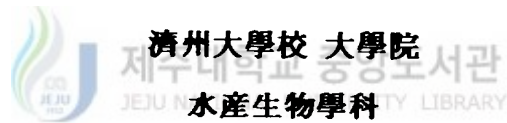

碩士學位論文

보라성게, *Anthocidaris crassispina*
(A. Agassiz)의 年齡과 成長



洪性完

1996年 12月

보라성게, *Anthocidaris crassispinia*
(A. Agassiz)의 年齡과 成長

指導教授 鄭 相 喆

洪 性 完

이 論文을 理學 碩士學位 論文으로 提出함.

1996年 12月

洪性完의 理學碩士 論文을 認准함.



JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

審査委員長

이 정 재



委 員

홍 祺 冕



委 員

김 상 최



濟州大學校 大學院

1996年 12月

**Age and Growth of Sea Urchin, *Anthocardaris*
crasisspina (A. Agassiz)**

Sung — wan HONG

(Supervised by Professor Sang-Chul JUNG)

**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMET
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE**

**DEPARTMENT OF MARINE BIOLOGY
GRADUATE SCHOOL
CHEJU NATIONAL UNIVERSITY**

1996. 12.

목 차

Abstract	1
I. 서 론	2
II. 재료 및 방법	4
III. 결 과	6
1. 연령형질의 측정 및 각장과의 관계	6
2. 윤문 형성시기	8
3. 각장조성에서 추정된 성장	9
4. 성장식의 추정	10
IV. 고 찰	17
V. 요 약	20
VI. 참고문헌	22
감사의 글	25
PLATE	27

Abstract

Followings are the results of the study on the growth of age determination factor of *Anthocardaris crassispina* collected on the coasts of Daepo and Youngrak, Cheju, Korea from August 1995 to July 1996.

The ring marks on the Madreporites were studied precisely from 2 year old groups to 6 year old groups.

As there no different coefficient expression between the test diameter and the radius in the two regions, the coefficient expression was as follow.

$$TD = 22.58R - 6.01(r=0.960)$$

In the study of the maginal growth rate by month, the assumed period of ring marking was in the between March and May.

In the examination the growth of shell length by month, the fast growing period was from December to March, and the resting period was from March to June, and the gradual growth was observed in the rest of the months.

Bertalanffy equation was more adaptable than Logistic equation and the result was as follows.

$$\text{Daepo} : L_t = 46.65(1 - e^{-0.283(t+0.210)})$$

$$\text{Youngrak} : L_t = 65.60(1 - e^{-0.199(t+0.274)})$$

As there different coefficient expression between the test diameter and the total weight in the two regions, the coefficient expression was as follow.

$$\text{Daepo} : W_t = 44.90(1 - e^{-0.283(t+0.210)})^3$$

$$\text{Youngrak} : W_t = 131.27(1 - e^{-0.199(t+0.274)})^3$$

I. 서론

성게(Sea Urchin)는 극피동물문(Phylum Echinodermata), 성게강(Class Echinoidea)에 속하는 수산생물로 주로 자유생활을 하며 연안에서부터 수심이 깊은 곳까지 분포해 있다. 우리나라에서 생산되는 연근해의 성게류중 식용으로 이용되고 있는 성게의 종류는 보라성게 *Anthocidaris crassispira*, 말뚝성게 *Hemicentrotus pulcherrimus*, 분홍성게, *Pseudocentrotus depressus* 그리고 북쪽말뚝성게 *Strongylocentrotus intermedius* 이다(노와 박, 1986). 이들 성게들은 전복·소라와 같이 藻食性이고, 많은 조류를 섭이하므로 최근 점차 심화되어가고 있는 갯녹음 현상의 주요한 한 원인으로 인식되고 있다(Yotsui and Maesako, 1993). 이 중에서도 보라성게는 육지부뿐만 아니라 제주도 전 연안에 분포하고 있다.

몸은 오방사대칭이고 석회질의 골판이 발달하여 외각(test)을 갖는다. 골판은 규칙적으로 배열된 5개의 보대와 5개의 간보대로 구분된다. 보대에는 관족이 분포하고 간보대에는 가동성의 가시가 분포해 있으며 관족과 가시로서 이동한다. 항문은 위쪽 위항부(periproct)의 중앙에 있는 것과 뒤쪽 끝에 있는 것이 있고, 항문 주위에는 5개의 생식판위에 생식공이 열려 있으며 그 부근에 천공판이 있다(김 등, 1994). 이 생식판에는 연륜이 형성되어 있어 이를 가지고 연령과 성장에 이용한다.

성게의 생식판이나 각의 색소대로서 성장을 연구한 논문으로는 서로다른 지역에 서식하는 *Echinus esculentus*의 생리적 비교(Moore, 1935), *Strongylocentrotus nudus*의 성장과 연령사정형질(Kawamura, 1966), *Strongylocentrotus intermedius*의 먹이섭식과 성장에 대한 생태학적 연구(Fuji, 1967), 성게의 연령사정(Jensen, 1969), 석회골격의 성장대(Pearse and Pearse, 1975) 등이 있고, 특히 Gage(1992)는 tetracycline을 이용한 tagging 방법으로 성장대의 성장이 1년 주기임을 입증하였다. 그러나 국내에서 성게의 연령과 성장에 관한 연구는 보라성게의 산란과 성장(유 등, 1982), *Hemicentrotus pulcherrimus*의 실내 표지실험(Hur et al, 1985) 등

소수 몇편에 지나지 않는다. 그러므로 제주도 연안에 서식하는 보라성게의 연령형질로서 연령을 추정하여 각장조성의 모-드와 비교하여 성장을 규명하였다.



II. 재료 및 방법

보라성게는 남제주군 대포리 연안과 영락리 연안에서 채집하였다(Fig.1). 대포리 연안의 수심 5~10m에서 1995년 8월에서 1996년 7월까지 매월 1회에 걸쳐 해녀들이 채집한 837개체와, 영락리 연안에서 1995년 1월에 채집한 96개체의 월별 각장조성을 Cassie(1954)의 확률지 방법으로 각 모-드를 분리하였다.

연령형질은 생식판을 이용하였으며(Fig.2), 처리과정은 항문이 있는 정상게를 오려, 숯돌($\phi 400$)에 연마한 후 석면철망 위에 올려놓고 알콜램프로 생식판이 검은색으로 변할때까지 약간 태운후, 생식판을 canada balsam으로 slide glass 에 봉입 건조시켜, 현미경($\times 7$)으로서 윤문을 관독하였다.

5개의 생식판중 가장 크고 측정하기 쉬운 madreporite(천공판)을 대상으로, 파손되지 않고 윤문이 명확한 대포리 연안의 187개체, 영락리 연안의 53개체를 선정하여, 윤문의 초점에서 좌측부분의 윤문경을 측정하였다(PLATE 1). 성장식의 추정은 Walford의 정차도법을 이용한 Ishioka(1988)의 프로그램으로서 Bertalanffy식, Gompertz식, Logistic식을 구하여 비교하였다.

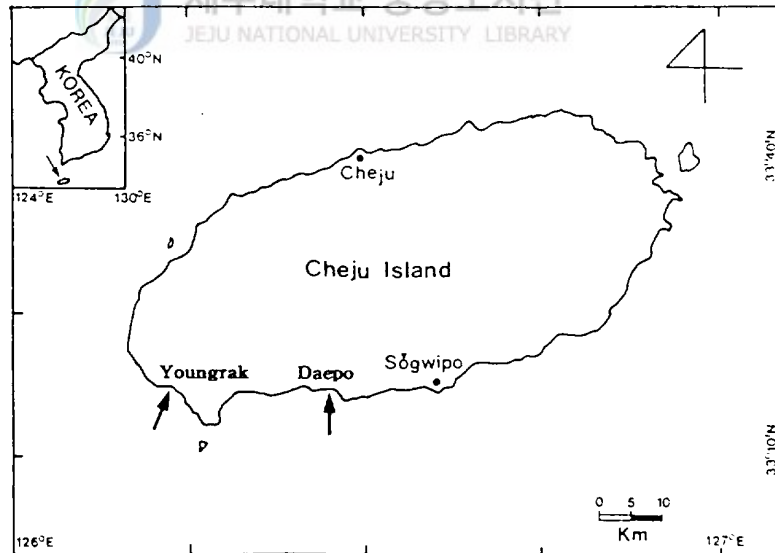


Fig. 1. Locomotion of sampling areas.

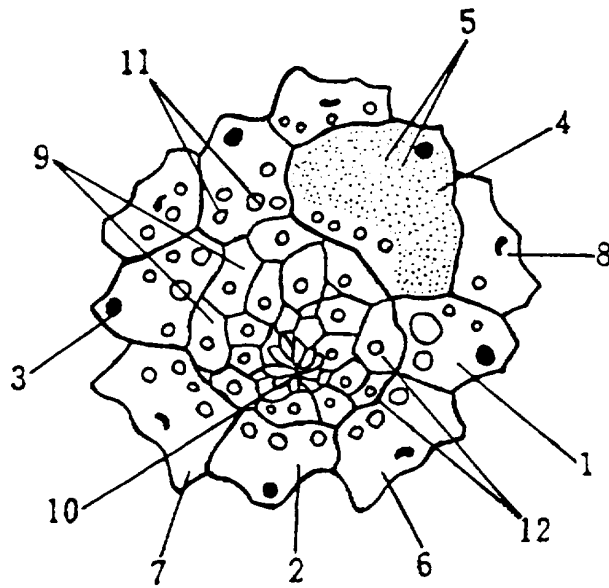


Fig. 2. Apical system and periproct of *Anthocidaris crassispina*.

(modified from Shigei 1986, Fig 9)

- | | |
|-------------------------------|------------------------------------|
| 1. genital plate 1 | 2. genital plate 2 |
| 3. genital pore | 4. madreporite |
| 5. madreporic pores | 6. ocular plate 1 |
| 7. ocular plate 5 | 8. ocular pore |
| 9. periproctal plate | 10. anus |
| 11. tubercles on apical plate | 12. tubercles on periproctal plate |

III. 결 과

1. 연령형질의 측정 및 각장과의 관계

생식판(madrepore)의 윤문은 투명대(translucent)와 불투명대(opaque)로 구분되어 나타나며, 윤문의 측정은 각 불투명대의 바깥 쪽을 측정하였다. 투명대와 불투명대는 순차적으로 나타나며 중앙의 초점에서 가까운 윤문의 경우 불투명대의 폭이 넓지만, 고연령으로 갈수록 가장자리의 윤문은 그 간격이 매우 좁다. 최종 형성되고 있는 윤문측정은 몇 개의 성장선이 중복되는 경향이 있어 측정하기가 다소 어려웠지만, 이미 형성된 윤문은 뚜렷하였다. 대포리 연안과 영락리 연안 모두 2윤문에서 6윤문까지 관찰되었다(PLATE 2-6).

각 윤문군의 빈도 분포표(Fig. 3)를 보면 동일 윤문군의 각장분포는 평균치를 중심으로 좌우대칭에 가까운 정규 분포형을 나타내고 있어 양호한 상태이다. 뚜렷한 윤문경(r_n)을 윤문군 별로 평균값을 계산하여 Table 1에 나타내었다. 대포리 연안의 표본은 평균 r_1 의 0.87mm, r_2 의 1.24mm, r_3 의 1.50mm, r_4 의 1.69mm, r_5 의 1.86mm, r_6 의 1.98mm였다. 영락리 연안은 평균 r_1 의 0.92mm, r_2 의 1.34mm, r_3 의 1.65mm, r_4 의 1.92mm, r_5 의 2.15mm, r_6 의 2.34mm였다.

윤문이 형성될 때의 각장을 산출하기 위한 각장(test diameter ; TD)과 생식판경(radius ; R)과의 관계식은 표본의 개체수에 비교적 영향을 받지 않기 위하여, 각장 1mm 계급에 대한 생식판경의 평균값으로서 구한 회귀식은 두 지역간이 유의차가 없어(Table 2), 두 지역의 모든 표본에서 구한 각장과 생식판경의 관계식은 다음과 같다(Fig. 4)

$$TD = 22.58R - 6.01 \quad (r=0.960) \quad \text{----- (1)}$$

Table 1. Average widths(mm) of each ring mark in second genital plates in Daepo and Youngrak area

No. rings	No. samples	Width(mm) of ring mark						R
		r ₁	r ₂	r ₃	r ₄	r ₅	r ₆	
Daepo area								
2	4	0.95	1.26					1.62
3	91	0.89	1.27	1.53				1.72
4	65	0.85	1.22	1.46	1.70			1.87
5	16	0.83	1.21	1.45	1.65	1.87		2.01
6	11	0.82	1.16	1.40	1.61	1.80	1.96	2.09
Mean	(187)	0.87	1.24	1.50	1.69	1.86	1.98	
Youngrak area								
2	9	0.96	1.41					1.66
3	20	0.88	1.32	1.63				1.83
4	15	0.86	1.25	1.58	1.87			2.08
5	6	0.92	1.34	1.64	1.92	2.11		2.22
6	3	0.98	1.40	1.74	1.98	2.20	2.34	2.47
Mean	(53)	0.92	1.34	1.65	1.92	2.15	2.34	

Table 2. Calculate the analysis of covariance for *Anthocidaris crassispira*

Line	State	df	Σx^2	Σxy	Σy^2	Deviations From Regression			
						Reg.Coef.	df	S.S	M.S.
1	Daepo	20	1.056	27.310	770.00	25.86	19	63.716	3.353
2	Youngrak	21	2.041	42.356	1020.773	20.75	20	141.777	7.089
							39	205.493	5.269
3	Within	41	3.097	69.666	1790.773	22.49	40	222.886	5.572
4	Reg.Coef.						1	17.393	17.393
5		1	0.303	8.447	235.506				
6	Total	42	3.400	78.113	2026.279		41	231.679	
7	Adj. Means						1	8.793	8.793

Analysis of slope : $F=19.393/5.269=3.301(df=1,39)N.S$

Analysis of height : $F= 8.793/5.572=1.578(df=1,40)N.S$

Table 1의 평균값을 위의 식에 각각 대입시켜 윤문이 형성되는 시기의 평균각장(TD)을 산출하였다(Table 3). 대포리 연안과 영락리 연안의 r₁은 각각 13.63mm과 14.76mm으로 차이가 없으나, 윤문이 증가할수록 차

이가 심하며 대포리 연안 r_6 의 38.70mm은 영락리 연안의 r_4 의 37.34mm와 비슷하다.

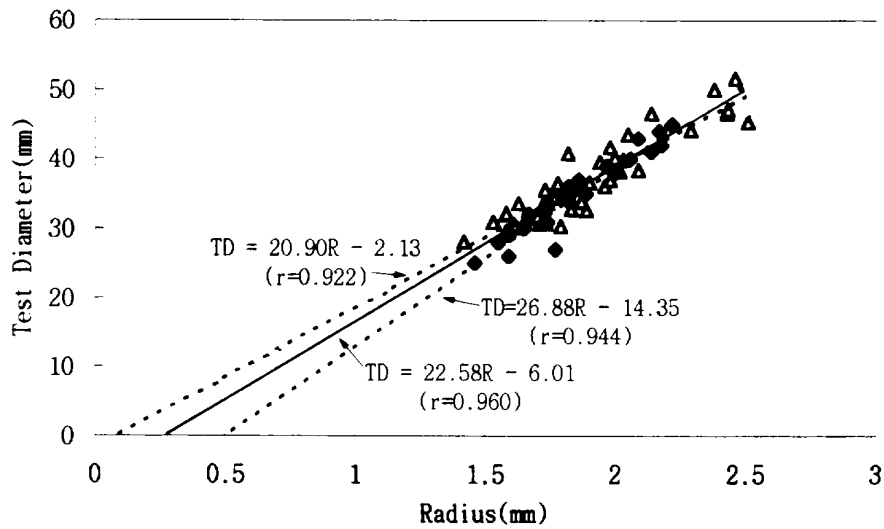


Fig. 4. Relationship between test diameter and width of the second genital plate in Daepo and Youngrak area.

Table 3. Average test diameter(mm) at each ring was marked.

Rings	Test diameter(mm)	
	Daepo area	Youngrak area
1	13.63	14.76
2	21.99	24.25
3	27.86	31.25
4	32.15	37.34
5	35.99	42.54
6	38.70	46.83

2. 운문 형성시기

1995년 8월부터 1996년 7월까지 월별 연변성장율(MGR ; $(R-r_n)/(r_n-r_{n-1})$)

(Fig. 5)은, 1995년 8월에서 11월사이는 0.71~0.72mm로서 큰 변화가 없고, 12월부터 증가하기 시작하여 1996년 2~3월에 최고값 약 0.95mm을 나타내고, 그 이후부터 급격히 감소하여 5월에 0.42mm로 가장 낮았고, 6월에는 약 0.7mm로 증가하였다. 따라서 성계의 윤문형성시기는 3월에서 5월사이로 추정된다.

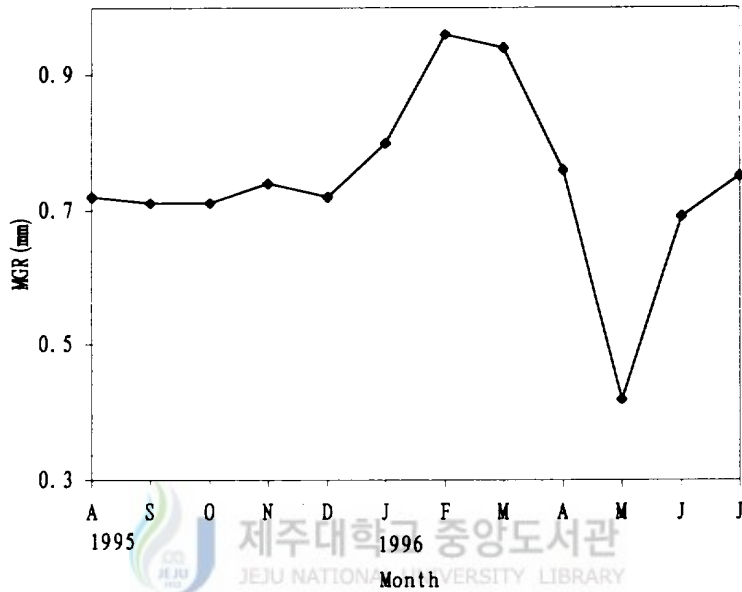


Fig. 5. Monthly change of MGR(mm) for *Anthocidaris crassispina*.

3. 각장조성에서 추정된 성장

영락리 연안의 각장조성(Fig. 6)에서 Cassie의 확률지 방법으로 구한 모드는 $31.0 \pm 1.6\text{mm}$ 와 $37.7 \pm 2.4\text{mm}$ 의 2개가 뚜렷하게 나타났다. 이들 모드 값은 연령형질에서 추정된 Table 2의 3세(32.36mm)와 4세(38.00mm)에 해당되는 것으로 매우 근접한 각장이다.

대포리 연안의 월별각장조성(Fig. 7)에서 1995년 8월분을 확률지로서 모-드를 분리한 결과 4개의 모-드 $26.8 \pm 2.5\text{mm}$, $31.1 \pm 2.2\text{mm}$, $35.5 \pm 2.4\text{mm}$, $37.7 \pm 2.4\text{mm}$ 와, 1996년 7월분에서는 3개의 모-드 $31.5 \pm 1.5\text{mm}$, $35.5 \pm 2.8\text{mm}$, $38.0 \pm 2.8\text{mm}$ 가 추정되었다. 1995년의 8월의 자료에서 처음과 마지막의 모-드는 개체수가 적어 뚜렷하지는 않지만, 전체적인 계절적 성장의 경향은 추적할 수 있었다. 1995년의 8월에 처음으로 출현하는 26.8mm 의 모-드는 12월(약 28mm)까지 성장이 완만하고, 이후 급성장하여 2월에 약 30.5mm 까지 성장한 후, 7월에 31.5mm 까지 성장한다. 1995년 8월의 2번째 모-드 31.1mm 는 12월 32.5mm , 1월 33.5mm , 2월 35.5mm 까지 성장한 후 7월까지 지속된다. 3번째 모-드 35.5mm 는 12월 36.5mm , 1월 37.5mm , 2월 38.5mm 까지 성장하고, 그 이후의 추정은 자료의 부족으로 어렵다. 이상의 추적에서 각장의 성장은 주로 12월에서 이듬해 2월 사이의 단기간에 이루어지고, 3월부터 5·6월 사이는 성장이 정지하고 그 이후부터 12월 사이는 매우 완만한 성장을 하는 것으로 추정된다.

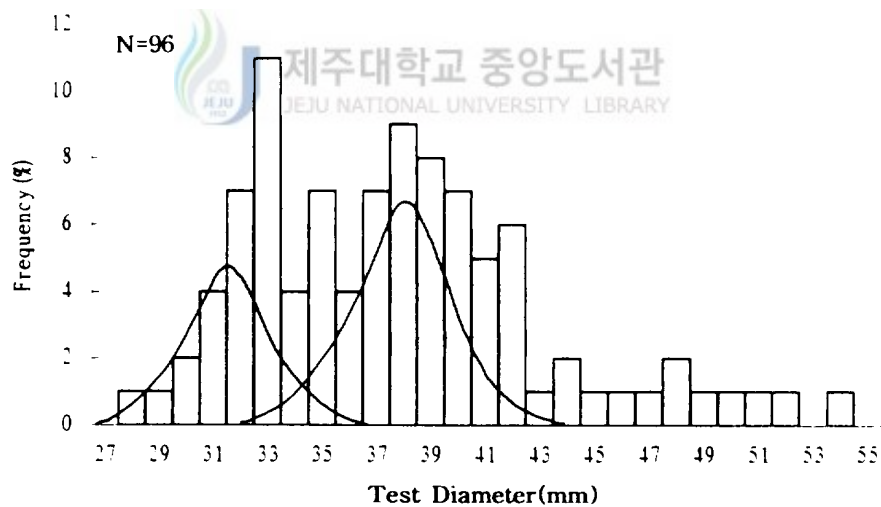


Fig. 6. Frequency distribution of test diameter in Youngrak area. Normal distribution was drawn by free hand.

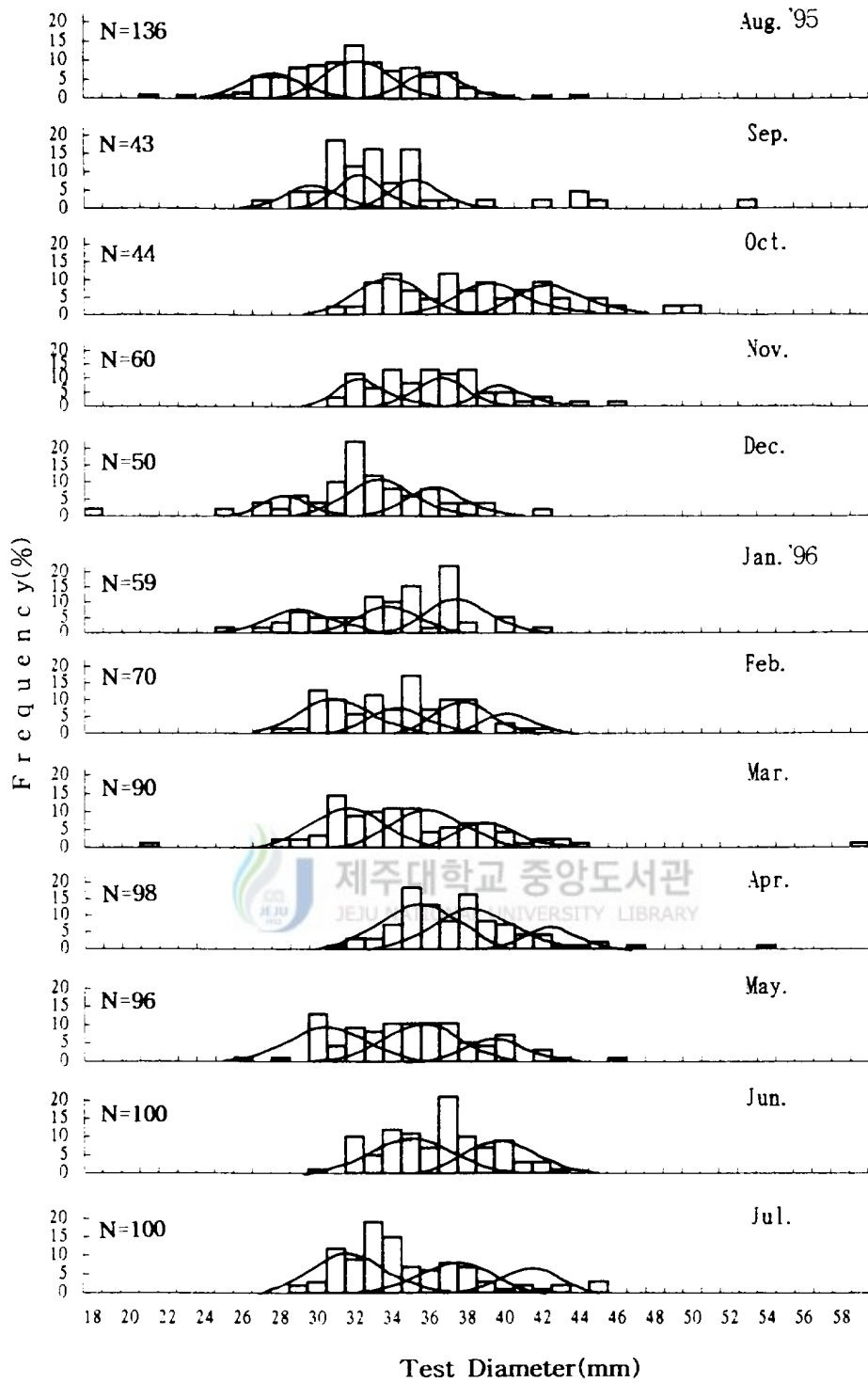


Fig. 7. Frequency distribution of test diameter in Daepo area.
Normal distribution was drawn by hand.

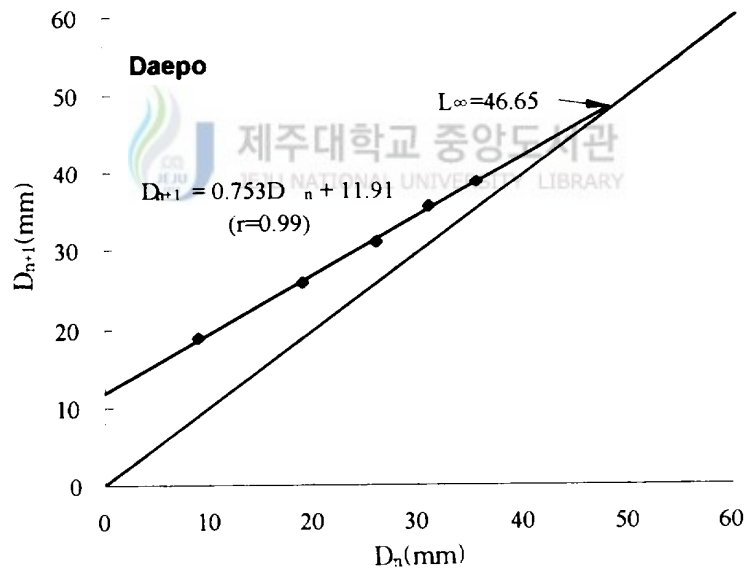
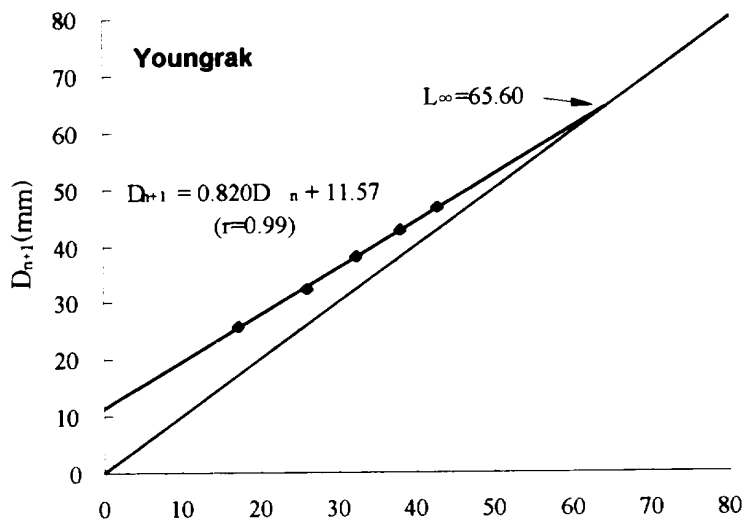


Fig. 8. Walford's transformation for *Anthocardis crassispina* in Youngrak and Daepo area.

4. 성장식의 추정

지역이 다른 채집된 두 표본에 대하여 각 윤문경의 평균차 검정(t-test)한 결과, r₂에서 부터 유의성이 인정되어 대포리와 영락리의 표본군별로 성장곡선을 산출하였다(r₂ : 3.505 > t_(238, 0.01)=2.576, r₃ : 5.118 > t_(225, 0.01)=2.576, r₄ : 5.906 > t_(114, 0.01)=2.617, r₅ : 4.4352 > t_(34, 0.01)=2.750, r₆ : 3.653 > t_(12, 0.01)=3.055). 연령형질에서 추정된 각 윤문 형성 시기의 각장(Table 3)과 각장조성에서 추정된 모-드가 거의 일치하므로, 각 윤문을 연령으로 Bertalanffy식, Gompertz식, Logistic식을 산출하였다(Table 4).

3개의 성장식에서 SSR(sum of square of residuals; 잔차의 평방합)이 가장 적은 값은 Bertalanffy식이다. Bertalanffy식을 적용시켰을 때의 Walford 정착도 및 각장의 성장곡선은 Fig. 8, 9와 같고, 성장식은 다음과 같다.

$$\text{대포리 : } L_t = 46.65(1 - e^{-0.283(t+0.210)}) \quad \text{----- (2)}$$

$$\text{영락리 : } L_t = 65.60(1 - e^{-0.199(t+0.274)}) \quad \text{----- (3)}$$

식 (2), (3)에 각 연령을 대입하여, 연령별 각장을 구해보면, 대포리 연안은 1세의 13.52mm, 2세의 21.70mm, 3세의 27.84mm, 4세의 32.48mm, 5세의 35.97mm, 6세의 38.60mm, 영락리연안은 1세의 14.69mm, 2세의 23.87mm, 3세의 31.42mm, 4세의 37.58mm, 5세의 42.63mm, 6세의 46.78mm이었다. 표본의 체중범위는 대포리 연안의 표본에서 6.50g~39.45g, 영락리 표본은 11.2g~64.90g으로, 각장과 중량의 관계는 유의차가 있어(Table 5) 두 지역의 각장과 중량과의 관계식은 다음과 같다(Fig. 10).

$$\text{대포리 : } W = 0.397 \times 10^{-3} L^3 \quad (r=0.817) \quad \text{----- (4)}$$

$$\text{영락리 : } W = 0.465 \times 10^{-3} L^3 \quad (r=0.976) \quad \text{----- (5)}$$

위의 (4),(5)식에 앞에서 산출한 최대각장(L_∞)을 대입하면, 이론적 최대체

중(W_{∞})은 대포리연안은 44.90g, 영락리 연안은 131.27g이었다.

연령에 따른 체중을 구하면, 대포리 연안은 1세의 1.09g, 2세의 4.51g, 3세의 9.55g, 4세의 15.15g, 5세의 20.59g, 6세의 25.44g이며 영락리 연안은 1세의 1.47g, 2세의 6.33g, 3세의 14.40g, 4세의 24.67g, 5세의 36.03g, 6세의 47.60g으로 나타났다.

Table 4. Growth parameters of *Anthocidaris crassispina* calculated from the three different growth equation

Group		Bertalanffy	Gompertz	Logistic
Daepo	L_{∞}	46.644	41.069	38.066
	k	0.283	0.542	0.862
	t_0	-0.210	1.173	1.775
	SSR	0.742	2.548	4.021
Youngrak	L_{∞}	65.596	51.939	46.215
	k	0.199	0.474	0.817
	t_0	-0.274	1.494	2.030
	SSR	0.969	3.327	6.434

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 : $L_t = L_{\infty}[1 + \exp(-k(t-t_0))]$

Table 5. Calculate the analysis of covariance for *Anthocidaris crassispina*

Line	State	df.	Σx^2	Σxy	Σy^2	Deviations From Regression			
						Reg. Coef.	df.	S.S	M.S.
1	Daepo	21	0.180	0.301	0.660	1.672	20	0.157	0.008
2	Youngrak	25	0.183	0.483	1.338	2.639	24	0.063	0.003
							44	0.220	0.005
3	Within	46	0.363	0.784	1.998	2.160	45	0.305	0.007
4	Reg. Coef.						1	0.085	0.085
5		1	0.064	0.220	0.753				
6	Total	47	0.427	1.004	2.751		46	0.390	
7	Adj. Means						1	0.085	0.085

Analysis of slope : $F=0.085/0.005=17.000(df=1,44)(P < 0.01)$

Analysis of height : $F=0.085/0.007=12.143(df=1,45)(P < 0.01)$

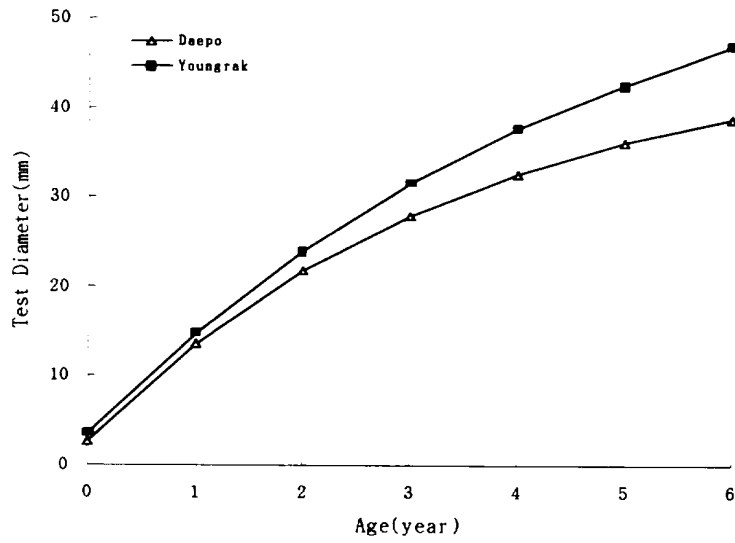


Fig. 9. Growth curves of test diameter for *Anthocidaris crassispina*.

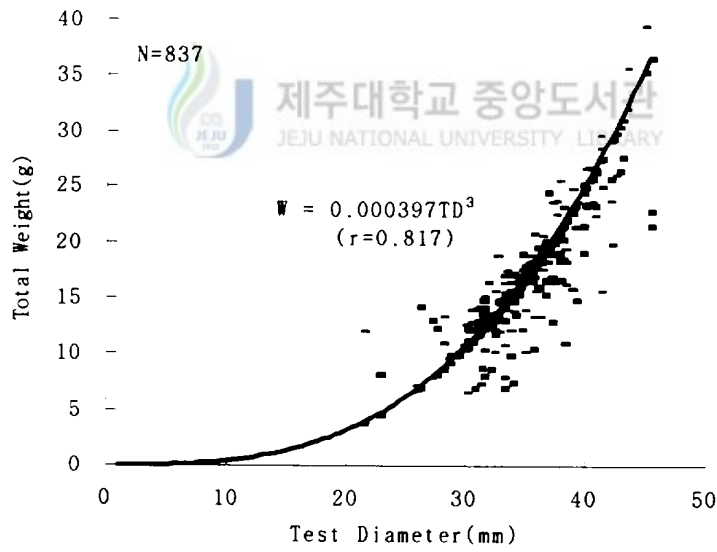


Fig. 10. Relationship between test diameter and total weight of *Anthocidaris crassispina*.

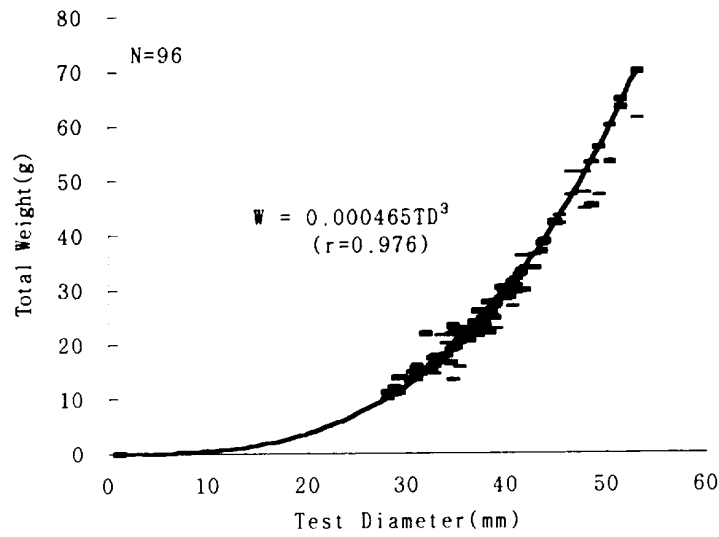


Fig. 11. Relationship between test diameter and total weight of *Anthocidaris crassispina* in Youngrak area.

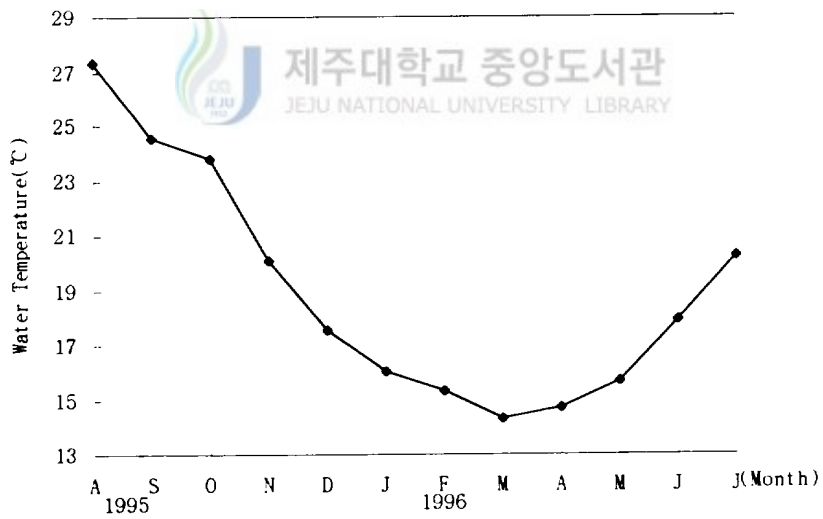


Fig. 12. Monthly change of water temperature in Daepo area.

IV. 고 찰

성계의 성장을 규명하는데는 사육에 의한 방법(Bull, 1938), 표지방법에 의한 방법(Fuji, 1963; Evert, 1968), 각장조성에 의한 방법(Fuji, 1963; Evert 1968), 각판상의 색소대(Moore, 1935), 생식판의 색소대(Moore, 1935; Kawamura, 1966; Jensen 1969), Tetracycline 표지방법(Gage, 1992)등을 들 수 있지만, 최근에는 생식판 색소대가 성장연구의 대부분을 차지하고 있다. 생식판의 관찰은 생식판 표면의 색소와 요철이 없어지도록 연마하고, 알콜 램프에서 검게 변할때까지(Jensen, 1969; 약 1/2~2분)태운 후, slide glass 에 생식판의 연마된 부위를 canada balsam으로 접착시킨다. 접착하지 않고 xylene을 이용하기도 하지만, 표본의 영구보존을 위해 canada balsam으로 기포가 생기지 않도록 조심하면서 생식판을 완전히 봉합, 건조시키는 것이 좋다.

Kawamura(1966)는 제 5생식판의 윤문을 측정하여 성장을 규명하였지만, 본 연구에서는 측정이 비교적 쉬운 madreporite(천공판, 제2생식판)을 대상으로 하였다. 소형의 좌우동형인 제 5생식판은 저연령군의 윤문은 잘 보이지만, 고연령으로 갈수록 윤문의 폭이 좁아 잘 나타나지 않는 경향이 있었다. 한편 madreporite(제 2생식판)은 생식판 중 가장 크기 때문에 고연령군의 윤문을 측정하기 쉽다. 그러나 부서지기 쉽고 좌우동형이 아니라는 단점이 있다.

윤문측정결과 제 1윤문경(r_1)은 비교적 넓은 경향이지만, 제 2윤문 이상에서는 윤문경이 현저하게 좁아지면서 각 윤문군의 각장 조성간의 중복(overlap)이 심한 경향으로 보아 매우 성장이 느리다는 것을 알수 있었다. 장소가 다른 두 지역간 표본의 각 윤문경($r_1 \sim r_6$)은 $\alpha=0.01$ 에서 유의차가 인정되었고, 각장(TD)과 생식판(R)과의 관계식 $TD = a + bR$ 에서 높이(a)와 경사(b) 모두 $\alpha=0.01$ 에서 유의차가 인정되지 않는 것으로 보아 지역간에 윤문경의 성장에만 차이가 있는 것 같다.

성계의 월별 각장조성(Fig. 7)에서 보면 계절성장은 여름과 가을(8월~12

월)에 매우 느리고, 겨울(12월~3월)에 연 성장량의 대부분이 이 기간에 성장하고, 봄철(3월~5월)에는 거의 정지된 상태이다. Fuji(1967)의 *S. intermedius* 경우, 2세에서는 늦봄과 초여름에 성장이 중지하고, 3세 이상의 어미성계에서는 겨울철 4개월간 성장하고 그 이외의 기간은 성장이 중지하는 등, 연령에 따라 성장률에 차이가 있었다. Gage(1991)는 *P. miliaris*에서는 봄에 최대성장을 하고, 가을과 겨울에는 성장이 늦던지 또는 휴지상태라고 하였다. 이상과 같이 성계류의 성장은 종류에 따라 계절에는 차이가 있어도 짧은 기간에 성장하는 것은 사실인 것 같다.

대포리 연안에 서식하는 성계의 윤문 형성시기는 3월에서 5월 사이였다. 위에서 언급한 것과 같이 이 기간이 보라성계의 성장이 휴지하고 있는 기간과 일치한다. 한편 대포리 연안의 월별수온변화(Fig. 11)를 관찰하면 3월에서 5월 사이가 14.3~15.6℃로 연중 가장 낮은 시기이다. 수온이 성장을 조절한다는 연구들(Moore et al.; 1963; McPherson, 1965; Moore and McPherson, 1965)과 같이 윤문형성시기 및 성장의 휴지기가 수온의 영향일 가능성도 있다.

본 논문에서 Bertalanffy, Logistic, Gompertz 성장식을 적용시켜 계산한 결과 SSR(잔차의 평방합)이 가장 적은 식은 Bertalanffy 성장식이었다. 분홍성계(Chung and Natzukari, 1995)의 경우에도 Bertalanffy식이 우수하였다. 그러나 Gage and Tyler(1985)는 성장초기에는 Sigmoidal growth가 Bertalanffy식 보다 좋으나 후기에는 Bertalanffy식이 더 좋았다고 하며, Nichols et al.(1985)는 어린 개체(0')가 없을 때에는 Bertalanffy식이 좋고, 어린개체를 포함시켰을 때에는 Logistic식이 양호하다고 하였다. Fuji(1967)의 *S. intermedius*에서는 Robertson식과 Gompertz식 보다는 Bertalanffy식이 적합하였다. Lumingas et al.(1994)는 *S. granularis*에서 ELEFAN I program을 이용해 Bertalanffy식과 유사한 결론을 유도하였다. 본 실험에서는 어린 개체의 표본이 없었지만, 성계류의 자원관리를 위한 성장식은 Bertalanffy식이 우수하다고 본다.

산출된 최대각장은 대포리 연안이 46.65mm, 영락리 연안이 65.60mm으로 많은 성장의 차이를 나타내고 있으며, 최대체중은 대포리 연안이

44.90g, 영락리 연안이 131.27g으로 각장과 마찬가지로 큰 차이를 나타내고 있다. 대포리의 이론적인 최대각장 46.65mm 보다 큰 표본개체수는 총 837 개체중 6개체, 즉 47.7mm, 49.3mm, 50.5mm, 53.5mm, 54.2mm, 59.3mm 의 개체가 포함되어 있는 반면, 영락리의 실제표본중 가장 큰 개체는 53.2mm 로 이들 최대각장 65.60mm보다 훨씬 작았다.

이상과 같이 최대각장의 추정값에 대한 대포리의 경우는 과소, 영락리의 경우는 과대평가된 경향이 있지만, 이론적인 최대각장은 집단의 평균값에서 추정된 것이기 때문에 대포리의 경우는 과소평가라고 할 수 없다. 그러나 영락리의 과대평가는 그 원인을 규명할 수 없었다. 영락리의 이론적인 최대각장이 과대평가 되었기 때문에 이론적 최대체중도 과대평가 되었으나 6세까지의 각장과 체중관계는 실제 표본의 값과 비교하면 거의 일치하였다.

V. 요약

1995년 8월부터 1996년 7월까지 제주도 남제주군 대포리 연안과 95년 1월 영락리 연안에서 채집한 보라성게, *Anthocidaris crasispina*의 연령형질(생식판)로서 성장을 규명한 연구 결과이다.

1. 생식판(madrepore)에 나타나는 윤문은 2세에서 6세군까지 뚜렷하게 관찰되었다(Plate 2~6).
2. 각장(test diameter ; TD)과 생식판경(radius ; R)과의 관계식은 두 지역의 유의차가 없다.

$$TD = 22.58R - 6.01 \quad (r = 0.960)$$

3. 월별 연변성장율(MGR : $(R-r_n)/(r_n-r_{n-1})$)조사에서 추정된 윤문형성시기는 3월에서 5월사이였다.
4. 각장조성의 월별 성장경향에서 12월에서 이듬해 3월 사이가 주 성장기였고, 3월에서 5·6월 사이는 성장 휴지기, 그 이외의 기간은 아주 완만한 성장을 하였다.
5. Bertalanffy식이 Gompertz식과 Logistic식보다 적합하였고, 그 식은 다음과 같았다.

$$\text{대포리} : L_t = 46.65(1 - e^{-0.283(t-0.210)})$$

$$\text{영락리} : L_t = 65.60(1 - e^{-0.199(t-0.274)})$$

7. 각장과 체중과의 관계식은 두 지역간에 유의차가 있었다.

$$\text{대포리} : W_t = 44.90(1 - e^{-0.283(t+0.210)})^3$$

$$\text{영락리} : W_t = 131.27(1 - e^{-0.199(t+0.274)})^3$$

VI. 참고문헌

- 김훈수 · 이창언 · 노분조., 1994. 동물분류학. 집현사, 332 - 335.
- 노용길 · 박두원., 1986. 보라성게(*Anthocidaris crassispina*)의 인공종묘생산에 관한 연구. 수진연구보고, 39, 89 - 96
- 유성규 · 허성범 · 유호영., 1982. 보라성게의 산란과 성장. 한수지, 15(4), 345 - 358.
- Bull, H. O. 1939. The growth of *Psammeshinus miliris*(Gmelin) under Aquarium conditions. Rep. Dove Mar. Lab.(Ser.6) 3, 39 - 41.
- Cassie, R. M., 1954. Some use of probability paper in the analysis of size frequency distributions. Aust. J. Mar. Freshw. Res., 5(3), 513 - 522.
- Chung, S. C. and Natsukari, Y., 1995. Growth Variation among the Different Populations of Sea Urchin, *Pseudocentrotus depressus*.
- 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., 1963. On the growth of the sea urchin, *Hemicentrotus Pulcherrimus*. Bull. Jap. Soc. Fish, 29(2), 118 - 126.
- Fuji. A., 1967. Ecological studies on the growth and food consumption of Japanese common littoral sea urchin. *Strongylocentrotus intermedius*. Mem. Fac. Fish. Hokkaido univ., 15. 83 - 1606.
- Gage, J. D., 1992. Natural growth band and growth variability in the sea urchin. *Echinus esculentus* : Result from tetracycline tagging. Mar. Biol. 114(4). 607 - 616.
- Gage, J. D. and Tyler, P. A., 1985. Growth and recruitment of the deep sea urchin. *Echinus affinis*. Mar. Biol. 90. 41 - 53.

- Hur, S. B., Yoo, S. K and Rho. S., 1985. Laboratory Tagging Experiment of Sea Urchin, *Hemicentrotus pulcherrimus*. Bull. Korean. Fish. Soc. 18(4), 363 - 368.
- Ishioka, K., 1988. Fitting of growth equation, program for population analysis. Tokai. Reg. Fish. Res. Lab., 35 - 46 (in Japanese).
- Jensen, M., 1969. Age determination of Echinoids. Sarsia 37. 41 - 44.
- Kakuda, N., 1989. Age determining character and growth of the sea urchin. *Pseudocentrotus depressus*. Nippon Suisan Gakkaishi, 55(11). 1899 - 1905 (in Japanese).
- Kang, K. M., 1996. The age and growth of the sea urchin. *Anthocidaris crassispina*. ph. b. thesis. Dept. Aqua. CNU., 248 -257.
- Kawamura, 1966. On the determining character and growth of a sea urchin. *Strongylocentrotus nudus*. Hokkaido. Cen. Fish. Exp. Stn., (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 biology of *Echinus esculentus* in different habitats. Part II. J. Mar. Biol. Assoc. U. K. 20, 109 - 128.
- Moore, H. B., Jones, J. A., McPherson, B. F. 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 McPherson. B. F., 1965. A contribution to the study of the productivity of the urchins *Tripneustes esculentus* and *Lytechinus variegatus*. Bull. Mar, Sci. 15. 855 - 871.
- Pears, J. S. and V. B. Pears., 1975. Growth zones in the echinoid skeleton. Am. Zool. 15, 731 - 753.
- Shigei, M., 1986. The Sea Urchins of Sagami Bay. published by Maruzen Co., Ltd. 173 + plate 126.
- Sumich, J. L. and J. E. McCauly., 1973. Growth of a sea urchin, *Alloccentrotus fragilis*, off Oregon coast. Pacif. Sci. 27. 156 - 167.
- Taki, J., 1971. Tetracycline labelling of test plate in *Strongylocentrotus intermedius*. Sci. 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.
- Yotsui, T. and Maesako, N., 1993. Restoration Experiments of *Eisenia bicyclis* Beds on Barren Grounds at Tsushima Islands. SUIZANZOSHOKU. 41(1), 67 - 70 (in Japanese).

감사의 글

본 연구를 수행하는데 있어 끊임없는 관심과 열정으로 보살펴주신 정상철 교수님께 진심으로 감사드립니다.

바쁘신 중에도 논문을 정성껏 다듬어 주신 이정재 교수님, 노 섬 교수님, 이기완 교수님, 이영돈 교수님, 송춘복 교수님, 최광식 교수님께 깊은 감사를 드립니다.

항상 아낌없는 관심으로 격려해주신 김대환 선배님, 양상훈 선배님, 김재우 선배님, 그리고 배회찬 선배님께 감사드립니다. 성계채집에 도움을 준 오판근, 김신권에게도 감사드리며, 자료정리에 많은 도움을 준 김아선에게도 감사드립니다. 또한 모든 실험실원에게도 감사의 마음을 표합니다.

그리고 오늘이 있기까지 길러주신 부모님과 가족 모두에게 시작에 불과한 작은 결실을 바칩니다.



Explanation of plate

Plate I

Fig. a. An example of measurement of second genital plate with five rings.
r : annuls width, R : width of second genital plate.

Fig. b. Photography of the second geintal plate at 2 years.
Test diameter : 35.50mm. ×7

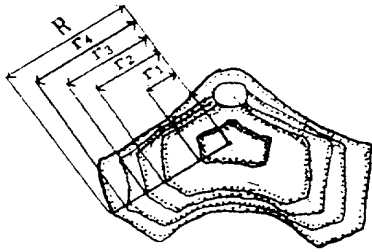
Fig. c. Photography of the second geintal plate at 3 years.
Test diameter : 36.40mm. ×7

Fig. d. Photography of the second geintal plate at 4 years.
Test diameter : 34.40mm. ×7

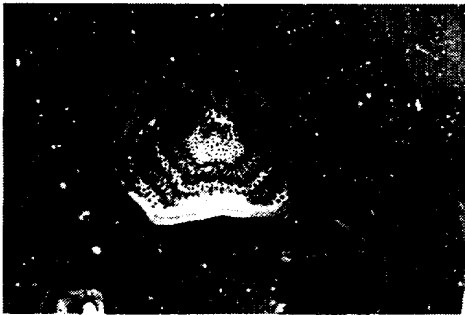
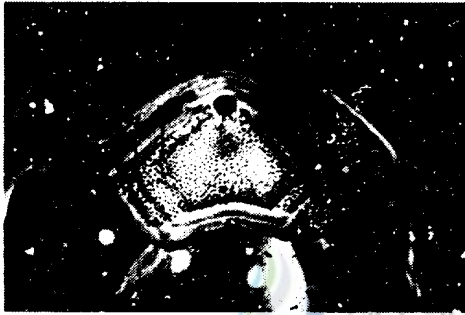
Fig. e. Photography of the second geintal plate at 5 years.
Test diameter : 37.00mm. ×7

Fig. f. Photography of the second geintal plate at 6 years.
Test diameter : 37.60mm. ×7

PLATE I



a



JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY