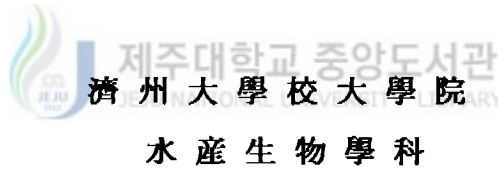


碩 士 學 位 論 文

자주복, *Takifugu rubripes* 자치어  
소화기관 발달의 조직학적 연구



金 鳳 源

1999年 12月

**Histological study of Digestive Tract in  
Larvae and Juveniles of Tiger Puffer,  
*Takifugu rubripes***

**Bong-Won Kim**

**(Supervised by Professor Young-Don Lee)**



**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT  
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF  
MASTER OF SCIENCE**

**DEPARTMENT OF MARINE BIOLOGY  
GRADUATE SCHOOL  
CHEJU NATIONAL UNIVERSITY**

**1999. 12.**

자주복, *Takifugu rubripes* 자치어  
소화기관 발달의 조직학적 연구

指導教授 李 榮 敦

金 鳳 源

이 論文을 理學 碩士學位 論文으로 提出함



1999年 12月  
제주대학교 중앙도서관  
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

金鳳源의 理學 碩士學位 論文을 認准함

審査委員長 노 섬

委 員 송 춘 복

委 員 이 영 돈



濟州大學校 大學院

1999年 12月

# 목 차

|                    |    |
|--------------------|----|
| Abstract .....     | 1  |
| I. 서 론 .....       | 3  |
| II. 재료 및 방법 .....  | 5  |
| III. 결 과 .....     | 6  |
| 1. 성 장 .....       | 6  |
| 2. 소화관의 외부형태 ..... | 6  |
| 3. 소화관의 발달 .....   | 9  |
| IV. 고 찰 .....      | 28 |
| V. 요 약 .....       | 33 |
| VI. 참고문헌 .....     | 34 |
| 감사의 글 .....        | 38 |

## Abstract

Tiger puffer, *Takifugu rubripes* larvae were reared in circular concrete tank from 12 May to 19 June 1999. Histological study and morphological development of the digestive tract in the tiger puffer were examined to know the developmental processes with growth.

Before hatching, the embryo covered in egg membrane has big yolk materials. The primitive digestive tract was formed between yolk and embryo. Newly hatched larvae have straight-type digestive tract along with yolk materials. The digestive tract formed with simple columnar epithelium. Mouth and anus were not open at this time. Yolk mass has been mostly absorbed in the larvae of 2-4 days old. Mouth started to open and the oral valve began to form in the oral cavity. Digestive tract was composed of esophagus, anterior intestine, middle intestine and rectum. Mucosal folds have been appeared to the intestine epithelium. In 5-6 days old larvae, the rotifers first appeared in the digestive tract. They have an open anus and the digestive tract has primitive digestive function, which were based on the development of mucous cells of esophagus epithelium. The middle intestine was curved to the dorsal part. In 11 days old post-larvae, the two teeth on both jaws formed anterior oral epithelium layer. The anterior intestine has been gradually expanded. In 15 days old post-larvae, fore part of the anterior intestine was more expanded and initiated to differentiate to expansion sac.

Twenty one days old larvae developed into the juvenile and the fore part intestine differentiated to expansion sac. The middle intestine was more curved to the dorsal part. On 30 days old juvenile, digestive system was composed of pharynx, esophagus, expansion sac, intestine and rectum, but the stomach was not formed. Numbers of mucous cell showing PAS positive reaction observed in the pharynx, esophagus and expansion sac. Goblet cells appeared among the epithelium cells in the intestine and rectum.



## I. 서론

자주복, *Takifugu rubripes*은 경골어류 복어목 참복과에 속하고, 우리나라 전 연안 및 일본 홋카이도 이남, 중국 등지에 분포하며 전장 70 cm 이상까지 성장하는 대형어이다(Abe, 1949). 이 종은 우리 나라 및 일본에서 고급식품으로 이용되는 복어류 중 산업적으로 중요한 종이다.

자주복의 종묘생산에 관한 연구는 일본에서 처음으로 인공수정과 종묘생산에 관한 기초적 실험(藤田, 1962)을 시초로 인공수정에 의한 발생과 부화자어 사육(高井·松井, 1963), 자주복의 종묘생산(林田 等, 1981, 1983), 자주복의 종묘생산에 관한 연구(北田·北鳥, 1982, 1983) 등을 찾아 볼 수 있다.

우리 나라에서는 자주복의 종묘생산에 관한 연구(Pyen and Rho, 1970), 자주복의 초기사육에 관한 연구(Rho and Jung, 1993), 자주복의 성성숙과 호르몬 처리에 의한 인공채란에 관한 연구(Yang *et al.*, 1994) 등을 계기로 최근에는 국립수산진흥원과 일부 기업에서 자주복 종묘생산을 시도하기에 이르렀다.

자주복의 환경요인에 관한 연구로는 알 및 자치어의 염분내성에 관한 연구(Ko and Rho, 1996), 자주복의 소화기관에 관한 연구로는 Tanaka (1971), Kumai (1989) 등의 보고가 있다. 이외 어류 부화자어의 소화관 발달에 관한 연구로는 문치가자미, *Limanda yokohamae* (Gunter) (Lee, 1988), 망상어, *Ditrema temmincki* (Lee *et al.*, 1996), Yellowtail Flounder, *Pleuronectes ferruginea* (Baglolle *et al.*, 1997), 그리고 Yellowfin Tuna, *Thunnus albacares* (Kaji *et al.*, 1999)등의 보고가 있다.

어류의 종묘 생산시 빈번히 발생하는 초기 대량 폐사의 원인은 초기 먹이 공급시기, 먹이 종류와 질, 상호공식 그리고 세균과 기생충 발생에 의한 폐사가 있고, 환경요인으로는 수온, 염분, 용존산소 그리고 사육수질의 악화 등을 들 수 있다.

어류는 자어기에 내부영양에서 외부영양으로 영양원이 전환되는 초기생활사에 있어 극히 중요한 변화가 일어나고, 치어기의 성장과 생존에 크게 영향을 미친다고 제시하고 있다 (Lee, 1988).

자주복 자·치어의 영양흡수와 직접 관련된 소화기관의 형태적 기능적 분화과정을 조직학적으로 분석하는 것은 종묘생산 과정에서 초기 대량 폐사를 줄이고, 적절한 먹이 투여시기에 의한 보다 나은 성장률을 얻는데 중요한 기초자료를 제공 할 것으로 여겨진다.

따라서, 이 연구는 자주복 부화자어 및 치어를 대상으로 각 성장단계에 따른 소화기관의 발달양상을 조직학적으로 탐색하였다.



## II. 재료 및 방법

이 실험에 사용된 자주복 수정란은 일본에서 자연산 친어로부터 인공채란하여 수정시킨 수정란을 1999년 5월 9일 제주도 남제주군 표선면에 위치한 사조CS(주) 제주양식장의 실내 원형 콘크리트수조( $\phi 5\text{ m} \times 0.5\text{ m}$ )에 수용하여, 1999년 5월 12일에 부화한 자어를 사육하면서 실험재료로 사용하였다.

사육수는 지하해수를 가온 시킨 후  $10\ \mu\text{m}$  filter로 여과하여 이용하였으며, 환수량은 1일 1회 환수하였다. 실험기간동안 사육수온은  $18\sim 22.3^\circ\text{C}$  범위였다(Fig. 1). 먹이는 부화 후 3일부터 rotifer를 공급하였고, 14일부터는 rotifer와 *Artemia nauplii*를 혼합 공급하였다. 부화 후 24일 이후에는 *Artemia nauplii*를 공급하였으며, 부화 후 21일째부터는 배합사료(협화,  $\phi 250\ \mu\text{m}$ )를 혼합 공급하였다.

성장단계별로 내부기관의 발달과정을 파악하기 위하여 사육중인 자·치어를 5월 12일부터 6월 10일 까지 30일간 매일 20마리씩 무작위로 채집하였다. 채집된 자·치어는 10% 중성 Formalin에 고정 한 후, 만능투영기(Nikon, profile projector V-10)를 이용하여 각 부위를  $0.01\text{ cm}$ 까지 측정하였으며, 기관 분화 및 발달을 관찰하기 위하여 Bouin's solution에 재고정하였다. 소화관의 외부 형태적 변화는 복부를 절개하여 해부현미경(Carl Zeiss, Stemi 2000)으로 관찰하였고, 조직절편은 상법인 paraffin 절편법에 의해  $5\ \mu\text{m}$  두께의 sagittal section으로 연속절편을 제작하였다. 염색은 Hansen's Haematoxylin과 0.5% eosin의 비교염색 그리고, Periodic Acid Schiff (PAS) 반응을 실시한 후 생물현미경(Carl Zeiss, HBO 50)으로 검경하였다.

### Ⅲ. 결 과

#### 1. 심장

1999년 5월 12일 부화하여 30일 동안 사육한 자주복 자·치어의 성장을 조사한 결과, 부화직후 자어의 크기는  $0.28 \pm 0.02$  cm 이었고, 입과 항문은 열리지 않았으며, 매우 큰 난황을 가지고 있었다. 실험 종료시점인 부화 후 30일령에는 성어의 형태와 비슷한 치어로서  $1.68 \pm 0.08$  cm까지 성장하였다 (Fig 1).



#### 2. 소화관의 외부형태

자주복 자치어에 있어서 소화관 발달은 형태분화에 따라 7단계로 나누었다(Fig. 2). 부화 전 난막에 싸인 배에서 부화 후 2일령 소화관의 형태는 거의 직선상으로 식도, 장, 직장의 분화는 뚜렷하지 않다(Fig. 2-A). 부화 후 4~5일령의 소화관은 식도, 장, 직장으로 분화되고, 장 전반부와 중반부에 굴곡이 이루어지며 항문이 열린다(Fig. 2-B). 부화 후 6~8일령에는 장 전반부가 두부 복측으로 커지고, 장 중반부는 등 쪽을 향하여 굴곡이 시작된다(Fig. 2-C). 부화 후 9일령에는 장 전반부가 타원형으로 커지고 장 중반부가 등 쪽을 향하여 회전이 진행된다(Fig. 2-D). 부화 후 15일령에는

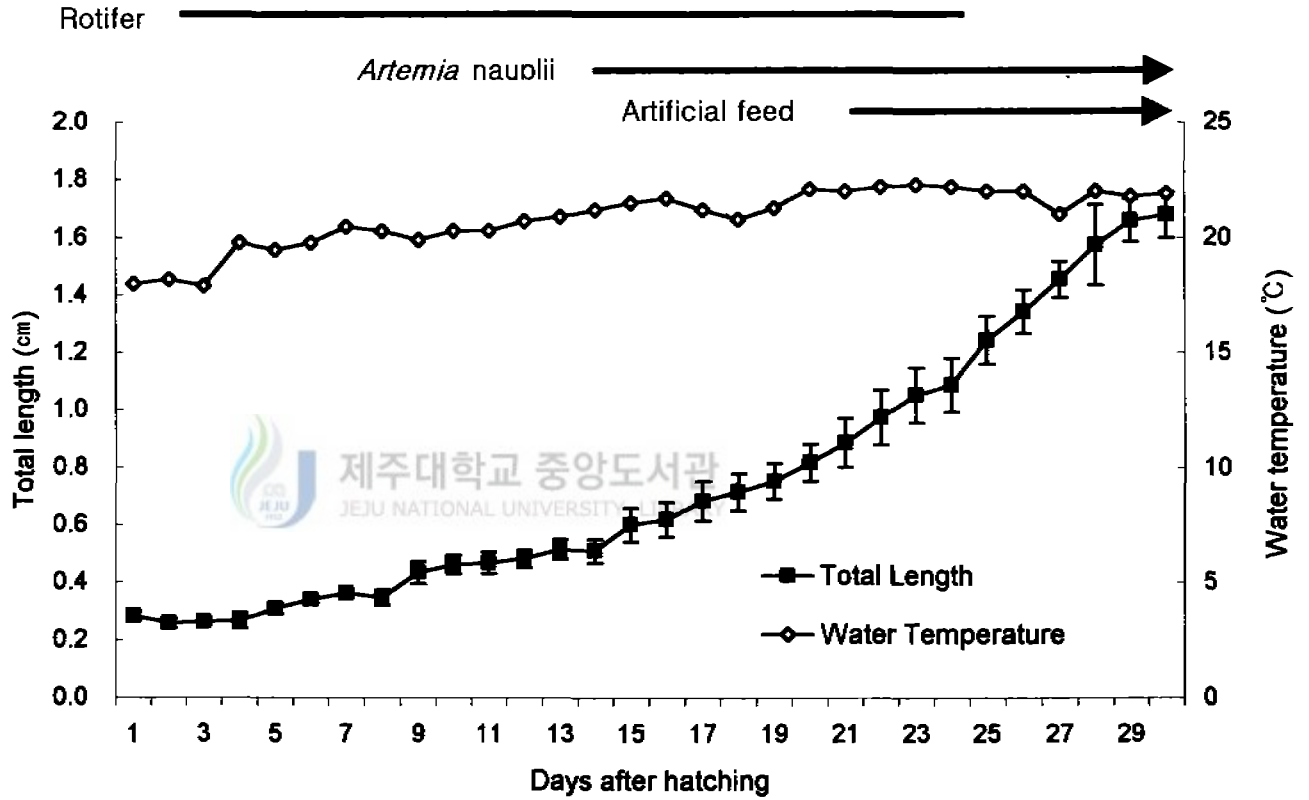


Fig. 1. Increase of total length(mean±S.D) and change of water temperature in tiger puffer larvae and juveniles during experimental 30 days after hatching. Feeding schedule is illustrated at the top of the figure.

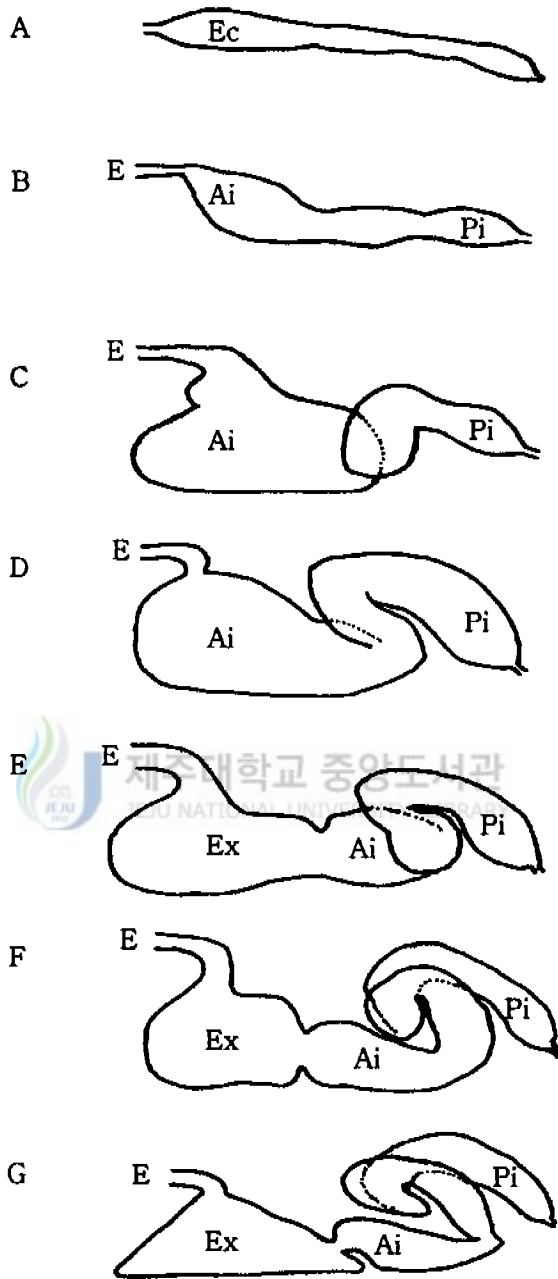


Fig. 2. Morphological development of 7 stages of external digestive tract in the tiger puffer from prelarvae to juvenile stage. Ai: Anterior intestine, E: Esophagus, Ec: Enteric canal, Ex: Expansion sac, Pi: Posterior intestine

장 전반부가 두부 쪽으로 더욱 길어지면서 전장(Anterior intestine; Ai)의 앞부분에서 팽창낭으로 분화가 시작된다(Fig. 2-E). 부화 후 21~24일령에는 전장(Ai)의 앞부분이 팽창낭으로 분화되고, 장 중반부는 다시 배 측을 향하여 회전한다(Fig. 2-F). 부화 후 27~30일령에는 팽창낭이 삼각형의 형태로 발달하고, 장의 회전도 완료되어 소화관의 구조는 성어의 형태로 발달한다(Fig. 2-G).

### 3. 소화관 발달

#### 1) 배체 형성기

부화 전 수정란의 크기는  $1,250 \pm 200 \mu\text{m}$  이고(Fig. 3-A), 난막에 싸인 배체는 복부에 커다란 난황낭을 보유하며, 난황낭 속에는 난황으로 가득 차 있었다(Fig. 3-B). 이 시기에 소화관은 난황과 배체 사이에 위치하고, 소화관의 형태는 거의 직선상에 가까우며, 소화관 중간부에 약간의 굴곡이 있었다(Fig. 3-B) 소화관 전반부는 단층편평상피이고 중간부분은 발달중인 단층원주상피이며(Fig. 3-C), 후부의 상피는 시원적인 위중층섬모상피가 관찰되었다(Fig. 3-D). 배체의 배측 중앙부에는 신장(kidney), 바로 뒤에는 부레(swim bladder), 이어서 시원적인 췌장(pancrease)이 발달하고, 배체의 복측과 소화관 사이를 따라 흑색소포가 분포하였다(Fig. 3-D).

#### 2) 자어전기

부화 후 1일째(Fig. 4-A), 소화관은 거의 직선상이며, 입부분은 상피로 덮여있고, 소화관 말단부는 아직 열리지 않은 상태이다(Fig. 4-B).

부화 후 2일째(Fig. 5-A), 입이 열리고(Fig. 5-C), 장은 관상으로 장

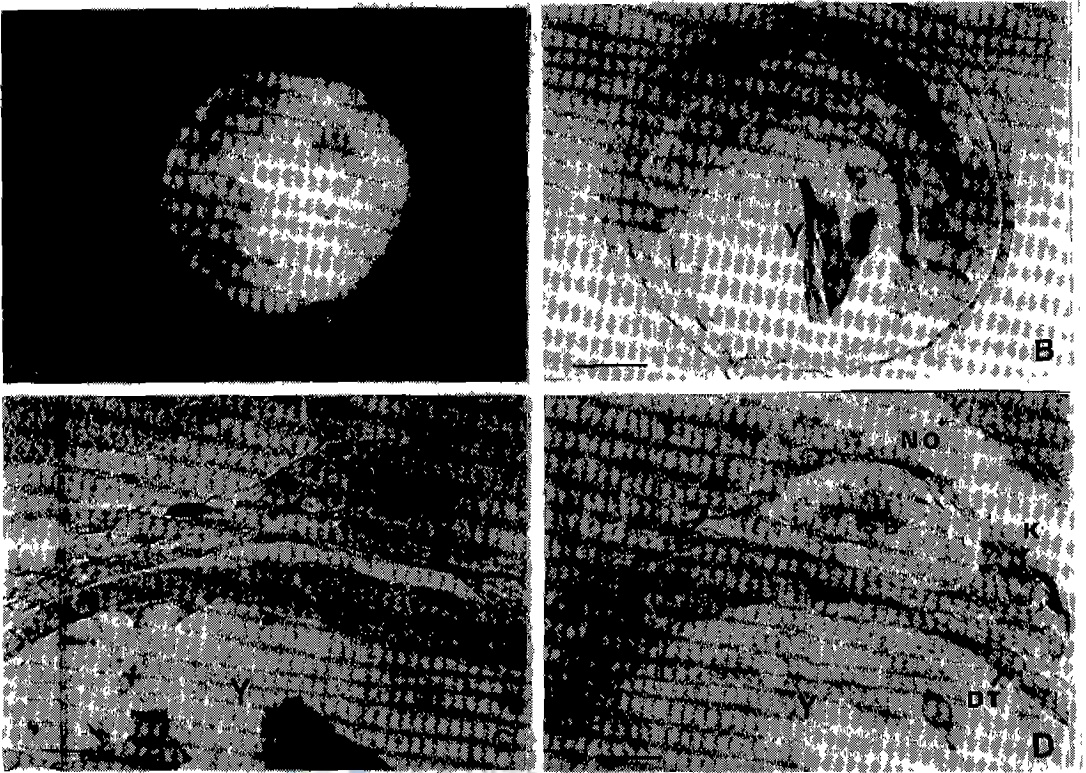


Fig 3 Photomicrographs of tiger puffer embryo before hatching.

(A) fertilized egg photograph. Scale bar=350  $\mu\text{m}$ . (B) sagittal section of the embryo showing the large yolk and gut epithelium Scale bar=100  $\mu\text{m}$ . (C) sagittal section of the anterior part gut epithelium showing the digestive tract. Scale bar=25  $\mu\text{m}$ . (D) sagittal section of the posterior part gut epithelium showing the digestive system. Scale bar=25  $\mu\text{m}$ . DT: digestive tract, H: heart, K: kidney, NO: notochord, Pa. pancreatic tissues, SB: swim bladder, Y: yolk.

(intestine)상피에 원주상피세포가 단층으로 불규칙적인 배열을 하고 있으나(Fig. 5-B), 점막주름이 생기기 시작한다(Fig. 5-D).

부화 후 3일째(Fig. 6-A), 자어 소화관은 식도, 장, 직장으로 구분되며 전장(Ai) 위의 배측에는 부레가 위치한다(Fig. 6-B). 구강에는 구강판(oral valve)이 형성되고, 인두강의 아래쪽에는 새궁이 발달하였으며(Fig. 6-C), 장에는 상피의 굴곡으로 주름이 형성되기 시작하였다(Fig. 6-D).

부화 후 4일째(Fig. 7-A), 자어 소화관은 식도, 전장(Ai), 중장, 직장으로 분화된다(Fig. 7-B), 구강에는 난황낭의 전방부근에 이르는 중장의 배측과 복측에 상피층이 형성되는데, 이 식도의 상피세포들 사이에 점액세포가 분포하고 있으나, PAS에는 양성반응을 나타내지 않는다(Fig. 7-C). 전장(Ai)과 중장, 중장과 직장의 연결 부위는 근섬유가 발달한 괄약근이 형성되고(Fig. 7-D, E), 직장에는 주름이 미약하게 형성된다. 난황은 대부분 흡수되어 소량 남아있고, 복측의 난황 사이에는 간이 위치하고 있다(Fig. 7-F).

### 3) 자어후기

먹이를 먹기 시작하는 부화 후 5일째(Fig. 8-A), 자어의 소화관 복측의 복강에는 난황이 완전히 흡수되었다(Fig. 8-B). 인두상피의 상하에는 소수의 점액세포가 PAS에 양성반응을 나타내었다(Fig. 8-C). 중장에서 섭식한 먹이가 처음으로 관찰되었으며, 소화관 말단부인 항문이 열리고, 항문은 두꺼운 근육층으로 이루어졌다(Fig. 8-D). 이 시기에 인두-식도-장-직장의 경계가 명확하지만 식도와 장 사이에 위를 구성하는 조직상의 분화는 볼 수 없었다.

부화 후 6일째(Fig. 9-A), 식도 후부에서 장쪽으로 이행하면서 소화관은 복측과 두부측으로 팽대하여 300  $\mu\text{m}$ , 150  $\mu\text{m}$ 인 장 팽대부가 형성되었다(Fig. 9-B).

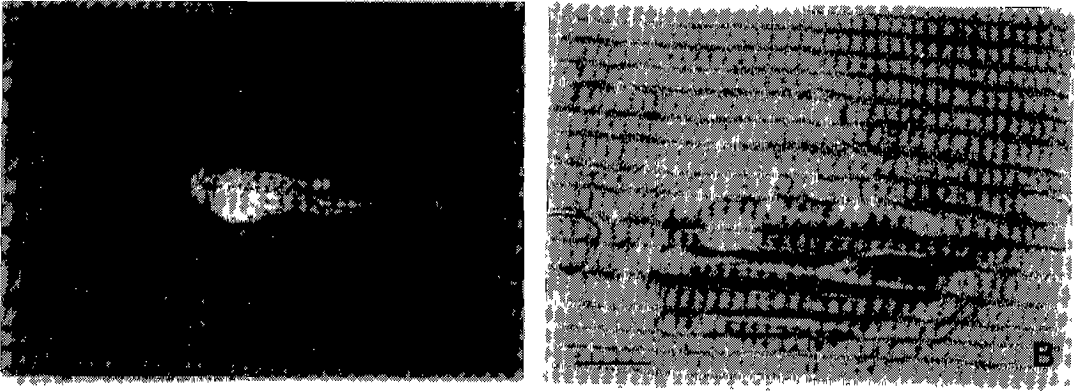


Fig 4 Photomicrographs of a 1 day after hatching in tiger puffer larvae  
(A) whole-body photograph Scale bar=875  $\mu\text{m}$  (B) sagittal section of the body axis showing a digestive tract Scale bar=100  $\mu\text{m}$ . DT: digestive tract, Y: yolk.



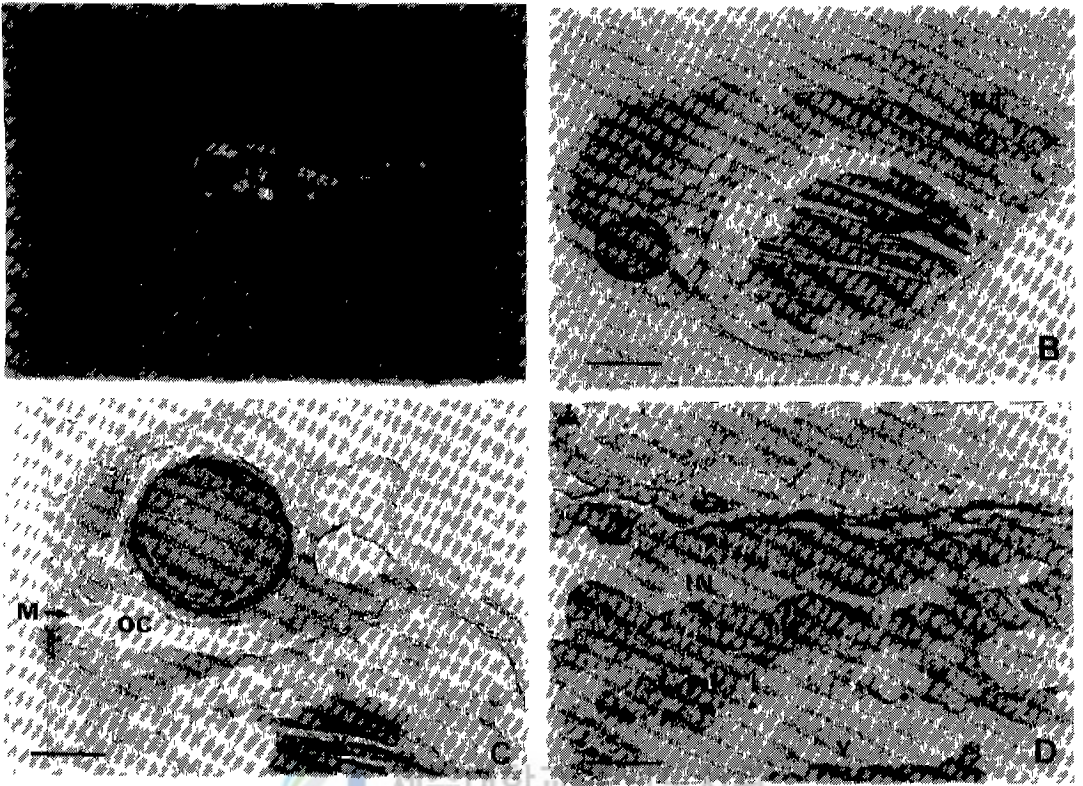


Fig. 5. Photomicrographs of a 2 days after hatching in tiger puffer larvae.

(A) whole-body photograph. Scale bar=875  $\mu\text{m}$ . (B) sagittal section of the body axis showing the digestive tract Scale bar=100  $\mu\text{m}$ . (C) sagittal section of the oral cavity showing the mouth opened. Scale bar=50  $\mu\text{m}$ . (D) sagittal section of the body axis showing the gut epithelium. Scale bar=25  $\mu\text{m}$ . DT digestive tract, IN: intestine, M: mouth, OC: oral cavity, Y: yolk.

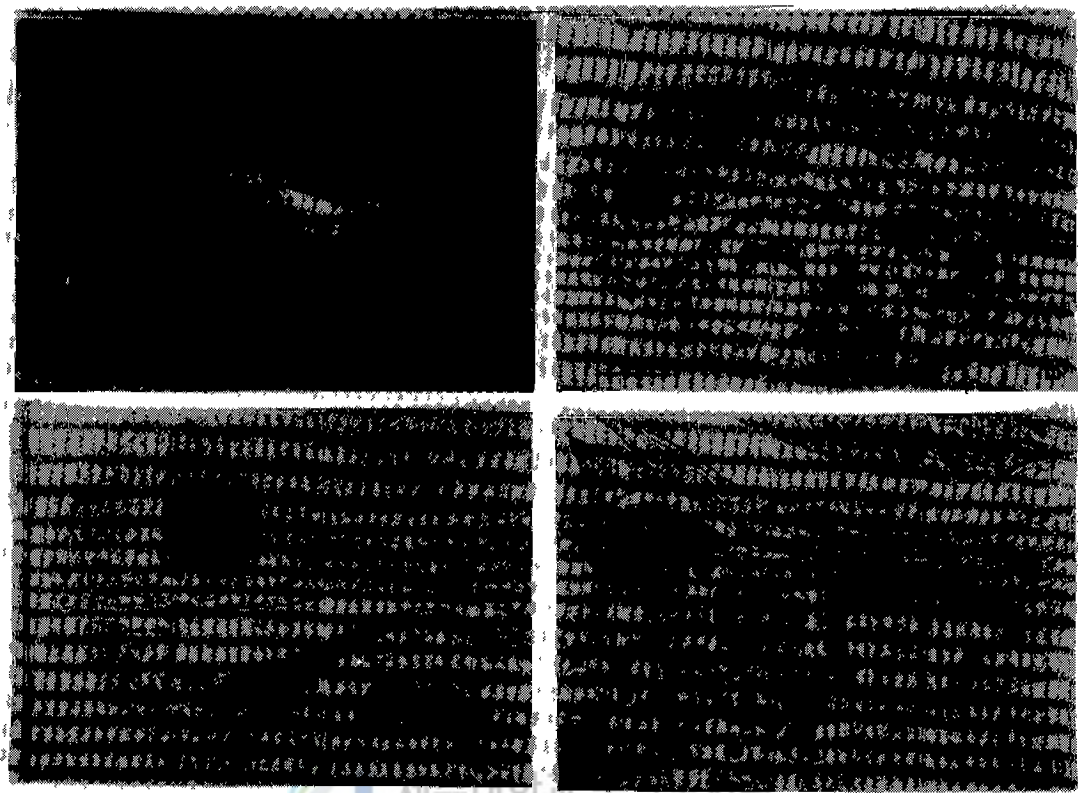
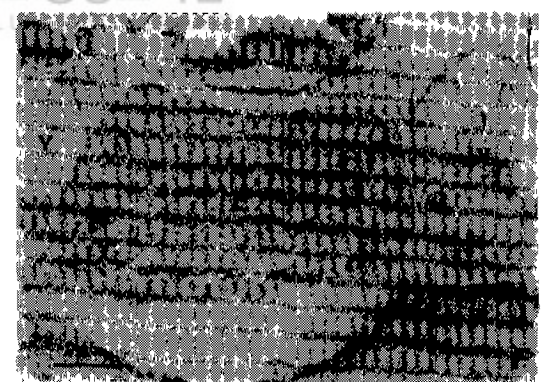
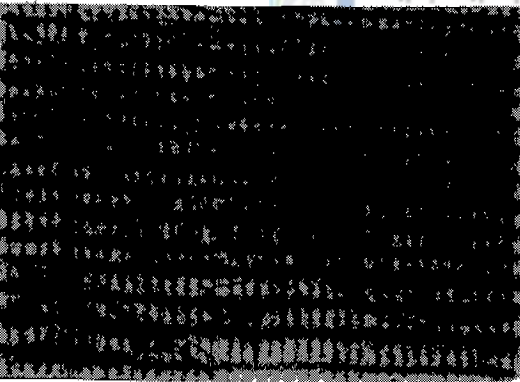
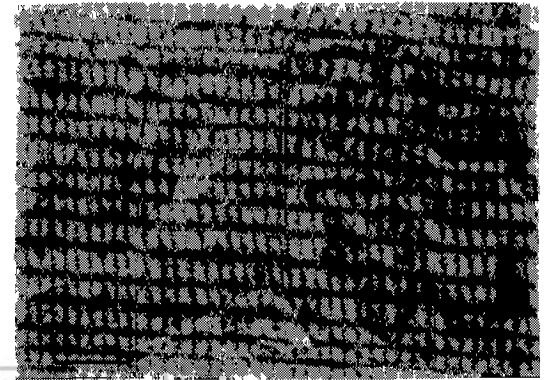
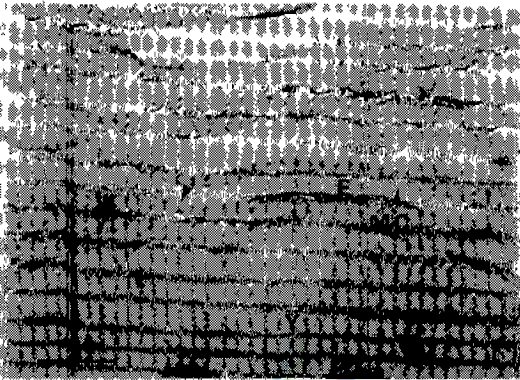
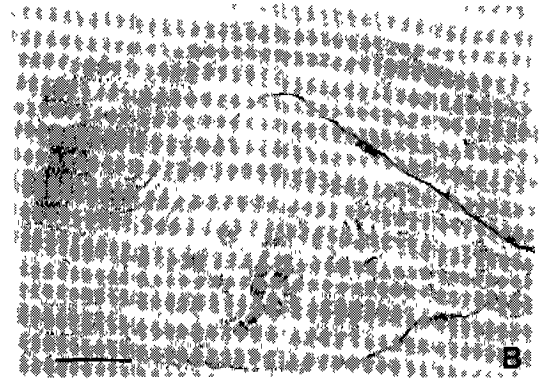
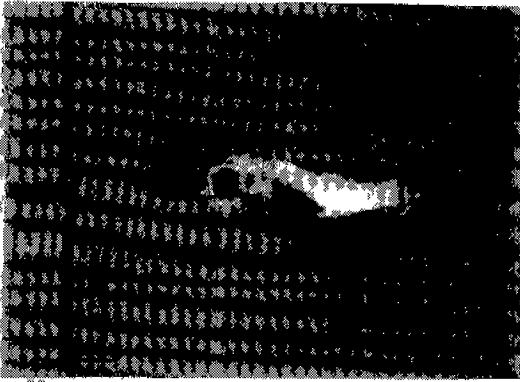


Fig 6 Photomicrographs of a 3 days after hatching in tiger puffer larvae.

- (A) whole-body photograph. Scale bar=875  $\mu\text{m}$ . (B) sagittal section of the whole body axis showing the differentiated digestive tract. Scale bar=100  $\mu\text{m}$ . (C) sagittal section of the oral cavity showing the oral-valve. Scale bar=50  $\mu\text{m}$ . (D) sagittal section of the intestine and rectum. Scale bar=50  $\mu\text{m}$ . Ba: branchial arch, IN: intestine, NO: notochord, OV: oral valve, R: rectum, Y: yolk.





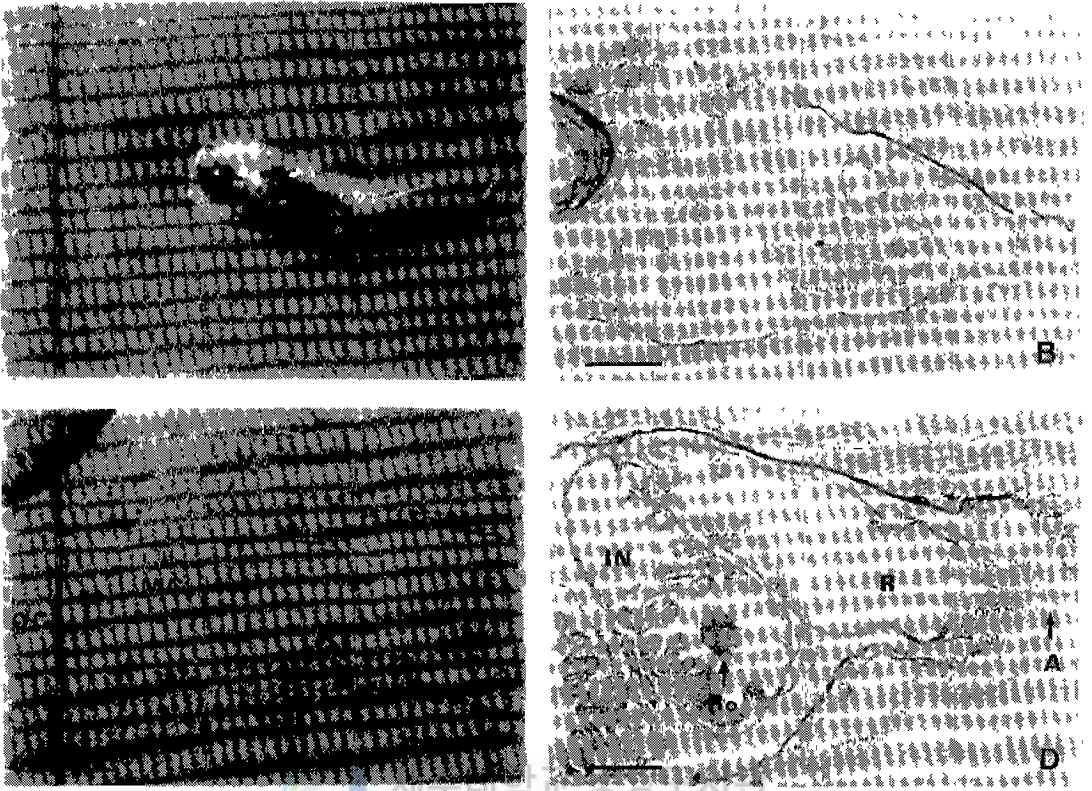


Fig. 8. Photomicrographs of a 5 days after hatching in tiger puffer larvae.

(A) whole-body photograph. Scale bar=875  $\mu\text{m}$  (B) sagittal section of the whole body axis showing the differentiated digestive tract. Scale bar=100  $\mu\text{m}$ . (C) sagittal section of the oral cavity showing the mucous cell PAS stained. Scale bar=25  $\mu\text{m}$  (D) sagittal section of the intestine and rectum showing the rotifer and anus opened Scale bar=50  $\mu\text{m}$  A anus, E: esophagus, IN: intestine, MC: mucus cells, OC oral cavity, R: rectum, Ro rotifer.

부화 후 8일째(Fig. 10-A), 자어의 전장(Ai)은 400  $\mu\text{m}$ , 500  $\mu\text{m}$ 로 더욱 커져서 구형으로 되고, 복측 상피에만 주름이 발달되었다(Fig. 10-B).

부화 후 9일째(Fig. 11-A), 구강의 하악상피 내에서 치아가 형성되고(Fig. 11-C), 중장의 장관상피에는 공포대가 균일하게 분포하였다(Fig. 11-D).

부화 후 10일째(Fig. 12-A), 구강의 상악상피 내에 치아가 형성되었다(Fig. 12-B). 장의 전장(Ai) 복측에 용모가 발달 하는데 이들 용모의 길이는 전장(Ai)의 앞쪽은 50  $\mu\text{m}$ 이고, 뒤쪽은 20  $\mu\text{m}$ 였다(Fig. 12-C, D).

부화 후 11일째(Fig. 13-A), 양악의 상피층을 뚫고 치아가 구강으로 돌출 되어 상하에 2개씩 돌아났고(Fig. 13-B), 식도에 점막주름이 미약하게 형성되었다(Fig. 13-C). 전장(Ai) 용모의 크기는 앞쪽 부분은 140  $\mu\text{m}$ 이고, 뒤쪽 부분은 70  $\mu\text{m}$ 로 발달하였다(Fig. 13-D).

부화 후 15일째(Fig. 14-A), 전장(Ai)의 중반부분에서 둘로 나누어 지면서 전장(Ai)의 앞쪽이 서서히 팽창하기 시작하였고, 이 팽창부위의 용모 길이가 125  $\mu\text{m}$ 이고, 뒤쪽 용모는 20  $\mu\text{m}$ 였다(Fig. 14-B). 장 전반부 장관상피 아래에 한층의 상피로 구성된 선(gland)이 분포하였고(Fig. 14-C), 상피세포 선조연은 PAS에 양성반응을 나타내었다(Fig. 14-D). 상피세포의 핵상부에는 아주 작은 공포들이 밀집되어 공포대를 형성하였고(Fig. 14-E), 선조연과 배상세포(goblet cell)는 PAS에 양성반응을 보였다(Fig. 14-F).

#### 4) 치어기

부화 후 21일째(Fig. 15-A), 전장(Ai)의 앞부분에서 팽창된 부분이 팽창낭으로 분화되었다. 그리고 팽창낭의 바로 뒤쪽 장(intestine)은 전장(Ai)으로 분화되었다(Fig. 15-B). 인두상피의 상층에는 인두치가 발달하였으며(Fig. 15-C), 식도와 팽창낭사이 그리고 팽창낭과 장 사이에는 팔약근

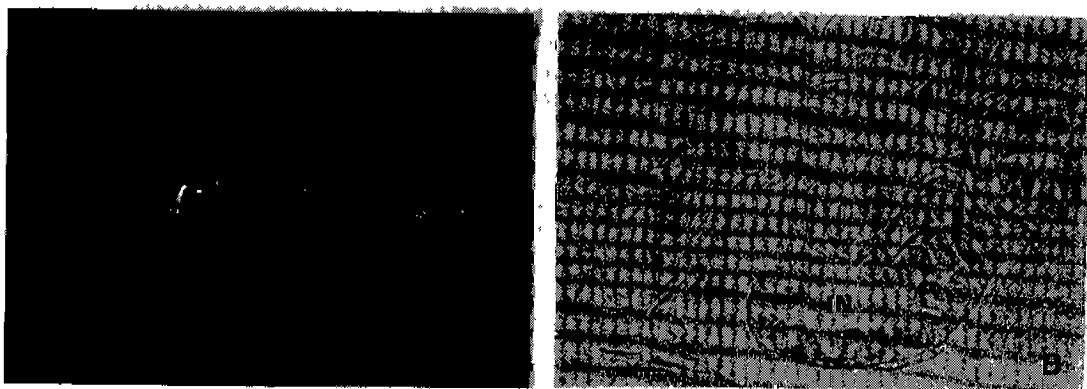


Fig 9. Photomicrographs of a 6 days after hatching in tiger puffer larvae.

(A) whole-body photograph. Scale bar=875  $\mu\text{m}$ . (B) sagittal section of the anterior intestine (IN). Scale bar=50  $\mu\text{m}$ .

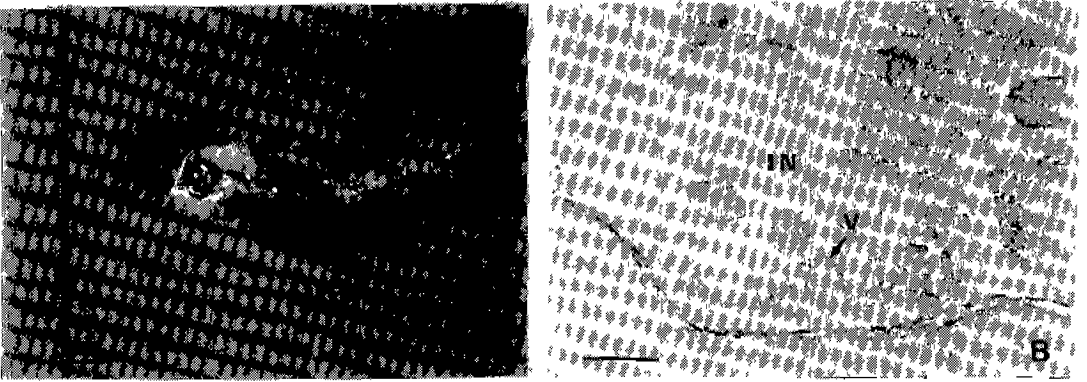


Fig 10 Photomicrographs of a 8 days after hatching in tiger puffer larvae.

(A) whole-body photograph. Scale bar=875  $\mu\text{m}$ . (B) sagittal section of the anterior intestine showing the egg-type gut and villi. Scale bar=50  $\mu\text{m}$  IN: intestine, V villus

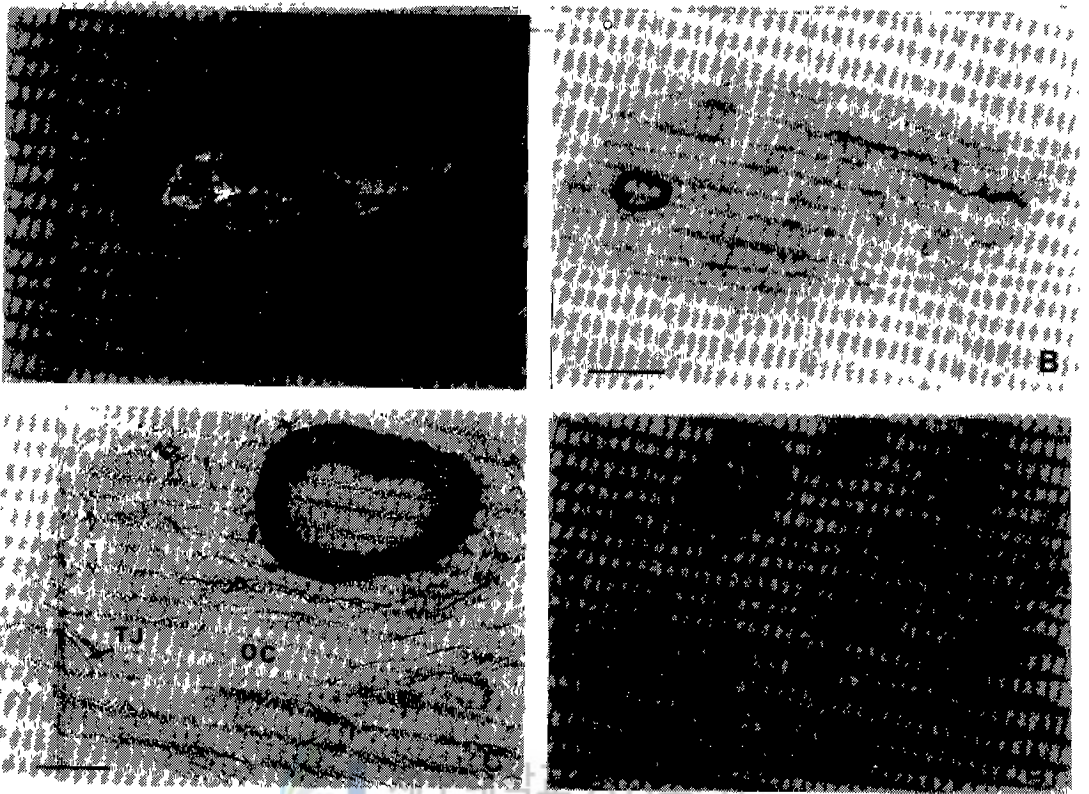


Fig 11 Photomicrographs of a 9 days after hatching in tiger puffer larvae.

- (A) whole-body photograph. Scale bar=875  $\mu\text{m}$ . (B) sagittal section of the whole body axis showing the differentiated digestive tract. Scale bar=350  $\mu\text{m}$ . (C) sagittal section of the oral cavity showing the jaw-teeth. Scale bar=50  $\mu\text{m}$ . (D) sagittal section of the intestine showing the intestine villi Scale bar=25  $\mu\text{m}$ . IN: intestine, OC. oral cavity, TJ: tooth jaw, V: villus.



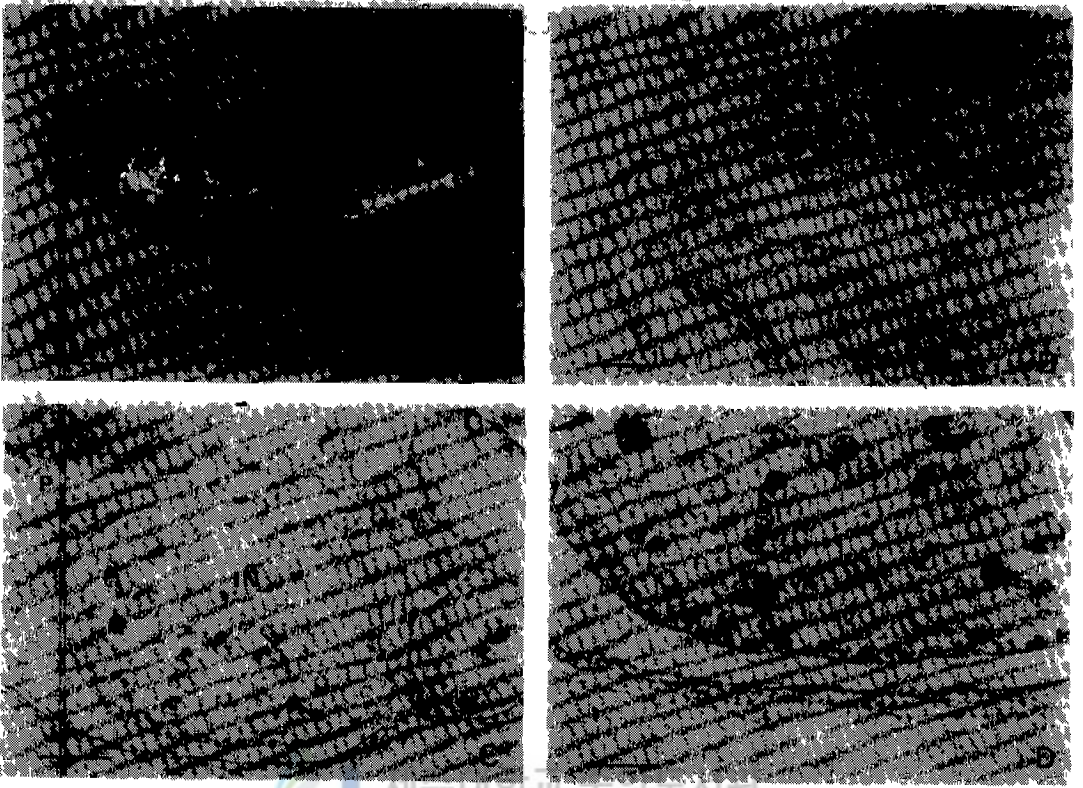


Fig 12. Photomicrographs of a 10 days after hatching in tiger puffer larvae.

(A) whole-body photograph. Scale bar=875  $\mu\text{m}$ . (B) sagittal section of the oral cavity showing the jaw-teeth Scale bar=50  $\mu\text{m}$ . (C) sagittal section of the anterior intestine showing the egg-type gut. Scale bar=100  $\mu\text{m}$ . (D) sagittal section of the anterior intestine showing the different villi. Scale bar=50  $\mu\text{m}$   
 IN intestine, OC: oral cavity, P: pharynx, TJ. tooth jaw, V' villus.

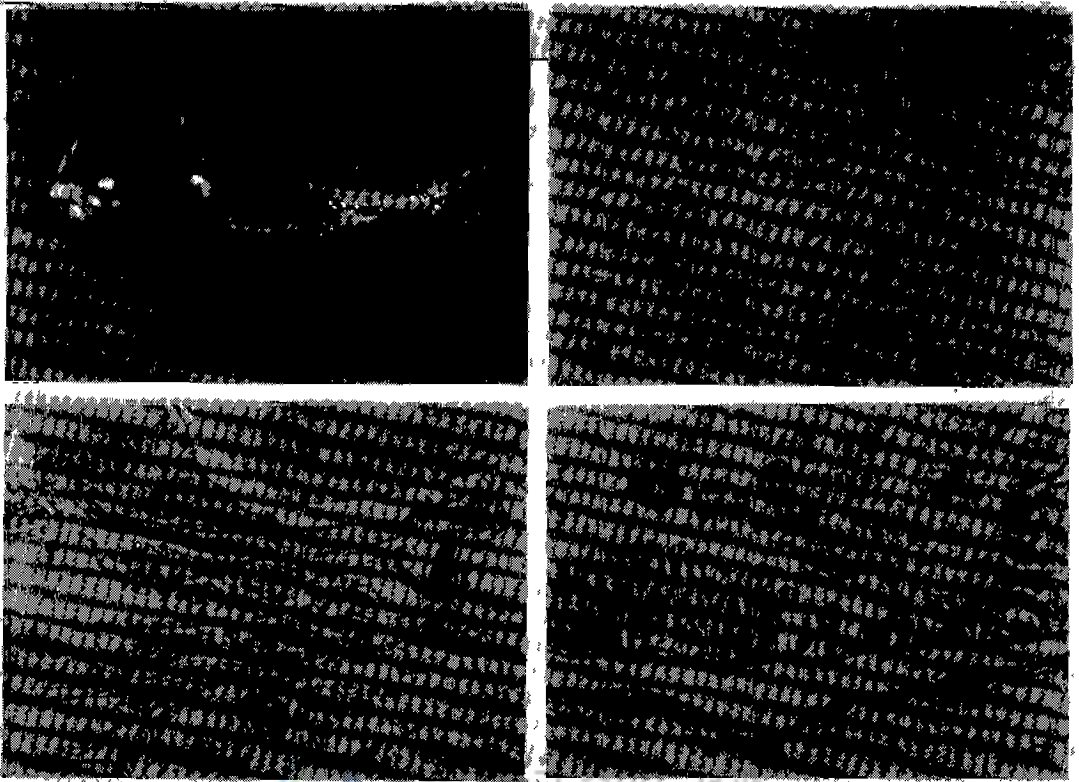
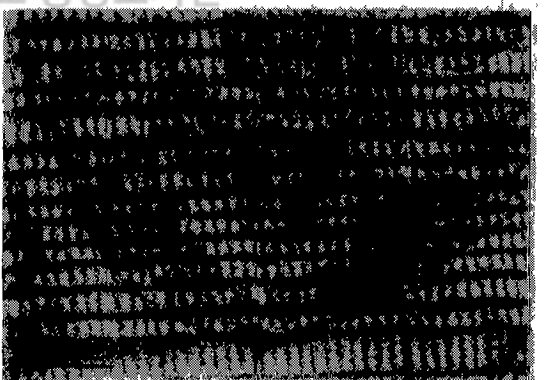
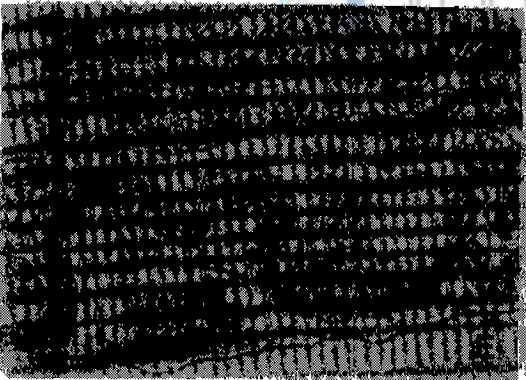
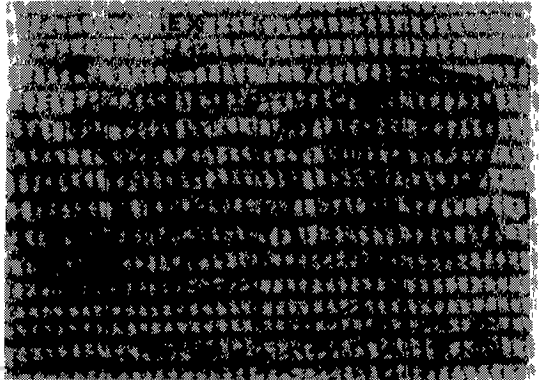
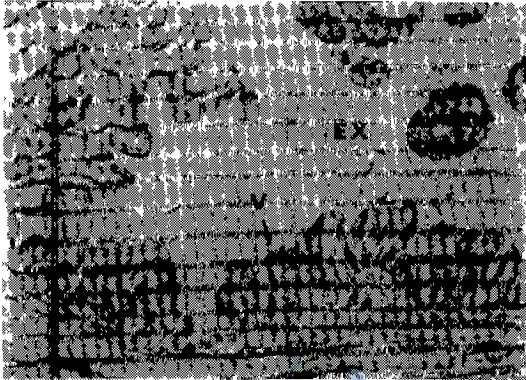
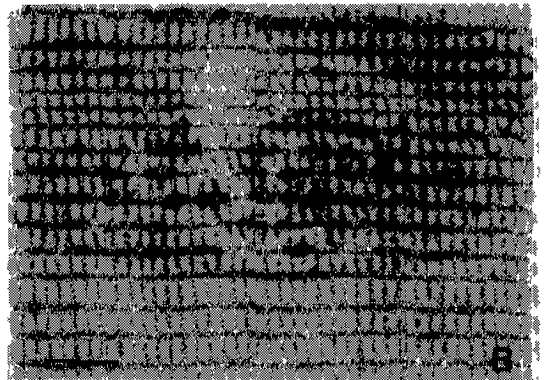
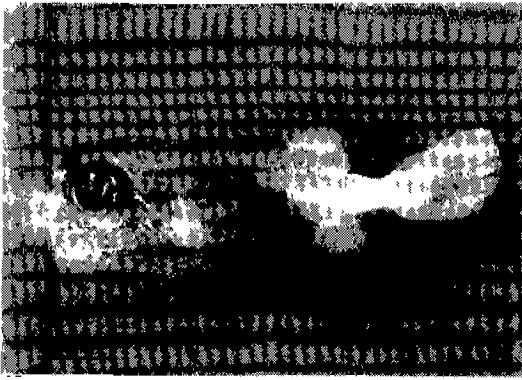


Fig. 13. Photomicrographs of a 11 days after hatching in tiger puffer larvae.

(A) whole-body photograph. Scale bar=875  $\mu\text{m}$ . (B) sagittal section of the oral cavity showing the jaw-teeth. Scale bar=50  $\mu\text{m}$ . (C) sagittal section of the esophagus showing the formed villus. Scale bar=50  $\mu\text{m}$ . (D) sagittal section of the anterior intestine showing the different size of villi. Scale bar=50  $\mu\text{m}$ . E: esophagus, IN: intestine, OC: oral cavity, TJ: tooth jaw, V: villus.



(sphincter)이 매우 발달되었다(Fig. 15-C, D). 팽창낭의 용모 길이는 62.5  $\mu\text{m}$ 로 점점 퇴화되어 가고, 전장(Ai)의 용모는 미세하게 남아있다.

부화 후 24일째(Fig. 16-A), 팽창낭은 발달되어 커지고(Fig. 16-B), 팽창낭 후반부의 용모는 퇴화되어 전반부에만 분포하였다(Fig. 16-B, C). 팽창낭 상피에 PAS에 양성반응이 나타나는 점액세포가 분포하였다(Fig. 16-D) 체장은 복강내에 드문드문 산재하며, 일부 체장은 간(liver)내로 함유되어 간체장을 형성하였다(Fig. 16-E, F).

부화 후 30일째(Fig. 17-A), 팽창낭은 복측의 두부쪽과 항문쪽으로 길게 신장되어 소화계는 구조적으로 성어의 형태로 분화되었다(Fig. 17-B). 입술, 구강상피 및 구강판, 인두, 식도에는 다수의 점액세포가 산재하였고(Fig. 17-C, D), 팽창낭의 용모는 매우 작고, 전장(Ai), 중장, 그리고 직장에는 상피세포층을 따라 상피세포 사이사이에 배상세포(goblet cell)들이 분포하였으며, PAS에 강한 양성반응을 보였다(Fig. 17-E, F).



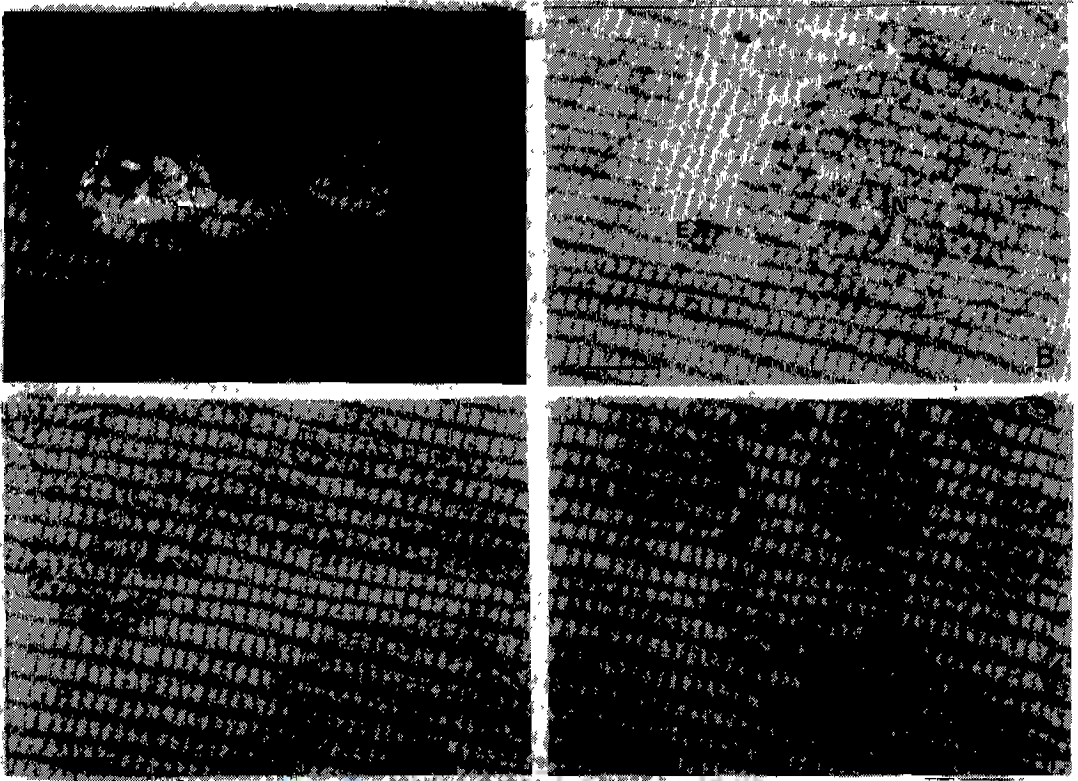
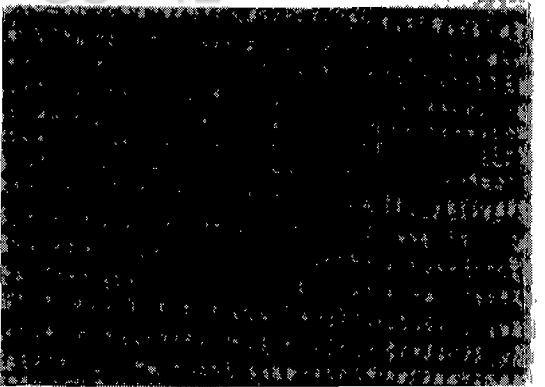
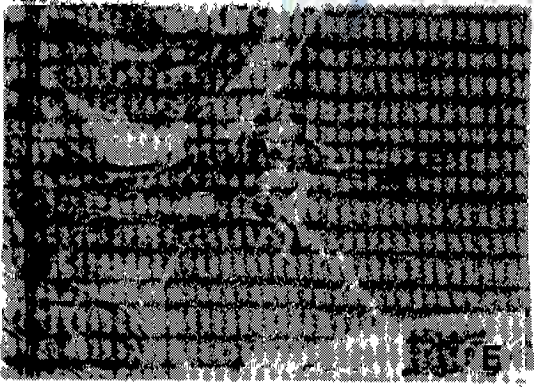
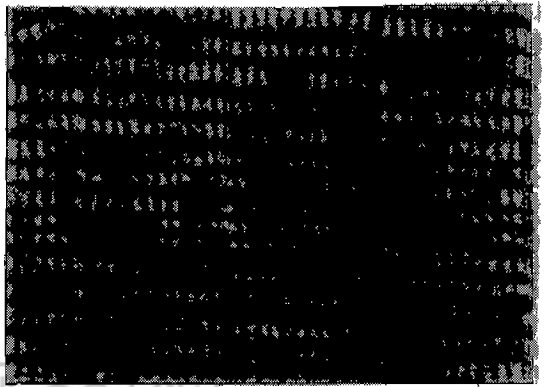
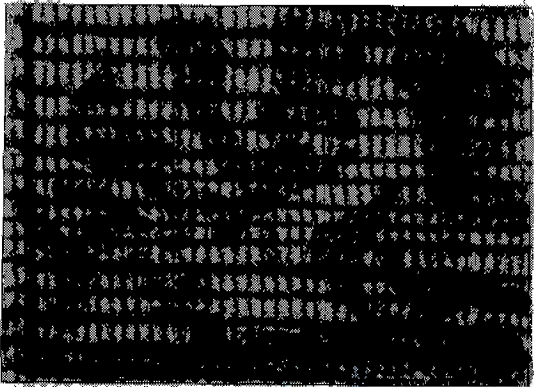
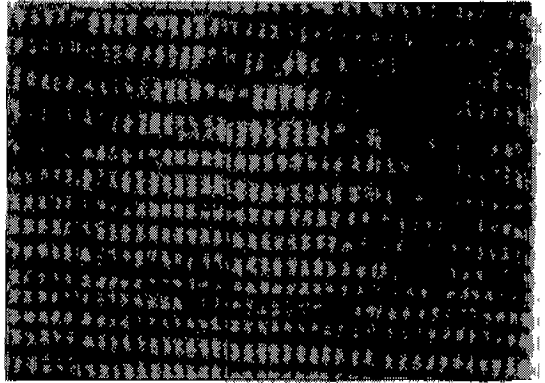
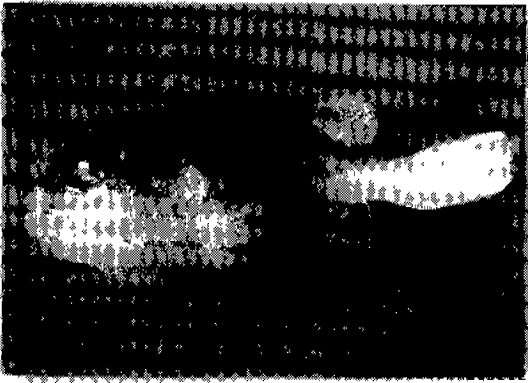
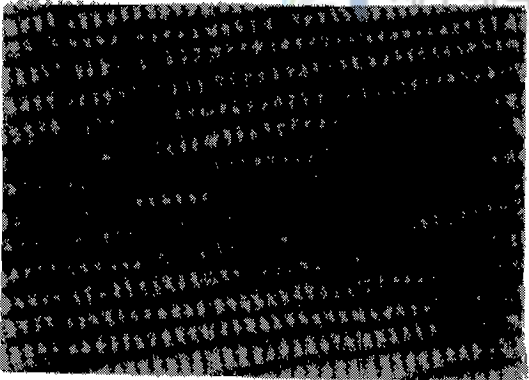
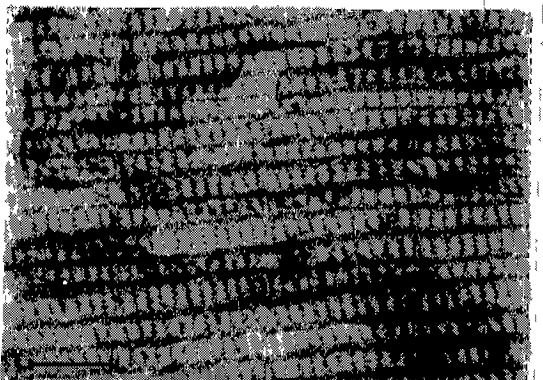
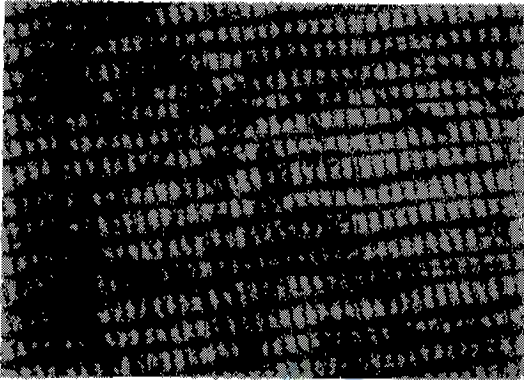
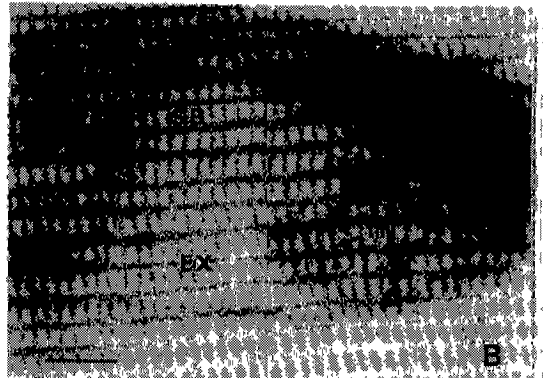
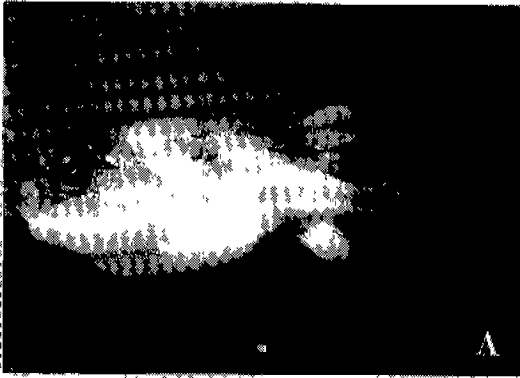


Fig. 15. Photomicrographs of a 21 days after hatching in tiger puffer larvae.

(A) whole-body photograph. Scale bar=875  $\mu\text{m}$ . (B) sagittal section of the anterior intestine showing the differentiation expansion sac. Scale bar=200  $\mu\text{m}$ . (C) sagittal section of the headgut showing the pharyngeal teeth and sphincter. Scale bar=50  $\mu\text{m}$ . (D) sagittal section of the expansion sac and anterior intestine showing the sphincter. Scale bar=50  $\mu\text{m}$ . E: esophagus, EX: expansion sac, IN: intestine, P: pharynx, PT: pharyngeal teeth, S: sphincter.





## IV. 고찰

이 연구에서 자주복, *T. rubripes*의 부화직후 자어는 커다란 난황을 갖고 있으나, 부화 후 2~5일령 자어는 입과 항문이 열리고 먹이를 섭취하기 시작하면서 난황은 거의 흡수된다. 따라서 자주복 자어는 부화 후 5~6일령에는 외부영양을 섭취 할 수 있는 소화계 기본구조가 확립되는 것으로 생각된다. 이 시기에 자어의 직선상 소화관은 굴곡이 시작되며 식도에 점액 세포들이 출현하고 있어서 완전한 기능은 아닐지라도 먹이의 소화기능이 시작되는 것으로 생각된다.

먹이 섭취 개시시 자어의 소화관 형태는 은어, *Plecoglossus altivelis*, 잉어, *Cyprinus carpio*, 송사리, *Oryzias latipes* 등과 같이 입으로부터 항문까지 길이가 긴 직선형인 것과, 틸류와 복어류처럼 입으로부터 항문까지 길이가 짧은 회전굴곡형으로 대별된다. 대부분의 회전형 어류는 장 전반부의 복측부를 중심으로 장이 1회전하는 것이 대다수이나, 예외적으로 굴곡형인 복어류의 장은 중반부에서 굴곡 하는데, 이것은 복어류가 팽창낭을 갖고 있어 특별한 소화관의 분화로 여겨진다(Tanaka, 1969).

이 연구에서 자주복 소화관의 전체적인 형태변화, 소화관을 구성하는 각 부위의 점박주름의 형성, 삼피층의 구성세포, 섬모와 선조연의 발달양상, 배상세포 그리고 근육층의 발달 과정을 볼 때 소화관 발달은 배 발생 단계부터 부화 후 30일까지 이어진다.

대부분의 경골어류의 소화관은 구강, 인두강, 식도, 위, 유문수, 장 그리고 직장으로 구성되어 있는데 잉어과 어류에서는 위와 유문수를 갖고 있지 않다(Tanaka, 1969).



자주복은 gastric gland를 함유한 I-shape 위를 가지고 있다고 보고하고 있으나(Nishida, 1971; Akasaki, 1987), Tanaka (1971)는 치어기의 자주복에서 위는 찾아볼 수 없다고 보고하였다.

이 연구에서 자주복의 소화관은 부화 후 3~4령에 장으로 분화되고, 부화 후 18일령에는 장의 전반부가 부풀어지기 시작하여 부화 후 24일령에는 팽창남으로 거의 분화가 이루어지며, 부화 후 30일령에는 전형적인 성체의 소화관 구조를 갖추고 있으나 위와 유문수는 식별할 수 없었다.

Smallwood and Derrickson(1933)은 9~11 mm인 잉어, *C. carpio* 자어에 체조직의 일부가 간(liver) 내에서 관찰된다고 보고하였다. 경골어류는 일반적으로 후기자어기에 간체장이 형성되며, 간체장의 생리적 의의에 대해서는 잘 알려져 있지 않지만, 간내에 체조직의 일부가 존재하고 있어도 조직적으로는 완전히 분리되어 있고, 특이한 생리적 기능을 가지고 있지 않다(Tanaka, 1971)고 제시하고 있다.

이 실험에서 체조직은 배체형성 단계에서부터 나타났고, 간체장은 부화 후 24일령에 관찰되었으며, 복강에도 드문드문 산재하였다.

Kawai and Ikeda (1971)에 의하면 초기자어의 식도상피에 점액세포가 출현하여 차츰 그 수가 증가하는 것은 이들 세포가 분비하는 점액이 단순히 사료의 원활한 운반 뿐 아니라 각종 소화효소를 분비하여 사료의 소화작용을 도와줄 것으로 추측하였다. 방어의 식도상피 분화를 보면, 부화 후 4~5일된 자어의 식도상피에 PAS반응 양성물질을 함유한 점액세포가 출현하고 있는 점으로 보아 약간의 소화기능이 지적되고 있다(樫田·落合, 1973).

이 연구에서 자주복 초기자어의 식도상피내 점액세포는 부화 후 4일령에 관찰되고, 첫 먹이가 장내에 관찰되는 부화 후 5일령에 PAS에 양성반응을 보였고, 이후 그 수는 점점 증가하였다.

자어 후기에서 치어 전기로 이행되는 시기에 장관상피에 커다란 공포대가 균일하게 나타나는데, Iwai and Tanaka (1968a, b)와 Tanaka (1971)은 이들 공포가 먹이생물인 동물성 플랑크톤으로부터 흡수된 유기용매성지질이라고 보고하고 있다.

이 실험에서 부화 후 9일령의 자주복 자어의 장관 상피에서 연속적인 공포대가 형성되는 것으로 보아, 소화·흡수작용이 활발히 진행되고 있음을 보여준다.

또한 소화관 내부의 선조연, 배상세포, 근육층의 발달은 주로 고형섭식물질 및 배설물의 수송과 관련이 있다. 난생어류의 경우에 자어는 부화직후 또는 부화 후 난황이 완전히 흡수된 이후부터는 고형물질을 섭식하기 때문에 이들 소화관의 선조연과 배상세포 그리고 근육층은 발달과 함께 수송기능을 수행하게 된다(Lee and Chin, 1996).

중요생산 과정에서는 먹이생물을 미리 수조 내에 투여하는 일은 수조내 생물의 밀도를 높여줌으로써 일어나는 사육환경의 오염과 투입된 먹이생물이 시간이 경과함에 따라 체내영양을 소모해 버리기 때문에 정작 자어가 먹이를 포식할 때에는 영양이 없는 상태로 되어 이러한 먹이를 먹은 자어는 영양결핍을 초래하게 되므로 부화 자어에 처음 먹이를 공급하는 시기를 파악하는 일은 대단히 중요한 요소가 된다(Kwan, 1978). 넙치의 중요생산에서 부화 후 2일 이전에 먹이를 준 것은 65%의 생존율을 나타내었고, 3~4일째부터 먹이를 공급한 것은 부화 후 7일까지 35%이상 생존하였으며, 6일 이후 먹이를 공급한 경우에는 7일 이후 모두 폐사하였다(Rho and Pyen, 1986). 또한 감성돔의 경우 부화 후 4일 이내에 먹이를 공급한 경우 7일까지의 생존율은 56~61%이었고 부화 후 7일째까지 rotifer를 공급하지 않았던 경우에는 모두 폐사하였다(Lee and Rho, 1987). 자주복은 부화 후 2일부터 5일 사이에 초기먹이인 rotifer를 공급하였을 경우 실험종료 12일

제까지 90%이상의 높은 생존율을 나타내었고, 6일~11일 사이에 먹이를 공급한 경우의 생존율도 88.5~55.0%로 타 어종에 비해 높게 나타났다. 또한 12일까지 먹이를 투여하지 않은 경우에도 넙치와 감성돔에서 볼 수 있었던 전수치사는 일어나지 않았고, 비교적 높은 51.5% 생존률을 나타내었다. 이러한 점에서 비추어볼 때 자주복은 난경이 1.20~1.45 mm(藤田, 1962)로서 감성돔의 난경 0.74~0.94 mm(Lee and Rho, 1987; 平野, 1969), 넙치의 난경 0.86~0.94 mm(Rho and Pyen, 1986; 平本, 1981)에 비하여 크고, 감성돔이나 넙치보다 큰 난황을 가지고 있기 때문에 난황을 흡수하는 기간이 길어서 외부로부터 먹이를 필요로 하는 시기가 늦어져 타 어종에 비해 부화 후 초기 환경적응에 강한 것으로 생각되어진다. 자주복 부화자어의 적정 rotifer 공급시기는 실험 종료시 까지 90%이상의 생존율을 보인 부화 후 2~5일 사이에 공급함이 바람직하다고 보고한바 있다(Rho and Jung, 1993).

이 연구에서는 난황이 흡수되고, 항문이 개구되는 시기인 부화 후 5일째 자주복의장에서 rotifer가 처음으로 관찰되었다. 따라서 사육환경에 따른 개체의 발달이 차이가 있겠으나 자주복인 경우 부화 후 4~5일에 첫 먹이를 공급하는 것이 바람직하다고 생각한다.

부화자어의 생명력은 각 기관의 분화발달과 밀접한 관계가 있을 것으로 생각할 수 있으나 생명유지 활동을 위해서는 영양섭취 기관인 소화기관의 발달이 어느 기관보다도 부화자어의 생존율 변화에 크게 영향을 미칠 것으로 여겨지며, 소화기관의 발달에 따른 먹이생물의 공급시기도 또한 부화자어의 생존율에 크게 영향을 미친다고 볼 수 있다.

연어 초기발생 실험(Hayes *et al.*, 1953)에서 각 기관의 분화시기 및 발달정도가 수온, 광, 용존산소, 수질, 영양조건 등에 의해 크게 영향을 받고 있는 것으로 보고하고 있어, 종묘생산시 이들 환경요인과 함께 자어의 종

류별 소화기관의 발달에 따른 소화 흡수와 이에 따른 성장과 생존에 미치는 영향 등에 대해서 심도 있는 연구가 수행되어야 할 것으로 생각된다.

또한, 자주복에서 팽창낭의 기능과 역할, 그리고 위를 갖고 있지 않는 어류에서 위의 역할을 수행하는 소화기관에 관해서 많은 연구가 이루어져야 할 것으로 생각된다.



## V. 요약

이 연구는 자주복, *Takifugu rubripes*을 1999년 5월 12일부터 1999년 6월 19일까지 실내 원형 콘크리트 수조에서 사육하면서, 성장 단계에 따른 소화기관의 외부형태 및 내부조직의 발달과정을 조사하였다.

부화 전 난막에 싸인 배체는 복부에 커다란 난황낭을 보유하며, 원시소화관이 난황과 배체 사이에 위치한다. 부화 직후의 자어는 직선상 소화관의 형태를 하고 큰 난황낭을 가지고 있다. 이 소화관 상피는 단층의 원주상피세포로 구성되어 있다. 이 시기에 입과 항문은 열려 있지 않다. 부화 후 2~4일령 초기 자어는 대부분 난황을 흡수한다. 그리고 입이 열리고 구강에는 구강관이 형성된다. 소화관은 식도, 전장(Ai), 중장 및 직장으로 구분된다. 장에는 주름이 생기기 시작한다. 부화 후 5~6일령 후기 자어의 장 내에서 먹이가 처음 관찰되었으며, 식도상피에 점액세포가 발달하고 항문이 열리면서 원시소화기능을 가진다. 그리고 장 중반부는 배측으로 구부러지기 시작한다. 부화 후 11일령 후기 자어는 구강의 앞부분에 양악치가 2개씩 상피층을 뚫고 돌아난다. 그리고 전장(Ai)의 앞부분이 서서히 부풀어진다. 부화 후 15일령 후기 자어의 전장(Ai)은 앞쪽으로 더욱 부풀어지고, 중반부에서는 팽창낭으로 분화되기 시작한다. 부화 후 21일령에 치어기로 이행되면서 전장(Ai)의 앞부분이 팽창낭으로 분화되고, 장 중반부는 배측을 향하여 회전한다. 부화 후 30일령 치어의 소화계는 인두, 식도, 팽창낭, 장, 및 직장으로 분화되었으나, 위는 형성되지 않았다. PAS에 양성 반응을 보이는 점액세포가 구강, 식도 및 팽창낭에 출현하였고, 배상세포(goblet cell)는 장과 직장의 상피세포 층에 분포하였다.

## VI. 참고문헌

- Abe, T. 1949. Synopsis of the puffers from Japan and adjacent regions. Bull. Biogeograph. Soc. Jap. Jour. Ichthyol. 1(13), 1-189.
- Akasaki, M. 1987. in "Fish Anatomy" (ed. by A. Ochiai). Midorishobo, Tokyo, pp. 73-100.
- Baglole, C. J., H. M. Murray, G. P. Goff and G. M. Wright. 1997. Ontogeny of the digestive tract during larval development of yellowtail flounder: a light microscopic and mucous histochemical study. J. Fish. Biol., 51 : 120-134.
- Hayes, F. R., D. Pelluet and E. Gorham. 1953. Some effect of temperature and the embryonic development of the salmon, *Salmo salar*. Can. J. Zool., 31 : 42-51.
- Iwai, T. and M. Tanaka. 1968a. The comparative study of the digestive tracts of teleost larvae-III. Epithelial cells in the posterior gut of halfbeak larvae. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 34 : 44-48
- Iwai, T. and M. Tanaka. 1968b. The comparative study of the digestive tracts of teleost larvae-IV. Absorption of fat by the gut of halfbeak larvae. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 34 : 871-875.
- Kaji, T., M. Tanaka, M. Oka, H. Takeuchi, S. Ohsumi, K. Teruya and J. Hirokawa. 1999. Growth and Morphological Development of Laboratory-Reared Yellowfin Tuna *Thunnus albacares* Larvae and Early Juveniles, with Special Emphasis on the Digestive System.

- Fish. Sci., 65(5) : 700-707.
- Ko, H. B. and S. Rho. 1996. Low Salinity Tolerance of Eggs and Juveniles of Tiger puffer, *Takifugu rubripes*. J. of Aquaculture, 9(1) : 43-55
- Kumai, H., I. Kimura, M. Nakamura, K. Takii and H. Ishida. 1989. Studies on Digestive System and Assimilation of a Flavored Diet in Ocellate Puffer. Nippon Suisan Gakkaishi, 55(6) : 1035-1043
- Kwai, S. and S. Ikeda. 1971. Studies on digestive enzyme of fishes- I. Carbohydrases in digestive organs of several fishes. Bull. Jap. Soc. Fish., 37(4) : 333-337.
- Lee, J. J. and S. Rho. 1987. Studies on the Production of the Black Porgy, *Mylio macrocephalus* (Basilewsky). Bull. Mar. Resour. Res. Inst. Cheju Nat. Univ., 11 : 1-20.
- Lee, J. M. 1988. Histological Studies on the Digestive Tracts of the Larvae and Juveniles of the Right-Eye Flounder, *Limanda yokohamae* (Gunther), Graduate School Nat. Fish. Univ. of Pusan , pp. 1-28.
- Lee, J. S. and P. Chin. 1996. Uptake of Polysacchride with Development of Alimentary Tract in Embryo of *Ditrema temmincki* (Teleostei: Embiotocidae). J. Korean Fish. Soc., 29(4): 438-449.
- Nishida, S., 1987. in "Atlas of Fish Anatomy" (ed. by A. Ochiai). Midorishobo, Tokyo, pp. 237-238.
- Pyen, C. K. and S. Rho. 1970. Studies on the Seed Production of the Puffer, *Takifugu rubripes* (Temnick et Schlegel). J. Korean Fish. Soc., 3(1) : 52-64.

- Rho, S. and Y. S. Jung. 1993. Studies on the Seed Production of the Puffer, *Takifugu rubripes* (Temnick et Schlegel). J. of Aquaculture, 6(4) : 295-310.
- Smallwood, W. M. and M. B. Derrickson. 1933. The Development of the Carp, *Cyprinus carpio*. II. The Development of the Liver-pancreas, the Island of Langerhans, and the spleen. J. Morph., 55 : 15-27.
- Tanaka, M. 1969. Studies on the Sturcture and Function of the Digestive System in Teleost Larvae-II. Characteristics of the Digestive System in Larvae at the Stage of First Feeding. Japan. J. Ichthyol., 16(2) : 41-49.
- Tanaka, M. 1971. Studies on the Sturcture and Function of the Digestive System in Teleost Larvae-III. Development of the Digestive System during Postlarval Stage. Japan. J. Ichthyol., 18(4) : 164-174.
- Yang, S. G., Y. D. Lee and C. K. Pyen. 1994. A Study on the Gonadal Maturation and Egg-Stripping by Hormone Treatments of Tiger Puffer, *Takifugu rubripes*. J. of Aquaculture, 11(4) : 189-205.
- 關 哲夫. 1978. アワビ種苗生産の考え方. 増殖技術の基礎と理論. 水産學シリーズ, 23: 57~67.
- 高井徹・松井魁. 1963. トラフグの種苗生産に関する豫察的研究. 水産増殖, 臨時虎, 2 : 1~7.
- 林田豪介・柿田研造・松清恵一. 1981. トラフグ種苗生産. 長崎縣水試事報., 57 : 289-235.
- 林田豪介・松清恵一. 1983. トラフグ種苗生産. 長崎縣水試事報., 59 : 233-235.



- 藤田失郎. 1962. 日本産主要フグ類の生活史と養殖に関する研究. 長崎縣 水産 試験場 論文集, 2 : 13-31.
- 椋田普・落合明. 1973. 仔稚魚期におはるブリの消化管の構造と機能の發達について. 日本誌., 39(9) : 923-930.
- 北田哲夫・北島 力. 1982. トラフグの種苗生産實驗. 長崎縣水試事報., 57 : 238-247.
- 北田哲夫・北島 力. 1983. トラフグの種苗生産實驗. 長崎縣水試事報., 58 : 170-177.
- 平野禮次郎. 1969. クロダイ稚魚飼育. 日水誌., 35 : 567-569.
- 平本義春. 1981. ヒラメ種苗生産. 採卵から稚魚の飼育まで. 養殖, 4 : 54-58.
- 平本義春・小林啓二. 1962. ヒラメの種苗生産に関する. 栽培持研., 51 : 120-134.



## 감사의 글

부족함이 많은 저를 학문의 길로 이끌어 학문하는 사람으로서의 올바른 자세를 갖도록 가르치시고, 논문의 완성까지 따뜻한 격려와 사랑으로 지도해 주신 이영돈 선생님의 은혜에 고마움을 느끼며 깊은 감사를 드립니다.

바쁘신 중에도 부족한 논문을 정성껏 다듬어 주신 노 섬 선생님과 송춘복 선생님께 감사 드립니다. 또한, 많은 관심을 가지고 지도와 격려를 해주신 이정재 선생님, 정상철 선생님, 이기완 선생님, 최광식 선생님, 이제희 선생님, 허문수 선생님, 여인규 선생님께 감사 드립니다.

결에서 깊은 관심과 조언을 아끼지 않았던 강법세 부장님과, 사조CS(주) 양식사업팀 가족 여러분들께 감사를 드리고, 이 논문을 수행하는데 있어 큰 힘이 되어 주신 고환봉 선배님께 진심으로 고마움을 전합니다.

유학 중에도 많은 도움을 주신 병호형, 실험과 자료를 정리하는데 있어서 도움을 아끼지 않은 실험실가족(김봉래, 오성립, 나오수, 송영보, 이치훈, 박용주, 박성보, 임봉수, 문순주, 진숙자, 서종표, 최정권, 김한준, 고호진, 김진완, 고범호, 박창범, 한성민)들과 변수철 선배님, 그리고 대학원 선·후배님께 감사를 드립니다.

또한, 사랑으로 항상 저를 보살펴주시고, 뒷바라지 해 주신 어머님과 장인·장모님 그리고 형님 가족 분들께 머리 숙여 감사 드립니다.

끝으로, 늘 곁에서 맑은 웃음으로 변함없이 내조해준 나의 사랑하는 아내 정희와 보름후면 태어날 2세에게 고마움과 미안함을 함께 전합니다.

이 연구는 제주대학교 해양연구소의 시설과 기자재를 이용하여 수행하였고, 연구수행에 큰 도움을 주신 해양연구소 직원 여러분들께 진심으로 사의를 표합니다.