

자연산 암컷 참조기, *Larimichthys polyactis*의 생식년주기

강덕영*, 조기채, 이진호, 강희웅, 김효찬¹, 김규희
국립수산과학원 서해수산연구소, ¹부경대학교

Annual Reproductive Cycle of Wild Female Yellow Croaker, *Larimichthys polyactis*

Duk-Young Kang*, Ki-Che Jo, Jin-Ho Lee, Hee-Woong Kang, Hyo-Chan Kim¹ and Gyu-Hee Kim
WSFRI, NFRDI, 707 Eulwang, Jung-gu, Incheon, 400-420, Korea
¹Department of Aquaculture, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

Annual reproductive cycle of small yellow croaker, *Larimichthys polyactis* were histologically investigated based on samples captured nearby the coast around Chujado, Youngkwang and Kanghwa, South Korea from February 2004~February, 2005. By histological survey, the annual reproductive cycle was classified into the following successive stages: The primary growth stage from September to October, the second growth stage from October to December, the mature stage from January to April, the final mature, ovulation and spawning stage from May to June, the degeneration stage from June to July and the rest stage from August to September. Throughout anatomical observation of the ovary, it is found that the small yellow croaker, *L. polyactis* belongs to an asynchronous and multiple spawner from late spring to early summer.

Keywords: Small yellow croaker, *Larimichthys polyactis*, Reproductive cycle

서 론

경골어류의 생식주기는 수온, 염분 및 광주기와 같은 환경인자들에 의해 영향을 받는 중추신경계의 내분비적 활성화에 의해 조절된다(Aida, 1991). 수계 동물인 어류를 양식하기 위해서는 인공사육조건 아래에서 생식기능을 정상적으로 유지하여, 세대번식을 이루어내는 것이 기본이다. 하지만 인위적인 사육 조건에서 많은 경골어류들은 정상적인 생식기능과 세대번식을 하지 못하는 것으로 알려져 있다. 그 이유는 해당 종의 생태학적 특성 파악이 미흡하고, 생식생물학적 정보가 부족한 데서 찾아 볼 수 있다. 따라서 양식대상종이 자연계에서 서식하던 환경에 적합한 사육조건을 제공해 주어야 할 뿐 아니라, 자연 생태계 내에서 해당 종의 생식현상과 번식기를 파악하고 있어야 한다. 그렇지 못할 경우 암컷은 성성숙 또는 산란이 정지되며, 수컷의 경우, 질이 좋지 않은 정액을 생산하거나, 정액 생산량이 크게 낮아지기도 한다. 따라서 어떤 특정 대상어류를 가축화시켜, 이들에게서 후속세대를 만들어내기 위해서는 대상 종의 번식생물학적 정보를 자연계에서 얻을 필요가 있다.

참조기, *Larimichthys polyactis*는 농어목 민어과 어류로서 수

심 40~200 m의 바닥이 모래나 펄인 해역에 서식하는 연안 회유성 어류에 속하며(Baik et al., 2004), 부세, *Larimichthys crocea*와 생물학적 특성이 매우 유사하지만, 개체의 외형, 크기와 생태학적 습성 차로 인해 육질이 부세보다는 월등히 우수한 어종으로 알려져 있다(정, 1977; Lee and Park, 1992). 산업적인 측면에서 이 종은 굴비의 원재료로서 사용되는데, 과거 1990년대 초반 약 35,000 metric tons (MT)/year의 생산량이 2000년대에 접어들면서 평균 12,635 MT/year 정도로 급격히 감소하는 경향을 나타내고 있어(김, 2005; 해양수산통계연보, 2005), 영광 등지의 굴비생산 업체들에서는 중국산 조기 수입을 통해 굴비의 원재료를 대체하고 있다. 따라서 관련 산업의 유지·발전과 대상생물의 보존 가치 측면에서 연안 자원량의 유지 또는 증대가 절실히 요구되며, 이를 위한 인공종묘의 생산·방류 사업이 국가적 차원에서 진행되어야 한다. 그러므로 참조기 인공종묘생산을 위해서는 자연산 참조기의 생식년주기 조사를 통한 생식생물학적 생체정보가 우선 확보되어야 하며, 이를 통한 인공번식 유도 기술과 같은 기반기술이 확립되어야 할 것으로 보인다. 하지만 계절 이동성이 강한 참조기의 생태학적 습성으로 인해 아직까지 국내에서는 이 종의 생식생물학적 특성을 완전하게 파악한 적이 없으며, 그로 인해 자연산 채집을 통한 인공사육어미(broodstock) 확보, 인공사육에 의한 수정란과 종묘생산에 많은

*Corresponding author: dykang@hotmail.com

어려움을 겪어 왔다. 최근 들어 Myoung et al. (2004)에 의해 자연산 어미로부터 소량의 인공 수정란을 생산하여 배발생 실험결과가 보고된 바 있지만, 여전히 번식생물학적 특성과 생식생리학적 정보가 부족하여 번식현상의 인위적 제어를 통해 대량의 수정란을 확보하지는 못하고 있다. 따라서 본 연구는 참조기의 번식생물학적 정보를 확보하기 위한 일환으로, 우리나라 서해안과 서남해안(제주 추자도, 전남 영광, 경기 강화) 부근에서 어획된 자연산 참조기 어미들을 대상으로 2004년 2월~2005년 2월까지 1년간 연중 생식주기를 파악하여 이들의 주 산란기와 생식생물학적 특성을 구명하고자한다.

재료 및 방법

본 실험은 2004년 2월부터 2005년 2월까지 제주 추자군도 부근에서 유자망에 의해 포획되는 자연산 참조기를 주 대상으로 하였지만, 2004년 6월~9월 사이에는 참조기의 생태학적 습성으로 추자군도 부근의 자연산 참조기 어군이 형성되지 않아(김, 2005), 6월~8월 사이는 경기도 강화 부근에서 안강망으로 포획된 것을 이용하였고, 9월은 영광 범성포의 개막이 시설에서 포획된 자연산 참조기 암컷을 월별로 30마리씩 채집하여 사용하였다(Fig. 1). 이때 실험에 사용한 참조기의 크기는 평균 전장 16.5~23.5 cm, 평균 체중 41.7~129.6 g이었다(Fig. 2). 실험어는 전장 0.1 cm, 체중 0.1 g까지 측정된 후, 간, 내장 및 난소를 적출하여 0.01 g까지 계측하고, 이를 통해 생식소중량지수

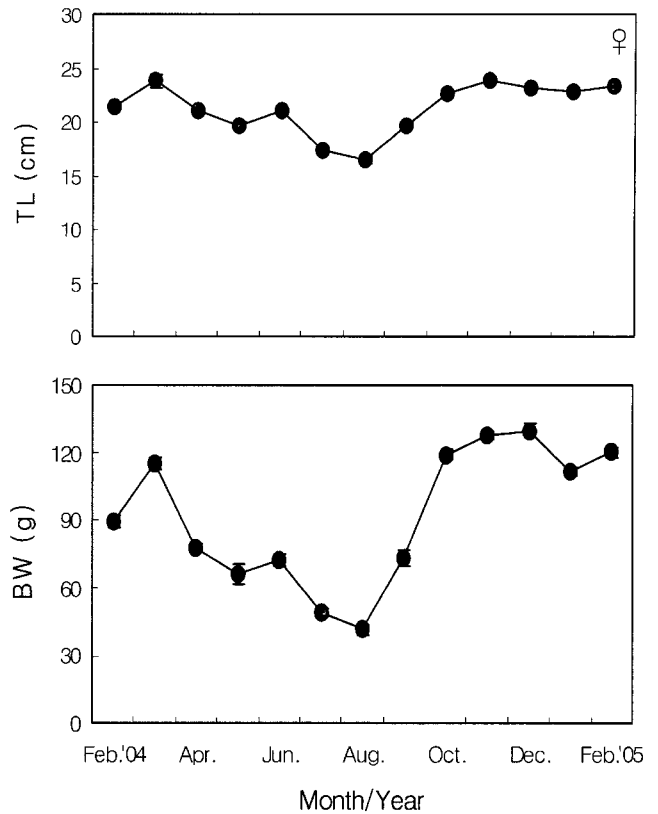


Fig. 2. Monthly body size of female wild yellow croaker, *L. polyactis* surveyed in this experiment (N=30).

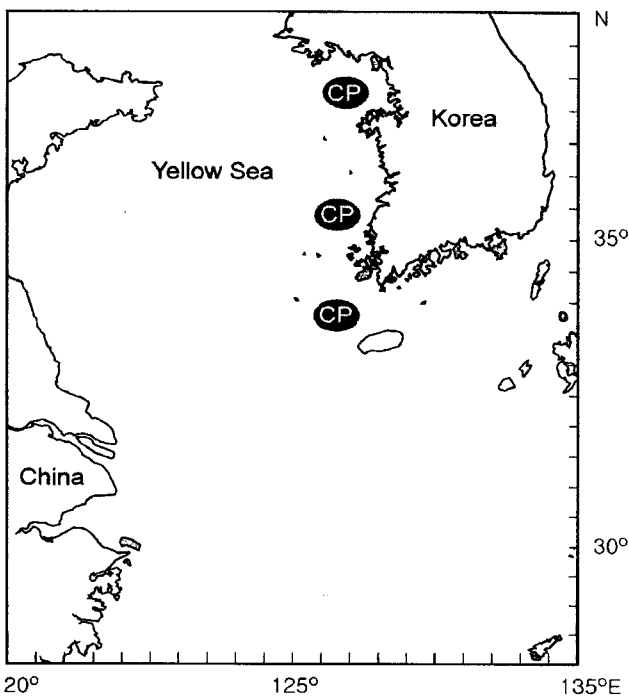


Fig. 1. Schematic diagram of catching station in living area of wild small yellow croaker, *L. polyactis* surveyed in the present experiment. CP: catching point.

(gonadosomatic index: GSI), 간중량지수(hepatosomatic index: HSI), 내장중량지수(viscerasomatic index: VSI) 및 비만도(condition factor: CF)를 구하였다.

$$GSI (\%) = (\text{생식소중량}/\text{체중}) \times 100$$

$$HSI (\%) = (\text{간중량}/\text{체중}) \times 100$$

$$VSI (\%) = (\text{내장중량}/\text{체중}) \times 100$$

$$CF = (\text{체중}/\text{전장}^3) \times 100$$

또한 조직표본 제작을 위해 난소를 10% 포르말린에 고정하였다. 이후 조직학적 검경을 위해 Bouin's solution에 24시간 재고정하여, 파라핀 절편법에 의해 4~6 μm 두께로 연속 절편하였으며, 이들 제작된 표본은 Harris's hematoxylin과 eosin으로 이중 염색하여 현미경용 디지털카메라(7.3 Mpixel DFC320, Leica Microsystem, Germany)로 촬영한 후 화상해석분석시스템인 Leica QWin & Imaging Workstation (Leica Microsystem, Germany)를 이용해, 월별 30마리 어미로부터 생식소 발달 양상과 난소 내 생식세포의 크기를 파악하였다. 생식소 발달 양상은 Table 1 (Nagahama, 1983)을 기준으로 번식기를 확인하였으며, 생식세포의 크기는 생식소 절편에서 정중앙 단면이 절단된 생식세포 30개를 찾아 개체별 생식세포 직경 대표 값으로 하였으며, 이

Table 1. Maturity stages of female, as defined by the germ cells present and other histological characteristics, in wild small yellow croaker, *L. polyactis*

Stage	General characteristics
Primary Growth	
Chromatin-nucleolus stage	Apparent nucleolus and chromatin threads in nucleus
Perinucleolus stage	Multiple nucleoli located around the periphery of the nucleus
Secondary Growth	
Cortical alveoli stage	Cortical alveoli appear at the periphery of the oocyte
Oil drop stage	Oil droplets appearance in oocyte
Vitellogenesis	
Primary yolk stage	Yolk globules appearance at the periphery of the oocyte
Secondary yolk stage	More yolk globules appear throughout the oocyte.
Tertiary yolk stage	The oocyte is filled with yolk globules
Maturation and Spawning	
Early maturation stage	Germinal vesicle migrating, Coalescence of yolk globules & lipid droplets
Final maturation stage	Germinal vesicle breakdown & Hydration
Ovulation stage	Oocyte are hyaline and free of cellular envelopes
Spawning stage	Appearance of ovulated eggs in gonoduct and near gonopore
Degeneration and Resting	
Atretic oocytes stage	Observation of atretic oocytes & chromatin-nucleolus oocytes in ovary

월별 30마리의 대표 값들을 평균하여 월별 생식세포 크기를 나타내었다.

결 과

월별 생체지수(GSI, HSI, VSI, CF) 변화

월별로 조사된 자연산 참조기의 GSI, HSI, VSI 및 CF의 변화는 Fig. 3과 같다. 2004년 2월에 GSI가 3.87±0.32%였으며, HSI

는 2.40±0.08%였고, 이때 VSI는 1.22±0.05%, CF 9.0±0.1%였다. 수온이 상승하기 시작하는 3월에 들어서면서 GSI는 10.43±0.60%으로 급격히 증가하였으며, HSI는 1.67±0.09%로 감소하였으나, VSI는 1.54±0.07%로 앞 달과 큰 차이가 없었고, CF는 역시 8.9±0.3로 2월에 비해 큰 변화는 보이지 않았다. 이후 4월에는 GSI가 10.18±0.51%로 3월과 비슷한 수준을 유지하였으나, HSI와 VSI 역시 3월에 비해 큰 변화는 없었다. 그러나 CF는 다소 낮아지는 경향을 보였다. 5월에 이르러서는 GSI가 13.45±0.82%

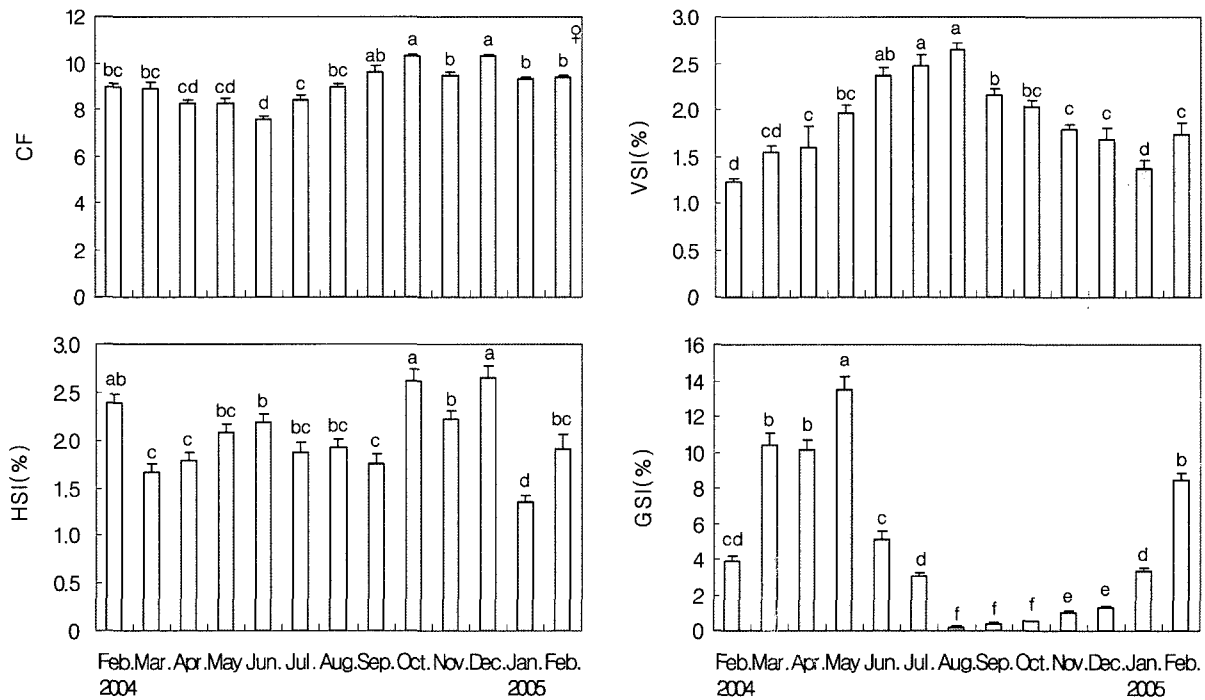


Fig. 3. Seasonal changes of condition factor (CF), hepatosomatic index (HSI), viscerasomatic index (VSI) and gonadosomatic index (GSI) in wild female yellow croaker, *L. polyactis* captured from the western coast of South Korea (N=30).

로 연중 최고 값을 나타내었으며, HSI 역시 $2.08 \pm 0.09\%$ 로 4월에 비해 수치가 급격히 높아졌으나, VSI와 CF에는 큰 변화가 없는 것으로 나타났다. 한편 6월에 도달해서는 GSI가 $5.12 \pm 0.49\%$ 로 5월에 비해 크게 감소하는 형태를 보였으며, 그에 따른 VSI의 유의한 증가와 CF의 유의한 감소가 관찰되었다. 이후 GSI는 8월 $0.23 \pm 0.05\%$ 까지 지속적으로 감소한 뒤 9월에 이르러 $0.40 \pm 0.03\%$ 로 다시 증가하는 경향을 나타내기 시작하여, 10월 $0.56 \pm 0.03\%$, 12월 $1.29 \pm 0.06\%$, 2005년 1월 $3.31 \pm 0.21\%$, 그리고 2005년 2월에 $8.44 \pm 0.41\%$ 로 유의한 증가를 나타내는 것을 알 수 있었다. 한편 HSI는 여름철 고수온기에 다소 감소하는 경향을 보여, 9월에 1.76% 까지 떨어지다가, 10월에 이르러 $2.61 \pm 0.13\%$ 로 급격히 증가하여, 12월까지 2.6% 대의 높은 값을 유지하였다. 이후 2005년 1월부터 다시 감소하는 경향을 나타내었다. VSI의 경우 8월 $2.65 \pm 0.07\%$ 였다가 9월부터 감소하여 12월까지 $2.04 \sim 2.38\%$ 범위를 유지하다가, 겨울철이며 성숙개 시기인 2005년 1월과 2월에 $1.37 \pm 0.08\%$ 와 $1.74 \pm 0.12\%$ 로 급격히 감소하는 경향을 보였다. CF의 경우 역시 8월 이후 증가하는 경향을 보여, 10월~12월에 약 10% 대의 값을 나타내다가, 2005년 1월에 이르러 9.3 ± 0.1 로 유의하게 감소하여, 2005년 2월에 앞 달과 비슷한 $9.4 \pm 0.1\%$ 를 나타내었다(Fig. 3; $P < 0.05$).

생식세포의 형상 및 크기 변화

난소는 좌우비대칭의 낭상형으로 복강 배측(背側)후방부에 위치하며, 복강의 가장자리 뒤끝 부위에서 합일되어 다시 노관과 연결되어 비노생식공으로 개구되어 있었다(Fig. 4). 2004년 2월에 채집된 참조기 암컷들은 육안으로도 확인할 수 있을 정도로 난소가 다소 발달한 상태였으며, 조직학적으로는 핵이 뚜렷한 상태에서 세포질 전반에 걸쳐 지방성 표층과립(cortical alveoli)의 축적은 상당히 진행되었고, 난황포 축적은 세포질 바깥쪽에서 진행이 되기 시작하는 모습을 나타내었다. 이때 난모세포의 평균 직경은 0.36 ± 0.02 mm으로 아직까지 미성숙 상태를 유지하고 있었다(Fig. 5 & 6). 3월에 이르러서는 세포내 난황포 축적은 앞 달에 비해 진척을 이루어 세포질 전체에서 이루어지고



Fig. 4. Photographs of ovaries of female yellow croaker, *L. polyactis* (total length 22 cm) sampled in June, 2004.

있었으며, 그로인해 난모세포의 평균 직경은 0.38 ± 0.03 mm로 앞 달에 비해 다소 증가하는 초기 성숙란의 형태를 보였다. 4월에 이르러서는 난모 세포내 핵은 여전히 존재하고 있으며, 세포내 난황포와 지방성 표층과립이 서로 결합하면서 소형의 구(毬)를 형성하기 시작하였다. 이때 난모세포의 평균 직경은 0.46 ± 0.02 mm로 3월보다는 유의하게 증가하였다. 5월에 접어들면서 난황(yolk)은 구의 형태가 사라지면서 세포질 전체를 감싸고 있으며 세포질이 균질화되면서 핵의 구분이 어려워지고, 지방성 표층과립들은 결합하여 완전한 유구(oil globule)의 형태를 갖추게 되어 초기 완숙란의 형태를 취하였으며, 이때 세포의 평균 크기는 0.53 ± 0.01 mm로 최고를 나타내었다. 6월에 채집된 대부분 개체들의 난소 조직상은 완숙란과 일부의 미성숙 난모세포들로 관찰되었다. 또한 미처 산란되지 않은 난모세포들의 퇴화, 흡수가 일어나면서, 난소를 구성하고 있는 난소 소낭들의 형태가 뚜렷하게 되었고, 이들 사이에 주변인기 난모세포들이 있었다. 이때 세포의 평균 직경은 0.35 ± 0.03 mm으로 앞 달에 비해 유의하게 감소하는 경향이 나타났다. 7월에 이르러서는 난소 내 적은 수의 완숙 난모세포(0.43 ± 0.03 mm)와 다수의 초기 난모세포(0.06 ± 0.01 mm)가 공존하는 형태를 취하고 있었으며, 퇴화변성중인 난모세포들이 존재하는 난소를 보유한 개체들의 경우 성숙 난모세포 사이에 배란 후 잔존여포와 초기 난모세포들을 관찰할 수 있었다. 이때 세포의 평균 직경은 0.12 ± 0.01 mm ($0.02 \sim 0.57$ mm)이었다. 8월의 난소는 성숙 및 완숙란은 완전히 소실되고, 난소피막의 근조직에서 유래된 난소 소낭의 결체성 조직 사이에 난원세포들이 낮은 빈도로 분포하고 있었으며, 이때 평균직경은 0.06 ± 0.01 mm ($0.02 \sim 0.16$ mm)였다. 9월에 접어들면서 난소 소낭 내에는 염기성 색소에 짙게 염색되어 있는 초기 성장기 난모세포(염색인기 및 주변인기)들이 대부분을 차지하고 있었으며, 이때 난모세포의 평균 크기는 직경 0.09 ± 0.01 mm ($0.03 \sim 0.31$ mm)였다. 10월에 접어들면 난모세포는 2차 성장기 난모세포로 발달하기 시작하면서, 핵 주변으로 지방성 표층포(cortical alveoli)가 발달하기 시작하였다. 이때 난모세포의 평균 크기는 직경 0.12 ± 0.01 mm ($0.03 \sim 0.29$ mm)였다. 11월이 되면서 2차 성장기 난모세포들은 약한 에오진성 염색물질(난황)들이 세포내로 함께 유입과 함께, 지방성 포(泡)들을 세포 전반으로 확산시키며, 세포 크기를 앞 달에 비해 상승시키는 것을 알 수 있었다. 이때 난모세포의 평균 직경은 0.16 ± 0.01 mm ($0.03 \sim 0.35$ mm)였다. 12월이 되면서 에오진성 염색물질인 난황이 포(泡) 상태로 세포 내 유입이 가속화 되면서 난모세포의 방사선대가 두꺼워지고, 세포의 바깥 부분을 난황포들이 차지하면서 세포질의 염색성은 짙은 청색에서 보라색으로 바뀌었다. 이때 핵주변의 세포질 내 지방성 과립들은 상호 결합을 하면서 소형의 유구(油毬)를 형성하기 시작하였고, 난모세포의 평균 직경은 0.20 ± 0.02 mm ($0.04 \sim 0.41$ mm)을 나타내었다. 2005년 1월로 접어들면서 난모세포들은 핵이 사라지고, 유구와 함께 난황포의 축적이 더욱 가속화되면서 난황포들이 세포 전체를 뒤덮는 난

황구기 난모세포들의 수가 증가하고 있었다. 이때 난모세포의 평균 직경은 0.37 ± 0.03 mm ($0.15 \sim 0.76$ mm)을 나타내었다. 2005년 2월로 접어들면서 대부분의 난모세포들은 핵이 사라지고, 지방포와 난황포의 축적이 포화 상태에 이르면서, 지방포들은 소형의 유구를 형성하고, 난황포들 상호 결합하면서 세포내 밀도를 높여나가는 초기 성숙기 난모세포로 발달해 가고 있었다. 이때 난모세포의 평균 직경은 0.47 ± 0.04 mm ($0.21 \sim 0.68$ mm)을 나타

내었다(Figs. 5 & 6).

생식년주기

생체지수와 생식소 연간 변화를 통해, 성장기, 난황형성기, 성숙기, 완숙·산란기, 그리고 퇴화·휴지기과 같은 연속적인 주기로 구분할 수 있었으며, 이를 통해 생식년주기를 다음과 같이 확인하였다(Table 2).

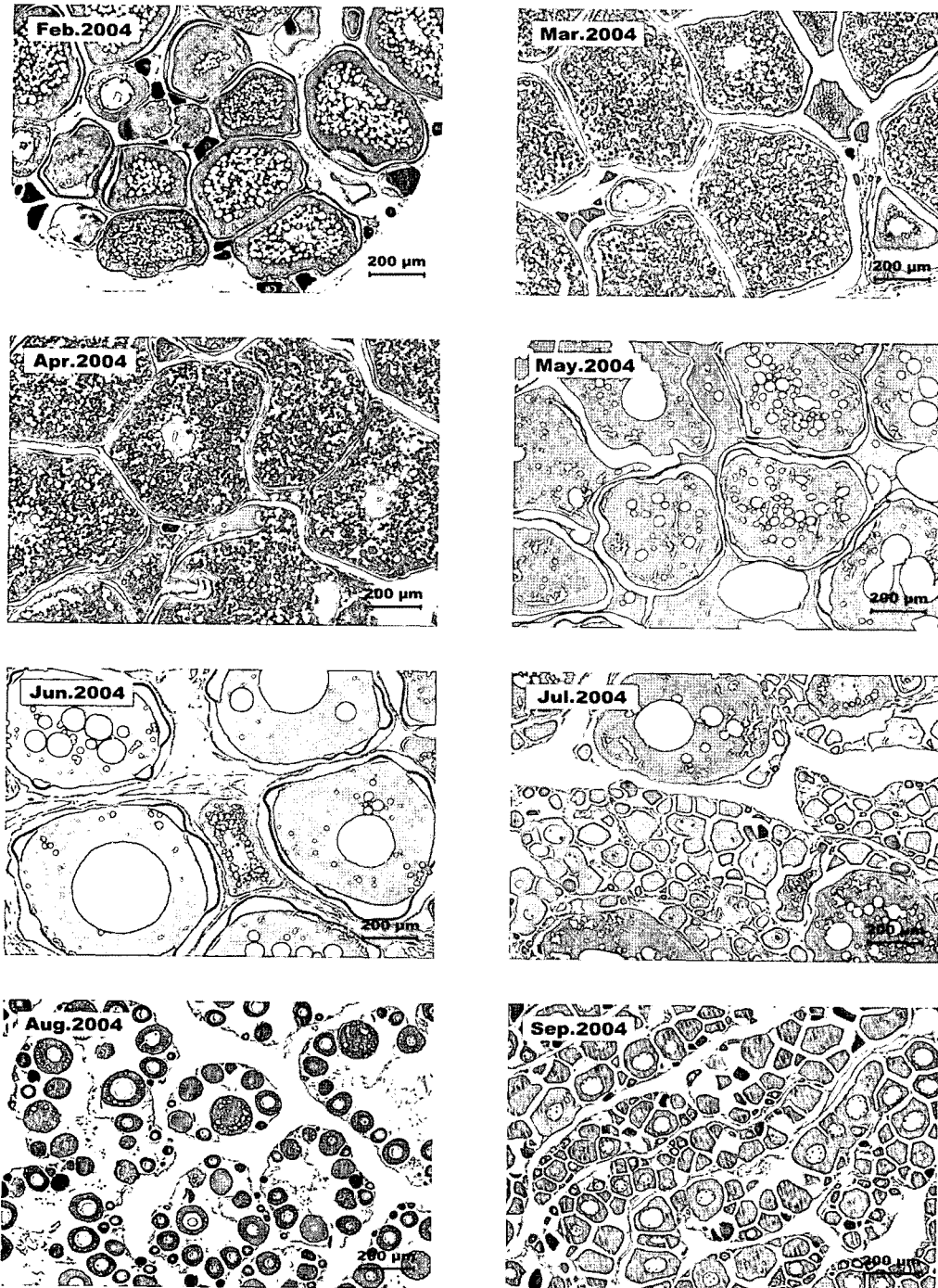


Fig. 5. Microphotomicrographs of ovary in the yellow croaker, *L. polyactis* ovaries during the reproductive cycle ($\times 40$).

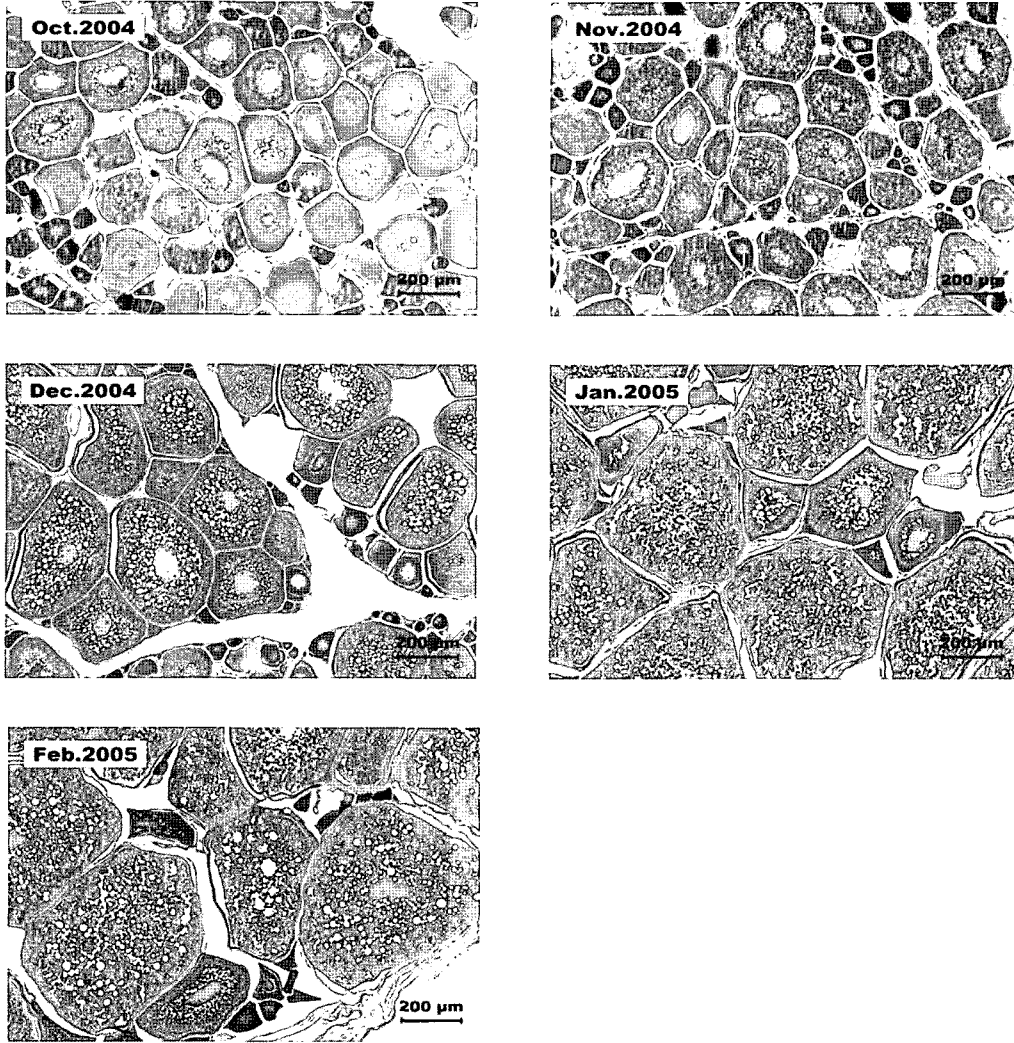


Fig. 5. (Continued).

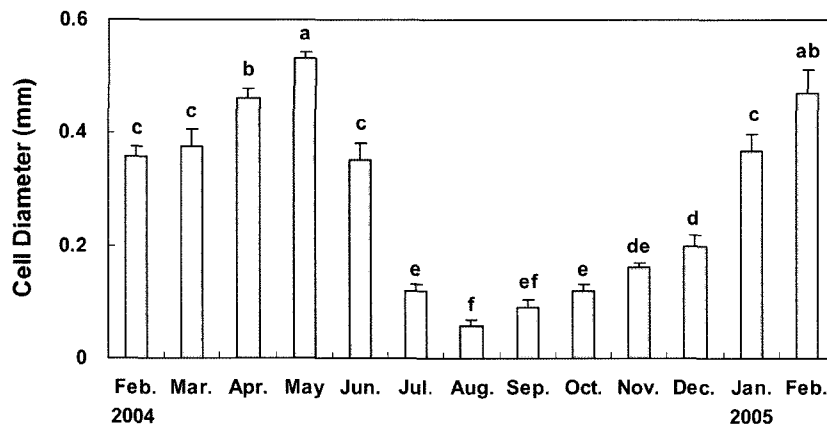


Fig. 6. Diameter (mm) of reproductive cells in ovary of female yellow croaker, *L. polyactis* from maturation stage to spawning stage (N=90; P<0.05).

성장기

생식소는 9월부터 활성화되기 시작하여 1차 성장기를 나타내었으며, 10월에 이르러 난소의 생식세포에 적은 수의 cortical

alveoli가 관찰되기 시작하면서 2차 성장기로 접어들고 있었다. 성장기 생식소를 가진 암컷 개체의 출현율은 11월에 48%였으며, 이들 성장기 개체들은 1월~2월 중순까지 관찰되었다.

Table 2. Reproductive cycle in wild female small yellow croaker, *L. polyactis* (N=30)

Stage	2004						2005						
	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.
Primary Growth	+/-							+++	+/-	+/-	+/-	+/-	
Secondary Growth	+/-								++	++	+++	+/-	+/-
Vitellogenesis	++	+++	++	+	+/-						+	++	+++
Maturation		+/-	+	+++	++								
Spawning			+/-	+++	++								
Degeneration					+/-	++							
Rest						++	+						

*Symbols (from + to +++) indicates the relative abundance of each germ cell type; +/-: present in some individuals, (+): rare.

난황형성기 및 성숙기

12월에 이르면서 일부 어미들의 생식세포의 바깥쪽 주변부에서 미약하게 난황포가 형성되기 시작하였고, 이러한 현상은 4월까지 지속적으로 이루어지면서 난경이 증가하였다.

완숙 및 산란기

4월로 접어들면서 일부 암컷 어미에서 배반포 이동이 이루어지고, 난황과립과 지방포가 뭉쳐지기 시작하였다. 5월이 되면서 난모세포 내 핵이 소실되면서 그 현상은 더욱 가속화되어, 난모세포 내 밀도 높은 난황으로 가득 차기 시작하며, 소수의 소형 유구를 형성하기 시작하였다. 일부 개체들은 완숙 및 산란기에 접어든 상태임을 난소해부를 통해 확인할 수 있었다. 6월이 되면서 대부분의 암컷 어미들은 난모세포의 대부분이 난황으로 가득 차 있으면서, 한 개의 거대 유구를 난황 내에서 보유하고 있었다. 대부분의 개체들은 hydration 단계를 거쳐 배란 및 산란이 이루어 졌음이 해부를 통해 확인되었다.

퇴화 및 휴지기

생식세포들의 퇴화가 일어나는 개체들은 완숙·산란기가 시작되는 5월에 일부 개체에서 나타나기 시작하였으며, 7월부터 9월까지 채집된 모든 개체들의 난소는 초기 난모세포들이 재배치되어 뚜렷한 생식세포의 발달상이 보이지 않는 휴지기 상태였다.

고 찰

신품종 양식어류의 개발 사업에 있어 가장 기초가 되는 것은 자연계에서 어미를 확보하고, 이를 가축화시켜 세대교번을 이루어내는 것이며, 이러한 일련의 과정을 산업적으로 활용한 것이 인공종묘생산기술이다. 통상적으로 이 과정을 정상적으로 진행시키기 위해서는 두 가지 점이 중요하다. 첫 번째는 해당 어종의 생태학적 습성을 이해하는 것이며, 두 번째는 그 어종의 번식학적 생식현상을 파악하는 것이다. 특히 자연계에서 채집된 개체의 가축화는 성공하였지만, 이들의 번식생물학적 특성을 제대로 숙지하지 못해 세대교번에 실패하는 경우가 허다했기 때문에, 그 종의 생식현상의 이해는 인위적 세대교번 유도

를 위해 필수적인 사항이다. 본 연구의 대상 종인 참조기 역시 여러 연구자들에 의해 다년간 자연산 어미 확보와 가축화를 통해 세대교번을 시도하였지만, 잘못된 번식 정보로 인해 번번이 실패한 것이 사실이다. 이에 본 연구진은 참조기 인공종묘생산 기술개발을 위한 일환으로 이 종의 번식학적 특성과 정보를 제공하고자 동 연구를 실시하였다.

우선 본 연구 결과 참조기의 생식소 형태는 농어, *Lateolabrax japonicus* (Kang et al., 2001), 날개망둑, *Favonigobius gymnauch* (Lee et al., 2000), 노래미, *Agrammus agrammus* (정과 이, 1985) 및 점망둑, *Chasmichthys dolichognathus* (Baek and Lee, 1985) 등 대부분의 경골어류에서 볼 수 있는 낭상형 난소의 특성을 따르고 있었다. 또한 생식소는 계절에 따른 생체 변화를 나타내었으며, 이것은 내장, 간의 중량적인 차이를 수반하여 비만도에 영향을 미치는 것으로 확인되었다. 이러한 현상은 연중 특정 시기에만 번식현상을 나타내는 온대성 경골어류들에서는 일반화된 것이며, 특히 산란기를 중심으로 생식소 발달에 따른 여러 가지 생체 지수들의 변화를 동반한다는 사실은 잘 알려져 있다. 본 연구에서는 생식소의 생체지수인 GSI를 중심으로 간과 내장 그리고 체중량을 대상으로 한 생체지수들을 파악해 보았다. 그 결과는 흥미롭게도 VSI는 연중 GSI와 반대의 경향을 보였고, HSI는 GSI가 가장 낮은 비번식기에 가장 높게 나타났다는 것이다. 그러나 번식기에 대체적으로 낮다는 점을 볼 때 난모세포의 성장과 관련하여 간에서 난황단백 전구체 합성으로 HSI가 연중 상대적으로 낮은 값을 나타내는 것이 아닌지 추정된다(會田, 1974). 하지만 이전 연구자들에 의해 확인된 사실은 이러한 현상은 종특이성을 지니고 있어, HSI가 생식선 발달에 직접적인 관련이 있다는 사실을 받아들이기 어렵다. 즉 자리돔, *Chromis notatus* (Lee and Lee, 1987; 이와 이, 1988), 문절망둑, *Acanthogobius flavimanus* (Park et al., 2005)과 같이 어종에 따라 HSI 변화와 GSI 변화 양상이 역상관 관계를 보이는 종들도 있으나, 줄망둑, *Acentrogobius pflaumi* (Baeck et al., 2004), 흰점돔가시치, *Siganus canaliculatus* (Hwang et al., 2004), 농어, *L. japonicus* (Kang et al., 2001) 및 병어류(Lee and Jin, 1989)와 같은 어종들에서는 GSI와 정상관 관계를 나타내고 있으나, 어종에 따라 이러한 차이가 있는 이유에 대해서는 아직 구명된

바 없으며, 산란형태, 산란기간 등 생식현상의 발현 차이 또는 자연계 내 먹이량 변화에 의한 것으로 추정된다. 한편 비만도의 경우 대부분의 어류가 생식소 발달 변화와 동조하는 경향이 있으며, 본 연구의 참조기 경우에도 번식 및 산란기에 연중 상대적으로 가장 낮은 값을 보였다.

한편 어류의 생식년 주기는 앞서 제시된 수온과 광주기 같은 환경인자에 영향을 받으며, 다수의 어류가 이 요인들에 따라 자신이 생존하기에 유리한 계절에 산란하며, 산란시기의 계절적인 구분에 의해 5가지의 산란형(봄 산란형, 봄-여름 산란형, 여름 산란형, 가을 산란형, 겨울 산란형)으로 구분해 볼 수 있다 (Aida, 1991). 암컷 생식세포 월별 변화를 조사해 참조기 참조기는 수온이 낮아지기 시작하는 9월부터 생식소 내 난원세포가 난모세포로 발달하기 시작하여 1차 성장기를 보내고, 10월에 이르러서 난모세포는 2차 성장기에 접어들어 12월까지 난모세포의 크기를 지속적으로 키워나갔다. 다음해 1월~2월 사이에 난소는 본격적으로 성숙을 시작하여, 4월~5월 사이에 최종 성숙단계에 이르며, 일부 개체들이 4월에 약하게 산란을 진행시키나, 본격적인 산란을 위한 최종성숙과 배란은 5월에 대부분 관찰되었다. 이후 6월까지 참조기는 왕성한 산란시기에 머물고 있었으며, 일부 개체는 이미 퇴화에 접어드는 것이 확인되었다. 7월에 이르며, 난소는 산란 후 남은 잔존 난모세포를 퇴화, 흡수시키고 8월에 이르러 본격적인 휴지기에 접어들었다. 이상의 결과로 참조기는 Aida (1991)의 기준에 따라 "봄-여름 산란형"에 속하며 연안 수온 상승이 생식소를 활성화시키는 것으로 확인되었다.

또한 어류 생식세포는 난소 내 세포들이 동시에 발달하는 동기발달형과 난소 내 생식세포들이 균을 이루며 발달하는 난군 동기발달형, 생식세포들이 완전하게 비동기적으로 발달하는 비 동기발달형과 같이 3가지 발달 양식을 나타낸다(Lam, 1983; Razani et al., 1988; Shimizu et al., 1994; Wallace and Selmen, 1981). 본 연구에서 참조기의 성숙기 난소를 해부학적 및 조직학적으로 검경해 보았을 때, 하나의 난소에서 난모세포들의 크기와 형태가 일정하지 않은 점과 성숙기에는 성장기 난모세포군과 성숙 난모세포군 두 군으로 나눌 수 있었으며, 성장기 난모세포군은 여러 단계의 발달상을 나타내고 있어, 쥐치, *Stephanolepis cirrhifer* (Lee et al., 2000a), 말쥐치, *Thamnaconus modestus* (Lee et al., 2000b), 흰점독가시치, *S. canaliculatus* (Hwang et al., 2004), 황점볼락, *Sebastes oblongus* (Chang et al., 1995) 및 옥돔, *Branchiostegus japonicus* (Yang et al., 1997) 등과 같은 난군 동기발달형에 속하는 것으로 판단된다. 따라서 참조기의 난소 내 난모세포 발달양식으로 미루어 적어도 2~3회 이상 산란하는 종으로 추정된다.

이상의 연구 결과를 종합해 볼 때 자연산 암컷 참조기는 일반적인 경골어류들과 마찬가지로 2개의 낭상의 난소를 가지고 있었으며, 생식세포는 난군 동기형으로 발달하였으며, 5월과 6월 사이에 산란하는 봄-여름 산란형인 것을 알 수 있었다. 이러

한 연구결과를 바탕으로 자연산 어미의 포획 후 가축화를 통한 참조기 인공종묘생산기술 개발 시 수정란 생산가능 시기가 확인된 만큼, 수정란 생산을 위한 성성숙유도 및 인공산란 유도 기술의 도입 시, 본 연구결과는 기초 자료로 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

요 약

한국산 참조기 암컷의 연중 생식주기를 조사하기 위해, 2004년 2월부터 2005년 2월까지 계절에 따라 추자도, 영광 및 목포에서 포획된 자연산 암컷 참조기, *Larimichthys polyactis*을 조직학적으로 조사하였다. 참조기의 난소는 좌우비대칭의 낭상형으로 복강 배측(背側)후방부에 위치하며, 복강의 가장자리 뒤끝 부위에서 합일되어 노관과 연결되어 비노생식공으로 개구되어 있는 형태였다. 생체지수의 경우, 비만도(CF)와 간중량지수(HSI)는 생식선 발달과 특별한 상관관계가 없었으나, 대신 내장중량지수(VSI)는 역상관 관계, 생식소중량지수(GSI)는 정상관 관계를 나타내었다. 한편 생식세포 월별 변화의 조사를 통해 참조기는 수온이 낮아지기 시작하는 9월부터 생식소 내 난원세포가 난모세포로 발달하기 시작하여 1차 성장기를 나타내고, 10월~12월에 2차 성장기를 보냈다. 다음해 1월~4월에 난소는 본격적으로 성숙을 시작하여, 5월에 최종 성숙, 배란 및 산란 단계를 나타내었다. 이후 6월까지 참조기는 왕성한 산란 시기에 머물러 있었으며, 7월에 이르러 산란 후 잔존 난모세포를 퇴화, 흡수시키고 8월에 이르러 휴지기에 접어들었다. 이때 생식세포 발달 양식은 난군 동기 발달형이며, 산란형은 봄-여름 산란형인 것을 알 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 2003년부터 2006년까지 한국해양수산기술진흥원 수산특정연구개발 과제(MNF12003010-3-3-SB010)에 의해 수행된 결과로 이에 감사드립니다.

참고문헌

- Aida, K., 1991. Environmental regulation of reproductive rhythms in teleostes. Bull. Inst. Zool., Academia Sinica, Monograph, 16, 173-187.
- Baek, G. W., J. W. Kim and S.-H. Huh, 2004. Maturation and spawning of striped goby (*Acentrogobius pflaumi*) (Teleostei; Gobiidae) collected in the Gwangyang Bay, Korea. J. Kor. Fish. Soc., 37, 226-231.
- Baek, H.-J. and T.-Y. Lee, 1985. Experimental studies on the mechanism of reproductive cycle in the longchin goby, *Chasmichthys dolichognathus* (HILGENDORF). J. Kor. Fish. Soc., 18, 243-252.
- Baik, C. I., K. D. Cho, C. I. Lee and K. H. Choi, 2004. Ocean-

- ographic conditions of fishing ground of yellow croaker (*Pseudosciaena polyactis*) in Korean Waters. J. Kor. Fish. Soc., 37, 232-248.
- Chang, Y. J., H. K. Lim and S. K. Byun, 1995. Gonadal maturation and reproductive cycle in oblong rockfish, *Sebastes oblongus*. J. Aquacult., 8, 31-46.
- Hwang, H. K., C. B. Park, Y. J. Kang, J. H. Lee, S. Rho and Y. D. Lee, 2004. Gonadal development and reproductive cycle of the rabbitfish (*Siganus canaliculatus*). J. Kor. Fish. Soc., 37, 393-399.
- Kang, D.-Y., H.-K. Han and C.-M. An, 2001. Reproductive cycle of seabass, *Lateolabrax japonicus*, Korean J. Ichthyol. 13, 201-209.
- Lam, T. J., 1983. Environmental influences on gonadal activity in fish. (in) W. S. Hoar, D. J. Randall and E. M. Donaldson (ed.) Fish Physiology Vol. (B), Academic Press, New York, pp. 65-116.
- Lee, C.-L. and M.-H. Park, 1992. Taxonomic revision of the family Sciaenidae (Pisces, Perciformes) from Korea. Korean J. Ichthyol., 4, 29-53.
- Lee, J. S., J.-W. Kim, J.-C. Kang, Y.-K. Shin and P. Chin, 2000. Reproductive cycle and gonadal development of the naked-headed goby, *Favonigobius gymnauchen* (Teleostei : Gobiidae). J. Kor. Fish. Soc., 33, 219-224.
- Lee, S. J., Y. B. Go and Y. D. Lee, 2000a. Annual reproductive cycle of the File fish, *Stephanolepis cirrhifer*, on the southern coast of Cheju Island. Korean J. Ichthyol. 12, 62-70.
- Lee, S. J., Y. B. Go, Y. D. Lee, J. H. Jung and C. H. Han, 2000b. Annual reproductive cycle of the File fish, *Thamnaconus modestus*, on the southern coast of Cheju Island. Korean J. Ichthyol. 12, 71-84.
- Lee, T. Y. and J.-J. Jin, 1989. Studies on the fishery biology of pomfrets, *Pampus* spp. in the Korea waters 2. Gonadal maturation and spawning. J. Kor. Fish. Soc., 22, 266-280.
- Lee, Y. D. and T. Y. Lee, 1987. Studies on the reproductive cycle of damselfish, *Chromis notatus* (Temminck et Schlegel). J. Kor. Fish. Soc., 20, 509-519.
- Myoung, J.-G., Y. U. Kim, Y.-J. Park, P.-K. Kim, J.-M. Kim and H. T. Huh, 2004. Embryonic development, larvae and juveniles of the small yellow croaker (*Larimichthys polyactis*) reared in aquarium. J. Kor. Fish. Soc., 37, 478-484.
- Nagahama, Y., 1983. The functional morphology of teleost gonads. (in) Hoar, W.S., Randall, D.J., Donaldson, E.M. (ed.), Fish Physiology IXA, Reproduction. Academic Press, London, pp. 233-275.
- Park, M. H., I. J. Hwang, D. J. Kim, Y. D. Lee, H. B. Kim and H. J. Baek, 2005. Gonadal development and sex steroid hormone levels of the yellowfin goby *Acanthogobius flavimanus*. J. Kor. Fish. Soc., 38, 309-315.
- Razani, H., I. Hanyu and K. Aida, 1988. Environmental influences on ovarian activity and related hormones in yearling goldfish. Nippon Suisan Gakkaishi, 54, 1505-1511.
- Shimizu, A., K. Aida and I. Hanyu, 1994. Effects of photoperiod and temperature on gonadal activity and plasma steroid levels in an autumn-spawning bitterling, *Acheilognathus rhombea*, during different phase of its annual reproductive cycle. Gen. Comp. Endocrinol., 93, 137-150.
- Wallace, R. A. and K. Selmen, 1981. Cellular and dynamic aspects of oocyte growth in teleosts. Am. Zoo., 21, 325-343.
- Yang, S. G., J. M. Lee, J. H. Lee, K. M. Kim and C. M. An, 1997. Reproductive cycle of red horsehead, *Branchiostegus japonicus*. Bull. Natl. Fish. Res. Dev. Inst. Korea, 53, 73-79.
- 김영규, 2005. 연근해 주요 어업자원의 생태와 어장. pp 284-286. 국립수산과학원.
- 이영돈, 이택열, 1988. 자리돔, *Chromis notatus*의 성성숙에 따른 간세포 및 GTH 세포의 활성변화. 제주대 해양연보, 12, 73-78.
- 정문기, 1977. 한국어도보. 일지사, pp. 298-299.
- 정의영, 이택열, 1985. 노래미, *Agrammus agrammus* (Temminck et Schlegel)의 생식주기에 관한 연구. 부산수대연보, 25, 26-42.
- 해양수산통계연보, 2005. 해양수산부.
- 會田勝美, 1974. 魚類の成熟と産卵成熟と物質代謝. 日本水産學會編, 恒星社厚生閣. pp. 88-100.

원고접수 : 2006년 7월 24일

수정본 수리 : 2006년 8월 6일