋 5河川：新井田川、馬淵川、五戸川、奥入瀬川、老部川（東通村）

津軽海峡 1河川：大畑川

陸 奥 湾 1河川：野辺地川

日 本 海 2河川：赤石川、追良瀬川

2. 増殖実態調査

各ふ化場で放流回毎に50尾の稚魚をサンプリングし、100%エタノール固定したものを回収し、魚体測定を行った。

なお、大畑川においては、2023年度から大畑川ふ化場での稚魚の生産を再開した。

結果と考察

1. 捕獲親魚調査

河川別地域別の捕獲尾数を表1及び図1-1～1-4に示した。

県全体の河川捕獲親魚尾数は3,615尾（前年比21.9%）であった。地域別では太平洋が2,616尾（前年比19.4%）、津軽海峡が193尾（前年比30.5%）、陸奥湾が74尾（前年比5.6%）、日本海が732尾（前年比67.5%）であった。

河川別でみると、赤石川では前年度を上回った（前年比247.6%）が、他の河川については、前年比2.9%（奥入瀬川）～52.8%（老部川）と前年度を大きく下回った。

前年度に引き続き、県内全域で河川卵の確保が難しい状況となったため、海産親魚の供給のほか、北海道からの種卵の移入が実施された。

表 1. 河川別捕獲親魚尾数

海域名	太平洋						津軽海峡	陸奥湾	日本海			全県
河川名	新井田川	馬淵川	五戸川	奥入瀬川	老部川	計	大畑川	野辺地川	赤石川	追良瀬川	計	
捕獲尾数（尾）	564	1,251	149	151	501	2,616	193	74	406	326	732	3,615
対前年比（%）	18.6	31.3	51.2	2.9	52.8	19.4	30.5	9.9	247.6	41.3	67.5	21.9

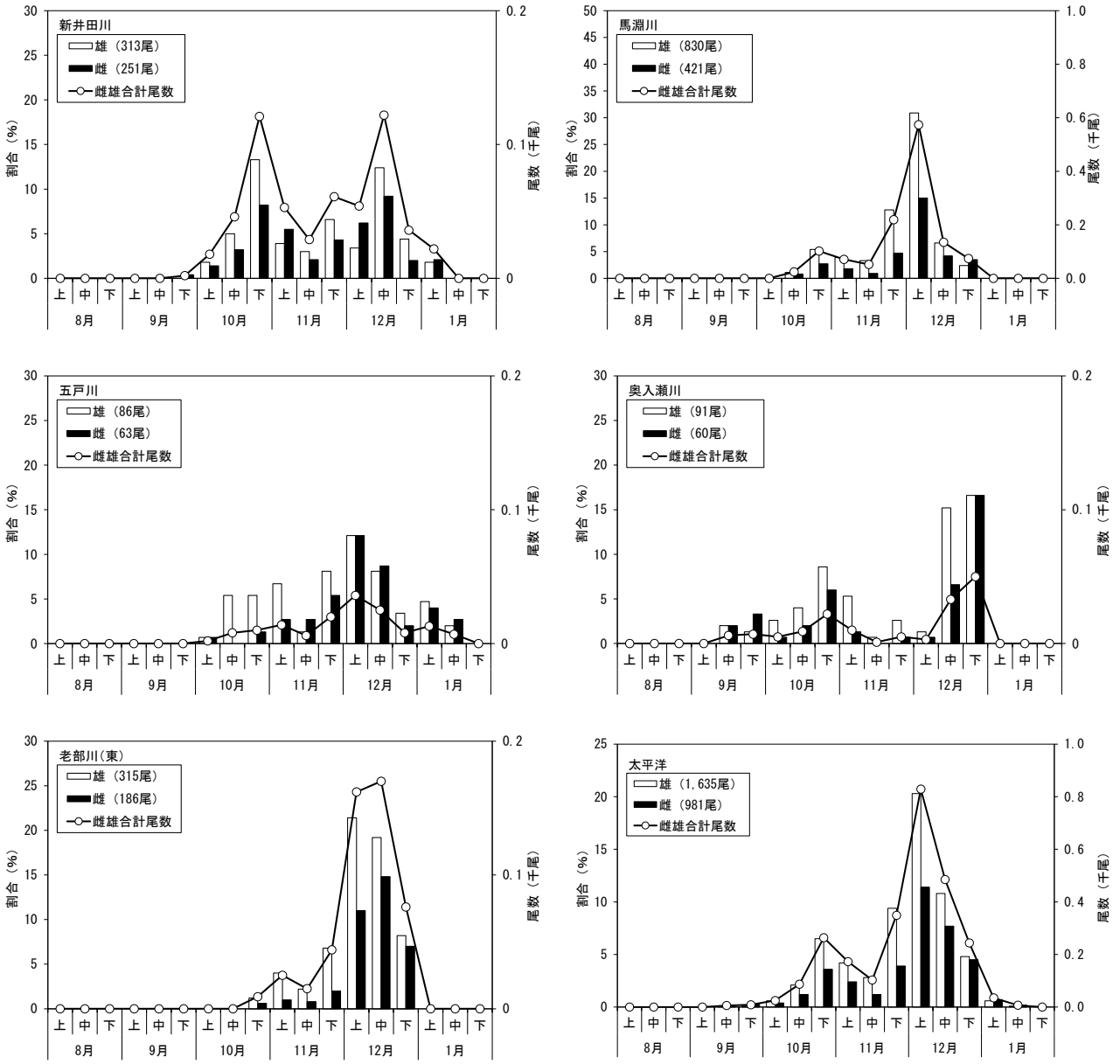


図 1-1. 河川別捕獲親魚尾数（太平洋）

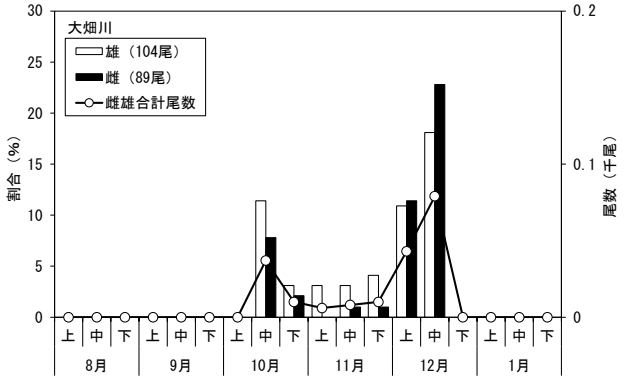


図 1-2. 河川別捕獲親魚尾数（津軽海峡）

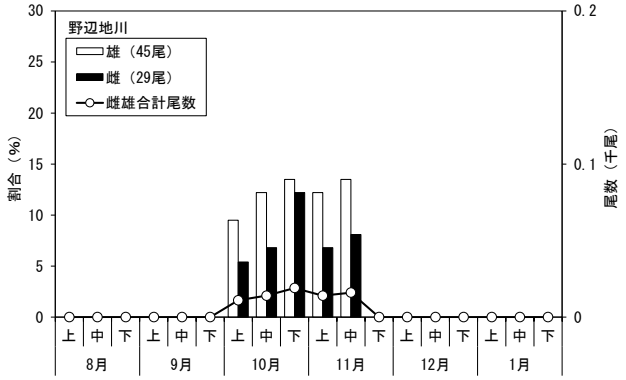
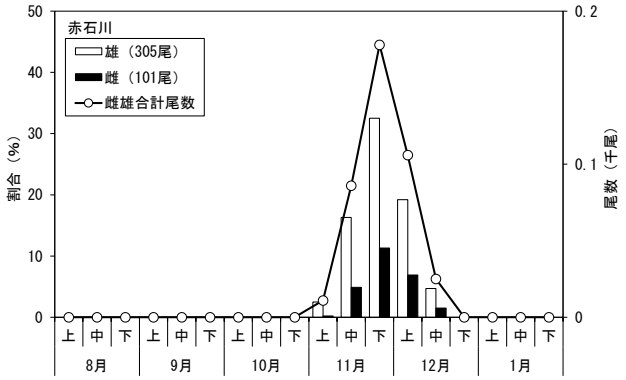
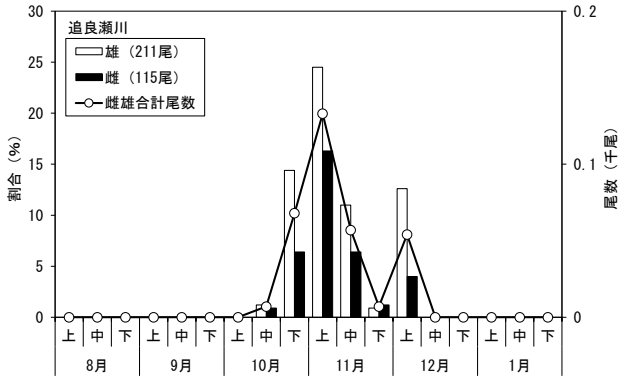


図 1-3. 河川別捕獲親魚尾数（陸奥湾）





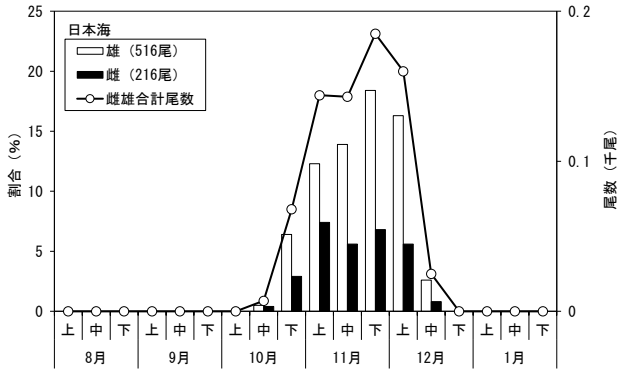


図 1-4. 河川別捕獲親魚尾数（日本海）

2023 年度の河川別捕獲親魚年齢組成を表 2 に、また全県の年齢別河川捕獲親魚尾数の推移を図 2-1～2-2 に、地域別年齢別河川捕獲尾数の推移を表 3 に、年級群別河川捕獲親魚尾数の推移を図 3 に示した。

雌雄合計の年齢組成を河川別にみると、新井田川、奥入瀬川、赤石川、追良瀬川では 4 年魚＞3 年魚＞5 年魚の順、大畑川、野辺地川では 4 年魚＞5 年魚＞3 年魚の順、馬淵川では 3 年魚＞4 年魚＞5 年魚の順、老部川では 5 年魚＞4 年魚＞3 年魚の順と、河川ごとの年齢組成が異なっていた。県全体の 3 年魚の捕獲尾数は前年度に続き低水準であることから、2024 年度の来遊も厳しい状況が続くものと考えられた。

表 2. 河川別捕獲親魚年齢組成

河川名	♂（%）						捕獲尾数	♀（%）						捕獲尾数	♂＋♀（%）						捕獲尾数
	2年魚	3年魚	4年魚	5年魚	6年魚	7年魚		2年魚	3年魚	4年魚	5年魚	6年魚	7年魚		2年魚	3年魚	4年魚	5年魚	6年魚	7年魚	
新井田川	8.2	36.8	36.2	17.3	1.3	0.0	313	0.4	23.5	39.2	36.9	0.0	0.0	251	4.7	30.9	37.5	26.1	0.7	0.0	564
馬淵川	0.2	43.4	36.6	19.8	0.0	0.0	830	0.0	29.1	32.1	37.4	1.3	0.0	421	0.1	38.6	35.1	25.7	0.4	0.0	1,251
奥入瀬川	2.9	42.3	48.7	6.2	0.0	0.0	91	0.0	23.9	48.3	27.8	0.0	0.0	60	1.7	35.0	48.5	14.7	0.0	0.0	151
老部川（東）	0.0	4.2	47.2	48.6	0.0	0.0	315	0.0	9.2	28.0	62.8	0.0	0.0	186	0.0	6.1	40.1	53.8	0.0	0.0	501
太平洋　計	1.9	34.0	39.4	24.4	0.3	0.0	1,549	0.1	23.2	34.3	41.8	0.6	0.0	918	1.2	30.0	37.5	30.8	0.4	0.0	2,467
大畑川	0.0	32.5	28.5	35.6	3.4	0.0	104	0.0	4.4	52.4	43.2	0.0	0.0	89	0.0	19.6	39.5	39.1	1.8	0.0	193
津軽海峡　計	0.0	32.5	28.5	35.6	3.4	0.0	104	0.0	4.4	52.4	43.2	0.0	0.0	89	0.0	19.6	39.5	39.1	1.8	0.0	193
野辺地川	6.7	16.6	49.0	27.7	0.0	0.0	45	0.0	4.4	81.8	13.8	0.0	0.0	29	4.1	11.8	61.9	22.3	0.0	0.0	74
陸奥湾　計	6.7	16.6	49.0	27.7	0.0	0.0	45	0.0	4.4	81.8	13.8	0.0	0.0	29	4.1	11.8	61.9	22.3	0.0	0.0	74
赤石川	0.0	36.9	58.8	4.3	0.0	0.0	305	0.0	43.9	45.1	11.0	0.0	0.0	101	0.0	38.6	55.4	6.0	0.0	0.0	406
追良瀬川	0.0	23.6	63.0	13.4	0.0	0.0	211	0.0	20.1	67.9	12.0	0.0	0.0	115	0.0	22.4	64.7	12.9	0.0	0.0	326
日本海　計	0.0	31.5	60.5	8.0	0.0	0.0	516	0.0	31.2	57.2	11.6	0.0	0.0	216	0.0	31.4	59.5	9.1	0.0	0.0	732
県　計	1.5	33.0	44.0	21.1	0.3	0.0	2,214	0.1	22.8	40.6	36.0	0.4	0.0	1,252	1.0	29.3	42.8	26.5	0.4	0.0	3,466

※五戸川は調査なし。

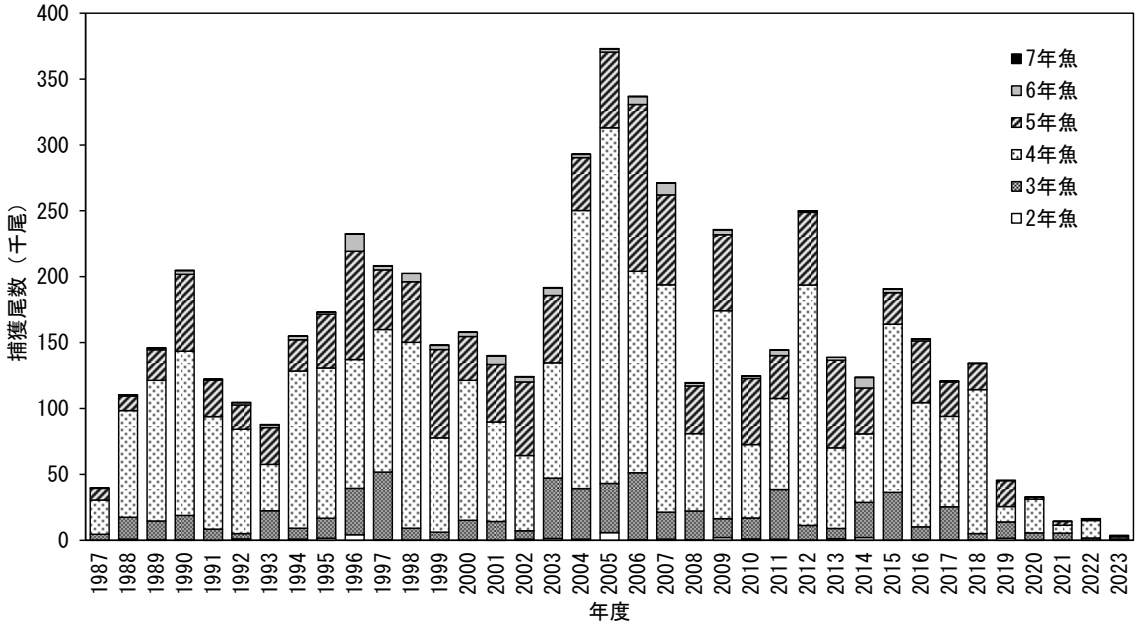


図 2-1. 年齢別河川捕獲親魚尾数の推移（全県、1987～2023 年度）

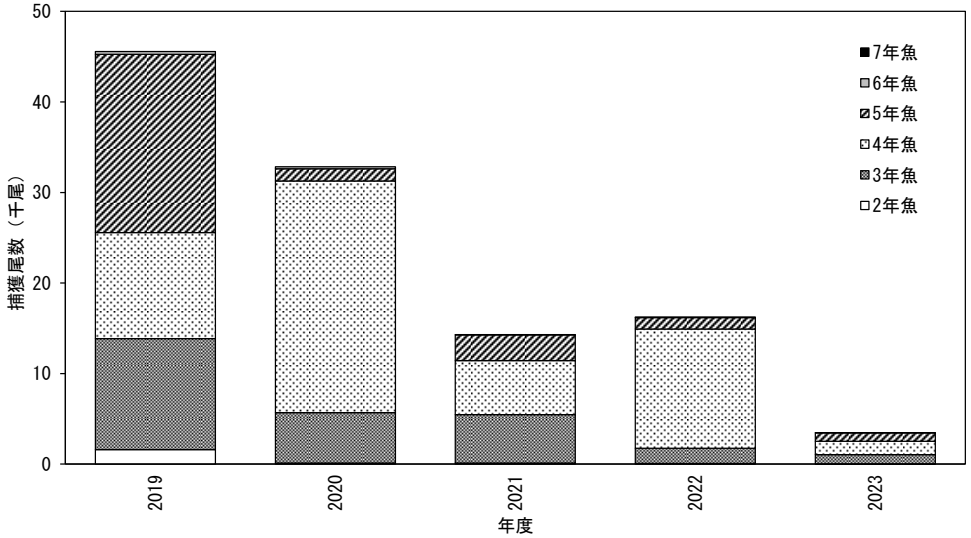


図 2-2. 年齢別河川捕獲親魚尾数の推移（全県、2019～2023 年度）

表 3. 地域別年齢別河川捕獲尾数の推移

地域	年度	推定尾数（尾） 2年魚	3年魚	4年魚	5年魚	6年魚	7年魚	河川捕獲尾数	欠測
太平洋	1987	152	2,391	16,238	6,849	230	0	25,860	
	1988	783	13,223	59,393	6,610	664	4	80,677	
	1989	374	10,761	81,362	16,384	706	0	109,587	
	1990	321	15,907	93,272	48,604	2,571	0	160,676	
	1991	0	6,028	75,688	17,010	211	0	98,937	
	1992	942	2,693	62,718	15,569	1,221	0	83,143	
	1993	323	19,172	18,606	20,777	1,595	0	60,473	
	1994	728	6,748	86,584	14,161	1,910	33	110,164	
	1995	1,479	12,792	90,029	32,352	1,010	0	137,662	
	1996	4,049	32,421	79,409	66,636	11,292	0	193,806	
	1997	207	47,474	95,597	39,725	2,675	0	185,678	
	1998	41	8,270	124,807	42,334	6,153	0	181,605	
	1999	94	4,337	58,542	60,808	3,095	57	126,933	
	2000	74	14,061	87,737	27,599	2,876	78	132,425	
	2001	11	12,751	63,320	31,320	5,283	12	112,697	
	2002	755	4,258	47,253	50,978	3,600	79	106,923	
	2003	1,280	39,531	65,844	44,041	5,373	2	156,071	
	2004	722	34,178	172,096	31,290	2,407	0	240,693	
	2005	5,456	32,146	237,861	45,754	1,712	196	323,125	
	2006	428	40,886	130,339	107,105	4,939	9	283,706	
	2007	694	17,669	134,923	62,137	7,702	131	223,256	
	2008	353	19,651	47,557	23,213	1,958	110	92,842	
	2009	1,515	11,287	121,101	44,464	2,376	161	180,904	
	2010	1,030	7,899	45,293	39,721	1,564	15	95,522	
	2011	618	34,241	56,841	29,529	3,535	26	124,790	
	2012	0	7,274	165,960	48,808	1,027	66	223,135	
	2013	1,045	4,984	44,253	58,980	1,982	0	111,244	
	2014	1,794	22,390	37,485	25,435	6,850	61	94,015	
	2015	132	29,835	114,663	18,573	2,560	182	165,945	
	2016	199	7,372	75,938	42,269	1,221	12	127,011	
	2017	142	20,595	58,779	23,189	349	23	103,077	
	2018	134	3,229	91,558	17,138	183	0	112,242	
	2019	356	5,140	9,095	17,528	250	0	32,370	
	2020	97	2,273	16,798	984	196	0	20,348	
	2021	41	4,373	3,616	2,340	25	0	10,395	
	2022	45	847	11,330	944	49	0	13,215	
	2023	31	740	925	761	10	0	2,467	
津軽海峡	1987	0	104	422	77	5	0	608	
	1988	3	94	2,030	224	6	0	2,357	
	1989	0	133	1,584	543	9	0	2,269	
	1990	0	149	3,708	1,983	91	3	5,934	
	1991	0	226	913	358	39	0	1,536	
	1992	0	34	1,060	178	2	0	1,274	
	1993	0	31	598	317	14	0	960	
	1994	2	26	1,748	649	47	6	2,478	
	1995	0	26	263	880	45	1	1,214	
	1996	6	94	807	731	133	0	1,771	
	1997	0	54	424	168	22	4	672	
	1998	0	32	271	93	4	0	400	
	1999	0	21	174	101	1	0	297	
	2000	0	76	256	82	5	0	419	
	2001	0	60	239	128	19	1	448	
	2002	0	4	194	63	0	0	261	
	2003	0	96	394	179	13	0	682	
	2004	0	81	939	427	18	0	1,465	
	2005	0	210	1,301	610	44	5	2,170	
	2006	9	210	895	839	44	3	2,000	
	2007	0	238	1,375	522	88	0	2,223	
	2008	8	292	1,334	421	19	5	2,079	
	2009	132	129	1,545	516	8	0	2,330	
	2010	4	719	1,133	1,251	41	4	3,152	
	2011	26	193	1,982	442	54	0	2,697	
	2012	0	321	917	727	8	0	1,973	
	2013	12	87	985	574	47	0	1,705	
	2014	7	492	1,291	1,069	77	0	2,936	
	2015	14	424	1,641	608	53	0	2,740	
	2016	0	219	1,656	447	54	0	2,376	
	2017	2	131	584	227	7	0	950	
	2018	9	77	1,862	402	5	0	2,354	
	2019	7	719	285	370	4	0	1,385	
	2020	0	103	1,452	92	15	0	1,662	
	2021	0	74	130	74	1	0	278	
	2022	0	75	536	17	4	0	632	
	2023	0	38	76	75	4	0	193	

地域	年度	推定尾数（尾） 2年魚	3年魚	4年魚	5年魚	6年魚	7年魚	河川捕獲尾数	欠測
陸奥湾	1987	13	772	5,825	1,378	70	0	8,058	
	1988	7	1,763	11,337	3,111	114	8	16,340	
	1989	136	1,246	11,708	3,799	336	0	17,225	
	1990	78	1,591	10,737	2,975	127	0	15,508	
	1991	3	1,757	6,567	4,822	163	8	13,320	
	1992	4	1,043	12,520	1,883	150	1	15,601	
	1993	3	1,183	9,914	5,996	584	15	17,695	
	1994	6	405	13,484	5,937	378	0	20,210	
	1995	0	398	7,627	4,112	203	0	12,341	
	1996	123	803	7,521	6,265	954	6	15,672	
	1997	0	2,728	6,857	3,168	188	0	12,941	
	1998	0	429	11,012	2,683	131	0	14,255	清水川・野辺地川
	1999	0	1,054	8,589	4,601	3	0	14,247	清水川
	2000	0	548	13,847	3,194	286	0	17,875	清水川
	2001	3	483	7,845	8,961	1,039	48	18,380	
	2002	21	1,674	6,218	3,216	159	0	11,288	
	2003	15	3,374	14,787	5,076	226	24	23,502	
	2004	174	2,273	22,500	6,731	145	0	31,823	野辺地川
	2005	53	2,987	21,357	6,272	741	0	31,410	
	2006	49	6,750	13,194	12,392	406	0	32,791	
	2007	105	1,165	24,064	3,049	441	0	28,824	
	2008	35	986	4,426	10,486	153	66	16,152	
	2009	326	2,436	23,369	8,884	1,051	0	36,066	
	2010	0	6,205	6,242	5,258	65	0	17,770	
	2011	64	2,730	7,296	1,828	167	0	12,085	
	2012	64	2,621	13,965	4,780	133	0	21,563	
	2013	32	1,251	9,792	5,439	219	0	16,733	
	2014	280	2,129	7,438	5,521	733	57	16,158	
	2015	37	4,760	6,465	2,606	298	0	14,165	
	2016	46	913	11,820	1,914	141	32	14,866	
	2017	168	2,938	4,030	1,600	115	0	8,851	
	2018	220	1,170	9,846	735	57	0	12,027	
	2019	789	3,693	1,490	787	16	0	6,776	
	2020	16	1,696	3,840	133	3	0	5,688	
	2021	75	351	1,162	207	0	0	1,795	清水川
	2022	10	421	713	167	3	0	1,314	清水川
	2023	3	9	46	16	0	0	74	清水川・川内川
日本海	1987	18	1,023	3,624	526	34	0	5,225	
	1988	3	1,489	8,218	1,014	84	0	10,808	
	1989	22	1,859	12,182	2,516	103	1	16,683	
	1990	12	800	16,926	4,809	45	0	22,592	
	1991	9	406	2,221	5,501	248	0	8,385	
	1992	1	389	2,847	828	262	0	4,327	
	1993	1	1,682	6,016	826	59	0	8,584	
	1994	81	1,164	17,446	3,049	224	2	21,966	
	1995	0	2,056	16,052	3,532	97	0	21,737	
	1996	59	1,725	10,097	8,600	676	0	21,157	
	1997	48	1,280	5,292	2,198	158	5	8,981	
	1998	0	290	5,113	849	52	0	6,304	
	1999	0	596	4,355	1,432	44	4	6,431	笹内川
	2000	8	364	4,483	2,206	70	0	7,131	
	2001	4	1,005	3,931	3,377	127	2	8,445	
	2002	0	506	3,416	1,669	67	27	5,685	
	2003	13	2,879	6,448	1,772	139	0	11,251	
	2004	9	1,748	15,593	1,534	38	9	18,931	
	2005	186	2,096	9,362	4,739	106	0	16,489	
	2006	42	2,869	8,456	6,230	617	72	18,286	
	2007	79	1,329	12,180	2,505	918	6	17,017	
	2008	0	938	5,242	2,231	134	28	8,573	
	2009	28	557	11,818	3,837	156	0	16,396	
	2010	7	1,050	2,936	4,033	124	0	8,150	
	2011	120	539	2,860	860	196	0	4,575	
	2012	11	947	1,579	830	10	3	3,380	笹内川
	2013	92	1,500	6,038	1,524	107	0	9,261	
	2014	0	1,604	5,771	2,859	189	0	10,423	
	2015	0	1,173	4,862	1,972	61	0	8,069	
	2016	3	965	5,273	1,383	189	0	7,813	
	2017	10	1,401	5,210	1,130	0	0	7,751	
	2018	0	221	6,039	1,446	25	0	7,731	
	2019	437	2,720	830	1,006	47	0	5,041	
	2020	6	1,486	3,496	156	6	0	5,150	
	2021	4	534	1,073	216	0	0	1,827	
	2022	5	342	605	131	1	0	1,084	笹内川
	2023	0	230	436	66	0	0	732	笹内川

※太平洋地域は五戸川を除く。

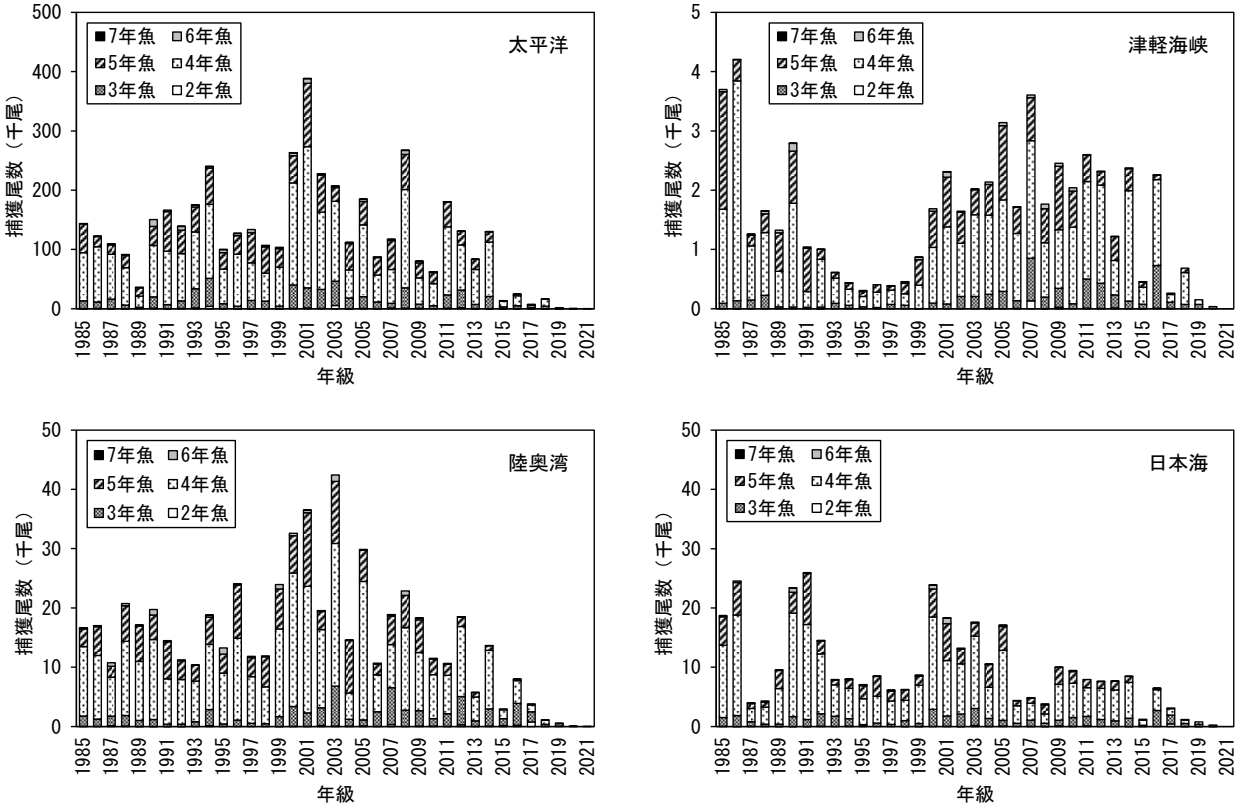


図 3. 年級群別河川捕獲親魚尾数の推移

2023 年度の河川別捕獲親魚の年齢別平均尾叉長、平均体重、平均肥満度を表 4 に、地域別雌雄別の平均尾叉長と平均体重の推移を図 4 及び図 5 に示した。

2023 年度の全県の平均体重は、3 年魚で雌 2.4kg、雄 2.3kg、4 年魚で雌 3.0kg、雄 3.1kg、5 年魚で雌 3.7kg、雄 3.8kg と、雌雄ともに 3 年魚で前年度と同程度、4 年魚及び 5 年魚で増加が見られた。

表 4. 河川別捕獲親魚の平均尾叉長、平均体重及び平均肥満度

河川名	♂									♀								
	3年魚			4年魚			5年魚			3年魚			4年魚			5年魚		
	平均尾叉長(cm)	平均体重(kg)	平均肥満度	平均尾叉長(cm)	平均体重(kg)	平均肥満度	平均尾叉長(cm)	平均体重(kg)	平均肥満度	平均尾叉長(cm)	平均体重(kg)	平均肥満度	平均尾叉長(cm)	平均体重(kg)	平均肥満度	平均尾叉長(cm)	平均体重(kg)	平均肥満度
新井田川	59.0	1.9	9.0	66.4	2.9	9.5	69.6	3.4	9.7	60.1	1.9	8.8	65.7	2.7	9.2	69.7	3.2	9.2
馬淵川	62.0	2.5	10.2	67.8	3.2	10.1	72.6	4.0	10.2	62.6	2.6	10.5	66.8	3.1	10.1	70.7	3.8	10.6
奥入瀬川	59.1	2.0	9.5	68.7	3.3	10.0	72.8	3.8	9.7	61.2	2.2	9.5	68.3	2.9	9.0	71.5	3.4	9.3
老部川（東）	63.6	2.4	9.2	70.7	3.7	10.5	71.8	3.8	9.9	62.5	2.7	11.3	69.7	3.6	10.6	72.5	4.1	10.5
太平洋	61.2	2.3	9.8	68.3	3.3	10.1	71.9	3.8	10.0	61.8	2.4	10.0	67.1	3.0	9.8	71.0	3.7	10.2
大畑川	64.7	3.0	10.8	68.7	3.6	10.9	70.3	4.3	12.0	62.5	2.7	10.9	66.7	3.2	10.6	71.9	4.0	10.6
津軽海峡	64.7	3.0	10.8	68.7	3.6	10.9	70.3	4.3	12.0	62.5	2.7	10.9	66.7	3.2	10.6	71.9	4.0	10.6
野辺地川	58.6	2.0	9.4	67.4	2.9	9.3	70.3	3.4	9.4	63.0	2.1	8.4	66.1	2.9	10.1	69.0	3.0	8.9
陸奥湾	58.6	2.0	9.4	67.4	2.9	9.3	70.3	3.4	9.4	63.0	2.1	8.4	66.1	2.9	10.1	69.0	3.0	8.9
赤石川	60.4	2.0	9.0	63.4	2.4	9.1	70.7	3.0	8.6	61.2	2.3	10.1	64.7	2.7	10.0	68.1	3.1	9.6
追良瀬川	59.0	2.0	9.4	67.7	3.1	9.7	71.7	3.9	10.4	59.8	2.2	10.1	66.5	3.0	10.0	68.1	3.0	9.6
日本海	60.0	2.0	9.1	65.2	2.7	9.4	71.4	3.6	9.8	60.7	2.3	10.1	65.8	2.9	10.0	68.1	3.0	9.6
県	61.1	2.3	9.7	67.3	3.1	9.8	71.7	3.8	10.1	61.6	2.4	10.0	66.7	3.0	9.9	70.9	3.7	10.2

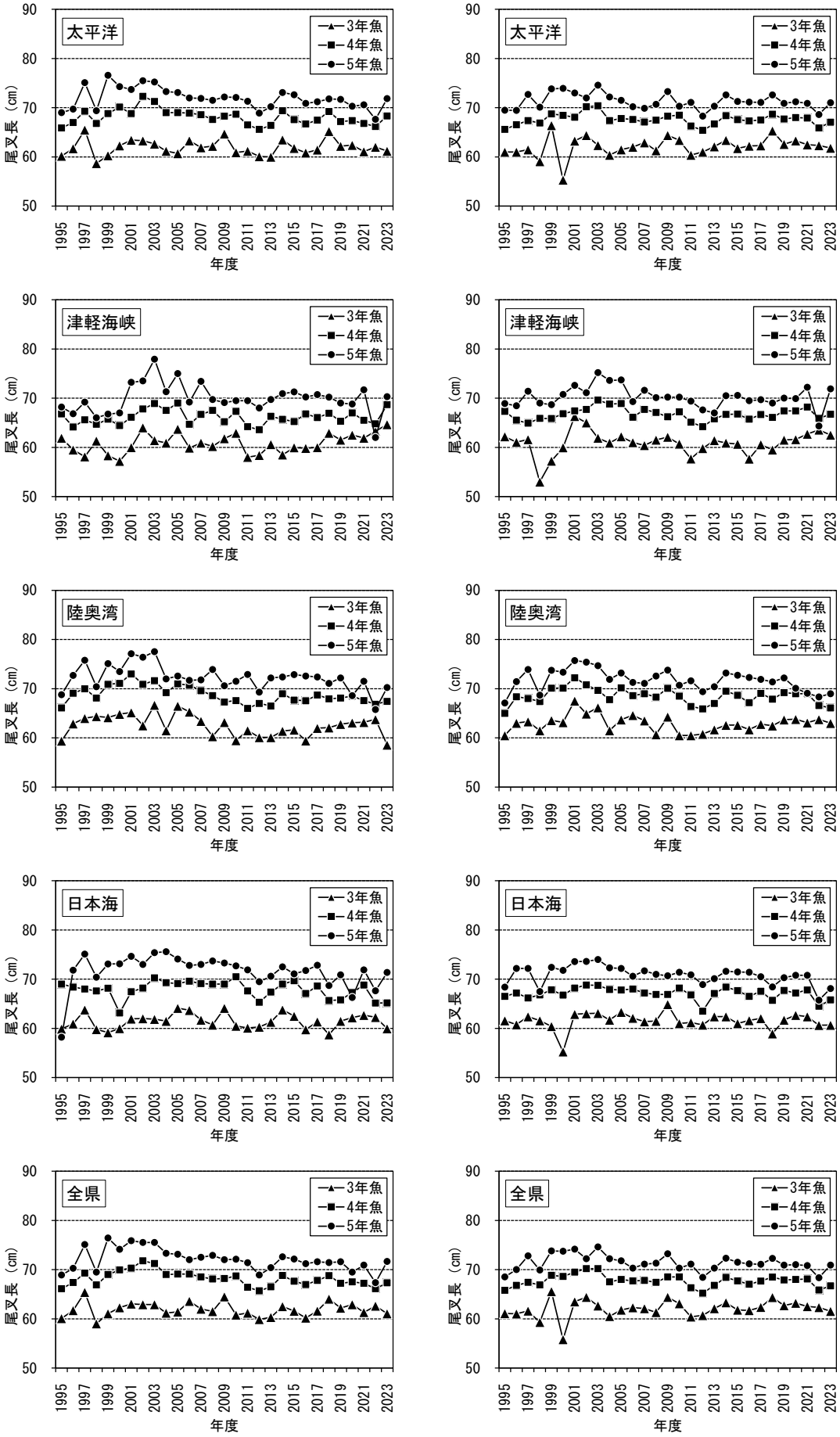


図 4. 地域別捕獲親魚平均尾叉長の推移（左：雄、右：雌）

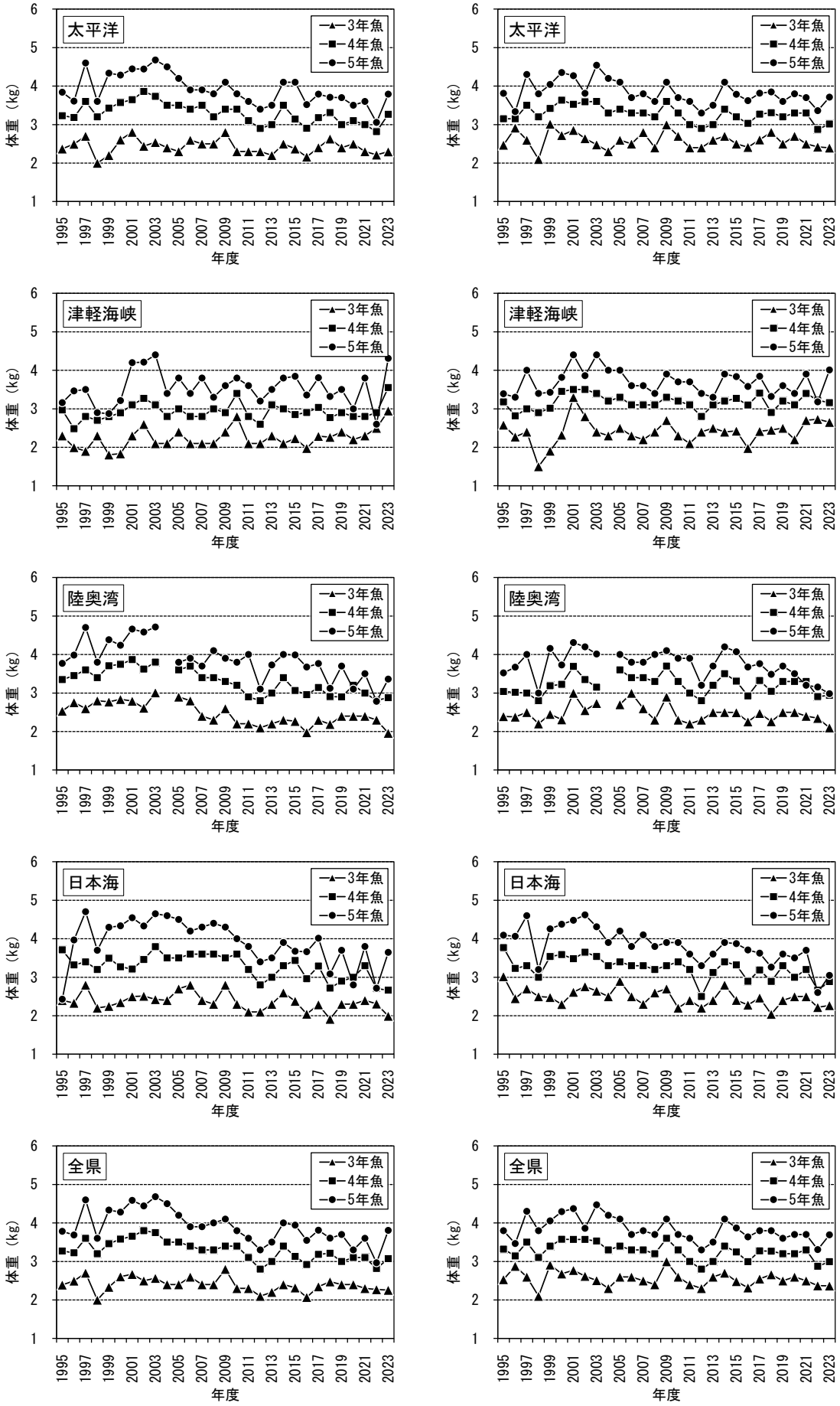


図 5. 地域別捕獲親魚平均体重の推移（左：雄、右：雌）

2. 増殖実態調査

地域別放流稚魚の測定結果を表5に、体重組成を図6、尾叉長組成を図7に示した。

平均体重は太平洋で1.8g、津軽海峡で1.5g、陸奥湾で1.7g、日本海で1.1gとなっていた。1g以上の割合は、太平洋が83.8%、津軽海峡が100.0%、陸奥湾が99.8%、日本海が55.1%となっていた。各地域とも平均体重、1g以上の割合ともに増加しており、近年の来遊不振への対応として、各ふ化場が大型稚魚生産やフィードオイル添加餌料による飢餓耐性の強化に取り組み始めたこと、早期に採卵された北海道からの移入卵から生産した稚魚の割合が高まったことなどが要因と考えられた。

地域別の適期・適サイズ放流モデル（山日ら[1)]作成。沿岸水温が5℃となる時期に体重1g以上で放流することを基本とし、沿岸水温が13℃に達する時期までに体重3gに成長することが可能な時期での放流）へ2023年度放流種苗がどの程度適合していたかを図8に示した。適期・適サイズで放流された割合は、太平洋で24.7%、津軽海峡で60.0%、陸奥湾で82.4%、日本海で24.8%と各地域とも前年度を上回り、津軽海峡と陸奥湾で特に高かった。太平洋では適期前の放流割合が高く、稚魚の成長に伴って用水不足による稚魚の不調が起こり調整放流せざるを得なかった事例があったことが要因と考えらえた。また、日本海では小型での放流割合が高く、飼育水温の低いふ化場において沿岸水温が放流適水温を超える前に小型で放流せざるを得なかったことが要因と考えられた。

近年のサケ不漁の要因の仮説として、親潮とそれに連なる沿岸親潮の勢力の弱化による①サケ稚魚に適した水温帯が継続する期間の短縮・形成時期の変化、②黒潮系の暖水塊や津軽海峡を抜ける対馬暖流の影響が強くなり、サケ稚魚のオホーツク海への回遊を阻害、③親潮の弱化による栄養塩や動物プランクトンの沿岸域への供給量の減少や季節ごとの組成変化に伴う餌生物の減少のほか、水温上昇によりサバ等の捕食者と分布域が重なり、捕食圧が増加して生残率が悪化していることが挙げられている[2)]。このようなサケにとって厳しい環境変化にできるだけ対応するため、ふ化放流事業の実施にあたっては、基本的な飼育管理の徹底に加えて、遊泳力の強い大型稚魚生産や稚魚の飢餓耐性の強化、沿岸水温の適時把握による放流時期の調整、各ふ化施設の飼育水温等の特徴を活かしたふ化場間の連携強化等、幅広い対策に取り組んでいくことが望まれる。

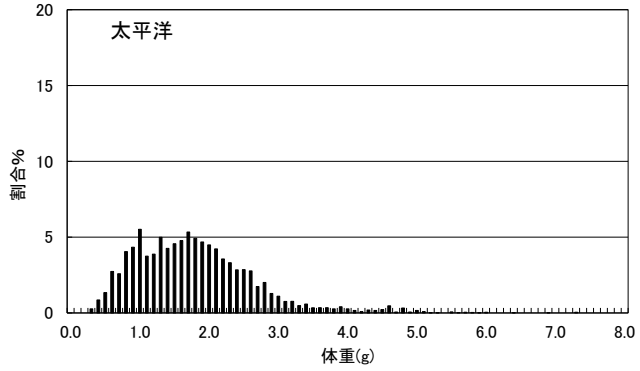
文　献

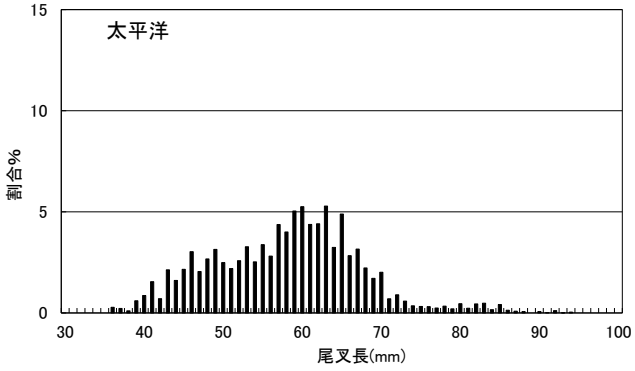
1)　山日達道・山内壽一・榊　昌文（1996）ウ．放流状況調査．平成6年度さけ・ます資源管理・効率化推進事業実施結果, 28-45.

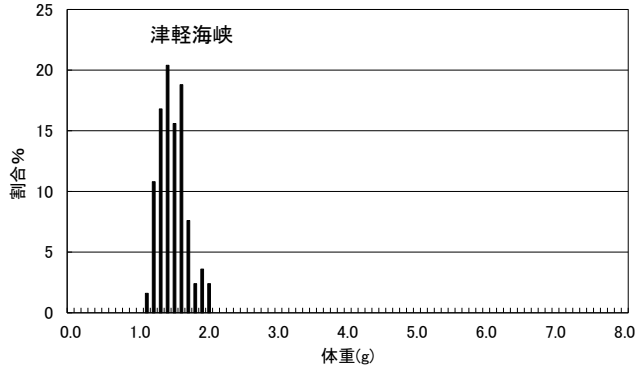
2)　不漁問題に関する検討会（2021）不漁問題に関する検討会とりまとめ, 12-18.

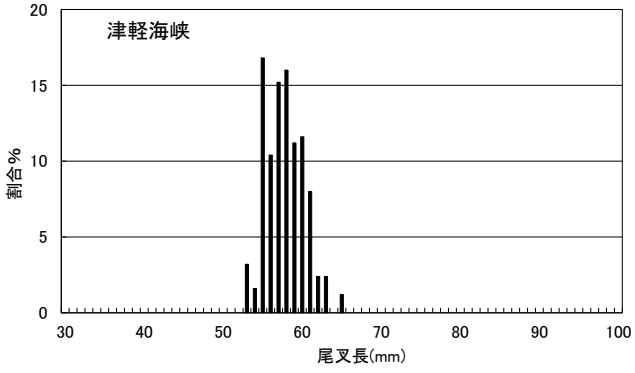
表 5. 地域別放流稚魚体重組成

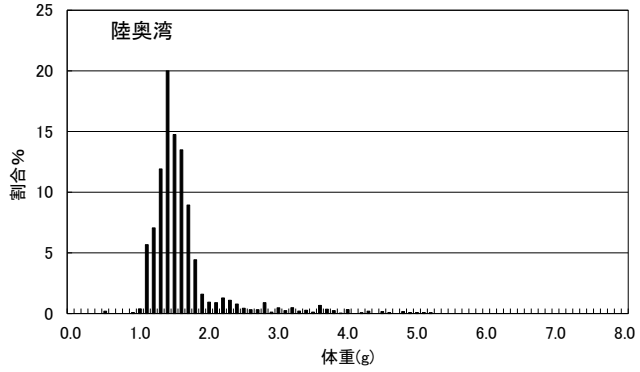
海域	年度	放流尾数（千尾）	体重組成（%）		平均体重（g）	平均尾叉長（mm）	放流時期（月/日）	適期適サイズ放流割合（%）
			0.7g以上	1g以上				
太平洋	2010	69,099	80.6	52.5	1.1	48	1/27 ～ 5/18	4.4
	2011	61,687	70.6	31.1	0.9	46	1/20 ～ 5/24	1.2
	2012	69,955	71.1	37.8	1.0	47	1/24 ～ 5/17	12.4
	2013	61,219	76.3	42.5	1.0	46	1/17 ～ 5/13	6.4
	2014	62,907	77.8	44.8	1.1	46	1/20 ～ 5/15	9.6
	2015	65,919	66.3	40.8	1.0	46	1/12 ～ 5/10	7.2
	2016	62,661	38.2	13.1	0.7	45	12/30 ～ 5/11	4.3
	2017	61,794	26.7	13.2	0.7	45	12/28 ～ 5/8	4.9
	2018	66,796	20.9	6.4	0.6	44	12/26 ～ 5/10	5.2
	2019	36,794	20.3	5.8	0.7	45	1/5 ～ 5/1	0.9
	2020	32,952	42.6	9.0	0.8	47	12/28 ～ 4/30	26.9
	2021	15,385	38.8	27.1	0.8	47	1/9 ～ 5/6	26.2
	2022	25,812	59.9	42.4	1.2	51	1/30 ～ 4/28	15.4
	2023	11,076	94.8	83.8	1.8	59	2/5 ～ 4/18	24.7
津軽海峡	2010	4,623	98.7	66.2	1.2	50	3/31 ～ 4/30	69.9
	2011	3,817	97.1	61.4	1.2	51	3/17 ～ 5/16	16.4
	2012	3,250	90.3	59.1	1.0	48	3/26 ～ 4/30	0.0
	2013	2,515	100.0	74.2	1.2	48	3/21 ～ 5/2	10.2
	2014	3,820	64.2	33.9	1.0	46	3/16 ～ 4/27	20.0
	2015	4,592	96.0	59.0	1.2	50	3/16 ～ 4/26	44.4
	2016	3,582	26.2	16.3	0.7	46	3/15 ～ 4/28	16.5
	2017	2,905	1.4	0.0	0.4	43	3/15 ～ 4/23	0.0
	2018	3,981	16.0	0.7	0.6	45	3/14 ～ 4/23	18.3
	2019	1,819	38.7	21.2	0.7	48	3/16 ～ 4/24	32.6
	2020	2,813	43.2	13.0	0.7	49	3/15 ～ 4/28	23.6
	2021	788	99.7	45.5	1.1	51	3/4 ～ 4/26	28.6
	2022	1,430	97.7	44.6	1.0	51	2/28 ～ 4/19	23.6
	2023	250	100.0	100.0	1.5	58	3/6 ～ 4/3	60.0
陸奥湾	2010	26,854	91.1	66.0	1.2	51	2/8 ～ 4/19	41.9
	2011	20,775	66.2	36.8	0.9	46	1/27 ～ 5/2	16.9
	2012	23,016	78.0	37.8	1.0	47	1/29 ～ 4/26	13.4
	2013	20,120	92.9	57.8	1.1	49	2/11 ～ 4/26	18.3
	2014	17,448	91.4	67.0	1.2	51	1/29 ～ 4/22	46.9
	2015	20,885	91.9	75.7	1.7	54	2/15 ～ 4/28	42.3
	2016	20,472	64.2	38.6	1.0	51	2/5 ～ 4/24	20.7
	2017	16,023	61.9	29.1	0.9	48	1/31 ～ 4/17	13.8
	2018	19,829	76.9	46.5	1.2	52	2/14 ～ 4/25	41.6
	2019	5,276	93.0	67.9	1.7	57	3/7 ～ 4/17	31.4
	2020	5,935	91.7	60.4	1.5	55	2/16 ～ 4/21	20.1
	2021	1,693	98.1	88.6	3.0	70	2/23 ～ 4/19	34.7
	2022	4,334	96.8	75.8	1.3	53	2/22 ～ 4/20	50.8
	2023	1,462	99.8	99.7	1.7	58	3/12 ～ 3/29	82.4
日本海	2010	28,670	72.3	40.1	1.0	47	2/8 ～ 4/18	9.4
	2011	22,641	86.4	44.5	1.0	48	2/21 ～ 4/20	6.2
	2012	20,873	64.6	32.6	0.9	45	2/26 ～ 4/22	0.0
	2013	18,577	86.9	49.8	1.1	48	3/4 ～ 4/18	12.5
	2014	22,609	80.2	44.9	1.0	47	3/3 ～ 4/15	17.3
	2015	23,764	70.7	31.2	1.0	46	2/22 ～ 4/12	5.9
	2016	20,457	61.5	29.3	0.9	49	2/28 ～ 4/11	27.3
	2017	19,560	28.4	8.4	0.7	45	3/3 ～ 4/17	19.2
	2018	18,047	35.6	13.1	0.7	46	3/5 ～ 4/19	11.1
	2019	5,857	71.1	30.0	1.0	51	3/24 ～ 4/15	23.5
	2020	11,658	53.0	13.5	0.8	49	3/3 ～ 4/15	11.4
	2021	5,007	68.8	31.2	0.9	49	3/4 ～ 4/15	28.3
	2022	9,915	67.9	39.4	1.0	50	2/1 ～ 4/15	24.2
	2023	4,430	67.8	55.1	1.1	50	2/7 ～ 4/18	24.8

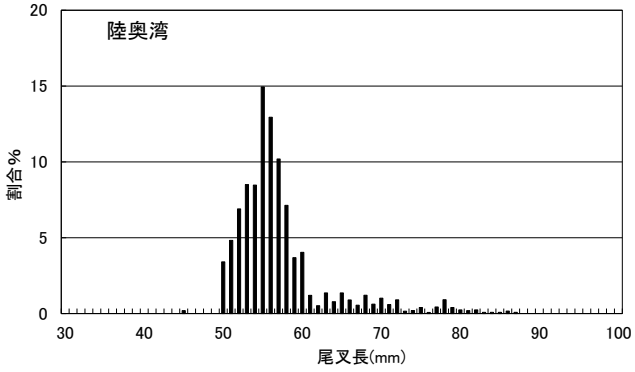


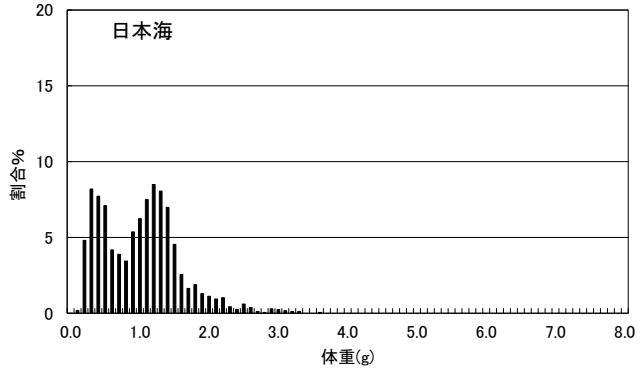












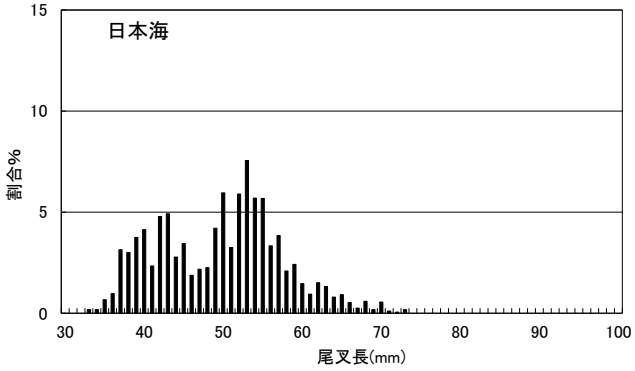


図 6. 地域別放流稚魚の体重組成

図 7. 地域別放流稚魚の尾叉長組成

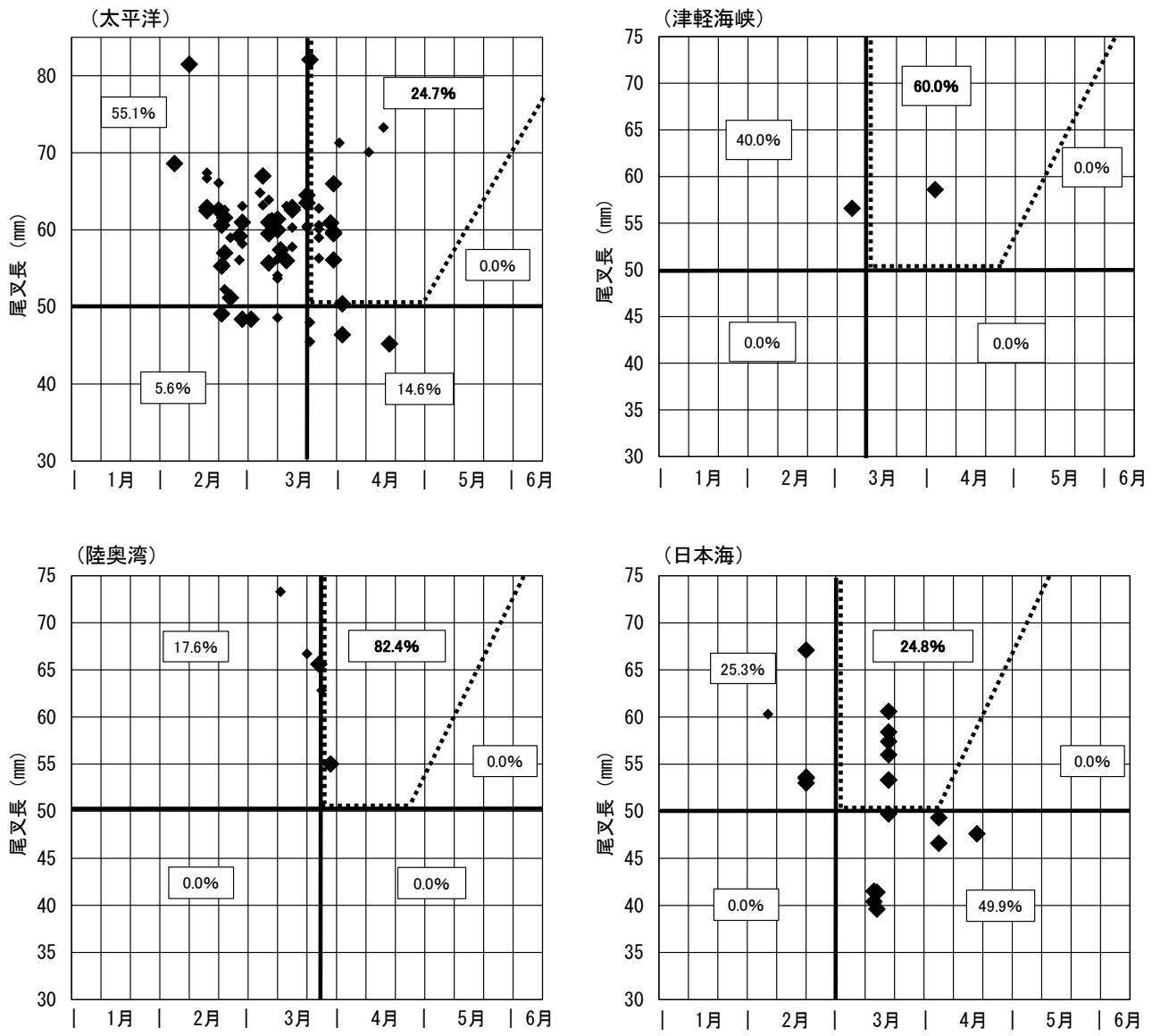


図 8. 2023 年度地域別稚魚放流状況

（◆小：10 万尾未満、◆大：10 万尾以上、破線で囲まれた部分は適期･適サイズ放流の範囲を表す）

サクラマス 0⁺秋放流魚追跡調査

静　一徳

目　的

0⁺秋放流の効果把握のため、サクラマス 0⁺秋放流魚の追跡調査を行い、成長、生残、降海状況を明らかにする。なお、本調査は水産庁の水産資源調査・評価推進委託事業で得られたデータを一部使用した。

材料と方法

2022 年 10 月に、脂鰭を切除した 0⁺秋放流魚を老部川支流中ノ又沢、川内川支流八木沢、追良瀬川支流オサナメ沢に 1,500 尾～55,625 尾放流した（図 1、表 1)。川内川では夏季に洪水被害があったため例年より標識放流数が少なかった。

2022 年 12 月に 1 回、2023 年 4 月～5 月に 1 回、2023 年 6 月に 1 回（老部川のみ)、老部川支流中ノ又沢 3 定点、川内川支流八木沢 1 定点、追良瀬川支流オサナメ沢 1 定点にて採捕調査を行った。採捕には電気ショッカーを使用し、採捕魚は標識の確認、尾叉長、体重の測定、相分化（パー：P、銀毛パー：SP、前期スモルト：PS、中期スモルト：MS、後期スモルト：LS）の判定を行った後、再放流した。老部川では Program CAPTURE の Mbh モデル（Pollock and Otto, 1983）[1)]を用いて 2 回除去法により個体数推定した。個体数推定に使用する採捕数として、3 定点の 500m² 当たりの 1 回目平均採捕尾数、2 回目平均採捕尾数を用いた。

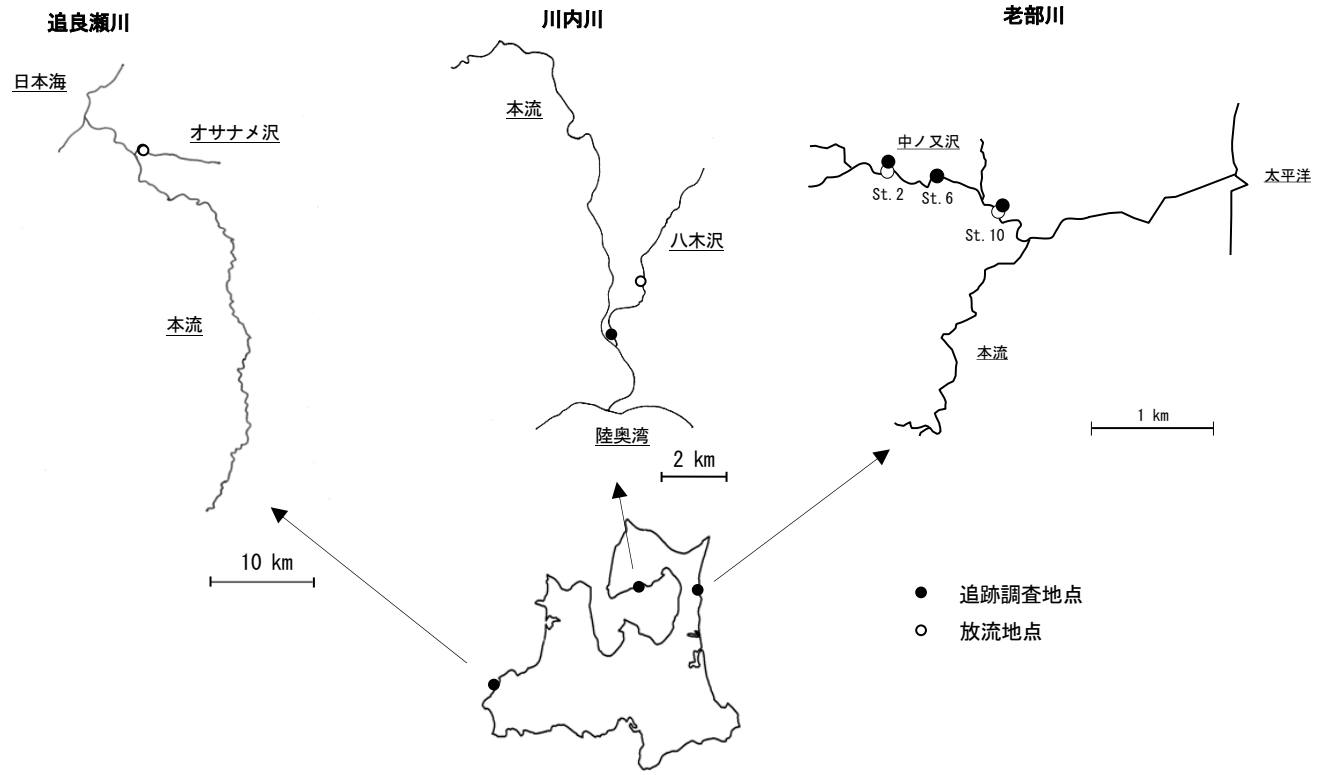


図 1. サクラマス 0⁺秋放流魚の放流地点及び追跡調査地点

結果と考察

老部川支流中ノ又沢で放流された 0⁺秋放流魚の 12 月の平均尾叉長は 10.9 cm～11.2 cm であった（表 2)。平均尾叉長は 4 月に 11.8 cm～12.2 cm、6 月に 13.2 cm～14.1 cm となり経時的に上昇した。生息密度は 12 月の 0.190 尾/m² から 4 月の 0.090 尾/m² に低下し（12 月の 47.4%)、冬期の減耗と分散によるものと考えられた（図 2)。6 月には 0.022 尾/m²（4 月の 24.4%）に低下し、主に降海によるものと推定された。

川内川支流八木沢では放流数が少なかったためか採捕数が少なかった。0⁺秋放流魚の12月の2尾の平均尾叉長は13.0 cm、4月の1尾は14.3 cmであった（表3）。4月採捕魚の相分化状況はパーであった。

追良瀬川支流オサナメ沢で放流された0⁺秋放流魚の12月の平均尾叉長は10.0 cm、5月は9.6 cmであった（表4）。5月に採捕された3尾の相分化状況はパーのみであった。

表1. サクラマス標識放流結果（2021年級）

ふ化場名	履　歴	採卵年	放流河川	放流場所	放流年月日	放流数	放流魚体		標識部位	魚体測定機関
							平均尾叉長	平均体重		
老部川内水面漁協	遡上系	2021	老部川	中ノ又沢（中ノ又沢橋）	2022/10/14	30,000	9.6	10.0	脂鰭	老部川内水面漁協
	遡上系	2021	老部川	中ノ又沢（北ノ又沢合流点）	2022/10/14	25,625	9.6	10.0	脂鰭	
川内町内水面漁協	遡上系	2021	川内川	八木沢	2022/10/26	1,500	11.6	16.9	脂鰭	川内町内水面漁協
追良瀬内水面漁協	海産系	2021	追良瀬川	オサナメ沢	2022/10/27	5,000	9.6	10.9	脂鰭	追良瀬内水面漁協
	海産系	2021	追良瀬川	追良瀬川	2022/10/27	20,000	9.6	10.9	脂鰭	追良瀬内水面漁協
	池産系	2021	追良瀬川	追良瀬川	2022/10/27	15,000	10.2	13.3	脂鰭	追良瀬内水面漁協

表2-1. 0⁺秋放流魚追跡調査結果（老部川、中ノ又沢St.2）

調査日	2022年12月1日	2023年4月5日	2023年6月5日
水温（℃）	4.5	8.8	13.6
測定尾数	8	25	10
相分化（P/SP/PS/MS/LS）	8/0/0/0/0	5/11/7/2/0	10/0/0/0/0
平均尾叉長±SD（cm）	11.2±1.3	11.8±1.3	14.1±1.7
平均体重±SD（g）	16.3±7.0	21.0±7.3	38.2±18.0
平均肥満度±SD	10.8±1.3	12.5±1.5	12.9±1.3

表2-2. 0⁺秋放流魚追跡調査結果（老部川、中ノ又沢St.6）

調査日	2022年12月1日	2023年4月5日	2023年6月5日
水温（℃）	4.6	9.7	13.7
測定尾数	17	14	4
相分化（P/SP/PS/MS/LS）	17/0/0/0/0	6/2/4/2/0	4/0/0/0/0
平均尾叉長±SD（cm）	11.0±1.1	12.2±1.6	13.2±1.7
平均体重±SD（g）	14.7±4.2	22.5±6.7	32.6±12.7
平均肥満度±SD	10.8±0.8	12.1±1.6	13.7±1.5

表2-3. 0⁺秋放流魚追跡調査結果（老部川、中ノ又沢St.10）

調査日	2022年12月1日	2023年4月5日	2023年6月5日
水温（℃）	4.7	9.7	13.3
測定尾数	184	88	19
相分化（P/SP/PS/MS/LS）	184/0/0/0/0	24/19/40/5/0	19/0/0/0/0
平均尾叉長±SD（cm）	10.9±0.8	11.9±1.0	13.9±1.2
平均体重±SD（g）	13.7±3.1	20.1±4.9	34.1±9.2
平均肥満度±SD	10.5±0.6	11.8±1.1	12.3±0.9

表3. 0⁺秋放流魚追跡調査結果（川内川、八木沢）

調査日	2022年12月6日	2023年4月24日
水温（℃）	3.2	9.4
測定尾数	2	1
相分化（P/SP/PS/MS/LS）	2/0/0/0/0	1/0/0/0/0
平均尾叉長±SD（cm）	13.0±0.9	14.3
平均体重±SD（g）	20.3±5.9	39.4
平均肥満度±SD	9.2±0.7	13.5

表4. 0⁺秋放流魚追跡調査結果（追良瀬川、オサナメ沢）

調査日	2022年12月5日	2023年5月10日
水温（℃）	5.1	10.7
測定尾数	61	3
相分化（P/SP/PS/MS/LS）	61/0/0/0/0	3/0/0/0/0
平均尾叉長±SD（cm）	10.0±0.9	9.6±1.2
平均体重±SD（g）	10.2±3.2	10.9±3.6
平均肥満度±SD	9.7±0.8	12.2±0.9

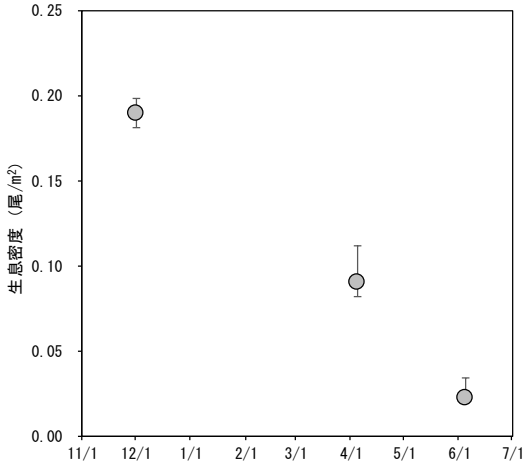


図2. 0⁺秋放流魚生息密度（老部川）

エラーバー：95%信頼区間

謝　辞

現場での作業やデータ提供にご協力していただいた老部川内水面漁業協同組合、川内町内水面漁業協同組合、追良瀬内水面漁業協同組合に御礼申し上げます。

文　献

1) Pollock, K.H., and Otto, M.C. (1983) Robust estimation of population size in closed animal populations from capture-recapture experiments. Biometrics, 39(4), 1035-1049.

サクラマス幼魚回遊生態調査

静　一徳

目　的

サクラマス幼魚の定置網での混獲実態、北上期の回遊生態を把握する。

材料と方法

2023 年 4 月～6 月に尻労にて大型定置網により混獲されたサクラマス幼魚を漁業者の協力で日付別に採集した（図 1)。採集した幼魚は-20℃で冷凍保存した。冷凍サンプルは内水面研究所へ搬送し日付別の尾数を確認した。また胃内容物を分析し、サクラマス幼魚の胃内容物タイプを魚類、魚類＋軟体動物、魚類＋甲殻類、甲殻類＋軟体動物、甲殻類の 5 タイプに分けた。日別の操業の有無確認のため、操業記録の提供を受けた。尻労漁港外海側に設置した水温ロガーにより 1 時間間隔で表層水温を計測した。



図 1. サクラマス幼魚調査地点

結果と考察

4 月 4 日～6 月 4 日に採捕されたサクラマス幼魚は合計 215 尾であった（図 2)。採捕日の日平均水温は 9.1℃～13.5℃であった。日平均水温が 13℃を超えた 6 月上旬以降はほとんど採捕が無かった。過去の調査でも表層水温 13℃前後を境にサクラマス幼魚の入網が無くなることが確認されており [1)]、サクラマス幼魚の北上回遊と表層水温との間に密接な関係があることが示唆された。

サクラマスの胃内容物からは魚類と甲殻類（動物プランクトン）が多く出現した（図 3)。

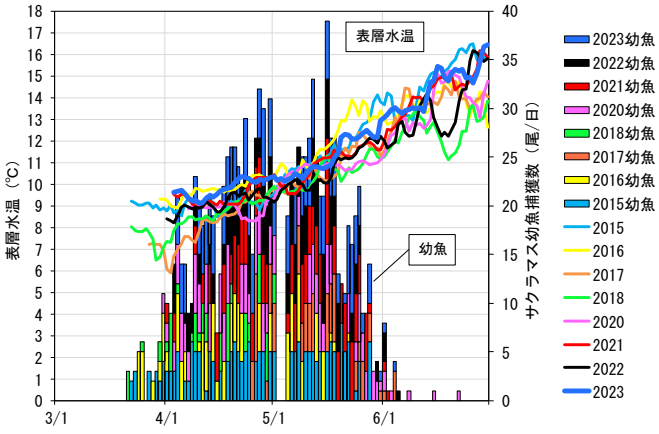


図 2. 表層水温とサクラマス幼魚採捕数（尻労）

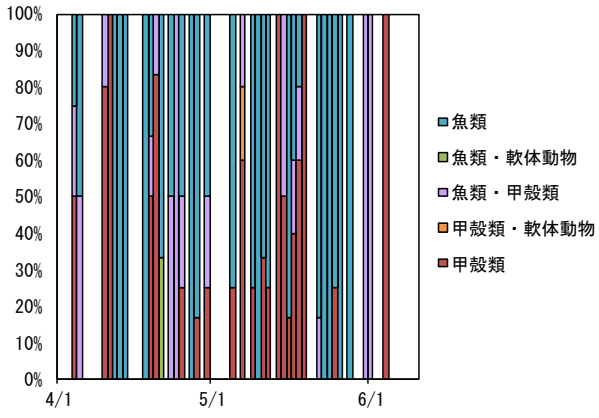


図 3. サクラマス幼魚の胃内容物タイプ（2023 年尻労）

謝　辞

調査にご協力いただいた尻労漁業協同組合の吉田漁業部、川端博昭氏に御礼申し上げます。

文　献

1) 静一徳（2021）サクラマス幼魚回遊生態調査．平成 29 年度青森県産業技術センター内水面研究所事業報告，35.

サクラマス増殖実態調査

静　一徳

目　的

サクラマス増殖技術向上のため、サクラマス親魚の捕獲状況とサクラマス幼魚の放流状況を把握する。

材料と方法

老部川内水面漁業協同組合、川内町内水面漁業協同組合、追良瀬内水面漁業協同組合からデータ提供を受け、河川でのサクラマス捕獲状況、採卵状況、採卵親魚の魚体測定結果、及び幼魚の放流状況を取りまとめた。

結果と考察

1. 老部川

2023 年は 8 月 27 日、9 月 10 日に雄 82 尾、雌 138 尾の計 220 尾のサクラマス親魚が採捕された。捕獲時に確認された標識は脂鰭カット、脂鰭＋左腹鰭カット、脂鰭＋右腹鰭カットであった。10 月 5 日～10 月 27 日の間、雌 126 尾から 345 千粒を採卵した。捕獲親魚 220 尾の内、標識魚は 93 尾であった（表 1、表 2)。

2022 年 10 月 14 日に老部川支流の中ノ又沢へ、脂鰭カットした 2021 年級幼魚を 55,625 尾放流した（0^{+}秋放流、表 3)。2023 年 4 月 21 日、4 月 26 日にふ化場の人工河川から老部川本流へ、脂鰭＋左腹鰭カットした 2021 年級 1^{+}スモルト幼魚を 57,495 尾放流した（1^{+}スモルト放流)。

表 1. 老部川のサクラマス親魚採捕と採卵状況（2023 年）

月日	親魚採捕（尾）				採卵（尾）		
	♀	♂	不明	計	♀	♂	採卵数（千粒）
8月27日	115	66	0	181			
9月10日	23	16	0	39			
10月5日					39	11	118.0
10月13日					54	14	146.0
10月20日					28	8	68.0
10月27日					5	5	13.0
計	138	82	0	220	126	38	345.0

表 2. 老部川における捕獲親魚標識部位別尾数と平均魚体サイズ（2023 年）

標識部位	尾数				平均尾叉長（cm）±標準偏差		平均体重（kg）±標準偏差		由来
	♀	♂	不明	計	♀	♂	♀	♂	
無	89	38	0	127	55.9±2.6	57.8±4.9	2.0±0.4	2.0±0.6	野生魚 + 無標識放流魚
脂鰭カット	24	21	0	45	56.4±2.9	55.5±3.5	2.0±0.3	1.7±0.5	0^{+}秋放流魚
脂鰭＋左腹鰭カット	17	17	0	34	55.2±3.6	54.3±3.6	1.9±0.5	1.6±0.4	1^{+}スモルト放流魚
脂鰭＋右腹鰭カット	8	6	0	14	55.2±2.5	55.5±3.5	1.9±0.3	1.8±0.5	1^{+}スモルト放流魚
計	138	82	0	220	55.6±3.1	56.4±4.4	1.9±0.4	1.8±0.5	

表 3. 老部川における 2021 年級サクラマス放流結果

履　歴	採卵年	放流河川	放流場所	放流年月日	放流数	放流魚体		標識部位	魚体測定機関
						平均尾叉長	平均体重		
					(尾)	(cm)	(g)		
遡上系	2021	老部川	中ノ又沢（中ノ又沢橋）	2022/10/14	30,000	9.6	10.0	脂鰭	老部川内水面漁協
遡上系	2021	老部川	中ノ又沢（北ノ又沢合流点）	2022/10/14	25,625	9.6	10.0	脂鰭	老部川内水面漁協
遡上系	2021	老部川	本流（人工河川）	2023/4/21	28,751	14.9	36.9	脂鰭＋左腹鰭	内水面研究所
遡上系	2021	老部川	本流（人工河川）	2023/4/26	23,744	14.9	36.9	脂鰭＋左腹鰭	内水面研究所
遡上系	2021	老部川	本流（人工河川）	2023/4/26	5,000	14.9	36.9	脂鰭＋左腹鰭	内水面研究所

2. 川内川

2023 年は捕獲が実施されず遡上親魚の採捕は無かった。

2022 年 10 月 26 日に川内川支流の八木沢へ、脂鰭カットした 2021 年級幼魚を 1,500 尾放流した（0⁺秋放流、表 4)。2023 年 5 月 12 日、26 日に川内川本流へ、右腹鰭カットした 2021 年級 1⁺スモルト幼魚を 50,000 尾放流した（1⁺スモルト放流)。

表 4. 川内川における 2021 年級サクラマス放流結果

履　歴	採卵年	放流河川	放流場所	放流年月日	放流数	放流魚体		標識部位	魚体測定機関
						平均尾叉長	平均体重		
					(尾)	(cm)	(g)		
遡上系	2021	川内川	八木沢	2022/10/26	1,500	11.6	16.9	脂鰭	川内町内水面漁協
池産系	2021	川内川	本流	2023/5/12	25,000	14.7	29.2	右腹鰭	川内町内水面漁協
池産系	2021	川内川	本流	2023/5/26	25,000	13.4	23.3	右腹鰭	川内町内水面漁協

3. 追良瀬川

2023 年は 5 月 1 日～6 月 21 日に雌雄不明 31 尾のサクラマス親魚が採捕された。10 月 5 日～11 月 2 日の間、雌 12 尾から 34 千粒を採卵した。採卵時に確認された標識は脂鰭カットのみであり、15 尾調べた内、標識魚は 1 尾であった（表 5、表 6)。

2022 年 10 月 27 日に追良瀬川本流と支流オサナメ沢へ、脂鰭カットした 2021 年級幼魚を 40,000 尾放流した（0⁺秋放流、表 7)。2023 年 5 月 18 日に追良瀬川本流へ、脂鰭＋左腹鰭カットした 2021 年級 1⁺スモルト幼魚を 40,000 尾放流した（1⁺スモルト放流)。

表 5. 追良瀬川のサクラマス親魚採捕と採卵状況（2023 年）

月日	親魚採捕（尾）				採卵（尾）		
	♀	♂	不明	計	♀	♂	採卵数（千粒）
5月1日	0	0	1	1			
5月4日	0	0	1	1			
5月5日	0	0	4	4			
5月16日	0	0	1	1			
5月21日	0	0	2	2			
5月22日	0	0	2	2			
5月23日	0	0	1	1			
5月31日	0	0	3	3			
6月2日	0	0	2	2			
6月5日	0	0	4	4			
6月6日	0	0	1	1			
6月8日	0	0	3	3			
6月9日	0	0	1	1			
6月13日	0	0	2	2			
6月20日	0	0	1	1			
6月21日	0	0	2	2			
10月5日					1	4	2.7
10月13日					4	7	11.0
10月17日					3	4	7.5
10月26日					3	2	9.0
11月2日					1	4	3.5
計	0	0	31	31	12	21	33.7

表 6. 追良瀬川における捕獲親魚標識部位別尾数と平均魚体サイズ（2023 年）

標識部位	尾数				平均尾叉長（cm）±標準偏差		平均体重（kg）±標準偏差		由来
	♀	♂	不明	計	♀	♂	♀	♂	
無	14	0	0	14	53.6±3.5	−	1.8±0.4	−	野生魚 + 無標識放流魚
脂鰭カット	1	0	0	1	55.0	−	2.3	−	0⁺秋放流魚
計	15	0	0	15	53.7±3.4	−	1.9±0.4	−	

表 7. 追良瀬川における 2021 年級サクラマス放流結果

履　歴	採卵年	放流河川	放流場所	放流年月日	放流数	放流魚体		標識部位	魚体測定機関
						平均尾叉長	平均体重		
					(尾)	(cm)	(g)		
海産系	2021	追良瀬川	オサナメ沢	2022/10/27	5,000	9.6	10.9	脂鰭	追良瀬内水面漁協
海産系	2021	追良瀬川	本流	2022/10/27	20,000	9.6	10.9	脂鰭	追良瀬内水面漁協
池産系	2021	追良瀬川	本流	2022/10/27	15,000	10.2	13.3	脂鰭	追良瀬内水面漁協
池産系	2021	追良瀬川	本流	2023/5/18	15,000	13.2	21.7	脂鰭+左腹鰭	追良瀬内水面漁協
海産系	2021	追良瀬川	本流	2023/5/18	25,000	13.7	23.1	脂鰭+左腹鰭	追良瀬内水面漁協

謝　辞

現場での作業やデータ提供にご協力していただいた老部川内水面漁業協同組合、追良瀬内水面漁業協同組合、川内町内水面漁業協同組合に御礼申し上げます。

サクラマス資源評価調査

静　一徳

目　的

サクラマス資源評価のため、サクラマスの海面での漁獲状況と河川での再生産状況を把握する。なお、本調査は、水産庁の水産資源調査・評価推進委託事業の一環として実施した。

材料と方法

1. 漁獲量調査

1981 年～2022 年の青森県における海面でのサクラマス漁獲量を海域別（太平洋南部、太平洋北部、津軽海峡東部、津軽海峡西部、陸奥湾、日本海）に取りまとめた。

2. 野生魚調査（2022 年級）

(1) 期間：2023 年 4 月、6 月

(2) 場所：老部川本流 1 地点・支流中ノ又沢 3 地点（図 1）

(3) 内容：電気ショッカーを用いた 2 回除去法により生息数を推定し、調査面積で除して生息密度を算出した。採捕は 2 名で実施した。生息数の推定には Program CAPTURE の Mbh モデル（Pollock and Otto, 1983）[1)]を使用した。

3. 産卵床調査

(1) 期間：2023 年 9 月～10 月

(2) 場所：老部川本流 4.4km（図 1）

(3) 内容：調査員 2 名で上流から下流へ踏査し、サクラマス親魚、サクラマス産卵床の位置と数を記録した。

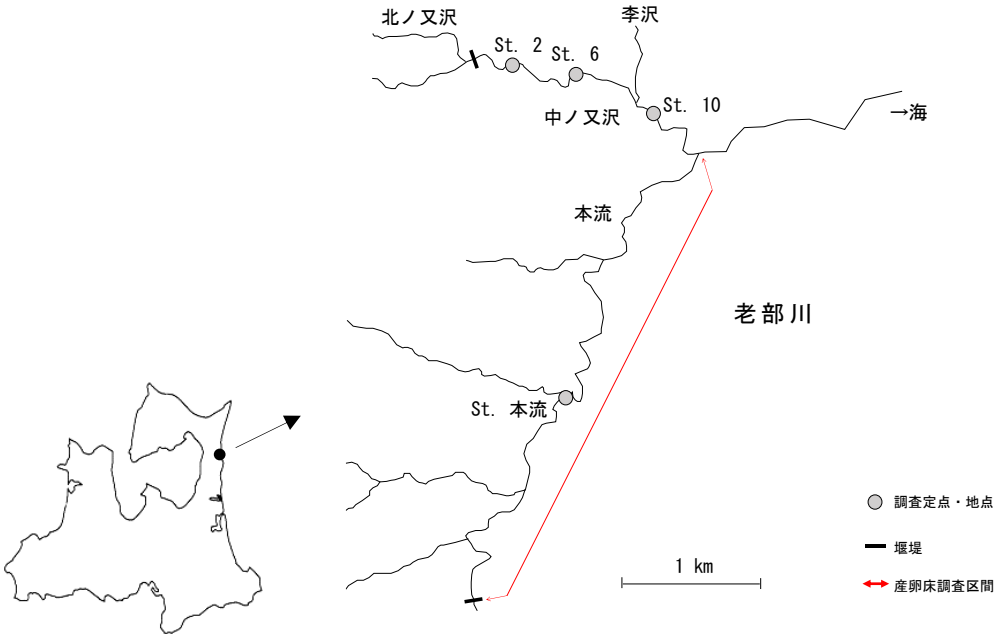


図 1. 調査区域図

結果と考察

1. 漁獲量調査（図 2）

青森県におけるサクラマス漁獲量は、2023 年は 183 トン（過去 5 年比 82%）であった。

海域毎では太平洋が 54 トン（過去 5 年比 54%）、津軽海峡が 92 トン（過去 5 年比 90%）、日本海が 35 トン（過去 5 年比 183%）で、過去 5 年比では太平洋で少なく日本海で多い結果となった。

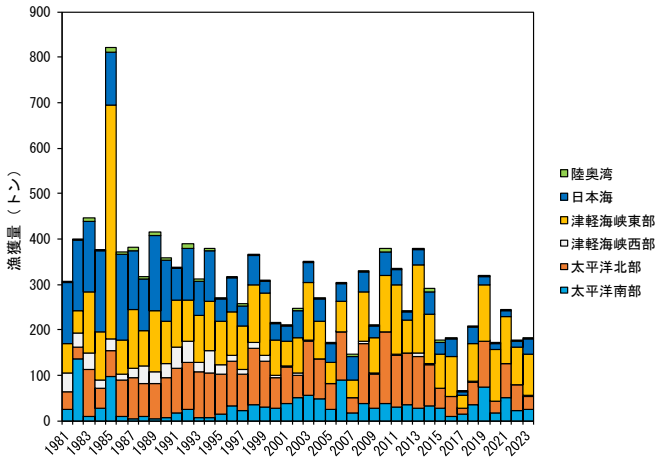


図 2. 海域別サクラマス漁獲量（青森県）

2. 野生魚調査（2022 年級）（表 1）

老部川では調査期間中の各定点の生息密度は 0.022 尾/m^2～0.686 尾/m^2 の範囲であった（表 1）。調査定点間比較では St.10 が高い傾向にあった。

表 1. サクラマス野生魚調査結果（老部川）

年月日	調査定点	調査面積 (m^2)	個体数（尾） 1回目採捕数	2回目採捕数	合計採捕数	生息数推定値	標準誤差	95%信頼区間 下限	上限	生息密度（尾/m^2） 推定値	標準誤差	95%信頼区間 下限	上限
2023/4/5	2	370.0	4	2	6	8	2	7	16	0.022	0.005	0.019	0.043
2023/4/5	6	386.4	25	15	40	17	3	15	26	0.046	0.008	0.041	0.070
2023/4/5	10	680.0	86	27	113	55	5	48	70	0.142	0.014	0.124	0.181
2023/4/6	本流	630.9	163	135	298	42	4	38	54	0.109	0.010	0.098	0.140
2023/6/5	2	370.0	9	4	13	140	7	129	158	0.206	0.011	0.190	0.232
2023/6/5	6	386.4	26	8	34	182	6	174	198	0.268	0.009	0.256	0.291
2023/6/5	10	680.0	144	19	163	433	16	405	469	0.686	0.026	0.642	0.743
2023/6/6	本流	431.0	63	33	96	129	8	117	149	0.299	0.019	0.271	0.346

3. 産卵床調査（表 2、図 3）

2023 年は 10 月 25 日に最多の 8 床（産卵床密度 0.184 床/100m）であった。産卵床密度は例年 10 月上旬に最大となる傾向にあるが、2023 年は明確なピークが無かった。現場で確認された親魚は 10 月上旬に最多であったことや、10 月下旬でも産卵床が比較的多く確認されたことから、産卵のピークが例年よりもやや遅く、10 月上旬の調査では産卵のピークを捉えられなかった可能性が考えられる。

表 2. サクラマス産卵床調査結果（老部川本流）

日付		2023/9/27	2023/10/4	2023/10/25
産卵床数（残留型のものも含む）		7	7	8
調査区間（km）		4.35	4.35	4.35
産卵床密度（産卵床数/100m）		0.161	0.161	0.184
サクラマス親魚数（尾）	生体	3	20	0
	死体	0	2	5

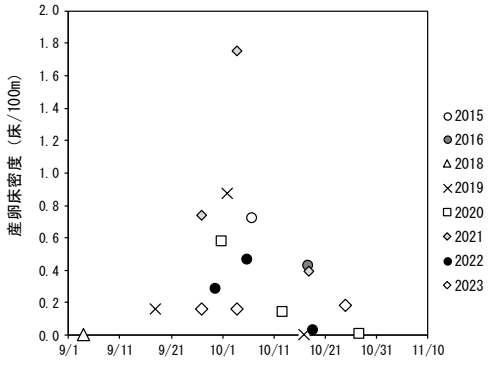


図 3. 時期別産卵床密度（老部川本流）

謝　辞

漁獲量データの集計にご協力いただいた水産総合研究所、調査にご協力いただいた老部川内水面漁業協同組合に御礼申し上げます。

文　献

1) Pollock, K.H., and Otto, M.C. (1983) Robust estimation of population size in closed animal populations from capture-recapture experiments. Biometrics, 39(4), 1035-1049.

ニホンウナギの資源回復のための種苗育成・放流手法検討事業

遠藤　赳寛

目　的

我が国のニホンウナギ資源量の減少は深刻であり、国際自然保護連合（IUCN）のレッドリストに絶滅危惧 IB 類として記載されるなど[1)]、資源回復が急務である。

青森県の太平洋側に位置する小川原湖は、高瀬川を介して海と接続する汽水湖であり、大規模なニホンウナギ漁場としては北限にあたる。小川原湖では漁協によるニホンウナギ種苗の義務放流が行われている他、高瀬川にシラスウナギが来遊することが確認されており[2-4)]、湖内には放流個体と天然個体が混在すると考えられるが、その割合は不明である。また、過去の標識放流調査の結果[2-4)]から、放流後のニホンウナギは湖内で良好に成長し、漁獲に直接寄与していることが示唆された一方、放流個体が再生産に寄与しているかは分っていない。近年、耳石の酸素・炭素安定同位体比からニホンウナギの由来水域の判別が可能となり[5)]、小川原湖においても湖内のニホンウナギの天然・放流の割合や放流個体の産卵回遊の有無が明らかになることが期待される。判別には機械学習を活用するため、判別精度を担保するには教師データの十分な蓄積が必要だが、青森県においては特に天然由来個体の耳石サンプル確保が課題となっている。北限の漁場である小川原湖のニホンウナギの実態を把握することは、青森県、ひいては我が国のニホンウナギ資源管理手法を検討する上で肝要である。

本事業は小川原湖におけるニホンウナギの漁獲実態と種苗放流実態の把握に加え、産卵親魚候補である銀ウナギの実態を把握することを目的とし、放流由来個体が漁獲された銀ウナギに含まれているか判別するためのサンプル収集及び生物特性の調査、分析を行うものである。

なお、本事業は水産庁委託「資源回復のための種苗育成・放流手法検討事業」の一環として実施されたものである。以下の報告内容は既報の水産庁委託事業報告書[6)]に準じ、内水面研究所が主担当として実施した部分について記載する。

材料と方法

1.　漁獲・種苗放流実態の把握

2023 年 6 月 1 日から 9 月 30 日の小川原湖漁業協同組合のニホンウナギ荷受伝票を基に、日別、サイズ別及び漁法別の漁獲量を集計した。なお、2022 年 10 月 1 日から 2023 年 5 月 31 日及び 2023 年 10 月 1 日から 2024 年 5 月 31 日の期間は、青森県内水面漁場管理委員会指示によりニホンウナギの採捕が禁止されていたため荷受けはなかった。

2023 年 4 月 19 日に小川原湖漁協のニホンウナギ義務放流が実施されたのに合わせ、放流に供した種苗 90kg の中から無作為に 100 個体の全長及び体重を測定し、全長組成、体重組成及び放流尾数を算出した。

2.　銀ウナギサンプルの採集と生物学的特性の把握

（1）小川原湖

2023 年 6 月 1 日から 9 月 30 日の漁期中に小川原湖で漁獲された銀ウナギをサンプルとして購入するため、ニホンウナギ荷受け時における銀化ステージの確認を小川原湖漁業協同組合に依頼した。銀化ステージの判断基準は Okamura *et al.*(2007)[7)]に準じた。

2023 年 11 月 22 日の夕方に小川原湖北部の水深 8～11m の地点に延縄（うなぎ針 9 号 50 本/500m）を 3 本設置し（図 1 ①）、11 月 23 日の朝に回収した。

（2）高瀬川

2023 年 10 月 20 日から 11 月 30 日の期間、六ヶ所村漁業協同組合に依頼して高瀬川に建網 1 ヶ統を設置し（図 1 ②）、銀ウナギ採捕調査を実施した。

（3）精密測定及び各種組織サンプルの採取

（1）、（2）で採集した銀ウナギ及び黄ウナギについて、全長、体重、胸鰭長、水平眼径、垂直眼径、生殖腺重量、肝臓重量、胃重量及び腸重量を測定した。また、胸鰭、耳石、脳、脳下垂体、肝臓、生殖腺及び血液を採取した。

胸鰭は 100%エタノールに浸漬して常温保管し、後述の DNA 個体判別に供した。

耳石は乾燥状態で保管し、耳石酸素・炭素安定同位体比分析に基づく由来水域判別[5)]に供するため、分析を担当する水産研究・教育機構水産資源研究所横浜庁舎に送付した。



図 1. 銀ウナギ採捕調査地点

脳、脳下垂体及び肝臓は RNAlater（Invitrogen）に浸漬して－20℃で保管し、生殖腺はユフィックス（サクラファインテック）で固定後、70%エタノールに置換して常温保管した。また、血液は血漿の状態で－20℃で保管した。これらのサンプルについて、遺伝子発現量解析、生殖腺組織切片作成及びホルモン分析に供するため、分析を担当する水産研究・教育機構水産技術研究所日光庁舎に送付した。

（4）個体判別

（1）、（2）で採捕された銀ウナギの中に、2016 年度及び 2017 年度の「河川及び海域での鰻来遊・生息調査事業[2-3)]」で小川原湖内に標識放流した遺伝子型既知の個体が含まれている可能性があるため、DNA 個体判別を実施した。

（3）の胸鰭からの DNA 抽出には Gentra Puregene Tissue Kit（QIAGEN）を使用した。

マーカーは「DNA マーカーを用いたニホンウナギの非侵襲的個体識別法マニュアル[8)]」に記載のマイクロサテライト 8 遺伝子座（*Anja-15*、*Anja-41*、*Anja-44*、*Anja-48*、*Anja-6*、*Anja-19*、*Anja-23* 及び *Anja-37*）を使用した（表 1）。PCR は Type-it Microsatellite PCR Kit（QIAGEN）を用いたマルチプレックス PCR とし、プライマーセットは前出のマニュアルに従い、4 遺伝子座×2 セットで実施した。各マーカーのフォワードプライマーには Dye set G5 に対応するよう、6-FAM（*Anja-41*、*Anja-37*）、VIC（*Anja-44*、*Anja-19*）、NED（*Anja-48*、*Anja-6*）、PET（*Anja-15*、*Anja-23*）の蛍光色素を付加した。なお、PCR 増幅時の不安定なアデニン 1 塩基付加に由来するスプリットピークを抑制するため、いずれのマーカーにも Applied Biosystems の Tail 配列を付加した。

PCR 反応液の組成及び反応条件は表 2、3 に従った。プライマーミックスはセットごとに、各プライマー濃度が 0.2μM になるよう 1×TE バッファーで調製した。

表 1. 個体判別に使用したマイクロサテライトマーカー

プライマーセット	遺伝子座	蛍光色素	プライマー配列	Tail付加
A	*Anja-15*	PET	F: tcctgtgtctcaaaaggtcaaa R: ttttgcacttctggttagatgc	○
	Anja-41	6-FAM	F: aagaatttacccacagccaaga R: gggtgtgtggttatggttttct	○
	Anja-44	VIC	F: gaattacaggcgatggctaaag R: atggccaaagatgttgtttttc	○
	Anja-48	NED	F: caggagtgcagtcaactgagaa R: agaaacgagacggacagttagc	○
B	*Anja-6*	NED	F: atcctctctgaccattgacgtt R: agaaacaggggggtagtttgtga	○
	Anja-19	VIC	F: acactgcgtaagtcactctgga R: ggatgtgtttactggggtcaat	○
	Anja-23	PET	F: acggattctattgtttcccctt R: taagcaaacgtgcataggaatg	○
	Anja-37	6-FAM	F: tatggccgtagtgttgtgtttc R: cagcaaacattagctgcttgac	○

表 2. PCR 反応液の組成

Master Mix	5 μl
プライマーミックス	1 μl
Q-Solution	1 μl
超純水	2 μl
テンプレートDNA	1 μl
計	10 μl

表 3. PCR 反応条件

	温度	時間	サイクル数（②-④）
①初期変性	95 ℃	5 分	
②変性	95 ℃	30 秒	
③アニーリング	60 ℃	90 秒	×28
④伸長	72 ℃	30 秒	
⑤最終伸長	60 ℃	30 分	

フラグメント解析には ABI 3500 Genetic Analyzer（Applied Biosystems）を使用した。泳動サンプルは、約 10 倍に希釈した PCR 産物 0.5µl と GeneScan 600 LIZ dye size standard v2.0（Applied Biosystems） 0.13µl、及び Hi-Di Formamide（Applied Biosystems）9.37µl を混合して合計 10µl になるように調製した。

ジェノタイピングには GeneMapper Software 5 または Microsatellite Analysis（いずれも Applied Biosystems）を使用した。

3. 天然ウナギサンプルの採集

小川原湖、青森県太平洋側の老部川（東通村）及び泊海岸において、耳石由来判別の教師データとして利用する天然ウナギのサンプルを採集した。

小川原湖ではニホンウナギの義務放流が行われており、天然個体と放流個体を外見で識別することは困難だが、放流サイズより明確に小さい個体に限っては、天然個体である可能性が極めて高い。そこで、小川原湖では 2023 年 9 月 13 日から 10 月 13 日の期間、全長 15cm 前後を目安に胴網でサイズ選択的にニホンウナギを採集した。

老部川及び泊海岸については周辺水域を含め、少なくとも近年の放流履歴がないことからサイズによらず全数をサンプルとした。

老部川では 2023 年 6 月 6 日に電気ショッカーでニホンウナギを採集した。

泊海岸では 2022 年 5 月から 2023 年 4 月まで、毎月 1 回の頻度で定期的に採捕調査を実施した。調査地点は水深 20cm 以浅の磯で、主に日没から 2 時間を目途に調査員 2〜4 名で手網によりサンプリングした。

4. 泊海岸における海ウナギ生息状況調査

上記の泊海岸における周年調査の後、磯という特殊な環境にニホンウナギが少なくとも一定期間定着している要因の把握を目的として、2023 年 8 月 10 日及び 8 月 11 日に、調査地一帯のウナギの分布状況、生物相及び塩分を調査した。

なお、本調査は宮城教育大学と共同で実施した。調査方法及び結果については遠藤&棟方（2024）[6]を参照されたい。

結果と考察

1. 漁獲・種苗放流実態の把握

小川原湖漁協の荷受け伝票を基に算出した 2023 年のニホンウナギ漁獲量は 1,338kg、漁獲尾数は 3,586 尾であった。漁期中の月別漁獲量は 9 月が最も多く、8 月が最も少なかった（図 2）。ただし、8 月は操業者数も少なく、御盆の期間市場が閉まるため出漁を控えた可能性がある。漁法は漁獲全体の 94%が延縄で、6 月及び 9 月にワカサギ、シラウオ漁の袋網に入網した個体が市場に持ち込まれた。月別漁獲量及び操業者数の推移、並びに漁法の傾向は 2020 年から 2022 年の調査結果と概ね同様であった[9-11]。

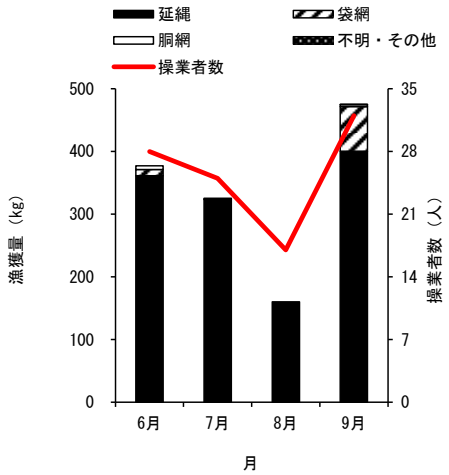


図 2. 小川原湖における月別漁法別ニホンウナギ漁獲量と操業者数の推移（2023 年）

小川原湖漁協では 200g 以上の個体を荷受けの対象としている。2023 年の漁獲物を 100g 刻みでサイズ分けして尾数を集計すると、サイズ組成は 200〜300g が 41%（2021 年 35%、2022 年 36%）、301〜400g が 25%（同 26%、25%）、401〜500g が 16%（同 17%、19%）、501〜600g が 9%（同 11%、10%）、601〜700g が 5%（同 6%、5%）、701g 以上が 5%（同 5%、5%）だった。サイズ別の集計を始めた 2021 年以降、漁獲物のサイズ組成は概ね同様の傾向を示した（図 3）。各サイズの年別漁獲尾数及び年間の操業者数の推移は図 4 のとおりだった。

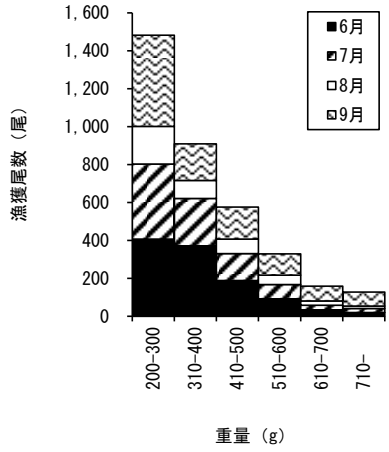


図 3. 小川原湖におけるサイズ別ニホンウナギ漁獲尾数（2023 年）

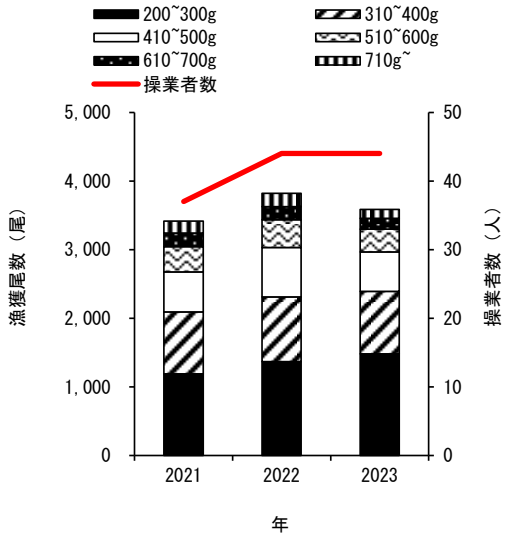


図 4. 小川原湖における年別ニホンウナギ漁獲尾数及び操業者数の推移（2021～2023 年）

2014 年以降の小川原湖のニホンウナギ漁獲量 [12] と 2007 年以降の全国のシラスウナギ採捕量 [13] を比較したところ、小川原湖の漁獲量と 7 年前の全国のシラスウナギ採捕量の間に正の相関があった（図 5、Spearman の順位相関係数、r_s=0.66、$p<0.05$）。小川原湖へのシラスウナギ来遊量は不明であるものの、全国のシラスウナギ資源量の動態とある程度連動していることが示唆された。また、7 年の期間はシラスウナギの加入から主要漁獲サイズに成長するまでの期間と対応している可能性があり、今後漁獲物の年齢査定により確認することが望ましい。

表 4. 小川原湖のニホンウナギ漁獲量と全国のシラスウナギ採捕量（ニホンウナギ稚魚国内採捕量の推移（水産庁）より作成）

	小川原湖の漁獲量（kg）	全国のシラスウナギ採捕量（t）
2007		22.2
2008		11.4
2009		24.7
2010		9.2
2011		9.5
2012		9
2013		5.2
2014	1,133	17.4
2015	861	15.3
2016	1,075	13.6
2017	540	15.5
2018	778	8.9
2019	700	3.7
2020	912	17.1
2021	1,559	11.3
2022	1,401	10.3
2023	1,338	5.6

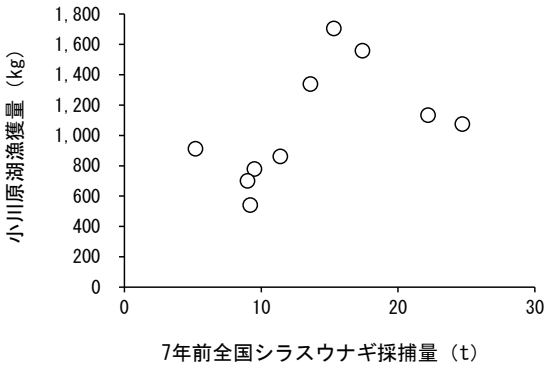


図 5. 小川原湖におけるニホンウナギ漁獲量と 7 年前の全国のシラスウナギ採捕量の関係

2023 年の小川原湖のニホンウナギ放流種苗の平均全長及び平均体重はそれぞれ 45.5±0.3cm、102.5±2.3g（±標準誤差）であった。放流種苗の全長及び体重組成は図 6～8 のようになり、2016 年から 2022 年までに放流された種苗と比較してかなり大型であった。放流尾数はおよそ 780 個体（90kg）と推定され、放流尾数の調査を開始した 2016 年以降最も少なかった。種苗の総重量は例年 80kg 前後でほぼ一定のため、魚体が小さい年ほど放流尾数が多い傾向がある（図 9）。

全国のシラスウナギ採捕量 [13] が多い年には小川原湖の放流尾数も多くなる傾向があり（図 10、Spearman の順位相関係数、r_s=0.71、p=0.058）、小川原湖内のニホンウナギ資源は天然由来個体、放流由来個体ともにシラスウナギの資源状態の影響を強く受けていることが示唆された。

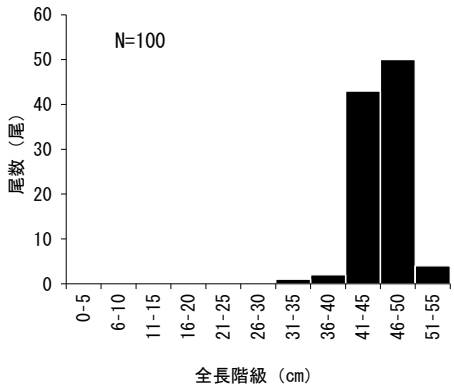


図 6. 小川原湖におけるニホンウナギ放流種苗の全長頻度分布（2023 年）

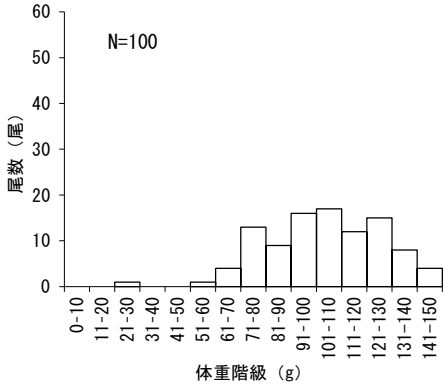


図 7. 小川原湖におけるニホンウナギ放流種苗の体重頻度分布（2023 年）

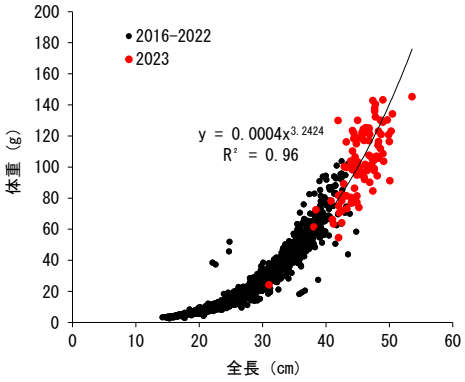


図 8. 小川原湖におけるニホンウナギ放流種苗の全長と体重の関係

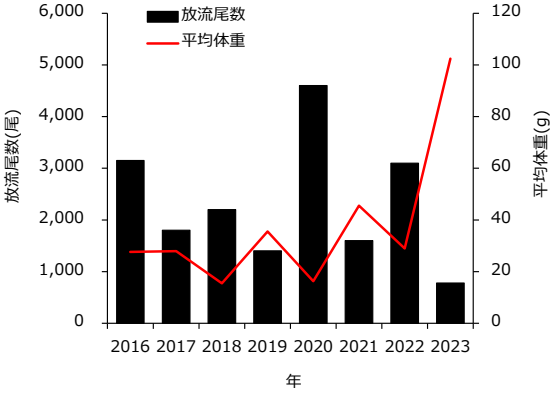


図 9. 小川原湖におけるニホンウナギ放流尾数と平均体重の推移

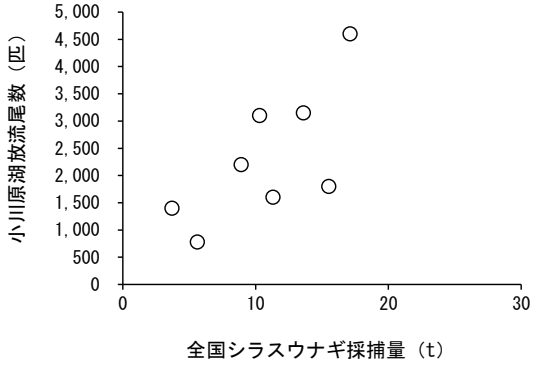


図 10. 小川原湖におけるニホンウナギ放流尾数と全国のシラスウナギ採捕量の関係

2. 銀ウナギサンプルの採集と生物学的特性の把握

小川原湖、高瀬川、青森県太平洋側の大沼及び青森県日本海側沿岸において、採捕調査及び市場購入により 12 個体のニホンウナギサンプルを収集した。全サンプルの精密測定結果は表 5 のとおり。このうち銀ウナギ（銀化ステージ S1、S2）は高瀬川で 2 個体、日本海沿岸で 1 個体の計 3 個体だった。また、小川原湖では Y2 の個体が 3 個体採捕された。採捕された個体はすべてメスだった。なお、小川原湖ではニホンウナギの性比がメスに偏っていることが指摘されている[4)]。

由来水域判別の結果については、判別完了後に水産庁委託「資源回復のための種苗育成・放流手法検討事業」成果報告書において別途報告予定である。

表 5. 小川原湖、高瀬川、大沼及び青森県日本海側で採捕されたニホンウナギ（2023 年）

採捕日	採捕地点	漁法	全長 (cm)	体重 (g)	胸鰭長 (mm)	眼球長 縦(mm)	眼球長 横(mm)	生殖腺 重量(g)	肝臓重量 (g)	胃重量 (g)	腸重量 (g)	雌雄	ステージ	標識
3月23日	日本海	建網	94.1	1450.01	47.9	10	10.1	60.50	16.92	3.32	4.89	メス	S2	なし
7月23日	大沼	延縄	43.2	96.92	16.2	4.2	3.5	0.41	1.58	1.48	1.26	メス	Y1	青（2017年放流）
7月23日	大沼	延縄	50.3	161.03	19.4	4.6	4.5	0.43	2.16	1.65	1.85	メス	Y1	橙（2016年放流）
7月23日	大沼	延縄	52.4	167.92	21.9	5.2	4.5	0.29	2.42	2.30	2.65	メス	Y1	橙（2016年放流）
9月20日	小川原湖	延縄	70.5	707.03	39.6	7.1	6.9	8.44	7.54	2.42	3.95	メス	Y2	なし
9月25日	小川原湖	延縄	78.6	738.46	42.4	7.3	6.7	9.73	11.88	4.69	6.91	メス	Y2	なし
10月13日	小川原湖	定置	70.1	489.15	33.7	6.3	5.9	7.99	6.71	3.42	2.78	メス	Y2	なし
10月24日	高瀬川	建網	78.4	768.20	36.8	7.4	7.2	15.52	11.20	2.39	4.56	メス	S1	なし
10月26日	高瀬川	定置	48.6	132.53	19.1	3.2	3.3	0.14	2.25	0.89	1.60	メス	Y1	なし
10月26日	高瀬川	定置	56.8	271.13	22.6	3.9	3.6	1.77	4.17	1.73	3.24	メス	Y1	なし
10月27日	高瀬川	建網	72.6	609.22	34.4	7.6	6.9	14.81	7.40	1.37	2.25	メス	S2	なし
11月2日	高瀬川	定置	48.2	151.06	22.3	3.8	3.8	0.56	2.60	1.50	2.63	メス	Y1	なし

小川原湖及び高瀬川で採捕されたニホンウナギサンプルについて個体判別を実施したところ、遺伝子型既知の放流個体は含まれなかった。なお、2016 年及び 2017 年に小川原湖に標識放流された 1,010 個体のうち、2023 年までに 40 個体が再採捕されている。

大沼の 3 個体は眼にイラストマー標識が施されており、2016 年及び 2017 年に大沼に放流された個体であることが確認された。大沼では放流時に遺伝子型の確認は行っていないため、個体ごとの成長は追跡できないものの、放流時の平均全長 29.5cm（2016 年）及び 28.4cm（2017 年）から、およそ 3cm/年の速度で成長していると考えられた（図 11）。松谷ら（2019）[14]では小川原湖の放流種苗の平均成長速度が 1.2cm/月と報告しており、地理的に近い大沼と比較して、小川原湖に放流されたニホンウナギの成長が著しく速いことが示唆された。

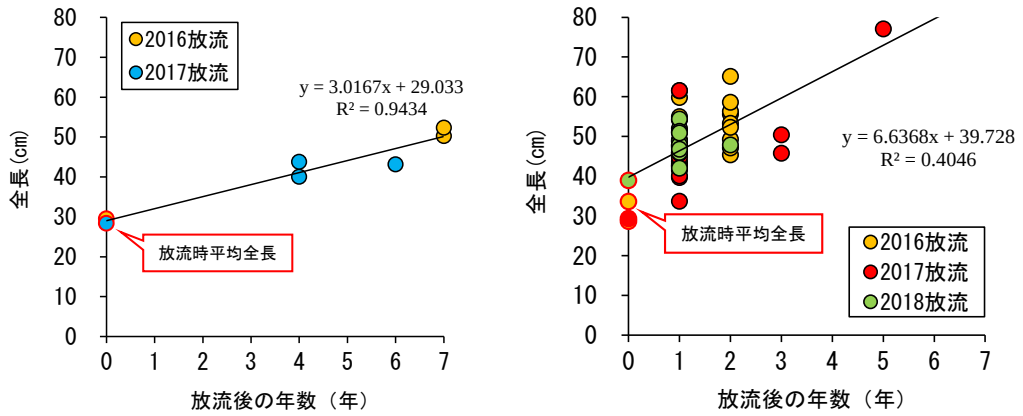


図 11. 放流翌年以降に大沼（左）及び小川原湖（右）で再採捕された標識放流個体の全長（2016-2023）

3. 天然ウナギサンプルの採集

小川原湖内、老部川及び泊海岸で計 11 個体の天然ウナギを採集し、耳石サンプリングに供した（表 6）。なお、泊海岸において前年度中に採捕された個体の精密測定結果については 2022 年度の報告書[11]に記載した。

表 6. 小川原湖、老部川及び泊海岸で採捕された天然ウナギ（2023 年）

採捕日	採捕地点	漁法	全長 (cm)	体重 (g)	胸鰭長 (mm)	眼球長 縦(mm)	眼球長 横(mm)	生殖腺 重量(g)	肝臓重量 (g)	胃重量 (g)	腸重量 (g)	雌雄	ステージ
6月6日	老部川	ショッカー	70.0	460.9	33.1	5.1	5.2	3.54	5.83	4.22	6.93	メス	Y1
4月27日	泊海岸	手網	21.5	8.1	7.5	1.5	1	—	0.15	0.12	0.15	—	Y1
9月13日	小川原湖	定置	19.4	6.0	7.1	1.4	1.5	—	0.09	0.05	0.06	—	Y1
9月26日	小川原湖	定置	24.6	15.6	9.5	1.7	1.7	—	0.27	0.23	0.23	—	Y1
9月26日	小川原湖	定置	24.2	12.9	7.9	2	2	—	0.19	0.18	0.16	—	Y1
10月13日	小川原湖	定置	20.9	7.6	7.6	1.9	1.8	—	0.12	0.09	0.12	—	Y1
10月13日	小川原湖	定置	21.0	8.6	6.8	1.6	1.6	—	0.12	0.08	0.11	—	Y1
10月13日	小川原湖	定置	19.2	6.5	6.5	1.2	1.2	—	0.09	0.07	0.10	—	Y1
10月13日	小川原湖	定置	19.8	7.7	6.6	1.15	1.5	—	0.14	0.09	0.10	—	Y1
10月13日	小川原湖	定置	22.5	9.6	6.7	1.7	1.7	—	0.14	0.06	0.09	—	Y1
10月13日	小川原湖	定置	22.9	12.7	8.1	1.7	1.6	—	0.25	0.12	0.18	—	Y1

泊海岸における 1 年間を通したウナギの出現状況及び調査地点の水温は図 12 のとおりで、10 月及び 1～3 月を除く月でウナギが確認された。

採捕されたウナギのサイズはシラスウナギ（6 月のみ出現）～全長 41.3cm の範囲だった（図 13）。全長 12～18cm にモードがあり、また、採捕せずに目視確認した個体も含めて、15cm 前後にサイズが集中しているものと思われた。仮にこれらの個体が同じ年級で、直近で全国のシラスウナギ採捕量が多かった 2020 年頃に加入した個体であるとすると仮定すると、泊海岸の集団は主に卓越年級の加入により維持されている可能性がある。

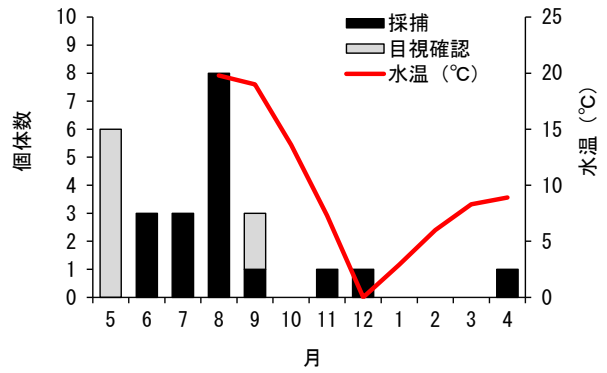


図 12. 泊海岸における月別のニホンウナギ出現個体数（目視確認含む）及び出現地点の水温（5～7 月欠測）

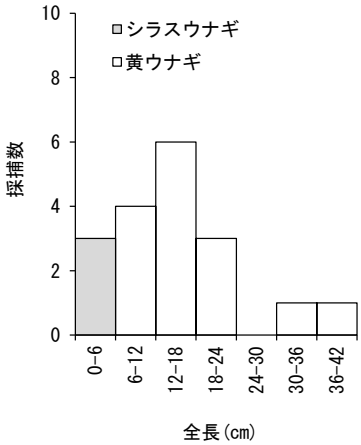


図 13. 泊海岸におけるサイズ別のニホンウナギ採捕個体数

調査時にニホンウナギ発見地点の塩分を測定したところ、おおよそ 0～20psu 程度であり、周辺に比べ塩分が低い傾向があった。このような状況から、ニホンウナギが定着しているのは、泊海岸の中でも~~生活排水や~~湧水等の淡水が混じる特定の地点であることが示唆された。

文　献

1） IUCN 2021. *The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2021-1*. http://www.iucnredlist.org. Downloaded on 30 August 2021.

2） 松谷紀明（2021）河川及び海域での鰻来遊・生息調査事業．平成 28 年度青森県産業技術センター内水面研究所事業報告，92-99.

3） 松谷紀明（2021）河川及び海域での鰻来遊・生息調査事業．平成 29 年度青森県産業技術センター内水面研究所事業報告，80-88.

4） 松谷紀明（2022）河川及び海域での鰻来遊・生息調査事業．平成 30 年度青森県産業技術センター内水面研究所事業報告，76-88.

5） Kaifu, K., Itakura, H., Amano, Y., Shirai, K., Yokouchi, K., Wakiya, R., Murakami-Sugihara, N.,Washitani, I. and Yada, T. (2018) Discrimination of wild and cultured Japanese eels based on otolith stable isotope ratios. ICES Journal of Marine Science, 75 (2), 719-726.

6） 遠藤赳寛・棟方有宗（2024）産卵回遊に向かうニホンウナギの実態把握．水産庁委託　令和 5 年度ウナギ等資源回復推進事業のうち「資源回復のための種苗育成・放流手法検討事業」成果報告書，19-29.

7） Okamura, A., Yamada, Y., Yokouchi, K., Horie, N., Mikawa, N., Utoh, T., Tanaka, S. and Tsukamoto, K. (2007) A silver index for the Japanese eel *Anguilla japonica*. Environmental Biology of Fishes, 80, 77-89.

8）水産庁（2019）DNA マーカーを用いたニホンウナギの非侵襲的個体識別法マニュアル
9）遠藤赳寛（2022）ニホンウナギの資源回復のための種苗育成・放流手法検討事業．2019・2020 年度青森県産業技術センター内水面研究所事業報告，165-168.
10）遠藤赳寛（2023）ニホンウナギの資源回復のための種苗育成・放流手法検討事業．2021 年度青森県産業技術センター内水面研究所事業報告，68-73.
11）遠藤赳寛（2024）ニホンウナギの資源回復のための種苗育成・放流手法検討事業．2022 年度青森県産業技術センター内水面研究所事業報告，66-72.
12）小川原湖漁業協同組合（2015-2023）通常総会資料.
13）水産庁．ニホンウナギ稚魚国内採捕量の推移．https://www.jfa.maff.go.jp/j/saibai/unagi.html,（参照 2024 年 10 月 22 日）
14）松谷紀明・長崎勝康・静一徳（2019）青森県小川原湖における汽水ウナギの出現状況の把握．水産庁委託　ウナギ供給安定化事業のうち「鰻来遊・生息調査事業（平成 27 年度）」及び「河川及び海域での鰻来遊・生息調査事業（平成 28-30 年度）」成果報告書，180-194.

謝　辞

本事業にご協力いただきました国立研究開発法人水産研究・教育機構、小川原湖漁業協同組合、六ヶ所村漁業協同組合、三沢市漁業協同組合の皆様に感謝申し上げます。

カワウによる内水面資源の捕食実態の把握

静　一徳

目　的

青森県におけるカワウによる内水面資源の捕食実態の把握のため､カワウの捕食魚組成を明らかにする。

材料と方法

1. 胃内容物調査

(1) 調査月日

2023 年 7 月～9 月：奥入瀬川

2023 年 9 月～10 月：赤石川

(2) 調査場所

奥入瀬川、赤石川

(3) 調査方法

有害鳥獣駆除により捕獲されたカワウ 21 羽の胃内容物を分析した。

(4) サンプル処理

回収したカワウは-20℃～-30℃の冷凍保管後に解剖した。カワウは年齢（幼鳥～若鳥、成鳥）を査定し、全長、体重を測定した後、開腹し、生殖腺からの雌雄判別と胃内容物の摘出を行った。

(5) 胃内容物分析

消化が進み全長、体長、体重測定が出来なかった魚は残存していた尾鰭長[1,2]、準下尾骨長[3]、咽頭骨長[4]からの推定式により体重を推定し胃内容物組成を復元した。頭部のみ残存していたコイ科の稚魚は体長 5cm として戸井田（2002）のウグイの体長－体重関係式により体重を推定した。各部からの体重推定式が文献等より得られない魚種については近縁種の推定式を代用した。また完全に溶解し魚種が不明であった胃内容物は重量組成には含めなかった。

(6) DNA メタバーコーディング解析

胃内容物が完全な溶解物のみの場合やペリット状の物のみ残存する場合には、溶解物や破砕したペリット状物から抽出した DNA をアンプリコンシーケンス解析に供した。DNA 抽出には QIAamp Fast DNA Stool Mini Kit（Qiagen）を使用した。MiFish プライマー[5]による抽出 DNA の PCR 産物を次世代シーケンス解析（アンプリコン・シーケンス解析）に供した。データ解析については Qiime2 を用いてプライマー配列、3’末端の 120 bp、キメラ配列、ノイズ配列が除去された配列を取得した後、代表配列と ASV 表を出力した。得られた代表配列は魚類ミトコンドリアゲノムデータベース MitoFish と MiFish 用参照配列に対し BLASTN を行い系統推定した。系統推定の出力結果については、MiFish に係る誤同定チェックシート ver. 1.1（https://www.biodic.go.jp/edna/edna_top.html）を参照した他、複数種が候補になった場合は各候補種の生息分布情報も加味した。最も相同性の高いレファレンス配列との配列一致率が 98.5%未満の ASV は除外した。その後、総リード数に対する系統別のリード数割合（相対存在量）を算出した。なお、カワウ糞のアンプリコン・シーケンス解析によるリード数の相対存在量が、捕食魚類の重量ベースでの相対存在量とどの程度対応するかは明らかになっていない。次世代シーケンス解析は株式会社生物技研に委託した。

2. カワウ糞の DNA メタバーコーディング解析

(1) 調査月日

2024 年 1 月 16 日

(2) 調査場所

八戸市の石手洗ねぐら下（図 1）

(3) 調査方法

カワウのねぐら下でカワウ糞を採取した。草木の葉に付着したカワウ糞を、90m の区間から 1m 以上の間隔で 79 ヶ所から採取した。採取する糞は付着時の形状が崩れておらず比較的新しく、他の糞と混合していないものとした。採取した糞は DNA 抽出まで-30℃で冷凍保存した。糞からの DNA 抽出及びその後のアンプリコン・シーケンス解析については胃内容物と同様である。糞サンプル 79 個の内、PCR に成功し魚類 DNA が検出されたサンプルは 72 個であった。なお新井田川における 2024 年のサケ稚魚放流は 2 月に開始した。

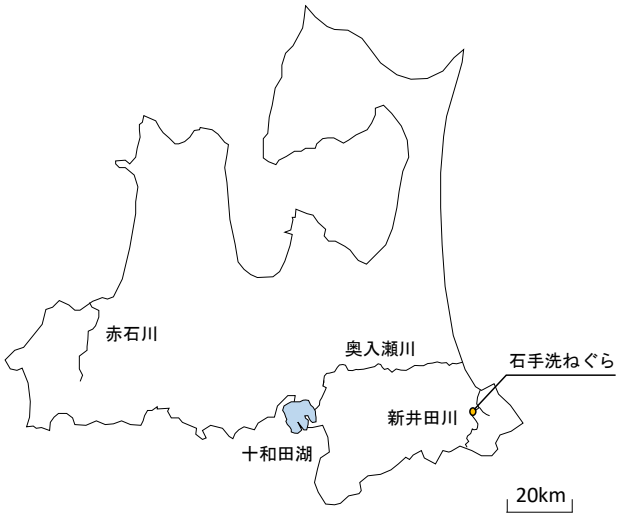


図 1. 調査定点

結果と考察

1-1. 胃内容物組成(表 1)

奥入瀬川で 7 月に捕獲された 3 羽の胃内容物からはイワナ、アユ、昆虫類が出現した。8 月に捕獲された 5 羽の胃内容物からはニジマス、アユ、ウグイ、アブラハヤ、シマウキゴリが出現し、個体により胃内容物組成が大きく異なった。9 月に捕獲された 1 羽の胃内容物からはヤマメ、イワナが出現した。

赤石川で 9 月～10 月に捕獲された 2 羽の胃内容物からはアユ、ウグイが出現した。アユの割合は 6 割弱を占めたが、例年と比較すると低めの傾向であった。

表 1. カワウ測定・分析結果（2023 年）

捕獲日	捕獲場所	全長（cm）	体重（kg）	年齢	♀♂	実測胃内容物重量（g）	胃内容物状態	推定胃内容物重量（g）※	魚種別割合（%）							
									ヤマメ	イワナ	ニジマス	アユ	ウグイ	アブラハヤ	シマウキゴリ	昆虫類
2023/7/8	奥入瀬川（切田橋下流300m）	77.1	1.58	幼鳥～若鳥	♂	36.2	尾部残存	41.5	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2023/7/8	奥入瀬川（切田橋下流300m）	83.5	2.30	幼鳥～若鳥	♂	88.0	尾部残存	88.6	0.0	0.0	0.0	99.5	0.0	0.0	0.0	0.5
2023/7/8	奥入瀬川（切田橋下流300m）	83.6	1.86	幼鳥～若鳥	♂	31.4	尾部残存	307.3	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2023/7/8	奥入瀬川（切田橋下流300m）	82.6	1.56	幼鳥～若鳥	♂	0.0	－	－								
2023/7/8	奥入瀬川（切田橋下流300m）	80.5	1.82	幼鳥～若鳥	♂	21.3	溶解物	－								
2023/7/8	奥入瀬川（切田橋下流300m）	84.5	1.68	幼鳥～若鳥	♂	2.3	ペリット状	－								
2023/7/8	奥入瀬川（切田橋下流300m）	83.3	2.06	幼鳥～若鳥	♂	10.9	溶解物	－								
2023/7/8	奥入瀬川（切田橋下流300m）	82.6	1.90	幼鳥～若鳥	♂	35.0	溶解物	－								
2023/7/8	奥入瀬川（切田橋下流300m）	77.3	1.44	幼鳥～若鳥	♀	3.8	ペリット状	－								
2023/8/19	奥入瀬川	嘴、脚欠損のため欠測		幼鳥～若鳥	♀	20.1	尾部残存及び頭部残存	6.4	0.0	0.0	0.0	0.0	25.0	25.0	50.0	0.0
2023/8/19	奥入瀬川	〃		幼鳥～若鳥	♀	9.4	溶解物	－								
2023/8/19	奥入瀬川	〃		幼鳥～若鳥	不明	4.6	ペリット状	－								
2023/8/19	奥入瀬川	〃		幼鳥～若鳥	♀	87.4	頭部欠損	146.5	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2023/8/19	奥入瀬川	〃		幼鳥～若鳥	♀	115.0	尾部残存	251.8	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2023/8/19	奥入瀬川	〃		幼鳥～若鳥	♀	4.7	頭部残存	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0
2023/8/19	奥入瀬川	〃		幼鳥～若鳥	♀	13.5	咽頭骨	31.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0
2023/8/19	奥入瀬川	〃		幼鳥～若鳥	♂	6.7	溶解物	－								
2023/8/26	奥入瀬川	〃		幼鳥～若鳥	不明	0.0	－	－								
2023/9/2	奥入瀬川	〃		幼鳥～若鳥	♂	55.9	完全体及び尾部残存	351.2	70.5	29.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2023年9月又は10月	赤石川（赤石地区）	79.5	2.21	幼鳥～若鳥	♀	154.5	完全体及び尾部残存	311.4	0.0	0.0	0.0	57.5	42.5	0.0	0.0	0.0
2023/10/8	赤石川（姥袋地区）	81.2	2.23	幼鳥～若鳥	♂	110.7	尾部残存	275.9	0.0	0.0	0.0	56.0	44.0	0.0	0.0	0.0

※消化による魚体欠損のため、尾鰭長、準下尾骨長から未欠損時の魚体重を推定した値

1-2. 胃内容物の DNA メタバーコーディング解析（表 2）

奥入瀬川で捕獲されたカワウの胃内容物について、溶解物又はペリット状の胃内容物から抽出した DNA を用いた DNA メタバーコーディング解析の結果、7 月はサクラマスとヒメマス、ウグイがそれぞれ 30%前後出現し、3 魚種で 80%以上が占められた。8 月はアブラハヤが最も高く 58%、次いでサクラマス、ウツセミカジカが 15%であった。

溶解物やペリット状物の DNA メタバーコーディングにおいて、消化の進んでいない胃内容物からは出現しなかったヒメマスが検出されたことは注目に値する。すなわち、1-1 で記述したように 7 月は消化の進んでいない胃内容物からはアユやイワナなどの中流域～上流域に生息する魚種が出現したが、消化が進んだ胃内容物の DNA メタバーコーディングではヒメマスが検出された。奥入瀬川の捕獲場所周辺でヒメマスが生息しているのは十和田湖または蔦沼であり、胃内容物の消化状況と出現魚種の両者を合わせて考えると、7 月に奥入瀬川中流域で捕獲されたカワウは、その前に十和田湖または蔦沼で採食を行っていたと考えられる。

これまで奥入瀬川では夏季に飛来するカワウの捕食実態は明らかになっていなかったが、2023 年 7 月～9 月に奥入瀬川に飛来したカワウはヒメマス、イワナ、ヤマメ、アユといった内水面における重要魚種を高い割合で捕食していたことが明らかとなった。飛来数や飛来場所といった飛来実態も加味しつつ、この時期の奥入瀬川に飛来するカワウへの対策の必要性や方法を検討する必要がある。

表 2. 奥入瀬川のカワウ胃内容物の DNA メタバーコーディング解析結果

数値は総リード数に対する各魚種のリード数割合の平均を示す

魚種	2023年7月8日	2023年8月19日
マコガレイ/マガレイ	0.1	0.0
スジハゼ	0.0	0.0
マハゼ	0.4	0.0
ヘビハゼ	0.0	0.0
ウグイ	26.5	5.3
アブラハヤ	0.0	58.4
フナ属	0.0	3.2
ウツセミカジカ	0.0	15.0
ジュズカケハゼ	0.0	1.3
イトヨ	1.2	0.0
ドジョウ	0.0	0.0
アユ	11.1	0.0
サクラマス	30.5	15.3
ヒメマス	29.0	0.0
イワナ	1.2	1.5
サンプル数	5	3

※青色セル以外の0.0%は0%より高く0.05%未満

2. カワウ糞の DNA メタバーコーディング解析（図 2）

2024 年 1 月の石手洗ねぐらにおけるカワウ糞 72 個の DNA メタバーコーディング解析の結果、10 魚種が検出された。リード数割合の平均では、ボラの割合が最も高く 87%、マイワシが 8%、ウグイが 5%でその他の魚種は 1%未満であった。

2024 年 1 月は新井田川におけるサケ稚魚の放流前であった。従来の結果と同様、この時期の石手洗ねぐらのカワウのボラへの高い食物依存度が示唆されると同時に、石手洗ねぐらで越冬するカワウの食物に大きな年変動は生じていなかったと考えられた。

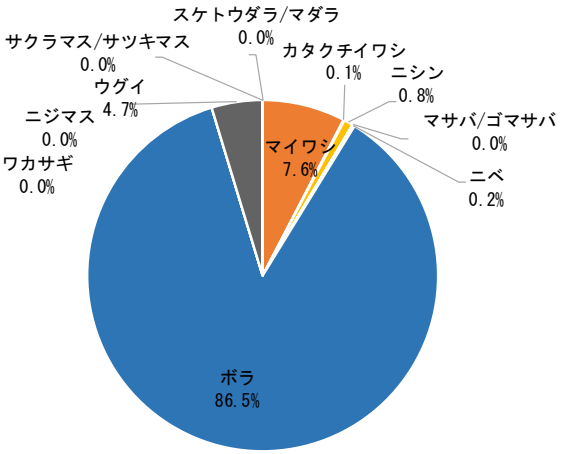


図 2. カワウ糞の DNA メタバーコーディング解析結果（72 サンプル平均）

0.0%は 0%より高く 0.05%未満

謝 辞

青森県内水面漁業協同組合連合会、弘前大学、日本野鳥の会青森県支部・弘前支部、岩手県立博物館の高橋専門学芸調査員、埼玉県立自然の博物館の本多里奈学芸員、青森県猟友会、鰺ヶ沢町漁業協同組合赤石支所、鰺ヶ沢町役場、奥入瀬川漁業協同組合、奥入瀬川鮭鱒増殖漁業協同組合、新井田川漁業協同組合、青森県水産振興課に多大なご協力をいただきました。この場を借りて御礼申し上げます。

文 献

1) 戸井田伸一（2002）相模川水系におけるカワウ Phalacrocorax carbo hanedae の食性．神奈川県水産総合研究所研究報告，7，117-122.

2) 藍憲一朗，尾崎真澄(2007)夷隅川水系および養老川水系におけるカワウ Phalacrocorax carbo hanedae の食性．千葉県水産総合研究センター研究報告，2，43-51.

3) 高橋鉄美，亀田佳代子，川村めぐみ（2002）尾鰭骨格による琵琶湖産アユおよびワカサギの種判別と体長の推定（短報）．日本水産学会誌，68，576-578.

4) 熊川真二(2008)魚食性鳥獣類の消化管内に残る咽頭骨などの魚類組織断片の解析による被食魚類の種判別と体長及び体重の推定．長野県水産試験場研究報告，10，7-16.

5) Miya, M., Sato, Y., Fukunaga, T., Sado, T., Poulsen, J. Y., Sato, K., Minamoto, T., Yamamoto, S., Yamanaka, H., Araki, H., Kondoh, M., & Iwasaki, W. (2015) MiFish, a set of universal PCR primers for metabarcoding environmental DNA from fishes: detection of more than 230 subtropical marine species. Royal Society open science, 2(7), 150088.

漁業公害調査指導事業

静　一徳・田澤　亮

目　的

小川原湖及び十三湖において良好な漁場環境を維持するため現況を把握する。この調査は 1996 年から実施している。

材料と方法

1. 水質及び底質調査

(1) 調査地点

小川原湖内 7 定点、十三湖内 6 定点（図 1）

(2) 調査回数

2023 年 4 月から 11 月まで月 1 回の計 8 回 （底質は 5 月、7 月、9 月に月 1 回の計 3 回）

(3) 観測項目及び方法

観測方法は漁場保全対策推進事業調査指針（平成 9 年 3 月、水産庁）に従った。

① 水温：機器測定（小川原湖 YSI ProDSS、十三湖 YSI プロ SCT メーターPRO30）

② 風速：機器測定（MT-905）

③ 水深：錘測（レッド測深）

④ 透明度：透明度板

⑤ 溶存酸素量（DO）：機器測定（小川原湖 YSI ProDSS、十三湖 TOADKK MM-42DP）

⑥ pH：機器測定（小川原湖 YSI ProDSS、十三湖 TOADKK MM-42DP）

⑦ 塩分：機器測定（小川原湖 YSI ProDSS、十三湖 YSI プロ SCT メーターPRO30）

⑧ 粒度組成：新編水質汚濁調査指針（昭和 55 年、日本水産資源保護協会）（使用フルイ：1mm、0.5mm、0.25mm、0.125mm、0.063 mm）に従った。

⑨ 強熱減量（IL）：550℃・6 時間

なお、平年値は本事業での 1996 年から 2022 年の月別平均値とした。小川原湖では

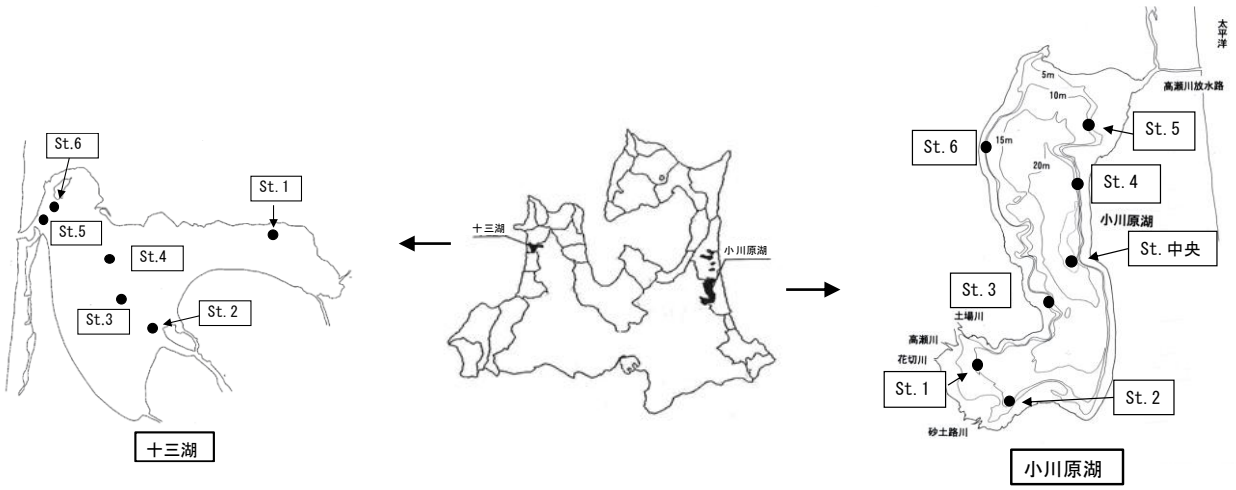


図 1. 小川原湖及び十三湖の調査地点

2. 湖沼生物モニタリング調査

(1) 調査地点

小川原湖内 St.中央を除く 6 定点、十三湖内 6 定点（図 1）

(2) 調査回数

5 月、7 月、9 月に月 1 回

(3) 調査項目及び方法

エクマンバージ採泥器（15×15 ㎝）を使用して各地点 2 回採泥し、1 ㎜ 目合いの篩にかけた残りをサンプルとした。また、サンプルは選別した後、99%エタノール固定し、同定及び秤量を行った。

結果と考察

1. 水質及び底質調査

(1) 小川原湖（表 1-1～表 1-5、表 2-1～表 2-3、図 2、図 3-1～図 3-3）

① 水温

全定点平均の表層水温は、6 月、11 月は平年並み、その他の月は平年より高めであった。

② 溶存酸素量（DO）

全定点平均の表層溶存酸素量は、4 月に平年よりかなり低めであったが、生物の生存に問題となるレベルではなかった。5m 層では、全定点平均で 4 月、6 月～9 月に平年より低めであった。7 月の St.2 では 3.1mg/L の貧酸素（4.3mg/ℓ未満、水産用水基準（2005）に基づき定義）が確認された。

St.中央における貧酸素の上端深度は 5 月まで 14m であったが、6 月以降上昇し、8 月に 5m に達し、記録的に浅い位置まで貧酸素層が上昇していた。10 月～11 月は 12m 以深であった。

③ pH

全定点平均の表層 pH は 5 月以降、平年並み～高めで推移した。5m 層 pH は 4 月に平年より低め、5 月～7 月、9 月～11 月は平年より高めで推移した。

④ 塩分

全定点平均の表層塩分は 7 月まで平年並みであったが、8 月から急上昇し、10 月～11 月は平年よりかなり高めであった。

⑤ 強熱減量・粒度組成

5 月の St.2 の強熱減量が 4.2%、泥の割合が 17.3%と、他の月、地点と比較して高い傾向にあった。St.2 は砂土路川の河口に近いため、河川からの流下物の影響を受けたと思われる。

(2) 十三湖（表 3-1～表 3-4、表 4-1～表 4-3、図 4、図 5-1～図 5-3）

① 水温

全定点平均で表層底層とも 4 月～10 月まで平年より高く推移し、特に 7 月～8 月は平年より 6℃前後高く、猛暑の影響を受けたと思われた。水深が全体的に浅いため、表層と底層の水温差はほとんどなかった。

② DO（溶存酸素量）

全定点平均で表層底層とも 6 月～8 月と 11 月に平年より高かった。St.3 の底層では、飽和度 50%を下回るような貧酸素状態が 5 月、7 月及び 9 月に観測された。

③ pH

全定点平均で表層底層とも 5 月～8 月までと 10 月に平年より高かった。

④ 塩分

全定点平均で、表層では 0.1～7.8 と 6 月を除き平年より低く推移し、底層では 0.1～12.8 と 5 月～6 月を除き平年より低く推移した。ヤマトシジミの産卵期は 7 月から 9 月とされているが、底層において、産卵後、卵の発生に悪影響がある 20 以上の高塩分となったのは、St.3 の 7 月～8 月であった。

⑤ 強熱減量・粒度組成

例年同様、湖中央最深部の St.3 で強熱減量及び泥の割合が高かった。

2. 湖沼生物モニタリング調査

(1) 小川原湖（表 5-1～表 5-3）

重量では全ての月でヤマトシジミが優占していたが､個体数では5月はニホンミズシタダミを主とした腹足綱､7月、9 月はヤマトシジミが最も多かった。ヤマトシジミの個体数は例年 7 月に最も多い傾向にあるが 2023 年は 9 月に最も多かった。

(2) 十三湖（表 6-1～表 6-3）

全ての月でヤマトシジミが優占していた。次いで、5 月と 7 月には貧毛綱が、9 月には多毛綱が多く出現した。

謝　辞

現場での調査やデータ提供について小川原湖漁業協同組合､十三漁業協同組合､車力漁業協同組合､北里大学獣医学部、東北町役場、三八地方水産事務所、西北地方水産事務所からご協力をいただきました。感謝申し上げます。

表 1-1. 小川原湖水質観測結果(2023 年 4 月、5 月)

観測月日		4月20日						5月23日					
定点		St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6
時刻		8:05	8:20	9:00	11:16	11:30	12:23	7:40	8:30	9:25	11:15	11:35	12:45
天候		晴れ	晴れ	晴れ	曇り	曇り	晴れ	曇り	雨	曇り	曇り	曇り	曇り
気温(℃)		11.6	11.8	14.9	18.0	16.0	14.0	13.4	11.9	11.5	12.0	11.6	12.3
風向(16方位)		-	北北西	-	東	南南東	北東	東	北東	東	北東	東	東
風速(m/sec)		0.0	2.0	0.0	2.1	4.8	2.4	4.0	2.8	4.8	1.8	3.5	5.0
水深(m)		11.0	10.8	10.8	12.9	11.2	12.0	11.2	10.3	10.9	12.0	12.1	10.1
透明度(m)		2.1	2.1	2.6	2.7	2.8	2.9	1.0	1.1	1.2	1.5	2.0	1.4
水温(℃)	0m	9.5	9.8	10.2	10.4	10.8	11.3	15.5	15.7	15.8	15.4	13.8	15.9
	5m	9.7	9.9	9.7	9.8	9.9	9.7	15.5	14.2	15.8	14.8	12.1	15.9
	10m	9.5	9.6	9.7	9.8	9.9	9.6	14.6	12.8	12.4	12.3	11.9	12.1
	B-1m												
DO(mg/ℓ)	0m	10.8	10.8	10.8	10.7	10.9	10.7	12.4	12.1	12.7	11.1	10.3	12.5
	5m	10.5	10.7	10.7	10.6	10.6	10.6	12.3	11.3	12.5	10.4	8.7	12.4
	10m	9.8	9.1	10.7	10.5	10.5	10.3	11.4	10.1	9.5	8.7	8.1	6.5
	B-1m												
DO(%)	0m	94.1	95.3	96.1	96.1	98.5	98.4	124.2	121.9	127.7	111.1	99.8	126.5
	5m	92.2	94.4	93.9	93.5	93.6	93.1	123.3	109.7	126.4	103.2	81.0	125.3
	10m	85.5	80.3	94.2	92.8	92.9	90.5	112.0	95.2	88.8	81.7	75.5	60.5
	B-1m												
pH	0m	7.7	7.5	7.5	7.8	7.7	7.5	9.4	9.3	9.5	9.5	8.9	9.6
	5m	7.6	7.4	7.5	7.8	7.7	7.5	9.4	8.9	9.4	9.3	8.3	9.6
	10m	7.7	7.3	7.5	7.8	7.7	7.6	9.1	8.6	8.5	8.6	8.4	8.3
	B-1m												
塩分	0m	1.0	1.2	1.6	1.7	1.7	1.7	1.4	1.3	1.5	1.6	1.7	1.6
	5m	1.6	1.4	1.6	1.7	1.7	1.7	1.4	1.5	1.5	1.6	1.8	1.6
	10m	1.7	1.7	1.6	1.7	1.7	1.7	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
	B-1m												

表 1-2. 小川原湖水質観測結果(2023 年 6 月、7 月)

観測月日		6月15日						7月24日					
定点		St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6
時刻		8:05	8:24	8:55	10:10	10:26	11:15	7:45	8:10	8:50	9:50	10:10	11:00
天候		雨	曇り	晴れ	曇り	曇り	曇り	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ
気温(℃)		18.6	19.7	21.0	19.0	18.4	19.5	27.9	29.1	30.5	32.1	30.9	30.6
風向(16方位)		南東	南	-	東	北東	東	東	-	-	-	北東	北東
風速(m/sec)		2.1	2.5	0.0	2.4	3.5	3.5	0.1	0.0	0.0	0.0	2.1	2.8
水深(m)		11.0	10.5	11.5	11.5	11.7	12.5	11.3	10.5	11.0	11.3	11.7	11.1
透明度(m)		1.6	1.4	2.3	2.3	2.3	3.0	1.5	1.4	2.4	2.6	2.7	2.8
水温(℃)	0m	20.2	20.0	20.1	19.7	18.9	20.6	26.3	26.7	26.5	26.6	27.2	27.6
	5m	18.1	18.0	18.2	18.6	18.4	19.7	23.5	22.4	24.3	24.2	24.9	24.9
	10m	13.9	13.3	14.2	14.5	15.4	14.6	15.1	16.4	15.8	16.9	18.1	18.1
	B-1m												
DO(mg/ℓ)	0m	11.3	10.9	10.1	10.1	9.5	9.4	11.4	11.9	9.8	9.2	9.1	9.3
	5m	8.2	6.5	9.2	9.2	8.7	10.0	5.5	3.1	7.4	7.3	8.7	8.6
	10m	2.9	2.7	4.2	4.2	4.4	2.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
	B-1m												
DO(%)	0m	124.8	119.0	111.2	110.8	102.5	104.4	139.8	147.3	121.5	114.6	114.8	117.3
	5m	86.3	68.7	97.8	98.8	92.6	109.3	64.6	36.2	88.1	87.3	104.5	103.8
	10m	28.4	25.5	40.7	41.5	44.6	21.8	0.8	0.9	1.0	0.8	0.5	1.2
	B-1m												
pH	0m	8.8	8.6	8.6	9.0	8.8	8.7	8.8	9.0	8.9	8.9	8.8	8.9
	5m	8.2	7.8	8.5	8.8	8.7	8.8	7.6	7.4	8.4	8.6	8.7	8.6
	10m	7.9	7.7	7.8	8.1	8.1	7.9	7.2	7.3	7.5	7.7	7.5	7.6
	B-1m												
塩分	0m	1.1	0.9	1.6	1.7	1.7	1.7	0.7	0.9	1.3	1.4	1.5	1.5
	5m	1.6	1.5	1.6	1.7	1.7	1.7	1.6	1.4	1.5	1.5	1.6	1.5
	10m	2.1	2.3	2.2	2.2	2.1	2.7	3.0	2.8	3.1	2.7	2.5	2.8
	B-1m												

表 1-3. 小川原湖水質観測結果(2023 年 8 月、9 月)

観測月日		8月22日						9月12日					
定点		St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6
時刻		8:15	8:41	9:19	10:52	11:09	12:16	8:00	8:30	9:25	11:30	11:55	12:55
天候		晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	曇り	曇り	晴れ
気温(℃)		29.7	30.3	32.2	30.8	30.1	31.8	27.9	28.6	29.0	28.5	28.1	28.6
風向(16方位)		北東	北東	東	東	東南東	東	南南西	南西	南	北東	北	北東
風速(m/sec)		0.7	0.9	0.9	3.1	3.4	2.0	2.4	3.0	4.7	3.8	8.4	4.6
水深(m)		11.1	10.6	11.3	11.8	12.0	13.0	11.2	10.6	12.5	12.0	10.1	13.1
透明度(m)		1.1	1.3	1.7	1.5	1.8	1.7	1.0	1.2	1.4	1.4	1.6	1.6
水温(℃)	0m	27.8	28.0	28.8	28.2	28.1	29.1	25.8	25.7	25.8	27.2	26.7	26.5
	5m	23.4	23.2	24.5	24.6	25.0	24.4	24.7	24.9	25.4	26.0	25.9	25.8
	10m	18.3	19.5	18.1	19.9	19.1	21.2	19.9	20.8	18.5	20.1	20.8	20.6
	B-1m												
DO(mg/ℓ)	0m	12.2	12.8	12.2	11.1	11.1	11.1	10.7	11.0	9.2	9.3	9.5	9.7
	5m	6.0	5.1	7.2	7.0	7.6	7.5	6.2	6.6	8.3	9.1	8.6	7.9
	10m	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1
	B-1m												
DO(%)	0m	154.7	161.5	156.5	141.5	142.1	144.2	129.5	132.5	112.2	116.0	117.3	119.1
	5m	70.6	59.9	86.0	84.0	92.1	89.6	74.2	79.0	99.8	111.1	104.9	96.0
	10m	1.4	0.8	1.1	0.9	0.8	1.6	1.4	2.3	1.0	1.5	1.4	1.1
	B-1m												
pH	0m	9.0	9.0	9.1	9.0	9.0	9.0	8.8	9.0	8.8	8.8	8.9	8.9
	5m	7.5	7.6	7.8	8.0	8.0	7.8	7.8	8.1	8.6	8.7	8.7	8.5
	10m	7.4	7.5	7.5	7.8	7.6	7.5	7.3	7.6	7.4	7.5	7.4	7.5
	B-1m												
塩分	0m	0.7	0.6	1.2	1.5	1.7	1.6	1.0	1.0	1.4	1.6	1.6	1.6
	5m	1.6	1.5	1.6	1.7	1.8	1.8	1.4	1.2	1.5	1.6	1.6	1.6
	10m	3.0	2.8	3.8	3.4	3.8	2.7	3.5	3.3	4.6	4.1	4.8	4.2
	B-1m												

表 1-4. 小川原湖水質観測結果(2023 年 10 月、11 月)

観測月日		10月18日						11月21日					
定点		St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6
時刻		8:04	8:17	8:49	11:06	11:20	12:20	8:15	8:30	9:06	11:09	11:30	12:17
天候		晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ
気温(℃)		16.6	15.4	18.7	23.0	21.2	22.5	11.8	10.9	11.0	12.7	12.1	12.2
風向(16方位)		北西	北北西	-	-	西	北西	西北西	西北西	西	西北西	北西	西
風速(m/sec)		0.5	1.9	0.0	0.0	0.3	3.2	6.2	3.6	4.3	5.6	9.3	4.2
水深(m)		11.2	11.2	10.5	11.3	11.1	12.0	11.2	10.8	13.0	10.9	10.1	12.5
透明度(m)		1.2	1.0	1.1	1.1	1.1	1.0	1.2	1.3	1.2	1.1	1.2	1.2
水温(℃)	0m	17.2	17.3	17.3	18.2	18.4	18.2	10.6	10.3	11.2	11.1	11.0	11.3
	5m	17.1	16.7	17.2	17.4	17.2	17.2	11.0	10.3	11.3	11.1	11.0	11.3
	10m	16.8	16.9	17.6	17.2	16.8	17.6	11.1	11.5	11.3	11.1	11.0	11.9
	B-1m												
DO(mg/ℓ)	0m	9.7	9.8	10.0	10.0	9.9	10.4	10.8	10.7	10.8	10.3	10.4	10.4
	5m	8.6	9.0	9.3	9.4	9.1	9.1	10.5	10.5	10.4	10.2	10.4	9.9
	10m	7.1	8.5	8.8	9.2	9.2	8.0	9.9	7.8	10.3	10.1	10.3	8.4
	B-1m												
DO(%)	0m	98.6	100.0	102.1	104.3	103.5	108.7	95.1	93.6	96.3	92.0	92.8	93.3
	5m	88.1	90.6	95.4	96.3	93.7	93.8	92.8	92.2	93.0	91.1	92.3	88.7
	10m	71.4	86.7	90.5	94.5	93.3	83.0	88.0	69.9	91.9	90.0	91.9	77.0
	B-1m												
pH	0m	7.9	7.9	8.2	8.5	8.5	8.5	7.9	7.8	7.8	8.0	7.9	7.8
	5m	7.7	7.8	8.2	8.5	8.4	8.3	7.9	7.8	7.8	8.0	7.9	7.8
	10m	7.6	7.7	8.1	8.5	8.4	8.1	7.9	7.6	7.8	8.0	7.9	7.6
	B-1m												
塩分	0m	1.8	1.8	1.8	2.0	2.1	2.1	2.0	2.1	2.4	2.5	2.5	2.6
	5m	1.8	1.7	1.8	2.1	2.2	2.1	2.2	2.1	2.5	2.5	2.5	2.7
	10m	1.8	1.8	2.1	2.1	2.1	2.5	2.3	2.8	2.5	2.5	2.5	3.3
	B-1m												

表 1-5. 小川原湖中央水質観測結果(2023 年 4 月～11 月)

観測月日	4月20日					5月23日					6月15日					7月24日				
時刻	9:26					10:10					9:08					9:05				
天候	晴れ					曇り					曇り					晴れ				
気温(℃)	16.2					12.3					24.3					30.1				
風向(16方位)	－					東					北西					－				
風速 (m/sec)	0.0					4.3					0.5					0.0				
水深(m)	26.5					27.7					26.4					26.8				
透明度(m)	2.6					1.5					2.3					2.3				
水深	水温(℃)	DO(mg/ℓ)	DO(%)	pH	塩分	水温(℃)	DO(mg/ℓ)	DO(%)	pH	塩分	水温(℃)	DO(mg/ℓ)	DO(%)	pH	塩分	水温(℃)	DO(mg/ℓ)	DO(%)	pH	塩分
0m	11.2	9.2	84.5	7.8	1.6	15.9	10.8	109.4	9.7	1.6	19.6	8.9	97.0	9.1	1.6	26.9	8.3	103.0	9.0	1.2
1m	10.7	8.7	78.5	7.8	1.6	15.9	10.5	106.8	9.7	1.6	19.5	8.1	88.3	9.1	1.6	26.0	7.7	94.3	9.0	1.3
2m	10.0	8.5	75.7	7.8	1.6	15.9	10.4	105.3	9.7	1.6	19.1	8.1	87.3	9.0	1.6	25.8	7.2	88.5	9.0	1.3
3m	10.0	8.8	77.5	7.8	1.6	15.9	10.2	103.5	9.7	1.6	18.5	7.9	84.0	9.0	1.6	25.3	6.4	77.6	8.9	1.3
4m	9.8	8.4	73.8	7.8	1.6	15.9	9.9	100.3	9.7	1.6	18.4	7.5	79.9	8.9	1.6	24.6	6.1	72.9	8.8	1.3
5m	9.8	8.4	74.4	7.8	1.6	15.9	9.8	98.8	9.6	1.6	18.3	6.9	73.0	8.7	1.6	24.3	5.1	60.2	8.6	1.4
6m	9.8	8.6	75.5	7.8	1.6	15.9	9.6	96.8	9.4	1.6	18.2	6.2	65.4	8.6	1.6	24.2	4.5	53.6	8.2	1.5
7m	9.8	8.2	72.2	7.7	1.6	12.8	7.6	72.4	8.4	1.7	17.6	6.0	63.1	8.3	1.7	23.1	2.5	29.0	7.6	1.6
8m	9.8	8.2	72.7	7.7	1.7	12.4	7.1	66.3	8.1	1.7	17.2	5.2	54.6	7.9	1.7	20.8	0.0	0.0	7.4	1.9
9m	9.8	8.1	71.0	7.7	1.7	11.9	6.5	60.8	7.8	1.8	15.9	4.0	40.5	7.6	1.8	18.6	0.0	0.0	7.4	2.3
10m	9.8	7.7	67.7	7.7	1.7	11.7	5.9	54.1	7.7	1.8	13.3	2.0	19.1	7.4	2.2	16.8	0.0	0.0	7.4	2.7
11m	9.7	7.8	69.0	7.7	1.7	11.5	5.3	48.9	7.6	2.0	12.8	1.0	9.4	7.4	2.5	15.6	0.0	0.0	7.4	3.2
12m	9.8	7.4	65.7	7.7	1.7	11.4	4.7	43.3	7.6	2.1	12.7	0.3	2.8	7.4	2.8	14.7	0.0	0.0	7.3	3.9
13m	9.7	7.0	61.2	7.7	1.7	11.5	4.3	40.0	7.6	2.1	13.1	0.0	0.0	7.4	3.7	14.5	0.0	0.0	7.3	4.6
14m	8.8	0.0	0.0	7.1	7.0	11.4	1.6	14.5	7.5	3.0	12.4	0.0	0.0	7.2	6.9	13.5	0.0	0.0	7.2	7.3
15m	8.9	0.0	0.0	7.1	9.1	10.0	0.0	0.0	7.2	8.2	12.3	0.0	0.0	7.1	9.0	13.0	0.0	0.0	7.2	8.9
16m	9.6	0.0	0.0	7.0	10.2	9.6	0.0	0.0	7.1	10.2	10.7	0.0	0.0	7.1	9.9	11.9	0.0	0.0	7.1	10.2
17m	10.2	0.0	0.0	7.0	11.2	9.8	0.0	0.0	7.1	10.8	10.1	0.0	0.0	7.1	10.8	11.0	0.0	0.0	7.1	11.0
18m	10.2	0.0	0.0	7.0	11.4	10.0	0.0	0.0	7.1	11.3	10.1	0.0	0.0	7.1	11.4	10.6	0.0	0.0	7.1	11.3
19m	10.2	0.0	0.0	7.0	11.9	10.1	0.0	0.0	7.1	11.6	10.1	0.0	0.0	7.1	11.8	10.3	0.0	0.0	7.1	11.8
20m	10.0	0.0	0.0	6.9	12.3	10.0	0.0	0.0	7.1	11.9	10.1	0.0	0.0	7.1	12.3	10.2	0.0	0.0	7.1	12.3
21m	10.0	0.0	0.0	6.9	12.6	10.0	0.0	0.0	7.1	12.4	10.0	0.0	0.0	7.1	12.6	10.1	0.0	0.0	7.1	12.4
22m	10.0	0.0	0.0	6.9	12.8	9.8	0.0	0.0	7.1	12.8	10.0	0.0	0.0	7.1	12.7	10.1	0.0	0.0	7.1	12.4
23m	9.9	0.0	0.0	6.9	12.9	9.8	0.0	0.0	7.1	12.8	10.0	0.0	0.0	7.1	12.7	10.1	0.0	0.0	7.1	12.4
24m	9.9	0.0	0.0	6.9	13.1	9.8	0.0	0.0	7.1	12.8	10.0	0.0	0.0	7.1	12.7	10.1	0.0	0.0	7.1	12.4
25m	9.9	0.0	0.0	6.9	13.1	9.8	0.0	0.0	7.1	12.8	10.0	0.0	0.0	7.1	12.7	10.1	0.0	0.0	7.1	12.4
観測月日	8月22日					9月12日					10月18日					11月21日				
時刻	9:41					9:50					9:18					9:30				
天候	晴れ					晴れ					晴れ					晴れ				
気温(℃)	31.7					27.9					21.5					11.6				
風向(16方位)	東					南南西					南西					北西				
風速 (m/sec)	1.7					2.4					0.3					6.5				
水深(m)	26.8					27.8					26.9					26.2				
透明度(m)	1.4					1.6					1.0					1.3				
水深	水温(℃)	DO(mg/ℓ)	DO(%)	pH	塩分	水温(℃)	DO(mg/ℓ)	DO(%)	pH	塩分	水温(℃)	DO(mg/ℓ)	DO(%)	pH	塩分	水温(℃)	DO(mg/ℓ)	DO(%)	pH	塩分
0m	29.0	11.5	149.0	9.5	1.1	26.5	8.8	108.3	9.1	1.5	18.0	9.9	102.8	8.6	1.8	11.1	9.7	86.4	8.0	2.4
1m	27.6	11.0	138.5	9.4	1.2	26.3	8.8	107.2	9.1	1.5	17.4	9.9	101.5	8.6	1.8	11.1	9.5	84.8	8.0	2.4
2m	27.2	10.3	129.4	9.3	1.2	25.8	8.4	101.5	9.1	1.5	17.3	9.0	92.3	8.5	1.8	11.1	9.4	83.7	8.0	2.4
3m	24.9	7.1	84.8	8.3	1.3	25.8	7.6	92.4	9.0	1.5	17.3	8.8	90.1	8.5	1.9	11.1	9.4	83.5	8.0	2.4
4m	24.6	5.7	66.1	7.9	1.6	25.7	7.0	85.1	8.9	1.5	17.4	8.9	91.7	8.5	1.9	11.1	9.2	82.2	8.0	2.4
5m	24.3	4.2	50.4	7.7	1.7	25.7	6.4	77.6	8.8	1.5	17.3	8.4	86.0	8.5	1.9	11.1	9.1	81.2	8.0	2.4
6m	24.2	4.0	47.6	7.7	1.7	25.7	6.2	75.0	8.7	1.6	17.3	8.1	82.6	8.4	1.9	11.1	9.0	80.6	8.0	2.4
7m	24.0	3.8	44.5	7.6	1.7	25.5	5.7	69.3	8.5	1.6	17.3	7.9	80.5	8.4	1.9	11.1	8.9	79.6	8.0	2.4
8m	23.1	3.1	36.1	7.5	1.9	24.2	2.3	26.7	7.5	1.8	17.3	7.7	78.5	8.4	1.9	11.1	8.7	77.9	7.9	2.4
9m	21.3	0.6	7.2	7.4	2.4	21.7	0.0	0.0	7.4	2.9	17.3	7.1	72.7	8.4	1.9	11.1	8.7	77.5	7.9	2.4
10m	19.3	0.0	0.0	7.4	3.6	20.0	0.0	0.0	7.3	3.9	17.3	7.1	73.1	8.4	2.0	11.1	8.3	74.3	7.9	2.4
11m	17.7	0.0	0.0	7.4	4.5	18.2	0.0	0.0	7.3	4.7	17.2	6.8	69.7	8.3	2.0	11.1	8.1	72.1	7.8	2.5
12m	17.3	0.0	0.0	7.3	5.1	16.9	0.0	0.0	7.2	6.3	17.5	0.0	0.0	7.2	6.2	15.0	0.0	0.0	7.1	6.8
13m	16.2	0.0	0.0	7.3	6.1	16.3	0.0	0.0	7.2	6.9	16.5	0.0	0.0	7.1	7.3	15.6	0.0	0.0	7.1	8.0
14m	15.4	0.0	0.0	7.2	7.8	15.5	0.0	0.0	7.2	8.6	15.7	0.0	0.0	7.1	8.1	15.5	0.0	0.0	7.1	8.4
15m	14.0	0.0	0.0	7.2	9.6	14.6	0.0	0.0	7.1	9.6	15.0	0.0	0.0	7.1	9.2	14.6	0.0	0.0	7.0	9.9
16m	12.1	0.0	0.0	7.2	10.5	13.4	0.0	0.0	7.1	10.7	13.4	0.0	0.0	7.1	10.8	13.2	0.0	0.0	7.1	10.9
17m	11.8	0.0	0.0	7.2	11.2	12.2	0.0	0.0	7.1	11.3	12.5	0.0	0.0	7.1	11.2	12.9	0.0	0.0	7.1	11.2
18m	11.5	0.0	0.0	7.2	11.4	11.7	0.0	0.0	7.1	11.7	12.0	0.0	0.0	7.1	11.5	12.3	0.0	0.0	7.1	11.6
19m	10.7	0.0	0.0	7.2	11.9	11.5	0.0	0.0	7.1	11.9	11.9	0.0	0.0	7.1	11.6	12.0	0.0	0.0	7.1	11.7
20m	10.6	0.0	0.0	7.2	12.2	11.3	0.0	0.0	7.1	12.1	11.7	0.0	0.0	7.1	11.8	11.9	0.0	0.0	7.1	11.8
21m	10.5	0.0	0.0	7.2	12.3	11.2	0.0	0.0	7.1	12.5	11.4	0.0	0.0	7.1	12.0	11.8	0.0	0.0	7.1	12.0
22m	10.5	0.0	0.0	7.2	12.5	11.1	0.0	0.0	7.1	12.6	11.4	0.0	0.0	7.1	12.1	12.0	0.0	0.0	7.1	12.5
23m	11.0	0.0	0.0	7.2	14.2	11.1	0.0	0.0	7.2	12.7	11.4	0.0	0.0	7.1	12.1	12.5	0.0	0.0	7.2	15.3
24m	11.3	0.0	0.0	7.2	14.9	11.0	0.0	0.0	7.2	13.3	11.4	0.0	0.0	7.1	12.0	12.6	0.0	0.0	7.2	14.3
25m	11.3	0.0	0.0	7.2	15.2	10.9	0.0	0.0	7.1	14.9	11.4	0.0	0.0	7.1	12.0	12.5	0.0	0.0	7.1	14.1

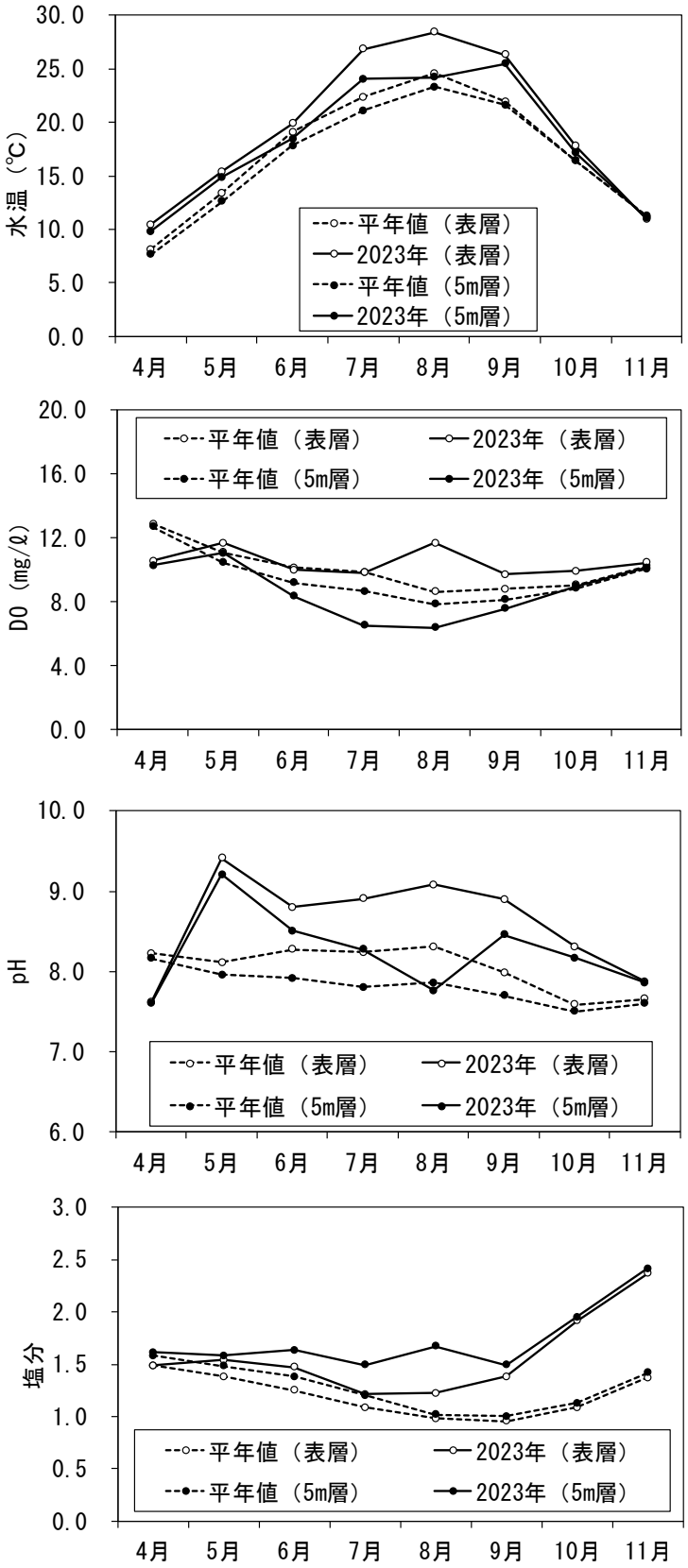


図 2. 小川原湖水質観測結果(全定点平均)

表 2-1. 小川原湖底質分析結果(2023 年 5 月)

調査地点		St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6
水深(m)		4.3	4.8	4.5	4.1	4.0	3.5
含水率(%)		26.6	47.0	20.6	21.4	20.8	22.8
乾泥率(%)		73.4	53.0	79.4	78.6	79.2	77.2
強熱減量(%)		1.2	4.2	0.8	0.9	1.0	1.2
粒度組成%	礫・極粗粒砂	0.3	0.5	16.7	0.6	1.3	0.0
	粗粒砂	6.9	2.0	27.8	4.3	5.2	2.5
	中粒砂	68.1	29.6	42.9	73.3	28.7	53.8
	細粒砂	22.7	46.5	11.5	18.8	60.9	40.1
	微細粒砂	0.5	4.1	0.1	0.8	0.8	1.1
	泥	1.5	17.3	1.0	2.2	3.1	2.5

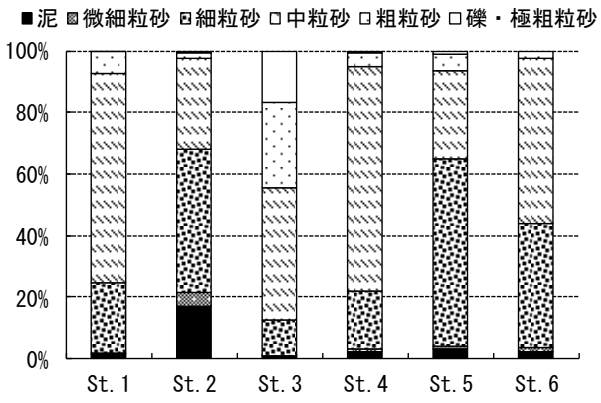


図 3-1. 小川原湖底質分析結果(2023 年 5 月)

表 2-2. 小川原湖底質分析結果(2023 年 7 月)

調査地点		St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6
水深(m)		5.0	3.0	5.5	4.0	4.0	5.0
含水率(%)		20.8	27.5	23.9	20.1	21.2	22.4
乾泥率(%)		79.2	72.5	76.1	79.9	78.8	77.6
強熱減量(%)		0.8	1.7	1.1	0.7	1.2	1.0
粒度組成%	礫・極粗粒砂	0.5	1.5	7.4	1.4	1.5	0.0
	粗粒砂	6.0	3.2	12.6	6.1	6.2	2.4
	中粒砂	68.8	33.0	41.0	65.6	31.6	51.7
	細粒砂	22.6	54.0	37.3	25.1	58.9	43.4
	微細粒砂	0.4	2.7	1.2	1.2	0.8	2.1
	泥	1.7	5.6	0.5	0.6	1.0	0.4

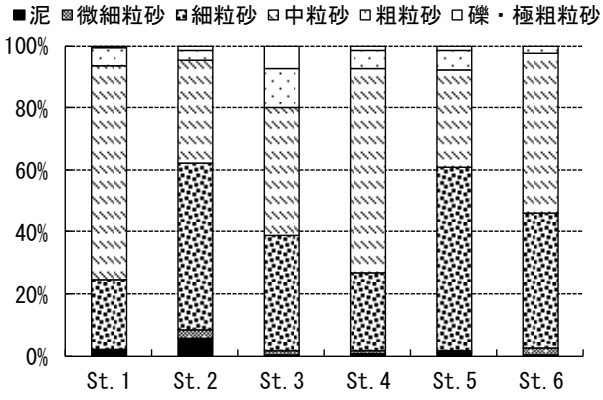


図 3-2. 小川原湖底質分析結果(2023 年 7 月)

表 2-3. 小川原湖底質分析結果(2023 年 9 月)

調査地点		St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6
水深(m)		3.4	4.0	4.0	4.0	4.0	3.0
含水率(%)		21.0	25.6	21.2	22.0	23.8	23.8
乾泥率(%)		79.0	74.4	78.8	78.0	76.2	76.2
強熱減量(%)		1.2	1.2	1.0	0.8	0.9	1.2
粒度組成%	礫・極粗粒砂	0.2	1.2	19.8	1.9	0.9	0.0
	粗粒砂	4.6	3.8	18.4	5.6	4.0	2.5
	中粒砂	64.5	43.1	43.7	57.9	21.2	48.8
	細粒砂	28.5	47.1	17.1	31.9	70.8	45.1
	微細粒砂	0.3	0.5	0.3	2.4	2.8	1.7
	泥	1.9	4.3	0.7	0.3	0.3	1.9

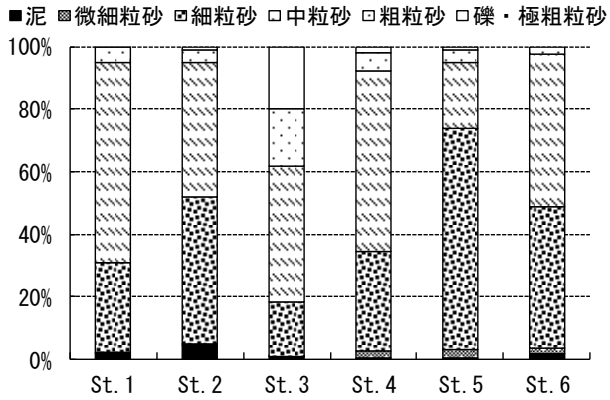


図 3-3. 小川原湖底質分析結果(2023 年 9 月)

表 3-1. 十三湖水質観測結果(2023 年 4 月、5 月)

観測月日		4月18日						5月29日					
定点		St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6
時刻		15:03	14:44	14:34	14:23	14:12	14:02	15:25	15:05	14:50	14:35	14:15	14:05
天候		晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	曇り	曇り	小雨	曇り	曇り	曇り
気温(℃)		13.2	12.7	11.4	11.5	11.1	11.2	19.7	19.5	18.7	17.8	18.9	19.3
風向(8方位)		西	北西	北西	北西	西	西	西北西	北北西	西北西	北北西	北西	北西
風速(m/s)		6.1	5.7	5.3	5.0	2.6	3.9	5.9	5.7	5.7	6.5	5.3	6.4
水深(m)		0.5	0.3	1.7	0.7	1.2	0.4	0.8	0.5	1.9	0.8	1.6	0.6
透明度(m)		0.2	水深以上	0.5	0.4	0.4	水深以上	水深以上	水深以上	1.0	水深以上	0.8	水深以上
水温(℃)	0m	12.2	16.0	9.0	11.1	10.2	11.8	20.6	21.2	19.6	19.3	19.7	20.1
	B-0.1m	12.3	15.9	9.0	10.9	10.1	11.8	20.6	21.2	17.0	19.3	17.9	20.1
DO(mg/ℓ)	0m	10.6	10.2	10.9	11.0	10.9	10.9	8.8	10.0	10.1	10.6	13.3	12.9
	B-0.1m	10.7	10.3	10.7	10.9	10.9	11.3	8.8	10.1	2.3	10.5	8.2	11.7
DO(%)	0m	100.0	103.0	95.0	100.0	98.0	102.0	98.0	112.0	110.0	115.0	145.0	144.0
	B-0.1m	100.0	103.0	93.0	99.0	98.0	109.0	98.0	112.0	25.0	114.0	89.0	132.0
pH	0m	7.6	7.0	7.2	7.3	7.2	7.2	7.6	7.8	8.1	8.4	8.9	9.0
	B-0.1m	7.5	7.0	7.2	7.3	7.2	7.2	7.6	7.9	7.2	8.3	8.1	8.8
塩分	0m	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.2	0.6	0.4	1.4	2.3	5.2	4.8
	B-0.1m	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.2	0.6	0.4	27.6	2.3	14.7	4.8

表 3-2. 十三湖水質観測結果(2023 年 6 月、7 月)

観測月日		6月13日						7月25日					
定点		St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6
時刻		14:55	14:36	14:25	14:16	14:06	14:03	15:18	14:58	14:43	14:32	14:16	14:04
天候		曇り	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ
気温(℃)		22.3	23.1	23.1	23.3	23.8	25.2	30.2	30.5	30.9	31.1	31.8	31.2
風向(8方位)		東	東	東	東南東	東	東南東	西南西	西南西	南西	南西	南西	南西
風速(m/s)		4.5	3.5	5.9	3.1	2.1	1.3	やや強風	7.0	6.8	8.4	6.4	7.2
水深(m)		0.7	0.6	2.0	0.9	1.4	0.6	0.8	0.6	1.7	1.0	1.5	0.5
透明度(m)		水深以上	水深以上	0.4	水深以上	0.3	水深以上	0.5	0.1	0.4	0.6	0.5	0.3
水温(℃)	0m	21.9	23.2	20.9	21.8	22.8	22.1	30.8	30.0	28.9	28.7	29.4	29.6
	B-0.1m	21.9	21.8	18.8	21.5	21.8	22.1	30.8	30.0	24.8	28.7	29.4	29.7
DO(mg/ℓ)	0m	9.5	10.2	11.3	11.6	12.1	11.6	8.0	9.5	11.9	10.8	10.9	10.6
	B-0.1m	9.6	12.0	4.7	11.5	11.6	11.6	8.1	9.5	3.1	10.7	10.8	10.6
DO(%)	0m	108.0	118.0	127.0	132.0	140.0	134.0	107.0	125.0	155.0	140.0	143.0	141.0
	B-0.1m	109.0	135.0	51.0	131.0	134.0	134.0	107.0	125.0	38.0	139.0	141.0	141.0
pH	0m	7.8	8.4	8.7	8.7	9.1	8.7	7.9	8.7	9.4	9.2	9.4	9.4
	B-0.1m	7.9	8.6	7.5	8.6	8.7	8.6	8.1	8.7	7.9	9.2	9.4	9.4
塩分	0m	15.1	4.3	9.3	7.0	2.1	8.8	1.7	2.8	2.7	2.5	3.6	3.3
	B-0.1m	15.1	6.4	27.8	10.0	8.3	8.9	1.7	2.8	26.6	2.6	3.8	3.8

表 3-3. 十三湖水質観測結果（2023 年 8 月、9 月）

観測月日		8月21日						9月22日					
定点		St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6
時刻		15:00	14:45	14:36	14:28	14:09	14:01	15:04	14:49	14:35	14:22	14:06	13:54
天候		晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ
気温(℃)		30.2	30.8	32.2	32.6	31.2	31.5	23.3	23.2	23.2	22.8	23.5	24.5
風向(8方位)		西	北西	北西	北	北西	北西	西	北西	北西	北西	西	北西
風速(m/s)		3.8	3.1	3.0	2.4	3.7	2.3	3.9	3.7	3.4	4.4	4.6	3.0
水深(m)		0.5	0.6	1.5	0.9	1.1	0.5	0.8	0.7	2.0	1.1	1.5	0.8
透明度(m)		水深以上	水深以上	1.0	0.8	0.7	水深以上	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	水深以上
水温(℃)	0m	32.2	30.8	29.4	30.1	30.1	30.5	22.4	23.5	21.1	21.4	21.9	22.3
	B-0.1m	32.2	30.7	27.3	29.7	29.3	30.1	22.4	23.5	22.4	21.4	21.8	22.3
DO(mg/ℓ)	0m	8.6	8.1	10.2	12.0	13.6	9.7	6.8	7.6	6.9	7.2	6.9	6.6
	B-0.1m	8.8	8.6	4.9	11.5	13.4	9.5	6.9	7.6	3.2	6.6	6.8	6.6
DO(%)	0m	117.0	109.0	134.0	160.0	179.0	130.0	77.0	89.0	78.0	81.0	78.0	76.0
	B-0.1m	118.0	114.0	62.0	153.0	175.0	127.0	79.0	89.0	36.0	73.0	78.0	77.0
pH	0m	7.5	7.8	8.4	8.6	8.9	8.2	7.6	7.6	7.8	7.9	7.7	7.8
	B-0.1m	7.6	7.9	7.7	8.2	8.6	8.0	7.8	7.6	7.5	7.6	7.6	7.8
塩分	0m	2.8	0.7	1.1	2.6	3.6	4.6	0.9	1.3	0.3	0.5	1.5	2.0
	B-0.1m	2.8	0.7	27.4	3.8	5.7	4.6	0.9	1.3	9.6	2.4	1.5	1.9

表 3-4. 十三湖水質観測結果（2023 年 10 月、11 月）

観測月日		10月13日						11月13日					
定点		St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6
時刻		14:57	15:15	14:06	14:21	14:34	14:46	14:50	15:12	14:00	14:07	14:22	14:30
天候		晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	曇り	雨	曇り	曇り	曇り	曇り
気温(℃)		21.1	20.0	24.5	21.4	21.4	22.6	5.9	5.4	8.7	6.7	6.4	5.8
風向(8方位)		西	西	西	北西	西	西	北西	西	北西	北西	北西	北西
風速(m/s)		7.3	7.1	7.5	8.1	5.0	5.0	6.3	10.4	8.0	7.4	5.1	7.7
水深(m)		0.5	0.6	1.6	1.0	1.0	0.5	0.6	0.6	1.6	0.9	1.2	0.4
透明度(m)		0.2	0.3	0.4	0.5	0.3	水深以上	0.3	水深以上	0.3	0.3	0.4	水深以上
水温(℃)	0m	18.0	18.1	16.7	16.3	17.8	18.3	5.1	7.0	6.6	6.5	6.9	6.8
	B-0.1m	18.0	18.2	16.7	16.3	19.6	18.2	5.1	7.0	6.6	6.5	12.5	6.8
DO(mg/ℓ)	0m	9.2	9.2	9.5	9.6	9.0	8.9	11.7	11.3	11.7	11.5	10.9	11.2
	B-0.1m	9.1	9.2	8.8	9.5	8.8	8.8	12.0	11.5	11.4	12.1	11.0	11.3
DO(%)	0m	97.0	97.0	99.0	98.0	95.0	95.0	92.0	93.0	94.0	94.0	90.0	92.0
	B-0.1m	97.0	97.0	93.0	98.0	96.0	93.0	94.0	94.0	93.0	98.0	100.0	93.0
pH	0m	8.6	8.5	8.2	8.3	8.6	8.3	7.4	5.3	7.5	7.5	7.7	7.4
	B-0.1m	8.7	8.5	8.2	8.2	8.2	8.3	7.3	5.1	7.3	7.4	7.4	7.5
塩分	0m	0.2	0.1	0.7	0.6	2.0	5.6	0.1	0.1	0.1	0.3	0.5	0.4
	B-0.1m	0.3	0.1	0.8	0.6	23.3	5.5	0.1	0.1	0.1	0.3	22.1	0.5

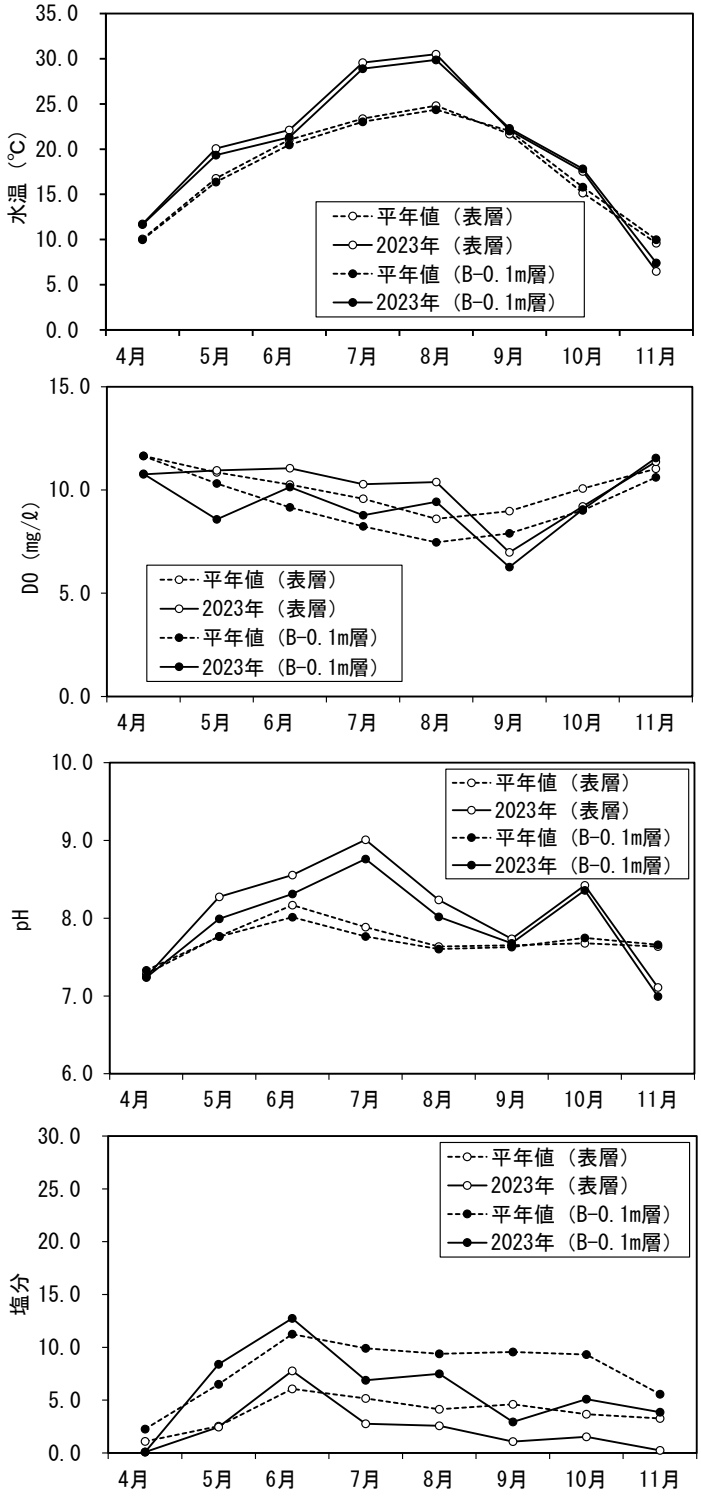


図 4. 十三湖水質観測結果(全定点平均)

表 4-1. 十三湖底質分析結果(2023 年 5 月)

調査地点		St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6
水深(m)		0.8	0.5	1.9	0.8	1.6	0.6
含水率(%)		28.6	44.7	52.2	25.5	21.5	23.4
乾泥率(%)		71.4	55.3	47.8	74.5	78.5	76.6
強熱減量(%)		2.5	5.0	7.8	1.3	1.8	1.5
粒度組成%	礫・極粗粒砂	0.5	1.0	0.0	3.1	15.5	7.6
	粗粒砂	7.8	0.3	0.0	15.8	23.8	18.4
	中粒砂	50.5	16.2	0.4	64.7	30.9	40.2
	細粒砂	32.6	41.4	6.0	15.3	18.6	30.3
	微細粒砂	4.5	8.7	26.3	0.0	1.3	1.4
	泥	4.1	32.4	67.3	1.1	9.9	2.1

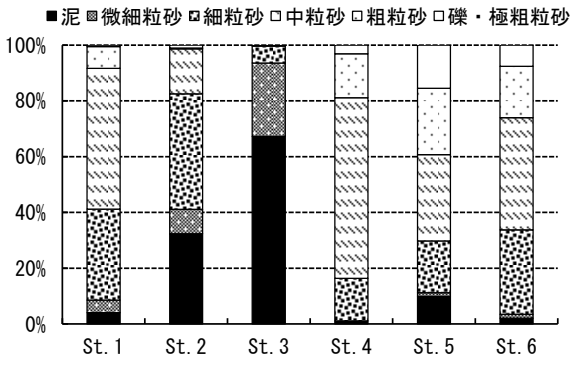


図 5-1. 十三湖底質分析結果(2023 年 5 月)

表 4-2. 十三湖底質分析結果(2023 年 7 月)

調査地点		St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6
水深(m)		0.8	0.6	1.7	1.0	1.5	0.5
含水率(%)		38.4	31.3	53.6	23.8	21.2	21.3
乾泥率(%)		61.6	68.7	46.4	76.2	78.8	78.7
強熱減量(%)		3.9	2.8	8.6	1.6	1.5	1.4
粒度組成%	礫・極粗粒砂	2.1	0.1	0.1	4.5	10.3	8.1
	粗粒砂	5.2	0.3	0.1	20.0	27.3	17.9
	中粒砂	24.7	18.7	0.6	54.3	39.9	46.9
	細粒砂	37.3	57.3	3.0	19.2	17.7	26.0
	微細粒砂	14.8	14.2	15.5	0.2	0.8	0.5
	泥	15.9	9.4	80.7	1.8	4.0	0.6

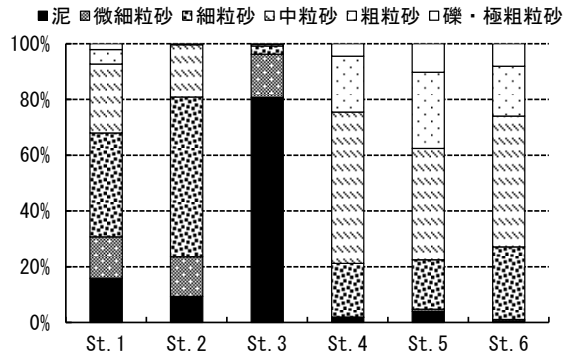


図 5-2. 十三湖底質分析結果(2023 年 7 月)

表 4-3. 十三湖底質分析結果(2023 年 9 月)

調査地点		St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6
水深(m)		0.8	0.7	2.0	1.1	1.5	0.8
含水率(%)		30.3	51.8	53.4	20.8	17.1	20.6
乾泥率(%)		69.7	48.2	46.6	79.2	82.9	79.4
強熱減量(%)		2.4	6.6	7.4	1.4	0.9	1.2
粒度組成%	礫・極粗粒砂	1.1	0.0	0.0	3.2	14.9	7.3
	粗粒砂	5.9	0.2	0.0	14.0	33.2	16.0
	中粒砂	40.9	10.1	0.4	59.9	36.6	39.2
	細粒砂	42.6	28.3	6.0	21.3	14.2	35.3
	微細粒砂	5.5	9.9	16.8	0.2	0.2	1.0
	泥	4.0	51.5	76.8	1.4	0.9	1.2

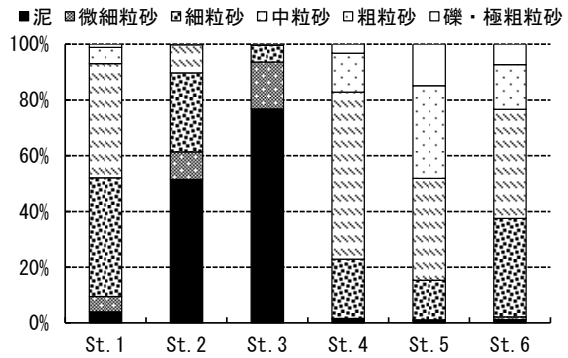


図 5-3. 十三湖底質分析結果(2023 年 9 月)

表 5-1. 小川原湖ベントス分析結果(2023 年 5 月)

調査月日			5月23日													
調査地点			St. 1		St. 2		St. 3		St. 4		St. 5		St. 6		エクマンバージ2回分(0.045㎡)当たりの個体数と湿重量			
水深 (m)			4.3		4.8		4.5		4.1		4.0		3.5		合計		平均	
ベントス現存量			個体数	湿重量(g)	個体数	湿重量(g)	個体数	湿重量(g)	個体数	湿重量(g)	個体数	湿重量(g)	個体数	湿重量(g)	個体数	湿重量(g)	個体数	湿重量(g)
扁形動物	ウズムシ綱	ウズムシ目	0	0.00	0	0.00	0	0.00	2	0.00	5	0.00	0	0.00	7	0.00	1	0.00
紐形動物	−	−	0	0.00	0	0.00	1	0.00	0	0.00	1	0.01	0	0.00	2	0.01	0	0.00
軟体動物	二枚貝綱	ヤマトシジミ	48	8.80	38	1.54	29	11.78	43	24.47	26	5.02	34	23.25	218	74.86	36	12.48
		シジミ属の一種	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
	腹足綱	−	78	0.44	96	0.57	148	1.69	85	1.00	7	0.08	4	0.05	418	3.83	70	0.64
環形動物	多毛綱	−	1	0.00	1	0.03	1	0.00	2	0.04	3	0.02	1	0.01	9	0.10	2	0.02
	貧毛綱	−	21	0.02	25	0.01	22	0.01	4	0.00	1	0.00	47	0.05	120	0.09	20	0.02
	ヒル綱	−	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
節足動物	甲殻綱	スナウミナナフシ科	2	0.03	0	0.00	6	0.09	2	0.00	6	0.02	5	0.08	21	0.22	4	0.04
		その他の等脚目	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	1	0.00	1	0.00	0	0.00
		端脚目	1	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	1	0.00	0	0.00
		タナイス目	2	0.00	0	0.00	0	0.00	10	0.00	2	0.00	4	0.00	18	0.00	3	0.00
		アミ目	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
	昆虫綱	ユスリカ科	52	0.04	35	0.02	9	0.01	31	0.00	8	0.00	70	0.02	205	0.09	34	0.02
		その他	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00

注：湿重量の0.00は0.005g未満を示す。

表 5-2. 小川原湖ベントス分析結果(2023 年 7 月)

調査月日			7月24日													
調査地点			St. 1		St. 2		St. 3		St. 4		St. 5		St. 6		エクマンバージ2回分(0.045㎡)当たりの個体数と湿重量			
水深 (m)			5.0		3.0		5.5		4.0		4.0		5.0		合計		平均	
ベントス現存量			個体数	湿重量(g)	個体数	湿重量(g)	個体数	湿重量(g)	個体数	湿重量(g)	個体数	湿重量(g)	個体数	湿重量(g)	個体数	湿重量(g)	個体数	湿重量(g)
扁形動物	ウズムシ綱	ウズムシ目	0	0.00	0	0.00	1	0.00	0	0.00	4	0.00	0	0.00	5	0.00	1	0.00
紐形動物	−	−	0	0.00	0	0.00	0	0.00	4	0.05	0	0.00	2	0.06	6	0.11	1	0.02
軟体動物	二枚貝綱	ヤマトシジミ	30	13.60	49	31.44	53	21.39	41	22.24	135	45.09	76	44.01	384	177.77	64	29.63
		シジミ属の一種	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
	腹足綱	−	9	0.14	56	0.71	24	0.36	5	0.12	0	0.00	1	0.01	95	1.34	16	0.22
環形動物	多毛綱	−	0	0.00	3	0.00	2	0.01	3	0.02	1	0.00	1	0.00	10	0.03	2	0.01
	貧毛綱	−	57	0.01	36	0.01	14	0.00	2	0.00	0	0.00	60	0.04	169	0.06	28	0.01
	ヒル綱	−	1	0.01	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	1	0.01	0	0.00
節足動物	甲殻綱	スナウミナナフシ科	0	0.00	0	0.00	8	0.07	4	0.05	3	0.17	1	0.00	16	0.29	3	0.05
		その他の等脚目	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
		端脚目	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
		タナイス目	0	0.00	0	0.00	0	0.00	1	0.00	0	0.00	0	0.00	1	0.00	0	0.00
		アミ目	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
	昆虫綱	ユスリカ科	1	0.00	1	0.00	4	0.00	10	0.00	2	0.00	12	0.00	30	0.00	5	0.00
		その他	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00

注：湿重量の0.00は0.005g未満を示す。

表 5-3. 小川原湖ベントス分析結果(2023 年 9 月)

調査月日			9月12日													
調査地点			St. 1		St. 2		St. 3		St. 4		St. 5		St. 6		エクマンバージ2回分(0.045㎡)当たりの個体数と湿重量			
水深 (m)			3.4		4.0		4.0		4.0		4.0		3.0		合計		平均	
ベントス現存量			個体数	湿重量(g)	個体数	湿重量(g)	個体数	湿重量(g)	個体数	湿重量(g)	個体数	湿重量(g)	個体数	湿重量(g)	個体数	湿重量(g)	個体数	湿重量(g)
扁形動物	ウズムシ綱	ウズムシ目	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
紐形動物	−	−	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
軟体動物	二枚貝綱	ヤマトシジミ	137	62.12	61	28.89	93	38.98	190	80.89	170	51.63	54	27.26	705	289.77	118	48.30
		シジミ属の一種	10	1.92	1	0.04	0	0.00	0	0.00	0	0.00	1	0.05	12	2.01	2	0.34
	腹足綱	−	28	3.55	148	1.44	41	0.47	56	0.52	25	0.31	2	0.02	300	6.31	50	1.05
環形動物	多毛綱	−	6	0.01	3	0.01	3	0.02	7	0.01	19	0.02	22	0.03	60	0.10	10	0.02
	貧毛綱	−	25	0.01	13	0.01	7	0.00	2	0.00	1	0.00	6	0.00	54	0.02	9	0.00
	ヒル綱	−	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
節足動物	甲殻綱	スナウミナナフシ科	2	0.03	0	0.00	7	0.01	1	0.00	8	0.10	2	0.00	20	0.14	3	0.02
		その他の等脚目	0	0.00	0	0.00	0	0.00	2	0.02	0	0.00	1	0.00	3	0.02	1	0.00
		端脚目	0	0.00	0	0.00	2	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	2	0.00	0	0.00
		タナイス目	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
		アミ目	0	0.00	0	0.00	0	0.00	1	0.00	0	0.00	0	0.00	1	0.00	0	0.00
	昆虫綱	ユスリカ科	5	0.00	2	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	4	0.00	11	0.00	2	0.00
		その他	0	0.00	1	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	1	0.00	0	0.00

注：湿重量の0.00は0.005g未満を示す。

表 6-1. 十三湖ベントス分析結果(2023 年 5 月)

	調査月日		2023年5月29日													
	調査地点		St. 1		St. 2		St. 3		St. 4		St. 5		St. 6		エクマンバージ2回分	
	水深 (m)		0.8		0.5		1.9		0.8		1.6		0.6		合計	平均
	ベントス現存量		個体数	湿重量 (g)	個体数	湿重量 (g)	個体数	湿重量 (g)	個体数	湿重量 (g)	個体数	湿重量 (g)	個体数	湿重量 (g)	個体数 湿重量 (g)	個体数 湿重量 (g)
扁形動物	ウズムシ綱	ウズムシ目														
紐形動物	−	−														
軟体動物	二枚貝綱	ヤマトシジミ	288	95.70	30	4.40	4	0.70	108	8.50	5	2.60	49	19.00	484 130.90	81 21.82
	腹足綱	−														
環形動物	多毛綱	−			2	0.08							1	0.02	3 0.10	1 0.02
	貧毛綱	−	2	0.00	7	0.03	16	0.16			36	0.13	32	0.09	93 0.40	16 0.07
節足動物	甲殻綱	ウミナナフシ類							1	0.01	3	0.03	9	0.04	13 0.08	2 0.01
		その他の等脚目														
		端脚目														
		タナイス目														
		アミ目														
		十脚目														
	昆虫綱	ユスリカ科														
		その他														

注：湿重量の0.00は0.005未満を示す。

表 6-2. 十三湖ベントス分析結果(2023 年 7 月)

	調査月日		2023年7月25日													
	調査地点		St. 1		St. 2		St. 3		St. 4		St. 5		St. 6		エクマンバージ2回分	
	水深 (m)		0.8		0.6		1.7		1.0		1.5		0.5		合計	平均
	ベントス現存量		個体数	湿重量 (g)	個体数	湿重量 (g)	個体数	湿重量 (g)	個体数	湿重量 (g)	個体数	湿重量 (g)	個体数	湿重量 (g)	個体数 湿重量 (g)	個体数 湿重量 (g)
扁形動物	ウズムシ綱	ウズムシ目														
紐形動物	−	−														
軟体動物	二枚貝綱	ヤマトシジミ	248	27.73	32	8.03	18	0.07	811	33.79	21	5.05	40	16.18	1170 90.85	195 15.14
	腹足綱	−	2	0.02											2 0.02	0 0.00
環形動物	多毛綱	−	1	0.01	4	0.04									5 0.05	1 0.01
	貧毛綱	−	14	0.01	19	0.03	15	0.03			7	0.02	2	0.01	57 0.10	10 0.02
節足動物	甲殻綱	ウミナナフシ類	11	0.05			4	0.01			6	0.02	2	0.01	23 0.09	4 0.01
		その他の等脚目							8	0.00					8 0.00	1 0.00
		端脚目									15	0.03	2	0.01	17 0.04	3 0.01
		タナイス目														
		アミ目														
		十脚目														
	昆虫綱	ユスリカ科														
		その他														

注：湿重量の0.00は0.005未満を示す。

表 6-3. 十三湖ベントス分析結果(2023 年 9 月)

	調査月日		2023年9月22日													
	調査地点		St. 1		St. 2		St. 3		St. 4		St. 5		St. 6		エクマンバージ2回分	
	水深 (m)		0.8		0.7		2.0		1.1		1.5		0.8		合計	平均
	ベントス現存量		個体数	湿重量 (g)	個体数	湿重量 (g)	個体数	湿重量 (g)	個体数	湿重量 (g)	個体数	湿重量 (g)	個体数	湿重量 (g)	個体数 湿重量 (g)	個体数 湿重量 (g)
扁形動物	ウズムシ綱	ウズムシ目														
紐形動物	−	−														
軟体動物	二枚貝綱	ヤマトシジミ	263	58.47	65	44.72	7	0.17	1139	46.22	10	1.06	219	27.82	1703 178.46	284 29.74
	腹足綱	−	6	0.04											6 0.04	1 0.01
環形動物	多毛綱	−			73	0.24									73 0.24	12 0.04
	貧毛綱	−			2	0.03	11	0.01	6	0.01	1	0.00	10	0.02	30 0.07	5 0.01
節足動物	甲殻綱	ウミナナフシ類									6	0.04	1	0.00	7 0.04	1 0.01
		その他の等脚目														
		端脚目											4	0.02	4 0.02	1 0.00
		タナイス目														
		アミ目														
		十脚目														
	昆虫綱	ユスリカ科														
		その他														

注：湿重量の0.00は0.005未満を示す。

十三湖における夏期の水温と塩分の連続観測

田澤　亮・静　一徳

目　的

十三湖の主要水産物であるヤマトシジミの再生産には適度な水温と塩分が必要とされる一方で、極端な高水温や高・低塩分はへい死や再生産不調の要因となる。ここでは、十三湖における夏期の水温及び塩分を把握するため、自記式水温塩分計によるこれらの連続観測を行ったので結果を報告する。

材料と方法

1．観測期間

観測は 2023 年 6 月～9 月に実施した。

2．観測地点

十三湖中央部（北緯 41° 01′ 39″、東経 140° 21′ 00″（世界測地系）、漁場水深約 1.0m）で観測した（図 1）。

3．観測方法

観測地点に設置された浮標に JFE アドバンテック社製小型メモリー水温・塩分計（COMPACT-CT）を湖面下 0.8m にセンサー部がくるように垂下し、10 分間隔で観測した。

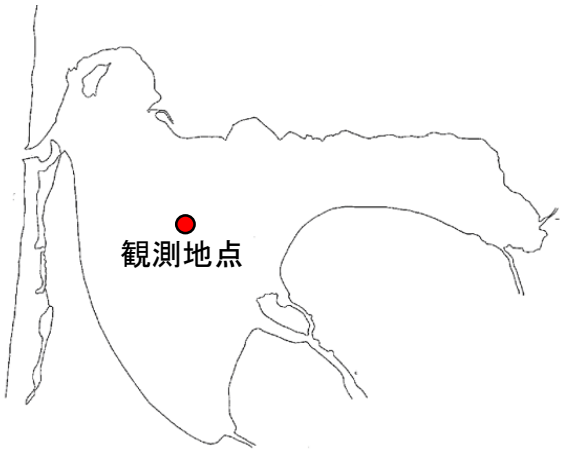


図 1．十三湖の水温・塩分観測地点

結果と考察

観測結果を表 1 及び図 2 に示す。

1．水温

ヤマトシジミの水温耐性について、長期間（30 日間）において生息可能な上限温度は 32℃とされている [1] が、今回の観測で日平均水温が 32℃を超えた日はなかった。10 分毎の観測値では 8 月 6 日、10 日～11 日、24 日～29 日には一時的に 32℃を超える水温が観測されたが、高水温の継続時間は最長でも 8 時間だった。

また、網走湖ではヤマトシジミの正常な産卵には水温 22.5℃以上が必要とされており [2]、今回の観測で日平均水温が 22.5℃以上の日は、7 月 19 日から 9 月 20 日まで 64 日間継続した。

2．塩分

ヤマトシジミの塩分耐性について、水温 15～28℃では 0～20psu までの低塩分域で長期間生存可能であり、24psu 以上の高塩分域では 14 日間以上の長期の生存は不可能であると考えられている [3] ほか、水温条件に関係なくシジミが長期間生存可能な塩分範囲は 1.5～22psu と考えられている [4] が、今回の観測で日平均塩分が 22psu を超えた日はなかった。6 月 24 日には一時的に 22psu を超える塩分が 2 回観測されたが、各回の高塩分の継続時間は 10 分だった。

また、網走湖では正常な産卵には塩分 2.3psu 以上が必要とされている [2] ほか、宍道湖産ヤマトシジミを用いた発生実験では受精からベリジャー幼生までは 0.5～18psu で、ベリジャー幼生から着底稚貝までは 2～18psu で発生が進むが、稚貝が 50%以上生残した時の塩分は 2～8psu であったことが報告されている [5]。今回の観測で日平均塩分が 2psu 未満となった日は、6 月上旬に 2 日、7 月上旬に 1 日、7 月中旬～8 月上旬に 22 日、9 月下旬に 8 日あり、8psu を超えた日は、6 月中～下旬に 7 日、8 月下旬～9 月中旬に 4 日あった。

3. まとめ

今回の調査で湖内中央部では、ヤマトシジミのへい死要因となるような水温と塩分はほぼ観測されなかった。一方で、ヤマトシジミの再生産不調に繋がるような低塩分が 7 月中旬～8 月上旬に継続して観測されたが、十三湖は地点による塩分変動の特徴が大きく異なる[6, 7]ため、今回、湖内中央部で観測された低塩分がヤマトシジミ資源に影響を与えたどうかについては、当所が湖内 6 定点で実施している水質調査や今後実施する資源量調査の結果などを注視する必要がある。

表 1. 十三湖の水温・塩分観測結果

（℃）

	平均水温	最低水温	最高水温	平均塩分	最低塩分	最高塩分
6月	21.3	17.1	26.5	6.9	1.0	22.2
7月	24.7	19.5	30.0	2.0	0.1	9.1
8月	28.6	21.9	32.8	3.6	0.3	14.0
9月	24.3	18.8	29.3	4.5	0.2	15.2

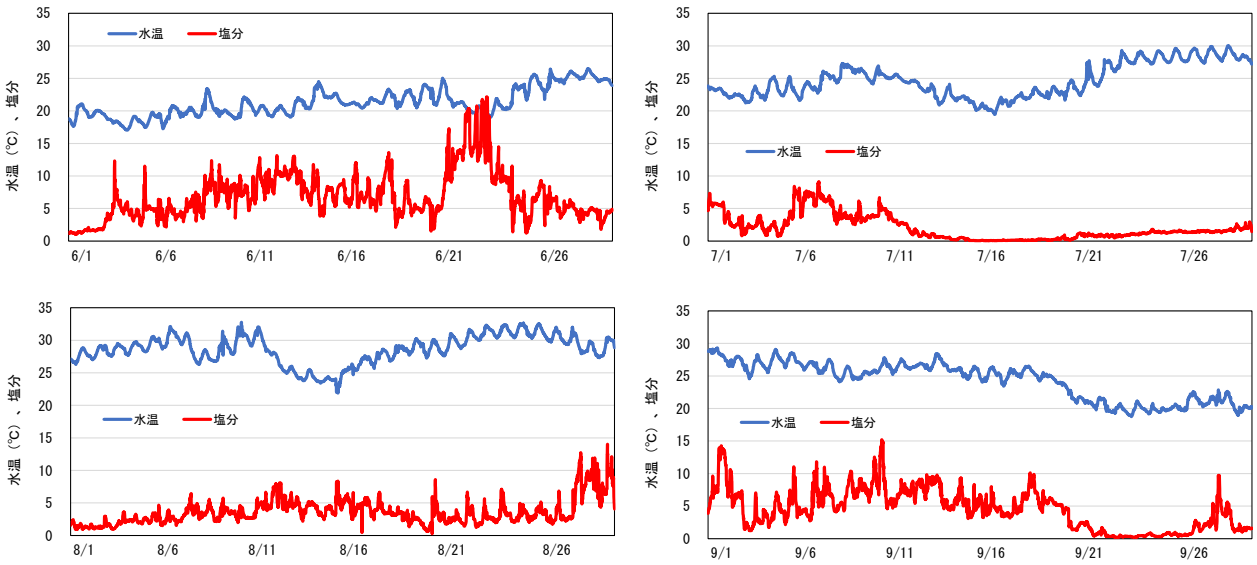


図 2. 十三湖の水温・塩分観測結果

謝　辞

調査においては十三漁業協同組合、車力漁業協同組合から多大な御協力をいただきました。この場を借りて感謝申し上げます。

文　献

1）中村幹雄，品川　明，中尾　繁（1996）ヤマトシジミの温度耐性．水産増殖，44，267-271.

2）馬場勝寿（2000）網走湖におけるヤマトシジミの産卵状況．北水試だより，48，1-5.

3）中村幹雄（2022）ヤマトシジミの生物学，155-159.

4）中村幹雄，安来　茂，高橋文子，品川　明，中尾　繁（1996）ヤマトシジミの塩分耐性．水産増殖，44，31-35.

5）中村幹雄（2022）ヤマトシジミの生物学，97-100.

6）長崎勝康（2023）十三湖における 2009 年～2011 年夏期の水温と塩分の観測結果．青森県産業技術センター内水面研究所事業報告集，2，72-79.

7）静　一徳，蛯名政仁，相坂幸二（2024）十三湖における 2013 年～2014 年の水温と塩分の連続観測．青森県産業技術センター内水面研究所事業報告集，4，82-89.

小川原湖産水産物の安全・安心確保対策事業

静　一徳

目　的

小川原湖における水産物の異臭（2-メチルイソボルネオール、以後 2-MIB）被害軽減のため、リアルタイム PCR による異臭産生糸状藍藻のモニタリングを実施し、関係者へ情報提供するとともに、発生に関係する水質等を調査する。

材料と方法

(1) 調査月日

2023 年 4 月～2024 年 3 月

(2) 採水場所・水深（図 1）

湖南：0m、5m、湖中央：0m、5m、10m、湖北：0m、5m、姉沼：0m、内沼：0m

(3) 調査体制

内水面研究所、北里大学

(4) 調査頻度

基本的に月 1 回、増殖が確認された場合は各月 1 回追加した。追加調査は 0m のみとした。

(5) 調査内容

各定点において、水深 0m はボトルで水面下 10cm より湖水を直接採水し、水深 5m、10m はバンドーン採水器により採水した。サンプルを冷蔵下で研究所に搬送後、当日中に各サンプル 400ml を 0.22 μm Sterivex® filter (EMD Millipore Corp., USA)で濾過した。濾過したフィルターサンプルは DNA 抽出まで-20℃で冷凍保存した。

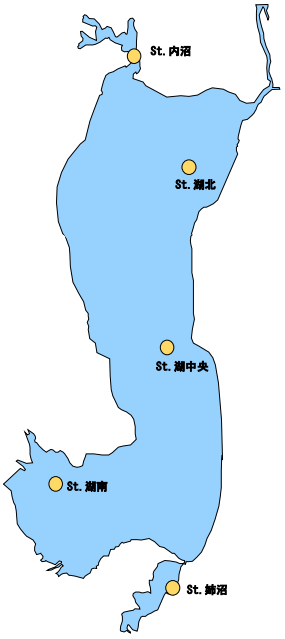


図 1. 調査定点図

(6) 分析方法

DNA 抽出は DNeasy® PowerSoil Pro Kit (QIAGEN, Germany)で行った。抽出した DNA 溶液は分析まで-80℃で冷凍保存した。シアノバクテリアの 2-MIB 合成酵素遺伝子（2-MIB シクラーゼ遺伝子）の TaqMan® qPCR のため開発されたプライマーとプローブ（CRTf、CRTr、Ctaq）[1] を使用した。TaqMan® qPCR にはマスターミックスとして TaqPath™ qPCR Master Mix, CG (Applied Biosystems, USA)、機器として StepOne™ リアルタイム PCR システム（Applied Biosystems, USA）を使用した。定量は検量線法で行った。小川原湖では *Pseudanabaena* 以外の 2-MIB 産生シアノバクテリアは確認されていないため[2]、標準サンプルとして、抽出に供した糸状体数が既知の *Pseudanabaena* sp. AIFI-4 株[2]の抽出 DNA を使用し、*Pseudanabaena* sp. AIFI-4 株の 100μm 糸状体の本数として定量した。濾過湖水量等から湖水 1 mL あたりの糸状体密度（本/mL）を算出した。

(7) 結果報告

結果は調査から原則 2 日以内に関係者へ報告した。

結果と考察

2023 年 4 月～2023 年 1 月に計 12 回のモニタリングを実施した。

小川原湖では 2-MIB 産生シアノバクテリアは 6 月以外の全調査月で検出された（図 2）。期間を通して検

出が続いたが、糸状体密度は最大でも 7 月の St.湖南における 45 本/mL であり、高かった 2020 年、2022 年と比較すると低かった。糸状体密度の変動には明確なピークは無かった。

姉沼では 4 月に 1 本/mL、6 月に 2 本/mL、9 月に 2 本/mL 出現し、例年と同様に小川原湖とは独立した出現動向を示した。内沼は小川原湖と同調的な傾向を示し、7 月に 19 本/mL で最大を示し、その後 9 月、10 月は検出されなかったものの、それ以外の月で低密度での検出が続いた。

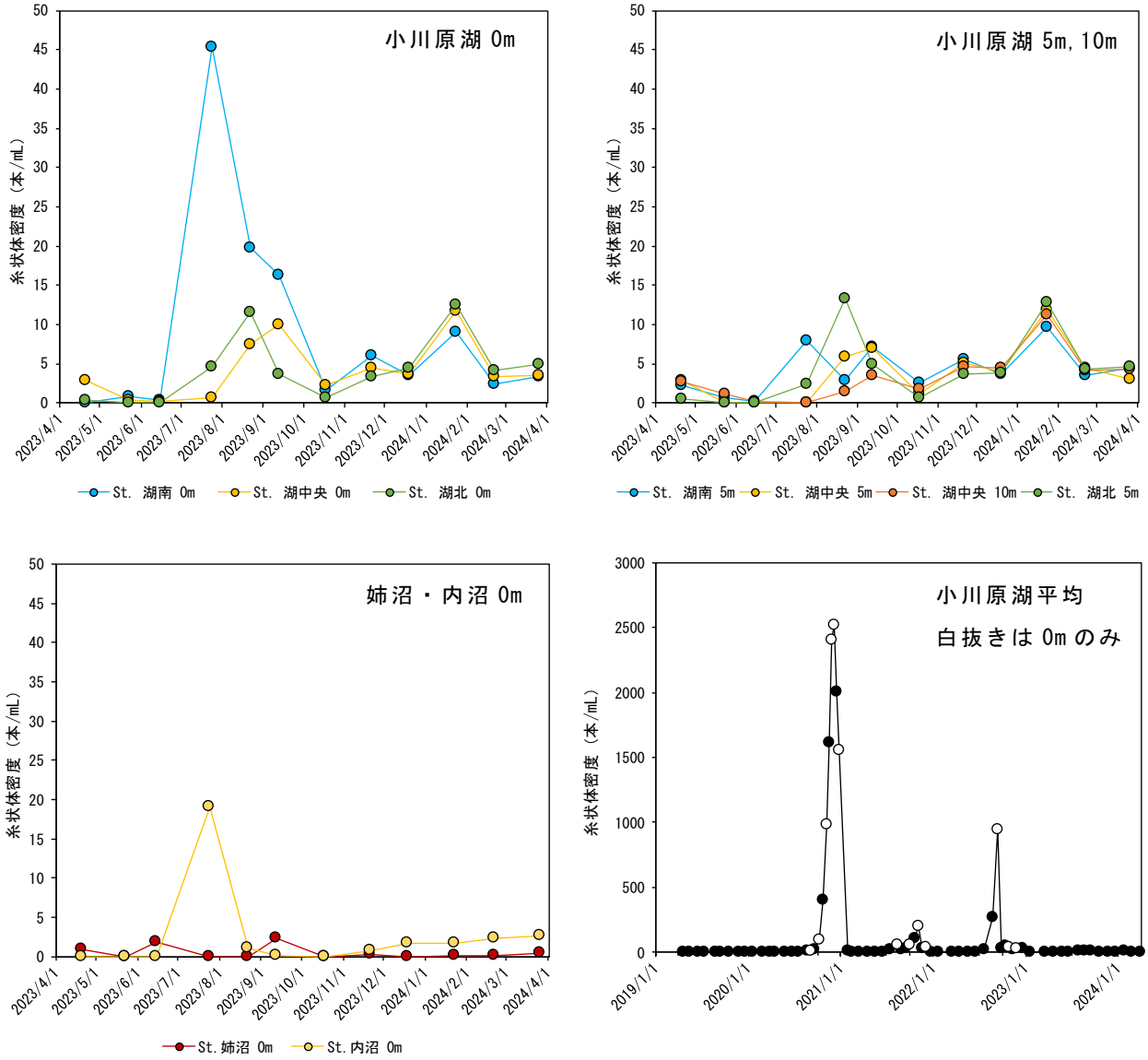


図 2. 2-MIB 産生シアノバクテリア糸状体密度（*Pseudanabaena* sp. AIFI-4 株換算）

謝　辞

調査においては小川原湖漁業協同組合、北里大学に多大な協力をいただきました。この場を借りて御礼申し上げます。

文　献

1) Wang, Z., G. Song, J. Shao, W. Tan, Y. Li and R. Li (2016) Establishment and field applications of real-time PCR methods for the quantification of potential MIB-producing cyanobacteria in aquatic systems. Journal of applied phycology, 28, 325-333.

2) Shizuka, K., M. Ikenaga, J. Murase, N. Nakayama, N. Matsuya, W. Kakino, H. Taruya and N. Maie (2020) Diversity of 2-MIB-Producing cyanobacteria in Lake Ogawara: microscopic and molecular ecological approaches. Aquaculture science, 68, 9-23.

湖沼のカビ臭原因菌の生態学的多様性に着目した発生予測とファージレメディエーション事業

静　一徳・池永　誠[1]・中山　奈津子[2]・眞家　永光[3]

目　的

湖沼で水産物の異臭着臭を引き起こす 2-MIB 産生シアノバクテリアによる漁業被害軽減のため、2-MIB 産生シアノバクテリアの株レベルの動態解明、定量的予察モデル開発、ファージによる増殖抑制技術（ファージレメディエーション）開発を行う。

材料と方法

1. 2-MIB 産生シアノバクテリアの動態解明

(1) 研究体制

内水面研究所：湖水サンプリング、水質測定、単離株確立、定量解析

北里大学：湖水サンプリング、水質測定、栄養塩分析、溶存有機物の蛍光組成分析

鹿児島大学：プライマー設計、菌叢解析、定量解析

(2) 研究方法

小川原湖の湖水からピペット洗浄法により 2-MIB 産生 *Pseudanabaena* 様糸状シアノバクテリアを単離する。小川原湖からの単離株、他機関からの分譲株の 2-MIB 合成関連遺伝子配列をシーケンスしデータベースを拡充する。拡充したデータベースを元に 2-MIB 産生シアノバクテリアを株レベルで識別可能なプライマーを設計する。設計したプライマーを用いた分子生態学的手法により小川原湖における 2-MIB 産生シアノバクテリアの株レベルの中長期的時系列を明らかにする。

2. 定量的予察モデル開発

(1) 研究体制

内水面研究所：水質測定、微生物群集解析、定量解析、予察モデル開発

北里大学：水質測定、栄養塩分析、溶存有機物の光学特性分析

鹿児島大学：菌叢解析、定量解析

(2) 研究方法

環境データ、2-MIB 産生シアノバクテリアの湖水中密度データの統計解析により、湖水中 2-MIB 産生シアノバクテリア密度の定量的予察モデルを開発する。

3. ファージによる防除技術開発

(1) 研究体制

内水面研究所：湖水・底泥サンプリング

北里大学：湖水・底泥サンプリング

水産教育・研究機構：ファージ分離・精製・性状解析

(2) 研究方法

[1] 鹿児島大学学術研究院農水産獣医学域農学系
[2] 国立研究開発法人水産研究・教育機構水産技術研究所
[3] 北里大学獣医学部

異なる時期、地点より採取した湖水、底質から 2-MIB 産生シアノバクテリアに感染するファージを分離・精製する。分離したファージについてゲノム解析を実施する。感染培養試験によりファージ感染が 2-MIB 産生シアノバクテリアの増殖に及ぼす影響を評価する。小川原湖内の底質中の 2-MIB 産生シアノバクテリア密度の高い区域の探索を行う。

結果と考察

1. 2-MIB 産生シアノバクテリアの動態解明：データベース拡充、プライマー設計

2-MIB 構成遺伝子（cnbA, mic, mtf, cnbB）の配列を精査し、2-MIB 産生種の網羅的菌叢解析を行うためのプライマー設計を試みた結果、cnbB と mic の両方で菌叢解析を行うプライマーが設計可能であった。配列多様性の比較から cnbB に決定し、2 種類のプライマーセットを設計した。小川原湖の環境 DNA で PCR を行った結果、目的の位置に増幅産物が確認され、菌叢解析に適用可能と判断した。2 種類のプライマーセットを用いたアンプリコンシーケンス解析により最終的なプライマーセットを決定した。また 2-MIB 産生 *Pseudanabaena* に特異的な定量 PCR プライマーセットを 3 種類設計した。PCR を行い特異性や増幅効率から、最終的なプライマーセットを決定した。

2. 定量的予察モデル開発：データ拡充、微生物群集解析

湖水の各形態窒素・リン濃度、クロロフィル濃度、フィコシアニン濃度、溶存有機態炭素濃度、溶存有機物の光学特性に関するデータを蓄積した。真核微生物群集組成把握のため 18S rRNA 遺伝子のアンプリコンシーケンス解析を行った。16S rRNA 遺伝子のアンプリコンシーケンス解析データから植物プランクトン群集組成を算出し、2-MIB 産生 *Pseudanabaena* との関係を解析した。2-MIB 産生 *Pseudanabaena* が検出されたサンプルとされなかったサンプルでは群集組成が異なり、2-MIB 産生 *Pseudanabaena* が検出されたサンプルでは *Planktothrix* 等の糸状シアノバクテリアの割合が高い傾向にあった。

3. バクテリアファージによる増殖抑制技術開発（ファージレメディエーション）：ファージコレクションの拡充、ファージ密度の高い区域の探索

6 月に湖内 17 地点でエクマンバージ採泥器により採泥し、サンプルを水産技術研究所に送付した。

謝　辞

調査においては小川原湖漁業協同組合に多大な協力をいただきました。この場を借りて御礼申し上げます。本研究は JSPS 科研費 22H02479 の助成を受けて行った。

内水面研究所の沿革と組織

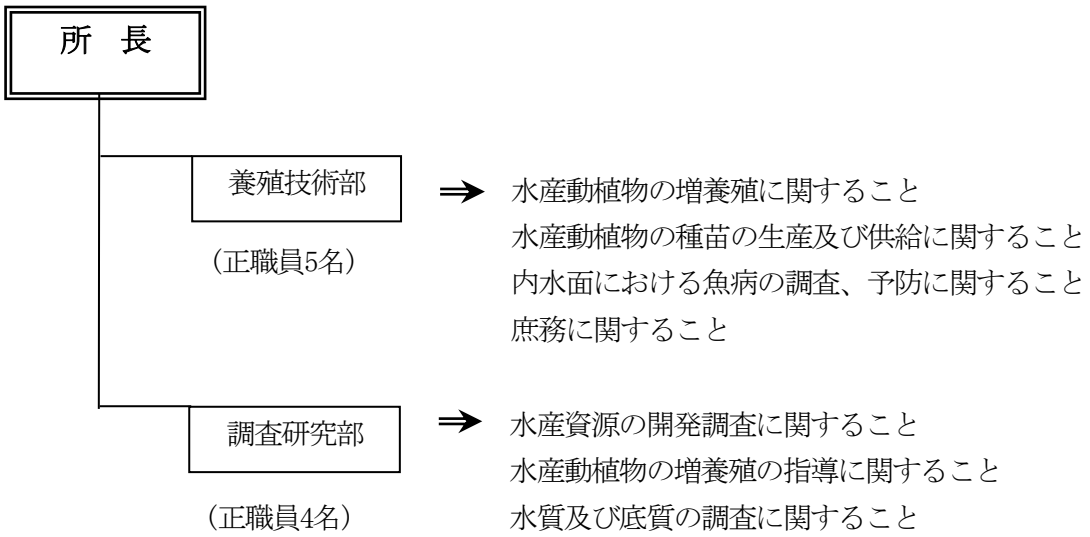
（1）位　　置

青森県十和田市大字相坂字白上 344-10
（〒034－0041　TEL 0176－23－2405　FAX 0176－22－8041）

（2）沿　　革

1901(明治 34)年 6 月	相坂鮭鱒人工ふ化場を上北郡藤坂村に設置
1927(昭和 2)年 9 月	青森県水産試験場相坂養魚場に改称
1948(昭和 23)年 5 月	青森県水産試験場黒石養魚場を南津軽郡中郷村に設置
1961(昭和 36)年 4 月	青森県水産試験場黒石養魚場を黒石市大字石名坂に移転
1975(昭和 50)年 9 月	オームリ展示室を西津軽郡岩崎村の十二湖に設置
1980(昭和 55)年 2 月	県営赤石川さけます実験ふ化場を西津軽郡鰺ケ沢町赤石に設置
1981(昭和 56)年 4 月	青森県水産試験場より独立し、青森県内水面水産試験場と改称 黒石養魚場、赤石川さけます実験ふ化場及びオームリ展示室を引き継ぐ 青森県魚病指導総合センターを併設
1983(昭和 58)年 5 月	オームリ展示室を西津軽郡岩崎村へ譲渡
1985(昭和 60)年 4 月	黒石養魚場を黒石市へ譲渡
1993-1994(平成 5-6)年度	飼育実験棟の新設
1996(平成 8)年 4 月	青森県魚病指導総合センターを青森県内水面水産試験場に統合
2001(平成 13)年 4 月	青森県水産部が農林部と統合して青森県農林水産部に改称
2001(平成 13)年 11 月	青森県内水面水産試験場の創立 100 周年記念式典
2003(平成 15)年 4 月	青森県水産試験場が組織統合により青森県水産総合研究センター 内水面研究所に改称
2009(平成 21)年 4 月	地方独立行政法人青森県産業技術センター内水面研究所と改組・改称
2020(令和 2)年度	ふ化棟の改築

（3）機　　構（2023 年度）



（4）施　　設

名　称	構　造	規　模	内　容
① 庁　舎	鉄筋コンクリート造・2階建て	425㎡	事務室、会議室、ウィルス検査室、生物測定室等
② 宿直室	木造・平屋	114㎡	宿直室
③ 飼育実験棟	鉄骨造・平屋	769㎡	生物工学実験室、生物環境実験室、屋内飼育室、光周期実験室、隔離実験室、採卵魚体処理室、冷凍室、冷蔵室、排水処理室、機械室等
④ ふ化棟	鉄骨造・半2階建	285㎡	ふ化槽、稚魚水槽、紫外線殺菌装置等
⑤ 倉庫棟	鉄骨造・半2階建	140㎡	飼料保管庫、車庫、工作室
⑥ 倉　庫	鉄骨造・平屋	22㎡	
⑦ 車　庫	鉄骨造・平屋	22㎡	
⑧ ポンプ舎	コンクリートブロック・平屋	15㎡	取水ポンプ2.2kw/h 0.1～0.2㎥/m　2台
⑨ 倉　庫	鉄筋コンクリート造・平屋	16㎡	
⑩ 屋外試験池	コンクリート	2,749㎡	試験池　185～521㎡　7面 試験池　35㎡　1面 試験池　16.5㎡　20面
⑪ 防疫施設	コンクリート	1,020㎡	試験池　200㎡　2面 試験池　16～21㎡　9面 FRP水槽　0.5～5㌧　63面
⑫ 1号、2号池	素掘り		1号池 2号池
⑬ 取水ポンプ			15kw/h三相式　1.5～3㎥/m　1基
⑭ 揚水ポンプ			7.5kw/h三相式農業用水用　1基
（飼育実験棟内設備） 淡水温度調整装置 自家発電施設 排水除濁ろ過装置 特殊排水処理装置			 15t/h　5系統 149kVA　2基 20㎥/h 3㎥/h

2023年度　青森県産業技術センター内水面研究所事業報告

発　行　2025年3月

発行所　地方独立行政法人　青森県産業技術センター内水面研究所

〒034-0041 青森県十和田市大字相坂字白上344-10

TEL 0176-23-2405　FAX 0176-22-8041

http://www.aomori-itc.or.jp