HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	タイリクバラタナゴ(Rhodeus ocellatus ocellatus)の卵巣におよぼす光周期と温度の影響
Author(s)	西, 健一郎; 高野, 和則
Citation	北海道大學水産學部研究彙報, 30(1), 63-73
Issue Date	1979-02
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/23673
Type	departmental bulletin paper
File Information	30(1)_P63-73.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

北大水産彙報
30(1), 63-73. 1979.

タイリクバラタナゴ (*Rhodeus ocellatus ocellatus*) の卵巣におよぼす光周期と温度の影響

西 健一郎*・高野和則*

Effects of Photoperiod and Temperature on the Ovary of the Bitterling, *Rhodeus ocellatus ocellatus*

Kenichiro NISHI* and Kazunori TAKANO*

Abstract

The effects of photoperiod and temperature on the ovaries of the bitterling, *Rhodeus ocellatus ocellatus*, were examined during the breeding and the out-of-breeding season.

In mid-October during the out-of-breeding season, fish having regressed ovaries were kept under the following artificial conditions: 14L–10D, 21°C; 8L–16D, 21°C; 4L–20D, 21°C; 12L–12D, 11°C. In the fish exposed to a long photoperiod (14L–10D) and a warm temperature, ovarian recrudescence with a significant increase in GSI value and active vitellogenesis was observed after 56 days. In the other three groups kept under the different conditions for 56 days, no significant increase in GSI value was recognized though a small number of vitellogenic oocytes were present in a few individuals in each group. However, in the fish subjected to a short photoperiod (4L–20D) and a warm temperature for a prolonged period of 93 days, ovarian maturation was markedly enhanced with a significant increase in GSI. In other experiments in which fish were subjected to 15°, 20° and 25°C under a long photoperiod (14L–10D) for 50 days respectively, the acceleration of ovarian recrudescence was more effective in higher than in lower temperature.

In June during the breeding season, fish subjected to short photoperiods (8L–16D, 4L–20D) at a warm temperature (20°C) kept a high level of GSI value and showed no sign of degeneration of ovarian oocytes after about 40 days of treatment.

It is suggested that the effective recrudescence of ovaries requires a long photoperiod and a warm temperature, but that a definite photoperiod is not essential for ovarian maturation.

Under artificial conditions, the ovipositor length reflected the state of ovarian maturation; the ovipositor gradually lengthened with the progress of maturation, and fluctuated cyclically as seen in the female in the natural spawning season.

硬骨魚の生殖周期が，光や温度などの外部環境要因によって支配されていることは良く知られた事実である。春から夏にかけて産卵する，いわゆる長日型の魚種では，生殖腺の成熟に長日光周期と高温が必要であることは，これまで多くの種で確認されている[1)-4)]。

* 北海道大学水産学部淡水増殖学講座
(Laboratory of Fresh-Water Fish-Culture, Faculty of Fisheries, Hokkaido University)

コイ科に属するタナゴ類の雌は産卵管を有し，淡水産の二枚貝に産卵するという特異な産卵生態を持つ。本邦産のタナゴ類の多くでは産卵期が春，夏にあるのに対して，カネヒラ，イタセンパラ，ゼニタナゴの3種は秋に産卵することが報告されている[5]。このように近縁な魚種間で産卵期を異にすることは，魚類における長日型，短日型の成熟機構，特に光に対する反応性の差異を知る上で興味深く，また，この点でタナゴ類は好適な実験材料であると思われる。

本研究は長日型のタイリクバラタナゴを用い，その生殖における外部環境要因の役割を明らかにすることを目的として，卵巣におよぼす光周期と温度の影響を調べたものである。

材料と方法

実験には屋外の流水池で飼育したタイリクバラタナゴ (*Rhodeus ocellatus ocellatus*) の雌成魚 (体長；3.8～5.4cm) を用いた。実験は光周期と温度の組み合わみを変えて3通り行なった。実験1では，1974年10月中旬に雌33尾を11尾ずつ3群に分け，14時間明期—10時間暗期 (以下 14L-10D と略す) の光周期下，水温 15° (±1°C，以下すべての温度について同じ)，20°，25°C で50日間飼育した。実験2では，1976年10月中旬から雌5～7尾，雄4～8尾を1群として，14L-10D，21°C (14LH 群)；8L-16D，21°C (8LH 群)；4L-20D，21°C (4LH 群)；12L-12D，11°C (12LL 群) の各条件下で，56日間 (4LH 群の一部は93日間) 飼育した。実験3では，1975年6月上旬に雌4尾，雄3尾を1群として，水温 20°C，8L-16D (8LH 群)，4L-20D (4LH 群) の二つの光周期下でそれぞれ40日および42日間飼育した。

実験に用いた光源は昼色光の螢光灯 (20W) または白熱電球 (60W) で，照度は水槽水面上で 260～440lux であった。魚は底面濾過循環式，容量 60l または 45l のガラス水槽で飼育し，餌として市販の養鰻用ペレットを粉末にして与えた。期間中，水槽には産卵用のヌマガイ (*Anodonta woodiana lauta*) を，魚と一緒に飼育した。実験の開始時，実験期間中，あるいは終了時に採取した魚は，いずれも断頭により屠殺した。体計測の後，生殖腺はブアン液，またはブアン・ホーランド液で固定し，通常パラフィン法で 8～10μ の連続切片とし，デラフィールドのヘマトキシリン－エオシンの二重染色を施して組織学的な観察に供した。実験2では，産卵管の長さを anal fin unit (A. U.；1A. U. は臀鰭の前縁の長さの 1/8)[6] を用いて毎日目測し，実験3では魚を取り上げて，産卵管の長さを実測した。さらに，実験2では Shirai[7] に準じて終了時に実測した産卵管の長さを ovipositor index (OI；産卵管長/体長) として表わした。

結　　果

実験 1.

この実験では，非産卵期に 14L-10D の長日光周期下で，15°，20°，25°C の異なる温度が卵巣に与える影響について調べた。実験開始後10，20，30日目に各群3尾ずつ，50日目には2尾ずつ屠殺した。採取したすべての魚の GSI を図1に示した。実験開始時の6個体では，GSI は平均2.0の低い値を示し，組織学的にも全個体が卵黄胞期までの卵巣卵を有する未熟な状態にあった。15°C で飼育した群では，20日目に1例だけやや高い GSI 値を示し，第2次卵黄球期の卵を有するものが見られたが，これを除いたすべての個体の GSI は，実験期間を通じて開始時と大きな差がなく，組織学的にも卵黄胞期に留まっていた。これに対して，20°，25°C の両群では，20日目以降，高い GSI を示す個体が見られ，特に 25°C 群でその傾向が著しかった。組織学的な観察によると，20°C 群では，20日目で1個体が第3次卵黄球期の卵を有し，50日目には完熟卵を有する個体が認められた。一方，25°C 群では10日目の1個体ですでに第2次卵黄球期の卵が観察され，20日目以降はすべての個体に完熟卵が認められた。

このように長日光周期下では，少くとも用いた温度範囲内で，温度に比例して高温のものほど卵巣の成熟が促進されることが示された。

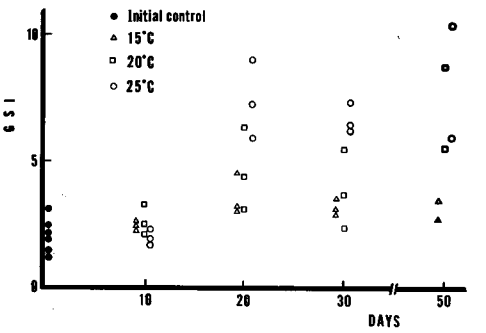


Fig. 1. Changes in gonosomatic indices (GSI) of female bitterling exposed to different water temperatures at a long photoperiod (14L–10D) during the out-of-breeding season.

実験 2.

この実験では，14L-10D, 21°C; 8L-16D, 21°C; 4L-20D, 21°C; 12L-12D, 11°C の4つの条件が非産卵期の卵巣におよぼす影響を調べた。開始時対照群を含む各実験群の GSI を表1にまとめた。実験開始時に GSI の平均は 2.53 と低い値を示したが，14LH 群では 56 日後に 5.21 と有意 ($P<0.02$) に増加した。これに対して 8LH 群，4LH-1 群，および 12LL 群では，GSI は開始時とほとんど差がなかった。しかし 4LH で 93 日間飼育した群 (4LH-2 群) では，4.19 と有意 ($P<0.02$) な GSI の増加が見られた。これらのすべての群について組織学的に調べた卵巣卵組成の変化を表2に示した。実験開始時には，5尾中1尾に極く少数の第1次卵黄球

Table 1. *Changes in gonosomatic indices (GSI) and ovipositor indices (OI) of female bitterling subjected to different artificial conditions during the out-of-breeding season.*

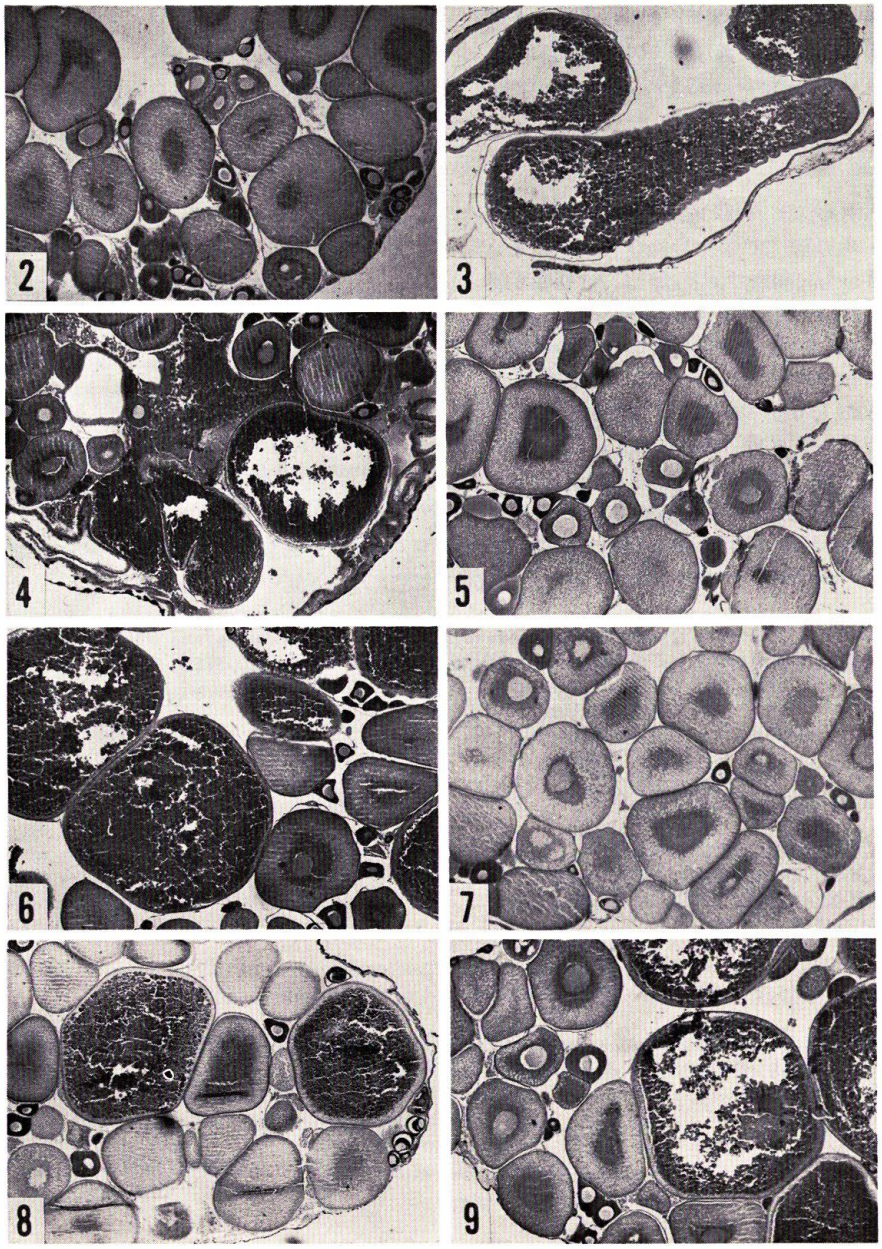
Group	Duration of experiment (days)	Number of females	GSI*	OI**
Initial control	—	5	2.53±0.35	0.158(0.050-0.251)
14LH (14L-10D, 21°C)	56	5	5.21±0.81***	0.656(0.251-0.995)
8LH (8L-16D, 21°C)	56	7	2.31±0.26	0.177(0.095-0.405)
4LH-1 (4L-20D, 21°C)	56	7	2.40±0.22	0.148(0.092-0.231)
4LH-2 (4L-20D) 21°C)	93	5	4.19±0.89***	0.334(0.205-0.742)
12LL (12L-12D, 11°C)	56	5	2.89±0.22	0.112(0.100-0.134)

* Mean±SE ** Mean (Range), OI; Ovipositor length (mm)/Body length (mm)
*** Significant difference ($P<0.02$) compared to the initial control.

Table 2. *Changes of stage composition in oocytes of the bitterling subjected to different artificial conditions during the out-of-breeding season.*

Group	Duration of experiment (days)	Percentage of oocytes at each stage*			
		Peri-nucleolus stage	Yolk vesicle stage	Primary yolk stage~Ripe egg stage	Atretic oocytes
Initial control	—	55.4±4.7	44.4±4.8	0.2±0.3	0
14LH (14L-10D, 21°C)	56	49.6±9.5	39.3±7.3	10.9±5.0	0.2±0.4
8LH (8L-16D, 21°C)	56	67.7±6.8	31.0±6.5	1.0±1.3	0.3±0.4
4LH-1 (4L-20D, 21°C)	56	63.2±7.5	35.6±6.6	1.0±2.0	0.2±0.3
4LH-2 (4L-20D, 21°C)	93	61.1±5.2	31.9±5.1	7.0±5.4	0
12LL (12L-12D, 11°C)	56	56.0±9.8	43.5±9.6	0.5±0.7	0

* Mean±SD



All figures are sections through the ovaries of the bitterling exposed to various experimental conditions (Fig. 2–9, ×25).

Fig. 2. Ovary of a fish obtained in mid-October (initial control).

Fig. 3. Ripe eggs found in the ovary of a fish exposed to a long photoperiod (14L–10D) and a warm temperature (21°C) for 56 days from mid-October.

Fig. 4. Ovary of a fish exposed to a short photoperiod (8L–16D) and a warm temperature (21°C) for 56 days from mid-October, showing some yolk-laden oocytes.

期の卵が認められたのみで，ほかの個体の卵巣卵はすべて卵黄胞期以下に留まっていた(図2)。14LH群では第1次卵黄球期以上の発達した卵の割合が顕著に増え，5尾中3尾では完熟卵（図3）が観察された。一方，8LH群では7尾中3尾で第1次卵黄球期から完熟卵までの卵が認められたが（図4），ほかの個体では卵黄胞期に留まり（図5），全体として卵黄蓄積中の卵の割合は14LH群に比べて著しく少なかった。また4LH-1群では7尾中2尾（図6），12LL群でも5尾中2尾（図8）に第3次卵黄球期に達する卵が存在したが，その割合は極めて少なく，いずれの群でも多くの個体は卵黄胞期以下の卵からなる未熟な卵巣を有していた（図7）。しかし93日の長期にわたって飼育した4LH-2群では，5尾すべてにおいて卵黄形成が進行しており（図9），最も進んだものでは完熟卵も見られ，卵黄蓄積中の卵の割合は4LH-1群よりもはるかに増大していた。

以上のように，実験的に設けた5群の中では長日高温条件下で最も顕著な卵巣卵の発達を見せた。しかし，短日高温条件下でも長期間飼育すると卵巣が顕著な発達を示すことが明らかにされた。

実験2において飼育期間中に観察した産卵管の長さの変化を図10に示した。14LH群では，観察した3個体のうち，産卵管が最も早く伸長し，かつ伸縮を繰り返した1例を図に示した。この個体では26日目から産卵管が伸長し始め，36～38日目にかけて最初の伸縮が認められ，その後56日目までに4回の伸縮を示した。この個体を56日目に解剖した結果，その卵巣中に完熟卵が存在することを確かめた。観察したほかの2個体は，産卵管の伸長開始日がやや遅れ，伸縮回数も少なかったが，ほぼ同様の傾向を示した。この2個体でも，卵巣中に完熟卵が認められた。8LH群では，7尾中1尾でのみ管の伸長と伸縮が観察された。この個体では，25日目に極くわずか管の伸長が認められ，42～44日目に最初の顕著な伸縮が起こったが，その後は54日目に一度伸縮を示したのみであった。この個体でも卵巣中に完熟卵が観察された。しかし，8LH群の他の個体は全く伸長を見せず，また4LH-1群，12LL群でも産卵管の長さは全く変化しなかった。一方，4LH-2群のうち図に示した1例では，83日目に最初の伸縮が認められ，

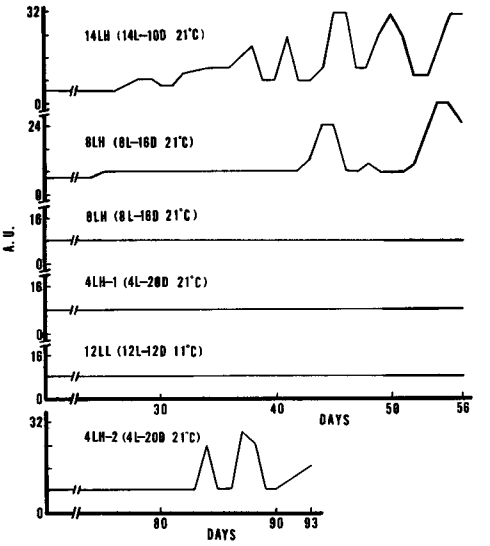


Fig. 10. Daily changes in ovipositor length of the bitterling exposed to different artificial conditions during the out-of-breeding season. One A.U. corresponds to one-eighth part of the foremost radius of the extended anal fin.

Fig. 5. Ovary of a fish exposed under the same condition as mentioned in Fig. 4, showing no yolk-laden oocytes.

Fig. 6. Ovary of a fish exposed to a short photoperiod (4L–20D) and a warm temperature (21°C) for 56 days from mid-October, showing some yolk-laden oocytes.

Fig. 7. Ovary of a fish exposed under the same condition as mentioned in Fig. 6, showing no yolk-laden oocytes.

Fig. 8. Ovary of a fish exposed to a long photoperiod (12L–12D) and a low temperature (11°C) for 56 days from mid-October, showing some yolk-laden oocytes.

Fig. 9. Ovary of a fish exposed to a short photoperiod (4L–20D) and a warm temperature (21°C) for 93 days from mid-October, showing some yolk-laden oocytes.

さらに85～86日目にも伸縮が観察された。この個体も，実験終了時には，完熟卵を有していた。同群のほかの4例中2例は全く産卵管の伸縮を見せなかったが，2例は85日目に1回の伸縮を示したのみで，その卵巣中に完熟卵は認められなかった。

この実験の終了時におけるOIの値を表1にまとめた。実験開始時にOIは平均0.158を示した。14LH群では，実験終了時に排卵していた個体のOIは0.995と高かったが，未排卵のほかの個体でも0.251と開始時の平均を上回っていた。8LH，4LH-1，12LLの各群では，8LH群で産卵管の伸縮を示した1個体が0.405の高い値を示したのみで，平均値はどの群も低く，開始時の対照群と大きな差は認められなかった。一方，4LH-2群では排卵が認められた個体のOIは0.742と高く，未排卵の個体でも0.205と開始時よりも高い値を示した。

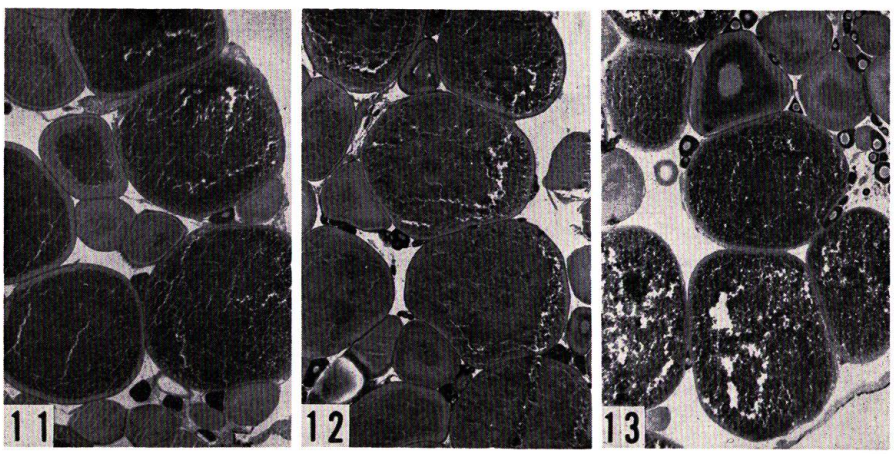
このように，人工環境条件下で成熟が促された場合でも，産卵管の長さは卵巣の成熟に伴って伸長し，さらに排卵時を頂点に伸縮を示すことが確かめられた。

実験 3.

この実験は産卵期の卵巣におよぼす短日光周期の影響を調べる目的で行なった。開始時の対照魚と実験魚のGSIを表3に示した。実験開始時の6月上旬に採取した個体のGSIは平均6.49を示した。これに対して，実験終了時における8LH群のGSIは5.04，4LH群では7.36を示し，いずれも開始時の値と比べて有意な差は認められなかった。

この実験に用いた個体の卵巣卵組成を調べ，表4に示した。開始時の対照魚の卵巣では，第1次卵黄球期以上の卵が17.4%を占め，発達した卵巣状態を示していた（図11）。これに対して8LH群（図12），4LH群（図13）ともに，第1次卵黄球期以上の卵の割合は，開始時と大差なく，退行卵が極くわずか存在したものの，卵巣には退縮の傾向を認めることは出来なかった。

このように，産卵期の雌を短日光周期・高温条件においても，40～42日の期間では，卵巣への影響はほとんど認められなかった。



All figures are sections through the ovaries of the bitterling exposed to various experimental conditions (Fig. 11–13, ×25).

Fig. 11. Ovary of a fish obtained in early June (initial control).

Fig. 12. Ovary of a fish exposed to a short photoperiod (8L–16D) and a warm temperature (20°C) for 40 days from early June.

Fig. 13. Ovary of a fish exposed to a short photoperiod (4L–20D) and a warm temperature (20°C) for 42 days from early June.

Table 3. *Changes in gonosomatic indices (GSI) of female bitterling subjected to short photoperiods at 20°C during the breeding season.*

Group	Duration of experiment (days)	Number of females	GSI*
Initial control	—	4	6.49±0.82
8LH (8L–16D, 20°C)	40	4	5.04±0.86
4LH (4L–20D, 20°C)	42	4	7.36±1.08

* Mean±SE

Table 4. *Changes of stage composition in oocytes of the bitterling subjected to short photoperiods at 20°C during the breeding season.*

Group	Duration of experiment (days)	Percentage of oocytes at each stage*			
		Peri-nucleolus stage	Yolk veiscle stage	Primary yolk stage~Ripe egg stage	Atretic oocytes
Initial control	—	42.7±4.4	39.9±5.5	17.4±2.8	0
8LH (8L-16D, 20°C)	40	58.6±9.5	24.5±6.8	16.6±7.7	0.3±0.3
4LH (4L-20D, 20°C)	42	56.2±10.4	30.0±5.0	13.7±5.8	0.1±0.2

* Mean±SD

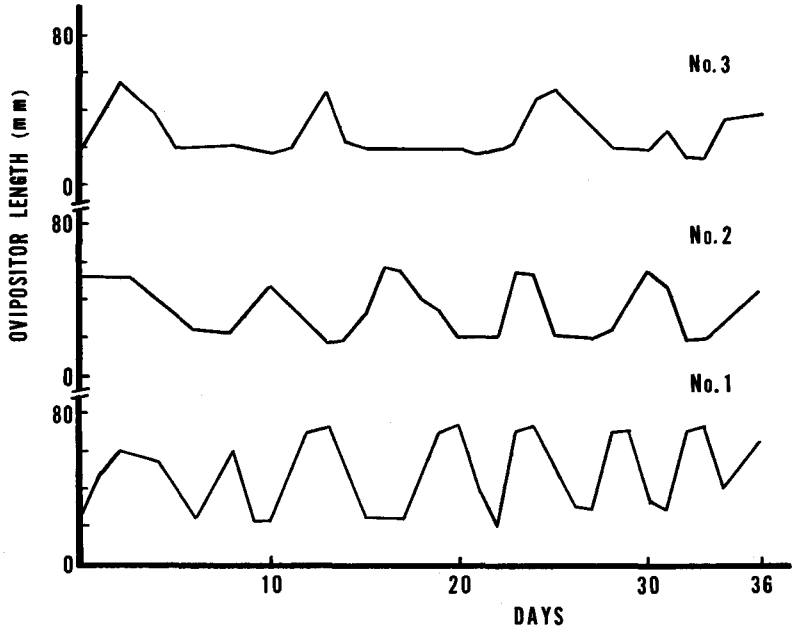


Fig 14. Daily changes in the ovipositor length of the bitterling subjected to a short photoperiod (8L–16D) and a warm temperature (20°C) during the breeding season.

この実験では 8LH 群の 3 例，4LH 群の 4 例について，開始時から 36 日間，産卵管の長さの変化を観察した（図 14, 15）。8LH 群では，No. 1 の個体は産卵管の伸縮の間隔が短く規則的であった。No. 2 では最初の 3 日間 53mm を保ち，その後伸縮の間隔は 6～7 日とやや長く，No. 3 ではこれが 11～12 日とさらに長かったが，ほぼ規則的に伸縮が繰り返される傾向を示した。一方，4LH 群では，No. 1 の個体では産卵管の伸縮の間隔は 3～8 日間であり，途中 16～20 日目にかけて伸長したままの状態が続いた。No. 2 では伸縮はほとんど見られなかった。また，No. 3 では伸縮の間隔が 4～9 日であり，No. 4 では産卵管が 11 日目まで伸長したままで，その後 3 回の周期的変化を示した後，伸長したままの状態を保った。

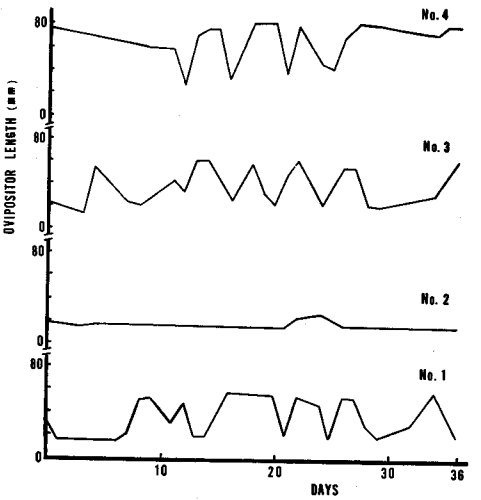


Fig. 15. Daily changes in the ovipositor length of the bitterling subjected to a short photoperiod (4L-20D) and a warm temperature (20°C) during the breeding season.

このように，産卵期の魚を短日光周期下に置いた場合，8L-16D の光周期下では産卵管の伸縮は比較的，規則性を示したが，4L-20D 下では，それがやや乱れる傾向を見せた。また 8LH 群では水槽中に孵出仔魚が数度認められたのに対し，4LH 群ではこれが全く認められず，実験終了時に貝を解剖したところ，産卵された卵は見出されなかった。

考　　察

淡水産硬骨魚類の生殖が，主に光と水温によって調節されていることは，多くの種で知られている[8)-15)]。特に長日型魚類のメダカ[13)]，カダヤシ[15)]などでは，臨界日照時間以上の日長にある時にのみ，卵巣の成熟が起こる。また温度も重要な役割を演じ，その種の適温の範囲内で，高い温度ほど卵巣の成熟に有効であることが報告されている[14)-18)]。今回のタイリクバラタナゴについての実験結果は，短日高温よりも長日高温条件下で顕著に卵巣の成熟が起こること，また同じ長日条件下では，調べた温度の範囲内において，高温ほど卵巣の発達を強く促すことが明らかにされた。このことは，本種の場合も長日光周期と高温が，卵巣の成熟誘起に最も有効な条件であることを示唆している。本種に近縁のヨーロッパ産バラタナゴ（*Rhodeus amarus*）でも，光周期，温度が共に成熟，産卵に必要な条件として働くことが報告されている[19)]。すなわち，11 月から魚を長日（15L-9D），短日（7L-17D），高温（18°C），低温（8°C）を組み合わせた条件下で飼育した結果，長日高温条件下で最も強く成熟，産卵が促進されたという。この結果は，タイリクバラタナゴについて非産卵期に行った今回の実験結果とよく似ている。しかし，同じく非産卵期に行った実験で，短日高温条件（8L-16D, 4L-20D）下で飼育した結果，GSI には有意な増大が見られなかったにもかかわらず，一部の個体では明らかに卵黄形成が進み，さらにこのうち，極端な短日光周期（4L-20D）のもとでも飼育が長期におよぶと全個体で卵巣の成熟が促され，GSI にも有意な増大が起った。これらの事実は，本種では少くとも 4 時間明期という極めて短い日照条件下でも卵巣卵が成熟可能であることを示している。このように春から夏にかけて産卵期を持つ魚で短日条件下でも成熟し得る例として，トゲウオ（*Gasterosteus aculeatus*）が知られている[20)]。この種では生殖腺の反応性に年周性があり，非産卵期から産卵期に向って，短日条

件 (8L-16D) に反応して生殖腺が成熟する度合いが高まるという[20]。今回の実験において，短日高温条件 (4L-20D) 下で，飼育期間によって卵巣の成熟促進に大きな差異が認められたことは，タイリクバラタナゴにも生殖腺の反応性に時期的な差がある可能性を示唆している。本種の生殖腺の反応性に年周性があるか否かについては，さらに各時期に実験を行って確かめる必要がある。

同じ長日型のメダカでは産卵期に12時間から13時間の間にある臨界日照時間以下に置くと，大形の卵母細胞はすべて崩壊し，産卵を中止するという[12]。これに対して，タイリクバラタナゴでは明期が8ないし4時間の短日条件下に置かれても卵巣の退縮はほとんど起こらない。すなわち，本種では卵巣成熟の誘起ばかりでなく，成熟状態の維持に関しても光が有効に働く範囲は極めて広いといえる。同じ長日型の魚でも，例えば本種とメダカ[13]のように明期の長さが成熟の制限要因となる度合は種によってかなり異なる。また，日照時間に対する生殖腺の反応性も，メダカ[13]のように光不応期を除いて一年中ほとんど変わらない魚種と，トゲウオ[20]，キンギョ[21]，そしておそらくは本種も含めて，一年の時期によってこれが変動する魚種とが見られるようである。このような種差，あるいは時期的な差異が，その種が持つ生殖上の特性とどのようなかかわりがあるかについては不明であるが，魚における光周期性の生理機構を知る上で興味深い事実である。

タイリクバラタナゴの産卵管は産卵期の直前から徐々に伸長し[22]，産卵期には周期的に起こる排卵，産卵に伴なって約7日の間隔で伸縮を繰り返す[23]。今回の実験的な飼育条件下においても，卵巣の成熟が促された個体では産卵管が次第に伸長し，さらに成熟状態に達したものでは，これが周期的な伸縮を示すことが観察された。また，実験終了時に産卵管の長さから算出したOIも，卵巣の成熟状態に応じて異った値を示した。このように本種の産卵管の長さは，飼育条件の如何を問わず，卵巣の成熟状態を良く反映する指標となっている。また，産卵期に短日条件下に置かれた魚のうち，8LH群では産卵管の伸縮が規則的に起こり，産卵が確かめられたのに対し，4LH群では産卵管の伸縮の周期性が乱れ，孵出仔魚も認められなかった。このことは4L-20Dという短日光周期が卵巣卵の成熟には直接関与しないまでも，産卵などの生殖過程の一部に何らかの影響をおよぼしている可能性を示唆しており，また，産卵管の伸縮の乱れは，このような影響を反映しているものと思われる。

要　　約

タイリクバラタナゴの生殖における外部環境要因の役割を明らかにする目的で，卵巣におよぼす光周期と温度の影響を調べた。

1. 10月中旬から，雌成魚を14時間明期—10時間暗期 (14L-10D) の長日光周期下，15°，20°，25°C の各温度で50日間飼育した。15°C では GSI は，50日目まで開始時とほとんど差がなかったが，20°C では20日目以降増大し，組織学的にも明らかに卵巣の成熟が促された。この成熟促進効果は 25°C でさらに著しかった。

2. 10月中旬から，魚を異なる光周期と温度を組み合わせた，14LH (14L-10D, 21°C)；8LH (8L-16D, 21°C)；4LH (4L-20D, 21°C)；12LL (12L-12D, 11°C) の4つの条件下で56日間 (4LH の一部は93日間) 飼育した。14LH 群では，開始時に比べ GSI の有意な上昇と卵黄蓄積卵の顕著な増加が認められた。8LH, 4LH, 12LL の各群では GSI は低い値に留まり，一部に卵黄形成の進行が認められたが，多くは未熟のままであった。しかし4LH群で93日間飼育したものでは，GSI の有意な上昇とともに卵黄蓄積中の卵の増大が認められた。

上記の各条件下で成熟した個体では，産卵管が徐々に伸長し排卵時を頂点とした伸縮を示した。

3. 産卵期の6月上旬に，魚を 20°C，短日光周期 (8L-16D, 4L-20D) 下で約40日間飼育した。その結果，両群とも GSI 値は開始時と比べて有意な差はなく，卵巣の退縮も認められなかったが，4L-20D 下の個体では産卵管の伸縮の周期が不規則であった。

4. 以上の結果から，本種の光周期に対する反応性の特徴について，長日型の他魚種と対比して論じた。

文　　献

1) Pickford, G.E. and Atz, J.W. (1957). *The Physiology of the Pituitary Gland of Fishes.* 613p. New York Zoological Society, New York.
2) 野村　稔 (1964). 魚類の成熟，産卵と外部環境要因. 水産増殖 **12**, 159–196.
3) 山本喜一郎 (1970). 生殖. p. 223–271. 魚類生理（川本信之編）554 p. 恒星社厚生閣，東京.
4) De Vlaming, V.L. (1972). Environmental control of teleost reproductive cycles: a brief review. *J. Fish Biol.* **4**, 131–140.
5) 中村守純 (1969). 日本のコイ科魚類. 455 p. 資源科学研究所，東京.
6) Bretschneider, L.H. and Duyvene de Wit, J.J. (1947). *Sexual Endocrinology of Non-mammalian Vertebrates.* 146p. Elsevier Publishing Co., Amsterdam.
7) Shirai, K. (1962). Correlation between the growth of the ovipositor and ovarian conditions in the bitterling, *Rhodeus ocellatus. Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ.* **13**, 137–151.
8) Harrington, R.W. Jr. (1950). Preseasonal breeding by the bridled shiner, *Notropis bifrenatus,* induced under light-temperature control. *Copeia* **1950**, 304–311.
9) Harrington, R.W. Jr. (1956). An experiment on the effects of contrasting daily photoperiods on gametogenesis and reproduction in the centrarchid fish, *Enneacanthus obesus* (Girard). *J. Exp. Zool.* **131**, 203–223.
10) Baggerman, B. (1957). An experimental study on the timing of breeding and migration in the three-spined stickleback (*Gasterosteus aculeatus* L.). *Archiv. Néerl. Zool.* **12**, 105–318.
11) Yoshioka, H. (1962). On the effects of environmental factors upon the reproduction of fishes I. The effects of day-length on the reproduction of the Japanese killifish, *Oryzias latipes. Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ.* **13**, 123–136.
12) Yoshioka, H. (1963). Ditto. II. Effects of short and long day-lengths on *Oryzias latipes* during spawning season. *Ibid.* **14**, 137–151.
13) Yoshioka, H. (1966). Ditto. III. The occurrence and regulation of refractory period in the photoperiodic response of medaka, *Oryzias latipes. J. Hokkaido Univ. Educ.*, Sect. II B. **17**, 23–33.
14) Kaya, C. and Hasler, A.D. (1972). Photoperiod and temperature effects on the gonads of green sunfish, *Lepomis cyanellus* (Rafinesque), during the quiescent, winter phase of its annual sexual cycle. *Trans. Am. Fish. Soc.* **101**, 270–275.
15) Sawara, Y. (1974). Reproduction of the mosquitofish (*Gambusia affinis affinis*), a freshwater fish introduced into Japan. *Jap. J. Ecol.* **24**, 140–146.
16) Yamazaki, F. (1965). Endocrinological studies on the reproduction of the female goldfish, *Carassius auratus* L., with special reference to the function of the pituitary gland. *Mem. Fac. Fish. Hokkaido Univ.* **13**, 1–65.
17) Yoshioka, H. (1970). On the effects of environmental factors upon the reproduction of fishes. IV. Effects of long photoperiod on the development of ovaries of adult medaka, *Oryzias latipes,* at low temperatures. *J. Hokkaido Univ. Educ.*, Sec. II B. **21**, 14–20.
18) 鈴木　亮・山口元吉 (1977). ドジョウの成熟におよぼす水温の影響ならびに周年採卵. 日水誌 **43**, 367–373.
19) Verhoeven, B. and Van Oordt, G.J. (1955). The influence of light and temperature on the sexual cycle of the bitterling, *Rhodeus amarus. Proc. Acad. Sci. Amst.* C, **58**, 628–634.
20) Baggerman, B. (1972). Photoperiodic responses in the stickleback and their control by a daily rhythm of photosensitivity. *Gen. Comp. Endocrinol., Suppl.* **3**, 466–476.

21) Fenwick, J.C. (1970). The pineal organ: photoperiod and reproductive cycles in the goldfish, *Carassius auratus* L. *J. Endocrinol.* **46**, 101–111.
22) Shirai, K. (1963). Histological study on the ovipositor of the rose bitterling, *Rhodeus ocellatus*. *Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ.* **14**, 193–200.
23) Yokoté, M. (1958). Study on the ovarian eggs of *Rhodeus ocellatus*. *Bull. Freshwater Fish. Res. Lab.* **7**, 1–8.