

이사천에서 채집된 갈납자루, *Acheilognathus koreensis*의 생식과 기관계 구조 이상

정선영 · 신순호¹ · 진영국 · 주선미 · 이정식*

전남대학교 수산생명의학과, ¹진남여자중학교

Abnormality of Reproduction and Organ Structure of the Oily Bitterling, *Acheilognathus koreensis* from Isa Stream

Seon Young Jeong, Soon Ho Shin¹, Young Guk Jin, Sun Mi Ju and Jung Sick Lee*

Department of Aqualife Medicine, Chonnam National University, Yeosu 550-749, Korea

¹Jinnam Girls' Middle School, Yeosu 550-240, Korea

Reproduction and organ system of the oily bitterling, *Acheilognathus koreensis* in Isa stream were investigated by means of histological methods. Sex ratio was observed 1 : 1 in female to male. The gonadosomatic index (GSI) of the female showed two peak in December and April. The ovipositor length index (OLI) represented irregular change. From the histological analysis of the organ system, epidermal atrophy and hyperplasia of pigment cell were observed in the skin. Epithelial layer lifting of the lamella and bifurcation of the filament were observed in the gill. Also histological changes as congestion, cytoplasmic degeneration of hepatic cell, glomerular dilatation, hyaline droplet degeneration of renal tubule epithelium and pycnosis of interstitial cell were identified in the liver and kidney, respectively.

Key words : *Acheilognathus koreensis*, reproductive abnormality, histological degenerations, Isa stream

서 론

과학기술의 발달은 인류에게 보다 많은 혜택과 풍요를 주지만, 주변 생명체들에게는 심각한 피해를 주어 생태계의 자정능력을 저하시킨다. 특히, 공장폐수와 생활하수, 농약과 비료 등 각종 오염물질들이 다량으로 하천과 바다로 흘러들어가 이곳을 생존의 장으로 살아가고 있는 많은 생물들에게 치명적인 영향을 주고 있다.

Paalman and Van der Weijden (1992)는 구리 (Cu)와 카드뮴 (Cd) 등의 중금속이 어류의 생식에 영향을 끼친다고 보고하였고, Capel *et al.* (1988) 역시 어류 뿐만 아니라 수중의 다른 유기체까지 치명적인 반응을 보인다고 하였다. 그리고 저농도의 오염물질 역시 장기간 노출되면 수서생물들에게 영향을 미치며 (Crisp, 1989), 이로 인해 받는 스트레스로 인해 외부의 생물학적 요인에 쉽게 감염될 수 있다. 담수생태계의 오염에 의한 서식생물체의 생식과 기관계 구조의 이상에 관해서는 Filand의 4개 호수에서의 perch, *Perca fluviatilis*와 roach, *Rutilus rutilus*의 아가미 구조의 이상 (Haaparanta *et al.*, 1997)

*Corresponding author: ljs@chonnam.ac.kr

과 미시시피강의 철갑상어류인 *Scaphirhynchus platyrhynchus*의 intersex (Harshbarger *et al.*, 2000)를 비롯하여 최근에 다수의 연구들이 보고되고 있다.

본 조사가 수행된 이사천은 폭 5~15 m의 지방 하천이며, 상류의 상사댐에서 하루에 1~2회의 물이 방류되는 곳으로 칼납자루, *Acheilognathus koreensis*, 피라미, *Zacco platypus* 그리고 각시붕어, *Rhodeus uyekii* 등이 우점하여 서식하고 있다. 이사천 상류의 상사댐 주변에는 과수원과 일부 농지가 위치하며, 이사천 주변은 전형적인 도시인근의 농촌으로 소규모의 음식점과 벼농사 위주의 농업이 주를 이루고 있다. 또한 주변에 포장도로가 잘 정비되어 있어서 도시민의 접근이 비교적 용이한 곳이다.

본 연구는 전라남도 순천시 상사댐 하류지역의 이사천에 서식하는 어류들 가운데 우점종인 칼납자루를 대상으로 이들의 생식과 기관계 구조의 이상 유무를 확인하여 이 결과를 보고하고자 한다.

재료 및 방법

1. 재료

본 연구에 사용된 칼납자루는 2001년 12월에서부터 2002년 11월까지 전남 순천시 상사호 하류 이사천의 역조정지 댐 하류에서 통발을 사용하여 매월 채집하였다 (Fig. 1). 분석에 사용된 개체수는 Table 1에 나타낸 바와 같이 449개체였다.

2. 방법

1) 측정 및 조직학적 방법

채집된 재료는 현장에서 10% 중성포르말린에 2시간 동안 고정 후 실험실로 옮겨 5시간 수세 후 전장 및 체중을 각각 0.1 mm, 0.1 g까지 측정하였다. 그 후 생식소와 간의 무게를 0.001 g까지 측정한다. 각 기관을 절취하여 Bouin's fluid에 재 고정 후 파라핀 절편법에 의해 4~6 µm 두께로 연속절편을 제작하였다. 표본은 Mayer's hematoxylin-0.5% eosin (H-E) 비교염색, Mallory 삼중염색, PAS 반응과 AB-PAS (pH 2.5) 반응을 실시하였다. 기관계의 조직학적 이상은 최소 5개체 이상의 개체를 조사하여 이 가운데 50% 이상의 병리조직학적 특성을 가진 개체들을 대상으로 기재하였다.

2) 생식지수

생식소중량지수 (gonadosomatic index: GSI)는 “생식소 무게 × 100/순 체중”의 식으로 구하였다. 간중량지수



Fig. 1. Sampling area of the oily bitterling, *Acheilognathus koreensis*.

Table 1. Number of specimens and sex ratio of the oily bitterling, *Acheilognathus koreensis*

Collection date	Number of specimen (female/male)	Sex ratio (F : M)
Dec. 7, 2001	40 (14/26)	1 : 1.86
Jan. 7, 2002	40 (13/27)	1 : 2.08
Feb. 3, 2002	41 (12/29)	1 : 2.42
Mar. 4, 2002	40 (21/19)	1 : 0.90
Apr. 8, 2002	40 (21/19)	1 : 0.90
May 5, 2002	38 (17/21)	1 : 1.24
Jun. 9, 2002	40 (23/17)	1 : 0.74
Jul. 10, 2002	40 (28/12)	1 : 0.43
Aug. 6, 2002	40 (20/20)	1 : 1.00
Sep. 8, 2002	25 (18/7)	1 : 0.39
Oct. 6, 2002	32 (17/15)	1 : 0.88
Nov. 10, 2002	33 (20/13)	1 : 0.65
Total	449 (224/225)	1 : 1

(hepatosomatic index: HSI)는 “간 무게 × 100/순 체중”의 식으로 구하였다. 산란관지수 (ovipositor length index: OLI)는 정 등 (2004)의 방법에 따라 “신장된 산란관 길이 × 100/산란관 전체 길이”의 식으로 구하였다.

3) 생식소 발달단계

생식소 발달단계는 Fig. 2와 3에 나타낸 바와 같이 암·수 각각의 생식세포 발달단계를 기준으로 Elorduy-Garay and Ramirez-Luna (1994)의 방법에 따라 암컷은 성장기 (growing stage), 성숙 및 완숙기 (maturation and ripe stage), 산란 및 회복기 (spent and recovery stage) 그리고 휴지기 (resting stage)의 4단계로 나누었고, 수컷은 성장기, 성숙기, 완숙기, 방정 및 회복기 그리고 휴지기의 5단계로 구분하였다.

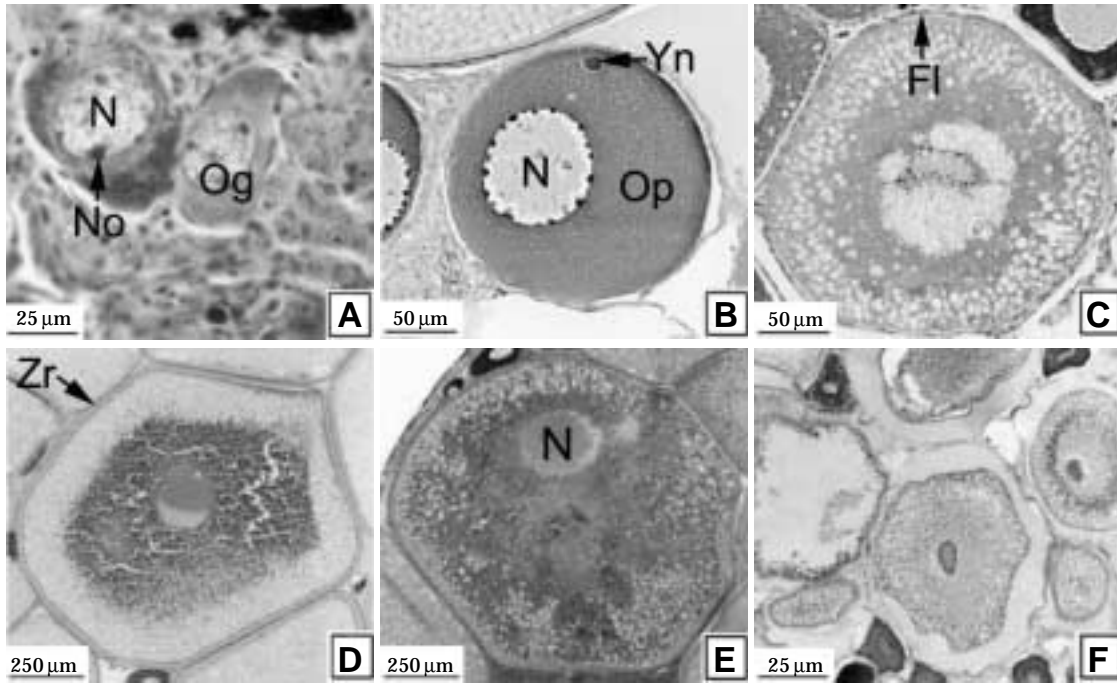


Fig. 2. Oocyte development stage of the oily bitterling, *Acheilognathus korensis*. A: Oogonial stage. Note the nucleus with heterochromatin. B: Previtellogenic stage. Note the homogeneous ooplasm and yolk nucleus. C: Initial vitellogenic stage. Note the numerous yolk vesicle and follicle layer. D: Active vitellogenic stage. Note the zona radiata and eosinophilic yolk globules. E: Mature and ripe stage. Note the germinal vesicle breakdown and numerous eosinophilic yolk globules. F: Section of after spawning showing the degenerating oocytes and atretic follicles. Fl: follicle layer, N: nucleus, No: nucleolus, Og: oogonium, Op: ooplasm, Yn: yolk nucleus, Zr: zona radiata.

결 과

1. 생식

1) 생식소의 형태 및 내부구조

형태학적으로 생식소의 뚜렷한 이상현상은 관찰되지 않았다.

난소는 복강의 등 쪽 후방에 위치하며, 모양은 한 쌍의 둥근 삼각형으로 정소보다 크다. 난소 내강은 내부 격벽에 의해 난소외막에서 시작된 결체성 조직의 난소소엽으로 채워져 있으며, 이곳에서 난원세포들이 유래한다. 성숙기의 난소조직상으로 볼 때 난모세포의 발달양식은 난군동기발달형으로 관찰되었다.

정소는 한 쌍의 긴 둥근 삼각형으로 외부형태와 위치는 난소와 비슷하고 성숙하면서 난소는 외형적으로 과립상의 난모세포가 관찰되나 정소는 그렇지 않다. 정소 내부의 조직상은 다수의 정소엽으로 구성되며, 정소엽은 여러 개의 소낭구조를 가지는데, 각 소낭 내의 생식세포들은 같은 발달상태를 보였다.

2) 성비

채집된 개체들의 암:수 성비는 동계에 1:1.86~2.42로 수컷의 비율이 높게 나타나는 등 시기별로 다소 차이가 있었으나, 전체 개체수에서는 평균 1:1로 나타났다 (Table 1).

3) 생식소중량지수 (GSI)의 월 변화

2001년 12월부터 2002년 11월까지 조사된 GSI의 월 변화는 Fig. 4와 같다. 암컷의 GSI는 12월에 14.60으로 연중 가장 높은 값을 나타냈다. 그 후 계속 감소하여 3월에는 9.18을 나타냈으며 4월부터 6월 사이에는 다소 증가된 값인 11.50 내외를 나타냈다. 7월로 접어들면서 다시 감소하기 시작하여 9월에 4.68로 연중 가장 낮은 값을 나타낸 후 다시 증가하는 경향을 보였다. 수컷의 GSI는 2월부터 증가하여 4월에 6.13으로 연중 가장 높은 값을 보였다. 그 후, 차츰 감소하기 시작하여 10월에는 0.55로 연중 가장 낮은 값을 나타냈다.

4) 간중량지수 (HSI)의 월 변화

간중량지수 (HSI)의 월 변화는 Fig. 5에 나타난 것과 같이 암·수가 비슷한 변화상을 보였다. HSI는 3월에

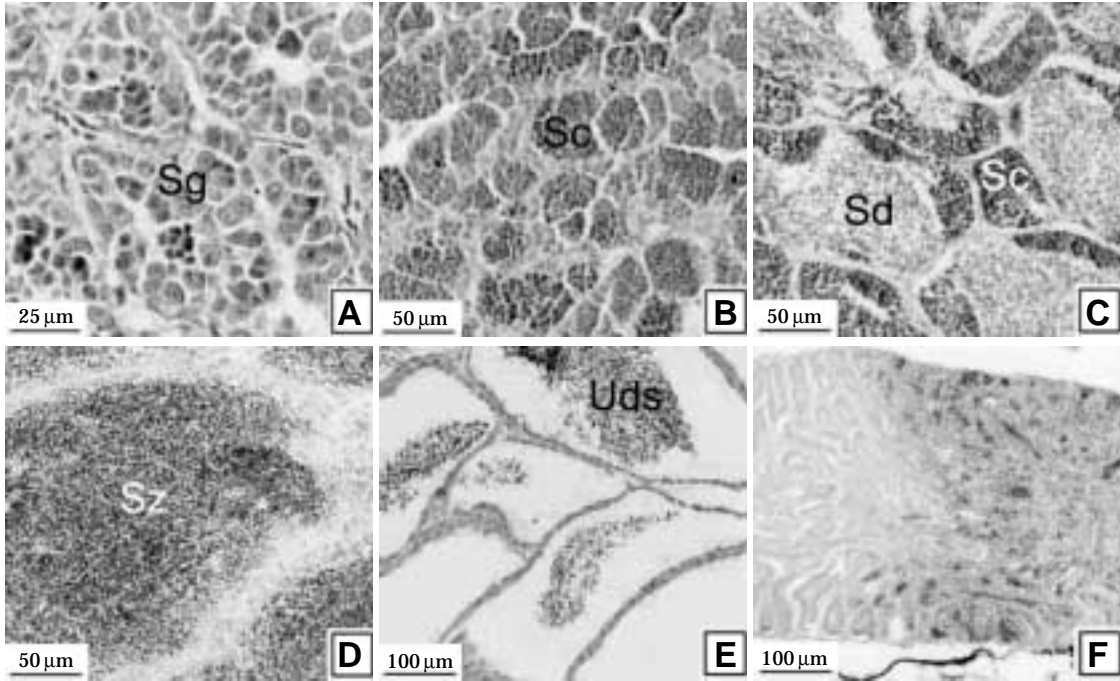


Fig. 3. Testicular development stage of the oily bitterling, *Acheilognathus koreensis*. A: Section of the resting stage showing the spermatogonia. B: Growing stage. Note the testicular cyst and spermatocytes. C: Maturation stage. Note the numerous spermatids. D: Ripe stage. Note the basophilic spermatozoa. E: Spent stage. Note the undischarged spermatozoa. F: Recovery stage. Note the degenerative spermatozoa. Sc: spermatocytes, Sd: spermatids, Sg: spermatogonia, Sz: spermatozoa, Uds: undischarged spermatozoa.

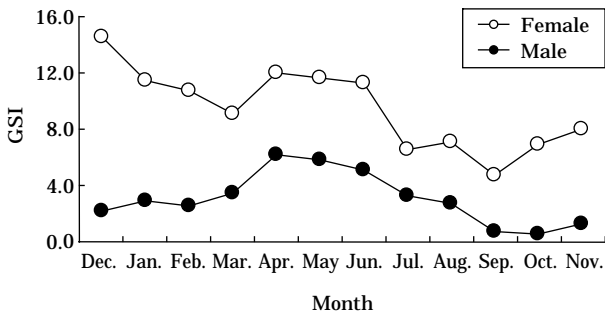


Fig. 4. Monthly variation of gonadosomatic index (GSI) of the oily bitterling, *Acheilognathus koreensis*.

약 3.50 내외로 연중 가장 높은 값을 보였으며, 그 후, 차츰 감소하기 시작하여 10월에 연중 가장 낮은 값을 나타냈다.

5) 산란관지수 (OLI)의 월 변화

칼납자루 암컷의 산란관이 신장되는 길이는 시기별로 차이를 보여 12월에서 1월까지의 낮은 값을 보였고, 5월에서 6월까지의 높은 값을 보였다 (Fig. 6).

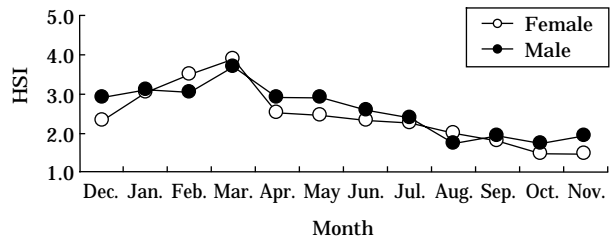


Fig. 5. Monthly variation of hepatosomatic index (HSI) of the oily bitterling, *Acheilognathus koreensis*.

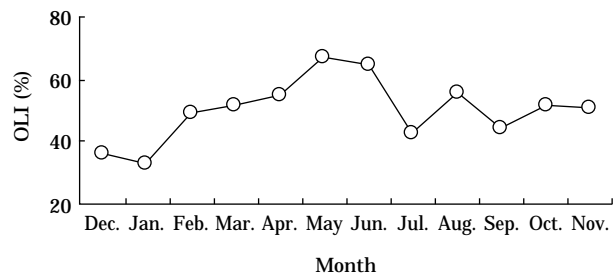


Fig. 6. Monthly variation of ovipositor length index (OLI) of the oily bitterling, *Acheilognathus koreensis*.

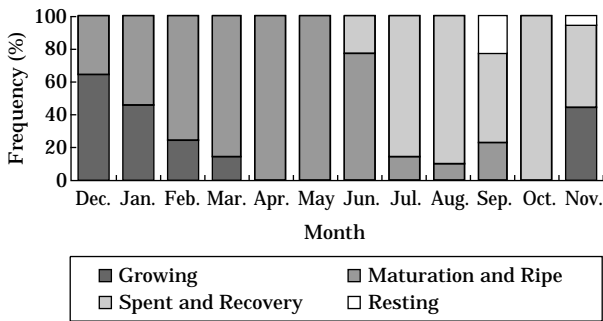


Fig. 7. Monthly variation of frequency of ovarian development stage of the oily bitterling, *Acheilognathus korensis*.

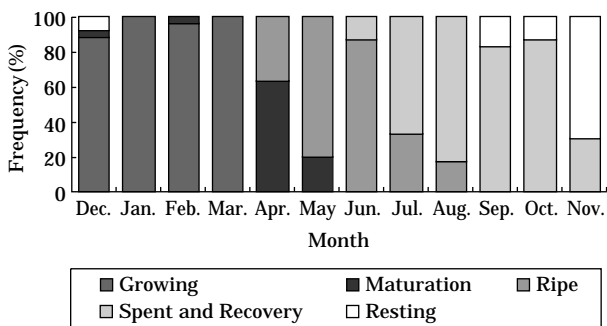


Fig. 8. Monthly variation of frequency of testicular development stage of the oily bitterling, *Acheilognathus korensis*.

6) 계절별 생식소 발달단계의 변화

암·수 생식소 발달단계는 생식소조직상의 변화를 기초로 암컷은 4단계 (Fig. 7), 수컷은 5단계 (Fig. 8)로 구분할 수 있었으며, 계절별 변화양상은 다음과 같았다.

(1) 봄

2002년 3월부터 5월 사이에 암컷의 GSI는 10 내외의 높은 값을 나타냈다. 이 시기의 난소조직상에는 난황형 성활성단계의 난모세포들과 성숙 및 완숙단계의 난모세포들이 주로 관찰되었다. 3월에 난소발달단계는 성장기가 약 14.3%를 차지하였으며, 4월과 5월에는 성숙 및 완숙기가 100%를 차지하고 있었다.

수컷의 GSI는 3.51~6.13으로 연중 가장 높은 값을 나타냈다. 정소의 발달단계는 성장기, 성숙기 및 완숙기가 높은 비율을 차지하였다. 3월에는 주로 정모세포가 관찰되었지만, 4월과 5월은 성숙기와 완숙기로 정세포들과 염기성색소인 헤마톡실린에 진하게 염색되는 정자들을 가진 개체들이 높은 비율로 관찰되었다.

(2) 여름

2002년 6월부터 8월 사이에 암컷의 GSI는 11.29~6.63이었다. 6월의 난소조직상에서는 주로 성숙 및 완숙기로 성숙단계의 난모세포들이 관찰되었지만, 7월과 8월은 주로 산란 및 회복기를 나타냈다.

수컷의 GSI는 5.13~2.69로 점점 감소하였다. 6월의 정소조직상은 주로 염기성색소에 진하게 염색된 정자들로 채워진 완숙기가 주를 이루었다. 7월과 8월은 방정 및 회복기로 방정 후 잔존 정자들과 퇴화·흡수단계의 호산성세포들이 증가된 조직상을 가지는 개체들이 높은 비율을 차지하였다.

(3) 가을

2002년 9월부터 11월 사이에 암컷의 GSI는 4.68~8.02로 증가하는 양상을 보였다. 9월에는 산란 및 회복기가 약 53%, 성숙 및 완숙기와 휴지기가 각각 23.5%를 차지하였다. 10월에는 산란 및 회복기가 100%를 나타냈으며, 11월에는 산란 및 회복기와 성장기의 조직상을 가진 개체들이 각각 50%와 45%를 차지하였다.

수컷의 GSI는 연중 가장 낮은 값을 나타냈다. 9월과 10월은 휴지기의 조직상을 가진 개체들이 85% 내외로 주를 이루었으며, 11월에는 회복기의 조직상을 가진 개체들이 약 70%를 차지하였다.

(4) 겨울

암컷의 GSI는 14.60~10.69로 여름과 가을에 비해 높은 값을 나타냈으며, 난소조직상은 성장기와 성숙 및 완숙기가 주를 이루었다.

수컷의 GSI는 2.11~3.00이었으며, 정소조직상은 성장기가 대부분을 차지하였다.

2. 기관계

피부계는 바깥 쪽의 상피층과 안 쪽의 진피층으로 구분되며, 피부의 상피층은 다층구조로 기저부에서는 원주형세포들을 관찰할 수 있었다. 또한 비늘이 잘 발달되어 있었고, 상피층이 비늘을 둘러싸고 있어서 비늘사이에서도 상피층을 관찰할 수 있었다. 2002년 7월에 채집된 일부 개체에서 피부는 상피세포의 위축(atrophy)으로 상피층 두께가 감소되었고 기저상피층의 세포들이 편평형에 가까운 형태를 나타냈다. 그리고 안쪽 비늘을 덮고 있는 상피층에서는 호산성과립세포들이 관찰되었다 (Fig. 9, A). 또한 2002년 10월에 채집된 일부 어류의 피부는 대부분 입방형의 상피세포로 이루어져 상피층이 위축되었고, 상피층의 점액세포는 변성되어 AB-PAS (pH 2.5) 반응에서 alcian blue에 약하게 반응하였으며, 흑색색소포가 발달된 조직상을 관찰할 수 있었다 (Fig. 9, B).

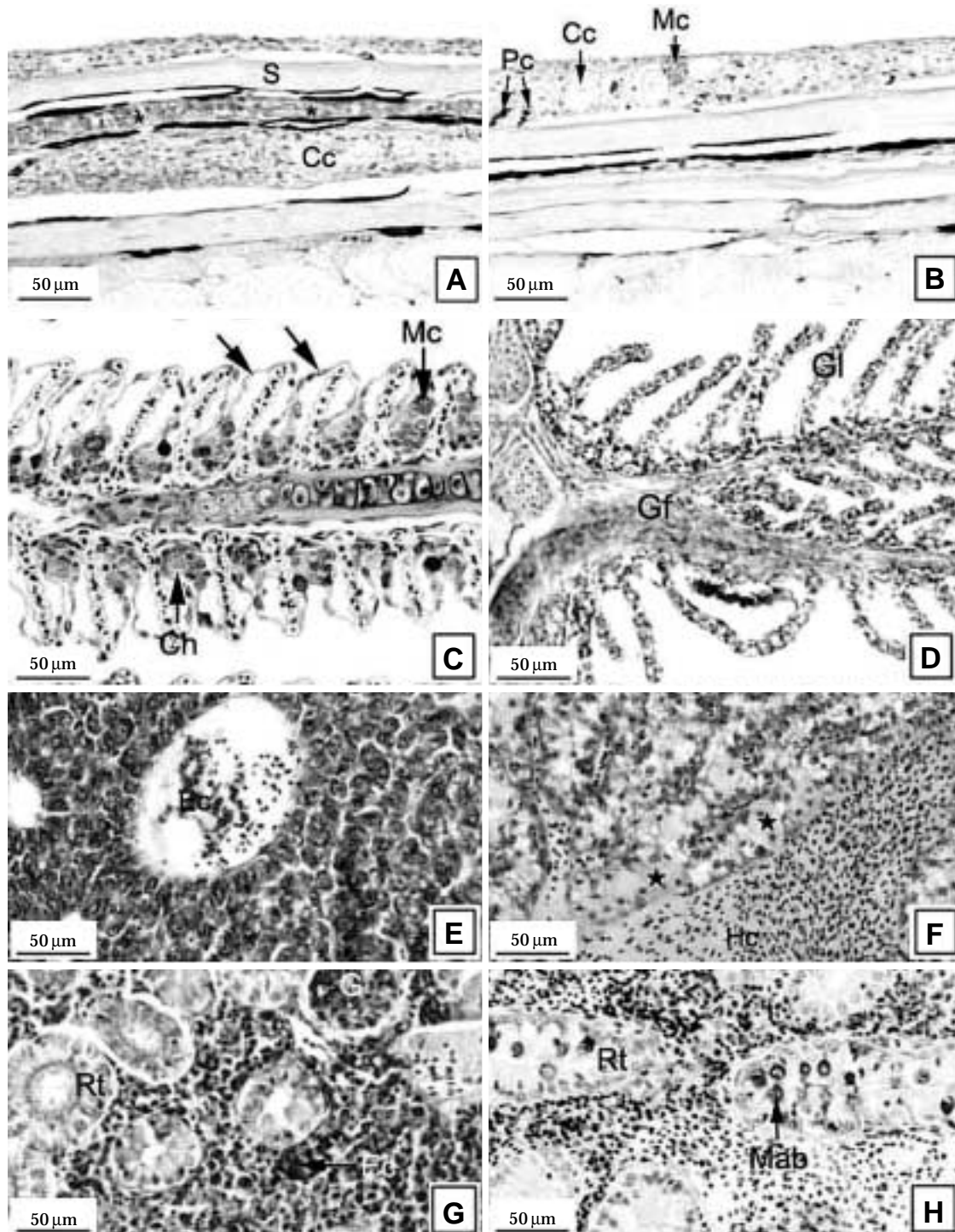


Fig. 9. Histological changes of skin, gill, liver and kidney in the oily bitterling, *Acheilognathus korensis*. A: Epidermal layer atrophy and appearance of eosinophilic cell (★) of the skin. B: Mucous cell degeneration of the skin. C: Lifting (↑) of epithelial layer and degeneration of mucous cell of the gill lamella. D: Bifurcation of the gill filament. E: Note the eosinophilic granular cells in the blood vessel. AB-PAS (pH 2.5) reaction. F: Note the increment of hemocytes and cytoplasmic degeneration of hepatic cells (★). H-E stain. G: Note the dilatation of the glomerular capillaries and hyaline droplet degeneration of the renal tubules. H: Note the pycnosis in the interstitial tissue and degeneration of the renal tubule. Cc: club cell, Ch: chloride cell, Ec: eosinophilic granular cells, G: glomerular capillaries, Gf: gill filament, Gl: gill lamellae, Hc: hemocytes, Mab: mucous of alcian blue positive, Mc: mucous cell, Pc: pigment cell, Rt: renal tubule, S: scale.

아가미는 다른 경골어류와 마찬가지로 각새골을 중심으로 빗 모양의 새엽 (gill filament)과 각각의 새엽에 새판 (gill lamellae)이 잘 발달된 구조를 하고 있다. 각 새판의 가장 바깥 쪽은 단층 편평상피세포층으로 덮여 있으며, 이들은 또한 점액세포와 염세포 그리고 벽주세포 (pillar cell) 등으로 구성되어 있었다. 2001년 12월에 채집된 어류의 아가미에서는 새판 상피세포들의 비대 (hypertrophy)와 새판 상피세포층의 박리 (lifting)가 관찰되었다 (Fig. 9, C). 2002년 8월에 채집된 어류의 아가미 새판에서는 부종 (edema)과 출혈을 동반한 조직상이 나타났다. 또한 새엽이 분지된 아가미를 가지는 개체들도 관찰되었다 (Fig. 9, D).

간은 분지 형태의 여러 개의 엽으로 구성되어 있었다. 간세포는 둥근 다각형으로 핵은 뚜렷한 인을 가지고 있었고, 다수의 간세포들을 포함하는 간세포삭 (hepatic cord)이 관찰된다. 또한, 이들 사이에서는 모세혈관과 담관이 관찰되었다. 2002년 7월과 10월에 채집된 어류의 간에서는 모세혈관의 팽창과 호산성과립세포들이 관찰되었고 (Fig. 9, E), 핵 내에 염색질이 응축된 조직상을 보였다. 또한 일부 간세포들은 매우 비대되어 있었다. 그리고 세포질에는 과립변성을 나타내는 조직상이 관찰되었다 (Fig. 9, F).

칼납자루의 신장은 세 부분으로 나누어 보았을 때, 제일 앞 쪽에는 혈관, 조절조직 그리고 소수의 사구체와 세뇨관이 관찰된다. 가운데 부분에서는 사구체와 세뇨관들이 집중적으로 분포되어 있었다. 후방부에는 일부 사구체와 세뇨관들이 분포하고 있었다. 2002년 하계에 채집된 대부분 어류의 신장은 사구체 모세혈관의 팽창이 확인되었으며, 간질세포의 핵 응축과 세뇨관 상피세포들의 초차성 변성이 관찰되었다 (Fig. 9, G). 2002년 10월에 채집된 어류에서는 일부 세뇨관의 붕괴가 관찰되었고, 세뇨관 상피층의 자유면과 세뇨관 내강에서 AB-PAS (pH 2.5) 반응 결과, alcian blue에 반응하는 점액물질들이 확인되었으며, 간질세포들의 핵 응축이 관찰되었다 (Fig. 9, H).

고 찰

담수에 서식하는 대부분의 경골어류는 생식소와 내부 기관계의 형태 및 구조 그리고 생식생물학적인 면에서 다양한 차이를 가지는데, 이는 분류군의 특성 및 서식지의 환경에 따른 차이로 할 수 있다.

경골어류의 난모세포 발달양식은 종에 따라 차이가 있는데, Wallace and Selmen (1981)은 이를 동기발달형

(synchronous), 난군동기발달형 (group-synchronous) 그리고 비동기발달형 (asynchronous)의 세 가지로 구분하였다.

본 연구에서 조사된 칼납자루는 성숙단계의 난소 내에서 난황형성활성기 이상의 난모세포들이 주를 차지하므로 난군동기발달형으로 판단된다. 하지만, 일부 개체들의 난소에서는 난황형성 이전 단계의 난모세포들과 성숙난들이 난소 부위에 따라 다르게 무리지어 관찰되는데, 이러한 현상들은 동일한 시기의 생식소 발달단계의 빈도와 GSI의 차이를 나타내는 원인으로 생각된다.

어류의 성숙과 생식주기는 GSI와 HSI의 변화, 생식소의 조직학적 관찰을 이용한 생식소 발달단계 그리고 어류의 특정 부위에 나타나는 체색의 변화 및 이차성징의 변화 등을 통해서도 알 수 있는데, 이러한 생식관련 형질들은 일정한 변화경향과 함께 주기성을 갖는 것이 일반적이다. 일반적으로 온대지역에 서식하는 담수어류 중 납지리, *Acheilognathus rhombea* (Shimizu *et al.*, 1985)와 각시붕어 (안, 1995) 등은 연중 1회의 GSI 정점을 가지며, 1회의 산란기를 가진다.

본 연구에서 칼납자루의 생식소를 조직학적으로 조사한 결과 칼납자루 암컷의 경우 휴지기의 조직상이 성숙 및 완숙기에 일부 나타나는 것을 제외하고는 그 외의 단계들에서 전혀 관찰되지 않았고, 수컷의 경우 10월과 11월에 채집된 개체들에서 성숙한 정자들이 관찰되는 등 기존의 연구들과는 차이를 나타냈다. 또한 난소조직상을 관찰해 볼 때 연중 1회의 산란기를 가지는 것으로 판단되지만, GSI는 연중 12월과 4월의 두 번에 걸쳐 정점을 나타내 기존에 보고된 다른 담수어류들과는 차이를 보였다.

이차성징의 변화를 이용하여 성숙과 산란시기를 알 수 있는 예들은 각시붕어의 산란관 길이변화를 이용한 보고 (안, 1995), 망상어, *Ditrema temmincki* 수컷에서 이차성징의 일종인 뒷지느러미 연조 길이 변화에 의한 성숙 및 교미시기의 파악 (이 등, 1996) 그리고 주동치, *Leiognathus nuchalis*에서 가슴반점의 소실에 따른 성숙 및 완숙시기의 파악 (이와 허, 2000) 등이 있다. 체색의 색소 함량에 따른 성숙 및 완숙시기의 파악은 납지리와 줄납자루, *Acheilognathus yamatsutae* (권과 하, 1996) 등의 연구에서 볼 수 있듯이 특정 계절의 색소가 성숙 및 완숙시기에 높게 나타난다는 것을 알 수 있다.

본 연구 결과 칼납자루의 암컷에서는 계절별로 산란관의 길이 변화를 관찰하여 산란관지수 (OLI)로 환산한 결과, OLI는 5월부터 11월 사이에 증가 또는 감소하는 불규칙적인 변화를 보였다.

어류의 생식주기와 성 성숙은 수온, 광, 영양분, 밀도

등 여러 가지의 생물·물리학적 요인들에 의하여 영향을 받지만 (Davies and Hanyu, 1986), 이 외에도 중금속과 화학물질 등의 오염원에 의해서도 영향을 받는다 (Segner, 2005).

칼납자루의 피부, 아가미, 간, 신장을 조직학적으로 조사한 결과 다양한 비정상적인 조직상들이 관찰되었는데, 이러한 결과를 기존의 보고들과는 다음과 같이 비교할 수 있을 것으로 판단된다.

어류의 피부계는 방어기능, 유연능력 향상 그리고 생리적 기능으로 체액과 환경수와의 삼투압 조절과 호흡 등 여러 가지 중요한 작용을 한다. 환경오염 요소로 인해 어류 피부계에 미치는 영향을 조사한 결과 자외선에 노출된 *Pleuronectes platessa*의 피부 상피층에 호산성과 림세포 출현과 상피표면이 불규칙해지거나 탈락되었고 (Roberts and Bullock, 1981), 하수구 오염물질에 의해 멜라닌세포가 증가하였다 (Burkovskiy and Kul'Kin, 1981). 내분비계장애물질과 스트레스에 의해 잉어, *Cyprinus carpio*와 *Silurus glanis*는 점액세포와 표면세포가 증가되고 진피에서 상피세포층으로 혈구세포의 침투 (Iger et al., 1991), 무지개송어, *Oncorhynchus mykiss*의 피부에서는 표면세포와 색소세포가 증가 후 소멸되었다 (Iger et al., 1994).

어류의 아가미는 가스교환, 이온조절, 산·염기 조절 그리고 질소배설 등을 조절하는 기관이다. 그러나 여러 가지 환경오염원으로 인해 어류 아가미의 형태 및 생리적 기능의 변화를 나타낸다 (Evans, 1986). 중금속에 노출된 어류의 아가미 상피세포에서는 비대와 괴사가 관찰되고, 상피층의 박리가 관찰되며, 아가미 상피세포의 세포질 공포, 미세용모 손실, 미토콘드리아의 이상 등 미세구조적 변화가 관찰되었다 (Mallatt, 1985). 담수어류의 염세포는 Ca^{+2} , NaCl 흡수, 산·염기 조절을 하며, 해수 어류는 NaCl을 분비하는데, 염세포는 오염원에 의해서 증가된다 (Laurent and Perry, 1991). 룡아일랜드의 오염된 곳에서 채집된 winter flounder, *Pleuronectes americanus*에서는 아가미 새판의 분지가 관찰되었다 (Pereira et al., 1992). 그리고 sea lamprey, *Petromyzon marinus*의 경우 methylmercury는 아가미 상피세포의 미토콘드리아 증가를 유발하였으며, 온도 자극 때에는 모든 세포의 세포소기관이 감소하며, chlordecone은 점액세포와 상피세포의 수를 감소시키고, 상피세포에서 세포질의 미토콘드리아를 증가시킨다 (Mallatt et al., 1995).

간은 물질대사, 독성물질 해독작용 및 난황전구체 합성 등 중요한 기능을 수행한다. 비소에 노출된 green sunfish, *Lepomis cyanellus*의 간은 소엽구조가 불규칙적이고, 간세포내 핵 변형과 담관에 분열증식이 나타났

다 (Sorensen et al., 1980). 세제에 지속적으로 노출된 *Heteropneustes fossilis*의 간과 신장은 퇴행성 병변과 염증성 괴사가 나타났으며 (Narain and Nath, 1986), 오염된 엘베강 하류의 flounder, *Platichthys flesus*, ruffe, *Gymnocephalus cernua* 그리고 smelt, *Osmerus eperlanus*의 간은 퇴행성 병변을 보였다 (Peters et al., 1987). 화학물질이 유출된 나일강의 뱀장어, *Anguilla anguilla*는 간세포 크기가 감소하고, 비특이적 면역반응으로 간 조직내에 식세포가 출현하였다 (Braunbeck et al., 1990). Microcystin-LR (MC-LR)을 먹인 무지개송어의 간은 간세포 사이에 종창과 괴사가 야기되었다 (Kotak et al., 1996).

신장은 조혈기관 및 혈액을 여과하며 체내 신진대사의 최종산물을 요의 형태로 배설하여, 세포외액 중의 전해질 농도를 조절한다. Monocrotophos에 노출된 *Puntius conchonius*는 조혈조직 변성, 신세관 공포화와 용해, 사구체가 위축되었다 (Kumar and Pant, 1985). *Puntius conchonius*를 methoxy ethyl mercuric chloride (MEMC)에 노출시켰을 때 세뇨관 상피세포에 핵 응축과 내강 표면의 붕괴가 나타났고 (Gill et al., 1988), 카드뮴에 노출되었을 때 주로 원위곡세관에 상피세포의 핵이 응축되고 붕괴되는 퇴행성 병변을 나타냈다 (Gill et al., 1989). Microcystin-LR (MC-LR)을 먹인 무지개송어는 보우먼 주머니의 팽창과 세뇨관 괴사가 나타났다 (Kotak et al., 1996).

본 연구에서 나타난 칼납자루의 생식과 기관계 구조 이상은 이들 어류의 서식지인 이사천 주변의 농업에 기반을 둔 서식환경과 상류 상사댐의 방류수에 의한 수온 변화 및 기타 또 다른 요인들과 상관관계가 있을 것으로 생각되지만, 이에 대해서는 보다 세밀한 연구가 필요하리라 본다.

적 요

이사천에서 채집된 칼납자루의 생식과 기관계 구조를 조직학적인 방법에 의하여 조사한 결과는 다음과 같다. 암:수 성비는 1:1로 나타났다. 암컷의 경우 생식소중량지수 (GSI)는 12월과 4월에 두 번의 정점을 나타냈으며, 산란관지수 (OLI)는 불규칙한 변화 양상을 보였다. 기관계의 조직학적인 관찰 결과, 피부에서는 상피층의 위축과 색소세포의 증가가 확인되었으며, 아가미에서는 새판 상피층의 박리와 새엽의 분지현상이 나타났다. 그리고 간과 신장에서는 울혈 및 간세포의 세포질 변성과 사구체의 팽창, 세뇨관 상피세포의 초자성 변성 및 간질세포

의 핵 응축이 관찰되었다.

참 고 문 헌

- Braunbeck, T., P. Burkhardt-Holm and V. Storch. 1990. Liver pathology in eels, *Anguilla anguilla* L. from the Rhin river exposed to the chemical spill at Basle in November 1986. *Biology of the River Rhine. Limnol. Akt.*, 1 : 371~392.
- Burkovskiy, A.L. and S.G. Kul'Kin. 1981. Determination of effluent toxicity from state of pigmented cells and neural apparatus of fish skin. *Hydrobiol. J.*, 17 : 96~99.
- Capel, P.D., S.J. Eisenreich, J.E. Baker and B.B. Looney. 1988. Chemical limnology of PCBs in lack superior-a case study. *Toxic. Cont. Lar.*, 3 : 291~318.
- Crisp, D.T. 1989. Comparison of the physical properties of real and artificial salmonid eggs and of their performance when drifting in an experimental stream channel. *Hydrobiologia*, 178 : 143~153.
- Davies, P.R. and I. Hanyu. 1986. Effect of temperature and photoperiod on sexual maturation and spawning of the common carp-I. Under conditions of high temperature. *Aquaculture*, 51 : 277~288.
- Elorduy-Garay, J.F. and S. Ramirez-Luna. 1994. Gonadal development and spawning of female ocean whitefish, *Caulolatilus princeps* (Pisces: Branchiostegidae) in the Bay of La Paz, B.C.S., Mexico. *J. Fish Biol.*, 44(4) : 553~566.
- Evans, D.H. 1986. The fish gill: Site of action and model for toxic effects on environmental pollutants. Mechanisms of pollutant action in aquatic organisms, Research Triangle park, NC (USA) : 21~23.
- Gill, T.S., J.C. Pant and H. Tewari. 1988. Branchial and renal pathology in the fish exposed chronically to methoxy ethyl mercuric chloride. *Bull. Environ. Contam. Toxicol. BECTA* 6, 41 : 241~246.
- Gill, T.S., J.C. Pant and H. Tewari. 1989. Cadmium nephropathy in a freshwater fish, *Puntius conchoni* Hamilton. *Ecotoxicol. Environ. Safety EESADV*, 18 : 165~172.
- Haaparanta, A., E.T. Valtonen and R.W. Hoffmann. 1997. Gill anomalies of perch and roach from four lakes differing in water quality. *J. Fish Biol.*, 50 : 575~591.
- Harshbarger, J.C., M.J. Coffey and M.Y. Young. 2000. Intersex in Mississippi river shovelnose sturgeon sampled below Saint Louis, Missouri, USA. *Mar. Environ. Res.*, 50 : 247~250.
- Iger, Y., H.A. Jenner and S.E. Wendelaar Bonga. 1994. Cellular responses in the skin of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* exposed to Rhine water. *J. Fish Biol.*, 45 : 1119~1132.
- Iger, Y., V. Hilge and M. Avraham. 1991. The ultrastructure of fish-skin during stress in aquaculture 4. German-Israeli Status Semin. Geesthacht (FRG) : 30~31.
- Kotak, B.G., S. Semalulu, D.L. Fritz, E.E. Prepas, S.E. Hrudney and R.W. Coppock. 1996. Hepatic and renal pathology of intraperitoneally administered microcystin-LR in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Toxicology*, 34 : 517~525.
- Kumar, S. and S.C. Pant. 1985. Renal pathology in fish, *Puntius conchoni* Ham. following exposure to acutely lethal and sublethal concentrations of monocrotophos. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 35 : 228~233.
- Laurent, P and S.F. Perry. 1991. Environmental effects on fish gill morphology. *Physiol. Zool.*, 64 : 4~25.
- Mallatt, J. 1985. Fish gill structural changes induced by toxicants and other irritants: a statistical review. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 42 : 630~648.
- Mallatt, J., J.F. Bailey, S.J. Lampa, M.A. Evans and S. Brumbaugh. 1995. A fish gill system for quantifying the ultrastructural effects of environmental stressors: methylmercury, kepone and heat shock. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 52 : 1165~1182.
- Narain, A.S. and P. Nath. 1986. Submicroscopic hepatic and renal pathology of a teleost maintained in sewage. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 37(2) : 266~273.
- Paalman, M.A.A. and C.H. Van der Weijden. 1992. Trace metals in suspended matter from the Rhine/Meuse estuary. *Neth. J. Sea Res.*, 29 : 311~321.
- Pereira, J.J., E.J. Lewis, R.L. Spallone and C. Sword. 1992. Bifurcation of gill filaments in winter flounder, *Pleuronectes americanus* Walbaum from Long Island sound. *J. Fish Biol.*, 41 : 327~338.
- Peters, N., A. Koehler and H. Kranz. 1987. Liver pathology in fishes from the lower Elbe as a consequence of pollution. *Dis. Aquat. Org.*, 2 : 87~97.
- Roberts, R.J. and A.M. Bullock. 1981. Recent observations on the pathological effects of ultraviolet light on fish skin. *Fish. Pathol. Tokyo*, 15 : 237~239.
- Segner, H. 2005. Developmental, reproductive and demographic alterations in aquatic wildlife: establishing causality between exposure to endocrine-active compounds (EACs) and effects. *Acta Hydrochem. Hydrobiol.*, 33 : 17~26.
- Shimizu, A., K. Aida and I. Hanyu. 1985. Endocrine profiles during the short reproductive cycle of an autumn-spawning bitterling, *Acheilognathus rhombea*. *Gen. Comp. Endocrinol.*, 60 : 361~371.
- Sorensen, C.W., R. Tamirez-Mitchell, C.W. Harlan and J.S.

- Bell. 1980. Cytological changes in the fish liver following chronic, environmental arsenic exposure. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 25 : 93~99.
- Wallace, R.A. and K. Selmen. 1981. Cellular and dynamic aspects of oocyte growth in teleosts. *Amer. Zool.*, 21 : 325~343.
- 권문정 · 하봉석. 1996. 잉어아과에 속하는 납지리와 줄납자루의 Carotenoid 색소성분의 비교. *한국식품영양과학회지*, 25 : 80~86.
- 안철민. 1995. 각시붕어, *Rhodeus uyekii*의 생식주기. *한국어류학회지*, 7 : 33~42.
- 이정식 · 안철민 · 진 평. 1996. 태생 경골어류 망상어, *Ditrema temmincki*의 교미 및 체내자어의 발달. *한국수산학회지*, 29 : 26~34.
- 이정식 · 허성희. 2000. 주둥치, *Leiognathus nuchalis*의 생식 생물학적 연구. *한국어류학회지*, 12(3) : 192~202.
- 정선영 · 진영국 · 이정식. 2004. 칼납자루, *Acheilognathus koreensis*의 생식에 미치는 polychlorinated biphenyls (PCBs)의 영향. *한국환경생물학회지*, 22(1) : 159~166.

Received: January 16, 2006

Accepted: February 24, 2006