

## 자주복 *Takifugu rubripes* 자어의 성장 생존 및 섭이율에 미치는 기아의 영향

한 경 남  
인하대학교 해양학과

### Effects of Starvation on Growth, Survival and Feeding Incidence of Tiger Puffer (*Takifugu rubripes*) Larvae

Kyung-Nam Han

Department of Oceanography, Inha University, Incheon 402-751, Korea

The influence of starvation on survival, growth and feeding incidence of larval tiger puffer *Takifugu rubripes* was investigated for 16 days after let them hatched at the temperature of 16.5~18.5°C. The effect by delayed initial feeding on larvae was also studied.

Almost all larvae began to be fed from the stage of yolk absorption about 5 days after hatching, in which rearing trials revealed that their survival and growth were influenced by food availability. Survival of unfed larvae, which started to decrease drastically since the oil globule was exhausted about 9 days after hatching, dropped to 50% and 0% respectively on the 11.5th and 16th day. The difference of growth between fed and unfed larvae came into sight on about 5th day after hatching when the initial feeding was started, and had reduced in proportion to the length of starvation period. The condition factors for the unfed larvae were lower than those of the fed. Of the larvae which had starved less than 5 days, more than 80% could consume food upon feeding. No fish had the ability in having food after 10 days. It appeared that the turning point of recover for the starving larvae came on 7th or 8th day. Their taking-food ability seemed to be affected by the change in swimming activity which depended on the duration of starvation.

For the seed production of tiger puffer, therefore, feeding should be initiated as soon as possible, so as to enhance the production and survival of healthy seeds.

Key words : Starvation, Point of no return, Tiger puffer, Feeding, Survival

#### 서 론

해산어류의 초기사육에 있어 나타나는 사망 원인에 대해서는 많은 연구가 되어져 있으며, 이러한 사망 원인으로는 주로 난질에 기인하는 자어의 섭이능력 결여설(倉田, 1959), 비록 형태는 완전

해도 활력 등이 건강한 자어에 비교하여 떨어진다는 선천적 질적 결핍설(福原, 1974) 그리고 난황 흡수전후에 자어의 섭이와 관련된 환경조건의 부적정설(Blaxter and Hempel, 1963; 渡部, 1970; May, 1971; Jone, 1972) 등이 대론되고 있다. 섭이능력 결여설과 선천적 질적 결핍설에

이 논문은 1996년도 인하대학교 교내연구비에 의해 수행되었음.

기인된 사망 원인의 해결에 관해서는 양호한 부화자어를 얻는 방법이나 건강한 자어의 선별을 검토하는 것 이외에 대책은 없으나, 환경조건의 부적정설에 기인된 사망 원인의 해결에 관해서는 난황 의존의 내생적(endogenous) 전기 자어기에서 외부영양으로 바뀌는 외생적(exogeneous) 후기 자어기로의 전환시 성공적인 먹이공급이 자어의 성장과 생존율에 큰 영향을 미치는 것은 강조되고 있으며(O'Connell, 1976; Theilacker, 1978), 이러한 먹이 전환시기에 적절한 먹이의 제공이 중요한 것을 시사하고 있다.

해산어류의 초기단계에 있어 먹이의 유무와 생존율에 관한 연구로는 청어(Blaxter and Hempel, 1963), 북해산 멸치(Lasker et al., 1970), 참돔(福原, 1974), 방어(매田, 1978), 돌가자미(大關, 1987), 까나리(Yamashita and Aoyama, 1986), 은어(兵藤·關, 1985) 등 다수의 어류에서 보고되고 있으나, 그 결과는 어종이나 사육환경에 따라 큰 차이를 보이고 있다.

본 연구는 상업적으로 중요한 자주복 *Takifugu rubripes*의 종묘생산시 초기 자어의 섭이생태에 대한 기초자료를 제공하기 위하여, 급이와 무급이 조건에서의 자어의 성장과 생존율의 변화를 비교하였다. 아울러 기아상태의 자어가 섭이 가능한 기간과 그때의 포식량 변화 등을 검토하였으며, 사육실험을 실시하여 먹이공급시기의 지연이 자주복 자어의 성장 및 생존율에 미치는 영향을 조사하였다.

## 재료 및 방법

### 부화자어

실험에 사용한 자주복 *Takifugu rubripes* 자어는 저인망어선에서 어획된 자연산 친어(암컷 체중 8.0kg, 수컷 체중 3.5kg)로부터 인공수정에 의해 얻어진 수정란에서 부화된 자어이다. 수정란은 100ℓ용량의 알테미아 부화조를 사용하여 200~300ml/분의 통기와 6~7회/일의 유수 조건하에서 난관리를 하였고, 부화 직후의 자어를 실험에 사

용하였다. 난 관리시의 수온은 16.1~18.7°C이었다.

### 급이와 무급이에 따른 생존율 비교

초기 발육단계에 따른 생존율의 변화를 파악하기 위하여 부화 직후의 자어를 관찰이 용이한 15ℓ용량의 사각 유리수조 2개에 각각 300마리씩을 수용하여 실시하였다. 무급이구와 급이구로 설정하여 무급이구는 전 개체가 사망할 때 까지 매일 사망개체수를 조사하였고 급이구는 부화후 4일부터 rotifer를 5~10개체/ml의 밀도로 공급하여 두 실험구간의 생존율을 비교하였다. 실험기간중의 수온은 16.5~18.5°C이었다.

### 급이와 무급이 조건시 자어의 성장 및 체성분 비교

자주복 부화자어를 100ℓ용량의 원형수조 2개에 각 수조별 2,000마리씩 수용하여 100~150ml/분의 통기와 1회/일의 유수식 조건하에서, 각각 무급이구와 급이구로 사육하였고 급이구는 rotifer를 5~10개체/ml의 밀도로 공급하였다. 기아가 자어의 성장에 미치는 영향을 급이구와 비교하기 위하여 매일 각 실험구에서 20마리씩을 무작위 추출하여 전장 및 체중의 건중량을 측정하였고, 비만도를 계산하였으며 자어의 행동양상을 관찰하였다. 또한 두 실험구 자어의 체성분 조성 변화를 비교하기 위하여 부화후 9일째(기아 5일)의 자어를 대상으로 수분함량, 조단백질, 조지방 및 조회분의 일반분석을 실시하였고, 수정전의 성숙난(난경, 1.15~1.20mm)의 성분조성과 비교하여 기아가 자어의 체성분에 미치는 영향을 조사하였다.

### 기아에 따른 섭이율, 포식량의 변화

기아일수 경과에 따른 자어의 섭이율과 포식량의 변화를 조사하기 위하여, 무급이 수조에 수용한 자어를 개구시점(부화후 1일)부터 부화후 16일(기아 12일)까지 매일 약 10마리를 5~10개체/ml의 rotifer가 들어있는 1ℓ비이커에 옮긴 후, 5시간후에 자어를 빼내어 증류수로 씻은 후 소화판내의 rotifer를 계수하였다. 섭이율(%)은 조사 개체수중 rotifer를 섭이한 개체의 비율로서 계산

하였다.

$$\text{섭이율}(\%) = \frac{\text{섭이가 확인된 자어수}}{\text{조사개체수}}$$

### 급이개시의 지연과 자어의 성장 비교

부화 1일의 자어를 실내에 설치한 30ℓ용량의 원형수조 4개에 수조별 각각 300마리씩 수용하여 100~150ml/분의 통기와 1회/일의 유수식 조건하에서 12일간 사육하였다. 실험은 섭이개시시기의 관찰 결과에 근거하여 섭이개시 당일(부화후 4일)부터 급이한 실험구를 대조구로 설정하고, 이날로부터 1일씩 늦게 급이한 실험구를 각각 S1, S2, S3로 하였다. 사육개시, 종료시 및 사육기간중에 각 실험구의 20마리에 대하여 전장을 측정하였고 매일 바닥청소시에 사망개체와 실험종료시의 각 실험구의 생존 개체수로부터 생존율을 구하였다. 사육기간중의 수온은 18.0~21.5°C이었다.

## 결 과

### 내부영양에서 외부영양으로의 이행시기

수온 16.6~18.5°C에서 사육 관찰한 부화자어의 난황 및 유구흡수 시기를 Fig. 1에 나타냈다. Fig. 1에 나타난 바와 같이 외관상의 개구는 부화후 24~36시간 사이에 시작하여 부화후 48시간 이내에 대부분의 개체가 완료하였다. 부화후 72시간의 자어에는 난황이 충분히 남아있어 섭이를 개시하는 개체는 아직 관찰되지 않았다. 부화후 96시간의 자어에는 난황의 감소가 두드러지며, 표본한 10마리중 1~2개체의 소화관중에 rotifer가 관찰되었다. 부화후 120~144시간의 자어는 난황이 거의 흡수되었고 또한 표본한 15마리 모두의 소화관속에 평균 2~3개체의 rotifer가 관찰되었다. 부화후 168~192시간의 자어에는 유구가 거의 급격히 소실되었다.

이상의 관찰 결과로부터 상기의 수온 범위에서의 자주복 자어는 부화후 2일 이내에 개구를 완료하고, 부화후 4일째에 일부의 개체가 섭이를 시작하며 부화후 5~6일째가 되면 난황의 소실과 함

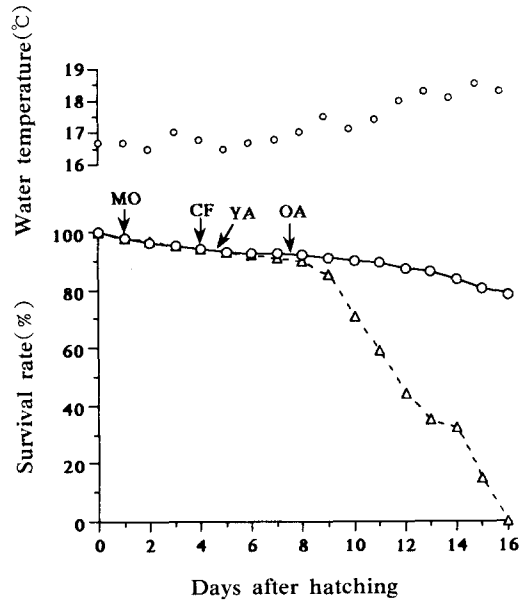


Fig. 1. Changes in water temperature (upper) and survival rate (lower) between fed (open circle) and unfed (triangle) larval puffer fish. MO, mouth opening; CF, commencement of feeding; YA, yolk absorption, and OA, oil globule absorption.

께 건강한 종묘의 대부분이 섭이를 시작하는 것으로 나타났다.

### 급이구와 무급이구 자어의 생존율 비교

급이와 무급이 사육조건하에서의 두 실험구간의 생존율의 변화를 Fig. 1에 나타냈다. 실험 결과, 실험종료시 행방불명어는 수용한 전체 개체수의 5% 정도에 불과해, 두 실험구간의 생존율의 변화를 비교할 수 있었다. 생존율은 급이구의 경우 부화후 8일 그리고 무급이구의 경우 기아 4일까지 두 실험구간에 차이가 없었으나, 그후 무급이구 자어의 유영력이 현저하게 떨어지는 것과 동시에 연차적으로 감소하여 부화후 16일(기아 12일)에 전 개체가 폐사하였다. 즉 무급이 조건하에 있어서의 대량폐사 시기는 유구가 소실되는 부화후 8일 이후 부터 시작하여 부화후 16일경에 전 개체가 폐사하는 것이 밝혀졌다.

급이구와 무급이구 자어의 성장 및 체성분 비교

급이구와 무급이구에 있어 평균 전장과 평균 건중량의 변화를 Fig. 2에 나타냈다. 부화 직후의 자어의 평균 전장은 2.96mm이며, 부화후 4일까지는 급이구와 무급이구와의 사이에 성장의 차이는 인정되지 않았다. 그후 급이구에서 섭이가 시작됨과 동시에 두 실험구간에 전장 성장차가 나타나기 시작하여 급이구에서는 급격한 성장을 보이는데 비해, 무급이구에서는 부화후 4일경부터 전장 성장이 정지하여 부화후 7일이후는 성장 감소를 나타내었다(Fig. 2-A). 이러한 경향은 체중의 변화에도 비슷한 경향을 보여, 부화후 6일이후에 무급이구의 자어는 체중의 감소가 현저하게 나타나(Fig. 2-B), 실험종료시에는 두 실험구간에 성장의 유의차가 인정되었다( $P < 0.01$ ). 한편 섭이개시시기인 부화후 4일의 자어에 대한 부화후 9일의 두 실험구에 자어의 평균 전장과 평균 건중량의 변화를 비교한 결과(Table 1), 급이구의 자어는 각각 1.20과 1.71에 비해, 무급이구는 각각 1.02와 0.81로 나타나, 기아는 자어의 체장성장의 감소보다 체중성장의 감소에 훨씬 더 영향을 미치고 있음이 밝혀졌다. 이러한 결과는 자어의 비만도에도 영향을 미쳐 무급이구 자어의 비만도는 현저하게 감소하고 있음을 나타냈다.

급이구와 무급이구 자어의 체성분 분석 결과를

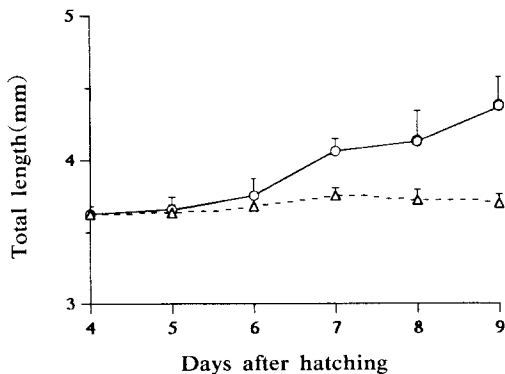


Fig. 2. Comparison of total length between fed (open circle) and unfed (triangle) larval puffer fish. Vertical lines indicate SD.

Table 1. Comparison of body size between fed and unfed groups of the larval tiger puffer

	Age (days after hatching)	Fed group <sup>1</sup>	Unfed group <sup>1</sup>
TL(mm)	4	3.63±0.05	3.63±0.05
	9	4.37±0.20	3.70±0.07
	9d/4d	1.20	1.02
BW(mg) <sup>2</sup>	4	0.155±0.0001	0.155±0.0001
	9	0.265±0.05	0.126±0.02
	9d/4d	1.71	0.81
C.F. <sup>3</sup>	4	3.24	3.24
	9	3.18	2.49

<sup>1</sup>Means±SD

<sup>2</sup>Dry basis

<sup>3</sup>Condition factor

Table 2에 나타내었다. 성숙한 난에 있어 수분함량은 78% 정도로 급이구와 무급이구의 자어보다 낮으나, 조단백질과 조지방량은 두 실험구에 비교하여 높은 수치를 가리키고 있다. 특히, 무급이구의 기아어는 조단백질량의 수치가 현저하게 낮게 나타났다. 또한, 급이구와 무급이구의 부화자어의 경우, 수분함량과 조지방량에는 큰 차이는 보이지 않았으나, 조단백질량과 조지방량에 차이가 보여, 전자는 급이구의 자어가 후자는 무급이구가 각각 높은 수치를 보였다.

기아일수 경과에 따른 섭이율 및 포식량의 변화

일정시간의 기아후에 rotifer를 급이한 경우의 섭이율의 변화를 Fig. 3에 나타냈다. 앞서 언급한 바와 같이 본종은 부화후 4일부터 일부의 개체에서 섭이가 인정되고, 부화후 10일(기아 6일)까지는 기아어의 80% 이상이 섭이하였으나, 그후 사망율의 증가와 함께 부화후 11~12일(기아 7~8일)사이에 기아어의 50%정도가 먹이를 취하지 않은 상태로 수조의 표면에 정지하며, 부화후 14일(기아 10일)부터는 완전히 섭이능력을 잃어버렸다.

다음은 상기의 섭이개체의 소화관속에 있는 rotifer수의 추이를 Fig. 4에 나타냈다. 그림에 나타

**Table 2. Effects of fed and unfed on the body composition of 9 days old tiger puffer**

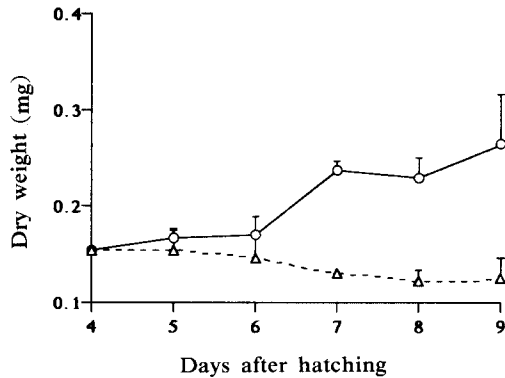
	Moisture	Crude protein <sup>1</sup>	Crude lipid <sup>1</sup>	Crude ash <sup>1</sup>
Egg <sup>2</sup>	78.4	12.8	6.6	0.7
With food <sup>3</sup>	85.5	9.1	4.2	0.5
Without food <sup>4</sup>	85.6	8.3	4.6	1.1

<sup>1</sup>Values represent % of wet weight basis.

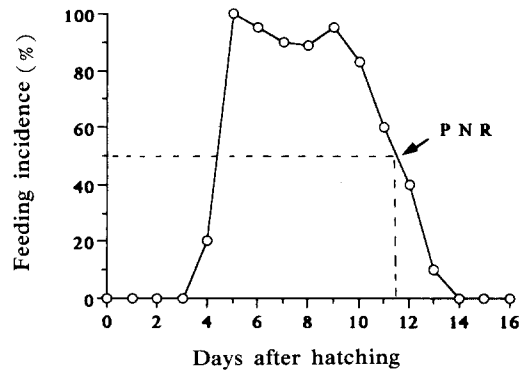
<sup>2</sup>Ripe eggs before fertilization(Ovum diameters ranging from 1.15 to 1.20 mm)

<sup>3</sup>Larvae reared with rotifer.

<sup>4</sup>Larvae reared without rotifer.



**Fig. 3. Comparison of dry body weight between fed (open circle) and unfed (triangle) larval puffer fish. Vertical lines indicate SD.**



**Fig. 4. Change in feeding incidence of the larval puffer fish with starving duration. Dotted line indicate the point of no return (PNR).**

난 바와 같이 기아일수의 경과에 따른 섭취한 rotifer 수의 변화는 섭이율 결과와 유사하게 나타났다. 포식량은 부화후 8~9일(기아 4~5일)까지는 지수곡선적으로 증대하나, 그후에는 급격히 감소하여 섭이능력을 잃어버리는 것이 밝혀졌다.

#### 급이개시의 지연과 자어의 성장

본 실험에 대한 실험결과를 Table 3에 그리고

해당 각 실험구의 성장곡선을 Fig. 5에 각각 나타냈다. 성장은 급이개시일이 빠를수록 양호하며, 실험종료시에 있어서는 대조구와 3일 급이개시가 늦은 S3구간의 평균 전장에 있어 유의차가 인정되었다( $p < 0.05$ ). 그러나 그외의 실험구 사이에는 유의차가 인정되지 않았다. 사육기간을 통하여 생존율은 60~75%로, 실험구간에 큰 차이는 보이지 않았으며, 성장의 결과와 비슷한 경향을 나타냈다.

**Table 3. Effects of delay initial feeding on growth and survival rate in the larval tiger puffer**

	Control	S1	S2	S3
Commencement of feeding	4-day-old	5-day-old	6-day-old	7-day-old
Initial number of fish	300	300	300	300
Initial total length(mm) (Mean±S.D.)	3.21±0.12	3.21±0.12	3.21±0.12	3.12±0.12
Final total length(mm) <sup>1</sup> (Mean±S.D.)	3.95±0.3 <sup>a</sup>	3.82±0.15 <sup>ab</sup>	3.75±0.12 <sup>ab</sup>	3.71±0.12 <sup>b</sup>
Survival rate(%)	75.0	67.5	70.0	60.0

<sup>1</sup>Values within the same raw which bear different letters are significantly different at  $P < 0.05$  (ANOVA, Fisher's LSD test).

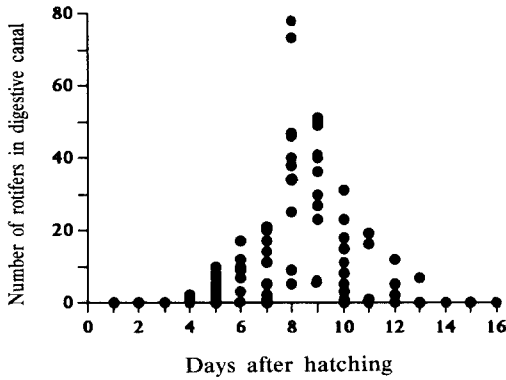


Fig. 5. Number of rotifers detected in the digestive canal of the larval puffer fish after 5 hours feeding, following various duration of starving.

### 고찰

해산어류의 종묘생산을 실시할 경우, 굵이는 자어의 개구직후에 실시하고 있으며, 이 시점에 참돔(北島, 1978), 돌돔(福所, 1979) 및 전갱이(村井, 1992)를 비롯한 대부분의 어류인 경우 난황은 거의 흡수된다. 이것은 자어가 내부영양에서 외부영양으로 전환후, 최초의 섭이까지의 시간을 가능한 짧게하여 성장이나 생존율의 향상을 꾀하기 때문이다. 그러나, 본종의 경우 외관상의 개구는 부화후 1일에 보이며 난황흡수전부터 rotifer의 섭이가 시작된다(藤田, 1988). 그 때문에 적절한 굵이개시일을 규명하는 것과 함께, 굵이가 늦은 경우의 영향 및 기아의 한계점을 파악하는 것은 본 종의 종묘생산을 원활히 수행하는데 있어 매우 중요하다.

본 실험에 의하면, 자주복 자어는 수온 16.6~18.5°C 범위에서 부화후 4일부터 일부개체에서 섭이가 시작되나 대부분의 개체가 섭이하는 시기는 부화후 5~6일로 관찰되어, 난황흡수의 내부영양에서 외부영양으로의 이행기는 부화후 5일전후로 생각된다. 그러나 실제 사육실험 결과, 굵이 개시시기가 빠를수록 자어의 성장이나 생존율이 높고 굵이 개시시기가 늦을수록 사육성적이 낮은 것으로 나타나, 굵이는 섭이가 가능한 부화후 4일째에

제공하는 것이 바람직하고 이것보다 1, 2일 늦을 경우, 약 10% 전후의 초기사망이 우려되어 본 종의 대량 종묘생산에 지장을 초래할 수 있다.

굵이와 무굵이 조건하에서의 자어의 성장을 비교한 결과, 굵이구의 자어는 부화후 4일부터 섭이가 시작된 이후 순조로운 성장을 보이나, 무굵이 사육조건하에서는 성장이 멈추고 부화후 7일 이후는 오히려 전장의 축소 및 체중이 현저하게 감소하는 경향을 보였다. 이것은 참돔(福原, 1974), 돌돔(福所, 1979), 붉바리(이 등, 1998) 등과 같은 어종에서도 유사한 경향을 보이고 있다. 전장의 축소는 소화기관의 조직학적 변화(Ehrlich et al., 1974; 媒田·落合, 1975; 王等, 1983)로 인한 체내기관의 파괴나 위축에 의한 일련의 현상으로 추측되고, 체중의 감소는 체내의 대사활동에 필요한 에너지공급을 위하여 조직내의 영양분을 사용하였기 때문으로 생각된다. 이에 대한 증거로서 굵이와 무굵이 조건하에 있어 자어의 체성분변화(Table 2)의 예로 설명할 수 있다. 다시말해 무굵이구의 자어는 굵이구의 그것에 비교하여 조단백질량의 급격한 감소가 인정되어 기아상태의 자어가 환경내의 생존수단으로서 체내의 단백질을 영양원으로서 사용한 것을 뒷받침한다.

한편, 자주복 자어는 수온 16.5~18.5°C의 무굵이 사육하에 있어 부화후 16일(기아 12일)에 전개체가 폐사하였다. 이것은 비슷한 수온범위내에서 실시한 방어의 9일(媒田·落合, 1975), 참돔의 8일(福原, 1974), 고등어의 7~8일(Hunter and Kimbrell, 1980), pejerrey의 9일(Str ssmann and Takashima, 1989)에 비교하면 기아 내성이 큰 반면, grunion의 21일(May, 1971)에 비교시 내성이 낮게 나타났다.

기아일수 경과에 따른 자어의 섭이율과 포식량의 변화를 보면, 부화후 10일(기아 6일)까지는 기아어의 80% 이상이 섭이하고 포식량도 최대치를 보이나 기아일수가 길어지면 섭이개체율이나 포식량이 급격히 감소하였다. 이것은 기아일수가 경과함에 따른 자어의 유영력과 색인능력의 저하에 기인한 것으로 볼 수 있으며, 또한 소화기관의

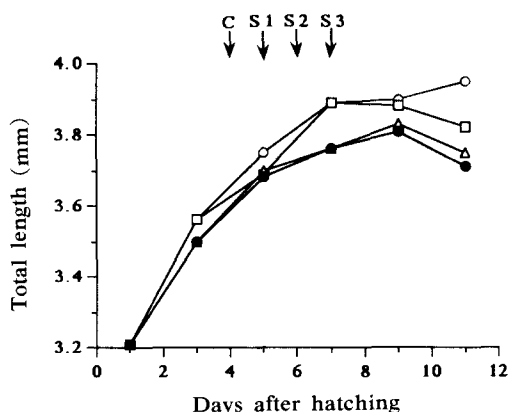


Fig. 6. Changes in mean total length of the larval puffer fish began to feed on 4 days (open circle, control), 5 days (square, S1), 6 days (triangle, S2) and 7 days (solid circle, S3) after hatching. Arrows show the commencement of feeding in each group.

수축으로 인한 생리적인 기능상실도 섭이율에 영향을 미칠 것으로 생각된다. Blaxter and Hempel(1963)은 일정한 기아기간이 계속되면 자어는 섭이능력을 잃으며, 섭이율이 50%을 교차할 때의 일수를 "Point of no return" (PNR)로 정의하였다. 이것에 따르면, 자주복 자어는 Fig. 3에 보이는 바와 같이 PNR은 부화후 11.5일이 되고 기아일수로는 7~8일이다. 이것은 Grunion (May, 1971), Plaice (Wyatt, 1972; Blaxter and Ehrlich, 1974; Ehrlich et al., 1974) 등과 같은 저서성어류와 비슷하며, 청어(Blaxter and Hempel, 1963; Mcgurk, 1984), 방어(媒田, 1978), 참돔(福原, 1974), 고등어(Hunter and Kimbrell, 1980), 전갱이(村井, 1992) 등의 유영 어류보다는 긴 것으로 나타났다. 그러나, 이러한 실험결과는 환경조건 특히 수온에 따라 변화하는 것으로 생각되나, 한편으로는 어종의 번식생리의 차이에 의한 종족유지 차원에서 생각할 필요가 있다.

### 요 약

자주복 *Takifugu rubripes* 자어의 섭이생태에

관한 기초 지식을 얻기 위하여 수온 16.5~18.5 °C 범위의 급이와 무급이 조건하에서 초기자어의 성장, 생존율 그리고 섭이율 등을 비교, 조사하였다.

자주복 자어는 부화후 5일전후에서 난황흡수의 내부영양에서 외부영양으로의 전환이 시작되고, 이 시기에 있어 섭이의 유무는 그후 자어의 성장, 생존율에 큰 영향을 미치는 것이 사육실험 결과 밝혀졌다. 무급이 자어는 부화후 16일에 전 개체가 사망하나, 초기사망의 출발점은 유구가 흡수되는 부화후 9일(기아 5일)경부터로 추측된다. 급이구와 무급이구 자어의 성장을 비교한 결과, 무급이구에서는 부화후 4일경부터 성장이 정지되고, 부화후 7일이후는 성장 감소를 보였다.

기아상태에 놓여있는 자어의 섭이율 변화는 기아일수 경과에 따른 자어의 유영력과 깊은 관계가 있는 것으로 생각된다. 따라서 자주복 종묘생산시 급이 개시시기는 가능한 빨리 결정하는 것이 건강한 종묘의 생산과 높은 생존율을 향상시킬 수 있다.

### 참 고 문 헌

Blaxter, J. H. S. and G. Hempel, 1963. The influence of egg size on herring larvae (*Clupea harengus* L.). J. Cons., 28 : 211-240.  
 Blaxter, J. H. S. and K. F. Ehrlich, 1974. Changes in behaviour during starvation of herring and plaice larvae. in "The early life history of fish"(J. H. S. Blaxter, ed). Springer-Verlag, Berlin, pp. 575-588.  
 Ehrlich, K. F., 1974. Chemical changes during growth and starvation of larval *Pleuronectes platessa*. Mar. Biol., 24 : 39-48.  
 Hunter, J. R. and C. A. Kimbrell, 1980. Early life history of pacific mackerel, *Scomber japonicus*. Fish. Bull. U.S., 78 : 89-101.  
 Jones, A., 1972. Studies on development and larval rearing of turbot, *Scophthalmus maximus* L., and brill, *Scophthalmus rhombus* L., in the laboratory. J. Mar. Biol. Ass. U.K. 52(4), pp. 965-986.  
 Lasker, R., H. M. Feder, G. H. Theilacker and

- R. C. May, 1970. Feeding, growth, and survival of *Engraulis mordax* larvae reared in the laboratory. Mar. Biol., 5 : 345-353.
- May, R. C., 1971. Effects of delayed initial feeding on larvae of the grunion, *Leuresthes tenuis* (AYRES). Fish. Bull., 69 : 411-425.
- Mcgurk, M. D., 1984. Effects of delayed feeding and temperature on the age of irreversible starvation and on the rates of growth and mortality of pacific herring larvae. Mar. Biol., 84 : 13-26.
- O'Connell, C. P., 1976. Histological criteria for diagnosing the starving condition in early post yolk sac larvae of the northern anchovy, *Engraulis mordax* Girard. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 25 : 285-312.
- Strüssmann, C. A. and F. Takashima, 1989. Effects of temperature upon survival and histological changes of starved pejerrey *Odontesthes bonariensis*. Nippon Suisan Gakkaishi, 55 : 247-254.
- Theilacker, G. H., 1978. Effect of starvation on the histological and morphological characteristics of jack mackerel, *Trachurus symmetricus*, larvae. Fish. Bull. U.S., 76 : 403-414.
- Wyatt, T., 1972. Some effects of food density on the growth and behaviour of plaice larvae. Mar. Biol., 14 : 210-216.
- Yamashita, Y and T. Aoyama, 1986. Starvation resistance of larvae of the Japanese sandeel (*Ammodytes personatus*). Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., 52(4) : 635-639.
- 이창규·박인석·허성범. 1998. 기아시 불바리 자어의 간세포핵 변화. 한국양식학 회지, 11 : 11-17.
- 大關芳冲. 1987. 海産魚類の初期減耗に関する基礎的研究. 東京大學農學部博士論文, 244pp.
- 渡部泰輔. 1970. マサバの發育初期における形態・生態ならびに資源變動に関する研究. 東海水研研報, 62 : 1-283.
- 北島 力. 1978. マダイの採卵と稚魚の量産に関する研究. 長崎水試論文集, 第5集, 92pp.
- 福所邦彦. 1979. イシダイの種苗生産に関する基礎的研究. 長崎縣水産試験場論文集, 第6集, pp. 57-61, 105-116.
- 福原 修. 1974. 初期の飢餓がマダイ仔魚の生残り, 成長および發育に及ぼす影響について. 南西水研研報, 7 : 19-29.
- 兵藤則行・關 康夫. 1985. 海産稚アユに関する研究-II. 流下仔アユの生残りにおよぼす絶食の影響(1). 新潟内水試調査研報. 12 : 15-22.
- 媒田 晋. 1978. 投餌開始期がブリふ化仔魚の成長, 生残りならびに消化器官におよぼす影響. 高知大學水産實驗所報告, 3 : 1-8.
- 媒田 晋・落合 明. 1975. 攝餌または飢餓状態のブリ仔魚における消化器官の組織學的構造と機能について. 魚類學雜誌, 21 : 213-219.
- 藤田矢郎. 1988. 日本近海のフグ類(水産研究業書 39). 日本水産資源保護協會, 東京, 131pp.
- 村井 衛. 1992. シマアジの人工採苗に関する基礎的・應用的研究. 東京水産大學博士論文, 159pp.
- 王 昭明・降島史夫・野村 稔・酒井 清. 1983. 絶食に伴うコイ仔魚消化器官の組織學的変化-I 消化管. 水産増殖, 31 : 134-143.
- 倉田博. 1959. ニシン稚魚の飼育について. 北水研報, 20 : 117-138.