

ワカサギ卵の人工ふ化管理方法について

熊 丸 敦 郎

1 はじめに

霞ヶ浦におけるワカサギ増殖対策事業は1913年から始まっている。当初は、霞ヶ浦湖内産親魚から人工採卵し、受精させた後ふ化までの卵管理をしないで直接湖内放流するというものであった。こうした方法での増殖対策は1957年まで続き、加瀬林ら¹⁾(1961)の報告にあるようにあまり効果的とはみられなかった。その後一時中断されたが1968年から諏訪湖産の人工受精卵を湖内放流するという方法で再開された。この方法は、湖内親魚はそのまま湖内に自然産卵させ、湖外から添加した卵は少なくとも増殖対策としてプラスに作用するであろうという考えに基づくものである。さらに1983年からは、この湖外からの卵移入に加えて湖内産親魚からの人工採卵が再開された。前回と違う点は採卵後、陸上池でふ化直前まで卵管理を行なうということであり、ふ化歩溜りを出来るだけ良くし、増殖効果を高めようとする意図があるようである。しかし、この方法においても湖内産ワカサギ親魚を用いる以上、採卵からふ化までの歩溜りが湖内自然産卵におけるそれを上まわらなければマイナス効果となるおそれもでてくる。したがって親魚採捕からふ化までの一連の作業過程において次のようなことに充分注意を払う必要がある。

- 親魚採捕においては、未成熟親魚をできるだけ採らないこと。
- 採卵時においては、卵のしぼり残しをできるだけ少なくすること。
- 人工受精・着卵においては、湿導法により手早やく行ない、受精率を高めること。
- 卵管理時においては、ふ化率を最大限に高めること。

の主に4点である。ここでは最後の卵管理の方法について取りあげ、ふ化率を高めるための要点を知る目的でふ化に悪影響を及ぼすと思われるいくつかの要因について試験を行なった。

2 試験方法および結果

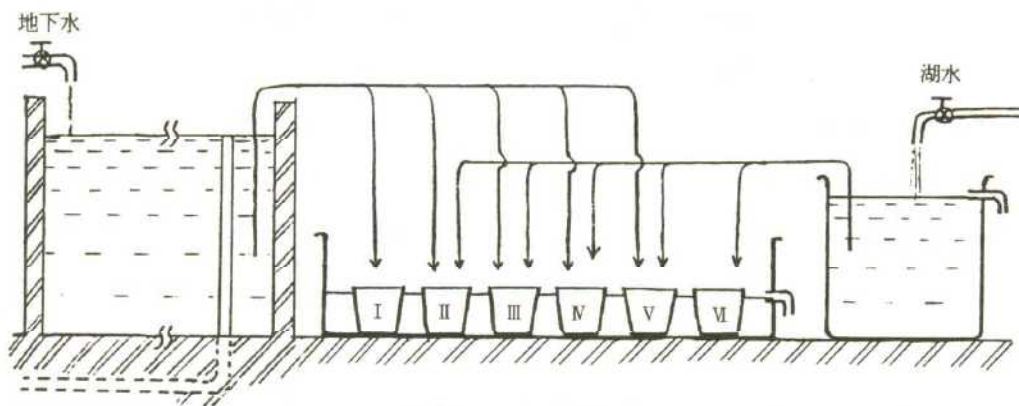
ワカサギ卵のふ化率に影響を及ぼすと思われる要因として、次の項目を取りあげた。

- (1) 卵管理用水の濁り
- (2) 太陽光
- (3) 水 温
- (4) バクテリア・水生菌等病原微生物
- (5) 注水量および酸素供給量
- (6) 振 動

以下各項目毎に試験方法および結果を示す。なお全試験を通じて供試ワカサギ卵は湖内産親魚から得、湿導法により人工受精した後、5 cm × 10 cmのマーキュゼットの網地(目合い約1 mm)に着卵させたもので試験を行なった。

(1) 卵管理用水の濁り(卵への附着物)の影響について

現在湖内産ワカサギ卵の卵管理は各漁業組合単位で行なわれており、その立地条件によって卵管理用水として地下水、池水、湖水等が使用されている。濁りの成分によって卵への影響度は異なるものと見られるが、ここではこうした現状から水中のプランクトン、強風等により巻きあがるデトライタス等が主な濁りの成分ということになろう。この実験では卵管理用水として湖水および地下水を使用し、第1図に示す実験装置を室内に設置し試験を行なった。5 ℓ容量のポリバケツ6個に地下水と湖水の割合を変えて注水し、6段階に濁度勾配をつけた試験区とした。



第1図 濁りの影響実験装置

なお、注水量が一定となるように湖水、地下水とも500 ℓタンク、4.5 ton 池に貯水しオーバーフローさせながら水位を一定とし、これより各試験区に配管した。また、湖水と地下水の水温にかなりの差があるため地下水の貯水槽を大きいものとし置換率を低くし、エアレーションを行なうなどして出来るだけ地下水の水温を下げた。さらに各試験区水槽には濁りが一定となるように緩やかにエアレーションを行なった。次に5 cm × 10 cmのマーキュゼットの網地に湖内産親魚から得た人工受精卵を200 ~ 400(粒/枚)着卵させ、各試験区水槽内に1枚ずつ糸で吊した。さらにこれとは別に網地への附着物量を測るためにもう1枚ずつ10 cm × 10 cmのマーキュゼット網地を各試験区水槽に吊した。その後1週間後に活卵率を調べ、さらに着卵4週間後に網地を静かに取り出し、2 ℓの地下水を入れた30 cm × 40 cm × 5 cmのバット6個に各1枚ずつ移し入れ、各々のふ化稚魚尾数を計数した。こうして得た各濁度段階におけるふ化率を指標として、卵管理用水の濁りのふ化に及ぼす影響を調べた。マーキュゼット網地への附着物量は着卵網地と同じく4週間後に各試験区水槽から取り出し、60 °Cで24時間乾燥後に

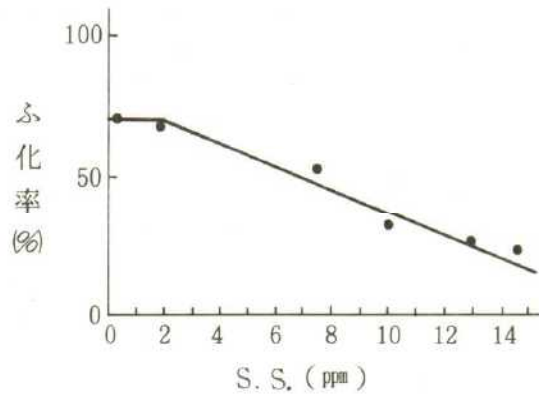
重量測定し、水槽に入れる前の網地重量との差から卵管理中における附着物量を求めた。なお各試験区における地下水と湖水の注水量、水温、S.S.については第1表に、着卵数、活卵率、ふ化率、附着物量については第2表に示した。

その結果、ワカサギ卵のふ化率は卵管理用水の濁りによって影響を受け、今回の試験ではS.S.が2ppm以上になると、S.S.が増加するにしたがってふ化率の低下が見られ(第2図)、同時に網地への附着物量もS.S.の増加に伴なって増大が認められる。(第3図)

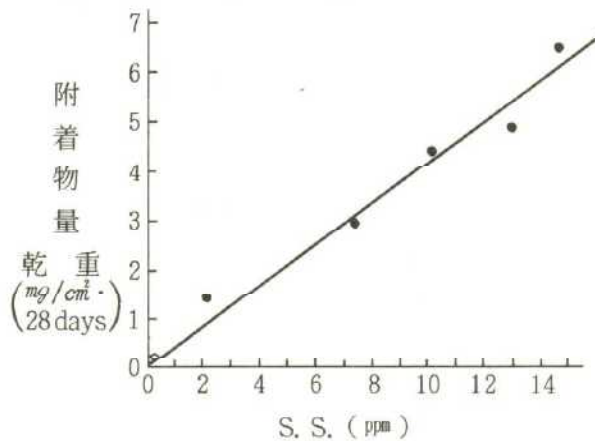
網地への附着物量の増加は当然ワカサギ卵表面への附着物量増加を意味するものと考えられ、このことがふ化率の低下を招くものと見ることが出来よう。(第4図)その原因として一つには、後で述べる卵への酸素供給が不十分になることが予想される。なお、網地への附着物量について佐々木²⁾は附着性の植物プランクトンが重要な役割を果たしており、光の量および流速によって附着物量が変化すると述べている。実際に同じ水域において表層より低層の附着物量は少ない。したがって卵のふ化に及ぼす影響を見る場合には、水の濁度よりも附着物量を指標とすべきであるが卵管理用水としての適・不適で言うならば、一般的には、湖水、池水よりは濁りの少ない地下水の方が良いといえることができる。

(2) 太陽光の影響について

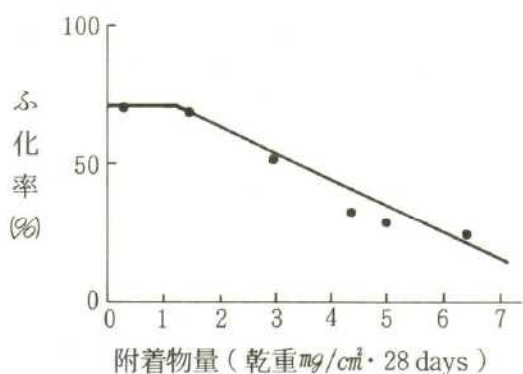
ワカサギだけでなく一般に卵管理中の光照射はふ化率低下を招く原因となると言われている。



第2図 卵管理用水のS.S.とふ化率の関係



第3図 S.S.と附着物量の関係



第4図 附着物量とふ化率の関係

第1表 各試験区における卵管理用水の濁度と水温

試験区	I		II		III		IV		V		VI	
流量 地下水 (<i>ml/min</i>)	580		234		112		72		32		0	
湖水	0		60		150		300		530		750	
濁度及び 水温 月日	S.S. (ppm)	W.T. (°C)	S.S. (ppm)	W.T. (°C)	S.S. (ppm)	W.T. (°C)	S.S. (ppm)	W.T. (°C)	S.S. (ppm)	W.T. (°C)	S.S. (ppm)	W.T. (°C)
2. 9	0.4	9.5	1.6	9.1	6.0	8.4	9.2	8.2	12.4	7.6	14.0	7.5
14	0.5	7.9	2.0	7.3	6.8	6.8	7.6	6.5	10.0	6.2	10.4	6.1
18	0.2	9.2	2.8	8.8	8.4	7.9	10.0	7.4	12.8	6.9	14.8	6.8
22	0.1	9.9	2.8	9.2	10.0	7.9	16.4	7.2	18.4	6.5	20.4	6.2
26	0	9.6	1.2	9.0	6.0	8.1	7.6	7.8	11.2	7.3	13.6	7.1
平均	0.24	9.2	2.08	8.7	7.44	7.8	10.16	7.4	12.96	6.9	14.64	6.7

第2表 各試験区におけるふ化率および附着物量

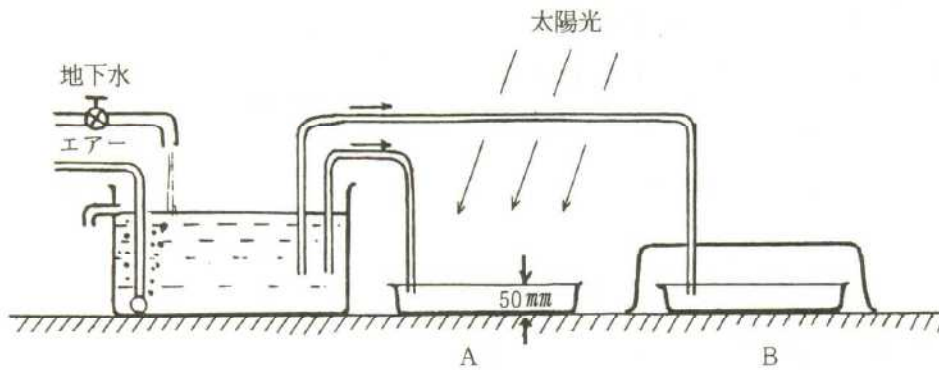
試験区	I	II	III	IV	V	VI
着卵数	293	162	199	299	274	401
*活卵数	267	141	180	270	253	361
死卵数	26	21	19	29	21	40
活卵率(%)	91.1	87.0	90.5	90.3	90.7	90.0
ふ化尾数	205	110	104	97	78	98
**ふ化率(%)	70.0	67.9	52.3	32.4	28.5	24.4
28日間の 附着物量 乾重 網地 (<i>mg</i>) (100 <i>cm</i> ²)	27.5	150.3	297.9	433.1	490.7	653.6

* 受精着卵後7日目に検査

** ふ化率：(ふ化尾数/着卵数)×100

各漁協で行なわれるワカサギ卵管理の池はほとんど全て野外池であり、したがって光の影響が大きいとすればシート等で遮光する必要があると思われる。ここでは毎日続けて太陽光に晒した場合と受精後からふ化までの間で特に太陽光の影響を受けやすい時期があるか否かを知るために、短期間(4日間)太陽光に晒した場合の二通りの実験を行なった。これらの実験は第5図に示した装置を野外に設置して行なった。すなわち、二つの30cm×40cm×5cmのバットに各々地下水を毎分約600ml流水・オーバーフローとし、一方は太陽光の当る照射槽；A、他方は太陽光が当たらないようカバーを付けた遮光槽；Bとした。

これらに先の実験と同じく5cm×10cmマーカーゼット網地に着卵させ、網地の両端をクリッ



第5図 太陽光の影響実験装置

プで止め、バットの底(水深: 5 cm)に沈めた。さらに積算水温からふ化直前と判断された日に全ての着卵網地を取り出し、暗室内2ℓ地下水の入ったバットに移し、その後ふ化した尾数を計数した。

(i) 太陽光連日照射の場合

試験区は全く太陽光に晒さない対照区を含めて6区とし、第3表に示すとおり、図のBからAへの移入を2日ずつ遅らせて太陽光照射日数に段階をつけた。こうして各試験区におけるふ化率を調べた結果、第6図に示したとおり、5時間程度の日照ではふ化への影響はほと

第3表 太陽光連日照射試験における照射日数とふ化率

1984年 月/日	日照時間 **	試験区 着卵数* W.T.(°C)	I	II	III	IV	V	M (control)
			218	248	373	281	436	164
2/ 9	9.6	13.8	○					
10	9.3	14.8	○					
11	9.2	15.3	○	○				
12	2.5	14.0	○	○				
13	2.5	14.0	○	○	○			
14	0.4	14.7	○	○	○			
15	5.7	14.7	○	○	○	○		
16	9.8	15.2	○	○	○	○		
17	1.1	14.9	○	○	○	○	○	
18	3.7	14.8	○	○	○	○	○	
積算日照時間			54.8	35.9	24.2	20.3	4.8	0
ふ化尾数			15	119	207	185	313	115
ふ化率(%)			6.88	48.0	55.5	65.8	71.8	70.1

* 受精後7日目における活卵率は着卵数の91.2%

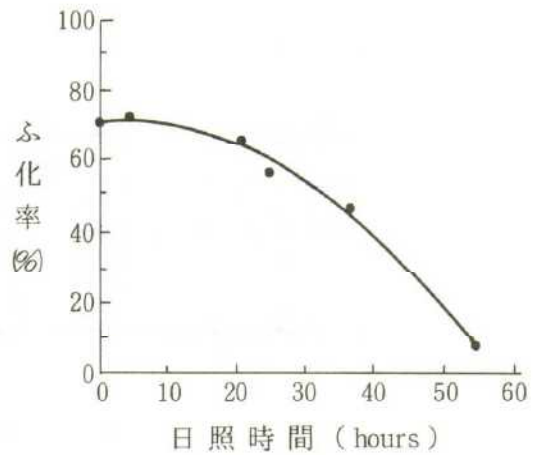
○印は太陽光照射した日を表わす

** 銚田における日照時間(茨城県気象月報³⁾昭和59年2月より引用)

んど見られないが、それ以上になると照射時間の増加に伴ってふ化率の低下が見られ55時間太陽光に晒すとほとんど全滅に近い状態になることが判明した。

(ii) 短期間の日照の場合

ここでは受精からふ化までの間でどの時期に日照の影響を受けやすいかについて調べた。試験装置、方法は先とほぼ同様であるが、対象区を除いた各区とも4日間の太陽光照射とし、第4表に示す試験設定で照射時期を変えた。



第6図 太陽光のワカサギ卵ふ化率に及ぼす影響

第4表 太陽光短期間照射試験における照射時期とふ化率

1983年 月/日	日照時間 **	試験区 着卵数* W.T.(°C)	I	II	III	IV	V	VI (control)
			269	208	187	307	205	293
2/7	7.5	9.2	○					
8	6.6	-	○					
9	9.5	9.1	○					
10	7.7	-	○					
11	9.8	-		○				
12	9.5	8.9		○				
13	9.8	-		○				
14	9.8	8.7		○				
15	8.6	-			○			
16	8.6	-			○			
17	-	7.4			○			
18	1.5	-			○			
19	9.6	-				○		
20	9.6	8.9				○		
21	10.3	-				○		
22	10.3	9.2				○		
23	9.7	-					○	
24	-	-					○	
25	9.0	-					○	
26	9.8	11.5					○	
ふ化尾数			143	98	90	140	118	205
ふ化率 (%)			53.2	47.1	48.1	45.6	57.6	70.0

* 受精後7日目における活卵率は着卵数の90.0%

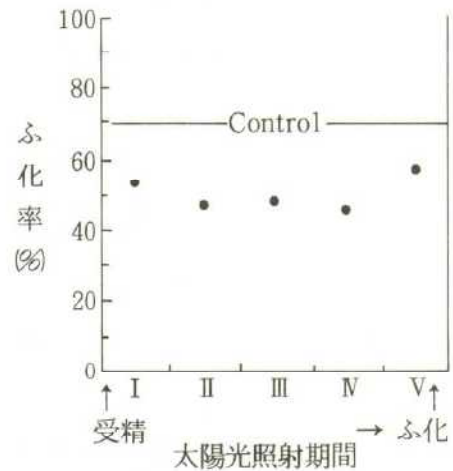
○印は太陽光照射した日を表わす。

** 銚田における日照時間(茨城県気象月報³⁾昭和58年2月より引用)

なお、この実験は前年度実施したものであり、地下水貯水槽も大きいものを使用したため、水温が低く、したがってふ化日数は先の実験におけるよりは長くなっている。第7図にその結果を示したがこの実験で見ると限りにおいては卵発生段階において日照の影響を特に強く受ける時期はないようである。

以上の太陽光の卵に及ぼす影響を調べた実験から、実際の野外池での卵管理時に留意すべき点として次のことがあげられる。

短時間の日照はそれ程気使かう必要はないが、長期間太陽光に晒すことは避けなければならない。したがって卵管理池は遮光のためにシート等の覆いをするべきである。



第7図 ワカサギ卵の各発生段階における太陽光のふ化に及ぼす影響

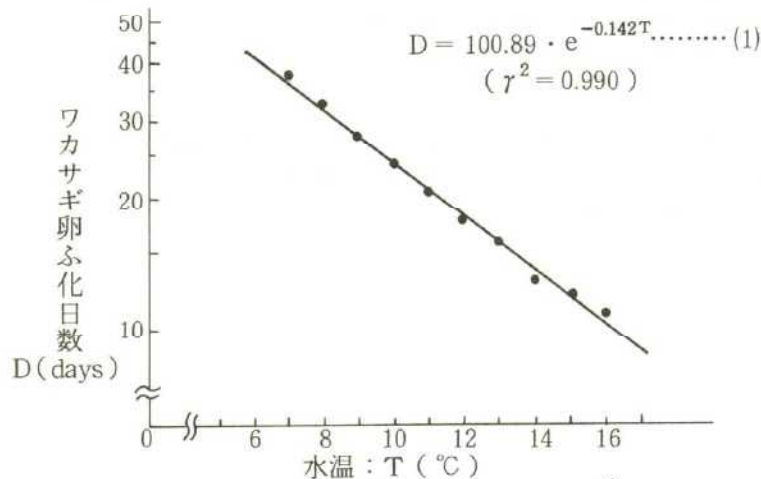
(3) 水温について

現在、ワカサギ卵管理は霞ヶ浦周辺6ヶ所で行なわれているが卵管理用水として池水、湖水、地下水が使用されている。したがってその水温は0℃から20℃に近いものまでかなり幅が広い。

そこでワカサギ卵の好適水温について次のような実験を行なった。

30 cm × 40 cm × 5 cmのバットに地下水2ℓを入れ止水とし、5℃、10℃、15℃、20℃、25℃のインキュベーターに入れ、これらにワカサギ卵を着卵させたマーキュゼット網地を入れて、5段階水温の試験区とした。

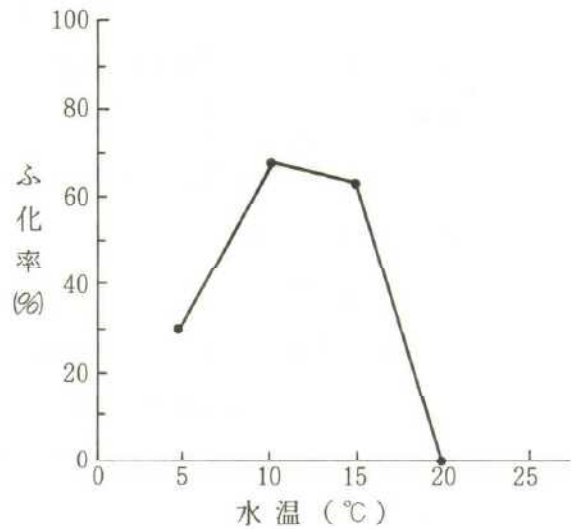
各試験区とも水温をほぼ毎日測定し、蒸発分の水はその都度補給した。さらに初めの9日目までの卵管理水中の全菌数を調べた。



第8図 水温とワカサギ卵ふ化日数の関係(日暮⁴⁾から作成)

また、各試験区におけるふ化予定日を第8図に示した日暮⁴⁾の試験結果から求めた(1)式により推定し、ふ化直前となった時に暗室内にバットごと移し、ふ化尾数を計数した。その結果を第5表、第6表および第9図に示した。

これらの結果から見て、ワカサギ卵ふ化にはおおよそ10℃～15℃が適温であると思われる。5℃区ではふ化率：31.4%と低い。インキュベーターの故障により1日間管理用水が凍結したにもかかわらず、全滅することはなかった。一方20℃以上になるとふ化率：0%となり、温度のふ化への影響は低温域より高温域において大きいと思われる。又全菌数について見ると高水温ほど早くから全菌数の増加が見られるが最大時の数は各温度区でそれ程大きな差はなく、したがってこれらの細菌が卵のふ化に直接影響を及ぼしているとは考



第9図 水温のワカサギ卵ふ化に及ぼす影響

第5表 各水温条件におけるふ化率

試験区	5℃	10℃	15℃	20℃	25℃
着卵数*	524	381	395	310	422
卵管理期間平均水温(°C)	4.7**	10.0 ± 0.5	14.7 ± 0.3	20.4 ± 0.7	24.9 ± 0.8
ふ化し始めるに要した日数 (days)	52	20	12	-	-
ふ化尾数	196	259	253	0	0
ふ化率 (%)	31.4	68.0	64.1	0	0

* 受精後5日目における活卵率は着卵数の90.6%

** 5℃区はインキュベーターの故障により11日目に1日間、管理用水が凍結

第6表 各水温試験区(止水)における水中の全菌数(10⁵コ/ml)
———ただし受精卵放養後10日目まで

	5℃	10℃	15℃	20℃	25℃
1	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
3	3.5	9.0	8.0	25.5	133
5	4.5	65.5	91.5	128	36.5
7	38.5	12	57.5	28	6
10	175	38	40	39.5	-

えにくく、今回の 20℃、25℃の比較的高温区においてふ化しなかったのは温度だけの原因によるものといつてよいであろう。

(4) 水生菌・バクテリア等病原微生物の影響について

水生菌については保科ら⁵⁾が *Saprolegnia litoralis* によるワカサギ卵への感染実験を行ない、死卵には容易に寄生するが活卵には寄生しないことを確かめている。一般に水生菌は死物寄生であるとされ、これの寄生を受ける前に死に至らしめる何らかの一次原因があるものと考えらるべきであろう。したがって卵管理の条件が悪い程、結果的に水生菌寄生の確率が高まるものと考えられる。さらに保科らは実際の採卵シュロ枠においてはかなり高密度に着卵するため、未受精卵等の死卵から水生菌寄生が始まり、このものが周囲の活卵を覆い酸素供給が不十分になり死卵となる。これにまた水生菌が寄生するという具合に周囲にその寄生が広がり大きな被害を与えるようになると述べている。

この場合、高密度に着卵させることそれ自体、卵への酸素供給が不十分となり卵管理の上で条件が悪いことになるので、根本的には高密度に着卵させないことが重要であるが、周囲に広がることを防ぐためには定期的なマラカイトグリーン消毒を行なうべきであろう。

また、卵管理条件が悪い程マラカイトグリーンによる消毒が必要であると考えられる。

次に、ワカサギ卵に病原性のある細菌の有無とまた有るとすればこれに有効な医薬品が有るか否かについて調べるために次のような試験を行なった。まず先の温度試験においてふ化率が 0%であった 20℃区の管理用水中の細菌について 8 種類の医薬品による感受性試験を行なった。その結果は第 7 表に示した。

第 7 表 20℃試験区(ふ化率：0%)卵管理用水中の細菌
についての薬剤感受性試験

医薬品名 (略称)	マラカイト グリーン (M.G.)	ニフルス チレン酸 ナトリウム (nf)	フラゾリ ドン (f)	オキシテ トラサイ クリン (OTC)	テトラサ イクリン (TC)	ペニシリ ン (PC)	クロロマ イセチン (CM)	スルファ イソキサ ゾール (x)
感受性 (48 hr 後)	W	+	-	卅	卅	-	卅	卅

これらの中から水産で使用される薬剤 M.G, nf, O.T.C をとりあげ薬浴効果をみた。30cm×40cm×5cm のバット 6 コに各々 2 l づつ地下水を入れ止水とし、これらにワカサギ卵を着卵させたマーカーゼット網地を放養した。次にこれらの内 1 区 (control 1) を除いた 5 区にふ化率：0%となった 20℃区の卵管理用水を 100 ml づつ混入し、さらにこの 5 区の内 1 区 (control 2) を除いた 4 区に次に示す濃度になるように各薬剤を添加し永久浴とした。

- 1区 M.G. : 0.4 ppm マラカイトグリーン
- 2区 O.T.C. : 0.3 ppm 水産用テラマイシン
- 3区 nf (1) : 2.0 ppm エルバーージュ
- 4区 nf (2) : 0.2 ppm ”

第8表 全くふ化しなかった20℃水温区管理水による攻撃試験
および抗菌剤等薬剤による薬浴試験

月/日	試験区 着卵数 W.T.(°C)	Control (1)	Control (2)	M.G.	O.T.C.	nf (1)	nf (2)
		478	395	404	298	406	775
2/18	14.8			○	○	○	○
19	14.8						
20	14.4						
21	14.5						
22	14.3			○	○		○
23	15.0						
24	14.7						
25	14.9						
26	14.8			○	○		○
27	14.8						
28	14.8						
ふ化尾数		305	253	258	203	242	519
ふ化率(%)		63.6	64.1	63.9	68.1	59.6	67.0

- : 20℃水温区(ふ化率: 0%)の卵管理水 100 ml 添加した区
- : 各薬剤を添加した日をそれぞれ表わす。

この結果、20℃水温区(ふ化率: 0%)の卵管理水を添加した区: Control (2)は添加しなかった区: Control (1)に比べてふ化率にはほとんど差がなく、したがって、この実験においても20℃水温区でふ化しなかった原因として病原微生物の影響は考えにくく、20℃以上の水温がワカサギ卵にとって条件が悪く、このことが直接の原因であったものと見られる。また、4種類抗菌剤等水産医薬品の薬浴によるふ化率の上昇効果はほとんど認められなかった。なお、今回の一連のワカサギふ化管理実験において、対照区: 良好条件でのふ化管理試験区のふ化率が常に70%前後となっており、あとの30%がふ化できないのは何故なのか、今のところ原因不明である。しかし、少なくとも今回の抗菌剤等の薬浴試験の結果から、病原微生物がその原因ではないといえよう。

また、先にワカサギ卵ふ化の適温は10℃前後であることを述べたが、一方、細菌は35℃前

後の高温で活発に増殖し、10℃付近では増殖活動がかなり鈍化するというのが一般的であり、10℃前後の水温域においては、むしろ細菌より広温性である水生菌の攻撃を受けやすいものと思われる。

これらのことから、ワカサギの卵管理においては、ワカサギ卵を好適環境条件に置くならば病原微生物の影響についてはほとんど考慮する必要はないと考えられる。ただし、実際の卵管理の場においては、何らかの悪環境条件による二次的な水生菌の被害を受ける可能性は充分にあるのでやはりマラカイドグリーンによる定期的な卵消毒は欠かせないであろう。

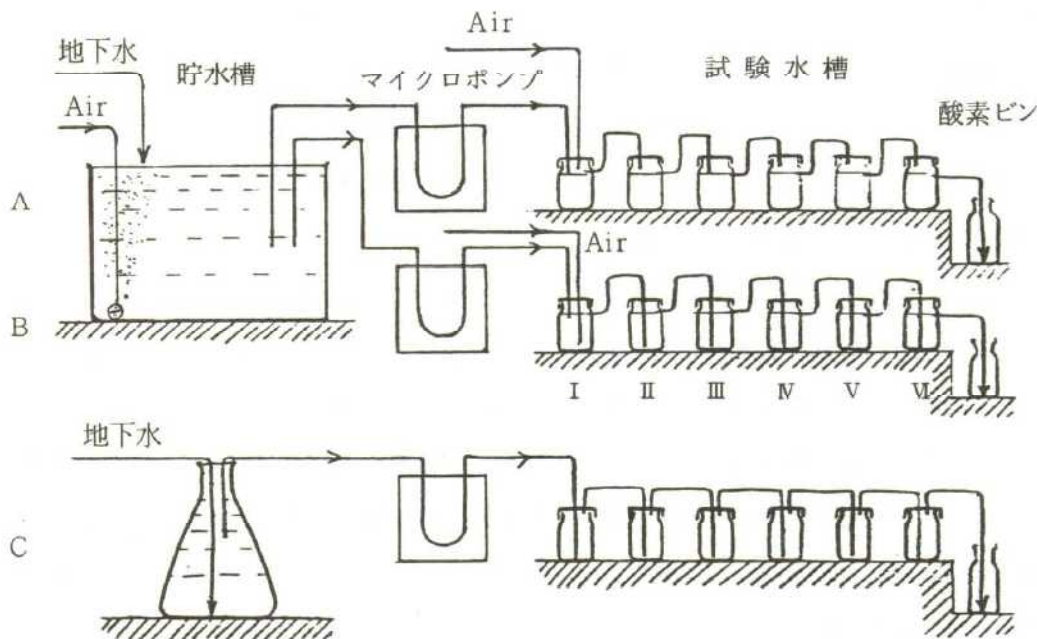
(5) 注水量および卵への酸素供給量について

現在、霞ヶ浦周辺で行なわれているワカサギ卵管理の施設は、管理用水、管理池面積、エアレーション等の設備が必ずしも充分ではないようである。したがって、ふ化成績の良い卵管理をするためには各施設における最大卵収容量を知ること、さらに各施設におけるふ化率低下の原因になっていることについては改良していくことが必要である。

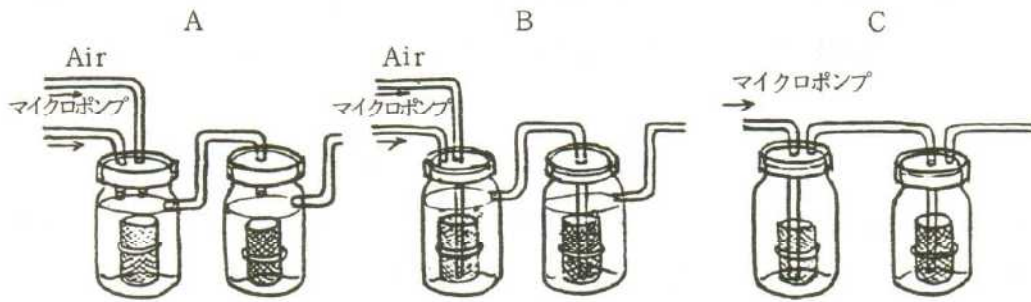
こうした目的から、今回はとりあえず卵管理に必要なおおよその注水量および酸素供給に関していくつかの実験を行なった。

実験は、注水量、溶存酸素量、卵付近での水の流れ、の三つの観点から三種類の実験装置を用いて行なった。それらの概略図を第10図に、さらにその一部を拡大して第11図に示す。

150 ml ねじ蓋付プラスチック製サンプルビンを試験槽とし、ねじ蓋はその中央部で円形にくり貫き中蓋の押えとした。中蓋にガラス管の通る穴を開け、A、B、Cの各試験によって第11



第10図 注水量、酸素供給量についての実験装置(概略図)



第 11 図 注水量，酸素供給量についての実験装置（部分拡大図）

図に示すような配管とした。なお、各試験槽とガラス管との継ぎ目は空気または水が漏れないよう接着剤でシールを施した。この試験槽に湖内産ワカサギ親魚から得た受精卵を $10\text{cm} \times 5\text{cm}$ のマーキュゼット網地におよそ 600 ~ 900 粒着卵させ、第 11 図に示したようにまるめて塩ビ製の輪で固定し、これを 1 個ずつ入れた。次にこの試験槽 6 個を直列に接続して 1 試験区とし、第 10 図に示した 3 試験区を設けた。

試験区 A では、地下水を一度貯水槽にて曝気を行ない高酸素水とし、これよりマイクロポンプにより $15\text{ml}/\text{hour}$ で試験槽に注水した。

ただし、このままでは注水量が微量であることにより、均一なスピードで各試験槽を流れないので、緩やかに空気を送り込み、これによって僅かなオーバーフローした水も押し出されて均一、微量に表層を流れるようにした。

したがって、試験区 A は高酸素水微量供給、卵付近での水の流れがほとんどないという設定とした。

試験区 B では、試験区 A と同じ高酸素水をマイクロポンプにより $15\text{ml}/\text{hour}$ で注水したが、空気を送り込むガラス管を着卵網地の底まで伸ばし、緩やかに送気することにより、卵付近に空泡上昇に伴う渦流を生じるようにした。したがって試験区 B は注水量は微量であるが、卵への酸素供給は充分な試験設定とした。

さらに、試験区 C においては、地下水をそのままマイクロポンプにより $120\text{ml}/\text{hour}$ で注水し、その水は試験槽の底部から入り上部から排出する、いわゆる呼吸室と同じ構造にした。すなわち試験区 C は低酸素水のやや多量注水、卵付近の流れは注水によるごく僅かな流れという設定とした。なお、各試験区の入口と出口において水温およびウィンクラー法による溶存酸素量の測定をほぼ毎日行なった。水温からふ化予定日を推定し、その 2 日前に着卵網地を各試験槽から取り出し、暗室内のバット ($30\text{cm} \times 40\text{cm} \times 5\text{cm}$, 2ℓ 地下水) に移し入れた後、ふ化する稚魚の尾数を計数した。

これらの実験結果を第 10 表および第 12 図に示した。

第9表 各試験区卵管理期間中の水温および溶存酸素量

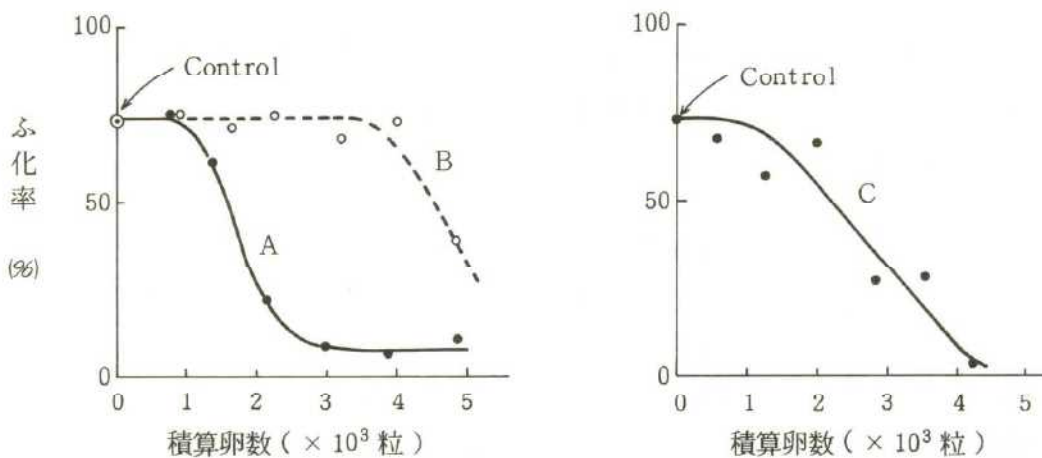
試験区	注水量 (ml/hour)	W. T. (°C)		D. O. (ppm)	
		入口	出口	入口	出口
A	15	9.2 (8.3 ~ 10.3)	8.7 (8.0 ~ 10.1)	9.9 (9.4 ~ 10.2)	10.3 (9.8 ~ 10.7)
B	15	9.2 (8.3 ~ 10.3)	8.7 (8.0 ~ 10.1)	9.9 (9.4 ~ 10.2)	10.7 (10.7 ~ 11.0)
C	120	13.7 (11.6 ~ 14.7)	11.1 (10.2 ~ 12.3)	6.4 (6.0 ~ 6.9)	1.5 (0.8 ~ 1.7)

第10表 各試験区試験槽におけるふ化率

試験区	A						B					
	試験槽No.	I	II	III	IV	V	VI	I	II	III	IV	V
着卵数	800	559	765	854	887	985	911	712	658	934	796	820
積算卵数	800	1359	2124	2978	3865	4850	911	1623	2281	3215	4011	4831
脱卵数*	17	11	8	4	6	3	126	117	209	196	145	42
ふ化尾数	595	339	164	78	60	103	675	510	492	636	578	320
ふ化率(%)	74.4	74.4	21.4	9.1	6.8	10.5	74.1	71.6	74.8	68.1	72.6	39.0

試験区	C						Control
	試験槽No.	I	II	III	IV	V	
着卵数	592	660	720	826	715	667	653
積算卵数	592	1252	1982	2808	3523	4190	
脱卵数*	12	5	7	0	2	0	
ふ化尾数	405	379	480	218	222	22	477
ふ化率(%)	68.4	57.4	66.7	26.4	26.9	3.3	73.0

*脱卵数：試験槽から静かに着卵網地を取り出した後に試験槽に残っていた卵数。これよりふ化した稚魚もその下に示したふ化尾数に含めた。



第12図 注水量とふ化可能卵数

ただし注水量は試験区A, Bにおいては15 ml/hour, 試験区Cにおいては120 ml/hour

まず、毎時 15 ml という微量な注水量の試験区 A と試験区 B について比較すると、A 区すなわち酸素量が注水部で 9.9 ppm、排水部で 10.3 ppm と外見上卵に酸素が充分供給されたように思われるが、供給水はほぼ表層を通過して卵付近に流れがないために酸素供給が不十分だったこの試験区では、卵数 1,000 粒以上でふ化率が低下している。一方、これとほぼ同じ注水量、酸素量であるが、卵付近に水流を生じさせ、卵への酸素供給を充分に行なった B 区では、卵数およそ 4,000 粒以上で、ふ化率の低下が見られる。これらの試験結果から次の二つのことが言えよう。一つは、ワカサギを効率的にふ化管理するためには卵に水流を与えて酸素供給を充分に行うことが大切であるということである。実際のワカサギ人工ふ化管理場においては、15 cm × 35 cm のシュロ枠にワカサギ受精卵を着卵させ、枠と枠の間に木の棒を入れながら 10 枚～15 枚を 1 組に束ねて管理池に沈めるといった方法がとられている。

1 組のシュロ枠中心部は、止水池の中においては水の交流が阻害されて酸素不足になりやすく、特に小さな管理池にシュロ枠を高密度に収容した場合にはその傾向が強いであろう。この場合、管理池の表層あるいは周囲における溶存酸素量の測定はあまり意味がなく、測定は困難であるが卵表面近くの酸素量が重要である。

こうしたことから、卵管理池においては、卵への酸素供給のためにエアレーション施設あるいは水中ポンプ等を使ってシュロ枠間の水を動かす必要がある。

もう一つは、卵に十分な酸素が供給されたとしても、注水量が少ない場合にはやはりふ化率は低下するということである。今回の実験（試験区 B）では、おそらく卵の代謝産物による影響と思われるが、4,000 粒の卵をふ化させるためには少なくとも 15 ml/hour の注水量が必要であることを示している。この値を用いて、シュロ枠 10 枚 1 組において必要な水量を計算してみる。ただしシュロ枠 1 枚の着卵数は 1.5 万粒とし、卵への酸素供給および水の混合が充分に行なわれているものとする。

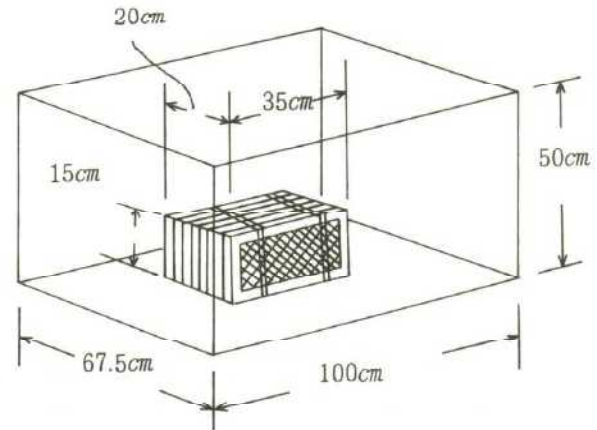
流水管理池の場合 — この場合、水温により多少異なると思われるが管理池の水温を今回の試験と同じく 9℃前後とすると、必要注水量：I はおよそ 10 ml/min 以上という僅かな量でよいということになる。

$$\begin{aligned} I &= 15,000 \text{ 粒} \times 10 \text{ 枚} \times 15 \text{ ml/hour} / 4,000 \text{ 粒} \\ &= 562.5 \text{ ml/hour} (: 9.4 \text{ ml/min}) \end{aligned}$$

止水管理池の場合 — 水温 9℃、25 日間の卵管理。卵からの代謝産物と思われる有害物質が時間経過に伴って無害化しないものとする、シュロ枠 10 枚 1 組の必要水量は、先の流水の場合の 25 日間積算の水量ということになる。

$$I = 562.5 \text{ ml/hour} \times 24 \times 25 = 337,500 \text{ ml}$$

この水容積は第13図に示すようにシュロ枠10枚1組の容積(15cm×35cm×20cm)のおよそ32倍である。実際には卵の発生段階初期においては代謝量が少ないこと、有害物質の時間経過に伴う減少等が予想され、これより少なくてもよいと思われるが、止水池の卵管理にはかなり広い面積の池が必要であろう。



第13図 止水の卵管理池におけるシュロ枠10枚1組の必要な水容積

次に、比較的低酸素で注水量を多くした試験区Cで見ると、酸素量：6ppm、流量：120ml/hour(試験槽を直径5cmの管とすれば流速は約6cm/hour)の場合、およそ1,000粒以下の卵において良好なふ化率を示している。

卵のふ化率は卵に酸素が当たる確率、すなわち酸素量と流速で決まるものとすれば、一定溶存酸素条件下においても水を流動させることによって管理可能な卵数を増やすことができると思われる。また実際の卵管理場においては、管理用水を飽和酸素量にしたとしても、この水が卵に直接接触することができなければ意味がなく、シュロ枠に着卵させた卵を高密度にふ化管理するためにはエアレーション施設等により水を動かすことを心掛けなければならないであろう。

次に、ワカサギ卵の酸素消費量について、試験区C、その他の実験結果をもとに求めた。試験方法は、試験区Cを呼吸室とみて、流入時、流出時の酸素量の差を呼吸量とした。また、受精後10日目とふ化直後の稚魚の呼吸量は酸素ビンに卵および稚魚を入れ止水とし、初めと2時間後の酸素量の差から呼吸量を求めた。なお、酸素量測定は全てウインクラ法によった。その結果を第11表、第14図に示す。

これによると、試験区Cでは7日目以降酸素不足であったことを示し、このことが試験槽No.Ⅲ以下におけるふ化率低下の原因となったと考えられる。又、卵の酸素消費量は受精後日数経過とともに増加し、ふ化直前には水温：12.5℃前後において卵 10^4 粒当りおよそ7mg/hourになるものと見られる。この値は水温によって多少変化し、先に示した水温とふ化日数の関係式(1)より水温：T(℃)と 10^4 粒のワカサギ卵がふ化直前に消費する酸素量： $O_E \times 10^4$ (mg/hour)の関係は(2)式で表わされる。

$$O_E \times 10^4 = 1,186 \cdot e^{0.142 T} \dots\dots\dots (2)$$

第 11 表 ワカサギ卵の酸素消費量 (10⁴ 粒当り)

受精後 日 数	W. T. (°C)	注 水 量 (ml/hour)	流 入 D.O. 又 初めの D.O. (ppm)	流 出 D.O. 又 2hr後の D.O. (ppm)	4,850 粒当 り O ₂ 消費量 (mg/hour)	10 ⁴ 粒当り O ₂ 消費量 (mg/hour)
2	11.8 ~ 13.9	69.2	6.85	5.36	0.103	0.26
4	11.0 ~ 14.1	120	6.76	4.87	0.227	0.57
6	10.6 ~ 13.8	125	6.91	1.38	0.514	1.07
8	12.2 ~ 14.6	127.5	6.66	1.67	0.636	1.59
10	12.2 ~ 14.1	126	6.30	1.67	0.583	1.20
12	10.6 ~ 13.3	120	6.04	1.60	0.533	1.10
10*	14.1	100 ml 止水	7.86	5.08	1.39/375 粒	3.71
14**	14.5	100 ml 止水	8.33	4.75	1.79/214 尾	8.36

* 酸素ビン (100 ml 容量) 中に受精後 10 日目のワカサギ卵 375 粒を 2 時間放養

** 酸素ビン (100 ml 容量) 中にふ化後 1 日目のワカサギ稚魚 214 尾を 2 時間放養

なお、この場合、呼吸量を含めて代謝量はふ化日数の逆数に比例するものと仮定した。

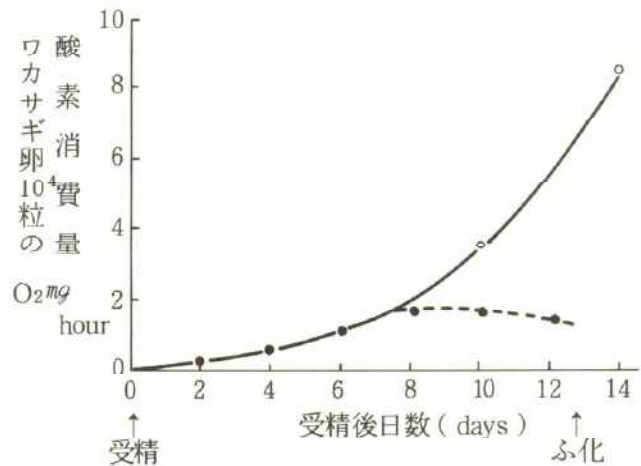
このことから、卵自体の消費する酸素量は非常に少なく、したがって卵管理池に酸素を補給する必要は、ほとんどないように思われる。

ここで、念のため、次のような卵管理の事例において酸素補給のために必要な通気量を求めてみた。

すなわち、1 ton 容量 (1 m × 2 m × 0.5 m) の止水池で水温を 10°C、溶存酸素量を 6 ppm に維持しながら 10⁶ 粒のワカサギ卵をふ化直前まで管理するとした場合のエアストーンを用いての必要通気量を次の佐々木⁶⁾の式 (3), (4) により計算したところ毎分 0.2 ml という僅かな量でよいという結果となった。

$$C = C_s - \frac{R}{K} \dots\dots\dots (3)$$

$$K = 117.5 \times 10^3 \cdot e^{-9.5 \times 10^{-3} T} \cdot Q^{0.61} \cdot D^{0.77} \cdot V^{-1.27} \dots\dots\dots (4)$$



第 14 図 ワカサギ卵 (10⁴ 粒) の酸素消費量

ただし W.T.: 12.5 ± 2.5°C

● 呼吸室 (試験区 C) による結果

○ 酸素ビン中 (止水) の結果

ただし、C：現在のDO (ml/l)、Cs：飽和DO (ml/l)、R：卵による酸素消費量 (ml/min)、
 K：酸素溶入係数、T：水温 ($^{\circ}C$)、Q：通気量 (l/min)、D：エアーストーン設置
 水深 (cm)、V：池の容積 (l)

これは卵の酸素消費量が魚のそれに比べて非常に少ないためであり、したがって、実際の卵管理池においては水に酸素を溶入させる努力はそれほど重要ではないようである。しかし、試験区A、Bの結果でみられるように、卵にとって酸素は僅かで良いが必要なものであり、その取り込みは付着卵で自ら移動できないため能動的で、水の流動による卵への酸素の当る確率に頼らざるを得ないものと思われる。

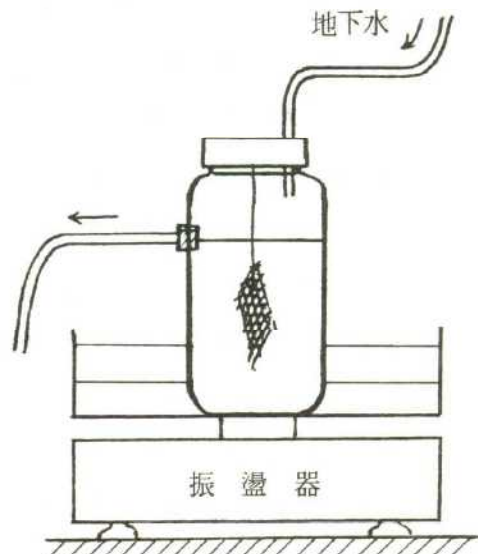
以上のことから、卵への酸素の供給はふ化率に大きく影響し、卵付近に水流を与えることがふ化率を高める上で非常に大切であるということが言えよう。

(6) 振動の影響について

先の項ではふれなかったが、第10表に各試験区における脱卵数を載せておいた。これによると、気泡により卵に水流を与えた試験区Bにおいて脱卵数が4,831粒中835粒(17.3%)と他の試験区に比べてかなり多くなっている。なお、着卵網地から脱落した卵が必ずしも死卵であるわけではなく、むしろそのほとんどはふ化したことを確認している。

霞ヶ浦周辺で現在行なわれている人工ふ化管理施設は陸上にあり、その排水は霞ヶ浦に直接流出するようにはなっていない。したがってふ化管理中の脱卵は全てむだになってしまうものと思われる。

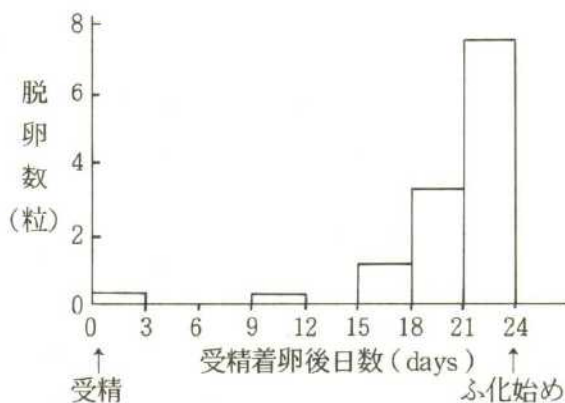
ここでは、振動を与えながら受精卵着卵後からふ化直前までの脱卵状況を観察した。方法は2 l の透明なプラスチック製サンプル瓶に第15図に示したようにシリコンチューブを配管し、毎分約85 ml の地下水を注水した。この試験槽に、湖内産親魚から得た受精卵：312粒を着卵させたシュロ皮(約5 $cm \times 8 \text{ cm}$)を針金で吊し固定した。さらにこの試験槽を振盪器に固定し200 r.p.m. で回転振盪した。その後3日毎に試験槽の底に脱落した卵数を計数し、ふ化の2日前に取り出し2 l の地下水を入れた30 $cm \times 40 \text{ cm} \times 5 \text{ cm}$ のバット2コにシュロに着卵したものと、試験槽の底に脱卵したものを別に移し入れ、それぞれのふ化率を求めた。その結果を第12表、第16図



第15図 振動影響実験用の装置

第12表 振動を与えたワカサギ卵の
シュロからの脱卵状況
シュロへの着卵数：312粒
着卵7日後における活卵率：90.4%

受精後 日数	水温 (°C)	積算脱卵数 : A	日間脱卵数 : An-An-1/3
3	9.7	1	0.3
6	9.5	1	0
9	9.1	1	0
12	9.2	2	0.3
15	8.7	2	0
18	9.0	6	1.3
21	9.3	16	3.3
24	9.5	37	7.0



第16図 振動を与えたワカサギ卵の日間脱卵数
当初着卵数：312粒

第13表 ふ化直前における着卵と脱卵
のふ化率による比較
当初着卵数：312粒
着卵7日後の活卵率：90.4%

ふ化直に おける卵の 状態	着卵	脱卵	合計
卵数	275	37	312
ふ化尾数	202	29	231
ふ化率(%)	73.5	78.4	74.0

に示した。これによると、脱卵数はふ化が
近づくにしたがって増加の傾向を示し、特
に受精着卵後18日目以降急激に増え、こ
れよりふ化までに全脱卵数の8割以上を占
めた。なお、着卵からふ化を通じての脱卵
率は37/312で、11.9%であった。さらに

着卵のままのものと脱卵したものについて別々にふ化率を調べたところ、それぞれ73.5%、78.4%となり、むしろ脱落した卵の方が若干ではあるが上まわる結果となった。

これらのことから、曝気、水流等卵に振動を与えることは脱卵を招き実際の卵管理施設においては放流効果の低下につながるの、できるだけ避けたいわけである。一方先に述べたように卵への酸素供給を軽視すればふ化率の低下を招く。これら相反した要因を満足させながら放流効果を上げるためには次の二つの方法をとるしかないであろう。

一つは、現卵管理施設のまま、緩やかな曝気、水流を卵に与えながらふ化率を高め、卵管理期間を脱卵が生じやすくなる前まで(今回の実験では18日目まで:ふ化日数の約3/4)短かくし、早めに湖内に放流する方法か、他の一つは池水が湖内に直接排水可能な池を卵管理池とし、卵に充分酸素を供給してふ化率を高め、着卵、脱卵とも管理池の中でふ化させた後にふ化稚魚として排水とともに湖内に放流する方法のいずれかである。人工ふ化放流の本来の目的からも手間を省く意味からも後者の方が合理的であると言える。

3 おわりに

現在霞ヶ浦では、ワカサギ増殖対策の一環として、湖内産ワカサギ親魚からの人工採卵ふ化管理事業が行なわれ始めた。湖外からの卵移入と違って湖内産親魚によるふ化管理であるため、その取扱いには充分注意を払い、出来るだけ最大限のふ化効率を上げるよう努力すべきであろう。

現時点では技術的にいまだ不十分であり、改良していかなくてはならない点が多々あるように思われる。本報告においては、受精卵着卵後からふ化直前までのふ化管理期間におけるいくつかの問題点をとりあげ検討を行なった。それらの結果をワカサギ卵ふ化管理の上で留意すべき点として以下に要約する(以下、ワカサギ卵を卵と省略する)。

- (1) ふ化管理用水の濁りは卵への附着物量を増加し、卵のふ化に悪影響をおよぼす。したがって、ふ化管理用水としては、湖水、池水よりも濁りのない地下水を使用すべきである。
- (2) 長期にわたる太陽光照射は卵のふ化に影響があり、卵管理池は遮光のためにシート等の覆いをすべきである。
- (3) ふ化に至適な水温は 10℃前後とみられ、20℃以上の水をふ化管理用水として使用すべきではない。なお、卵のふ化予定日は管理用水水温との関係で次式により推定される。

$$D = 100.89 \cdot e^{-0.142T}$$

ただし、D=ふ化日数(days)、T:水温(℃)

- (4) 水生菌による二次的な被害のおそれはないとは言いきれず、したがってマラカイトグリーンによる定期的な卵消毒を行なうべきである。
- (5) ふ化管理地への地下水注水量は卵への酸素供給が充分に行なわれるならば、ふ化槽10枚1組につき毎分10ml以上であれば良い。
- (6) 卵への酸素供給は非常に重要であり、この場合管理用水の溶存酸素量を増やすことよりも、卵に水流を与えることにおいて意義がある。このためふ化管理池にはエアレーションの設備が必要である。
- (7) 上記の卵に水流を与えることは同時にシュロ枠からの脱卵数が増加することになるが、脱落した卵のふ化率は決して悪いわけではなく、これを有効的に湖内放流するために、湖内に直接排水できる池をふ化管理池とすべきである。

なお、これらの試験を通じて対照区(卵のふ化にとって最も良いと思われる条件での試験区)の卵ふ化率(ふ化尾数の着卵数に対する割合)は、常に70%から75%の間の値を示した。その内の受精率(ここでは、受精7日後における活卵率)は90%~95%の間の値であった。残りのおよそ20%がふ化しないのは何故か、又人為的に改善することが可能かは今のところ不明であ

る。いづれにしても受精着卵からふ化稚魚までの歩溜り，すなわちふ化率：70～75%という値は現時点での人工ふ化管理技術で可能な努力目標値とすることができる。

4 参考文献

- 1) 加瀬林成夫・中野 勇(1961)：霞ヶ浦におけるワカサギの漁業生物学的研究Ⅳ，本誌 No.6
- 2) 佐々木道也(1973)：網地の附着物による汚れについて，本誌 No.11，P 115～
- 3) 水戸地方気象台(1983, 1984)：茨城県気象月報
- 4) 日暮 忠(1925)：水産講習所報告 21-1
- 5) 保科利一・佐野徳夫・砂山真理子・中野 勇(1958)：ワカサギ卵に寄生する水生菌の防除に関する研究，本誌 No.3，P 35～
- 6) 佐々木道也(1983)：曝気装置について，本誌 No.20，P 24～