

왜몰개, *Aphyocypris chinensis*의 생식주기

염 동 혁* · 이 성 규 · 최 신 석¹

(한국화학연구소 안전성연구센터, ¹충남대학교 자연과학대학 생물학과)

Reproductive Cycle of the Venus Fish, *Aphyocypris chinensis*. Yeom, Dong-Hyuk*, Sung-Kyu Lee and Shin-Sok Choi¹ (Toxicology Research Center, Korea Institute of Chemical Technology, Daejeon 305-606, ¹Department of Biology, College of Natural Science, Chungnam National University, Daejeon 305-335)

The gonadosomatic index (GSI), hepatosomatic Index (HSI), egg size distribution, gonad development and reproductive characteristics of venus fish, *Aphyocypris chinensis*, were examined during March 1997–March 1998 in agricultural waterways of the Sedo-myun, Puyo county, Chungnam Province, Korea. Annual reproductive cycle was classified into the following five successive phases by monthly changes in GSI and the characteristics of ovary; quiescent phase (January–February), secondary growing and mature phase (March–May), ripe and spawning phase (June–July), degenerating and resting phase (August–September) and primary growing phase (October–December). The hepatosomatic index (HSI) showed clear seasonal pattern with two separate peaks. However, it exhibited a negative correlation to changes of GSI values. The regression analysis suggested that fecundity showed a strong positive linear relationship ($r^2 = 0.91$, $n = 34$) with body weight. The sex ratio of female to male was 1.4 : 1 in the natural population during the study. The minimum reproductive size of female and male venus fish was 38 mm and 33 mm in fork length, respectively.

Key words : *Aphyocypris chinensis*, Reproductive cycle, Fecundity, Sex ratio, Biological minimum reproductive size

서 론

왜몰개, *Aphyocypris chinensis*는 우리나라의 서해안과 남해안으로 흐르는 중하류의 소하천이나 농수로에서 무리를 지어 서식하는 소형 잉어과 어류로서 우리나라 이외에 대만, 중국 및 일본에도 분포하는 것으로 보고되고 있다(김, 1997). 본 연구대상종은 실험실에서 순화와 사육이 용이하고, 연중 자연산란 유도가 가능하여 새로운 시험어종으로 개발 가능성이 가장 높은 어종으로 선정된 바 있어(염 등, 1999), 국내에 서식하는 140여 종의

담수어류 중에서 본 종에 대한 중요성이 대두되고 있다.

그러나 지금까지 왜몰개에 대한 연구는 분류학적 연구가 주로 수행되었음에도(Kim *et al.*, 1985; Lee and Kim, 1987), 학자에 따라서 잉어과 피라미아과 왜몰개속(김, 1997)으로 또는 잉어과 황어아과 왜몰개속(최 등, 1989)으로 분류되고 있어 분류학적 체계가 확립되지 않은 것으로 나타났다. 본 종의 생태학적 연구로는 서식지, 외형, 식성 및 산란과 초기발생 및 자어의 성장에 대한 간략한 보고(Uchida, 1939; Nakamura, 1969; 김, 1997)와 초기발생 및 자어의 성장에 대한 보고(박 등, 1998) 이외에는 연구가 미미한 실정이다.

* Corresponding author: Tel : 042) 860-7347, Fax : 042) 860-7399, E-mail: dhyeom@kriict.re.kr

이러한 상황을 감안해 볼 때 왜물개의 산란시기 및 이들의 생식주기가 어떤 인자에 의해 조절되는지를 규명하는 것은 생식생물학적 관점에서 중요할 뿐만 아니라 시험생물 개발에 필수적인 인위적인 산란제어를 하기 위해서도 기본적인 과제라고 생각된다.

본 연구에서는 국내에 서식하는 왜물개의 생식생태를 구체적으로 밝히기 위한 일환으로 왜물개의 성성숙과 산란에 연관이 되는 생식소숙도지수, 간숙도지수 및 난경의 연간 변화, 생식주기, 포란수, 성비 및 생식가능 최소 체장범위 등을 번식생물학적 관점에서 조사하였다.

재료 및 방법

1997년 3월부터 1998년 3월까지 매월 충청남도 부여군 세도면 모세울 지역의 농수로에서 족대(망목: 4×4 mm)를 사용하여 채집한 총 561개체의 왜물개를 재료로 생식주기를 조사하였다. 채집지역의 환경변화를 조사하기 위하여 채집기간 동안 매달 수온을 Multiline P4 (WTW, Germany)로 측정하였고, 월평균 광주기는 대전지방기상청의 기상관측자료에 의하여 구하였다.

채집된 왜물개는 즉시 10% 중성포르말린에 고정하여 실험실에서 체장(fork length, FL)과 체중을 측정한다. 다음, 해부하여 생식소와 간을 절취하여 0.001 g까지 측정 후 다시 10% 중성포르말린에 고정을 하였다. 또한 왜물개는 산란시기 이전에는 외형적으로 암·수 구분이 거의 불가능하므로 생식소를 관찰하여 성을 구분하였다. 생식소숙도지수(gonadosomatic index, GSI)는 생식소중량×100/체중으로, 간숙도지수(hepatosomatic index, HSI)는 간중량×100/체중의 식으로 산출하였다. 난소의 발달 단계는 Heins와 Rabito의 기준(1986)에 따라서 Ripe (RE), Mature (MA), Late Maturing (LM), Early maturing (EM)과 Latent (LA) 등 5단계로 구분하였다.

난경은 적출된 난소내 난괴를 해부현미경하에서 분리한 후 ImageScope 2.3 (Imageline, Inc. U.S.A.) 컴퓨터 프로그램으로 계수 및 계측을 하였다. 포란수는 산란직전과 산란기로 추측되는 5월과 6월에 채집된 암컷의 생식소를 적출하여 gravimetric subsampling method (Bagenal and Braum, 1978)에 따라 측정하였다.

생식소의 조직학적 검사를 위해 10% 중성포르말린 용액에 고정시킨 생식소는 수세한 후 파라핀 절편법에 의해 5 μm 두께로 조직절편을 제작하여 건조한 다음, 건조하여 자동염색기(histomatic slide stainer 172, Fisher)를 사용하여 hematoxylin-eosin 염색을 한 후, 광학현미경하에서 검경하였다.

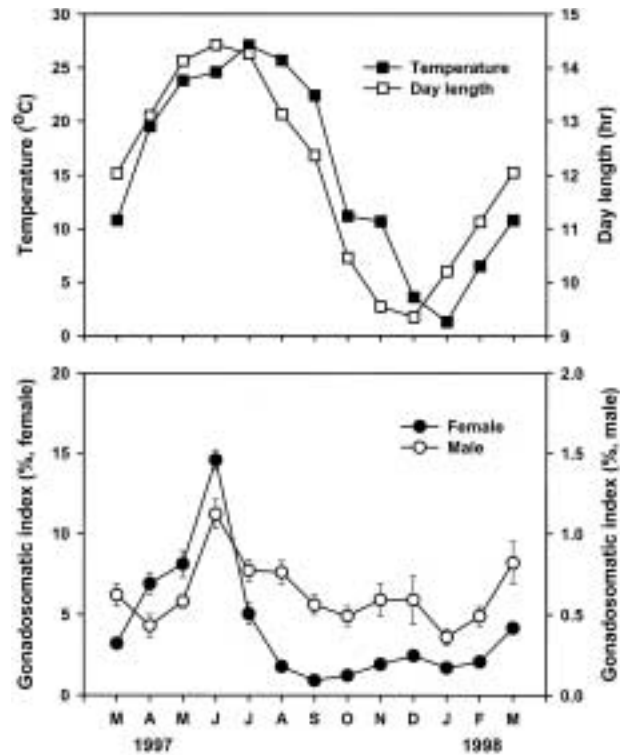


Fig. 1. Monthly variations in water temperature, day length and gonadosomatic index (GSI) of female and male venus fish, *Aphyocypris chinensis*. Vertical lines denote standard error on the mean.

결 과

1. 생식소숙도지수 (GSI)의 월별변화

1997년 3월에 암컷의 GSI 값은 3.20%로 낮은 값을 보였지만, 5월에는 급격하게 상승하여 8.10%로 조사가 되었으며, 이어 6월에는 연중 최고 값인 14.57%에 이르렀다. 7월부터 GSI 값의 급격한 감소가 일어난 후, 8월에는 1.78%, 9월에 연중 최저 값인 0.91%를 나타냈다. 이후에 암컷의 GSI는 다시 서서히 상승하기 시작하여 11월에는 1.91%, 12월에는 2.45%로 나타나다가 1월에 다시 소폭 감소한 후, 3월이 되면서 다시 상승하기 시작하였다 (Fig. 1).

수컷의 월별 GSI 변화는 암컷에서처럼 큰 변화는 보이지 않았지만 변화 양상은 암컷과 유사하였다. 수컷의 GSI는 4, 5월을 지나면서 상승하기 시작하여, 6월에 연중 최고 값인 1.12%를 나타냈다. 암컷에서와 마찬가지로 7월의 GSI 값은 0.77%로 감소하였으나, 암컷과는 다르게 수컷 GSI 값의 감소는 서서히 진행되어 8월에

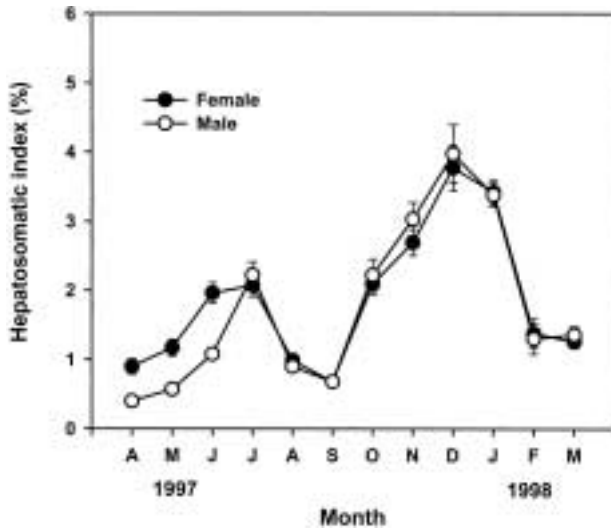


Fig. 2. Monthly changes in hepatosomatic index (HSI) of female and male venus fish, *Aphyocypris chinensis*. Vertical lines denote standard error on the mean.

0.76%, 9월에 0.56%를 나타냈다. 이후 10월을 거치면서 11월에 다시 소폭 상승하기 시작하여 12월까지 0.59%를 보이다가 1월에 연중 최저 값인 0.36%를 나타냈으며, 그 후 2월이 되면서 다시 상승하기 시작하였다(Fig. 1).

GSI의 변화는 수온이 상승하고, 낮의 길이가 길어지기 시작하는 2월부터 GSI 값은 상승하여 6월에 GSI 값은 최대값을 나타냈으며, 이 시기의 낮의 길이는 14시간 이상이었고, 수온은 23~25°C였다. 이후 GSI가 감소하는 기간에는 수온은 증가하여 가장 높은 기간으로 나타난 반면에 낮의 길이는 서서히 감소하는 것으로 나타났다(Fig. 1).

2. 간속도지수 (Hepatosomatic index)의 월별변화

암컷과 수컷의 간속도지수(HSI)의 변화양상은 매우 비슷한 경향을 보였으며, 2개의 뚜렷한 피크를 나타냈다. 수컷에 비해 암컷의 HSI가 먼저 상승하기 시작하여 산란기가 종료되는 7월에 암컷과 수컷의 HSI는 각각 2.07%, 2.22%로 첫 번째 피크를 나타냈다. 이 후 암컷과 수컷의 HSI는 감소가 되어 9월에 최저 값을 나타내다가 다시 10월부터 암컷과 수컷의 HSI는 급격히 상승하기 시작하여 12월에 각각 3.77%, 3.97%로 연중 최고 값을 나타냈다. 그 후 1월까지 높은 수준의 HSI 값을 유지하다가 2월에 다시 HSI의 급격한 감소가 일어났으며, 3월까지 낮은 HSI 수준을 유지하였다(Fig. 2).

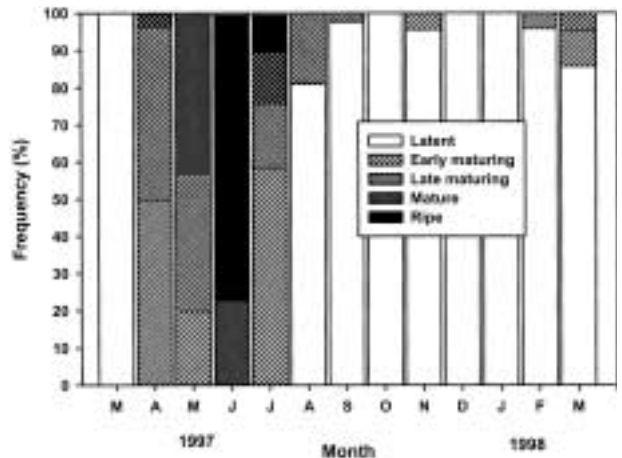


Fig. 3. Frequency of female *Aphyocypris chinensis* with gonads in each developmental phase from March 1997 to March 1998.

3. 난소 발달의 월별변화

Heins and Rabito (1986)의 기준에 따라 매월 난소의 크기, 색 및 난소 내 난을 육안으로 관찰하여 5단계의 발달단계별로 그 구성비율을 살펴본 결과는 다음 Fig. 3과 같다.

산란기가 종료된 1997년 9월부터 생식소가 본격적으로 성숙하기 전인 1998년 3월 사이에 난소는 85% 이상이 휴지기 단계의 난소가 관찰되었으며, 일부에서 초기 및 후기성숙단계가 관찰되기도 하였다.

1997년 4월에는 휴지기 단계의 난소는 전혀 관찰되지 않고, 초기 성숙과 후기 성숙단계 난소가 각각 50%와 46%를 차지하였다. 이 시기에서부터 성숙단계의 난소가 관찰되기 시작하였지만, 성숙단계의 난소가 차지하는 비율은 약 4% 정도로 미약하였다.

1997년 5월에는 초기 성숙과 후기 성숙단계 난소가 차지하는 비율이 각각 20%와 37%로 감소한 반면에 성숙단계의 난소는 43%로 급격하게 증가하였다.

1997년 6월에는 단지 성숙단계와 완숙단계의 난소만이 관찰되었는데, 성숙단계는 23%를 차지하였으며, 완숙단계의 난소는 77%를 차지하였다. 그러나 7월에는 완숙단계의 난소가 10%로 그 비율이 급격히 낮아지기 시작하여 8월에는 성숙단계와 완숙단계의 난소는 전혀 관찰되지 않았다.

4. 생식년주기

왜몰개 암·수컷 생식소의 생식세포 형성과정을 조직학적 관찰로 종합해 볼 때, 암컷과 수컷은 모두 휴지기,

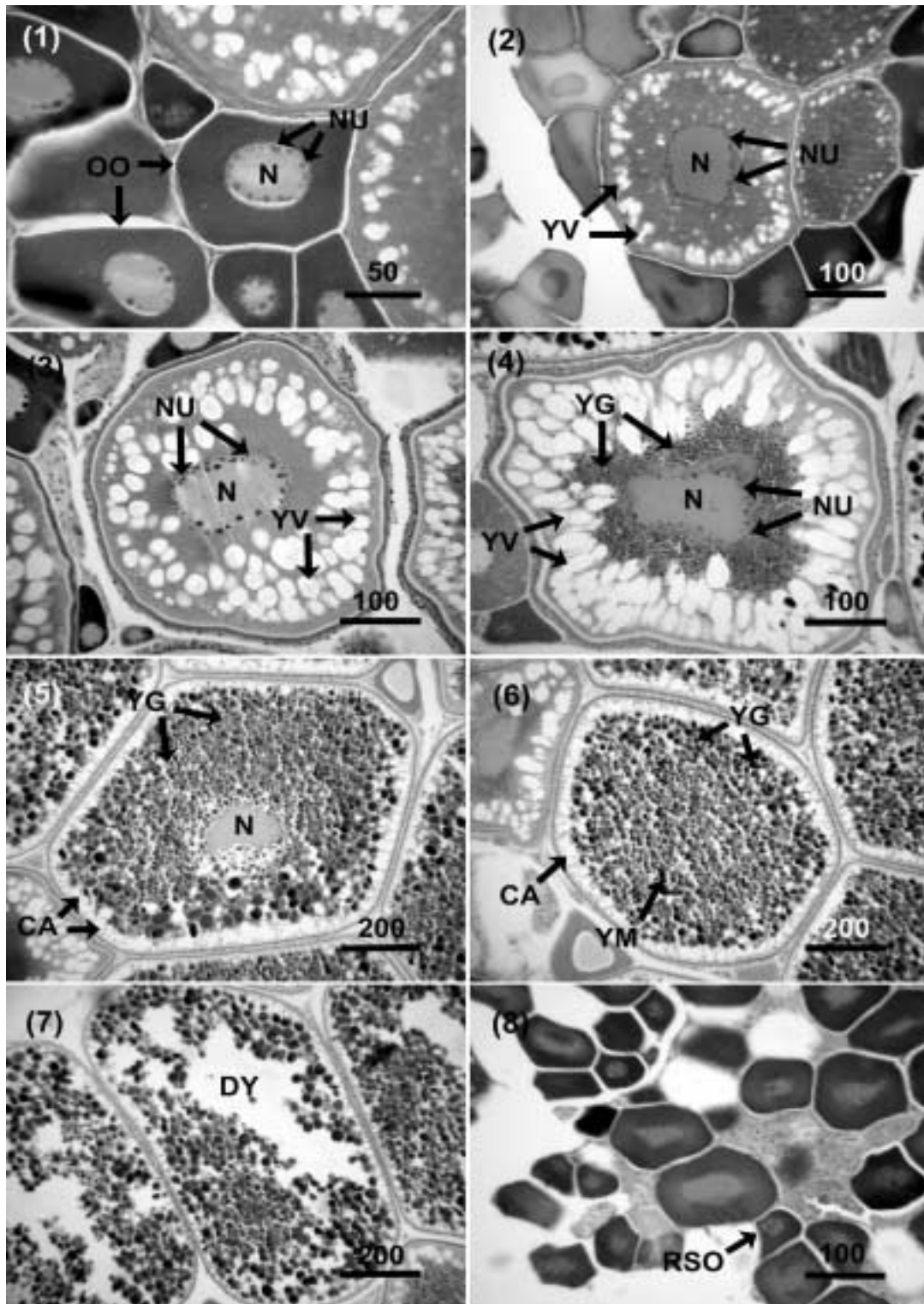


Fig. 4. Photomicrographs of gonadal phase of female *Aphyocypris chinensis*.

(1) : chromatin nucleolus stage, (2) : early perinucleolus stage, (3) : late perinucleolus stage, (4) : early maturing stage, (5) : late maturing stage, (6) : ripe stage, (7) : degenerative stage, (8) : resting stage. CA, cortical alveoli; N, nucleus; NU, nucleolus; OO, oogonia; RSO, resorbing oocyte; YV, yolk vesicle; YG, yolk granule; YM, yolk granule mass. Scale = μm .

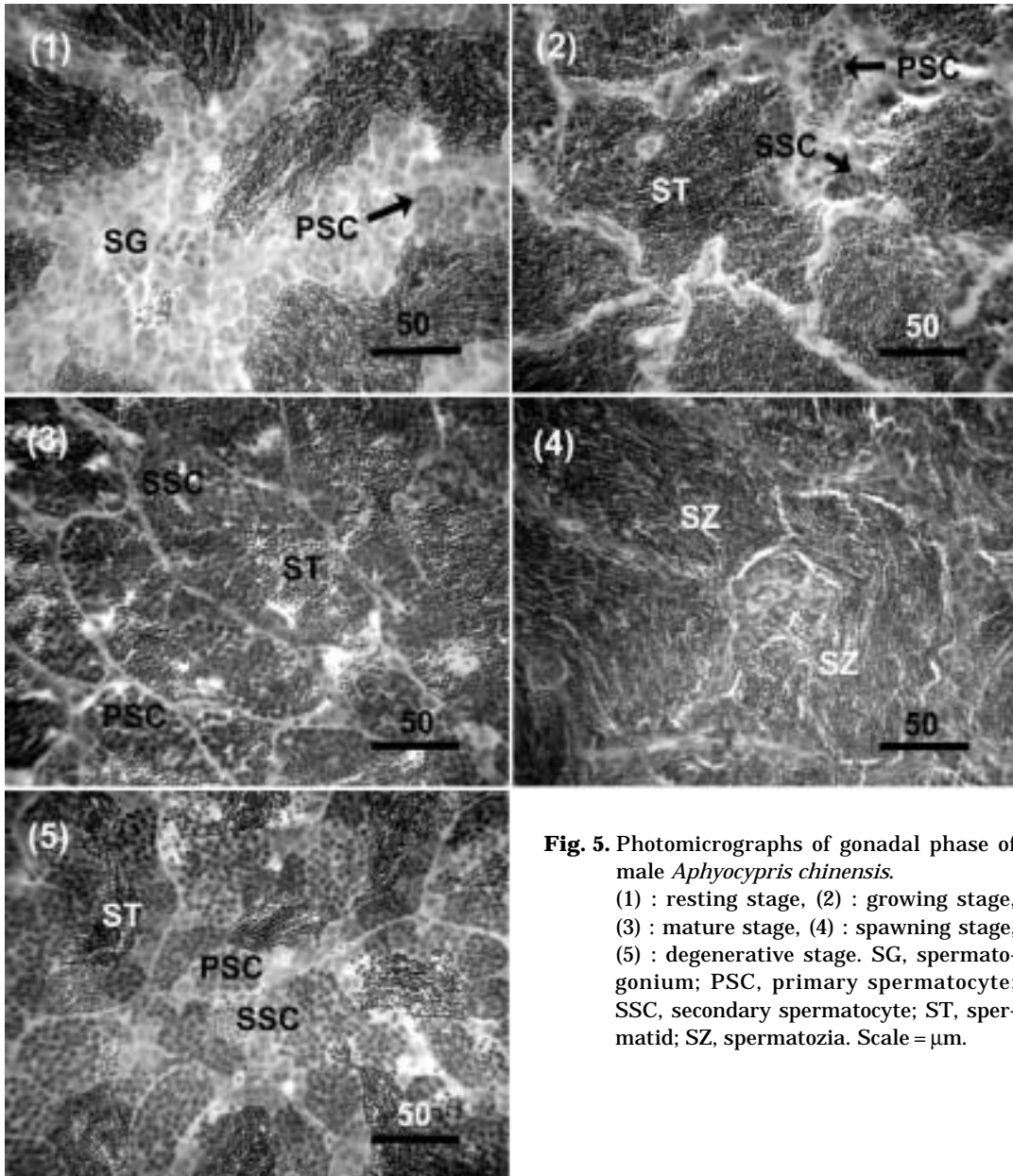


Fig. 5. Photomicrographs of gonadal phase of male *Aphycypris chinensis*.

(1) : resting stage, (2) : growing stage, (3) : mature stage, (4) : spawning stage, (5) : degenerative stage. SG, spermatogonium; PSC, primary spermatocyte; SSC, secondary spermatocyte; ST, spermatid; SZ, spermatozoa. Scale = μm .

성장기, 성숙기, 산란 및 방정기, 퇴화기 등의 연속적인 5 단계로 구분할 수 있었다.

1) 휴지기 (resting phase)

배란이 이루어진 8월부터 이듬해 1월까지 난소내에 난경 10~220 μm 범위의 염색인기 (chromatin nucleolus stage, Figs. 4-1, 8) 난모세포들이 주류를 이루고 있었으며, 이들 염색인기 단계의 난모세포는 년 중을 통하여 출현하였다. 8월과 9월에는 거의 대부분이 염색인기 난모세포들로 관찰되었으나, 10월부터 염색인기 난모세포들 이외에 160~300 μm 범위의 초기 주변인기 (early

perinucleolus stage, Fig. 4-2) 난모세포들이 다수 출현하기 시작하여 그 다음해 1월까지 유지되었다. 수컷은 휴지단계 (Fig. 5-1)의 개체들이 8월부터 출현하기 시작하여 이듬해인 1월까지 장기간 관찰되었다.

2) 성장기 (growing phase)

2월부터 생식소가 서서히 활성화되면서 난소내에 성장중인 180~280 μm 범위의 초기 주변인기 (early perinucleolus stage, Fig. 4-2), 200~450 μm 범위의 후기 주변인기 (late perinucleolus stage, Fig. 4-3) 난모세포들이 출현하기 시작하였다. 2월부터 정소에서 정원세포들이

활발히 분열증식하여 정소내에 제 1차 정모세포, 제 2차 정모세포, 정세포들이 무리를 이루어 발달하는 성장단계의 개체들이 4월까지 높은 비율로 출현하고 있었다 (Fig. 5-2).

3) 성숙기 (mature phase)

4월부터 260~520 μm 범위의 과립상 난황구를 축적한 초기 성숙기 (early maturing stage, Fig. 4-4) 난모세포가 출현하기 시작하여 5월까지의 난황소포의 수가 현저히 감소한 반면에 난황과립의 수는 상당히 증가함과 동시에 핵막의 구분이 명료하게 나타나지 않는 390~750 μm 범위의 후기 성숙기 (late maturing stage, Fig. 4-5)의 난모세포가 관찰되었다. 수컷인 경우 정소내에 거의 대부분이 정세포들로 충만되어 있는 성숙단계의 개체들이 출현하였다 (Fig. 5-3).

4) 산란 및 방정기 (spawning phase)

암컷인 경우 6월의 대부분의 개체에서 핵은 붕괴되고, 핵질과 세포질의 구별이 어려우며, 난황구들이 균질화된 난경 450~900 μm 범위의 완숙기 (ripe stage, Fig. 4-6) 난모세포들이 출현하였다. 이러한 완숙단계의 난모세포들은 6월과 7월에 그 비율이 높게 나타났다. 수컷은 변태를 마치고 완숙한 정자들이 정소의 수정세관을 통해 수정관으로 모여들어 방정을 하게 되는 방정단계의 개체들 (Fig. 5-4)이 6월에 높은 비율로 출현하였으며, 7월에도 일부 개체에서 관찰되었다.

5) 퇴화기 (degenerating phase)

암컷은 미방출된 완숙 난모세포들이 퇴화 및 흡수되는 퇴화단계 개체들 (Fig. 4-7)이 6월에도 출현하기 시작하나, 대부분은 7월에 퇴화기에 접어들었다. 수컷인 경우 7월의 개체에서 수정관내에 존재하던 정자들이 대부분 체외로 빠져나가면서 정소내에 산재하는 미방정된 잔존 정자들이 퇴화·흡수되는 개체들이 출현하였다 (Fig. 5-5).

5. 난경조성의 월별변화

난경조성의 월별변화를 조사한 결과는 Fig. 6과 같다. 12월부터 난소의 활성이 서서히 시작되어 난경조성에 대한 분포가 오른쪽으로 펼쳐지기 시작하였으며, 이러한 경향은 3월까지 지속되었지만 이들의 난소는 0.3 mm 이하로 소형 난모세포군으로 구성되어 있었다

4월과 5월 사이에는 2 종류의 난이 관찰되었는데, 한 종류는 난의 직경이 0.4 mm 이하인 투명한 미성숙란과 다른 종류는 직경이 0.4 mm 이상 되는 불투명한란이

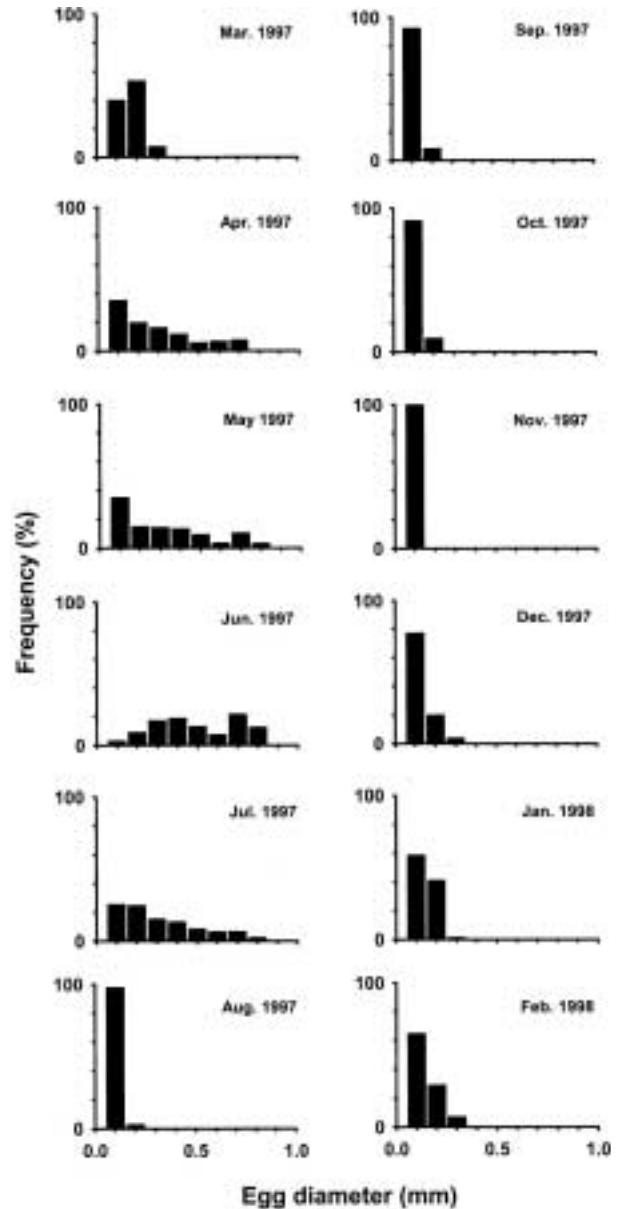


Fig. 6. Monthly variations in frequency distribution of egg diameter of female venus fish, *Aphyocypris chinensis*.

관찰되었다. 또한 이 시기에는 난의 직경이 빠르게 증가하여 0.8 mm가 되는란이 관찰되었으나, 70~80%가 0.4 mm 이하인 미성숙란으로 구성되어 있었다.

6월에는 0.2 mm 이하의 소형 난모세포의 비율이 급격히 감소한 반면에 0.7~0.8 mm의 대형 성숙란의 출현빈도가 증가하였다. 7월에는 0.7~0.8 mm의 대형 성숙란의 출현 빈도가 급격히 감소한 반면에 미성숙란의 빈도가 증가되는 경향을 나타냈다.

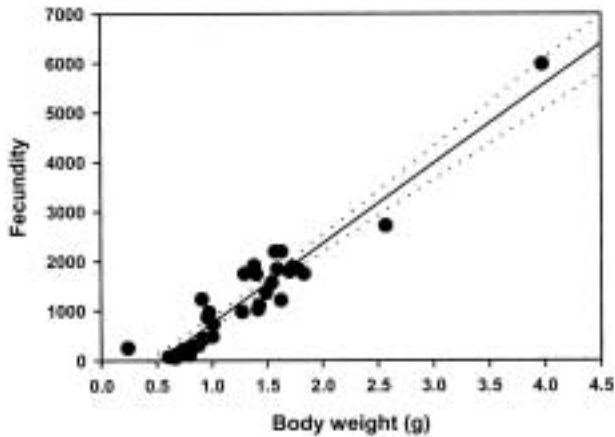


Fig. 7. The relationship between body weight and fecundity in venus fish, *Aphyocypris chinensis*. The dotted lines denote the 95% confidence intervals for the curve.

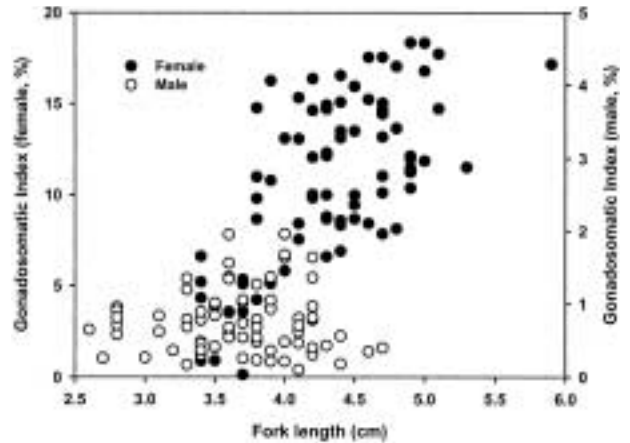


Fig. 8. The gonadosomatic indices compared with fork length of venus fish, *Aphyocypris chinensis* from April to June 1997.

8월부터 11월까지의 거의 대부분이 0.1 mm 범위의 소형 난모세포들이 주류를 이루었다.

6. 포란수

왜물개의 잠재적인 산란수를 조사하기 위해 산란직전으로 추정되는 34개체의 포란수를 조사한 결과, 최소 55개, 최대 5974개(불투명란+난황란)로 조사가 되었다. 회귀분석 결과, 본 종의 포란수는 체중과 1차 함수적으로 증가하였으며 ($r^2 = 0.91$; Fig. 7), 체중을 기초로 한 포란수에 대한 식은 다음과 같다:

$$\text{Fecundity} = 1611 \text{ weight} - 867$$

7. 성비

왜물개의 성을 구분하기 위하여 해부를 한 총 561개체 중에서 327개체는 암컷으로, 243개체는 수컷으로 조사되어 본 종의 암수성비는 1.14로서 암컷이 우세한 경향을 보였다. χ^2 검정결과, 1.4(암컷):1(수컷)의 성비는 1:1과는 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다 ($\chi^2 = 15.4$, $p < 0.05$).

8. 생식가능 최소 체장범위

본 종이 성적으로 성숙하여 생식이 가능한 체장범위를 조사하기 위하여 1997년 4, 5, 6월에 채집한 개체를 대상으로 체장(fork length, FL)별 생식소 성숙도를 비교하였다 (Fig. 8).

산란시기에 34 mm 이상된 암컷은 GSI 값의 증가와

함께 난소의 성숙(최소한 초기 성숙단계에 도달함)이 관찰되었다. 그러나 이들 체장범위의 암컷에서는 성숙단계의 난소가 관찰되지 않았으며 GSI 값도 10% 이상 증가되지 못하였다. 그러나 체장이 38 mm 이상된 개체는 GSI 값도 10% 이상 성숙이 가능하였고 성숙단계의 난소도 관찰이 되었다.

수컷은 산란기가 되어도 이차성징이 관찰되지 않기 때문에 다른 어종에 비해 생식가능 최소 체장범위를 조사하기가 어려웠으나, 체장이 33 mm 이상된 수컷에서만 GSI 값이 1% 이상 증가하는 것으로 나타났다 (Fig. 8).

이와 같은 기준으로 미루어 볼 때, 왜물개는 최소 암컷 38 mm, 수컷 33 mm 이상이 되어야 생식이 가능할 것으로 보인다.

고 찰

본 연구대상 종인 왜물개 생식소의 계절적인 변화를 살펴보면 다른 담수어류 (De Vlaming, 1972; Ashina and Hanyu, 1983; 백과 이, 1985)와 마찬가지로 수온과 광주기의 변화가 본 종의 생식주기에 영향을 주는 것으로 사료된다. 수온이 서서히 상승하고 광주기가 길어지기 시작하는 2월경부터 GSI 값이 변화하기 시작하였으며, 생식소 내의 난모세포가 활성화되고, 일부 개체에서는 초기 성숙단계의 난소가 관찰되었다. 수온이 급격히 상승하고 광주기도 길어지는 4월과 5월에 걸쳐 GSI 값이 급증하며, 암컷에서는 성숙단계의 난소 및 후기 성숙기의 난모세포가 출현하고, 난경의 급격한 증대와 함께 수

컷에서는 정소의 거의 대부분이 정세포들로 충만하고 있어 이 시기에 성숙이 급격히 진행되어 산란기를 맞이하는 것으로 생각된다. 6월에 이르면서 암수 모두 GSI 값이 최고를 보이고, 난경 분포가 최대 0.9 mm에 도달하면서 생식세포가 성숙단계를 유지하고 있었다. 그러나 수온이 최고조에 도달하고, 광주기가 다시 짧아지기 시작하는 7월부터는 이미 GSI 값도 떨어져 생식소가 퇴화되고 휴지기에 들어가는 개체를 발견할 수 있었다. 이상의 조사결과를 종합해 보면, 왜물개의 산란시기를 5~6월경으로 추정하고 있어 본 조사결과 보다도 1개월이 빠른 것으로 나타났다. 이와 같은 산란시기의 차이는 서식지 수온차이에 의한 생식소 활성화 개시기의 차이로 인한 결과로 생각되며, 서식지 수온에 따른 산란시기의 차이는 각시붕어, *Rodeus uyekii* (안, 1995)와 *Rutilus lemmingii* (Fernandez-Delgado and Herrera, 1995)에서도 보고된 바 있다.

암컷은 산란기를 지난 후, 8월의 급격한 퇴화·흡수기를 거쳐 9월에 이르면서 최저 수준의 GSI 값과 난경 분포를 보이고 있을 뿐만 아니라 염색인기 난모세포들이 주류를 이루고 있었다. 그러나 수컷은 산란기가 지난 후 GSI 값의 감소폭이 암컷에 비해 둔화되어 10월에 이르러야 최저 수준을 나타냈다. 11월에 이르면서 암수 모두 GSI 값이 약간 상승하였으며, 생식소는 퇴화 흡수기에 비해 활성화되어 일부 개체에서는 염색인기 뿐만 아니라 초기 주변인기 단계의 난모세포 및 정모세포가 관찰되었다. 1월까지는 생식소의 변화없이 동계 휴지기를 지나 2월 이후 다시 재활성화되기 시작하는 것으로 생각된다. 이상의 결과를 종합해 보면, 왜물개는 광주기가 짧고 수온도 저수온기인 1~2월은 정체가, 수온이 상승하고 낮의 길이가 길어지는 3~5월은 2차 성장기 및 성숙기, 6월에서 7월 사이는 완숙 및 산란기, 낮의 길이가 짧아지고 수온이 최고를 나타내는 8~9월은 퇴화 및 휴지기, 춘계와 비슷한 환경조건이나 수온과 낮의 길이가 감소하는 10~12월은 1차 성장기로 구분되어 2단계로 생식소 성숙이 진행되는 것으로 생각된다 (Fig. 9). 본 종과 같이 2단계로 생식소 성숙이 진행되는 종은 다비라납지리 (*Acheilognathus tabira*), 큰가시고기 (*Gasterosteus aculeatus*), 흰줄납줄개 (*Rodeus ocellatus ocellatus*), 각시붕어 (*Rodeus uyekii*) 등이 있는 것으로 보고되고 있다 (Shimizu and Hanyu, 1981; Baggerman, 1972; Asahina et al., 1980; 안, 1995).

왜물개의 간속도지수 (HSI)는 생식소속도지수 (GSI)와

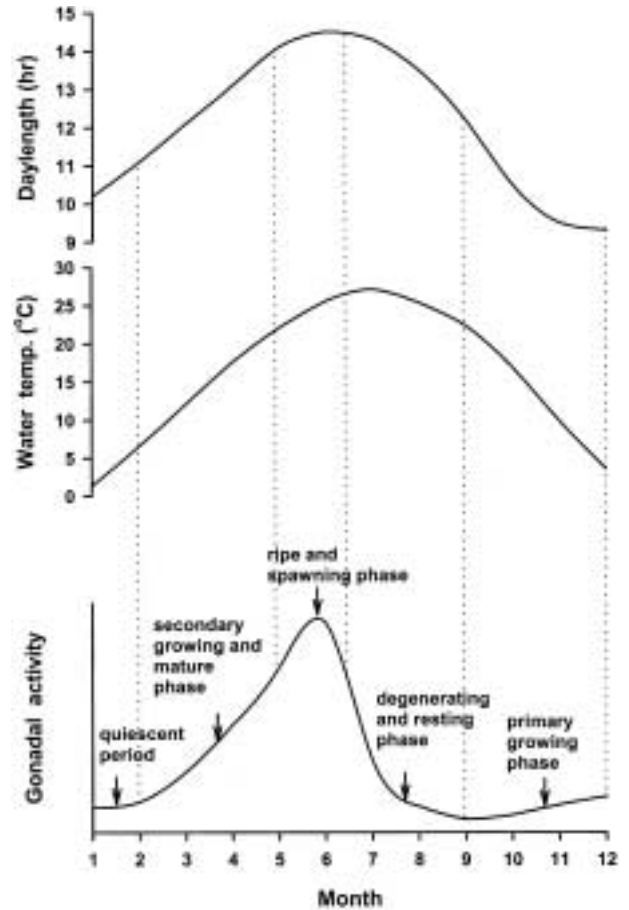


Fig. 9. Model to explain the reproductive cycle of venus fish, *Aphyocypris chinensis*.

동일하게 변하지 않고 오히려 역상관계로 변하고 있는 것으로 나타났다. 그러나 이런 결과는 박 등 (1995)의 보고와는 대조적이다. 즉, 어류는 간에서 vitellogenin이 형성되어 혈류를 통해서 난자의 난황형성에 영향을 미치고, 간속도지수 (HSI)는 계절적 차이를 보일 뿐만 아니라 일반적으로 성성숙 시기에 무게가 가장 높게 나타난다고 보고하고 있다. 이와 같이 간속도지수와 생식소속도지수가 역상관 변화를 보이는 담수어류로는 은어, *Plecoglossus altivelis* (Ishida, 1979)와 뱀장어, *Anguilla japonica* (Sugimoto et al., 1976)가 있는 것으로 보고된 바 있다. 이렇게 어종간에 상이한 변화양상을 보이는 것은 어류의 생식소 발달 즉, 난의 성숙 및 정자의 생산에 필요한 에너지 소모가 어종에 따라 다르고 또한 어종에 따라 이러한 선구물질의 합성 및 저장 그리고 이용에 따른 시기 및 간세포 변화가 서로 다르기 때문이라고 하였다 (정과 김, 1994).

성숙시기 및 산란기 후 왜물개의 난소에는 어린 염색

인기로부터 성숙단계까지 모든 난모세포가 존재하고 있어, 어류의 난모세포 발달양식의 구분 (Wallace and Selman, 1981)에 따르면 비동시발달형에 속하는 것으로 판단된다. 비동시발달형에 속하는 것으로 알려진 쥐치 (*Stephanolepis cirrhifer*)와 말쥐치 (*Thamnaconus modestus*)는 산란기가 길고, 그 사이에 전난황형성기 이하의 미발달된 난모세포로부터 난황형성기로의 보충이 일어난다고 보고하고 있으며, 산란기 동안 적어도 2회 이상 산란하는 다회산란형에 속하는 것으로 추측하고 있다 (이 등, 2000a, b). 또한 담수어류로서 비동시발달형에 속하는 각시붕어 (*Rodeus uyekii*)도 규칙적인 다회산란을 하며, unimodal 모양의 난경분포를 보이는 것으로 보고되고 있다 (안, 1995). 그러나 본 연구에서는 왜물개가 산란기동안에 다회산란을 하고 있다는 직접적인 증거를 확보하지 못하였으나, 각시붕어 (*Rodeus uyekii*)와 마찬가지로 unimodal 모양의 난경분포를 보일 뿐만 아니라 실험실환경조건에서 연중 자연산란이 가능하다는 보고 (염 등, 1999)를 미루어 볼 때, 본 종도 다회산란이 가능하리라 추측된다.

적 요

1997년 3월부터 1998년 3월까지 충청남도 부여군 세도면 모세울 지역의 농수로에서 채집한 왜물개, *Aphyocypris chinensis*를 대상으로 생식생태를 조사하기 위하여 연간 생식소속도지수 (GSI), 간속도지수 (HSI), 난경조성과 생식소 발달과정 및 다른 번식특성들을 조사하였다. GSI 변화, 생식소의 발달과정 및 난경조성에 대한 분석결과, 1~2월은 정체기, 3~5월은 2차 성장기 및 성숙기, 6월에서 7월 사이는 완숙 및 산란기, 8~9월은 퇴화 및 휴지기, 10~12월은 1차 성장기로 나타낼 수 있었다. HSI는 연간 2개의 피크를 나타냈으며 GSI의 변화와는 역상관 관계를 보였다. 조사지점에서의 왜물개 암컷의 포란수는 체중과 1차 함수적으로 증가하였으며 ($r^2 = 0.91$, $n = 347$), 성비는 1.4 : 1 (암컷 : 수컷) 이었다. 생식가능한 최소 체장 (fork length) 범위는 암컷에서는 38 mm, 수컷에서는 33 mm로 조사되었다.

참 고 문 헌

김익수. 1997. 한국동식물도감. 담수어류. 교육부. 629pp.
 박두신, 염동혁, 최신석. 1998. 왜물개의 초기성장과 자어의 성장. 한국환경생물학회지 16: 245-251.
 박홍양, 윤종만, 장계남, 허영택외 11인 공저, 1995. 어류생물

학. 정문각. 서울. 478pp.
 백혜자, 이택렬. 1985. 점망둑, *Chasmichthys dolichognathus*의 생식기구에 관한 실험적 연구. 한국수산학회지 18: 243-252.
 안철민. 1995. 각시붕어, *Rodeus uyekii*의 생식주기. 한국어류학회지 7: 33-42.
 염동혁, 홍영표, 이성규, 최신석. 1999. 한국산 독성실험 어종 개발을 위한 실험대상 어종의 선정. 한국수생물학회지 32: 162-171.
 이승중, 고유봉, 이영돈. 2000a. 제주 남부 연안 쥐치, *Stephanolepis cirrhifer*의 생식년 주기. 한국어류학회지 12: 62-70.
 이승중, 고유봉, 이영돈, 정지현, 한창희. 2000b. 제주 남부 연안 말쥐치, *Thamnaconus modestus*의 생식년주기. 한국어류학회지 12: 71-84.
 정의영, 김성연. 1994. 노래미, *Hexagrammos agrammus* (Temminck et Schlegel)의 성성숙과 산란. 한국어류학회지 6: 222-236.
 최기철, 전상린, 김익수, 손영목. 1989. 한국산담수어분포도. 한국담수생물연구소. 234 pp
 Asahina, K. and I. Hanyu. 1983. Role of temperature and photoperiod in annual reproductive cycle of the rose bitterling, *Rhodeus ocellatus ocellatus*. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 49: 61-67.
 Asahina, K., I. Iwashita, I. Hanyu and T. Hibiya. 1980. Annual reproductive cycle of a bitterling, *Rhodeus ocellatus ocellatus*. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 46: 299-305.
 Bagenal, T.B. and E. Braum. 1978. Eggs and early life history. Methods for assessment of fish production in fresh waters, IBP Handbook No. 3 (Ed. Bagenal T.B) Oxford. Blackwell Scientific Publications. pp. 165-201.
 Baggerman. 1972. Photoperiodic responses in the stickleback and their control by a daily rhythm of photoperiodicity. Gen. Comp. Endocrinol. Suppl. 3: 466-476.
 De Vlaming, V.L. 1975. Effects of photoperiod and temperature on gonadal activity in the cyprinid teleost *Notemigonus crysoleucas*. Biol. Bull. 148: 402-415.
 Fernández-Delgado, C. and M. Herrera. 1995. Age structure, growth and reproduction of *Rutilus lemmingii* in an intermittent stream of the Guadalquivir river basin, southern Spain. Hydrobiologia 299: 207-213.
 Heins, D.C. and F.G. Rabito. JR. 1986. Spawning performance in North American cyprinids: direct evidence of the occurrence of multiple clutches in the genus *Notropis*. J. Fish Biol. 28: 343-357.
 Ishida. R. 1979. Changes of hepatosomatic index of the ayu, *Plecoglossus altivelis*, during a spawning season. Bull. Tokai Reg. Res. Lab. 100: 169-171.
 Kim, I.S., G.Y. Lee and S.Y. Yang. 1985. Systematic study

- of the subfamily Leuciscinae (Cyprinidae) from Korea. *Bull. Korean Fish. Soc.* **18**: 381-400.
- Lee, C.L. and I.S. Kim. 1987. An osteological study of venus fish, *Aphyocypris chinensis* GÜNTHER (Cyprinidae) from Korea. *Koran J. Syst. Zool.* **3**: 41-50.
- Nakamura, M. 1969. Cyprinid fish of Japan. Studies on the life history of cyprinid fishes of Japan. Tokyo. Research Institute for Natural Resources. pp. 258-265.
- Shimizu, A. and I. Hanyu. 1981. Annual reproductive cycle in a spring-spawning bitterling, *Acheilognathus tabira*. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* **47**: 333-339.
- Sugimoto, Y., Y. takeuchi, K. Yamauchi and H. Takahashi. 1976. Induced maturation of female Japanese eel, *Anguilla japonica* by administration of salmon pituitaries, with notes on changes of oil droplets on eggs of matured eels. *Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ.* **27**: 107-120.
- Uchida, K. 1939. The fish of TYOSEN. Part 1. Nematognathi, Eventognathi. *Bull. Fish. EXP. Sta. Gov. Gener. Tyosen.* **6**: 268-271.
- Wallace, R.A. and K. Selman. 1981. Cellular and dynamic aspect of oocyte growth in teleosts. *Am. Zool.* **21**: 325-343.