

그물코쥐치, *Rudarius ercodes*의 生殖活動에 미치는 光週期 및 溫度的 影響¹⁾

李澤烈·羽生功*·古川清*
釜山水產大學 資源生物學科 *東京大學 農學部 水產學科

Effects of Photoperiod and Temperature on the Gonadal Activity in Small Filefish, *Rudarius ercodes*¹⁾

Taek Yuil LEE

Department of Marine Biology, National Fisheries University of Pusan,
Namgu, Pusan, 608 Korea

Isao HANYU and Kiyoshi FURUKAWA

Laboratory of Fish Physiology, Faculty of Agriculture, University of Tokyo,
Bunkyo, Tokyo, 113 Japan

The small filefish, *Rudarius ercodes*, generally spawning from mid May to early October in the natural habitat, was exposed to various photoperiod and temperature regimes. These environmental effects on the gonad activity, regression and recrudescence were experimentally investigated based on the mechanism of reproductive cycle.

Spawning season was initiated in the early spring with the gonad activated by long photoperiod(13L) and stimulated by compensatory temperature rising.

Even when the gonad activated readily at the above critical daylength (12L to 13L) was kept back at the below it, it went on maturing.

At the end of spawning period (mid September), since the shortening of daylength (12L) resulted in the gonad regression regardless of temperature, the short daylength might be related to the termination of spawning *in situ*.

When the regressive gonad at the post spawning period was treated by the above 13L: 20°C condition, it could recrudescence and bring forth even spawning. From this fact, the feasible control of annual reproductive cycle of small filefish was recognized. But even in the long daylength, the temperature above 28°C was preventive of gonad maturation.

緒 論

環境要因의 週期的變化가 魚類의 生殖周期現象을 支配하며, 특히 光週期와 水溫이 性中樞活動을 강하게 制御하고 있음이 많은 淡水硬骨魚類에서 報告되고

있다(Vlaming, 1972a, b; Nishi, 1979; Asahina and Hanyu, 1983; Shimizu and Hanyu, 1983). 또한 生殖活動을 支配하는 環境因子인 光週期와 水溫은 春季產卵型, 春夏季產卵型 그리고 秋季產卵型등 그 繁殖季節이 다름에 따라 外的要因에 의한 作用패턴

¹⁾ 海產魚類의 生殖周期成立機構에 관한 研究-2.

²⁾ 부산수산대학해양과학연구소 연구업적 제108호(Contribution No. 108 of Institution of marine Sciences, National Fisheries University of Pusan)

이 크게 차이가 있음이 잉어科魚類에서 報告되고 있다(清水, 1983).

그러나 光週期나 水溫과같은 環境因子가 海產魚類의 生殖活動에 어떻게 관여하고 있는지에 대해서는 거의 검토되고 있지못하다. 이들 生殖周期現象을 支配하는 環境因子가 海產魚類에서도 實驗的으로 검토되고 繁殖季節에 따른 魚種別로 그 要因이 밝혀진다면 有用魚種의 人工種苗生産을 위한 產卵制御에 크게 도움이 될것이다.

本報는 1982年 9월부터 1983年 8월까지 日本國 靜岡縣 浜名郡 弁天島沿岸에 群棲하는 小型 海產魚의 1種인 그물코쥐치, *Rudarius ercodes* 를 對象으로 自然産 生殖年周期를 調査報告(李·羽生, 1984)한데 이어 이들 生殖周期成立機構를 解明코저 實驗한 結果이다. 實驗은 이들 그물코쥐치의 產卵開始期, 產卵終了期 그리고 休止期等 各時期에 여러가지 光週期 및 水溫을 組合한 조건하에서 實驗飼育하면서 生殖巢의 活性과 退化 그리고 再成熟에 미치는 外的 環境要因을 분석 고찰하였다.

材料 및 方法

실험용 그물코쥐치, *Rudarius ercodes* 는 東京大學 水産實驗所가 位置한 日本國 靜岡縣浜名郡 弁天島沿岸에서 소형 뜰망에의해 採集된 것들을 同實驗所 屋外飼育水槽에 1~2日間 안정시킨후 體長 38~50 mm 범위의 것들만을 골라 使用하였다. 實驗은 自然産 生殖年周期(李·羽生, 1984)를 토대로 生殖巢가 活性化되기 시작하여 產卵期로 유도되는 봄과, 生殖巢가 退化되기 시작하여 產卵期를 終了하는 가을, 그리고 產卵을 終結하고 休止期상태에 이르는 겨울에 자기 Table 1과 같이 여러가지 光週期和 水溫을 組合한 實驗區를 설정 飼育實驗을 실시하였다.

실험에 使用한 光源은 20W 螢光燈을 暗幕장치된 飼育水槽(40~50 l)에 설치하였고, 光週期 조절은

timer 를 사용하였으며, 水溫조절은 水中 heater 를 사용하였다. 실험개체는 실험구 별로 수조당 암수 각각 20尾씩 40尾를 수용하였으며 먹이로는 냉동된 소형새우와 市販 養魚用 粉末飼料를 공급하였다. 調査用 實驗飼育魚는 實驗開始期, 實驗期間中 또는 終了後 채포하여 0.1% MS-222에 잠시 마취시킨 후 體長, 體重, 生殖巢重量과 肝重量등을 計測秤量한 후, 生殖巢와 肝은 Bouin 및 Zenker-formol에 고정하여 조직표본용 재료로 이용하였다. 生殖巢熟度指數(GSI = gonadosomatic index)의 산출은 生殖巢重量/體重×100의 式에 의하였고, 計測된 전조사개체의 平均値로 生殖巢의 變化를 비교하였으며, 이때 標本誤差 범위를 산출하여 표시하였다.

結果 및 考察

1. 產卵期 開始에 미치는 影響

自然에서 生殖巢가 活性化되기 시작하는 3月 16日에 자기 다른 光週期에 自然水溫을 組合한 5개의 실험구를 설정하여 각 실험구 별로 40尾식의 그물코쥐치를 실험사육하면서 8週後인 5月 12日에 生殖巢發達の 變化를 조사하였고, 이중 短日처리구(10L)의 일부를 長日조건(13L)으로 바꾸어 7週間 사육한 후 동일한 변화를 조사한 결과는 Fig. 1과 같다(實驗 1).

실험기간중 自然水溫은 3月中旬의 15°C 전후에서 8주후인 5月中旬에는 20°C 전후로 상승하였고, 15주후인 6月末에는 23°C 전후까지 상승하였다.

Fig. 1에서 보는바와같이 암컷의 경우, 13L과 自然日長 실험구는 실험개시후 8주만에 생식소가 현저히 발달하여 성숙개체의 GSI 값을 나타내고 있으나, 12L 실험구는 약간의 증가를 보일뿐 성숙에는 이르지 못하고 있다. 11L과 10L 실험구는 生殖巢 자체가 전혀 活性化되지 못하여 GSI는 실험개시기에 비해 변화를 보이지 않고있다. 수컷의 경우도 13L과 자

Table 1. Combinations of photoperiods and water temperatures in rearing experiments

Exp. No.	Exp. period	Environmental factors (day length / water temperature)
1	Mar. 16 - June 30	NL/NT, 10L/NT, 11L/NT, 12L/NT, 13L/NT
2	Mar. 27 - May 15	12L/14°C, 12L/17°C, 12L/20°C, 15L/14°C, 15L/17°C, 15L/20°C
3	Apr. 11 - May 17	NL/NT, 12L/NT, 13L/NT, 14L/NT
4	Sept. 13 - Nov. 22	NL/NT, 12L/25°C, 15L/NT, 15L/25°C
5	Oct. 1 - Dec. 1	NL/NT, 12L/20°C, 13L/20°C, 14L/20°C
6	Nov. 10 - Dec. 13	NL/NT, 15L/23°C, 15L/26°C, 15L/28°C, 15L/30°C

NL; natural daylength, NT; natural water temperature

그물코쥐치, *Rudarius ercodes*의 生殖活動에 미치는 光週期 및 溫도의 影響

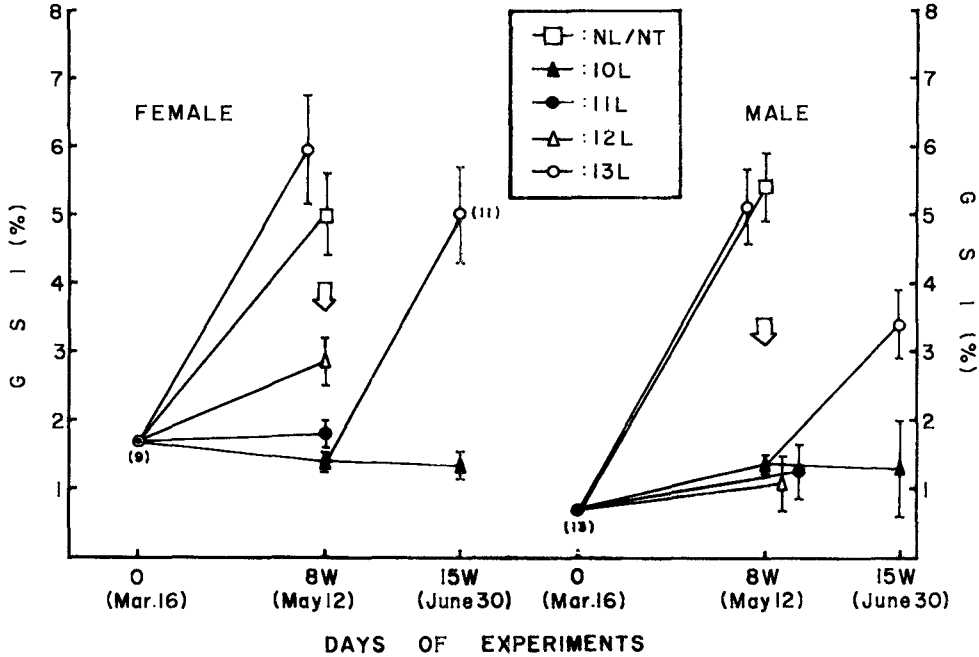


Fig. 1. Effects of various photoperiods on GSI of *Rudarius ercodes* under natural temperature ($15^{\circ}\sim 23^{\circ}\text{C}$) in early spring. In two groups (10L), photoperiod was changed on the 56th day (arrows). Symbols and bars, mean \pm standard errors

然日長 실험구는 현저한 生殖巢發達을 가져오고 있으나 12L 以下의 短日처리 실험구에서는 거의 변화를 보이지 않고 있다. 이때 암수 다같이 短日처리 실험구인 10L 區를 8주후부터 13L 光週期로 바꾸어 사육한바 生殖巢는 活性化되어 급격한 生殖巢發達과 함께 GSI가 상승하고 있는 반면, 10L 光週期 그대로

지속시킨 것에서는 7주후까지도 여전히 生殖巢는 活性化되지 못하고 있다. 이로미루어 春季水溫이 15°C 에서 20°C 이상으로 상승하는 자연환경하에서 生殖巢發達은 1日 13時間(13L) 以上의 光週期를 요구한다고 할 수 있으며, 이때 臨界日長은 12L과 13L 사이인 것으로 볼 수 있다. 自然에 있어서도 生殖巢가

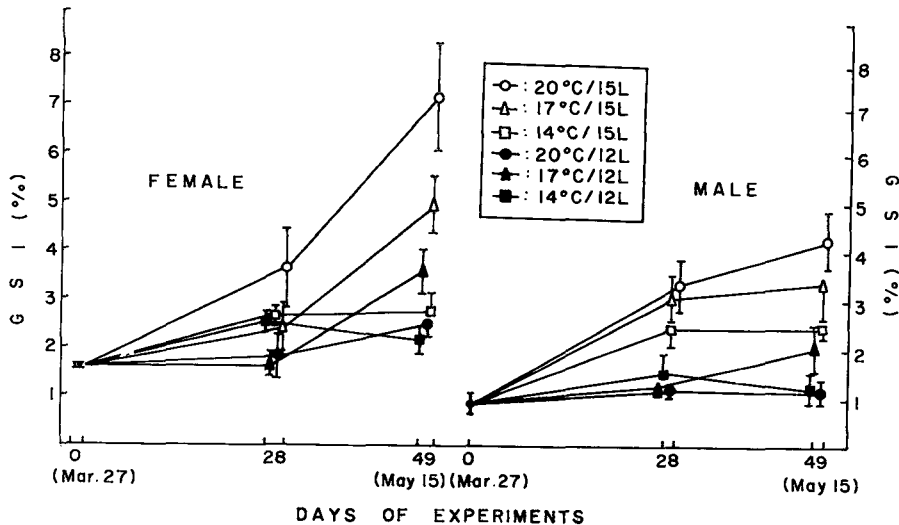


Fig. 2. Effects of photoperiods and temperatures on GSI of *Rudarius ercodes* in early spring. Symbols and bars, mean \pm standard errors

發達하는 3月中旬부터 4月中旬 사이에 日長은 12L에서 13L 이상으로 增大되고 있어, 本種의 生殖巢發達は 적어도 初期단계에서는 日長에 강하게 의존하고 있는 것으로 생각된다.

이들 生殖巢發達에 미치는 外的要因中 光週性外 溫度의 영향을 알기위하여 3月 27日에 12L과 15L 區에 14°C, 17°C, 20°C의 水溫을 組合하여 7週間 飼育實驗한 결과는 Fig. 2와 같다(實驗 2).

實驗飼育 4週後에 이미 高溫長日區(20°C/15L)에서는 GSI 增加가 뚜렷이 나타나고 있으며, 7週後에는 현저한 增加를 하고있다. 그러나 비록 高溫區(20°C) 일지라도 短日(12L) 처리하에서는 生殖巢의 發達は 거의 일어나고 있지 않다. 전반적으로 水溫에 관계없이 短日區(12L)의 경우 生殖巢發達は 극히 부진하여 成熟에 이르지 못하고 있다. 또한 長日區(15L) 일지라도 水溫 14°C에서는 암수 共히 生殖소발달은 정지되고 있다. 이상의 實驗 1과 實驗 2의 結果를 綜合해 볼때 春季 產卵開始期에 영향을 주는 即 生殖巢를 活性化시켜 成熟을 유도하는 環境要因으로서 是 13L 이상의 光週期가 필수적이며 17°C 이상의 水溫이 촉진효과를 나타내 주는 것으로 사료된다.

自然에서 이미 水溫이 17°C 이상으로 상승되었고, 日長은 12L을 넘어서 生殖巢의 活性이 유도되어 活潑한 生殖細胞形成이 시작된 4月 11日에 光週性의 受容여부를 조사하기 위해 臨界日長 區間인 12L과 13L 그리고 14L의 실험구를 설정 36日間 飼育實驗한 바 그 結果는 Fig. 3에서 보는 바와 같다(實驗 3).

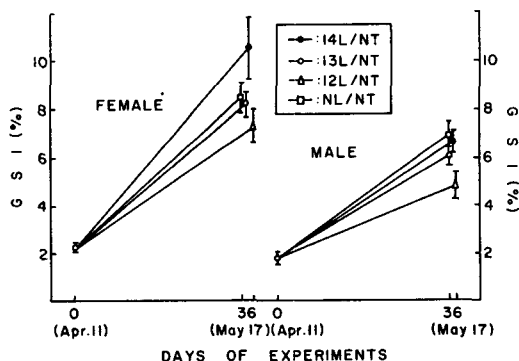


Fig. 3. Effects of photoperiods on GSI of *Rudarius ercodes* under natural temperature in growing period. Symbols and bars, mean \pm standard errors

實驗 3의 경우, 모든 실험구가 自然產實驗區와 거의 동일하게 큰 차이없이 계속 生殖巢는 發達하며 成熟에 이르고 있다. 이로부터 일단 3月中旬以後 12L

以上の 長日을 경험하여 生殖巢活性이 유도된 개체는 다시 短日인 12L로 되더라도 生殖巢의 活性은 억제되지 않고 그대로 進진된다는 것을 알 수 있다.

잉어科 魚類에서 조사된 바에 의하면(羽生, 1982) 春季產卵種인 다비라납지리, *Acheilognathus tabira*와 春夏季產卵種인 대륙흰줄납줄개, *Rhodeus ocellatus*는 봄의 水溫上昇이 產卵期 開始를 유도하는 要因이며, 이때 日長增大가 촉진효과를 나타내는데 반해 秋季產卵種인 납줄개屬의 *Pseudoperilampus typus*는 水溫과는 관계없이 日長단축 즉 短日의으로 成熟이 유도되고 있다. 본 그물코리치는 自然에서 5月中旬부터 10月初旬까지 春夏秋季에 걸쳐 비교적 長期間의 產卵期를 갖고있는 種으로서 아무리 봄의 水溫이 일찍 上昇하더라도 短日下에서는 生殖巢는 成熟되지 않고 있어 產卵期 開始를 유도하는 것은 光週期로 長日의이며 이때 水溫은 촉진적 補償作用을 하고 있음을 알 수 있다. 실제 自然에서 日長은 광범한 지역에서 同一하게 增加하나 水溫上昇은 地域에 따라 差異가 있으므로 그물코리치의 產卵開始期는 地域적으로 差異가 있을 것으로 생각된다.

2. 產卵期 終了에 미치는 影響

自然에서 그물코리치는 6~8月까지의 產卵盛期를 고비로 生殖巢는 9월부터 10월에 이르면서 급속히

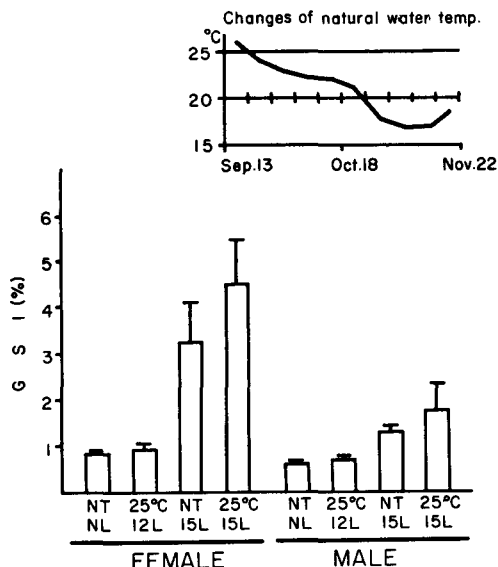


Fig. 4. Effects of photoperiods and temperatures on GSI of *Rudarius ercodes* during late and post-spawning periods. Columns and bars, mean \pm standard errors

退化되어 가며 產卵期를 終了한다(李·羽生, 1984). 이들 產卵期의 終了를 유도하는 즉 生殖活動을 退化시키는 外的要因을 조사하기 위하여 9月 13日 自然産을 捕捉하여 이 시기의 水溫과 日長을 고려하여 自然水溫과 25°C에 12L과 15L의 光週期를 組合하여 10週間 사육후 그들의 GSI 變化를 自然環境실험구와 比較한 결과는 Fig. 4와 같다(實驗 4).

앞수 모두 同一한 結果를 보여주고 있는데 GSI는 水溫의 高低에 관계없이 長日처리(15L) 실험구에서는 실험개시시기인 9月中旬의 GSI 값과 거의 同一하게 現象유지 내지는 상승하고 있는데 반해 短日처리구(12L)와 自然日長(NL)區에서는 역시 水溫에 關係없이 生殖巢가 退化되어 GSI는 급격히 低下되었다. 실험기간중 自然水溫은 25°C 전후에서 17°C 전후까지 變化하고 있으나, 自然日長은 9月中旬에서 10월에 걸쳐 12L以下로 감소하고 있는 점을 本실험결과와 결부시켜 볼때 그물코쥐치의 產卵期를 終了시키는 要因은 水溫과는 關係없이 日長의 短縮이 生殖巢活動을 退化시켜 產卵期를 終結시키는 것으로 판단된다.

3. 生殖巢 再成熟에 미치는 影響

春季實驗 1~3과 秋季實驗 4의 結果 光週期의 變化가 產卵開始 및 終了의 主要因으로 判명되었기에, 產卵을 거의 終結하고 GSI가 低下된 10月 1일에 이들 光週期의 變化가 生殖巢 再成熟에 미치는 影響을 조사하기 위하여 20°C 水溫下에서 12L, 13L, 14L의 光週期를 組合 飼育實驗한 바, 그 結果는 Fig. 5에서 보는바와 같다(實驗 5).

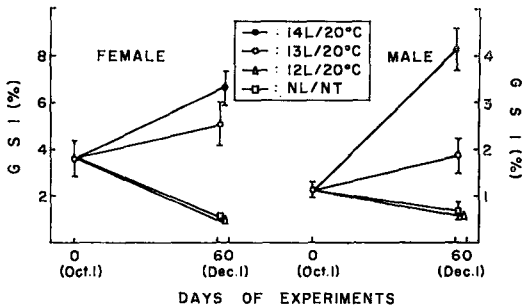


Fig. 5. Effects of photoperiods on GSI of *Rudarius ercodes* in the end of spawning period. Temperature was kept at 20°C. Symbols and bars, mean±standard errors

短日實驗區(12L)와 自然日長區는 水溫에 關係없이 生殖巢는 退化되어 GSI가 계속 低下되었으나, 13L과 14L의 長日實驗區는 生殖巢가 再活性化되어

정상적인 成熟을 계속하였고, 8주후는 산란개체도 나타났다.

生殖巢가 완전히 退化하고 休止期상태에 있는 11月 10일에 長日光週期(15L)下에서 生殖巢가 여전히 再成熟되며 이때 水溫의 變化는 어떻게 補償效果를 나타내는 지를 검토하기 위하여 Fig. 6에서 보는 바와 같이 實驗 5에서 실시한 15L/20°C를 제외하고 23°C에서 30°C까지 3°C의 水溫勾配別로 飼育實驗을 실시하였다(實驗 6). 이때 최종 水溫勾配는 예비실험에서 31°C가 그물코쥐치의 生存限界水溫으로 判명되어 30°C로 결정하였다.

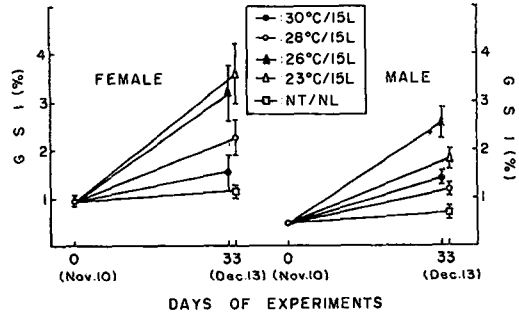


Fig. 6. Effects of various temperature on GSI of *Rudarius ercodes* under long daylength(15L) in resting period. Symbols and bars, mean±standard errors

本 實驗 6에서도 그물코쥐치는 長日光週期下에서 生殖巢는 再活性化되어 GSI가 모두 上昇하고 있으나 水溫에 따라 差를 보이고 있다. 즉 26°C까지 是 정상적인 再成熟을 보이고 있으나 28°C와 30°C의 실험구에서는 初期 再成熟은 하되 卵黃蓄積단계와 精子 變態過程에서 오히려 억제되고 있다. 따라서 補償 的으로 作用하는 水溫의 好適범위는 20~26°C라 할 수 있겠다. 이상 產卵終了期의 3차에 걸친 實驗 4~6을 綜合해 볼때, 生殖巢活動은 溫度에 關係없이 短日 的으로 退化되어 產卵期를 終結하고 있으며, 產卵終了 直後나 休止期의 退化한 生殖巢도 長日光週期下에서 再成熟되는데, 이때 成熟이 계속적으로 進行되기 위해서는 適正水溫이 補償的으로 必要함을 알 수 있다.

잉어科 魚類의 대륙현준납줄개, *Rhodeus ocellatus*에서 보고된 바에 의하면(羽生, 1982) 產卵期 終了는 本 그물코쥐치와 동일하게 光週性의 存在가 성립하여 短日의 으로 生殖巢活動이 억제되어 일어나는데 이때 臨界日長은 13L과 14L의 사이였다. 그러나 이들은 實驗的으로 先行하는 日長을 바꾸면 臨界日長은 一定不變이 아니고 先行하는 日長條件에 反應해서 약간 上下로 이동하는 것 같다고 하였다.

生殖腺活動을 支配하는 環境因子로 光週期와 溫度가 主要인인은 數種 담수어류에서 알려진 사실이나 季節的 産卵型에 따라 光週期 또는 水溫中 어느하나가 主要인인 되고 다른하나가 補償的으로 作用하는 것이 일반적이다.

그물코쥐치의 生殖活動을 支配하는 것은 産卵開始期나 終了期 또는 再成熟에 언제나 光週性이 主要인인 으로 作用하고 있으며, 水溫은 그 時期에 따라 補償的으로 作用하고 있는데, 各時期의 臨界日長들은 다소간의 地域的인 差가 있을 것으로 생각된다.

要 約

自然에서 5月中旬부터 10月初旬까지 産卵期를 가지는 그물코쥐치, *Rudarius ercodes*를 대상으로 이들의 生殖周期成立機構를 밝히고자 여러가지 光週期 및 溫度 條件이 生殖巢의 活性과 退化 그리고 再成熟에 미치는 影響을 實驗的으로 조사하였다.

이른봄에 生殖巢는 長日光週期(13L以上)에 의해서 活性化되어 産卵期에 이르게 되며, 이때 水溫上昇이 補償的으로 촉진역할을 한다. 일단 臨界日長(12L~13L)以上이 作用되어 生殖巢 活性化가 일어난 個體들은 臨界日長 以下에 되돌려도 生殖巢는 계속 成熟하였다.

産卵終了期에는 水溫에 관계없이 短日(12L)의으로 生殖巢 退化가 초래되고 있어 自然에서 日長短縮이 産卵期를 終了시키는 要因임을 알 수 있다.

産卵期를 終結하고 退化中인 生殖巢에서도 20°C 水溫의 長日光週期(13L以上)에서 再成熟하여 産卵까지 이르고 있어 年中 生殖周期의 人工的인 制御가 가능함을 示唆하고 있다. 이때 長日光週期일지라도 28°C 以上の 高水溫區는 成熟억제현상이 나타났다.

文 獻

- Asahina, K. and I. Hanyu. 1983. Role of temperature and photoperiod in annual reproductive cycle of the rose bitterling, *Rhodeus ocellatus ocellatus*. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish. 49(1), 61-67.
- 羽生 功. 1982. 外部環境要因による成熟産卵の制御. 9. コイ科魚類. 魚介類の成熟産卵の制御. 115-128. 日本水産學會編, 恆星社 厚生閣.
- 李澤烈·羽生 功. 1984. 그물코쥐치, *Rudarius ercodes*의 生殖周期. 韓水誌 17(5), 423-435.
- Nishi, K. 1979. A daily rhythm in the photosensitive development of the ovary in the bitterling, *Rhodeus ocellatus ocellatus*. Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ., 30, 109-115.
- Shimizu, A. and I. Hanyu. 1983. Environmental regulation of spawning-period in an autumn-spawning bitterling, *Pseudoperilampus typus*. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish. 49(6), 895-900.
- 清水昭男. 1983. 春産卵型及び秋産卵型タナゴ類の生殖周期に関する研究. 東京大學 大学院農學系 博士學位論文. 200pp.
- de Vlaming, V.L. 1972a. The effects of temperature and photoperiods on reproductive cycling in the estuarine gobiid fish, *Gillichthys mirabilis*. Fish. Bull. 70, 1137-1152.
- . 1972b. Environmental control of teleost reproductive cycle: A brief review. J. Fish. Biol. 4, 131-140.