

제 3차년도  
최종보고서

BSPG 96267-00-1070-3

## 황복 종묘 대량 생산 및 증·양식 기술 개발

Development of technique on the seedling  
mass production and propagation of  
river puffer, *Takifugu obscurus*

연구기관  
한국해양연구소

농림부행정자료실



0005744

농 립 부

제 3차년도  
최종보고서

BSPG 96267-00-1070-3

## 황복 종묘 대량 생산 및 증·양식 기술 개발

Development of technique on the seedling  
mass production and propagation of  
river puffer, *Takifugu obscurus*

연구기관  
한국해양연구소

1997-112

농림부 자료실

등록번호: 5744

등록일: 2001년 5월 12일

기증:

농림부



# 제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 「황북 종묘 대량 생산 및 증·양식 기술 개발」 과제의 최종보고서로 제출합니다.

1997. 12

주관연구기관명 : 한국해양연구소

총괄연구책임자 : 김 형 선

연 구 원 : 허형택, 김종만, 이순길,  
박철원, 김형배, 명정구,  
김병기, 홍경표, 김완수,  
박용주, 김민석, 최희정,  
노충환, 신 민, 배진희,  
이종백

연 구 보 조 원 : 노봉호, 변명호, 박현수,  
김은실, 한상봉, 이준서,  
김철원

협 동 보 조 원 : 김인배, 허성범, 박종덕,  
박태일, 한기성, 박흠기

# 요 약 문

## I. 제목

황복 종묘 대량 생산 및 증양식 기술 개발

## II. 연구개발의 목적 및 중요성

황복(*Takifugu obscurus*)은 복어목(目) 참복과(科)에 속하는 어류로 우리나라 서남 연해와 중국의 하천 하류부근, 동중국해, 남중국해에 널리 분포하지만 산란기에는 하천의 증상류까지 거슬러 올라와 산란하는 독특한 생태를 갖고 있는 한국 특산종이다. 황복은 맛에 있어서 복어류 중에서 으뜸으로 치며 최근에 그 어획되는 자원의 수가 급격히 감소하여 종보존 차원에서 증양식 기술의 개발이 시급하고 양식 품종의 다양화가 절실히 요구되는 시점에서 새로운 고급 어종으로 각광 받을 수 있는 양식 대상 어종으로써 관심이 높아지고 있으나, 국내외적으로 이에 대한 기초 연구는 미약한 실정이다. 따라서, 본 연구는 황복의 종묘 생산 및 증·양식 기술을 개발하여 WTO 체제하의 개방화에 대비하고 농어촌에 고소득의 새로운 양식 품종으로 정착시키기 위해 실시하게 되었다.

## III. 연구개발의 내용 및 범위

이번의 연구는 현재까지 실행되어 오는 자주복 양식기술을 기초로 보다 산업적 가치가 높을 것으로 기대되는 황복을 대상으로 기업규모의 양식

으로 활성화 시키고 자유 무역 체제 하에서의 농어촌 소득 증대를 위한 새로운 양식 품종의 정착을 위한 우량종묘 생산 기술 개발에 역점을 두고 수행되었다. 주 연구내용은 황복의 생물, 생리, 생태학적 조사, 어미 황복의 수집, 채란, 수정, 발생, 부화, 초기 사육, 적정 먹이 생물 공급, 종묘 육성 관리, 해상 사육등 양식 생산에 필요한 전반적인 기술이 포함되었다.

#### IV. 연구 개발 결과 및 활용에 대한 건의

##### 연구 개발 결과

##### 1. 황복의 생태 및 분류

황복, *Takifugu obscurus*(Abe)은 복어목(目), 참복과(科)에 속하는 어류로 우리 나라 남서해, 동중국해, 남중국해에 분포하고 있으며 산란기인 5 - 6월에는 하천의 중류까지 거슬러 올라와 산란하는 독특한 생태를 갖고 있다(鄭, 1977; Masuda, 1984.; Zhang et al., 1985).

자주복, 까치복 등을 포함하는 참복과 어류는 최근에도 미기록 어종이 계속 밝혀져 우리 나라에 총 28종이 기재되어 있다(韓, 1995). 이들 종은 대부분 독을 가지고 있지만 고급 수산 어종으로 취급되어 왔으며 자치어의 형태에 대한 연구뿐만 아니라 몇몇 종에 대해서는 양식을 위한 기초 연구가 이루어져 왔다(藤田, 1962).

##### 2. 황복의 생물학적 연구

##### 가. 황복의 독성

황복은 지금까지 정소와 근육은 안심하고 먹어도 된다고 알려져왔지만 실제의 조사에서는 정소가 때에 따라 강독이 검출되므로 적은 양이라도 충분히 중독을 일으킬 수 있으니 주의하여야 한다.

#### 나. 황복의 생화학적 연구

우리 나라의 특산종인 황복의 동위효소 유전자의 pattern을 분석하여 이들의 유전학적 국내 자료를 축적하고, 이들 종의 식별을 위한 genetic marker로 활용하고자 malate dehydrogenase (MDH), isocitrate dehydrogenase (IDH),  $\alpha$ -glycerophosphate dehydrogenase ( $\alpha$ -GPDH), phosphoglucose isomerase(PGI) 등 4 가지 동위효소에 대한 전기영동을 실시하였다.

MDH는 fast zone (F)에서 두개의 band를, slow zone (S)에서 하나의 band를 나타내었으며, 다형현상은 확인되지 않았다. IDH의 경우 골격근 조직에서 FS형의 네 개의 선명한 band를 확인하였으며 SS형의 두 개의 band만을 가지는 개체도 확인되었다.  $\alpha$ GPDH의 경우 FF형은 세 개의 band를, FS형은 다섯 개의 band를 가지는 것으로 확인되었고, SS형은 나타나지 않았다. 또한 PGI는 F, M, S의 세가지의 zone을 나타내었고, 개체에 따라서 변이가 심하게 나타났다.

#### 다. 황복의 세포유전학적 연구

황복의 염색체 수는 44개였고, 암·수간 이형 성염색체는 발견되지 않았다. 적혈구의 세포의 평균 크기는 장축이  $11.01 \pm 0.63 \mu\text{m}$ , 단축이  $7.95 \pm 0.45 \mu\text{m}$  였고 핵의 평균 크기는 장축이  $4.05 \pm 0.49 \mu\text{m}$ , 단축이  $3.15 \pm 0.27 \mu\text{m}$  였다. 적혈구의 수는 암·수 모두  $12 \sim 13 \times 10^5/\text{ml}$  이었다. 2배체 황복으로부터 채취한 아가미 조직에는 1~2개의 핵인이 존재하였다. 이상의 세포유

전학적인 연구는 차후 황복의 배수체 조작에 있어 중요한 기초 자료로 이용될 수 있을 것이다.

#### 라. 황복의 생리학적 연구

황복의 산소소비는 Intermittent-flow-respirometer를 사용하여 연구하였다. 실험기간동안 산소소비에서 유사리듬이 관찰되었다. 현재의 연구에서 관찰된 하루에 1번 이상의 정점을 나타낸 리듬은 빛과 전혀 관계가 없는 것으로 추정되었다. 하루보다 더 짧은 리듬 설명과, 그리고 리듬과 내재적, 외부적 요인을 이해하기 위해서는 더 많은 연구가 필요하다.

황복의 산소소비율은 약 4.6에서 1.5 ml · gDW<sup>-1</sup> · h<sup>-1</sup>였다. 일정한 상태하(CC)에서 단식시킨 동물을 대상으로 전 실험기간동안(15.5°C, 20-60시간 사이, 체장 5.5cm와 5.7cm의 2개체 황복)과 모든 산소포화농도(96%에서 84%사이)에서 황복의 평균 산소소비율은 3.20(SE=±0.08)ml · gDW<sup>-1</sup> · h<sup>-1</sup>였다. 황복의 activity, routine, standard 산소소비율은 4.13(SE=±0.02), 3.10(SE=±0.08), 2.53(SE=±0.08)ml · gDW<sup>-1</sup> · h<sup>-1</sup> 으로 각각 나타났다.

#### 마. 황복의 정자 보존 및 동결 연구

황복 정액 1 ml당 정자 농도는  $11.3 \pm 2.7 \times 10^{10}$  마리였으며, spermatocrit는  $64.8 \pm 1.3$ 이었다. 정장의 화학적 조성은 총 단백질 함량은  $0.07 \pm 0.05$  g/100 ml였으며, 정장중 glucose는 검출되지 않았다.

희석액별로 15일 동안 액상보존한 정자의 황복알에 대한 수정율은 신선한 정액을 사용한 대조구에서  $72.4 \pm 3.3\%$ 로 가장 높았고, egg-tris, 0.1 M, 0.3 M, 0.5 M glucose 및 해산어류용 생리식염수를 사용하였을 때는  $0 \sim 0.7 \pm 0.8\%$ 로 대조구에 비해 매우 낮았다.

여러 가지 희석액을 사용하여 15일 동안 동결보존한 결과 황복알에 대

한 수정율은 해산어류용 생리식염수를 사용하였을 때 가장 높았다.

동결보존한 정자의 생존율과 황복알에 대한 수정율을 근거로 평가할 때 glycerol보다는 DMSO가 황복의 정자보존을 위해서 효과적이었다.

### 3. 황복의 성숙 및 성분화

황복의 성숙과 산란, 산란유도, 성분화에 대하여 조사되었고 그중 호르몬 유도에 의한 수정란 생산을 집중적으로 조사하였다. 황복의 배정과 배란에 대한 호르몬 조절의 효과 측정을 위하여, human chorionic gonadotropin (HCG)나 carp pituitary extract (CPE) 처리에 의한 방법이 조사되었다. HCG나 CPE 처리 약 3일 후 대조구에 비해 처리구에서 난과 정액의 양적 생산량이 많았으나 통계학적으로 유의한 차는 없었다.

### 4. 먹이 생물

#### 가. 클로렐라

비료배지를 사용할 경우 조도 2,000 lux, 염분 20%, 수온 20℃ 에서 배양하는 것이 가장 좋으며, 40톤 급 수조에서는 최초 접종밀도를  $5 \times 10^5$  세포수/ml 이상으로 할 경우 3~5일 지나면 휴지기를 거쳐 지수 성장기로 들어가며, 접종 후 약 12일 정도가 지나면  $2 \times 10^7$  세포수/ml 의 클로렐라를 1일 3톤 정도 수확할 수 있다.

#### 나. 동물성 먹이 생물

동물성 먹이 생물인 윤충은 수온 25~28℃ 의 수온에서 배양 하는 것이 개체의 크기를 작게 하고 번식률을 높일 수 있다. 윤충 먹이는 초기에는 빵효모나 유지효모로 하는 것이 클로렐라 의존도를 줄일 수 있으며,

황복의 자어에 급이 전에는 반드시 12 시간 이상 클로렐라 또는 영양강화제로 영양강화를 하여 주는 것이 황복 자어에 필요한 영양분을 골고루 공급할 수 있다. 운충은 황복 자어가 개구(開口) 하는 부화후 2~3일 후에 넣어 주어 황복 자어가 개구하게 되면 바로 먹을 수 있도록 하여야 한다.

알테미아는 상품으로 판매되는 알을 부화시켜 운충의 급이가 끝나가는 시기에 황복 자어에 급이한다. 부화는 수온 28℃, 염분 28‰ 일때 24 시간 내에 일어나며, 부화한 알테미아 유생은 살균 해수로 잘 세척하여 부화직후 바로 급이하거나, 영양강화제로 영양강화하여 급이한다.

#### 4. 황복의 발생 및 성장

1995년 산란을 위하여 임진강으로 소상한 황복 친어를 채포하여 현장에서 인공 수정하여 실험실에서 부화 사육하면서 난 발생 과정 및 자어의 형태를 관찰한 결과는 다음과 같다.

가. 수정난은 침성 점착란으로 지름이 1.42 ~ 1.50 mm 범위였으며 수많은 소유구를 가지고 있었다.

나. 부화 직후 자어는 전장이 3.1 ~ 3.4 mm 범위이며 수조 바닥에 앉아 있었다. 흑색 소포는 난황 위와 부레 부근에 발달해 있었다.

다. 부화 후 3일이 지난 자어는 전장이 4.0 ~ 4.3 mm 범위였다.

라. 부화 후 8일이 지난 자어는 전장이 4.9 ~ 5.0 mm 범위이며 난황을 완전히 흡수하여 후기 자어기에 이르렀다.

마. 부화 후 27일이 지난 치어는 평균 전장이 12.6 mm에 달하며 완전한 형태의 지느러미를 갖고 있었다.

바. 부화 후 62일이 지나면 치어는 전장이 18.8 ~ 21.2 mm 로 성장하였다.

## 5. 수정난 부화 관리

수정난의 부화 속도 실험에서는 염분과 관계없이 수온 18℃ 에서 10일, 21℃ 에서 8일, 24℃에서 7일이 소요되었다.

수정난을 수온(15, 18, 21, 24, 27 ℃)의 5개구간과 염분(0, 5, 10, 15, 20, 25‰)의 6개구간과의 복합 구간 총 30개구간에서 부화 실험한 결과 18~24℃ 구간에서 염분차이와 관계없이 유사한 부화율을 보였으나 고염분일수록 부화후의 폐사속도가 더욱 빨랐다.

## 6. 자치어의 사육관리

초기 유생의 생존을 알아보기 위한 수온과 염분의 복합 조합에 의한 7일과 11일째 생존율 실험에서는 5~15‰, 18~21℃ 구간에서 100%의 높은 생존율을 나타내었으며, 15℃ 와 0‰ 구간에서는 비교적 폐사가 높아 수온과 염분에 관한 큰 유의차를 나타내었다. 따라서, 부화후 염분이 상승함에 따라 생존율이 높아지는 것은 자연 생태계에서의 환경 생태와 잘 일치하는 것이며 성장하면서 고염분에 잘 적응되는 것으로 나타났다.

따라서 부화자어는 5‰에서 시작하여 하루에 1~2‰씩 염분을 상승시키면서 해수에 순치시켜 사육하여야 할 것이다.

## 7. 해상사육

충남 서산, 경남 거제, 경남 통영, 전남 거문도 등 여러곳에서 황복 치어에 대한 해상 가두리(5×5×3m)의 사육이 이루어지고 있으며 서산에서는 체장 6.4cm, 체중 7.4g의 황복 치어가 60일 후에 체장 9.1cm, 체중 22g으로 성장하였고, 기간 중 생존율은 97.6% 였다.

## 8. 월동 사육장

우리나라 연안의 겨울 수온은 10℃ 이하로 되는 곳이 많아 황복의 경우와 같이 온수성 어종을 새로운 양식 품종으로 개발하면서 적절한 적지와 사육 방법을 개발하여야 하는데 거문도, 거제도, 제주도 등이 유망한 적지로 판정되며 온배수, 지하수 등의 활용성도 검토해보아야 할 것이다.

#### 9. 방류행사

멸종 위기의 황복을 보존하고자 생산된 것중 4만미를 경기도 강화군 앞 해상에 방류하였다.

# SUMMARY

## I. Title

Development of technique on the seedling mass production and propagation of river puffer, *Takifugu obscurus*

## II. Objectives and Significance

River puffer, *Takifugu obscurus* has been one of the most favorite food organisms among farmers since old time. This puffer has been caught in large quantities from most of estuaries and fresh-water habitats until 1980's. Recently, however, the catch of river puffer, *Takifugu obscurus*, has been diminished significantly and the population appears to be nearly exterminated.

As a consequence, the price of the river puffer, *Takifugu obscurus* has been increasing continuously and thus been a most valuable fisheries product in domestic market since 1990's. For this reason, there has been a growing interest in the artificial culture of river puffer, *Takifugu obscurus* over the past several years. However, owing to technical deficiency on the artificial seed production, there has been no production of the river puffer, *Takifugu obscurus* on a commercial scale yet.

The size of the present Korean market for the river puffer, *Takifugu obscurus* is estimated to be about 5 billion won. In addition,

the Japanese market is in even greater demand as Japanese are very fond of the puffer.

It is, therefore, necessary to develop techniques of the seed production and nursing of the puffer fish. Artificial culture of river puffer, *Takifugu obscurus* can be a promising item as a major source of income for fish farmers.

Even though many fish farmers are engaged in the river puffer, *Takifugu obscurus* culture as small scale enterprises no guidelines were built up so far. In this report we emphasized the importance of research for rearing techniques and tried to make the guidelines for field application so as to increase the mass production of river puffer, *Takifugu obscurus*. Since the increasing of new fish species production will be contributing to the local fish farmer as another incoming source it could be expected to overcome the waves of UR or WTO.

### III. Scope of the study

As this study aimed at providing technical guidelines for aquaculture of river puffer, *Takifugu obscurus* for the potential hatchery runners and aquaculturists, the study focused on the development of techniques on artificial spawning, egg incubation, hatching techniques, nursing of larvae, making food organisms, and rearing of juveniles in tank and sea cage including general idea of aquaculture and propagation of river puffer.

## IV. Result of the study

### 1. Biology of river puffer, *Takifugu obscurus*

#### A. Ecology and classification of river puffer, *T. obscurus*

River puffer, *Takifugu obscurus*, belongs to Family Tetraodontidae migrates toward estuaries located Yellow Sea and spawns in fresh water stream (Imjin River) in late spring. Salinity of the inhabiting water seemed to be the major control factor of spawning and hatching.

#### B. Toxicology of river puffer, *T. obscurus*

Flesh and testis of *T. obscurus* have been known to be non-poisonous. The result of this study, however, showed that testis contained strong toxin. Careful eating should be advised. Further toxicity test is needed.

#### C. Biochemical study of river puffer, *T. obscurus*

For the purpose of genetic identification of river puffer, four isozyme patterns of malate dehydrogenase (MDH), isocitrate dehydrogenase (IDH),  $\alpha$ -glycerophosphate dehydrogenase ( $\alpha$ -GPDH), and phosphoglucose isomerase (PGI) from skeletal muscle were analyzed by electrophoresis.

River puffer fish shows two bands at F zone and single band at S zone without any polymorphism in muscle MDH. They have two typical patterns, FS and SS type in IDH, and FF and FS in  $\alpha$ GPDH,

respectively. There were some variation on PGI pattern with three zones in this species.

#### D. Cytogenetic analysis of river puffer, *T. obscurus*

The chromosome number of *Takifugu obscurus* was 44. Heteromorphic sex chromosomes were not found. The mean cellular size of erythrocyte were  $11.01 \pm 0.63 \mu\text{m}$  and  $7.95 \pm 0.45 \mu\text{m}$  respectively. The mean nuclear size of erythrocyte were  $4.05 \pm 0.49 \mu\text{m}$  and  $3.15 \pm 0.27 \mu\text{m}$  respectively. The number of erythrocytes of both females and males were  $12 \sim 13 \times 10^5/\text{ml}$ . Gill tissues from diploid individual had cells with one or two nucleoli. These cytogenetic studies should be used as a valuable estimation of polyploidy to come in *T. obscurus*.

#### E. Physiology of river puffer, *T. obscurus*

Oxygen consumption by the river puffer *Takifugu obscurus* was studied with an intermittent-flow-respirometer. There was observed a quasi-rhythmic oxygen consumption during the experiment. The rhythmicity with more than one peak per day observed in the present study was considered to be independent of light. More work is needed to explain the showed rhythm with a period shorter than a day and to understand relationships between the showed rhythm, endogenous and exogenous factors.

The oxygen consumption rate by *T. obscurus* varied from ca.4.6 to near  $1.5(\text{SE} = \pm 0.08) \text{ml} \cdot \text{gDW}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ . The mean oxygen consumption rate, averaged over the entire duration of the experiment and over the

entire range of oxygen saturations between 20 h and 60h (between 96% and 84% in two *T. obscurus* of total length 5.5, 5.7cm at 15.5°C) on fasting animals under constant conditions, was  $3.20(\text{SE}=\pm 0.08)\text{ml} \cdot \text{gDW}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ . The rate of oxygen consumption for activity, routine and standard rates by *Takifugu obscurus* were  $4.13(\text{SE}=\pm 0.02)$ ,  $3.10(\text{SE}=\pm 0.08)$  and  $2.53(\text{SE}=\pm 0.08)\text{ml} \cdot \text{gDW}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ , respectively.

#### F. Preservation possibility of puffer sperm

In order to obtain the basic knowledges concerned to the sperm preservation of river puffer, studies on the preservation effects were conducted. Sperm concentration per milt 1 ml was  $11.3 \pm 2.7 \times 10^{10}$  and supermatocrit was  $64.8 \pm 1.3$ . The contents of total protein, total lipid,  $\text{Na}^+$  and  $\text{K}^+$  in seminal fluid were  $0.07 \pm 0.05\text{g}/100\text{ml}$ ,  $40 \pm 0\text{mg}/100\text{ml}$ ,  $126.3 \pm 0.5\text{mEq}/\text{l}$  and  $14.4 \pm 0.1\text{mEq}/\text{l}$ , respectively.

When marine fish ringer solution among several diluents was used to fresh preservation, the best result was obtained by sperm activity index (SIA) and fertilization rate after 15 days.

The cryopreservation triais, the cryopreservation effects of dimethyl sulfoxid(DMSO) as cryoprotectant was better than that of glycerol. And in the cryopreservation effects according to various diluents, marine fish ringer solution showed the maximum value of fertility.

## 2. Maturation and sex differentiation of river puffer, *T. obscurus*

Maturation and spawning, induction of spawning, sex differentiation on river puffer were researched and most of all, production of fertilized

eggs by the hormonal induction was concentrated.

For the evaluation of the hormonal control of spermiation and ovulation in river puffer, a method to quantify the response by the human chorionic gonadotropin (HCG) and carp pituitary extract (CPE) injection was described.

Especially superior quantity of the sperm and egg production were obtained about 3 days after injection from HCG and CPE treated group, but compared to the control group, the response was statistically not independent.

### 3. Food organisms

#### A. *Chlorella*

*Chlorella*, a basic food organism for rotifer, showed the maximum density of  $2 \times 10^7$  cells/ml at 12 days after inoculation on the fertile medium at water temperature 20°C, salinity 20 ‰ and light intensity 2,000 Lux. The recommended inoculation density of *Chlorella* was  $5 \times 10^5$  cells/ml.

#### B. Rotifer (*Brachionus plicatilis*)

Water temperature ranged 25~28°C was found to be optimum in culturing the small type rotifers. In order to reduce the dependence on *Chlorella* in culturing rotifers, baker's yeast and marine yeast are recommended as foods for rotifers. However, enrichment by *Chlorella* should be done before feeding fish larva with rotifers to provide essential nutrients.

#### 4. Rearing and seedling production of river puffer larva

On May 19, matured adult of *Takifugu obscurus* were collected from Imjin-River, Kyoungki-Do, Korea. The authors carried out artificial insemination at sampling station. The eggs were incubated and the larvae were reared in our laboratory. During the incubation period the water temperature was 18~20°C.

The eggs of *Takifugu obscurus* are demersal and adhesive. The egg diameter was ranged from 1.42 to 1.50 mm. The egg has a number of small oil globules. The newly hatched larvae were 3.1~3.4 mm in total length, they laid down at the bottom of aquarium. Small melanophores developed on yolk and air bladder of larvae.

Three days after hatching, the larvae were 4.0~4.3 mm in total length. Eight days after hatching, the larvae attained 4.9~5.0 mm in total length, absorbed the yolks completely, and become post larvae. 27 days after hatching, the juvenile reached 12.6 mm in mean total length and have complete fin. 62 days after hatching, the larvae attained 18.8~21.2 mm in total length.

For the development of seedling production technique of the puffer *Takifugu obscurus*, the combined effects of salinity and temperature on the survival of the puffer larvae were studied.

Rearing water temperature and salinity ranges for better survival of 7-day-old puffer larvae were 18~21°C and 5~15‰. Relationship between days after hatch(t) and body length(L:mm) of puffer fry was;

$$Lt = \frac{53}{1 + e^{3.1096 - 0.0708t}} \quad W = \frac{6}{1 + 16995.76e^{-0.1472t}} \quad \text{for 3 to 102 days after}$$

hatching.

The optimum rate of acclimation appeared to be 1‰ per day for hatching larvae from 5‰ per day and 1~2‰ per day larvae for larvae of 15 days after hatching.

These biological aspects together with the high market value of this puffer indicated this species as a potentially good candidate for marine aquaculture.

## 5. Cage culture

Juveniles of river puffer produced in hatching were kept in net pens (5×5×3m) at the Seosan, Geoje, Tongyoung, Geomundo. They grew from an average size 6.4cm in body length and 7.4g in body weight to 9.14cm and 22g in 2 months.

## 6. Overwintering of *Takifugu obscurus*

Low temperature of Korea coastal waters, which occasionally drops below 10°C in winter, makes it difficult for the warmwater fishes to overwinter. So the research on the mass production of marine organisms using heated effluents from a power plant should be conducted.

## 7. Releasing events of river puffer

To conserve natural stocks of *T. obscurus*, we released 40 thousand of river puffer at Gangwha coastal area.

## V. Suggestion

1. The result of this study has showed a possibility of commercial scale seed production of river puffer, *Takifugu obscurus* for the first time. However, many technical problems and uncertainties have remained unsolved. Therefore, more long term investigation on sexual maturation of the adult puffer, improvement of optimum food organisms and artificial diets, fertilizing techics, incubation method, nursing of fish larvae on increase of the survival rate of juveniles, intermediate rearing technics combined with a rearing system and commercial scale cage culture technics should be conducted through coming year.

2. In order to extend fish culture as small scale enterprises in the rural area, the short course of education for rearing techniques would be done forward local fish farmer. This might consist of basic conceptions of aquaculture and rearing management including field work.

## 목 차

요 약 .....	2
표 목 차 .....	27
그림목차 .....	32
제 1 장 서 론 .....	39
제 2 장 황복의 생물학 .....	42
제 1 절 황복의 분류 및 형태 .....	42
가. 복어류의 분류 .....	42
나. 황복의 형태 .....	48
제 2 절 황복의 생태 .....	56
가. 습성 .....	56
나. 서식생태 .....	57
제 3 절 황복의 독성 .....	58
제 4 절 황복의 생화학적 연구 .....	61
제 5 절 황복의 세포유전학적 연구 .....	70
제 6 절 황복의 호흡 생리 연구 .....	75
제 7 절 황복의 정자 보존 및 동결 연구 .....	88
제 3 장 황복의 성숙 및 성분화 연구 .....	101

제 1 절 황복의 성숙과 산란	101
제 2 절 황복의 산란 유도	102
제 3 절 황복의 성분화	108
제 4 장 먹이 생물 개발	111
제 1 절 식물성 먹이 생물	111
가. 배양 기자재	112
나. 배양액 제조	115
다. 해산 클로렐라 및 난노클로롭시스 배양	117
라. 클로렐라 세포수 급감 현상 및 대응대책	124
마. 식물성 먹이 생물의 영양 평가	125
제 2 절 동물성 먹이 생물	129
가. 윤충	129
나. 알테미아의 배양	142
다. 기타 알테미아	146
라. 동물성 먹이 생물의 영양 평가	147
제 3 절 적정 배합 사료 개발	154
제 5 장 종묘 생산	156
제 1 절 황복 어미의 체포, 수송 및 관리	156
제 2 절 자연산 어미로부터의 채란 및 수정	158

가. 채란 .....	158
나. 수정 및 세란 .....	161
다. 수정란 관리 및 부화 .....	164
제 3 절 수정란의 부화 환경 .....	165
제 4 절 황복의 난발생 및 자치어 발달 .....	165
제 5 절 황복의 부화 자어 관리 .....	179
가. 부화 자어의 사육 환경 .....	179
나. 부화 자어의 성장 .....	180
제 6 절 치어 사육 관리 .....	185
가. 종묘 확보 및 수송 .....	185
나. 황복 종묘 생산 공정 .....	185
나. 종묘 생산 분양 .....	186
제 6 장 중간 육성 및 해상 사육 적지 조사 .....	198
제 1 절 육상 사육 .....	198
제 2 절 해상 사육 .....	199
가. 어장 환경 .....	199
나. 해상 사육 결과 .....	204
제 7 장 황복의 질병 .....	211
제 8 장 자원 증식을 위한 방류 연구 .....	219

제 1 절 해양 자원 증대 방안 .....	219
가. 방류 기술 .....	220
나. 해양 생물 방류 효과 및 평가 기술 .....	220
제 2 절 황복 방류 행사 보고 .....	226
가. 황복 방류 행사 .....	226
나. 방류 행사 관련 보도 자료 .....	231
참고문헌 .....	233

# CONTENTS

Abstracts .....	2
List of Table .....	27
List of Figure .....	32
Chapter 1. Introduction .....	39
Chapter 2. Biology of river puffer .....	42
Section 1. Taxonomy and morphology of river puffer .....	42
1. Taxonomy of river puffer .....	42
2. Morphology of river puffer .....	48
Section 2. Ecology of river puffer .....	56
1. Habitats .....	56
2. Natural habitat .....	57
Section 3. Toxicology of river puffer .....	58
Section 4. Biochemical study of river puffer .....	61
Section 5. Cytogenetic analysis of river puffer .....	70
Section 6. Physiology of river puffer .....	75
Section 7. Preservation possibility of river puffer sperm .....	88
Chapter 3. Maturation and sex differentiation of river puffer .....	101

Section 1. Maturation and spawning of river puffer .....	101
Section 2. Induction of spawning of river puffer .....	102
Section 3. Sex differentiation of river puffer .....	108
Chapter 4. Food organisms .....	111
Section 1. Phyto-food organisms .....	111
1. Culture apparatus .....	112
2. Media .....	115
3. Culture of marine chlorella .....	117
4. Special technique for chlorella culture .....	124
5. Nutritional value of phyto-food organisms .....	125
Section 2. Zoo-food organisms .....	129
1. Rotifer .....	129
2. Culture of <i>Artemia</i> .....	142
3. Others .....	146
4. Nutritional value of zoo-food organisms .....	147
Section 3. Development of artificial diet of river puffer .....	154
Chapter 5. Seedling production .....	156
Section 1. Capture and transportation of matured male and female .....	156

Section 2. Egg collecting and fertilization from natural mother .....	158
1. Egg collection .....	158
2. Fertilization and washing .....	161
3. Care and Hatching of fertilized egg .....	164
Section 3. Hatching condition of fertilized egg .....	165
Section 4. Egg and larvae development of river puffer .....	165
Section 5. Care of hatching larvae of river puffer .....	179
1. Rearing condition of hatching larvae .....	179
2. Growth of hatching larvae .....	180
Section 6. Rearing technics of juveniles .....	185
1. Seedling purchase and transportation .....	185
2. Rearing procedure .....	186
3. Distribution of seedling and cage culture .....	186
Chapter 6. Intermediated rearing .....	198
Section 1. Tank culture .....	198
Section 2. Open sea culture .....	199
Chapter 7. Disease of river puffer .....	211
Chapter 8. Releasing research for propagation of marine organisms .....	219

Section 1. The propagation plan of marine organisms .....	219
1. Releasing technique .....	220
2. Releasing effect and analysing .....	220
Section 2. The report of releasing events .....	226
1. Releasing events of river puffer .....	226
2. Journal reference related with releasing events .....	231
Reference .....	233

## 표 목 차

표 1. 황복의 핵형 분석 결과 .....	72
표 2. 황복 적혈구의 세포 및 핵의 크기 .....	72
표 3. 수은 하강시 황복의 유영 상태 .....	85
표 4. 수은 상승시 황복의 유영 상태 .....	86
표 5. 정자 운동성 평가를 위한 지수 .....	91
표 6. 황복 정장의 화학적 특성 .....	94
표 7. 황복의 배란 및 배정 유도 처리구 .....	104
표 8. MCG와 CPE 처리에 의한 황복의 배정 유도 .....	105
표 9. HCG와 CPE 처리에 의한 황복의 배란 유도 .....	106
표 10. 비료 배지의 조성 .....	118
표 11 f/2 배지의 조성 .....	120
표 12. 클로렐라 배양 과정 .....	122
표 13. 식물성 먹이 생물의 화학 조성과 열량 .....	128
표 14. 대형 윤충과 소형 윤충의 비교 .....	132
표 15. 후레쉬 그린의 공급량 .....	139
표 16. 알테미아 난의 부화 공정 .....	150
표 17. 먹이에 따른 윤충의 아미노산 조성 .....	152

표 18. 임진강산 황복 암컷의 어미 조성 .....	159
표 19. 황복의 난 발생 과정 .....	170
표 20. 종묘 생산된 황복 치어의 사용 현황 .....	187
표 21. 황복 종묘 생산 일지 .....	188
표 22. 황복 종묘 생산 결과 .....	191
표 23. 황복 종묘생산 공정표 .....	194
표 24. 황복의 담수 순치 및 관리 .....	195
표 25. 가두리 시험어장의 연중 평균 수온 .....	202
표 26. 서산 가두리 양식장에서의 황복 치어 사육 결과 .....	206

## LIST OF TABLES

Table 1. Results of karyotypic analysis of <i>Fugu obscurus</i> .....	72
Table 2. Comparison of erythrocyte size of <i>Fugu obscurus</i> .....	72
Table 3. Swimming activity of juveniles of river puffer in gradually dropping water temperature .....	85
Table 4. Swimming activity of juveniles of river puffer in gradually rising water temperature .....	86
Table 5. Numerical index for the evaluation of sperm motility .....	91
Table 6. Seminal fluid chemical properties of <i>Takifugu obscurus</i> .....	94
Table 7. Experimental group for induced ovulation and spermiation on river puffer .....	104
Table 8. Induced spermiation on river puffer after injecton of HCG and CPE .....	105
Table 9. Induced ovulation on river puffer after injection of HCG and CPE .....	106
Table 10. Contents of fertilizer medium .....	118
Table 11. Contents of f/2 medium .....	120
Table 12. Culture procedure of marine <i>Chlorella</i> .....	122

Table 13. Chemical components and calories of phyto food organisms .....	128
Table 14. Comparison between large-type rotifer and small-type rotifer .....	132
Table 15. Food supply of fresh green .....	139
Table 16. Hatching procedure of <i>Artemia</i> cysts .....	150
Table 17. Amino acid component of rotifer at different food organism .....	152
Table 18. Females of river puffer captured in Imjin river .....	159
Table 19. Eggs development of <i>Takifugu obscurus</i> .....	170
Table 20. Distribution results of river puffers produced in seedling hatchery .....	187
Table 21. Rearing table of river puffer .....	188
Table 22. The results of seedling production of <i>Takifugu obscurus</i> .....	191
Table 23. Seeding production procedure of river puffer .....	194
Table 24. Fresh water domestication of river puffer .....	195
Table 25. Monthly average changes of water temperature at	

experimental cage culture station ..... 202

Table 26. Growth of river puffer juveniles in Seosan cage

Seosan cage experimental station ..... 206

## 그림 목 차

그림 1. 참복과 어류의 후각 기관 .....	49
그림 2. 황복의 옆줄 .....	51
그림 3. 성숙한 황복 암컷 .....	52
그림 4. 참복속의 형태 측정의 모식도 .....	53
그림 5. 황복 두 개골의 복면도 .....	55
그림 6. 황복의 골격근 조직에 있어서의 MDH pattern .....	66
그림 7. 황복의 골격근 조직에 있어서의 IDH pattern .....	67
그림 8. 황복의 골격근 조직에 있어서의 $\alpha$ GPDH pattern .....	68
그림 9. 황복의 골격근 조직에 있어서의 PGI pattern .....	69
그림 10. 황복 2배체의 중기상(A)과 핵형도(B) .....	73
그림 11. 황복의 적혈구 및 아가미 조직 세포의 외형 .....	74
그림 12. 산소 소비율 측정기 모식도 .....	78
그림 13. 산소 포화농도 감소에 따른 산소 소비 .....	80
그림 14. 시간 경과에 따른 산소 포화농도 .....	82
그림 15. 황복 정자의 전자 현미경 사진 .....	93
그림 16. 여러 가지 희석액에서의 정자의 운동 지수 .....	96
그림 17. 황복 정자 액상보존을 위한 여러 가지 희석액의 효과 .....	97

그림 18. 황복 정자 동결보존을 위한 여러 가지 희석액의 효과	98
그림 19. 황복 정자 동결보존을 위한 동해 방지제 농도의 효과	99
그림 20. 부화 후 3개월 경과한 황복의 생식소	109
그림 21. 난노클로롭시스의 성장	121
그림 22. 대형 윤충과 소형 윤충의 형태 비교	131
그림 23. 윤충 배양시 나타나는 섬모충류	141
그림 24. 윤충의 형태 및 영양 강화된 윤충	144
그림 25. 후레쉬 그린으로 배양한 윤충의 성장	145
그림 26. 알테미아난과 부화 유생	148
그림 27. 자망에 의해 채집된 황복 어미	157
그림 28. 황복의 체중과 산란 중량과의 관계	160
그림 29. 황복 성숙란의 채란 및 수정	162
그림 30. 수정란의 부화 관리	163
그림 31. 황복 수정란의 12일간의 누적 부화율	166
그림 32. 다른 온도와 염분에서 7일간 사육한 황복의 생존율	167
그림 33. 황복의 난 발생 과정	169
그림 34. 황복의 난 발생 과정	171

그림 35. 황복의 난 발생 과정	172
그림 36. 황복의 난 발생 과정	173
그림 37. 황복의 난 발생 과정	174
그림 38. 황복 자어의 형태	177
그림 39. 황복 자치어 형태	178
그림 40. 황복 사육시 월별 수온 변화	182
그림 41. 황복과 자주복의 초기 성장 비교	183
그림 42. 황복 자어의 성장	184
그림 43. 서산 종묘 생산 시설에서의 수온 및 염분변화	190
그림 44. 황복 종묘 생산 개요도	193
그림 45. 부화 후 60일 된 황복 치어	196
그림 46. 부화 후 100일 된 황복 치어	197
그림 47. 황복의 채집지와 시험 어장	200
그림 48. 거문도 가두리 어장의 전경	203
그림 49. 도장포 가두리 어장의 전경	204
그림 50. 서산 가두리 어장에서의 사육 수온	207
그림 51. 서산 가두리 어장에서의 황복의 성장	209
그림 52. 강화 연안에서의 황복 치어 방류 행사	227
그림 53. 황복 방류 행사를 보도한 신문 자료	232

## LIST OF FIGURES

Fig. 1. Olfactory organs of tetradontid fishes .....	49
Fig. 2. Lateral line system of <i>Takifugu obscurus</i> .....	51
Fig. 3. Matured female of <i>Takifugu obscurus</i> .....	52
Fig. 4. Diagram showing measurement of Tetraodontids .....	53
Fig. 5. Ventral view of cranium of <i>Takifugu obscurus</i> .....	55
Fig. 6. MDH pattern of river puffer, <i>Takifugu obscurus</i> .....	66
Fig. 7. IDH pattern of river puffer, <i>Takifugu obscurus</i> .....	67
Fig. 8. $\alpha$ GPDH pattern of river puffer, <i>Takifugu obscurus</i> .....	68
Fig. 9. PGI pattern of river puffer, <i>Takifugu obscurus</i> .....	69
Fig. 10. Metaphase and Karyotype of diploid river puffer .....	73
Fig. 11. External morphology of erythrocyte and silver stained gill tissue of <i>Takifugu obscurus</i> .....	74
Fig. 12. Schematic drawing of apparatus used to measure oxygen consumption in the <i>Takifugu obscurus</i> .....	78
Fig. 13. Oxygen consumption with decreasing of oxygen saturation in two <i>Takifugu obscurus</i> .....	80
Fig. 14. Oxygen consumption at oxygen saturation levels of	

between two <i>Takifugu obscurus</i> .....	82
Fig. 15. Ultrastructure of fresh spermatozoal in river puffer, <i>Takifugu obscurus</i> .....	93
Fig. 16. Variation of spermatozoa activity index (SAI) in spermatozoa sotred at 0°C accorcng to several diluents .....	96
Fig. 17. Effect of various diluents for fresh preservation in river puffer sperm .....	97
Fig. 18. Effect of various diluents for freezing in river puffer sperm .....	98
Fig. 19. Effect of concentration of the cryoprotectant on fertilization rate of river puffer sperm .....	99
Fig. 20. Gonad of river puffer on 3 months after hatching .....	109
Fig. 21. Growth of <i>Nannochloropsis oculata</i> .....	121
Fig. 22. Morphological comparison of large-type rotifer and small-type rotifer .....	131
Fig. 23. Ciliated protozoa occured at rotifer culture tank .....	141
Fig. 24. Morphology of cultured rotifers and enriched rotifer .....	144
Fig. 25. Growth of rotifers cultured by fresh green .....	145
Fig. 26. Cysts and nauplius of <i>Artemia</i> .....	148

Fig. 27. <i>Takifugu obscurus</i> captured by fishing net .....	157
Fig. 28. Relationship between egg weight and body weight of <i>Takifugu obscurus</i> .....	160
Fig. 29. Fertilization and collecting matured eggs of <i>Takifugu</i> <i>obscurus</i> .....	162
Fig. 30. Fertilized egg incubation of <i>Takifugu obscurus</i> .....	163
Fig. 31. Cumulative hatching percentage of fertilized eggs during 12-day incubation period .....	166
Fig. 32. Survival of <i>Takifugu obscurus</i> larvae under different temperature and salinity after 7-day rearing period .....	167
Fig. 33. Eggs development of <i>Takifugu obscurus</i> .....	169
Fig. 34. Eggs development of <i>Takifugu obscurus</i> .....	171
Fig. 35. Eggs development of <i>Takifugu obscurus</i> .....	172
Fig. 36. Eggs development of <i>Takifugu obscurus</i> .....	173
Fig. 37. Eggs development of <i>Takifugu obscurus</i> .....	174
Fig. 38. Morphology of larvae of <i>Takifugu obscurus</i> .....	177
Fig. 39. Morphology of larvae and juveniles of <i>Takifugu</i> <i>obscurus</i> .....	178

Fig. 40. Monthly changes of water temperature in rearing larvae of <i>Takifugu obscurus</i> .....	182
Fig. 41. Comparison of growth between <i>Takifugu obscurus</i> and <i>T. rebripes</i> during 80 days after hatching .....	183
Fig. 42. Growth of <i>Takifugu obscurus</i> .....	184
Fig. 43. Changes of water temperature and salinity at Seosin seedling hatchery .....	190
Fig. 44. Schematic diagram of seedling production of river puffer ...	193
Fig. 45. Juveniles of <i>Takifugu obscurus</i> , 60 days after hatching .....	196
Fig. 46. Juveniles of <i>Takifugu obscurus</i> , 100 days after hatching .....	197
Fig. 47. Map showing the capture site and the experimental station of river puffer .....	200
Fig. 48. The view of cage culture station in Geomundo, Chollanam-Do ...	203
Fig. 49. The view of cage culture station in Dojangpo, Kyongsangnam-Do ...	204
Fig. 50. Fluctuation in water temperature at Seosan cage culture station ...	207
Fig. 51. Growth of river puffer at Seosan cage culture station .....	209
Fig. 52. Release of juveniles of <i>Takifugu obscurus</i> around Gang Hwa coastal area .....	227
Fig. 53. Journal reference on releasing events of river puffer .....	232

## 제 1 장 서 론(序論)

우리 나라의 수산업은 연평균 2.87 % 씩 증가하여 1993년의 수산물 총량은 약 330 만 톤으로 그 중 29 만 톤이 양식에 의해 생산되었다. 1970년에 비해 매년 5.7 % 의 생산 증가를 나타냈고, 수산물 단백질 공급 측면에서도 국민 1인당(1일) 15.9 g 으로 1963년에 비해 무려 3 배나 증가하였고 향후 국민소득 향상과 식품 구조가 다양화되어 감에 따라 매년 약 6.2 % 수준씩 소비 추세가 증가하여 수산물 수요가 국내 생산량을 초과할 것으로 예상된다.

그러나, 수산물 생산 분야의 국내의 여건은 심각한 국면을 맞고 있다. 현재 13개의 공단 및 환경 폐기물로 인한 연근해 어장의 오염과 남획으로 인한 연안 자원의 고갈로 말미암아 해양에서의 생산력 감퇴가 가중되고 있으며, 또한 연안국의 수산 자원 자국 보호 정책으로 1991년말 현재 144개국에 200 해리 경제수역을 선포하고 더 나아가 공해상의 어업 자원 관리 강화 정책을 수립함으로써 국제적 여건은 더욱 어려워지고 있다. 이와 같이 원양어업의 위축으로 인한 어업 여건은 불투명하게 급속도로 변화하고 있으며 WTO 체제하에서의 수산물 개방화 비율은 1993년 현재 74.4% 로 1997년까지 모든 수산물 수입을 완전 개방해야 하는 어려움에 처해 있다.

따라서 수산물을 안정적으로 생산하기 위해서는 이제까지의 잡는 어업에서 기르는 어업으로 전환해야 하며, 이것도 단순히 양적으로만 늘리기보다는 우리의 연안 환경을 오염으로부터 보호하면서 양식에 의한 양적 생산을 늘려야만 할 것이다.

한편 WTO 체제하에서 수산물의 국제화, 개방화에 능동적으로 대처하기 위해서는 지역 특성에 맞는 국제 경쟁력 있는 으뜸 기술 또는 신기술을 개발하거나 현장 애로 기술 등을 중점 해결하고 아울러 개발된 기술의 보급은 시급히 추진해야 할 필요성이 여기에 있으며 이러한 시간적 공간적 상황을 극복할 수 있는 유일한 방법은 가장 한국적이면서 국내 환경에 가장 잘 적용할 수 있는 품종을 개발하는 것이다.

황복은 맛이 있어서 복어류 중에서 으뜸으로 치며 최근에 그 어획되는 자원의 수가 급격히 감소하여 새로운 고급 어종으로 각광 받을 수 있는 양식대상 어종으로서 관심이 높아지고 있는 한국 특산종이다.

황복은 60년대 말까지만 해도 한강 이남에서 낙동강까지 상당량 어획되는 종류였었고 특히, 한강에서는 강나루까지 올라와 봄철의 대표적 미각으로 손꼽혔었다. 최대 크기가 45cm 에 이르는 대형 복어인 황복은 최근 남획 및 강물의 오염, 하구댐 구축, 모래자갈 채취로 인한 자연 산란장의 파괴 등으로 인하여 그 자원량이 급격히 감소하였으며 그에 따른 가격 상승으로 멸종 위기에 처하였다. 1994년 일본의 NHK 방송국에서 임진강 생태를 방영하면서 한국의 황복을 소개해 일본 식도락가 등의 요청도 쇄도하고 있다고 한다. 이에 따라 국내에서는 황점복으로 명명된 복어가 황복으로 둔갑하여 거래되기도 하고 중국산 복어가 선상에서 밀매, 거래되고 있으며, 자원 고갈에 따른 기호도 상승으로 인한 불법 유통도 조장되고 있는 실정이다. 따라서 황복 자원 증강을 위한 대책등이 강구되어야 하는데 황복은 일반 복어와는 달리 산란기에 성숙한 개체들만이 하천의 상류로 소상하는 특성으로 인하여 하천의 통로에서 거의 모든 산란용 친어들이 산란전에 포획되어 수산물로 거래되고 있으므로 자원 번식의 초기 단계에서 번식을 제한 받는 어려움이 있으므로 이에 대한 근본적인 산란 보호 대책을 포함하여 산란장 보호 대책 및 하천 오염 방지 대책등이 강구되어야 할 것이

며 인공 종묘생산 기술의 확립으로 양식 사업으로의 전환을 모색할 수 있도록 함은 물론 종묘 방류사업등도 추진되어야 바람직할 것으로 보인다.

이와 같은 점에서 황복은 우리 나라 고유 어종으로 맛이 있고 귀해 수요가 많으나 아직까지는 자연 어획에만 생산을 의존하고 있어 양식 어종으로 정착될 경우, 수산물의 무차별 수입에 견디어 낼 수 있는 어종이면서 수출 전략 품종으로 개발 여지가 많으므로 농어민의 소득 증대는 물론이고 장기적으로 보아 우리 나라 환경에 적합한 독자적인 양식 영역을 확보할 수 있는 품종으로 여겨진다.

더욱 현재 세계적으로 추진되고 있는 생물 다양성 협약이 종료되면 자국의 특산종이 보호되고 종 자체가 하나의 경쟁력 있는 상품이 될 수 있어, 지금이 황복을 양식종으로 개발할 수 있는 최적의 선택시기라 할 수 있다.

따라서 현재까지의 황복 연구 자료를 중심으로 한국 토종의 종보존을 위한 보호 운동과 함께 새로운 양식품종으로 황복을 정착시키기 위한 제반 연구가 시급하여 본 연구를 실시하게 되었다.

## 제 2 장 황복의 생물학(生物學)

### 제 1 절 황복의 분류(分類) 및 형태(形態)

#### 가. 복어류의 분류

황복류는 분류학적으로 복어목(복어目, Order Tetraodontida), 참복아목(참복亞目, Suborder Tetrodontina), 참복과(Family Tetraodontidae), 참복속(Genus *Takifugu*)에 속하는 종으로 외부 형태에 의한 종(種) 검색 방법(檢索方法)은 다음과 같다(한 1995).

참복속의 종 검색 방법
--------------

- 1a. 피부에는 피부극이 없다. ----- 2
- 1b. 몸과 등쪽과 배쪽에 피부극이 있다. ----- 4
- 2a. 피부에는 피부극 대신 비늘모양의 소돌기가 몸 전체에 있고 몸의 등쪽은 갈색으로 검은색 반점이 산재되어 있다. 신경간극 앞부분의 복추골 수는 8 ~ 9개이고, 척추골 수는 22 ~ 24 개이다. ----- 줄복 *Takifugu pardalis*(Temminck et Schlegel)

- 2b. 피부에는 피부극이 있던 흔적이 있고, 몸은 측편되어 있지 않으며, 특별한 소돌기는 없다. 신경간극 앞부분의 복추골 수는 7개이고, 척추골 수는 20 ~ 23개이다. ----- 3
- 3a. 가슴지느러미 뒤쪽에 검고, 어두운 갈색 큰 반문에 그것을 둘러싼 국화꽃 모양의 무늬가 있다. 뒷지느러미와 꼬리지느러미의 아래 가장자리가 흰색이며, 몸의 등쪽은 갈색으로 유충 모양의 많은 반문이 있다. 척추골 수는 22개이고, 등지느러미 줄기 수는 12 ~ 14개, 뒷지느러미 줄기 수는 11 ~ 12개, 신경간극 수는 12 ~ 13개, 혈관간극 수는 8개이다. 담기골이 있는 척추골의 신경극 사이는 6개이다. -----  
 -- 국매리복(國名變更) *Takifugu vermicuralis*(Temminck et Schlegel)
- 3b. 가슴지느러미 위쪽에 검은 무늬와 그것을 둘러싼 흰 국화 모양의 테두리가 없다. 척추골 수는 22 ~ 23개, 등지느러미 줄기 수는 12 ~ 15개, 뒷지느러미 줄기 수는 10 ~ 12개, 신경간극 수는 12개, 혈관간극 수는 8개이다. 담기골이 있는 척추골의 신경극 사이는 7개이다. ----- 매리복(國名新稱) *Takifugu snyderi* (Abe)
- 3c. 가슴지느러미 위쪽에는 크고, 둥근 검은색의 반점이 있다. 뒷지느러미와 꼬리지느러미는 황색이나 흑갈색으로 가장자리가 희지 않다. 척추골 수는 22 ~ 23개이고, 등지느러미 줄기 수는 15개 이상, 뒷지느러미 줄기 수는 13 ~ 14개, 신경간극 수는 13 ~ 14개, 혈관간극 수는 9개이다. ----- 점복 *Takifugu porphureus* (Temminck et Schlegel)
- 4a. 몸의 등쪽에는 4 ~ 5개의 흰색의 가는 세로띠가 앞쪽에는

3 ~ 4개의 흰색의 가로 띠 가슴지느러미 뒤쪽에서 있으며, 피부극은 비교적 강하다. 모든 지느러미는 진한 황색이며 액골의 넓이가 길이보다 크다. ----- 까치복 *Takifugu xanthopterus* (Temminck et Schlegel)

4b. 몸은 등쪽과 옆쪽에는 10개 이상의 흰색의 가는 비스듬하게 뻗어 있는 띠가 있으며, 가슴지느러미 기저와 뒤쪽에 검은색 반문이 있다. 모든 지느러미는 황색이고, 옆줄은 활 모양을 하고 있으며, 피부극은 강하다. ----- 두점박이복(國名新稱) *Takifugu bimaculatus* (Richardson)

4c. 몸은 어디에도 뚜렷한 가로띠나 세로띠가 없고, 모든 지느러미가 진한 황색이 아니다. 액골의 넓이와 길이가 비슷하거나 길이가 크다. ----- 5

5a. 등지느러미 줄기 수가 12 ~ 14개, 뒷지느러미 줄기 수가 10 ~ 12개, 신경간극 수는 12 ~ 13개, 혈관간극 수는 8개이다. ----- 6

5b. 등지느러미 줄기 수는 15 ~ 18개, 뒷지느러미 줄기 수가 13 ~ 16개, 신경간극 수는 14 ~ 16개, 혈관간극 수는 9 ~ 11개이다. ----- 8

6a. 등쪽과 배쪽에 약한 피부극이 일부에만 있고, 두 부분이 서로 연결되지는 않으며, 몸의 등쪽과 옆쪽에 눈의 홍채의 크기보다 작은 흰 반점이 산재해 있다. 가슴지느러미 뒤쪽에 긴 타원형의 검은색 큰 반문이 있고, 뒷지느러미는 흰색 또는 옅은 황색이며, 꼬리지느러미 뒤 끝 부분이 담황색이다. 두개골의 액골 도드라진 가장자리는 전액골의 아랫 부분 가운데에 도달한다. - 복섬 *Takifugu niphobles* (Jordan et

Snyder)

6b. 피부극이 등쪽과 배쪽뿐 아니라 옆쪽에도 있어 서로 연결되어 있고, 등쪽과 옆쪽에 있는 흰 반점은 눈의 동공 크기와 비슷하거나 큰 반점까지 있다. 두개골의 액골 도드라진 가장자리의 윗부분 끝은 전액골에 미치지 못한다. ----- 7

7a. 몸의 등쪽과 옆쪽에 있는 흰 반점의 가운데에는 특별한 반점이 없으며, 등쪽의 피부극 기부가 흰색이어서 체색이 연한 갈색을 띠며, 등쪽에 체색보다 더 진한 갈색의 7개의 세로띠가 있다. 등지느러미 줄기 수는 12 ~ 13개, 뒷지느러미 줄기 수는 11개, 신경간극 수는 13개이다. ----- 서해흰점복 *Takifugu alboplunbeus* (Richardson)

7b. 몸의 등쪽과 옆쪽에 있는 흰 반점의 가운데에 작은 갈색 반점이 있고, 등쪽의 피부극 기부가 특별한 색이 없어 체색이 진한 갈색이고, 등쪽에 7개의 세로띠가 없으나, 희미한 개체도 일부 있다. 등지느러미 줄기 수가 12 ~ 14개, 뒷지느러미가 10 ~ 12개, 신경간극 수는 12개이다. --- 흰점복 *Takifugu poecilonotus* (Temminck et Schlegel)

8a. 몸은 가늘고 긴 편으로 가슴지느러미 뒤에 큰 검은색 반점이 없으며, 몸의 등쪽과 옆쪽의 윗부분에는 아주 작은 감청색의 반점이 조밀하게 있고, 뒷지느러미는 뚜렷한 황색이다. 몸의 등쪽은 어두운 남청색과 회흑색의 작은 반점이 밀포하고, 체측에 황색 세로띠가 있다. 두개골중 액골의 도드라진 가장자리는 액골과 전액골이 만나는 지점에 윗부분끝이 도달된다. - 까칠복 *Takifugu stictonotus*(Temminck et Schlegel)

8b. 가슴지느러미 뒤에 큰 검은색 반점이 없으며, 몸의 등쪽과

옆쪽의 윗부분에는 흰색의 반점이 있으며, 가슴지느러미와 뒷지느러미는 연한 황색을 띤다. 두개골의 액골 도드라진 가장자리는 액골과 전액골이 만나는 지점에 윗부분 끝이 도달하지 않는다. ----- 까치국매리복 (國名新稱) *Takifugu* sp.

8c. 가슴지느러미 뒤에는 큰 검은색 반점이 있고, 몸의 등쪽과 옆쪽에 흰색의 반점이 있거나, 특별한 반점이 없으며, 뒷지느러미는 흰색, 검은 또는 황색을 띤다. 두개골의 액골 도드라진 가장자리의 윗부분 끝은 전액골의 아래 부분에 도달한다. ----- 9

9a. 성체에 있어서 몸의 어느 곳에도 흰색 그물 모양의 무늬가 없고, 피부극이 매우 강하고, 등지느러미 아래의 옆줄 윗부분에는 피부극이 없다. ----- 10

10a. 몸의 옆쪽에 뚜렷한 황색의 세로띠가 있고, 등쪽에 흰색의 반점이나 세로띠가 있으며, 뒷지느러미는 황색이다. 두개골의 전액골이 앞으로 확장되어 전액골의 바깥 옆쪽이 액골의 바깥 옆쪽보다 크고, 설이골의 바깥 돌기가 앞쪽으로 향하여 있다. ----- 11

10b. 몸의 등쪽은 청흑색으로 옆쪽에 세로띠가 없고, 등쪽에는 아주 적은 흰색의 반점이 있거나 전혀 없다. 등쪽 피부극이 있는 구역과 배쪽 피부극이 있는 구역이 서로 연결되지 않으며, 꼬리지느러미는 검은색이다. 두개골의 전액골 앞부분은 거의 수평이고, 전액골의 바깥 옆쪽이 바깥 옆쪽보다 작으며, 설이골의 바깥 돌기는 뒤로 향하여 있다. ----- 12

11a. 어릴 때는 등쪽과 옆쪽에 흰색의 반점이 있으나 성체에 가

까울수록 희미해지고, 전장 20 cm 정도에서는 완전히 없어진다. 등쪽 피부극이 있는 구역과 배쪽 피부극이 있는 구역이 서로 분리되어 있다. 등지느러미 줄기 수는 15 ~ 16개, 뒷지느러미 줄기 수는 13 ~ 15개, 척추골 수는 20 ~ 21개이고, 신경간극 앞부분의 복추골의 수는 7개이다. 신경간극 수는 14개, 혈관간극 수는 10개이다. --- 황점복 *Takifugu flavidus* (Li, Wang et Wang)

11b. 어릴 때는 몸의 등쪽에 작은 흰색 반문이 있지만, 성체가 되면 불명확해진다. 가슴지느러미 뒤쪽과 등지느러미 기저에 담색으로 둘러싸인 것은 반점이 있지만, 가슴지느러미 뒤쪽의 반문은 비교적 작다. 피부극은 강하고, 등쪽 피부극과 배쪽 피부극은 눈의 뒤쪽 아래부분, 즉 아가미 뒤쪽 부분에서 서로 연결되어 있다. 등지느러미 줄기 수는 16 ~ 18개, 뒷지느러미 줄기 수는 15 ~ 16개, 척추골 수는 24 ~ 25개, 신경 간극 앞부분의 복추골은 8개, 신경간극은 16개, 혈관간극 수는 11개이다. --- 황복 *Takifugu obscurus* (Abe)

12a. 뒷지느러미가 검은색이고, 가슴지느러미 뒤에 큰 검은색 반문 외에 특별한 반문이 없다. 즉 불규칙한 흑색 무늬가 많이 없다. ----- 13

12b. 뒷지느러미는 흰색이고, 등쪽과 가슴지느러미 뒤에 큰 검은색 반문 외에도 그보다 작은 수개의 검은색 반문이 있다. 신경간극은 15 ~ 16개, 혈관간극은 10 ~ 11개이다. -----  
----- 자주복 *Takifugu rubripes* (Temminck et Schlegel)

13a. 등과 옆쪽에는 흰 반점이 없고, 체색은 황갈색에 가까운

색을 띤다. 신경간극은 14 ~ 15개, 혈관간극은 10개이다.

----- 검자주복 (國名變更) *Takifugu chinensis* (Abe)

#### 나. 황복의 형태 (形態)

##### 가) 외부 형태

참복속 어류는 체형은 계란형이며, 꼬리로 갈수록 작아진다. 입은 작고, 이빨은 좌우에 각 2개로 밀착되어 새부리 모양을 하고 있으며, 머리는 넓고 원통형, 속의 분류에 중요한 기준으로 사용하고 있는 눈앞에 있는 콧구멍은 2개로 짧으며, 융기되어 있고, 비공판의 난원형의 돌기로 되어 있다(그림 1). 몸에 피부극(皮膚棘, prickles)의 형태는 종에 따라 차이가 있으며, 일반적으로 가지고 있으나, 없는 종도 있다. 등지느러미 줄기는 12 ~ 18개, 뒷지느러미 줄기는 9 ~ 16개, 가슴지느러미 줄기는 14 ~ 19개, 꼬리지느러미는 대부분 원형 또는 절형으로 줄기는 11개이다.

황복의 몸 빛깔은 등쪽이 짙은 갈색으로 넓은 선이나 점으로 희미한 가로띠가 여러개 있는 개체도 있으며, 몸의 옆쪽에는 넓은 황색띠가 입 아래에서 꼬리자루에까지 달하여 있다. 등지느러미 및 뒷지느러미는 등황색 또는 황갈색이며, 배부분과 뒷지느러미 기부는 미색 또는 흰색이고, 가슴지느러미와 꼬리지느러미는 황색이다. 가슴지느러미 뒤쪽과 등지느러미 기부에는 검은색의 큰 반점이 있는데, 성장하면서 작아진다. 어릴 때는 등쪽과 배쪽의 피부극(皮膚棘)이 가슴지느러미 앞과 뒤에서 연결되어 있지 않고 떨어져 있지만, 성체에서는 가슴지느러미 앞뒤에서 등쪽과 배쪽의 피부극들이 서로 연결되어 있다. 등지느러미와 뒷지느러미는 앞쪽이 뾰족하여 낫 모양이고, 꼬리지느러미 변두리는 절형(截形)이다. 입은 작고, 이빨은 좌우가 밀착되어 새부리 모양을 하고 있다. 참복과의 속문

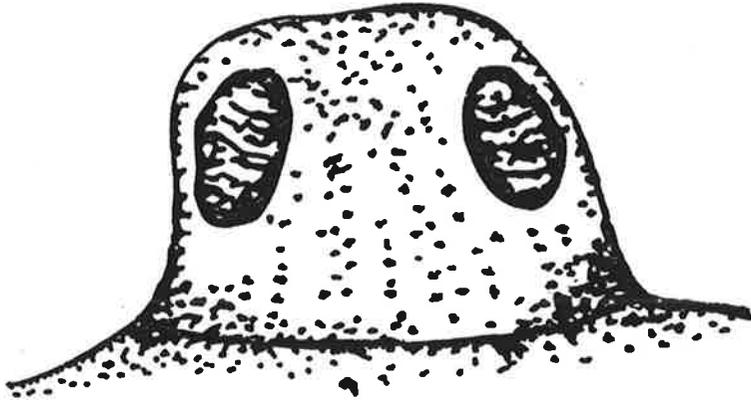


그림 1. 참복과 어류의 후각 기관.

Fig. 1. Olfactory organs of tetradontid fishes(After Han, 1995: modified).

에도 그 차이가 있어서 속을 구별하는 형질이 되기도 하고 계통을 추구하는데 유용하게 이용되는 옆줄은 그림 2, 3과 같았다. 기본적으로 배쪽 분절이 뚜렷하여 꼬리자루에서 보면 2열의 옆줄이 육안으로 확인할 수 있었다.

황복과 유사한 형태를 가지는 황점복(*Takifugu flavidus*)은 등쪽과 배쪽에 강한 피부극이 있으며, 분리되어 있고, 등지느러미 뒤쪽으로는 피부극이 없다. 몸 빛깔은 등쪽이 황갈색 또는 녹색을 띤 갈색으로 체장 150 mm 전후의 작은 개체 등쪽에는 눈동자 크기의 흰 반점이 있으며, 가슴지느러미 뒷쪽에는 부정형의 약간 큰 검은 반점이 있는데, 이 흰 반점은 성장하는 동안 변화하여 희미해지면서 소실되어 체장이 250 mm 이상이 되면 흰 반점이 없이 전체가 황갈색을 이루고, 가슴지느러미 뒤에 있는 검은 반점도 그 크기가 작아진다. 뒷지느러미는 검은색 또는 어두운 황색이며, 살아 있을 때는 몸 옆쪽의 가운데에 노란띠가 목에서 꼬리까지 선명하게 보인다. 성체에서는 체색이 황복과 비슷하고, 어릴 때는 복섬과 비슷하지만 피부극이 있는 부위, 흰색 반문의 크기 등에서 차이를 보인다. 몸은 계란형으로 눈과 입은 아주 작다(그림 4).

#### 나) 황복의 내부 형태

참복속 어류의 부레의 형태는 대부분 구형 또는 난형으로 막은 약하다. 척추골 수는 19~25개로, 줄복과 황복을 제외한 모든 종에서는 척추골 앞쪽 1~4번째 복추골의 신경극이 쌍으로 되어 있으며, 신경간극은 11~17개, 혈관간극은 7~14개이다. 늑골(肋骨), 미설골(尾舌骨) 및 간설골(間舌骨)이 없으며, 하설골(下舌骨)은 두개이지만, 등쪽이 하설골이 매우 작아 흔적적이고, 부설골(副楔骨)에는 안와부(眼窩部)의 천정을 향하는 1개의 돌기가 있다. 새조골은 6개로 제 1개조골은 아주 넓게 확대되어 나

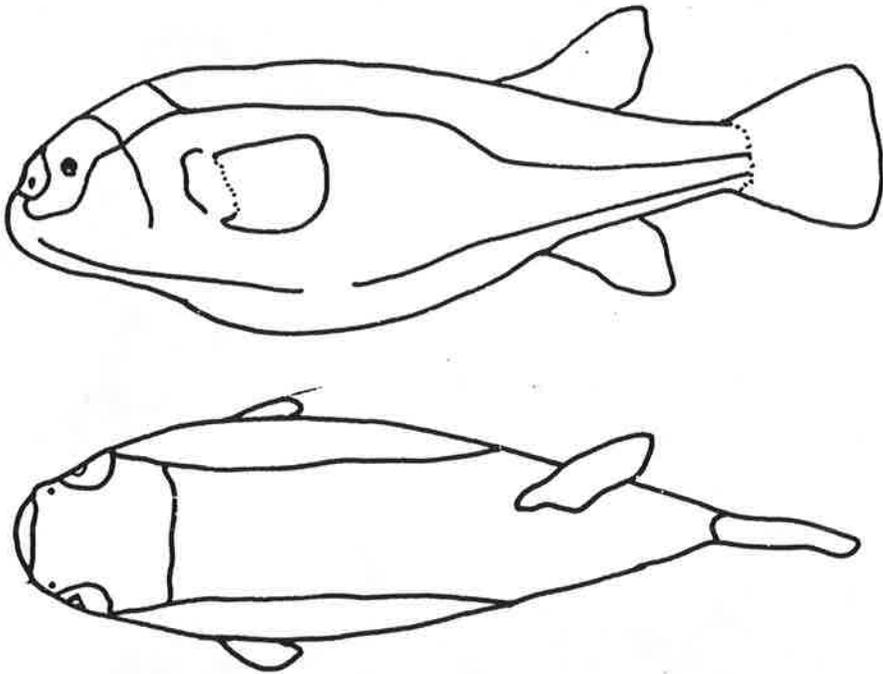


그림 2. 황복의 옆줄.

Fig. 2. Lateral line system of *Takifugu obscurus*.

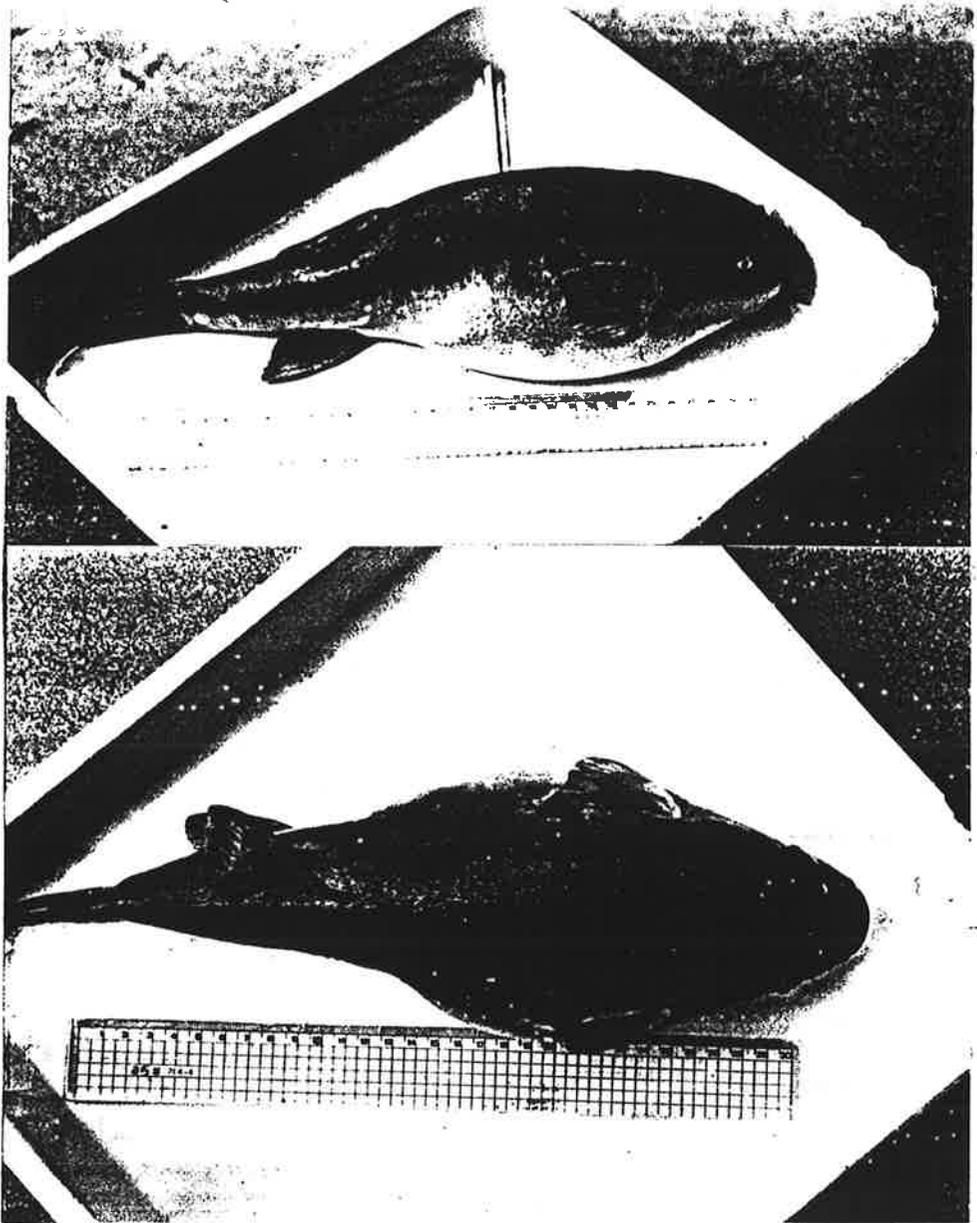


그림 3. 성숙한 황복 암컷.

Fig. 3. Matured female of *Takifugu obscurus*.

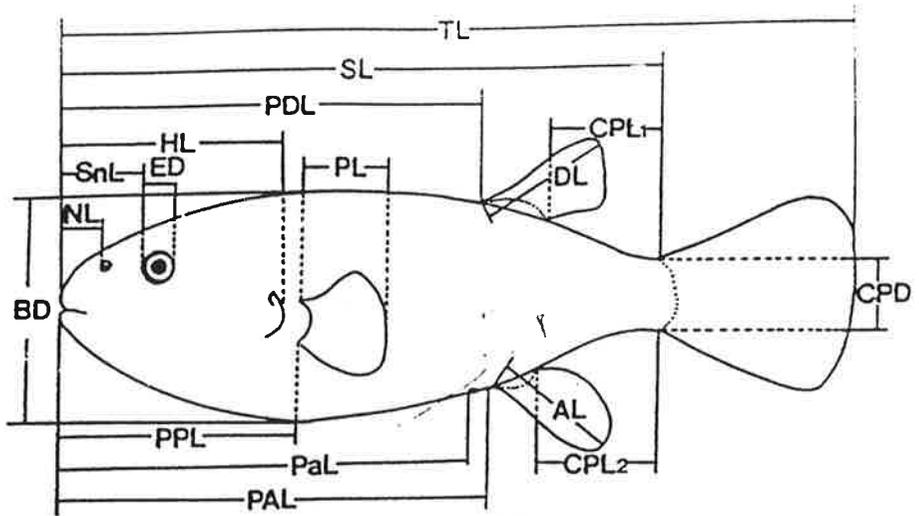


그림 4. 참복속의 형태 측정의 모식도.

Fig. 4. Diagram showing measurement of Tetraodontids.

AL: length of anal fin; BD: body depth; CPD: caudal peduncle depth; CPL<sub>1</sub>: dorso-caudal peduncle length; CPL<sub>2</sub>: ventro-caudal length DL: length of dorsal fin; ED: eye diameter; HL: head length; NL: nasal length; IW: inter orbital width; PAL: preanal length; PaL: preanus length; PAL: predorsal length; PL: length of pectoral fin; PPL: prepectoral length; TL: Total length; SL: standard length; SnL: snout length.

머지 새조골과 확실히 구별되며, 제 6 새조골은 앞쪽이 뒤쪽보다 더 가늘고, 상설골(上舌骨)에 결합되어 있다. 3쌍의 인새골을 가지며, 제 1인골에 작은 이빨이 있다. 전상악골(前上顎骨)이 두개의 치판(齒板)을 형성하고 있으며, 후쇄골(後鎖骨) 하골편은 막대기 모양이고, 하새개골에 홈이 있어 주새개골 끝이 이 홈과 결합되어 있다. 또한, 간새개골은 하새개골에 부착되지 않으며, 간새개골의 복부날개 모양과 돌기의 유무가 종간에 차이를 보인다.

황복의 부레는 황점복과 비슷한 구형으로 막이 약하고, 척추골 수는 24~25개로, 황점복과는 차이가 있으며, 참복속 어류 가운데 가장 많다. 두개골의 모양(그림 5)은 액골(額骨)의 높이가 넓이와 비슷하지만 약간 길고, 전액골(前額骨)의 바깥쪽은 액골과 설이골(楔耳骨)보다 커서 앞쪽으로 그 끝이 확대된다. 액골과 전액골이 만나는 부위는 안쪽으로 약간 들어거나, 평행하고 설이골의 뒷 돌기는 다른 종들과 달리 전방을 향하는 점에서 황점복과 비슷하다. 액골의 가운데 융기선(隆起線)은 끝이 전액골 뒷부분의 가운데에 도달되고, 액골 가운데 융기선을 따라 홈들이 뚜렷하여 이 속 가운데 가장 분화된 두개골의 형태를 보여주고 있다. 간새개골 복부날개의 폭이 넓고, 뒤쪽에 1개 또는 2개의 가는 돌기가 있다. 척추골의 앞쪽의 1~5번째 복추골(腹椎骨) 신경극(神經棘)이 쌍으로 되어 있으며, 등쪽 담기골이 있는 척추골 신경극 사이가 9개로 이 속 어류 가운데 가장 많았고, 신경간극(神經間棘)은 17개로 제 8번째의 추골이 신경극 다음에서 시작되며, 혈관간극(血管間棘)은 12~14 개로 가장 많은 수를 나타내었다.

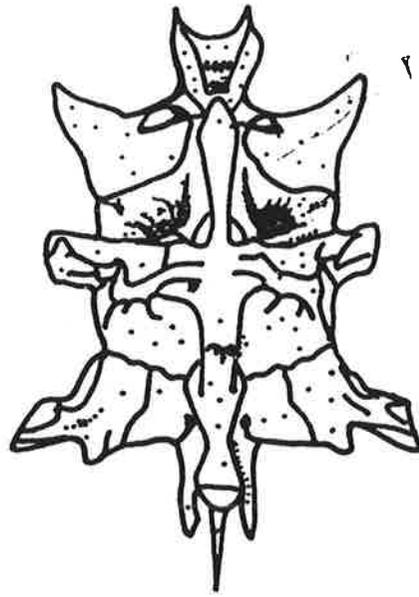


그림 5. 황복 두개골의 복면도.

Fig. 5. Ventral view of cranium of *Takifugu obscurus*.

## 제 2 절 황복의 생태(生態)

### 가. 습성

복어류는 배를 부풀린다거나, 복어독 등을 가지고 있어 다른 어류에서는 볼 수 없는 특성들을 가지고 있다. 즉, 물어뜯고, 눈을 감거나, 화가 나면 배가 불러지거나, 우는 등 여러가지 습성이 있다. 복어류는 입이 특수한 구조로 되어 있어 물에서 잡아내거나 공기중에서 강한 자극을 주면 물이나 공기를 위속으로 흡수하여 배가 불러지며 동시에 강한 상하 2쌍의 봉합치를 갈면서 “꾸우 꾸우” 소리를 낸다. 흡수하는 물이나 공기의 양은 자기 체중의 2~4 배의 양이 되며, 수중에서는 뒤집힌 상태에서 상대를 위협하는데 유효하다 할 수 있는 이 습성은 전기 자어 초기에서 부터 나타난다. 복어류의 이빨은 봉합치로 되어 있어 건강상태가 나쁘거나 스트레스를 받을 경우 동료를 물거나 양식망, 어선의 활어조 등을 파손하기도 하여 양식종으로서 관리가 대단히 힘든 종이라 할 수 있으며 양식 시에는 매우 나쁜 습성이라 할 수 있다. 한편 환경이 악화되거나, 질병이 있을때, 휴식이 필요할 때, 적으로부터 피하고자 할때, 야간에 양어지에서 배를 바닥에 대고 기대거나 모래에 숨는 습성도 있다. 또한 매몰시 눈을 감을 경우도 있으며 일몰 후는 정자세로 수면을 취하는 경우도 있다. 강한 이빨로 수중에서 소리를 내기도 하며 활어조에 수용했을 경우 자극을 받으면 위내용물을 토해내는가 하면 자어기에는 강한 주광성을 나타내기도 한다.

황복 친어의 산란 습성은 산란기에 성숙한 수컷이 연안으로 접근하고 하천의 중류인 산란장에 먼저 도달하여 암컷을 기다리면 하류에서 완

전히 성숙한 암컷이 강의 상류로 이동하여 여울목에 산란하고 수컷이 방정하여 수정하는 생태를 보였다. 산란을 마친 암컷은 하류 및 바다로 다시 내려가는 반면에 수컷은 다회 방정을 위해 산란장에 머물고 있는 것으로 확인되었다.

#### 나. 서식 생태

황복은 우리 나라의 금강, 한강 및 임진강 등의 서남 연안과 하천 하류, 황해, 동중국해와 남중국해, 특히 우리 나라의 서해안에서 중국 남부로 흐르는 강의 중 하류와 바다에 분포한다.

황복은 봄에 진달래꽃이 필 무렵 하천으로 올라와서 산란을 한다. 우리 나라에서는 압록강, 대동강, 한강, 임진강 (1980년대 말까지 화석정(花石亭)부근에서는 벚꽃 만개시인 4월 중하순이 산란 성기로 벚꽃이 지면 자취를 감추고 산란 성기 중에도 비가 오면 하류로 자취를 감춘다) 및 금강 하류에 올라오며 특히 압록강 하류에서는 해빙기에서 여름철까지 뱀어와 함께 잡힌다고 하였고, 중국에서는 랴오허, 황허, 양쯔강, 첸탕강에 많이 나며 식용하고 있다고 하였으나, 현재까지 황복에 관한 종합적인 연구 결과는 미약하고 북한에서의 연구결과는 부족하므로 우리 나라의 경우를 들어 설명하면 다음과 같다.

우리 나라는 현재 한강, 임진강, 금강, 만경강 등에 산란을 위한 회유가 있는 것으로 파악되고 있으나 확실한 어획량은 추정기가 어렵다. 이른 봄부터 서해 중부 연안 및 중국과의 어로 경계선 부근에서 3년생으로 보이는 황복이 포획되는 것으로 보고되고 있으나 그 양은 극히 적다. 가을에서 초겨울에 이르는 기간에는 강화도 백령도 부근에서 1년생 치어 및 2년생 미성어등이 고대구리라는 불법어업에 의해 다량 포획되는 것으로

알려져 있다. 그 이후 겨울에는 보다 따뜻한 수역인 서해 중부 지역이나 동지나해, 남중국해 등으로 이동하는 것으로 생각되나 확실치 않으며 자세한 조사가 필요하다.

### 제 3 절 황복의 독성(毒性)

#### 가. 복어독의 성질과 특징

일본의 다하라 박사에 의해 1909년에 자주복의 난소에서 비교적 순수한 독성분을 추출하여 명명한 것이 널리 알려져 있는 테트로도톡신(tetrodotoxin)이다. 복어독의 화학식은  $C_{11}H_{17}N_3O_8$ 이며 그 독성은 청산가리의 1,000배에 달할 만큼 맹독이라고 한다.

현재는 인공합성에 성공한 복어독은 일종의 신경독으로서 말초신경에 침범하여 수족 및 전신의 운동마비, 호흡운동과 혈관운동 신경마비, 지각 신경마비 등을 일으킨다. 순수한 복어독(tetrodotoxin)의 결정은 무색의 침상(針狀)으로서 무미, 무취이고, 초산 산성액 극히 녹이기 쉽지만 물과 알콜에는 녹기 어렵다. 테트로도톡신은 알칼리에 대해서는 비교적 약하여 4% 내외의 가성소다와 가성칼리 등으로는 20분 정도에서 무독화된다. 산에 대해서는 강하여 유기산 등에는 파괴되지 않으나 진한 염산, 초산 등에는 파괴되고 산으로 끓이면 단시간에 무독화 된다. 열에 대한 저항성도 강한 내열성으로 끓는 물에서도 4시간 이내에는 전혀 변화가 없고 6시간 이상에서 파괴되기 시작하여 9시간 정도에는 거의 파괴된다. 영하의 저온에서도 변화가 없으며 효소와 각종 염류에 의한 분해도 거의 받지 않고 일광에도 영향을 받지 않는다.

대부분의 복어류는 독성을 가지고 있는데 황복의 경우에도 독성은 난소 및 정소에 맹독이 있고 간장, 장 및 피부에도 강독이 있는 것으로 알려져 있으므로, 적은 양이라도 충분히 중독을 일으킬 수 있으니 주의하는 것이 좋다. 복어독에 중독되면 특이한 증상을 보이는데, 중독의 주요 증상은 마비로, 경과는 아주 빨리 나타난다. 식후 20분 내지는 3시간 이내에 보통 나타나며 주로 4~6 시간에 치사 여부가 거의 정해진다. 증상은 두통, 복통, 어깨통 등이 나타나며 운동마비가 일어나고 지각도 완전히 마비되며, 혈압이 떨어지며 호흡곤란, 청색증(치아노시스), 반사능력소실과 함께 의식을 점차로 잃어가며, 의식을 잃고 나면 곧 호흡도 멈추게 되고 머지않아 심장도 멈추게 된다. 이렇듯 독성이 강한 복어독이지만 이를 치료할 수 있는 특별한 조치나 약은 아직까지 개발되지 않고 있으므로 상당한 주의가 필요하다.

이런 맹독성의 물질인 복어독을 몸안에 갖고 있는 복어류는 열대 및 온대지역의 따뜻한 해역에 널리 분포하고 있는데, 세계적으로는 약 100여 종류가 있다고 하지만 우리 나라 연근해에서는 약 28종류만이 서식하는 것으로 알려졌다. 복어의 주요 어장은 중국 본토와 우리 나라 사이의 황해와 우리 나라 제주도 근해로 이 지역에서는 복어류의 소비가 많은 일본이 많이 어획하고 있다. 그러나, 모든 복어류가 식용으로 이용되는 것은 아니고 이 중에서 몇 종류만이 식용으로 쓰인다. 우리 나라에서는 주로 황복, 자주복, 참복, 까치복 등이 비교적 안전하게 식용화되고 있으나 이 밖에도 밀복이나 복섬, 국매리복을 비롯한 대부분의 복어가 민간에서는 비공식적으로 식용으로 하고 있는 듯하다. 중국에서는 앞서 말한대로 주로 황복을 식용으로 하며, 일본에서는 자주복을 최상의 요리로 치고 있고 이 밖의 몇 종류의 복어류가 식용으로 이용되고 있다.

자주복의 요리중에는 자주복의 껍질을 벗겨 깨끗이 씻은 다음 우무

에 넣어 묵처럼 만들어 얇게 썰어 먹는 요리가 있는데 우리나라의 시중  
북요리점에서도 이를 모방하여 황복의 껍질을 이용한 요리를 만들고 있  
다. 비록 한번의 식사로 먹는 양이 한정되기 때문에 중독을 일으킬 염려  
는 크지 않다고 여겨지지만 중독증상을 보이는데는 개인차가 아주 심하  
기 때문에 잘못하여 경미한 중독증상을 나타낼 수도 있고, 그렇게 되면  
황복을 애용하는 애호가들이나 사회전반에 커다란 문제로 대두될 수 있  
다는 점을 감안하면 철저한 홍보를 하는 것이 필요할 것이다.

#### 나. 북어독의 이용

북어의 난소를 원료로 하여 감압 농축시킨 후 침전 정제하여 얻은  
결정체는 의학용으로 사용되었고 그 가격도 매우 고가로 취급되고 있다.  
적용증은 신경통, 관절 및 근육 및 rheumatism, 창상통, 화상통, 타박  
통, 그밖에 외상통, 습진, 소양을 동반한 피부병, 천식, 백일해, 음위, 부인  
불감증 등에 효과가 있다고 한다. 최근에는 의학용 외에 시약으로도 용  
도가 많아져서 신경생리학, 약리학의 영역에서도 주목받고 있다고 한다.

한편 북어의 이리(정소)는 정력식품이면서 부작용 없는 고혈압 강압제  
로서 효과가 있다고 하나 북어의 종류 및 계절에 따라서 이리에 독이 있  
는 것도 있으므로 주의하여야 한다.

#### 다. 독화의 원인

최근에는 북어 이외의 어패류에도 북어독이 분포한다는 것이 발표되  
어 북어의 소화관내의 먹이생물과 북어류의 독화와의 관계에 대한 연구  
가 진행되고 있다.

#### 라. 북어중독과 응급처치

복어 중독에 대한 정확하고 효과적인 치료법은 오늘날에 있어서도 없으나 예로부터 치료법에 있어서는 여러가지 설이 있으나 모두 과학적 근거가 부족하므로 효과적이라 하기 어렵다. 고대 중국에서는 알로에, 올리브, 설탕물 등이 해독제가 된다는지 사람의 똥물(糞汁)을 마시게 하면 치료가 된다는지 하였으나 환자를 살리는 명약으로 판단하기는 어렵다. 한편 전해 내려오는 민간요법중에 인분을 먹인다든지, 땅에 묻든지 또는 석루나무껍질, 서양양초, 바다제비집, 붓순나무의 열배, 매실장아찌의 국물, 가지의 꼭지, 털머위의 뿌리, 말치를 곱게 태운것, 녹차, 솥돌의 분말가루 등이 민간약으로 전해지고 있지만 이것도 모두 미신적인 경향이 높다.

복어중독의 초기증상은 입술부분이 먼저 둔화되기 시작하므로 이런 특이증상이 느껴졌을 경우 재빨리 의사의 치료를 받아야 하나 복어 중독의 치료는 시각을 다투는 일이므로 병원에 옮기기까지의 응급조치가 매우 중요한데 이때의 방법을 요약하면 다음과 같다.

1. 위장내의 독소를 제거하기 위하여 쌀뜨물 또는 물을 다량으로 마시게 하고, 손가락을 목구멍 깊숙히 넣어서 토하게 하면서 물 속에 유형물이 없어질 때까지 반복하는 것이 좋다.
2. 혈액중의 독소를 제거하기 위하여 흡수되어 있는 유혈중의 독소는 노속으로 배출되도록 이뇨작용이 있는 녹차등을 대량으로 마시게 한다.
3. 옆으로 눕혀서 조용히 두고 불필요한 운동은 삼가하게하고 가급적 빨리 의사의 치료를 받도록 조치한다.

#### 제 4 절 황복의 유전 생화학적 연구

## 가. 서론

어류의 유전생화학적 연구는 대상 종의 유전적 특징을 파악함은 물론 유용유전자의 검색 및 이의 활용을 위해 중요하다. 어류에 대한 유전학적 연구는 거의 세포 및 염색체 수준에서 이루어져 왔으며 근래에 와서 동위효소유전자 및 mitochondrial DNA 연구가 활발하게 진행되고 있다 (Lansman *et al.*, 1981; Birt *et al.*, 1986; Palva *et al.*, 1989).

동위효소 연구는 transferrin 연구와 더불어 전통적으로 어류의 유전학적 연구에 활용되어 왔는데, 특히 어류의 지역집단 및 개체군 판별에 중요한 key로 이용되어 왔으며 (May *et al.*, 1975; Okazaki, 1982), 교잡종 (hybrid)의 유전현상 분석에도 널리 이용되고 있다 (May *et al.*, 1980; Arai, 1984).

본 연구의 목적은 우리 나라의 특산종인 황복의 동위효소 유전자의 pattern을 분석하여 이들의 유전학적 국내 자료를 축적하고, 이들 종의 식별을 위한 genetic marker로 활용하고자 함에 있다.

## 나. 재료 및 방법

### 1. 시료제조

황복의 생체에서 근육, 심장 및 간을 적출하여 dry ice에 급속 동결한 후 동량의 중류수를 첨가하고 균질한 다음, 저온원심분리기를 이용하여 4℃에서 3,000rpm으로 원심분리하고 상등액을 전기영동의 시료로 취하였다.

### 2. 전기영동

Malate dehydrogenase (MDH), isocitrate dehydrogenase (IDH),  $\alpha$ -glycerophosphate dehydrogenase ( $\alpha$ -GPDH), phosphoglucose isomerase(PGI) 등 4 개의 동위효소에 대하여 전기영동을 실시하였다.

전기영동은 13 % 전분겔을 사용하였으며 전기영동용 buffer는 Shaw and Prasad (1970) 및 Clayton and Tretiak (1972) 등의 방법을 사용하였다. 각 효소의 염색은 전개를 마친 겔을 2mm 두께로 수평 절단하여 Shaw and Prasad (1970)와 Okazaki (1982)의 방법을 응용하여 15 ~ 60 분간 실온에서 실시하였다.

#### 다. 결과

황복의 동위효소 좌위의 특성을 알아보기 위하여 골격근 조직의 MDH, IDH,  $\alpha$ -GPDH 및 PGI 등 네가지 동위효소에 대한 전기영동의 결과는 다음과 같다.

##### 가) Malate dehydrogenase (MDH; EC,1.1.1.37)

연어 (*Oncorhynchus keta*)에서는 골격근 조직의 MDH-B 좌위의  $b$  유전자의 빈도에서 종간, 지역집단간의 차이를 보이고 있으며 개체군 판별의 주요 marker로 보고되어 있다 (Okazaki, 1982).

본 실험의 결과 황복은 fast zone (F)에서 두개의 band를, slow zone (S)에서 하나의 band를 나타내었으며, 다형현상은 확인되지 않았다 (그림 6). 여기에서 황복은 연어과 어류에서와 같이 두 개의 subunit로 구성되어 있음을 확인할 수가 있었고, 비교적 그 pattern이 단순하였다. 또한 개체간의 차이도 없었다. 그러나, 향후 F zone에 대해 집중적으로 분석을 한다면 그 유전적 특성을 보다 정확하게 규명할 수 있을 것으로 사료된다.

##### 나) Isocitrate dehydrogenase (IDH; EC,1.1.1.42)

황복의 격근 조직에서 FS형의 네 개의 선명한 band를 확인하였으며 SS형의 두 개의 band만을 가지는 개체도 확인되었다(그림 7). 따라서 IDH의 경우는 종내의 변이가 있는 것으로 보이며 유전자 빈도의 규명을 위한 추가 연구가 필요한 것으로 사료된다.

연어과 어류 등에서는 보통 dimeric inheritance에 의해 FS형인 경우 세개의 band가 나타나는데 (홍등, 1994) 황복에서는 특이하게 네개의 band가 나타나서 본 종의 유전 현상을 이해하는데 좋은 자료가 될 것으로 보인다.

다)  $\alpha$ -glycerophosphate dehydrogenase ( $\alpha$  GPDH; EC, 1.1.1.8)

본 실험 결과 두 가지의 대표적인 형태를 나타내었는데, FF형은 세 개의 band를, FS형은 다섯 개의 band를 가지는 것으로 확인되었다(그림 8). 그러나 SS형은 확인되지 않았다. 또한 그 pattern은 연어과 어류의 LDH 형태와 매우 유사하게 나타났는데 S zone에서 변이체(variant)의 유전자빈도(gene frequency)를 추적해 보면 종내 개체군은 물론 유사종간의 비교분석에 유용할 것으로 판단된다.

라) Phosphoglucose isomerase (PGI; EC, 5.3.1.9)

황복의 골격근 조직의 PGI 특성은 F, M, S의 세가지의 zone을 나타내었다(그림 9). 개체에 따라서는 변이가 심하게 나타나기도 하였으며, 대체로 각 zone에 있어서 두가지 형태의 변이체를 발견하였는데 그 특징을 좀더 정확히 규명하기 위해서는 이에 관한 추가 분석이 필요한 것으로 사료된다.

연어류에 있어서 이는 PGI-1, -2, -3의 세 좌위가 존재하는 것으로 밝혀져 있으며, 일반적으로 PGI-1과 PGI-2는 골격근에서, PGI-3는 골격근 및 eyeball에서 잘 나타나는 것으로 알려져 있다 (Okazaki 1982).

## 라. 고찰

우리나라의 특산 종에 대한 유전생화학적 연구는 아직까지는 극히 미약한 실정이다. 국내의 유용 유전자원에 대한 자료의 축적은 향후 수산자원의 효율적인 관리는 물론, 유전공학기술을 이용한 유용유전인자의 활용을 위해 중요하다.

연어류등 어류의 isozyme에 관한 연구는 외국에서는 May *et al.*(1979), Allendorf (1975), Utter *et al.* (1972), Okazaki (1982) 등 수많은 연구가 이루어져 있으나 우리 나라의 경우는 홍 (1994)이 연어류의 isozyme pattern에 관해 보고한 바가 있다. 최근에 와서는 mitochondrial DNA를 genetic marker로 이용하려는 연구가 활발히 진행되고 있다. 앞으로 이들 방법을 상호 보완하여 이들 genetic marker를 어류의 육종에 이용한다면 많은 잇점을 살릴 수가 있는데 (Moav *et al.*, 1976), 종의 식별은 물론 유전적 검증에 필요한 노력을 절감하여 능률적인 실험 계획을 수립할 수 있고 선발 (selection)에 기초자료로 이용할 수 있어 육종의 효율을 제고하는데 크게 기여할 것이다.

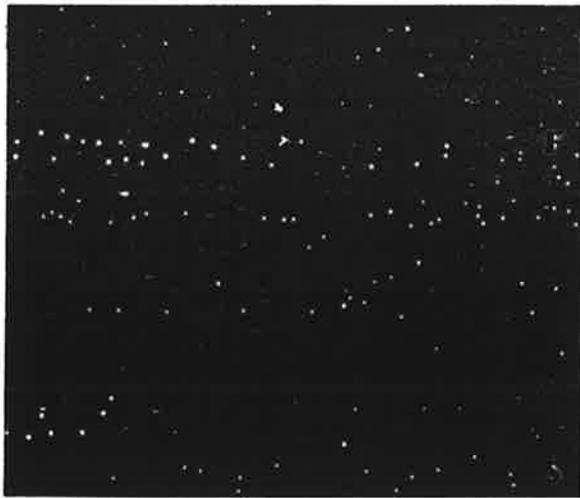


그림 6. 황복의 골격근 조직에 있어서의 MDH pattern.

Fig. 6. MDH pattern of river puffer, *Takifugu obscurus*.



그림 7. 황복의 골격근 조직에 있어서의 IDH pattern.

Fig. 7. IDH pattern of river puffer, *Takifugu obscurus*.

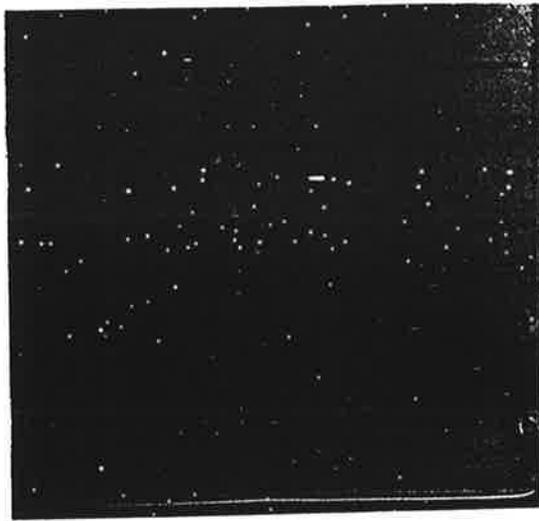


그림 8. 황복의 골격근 조직에 있어서의  $\alpha$  GPDH pattern.

Fig. 8.  $\alpha$  GPDH pattern of river puffer, *Takifugu obscurus*.



그림 9. 황복의 골격근 조직에 있어서의 PGI pattern.

Fig. 9. PGI pattern of river puffer, *Takifugu obscurus*.

## 제 5 절 황복의 세포 유전학적 연구

### 가. 서론

황복에 대한 세포 유전학적인 연구는 전무하다. 황복의 염색체 및 핵형 분석을 통하여 차후 황복의 배수체 조작에 필요한 중요한 기초 자료로 활용하고자 세포 유전학적 연구를 실시하였다.

### 나. 재료 및 방법

분석에 사용된 황복은 한국해양연구소 사육실 및 서신현장에서 사육된 22마리(평균체중 400~500g의 암·수 각 10마리와 12마리)였다.

염색체 작성은 표준의 신장직접법(Kim et al., 1982)에 의하였다. 염색체 작성 3~4시간 전 각 표본에 colchicine(Sigma, USA)을 복강주사(1~10  $\mu\text{g}$  colchicine/g body weight)하였으며 신장조직은 0.075M KCl에서 세절되었다. 부유액은 원심분리 후 상등액은 제거되었으며 하부 침전세포는 Fixator(methyl alcohol : acetic acid = 3:1)에 15분간 연속적으로 3번 고정되었다. slide는 공기건조법으로 제작되었으며 Giemsa (Gurr's R66, BDH) 용액에서 염색되었다. 각 표본당 최소한 20개 이상의 증기상이 관찰되었으며 염색체수 조사와 핵형분석은  $\times 1000$  하의 현미경에서 실시되었다. 좋은 증기상은 역시 사진촬영되었다. 핵형분석은 Levan et al.(1964)의 기준에 의하였다.

적혈구가 핵 및 세포의 크기 측정에 이용되었다. Heparin(Sigma, USA) 처리된 말초혈액은 각 개체의 꼬리부분 동맥에서 채취하였다. 혈액의 도말은 통상적인 방법으로 준비했고 Giemsa 혹은

May-Grünwaldt-Giemsa 용액으로 염색했다. 개체당 120개 적혈구 세포의 장축, 단축과 핵의 장축, 단축은 1000배 배율하에서 micrometer로 측정하였다. 핵 및 세포에서의 장축, 단축의 두개의 평균치에서 3개의 매개변수가 추가로 결정되었다. 즉 장축 / 단축(a/b) ; 표면적(S) =  $ab\pi/4$ (Sezaki & Kobayashi, 1978) ; 부피(V) =  $4\pi(a/2)(b/2)^2/3$ (Lemoine & Smith, 1980). 적혈구의 수는 Thoma Zeiss's haemocytometer를 이용하여 표준적인 방법으로 측정되었다.

아가미 조직의 작은 조각을 잘라내어 하루 이상 고정시킨 후 Kligerman and Bloom(1977) 방법을 이용하여 인이 나타나도록 염색하였다 (Gold, 1984). 개체 각각 당 두개의 슬라이드를 silver 염색하였으며 슬라이드당 50개의 세포를 기록하고 인의 수를 계측하였다.

#### 다. 결과 및 고찰

황복 2배체는 염색체 수가 44개로 판명되었으며 그중 암·수간 성을 구별할 수 있는 성염색체는 없었다(그림 10). 황복의 핵형 분석 결과는 표 1 과 같다.

황복은 현재까지 염색체의 보고가 없어 본 황복과 중간 염색체 비교가 어려우나 염색체의 수에 있어 일반 어류들의 염색체 수인 40~50개의 범위에 속하였다.

표 2와 그림 11는 적혈구의 세포질과 핵의 크기의 평균치와 그들의 외형을 나타내고 있다. 각 세포 크기의 평균치는 장축이  $11.01 \pm 0.63 \mu\text{m}$ , 단축이  $7.95 \pm 0.45 \mu\text{m}$ 였다. 핵의 평균치는 장축이  $4.05 \pm 0.49 \mu\text{m}$ , 단축이  $3.15 \pm 0.27 \mu\text{m}$ 였다. 세포의 표면적은 평균  $68.76 \pm 6.758 \mu\text{m}^2$  였으며 부피는  $366.00 \pm 55.64 \mu\text{m}^3$  였다. 핵의 표면적은 평균  $10.06 \pm 1.81 \mu\text{m}^2$ , 부피는  $21.36 \pm 5.44$

표 1. 황복의 핵형 분석 결과

Table 1. Results of karyotypic analysis of *Fugu obscurus*

Number and sex of specimens	Cells examined	Karyotypes*			2n
		M	SM	A	
10(♀)	210	6	14	24	44
12(♂)	300				

\* M=metacentric, SM=submetacentric, A=acrocentric.

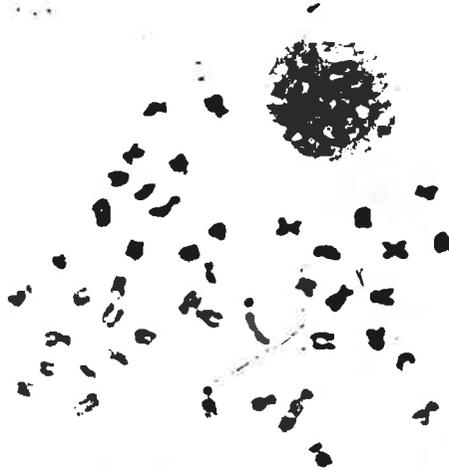
표 2. 황복 적혈구의 세포 및 핵의 크기

Table 2. Comparison of erythrocyte size of of *Fugu obscurus*

	Major axis ( $\mu\text{m}$ )	Minor axis ( $\mu\text{m}$ )	Surface area ( $\mu\text{m}^2$ )	Volume ( $\mu\text{m}^3$ )
Cell*	11.01 $\pm$ 0.63	7.95 $\pm$ 0.45	68.76 $\pm$ 6.758	366.00 $\pm$ 55.64
Nucleus*	4.05 $\pm$ 0.49	3.15 $\pm$ 0.27	10.06 $\pm$ 1.81	21.36 $\pm$ 5.44

\* Values are means  $\pm$  SD.

A



B

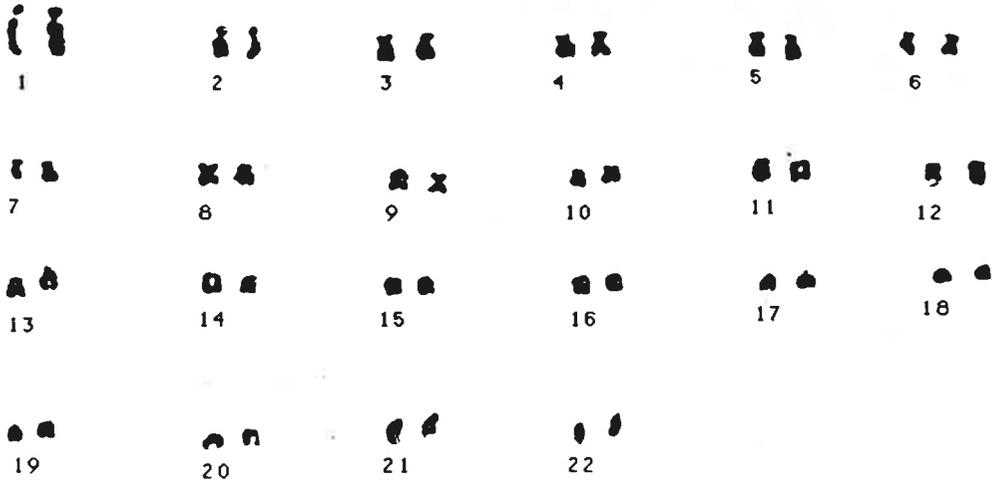


그림 10. 황복 2배체의 중기상(A)과 핵형도(B).

Fig. 10. Metaphase(A) and Karyotype(B) of diploid river puffer.

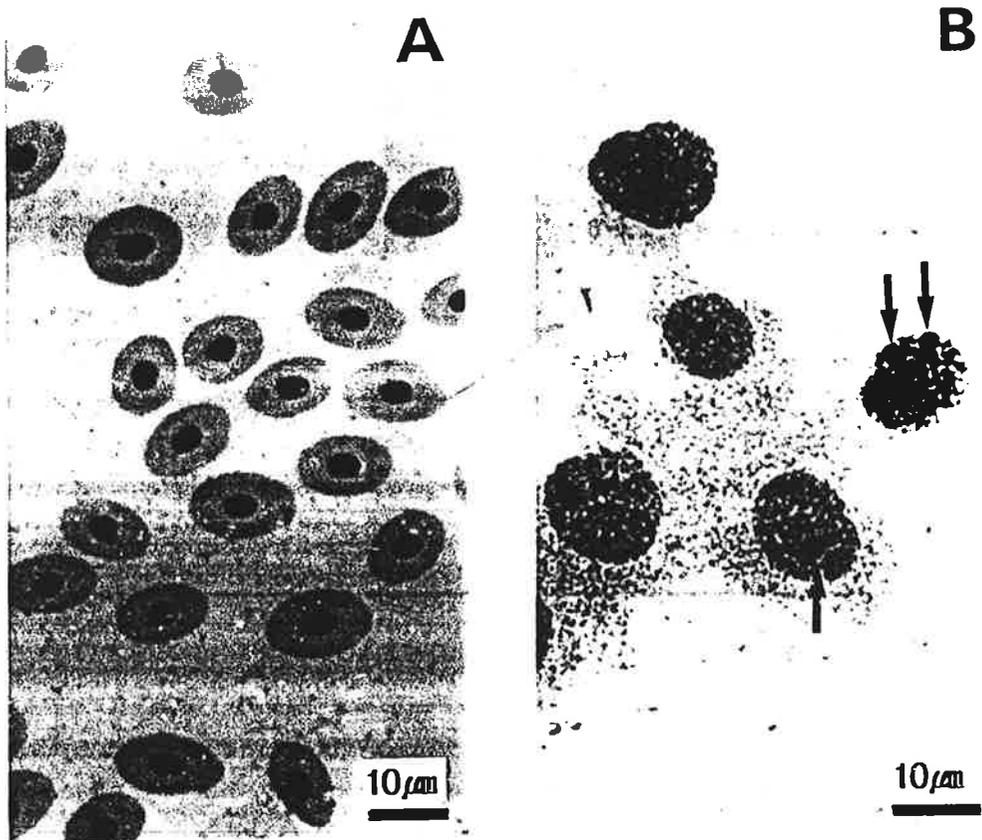


그림 11. 황복의 적혈구 및 아가미 조직 세포의 외형

(A:적혈구, B:아가미조직).

Fig. 11. External morphology of erythrocyte(A) and silver stained gill tissue(B) of *Takifugu obscurus*. Arrows(A) indicate nucleoi, silver stained gill tissue.

$\mu\text{m}^3$  였다.

적혈구의 수는 암·수 모두  $12\sim 13\times 10^5/\text{ml}$ . 그림 1에서 나타나듯이 2배체 개체의 아가미 조직의 세포는 1~2개의 인을 가지고 있었다.

배수체의 세포와 핵 크기는 2배체보다 크다고 알려지고 있으나 배수체 개체간 변이가 존재하고 있어(Thorgaard, 1986) 부수적으로 DNA 함량 조사가 필요하리라 사료된다. 본 연구 결과 황복 2배체의  $12\sim 13\times 10^5/\text{ml}$  적혈구 수는 배수체는 2배체에 비해 적은 적혈구 수를 갖는다는 점을 고려시 차후 배수체 판별에 유용한 방안이 될 것이다(Ueno, 1984 ; Kim et al., 1988 ; Sezaki et al., 1988 ; 박 & 박, 1994).

Mudminnow, 잉어, walleye pike와 여러 gynnotiformes은 한쌍의 염색체에 인형성 부위(NORs)를 가진다고 보고되고 있다(Kligerman and Bloom, 1977 ; Foresti et al., 1981 ; Takai and ojima, 1982 ; Gold, 1984 ; Phillips et al., 1986). 이상의 연구 결과 적혈구 세포 및 핵 크기조사, 적혈구 수 계수, 인 계수 및 핵형조사로 결정된 2배체의 수준은 차후 황복 배수체 판별에 유용하리라 사료된다.

## 제 6 절 황복의 생리 연구

### 가. 호흡생리 연구(산소 소비 형태)

#### 1. 서론

동식물 플랑크톤(Plumelly & Darely, 1985)에서 어류(Boujard et al., 1991)에 이르기까지 많은 해양생물들은 생물자체의 고유한 생체리듬

(Biorhythm)을 가지고 있다. 이러한 생체리듬은 주로 조석주기(Tidalrhythm) 또는 빛에 의한 일일주기(Circadian rhythm) 형태로 나타난다. 해양생물들에 있어서 생체리듬의 중요성은 많은 학자들에 의해서 이미 강조되어져 왔고, 생체리듬은 특히, 먹이, 번식, 그리고 공간 확보에 있어서 중요하다고 알려져 있다(Palmer, 1974; Enright, 1975; Bünning, 1977; Mletzko & Mletzko, 1985; Ali, 1991).

지금까지 어류의 양식분야에 이러한 생체리듬에 관하여 매년 약 1,000편 정도의 연구가 보고되어지고 있으며, ASFA 검색에 의하면 1978년부터 1994년까지 약 10,000편 정도의 연구 보고가 있다. 그렇지만, 생물의 신진대사(Metabolism)와 에너지흐름(Energyflow)에 커다란 부분을 차지하고, 생물자체를 유지하거나 또는 성장에 있어 중요한 에너지 역할을 하는 산소 소비에 관한 보고서는 많지 않다. 그러한 이유 중의 하나는 수성생물의 산소 소비를 측정하는 방법과 측정기기상에 문제점이 많았기 때문이다(Steffensen, 1989). 따라서 본 연구는 최근에 연속적으로 수서 생물의 산소 소비율을 측정 가능하게 새로 개발된 컴퓨터 시스템을 사용하여 황복의 산소 소비율 형태를 정성적으로 관찰하였다.

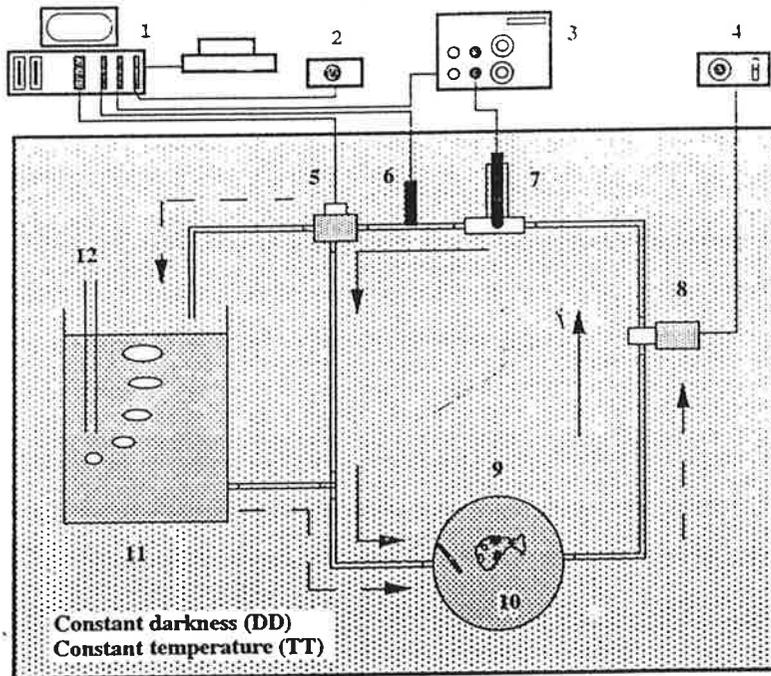
## 2. 재료 및 방법

1995년 5월에 인공부화시켜서 약 6개월 정도 수조실에서 사육중인 황복 치어(TL=5.5, 5.7cm)를 실험 재료로서 사용하였다. 염분도는 28.2‰, 온도는 15.5℃에서 실시하였다. 측정용기(Chamber)는 100ml를 사용하였고, 시스템내의 물흐름을 연결하는 관(Tube)은 대기로부터의 공기 유입을 차단하기 위하여 관의 두께가 두꺼운 Tygon tube(R-3603)를 사용하였다. 측정시스템내의 물 흐름은 20ml/min.로 하였다. 생물의 신진대사는 먹이의 투여에 따라 달라질 수 있다. 따라서 본 연구는 먹이에 의한 영향을 배제

하기 위하여 실험중에는 단식(Unfed)한 상태에서 측정하였다. 측정시스템내에 있는 박테리아 또는 다른 생물들에 의해서도 산소소비 요인이 발생할 수 있다. 이러한 요인을 제거하기 위하여 측정 시스템내의 해수는 Saritorius capsule filter(Input  $0.2\mu\text{m}$ , Output  $0.07\mu\text{m}$ )를 사용하여 미세한 생물들까지도 필터링하였다. 온도와 빛에 의한 영향을 제거하기 위하여 실험은 어두운 상태에서 실시하였고, 온도 조절이 가능한 배양기(SANYO, MLR-350, temp. accuracy  $\pm 0.3^{\circ}\text{C}$ )를 사용하였다. 진동이나 소음에 의한 스트레스 요인을 최대한 제거하기 위하여 실험실 출입을 금하였다.

측정 시스템내의 산소 포화농도는 2가지 형태로 나누어 실험하였다. 첫째는 측정시스템내의 산소포화 농도를 실험 초기부터 끝까지 96 - 84%를 유지하였고, 둘째는 시간에 따라서 측정시스템내의 산소 포화농도를 시간당 1.2%씩 감소시키면서 측정하였다. 측정하기 전과 후에 reference value를 측정하였다.

황복의 연속적인 산소소비율 측정에는 open-flow-system의 많은 단점을 보완한 완전 자동화된 Intermittent-flow-system을 사용하였다(그림 12). 황복에 의한 산소소비율 측정은 그림 1에서 보는 것과 같이 화살표 방향으로 기어 펌프(8)에 의해서 물이 순환되면서 산소 센서(7)에 의해 감지된 미세한 신호를 Picco-amperemeter(3)를 통하여 증폭시킨후 컴퓨터(1)에 의해서 자동적으로 측정하여 기록하였다. 시스템 내부의 산소 포화농도는 96-84%를 유지하였다. 황복의 호흡에 의하여 측정시스템 내부의 산소포화 농도가 84% 이하로 떨어질 때는 마그네틱 밸브(5)의 작동에 의하여 접선 화살표 방향으로 물이 순환되게 된다. 이때 저장탱크(12)에 있던 과포화된 새로운 물이 측정시스템내부로 유입되게 된다. 따라서 측정시스템 chamber(9)속에 들어 있는 황복(10)에게는 기어 펌프(8)에 의해 항상 일정한 속도의 물이 유입되게 된다. 새로운 물이 저장탱크(11)로 부터 유입



—————> circular course during measurement phase  
 - - - - -> circular course during water-exchange

1. Computer for control and data storage
2. Air pressure sensor
3. Pico amperemeter
4. Pump control
5. Three way valve
6. Temperature sensor
7. Oxygen sensor
8. Toothed wheel pump
9. Chamber
10. Material (Takifugu)
11. Reservoir container
12. Air supply

(not to scale)

그림 12. 산소 소비율 측정기 모식도.

Fig. 12. Schematic drawing of apparatus used to measure oxygen consumption in the *Takifugu obscurus*.

되는 동안은 측정하지 않는다. 저장탱크(11)로 부터 새로 유입된 물이 산소 센서(7)에 의해서 시스템 내부의 산소포화농도가 96% 이상이 감지되면 즉시 마그네틱 밸브(5)의 작동에 의해서 점선의 방향에서 다시 실선 방향으로 물이 순환하게 되고 산소소비율의 측정이 재개된다.

황복에 의해서 호흡되어진 산소소비율을 매초당 산소센서에 의해서 감지하고, 감지된 자료는 컴퓨터(1) 계산에 의해서 시간당 산소소비율( $ml \cdot g DW^{-1} \cdot h^{-1}$ )로 나타내었다. 황복에 의한 산소소비율의 측정간격은 90초로 하였다. 즉, 90초 동안 90번 감지된 자료를 평균하여 그래프상에 한 점으로 나타내게 하였다. 측정원리와 수식은 Dorrin(1993), Schmid(1994), 그리고 Kim(1994)에 상세한 설명이 되어 있다.

### 3. 결과

#### 가) 산소 포화농도 감소에 따른 영향

황복의 산소 호흡율이 산소 포화농도(Oxygen saturation) 변화에 따라서 어떠한 영향을 받는가를 관찰하였다. 실험초기에는 산소포화농도를 96-84%로 하였고, 매 시간당 산소 포화농도를 1.2%씩 감소시키면서(그림 13) 산소 포화 농도를 연속적으로 측정하였는데 약 20시간 30분후의 산소 포화 농도 범위는 63-51%였다. 실험 개시후 약 8시간까지 황복의 산소소비율은 계속 감소하는 경향을 보였으며, 8시간 이후의 산소소비율은 적은 비율로 계속 감소하는 경향을 나타내었다. 약 20시간 30분까지 황복의 산소소비율은 진폭(Amplitude)의 크기가 서로 다른 2개의 불규칙한 리듬(Rhythm)이 나타나 보였다. 황복 2개체(TL=5.5, 5.7cm)에 의한 시간당 산소소비율은  $3.6-0.1 ml \cdot g DW^{-1} \cdot h^{-1}$ 으로 추정되었다.

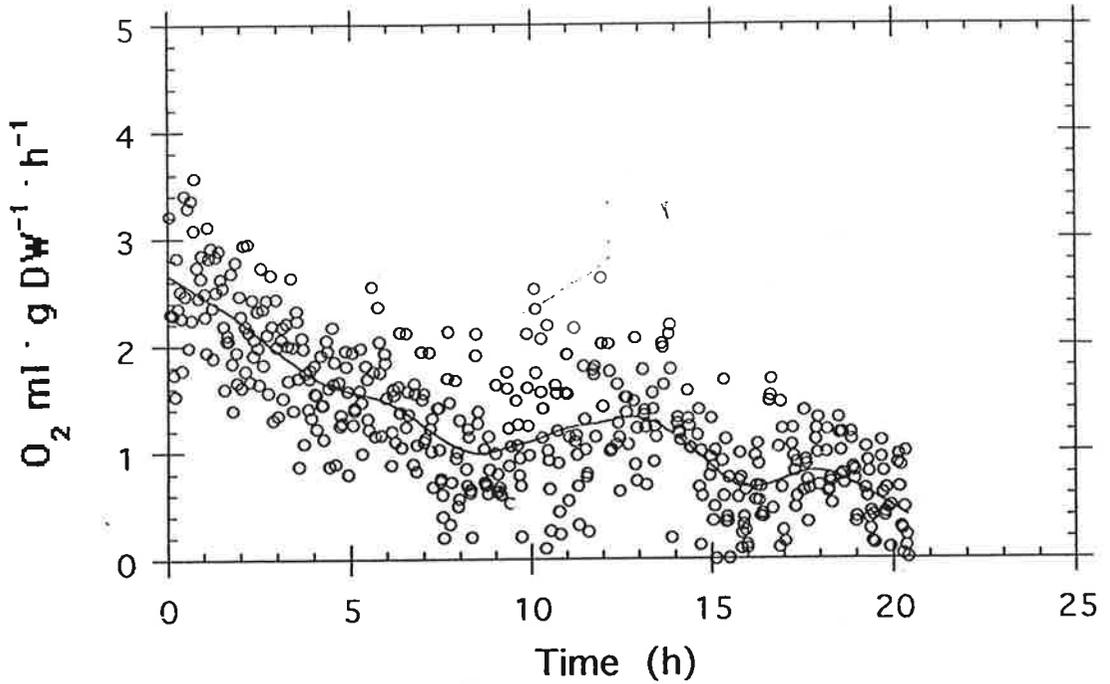


그림 13. 산소 포화농도 감소에 따른 산소 포화 소비.

Fig. 13. Oxygen consumption with decreasing (between 96-84% and 63-51%) of oxygen saturation in two *Takifugu obscurus* of total length 5.5, 5.7cm (SE=±0.008) during 20h. Experiment were carried out on fasting animals under constant conditions (CC) (constant darkness, DD; constant temperature, TT).

나) 시간에 따른 산소 소비 형태

황복의 산소소비율을 시간변화에 따라서 관찰하였다. 먹이의 투여에 의해서 신진대사율이 변화하는 것을 배제하기 위해 실험기간동안 먹이를 전혀 주지 않았다. 실험기간동안 산소포화농도는 96-85%를 항상 유지하였고, 어두운 상태(DD: Constant darkness)와 일정한 온도(15.5°C, SE=±0.008)(TT: Constant temperature)를 유지하였다. 황복의 산소소비측정은 실험초기에 안정화 상태가 되지 않을 것으로 추정되어 20시간 이전까지는 하지 않았으며, 20시간 이후부터 60시간까지만 측정하였다(그림 14). 황복 2개체(TL=5.5, 5.7cm)에 의한 시간당 산소소비율은  $4.6-1.5\text{ml} \cdot \text{gDW}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ 으로 비교적 진폭(Amplitude)이 크게 나타났다. 약 40시간 동안 황복의 호흡에 의하여 소비된 산소소비율은 평균  $3.20(\text{SE}=\pm 0.08)\text{ml} \cdot \text{gDW}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ 으로 추정되었다.

황복의 산소소비율은 오전 08:00경에 감소하기 시작하였고, 14:00경에 최소치( $4.5\text{ml} \cdot \text{gDW}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ )를 나타내 보였다. 오후 20:00경 Peak를 나타내었으며, 23:00경에도 낮은 수치를 나타내었다. 오전 02:00경에 황복의 산소소비율은 다시 최고치( $4.5\text{ml} \cdot \text{gDW}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ )를 나타내 보였다. 실험개시후 55시간인 오전 10-11시경에도 산소소비율은 낮은 값을 보였다. 중간에 한번의 작은 Peak가 있었지만 먹이를 투여하지 않은(Unfed) 상태의 20-60시간 동안 황복 산소소비율 주기는 약 23-24시간으로 나타났다. 먹이를 투여하지 않은 황복의 Activity 산소소비율(활발하게 움직이는 상태)은 평균  $4.13(\text{SE}=\pm 0.02)$ , Routine 상태하에서 평균  $3.10(\text{SE}=\pm 0.08)$ , 그리고 Standard 상태(정지상태)하에서 평균  $2.53(\text{SE}=\pm 0.08)\text{ml} \cdot \text{ml} \cdot \text{gDW}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ 로 추정되었다. 활발하게 움직이는 상태(Activity)와 정지상태(Standard)에서 호흡하는 황복의 산소소비율을 비교하면, Activity 산소소비율이 Standard 산소소비율보다 약 6.13% 더 높은 수치를 나타내 보였다.

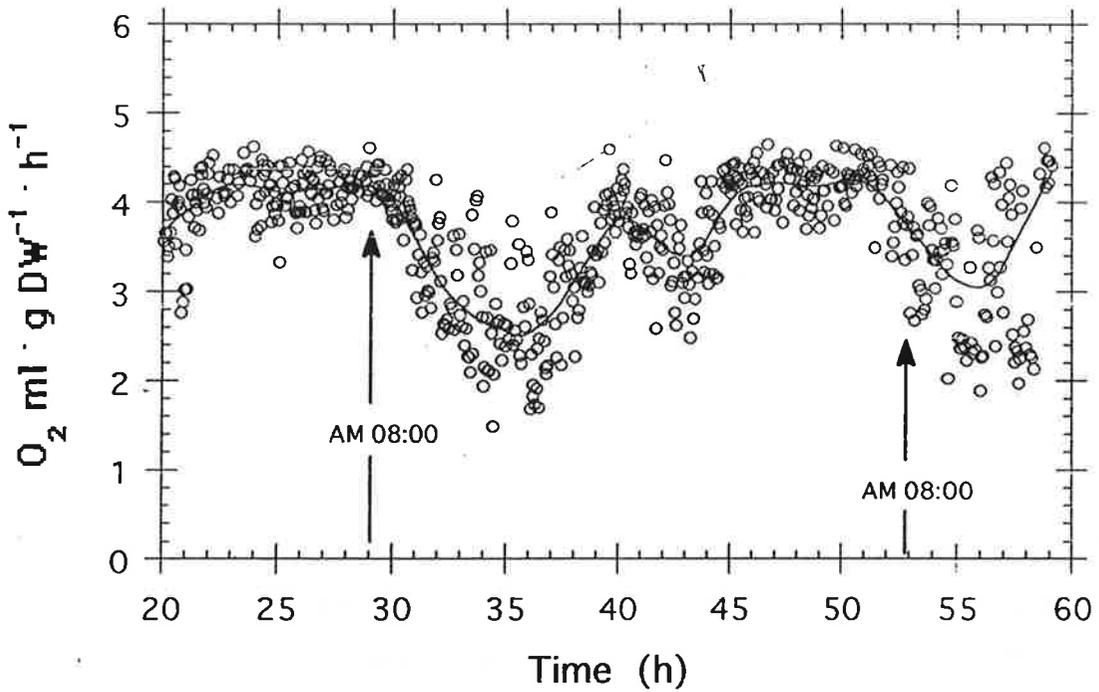


그림 14. 시간 경과에 따른 산소 포화 농도.

Fig. 14. Oxygen consumption at oxygen saturation levels of between 96% and 84% in two *Takifugu obscurus* of total length 5.5, 5.7cm (SE=±0.008) between 20h and 60h. Experiment were carried out on fasting animals under constant conditions (CC), (constant darkness, DD; constant temperature, TT).

Activity 와 Routine(Activity와 Standard의 중간형태)의 산소소비율 비교에서는 Activity 상태가 Routine보다 약 25% 정도 높게 나타났다.

#### 4. 고찰

실험초기에 황복의 산소소비율은 다른 시간에 비교하여 높은 수치( $3.6 \text{ ml} \cdot \text{gDW}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ )를 보였다. 어류(Jobling, 1981)나 패류(Shirely & Findley, 1978)에서도 이와 비슷한 결과가 관찰되었다. 이러한 요인으로는 Stenffensen(1989)이 지적한 것처럼 생물의 신진대사를 측정하기 위해서 측정용기(Chamber)에 넣었을 때 많은 스트레스를 받았기 때문인 것으로 사료되며, 또는 아직 안정화 상태(Steady state)가 되지 않은 것으로 보여진다. 한편, 황복의 산소소비율 측정은 단식(Unfed)한 상태에서 측정하였기 때문에 먹이의 영향(Cederwall, 1979)을 받았을 수도 있다. Widdows와 Hawkins(1989)에 의하면 실험 초기의 높은 신진대사율은 소화나 합성에 관여하는 신진대사율의 전환(Switching off)이나 기아(Starvation)의 영향이 큰 것으로 추정하였다. 시간에 따라 산소포화농도를 감소시키면서 신진대사율의 변화를 연구한 보고서는 거의 없다. 산소포화농도에 따른(초기치:96~82%, 나중치:63~51%) 황복산소소비율 연구결과 약 25시간이 경과하면 황복은 더이상 호흡할 수 없을 것으로 추정된다.

40시간 동안(20~60h) 황복 산소소비율의 측정 결과 약 23~24시간으로 추정되나 산소 소비리듬은 지금까지 알려진 어류의 행동리듬(Behaviour rhythm)이나 조석 주기리듬(Tidal rhythm)과는 리듬의 주기(Cycle)가 다르게 나타나 보였다. 실험기간중 정전에 의한 실험중단으로 장기간에 걸친 리듬 분석은 어려웠지만 실험시간(Experimental time)과 현지시간(Local time)을 어느 정도 비교할 수가 있다. 리듬이 하향곡선을 나타내는 지점의 두개의 화살표는 현지시간(Local time)으로 오전 08:00를 나타낸다. 측정하

기 전의 황복은 매일 오전 07:00-08:00와 오후 15:00경에 먹이를 공급하면서 수조실에서 사육하였던 것이었으므로 산소소비리듬 분석결과 수조실에서 일정한 시간에 공급하던 먹이 공급 주기의 영향을 받았던 것으로 추정된다. 중간에 작은 Peak가 나타나기 때문에 빛의 영향은 비교적 적은 것으로 사료되나, 실험자료가 부족하기 때문에 내부적 요인(Intrinsic factor)에 의해서 리듬이 나타나는지 현상태로는 해석이 어렵다. 반복실험에서도 같은 결과가 계속 관찰되면 인위적인(Extrinsic) 먹이 공급시간에 따라서 이러한 산소소비리듬이 나타나는 것으로 추정할 수 있으므로 보다 자세한 연구가 필요하겠다.

#### 나. 온도 내성 실험

우리 나라의 환경 여건상 황복에 대한 연구는 물론 복어과 어류에 대한 체계적이고 전반적인 양식 연구는 부족한 실정이다. 자주복양식의 경우 일반 양식업자들은 자주복 수정란이나 종묘용 치어가 우리 나라에도 입된 이후 수온과 공식등에 의한 폐사 때문에 우리 나라에서는 불가능한 양식어종으로 취급하여 등한시하여 왔다. 황복은 봄에 서해연안에 출현하고 초겨울에 연근해에서 사라지는 어종으로 월동을 위해 동지나 해역으로 회유하는 것으로 추정된다. 황복 관련 연구가 전무한 상태에서 우리나라 서남 연해의 연안수로서 치어기 이후 상품크기까지 황복을 양식할 경우 그 과정에서 제기될 매우 중요한 환경 수온에 의한 문제를 해결하고자 즉 월동 및 월하 가능성 여부를 알아보고자 고수온 및 저수온에 대한 저항력 실험을 실시하였다.

실험에 사용된 황복은 당년산 종묘로서 체장 5.3 ~ 6.5cm(체중 6 ~ 8g)되는 부화후 6개월 이상 경과하고 연구소 사육실 순환여과 수조에서

표 3. 수온 하강시 황복의 수영상태

Table 3. Swimming activity of juveniles of river puffer in gradually dropping water temperature

시간 (분)	수온 (°C)	유영상태 및 사망
0	14.3	정상 유영
20	14.6	정상 유영
40	12.8	정상 유영
60	10.4	지느러미 운동력 감소
80	8.5	바닥에 기대어 지느러미만 움직임
100	6.5	몸체 전체로 움직이며 호흡함
120	4.8	아가미 밑부분 부풀림
140	3.5	1마리 배설후 폐사함 (*1)
160	2.3	아가미 운동 정지, 평형감각을 잃고 옆으로 넘어감
170	1.9	2마리째 폐사 (*2)

\*1 : 6.0cm (BL), 8g (TW).

\*2 : 5.4cm (BL), 6g (TW).

표 4. 수온 상승시 황복의 유영상태

Table 4. Swimming activity of juveniles of river puffer in gradually rising water temperature

시간(분)	수온(°C)	유영 상태 및 사망
0	15.3	정상 유영
40	17.4	정상 유영
80	19.2	정상 유영
120	22.2	몸체의 움직임 빨라짐
140	26.3	호흡횟수 증가
160	27.1	아가미, 지느러미의 움직임 더욱 빨라짐
180	28.2	턱 아랫부분을 부풀림
200	28.7	지느러미의 움직임 둔해짐
210	30.3	바닥에 기대는 횟수, 시간 증가
220	31.2	호흡횟수 더욱 증가, 지느러미 움직임 더욱 감소
240	32.4	바닥에 기대어 아가미, 지느러미만 움직임
250	33.2	옆으로 몸이 누어짐
260	33.3	모두 폐사 (*1,*2)

\*1 : 4.5cm (BL), 5g (TW).

\*2 : 5.3cm (BL), 5g (TW).

사육중이던 300 마리중 2마리였다. 사용한 수조는 3리터 유리 수조에 2리터의 해수를 넣은 후 반나절 굶긴 황복 치어를 넣었다. 공기는 적절히 공급하였으며, 프로그램에 의해 작동되는 incubator내에서 실시하였다 (Sanyo 9515T). 실험 당일 황복 치어 사육수온인 14.5℃에서 서서히 올리거나 내리거나 하면서 수온변화에 따른 치어의 행동 변화 및 사망 경과를 관찰하였다.

수온을 낮추는 실험에서는(표 3.) 14.3 ℃에 수용하고 있던 황복치어를 실험개시 60분이 경과할 때까지 수온을 10.4 ℃로 낮춤에 따라 지느러미의 운동력이 감소하고 바닥에 기대어 조용히 움직이더니 5 ℃이하로 내려감에 따라 복어 특유의 습성인 아가미 밑부분을 부풀리면서 이어 3.5 ℃, 140분만에 1마리가 폐사하였다. 이어 계속적인 수온하강으로 170분이 경과한 1.9 ℃에서 100 % 사망하였다. 실험결과에서 보는 바와 같이 8 ℃이상의 수온에서는 거의 정상적인 유행과 활동을 보여 우리 나라 남해안 겨울 수온수준에서 월동등의 한계수온으로 보여지나, 우리 나라 남해안 저수온기인 1월-2월의 계속적인 수온 저하에 따른 생존 가능성은 실증실험에 의해서 확인될 수 있으므로 현장에서의 실험이 반드시 필요하다.

수온을 올리는 실험에서는(표 4.) 15.3 ℃에 수용하고 있던 황복치어를 120분 경과후 22.2 ℃까지 올리자 몸체의 움직임이 빨라지면서 호흡 횟수가 상당히 증가하였다. 실험개시후 3시간이 경과하여 28 ℃가 되자 역시 복어 특유의 행동인 턱 아래부분을 부풀리고 난 후 지느러미의 운동은 둔해지기 시작하였으며 4시간이 경과하여 사육수온이 32 ℃가 되었을때는 바닥에 기대어 지느러미만 움직이면서 매우 빠르게 호흡하였다. 이어 33 ℃이상의 수온이 유지되자 몸이 옆으로 누어지면서 100 % 폐사 하였

다.

이상과 같은 급격한 온도 상승에 따른 내성 실험은 서해안 여름의 고수온기에 성장이 좋았던 그간의 예비실험과 비교하기는 어렵겠으나, 서해안에 널리 퍼져있는 유휴지나 염전등을 효과적으로 이용할 수 있는 중간육성 연구는 구체적인 연구계획을 통하여 차후에 이루어져야 하겠다.

## 제 7 절 황복의 정자 보존 및 동결 연구

### 가. 서론

양식분야에서 정자의 보존기술은 자연산 어미를 이용하여 인공수정시킬 경우, 확립된 정자보존기술은 어획된 암수의 성비 불균형에 따른 수정문제를 해결할 수 있고, 암수의 성숙 및 배우자 방출에 동시성이 없을 경우라도 인공수정을 가능하게 한다. 그리고 수컷 친어의 확보에 따른 제반 경비 절감효과를 가져오고, 재래종, 희귀종 및 우량종의 종 보존 및 활용이 가능하며, 특정 형질을 가진 정자를 이용하여 유전육종이 가능해진다는 장점이 있어 개발될 경우 양식 산업에 미칠 파급효과는 매우 클 것으로 보인다.

따라서 최근 고급 어종이면서도 자연의 자원량이 급격히 감소하여 종 보존의 차원에서 구출운동까지 벌어지고 있는 황복에 대하여 활용도가 높은 정자보존을 위한 기초자료를 얻고자 황복 정자의 액상보존 및 동결보존 가능성을 검토하였다.

## 나. 재료 및 방법

황복은 임진강 중류(임진나루터 부근)에서 어획된 것을 사용하였으며, 전장 305~335 mm, 체중 510~615 g 전후의 수컷 3마리로부터 채정하였다. 수정률 검사를 위한 알은 전장 330~350 mm, 체중 710~850 g의 암컷 2마리에서 얻었다.

어체로부터 정액을 채취하기 위하여 비노생식공 주위를 가볍게 눌러 오줌과 배설물을 미리 제거한 후 마른 가제로 비노생식공 주위를 깨끗이 닦은 다음, 복부를 여러번 가볍게 문질러 채정하였다. 채취된 정액은 시험관에 넣어 밀봉한 후 실험에 사용될 때까지 얼음을 채운 ice box에서 보관하였으며, 채정후 1시간 이내에 실험에 이용하였다.

정액 1 ml 당 정자의 수를 측정하기 위하여 eosin 용액<sup>1)</sup>으로 정자를 염색하였으며, 광학현미경 아래에서 혈구계산판으로 이용하여 계수 하였다. 정액의 spermatocrit는 일반적인 혈액분석 방법인 micro hematocrit법을 변형하여 측정하였다(Bouck and Jacobson 1976).

원심분리하여 얻은 정자와 정장의 총 단백질, 총 지질 및 glucose함량 그리고  $\text{Na}^+$  및  $\text{K}^+$  농도는 由岐(1984)의 방법에 따라 각각 biuret 반응법, 비색정량법, 효소법 및 불꽃 분광광도법으로 측정하였다.

희석액의 조성에 따른 정자의 액상보존 효과를 파악하기 위하여 egg-tris<sup>2)</sup>, 0.1 M, 0.3 M, 0.5 M glucose 및 해산어류용 생리식염수 (Marine fish ringer solution, MFR)<sup>3)</sup>를 각각 2:1의 비율로 정액과 희석한

---

1) 0.125 M  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  80.4 ml + 0.125 M  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  19.6 ml + eosin 1 g + aniline blue 1g

2) tris 2.422 g + citric acid 1.424 g + fructose 0.48 g + 400 ppm gentamycine 80  $\mu\text{l}$  + distilled water 80 ml + egg yolk 20 ml

후 1.5 ml vial에 분주하였다. 분주가 끝난 vial은  $0\pm 1^{\circ}\text{C}$ 의 냉장고에서 16 일 동안 보관하면서 1일 간격으로 정자의 운동성과 생존율을 조사하였다.

희석액에 따른 정자의 동결보존 효과를 조사하기 위한 실험에서는 egg-tris, 5% glucose, Alserver's solution<sup>4)</sup> 및 해산어류용 생리식염수를 희석액으로 사용하였고 동해방지제로는 dimethyl sulfoxide(DMSO)를 사용하였다. 정액:희석액:DMSO는 0.2:0.65:0.15의 비율로 희석하였으며 평형시간은 1분 이내로 하였다.

동해방지제의 종류와 농도별 실험에서는 5% glucose에 DMSO와 glycerol을 각각 최종 농도가 5, 10, 15 및 20% 되도록 농도를 조절하여 사용하였으며, 평형시간은 1분 이내로 하였다.

전술한 각 실험에서의 정자동결을 위하여 희석 정액이 주입된 0.5 ml 용량의 straw를 액체질소 증기( $-76^{\circ}\text{C}$ )에 의해 천천히 1차 동결시킨 다음, 신속히 액체질소( $-196^{\circ}\text{C}$ )에서 넣어 2차 동결시켰다(奥村·廣瀬 1991). 동결된 정자는 액체질소탱크에 보존하면서 운동성, 생존율 및 수정율을 평가할 때  $30\pm 1^{\circ}\text{C}$ 의 항온수조에서 30초 이내에 해동시켜 사용하였다.

액상보존과 동결보존의 각 구간별 정액의 처리조건에 따른 운동성을 평가하기 위하여 앞의 방법에 따라 해동한 희석정액을 증류수와 1:3의 비율로 섞은 다음, 광학현미경 아래에서 표 5의 운동지수에 따라 점수를 부여하고, 정자활성지수(sperm activity index, SAI)는 鄭 等(1991)의 방법을 변형한 계산식<sup>5)</sup>에 따라 구하였다.

실험에 대한 정자활성지수는 3회 측정하여 평균을 구하였다.

---

3) NaCl 1.35 g+KCl 0.06 g+NaHCO<sub>3</sub> 0.02 g+CaCl<sub>2</sub> 0.025 g+MgCl<sub>2</sub> 0.035 g+distilled water 100 ml

4) sodium citrate 0.8 g+glucose 0.2 g+NaCl 0.4 g+distilled water 100 ml

5) SAI=점수×운동정자의 비율(%)/100

표 5. 정자 운동성 평가를 위한 지수

Table 5. Numerical index for the evaluation of sperm motility

Index	Score	Motility characteristics
I	4	Sperm display forward movement rapidly
II	3	Sperm display forward movement slowly
III	2	Sperm display forward movement slowly, and vibrating movement moderately
IV	1	Sperm display vibrating movement slowly
V	0	Immobile sperm

액상 및 동결보존 실험에서 실험 후 정자의 생사 판별은 정자를 5% eosin-10% nigrosin(Blom 1950; Fribourgh 1966)에 염색한 다음, 정자의 염색 정도에 따라 구분하였으며, 광학현미경( $\times 1000$ ) 아래에서 5회 측정하여, 전체 정자수에 대한 살아 있는 정자수의 비율로 생존율을 산정하였다.

보존 후 정자의 알에 대한 수정은 건식법으로 3회 실시하였으며, 수정 후 낭배기로 발생이 진행된 배의 수를 계수하여 2단계로 수정율을 구하였다.

#### 다. 결과 및 고찰

신선한 황복 정자의 전자현미경적 구조는 그림 16과 같다.

황복 정자는 두부, 측면부 및 미부로 구성되어 있다. 두부는 장타원형으로 직경이 약  $0.6\mu\text{m}$ 였고, 두부 전반부에서 후반부까지의 길이는 약  $1.5\mu\text{m}$ 였다. 치밀한 핵질로 충만한 두부는 그 선단에 침체구조를 가지지 않았다. 직경이  $0.18\mu\text{m}$  전후의 구형인 미토콘드리아는 여러개 관찰되었고, 편모의 구조는 전형적인 "9+2" 구조였다.

채정기간 동안 정액을 원심분리하여 얻은 정자와 정장의 특성은 표 6과 같다. 정액 1 ml당 정자농도는  $11.3 \pm 2.7 \times 10^{10}$  마리였으며, spermatocrit는  $64.8 \pm 1.3$ 이었다. 정장의 화학적 조성은 총 단백질 함량은  $0.07 \pm 0.05$  g/100 ml였으며, 정장중 glucose는 검출되지 않았다.

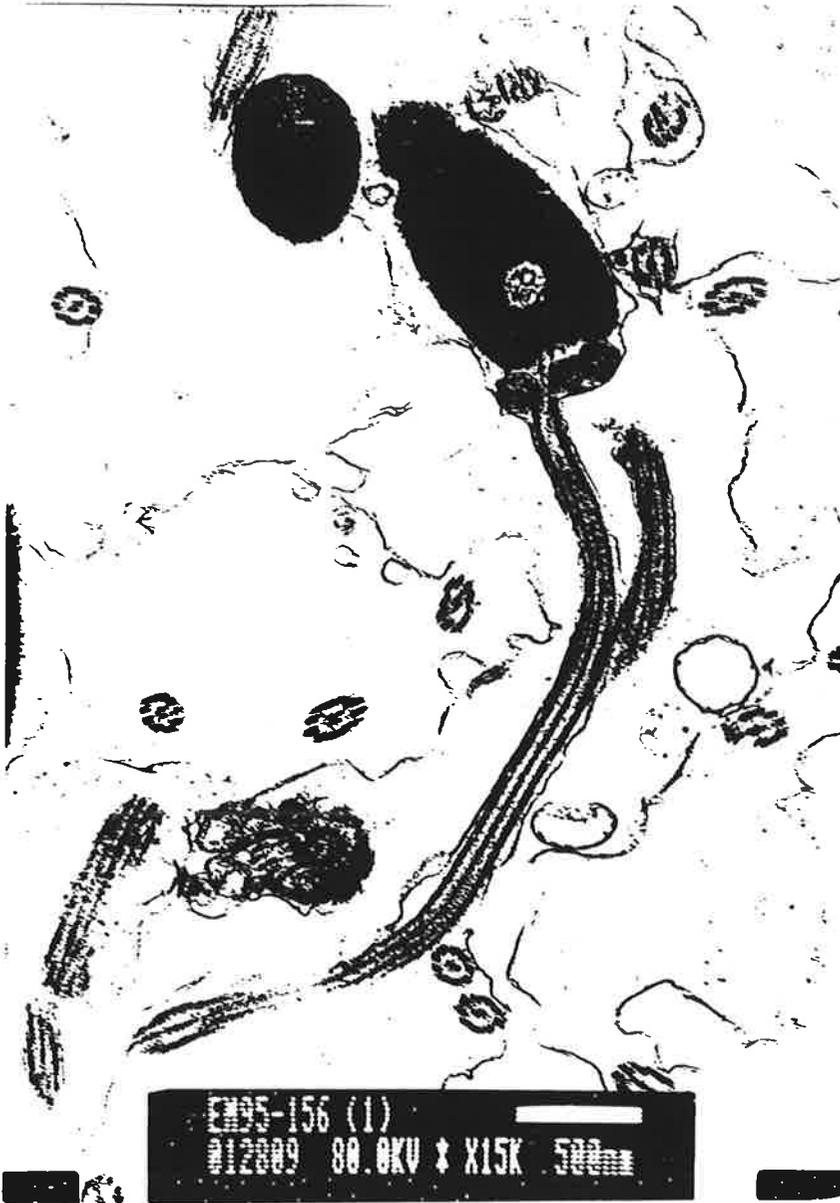


그림 15. 황복 정자의 전자 현미경 사진.

Fig. 15. Ultrastructure of fresh spermatozoal in river puffer,  
*Takifugu obscurus*.

표 6. 황복 정장의 화학적 특성

Table 6. Seminal fluid chemical properties of *Takifugu obscurus*

Properties	Seminal fluid
Total protein (g/100 ml)	0.07±0.05
Total lipid (mg/100 ml)	40±0
Glucose (mg/100 ml)	0
Na <sup>+</sup> (mEq/l)	126.3±0.5
K <sup>+</sup> (mEq/l)	14.4±0.1

액상보존 실험에서 희석 직후 정자의 SAI는 egg-tris (0.5)를 제외한 다른 희석액에서 0.9로 비교적 높았으나, 보존 8일 후 0.1, 0.3, 0.5 M glucose에 희석하여 보존한 정자의 SAI는 0.2까지 감소하였다. 보존 후 8일부터 16일까지의 SAI는 0.1로 정자의 운동성은 매우 약했다(그림 16).

희석액별로 15일 동안 액상보존한 정자의 황복알에 대한 수정율은 그림 17과 같다. 수정율은 신선한 정액을 사용한 대조구에서  $72.4 \pm 3.3\%$ 로 가장 높았으나, egg-tris, 0.1 M, 0.3 M, 0.5 M glucose 및 해산어류용 생리식염수를 사용하였을 때는  $0 \sim 0.7 \pm 0.8\%$ 로 대조구에 비해 매우 낮았다.

여러 가지 희석액을 사용하여 15일 동안 동결보존한 결과는 그림 18과 같다. 황복알에 대한 수정율은 해산어류용 생리식염수를 사용하였을 때  $24.6 \pm 3.7\%$ 로 가장 높았고, 다음이 Alserver's solution으로  $5.1 \pm 2.2\%$ 였다. 그러나 이것은  $61.7 \pm 3.0\%$  였던 대조구의 수정율 보다는 낮은 값이었다.

Glucose를 희석액으로 사용하고 동해방지제로 DMSO와 glycerol을 농도별로 첨가하여 동결보존한 결과는 그림 19와 같다. 황복알에 대한 수정율은 동해방지제로 5% DMSO를 사용하였을 때  $28.3 \pm 3.0\%$ 로 대조구의  $61.7 \pm 3.0\%$  보다는 낮았지만 다른 농도에 비해 높았다. 동결보존한 정자의 생존율과 황복알에 대한 수정율을 근거로 평가할 때 glycerol보다는 DMSO가 황복의 정자보존을 위해서는 효과적이었다.

이번의 실험은 황복을 대상으로 정자보존의 가능성을 검토한 것으로 황복정자의 특성에 대한 기초적인 연구가 부족한 상태에서 기존에 발표된 다른 어류 정자 보존 연구의 자료를 바탕으로 실험을 수행하였기 때문에 수정율이 다소 낮게 나타났다. 따라서 앞으로 황복정자의 생식생물학적인 연구와 함께 정자 특성에서부터 장기 보존에 이르는 체계적인 연구가 계속된다면 수산 동물의 정자 보존을 위한 기초 자료가 전무한 우리 나라의 동일 연구 분야의 생리적 현상을 연구하는데 기초 자료로 활용될 것이며 현

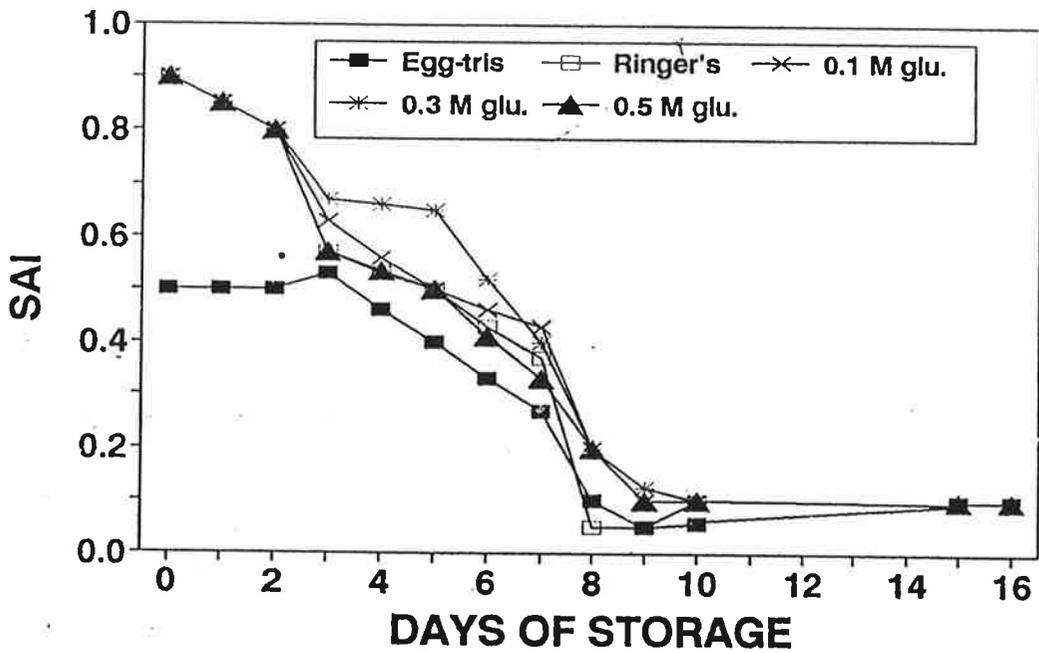


그림 16. 여러 가지 희석액에서의 정자의 운동지수.

Fig. 16. Variation of spermatozoa activity index(SAI) in spermatozoa stored at 0°C according to several diluents.

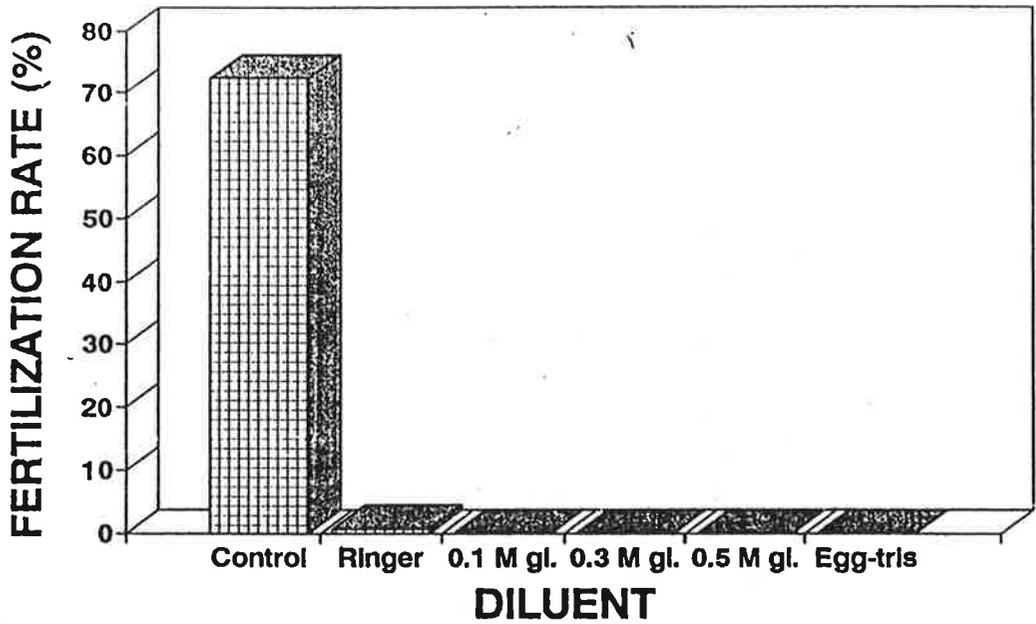


그림 17. 황복 정자 액상보존을 위한 여러 가지 희석액의 효과.

Fig. 17. Effect of various diluents for fresh preservation in river puffer sperm.

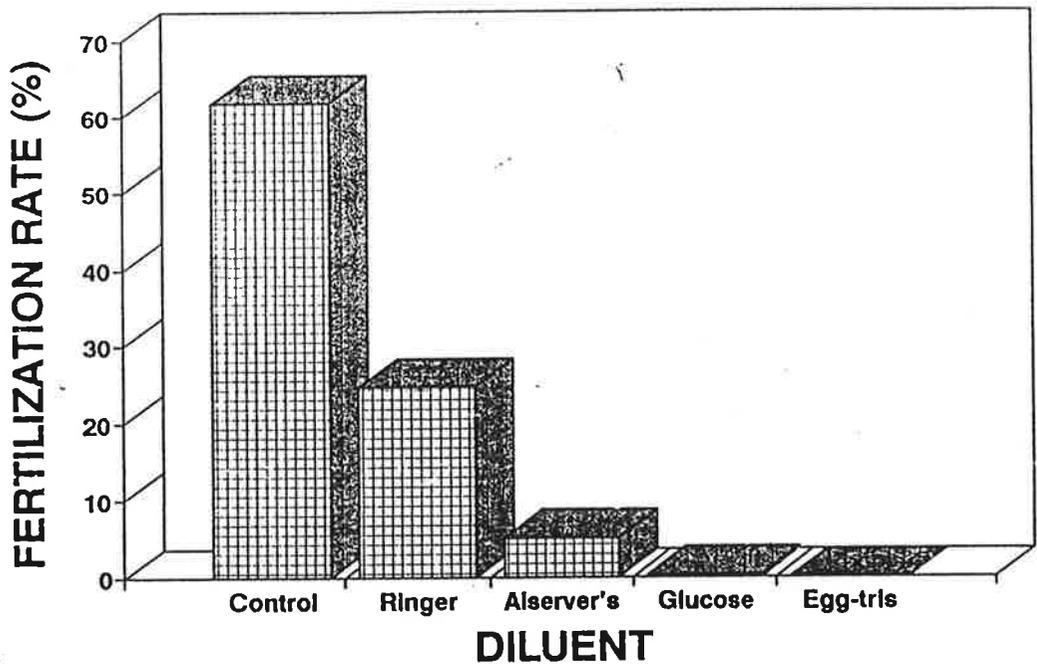


그림 18. 황복 정자 동결 보존을 위한 여러 가지 희석액의 효과.

Fig. 18. Effect of various diluents for freezing in river puffer sperm.

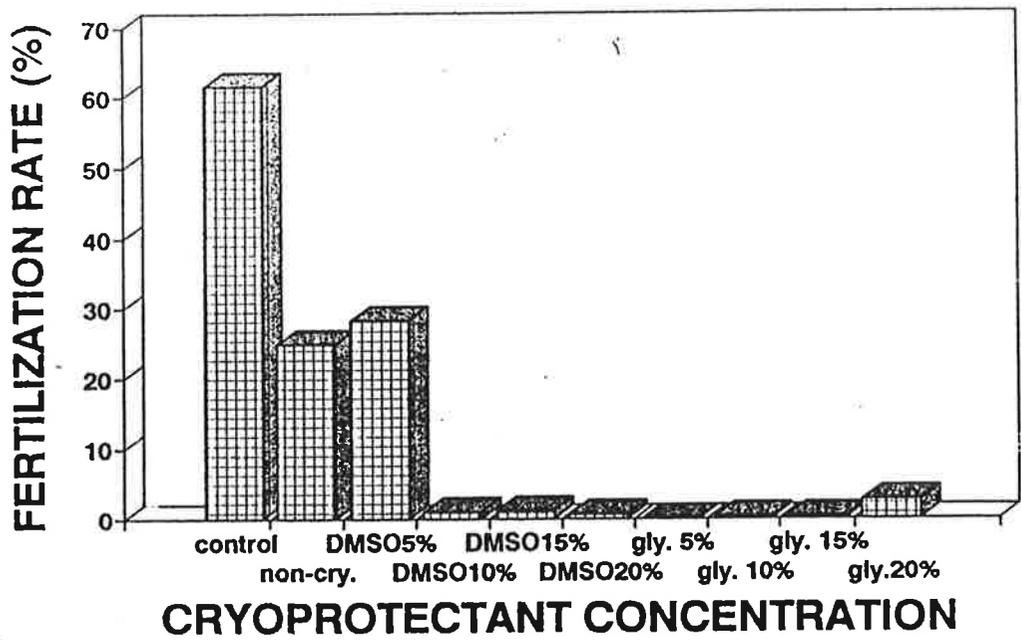


그림 19. 황복 정자 동결 보존을 위한 동해 방지제 농도의 효과.

Fig. 19. Effect of concentration of the cryoprotectant on fertilization rate of river puffer sperm.

현장 적용 기술로 개발될 경우 이를 응용한 기술로 양식 산업 분야의 전  
문화와 안정화에 크게 기여할 것이다.

## 제 3 장 황복의 성숙 및 성분화 연구

### 제 1 절 황복의 성숙과 산란

임진강에서 자연 산란하는 황복을 하구 해역인 강화도 일대와 중하류인 파주군 일대에서 채집하였으며 이들에 대한 비만도, 간숙도, 생식소 숙도 등을 조사중이며 현미경적 관찰을 통한 개체 특징을 파악중이다. 그러나 1차년도에의 경우 성숙 및 성분화를 연구하기 위한 개체 확보에 치중하였기 때문에 성숙에 도달하는 개체 특징을 파악할 만큼 충분한 재료 확보가 용이하지 못하였다. 성숙 및 완숙개체를 조사하여 생물학적 최소형, 생식주기, 포란수, 산란수 등을 조사하기 위한 표본을 수집하였으나 수정란의 생산량인 채란량 확보에 중점을 두었다. 종묘 생산에 직접 이용될 수 있었던 절대채란량의 경우 체중 700g 기준에 약 8만개 이었으며, 상대채란량은 g 당 110개 정도였다. 포란량의 경우 어체를 직접 해부하여 전체 난소를 모두 사용해야 하는 관계로 자료를 모으는데 많은 기간이 소요될 것으로 생각되나 이러한 성숙과 산란에 대한 조사가 이루어지면 임진강산 황복의 자원보존 및 관리에 대한 구체적인 대책수립이 가능할 것으로 생각된다. 정확한 성숙 및 산란시기를 파악함으로써 자연산 채집황복에 의한 계획적인 종묘생산이 가능할 것이며 포란량, 산란량, 채란량 등을 밝힘으로써 종적인 특성을 알 수 있어 자원의 가입량 추정이 가능하고 종묘생산에 소요되는 어미의 질적 평가가 가능할 수 있다. 이러한 연구의 경우 자연산 황복의 경우 현재로서는 휴전선 접경 지역에서 성숙이 시작되면서 강으로 올라오는 관계로 연속적인 성숙 과정을 관찰할 수 있는 개체 채집이 어려운 실정

이다. 따라서 대량 종묘 생산으로 실험 개체를 확보한 후 이들을 양성시켜 종적 특징을 발휘 예정이다.

## 제 2 절 황복의 산란 유도

1994년 산란에 참여했던 자연산 수집친어를 해수에 순치 시켜 해상 가두리에 수용하여 사육후 당년도 산란유도를 위해 담수로 순치 시켰으나 산란 유도에 실패하였고 1993년산 인공 종묘로 키운 개체중 선발된 어미를 가두리에 수용 후 사육하고 있다. 기타 자료를 참고하여 담수순치 방법의 개선, 호르몬 유도에 필요한 호르몬 종류 즉 LHRH, GnRH, HCG, CP등에 의한 주사량을 결정하여 1996년 실험에 대비하고 있으며 1997년까지는 이미 확보된 양식 황복 및 자연산 황복에 의한 양질의 수정난을 채란할 수 있을 것으로 기대된다. 이러한 연구의 결과는 안정적 종묘생산기술 확립에 기여할 것이며 양질의 수정난 대량 확보로 3배체, 전자성 2배체의 대량 생산, 환경 조절에 의한 성장이 빠른 성의 개체를 중점적으로 생산하는 기법 개발 등 생산성이 높은 생물 생산 개발에도 활용할 수 있을 것이다.

다음의 결과는 1995년 채집된 친어 중 미완숙된 일부를 선별하여 산란 유도 실험한 결과이다. 실험에 사용된 재료는 임진강 하구에서 채집된 황복 중 완숙되지 않았던 개체 15마리였다. 수컷 7마리, 암컷 8마리를 사용하였으며(표 7) 체장 250~310mm, 체중 500~920g 범위였다.

배란 및 배정 유도를 위하여 human chorionic gonadotropin (HCG, Sigma Co. USA), carp pituitary extract (CPE, Sigma Co. USA)를 유도 호르몬으로 사용하였다. HCG의 경우 1,000 IU/kg으로 복강주사하였으며

CPE는 5mg/kg으로 주사했다. 대조군은 생리식염수만을 0.1mg/kg 주사하였다.

암컷의 경우 난의 성숙 상태는 복부 압박에 의해 미성숙란과 성숙란이 섞여 나왔고, 수컷은 복부 압박에 의해 정액을 받을 수 있는 개체들이었다.

실험시의 사육수는 수온 15~18℃의 담수를 사용하였으며, 주사 후 매일 복부 압박으로 성숙 상태를 확인하였다.

종묘 생산을 위한 수정란 확보 측면에서 대량으로 처리할 때 양질의 정액이 많이 필요하다. HCG와 CPE로 정액 생산을 유도한 결과(표 8) 대조군의 경우 체중 100g 당 1ml 정도 생산되었으나, CPE의 경우 3마리에서 체중 100g 당 각각 2.1ml, 6.3ml, 5.4ml를 생산하였고, HCG의 경우 각각 3.3ml, 3ml, 5.5ml를 생산하였다.

호르몬 주사 후 채정한 시간은 70~74시간이었으나 단위 시간별로 조사한 결과는 아니었다.

배란 유도의 결과(표 9)는 체중 100g 당 채란량은 대조군의 경우 18g 생산되었으나 CPE의 경우 35.9g, HCG의 경우 23g으로서 CPE가 HCG에 비해 다소 효과적이었으나 통계학적으로 유의한 차이는 없었다.

어류의 정자형성, 배정촉진을 위해 주사 및 어체내 이식되는 호르몬으로는 gonadotropin releasing hormone (GnRH), gonadotropin (GTH) 및 steroid hormone이 주로 사용되고 있으며 이들 호르몬에 의한 성숙 유도는 난소에 비해 정소가 비교적 용이하다. GTH중 어류배정에 가장 효과적인 호르몬은 HCG로서 금붕어 100~10,000 IU/kg의 HCG에서 농도의존적 배정효과를 나타낸바 있으며, 무지개송어(*Oncorhynchus mykiss*), seabream (*Sparus aurata*), milkfish (*Chanos chanos*), 유럽산 뱀장어(*Anguilla anguilla*) 및 뱀장어(*Anguilla japonica*)에서 역시 효과적인 배정을 나타내었다(Donaldson and Hunter, 1983). 그렇지만 이러한 호르몬 조절에 의한

표 7. 황복의 배란 및 배정 유도 처리구

Table 7. Experimental group for induced ovulation and spermiation on river puffer

Specimen no.	Sex	Total length (mm)	Body weight (g)	Experimental group
1	♂	250	500	control
2	♂	255	570	CPE*
3	♂	270	610	HCG**
4	♂	275	630	CPE
5	♂	275	600	HCG
6	♂	280	650	CPE
7	♂	280	640	HCG
8	♀	275	670	control
9	♀	280	680	CPE
10	♀	290	700	HCG
11	♀	290	690	CPE
12	♀	295	750	HCG
13	♀	295	810	CPE
14	♀	300	850	HCG
15	♀	300	920	CPE

\* CPE : Carp pituitary extract.

\*\*HCG : Human chorionic gonadotropin.

표 8. HCG와 CPE 처리에 의한 황복의 배정 유도

Table 8. Induced spermiation on river puffer after injection of HCG and CPE

Specimen no.	Body weight (g)	Exp. group	Exp. time for spermiation (h)	Milt production (ml per 100g body wt.)
1	500	control	70	1.0
2	570	CPE	70	2.1
3	610	HCG	74	3.3
4	630	CPE	70	6.3
5	600	HCG	74	3.0
6	650	CPE	70	5.4
7	640	HCG	74	5.5

표 9. HCG와 CPE 처리에 의한 황복의 배란 유도

Table 9. Induced ovulation on river puffer after injection of HCG and CPE

Specimen no.	Body weight (g)	Exp. group	Exp. time for spermiation	Egg production (g per 100g body wt.)
8	670	control	70	18.0
9	680	CPE	70	26.5
10	700	HCG	74	26.4
11	690	CPE	70	26.0
12	75	HCG	74	24.0
13	810	CPE	70	21.0
14	850	HCG	74	18.8
15	920	CPE	70	38.0

성숙 어류의 배정효과는 그 반응효과를 명확히 하기 어려워 단지 착출 정액의 양과 밀도를 기준한 배정반응의 측정과 아울러 spermatocrit 측정에 의한 배정의 질적 평가가 연어과 어류에 적용된 바 있다(Shehadeh et al., 1973; Juario et al., 1980; Munkittrick and Moccia, 1987).

따라서 앞으로의 연구에서는 황복에서 효과적인 인공수정을 이루기 위한 연구의 일환으로 spermatocrit 측정 및 정액 생산량, 정자농도, 정자활성도 등을 병행하여 조사할 예정이다.

호르몬에 의한 배란 유도란 암컷에서는 난자의 배포(germinal vesicle) 이동과 봉피를 포함하는 성숙 및 배란을 그리고 수컷에서는 배정을 촉진하는 것이다. 어류에서의 산란 유도는 Houssay (1931)에 의해 공여체 어류인 *Prochilodus platensis*로부터 뇌하수체 호르몬을 채취하여 *Cnesterodon decemmaculatus*에 주사하여 최초로 산란을 유도한 이래 이제까지 사용되어 오고 있다(Donaldson and Hunter 1983; Lam 1982). 뇌하수체 호르몬에 의한 산란 유도는 여러 어종에 걸쳐 광범위하게 사용되고 있으나, 뇌하수체 공여체 어류의 성, 연령, 공여 시기, 성숙도 및 뇌하수체 종 특이성으로 인해 수여체 어류에서 뇌하수체의 역가가 다양하게 나타나는 단점이 있다 (김 등 1992; Lam 1982).

포유류 성선 자극 호르몬 중 태반성 성선 자극 호르몬(HCG)는 뇌하수체 호르몬에 비해 그 농도가 표준화되어 정확한 배란 및 배정 유도 효과를 나타내며 태반성 성선 자극 호르몬 자체의 가격도 비교적 저렴하여 많이 사용되고 있으나, 그 효과는 뇌하수체 호르몬과 마찬가지로 사용 대상 어류의 성숙 단계에 나타난다(Lam, 1982).

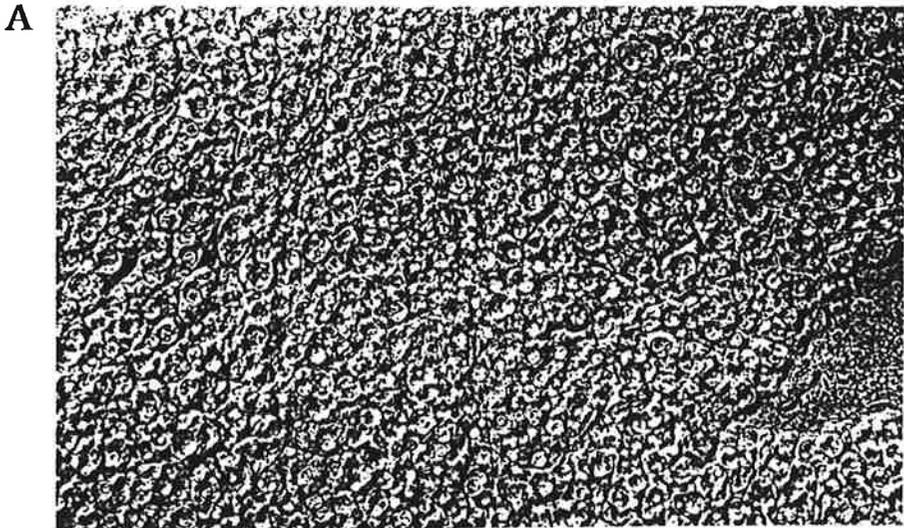
어류 양식 산업에서 성숙 유도 및 배란, 배정의 촉진은 배우자의 수정 시기를 일치시킴으로서 동일 시기에 대량의 종묘를 생산할 수 있으며, 산란 시기를 조절하여 종묘 생산의 효율성을 기할 수 있고, 다산란 및 인공

종묘 생산 그리고 유연 관계가 밀접한 종간의 잡종화를 이룰 수 있다 (Chaudhuri, 1973; Sneed, 1975; Yamamoto et al., 1966).

따라서 앞으로의 연구는 태반성 성선 자극 호르몬 및 잉어 뇌하수체 호르몬 처리에 의한 황복의 인공 산란 효과 조사 및 유도를 위하여, 호르몬 처리에 의한 산란 유도율 조사, 호르몬 처리 경과 일수에 따른 체중 증가 효과 및 산란량 조사 그리고 수정란의 부상을 및 부화율 등의 난질 조사를 실시하여 태반성 성선 자극 호르몬 및 잉어 뇌하수체 호르몬의 황복에서의 종 특이성과 아울러 그 산란 유도 효과를 종합적으로 평가하여야 한다.

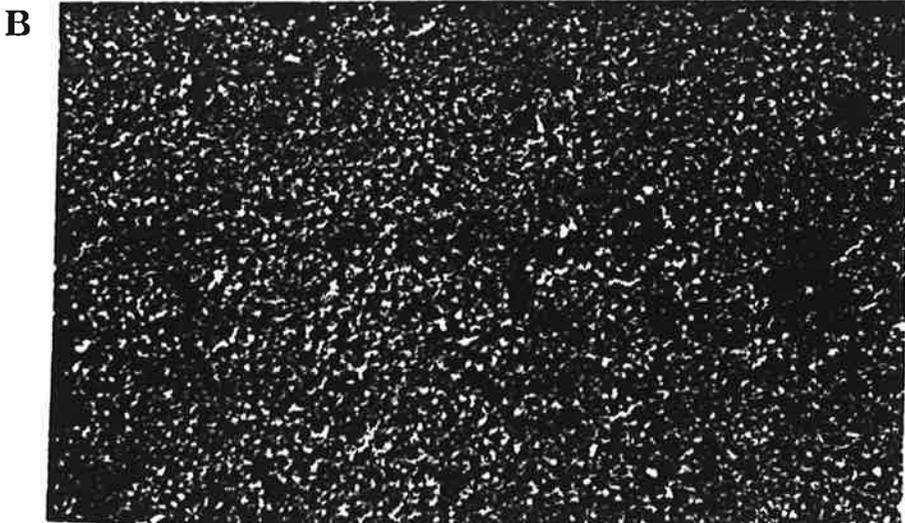
### 제 3 절 황복의 성분화

황복을 부화 직후부터 일주일간은 매일, 이후에는 성장에 따라 간격으로 채집하여 중성포르말린에 고정하고 조직학적 처리과정을 통하여 성분화를 조사하고 있다. 황복은 암수분리형 자웅이체 분화형 개체로서 부화 후 1개월에 생식소 원기가 만들어지며 암수의 판별은 어려웠으나 부화후 2개월째에 암수가 분리되었으며 3개월 이후의 암수분화 형태는 조사중에 있다. 3개월 이후의 황복 개체 30마리를 해부하여 생식소를 적출한 다음 도말하여 현미경 하에서 검정한 결과(그림 21) 30~40 $\mu$ m 크기의 초기 난모세포가 관찰되는 난소(a)와 난모세포가 관찰되지 않아 정소(b)로 판단되는 정소로 구별되었다. 이들 개체의 암·수는 각각 17마리와 13마리로서 성비는 1:1에 가까웠으나 성장 단계별 성비는 계속 조사중에 있다. 분화형태의 조사는 생산성을 증대시킬 수 있는 생물 공학적 기법의 도입후 분석을 위



a. 초기 성장기의 황복 난소

a. Ovary of early growing stage on river puffer



b. 초기 성장기의 황복 정소

b. Testis of early growing stage on river puffer

그림 20. 부화 후 3개월 경과한 황복의 생식소.

Fig. 20. Gonad of river puffer on 3 months after hatching.

해 사용할 수 있고 성비의 결정은 어류에서 일반적으로 나타나는 특정의 성이 성장이 빠른 현상에 적용시켜 특정한 성의 개체만 집중적으로 생산함으로써 생산성을 증대시킬 수 있을 것으로 기대된다.

## 제 4 장 먹이 생물 배양

### 제 1 절 식물성 먹이 생물

식물 먹이 생물을 배양하기 위하여는 크게 3가지 측면의 내용을 고려하여야 한다. 첫째는, 배양 용기의 선택, 세척, 단일종으로의 분리, 순수배양, 배지 제작 및 작성, 멸균, 교반 등에 관한 기술적인 내용이라 할 수 있고 둘째는 먹이 생물의 영양 요구, 배지의 영양 강화 등 화학적 측면에 관한 사항이라 할 수 있으며 셋째는 실제 배양시의 빛, 온도, 염분, 수소 이온농도 등에 관한 물리적 환경 요인에 관한 내용이다.

실내에서 소규모로 배양할 경우에는 위 세가지 측면의 지식과 기술만 있으면 배양이 가능하나 대규모의 배양을 목적으로 할 때는 이외에도 공학적 설계에 관한 또 다른 차원의 지식이 필요하다 하겠다.

황복의 초기 먹이인 동물성 먹이 생물을 배양(培養)하는데 먹이로 사용되는 식물성 먹이 생물은 해수산 클로렐라(marine *Chlorella*: 이하 클로렐라)나 난노클로롭시스(*Nannochloropsis*: 이하 난노클로롭시스)가 주로 많이 사용되고 있다. 식물성 먹이 생물 원종(原種)을 보존하기 위해서는 고도의 정밀한 장치와 숙련된 기술이 필요하기 때문에 일반 양식장에서는 취급하기가 어려우며, 이들 원종은 해양연구소 또는 다른 공공 기관에서 보관, 배양 관리하고 있기 때문에 필요한 종을 분양 받을 수 있다. 이 식물성 먹이 생물의 대량 배양(大量培養) 방법은 이미 널리 알려져 있으므로(海洋研 1987, 1990), 본 장에서는 이미 개발된 식물성 먹이 생물의 대량 배양 기법을 어장에서 직접 적용할 수 있도록 실용적인 면을 감안한 배양 기법에 대

하여 언급하기로 하며, 기초 배양 기술과 중간 배양(中間培養) 이후 대량 배양에 필요한 사항만 기술하였다.

#### 가. 배양 기자재(培養器資材)

황복의 초기 먹이인 동물성 먹이 생물을 배양(培養)하는데 먹이로 쓰이는 클로렐라 등 식물성 먹이 생물 배양을 위하여서는 다음과 같은 기자재의 준비가 필요하다.

##### ◆ 배양 용기(培養容器) :

배양 용기는 우선 독성이 없고, 화학적 반응을 일으키지 않는 물질이어야 한다. 배양 규모가 적을 경우는 유리제품을 많이 사용한다. 이때 유리제품은 열에 강한 양질의 유리제품이어야 한다. 그렇지 않을 경우 고온에서의 멸균 과정이나 약한 충격에 쉽게 파손되어 불편하다.

소규모 배양에 많이 이용하는 용기는 주로 시험관, flask 종류이며, 약 20ℓ 정도의 좀 더 큰 규모의 배양을 할 경우에는 carboy 병을 이용하면 편리하고 경제적이다. 그러나 대규모의 대량 배양을 위한 경우는 목적에 따라 다르지만 일반적으로 코팅한 목재 탱크, FRP 탱크, 콘크리트 수조, 캔바스수조 또는 드럼통등의 내부를 코팅하여 이용할 수 있다.

식물 먹이 생물을 배양하는데 사용되는 모든 용기는 깨끗이 세척하여야 하는데 일반적인 두가지 세척법은 다음과 같다. 첫째는 중성세제를 사용하는 방법이고, 둘째는 중성세제로 배양 용기의 유리벽에 붙은 유기물의 세척이 안될 경우 산(酸)처리를 하여 제거하는 방법이다. 모든 배양 용기는 사용 직후 뜨거운 수도물로 중성세제를 이용하여 세척하는 것이 좋다. 그러나 산 처리를 할 경우는 공업용 크롬산( $H_2CrO_4$ ), 유화중크롬카리

( $\text{KCr}_2\text{SO}_4$ ), 황산( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), 가성소다( $\text{NaOH}$ ) 등의 이용이 가능하다. 예전에는 크롬산을 많이 이용하였으나 크롬이온은 유리벽에 붙어서 잘 떨어지지 않고, 식물 부유생물에 해독한 작용이 있어 식물 먹이 생물을 배양하기 위한 용기의 세척제로는 적당치 못하다. 따라서 편리하면서도 경제적인 방법은 공업용 황산에 질산나트륨( $\text{NaNO}_3$ )을 포화시킨 후 사용하는 것인데 유리용기를 장시간 동안 산처리 할 경우에는 유리가 얇아져 작은 충격에도 파손되기 쉬우므로 필요 이상 산처리 하는 것은 좋지 않으므로 취급시는 유의하여야 할 필요가 있다.

이와 같이 중성세제 또는 산처리한 용기는 수돗물로 깨끗이 헹군 후 증류수로 2~3회 다시 헹구어 건조기에서 말린 후 먼지가 묻지 않도록 뚜껑을 씌워 건조한 곳에 보관 한다. 또한 산처리 대신에 고열건조가  $200^\circ\text{C}$  되는 고열 건조기에 2시간 정도 구워 유기물을 제거하는 방법도 있다.

유리용기를 세척할 때는 일반적으로 용기의 안쪽만 깨끗이 하고 바깥쪽은 소홀히 하는 경향이 있으나, 이러한 습관은 매우 위험하다. 또 배양용기를 취급할 때 마개 부분을 손으로 잡는 것도 오염될 가능성이 크기 때문에 바람직하지 못한 작업법이라 할 수 있다. 따라서 용기의  $\frac{1}{3}$  이하의 부분을 잡는 습관이 바람직하다. 또 용기를 새로 구입한 경우도 청결한 것으로 착각하여 세척하지 않고 사용하는 경우가 왕왕 있으나 공장에서 생산될 때 또는 포장 과정에서 많은 유기물이 묻게 되므로 반드시 중성세제로 세척하여 화학적으로 중성의 반응의 상태에서 사용하여야 한다.

배양 용기가 깨끗이 세척되었을 경우 얼마만큼의 배양액을 넣어 배양하는 것이 편리한가에 대한 문제는 배양 방법에 따라 다르나 일반적으로 대량 배양을 할 경우는 통기하게 되므로 배양 용기의 크기와 배양액의 부피와는 크게 관계가 없다. 그러나 순수 배양을 위한 소규모의 배양일 경우는 정체 상태로 배양하게 되므로 배양액의 부피는 용기 전체 부피의 약  $\frac{1}{4}$

이 되게 하는 것이 좋다. 그 이상으로 배양액을 넣을 경우 흔들어 줄 수 없는 문제가 있다. 흔들어 준다는 것은 용기 속의 식물 먹이 생물이 유리 벽에 붙어 외부로부터 빛의 차단을 초래하고 영양염 및 가스의 순환을 제한하는 문제를 해결하기 위함이므로 배양액은 배양 용기 부피의 약 25 % 를 넘지 않게 하는 것이 바람직하다. 또 마개를 screw cap 으로 할 경우에는 필히 공기가 통할 수 있도록 뚜껑을 약간 열어야 한다.

◆ 자외선살균기(紫外線殺菌機) :

대량 배양에 쓰일 해수 살균용(殺菌用)으로 시간당 1 톤 정도의 해수를 살균할 수 있는 살균기가 필요하다. 자외선살균기는 자외선을 조사(照射)하는 자외선등을 석영관(石英管)으로 씌워 물과 차단하고, 살균하고자 하는 물이 석영관 주위를 지나가게 하면서 살균되도록 만들어져 있다. 장시간 사용할 경우 석영관에 해조류(海藻類)나 땀이 부착되어 살균력이 떨어지므로 수시로 확인하고 닦아주어야 한다. 살균력은 자외선등(紫外線燈)의 세기, 석영관의 두께와 물이 흐르는 속도에 따라 차이가 나므로 사용하는 제품의 특성에 따라 물의 속도를 조절하여야 한다. 대장균(大腸菌)을 죽일 수 있는 자외선의 강도는 1 평방미터 당 1 분에 1.5 w 이상이어야 하며, 유산연쇄구균(乳酸連鎖球菌)은 대장균보다 2 배 이상을 조사하여야 죽는다. 일반 양식 어장에서 많이 사용하는 자외선살균기는 자외선 출력 14 w 로 자외선등 길이가 96.52 cm 로 시간당 1.5 톤을 살균할 수 있다. 그리고 자외선등 및 안정기는 사용 수명이 있기 때문에 한계 시간 이상으로 사용한 경우 반드시 새로운 것으로 교체하여야 하며 대개 시판되는 자외선등의 한계 사용 시간은 약 4,000 시간이다

◆ 카트리지 여과기(cartridge 濾過機) :

배양해수(培養海水)는 25  $\mu\text{m}$ , 5  $\mu\text{m}$ , 1  $\mu\text{m}$  의 3 단 카트리지를 거쳐 여과된 후 자외선살균기를 통과하도록 장치한다. 여과기의 용량은 10  $\ell$ /분 내외로 하고 여과기와 여과재(濾過材)는 여유 있게 준비한다.

◆ 보온 장치(保溫裝置) :

수온이 낮은 겨울에 옥외의 대형 수조에서 녹조류를 배양할 경우 배양 수조의 수온이 18~20  $^{\circ}\text{C}$  내외를 유지할 수 있도록 보온 장치(보일러 급탕 시설 또는 수중 히터)를 준비한다.

◆ 조명 장치(照明裝置) :

배양기간중 일기가 불순하여 일조량이 부족할 때를 대비하여 배양 중 조도(照度)가 수조마다 2,000~5,000 Lux 정도를 유지할 수 있도록 형광등 또는 수중등을 적절히 확보하거나 배치한다.

나. 배양액(培養液) 제조

식물 먹이 생물 배양을 위한 배양액은 여러 가지가 있다. 해수산일 경우 f/2 배지, Schreiber 배지, 그리고 LDM 한천배지 등을 사용하고, 담수산일 경우에는 Sorokin-Krauss 배지 및 Proteose 한천배지 등을 사용한다. 배양하려고 하는 식물 부유생물의 종류 및 특성에 따라 배양액의 종류 중 적절한 것을 선택하여야 한다. 배양액을 만드는 방법은 배양액 조성표(표 10)와 같이 정량을 취하여 증류수 또는 여과해수에 용해시켜 사용한다. 배양액을 만든 후 배양하고자 하는 용기에 넣은 뒤 마개를 하고 멸균을 해야 한다. 그러나 큰 용기이거나 배양액의 양이 많을 경우에는 전부 멸균하기는 어렵고 배양액이 필요할 때마다 시약을 매번 저울로 달아 사용하기에는

매우 불편하므로 배양액에 들어가는 시약들을 한 종류씩 농축시킨 후 그 농축액을 냉장고에 보관해 두었다가 필요할 때 사용하는 것이 편리하다. 농축시키는 비율은 배양액 조성보다 1,000 배 정도가 알맞다. 예를들면, f/2 배지에서  $\text{NaNO}_3$  를 150 g 취하여 증류수 1 l 에 녹여 보관하고,  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  는 8.69 g 취하여 증류수 1 l 에 녹여 보관하며, 다른 시약들도 같은 방법으로 각각 보관하고 있다가 배양액 1 l 가 필요할 때 각각의 농축액 보관병에서 1 ml 씩 취하고, 여과해수 또는 증류수로 1 l 를 맞추어 주면 된다. 이때 농축시키는 비율이 낮으면 사용할 때 많은 양을 사용함으로써 염분의 변화가 생길 수 있고 농축액을 자주 만들어야 하는 불편이 있으며, 농축비율이 너무 높으면 시약을 용해시킬 때 침전이 생기며 전부 용해되지도 않는다. 배양액은 해수를 사용하여 제조한다. 서해안처럼 탁도(濁度)가 높은 경우는 양수된 해수를 2 일정도 가라앉힌 후 사용하거나, 별도의 모래 여과조(濾過槽)를 설치해야 한다. 땀이 제거된 해수는 다시 단계별로 25  $\mu\text{m}$ , 5  $\mu\text{m}$ , 1  $\mu\text{m}$  카트리지를 여과기를 통과한 후 다시 자외선살균기를 통과시켜 깨끗이 소독된 수조에 저장한다. 저장 수조와 배양 용기는 사전에 크로르칼키를 사용하여 완전하게 소독후 여과 해수로 수차례 세척하여 건조시킨 후 덮어서 보관하였다가 사용하며 수조를 다시 사용할 때는 역시 여과 해수로 수차례 세척한 후 여과해수로 채운 뒤 배지를 넣어 사용한다.

원종 보존(原種保存)에는 특별히 제작한 f/2 배지(培地; 표 2)를 사용하지만 제조 단가가 비싸기 때문에 중간 배양 후에는 시판 중인 비료를 사용하는 것이 경제적이다. 시판 중인 농업용 비료에는 여러 가지가 있지만 이중 몇 가지 성분을 혼합하여 전체적인 성분이 표 11과 같도록 배합하여 사용하는 것이 좋다. 한 종류의 시판 비료만을 사용하여 클로렐라를 배양할 경우에는 (주)중앙 농산 제품의 비왕이 가장 적합한데 분말 비왕과 액체 비왕 두 가지가 있으나 액체가 편리하다.

액체비료(칼프살)를 사용할 경우 액체가기 때문에 배양하고자 하는 용액에 용해시키기도 쉽고 골고루 희석되는 잇점이 있지만, 가격이 농업용 비료에 비해 비싼 것이 흠이 된다. 그리고 배양하려는 양이 수톤 이상 많은 양일 때에는 액체 비료보다 가격이 싼 농업용 비료를 사용하고 있는데 비료는 완전히 용해시킨 후 사용하여야 한다.

다. 해산 클로렐라(*Chlorella*) 및 난노클로롭시스(*Nannochloropsis*) 배양

*Chlorella*는 해수산 *Chlorella*인 *C. ellipsoidea*, *C. stigmatophora* 그리고 담수종인 *C. vulgaris*, *C. variegata*, *C. pyrenoidosa*, *C. protothecoides* 등 많은 종이 있으나, 윤충의 먹이로는 해수산 *Chlorella* 인 *C. ellipsoidea* 를 많이 사용하고 있으며, 위의 *Chlorella* 종 중 해수산에서는 *C. ellipsoidea*, 담수산에서는 *C. vulgaris* 가 같은 조건에서는 성장이 가장 빠르다.

배양에 필요한 클로렐라 원종은 해양연구소 배양실에서 20 °C, 2,000 Lux 조건에서 계대 배양(繼代培養) 중인 것 중 지수 성장기(指數成長期)에 있는 개체군(個體群, 밀도:  $10^7$  세포수/ml)을 약 20 l를 100 l 용기에  $10^6$  세포수/ml 밀도로 접종(接種) 한다. 접종 후 7~8 일이 되면 밀도가 10 배 정도로 불어나는데 이 때가 최대 지수 성장기이다. 점차로 보다 큰 용기로 옮기거나 다시 5 개의 100 l 용기에 접종시켜 준다. 충분한 용량의 클로렐라가 준비되면 대량 배양 수조에 접종을 하여 중간 배양과 같은 방법으로 관리한다. 항상 공기를 충분히 공급해 주어야 하며 필요에 따라 이산화탄소를 첨가할 수도 있다. 또한, 섬모충(纖毛蟲)이나 배양 중인 윤충(輪蟲)이 클로렐라 배양 수조에 들어가지 않도록 주의하여야 한다.

표 10. 비료 배지의 성분

Table 10. Contents of fertilizer medium

화 학 식	국 명	함량 / ℓ	함량 / 톤
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	유 안	200 mg	200 g
$\text{H}_3\text{PO}_4$	용과린	35 mg	35 g
$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$	요 소	5 mg	5 g
KCl	염화가리	5 mg	5 g

\* 기준 함량은 계절, 환경, 접종 밀도에 따라서 다소 변할 수 있음.

난노클로롭시스는 클로렐라 배양방법과 동일하지만, 배양온도가 23~27 °C 정도로 약간 높은 편으로 클로렐라보다는 고밀도의 배양이 가능하며, 여름철과 같은 고수온기에 클로렐라 배양이 어려운 시기에 대응할 수 있는 식물성 먹이생물이다. 난노클로롭시스는 초기에  $1 \times 10^6$  세포수/ml 의 밀도로 접종하며 약 7 일 정도가 지나면  $5 \times 10^7$  세포수/ml 이상의 밀도가 되고 이후에 다른 용기에 접종하거나, 수확하여 운송의 먹이로 사용하면 된다. 실험실내에서 수온 25 °C, 염분 30 ‰ 에서 3 l 용기에 배양했을 경우 최초 접종밀도가  $1 \times 10^6$  세포수/ml 일 경우 약 8일 후에는  $4 \times 10^7$  세포수/ml 정도로 된다(그림 22).

성장 측정(成長測定)은 토마스 혈구계수판(血球計數板)을 사용하며, 배양 용기에서 클로렐라 배양액의 일정량을 채취한 후 이 중 소량을 토마스 혈구계수판에 넣고 현미경 아래서 계수한다. 경험이 축적되면 배양수의 색깔로 어느 정도 클로렐라 밀도를 알 수가 있는데 접종 초기에는 연한 녹색이나 점차 녹색이 짙어지고 최대 밀도에 달하면 진한 암녹색이 되는데 이때가 수확 또는 분산 접종(分散接種) 시기이다. 클로렐라의 수확은 전 수확법과 부분 수확법이 있는데 부분 수확법은 전체의 2/3~3/4 정도만 수확하고 나머지에 배양액을 채워 다시 대량 배양을 되풀이하는 방법이다. 그러나, 이 경우도 5 회 이상 반복하면 클로렐라의 질이 떨어지거나 오염으로 인하여 실패하는 경우가 많으므로 주의하여야 한다.

클로렐라는 접종 후 1~4 일간 휴지기(休止期)를 가진 후, 5 일째부터 지수 성장기에 들어가는데 일간 성장률 즉, 일간 세포 분열(細胞分裂) 회수는 접종 후 7~8 일째 최대가 된다. 그후 급격히 감소하는 추세를 나타내며, 2 주 이상이 지나면 분열율이 0 에 가까워지고, 이후 급격히 밀도가 감소하는데 이는 배양액 중의 양분을 모두 흡수하였기 때문이다. 따라서 정상적인 배양 조건에서는 12 일 이상 배양 중인 클로렐라를 방치하면 안된

표 11. f/2 배지의 조성

Table 11. Contents of f/2 medium

화 학 식	국 명	함량/ℓ	함량/톤
NaNO <sub>3</sub>	질산나트륨	150.0 mg	150.0 g
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	제2-인산나트륨	8.7 mg	8.7 g
NaSiO <sub>3</sub> (9H <sub>2</sub> O)	규산나트륨	50.0 mg	50.0 g
Fe-EDTA	철 착화합물	10.0 mg	10.0 g
MnCl <sub>2</sub> (4H <sub>2</sub> O)	염화망간	220.0 μg	220.0 mg
CuSO <sub>4</sub> (5H <sub>2</sub> O)	황산구리	19.6 μg	19.6 mg
ZnSO <sub>4</sub> (7H <sub>2</sub> O)	황산아연	44.0 μg	44.0 mg
CoCl <sub>2</sub> (6H <sub>2</sub> O)	염화코발트	110.0 μg	110.0 mg
Na <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub> (2H <sub>2</sub> O)	몰리브덴산나트륨	12.0 μg	12.0 mg
Vitamin B <sub>1</sub>	비타민 B <sub>1</sub>	1.0 μg	1.0 mg
Biotine	비타민 D	1.0 μg	1.0 mg
Thiamine · HCl	비타민 B <sub>12</sub>	0.2 mg	0.2 g

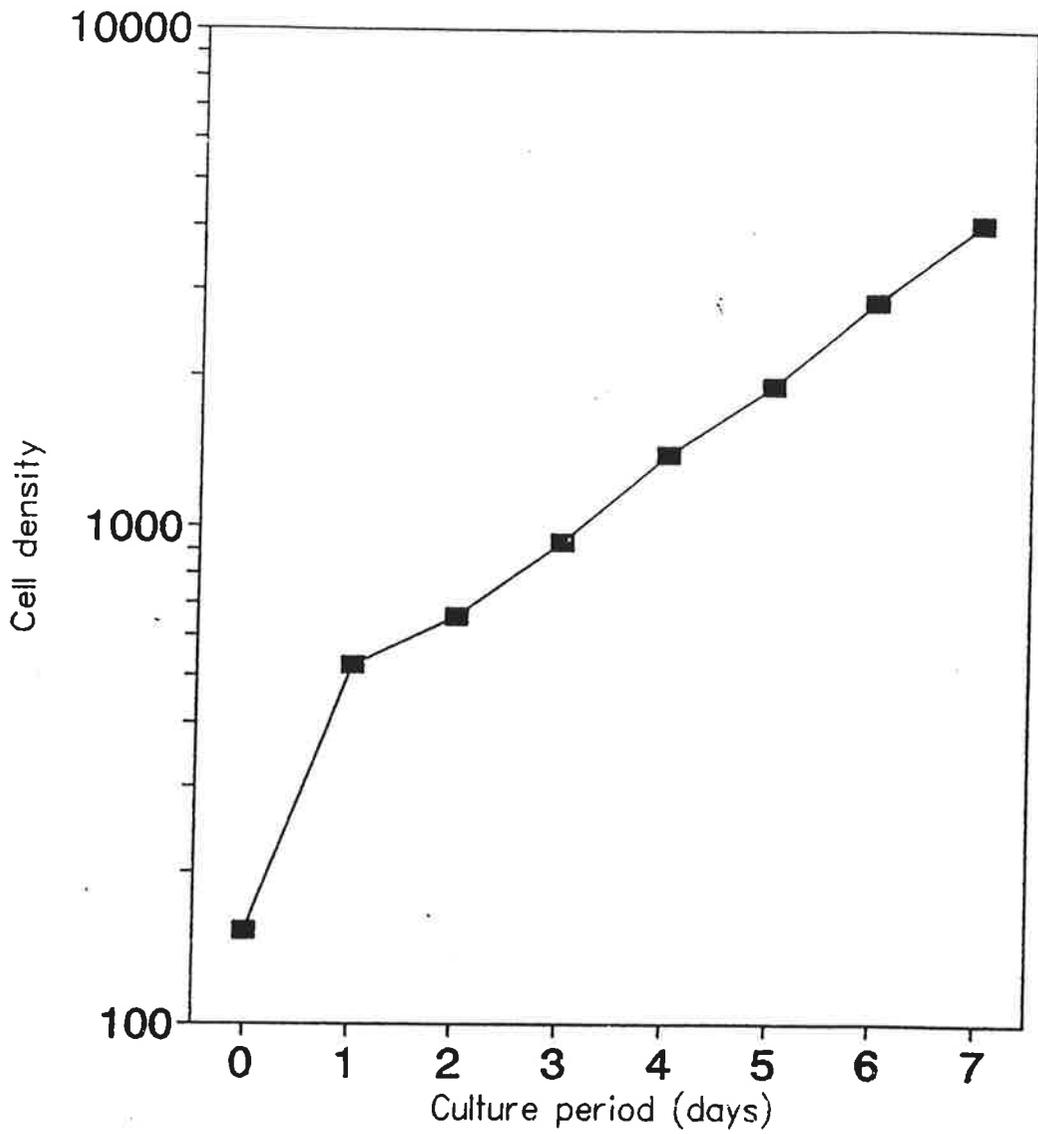


그림 21. 난노클로롭시스의 성장.

Fig. 21. Growth of *Nannochloropsis oculata*.

표 12. 클로렐라 배양 과정

Table 12. Culture procedure of marine *Chlorella*

구 분	초 기 배 양	대 량 배 양
배양수조	100 ~ 200 l	1 ~ 10 톤
여과방법*	3단 카트리지 여과기 (25 $\mu$ m → 5 $\mu$ m → 1 $\mu$ m)	
살균처리	자외선 살균기 통과 또는 염소소독 2 ~ 3 일 폭기	
공기주입	활성탄 → 원면 → 활성탄 순서로 제작한 공기 여과기 통과(필요에 따라 이산화탄소 가스도 사용함), 강하게 폭기	
조 도	2,000 ~ 8,000 Lux	2,000 ~ 5,000 Lux
염 분	25 ~ 32 ‰	25 ‰
수 온	20 ℃	20 ℃
배 지	f/2 배지	비료배지
접종밀도	1 × 10 <sup>6</sup> 세포수/ml 이상	

\* : 탁도가 높은 곳에서는 침전조를 거치거나 모래여과기로 1 차 여과 후 시행

다.

클로렐라는 조도가 강할수록 분열 번식(分裂繁殖)이 활발해져서 세포 수는 증가하지만, 24 시간 계속 빛을 조사(照射)하는 것보다는 자연의 조도 주기(照度周期)를 적용하는 것이 총 세포수는 적으나 건조율(乾固率)은 오히려 높아져 좋다고 할 수 있다. 즉, 24 시간 계속 빛을 받으면 생체 내에서 합성되는 에너지의 대부분을 세포 증식에만 이용하게 되므로 비록 세포 수는 증가하지만 세포질(細胞質) 구성은 오히려 자연 주기에서 배양된 것보다는 수분의 비율이 높아 건조율이 낮아진다. 따라서, 클로렐라 배양에는 단순한 세포수의 증가보다는 좋은 건조율을 얻을 수 있는 조도 조건의 설정이 필요하다.

최근 효모류(酵母類)를 이용한 윤충(輪蟲) 배양 기법이 개발되어 수산동물의 종묘 생산에 필요한 윤충은 빵효모, 유지효모(油脂酵母) 등을 사용하므로 클로렐라에 대한 의존도가 많이 줄어들었다. 그러나, 효모류로 키운 윤충은 영양가가 떨어지므로 양식동물의 먹이로 사용 전에 반드시 클로렐라를 먹이로 영양 강화(營養強化) 시킨 후 먹이로 이용하여야 한다. 또한, 클로렐라 및 난노클로롭시스는 황복 사육 수조의 수색조절(水色調節), 수질정화(水質淨化), 산소공급(酸素供給), 그리고 황복 유생이 먹고 남은 윤충이나 알테미아의 먹이로서 중요하기 때문에 클로렐라 및 난노클로롭시스 배양은 반드시 필요하다. 클로렐라의 배양 공정은 표 12와 같다. 초기 대량 배양 준비를 위하여서는 최소한 25 일 정도가 필요하며, 준비된 클로렐라나 난노클로롭시스로 윤충을 배양하는데 역시 많은 시간이 소요되기 때문에 식물성 먹이 배양은 최소한 황복 종묘 생산 시작 2개월 전에 시작하여야 종묘 생산에 차질이 없다.

## 라. 클로렐라의 세포수 급감현상 및 대응대책

클로렐라를 배양하다 보면 담록색의 기포가 발생하고, 계속 배양하면 다갈색으로 변색하여 클로렐라 세포수가 격감하는 경우가 발생하는데, 이것은 수온의 급격한 상승, 배양중에 원생동물등 포식동물의 다량번식, 동일 수조에서의 장기배양, 우기의 일사량 부족, 규조류나 남조류의 혼입 등의 원인으로 이같은 현상이 나타난다고 한다. 이러한 경우는 카트리지 여과기 (3~5  $\mu\text{m}$ )로 해수를 여과하여 공급하고, 수조의 청소 및 수조를 바꾸어 줌으로써 어느 정도 예방할 수 있다고 한다. 福所邦彦 等(1989)은 이러한 세포수 급감현상의 대책을 다음과 같이 보고하였다.

- ① 요소의 사용 : 하계의 고수온시 배양에 질소원으로 유안을 이용하여 배양하는 방법은 세포수의 급감을 초래할 위험성이 크므로, 요소를 사용하여 증식하도록 한다.
- ② 가열처리한 비료의 첨가 : 비료를 가열처리하고 해수에 첨가하여 만든 배양액을 사용하면 여름철 고수온기에 세포수의 급감을 막을수 있다.
- ③ 인산의 첨가 : 클로렐라의 증식이 도중에 정지되어 배양수가 녹색을 나타내지 않을 경우는 차아염소산나트륨 60 ppm 과 인산( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ) 34~100 ppm 을 병용하면 효과적이다.
- ④ 차아염소산 나트륨의 첨가 : 클로렐라의 증식이 불량하여 원종으로 다시 접종하는 경우, 차아염소산 나트륨 0.2 ppm 을 단독, 또는 차아염소산 나트륨과 EDTA 8 ppm 을 병용한다. 차아염소산나트륨은 원생동물등을 죽이는데 아주 효과적이어서 배양수의 소독에 널리 쓰이나 윤충이나 어린 자어에게도 위험하기 때문에 2~3 일간 폭기하여 염소를 완전히 제거한 다음 사용하여야 한다.

- ⑤ 인산 이암모늄의 첨가 : 일사량과 염분이 감소하는 경우 인산이암모늄을  $0.7 \sim 12 \times 10^6 \text{ ml}/10^4$  세포를 첨가하면 효과적이다.
- ⑥ 수산화나트륨 : 클로렐라의 증식이 불량할 때 배양수의 pH가 떨어지는 경우, 수산화나트륨을 첨가하는 것은 배양수의 pH를 상승시키는데 날씨에 관계없이 가능하다. pH는 9 이상 10 미만으로 한다. 첨가량은 상황에 따라서 다르지만 약  $40 \sim 100 \text{ mg}/\text{m}^3$  이 좋다.
- ⑦ 원종의 담수 보존 배양 : 원종을 담수중에 보관한 후 해수중에서 배양하면 증식율은 높아지게 되고 급감현상이 일어날 확률은 낮아지게 된다.
- ⑧ 저수위 배양 : 일기가 불순할 때 배양수조의 수위를 낮추어 주면 보다 많은 빛이 투과되고 통기의 조건이 양호하게 되어 세포밀도가 증가한다.
- ⑨ 정기적인 원종의 접종 : 대량 배양용 원종은 소형배양기에서 순수 분리하여 배양할 경우 다른 잡균이나 원생동물의 혼입 위험을 줄일 수 있다. 장기적인 급감 현상이 나타나면 반연속 배양 보다는 주간 단위(7 - 10일 간격)로 매번 새로이 접종하여 배양하는 것이 바람직하다.

#### 마. 식물성 먹이 생물의 영양 평가

##### 가) 영양 평가 방법

식물성 먹이 생물의 영양가 분석은 전항과 같이 f/2 배지를 혼합한 해수를 사용하여 실시하였다. 해수는 연안 해수(沿岸海水: 32%)를 여과하여 사용하였고, 염분 조정은 해수에 증류수(蒸溜水)를 가하여 희석하거나 시약용(試藥用) 염화 나트륨(NaCl) 또는 천연 소금을 첨가하여 조정하였다. 배양은 20 °C 의 온도 조건을 갖춘 배양실에서 실시하였으며, 광합성(光合

成)을 위한 탄소원(炭素源)으로서 CO<sub>2</sub> 가스를 공기와 함께 공급하였고, 형광등을 사용하여 2,500 Lux 로 조절하였다. 가시(可視)적으로 판단하여 배양액의 색이 가장 진해져 플랑크톤의 밀도가 최대로 되었다고 판단되었을 때 배양을 중단하고, 연속 원심분리기(連續遠心分離機: Sorvall, Du-Pont 사)를 사용하여 농축 분리된 조체(藻體)만을 수거하였으며, 모아진 조체를 진공동결건조기(眞空凍結乾造機: Labconco사)로 동결 건조하여, 각종 분석에 사용하였다. 건고율(乾固率: dry matter ratio, %)은 아래와 같다.

$$\text{건고율 (\%)} = \text{건조 후 조체 중량} / \text{건조 전 조체 중량} \times 100$$

먹이 생물의 영양가 분석 중 일반 성분(一般成分) 분석은 다음과 같이 하였다. 동결 건조한 시료에서 일정량을 취하여 수분(水分), 조지방(粗脂肪), 조단백질(粗蛋白質) 및 회분(灰分)의 함유율(含有率)을 측정하였으며, 탄수화물(炭水化物)의 함유율은 앞의 4 가지 성분의 합을 100 % 에서 뺀 값으로 하였다. 조지방은 에칠에테르(ethyl ether)를 사용한 썩스렛(soxhlet)법으로 하였고, 조단백질은 킬달(kjehdahl)법으로 질소량을 구한 뒤, 이 값에 질소 계수(窒素係數) 6.25 를 곱해 조단백질 양으로 하였다. 이들 각 성분은 수분량을 뺀 건물량(乾物量)으로 환산하였다. 또한 먹이 생물 열량(熱量)은 조지방, 조단백질 및 탄수화물의 열량을 열량계수 각각 9.5, 4.8 및 4.2 Kcal/g 으로 계산하였다(Whyte, 1987).

#### 나) 영양 평가 결과

먹이 생물의 영양성은 먹이 생물의 양적 확보 못지않게 매우 중요하다. 얼마나 영양가 있는 먹이를 적당히 주었는가 하는 것이 얼마나 많이 주었는가 하는 것보다 중요하기 때문에 자신이 키우고 있는 먹이 생물의 영양가를 제대로 이해하는 것이 필요하다.

각기 다른 염분 조건에서 배양한 클로렐라의 화학 조성(化學造成)과 열량(熱量)은 표 13과 같다. 클로렐라는 염분이 증가함에 따라 조지방, 조단백질, 탄수화물 양이 뚜렷이 감소하며, 회분만이 증가하기 때문에 총열량도 따라서 감소하는 경향을 보여 염분 15 ‰ 에서 배양한 것이 조지방 (4.2 ‰), 조단백질 (32.5 ‰), 탄수화물 (33.1 ‰) 모두 가장 높은 값을 나타내었다. 그리고 영양가를 판정하는 중요 인자인 조지방은 염분 15 ‰ 에서 배양했던 경우가 염분 20 ‰ 와 30 ‰ 에서 배양했을 때에 비해 약 2 배, 염분 40 ‰ 일 때에 비해 약 3 배 정도로 높게 나타나는데, 이것은 염분 차이에 따라 조류의 성장은 큰 영향을 받지 않을지 모르지만 그 영양적 측면에서는 차이가 생기는 것을 나타내고 있다. 이 종의 배양 조건은 염분 15 ‰ 조건이 적합할 것으로 여겨지나 현장에서 윤충의 먹이로 사용될 것을 감안하면 20~25 ‰ 정도의 염분 농도로 배양하는 것이 좋을 것으로 판단된다.

표 13. 식물성 먹이 생물의 화학 조성과 열량

Table 13. Chemical components and calories of phyto food organisms

단위: 건중량 (%)

먹이생물 \ 성분	염분 (%)	조지방	조단백질	조탄수화물	조회분	열량 (kcal/g)
클로렐라 (Chlorella)	15	4.2	32.5	33.1	30.2	3.3
	20	2.1	30.0	33.1	34.8	3.0
	30	2.3	31.9	28.5	36.9	2.9
	40	1.3	23.8	20.8	54.1	2.1

## 제 2 절 동물성 먹이 생물

### 가. 윤충(輪蟲, *Brachionus plicatilis*)

#### 1. 윤충의 생물학(生物學)

##### 가) 윤충의 분류 및 분포

윤충은 윤형동물문(輪形動物門 : Phylum Rotifera), 윤충강(輪蟲綱: Class Monogonta), 단성목(單性目 : Order Ploima), 윤충과(輪蟲科 : Family Brachionidae), 윤충속(輪蟲屬 : *Brachionus*)에 속하는 종으로, Monogonant rotifer 중 *Brachionus plicatilis*, *Brachionus rubens*, *Brachionus calyciflorus*, *Brachionus angularis*, *Keratella quadrata* 등이 있다. *Brachionus rubens*, *Brachionus calyciflorus*는 담수산 종으로 담수산 어류 종묘생산시 많이 이용되고 있고 어류 및 갑각류 초기 종묘생산시 가장 널리 이용되면서도 황복의 종묘 생산시에도 부화후 제일 처음으로 공급하게 되는 동물성 먹이생물인 해수산 *Brachionus plicatilis*(이하 윤충으로 표기)는 기수산으로 해수산 수산생물 종묘생산시 가장 널리 이용되고 있다.

윤충이 어류 종묘용 먹이 생물로 좋은 것이 판단된 이 후 범세계적으로 윤충의 분류(分類), 분포(分布), 형태(形態), 발생(發生), 유전(遺傳), 영양평가 등에 대한 연구가 활발히 진행되었으나, 우리 나라에서는 金(1972), 文(1981), 鄭과 卞(1985), 이(1988), 임(1990) 등의 단편적 연구가 있을 뿐 아직 미비한 실정이다.

윤충(*Brachionus plicatilis*)은 대형(Large-type)과 소형(Small-type)이 존재한다고 하였는데 이것은 유전적으로는 동일하지만 환경변화에 의해 생

성된다는 환경변이설과 두 형태는 유전적으로 다른 계통이라는 계통설이 보고된 바 있다. 최근에는 배양에 의한 형태적 관찰, 생리학적 실험 및 유전적 조사 결과 계통설이 지배적인 정설로 되어있다.

윤충의 대형과 소형에 대한 형태적인 특징, 분류학적 위치 및 생리학적 차이 및 분류학적 위치는 그림 22와 표 14와 같다.

분포(分布)는 극지(極地)에서부터 열대까지 광범위하며, 기수와 연안역에 주로 분포한다. 대체로 염분 3.7 % 이상인 곳에서는 자연적으로 나타나는데 알을 가진 암컷은 염분 98 % 에서도 살지만 가장 좋은 염분은 10 ~ 35 % (Hirayama and Ogawa, 1972)이다. 적정 pH 의 범위는 pH 5~10 이며, 최적 범위는 pH 7.5~8.0 로 알려져 있다.

윤충 크기는 100~400  $\mu\text{m}$  범위이며, 크기에 따라 L 형과 S 형 두가지로 분류할 수 있다. 大上和 前田(1977)은 배갑장(背甲長)이 130~340  $\mu\text{m}$  (평균 238.9  $\mu\text{m}$ )인 것을 L 형, 배갑장이 100~210  $\mu\text{m}$  (평균 163.3  $\mu\text{m}$ )인 것을 S 형이라고 하였다. 배갑장(L)과 갑폭(W)과의 관계는 L 형이  $W = 0.534 L \times 51.96$ , S 형이  $W = 0.731 L \times 1.08$  이며 두 형의 배갑장의 경계는 210  $\mu\text{m}$  라고 하였다. 무게는 L 형이 3.85  $\mu\text{g}$ , S 형이 1.37  $\mu\text{g}$ (大上 1976)이며, 이 두 형간에 생식적 격리(生殖的隔離)가 일어나며(小倉 등 1982), 또한 그 크기는 변하지 않으나 서식하고 있는 환경에 따라 형태 윤회(形態輪廻)와 다형성(多形性)을 갖는다고 알려져 있다. 온도가 낮은 겨울에는 길이가 길어지며(福所와 岩本 1980), 먹이의 종류에 따라서도 배갑장이 차이가 나며(福所와 岩本 1981, 岡内와 福所 1984) 특히, 빵효모보다 유지효모를, 클로렐라보다 테트라셀미스(*Tetraselmis*)를 먹인 것이 배갑장이 크게 된다. 伊藤(1979)은 먹이의 양이 적을수록 개체가 작아지고 밀도가 높을수록 개체가 커진다고 하였으며, 吳羽와 天下(1978)는 염분이 낮을수록 커진다고 하였다.

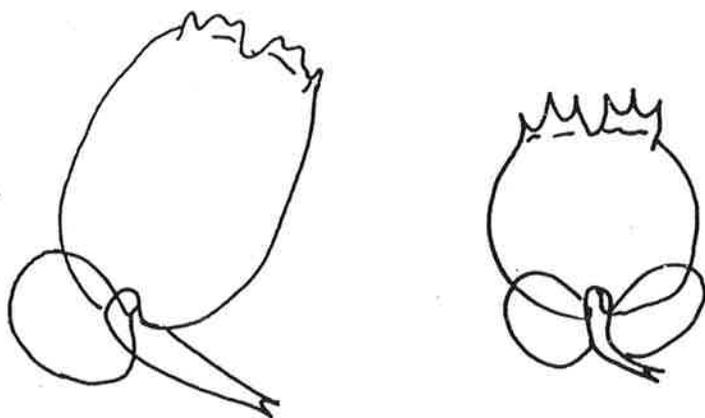


그림 22. 대형윤충과 소형윤충의 형태 비교.

Fig. 22. Morphological comparison of large-type rotifer and small-type rotifer.

표 14. 대형 윤충과 소형 윤충의 비교

Table 14. Comparison between large-type rotifer and small-type rotifer

형 태	대 형	소 형
분류학적 위치	<i>Brachionus plicatilis hepatotonus</i>	<i>Brachionus plicatilis rotundiformis</i>
피갑장의 크기 및 모양	160~340 $\mu$ m 주머니 모양	100~200 $\mu$ m 나원형 또는 구형
서 식 지	온대지역	아열대지역
후두극의 형태	극이 둥글다	극이 뾰족하다
습 중 량	3.85~4.44 $\mu$ g	1.37~1.87 $\mu$ g
최적배양수온범위	23~25 $^{\circ}$ C	28~30 $^{\circ}$ C

한편 최근 피갑장의 크기가 100~140  $\mu\text{m}$  로 소형보다 더 작은 초소형 윤충이 열대지방인 태국에서 발견되어 이에 관한 연구가 진행되고 있다.

#### 나) 윤충의 생활사

윤충은 단성 생식(單性生殖)과 양성 생식(兩性生殖) 즉, 세대 교번(世代交番)을 하는데 복상(複狀) 단성 생식 암컷은 단성 생식으로 단성 생식 암컷을 만드는 대형알(80~100 × 110~130  $\mu\text{m}$ ) 1~2 개를 계속적으로 낳으며, 이때 환경 상태에 따라 양성 생식 암컷이 생겨난다.

양성 생식 암컷은 처음에는 1~6 개의 소형알(50~70 × 80~100  $\mu\text{m}$ )을 가지며, 수컷과 교미하여 1~2 개의 내구란을 낳는데, 이 알은 환경이 좋은 상태에서 2 주정도 지나면 단성 생식 암컷으로 부화되거나(Hino and Hirano 1976, 1977, Lubzens *et al.* 1980), 건조시켜 장기 보관하였다가 필요시 부화시켜 사용할 수 있는데 이런 부화 유생은 크기가 50  $\mu\text{m}$  내외의 크기여서 능성어등의 입이 작은 어류의 초기 먹이로 활용될 가치가 높아 요즘 이 부분에 대한 대량 생산 연구가 활발하다. 한편 이러한 윤충의 밀도를 배양수조에서 폭발적으로 증가시키기 위해서는 양성 생식을 유도하는 요인을 없애고 단성 생식할 수 있는 환경을 만들어 주어야 한다. 양성 생식 개체는 낮은 밀도에서 적게 나타나며 사육수를 교환하여 주었을 때 단성 생식율이 높다(日野 1981). 日野와 平野(1980, 1982)는 온도와 염분이 낮고, 그리고 낮과 밤의 주기가 같을 때 양성 생식 유도율이 높다고 하였다. 이러한 결과를 보면 윤충은 환경이 좋을 때는 단성 생식을 하여 개체군(個體群) 밀도를 증가시키고, 환경이 나쁠 때는 개체군의 증가를 억제하고 내구란을 형성하는 것으로 생각할 수 있다. 그러므로 윤충을 폭발적으로 증식시키기 위해서는 수온을 25  $^{\circ}\text{C}$  이상으로 올려 주거나 염분을 높여 주거나 또는 윤충 밀도를 낮게 해 주거나 먹이를 일시적으로 바꾸어 주는 방법

을 사용할 수 있다.

윤충의 크기가 크면 성장률이 낮아 150~200  $\mu\text{m}$  내외는 최대 ( $\mu_{\text{max}}$ ) 0.69/일 인데 비하여 300~350  $\mu\text{m}$  내외의 것은 0.40/일 로 낮아진다. 온도 15~35  $^{\circ}\text{C}$  범위에서의 성장은 온도의 상승과 함께 증가하나 수명은 짧아진다. 최적 수온은 22~30  $^{\circ}\text{C}$  (Hirayama and Kusano, 1972)인데 S 형은 30  $^{\circ}\text{C}$ , L 형은 20~25  $^{\circ}\text{C}$ 가 적온이다(伊勢 등 1981). 15  $^{\circ}\text{C}$  에서는 성장은 하지만 생식은 하지 않으며, 10  $^{\circ}\text{C}$  이하로 내려가면 내구란(耐久卵)을 형성한다.

#### 다) 윤충의 배양

해산어류 자어의 먹이로서 중요한 윤충을 배양하기 위해서는 먼저 윤충의 중요한 먹이인 해산 *Chlorella*나 *Nannochloropsis sp.*를 준비해 두어야 한다.

*Chlorella* 배양량은 배양하고자 하는 윤충의 양에 비례해서 준비해야 하는데 윤충 1마리가 하루에 먹는 *Chlorella* 양은 약 20~30 만 개체라고 알려져 있다. 따라서 1 ml 에 100 개체인 윤충 수용수 1 m<sup>3</sup> 이 필요하다면 하루에 필요한 *Chlorella* 의 양은 2,000~3,000만 cell/ml 농도의 *Chlorella* 1m<sup>3</sup> 이 필요하다. 그러나 *Chlorella* 가 적정밀도로 배양되는데 필요한 기간이 약 7~10 일 정도 소요되므로 윤충 먹이로서 *Chlorella* 에 100 % 의존할 경우 윤충 배양량의 7~10 배 이상의 *Chlorella* 를 확보해 두어야 한다.

#### 1) 윤충의 최적 배양 조건

Rotifer 를 안정적으로 대량배양하기 위해서는 윤충의 증식을 빠르게 할 수 있는 환경요인을 우선 규명하여 배양 수조에 적용시키는 것이 필요하다.

#### ㉞ 수온

배양 수온에 따른 윤충의 일간 증식율은 대형 윤충과 소형 윤충에 있어서 상당한 차이가 있다. 수온 25 ℃ 이상의 고수온에서는 소형 윤충이 대형 윤충 보다 증식율이 높고, 저수온(25 ℃ 이하)에서는 반대로 대형 윤충이 소형 윤충 보다 높게 나타난다. 소형인 경우 일간 증식율은 30 ℃ 일때가 20 ℃일때보다 3 배 정도 높다. 대형 윤충의 최적 수온범위는 23~25 ℃이며, 소형 윤충은 28~30 ℃라고 알려져 있다.

#### ㉔ 염분

윤충은 대부분 담수, 기수역 및 연안 해역에 분포하므로 윤충 배양만을 목적으로 할 때의 최적염분은 6~15 ‰이다. 하지만 해산어류 종묘생산에는 해수를 사용하는 경우가 많으므로 저염분에서 배양된 윤충을 직접 먹이로 사용하면 윤충의 활력감소 및 폐사가 일어나 먹이로서의 가치가 저하되기 때문에 이러한 경우 해수 또는 해수를 희석하여 20~25 ‰ 로 배양하는 것이 좋다. 그러나 윤충은 광염성인 종이므로 해수에 직접 배양할 수도 있다.

#### ㉕ 먹이

현재 윤충의 배양 먹이는 빵효모, 유지효모, 배양 클로렐라, 시판되는 분말(粉末) 클로렐라 또는 액상 담수 클로렐라가 널리 사용되고 있다. 그 중에서 가장 많이 사용되는 것은 효모류와 클로렐라를 병용하여 윤충을 배양하는 것이며, 이때 하루 동안의 효모류 급이량(給餌量)은 윤충 100 만 개체 당 0.5~1 g 내외이다. 아직까지 윤충 배양에는 클로렐라의 사용이 필수적인데, 이는 전술한 바와 같이 윤충의 영양가를 높이기 위함이다. 시설 여유가 없는 곳에서는 클로렐라 의존도를 줄이기 위하여 효모류를 많이 사용하고 있다. 빵효모보다는 유지효모로 배양된 윤충이 영양가가 높고 유리하지만 가격이 다소 비싸다. 따라서 윤충의 배양 초기에는 빵효모를 먹이로 하고 지수 성장기 종반부에 들어가면 유지효모로 2~3 일 배양한 후,

유생의 먹이로 주기 1 일전에 클로렐라 또는 영양강화제로 영양 강화하는 것이 바람직하다.

#### ① 미세조류

윤충의 먹이로 여러 종류의 미세조류가 있지만 먹이 가치나 충분한 먹이 공급량으로 볼 때 해수산 *Chlorella* 가 가장 우수하다. 그러나 해수산 *Chlorella* 배양시 대규모 시설과 면적이 필요하며 배양조건이 기상조건(온도, 빛)에 따라서 많은 제약을 받는 문제점으로 인해 배양이 더욱 수월한 담수산 농축 *Chlorella* 가 많이 사용되기도 한다. 이것은 편리하게 사용할 수 있고 윤충의 생산을 증대시키지만, 해수에서 배양하는 윤충에 먹이로 공급할 경우 염분에 적응을 못하여 폐사하게 되며 또한 과량 공급하면 남아있는 먹이가 부패하여 수질악화를 초래하게 되고 윤충 증식을 억제하는 요인이 되기도 한다. 또한 담수산 *Chlorella* 는  $\omega$ -3 고도불포화지방산의 함유량이 낮기 때문에 해산어 종묘생산용 윤충 생산시 해산 *Chlorella* 또는 비타민 B<sub>12</sub>와 필수지방산이 보강된 유지효모로 영양강화하는 2차배양이 반드시 필요하다.

#### ② 효모류

윤충 먹이로 *Chlorella* 만을 공급하는 것은 먹이량이 부족하고 먹이 공급이 불편하기 때문에 *Chlorella* 대체 및 보조먹이로 빵효모가 사용된다. 하지만 빵효모는 해산 자치어의 영양요구에 적합하지 않기 때문에 필수지방산을 강화함유시킨 유지효모를 사용하는데, 이것은 -20~-25 °C 에서 수개월 동안 보관이 가능하다.

한편 빵효모는 내염성이 없기 때문에 해수중에 현탁되면 비교적 단시간에 죽어 배양수의 수질악화를 촉진시키고 윤충의 감소를 유발한다. 또 빵효모만을 공급할 때는 윤충에 대한 먹이효과가 매우 낮고 생산이 불안정한 경우가 많으므로 다른 먹이의 보조먹이로 이용하는 것이 바람직하다.

### ③ 미생물

윤충의 먹이로서 세균은 주로 광합성세균(PSB)이 이용되지만 단독으로 공급하는 것보다 효모류나 *Chlorella* 와 함께 공급하였을 때 효과가 있다.

### ㉔ 후레쉬 그린을 이용한 윤충의 대량배양 방법

윤충을 배양시 클로렐라나 난노클로롭시스를 먹이로 공급하게 되면 많은 시설과 면적이 필요하게 되는데 근래에는 이러한 문제점을 해결하기 위하여 담수산 클로렐라(*Chlorella vulgaris*)를 농축하여 만든 후레쉬 그린 600 (fresh green 600 : 이하 후레쉬 그린)이라는 상품 클로렐라를 사용하고 있다. 후레쉬 그린은 담수 클로렐라를 해수에 적응시켜 어두운 암실에서 무균 처리하여 1 ℓ 당 600 mg 으로 농축시켜 170억 세포수/ml 의 살아 있는 세포로 구성되어 있는 제품으로, 담수클로렐라에 부족한 비타민 B<sub>12</sub> 를 함유시켰다. 후레쉬 그린은 윤충의 종류에 따라서 다소 차이가 있으나 기본적인 투여량은 표 15와 같다. 후레쉬 그린은 일기에 상관없이 윤충배양이 가능하고, 많은 수조가 필요 없어 양식시설 수면적을 줄일 수 있고 안정적인 종묘생산을 가능하게 한다.

후레쉬 그린 0.4 ml/ℓ 를 공급하여 윤충을 25 °C, 염분 30 ‰, 5 일간 배양한 결과 초기 밀도가 100 개체/ml 로 접종하였을 경우 약 360 개체/ml 까지 배양이 가능하였다(그림 24).

윤충 배양시 배양액 교환은 60 μm 망으로 윤충의 유출을 막은 후 배양수 중 일정량을 여과 배수시킨 다음 새로운 클로렐라( $1.5 \times 10^7$  세포수/ml)를 같은 양 만큼 보충하거나 신선한 배양액을 채운 후 윤충 100 만 개체 당 빵효모나 유지효모를 0.5 g 을 1 일 2 회에 나누어 급이 하면 된다.

#### ㉔ 윤충의 배양 수질 안정

윤충의 배양에 있어서 중요한 것은 안정적 배양을 유지하는 것인데, 실제 배양 과정에서 밀도의 급감(急減) 현상 또는 증식 불량이 많이 일어난다. 이러한 현상의 원인은 양질의 클로렐라 부족과 수질 악화, 현탁물(懸濁物)의 증가, 용존산소량(溶存酸素量) 감소 및 원생동물(原生動物) 증식이다. 배양의 불안정은 계획적 종묘 생산을 불가능하게 하므로, 사전에 윤충에 대한 지식을 넓히고 항상 제반 문제를 해결하기 위하여 노력하여야 한다.

윤충 고밀도 대량배양시 배양수의 안정은 윤충 생산량과 매우 밀접하다. 즉 고밀도가 되면 배양수의 갑작스러운 변화로 윤충의 대량폐사가 일어난다. 이러한 원인은 첫째 수질변화로 용존산소 감소, 암모니아 농도(특히  $\text{NH}_3\text{-N}$ =비이온화암모니아) 증가, COD 증가, 현탁물질 증가가 원인이 된다. 윤충은 무산소, 저산소에서 매우 강한 종이지만 고밀도 배양시에도 용존산소가 2 ppm 이상으로 유지되어야 하며, 무산소 상태가 12시간 이상 지속되면 모두 폐사한다.  $\text{NH}_3\text{-N}$  에 의한 윤충의 반수치사 농도는 17ppm 이며, 21 ppm 이상되면 윤충의 증식이 억제된다. 이처럼 윤충의 생산량 증대를 위해서 배양수질의 용존산소와  $\text{NH}_3\text{-N}$  는 매우 중요하기 때문에 대량배양시 수질관리는 매우 중요하다. 최근 산소 발생기와 담수산 농축 *Chlorella* 사용에 의한  $\text{NH}_3\text{-N}$  의 상승을 억제시키면서 pH를 7 전후로 유지할 경우 윤충을 40,000개체/ml 까지 고밀도로 배양한 예가 보고되고 있다.

두 번째로 유해세균과 원생동물의 증식은 윤충의 생산량을 감소시키는 원인이 된다. 윤충의 배양수 중에 광합성세균이나 비타민 B<sub>12</sub>를 생산하는 세균 중 *Pseudomonas* 속은 윤충의 증식을 높이지만 *Aeromonas* 속은 윤충의 번식을 저해한다. 또한 어류의 병원균인 *Vibrio anguillarum* 으로 추

표 15. 후레쉬 그린의 공급량

Table 15. Food supply of fresh green

윤층 밀도 (개체수/ml)	후레쉬 그린 600 공급량 (ℓ/t)
50	0.2
100	0.4
300	0.8
500	1.0
1,000	2.0

정되는 균주가 검출되었던 경우가 있다. 그러므로 윤충 배양수의 세균을 제거하거나 증식억제를 위해서는 Oxytetracyclin hydrochloride 10~20 ppm을 윤충 접종시 배양수에 처리하는 것이 효과적이다. 또한 윤충 배양의 원생동물은 주로 *Euplotes* 와 *Uronema* 등이 있고(그림 23) 이러한 원생동물은 직접적으로 윤충에 영향을 주는 것보다는 먹이경쟁이나 수질악화를 유발하게 하는 간접적 요인으로 작용한다.

#### ㉞윤충의 대량 배양 방식

윤충의 대량 배양법에는 수확하는 방식에 따라 탱크 교환법과 부분 수확법(部分收穫法)이 있다(北島, 1983). 탱크 교환법은 배양기간, 접종수(接種數), 먹이 공급량 등의 조건을 일정하게 하고 여러 개의 같은 크기의 수조에서 차례로 반복 배양하는 방법이다. 예를 들면, 하나의 탱크(탱크, 가)에 클로렐라를 접종시킨 후 밀도가  $1 \times 10^7 \sim 1.5 \times 10^7$  세포수/ml 가 되면 윤충을 20~50 개체수/ml 의 밀도로 접종시킨다. 클로렐라를 넣어 주어 푸른색이던 윤충 배양수가 맑아지면 빵효모 또는 유지효모를 하루에 두번 급이 하고, 윤충 밀도가 150~200 개체수/ml 에 이르면 모두 수확하여 황복 유생의 먹이로 사용하되, 일부분은 남겨 다른 탱크의 접종분으로 사용한다. 원칙적으로 배양 도중에 부분 수확은 하지 않으며, 지금까지의 과정을 반복하여 탱크 (가)에서 탱크 (나)로, 또 (다)로 옮기면서 배양하는 방식이며, 한 공정은 7 일정도 소요된다. 클로렐라와 유지효모를 같이 먹이면 번식도 빠르고 영양도 높아지는데, 1~2 톤 급 소형 수조에서 윤충을 배양한다면 8일만에 200 개체수/ml, 10 일만에 380 개체수/ml 까지 배양할 수가 있다. 탱크 용량과 갯수는 필요로 하는 윤충의 양에 좌우되며, 이 방법은 단순하면서도 확실하고, 비교적 좁은 공간에서 노동 집약적으로 생산할 수 있다.

부분 수확법은 탱크에 클로렐라를 접종한 후 클로렐라의 세포 밀도가

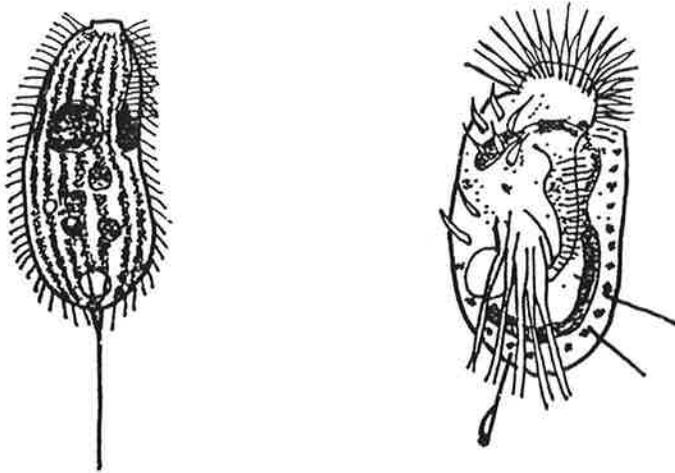


그림 23. 윤충 배양시 나타나는 섬모충류.

Fig. 23. Ciliated protozoa occurred at rotifer culture tank

(A: *Euplotes* sp., B : *Eronema* sp.).

1~1.5 × 10<sup>7</sup> 개체수/ml 가 되면 윤충을 50 개체수/ml 의 밀도로 접종한다. 탱크교환법에서 했던 과정과 같은 방법으로 먹이를 공급한다. 윤충 밀도가 200 개체수/ml 이상이 되면 전체의 1/3~1/5 가량을 수확하고 같은 양의 클로렐라를 넣어 준다. 수확시 수조 내에 플랑크톤 망(net)을 넣어 윤충만을 수확하는 방법도 있다. 이 방법은 1 개의 탱크에서 필요한 양의 윤충을 매일 수확할 수 있으나 위험 부담이 크다. 따라서 15~20 일간 부분 수확한 후 윤충을 완전히 수확하고 탱크를 소독하여야 한다.

#### 나. 알테미아(*Artemia*)의 배양

알테미아 부화 유생(孵化幼生)은 황복 자어에 공급하는 윤충 다음 단계의 먹이로서 부화직후의 유생은 높은 영양분을 함유하고 있으며, 또 알테미아 난은 건조한 공기 중에서도 보관이 가능하며, 적절한 부화 환경을 만들어 주면 쉽게 부화한다. 알테미아 난은 진공 포장되어 상품으로 판매되기 때문에 필요한 시기에 구입하여 부화시켜 필요한 양의 부화 유생을 얻을 수 있어 기본적인 부화 및 영양 강화법만 숙지하면 손쉽게 사용할 수 있다.

알테미아 부화 유생은 비선택적(非選擇的) 여과 섭이(濾過攝餌) 생물로서 식물 플랑크톤이나 박테리아를 먹고사는데, 양식 동물의 먹이로 사료 효율(飼料效率)이 높다(Sorgeloos and Paerlsoone 1975). 부화후 약 2 주 후면 번식이 가능하고, 1 개월에 100 개 정도의 알을 낳고, 수명은 약 6 개월 정도이다(Nimura 1967). Kinne (1977)가 “해양 동물의 사육시 알테미아가 먹이로서 사용되어지는 것은 85 % 이상이다.” 라고 지적한 바와 같이 가장 폭넓게 이용되고 있는 중요한 먹이 생물이며, 최근 양식 산업이 활성화되면서 우리 나라에서도 양식 대상 종의 유생 단계 먹이로 알테미아를 많

이 이용하고 있다.

상품은 일본산, 중국산, 미국산 *Argentemia*, Sanfrancisco Bay, *Artemia System*사 등 여러 가지가 있는데 제조원이 확실한 경우 어느 것을 사용하여도 무방하나, 종종 부화율과 영양가가 떨어지는 제품도 있으므로 가능한 한 품질을 보장받을 수 있는 유명 회사의 제품을 사용하는 것이 바람직하다.

부화 조건은 상품마다 약간씩 다른데 Tetra 난의 경우 여과 해수에 담수를 10 % 정도 섞어 사용하고, *Argentemia* 난의 경우는 담수를 15 % 섞은 여과 해수에서 부화시키면 좋다. 수온 28 °C, 연속 조명 상태에서 배양 용기 내의 물이 완전하게 섞이도록 강하게 폭기하면 20~24 시간 내에 알테미아 난은 노플리우스(*nauplius*) 유생(이하 노플리우스)의 형태로 부화한다(그림 26). 부화가 대부분 완료되면 공기 주입을 중지하고, 유생의 주광성(走光性)을 이용한 난각 분리(卵殼分離) 방법으로 부화된 노플리우스를 수확한다.

알테미아 난 1 g 을 부화하면 25 만~28 만마리의 노플리우스가 부화된다. 새로 부화한 노플리우스 크기는 대략 전장(全長) 0.45 mm, 폭 0.17 mm 이며, 습중량(濕重量)은 0.01 mg, 건중량(乾重量)은 1.8~3.0  $\mu$ g 범위이다. 광염성(廣鹽性) 및 광온성(廣溫性)으로 염분 5~150 ‰, 수온 6~35 °C 의 범위에서 생존이 가능하고 용존 산소가 1 ppm 이하인 환경에서도 살 수 있다.

최대의 부화율을 얻기 위해서는 빛, 온도, 염분, 용존 산소 등 제반 조건이 갖추어져야 하며, 같은 조건에서도 산지(產地) 및 제조 회사에 따라 다르다. 종류에 따라 알테미아의 부화 최적 수온은 24~26 °C 로 알려져 있으나(von Hentig 1971, Jones 1972, Nash 1973), Sorgeloos and Persoone(1975) 은 미국 캘리포니아 산은 28 °C, 유타 산은 30 °C, 중국산



그림 24. 윤충의 형태 및 영양 강화된 윤충.

Fig. 24. Morphology of cultured rotifers and enriched rotifer.

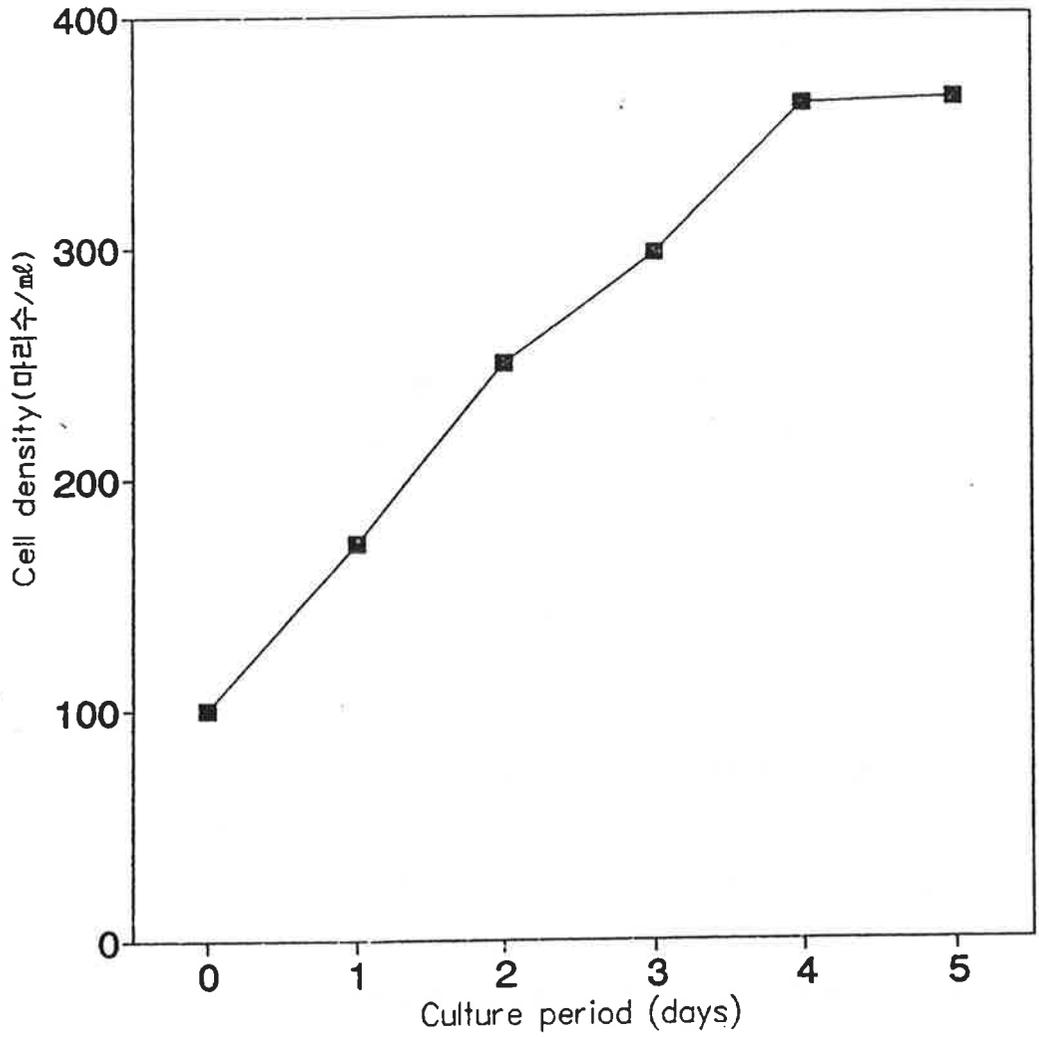


그림 25. 후레쉬 그린으로 배양한 윤충의 성장.

Fig. 25. Growth of rotifers cultured by fresh green.

의 경우는 35 °C 라고 하였다. 최고 부화 효율을 나타내는 염분은 von Hentig(1971)는 32 ‰, Nash(1973)는 35 ‰, Sorgeloos and Persoone (1975)은 5~90 ‰ 라 하였으며, 용존 산소 2 ppm 이하에서는 부화율이 감소한다고 하였다. 일반적으로 알테미아 난은 빛의 강도, 노출 시간, 빛의 파장에 따라 부화율이 변하며(Vanhaecke *et al.* 1981, van der Linder *et al.* 1986), 항생 물질을 사용하여 부화율을 증가시킨 연구도 있다(金과 許 1987).

이와 같이 알테미아 난은 종류별, 산지별 수확 연도별, 가공 회사별, 부화 방법별, 부화 조건에 따라 부화율이 다르고, 또한 노플리우스의 크기, 무게, 영양가 등이 모두 다르므로 경제적인 종묘 생산을 위하여서는 적절한 상품을 선택후, 제조 회사의 추천 방법으로 부화시키는 것이 바람직하다. 시판되는 알테미아 난의 일반적인 부화 공정은 표 16과 같다.

갓 부화한 노플리우스 3 ~ 4 시간이 지나면 대체로 영양가가 떨어지기 때문에 수확하여 곧 급이 하되, 황복 사육 수조에 먹고 남은 노플리우스가 남아 있지 않도록 적당량을 주어야 한다.

#### 다. 기타 알테미아

알테미아는 용도에 따라서 적절히 사용할 수 있는 냉동 알테미아와 난각을 제거하여 건조시킨 형태의 난각 제거 알테미아(Shell free *Artemia* 또는 Decapsulated *Artemia*) 등 다양한 형태로 가공 포장되어 양식 생산에 필요한 이료 또는 사료로 공급되고 있다.

냉동 알테미아는 난각을 벗겨 내는 탈각과정이 끝난 직후 부화시켜 무균적으로 세척한 다음 살아 있는 상태에서 급속 냉동시켜 최적의 영양가가 유지되게 하면서 사육수조에 세균을 감염시키지 않게 고안된 것과 양성용 사료로 일정기간 양성시켜 장내에 영양성분이 높은 조류와 규조류등을 가

득 차게 하고 완벽한 생물체로서 단백질, 지방과 천연착색물질을 풍부하게 함유하게 한 냉동 성체 알테미아등이 있다.

또한 소독약 계통의 화학물질을 사용하여 난각을 제거한 100 % 순수 난각 제거 알테미아는 영양학적인 효과와 사용의 편리성 때문에 현재 그 사용량이 증가 추세에 있는데 그러한 제품의 특징은 다음과 같다.

① 난각 제거 알테미아는 제조과정중 소독된 상태이므로 세균의 오염에 대하여 안전한 상태이다.

② 갯 부화된 알테미아 유생보다도 크기가 매우 작으므로(230  $\mu\text{m}$  이하) 적은 일령에도 공급이 가능하다.

③ 세포막에 둘러싸여 있으므로 오랜 시간 수중에서도 최적의 안정성을 보여 수질을 오염시키지 않는다.

④ 건조 형태의 고단백 사료로 유인제나 천연색소를 포함한 천연먹이이며 수명이 길다.

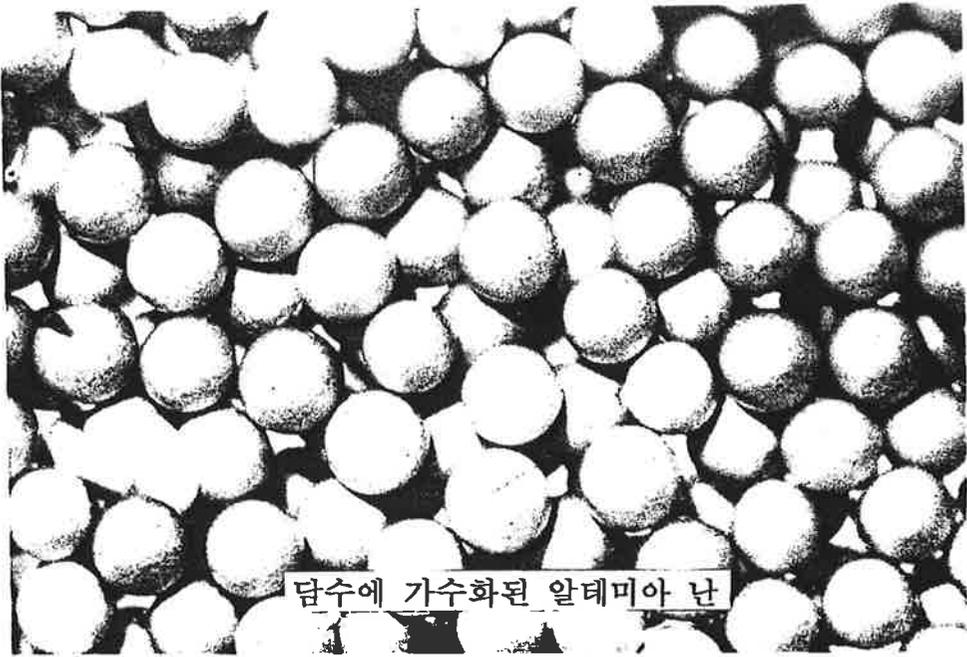
⑤ 부화시 난각을 깨고 나오는 에너지 소모 과정이 생략되므로 부화 노플리우스 보다 30-50 % 높은 에너지와 높은 건중량을 가지고 있다.

⑥ 자유롭게 수중에서 떠다니며 덩어리지지 않는다.

이러한 제품들은 가수화 시킨 후 행굴 필요가 없는데 일단 사용하고 남은 것은 뚜껑을 잘 덮고 습기나 빛이 없는 시원하고 건조한 곳에 저장하거나 보관해야 한다.

#### 라. 동물성 먹이 생물의 영양가 분석

최근에 발표된 수많은 연구자료에 의하면 불포화 지방산 특히, EPA와 DHA는 해산 어류 유생에 필수 불가결한 영양소이며(Rimmer and Reed, 1990; Webster and Lovell, 1990; Lemm and Lemarie, 1991). 이러한 필수지방산은 양식산 해산 어류 유생의 성장과 생존율을 확실히 높이기 위해서는 반드시 사료에 공급되어야 한다고 하였다.



담수에 가수화된 알테미아 난



부화 직후의 알테미아 유생

그림 26. 알테미아난과 부화 유생.

Fig 26. Cysts and nauplius of *Artemia*.

이러한 인공적인 다른 먹이를 개발하기 위한 노력에도 불구하고(Jones et al., 1993), Brine shrimp(*Artemia*) 유생은 양식에 있어서 아직도 어류 유생의 살아있는 먹이로서 중요한 역할을 하고 있다.

그러나 *Artemia* 유생의 사용에 있어서 큰 결점은 고도 불포화 지방산의 변이성이며, 많은 연구 자료에 의하면 어류 유생의 먹이 가치를 결정하는 것은 *Artemia* 유생이 함유하고 있는 고도불포화지방산함량이라고 하였다. *Artemia* 의 여러 종들은 어류 유생에 적합한 영양을 공급하지 못하는 것도 있고, 이러한 필수지방산의 부족으로 나타난 좋은 증거들이 있다. 이러한 결점에 대응하여 *Artemia* 유생들은 어류 유생에게 먹이로 공급되기 전에 고도 불포화 지방산이 풍부한 사료로 영양 강화시키며(Leger et al., 1986), 이러한 영양 강화는 *Artemia* 의 고도 불포화 지방산 함량을 증가시킴으로써 영양학적 가치를 증대시키는 것이다. 미세 조류, 고도 불포화 지방산 변형 효모, 복합 사료, 코팅된 미세 입자, 유지 성분의 유제, 미세캡슐제제등의 수많은 영양 강화 사료들이 성공적으로 사용되어져 왔다(Leger et al., 1986). 여러 가지 영양 강화 제제들이 상품으로 사용되고 있는데 그 형태는 유지를 기초로한 농축액(Dhert et al., 1990; Støttrup and Attramadal, 1992), 건조 미세 캡슐(Rimmer et al., 1994), 건조 파우더(Støttrup and Attramadal, 1992) 등이 있다. 특히 해산 오일로 만든 젤라틴-아카시아 미세 캡슐의 잠재력은 이전의 연구에 많이 나타나 있다(Ozkizilcik and Chu, 1994). 이러한 편리성에도 불구하고 상품화된 영양 강화용 사료는 비교적 비싸고 저장 기간 동안의 지방 산화의 잠재성 때문에 제한된 저장 수명을 가지고 있다.

윤층을 클로렐라, 빵효모 및 유지효모를 단독 또는 혼합하여 배양한 윤층과 효모류를 먹이로 배양한 후, 클로렐라로 2 차 배양하여 아미노산과 지방산을 분석한 결과를 보면(海洋研 1990), 클로렐라로 배양한 윤층이 총

표 16. 알테미아 난의 부화 공정

Table 16. Hatching procedure of *Artemia* cysts

처 리 과 정	내 용
난의 전처리	1,000 ppm 크로르칼키 용액에 2 ~ 3 분간 약욕 후 깨끗한 물로 씻은 다음, 담수에 1 시간 담구어 가수화(加水化) 시킴
↓	
부 화	
┌ 부화용수	멸균 해수(28‰)에 엘바쥬 10 ppm 첨가
┌ 배양수온	28 °C
┌ 조 명	낮에는 자연광, 밤에는 형광등으로 1,000 Lux 이상 유지
┌ 공기주입	난이 부화 용기에 고루 퍼지도록 공기를 강하게 폭기, 부화 직전에는 노플리우스가 충격 받지 않도록 폭기량 감소
┌ 부화용량	부화 용수 1 l 당 3 ~ 5 g (8.4 x 10 <sup>5</sup> 난)의 밀도로 배양
┌ 수 확	차광막을 설치하여 한구석만 조명하고 응집된 유생은 사이폰(siphon)을 이용하여 난각과 분리 수확함
↓	
급 이	활력 판정후 자외선 살균 해수로 3 ~ 4 회 세척 후 공급함
┌ 유생세척 ┌ 영양강화 ┌ 및 양성	클로렐라 또는 스피틀리나 등 영양제로 영양 강화 또는 양성시킨 다음 유생 세척 시와 같은 방법으로 세척 후 급이

아미노산 (total amino acid) 함량 43.4 % 로 가장 높게 나타났으며, 그 다음은 빵효모와 클로렐라로 배양한 윤충, 유지효모로 배양한 윤충, 클로렐라와 유지효모를 혼합 배양한 윤충 순으로 나타났다

아미노산 조성을 보면 먹이인 클로렐라가 가지고 있는 아미노산 중에서 효모류와 비교하여 비교적 많이 함유하고 있던 아스파틱산(Aspartic acid), 트레오닌(threonin), 글루탐산(glutamic acid), 히스티딘(histidine) 등은 클로렐라를 먹고 자란 윤충이 효모류를 먹고 자란 윤충에 비하여 많았다. 또한, 효모류로 키운 윤충에 비교적 적었던 세린(serine), 시스틴(cystine)은 클로렐라로 2 차 배양한 된 후 함유량이 증가하였다(표 17).

지방산의 경우 16 가지가 분리되었는데 동물에 중요한 에이코사펜타에노익산은 클로렐라를 단독 공급한 것이 13.01 % 로 가장 높았고, 유지효모로 배양한 후 클로렐라로 2 차 배양한 경우가 12.6 % 로 다른 먹이로 배양한 경우에 비하여 높았다. 이외의 중요한 지방산인 리놀렌산(linolenic acid), 아라키도닉산(arachidonic acid) 및 에이코사테트라에노익산(eicosatetraenoic acid) 등도 클로렐라에 배양한 윤충이 많았다. 渡邊(1978)은 클로렐라를 먹이로 한 윤충에서 전지방산(全脂肪酸) 중 에이코사테트라에노익산 함량이 23~28 % 에 달하였다고 보고하였으며, 그 외 여러 가지 효모와 클로렐라를 혼합 먹이로 한 경우 상기 결과와 유사하였다.

윤충의 영양가 개선의 방법으로는 지금까지 빵효모로 배양한 윤충을 달하였다고 보고하였으며, 그 외 여러 가지 효모와 클로렐라를 혼합 먹이로 한 경우 상기 결과와 유사하였다.

윤충의 영양가 개선의 방법으로는 지금까지 빵효모로 배양한 윤충을 클로렐라에 6~48 시간 2 차 배양하거나 병용 배양(併用培養) 하는 것이 일반적이었으나(北島 등 1979), 최근에 유지효모를 이용한 간접법(間接法)과 직접법(直接法)이 개발되었다(今田 등 1979, 渡邊 1983). 간접법은 빵효

표 17. 먹이에 따른 윤충의 아미노산 조성

Table 17. Amino acid component of rotifer at different food organism

(단위 : %)

아미노산	먹이종류 클로렐라	빵효모+ 클로렐라	유지효모+ 클로렐라	유지효모> 클로렐라
아스파틱산(Aspartic acid)	3.67	2.81	2.90	2.72
트레오닌 (Threonine)	1.59	1.41	1.47	1.25
세린 (Serine)	2.36	2.24	1.83	1.98
글루탐산 (Glutamic acid)	5.44	2.40	4.09	4.39
발린 (Valine)	2.39	1.66	2.26	1.55
메치오닌 (Methionine)	1.51	0.67	1.08	0.71
아이소류신 (Isoleucine)	2.20	1.64	1.85	0.71
류신 (Leucine)	3.62	3.44	3.11	2.33
타이로신 (Tyrosine)	1.86	2.15	1.67	1.12
페닐알라닌 (Phenylalanine)	4.01	4.35	2.89	2.80
히스티딘 (Histidine)	1.05	0.92	0.67	0.62
라이신 (Lysine)	2.64	2.91	2.36	2.21
시스틴 (Cystine)	2.07	1.11	1.99	1.43
기 타	8.97	7.53	5.57	6.63
총 량	43.38	35.24	33.74	30.92

모로 배양한 윤충의 영양 결핍(營養缺乏)을 보완 할 목적으로 개발된 것으로서 빵효모 배지에  $\omega 3$  계열의 고도 불포화 지방산을 함유하는 오징어 간유(肝油) 등의 유지류(油脂類)를 첨가하여 만든 것으로 2 차 배양 또는 병용 배양시 6~12 시간 함께 배양하여  $\omega 3$  계열의 고도 불포화 지방산 농도를 높여 주는 것이다. 직접법에서는  $\omega 3$  계열의 고도 불포화 지방산을 함유하는 유지를 계란 노른자와 물에 유화 시키고, 빵효모와 동시에 윤충 배양수에 첨가시키는 것으로 6~12 시간 배양하여  $\omega 3$  계열의 고도불포화지방산을 높여 주어 이료 효과(餌料效果)를 현저히 개선하는 방법이다. 卍山(1983)과 渡邊(1983)은 빵효모에 각종 비타민이나 광합성 세균(光合成細菌)을 첨가하면 영양가가 향상되고 증식율이 높아진다고 하였고, 윤충의 2 차 배양시 윤충의 활성 상태에 따라  $\omega 3$  계열의 고도 불포화 지방산 흡수 비율이 현저히 다르므로 주의를 요하며, 또한 윤충의 적은 범위에서는 저온일수록  $\omega 3$  계열의 고도 불포화 지방산의 비율이 높고, 그중 도쿄사핵사에노익산의 흡수량이 증가한다고 하였으며, 산화(酸化)한 유지를 사용하였을 경우에 이를 먹는 양식 동물에 나쁜 영향을 미치므로 유지 취급에 주의를 하여야 한다고 지적하고 있다.

이러한 결과들을 종합하여 볼 때 윤충의 초기 배양은 사용이 간편한 빵효모를 사용하여도 무방하나 유지효모로 배양하는 것이 더 바람직하며, 어떠한 경우에도 황복 유생에 먹이로 공급하기 하루 전부터 클로렐라나 영양강화제로 영양 강화를 하여 주는 것이 좋을 것이다.

### 제 3 절 황복의 사료 개발

자연에 서식하는 황복의 위 내용물을 조사해 보면 새우류를 포함한 소형 갑각류와 조개류 등이 주로 발견되며, 황복은 발생학적으로 위가 없는 즉, 무위어로 형태학적으로 장의 상단부가 위의 기능을 가진 팽윤부는 있으나 장은 거의 직선형으로 짧아 강한 육식성 어류가 가지고 있는 것과 형태가 유사하다. 따라서 이들의 식성은 강한 육식성으로 판단된다.

현재 황복의 사료 및 이들의 영양소 요구량에 관한 연구는 전무한 상태로 상품 생산을 위해서는 성장도가 빠른 전용 사료의 개발이 시급하다. 따라서 현재 양식이 이루어지고 있고 일부 영양학적 자료가 축적된 자주복의 영양 요구량을 기초로 연구가 이루어져야 한다. 황복의 배합사료를 개발하기 위해서는 우선 이들의 단백질과 지질의 요구량 및 단백질과 가소화 에너지 비(protein/digestible energy value)의 구멍이 선행되어야, 나아가 비타민과 같은 각종 미량 원소의 요구량 구멍이 필요하다. 또, 해상 가두리 사육시 사용될 수 있는 생사료 및 모이스트 펠렛의 이용성 조사도 아울러 병행되어야 한다. 지금까지 알려진 자주복의 단백질 요구량은 약 50% 수준이며, 지질은 20% 내외로 이들은 에너지원으로 지질을 많이 이용하는 것으로 알려져 있고, 값싼 에너지원인 동시에 사료의 물성을 유지하는 즉, 점결재로 탄수화물원이 많이 이용되는데, 이것의 이용도도 비교적 높아 사료의 23% 수준까지 첨가하여도 성장에는 큰 지장이 없는 것으로 알려져 있다.

그러나 황복은 담수에 소상하여 산란하고, 부화된 자어는 다시 바다로 내려가 성장하는 등 이들 특유의 생활 습성을 가지고 있어 영양소 요구량도 자주복과 다를 것으로 사료된다. 본 연구기간 동안 넙치용 상품용 펠렛 배합사료로 사육한 결과 비교적 성장이 느려 상품 크기에 도달하는데 약 3

년이 소요되는 것으로 나타나 이들의 산업적 양식이 이루어지기 위해서는 전용 배합 사료 개발이 절실하였다.

한편, 어린 황복(약 30g 내외)을 대상으로 사료 공급 후 위 내용물의 소화 속도를 수온 20℃ 정도에서 시간대별로 분석한 결과, 다른 어종에 비하여 1 회의 사료 섭취량이 매우 적고, 약 7 시간이 경과하면 위 및 장 속의 소화물은 전부 소화되어 남아 있는 소화물은 발견 할 수 없었다. 따라서 황복의 상품 생산을 위한 사료 공급은 가능한 일일 사료 공급 횟수와 양을 크게 늘리는 것이 바람직한 것으로 판단되었으며, 구체적인 연구가 필요하다.

## 제 5 장 종묘 생산(種苗生産)

### 제 1 절 황복 어미의 체포, 수송 및 관리

현재 우리 나라의 연안에서 산란기 전후에 체포되는 황복은 충남 및 경기도 지역의 하천과 연결되어 있는 임진강, 한강, 금강으로 국한되어 있으며 그나마 채집되는 양도 확실한 계통 출하가 아닌 소규모 영세 유통이 대부분이므로 연간 생산량을 정확히 계산할 수는 없다. 경기도 관내에서는 강화도, 강화군, 김포군, 한강하류 행주대교 부근, 파주군, 연천군까지 어획이 되고 있으나, 산란기인 4월부터 6월까지의 임진강 유역의 파주군 관내 생산량은 약 20톤 정도로 추산된다.

어미는 주로 하천의 하류에서는 자망을 이용하여 포획하고 중상류로 올라감에 따라 삼각망, 개털(지역방언)을 이용하여 어업활동을 하는데 잉어, 장어, 송어, 메기등의 담수산 어류와 함께 혼획되는 경우가 많다(그림 27). 임진강 유역의 파주군에서는 군사 대치상태의 이유로 1톤 이내의 무동력선에 의한 출입허가자에게만 어업활동이 보장되었다. 1개 선단이 5~10여척의 어선을 확보하고 있는 5개의 선단으로 구성되어 있었으며 조석, 상류 지역의 강우 상태에 따라 어획량의 변동이 많았다.

산란기에 포획된 황복은 활어 상태로 플라스틱 운반용 상자, 대나무 상자 또는 고무다라에 물없이 수송되어 중간 집하장 또는 1차 소비시장으로 판매되었으며 늦가을에 포획된 원양산 황복(국적불명)은 냉동복 상태로 거래되었다. 산란 직전의 채란을 위한 황복은 임진강 중상류인 문산읍 임진나루, 장파리 이상의 상류에서 포획되었으며 포구로 이동된 어미를 담수



그림 27. 자망에 의해 채집된 황복 어미.

Fig. 27. *Takifugu obscurus* captured by fishing net.

에 수용하고 복부를 가볍게 눌러보아 난이 흐르는 암컷과 수컷을 골라 어미로 사용하였다. 어획된 어미중 암컷은 하천의 증상류에서 포획되어 산란 직전이었을 경우 가벼운 충격에도 산란하므로 취급에 주의하여야 한다. 1994년 5월 10일부터 5월 12일까지 경기도 파주군 장단 지선에서 실시한 산란 하구 지역의 환경조사에서는 수온 16~17 °C, 투명도 15~20Cm, 염분 1~2‰, 저질은 사니질로 나타났다. 1995년 5월~6월중에 종묘생산용 황복 어미의 채집 상황은 표 18과 같다. 하천의 상류로 산란을 위해 이동하는 황복을 포획한 것이기 때문에 생식에 참여하는 만 2년생 어미 이상의 개체가 채집되었다. 암컷의 평균 체중은 730 g으로, 체장은 284 cm로 나타났으며 수컷의 평균체중은 650 g, 평균체장은 260 cm로 나타났다.

## 제 2 절 자연산 친어로부터의 채란 및 수정

황복은 지금까지 양식 대상종으로써 축양 및 양성이 이루어지지 않아 인공탱크나 가두리에서 성장된 어미는 구할 수 없으므로 종묘생산을 위하여서는 자연산 친어에 의존할 수 밖에 없다.

### 가. 채란

체포된 어미는 관리 소홀에 의하여 부분적으로 산란될 수 있으며 1995년에 사용된 친어의 산란량은 표 18과 같으며 황복 암컷의 체중과 산란 량과의 관계는 그림 28 와 같았다.

자연산 친어를 확보하고 각종 실험을 위하여 연구소로 수송한후 HCG 등의 주사에 의한 산란을 유도하였으나 실패하였다. 자주복의 경우는 육상

표 18. 임진강산 황복 암컷의 어미 조성

Table 18. Females of river puffer captured in Imjin river

No.	체중(g)	체장(cm)	채란량(g)	비고
1	550	270	115	
2	570	250	130	
3	580	265	120	
4	590	270	130	
5	590	275	160	
6	620	260	130	
7	620	270	130	
8	630	270	150	
9	640	280	110	
10	640	265	100	
11	650	250	140	
12	660	275	200	
13	670	375	110	
14	670	275	130	
15	675	275	185	
16	680	270	100	
17	690	280	130	
18	700	290	170	
19	710	285	170	
20	740	300	115	
21	740	265	150	
22	740	275	100	
23	750	275	165	
24	750	280	150	
25	760	280	160	
26	780	265	130	
27	830	295	140	
28	870	280	170	
29	950	325	150	
30	990	315	230	
31	120	325	310	
32	330	360	400	

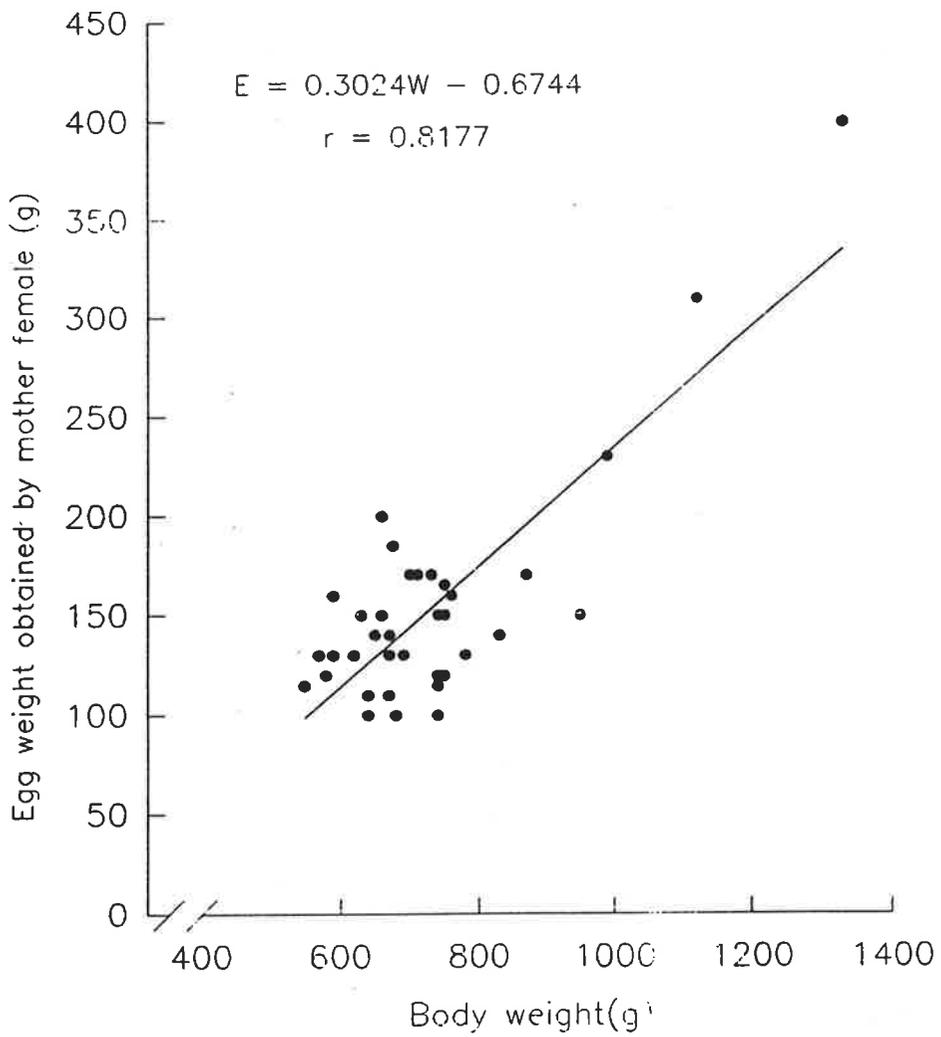


Fig 28. Relationship between egg weight and body weight of *Takifugu obscurus*.

또는 가두리에서 사육하던 어미를 사용하여 푸페로젠등의 인공호르몬을 주사하였더니 8일 경과후 복부가 팽대하여졌고, 가벼운 복부 압박으로 산란이 가능하다고 한바 있다. 그러나, 이번 연구에서는 자연산 황복을 사용하고 어획시 과도한 취급으로 어미의 건강상태가 좋지 않았던 것이 실패의 원인으로 작용되었으며, 2차년도의 실험에서는 이 점에 주의하여 호르몬제를 투여할 경우 황복난의 채란도 가능할 것으로 판단된다.

황복의 채란법은 복부절개 및 복부압박에 의한 채란이 가능할 수 있으나 계속 채란을 고려할 때 복부압박에 의한 채란이 경제적일 수 있다. 그러나, 난이 완전히 성숙되지 않은 어미를 사용할 경우 강한 복부압박은 내부기관에 상처를 주게 되어 염증에 의한 어미의 폐사를 유발할 수 있으므로 각별한 주의를 요한다. 난의 계수는 평량법과 용적법으로 계수할 수 있고, 평량법으로 계수할 경우 난경에 따라 차이가 있으나 대체로 황복은 습중량으로 난 1 g당 500~600개체로 나타났다. 용적법으로 할 경우에는 1리터당 난수는 45만~50만개로 계산된다.

#### 나. 수정 및 세란

일반적으로 자주복 난의 수정법은 습식법을 사용하는데 황복 난의 수정법으로는 현장에서의 간편한 예비 실험의 결과 건도법 및 습식법이 모두 가능하였다. 그러나, 이번 연구에서는 자연산 친어에 의한 인공 채란법으로 건도법을 채택하였다(그림 28). 습식법은 먼저 수컷의 정자를 채정하여 정자해수 또는 정자담수를 만들어 놓고 채란되는 알을 이 통에 부어 주면서 수정시키는 것이다. 건도법은 먼저 난을 채란한 다음 수컷의 정자를 그 위에 부워주면서 수정시키는 것이다. 매정후 3~5분이 경과한 후 깨끗한 담수로 5~6회 현탁된 정자수가 깨끗해질 때까지 부드럽게 세란한다. 복어류



그림 29. 황복 성숙란의 채란 및 수정.

Fig. 29. Fertilization and collecting of matured eggs, *Takifugu obscurus*.

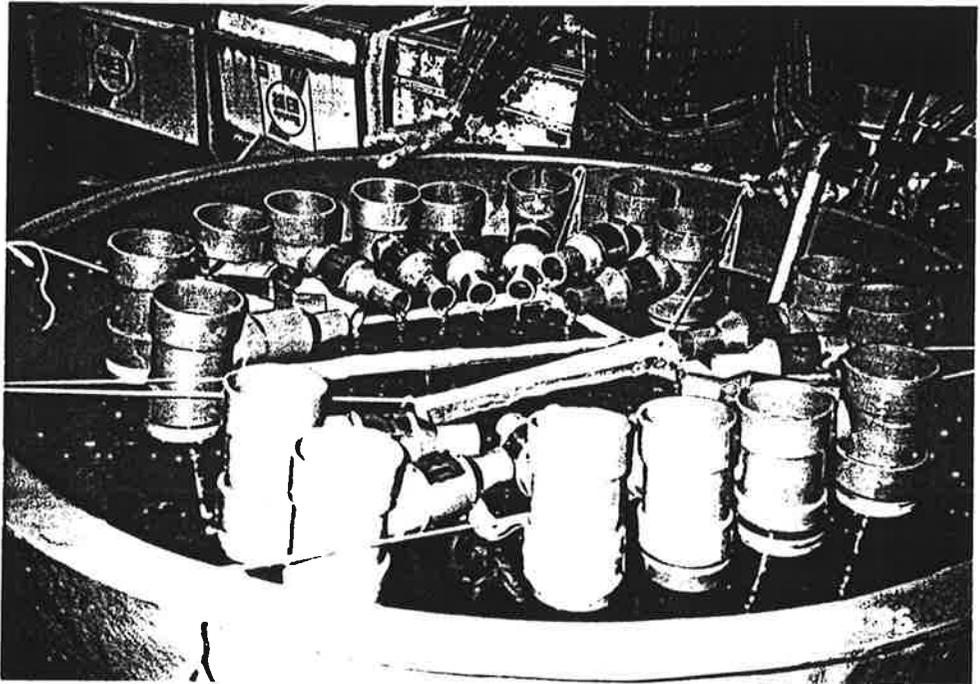


그림 30. 수정란의 부화 관리.

Fig. 30. Fertilized egg incubation of *Takifugu obscurus*.

는 점착 침성난이라는 이유로 유리등의 부착기질에 부착시키는 경우가 있는데, 이는 대량 생산에 차질이 생기기 때문에 최근에는 부착기질에 부착시키지 않고 바로 부화시키는 것이 일반적이다. 황복의 경우에도 약한 점착성을 갖고 충격에는 비교적 강하므로 세란된 수정난은 비닐봉지나 피티(PET)병에 담고 산소를 주입하여 용존산소가 14 ppm 이상 되게 액화 산소 처리한 다음 항생제나, malachite green 등으로 약품처리한다. 수송을 위해 대기온도 보다 낮게(15℃이하) 아이스박스등에 담아 부화장까지 수송할 경우 24시간까지는 무난하였다.

#### 다. 수정난 관리 및 부화

황복의 수정난은 침성점착난으로 돌이나 유리등의 기질이 있을 경우 부착하며 수조의 바닥에 가라앉게 되어 부화율은 떨어지게 된다. 따라서 양질의 수정난은 적절한 방법에 의하여 부화시켜야 하는데, 자주복의 경우는 아크릴로 만든 알테미아 부화기를 사용하는 경우가 많다(그림 30). 황복의 수정난도 이러한 부화기를 사용할 경우 직경 60 cm, 높이 100 cm, 용량 200 l의 부화기에서 50만~100만개의 난을 부화시킬수 있다. 난 발생과정 조도는 500 Lux 정도로 유지시키고 적당히 폭기하여 난이 가라앉지 않게 주의하도록 하며 유수량은 하루에 10회전이 되도록 유지한다. 수정난은 담수에서 부화시키는 경우 곰팡이류의 번식이 문제될 수 있으므로 malachite green을 사용하여 약욕 처리하고 이미 번식하였을 경우 부화기에서 부유하는 사란을 제거하도록 한다.

사육 수온은 18℃~20℃일때 부화까지는 11일 소요되었으며 20~23℃일 경우에는 7일후 모두 부화하였다.

### 제 3 절 수정란의 부화 환경

수정란의 부화 속도 실험에서는 염분과 관계없이 수온 18℃ 에서 10 일, 21℃ 에서 8일, 24℃에서 7일이 소요되었다.

수정란을 수온(15, 18, 21, 24, 27℃)의 5개 구간과 염분(0, 5, 10, 15, 20, 25‰)의 6개 구간과의 복합 구간 총 30개 구간에서 부화 실험한 결과, 18~24℃, 0 - 15‰ 구간에서 염분차이와 관계없이 유사한 부화율을 보였고 21. 0‰에서 가장 높은 부화율을 나타내었으나 고염분 일수록 부화후의 폐사속도가 더욱 빨랐다.

### 제 4 절 황복의 난 발생 및 자치어 발달

실험에 사용된 어미는 1994년 5월 19일 경기도 임진강(임진강 나루터 부근)으로 산란을 위하여 소상한 황복을 자망으로 채포하였으며 그중 성숙한 수컷(체중 800 g)과 암컷(1,300 g)을 선별하여 채란 수정하였다.

인공 수정은 현장에서 건도법(乾導法)으로 행하였으며, 수정된 알은 비닐백에 넣어서 한국해양연구소 실험실로 운반하여 200 ℓ 부화 수조에 수용하여 부화 사육하였다. 부화수조의 수온은 16~20℃ 범위로 유지되었으며 부화까지는 매일 50~70%의 물을 교환하였다. 부화한 자어는 200 ℓ, 1톤 수조에 각각 분산 수용하여 사육하였으며 사육 기간중 수온은 20.6~26.0℃ 범위였으나 저온으로 유지되는 경우가 많았다. 염분 농도는 최초 담수에서 매일 2‰씩 서서히 염분 농도를 높여 15일째는 100% 해수(30‰)로 만들었다. 사육 기간중에는 매일 30~50%의 물을 환수하였으며 1일 1

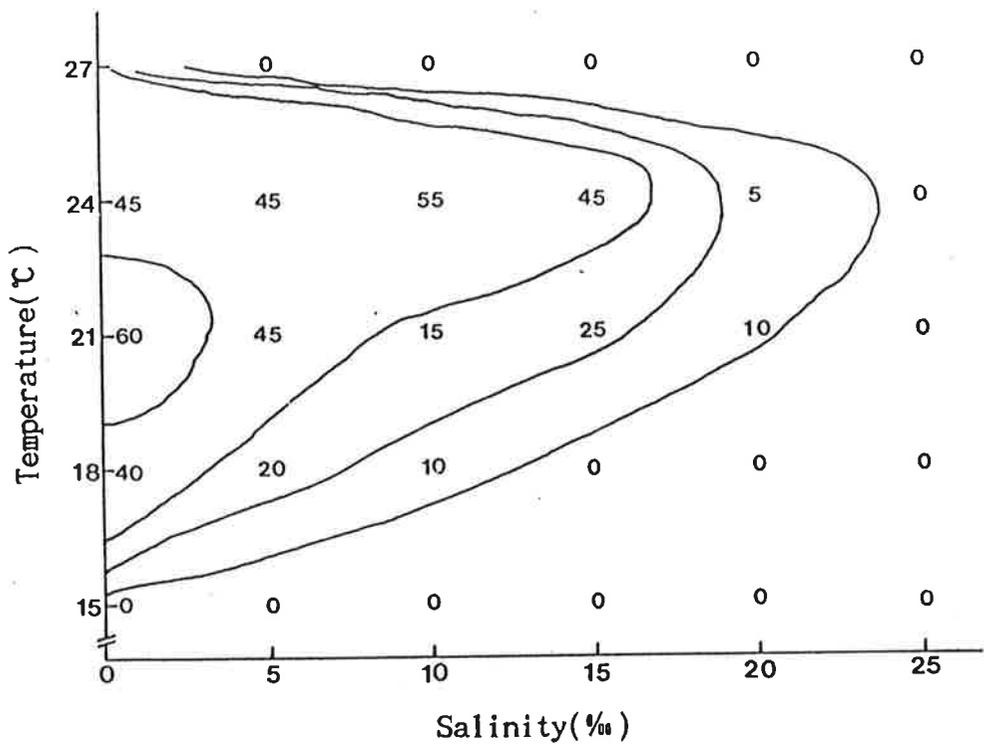


그림 31. 황복 수정란의 12일간의 누적 부화율.

Fig. 31. Cumulative hatching percentage of fertilized eggs (*Takifugu obscurus*) during 12-day incubation period.

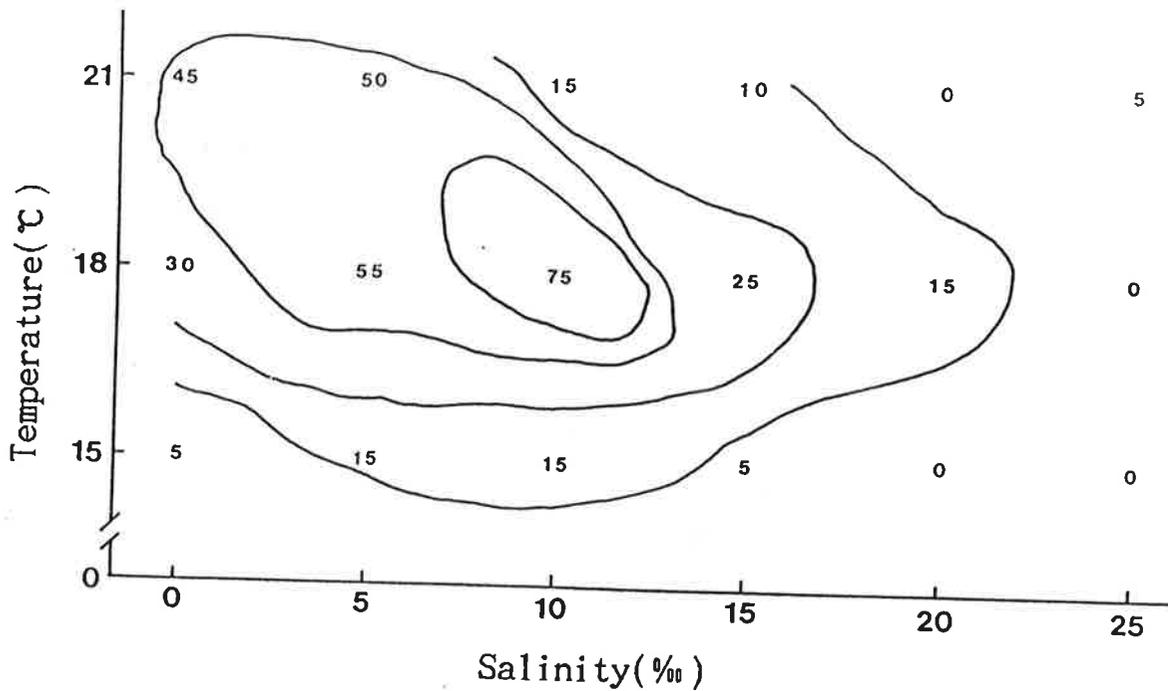


그림 32. 각기 다른 온도와 염분에서 7일간 사육한 황복의 생존율.

Fig. 32. Survival of *Takifugu obscurus* larvae under different temperature and salinity after 7-day rearing period.

회 바다 청소를 하였다.

자어가 난황을 거의 흡수한 부화후 8일째부터는 영양 강화시킨 rotifer를 먹이로 투여하였으며 부화후 9일째부터는 *Artemia*와 배합 사료를 섞어서 투여하였다.

발생 중인 난과 부화 자어의 관찰, 계측 및 스케치에는 입체 현미경을 사용하였고, 자치어는 MS222로 마취시킨 후 조사, 표본 제작하였다. 실험기간 중 진행된 황복의 수정난 및 부화 자어의 형태적 특징은 다음과 같다.

#### 1) 卵

황복의 수정난은 거의 구형이며(점착시 기질의 형태에 따라 모양이 변하기도 한다.) 지름은 1.42~1.50 mm(평균 1.45 mm  $\pm$  0.04 mm, n=11)이었고 많은 小油球를 갖고 있었다. 난막에는 현미경으로 관찰할 수 있는 빗살 또는 주름 모양의 요철이 있었으며 난황은 유백색을 띠고 있었다. 수정난은 침성 점착성이지만 점착성은 그다지 강하지 않았다. 어미를 체포한 현장에서 수정후 연구실의 수조에 운반하는 약 8시간 사이에 상실기에 달하여 있었다(그림 33, A). 수정후 1일 후 포배기를 지나 (그림 33, B) 수정 2일후에는 배체가 형성되었으며(그림 33, C), 4일후에는 눈에 렌즈와 체측에 15~16개의 근절이 발달하며 배체는 가끔 좌우로 움직이기 시작하였다(그림 33, D). 수정후 5일째에는 심장 박동이 시작되며 눈에는 흑색소가 침착하기 시작하였다(그림 33, E). 수정후 7일째에는 흑색 소포가 출현하며 눈은 거의 검정색을 띠었고, 9일째에는 혈과 속의 혈액이 붉은빛을 띠기 시작하며 복강 등쪽에 많은 흑색 소포가 밀집해 있다(그림 33, F). 수정후 11일째부터 부화하기 시작하였다.

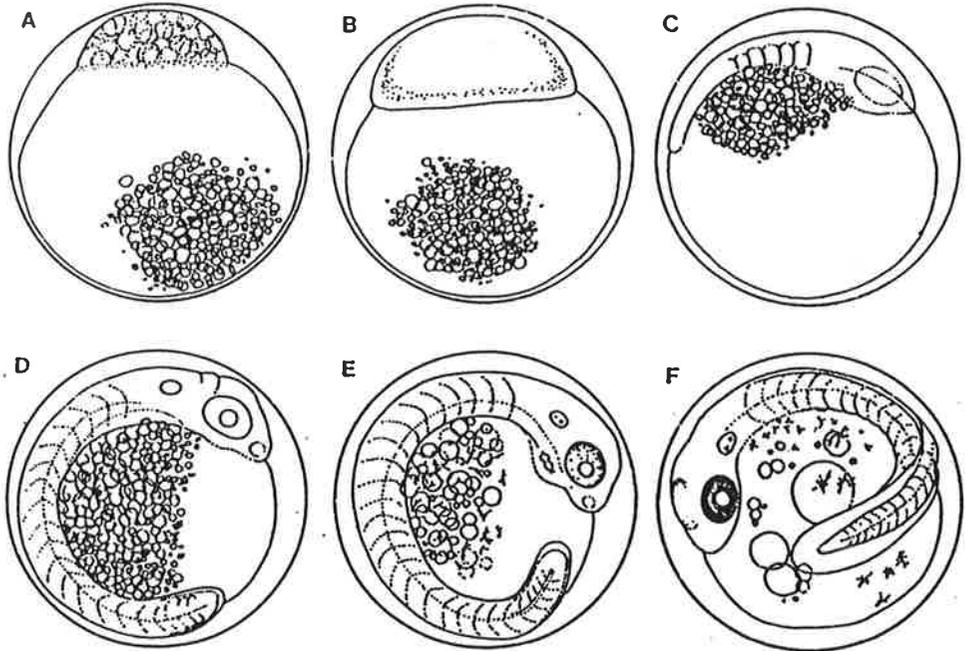


그림 33. 황복의 난 발생 과정.

Fig. 33. Eggs development of *Takifugu obscurus*.

- A. The molaria stage, about 8 hours after fertilization.
- B. The blastura stage, 1 days after fertilization.
- C. Formation of embryo, 2 days after fertilization.
- D. Stage of 15~16 myotomes, formation of eye lens, 4 days after fertilization.
- E. Formation of hear initiated, 5 days after fertilization.
- F. The eyes have darkened completely, 9 days after fertilization.

표 19. 황복의 난 발생 과정

Table 19. Eggs development of *Takifugu obscurus*

수정후 시간:분 (일령)	수온 (℃)	발 생 단 계	수정후 경 과	발 생 단 계*
수 정(0)	19.4	수정		
3 : 05(1)	19.8	2세포기		
4 : 05	19.9	4세포기		
5 : 10	19.9	8세포기		
6 : 05	19.8	16세포기		
7 : 50	19.8	상실기	8 시간	상실기
16 : 50	19.7	포배기		
20 : 50	19.8	낭배기	1일	포배기
45 : 00(2)	19.7	배체형성시작	2일	배체 형성
62 : 30(3)	20.0	체질이 분화되기 시작		
86 : 30(4)	20.0	형태의 분화가 선명 해지고, 난각내에서 움직이기 시작	4일	렌즈형성, 근절발달, 배체가 움직이기 시작
90 : 40	20.5	심장박동시작		
104 : 05(5)	21.0	체내 물질이 이동	5일	심장박동시작, 눈 흑색소포 침착
119 : 00	21.5	발안됨(안점형성)		
149 : 30(7)	21.0	흑색소포 출현	7일	흑색소포출현
168 : 00(	21.5	부화	11일	부화

\* 한국해양연구소 : 16~20℃ 에서 부화. 1993.

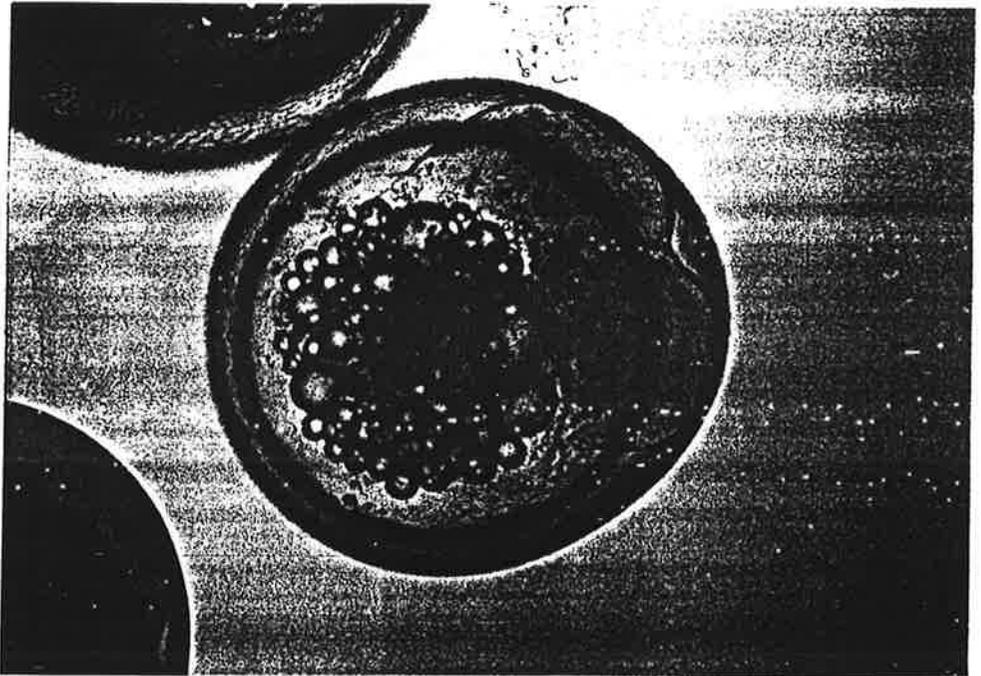


그림 34. 황복의 난 발생과정.

Fig. 34. Egg development of *Takiyugu obscurus* (2 cell stage).

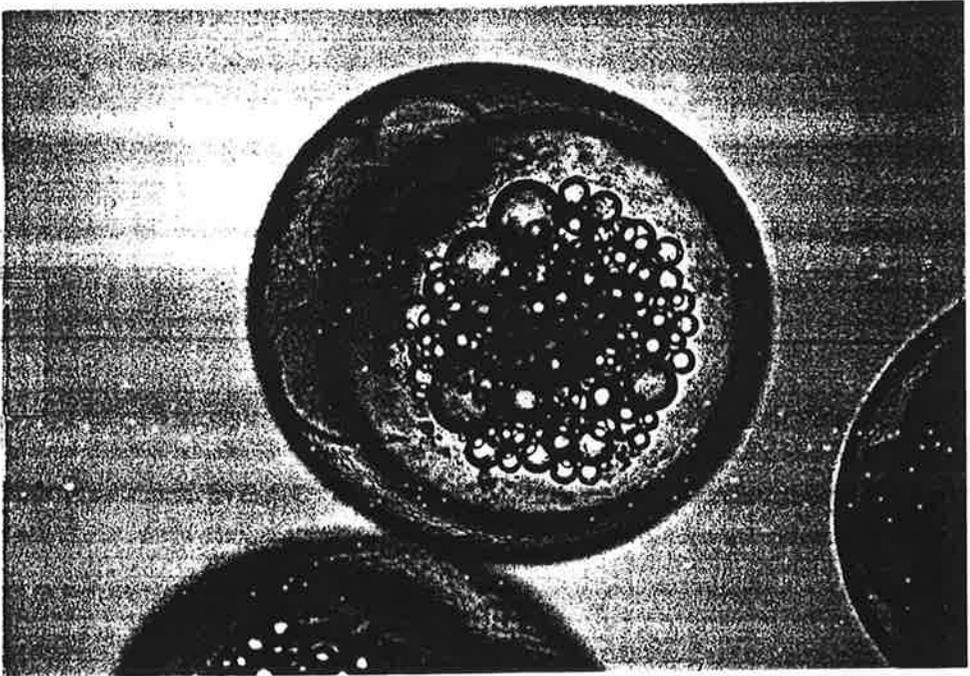


그림 35. 황복의 난 발생과정.

Fig. 35. Egg development of *Takifugu obscurus* (8 cell stage).

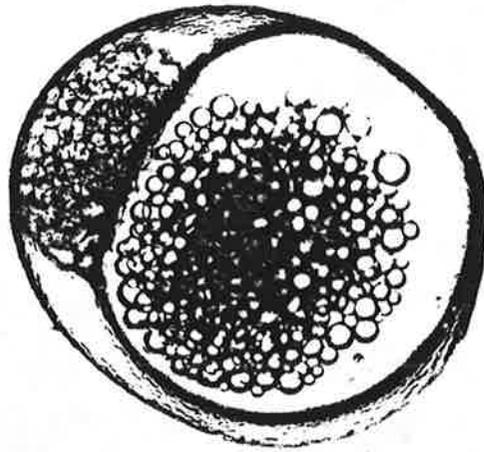


그림 36. 황복의 난 발생과정.

Fig. 36. Egg development of *Takifugu obscurus* (The Molura stage).

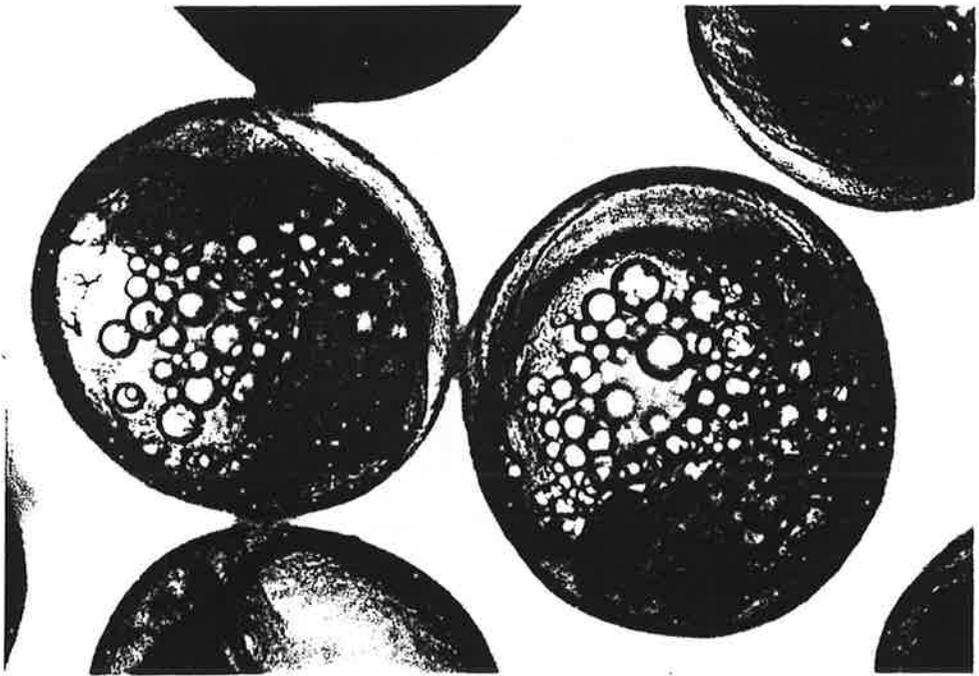


그림 37. 황복의 난 발생과정.

Fig. 37. Egg development of *Takifugu obscurus*

(The eye have darked completely, 9 days after fertilization).

## 2) 부화 자어

부화 직후 자어는 전장이 3.1~3.4 mm(평균 3.2 mm, n=7)이며 입과 항문은 열리지 않았으며 배에는 커다란 난황을 갖고 있다. 근절수는 8~9(몸통) + 12~16개(꼬리)이며 복강 등쪽, 난황의 등쪽 부분, 이포 옆과 체측 7~8번째 근절위에 흑색소포가 발달해 있고 꼬리에는 색소포가 없다(그림 38). 자어들은 최초 수조 바닥에 앉아 있다가 가끔씩 꼬리를 흔들며 빙글빙글 돌면서 헤엄쳐 떠오르다 다시 바닥에 가라앉는 동작을 되풀이하였다. Zhang(1985)은 황복의 부화직후 자어(2.82 mm)가 후기 자어기까지 두정부에 흑색소포를 갖고 있으며 꼬리 중앙부에도 흑색, 홍색 소포가 밀집하여 가로 무늬를 이루고 있는 것이 특징이라 보고하였는데, 이번 실험에서 관찰된 부화 자어는 두정부에 흑색 소포가 없었고(부화후 8일째 출현) 꼬리에도 전혀 색소가 없어 매우 큰 차이를 나타내었다. 이러한 차이가 한국과 중국 연안에 서식하는 황복의 지역 개체군의 차이에서 기인한 것인지 아니면 황복과 유사한 다른 종에 대한 기재였는지는 알 수 없으나, 앞으로 양국 하천으로 소상하는 황복 집단의 분류 동정 및 비교 발생을 통한 상세한 조사가 필요하리라 생각되었다.

부화후 12 시간이 지나면 평균 전장이 3.9 mm, 입이 머리 아래쪽에 열리며 항문도 몸의 거의 중앙에 열린다. 부화후 3일이 지나면 전장이 4.0~4.3 mm로 성장하고 부레가 발달하기 시작하며, 부화후 5일째되는 전장이 4.3~4.6 mm(평균 4.4 mm, n = 5)의 자어는 두정부가 노랑색을 띠기 시작하였다. 부화후 8일째 4.9~5.0 mm(평균 5.0 mm, n=5)인 자어는 난황을 거의 흡수하고 유구는 5~6개로 커져 있으며 등, 뒷지느러미 기저 원기가 발달하기 시작한다. 흑색소포는 두정부와 아가미 뚜껑 위에 발달한다. 부화후 10일째 5.5 mm 자어는 가슴지느러미에 4~5개의 줄기가 나타나기 시작하며 7~8+14개의 근절이 발달해 있다. 그후 각 지느러미에 줄기가 발달하기

시작하여 부화후 18일이 지난 전장 7.3~7.8 범위의 자어는 각 지느러미 윤곽이 뚜렷해지고 등, 뒷지느러미에 각각 10~13개씩, 꼬리지느러미에 9~10개의 줄기가 발달한다(그림 39).

부화후 27일째 전장 12.1~13.1 mm 치어는 각 지느러미의 줄기가 정수에 달하고 주둥이에서 꼬리 자루까지의 몸 등쪽으로 흑색소포가 밀집해 있다. 특히 가슴지느러미 윗부분과 등지느러미 기저 부분에는 색소포가 밀집하여 희미하게 치어의 흑색 무늬 윤곽이 나타난다.

복어과 어류의 초기 자어의 형태에 있어 두부의 흑색 소포의 발달시기 및 분포 패턴과 꼬리의 가로무늬 형성 여부는 종의 분류 형질로 쓰이는데, 흰점복, 줄복, 참복 등은 두부에 흑색 소포를 갖고 있으며 꼬리에도 흑색 소포가 모인 가로 무늬를 갖고 있는 점(忠山, 1988)으로 Zhang 등(1985)이 보고한 황복 자어와 유사하지만 본연구에 나타난 황복 자어와는 뚜렷이 구분된다. 뿐만 아니라 참복과 어류의 부화 자어는 대부분 두정부에 대형 흑색 소포를 갖고 있으나(水戸, 1966; 忠山, 1988), 황복 부화 자어의 두정부에 흑색 소포가 없는 점은 황복 자어만이 갖는 뚜렷한 특징이라 할 수 있다.

부화후 62일이 지난 전장 18.8~21.2 mm(평균 20.2 mm, n=4)인 치어는 등쪽에 띠모양 무늬와 등지느러미의 흑색 점이 나타나 있다. 어류들은 사육수온에 따라 성장차가 상당히 심하며, 지금까지의 발생단계 및 성장에 대한 보고는 황복에 있어서도 이번 연구의 전체적인 생산 사육 환경과 다르다. 즉, 성장 및 발생 단계 설명과 성장 자료와는 차이가 있으므로 연구 결과를 주의하여 볼 필요가 있다.

황복 치어는 가슴지느러미 기부에서 시작되어 등을 거쳐 반대편 가슴지느러미까지 이어지는 검은 띠모양의 무늬와 등지느러미 기부의 커다란

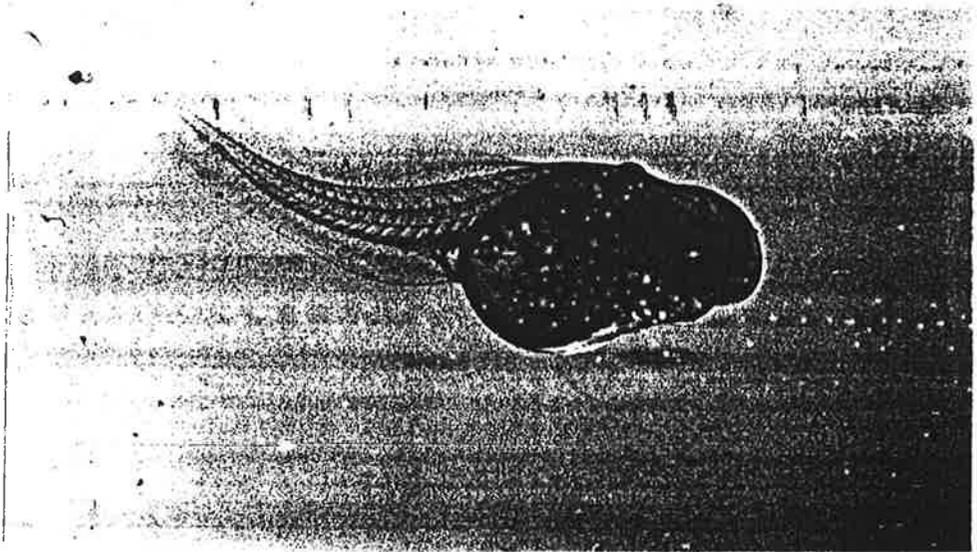


그림 38. 황복 자어의 형태(부화자어, 전장 3.2 mm).

Fig. 38. Morphology of larvae of *Takifugu obscurus*  
(1; hatched larvae, 3.2 mm in total length).

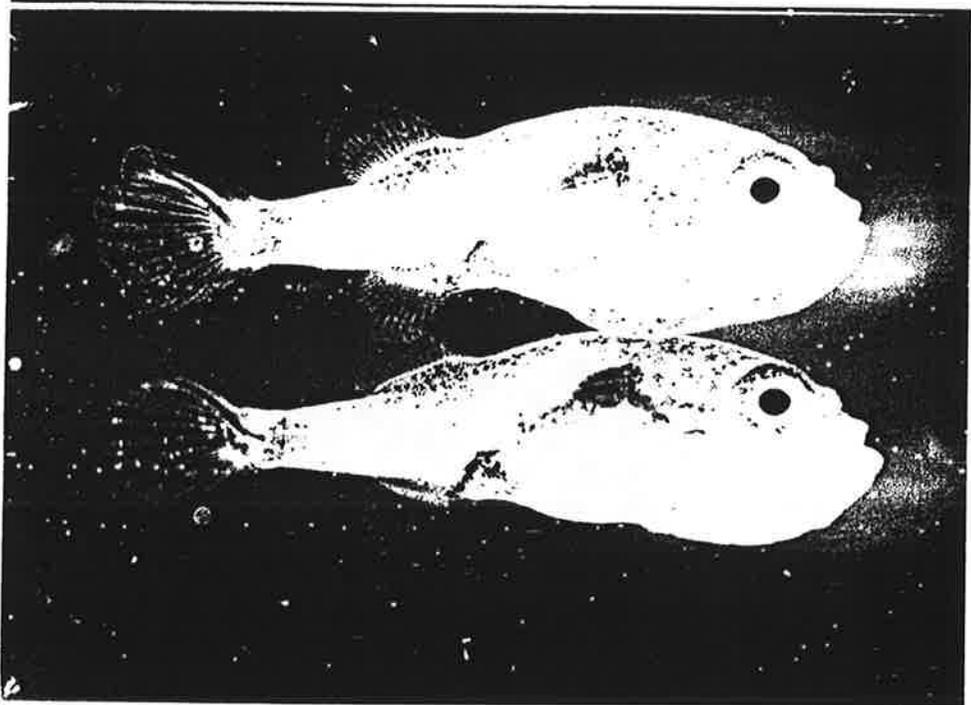


그림 39. 황복 자치어 형태(부화 18일째, 전장 7.6 mm).

Fig. 39. Morphology of larvae and juveniles of *Takifugu obscurus*  
(larvae, 18 days after hatching, 7.6 mm in total length).

흑색점을 갖는데 이 무늬나 점 주위에는 흑색 소포가 없어 마치 가장자리가 흰띠로 둘러 쌓인 것처럼 보이는 것이 특징이다. 또 이 시기부터 두부와 등쪽에 보이는 흰색 점이나 띠는 성어가 되면 거의 없어지므로 복어형 자치어의 정확한 동정을 위해서는 성장 단계별 형태 비교가 필요하리라 생각된다. 황복과 같이 하천이나 강으로 거슬러 올라와 산란을 하는 종은 부화후 자치어가 어느 정도의 형태적 생리적 발육 단계에서 바다로 내려가는지를 파악하는 것이 그들의 초기 생활사를 이해하는 좋은 자료가 될 수 있으므로, 앞으로 실내 사육 과정에서의 실험과 함께 자연 상태에서의 조사도 병행할 필요가 있으리라 생각된다.

## 제 5 절 황복의 부화 자어 관리

### 가. 부화 자어의 사육환경

실험에 사용된 황복 어미는 1993년 5월과 1994년 5월 2차례에 걸쳐 임진강에서 어획된 것으로 건식법으로 현지 채란후 부화시켜 실험에 사용하였다. 실험에 사용된 자어는 염분 0, 5, 10, 15, 20‰의 5개구간과 수온 15, 18, 21, 24, 27℃의 5개구간 복합 25개구간에 20마리/ℓ의 밀도로 부화자어를 수용하고 부화후 7일째 및 11일째 생존율을 조사하였다. 사육수는 담수와 지하수를 혼합한 멸균수를 사용하였으며, 먹이로는 입이 열려 먹이를 포식하기 시작하는 3일째부터 *Chlorella* 와 함께 *rotifer*를 적당량 공급하였고 매일 동일 수온 및 염분 조건으로 30% 환수하였다.

94년산과 95년산 황복의 자치어의 성장을 비교하기 위해서 10%

formaline에 고정되어 있는 자치어를 만능투영기하에서 전장(total length) 및 체장(body length)과 체중(total weight)을 측정하였으며, 각각 일령에 대한 체장, 체중과의 성장식(Von Bertalanffy 추정 방법 - logistic model; Verhulst 1938)을 구하였고, Ducan's multiple range test를 실시하여 유의성 검정을 하였다.

황복(*Takifugu obscurus*)는 봄철 산란을 위해 강으로 소상하는 종으로 기타 다른 복어류와 달리 수정란의 부화 생태가 독특하며 주 성장 지역은 기수 지역 또는 완전 해수역으로 알려져 있는 한국 특산종이다. 하천 환경 오염 및 하구둑 공사로 인하여 산란 소상 경로가 차단되어, 현재 우리나라에서 체포되는 지역으로는 한강, 임진강 유역과 만경강 지역으로 한정되어 있다고 할 수 있다. 자연 산란시 완전 담수인 중상류에서 발생이 진행되어 부화되지만 유영능력이 부족한 자어는 빠른 유속에 의하여 하류로 이동하게 되는 것으로 볼 수 있다.

황복 종묘 생산시 수정란의 부화는 0%, 21°C의 환경에서 높은 부화율을 나타내었다고 하였던 김 등(1992)에 이어서 초기 유생의 생존을 알아보기 위한 수온과 염분의 복합 조합에 의한 7일과 11일째 생존율 실험에서는, 5~15%, 18~21°C 구간에서 100%의 높은 생존율을 나타내었으며 15°C와 0%구간에서는 비교적 폐사가 높아 수온과 염분에 관한 높은 유의차를 나타내었다.

따라서, 부화후 염분이 상승함에 따라 생존율이 높아지는 것은 자연 생태계에서의 환경 생태와 잘 일치하는 것으로 보여지며 성장하면서 고염분에 잘 적응되는 것으로 판단된다.

#### 나. 부화자어의 성장

1993년과 1994년 2 차례에 걸쳐 채란하여 사육한 황복 자치어와 자주복의 초기 성장을 비교한 것은 그림 41과 같다. 한편, 1994년산 황복 치어에 있어서 102일간의 일령(t)에 대한 체장(Lt)과 체중(Wt) 성장식은 다음과 같다.

$$Lt = \frac{53}{1 + e^{3.1096 - 0.0708t}}, \quad Wt = \frac{6}{1 + 16995.76e^{-0.1472t}}$$

1993년에 사육한 황복 자어는 자주복의 성장과 비교하여 열등한 성장을 나타내었으나 1994년에 사육된 자어는 비교적 우수한 성장을 나타내었으며 부화후 40~50일경의 자어는 Ohgami등(1982)에 의한 자주복 치어에 비해 월등한 성장을 나타내었다(그림 41). 황복 자어는 부화후 40일경에 체장 20 mm, 체중 0.5 g으로 성장하고 부화후 70일경에 체장 70 mm, 체중 4.5 g으로 성장하여(그림 42) 여름철 고수온기에 높은 성장을 기록하다가 가을철 수온의 하강과 함께 겨울철 성장이 정지되는 경향을 나타내었으며 서해안 가두리에서의 자연 해수온에 의한 월동은 내한성 예비 실험 결과 불가능한 것으로 나타났다.

따라서, 고수온에서 적응력이 높은 황복을 겨울철 자연 수온이 낮은 서해안에서 새로운 양식 품종으로 개발하기 위해서는 겨울의 저수온에 대비할 수 있는 기술적 개발이 반드시 필요할 것으로 판단되며, 이에 관한 연구가 계속되어야 할 것으로 사료된다.

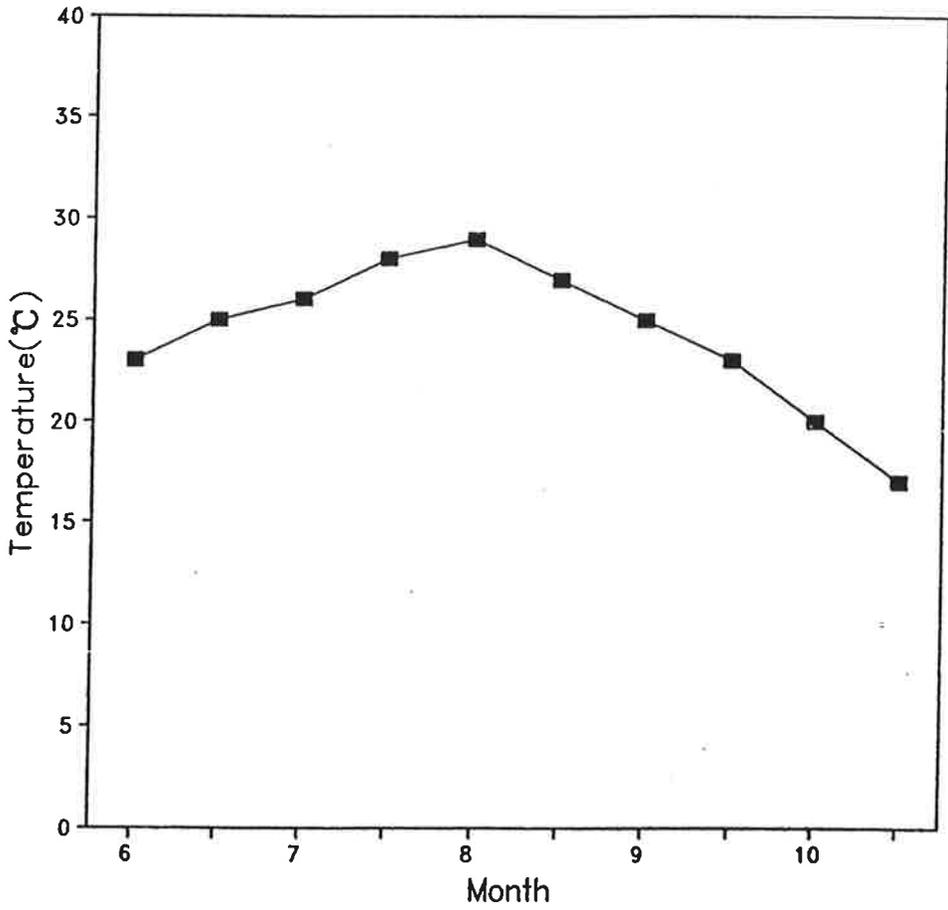


그림 40. 황복 사육시 월별 수온 변화.

Fig. 40. Monthly changes of water temperature in rearing larvae of *Takifugu obscurus*.

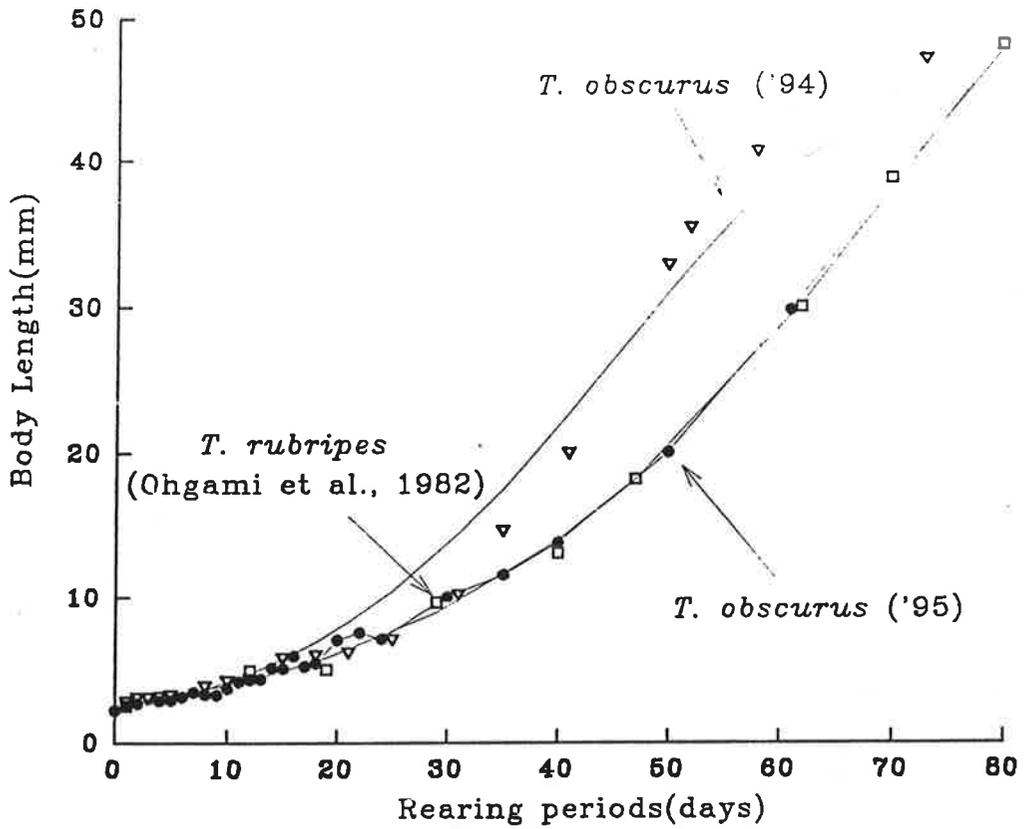


그림 41. 황복과 자주복의 초기 성장 비교.

Fig. 41. Comparison of growth between *Takifugu obscurus* and *T. rubripes* during 80 days after hatching.

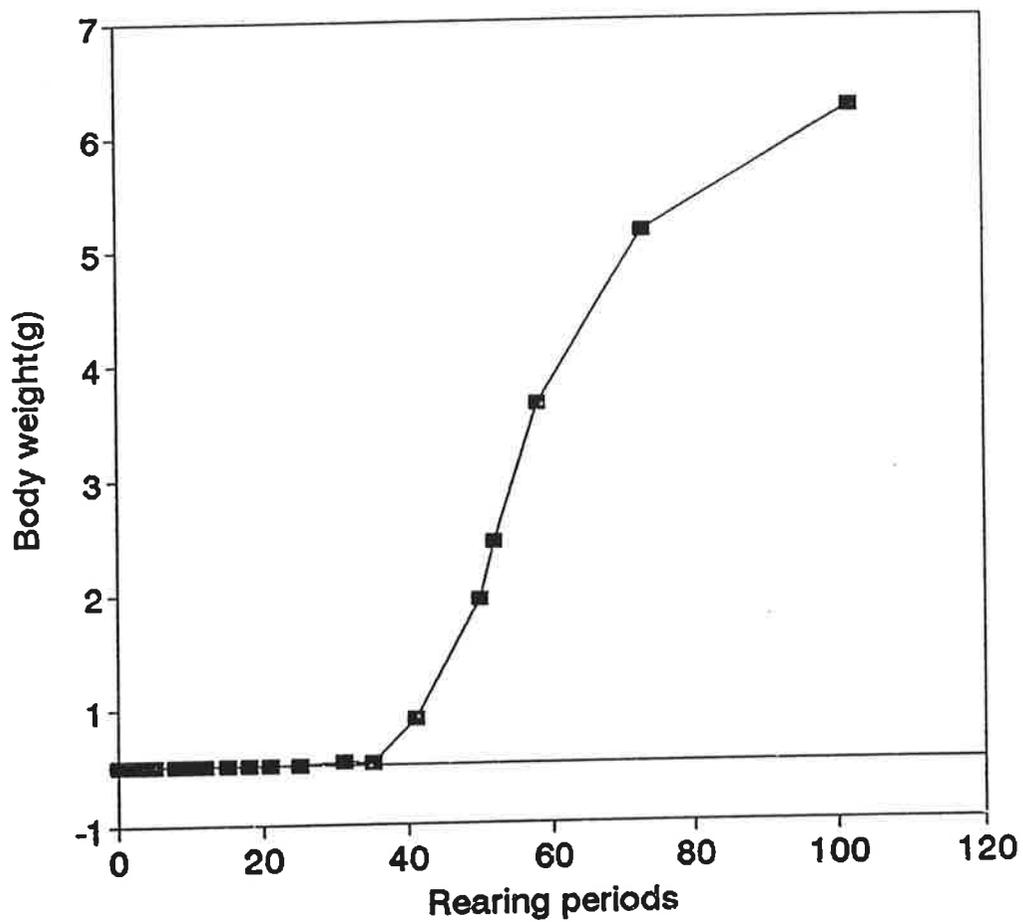


그림 42. 황복 자어의 성장.

Fig. 42. Growth of *Taki-fugu obscurus*.

## 제 6 절 황복 치어 사육 공정

### 가. 종묘 확보 및 수송

양식장에서 사용하는 종묘는 건전하고 종묘까지의 생산 사육과정이 확실하여 성체로까지의 성장을 보장 받을수 있는 것을 확보해야 하는데 이때 유의할 사항은 다음과 같다.

종묘의 크기는 데체로 4 - 5 cm, 3 g정도의 것이 적당하며 어체는 손상이 없고 정상적이며, 체색이 명확하고, 배합사료에 먹이붙임이 잘되어 먹이 섭취 활동이 왕성하고, 지느러미결손, 특히 꼬리지느러미의 결손이 적고, 질병이 없고, 기형어의 수가 적고, 영양장애가 적으며, 한 어미에서의 생육된 종묘중에서 성장이 선두구룹에 속하는 종묘인지의 여부등 여러가지 상황을 사전에 조사하고 계약서에 명시해구입후 마찰이 일어나지 않도록 주의할 필요가 있다. 이렇게 구입되거나 생산된 종묘는 양성장까지 수송하여야 하는데 활어차에 의한 육상수송이 일반적이며 안전하다. 수송용 수조 1톤당 5,000마리 정도를 수용하고 산소를 주입하면서 얼음등을 띄워서 수송하면 장거리 수송도 가능하며 가두리 양식장에 수용할 경우에는 선박의 활어창에 옮겨서 운반하면 무난하다. 그러나, 수송에 의한 어류의 스트레스 및 환경급변에 따른 활력 저하가 예상되므로 수송하면서 또는 수송후 여러가지 양식시설에 수용하기전에 반드시 항생제에 의한 약욕을 실시하도록 하여야 한다.

### 나. 황복 종묘 생산 공정

1995년 종묘 대량 생산 기술개발 연구 과정에서 실시한 종묘의 현장 적용 결과의 1차년도 종묘생산 2차종묘생산 과정을 요약하면 표 20과 같다.

부화당일에 부화조로부터 5% 내외의 사육수조로 옮긴다음 해산 클로렐라를 50만세포/ml 되게 만들어 주고 가볍게 공기를 공급하여 교반하여 주면서 사육하기 시작하였다. 하루에 1%씩 염분을 상승시켜 주었다.

부화 4일째부터 입이 열리기 시작하여 영양 강화된 윤충을 공급하였고 6일째부터 배합사료를 조금씩 공급하였다. 부화 9일째부터 배합사료의 섭취가 확인되었으며 11일째부터 *Artemia*의 부분적 섭취가 확인되었다. 부화 14일부터는 하루에 50%정도 수준으로 환수시켜 주었으며 17일째 엘바주에 의한 약육을, 20일째는 밀도를 낮추어 주었다. 29일째부터는 완전한 배합사료로 사육하였으며 이후부터는 성장차이에 따른 개체들을 선별하여 주었다. 38일째부터는 포르마린으로 약육하고 40일 이후부터는 적절히 분조하여 59일째 해상 가두리에 치어용 종묘로 입식하였다.

황복의 종묘생산 기간중 채란은 총 4차에 걸쳐 채란량은 7kg였으며, 부화율은 경우에 따라 다양하였으나 그 범위는 5 - 34%였다. 부화 자어를 사육하여 종묘 크기까지 사육하는데는(일령 40일 이상) 60%이상의 높은 생존율을 보였으며 성숙된 양질의 난을 채란할 경우 더 높은 생존율을 나타낼 것으로 판단된다. 한편 인공 종묘 생산에 따른 기형의 개체들이 특히 척추골의 수직 또는 수평만곡 증상이 나타났는데 이에대한 연구는 현재 진행중이며 종묘기 이후의 사망원인이 되는 것으로 생각된다.

#### 다. 종묘 생산 분양

95년도에 실시한 종묘 대량 생산 연구중에서 생산된 치어의 사용현황은 표 20과 같다.

표 20. 종묘 생산된 황복 치어의 사용 현황

Table 20. Distribution results of river puffers produced in seedling hatchery

연구용 사용 장소	분양시기	분양미수	용 도	비고 (규격)
1. 충남 보령시	95. 7. 15.	10,000	발전소온배수실험	2.5cm 급
2. 경남 거제시 (가두리)	95. 7. 15.	25,000	가두리육성실험용	2.5cm 급
3. 경남 울산시 (탱크)	95. 7. 15.	10,000	육상탱크 실험용	2.5cm 급
4. 충남 태안군	95. 7. 30.	20,000	가두리육성실험용	3cm 급
5. 충남 태안군	95. 7. 30.	10,000	육상탱크실험용	3cm 급(폐사)
6. 강화도 창후리 지선	95. 8. 30.	40,000	방류용	4.5cm급
7. 경남 통영시	95. 11. 3.	30,000	가두리실험용	6cm 급
8. 연구소	보유	5,000	관상어및생리실험	6cm
합 계		150,000		

표 21. 황복 종묘생산 일지(1995. 6.~1995. 8)

Table 21. Rearing table of river puffer

일 령	먹이생물			배합 사료	사망수	전장 (mm)	수온 (°C)	염분 (‰)	사육관리
	CH <sup>1</sup>	RO <sup>2</sup>	AR <sup>3</sup>						
1						3.27		5	난황, 유구 관찰
2						3.55		6	
3	클							6	개구확인, 난황 유구포함
4	로	50				3.78		8	
5	렐	19				3.92	22.1	8	분조 12ton×2 바닥청소(2일간격) 약욕(엘바쥬 10ppm) 24hr 이상
6	라	50		250 $\mu$ m		4.18		10	
7	만	80				4.51	23.8	10	배합사료 섭취확인
8	세	100				4.34		11	
9	포	100	5			4.37	23.7	15	공식확인, Artemia 섭취 확인
10	/	80	10			5.00	24	13	
11	me	80	15			5.62	24.1	16	환수량 0.5회전 / 일
12	유	30	20			5.72	23.6	16	
13	지	45	50			5.90	23.9	16	35063 <sup>4</sup>
14		78	800			6.91	23.8	18	
15		64	800	400 $\mu$ m 급이 시작	1200	6.83	23.1	20	약욕(엘바쥬 10ppm) 24hr 이상
16		40	1300			7.05	22.9	20	
17		15	950		3500	6.93	23.3	22	분조 12ton×2 → 12ton×3
18		15	110			7.24	23.9	25	
19		15	160		6000		23.8	28	원해수
20		10	75			8.65	23.9	26	
21		7	130		11000		24.2	27	자어수용 밀도 5만마 / 12ton
22			190	250 $\mu$ m 급이 중지		9.35	23.9	35	
23			200		2000		23.6	33	분조 12ton×3 → 12ton×4
24			110		1300	8.89	23.5	32	
25			100	700 $\mu$ m 급이	800		23.9	32	"
26			100		1000		24.4	원해수	
27			40		1300		24.2	"	"
28			25		1000		24.3	"	

표 21. 계속  
Table 21. continued

일 령	먹이생물			배합사료	사망 수	전장 (mm)	수온 (℃)	염분 (‰)	사육관리
	CH <sup>1</sup>	RO <sup>2</sup>	AR <sup>3</sup>						
29					6000		23.6	"	선별 } 후 대형 탱크로 이동 선별 } 20ton 서산
30					700	12.84		"	
31					1000				
32							24.3		서산(육상수조) 20ton 수조 3개
33							23.6		
34				400 $\mu$ m 급이중지			23		
35				1000 $\mu$ m 급이		14.37	23.9		
36					140		23		
37					167		23		
38					792		23	약육(formaline + O.T.C.) 20ton 수조 4개 분조	
39									
40					668	17.14	23.1		
41					283		23.6	부분 약육	
42					200		24.3		
43					1349		26.3	20ton 수조 5개 분조	
44					1027		24.9		
45					1084		23.7		
46					427		23.8		
47					574		24.7		
48									
49					284	24.36	23.2	선별 20ton 수조 → 7개 분조	
50									
51									
52					386		25.3		
53					130		26		
54					142		27		
55					16		27.5		
56					44		27		
57					38		27.5		
58					70		28		
59								가두리 입식	

※ CH<sup>1</sup>=Chlorella, RO<sup>2</sup>=Rotifer, AR<sup>3</sup>=Artemia, 35063<sup>4</sup>=14일까지의 사망개체수.

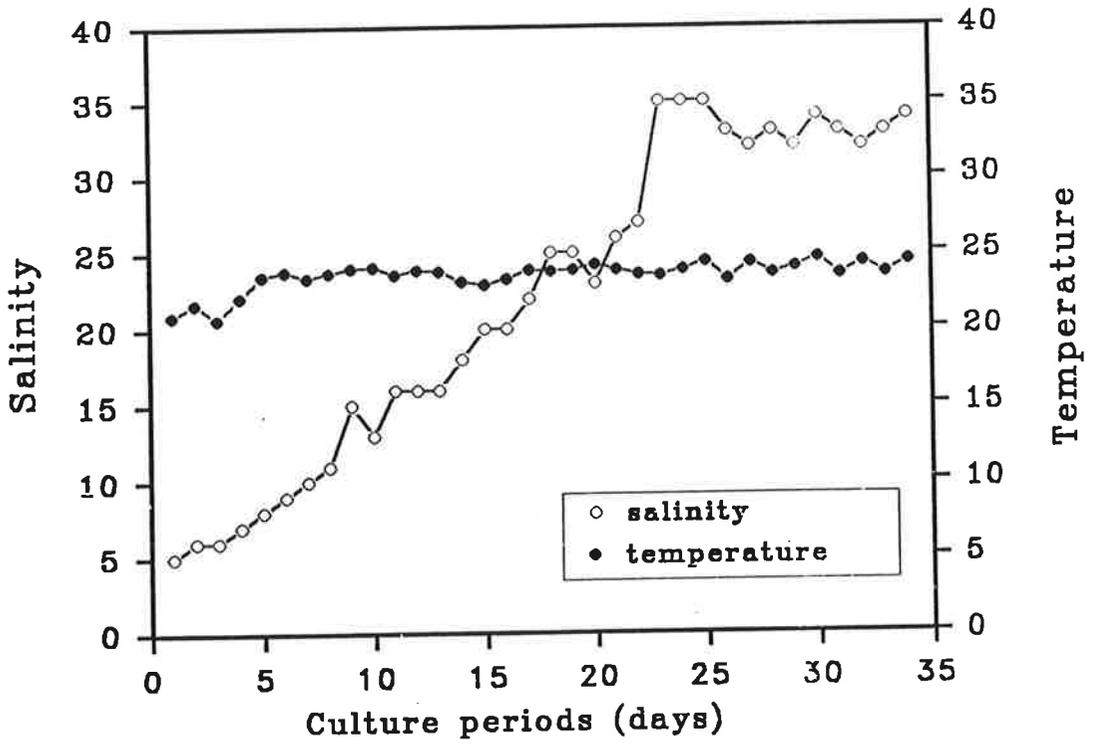


그림 43. 서신 종묘 생산 시설에서의 수온 및 염분 변화.

Fig. 43. Changes of water temperature and salinity at Seosin seedling hatchery.

표 22. 황복 종묘 생산 결과

Table 22. The results of seedling production of *Takifugu obscurus*

	채란일	산 지	채란량 (g)	난 수	부화자어수 (부화율)	종 묘 생 산 (일령,마리수,생잔율)
1 차분	95.5.13 ~ 5.16	· 문산 · 행주 나루터	2110	1,160,500	40,000마리 (34.5%)	43일령 25,000마리 (62.5%)
2 차분	95.5.17 ~ 5.26	· 문산 · 적성	2435	1,339,250	· 난질불량 · 수정율 저조 · 난발생중 폐사 (물곰팡이로 인함)	
3 차분	95.5.27 ~ 5.31	· 문산	1960	1,078,000	200,000마리 (18.55%)	46일령 122,000마리 (61%)
4 차분	95.6.6	· 문산	540	297,000	15,000마리 (5.05%)	27일령 10,000마리 (66.6%)
합 계			7,045	3,874,750	255,000마리 (6.58%)	157,000마리 (61.6%)

지금까지 부분적으로나 밝혀진 황복에 대한 종묘생산 개요 및 과정을 정리  
하면 그림 44, 표 23과 같다.

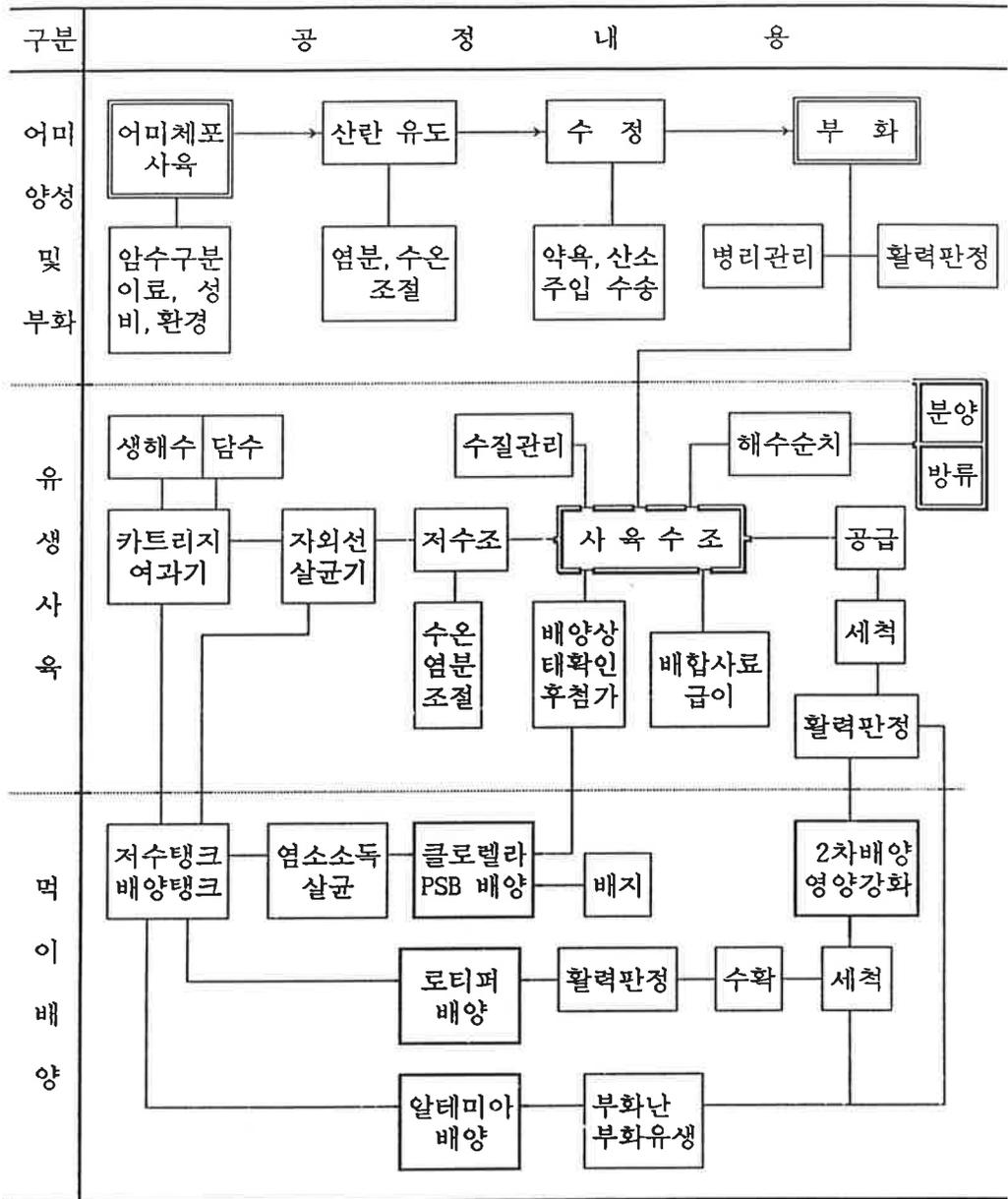


그림 44. 황복 종묘 생산 개요도.

Fig. 44. Schematic diagram of seedling production of river puffer.

표 23. 황복 종묘생산 공정표

Table 23. Seedling production procedure of river puffer

(사육수온 : 19~20℃)

일 령	0	10	20	30	40	50	60	70
전장(mm)	3.2	6.5	9.8	14.2	20.3	35.5	44.5	7.3
특 징	가슴지느러미발달 부화 개구 주광성 약주광성 해수순치 차어기 치어기				종묘 생산 분양 미성어기			
습성	◀ 주광성 ▶◀ 어식성공식 ▶◀ 군집생활 ▶◀ 수류에 반함 ▶◀							
폭기	◀5-10l/분/톤▶◀ 10-15l/분/톤▶◀ 부상가능량 ▶◀ 적당량							
클로레라	◀(5-10)×10 <sup>5</sup> 세포수/ml▶◀점차감소▶◀ 이 후 증 지							
PSB 첨가	수질환경 조건에 따라 0.5리터/일 로 첨가함							
환 수	◀지수-30%/일▶◀30-70%/일▶◀70-70%/일▶◀1회/일-2회/일-1회/일							
바닥청소	◀상황에 따라 1 회/일▶◀ 1회/일 ▶◀ 2 회 / 일▶◀ 1 회/일							
사육밀도	◀3만미/톤 ▶◀ 2만미/톤▶◀1만미/톤 ▶◀0.3만미/톤							
생존율	100 %	80 %	70 %	60 %	55 %			
선 별	치어기 이후부터 개체 상태에 따라 10일 간격으로 실시							
투 약	엘바쥬100-150ppm, 1시간(선별시), 비타민제 스프레이 흡착후 공급							
해수순치	◀5%에서시작1%/일증가 25%▶◀2%/일증가-25% - 33%							
약 육	필요에 따라 항생제 (30 - 100 ppm), 포르말린 (100 ppm) 1 시간 약육							
운 충	◀2-3개체/ml▶◀4-5개체/ml ▶ 차차 감소하여 중지							
알테미아	◀0.1-0.2개체/ml▶◀육성 0.3-0.4개체/ml▶ 차차감소							
미립자 사료	◀ 250 $\mu$ m부터 적당량 수시급이 ▶◀ 7 - 8 회/일, 체중 10 %							
수질 정화제	◀ PSB 등 유효세균▶◀ 규조배양수 혹은 PSB 첨가							

표 24. 황복의 담수 순치 및 관리

Table 24. Fresh water domestication of river puffer

경과일	일령 (일)	수온 (℃)	염분 (‰)	환수율 (%/일)	비 고
0		20	0	20-30	채란 및 수정
6	0	21	2	20-30	부화 (green water 만들어 줌)
9	3	21	5	20-30	부화 3일째, 개구, 먹이(윤충급이 시작)
13	7	22	9	30-50	부화 7일째, 배합사료 250 $\mu$ m 급이 시작
16	10	24	13	30-50	부화 10일째
18	12	24	15	30-50	부화 12일째, 알테미아급이 시작
22	16	24	21	50-60	부화 16일째, 배합사료 400 $\mu$ m급이 시작
25	19	24	24	50-60	부화 19일째, 알테미아 급이량 줄여감
30	24	24	29	50-60	부화 24일째, 개체차이가 있으며 공식 현상이 일어나므로 선별
32	26	25	31	60-80	부화 26일째, 배합사료 700 $\mu$ m 급이 시작
66	60	26	31	80-100	부화 60일째, - 이후 자연 해수에서 사육



그림 45. 부화후 60일된 황복 치어.

Fig. 45. Juveniles of *Takifugu obscurus*, 60 days after hatching.



그림 46. 부화후 100일된 황복 치어.

Fig. 46. Juveniles of *Takifugu obscurus*, 100 days after hatching.

## 제 6 장 중간 육성 및 해상 사육

황복의 치어를 확보한 후 양성시키는 양식 시설로는 육상 탱크식, 축제식, 가두리식을 들 수가 있는데 각각의 여건과 양식장 조건에 맞추어 적합한 방법을 선택하고 적절한 양식 기술로 관리하여 합리적인 양식 경영이 될 수 있도록 노력하여야 한다.

황복 종묘에 대한 육상에서의 양성 기술은 해상 가두리 양식 기술 개발과 더불어 중요한 내용이다. 배합사료 및 육상 사육시설의 진보와 더불어 해상 가두리 뿐만 아니라 육상수조에서의 완전 양식 가능성은 높아 가고 있다. 그러나 복어에 대한 육상이나 해상에서의 완전양식은 우리 나라의 겨울 환경 때문에 많은 제한을 받고 있다.

### 제 1 절 육상 사육

지금까지의 복어류 양식은 대부분 가두리에서 가능하고 육상에서 탱크 등에 의하여 고밀도로 양성할 경우 공식에의한 높은 폐사율과 함께 생존한 개체의 경우에도 어체에 손상을 받은 개체가 대부분으로서 상품가치가 하락하는등 양식에 어려움이 많았다. 그러나 양식과 관련한 여러 가지 분야에서의 괄목할 만한 발전에 힘입어 일본에서는 요즘은 가고시마현을 중심으로 자주복 양식이 활성화 되고 있으며 방류물량의 확대화 더불어 양식 증산량도 계속 늘어가고 있는 실정이다.

황복 종묘에 대하여 양식현장에서의 온도내성 예비시험 결과에 따르면

우리 나라는 겨울 최저 수온이 10℃ 이하로 내려가는 지역이 많으므로 서해안에 서식하던 황복은 전술한 바와 같이 겨울 저수온기때 월동을 위해 동지나 해역으로 회유하는 것으로 파악되므로 우리 나라의 중부 이북지역에서 자연수온에 의한 월동 사육은 거의 불가능한 것으로 판단되며 이런 지역에서는 수조탱크에서 가온 사육에 의한 월동이 반드시 필요하다.

이를 위해서는 반드시 사육 해수 가온용 보일러 시설이 필요하게 된다. 따라서 자연해수에 의한 육상탱크에서의 완전양식은 거제도, 거문도 및 제주도에서 가능성이 높으며 지하해수를 사용할 경우에는 그 적용 지역이 높아질 수 있다.

한편 발전소 온배수를 이용한 육상 탱크에서의 사육은 가온과 관련된 제반 경비의 절감효과를 가져올 것으로 판단되어 보령화력발전본부내 시험양식장에서 월동 및 온배수를 이용한 사육 실험이 진행중에 있으며 월동사육 결과와 더불어 육상 탱크에서의 적정 밀도, 적정 사료공급량, 적정 수온, 적정 시설등에 관한 사육 실험은 구체적인 계획하에 실시되어야 하며 결과는 해동기를 지나야 확인이 가능할 것이다.

## 제 2 절 해상 사육

### 가. 어장 환경

육상에서 생산된 황복 종묘에 대한 본격적인 양식은 해상에서 이루어져야 하므로 해상 가두리에서의 사육실험은 반드시 필요하다. 앞서 말한대로 우리 나라의 열악한 환경에서의 황복양식 적합성을 검토하기 위하여 서해와 남해등으로 분산하여 사육실험을 실시하였다(그림 47).

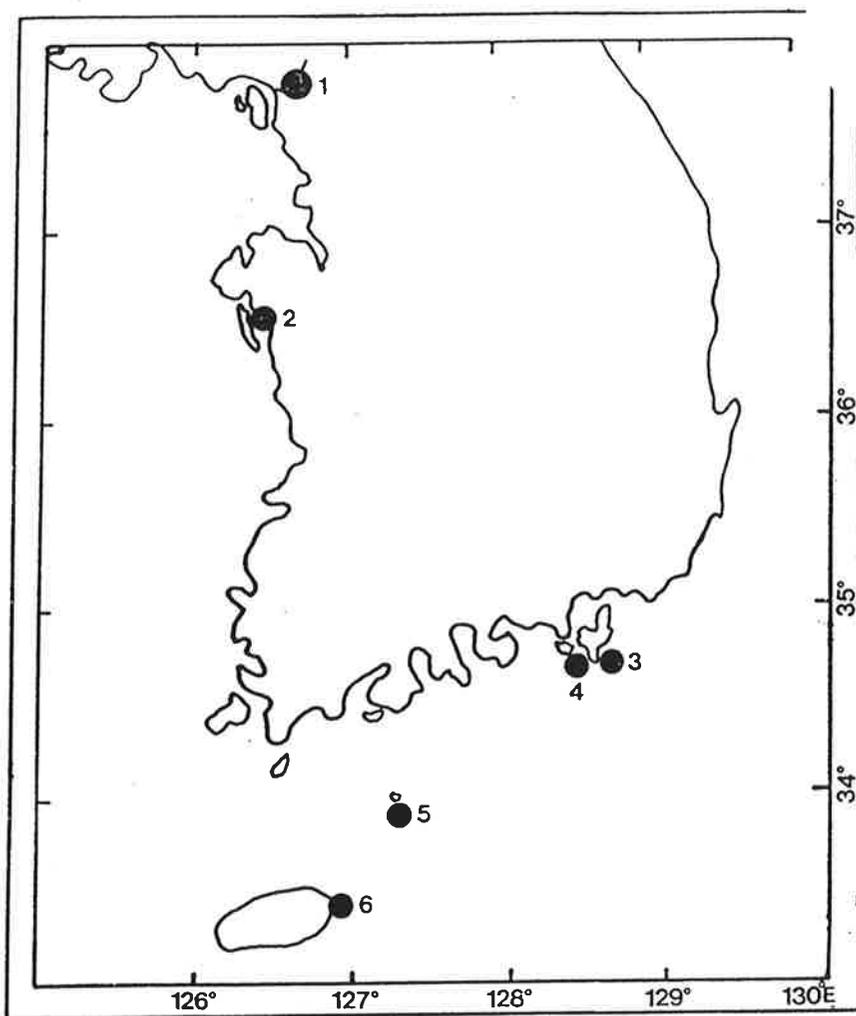


그림 47. 황복의 채집지와 시험어장.

Fig. 47. Map showing the capture site and the experimental station of river puffer.(1:Imjin river, Kyoungii-Do, 2:Seosan, Chungcheongnam-Do, 3:Dojangpo, Kyoungsangnam-Do, 4:Jeodo, Chungmu, Kyoungsangnam-Do, 5:Geomundo, Chollanam-Do, 6:Seongsan, Cheju-Do).

충남 태안군 창리 가두리, 전남 여천군 거문도 가두리, 경남 거제시 도장포 가두리, 경남 통영시 저도 가두리등 4개 가두리 어장에 5×5×3 m 규격의 모지망 그물에 수용하여 양식시험을 실시하고 있으며 각 어장의 환경특성중 연간 월별 수온의 변화는 표 25와 같다.

충남태안군 가두리어장은 남면 당암리 천수만 해역으로서 서산 B지구 방조제 앞 1 Km 해상에 위치한 곳이며 여름의 우기시 담수의 유입이 잦은 곳이나 비교적 안면수로를 따라 조류의 소통이 좋은 곳이며 관리사와의 거리가 인접하여 사육관리에 적당한 곳이었다.

경남 통영시 산양면 저림리의 북쪽 지선에 위치한 가두리 시험어장은 여러 가지 규격의 가두리가 여러개 설치되어 있으며 섬의 북쪽만에 위치하고 있어 태풍이나 높은 파도의 영향을 많이 받지 않는 곳이다. 평균 수심은 15m 정도이며 조류 소통은 좋은 편이지만 최근에 설치된 인근 가두리 양식장의 영향으로 조류 소통이 어느 정도 방해받기도 한다.

전남 여천군 거문도 거문리에 위치한 가두리시험어장은 여수에서 뱃길로 2시간 거리에 위치한 어장으로 오염원이 없고 수온이 어느 지역에 비하여 유리하여 월동장으로 고시된 곳이다. 안노루섬의 안쪽에 위치하여 파도의 영향을 적게 받는 곳이나 돌발적인 태풍의 영향은 받는 곳이라 할 수 있다. 투명도 및 수심은 매우 좋으며 제주도와 같은 수괴를 형성하여 자주복, 능성어, 돌돔, 민어과 어류등 온수성 어종의 빈도가 다소 높은 곳이다. 한편 여러개의 방파제가 건설되어 있어 이를 이용한 해상 가두리시설이 증가하고 있으며 기르는 어업 전진기지로 탈바꿈 할수 있는 새로운 어류 양식의 적지다(그림 48).

경남 거제시 도장포항 앞 해상에 위치한 가두리 시험어장은 우리나라의 육지부에서는 겨울철 수온이 가장 높은 곳이다. 갈곶목의 안쪽에 위치하여 먼바다쪽의 파도영향은 적게 받는 곳이나 반대쪽의 셋바람의 영향은

표 25. 가두리 시험어장의 연중 평균 수온

Table 25. Monthly average changes of water temperature at experimental cage culture station

지역 월별	* 거문도		** 통영		** 거제도		* 제주도		** 천수만		비고
	표층	저층	표층	저층	표층	저층	표층	저층	표층	저층	
1	-	-	11.6		13.3		-	-			
2	14	14	10.6		12.4		16	16			
3	14	14	11.6		12.8		16	16			
4	-	-	12.5		13.5		-	-			
5	16	15	14.7		15.4		17	16	14.5	-	
6	-	-	16.9		18.3		-	-	19	-	
7	-	-	21.3		18.4		-	-	24	-	
8	28	16	22.0		20.1		28	16	27.5	-	
9	-	-	20.3		21.4		-	-	24.3	-	
10	-	-	19.0		19.7		-	-	20.5	-	
11	17	>17	15.8		15.5		18	17	15	-	
12	17	17	13.5		14.9		18	17	8.5	-	

\* : 1986~1991년 자료(한국해양연구소, 1993)

\*\* : 1995년 현장 실측자료.

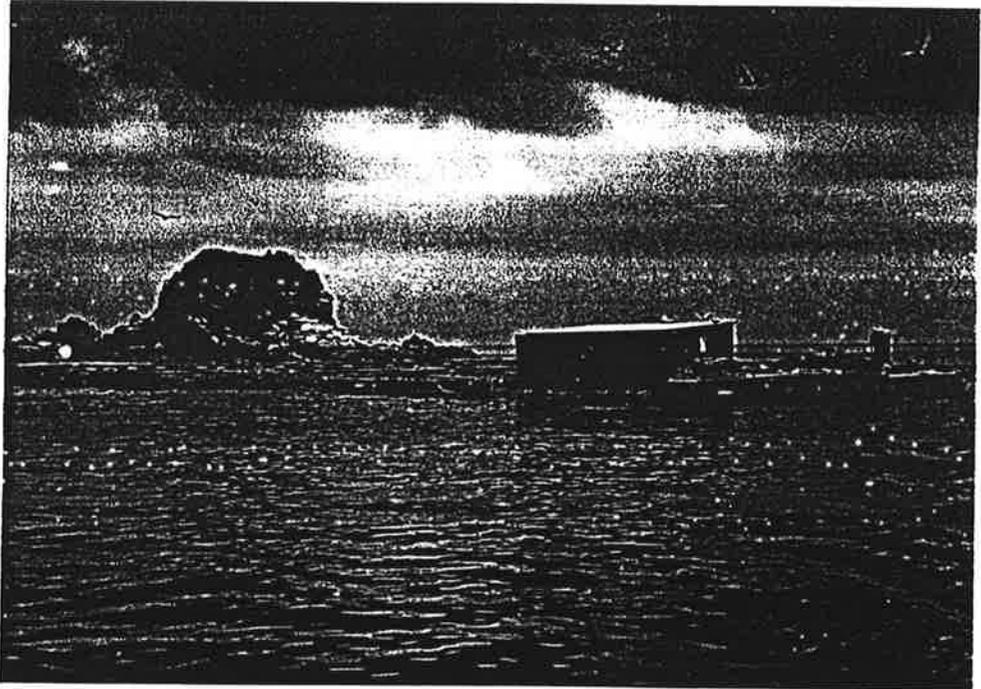


그림 48. 거문도 가두리 어장의 전경.

Fig. 48. The view of cage culture station in Geomundo, Chollanam-Do.



그림 49. 도장포 가두리 어장의 전경.

Fig. 49. The view of cage culture station in Dojangpo,  
Kyongsangnam-Do.

다소 받는 곳이다. 수심과 투명도, 수온등은 상당히 좋으며 주위에 설치된 정치망 어장들이 말해 주듯 조류 소통도 매우 좋은 곳이다(그림 49).

이상과 같은 지역들 중에서 여름에 수온이 다소 높으면서도 겨울철 수온이 높은 거문도, 제주도등의 지역에서 황복의 양식이 유리할 것으로 보이나 섬이면서 교통이 다소 불편하고 소비시장이 멀기때문에 양식 적지로서의 문제를 가지고는 있다.

통영과 거제는 비교적 비슷한 수온은 보였다. 거제도의 경우 한겨울 수온은 통영에 비해 다소 높았으나 여름철 고수온기에 수온이 낮으므로 성장이 둔화 될 것으로 보인다. 천수만의 서산 가두리는 여름 수온이 제주와 비슷한 28℃ 를 나타내었으나 겨울철 혹한기인 2월의 표층 수온은 3 - 4℃를 나타내어 지속적인 황복의 사육지로는 불가능할 것으로 판단되었다.

#### 나. 해상 사육 결과

95년도에 생산된 5cm급 15만 마리 치어의 사육 현황은 표 26과 같다.

7월말의 유류오염 및 태풍과 8월말의 적조등 남해안 청정지역에 몰아닥친 재난으로 경남 통영시 시험어장의 시험용 1년생 복어 1,000마리와 경남 거제시 도장포 시험어장의 당년생 황복 치어 35,000마리는 99%정도 폐사하였으며 기타의 시험어장인 충남 태안 및 전남 여천군 거문도 어장은 적조 및 유류오염에 의한 전면적인 피해는 없었다.

방류, 분양, 실험 폐사에 따라 현재 실험중인 당년생 황복 치어 마리수는 약 4만마리 정도이다.

충남 태안의 어장에서는 여름의 고수온기에 높은 사료섭이율을 보여 타 지역에 비하여 성장이 다소 양호하였으며 고수온으로 인한 다른 질병에 의한 대량 폐사는 나타나지 않았다(그림 50).

표 26. 서산 가두리 양식장에서의 황복 치어 사육 결과( 95.9.1.~10.30)  
 Table 26. Growth of river puffer juveniles in Seosan cage experimental station

Initial		Final		Used feed (g)	Gain wt. (g)	FC**	DGR** (%)	DFR** (%)
Total wt. (kg)	Avg. wt. (g)	Total wt. (kg)	Avg. wt. (g)					
1st trial ('95. 9. 1~10. 1, 30 days)								
279.5	7.4	594.6	16.0	330.0	321.2	1.03	2.548	2.624
2nd trial ('95. 10. 2~11. 1, 30 days)								
594.6	16.0	811.3	22.0	191.0	216.7	0.88	1.041	0.916

\* Commercial dry pellet for Korean rockfish.

\*\* FC: feed coefficient, DGR: daily growth rate, DFR: daily feeding rate.

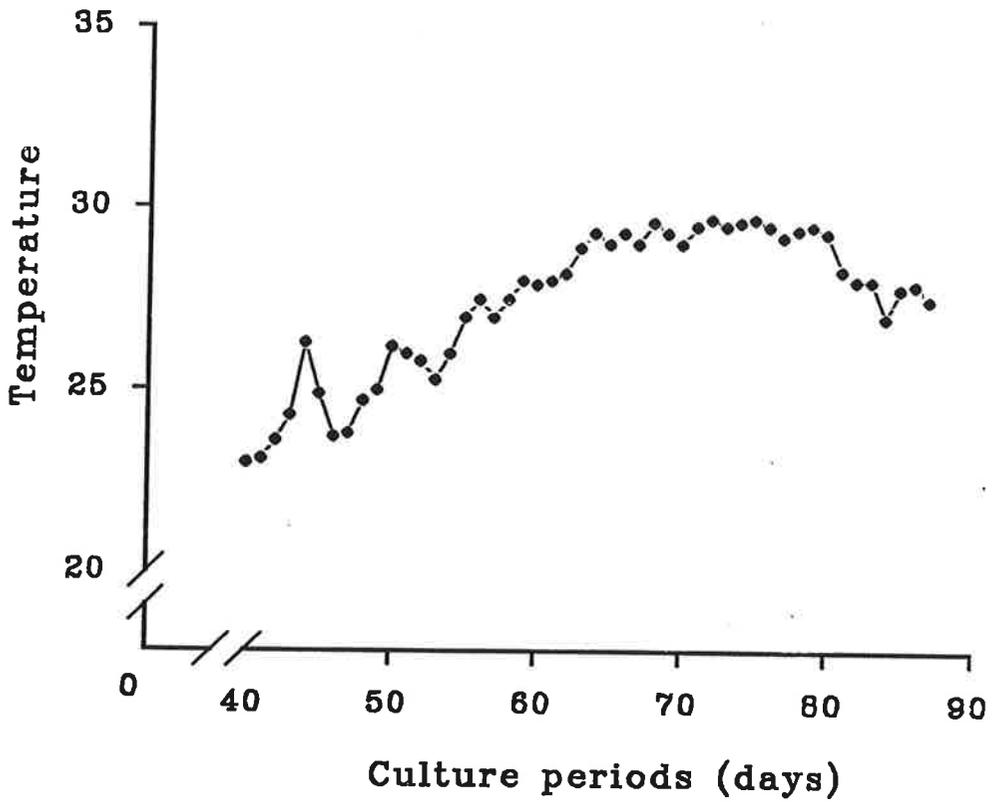


그림 50. 서산 가두리 양식장에서의 사육 수온(7월 - 9월).

Fig. 50. Fluctuation in water temperature at Seosan cage culture station.

일부지역에서는 간장장애인 영양성 질병의 초기 증세가 나타났으나 영양제 및 간기능 개선제의 투약으로 점차 개선되어지고 있으며 외부기생충인 아가미흡충도 일부 발견되었으나 농염수 처리로 구제되었다. 해상가두리에서의 양성은 특수한 재해를 받은 곳을 제외하고는 겨울 수온 저하가 아직 나타나지 않은 상태에서는 가두리에서의 먹이공급 횟수가 많은 어장에서 비교적 높은 성장을 보였다. 전반적으로 고른 성장을 보였으나 12월부터 수온의 강하로 충남 서산에서는 지속적인 사육이 불가능하여 육상탱크로 옮겨 사육하고 있다.

남해안의 여러 어장에 불어닥친 적조 및 유류 오염사고로 황복의 해상 사육 실험은 진행에 차질을 빚어 결과가 불투명하나 서산에서의 해상 사육 결과는 그림 51과 같다.

12월말 현재 서산 가두리에서의 당년생 황복 평균체중은 20g, 평균체장은 9 Cm로 성장하였으며 초기 종묘생산시 선두 그룹 및 조기에 가두리로 이송한 치어의 성장이 다소 빨랐다. 각각의 시험어장에 분양 배분된 황복 치어는 채란시 어미가 각각 다른 어미로부터 채란된 종묘이기 때문에 각 지역의 성장도를 엄격히 비교할 수 없으나 지역환경 특히 수온에 따른 크기별 성장, 사료계수, 증중량, 비만도, 생존율, 일간섭이율등을 조사하기 위한 자료를 분석중에 있다.

아울러 월동기 사육을 위한 제반 양성 예비 시험을 계속 수행하고 있으며 자연월동이 되지 않는 충남 지역의 해상가두리의 황복은 가온 설비가 설치된 육상 탱크로 옮겨 계속 사육하고 있다.

지금까지 실시한 일련의 1년생 황복 사육실험에서 나타난 해상 가두리 사육의 결과는 특별한 재난 및 오염에 의한 피해가 없을 경우 다른 어종에 비하여 사육상 상당히 양호한 편이나 확실한 자료는 결과 분석후 제시될 수 있을 것이다. 한편 농특세에 의한 농어촌 개발을 위한 연구를 감안할

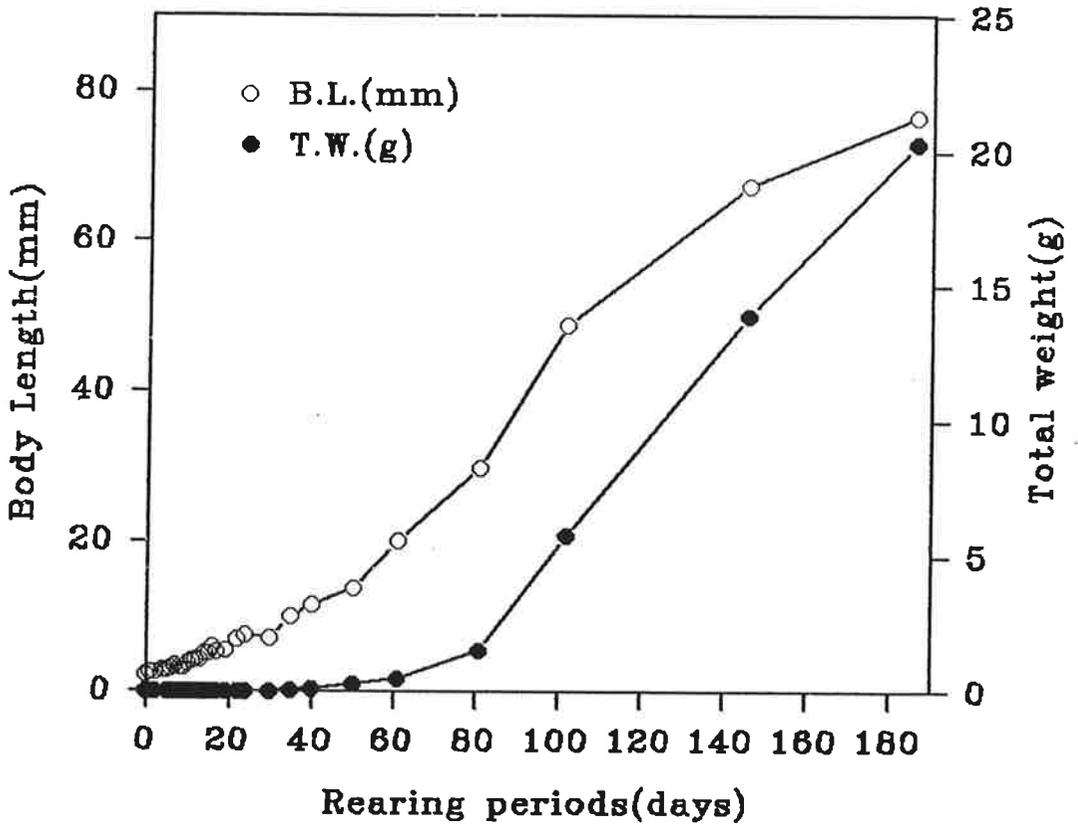


그림 51. 서산 가두리에서의 황복의 성장.

Fig. 51. Growth of river puffer at Seosan cage culture station.

때 어촌의 자영 최소 단위 사업 규모로의 기술 이전을 위한 시험이 필요하며 현지 규모의 가두리 시설 설치, 대량 사육용 사료 및 약품 확보 기타 재료비등 상당한 예산이 소요될 것으로 판단되나 반드시 수행되어야 할 연구이다.

## 제 7 장 황복의 질병

지금까지 국내외에는 황복의 질병에 관한 구체적인 발생, 진단 및 처방에 관한 자료는 없다. 따라서 본 장에서는 그동안 자주복 양식장에서 발생한 질병 연구 자료를 정리하고 황복 양식 현장에서 나타난 현상과 결과를 요약하여 정리하였다.

### 제 1 절 자주복의 질병

#### 가. 바이러스 질병

##### 1. 구백증(口白症)

본증은 1981년경부터 자주복 양식장에서 발생하기 시작한 질병으로 특히 고수온시에 유행한다. 주로 0-1세에 많이 걸린다. 본증이 발생한 어군에서는 폐사 기간이 길고 폐사율이 높기 때문에 현재로서는 양식 자주복의 가장 중요한 질병이 되고 있다.

[증상] 감염되면 구순부(口脣部)는 흑변 후 괴양이 되어 백화한다. 증상이 진행되면 상하층의 치조가 노출되어 “입부식” 증상을 나타낸다. 내부 증상으로는 간장의 응혈, 선상 출혈 흔적이 특징적이다. 또한 광란, 광분 행동이 관찰된다.

[원인] 병든 고기의 뇌를 마취하여 원심상청(上淸)의 무균여과액을 자주 복 유래의 배양세포에 접종하면 세포변성(CPE)이 생기는 점이나, 각종 실험결과로부터 본 증은 바이러스 감염증이라고 생각되지만, 상세한 것은 아직 모른다.

[대책] 현재로서는 효과적인 대책은 없으나 월동기 이전에 간기능 개선제 등의 사료내 첨가로 건강을 유지시키는 예방효과는 다소 있을 것으로 보고되고 있다.

## 나. 기생충병

### 1. 심장 구도아증(점액포자충증)

본 증은 최근 알려진 기생충 병으로 양식 방어의 위심강(圍心腔)에 기생하는 심장 *Kudoa pericaedialis*와는 다른 것이다. 어체에 미치는 직접적인 영향은 분명치 않다. 본 증은 위심강 이외에 심장내강에도 기생하므로 시스트나 방출된 포자에 의한 혈관의 막힘 등 숙주에 대한 영향도 생각할 수 있으므로 금후 더욱 연구되어야 할 기생충증의 하나이다.

[증상] 심장 이외에 외면적, 내부적 증상은 확인할 수 없다. 심장부를 절개하여야만 비로소 위심강의 벽에 부착한 백색의 시스트를 확인할 수 있다. 또한 병어 조직 절편에서 시스트가 부착되었던 심장의 심근육, 심내강으로부터도 시스트를 관찰할 수 있다.

[원인] 원생동물, 점액포자충류의 *Kudoa shiomitsui*의 기생 때문이다.

[대책] 예방, 치료법은 모두 분명치 않다.

### 2. 트리코디나증

본 증은 내수면 양식어류에서 옛부터 알려져 온 기생충병이다. 근래 각지에서 양식용 종묘가 양산되어 자주복도 해면 양식 어류의 하나로 되고 있다. 그러나 어류 양식시에는 항상 양호한 환경(해수의 유통, 방양밀도 등)하에서 사육되는 기회가 적기 때문에 양식 자주복에도 본 증의 발생이 많아져가고 있다.

[증상] 본 증은 외관(체표면)상으로 보아 판단할 수 있는 특징은 거의 없다. 본 증의 발생은 비교적 고수온기에 나타나기 때문에 고수온기에 유영, 섭이가 활발치 못한 어군. 또는 사망어의 출현이 계속되는 어군에 대해서 아가미를 육안 또는 현미경으로 검사하여야 한다.. 기생충에 감염된 고기의 아가미는 일반적으로 점액이 이상하게 많고, 정상적인 아가미의 색을 띠는 것이 적다. 체표면에 기생하는 경우도 있으므로 피부가 궤양상으로 된 것은 그 주변의 점액을 검사한다.

[원인] 원생동물, 섬모충류인 *Trichodina*가 아가미, 체표기생(體表寄生)에 기인한다.

[대책] 해수 교환이 좋은 어장에서 과밀양식(어장, 가두리)을 피한다. 자주복에는 많은 종류의 기생충이 관찰되므로 감염원을 없애는 의미로서도 죽은 고기나 병약한 고기의 조기 제거도 중요하다. 직접 약용에 의한 구제법도 있으나 약제 사용에 의존치 않는 관리가 필요하다.

### 3. 기로닥티루스증(피부흡충증)

양식 자주복에 최근 나타나기 시작한 기생충병의 하나로 0세어군에서 많이 발생한다. 발견이 늦어지면 세균의 2차 감염으로 폐사가 늘어나므로 조기 확인이 필요한 질병이다.

[증상] 본 증의 초기 기생은 외관적으로 관찰하기는 어렵다. 그러나 본

증의 발생기는 수온이 낮을 때이며 유영이 활발치 못하고, 섭이행동, 체표점액 일부의 백탁(白濁), 특히 가슴지느러미의 불투명화 등에 주의하면 기생을 예견할 수 있다. 세균의 2차 감염을 받기 쉬워 피부가 부식되거나 발적, 출혈, 지느러미의 결손, 출혈 등이 나타난다.

[원인] 단생류인 *Gyrodactylus*가 체표의 각 부분(체표면, 지느러미, 안구), 새공의 내면 등에 기생하기 때문이다.

[대책] 초기 발견에 노력하는 것만이 세균에 의한 2차 감염을 막을 수 있다. 본 증만의 대책으로서는 시험적으로 포르마린 250ppm, 25-30분의 약욕이 효과가 있다.

#### 4. 헤테로보투리움증

본 증은 옛부터 잘 알려진 자주복의 질병이다. 최근 자주복 양식은 가두리에서 이루어지고 있기 때문에 피해는 줄어들고 있다. 그러나 자주복 양식도 다른 어종과 같은 어장에서 하기 때문에 양식환경이 양호하다고는 할 수 없다. 즉 어장이 밀식상태가 되고, 해수의 교류가 나쁜 곳에서는 본 증의 발생에 주의해야 한다.

[증상] 본 증은 단기간에 대량 폐사를 일으키는 것은 적으나. 장기간에 걸쳐 매일 소수의 폐사어를 낸다. 본 충이 기생한 무리는 유영, 섭이 상태가 나쁘고 체색도 흑화하는 수가 있으나, 외견상 본 증을 파악하기는 곤란하다. 이상이 있을 때는 아가미의 검사가 필요하며 육안으로나 현미경적 검사로 쉽게 본 증을 확인할 수 있다. 즉 원인충체, 아가미의 빈혈, 아가미의 썩음 상태 및 아가미 내면의 세균에 의한 2차적 병변 상태를 확인한다.

[원인] 단생류인 *Heterobothrium tetrodonis*가 이상이 있을 때는 아가미, 새강내면 기생 때문이다. 성충은 10mm전후되며 육안으로도 확인할 수

있지만 어린층은 현미경으로 확인한다.

[대책] 본 증은 약제사용(약용, 경구 투여)에 의하며 구제하기는 극히 어렵다. 양식법으로는 금망(金網)가두리가 본 층 예방에 좋다고 한다. 가두리 위치를 해수교환이 좋은 지점으로 하고 수용을 적당히 하며 부착생물 등유 의해 어망이 막히는 것을 방지하며, 기생어균을 어장에 반입하지 않도록 한다.

#### 5. 말미잘류에 의한 자상증

본 증은 1981년 6-10년에 걸쳐 가고시마 현의 어느 양식장에서 자주복(0세어, 월년어)이 원인모를 이상 유영(광분)을 하고 10-20%나 되는 폐사율을 나타낸 바 있다. 그 해 9-10월, 원인조사 결과, 가두리에 착생해 있던 보로세로이데스 때문인 것이 판명되었다. 그 후 본 증은 다른 지역의 양식장에서도 나타나 양식중인 자주복이 앞과 거의 같은 증상으로 폐사를 보였다. 보로세로이데스는 난해성(暖海性)이므로 제주도와 같은 난해역(暖海域)에서 자주복을 양식할 경우에는 본 층에 의한 피해가 발생할 수 있으므로 주의를 요한다.

[증상] 보로세로이데스의 자독(刺毒)에 의한 증상은 체표의 발적, 종양, 부식, 이상 유영(광분), 그리고 폐사하는 것이 특징이다. 이 증상은 다른 질병인 구백증(口白症)과 매우 비슷하므로 혼동치 말아야 한다.

[원인] 강장동물(腔腸動物), 말미잘류의 *Boloceroides mcmurricchi*의 자포독(刺胞毒)때문으로 생각된다. 병리조직학적으로 광분 유영하는 고기의 신경세포에 커다란 공포(空胞)가 나타나며, 세포의 괴사상(壞死像)도 나타나므로 중추성(中樞性) 신경독인 것으로 추측된다.

[대책] 난해역에서 자주복은 양식할 경우에는 우선 부근 해역이 본 층

의 자연서식장소가 아닌가를 알 필요가 있다. 본 증은 해조나 타물체에 쉽사리 달라 붙으므로 가두리망의 교환으로는 효과가 없다. 부착생물을 먹는 습성이 있는 독가시치, 돌돔, 감성돔 등을 소수 함께 사육하면 방제에 효과가 있는 듯하다.

다. 기타

#### 1. 지방조직의 황반증(脂肪組織黃斑症)

본 증은 사료성 질병의 일종이다. 복어 양식도 다른 해면 양식어류와 같이 사료로서는 생사료(선어, 냉동어)가 주로 쓰이며, 모이스트 펠릿을 사용하더라도, 50%이상 생사료를 사용한다. 대부분 냉동어를 먹이로 사용하는 수가 많기 때문에 선도나 지방질의 변패(특히 산패)의 정도에 주의해야 한다. 즉 일상의 급이관리(이료조제-투여)를 철저히 하며 이료(또는 영양소)에 유래하는 장해를 방지하는에 힘써야 한다.

[증상] 주로 여름철에 2세어에서 나타나는 것이 많다. 본 증은 부패 사료의 투여가 원인인 것으로 생각된다. 일반적으로 마른 어체에서 잘 나타나다고 하나, 이상을 확인할 수 없는 보통 고기(건강한 고기)의 간장에서도 작은 반점상의 셀로이드 덩어리가 나타난다. 즉 간장 표면에 황갈색의 작은 셀로이드 덩어리가 보인다.

[원인] 사료지방질이 부패(산패)한 것을 계속 사용, 또는 비타민 E의 부족 상태가 계속되기 때문으로 여기고 있다.

[대책] 예방법으로서는 여름철에 사료의 선도 유지와 과잉 투여를 하지 않도록 하는 급이가 중요하다. 또 비타민 E등을 주로 한 종합영양제를 적시 투여한다. 본 증에 의한 직접적인 어병 피해는 확실치 않으나 간접적인 영향도 있을 수 있으므로 예방 대책이 가장 중요하다.

## 2. 영양성 미오파치

본 증은 보관이나 수송시에 조건이 나빠 변질된 생이료(生餌料)나 햇빛에 녹아서 변질된 냉동사료를 장기간 투여하면 생기게 된다.

[증상] 병든 고기는 살이 다소 마르고 등쪽의 살붙임이 나쁘고, 껍질을 벗겨 보면 체측근(體側筋)이 다소 검은빛을 띠는 것이 특징이다. 해부하면 간장이 황갈색으로 변색하고 장 후단부(腸後端部)가 흑변해 있다. 조직학적으로는 체측근이 미오어파치에 묻혀 있고, 근선유(筋線維)의 위축(萎縮), 괴사, 종열(從裂), 결합직(結合織)의 증식, 멜라닌 세포의 증생, 셀로이드 탐식(貪食)세포의 집합 등이 나타난다. 그 외에도 간세포나 장관(사진 3)에는 셀로이드 침착이 생기기도 한다.

[원인] 변질한 먹이의 부패한 지방질이 장관에 흡수되어, 장관이나 간세포에 셀로이드로서 침착하는 외에도, 그것이 체측근에 중독적으로 작용하여 미오파치를 생기게 한다. 또한 체내에 들어간 과산화지방질에 의한 비타민 E 결핍을 일으켜 증상을 더욱 악화시킨다.

[대책] 양질의 먹이와 종합 비타민의 투여로 예방하고, 발병시에는 종합비타민을 대량 투여하여 치료할 수 있으나 완치하기는 어렵다.

## 제 2 절 황복의 질병

가. 총무어장 사육중 폐사 현황

1995년 11월 3일과 4일에 걸쳐 서산 해상 가두리 양식장에서 사육중인  
던 황복 종묘 3만 마리를 충무 가두리 어장으로 이송한 후 1주일간은 폐사  
량이 관찰되지 않았으나 11월 13일 폐사량을 조사해 본 결과 총 35마가 폐  
사하였다. 이후 폐사량이 증가하여 운송중 스트레스에 의한 폐사로 생각되  
었었으나 이후에도 계속 폐사량이 증가하여 11월 20일부터 O.T.C.를 Kg당  
60mg으로 5일간 투여하였더니 폐사가 잠시 멈추는듯 하다가 또다시 폐사  
량이 증가하였다. 이때의 증세는 두피가 벗겨지고 힘없이 수면위에 떠 있  
다가 폐사하였다. 이것은 1993년 월동 실험시 핸드링에 의한 증상과 같았  
다. 그후 12월 2일부터 다시 폐사량이 증가하여 대량 폐사하였다. 병어를  
관찰 하여보니 두피가 벗겨지는 증세는 없고 가슴지느러미 기저부분이 발  
적하고 꼬리자루 부분이 발적 증세를 보였으며 병어는 수면 중층에서 선회  
하면서 폐사하였다. 이때에 가두리에 있는 다른 어류들도 vibrio 증세를 보  
여 치어 종류 전구간에 투약하고 복어는 Flumequine을 어체중 톤당 12g  
(역가)를 7일간 연속 경구투여 하였다. 투약후에도 폐사가 점차 증가하다가  
8일째부터는 증세가 호전되어 폐사량이 줄기 시작하였고. 현재는 자연감모  
수준으로 폐사하고 있다. 황복은 폐사개체의 경우 다른 어류와는 달리 폐  
사하여 부패하면 반드시 수면위로 떠오르는 것이 폐사량 확인에 도움이 되  
었다.

#### 나. 서산 가두리 사육 현황

서산 가두리등 일부지역에서는 여름 고수온기에 간장장애인 영양성 질  
병의 초기 증세가 나타났으나 영양제 및 간기능 개선제의 투약으로 점차  
개선되었으며 외부기생충인 아가미흡충도 일부 발견되었으나 농염수 처리  
로 구제되어 계속 양호한 상태로 성장하고 있다.

## 제 8 장 자원 증식을 위한 방류 연구

### 제 1 절 해양 자원 증대 방안

지금까지 세계 각국의 수산업은 적절한 보호 관리로 해양의 생산 잠재력을 보전하기보다는 모든 나라들이 타국에 앞서 어선과 어구를 근대화하여 해양생물자원을 어획하는데 초점을 맞추어 왔다. 또한 급속한 공업화 및 도시의 확대로 폐기물의 해양 유입이 크게 증가되므로 해양환경이 악화일로에 있으며 이러한 남획과 오염으로 해양생물 자원이 점점 고갈되어 가고 있는 실정이다. 해양은 지구 표면적의 70.5%(약 3.6억 km<sup>2</sup>)를 차지하는 광활한 공간이며 육지와는 달리 경작하지 않아도 적절한 환경만 유지된다면 지속적인 재생산이 가능하다. 급증하는 세계인구와 생활수준의 향상으로 양질의 식량을 더 많이 생산해야 하지만 농업과 축산업만으로는 이를 충족시킬 수는 없다. 특히 국토가 좁고 인구밀도가 높은 우리 나라의 경우 그 문제점은 더욱 심각하기 때문에 이제부터라도 개발에 앞서 환경보전과 자원의 지속적인 유지를 위한 획기적인 정책이 강구되어야 하는데 해양 식량자원의 최적이용 즉, 연안해역의 목장화로 그 돌파구를 찾아야 할 것이다. 해양목장은 자원의 고갈을 초래하는 잡는 어업 중심의 수산업을 탈피하여 해양생물 자원을 지속적으로 유지 보전하면서 증대시켜 해양으로부터의 식량자원을 안정적으로 확보하여는 미래형의 수산업을 의미한다. 다시 말해 해양목장화는 해양환경을 적극적으로 보전하고 이를 바탕으로 해양의 잠재생산력을 지속적으로 개발하는 것이다. 해양목장을 위해서는 양식기술, 증식기술과 어업관리기술이 우선적으로 개발되어야 하며 이에 더하여 염색

체조작, 세포융합, 핵 이식, 유전자이식등 첨단 생명공학 기법을 접목하여 환경 적응범위, 육질, 성장속도, 생존율 및 내병성이 우수한 형질의 품종을 개발하여야 한다.

이러한 해양자원의 지속적 증강을 위한 한 방편으로 자원의 방류 또는 첨가를 수단으로하는 자원증대 기술이 반드시 개발되어야 한다.

#### 가. 방류 기술

일본의 경우 여러 어종 뿐만 아니라 자주복의 방류 사업은 국가 또는 지방 자치단체에서 강력한 실시 의지와 함께 매년 그 실시 계획이 확대되고 있는 실정이다. 해양목장화 사업중 가장 기초적이며, 연안 자원 증식의 차원에서 중요한 것 중의 하나는 방류 및 방류 효과 조사인 것이다.

황복은 일반 복어류와 같이 연안성 어종이면서도 강에서 산란 부화되어 바다에서 성장하는 독특한 생태를 가지고 있는 광역성 회유어종으로 판단되고 있으므로 황복의 방류 기술이 확립될 경우 자원 증대효과는 매우 클 것으로 기대되므로 복어류를 비롯한 각종 어류에 대한 지역별, 대상 어종별, 크기별 방류 기법을 환경보호 관련기관과 환경 보호단체와 더불어 시급히 개발하여야 할 것이다. 한편 전세계적으로 추진되고 있는 생물 다양성 협약이 이루어질 경우 자국의 특산종이 보호되고 종 자체가 하나의 경쟁력 있는 상품이 될 수 있을 것이므로 이 기술은 반드시 개발되어야 할 것이다.

#### 나. 해양 생물 방류 효과 및 평가 기술

각종 해양생물의 방류에 의한 자원 확보는 세계적인 추세이며 그 동안 우리 나라에서도 여러 어종에 대하여 수년간 실시하여 그 효과를 인정하고 있으나 정확한 효과 조사는 이루어지지 않고 있으며 적절한 방류기술이 확

립되어 있지 않아 그 효율성의 제고가 요청되고 있다. 한편 방류하고자 하는 어종 또는 방류 장소, 크기에 따라 실기 기법이 매우 다르므로 이에 따른 각각의 예비실험을 실시하고 방류를 추진하여야 할 것이다. 본 1차년도 연구사업에서는 이부분에 대한 연구계획이 없었으므로 다음 년도에 기술적인 방법을 연구하기로 하고 현재 일본을 비롯한 여러나라에서 실시하고 있는 표지 방류에 의한 조사방법만을 간단히 기술하고자 한다.

#### 1) 표지 방류에 의한 조사 방법

표지 방류에 의한 조사는 분포 및 회유를 명백히 하는데에 극히 유효한 방법이다. 이 방법으로 개체군의 분포 및 회유상황을 추정할 수 있으나, 표시된 고기는 어획물에 혼입되어 다시 잡히는 것이므로 어획구역 이외의 분포 및 회유는 알 수 없다. 표지 방류 조사는 자원 생물을 이해하는데 중요한 연구 방법의 하나이다. 생물체에 표지를하여 그것을 수중에 방류하고 이것이 다시 잡혔을 때, 방류시와 재포획시의 위치관계, 수량관계, 생물체 전체 및 생물체 부분의 성장관계, 형태적 변화 등에 대하여 해석하고 그것으로 방류된 각종 자원군의 회유경로, 자원의 계군(population), 회유속도, 분포범위, 귀소성(homing proclivity), 연령 및 성장도, 연령형질 형성의 상태, 어획률, 자원량, 어획사망계수, 자연사망계수, 이식에 의한 잔존률, 인공부화방류의 효과, 방류시기의 결정, 산란회수, 기타의 추측을 하는 것이 그 목적이다.

표지 방류 조사는 이러한 중요한 많은 것을 목적으로 실행할 수 있으나, 표지 방류에 수반하여 일어나는 여러 가지의 오차 때문에 정확한 값을 추정하기가 어려운 경우가 많고, 일반 어류에서는 회유를 명백히 하기 위해서 이용되는 것이 보통이다.

생물체에 표시하는 방법은 크게 체부분 표시법(절제 표시법, marking),

착색법(painting, staining), 입묵법(문신법, tattooing), 미량원소에 의한 표시법, 초음파 및 전파표시법(biotelemetry)등이 있다.

첫째, 체부분 표시법은 생물체의 적당한 부분을 절단하거나, 구멍을 내거나, 불로 지지거나, 특정한 털을 제거하는 등으로서 표시하는 방법인데, 영국의 Fraser가 1829년에 연어의 기름지느러미를 절단해서 방류한 것이 이 방법의 시초라 한다. 체부분 표시법은 표지표를 사용하지 않는 때문에 표지표 또는 기타 재료에 의해서 어체를 손상하는 것이 없다는 것, 조작이 간편하고 능률적이라는 것, 인건비 이외의 경비를 요하지 않는다는 것 등의 장점이 있으나, 한편으로는 절단부분이 재생(regeneration)하기 때문에 표지 확인이 명확하게 되지 않는 경우가 있다는 것, 표지표가 붙어있지 않으므로 발견율이 낮다는 것 등의 결점이 있다. 연어 치어의 표지에 있어서, 지느러미 특히, 기름지느러미(adipose fin)를 절단하는 방법은 좋은 효과를 거두고 있다.

체부분 표시법의 결점을 보완하기 위해서 체부분의 2개소 혹은 그 이상의 체부분을 절단하는 수단이 취해지고 있다. 해표류에서는 구멍을 내거나 불로 지지거나 특정한 털을 제거하는 방법 등이 행해지고 있다.

둘째, 착색법은 생물체에 paint, enamel 등을 바르거나 혹은 색소류로써 착색해서 표시하는 방법이고, 해표류에서는 털을 페인트 혹은 에나멜을 분사기로 바르고 있으며, 또 낙지에서는 2%의 methylene blue 또는 trypan blue 1,000배 수용액 등의 색소를 피하주사하는 방법이 효과적이었다. 새우에서는 색소를 주입하는 방법과 생체염색하는 방법이 실용화되어 있으며, 또 염색한 사료를 먹여서 염색하는 방법도 연구되고 있다. 한편 이석(이골, otolith)에 tetracyclin으로 표시하거나 형광물질인 ALC (Alizarin - Lanthanum Complex) 염색에 의한 신소재에 의한 방류실험 연구가 진행되고 있다.

셋째, 입묵법은 어류의 복면 백색부에 기호를 문신하여 표지하는 방법이다. 이 방법은 Gandolfi-Hornyold가 1929년에 silver eel의 우측 복면에 침으로 묵을 문신한 것이 최초이다. Hickling은 1954년에 전기 진동계(electric tattooing needle)을 사용하여 가오리, 가자미, 상어 등의 복면 백색부에 문신표지하였다. 문신한 색소는 시간의 경과와 함께 차츰 소산하고 혹은 표피조직에 덮히므로 장기간의 표지에 부적합하다고 한다.

넷째, 표지표법은 금속, celluloid, 합성수지 등으로 만든 표지표(tag)를 생물체의 어느 부분에 고착 혹은 삽입하는 방법이다. 표지법의 종류는 극히 다종 다양하지만, 표지를 부착시키는 위치에 따라 체외 표지법, 체내 표지법 및 이 두 표지법의 세가지로 대별된다. 체외 표지법은 가장 보통으로 사용하는 방법인데, 우리나라에서는 현재 이 체외표지법만이 사용되고 있다. 이것은 표지표를 어류에서는 보통 등지느러미 기저, 꼬리지느러미 기저, 미병, 아가미, 기름지느러미 등의 각 부분에, 그리고 다른 동물에서는 피부, 기타 체부분에 부착시킨다.

체내 표지법은 금속으로 된 표지표를 수족의 체내에 삽입하여 표지하는 방법인데, 구미에서는 청어, 정어리, 고등어, 고래 등에 대하여 이 방법이 채용되었다. 체외 표지법으로서는 형광색소를 체내에 주입하여 자외선 하에서 검출하는 방법, 또 자성을 띤 금속판을 체내에 삽입시켜 전자적으로 검출하는 방법도 있다. 체내표지법의 장점은 장기표지에 적합하다는 것, 삽입구가 아물게 되면 표지의 탈락이 전혀 없다는 것, 운동시 몸의 외부에서의 저항이 없으므로 어체를 손상시킬 위험이 없다는 것이다. 그러나 외견적인 표지가 없으므로 검출이 곤란하다는 단점이 있다.

금속편의 체내 표지표가 붙은 어체를 검출하기 위한 기구로는 전자 검출기와 전기 검출기가 있다. 전자 검출기는 전자석을 이용하는 것이며, 어분 제조과정 도중에 설치하여 두면 표지표가 전자석에 흡착 회수된다. 전

자 검출기는 어체가 통과하는 도중에 설치하여 표지 개체가 통과하면 그 부분의 고기 전체가 밑으로 떨어지게 되어있다. 이것은 어시장, 통조림 공장 등의 conveyor 도중에 설치한다. 고래에서는 영국, 노르웨이, 독일 등의 여러나라에 의해서 주로 남빙양에서 행해지고 있으며, 표지표를 포경포로서 유명종의 고래의 몸에 사격으로써 삽입시킨다.

외부표지가 붙은 체내표지는 앞의 두 방법을 절충한 것이고, 체내표에 끈을 붙여 그 말단에 소표를 달아서 표지표를 외부에서 발견할 수 있도록 고안되어 있다. 모든 표지표는 보통 번호, 방류한 년호, 방류한 기관명이 기록되어 있고 방류할 때 번호를 기록하여 둔다.

다섯째, 미량원소에 의한 표지법에는 방사화 분석법과 분광 분석법이 연구되고 있다. 방사화 분석법은 Zn, C 등의 방사성 동위원소(radioisotope)를 표지로 하는 방법이다. 또 의료용의 침을 절단하여, 발견률을 높이고 용해방지를 위해서 적색 plastic tube 및 백색 enamel로서 피복하여 복강내에 체내표지로서 삽입한 예도 있다. 이 방법은 아직 실험적으로 좁은 수역에서 행해지고 있는 정도이며, 야외에서는 방사능 오염의 우려가 있으므로 실용화는 어렵다. 분광분석법은 예를 들면 Sr(Strontium)을 고기에서는 비늘 및 골조직에 침착시켜 표지로하여 분광광도계로서 분광분석하는 방법이다.

여섯째, 초음파 및 전파 표지법은 초음파 또는 전파를 발신하는 발신기(IC칩)를 생물체에 장착시켜 이것에서 오는 신호를 수신장치로서 수신하는 방법이다. 이러한 조사를 biotelemetry라 한다. 초음파표지는 어류, 갑각류에 주로 이용되며, 어체위에 부착하거나 표지를 어체가 달고 다니게 하거나 복강내에 삽입하여 체내에 부착시키는 방법을 쓰고있다.

전파표지는 호흡을 위해서 부상하는 포유류에 주로 사용한다. 포유류에 초음파 표지를 사용하지 않는 것은 수영속도가 빠르므로 이것을 추적하

기 어려우며, 또 초음파는 해산 포유류의 상호 교신에 영향을 미쳐 부자연한 행동을 일으킬 우려가 있는 때문이다.

일곱째, 유전적 표지(genetic tagging) 및 계군분석의 경우 세포 내에서 에너지 생산원으로서의 역할을 하고 있는 mitochondria는 세포내 소기관으로서 염색체 DNA와는 성질이 전혀 다른 자기복제 능력을 가지고 있는 2중환상 DNA를 가지고 있으며, 독자적인 단백질 합성계를 형성하고 있다. 이 mitochondria DNA (mt DNA)의 특징은 핵 DNA에 비해 genome의 크기가 작기 때문에 실험적으로 단리 정체가 비교적 간단하며, 또한 진화속도가 핵 DNA에 비해 빠르며, 그 유전양식은 모성 유전을 한다는 잇점을 이용하여 mt DNA fragment의 변이를 분석함으로써 종간의 유연관계를 밝히는데 유용한 식별 도구로 이용되고 있다. 이러한 mt DNA, mt DNA RELP와 mt cytochrome b gene 의 직접 염기서열 분석 및 PCR 분석 이외에 지금까지 사용되어지고 있는 단백질 전기영동(protein electrophoresis)은 계군의 정확한 유전자 표지를 가능케한다. 아울러 이러한 유전자표지법은 차후 연안 목장화시 사육계군의 정확한 유전적 표지로 우량 형질의 파악 및 이들 우량형질에로의 여타 유전자의 이입을 막을 수 있으며 방류어류와 자연산 정착어류 간의 종내 변이 파악으로 방류어류의 생태학적 효과 연구에도 유용하게 사용될 수 있다.

## 2) 표지 방류시 주의해야 할 사항

표지방류에는 이상과 같이 많은 방법이 이용되고 있다. 한편 표지 선택에 있어서 고려해야 할 사항은 (1) 표지를 필요로하는 시간의 장단을 고려하여 표지 종류를 결정할 것. (2) 표지 목적의 특수성을 감안할 것. (3) 어체의 크기 및 생태를 고려하여 결정할 것 등이다.

표지를 결착하는데 있어서 고려해야 할 사항은 (1) 방류할 어체는 손

상이 적어야 하므로 방류할 고기가 어떠한 방법에 의해서 포획되었는가를 검토해서 방류할 대상의 고기를 결정할 것. (2) 연구 조사에 필요한 사항인 어체측정, 기록 및 방류어에서 재료(예를들면 비늘)를 채취하는 것 등에 대해서 준비할 것, (3) 표지 결착에 필요한 기구 즉 수조, 표지어의 고정기 그리고 표지의 종류에 따라서는 plier, pincette, 장갑 등을 갖추는 것 등이다.

그리고 재포획보고는 다음의 여러 사항에 대한 명확한 보고를 받아야 한다. 재포획자명, 재포획 위치, 포획월일, 포획어구, 표지표의 형, 기호 및 번호(표지표에 이미 기입되어 있음), 재포획 개체의 체장, 체중, 채포 당시의 어획물, 그외 비늘의 채집이 있으면 좋다.

표지 방류 조사에 도입되는 오차의 원인으로 그 중요한 것을 들면 (1) 방류 미수가 너무 소수일 때 (2) 표지 결착 작업에 의한 폐사 (3) 표지의 영향(성장에 미치는 것등) (4) 표지표가 붙은 때문에 일어나는 고유군에서의 이탈 (5) 외적에 포획되기 쉬운 때문에 일어나는 사망 (6) 표지의 탈락 (7) 발견에서의 누락 (8) 보고에서의 누락 등이다. 이러한 여러 가지 오차를 최소로 하기 위해서는 많은 주의가 필요하다.

## 제 2 절 황복 방류 행사 보고

### 가. 황복 방류 행사

95년 제1차년도 황복 관련 연구사업 실시중 생산된 황복 치어중 종보존 차원에서의 방류 사업을 실시한 결과는 다음과 같다(그림 52).



그림 52. 강화 연안에서의 황복 치어 방류 행사.

Fig. 52. Release of juveniles of *Takifugu obscurus* around Gang Hwa coastal area.

1. 개 요

- 농수산부에서 의뢰한 “황복 종묘 대량 생산 및 증 양식 기술 개발 연구” 사업의 중간 결과로써,
- 현재 환경 오염 및 남획에 의해 멸종 추세에 있는 서해안산 황복 자원을 종보존 차원에서 복구시키고,
- 지역 어민들의 소득 증대를 위하여,
- 한국해양연구소의 연구팀에 의해 인공 생산된 황복 치어를,
- 임진강 하구 및 연안 1종 공동 어장에 무상 방류하였음.

2. 황복 방류의 의의 및 필요성

- 황복 방류 행사를 통하여 지역주민, 어민, 요식업소, 군부대 장병으로 하여금 임진강을 살리기 위한 환경 보전의 필요성을 인식하게 하고,
- 토종 보존 및 국적 있는 연구를 통해서만이 국제 경쟁에서 살아남을 수 있다는 의식을 고취하고,
- 우리 실정에 맞는 새로운 양식품종을 개발하여 우리 어민들에게 보급함으로써 기술 경쟁력 확보 방법 및 그에 따른 비전을 제시하고,
- 따라서 황복의 종보존이 무엇보다 시급한 상황이므로,
- 보다 종합적이고 체계적인 연구에 앞서 방류를 우선 실시하였음.

3. 방류후 기대효과

- 환경 보전, 국토 보존 및 남북통일 의식 고취
- 황복의 종보존 및 토종 보호 사업 육성
- 불법 어업 감소 및 지역 방류 사업의 중요성 부각

- 어민 소득 증대 기여 및 관련 방류 사업 확산 촉진
- WTO 체제하에서 GR(Green Round)등에 대비.

#### 4. 방류 행사시 행사참여자, 어민 및 군관계자에게 당부한 사항

- 황복의 산란기에는 자원보존을 위해 해양연구소등의 연구기관에서 주관하는 채란 작업에 적극 협조하며,
- 가을에 불법어업에 의해 잡히는 7 - 10 cm 크기의 황복 치어는 반드시 바다에 되살려 주도록하고,
- 지속적인 황복 방류사업을 매년 추진할 수 있는 국민적 여론 및 여건을 조성할 수 있도록 당부하였음.

#### 5. 방류 행사

##### 가) 방류일자

- 황복은 임진강 하류에서 방류할 경우 우리 나라 해역뿐 아니라 북한의 해역에서도 성장할 가능성이 크고
- 산란기에 임진강으로 올라와 산란하고 바다로 내려가는 어종으로서
- 통일 및 화합을 상징하는 어종으로 적합하였으므로 8·15 광복 50주년 기념 일정과 조석간만을 고려한 1995. 8. 30일 오전 10시 부터 13시에 걸쳐 실시하였음.

##### 나) 방류장소

- 방류한 황복 치어는 해수에 완전히 순치 된 우량 종묘로써
- 기수지역(강하구) 및 연안에 방류하여야 함으로
- 강화군 하점면 창후리 지선 앞 해상에서 방류를 실시하였음.

##### 다) 방류 물량

- 황복 치어는 1995년 5월 파주군 장파리 및 금파리 지역에서 인공 산란유도에 의해 채란되어 한국해양연구소에서 부화, 사육된

것으로

- 전장 4~5 cm급 황복 치어 40,000마리 엮음.

라) 방류 방법

- 사육현장에서 활어수송차량으로 방류 당일 새벽까지 황복을 창리 지선에 도착시켜,
- 방류직전 30리터용 비닐 포장으로 개당 500-1000 마리씩 산소포장한 황복 60여개의 봉지를
- 어선을 이용한 방류용 선박 5척에서 어민과 함께 선상 방류하고
- 강화군 어업지도선을 이용 행사 참가자, 국민학생들과 함께 선상 방류하고
- 기타 물량은 지선 물량장에서 바다에 방류하였음.

마) 방류 행사 참가자

- 환경부 : 자원보전국장
- 과학기술처 : 생물해양조정관
- 한국해양연구소장
- 경기도 수산과장
- 인천광역시 수산과장
- 강화부군수, 수산과장
- 파주군 사회진흥과장
- 민물고기 보존협회장(최기철박사)외 5명
- 강화군, 파주군의 선단장 및 관련부대(101여단 정보처) 장교
- 파주군, 강화군 담수어유통회사 사장단 10명
- 파주군, 강화군내 임진강 주변 황복 요식업소 사장단 10명.
- 파주군, 강화군 어민 후계자 및 어민 30여명 .
- 강화군 명산국민학교생 20여명.

- KBS, sbs, YTN 방송 및 조선, 경향신문사 등 언론사 기자 30명.
- 이상 120여명 추정.

나. 방류 행사 관련 보도 자료

방류 행사후 농수산부에서 실시한 농어촌 특별세에 의한 연구사업 성과로의 방류 행사에 관한 언론 보도의 일부는 그림 53과 같다.

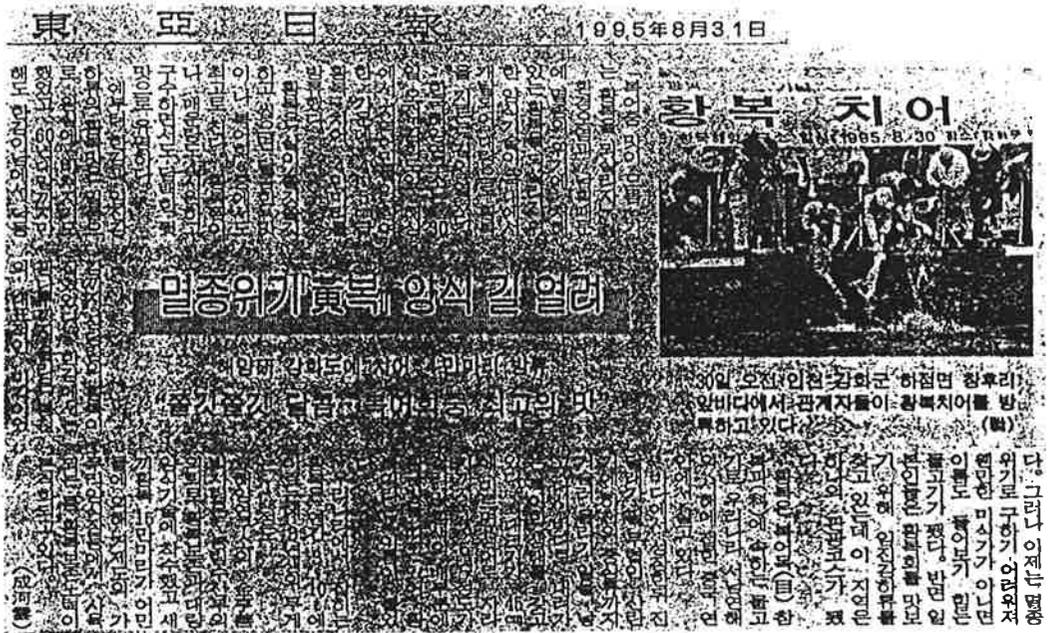


그림 53. 황복방류 행사를 보도한 신문 자료.

Fig. 53. Journal reference on releasing event of river puffer.

## 참 고 문 헌 (參考文獻)

- 김인배. 1972. 은어 및 새우류의 유생 사육을 위한 rotifer의 대량 배양. 한수지, 5(2): 45-49.
- 김형선, 최용석, 박철원, 김종만. 1992. 황복(*Takifugu ocellatus obscurus*)의 종묘 생산에 관한 연구. I. 수은 염분에 따른 부화 및 초기 생존. 한국양식학회. 추계학술발표.
- 김형선, 허성범. 1987. 한국산 brine shrimp, *Artemia cyst*의 부화율. 수진연보, 40: 69-74
- 노섭, 정윤석. 1993. 자주복, *Takifugu rubripes* (Temminck et Schlegel)의 종묘 양산에 관한 연구. 한국양식학회지, 6(4):295~310.
- 문영봉. 1981. 윤충의 연속 반복 수확을 위한 적정 윤충의 밀도와 적정 *Chlorella* 농도에 대하여. 한수지, 14(2): 86 - 93.
- 박인석, 박기영. 1995. 산천어(*Oncorhynchus masou*) 2배체와 3배체간의 혈액학적 및 생리학적 특징. 한국양식학회지, B(1) : 21~29.
- 이창규. 1988. 고온기 및 저온기의 rotifer 배양을 위한 적정 식물 먹이 생물 선택, 부산수대석사학위논문, 47 pp.
- 임영수. 1990. 넙치 종묘 생산을 위한 rotifer와 *Artemia nauplius*의 영양강화효과, 부산수대석사학위논문, 51 pp.
- 鄭吉生.李在根.高光斗.尹昌鉉. 邊明大.羅鎮洙.孫泰煥.金基龜. 1991. 家畜人工授精. 鄉文社, 서울, pp. 211.
- 정문기. 1977. 한국어도보. 일지사, 서울. 727 pp.
- 정성철. 변충규. 1985. 먹이 생물의 대량 생산에 관한 연구. 제주대해자연보, 9: 1 - 12.
- 한경호. 1995. 참복과 (복어목) 어류의 형태, 골격 및 계통분류학적 연구.

- 부산수대박사학위논문, 205 pp.
- 한국해양연구소. 1987. 인공진주 양식 기술 개발에 관한 연구 (III). BSPG 00042 - 159 -3. 과학기술처, 서울. 607 pp.
- 한국해양연구소. 1990. 고급어종의 대량 종묘 생산 기업화 연구 (III). PSPG 00095 - 301 - 3. 과학기술처, 서울. 411 pp.
- 홍경표, 명정구, 손진기, 박철원. 1994. 한국산 연어류에서 Genetic Marker 개발을 위한 생화학적 연구. 한수지 27(1):83-88.
- Ackman, R. G., C. S. Tocher, and J. McLachlan. 1968. Marine phytoplankton fatty acids. J. Fish. Res. Bd. Can., 25: 1603-1620.
- Ali, M. A, 1992. Rhythms in Fishes. NATO ASI Series A:Life Sciences Vol. 236. pp. 1-347.
- Allendorf, F.W. 1975. Genetic variability in a species possessing extensive gene duplication: genetic interpretation of duplicated loci and examination of genetic variation in populations of rainbow trout. Ph.D. dissertation. Univ. Washington, Seattle, W.A.
- Arai, K. 1984. Developmental genetic studies on salmonids: morphogenesis, isozyme phenotypes and chromosomes in hybrid embryos. Hokkaido Univ. 31:1-94.
- Birt, T.P., I.M. Green and W.S. Davidson. 1986. Analysis of mitochondrial DNA in allotatric anadromous and nonanadromous Atlantic salmon, *Salmo salar*. Can. J. Zool. 64:118-120.
- Blom, E. 1995. A one-minute live-dead sperm stain by means of

- eosin-nigrosin. Fertil. Steril. 1, 176-177.
- Bouck, G.R. and J. Jacobson. 1976. Estimation of Salmonid sperm concentration by microhematocrit technique. Trans. Am.Fish. Soc. 105, 534-535.
- Bünning, E, 1977. Die physiologische Uhr. Circadiane rhythmik und biochronometrie. (springer-Verlag, Berlin):pp. 1-176.
- Cerderwall, H, 1979. Diurnal oxygen consumption and activity of two Pontoporeia(Amphipoda, Crustacea) species. In, Cyclic phenomena in marine plants and animals, edited by E. Naylor & R. G. Hartnoll, Pergamon Press, Oxyford, pp. 309-316.
- Clayton, Boujard, T., Y. Moreau & P,Luquet, 1991. Entrainment of the circadian rhythm of food demande by infradian cycles of light-dark in *Hoplosternum littorale*(Tlestei). Aquatic - Living - Resour - Ressour - Vivantes - Aquat4(4), pp. 221-225.
- Clayton, J.W. and D.N. Tretiak. 1972. Amine-citrate buffers for pH control in starch gel electrophoresis. J. Fish. Res. Bd. Can., 29:1169-1172.
- Dorrien, C. F. von., 1993. Ecology and respiration of selected arctic benthic fish. Ber. Polarforsch., Vol. 125, pp. 1-99.
- Enright, J. T., 1975. Orientation in time : endogenous clocks. edited by O. Kinne, Mar. Ecol. John Wiley & Sons, New York, Vol. 2, pp. 917-944.
- Foresti, F. L., F. Alemida Toledo and S. A. Toledo, 1981. Polymorphic nature of nucleous organizer regions in fishes. Cytogenetics and Cell Genetics 31, 137~144.

- Fribourgh, J. H. 1966. The application of a differential staining method to low-temperature studies on goldfish spermatozoa. *Prog. Fish-Cult.* 28, 227-231.
- Gold, J. R., 1984. Silver staining and heteromorphism of chromosomal nucleolus organizer regions in North American cyprinid fishes. *Copeia* 1984, 133~139.
- Henting. 1971. Einfluss von Salzgehalt und Temperature auf Entwicklun, Wachstum, Fortpflanzung und Energiebilanc von *Artemia salina*. *Mar. Biol.*, 9:145-182.
- Hino, A. and R. Hirano. 1976. Ecological study on the mechanism of bisexual reproduction in the rotifer *Brachionus plicatilis*. I. General aspect of bisexual reproduction inducing factor. *Bull. Japan Soc. Sci. Fish.*, 42: 1093 - 1099.
- Hino, A. and R. Hirano. 1977. Ecological study on the mechanism of bisexual reproduction in the rotifer *Brachionus plicatilis*. II. Effect of cumulative pathenogenetic generation on the frequency of bisexual reproduction. *Bull. Japan Soc. Sci. Fish.*, 43: 1147 - 1155.
- Hirayama, K. and S. Ogawa. 1972. Fundamental studies on physiology of rotifer for its mass culture. I. Filter feeding of rotifer. *Bull. Japan Soc. Sci. Fish.*, 38: 1207 - 1214.
- Hirayama, K. and T. Kusano. 1972. Fundamental studies on physiology of rotifer for its mass culture. II. Influence of water temperature on population growth of rotifer. *Bull. Japan Soc. Sci. Fish.*, 38: 1357 - 1363.

- Jobling, M, 1981. The influences of feeding on the metabolic rate of fishes : a short review. *J. Fish Biol.*, Vol. 18, pp. 385-400.
- Jones, A. J. 1972. An inexpensive apparatus of the large scale hatching of *Artemia salina* (L.). *J. Cons. Ins. Explor. Mar.*, 34: 351 - 356.
- J.W. and D.N. Tretiak. 1972. Amine-citrate buffers for pH control in starch gel electrophoresis. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, 29:1169-1172.
- Kim, D. S., I. B. Kim, H. T. Huh & I. S. Park, 1988. Cytogenetic analysis of catfish, *Silurus asotus*(Teleostomi : Siluriformes). *Ocean Research* 10, 33~37.
- Kim, D. S., E. H. Park & J. S. Kim, 1982. Karyotypes of nine species of the korean catfishes(Teleostomi : Siluriformes). *Korean Journal of Genetics* 4, 57~68).
- Kim, W. S., 1994. Population dynamics and energy budget of *Ruditapes philippinarum*(Adams and Reeve, 1850) (Bivalvia : Veneridae) in Garolim Bay, Yellow Sea, Korea Ph. D. thesis, Univ. of Kiel, Germany.
- Kinne, O. 1977. Cultivation of animals. Pages 599 - 1293 in O. Kinne ed. *Marine ecology*. Vol. III. Part 2. John Wiley & Sons, N.Y.
- Kligerman, A. D. & S. E. Bloom, 1977. Rapid chromosome preparations from solid tissues of fishes. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 34, 266~269.
- Lansman, R.A. Lansman, R.O. Shade, J.F. Shapira, and J.C. Avise. 1981. The Use of restriction endonucleases to measure mitochondrial DNA sequence relatedness in natural populations. *J. Mol.*

Evol., 17:214-226.

- Lemoine, H. L. & L. T. Smith, 1980. Polyploidy induced in brook trout by cold shock. Transactions of the American Fisheries Society 109, 626~631.
- Levan, A., K. Fredga & A. A. Sandberg, 1964. Nomenclature for centromeric position of chromosomes. Hereditas 52, 201~220.
- Linder, A., I. Vankerckhoven, R. Caubergs, and W. Decler. 1986. Action spectroscopy of light-induced hatching of *Artemia* cyst (Branchiopoda: Crustacea). Mar. Biol., 91: 239 - 243.
- Lubens, E., R. Fisherlen, and V. Berdugo-White. 1980. Induction of sexual reproduction and resting egg production in *Brachionus plicatilis* reared in seawater. Hydrobiologia, 73: 55 - 58.
- Masuda, H., K. Amooka, C. Arega, T. Uyeno and T. Yoshino. 1984. The Fish eggs and larvae in the offshore waters of China. Shanghai Sci. Technol. Press, Shanghai, 206 pp.(in Chinese).
- May, B., F.M. Utter, and F.W. Allendorf. 1975. Biochemical genetic variation in pink and chum salmon. J. Hered., 66:227-232.
- May, B., J.E. Wright, and Stoneking. 1979. Joint segregation of biochemical genetic loci in salmonidae: results from experiments with *Salvelinus* and review of the literature on other species. J. Fish. Res. Bd. Can., 36:1114-1128.
- May, B., M. Stoneking, and J.E. Wright. 1980. Joint segregation of biochemical loci in salmonidae. II. Linkage associations from a hybridized *Salvelinus* genome (*S. Namaycush* × *S. fontinalis*). Genetics, 95:707-726.

- McCorkle, S., T. C. Shirley & T. H. Dietz, 1979. Rhythms of activity and oxygen consumption in the common pond clam, *Ligumia subrostrate*(Say). Can. J. Zool., Vol. 57, pp. 1960-1964.
- Mletzko, H. G. & I. Mletzko, 1985. Biorhythmik (A. Ziemsen Verlag, Wittenberg) : 1-184 pp.
- Moav, R., T. Brody, G. Wohlfarth and G. Hulata. 1976. Applications of electrophoretic genetic markers to fish breeding. I. advantages and methods. Aquaculture, 217-228.
- Nash, C. E. 1973. Automated mass-production of *Artemia salina* nauplii for hatcheries. Aquaculture, 2 : 289 - 298.
- Nimura, Y. 1967. Biology of the brine shrimp. Nippon Suisan Gakkaishi, 33: 690 - 702.
- Okazaki, T. 1982. Genetic study on population structure in chum salmon (*Oncorhynchus keta*). Bull. Far Seas Fish. Res. Lab., No. 19:25-116.
- Palmer, J. D, 1974. Biological clocks in marine organisms : In, The control of physiological and behavioral tidal rhythms, edited by J. D. Palmer, Joh Wiley and Sond, New York, pp. 1-11.
- Palva, T. K., H. Lehväsliho and E. T. Palva. 1989. Identification of anadromous and non-anadromous salmon stocks in Fin land by mitochondrial DNA analysis. Aquaculture, 81:237-244.
- Phillips, R. B., K. D. Zajicek, P. E. Ihssen & O. Johnson, 1986. Applications of silver staining to the idendtification of triploid fish cells. Aquaculture 54, 313~319.
- Plumley, F. G. & W. M. Darely, 1985. Interactions of light/dark cycles

- and nitrogen pulses on the timing of cell division in the nitrogen-limited marine diatom *Cylindrotheca fusiformis*(Bacillariophyceae). J. Physiol. 21, pp. 25-34.
- Schmid, M. K., 1994. Zur Verbreitung and Respiration ökologisch wichtiger Bodentiere in den Gewässern um Svalbard(Arktis). Ph. D. thesis, Univ. of Kiel, Germany.
- Sezaki, K. & H. Kobayashi, 1978. Comparison of erythrocytic size between diploid and tetraploid in spinous loach, *Cobitis biwae*. Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries 44, 851 ~854.
- Sezaki, K., S. Watabe & K. Hashimoto, 1988. Haematological parameters and erythrocyte enzyme activities associated with increase in ploidy status of the spinous loach, *Cobitis biwae* Jordan and Snyder. Journal of Fish Biology 32, 149~150.
- Shaw, C.R. and R. Prasad. 1970. Starch gel electrophoresis of enzymes - A Compilation of recipes. Biochem. Genet., 4:297-320.
- Shirely, T. C. & A. M. Findley, 1978. Circadian rhythm of oxygen consumption in the marsh periwinkle, *Littorina irrorata*(Say, 1822). Comp. Biochem. Physiol., Vol. 59, pp. 339-342.
- Sorgeloos, P. and G. Persone. 1975. Technological improvement for the cultivation of invertebrates as foods for fishes and crustaceans .II. Hatching and culturing of the brine shrimp, *Artemia salina* (L.). Aquaculture, 6: 303 - 317.
- Steffensen, J. F., 1989. Some errors in respiratory of aquatic breathers: how to avoid and correct for them. Fish Physiol. Biochem., ol.

6, pp. 499-59.

- Takai, A. & Y. Ojima, 1982. The assignment on the nucleolus organizer regions in the chromosomes of the carp, the funa and their hybrids(Cyprinidae, pisces). proceeding of Japanese Academic 58, 303~306.
- Thorgaard, G. H. 1986. Ploidy manipulation and performance. Aquaculture 57, 57~64.
- Ueno, K. 1984. Induction of triploid carp and their haematological characteristics. Japanese Journal of Genetics 59, 585~591.
- Utter, F.M. and H.O. Hodgins. 1972. Biochemical genetic variation at six loci in four stocks of rainbow trout. Trans. Am. Fish. Soc., 101(3):494-502.
- Vanhaecke, P., A. Cooreman, and P. Sorgeloos. 1981. International study on *Artemia*. XV. Effect of light intensity of hatching rate of *Artemia* cysts from different geographic origin. Mar. Ecol. Progress Ser., 5: 111 -114.
- Whyte, J. N. C. 1987. Biochemical composition and energy content of six species of phytoplankton used in mariculture of bivalves. Aquaculture, 60: 231 - 241.
- Widdows, J. & A. J. S. Hawkins, 1989. Partitioning of rate of heat dissipation by *Mytilus edulis* into maintenance, feeding and growth components. Physiol. Zool., Vol. 62, pp. 764-784.
- Zhang,R.Z., S.F.Lu, C.Y.Zhao, L.F. Chen, Z.J.Zang and Y.W.Jiang. 1985. Fish eggs and larvae in the offshore waters of China. Shanghai Sci. Technol. Press, Shanghai, 2+206pp.(in Chinese).

- 古川 厚, 岡本 亮. 1966. フグの養殖. 水産増殖叢書, 13. 日本水産資源保護協會, 75pp.
- 藤田矢郎. 1962. 日本産主要フグ類の生活史と養殖に関する研究. 長崎水試論文集. 第2集. 121pp. 40pls.
- 福所邦彦, 平山和次. 1989. 初期餌料生物-シオミズツボワムシ. 恒星社厚生閣. 東京 240pp.
- 福所邦彦. 岩本 浩. 1980. シオミズツボワムシの大きさの季節變化. 養殖研報, 1: 29 - 37.
- 福所邦彦. 岩本 浩. 1981. シオミズツボワムシの大きさにおよぼす餌の影響. 養殖研報, 2: 1 - 10.
- 日野明德. 1981. シオミズツボワムシ *Brachionus plicatilis*の両性生殖誘導要因に関する研究. 東京大學 農學部 學位論文.
- 日野明德. 平野禮次郎. 1980. シオミズツボワムシの両性生殖誘導要因に関する研究- V. 飼育水鹽素量と両性生殖頻度の關係. 昭和55年度 日本水産學會秋季大會講演要旨集. No. 149.
- 日野明德. 平野禮次郎. 1980. シオミズツボワムシの両性生殖誘導要因に関する研究- VI. 光週期と両性生殖頻度の關係. 昭和57年度 日本水産學會秋季大會講演要旨集. No. 429.
- 平山和次. 1983. シオミズツボワムシ - 生物學と大量培養. 日本水産學會編, 恒星社厚生閣, 東京.
- 今田 克. 影山百合明. 渡邊 武. 北渡 力. 藤田矢郎. 米 康夫. 1979. 魚介類種苗生産酵母(油脂酵母)の開発. 日水誌, 45:955 - 959.
- 伊藤 隆. 1979. シオミズツボワムシの培養に関する基礎的研究-II. 培養個體群の増殖過程における被腸の變化. アユの人工養殖, 4: 197 - 206.

- 伊藤史朗. 坂本 久. 堀 正和. 平山和次. 1981. 系統の異なるシオミズツボワムシの形態および増殖適温. 長大水研報, 51: 9 - 16.
- 中村章彦, 和田和彦, 1987. トラフグ養殖種苗全書, 117~123.
- 岡内正典. 福所邦彦. 1984. テトラセルミス *Tetraselmis tetrathele* によるシオミズツボワムシに対する餌料価値. 養殖研究, 5:13-18.
- 北島 力. 1983. 大量培養. シオミズツボワムシ-生物學と大量培養中 102-128pp. 日本水産學會編. 恒星社厚生閣, 東京.
- 小倉敏義. 小川敏行. 北島 力. 1982. L型, S型ワムシの季節的消場およびワムシ 密度の増減にともなう大きさの變化. 長崎水試年譜, 8:147-152.
- 水戸 敏. 1966. 日本海洋稚魚フランクトン 圖鑑. 第7巻. 魚卵. 稚魚. 蒼洋社, 東京.74pp.
- 吳羽尙壽. 天下谷昭文. 1978. ワムの個體群繁殖に関する實驗的研究- II體幅の大きさ變異水産増殖, 26(3): 88 - 95.
- 仲山宗雄. 1988. 日本産稚魚圖鑑, 東海大學出版會, 東京. 1154pp.
- 奥村重信. 廣瀬慶二. 1991. 凍結状態精子によるアマ”イの人工受精. 水産増殖 39, 441-445.
- 大上皓久. 1976. シオミズツボワムシの重さについて. 伊豆分場たより. 静岡水試 伊豆分場, 185: 5 - 6.
- 大上皓久. 前田 讓. 1977. シオミズツボワムシの變異に関する研究-I. 形態と 大きさの變異について. 昭和52年度 日本水産學會春季大會講演要旨集. 25 pp.
- 立石 健, 1980. トラフグ種苗生産および養殖の現況と問題點(下). 養殖, 17(4):68~76.
- 渡邊 武. 1978. 養魚と飼料脂質. 水産學シリーズ22中 93 - 111 pp. 日本水産學會編.

- 渡邊 武. 1982. 種苗生産と生物飼料. 魚類の營養と飼料中 81 - 110 pp. 新水産學全集, 14. 恒星社厚生閣, 東京.
- 渡邊 武. 1983. 營養價. シオミズツボウムシ-生物學と大量培養 中 94 - 101 pp. 水産學シリーズ44, 日本水産學會編.
- 由披英剛. 1984. 生化學分析法. 南江堂, 東京, pp. 496.

## 주 의

1. 이 보고서는 농림부에서 시행한 농림수산특정연구사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 농림부에서 시행한 농림수산특정연구사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.