

### 第3章 臨界日長時間の変動

第2章で述べた実験で、アユを春季に長日条件で飼育した後、自然日長にもどせば成熟が開始され、一年で最も日長の長い夏至を中心とした時期でも成熟することが明らかとなり、また、その成熟は日照期間や一日の日長時間の長日処理条件如何で大きく左右されることからアユの成熟には秋季の短日条件のみならず春季の長日条件も重要な要因であることが判明した。しかしながら、この場合の成熟開始が単に日長の急激な短縮化によって引き起されるのか、または成熟に関わる臨界日長時間が存在し、これとの関係によって引き起されるのか明らかにすることは出来なかった。

そこで本実験では春季ならびに夏季の2回自然日長飼育魚と長日処理魚とを種々の日長に移し、その成熟状況から生殖腺の成熟に関わる臨界日長時間の有無について検討を行なった。

#### 実験方法

大きさ2×5 mのコンクリート製縦型飼育水槽を厚手の黒ビニール布で覆い、内部に光が入らないようにするとともに、水槽内をスクリーンで1×2 mの5区画に仕切った。光源としてはその各々の区画の中央に、それぞれ40 W白色蛍光灯1本を設置した。なおスクリーンは隣接の区画の光が入らず、しかも飼育用水が容易に流過するように黒ビニール2枚を5 cm間隔に一部が上下に重なるように張った。

各区画の水底の照度は図Ⅲ-1に示したように最高400 lux、最低65 lux、平均217 luxであった。各区画の蛍光灯にはそれぞれタイムスイッチを付し、それぞれ所定の日長となるよう調節した。

本実験は下記の要領で2回実施した。

#### 第1実験

北小松地先の川で漁獲されたアユを1977年4月13日に搬入し、4月16日ならびに18日に図Ⅲ-2に示した大きさのものを選別した。4月16日に選別したものは第1章ならびに第2章の実験で用い

た電照飼育水槽に放養し、4月16日から5月2日までの16日間約19.5 L + 4.5 Dの長日条件で飼育した後、5区画に分養した。各区画の日長条件は表Ⅲ-1に示したように、10 L + 14 D、11.5 L + 12.5 D、13 L + 11 D、14.5 L + 9.5 D、17.5 L + 6.5 Dとし、その他に2×5 mの飼育水槽を使用し、自然日長区を設定した。いずれの区も6月28日まで飼育した。一方、4月18日に選別したものは、脂質を切断し直ちに前記諸区画に分養し、6月28日まで飼育した。

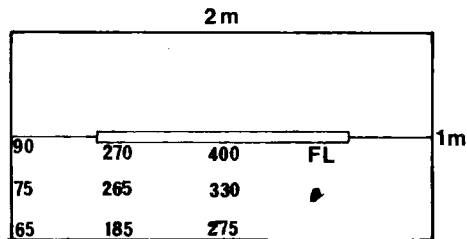


Fig.Ⅲ-1 Plan of the tank illuminated with fluorescent lamps. Numbers show intensity of illumination on the water bottom, FL-fluorescent lamp.

**第2実験**

第1実験で使用した2×5mの電照飼育水槽で、7月5日から7月25日までの20日間20L+4Dの日長条件で飼育したものと、春季から自然日長のみで飼育した脂鯔切断魚とを7月25日に各区画に放養し、第2表に示した日長条件で10月4日まで飼育した。両実験とも飼育用水としては18.6°Cの地下水を使用した。

なお取り上げならびに成熟状態の比較検討のための測定は第2章の実験と同様の要領で行った。

**結果**

a) 自然日長から直接各々の日長に移した場合の生殖腺の発達状況を図III-3に示した。

10L+14Dの場合の生殖腺は成熟が顕著に進むものと、殆んど成熟が見られないものとに分れた。例えば6月14日に取り上げたものでは、雄では5~9の成熟度を示すものが10尾いたが、他の2尾の成熟度は0.02以下であり、また雌では5, 14の成熟度を示すものが各々1尾ずついたが、他の6尾は0.2以下の成熟度を示した。このため図III-3に示した成熟は成熟が認められたものの平均値をもとにして記載した。

11.5L+12.5Dの場合には上記と異なり、すべての

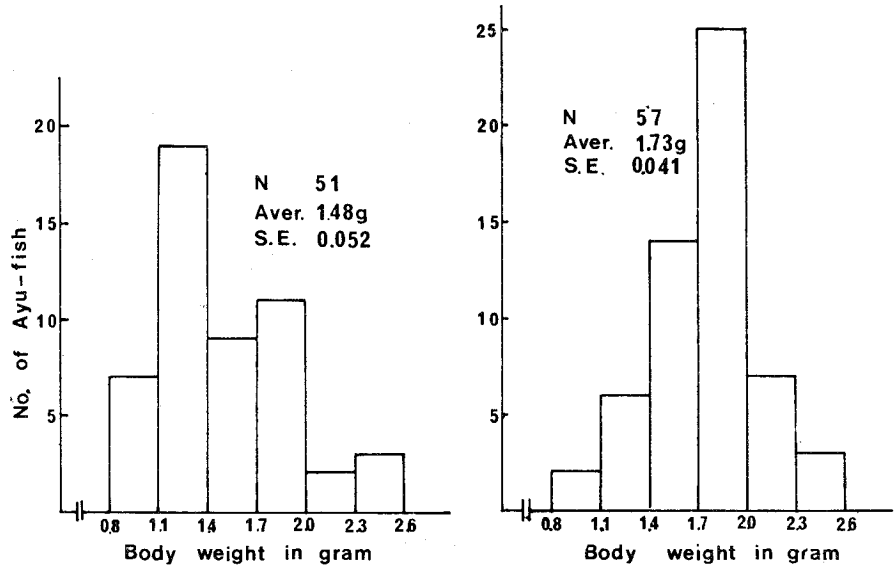


Fig. III-2 Histograms of the body weight of Ayu-fish employed in Exp.-I (Table III-1). A=Ayu-fishes reared in sections showing Table III-1 from natural day-length, B=Ayu-fishes reared in sections showing Table III-1 after exposing long photoperiod. N=Number of Ayu-fish, Aver.=Average of body weight, S.E.=Standard error.

Table III-1 Explanation of controlling illumination in each section in Exp.-I.

Section	1	2	3	4	5	6
Day-length	10.0L+14.0D	11.5L+12.5D	13.0L+11.0D	14.5L+9.5D	17.5L+6.5D	Natural Day-length
Time putting on a lamp	7 <sup>h</sup> 30"	6 <sup>h</sup> 00"	5 <sup>h</sup> 30"	5 <sup>h</sup> 00"	4 <sup>h</sup> 00"	—
Time putting off a lamp	17 <sup>h</sup> 30"	17 <sup>h</sup> 30"	18 <sup>h</sup> 30"	19 <sup>h</sup> 30"	21 <sup>h</sup> 30"	—

Table III-2 Explanation of controlling illumination in each section in Exp.--II.

Section	1	2	3	4	5
Day-length	14.0L-10.0D	14.5L-9.5D	15.0L-9.0D	15.5L-8.5D	16.0L-8.0D
Time putting on a lamp	5 <sup>h</sup> 30"	4 <sup>h</sup> 30"	4 <sup>h</sup> 30"	4 <sup>h</sup> 30"	4 <sup>h</sup> 30"
Time putting off a lamp	19 <sup>h</sup> 30"	19 <sup>h</sup> 00"	19 <sup>h</sup> 30"	20 <sup>h</sup> 00"	20 <sup>h</sup> 30"

ものが成熟した。5月18日、31日の取り上げ時点の成熟度はそれぞれ雄0.02、0.25、雌0.16、0.37を示し、その間の成熟はわずかに見られた程度であったが、それ以降は速やかに成熟が進み、6月14日、28日には雄3.9、5.9、雌3.3、4.3の成熟度となった。

13L+11D、145L+9.5D、17.5L+6.5Dならびに自然日長では雌雄とも実験期間中には成熟は認められなかった。

b) 一旦長日条件で飼育した後、表Ⅲ-1に示したそれぞれの日長で飼育した場合の生殖腺の発達状況を図Ⅲ-4に示した。10L+14Dではすべてのものが成熟し、5月31日、6月14日、28日には雄1.9、8.4、8.1また雌では0.8、9.2、17.3の成熟度を示し、その間の成熟は顕著であった。13L+11Dでは上記の採捕日には雄1.1、6.7、6.4、雌1.2、5.7、10.2の成熟度を示した。また11.5L+12.5Dの上記の採捕日のそれは雄2.1、7.4、8.4、雌1.5、14.1、19.9を示し、10L+14Dと13L+11Dが示した成熟成績の中間的な推移であった。

自然日長にもどした区の

成熟は雄では5月31日まで、また雌では6月14日まで成熟は見られなかったが、それ以降に成熟が見られるようになり、試験終了時の6月28日には雄2.2、雌0.8の成熟度でわずかに成熟が進んだ程度であった。17.5L+6.5Dでは雌雄とも成熟は見られなかった。

#### 第2実験

a) 自然日長から直接表Ⅲ-2に示した各々の日長に移した場合の各区画の成熟状況を図Ⅲ-5

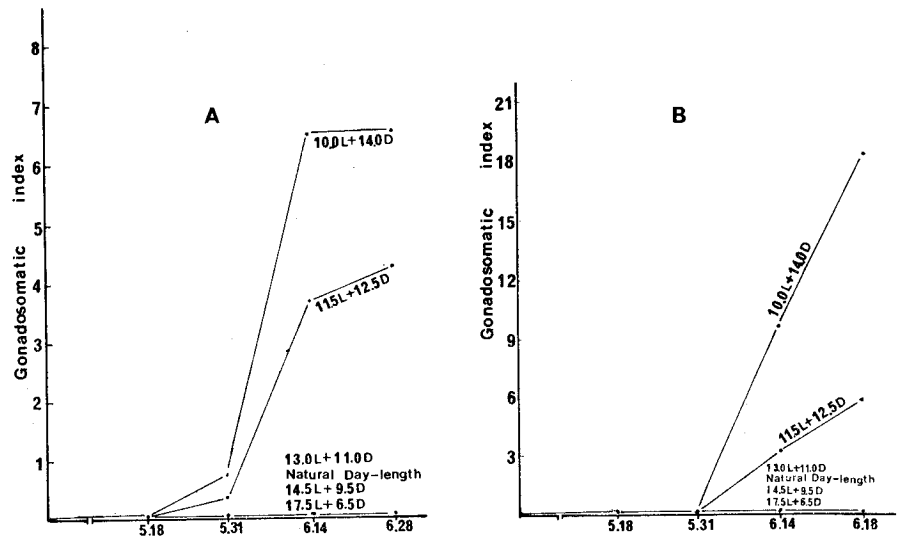


Fig. III-3 Changes of the gonadosomatic index of Ayu-fish reared in sections showing Table III-1 from natural day-length. A=Male, B=Female.

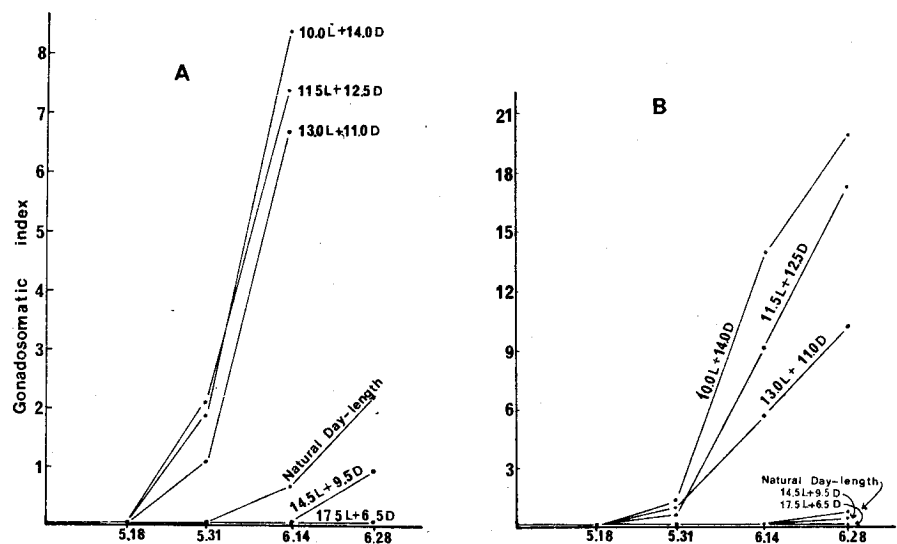


Fig. III-4 Changes of the gonadosomatic index of Ayu-fish reared in sections showing Table III-1 after exposing long photoperiod. A=Male, B=Female.

に示した。

14L+10Dでは8月10日雄0.7, 雌0.4の成熟度を示し、8月25日、9月8日、27日にはそれぞれ雄3.6, 5.6, 7.6、雌2.3, 3.3, 7.6となり成熟は順調であった。一方15L+9Dでは雄は9月8日まで、雌では9月27日まで成熟は進まなかったが、それ以降に生殖腺は発達し、10月14日には雄2.5、雌1.4の成熟度を示した。145L+9.5Dの成熟は8月10日、25日、9月8日、27日には雄0.7, 3.6, 5.6, 7.6、雌

0.4, 2.3, 3.3, 7.6の成熟度を示し、14L+10Dならびに15L+9Dが示した成熟成績の中間的な推移であった。15.5L+8.5Dならびに16L+8Dでは試験期間中には生殖腺の発達は認められなかった。

b) 一旦長日条件で飼育した後、各々の日長に移した場合の成熟状況を図III-6に示した。

14L+10Dでは8月10日、25日、9月8日、27日には雄0.4, 5.1, 7.5, 8.8、雌0.7, 6.2, 12.5, 21.6の成熟度を示し、その間の成熟はほぼ直線的で順調に進んだ。15L+9Dでは8月25日、9月8日、27日、10月14

日の成熟度は雄ではそれぞれ0.2, 0.9, 3.4, 4.4で、また雌では0.3, 0.5, 0.9, 4.0を示し、14L+10Dの成熟より大巾に後れた。145L+9.5Dの成熟は14L+10Dと15L+9Dが示した成熟成績の中間的な推移であった。15.5L+8.5Dならびに16L+8Dでは雌雄とも9月27日まで成熟は見られなかったが、それ以降にわずかではあるが、成熟し、10月14日の試験終了時には、それぞれ雄0.9, 1.2、雌0.9, 0.8の成熟度を示した。

以上の結果を総合的にと

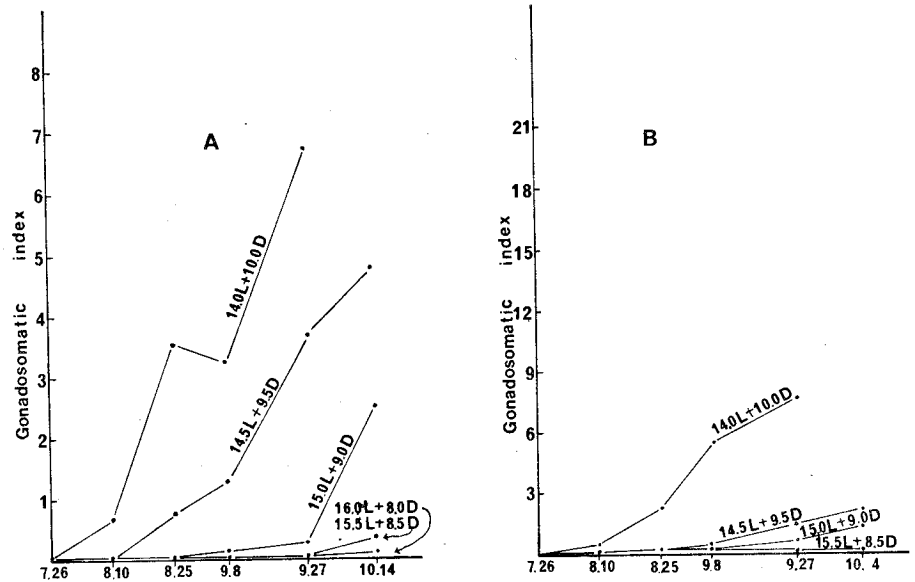


Fig. III-5 Changes of the gonadosomatic index of Ayu-fish reared in sections showing Table III-2 from natural day-length. A=Male, B=Female.

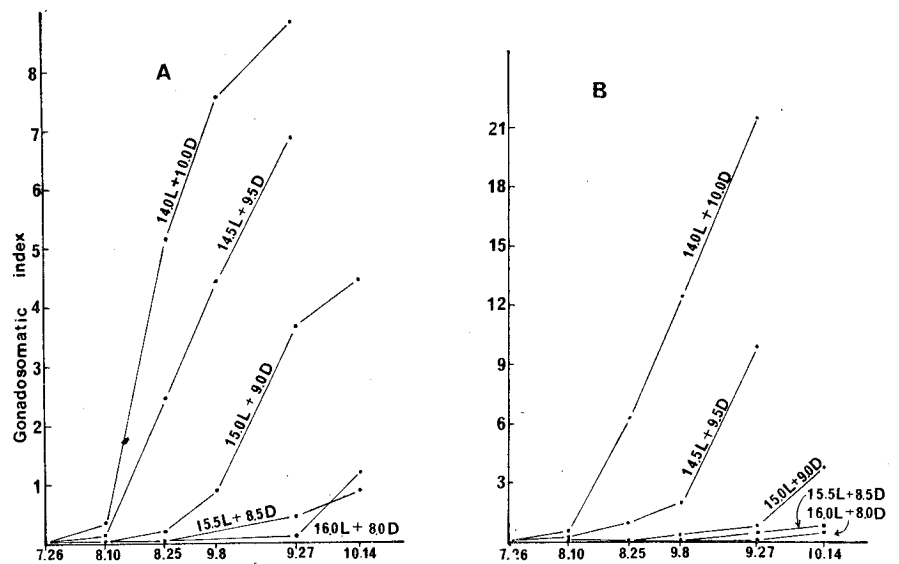


Fig. III-6 Changes of the gonadosomatic index of Ayu-fish reared in sections showing Table III-2 after exposing long photoperiod. A=Male, B=Female.

りまとめると、自然日長から直接上記の日長に移した場合と、一旦長日にした後に移した場合の成熟を比較すれば、移行後の日長が同じでも成熟に差が見られ、一旦長日で飼育したものの方が成熟は顕著であった。各実験区の生殖腺が発達する最低の日長時間を求めると、春期に自然日長から直接各々の日長に移した場合は、11.5時間と13時間との間に存在し、また一旦長日条件で飼育したものでは14.5時間程度であった。一方、夏期に行った実験では自然日長飼育魚では15時間、また一旦長日で飼育したものでは、それよりも0.5～1時間長い15.5～16時間であった。

本実験では自然日長または長日条件で飼育した後、上記の日長に移しその後の成熟について検討したわけであるが、日長の短縮を行ったにも拘らず成熟が見られない区もあった。

このことはアユの成熟は単なる日長の短縮化が原因で成熟が引き起されるのではなく、成熟に関わる臨界日長時間が存在し、これとの関係によって成熟が開始されると考えた方が妥当である。しかしながらこの臨界日長時間は一定の値を示すものではなく、時間的に変動するとともに、長日処理は更にこの臨界日長時間を上昇させる効果のあることが明らかとなった。

各区画の成熟状況を見ると、同じ日長で飼育した後上記の日長にそれぞれ切り替えた場合の成熟は切り替え後の日長が短い程、云いかえれば臨界日長時間と切り替え後の日長との時間差が大きい程成熟は顕著であった。

## 考 察

魚類の成熟と光周期との関係において、メダカのように日長の増減変化に支配されず、一定の日長時間によって引き起される魚種もあれば(Yoshioka '63)、トゲウオ(Baggerman '72)のように生殖腺の発達する日長時間は年周変化を示し、自然日長とかなり相関を示す魚種もある。アユの場合この関係は白石等や鈴木等によれば前者に属し、臨界日長時間は白石等は12時間(白石・武田 '61, 白石 '65a)、また鈴木等は15時間前後(鈴木・日比谷 '73)としている。しかしながら本実験で生殖腺の発達する日長時間を検討した結果、この値は春季よりも夏季の方が長く、しかも長日処理により、更にこの値が上昇することが判明した。このことは成熟に関わる臨界日長時間は、日長の長短に対応して変化し、自然日長下ではこの値は自然日長とかなり相関することになる。したがってアユの成熟と光周期との関係はメダカと同様とするよりも、トゲウオと類似しているとした方が妥当である。

本成熟促進技法における成熟も臨界日長時間との関連によって引き起こされ、また臨界日長時間とその時点の日長との時間差は、成熟開始時期や成熟速度に大きな影響を及ぼし、この時間差が大きい程、成熟は顕著に進むことが本実験で明らかになった。

第2章の実験で電照期間ならびに日長時間を変えて長日処理を施した後、自然日長にもどしてその成熟状況について検討した。その結果成熟は電照期間や日長時間によって異なり、積算電照時間と成熟との間に相関関係が存在することが明らかとなった。この成熟現象を本実験で得られた結果から考察すれば、臨界日長時間は長日処理期間や日長の長短と強く関係して変動し、各試験区で自然日長と臨界日長時間との間にかなりの時間差があったため、成熟に差が生じたものと考えられる。また電照期間をわずか7日間短縮することによって、成熟に大きな差が生じたことは、アユが日長を敏感に感受してこれに強く反応していることを意味するものと考えられる。アユの産卵は地理的には北方向早く、南方向遅いことが白石等によって明らかにされた(白石・武田 '61)、こゝで青森と鹿児島の日長を例にとり、本実験で得られた結果をもとにして、この成熟現象について検討を試みたい。

両県の日長が同じとなるのは春分と秋分の日で、その間の日長変化を見ると、夏至の日長は青森の方が約1時間長い。このことはその間の日長の増減は青森の方が急激で、青森の日長が鹿児島の日長より上廻るのは、夏至を中心として約3ヶ月間続く、上述の如く、アユの臨界日長時間は日長の長短

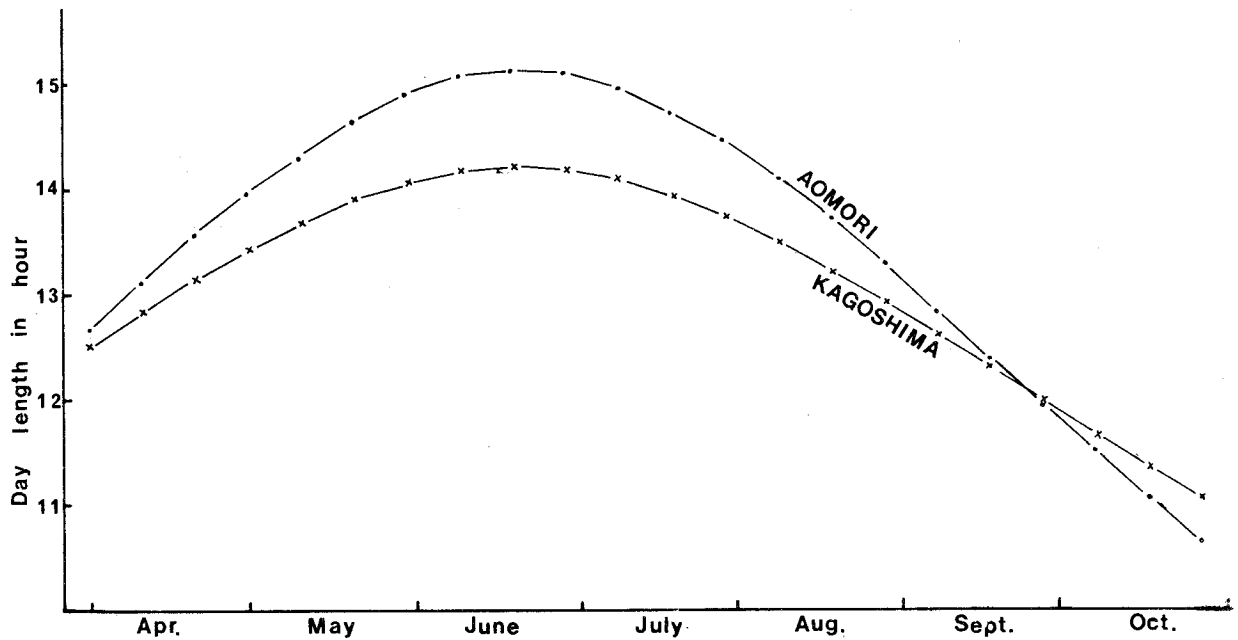


Fig. III-7. Seasonal changes of natural day-length at Aomori and Kagoshima.

に対応して変動することから、その値は青森の方が約1時間長くなる。滋賀県では夏至の日長は145時間で、成熟開始時期は日長が14時間となる7月下旬であることから、日長が夏至の日長から30分短縮された時点で成熟が開始されることになる。今この値をもとにして青森ならびに鹿児島島の成熟開始時期を検討すると、青森では7月下旬の前半、鹿児島では8月上旬の後半となり、約2週間の差が生じる。また日長の短縮化は青森の方が急激であるので、成熟開始以後の日長と臨界日長との時間差は青森の方が大きい。このことは成熟開始ならびに成熟速度に大きく影響し、青森の方が成熟速度は速まる。このことから上記の産卵現象は本実験で得られた結果から、容易に且つ矛盾なく説明出来るように思われる。

### 要 約

春季ならびに夏季の2回自然日長で飼育したものと、一旦長日処理を施こしたものとを、種々の日長条件に切り替えて飼育し、その成熟状況について検討し、下記の諸点を明らかにした。

- (1) 春季に自然日長から直接第Ⅲ-1に示したそれぞれの日長に移した場合、成熟が開始される日長の臨界値は11.5時間から13時間の間に存在し、また一旦長日条件で飼育したものでは145時間程度であった。
- (2) 夏季に同様のことについて検討した結果、自然日長から直接移した場合のそれは145時間前後、また一旦長日処理したものでは15.5時から16時間程度であった。
- (3) 本成熟促進技法による成熟は急激な日長の短縮化によって引き起されるのではなく、臨界日長時間との関連によって成熟が開始されることが明らかとなった。
- (4) 成熟に関わる臨界日長時間は一定の値を示すものではなく、時期的に変動するとともに、長日処理は更にその値を上昇させる効果があることが判明した。
- (5) 成熟開始時期や成熟速度は臨界日長時間とその時点の日長との時間差によって大きく影響される。

(6) 臨界日長時間は電照期間等の長日処理方法で大きく変動する。

(7) アユの産卵は北方程早く、南方程後れることが知られている。青森と鹿児島との日長変化を例にとり、本実験で得られた結果をもとに、この現象を検討したところ、容易に且つ矛盾なく説明出来ることが分った。