碩士學位論文

자주복, *Takifugu rubripes* (TEMMINCK et SCHLEGEL)의 卵 및 仔稚魚의 鹽分耐性

濟州大學校 大學院

水産生物學科

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

高 桓 奉

1993年 12月

자주복, *Takifugu rubripes* (TEMMINCK et SCHLEGEL)의 卵 및 仔稚魚의 鹽分耐性

指導敎授 盧 暹

高 桓 奉

이 論文을 理學 碩士學位 論文으로 提出함.

1993年 12月 日

高桓奉의 理學 碩士學位 論文을 認定함.

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

審査委員長 李祺馬

委 員 李定宰

委 員 盧 暹

濟州大學校 大學院

1993年 12月

Salinity Tolerance of Eggs and Juveniles of Tiger Puffer, *Takifugu rubripes* (TEMMINCK et SCHLEGEL)

Hwan-Bong Go

(Supervised by Professor Sum Rho)

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

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

DEPARTMENT OF MARINE BIOLOGY
GRADUATE SCHOOL
CHEJU NATIONAL UNIVERSITY

1993. 12.

目　　次

Abstract 1

Ⅰ. 緖　論 3

Ⅱ. 材料 및 方法 5

1. 염분농도별 수정난과 부화자어의 염분내성 5

2. 자주복치어의 포식량 조사 6

3. 장기사육에 따른 치어의 성장과 생존율 6

Ⅲ. 結　果 9

1. 초기 성장 9

2. 염분농도별 내성 11

3. 자어의 염분농도에 따른 포식량 16

4. 장기사육에 따른 치어의 성장과 생존율 17

1). 수질환경 17

2). 성장과 생존율 20

Ⅳ. 考　察 25

Ⅴ. 要　約 30

Ⅵ. 參考文獻 31

謝　辭 34

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

Abstract

Nowadays, underground sea water is widely utilized for land based aquaculture in Cheju province, Korea. The salinity of this water(20~30‰) is slightly lower than that of natural sea water, but because of its good water quality and warm water temperature of 16~18℃ all the year around, many fish farmers are using this water for finfish culture.

To evaluate the possibility of utilizing underground sea water for the seed production on the Tiger Puffer, *Takifugu ruburipes*, we have performed experiments that have the condition as follow:

1) With 6 different salinities(3.5, 7.0, 14.0, 20.0, 27.0, 33.0‰) for the hatching rate of fertilized eggs, survival rate and the numbers of food intake of hatched larvae.

2) With 3 different salinities(20.0, 27.0, 33.0‰) for rearing Tiger Puffer juvenile(T.L 4.29±0.50cm) over duration of 50 days by closed reciculating water system.

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

The results as follow:

1) The salinity ranges which showed over 70.0% survival rate were 27.0~33.0‰ for fertilized eggs to hatched out 27.0~33.0‰ for hatched larvae to 1-day-old and 20.0~33.0‰ for 10-day-old juveniles but under all the salinities, the survival rate were 89.0% for 20 days and 92.5% for 30 days.

2) The salinity condition for maximum food intake in each stage was in 27.0~33.0‰. In this condition, 20-day-old hatched larvae ate 323~342 *Artemia* nauplius and 30-day-old hatched larvae ate 1,559~1,579 nauplius.

3) The highest growth rate of fingerlings reared at 3 different salinities(33.0, 27.0 or 20.0‰) were obtained at the 27‰ group followed by 33.0 and 20.0‰ respectively. The relationship between the days of rearing(X) and the total length(Y) of the fingerlings were as follows:

33.0‰ group : Y = 0.107X - 2.532 (r = 0.982)

27.0‰ group : Y = 0.116X - 3.195 (r = 0.975)

20.0‰ group : Y = 0.116X - 2.693 (r = 0.987)

The slop of each experiment between 27.0~33.0‰ and 20.0‰ was significantly different in those values.

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

Ⅰ. 緖　　論

자주복, *Takifugu rubripes*(Temminck et Schlegel)은 경골어류 복어목 참복어과에 속하며, 우리나라 전 연안과 일본해 서부, 동 중국해에 분포한다. 자주복은 전장 70㎝ 이상까지 성장하는 대형어로서(Abe, 1949; 松原, 1955), 비교적 성장속도가 빠르고 경제적 가치가 높은 고급어종이다.

인근 일본에서는 藤田(1962)가 복어류 생태와 양식에 관한 기초적 실험을 수행한 이후 남부지역을 중심으로 한 복어류 양식생산량은 1987년까지 1,000톤 내외였으나 1989년 이후 가속적인 증가를 보여 1991년에는 3천 6백톤에 달했다.

우리나라 해산어류 양식상황은 넙치양식에 치중되어 있으므로 품종의 다양화가 절실히 요구되며, 그 대상종으로서 자주복은 일찍부터 예견되어 왔다(卞과 盧, 1970; 盧와 卞, 1971).

자주복의 종묘생산에 관한 연구로 국내에서는 李와 金(1969)의 초기발생과 사육, 卞과 盧(1970)의 종묘생산에 관한 연구, 鄭(1990)의 초기사육에 관한 연구 등이 있으며, 일본에서는 高井와 松井(1963)의 인공수정에 의한 발생과 부화자어 사육, 林田 等(1981, 1983), 北田와 北島(1982, 1983) 등의 종묘생산에 관한 연구 등을 찾아 볼 수 있다.

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

어류의 종묘생산시 빈번히 발생하는 초기감모는 먹이종류와 질, 상호공식 그리고 세균과 기생충 발생에 의한 폐사와 환경요인으로는 수온, 염분, 용존산소 그리고 사육수질의 악변 등을 들 수 있다. 환경요인중 년중 16.0~18.0℃의 일정한 수온을 나타내는 제주도 연안의 풍부한 지하 침투 해수는 양식 용수로서 경제적 가치가 높지만, 지역에 따라 지하해수의 염분농도는 20.0~30.0‰의 저염분을 나타내고 있어 해산어류의 초기 종묘생산시 문제점으로 대두 되고 있다(盧와 卞, 1986).

염분농도에 따른 자·치어의 성장과 생존율에 대한 연구로는 넙치의 사육생태에 관한 연구(安永, 1971; 1975; 1976; 1983; 安永와 輿石, 1980; 輿石, 1983; 全과

盧, 1991), 감성돔(李와 盧, 1987) 등에서 이루어지고 있으나 자주복에 관한 연구는 아직 미흡한 실정이다.

이 연구는 발생 단계별 자주복의 종묘생산과 자·치어의 양성과정에서 염분농도 범위가 다양한 지하 침투 해수를 이용할 수 있는지의 가능성을 파악하고, 순환여과 시스템을 이용하여 치어를 장기간 사육하면서 치어기의 적정염분농도를 구명하고자 하였다.

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

II. 材料 및 方法

이 연구에 사용한 자주복 수정란은 1992년 5월 3일에 일본 瀨戶內海에서 자연산 친어로 부터 인공채란하여 수정시킨 7,200개와 1993년 5월 24일에 도내에서 인공종묘를 양성시킨 친어로 부터 채란·수정한 37,500개를 사용하였다.

수정란은 제주대학교 해양연구소(함덕소재)의 종묘생산실에 운반하여 저면이 원뿔형인 원통형 아크릴수조(40cm x 70cm, 280ℓ)에서 立石(1984)의 고밀도 부화방법에 의하여 부화시켰다.

1. 염분농도별 수정란과 부화자어의 염분내성

자주복 수정란의 염분농도에 따른 부화율을 파악하기 위해 0.0‰(S0), 3.5‰(S3.5), 7.0‰(S7), 14.0‰(S14), 20.0‰(S20), 27.0‰(S27), 33.0‰(S33)의 7단계 시험구로 구분하고, 각 염분농도별로 수정란을 1ℓ 비이커에 200개씩 수용하였다. 각 시험구는 4개씩 설치하여 최종 부화시까지 8시간 간격으로 기형률과 부화율을 조사하였다.

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

자어의 성장 단계별 염분내성을 조사하기 위하여 염분농도를 7.0‰(S7), 14.0‰(S14), 20.0‰(S20), 27.0‰(S27), 33.0‰(S33)의 5단계 시험구로 구분하였다. 부화후 30일째에는 3.5‰(S3.5), 7.0‰(S7), 14.0‰(S14), 20.0‰(S20), 27.0‰(S27), 33.0‰(S33)의 6단계 염분농도로 구분하여 20ℓ 사육조에 50마리씩 수용하고, 모든 시험구는 동일한 조건으로 5개씩 설치한 뒤 평균치를 취하였고, 폐사개체는 6시간마다 계수하여 생존율을 조사하였다.

각 시험구의 처리수는 Mohr의 질산은 적정법에 의해 보정된 비중계로 염분농도를 보정하여 1일 사육수를 ½씩 부분 환수 하였으며, 시험기간동안 시험수조의 수온은 17.0~18.0℃로 일정하게 유지된 항온실에서 실시하였다.

2. 자주복 자어의 포식량 조사

부화후 20일과 30일에 염분농도에 따른 포식량을 조사하기 위하여 1ℓ 플라스틱 사육조에 염분농도를 7.0‰(S7), 14.0‰(S14), 20.0‰(S20), 27.0‰(S27), 33.0‰(S33)로 조절한 해수속에 자주복 자어 1마리씩을 수용하였다.

각 시험수조에는 부화직후 *Artemia*의 nauplius유생을 1,500 및 2,000개체를 공급하고 14시간 후에 시험어를 제거한 후 잔존한 *Artemia*를 계수하여 포식량을 구하였다. 각 염분농도 시험구는 동일한 시험구 10개씩 설치하고 조사결과는 최고치와 최저치를 버리고 8개 수조의 평균치를 취하였다. 시험장소는 항온암실에서 수온은 17.5~18.0℃로 일정하게 유지 하였으며, 인공조명으로 조도는 부화후 20일째는 1,500*lux*, 30일째는 1,000*lux*를 유지하였다.

3. 장기사육에 따른 치어의 성장과 생존율

저염분에 따른 장기간 사육에서 치어의 성장과 생존율을 조사하기 위하여 앞에서 실시한 시험에서 자어의 염분내성 및 포식력이 높게 나타난 20.0‰(S20), 27.0‰(S27), 33.0‰(S33)의 3단계 염분농도를 설정하였다. 시험어는 평균전장 및 평균체중이 각각 4.24±0.49cm, 2.07±0.65g 되는 치어를 1수조에 50미씩 수용하였다.

사육수조는 Fig. 1에서와 같은 system으로 원형 FRP 500ℓ의 수조 3개를 이용하여 1개는 여과조, 2개는 사육조로 사용하였고, 여과조의 여과재는 자갈(직경 5~20mm)과 굴조가비를 이용하여 역여과 방식으로 행하였다. 시험기간 중 사육수조의 사육수 순환은 5.7~6.2회를 유지했다. 시험어의 먹이공급은 먹이가 남지 않도록 하루에 6~7회에 걸쳐 주었고, 사육환경의 측정은 수온: 棒狀溫度計, pH : pH meter(HORIBA-7LD), 용존산소 : Winkler법, NH_4^+ - N : phenate method, NO_3^- - N : Cadmium reduction method, NO_2^- - N : Sulfanilamide-N.E.D, PO_4^{3-} - P : ascorbic

acid법에 의하여 2일 간격으로 측정했다.

시험어의 생물학적 측정은 전장과 체중을 10일 간격으로, petri dish에 모눈종이를 이용하여 1㎜ 단위까지, 체중은 전자저울을 이용해 0.01g까지 측정하였고, 생존율은 생존수 전체를 계수하여 구하였으며, 일간성장율(G), 일간급이율(F), 증육계수(GC), 비만도(CF)는 아래의 식으로 각각 산출하였다.

$$CF = BW / TL^3 \times 1000$$

$$W = W_2 + W_3 - W_1$$

$$G = W / \{d \times (W_1 + W_2 + W_3)/2\} \times 100$$

$$F = f / \{d \times (W_1 + W_2 + W_3)/2\} \times 100$$

$$GC = f / W$$

BW : 평균체중　　TL : 평균전장

W : 증중량　　f : 급이량

d : 사육일수　　BW : 평균체중

W_1 : 시작시 총어체중　　W_2 : 종료시 총어체중

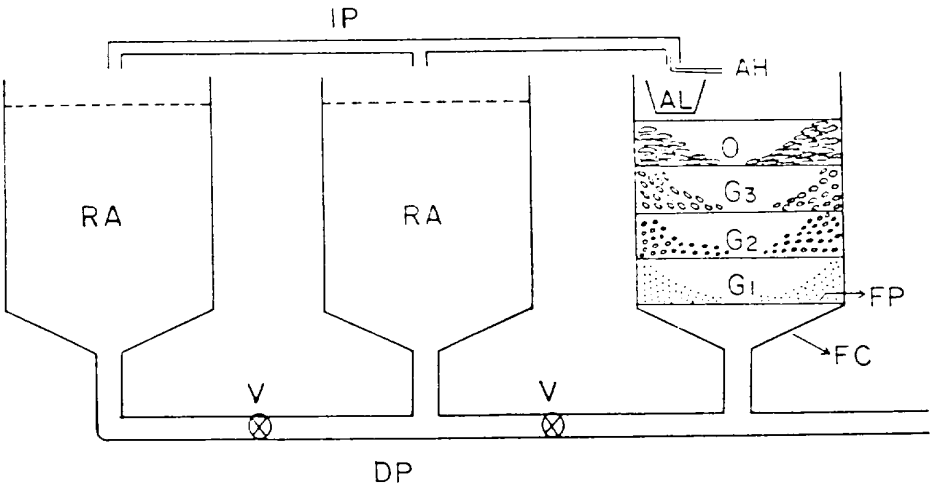
W_3 : 폐사 추정중량

= (시작시 평균체중 + 종료시 평균체중) x 폐사 마리수 / 2

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

사육수조 내의 물 교환은 사육후 45일째 무기태질소가(15ppm) 증가 하였을 때 사육수의 ½을 환수하였고, 증발에 의한 사육수의 감량은 증발된 양 만큼 담수로 보충하였다.

이 시험의 통계 처리는 스티프 그래픽스 소프트웨어(Statistical Graphics croporation)를 사용하여 ANOVA test(Nie 등, 1975)에 의해 유위성($P<0.05$) 검정을 실시하였다.



제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

Fig. 1. Schematic diagram of closed recirculating sea water system for rearing experiment.

RA : Rearing aquarium(0.5ton)　　FC : Filter chamber(0.5ton)

AH : Air hoses　　AL : Air lift

O : Oyster shell　　FP : Filter plate and spacer

DP : Drainage pipe　　IP : Inflow pipe

V : Valve　　AL : Air lift

G : Gravel(G_1:dia.5mm, G_2:dia.10mm, G_3:dia.20mm)

Ⅲ. 結　　果

1. 초기 성장

자주복 자어의 성장 단계별 염분내성과 장기사육을 통한 성장과 생존율은 자주복 수정란 7,700개에서 부화된 5,950마리를 이용하였으며, 1992년 5월 10일 부터 동년 7월 12일(64일간)까지 사육한 결과는 Fig. 2와 같다.

부화직후의 자어는 3.24±0.4㎜였으며, 부화후 20일째의 전장은 5.52±0.2㎜였고, 생존율은 68.28%로 나타났다. 이 시기에 있어서 고밀도의 사육과 자어의 성장에 따른 상호 공식현상이 나타났다. 부화후 26일 부터 37일까지 먹이전환을 위해 전갱이 육질과 배합사료, 그리고 Vitamin C, E를 혼합한 민찌육을 만들어 급이하였으며, 먹이전환이 이루어진 부화후 37일째에는 전장 14.83±0.7㎜로 성장 하였으나, 생존율은 36.29%로 낮게 나타났다.

이 기간동안 자주복 자어의 심한 성장차로 인한 공식현상이 감모의 요인으로 나타나므로 공식방지를 위해 부화후 37일째에 자어를 선별하여 수용하였고, 어체 크기에 맞게 사료크기와 사육밀도(2개체／ℓ)를 조절함으로써 공식에 의한 폐사율을 최소화 하였다.

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

부화후 62일에는 전장 39.27±0.4㎜로 성장하였으며, 생존율은 20.97%였다. Fig. 2에서와 같이 부화후 32일 까지의 부화일수에 따른 성장관계는 Y=6.202X + 2.016(r=0.903)였으며, 부화후 32일 이후부터 62일까지의 성장관계는 Y=0.962X + 21.903(r=0.971)로 나타났다.

시험기간 중 수온의 변화는 Fig. 3과 같이 18.4～22.6℃, 비중은 1.0240～1.0245였다.

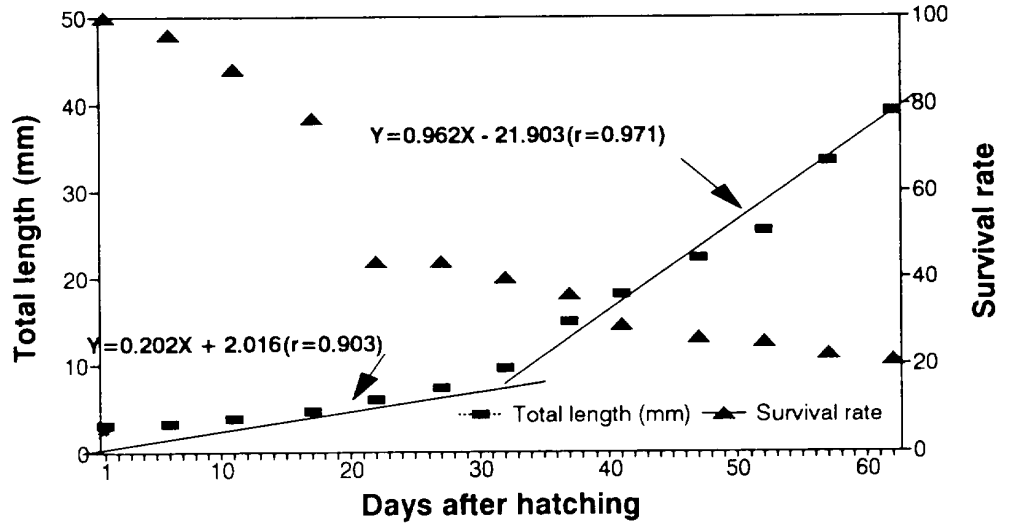
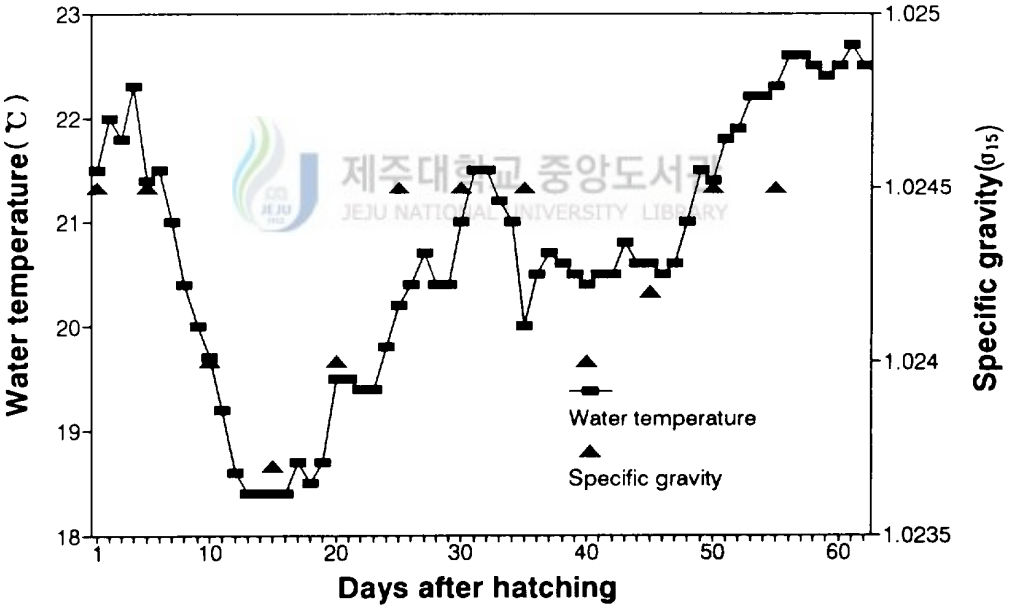


Fig. 2. Growth of total length and survival rate of the Tiger Puffer fry during experimental 62 days after hatching.



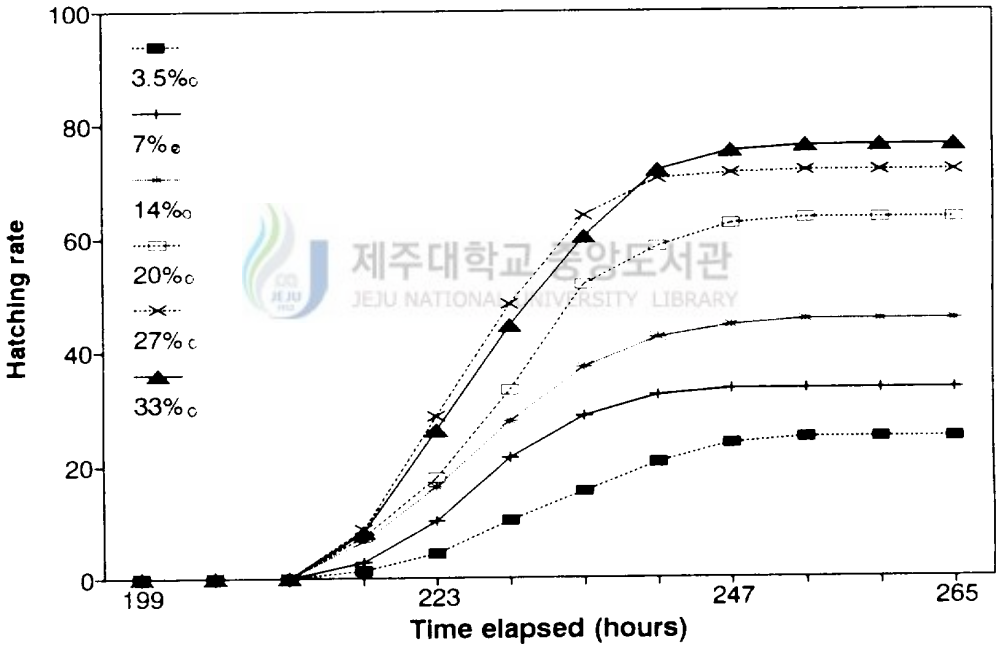
제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

Fig. 3. Fluctuations of water temperature and specific gravity of rearing sea water of during experimental 62 days after hatching.

2. 염분농도별 내성

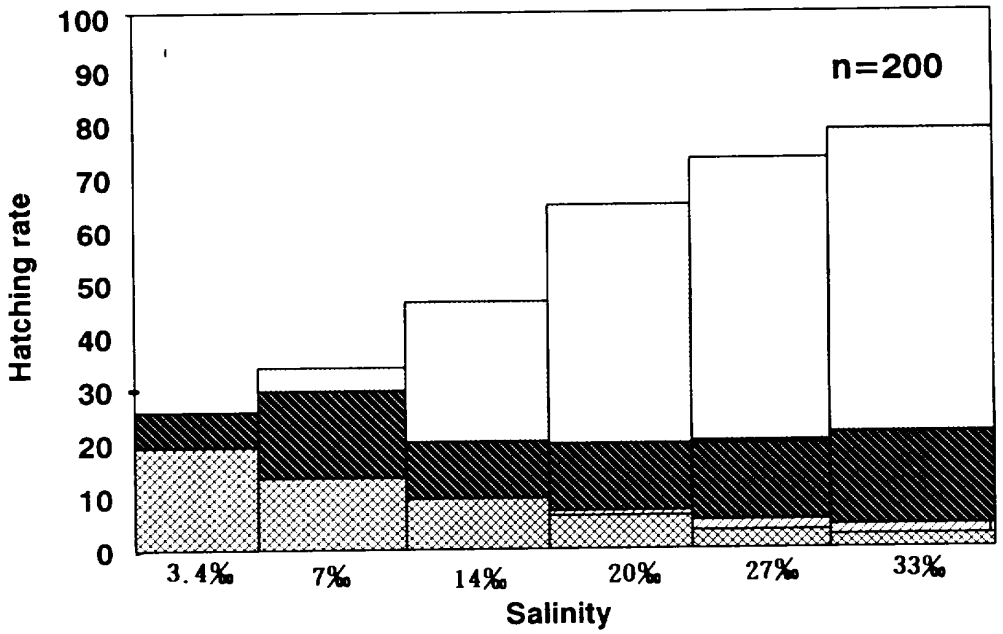
수정란의 염분농도별 경과시간에 따른 부화율은 Fig. 4와 같다.

수온은 16.4~16.8℃였으며, 전 시험구에서 최초 부화는 수정후 207시간 부터 시작되어 수정후 259시간까지 계속되었다. 각 염분농도별 부화율과 기형률, 생존율은 Fig. 5와 같이 S0에서는 전혀 부화가 되지 않았으며, S3.5에서는 24.8%였고 부화율에 따른 기형률은 17.0%였으며, S7에서는 부화율 33.1%, 기형률 13.0%, 생존율 16.0%였다. S14에서는 부화율 45.5%, 기형률 8.0%, 생존율 26.0%였으며, S20에서 부화율 63.5%, 기형률 6.0%, 생존율 46.0%였다. S27 이상에서는 부화율 71.3~76.4%와 기형률 4.0~5.0%, 생존율 49.0~54.0%로서 모든 시험구에서 가장 좋은 결과를 보였다.



제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

Fig. 4. The hatching rate of fertilized egg of Tiger Puffer at six step salinities during 265 hours



제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

Fig. 5. The hatching and survivalrates at the 36 hours after hatching of fertilized egg of the Tiger Puffer treated with six step salinities.

Normal hatching

Normal hatching(Death)

Abnormal hatching

Abnormal hatching(Death)

Death

부화후 1일째 자어를 각염분농도별로 96시간 처리한 후의 생존율은 Fig. 6과 같다. S33과 S27의 생존율은 70.6%와 70.2%였지만, S20과 S14에서는 54.6%와 52.4%였고, S7에서는 38.0%로 시험구 중 가장 낮은 생존율을 보였다. 경과시간에 따른 염분농도 구간에 있어서 생존율에 대한 유의성 검정 결과는 24시간 경과시 성적이 좋은 S27과 S33 사이에서는 유의차가 없었다. 48시간 경과시에는 모든 시험구에서 유의차가 인정되었으나, 시험 종료시인 96시간 경과시에는 성적이 좋은 S27, S33에서는 유의차는 없었지만 나머지 시험 구간에서는 유의적이였다($P<0.05$).

부화후 10일째의 자어를 96시간 염분농도별로 처리한 후의 생존율은 Fig. 6과 같이 S33, S27, S14, S7의 순으로 나타났다. 각 염분농도와 시간경과에 따른 자어의 생존율의 변화는 12시간까지는 모든 시험구에서 89.2%로 높게 나타났지만, 그후 시간이 경과하면서 S7에서는 급속도로 폐사율이 증가하여 36시간 후 59.6%였고, 다른 시험구에서는 69.6~80.0%였다. 시험 종료시인 96시간째에는 S7에서 48.4%로 감소되었고, 나머지 시험구에서는 64.0~72.4%였다.

염분농도 구간의 생존율 차이에 대한 유의성 검정 결과는 36시간 경과시와 시험 종료시에 각각 생존율이 가장 낮게 나타났던 S7은 모든 시험구에 대해 유의적이였고, S14는 S33에 대해서 유의적 이였으나($P<0.05$) 다른 시험구간에는 유의차가 없었다.

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

부화후 20일째 자어의 염분농도에 따른 생존율은 Fig. 7과 같다. 이 시기에 자어는 저염분에 대한 내성이 강하여 S7에서 89.6%, S14에서 92.8%, S20 이상의 모든 시험구에서는 93.2% 이상이였다.

부화후 30일째의 염분농도별 시간경과에 따른 생존율은 이 연구에서 최저 염분농도인 S3.5에서 92.8%였다. 다른 시험구에서는 97.2~98.4%였다(Fig. 7).

부화후 20일과 30일째의 유의성 검정 결과 전 시험기간을 통해 모든 시험구에서 유의차는 인정되지 않았다.

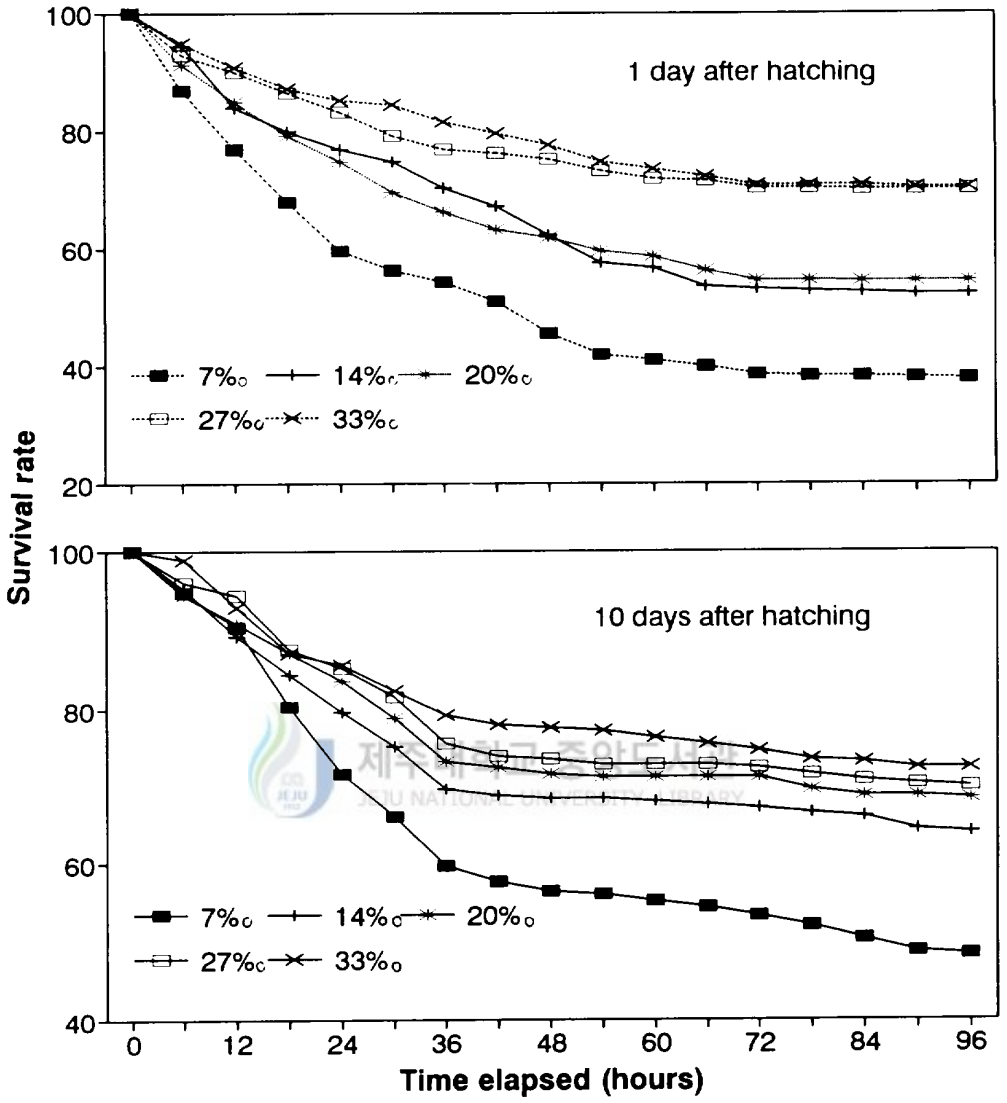
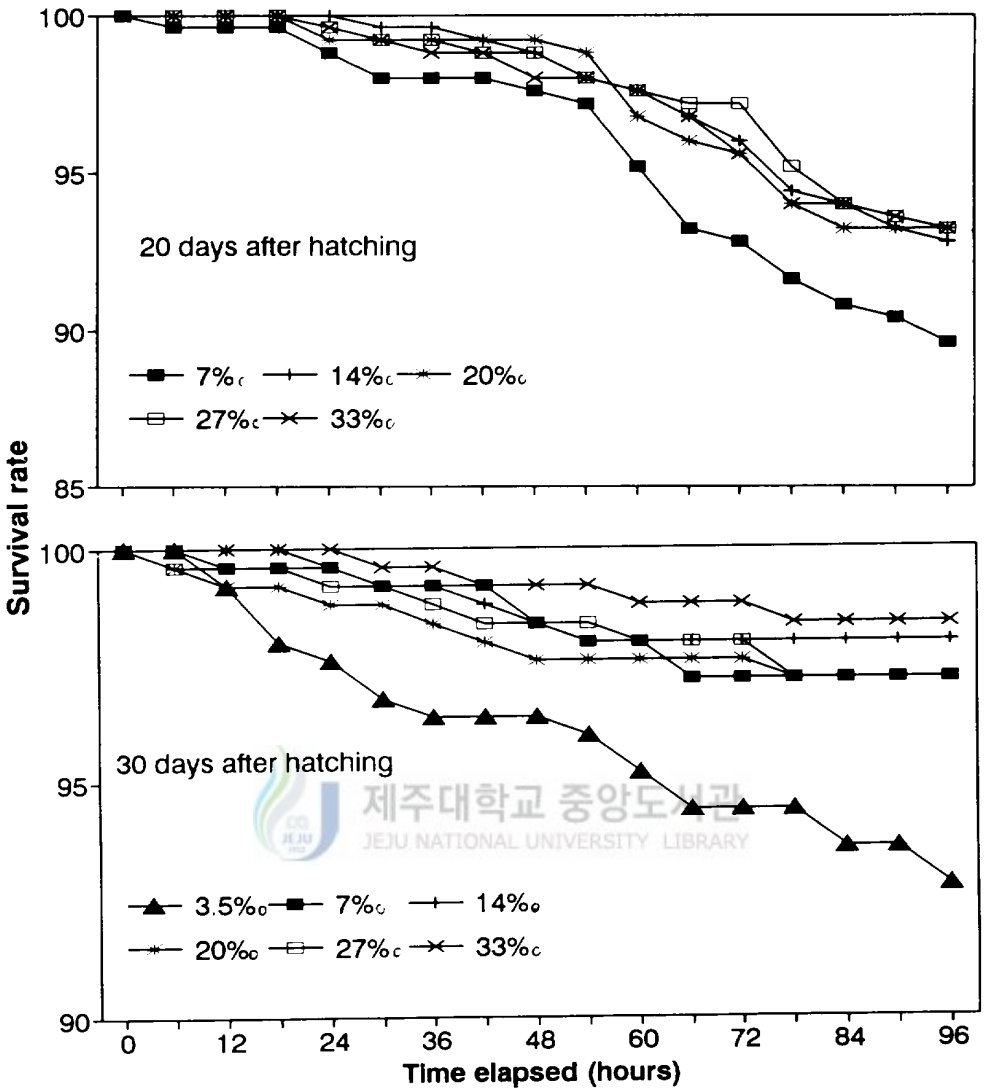


Fig. 6. Survival rates at 1 and 10 days larval stages in five step salinities



제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

Fig. 7. Survival rate at the 20 and 30 days larval stages in five and six step salinities.

3. 자어의 염분농도에 따른 포식량

부화후 20일과 30일째의 자주복 자어에 대한 염분농도에 따른 포식량을 조사하기 위하여 LD cycle 14 : 10 조건하에서 5단계 염분농도(S7, S14, S20, S27, S33)별 *Artemia* nauplius의 포식량을 조사한 결과는 Fig. 8과 같다.

부화후 20일째(전장 5.25㎜) 자어의 14시간 동안 포식량은 S27과 S33에서 최대 포식량 인 323~342개체에 달하였고, S20 이하에서는 168~236개체로 감소하였다. 각 염분농도 구간의 포식량 차이에 대한 유의성 검정 결과 모든 시험구에서 유의적이였으며, 포식량은 S33, S27, S20, S14, S7순으로 나타났다.

부화후 30일째 전장 8.43㎜인 자어의 포식량은 S27에서 1,559, S33에서 1,579개체로 최대 포식량에 달하였고, S20 이하의 시험구에 있어서도 1,255~1,389개체를 포식하여 저염분농도에서도 전자에 비하여 포식량이 증가되었다.

각 염분농도 구간의 포식량 차이에 대한 유의성 검정 결과 최대 포식량에 달한 S27과 S33에서는 유의차가 없었으나, 다른 시험구에 대해서는 유의적이였다. 그리고 S14와 S20, S14와 S7사이에는 유의차가 없었으나, S20과 S7사이에는 유의적이였다($P<0.05$).

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

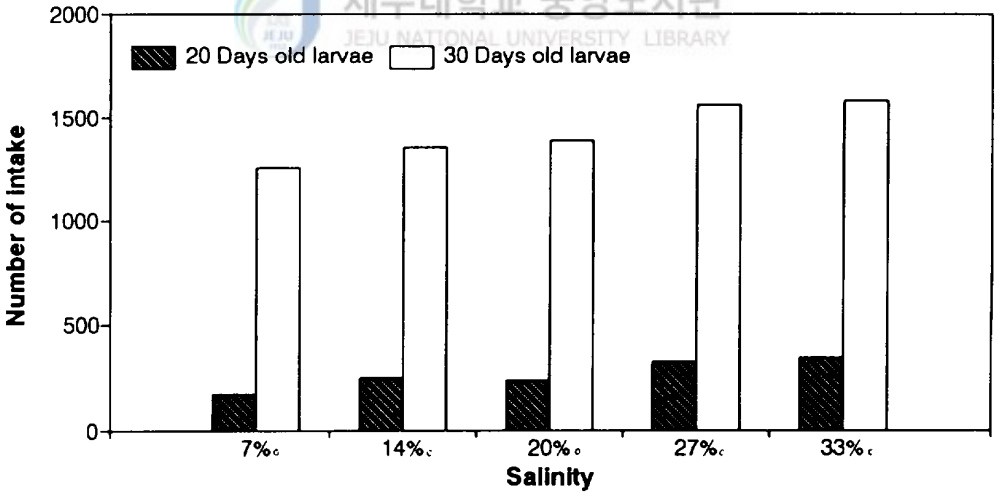


Fig. 8. Relationship between numbers of food intake of Tager Puffer(20, 30 days old larvae), under five step salinities.

4. 장기사육에 따른 치어의 성장과 생존율

1). 수질환경

폐쇄순환여과 사육조에서 어류의 성장에 직·간접적인 영향을 미치는 환경요인인 수온, 용존산소(DO), pH, 암모니아태질소(NH_4^+-N), 아질산태질소(NO_2^--N), 질산태질소(NO_3^--N) 그리고 인산인(PO_4^{3-}-P)을 조사한 결과는 Fig. 9, 10과 같다.

용존산소량은 각 시험구에서 3.03~7.35㎖/ℓ의 범위로써 평균 4.75㎖/ℓ 내외였고, pH는 7.04~8.25로 평균 7.39였고, 수온은 24.3~26.9℃로 평균 25.3℃였다(Fig. 9).

용존 무기태질소중의 암모니아태질소(NH_4^+-N)는 최초 사육용수가 0.003 ppm이였고 사육경과 일수에 따라 급격히 증가하여 15일째 S33에서 7.83ppm, 11일째 S27에서 5.99ppm 그리고 19일째 S20에서는 5.34ppm으로 각각 최고치에 달하였으며, 그후 점차 감소하여 17일째 S33에서 2.02ppm, 19일째 S27에서 1.60ppm 그리고 25일째 S20에서 0.72ppm으로 NH_4^+-N은 안정을 보이고 있다.

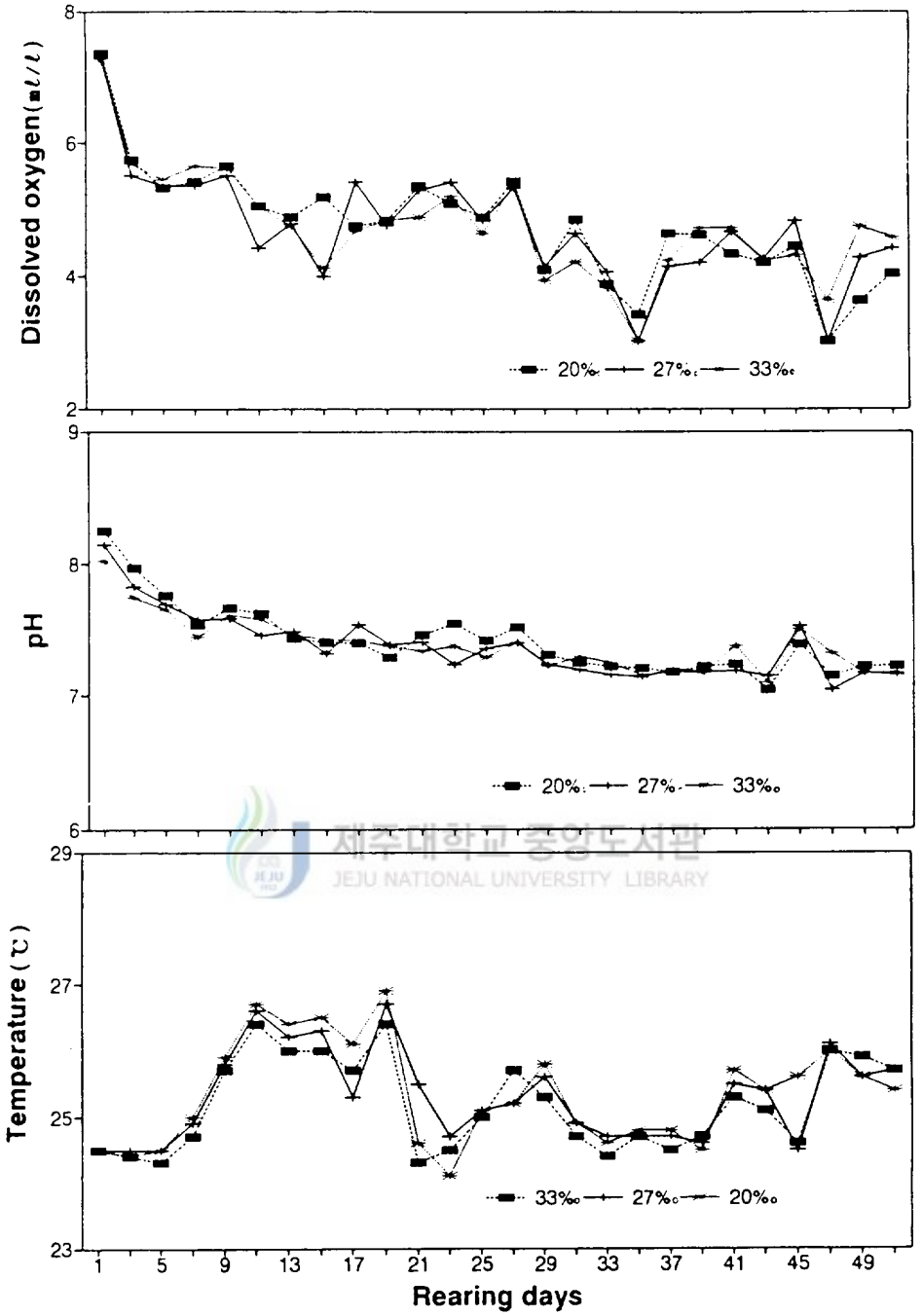
아질산태질소(NO_2^--N)는 시험 시작시 0.002ppm이였고, 사육경과일수에 따라 급격히 증가하여 17일째에 S33에서 7.25ppm, 21일째 S27에서는 5.97ppm, 그리고 33일째 S33에서는 0.57ppm, 29일째 S27에서는 0.75ppm, 그리고 31일째 S20에서는 0.08ppm으로 안정수준에 도달하였다.

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

질산태질소(NO_3^--N)는 최초 사육용수에 있어서 S33시험구 0.03ppm, S27시험구 0.65ppm, 그리고 S20시험구에서는 1.37ppm 이였고, 사육일수가 경과함에 따라 증가하여 45일째 각 시험구는 17.66ppm, 18.83ppm, 15.33ppm을 나타냈다.

시험 말기인 45일째 각 시험구의 사육수를 ½씩 부분환수 함으로써 47일째 S33에서 14.15ppm, S27에서 12.17ppm, 그리고 S20시험구에서는 10.52ppm으로 낮아졌다.

인산인(PO_4-P)은 각 시험구에서 0.01~2.56ppm이였다(Fig. 10).



제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

Fig. 9. Fluctuation of water temperature, dissolved oxygen and pH of rearing water during the period of rearing juveniles.

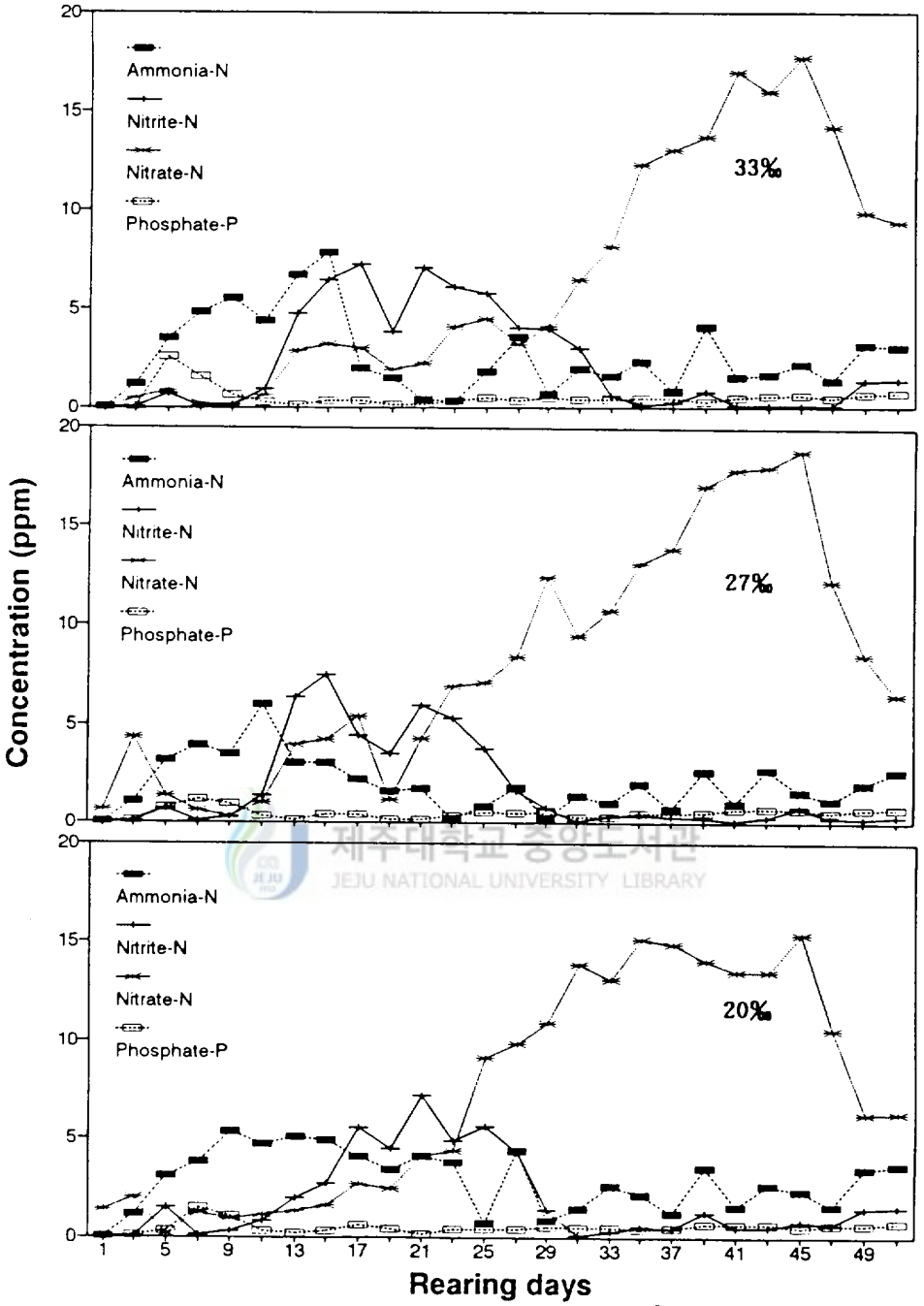


Fig. 10. Fluctuation of NH_4^+-N, NO_3^--N, NO_2^--N and PO^{3-}_4-P of rearing water during the period of rearing juveniles.

2). 성장과 생존율

자주복 치어에 있어서 염분내성과 포식력이 강하게 나타나는 S20, S27, S33을 대상으로 폐쇄순환여과 사육조에서 성장과 생존율을 파악하기 위해 50일간(부화후 65~115일) 사육 시험한 결과는 Table 1과 같다.

전장의 변화에 있어서 시험 시작시 각 시험구 공히 평균전장 429±0.50cm였던 개체가 시험 종료시인 50일째에 S33은 평균전장 9.55±0.62cm, S27은 9.74±0.72cm, S20에서는 9.19±0.59cm로 나타나 S27이 S33 보다 높게 나타났으며, S20이 가장 저조하였다.

염분농도별 사육일수에 따른 각 시험구별 전장의 성장관계식은 Fig. 11에서와 같이 S33은 Y=0.107X-2.352(r=0.9819), S27은 Y=0.11X-3.195(r=0.9751), 그리고 S20에서는 Y=0.106X-2.693(r=0.9872)였다. 체중의 변화는 시험 시작시 2.07±0.65g 이였던 것이 시험 종료시에는 S27은 23.08±5.05g, S33은 19.71±3.97g, S20에서는 18.55±3.50g이였다.

사육일수에 대한 각 단계별 성장차이를 유의성 검정한 결과 사육일수 10일 까지는 전장과 체중에 있어서 모든 시험구에서 유의차가 인정되어 S33, S27, S20로 순으로 성장했다. 전장에 있어서 사육일수 10일 부터 시험 종료시까지와 체중에 있어서는 10일부터 20일까지는 S27에 대한 S33에서는 유의차가 없었으나, S27과 S33에 대한 S20에서는 유의적이였다($P<0.05$). 체중에 있어서 20일부터 30일까지는 모든 시험구에서 유의차가 인정되었고, 사육일수 30일부터 40일까지는 S27에 대한 S33에서는 유의차가 없었으나, S27과 S33에 대한 S20에서는 유의적이였다($P<0.05$). 사육일수 40일 부터 종료일 까지 S20, S33에 대한 S27이 체중 증가는 유의적이였다($P<0.05$).

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

사육기간 중의 일간성장율은 Fig. 11에 나타난 바와 같이 사육일수 10일 까지는 S33, 사육일수 10~30일까지는 S27, 사육일수 30~40일 까지는 S20, 사육일수 40일 이후 시험 종료시까지는 S20시험구가 타 시험구에 비해 높은 성장율을 볼 수 있었다. 비만도는 전 시험기간을 통해 S27이 S33과 S20 보다 높았다.

전 시험기간 중의 생존율은 Fig. 12와 같이 S33이 다른 시험구에 비해 생존율이 높게 나타나 79.5%였고, S27은 76.0%, S20에서는 73.5%순을 보여, S33과 S27에서는 비슷한 생존율을 보였지만, S33과 S20에서는 유의적이였다(p,0.05).

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

Tabal 1. Results of rearing experimemts of juvenile Tiger puffer in three step salinities

Date	Days after hatching	Salinity (‰)	Mean total length Cm±(SD)	Mean body weight g±(SD)	Daily growth rate	Daily feeding rate	Survival rate	Coefficient of fatness	Growth coefficient
July 14	65	20	4.29±0.50	2.07±0.65			100.0	26.22	
		27	4.29±0.50	2.07±0.65			100.0	26.22	
		33	4.29±0.50	2.07±0.65			100.0	26.22	
24	75	20	5.33±0.29^{c}	4.00±0.65^{c}	6.39	6.57	91.5	27.16	1.03
		27	5.55±0.37^{b}	4.60±0.99^{b}	8.24	5.68	93.0	29.31	0.69
		33	5.91±0.42^{a}	5.20±1.06^{a}	9.36	5.14	96.0	28.05	0.55
Aug. 3	85	20	6.63±0.05^{b}	6.63±1.05^{b}	4.58	5.14	84.5	22.74	1.12
		27	6.82±0.67^{a}	8.18±1.45^{a}	4.64	3.92	88.0	25.81	0.85
		33	6.91±0.54^{a}	8.40±1.79^{a}	3.65	3.66	91.5	25.43	1.00
13	95	20	7.33±0.56^{b}	10.32±1.95^{c}	4.26	4.56	80.0	25.87	1.07
		27	7.91±0.68^{a}	12.80±2.78^{a}	4.30	3.54	82.5	25.91	0.83
		33	7.91±0.67^{a}	11.68±2.77^{b}	3.17	3.90	87.0	23.59	1.10
23	105	20	8.62±0.58^{b}	15.16±2.46^{b}	3.73	3.69	76.5	23.71	0.99
		27	9.08±0.71^{a}	17.89±3.81^{a}	3.28	3.00	80.5	23.86	0.90
		33	9.02±0.60^{a}	17.03±3.51^{a}	3.67	3.01	84.0	23.20	0.82
Sep. 2	115	20	9.19±0.59^{b}	18.55±3.50^{b}	1.98	3.11	73.5	23.90	1.57
		27	9.74±0.72^{a}	23.08±5.05^{a}	2.47	2.43	76.0	25.01	0.98
		33	9.55±0.62^{a}	19.71±3.97^{b}	1.42	2.60	79.5	22.64	1.83

All values are means±S.D. of randomly sampled 50 individuals.
Different superscripts indicate significance($P<0.05$)

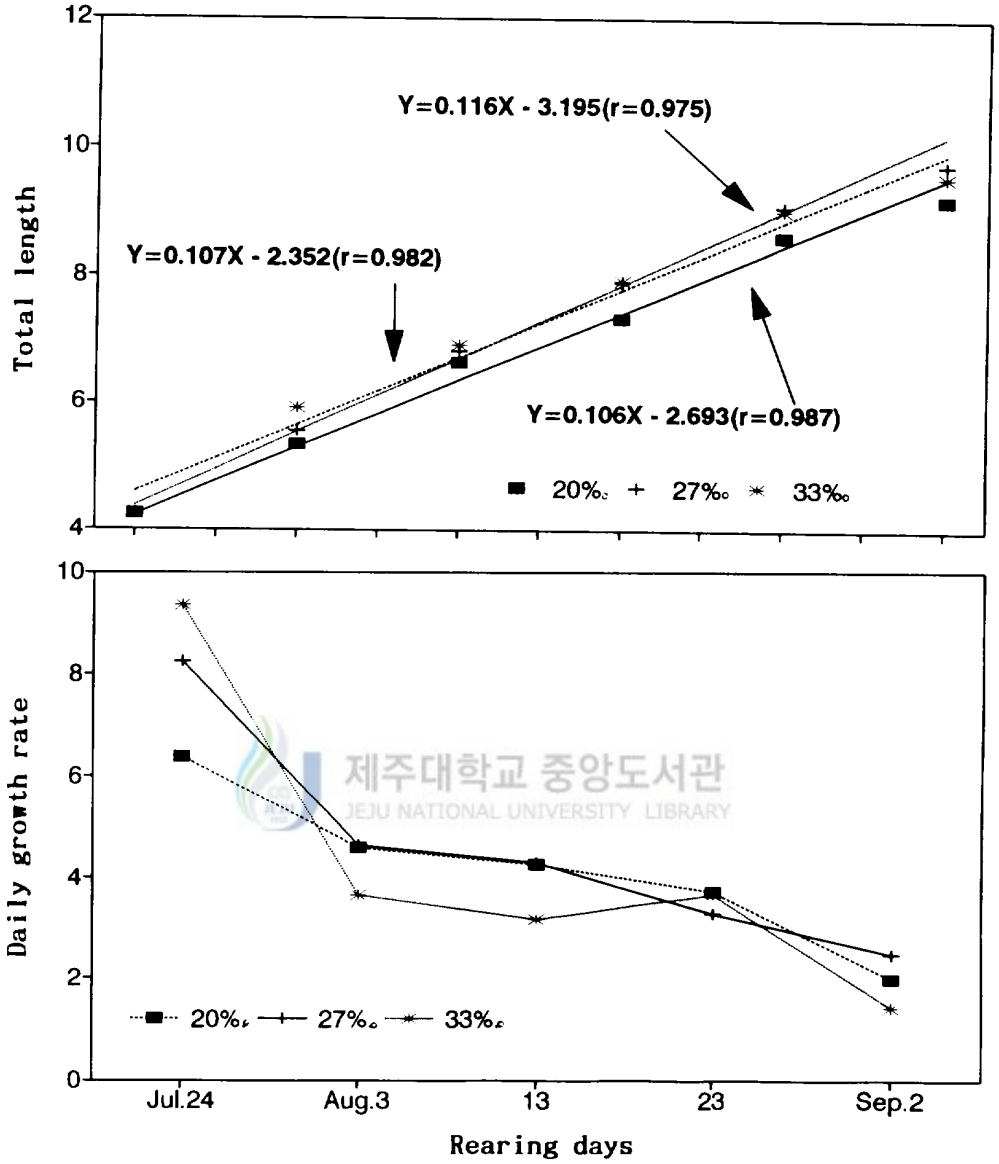
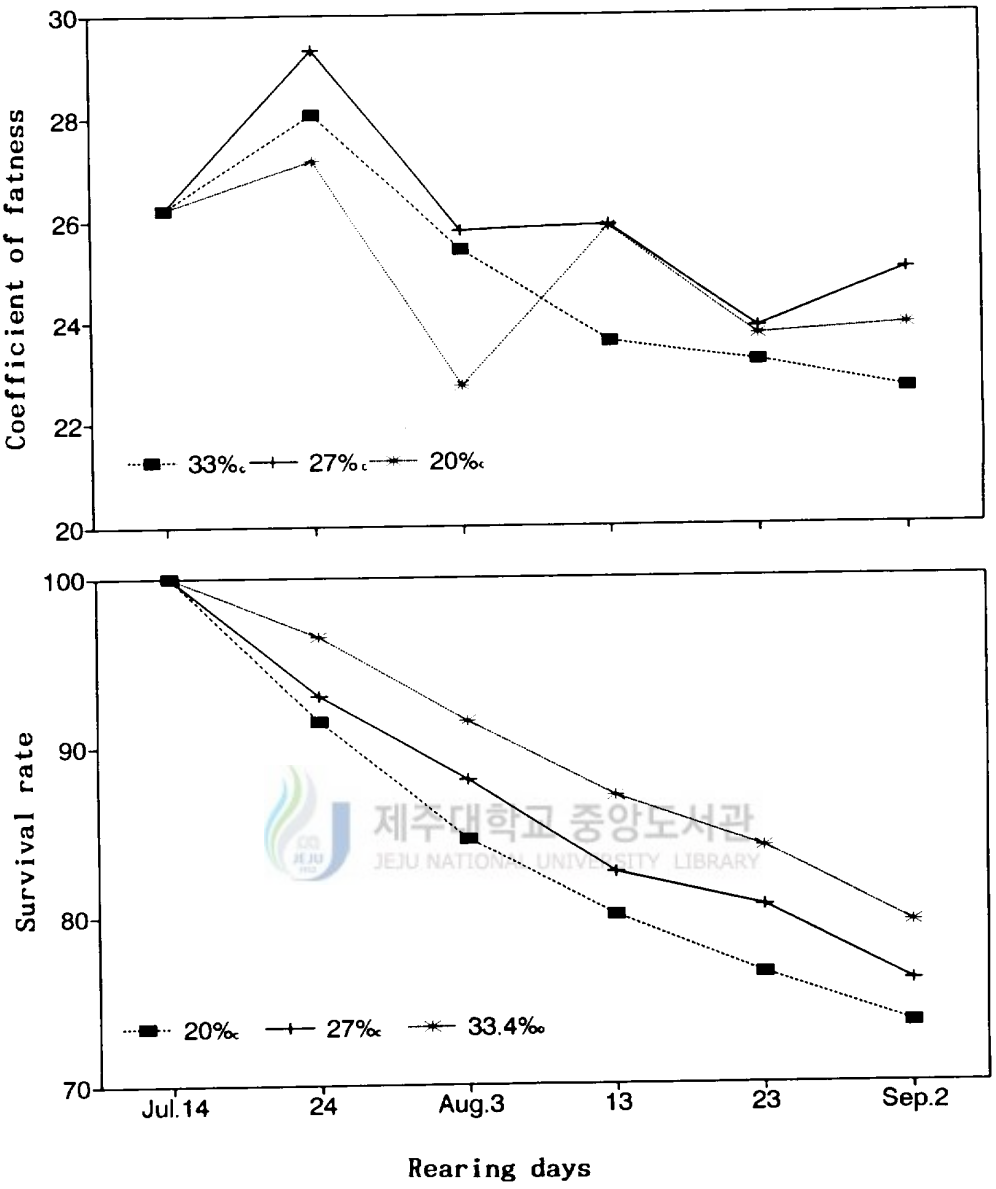


Fig. 11. Growth and daily growth rate of juvenilies Tiger Puffer reared in three step salinities.

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY



제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

Fig. 12. Survival rate and coefficient of fatness of juveniles Tiger Puffer reared in three step salinities.

Ⅳ. 考　　察

어류에 있어서 성어의 생식활동과 자·치어의 성장은 유전적, 생리적, 생식생태 등의 내적인 요인과 수온과 염분농도, 무기질소, 용존산소, 먹이생물 등의 환경적인 요인들이 영향을 미치고 있다(坂澤와 羽生, 1991).

환경요인 중 염분농도는 서식생태를 제한하는 요인으로서 수정란과 자·치어의 삼투압 조절능력에 관계하여 발생·성장 발달에 영향을 미치고 더 나아가서 생존율 좌우하게 된다(隆島와 羽生, 1989).

해산어류 수정란의 염분농도에 따른 부화율에 관한 보고는 청어 수정란의 경우 20~35‰ 범위에서 85~90%의 높은 부화율을 나타냈고, 12‰ 이하에 서는 부화율이 0%였지만, 20‰에서 부화율 15%, 그리고 33.7‰에서 부화율은 63%였다고 보고하고 있으며(Holliday와 Jones, 1965), 일반적으로 해산어 수정란의 부화 적정 염분농도는 34‰ 전후이며, 17‰ 이하의 저염분농도에서는 치명적인 영향을 준다고 알려져 있다(安永, 1975).

이 연구에 있어서 자주복은 0.0‰에서는 부화가 되지 않지만, 3.5‰에서 24.7%, 33.0‰에서 76.0%의 부화율을 나타냈고, 저염분일수록 부화율에 대한 기형률이 27.0~47.0%로 증가하였을 뿐만 아니라 부화 이후 폐사율이 높게 나타났다. 자주복이 청어와 넙치에 비하여 더 낮은 염분농도에서 부화가 가능하였던 것은 난막(난경 1.20~1.41㎜)이 두꺼워 환경변화에 대한 내성이 강한 종 특이성을 가지고 있어 3.5‰에서도 발생은 이루어지고 있지만, 부화후 저염분환경에 내성이 약하여 14.0‰ 이하의 시험구에서 부화율에 대한 8.0% 이상의 기형률과 54.0%의 높은 폐사율이 나타난 것으로 생각된다.

해산어류 부화자어의 염분내성에 대하여 넙치는 4.3~52.7‰ 염분에서 생존하였다고 보고하였으며(落合, 1981), 부화자어의 생존율은 20~40‰에서 80% 이상이고, 부화후 45일 되는 치어는 20‰ 이상에서 90% 이상이 생존하였다고 보고하였다(全과 盧, 1991).

감성돔, *Mylio macrocephalus*은 부화직후 자어는 14.1‰에서 48시간 동안 생존율 78%였지만, 성장할 수록 염분내성이 강해진다고 보고하였고(李와 盧, 1987), 자주복 치어는 염분농도 5‰까지는 생존하였으나 3‰ 이하 부터는 폐사율이 높았다고 보고하였다(卞과 盧, 1970).

이 연구에서 부화직후 자어는 27.0‰, 33.0‰에서 70% 이상 생존하였고, 부화후 10일째 20‰ 이상의 염분농도에서 64.8% 이상 생존하였으며, 부화후 20일째 89.2%, 부화후 30일째 이 연구에서 최저 염분농도인 3.5‰에서 92.8%가 생존하여, 자주복(卞과 盧, 1970)의 결과와 유사하였으며, 넙치(安永, 1975)와 감성돔(李와 盧, 1987)의 연구 결과와 같이 성장할 수록 저염분에서의 생존율이 증가 하는 경향과 잘 일치 되었다. 그러나 감성돔과 넙치에 비하여 저염분에서 더 높은 생존율을 볼 수 있었던 것은 자주복 부화자어가 더 강한 염분내성을 가진 것에 기인한 것으로 생각 된다.

시각에 의하여 포식하는 어류에 있어서 조도는 포식을 가능하게 하는 제한요인으로 중요 할 뿐아니라 포식량에 관여하는 요인이 되고있다. 해산어류의 치어기에 *Artemia*를 이용한 포식량 조사에서 감성돔의 전장 7~10㎜ 자어는 수온 16.0~18.0℃에서 조도가 2,000~5,000*lux*일때 100~120개체를 포식했고(李와 盧, 1987), 넙치 10㎜ 자어의 최대포식에 달하는 밝기는 1,000~5,000*lux*에서 수온 17.5~19.0℃일때 120~130개체를 포식했다(盧와 卞, 1986). 자주복 6㎜ 자어에서 가장 섭이가 좋았던 조도범위는 1,000~2,000*lux*에서 수온 20.0~21.0℃일때 425~450개체를 포식했고, 8㎜ 자어는 600~1,000*lux*에서 20.0~21.0℃일때 960~989개체를 포식했다(鄭, 1990).

어종과 자어의 크기 및 사육조건이 다소 다른 상태에서 정확한 비교를 하기는 다소 무리하다고 생각되나, 이 시험에서 자주복 전장 5.25㎜ 자어는 조도 1500*lux*에서 수온 17.5~18.0℃일때 일반 연안 해수의 염분농도인 33‰에서 342개체의 *Artemia*를 포식하여 감성돔(李와 盧, 1987)과 넙치(盧와 卞, 1986)의 결과 보다는

높은 포식량을 보였고, 자주복(鄭, 1990)에 비해서는 다소 낮은 값을 보였다.

8.43㎜ 자어에서는 감성돔 7~8㎜ 자어(李와 盧, 1987), 넙치 전장 10㎜ 자어(盧와 卞, 1986)와 같은 크기의 자주복(鄭, 1990)에 비해서 더 많은 1,579개체를 포식하였다. 이러한 차이는 어종에 따른 포식량의 차이와 자어의 크기, 먹이밀도 등이 사육조건과 사육환경이 서로 다른 데에서 기인한 것으로 생각되었다.

염분농도에 따른 자주복 자어의 포식량에 대한 연구보고는 찾아볼 수 없지만 자연에서 자주복은 유어기에 강 하구나 연안 천해의 저염분 수역에서 잘 채집되며, 18‰해수에서 수일 간 사육하여도 폐사하지 않았다는 藤田(1962)와 鄭(1977) 등이 보고가 있다.

이 연구에서 부화후 경과일수에 따른 염분농도별 자어의 포식량에 있어서 부화후 20일째에는 27.0‰ 이상에서 최대 포식량인 323개체에 달하였고 20.0‰ 이하에서는 168개체 이상을 포식했다. 부화후 30일째에는 27.0‰에서 1539개체 이상을 포식하였고, 20.0‰ 이하의 시험구에서는 1225개체 이상을 포식했다.

이상의 결과로 보아 자주복 자어는 성장함에 따라 삼투압에 관여하는 기관이 발달하면서 염분농도에 대한 내성이 강해지고 포식기구가 발달하기 때문에 30일째 자어의 저염분농도에서도 포식량의 차이가 적어진 것으로 생각된다.

장기사육시험기간 동안 사육수조내의 수질환경에 따른 개체의 성장에 있어서 일반적인 자주복의 성장 적수온은 16.0~25.0℃이고(川本, 1978), 16.0 ~18.0℃에서 부화후 80일째 전장 5.4㎝로 성장했고(藤田, 1962), 22.0~24.0℃에서 부화후 100일째 13.1㎝로 성장하였다(卞과 盧, 1970). 이 시험에서는 24.0~27.0℃의 다소 높은 수온범위에서 부화후 80일째 6.34㎝, 부화후 100일째 8.59㎝로 성장하여 전자에 비해서는 양호했고, 후자에 비해서는 낮은 결과를 보여 적어도 치어기에는 고수온에 대한 저응력이 강할 뿐 아니라 성장도 빠른 것으로 생각된다.

성장과 생존에 영향을 주는 외적환경 요인으로서 순환여과조내의 수질환경요인 중 질산화 과정에 있어서 해수의 이상적인 pH는 8.0~8.3으로 보고 하였다(Kawai

등, 1965). pH는 어종에 따라 뱀장어는 7.0(飯塚, 1972), 감성돔은 6.85~7.70(李와 盧, 1988)에서 안정사육이 가능하였다. 이 연구에서도 사육수의 pH가 7.0~8.3 범위에서 자주복의 섭이량과 활동에 별다른 변화가 없었으며, 어체에 피해를 일으킨 사례는 발생하지 않았다.

자주복 사육에서 용존산소는 2.00mℓ/ℓ까지는 정상상태를 보였지만, 2.00mℓ/ℓ 이하 부터는 질식하는 개체가 나타나기 시작한다(山元, 1990). 잉어 67g되는 치어의 용존산소량에 따른 먹이 공급량은 용존산소 2.0~2.5mg/ℓ에서 어체중의 2%의 먹이를 공급할 수 있고, 3.0~4.0mg/ℓ에서는 식욕이 보다 왕성하여 어체중의 5%를 공급할 수 있다(SAIFABDI와 Kim, 1989). 이 시험기간 중의 사육수조내에서의 용존산소량은 3.0~7.4mℓ/ℓ로서 山元(1990)의 정상상태의 기준치와 SAIFABDI와 Kim(1989)의 정상사육의 가능한 3.0~4.0mg/ℓ을 상회 하는 좋은 조건이 유지되기 때문에 섭이 능력이나 성장에 지장은 없었던 것으로 생각된다.

수산동물의 사육에서 직면하는 독성문제의 대부분은 유독한 질소화합물로서 어종이나 환경조건에 따라서 어류에 미치는 영향은 다르게 나타난다. 일반적으로 암모니아태질소(NH_4^+-N)는 모든 어류에게 미치는 독성이 높고 그 다음에 아질산태질소(NO_2^--N)을 들고 있지만, 아질산태질소은 담수에서 보다 해수에서 독성이 약하다고 한다(Stephen, 1979).

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

NO_2^--N에 있어서 Tilapia는 10ppm에서 성장에 별다른 영향을 받지 않았고(金, 1983), 뱀장어는 10ppm에서 성장에 지장을 주며(山形과 丹羽, 1982), NO_3^--N는 넙치 치어가 100ppm에서 100%의 생존율을 보여 어류에 있어서 전혀 영향이 없다고 보고 하였다(安永, 1976).

이 연구에서는 전 사육기간 중 NH_4^+-N는 0.03~8.80ppm였고, NO_2^--N은 0.002~7.49ppm, NO_3^--N 있어서는 0.03~18.82ppm로서 초기에 일시적으로 암모니아태질소와 아질산태질소치가 다소 높아진 때가 있었지만, 여과조의 기능이 정상적으로 가

동되면서 안정된 수질을 유지할 수가 있었기 때문에 성장과 생존에는 영향이 없었던 것으로 생각된다.

어류는 종류에 따라 염분에 대한 순응능력에 큰 차이를 보이며 담수 또는 해수에 옮겨도 전혀 장애를 받지않은 것이 있고, 어떤 종은 성장단계 어느 한 시기에서만 가능하다(卞과 盧, 1970).

사육수의 염분농도에 따른 成長과 攝餌에 관한 연구보고로는 연어, 송어류 등의 담수어에서는 염분농도가 담수보다 높은 염분(2‰)에서 성장이 가장 좋았고, 먹이 섭이는 10‰에서 촉진 되었다고 보고하고 있다(Canagaratnam, 1959: Arunachalam 등, 1979). 한편 興石(1985)은 넙치 치어의 성장률에 대한 저염분의 영향을 조사한 결과 75%(26‰)에서 성장, 사료효율이 최대를 보였고, 全과 盧(1991)는 넙치를 염분농도별로 장기사육 하였을때 성장에 있어서 27‰에서 가장 양호하였다.

이 연구에 있어서도 33.0‰, 20.0‰ 보다는 27.0‰에서 양호한 성장을 보여 넙치(全과 盧, 1991)와 일치 되는 경향을 보였으며, 50일간 사육시험에서 20‰과는 유의적이였지만, 33.0‰에 대해서는 비슷하게 나타났다.

이상에서의 결과로 보아 자주복 자·치어에 있어서 저염분에 대한 내성은 성장할 수록 강하여 수온 16.0~18.0℃, 염분농도 20.0~30.0‰ 범위가 년중 유지되는 제주도의 지하 침투 해수는 종묘생산과 전 양성과정에서 유리하게 이용할 수 있다고 생각된다.

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

V. 要　　約

제주도 육상양식에 있어서 널리 이용되고 있는 지하해수는 년중 수온 16～18℃로 양식수로서 적합하지만 지역에 따라 저염분(20～30‰)을 나타내고 있다. 따라서 자주복 종묘생산시 저염분(20～30‰)인 지하해수의 이용 가능성 여부를 파악하기 위해 6단계의 염분농도에서 수정난의 부화율, 발생단계별 생존율과 포식량을 조사하고, 자주복 치어(T.L 4.29±0.50㎝)를 3단계의 염분농도로 조정된 폐쇄순환여과조에서 50일간 사육한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 수정난의 부화율은 염분농도 27～33‰, 부화직후의 부화자어는 27～33‰ 그리고 부화후 10일째 자어에 있어서는 20～33‰에서 부화율과 생존율의 70% 이상이였고, 부화후 20일째와 30일째는 모든 염분농도에서 89.6%와 92.6%의 생존율을 보였다.

2) 발생단계별 *Artemia* 유생을 최대로 포식한 염분농도와 포식량은 부화후 20일째 자어는 27～33‰에서 323～342개체였고, 부화후 30일째 자어는 27～33‰에서 1559～1579개체였다.

3) 3단계 염분농도로 조정된 순환여과조에서 치어의 성장은 27‰가 가장 양호하였고 33‰, 20‰구의 순이였다. 각 염분농도별 사육일수(X)에 따른 전장(Y)과의 회귀직선 식은

33.0‰ group : Y = 0.107X - 2.352(r = 0.982)

27.0‰ group : Y = 0.116X - 3.195(r = 0.975)

20.0‰ group : Y = 0.116X - 2.693(r = 0.987)

각 시험구간의 기울기에 대한 유의성 검정결과 27～33‰구와 20‰구 사이에는 유의적이였다.

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

Ⅵ. 參 考 文 獻

Abe, T. 1949. Synopsis of the puffers from Japan and adjacent regions. Bull. Biogeograph. Soc. Jap. Jour. Ichthyol. 1(13), 1～189.

Arunachalam, S. and S. Ravichandrareddy. 1979. Food intake, growth, food conversion and body composition of catfish exposed to different salinities. Aquaculture, 16 : 163～171.

Canagaratnam, P. 1959. Growth of fishes in different salinities. J.Fish. Res. Board Cna., 16(1), 121～130.

全濟千 · 盧暹. 1991. 넙치, *Paralichthys olivaceus* (Temminck et Schlegel) 卵 및 仔稚魚의 鹽分耐性에 關한 硏究. 韓國養殖學會誌, 4(2), 73～84.

飯塚三哉. 1972. ウナギ. 農産魚村文化協會, pp.57～69.

林田 豪介 · 柿田 研造 · 松清 惠一. 1981. トラフグ種苗生産. 長崎縣水試事報., 57, 289～235.

林田 豪介 · 松清 惠一. 1983. トラフグ種苗生産. 長崎縣水試事報., 59, 233～235.

Holliday, F. G. T. and M. P. Jones, 1965, Osmotic requlation in the embryo of the herring, *Clupea harengus*. J. Mar. Biol. Ass. U.K., 45, 305～311.

藤田矢郎. 1962. 日本産主要フグ類の生活史と養殖に關する硏究. 長崎縣水産試驗場論文集, 2, 13～31.

坂澤靖男 · 羽生 功. 1991. 魚類生理學. 恒星社厚生閣. pp.125～316.

Jafar Saifabadi and I.B. Kim. 1989. Influence of Oxygen Concentration on the Food Consumption and Growth of Common Carp, *Cyprinus carpio*. J., of Aquaculture, 2(2), 55～90

鄭文基. 1977. 韓國魚圖譜. 一志社. 서울. pp.597～609

제주대학교 중앙도서관 JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

鄭潤石. 1990. 자주복, *Takifugu rubripes*(T.et S.)의 初期飼育에 關한 硏究. 濟州大學校 大學院 碩士論文. 35pp.

Kawai, A., Y. Yoshida and M.Kinta. 1965. Biochemical Studies on the bacteria in aquarium with circulating system. II. pp 37～140

川本信之. 1978. 養魚學各論. 恒星社厚生各. 東京. pp.55～118.

金仁倍. 1983. 無濾過循環水탱크利用 Tilapia의 高密度飼育實驗. 韓水誌., 16, 59～67.

北田 哲夫 · 北島 力. 1982. トラフグの種苗生産實驗. 長崎縣水試事報., 57, 238～247.

北田 哲夫 · 北島 力. 1983. トラフグの種苗生産實驗. 長崎縣水試事報., 58, 170～177

興石裕一. 1983. ヒラメ稚魚の成長に對する鹽分の影響. 近海漁業資源の家魚化システムの開發に關する綜合硏究(マリ-ソラチソグ計劃), 1. 61～ 67.

李秉暾 · 金容億. 1969. 韓國産 主要 海産魚類의 種苗生産에 關한 硏究, 1. 자주복의 卵 發生과 仔魚의 成長에 대하여. 釜水大臨海年報., 2, 1～1.

李定宰 · 盧暹. 1987. 감성돔, *Mylio macrocephalus*(Basilewsky)의 種苗生産에 關한 硏究. 濟州大學校 海洋硏究所 硏究報告, 11. 1～20.

李定宰 · 盧暹. 1988. 閉鎖循環濾過裝置에 의한 감성돔,*Mylio macrocephalus* 養殖에 關한 硏究. 濟州大學校 海洋硏究所 硏究報告, 12, 9～17.

松原喜代松. 1955. 魚類の形態と檢索. II 石崎書店. 東京. pp.791～1605.

Nie, N. H, C.H. Hull, J. G. Jenkins, K. Steinbrenenner and D. H. Bent. 1975. SPSS: Statistical package for the social sciences, 2nded. McGraw hill, New York, pp.675.

落合 明. 1981. ヒラメ生態·形態·習性から食性まで. 養殖 3. 48～51.

隆島史夫 · 羽生 功 1989. 水族繁殖學, 水産養殖學講座, 4, 綠書房, pp.222～237.

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

盧暹 · 卞忠圭. 1971. 자주복의 畜養에 關한 基礎的 硏究. 國立水産振興院硏究報告, 8, 93～106.

盧暹 · 卞忠圭, 1986. 濟州道産 魚類(농성어亞科)의 種苗生産에 關한 基礎的 硏究 및 넙치種苗 量産化에 關한 硏究. 濟州大 海洋科學大學 養殖實驗室, 3, 1～43.

卞忠圭 · 盧暹. 1970. 자주복, *Fugu rubripes*(Temminck et Schlegel)의 種苗生産에 關한 硏究. 韓國水産學會誌, 3(1), 52～64.

Stephen, S. 1979. Fish and invertebrate culture. Water management in closed systems. Awiley Interscience Pub., 1～179.

高井徹 · 松井魁. 1963. トラフグの種苗生産に關する豫察的硏究. 水産增殖, 臨時虎 2, 1～7.

立石樓. 1984. トラフグ種苗生産の現狀と要點ならびに問題點. 技術情報センタ-, 80～91.

山形陽一 · 丹羽誠. 1982. 日本ウナギに對するアンモニアの急性および慢性毒性. 日水誌., 48, 171～176.

山元憲一. 1990. 低酸素下におけるフリ, クラカケトラキス, カサコ, ネスミコチ, トラフクの酸素消費量の變化. 水産增殖, 38(1), 35～39.

安永義暘. 1971. ヒラメ卵稚仔魚の發生成長に及ぼす水溫鹽分の影響について. 東海區水硏報., 81. 151～169.

安永義暘. 1975. 海産魚類の卵稚仔魚の環境, 主に水溫.鹽分.容存酸素.水素オン濃度について. 東海區水硏報., 81, 171～183.

安永義暘. 1976. マコガレイおよびヒラメ卵稚仔魚の生殘に及ぼす各種汚染物質の影響について. 東海區水硏報., 86, 86～111.

安永義暘 · 輿石裕一. 1980. ヒラメ增殖の諸問題に關する基礎的硏究. 1.低鹽分順化攝餌および蝟集性について. 日水硏硏報東., 31, 17～31.

安永義暘. 1983. ヒラメ放流技術開發事業連絡協議會議資料, 山形縣栽培漁業センタ-

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

謝　辭

학문의 길이 얼마나 어려운지를 깨닫게 해주시고 사랑으로 보살펴 주신 노 섬교수님께 머리숙여 감사를 드립니다. 그리고 논문이 완성되기 까지 열과 성으로 정성스럽게 다듬어 주신 이기완 교수님, 이정재 교수님과 항상 관심을 갖고 조언과 지도편달을 해주신 백문하 교수님, 변충규 교수님, 정상철 교수님에게도 깊은 감사를 드립니다.

그리고 학위과정중 한마음같이 관심을 베풀어 주신 제주대학교 해양연구소 이영돈 교수님, 김영기 선생님, 직원 여러분들과 강법세 선배님께 감사드립니다.

또한 자료정리에 도움을 준 수산생물학과 대학원생과 어류양식 실험실 박무억, 황성일, 현충훈, 김종수, 양준봉, 강희철, 김미리, 현지훈, 고영수, 강행선에게도 고마움을 표합니다.

끝으로 사랑과 이해로서 뒷바라지를 해주신 부모님과 형제들에게 감사와 시작에 불과한 이 작은 결실을 바칩니다.

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY