

## 자주복, *Takifugu rubripes*의 난 및 자치어의 저염분내성

高桓峰 · 盧 暹\*

제주대학교 해양연구소 · \*제주대학교 증식학과

### Low Salinity Tolerance of Eggs and Juveniles of Tiger Puffer, *Takifugu rubripes*

Hwan-Bong Go and Sum Rho\*

Marine Research Institute, Cheju National University,  
Cheju 695-810, Korea

\*Department of Aquaculture, Cheju National University,  
Cheju 690-576, Korea

The experiment was performed to evaluate the possibility of utilizing underground sea water for the seed production of tiger puffer, *Takifugu rubripes*. For this purpose, the effects of 6 different salinities (3.5, 7.0, 14.0, 20.0, 27.0, 33.0‰) were determined based on the hatching rate of fertilized eggs, survival rate and the amount of food consumed by hatched larvae, where as the effects of 3 different salinities (20.0, 27.0, 33.0‰) were also examined with rearing tiger puffer juvenile ( $4.29 \pm 0.50$  cm in total length) for 50 days in the closed recirculating water system.

As a results, either the hatching or the survival rate of more than 70.0% were obtained from the fertilized eggs reared at the salinity of 27.0 to 33.0‰, the early hatched larvae at 27.0 to 33.0‰, and the 10-day-old larvae at 20 to 33.0‰.

At three different salinities, the survival rate of 20-day- and 30-day-old larvae turned out to be 89.0% and 92.5%, respectively. The salinity for maximum food intake thus appeared to be from 27.0 to 33.0‰.

In this condition, 20-day-old hatched larvae consumed 323~342 *Artemia* nauplii and 30-day-old hatched larvae ate 1,559~1,579 *A. nauplii*. The highest growth rate of fingerlings were observed at the salinity 27‰ and 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 slopes of regression line estimated from 27.0‰ and 33.0‰ groups were significantly different from that of 20.0‰ group.

Key words : Salinity tolerance, Egg, Juvenile, Tiger puffer

### 서 론

자주복, *Takifugu rubripes* (Temminck et

Schlegel)은 경골어류 복어목 참복어과에 속하며, 우리나라 전 연안과 일본해 서부, 동 중국해 등에 분포하고, 전장 70 cm 이상까지 성장하는 대형

이로서(Abe, 1949; 松原, 1955), 비교적 성장 속도가 빠르고 경제적 가치가 높은 고급어종이다.

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

우리 나라 해산어류 양식 상황은 넙치양식에 치중되어 있으므로 품종의 다양화가 절실히 요구되고 있으며, 그 대상종으로서 자주복은 일찍부터 연구되어 왔다(卞과 盧, 1970; 盧와 卞, 1971).

자주복의 종묘 생산에 관한 연구로 국내에서는 李와 金(1969)의 초기 발생과 사육, 卞과 盧(1970)의 종묘생산에 관한 연구, 盧와 鄭(1993)의 초기 사육에 관한 연구 등이 있으며, 일본에서는 高井와 松井(1963)의 인공 수정에 의한 발생과 부화 자어 사육, 林田 等(1981), 林田와 松浦(1983), 北田와 北島(1982, 1983) 등의 종묘 생산에 관한 연구 등을 찾아 볼 수 있다.

어류의 종묘생산시 빈번히 발생하는 초기 감모는 먹이 종류와 질, 공(共)공식 그리고 세균과 기생충 발생에 의한 폐사와 환경 요인으로 수온, 염분, 용존 산소 그리고 사육 수질의 악변 등을 들 수 있다. 환경 요인중 년중 16.0~18.0°C의 일정한 수온을 나타내는 제주도 연안의 풍부한 지하 침투 해수는 양식 용수로서 경제적인 가치가 높지만, 지하 해수의 염분 농도는 20.0~30.0‰로 자연 해수보다 저염분을 나타내고 있어 해산 어류의 초기 종묘 생산시 문제점으로 대두 되고 있다(盧와 卞, 1986).

염분 농도에 따른 자·치어의 성장과 생존율에 대한 연구로는 넙치의 사육 생태에 관한 연구(安永, 1971; 1975; 1976; 1983; 安永와 興石, 1980; 興石, 1983; 全과 盧, 1991), 감성돔(李와 盧, 1987) 등에서 이루어지고 있으나 자주복에 관한 연구는 아직 미흡한 실정이다.

이 연구는 발생 단계별 자주복의 종묘 생산과

자·치어의 사육 과정에서 염분농도 범위가 다양한 지하 침투 해수를 이용할 수 있는지의 가능성을 파악하고, 순환 여과 시스템을 이용하여 치어를 장기간 사육하면서 치어기의 적정 염분 농도를 구명하고자 하였다.

## 재료 및 방법

이 연구에 사용한 자주복 수정란은 1992년 5월 3일에 일본 瀬戸内海에서 자연산 친어로 부터 인공 채란하여 수정시킨 7,200개와 1993년 5월 24일에 제주도 내에서 인공 종묘를 양성시킨 친어로 부터 채란·수정시킨 37,500개를 사용하였다.

수정란은 제주대학교 해양연구소(합덕소재)의 종묘 생산실에 운반하여 저면이 원뿔형인 원통형 아크릴수조(40 cm×70 cm, 280 l)에서 立石(1984)의 고밀도 부화 방법에 의하여 부화시켰다.

### 염분 농도별 수정란과 부화 자어의 염분 내성

자주복 수정란의 염분 농도에 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 염분 농도별로 수정란을 1 l 비이커에 200개씩 수용하였다. 각 시험구는 4개씩 설치하여 최종 부화시까지 8시간 간격으로 기형률과 부화율을 조사하였다.

자어의 성장 단계별 염분 내성을 조사하기 위하여 염분 농도를 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 염분 농도로 구분하여 20 l 사육조에 50마리씩 수용하고, 모든 시험구는 동일한 조건으로 5개씩 설치한 뒤 평균치를 취하였고, 폐사 개체는 6시간마다 계수하여 생존율을 조사하였다.

각 시험구의 처리수는 Mohr의 질산은 적정법에 의해 보정된 비중계로 염분 농도를 보정하여 1 일



사육 수조 내의 물 교환은 사육실험 개시 45일째 무기태질소가 증가(15 ppm) 하였을 때 사육수의 1/2을 환수하였고, 증발에 의한 사육수의 감량은 증발된 양 만큼 담수로 보충하였다.

이 시험의 통계 처리는 스티프 그래픽스 소프트웨어(Statistical Graphics corporation)를 사용하여 ANOVA test (Nie et al., 1975)에 의해 유의성 검정을 실시하였다.

### 결 과

#### 염분 농도별 내성

수정란의 염분 농도별 경과 시간에 따른 부화율은 Fig. 2와 같다.

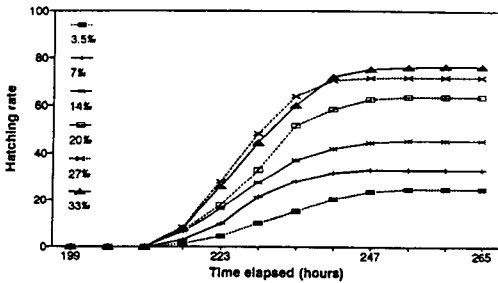


Fig. 2. The hatching rate of fertilized egg of tiger puffer at six different levels of salinities during 265 hours.

수온은 16.4~16.8°C였으며, 전 시험구에서 최초 부화는 수정후 207시간 부터 시작되어 수정후 259시간까지 계속되었다. 각 염분 농도별 부화율과 기형률, 생존율은 Fig. 3과 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.

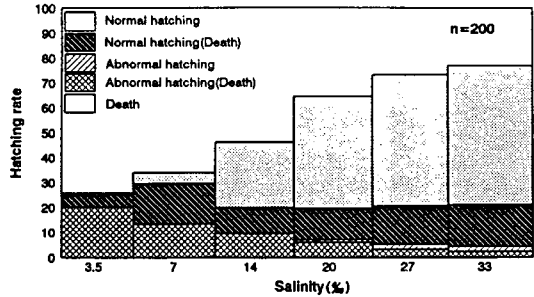


Fig. 3. The hatching and survival rates at the 36 hours after hatching of fertilized egg of the tiger puffer treated with six different levels of salinities.

자주복 자어의 성장 단계에 따른 각 염분 농도별로 96시간 처리한 후의 생존율은 Fig. 4와 같다.

부화후 1일째 자어는 S33과 S27의 생존율은 각각 70.6%와 70.2%였지만, S20과 S14에서는 각각 54.6%와 52.4%였고, S7에서는 38.0%로 시험구 중 가장 낮은 생존율을 보였다. 경과 시간에 따른 염분 농도 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 유의적이었다(P<0.05).

부화후 10일째의 자어의 생존율은 S33, S27, S14, S7의 순으로 나타났고, 각 염분 농도와 시간 경과에 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%였고, 생존율 차이에 대한 유의성 검정 결과는 36시간 경과시와 시험종료시에 각각 생존율이 가장 낮게 나타났던 S7은 모든 시험구에 대해 유의적이었고, S14는 S33에 대해서 유의적이었으나(P<0.05) 다른 시

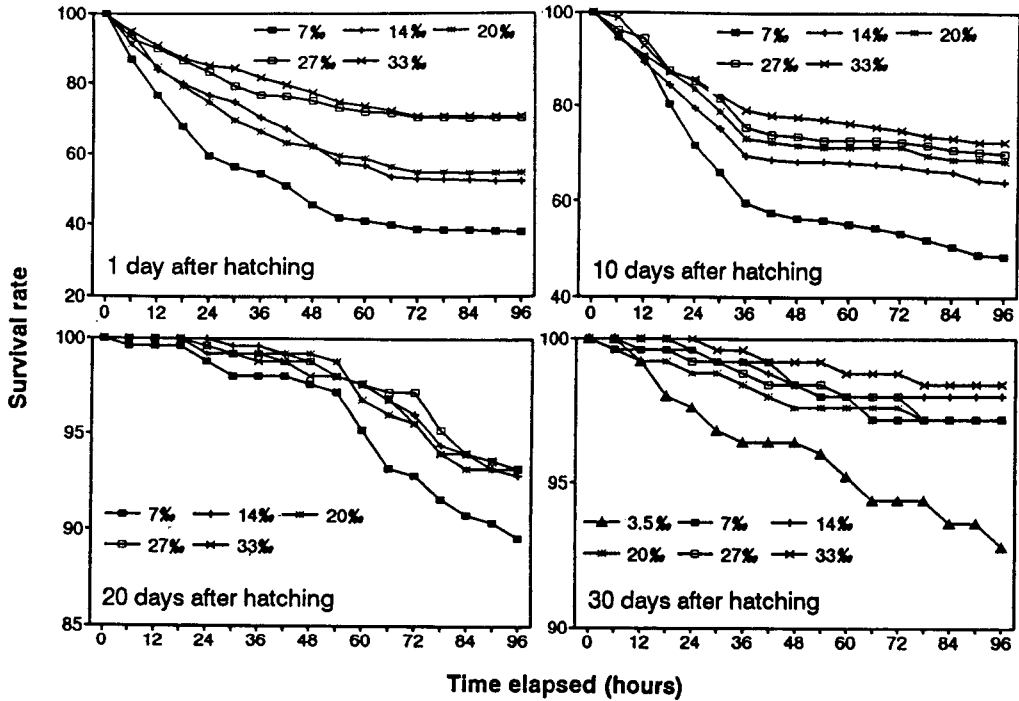


Fig. 4. Survival rates at 1, 10, 20 and 30 days larval stages in five and six different levels of salinities.

험구간에는 유의차가 없었다.

부화후 20일째 자어의 생존율에 있어서는 이 시기에 자어는 저염분에 대한 내성이 강하여 S7에서 89.6%, S14에서 92.8%, S20 이상의 모든 시험구에서는 93.2% 이상이었다.

부화후 30일째의 염분 농도별 시간 경과에 따른 생존율은 이 연구에서 최저 염분 농도인 S3.5에서 92.8%였고, 다른 시험구에서는 97.2~98.4%였다.

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

#### 자어의 염분 농도에 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. 5와 같다.

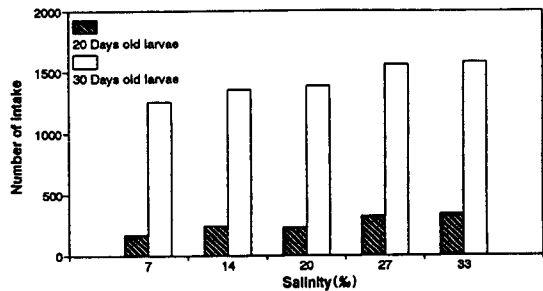


Fig. 5. Relationship between numbers of food intake of tiger puffer (20, 30 day-old larvae), under five different levels of salinities.

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

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

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

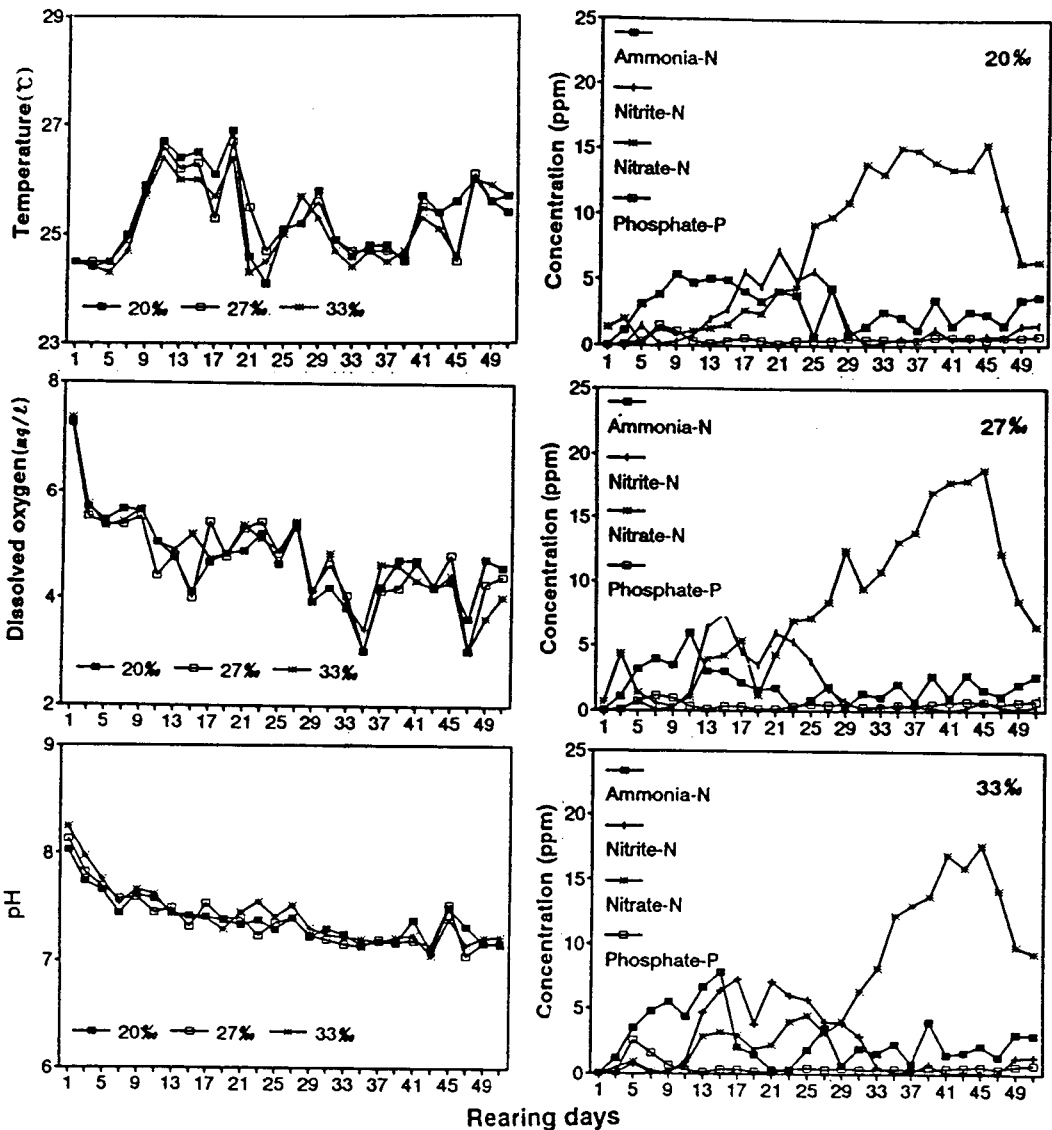


Fig. 6. Fluctuation of water temperature, dissolved oxygen, pH,  $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ,  $\text{NO}_3^-\text{-N}$ ,  $\text{NO}_2^-\text{-N}$  and  $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$  of rearing water during the period of rearing juveniles.

장기사육에 따른 치어의 성장과 생존율  
수질환경

폐쇄순환여과 사육조에서 어류의 성장에 직·간접적인 영향을 미치는 환경 요인인 수온, 용존 산소(DO), pH, 암모니아태질소(NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N), 아질산태질소(NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N), 질산태질소(NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N) 그리고 인산인(PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>-P)을 조사한 결과는 Fig. 6과 같다.

용존 산소량은 각 시험구에서 3.03~7.35 mg/l의 범위로써 평균 4.75 mg/l 내외였고, pH는 7.04~8.25로 평균 7.39였고, 수온은 24.3~26.9 °C로 평균 25.3°C였다(Fig. 6).

용존 무기태질소중의 암모니아태질소(NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N)는 최초 사육 용수가 0.003 ppm이었고 사육경과 일수에 따라 급격히 증가하여 15일째 S33에서 7.83 ppm, 11일째 S27에서 5.99 ppm 그리고 19일째 S20에서는 5.34 ppm으로 각각 최고치에 달하였으며, 그후 점차 감소하여 17일째 S33에서 2.02 ppm, 19일째 S27에서 1.60 ppm 그리고 25일째 S20에서 0.72 ppm으로 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N은 안정을 보이고 있다.

아질산태질소(NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N)는 시험 시작시 0.002 ppm이었고, 사육경과일수에 따라 급격히 증가하여 17일째에 S33에서 7.25 ppm, 21일째 S27에서는 5.97 ppm, 그리고 33일째 S33에서는 0.57 ppm, 29일째 S27에서는 0.75 ppm, 그리고 31일째 S20에서는 0.08 ppm으로 안정 수준에 도달하였다.

질산태질소(NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N)는 최초 사육 용수에 있어서 S33시험구 0.03 ppm, S27시험구 0.65 ppm, 그리고 S20시험구에서는 1.37 ppm 이었고, 사육 일수가 경과함에 따라 증가하여 45일째 각 시험구는 17.66 ppm, 18.83 ppm, 15.33 ppm을 나타냈다.

시험 말기인 45일째 각 시험구의 사육수를 1/2 씩 부분환수 함으로써 47일째 S33에서 14.15 ppm, S27에서 12.17 ppm, 그리고 S20시험구에서는 10.52 ppm으로 낮아졌다.

인산태인(PO<sub>4</sub>-P)은 각 시험구에서 0.01~2.56

ppm이었다(Fig. 6).

성장과 생존율

자주복 치어에 있어서 염분 내성과 포식력이 강하게 나타나는 S20, S27, S33을 대상으로 폐쇄 순환 여과 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±0.50 cm였던 개체가 시험 종료시인 50일째에 S33은 평균전장 9.55±0.62 cm, S27은 9.74±0.72 cm, S20에서는 9.19±0.59 cm로 나타나 S27이 S33 보다 높게 나타났으며, S20이 가장 저조하였다.

염분 농도별 사육 일수에 따른 각 시험 구별 전장의 성장 관계식은 Fig. 7에서와 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±0.65 g 이었던 것이 시험 종료시에는 S27은 23.08±5.05 g, S33은 19.71±3.97 g, S20에서는 18.55±3.50 g이었다.

사육 일수에 대한 각 단계별 성장 차이를 유의성 검정한 결과 사육 일수 10일까지는 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, 사육 일수 30일부터 40일 까지는 S27에 대한 S33에서는 유의차가 없었으나, S27과 S33에 대한 S20에서는 유의적이였다(P<0.05). 사육 일수 40일 부터 종료일 까지 S20, S33에 대한 S27이 체중 증가는 유의적이였다(P<0.05).

사육 기간 중의 일간 성장율은 Fig. 7에 나타난 바와 같이 사육 일수 10일 까지는 S33, 사육 일수 10~30일까지는 S27, 사육일수 30~40일

Table 1. Results of rearing experiments of juvenile tiger puffer in three different levels of salinities

Date	Days after hatching	Salinity (%)	Mean total length (cm)	Mean total weight (g)	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	26.22	
		27	4.29±0.50	2.07±0.65			100	26.22	
		33	4.29±0.50	2.07±0.65			100	26.22	
24	75	30	5.33±0.29 <sup>c</sup>	4.00±0.65 <sup>c</sup>	6.39	6.57	91.5	27.16	1.03
		27	5.55±0.37 <sup>b</sup>	4.60±0.99 <sup>b</sup>	8.24	5.68	93.0	29.31	0.69
		33	5.91±0.42 <sup>a</sup>	5.20±1.06 <sup>a</sup>	9.36	5.14	96.0	28.05	0.55
Aug. 3	85	20	6.63±0.05 <sup>b</sup>	6.63±1.05 <sup>b</sup>	4.58	5.14	84.5	22.74	1.12
		27	6.82±0.67 <sup>a</sup>	8.18±1.45 <sup>a</sup>	4.64	3.92	88.0	25.81	0.85
		33	6.91±0.54 <sup>a</sup>	8.40±1.79 <sup>a</sup>	3.65	3.66	91.5	25.43	1.00
13	95	20	7.33±0.56 <sup>b</sup>	10.32±1.95 <sup>c</sup>	4.26	4.56	80.0	25.87	1.07
		27	7.91±0.68 <sup>a</sup>	12.80±2.78 <sup>a</sup>	4.30	3.54	82.5	25.91	0.83
		33	7.91±0.67 <sup>a</sup>	11.68±2.77 <sup>b</sup>	3.17	3.90	87.0	23.59	1.10
23	105	20	8.60±0.58 <sup>b</sup>	15.16±2.46 <sup>b</sup>	3.73	3.69	76.5	23.71	0.99
		27	9.08±0.71 <sup>a</sup>	17.89±3.81 <sup>a</sup>	3.28	3.00	80.5	23.88	0.90
		33	9.02±0.60 <sup>a</sup>	17.03±3.51 <sup>a</sup>	3.67	3.01	82.5	23.20	0.82
Sep. 2	115	20	9.19±0.59 <sup>b</sup>	18.55±3.50 <sup>b</sup>	1.98	3.11	73.5	23.90	1.57
		27	9.74±0.72 <sup>a</sup>	23.08±5.05 <sup>a</sup>	2.47	2.43	76.0	25.01	0.98
		33	9.55±0.62 <sup>a</sup>	19.71±3.97 <sup>b</sup>	1.42	2.60	79.5	22.64	1.83

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

까지는 S20, 사육일수 40일 이후 시험 종료시까지는 S20시험구가 타 시험구에 비해 높은 성장율을 볼 수 있었다. 비만도는 전 시험 기간을 통해 S27이 S33과 S20 보다 높았다.

전 시험기간 중의 생존율은 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).

### 고 찰

어류에 있어서 성어의 생식 활동과 자·치어의 성장은 유전적, 생리적, 생식생태 등의 내적인 요인과 수온과 염분 농도, 무기질소, 용존 산소, 먹이생물 등의 환경적인 요인들이 영향을 미치고 있다(坂澤·羽生, 1991).

환경 요인 중 염분 농도는 서식 생태를 제한하는

요인으로서 수정란과 자·치어의 삼투압 조절 능력에 관계하여 발생·성장 발달에 영향을 미치고 더 나아가서 생존을 좌우하게 된다(隆島·羽生, 1989).

해산 어류 수정란의 염분 농도에 따른 부화율에 관한 보고는 청어 수정란의 경우 20~35% 범위에서 85~90%의 높은 부화율을 나타냈고, 12% 이하에서는 부화율이 0%였지만, 20%에서 부화율 15%, 그리고 33.7%에서 부화율은 63%였다고 보고하고 있으며(Holliday and Jones, 1965), 일반적으로 해산어 수정란의 부화 적정 염분 농도는 34% 전후이며, 17% 이하의 저염분 농도에서는 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



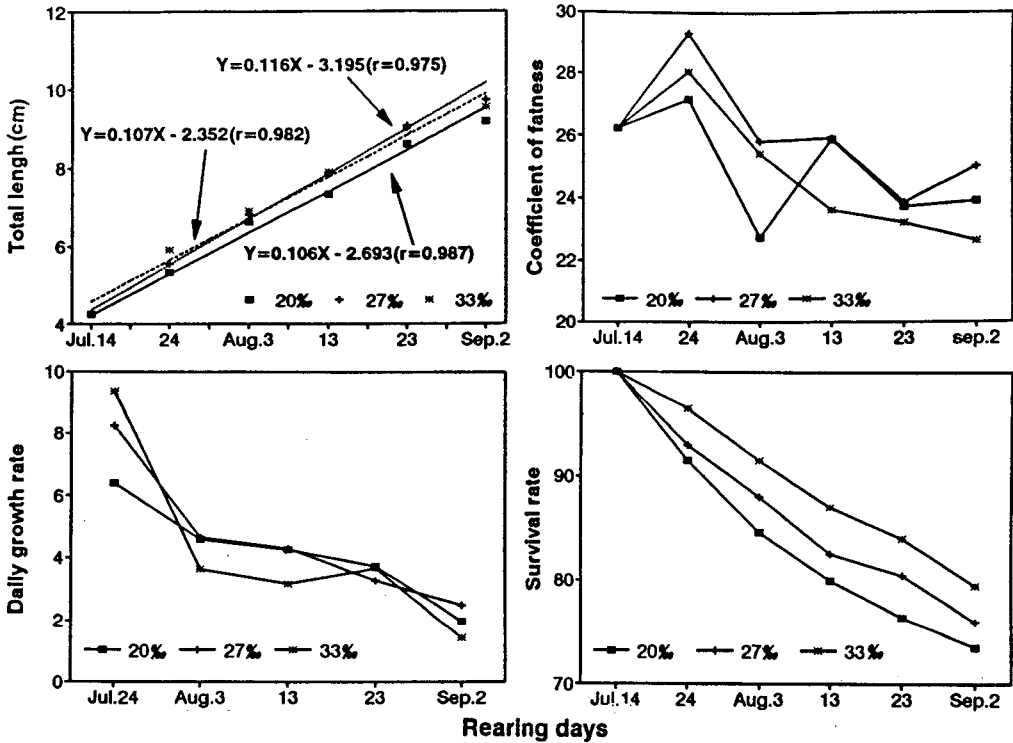


Fig. 7. Growth, daily growth rate, survival rate, and coefficient of fatness of juveniles tiger puffer reared in three different levels of salinities.

아니라 부화 이후 폐사율이 높게 나타났다. 자주복이 청어와 넙치에 비하여 더 낮은 염분 농도에서 부화가 가능하였던 것은 난막(난경 1.20~1.41 mm)이 두꺼워 환경 변화에 대한 내성이 강한 종 특이성을 가지고 있어 3.5%에서도 발생은 이루어지고 있지만, 부화후 저염분 환경에 내성이 약하여 14.0% 이하의 시험구에서 부화율에 대한 8.0% 이상의 기형률과 54.0%의 높은 폐사율이 나타난 것으로 생각된다.

해산 어류 부화자어의 염분 내성에 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 자

어는 14.1%에서 48시간 동안 생존율 78%였지만, 성장할 수록 염분 내성이 강해진다고 보고하였고(李와 盧, 1987), 자주복 치어는 염분 농도 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 염분 농도에서 64.8% 이상 생존하였으며, 부화후 20일째 89.2%, 부화후 30일째 이 연구에서 최저 염분 농도인 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 것은 자주복 부화자어가 더 강한 염분 내성을 가진 것에 기인한 것으로 생각 된다.

시각에 의하여 포식하는 어류에 있어서 조도는 포식을 가능하게 하는 제한 요인으로 중요 할 뿐 아니라 포식량에 관여하는 요인이 되고있다. 해산어류의 치어기에 *Artemia*를 이용한 포식량 조사에서 감성돔의 전장 7~10 mm 자어는 수온 16.0~18.0°C에서 조도가 2,000~5,000 lux일 때 100~120개체를 포식했고(李와 盧, 1987), 넙치 10 mm 자어의 최대포식에 달하는 밝기는 1,000~5,000 lux에서 수온 17.5~19.0°C일 때 120~130개체를 포식했다(盧와 卞, 1986). 자주복 6 mm 자어에서 가장 먹이 섭취가 좋았던 조도 범위는 1,000~2,000 lux에서 수온 20.0~21.0°C일 때 425~450개체를 포식했고, 8 mm 자어는 600~1,000 lux에서 20.0~21.0°C일 때 960~989개체를 포식했다(盧와 鄭, 1993).

어종과 자어의 크기 및 사육조건이 다소 다른 상태에서 정확한 비교를 하기는 다소 무리하다고 생각되나, 이 시험에서 자주복 전장 5.25 mm 자어는 조도 1500 lux에서 수온 17.5~18.0°C일 때 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(盧와 鄭, 1993)에 비해서는 다소 낮은 값을 보였다.

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

염분 농도에 따른 자주복 자어의 포식량에 대한 연구 보고는 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 경과 일수에 따른 염분 농도별 자어의 포식량에 있어서 부화후 20일째

에는 27.0% 이상에서 최대 포식량인 323개체에 달하였고 20.0% 이하에서는 168개체 이상을 포식했다. 부화후 30일째에는 27.0%에서 1,539개체 이상을 포식하였고, 20.0% 이하의 시험구에서는 1,225개체 이상을 포식했다.

이상의 결과로 보아 자주복 자어는 성장함에 따라 삼투압에 관여하는 기관이 발달하면서 염분 농도에 대한 내성이 강해지고 포식 기구가 발달하기 때문에 30일째 자어의 저염분 농도에서도 포식량의 차이가 적어진 것으로 생각된다.

장기 사육 시험기간 동안 사육 수조내의 수질 환경에 따른 개체의 성장에 있어서 일반적인 자주복의 성장 적수온은 16.0~25.0°C이고(川本, 1978), 16.0~18.0°C에서 부화후 80일째 전장 5.4 cm로 성장했고(藤田, 1962), 22.0~24.0°C에서 부화후 100일째 13.1 cm로 성장하였다(卞과 盧, 1970). 이 시험에서는 24.0~27.0°C의 다소 높은 수온 범위에서 부화후 80일째 6.34 cm, 부화후 100일째 8.59 cm로 성장하여 전자에 비해서는 양호했고, 후자에 비해서는 낮은 결과를 보여 적어도 치어기에는 고수온에 대한 적응력이 강할 뿐 아니라 성장도 빠른 것으로 생각된다.

성장과 생존에 영향을 주는 외적 환경 요인으로서 순환 여과조내의 수질 환경 요인 중 질산화 과정에 있어서 해수의 이상적인 pH는 8.0~8.3으로 보고 하였다(Kawai et al., 1965). pH는 어종에 따라 뱀장어는 7.0(飯塚, 1972), 감성돔은 6.85~7.70(李와 盧, 1988)에서 안정 사육이 가능하였다. 이 연구에서도 사육수의 pH가 7.0~8.3 범위에서 자주복의 먹이 섭취량과 활동에 별다른 변화가 없었으며, 어체에 피해를 일으킨 사례는 발생하지 않았다.

자주복 사육에서 용존 산소는 2.00 mg/l까지는 정상상태를 보였지만, 2.00 mg/l 이하 부터는 질식하는 개체가 나타나기 시작한다(山元, 1990). 잉어 67 g되는 치어의 용존 산소량에 따른 먹이 공급량은 용존 산소 2.0~2.5 mg/l에서 어체중의 2%의 먹이를 공급할 수 있고, 3.0~4.0 mg/l에서는 식욕이 보다 왕성하여 어체중의 5%를

공급할 수 있다(Saifabade and Kim, 1989). 이 시험기간 중의 사육 수조내에서의 용존산소량은 3.0~7.4 mg/l로서 山元(1990)의 정상상태의 기준치와 Saifabdi and Kim (1989)의 정상 사육의 가능한 3.0~4.0 mg/l을 상회 하는 좋은 조건이 유지되기 때문에 먹이 섭취 능력이나 성장에 지장은 없었던 것으로 생각된다.

수산동물의 사육에서 직면하는 독성문제의 대부분은 유독한 질소화합물로서 어종이나 환경 조건에 따라서 어류에 미치는 영향은 다르게 나타난다. 일반적으로 암모니아태질소( $\text{NH}_4^+\text{-N}$ )는 모든 어류에게 미치는 독성이 높고 그 다음에 아질산태질소( $\text{NO}_2^-\text{-N}$ )를 들고 있지만, 아질산태질소는 담수에서 보다 해수에서 독성이 약하다고 한다(Stephen, 1979).

$\text{NO}_2^-\text{-N}$ 에 있어서 tilapia는 10 ppm에서 성장에 별다른 영향을 받지 않았고(金, 1983), 뱀장어는 10 ppm에서 성장에 지장을 주며(山形·丹羽, 1982),  $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 는 넙치 치어가 100 ppm에서 100%의 생존율을 보여 어류에 있어서 전혀 영향이 없다고 보고 하였다(安永, 1976).

이 연구에서는 전 사육 기간 중  $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 는 0.03~8.80 ppm였고,  $\text{NO}_2^-\text{-N}$ 은 0.002~7.49 ppm,  $\text{NO}_3^-\text{-N}$  있어서는 0.03~18.82 ppm로서 초기에 일시적으로 암모니아태질소와 아질산태질소치가 다소 높아진 때가 있었지만, 여과조의 기능이 정상적으로 가동되면서 안정된 수질을 유지할 수가 있었기 때문에 성장과 생존에는 영향이 없었던 것으로 생각된다.

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

사육수의 염분 농도에 따른 成長과 攝餌에 관한 연구 보고로는 연어, 송어류 등의 담수어에서는 염분 농도가 담수보다 높은 염분(2%)에서 성장이 가장 좋았고, 먹이섭취는 10%에서 촉진 되었다고 보고하고 있다(Canagaratnam, 1959; Arunachalam et al., 1979). 한편 興石(1985)은 넙치

치어의 성장률에 대한 저염분의 영향을 조사한 결과 75% (26%)에서 성장, 사료 효율이 최대를 보였고, 全과 盧(1991)는 넙치를 염분 농도별로 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 사육 시험에서 20%과는 유의적이었지만, 33.0%에 대해서는 비슷하게 나타났다.

이상에서의 결과로 보아 자주복 자·치어에 있어서 저염분에 대한 내성은 성장 할 수록 강하여 수온 16.0~18.0°C, 염분 농도 20.0~30.0% 범위가 년중 유지되는 제주도의 지하 침투 해수는 종묘 생산과 전 양생 과정에서 유리하게 이용할 수 있다고 생각된다.

## 요 약

제주도 연안의 풍부한 지하 침투 해수는 년중 수온 16~18°C로 육상 양식 용수로서 경제적 가치가 높지만 지역에 따라 저염분(20~30%)을 나타내고 있다. 따라서 자주복 종묘 생산시 저염분(20~30%)인 지하 해수의 이용 가능성 여부를 파악하기 위해 6단계의 염분 농도에서 수정란의 부화율, 발생 단계별 생존율과 포식량을 조사하고, 자주복 치어(TL 4.29±0.50 cm)를 3단계의 염분 농도로 조정된 폐쇄 순환 여과조에서 50일간 사육한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 수정란은 염분 농도 27~33%, 부화직후의 부화자어는 27~33% 그리고 부화후 10일째 자어에 있어서는 20~33%에서 70% 이상의 부화율과 생존율을 보였고, 부화후 20일째와 30일째는 모든 염분 농도에서 89.6%~92.6%의 생존율을 보였다.

2) 발생 단계별 *Artemia* 유생을 최대 포식한 염분 농도와 포식량은 부화후 20일째 자어는 27~33%에서 323~342개체였고, 부화후 30일째 자어는 27~33%에서 1,559~1,579개체였다.

3) 3단계 염분 농도로 조정된 순환 여과조에서 치어의 성장은 27%가 가장 양호하였고 33%, 20%구의 순이었다. 각 염분 농도별 사육 일수(X)에 따른 전장(Y)과의 회귀직선 식은

$$33.0\% \text{ group : } Y = 0.107X - 2.352 \\ (r = 0.982)$$

$$27.0\% \text{ group : } Y = 0.116X - 3.195 \\ (r = 0.975)$$

$$20.0\% \text{ group : } Y = 0.116X - 2.693 \\ (r = 0.987)$$

각 시험구간의 기울기에 대한 유의성 검정결과 27~33%구와 20%구 사이에는 유의적이었다.

### 참 고 문 헌

- Abe, T., 1949. Synopsis of the puffers from Japan and adjacent regions. Bull. Biogeograph. Soc. Jap. J. Ichthyol., 1 : 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. Bd. Can., 16 : 121-130.
- Holliday, F. G. T. and M. P. Jones, 1965. Osmotic regulation in the embryo of the herring, *Clupea harengus*. J. Mar. Biol. Ass. U. K., 45 : 305-311.
- Saifabadi J. and I. B. Kim. 1989. Influence of oxygen concentration on the food consumption and growth of common carp, *Cyprinus carpio*. J. Aquacult., 2 : 55-90.
- Nie, N. H, C. H. Hull, J. G. Jenkins, K. Steinbrenner and D. H. Bent, 1975. SPSS Statistical package for the social sciences, 2nd Ed. McGraw Hill, New York, pp. 675.
- Stephen, S., 1979. Fish and invertebrate culture. Water management in closed systems. Awiley Interscience Pub., 1-179.
- 全濟千·盧暹, 1991. 넙치, *Paralichthys olivaceus* (Temminck et Schlegel) 卵 및仔稚魚의鹽分耐性에 관한研究. 韓國養殖學會誌, 4 : 73-84.
- 飯塚三哉, 1972. ウナギ. 農産漁村文化協會, pp. 57-69.
- 林田豪介·柿田研造·松清惠一, 1981. 트라프그種苗生産. 長崎縣水試事報, 57 : 289-235.
- 林田豪介·松清惠一, 1983. 트라프그種苗生産. 長崎縣水試事報, 59 : 233-235.
- 藤田矢郎, 1962. 日本産主要フグ類の生活史と養殖に關する研究. 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.
- 鄭文基, 1977. 韓國魚圖譜. 一志社. 서울. pp. 597-609
- 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. 트라프그의種苗生産實驗. 長崎縣水試事報, 57 : 238-247.
- 北田哲夫·北島 力, 1983. 트라프그의種苗生産實驗. 長崎縣水試事報, 58 : 170-177.
- 興石裕一·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研究(マリ-ソラチソグ計劃), 1 : 61-67.
- 李秉喆·金容億, 1969. 韓國産 主要 海産魚類의 種苗生産에 關한 研究, 1. 자주북의 卵 發生과 仔魚의 成長에 대하여. 釜水大臨海研報, 2 : 1-1.
- 李定宰·盧暹, 1987. 감성돔, *Mylio macrocephalus* (Basilewsky)의 種苗生産에 關한 研究. 濟州大學校 海洋研究所 研究報告, 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 研究. 濟州大學校 海洋研究所 研究報告, 12 : 9-17.
- 松原喜代松, 1955. 魚類의 形態と檢索. II 岩崎書店. 東京. pp. 791-1605.
- 落合明, 1981. 히라메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.
- 盧暹·卞忠圭, 1971. 자주북의 畜養에 關한 基礎的 研究. 國立水産振興院研究報告, 8 : 93-106.
- 盧暹·卞忠圭, 1986. 濟州道産 魚類(능성어亞科)의 種苗生産에 關한 基礎的 研究 및 넙치種苗 量産化에 關한 研究. 濟州大 海洋科學大學 養殖 實驗室, 3 : 1-43.
- 盧暹·鄭潤頌, 1993. 자주북, *Takifugu rubripes* (Temminck et Schlegel)의 種苗量産에 關한 연구. 韓國養殖學會誌, 6 : 295-310.
- 卞忠圭·盧暹, 1970. 자주북, *Fugu rubripes* (Temminck et Schlegel)의 種苗生産에 關한 研究. 韓國水産學會誌, 3 : 52-64.
- 高井徹·松井魁, 1963. 트라프그의種苗生産に關す

- る豫察的研究. 水産増殖, 臨時號 2: 1-7.
- 立石健, 1984. 트라프그種苗生産の現状と要點ならびに問題點. 技術情報センター, 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. 低酸素下におけるブリ, クラカケトラキス, カサゴ, ネスミゴチ, 트라프그의 酸素消費量の變化. 水産増殖, 38: 35-39.
- 安永義陽, 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. 東海區水研報, 81: 151-169.
- 安永義陽, 1975. 海産魚類の卵稚仔魚の環境, 主に水溫, 鹽分, 容存酸素, 水素イオン濃度について. 東海區水研報, 81: 171-183.
- 安永義陽, 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. 東海區水研報, 86: 86-111.
- 安永義陽・興石榕一, 1980. ヒラメ増殖の諸問題に關する基礎的研究. 1. 低鹽分順化攝餌および 蛸集性について. 日水研報東, 31: 17-31.
- 安永義陽, 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ー.