

# 참돔, *Pagrus major*의 光周期 및 水温調節에 따른 早期産卵

金炯培 · 金鍾萬

韓國科學技術研究院 海洋研究所 生物應用研究室

## Induced Spawning of Red Sea Bream, *Pagrus major*, by Controlling Photoperiod and Water Temperature

Hyung-Bae Kim and Jong-Man Kim

Marine Biotechnology Lab., Korea Ocean Research and Development Institute,  
KIST, Seoul 425-600, Korea

### ABSTRACT

To induce an early spawning, the adult red sea bream, *Pagrus major*, were exposed to predesignated condition of photoperiod and water temperature during February 21 to June 30, 1988.

Spawning began from April 20, a month earlier than that in the natural condition, when the photoperiod and water temperature were controlled at 14L : 10D and 17.0°C, respectively, and the spawning continued until June 15, 1988.

There were no particular differences between fish under the controlled condition and those in natural condition in terms of the fertilization rate, surface floating rate, the number of oil globule and the hatching rate.

### 序 論

참돔, *Pagrus major*의 人工種苗 및 天然種苗는 우리 나라의 경우 월동 가능성이 양식 산업 성립의 문제점으로 제기되어 왔다. 특히 人工種苗는 成育期間이 짧아서 월동이 불가능한 것으로 인식되어 왔다. 그러나 當年生個體들 중에 큰 개체들의 生存率이 높아 보다 크게 성장시키는 것이 참돔養殖産業을 성립시키는 요인이 되었다.

참돔 親魚를 産卵調節하여 早期産卵시키고, 初期種苗를 자연 수온이 성장 가능 수온에 도달할 때 해상 사육하면, 성육 기간을 연장시킬 수 있다.

産卵調節은 환경요인들 중에 光周期調節만으로 이루어질 수 있음이 송어(Hoover and Hubbard 1937)를 대상으로 처음 시도되어졌다. 이후 송어와 무지개송어(野村 1962)에서 光周期에 의한 産卵調節로 4~5개월에 걸친 種苗生産의 가능성이 보고되었다. 또한 송사리과에 속하는 *Fundulus heteroclitus*(Burger 1939)는 光周期와 관계없이 飼育水温 調節만으로 産卵이 調節되는 것으로 밝혀졌다. 그리고 곤들메기과 魚類인 *Salvelinus fontinalis* (Henderson 1963)는 光周期와

水温調節을 병행하여 産卵調節함으로써 年中 種苗生産이 가능하게 되었다. 결국 환경요인들 중에서 光周期과 水温은 많은 硬骨魚類에서 상호 또는 단독으로 작용하여 繁殖時期를 制御하는 것으로 조사되었다(de Valaming 1975; Lam 1983).

우리 나라의 경우, 그물코쥐치(李 等 1984)와 점망둑(白과李 1985)의 生殖周期에 光周期과 수온이 미치는 영향에 대해 조사되었다.

본 연구는 春季産卵型인 참돔을 산란요인이 될 수 있는 光周期과 水温 두 요인을 병행하여 産卵調節하고 早期 産卵을 시도하였다. 그리고 産卵量, 卵質, 孵化率 등을 조사하여 早期 種苗生産의 가능성과 효율성을 타진하였다.

## 材料 및 方法

### 1. 材料

참돔 親魚는 1987년 실내 수조에서 자연산란경험(海洋研究所 1988)이 있는 96마리의 4년생 이었다.

### 2. 方法

#### 1) 産卵調節

실험은 40m<sup>3</sup>수조를 사용하여 1988년 2월 21일부터 시작하였다. 産卵調節 實驗 시작시의 光條件은 11L:13D이었으며, 수온은 12.2°C이었다. 光은 2월 21일부터 3월 15일까지 22일동안 5~10분/일 明條件을 증가시켰으며, 수온은 0.1~0.2°C/일 상승시켰다. 3월 중순부터는 14L:10D, 16°C내외로, 4월 중순부터 수온 17.0°C 전후로 유지시켰다.

먹이는 냉동 새우와 냉동 까나리를 3~4회/일 충분히 공급하였다. 먹이투여 1~2시간 후, 잔여 먹이는 수질오염과 변성을 고려하여 제거시켰다.

水温調節은 난방용 보일러 배관을 사용하였고, 光周期는 24시간형 타이머로 조절하였으며, 光源은 40W 형광등으로 수면 위를 150~200/lux로 유지시켰다.

실험 기간 동안 生海水가 1m<sup>3</sup>/시간 공급되고 10회/1일 순환되는 循環濾過 飼育水の 비중은 1.025~1.027, 용존산소는 5.8~8.0mg/l의 범위였다.

#### 2) 産卵

産卵된 卵의 採卵은 siphon형으로 제작(海洋研究所 1988)한 浮性卵用 採卵器를 사용하였다. 채란용 망은 망목 350 $\mu$ m의 물러망지를 사용하였다. 1일 採卵量은 매일 시각별 참돔 産卵量의 차이(Matsuyama *et al.* 1988)를 참고하여 明周期과 暗周期別 産卵量의 차이를 조사하였다. 採卵 시간대는 8~18시의 明周期과 暗周期를 24시를 기준으로 18~24시와 0~8시로 나눈 세 군으로 하였다.

#### 3) 卵質

채집된 난은 3 $\mu$ m 가트리지 여과기를 거친 여과해수로 세척하고 무게를 측정한 후 메스실린더에 수용하여 난의 층별 분리가 일어날 때까지 30~60분간 정체시켰다. 이들 난은 해부 현미경 하에서 浮上卵인 경우 정상적인 浮上 受精卵과 畸形卵으로 구별하고, 沈下卵인 경우 沈下受精卵, 畸形卵 및 未受精卵으로 구별하였다. 정상적인 浮上受精卵은 油球數를 1, 2, 3, 4개 및 5개 이상 가진 난들로 각각 나누었다. 분리된 卵들은 水温17 $\pm$ 1.0°C의 여과 해수가 1일 1~1.5회 유수되는 1 $\ell$  플라스틱 용기에 수용하여 부화까지의 生存率을 조사하였다.

#### 4) 孵化

각 受精卵들의 孵化率은 수용시의 난수에서 수용중 사망하여 제거된 난수를 수거하여 계산하였고 畸形卵의 경우 전부 사망함으로써 부화 실험 대상에서 제외시켰다.

## 結果

### 1. 産卵

1988년 2월 21일부터 4월 중순까지 光周期를 11L : 13D에서 14L : 10D로 長日처리하고 수온은 12.2°C에서 17.0°C로 상승시킨 결과, 실험 2개월 후인 16.2°C 전후에서 産卵行動을 보였고, 16.5°C에서 産卵이 일어났다(Fig.1).

참돔의 産卵은 4월 20일부터 시작되어 6월 15일까지 56일간 지속되었다. 자연 수온의 증가에 따라 6월 9일부터 親魚水槽의 사육 수온은 17.3°C 이상으로 상승하였다. 이후 産卵量은 감소하였고 산란 종료 시의 사육 수온은 17.5 ~ 17.7°C이었다.

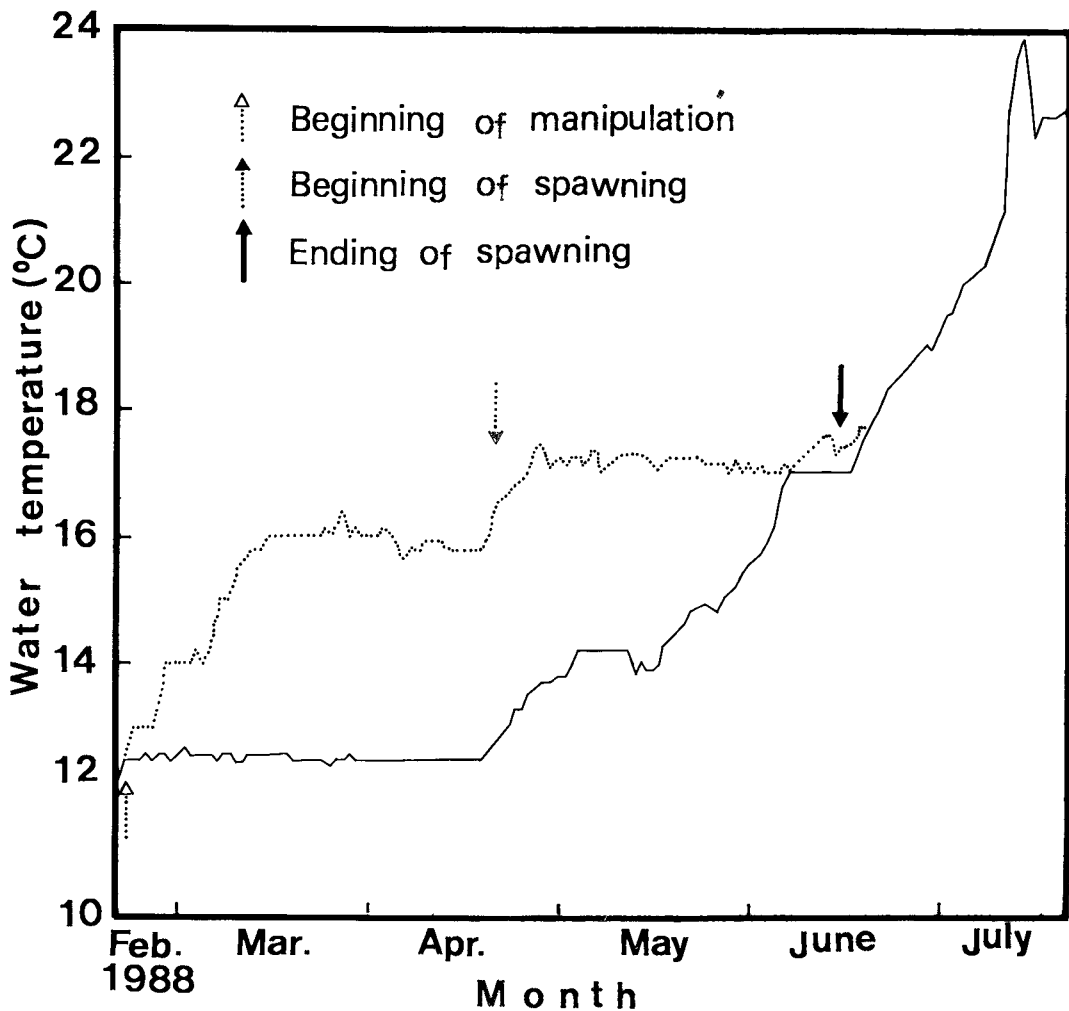


Fig. 1. Changes of spawning period in red sea bream by the control of water temperature ; a solid line denotes indoor water temperature and the other dotted line denotes controlled water temperature.

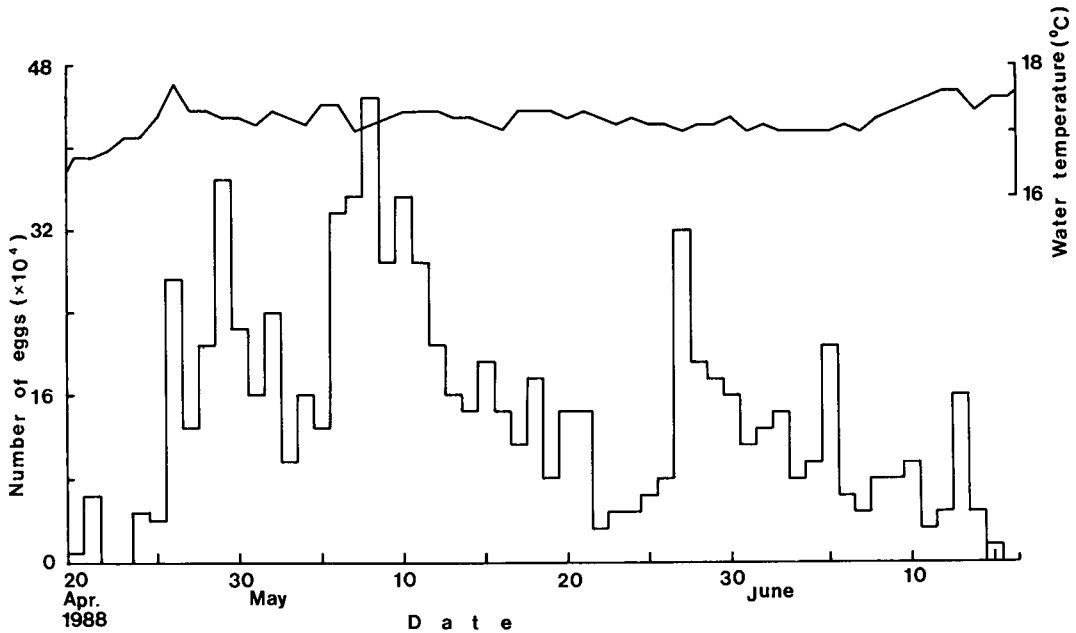


Fig. 2. Daily changes of egg production of red sea bream depend on water temperature.

産卵量の 변화를 히스토그램으로 나타낸 결과(Fig.2), 4월 26일부터 5월 21일까지 하나의 큰 mode와 5월 26일부터 6월 14일까지 작은 mode를 보였다. 이들 mode에 포함되고 생산란이 種苗生産에 사용된 4월 26일에서 6월 5일까지의 産卵량은  $827 \times 10^4$ 개 이었고, 1일 평균  $15 \times 10^4$ 개가 산란되었다. 4월 20일부터 4월 25일까지  $15 \times 10^4$ 개, 6월 6일부터 6월 15일까지는  $66 \times 10^4$ 개가 산란되었다. 이들 난은 소량이어서 種苗生産用으로는 제외시켰다.

1일 産卵된 참돔 卵을 0~8시, 8~18시, 18~24시의 시각별 3단계로 나누어 集卵한 결과 총산란량은 0~8시에  $203 \times 10^4$ 개 27%, 8~18시에  $243 \times 10^4$ 개 33%, 18~24시에  $300 \times 10^4$ 개 40%이었다.

1일 平均生産량은 18~24시에  $7.2 \times 10^4$ 개, 8~18시에  $6 \times 10^4$ 개 및 0~8시에  $5.1 \times 10^4$ 개 이었다. 각 시각별 산란량을 1일 산란량에 대하여 백분율로 나타내었을 때(Fig.3), 18~24시, 8~18시, 0~8시의 1순위 빈도가 각각 46%, 28%, 26%의 순위였다. 산란초기에는 18~24시 産卵群이, 산란 후기에는 0~8시 産卵群이 대체로 많았으나 뚜렷한 차이는 없었다.

## 2. 卵質

산란이 비교적 안정적으로 일어난 産卵中期인 5월 5일부터 5월 19일까지의 卵質狀態를 12회 조사하였다.

受精率は 5월 8일의 최소 33%에서 5월 5일의 최대 100%로서 평균 80%이었다(Fig.4). 受精卵의 경우 浮上受精卵만 실제 種苗生産에 사용되었고, 33~96% 범위로 평균 71.5%이었다. 그리고 沈下受精卵은 평균 10.3%였으며, 3~26%의 범위를 나타내었다. 未受精卵은 0~61% 출현하였고 평균 20.1%이었다. 조사기간 중 畸形卵이 2회 출현하였으며, 각각 산란량의 1%, 12%를 차지하였다.

卵徑變化(Fig.5)는 산란량과 낮은 상관( $r = 0.49$ )을 가졌으며, 0.95~0.98mm(최대 1.02mm, 최소 0.93mm)의 크기였다. 1g당 卵數(濕重量)는 卵徑에 따라 1,550~1,620개의 범

참돔의 光周期 및 水温調節에 따른 早期産卵

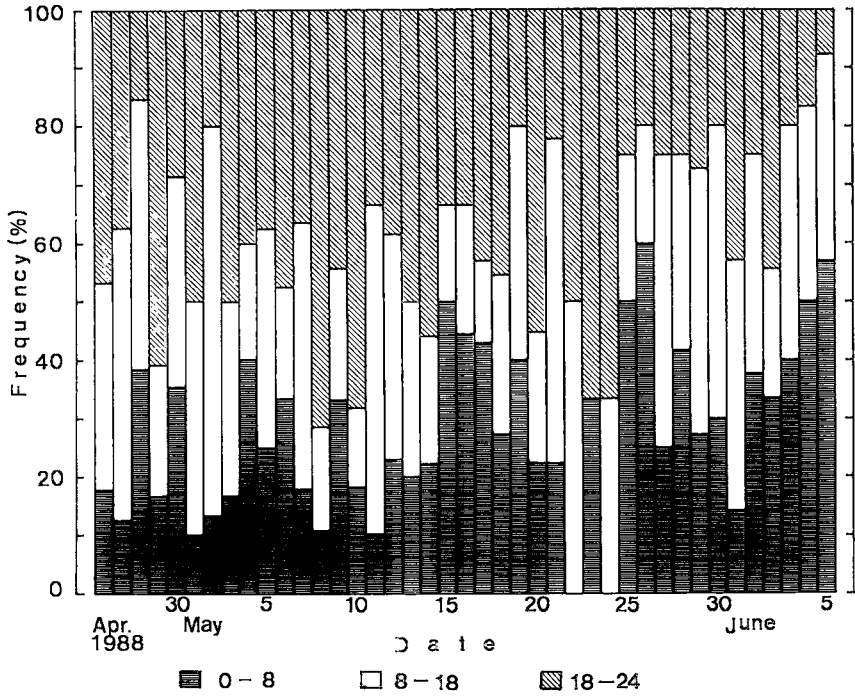


Fig. 3. Amount of egg production of red sea bream by time.

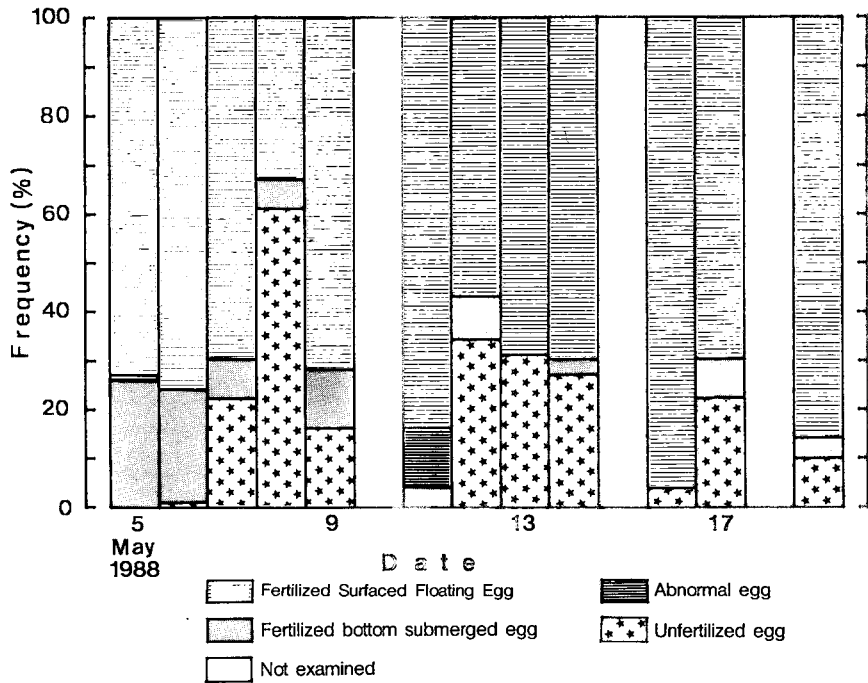


Fig. 4. Changes of egg condition of red sea bream during the mid-spawning season.

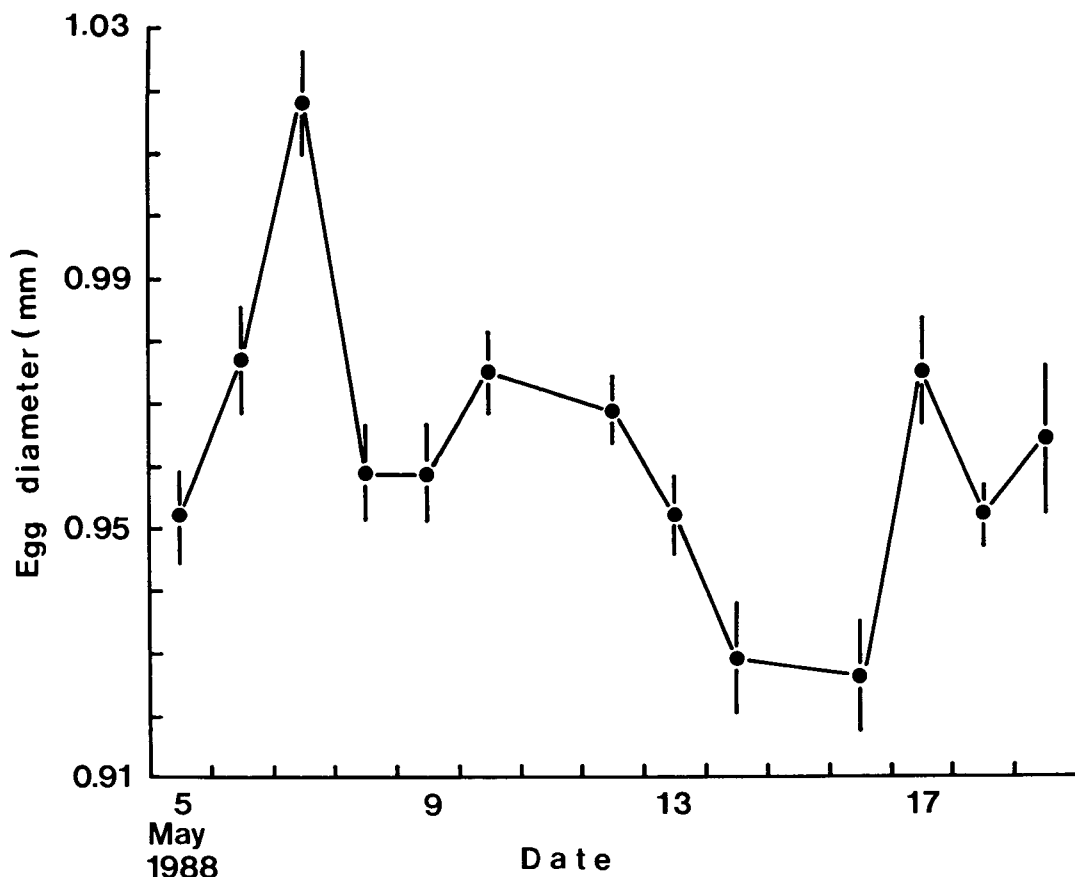


Fig. 5. Changes of egg diameter of red sea bream during the mid-spawning season; bar donotes standard error.

위이었고 평균 1,600개였다. 浮上受精卵의 경우 油球數에 따라 5가지로 구분하였다(Fig.6). 0.20 ~ 0.23mm인 큰 1개의 油球를 가지는 난은 60 ~ 86.5%가 출현하였으며, 평균 71%이었다. 나머지는 2 ~ 5개의 작은 油球를 가지거나 5개 이상의 油球를 가지는 浮上受精卵이 고르게 출현하였다.

### 3. 孵化

油球數가 각기 다른 다섯 그룹의 浮上受精卵과 沈下受精卵의 孵化率(Fig.7)은 油球가 1개인 정상란이 85.3%, 2개 76.9%, 3개 74.3%, 4개 76.6%, 5개 이상이 63.9%로서 油球數가 많을수록 孵化率은 다소 감소하였다.

산란후부터의 결과를 종합하여 총산란수에 대한 孵化時까지의 生存率을 구하면(Fig.8), 74.8 ~ 35.6%의 범위로서 평균생존율은 65%이었다.

## 考察

産卵調節에 사용된 참돔들은 북위 34° 부근에서 4월 중순 ~ 6월 중순이 産卵期(Matsuyama 1987)이며 春季産卵型으로 보고되었다.

참돔의 生殖巢活性 및 産卵에 영향을 미치는 환경조건은 長日光周期과 高水温(Lam 1983)인

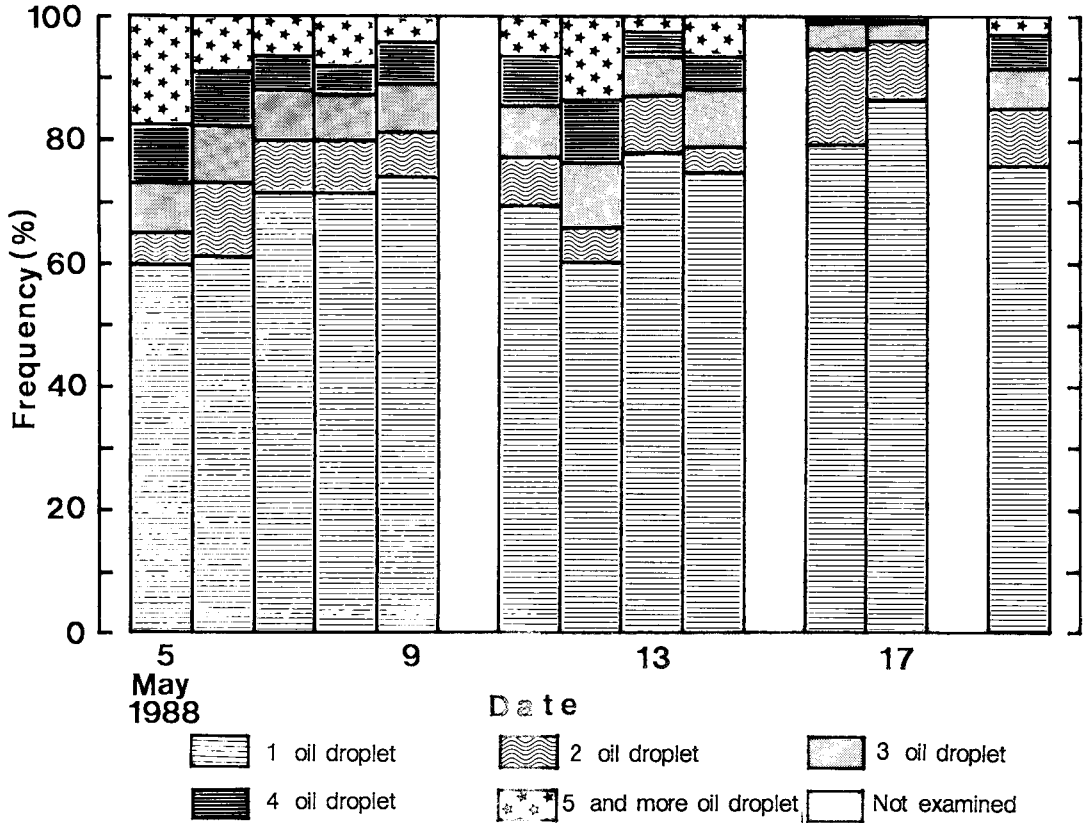


Fig. 6. Number of oil droplet of floating fertilized egg in red sea bream during the mid-spawning season.

것으로 추정되고 있다. 참돔의 産卵期 制御(辻ヶ堂 等 1986, 1988)實驗과 참돔 親魚 養成 및 早期採卵(福所 等 1986) 등의 결과를 토대로 자연수의 사육수온이 최저로 하강한 후 12.2°C가 유지되는 2월 중순부터 가온과 長日周期 처리가 시작되었다. 그리고 실내사육한 初期種苗의 海上 가두리 이동(부화 후 30~40일)과 5월 중순의 자연수온이 15~16°C로 상승하는 시기에 맞추어, 4월 중순에서 하순을 첫 産卵時期로 계획하였다. 16.0~17.0°C를 産卵水温(辻ヶ堂 等 1986, 松浦 1988)으로 가정하고, 3월 중순에 수온 16.0°C, 14L:10D의 長日條件으로 고정시켰다. 이 후 4월 하순경 17.0°C가 되도록 사육수온을 조절한 결과 4월 20일 수온 16.5°C일 때 첫 산란이 일어났다. 産卵開始水温은 辻ヶ堂 等(1988)의 14.2~15.3°C에 비해 다소 높지만, 辻ヶ堂 等(1986)과 松浦 等(1988)의 16.6~17.1°C와 유사하였다. 産卵終了水温은 17.5~17.7°C로서 앞 조사자들의 18.7~21.0°C보다 낮았다.

총산란량은 910만 개이었으나 種苗生産에 사용된 卵은 827만 개였다. 種苗生産時 사육수 m<sup>3</sup>당 1.5만 개의 浮上卵을 수용(山口 1978)할려면, 20m<sup>3</sup>수조를 사용할 경우 1일 30만 개 이상의 浮上卵이 소요된다. 본 실험에서는 1일 15만 개가 산란되어 10m<sup>3</sup>용량의 初期飼育水槽를 사용하거나 2일 産卵량을 합쳐 種苗生産하였다. 수조의 크기가 다양하면 관리가 어렵고 2일 産卵량을 합쳐 부화되는 수조에서는 개체의 성장차이가 일어나, 大量減耗가 발생되기 쉽다. 보다 안정된 種苗 大量 生産體系를 확립하기 위해서는 親魚 마리수의 증가가 요구된다.

親魚의 産卵時刻을 파악함은 산란된 난의 부화 후 초기관리를 용이하게 하고 繁殖生理 研

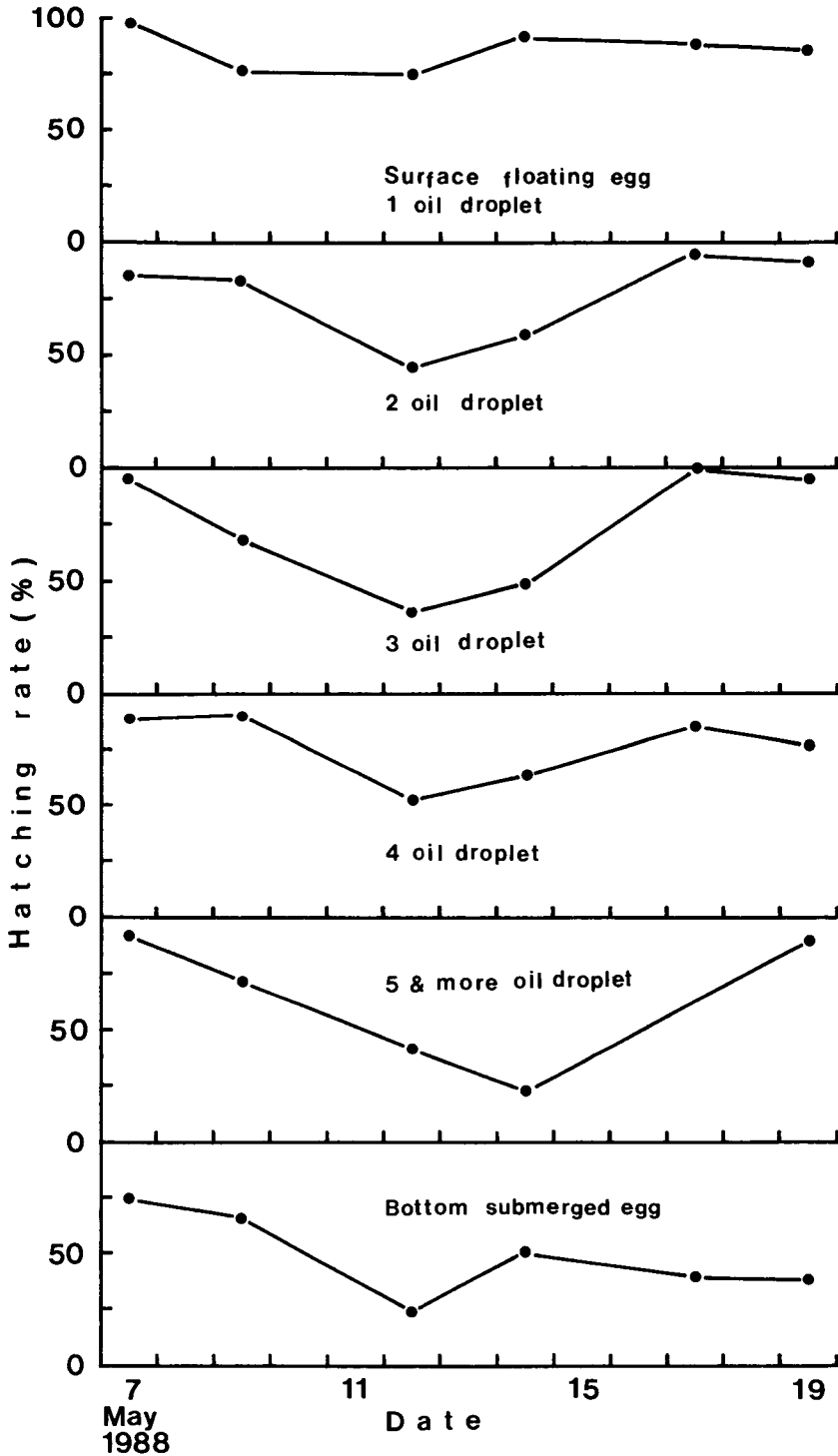


Fig. 7. Changes of hatching rate according to the quality of fertilized egg in red sea bream during the mid-spawning season.



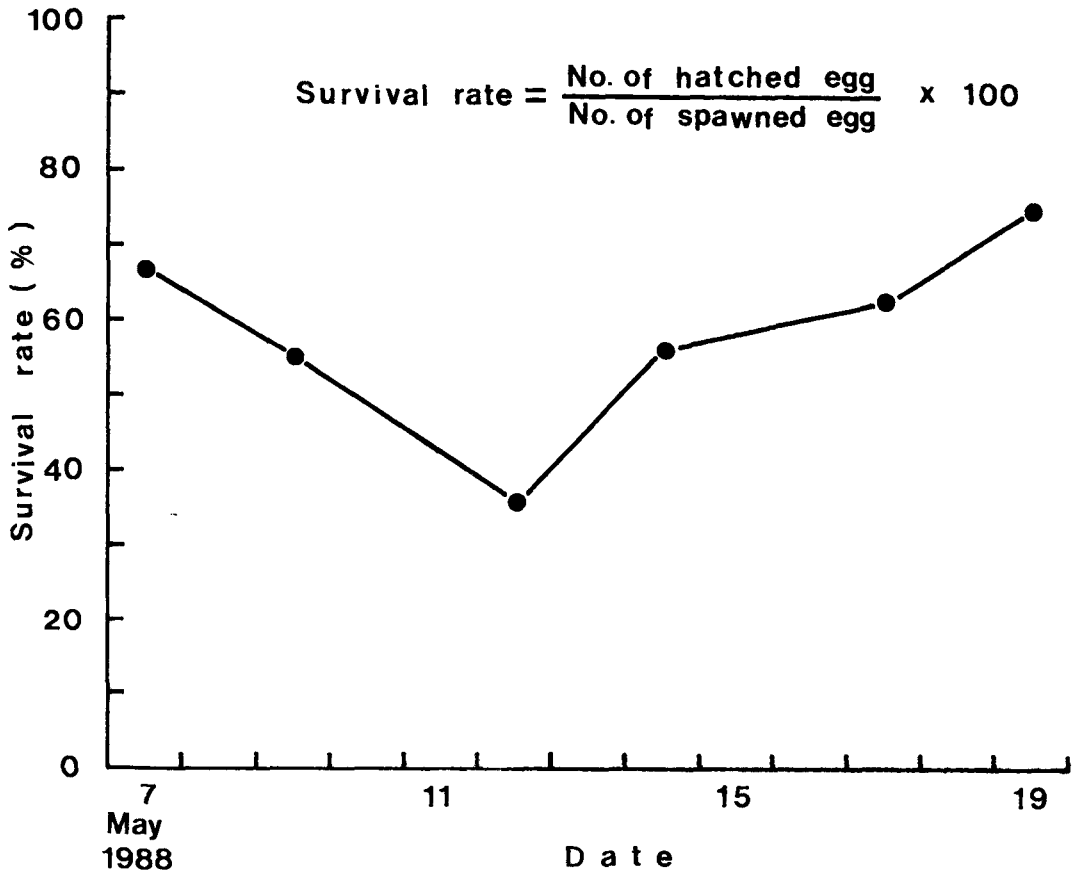


Fig. 8. Changes of survival rate of red sea bream from spawning to hatching during the mid-spawning season.

究의 기초 지식을 얻는데 필요하다. Matsuyama *et al.* (1988)은 참돔 親魚의 산란이 매일 16 ~ 19시 경 주기적으로 일어났다고 보고하였고, 山口(1978)의 産卵된 卵의 發生段階 調査에서도 유사한 결과가 나타났다. 明周期 8 ~ 18시와 暗周期 18 ~ 24시, 0 ~ 8시로 나눈 1일 産卵時刻 對別 1순위 빈도는 18 ~ 24가 46%, 8 ~ 18시 28%, 0 ~ 8시 26%로서, 産卵이 일정시간대에 집중되지 않고 분산되어 일어났다. 이는 처음 産卵調節된 親魚가 繁殖生理的 요인 뿐 아니라 환경 및 설비 등의 요인으로 불안정하게 산란된 것으로 추측되었다.

酒井 等(1985)은 産卵初期, 中期, 末期에 따라 受精率, 浮上卵率, 孵化率 등이 큰 차이가 있음을 보고하였으나, 본 실험에서는 産卵中期의 난들만을 조사하였다. 受精率은 평균 80% 이었고, 沈下卵 畸形卵을 제외한 産卵量의 71.5%를 부화실험에 사용하였다.

卵徑은 0.95 ~ 0.98mm로 山口(1978), 福所 等(1986)의 3 ~ 4세어 中期産卵된 난과 크기가 비슷하였고 松浦 等(1988), 酒井 等(1985)의 0.90mm보다 컸으며, 1g당 평균난수는 1,600개이었다.

浮上受精卵 중 2개 이상의 유구를 가진 난이 29%를 차지하였으며, 2 ~ 4개의 油球를 가진 受精卵이 孵化率 74 ~ 85%, 5개 이상의 油球를 가진 受精卵은 孵化率 63.9%로 油球數가 많을수록 孵化率은 낮아졌다. 沈下受精卵은 관리가 어려워 모두 사망함으로써 산란에서 부화가

지의 생존율 계산에는 사망한 것으로 취급하였다. 전체 浮上受精卵의 약 90%가 정상부화되어, 酒井 等(1985)이 제기한 受精率에 대한 正常發生率이 낮아지는 친어관리상의 문제는 없는 것으로 판단되었다.

결국 산란부터 부화까지의 1일 생존율은 35.6 ~ 74.8% 범위이었으며, 실험에 사용된 全個體에 대한 孵化個體들의 生存率은 65%로 나타났다.

참돔의 光周期와 水温調節에 의한 早期產卵 時期는 예상 시기와 거의 일치하였고 浮上受精率 및 孵化率은 辻ヶ堂 等(1988)의 결과와 유사하였다. 早期產卵은 성공적인 것으로 판단되었으나 1일 產卵時刻의 불일치, 產卵量의 불안정 등에 대한 개선과 보다 良質의 卵을 생산할 수 있는 연구가 계속되어야 할 것으로 생각된다.

## 要約

참돔의 產卵調節은 光周期 11L : 13D, 水温 12.2°C에서 시작되어 長日條件 14L : 10D, 高水温으로 처리한 결과 16.5°C에서 產卵이 일어났다. 飼育水温 17.0°C 전후로 유지시켰을 때 產卵은 56일간 계속되었고, 자연상태보다 약 1개월 早期採卵할 수 있었다.

總產卵量은 908만 개이었고 1일 產卵量은 15만 개이었다.

明周期와 暗周期의 時刻別 產卵은 18 ~ 24時에 많았으나 비교적 분산되어 일어났다.

產卵中期에 產卵된 난들은 浮上受精率이 71.5%였고, 卵徑은 0.95 ~ 0.98mm이었으며, 產卵量과는 낮은 상관( $r = 0.49$ )을 가졌다.

油球數에 따른 孵化率은 1개 85.3%, 2개 76.9%, 3개 74.3%, 4개 76.6%, 5개 이상이 63.9%로서 油球數가 많을수록 孵化率은 감소하였다.

산란된 전체 난의 산란부터 부화까지의 生存率은 65%이었다.

## 參考文獻

- 白惠子 · 李澤烈. 1985. 점망둑, *Chasmichthys dolichognathus*의 生殖機構에 관한 實驗的 研究. 韓水誌 18(3) : 243 - 252.
- Burger, J.W. 1939. Some experiments on the relation of the external environment to the spermatogenic cycle of *Fundulus heteroclitus*. Biol. Bull. mar. biol. Lab., Woods Hole 77 : 96 - 103.
- de Vlaming, V.L. 1975. Effects of photoperiod and temperature on gonadal activity in the cyprinid teleost *Notemigonus crysoleucas*. Biol. Bull. 148 : 402 - 415.
- 福所邦彦. 藤村草也 · 山本剛史. 1986. 加温 循環式水槽によるアダイ의 親魚養成と 早期採卵. 水産増殖 34(2) : 69 - 75.
- 海洋研究所. 1988. 高級魚種의 大量種苗生産 企業化研究( I ), 서울. pp. 201.
- Henderson, N.E. 1963. Influence of light and temperture on the reproductive cycle of the estern brook trout, *Salvelinus fontinalis* (Mitchii). J. Fish. Res. Bd. Canada 20(4) : 859 - 897.
- Hoover, E.E. and H.F. Hubbard, 1937. Modification of the sexual cycle of trout by control of light. Copeia 4 : 206 - 210.
- 北島力. 1987. 마다이의 採卵と 種魚의 量産에 關する 研究. 長崎縣水産試驗場 5 : 25 - 86.
- Lam, T.J. 1983. Environmental influences on gonadal activity in fish. Fish Physiology 9 (B) : 65 - 95.
- 李澤烈 · 羽生功 · 古川清. 1984. 그물코쥐치, *Rudarius ercodes*의 生殖周期. 韓水誌 17(6) : 523 - 528.
- 松浦修平. 古市政幸 · 丸山克彦 · 松山倫也. 1988. 마다이 1 尾による 毎日產卵의 確認とその

卵質. 水産増殖 36(1) : 33-39.

Matsuyama, M., S., Adachi, Y., Nagahama, and S., Matsuura. 1988. Diurnal rhythm of oocyte development and plasma steroid hormone levels in the female red sea bream, *Pagrus major*, during the spawning season. *Aquaculture* 73 : 357-372.

Matsuyama, M., S., Matsuura, Y., Ouchi, and T. Hidaka, 1987. Maturity classification and group maturity of the red sea bream *Pagrus major*. 1. Female maturity. *Marine Biology* 96 : 163-168.

野村 稔. 1962. ニジマス的人工採卵に関する基礎研究-Ⅲ. 光周期の變化にする採卵の早期化. *日水誌* 28(11) : 1070-1076.

酒井清・野村稔・井上正昭・城條義興・武富正和. 1985. マダイ自然産出卵の卵質. 水産増殖 33(1) : 7-11.

辻ヶ堂 諦・山川卓・松田浩一. 1986. 水温と日照時間の調整によるヒラメ・マダイの産卵期の制御について. 昭和60

三重水技事報 : 40-43.

辻ヶ堂・山川卓・松田浩一. 1988. 水温調節による マダイの産卵時期の制御. 昭和 62

三重水技事報 : 46-47.

山口正男. 1978. タイ養殖の基礎と實際. 恒星社 厚生閣, 東京. pp. 414.