

電照飼育によるアユの成熟促進一Ⅱ

春期における電照期間ならびに日長時間が成熟に及ぼす影響について

伏木省三

On Acceleration of Gonadal Maturation of Ayu-fish (*Plecoglossus altivelis* T. & S.) by Means of Controlling Illumination.Ⅱ
The Effect of Term and Length of the Photoperiod in Spring Season on the Gonadal Maturation.

はじめに

1957年野中¹⁾ によってはじめて検討された本邦産アユ (*Plecoglossus altivelis* T. & S.) の成熟と光周期との関連性は、その後多くの研究者に引きつがれ、現在では臨界日長時間^{2,3)} 臨界照度⁴⁾ 光線の種類⁴⁾ 等の成熟に關与する諸要因が明かにされ、事業面でもこれらの知見が広く応用されるようになった。

アユの成熟促進には黒ビニール幕等で池全面を覆い日長時間を臨界値よりも短かくする Shade Culture が、また逆の抑制には夜間点灯して日長をそれよりも長くする電照飼育が行われているが著者等は春期に一定期間長日条件で飼育した後、自然日長にもどす方法により、アユの成熟が顕著に促進されることを明かにした。

この成熟促進技法は従来の方法よりも労力や施設の面で有利な点が多く、電照施設を利用して成熟促進ならびにその逆の抑制が出来るので、事業的にも利用価値が多いものと考えられる。しかしながらこの新技法におけるアユの成熟と光周期との関連性は全く不明であり、従来の考え方とは長日処理の意味が全く異なるものと考えられる。

したがって新技法の確立を計るためには、光処理の時期に當る春期において、成熟に關与する諸要因の究明が必要である。そこで本実験では種々の長日条件で飼育したのち自然日長にもどし、その成熟状況からこれらの問題について検討を加えた。

本実験を進める上で有益なご助言ご指導を賜り、また本稿の校閲を頂いた東京大学日比谷京教授北里大学鈴木敬二助教授に深謝の意を表す。

第1図 アユの成熟一Ⅱ

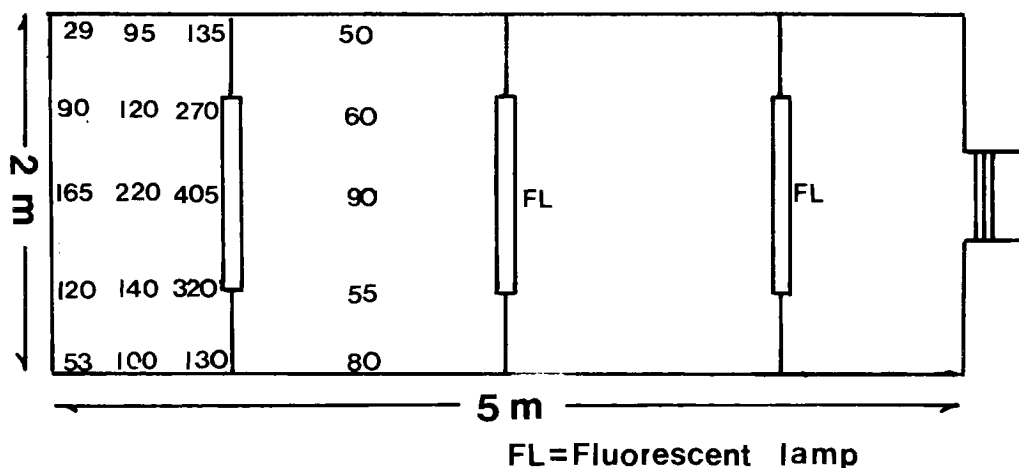


Fig. 1 Plan of the tank illuminated by fluorescent lamps. Numbers show intensity of illumination on the water bottom.

実験方法

I 電照期間と成熟との関係

5×2 mの縦型コンクリート飼育池2面を本実験に使用した。1面は自然日長で飼育し対照区とした。他の1面は40W白色蛍光灯8本を第1図に示したように等間隔に設置し、timesmitchで毎日日没から翌日の午前1時まで点灯した。なお夜間点灯中の池底の照度分布は第1図に記したとおりである。

電照は4月28日から5月28日までの35日間行い、その後は自然日長に切り替えた。電照区のアユはそれぞれ35日間、28日間、21日間、14日間、7日間電照するために、自然日長で飼育したアユを電照開始時ならびにそれ以降は、1週間間隔で計4回放養した(第2図)。なお混養されたこれらのアユの電照期間が判別出来るように脂鱗切断や墨注入法⁶⁾で標識をつけた。

II 日長時間と成熟との関係

前実験と同様の電照施設のある同型飼育池4面を使用した。いずれの試験区も4月23日から5月28日までの35日間電照し、その後自然日長に切り替えた。電照時間は1面は日没前から翌日の午前1時まで(実験Iと共用)他の3面はそれぞれ日没前から23時30分、22時00分、20時30分までとした(第3図)。

両実験とも供試魚は4月に天然河川に遡上した湖産アユを用いた。飼育水は水温18.6℃の清澄な地下水を用い、飼料として日本配合飼料KKのアユ用クランブルを与えた。

自然日長切り替え後は、各区の成熟状況を比較するため、2週間毎に雌雄別に10尾ずつ(実験Iでは各標識別に分けて)採集しホルマリン固定後体重ならびに生殖腺重量を測定し、生殖腺指数を算出した。

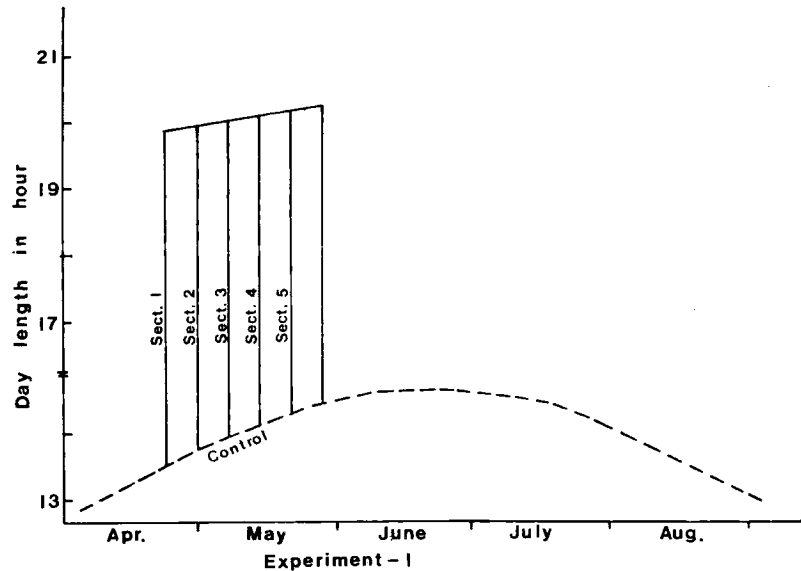


Fig. 2 Seasonal change of natural day-length at Hikone (N35 15) and explanation of the experimental section in Experiment-I.

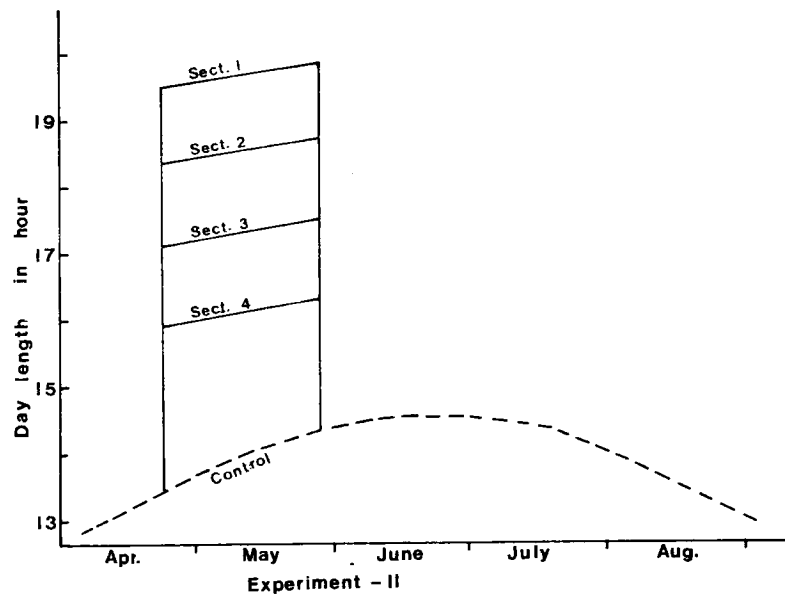


Fig. 3 Seasonal change of natural day-length at Hikone (N35 15) and explanation of the experimental section in Experiment-II.

結 果

実験 I

対照区ならびに各実験区の生殖腺の発育状況を取りまとめ雌雄別に第 3 図に示した。

自然日長で飼育した対照区のアユの成熟状態を見ると、7月29日の成熟度は雌 0.19, 雄 0.2 で低かったが、8月12日のそれは雌 1.16, 雄 3.28 でかなり成熟していた。したがって成熟開始は8月上旬頃と考えられる。その後8月26日、9月6日には雌 8.18, 20.23 雄 6.08, 8.02の成熟度を示し、この間の成熟は急激に進み、9月上旬後半には完熟に近い状態となった。

一方 35 日間電照したアユの成熟は、自然日長切り替え後 20 日目の 6月17日にはすでに雌 0.61, 雄 1.36の成熟度を示し、自然日長切り替え直後から開始された。その後7月1日、15日、29日には雌 6.67, 16.70, 23.80 雄では 7.20, 8.39, 8.90の成熟度で、自然日長で飼育したアユが成熟を開始した時期にすでに完熟の状態となり、自然日長区より約 40 日早い成熟を示した。

21 日間の電照区では6月17日の成熟度は雌 0.31, 雄 0.21 で自然日長区のそれよりもやや高い値であったが、その後7月1日、15日、29日、8月12日、26日には雌 1.96, 7.09, 19.71, 21.89 雄 3.41, 7.01, 8.64, 8.90の成熟度を示し、完熟寸前の状態に達したのは、35日間電照のアユが完熟となった8月上旬から20日遅い8月下旬であった。

また 28 日間電照のアユの成熟は上記の 35 日間、21 日間電照のアユが示したその中間

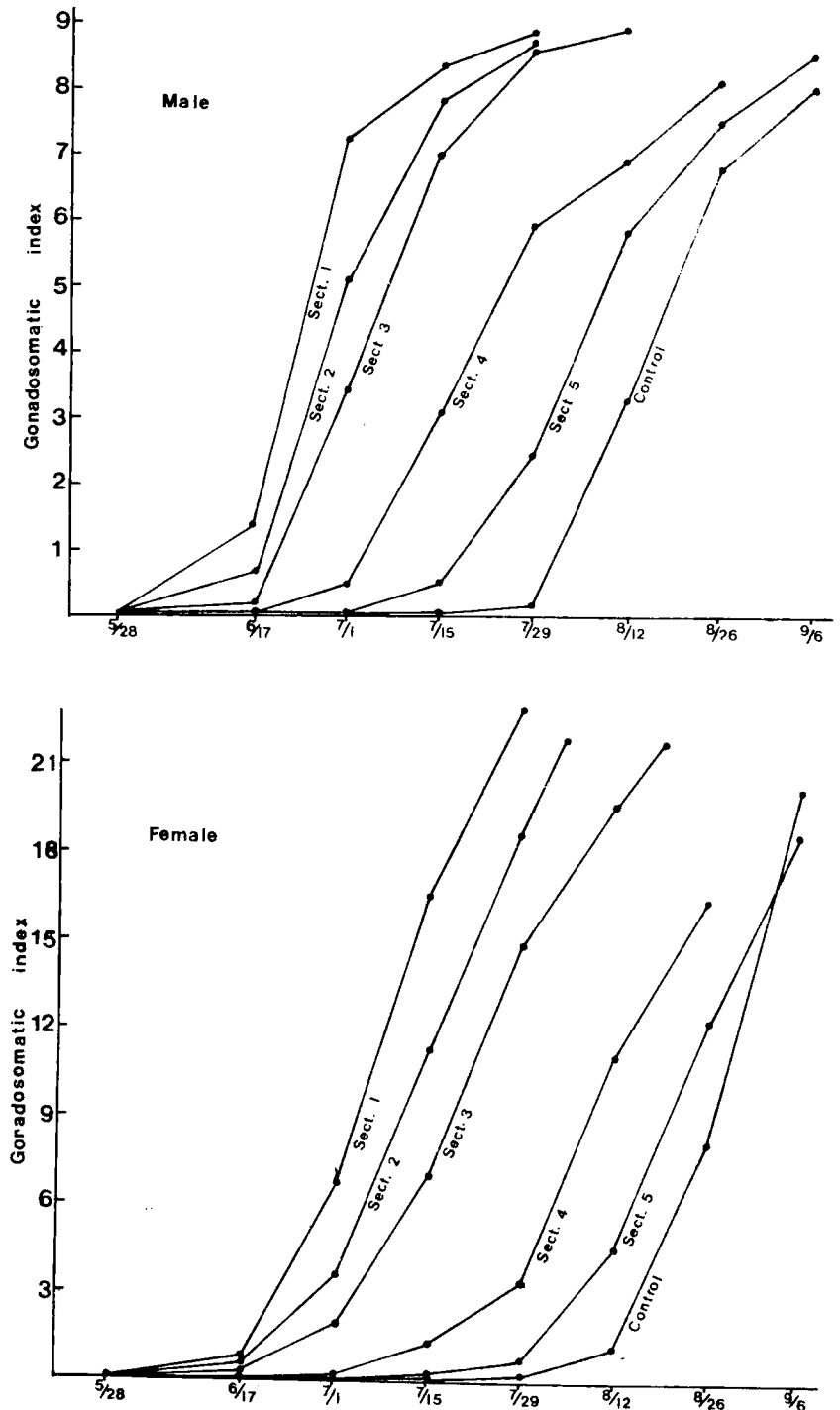


Fig. 4 Correlation between term controlling the photoperiod and gonadal maturation of Ayu-fish.

的推移であった。

7日間電照のアユでは雌は自然日長切り替え後48日経過した7月15日にはわずか0.3の、また雄では84日経過した7月1日には0.05の成熟度で、その間殆んど成熟は見られなかった。その後は7月29日、8月12日、26日、9月9日には雌0.75、4.58、12.89、18.89 雄2.48、5.84、7.47、8.55の成熟度を示しその間の生殖腺の発育速度は対照区や85日間電照したアユのそれにくらべ遅く、完熟寸前の状態となったのは、それよりも約15日遅れて成熟開始した対照区のアユと同じ時期であった。14日間電照のアユの成熟は21日間及び7日間電照のアユが示したその中間的な推移であった。

実験Ⅰ

各区のアユの成熟状況を雌雄別にとりまとめ第5図に示した。85日間日没から23時30分まで電照した区の生殖腺の発育は6月17日、7月1日、15日、29日には成熟度で雌0.61、6.67、16.76、28.28 雄1.86、7.20、8.37、8.90を示し、午後1時まで電照したアユが示した成熟と略同様であったが、22時まで電照した区では、それよりも約10日間遅い成熟を示した。

また20時30分まで電照した区では、雌では7月1日まで雄では6月17日まで殆んど成熟が見られず、それ以降から成熟した。しかしながらその成熟速度は遅く、完熟寸前の状態となったのは、8月下旬頃であった。

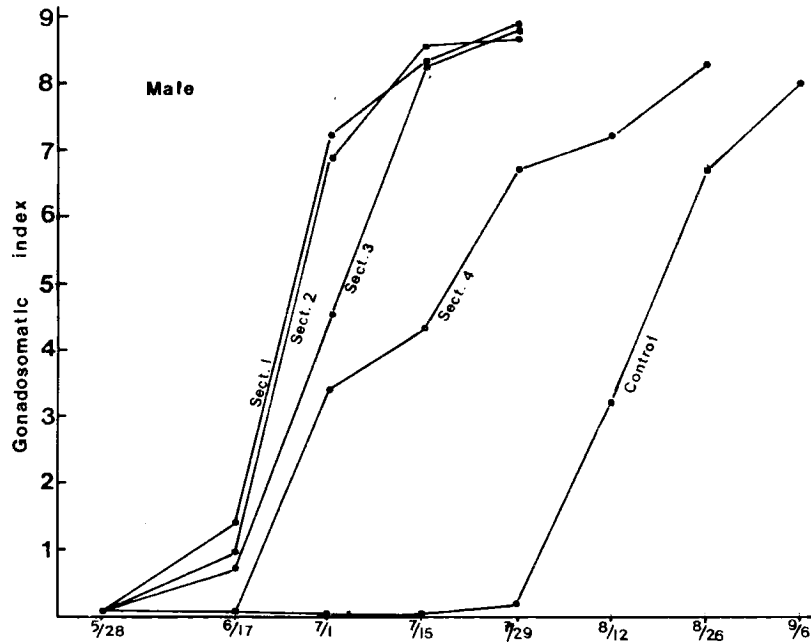
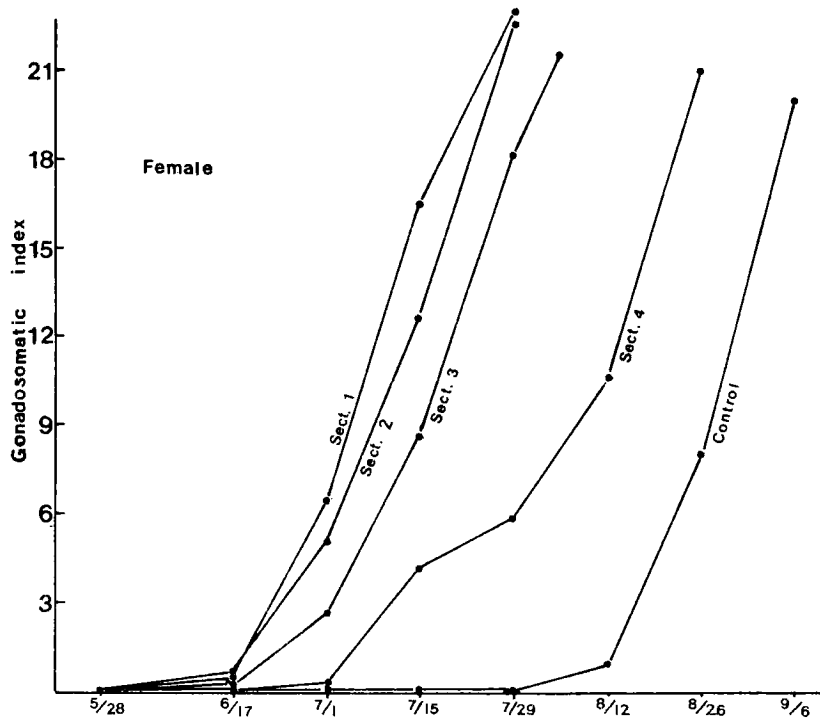


Fig. 5 Correlation between day-length given and gonadal maturation of Ayu-fish.

第6図 アユの成熟—Ⅰ

以上が各区のアユの成熟状況である。これを総合的にとりまとめると下記のようなになる。

アユの生殖腺は初期には漸進的にその後は完熟寸前まで急激に発育し、その後は鈍くなるので、成熟は典型的なシグモイド型を示した。しかしながら電照期間が長く、また同一期間電照しても、電照時間が長いと、その成熟は自然日長切り替え直後から開始され、その後の成熟も早い

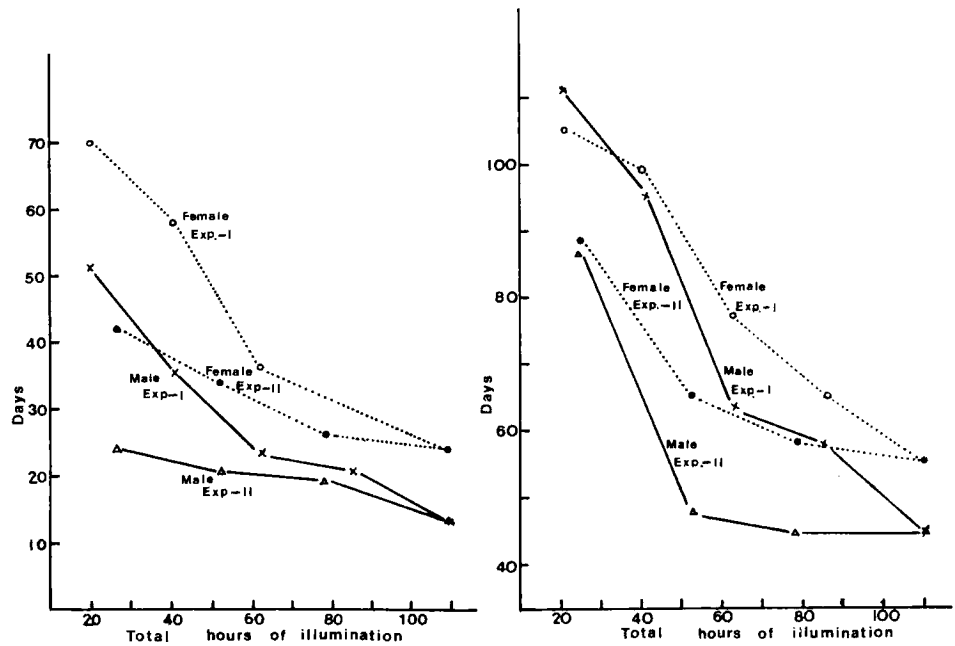


Fig. 6 Correlation between total hours of illumination and duration from the day returning natural day-length to the day reaching to 3 (left) or 20 (right) (female), 1 (left) or 8 (right) (male) in gonadosomatic indices.

間に電照期間や時間が短いと、成熟開始時期が遅れその後の成熟速度も遅い。したがってこのシグモイド型の成熟曲線は電照条件に大きく左右され、横に延長された型となったり、逆に短縮された型となった。

今この関係を見るため、初期の発育過程を成熟度で雌 3, 雄 1 また完熟を雌 20, 雄 8 までと仮定し、その発育状況を自然日長切り替え直後からその値に達した所要日数で、また各区の電照状況を積算電照時間でそれぞれを表し、両者の関係を見ると第 5 図に示したようになり、逆の相関が見られた。なおこの図において各積算電照時間に対応する自然日長切り替え後から上記の成熟度に達するまでの日数は、雌雄とも実験Ⅰよりも実験Ⅱの方が短い、このことから同じ積算電照時間であっても、1日の電照時間を長くするよりも、日数をかけて電照した方が成熟促進の効果は大きいと云える。

またそれぞれの区で雌雄別の生殖腺の発育状況を見ると、雄の方が早く成熟が開始され、特に電照期間や日長が短い区程、雌雄の成熟開始時期に大きな開きが見られ、完熟に達するのも雄の方が早く明かに雄性先熟の現象が見られた。

考 察

本実験におけるアユの成熟に対する光周刺激の意義は 2 つ考えられる。1 つは電照による長日条件から自然日長への切り替えによる急激な日長の短縮化と、他は電照期間中の長日の効果である。前者は自然日長切り替え後から生殖腺が発育肥大することから、後者は積算電照時間と生殖腺の発育との間に相関が見られることから、それぞれの意義が示唆される。

アユの成熟現象は日長時間を逐次短縮することによってその効果が現れるとする考え方と、臨界日長時間が存在し、それよりも短い日長で成熟が進むとする 2 つの考え方があるが、後者の考え方を支持する報告が多い。^{2, 3)} 本実験では電照による長日条件から自然日長に切り替えて、急激な日長の

短縮を行ったわけであるが、生殖腺の発育は一年で最も日長の長い夏至を中心とした時期に行われ、しかも自然日長で飼育しているアユは、この時期には成熟は全く見られなかった。このことは前者の日長の短縮化による成熟を支持する事実と考えられる。

次に電照期間中の長日の刺激である。電照期間中の生殖腺は非常に小さく、重量はわずかながら増加するが、成長に伴う体重増のため、成熟度は殆んど変わらなかった。接岸中や河川遡上の湖産アユ幼魚の生殖腺の組織学的観察では雌は1～8月に染色仁期、4～5月に周辺仁前期、6～7月に周辺仁後期となり、8月に入って卵黄胞期・卵黄球期となり、卵巣卵は大きく発育肥大する。また雄でもこれに対応する組織学的変化を示す⁷⁾と云われている。したがって本実験には雌では周辺仁前期また雄ではこれに対応するstageの供試魚を使用したことになる。

鳥類における生殖周期を光周期との関連性において再生期、準備期 preparatory phase、成熟期 reproductive phase、とに分類し、前2者を光に反応しない不応期 photorefractory periodとする学者も多い。⁸⁾ アユにおいてもこの考えをもとにして白石は preparatory phase、progressive phase、reproductive phase とに分け、reproductive phase は卵黄胞期・卵黄球期に当たるとした。⁸⁾

冷水性魚類において reproductive phase 以外の時期に成熟と光周期との関連性を検討したものは少なく、カワマス (*Salvelinus fontinalis* MICHELL) を用いた HENDARSON の報告⁹⁾ や、アユを用いた白石の報告¹⁰⁾ があるに過ぎない。白石はこの時期の長日条件は成熟促進の効果が見られるとし、この考えをもとにしてあらゆる光条件での成熟 pattern を考察した。

本実験では日長を急激に短縮させて成熟開始を促したが、成熟は以前に受けた光の照射時間量(臨界日長が存在し、それ以上の時間量の可能性もある。)により大きく左右され、日長の短縮直後から成熟開始される場合もあれば、かなりの期間を経過したのち成熟が開始される場合もある。またその後の成熟速度もこれにより大きく影響される。日長の急激な短縮後かなりの期間を経過したのち成熟が開始されたのは、日長を短縮した当時は生殖腺の発育態勢が整っていなかったもので、その後の自然日長で徐々に発育態勢が整い、以前に受けた日長の短縮化の刺激はそのまま持続されていたので、その時点から成熟が開始されたと考えればスムーズに説明出来るようである。

したがってこの時期の長日条件は直接生殖腺の発育を促がすとす白石の考え⁹⁾ より、アユが成熟するためには、それ以前に必ず一定時間以上の光の照射を受けることが必要条件であり、成熟開始後の発育速度もこれによって影響されるとした方が妥当のようである。

本実験において同じ光条件で飼育しても雄の方が早く成熟を開始し、完熟に達するのも雄の方が早かった。この雄性先熟現象の原因は成熟に必要な照射時間が雌雄によって異なり、雄の方が少ないためと考えられる。また成熟に必要な照射時間は電照方法により変わることが明らかとなった。

従来から検討されて来たアユの成熟問題は主として7月以降の実験であり、その時点でかなりの光の照射を受け、成熟開始の刺激を受ければ、成熟が開始される状態に近いものを用い reproductive phase における成熟要因の検討であった。本実験の場合は成熟態勢が整うまでの光周期の影響検討が主であり、したがって両者は本質的に異なり、すでに明かにされた種々の要因やその値は本実験における成熟にはすべてあてはまるとは考えられず、それらについては今後の検討に待たねばならない。以上春期の長日条件がアユの成熟に及ぼす影響について考察したが、この長日条件がどのような内分泌機構を通じて生殖腺に影響を与えるのか、またその影響が卵母細胞や精原細胞にどのような変化となって現れるのかは不明であり、今後検討すべき重要課題の一つである。

要 約

白石の preparatory phase, progressive phase のいずれかに当たる時期において、アユの成

熟と光周期との関連性を明かにするため、雌では周辺仁前期、また雄ではそれと対応する stage の供試魚を用い、長日条件から自然日長への切り替えによる成熟促進技法で、春期の電照期間ならびに電照時間がアユの成熟に及ぼす影響について検討した。

成熟開始時期ならびにその後の生殖腺の発育速度は、成熟開始となる刺激を受けた場合、それ以前に受けた光の照射時間によって異なり、照射量が多いと刺激を受けた時点から成熟が開始されるが、少ないと、かなりの期間経た後でなければ成熟が開始されなかった。またその後の生殖腺の発育もこの光の照射時間に大きく影響された。このことからアユが成熟するためには、それ以前に一定時間以上の光の照射が必要な条件であり、その成熟速度もこれに影響されると推論した。

臨界日長時間以上の日長範囲でも急激な日長の短縮は成熟開始の刺激となる。この刺激は場合によっては長期間持続されて、その影響が現れることもある。雄性先熟の現象が見られたのは同一光条件で飼育しても、成熟に必要な光の照射時間が少ないためであり、また一定時間光の照射を受けても照射方法より成熟促進効果に相違が見られた。

文 献

- 1) 野中正人 1957: アユの成熟に関する池中実験……Ⅱ 養殖アユの成熟に及ぼす光周期の影響(予報) 淡水研研究資料 (5) 11~16
- 2) 鈴木敬二 1975: アユの成熟に関する光周期の意義 学位論文内容要旨
- 3) 白石芳一 1965: アユの成熟に及ぼす光周期の影響 第2報適正照射時間について 淡水研報 15 (1) 60~80
- 4) 羽生功・鈴木敬二等 1971: 色光照射によるアユの成熟抑制 昭和46年度水産学会春期大会講演発表
- 5) 伏木省三・的場洋 1976: 電照飼育によるアユの成熟促進 昭和51年度水産学会春期大会講演発表
- 6) 中賢治・的場洋 1976: 入墨および注入法によるアユの標識方法の検討 昭和51年度水産学会春期大会講演発表
- 7) 本間義治・田村栄光 1962: ビワ湖産コアユの生殖腺における周年変化 魚類学雑誌 9 (1~6) 135~152
- 8) 小林英司 1974: 環境と内分泌 日本動物学会編 東京大学出版会
- 9) HENDARSON N. E. 1968: Influence of light and temperature on the reproductive of the eastern brook trout *Salvelinus fontinalis* (MICHELL). J. Fish. Res. CANADA 2 (4) 859~887
- 10) 白石芳一 1965: アユの成熟に及ぼす光周期の影響 第6報 日長時間の切りかえの成熟に及ぼす影響 淡水研報 15 (1) 91~98