

## 분홍성게의 지역별 개체군 성장에 관한 연구

鄭相喆 · 夏勅豊\*

濟州大學校 海洋科學大學 · \*長崎大學 水産學部

### Growth Variation among the Different Populations of Sea Urchin, *Pseudocentrotus depressus*

Sang-Chul CHUNG and Yutaka NATSUKARI\*

College of Ocean Sciences, Cheju National University, Cheju 690-756, Korea

\*Faculty of Fisheries, Nagasaki University, Nagasaki 852, Japan

To know the variation in the growth of the sea urchin, *Pseudocentrotus depressus* according to their localities, three different populations including the culture populations, the released populations, and the wild populations were investigated using the cluster analysis. For this purpose, pigment banding pattern on the genital plate was used as an age character.

The population composed of the same year class was born between September 25th and October 5th every year. The population of 9 to 10 months old had no  $r_1$ , whereas  $r_1$  was observed in the population of either 1 year and 10 or 11 months old, and both  $r_1$  and  $r_2$  in the population of either 2 year and 9 or 10 months old. Therefore,  $r_1$  and  $r_2$  radius were regarded as an annual ring.

Growth in the culture populations was much better than that in either the released or the wild populations. However, when the cultured populations composed of 8 to 12 mm in test diameter was released to the shore near a culture farm, its growth appeared to be similar to that of the wild populations.

The wide distribution patterns of test diameter measured from the same year class of both the cultured and the wild populations were probably due to either long spawning period or growth differences between individuals.

Except Yamaguchi and Cheju populations, the more closely located populations showed the more similar growth pattern. However, the growth of Cheju population appeared to be similar to that of Aba, Mogi, Toishi rather than Kasiwazima although Cheju Island was more closely located with Kasiwazima than other localities. In addition, the population of Yamaguchi, located at the highest latitude, revealed the similar growth pattern to that of Nomozaki, located at the lowest latitude.

Key words : sea urchin, *Pseudocentrotus depressus*, populations, growth

### 서 론

인공종묘생산기술이 향상됨에 따라 연안어업자원의 유지 및 증대를 위한 인공방류사업이 점진적으로 확대 추진되고 있는 실정이다. 그러나, 방류되는 인공종묘는 극소수의 어미로부터 대량으로 생산된 것이기 때문에, 방류사업이 확대 될수록 극소수의 어미가 가지고 있는 유전자원(遺傳子源)의 영향이 커져, 다양성이 풍부한 야생집단의 균형이 깨어질 가능성이 있

다. 이에 따라 Tanaka (1993)는 분홍성게의 인공 양식군, 인공종묘방류한 장소에서 채집한 방류군, 종묘가 방류되지 않은 해역의 야생군에 대하여 유전 특성을 비교한 바 있다.

성게의 생식판 또는 각(殼)에 나타나는 색소대로서 성장을 연구한 논문은 Moore (1935)를 비롯하여 Kawamura (1966), Fuji (1967), Jensen (1969), Taki (1971, 1978), Pearse and Pearse (1975), Gage (1987, 1991, 1992), Kakuda (1989), 등이 있으며, 특히

Gage (1992)는 tetracycline tagging 실험으로서 생식판에 나타나는 성장대가 1년만에 형성됨을 입증하고 있으므로, 본 연구에서는 Tanaka (1993)가 실험한 자료와 1993년도의 자료를 보충하여 생식판의 연령형질로서 각 지역의 표본군(local population)에 대한 성장을 규명하여, cluster 분석(Romesburg, 1989)에 의하여 성장이 유사한 그룹별로 분류하여, 군집상호의 성장 특성을 나타내었다.

### 재료 및 방법

채집된 14개의 표본군의 채집장소는 Fig. 1과 같으며, 해역, 연도 및 양식방법의 차이에 따라 구분한 표본군의 설명은 다음과 같다.

일본의 佐賀縣 재배어업센터(Saga Prefectural Sea Farming Center: SPSFC)에서 1992년 9월 25일~10월 5일 사이에 수정시켜 육상수조에서 계속 사육하여 1993년 7월에 채집한 68개체를 Saga Center '93 (C), 1987년생을 SPSFC로 부터 분양받아 인접 해역인 名護屋岡(Nagoyaoka)의 가두리에서 양식중인 것을 1989년 8월에 채집한 104개체의 표본군을 Nagoyaoka '89 (C), 1990년도생을 양식하여 1993년 7월에 채집한 60개체를 Nagoyaoka '93 (C), 또 SPSFC의 인접 해역에 1989년부터 매년 방류하는 장소에서 어획한 69개체의 표본군을 Nagoyaoka '93 (R)으로, 채집한 장소, 연도 및 양식 방법(C, R, W)에 따라 표본군을 구분하였다. C는 양식군(culture populations), R은 방류군(released populations), W는 야생군(wild populations)이다. Kasiwazima '93 (R)은 SPSFC에서 생산된 종묘를 1985년부터 매년 방류한 神集島(Kasiwazima)해역에서 채집한 1993년의 42개체 표본군이며, Kasiwazima '93 (W)는 방류한 개체가 혼합할 가능성이 극히 희박한 야생군의 1993년에 채집한 40개체 표본군이다.

長崎縣에 속하는 여러해역에서도 長崎縣栽培漁業센터에서 생산된 종묘를 방류한 장소에서 채집한 지역에 따라, Toishi에서 1991년도에 채집한 67개체의 표본군과 1992년도에 채집한 66개체의 표본군을 각각 Toishi '91 (R)과 Toishi '92 (R)로, Nomozaki에서 채집한 1992년도 37개체의 표본군을 Nomozaki '92 (R)로

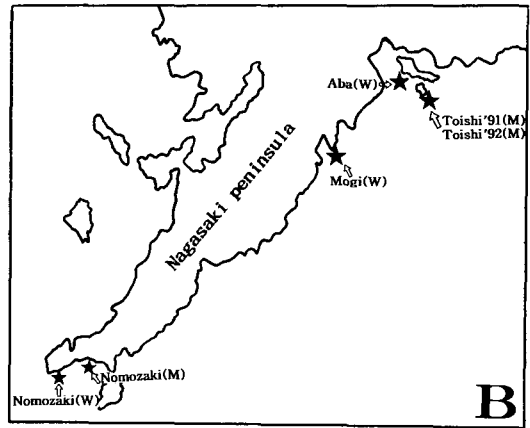
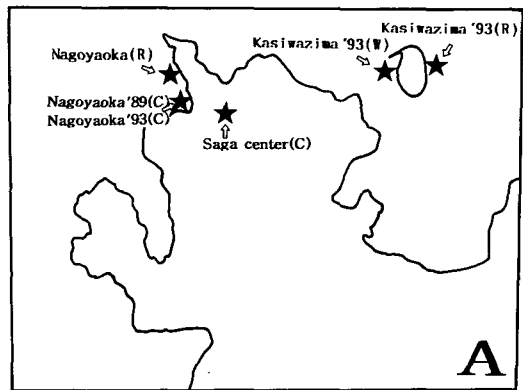
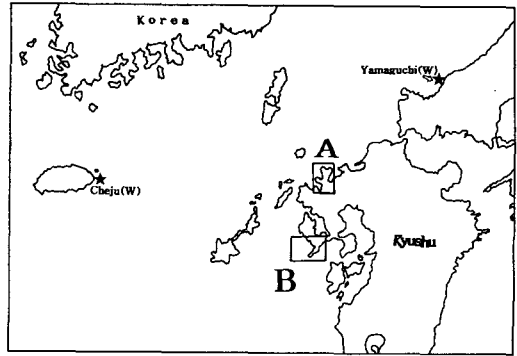


Fig. 1. Maps showing the sampling sites of the sea urchin.

나타내었다. 그리고 야생군은 1991년도 Aba에서 채집한 42개체를 Aba '91 (W), Mogi에서 채집한 54개체를 Mogi '91 (W), 1992년도 Nomozaki에서 채집한 40개체를 Nomozaki '92 (W), Yamaguchi에서 채집한 121개체를 Yamaguchi '92 (W), 한국의 Cheju에서 채집한 111

개체를 Cheju '92(W)로 나타내었다.

측정은 5개의 생식판중 가장 큰 다공판을 대상으로 Fig. 2와 같이, 촛점에서 각 윤문까지의 거리를  $r_n$ , 연변끝까지의 거리를 생식판 반경(R)으로 측정부위를 결정한 뒤, 현미경계측장치(kogaku製作)로서 0.01mm 까지 측정하였다.

Cluster분석은 표본의 개체수를 고려함과 동시에 윤문이 확실한  $r_1$ 에서  $r_4$ 까지의 평균 윤경을 표준화시켜, 유클리드의 평균거리계수,  $d_{ik} = [\sum (X_{ij} - X_{ik})^2 / n]^{1/2}$ 로서 계산하였다.

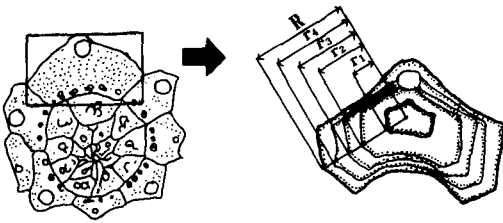


Fig. 2. Diagram of madrepore's radius used as the age character of *Pseudocentrotus depressus*.

### 결 과

단일 연금군으로 구성된 양식종의 제1윤문경( $r_1$ ), 제2윤문경( $r_2$ ) 및 생식판 반경(R)의 조성은 Fig. 3과 같았다. Saga Center '93 (C)의 표본군은 출생한지 약 9~10개월되었으나  $r_1$ 은 전혀 나타나지 않았고, Nagoyaoka '89 (C)의 표본은 출생한지 1년 10~11개월에  $r_1$ , Nagoyaoka '93 (C)의 표본은 2년 9~10개월생으로  $r_1$ 과  $r_2$ 가 형성되어있었다. 1989년의 표본과 1993년의 표본은 연금군이 다름에도 불구하고  $r_1$ 의 각장분포는 거의 동일하다. 또 1989년의 R과 1993년의  $r_2$ 의 분포가 거의 동일한 것으로 보아, 1989년의 표본군에서 윤문이 곧 형성되리라고 추측은 할 수 있지만, 현미경으로 윤문이 형성되고 있는지의 여부를 판별하기는 불확실하였다. 따라서 이들 표본은 모두 9월 25일에서 10월 5일 사이에 출생한 개체들이므로,  $r_1$  및  $r_2$ 의 윤문을 각각 연륜으로 취급하였다.

양식군의 단일 연금군으로 구성된 윤문군별 조성

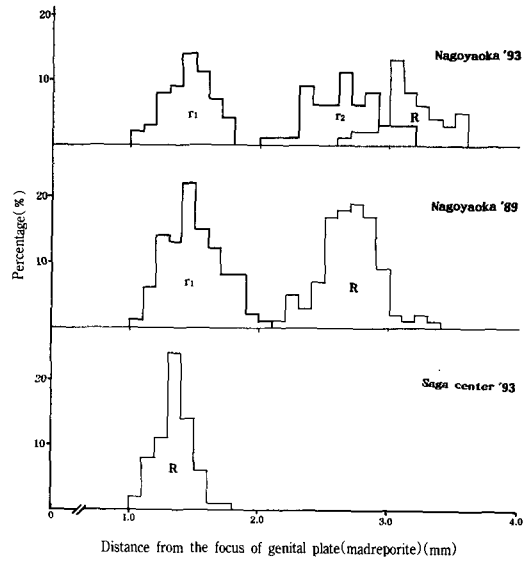


Fig. 3. The distribution patterns of radius measured from the cultured population of *Pseudocentrotus depressus* in Japan.

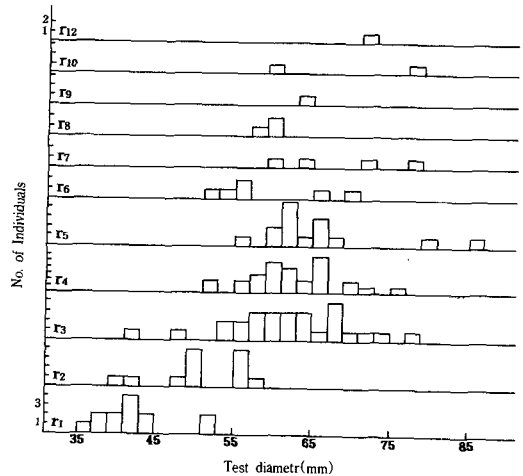


Fig. 4. The distribution patterns of test diameter observed from the wild population, Cheju '92(W), in Korea.

의 1세군과 2세군에서 중복(over lap)현상이 일어나기 시작한다(Fig. 3). 이러한 중복현상은 야생군의 표본에서는 더욱 현저하였다. Cheju의 야생군표본으로 각 윤문군의 개체를 각장조성으로 나타낸 히스토그램(Fig. 4)을 보면, 1세부터 중복현상이 일어나고, 성장할수록 각장조성의 분포범위가 커진다. 6세이상에서

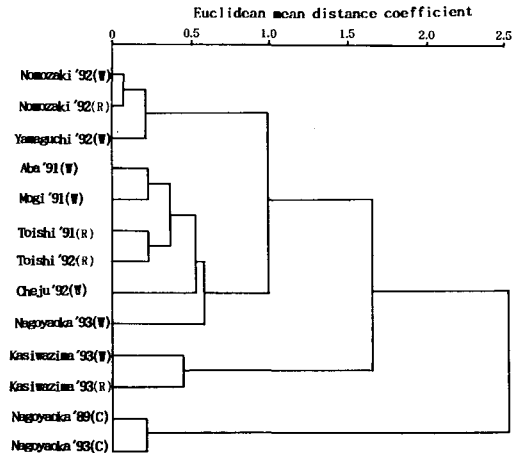
**Table 1. Mean radius from the focus of genital plate(madrepore) to each annual ring of *Pseudocentrotus depressus***

Population	Annual rings						
	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>	r <sub>4</sub>	r <sub>5</sub>	r <sub>6</sub>	r <sub>7</sub> (mm)
Nagoyaoka '89(C)	1.491						
Nagoyaoka '93(C)	1.439	2.644					
Nagoyaoka '93(R)	1.100	1.916	2.488	2.891			
Kasiwazima '93(R)	0.965	2.251	3.146	3.408			
Kasiwazima '93(W)	0.886	2.117	2.956	3.524	3.604		
Toishi '91(R)	0.916	1.942	2.462	2.823	3.103	3.255	3.750
Toishi '92(R)	0.968	1.872	2.411	2.721	2.907	2.993	3.020
Nomozaki '92(R)	0.778						
Nomozaki '92(W)	0.757	1.617	2.247	2.645	2.830		
Aba '91(W)	0.832	1.797	2.347	2.725	2.927		
Mogi '91(W)	0.877	1.814	2.305	2.592	2.798	2.893	3.100
Yamaguchi '92(W)	0.712	1.643	2.243	2.570	2.775	2.924	3.074
Cheju '92(W)	0.773	1.907	2.587	2.880	3.069	3.195	3.408

는 표본이 적어 모-드의 추이는 불가능하지만 6세는 52~85mm의 범위이고, 각 연급에서의 분산은 매우 크다.

각 연령별 평균 윤경(Table 1)에서 계산한 cluster 분석의 결과는 Fig. 5와 같다. Kasiwazima '93 (W)와 Kasiwazima '93 (R), Nomozaki '92 (W)와 Nomozaki '92 (R)에서와 같이 동일지역에서의 야생군과 방류군의 성장은 유사하고, 또한 Toishi '91 (R)과 Toishi '92 (W), Nagoyaoka '89 (C)과 Nagoyaoka '93 (C)에서와 같이 표본한 연도가 다름에도 뚜렷한 성장차이는 보이지 않았다. Yamaguchi, Cheju를 제외하고는 Kasiwazima에서 Nomozaki에 이르기까지 거리상으로 인접할 수록 유사경향이 높다. 그리고, Cheju는 지리적으로 고립되어 있음에도 불구하고, 보다 가까운 Kasiwazima보다 Aba, Mogi, Toishi에 더욱 유사한 점과, 본 실험표본에서 위도상으로 가장 북쪽에 위치한 Yamaguchi가 가장 남쪽에 위치한 Nomozaki와 유사한 성장을 나타내고 있다.

Fig. 5에서 비교적 간격이 넓은 0.593<d<1.002의 범위에서 수형도를 끊는다면 4개의 cluster가 얻어진다. 즉 양식군(A group), 성장이 양호한 Kasiwazima군(B group), Cheju를 포함한 중간지역군(C group), 그리고 성장이 가장 늦은 Yamaguchi와 Nomozaki의 표



**Fig. 5. The phenogram showing the UPGMA cluster analysis based on the data shown at Table 1.**

본군(D group)으로 나눌 수 있다.

각 group별로 각장(test diameter: TD)과 생식판의 반경(R)과의 관계식을 계산한 결과,

A group:  $\text{Log TD} = 1.27 + 0.963 \text{ Log R}$  ( $r = 0.814$ )

B group:  $\text{Log TD} = 1.41 + 0.757 \text{ Log R}$  ( $r = 0.864$ )

C group:  $\text{Log TD} = 1.42 + 0.696 \text{ Log R}$  ( $r = 0.838$ )

D group:  $\text{Log TD} = 1.41 + 0.679 \text{ Log R}$  ( $r = 0.812$ )

이었다. 각 group별 공분산분석의 결과, 경사(F=4.156; df=5,828) 및 위치(F=498.718; df=1,833) 모두 매우 높은 유의성을 나타내었다(P<0.01).

각 group별의 윤경과, 각장과 생식판의 반경과의 관계식을 이용하여 산출한 성장방정식(Table 2)에서, 잔차평방합(RSS)은 Bertalanffy의 성장식이 가장 작았다.

### 고찰

양식군의 r<sub>1</sub>(1세)의 성장이 자연산보다 월등히 우수하였다. 분홍성게의 자연산란기가 10월 하순에서 이듬해의 3월사이에 이루어지지만(Kakuda, 1989), 佐賀縣재배어업센터에서는 수온조절에 의하여 9월말에서 10월 초순에 종묘생산을 하고, 초기사망을 줄이기 위하여 인위적으로 수온을 조절하고 있기 때문에 산란이 늦은 야생군보다 성장이 빠른것은 당연하다.

그럼에도 불구하고, 특이하게도 방류한 개체군은 자연산의 성장과 유사한 성장을 하고 있다는 점이다. 특히 Nagoyaoka '93 (R)의 표본은 9월말에서 10월 초순에 생산된 종묘를 8~12mm의 크기까지 성장시켜,

이듬해의 3~4월에 이웃 어촌계에 분양하여 양식하는 개체군과 동일한 개체를 같은 시기에 방류한 개체들이다. 물론 방류한 장소는 양식장과의 거리가 100~200m에 지나지 않고, 또한 방류개체수는 1989년 20,000개체, 1990년 25,000개체, 1991년 25,000개체, 1992년 10,000개체로 총 80,000개체이다. Nagoyaoka '93 (R)은 Table 1에서 보는바와 같이 4세군까지로 방류를 시작한 기간과 동일하고, 5세군이상의 개체가 없는 것으로 보아 야생군의 개체와 혼합된 것 같지는 않다.

동일 연령에서 각장분포의 범위가 큰 것은 산란기가 긴 원인도 있겠지만, 양식군을 비롯한 각 연급간의 중복현상이 큰것으로 보아 개체간의 성장 차가 더욱 큰 것 같다. 본문에서 언급한 바와 같이, Cheju의 표본중(Fig. 4 참조) 85mm의 개체가 6세임에 비하여, 12세의 각장은 73mm이었다. 다른 종의 성게(*Psammisshinus miliaris*)이지만, 육상수조에서 사육한 연간 성장률은, 성장이 빠른 개체의 각장은 가장 성장이 늦은 개체의 3배가 된다(Bull, 1939). 이와 같이 상당한 범위의 분산이 일어나는 것을 Russell (1987)은 “환경조건에 대한 유전자와 환경의 상호작용에 의해 나타나는 생물의 적응성(phenotypic plasticity to environment condition)”이라고 하였다.

**Table 2. Growth parameters of *Pseudocentrotus depressus* calculated from the three different growth equation**

Group		Bertalanffy	Gompertz	Logistic
B group	L <sub>∞</sub>	75.181	72.808	70.941
	k	0.563	0.860	1.252
	t <sub>0</sub>	0.274	1.286	1.792
	RSS	4.897	32.558	72.384
C group	L <sub>∞</sub>	65.501	62.497	60.498
	k	0.411	0.673	1.008
	t <sub>0</sub>	-0.098	1.624	2.207
	RSS	53.106	277.619	350.264
D group	L <sub>∞</sub>	59.683	57.622	55.979
	k	0.428	0.712	1.123
	t <sub>0</sub>	0.247	1.929	2.597
	RSS	138.020	225.023	372.105

Bertalanffy's growth equation:  $L_t = L_{\infty} [1 - \exp\{-k(t - t_0)\}]$ ; Gompertz's growth equation:  $L_t = L_{\infty} \exp[-\exp\{-k(t - t_0)\}]$ ; Logistic's growth equation:  $L_t = L_{\infty} [1 - \exp\{-k(t - t_0)\}]$

성장에 미치는 요인으로는, 먹이의 직접적인 영향 (Fuji, 1967; Evert, 1968; Jensen, 1969; Pearse and Pearse, 1975; Taki, 1978; Kenner, 1992), 생식선의 발달에 의한 성장의 저해 (Lewis, 1958; Fuji, 1967; Sumich and McCauley, 1973), 수온의 성장조절 (Moore et al., 1963; McPherson, 1965; Moore and McPherson, 1965) 등을 들 수 있다. Nagoyaoka의 경우, 동일 방류군의 성체이고 같은 수온의 해역 환경임에도 불구하고 성장이 다른 것은, 양식군은 인위적으로 먹이를 계속 공급받는 대신, 방류군은 자연의 먹이에 의존하는 차이가 가장 크고, 그 이외의 요인은 미미하다고 생각된다.

Kasiwazima '93(R)의 방류군 역시, SPSFC에서 1985년부터 1992년까지 방류한 총 214,000개체의 표본군 이므로, Nagoyaoka의 양식 및 혼합군과 동일한 인공 수정된 개체군이다. Kasiwazima 방류군의 성장은, Nagoyaoka의 양식군보다는 늦지만 Nagoyaoka의 방류군 보다는 빠르고, Kasiwazima의 야생군과는 차이가 없다. Nagoyaoka는 만(灣)이지만 Kasiwazima는 외해에 접한 섬이기 때문에 해류의 영향으로 먹이가 풍부하여 성장이 양호한 것이 아닌가 생각된다.

Tanaka (1993)의 지역적인 12집단의 보라성계에 대한 유전학적 연구 결과는, 야생군 6집단간에 유전적 분화가 거의 없었고, 양식군 3집단의 유전적 특성을 야생군과 비교하였을 때 유전자형 빈도에 차가 있는 유전자좌의 비율이 전반적으로 높았고, 유전적 거리도 야생군과는 큰 거리가 있었다. 또한 양식군 3집단간에도 유전적으로 상당히 다른 집단으로 밝혀졌다. 방류군 3집단의 경우, 2집단간의 유전적 특성은 같은 경향으로 야생군과 아주 유사하였으나, 1집단은 동일 장소에서 채집된 야생군과는 다르고 양식군의 유전적 특성에 속하였다. 본 연구에서 양식군의 성장은 야생군과 방류군보다는 현저히 다르고, 방류군은 야생군과 비슷한 성장을 한다는 것은 유전학적 결과와 일치하는 경향이지만, 지역에 따라 야생군과 방류군의 성장이 다른 것은 상반된 결과이다.

Cluster의 결과에서 보는 바와 같이 위도상으로 가장 북쪽에 위치한 Yamaguchi와 가장 남쪽에 위치한 Nomozaki의 서식수온에 분명히 차이가 있을 것으로 생각됨에도, 성장이 유사하였다. 야생군의 유전학적 특성으로 인한 결과인지는 좀 더 규명할 문제이지만,

성장은 환경에 의한 해조류의 번식에 더욱 관여하는 것으로 사료된다.

## 요 약

분홍성계의 양식군, 방류군, 야생군에 대하여 생식판에 나타나는 색소대를 연륜으로 하여, cluster 분석에 의한 지역별 성장 양상을 파악하고, 군집상호의 성장특성을 비교검토 하였다.

1. 단일연급군으로 구성된 양식군은 매년 9월 25일에서 10월 5일 사이에 출생한 개체들로서, 약 9~10개월후의 표본군에서는  $r_1$ 은 전혀 나타나지 않았고, 출생한지 1년 10~11개월의 표본군에서는  $r_1$ , 2년 9~10개월생에서는  $r_1$ 과  $r_2$ 가 형성되어있었으므로,  $r_1$  및  $r_2$ 의 윤문을 각각 연륜으로 취급하였다.

2. 양식군의 성장이 방류군 및 야생군보다 월등히 우수하였다. 또한 양식하는 개체군과 동일한 8~12mm의 어린성계를, 인접한 장소에 방류한 방류군은 자연산의 성장과 유사한 성장을 하였다.

3. 동일 연령에서 각장분포의 범위가 큰 것은 산란기가 긴 원인도 무시할 수 없지만, 양식군 및 야생군의 각 연급간의 overlap현상이 큰것으로 보아 개체간의 성장 차가 큰것 같다.

4. Yamaguchi, Cheju를 제외하고는 Kasiwazima에서 Nomozaki에 이르기까지 거리상으로 인접할수록 성장의 유사경향이 높다. 그리고, Cheju는 지리적으로 고립되어 있음에도 불구하고, 보다 가까운 Kasiwazima보다 Aba, Mogi 및 Toishi와 더욱 유사한 성장을 하였고, 위도상으로 가장 북쪽에 위치한 Yamaguchi가 가장 남쪽에 위치한 Nomozaki와 유사한 성장을 나타내고 있었다.

## 참 고 문 헌

- Bull, H.O. 1939. The growth of *Psammesinus miliris* (Gmelin) under aquarium conditions. Rep. Dove Mar. Lab. (Ser.6) 3, 39~41.
- Evert, T.A. 1968. Growth rates of the sea urchin *Strongylocentrotus purpuratus* related to food

- availability and spine abrasion. *Ecology*. 49, 1075~1091.
- Fuji, A. 1967. Ecological studies on the growth and food consumption of Japanese common littoral sea urchin, *Strongylocentrotus intermedius* (A. agassiz). *Mem. Fac. Fish. Hokkaido Univ.*, 15, 83~160.
- Gage, J.D. 1987. Growth of the deep-sea irregular sea urchins *Echinostigma phiale* and *Hemiaster expergitus* in the Rockall Trough (N.E. Atlantic ocean). *Mar. Biol.* 96, 19~30.
- Gage, J.D. 1991. Skeletal growth zones as age-markers in the sea urchin *Psammechinus miliaris*. *Mar. Biol.* 110, 217~228.
- Gage, J.D. 1992. Natural growth bands and growth variability in the sea urchin *Echinus esculentus*: results from tetracycline tagging. *Mar. Biol.* 114, 607~616.
- Jensen, M. 1969. Age determination of Echinoids. *SARSIA* 37, 41~44.
- Kakuda, N. 1989. Age determining character and growth of a sea urchin *Pseudocentrotus depressus*. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 55(11), 1899~1905 (in Japanese).
- Kawamura, K. 1966. On the age determining character and growth of a sea urchin, *Strongylocentrotus nudus*. *Hokkaido cent. Fish. Exper. Station*, 6, 56~61 (in Japanese).
- Kenner, M.C. 1992. Population dynamics of the sea urchin *Strongylocentrotus purpuratus* in a central California kelp forest: recruitment, mortality, growth and diet. *Mar. Biol.* 112, 107~118.
- Lewis, J.B. 1958. The biology of the tropical sea urchin, *Tripneustes ventricosus*. *Can. J. Zool.* 36, 607~621.
- McPherson, B.F. 1965. Contributions to the biology of the sea urchin *Tripneustes ventricosus*. *Bull. Mar. Sci.* 15, 228~244.
- Moore, H.B. 1935. A comparison of the biology of *Echinus esculentus* in different habitats. Part II. *J. Mar. Biol. Assoc. U. K.* 20, 109~128.
- Moore, H.B., Jones, J.A., B.F. McPherson and Roper, C.F.E. 1963. A contribution to the biology of *Tripneustes esculentus*. *Bull. Mar. Sci. Gulf Caribb.* 13, 267~281.
- Moore, H.B. and B.F. McPherson. 1965. A contribution to the study of the productivity of the urchins *Tripneustes esculentus* and *Lytechinus variegatus*. *Bull. Mar. Sci.* 15, 855~871.
- Pearse, J.S. and V.B. Pearse. 1975. Growth zones in the echinoid skeleton. *Am. Zool.* 15, 731~753.
- Romesburg, H.C. 1989. Cluster analysis for researchers. Robert E. Krieger Publishing Company, Inc. 424pp. (Japanese translated edition).
- Russell, M.P. 1987. Life history traits and resource allocation in the purple sea urchin, *Strongylocentrotus purpuratus* (Stimpson). *J. Exp. Mar. Biol.* 108, 199~216.
- Sumich, J.L. and J.E. McCauley. 1973. Growth of a sea urchin, *Alloccentrotus fragilis*, off the Oregon coast. *Pacif. Sci.* 27, 156~167.
- Taki, J. 1971. Tetracycline labelling of test plates in *Strongylocentrotus intermedius*. *Scient. Rep. Hokkaido Fish. exp. Stn*, 13, 19~29.
- Taki, J. 1978. Formation of growth lines in test plates of the sea urchin *Strongylocentrotus intermedius*, reared with different algae. *Bull. Jap. Soc. Scient. Fish* 44, 955~960.
- Tanaka, N.K. 1993. Comparison of genetic characters among wild populations, culture populations, and released populations of sea urchin, *Pseudocentrotus depressus*. Ms Thesis, University of Nagasaki, 47pp. (in Japanese).

1995년 3월 16일 접수

1995년 6월 30일 수리