

# 夜間の電灯照射による秋アユの越年飼育について

古川 優・松本清雄

## まえがき

魚類の生殖巣成熟と光週期との関連性についてはOGNEFF(1911)<sup>4)</sup>によりフナで認められており、その後にも多くの研究者による多魚種にわたっての報告があり(2, 5, 10, 12, 15)光週期を人為的に調節することによって成熟の遅速がある程度可能なことがたしかめられている。

アユについては野中(1957)<sup>11)</sup>が光の人為的調節により成熟促進が可能であると報じ、又成熟抑制については小林・松本(1959)<sup>6)</sup>・(1960)<sup>7, 8, 9)</sup>によりその効果が認められている。更に白石・武田(1961)<sup>13)</sup>は天然アユの産卵期の遅速と緯度との関係から光週期の関連性を見出し、この原理を応用した早期採卵や越年飼育の可能性を証明し、事業面応用への見通しを得たと報じている。

我々は秋多量に漁獲されるにかかわらず利用価値の低い湖産秋アユを池中養成用種苗として利用すべく、夜間に電灯を照射して飼育したところ良好な結果を得て前報に報じた(古川他・1963<sup>5)</sup>)。今回は更に照射の時間的な調節や灯の種類についての比較試験を実施したのでこれについて報告する次第である。

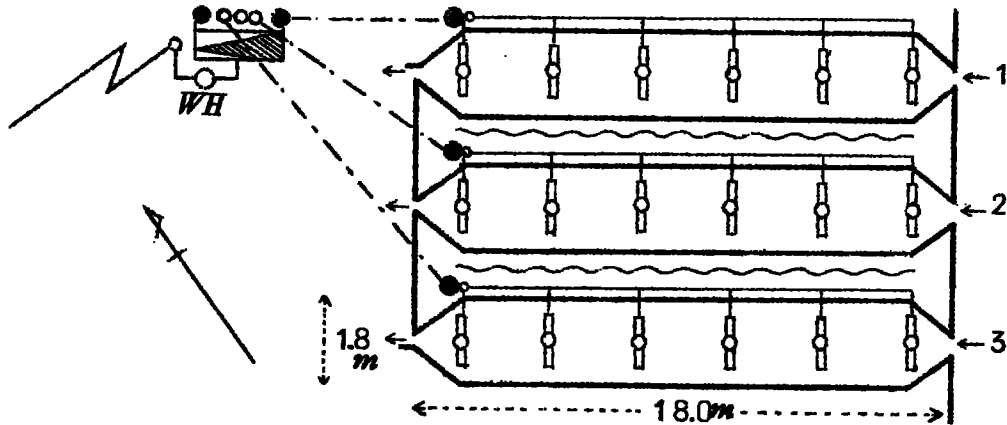
本試験を実施するにあたって淡水区水産研究所 加藤竹一郎博士・新潟大学 本間義治博士・大津臨湖実験所 森主一博士・東京水産大学 永山文男博士の方々からは御教示、ご指導をいただき、関西電力株式会社、日本農業電化協会滋賀地区委員会からは種々ご便宜をはかっていただいた。ここに深く感謝の意を表する次第である。

## 方 法

### 【試験池】

第1図に示す。水深は約60cm、注入水量は約2  $\text{m}^3$  飼育期間中の水温は14.0~17.0℃

の範囲であった。

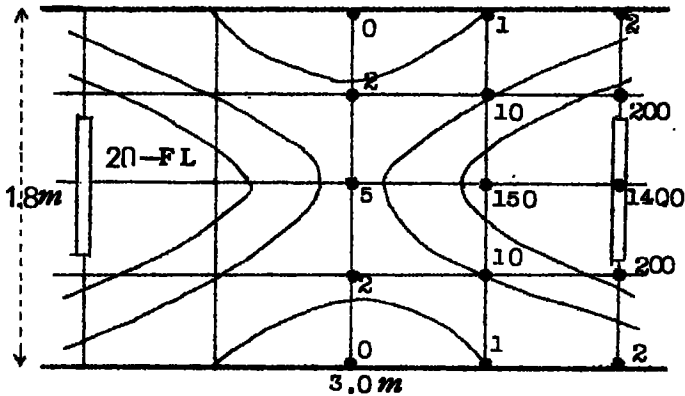


第1図 試験池

数字は池番号、→は水の流れ、~~~~は遮光板

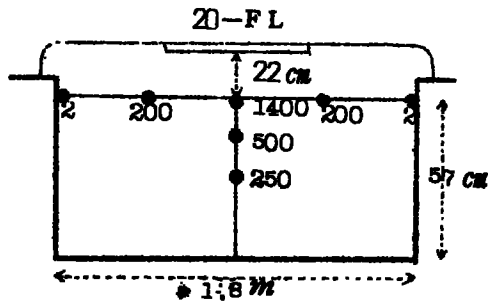
【電照施設】20ワット真天然昼光色蛍光灯(20FL-D-SDL)を各池6灯ずつ水面上約20cmの位置に設置し、隣接池へ灯光が及ばないように高さ約60cmの遮光板を設けた(第1図)。

夜間点灯時の照度分布は第2図に示したが、灯からの距離によって非常な差がある(水面上の平均照度は83ルクス)\*。



【電照方法】

点灯は17時頃に、消灯はタイムスイッチにより第1表の要領で、日出時刻\*\*を基準として自動的に行ない、その変化が10分に達するごとに作動時刻を調節しなおした。電照は8月8日に開始した。したがって試験期間中の各池の明暗(厳密には薄明の約30分間は暗の中に含まれているが便宜上こう呼ぶ)の変化は第3図のようになる。



第2図 夜間点灯時の照度分布(ルクス)  
 上図:水面上での水平分布  
 下図:灯直下での垂直分布

\* 関西電力株式会社の測定による。

\*\* 彦根地方気象台の資料による

【種 苗】

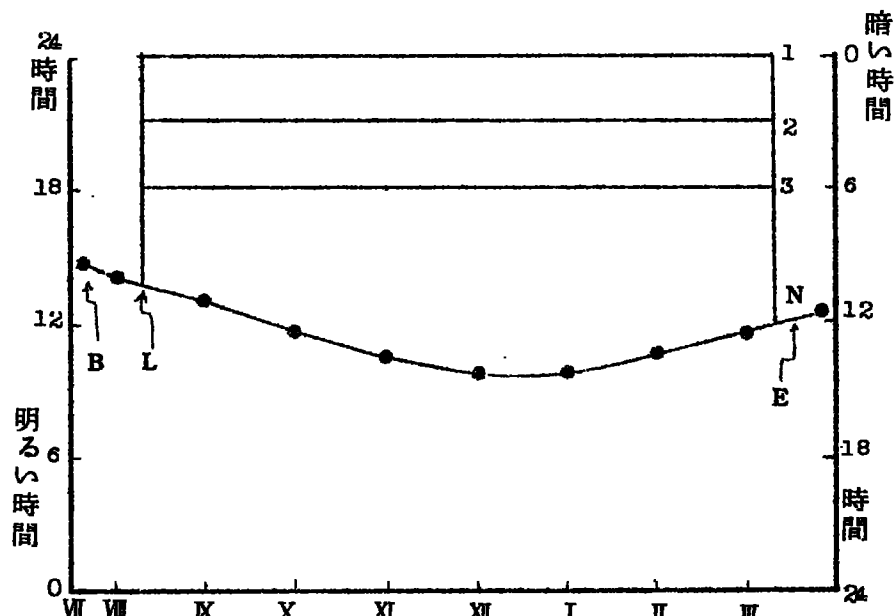
1961年7月19日に姉川で四つ手網によって漁獲されたもので一旦蓄養した後健全なものをえらび、翌20日に各池へ2421尾(約8.0kg)ずつ放養した。

【餌 料】

現在県下の春鮎池中養成業者は短期飼育の場合は生餌(主としてアジ)を相当量使用しているが、施設等の関係から生餌は全く使用せず、大麦仕上糠60%と乾燥蚕蛹粉40%に青野菜を少量添加し、1日2~3回団子にして与えた。

【材 料】

放養後半月ごと位にピンモジ又はタモで各池雌雄5尾程度ずつ採集し、ホルマリン液で固定した後測定した。



第3図 自然日長の変化と電照時間の変化

1,2,3,は池番号 .Nは自然日長 .Bは種苗放養  
Lは電照開始 .Eは試験終了

第1表 電照調節時間

池番号	夜間の消灯時間	日出~日没及び点灯時間
1号池	0 時間	24 時間
2号池	3	21
3号池	6	18

結 果

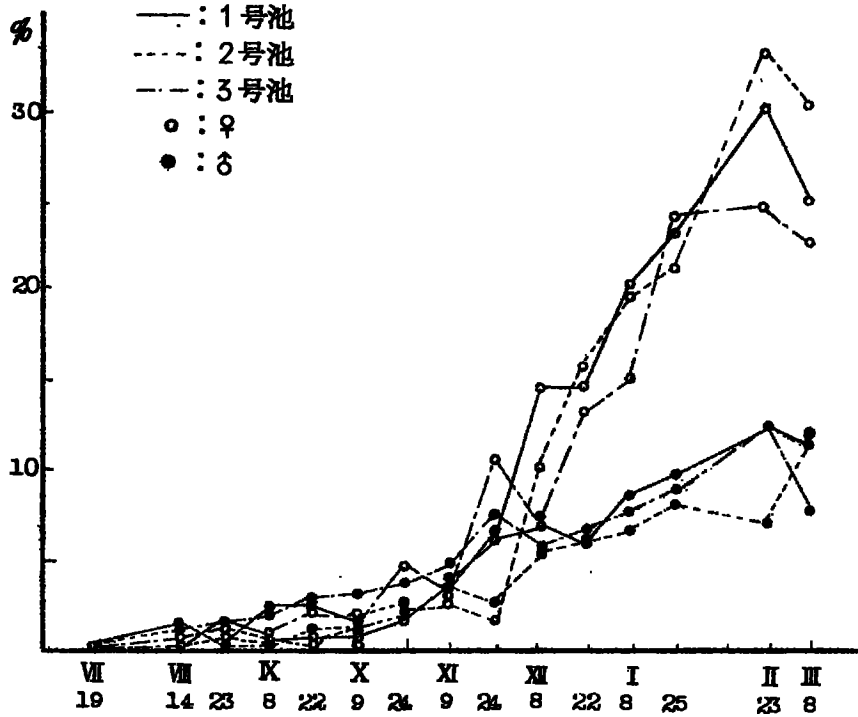
I 生殖巣について

1) 成熟度の変化 前述により採集した材料について成熟度(生殖巣重量/体重×100)を算出しその変化の状態を第4図に示した。

これによると、一般的な傾向として雌雄とも上向きの曲線となり、雌では11月初までは5%以下にとどまっているがそれ以後特に12~2月では急激に増加し25~33%にも達する。その後はやや減じ、3月の試験終了時には22~30%となっている。一方雄では当初3か月間は雌よりもやや大きい、その後の増重は比較的小さく3月で3~12%となっている。

2) 変化の観察 一括して次表に示す。

第4図 成熟度の変化  
縦軸：成熟度 生殖巣重量/体重 × 100



第2表 生殖巣の変化

池番号 月	1	2	3
Ⅶ	非常に小さく痕跡程度で雌雄の区別もつけにくい		
Ⅸ	卵粒は小さいが肉眼にもわかる大きさ、精巣は白く大きい	卵巣小さく卵粒も微小 精巣やや小さい	卵巣は細長く小さい 精巣も小さい
Ⅺ	卵粒が個々にほぐれる個体もあるが一般に未熟		卵巣やや熟し大きい個体もあるが一般に未熟
Ⅰ	精巣の内容物が溶出する個体があるが粘性をおびている	帯黄白色の卵巣もある	1号池と同じ
Ⅲ	卵粒は個々にほぐれる粘性をおびた内容物が溶出する精巣がある	1号池と同じ	1号池と同じ

すなわち1 1月頃まではる通りの場合相互間にある程度の成熟の遅速があり、遅いものから3号池(18時間)2号池(21時間)1号池(24時間)の傾向がうかがわれるが、1月以降では差がみとめられないようになる。

## II 体色の変化について

各採集時における魚体はその時の採集魚すべてが同程度の体色を呈しているとは限らず、特に冬

期以降はこのばらつきが大きい。大体の観察結果として第3表に示すと、12月頃までは18時間の場合がやや黒変がおくれたようであるが、1~3月になるとあまりはっきりした差がみとめられなくなることがわかる。

第3表 光週期の人為調節による体色変化の比較

池番号 月	1	2	3
Ⅶ	銀白色に光り体表はなめらか雌雄の区別つけ難い		
Ⅸ	雌雄共銀白色で判別し難いがサビの出現した雄もある。下旬には全般的にやや黒味をおびた黄色となる	雌雄共銀白色 下旬には雄はやや黒味をおびた黄色となる	雌雄共銀白色 下旬には雄は雌にくらべてやや黒い
Ⅺ	雌は黒味のある黄白金色 雄は雌よりも黒味のある黄白銀色を呈する	雌雄共やや黒味をおびた白銀色を呈する	2号池と同じ
Ⅻ	一般に雌雄共黒く特に雄の体表はざらざらし腹、臀鰭には追星がみられる		全般的にやや黒味をおびる
I	真黒の雄がある 雌はたいして変化なし	1号池と同じ	1号池と同じ
Ⅲ	全般に黒ずんでいるが雌は体表なめらか、雄はざらざらする	1号池と同じ	1号池と同じ

### Ⅲ 成長について

魚類の成長と成熟との関係に於て、成長傾向はまた成熟の一つの指標ともなりうると言われており(白石・武田1961<sup>13)</sup>)、一方池中養成事業では成長度の大小が最も大きな問題でもあるのでこの点についてしらべてみた(第5図)。図によると全長では当初7.8cmの種苗は各池共殆んど差がみられないまま11月までほぼ直線的な傾向を示し、その後は殆んど停止している。そして、11~12月以降ではそれぞれの間ややばらつきがみられるようになるが、全般的にみて18時間(3号池)の場合が他よりも伸びがよいようである。また体重では伸びと同様当初は3者間に差がみられないままほぼ重なりあって増重するが、10月頃からは差がひらきはじめ11~12月には最高となる。以後は減少し、結局3.4g→2.8~3.4g→2.1~2.4gと変化し、この場合も18時間の場合がやや重いような傾向がうかがえる。

### Ⅳ 斃死数について

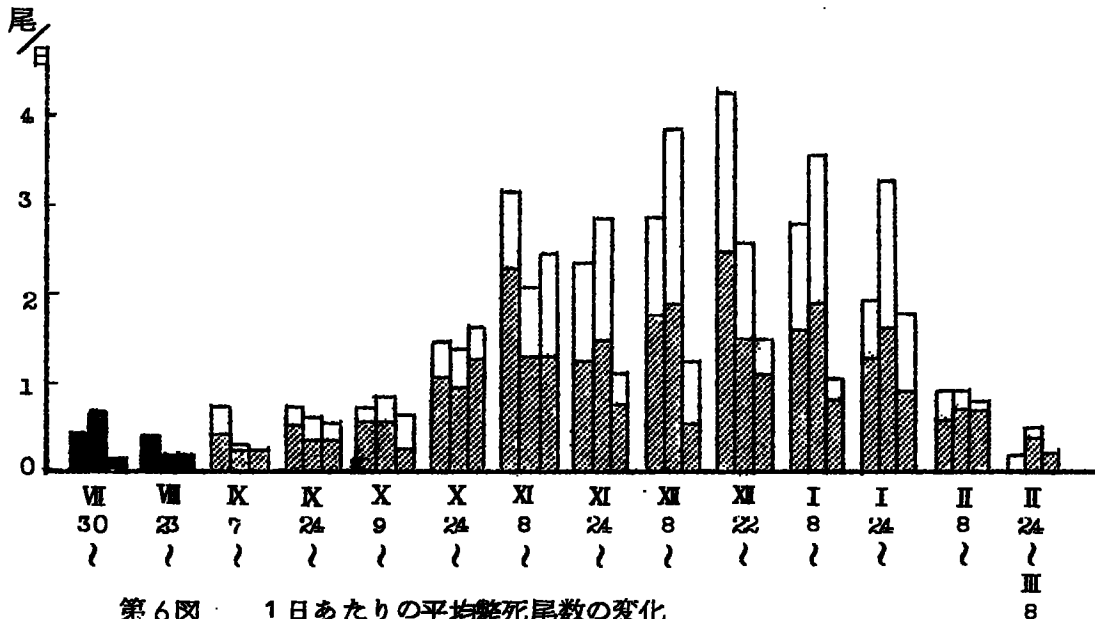
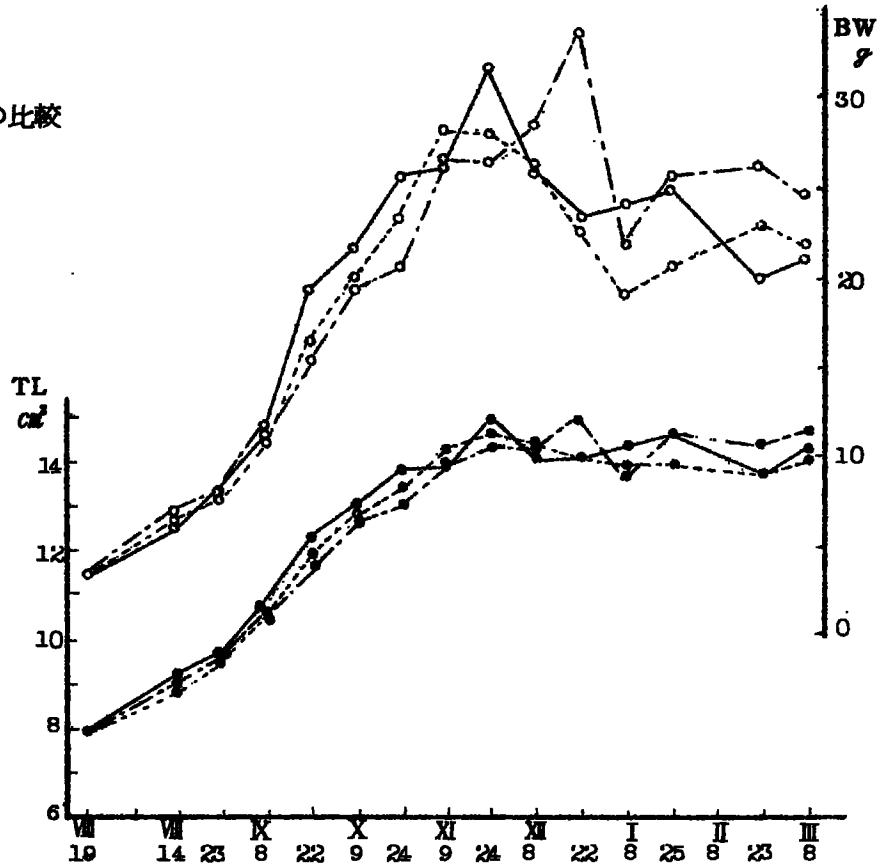
ある標本採集日から次の標本採集日(約半月間)までを1区分とし、各区分ごとに1日当りの平均斃死尾数を算出すると第6図となり、これから放養当初は非常に少ないが10月頃から除々に増

加し、12月には4尾/日に達する池もある。その後は順次減少し、3月には12月の1/10以下となる。そしてこれを池別にみた場合1(24時間)、2(21時間)号池にくらべ3(18時間)号池は少なく特に他の池で死亡の多い11~1月にその差が顕著である。なおこれを雌雄別にみると全期間を通じて各池共雌の方がやや多く、11月頃まででは24時間の場合が、そして特に雌の方が多しように思われる。

第5図 成長度の比較

横軸：標本採集日  
TL：全長  
BW：体重

—— 1号池  
- - - 2号池  
- · - 3号池  
● 全長  
○ 体重



第6図 1日あたりの平均死亡尾数の変化

■：♀+♂    ▨：♀    □：♂  
左：1号池 中央：2号池 右：3号池

歩どまり及び斃死率について次表に示す。

第4表 秋アコ飼育における歩どまり及び斃死率

池番	月日 項目	Ⅶ. 20 放養時	Ⅺ. 29 歩どまり	Ⅲ. 6 斃死率
1		2421尾 (8.0kg)	1796 (38.6) 76.9%	15.0%
2		同	1779 (37.5) 75.4	15.3%
3		同	1652 (37.0) 73.0	9.1%

考 察

1 照射時間の違いによる差の比較

まず生殖巣の成熟度についてその差を比較するにあたり、雌はばらつきが大きいので、比較的その小さいように思われる雄についてみると、飼育日数と成熟度との関係は次式で表わされ、95%の信頼限界で有意な差が認められた。(第7図)

$$1号池(24時間) \dots\dots R_1 = 0.02 D_1^{1.14} \quad R'_1 = 0.001 D_1^{1.71} (*)$$

$$2号池(21時間) \dots\dots R_2 = 0.004 D_2^{1.40}$$

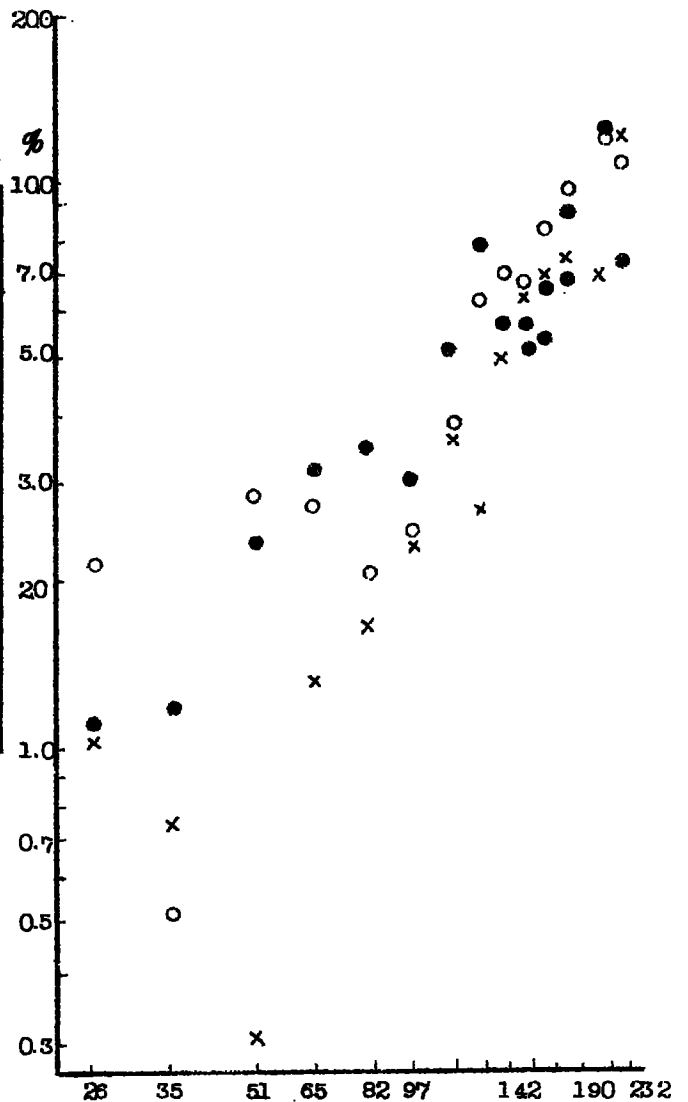
$$3号池(18時間) \dots\dots R_3 = 0.04 D_3^{1.01}$$

但し  $R_i$  は成熟度(%)、 $D_i$  は飼育日数を示す。

即ち少なくとも雄については  $1.8 < 2.1 < 2.4$  時間の順となる。

またQUASIM(1955)<sup>14)</sup>は或種の海産魚の稚魚を飼育するのに、同じ餌料を投与しても明暗を交互にした場合は、どちらか一方だけの状態の時よりも生残が非常に永く、魚類において

(\*) 5個体中1~2個体だけが特別に大きな値(他の4~2.5倍)を示した時が14回中3回あって、ばらつきが大きいので一応これを除外して求めた式。



第7図 成熟度の変化(%)

縦軸：成熟度 横軸：飼育日数  
○：1号池 ×：2号池 ●：3号池

も暗い時間の必要性を認めている。

本年度においては10月下旬頃から伝染性背部瘍<sup>※※</sup>の発病があり、そのため摂餌状態が極めて不良となったため、その後の増重に大きな支障をきたし、更に鳥獣等による試験魚の捕獲が相当量にのぼったと推定されるため斃死数が少ないのに歩どまりが悪い(すなわち不明数が多い)と言う結果を招いた。従って大ざっぱな見方となるが3つの場合について総合比較してみると第5表としてまとめられる。

第5表 照射時間の相違による各部の比較(3月)

項目	明時間	24	21	18	備 考
	成熟度		>	>	
生殖巣の成熟状況(観察)		≒	≒		11月までは18時間が一番おそい
二次性徴の出現状況(・)		≒	≒		12月までは18時間が一番おそい
成長度	全長	≒	<		
	体重	≒	<		
斃死数		≒	>		

即ちこの表から少くとも3つの場合では、18時間が最も効果的であると言えよう。しかしながら夫々3者間の差はごく僅かずつであり、あまり明瞭でない。このことについてはあとで考えてみたい。

## 2 灯の違いによる比較

つきに35年度に実施した白熱灯60ワット終夜照射の場合<sup>3)</sup>と本年度の蛍光灯60ワット終夜照射の場合とについて比較してみる。白熱灯照射時の照度分布が測定していないので照度を含めての考察はできないが、一応目安として両者の結果を比較してみる(第6表)。

これによると成熟度では大差なく、全長及び斃死数では蛍光灯の方が、歩留りでは白熱灯の方が夫々良い結果となり、体重では12月は蛍光灯、3月では白熱灯が良好となっている。なお前述したように疾病等が成長や歩留りに相当大きな影響を与えたと考えられるのでこの表だけからは両者の比較はむづかしい。

## 3 照度について

さき一寸ふれたが、今回の結果ではそれぞれの池の間での差があまり明瞭にあらわれていないことについて考えてみたい。

魚類の成熟と光週期に関してはいろいろしらべられているが、照度とについての報告はあまりないようである。我々は夜間電照時にアユがどの様な場所に集まっているかを観察したが、夜間

※※) 三重県立大学尾崎久雄博士による。これに関し同氏からは種々御教示をたまわった。深く感謝する次第である。



第6表 白熱灯及び蛍光灯の終夜照射における秋アユの飼育結果

項目	月	Ⅵ	Ⅻ	Ⅲ
	成熟度	白♀	極微	約 10%
白♂		'	10	8
蛍♀		'	14	25
蛍♂		'	約 7	11
全長	白	7.9cm	約 12.0	約 12.0
	蛍	7.8	14.0	14.5
体重	白	3.5g	約 26.0	約 30.0
	蛍	3.4	32.0	23.0
1日当り平均斃死数	白		7.5尾	0.4
	蛍		4.1	0.1
歩留り	白		92.3%	
	蛍		76.9	

は魚群の活動はにぶくなり、灯と灯との中間や、その両壁面即ち照度の非常に小さい部分(第2図)に集まり、何等かの刺激を与えない場合にはごく稀に、そしてごく少数しか灯下に遊泳して来ず、またたとえ来遊してもすぐ暗い場所へ移動する。そのため電照の効率が悪く、従って電照時間の違いによる池毎の成長度等の差も不明瞭な結果になったのではないかと考える。即ち電照飼育の場合照度についてはまだ明らかでないが、少なくともその分布はなるべく池面全面にわたって均一にすること、又はその池面での最低照度を一定以上の明るさにする必要があるのではないと思われる。換言すればいくら灯直下の照度を大きくしても、灯の間隔が大きすぎるなどによって極端な暗所ができるならば電照の効率は非常に悪くなって来るのではなからうか。

#### 4 経済効果について

前述の様に今回は試験期間中の疾病等により歩留りが多かったため比較的試験に影響を及ぼす度合の小さかったと考えられる8~12月の5ヵ月間に限ってその生産費を算出してみた(第7表)。

放養7,263尾、歩留り76.9%とすれば最終とりあげは5,585尾となり、1尾当り5.89円、1尾26gとすれば、とりあげ時1kg当り453円の生産費を要したことになる。しかし、35年度では疾病も出なかった関係上92.3%の歩留りを示しているのでより低い生産費となる可能性もあり、更に我々は便宜上乾燥餌料だけを使用した。生餌を使用すればより大きな成長も期待できるであろう。

#### ま と め

秋期多量に漁獲される秋アユを種苗として電照飼育を実施し、電照時間、灯の種類、照度、経

第7表 秋アユの電照飼育に要した経費(8~12月)

	種苗 30kg(8800尾)当り	1尾当り(歩留り76.9%)	比率	備 考
種 苗 費	1000 <sup>円</sup>	0.18 <sup>円</sup>	3.1%	放養数は約24kg(7263尾)
輸 送 費	1100	0.20	3.4	自動車燃料費及び輸送人夫日当
電 灯 料	5500	0.98	16.6	20ワット蛍光灯18灯分
餌 料 費	10450	1.87	31.6	蚕蛹及び大麦仕上糠
電照施設費	13818	2.48	42.2	工費93180円を10年消却、蛍 光管18本毎年取替
その他雑費	1000	0.18	3.1	
計	32868	5.89	100.0	

済効果について得られた結果を検討した。

- 1 成熟度は雌雄共8月には極微であるが、3月には雌22~30%、雄3~12%に増加し、特に雄に於ては18<21<24時間の順となり、それぞれの差は有意である。
- 2 生殖巣は8月には非常に小さく、痕跡的で雌雄の区別もつけにくい程であるが、11月頃には、18時間のものの成熟が最もおこなわれている。しかし肉眼的な観察では3月頃になると三者間の差は殆んど見分けられなくなる。
- 3 二次性徴としてのサビ、追星等の出現はやはり12月頃までは明らかに18時間のものがおそいが、これも3月頃には差がなくなってくる。
- 4 白熱灯60ワットと蛍光灯20ワットとについて終夜照射の場合を比較すると、成熟度は殆んど差がなく、全長や死亡率では蛍光灯が、歩留りでは白熱灯がよい結果を得、体重では12月では蛍光灯、3月では白熱灯が良好となっている。しかし蛍光灯の場合、疾病や鳥獣害による影響が大きかったと考えられるので、正確な比較ができなかった。
- 5 夜間電照の魚群は灯の直下をさけて照度の非常に小さい部分に集まる。その結果今回の試験ではそれぞれの差が明瞭でなかったのではないかと推察した。したがって電照飼育の場合に極端な暗所があればその効率は非常に悪くなるものと考えられる。
- 6 今回の試験に於て、8~12月の5カ月間についての生産費を算出すると取揚時で1尾約5.9円1kg当り453円となるが、歩留りや成長の向上が期待できるので、生産費はそれ以下となり、秋アユ池中養成事業への見透しを得た。

#### 文 献

- 1) B. D. COMBS, R. E. BURROWS and R. G. BIGEY: *The Effect of Controlled Light on the Maturation of Adult Blueback Salmon*, *The Progressive Fish-Culturist*, 21(2), 63~70, (1959).
- 2) B. W. CORSON: *Four Years Progress in the Use of Artificial-*

*ally Controlled Light to Induce Early Spawning of Brook Trout.*

————— 17(3), 99~102, (1955).

- 3) 古川 優・松本清雄・小林茂雄：夜間の電灯照射がアユの生殖巣の成熟抑制および魚体の成長に及ぼす効果について、滋賀県水産試験場事業報告，(14)，7~20，(1962)。
- 4) G.E.PICKFORD and J.W.ATZ：*The Physiology of the Pituitary Gland of Fishes.* 1~613，(1957)，New York.
- 5) 石井重男：鮎の産卵促進試験について、第32回全国湖沼河川養殖研究会要録，39，(1959)。
- 6) 小林茂雄・松本清雄・大野喜弘：びわ湖産秋アユの越年飼育試験——I，滋賀県水産試験場研究報告，(10)，10~18，(1959)
- 7) ————；————— II，—————，(11)，6~9，(1960)。
- 8) ————；————— III，—————，(11)，15~20，(1960)。
- 9) 小林茂雄・松本清雄：夜間の電灯照射が養殖アユの生殖巣と体重に及ぼす影響について、—————，(11)，15~20，(1960)。
- 10) 加福竹一郎：日射と生殖腺成熟との関係、第33回湖沼河川養殖研究会要録、93~98 (1960)。
- 11) 野中正人：アユ産卵に関する池中実験——II、淡水区水産研究所資料、(5)，11~16，(1957)。
- 12) R.W.HARRINGTON, JR.: *Photoperiodism in Fishes in Relation to the Annual Sexual Cycle*, WITTHROW, (ed.): *Photoperiodism*, 651~667, (1959)。
- 13) 白石芳一・武田達也：アユの成熟に及ぼす光週期の影響、淡水区水産研究所研究報告，11(1)，69~85，(1961)。
- 14) S.Z.QUASIM: *Rearing Experiments on Marine Teleost Larvae and Evidence of their Need for Sleep*, *Nature*, 175(4448)，217~218，(1955)
- 15) T.P.HAZZARD and L.D.EDDY: *Modification of the Sexual Cycle in Brook Trout by Control of Light*, *Trans. Fish. Soc.*, (80)，158~162，(1951)。

