

# 부착성 규조류의 종류에 따른 참전복 유생의 부착율과 치패의 성장 및 생존율

백재민\* · 김철원 · 임상구<sup>1</sup> · 박찬선<sup>2</sup>

국립수산과학원 완도수산종묘시험장, <sup>1</sup>국립수산과학원 진해내수면 연구소

<sup>2</sup>목포대학교 해양자원학과

## Effect of Benthic Diatoms on the Settlement Rate of Larvae and Survival and Growth of Juvenile Abalone (*Haliotis discus hannai*)

Jae Min BAEK\*, Chul Won KIM, Sang Goo LIM<sup>1</sup> and Chan Sun PARK<sup>2</sup>

Wando Marine Hatchery, National Fisheries Research & Development Institute, Wando-gun, Junnam 537-806, Korea

<sup>1</sup>Jinhae Inland Fisheries Research institute, Jinhea, Gyeonnam 645-806, Korea

<sup>2</sup>Department of Marine Resources, Mokpo National University, Chonnam 534-729, Korea

Settlement of larvae, growth, and survival of juvenile abalone (*Haliotis discus hannai*) were examined after feeding of 5 species of benthic diatoms (*Cocconeis suctellum*, *Navicula* sp, *Nitzschia longissima*, *Bacillaria paxillifera*, *Licmophora flabellata*). All of the benthic diatoms were isolated from natural populations on plastic plates for the abalone. The settlement of larvae, shell growth, and survival rate of juvenile abalone varied by diatoms species. The highest settlement rate of larvae was 43.1% with the *Cocconeis suctellum* diet. Daily growth rate reached a maximum at 64.1  $\mu\text{m}/\text{day}$  with the *Navicula* sp. diet and a minimum at 22.4  $\mu\text{m}/\text{day}$  with the *Licmophora flabellata* diet. Survival rate of the juvenile abalone was highest at 62.0% with the *Navicula* sp., *Cocconeis suctellum*, and *Nitzschia longissima* diets. Survival rate of the juvenile abalone was significantly higher than the control group with mixed diatom population diets ( $P < 0.05$ ). Therefore, diatom species composition in diets can be a controlling factor for the settlement, growth, and survival rates of juvenile abalone.

Key words: *Haliotis discus hannai*, Benthic diatoms, Settlement, Survival, Shell growth.

### 서론

최근 산업적으로 부가가치가 높은 전복의 성공적인 인공종묘 생산을 위해서는 산란제어기술과 유생의 부착기술 그리고 초기치패의 먹이생물 관리 등과 같은 요인들이 매우 중요하다. Kikuchi and Uki (1974, 1975, 1981, 1982)의 인공산란에 관한 연구와 Seki and Kanno (1981a,b)의 유생의 착저유도의 연구는 전복양식의 발전에 크게 기여하였다. 그러나 가장 중요한 생물학적 요소중 하나인 부착 규조의 배양과 관리에 관한 연구는 Suzuki et al. (1987)의 참전복 치패 사육파판에서의 규조군집의 변화, Ioriya and Suzuki (1987)의 둥근전복 치패 사육을 위한 파판에서의 규조조성의 변화, Norman-Boudreau et al. (1986)의 변태단계 전복의 먹이탐지에 관한 것들이 있다.

현재 인공배합사료의 제조기술의 진보로 일부에서는 각장 5-7 mm의 전복치패를 배합사료를 공급하면서 성장을 유도할 수 있다고 하나, 전복의 인공종묘생산은 치패의 각장이 7-10 mm가 될 때까지 투명 염화비닐 파판에 부착 생육하는 규조류를 먹이로 공급하는 방법으로 의존하고 있다 (Lee et al., 1999). 특히 전복유생은 파판에 부착하여 먹이를 먹기 시작하는 시기

부터 각장이 약 3 mm가 되는 시기까지의 초기성장에는 부착성 규조의 종류와 현존량이 절대적으로 영향을 미치는 것으로 보고되고 있으며 (Norman-Boudreau et al., 1986), 초기 성장시 필요로 하는 우점 부착성 규조류의 종과 이들의 배양을 위한 양적 질적인 향상을 위한 연구가 계속되고 있으나 (Uki et al., 1981; Austin et al., 1990; Ohgai et al., 1991), 아직까지 부착성 규조류의 양적 및 질적 확보문제가 미흡한 실정이다.

본 연구는 참전복 우량치패의 종묘생산에 있어 생산성 향상을 위해, 전복유생의 부착율, 초기치패의 성장 및 생존에 미치는 부착성 규조류의 종류별 먹이효율을 여과멸균 과정을 거치지 않은 일반해수를 사용해 자연 발생적으로 배양된 혼합규조류와 단종 순수 배양된 *Cocconeis suctellum*, *Navicula* sp, *Nitzschia longissima*, *Bacillaria paxillifera*, *Licmophora flabellata*와 비교 분석하였다.

### 재료 및 방법

#### 전복 유생

참전복 유생은 2002년 5월 20일 완도수산종묘시험장에서 자외선 및 간출자극에 의해 방란 및 방정된 것을 수정시켜

\*Corresponding author: jmbaek@momaf.go.kr

부화한 것을 유생사육 후 정상적으로 발달된 것들이다.

### 부착성 규조류의 분리 및 배양

부착성 규조류는 본 시험장의 전복치패 사육 수조내 염화비닐 파판에 부착 생육하는 종들로부터 400배 도립현미경 (Olympus IX50, Japan) 하에서 마이크로 파스테르피펫을 이용하여 단종 분리하였으며 분리된 종은 *C. suctellum*, *N. sp.*, *N. longissima*, *B. paxillifera*, *L. flabellata* 5종이다. 배양에 사용된 배지는 f/2 (Guillard and Ryther, 1962)로 처음 5종의 규조는 수온 17±1℃, 조도 5,000 lux에서 250 mL flask에서 각각 배양하여, 원종을 보존하면서 대량배양을 위해서 1 L, 3 L flask, 10 L 유리 수조내 투명 염화비닐 파판에서 단계적으로 배양하였다.

### 파판배양

사육수조는 50 L (50 cm×35 cm, 높이 30 cm) 플라스틱 용기에 10개의 투명 염화비닐 파판 (30 cm×25 cm)을 각각 걸어 넣어 주었고, 산소공급 및 해수의 순환을 위해 에어 공급장치를 설치하였다. 10 L 유리 수조내 투명 염화비닐 파판에 부착 성장하는 규조들을 부드러운 페인트용 붓으로 씻어내어 수거한 후 각 사육수조에 f/2 배지와 함께 1 mL당 약 100 세포의 농도로 접종하여 수온 17±1℃, 조도 5,000 lux에서 지수상태로 배양관리 하였다. 한편, 분리 단종 배양된 규조들과 유생의 부착율, 초기치패의 성장 및 생존을 비교하기 위해 대조구로 동일 크기의 수조에 같은 수의 파판을 설치하여 여과멸균하지 않은 자연해수를 사용해 자연발생된 혼합규조를 동일 환경조건하에서 배양하였다.

부착규조의 성장은 파판 1 cm×1 cm를 절단하여 10 mL의 여과멸균해수와 함께 초음파기로 5분간 처리한 후 탈락한 개체의 세포수를 400배 도립현미경하에서 hemacytometer를 사용해 3회 반복으로 계수하여 측정하였다. 일간 성장률은 Guillard and Ryther (1962)의 상대성장률 (specific growth rate) 측정방법인 다음의 식을 이용하여 구하였다.  $SGR/day = 3.322 \times \log(N_1/N_0)/t_1 - t_0$ ;  $N_0$ ,  $N_1$ : 접종후  $t_0$ ,  $t_1$  일때의 밀도,  $t_1 - t_0$ : 접종 후 일수.

### 유생의 부착율, 치패의 성장 및 생존율

14일간 배양 관리한 파판의 규조가 파판 cm<sup>2</sup> 당  $100 \times 10^4$  -  $150 \times 10^4$  세포로 되었을 때 참전복 육생을 사육수조당 2,000마리씩 (파판당 200마리 기준) 넣어준 3일후 유생의 부착율을 측정하였고, 성장 및 생존율은 부착율 측정 30일 후에 측정하였다. 치패의 각장은 도립현미경하에서 micrometer를 사용하여 측정하였다.

### 통계분석

모든 시험은 3회 반복으로 실시하였고, 통계처리는 SPSS for Window (SPSS Inc., 1997) program으로 ANOVA-test를 실시하여 Duncan's multiple range test (Duncan, 1955)로 처리 평균간의 유의성을 유의 수준 5%에서 검정하였다.

## 결과 및 고찰

### 부착규조류 배양

5종의 부착규조류를 20 L 파판에서 배양한 결과는 Table 1과 같다. 2주간 배양된 부착규조류의 초기 접종농도는 각각 200,000 cells/mL 였으며 가장 빠른 성장을 보인 종은 *C. suctellum*와 *N. sp.*로 접종 12일후에 각각 1,280,000 cells/mL와 1,100,000 cells/mL로 높게 나타났다. 그리고 *L. flabellata*는 690,000 cells/mL로 가장 저조한 성장을 보였다. 일간성장률은 *C. suctellum*와 *N. sp.*로 0.51과 0.47로 높게 나타났으며 *B. paxillifera*와 *N. sp.*의 성장이 비교적 빨랐는데 이것은 Han and Hur (2000)의 *N. sp.* 가 성장이 빠르다는 결과와 일치한다. 한편 부착규조류는 부유규조류에 비하여 대량배양이 매우 어려운 문제점이 있는데 이것은 부착기질이 필요하기 때문으로 판단되며 부착규조류의 효율적인 무기질 배양방법과 대량 생산에 의한 농축과 건조등과 같은 이용방법에 대한 효율적인 연구가 필요한 것으로 판단된다.

### 유생의 부착율

부착규조류의 종류별 참전복 유생의 파판 부착율은 Table 2과 같다. *C. suctellum*를 공급한 시험구에서의 부착율은 43.1%로 모든 시험구에 비해 가장 높았으며 ( $P < 0.05$ ), *N. longissima*와 *Navicula sp.*의 경우는 각각 37.3%, 34.9%로 서로 비슷한 부착율을 보였으며, 이들 부착율은 대조구의 부착율에 비해 월등히 높은 비율이었다 ( $P < 0.05$ ). 또한, *B. paxillifera*와 *L. flabellata*의 경우는 각각 19.2%, 16.3%로 대조구의 부착율에 비해 현저히 낮은 값을 나타냈다 ( $P < 0.05$ ).

전복 유생의 부착율에 있어서 Ohgai et al. (1991)는 채묘 후 18일 동안 *C. sp.*의 3종에 대한 참전복 유생의 부착에 미치는 영향을 시험하였는데, *C. sp.* 시험구가 유생의 부착율에서 가장 좋은 결과를 보였다고 했고, Kim (1992)은 *Amphora lineolata* 외 5종의 부착성 규조류를 이용하여 2회의 시험을 실시한 결과 *N. cloaterium* 배양구에서 11.9%, 14.2%의 부착율을 보여 시험구 가운데 가장 좋은 결과를 보였다고 했으나, 본 시험에서는 *C. suctellum*와 *N. longissima*가 각각 43.1%, 37.3%의 높은 부착율을 보였다. Kim (1992)의 시험 결과와 비교할 때 약간 높은 수준이었고, 본 시험에서 대조구로 시험된 자연발생 규조에 대한 유생 부착율은 26.2%로 Rho (1988)의 자연발생시킨 규조에 대한 부착율 6.62% 보다 월등히 높았는데 이러한 차이가 단순히 부착성 규조의 종류에 따른 선택성에서 오는 것인지 아니면 채묘유생의 생리적 활력 차이에서 오는지에 대한 정량적인 결과는 아직까지 부족하지만 이들 두가지 요인의 복합적인 영향을 생각해 볼 수 있다 하겠다.

본 시험의 결과는 전복유생의 파판 부착율이 파판에 부착 생육하는 규조류 중에 따라 영향을 받는다는 것을 의미하며, 이들 부착율은 자연발생된 혼합된 규조류 보다는 *Cocconeis sp.*와 같은 비교적 크기가 작은 부착성 규조가 파판에 우점하였을때 보다 향상된 부착율을 보이는 것으로 사료되었다. 그러나, 전복유생의 파판에 대한 부착율이 단순히 파판에 우

Table 1. Cell number and specific growth rate of benthic diatoms at 17±1 °C and 5,000 lux<sup>1</sup>

Species	Days								specific growth rate
	0	2	4	6	8	10	12	14	
<i>C. suctellum</i>	20	34	58	79	85	105	128	125	0.51 <sup>a</sup>
<i>N. longissima</i>	20	29	34	47	58	72	98	102	0.43 <sup>b</sup>
<i>N. sp.</i>	20	32	48	74	83	98	110	102	0.47 <sup>ab</sup>
<i>B. paxillifera</i>	20	25	35	41	48	57	72	77	0.35 <sup>c</sup>
<i>L. flabellata</i>	20	25	46	51	60	66	69	67	0.34 <sup>c</sup>

<sup>1</sup>Superscripts with different alphabets in columns are significantly different at the P<0.05.

Table 2. Settlement of abalone larvae fed the different diatoms on the plastic plates<sup>1</sup> for 3 days

Species	Diatom density (cells/cm <sup>2</sup> )		number of larvae/plate		Settlement (%)
	Initial	3 days later	Inputted	Settled (mean±SD)	
Control <sup>2</sup>	141×10 <sup>4</sup>	154×10 <sup>4</sup>	200	52.3±13.2	26.2±8.5 <sup>c</sup>
<i>B. paxillifera</i>	117×10 <sup>4</sup>	120×10 <sup>4</sup>	200	38.4±11.9	19.2±6.5 <sup>d2</sup>
<i>C. suctellum</i>	149×10 <sup>4</sup>	158×10 <sup>4</sup>	200	86.1±22.6	43.1±9.7 <sup>a</sup>
<i>L. flabellata</i>	101×10 <sup>4</sup>	118×10 <sup>4</sup>	200	32.6±10.4	16.3±5.2 <sup>d</sup>
<i>N. sp.</i>	132×10 <sup>4</sup>	143×10 <sup>4</sup>	200	69.8±15.7	34.9±10.8 <sup>b</sup>
<i>N. longissima</i>	125×10 <sup>4</sup>	139×10 <sup>4</sup>	200	74.5±18.4	37.3±5.9 <sup>b</sup>

<sup>1</sup>Superscripts with different alphabets in columns are significantly different at the P<0.05.

<sup>2</sup>Diatoms occurred naturally on the plastic plates.

접하는 규조류의 크기에 따라 영향을 받는 것인지, 아니면 규조류의 종별 전복유생에 대한 착저유도물질의 정도 차이에서 기인되는가에 대해서는 보다 심도 있는 전복유생의 생리적 생태 연구와 부착성 규조류의 생리생화학적 연구가 요구된다.

### 치패의 성장 및 생존율

부착 규조별 전복치패의 성장과 생존율은 Table 3과 같다. 30일간 사육관리한 후 치패의 생존율은 *N. sp.*에서 62.0%로 가장 높은 값을 나타내었으며 (P<0.05), *C. suctellum*와 *N. longissima*는 각각 60.5%, 59.2%로 대조구의 48.8% 보다 높은 생존율을 보였다 (P<0.05). 반면에, *B. paxillifera*와 *L. flabellata*의 경우 각각 33.1%, 30.9%로 대조구에 비해 생존율이 현저하게 떨어지는 경향을 보였다 (P<0.05). 본 실험에 있어 전복치패의 생존율은 *C. suctellum*, *N. sp.*, *N. longissima*에서 높은 결과를 보였는데, 그 중에서도 *N. sp.*가 62.0%로 가장 높은 생존율을 보였다. 이는 Kim (1992)의 5종의 부착성 규조에 대한 30일 동안의 시험결과 *N. closterium*에서 얻은 29.0% 결과와 Han and Hur (2000)의 부착규조류 14종을 대상으로 한 실험에서 얻은 10.45-31.60%로 보다 월등히 높게 나타났다. 또한, 본 실험에 있어 유생의 부착율은 *Cocconeis*의 시험구에서 가장 높았으나, 치패의 생존율은 *N. sp.*의 시험구에서 가장 높아 전복의 성장단계별 먹이생물인 규조의 선호 종이 다를 수 있다는 점을 시사하였고, 초기치패의 생존이 배양 초기에는 파판에 부착한 규조량이 충분하기 때문에 파판에 부착된 규조의 양적인 면에서 오는 차이보다는 규조의 질적인 문제의 중요성이 지적되고 있다 (Kawamura et al., 1998).

규조별 치패의 일간성장율은 *N. sp.*에서 64.3 μm로 가장 높았다 (P<0.05). *C. suctellum*와 *N. longissima*는 각각 57.1 μm,

46.4 μm로 *N. sp.*의 성장률에는 못 미쳤지만, 대조구의 38.9 μm 보다는 높은 값을 보였다 (P<0.05). *B. paxillifera*와 *L. flabellata*는 각각 28.9 μm, 22.4 μm로 대조구의 성장률에 비해 월등히 뒤지는 것으로 나타났다. 본 시험에 있어 전복치패의 성장은 *N. sp.*을 공급한 시험구에서 64.3 μm/day로 혼합 규조류를 공급한 대조구의 38.9 μm/day에 비해 높은 성장률을 나타내었는데, 이는 Uki (1981)가 0.33 mm의 치패를 대상으로 16°C의 수온하에서 *N. sp.*와 *N. longissima*를 혼합하여 먹이로 공급하여 얻는 치패의 일간성장률 25 μm보다 높은 수치였다. 이와 같은 치패의 성장 차이는 동일 규조종을 먹이로 공급하더라도 사육수온에 따라 먹이의 섭취량 및 소화량이 다르기 때문에 야기되는 것으로 판단된다. 결과적으로 치패 성장률 향상은 적정 사육수온의 제고가 필요하다 하겠다.

전복유생은 착저 2일 후부터 먹이를 섭식하기 시작하는데 이때 초기먹이들에 대해 선택성을 갖는 것으로 알려져 있다 (Norman-Boudreau et al., 1986). 뿐만 아니라, Kawamura and Takami (1995)는 전복이 섭식한 규조 모두가 먹이로써 이용되지 않는다고 하였는데, *H. discus hannai* 치패의 장을 통과한 수많은 규조가 살아있거나 파괴되지 않는 상태였다고 하였다. 이와 같은 사실은 전복이 규조를 섭식하는 동안 파괴하지 못하면 영양분 섭취를 위해 규조세포내의 내용물을 이용할 수 없다는 것을 의미한다. 결과적으로 일령 4-6주의 치패에 대해 비효과적으로 소화되는 규조를 공급하기 보다는 보다 효과적으로 소화 흡수될 수 있는 규조류를 먹이로 공급함으로써 치패의 생존 및 성장률 향상을 꾀할 수 있다는 것을 의미한다. 즉, 규조류의 소화효율은 그들의 먹이가치를 결정짓는 중요한 요소로 판단되며, 규조류의 소화효율은 규조의 형태 및 부착력, 규조각의 강도, 전복치패의 연령 및 크기에 의해

Table 3. The daily growth and survival rate of juvenile abalone with the different diatoms on the plastic plates<sup>1</sup>

Species	number of abalone/plates		Shell length ( $\mu\text{m}$ )		Survival rate (%)	Daily increment in shell length ( $\mu\text{m}$ , mean $\pm$ SD)
	Initial (mean $\pm$ SD)	Final (mean $\pm$ SD)	Initial (mean $\pm$ SD)	Final (mean $\pm$ SD)		
Control <sup>2</sup>	52.3 $\pm$ 13.2	25.5 $\pm$ 10.3	355 $\pm$ 13	1524 $\pm$ 213	48.8 <sup>c</sup>	38.9 $\pm$ 9.5 <sup>d</sup>
<i>B. paxillifera</i>	38.4 $\pm$ 11.9	12.7 $\pm$ 10.1	352 $\pm$ 11	1218 $\pm$ 191	33.1 <sup>d2</sup>	28.9 $\pm$ 6.7 <sup>e</sup>
<i>C. suctellum</i>	86.1 $\pm$ 22.6	53.4 $\pm$ 15.3	358 $\pm$ 12	2069 $\pm$ 315	60.5 <sup>a</sup>	57.1 $\pm$ 12.5 <sup>a</sup>
<i>L. flabellata</i>	32.6 $\pm$ 10.4	10.1 $\pm$ 5.4	353 $\pm$ 11	1025 $\pm$ 121	30.9 <sup>d</sup>	22.4 $\pm$ 7.4 <sup>e</sup>
<i>N. sp.</i>	69.8 $\pm$ 15.7	42.2 $\pm$ 12.5	356 $\pm$ 14	2286 $\pm$ 322	62.0 <sup>a</sup>	64.3 $\pm$ 15.4 <sup>b</sup>
<i>N. longissima</i>	74.5 $\pm$ 18.4	44.1 $\pm$ 13.8	355 $\pm$ 11	1748 $\pm$ 218	59.2 <sup>b</sup>	46.4 $\pm$ 8.9 <sup>c</sup>

<sup>1</sup>Superscripts with different alphabets in columns are significantly different at the  $P < 0.05$ .

<sup>2</sup>Control: Diatoms occurred naturally on the plastic plates.

영향을 받을 수 있다고 보여졌다.

전복치패의 성장 및 생존율은 유생의 부착율에 있어서와는 달리 *C. suctellum* 보다 *N. sp.*에서 높았는데, 이는 치패의 성장 및 생존에 있어 *N. sp.*의 먹이효율이 뛰어나다는 것을 의미하며 Bae and Hur (1995)는 *Navicula incerta*의 경우 조단백질이 22.6%, 조지질이 5.9%로 참굴에 있어 비교적 먹이효율이 좋은 것으로 보고하여 본 실험결과와 같은 경향을 보여준다. 한편 참전복 치패의 성장과 생존은 부착규조류의 영양가에 큰 영향을 받는데 부착규조류의 영양분석에 관한 연구는 매우 부족하며 분석결과도 배양방법이나 배양조건에 따라 큰 차이를 보이고 있다. 따라서 본 연구에 사용된 부착규조에 관한 세밀한 영양분석이 필요할 것으로 판단된다.

### 참 고 문 헌

- Austin, A.P., C.I. Ridley-Thomas, W.P. Lucey and D.J.D. Austin. 1990. Effect of nutrient enrichment on marine periphyton, implications for abalone culture. *Bot. Mar.*, 33, 235-239.
- Bae, J.H. and S.B. Hur. 1995. Comparison of dietary values in seven species of marine diatoms. *J. Aquacult.* 355-366.
- Daniel, W. 1987. *Biostatistics. A foundation for analysis in the health sciences.* 4th ed. J. Wiley and Sons. Singapore, pp. 734.
- Guillard, R.R.L. and J.H. Ryther. 1962. Studies of marine planktonic diatoms. I. *Cyclotella nana* Hustedt and *Detonula confervacea* (Cleve). *Can. J. Microbiol.*, 8, 229-239.
- Han, H.K. and S.B. Hur. 2000. Dietary value of benthic diatoms for newly settled abalone, *Haliotis discus hannai* Ino. *J. Aquacult.* 153-161. (in Korean)
- Ioriya, T. and H. Suzuki. 1987. Changing of diatom on plastic plates used for rearing abalone, *Nordotis discus*. *Suisanzoshoku*, 35, 81-98.
- Kawamura, T., R.D. Roberts and C.M. Nicholson. 1998. Factors affecting the food value of diatom strains for post-larval abalone *Haliotis iris*. *Aquaculture*, 160, 81-88.
- Kawamura, T. and H. Takami. 1995. Analysis of feeding and growth rate of newly metamorphosed abalone *Haliotis discus hannai* fed on four species of benthic diatom. *Fish. Sci.*, 61, 357-358.
- Kim, Y.G. 1992. Cultivation and Dietary value of benthic diatoms for the seedling production of abalone (*Haliotis discus hannai* Ino). MS Thesis, Nat'l. Fish. Univ. Pusan, 70 pp. (in Korean)
- Kikuchi, S. and N. Uki. 1974. Technical study on artificial spawning of abalone, Genus *Haliotis*. I. Relation between water temperature and several maturity of *Haliotis discus hannai* Ino. *Bull. Tohoku Reg. Fish. Res. Lab.*, 33, 69-78.
- Kikuchi, S. and N. Uki. 1975. Technical study on artificial spawning of abalone, Genus *Haliotis*. VI. On sexual maturation of *Haliotis gigantea* Gmelin. *Bull. Tohoku Reg. Fish. Res. Lab.*, 35, 85-90.
- Kikuchi, S. and N. Uki. 1981. Technical study on artificial spawning of abalone, Genus *Haliotis*. VII. Comparative examinations of rearing apparatus for conditioning adult of abalone. *Bull. Tohoku Reg. Fish. Res. Lab.*, 43, 49-51.
- Kikuchi, S. and N. Uki. 1982. Technical study on artificial spawning of abalone, Genus *Haliotis*. VIII. Characteristics of spawning behavior of *Haliotis discus hannai* induced by ultraviolet irradiation stimulus. *Tohoku Reg. Fish. Res. Lab.*, 44, 83-90.
- Lee, S.M., C.S. Park and T.S. Go. 1999. Effects of formulated diet or macroalgae (*Undaria pinnatifida*) on the growth and body composition of juvenile abalone (*Haliotis discus hannai*) cultured in different water temperature and shelter type. *J. Kor. Fish. Soc.*, 32, 284-289. (in Korean)
- 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, U.S.A., pp. 675.

- Norman-Boudreau, K., D. Burns, C.A. Cooke and A. Austin. 1986. A simple technique for detection of feeding in newly metamorphosed abalone. *Aquaculture*, 51, 313-317.
- Ohgai, M., M. Wakano and S. Nagai. 1991. Effect of attached microalgae on the settlement of larvae and growth of juvenile in abalone, *Haliotis discus hannai* Ino. *Suisanzoshoku*, 39, 263-266.
- Rho, S. 1988. Studies on the seed production of the abalone, *Haliotis discus hannai* Ino. Ph.D Thesis, 8 Nat'l. Fish. Univ. Pusan, pp. 139.
- Seki, T. and H. Kanno. 1981a. Observation of the settlement and metamorphosis of the veliger of the Japanese abalone, *Haliotis discus hannai* Ino, Haliotidae, Gastropoda. *Bull. Tohoku Reg. Fish. Res. Lab.*, 42, 31-39.
- Seki, T. and H. Kanno. 1981b. Induced the settlement of the Japanese abalone, *Haliotis discus hannai* Ino, veliger by the mucous trail of the juvenile and adult abalone. *Bull. Tohoku Reg. Fish. Res. Lab.*, 43, 29-36.
- SPSS Inc. 1997. SPSS Base 7.5 for Window, SPSS Inc., 444N. Michigan Avenue, Chicago, IL, 60611.
- Suzuki, H., T. Ioriya, T. Seki and Y. Aruga. 1987. Changing of algal community on the plastic plates used for rearing the abalone *Haliotis discus hannai*. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 53, 2163-2167.
- Uki, N., J.F. Grant and S. Kikuchi. 1981. Juvenile growth of the abalone, *Haliotis discus hannai*, fed certain benthic microalgae related to temperature. *Bull. Tohoku Reg. Fish. Res. Lab.*, 43, 59-64.

---

2003년 6월 26일 접수  
2003년 12월 10일 수리