

## 이사천에서 채집된 피라미, *Zacco platypus*의 생식과 기관계 구조 이상

진영국, 신순호<sup>1</sup>, 이제봉, 이재우, 안철민<sup>2</sup>, 이정식\*

전남대학교 수산해양대학 수산생명의학과, <sup>1</sup>진남여자중학교, <sup>2</sup>국립수산과학원

## Abnormality of Reproduction and Organ Structure of the Pale Chub, *Zacco platypus* from Isa Stream

Young Guk Jin, Soon Ho Shin<sup>1</sup>, Jae Bong Lee, Jae Woo Lee,  
Cheul Min An<sup>2</sup> and Jung Sick Lee\*

Department of Aqualife Medicine, College of Fisheries and Ocean Science,  
Chonnam National University, Yeosu 550-749, Korea

<sup>1</sup>Jinnam Girls' Middle School, Yeosu 550-240, Korea

<sup>2</sup>National Fisheries Research and Development Institute, Busan 619-900, Korea

Reproduction and organ structure of the pale chub, *Zacco platypus* in Isa stream were investigated by means of histological methods. The results of the study confirmed reproductive abnormality and histopathological features in the pale chub. The gonadosomatic index (GSI) of the fish showed two peak in April and August. In summer season, GSI of the male was about two times of the female's GSI. Monthly variation of the gonadal development was very irregular. From the histological analysis of the organ structure, epidermal atrophy, necrosis and hyperplasia of pigment cell were observed in the skin. Epithelial layer lifting and clubbing of the lamella and bifurcation of the filament were observed in the gill. Also histological changes as congestion, cytoplasmic degeneration of hepatic cell, degeneration of bile duct, glomerular dilatation, degeneration of renal tubule and pycnosis of interstitial cell were identified in the liver and kidney, respectively.

**Key words** : *Zacco platypus*, reproductive abnormality, histological degenerations, Isa stream

### 서 론

하천과 바다로 유입되는 생활하수를 비롯한 각종 오염물질들은 비록 저농도 일지라도 그 곳에 서식하는 많은 생물들에게 치명적인 영향을 주고 있으며 (Capel *et al.*, 1988; Crisp, 1989; Paalman and Van der Weijden, 1992; Kim and Lee, 2000), 이로

인해 받는 스트레스는 다른 생물학적 요인에 보다 쉽게 감염될 수 있는 위험성을 제공한다 (Kim *et al.*, 2002).

특히, 담수생태계의 상당부분 차지하는 하천은 어류의 생활에 필요한 모든 요소들을 포함하고 있기 때문에 유해물질의 노출시 직접적인 영향을 받는다. 담수생태계의 오염에 의한 서식생물체의 생식과 기관계 구조의 이상에 관해서는 Filand 4곳의 호수에 서식하는 perch, *Perca fluviatilis*와 roach, *Rutilus rutilus*의 아가미 구조의 이상 (Haaparanta *et al.*, 1997), Mississippi river에 서식하는 shovelnose

\* Corresponding author.

Tel: +82-61-659-3172, E-mail: ljs@chonnam.ac.kr

sturgeon, *Scaphirhynchus platyrynchus*의 intersex (Harshbarger *et al.*, 2000) 그리고 국내 만경강 오염수에 서식하는 붕어, *Carassius auratus* 아가미와 신장의 비정상적인 조직 (Kim *et al.*, 2002)을 비롯하여 최근에 다수의 연구들이 보고되고 있다.

피라미, *Zacco platypus*는 몸이 옆으로 납작하고 길며, 주둥이는 짧고 끝은 뾰족하다. 하천 종류의 여울에서 주로 서식하며 부착조류를 주 먹이로 하고 있다. 산란기는 5~7월로 이 시기의 수컷은 눈의 아래쪽에 추성이 나타나며, 뒷지느러미의 앞쪽 몇 개의 기조가 다른 기조 보다 현저히 길어지고, 주로 붉은색의 체색을 나타낸다 (Kim and Kang, 1993).

본 연구는 전라남도 순천시 상사댐의 지류인 이사천에 서식하는 피라미에서 생식과 기관계 구조의 이상이 확인되어 이 결과를 보고하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 1. 재료

본 연구에 사용된 피라미, *Zacco platypus*는 2001년 12월부터 2002년 11월까지 전남 순천시 상사호 하류 이사천의 역조정지 댐 하류에서 통발 등을 사용하여 매월 채집하였다 (Fig. 1). 분석에 사용된 개체수는 Table 1에 나타낸 바와 같이 371개체였다.

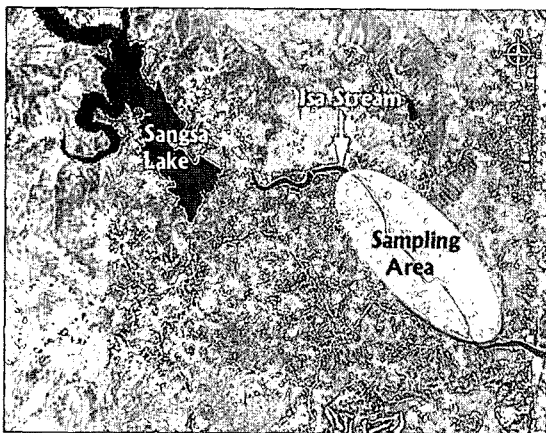


Fig. 1. Sampling area of the pale chub, *Zacco platypus*.

Table 1. Number of specimens and sex ratio of the pale chub, *Zacco platypus*

Collection date	Number of specimens (female/male)	Sex ratio (female/male)
Dec. 7, 2001	38 (23/15)	1:0.65
Jan. 7, 2002	34 (20/14)	1:0.70
Feb. 3, 2002	35 (16/19)	1:1.19
Mar. 4, 2002	38 (19/19)	1:1.00
Apr. 8, 2002	27 (17/10)	1:0.59
May 5, 2002	37 (12/25)	1:0.95
June 9, 2002	26 (9/17)	1:1.89
July 10, 2002	37 (12/25)	1:2.08
Aug. 6, 2002	40 (17/23)	1:1.35
Sep. 8, 2002	29 (14/15)	1:1.07
Oct. 6, 2002	20 (5/15)	1:3.00
Nov. 10, 2002	10 (3/7)	1:2.33
Total	371 (174/197)	1:1.13

### 2. 방법

#### 1) 측정 및 조직학적 방법

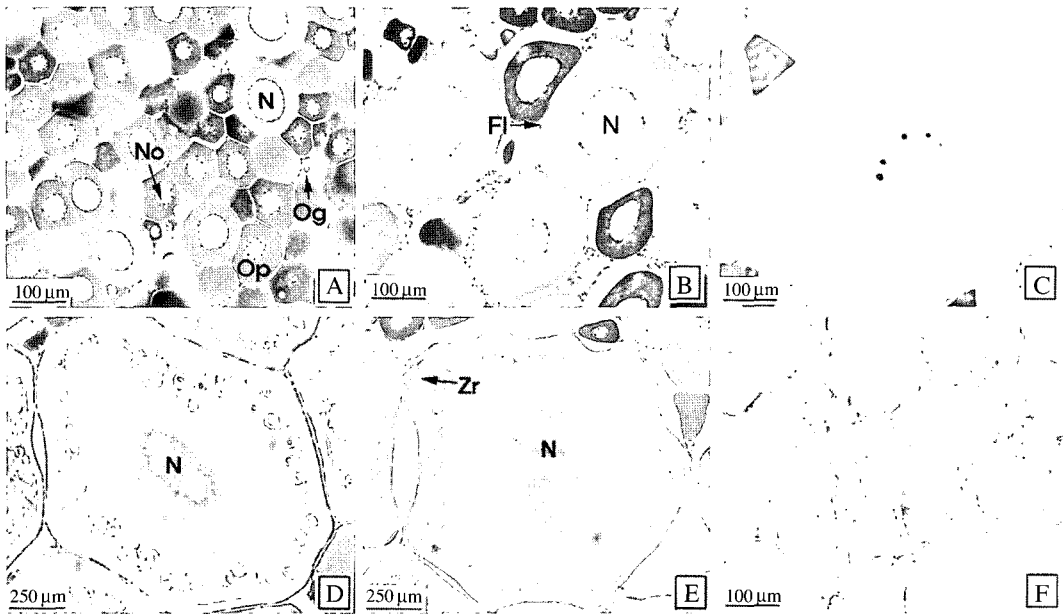
채집된 재료는 현장에서 10% 중성 포르말린에 고정 후 실험실로 옮겨 전장 및 체중을 각각 0.1 mm, 0.1 g까지 측정하였다. 그 후 생식소와 간의 무게를 0.01 g까지 측정한 다음, Bouin 용액에 고정 후 파라핀 절편법에 의해 4~6  $\mu$ m 두께로 연속 절편을 제작하였다. 표본은 Mayer's hematoxylin-0.5% eosin (H-E) 비교염색, Mallory 삼중염색, PAS 반응과 AB-PAS (pH 2.5) 반응을 실시하였다.

#### 2) 생식지수

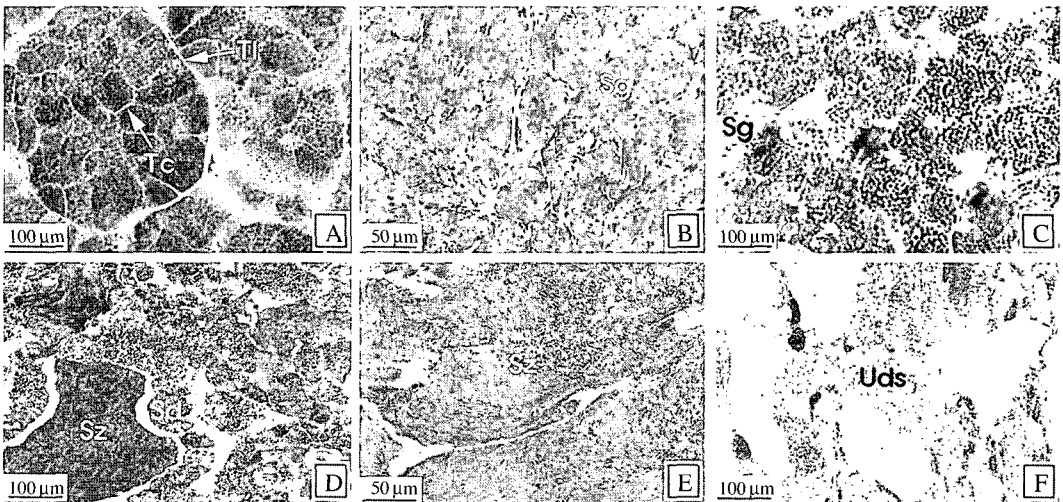
생식소중량지수 (gonadosomatic index: GSI)는 성어를 대상으로 “생식소 무게  $\times$  100/순 체중”의 식으로 구하였다. 간중량지수 (hepatosomatic index: HSI)는 성어를 대상으로 “간 무게  $\times$  100/순 체중”의 식으로 구하였다.

#### 3) 생식소 발달단계

생식소 발달단계는 Fig. 2와 3에 나타낸 바와 같이 암·수 각각의 생식세포 발달단계를 기준으로 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 5단계로 성장기 (growing stage), 성숙기 (maturation stage), 완숙기 (ripe stage),



**Fig. 2.** Ovarian development of the pale chub, *Zacco platypus*. A: Oogonial and previtellogenic stage. H-E stain. B: Early vitellogenic stage. Note the small yolk vesicle and follicle layer (Fl). H-E stain. C: Early active vitellogenic stage. H-E stain. D: Late active vitellogenic stage. Note the eosinophilic yolk globules. H-E stain. E: Mature and ripe stage. Note the germinal vesicle breakdown, numerous eosinophilic yolk globules and well developed zona radiata (Zr). H-E stain. F: Section of after spawning showing the degenerating oocytes and atretic follicles. H-E stain. N: nucleus, No: nucleolus, Og: oogonium, Op: ooplasm.



**Fig. 3.** Testicular development of the pale chub, *Zacco platypus*. A: Section of testicular tissue showing the testicular lobules (Tl) and testicular cysts (Tc). H-E stain. B: Section of the resting stage showing the spermatogonia (Sg). H-E stain. C: Growing stage. Note the spermatocytes (Sc) and spermatogonia (Sg). H-E stain. D: Mature stage. Note the numerous spermatids (Sd) and spermatozoa (Sz). H-E stain. E: Ripe stage. Note the basophilic spermatozoa. H-E stain. F: Spent and recovery stage. Note the undischarged spermatozoa (Uds). H-E stain.

방정 및 회복기 (spent and recovery stage) 그리고 휴지기 (resting stage)로 구분하였다.

## 결 과

### 1. 생식

#### 1) 생식소의 형태 및 내부구조

난소는 한 쌍의 둥근 삼각형의 낭상형으로 난소 내부는 다수의 난소소엽으로 구성되어 있었다 (Fig. 2, A). 정소는 한 쌍의 긴 둥근 삼각형으로 정소 내부의 조직상은 다수의 정소소엽으로 구성되며, 각 소엽은 다수의 정소소낭을 가지고 있었다 (Fig. 3, A).

#### 2) 성비

채집된 개체들의 암·수 성비는 채집 시기별로 다소 차이는 있었으나, 전체 개체수에서는 1 : 1.13으로 나타났다 (Table 1).

#### 3) 생식소중량지수 (GSI)의 월 변화

2001년 12월부터 2002년 11월까지 조사된 GSI

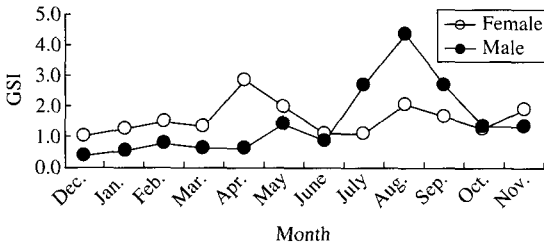


Fig. 4. Monthly variation of gonadosomatic index (GSI) of the pale chub, *Zacco platypus*.

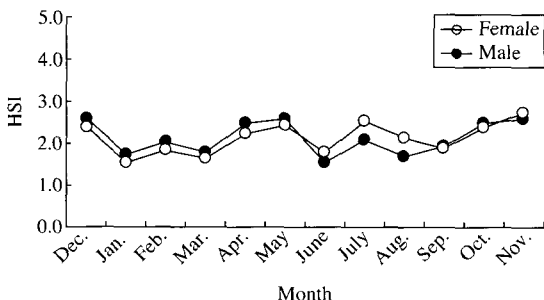


Fig. 5. Monthly variation of hepatosomatic index (HSI) of the pale chub, *Zacco platypus*.

의 월 변화는 Fig. 4에서 보는 바와 같다. 암컷의 GSI는 4월과 8월에 각각 2.83과 2.05로 두 번의 정점을 나타냈으며, 그 이외에는 약 1.5 내외로 낮은 값을 나타냈다. 수컷의 GSI는 8월에 4.35로 가장 높은 값을 나타냈는데, 7월부터 9월까지의 수컷의 GSI는 같은 시기의 암컷 GSI에 비해 약 두 배에 해당하는 수치였다. 이 시기를 제외한 다른 시기에 수컷 GSI는 약 0.7 내외의 낮은 값을 보였다.

#### 4) 간중량지수 (HSI)의 월 변화

Fig. 5에 나타난 것과 같이 암·수의 HSI는 약 2.0 내외로 증가와 감소를 반복하는 불규칙한 양상을 보였다.

#### 5) 계절별 생식소 발달단계의 변화

암·수 계절별 생식소 발달단계는 생식소조직상의 월 변화를 기초로 암컷은 4단계 (Fig. 2), 수컷은 5단계 (Fig. 3)로 구분하여 Fig. 6과 7에 월별 출현 빈도를 나타내었다.

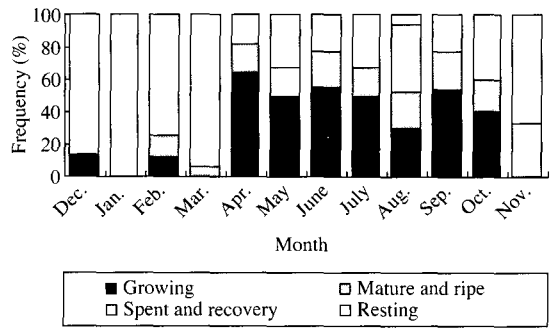


Fig. 6. Monthly variation of frequency of ovarian development stage of the pale chub, *Zacco platypus*.

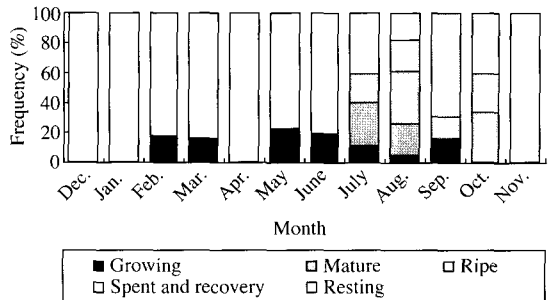


Fig. 7. Monthly variation of frequency of testicular development stage of the pale chub, *Zacco platypus*.

## (1) 봄

2002년 3월부터 5월 사이로 암컷은 GSI가 1.32~2.83이었다. 난소의 발달단계는 3월에 휴지기로 주로 난원세포 및 난황형성전단계의 난모세포들이 관찰되었으며, 일부에서는 성숙 및 완숙기의 조직상이 관찰되었다. 4월에는 성장기가 약 65%, 휴지기와 성숙 및 완숙기의 조직상을 가지는 개체들이 약 17.5%를 나타냈다. 5월에는 성장기의 조직상을 가지는 개체들이 50%, 휴지기 33.3%, 방출 및 회복기가 16.7%로 나타났으며, 성숙 및 완숙기의 조직상을 가지는 개체는 나타나지 않았다. 수컷은 GSI가 0.61~1.45로 나타났다. 이 시기에 정소조직상은 주로 간기의 정원세포들과 간충조직이 풍부한 휴지기를 나타냈으며 (Fig. 3, B), 성숙기와 완숙기의 발달단계를 가지는 개체들은 관찰되지 않았다.

## (2) 여름

2002년 6월부터 8월 사이로 암컷의 GSI는 1.13~2.05였다. 6월과 7월의 난소조직상은 성장기가 주를 이루었다. 8월에는 산란 및 회복기가 41.18%로 이때 난소조직상에서는 산란전 단계의 난모세포들과 폐쇄여포 및 난황형성개시기 이후 난모세포들의 퇴화·흡수가 관찰되었다 (Fig. 2, F). 수컷의 GSI는 0.89~4.35로 연중 가장 높은 값을 나타냈다. 6월에는 휴지기의 정소조직상을 가지는 개체들의 비율이 81.25%를 차지하였다. 7월에는 휴지기가 40%로 나타났으며, 8월에는 완숙기 (35%)를 비롯한 모든 발달단계가 관찰되었다.

## (3) 가을

2002년 9월부터 11월 사이로 암컷은 GSI가 1.27~1.87이었다. 9월에는 주로 성장기가 나타났고, 10월에는 휴지기와 성장기가 각각 40%를 차지하였으며, 성숙 및 완숙기의 난소를 가지는 개체들이 20%로 나타났다. 11월에는 방출 및 회복기가 33.3%, 휴지기의 난소를 가지는 개체들은 66.7%로 조사되었다. 수컷의 GSI는 2.70~1.35이었다. 9월은 방정 및 회복기의 정소를 가지는 개체들이 약 70%였으며, 10월과 11월에는 휴지기의 정소를 가지는 개체들의 비율이 높았다.

## (4) 겨울

2001년 12월부터 2002년 2월 사이로 암컷의 GSI는 1.02~1.51이었다. 이 시기에는 휴지기의 난소를 가지는 개체들의 비율이 높았으나 2003년 2

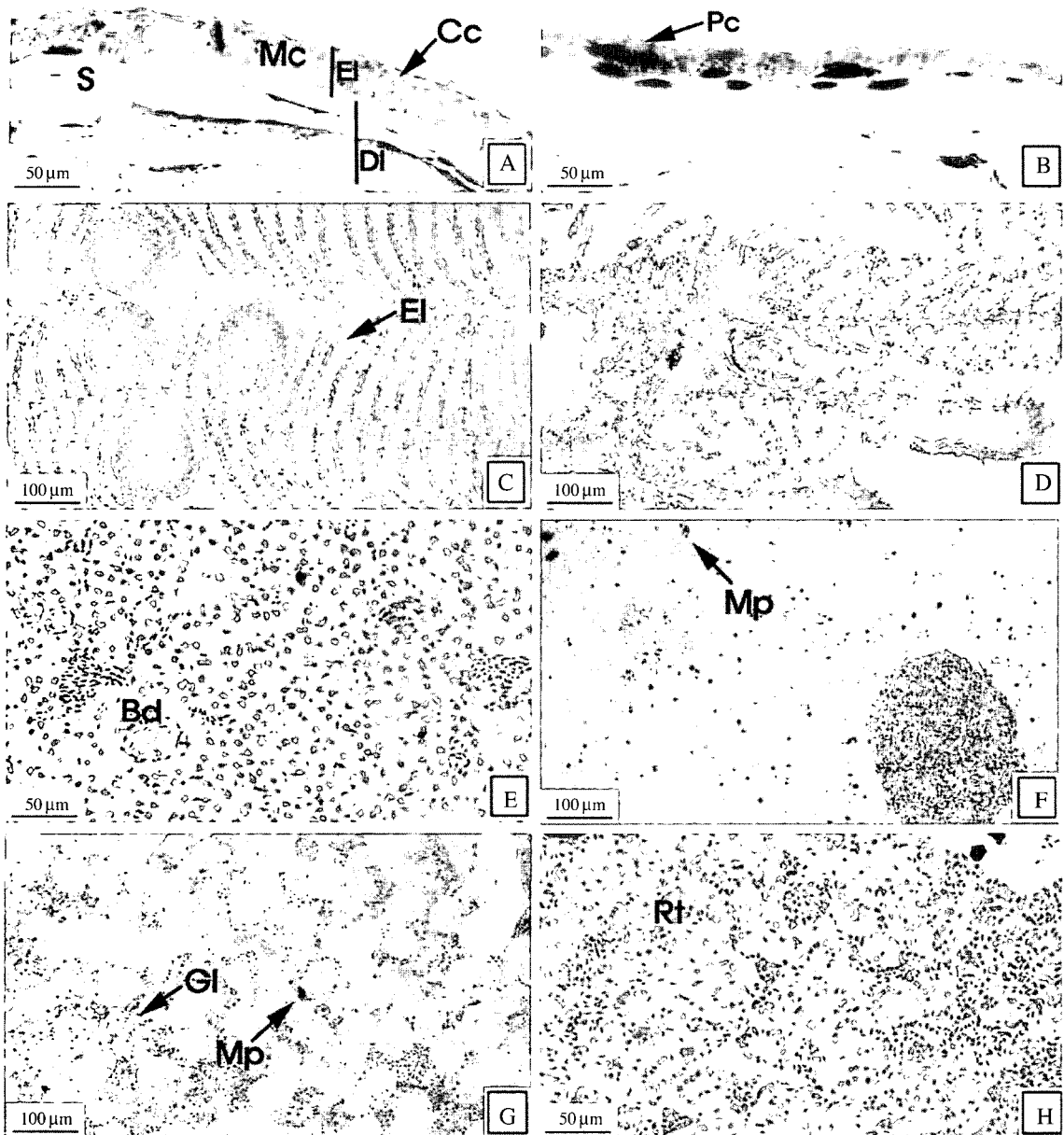
월에는 성장기와 성숙 및 완숙기의 난소를 가지는 개체들이 각각 12.50%로 나타났다. 수컷의 GSI는 0.39~0.82로 가장 낮은 값을 나타냈다. 2001년에 12월과 2002년 1월에는 조사된 모든 개체들이 휴지기의 정소를 가지고 있었으며, 2002년 2월은 휴지기 (82%)와 분열증식중인 정원세포들과 정모세포들이 주를 이루고 있는 성장기 (17%)의 정소를 가지는 개체들이 관찰되었다.

## 2. 기관계

피라미의 피부계는 일반 경골어류와 같이 외부로부터 상피층과 진피층으로 이루어져 있었다. 상피층은 지지세포와 선세포들로 구성되어 있었고, 진피층은 기저막에 인접한 소수의 색소세포와 결합조직층으로 구성되어 있었다. 선세포는 타원형의 점액세포와 곤봉상세포로 구성되었다. 2002년 1월에 채집한 개체들의 피부에서는 상피층의 괴사 및 분비세포의 붕괴 그리고 선세포들의 위축이 나타났으며 (Fig. 8, A), 상피층의 표면세포들의 탈락과 상피층에 색소세포의 증식이 관찰되었다 (Fig. 8, B). 그리고 2002년 4월에 채집한 개체 중 일부에서 점액세포의 위축과 곤봉상세포의 변형이 관찰되었으며, 일부 개체의 피부 상피층에서는 점액세포의 활성화와 곤봉상세포의 위축이 발견되었다.

아가미는 빗 모양으로 줄지어 있는 많은 수의 새엽과 각각의 새엽에서 발달된 새판으로 구성되며, 각 새판은 상피세포, 점액세포, 염세포 그리고 벽주세포 등으로 구성되어 있었다. 2001년 12월에서 2002년 11월까지 채집된 대부분의 개체들의 아가미에서 새판 상피층의 박리와 심각한 새판의 곤봉화가 관찰되었으며 (Fig. 8, C), 2002년 9월에 채집한 개체 중 일부에서는 벽주세포가 붕괴된 새판들과 새엽들의 융합과 분지에 의한 형태학적 이상이 관찰되었다 (Fig. 8, D).

간은 분지형태로 되어 있었고, 간세포는 둥근 다각형으로 뚜렷한 인을 가지고 있었으며, 모세혈관과 담관이 존재하고 있었다. 2001년 12월부터 2002년 11월에 걸쳐 채집한 개체 가운데 대부분의 간조직에서 흑색대식세포가 출현하였고, 일부 간세포의 핵 응축과 담관 내강의 자유면이 AB-PAS (pH 2.5) 반응에서 청색으로 반응하였다 (Fig. 8, E). 흑색대식세포의 출현은 저수온기 (2001년 11월~2002



**Fig. 8.** Histological changes of skin, gill, liver and kidney in the pale chub, *Zacco platypus*. A: Note the epidermal layer necrosis of the skin. H-E stain. B: Epidermal layer of the skin showing the excoriation of the superficial layer and increased pigment cells (Pc). AB-PAS (pH 2.5) reaction. C: Section of the gill showing the clavate lamellae and epithelial lifting (El). H-E stain. D: Gill deformation with fusion and bifurcation of the filaments. AB-PAS (pH 2.5) reaction. E: Hepatocyte pycnosis and epithelial degeneration of bile duct (Bd) in the liver. AB-PAS (pH 2.5) reaction. F: Section of the liver showing the melano-macrophagocytes (Mp), cytoplasmic degeneration of hepatocytes and increment of hemocytes. AB-PAS (pH 2.5) reaction. G: Section of the kidney showing the glomerular dilatation (Gl) and hyaline droplet degeneration of the renal tubules. AB-PAS (pH 2.5) reaction. H: Note the pycnosis in the interstitial tissue and degeneration of the renal tubule (Rt) in the kidney. AB-PAS (pH 2.5) reaction. Cc: club cell, Ch: chloride cell, Dl: dermal layer, El: epidermal layer, Mc: mucous cell, S: scale.

년 3월)보다 고수온기(2002년 6월~2002년 9월)에 증가하는 양상이 나타났다. 그리고 2002년 8월에 채집한 개체 중 일부는 간세포의 세포질 변성과 간정맥내의 혈구 증가 그리고 담관의 변성을 나타냈다(Fig. 8, F).

피라미의 신장은 앞부분이 두 갈래로 분지되어 있었고, 나머지 부분은 융합된 형태를 하고 있었다. 2001년 12월과 2002년 4월에 채집한 개체들의 신장에서는 흑색대식세포의 출현, 사구체의 활성화, 세뇨관 상피층의 초자성 과립변성과 비후가 관찰되었고(Fig. 8, G), 일부에서는 세뇨관의 폐쇄와 간질 조직의 핵 응축이 관찰되었다(Fig. 8, H).

## 고 찰

어류의 성 성숙과 생식주기의 변화는 수온, 광, 영양분, 밀도 등 여러 가지의 생물·물리학적 요인들에 의하여 영향을 받지만(Davies and Hanyu, 1986), 이외에도 중금속과 화학물질 등의 오염원에 의해서도 영향을 받게 된다(Segner, 2005).

일반적으로 온대지역에 서식하는 담수어류는 큰납자루, *Acheilognathus rhombea* (Shimizu *et al.*, 1985), 각시붕어, *Rhodeus uyekii* (An, 1995), 묵납자루, *Acheilognathus signifer* (Baek *et al.*, 2003) 그리고 감돌고기, *Pseudopungtungia nigra* (Lee *et al.*, 2004) 등과 마찬가지로 연중 1회의 생식소증량지수(GSI) 정점을 가지며, 1회의 산란기를 가진다.

어류의 성숙과 생식주기는 GSI와 간증량지수(HSI)의 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 나타낸다(Song and Kwon, 1989; Kim *et al.*, 1999; Baek *et al.*, 2003).

어류의 GSI는 주둥치, *Leiognathus nuchalis* (Lee and Huh, 2000)의 경우 수컷에서 높은 것으로 보고된 경우도 있으나 점망둑, *Chasmichthya dolichignathus* (Baek and Lee, 1985), pike, *Esox lucius* (Treasurer, 1990), *Siganus sutor* (Ntiba and Jaccarini, 1990), *Salmo trutta* (Maisse *et al.*, 1991), 연준모치, *Phoxinus phoxinus* (Song and Son, 2002) 그리고 감

돌고기, *Pseudopungtungia nigra* (Lee *et al.*, 2004) 등 많은 보고에서 수컷에 비해 암컷이 높은 것으로 보고되고 있다.

본 연구에서 피라미 암컷의 GSI는 연중 4월과 8월 두 번의 정점을 나타냈으며, 수컷의 GSI도 5월과 8월에 두 번의 정점을 나타냈다. 그리고 7월부터 9월까지의 수컷의 GSI는 같은 시기의 암컷 GSI에 비해 약 두 배 높게 나타났다. 그리고 생식소를 조직학적으로 조사한 결과, 성장기, 성숙 및 완숙기, 방출 및 회복기, 휴지기의 조직상을 나타내는 개체들의 출현이 계절에 관계없이 불규칙하게 분포하였다. 또한 피라미는 납지리, *Paracheilognathus rhombea*와 줄납자루, *Acheilognathus yamatsutae* (Kweon and Ha, 1996) 그리고 각시붕어, *Rhodeus uyekii* (An, 1995; Kim *et al.*, 1999) 등과 마찬가지로 수컷의 경우 성숙 및 완숙시기에 체색의 변화가 나타난다고 알려져 있으나(Kim and Kang, 1993), 본 조사 결과 피라미의 계절별 뚜렷한 체색 변화는 관찰되지 않았다.

이러한 본 연구의 결과는 어류의 생식과 관련한 기존의 많은 보고들과는 매우 다른 결과로서 피라미는 불안정한 생식주기를 가지는 것으로 판단되는데, 이러한 결과를 나타내게 한 원인에 대해서는 추후 세부적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

물리·화학적 환경요인에 의한 어류의 기관계 변화 가운데 피부계의 구조적 변화에 관한 보고에서 *Pleuronectes platessa*에 자외선을 조사하였을 때, 이들 어류의 피부 상피층에 호산성과립세포들의 출현과 표면상피층의 탈락이 관찰된다(Roberts and Bullock, 1981). 그리고 내분비계장애물질과 스트레스에 의해서 *Cyprinus carpio*와 *Silurus glanis*의 피부에서는 점액세포와 표면세포가 증가되고 결합조직층에서 상피세포층으로 혈구의 침투가 확인되며(Iger *et al.*, 1991), 송어류인 *Oncorhynchus mykiss*의 피부에서는 표면세포와 색소세포가 증가되었다가 소실된다(Iger *et al.*, 1994).

어류의 아가미 상피층은 가스교환, 이온조절, 산·염기 조절 그리고 질소 배설 등을 조절하는 기관으로 여러 가지 환경오염원은 어류 아가미의 형태 및 생리적 기능을 변화시킨다(Evans, 1986). 중금속에 노출된 어류의 아가미에서는 상피세포의 세포질 공포, 미세융모 손실, 미토콘드리아의 이상, 비대 및 괴사와 상피층의 박리가 관찰된다(Mallatt,

1985). 그리고 롱아일랜드의 오염된 곳에서 채집된 winter flounder, *Pleuronectes americanus*의 아가미에서는 새판의 분지가 관찰되었다(Pereira *et al.*, 1992).

어류의 간은 다양한 물질대사와 독성 물질 해독 작용 뿐만 아니라 난황전구체인 비텔로제닌 합성 등 중요한 기능을 수행한다. 비소에 노출된 green sunfish, *Lepomis cyanellus*의 간은 소엽구조가 불규칙하고, 간세포 핵의 변형과 담관의 변성이 나타난다(Sorensen *et al.*, 1980). 세체에 지속적으로 노출된 *Heteropneustes fossilis*의 간에서는 퇴행성 병변과 염증성 피사가 나타났으며(Narain and Nath, 1986), 오염된 엘베강 하류에서 채집된 *Gymnocephalus cernua*, *Platichthys flesus* 그리고 *Osmerus eperlanus*의 간에서는 간세포 감소와 퇴행성 병변을 보였다(Peters *et al.*, 1987). 화학물질이 유출된 나일강의 뱀장어, *Anguilla anguilla* 간에서는 간세포 크기가 감소하고, 비특이적 면역반응으로 간조직 내에 식세포가 나타났다(Braunbeck *et al.*, 1990). Microcystin-LR (MC-LR)을 경구 투여한 무지개송어, *Oncorhynchus mykiss*의 간에서는 종창과 피사가 확인되었다(Kotak *et al.*, 1996).

경골어류의 신장은 중요한 조혈 및 배설기관으로 monocrotophos에 노출된 *Puntius conchonius*의 신장에서는 조혈조직의 변성, 사구체의 위축 및 세뇨관의 변성이 나타났다(Kumar and Pant, 1985). *Puntius conchonius*를 methoxy ethyl mercuric chloride (MEMC)에 노출시켰을 때 세뇨관 상피세포의 핵 응축과 내강 표면의 붕괴가 나타났고(Gill *et al.*, 1988), 카드뮴에 노출되었을 때 주로 원위극세관에 상피세포의 핵이 응축되고 붕괴되는 퇴행성 병변을 나타냈다(Gill *et al.*, 1989). Microcystin-LR (MC-LR)을 먹인 무지개송어, *Oncorhynchus mykiss*는 보우먼주머니의 팽창과 세뇨관 피사가 나타났다(Kotak *et al.*, 1996).

본 연구에서 관찰된 피라미의 피부, 아가미, 간, 신장에서 관찰된 여러 가지의 병리조직학적 특징들은 외부 환경요인에 의한 기존의 보고들과 비교할 수 있는 현상으로 판단되지만, 이러한 피라미의 병리조직학적인 특징의 유발 요인에 관해서는 추후 세부적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

## 참 고 문 헌

- An CM. Reproductive cycle of the spring-spawning bitterling, *Rhodeus uyekii* (Pisces : Cyprinidae), Kor J Ichthyol 1995; 7: 33-42. (in Korean)
- Baek HJ and Lee TY. Experimental studies on the mechanism reproductive cycle in the longchin goby, *Chasmichthys dolichognathus*, Bull Korean Fish Soc 1985; 18(3): 243-252. (in Korean)
- Baek HM, Song HB and Kwon OK. Sexual maturation and the spawning season of the Korean bitterling, *Acheilognathus signifer* in upper reaches of the Hongcheon river, Kor J Ichthyol 2003; 15(4): 278-288. (in Korean)
- Braunbeck T, Burkhardt-Holm P and Storch V. 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 1990; 1: 371-392.
- Capel PD, Eisenreich SJ, Baker JE and Looney BB. Chemical limnology of PCBs in lack superior-a case study, Toxic cont Lar 1988; 3: 291-318.
- Crisp DT. Comparison of the physical properties of real and artificial salmonid eggs and of their performance when drifting in an experimental stream channel, Hydrobiologia 1989; 178: 143-153.
- Davies PR and Hanyu I. Effect of temperature and photoperiod on sexual maturation and spawning of the common carp- I. Under conditions of high temperature, Aquaculture 1986; 51: 277-288.
- Evans DH. 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) 1986; 21-23.
- Gill TS, Pant JC and Texari H. Branchial and renal pathology in the fish exposed chronically to methoxy ethyl mercuric chloride, Bull Environ Contam Toxicol BECTA 6. 1988; 41: 241-246.
- Gill TS, Pant JC and Tewari H. Cadmium nephropathy in a freshwater fish, *Puntius conchonius* Hamilton, Ecotoxicol and Environ Safety EESADV 1989; 18: 165-172.
- Haaparanta A, Valtonen ET and Hoffmann RW. Gill anomalies of perch and roach from four lakes differing in water quality, J Fish Biol 1997; 50: 575-591.
- Harshbarger JC, Coffey MJ and Young MY. Intersex in Mississippi river shovelnose sturgeon sampled below Saint Louis. Missouri. USA. Mar Environ Res 2000; 50:



- 247-250.
- Iger Y, Jenner HA and Wendelaar Bonga SE. Cellular responses in the skin of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* exposed to Rhine water, *J Fish Biol* 1994; 45: 1119-1132.
- Iger Y, Hilge V and Avraham M. The ultrastructure of fish-skin during stress in aquaculture 4, German-Israeli Status semin Geesthacht (FRG) 1991; 30-31.
- Kim DS and Lee JH. Impacts of contaminated water outflow from the lake Sihwa on the meiobenthic animals living in the coastal zones of the Kyonggi bay, *Kor J Environ Biol* 2000; 18(2): 279-290. (in Korean)
- Kim IS, Kim SY and Park JY. The abnormal tissues of gill and kidney of crucian carp, *Carassius auratus* in the polluted waters of Mangyong river, Korea, *Kor J Ichthyol* 2002; 14(1): 70-75. (in Korean)
- Kim HS, Kim YH, Jo JY, Yoon GH and Ha BS. Nuptial color component of the Korean rose bitterling, *Rhodeus uyekii*, *J Kor Fish Soc* 1999; 32(4): 520-524. (in Korean)
- Kim IS and Kang EJ. Coloured Fishes of Korea, Academy Press Co Seoul 1993; 477 pp. (in Korean)
- Kotak BG, Semalulu S, Fritz DL, Prepas EE, Hrudehy SE and Coppock RW. Hepatic and renal pathology of intraperitoneally administered microcystin-LR in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, *Toxicol* 1996; 34: 517-525.
- Kumar S and Pant SC. Renal pathology in fish, *Puntius conchonius* Ham. following exposure to acutely lethal and sublethal concentrations of monocrotophos, *Bull Environ Contam Toxicol* 1985; 35: 228-233.
- Kweon MJ and Ha BS. Comparison of carotenoid pigments in flat bitterling, *Paracheilognathus rhombea* and Korean striped bitterling, *Acheilognathus yamatsutae* Mori in the subfamily Cyprinidae, *J Kor Soc Food Nutr* 1996; 25: 80-86. (in Korean)
- Lee SH, Han KH, Yoon SM, Hwang DS, Yoo DJ, Lee CL, Kim IS and Son YM. Early life history and spawning behavior of *Pseudopungtungia nigra*, *Kor J Ichthyol* 2004; 16(4): 309-316. (in Korean)
- Lee JS and Huh SH. Reproductive biology of the slimy, *Leiognathus nuchalis* (Teleostei : Leiognathidae), *Kor J Ichthyol* 2000; 12: 192-202. (in Korean)
- Maisse G, Mourot B, Breton B, Fostier A, Marcuzzi O, Le Bail PY, Bagliniere JL and Richard A. Sexual maturity in sea trout, *Salmo trutta* L., running up the river Calonne (Normandy, France) at the 'finnock' stage, *J Fish Biol* 1991; 39: 705-715.
- Mallatt J. Fish gill structural changes induced by toxicants and other irritants: a statistical review, *Can J Fish Aquat Sci* 1985; 42: 630-648.
- Narain AS and Nath P. Submicroscopic hepatic and renal pathology of a teleost maintained in sewage, *Bull Environ Contam Toxicol* 1986; 37(2): 266-273.
- Ntiba MJ and Jaccarini V. Gonad maturation and spawning times of *Siganus sutor* off the Kenya coast: evidence for definite spawning seasons in a tropical fish, *J Fish Biol* 1990; 37: 315-325.
- Paalman MAA and Van der Weijden CH. Trace metals in suspended matter from the Rhine/Meuse estuary, *Neth. J Sea Res* 1992; 29: 311-321.
- Pereira JJ, Lewis EJ, Spallone RL and Sword C. Bifurcation of gill filaments in winter flounder, *Pleuronectes americanus* Walbaum from Long Island sound, *J Fish Biol* 1992; 41: 327-338.
- Peters N, Koehler A and Kranz H. Liver pathology in fishes from the lower Elbe as a consequence of pollution, *Dis Aquat Org* 1987; 2: 87-97.
- Roberts RJ and Bullock AM. Recent observations on the pathological effects of ultraviolet light on fish skin, *Fish Pathol Tokyo* 1981; 15: 237-239.
- Segner H. Developmental, reproductive and demographic alterations in aquatic wildlife: establishing causality between exposure to endocrine-active compounds (EACs) and effects, *Acta Hydrochem Hydrobiol* 2005; 33: 17-26.
- Shimizu A, Aida K and Hanyu I. Endocrine profiles during the short reproductive cycle of an autumn-spawning bitterling, *Acheilognathus rhombea*, *Gen Comp Endocrinol* 1985; 60: 361-371.
- Song HB and Kwon HK. Study on the deposition and developmental characters of *Acheilognathus yamatsutae* Mori (Cyprinidae) from the lake Uiam, *Kor J Limnol* 1989; 22(2): 51-70. (in Korean)
- Song HB and Son YM. Maturity and reproductive ecology of the minnow, *Phoxinus phoxinus* (Cyprinidae) in the upper south Han river, Korea, *Kor J Ichthyol* 2002; 14(4): 262-268. (in Korean)
- Sorensen CW, Tamirez-Mitchell R, Harlan CW and Bell JS. Cytological changes in the fish liver following chronic environmental arsenic exposure, *Bull Environ Contam Toxicol* 1980; 25: 93-99.
- Treasurer JW. The annual reproductive cycle of pike, *Esox lucius* L., in two Scottish lakes, *J Fish Biol* 1990; 36: 29-46.