

## 水溫과 光週期 調節에 의한 넙치(*Paralichthys olivaceus*)의 產卵誘導

金 潤·許聖範\*

國立水產振興院 魚類養殖科 · \*釜山水產大學校 養殖學科

## Spawning Inducement of Flounder, *Paralichthys olivaceus* by the Control of Water Temperature and Photoperiod

Yoon KIM and Sung Bum HUR\*

Fishculture Division, National Fisheries Research  
& Development Agency, Yangsan 626-900, Korea

\*Dept. of Aquaculture, National Fisheries University  
of Pusan, Pusan 608-737, Korea

### ABSTRACT

Spawning inducement of flounder, *Paralichthys olivaceus*, was attempted by the control of water temperature and photoperiod from June 1, 1989 through January 5, 1990 (189 days). Water temperature was gradually decreased from 21.7°C to 10.6°C which was the minimum biological temperature for spawning of flounder. Water temperature was increased again to 15°C gradually, and then maintained at this level through the end of spawning. Photoperiod was also changed gradually from 10L/14D in June 1, 1989 to 14L/10D in July 25, 1989.

Spawning of the fish occurred from October 4, 1989 through January 5, 1990 (93 days). The average number of eggs spawned during the spawning season per female were 2.67 billion. The first spawning occurred on the 60th day after the time of minimum water temperature 10.6°C. The water temperature and photoperiod at the first spawning were 13°C and 14L/10D respectively. It took 71 days to spawn since the photoperiod had changed from 10L/14D to 14L/10D.

Spawning period can be divided into three terms. The first term was continued for 30 days from the beginning of the spawning. The second term for 41 days was the major spawning period followed by the third term, the final period of the spawning, for 22 days. The percentage of average fertilization rate of the eggs in the first, second and third spawning terms were 37.4%, 54.1% and 19.6%, respectively. Feeding rate was increased in the maturing period but, decreased in the spawning period. During the final spawning period, the abrupt decreasing of the feeding occurred again.

### 緒論

우리나라의 水溫條件에 알맞고 比較的 成長이 빠른 넙치(*Paralichthys olivaceus*)의 養殖은 1985年以後 陸上 水槽式과 海上 가두리 養殖 方法으로 全 沿岸에서 활발히 이루어지고 있다.

넙치 種苗의 安定的 供給을 위해서는 種苗生產 時期에 맞추어 良質의 受精卵을 生產 供給하는 것이 產業的으로 매우 重要하다. 넙치 受精卵의 確保는 從來에는 主로 自然產 成熟親魚를 對象으로 成熟卵을 掼出하는 方法에 依存하였으나(田内 1979; 慶井・中村 1971), 이 方法은 受精率과 孵化率이 낮아 良質의 受精卵을 確保하기가 매우 어려운 問題點이 있다. 그러므로 親魚를 陸上水槽에서 飼育 管理하여 自然產卵을 誘導하고자 하는 많은 研究가 遂行되어 왔다(大塚 等 1980; 平本・小林 1979; 尾田・宣野 1986, 1987; 尾田 等 1988; 高橋 等 1980; Min 1988; 金 等 1989). 最近 넙치 養殖이 產業的으로 活潑해짐에 따라 養殖期間과 生產時期에 關係없이 養殖用 種苗도 年中 必要로 하고 있는 實情이다. 따라서 人爲의 環境調節로 自然產卵을 誘導하여 良質의 受精卵을 必要한 時期에 맞추어 供給할 수 있는 方法이 切實히 要求되고 있다.

環境調節을 利用한 海產魚의 產卵期 調節에 關한 研究는 유럽산 농어(*Dicentrarchus labrax*)의 경우, 불란서 Palavas 研究所의 研究팀에 의해 報告된 바 있고(Station Experimentale d'Aquaculture de Palavas, 1984), 참돔(*Pagrus major*)의 경우 福所 等(1986)에 의하여 加溫에 의한 早期產卵誘導結果가 報告된 바 있다. 넙치(*P. olivaceus*)에 있어서는 長日處理에 의한 早期產卵에 關하여 大分縣栽培漁業センター(1984), 伊島 等(1986)이 報告한 바 있다. 國內에서는 Min(1988)에 의해 人爲의 光週期 調節을 通하여 室內 自然產卵을 誘導하는 調查가 遂行된 바 있으나, 低水溫을 利用하여 早期 產卵을 誘導하고 產卵時期를 調節하는 研究는 充分히 報告된 바 없다.

따라서, 本 研究에서는 넙치의 受精卵을 必要한 時期에 安定的으로 供給하기 위하여, 넙치의 產卵誘導에 가장 많은 影響을 미칠 것으로 생각되는 水溫과 光週期을 人爲의 通过 調節하여 室內水槽에서 產卵을 誘導하고자 하였다.

## 材料 및 方法

親魚는 1985年에 人工採卵하여 室內 水槽에서 飼育한 4年生 어미로 암컷 7尾(全長 範圍 560~685 mm, 平均全長 610mm, 體重範圍 2,500~4,150g, 平均體重 3,380g)와 수컷 20尾(全長範圍 400~525mm, 平均全長 462mm, 體重範圍 800~1,900g, 平均體重 1,380g), 總 27尾 51.2kg을 1989年 6月 1日부터 飼育하였다.

飼育 水槽는 圓形水槽(直徑 3.7m, 水深 1.0m, 水容積 8.6m<sup>3</sup>)를 使用하였으며, 水槽 底面積에 대한 親魚 飼育密度는 m<sup>2</sup> 當 4.74kg이었다. 飼育方法은 既存의 循環濾過 시스템(大分縣栽培漁業センター 1984; 福所 等 1986; Min 1988)을 參考로 設計製作한 水槽를 利用하였고, 水質의 安定을 위하여 飼料 치꺼기 및 魚體排泄物 等을 隨時로 除去하였다(Fig. 1). 本 實驗은 半循環濾過式(semi closed system)으로 새로운 海水로의 補充 換水는 4.2ℓ/min, 循環海水의 流水量은 127.5ℓ/min이었다. 親魚의 사료로는 냉동 전쟁이 양미리를 2日 1回 500g~1kg을 주었으며, 飼料에 캡슐형 토포페롤(vitamine E)을 全體 飼料量의 0.05% 되게 냉동사료 복부에 첨가하여 주었다. 飼料를 준 다음 1時間 以内에 먹지 않은 것은 排水口를 通하여 收去, 計量한 後 飼料效率(飼料攝取量/魚體重×100)을 算定하였다.

產卵誘導를 위한 環境調節에 있어 水溫에 關하여는 飼育初期인 6月 1日부터 7月 18일까지는 自然海水를 使用하였으나, 水溫이 22.7°C가 된 7月 19日 以後부터는 冷凍機(15RT, 20Hp)를 利用하여 水溫을 점차 낮추어 8月 5日에 10.6°C로 最低 水溫을 維持한 다음, 다시 漸次 上昇시켜 產卵期 中에는 14~15°C 前後가 되도록 하였다. 또한 겨울철 自然水溫이 14°C 이하로 된 11月 24日부터는 溫水보일러(15,000kcal/h)를 利用하여 水溫을 產卵水溫에 맞도록 維持하였다.

光週期 調節은 白熱燈 300W 1個를 飼育水槽 中央의 水面上端 1.5m에 매달고, 光量은 水槽 中央의 水表面이 100lux, 水槽 가장 外側이 80lux되게 하였다. 光週期은 飼育初期인 6月 1日부터 7月 24

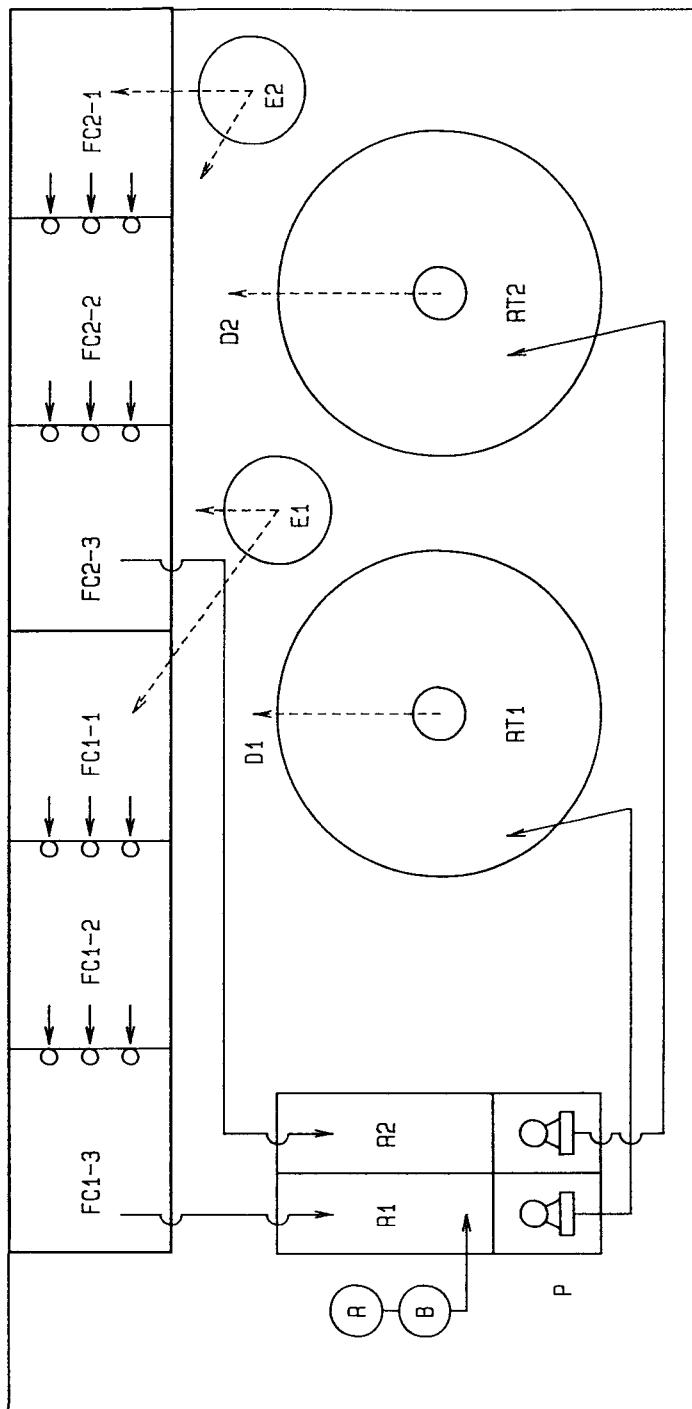


Fig. 1. Plane view of the rearing system.

- R : refrigerator (1.5RT, 20HP)
- B : boiler (15,000kcal/h)
- P : pump (1/2HP)
- RT 1, 2 : rearing tank ( $\phi 3.75\text{m}$ , Deep 1.0m)
- D 1, D 2 : drain
- EC 1, 2, 3 : biofiltration compartments  
[ $2.0\text{m}(L) \times 1.0\text{m}(W) \times 2.0\text{m}(H)$ ]
- R 1, 2 : reservoir for heat exchanger
- E 1, 2 : egg collection net cage

日까지는 日照時間이 13.5時間에서 10시간 되도록 短日處理하였으며, 7月 25일부터는 日照時間을 10시간에서 漸次 增加시켜 11月 22일까지 15시간 되도록 長日處理하였다(Fig. 2, 3).

產卵後 浮上한 알은 集卵槽에 設置된 四角가두리 (網目 0.5mm 나일론 網)내에 들어 오도록 하였다. 알의 收集은 產卵後 약 2時間 以内에 하였으며, 收集된 알은 10分間 3回 以上 洗卵하여 總產卵量을 計數하였다. 沈下卵은 비이커에 海水와 함께 30分間 放置하여 底面에 가라앉은 알을 計數하였고, 浮上卵 數는 총산란량과 침하란의 차이로 구하였다. 浮上率은 總產卵量에 대한 浮上卵의 比로 換算하였으며, 受精率은 100粒의 浮上卵中 卵割이 進行되고 있는 알의 數로 計算하였고, 3回 平均하여 구하였다. 以上의 調査에서 卵의 計數는 容積法으로 하여 卵 1ml當 1.200粒으로 換算하였다.

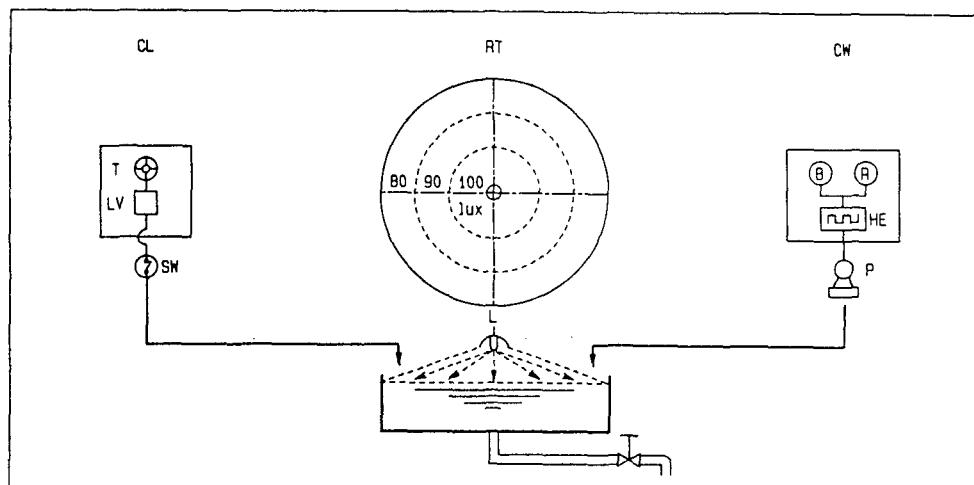


Fig. 2. Diagram of the control system of rearing tank.

CL : cycle of light

T : automatic photoperiod regulator

RT : rearing tank

L : light (300W)

CW : control of water temperature

B : boiler (15,000kcal/h)

LV : light intensity sensor

R : refrigerator (15RT, 20HP)

HE : heat exchanger

P : pump (1/2HP)

## 結 果

產卵誘導를 為하여 環境을 調節하기 시작한 1989年 6月 1일부터 產卵이 終了된 1990年 1月 5日까지 189日間의 親魚飼育 水槽내에 있어서의 水溫, 比重 및 pH 變化는 Fig. 4와 같다. 水溫은 全飼育期間中 10.6~22.7°C 範圍였으며, 最低水溫(10.6°C)을 設定한 8月 5日 以後부터 產卵이 끝난 1990年 1月 5日까지는 15°C를 超過하지 않는 12.1~14.9°C로 維持되었다. 比重은 飼育初期에는 自然海水의 注入에 의해 다소 變化되는 傾向을 보이다가 人為的인 水溫調節이 시작된 7月 20일부터 飼育水의 循環으로 多少 높아지는 傾向을 보였지만, 全 飼育期間을 通하여 1.0200~1.0254 範圍였다.

水溫과 光週期 調節에 의한 납치(*Paralichthys olivaceus*)의 產卵誘導

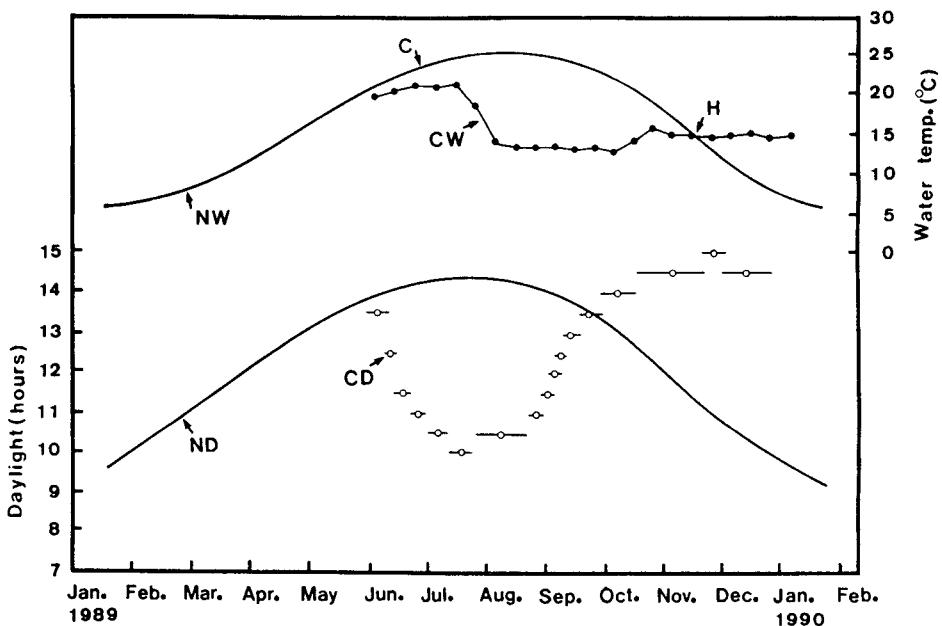


Fig. 3. Control of water temperature and photoperiod for spawning of flounder.

NW : natural water temperature	CD : controlled daylight
CW : controlled water temperature	C : start cooling
ND : natural daylight	H : start heating

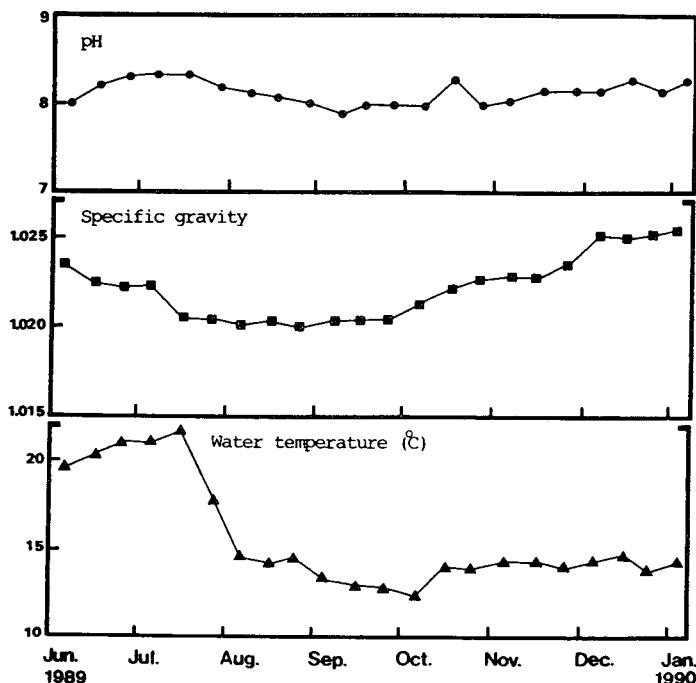


Fig. 4. Variations of pH, specific gravity and water temperature during the experimental periods

pH는 循環飼育과 飼育水의 一部 換水 等으로 全期間中 큰 變化 없이 7.9~8.3의 範圍가 維持되었다.

水溫 및 光週期의 範圍에 의한 넙치 親魚의 產卵誘導 結果는 Fig. 5와 같다. 水溫 變化에 따른 產卵은 最低水溫 設定後 產卵이 이루어지기 까지는 60日이 所要되었고, 人爲的으로 水溫을 낮추기 시작한 7月 20日로부터는 76日이, 그리고 最初 飼育 開始日로 부터는 126日이 所要되었다. 產卵이 終了된 때는 1990年 1月 5日로 써 總產卵 時間은 94日間이었으며, 그 中 產卵이 이루어진 날은 69日間이었다.

飼育開始時 日照時間은 13.5時間에 漸次 10時間이 되도록 54日間 短日處理를 한 뒤, 7月 24日以後부터는 日照時間이 14時間이 되도록 長日處理를 한 결과, 日照時間이 14時間으로 增加된 9月 30日 以後 5日만에 最終產卵이 이루어졌으며, 長日處理를 始作한 7月 25日부터 產卵까지는 71日이 所要되었다. 最初 產卵 以後 5日間은 產卵이停止되었으나 10月 10日 부터 本格的인 產卵이 이루어졌다. 實驗기간중의 產卵週期는 크게 水溫이 12~13°C로 上昇하면서 日照量이 14.5時間으로 維持된 產卵前期(30日間), 日照時間이 14.5時間에서 15時間으로 增加한 後 다시 14.5시간으로 낮아지는 產卵中期(41日間), 그리고 日照時間이 14.5시간에서 漸次 矮아지면서 產卵이 終了되는 產卵後期(23日間)로 구분할 수 있다.

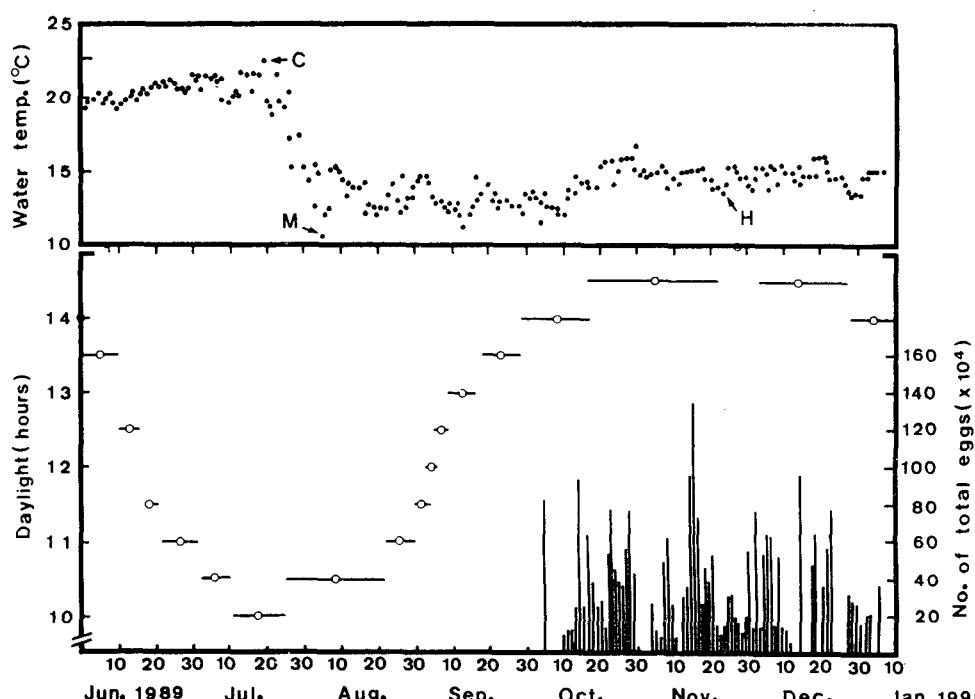


Fig. 5. Variations of water temperature, photoperiod and the number of eggs spawned during the experimental period.

C : start cooling ( $22.7^{\circ}\text{C}$ )

M : minimum biological temperature for spawning ( $10.6^{\circ}\text{C}$ )

H : start heating ( $14.0^{\circ}\text{C}$ )

產卵期間中の 總產卵量, 浮上量 및 受精率은 Fig. 6과 같다. 1日 總產卵量은 처음 產卵이 시작된 10月 4日에는  $81.6 \times 10^4$ 粒이었으나, 11月 15日에는  $133.2 \times 10^4$ 粒으로 全產卵期間中 最大値를 나타냈다. 產卵期間中の 累積產卵量은  $1,869.4 \times 10^4$ 粒이었고, 암컷 1尾當 平均 總產卵量은  $267.1 \times 10^4$ 粒이고, 1日 平均 產卵量은  $27.9 \times 10^4$ 粒이었다.

全 實驗期間中 總產卵量에 대한 浮上率과 受精率은 서로 比例하는 傾向을 보였으며, 總產卵量에 대한 浮上卵 數의 比는 產卵前期가 47.6%, 產卵中期 63.5%, 產卵後期 41.8%로 全體 平均은 55.3% 이었다. 그러나, 產卵이 이루어 졌으면서도 受精이 전혀되지 않은 日數는 全 產卵期間中 24日로 產卵前期 9日, 產卵中期 11日, 產卵後期 4日이었다.

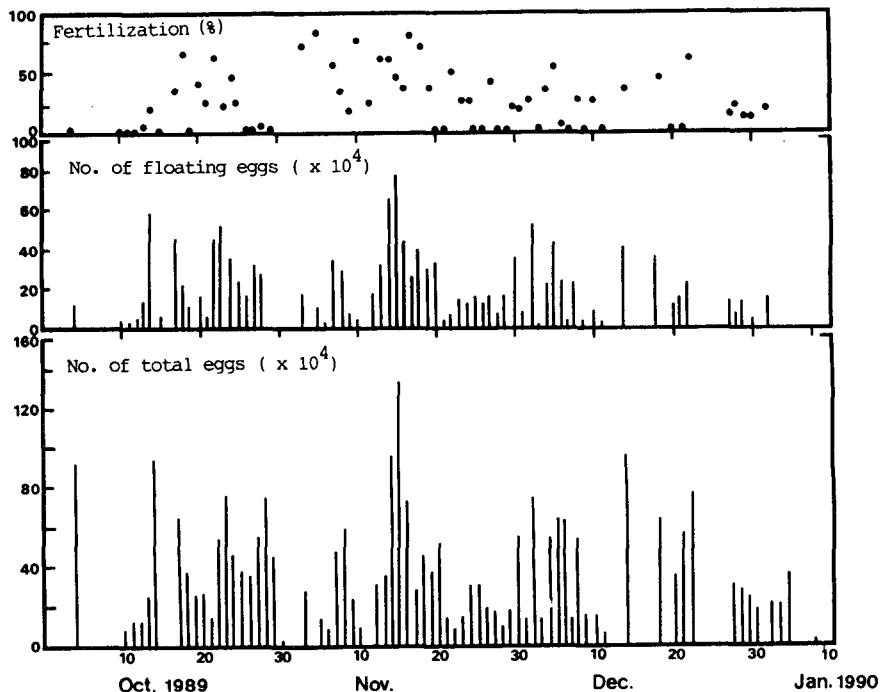


Fig. 6. Fertilization percentage of the floating eggs and number of total eggs and floating eggs during spawning periods.

未受精卵 만이 產卵되었던 24日을 除外한 浮上卵에 대한 受精卵은 產卵前期 37.4%, 產卵中期 54.1%, 產卵後期 19.6%로 平均 44.4% 이었다. 한편 90% 以上의 受精率을 보인 때는 產卵開始後 37日째, 42日째, 45日째로 각각 100%, 92.3%, 98.4% 이었다.

親魚의 飼料 摄食量과 成熟 및 產卵과의 關係는 Fig. 7과 같다. 飼育初期의 1日 摄食量은 魚體重當 0.3~0.4% 範圍였지만, 水溫 및 光週期 調節이 시작된 7月 24日 以後부터는 減次的으로 增加하여 8月初까지 成熟이 시작된 10月 初까지의 2個月間은 魚體重當 1日 0.9~1.0% 範圍이었다. 그러나 產卵이 本格的으로 시작되면서 1日 魚體重當 摄食量은 0.5~0.7% 範圍로 낮아졌으며, 產卵이 終了되어가는 12月 30日 以後에는 0.35%로 急激히 減少하는 傾向을 보였다.

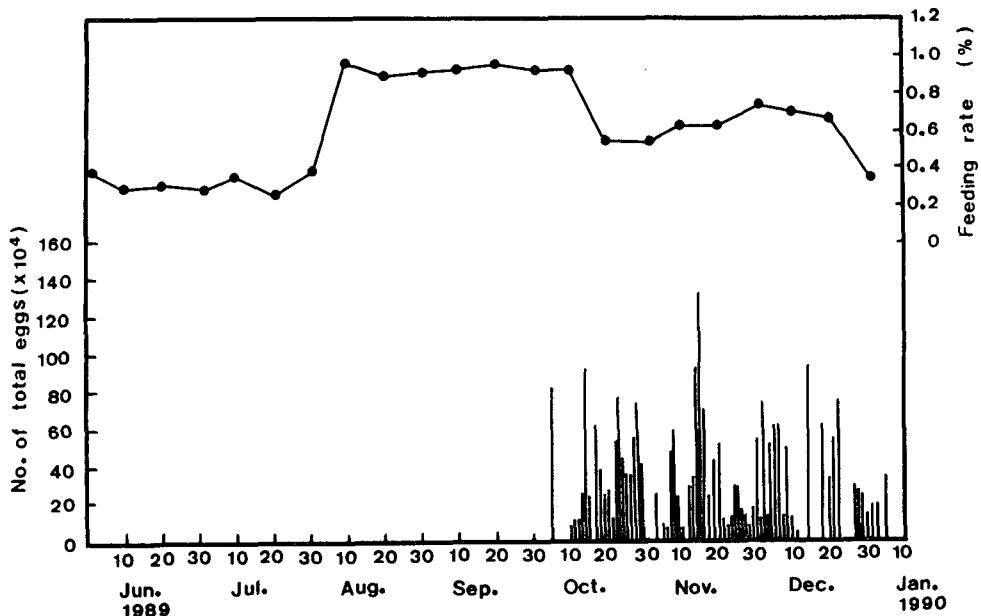


Fig. 7. Variation of feeding rate and total eggs during the experimental periods.

### 考 察

人爲의 產卵調節을 위한 飼育水槽의 形態와 크기, 親魚의 年齡과 性比, 適正 收容密度 및 營養狀態 等은 產卵量과 卵質에 重要한 影響을 미친다. 瓜子의 自然產卵을 위한 親魚의 飼育水槽의 形態와 飼育密度에 對하여 平本·小林(1979)는 直徑  $3.7 \times 1.0\text{m}$ , 水容積  $8\text{ m}^3$ 의 圓形水槽에 全長  $50\sim 70\text{ cm}$ 의 親魚 12尾(암컷 4尾, 수컷 8尾)를  $1.8\sim 2.4\text{kg/m}^3$ 의 密度로 飼育하였으며, 高橋 等(1980)은 全長  $70\text{cm}$  前後의 親魚  $7\sim 10$ 尾를  $6$ 角形 水槽( $5.0 \times 1.5 \times 0.8\text{m}$ )에 收容하여 產卵을 誘導한 바 있다. 本 研究에서 使用한 圓形水槽(直徑  $3.7 \times 1.0\text{ m}$ )에 平均全長  $46.2\sim 61.9\text{ cm}$ 의 瓜子 親魚를 27尾(암컷 7尾, 수컷 20尾  $4.74\text{kg/m}^2$ ) 收容함으로써 收容密度面에서 上記 著者들의 경우보다 多少 높은 傾向은 있으나 性熟 및 產卵에는 制限的 要因이 되지 않는 것으로 생각된다.

水溫과 光週期가 魚類의 成熟과 產卵에 미치는 影響에 關하여 參考의 경우, 最低 水溫을  $12^\circ\text{C}$  以上으로 設定하여 飼育한 實驗區와  $19^\circ\text{C}$ 의 自然海水를 直接 使用한 實驗區의 產卵期 差異는 없었다고 한 바 있으나(伏見 等 1972), 原田 等(1970)과 辻ヶ堂 等(1973)은 冬季 加溫飼育이 產卵期間을 1.5個月 앞당길 수 있다고 하였으며, 특히 越冬期中  $15^\circ\text{C}$  以上일 때는 產卵하지 않는다고 보고하였다. 瓜子에 對하여 伊島 等(1986)은 光週期가 成熟과 產卵에 關係하지만 產卵에 있어서는 水溫이 더 깊이 關係하므로, 長日處理와 함께 수온을 產卵 適水溫인  $14\sim 18^\circ\text{C}$ 로 維持하는 것이 效果的이라고 하였다.

本 研究에서는 產卵을 위하여 水溫과 光週期를 並行해서 人爲的으로 調節한 結果, 自然에서의 4~6月에 成熟 產卵하던 時期를 6個月 以上 앞당긴 10月 4日에 產卵됨으로써 水溫과 光週期가 成熟과 產卵에 密接하게 關係하고 있음을 알 수 있다. 또, 유럽산 농어의 경우, 光週期가 9L/15D에서 14L/10

## 水溫과 光週期 調節에 의한 넙치(*Paralichthys olivaceus*)의 產卵誘導

D로 調節될 때 產卵이 이루어졌다고 報告한 바 있다(Station Experimentale d' Aquaculture de Palavas, 1984). Min(1988)은 넙치의 早期產卵은 水溫이 12°C에서 14~15°C로 上昇하고, 光週期가 10L/14D에서 14L/10D로 轉換될 때 產卵한다고 보고한 바 있다. 그러나 伊島 等(1986)은 日照時間 만을 最大 17~18時間으로 長期間 處理하여 產卵을 誘導하였으나 그 成績은 좋지 못하여 再檢討가 必要하다고 하였다. 本 研究의 경우, 水溫이 13°C 前後에서 光週期가 14L/10D에서 14.5L/9.5D로 되는 時期에 產卵이 이루어짐으로써, Min(1988)과 Palavas 研究팀 (Station Experimental d' Aquaculture de Palavas, 1984)의 結果와 一致하였다. 光量의 경우, 本 研究에서는 電燈을 利用하여 光量을 調節하였으며 飼育 水槽 表面의 照度가 中央部 100lux, 가장자리가 80lux되게 다소 낮게 設定하였다. 이는 伊島 等(1986)의 참돔 早期產卵時 水表面의 光量 800lux 보다는 상당히 낮게 設定되었는데, 本 研究에서 보다 光量을 많게 設定한 것은 탱크 水深이 2.3m로 깊은데다, 참돔이 回遊性 魚類인데 比하여 本 研究의 넙치는 底棲性 魚類라는 점에서 生理生態的으로 서로 다른 데에 起因하는 것으로 推測된다.

한편, 產卵期間中の 產卵量의 变화는 產卵이 終了되는 時期까지 一貫性 있는 產卵이 이루어지기 보다는 特定한 모드를 이루며 產卵하는 것으로 보인다. 環境調節에 의한 넙치의 成熟 產卵에 所要되는 時間에 對하여 高橋 等(1980)은 78~112日이라 報告하였다. 平本·小林(1979)는 넙치의 產卵을 前期와 後期의 2段階로 나누었으며, 前期와 後期의 產卵量比는 각각 91.24%, 8.76%이며, 孵化率은 79.8%, 35.0%라 했다. 또 親魚 個體當 產卵量도 親魚의 年齡, 크기에 따라 產卵量이 다르며, 產卵에 所要되는 時間은 106日, 產卵持續期間은 78日間이라고 報告한 바 있다. 成熟한 암컷 親魚 1마리의 平均 產卵量에 關하여 平本·小林(1979)는  $404 \times 10^4$ 粒(全長 60.5~71.5cm), 大塚 等(1980)은  $427.0 \times 10^4$ (전장 52~59cm)으로 報告하였다. 本 研究에서는 1尾當 產卵量이  $267 \times 10^4$ 粒으로 前者들에 比하여 量的으로는 적은 傾向을 보였는데, 前者들의 경우는 水溫 및 光週期 調節을 하지 않은 條件下에서의 自然產卵에 關한 結果이지만, 本 研究는 人為의으로 水溫과 光週期를 調節하였다는 点에서 서로 다른 影響이 作用할 수 있었을 것으로 観단된다.

以上의 結果를 綜合하면, 넙치의 產卵은 光週期에 많은 影響을 받고 있음을 알 수 있지만, 成熟 產卵에 必要로 하는 水溫의 適切한 調節이 並行되어야 할 것으로 判斷된다. 특히 成熟을 위한 前處理 時間은 最小限 70日 以上이 必要하며, 產卵을 위하여는 120日 以上的 親魚管理가 바람직할 것이다. 한편 良質의 受精卵을 確保하기 위해서는 親魚에게 充分한 營養을 공급함으로써 圓滑한 成熟이 이루어지도록 飼育管理할 必要가 있으며, 친어에게 공급되는 먹이중 Docosahexaenoic acid(22:6 ω3)의 불포화지방산은 卵質을 左右하는 重要한 要因으로 最近 報告되고 있다(Watanabe 1991). 以上의 結果들을 綜合的으로 應用한다면 季節에 關係없이 넙치의 產卵을 人為의로 誘導할 수 있을 뿐만 아니라, 良質의 卵 確保는 물론 種苗生產 時期의 適切한 調節 및 養成用 種苗의 圓滑한 需給을 期待할 수 있는 것으로 생각된다.

## 要 約

1989年 6月 1일부터 1990年 1月 5일까지 189日間 水溫과 光週期를 調節하여 넙치의 產卵을 誘導한 結果를 要約하면 다음과 같다.

水溫 調節에 의한 最初의 產卵은 最低水溫 10.6°C 設定後 水溫 13°C 前後인 60日 만에 產卵이 시작되었고, 自然水의 水溫을 낮추기 시작한 때로 부터는 76日이 所要되었다. 한편 光週期 調節에 의한 產卵은 水溫 13°C 前後에서 光週期가 10L/14D로 될 때부터 長日處理를 시작하여 14L/10D로 轉換되는 時期에 產卵이 이루어졌으며, 長日處理開始日로부터는 71日이 所要되었다.

全産卵期間은 94일이었으며, 그 중 産卵이 이루어진 日數는 69일이었다. 産卵期間中 1日 最大 産卵量은  $133.2 \times 10^4$ 粒 이었으며, 1마리의 平均 産卵量은  $267.1 \times 10^4$ 粒이었다. 産卵 期間은 産卵 前期 30日, 産卵中期 41日, 産卵後期 23일의 3段階로 구분되었다. 總産卵量에 대한 浮上卵 數와 受精率은 서로 比例하는 傾向이었고, 平均 受精率은 中期가 54.1%로 가장 좋았고, 前期 37.4%, 後期 19.6% 順이었으며, 全體 平均은 44.4%였다.

한편, 飼料攝食量과 産卵과의 關係는 成熟이 進行되는 時間에는 摄食量이 增加하다가 産卵開始時 부터는 急激히 減少하였으며, 産卵 終了時에는 더욱 減少하는 傾向을 나타내었다.

## 参考文献

- European Aguaculture Society, Special publication No 15. Gent, Belgium.
- 福所 邦彦・藤村 卓地・山本 剛史. 1986. 加温循環濾過式水槽によるマダイの親魚養成と早期採卵. 水產増殖 34(2) : 69-75.
- 原田 輝雄・熊井 英水・水野 兼入郎・中村 元二・宮下 盛・古谷 秀樹. 1970. ブリ・マダイ・イシダイ・イシガキダイからの加温による採卵. 日本水產學會 秋季大會要旨集 : 62-63.
- 平本 義春・小林 啓二. 1979. ヒラメの種苗生産に関する研究-I. 室内水槽における自然産卵について. 水產増殖 26(4) : 152-158.
- 伏見 徹. 1972. 養成マダイからの採卵に関する研究-III. 海面網生質から陸上産卵池へ移動させた親魚の産卵について. 栽培技研 1(1) : 15-20.
- 伏見 徹・増村 和彦・佐藤 正明. 1972. 養成マダイからの採卵に関する研究-II. 越冬期間の加温飼育の効果について. 廣島水試研報 3 : 41-47.
- 伊島 時郎・阿部 登志勝・平川 京三郎・鳥島 嘉明. 1986. 長日處理によるラメの早期採卵. 栽培技研 15(1) : 57-62.
- 熊井 輝雄・中村 元二. 1971. 養殖ヒラメ 1年魚からの採卵と仔魚飼育. 日本水產學會秋季大會講演要旨集 : 1-2.
- 金 潤・金承憲・白宰旼. 1989. 鎭치種苗量產試驗. 水振事報 79 : 91-94.
- MIN, B. S. 1988. Maturation and spawning of flounder (*Paralichthys olivaceus*) under captive conditions. J. Aqua. 1(1) : 25-39.
- 尾田 正・宣野 泰久. 1986. ヒラメの種苗生産. 岡山水試 1 : 176-181.
- 尾田 正・宣野 泰久. 1987. ヒラメの種苗生産. 岡山水試 2 : 232-237.
- 尾田 正・宣野 泰久・村田 守. 1988. ヒラメの産卵期間中における卵質について. 岡山水試 3 : 33-40.
- 大分縣栽培漁業センター. 1984. 電照によるヒラメの早期産卵について. 養殖 21(9) : 102-105.
- 大塚 修・丸山 雄・平野 正人. 1980. ヒラメの量產化に関する研究-I. 大型水槽に於ける親於養成と自然産卵について. 新潟研報 3 : 67-72.
- 辻ヶ堂 啓・川村 龍彦・宗清 正廣. 1973. 魚類種苗生産研究-II. 溫海水飼育によるマダイの早期産卵について. 三重縣 尾鷲水試 : 6pp.
- Station Experimentale d' Aquaculture de Palavas. 1984. Synthese des données sur la gestion d'un stock de reproducteurs de loups et de daurades. 388 : 1-20.

水温과 光週期 調節에 의한 납치(*Paralichthys olivaceus*)의 産卵誘導

- 高橋 邦雄・早川 豊・小倉 大二郎・中西 廣義. 1980. 水槽内自然産卵によるヒラメ受精卵の確保について. 栽培技研 9(2) : 41-46.
- 田内 大. 1979. 天然ヒラメ親魚からの採卵について—I. 採卵適期について. 神水試業績 79(5) : 51-53.
- Watanabe, T. 1991. Importance of docosahexaenoic acid in manine larval fish : p. 19. In. P. Lavens et al., Larvi '91. Short communications and abstracts of contributions presented at the international. Symposium of fish and crustacean larvi culture.