

(6) 里海湖の水産資源回復に関する研究

家接 直人・竹内 一貴・山田 洋雄

1 目的

ワカサギは内水面漁業および遊漁の重要魚種であるが、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) 水質測定

図1に示した8定点において、表層水温、pHおよび塩分濃度を月1回測定した。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。

2) 動物プランクトンの同定および計数

図1に示した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。同定は三方湖と水月湖における産卵期と卵放流の時期にあたる令和5年2月3日、2月27日、3月24日、4月24日、5月18日、6月27日に採集した計6回分とした。

3) 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8定点において、表層水を 1L 採集し、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。採水は令和5年10月から令和6年3月に月1回の計6回行った。

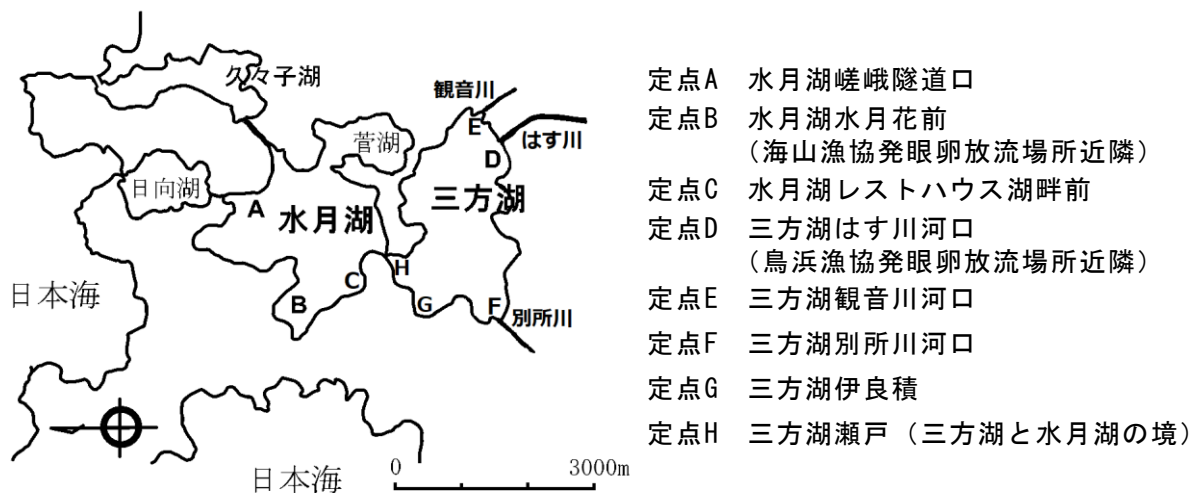


図1 調査定点の位置

4) 発眼卵放流

網走湖産の受精卵1,000万粒をハッチングジャーに収容し、新飼育棟の地下水かけ流しで孵化開始まで管理を行った(図2)。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、20Lのハッチングジャー1基に600万粒を収容した。卵の管理中はミズカビ類の繁茂を抑制するため、収容翌日から孵化が始まる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。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、日没前の18時を目途に三方湖に流れ込む観音川の河口から約50m上流に放流した。

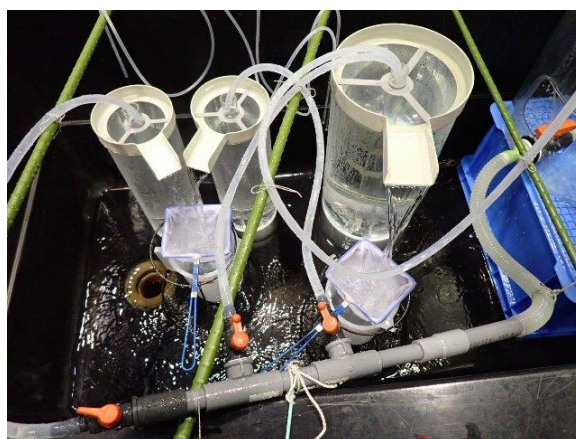


図2 卵管理に使用したハッチングジャー

5) 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5年10月から令和6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5年12月から令和6年3月にはす川および観音川、別所川の河口3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)。

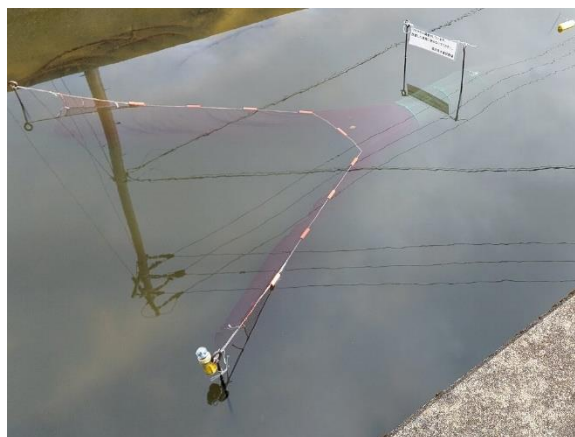


図3 袋網の設置状況

3 結果および考察

1) 水質測定

各定点における水質測定の結果を表1に示した。ワカサギの生息する水域水温は0~30℃と広範囲であり、孵化適温は概ね6~19℃と幅が広い¹⁾。三方湖と水月湖では2~3月の水温は5.7~8.3℃であったが、4月は13.4~15.6℃、5月は23.5~26.7℃と急激に上昇していた。福井県の場合、天然ワカサギの産卵期は2~3月と言われており²⁾、産卵期となる2~3月の天然魚の産卵・孵化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℃と言われており³⁾、なるべく4月中に放流を行うことが望ましいと考えられた。夏季の8~9月の水温は30℃を超えることがあり、三方湖の水温の経年変化を図4に示したように、昭和48年以降ですでに同様の傾向がみられていた⁴⁾。ワカサギの生息する水域水温は0~30℃である

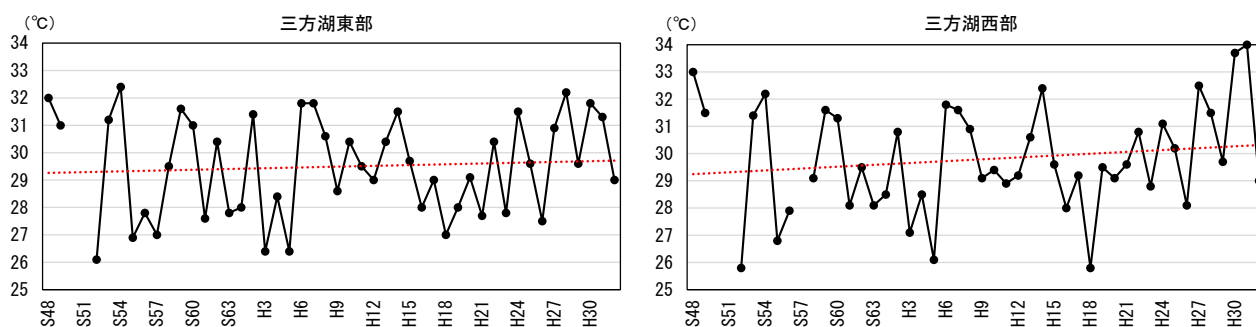


図4 三方湖における水温の経年推移(8月;表層)

表 1 各調査定点における水質調査の結果

		水月湖			三方湖				
		定点 A	定点 B	定点 C	定点 D	定点 E	定点 F	定点 G	定点 H
水温 ℃	R5. 4. 24	15. 4	15. 6	15. 6	14. 9	13. 4	15. 0	15. 4	15. 3
	R5. 5. 18	25. 2	25. 8	23. 9	23. 8	23. 5	24. 4	26. 7	24. 0
	R5. 6. 27	26. 6	26. 3	26. 5	25. 6	26. 3	26. 6	27. 0	26. 8
	R5. 7. 20	29. 4	29. 2	29. 4	29. 7	28. 5	29. 5	29. 3	29. 2
	R5. 8. 25	30. 5	30. 6	30. 4	29. 6	29. 9	30. 2	29. 9	30. 1
	R5. 9. 20	29. 8	30. 4	30. 4	26. 2	30. 0	30. 1	30. 0	29. 1
	R5. 10. 16	20. 7	21. 0	21. 5	19. 8	20. 7	20. 3	20. 6	20. 2
	R5. 11. 16	14. 5	14. 8	14. 8	14. 4	14. 8	14. 0	13. 9	13. 3
	R5. 12. 12	12. 7	12. 2	12. 6	13. 3	12. 7	12. 7	12. 1	12. 1
	R6. 1. 10	6. 3	7. 2	7. 1	7. 2	6. 8	6. 5	5. 9	6. 2
	R6. 2. 8	5. 9	6. 1	5. 7	7. 7	6. 5	6. 3	6. 1	6. 0
	R6. 3. 5	6. 7	8. 3	8. 3	8. 0	7. 5	7. 5	7. 1	7. 6
塩分 ‰	R5. 4. 24	5. 2	5. 0	5. 0	1. 6	0. 8	1. 9	1. 9	2. 0
	R5. 5. 18	4. 6	4. 7	4. 8	1. 7	1. 5	2. 1	1. 8	4. 8
	R5. 6. 27	3. 1	3. 4	3. 5	1. 2	1. 4	1. 4	1. 5	1. 9
	R5. 7. 20	3. 0	3. 2	3. 2	1. 0	0. 7	1. 1	1. 6	1. 4
	R5. 8. 25	5. 6	5. 6	5. 7	2. 3	2. 5	3. 1	2. 9	4. 1
	R5. 9. 20	5. 8	6. 2	6. 1	0. 6	3. 0	3. 4	3. 3	3. 2
	R5. 10. 16	7. 2	7. 2	7. 7	1. 0	3. 5	3. 4	3. 5	3. 7
	R5. 11. 16	7. 6	8. 5	8. 6	3. 6	4. 3	3. 5	3. 8	3. 7
	R5. 12. 12	7. 1	7. 5	6. 8	0. 4	2. 5	3. 8	4. 5	4. 6
	R6. 1. 10	4. 0	6. 7	7. 0	2. 0	3. 4	3. 1	3. 0	3. 1
	R6. 2. 8	5. 0	5. 1	4. 8	0. 1	0. 8	1. 0	1. 1	1. 1
	R6. 3. 5	2. 8	4. 2	4. 6	0. 3	0. 7	0. 9	0. 9	0. 9
pH	R5. 4. 24	8. 45	8. 27	8. 69	7. 69	6. 86	7. 49	7. 28	7. 60
	R5. 5. 18	8. 93	9. 04	8. 66	7. 15	6. 80	8. 07	8. 47	8. 29
	R5. 6. 27	8. 45	8. 44	8. 46	7. 45	7. 67	8. 18	8. 81	8. 53
	R5. 7. 20	8. 03	7. 98	8. 00	8. 62	8. 75	8. 61	7. 80	8. 60
	R5. 8. 25	8. 69	8. 66	8. 58	7. 18	7. 24	7. 45	7. 99	8. 42
	R5. 9. 20	8. 77	8. 73	8. 71	7. 02	8. 17	8. 73	8. 73	8. 46
	R5. 10. 16	8. 52	8. 58	8. 48	7. 19	8. 23	8. 87	9. 10	8. 80
	R5. 11. 16	7. 17	7. 24	7. 19	8. 87	7. 30	8. 89	8. 79	8. 87
	R5. 12. 12	7. 88	7. 75	8. 12	7. 37	7. 09	9. 17	9. 13	9. 07
	R6. 1. 10	8. 03	8. 13	8. 08	8. 54	9. 03	9. 27	9. 47	9. 35
	R6. 2. 8	8. 43	8. 71	8. 66	7. 71	8. 08	8. 51	8. 55	8. 89
	R6. 3. 5	9. 35	9. 10	9. 31	7. 96	9. 10	9. 17	9. 47	8. 90

表2 各調査定点における動物プランクトン組成

門	種	令和5年2月3日								令和5年2月27日								令和5年3月24日								
		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	
纖毛虫	<i>Strobilidium</i> sp.																									
	<i>Oligotrichida</i>	◎	●	◎	●	●												●	●	●						
	<i>Didinium nasutum</i>																	●	●	◎						
	<i>Peritrichia</i>																								○	
	<i>Ciliophora</i>	○	○	○	○	○				○	●	◎			○			○								
輪形動物	<i>Bdelloidea</i>											○														
	<i>Brachionus angularis</i> var. <i>angularis</i>																									
	<i>Brachionus urceolaris</i>																									
	<i>Keratella cruciformis</i> var. <i>eichwaldi</i>	○			●	●					○								◎						○	
	<i>Synchaeta</i> sp.																		◎	◎	◎				○	
節足動物	<i>Gastropoda</i> (larva)																									
	<i>Bivalvia</i> (umbo larva)																									
	<i>Sinocalanus tenellus</i>																	○	◎				◎		◎	
	<i>Sinocalanus tenellus</i> (copepodite)					◎											○	○	◎				○		●	
	<i>Calanoida</i> (copepodite)																									
	<i>Paracyclopsina nana</i>																									
	<i>Cyclopoida</i> (copepodite)																							○		
	<i>Copepoda</i> (nauplius)				○	●					○			◎	◎	◎	●	○	○	◎	○	◎	◎	◎	●	
	<i>Balanomorpha</i> (nauplius)	○								○								◎	◎							
	個体数合計 (個体/1000)		1454	4280	846	4448	31908	136	70	124	555	2010	1284	28	588	820	632	1772	8624	8392	6784	252	808	1240	1412	3600
	湿重量 (mg/1000)		0.7	0.5	0.2	7.5	32.0	0.1	0.8	0.1	12.8	20.1	0.3	0.4	4.3	18.6	7.6	13.9	20.3	6.3	5.8	12.7	14.5	78.7	9.0	69.1

門	種	令和5年4月24日										令和5年5月18日										令和5年6月27日											
		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
纖毛虫	<i>Strobilidium</i> sp.									●																							
	<i>Oligotrichida</i>										●	◎																					
	<i>Didinium nasutum</i>																																
	<i>Peritrichia</i>																									◎							
	<i>Ciliophora</i>																																
輪形動物	<i>Bdelloidea</i>																																
	<i>Brachionus angularis</i> var. <i>angularis</i>																																
	<i>Brachionus urceolaris</i>																										◎						◎
	<i>Keratella cruciformis</i> var. <i>eichwaldi</i>	◎	○		●				○	◎		●	○		●	◎	◎																
	<i>Synchaeta</i> sp.																																
節足動物	<i>Gastropoda</i> (larva)																																
	<i>Bivalvia</i> (umbo larva)																																
	<i>Sinocalanus tenellus</i>				○				○			○	●	◎	◎											○	◎	◎					○
	<i>Sinocalanus tenellus</i> (copepodite)			◎	●	○			●			◎	◎	◎	◎										○	◎	◎						○
	<i>Calanoida</i> (copepodite)				○				○					◎	◎																		
	<i>Paracyclopsina nana</i>		○							○						○									○	◎	◎						○
	<i>Cyclopoida</i> (copepodite)	●	●	◎	◎				◎	◎		●	◎	◎	◎	◎	◎									◎	◎					○	◎
	<i>Copepoda</i> (nauplius)	◎	◎	◎	◎	●			◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎									◎	◎					◎	◎
	<i>Balanomorpha</i> (nauplius)	●	◎	◎																													
	個体数合計 (個体/1000)		4664	3098	3884	10344	2726	11880	8244	11896	2904	13312	11508	18075	9352	11220	4700	2472	960	2680	4938	2096	17184	7568	6164	9208							
	湿重量 (mg/1000)		7.5	11.2	9.1	97.8	12.6	116	49.7	79.4	8.4	27.9	47.5	453	55.7	154	12.1	8.1	1.0	9.3	2.2	14.4	56.1	15.1	8.1	30.3							

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

が、霞ヶ浦のように最低水温が29℃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⁵⁾、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。このため、湖内の中層域など水温の低い場所で越冬しているか、本来は遡河回遊魚であるように夏季は海に降海している可能性が示唆された。塩分は水月湖（定点A～C）で2.8～8.6（‰）、三方湖（定点D～H）で0.1～4.8（‰）であり、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¹⁾。

2) 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2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^{6) 7)}、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月以降のほうが良いと考えられた。カイアシ類幼生の個体数は水月湖より三方湖のほうが多いことから、餌料環境は三方湖のほうが良いと考えられた。ワムシ類は2月3日の定点Eで大量に確認されるなど局所的に出現する傾向がみられるものの、三方湖では概ねカイアシ類幼生が優占していた。水月湖ではたびたび繊毛虫が優占し、両湖において動物プランクトン相に違いがみられた。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いる⁸⁾。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、本調査での平均値は8,212個体/100L（最小1,716、最大16,064）と10倍近い開きがあった。2000年（平成12年）に若狭町三方浄化センターが使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⁹⁾、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。

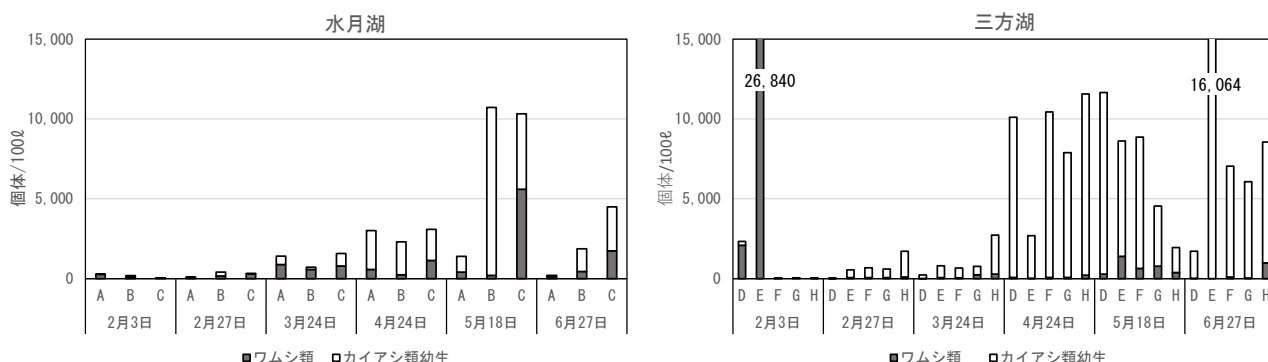


図5 各調査定点における動物プランクトンの推移

3) 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3に示した。DNA 濃度は、場所、時期により大きく変動していた。ワカ

表3 各調査定点におけるワカサギの環境DNA濃度 (Copies/ℓ)

	定点 A	定点 B	定点 C	定点 D	定点 E	定点 F	定点 G	定点 H
R5. 10. 16	—	6602.842	—	—	—	—	—	—
R5. 11. 16	—	—	—	—	—	—	—	—
R5. 12. 12	—	—	—	—	—	—	—	—
R6. 1. 10	—	—	—	—	—	—	—	—
R6. 2. 8	—	—	—	—	16422.94	—	5858.035	—
R6. 3. 5	0	—	—	14526.49	—	32039.07	0	9775.216

※ —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であった場合を示す

サギDNAは、10月に水月湖の定点Bで、2月に三方湖の定点E、Gで、3月に三方湖の定点D、F、Hと計6定点で定量値が得られた。10月に海に近い水月湖に出現したワカサギが、その後産卵期に向けてさらに上流の三方湖まで遡上してきたと考えられた。昨年度は検出された定点があったものの定量下限以下であったことから本年度は昨年度に比べ生息量が多いことが推定された。三方湖においては流れ込みのある定点を含めた全ての定点で産卵期の2、3月に定量値が得られ、産卵のために回遊してきた個体を検出したと考えられた。水月湖において10月に定量値が得られたことや漁業者から水月湖で越冬するワカサギがいるとの情報があることから、降海していると推定する一方で、湖内で越冬している可能性を確認するため、夏季において水月湖の中層域を対象とした環境DNA調査を行うことも検討したい。

4) 発眼卵放流

卵を管理している間の9時水温と積算水温の推移を図6に示した。卵の管理は卵がセンターに到着した4月21日から最初の孵化を確認した5月11日まで行った。管理中の水温は8.8～9.0℃で、孵化開始までの積算水温は186℃であった。孵化開始から終了までの期間は8℃では約6日間（最長で10日間）を要すること¹⁾と網走湖から当センターまでの卵の輸送期間を考慮すると、西網走漁協が卵管理の目安としている積算水温250℃程度とほぼ同等であったと考えられた。卵の管理中はプロノポール製剤による間歇薬浴を行ったが、全てのハッチングジャーでミズカビ類が寄生繁茂したため、寄生繁茂で塊になった死卵をスポイドやサイフォンで吸い取り除去した。放流までに除去した卵は約8割となり、発眼卵の放流は約200万粒となった。5月11日に放流した際の観音川河口の水温は18.8℃であり、孵化適温6～19℃の上限に近かった¹⁾。今後は発眼卵を孵化適温中に放流できるように入荷時期を早めることや、プロノポール製剤による薬浴に加えて別の方法でのミズカビ類の繁茂を抑制する必要があると考えられた。また、漁業協同組合にハッチングジャーでの管理を提案するには20日間の管理期間は長いと考えられることから、管理期間短縮も検討したい。

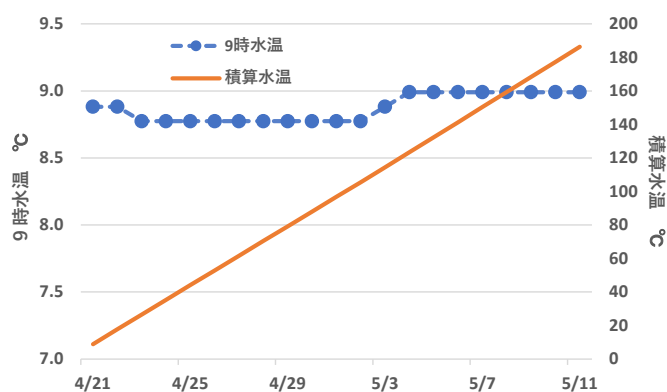


図6 ワカサギ卵管理中の9時水温と積算水温の推移

表4 漁獲されたワカサギの測定および日輪査定の結果

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 となる日
1	131.61	17.35	♀	2.03	11.70	R6.1.18	258	R5.5.5
2	123.69	14.15	♀	1.45	10.25	R6.1.18	223	R5.6.9
3	117.68	11.48	♀	0.16	1.39	R6.1.18	218	R5.6.14
4	128.34	17.50	♀	3.05	17.43	R6.1.29	237	R5.6.6
5	128.24	15.77	♀	2.76	17.50	R6.1.29	230	R5.6.13
6	126.37	15.18	♀	2.41	15.88	R6.1.29	249	R5.5.25
7	126.14	15.04	♀	0.88	5.85	R6.1.29	235	R5.6.8
8	125.95	14.29	♀	1.32	9.24	R6.1.29	229	R5.6.14
9	131.26	16.16	♀	3.28	20.30	R6.2.14	226	R5.7.3
10	133.49	17.02	♀	2.82	16.57	R6.2.17	221	R5.7.11
11	126.31	15.53	♂	0.50	3.22	R6.1.18	189	R5.7.13
12	125.18	14.04	♂	0.44	3.13	R6.1.18	225	R5.6.7
13	123.29	12.34	♂	0.58	4.70	R6.1.18	212	R5.6.20
14	120.29	11.72	♂	0.24	2.05	R6.1.18	250	R5.5.13
15	127.54	13.84	♂	0.40	2.89	R6.1.29	235	R5.6.8
16	122.63	11.85	♂	0.37	3.12	R6.1.29	222	R5.6.21
17	122.59	11.81	♂	0.63	5.33	R6.1.29	231	R5.6.12

※ No.9-10は水月湖、他は三方湖

5) 漁獲データ、サンプル収集

三方湖と水月湖で漁獲されたワカサギは17尾であり、全てサンプルとして入手した。漁獲されたワカサギの測定結果・漁獲日・日輪数・日輪が0となる日を表4に示した。個体

の多くが全長 120 mmを超え、雌雄とも生殖腺が確認でき、成熟した雌の生殖腺指数 (GSI) は 20-30、雄は 4 前後であることから¹⁾ 今回漁獲されたワカサギの多くは今後産卵に関与する成熟が進んだ個体であったと考えられた。

耳石の日輪数は189～258 とばらつきが大きかったが、最大でも 258 であったことからすべての個体が当歳魚であると考えられた。日輪 0 となる日が最も早い個体は 5 月 5 日と発眼卵の放流日とほぼ一致したが、最も遅い個体は 7 月 13 日と孵化時期から外れており、耳石の成長率の変化による輪紋の読み落としや輪紋形成の周期性が成長とともに変化したことで差が生じている可能性がある¹⁰⁾。2～3 月に産卵によって孵化したものはさらに日輪数が増えることが想定されるため今回漁獲されたワカサギは発眼卵放流由来であると推定されるが、DNA 解析など複数の手法を併用することで改めて検討することとしたい。

袋網による採捕調査結果を表 5 に示した。延べ 21 回の設置採捕を行ったがワカサギを採捕することはできなかった。現在ワカサギ資源がかなり少ないため、産卵遡上する個体数が少ないことや産卵遡上のタイミングと袋網設置のタイミングが合わなかったことが原因と考えられるため、河口だけではなく河口沖に設置するなど湖内で産卵を控えて回遊している個体を対象とした採捕も検討したい。

表 5 袋網によるワカサギ採捕調査の結果

	袋網設置時		袋網回収時		採捕数 (尾)
	設置日	水温(°C)	回収日	水温(°C)	
はず 川 河 口	R5.12.12	13.2	R5.12.13	10.9	0
	R6.1.10	7.8	R6.1.11	7.3	0
	R6.1.22	9.5	R6.1.23	8.2	0
	R6.2.7	7.4	R6.2.8	7.7	0
	R6.2.14	11.0	R6.2.15	11.3	0
	R6.2.20	12.0	R6.2.21	9.4	0
	R6.3.5	8.3	R6.3.6	8.2	0
	R6.3.14	8.0	R6.3.15	8.8	0
観 音 川 河 口	R5.12.12	13.0	R5.12.13	10.5	0
	R6.1.10	7.4	R6.1.11	6.8	0
	R6.1.22	8.6	R6.1.23	5.8	0
	R6.2.7	5.2	R6.2.8	6.5	0
	R6.2.14	10.6	R6.2.15	12.8	0
	R6.2.20	11.2	R6.2.21	8.4	0
	R6.3.5	7.3	R6.3.6	7.2	0
	R6.3.14	7.7	R6.3.15	9.6	0
別 所 川 河 口	R6.2.7	9.0	R6.2.8	8.8	0
	R6.2.14	13.9	R6.2.15	14.0	0
	R6.2.20	11.9	R6.2.21	9.8	0
	R6.3.5	9.4	R6.3.6	9.1	0
	R6.3.14	9.1	R6.3.15	9.7	0

4 文献

- 1) 隆島史夫・村井衛編 (2005) : 淡水魚. 恒星社厚生閣, 東京都, 103-113
- 2) 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
- 3) 柏木正章・岩井寿夫・Lopes, A, N, G (1988) : ワカサギのふ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
- 4) 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
- 5) 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
- 6) 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
- 7) 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
- 8) 鉾碕有紀ら (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 巻 2001 (平成 13 年度) : 56-67
- 9) 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 巻 2 号 : 105-111
- 10) 大浜秀規 (1990) : 耳石輪紋によるワカサギの日齢査定. 日本水産学会誌第 56 巻 7 号 : 1053-1057
- 11) 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
- 12) 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