J. Kor. Fish. Soc. 38(4), 257-264 한수지, 38(4), 257-264, 2005

분홍성게(*Pseudocentrotus depressus*)의 연령 분석과 성장

정상철*· 김재우[1] · Yutaka NATSUKARI[2] · 송춘복
제주대학교 해양과학부, [1]국립수산과학원 제주수산연구소, [2]나가사키대학 수산학부

Age and Growth of Sea Urchin, *Pseudocentrotus depressus*

Sang-Chul CHUNG*, Jae-Woo KIM[1], Yutaka NATSUKARI[2] and Choon Bok SONG
Faculty of Marine Science, Cheju National University, Jeju City 690-756, Korea
[1]Jeju Fisheries Institute, NFRDI, Jeju 699-810, Korea
[2]Faculty of Fisheries, Nagasaki University, Nagasaki 852, Japan

We studied age and growth of the sea urchin, *Pseudocentrotus depressus*, to obtain some informations regarding its sustainable production and appropriate resources reinforcement. The samples were collected at two locations (Ongpo and Bubhwan) in Jeju, Korea. Annual rings were formed from October to January, and this period was well matched with the time just prior to or during their reproduction. Two population regression lines generated by using Walford's plotting with mean radius of each age group showed significant differences in their growth rate between the two sampling locations ($p<0.01$). When the regression equations were calculated using either madreporite's radius (R) and test diameter (L) or body weight (W) and test diameter (L), the results were $L=23.830+11.735R$ and $W=0.0004L^3$, and no statistically significant differences were detected between the two populations ($p>0.2$). Based on the data of madreporite's radius and test diameters, two estimated growth equations were $L_t(mm)=72.988(1-e^{-0.412(t-0.596)})$ and $L_t(mm)=70.195(1-e^{-0.365(t-0.511)})$ in Ongpo and Bubhwan population, respectively. Three distinct annulus groups were recognizable within the distribution of the radii of the annual rings measured from age 1 to age 5. The mean radii calculated from the same annulus group were all identical even though they were from different age groups.

Key words: Age, Growth, Sea Urchin, *Pseudocentrotus depressus*

서 론

제주도에 서식하고 있는 성게류 중, 식용으로 이용되고 있는 종은 보라성게 *Anthocidaria crassispina*, 말똥성게 *Hemicentrotus pulcherrimus*, 분홍성게 *Anthocidaris crassispina* 의 3종이 있다. 보라성게와 말똥성게는 제주도 전 연안에 서식하고 있으며, 분홍성게는 제주도 북부를 제외한 연안의 수심 5 m에서 10 m 사이에 서식하고 있지만, 그 생산량은 매우 적다.

일본에서는 분홍성게의 생산을 위하여 인공종묘를 이용한 가두리 양식이 성행하고 있으나, 우리나라에서는 인공종묘보다 자연산에 의존하고 있다. Natsukari et al. (1993)과 Tanaka (1993)에 의해서 양식산과 자연산 분홍성게의 유전적인 특성을 비교한 바 있고, 동일한 표본을 사용하여 Chung and Natsukari (1995)는 생식판에 형성되는 윤문이 연륜이라는 가정 하에 각 지역별 50개체에서 120개체를 대상으로 행한 개체군 분석 결과에서, 지역에 따라 분홍성게의 성장은 현저한 차이를 보이며 일본의 자연산 분홍성게는 매우 높은 어획강도에 노출되어 있음을 보고하였다. 한편, 제주도의 경우는 일본과는 달리, 작은 개체에서 큰 개체의 표본을 월별로 수집할 수 있기 때문에, Chung and Natsukari (1995)의 연구에서 밝히지 못했던 성장 패턴을 좀 더 구체적으로 규명하였다.

따라서 제주도에 분포하는 분홍성게의 연령에 따른 성장에 관한 보다 깊은 이해는 이들 자원의 효율적인 이용과 자원 증강을 위한 인공종묘의 생산 및 관리를 위한 기초 자료로서 활용도가 매우 높을 것으로 기대된다.

*Corresponding author: sangchul@cheju.ac.kr

재료 및 방법

연구에 사용한 표본수집을 위한 분홍성게의 채집지역으로 제주도의 법환리와 웅포리(Fig. 1)를 선정하였으며, 표본은 1995년 10월에서 1996년 12월까지 월별로 30개체씩 각 어촌계로부터 구입하였다.

생식판에 나타난 색소대를 이용한 성장에 관한 연구는 여러 연구자에 의해 수행되어 왔지만(Moore, 1935; Kawamura, 1966; Jensen, 1969; Kakuda, 1989), 이 연구에서는 Chung and Natsukari (1995)과 Hong and Chung (1998)에서 서술한 방법을 사용하였다. 즉, 생식판 표면의 색소와 요철이 제거되도록 연마한 후, 알코올 램프로 검게 변할 때 까지 약 30초에서 2분 동안 태운 후, Canada balsam으로 slide glass에 봉합 건조시켜, madreporite상의 윤문을 판독하고 측정하였다. 측정방법도 Chung and Natsukari (1995)와 Hong and Chung (1998)의 방법과 동일하게 하였다.

분홍성게의 각경(test diameter)을 TD로, 생식판의 초점에서

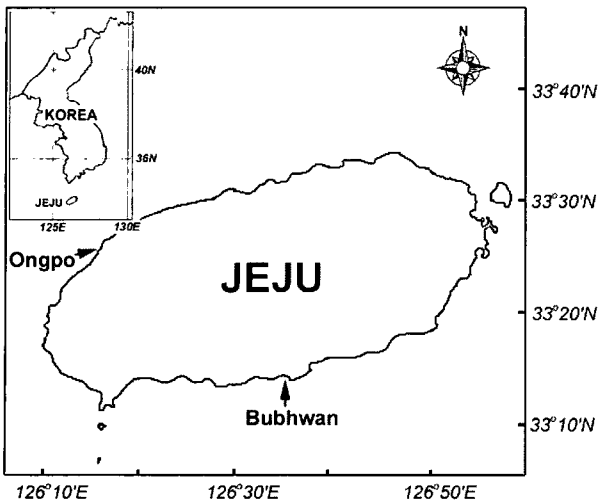

Fig. 1. Sampling locations of *Pseudocentrotus depressus* in Jeju island.

연변까지의 길이인 윤장을 R, 및 생식판에 나타난 각 생식판의 초점에서 각 윤경까지의 거리인 윤문경을 γ_n으로 표시하였으며, 단위는 mm이다.

월별 연변지수는 MGR (a)=$(R-\gamma_n)/R$에 의하였고, 각장과 체중과의 관계를 $W=\alpha L^{\beta}$의 식으로 표시하였다. 성장식으로서는 보라성게의 연구(Hong and Chung, 1998)에서 Bertalanffy의 성장식이 Gomperz의 성장식과 Logistic 성장식에 비해서 잔차가 작았기 때문에 이 연구에서도 Bertalanffy의 성장식을 사용하였다.

결과 및 고찰

윤문형성시기

제주도에 분포하는 분홍성게는 채집지역에 관계없이 같은 시기에 윤문이 형성된다는 가정 하에서 법환리와 옹포리의 표본을 합쳐서 조사하였으며, 이들 중 비교적 개체수가 많은 2세에서 4세까지의 개체를 대상으로 1995년 10월부터 1996년 12월까지의 월별 자료에서 월별 연변지수(MGR (a))를 구한 결과를 Table 1에 나타내었다. 그러나 이들 지수는 매우 불규칙적이었으며, 특히 γ_2의 경우 윤문형성시기를 추정하기 매우 어려웠다.

이러한 현상의 원인으로는 월별 채집된 표본의 개체수가 적었기 때문이거나, 혹은 생식판의 표면을 연마할 때 생식판의 중심보다 가장자리 부분이 많이 연마되어 가장자리 부분에 형성되는 윤문이 명확하지 않은 것을 모두 제외시켰기 때문일 것으로 추정하고 있으나 분명하게 원인을 규명할 수는 없었다.

따라서 윤문형성시기를 추정할 때 지수의 불규칙성에 기인하는 문제점을 해결하기 위해서 추정하고자하는 월을 포함한 전후의 3개월 동안의 MGR (a)의 평균값을 구하여 MGR (b)로 나타내었을 경우, 시기별 오차를 줄인 MGR (b)의 경우 전반적인 경향성을 보다 잘 나타내었다(Fig. 2). 그리고, Table 1에서 MGR (a)의 경우 γ_2는 10월과 1월, γ_3는 12월과 1월, γ_4는 11월에 최저값을 나타내고 있어서, 윤문의 형성시기가 MGR (b)의 경우와 1개월 정도의 차이를 나타내었지만 전반적으로 10월에서 이듬해의 1월 사이인 것으로 추정된다. 실제로 연령사정을 위한 윤문 관찰시 12월에 윤문을 형성하는 개체가 가장 많았다.

또한, Kakuda (1989)는 일본에 있어서 분홍성게의 산란시기를 10월 하순에서 3월 사이로 보고한 바 있고, Kim (2002)은 월별의 생식소중량지수(GSI)와 생식세포의 조직학적 관찰에서 산란기는 12월부터 이듬해 2월까지 지속된다고 하였다. 따라서 위에서 언급한 윤문형성 시기는 산란기의 직전 또는 산란시기와 거의 일치하는 것으로, 각 윤문군은 1년 만에 형성되는 것으로 추정되어 각 연령군으로 간주할 수 있다.

연령별 윤문경 평균값

연령사정을 위하여 각 연령별로 측정한 각경, 윤장 및 생식판에 나타난 각 윤문경의 평균값은 Table 2에 나타내었으며, 표본의 최고연령은 10세까지 읽을 수 있었다.

옹포리의 경우 7, 8세의 각경(TD)이 6세의 각경보다 작고, 10세의 각경과 윤장(R)은 9세보다 더욱 작았으며, 법환리의

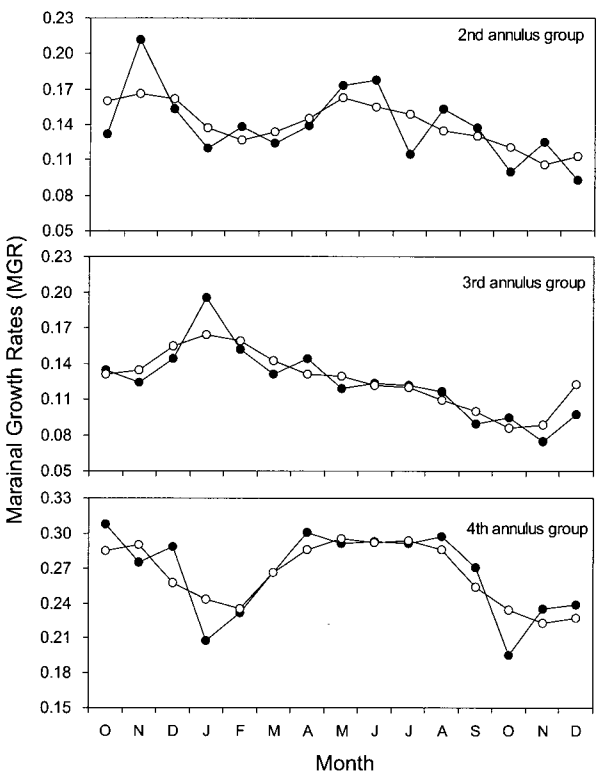

Fig. 2. *Pseudocentrotus depress*. Comparison of changing patterns of MGR (a), closed circle and MGR (b), open circle monthly estimated from the second to fourth annulus group between October 1995 and December 1996. MGR (a) and MGR (b): See the legend in Table 1.

Table 1. *Pseudocentrotus depress*. The number of samples (No) used and marginal growth rates (MGR) monthly estimated from the second to fourth annulus group (γ_2, γ_3, γ_4) during the study period. MGR (a), the values based on the original data; MGR (b), the values based on the means calculated with three month data including immediately before and after the month concerned

Dates	γ_2			γ_3			γ_4		
	No	MGR(a)	MGR(b)	No	MGR(a)	MGR(b)	No.	MGR(a)	MGR(b)
Oct. '95	5	0.308	0.285	5	0.132	0.160	8	0.134	0.131
Nov. '95	13	0.275	0.290	7	0.212	0.166	3	0.124	0.134
Dec. '95	8	0.288	0.257	10	0.153	0.162	5	0.144	0.154
Jan. '96	19	0.208	0.243	7	0.120	0.137	2	0.195	0.164
Feb. '96	17	0.232	0.235	11	0.138	0.127	8	0.152	0.159
Mar. '96	5	0.266	0.266	11	0.124	0.134	10	0.131	0.142
Apr. '96	4	0.301	0.286	8	0.139	0.145	10	0.144	0.131
May '96	9	0.291	0.295	30	0.173	0.163	8	0.119	0.129
Jun. '96	14	0.293	0.292	16	0.178	0.155	5	0.123	0.121
Jul. '96	16	0.291	0.294	13	0.115	0.149	4	0.121	0.120
Aug. '96	18	0.297	0.286	17	0.153	0.135	7	0.116	0.109
Sep. '96	14	0.271	0.254	14	0.137	0.130	14	0.089	0.100
Oct. '96	14	0.195	0.234	17	0.100	0.121	7	0.094	0.086
Nov. '96	53	0.235	0.223	22	0.125	0.106	6	0.074	0.088
Dec. '96	25	0.239	0.227	21	0.093	0.113	14	0.097	0.122

Table 2. *Pseudocentrotus depress*. The mean radii (γ) of annual rings estimated from the 10 different age groups collected at Ongpo and Bubhwan area

Sampling location	Age	No	TD	R	γ_1	γ_2	γ_3	γ_4	γ_5	γ_6	γ_7	γ_8	γ_9	γ_{10}
Ongpo	1	31	43.39	2.180	0.638									
	2	233	53.12	2.603	0.621	2.001								
	3	135	60.80	3.069	0.691	1.962	2.682							
	4	69	66.73	3.517	0.740	1.972	2.673	3.138						
	5	40	67.91	3.654	0.734	1.939	2.579	2.980	3.337					
	6	11	78.83	4.111	0.756	1.938	2.542	3.040	3.449	3.816				
	7	9	73.21	4.171	0.637	1.592	2.298	2.763	3.184	3.559	3.911			
	8	5	76.80	4.506	0.568	1.656	2.354	2.808	3.158	3.406	3.746	4.058		
	9	1	85.00	4.580	0.750	1.740	2.130	2.480	3.910	4.100	4.390	4.600	4.820	
	10	2	84.50	4.320	0.830	1.650	2.225	2.520	2.810	3.100	3.380	3.645	3.885	4.110
Average					0.697	1.828	2.435	2.818	3.308	3.596	3.857	4.104	4.353	4.110
Bubhwan	1	7	44.08	1.982	0.680									
	2	64	53.04	2.588	0.656	1.842								
	3	129	59.05	2.991	0.640	1.743	2.515							
	4	132	63.63	3.364	0.689	1.713	2.475	2.970						
	5	84	65.58	3.558	0.681	1.661	2.360	2.822	3.213					
	6	52	67.72	3.765	0.706	1.667	2.244	2.706	3.088	3.442				
	7	18	68.04	3.897	0.734	1.741	2.319	2.764	3.024	3.319	3.627			
	8	6	69.57	3.975	0.602	1.463	2.067	2.478	2.760	3.083	3.395	3.700		
	10	2	67.20	4.300	0.805	1.550	2.050	2.425	2.675	2.915	3.215	3.435	3.680	4.015
Average					0.688	1.673	2.290	2.694	3.398	3.190	3.412	3.568	3.680	4.015

No, Number of samples; TD, test diameter; R, radius from the focus of genital plate (medreporite) to each anuual ring. The unit of radius: mm.

경우는 10세의 각경이 8세보다 작았다.

윤경을 비교하여 보면, 옹포리의 경우 7, 8세의 윤경은 6세 이하 연령의 윤경보다 훨씬 작았으며 10세의 경우는 더 더욱 작은 반면, 9세의 경우는 오히려 월등히 컸다. 법환리의 경우는 표본이 적은 8, 10세의 윤경이 7세 이하 연령의 윤경보다 월등히 작았다. 특히, 7, 8세 이상의 개체들에서 윤경의 차이가 심하였다. 이와 같이 연령에 따라서 윤경의 크기 차이에서 경향성을 보이지 않고 불규칙적인 변이를 나타내는 것은 암컷과 수컷간의 성장에 차이가 있을 경우 암수의 표본 구성비가 다름으로써 일어날 수도 있다. 또한, 고령의 개체들 중 성장이 빠른 개체는 어획될 확률이 크기 때문에 성장이 느린 개체들만 남아 채집되었을 가능성도 있다. 이 연구의 경우, 모든 불규칙적인 변이가 표본이 10개체 이하의 연령에서 나타나는 것으로 보아서(Table 2) 표본 개체수가 적기 때문에 일어나는 표본오차에 기인하는 것으로 생각된다.

따라서 10개체 미만인 고령개체의 자료들을 제외한 후, 옹

Table 3. The mean radius (mm) of each annual ring estimated from the Ongpo and Bubhwan populions of *Pseudocentrotus depressus*

Area	Age range	γ_1	γ_2	γ_3	γ_4	γ_5	γ_6	γ_7
Ongpo	1-6	0.697	1.962	2.619	3.053	3.393	3.816	
Bubhwan	1-7	0.684	1.728	2.383	2.811	3.109	3.381	3.627

포리의 1세에서 6세까지, 그리고 법환리의 1세부터 7세까지의 개체를 대상으로 측정한 지역별, 연령별 윤경의 평균값은 Table 3에 나타내었다.

이들 평균값을 Walford's plotting한 직선식(Fig. 3)은 옹포리산의 경우 γ_{i+1}=1.416+0.662 γ_i (R^2=0.975), 법환리산은 γ_{i+1}= 1.209+0.694 γ_i (R^2=0.995)로, 두 직선에 대한 공분산 분석의 결과, 지역별 경사의 유의성은 매우 컸으나($p<0.01$), 위치 검정에서는 유의성이 없었다($p>0.05$). 이는 출생 때는 지역적인 차이가 없었지만, 성장함에 따라 두 지역간에 성장의 차이가 있다는 것을 의미한다.

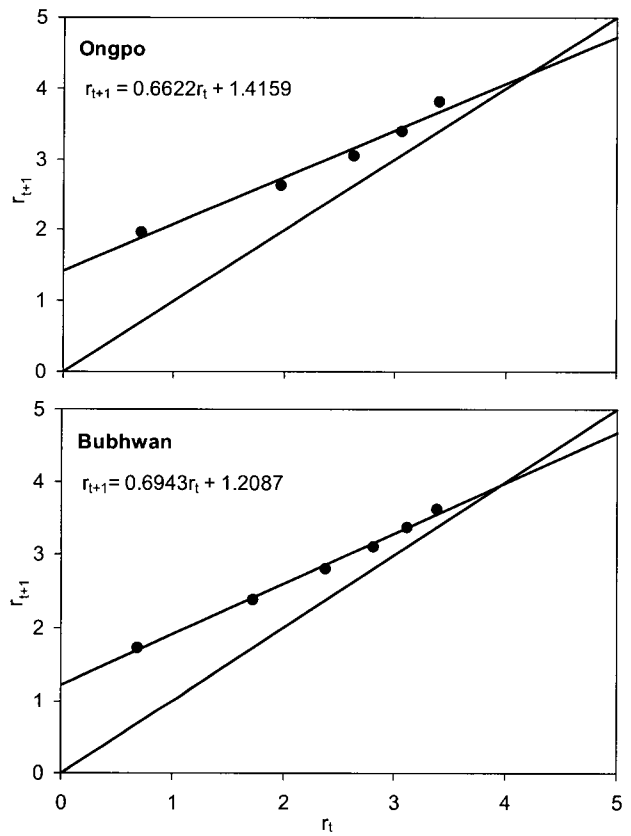

Fig. 3. *Pseudocentrotus depressus*. Walford's plot with mean radii of each annual ring estimated from Ongpo and Bubhwan populations.

연령별 윤경의 도수분포

동일한 윤문에서 고령으로 갈수록 윤경이 작아지는 일명 Lee's phenomenon (Lee, 1912; Ricker, 1975)을 관찰할 수 있어서(Table 2), 비교적 표본이 많은 1세에서 5세까지의 연령별 윤경의 도수분포에 대한 특성을 검토하였다.

같은 지역에서의 동일 연급군의 출현 빈도는 평균값을 중심으로 하나의 정규분포를 이루지만(Petersen, 1896), 산란기가 긴 경우에는 몇 개의 산란군이 존재하기 때문에 여러 개의 정규분포가 모여 하나의 도수분포로 나타난다. 따라서 각각의 도수분포를 임의로 주어진 값을 중심으로 한 정규분포군으로 분리하였으며 그 결과를 Figs. 4-6에 나타내었다. 각각의 윤문군에 있어서 윤경의 빈도분포를 보면 적어도 2개 이상의 정규분포군으로 구성되어 있다.

1세에서 5세까지의 각 연령의 제1윤문군의 도수분포를, 임의로 0.6 mm, 0.8 mm, 1.0 mm, 1.2 mm를 중심으로 하는 정규분포군으로 분리하였다(Fig. 4). 정규분포군의 분리에 무리가 없어 보이는 도수 빈도는 대체로 평균값이 0.6 mm와 0.8 mm를 중심으로 한 2개의 정규분포군(group)을 이루고 있었다. 지역별 분포를 보면, 옹포지역의 경우 1세, 2세, 3세의 제1윤문군(γ_1)은 0.6 mm group이 가장 많이 출현하였고, 그 다음은 0.8 mm group이었다. 4세와 5세의 경우는 0.8 mm group이 가장 많이 출현하였지만, 2번째 많이 출현한 것은 4세에서는 1.0 mm group이었고 5세에서는 0.6 mm group이었다. 법환리의 경우 1세는 표본수가 적어 뚜렷한 윤문군이 나타나지 않았으나, 2세와 3세에서는 0.6 mm group 그리고 4세에서는 0.8 mm group이 주군을 이룬 반면, 5세에서는 0.6 mm group과 0.8 mm group이 거의 대등한 출현 빈도를 보였다.

이와 같이 지역에 관계없이 1세에서 3세까지의 제1윤문군은 0.6 mm group이, 4세와 5세에서는 0.8 mm group이 많이 나타났다. 이것으로 미루어 볼 때, 산란연도의 해양환경에 따른 산란시기의 차이가 원인인 것 같으나 현재로서는 추측에 불과하다.

2세에서 5세까지의 제2윤문군의 경우(Fig. 5), 옹포리 경우 1.6 mm, 1.9 mm, 2.2 mm, 2.5 mm를, 법환리의 경우 1.4 mm, 1.7 mm, 2.0 mm, 2.3 mm를 중심으로 하는 정규분포군으로 분리시켰다. 지역별 분포양상을 보면, 옹포리의 경우 2세에서 5세까지의 제2윤문군(γ_2)의 출현빈도는 적어도 4개의 정규분포군으로 구성되어 있었으며, 각 연령에 있어서 이들의 출현양상도 매우 유사하였다. 전반적으로 보면 1.9 mm group이 주군을 이루었고, 다음으로 많은 것은 2.2 mm group이었다. 그런데, 5세의 제2윤문군에서는 2.5 mm group이 관찰되지 않았는데 이는 아마도 5세의 관찰 표본수가 적었기 때문인 것으로 사료된다. 법환리의 경우도 3개 또는 4개의 정규분포군으로 구성되어 있었으며, 법환리의 2세만 제외하고는 3세에서 5세까지의 분포양상은 비슷하였다. 즉 2세에서는 2.0 mm group이 주군을 이루었지만, 3세 이상에서는 1.7 mm group이 주군을 이루었다. 그리고 5세에서는 옹포리지역과 같이 윤경

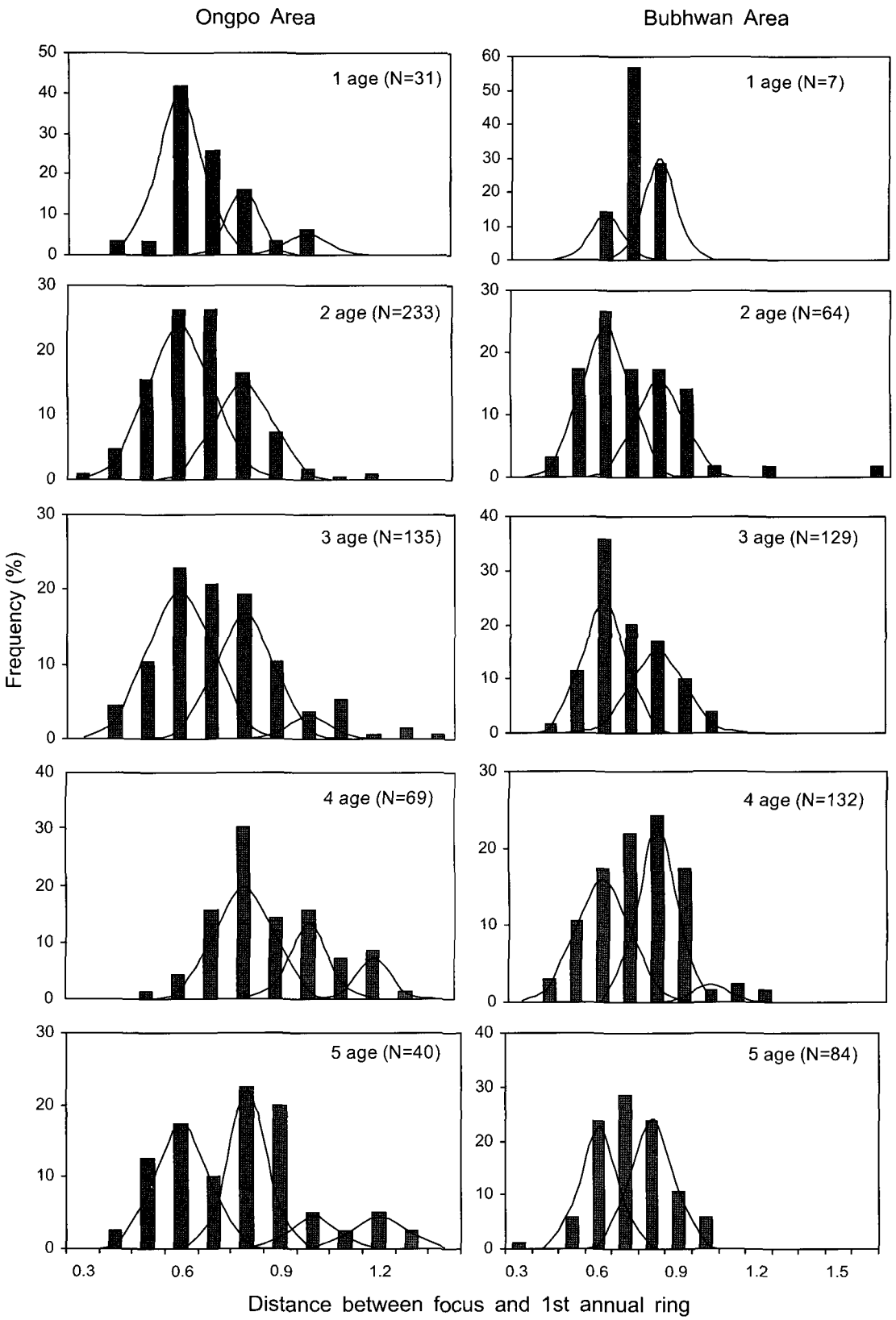

Fig. 4. *Pseudocentrotus depressus*. Frequency distribution of the distance between focus and 1st annual ring measured with the age 1 to age 5 collected at Ongpo and Bubhwan.

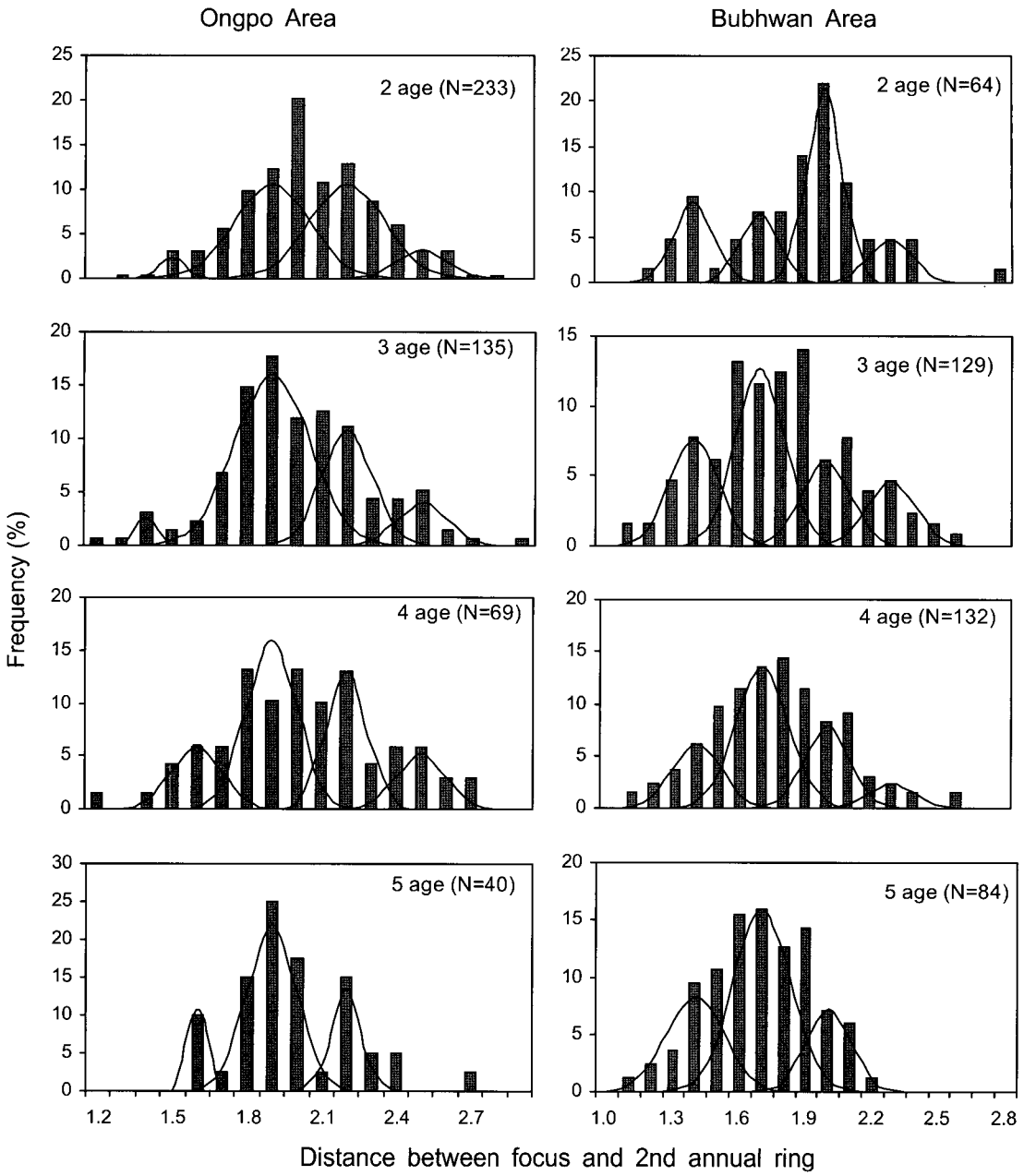

Fig. 5. *Pseudocentrotus depressus*. Frequency distribution of the distance between focus and 2nd annual ring measured with the age 2 to age 5 collected at Ongpo and Bubhwan.

이 가장 큰 2.3 mm group이 관찰되지 않았다.

지역별 성장은 각 정규분포군의 중심은 모두 0.3 mm 차이였지만, 주군이 출현하는 윤경의 평균값은 지역별로 차이를 보였다. 즉 법환리의 주군은 1.7 mm group인데 비하여 옹포리는 1.9 mm로써, 옹포리의 개체가 빠른 성장을 보였다. 그러나 법환리의 2세의 경우 2.0 mm group이 주를 이룬 것은 1세의 제1윤문군이 2세의 제2윤문군으로 성장할 때, 통상적으로 1.7 mm group으로 성장할 개체들이 그들의 생육환경이 양호하여 2.0 mm group을 형성한 것으로 추정된다. 이러한 현상은 옹포리에서도 관찰되었다. 즉 옹포리 2세의 경우 1.9 mm group이 주군을 형성할 것으로 예상되었으나 실제로 1.9 mm group과 2.2 mm group의 2개 group의 출현빈도가 비슷하고 그 중간 group이 상대적으로 높은 출현빈도를 보여 이 또한 양호한 생육환경에 기인된 것으로 생각되었다. 그리고 5세의 가장 성장이 좋은 group, 즉 옹포리의 2.5 mm group과 법환리의 2.3 mm group의 출현이 없는 것은 성장이 좋은 개체에 대한 어획강도가 컸기 때문이거나 혹은 표본의 개체수가 낮은 연령군에 비해서 상대적으로 적었기 때문일 것으로 생각된다.

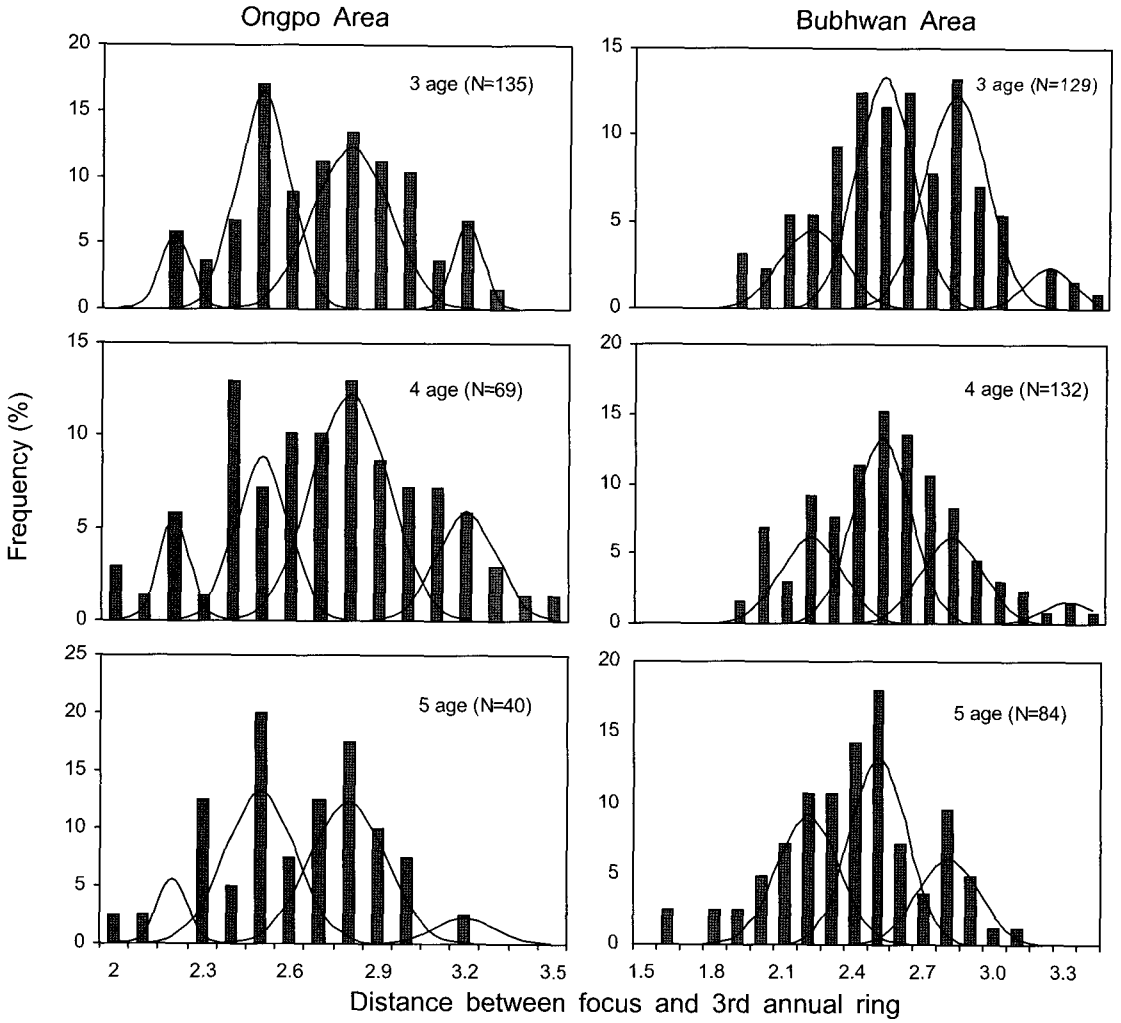

Fig. 6. *Pseudocentrotus depressus*. Frequency distribution of the distance between focus and 3rd annual ring measured with the age 3 to age 5 collected at Ongpo and Bubhwan.

특히, 법환리의 표본의 출현빈도를 보면, 2세에서는 2.0 mm group이 주군을 이루었으나 3세에서는 1.9 mm group이, 4세에서는 1.8 mm group, 그리고 5세는 1.7 mm group이 가장 높은 출현빈도를 보여서 고령으로 갈수록 윤경이 작아지는 현상을 관찰할 수 있었지만, 옹포리의 경우에는 3세에서 5세까지 윤경이 작아지는 경향은 발견할 수 없었다.

Fig. 6은 3세에서 5세까지의 각 제3윤문군의 도수분포를, 2.2 mm, 2.5 mm, 2.8 mm, 3.2 mm를 중심으로 하는 정규분포군으로 분리시킨 것이다. 옹포리의 3세와 4세는 4개의 정규분포군으로 구성되어 있으며 3세의 2.5 mm group이, 4세에서는 2.8 mm group으로 성장한 것으로 추정되나 두 분포양상은 거의 비슷하다. 그러나 5세는 3세 및 4세에서 나타난 3.2 mm group은 관찰되지 않았다.

법환리의 경우는 3-5세의 주군은 2.5 mm group이었지만, 3세의 2번째로 많은 2.8 mm group은 4세와 5세로 갈수록 적어지고, 대신 2.2 mm group이 증가하는 경향을 보였으며, 5세에서는 3.2 mm group이 관찰되지 않았다.

한편, Lee's phenomenon은 모든 연령에 있어서 나이가 들수록 윤문경이 일정하게 감소하는 현상이지만 그런 경향은 보이지 않았다(Figs. 4-6). 그리고 특이한 점은 5세에서는 저연령군에서 나타나는 가장 큰 모드의 정규분포군이 출현하지 않았다는 것이다. 이런 현상이 고령으로 갈수록 표본의 개체수가 적기 때문에 일어나는 것인지, 혹은 성장이 빠른 개체에 대한 상대적으로 강한 어획강도 때문인지는 명확히 규명할 수 없었다.

저연령군에서 고연령군으로 성장함에 따라 주군의 모드가 바뀌는 현상이 가끔 나타나는 것은 표본오차에 의한 것이라기보다는 산란 및 성장에 미치는 환경의 변화가 주 원인일 것으로 추정된다. 즉, 제1윤문군의 출현빈도가 모든 연령에 관계없이 2개 이상의 정규분포군으로 출현한다는 것은 산란기가 길다는 것을 의미하고, 각 윤문군에 적용한 임의의 정규분포의 모드가 각 연령마다 동일하다는 것은 성장의 패턴에는

큰 변이가 없고, 연도에 따라 환경이 좋을 때는 평균값이 큰 정규분포군이, 환경이 나쁠 경우는 평균값이 적은 정규분포군이 주군으로 될 가능성이 있는 것으로 추정된다.

생식판의 길이와 각경의 관계

두 지역에서 채집된 표본의 윤장(R)와 각경(L)에 대한 회귀직선은 옹포리의 경우는 L=23.620+11.806 R 이었고, 법환리는 L=24.040+11.663 R 이었다. 이들 두지역의 회귀직선식에 대한 유의성 검정 결과 서로 유의한 차이를 보이지 않았다($p>0.5$). 따라서, 두 지역의 표본으로 얻은 자료를 합쳐서(pooling) 계산된 관계식은 L=23.830+11.735 R로 나타났다.

각장과 체중의 관계

두 지역에서 채집된 표본의 각장과 체중과의 관계(Fig. 6)는 옹포리의 경우 $W=0.0004\,L^{2.9313}$, 그리고 법환리에서는 $W=0.0004\,L^{2.9612}$이었다. 또한, $\beta=3$이라는 귀무가설(ref)을 검정하기 위하여 t-검정(ref)을 한 결과 두 가지 식 모두에서 귀무가설은 기각되지 않았다($p>0.2$). 따라서 $W=0.0004\,L^{3}$으로 하였다.

성장식의 유도

Table 3의 자료에서 계산한 Walford's plot에서 이론적인 최대 윤경(γ_∞)과 성장계수(k)를 구하고, 이들 값을 성장식에 대입시켜 산출한 평균값을 t_0로 하였다.

그 결과, 옹포리 개체의 γ_∞는 4.189 mm, k는 0.412, t_0는 0.596 이였고, 법환리의 γ_∞는 3.951 mm, k는 0.365/yr, t_0는 0.511로 나타났다. γ_∞를 생식판 길이와 각경의 관계식을 이용해서 각장으로 변환시키고, 또 각장과 체중의 관계식으로 변환시켜 산출한 옹포리산(Ongpo) 및 법환리산(Bubhwan)의 분홍성게에 대한 Bertalanffy성장식은 다음과 같다.

Ongpo: $L_t(mm)=72.988(1-e^{-0.412(t-0.596)})$,
$W_t(g)=155.530(1-e^{-0.412(t-0.596)})^3$

Bubhwan: $L_t(mm)=70.195(1-e^{-0.365(t-0.511)})$,
$W_t(g)=133.350(1-e^{-0.365(t-0.511)})^3$

사 사

이 연구는 제주대학교 발전기금 지원 사업에 의해 수행되었습니다.

참 고 문 헌

Chung, S.C. and Y. Natsukari. 1995. Growth variation among the different populations of sea urchin, *Pseudocentrotus depressus*. J. Kor. Fish. Soc., 28, 421-427.

Hong, S.W. and S.C. Chung, 1998. Age and growth of the purple sea urchin, *Anthocidaris crassispina* in Cheju Island. J. Kor. Fish. Soc. 31, 302-308.

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, 1899-1905.

Lee, R.M. 1912. An investigation into the methods of growth determination in fishes. Publ. De Cir., Cons. Explor. Mer., 63, pp. 35.

Kawamura, K. 1966. On the age determining character and growth of a sea urchin, *Strongylosentrotus nudus*. Hokkaido Cent. Fish. Exper. Station, 6, 56-61.

Kim, J.W. 2002. Growth, reproductive biology and artificial seed production of the red sea urchin, *Pseudocentrotus depressus*. Ph.D. Thesis, Cheju Natl. Uni. Korea, pp. 107.

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.

Natsukari, Y., N. Tanaka, S.C. Chung, and K. Hirayama. 1993. A genetic comparison among three groups (wild populations, artificial seed populations, and mixed populations) of a Sea urchin *Pseudocentrotus depressus*: A preliminary report. U.S.-Japan Cooper. Prog. in Nat. Res. Tech. Rep., No. 22, 17-26.

Petersen, C.G.J. 1896. The yearly immigration of young plaice into the Limfjord from the German Sea. Rept. Danish Biol. Sta., 6, 1-48.

Ricker, W.E. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. Bull. Fish. Res. Bd. Can., pp. 191.

Tanaka, N.K. 1993. Comparison of genetic characters among wild populations, culture populations, and released populations of sea urchin, *Pseudocentrotus depressus*. M.S. Thesis, University of Nagasaki, pp. 47.

2005년 7월 9일 접수
2005년 8월 29일 수리