

# 자주복, *Takifugu rubripes* (Temminck et Schlegel)의 種苗量産에 關한 研究

盧 暹 · 鄭潤碩

제주대학교 증식학과

## Studies on the Seed Production of the Puffer *Takifugu rubripes* (Temminck et Schlegel)

Sum RHO and Yun-Seok JUNG

Department of Aquaculture, Cheju National University.  
Cheju 690-756, Korea

### ABSTRACT

As a part for the development of effective mass production technique of the puffer, *Takifugu rubripes*, seedfish, an investigation was carried out in 1989, 1991 and 1992 to determine the optimum starting feeding time of rotifers as a starting food for the fish larvae, and to find out the influences of the light intensity and LD cycles on the *Artemia* consumption by the larvae.

The optimum starting time of feeding with rotifer, *Brachionus plicatilis* was 2nd to 5th day from hatching resulting in survival of 96.5~90.0%.

Optimum light conditions for maximum feeding for fish larvae with *Artemia* were 1000 lux in 6 mm, 600 lux in 8 mm, and 200 lux in total length of 10~12 mm larvae. Relationship between total length (X: mm) of fish (6~12 mm in total length) and light intensity (Y: lux) for maximum feeding was:  $Y = 2200 - 200X$  ( $r = -1.000$ ).

Relationship between days from hatching (X) and total length (Y: mm) of puffer fry was:  $Y = 1.6427 + 0.2540X$  ( $r = 0.9814$ ) for 3 to 36 days after hatching,  $Y = -33.1452 + 1.1867X$  ( $r = 0.9854$ ) for 36 to 68 days after hatching. Survival rate for 68 days after hatching was 24.1% and the range of water temperature during this period was  $21.25 \pm 1.67$  °C.

### I. 序 論

자주복, *Takifugu rubripes* (Temminck et Schlegel)은 硬骨魚類 복어目 참복科에 속하며, 우리나라 全 沿岸 및 日本 홋카이도 이남, 中國 等地에 分布하며 全長 700 mm 내외의 대형種에 속한다. 또한

\* 이 연구는 한국과학재단지정 우수공학연구센터인 해양산업개발연구소의 연구비지원에 의해 수행되었음.

우리 나라 및 日本에서 高級食品으로 사용되고 있는 복어류 중 產業的으로 重要的인 種이다.

자주복의 種苗生産에 關한 研究는 藤田(1962)가 처음으로 人工受精과 種苗生産에 關한 基礎的인 實驗等을 시초로 最近 日本의 栽培漁業 센터 등지에서 種苗의 大量生産이 이루어져 年間 養殖 生産高가 1000 톤을 上廻하고 있다.

우리 나라에서는 李와 金(1969)의 자주복의 人工受精에 의한 發生과 初期 飼育에 대한 報告와, 卞과 盧(1970)의 種苗生産, 盧와 卞(1971)의 海上 가두리를 이용한 蓄養에 대한 基礎的인 研究 等を 契機로 最近에는 國立水産振興院과 一部 企業에서 자주복 種苗生産을 試圖하기에 이르렀으나, 種苗 量産을 위한 仔·稚魚의 生態 등에 대한 基礎的인 資料를 거의 찾아볼 수 없는 實情이다.

우리 나라의 海産魚類 養殖은 1964 년부터 방어 蓄養이 시작되었으며, 1972 년 이후 每年 增加趨勢를 보이고 있으나, 1991 년까지는 그 品種別 生産량 90% 以上이 방어에 集中 되었었고 1987 년 이후부터 過熱的으로 增加 추세를 보이고 있는 넙치 養殖은 價格下落과 좁은 國內 市場의 유통 문제 등으로 어려움을 겪고 있어 새로운 養殖 對象 品種의 種苗生産 技術 開發에 의한 養殖의 多樣化가 절실하게 要求되고 있다. 또한 減少一路에 있는 沿岸資源의 回復, 增強을 위해서도 主要 對象 資源의 種苗生産 技術 開發과 種苗의 量産에 의한 大量放流가 시급한 實情에 있다. 또한 새로운 養殖 對象 品種中 자주복은 濟州道가 지니고 있는 年中 種苗生産과 養成이 可能한 地域的인 環境特性和 더불어 海産魚類 養殖의 多樣化를 위하여 期待되는 魚種이라고 생각된다.

따라서 본 研究에서는 자주복 種苗 量産 過程에서 가장 주요한 要素라고 생각되는 孵化後의 初期 仔·稚魚에 대한 rotifer (*Brachionus plicatilis*)의 適正 供給時期, 成長 단계에 따라 捕食이 可能한 빛의 밝기와 L:D cycle에 따른 *Artemia*의 捕食量과의 關係를 調査하였다.

## II. 材料 및 方法

### 1. 初期 成長

初期成長 試驗에 使用한 仔魚는 1989 년 5 월 16 일 日本 濠洲內海에서 漁獲된 自然産 親魚를 이용하여 人工採卵, 受精한 자주복의 受精卵을 濟州大學校 海洋研究所에서 人工 孵化한 5,270 마리를 재료로 하였다.

孵化 자어는 0.3 m<sup>3</sup> 되는 FRP 圓形水槽 2 개에 수용한 뒤 모래 여과 해수를 0.5~1 회/일로 소량 換水하여 주었고 수조 내에는 약하게 aeration을 시켜 주었다. 全長 10 mm 내외로 성장하면서부터 원형 FRP 1 m<sup>3</sup> 수조 2 개에 옮겨 이때부터 유수량을 1~5 회/일로 점차 增加시켜 주었다.

本 研究에서 仔·稚魚의 孵化後 經過日數에 따른 먹이 系列은 Fig. 1에서 보는 바와 같다. 日令 3 일에서 15 일까지는 *Chlorella* sp.로 24 시간 이상 營養強化한 rotifer를 飼育水 中에 약 1 ml 당 10 개체 程度의 密度가 維持되도록 하루 4~5 회 供給하였다. 日令 7 일에서 10 일 사이에는 rotifer와 함께 전복의 veliger 幼生을 공급하였으며, 日令 11 일에서 13 일까지는 *Artemia*의 nauplius 幼生을 공급하였고, 日令 14 일에서 30 일까지는 booster (Frippak Feeds, France)으로 8 시간 營養 強化한 *Artemia* nauplius를 사육수에 1 ml 당 20 개체가 되도록 供給하였다. 日令 22 일부터 35 일까지 *Chlorella* sp.와 油脂 効果로 營養 強化한 *Tigriopus japonicus*를 *Artemia* 供給時期와 먹이 불임 시기에 飼育水槽내에 1 ml 당 5 개체 내외로 供給하였다. 日令 28 일부터 moist pellet (MP)을 사용하여 먹이 불임을 개시 하였으나 體色 黑化現象과 상호 공식으로 인하여 生仔率이 떨어져 日令 35 일까지 MP 飼料에 비타민 C와 E (0.5%), 消化 enzyme (0.2%)을 첨가하여 試驗終了時까지 급여하였다. 日令 35 일에서 45 일까지 MP 사료를 공급한 후 *Spirulina*로 사육한 *Artemia* 成體 (全長 7~9 mm)를 補充供

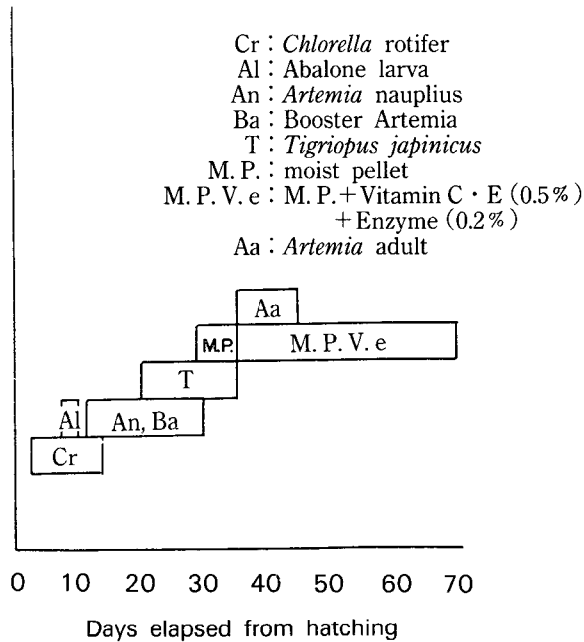


Fig. 1. The feeding regimes of the puffer fry from hatching.

給하여 衰弱해진 치어를 대상으로 活力을 回復할 수 있도록 하였다.

試驗魚의 成長 測定은 初期에는 50 마리씩을 無作爲로 抽出하여 10% formalin으로 固定하여 全長을 micrometer로 測定하였고 全長 5 mm 부터는 200 마리를 눈금 1 mm 자로 계측하였다. 飼育期間中 매일 發生되는 死亡個體는 즉시 計數 收去하여 formalin에 固定하였고 5월 24 일, 6월 5 일, 6월 20 일, 7월 22 일에는 수조내의 仔·稚魚를 새로운 수조로 옮겨주면서 全數를 計數하였다.

사육 수조는 차광막을 이용하여 표면의 밝기가 1500 룩스 내외로 維持되도록 하였으며, 매일 오전 10 시에 水溫과 比重을 測定하였고, 실험 기간 동안 수온은  $21.3 \pm 1.67^\circ\text{C}$  범위였으며, 비중은 1.024 (815)였다. DO와 pH는 오전 8 시와 오후 6 시에 측정하여 DO는  $5 \text{ ml/l}$  이상으로 유지시켰으며, pH는 7.8~8.6 범위로 유지시켰다.

## 2. Rotifer 適正 供給時期

1991년 5월 8일과 1992년 5월 13일에 각각 人工孵化한 부화 직후 仔魚의 適正한 먹이 공급 개시 시기를 調査하기 위하여 孵化後 2 일째 부터 12 일까지 먹이를 주기 시작하는 날짜를 달리하여 rotifer를 供給하였다. 每日 500 ml 사각 스티로폼 容器 3 개씩을 시험구로 하여 容器當 자주복 孵化 仔魚 20 마리씩을 수용하였다. rotifer의 공급 방법은 日晝 2 일째 부터 1 일 간격으로 사육 용기 내에 1 ml 당 5 개체 내외가 유지되도록 12 일까지 공급하였고, 매일 오전과 오후에 사육수의 50%를 換水하면서 사망 개체수를 調査하였다.

실험 기간은 1991년도에는 5월 8일부터 5월 19일까지 12 일 동안, 1992년도에는 5월 13일부터 5월 24일까지 12 일로써 2 회에 걸쳐 반복 실험한 결과를 평균하였다. 실험 기간 중의 수온은  $20.0 \pm 1.64^\circ\text{C}$ 였고, 比重은 1.024 (815)였으며 照度 조건은 1500 룩스 내외로 유지하였다.

### 3. 照도와 L:D cycle에 따른 *Artemia* 捕食量

1991년 5월 8일과 1992년 5월 13일에 人工孵化된 자주복 仔·稚魚를 對象으로 照도와 捕食量과의 關係를 調査하기 위하여 成長 段階別로 1차 실험에서는 全長  $6.17 \pm 0.23$  mm인 仔魚를 外部의 빛이 遮斷된 暗室內의 人工照明하에서 試驗照度 0 룩스(L 0), 500 룩스(L 500), 1000 룩스(L 1000), 1500 룩스(L 1500), 2000 룩스(L 2000)로 5 단계의 實驗區를 設定하였다. 각 試驗區마다 500 ml 사각 스티로폼 용기 4 개씩을 이용하여 각 容器當 자주복 仔魚 1 마리씩을 收容하여 *Artemia*의 孵化直後 nauplius 幼生을 1,000 개체씩 供給하였다. 捕食時間은 14 시간으로 정하고 시간의 종료와 함께 시험어를 용기에서 제거한 후 남아있는 *Artemia*를 10% formalin에 고정한 후 입체 현미경 하에서 計數하여 平均値를 取하였다.

2차 실험에서는 전장  $8.05 \pm 0.02$  mm,  $10.18 \pm 0.01$  mm,  $12.47 \pm 0.42$  mm 단계의 자주복 仔·稚魚를 대상으로 試驗 照도를 L 0, L 200, L 400, L 600, L 800, L 1000의 6 단계로 나눈 뒤 각 成長 段階마다 *Artemia*의 nauplius를 1500, 2000, 2500 개체씩을 공급한 후 14 시간뒤의 捕食量을 1차 실험에 準하여 調査하였다.

L:D cycle에 따른 자주복 仔·稚魚의 捕食量은 전장  $6.23 \pm 0.15$  mm,  $8.11 \pm 0.27$  mm,  $10.54 \pm 0.21$  mm,  $12.56 \pm 0.11$  mm,  $14.05 \pm 0.1$  mm의 成長 段階에 따라 照度 L 1500 으로 조정된 人工 照明下에서 timer를 설치하여 明期(L)와 暗記(D)를 12:12, 14:10, 16:8 의 세가지 조건으로 나누었다. 試驗區當 500 ml의 사각 스티로폼 용기 4 개씩을 이용하여 仔·稚魚 1 마리씩을 수용한 후 *Artemia*의 nauplius 幼生을 成長 段階別로 1000, 1500, 2000, 2500, 3000 개체씩 공급한 후 24 시간 뒤의 捕食量을 조도 실험과 같은 방법으로 조사하였다.

全實驗 기간 중 수온은  $20.5 \pm 0.70$  °C, 비중( $\delta 15$ )은  $1.023 \pm 0.0002$  이었다.

## III. 結 果

### 1. 初期 成長

1989년 5월 16일에 人工孵化한 자주복 仔魚 5,270 마리를 7월 22일까지 68일간 사육한 결과를 Table 1 및 Fig. 2에서 나타내었다.

孵化後 3일째 全長  $2.92 \pm 0.10$  mm에 달하였고, 日令 21일에는 全長  $6.16 \pm 0.58$  mm로 성장하면서 수조 내에 遊泳中 상호 公食 현상이 觀察되기 시작하여 生存率은 58.1%로 낮아졌다. 日令 28일째 부터 자주복 仔魚의 食性變化가 일어나 生物 먹이에서 MP 飼料로 먹이 轉換을 試圖한 후 個體別 成長差異가 심해지고, 公食 현상이 더욱 심하게 일어나 日令 36일에는 平均全長  $11.43 \pm 1.57$  mm로 성장하였지만 生存率은 38.9%로 낮아졌다. 수조 내의 대·소어의 차이를 감안하여 36일째에 전 飼育魚를 1 ton 수조 2개에 분산을 해준 뒤에 비교적 公食 현상도 줄었고, 수온의 上昇과 함께 빠른 성장을 보여 日令 47일에는 平均 전장이  $22.7 \pm 0.72$  mm에 달하였고 日令 68일에는 전장  $51.2 \pm 0.83$  mm로 成長하였으며, 生存率은 24.1%였다.

孵化後 經過日數에 따른 全長의 成長式을 보면 日令 36일까지는  $Y = 1.6427 + 0.2540X$  ( $r = 0.9814$ )로 나타났고 試驗終了時인 68일까지의 成長式은  $Y = -33.1452 + 1.1867X$  ( $r = 0.9854$ )로 나타났다.

### 2. Rotifer의 適正 供給時期

자주복 孵化仔魚에 대한 먹이의 適正 供給時期를 알기 위하여 孵化後 2일째부터 1일 간격으로

Table 1. Growth and survival rate of the puffer fry for 68 days after hatching

Date	Days from hatching	Total length (mm ± S.D.)	No. of Survival	Survival rate (%)
May 1989				
18	3	2.92 ± 0.1033	5,270	100
19	4	3.13 ± 0.1950		
24	9	3.86 ± 0.2180	4,503	85.4
29	14	4.71 ± 0.2890		
June				
3	19	5.77 ± 0.4960		
5	21	6.16 ± 0.5840	3,063	58.1
9	25	8.33 ± 0.2307		
11	27	8.61 ± 0.7520		
20	36	11.43 ± 1.5661	2,048	38.9
July				
1	47	22.72 ± 0.7200		
7	53	27.54 ± 0.2657		
9	55	31.96 ± 0.8590		
13	59	35.28 ± 0.2192		
15	61	37.61 ± 0.7456		
22	68	51.22 ± 0.8305	1,270	24.1

rotifer를 供給하여 12 일까지의 經過日數에 따른 生存尾數와 生存率은 Table 2 와 Fig. 3 과 같다. 孵化後 2 일부터 5 일까지 먹이를 供給한 試驗區의 最終 生存率은 각각 96.5, 96.5, 90.0, 91.5%로 높게 나타났지만, 이후 6 일에서 8 일까지는 각각 78.5, 88.5, 71.5%였고 9 일부터 12 일까지는 각각 60.0, 55.0, 60.0, 51.5%로 나타났다. 먹이의 供給日數에 따른 T-test의 結果는 Table 3 과 같다. 孵化後 5 일에서 8 일 사이에 먹이를 供給한 것은 다른 먹이 供給日數에 비해 95% 수준에서 有意의인것으로 나타났다.

### 3. 照度와 L:D cycle에 따른 *Artemia* 捕食量

照度에 따른 全長 6 mm 仔魚의 *Artemia* nauplius 捕食量은 Table 4 와 Fig. 4 에서 보는 바와 같다. 試驗照度 L0, L500, L1000, L1500, L2000에서 14 시간 동안 1 마리 당 平均 捕食量은 각각 21.0±4.55, 340.3+23.39, 425.8+8.54, 433.5+7.00, 450.3+6.99 개체였다. L1000~2000 範圍에서 그 有意의 差가 없으므로 (Table 5), 여기에서 最大飽食에 달하는 照度는 L1000 내외인 것으로 나타났다.

全長 6 mm 단계의 結果로 부터 最大捕食量에 가까운 照度는 L1000 내외 였으므로 全長 8 mm 이상의 仔·稚魚에 대해서는 照度の 範圍를 L1000 이하로 再調整하여 조사한 各 成長段階別 仔·稚魚의 *Artemia* nauplius를 捕食한 結果는 Table 6 및 Fig. 5 에서 나타내었다.

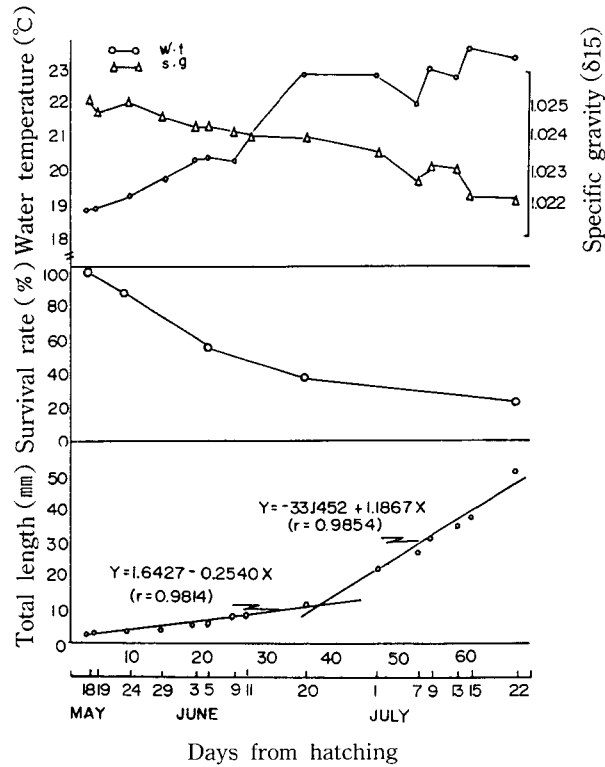


Fig. 2. Growth and survival rate of the puffer fry for 68 days after hatching.

Table 2. Average number of survival of the puffer larvae with different start of feeding time

Days from feeding	Days from hatching											
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	
1	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	
2	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	
3	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	
4	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	19.7	20.0	20.0	20.0	20.0	
5	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	19.7	19.7	20.0	20.0	20.0	
6	19.7	19.7	20.0	19.7	19.7	19.7	19.0	18.7	18.3	18.3	18.7	
7	19.7	19.7	19.7	19.3	18.3	19.0	17.7	18.3	17.7	17.7	17.7	
8	19.3	19.3	18.3	18.7	16.3	17.7	15.3	14.0	11.3	12.3	12.3	
9	19.3	19.3	18.3	18.7	16.3	17.7	15.3	14.0	11.3	12.3	12.3	
10	19.3	19.3	18.0	18.3	15.7	17.7	14.3	12.0	11.0	12.0	10.3	
Survival rate	96.5	96.5	90.0	91.5	78.5	88.5	71.5	60.0	55.0	60.0	51.5	

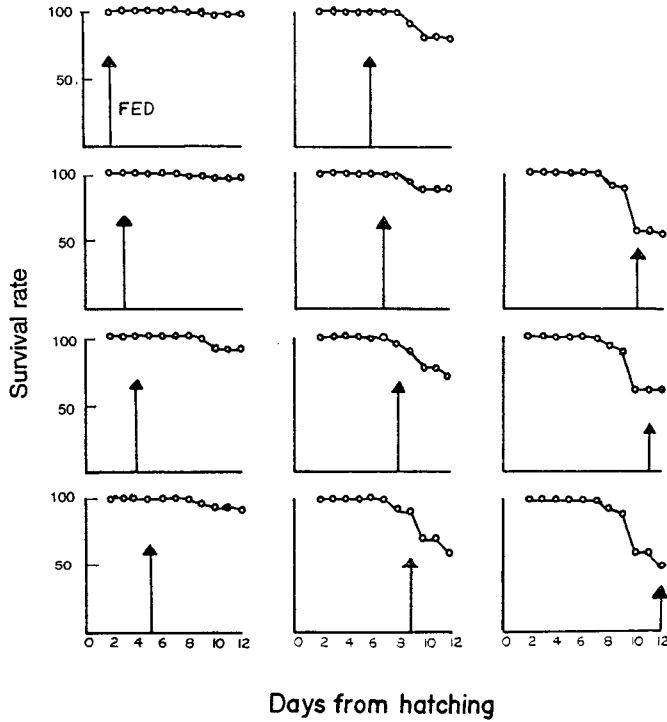


Fig. 3. Comparisons of survival rates of puffer fry by different initial feeding day.(↑)

Table 3. Statistical analysis of survival of the puffer larvae from initial feeding to 12th day (T-test)

Days from hatching	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
T. value	1.645	1.645	0.522	2.252	2.204	2.668	1.314	1.970	1.905	0.815	

t. (0.05, 10) = 2.228

t. (0.01, 10) = 3.169

Table 4. Number of food (*Artemia nauplii*) intake per puffer larva (6 mm in total length) for 14 hours under various light intensities

Total length	Vessel No.	Light intensity(Lux)				
		0	500	1000	1500	2000
6 mm	1	15.0	313.0	419.0	341.0	459.0
	2	21.0	368.0	421.0	441.0	442.0
	3	26.0	368.0	438.0	437.0	451.0
	4	22.0	332.0	425.0	425.0	449.0
Total		84.0	1,361.0	1,703.0	1,734.0	1,801.0
Mean		21.0	340.3	425.8	433.5	450.3
S. D		4.55	23.39	8.54	7.00	6.99

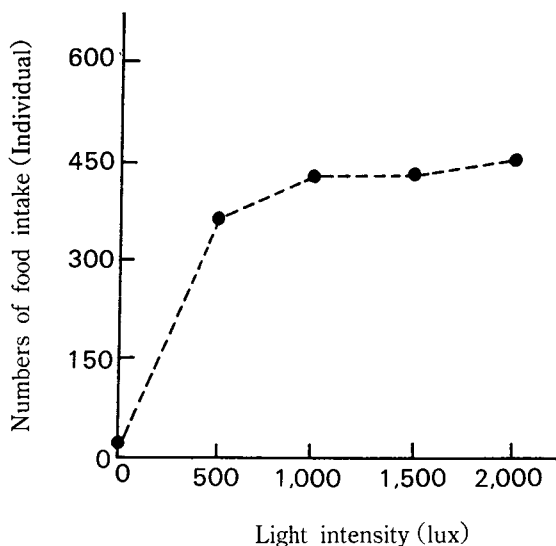


Fig. 4. Average numbers of food intake per puffer larva (T. L.: 6 mm) under various light intensity.

Table 5. Statistical analysis of number of food (*Artemia* nauplii) per puffer larva (6 mm in total length) for 14 hours under five different light intensities (T-test)

Light intensity (Lux)	0	500	1,000	1,500	2,000
T. value		68.905**	8.533**	0.481	1.021

t. (0.05, 4) = 2.776

t. (0.01, 4) = 4.604

全長 8 mm 仔魚의 L0~L1000 範圍에서 捕食量은 257.0~989.8 個體로써 全長 6 mm 자어에 비하여 最低 照度인 L0에서의 捕食量이 257.0 개체로 현저히 增加된것을 볼 수 있었다. 이 段階에 最大 捕食量을 보인 照度の 範圍는 L600~L1000 으로 이 때의 捕食量은 960.8~989.8 個體였고 L400 에서는 最大 捕食量의 86.8%에 해당되는 859.3 個體를 捕食하였다. 全長 10 mm 稚魚期에는 L0 에서 501.8 개체를 포식한 것으로 나타나 前 段階에 비하여 더 많은 捕食量을 볼수 있었고 最大捕食量은 L200~L1000 범위에서 1434.3~1488.8 개체였다. 全長 12 mm 稚魚에서의 最大捕食量은 10 mm 단계와 같은 L200 이상에서 1578~1596 개체로 增加하였다. L0에서의 捕食量도 838 個體로 더욱 높은 포식량을 나타내었다.

全長 8 mm, 10 mm, 12 mm 단계에서의 조도별 捕食量과의 關係를 有意性 檢定한 결과는 Table 7 에서 보는 바와 같다.

全長 8 mm 단계에서는 조도 L600 이상에서는 有意差가 없었으며, 全長 10 mm 단계 이후에서는 L200 이상에서 有意差가 없었다. 이러한 결과로 보아 全長 8 mm 단계에서 最大捕食이 可能한 照度는 L600, 10 mm 단계 이상에서는 L200 으로 나타났다.



Table 6. Number of food (*Artemia* nauplii) intake per puffer larva (8, 10, 12 mm in total length) for 14 hours under various light intensities

Total length	Vessel No.	Light intensitg(Lux)					
		0	200	400	600	800	1,000
8mm	1	206.0	773.0	843.0	954.0	971.0	985.0
	2	297.0	742.0	837.0	953.0	972.0	988.0
	3	252.0	754.0	892.0	971.0	978.0	992.0
	4	278.0	756.0	865.0	965.0	982.0	994.0
	Total	1,028.0	3,025.0	3,437.0	3,843.0	3,903.0	3,959.0
	Mean	257.0	756.3	859.3	960.8	7975.8	989.8
	S. D.	38.65	12.76	24.93	8.73	5.19	4.03
10mm	1	562.0	1,438.0	1,441.0	1,476.0	1,484.0	1,491.0
	2	475.0	1,431.0	1,445.0	1,476.0	1,483.0	1,490.0
	3	447.0	1,433.0	1,438.0	1,470.0	1,484.0	1,485.0
	4	523.0	1,435.0	1,453.0	1,469.0	1,485.0	1,489.0
	Total	2,007.0	5,737.0	5,777.0	5,891.0	5,936.0	5,955.0
	Mean	501.8	1,434.3	1,444.3	1,472.8	1,484.0	1,488.8
	S. D.	50.97	2.99	6.50	8.77	0.82	2.63
12mm	1	824.0	1,586.0	1,589.0	1,591.0	1,594.0	1,597.0
	2	844.0	1,586.0	1,588.0	1,590.0	1,594.0	1,596.0
	3	820.0	1,584.0	1,587.0	1,590.0	1,592.0	1,596.0
	4	867.0	1,556.0	1,586.0	1,589.0	1,592.0	1,596.0
	Total	3,355.0	6,312.0	6,350.0	6,360.0	6,372.0	6,384.0
	Mean	838.8	1,578.0	1,587.5	1,590.0	1,593.0	1,596.0
	S. D.	21.56	70	1.29	0.82	1.15	0.82

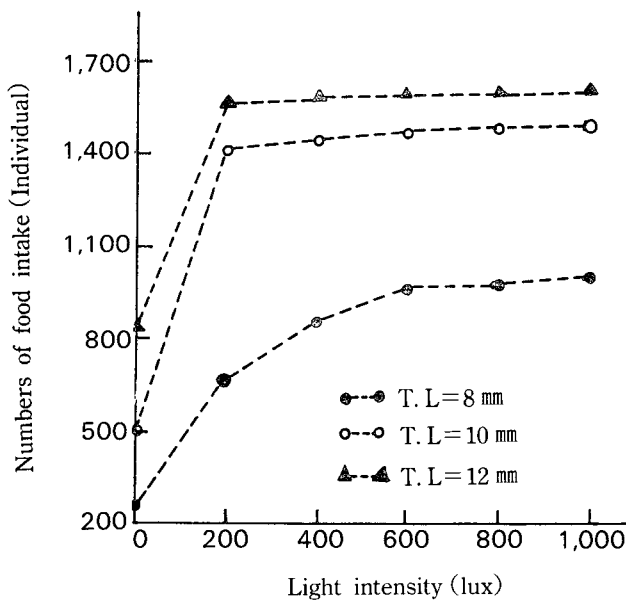


Fig. 5. Relationship between light intensity and numbers of preyed *Artemia* nauplii by puffer fry.

Table 7. Statistical analysis of number of food (*Artemia* nauplii) per puffer larva (8, 10, 12 mm in total length) for 14 hours under various light intensities (T-test)

T. L.	Lux 0	200	400	600	800	1,000
8mm T. value	22.369	5.562	4.882	0.603	0.552	
10mm T. value	30.120	0.326	0.921	0.357	0.153	
12mm T. value	29.346	0.300	0.077	0.092	0.092	

t. (0.05, 5) = 2.571

t. (0.01, 5) = 4.032

Fig. 6 은 자주복 仔·稚魚의 成長 段階別로 區分한 最大捕食이 이루어지는 照度の 變化를 나타내었다. 전장 10 mm 단계까지의 全長과 最大 捕食量에 달하는 照도와의 사이에는  $Y=2,200-200X$ 의 關係式으로 表示되어 성장에 따라 차츰 더 낮은 照度下에서도 捕食이 可能해 짐을 알 수 있었고, 全長 10 mm 이후에 最大捕食이 可能한 照도는 L200 내외였다. 자주복 仔·稚魚의 全長(X)에 따른 照度別 捕食量 調査에서 얻어진 最大捕食量(Y)과의 關係는 Fig. 7 에서 보는 바와 같이  $Y=-640.02+196.805X$  ( $r=0,9675$ )의 關係式으로 表示되었고 따라서 6 mm 단계에서 12 mm 단계까지는 全長이 成長함에 따라 그 捕食量이 比例하여 增加함을 알 수 있었다.

LD cycle을 달리한 條件下에서 자주복 仔·稚魚의 捕食量을 Table 8 과 Fig. 8 에서 나타내었다. 즉 12:12, 14:10, 16:8 의 세가지 條件下에서 全長 6 mm 段階는 319.3, 379.8, 430.5 個體를 各各 捕食하였고, 8 mm 단계에서는 778.3, 885.8, 991.5 個體, 全長 10 mm 단계에서는 1416.5, 1447.5, 1481.5 個

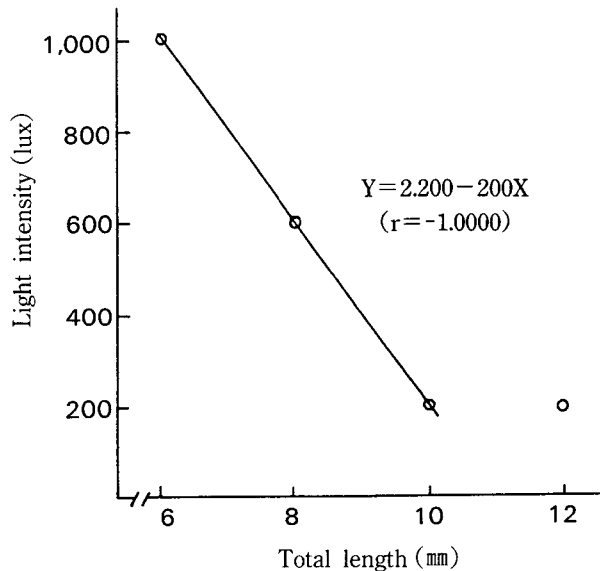


Fig. 6. Relationship between total length of puffer larvae and light intensity of maximum food intake occurred.

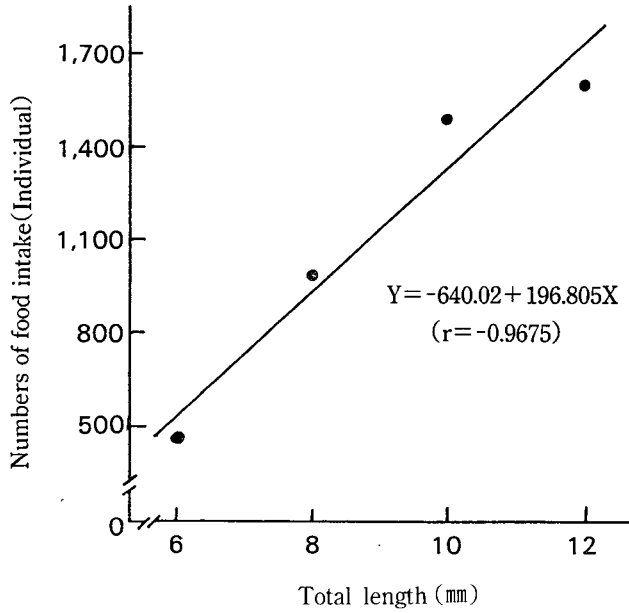


Fig. 7. Relationship between total length of puffer larvae and number of maximum food intake.

Table 8. Number of food (*Artemia nauplii*) intake per puffer larva or juvenile of different size under three different LD cycles

LD cycle	Vessel No.	Total length				
		6 mm	8 mm	10 mm	12 mm	14 mm
12:12	1	310.0	781.0	1,418.0	1,495.0	1,716.0
	2	322.0	779.0	1,416.0	1,416.0	1,729.0
	3	313.0	780.0	1,414.0	1,463.0	1,736.0
	4	332.0	773.0	1,418.0	1,484.0	1,715.0
	Total	1,277.0	3,113.0	5,666.0	5,903.0	6,890.0
	Mean	319.0	778.3	1,416.5	1,475.8	1,722.5
S. D.	9.91	3.59	1.59	16.52	12.07	
14:10	1	384.0	886.0	1,445.0	1,551.0	1,819.0
	2	387.0	887.0	1,448.0	1,558.0	1,704.0
	3	371.0	885.0	1,449.0	1,557.0	1,757.0
	4	377.0	885.0	1,448.0	1,579.0	1,787.0
	Total	1,519.0	3,543.0	5,790.0	6,245.0	7,067.0
	Mean	379.8	885.8	1,447.5	1,561.3	1,766.8
S. D.	7.18	0.96	1.73	12.23	48.90	
16:8	1	426.0	993.0	1,485.0	1,590.0	1,791.0
	2	433.0	992.0	1,475.0	1,599.0	1,799.0
	3	438.0	992.0	1,482.0	1,596.0	1,787.0
	4	425.0	989.0	1,484.0	1,595.0	1,794.0
	Total	1,772.0	3,966.0	5,926.0	6,380.0	7,171.0
	Mean	430.5	991.5	1,481.5	1,595.0	1,792.8
S. D.	6.14	1.73	4.51	3.74	5.06	

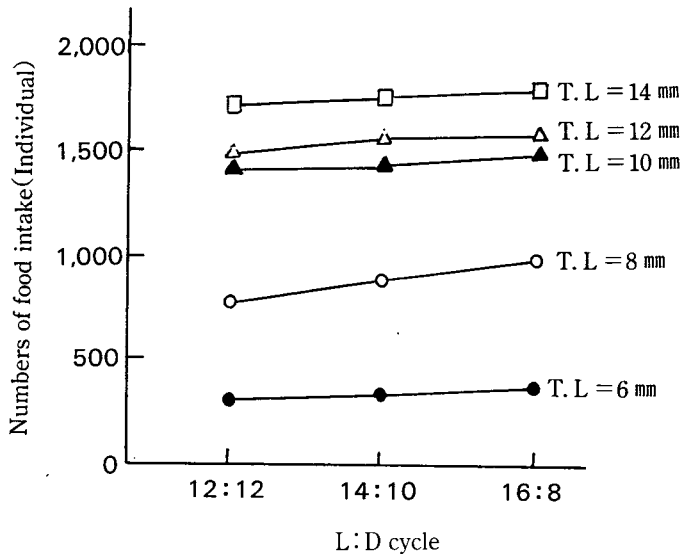


Fig. 8. Relationship between L:D cycle and numbers of preyed *Artemia* nauplii by puffer fry.

體였으며, 12 mm 단계에서는 1475.8, 1561.3, 1595.0 個體였고, 14 mm 단계에서는 1722.5, 1766.8, 1792.8 개체로써 成長段階에 따라 捕食量은 光照射 時間이 길어질수록 약간 많아지는 傾向이었으나, 거의 類似하게 나타났다.

仔稚魚의 성장에 따른 각 LD cycle 조건하에서 捕食量 변화를 Fig. 9에서 나타내었다.

세가지 條件의 LD cycle에 따라 포식량은 全長 8 mm 단계까지는 照明 시간이 길어질 수록 增加하는 傾向을 보이며, 全長 10~14 mm 단계에서는 照明 시간의 길이에 관계없이 捕食量은 거의 유사하게 나타났다. 전장의 크기에 따른 포식량의 變化趨勢은 10 mm까지는 그 경사가 크게 增加하였지만 그 이후에는 약간 鈍化되는 傾向을 보였다.

### 考 察

養殖魚類에 있어서 成長과 生存率은 人爲的 施設 속에서 이루어지기 때문에 技術에 따라 차이가 크지만, 環境條件과 먹이의 質과 量에 따라서도 달라지게 된다 (Kakuta *et al.* 1988).

人工孵化 시킨 자주복의 初期 飼育過程에서의 成長에 대해서는 北田와 北島 (1982, 1983)는 孵化後 5 일째에 全長 3.22 mm, 10 일째에 3.65 mm, 15 일에 3.94 mm, 20 일째 5.21 mm, 25 일에 6.57 mm, 35 일에 11.77 mm, 45 일째에 20.33 mm, 55 일째에 32.05 mm, 60 일째에 35.75 mm로 성장하였으며, 卞과 盧 (1970)는 孵化後 5 일째 全長 3.21 mm, 10 일째 3.84 mm, 15 일째 4.90 mm, 20 일째 5.42 mm, 25 일째 7.96 mm, 35 일째 15.61 mm, 45 일째 25.84 mm, 55 일째 41.63 mm, 60 일째 48.36 mm, 67 일째 58.17 mm였다고 報告하여 前者에 비하여 孵化後 10 일까지는 類似하였으나 孵化後 15 일째 부터 빠른 성장을 보여 부화후 60 일째에는 약 13 mm의 차이를 보이고 있다.

本 研究에서는 孵化後 4 일째 3.13 mm, 9 일째 3.86 mm로서 앞에서의 研究者들과 類似한 成長을 보였으나 14 일째 4.71 mm, 19 일째 5.77 mm, 25 일째 8.33 mm로 차츰 빠른 성장을 보였다. 稚魚期 이후의

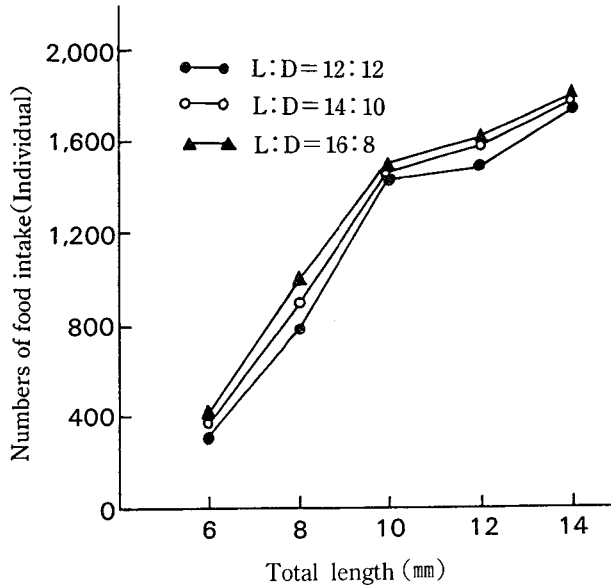


Fig. 9. Numbers of food (*Artemia nauplius*) intake by various size of puffer fry under different L : D cycles

成長에서는 孵化後 36 일째에 11.43 mm, 47 일째에 22.72 mm, 55 일째 31.96 mm, 61 일째에 37.61 mm, 68 일째 51.22 mm로서 北田와 北島 (1982, 1983)에 비하여는 빨랐으나, 卞과 盧 (1970)에 비하여는 다소 뒤진 결과를 얻었다. 이러한 差異는 자주복 飼育過程에서 林田等 (1982)과 林田와 松清 (1984)이指摘한 바와 같이, 實驗 期間中の 水溫, 溶存酸素 等の 環境의 要因과 함께 먹이의 質的, 量的인 條件, 이외에도 施設條件이나 管理者의 飼育技術 等の 飼育 與件의 差異에서 起因된 結果로 보여진다.

자주복의 初期成長을 다른 海産魚類와 比較하여 보면 慶德等 (1982)은 감성돔, *Mylio macrocephalus*의 사육에서 孵化後 20 일째에 全長 8.05 mm, 36 일째에 13.50 mm였고, 同一한 魚種의 飼育 結果에서 李와 盧 (1987)는 22 일째에 8.54 mm, 38 일째에 15.79 mm, 72 일째에 30.19 mm로 報告한 데 비하여 本 研究에서 자주복의 成長은 後期 仔魚期 이전까지는 감성돔과 유사하게 나타났지만, 그 이후 稚魚期에는 오히려 더빨리 성장함을 알수 있었다. 또한 現在 海産魚類 양식의 主要 對象品種인 넙치, *Paralichthys olivaceus*의 初期 成長 過程과 比較하여 보면, 平本과 小林 (1979)은 孵化後 35 일째 全長 15.10 mm였고, 安永 (1971)은 孵化後 29 일째 全長 15.93 mm, 38 일째 16.80 mm로 성장하였고, 盧와 卞 (1986)은 孵化後 20 일째 11.90 mm, 51 일째 29.60 mm, 66 일째 40.30 mm로 성장하였다고 보고한 데 비하여 本 研究에서는 仔魚 段階와 初期 稚魚期에는 넙치에 비하여 자주복의 成長이 다소 떨어지나 稚魚期 이후의 成長에서는 거의 유사하게 나타났다. 따라서 자주복의 種苗生産은 其他의 다른 海産魚에 비해 그 成長面에서 有利하다고 생각된다.

試驗 期間中の 生存率은 日令 9 일째에 85.4%, 21 일째에 38.9%, 終了時인 68 일째에 24.1%로 나타나 他 海産魚類의 初期 生存率과 比較的 유사하지만, 他 魚種에서 보여지는 먹이의 營養的 原因에 따른 폐사보다 本 研究에서는 Ohgami and Suzuki (1982)가 지적한 바와 같이 全長 4 mm 이후에 일어나는 種 特有的 相互共食 現象으로 因한 폐사가 生存率에 많은 影響을 미치는 것으로 觀察되었다.

魚類의 孵化 仔魚가 生存하기 위해서는 다른 環境條件도 重要하지만 무엇보다도 크게 作用하는

것은 仔魚가 卵黃을 吸收할 무렵에 質과 量的인 面을 充足 시킬 수 있는 적절한 먹이를 供給해 주는 데 있다.

또한 人爲的인 種苗生産 過程에서는 일찍부터 먹지도 않는 먹이생물을 미리 수조 내에 투여하는 일은 수조내 생물의 密度를 높혀주므로써 일어나는 飼育環境의 汚染과 投入된 먹이생물이 시간이 經過함에 따라 體內營養을 消耗해 버리기 때문에 정작 仔魚가 먹이를 포식할 때에는 營養이 없는 狀態로 되어 이러한 먹이를 먹은 仔魚는 營養缺乏을 招來하게 되므로 孵化 仔魚에 처음 먹이를 공급하는 適正 時期를 把握하는 일은 대단히 중요한 要素가 된다(關 1978). 盧와 卞(1986)은 넙치의 種苗生産에서 부화 후 2 日 이전에 먹이를 준 것은 65%의 生存率을 나타내었고, 3~4 日째부터 먹이를 공급한것은 孵化後 10 日까지 35% 이상 생존하였으며, 6 日 이후 먹이를 供給한 경우에는 7 日 이후 모두 폐사하였다고 한다. 또한 李와 盧(1987)는 감성돔의 경우 부화후 4 日 이내에 먹이를 供給한 경우 7 日까지의 生存率은 56~61%였고, 孵化後 7 日째까지 rotifer를 供給하지 않았던 경우에는 모두 폐사 하였음을 報告 하였다. 本 研究에서 자주복은 孵化後 2 日부터 5 日 사이에 仔魚의 초기 먹이인 rotifer를 供給하였을 경우 實驗終了 12 日째까지 90% 이상의 높은 生存率을 나타내었고, 6 日~11 日 사이에 먹이를 供給한 경우의 生存率도 88.5~55.0%로 他 魚種에 비하여 높게 나타났다. 또한 12 日까지 먹이를 투여하지 않은 경우에도 넙치와 감성돔에서 볼 수 있는 全數 斃死는 일어나지 않았고, 비교적 높은 51.5%의 生存率을 나타내었다. 이러한 점에서 비추어 볼때 자주복은 卵徑이 1.20~1.45 mm(藤田 1962; 長谷 等 1978)로서 감성돔의 0.74~0.94 mm(李와 盧 1987; 平野 1969; 伏見 等 1980), 넙치의 0.86~0.94 mm(盧와 卞 1986; 平本 1981)에 비하여 크고, 卵膜이 強靱한 沈性 粘着性卵으로서 孵化 기간이 分離 浮性卵에 비해 길고, 감성돔이나 넙치보다 큰 卵黃을 가지고 있기 때문에 吸收하는 期間이 길으므로 外部로 부터 먹이를 필요로 하는 시기가 늦어져 他 魚種에 비해 孵化後 初期 飢餓에 강한 것으로 생각 되어진다. 따라서 本 研究에서 자주복 孵化仔魚의 適正 rotifer 供給時期는 實驗 終了時까지 90% 이상의 생존율을 보인 부화 후 2~5 日 사이에 供給함이 바람직할 것으로 생각된다.

魚類의 種苗生産에 있어서 빛의 밝기는 魚類의 捕食活動에 중요한 環境條件의 하나이다. visual feeder에 속하는 魚類의 仔·稚魚들은 주로 晝間에 攝食 活動을 하고 夜間에는 停止하며, 이 때의 밝기는 魚種과 먹이의 種類에 따라서 다르지만, 대개 0.01~10 룩스 범위에 속하는 것이 많다(清野와 平野 1978).

清野와 平野(1978)는 감성돔의 孵化後 10 日 동안의 사육에서 生存과 成長이 좋은 밝기는 L 3000 > L 2000 > L 1000 > L 100의 순이었고, 李와 盧(1987)는 감성돔의 全長 7~10 mm 자어는 L 2000 이상에서 最大 捕食量에 달하였으며, L 0 에서는 捕食을 中止하였고 全長 14 mm 仔魚는 L 1000 이내에서, 全長 15 mm에서는 L 300 정도에서 最大 捕食量에 달한다고 하였으며, 盧와 卞(1986)은 넙치 稚魚飼育에서 全長 10 mm 仔魚가 最大 捕食量에 달하는 밝기는 L 1000 이상에서 었다고 하고 있다.

本 研究에서 全長 8 mm되는 자주복의 仔魚는 L 0 에서도 攝食이 認定되었고 全長 10 mm 日 때 最大 捕食量에 도달하는 밝기는 L 200 이상으로 넙치, 감성돔보다 더 낮은 照度에서 最大 捕食이 可能하였다. 이것은 동일 크기의 감성돔이나 넙치에 비하여 視覺 機能이나 포식에 關하여는 部位의 諸器官이 더 빨리 發達하므로 捕食力이 커 지는 것으로 생각되었다.

동일한 밝기인 L 1000 條件下에서 동일한 크기인 全長 10 mm의 海産魚類 仔·稚魚의 個體當 平均 Artemia의 最大 捕食量을 比較하여 보면 넙치는 129.56 個體(盧와 卞 1986)였고, 감성돔은 더 밝은 照度인 L 2000 에서 416.42 개체인데 비하여 本 研究에서의 자주복은 1,448.8 個體로서 越等하게 많은 양을 捕食하였다. 이는 實驗기간 中の 環境의 條件이나 實驗方法에서 다소 差異가 있을 것으로 생각

되지만, 魚種에 따른 種 固有의 捕食力이나 捕食量의 差異에 起因된 것으로 생각되어진다.

海産魚 種苗生産時 光 照射時間은 直接 捕食活動에 關與하므로 仔魚의 生理的機作에 어떠한 LD cycle을 適用하느냐에 따라 捕食量과 成長에 影響을 미치는 것으로 생각한다. 本 研究에서 세 段階로 調整한 LD cycle 하에서의 仔魚의 크기별 捕食量은 成長에 따라 全般的으로 增加하였으며 全長 8 mm 단계까지는 光照射시간이 길수록 捕食量의 增加 現象이 顯著하였지만 10 mm 이후에서는 光 照射時間에 관계없이 각 試驗區 間的 捕食量은 類似하게 나타났다. 이는 本 種의 形態的 特徵을 완전히 具備한 稚魚期에 들어감으로서 捕食活動에 관련하는 시각을 비롯한 身體 各 部위의 發達 等에 따른 捕食能力이 더욱 강화되므로서 最大捕食에 所要되는 시간이 단축되는데 起因된 것으로 생각되었다. 全長 6 mm부터 10 mm 단계까지는 LD cycle의 全實驗區에서 성장에 따른 개체의 最大捕食量이 급격하게 增加하는 것을 볼 수 있었으나 全長 12 mm부터 그 增加의 폭이 緩慢하게 나타났는데 이는 이 단계의 치어의 口徑에 비하여 실험에 사용한 *Artemia* 孵化 幼生の 크기가 작은데서 기인한 것으로 생각되므로 追後 養成 *Artemia*나 다른 大形 먹이생물을 사용하여 補完할 필요가 있다고 생각된다. 끝으로 本 研究에서 設定한 LD cycle 範圍의에 明期의 시간 조절에 따른 捕食量의 변화와 기타 생리적 現象에 대한 검토와 함께 全長 6 mm 이하의 어린 단계의 것에 대해서도 더 研究되어야 할 것으로 思料된다.

## 要 約

자주복, *Takifugu rubripes* 種苗의 효율적인 大量 生産 技術을 開發하기 위하여 1989, 1991 年과 1992 年 5 월에 各各 人工 孵化한 仔·稚魚를 對象으로 實施한 rotifer (*Brachionus plicatilis*)의 適正 供給時期, 照度와 LD cycle에 따른 *Artemia* 捕食量 및 初期 成長에 대하여 調査한 結果를 要約하면 다음과 같다.

孵化 仔魚의 適正 rotifer 供給 開始 時期는 孵化後 2~5 일 사이며 그 生存率은 96.5~90.0 % 였다.

各 成長 段階別 最大 捕食量에 到達 할 수 있는 最低 照度는 全長 6 mm에서는 1000 룩스 였고, 8 mm에서 600 룩스, 10 mm에서 12 mm 사이에서는 200 룩스로 성장에 따라 차츰 低照度下에서 捕食이 可能하였다. 全長 6~12 mm 사이의 仔·稚魚에 있어서 全長 (X)과 最大捕食量에 달하는 照度 (Y)와 의 관계는  $Y=2200-200X$  ( $r=-1.0000$ )의 直線回歸式으로 나타낼 수 있었다. 세가지의 L:D cycle 條件 (12:12, 14:10, 16:8) 下에서 全長 6~14 mm까지의 成長 段階別 仔·稚魚의 捕食量은 대체로 光 照射 時間이 길어질수록 많아지는 傾向을 보였으나 큰 차이는 없었다.

孵化後 經過日數 (X)와 全長 (Y)의 成長 關係式은 孵化後 3 일부터 36 일까지는  $Y=1.6427+0.2540X$  ( $r=0.9814$ )로 表示되었고, 36 일부터 68 일까지는  $Y=-33.1452+1.1867X$  ( $r=0.9854$ )로 나타났다. 이 기간 동안 水溫은  $21.3\pm 1.67^{\circ}\text{C}$  範圍였으며 68 일간의 生存率은 24.1% 였다.

## 參 考 文 獻

- Kakuta, I., M. Okabe, K. Nanba, H. Nakagawa, H. Kumai, and M. Nakamura. 1988. Studies on nutritional requirement of *Fugu*-III, Effect of dietary dextrin, feed oil and vitamins. Suisanzoshoku. 36 (3): 183~191.

- Ohgami, H. and Y. Suzuki. 1982. The Influence of rearing condition on survival and cannibalism on fingerlings of tiger puffer (*Takifugu rubripes* T. et S.). Bull. Shizouka Pref. Fish. Exp. Station 16:79~85.
- 林田豪介・松清恵一. 1984. 트라프그 種苗生産. 長崎縣水試事報 59:233~235.
- ・柿日研造・松清恵一. 1982. 트라프그種苗生産. 長崎縣水試事報 57:289~293.
- 伏見 徹・向井良昭・高山恵介外4人. 1980. 種苗生産事業. 廣島水試事報 5~9.
- 平野禮次郎. 1969. 크로다이稚魚飼育. 日水誌 35:567~569.
- 平本義春. 1981. 히라메種苗生産. 採卵から稚魚 の飼育まで. 養殖 4:54~58.
- 平本義春. 小林啓二. 1979. 히라메의 種苗生産について. 栽培技研 8(1):41~51.
- 藤田矢郎. 1962. 日本産主要フグ類의 生活史と養殖に關する研究. 長崎縣 水産試験場 論文集 2 :13~31.
- 清野通康. 平野禮次郎. 1978. 海産魚稚仔魚의 飼育環境條件, とくに光條件について. 海洋科學 10(3):728~739.
- 北田哲夫・北島力. 1982. 트라프그의 養成委託試驗. 長崎縣 水産試験場 事業報告 57:238~247.
- ・—————. 1983. 트라프그種苗生産試驗. 長崎縣 水産試験場 事業報告 58:170~177.
- 李秉喙・金容億. 1969. 韓國産 主要 海産魚類의 種苗生産에 關한 研究. 1. 자주복의 卵 發生과 仔魚의 成長에 대하여. 釜山水大臨海研報. 2:1~11.
- 李定宰・盧暹. 1987. 감성돔, *Mylio macrocephalus* (Basilewsky)의 種苗生産에 關한 研究. 濟州大 海資研報 11:1~20.
- 卞忠圭・盧暹. 1970. 자주복, *Fugu rubripes* (Temminck et Schlegel)의 種苗生産에 關한 研究. 韓水誌 3(1):52~64.
- 長谷川仁・大須賀恵作・近藤優. 1978. 養殖トラフグからの採卵. 静岡水試研報 12:35~36.
- 盧 暹・卞忠圭. 1971. 자주복의 蓄養에 關한 基礎的 研究. 國立水産振興院研究報告 8:93~106.
- ・—————. 1986. 濟州島産 魚類(능성어 亞科)의 種苗生産에 關한 基礎的 研究 및 種苗 量産化에 關한 研究. 濟州大 海洋科學大學, 養殖研報 3:1~43.
- 關 哲夫. 1978. 아와비種苗生産의 考え方. 増殖技術の基礎と理論. 水産學シリーズ 23:57~67.
- 慶德尚壽. 田中實. 山田正遍. 水吳 浩. 1982. 타이類種苗生産. 廣島縣栽培協 13~21.
- 安永義易. 1971. 히라메稚魚의 攝餌生態と成長. 東海水研報 68:31~43.