

韓國近海 병어類의 資源生物學的 研究*

2. 成熟과 産卵

李澤烈 · 陳鍾柱

釜山水産大學 資源生物學科

Studies on the Fishery Biology of Pomfrets, *Pampus* spp. in the Korean Waters*

2. Gonadal Maturation and Spawning

Taek Yuil LEE and Jong Ju JIN

*Department of Marine Biology, National Fisheries University of Pusan,
Pusan 608-737, Korea*

Gonadal maturation of the Korean pomfrets, *Pampus echinogaster* (Basilewsky) and *Pampus argenteus* (Euphrasen) were histologically investigated based on the samples captured in the East China Sea from January 1987 to December 1988.

Gonadosomatic index (GSI) of *P. echinogaster* began to increase from March, and reached maximum between May and July. It began to decrease from July and reached minimum between August and February. *P. argenteus* had a similar cycle, however, *P. argenteus* has higher values in April than *P. echinogaster*. Hepatosomatic index (HSI) were positively related to GSI. HIS of *P. echinogaster* and *P. argenteus* reached maximum in April~July and April~August, respectively. Fatness coefficient of two *Pampus* species were low in the summer, and high in the winter.

Ovary is of saccular structure, and testis is of lobular structure. From February, the early oocyte (ca. 100 μ in diameter grows) rapidly at the germinal epithelium of ovarian sacs. From March to April the oocytes grew up to ca. 400~500 μ in diameter. At this stage, the yolk globules are accumulated rapidly in the cytoplasmic layer. From May, the oocytes reached ca. 650~850 μ in diameter, and they are spawned in May~July. After spawning the residual follicles and remained ripe eggs degenerate. From February, spermatogonia grows into spermatocyte on the epithelium of the testicular lobuli. From May, spermatozoa appeared and spawning occurs. After spawning, the epithelium is thickened and the remained spermatozoa degenerate.

Annual reproductive cycle of two *Pampus* species could be divided into four successive stages: Growing stage (March~April), Mature stage (April~May), Ripe and spent stage (June~July) and Recovery and resting stage (August~January).

*부산수산대학 해양과학연구소 업적번호 제229호 (Contribution No. 229 of Institute of Marine Sciences, National Fisheries University of Pusan). 이 논문은 1986년도 문교부 대학부설 연구소지원 학술연구 조성비에 의하여 연구되었음.

Absolute fecundity of *P. echinogaster* was 9,441~135,294, and that of *P. argenteus* was 50,678~221,894. Absolute fecundity of two *Pampus* species were positively related to body length and total weight. Relative fecundity was positively related to body length, while it was reversely related to total weight. The increasing rate of absolute fecundity of *P. echinogaster* was lower than *P. argenteus*.

In *P. echinogaster* half of female and male reached first maturity at body length of 15.0~17.9cm and 12.0~14.9cm, respectively. All of females and males reached first maturity at body length of 18.0~20.9cm and 21.0~23.9cm, respectively. In *P. argenteus* all of females and males reached first maturity at body length of 18.6cm and 16.7cm, respectively.

緒 論

덕대, *Pampus echinogaster* (Basilewsky)와 병어, *Pampus argenteus* (Euphrasen)는 농어목 새돔亞目 병어科에 속하는 난해성, 외양성어류로서 우리나라 남서해, 일본남부, 동인도제도등에 분포하고 있다 (Chung, 1977). 그러나 본 종들 이외에도 *Pampus chinensis* (Euphrasen)가 병어科에 기재되어 있으나 현재 우리나라에서는 병어와 덕대만이 보고되고 있다. 그러나 우리나라에서 보고된 2종도 그 외 부형태가 거의 유사하여 “병어”로 일괄취급되어 왔다.

병어科에 속하는 종들의 성성숙에 따른 생식생물학적인 연구는 외국에서도 거의 연구된 바가 없고, 다만 덕대의 형태학적연구(Abe and Kosaki, 1964; Yamata, 1976; Yoo et al., 1985), 병어의 형태학적연구(Dwivedi et al., 1976), 병어科 어류의 생태학적연구(Higashikawa and Masumitsu, 1974; Higashikawa and Masumitsu, 1976; Higashikawa et al., 1981) 및 덕대의 자원학적연구(李, 1989)가 있을 뿐이다.

따라서 덕대와 병어의 생식생태를 밝히는 기초 자료를 얻고자 생식소의 외부형태 및 내부구조, 생식소숙도지수(Gonadosomatic index)의 연간변화, 간숙도지수(Hepatosomatic index)와 비만도(Fatness)의 연간변화, 생식소 발달의 조직학적 변화, 생식주기, 산란기 난소내 난경조성과 포란수 그리고 군성숙도 등을 조사하여 연구하였다.

재료 및 방법

본 연구에 사용된 재료는 1987년 1월부터 1988년 12월까지 2년간 우리나라 남서해 및 동지나해 등에서 안강망과 대형기선저인망등에 의해 어획된 것을 부산공동어시장에서 월별로 채집한 총 771개

체의 덕대와 총 252개체의 병어이다. 채집된 재료는 체장(주둥이 끝에서 척추끝 끝까지)은 0.1cm, 전중은 0.1g까지 계측하였고 어체로 부터 떼어낸 생식소중량과 간중량은 0.01g까지 계측하였다.

생식소의 외부형태를 살펴보기 위하여 성숙한 개체의 난소와 정소를 어체로부터 떼어내어 육안으로 그렸다. 생식소의 내부구조와 생식소발달의 조직학적변화를 관찰하기 위하여 생식소를 Bouin's 용액에 24시간 고정하여 상법인 Paraffin 절편법에 의해 5~6 μ 두께로 연속절편을 만들었으며 Haematoxylin-esoin에 2중비교염색을 하였다.

생식소숙도지수(Gonadosomatic index)는 생식소중량/전중 \times 100의 식에 의해, 간숙도지수(Hepatosomatic index)는 간중량/전중 \times 100의 식에 의하여 계산하였다.

비만도 계산은 Fulton's condition factor 즉, 전중 $\times 10^3$ /표준체장³의 식을 사용하였다.

난경조성 및 포란수 조사는 난소내 성성숙이 일어나는 4~8월의 재료중 조직관찰에서 산란흔적이 있는 것으로 판단되는 개체는 제외시키고 성숙상태가 육안적으로 식별되는 재료의 난소만을 이용하였다. 이들 난소내 난의 분리는 개량 Gilson 용액(Love and Westphal, 1981)에 담긴 다음 Dry oven에 넣어 60~70 $^{\circ}$ C의 온도를 유지하면서 난을 완전히 분리하여 습중량법 즉, 난소중량/난소의 일부중량 \times 난소의 일부분수(Bagenal and Braum, 1978)의 식을 사용하여 포란수를 계산하였으며, 포란수 증가는 $F=a(L^b)$ 식 (Raitt, 1933)에 의해 구하였다.

군성숙도는 주산란기라 추정되는 4~8월의 생식소표본을 사용하였으며, 군성숙도 판정은 Volodin et al., (1974)과 Hayashi(1972)등에 의해서 조사된 방법을 참고로 하였다. 그리고 50% 산란참여체장은 Goulden(1952)식에 의하여 계산하였다.

결 과

1. 생식소의 외부형태 및 내부구조

덕대와 병어는 체형이 측편형어류들로서 생식소의 외부형태는 두종이 거의 유사하며, 일반정골어류와는 달리 복강의 배후부의 척추골을 따라 만곡되면서 장의 일부를 둘러싸며 위치하고 있다. 그리고 암·수 모두 생식소는 거의 좌우상칭에 가깝다 (Fig. 1). 이들 생식소의 육안적 암·수 구별은 미성숙 개체일때는 암·수 모두 백색을 띠고 있어 구별이 어려우나 성숙되면서 암컷은 황색을, 수컷은 유백색을 띠면서 식별이 가능하다.

덕대와 병어의 생식소의 조직학적 구성은 거의 유사하다. 난소의 경우, 혈관이 풍부하게 분포된 결체섬유와 근섬유로 구성된 외막을 형성하여 낭상형을 이루고 있으며, 난소내에는 이중결체섬유로 이루어진 격벽을 경계로 여러개의 난소소낭들로 구성되어 있다(Plate I-1). 정소 역시 이중결체섬유성막에 의해 구분된 많은 정소소엽으로 구성되어 있고 수질부에는 각 소엽과 연결된 수정소관이 있다. 이들 수정소관들은 정소의 기부에서 수정관과 연결된다(Plate II-10).

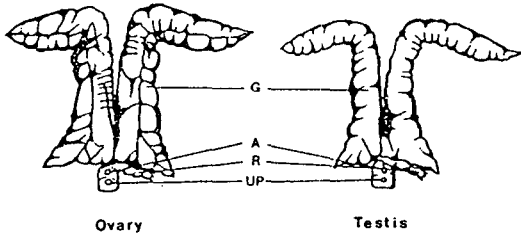


Fig. 1. Ventral view of reproductive organs of the pomfret, *Pampus echinogaster*. A, Anus; G, Gonad; R, Rectum; UP, Urinogenital Pore

2. 생식소속도지수(Gonadosomatic index, GSI)의 주년변화

1987년 1월부터 1988년 12월까지 생식소속도지수를 조사한 결과는 Fig. 2와 같다.

덕대 암컷에 있어 1987년의 GSI 월별평균값의 변화를 보면, 1~3월까지 1.50 전후의 낮은 값을 유지하다가 4월에 2.12로 증가하고 이후 급격히 상승하여 5월에 4.78로 최대치를 보인다. 이후 7월까지 4.50 전후의 높은값을 유지하다가 급격히 하강하여 9월에 1.44로 되어 이후 큰변동없이 1.50 이하의 낮은값을 나타내고 있다. 이듬해인 1988년의 경우도 전년도와 거의 유사하게 5~7월에 4.50 전후의 높은값을 보이고 있다. 수컷은 1987년의 경우 1~4월에 0.50 전후의 값을 보이다가 이후 급격히 상승하여 5월에 2.05로 최대값을 나타내고, 6월에도 1.98의 높은값을 유지한다. 7월에 접어들면서 1.52로 하강하여 8월 이후는 0.30 이하의 낮은값을 보이고 있다. 이듬해인 1988년도는 전년도에 비해 4월에 이미 1.40의 비교적 높은값을 나타냈으나, 변화경향은 전년도와 유사했다.

병어 암컷의 1988년 GSI 월별평균변화는 1, 2월에 1.20 정도의 낮은값을 보이다가 3월에 1.81로 증가하여 5~6월에 높은값을 나타냈다. 이후 급격히 하강하여 9월에 0.35로 최소값을 보이다가 10월 이후 1.00 전후의 낮은값을 유지하고 있다. 수컷은 1~2월에 0.20 전후의 낮은값을 보이다가 3월부터 상승하여 4월에 0.96으로 최대값을, 5~7월에 0.70 전후의 높은값을 유지하였다. 이후 하강하여 등계에는 0.20 전후의 낮은값을 유지하고 있다.

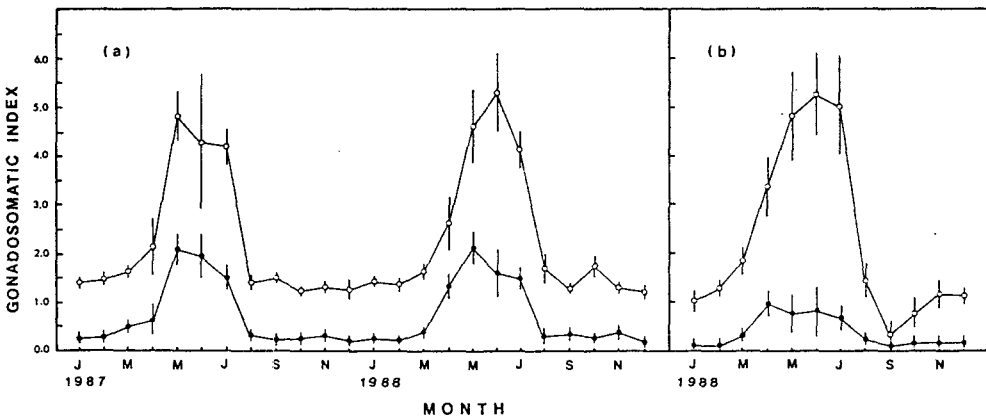


Fig. 2. Monthly changes of the gonadosomatic index of the pomfrets, *Pampus echinogaster*(a) and *Pampus argenteus*(b). Circles and bars indicate the means and the standard errors, respectively. ○, Female; ●, Male

3. 간속도지수(Hepatosomatic index, HSI) 주년 변화

1987년 1월부터 1988년 12월까지 간속도지수를 조사한 결과는 Fig. 3과 같다.

덕대 암컷의 1987년의 HSI 월별평균값의 변화를 보면, 1월의 0.79의 낮은값이 차츰 상승하여 3월에 0.93으로 증가하고, 4~7월에는 1.30 전후의 높은값을 보인다. 이후 급격히 하강하여 8월부터 0.90 전후의 낮은값을 보이고 있다. 이듬해인 1988년은 전년도와는 달리 3월에 이미 1.12, 8월에도 1.24로 높은값을 나타냈다. 수컷은 1987년의 경우 1, 2월에 0.80 전후의 낮은값에서 3월에 0.96, 4월에 1.11로 증가하며 이후 7월까지 1.10 전후의 높은값을 보이다가 8월에 0.94로 하강하여 9월이후 0.85 전후의

낮은값을 보이고 있다. 이듬해인 1988년도는 4월에 1.34로 최대값을 나타내며 이후 6월까지 3개월간에 걸쳐 1.20 전후의 높은값을 나타냈다.

병어 암컷의 1987년 월별평균변화를 보면, 1월과 2월에 0.83 정도의 낮은값을 보이다가 차츰 상승하기 시작하여 4~8월에 1.20 전후의 높은값을 유지하였다. 8월부터 하강하기 시작하여 10월에 0.73으로 최소값을 보이며 이후 다소 증가하나 0.80 전후의 낮은값을 나타내고 있다. 수컷은 1, 2월에 0.72 정도의 낮은값에서 급격히 상승하여, 5월에 최대값인 1.12를 나타낸다. 이후 9월까지 비교적 1.00 전후의 높은값을 보이다가, 10월부터 0.80 전후의 낮은값을 보이고 있다.

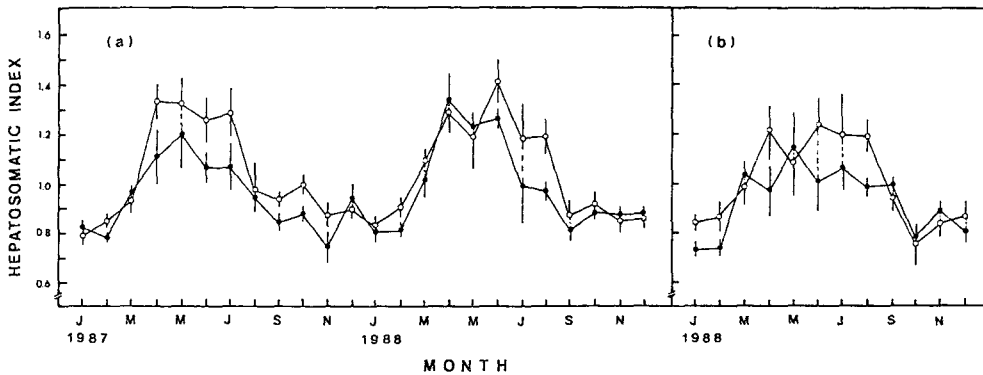


Fig. 3. Monthly changes of the hepatosomatic index of the pomfrets, *Pampus echinogaster*(a) and *Pampus argenteus*(b). Circles and bars indicate the means and the standard errors, respectively. ○, Female; ●, Male

4. 비만도(Fatness)의 주년변화

1987년 1월부터 1988년 12월까지 비만도를 조사한 결과는 Fig. 4와 같다.

덕대의 비만도변화를 보면 암·수 모두 유사한 변화를 하고 있는데 산란기를 지난 9월부터 상승하기 시작하여 12월에 암컷의 비만도값이 평균 42.09로 최대치를 나타내고 있으며, 이듬해 3월까지 동계에는 비교적 높은값을 유지하였다. 그러나 생식소가 발달하는 3월 이후부터 하강하기 시작하여 8월까지의 낮은값을 나타냈다.

병어의 경우도 덕대와 유사하였는데 다만 9월에도 덕대와 달리 여전히 낮은값을 나타내다가 급격히 상승되는 차이가 있었다.

5. 생식소발달의 조직학적 변화

1987년 1월부터 1988년 12월까지 병어와 덕대의 생식소발달을 조사한 결과 2종이 거의 유사하게 그 조직학적 변화를 보이고 있다.

1) 난자형성과정

초기성장기 난소는 섬유성결체조직에 의해 구분된 많은 난소소낭으로 구성되어 있고(Plate I-1) 이들 소낭상피위에서 난원세포들이 분열증식하여 난경 50~100 μ 의 초기난모세포들로 성장하고 있다(Plate I-2). 이러한 초기난모세포들은 세포질이 Haematoxyline에 농염되며, 핵막을 따라 다수의 인들이 분포하고 있다(Plate I-3).

성장이 계속되면서 난경이 200 μ 전후가 되면 난세포질의 염색성은 호염기성에서 호산성으로 바뀌고 세포층의 피질층에 공포상의 난황포가 나타나기 시작하며, 난모세포를 둘러싸는 한층의 여포세포층이 형성되고 차츰 세포질에 난황포가 확대되어 산재한다(Plate I-4).

난모세포가 더욱 성장하면서 난세포질의 주변으로부터 난황포사이에 난황구가 형성되기 시작하고 난경이 400~500 μ 전후가 되면 난막에는 eosin에 질게 염색되는 방사대가 발달한다. 이때 세포질에

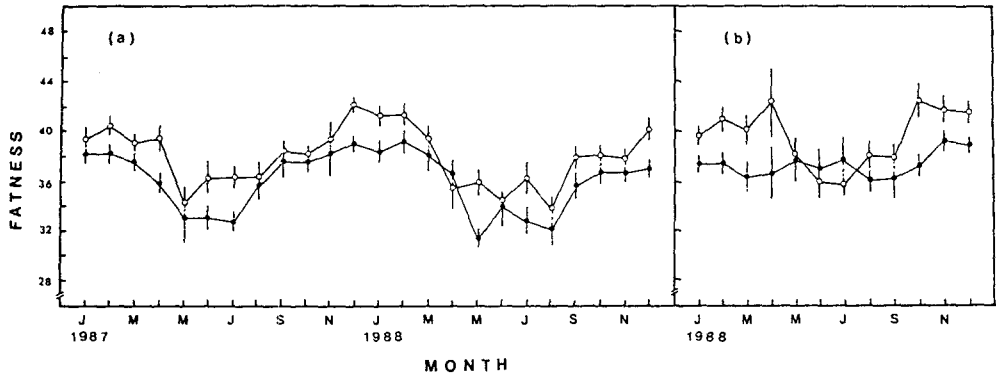


Fig. 4. Monthly changes of the fatness of the pomfrets, *Pampus echinogaster*(a) and *Pampus argenteus*(b). Circles and bars indicate the means and the standard errors, respectively. ○, Female; ●, Male

는 다수의 난황구들이 나타나고 난황이 축적되기 시작한다. 이후 중앙의 핵막이 거치화되면서 배포상의 핵은 동물극쪽으로 이동을 한다(Plate I-5, Plate I-6). 난경이 700~800 μ 크기로 성장하면 완숙난이 되는데 이때는 동물극으로 이동한 핵은 세포질과의 구분이 어렵게 되고 난황구들은 서로 융합하여 더욱 커다란 난황구를 이루며 부분적으로 균질화되는데 이들 사이에는 공포상의 수개의 유구들이 산재한다(Plate I-7). 이들 완숙난들이 부분적으로 산란을 마치면 완숙란을 싸고 있던 여포대가 남아서 산란흔적을 남긴다(Plate I-8).

산란후 난소소낭내에 완숙난과 미성숙한 난모세포들이 잔존하고 있으나 초기 성장중인 난모세포들을 제외하고 대부분 완숙난들은 세포질붕괴를 일으키며 퇴화흡수된다. 이후 난소내에는 초기 성장중인 호염기성의 잔존난모세포들이 재배치되어 휴지기를 지낸다(Plate I-9).

2) 정자형성과정

정자는 난소와 상동적인 구조로서 많은 정소소엽으로 구성되어 있으며 각 정소소엽은 이중결핵섬유로 격막을 형성하고 수질층은 이들에 연결된 수정세관들로 구성되어 있다(Plate II-10).

초기성장기의 정소소엽들사이에는 간층직세포들이 잘 발달해 있으며, 정소소엽상피에는 집단을 이룬 정원세포들의 분열증식이 활발히 일어나고 있다(Plate II-11). 이들 정원세포들이 발달하여 정모세포로 되고 정소소엽에서 수직개씩 집단적으로 포낭구조(cyst)를 이루고 있다. 이후 포낭속에 정모세포들이 성숙분열하면서 일부 정세포들이 나타난다(Plate II-12).

성숙기의 정소는 간층직세포들이 점진적으로 소실되고, 정소소엽 내강에는 각기 다른 발달단계의

정모세포군, 정세포군, 그리고 변태된 정자가 다수 나타나고 있다(Plate II-13).

완숙기의 정소는 최대로 비후되어 소엽내에는 활성중인 소수의 정모세포들이 존재하나 정소내강에는 거의 변태된 정자들로 가득 채워져 있으며 이들은 정소소엽의 내강으로 부터 수질층의 수정세관으로 이동되어 정자피를 형성한다(Plate II-14, Plate II-15).

이후 정소소엽과 수정세관에 가득 채워진 정자들의 방정이 일어나고(Plate II-16), 방정후 정소소엽내의 잔존정자들은 차츰 퇴화흡수되어가며 정소자체는 위축되어 진다(Plate II-17). 위축된 정소내에는 소엽상피의 비후와 함께 간층직세포들이 다시 발달하여 오며 휴지기를 보낸다(Plate II-18).

6. 생식주기

난자형성과정과 정자형성과정 및 그 성장과정들을 조직학적으로 조사한 결과를 종합하여 이들의 생식주기를 편의상 성장기, 성숙기, 완숙 및 산란기, 회복 및 휴지기등의 연속적인 주기로 나타냈다(Fig. 5).

1) 성장기(Growing stage)

덕대의 경우 암컷에서는 2월부터 일부개체(23%)에서 난소가 활성화되어 성장을 시작하면서 3월과 4월에 60% 이상이 성장에 참여한다. 이때 난경은 300~400 μ 정도이다. 이시기에 난황구의 축적과 함께 성숙기로 접어드는 개체들이 나타났다. 수컷에서는 2월부터 일부개체(38%)들이 활성화되어 정원세포의 분열증식이 일어나고 3월(65%)과 4월(47%)에 정원세포들이 정모세포로 성장하는 주성장기를 맞이한다. 이시기에 Haematoxylin에 질계

염색되는 정세포가 일부 나타나고 있다.

병어는 2월부터 암컷의 22%의 개체가 성장을 시작하여, 3월에 50% 이상, 4월이후 모든 개체가 성장 및 성숙기로 접어든다. 수컷에서도 2월부터 정원세포의 분열증식이 일어나기 시작하여 3월에 75%가 성장기를 맞이한다.

2) 성숙기(Mature stage)

암컷의 난소에서 난모세포들의 세포질에 난황구가 축적되는 시기로서 덕대의 암컷은 3월에 일부 개체(8%)에서 성숙기 개체가 나타나기 시작하여 4월에 38%, 5월이후 거의 모든 개체들이 성숙기가 되고 일부 완숙기에 이른다. 수컷의 경우는 3, 4월에 35% 이상, 이후 5월과 6월에 모든 개체들에서 정모세포군, 정세포군, 그리고 일부 변태된 정자들이 나타난다.

병어도 3월부터 성숙개체(18%)가 나타나기 시작하며, 이후 6월까지 대부분의 개체들이 성숙 및 완숙기로 접어든다. 정소에서도 3월에서 6월에 걸쳐 성숙기를 맞이한다.

3) 완숙 및 산란기(Ripe and Spent stage)

덕대의 암컷은 5월에 접어들면서 완숙개체(35%)가 나타나기 시작하여 6, 7월에 60% 이상 완숙되어 산란흔적을 보이고 있다. 이듬해인 1988년은 전년도와는 달리 4월부터 완숙개체(18%)가 나타나기 시작하였고 8월에도 미방란된 개체가 일부(18%) 나타났다. 수컷은 4월부터 일부개체(15%)

는 완숙기였고, 6~8월에는 60% 이상의 개체에서 정소소엽내에 변태를 마친 정자들이 밀집되어 나타나며 방정의 흔적을 보이고 있다.

병어의 암컷은 4월부터 완숙개체(32%)가 나타나기 시작하여 5~6월에 80% 이상이 완숙 및 산란기를 맞이한다. 수컷은 4, 5월에 80% 정도가 정소소엽내에 변태를 마친 정자들로 밀집되어 있고 5월부터 방정흔적이 나타나기 시작하여 7월까지 계속되었다.

4) 회복 및 휴지기(Recovery and Resting stage)

덕대의 난소에서는 6월부터 일부 미방출난의 퇴화흡수가 일어나기 시작하며, 8월이후 전개체가 세포질이 호염기성의 염색성을 나타내는 초기난모세포들만이 잔존한 채 휴지기로 접어든다. 정소에서는 7월부터 미방출정자들의 퇴화흡수가 일어나기 시작하며, 8월이후 간충직세포들이 새로이 발달해 오면서 정소소엽내에서는 정원세포가 재배치되면서 휴지기로 접어든다.

병어의 난소에서는 7월에 미방출난의 퇴화흡수가 일어나는 개체들이(34%) 발견되며 8월이후 전개체가 퇴화 및 휴지기 상태로 접어든다. 정소에서는 7월부터 52% 정도의 미방출정자들의 퇴화흡수가 일어나기 시작하며 8월이후 전개체가 퇴화 및 휴지기로 접어든다.

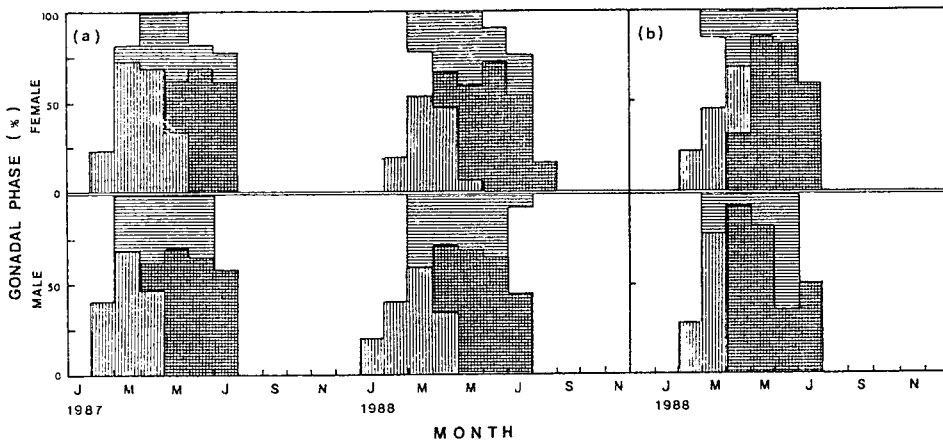


Fig. 5. Gonadal phase of the pomfrets, *Pampus echinogaster*(a) and *Pampus argenteus*(b). Growing stage; Mature stage; Ripe and Spent stage; Recovery and Resting stage

7. 산란기 난소내 난경조성과 포란수

산란기 동안에 일어나는 방란횟수를 알기 위하여 난소성숙이 시작되는 4월부터 산란이 끝나는 8

월까지의 개체를 대상으로 난소내 난의 크기별 조성변화를 조사한 결과는 Fig. 6과 같다.

덕대는 산란기전인 4월의 개체에는 300~500μ

전후의 난모세포가 주된 군을 형성하고 있는데 5월하순에 이르면 그 모드가 450 μ 과 850 μ 이상의 난모세포군으로 발달되고 있다. 6월에는 5월에 형성되었던 850 μ 이상의 난모세포군은 방란으로 인해 사라지며 650 μ 전후의 난모세포군이 점진적으로 발달되어 이동되고 있다. 7월에서 800 μ 전후의 난모세포군이 형성되고 이후 8월이 되면 7월에 형성된 800 μ 전후의 난모세포군은 사라지고 일부 방란되지 않은 난모세포와 300 μ 이하의 난모세포군이 주모드를 이루고 있다.

병어는 4월에 500 μ 전후의 난모세포가 주된 군을 형성하고 있으나 5월하순이 되면 700 μ 전후의 모드군으로 발달되고 있다. 6월에는 5월에 형성된 700 μ 전후의 모드군은 방란으로 인해 사라지며 새로운 700 μ 전후의 모드군이 이행되어 온다. 7월이 되면 6월의 난모세포군은 방란으로 인해 사라지고 700 μ 전후의 새로운 난모세포군이 형성되어 있다. 8월에는 7월에 형성된 700 μ 전후의 난모세포군은 방란으로 인해 사라지며 대부분 300 μ 이하의 난모세포군이 주된 군을 형성하고 있다.

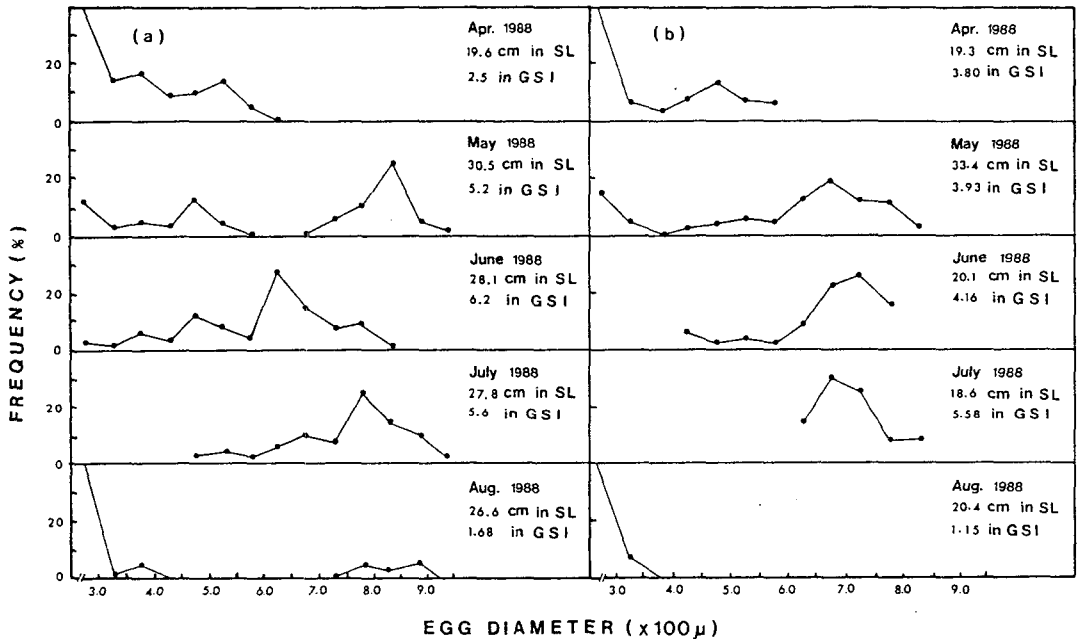


Fig. 6. Frequency distribution of egg diameter of the Korean pomfrets, *Pampus echinogaster*(a) and *Pampus argenteus*(b)

개체군의 번식력을 알아보기 위해 조직검경으로 산란경험이 없다고 판정되는 5~7월의 성숙된 개체중 덕대는 총 28개체를, 병어는 총 16개체를 대상으로 포란수를 조사하였다(Table 1, Table 2). 계측시 난경이 200 μ 이하로 당년에 성숙될 가능성이 없는 난들은 제외시켰다.

덕대의 포란수는 최대 135,294개, 최소 9,441개로 계측되었으며 병어는 계측된 18cm 이상의 체장에서 최대 221,894개, 최소 50,678개로 나타났다. 체장별에 따른 절대포란수와 상대포란수를 조사한 결과, 덕대는 조사된 최소체장인 9.0~11.9cm 범위에 속하는 개체들에서 절대포란수가 평균 11,702개였으며, 최대체장인 30.0~33.0cm의 개체들은 평균

119,685개로 나타났다. 그리고 체장 1cm당 상대포란수는 체장 9.0~11.9cm 범위에 속하는 개체들은 평균 1,215개였고, 30.0~33.0cm의 개체들은 평균 3,877개로 계측되었다. 그리고 포란수(F)와 체장(SL)과의 관계는 $F=236.27BL^{1.853}$ ($r=0.962$)으로 나타났다. 병어는 체장 21.0~23.9cm의 개체들에서 절대포란수가 평균 65,463개였고, 30.0~33.0cm의 개체들은 평균 177,881개로 나타났다. 상대포란수는 21.0~23.9cm의 개체들에서 평균 3,011개, 30.0~33.0cm의 개체들은 평균 5,790개로 계측되었다. 그리고 포란수(F)와 표준체장(SL)과의 관계는 $F=2156.86BL^{1.264}$ ($r=0.944$)으로 나타났다(Fig. 7).

Table 1. Composition of absolute fecundity and relative fecundity by body length of the pomfrets, *Pampus echinogaster*(a) and *Pampus argenteus*(b). Mean(Range)

	Body length(cm)	Absolute fecundity	Relative fecundity(per cm)	n
(a)	9.0~11.9	11,702(9,441~ 14,740)	1,215(1,026~1,504)	3
	12.0~14.9	29,925(23,241~ 34,263)	2,261(1,874~2,501)	3
	15.0~17.9	55,499(51,902~ 61,671)	3,413(3,285~3,693)	4
	18.0~20.9	68,245(51,043~ 84,732)	3,412(2,774~3,997)	4
	21.0~23.9	81,868(80,057~ 83,678)	3,704(3,622~3,786)	2
	24.0~26.9	90,480(84,274~ 97,625)	3,646(3,440~3,874)	3
	27.0~29.9	100,495(92,577~111,309)	3,635(3,344~4,033)	4
	30.0~33.9	119,685(98,807~135,294)	3,877(3,240~4,350)	5
(b)	18.0~20.9	76,543(76,543~)	3,789(3,789~)	1
	21.0~23.9	65,463(50,678~ 80,248)	3,011(2,390~3,631)	4
	24.0~26.9	119,642(79,990~142,089)	4,610(3,265~5,382)	3
	27.0~29.9	125,990(120,720~144,041)	4,794(4,326~5,200)	3
	30.0~33.0	177,881(172,868~221,894)	5,790(5,558~7,275)	5

Table 2. Composition of absolute fecundity and relative fecundity by total weight of the pomfrets. *Pampus echinogaster*(a) and *Pampus argenteus*(b). Mean(Range)

	Total weight(g)	Absolute fecundity	Relative fecundity(per g)	n
(a)	20.0~ 199.9	11,704(9,441~ 14,740)	357(311~420)	3
	200.0~ 399.9	48,261(23,242~ 61,671)	273(251~302)	6
	400.0~ 599.9	72,129(52,175~ 84,732)	253(146~394)	7
	600.0~ 799.9	90,480(84,274~ 97,625)	167(114~230)	3
	800.0~ 999.9	100,495(92,577~111,309)	116(102~133)	4
	1,000.0~1,199.9	-	-	
	1,200.0~1,399.9	112,204(98,807~125,600)	86(76~ 96)	2
	1,400.0~1,600.0	124,673(104,858~135,294)	86(72~ 93)	3
(b)	400.0~ 599.9	69,156(50,678~ 80,248)	253(163~378)	3
	600.0~ 799.9	89,903(79,990~104,720)	133(104~161)	3
	800.0~ 999.9	139,469(136,848~142,089)	168(165~171)	2
	1,000.0~1,199.9	132,380(120,720~144,041)	146(134~158)	2
	1,200.0~1,399.9	173,707(125,520~221,894)	150(142~170)	3
	1,400.0~1,600.0	179,296(172,868~205,724)	136(114~141)	3

전중별에 따른 절대포란수와 상대포란수를 조사한 결과, 덕대는 최소전중인 20.0~199.9g 범위에 속하는 개체들은 절대포란수가 평균 11,702개였으며, 최대전중범위인 1,400.0~1,600.0g의 개체들은 평균 124,673개 이었다. 그리고 체중 1g당 상대포란수는 20.0~199.9g의 범위에 속하는 개체들은 평균 253개였으며, 1,400.0~1,600.0g의 개체들은 평균 86개로 나타났다. 그리고 포란수(F)와 전중(TW)과의 관계는 $F=2,339.38TW^{0.563}$ ($r=0.927$)으

로 나타났다. 병어는 조사된 최소전중 범위인 400.0~599.9g의 개체들은 절대포란수가 평균 72,129개였고, 최대전중 범위인 1,400.0~1,600.0g의 개체들은 평균 179,296개 이었다. 그리고 상대포란수는 400.0~599.9g 범위의 개체들은 평균 253개였고, 1,400.0~1,600.0g의 개체들은 평균 136개 이었다. 그리고 포란수(F)와 전중(TW)과의 관계는 $F=3,133.29TW^{0.557}$ ($r=0.952$)으로 나타났다(Fig. 8).

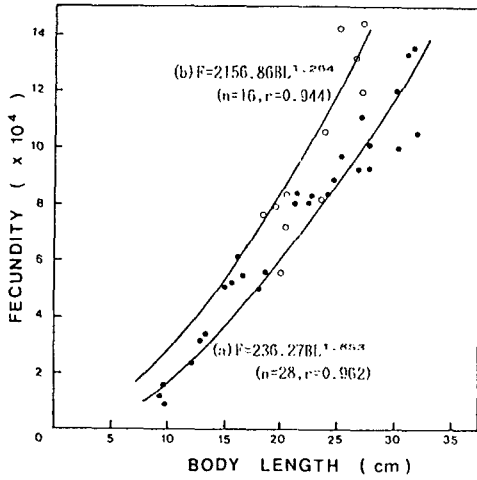


Fig. 7. Relationship between body length and fecundity of the pomfrets, *Pampus echinogaster*[(a), ●] and *Pampus argenteus*[(b), ○].

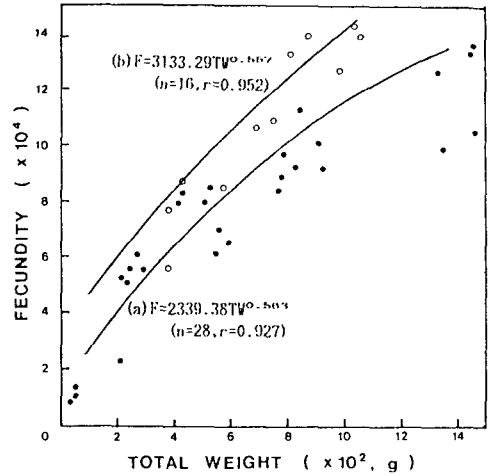


Fig. 8. Relationship between total weight and fecundity of the pomfrets, *Pampus echinogaster*[(a), ●] and *Pampus argenteus*[(b), ○].

8. 均성숙도

재생산 참여여부를 알기 위하여 산란전인 4월부터 산란이 끝나는 8월까지 덕대는 체장 3.0~33.0 cm의 암컷 153개체와 수컷 94개체에서, 병어는 체집된 최소체장 18.6cm 이상의 암컷 54개체와 16.7 cm 이상의 수컷 40개체에서 均성숙도를 조사한 결과는 Table 3과 같다.

덕대는 암컷의 경우 체장 8.9cm 이하에서는 완숙되어 방란흔적을 가진 개체가 없었으며, 9.0~11.9cm 개체에서 최초로 21.43%가 방란에 참여하고 있고, 12.0~14.9cm 개체에서는 48.00%, 15.00~17.9cm 이상이 되어야 비로소 均성숙도 50%를 넘어 71.43%를 나타내고 있다. 그리고 전개체가 산란에 참여하는 것은 체장 18.0~20.9cm 이상이었다. 수컷

Table 3. The body length of first maturity of pomfrets, *Pampus echinogaster*(a) and *Pampus argenteus*(b).

Body length(cm)	Female		Male	
	n	Maturity(%)	n	Maturity(%)
(a) 3.0~ 5.9	5	00.00	-	-
6.0~ 8.9	14	00.00	4	00.00
9.0~11.9	25	21.43	12	25.13
12.0~14.9	17	48.00	13	67.32
15.0~17.9	33	71.43	20	85.00
18.0~20.9	24	100.00	16	90.42
21.0~23.9	13	100.00	15	100.00
24.0~26.9	14	100.00	11	100.00
27.0~29.9	6	100.00	3	100.00
30.0~33.0	2	100.00	-	-
(b) 15.0~17.9	-	-	1	100.00
18.0~20.9	4	100.00	16	100.00
21.0~23.9	29	100.00	15	100.00
24.0~26.9	10	100.00	6	100.00
27.0~29.9	7	100.00	2	100.00
30.0~32.9	3	100.00	-	-
33.0~35.0	1	100.00	-	-

의 경우는 체장 8.9cm 이하에서는 방정개체가 없었으며, 9.0~11.9cm 개체에서 처음으로 25.13%가 방정개체로 나타났으며, 12.0~14.9cm 이상이 되어 서야 비로소 균성숙도 50%를 넘어 67.32%를 나타내고 있다. 그리고 전개체가 방정에 참여하는 체장은 21.0~23.9cm 이상이었다. Probit 분석법을 사용하여 계산한 50% 생식에 참여하는 체장은 암컷은 15.40cm 이었고, 수컷은 체장 12.47cm로 나타났으며, 생물학적최소형은 암컷은 체장 9.87cm, 수컷은 9.65cm 이었다.

병어는 채집된 최소체장인 암컷 18.6cm, 수컷 16.7cm 이상에서 100% 전개체가 재생산에 참여하였다.

고 찰

덕대와 병어의 생식소의 구조는 난소는 낭상형, 정소는 엽상형을 나타내고 있는데, 이와같은 생식소의 구조는 전어, *Konosirus punctatus*(Kim and Lee, 1984), 노래미, *Agrammus agrammus*(Chung and Lee, 1985), 자리돔, *Chromis notatus*(Lee and Lee, 1987) 등의 일반경골어류에서 흔히 볼 수 있는 구조이다.

생식소숙도지수(GSI)의 변화는 덕대의 경우 암·수 모두 5~7월에 걸쳐 높게 나타났고, 생식주기를 조사한 결과도 거의 유사하게 5~7월에 완숙 및 산란기를 맞이하는 것으로 나타났다. 그리고 난경조성의 결과도 5~7월 사이에 산란가능한 모드가 나타나는 것으로 보아 덕대의 주산란기는 5~7월로 여겨진다. 병어도 덕대와 유사하게 생식소숙도지수가 암·수 모두 5~6월에 높게 나타났으며 생식주기와 난경조성의 결과도 덕대와 거의 유사하게 나타나는 것으로 보아 본 종의 주산란기도 덕대와 마찬가지로 5~7월이라 여겨진다.

간숙도지수(HSI)의 변화는 덕대의 경우 4~6월에, 병어는 4~8월에 높은값을 보이는데 이는 생식소숙도지수(GSI)의 변화와 정비례적으로 변화하고 있는 현상이다. 이와같이 GSI와 HSI의 변화가 정상관계를 나타내고 있는 종으로는 고등어, *Scomber japonicus*(Noguchi and Bito, 1953), 연어, *Oncorhynchus nerka*(Imura and Satio, 1969), 노래미, *Agrammus agrammus*(Chung et al., 1986) 등이며, 반대로 역상관관계를 나타내고 있는 종으로는 뱀장어, *Anguilla japonica*(Sugimoto et al., 1976), 은어, *Plecoglossus altivelis*(Ishida, 1979), 그물코쥐치, *Rudarius ercodes*(Lee and Hanyu, 1984) 등에서 보고

되고 있다. 이와같은 현상들은 간에서 합성된 난황단백질의 전구물질이 성숙중인 난소로 옮겨지는 시기가 어중에 따라 차이가 나는데서 기인한 결과로 여겨진다.

비판도는 덕대와 병어의 암·수 모두 생식주기와 연관되어 변화를 보여주고 있다. 즉 GSI가 높은 시기인 5~7월의 산란기를 전후로 낮은값을 나타내고 이후 휴지기인 동계에 높은값을 보여주고 있다. 이는 생식활동에 의한 체력에너지 손실이 매우 크기 때문에 산란기때 최소로 나타나고, 회복 및 휴지기때 최대로 나타나는 것으로 사료된다.

덕대와 병어의 생식소발달에 따른 생식세포들의 조직학적 특성은 거의 차이를 찾아볼 수 없었다. 본 종들은 난자형성과정에서 초기난모세포의 세포질이 호염기성에서 성장함에 따라 호산성으로 변화되어 가는데 이는 초기난모세포가 성장하면서 난황물질이 축적되어 변화되어 가기 때문인 것으로 생각된다. 방란된 난소에서 일부 잔존완숙란들과 성장중인 난모세포들은 퇴화흡수되고 있는데, 이는 난소내 잔존여포세포가 난내의 영양공급은 물론 퇴화난모세포의 식작용에도 관여하기 때문인 것으로 보고되고 있다(Hayashi, 1972). 또한 여포가 형성되고 난황을 축적하기 시작한 난모세포들은 산란기를 지난후 퇴화기에 전부 세포질붕괴를 일으켜 퇴화흡수되나 아직 여포를 형성하지 못한 초기난모세포들은 퇴화되지 않고 위축된 난소 소낭상피위에 재배치된 채 휴지기를 지나고 있는데, 이들 초기난모세포들이 이듬해 성장에 그대로 참여하는 것으로 보인다.

정소에서도 방정을 마친후 휴지기의 잔존정자는 서서히 퇴화되어 가며, 소염상피상의 정원세포와 초기정모세포들이 휴지기를 지나 이듬해 생식에 관여하는 것으로 생각된다.

주산란기인 5~7월의 난경조성의 조사한 결과에서 덕대는 5월과 7월에, 병어는 5월, 6월, 7월에 산란가능한 난경군의 모드가 각각 나타난 점으로 보아 본 종들은 적어도 한 산란기 동안에 덕대는 2회 이상을, 병어는 3회 이상을 산란하는 다회산란종으로 여겨진다. 그리고 덕대는 800 μ 전후에서 병어는 700 μ 전후에서 방란되는 것으로 나타났는데 이는 덕대가 병어보다 완숙란의 크기가 작음을 보여주는 것이다.

체장별에 따른 절대포란수와 상대포란수는 덕대가 병어보다 많았으며 본 두종의 포란수는 체장이 클수록 증가하는 것으로 나타났다. 또한 병어가 덕대보다 체장에 대한 포란수의 증가폭이 크게 나타남을 알 수가 있었다.

군성숙도 조사에서 50% 재생산참여체장이 덕대의 경우 암컷은 체장 15.0~17.9cm(Probit 분석법에 의하면 15.40cm), 수컷은 체장 12.0~14.9cm(12.47cm) 이상이었고, 100% 전개체가 재생산에 참여하는 체장은 암컷은 18.0cm, 수컷은 21.0cm 이상이었는데 이들은 李(1989)의 보고를 인용하여 연령을 추적한 바 50% 산란참여체장은 암컷은 1.9세군, 수컷은 1.4세군이었고, 100% 산란참여체장은 암컷은 2.8세군, 수컷은 3.5세군이였다. 즉 1년차 종에서는 암컷이 수컷보다 성숙이 느리고, 2년차 종에서는 암컷이 수컷보다 성숙이 빠른것으로 나타났다. 병어의 군성숙도는 채집된 최소체장인 암컷 18.6cm, 수컷 16.7cm 이상에서 100% 전개체가 재생산에 참여하는 것으로 나타났는데, 이것으로 보아 병어가 덕대보다 군성숙체장이 약간 낮은 것으로 추정된다.

요 약

1987년 1월부터 1988년 12월까지 2년간 제주도 서남해역 및 동지나해역에서 어획된 덕대, *Pampus echinogaster*와 병어, *Pampus argenteus*를 부산공동어시장에서 구입하여 성성숙 및 생식주기를 조사한 결과는 다음과 같다.

1. 덕대와 병어의 생식소의 외부형태 및 구조는 암·수 모두 좌우비상칭이며 난소는 낭상형, 정소는 엽상형이다.
2. 생식소숙도지수는 덕대는 3월부터 증가하여 5~6월에 최대치를 나타내고 이후 감소하여 8월부터 이듬해 2월까지의 연중 낮은값을 나타내었다. 병어도 연중경향은 유사하였으나 다만 4월에 덕대에 비하여 높은값을 나타냈다.
3. 간숙도지수는 생식소숙도지수와 비례적으로 변화하여 덕대의 경우 4~6월, 병어는 4~8월에 높게 나타났다.
4. 비탄도값은 덕대와 병어 모두 생식시기인 하계에 낮았고, 휴지기인 동계에 높게 나타났다.
5. 난소는 2월부터 난소소낭상피에서 100 μ 전후의 초기난모세포들이 활발히 성장하며, 3~4월에는 이들 난모세포들의 세포질에 난황구가 축적되면서 400~500 μ 크기의 성숙난모세포로 된다. 5월 이후부터는 650~850 μ 크기의 완숙난모세포로 되어 방란되기 시작하고 소수의 미방출 완숙란들은 자체 퇴화흡수된다. 정소 역시 2월부터 정소소엽상피에서 활발히 분열증식된 정원세포들이 정모세포로 성장하며, 5월을 전후로 소엽내강에 변태된 정자들이 출현한다. 방정후 정소소엽상피는 비후되고 잔

존정자들이 퇴화흡수된다.

6. 덕대와 병어는 거의 유사한 연속된 생식주기를 나타냈는데 즉 성장기(3월~4월), 성숙기(4월~5월), 완숙 및 방란기(6~7월), 회복 및 휴지기(8월~1월)로 구분할 수 있었다.

7. 한 산란기동안 덕대는 2회 이상을, 병어는 3회 이상을 산란하는 다회산란종이다.

덕대의 절대포란수는 최대 135,294개, 최소 9,441개로 나타났으며, 병어는 18.6cm 이상의 체장에서 최대 221,894개, 최소 50,678개로 나타났다. 덕대와 병어의 절대포란수는 체장과 전중에 비례하여 증가하고 상대포란수는 체장에 비례, 전중에 반비례하였다.

8. 덕대의 50% 군성숙체장은 암컷에서는 체장 15.40cm, 수컷은 12.47cm 이상이었고, 100% 군성숙체장은 암컷은 18.0cm 이상, 수컷은 21.0cm 이상이었다. 그리고 덕대의 생물학적최소형은 암컷은 체장 9.87cm, 수컷은 9.65cm이었다. 병어는 채집된 최소체장인 암컷 18.6cm, 수컷 16.7cm 이상에서 100% 전개체가 재생산에 참여하였다.

문 헌

- Abe, T. and T. Kosaki. 1964. Notes on an economically important but scientifically little known silver pomfret, *Pampus echinogaster* (Pampidae, Teleostei). Jap. J. Ichthyol., 12, 29~31.
- Bagenal, T. B. and E. Braum. 1978. Eggs and early life history. In W. E. Ricker(editor), Methods for assesment of fish production in fresh water. Uni. of Washington Press. Seattle and London. pp. 165~201.
- Chung, E. Y., H. B. Kim and Lee, T. Y. 1986. Changes of the activity of the liver cells accompanied with the reproductive cycle of greening, *Agrammus agrammus*. Bull. Korean Fish. Soc., 19(1), 83~91.
- Chung, M. K. 1977. The Fishes of Korea. Ii-Jisa. Seoul. pp. 464~465.
- Dwivedi, S. N., G. N. Roy and K. Vijayakumuran. 1976. Morphological studies on *Pampus argenteus* (Euphrasen). Geobios, Jodhpur. 3(5), 145~148.
- Goulden, C. H. 1952. Methods of Statistical Analysis. Wiley Publications in statistics. 2nd ed., Academic Press. London and New York.

- pp. 394~417.
- Hayashi, I. 1972. On the ovarian maturation on the Japanese sea bass, *Lateolabrax japonicus*. Jap. J. Ichthyol., 19(4), 243~254.
- Higashikawa, S. and S. Mashumitsu. 1974. On the white pomfret of the East China Sea - I. Relation between the oceanographical condition and distribution of the white pomfret in the south-west region of the Danzyo Islands. Mem. Fac. Fish. Kagoshima Univ. 23, 57~63.
- Higashikawa, S. and S. Mashumitsu. 1976. On the white pomfret of the East China Sea - II. Relation between the oceanographical condition and distribution of the white pomfret in the south-west region of the East China Sea. Mem. Fac. Fish. Kagoshima Univ. 25(1), 181~191.
- Higashikawa, S., T. Nish and S. Arima. 1981. On the white pomfret of the East China Sea - III. Feeding activity. Mem. Fac. Fish. Kagoshima Univ. 30, 125~133.
- Imura, K. and T. Saito. 1969. Seasonal variations in the metabolic activities of tissue constituents of some fishes - I. Changes in nucleic acid contents of some tissues of kokanee salmon, *Oncorhynchus nerka* f. Kenelvi. Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ. 20, 202~210. (in Japanese)
- Ishida, R. 1979. Changes of hepatosomatic index of the ayu, *Plecoglossus altivelis* during a spawning season. Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab., 100, 169~171.
- Kim, H. B. and T. Y. Lee. 1984. Reproductive biology of a shad, *Konosirus punctatus*. Bull. Korean Fish. Soc., 17(3), 206~218.
- Lee, T. Y. and I. Hanyu. 1984. Reproductive cycle of small file fish, *Rudarius ercodes*. Bull. Korean Fish. Soc., 17(5), 423~435.
- Lee, Y. D. and T. Y. Lee. 1987. Studies on the gonadal maturation of damselfish, *Chromis notatus*. Bull. Korean Fish. Soc., 20(6), 509~519.
- Love, M. S. and W. V. Westphal. 1981. Growth, reproduction and food habit of olive rock fish, *Sebastes serranoides* off central California. Fish. Bull., 79, 533~543.
- Noguchi, E. and M. Bito. 1953. On the seasonal variations of the liver weight and oil content of mackerel. Bull. Japan Soc. Sci. Fish., 19(4), 423~435.
- Raitt, D. S. 1933. The fecundity of the haddock. Fish. Board Scotl. Sci. Invest. 1, 1~42.
- Sugimoto, Y., Y. Takeuchi, K. Yamauchi and H. Takahashi. 1976. Induced maturation of female Japanese eels (*Anguilla japonica*) by administration of salmon pituitaries, with notes on changes of oil droplets in eggs matured eels. Full. Fac. Fish. Hokkaido Univ. 27, 107~120.
- Volodin, V. M., F. I. Mehnin and V. V. Kuzmina. 1974. An experimental study of egg resorption in the bream, *Abramis brama*. J. Ichthyol., (Translated from the Russian) 14(2), 219~230.
- Yamata, U. 1976. On young stages of *Pampus echinogaster* from the East China Sea. 27, 1~26.
- Yoo, J. M., J. M. Kim and H. T. Huh. 1985. A study on the early development of morphology and vertebral column of Korean pomfret, *Pampus echinogaster* (Basilewsky). Ocean Res. Korea. 7, 11~18.
- 李東雨. 1989. 동지나해産 덕대의 成長과 再生産에 관한 研究.釜山水産大學大學院 碩士學位論文. 51pp.

1989년 11월 7일 접수

1989년 12월 12일 수리

EXPLANTION OF ABBREVIATIONS

Cg, Cortical granule; Fe, Follicle cell; N, Nucleolus; Oc, Oocyte; Od, Oil droplet; Og, Oogonia; Sc, Spermatoocyte; Sd, Spermatisd; Sg, Spermatogonia, Sz, Spermatozoa; Yg, Yolk granule; Yv, Yolk vesicle; Zr, Zona radiata

EXPLANATION OF PLATES

PLATE I. The ovary of the pomfret, *Pampus echinogaster*.

- Fig. 1. Frontal section of ovary.
- Fig. 2. Ovary of the growing stage. Note proliferation of oogonia along the germinal epithelium.
- Fig. 3. Ovary of the early growing stage. Note presence of serveral nucleoli along the nuclear membrane.
- Fig. 4. Ovary of the late growing stage. Note oocytes filled with yolk vesicles in the cytoplasm.
- Fig. 5. Ovary of the mature stage. Note oocytes filled with yolk vesicles and yolk globules in the cytoplasm.
- Fig. 6. Ovary of the mature stage. Note the well-developed zona radiata and follicular cells.
- Fig. 7. Ovary of the ripe stage. Note numerous yolk globules and oil globules in the cytoplasm.
- Fig. 8. Ovary of the spent stage. Note the presence of a few undischarged ripe eggs and empty follicle cells in the ovarian sac.
- Fig. 9. Ovary of the resting and recovery stage.

PLATE II. The testis of the pomfret, *Pampus echinogaster*.

- Fig. 10. Frontal section of testis.
- Fig. 11. Testis of the early growing stage. Note proliferation of numerous spermatogonia along the germinal of testicular lobuli.
- Fig. 12. Testis of the late growing stage. Note the cyst composed of spermatogonia, spermatoocytes in the testicular lobuli.
- Fig. 13. Testis of the mature stage. Note the cyte composed of spermatoocytes, spermatisd, spermatozoa in the testicular lobuli.
- Fig. 14. Testis of the ripe stage.
- Fig. 15. Teste of the ripe stage. A great number of spermatozoa are filled in the lumen of the testicular lobuli.
- Fig. 16. Testis of the spent stage. Testis becomes withering, and undischarged spermatozoa remain between degenerated testicular lobuli.
- Fig. 17. Testis of the resting stage.
- Fig. 18. Testis of the recovery stage.

PLATE I

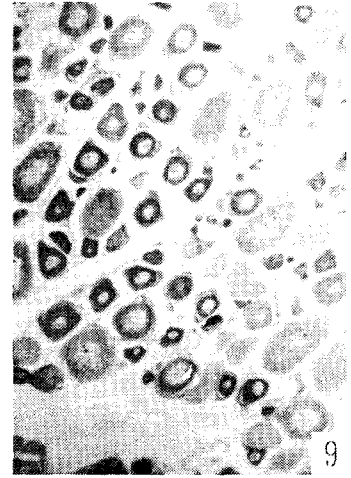
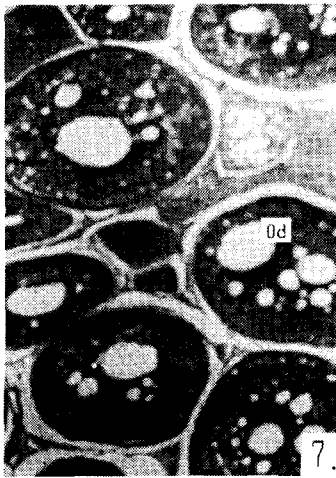
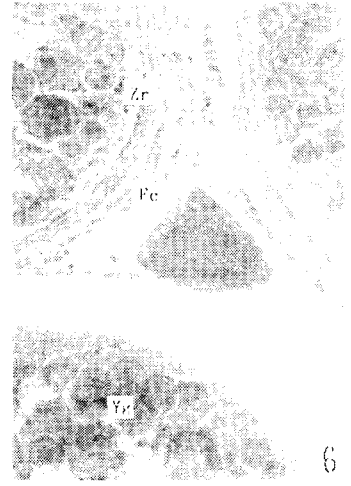
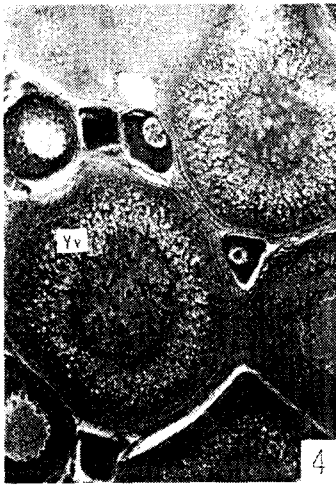
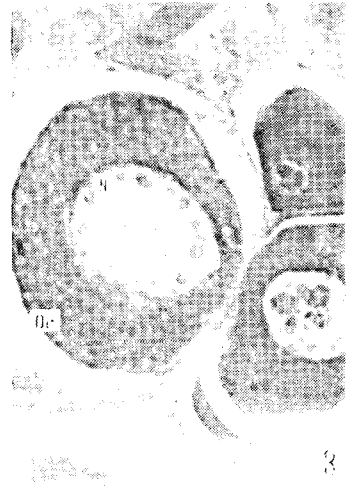
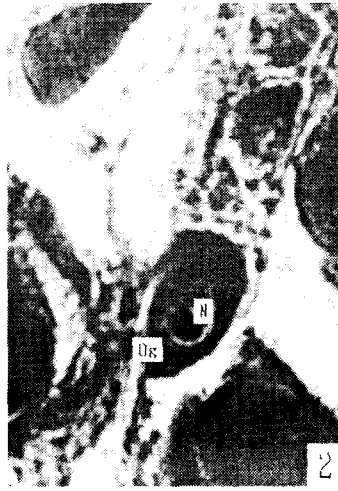


PLATE II

