

# アユの成熟に対する春季長日処理の効果に関する研究

## 成熟促進親魚，自然日長飼育親魚から得られた卵 ならびに孵化仔魚の特性比較

伏木省三，前川敏治\*，岩井寿夫\*\*

Studies on the Effect of Long Photoperiod in Spring Season on  
Gonadal Maturation of Ayu-fish, Plecoglossus altivelis T et S..  
Comparisons of some characters of egg and yolk-sac fry between  
Ayu-fish accelerated gonadal maturation and Ayu-fish reared  
in natural day-length.

Shozo FUSHIKI, Toshiharu MAEKAWA and Toshio IWAI

全国内水面増養殖業にとって頗る重要な琵琶湖産アユ資源を，将来にわたって維持するために，湖岸に産卵用人工河川を設置し，そこで産卵させて得られた仔アユを琵琶湖に流下させる増殖事業が計画され，以来滋賀県水産試験場が，実験規模の人工河川を利用して，これに関連する種々の問題について調査研究を進め，その増殖効果について検討してきた。<sup>1)2)3)4)</sup>

本増殖法は湖中に棲息するアユ親魚を人工河川に遡上させるとともに，養成親魚をも放流し，河川内に造成した産卵床に産卵させ，孵化した莫大な量の仔魚を琵琶湖に流下させ，流下以降は自然生産力にゆだね，これをもって湖産アユ資源の維持増殖を計ろうとするものである。したがって流下以降の初期生存は琵琶湖の環境諸条件や生物相互関係に大きく影響を受けるのは当然であるが，種苗生産時における仔魚の初期生残は卵質も大きく関与することから，仔魚流下後は自然生産力にゆだねる本増殖技法においても，同様の事が云えるのではないかと考えられる。

そこで著者等は長日性電照飼育による成熟促進親魚と，自然日長下で養成した親魚から得られた

卵の卵質について，受精ならびに孵化が良好で，しかも孵化後の生存が良好なものを良質卵と定義し比較検討するとともに，得られた試験結果をもとに人工河川利用による増殖事業に両種の親魚を利用した場合の波及的効果について考察を試みた。

本実験を実施するに当り，数多くの有益な御助言，御指導を賜った三重大学，水産学部伊藤隆教授ならびに本実験実施に際し御指導御鞭撻を賜った日比谷京東京大学名誉教授に深謝の意を表する。

### 実験方法

滋賀県水産試験場の水路に遡上した天然コアユを，1979年4月3日，4日に捕獲して供試魚とした。供試魚の平均体長は $6.68 \pm 0.06$  cm，平均体重は $2.50 \pm 0.08$  gであった。

親魚養成には $5 \times 2 \times 1$  (深さ) mの縦型コンクリート製飼育水槽2面を使用し，一面は40W白色蛍光灯4本を水面上30cmの所に等間隔に配置し，4月4日から5月28日までの55日間，日没前から午前1時まで(約19.5時間，明，4.5時間暗)点灯し，後自然日長に戻し成熟を促進させた。他の1面は自然日長下で飼育した。飼育用水には水温

\* 三重大学水産学部 (現三重県内水面漁連)

\*\* 三重大学水産学部

18.6 ± 1℃の清澄な地下水を使用し、また飼育期間中の飼料には、日本配合飼料工業製のアユ用サンプル2～5Cのものを魚体の大きさに応じて使用し、1日2回飽食程度まで与えた。なお魚体の体色ならびに行動に産卵の徴候が観察された時点から無投餌とした。

卵質に関わる各検討項目については下記の要領により実施した。

(1) 発眼率 孵化率……採卵は乾導法にて行なった。採卵、受精ならびに卵収容時には急激な温度変化がないよう注意した。まず白色磁製皿に1尾づつ採卵し、雌1尾に対して雄2～3尾の割合であらかじめ採精しておいた精子をそれに注ぎ、よく混合覚拌して受精させた。受精卵は11×8cmの塩ビ製枠内にシヨロ皮で張って作った魚巣に均一になるよう心掛け付着させた。また魚巣の不足を補うため1部は10×15cmのガラス板にも受精卵を附着させた。

受精卵は地下水を満した1ℓ容量ガラス製ビーカー内に収容した。同ビーカーは冷却器（東洋製作製ラボクール）とサーモスタット（ヤマト工業製）とを連結し、水温を18℃に保った塩ビ製縦型水槽（71×41×21cm）内に入れ、恒温とした。収容卵は2日目から隔日にマラカイトグリーン30万倍溶液に浸漬し、水生菌発生を防除した。尚本実験に用いた地下水の水質分析結果を第1表に示した。

受精卵収容後 収容卵総数を計数することは困難であったので、各魚巣について毎朝死卵数を計数し、さらに孵化仔魚総数を計数して、両者の和を収容卵総数として、発眼卵数（収容卵総数－発眼までの死卵数）／収容卵総数、孵化仔魚数／収容卵総数をそれぞれ発眼率、孵化率として%で示した。なお卵収容直前と孵化直後には溶存酸素（winkler法）PH（日立製PHメーター）を測定した。

(2) 孵化直後の死魚の斃死率……ビーカー内で遊泳中の仔魚と孵化開始から24時間以内に斃死し、ビーカーの器底に沈下した仔魚とを別々に計数し、生残仔魚と斃死仔魚との和を孵化仔魚数とし、斃死仔魚数／孵化仔魚数を孵化直後の仔魚斃死率として%で表わした。

(3) 奇形率……孵化後ビーカー内で異常な遊泳をしている仔魚や、器底で廻回している仔魚、或はすでに斃死している仔魚については、肉眼的に見

Table I Results of chemical analysis of under ground water used in this experiment

items	analytical value
PH	7.60
M.O. Alkalinity (mg/l)	88.8
P.P. Acidity (ppm)	6.4
C. O. D. (ppm)	0.00
Ca (ppm)	19.24
SiO-Si (ppm)	10.86
NH <sub>4</sub> -N (ppm)	0.00
NO <sub>2</sub> -N (ppm)	0.002
NO <sub>3</sub> -N (ppm)	0.072
PO <sub>4</sub> -P (ppm)	0.158

て明らかに体型に異常があるものを奇形魚と判定し、奇形魚数／孵化仔魚総数を奇形率として%で示した。

(4) 受精卵ならびに孵化仔魚の大きさ……受精後1時間以上経過し、受精膜が正常に発生している卵を受精卵と判定し、ホルマリンに固定した後、その中から無作為に50個抽出し、万能投影器で20倍に拡大して、長径と短径とを測定し、両者の平均値を求めて平均卵径とした。

孵化後24時間以内に水中を遊泳している仔魚を無作為に60尾抽出し、ホルマリン固定後 万能投影器で20倍に拡大して、50尾について全長、体長を測定した。更に測定仔魚50尾を濾紙上に移し、表面に附着している水分を除いた後、直示天秤で体重を測定し、平均体重（湿重量）を求めた。

(5) 孵化仔魚の絶食生残……各ビーカーから最も多く孵化した日に、仔魚を20尾スポイドで採取し、地下水を入れた1ℓビーカーに収容し、その後毎日仔魚の死亡数を数え、無給餌による孵化仔魚の生残状況を調べた。斃死魚の判定は目視観察により行い、次にスポイドで水流を若干送り、それにも反応しないものは、シャーレに移して軽く振動を起こし、その反応の有無により生死を判定した。仔魚の絶食生残試験には、地下水とAllen処方（Cl 2%）の人工汽水の2用水で実施し、飼育水の違いによる生残状況を比較した。なお仔魚放養直前と仔魚が全部斃死した直後には飼育水の溶存酸素ならびにPHを調べた。

## 結 果

採卵可能親魚の選別の目安を得るため、飼育期間中に数回にわたり飼育魚を採捕して、成熟状況を調査した。成熟促進した区ではほぼ完熟に達したのは、雄では7月中旬、雌では8月上旬であったが、自然日長で飼育したものでは、雌雄とも9月中旬頃で、両区の成熟のずれは約1.5月であった(第1図)。完熟となった時点で水槽内の産卵環境を良くするため、水槽内の一部に径1~3cmの礫を敷き、水中ポンプで産卵床に水流をつけたが、実際に採卵可能の状態となったのは、両区とも完熟後、約2週間経過した時点であった。本実験に供試した雌親魚は成熟促進したもの11尾、自然日長飼育親魚では15尾であった。

1) 発眼率、孵化率……孵化に要した日数は成熟促進親魚卵では、10日から14日で、また自然日長飼育新魚卵では8日から14日で、両区の間で差は見られなかった。

成熟促進親魚卵の発眼率は最低51.0%、最高96.0%で、平均 $81.5 \pm 4.3$  (標準誤差)であった。一方自然日長飼育親魚卵のそれは、それぞれ75.5%、96.9%、 $87.3 \pm 1.5$  %で、両区の平均発眼率において5.8%の差が見られたが、その差は有意でなかった。また孵化率をみると、成熟促進親魚卵では最低5.1%、最高78.9%、平均は $65.0 \pm 6.6$  %で、自然日長飼育親魚卵のそれはそれぞれ73.2

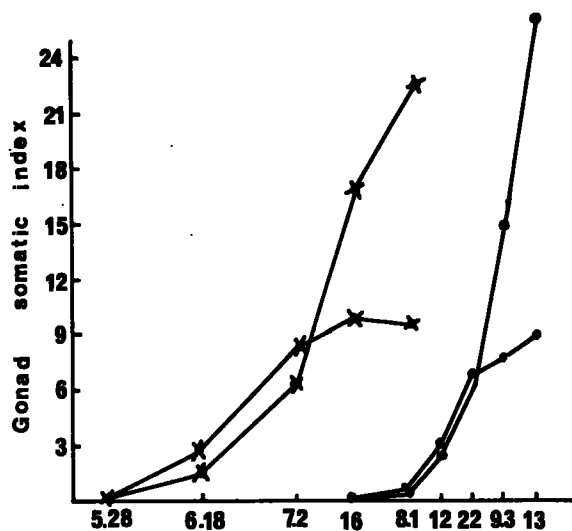


Fig 1 Changes of gonad somatic index of Ayu - fish used in this experiment.  
 x=Ayu - fish accelerated gonadal maturation  
 o=Ayu - fish reared in natural day - length.

%、95.9%、 $85.6 \pm 1.6$  %で、両区の間で平均値において20.6%の大差が生じ、有意差となった。

発眼率において両区の間で有意差が見られなかったが、孵化率で有意差が生じたのは、自然日長飼育親魚卵では発眼率100粒に対して死卵発生率は0.2粒と極めて低かったのに対し、成熟促進親魚卵では23.2粒と発眼後の死卵発生率が著しく高かったことによるものである。

2) 孵化後の斃死率……孵化直後の仔魚の斃死率は、成熟促進親魚卵では最低2.3%、最高41.4%で、親魚により斃死率にかなりの差が見られ、その平均は $12.2 \pm 3.6$  %であった。一方自然日長飼育親魚のそれは0.0%、6.5%、 $0.9 \pm 0.7$  %で、両区の間では有意の差が見られた。

3) 受精卵の卵径ならびに孵化仔魚の大きさ……受精卵の卵径は親魚別に平均値と平均値の信頼限界を求め、その結果を第2図に示した。

成熟促進親魚から得られた卵の卵径は、最小0.766mm、最大0.828mmで、平均値は0.801mmであった。一方自然日長飼育親魚卵のそれは、それぞれ0.867mm、0.965mm、0.921mmで両区の卵径の差は0.12mmと極めて大きく有意差であった。なお同一試験区でも親魚により卵径に有意の差が見られた。各種親魚卵から孵化した仔魚の全長の平均値と平均の信頼限界を求め、その結果を第3図に示した。成熟促進親魚卵から得られた孵化仔魚の平均全長は最小4.52mm、最大5.40mm、平均は5.12mmであった。一方自然日長飼育親魚卵の孵化仔魚のそれは、それぞれ4.66mm、6.19mm、5.52mm、で両区の平均全長の差は0.4mmの若干の差が見られたものの、この差は有意の差ではなかった。同一試験区における孵化仔魚の大きさを見ると、親魚により有意差が見られたものもあった。孵化仔魚の体長は成熟促進親魚卵では4.95mmの平均値を示したのに対し、自然日長飼育親魚卵のそれは5.36mmであった。なお全長ならびに体長は卵径と相関的な関係が見られた。

一方仔魚の体重は両区とも親魚によりかなりの幅を示したが、成熟促進親魚区では最高0.36mg、最低0.20mg、平均0.28mgであったのに対し、自然日長飼育親魚卵ではそれぞれ0.54mg、0.25mg、0.38mg、で後者の方が大きかったが、有意の差は見られなかった。

4) 奇形率……孵化仔魚の奇形の出現率は成熟

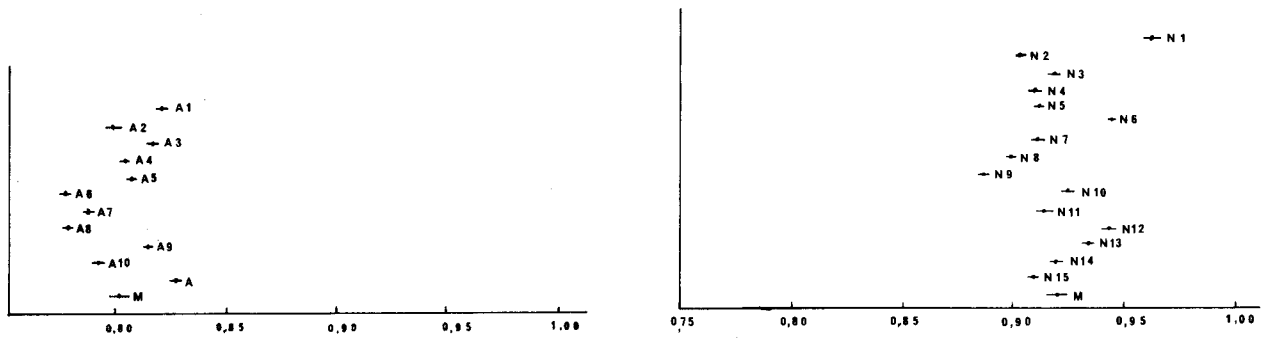


Fig.2 Diameters of fertilized egg

left column=Ayu-fish accelerated gonadal maturation.  
 right column=Ayu-fish reared in natural day-length.

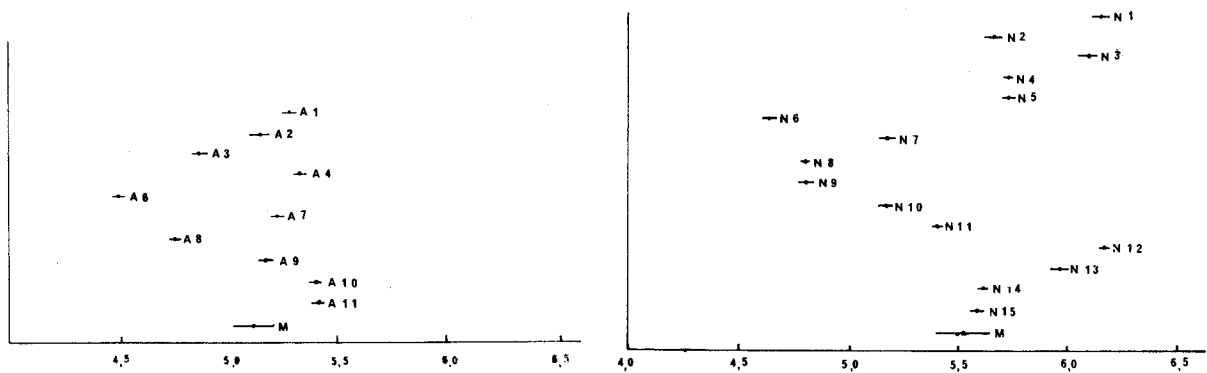


Fig.3 Total lengths of hatching fry.

left column=Ayu-fish accelerated gonadal maturation.  
 right column=Ayu-fish reared in natural day-length.

促進親魚卵では、最小0.01%、最大32.14%、平均4.19%であったが、この32.14%の奇形が出現したA5は発眼率51.0%、孵化率5.5%と成績は極めて悪かった区で、これを除いた平均値は1.3%となった。また自然日長飼育卵のそれは、それぞれ0%、6.5%、0.9%で両区で有意差は見られなかった。

5) 仔魚の絶食生残……地下水ならびにCl2%の人工汽水の2用水で無給飼での孵化仔魚の生残状況をまとめて第4図に示した。成熟促進親魚卵の孵化仔魚の生残状況は、親魚により多少異なるけれども略同一の傾向を示した。即ち仔魚収容後5日目までは殆んど斃死は見られず生残率は100%近い値を示した。それ以降は日数の経過とともに生残率は急激に低下し、9日目から10日にかけて生残率は0となった。その間の平均生残率は6日目90.5%、7日目55.0%であった。一方自然日長飼育親魚からの孵化仔魚のそれは、前者と略同一の傾向を示した。仔魚収容後6日目から9日目の平均の生残率は6日目97.0%、7日目65.0%、8日目26.5%、9日目10.5%で前者の生残状況に

くらべ、やゝ高い値で経過し、また生存期間も長びく傾向が見られた。なお半数生残日数を算出すると、前者では7.1日、後者では7.4日となった。

Cl2%のAllen 処方の人工汽水で成熟促進親魚卵から得られた仔魚の絶食状態における生残状況は、仔魚放養後5日目までは仔魚の斃死は殆んど見られず100%近い生残率を示した。それ以降は6日目90.5%、7日目65.0%、8日目39.5%、9日目19.5%、10日目5.5%、の生残率を示した。この生残状況と地下水で飼育したそれとを比較すると、人工汽水で飼育した場合の方が高い生残率で推移し、半数生残日数は7.6日と0.5日延長され、生存期間は2日延長された。

自然日長飼育親魚卵から得られた仔魚の人工汽水における生残状況は6日目までは仔魚の斃死は見られず、その後7日目93%、8日目68.5%、9日目36.5%、10日目18.0%、11日目8.5%、12日目5.0%と推移し、地下水で飼育したものより半数生残日数は1.2日延長された。

以上の結果から孵化仔魚の絶食状態における生残状況は、人工海水で自然日長飼育親魚卵>人工

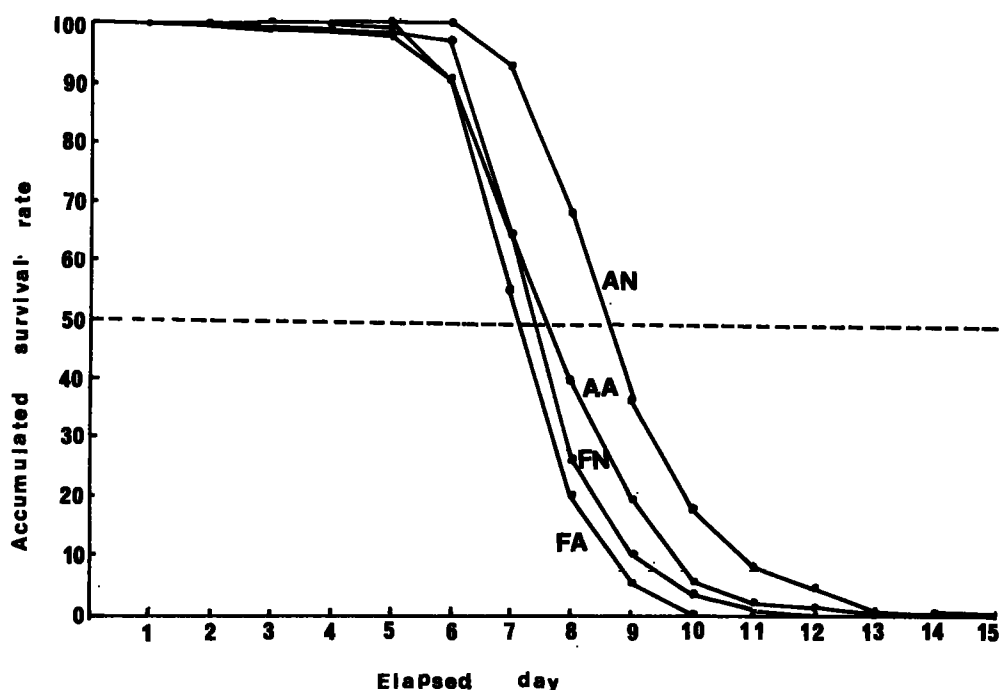


Fig. 4 Changes of the accumulated survival rate of yolk-sac fry.

FA=fry of Ayu-fish accelerated gonadal maturation incubated in fresh water. FN=fry of Ayu-fish reared in natural day-length incubated in fresh water. AA=fry of Ayu-fish accelerated gonadal maturation incubated in artificial sea water. AN=fry of Ayu-fish reared in natural day-length incubated in artificial sea water.

海水で成熟促進親魚卵>地下水で自然日長飼育親魚卵>地下水で成熟促進親魚卵の成績順であった。

## 考 察

近年栽培漁業の進展に伴い、各種の種苗生産対象魚種の卵質について検討されるようになった。アユの卵質については、伊藤が天然産アユ<sup>6)</sup>、成熟促進養成アユ<sup>7)</sup>、養成アユ<sup>8)</sup>ならびに湖産コアユ<sup>9)</sup>の卵でそれぞれ詳細に検討され、卵ならびに孵化仔魚の生物的活性 biological activity は天然産アユが最も高く、湖産小アユがこれにつづき、成熟促進養成アユならびに養成アユでは著しく劣り、これらの親魚の卵を利用して、種苗生産を実施するには、今なお多くの問題点が残されていると指摘した。本実験の結果と上記伊藤の結果とを比較検討すると、本実験の2種の卵質は、伊藤の成熟促進養成アユ、養成アユならびに湖産アユの卵質よりも優れ、特に孵化仔魚の絶食生残において、伊藤の上記3種の孵化仔魚は孵化後2~3日で、大量斃死が見られたのに対し、本実験では卵黄吸収までの孵化後5日間は仔魚の斃死は殆んど見られず

高い生残率を保ったことは特筆すべき現象であり卵質の飛躍的な向上が認められた。

ニジマス Salmo gairdneri irideus, カワマス Salvelinus fontinalis の成熟を促進して得られた卵ならびに孵化仔魚の大きさは自然日長で飼育して得られたそれにくらべ小さいが、その反面抱卵数が多い。またその卵ならびに仔魚の飼育成績は自然日長飼育親魚のそれにくらべ、ニジマスでは大差が見られないものの<sup>10)</sup>、カワマスでは劣る結果が得られている<sup>11)</sup>。

アユでも上記魚種と同様卵ならびに孵化仔魚の大きさは自然日長飼育親魚のそれにくらべ小さいことが判明し、また抱卵数が多いことも確認されている<sup>5)</sup>。本実験における成熟促進親魚と自然日長飼育親魚の卵質を、孵化ならびに仔魚の飼育成績の良好なものを良質卵と定義して比較すると、第2表に示したようになり、発眼後の卵の斃死率、孵化率、孵化直後の仔魚の斃死率、仔魚の絶食生残率等において、成熟促進親魚卵の方が成績の劣る結果が得られた。これらの検討項目は排卵から受精までの経過時間によっても大きく影響を受け

Table 2 Comparisons of some characters of egg and yolk-sac fry between Ayu-fish accelerated gonadal maturation and Ayu-fish reared in natural day-length.

	Ayu-fish accelerated gonadal maturation (E)		Ayu-fish reared under natural day-length (N)		comparison
diameter of egg (mm)	0.776-0.828 (0.801)		0.887-0.965 (0.921)		E < N
rate of eyed egg (%)	51.0-96.0 (81.5)		75.5-96.9 (87.3)		E ≠ N
hatching rate (%)	5.5-84.5 (65.0)		73.9-96.9 (86.7)		E < N
rate of dead fry at the time of hatching (%)	2.3-41.4 (12.2)		0.0-6.5 (0.9)		E > N
rate of deformed fry (%)	0.01-32.14 (0.28)		0.0-5.10 (0.38)		E ≠ N
total length (mm)	4.52-5.4 (5.12)		4.66-6.19 (5.52)		E < N
body weight (mg)	0.20-0.36 (0.28)		0.25-0.54 (0.38)		E < N
snrvival rate	fresh water	brackish water	fresh water	brackish water	E < N
	1st day	100.0	100.0	100.0	
	5th day	98.5	99.5	99.0	
	7th day	55.0	65.0	65.0	
	9th day	5.5	19.5	10.5	
	10th day	0.0	5.5	4.0	
	12th day	0.0	1.5	0.0	
	13th day	0.0	0.0	0.0	
	15th day	0.0	0.0	0.0	

ることが知られているが、<sup>12)</sup> 上記飼育成績の差は大極的には卵質の差と見てさしつかえないであろう。野村は成熟促進した親魚卵の卵質が劣るのは、飼育期間即ち栄養摂取期間が生殖腺成熟の最後の時期において短縮され、必要な栄養成分の補給ならびに蓄積が十分行われていないためと推察した。<sup>13)</sup> 本実験では飼育環境ならびに使用飼料が同一であるにも拘わらずこのような差が生じたことは、野村が推察したことが原因であるように思われるが、この推論を肯定するためには、更に検討を進めねばならない。

本実験の終局的な目的は、自然日長飼育養成親魚ならびに成熟促進させた親魚を、人工河川利用による増殖事業に産卵親魚として活用する場合、卵質面からその増殖効果の目安をつけることにある。仔魚の流下直後の初期生残は仔魚の餌料生物量や仔魚を捕食する生物等に大きく影響を受けることは当然である。アユ種苗生産時の仔魚の初期生残率は餌料生物の投与時期により著しい差が生じ、卵黄吸収以前に投与したものでないと、好成績が収められないといわれている。<sup>14)</sup> 天然水域でもこれと同様の現象が起るものと考えられる。この場合絶食状態ではあるが、仔魚が孵化直後から2～3日で大量に斃死する場合と、卵黄吸収までは斃死は殆んど見られず高い生残率を保つものとは流下直後の餌料生物の摂取は biological activity に優る後者の方が有利であると考えられる。

このような理由から湖産アユよりも本実験に供試した2種の養成親魚の方が、増殖効果は高いと考えられる。

成熟促進親魚卵の卵質は自然日長養成親魚卵のそれにくらべ劣る結果が得られ、流下仔魚までの生残率にかなりの差が生じ、しかも孵化仔魚の体型が小さい欠点があるが、それらは抱卵数が多いことにより多少カバー出来るものと考えられる。その後の絶食生残において両区とも卵黄吸収までの期間中は100%近い生残率を示し、また半数生残日数では僅か0.3日の差であった。仔魚の餌料生物摂取開始の適正時期は卵黄吸収までであることから、この半数生残日数のわずかの差が、湖中における初期生残を大きく変えるとは考え難い。

一方人工河川利用による増殖事業にこの成熟促進親魚を利用する場合の波及的効果について考察すると、全国内水面水産増殖事業に広く利用さ

れている湖産アユ種苗は、春季に採捕されたものが利用され、その採捕量は年により大きく変動し、しかも全国の需要に応じきれないのが現状である。また種苗は早期程経済価値は高い、この春期の漁況は前年8月下旬から9月中旬にかけての産卵初期の産卵量の多少と深い関連があり、早期の産卵量が多いと、良好な漁況展開になる傾向が見られる<sup>6)</sup>ことから、成熟促進親魚による早期産卵は、春季の漁況に好結果をもたらす、現在よりも安定した種苗の供給が可能となるであろう。また事業実施面から見た場合、親魚の成熟をコントロールすることにより産卵回転数の増加が可能となり、施設の有効利用と莫大な仔魚の確保の面できわめて有利に展開でき、卵質差によるマイナス面にくらべ波及的効果は著しく高い。

## 要 約

長日性電照飼育による成熟促進親魚ならびに自然日長飼育親魚から得られた卵の卵質について、孵化ならびに仔魚の飼育成績が良好なものを良質卵と定義し、比較検討し、第2表に示した結果が得られた。これらの親魚卵の卵質は、伊藤が検討した成熟促進養成親魚卵、自然日長飼育養成親魚卵ならびに湖産小アユの卵の卵質よりも優れ、特に絶食生残状況において大差が見られ卵質の飛躍的な向上が認められた。これらの結果から人工河川に用による増殖事業にこれらの親魚が利用出来る明るい見通しが得られた。

なお成熟促進親魚ならびに仔魚の生物学的活性は、自然日長飼育親魚のそれにくらべやや劣る結果が得られたが、人工河川方式による増殖事業にこの成熟促進親魚を活用した場合の波及的効果は卵質の差にもとづくマイナス面に比較して、極めて高いことを考察した。

## 文 献

- 1) 滋賀県水産試験場 1974：人工河川におけるアユ資源の増殖効果に関する調査報告書、滋賀県水産試験場研究報告 25. 1～78
- 2) 滋賀県水産試験場 1975：人工河川におけるアユ資源の増殖効果に関する調査報告書、滋賀県水産試験場研究報告 25. 1～30

- 3) 滋賀県水産試験場 1976 : 人工河川におけるアユ資源の増殖効果に関する調査報告書, 滋賀県水産試験場研究報告 28. 1 ~ 52
- 4) 滋賀県水産試験場 1978 : 人工河川におけるアユ資源の増殖効果に関する調査報告書, 水資源開発公団琵琶湖開発建設部, 水公琵 238. 1 ~ 67
- 5) 伏木省三 1979 : アユ成熟への春期長日処理の効果に関する研究, 滋賀県水産試験場研究報告 31. 1 ~ 55
- 6) 伊藤 隆 1967 a : アユ種苗の人工生産に関する研究 XXXVI(36)宮川産アユの人工受精卵および孵化仔魚の特性(3), 木曾三川河口資源調査報告, No 4 557 ~ 623.
- 7) 伊藤 隆 1965 a : アユ種苗の人工生産に関する研究 VII. 成熟促進アユと河川産アユとの人工受精卵および孵化仔魚の比較, 木曾三川河口資源調査報告 No 2 809 ~ 823.
- 8) 伊藤 隆 1965 b : アユ種苗の人工生産に関する研究 VIII 養殖アユの人工受精卵および孵化仔魚の特性, 木曾三川河口資源調査報告 No 2 825 ~ 881.
- 9) 伊藤 隆 1967 b : アユ種苗の人工生産に関する研究 XXXVI(36)びわ湖産アユの人工受精卵と孵化仔魚の特性, 木曾三川河口資源調査報告 No 4 625 ~ 649.
- 10) 野村 稔, 植松善次郎 1962 : ニジマスの人工採卵に関する基礎研究-II, 光周期の変化による採卵の早期化, 日本水産学会誌 28. (1), 1070 ~ 1076
- 11) Corson, B. W. 1955 : Four years progress in the use of artificially controlled light to induce early spawning brook trout. Prog. Fish-Cult., 17, 99-102.
- 12) 酒井 清, 1974 : 産出卵の卵質評価(淡水魚) 魚類の成熟と産卵, 日本水産学会編, 恒星社厚生閣 100 ~ 112.
- 13) 野村 稔, 1964 : 魚類の成熟・産卵と外部環境要因, 水産増殖 12 (3) 159 ~ 196.
- 14) 伊藤 隆, 岩井寿夫, 古市達也, 坂井宏平 1967 : アユ種苗の人工生産に関する研究 XLIV. 人工ふ化仔魚の初期生残及び成長に対する給餌開始時期の影響, 木曾三川河口資源報告 No 4 953 ~ 966.



Attached Table  
Table I Some characters of egg and yolk sac fry of Ayu-fish  
reared in natural day-length.

apawner	N.1	N.2	N.3	N.4	N.5	N.6	N.7	N.8	N.9	N.10	N.11	N.12	N.13	N.14	N.15	aver
No. of egg incubated	258	203	201	225	268	337	399	437	648	581	247	135	148	144	273	
No. of dead pre-eyed egg	31	37	47	17	10	42	39	107	73	43	31	19	22	21	21	
No. of dead eyed egg	0	1	1	0	0	1	8	7	8	6	2	0	2	1	0	
No. of hatching fry	227	165	153	208	258	294	352	323	567	533	214	116	124	122	252	
No. of dead fry at the time of hatching	1	1	0	1	1	2	1	3	37	1	2	0	1	0	2	
No. of deformed fry	0	1	2	0	1	15	1	13	5	0	1	0	0	0	0	
rate of eyed egg (%)	88.0	81.8	76.6	96.9	96.3	87.5	90.2	75.5	88.7	92.6	87.4	85.9	85.1	85.7	92.3	87.3
hatching rate (%)	88.0	81.3	76.1	96.9	96.3	87.2	88.2	73.9	87.5	91.6	86.6	85.9	83.8	84.7	92.3	86.7
rate of dead fry at the time of hatching (%)	0.4	0.6	0	0.5	0.4	0.7	0.3	0.9	6.5	0.2	0.9	0	0.8	0	0.8	0.9
rate of deformed fry (%)	0	0.6	1.3	0	0.4	5.1	0.3	4.0	0.9	0	0.5	0	0	0	0	0.87
diameter of egg (mm) mean s.e.*	0.965 0.005	0.904 0.002	0.920 0.003	0.911 0.003	0.913 0.002	0.946 0.002	0.913 0.003	0.899 0.002	0.887 0.003	0.926 0.003	0.914 0.004	0.946 0.003	0.934 0.004	0.921 0.003	0.909 0.003	0.921 0.052
total length (mm) mean s.e.*	6.15 0.05	5.66 0.04	6.09 0.04	5.73 0.02	5.74 0.03	4.66 0.03	5.19 0.04	4.82 0.02	4.82 0.04	5.18 0.03	5.42 0.02	6.19 0.03	5.96 0.04	5.62 0.03	5.58 0.03	5.52 0.13
body length (mm) mean s.e.*	5.96 0.05	5.51 0.04	5.92 0.04	5.56 0.02	5.57 0.03	4.52 0.03	5.05 0.03	4.68 0.02	4.68 0.02	5.02 0.03	5.25 0.02	5.99 0.03	5.75 0.04	5.44 0.03	5.43 0.03	5.36 0.12
body weight (mg)	0.37	0.39	0.40	0.29	0.29	0.40	0.39	0.33	0.32	0.44	0.37	0.54	0.49	0.38	0.38	0.38
days spent in hatching	10-14	10-13	9-13	10-13	10-13	9-12	9-12	8-12	9-12	8-12	9-12	10-13	9-12	10-13	9-13	
PH	7.7-7.7	7.7-7.8	7.7-7.8	7.7-7.7	7.7-7.8	7.7-7.8	7.7-7.8	7.6-7.7	7.6-7.7	7.6-7.7	7.7-7.7	7.7-7.7	7.7-7.8	7.7-7.9	7.6-7.7	
D. O. (cc/l)	5.3-5.4	5.4-5.9	5.4-6.3	5.0-5.4	5.4-5.7	5.1-5.4	5.0-5.4	5.0-5.4	4.7-5.4	4.7-5.4	5.0-5.4	5.4-5.8	5.4-5.9	5.4-6.2	5.4-5.7	

\* standard error

Table II Some characters of egg and yolk sac fry of Ayu-fish  
accelerated gonadal maturation.

spawner	A.1	A.2	A.3	A.4	A.5	A.6	A.7	A.8	A.9	A.10	A.11	Aver.
No. of egg incubated	661	1066	612	424	510	748	872	353	761	721	574	
No. of dead pre-eyed egg	62	157	104	45	250	90	370	29	161	110	23	
No. of dead eyed egg	94	241	124	44	232	93	142	26	77	59	82	
No. of hatching fry	505	668	384	335	28	565	360	298	523	552	469	
No. of dead fry at the time of hatching	125	132	9	12	2	234	35	41	26	16	16	
No. of deformed fry	2	3	4	2	9	21	4	4	20	1	7	
rate of eyed egg (%)	90.6	85.3	83.0	89.4	51.0	88.0	57.6	91.8	78.8	84.7	96.0	81.5
hatching rate (%)	76.4	62.6	62.7	79.0	5.5	75.5	41.3	84.4	68.7	76.6	81.7	65.0
rate of dead fry at the time of hatching (%)	24.8	19.8	2.3	3.6	7.1	41.4	9.7	13.7	5.0	2.9	3.4	12.2
rate of deformed fry (%)	0.4	0.5	1.0	0.6	32.1	3.7	1.1	1.3	3.8	0.0	1.5	4.2
diameter of egg (mm) mean s.e.*	0.820 0.003	0.798 0.004	0.816 0.003	0.803 0.003	0.806 0.002	0.776 0.003	0.787 0.002	0.777 0.002	0.814 0.002	0.791 0.003	0.828 0.003	0.801 0.005
total length (mm) mean s.e.*	5.28 0.03	5.16 0.04	4.89 0.03	5.34 0.03	—	4.52 0.03	5.23 0.03	4.77 0.03	5.17 0.03	5.39 0.03	5.40 0.03	5.12 0.09
body length (mm) mean s.e.*	5.13 0.03	5.01 0.04	4.75 0.03	5.19 0.03	—	4.36 0.03	5.07 0.03	4.51 0.03	4.99 0.03	5.23 0.03	5.23 0.03	4.95 0.10
body weight (mg)	0.36	0.30	0.28	0.29	—	0.20	0.26	0.27	0.32	0.29	0.23	0.28
days spent in hatching	10-13	10-13	10-13	10-13	10-13	10-13	10-13	10-13	10-14	10-14	10-14	
PH	7.6-7.7	7.6-7.7	7.6-7.8	7.6-7.7	7.6-7.8	7.6-7.6	7.4-7.6	7.5-7.6	7.6-7.6	7.6-7.7	7.6-7.8	
D. O. (cc/l)	4.9-5.7	4.6-5.7	5.7-5.7	5.5-5.7	5.7-6.0	4.0-5.7	3.9-5.7	4.7-5.7	4.7-5.7	5.1-5.7	4.7-5.7	

\* standard error

Table II Changes of the accumulated survival rate of yolk-sac fry accelerated gonadal maturation, when hatching fry incubated in fresh water and not given foods

spawned elapsed day	spawned											Aver.	
	A.1	A.2	A.3	A.4	A.5	A.6	A.7	A.8	A.9	A.10	A.11		
0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
1	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
2	100.0	100.0	100.0	100.0	94.7	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.5
3	95.0	100.0	100.0	100.0	94.7	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.0
4	95.0	100.0	100.0	100.0	94.7	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.0
5	95.0	100.0	100.0	100.0	89.5	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	98.5
6	95.0	90.0	95.0	90.0	78.9	100.0	70.0	100.0	100.0	75.0	100.0	100.0	90.5
7	95.0	45.0	40.0	50.0	26.3	85.0	45.0	70.0	85.0	15.0	50.0	50.0	55.0
8	45.0	10.0	20.0	30.0	10.5	25.0	20.0	10.0	40.0	0.0	15.0	15.0	20.5
9	15.0	0.0	0.0	15.0	0.0	0.0	5.0	5.0	15.0		5.0	5.0	5.5
10	0.0			0.0			0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0
PH	7.9-7.9	7.9-8.0	7.9-7.9	7.8-7.9	7.9-8.0	7.9-8.1	7.9-8.1	7.9-7.9	7.9-7.9	7.9-8.0	7.9-8.0		
D.O. (cc/1)	5.7-6.5	5.6-5.7	5.7-6.6	5.7-6.1	5.7-6.3	5.7-6.0	5.7-6.0	5.7-6.2	5.7-6.1	3.7-5.7	5.7-6.2		

Table V Changes of the accumulated survival rate of yolk-sac fry reared in natural day-length, when hatching fry incubated in fresh water and not given foods.

spawned elapsed day	spawned											Aver.	
	N.1	N.4	N.5	N.6	N.7	N.10	N.11	N.12	N.13	N.14	N.15		
0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
1	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
2	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	95.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.5
3	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	95.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.5
4	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	95.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.5
5	100.0	95.0	100.0	100.0	100.0	95.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.5
6	100.0	90.0	95.0	100.0	100.0	95.0	100.0	100.0	95.0	100.0	95.0	100.0	97.0
7	90.0	25.0	30.0	100.0	90.0	95.0	55.0	85.0	25.0	80.0	40.0	100.0	65.0
8	45.0	0.0	0.0	100.0	25.0	50.0	15.0	20.0	0.0	20.0	15.0	100.0	26.5
9	0.0			80.0	15.0	15.0	0.0	0.0		5.0	0.0	100.0	10.5
10				40.0	0.0	5.0				0.0		100.0	4.0
11				5.0		0						100.0	1.0
12				0.0		0.0						100.0	0.0
PH	7.6-8.2	7.6-8.0	7.6-8.1	7.6-8.2	7.6-8.0	7.6-8.1	7.6-8.0	7.6-8.2	7.6-8.1	7.6-8.3	7.6-8.3		
D.O. (cc/1)	5.3-6.2	5.3-6.4	5.3-6.3	5.3-6.3	5.3-6.1	5.3-6.3	5.3-6.3	5.3-6.1	5.3-6.1	5.3-6.2	5.3-6.3		

Table V Changes of the accumulated survival rate of yolk-sac fry accelerated gonadal maturation. when hatching fry incubated in artificial brackish water and not given foods.

spawner elapsed day	A.1	A.2	A.3	A.4	A.6	A.7	A.8	sver
0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
1	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
2	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	95.0	100.0	99.5
3	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	95.0	100.0	99.5
4	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	95.0	100.0	99.5
5	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	95.0	100.0	99.5
6	100.0	85.0	100.0	95.0	95.0	95.0	65.0	90.5
7	95.0	65.0	65.0	65.0	75.0	70.0	20.0	65.0
8	55.0	45.0	35.0	45.0	40.0	50.0	5.0	39.5
9	35.0	25.0	15.0	15.0	25.0	20.0	0.0	19.5
10	10.0	15.0	0.0	5.0	5.0	5.0		5.5
11	5.0	5.0		0.0	0.0	5.0		2.0
12	5.0	5.0				0.0		1.5
13	0.0	0.0						0.0
PH	7.9-8.0	7.9-7.9	7.9-8.1	7.9-8.0	7.9-8.0	7.9-8.0	7.9-8.0	
D. O. (cc/1)	5.7-6.2	5.7-6.3	5.7-6.4	5.7-6.0	4.8-5.7	5.7-6.0	5.7-5.9	

Table VI Changes of the accumulated survival rate of yolk-sac fry reared in natural day-length, when hatching fry incubated in artificial brackish water and not given foods.

spawner elapsed day	N.1	N.4	N.5	N.6	N.7	N.10	N.11	sver.
0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
1	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
2	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
3	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
4	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
5	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
6	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
7	100.0	85.0	80.0	100.0	85.0	100.0	100.0	93.0
8	80.0	20.0	60.0	90.0	55.0	95.0	80.0	68.5
9	25.0	0.0	10.0	80.0	35.0	55.0	50.0	36.5
10	10.0		0.0	65.0	0.0	15.0	35.0	18.0
11	5.0			25.0		10.0	20.0	8.5
12	5.0			20.0		0.0	10.0	5.0
13	5.0			0.0			0.0	0.5
14	5.0							0.5
15	0.0							0.0
PH	7.6-8.1	7.6-8.0	7.6-8.0	7.6-8.1	7.6-8.0	7.6-8.0	7.6-8.1	
D. O. (cc/1)	5.3-6.2	5.3-6.3	5.3-6.3	5.3-6.2	5.3-6.2	5.3-6.5	5.3-6.5	