

導水路・模型魚梯による人工種苗生産アユと 琵琶湖産アユ・ヤマメ等の遡上状況比較試験

西 原 隆 通 ・ 三 栖 実

放流用及び養殖用等アユ種苗の不足に対処するため、各県において人工種苗生産試験が進められ、大略の方式が確立しつつある。しかし、飼育池内で高密度でもって、人工種苗生産された稚アユを河川へ放流した場合、海産、琵琶湖産等天然稚アユと比較して劣ることなく、河川を遡上するかどうか、流れに対して遊泳力が充分適応できるかどうかということが議論され始めているが、人工種苗あゆが少いところから、未だ明らかにされるにはいたっていない。

幸いに、当場では昭和46年度から、人工種苗アユの高密度飼育試験に成功をみており、場内導水路を利用して、人工種苗アユ、琵琶湖産アユ、ヤマメ及びニジマスを用いて遡上調査をおこなったので、その結果について報告する。

本文に先だち標本の測定、資料の整理に協力された武井清作氏（当時日本大学農獣医学部学生）に厚く感謝します。

材 料 と 方 法

試 験 期 間

昭和47年8月3日から同年9月30日まで。

試験水路の構造

当場内の湧水導水路を利用して試験をおこなった。導水路の規模は図1のとおり、全長17.20m、巾1.70m、流れ巾0.60m、勾配 $\frac{3}{100}$ で上流部に長さ1.90m、巾1.70m、水深0.45m、面積3.23m²の溜と、下流部末端に長さ1.10m、巾1.70m、水深0.55m、面積1.87m²を有するコンクリート製水路で、この溜は小さな淵の形態に類似している。

導水路の流れ等の状況を見ると、下流部溜の落口（導水路下部末端）から上流4.70mまでは湛水部に当り水深は20cmから6cmで、流速は75cm/sec.を示し、4.7m点から上流部溜までは急流部で水深は6cm、流速は150cm/secであった。下流部溜の水深は55cm、下流部溜の落口（導水路下流末端）の水深は20cmである。

図一1 導水路の原型

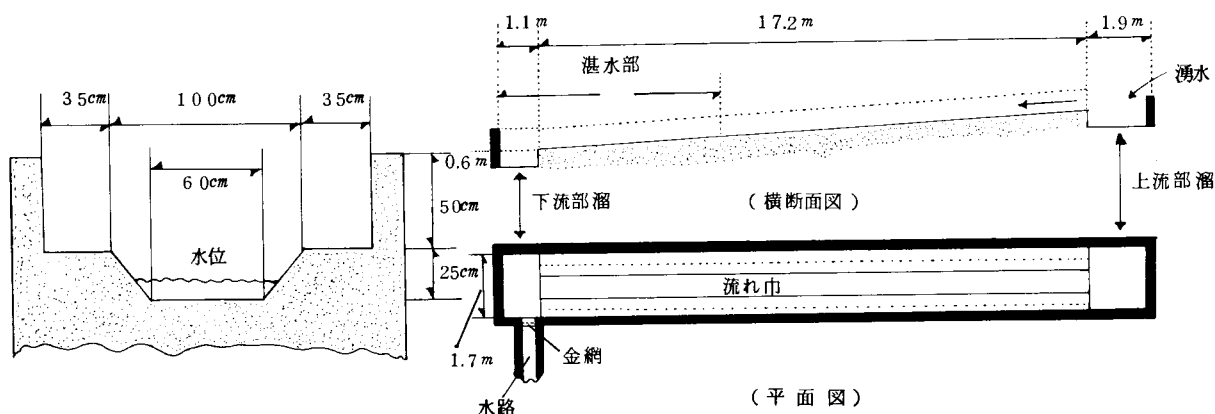


図-2 実験1の導水路

(下流部溜付近平面図)

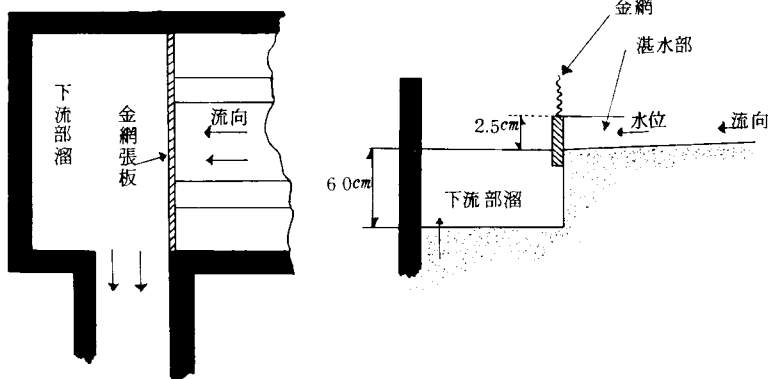
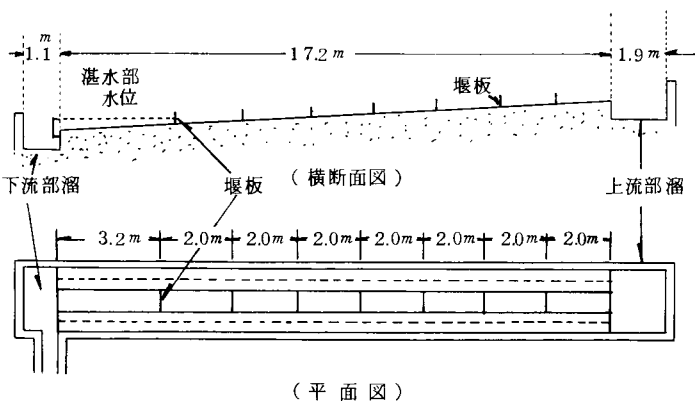


図-3 実験3の導水路



(平面図)

実験3；実験1、2では、上流部溜から12.0m下流まで流速150cm/secとなり、溯上できないものもいるので、上流部溜口から2.0m間隔で、落差6.0cm、7段の木製魚梯を設け、導水路末端湛水部に供試魚を放流する方法。

供試魚

供試魚は人工種苗アユ（以下人工アユと呼ぶ）、琵琶湖産アユ、ニジマス稚魚、ヤマメ稚魚を用いた。供試魚の体重、体長は表-1のとおりである。

人工アユは昭和46年11月上旬当場において、人工採卵ふ化飼育されたものを用い、奇型魚は予め除き、琵琶湖産と区別するため、脂びれを切除し1週間予備飼育をおこなった。

琵琶湖産アユは、昭和47年6月21日当場飼育池（11.0m×5.0m×0.7m面積55m²）へ移殖後養成中の20,000尾の中から選別したもので供試魚として使用するまでの養成期間は42日間である。飼育池の注水量は3ℓ/secで換水率0.28であるため、飼育池の流速は殆んどない状態であった。

ニジマス稚魚は、昭和47年3月、当場において、ふ化後養成したものである。

ヤマメ稚魚は、昭和46年11月上旬、当場において人工採卵ふ化後養成したものである。

実験1では、人工アユと琵琶湖産アユを、実験2では、第1回を人工アユ、琵琶湖産アユ、第2回を人工アユ、琵琶湖産アユ、ヤマメ稚魚、第3回を人工アユ、琵琶湖産アユ、ヤマメ稚魚、ニジマス稚魚を用いた。実験3では、実験2第3回と同様4種類のものを用いた。

この導水路を次のとおり、3方法で構造を変えて溯上試験を行なった。

実験1；導水路下流部

末端に木製の堰を設け、下流部溜との間に2.5cmの落差をつけて、溜の部分に供試魚を放流する方法。（図-2）

実験2；実験1の構造

で、下流部溜に供試魚が降らないように堰の上部に金網を取りつけ、下流部溜上流の導水路末端湛水部に供試魚を放流する方法。（図-2）

表一 実験1、2に用いた供試魚の大きさ

項目 魚種	体長(cm)		体重(g)	
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
人工アユ	10.4	±0.57	13.4	±2.00
琵琶湖産アユ	8.6	±0.41	8.7	±1.26
ヤマメ	11.0	±1.07	19.1	±5.43

(ヤマメ n = 20、アユ n = 30)

表二 実験3に用いた供試魚の大きさ

項目 魚種	体長(cm)		体重(g)	
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
人工アユ	10.6	±0.66	13.9	±2.08
琵琶湖産アユ	10.5	±0.85	14.6	±3.91
ヤマメ	11.0	±1.07	19.1	±5.43
ニジマス	9.8	±0.79	15.2	±3.75

(ヤマメ、ニジマス n = 20、アユ n = 30)

表三 溯上魚の測定結果

項 目 魚 種	実 験 1		実 験 2						実 験 3	
			第 1 回		第 2 回		第 3 回			
	平 均 体長cm	平 均 体重g	平 均 体長cm	平 均 体重g	平 均 体長cm	平 均 体重g	平 均 体長cm	平 均 体重g	平 均 体長cm	平 均 体重g
人 工 ア ユ	10.4	13.8	10.3	12.8	10.2	13.4	10.3	13.0	10.4	13.3
琵琶湖産アユ	8.9	9.4	8.6	8.7	9.2	8.9	9.3	9.4	10.5	14.3
ヤ マ メ	—	—	—	—	11.0	19.1	11.3	21.2	11.3	21.1
ニ ジ マ ス	—	—	—	—	—	—	9.2	13.5	9.6	14.7

また、導水路

を溯上した供

試魚の有無を

調べるため、

上流部溜の中

全体に抄網を

セットしてお

き、1日4回、

3時間々隔

(9時、12時、15時、18時)で、網を揚げて溯上魚の計数と体長(吻端から側線鱗末端まで)体重の測定を行い、一度使用したものは二度使用しないこととした。そのほか、放流直後は、供試魚が驚いて溯上するものがあるため、放流1時間後に上流部溜の網を揚げて供試魚を放流地点へ戻した。

結 果

昭和47年8月2日17時、実験1の方法で、下流部溜の中へ、人工アユ、琵琶湖産アユを各々200尾計400尾を放流し、8月14日17時まで12日間溯上状況を観測した。その後は供試魚が溯上の気配がないため観測を終了した。溜と導水路の落差は25cmで、溜の中に放流された供試魚はあゆの習性として流れに向って、流水の落口から跳躍をして導水路へ溯上するものと仮定したが、溜の中を遊泳して跳躍溯上するものは殆んどなく、放流後12日間に溯上したものは、表4、5のとおりで、人工アユ10尾、琵琶湖産アユ8尾で放流魚に対する溯上率は、それぞれ、5%及び4%と低い値で、人工アユ、琵琶湖産アユの間には差がないようであった。水温は湧水のため、常時14.1±0.3℃の範囲内にあり、あゆの

表四 放流魚の溯上結果(実験1)

(①晴、②曇、●雨 以下同じ)

項目	溯上尾数												計	溯上率(%)	放流尾数(尾)
そ上月日(8月)	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14			
天候	②	①	①	①	●	①	①	①	①	①	①	①			
気温(10時℃)	29.5	31.2	29.6	28.9	28.3	29.5	29.6	29.4	28.2	29.4	30.1	30.4			
人工アユ	0	2	1	0	0	0	0	2	0	0	1	4	10	5.0	200
琵琶湖産アユ	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	5	8	8	4.0	200

溯上に問題となるほど低いものではなかった。また導水路は下流部溜落口から上流へ5.2mまでは、湛水部となっており、¹⁾流速は湛水部末端で68cm/secで、白石の溯上アユの適性流速(50~70cm/sec)とほぼ一致していた。5.2m地点から上流部溜までの12m間の流速は150cm/secと相当に速く、上流部へ溯上しようとするものも、1~2m溯上して押し流されるものがみられた。溯上魚は天候が晴れて、気温の高い日に多い傾向がみられ、前日の18時以降9時までに

溯上しているものが多かった。溯上魚の大きさは、供試魚全体の平均値より僅かに大きい値であった。

8月16日から9月13日までは実験2の方法で3回行い、各回とも供試魚を変えておこなった。実験1の方法で溜の中へ放流したあゆは、流れのある導水路へ溯上するものが少なかったため、流れのあるところへ放流した場合のような行動を取るかを調べた。下流部溜と導水路の境を金網で遮断し、供試魚が溜の部分へ下流しないようにして、金網の上流側の湛水部へ供試魚を放流した。金網の上流側の流速は60cm/secであった。

第1回は8月15日17時に人工アユと琵琶湖産アユ各100尾放流を行なった。溯上結果は表-6、7のとおりで、8月16日から同月21日まで6日間に人工アユ76尾、76%、琵琶湖産アユ75尾75%のものが溯上し両者の間にはその上率の差はないようであった。溯上魚は放流翌日に最も多く、放流魚の50%前後が溯上している。溯上時刻は前日18時

表-6 放流魚の溯上結果(実験2第1回)

項 目	溯 上 尾 数						計	溯上率 (%)	放流尾数 (尾)
そ上月目(8月)	16	17	18	19	20	21			
天 候	①	①	①	①	●	●			
気温(10時℃)	29.6	29.8	30.1	30.5	28.9	28.5			
人 工 ア ユ	47	1	16	9	1	2	76	76.0	100
琵琶湖産アユ	56	2	7	10	0	0	75	75.0	100

表-7 時刻別、溯上状況(実験2第1回)

揚 網 時 刻		9 時	12時	15時	18時	計
人あ	そ上尾数(尾)	67	7	2	0	76
工ゆ	比 率(%)	88.2	9.2	2.6	0	100.0
琵琶湖産	そ上尾数(尾)	71	2	2	0	75
琵琶湖産	比 率(%)	94.6	2.7	2.7	0	100.0

表-8 放流魚の溯上結果(実験2第2回)

項 目	溯 上 尾 数								計	溯上率 (%)	放流尾数 (尾)
そ上月目(8月)	29	30	31	9/1	2	3	4				
天 候	◎	◎	①	◎	①	①	①				
気温(10時℃)	28.5	24.0	30.4	27.0	28.2	26.7	25.4				
人 工 ア ユ	4	0	0	0	0	0	0	4	11.4	35	
琵琶湖産アユ	4	0	1	0	0	0	0	5	14.3	35	
ヤマメ	5	0	0	0	0	0	0	5	14.3	35	

表-9 時刻別溯上状況(実験2第2回)

揚 網 時 刻		9 時	12時	15時	18時	計
人ア	そ上尾数(尾)	0	4	0	0	4
工ユ	比 率(%)	0	100.0	0	0	100.0
琵琶湖産アユ	そ上尾数(尾)	1	4	0	0	5
	比 率(%)	20.0	80.0	0	0	100.0
ヤマメ	そ上尾数(尾)	4	0	1	0	5
	比 率(%)	80.0	0	20.0	0	100.0

表-5 時刻別溯上状況(実験1)

揚 網 時 刻		9 時	12時	15時	18時	計
人ア	そ上尾数（尾）	8	2	0	0	10
工ユ	比 率（％）	8.0	2.0	0	0	100.0
琵琶湖産アユ	そ上尾数（尾）	3	0	5	0	8
	比 率（％）	37.5	0	62.5	0	100.0

以降から翌朝9時までの間に溯上したものが大半であった。

第2回は8月28日17時に、人工アユ、琵琶湖産アユ、ヤマメ各35尾放流を行なった。溯上結果は表-8、9のとおりで、8月29日から9月4日まで7日間に溯上したものは11.4~14.3%で低い値であったが、人工アユ、琵琶湖産アユ、ヤマメとも大差がないようで、第1回と同様な傾向であった。

第3回は9月8日17時に、人工アユ、琵琶湖産アユ、ヤマメ、にじます各50尾放流を行なった。溯上結果は表-10、11のとおりで、9月9日から9月13日まで5日間の溯上率は、琵琶湖産アユ40.0%、ヤマメ38.0%、ニジマス32.0%、人工アユ24.0%

%の順で、溯上魚は、ニジマスを除き放流翌日に最も多く、その後は放流場所の環境になれるためか余り溯上をしなくなるようである。溯上時刻は、前日18時以降翌朝9時までの間に溯上したものが多い傾向を示した。

9月22日から9月30日まで実験3の方法で行い、前日17時に人工あゆ、琵琶湖産アユ、ヤマメ、ニジマス各50尾を金網の上流側湛水部へ放流をおこなった。実験2の方法で流れのある所へ放流した場合、かなり溯上することが判明したが、流速150cm/secの急流部

表一 10 放流魚の溯上結果(実験2第3回)

項 目	溯 上 尾 数						計	溯 上 率 (%)	放 流 尾 数 (尾)
そ上月日(9月)	9	10	11	12	13				
天 候	●	●	◎	①	①				
気温(10時℃)	24.1	25.1	25.3	24.8	23.9				
人 工 ア ユ	12	0	0	0	0	12	24.0	50	
琵琶湖産アユ	19	0	0	1	0	20	40.0	50	
ヤマメ	19	0	0	0	0	19	38.0	50	
ニジマス	5	5	3	1	2	16	32.0	50	

表一 11 時刻別溯上状況(実験2第3回)

揚 網 時 刻	9 時	12時	15時	18時	計
人ア そ上尾数(尾)	7	0	5	0	12
工ユ 比 率(%)	58.3	0	41.7	0	100.0
琵琶湖産アユ そ上尾数(尾)	10	1	9	0	20
琵琶湖産アユ 比 率(%)	50.0	5.0	45.0	0	100.0
ヤマメ そ上尾数(尾)	19	0	0	0	19
ヤマメ 比 率(%)	100.0	0	0	0	100.0
ニマス そ上尾数(尾)	14	0	1	1	16
ニマス 比 率(%)	87.5	0	6.25	6.25	100.0

表一 13 放流魚の溯上結果(実験3)

項 目	溯 上 尾 数										計	溯 上 率 (%)	放 流 尾 数 (尾)
そ上月日(9月)	22	23	24	25	26	27	28	29	30				
天 候	①	◎	①	①	①	①	①	●	◎				
気温(10時℃)	23.5	21.4	22.8	23.3	22.9	23.2	21.6	17.7	19.1				
人 工 ア ユ	14	0	1	10	6	4	0	0	0	35	70.0	50	
琵琶湖産アユ	15	0	1	10	3	2	0	0	0	31	62.0	50	
ヤマメ	31	1	1	0	0	2	0	0	0	35	70.0	50	
ニジマス	15	4	6	4	1	1	2	0	3	36	72.0	50	

表一 14 時刻別溯上状況(実験3)

揚 網 時 刻	9 時	12時	15時	18時	計
人ア そ上尾数(尾)	31	3	1	0	35
工ユ 比 率(%)	88.6	8.6	2.8	0	100.0
琵琶湖産アユ そ上尾数(尾)	22	6	3	0	31
琵琶湖産アユ 比 率(%)	71.0	19.4	9.6	0	100.0
ヤマメ そ上尾数(尾)	30	3	1	1	35
ヤマメ 比 率(%)	85.7	8.6	2.85	2.85	100.0
ニマス そ上尾数(尾)	29	1	5	1	36
ニマス 比 率(%)	80.5	2.8	13.9	2.8	100.0

は、天候、気温に関係なく溯上するようであった。供試魚放流後30分間の観察では最下流部から一段目の魚梯上に人工アユ、琵琶湖産アユの約1/2が、ニジマス、ヤマメは極く僅か溯上したが、上流部溜まで一気に溯上したものはなかった。溯上時刻は18時以降翌朝9時までの間に溯上したものが大半である。

分が12.0mと相当の距離があり、溯上を始めて3~8m位溯上しても、おし流されるものがみられたので、図-3のような2m間隔、落差6cmで7段の木製魚梯(堰堤)を設け、魚梯最下流部の金網上流湛水部へ放流をしたもので魚梯各区分における流速は表-12のとおり、1.6~3.6cm/secであった。

表一 12 魚梯各区分別流速(実験3)

上流部溜からの距離	2m	4m	6m	8m	10m	12m	14m	17.2m
魚梯各区分の流速(cm/sec)	20	23	31	29	36	33	28	16

また、試験期間が9月末になり、アユの産卵期が近づいて来たので溯上試験を終了したが、供試魚には、「さび」のするようなものは、11月下旬まで見当らなかった。その他、溯上状況の観測を短期間としたことは、放流後の供試魚が環境に順応するためか容易に溯上しなくなるためである。

溯上結果は表-13、14のとおりで、9日間の溯上率は人工アユ70.0%、琵琶湖産アユ62.0%、ヤマメ70.0%、ニジマス72.0%で、比較的よい溯上率を示した。溯上魚の多い日は、天候が晴れて気温の高い日に多くみられたが、ニジマスについて

表-15 放流魚総数の溯上結果(実験1~3)

項目 魚種	放流場所及び放流数(尾)(A)			溯上尾数(尾)(B)			溯上率 (B/A) (%)		
	溜の部分から	流れの部分から	合計	溜の部分から	流れの部分から	合計	溜の部分から	流れの部分から	合計
人工アユ	200	235	435	10	127	137	5.0	54.0	31.5
琵琶湖産アユ	200	235	435	8	131	139	4.0	55.7	30.0
ヤマメ	—	135	135	—	59	59	—	43.7	43.7
ニジマス	—	100	100	—	52	52	—	52.0	52.0

表-16 時刻別溯上魚総数の状況

揚網時刻	9時	12時	15時	18時	計
人ア	113	16	8	0	137
エユ	82.5	11.7	5.8	0	100.0
琵琶湖産アユ	107	13	19	0	139
琵琶湖産アユ	77.0	9.3	13.7	0	100.0
ヤマメ	53	3	2	1	59
ヤマメ	89.8	5.1	3.4	1.7	100.0
ニマ	43	1	6	2	52
ジス	82.7	1.9	11.5	3.9	100.0

実験1~3までの方法について、総数をみると、表-15、16のとおりで、導水路下流部溜の中に放流したものは溯上率が悪かったが、流れのある所へ放流した場合は溯上率も良好であり、いずれの方法でも人工アユと琵琶湖産アユとの間に、溯上については優劣がないようであった。

溯上時刻は、日没前後の夕刻もしくは夜間、或は日出後の早朝であるか確認はしなかったが、18時以降、翌朝の9時までの間に、人工アユ、琵琶湖産アユ、ヤマメ、にじますともに溯上したものが大半であった。

考

察

実験1~3の方法で導水路を利用し、模型魚梯等を設置して、人工アユ、琵琶湖産アユを中心に溯上状況について比較試験を行なった。放流場所を溜の部分、流れの部分と変えたため、放流場所間の溯上率には、大きな差がみられたが、総数では、人工アユの溯上率は供試魚435尾に対して31.5%、琵琶湖産アユでは供試魚435尾に対して30.0%で両者の間に優劣はみられなかった。現在、人工アユの大量生産は各県において成功をみつつあり、今後の種苗生産方式は海水による流水(注水)方式と汽水による高密度飼育循環ろ過方式の二方法に決定づけられてくるものと考えられ、飼育方法上から河川へ放流後の溯上、生長、分散、再捕率等が論じられているが今回の溯上状況についての試験調査では、輸送後一度蓄養した琵琶湖産種苗との間には、溯上については優劣の差がないようであった。しかし、琵琶湖産アユを琵琶湖から輸送し、飼育池へ収容した場合、1日後位までは、20~30cmも盛に跳躍をして池からとびだすことが多いが、輸送直後のこのような琵琶湖産アユを用いて比較した場合は違った結果になるかもしれない。

また、放流場所についても、溜の部分へ放流した場合、流れの部分へ向って溯上を始めると考えられるが、今回の試験結果では、溜の中から跳びはねて溯上するものは非常に少なかったが、流れの場所に放流した場合の溯上率は、人工アユ54.0%、琵琶湖産アユ55.7%と、良く溯上している。特に流速150cm/secの部分で、16~39cm/secにした場合の溯上率は、62~77%にもなっている。このことは、河川放流を行う場合、余り流れのない淵に放流するよりは、稍流れのあるような所に放流する方が溯上も早く、放流場所の選定に関係があるようにうかがえる。

2) 最多溯上時刻は、鈴木によれば三重県滝原堰堤魚道では、14~15時とされているが、今回の試験結果では、日没前後の夕刻か夜間もしくは、日の出後の早朝の間か確認はしなかったが、前日18時以降から翌朝9時までの間に溯上しているものが、人工アユ82.5%、琵琶湖産アユ77.0%、ヤマメ89.8%、にじます82.7%でそのような傾向はみられなかった。

また、ヤマメ、ニジマスもよく溯上をしているが、アユとの比較については、さらに追試を行わなければ結論はだせない

ようであった。

要

約

1. 昭和47年8月3日から同年9月30日まで、場内の長さ20.2mの湧水導水路を利用し、魚梯等の設置をおこなって、人工種苗アユ琵琶湖産アユを中心に、ヤマメ、ニジマスを用いて、溯上状況について比較試験を行なった。
2. 導水路の勾配は $\frac{3}{100}$ で、下流部溜から5.2mまでは流速60(堰板の上に金網つけた場合)~68cm/sec(堰板)、5.2m点から上流12.0mまでは流速150cm/secであった。この導水路に2m間隔で落差6cm7段の魚梯を設けた場合の各区間の流速は、16~36cm/secの範囲内であった。
3. 人工種苗アユを流水が流れこむ溜に放流した場合、この溜の部分から流れの所へ出て、溯上する場合の溯上率は、人工種苗アユで5.0%、琵琶湖産アユで4.0%と低率であったが、流れの部分に放流した場合の溯上率は、人工種苗アユ54.0%、琵琶湖産アユ55.7%、ヤマメ43.7%、ニジマス52.0%であった。人工種苗アユと琵琶湖産アユの間には、優劣はみられなかった。
4. 平均体長8.6~10.4cm程度の稚アユでは、流速150cm/sec、水深6cm、長さの12.0mの区間を上流まで溯上できないで押し流されるものもみられた。また、人工種苗アユと琵琶湖産アユの間に優劣はみられなかった。
5. 導水路に魚梯を設けて、流速を16~36cm/sec内に緩やかにした場合の溯上率は非常に良好で、人工種苗アユ70.0%、琵琶湖産アユ62.0%、ヤマメ70.0%、ニジマス72.0%であった。
6. 最多溯上時刻は、日没前後の夕刻か夜間もしくは、日の出前後の早朝か確認できなかったが、前日18時以降9時までの間で、人工種苗アユ88.6%、琵琶湖産アユ71.0%、ヤマメ85.7%、ニジマス80.5%が、この時刻に溯上しており、人工種苗アユと琵琶湖産アユの間には余り差がないようである。
7. 溯上は、人工種苗アユ、琵琶湖産アユ、ヤマメでは、天候が晴れて気温の高い日に多い傾向がみられた。

文

献

1. 白石芳一 1955 階段式魚梯における溯上あゆの生態について 水産増殖3(1)
2. 鈴木喜三郎 1959 滝原堰堤魚道のアユ溯上状況 三重水産試験場伊勢湾分場研究報告№1
3. 山長雄・滝沢達夫・大塚亜善・原田孝・角田啓 1967 よび水式魚道にかんする実験 木曾三川河口資源調査報告 №3