

# 姉川・石田川産アユ流下卵のふ化に関する実験的研究\*1),\*2)

## I はじめに

びわ湖に生息するアユは、漁業・養殖業のみでなく全国的に河川放流、養殖用種苗などの供給源として重要な位置にあり、わが国の内水面増養殖業の振興に大きく寄与し現在に至っている。このため、びわ湖のアユについては、古くから資源的な調査のみならず、生態学的にもかなり詳細に調査・研究が行なわれてきている。とくに近年に至って、アユの資源量低下が憂慮されるに及んでは、従来通りアユ資源を維持するための効果的な増殖対策と、それを推進するための方策が種々検討されている。

びわ湖のアユは、生涯を湖でおくるアユ(コアユ)と、春先から初夏にかけて流入河川に遡上して大きくなるアユ(オオアユ)とが知られており、いずれも8月下旬乃至9月上旬以降にびわ湖流入河川の下流域で産卵する。ふ化した仔魚は湖に流下して育ち、翌年のびわ湖の重要なアユ資源となる。しかし、この仔魚の流下量については、現段階では正確には把握されていない。そこで昭和52・53両年度にわたり、滋賀水試によってアユふ化仔魚流下量についての詳細な調査が実施された。その結果、昭和52年度には、びわ湖に流入する主要10河川のふ化流下仔魚数は、72億4255万尾、流下生卵数4億8211万粒と推定された。流下生卵総数は流下仔アユ総数の5.97%を占めることとなり、この流下生卵がふ化してアユ資源に加わるか否かは重要な意味を持つと考えられる。

海へ流入する河川のアユの流下生卵は、高塩分濃度のためにふ化せず死滅するので、流下生卵はアユ資源への添加としては考えられない。しかし淡水であるびわ湖への流下生卵は、ふ化すればアユ資源の再生産に寄与することは当然考えられるが、流下生卵が果してふ化するか否か、ふ化率がどの程度であるか等に関しては従来研究が行なわれていない。本研究は、これらの点を明らかにするため、びわ湖に流入する河川のうち2河川を選び、両河川の流下生卵を用

いてふ化、およびふ化仔魚の特性を明らかにするための実験的研究を行なった。

## II 研究方法

1. 卵 実験に用いた流下生卵は、姉川と石田川で採集した材料によった。姉川では河口から約1km上流付近、石田川では河口付近で採卵した。卵の採集には口径14.4cm×21.4cm、××8網地のネットを水底に固定し、流れに直角になるよう採集口を向け、その状態を5分間継続して採卵した。採卵月日は姉川では昭和53年9月29日(A)、10月12日(B)、また石田川では10月24日(C)、10月31日(D)である。卵は採集の後、ゴミや仔魚などを取り除き、二重にしたガーゼ(巾25cm×長30cm)上に100~600粒程度収容した。ガーゼにはあらかじめ充分水分を含ませた。また卵収容後は、更はその上下を濡れタオルで覆い、氷を敷いたクーラー内に収容し、輸送中の温度変化、乾燥を防ぎ実験室に運んだ。クーラー内の温度は6~7℃であった。卵は採卵翌日に大学へ輸送した。輸送に要した時間は2~4時間であった。輸送後計数の上ふ化槽に収容した。ふ化槽への収容卵数は100~200粒程度とした。以上の流下卵採集からふ化槽への収容に要した時間は、いずれの実験もほぼ24時間以内であった。

2. 卵のふ化 流下卵のふ化実験は実験室内で行なった。ふ化槽には500ml容量のガラス製ビーカーを用いた。実験水温は採卵時の河川水温(平均20℃)を参考にして20℃の恒温とした。ふ化槽には直射日光の当たらないよう、上面を暗幕で覆った。ふ化用水には、卵収容の1週間前から湛水した水道水を連続的に循環濾過したものを用いた。

3. 卵径・卵重の測定 卵径・卵重の測定は石田川C・D卵について行なった。卵収容時に各々100粒をとり、その長径と短径を投影器を用いて拡大測定し、両者の平均値をもって平均卵径(mm)とした。卵径測定の後、50粒の卵重を測定し、1粒当りの平均卵重を求め $\bar{w}$ で表わした。

4. ふ化率・仔魚の斃死率・奇型率 ふ化槽収容後、ふ化完了まで毎日午前9時~10時に検卵し、ふ化までに生じた死卵は2~3日間

隔で計数、摘出した。ふ化仔魚は、ふ出遊泳中の仔魚と、ふ出後斃死し底に沈んだ仔魚を別々に計数し、両者の和をふ出仔魚総数とした。収容卵総数は、死卵数とふ出仔魚総数の和をもって表し、ふ化率は、ふ出仔魚総数の収容卵総数に対する割合を%で表した。ふ出直後の仔魚の斃死率は、ふ出後の斃死仔魚数のふ出仔魚総数に対する割合を%で表した。また仔魚の奇型率は、生残仔魚で正常な遊泳ができず、底に沈んでいるもの、遊泳が異常なものを検鏡し、脊椎骨の曲折、尾部の未発達、頭部の異常などの認められた仔魚を奇型仔魚とし、ふ出仔魚総数に対する割合を%で表した。

### 5. ふ化仔魚の全長および卵黄径の測定

収容卵のふ化開始から完了までにふ出遊泳中の仔魚をすべて採集、ホルマリン固定し、その中からふ化槽別に50尾を無作為に取り上げ、全長を拡大測定した。また同時に卵黄の大きさも測定した。卵黄径は長径と短径を測定、その平均値をもって平均卵黄径 (mm)とした。

6. ふ化槽の照度・水質の測定 実験期間中のふ化槽の水面照度は、検卵時に各ふ化槽の水面上で測定した。測定には東芝照度計 (SPI-5) を使用した。各ふ化槽の水質としては水温、pH、溶存酸素量を測定した。水温は毎日検卵時に、pH、溶存酸素量はふ化完了時に測定した。pHは比色法、溶存酸素量はWinklerの沃素滴定法によった。

## III 研究結果

1. 卵のふ化とふ化槽の水質 実験に用いたアユ卵の河川での採卵から、ふ化槽に収容するまでの諸条件については、一括して表1に掲げた。採卵時刻は18:30~20:00で、採卵時の河川水温は時期の早い姉川A卵では22.2℃、もっ

とも遅い石田川D卵の場合は14.6℃であった。採卵からふ化槽に収容までに要した時間は、早いもので姉川B卵の16時間、おそいもので姉川A卵の24時間であった。ふ化槽に卵を収容してから、ふ化開始までの日数は、姉川B卵の1日後から石田川D卵の6日後であった。またふ化完了までのふ化期間は5日~10日の範囲であり、採卵時期の早い姉川A卵では10日、採卵がもっともおそい石田川D卵では5日であった。このようにふ化開始日数、ふ化期間などは採卵時期によって違いがあるが、採卵からふ化完了までの日数は11日~12日で、採卵時期による差はほとんどみられなかった。

つぎに卵をふ化槽に収容し、ふ化完了までの水質・照度の測定結果は表2に掲げた。ふ化槽の水温は恒温水槽で一定に保ったので、実験期間を通じて20.3℃を保った。溶存酸素量、pHはそれぞれ実験終了時に測定した。その結果、溶存酸素量は5.65~5.84 cc/l pH=7.3であって、いずれの実験区においても、これらの水質が直接ふ化に悪影響を及ぼしたとは考えられない。

表-2 ふ化槽の水面照度と水質

卵の種類	水面照度	水温	溶存酸素量	pH
姉川A	19~96 lux	20.3℃	5.65 cc/l	7.3
姉川B	22~97	"	5.72	"
石田川C	15~117	"	5.79	"
石田川D	14~100	"	5.84	"

収容卵のふ化率、ふ化仔魚の奇型率、斃死率については表3に掲げた。ふ化率のもっとも高いのは姉川A卵の88.6%、もっとも低いのは石田川D卵の57.9%であった。姉川A・B卵の平均ふ化率は78.8%、石田川C・D卵の平

表-1 実験に用いた卵の種類とふ化日数

卵の種類	採卵年月日	採卵時刻	採卵時の河川水温	卵収容までの時間	ふ化開始までの日数	ふ化期間	採卵からふ化完了までの日数
姉川A	858-9-29	18:30	22.2℃	24時間	2日	10日	12日
姉川B	10-12	19:00	18.5	16	1	10	11
石田川C	10-24	20:00	16.2	17	2	9	11
石田川D	10-31	22:00	14.6	18	6	5	11

表-3 収容卵のふ化率・奇型率・斃死率

卵の種類	収容卵総数	ふ出仔魚数	ふ化率	奇型仔魚数	奇型率	斃死仔魚数	斃死率
姉川 A	824 粒	271 尾	88.6 %	0 尾	0 %	2 尾	0.7 %
姉川 B	1,490	988	68.0	2	0.2	10	1.1
石田川 C	384	243	68.3	4	1.6	4	1.6
石田川 D	271	157	57.9	13	8.8	2	1.3
平均	—	—	66.9	—	2.5	—	1.2

均ふ化率は 60.6 % であって、河川間を比較すると姉川卵のふ化率は石田川卵よりも若干高いといえよう。4 回のふ化実験の平均は 66.95 % であった。ふ化仔魚の奇型率は姉川 B 卵では 0.2 %, 石田川 C 卵は 1.6 %, D 卵は 8.8 % で、姉川卵よりも石田川産の卵の奇型率がやゝ高い。全体の平均では 2.5 % である。一方ふ化直後の仔魚の斃死率は 0.7 ~ 1.6 % の範囲にあり、平均 1.18 % であった。

2. 収容卵の卵径とふ化仔魚の全長 卵径の測定は石田川 C・D 卵について行なった。測定卵の中、石田川 C 卵は 74 粒が未発眼卵、26 粒が発眼卵であった。これに対して石田川 D 卵はすべ

傾向があるが、これらの間の差は有意でない。しかし石田川 C 卵と D 卵との間には、平均値の信頼限界は不連続となって、差の有意性は認められ、石田川 D 卵が大きい。平均卵重は石田川 C 卵は、0.31 ㎎、D 卵は 0.41 ㎎ となり、卵重も石田川 D 卵が大きい。

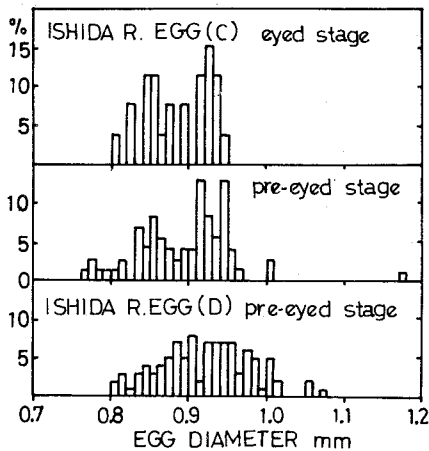


図-1 石田川流下卵の卵径の度数分布

て未発眼卵であった。測定結果は発眼卵と未発眼卵に分け、その度数分布は図 1 に示し、卵径の平均値の信頼限界を計算し、その結果を図 2 に掲げた。未発眼卵の卵径は石田川 C 卵では 0.76 ~ 1.17 mm, 平均 0.891 mm, 石田川 D 卵では 0.80 ~ 1.08 mm, 平均 0.916 mm であった。発眼卵は石田川 C 卵では 0.80 ~ 0.94 mm, 平均 0.878 mm であった。図 2 に示した卵径の平均値の信頼限界に明らかのように、石田川 C 卵の発眼卵と未発眼卵では、未発眼卵がやゝ大きい

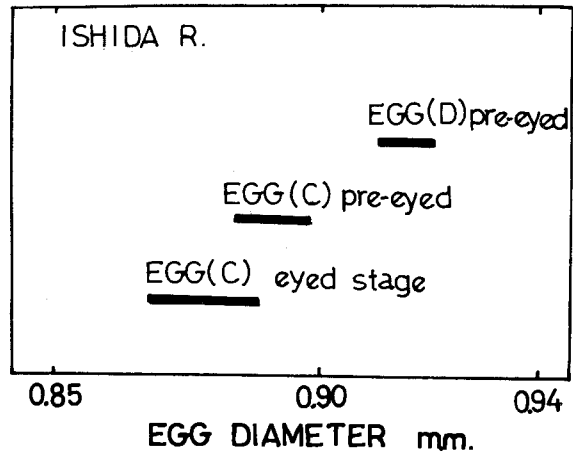


図-2 石田川流下卵の卵径の平均値の信頼限界

ふ化仔魚の全長測定の結果は度数分布を図 3 に、全長の平均値の信頼限界を図 4 に示した。姉川 A 仔魚の全長は 4.10 ~ 5.85 mm, 平均 4.986 mm, B 仔魚は 4.10 ~ 5.90 mm, 平均 5.034 mm, 石田川 C 仔魚は 4.35 ~ 6.85 mm, 平均 5.35 mm, 石田川 D 仔魚では 4.50 ~ 6.60 mm 平均 5.75 mm であった。図 4 に示した全長の平均値の信頼限界に明らかのように、姉川 A・B 仔魚では、B 仔魚がやゝ大きい傾向がみられるが、差の有意性は認められない。しかし石田川 C 仔魚と D 仔魚の間には明らかに有意な差が認められ、石田川 D 仔魚が大きい。また姉川 A・B 仔魚と石田川 C および D 仔魚の間にも有意な差が認められ、ふ化仔魚は産卵時期の早い姉川 A・B 仔魚が小さく、産卵時期の遅い石田川

図-3 姉川・石田川流下卵からのふ化仔魚全長の度数分布

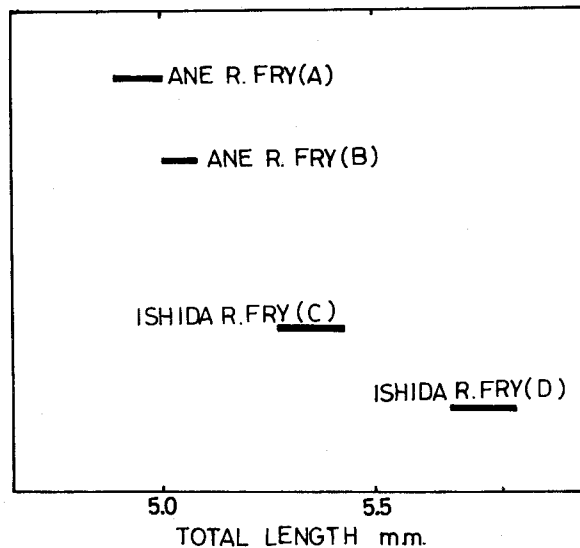
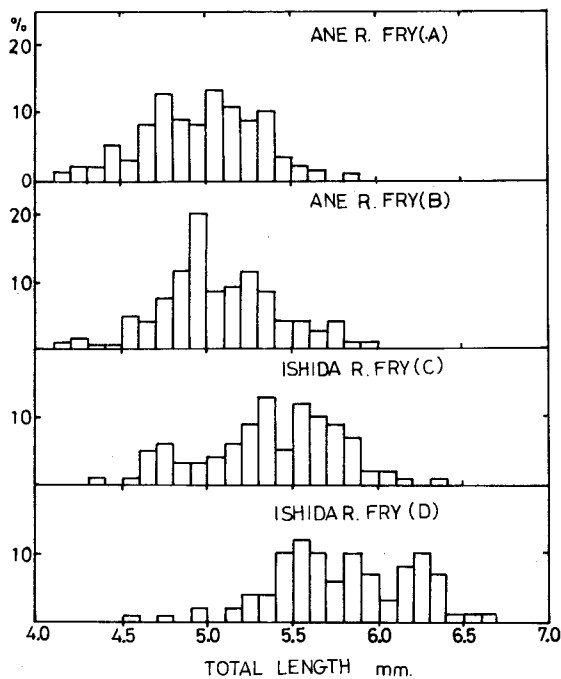


図-4 姉川・石田川流下卵からのふ化仔魚全長の平均値の信頼限界

D仔魚が大きい。

#### IV. 総括ならびに考察

流下卵のふ化に関する実験的研究結果を、従来の研究結果と比較検討した。びわ湖産コアユの人工受精卵と、ふ化仔魚の生物学的特性については伊藤(1968), (1971)の研究がある。いま、この研究結果と比較するため、今回の研究結果

と共に表4に取り纏め、また卵径、全長の平均値の信頼限界を図5に総括した。発眼卵の卵径は犬上川産 B<sub>1</sub>・B<sub>2</sub> と石田川産 C・D が大きく犬上川産 B<sub>3</sub>・B<sub>4</sub> は小さい。またふ化仔魚の平

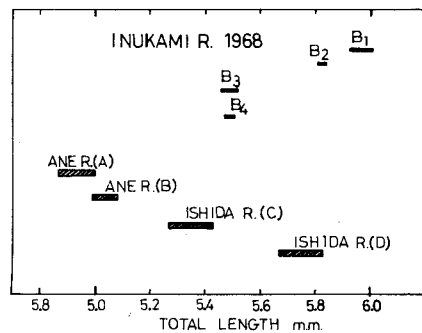
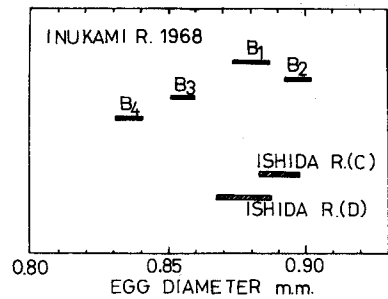


図-5 犬上川(1968)、姉川・石田川(1978)産アユ卵(上段)ならびにふ化仔魚(下段)の比較、平均値の信頼限界を表す

均全長は、その大きい順位は犬上川 B<sub>1</sub> > B<sub>2</sub> > 石田川 D > 犬上川 B<sub>3</sub>・B<sub>4</sub> > 石田川 C > 姉川 A・B となって、姉川産のふ化仔魚は石田川・犬上川産と比べてかなり小さい。一方卵黄径の大きさは、全体的傾向として犬上川産のものが他の河川産に比べて小さい。このように流下卵の卵径、ふ化仔魚の大きさは、石田川産のものが姉川産に比べて若干大きい傾向がある。びわ湖産コアユ卵は、卵径 1mm 以下といわれているので石田川産の卵、ふ化仔魚が大きいことは、産卵親魚群にはコアユ以外の放流アユが含まれているためと考えられる。つぎに、流下卵のふ化期間中における日別ふ出仔魚数の、ふ出仔魚総数に対する割合を算出して、その結果を河川別に編め図6に示した。ふ出仔魚の経日変化は、姉川 A・B、石田川 C 卵では、ふ化開始から終了までのふ出傾向は類似していて、ふ化期間が長く、後半にふ出仔魚数が増える傾向がある。これに対して石田川 D 卵では、採卵10日後に総ふ出仔魚の87%がふ化し、顕著なピークがみられ、ふ化期間が短い。日間ふ出割合が5%以上

表-4 びわ湖流入河川別アユ卵ならびにふ化率、ふ化仔魚の大きさの比較

	犬上川、親魚別採卵 (1967)				姉川 (1978)		石田川 (1978)	
	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>4</sub>	A	B	C	D
卵径最小~最大 mm	0.83~0.93	0.86~0.93	0.83~0.88	0.80~0.90	—	—	0.80~0.94	0.80~1.08*
平均卵径 mm	0.880	0.897	0.856	0.836	—	—	0.878	0.916
ふ化率 %	84.7	58.4	81.1	91.6	83.6	63.0	63.3	57.9
仔魚の死亡率 %	9.1	23.3	25.2	13.0	0.7	1.1	1.6	1.3
仔魚の全長最小~最大 mm	5.60~6.35	5.60~6.13	5.08~5.65	5.30~5.65	4.10~5.85	4.10~5.90	4.35~6.35	4.50~6.60
平均全長 mm	5.97	5.83	5.49	5.49	4.94	5.03	5.35	5.75
卵黄径最小~最大 μ	75~248	113~195	158~320	185~298	217~699	106~585	193~702	175~690
平均卵黄径 μ	187	147	206	227	442	310	412	476
卵重 mg	—	—	—	—	—	—	0.314	0.411

\*) 未発眼卵

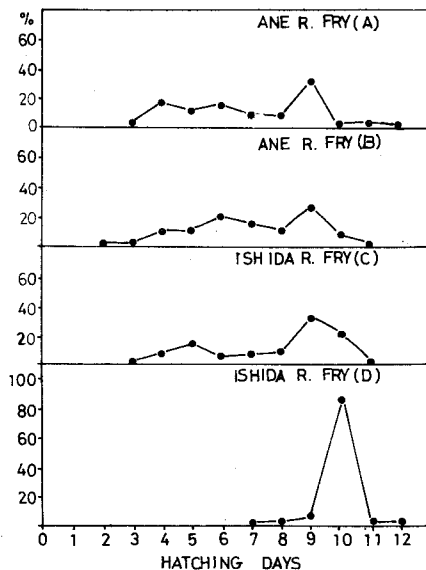


図-6 ふ化仔魚総数に対する日間ふ出仔魚割合の経日変化

を一応の基準としてふ出期間を算出すると、姉川A卵は採卵後4~9日、B卵は4~10日、石田川C卵は4~10日となる。

これに対して石田川D卵では、採卵9~10日の僅か2日間となる。このような結果から姉川A・B、石田川C卵のふ出期間が長期にわたるのは、産卵親魚群が異なり、産卵日の違った流下卵から構成されているためと考えられ、これに対して石田川D卵のふ出期間が短いのは、同一産卵群により短時日に産卵された流下卵であるためと考えられる。

つぎに流下卵の産卵が何時行われたものであるかを推定するため、アユの積算温度を一応220℃日(伊藤1971より計算)としてふ化完了までの積算温度から逆算して産卵日を計算すると、姉川A卵では採卵3~7日前、D卵は2~9日前、石田川C卵は2~10日前に、また石

田川D卵は3~4日前に産卵されたものと推定される。

犬上川産親魚別採卵群のふ化率は58.4~91.6%、平均78.95%であるのに対して、今回の実験では姉川産の平均73.3%、石田川産60.6%、両河川の平均は67%であった。したがって流下卵のふ化率が約10%低いこととなる。しかし、この流下卵のふ化率が平均67%あるということは、実際の河川においては流下後にふ化する可能性のあることを意味している。河川から流下したアユ卵は、自然条件では河口付近の底に沈み分布するものと考えられるが、このアユ卵のふ化に対して直接影響を及ぼす重要な要因の一つとして、河口水域の溶存酸素量があげられよう。田沢・水谷・大野(1978)によると、アユ卵の致死限界溶存酸素量は2.3~2.6 cc/lであり、また久保松(未発表)はアユ卵の酸素消費量は未発眼卵では80~110 μl/h/g、発眼卵では180~230 μl/h/g、また卵がほぼ90%以上生残できる溶存酸素量の限界は0.43~0.66 cc/lであることを明らかにしている。いずれの研究結果も、かなりの低酸素条件に耐えられることは明らかである。したがって卵の到達した河口付近が、ふ化に適した溶存酸素の条件を満していれば卵のふ化は可能といえよう。前述のように、昭和52年度のびわ湖流入河川における流下卵、流下仔魚の調査結果に、今回の実験結果をあてはめると、びわ湖において約4億8200万粒の流下卵が推定されるので、この67%即ち2億9400万粒がふ化し、アユ資源として添加されるものと考えられるので、流下卵はアユ資源への添加には無視できない重要性をもつものと考えられる。