

(6) 里海湖の水産資源回復に関する研究

家接 直人・石田 敏一・千葉 駿介

1 目的

ワカサギは内水面漁業および遊漁の重要な魚種であるが、福井県における資源量は激減しており、漁業および遊漁に影響を及ぼしている。地元の漁業協同組合が発眼卵放流を長年実施しているものの、資源増大には繋がっておらず、効果的な資源回復方法の検討が望まれている。

本研究では、三方五湖を対象水域としワカサギの生息環境を調査するとともに、環境DNA分析などの新技術を用いてワカサギの分布や移動状況、放流後の生残状況について把握し、資源回復に有効な環境保全の方法や効果的な放流手法を開発する。

2 方法

1) 環境調査

(1) 水質測定 (水温、塩分、pH)

図1に示した各定点において、各調査の実施時に表層水温、pH および塩分濃度を測定した。測定にはフィールド型ポータブル水質計 LAQUA D-210 (HORIBA 社製) を使用した。令和6年夏季のワカサギの越夏を確認する水月湖調査(定点A～C、I～K)では、中層(水深3m)での水温やDOの測定も実施した。DOの測定は、令和6年8月26日の調査では滴定法により行い、9月25日の調査では現地でフィールド型ポータブル水質計 556MPS (YSI 社製)

- 定点A 水月湖 峠越隧道
定点B 水月湖 水月花前
(海山漁協発眼卵放流場所近隣)
定点C 水月湖 レストハウス湖畔前
定点D 三方湖 はず川河口
(鳥浜漁協発眼卵放流場所近隣)
定点E 三方湖 観音川河口
定点F 三方湖 別所川河口
定点G 三方湖 伊良積
定点H 三方湖 濑戸(三方湖と水月湖の境)
定点I 水月湖 中央付近
定点J 水月湖と菅湖の境
定点K 水月湖 浦見川
定点L 三方湖 成出
定点M 三方湖 堀切
定点N 三方湖 中山川河口
定点O 久々子湖 早瀬川

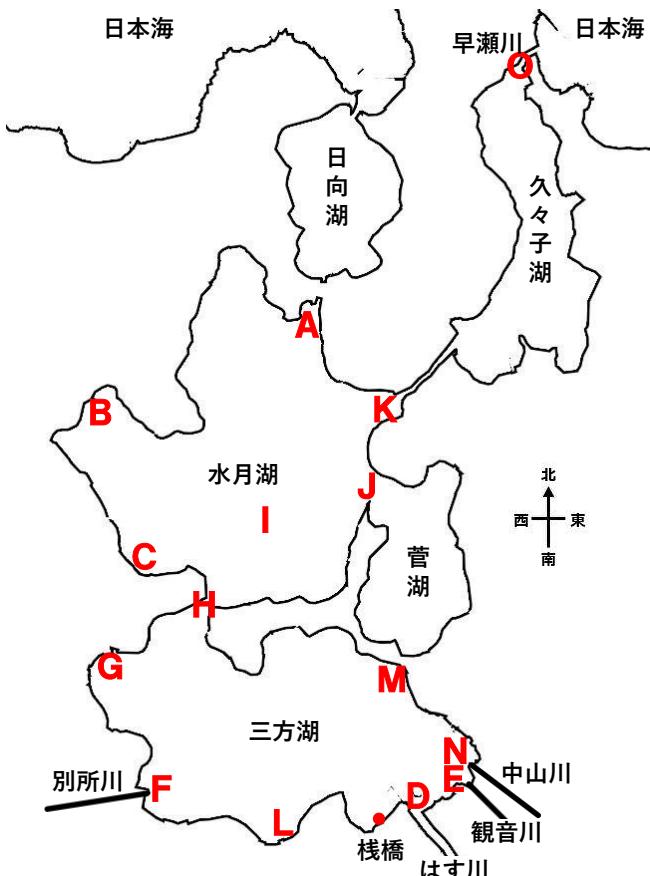


図1 調査定点の位置

を使用した。また、水温の連続観測をするため令和5年8月25日から令和7年3月4日の間、三方湖の鳥浜漁協船着場桟橋の水深0.5mに水温ロガーHOBO ウォーターテンププロ V2 (Onset社) を設置した。

(2) 餌料調査 (動物プランクトンの同定および計数)

図1に示したAからHの8定点において、表層水100Lから、100メッシュのプランクトンネットを用いて動物プランクトンを採集した。採集したプランクトンを10%のホルマリンで固定し、適宜同定および計数を行った。同定はワカサギの産卵期と発眼卵放流の時期にあたる令和6年2月8日、3月5日、5月28日、6月20日に採集した4回分とした。

2) 生息調査

(1) 分布調査 (湖沼水環境DNA分析)

環境DNA調査・実験マニュアル(一般財団法人環境DNA学会編)に準じて、図1に示した各定点において、表層水を1L採水し、リアルタイムPCRを用いた種特異的な単一種検出法により湖沼水環境DNAの定量分析を行った。令和6年5月28日と6月20日の2回は発眼卵放流後の動向を追跡するために8定点(A~H)で、令和6年8月26日と9月25日の2回は水月湖での越夏を確認するため8定点(A~D, H~K)の表層に加え、6定点(A~C, I~J)では水深3mでの分析を追加した。さらに、令和7年1月21日、2月10日、2月20日、3月4日はワカサギの産卵回遊を広範囲に網羅するため、久々子湖と海を繋ぐ早瀬川も含め14定点(A~H, J~O)で分析を実施した。

3) 放流効果調査

(1) 発眼卵放流

今年度はミズカビ類の寄生繁茂を防ぐため、水道水を加温し循環することで卵管理期間の短縮を試みた(図2)。網走湖産の受精卵2,000万粒をハッチングジャーとアルテミア孵化水槽に収容し、汲み置き水道水をマグネットポンプで循環させて孵化開始まで管理を行った。水道水は塩素を飛ばし、残留塩素が含まれないことを確認した後に換水に使用し、毎日1回、全水量を換水した。注水量は20回転/時を基本として卵の攪拌状況を見て調整した。卵は6Lのハッチングジャー2基に各200万粒を(うち1基はコチニール色素による標識染色用いた)、20Lのハッチングジャー1基に600万粒を、100Lのアルテミア孵化水槽1基に1,000万粒を収容した。卵管理中はミズカビ類の繁茂を抑制するため、収容翌日から発眼までプロノポール製剤(パイセス0.2mL/L)による1日1回30分間の間歇薬浴を行った。6Lのハッチングジャー1基の200万粒は発眼後にコチニール色素による24時間の標識染色を行った¹⁾。孵化直前の発眼卵は20Lペール缶1個に収容してエアレーションしながら移送し、日没の18時過ぎを目途に三方湖に流れ込むはす川の河口左岸に放流した。また、卵の一部はセンターで継続管理して孵化率の確認を行った。

(2) 漁獲データ・サンプル収集

鳥浜漁協の協力を得て漁業者が捕獲したワカサギの漁獲データおよび耳石の日輪査定用のサンプルを収集した。収集は令和6年11月から令和7年3月に行い、全長、体重、生殖腺重量を測定した後、日輪査定まで冷凍で保存した。さらに、サンプルを確保するため、令和6年12月から令和7年2月に中山川河口沖と別所川の河口の2地点において袋網(目合い:袖網8mm、魚捕り部4mm)を設置して採捕を試みた(図1、3)。

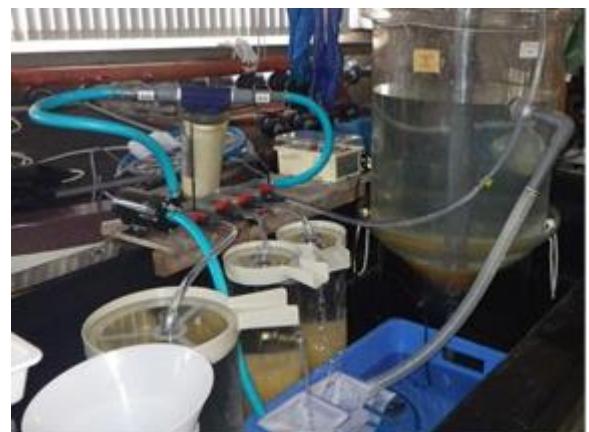


図2 卵管理の様子 (加温循環管理)

(3) 由来や生息履歴の推定

収集したワカサギの由来を推定するために、耳石の日輪査定を行うとともに、海洋生活など生息履歴を調べるために令和3年度から収集したワカサギについてSr : Ca比分析も行った。

また、ミトコンドリアDNA (mtDNA) の cytochrome *b* (*cyt b*) 遺伝子は地域固有のハプロタイプを形成することが知られており、ワカサギにおいても各地域に特徴的な遺伝的組成が残されていることが分かっている²⁾。そこで、これまでに収集したワカサギの mtDNA の *cyt b* 領域を網走湖産、諏訪湖産、三方湖・水月湖と同様に日本海側に面する宍道湖産の同

領域と比較し由来判別を試みた。三方湖産は令和3~6年度に収集したワカサギ20個体を網走湖産は令和6年4月に放流用に管理していた孵化直後の仔魚19個体をmtDNA分析に用いた。また、諏訪湖産及び宍道湖産のDNA情報については、GenBankに登録されているデータセット (accession numbers: AB849256~AB849269) を用いた³⁾。



図3 袋網の設置状況（左図：河口上流河川内、右図：河口沖湖内）

3 結果および考察

1) 環境調査

(1) 水質測定（水温、塩分、pH）

各定点における水質測定の結果を表1に、三方湖桟橋における水温の推移を図4に示した。ワカサギの生息する水域水温は0~30°Cと広範囲であり、孵化適温は概ね6~19°Cと幅が広い⁴⁾。三方湖での連続観測では冬期1~3月の水温は2.2~15.8°Cであったが、4月は11.1~23.8°C、5月は16.1~25.3°Cと急激に上昇しており昨年と同様に推移していた。

福井県の場合、ワカサギの産卵期は2~3月であり⁵⁾、この時期の水温帯はワカサギの産卵・孵化

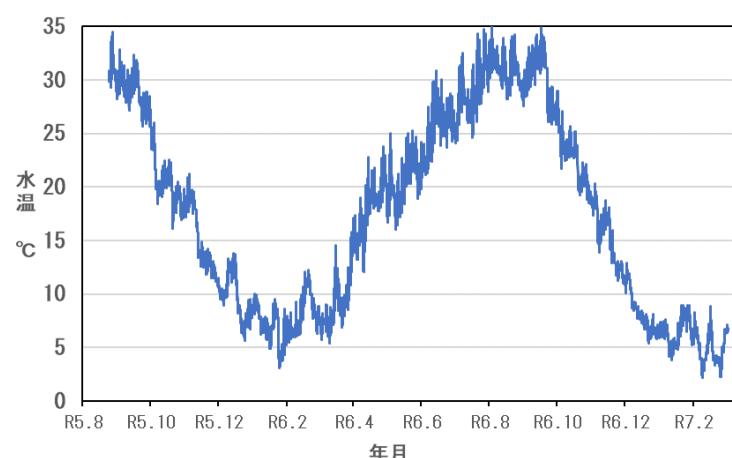


図4 漁協桟橋における水温の推移 (0.5m)

には問題ないと考えられた。発眼卵についてはこれまで4~5月に放流しているが、正常に孵化する水温の上限は19°Cと言われており⁶⁾、なるべく4月上旬には放流を終えることが望ましいと考えられた。一方で夏季の8~9月の水温は、昭和48年以降からすでに30°Cを超える状況が観測されていた⁷⁾。今回の連続観測では7月から9月にかけて30°C以上の高水温が2ヶ月以上続いていたことが示された。ワカサギの生息する水域水温は0~30°Cであるが、宍道湖では夏季の高水温によって漁獲量が減少した可能性が高いこと⁸⁾、霞ヶ浦では最低水温が29°Cを超える環境が長期間続いたことでへい死が発生した事例があることから⁹⁾、夏季に三方湖や水月湖に残留している個体があれば生息の制限要因になる。今年度は、水月湖内の中層などで越夏しているかその可能性を探るために水温やDOを測定したが、表1、2に示すように中層においても8月26日の水温が6定点中5定点で29°Cを超えており、DOも1.43~6.55mg/lと表層の半分以下であったことから中層での越夏も難しいと考えられた。塩分は水月湖(定点A~C)で2.5~7.8‰、三方湖(定点D~H)で0.1~4.4‰と昨年と同様にいずれもワカサギが生息する湖沼の塩分濃度の範囲内(0~10‰)であった⁴⁾。

表1 調査定点（A～O）における水質調査の測定結果（水温、塩分、pH）

調査日＼定点		水月湖			三方湖					水月湖			三方湖			早瀬川	水月湖（中層）						
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	A中	B中	C中	I中	J中	K中	
水温 °C	R6.5.28	21.0	21.0	21.0	17.9	20.9	20.3	20.8	21.7								30.0	29.4	29.4	28.6	29.3	29.8	
	R6.6.20	26.7	26.3	26.6	25.1	25.4	26.5	26.6	26.4								27.4	27.7	27.8	28.1	28.0	27.1	
	R6.8.26	32.3	32.7	32.3	30.0	31.8	32.3	33.0	31.7								4.3	4.3	3.3	3.4	4.0	4.2	
	R6.9.25	27.2	28.0	28.2	28.0	28.0	28.0	27.8	26.8								4.2	3.8	3.3	3.5	3.0	3.5	
	R7.1.21	6.1	6.3	6.5	8.7	7.7	8.6	7.5	7.0								5.8	6.3	7.5	7.9	7.9	7.7	
	R7.2.10	4.1	4.7	4.1	4.6	3.8	3.6	3.0	3.0								4.3	4.3	3.3	3.4	4.0	4.2	
	R7.2.20	3.7	3.5	3.5	2.4	2.1	3.5	3.3	3.0								4.2	3.8	3.3	3.5	3.0	3.5	
	R7.3.4	6.2	6.9	5.9	6.9	6.4	7.2	6.4	6.3								6.3	6.3	6.8	6.1	6.2	6.3	
塩分 ‰	R6.5.28	4.2	3.9	4.1	0.1	1.0	1.3	1.7	2.0								6.5	6.6	7.6	6.5	8.3	7.3	
	R6.6.20	3.8	4.2	4.1	1.4	2.0	2.0	2.1	2.1								9.0	8.1	8.6	8.8	9.2	9.2	
	R6.8.26	3.7	4.0	3.9	1.5	1.9	2.0	2.0	2.7								3.6	3.9	3.8	3.9	3.9	3.8	
	R6.9.25	7.5	7.8	7.6	3.8	3.5	4.3	4.3	4.4								6.6	7.5	7.4	1.4	1.2	1.5	
	R7.1.21	3.5	3.8	3.7	0.5	1.5	0.2	1.4	1.4								3.9	3.9	1.4	1.2	1.5	4.5	
	R7.2.10	4.9	5.2	5.2	0.9	1.3	1.5	1.8	1.8								5.0	4.9	2.0	1.4	1.3	6.6	
	R7.2.20	4.8	4.9	4.8	0.5	1.2	1.4	1.5	1.6								4.5	4.8	1.5	1.2	1.0	7.1	
	R7.3.4	2.6	2.5	2.6	0.1	0.5	0.6	0.8	0.6								2.1	2.2	0.8	0.1	0.3	3.7	
pH	R6.5.28	8.3	8.2	8.4	6.8	6.9	7.0	7.1	7.4								8.6	8.5	8.5	9.3	8.7	8.6	
	R6.6.20	7.7	7.8	8.2	7.4	7.2	8.7	8.8	8.4								9.1	9.0	8.9	7.0	7.0	8.5	
	R6.8.26	9.9	9.8	9.8	8.1	8.7	9.5	9.8	9.7								7.4	7.2	7.0	7.0	7.0	7.0	
	R6.9.25	8.8	9.0	8.9	8.7	8.5	9.0	8.7	8.8								7.2	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	
	R7.1.21	7.2	7.1	7.0	7.1	7.0	7.2	7.1	7.2								8.3	8.2	8.4	8.4	8.2	8.5	
	R7.2.10	7.0	7.0	7.0	7.2	7.2	7.1	7.2	7.2								8.7	8.9	8.5	8.3	8.0	8.9	
	R7.2.20	8.2	8.3	8.5	8.1	8.4	8.5	8.7	8.7								8.7	8.9	8.5	8.3	8.0	8.9	
	R7.3.4	9.1	8.7	8.7	8.0	7.9	8.6	8.6	8.8								8.7	8.9	8.5	8.3	8.0	8.9	

表2 水月湖の調査定点（A～C・I～K）におけるDOの測定結果

(mg/l)

調査日＼定点	水月湖（表層）						水月湖（中層）					
	A	B	C	I	J	K	A中	B中	C中	I中	J中	K中
R6.8.26	12.47	13.10	12.12	11.96	11.46	13.44	5.84	5.42	1.74	4.14	1.43	6.55
R6.9.25	9.75	10.77	10.43	10.92	10.42	10.59	0.10	0.94	0.17	0.14	0.12	0.61

表3 各調査定点における動物プランクトン組成

単位：個体/全量

門	種	令和6年2月8日								令和6年3月5日								令和6年5月28日								令和6年6月20日														
		水月湖				三方湖				水月湖				三方湖				水月湖				三方湖				水月湖				三方湖										
		A	B	C	D	E	F	G	H	A	B	C	D	E	F	G	H	A	B	C	D	E	F	G	H	A	B	C	D	E	F	G	H							
織毛虫	<i>Strombidium</i> sp.																																							
	<i>Oligotrichida</i>	●	●	●						○	○																													
	<i>Didinium nasutum</i>																																							
	<i>Monodinium balbianii</i>									○																														
	<i>Zoothamnium</i> sp.																		◎	◎																				
	<i>Peritrichia</i>																											◎												
	<i>Ciliophora</i>									○	○																													
輪形動物	<i>Bdelloidea</i>			●						●	●																													
	<i>Brachionus angularis</i> var. <i>angularis</i>																		○	○							○	○	○	○	○	○	○	○	○	○				
	<i>Brachionus plicatilis</i> sp. complex																										◎	○	○	○	○	○	○	○	○	○				
	<i>Brachionus quadridentatus</i>																																							
	<i>Brachionus urceolaris</i>																																				○			
	<i>Keratella cruciformis</i> var. <i>eichwaldi</i>	●	●	●	●	○	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●								
	<i>Keratella quadrata</i>																			○							●	○	○	○	●	○	○	○	○	○				
	<i>Keratella valga</i>																																					○		
	<i>Synchaeta</i> sp.																																							
	<i>Filinia longisetata</i>																																							
軟体動物	<i>Gastropoda</i> (larva)																																				○			
	<i>Bivalvia</i> (umbo larva)																										○	○	○	○						○				
節足動物	<i>Diaphanosoma brachyurum</i>																										○													
	<i>Scapholeberis mucronata</i>																										●	○	○	○						○				
	<i>Sinocalanus tenellus</i>																		○							●	●	○	○							○				
	<i>Sinocalanus tenellus</i> (copepodite)																										○													
	<i>Pseudodiaptomus inopinus</i>																										○													
	<i>Pseudodiaptomus</i> sp. (copepodite)																										○													
	Calanoidae (copepodite)																										●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●			
	<i>Paracyclopsina nana</i>																		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●				
	<i>Cyclopoida</i> (copepodite)																		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●				
	<i>Harpacticoida</i> (copepodite)																		○	○	○	○	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●				
	Copepoda (nauplius)									○								○								●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●				
	<i>Balanomorpha</i> (nauplius)	◎	○	○														○								●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●				
	個体数合計 (個体/1000)	2568	4760	7252	390	1840	2184	5130	10208	2044	1548	4540	23	228	150	58	121	22816	24728	25456	464	4152	11220	9636	26308	8724	4062	15148	9432	10052	4324	1760	55016							
	湿重量 (mg/1000)	1.6	5.1	5.1	11.3	6.6	7.3	7.4	13.0	2.2	5.1	10.4	0.1	2.7	3.9	1.3	2.6	54.1	80.6	95.5	49.4	37.4	384.1	61.7	78.2	8.6	2.4	44.5	42.6	22.8	16.8	11.9	144.4							

●は1000個体/全量以上、◎は300個体/全量以上、○は100個体/全量以上 (100個体/全量未満は未掲載)

(2) 飼料調査 (動物プランクトンの同定および計数)

各定点における動物プランクトンの同定および計数の結果を表3に、その個体数の推移を図5に示した。ワカサギ孵化仔魚の生残率と初期餌料となるワムシ類やカイアシ類幼生との間には密接な関係があると言われており^{10) 11)}、昨年と同様にカイアシ類幼生は4月以降の水温上昇にあわせて出現個体数が増加していることから、孵化仔魚の餌料環境としては4月以降の方が良いと考えられた。また、水月湖と三方湖ともに2月はワムシ類が、5月と6月はカイアシ類幼生が優占していた。三方湖における動物プランクトンについては、1997～2001年に福井県環境科学センターで調査が行われており¹²⁾、この調査と本調査での4、6月のワムシ類とカイアシ類幼生を合計した個体数を比較したところ、1997～2001年の平均値は71,710個体/100L（最小16,300、最大192,200）であり、昨年と今年の平均値は9,463個体/100L（最小1,716、最大16,064）と約1/8に減少していた。2000年（平成12年）に若狭町三方浄化センターが供用開始となって以降、植物プランクトン数や浮遊物質量（SS）が減少しているとの報告があり¹³⁾、動物プランクトン数もこれに同調している可能性が推察された。

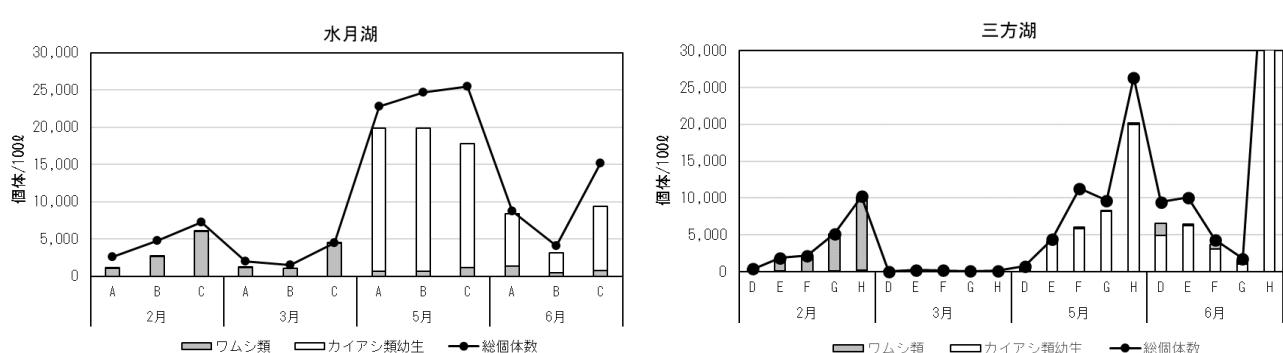


図5 各調査定点における動物プランクトンの推移

2) 生息調査

(1) 分布調査 (湖沼水環境DNA分析)

各定点における環境DNA分析の結果を表4～6に示した。発眼卵放流後に孵化した稚魚を追跡するため5月と6月に分析を行ったが、ワカサギのDNAはどの地点においても検出されなかった。昨年、水月湖において10月に定量値が得られることや漁業者から水月湖で越夏するワカサギがいるとの情報があることから、湖内で越夏している可能性を確認するため、8月と9月に水月湖の中層域で調査を行ったが、定量値は得られず越夏は確認できなかった。また、昨年度は三方湖の全定点（D～H）で産卵期の2～3月に定量値が得られており、今年度は1～3月に定点を増やして広範囲に調査を行ったが、定量値は得られずワカサギの生息や産卵個体は昨年度に比べて極めて少ないと考えられた。

表4 発眼卵放流後のワカサギの環境DNA濃度

調査日＼定点	水月湖			三方湖					(Copies/l)
	A	B	C	D	E	F	G	H	
R6. 5. 28	—	—	—	0	—	—	—	—	
R6. 6. 20	—	—	—	0	0	—	—	—	

—は検出なし、0は陽性反応が1回または定量値が定量下限以下(30copies/2μl)を示す

表5 越夏時期におけるワカサギの環境DNA濃度

(Copies/ℓ)

調査日＼定点	水月湖（表層）						水月湖（中層）						三方湖（表層）	
	A	B	C	I	J	K	A中	B中	C中	I中	J中	K中	D表	H表
R6.8.26	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	—	—	0	—
R6.9.25	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

—は検出なし、0は陽性反応が1回または定量値が定量下限以下(30copies/2μl)を示す

表6 産卵時期におけるワカサギの環境DNA濃度

(Copies/ℓ)

調査日＼定点	水月湖					三方湖								早瀬川	
	A	B	C	J	K	D	E	F	G	H	L	M	N	O	
R7.1.21	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
R7.2.10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
R7.2.20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
R7.3.4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

—は検出なし、0は陽性反応が1回または定量値が定量下限以下(30copies/2μl)を示す

3) 放流効果調査

(1) 発眼卵放流

卵管理期間の水温と積算水温の推移を図6に示した。卵管理は卵がセンターに到着した4月19日から最初の孵化を確認した4月26日までの8日間行った。管理中の水温は16.4~17.5°Cで、孵化開始までの積算水温は137°Cと水温の低い地下水で管理した昨年より49°Cも下回った。卵を加温循環で管理することで管理期間は昨年の約3分の1に短縮することができ、ミズカビ類も発生することはなかった。しかし、孵化率は約20%と低い結果となり、換水が不十分であったことによる水質の悪化が原因だと考えられた。また、コチニール色素で染色した卵はほとんど孵化が確認できず、染色中の給気不足により酸欠が生じた可能性が考えられた。4月26日に発眼卵を放流したはす川河口の水温は18.0°Cで、昨年同様孵化適温の上限である19°Cに近かつた。ハッチングジャーによる卵管理は、他県の事例では発眼率7割程度であり¹⁴⁾、これまでの経過を踏まえ発眼率や孵化率を上げるために、加温した地下水をかけ流して卵管理するなど改良の余地があると考えられた。

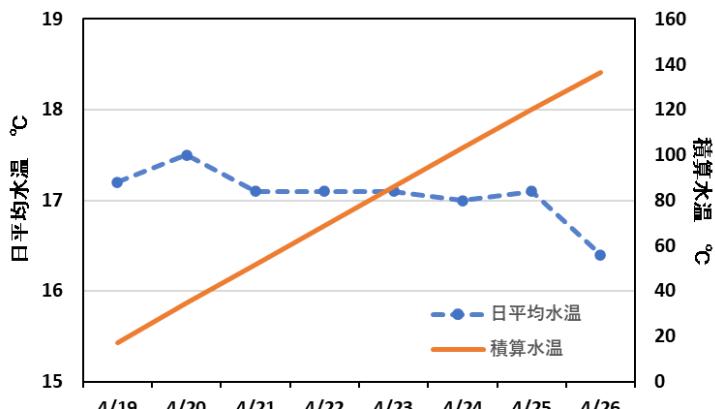


図6 卵管理中の飼育水温と積算水温の推移

(2) 採捕調査 (漁獲データ・サンプル収集)

三方湖と水月湖で今年度に漁獲されたワカサギは1尾のみであった。漁獲されたワカサギの漁獲日や測定結果を表7に示した。昨年度までに漁獲された個体の多くは全長120mmを超え、雌雄とも生殖腺が確認できる産卵に関与する個体であったが、今年度漁獲された個体は、これまでのサンプルの中でサイズが最も小さく生殖腺もほとんど確認できなかった。

袋網による採捕調査結果を表8に示した。今年度は湖内で産卵を控えて回遊するワカサギの採捕を試みるため、

河口沖にも設置し、延べ28回の網揚げを行ったがワカサギを採捕することはできなかつた。本調査でもワカサギ資源がかなり少ないと示す結果となつた。

表7 漁獲されたワカサギの測定および日輪査定、Sr : Ca 比分析の結果

No.	全長 (mm)	体重 (g)	雌雄	生殖腺 重量(g)	生殖腺 指数	採捕 日	耳石 日輪 数	日輪 0日	採捕 場所	Sr/Ca比 分析結果
1	122.85	12.65	♂	0.61	4.82	R5.1.12	246	R4.5.11	三方湖	回遊型
2	121.29	13.24	♀	0.75	5.66	R5.1.12	245	R4.5.12	三方湖	回遊型
3	118.77	12.70	♀	1.20	9.45	R5.1.18	254	R4.5.9	三方湖	回遊型
4	127.54	13.84	♂	0.40	2.89	R6.1.29	235	R5.6.8	三方湖	残留型
5	126.31	15.53	♂	0.50	3.22	R6.1.18	189	R5.7.13	三方湖	
6	125.18	14.04	♂	0.44	3.13	R6.1.18	225	R5.6.7	三方湖	
7	123.29	12.34	♂	0.58	4.70	R6.1.18	212	R5.6.20	三方湖	
8	122.63	11.85	♂	0.37	3.12	R6.1.29	222	R5.6.21	三方湖	
9	122.59	11.81	♂	0.63	5.33	R6.1.29	231	R5.6.12	三方湖	
10	120.29	11.72	♂	0.24	2.05	R6.1.18	250	R5.5.13	三方湖	
11	133.49	17.02	♀	2.82	16.57	R6.2.17	221	R5.7.11	水月湖	回遊型
12	131.61	17.35	♀	2.03	11.70	R6.1.18	258	R5.5.5	三方湖	残留型
13	131.26	16.16	♀	3.28	20.30	R6.2.14	226	R5.7.3	水月湖	回遊型
14	128.34	17.50	♀	3.05	17.43	R6.1.29	237	R5.6.6	三方湖	回遊型
15	128.24	15.77	♀	2.76	17.50	R6.1.29	230	R5.6.13	三方湖	回遊型
16	126.37	15.18	♀	2.41	15.88	R6.1.29	249	R5.5.25	三方湖	
17	126.14	15.04	♀	0.88	5.85	R6.1.29	235	R5.6.8	三方湖	
18	125.95	14.29	♀	1.32	9.24	R6.1.29	229	R5.6.14	三方湖	
19	123.69	14.15	♀	1.45	10.25	R6.1.18	223	R5.6.9	三方湖	
20	117.68	11.48	♀	0.16	1.39	R6.1.18	218	R5.6.14	三方湖	残留型
21	68.87	1.76	♂	0.01	0.57	R7.3.24			水月湖	

表8 袋網によるワカサギ採捕調査の結果

	年月日	作業内容	水温(°C)	採捕数尾		年月日	作業内容	水温(°C)	採捕数尾
中山河口沖	R6.12.16	袋網設置	9.7		別所川河口	R6.12.16	袋網設置	12.1	
	R6.12.17	網揚げ	8.5	0		R6.12.17	網揚げ	10.5	0
	R6.12.18	網揚げ	7.8	0		R6.12.18	網揚げ	10.0	0
	R7.1.6	袋網設置	7.7			R7.1.6	袋網設置	10.0	
	R7.1.8	網揚げ	7.6	0		R7.1.8	網揚げ	8.2	0
	R7.1.10	網揚げ	5.0	0		R7.1.10	網揚げ	5.8	0
	R7.1.20	袋網設置	8.8			R7.1.20	袋網設置	10.5	
	R7.1.21	網揚げ	10.3	0		R7.1.21	網揚げ	11.2	0
	R7.1.23	網揚げ	9.3	0		R7.1.23	網揚げ	8.8	0
	R7.2.3	袋網設置	8.8			R7.2.3	袋網設置	10.3	
	R7.2.7	網揚げ	5.6	0		R7.2.7	網揚げ	5.6	0
	R7.2.10	網揚げ	5.0	0		R7.2.10	網揚げ	6.8	0
	R7.2.12	網揚げ	5.9	0		R7.2.12	網揚げ	7.1	0
	R7.2.14	網揚げ	7.2	0		R7.2.14	網揚げ	10.4	0
	R7.2.17	網揚げ	8.0	0		R7.2.17	網揚げ	8.5	0
	R7.2.20	網揚げ	4.3	0		R7.2.20	網揚げ	6.2	0
	R7.2.21	網揚げ	3.1	0		R7.2.21	網揚げ	2.6	0
	R7.2.25	網揚げ	2.5	0		R7.2.25	網揚げ	6.4	0

(3) 由来や生息履歴の推定

これまで採集されたワカサギの日輪数および日輪が0となる日、Sr:Ca 比から推定された生息履歴を表7に、Sr:Ca 比の分析結果を図7に示した。Sr:Ca 比分析は、これまで採集されたワカサギ21尾のうち10尾で行い生息

履歴を判定したところ¹⁵⁾、湖内残留型が3個体に対して降海回遊型が7個体と降海回遊型が多い傾向がみられた。降海回遊のパターンは統一性がなく様々であり、汽水域や淡水域への生息履歴が確認される個体もあった(図7)。宍道湖ではワカサギが豊富に漁獲されていた頃は個体群の主体は湖内残留型であったが、激減した後は降海回遊

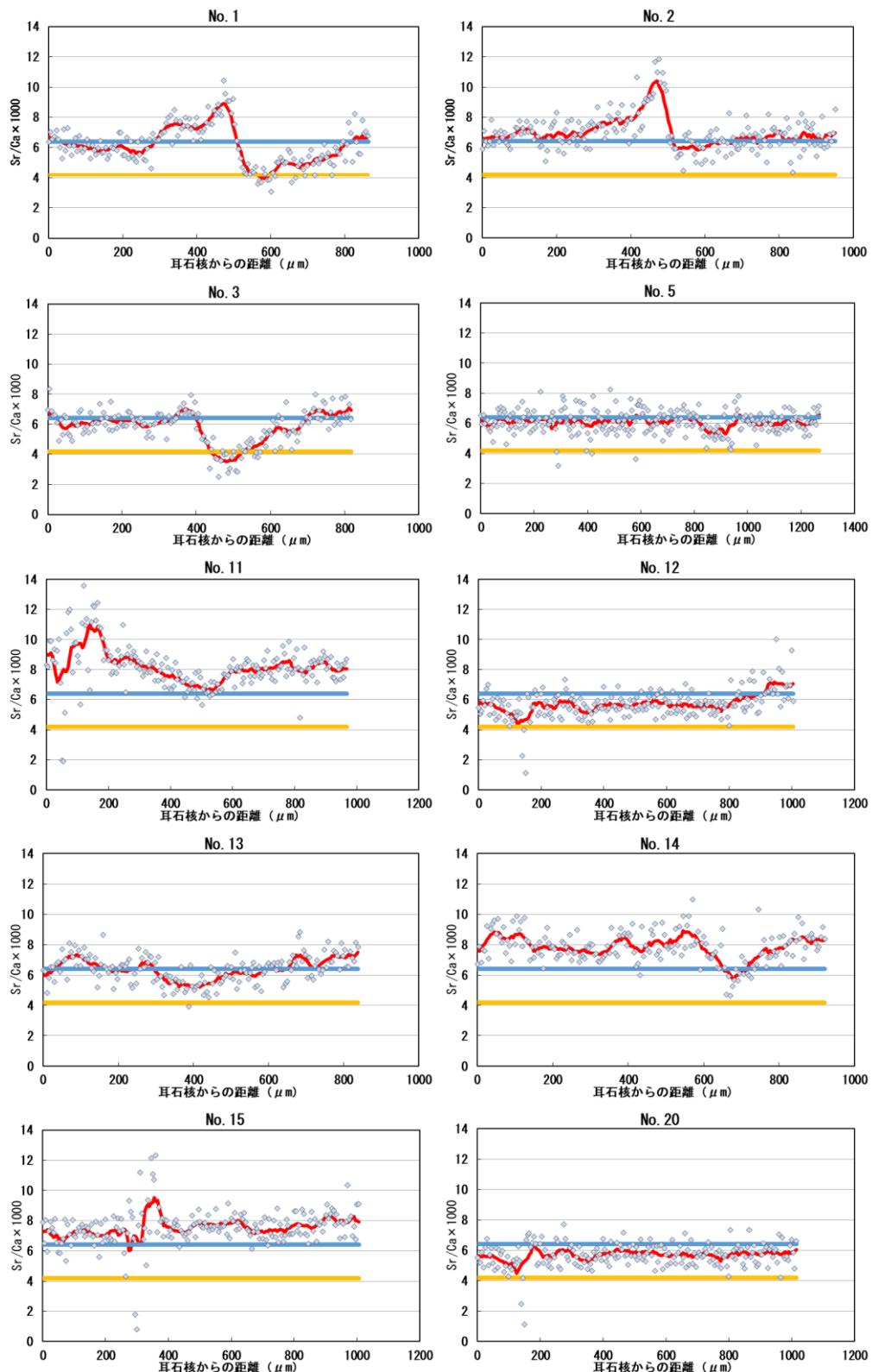


図7 Sr : Ca 比分析結果 (移動平均値)

型が主体となったように¹⁶⁾、三方五湖でも同様の現象が起こっている可能性があると考えられた。

また、昨年度に示したように、耳石の日輪査定から推定したワカサギの由来は全て発眼卵放流由来であった¹⁷⁾。日輪査定を行った同じ個体のミトコンドリアDNAを含めてハプロタイプの整理を行ったところ、集団が、Hap 1、Hap 3、Hap 4、Hap 5、Hap 6（集団A）とHap2、Hap8、Hap9、Hap16、Hap17（集団B）およびHap7、Hap10、Hap11、Hap12、Hap13、Hap14、Hap15（集団C）の3集団に分けられた。各ハプロタイプの構成から、集団Aは網走湖集団、集団Bは諏訪湖集団、集団Cは宍道湖集団と考えられた（表9、図8）。三方湖産のハプロタイプであるHap1、Hap3、Hap4は網走湖集団、Hap2は諏訪湖集団に属していることから、漁獲されたワカサギは、1. 放流種苗由来のもの、2. 三方湖産固有のmtDNAは放流種苗との交雑により放流用種苗由来のものに置き換わっている、3. Hap4は三方湖産固有のmtDNAである可能性が示唆された。漁獲されたワカサギの由来を判別できる情報は得られなかったが、多くの個体から放流用種苗由来であるハプロタイプが検出されたことから、三方五湖に僅かに現存しているワカサギは、発眼卵放流由来が多いと考えられた。

表9 ワカサギの地域別ハプロタイプ

Haplotype/Origin	三方湖	網走湖	諏訪湖	宍道湖
Hap 1	8	16	○	—
Hap 2	5	—	○	○
Hap 3	6	1	○	—
Hap 4	1	—	—	—
Hap 5	—	1	—	—
Hap 6	—	1	—	—
Hap 7	—	—	—	○
Hap 8	—	—	○	○
Hap 9	—	—	—	○
Hap 10	—	—	—	○
Hap 11	—	—	—	○
Hap 12	—	—	—	○
Hap 13	—	—	—	○
Hap 14	—	—	—	○
Hap 15	—	—	—	○
Hap 16	—	—	○	—
Hap 17	—	—	○	—

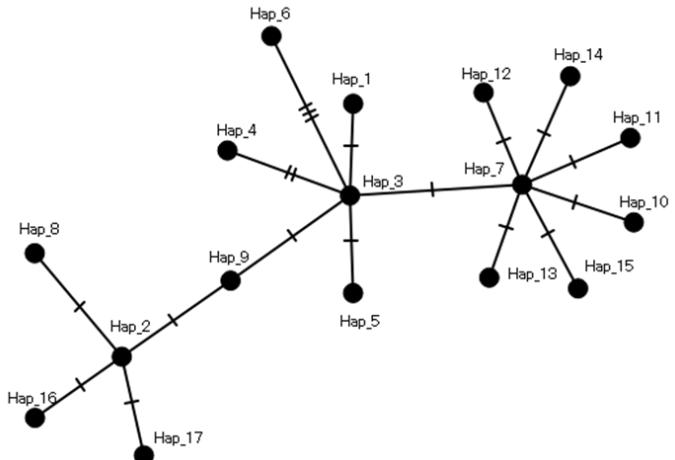


図8 三方湖、網走湖、諏訪湖、宍道湖のワカサギにおけるハプロタイプネットワーク

4 文献

- 1) 水産庁 (2023) : まずは一歩を踏み出そう！ワカサギの資源管理技術の紹介 : 3
- 2) 池田 実 (2008) : DNA分析で見えてきた内水面移植の新たな問題. 水産資源の増殖と保全 (北田修一・帰山雅秀・浜崎活幸・谷口順彦 編著), 成山堂書店, 東京, 105-127
- 3) 横尾俊博・桑原正樹・田中智美・堀之内正博・荒西太士 (2013) : 宍道湖産ワカサギにおける野外集団と放流種苗の遺伝的差異. 水産増殖, 61 (4), 407-409
- 4) 隆島史夫・村井衛編 (2005) : 淡水魚. 恒星社厚生閣, 東京都, 103-113
- 5) 福井県 (2016) : 改訂版 福井県の絶滅のおそれのある野生動植物 : 123
- 6) 柏木正章・岩井寿夫・Lopes, A, N, G (1988) : ワカサギの孵化に及ぼす水温と塩分の影響. 三重大学生物資源学部紀要1号 : 1-13
- 7) 福井県環境情報総合処理システム (みどりネット) <https://www.erc.pref.fukui.jp/index.html> : 公共用水域水質常時監視調査結果
- 8) 藤川裕司・森川勝・大北晋也 (2001) : 有用水産動物生態調査 (ワカサギ、シラウオ). 平成13年度島根県内水面水産試験場事業報告 : 95-111
- 9) 根本孝・根本隆夫 (2011) : 2010年夏季の霞ヶ浦におけるワカサギのへい死の発生とワカサギの生存可能な上限水温の推定. 茨城県内水面水産試験場研究報告書第44号 : 7-11

- 10) 熊丸敦郎 (2003) : 霞ヶ浦における近年のワカサギ資源変動要因について. 茨城県内水面水産試験場調査研究報告第 38 号 : 1-18
- 11) 久下敏宏 (2006) : 群馬県におけるワカサギの増殖に関する研究. 群馬県水産試験場研究報告第 12 号別冊 : 15-34
- 12) 錐崎有紀ら (2001) : 北潟湖および三方湖における動物プランクトンの変遷について (第 1 報) (1997~2001 年度). 福井県環境科学センター年報第 31 卷 2001 (平成 13 年度) : 56-67
- 13) 森山充 (2015) : 経年変化から見た夏季三方五湖の水質評価. 水産技術第 7 卷 2 号 : 105-111
- 14) 橋川宗彦・大場基夫・工藤盛徳 (2006) : 粘着性除去したワカサギ卵の孵化器による孵化管理. 水産増殖, 54 (2), 231-236
- 15) Satoshi Katayama, Toshiro Saruwatari, Kazuhiko Kimura, Motohiko Yamaguchi, Tsuyoshi Sasaki, Mitsuru Torao, Takashi Fujioka and Nozomi Okada (2007) : Variation in migration patterns of pond smelt, *Hypomesus nipponeensis*, in Japan determined by otolith microchemical analysis. Bull. Jpn. Soc. Fish. Oceanogr. 71(3) : 175-182
- 16) 藤川裕司・片山知史・安木茂 (2014) : 耳石 Sr:Ca と採集調査から推定された宍道湖産ワカサギの回遊パターン. 水産増殖, 62, 1-11
- 17) 家接直人・竹内一貴・山田洋雄 (2024) : 里海湖の水産資源回復に関する研究. 令和 5 年度福井県水産試験場報告 : 224-228
- 18) 森山充・橋本寛 (2022) : 里海湖の水産資源回復に関する研究. 令和 3 年度福井県水産試験場報告 : 235-237
- 19) 家接直人・橋本寛 (2023) : 里海湖の水産資源回復に関する研究. 令和 4 年度福井県水産試験場報告 : 207-211