

## 참전복, *Haliotis discus hannai*의 3배체 유도와

### 생물학적 특성에 관한 연구

#### III. 3배체의 성장

지영주 · 장영진\*

국립수산진흥원 동해수산연구소

\*부경대학교 양식학과

## Induction of Triploid Abalone, *Haliotis discus hannai* and Its Biological Characteristics

### III. Growth and Survival Rate of Triploid Abalone

Young-Ju Jee and Young Jin Chang\*

East Sea Fisheries Research Institute, National Fisheries Research and  
Development Institute, Kangnung 210-860, Korea

\*Department of Aquaculture, Pukyong National University, Pusan 608-737, Korea

Growth of triploid abalone, *Haliotis discus hannai* induced by cold (3°C) shock and its feed efficiency were investigated from larva to adult for 51 months.

After 51 months from triploidy induction, the triploid abalones have outgrown to diploid abalones in shell length and total weight. Triploid abalones with inhibition of extrusion of first polar body (3n-1pb) were outgrown to diploid abalones, however, triploid abalones with inhibition of extrusion of second polar body (3n-2pb) were not significantly different from diploid controls in shell length and total weight through the whole rearing period ( $P < 0.05$ ), because of their heterozygosity differences.

Daily feeding rates and feed conversion rates decreased with the growth of abalones and both rates had no difference between two experimental groups.

After 51 months from inducing triploid, condition index of triploid abalone (64.1%) was higher than that of diploid control (59.4%) ( $P < 0.05$ ) and gonad index of triploid abalone (1.17) was lower than that of diploid control (2.67) ( $P < 0.05$ ).

Survival rate was 63.0% in triploid group (3n-1pb 62.0%, 3n-2pb 64.0%) and 62.0% in diploid group during the experimental period.

Key words : Abalone, *Haliotis discus hannai*, Triploid, Growth, Survival rate, Feed efficiency

#### 서 론

Beaumont and Fairbrother(1991)는 수산 동물에 있어서 3배체 성체의 생식세포는 감수

분열 동안 상동염색체가 짝을 짓지 못하기 때문에 염색체 3쌍의 분리는 부정확하게 되거나 중지되어 3배체는 일반적으로 산란 시기에 불임이 되고, 이러한 불임은 성적 성숙에 쓰일 대사 에너지를

체성장에 이용될 수 있게 하므로 3배체는 2배체보다 크게 성장하는 장점이 있다고 하였다.

패류에서는 제1극체 및 제2극체 방출 억제에 의한 두가지 방법으로 3배체를 유도할 수 있는데, Stanley et al.(1984)은 3배체 버지니아굴, *Crasostrea virginica*인 경우 제1극체 방출 억제형 3배체의 각고 성장이 제2극체 방출 억제형 3배체나 대조구인 2배체의 각고 성장보다 빠르다고 보고한바, 이러한 현상은 제1극체 방출 억제형 3배체가 제2극체 방출 억제형 3배체에 비해 이형접합성이 크기 때문이라고 설명하고 있다. 따라서 패류의 3배체 성장 조사는 제1극체 방출 억제형 3배체와 제2극체 방출 억제형 3배체로 나누어서 조사해야만 한다.

패류에 있어서 3배체의 성장에 관하여는 다수의 연구 결과가 있는데, Stanley et al.(1981)은 3배체 버지니아굴, *C. virginica*의 성체는 2배체보다 많은 육중량 및 좋은 육질을 얻을 수 있고, 산란기 동안 폐사율을 낮출 수 있다는 결과를 보고하고 있고, Tabarini(1984)는 가리비류, *Argopecten irradians*에서 3배체는 성성숙에 쓰일 에너지가 체성장에 이용되므로 빠른 성장이 예상된다고 한 바 있다.

전복의 3배체에 관한 연구로는 Arai et al.(1986)가 물리적 자극에 의해 참전복, *Halio-tis discus hannai*의 3배체를 유도한 바 있고, 우리나라에서는 지와 장(1995)이 수온 자극에 의해 참전복의 3배체를 유도한 보고가 있지만, 이들의 연구에서는 효과적인 3배체의 유도 방법에 대해서만 언급하고 있을뿐 성패까지 사육하면서 성장 및 사료효율 등을 조사한 연구 결과는 아직까지 찾아볼 수 없는 실정이다.

본 연구에서는 완전 양식이 되고 있는 우리나라산 참전복의 3배체 양식 생산에 관한 연구의 일환으로, 온도처리에 의해 3배체 전복을 유도한 후 4년생 이상의 성패까지 사육하면서 2배체와 3배체 간의 성장 과정, 사료효율 및 생존율 등 대량 사육시 요구되는 양식 산업적 요소들을 서로 비교하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 3배체 유도

실험에 사용한 모패는 4~6년생 참전복, *Halio-tis discus hannai*로서 인위적인 성숙을 위해 1990년 12월 1일부터 4월 30일까지  $14 \pm 1^\circ\text{C}$ 가 되도록 가온 유수 사육하였다. 1991년 6월에 3배체 유도 실험을 하였는바 이 때의 적산수온은  $1,544.6^\circ\text{C}$ 였다. 산란유발은 菊地·浮(1974)의 방법에 의해 육안적으로 성숙도가 좋은 암컷 10마리, 수컷 5마리에 대해 간술, 자외선 해수 처리 및 수온 상승의 복합 자극에 의하였다. 방출된 알의 수정을 위하여는 수온  $20^\circ\text{C}$ 의 여과해수로 충격이 가지않게 망목  $60 \mu\text{m}$ 의 물러가제로 알을 걸러낸 다음 ml 당 약 100만마리의 농도로 희석 준비된 정자 현탁액에 넣어 수정시켰다.

3배체의 유도를 위하여 저온 처리 방법을 사용하였는데, 즉 수정 후 12분 및 32분 경과된 수정란을 각각 수온  $3^\circ\text{C}$ 의 해수에 15분 동안 침지하여 제1극체 방출 억제형과 제2극체 방출 억제형의 2가지 3배체를 유도하였다. 수정률, 부화율 정상발생률 및 3배체 유도율 조사는 지와 장(1995)의 방법에 따랐는데 3배체 유도율은 Arai et al.(1986)의 방법을 약간 변형한 지와 장(1995)의 방법에 의해 염색체 표본을 만들어 조사하였다.

3배체 처리가 끝난 각 실험구 수정란 및 3배체 처리를 하지 않은 대조구 수정란은 여과 해수로 여러번 세란하여 여분의 정자를 제거한 다음 해수를 수용한 1톤 사각 수조에 각각 부화시켰다. 부화된 유생은 사이폰 식으로 모아 부화 수조 옆에 미리 준비한 1톤 사각 수조에 수용한 다음, 부착기 유생이 될 때까지 여과 해수를 유수하면서 사육하였다.

### 2. 사육 방법 및 성장 측정

제1극체 방출 억제형 3배체 실험구, 제2극체 방출 억제형 3배체 실험구 및 대조구인 2배체 실험구를 설정하였으며, 각 실험구 그리고 대조구

별로 부착기 유생을 채묘기에 부착시킨 후, 평균 각장 10 mm 전후의 치패로 성장한 150일 후에 부착 파판에서 떼어 내어 각 실험구 및 대조구 당 각각 50마리씩을 FRP제 사각수조에 수용하여 성장 실험을 실시하였다. 각 실험구 및 대조구의 전복에는 일련번호가 인쇄된 OHP 필름을 수중 접착제(E380, 코니보ンド, Japan)로 패각에 부착하여 각각의 전복을 구별할 수 있게 하였다.

각 실험구 및 대조구 별 사육용 수조로는 가로, 세로, 높이가 70×40×21 cm인 FRP제 사각형 수조를 사용하였다. 각 수조에는 직경 125 mm의 PVC 파이프를 절반으로 쪼개어 길이를 30 cm 되게 잘라 만든 셀타를 5개 수용하여 부착 면적이 0.57 m<sup>2</sup>가 되게 하였다. 사육수로는 여과 해수를 사용했으며, 사육 수심은 15 cm로 유지하고 환수율은 6회전/시간으로 조절하였다. 급수 방식은 산소 공급을 위해 30 cm 높이에서 살수식으로 하였다.

성장도 조사기간은 1991년 6월부터 1995년 8월까지 4년 3개월 동안이었다. 환경 조사는 매일 오전 10시에 수온, 비중을 측정하였으며 수온은 액정 수온계(Nisso, ND-10, Japan)로 0.1℃까지, 비중은 B형 비중계로 0.0001까지 측정하였다. 사육 중의 환경 요인으로서 pH, 용존산소량, 암모니아 농도를 1992년 6월부터 12월까지 6개월 동안 측정했는데, pH는 digital pH meter(Accumet, Model 825MP, USA)로, 용존산소량은 DO meter(YSI 51B, USA)로 매일 측정했으며, 암모니아(NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N)는 Nessler법으로 매주 1회씩 대조구 및 각 실험구 별로 측정하였다.

성장 실험시 먹이는 진다시마, *Laminaria japonica*를 3일 간격으로 예상 섭식량의 약 2배를 주어서 수조 내에 항상 충분한 먹이가 있도록 하였으며 먹이 공급 3일 후 신선한 먹이와 교체해 주고 투여량과 잔존량은 먹이 표면의 수분을 가제로 제거한 후 측정했다. 먹이를 준 다음 먹이가 해수 중에서 증감한 양을 알기 위하여 동일 조건 하에서 전복 치패를 수용하지 않은 수조에 먹이를

수용하여 증감률을 산출한 후 섭식량을 보정하였다.

먹이 효과를 비교하기 위하여 일일섭식률 및 사료전환효율을 浮(1981)의 방법에 따라 다음 식에 의해 구하였다.

$$\text{일일섭식률(\%)} = \frac{C}{n} \times \frac{2}{W_0 + W_1} \times 100$$

$$\text{사료전환효율(\%)} = \frac{W_1 - W_0}{C} \times 100$$

여기서 W<sub>0</sub>: 실험 개시시의 중량(g)  
 W<sub>1</sub>: 실험 종료시의 중량(g)  
 C: 총섭식량(g)  
 n: 사육일수

W<sub>0</sub>, W<sub>1</sub>, C는 습중량으로 계산

사육 중 전복의 성장을 파악하기 위하여 매 2개월 간격으로 각장과 전중을 측정하였으며, 길이는 0.05 mm까지 잴 수 있는 vernier caliper로, 무게는 0.01 g까지 잴 수 있는 적독식 저울(Mettler PC 2000, USA)에 의해 측정하고 아울러 생존개체 수도 조사하였다.

성장 실험 종료 후, 지(1996)의 방법에 의해 flow cytometry로 각 개체별 배수성 판정을 한 후 3배체로 판정된 개체만 역추적하여 성장도 조사 결과를 재정리하였는데, 제1극체 방출 억제형 3배체와 제2극체 방출 억제형 3배체의 성장도 조사 결과와는 별도로 제1극체 방출 억제형 3배체와 제2극체 방출 억제형 3배체의 성장도 조사 결과를 합해서 전체 3배체 전복의 성장도 조사 결과를 구했다. 성장 결과는 minitab 통계 패키지를 사용하여 분산분석을 실시하였다.

배수체별 육질부 중량비를 알기위해 flow cytometry에 의해 3배체로 확인된 전복을 대상으로 패각 중량과 육질부 중량을 측정하고 赤繁·伏見(1992)의 방법에 따라 condition index(총중량에 대한 육질부 중량의 비)를 구해 3배체와 2배체를 서로 비교하였다.

## 결 과

### 1. 3배체 유도율

성장 실험을 위한 3배체 유도 실험 결과는 Table 1과 같다. 수정률은 대조구 72.58%, 제1극체 방출 억제형 3배체 70.25% 및 제2극체 방출 억제형 3배체 74.74%로 서로 간에 별 다른 차이가 없었다. 부화율은 대조구가 86.97%인데 비해 제1극체 방출 억제형 3배체 64.10%, 제2극체 방출 억제형 3배체가 62.50%로 낮았고, 정상발생률 역시 대조구의 98.00%에 비해 제1극체 방출 억제형 3배체는 84.62%, 제2극체 방출 억제형 3배체는 80.00%로 낮았다. 염색체 수 계수에 의한 3배체 유도율은 제1극체 방출 억제형 3배체가 85.7%, 제2극체 방출 억제형 3배체가 83.3%였다.

### 2. 사육환경

전 사육 기간 중의 월별 평균 수온은 11.5~24.0℃의 범위였는데, 일별 수온에서는 1994년 3월 23일에 가장 낮은 10.5℃를 나타냈고 1994년 7월 25일에 27.0℃로 가장 높은 수온을 보였다. 월별 평균 비중(δ15)은 1.0217~1.0267의 범위였으며, 일별 비중에서는 1993년 8월 12일에 가장 낮은 1.0160이었고 1994년 3월 23일에 가장 높은 1.0272였다(Fig. 1).

1992년도와 사육기간중 6월부터 12월까지의 월별 DO, pH, 암모니아 농도 조사 결과, 월별 평균 DO는 5.11~6.81 ppm의 범위였고, 일별

최고치와 최저치는 각각 7.20 ppm, 4.30 ppm이었다. 월별 평균 pH는 7.95~8.17의 범위였으며 일별 최고치와 최저치는 8.30, 7.63이었다. 월별 평균 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N의 농도는 0.48~0.56 μg-atom/l 범위였고 일별 최고치와 최저치는 0.58 μg-atom/l, 0.45 μg-atom/l였다.

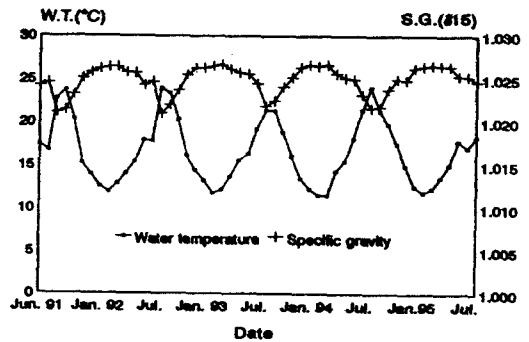


Fig. 1. Monthly variations of water temperature and specific gravity in the rearing tanks during experimental period.

### 3. 성장

실험군의 각장 및 전중 성장 결과는 Fig. 2와 같다. 각장은 20 mm 전후에서 3배체의 성장이 빨랐으나 유의한 차는 없었다. 그러나 3배체 유도 41개월 후인 1994년 10월의 각장 58 mm 전후부터 3배체의 성장이 빨라지기 시작하여 1995년 8월에는 3배체 전복이 67.26 mm, 2배체 전복이 62.30 mm로 자라남으로써 3배체의 성장이 2배체보다 유의하게 빨랐다(P<0.05) (Table 2).

Table 1. Effects of cold shock treatments on development and triploidization of abalone, *Haliotis discus hannai*

Treatment time (min.) <sup>1</sup>	Treatment temperature (°C)	Duration of treatment (min.)	Fertilization rate (%)	Hatching rate (%)	Incidence of normal larva (%)	Triploid rate (%)	
						Initial <sup>2</sup>	Final <sup>3</sup>
12	3	15	70.25	64.10	84.62	85.7	83.9
32	3	15	74.74	62.50	80.00	83.3	84.4
Control	—	—	72.58	86.97	98.00	0	0

<sup>1</sup>Time after fertilization.

<sup>2</sup>At the beginning of growth experiment (confirmed by chromosomal method).

<sup>3</sup>At the end of growth experiment (confirmed by flow cytometry).

Table 2. Results of growth in diploid and two genetic groups of triploids (3n-1pb<sup>1</sup>, 3n-2pb<sup>2</sup>) abalone, *Haliotis discus hannai*

	Shell length (mm)		Daily increment in SL (μm/day)	Total weight (g)		Daily increment in TW (mg/day)	Survival rate (%)
	Initial <sup>3</sup>	Final <sup>4</sup>		Initial	Final		
Diploid	0.35	62.30 <sup>a6</sup> ± 6.15 <sup>5</sup>	44.60	0.00	31.77 <sup>a</sup> ± 8.97	22.87	62.0
Triploid	0.35	67.26 <sup>b</sup> ± 8.18	48.17	0.00	42.34 <sup>b</sup> ± 15.37	30.48	63.0
3n-1pb	0.35	71.08 <sup>b</sup> ± 10.75	51.17	0.00	50.60 <sup>c</sup> ± 20.03	36.43	62.0
3n-2pb	0.35	64.63 <sup>a</sup> ± 4.06	46.28	0.00	36.66 <sup>b</sup> ± 6.61	26.39	64.0

<sup>1</sup>Triploid abalone with the inhibition of extrusion of first polar body.

<sup>2</sup>Triploid abalone with the inhibition of extrusion of second polar body.

<sup>3</sup>Jun. 3, 1991.

<sup>4</sup>Aug. 18, 1995.

<sup>5</sup>Values are mean ± SD.

<sup>6</sup>Values in same columns having the different superscripts are significantly different (P<0.05).

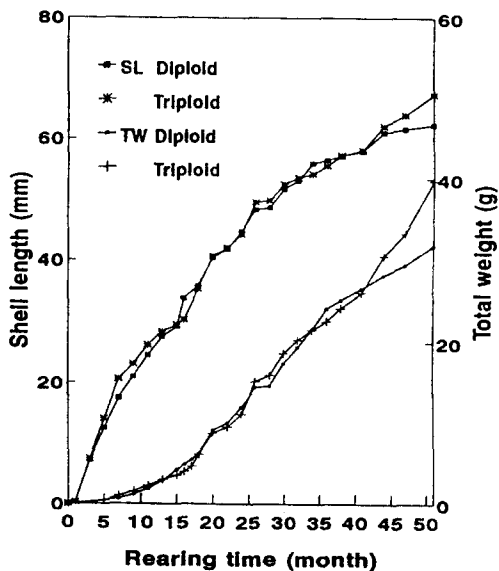


Fig. 2. Growth of shell length and total weight between diploid and triploid abalone, *Haliotis discus hannai*.

3배체 유도 51개월 후의 일간 성장량은 3배체가 48.17 μm/day, 2배체가 44.60 μm/day로 역시 3배체의 일간 성장량이 많았다(Table 2).

배수체별 전중의 성장 결과는 각장의 성장과 같은 경향을 보였는데 51개월 후 3배체 전복 42.34 g, 2배체 전복 31.77 g으로 나타나 3배체의 성장이 2배체보다 유의하게 빨랐다(P<0.05) (Table 2).

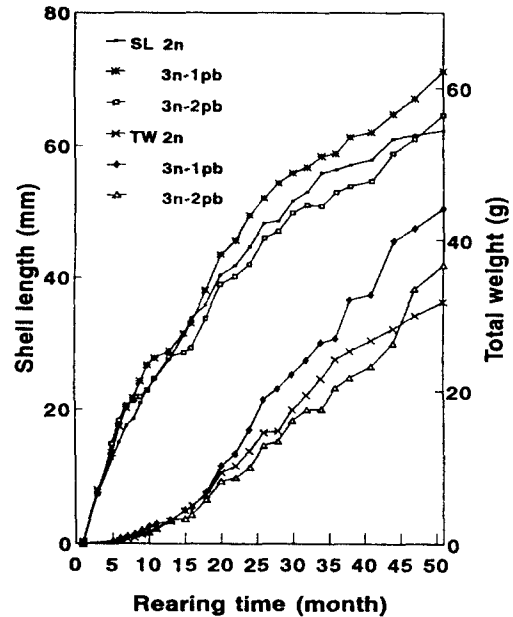


Fig. 3. Growth of shell length and total weight in diploid and triploid abalone, *Haliotis discus hannai* (2n : diploid, 3n-1pb : triploid with the inhibition of extrusion of first polar body, 3n-2pb : triploid with the inhibition of extrusion of second polar body).

일간 증중량은 3배체가 30.48 mg/day, 2배체가 22.87 mg/day로 역시 3배체의 일간 증중량이 많았다(Table 2).

3배체구를 제1극체 방출 억제형 (3n-1pb) 및

제2극체 방출 억제형 (3n-2pb)의 실험구로 구분하여 나타난 각장과 전중의 성장 결과는 Fig. 3과 같다. 각장의 경우 3배체 전복은 성장도를 처음 측정할 때인 각장 8 mm 전후에서부터 빨라지기 시작하여 3n-1pb 실험구는 전 사육 기간을 통하여 2배체와 3n-2pb 실험구보다 성장이 빨라서 1995년 8월에는 71.08 mm로 성장하여 2배체 전복과 3n-2pb 실험구의 전복보다 성장이 유의하게 빨랐다(P<0.05) (Table 2). 3n-2pb 실험구에서는 각장 22 mm 전후에서 더욱 성장이 느려지기 시작하여 2배체보다도 성장이 지연되었다. 그러나 3배체 유도 47개월 후인 1995년 4월의 각장 61 mm 전후부터는 성장이 빨라지기 시작하여 1995년 8월에는 64.63 mm로 자라남으로써 동 시기의 2배체 전복의 각장인 62.30 mm 보다 빠른 성장을 보였다(P<0.05) (Table 2).

3배체 유도 51개월 후의 일간 성장량은 3n-1pb 실험구에서는 51.17  $\mu\text{m}/\text{day}$ , 3n-2pb 실험구에서는 46.28  $\text{m}/\text{day}$ 였다(Table 2).

전중의 성장은 각장 성장 결과와 같은 경향을 보였다. 일간 증중량은 3배체가 30.48  $\text{mg}/\text{day}$ , 2배체가 22.87  $\text{mg}/\text{day}$ 로 역시 3배체의 일간 증중량이 많았으며, 3n-1pb 36.43  $\text{mg}/\text{day}$ , 3n-2pb 26.39  $\text{mg}/\text{day}$ 였다(Table 2).

#### 4. 사료효율

배수체별 전 사육 기간에 있어서 일일섭식률은 Fig. 4와 같이 배수체에 관계없이 대체로 치패의 시기에는 높았고 성장할수록 낮아지는 경향이었으며, 배수체별 일일 섭식률은 3배체 실험구가 2.58%, 2배체 실험구가 2.47%로서 3배체구가 2배체구

보다 약간 높았으나 유의한 차는 인정되지 않았다. 3n-1pb에서는 3.19%로, 3n-2pb의 2.48%보다 유의하게 높았다(P<0.05) (Table 3).

한편, 배수체별 전 사육 기간에 있어서 사료 전환효율은 Fig. 5와 같이 치패의 시기에는 그 값이 높아서 먹이 효율이 좋았으나 성장함에 따라 낮은 값을 나타내 먹이효율이 낮아지는 경향이 었다. 배수체별 사료전환효율은 3배체 실험구가 8.83%로, 2배체 실험구의 8.66%에 비해 약간 높았으나 유의한 차는 인정되지 않았고, 3n-1pb 실험구는 9.60%, 3n-2pb 실험구는 8.60%로서 3n-1pb 실험구가 높았으나 유의한 차는 인정되지 않았다(Table 3).

Table 3. Comparisons of the daily feeding rate and feed conversion rate between diploid and triploid abalone, *Haliotis discus hannai* during culture periods

	Daily feeding rate (%)	Feed conversion rate (%)
Diploid	2.47 <sup>a2</sup> ± 1.10 <sup>1</sup>	8.66 <sup>a</sup> ± 6.00
Triploid	2.58 <sup>a</sup> ± 1.06	8.83 <sup>a</sup> ± 5.69
3n-1pb	3.19 <sup>b</sup> ± 1.98	9.60 <sup>a</sup> ± 5.99
3n-2pb	2.48 <sup>a</sup> ± 1.05	8.60 <sup>a</sup> ± 7.32

<sup>1</sup>Values are mean ± SD.

<sup>2</sup>Values in same columns having the different superscripts are significantly different (P<0.05).

Table 4는 condition index를 나타낸 것으로, 2배체는 59.42%였는데 비해 3배체는 64.21%로 3배체가 유의적으로 높았고 (P<0.05), 菊地·浮(1974a)의 방법에 의한 생식소지수는 2배체가 2.67로 거의 성숙한 데 비해 3배체는 1.17로 성숙도가 매우 낮았다.

Table 4. Comparisons of the condition index and gonad index between diploid and triploid abalone *Haliotis discus hannai* at August 1995

	Total weight (g)	Meat weight (g)	Condition index	Gonad index
Diploid	29.33 <sup>2</sup> ± 12.48 <sup>1</sup>	17.61 ± 7.96	59.42 <sup>a</sup> ± 2.64	2.67 <sup>a</sup> ± 0.52
Triploid	35.22 ± 3.51	22.60 ± 2.09	64.21 <sup>b</sup> ± 1.18	1.17 <sup>b</sup> ± 0.41

<sup>1</sup>Values are mean ± SD.

<sup>2</sup>Values in same columns having the different superscripts are significantly different (P<0.05).

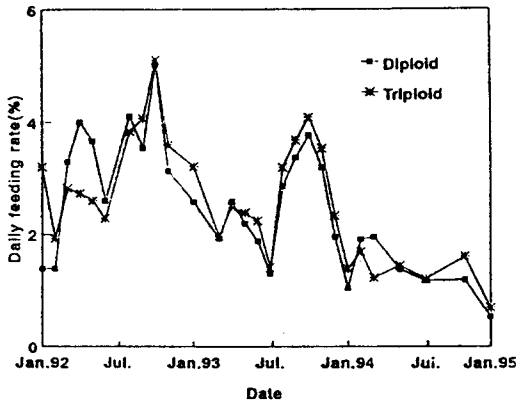


Fig. 4. Daily feeding rate of diploid and triploid abalone, *Haliotis discus hannai*.

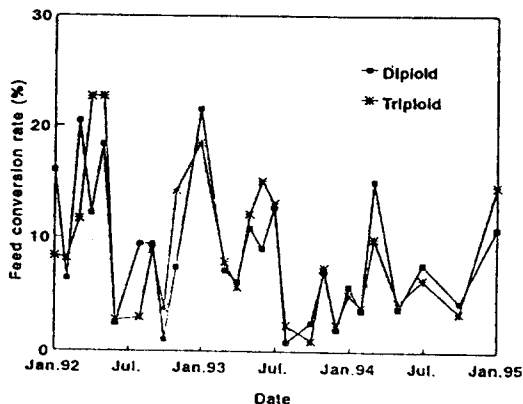


Fig. 5. Feed conversion rate of diploid and triploid abalone, *Haliotis discus hannai*.

### 5. 생존율

생존율은 3배체가 63.0% (3n-1pb 62.0%, 3n-2pb 64.0%), 2배체가 62.0%로서 차이가 없었다. Flow cytometry로 조사한 배수성 판정 결과, 3n-1pb 83.9%, 3n-2pb 84.4%로 나타나 3배체 유도시 부화유생으로 조사한 3배체 유도율 85.7%, 83.3%와 크게 다르지 않았다.

## 고 찰

3배체 참전복의 성장 실험에서 전 사육 기간 중의 월별 평균 수온은 11.5~24.0℃의 범위였고

일간 수온 범위는 10.5℃~27.0℃였다. Uki et al.(1981)은 평균 각장 14 mm와 26 mm의 참전복에 대해 평균 수온 10.8℃ 및 24.5℃에서 사육한 결과, 42 μm/일~148 μm/일의 양호한 성장량을 얻었다고 보고하고 있어 Uki et al.(1981)의 수온 조건과 비슷한 수온 조건의 본 실험에서 수온에 의한 영향은 없었다고 할 수 있다. 비중에 따른 참전복의 생존 시간은 본 실험에서 가장 낮았던 비중인 1.016에서는 약 40시간(涉井, 1971)으로 본 실험의 경우 비중 1.016으로 유지된 시간은 12시간 이내로 저염분에 의한 직접적인 영향은 없었다고 하겠다. 참전복의 생육에 미치는 환경 조건에 대해 佐野·馬庭(1962)은 사육 해수 중의 용존산소량은 1.5 ppm이 한계라고 했고, 해수 중의 ammonia-N의 농도는 10 μg-atom/l 이하여야 한다고 했다. 본 연구에서 용존산소량은 4.41 ppm 이상이었고 ammonia-N의 농도는 0.56 μg-atom/l 이하이므로 용존산소량 및 ammonia-N의 농도에 의한 영향은 없었다고 볼 수 있다.

배수체 별 성장도 및 사료효율을 조사하기 위해 3배체를 유도한 결과와 지와 장(1995)의 3배체 유도 결과를 비교해 보면, 제1극체 방출 억제형 3배체에서 수정률은 각각 70.25%, 73.1%였고, 부화율은 각각 64.10%, 63.8%, 정상발생물은 각각 84.62%, 73.3%, 3배체 유도율은 각각 85.7%, 84.0%로서 정상발생물에서 본 연구 결과의 값이 높았다. 그러나 대조구인 2배체의 정상발생물에 대한 3배체의 정상발생률 값을 각각의 연구 결과에서 비교해 보면 본 연구에서 86.35%, 지와 장(1995)의 연구에서 81.63%로서 큰 차이는 없었다. 제2극체 방출 억제형 3배체에서 수정률은 각각 74.74%, 78.1%였고, 부화율은 각각 62.50%, 76.1%, 정상발생물은 각각 80.00%, 78.9%, 3배체 유도율은 각각 83.3%, 79.1%로서 부화율에서 지와 장(1995)의 연구 결과 값이 높았다. 이러한 차이는 각각의 실험에 사용된 참전복의 난질의 차이에서 오는 것이 아닌가 생각된다.

생존율은 3배체가 63.0% (3n-1pb 62.0%, 3n-2pb 64.0%), 2배체가 62.0%로서 차이가 없었다. 유도된 3배체를 51개월 사육한 다음 flow cytometry로 조사한 3배체 유도율은 3n-1pb 실험구가 83.9%, 3n-2pb 실험구가 84.4%로 나타나 3배체 유도시 부화유생으로 조사한 3배체 유도율 85.7%와 83.3%와 크게 다르지 않았다. 따라서 배수체별 생존율과 실험 개시시와 종료시의 3배체 유도율이 배수체별로 차이가 없는 것으로 미루어, 배수체에 따른 생존율의 차이는 없는 것으로 생각된다. 赤繁·伏見(1992)은 3배체 참굴, *Crassostrea gigas* 성패의 폐사율은 2배체 폐사율의 1/2 수준이라고 하여 3배체의 생존율이 높은 것으로 보고하고 있다.

배수체별 각장 및 전중 성장에서 3배체는 유도 후 41개월째에 각장 58 mm 전후로 2배체보다 성장이 빨라지기 시작하였다. 유도 51개월째인 1995년 8월에는 3배체는 각장 67.26 mm로 성장하였는데 비해 2배체는 각장 62.30 mm로 자라나, 3배체의 성장이 유의적으로 빨랐다. 古丸·和田(1989)는 가리비류, *Chlamys nobilis*의 2배체와 3배체의 성장에서 최초의 산란기까지는 현저한 차이가 인정되지 않았으나, 산란 성기 이후부터는 각폭, 연체부 중량에 차이를 보여 3배체가 2배체를 능가했다고 보고하고 있어 본 결과와 일치했다. 이에 대해 古丸·和田(1989)는 3배체의 배우자 형성 억제와 관련이 있다고 보고하였다. 한편, Beaumont and Fairbrother (1991)는 수산동물의 3배체 성체의 생식세포가 감수분열 동안 상동염색체끼리 짝을 짓기 못하기 때문에 염색체 3쌍의 분리는 부정확하게 되거나 중지되어 3배체는 보통 불임이 된다고 하였다. 또 3배체는 이러한 불임으로 인해 성적 성숙에 쓰일 대사 에너지가 체성장에 이용될 수 있어 3배체는 2배체보다 크게 성장되는 장점이 있다고 말하고 있어, 본 연구에서의 참전복 3배체의 빠른 성장도 배우자 형성의 억제 내지는 지연에 의한 것으로 생각된다.

패류의 경우에는 제1극체 및 제2극체 방출

억제의 2가지 방법으로 3배체를 유도할 수 있는데, 본 연구에서도 두 방법 모두에서 성공적으로 3배체를 유도할 수 있었다. 제1극체 방출 억제형 3배체와 제2극체 방출 억제형 3배체의 차이점에 대해서 Arai et al. (1986)은 제1극체 방출 억제로 유도된 3배체들이 제2극체 방출 억제로 유도된 3배체보다 이형접합성이 크다고 하였다. Stanley et al. (1984)도 버지니아굴 *C. virginica*에서 제1극체 방출 억제형 3배체의 각고 성장이 제2극체 방출 억제형 3배체나 대조구인 2배체보다 빠른 것은 이형접합성이 제1극체 방출 억제형 3배체가 높기 때문이라고 보고하였다. 본 연구에서도 제1극체 방출 억제형 3배체의 각장과 전중 성장이 전 사육 기간을 통하여 2배체와 제2극체 방출 억제형 3배체보다 빨라 상기 연구자들의 결과와 일치했다.

전 사육 기간 중의 일일섭식률은 3배체가 2배체보다 약간 높았으나 유의한 차는 없었다. 성장 단계별로 보면 배수체에 관계없이 치패의 시기에는 높았고 성장할수록 낮아지는 경향이었는데, 이것은 큰 개체 일수록 체중당 기초대사량이 낮아지므로 일일섭식률은 대형 개체일수록 차차 낮아진다는 酒井(1962)의 결과와 일치했다.

사료전환효율은 3배체가 2배체보다 약간 높았으나 유의한 차는 없었다. 성장 단계별로 보면 치패의 시기에는 높아서 사료효율이 좋았으나 성장함에 따라 낮은 값을 나타내 사료효율이 낮아지는 경향이었다. 이것은 池 等(1988)이 작은 개체일수록 증중률이 크기때문에 섭식량에 대한 증중량의 비율인 사료전환효율은 작은 개체일수록 높아진다고 한 것과 일치했다.

패각을 포함한 전체 중량에 대한 육질부의 중량 비인 condition index는 사육 51개월째에 2배체 59.42%, 3배체, 64.21%로 3배체가 유의적으로 높았고( $P < 0.05$ ), 생식소 지수는 2배체의 2.67에 비해, 3배체는 1.17로 성숙도가 매우 낮았다. 따라서 참전복의 산란시기에 3배체는 생식소의 성숙은 억제되고 육질부 중량이 증가된 것으로 나타났다. 이러한 결과는 3배체 참굴 *C. gigas*



(赤繁·伏見, 1992) 및 가리비류, *C. nobilis* (古丸·和田, 1989)의 결과와 일치했다.

## 요 약

완전양식이 가능한 참전복에 대해 3배체를 유도하고 유도된 3배체와 정상 2배체 사이의 성장도, 사료효율 및 생존율을 조사·비교하였다.

성장도는 3배체 유도 51개월 후 3배체 전복이 평균각장 67.26 mm, 2배체 전복이 62.30 mm로 성장하여 3배체 전복의 성장이 유의하게 빨랐다 ( $P < 0.05$ ). 제1극체 방출 억제형 3배체와 제2극체 방출 억제형 3배체의 성장도 조사 결과, 제1극체 방출 억제형 3배체는 전 사육 기간을 통하여 2배체와 제2극체 방출 억제형 3배체보다 성장이 유의하게 빨랐으며 ( $P < 0.05$ ), 이것은 제1극체 방출 억제형 3배체의 이형접합성이 크기 때문으로 생각된다.

일간 섭취량은 배수체에 따른 유의한 차가 없었으며 성장 단계별로 치패의 시기에는 높았고 성장할수록 낮아지는 경향이었다.

사료전환효율도 배수체에 따른 유의한 차는 없었으나 성장함에 따라 낮은 값을 나타내 먹이 효율이 낮아지는 경향이었다.

Condition index는 2배체는 59.42% 였는데 비해 3배체는 64.21%로 3배체가 유의적으로 높았고 ( $P < 0.05$ ), 생식소 지수는 2배체가 2.67인데 비해 3배체는 1.17로 유의적으로 낮았다. ( $P < 0.05$ ).

생존율은 3배체가 63.0% (3n-1pb 62.0%, 3n-2pb 64.0%), 2배체가 62.0%로서 차이가 없었다.

## 참 고 문 헌

- Arai, K., F. Naito and K. Fujino. 1986. Triploidization of the Pacific abalone with temperature and pressure treatments. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 52 : 417-422.
- Beaumont, A. R. and J. E. Fairbrother. 1991. Ploidy manipulation in molluscan shellfish : a review. J. Shellfish Res. 10 : 1-18.
- Stanley, J. G., H. Hidu, and S. K. Allen, Jr., 1984. Growth of American oyster increased by polyploid induced by blocking meiosis I but not meiosis II. Aquaculture 37 : 147-155.
- Stanley, J. G., S. K. Allen, Jr., and H. Hidu. 1981. Polyploidy induced in the American oyster, *Crassostrea virginica*, with cytochalasin B. Aquaculture 23 : 1-10.
- Tabarini, C. L. 1984. Induced triploidy in the bay scallop, *Argopecten irradians*, and its effect on growth and gametogenesis. Aquaculture 42 : 151-160.
- Uki, N., F. G. John and S. Kikuchi. 1981. Juvenile growth of the abalone, *Haliotis discus hannai*, fed certain benthic microalgae related to temperature. Bull. Tohoku Reg. Lab. 43 : 59-63.
- 古丸明·和田克彦, 1989. ヒオウギガイの三倍體配偶子形成と成長. 日本水誌 55 : 447-452.
- 菊地省吾·浮永久, 1974. アワビ屬の採卵技術に関する研究. 第2報 紫外線照射海水の産卵誘發效果. 東北水研報 33 : 79-86.
- 浮永久, 1981. エゾアワビに対するコンブ目海藻の餌料價値. 東北水研報 33 : 79-86.
- 涉井正, 1971. 浅海完全養殖. アワビの人工採苗. 東京.
- 佐野孝·馬庭玲子, 1962. アワビの生育に及ぼす環境條件について. 東北水研報 21 : 79-86.
- 赤繁悟·伏見徹, 1992. 廣島縣海域における三倍體マガキの成長, 生殘とグリコゲン含量. 日本水誌 58 : 1063-1071.
- 酒井誠一, 1962. エゾアワビの生態學的研究 1. 食性に關する研究. 日本水誌 28 : 766-771.
- 지영주, 1996. 참전복, *Haliotis discus hannai*의 3배체 유도와 생물학적 특성. 부산수산대학교 대학원 박사학위논문. 99pp.
- 池榮洲·柳屨奎·盧暹·金承憲, 1988. 垂下式養殖採籠에 의한 참전복, *Haliotis discus hannai* I<sub>NO</sub> 稚貝의 收容密度와 成長. 수진연구보고 42 : 59-69.
- 지영주·장영진, 1995. 참전복 *Haliotis discus hannai*의 3배체 유도와 생물학적 특성에 관한 연구 I. 3배체 유도. 한국양식학회지 8 : 159-170.