

제주연안의 해조상과 성게의 섭식효과

이기완 · 손철현* · 정상철

제주대학교 증식학과, **부경대학교 양식학과

Marine Algal Flora and Grazing Effect of Sea Urchins in the Coastal Waters of Cheju Island

Ki Wan Lee, Chul Hyun Shon* and Sang Chul Chung

Department of Aquaculture, Cheju National University, Cheju 690-759, Korea

*Department of Aquaculture, Pukyong National University, Pusan 680-737, Korea

The structure of benthic algal flora and feeding behavior of sea urchins (*Anthocidaris crassispina* and *Hemicentrotus pulcherrimus*), were investigated from the eight different locations along the coast of Cheju Island, Korea. Biomass distribution and dominance of the algal communities were studied in relation to the gut contents and population parameters of the sea urchins. As a result, although the largest algal biomass was observed at Daepo, there were no positive relationships between the algal biomass and biological characteristics of sea urchins, such as test diameter, test height, body weight, gonad weight, etc. This indicated that sea urchins would not be dependent solely on the abundance of algal foods, and they might feed on other food items. In order to know such a trend with regard to food selectivity, the diets consumed by sea urchins were analyzed, and it was found that they were composed of benthic and drifted algae, various animal components (sponges, bryozoans, crustaceans, and various unidentified capsulated eggs, etc.) and bottom substrates (mud and sand). As the amount and relative proportion of benthic algal diets turned out to be smaller than might be expected, and it is postulated that sea urchins were not likely to be the major grazing animals for the formation of algal bed and also canopy deterioration, so-called "white incrustation."

Key words : Algal Flora, Sea Urchin, Grazing effects, Diet Food

서 론

제주도는 "해양식물자원의 보물섬 제주도"(Kim, 1991)라고 지적한 것처럼 다양한 해조류들이 해조장(海藻場)을 이루며, 이러한 곳에는 이들 해조류와 관련된 많은 초식동물이 공존한다(Vásquez et al., 1984). 그러나 일부 해역은 해조류의 식생이 없는 불모지가 나타나기도 하고 갯녹음현상

(="white incrustation") 또는 백화현상이 나타나는 곳도 있으나(藤田, 1989), 때로는 잔디밭과 같은 뗏장(=turf, Adey and Goertemiller, 1987)을 형성하기도 하고, 지역에 따라 해중림이라고 불리는 조관(藻冠, canopy) 지역을 형성하여 각종 해양 생물들이 공존하는 고유한 생태계를 이루므로 다양한 생물들이 서로 직·간접적으로 관련된다(Lobban and Harrison, 1994). 이들

이 연구는 한국학술재단의 '97대학부설연구소 지원과제 연구비로 수행되었음.

중 열대지방의 어류(Hinds and Ballentine, 1987; Klumpp and Polunin, 1989; Lassuy, 1980; Sammarco, 1983)와 산호초 지대에 사는 어류는 직접적으로 해조류를 섭식하는 경우가 뚜렷한 초식성어류가 있으나(Bernstein and Jung, 1979; Horn, 1989), 중위도 지역에서는 직접 해조의 섭식자로 나타나는 경우는 많지 않으며, 대다수는 산란장이나 회유장으로 이용한다. 그러나 연체동물들 중에 복족강에 속하는 동물들은 조식성동물(藻食性, phycophagous)이 많으므로(Lewis, 1964; Lubchenco, 1978; Je, 1989; Moreno et al., 1984; Castilla and Bustamante, 1989), 이들과 해조류의 관계에 대한 관심은 지속적으로 연구의 대상이 되고 있다.

최근에 제주도 해역에서는 갯녹음현상(또는 백화현상)이 자주 일어나 논란이 되고 있으며, 원인 규명에 대한 필요성이 강조되고 있으나, 이에 대한 정확한 원인 규명은 단편적인 요인으로 해석된 추론이 있을 뿐이고, 아직 종합적인 결론에는 이르지 못하고 있다. 이러한 시점에서 제주도의 조장형성 현황을 근거로 조장의 황폐화의 원인중 하나인 조식성 동물의 식해와 그 조식성동물의 대표로 지명되는 성게류가 실제로 해조장에 부정적인 영향을 끼치는지 여부는 시급히 규명되어야 할 주요 과제중의 하나이다.

이 연구는 제주도 연안의 이러한 환경여건을 기초로 하여 이 해역에 형성된 조장의 현재 상황과, 조장에 많이 출현하여 막연히 조식성동물이라는 이유때문에 해적생물로 취급되는 성게류 중 제주도 해역에서 우점종을 이루는 보라성게(*Anthocidaris crassispina*)와 말뚝성게(*Hemicentrotus pulcherrimus*)의 식이물질을 조사하여 조장과 해조에 미치는 성게류의 영향을 밝히려 시도된 것이다.

재료 및 방법

해조류 조사

해조류 조사는 모두 8개 지점으로, 온평(Onp-

yong, OP), 법환(Pophwan, PH), 위미(Wimi, WM), 대포(Daepo, DP), 화순(Hwasoon, HS), 한림(Hanlim, HL), 외도(Oedo, OD), 그리고 함덕(Hamdok, HD)에서 실시하였으며, 조간대 구역과 수면하 5 m 수심의 2개 구역으로 구분하여 조사하였다(Fig. 1).

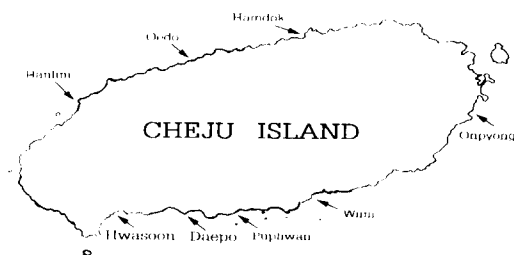


Fig. 1. Location of the 8 sampling sites in Cheju Island, Korea. Onpyong(OP), Wimi(WM), Pophwan(PH), Daepo(DP), Hwasoon(HS), Hanlim(HL) and Oedo(OD), Hamdok(HD).

조간대 조사는 주로 대조기를 기준으로 한계절당 2~3일에 걸쳐 실시하였다. 이 때에 작업을 용이하게 하기 위하여, 평탄하게 암반이 발달되었거나 단애의 형성이 명확하여 방형구(50 cm×50 cm)를 사용하기 좋은 지점을 임의로 선택하여 현장 조사를 수행하였다. 수면하 5 m 수심 구역은 어선으로 현장에 접근하여 해당 수심을 어군탐지기로 확인하고 정선시켜 닻을 고정시킨 후, 스쿠바 잠수에 의하여 고정된 닻을 중심으로 반경 5 m 이내의 동·서·남·북의 4 방위에서 각각 일회씩 방형구를 대고 육안으로 확인할 수 있는 구획내의 모든 해조를 채집하여 실험실로 옮겨 종의 동정과 필요한 조사[(양적 우점종; 지정된 한 종/한 번 조사 재료에서 나타난 총 종수) × 100, Diapoulis and Haritonidis, 1987]를 실시하였다.

성게와 그 섭취물 조사

성게류는 제주해역에서 수산물로서 성가가 높은 2종, 보라성게 *Anthocidaris crassispina*와 말뚝성게 *Hemicentrotus pulcherrimus* 중, 보라성게

는 위미(Wimi, WM), 범환(Pophwan, PH), 화순(Hwasoon, HS), 한림(Hanlim, HL), 외도(Oedo, OD), 그리고 함덕(Hamdok, HD)의 6개 지점에서, 말뚝성계는 온평(Onpyong, OP), 위미, 대포(Daepo, DP), 한림, 그리고 함덕의 5개 지점에서 무작위로 채집하여 조사하였다(Fig. 1).

성계는 각장(TL)·각고(TH)·체중(BW)·생식소중량(GW)을 측정후, 식이 습성을 파악하기 위하여 내장 부분을 잘라내어 10% 중성 포르말린에 고정하고, 다음 날 70% 에탄올로 고정액을 바꾸어 보관하였다. 섭취물 조사는 보관된 이들 내장을 절개하여 내용물을 털어내어 별도로 보관하였다가 필요시에 사용하였다.

자료분석

해조류는 Systat 프로그램으로 지점별 출현종과 비출현종으로 군집분석을 하였고(Sokal and Michener, 1958), 성계의 생물학적인특성은 두 종의 성계를 대상으로 계측한 각고와 각장 및 체중과 생식소중량치를 이용하여 SPSS 프로그램으로 ANOVA 검정을 실시하여 조사 지점간의 유의차를 검증하였다(Sneath and Sokal, 1962).

결 과

해조류의 정성·정량적 분석

선정된 8개 지점에서 조간대 구역과 수면하 5 m 수역으로 나누어 조사된 출현 해조류의 결과는 다음과 같다(Fig. 2).

조간대 구역에서 조사된 해조류 중 녹조류는 한림(HL)의 1종을 제외하고는 거의 같은 수준으로 6%~8종이었다. 갈조류는 함덕(9종)과 한림 및 대포(8종)가 많았으나, 다른 곳에서도 5~7종이 출현하였다. 그러나 홍조류의 경우에는 지역에 따라 차이가 나타났다. 즉, 온평의 조사지점에서는 4종이 출현하여 제일 적었고, 함덕은 6종으로 비슷하였으나, 범환과 대포의 경우는 10종으로 약 2배 정도의 출현종이 조사되었다.

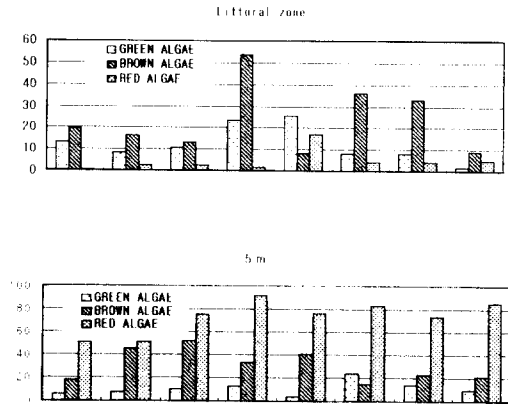


Fig. 2. Quantitative algal amounts at 8 sampling sites of littoral zone(A) and 5 m(B) depth in the coastal waters of Cheju Island.

수면하 5 m 구역에서의 결과는 녹조류가 한림(HL)의 조사지점에서 12종, 함덕(HD)은 11종, 그리고 화순(HS)에서는 10종이었으며, 범환(PH)과 대포(DP)가 9종으로 같았고, 위미(WM)는 8종이었으며, 외도(OD)가 6종이었으나, 온평(OP)은 5종으로 가장 출현종이 적었다. 갈조류는 외도가 28종으로 출현종 수가 가장 많았고, 화순이나 위미 그리고 대포와 범환의 조사 지점에서는 24종으로 같은 수의 출현종이 조사되었으며, 한림과 함덕 및 온평이 17~18종이었다. 홍조류는 대포가 가장 많은 76종이었고, 다음은 한림(67종)과 범환(66종) 및 화순(62종)의 순이었으며, 함덕에서는 57종, 온평은 48종이 나타난 반면에 위미는 51종, 외도가 가장 적은 41종이 출현하는 것으로 조사되었다(Fig. 2).

각각의 조사 지점에서 출현한 해조류를 대상으로 UPGMA (Unweighted Pair-group Method Using Arithmetic Average)에 의하여 집괴분석한 결과는 Fig. 3과 같다.

조사 지점의 저질 환경이 자갈지대와 암초지역으로 구성되어 비슷한 유형을 하고 있는 위미, 온평은 상호 가장 유사하고, 그밖의 다른 조사지점들에 비해 이들은 저질구성의 특성으로 구분되어 조사 지점들 중 한 무리를 이룬다. 한편 모래사장

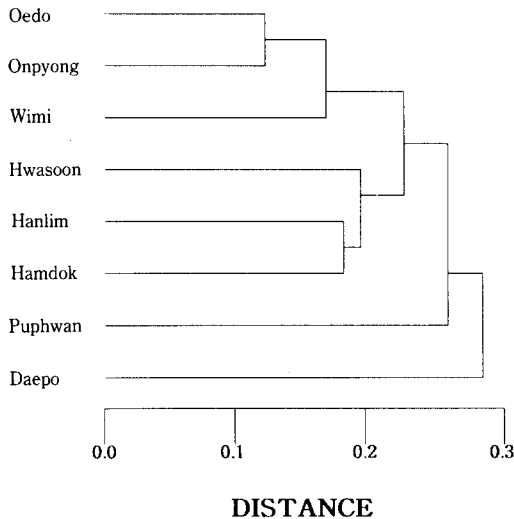


Fig. 3. Cluster analysis of algae appeared on 8 sampling sites based on UPGMA by presence and absence of algal species.

이 잘 발달하여 해수욕장에 인접한 한림과 함덕은 역시 모래사장의 발달이 이들과 유사한 화순과 함께 또 하나의 무리를 이루었다. 이에 대하여 대포와 법환의 조사 지점들은 외해에 면한 점에서 다른 조사지역과 같지만, 만곡된 해안선을 이루며 다른 지역과 비교하여 볼 때 독립적인 분포양상을 이루는 것으로 확인되었다.

해조류의 이와 같은 조사 지점들의 저질환경의 특성은 해조류 생육 실태를 특징지을 수 있는 집괴분석 결과와도 잘 일치되어 Fig. 3에서 볼 수 있는 바와 같이 외도와 온평 및 위미가 한 집괴를 형성하고, 함덕과 한림 및 화순이 가까운 집괴를 형성하며, 법환과 대포는 이들 집괴에서 벗어난다.

조간대에서 녹조류가 가장 많이 출현하는 것으로 조사된 곳은 화순(25.4%)과 대포(23.5%)였고, 그 다음으로 외도 온평 법환은 10%를 상회하는 수준이었으며, 그 밖의 다른 지점들은 이에 미치지 못하였다(Table 1). 그러나 갈조류의 경우는 이와 약간 달라서, 대포가 53.5%로서 녹조의 경우와 마찬가지로 가장 우세하였으나, 그 다음 외도와 한림이 30%를 상회하는 양적인 우점지역으로 나타났으며, 온평이 약 20% 수준으로 그

뒤를 이었다. 그러나 그 외의 지점은 상대적으로 낮았다. 홍조류의 경우에도 대포지역이 가장 높았고, 한림과 화순이 약 50% 수준으로 그 다음이었으며, 온평은 33%, 위미와 법환은 25% 내외여서 양적으로 가장 빈약하였다.

수면하 5 m 지역에서의 조사 결과는 녹조류인 경우 한림의 조사 지점이 다른 지점에 비하여 월등하게 높은 23.5%의 값을 나타내었으나, 외도 13.5%, 법환 9%의 수준이었으며, 화순은 3%밖에 되지 않아 가장 녹조류가 적게 생육하는 지역으로 조사되었다. 갈조류의 경우는 법환이 50%를 상회하여 양적으로 가장 우점하는 지역으로 조사되었고, 화순과 위미는 각각 40%, 외도와 함덕은 각각 30% 수준이었으며, 한림과 온평은 그 이하였다. 홍조류의 경우에서도 역시 대포가 가장 높아 91.55%를 나타냈으며, 한림과 함덕이 각각 80%, 화순, 법환 및 외도가 각각 70%였으며, 위미와 온평은 50%로서 양적인 면에서 가장 빈약한 지역임이 밝혀졌다.

이상 조사된 제주도 연안의 해조류 식생에 대한 양적인 우점도를 가장 높은 수치를 나타낸 대포를 기준(100%)으로 상대우점도를 종합하여 보면 대포(100%)가 양적으로 가장 풍부한 지역임이 밝혀졌으며, 그 다음은 한림(78%)과 화순(76%) 및 법환(75%)이 서로 비슷하였고, 위미(60%)와 함덕(58%)이 역시 비슷한 수준이었으나, 온평은 49%로서 가장 낮은 수치로 집계되어 해조류 식생이 대포에 비하여 절반 수준에도 미치지 못하였다.

조식성 동물의 출현과 섭취물 분석

수심 5 m 수역에서 서계와 함께 나타나는 조식성 동물은 14종에 달하였다. 權等(1991)과 柳(1976)에 따라 동정된 이들 해산동물들 중에서 제일 우점종인 조식성 동물은 보라배꼽툰니고둥(*Austraium gaematragum*)이고, 제 2 우점종은 돼지고둥(*Siphonalia cassidariaeformis*)이었으며, 그밖에 세빨고둥(*Ceratosstomaournieri*), 두두럭고둥(*Purpura bronii*), 소라(*Turbo cornutus*), 구멍뱀고둥(*Chlorostoma argyrostoma*),

Table 1. Quantitative dominance of the algal species collected from the intertidal zone and 5 m depth at 8 sampling sites from Cheju Island in winter season

Species	Sites															
	OP		WM		PH		DP		HS		HL		OD		HD	
	L	5	L	5	L	5	L	5	L	5	L	5	L	5	L	5
Division Chlorophyta																
Order Pyramimonadales																
Family Chlorodendraceae																
<i>Prasinocladus ascus</i>			+		+		+									
Order Ulvales																
Family Ulvaceae																
<i>Enteromorpha compressa</i>	+		0.3		9.5		10.0		9.0		3.0	2.0		+	0.1	
<i>E. linza</i>	0.5		0.3		0.3		5.0		9.5		8.0	1.0		+	0.1	
<i>E. prolifera</i>	+		0.1				+		0.1		0.5	0.3			+	
<i>Ulva conglobata</i>	3.0		6.5		0.5		5.0		0.3		7.0	0.1		+	1.0	
<i>U. lactuca</i>				+			0.5		+							
<i>U. pertusa</i>	9.0				0.1		3.0		0.5		4	1.5		0.1	7.0	
Order Cladophorales																
Family Anadyomeniaceae																
<i>Microdictyon japonicum</i>				+				+								
Family Cladophoraceae																
<i>Chaetomorpha aerea</i>						+			+							
<i>C. crassa</i>						+										
<i>C. spiralis</i>						+			+		+					
<i>C. macrotona</i>								+								
<i>Cladophora albida</i>													+			
<i>C. conchopheria</i>	0.5		1.0				0.5		6.0		8.0	3.0		1.5		
<i>C. densa</i>					+				+							
<i>C. japonica</i>													+			
<i>C. meridionalis</i>															+	
<i>C. sakaii</i>															+	
<i>C. wrightiana</i>		5.0		4		8		12.0		1.0		1.0		12		1.0
Family Valoniaceae																
<i>Dictyosphaeria cavernosa</i>								+								
Order Codiales																
Family Bryopsidaceae																
<i>Bryopsis hypnoides</i>									+						+	
<i>B. plumosa</i>					+											
Family Caulerpaceae																
<i>Caulerpa okamurae</i>				+												

+ occurrence, L. intertidal zone, 5 : 5 m depth

Table 1. Continued.

Species	Sites																	
	OP		WM		PH		DP		HS		HL		OD		HD			
	L	5	L	5	L	5	L	5	L	5	L	5	L	5	L	5		
Family Codiaceae																		
<i>Codium adhaerens</i>		+		0.5		1.0		+		0.5		+		+		+		
<i>C. coactum</i>		+		+		+		+		+		+		+		+		
<i>C. contractum</i>		0.5		3.0		0.5		+		1.5		+		1.5		+		
<i>C. cylindricum</i>								+										
<i>C. fragile</i>		+		+		+		+		+		+		+				
<i>C. minus</i>						+						+						
Family Derbesiaceae																		
<i>Derbesia marina</i>										+								
Division Phaeophyta																		
Order Ectocarpales																		
Family Ectocarpaceae																		
<i>Ectocarpus flagelliferus</i>						+				+								
<i>E. siliculosus</i>														+				
Order Ralfsiales																		
Family Ralfsiaceae																		
<i>Ralfsia fungiformis</i>						+						+						
<i>R. verrucosa</i>								+		+								
Order Chordariales																		
Family Elachistaceae																		
<i>Elachista flaccida</i>										+								
<i>Halothrix ambigua</i>												+				+		
Family Ishigeaceae																		
<i>Ishige okamurae</i>		4.0		5.0		3.0		4.0		6.0		1.0		1.0		0.5		
<i>I. sinicola</i>		1.5		1.0		1.0		1.5		0.5		+		0.5		+		
Family Leathesiaceae																		
<i>Leathesia difformis</i>		1.0		+		+		+		+		+		1.0		+		
<i>Petrospongium rugosum</i>														+				
Order Scytosiphonales																		
Family Scytosiphonaceae																		
<i>Colpomenia bullosa</i>		+		+		+		+		0.5		+		1.5				
<i>C. sinuosa</i>		1.5		0.5		0.5		0.5		1.5		0.5		0.5		0.5		
<i>Endarachne binghamiae</i>		+		+		+		+		+		0.5		0.5		+		
<i>Hydroclathrus clathratus</i>		+		+		+		+		+		+		+		+		
<i>Petalonia fascia</i>														+				
<i>Scytosiphon lomentaria</i>		0.5		0.5		0.5		0.5		0.5		+		1.5		+		
Order Dictyosiphonales																		
Family Asperococcaceae																		
<i>Myelophycus simplex</i>		+		1.0		1.0				1.5	1.0			0.5		1.0		+

Table 1. Continued.

Species	Sites																
	OP		WM		PH		DP		HS		HL		OD		HD		
	L	5	L	5	L	5	L	5	L	5	L	5	L	5	L	5	
Family Punctariaceae																	
<i>Punctaria latifolia</i>																	+
Order Sphacelariales																	
Family Sphacelariaceae																	
<i>Sphacelaria furcigera</i>																	+
<i>S. lutea</i>																	+
<i>S. variabilis</i>																	+
<i>S. yamadae</i>				+						+						+	+
<i>Sphacelaria</i> sp.				+						+							+
Family Stypocaulaceae																	
<i>Halopteris filicina</i>																	+
Order Sporochnales																	
Family Sporochnaceae																	
<i>Carpomitra cabreræ</i>																	+
<i>Sporochnus scoparius</i>									+	+							
Order Laminariales																	
Family Alariaceae																	
<i>Undaria pinnatifida</i>	8.0		9.0		8.0		20.0		0.5	12.0		5.0		1.5			
Family Laminariaceae																	
<i>Ecklonia cava</i>	5.0		12.0		9.0	10.0		10.0	15.0		25.0		7.0				
Order Dictyotales																	
Family Dictyotaceae																	
<i>Dictyopteris divaricata</i>		+		+		+		+		+		+		+		+	+
<i>D. latiuscula</i>						+		+									
<i>D. prolifera</i>		+		0.5		1.5		10.0		3.0	7.0		1.5				+
<i>D. undulata</i>								+									
<i>Dictyota dichotoma</i>		+		+		+		+		+		+		+		+	+
<i>D. divaricata</i>																	+
<i>D. linearis</i>				+													
<i>D. maxima</i>				+		+											
<i>Dilophus okamuræ</i>						+											
<i>Distromium decumbens</i>				+		+		+									
<i>Pachydictyon coriaceum</i>								+									+
<i>Padina arborescens</i>		+		+		+		+		+		+		+		+	+
<i>P. minor</i>						+				+		+					+
<i>Spatoglossum pacificum</i>				+													
<i>Zonaria diesingiana</i>		+		0.5		1.5		+		0.5		1.5		+			
Order Fucales																	
Family Cystoseiraceae																	

Table 1. Continued.

Species	Sites																
	OP		WM		PH		DP		HS		HL		OD		HD		
	L	5	L	5	L	5	L	5	L	5	L	5	L	5	L	5	
<i>Myagropsis myagroides</i>								+									
Family Fucaceae																	
<i>Pelvetia siliquosa</i>									+								+
Family Sargassaceae																	
<i>Hizikia fusiformis</i>		7.0		20.0		20.0		7.0		10.0		5.0		9.0		15.0	
<i>Sargassum confusum</i>		+		+		2.0		5.0		2.0		+		+		+	
<i>S. fulvellum</i>																	3.0
<i>S. hemiphyllum</i>		5.0		1.5		1.5		18.0		5.0		1.0		4.0		+	
<i>S. horneri</i>		+		0.5		5.0		+		0.5		+		0.5			
<i>S. micracanthum</i>														+			
<i>S. patens</i>								+						+			
<i>S. piluliferum</i>										+							
<i>S. ringoldianum</i>		1.5		2.0		5.0		5.0		1.5		5.0		1.5		0.5	
<i>S. serratifolium</i>		+		+		+		+		+		+		+			
<i>S. thunbergii</i>		2.0		7.0		5.0		4.0		5.0		1.5		3.0		2.0	
Division Rhodophyta																	
Order Erythropeltiales																	
Family Erythropeltidaceae																	
<i>Erythrotrichia carnea</i>		+		+		+		+		+		+		+		+	
<i>E. teraseriata</i>		+		+		+		+		+		+		+		+	
Order Bangiales																	
Family Bangiaceae																	
<i>Porphyra suborbiculata</i>		2.0		0.5		1.5		3.0		0.5		0.5		+		0.5	
Order Nemalionales																	
Family Acrochaetiaceae																	
<i>Auduinella codicola</i>		+		+		+		+		+		+		+		+	
Family Galaxauraceae																	
<i>Actinotrichia fragilis</i>												+					
<i>Galaxaura falcata</i>		+		+		+		+		+		+		+		+	
Family Bonnemaisoniaceae																	
<i>Asparagopsis taxiformis</i>						+						+					
<i>Bonnemaisonia hamifera</i>						+						+					
Order Gelidiales																	
Family Gelidiaceae																	
<i>Acanthopeltis japonica</i>		0.5		+				1.0		+		+		+		+	
<i>Gelidium amansii</i>		5.0		5.0		7.0		3.0		12.0		9.0				1.5	
<i>G. divaricatum</i>		1.5		2.0		3.0		1.5		2.0		0.5		5.0		0.5	
<i>G. pacificum</i>												+					
<i>G. pusillum</i>		+															

Table 1. Continued.

Species	Sites																
	OP		WM		PH		DP		HS		HL		OD		HD		
	L	5	L	5	L	5	L	5	L	5	L	5	L	5	L	5	
<i>G. vagum</i>			+		+		+										
<i>Pterocladia capillaceae</i>	0.5		0.5		1.5		1.0		0.5		3.0		0.5		0.5		
Order Cryptonemiales																	
Family Peyssonneliaceae																	
<i>Peyssonnelia caulifera</i>	1.0		1.0		0.5		0.5		7.0		+		+		+		
Family Corallinaceae																	
<i>Lithophyllum okamurae</i>	5.0		15.0		7.0		5.0		30.0		12.0		5.0		9.0		
<i>L. cystocarpiodeum</i>	2.0		1.0		1.0		4.0		0.5		1.0		4.0		1.0		
<i>Alatocladia modesta</i>							+										
<i>Amphiroa beauvoisii</i>							-										
<i>A. dilatata</i>	2.0		+		2.0		2.0		0.5		3.0		+		1.5		
<i>A. ephedraea</i>	+		+		0.5		+		0.5		1.0		0.5		+		
<i>A. pusilla</i>	+				+		+		+		+						
<i>Corallina officinalis</i>	4.0		7.0		5.0		8.0		7.0		10.0		13.0		9.0		
<i>C. pilulifera</i>	1.0		1.0		2.0		1.0		2.0		1.0		3.0		2.0		
<i>Jania adhaerens</i>	0.5		0.5		4.0		1.5		0.5		3.0		0.5		1.5		
<i>J. arborescens</i>	0.5		0.5		0.5		1.5		+		+		+		+		
<i>J. ungulata</i>	+		+		+		-		+		+		+		+		
<i>Marginisporum aberrans</i>	8.0		3.0		20.0		5.0		7.0		10.0		10.0		40.0		
<i>M. crassissima</i>	5.0		3.0		10.0		1.0		3.0		10.0		10.0		10.0		
<i>Yamadaea melobesioides</i>	+		+		+		+		+		+		+		+		
Family Halymeniaceae																	
<i>Carpopeltis angusta</i>	+		+		0.5		+		-		+		+		+		
<i>C. cornea</i>	+		+		+		+		-		+		+		+		
<i>C. crispata</i>							+										
<i>Grateloupia filicina</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>G. turuturu</i>							+				+		+				
<i>Pachymeniopsis elliptica</i>							+				+						
<i>P. lanceolata</i>					-		-		+		2.0						+
<i>P. yendoii</i>			0.5				0.5		+								
Family Endocladaceae																	
<i>Gloiopeltis complanata</i>	0.5		+		+		15.0		1.0		+		+		+		
<i>G. furcata</i>	0.5		2.0		1.0		7.0		10.0		1.0		3.0		+		
<i>G. tenax</i>	+		-		+		2.0		5.0		1.0		0.5				
Family Kallymeniaceae																	
<i>Callophyllis adhaerens</i>					+		+		+		+						+
<i>C. crispata</i>					+		+		+		+						+
<i>C. japonica</i>					+		+		-		-						+
Order Gigartinales																	

Table 1. Continued.

Species	Sites																
	OP		WM		PH		DP		HS		HL		OD		HD		
	L	5	L	5	L	5	L	5	L	5	L	5	L	5	L	5	
Family Cruoriaceae																	
<i>Cruoriella japonica</i>							+		+								
Family Rhizophyllidaceae																	
<i>Chondrococcus hornemanni</i>												+					+
Family Caulacanthaceae																	
<i>Caulacanthus okamurai</i>													+				
Family Solieriaceae																	
<i>Meristotheca papulosa</i>		+		+		6.0		12.0		+		4.0					
Family Plocamiaceae																	
<i>Plocamium ovicornis</i>																	+
<i>P. telfairiae</i>		+		+		+		1.5		+		2.5		+			1.5
<i>P. telfairiae</i> f. <i>uncinatum</i>		+		+		+		0.5		+		1.5		+			0.5
Family Hypneaceae																	
<i>Hypnea charoides</i>		0.5		+		+		1.0		+		1.0		+			+
<i>H. saidana</i>		2.0		+		+		1.0		+		1.0		+			1.0
<i>H. japonica</i>		1.0		1.0		2.0		3.0		+		1.0		+			1.0
Family Phacelocarpaceae																	
<i>Phacelocarpus japonicus</i>		+		+		+		1.5		+		0.5		+			0.5
Family Gracilariaceae																	
<i>Gracilaria textorii</i>		1.5		+		1.5		2.0		+		1.5					+
<i>G. verrucosa</i>		+		4.0		+		2.5		+		2.0		17.0			1.5
Family Phyllophoraceae																	
<i>Gymnogongrus flabelliformis</i>		4.0		4.0		+		1.0		+		+		2.0			+
Family Gigartinaceae																	
<i>Chondrus ocellatus</i>		1.5		0.5		1.0		+		0.5		0.5		3.0			+
<i>Gigartina teedii</i>								+									
<i>G. tenella</i>		0.5				+		1.5		0.5		1.5		0.5			+
Order Rhodymeniales																	
Family Rhodymeniaceae																	
<i>Rhodymenia intricata</i>												+					
Family Lomentariaceae																	
<i>Binghamia californica</i>								+									
<i>Lomentaria catenata</i>						+		+									
Family Champiaceae																	
<i>Champia expansa</i>												+					
<i>C. parvula</i>						+		+		+		+					+
Order Ceramiales																	
Family Ceramiaceae																	
<i>Anotrichinum furcellatum</i>								+									
<i>A. tenue</i>						+											
<i>A. yagii</i>						+											
<i>Antithamnion callocladus</i>						+											
<i>A. niponicum</i>						+											

Table 1. Continued.

Species	Sites							
	OP	WM	PH	DP	HS	HL	OD	HD
	L 5	L 5	L 5	L 5	L 5	L 5	L 5	L 5
<i>Antihamnionella brevirostrata</i>								+
<i>Callithamnion callophyllidicola</i>				+	+	+		+
<i>Campylaeophora crassa</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>C. hypnaeoides</i>		+	+	+	0.5	-	+	0.5
<i>Centroceras clavulatum</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Ceramiopsis japonica</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Ceramium boydenii</i>	+	+	+	+	0.5	1.0		1.0
<i>C. kondoi</i>				+		+		+
<i>C. tenerrimum</i>		+	+	+	+		+	+
<i>G. japonica</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Herpochondria dentata</i>				+				
<i>H. elegans</i>						+		
<i>H. pygmaea</i>			+					
Family Delesseriaceae								
<i>Acrosorium flabellatum</i>		+	+	+	+			
<i>A. ployneurum</i>		+		+	+			
<i>A. uncinatum</i>		+		+	+			
<i>A. yendoi</i>		+		+	+			
<i>Erythroglossum minus</i>			+	+				
<i>Hypoglossum barbatum</i>			+					
<i>H. geminatum</i>						+		
Family Dasyaceae								
<i>Dasysiphonia chejuensis</i>		+	+					
<i>Heterosiphonia japonica</i>								
<i>H. pulchra</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
Family Rhodomelaceae								
<i>Chondria crassicaulis</i>				+	+			
<i>Herposiphonia insidiosa</i>						+		+
<i>H. fissidentoides</i>			+					
<i>H. plumula</i>			+	+				
<i>H. secunda</i>			+	+				
<i>H. subdisticha</i>				+		+		
<i>Laurencia intermedia</i>	0.5	1.0	0.5	0.5	0.5	+	1.0	
<i>L. okamurae</i>	+	0.5	+	1.0	0.5	1.0	+	0.5
<i>Polysiphonia decumbens</i>			+	+	+			
<i>P. japonica</i>		+	+	+	+	+		
<i>P. morrowii</i>				+	+	+		+
<i>Symphyocladia latiuscula</i>	+		0.5	0.5	0.5	+		+
<i>S. marchantioides</i>						+		+
<i>S. pennata</i>		+	+	+	+	+		+

방석고둥(*Tristichotrochus unicus*), 애기뺨고둥(*Omphalius nigemimus*), 보리무룩(*Mitrella bicincta*), 남방얼룩고둥(*Cantharidus japonica*), 무룩(*Pyrene testudinaris*)과 같은 11종의 복족류가 나타났고, 참집게(*Pagurus jeminus*), 털다리참집게(*P. lanuginosus*), 얼룩참집게(*P. geminus*)와 같은 3종류의 집게류도 다수 출현하였으며, 여과 섭식자로서 일반적인 엽상 해조류는 식이대상이 아니지만 조류에 속하는 식물부유생물을 섭이하는 주황해변해면(*Halichondria japonica*)도 이 수역에 많이 분포하였다.

이 조사에서 대상이 된 성게는 제주연안의 조하대로부터 약 5 m의 수심에 많이 분포하는 보라성게(*Anthocidaris crassispina*)와 말뚝성게(*Hemicentrotus pulcherrimus*)였다. 말뚝성게는 주로 조하대에 가까운 수역에 많이 분포하고, 보라성게는 5 m 수역을 중심으로 분포한다.

보라성게는 조사된 6개지역(위미, 범환, 화순, 한림, 외도, 함덕)에서 임의의 개체수를 선정하여 조사한 결과는 지역간의 큰 차이($P < 0.05$)를 나타내지 않았다(Table 2). 단지 범환에서 조사한 개체들이 각장(TD)과 각고(TH) 및 체중(BW)에서 다른 조사지점과의 차이를 나타내는 결과를 얻었다. 또한 함덕의 재료로 분석한 결과 중에서 생식소 중량(GW)만이 다른 지역과 유의성이 있는 차이를 인정할 수 있었다.

말뚝성게는 조사지역으로 선정된 5개 지역(온평, 대포, 위미, 한림, 함덕)에서 채집된 개체 중

임의로 선정된 재료로부터 얻은 결과는 Table 2와 같다. 함덕의 말뚝성게들은 4가지의 분석치 모두에서 타 지역과는 구별되어 유의성이 있는 차이를 나타내었고, 나머지 지역에서는 큰 차이를 나타내지 않았다.

성게의 내장을 절개하여 얻은 내용물을 분석하여 성게가 식물로 삼킨 식이물의 종류를 조사하였다(Table 3). 조사된 모든 성게에서 기본적인 식물로 나타난 것은 일반 해조류(100%)였다. 두번째로 많은 섭취물은 산호말류로서 45% 전후의 식이율을 나타내었다. 그 다음으로 많은 섭취량을 나타낸 것은 석회물질구형체로 존재하고 있었으며, 이 물질은 말뚝성게에서의 섭취율(28%)이 보라성게(14%)보다 많았다. 동물성 섭이물도 상대적 양적 비율로는 많지 않았으나 해면류의 섭취율이 약 10%에 이르며, 태충류도 상당한 비율(보라성게의 경우 10%)로 섭취되고 있음이 밝혀졌다.

내장에서 적출한 식이물질들은 해조류인 경우(산호말류 포함)에는 엽상체의 단편 또는 구형체 내지는 비정형체였고, 구형체로 나타나는 많은 물질중에는 사질 또는 니질의 구형체도 있었다. 조사된 결과에 의하면, 사질과 니질의 구형체들이 약 20%의 출현비율로 나타났다.

식이물질 중에 특이한 것은, 많은 난세포들의 출현비율이었다. 말뚝성게에서는 무려 39%의 높은 출현비율을 나타내는 것으로 밝혀졌고, 보라성게는 14%로 조사되었다. 그들은 직경 30 μm ~80

Table 2. ANOVA analysis of *Anthocidaris crassispina*(A) and *Hemicentrotus pulcherrimus*(B)

Species	Site	TD (cm)	TH (cm)	BW (g)	GW (g)
A	Wimi	45.75 ^{bca}	23.79 ^{bd}	44.00 ^{bc}	2.92 ^{cd}
	Puphwan	53.12 ^a	26.30 ^a	55.98 ^a	5.14 ^b
	Hwasoon	47.21 ^{bc}	24.39 ^{bc}	42.48 ^{bed}	3.19 ^{ca}
	Hanlim	42.96 ^e	20.12 ^b	32.62 ^e	3.27 ^c
	Oedo	44.48 ^{ae}	23.64 ^{bc}	37.16 ^{cde}	2.17 ^d
	Hamdok	47.74 ^b	24.46 ^b	45.48 ^b	6.97 ^a
B	Onpyong	34.45 ^a	18.55 ^c	15.18 ^c	2.87 ^{ab}
	Wimi	35.58 ^c	19.73 ^b	15.61 ^c	2.57 ^{bc}
	Daepo	34.40 ^a	18.94 ^c	14.87 ^c	1.92 ^c
	Hanlim	38.79 ^a	20.74 ^a	20.86 ^a	3.10 ^a
	Hamdok	36.72 ^b	19.96 ^b	18.01 ^b	2.33 ^{cd}

Table 3. Diets appeared in gut contents of two species sea urchins, *Anthocidaris crassispina* and *Hemicentrotus pulcherrimus* (% : total occurrence/total examined)

Diets	<i>Hemicentrotus pulcherrimus</i>	<i>Anthocidaris crassispina</i>
Algae in general	100% (127/127)	100% (77/77)
Bryozoans	4% (5/127)	10% (8/77)
Sponges	13% (17/127)	10% (8/77)
Sand & Mud balls	17% (22/127)	23% (18/77)
Coralline algae	46% (49/127)	45% (35/77)
Calcareous balls	28% (36/127)	14% (11/77)
Crustaceans	9% (12/127)	27% (21/77)
Unidentified capsulated egg	39% (50/127)	14% (11/77)

µm에 달하는 소형의 난세포였으며, 섭취된 난세포 수는 2,500~25,000립에 이르렀고, 흐트러진 제라틴(?)과 유사한 물질에 파묻힌 형태로도 많이 관찰되었다. 난세포를 섭취한 경우보다 더욱 흥미로운 것은 말뚝성게의 경우 3개체, 보라성게의 경우 1개체만 1개체였고, 그밖에 난세포를 섭취한 절대다수는 0개체였다.

조식성 동물로 알려진 성게의 섭이 식물 중 섭취된 해조류만을 대상으로 종별 출현율을 조사한 결과는 Table 4와 같다. 녹조류는 모두 4종이 확인되었다. 제일 많은 출현율을 나타내는 것으로 조사된 종은 구멍갈파래(*Ulva pertusa*)였고, 납작파래(*Enteromorpha compressa*)가 그 다음 순이었으며, 갈색대마디말(*Cladophora wrighiana*)도 섭이함이 확인되었다. 갈조류는 9종이 섭이된 것으로 확인되었다. 말뚝성게는 톳(*Hizikia fusiformis*)의 섭이율이 많은 반면, 보라성게는 감태의 섭이율이 많았고, 복족류의 이료로 많이 사용하는 미역(*Undaria pinnatifida*)은 보라성게에서만 거의 예외적인 출현율(2개체, 2.6%)을 나타냈다. 섭이된 해조류중 홍조류가 종수로는 가장 많았다. 모두 15종이 동정되어 산호말류(*Coralina* sp., 말뚝성게 63.8%, 보라성게 36.4%)를 제외하면 극히 낮은 빈도이나 넓은보라색우무(*Symphyocladia marchantioides*) (15.3%)는 출현율이 비교적 높았다.

이와함께 부착성 돌말류의 섭이율도 상당히 높은 것(7.9%)으로 나타났다. 속 수준에서 동정된 것은 모두 8종으로 *Trigonium* sp., *Biddulphia*

sp., *Cerataulus* sp., *Lampriscus* sp., *Triceratium* sp., *Grammatophora* sp., *Odontella* sp.가 확인되었다.

해조류의 양적 우점도는 대포가 가장 크고, 한림, 화순, 법환, 외도, 위미, 함덕의 순서로 낮아졌으며, 조사 지역 중 온평이 가장 적었다. 성게의 생물학적 특성에 따른 성장 검토의 결과, 보라성게의 경우 법환지점에서의 생식소중량(GW)에서만 약간의 변화가 있으나, 나머지 지점에서는 모두 (TD, TH, BW) 높게 나타나고, 반대로 한림에서 가장 낮았다. 말뚝성게의 경우 한림에서 가장 높았고, 대포에서 낮게 나타났다. 한편 이들의 상관관계를 조사한 집괴거리는 대포와 법환이 별개로 떨어지고, 나머지 조사지역은 0.2 이하의 수준에서 외도와 온평 및 위미가 한 집단으로 묶였고, 한림과 함덕 및 화순이 한 집단으로 묶였다.

이상의 결과에서 해조류와 성게의 측정 형질과는 어느 것과도 연관지을 수 있는 결과를 나타내지 않았다.

고 찰

이 연구에서 조사된 해조류의 출현종은 8개 지역에서 합계 169 종으로 집계되어, 최근에 제주 지역의 3개소에서 행한 Park et al. (1994)의 기록보다는 많은 종이였다.

해조류의 집괴분석 결과는 앞에서 언급한 것처럼 각각의 조장이 형성된 기질에 따라 유사성의 차이를 나타내었다. 섭이 식물의 양적 우점도에서

Table 4. Relative abundance of the algal species found in the gut of sea urchins, *Anthocidaris crassispina* and *Hemicentrotus pulcherrimus*, in Cheju Island

Species	Frequency (%)	
	<i>H. pulcherrimus</i>	<i>A. crassispina</i>
<i>Ulva pertusa</i>	32 (25.0)	11 (14.2)
<i>U. lactuca</i>		
<i>Enteromorpha compressa</i>	37 (29.0)	5 (6.5)
<i>E. linza</i>		
<i>Cladophora wrightiana</i>	1 (0.8)	2 (2.6)
<i>Ectocarpus</i> sp.	-	7 (0.9)
<i>Dictyota dichotoma</i>	4 (3.0)	4 (5.2)
<i>Scytosiphon lomentaria</i>	-	-
<i>Colpomenia sinuosa</i>	2 (1.5)	
<i>Leathesia difformis</i>	3 (2.3)	4 (5.2)
<i>Ecklonia cava</i>	4 (3.0)	21 (27.3)
<i>Undaria pinnatifida</i>	-	2 (2.6)
<i>Hizikia fusiformis</i>	13 (10.0)	-
<i>Sargassum</i> sp.	3 (2.3)	8 (10.4)
<i>Corallina</i> sp.	83 (66.9)	28 (36.4)
<i>Amphiroa</i> sp.	2 (1.5)	2 (2.6)
<i>Peyssonnelia caulifera</i>		
<i>Gelidium</i> sp.	2 (1.5)	1 (1.2)
<i>Hypnea charoides</i>	-	1 (1.2)
<i>Plocamium telfairiae</i>	-	1 (1.2)
<i>Gracilaria verrucosa</i>	-	4 (5.2)
<i>Acrosorium polyneurum</i>	-	2 (2.6)
<i>Ceramium tenerimum</i>	3 (2.3)	1 (1.2)
<i>C. boydenii</i>	-	1 (1.2)
<i>Centroceros clavulatum</i>	-	1 (1.2)
<i>Chondria</i> sp.	4 (3.0)	3 (3.9)
<i>Symphyocladia marchantioides</i>	20 (16.1)	-
<i>Polysiphonia</i>	5 (3.9)	1 (1.2)
Diatoms	14 (7.9)	-

도 암초지대가 잘 형성된 대포에서 가장 높았고, 그 다음으로는 한림과 화순 및 법환이 비슷한 결과를 나타내어 조사지역 기질의 특성이 그 유사도를 결정하는 요인이 되고 있음을 다시 증명하게 되었다. 다만 온평이 가장 높은 결과치를 나타낸 대포에 비하여 약 50% 수준으로 빈약한 식생을 나타낸 것은 이례적이며 그 이유에 대하여는 여러 가지 환경요인의 검토가 필요한 것으로 사료된다.

성계의 각장·각고·중량·생식소중량의 ANOVA 검정 결과에서는 지역적으로 특별한 유의성이 있는 차이를 찾아볼 수 없었다. 그러나 보라성계인 경우 법환의 조사 결과에서 생식소중량만을 제외하고는 타 지역과의 유의차가 인정되었고, 말뚝성계의 경우에는 한림에서 각각의 분석결과 모두가 타지역과의 유의차가 인정되었다. 이와 같은 조사 결과를 조장의 형성 상황과 직접적으로 상호 연관시킬 수 없음을 조식성이지만, 이에 국한되지 않고 다양한 먹이를 식이물질로 이용하는 데 기인하는 것으로 볼 수 있다(Lawrence, 1975).

Imai and Kodama (1986)는 일본산 보라성계의 식성에 관한 연구에서 녹조류 2종과 갈조류 9종 및 홍조류 14종을 확인하고, 이와 함께 3 속의 돌말류를 확인하였다. 이 연구에서도 녹조류 4종과 갈조류 9종 및 홍조류 15종이 확인되어 비슷한 결과이나, 돌말류의 경우 Imai and Kodama (1986)가 *Licmophora*와 *Climacosphenia* 및 *Rhabdonema* 의 3속을 보고한 반면에, 이 연구에서는 7속이 확인되었고, 그 종류도 모두가 다른 *Trigonium*, *Biddulphia*, *Cerataulus*, *Lampriscus*, *Triceratium*, *Grammatophora* 및 *Odontella* 속임이 밝혀졌다. 이러한 결과는 조사 지역에 서식하는 성계류의 식성 차이라고 하기보다는 돌말류의 지리적인 분포에 따른 차이라고도 할 수 있으나, 다른 이유에 대해서도 재검토가 필요하다고 본다.

일반적으로 초식동물은 세가지 무리로 분류될 수 있다(Carpenter, 1986). 조장에서 낮은 밀도로 넓은 범위에 영향을 주는 어류와 중간 범위에서 중밀도로 영향을 미치는 성계류, 높은 밀도로 좁은

피해를 입히는 중간 섭식자가 있다. 성계는 기본적으로는 초식성 동물임이 확인되지만(San-Martin, 1987; Notoya and Aruga, 1992; Prince and LeBlanc, 1992; Kvitek et al., 1989), 섭식물의 다양성으로 보아 잡식성 동물이라고 보는 것이 마땅하다(Gao et al., 1990; Elner and Cambell, 1987). 조장에 피해를 끼치는 생물에는 조식성어류(Hixon and Brostoff, 1983; Sammarco, 1983; Horn, 1989)도 있지만, 중위도 해역에서 나타나는 조식성 어류라고 하는 것은 다른 동물성 먹이를 먹는 과정에서 조류를 함께 섭취하는 것으로 보인다(Bernstein and Jung, 1979). 우리 나라에는 6강 384속 781종의 연체동물이 있는데(Je, 1989), 이들 중 조류를 직접 먹는 복족강에 속하는 중간섭식자인 동물들이 234속 500종에 이른다. 제주도의 조간대 조장에도 상당수의 조식성 무척추동물들이 거의 육지부와 다름없이 분포한다. 이들 중 밀도가 높은 총알고둥류(李, 1990; 李·玄, 1991, 1992; 李·金, 1993; 이 등, 1995)들이 조장생태계에 미치는 영향에는 관심을 두지 않고 있음은 간과할 일이 아니다(Lubchenco, 1978).

조식성으로 잘 알려진 성계는 조장이 형성된 생태계에서 중요한 동물로 인식되어 왔다. 선행 연구자인 Jones (1858, in Lawrence 1975)가 일찍이 지적했듯이, 성계류는 매우 탐욕스러운 식성을 소유하고 있는 것으로 알려져 있고, 씹은 것이나 싱싱한 것을 가리지 않는 데(Montague et al., 1991), 이 연구에서 조사된 보라성계와 말뚝성계에서도 해조류뿐만 아니라 다양한 섭식물질이 조사되었다. 특히 근래에 Bishop and Watt (1991) 그리고 Caltagirone et al. (1992)은 인공사료를 이용한 연구까지도 수행한 것으로 미루어 이들이 조류만을 먹는 것이 아님을 유추하기에 충분하다. 즉, Lawrence (1975)는 전세계에 분포하는 정형성계류 195종에 대한 식이습성에 대하여 고문헌을 총정리하여 해조류를 제외하고도 약 35항목에 달하는 식이물질이 밝혀졌다. 이 연구 결과에서도 지적된 바와 같이 상당량의 구형의

모래와 니질이 섞이물질로 조사된 것은 주목할만하다. 실제로 해삼과 같은 동물은 사니질을 먹고 그것의 유기질로부터 영양을 구하며 살고 있음에 비추어 볼 때, 저질의 많은 음식을 먹고 높은 영양 흡수율을 가진 생물이라는 Lares and McClintock (1991)의 평가는 당연하다. 한편 성계의 섭이량은 먹이의 종류에 따라 다르고(Fuji, 1962; Vadas, 1968), 환경에 따라 차이가 있지만(Shepherd, 1987), 시간당 1g 이하로 먹는 성계의 섭이량이 조장 생태계에 막대한 식해 효과를 주는지 의문시되며, 다양한 동물성 음식을 섭이하는 결과로 미루어, 성계의 식이습성에 대한 재고가 필요하다고 본다. 따라서 성계는 해조류가 없는 갯녹음 현상이 발생한 해역에서도 살 수 있는 생존력이 강한 생물로 다시 인식되어야 하며, 성계류를 조장의 파괴자라고 생각하는 종래의 관념은 상당한 부분을 배제시켜야 할 것이다.

아마도 광범위한 이들의 식성은 성계 스스로가 운동성이 느리기때문에(강 등, 1995) 포식자로부터 은거(Schiel and Foster, 1986)하기 위한 정착성 생활형태(Vadas, 1990)에서 기인되는 것으로 볼 수 있으며, 경쟁적인 초식성 어류와 격리되려는 습성으로 말미암아 계곡이나 협곡으로 흘러드는 유조와 인근에 있는 저질을 주식으로 하는 은둔자로 되었다는 생각이 옳으리라고 판단된다.

이 연구 결과에서 지적된 동물성 난세포의 포식이 주로 성계에서 일어나는 현상임을 비추어 볼 때, 고유의 생식전략으로 추리할 수도 있다. 크기로 미루어 그 난세포들은 총알고동류의 알로 짐작되며, 이들이 캡슐 형태로 해조에 붙는 점착성 알을 산란하므로 성계가 섭이할 때는 이 덩어리를 통째로 삼키는 것으로 사료된다. 한 캡슐에 있는 알의 수를 약 100 개로 가정한다면(Geese and Pearse, 1977), 25~2,500개의 캡슐먹이를 삼킨 것으로 추산할 수 있다.

결론적으로 성계가 조장형성에 막대한 피해를 입힌 예가 있어 성계의 풍도가 감소하기까지는 조류의 회복이 없을 수도 있지만(Watanabe and Harrold, 1991), 해조류는 초식자에 대한 비상존

도피(noncoexistence escape)와 상존 도피(coexistence escape)라는 두 가지의 저항기작을 가지고 있어 식해에 무방비 상태는 아니다(Littlet and Littler, 1988 in Lobban and Harrison, 1994). 이와 함께 환경의 변화(얼음 침식, Lubchenco, 1980; 파랑, Lubchenco, 1978; 태풍, Carpenter, 1990)나 환경 자극(Renaud et al., 1990)으로 일어나는 조장의 변화나 파괴도 조장형성에 중요한 저해요인이며, 최근 10여년 동안에 제주 해역의 수온이 2°C 정도 상승한 것(수산진흥원 제주분소, per. com.)과 음식물의 풍도(Karlson and Levitan, 1990)가 성계의 성장에 미치는 영향보다는 온도가 주원인임을 고려하고(Hart and Scheibling, 1988), 성계도 포식자(lobster, Andrew and MacDiarmid, 1991; 넙치류, Keat, 1990; 어류, Robertson, 1987; Hagen and Mann, 1994; ottors, Kvittek et al., 1993)로부터 생존해야 하는 상황이 비슷하다고 한다면, 제주 해역에서의 조장 황폐화는 성계가 원인이라기보다 제주해역의 생태학적 변화로 평가함이 마땅할 것이다.

요 약

제주도의 8개지점(함덕, 온평, 위미, 법환, 화순, 대포, 한림, 외도)에서 해조장형성과 조식성의 대표적 동물인 성계류(보라성계, *Anthocidaris crassispina*와 말뚝성계, *Hemicentrotus pulcherrimus*)의 섭이형태에 대하여 연구하였다. 각 조사지점의 해조류 생체량이 조사되었으며, 성계류의 장내용물과 생물학적 측정치에 관련된 해조류 군락의 양적분포와 우점도가 조사되었다. 결론적으로 대포지점의 조사지점이 해조상으로는 가장 우세함에도 불구하고 성계의 생물학적인 특성인 체고, 체장, 체중 그리고 생식소 지수와의 관련이 없었다. 이는 성계류들이 조류의 풍도에만 의존하는 것이 아니고 다른 먹이물질을 섭이함을 뜻한다. 성계의 음식물 선호도를 위해 섭이된 장내용물을 조사한 결과 부착성 조류와 유조(drifted algae)

및 다양한 동물들(해면, 태충류, 갑각류 및 미확인된 캡슐에 싸인 알 등)과 펄이나 모래와 같은 저질들이 먹이물질로 조사되었다. 섭이된 음식물의 상대적인 양으로 볼 때, 해조류의 섭식률은 낮은 것으로 밝혀졌으며, 이로서 성게가 조장형성이나 갯녹음 현상을 일으키는 해조류의 주요 섭식자가 아닐 것으로 추정할 수 있다.

참 고 문 헌

- Adey, W. H. and T. Goertemiller, 1987. Coral reef algal turfs : master producers in nutrient poor seas. *Phycologia*, 26 : 374-86.
- Andrew, N. L. and A. B. MacDiarmid, 1991. Interrelations between sea urchins and spiny lobsters in northeastern New Zealand. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 70(3) : 211-222.
- Berstein, B. B. and N. Jung, 1979. Selective pressures and coevolution in a kelp canopy community in southern California. *Ecol. Monogr.*, 49 : 335-355.
- Bishop, C. D. and S. A. Watt, 1991. The physiology of growth in the stomach and large intestine of the sea urchin *Lytechinus variegatus*. *Am. Zool.*, 31(5) : p. 28A.
- Caltagirone, A., P. Francour and C. Fernandez, 1992. Formulation of an artificial diet for the rearing of the urchin *Paracentrotus lividus* : 1. Comparison of different binding agents. In : Scalera-Liaci, L. and C. Canicatti (eds). *Echinoderm Reserch 1991*. (pp. 115-120). Rotterdam, Netherlands, A. A. Balkema.
- Carpenter, R. C., 1986. Partitioning herbivory and its effects on coral reef algal communities. *Ecol. Monogr.*, 56 : 345-63.
- Carpenter, R. C., 1990. Competition among marine macroalgae : a physiological perspective. *J. Phycol.*, 26 : 6-12.
- Castillra, J. C. and R. H. Bustamente, 1989. Human exclusion from rocky intertidal of Las Cruces, central Chile : Effects on *Durvillaea antarctica* (Phaeophyta, Durvillaeales). *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 59 : 230-14.
- Diapoulis, A. and S. Haritonidis, 1987. A qualitative and quantitative study of the marine algae in the Saronikos Gulf (Greece). *P. S. Z. N. I. Marine Ecology*, 8(2) : 175-189.
- Elnor, R. W. and A. Campbell, 1987. Natural diets of lobster *Homarus americanus* from barren ground and macroalgal habitats off southwestern Nova Scotia, Canada. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 37(2-3) : 131-140.
- Fuji, A., 1962. Studies on biology of the sea urchin. V. Food consumption of *Strongylocentrotus intermedius*. *Jap. J. Ecol.*, 12 : 473-382.
- Gao, X. S., M. Y. Sun, G. Y. Li and S. Y. Li, 1990. Preliminary study on feeding habitats of purple sea urchin *Strongylocentrotus nudus*. *J. Fish. China Shuichan Xuebao*, 14(3) : 22-232.
- Giese, A. C. and J. S. Peares, 1977. Reproduction of marine invertebrates. IV. Molluscs : gastropods and cephalopods. Academic Press, N.Y. pp. 369.
- Hagen, N. T. and K. H. Mann. 1994. Experimental analysis of factors influencing the aggregation behaviour of the green sea urchin *Strongylocentrotus droebachiensis* (Mueller). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 176(1) : 107-126.
- Hart, M. W. and R. E. Scheibling, 1988. Heat waves, baby booms, and the destruction of kelp beds by sea urchins. *Mar. Biol.*, 99(2) : 167-176.
- Hinds, P. A. and L. Ballentine, 1987. Effect of the Caribbean three spot damselfish, *Stebastes planifrons* (Cuvier) on algal lawn composition. *Aquat. Bot.*, 27 : 299-308.
- Hixon, M. A. and W. N. Brostoff, 1983. Damselfish as keystone species in reverse : intermediate disturbance and diversity of reef algae. *Science*, 220 : 515-13.
- Horn, M. H., 1989. Biology of marine herbivorous fishes. *Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev.*, 27 : 167-272.
- Imai, T. and K. Kodama, 1986. Feeding behavior of the sea urchin *Anthocidaris crassispina* (A. Agassiz). *Suisanzoshoku* (Aquaculture), 34(3) : 147-155. (in Japanese)
- Je, J. K., 1989. Korean names of molluscs in Korea. *Korean J. Malacol. Suppl.*, 1(1) : 1-90. (in Korean)

- Karson, R. H. and D. R. Levitan, 1990. Recruitment-limitation in open populations of *Diadema antillarum* : An evaluation. *Oecologia*, 82(1) : 40-44.
- Keat, D. W., 1990. Food of winter flounder *Pseudopleuronectes americanus* in a sea urchin dominated community in eastern Newfoundland. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 60(1-2) : 13-22.
- Kim, Y. H., 1991. Marine algal resources in Cheju Island. *J. Cheju Studies*, 8 : 137-156.
- Kvitek, R. G., Bowlby, C. E. and M. Staedler, 1993. Diet and foraging behavior of sea otters in Southeast Alaska. *Mar. Mamm. Sci.*, 9(2) : 169-181.
- Kvitek, R. G., D. Shull, D. Canestro, E. C. Bowlby and B. L. Troutman, 1989. Sea otters and benthic prey communities in Washington State. *Mar. Mamm. Sci.*, 5(3) : 265-280.
- Klumpp, D. W. and N. V. C. Polunin, 1989. Partitioning among grazers of food resources within damselfish territories on a coral reef. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 125 : 145-69.
- Lares, M. T. and J. B. McClinton, 1991. The effects of food quality and temperature on the nutrition of the carnivorous sea urchin *Eucidaris tribuloides* (Lamarck). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 149(2) : 279-286.
- Lawrence, J. M., 1975. On the relationship between marine plants and sea urchins. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, 13 : 213-86.
- Lee, Y. P. and I. K. Lee, 1976. On the community in the intertidal belt of Jeju Island. 1. Algal community of spring season. *Korean J. Bot.*, 19(4) : 111-118. (in Korean)
- Lobban, C. S. and P. J. Harrison, 1994. *Seaweed Ecology and Physiology*. Cambridge Univ. Press. New York. pp. 366.
- Lubchenco, J., 1978. Plant species diversity in a marine intertidal community : importance of herbivore food preference and algal competitive abilities. *Am. Nat.*, 112 : 23-39.
- Lubchenco, J., 1980. Algal zonation in the New England rocky intertidal community : an experimental analysis. *Ecology*, 61 : 333-44.
- Montague, J. R., J. A. Aguinasa, K. L. Ambrosco, D. L. Vassil, and W. Collazo, 1991. Laboratory measurement of ingestion rate for the sea urchin *Lytechinus variegatus* (Lamarck) (Echinodermata : Echinoidea). *Fla. Sci.*, 54(3-4) : 129-134.
- Moreno, C. A., J. P. Sutherland, and H. F. Hara, 1984. Man as a predator in the intertidal zone of southern Chile. *Oikos*, 41 : 155-60.
- Notoya, M. and Y. Aruga, 1992. Vertical distribution and standing crop of seaweeds, seagrasses, sea urchins and the spiny topshell along the coasts from Tappi to Fujishima, Tsugaru Peninsula, Aomori Prefecture. *Jap. Soc. Sci. Fish.*, 58(2) : 885-889.
- Park, S. H., Y. P. Lee, Y. H. Kim and I. K. Lee, 1994. Qualitative and quantitative analysis of infratidal benthic algal community in Cheju Island I. Species composition and distributional patterns. *Korean J. Phycol.*, 9(2) : 193-203.
- Prince, J. S., and W. G. LeBlanc, 1992. Comparative feeding preference of *Strongylocentrotus droebachiensis* (Echinoidea) for the invasive seaweed *Codium fragile* ssp. *tomentosoides* (Chlorophyceae) and four other seaweeds. *Mar. Biol.*, 113(1) : 159-163.
- Renaud, P. E., and M. E. Hay and T. M. Schmitt, 1990. Interactions of plant stress and herbivory : Intraspecific variation in the susceptibility of a palatable versus an unpalatable seaweed to sea urchin grazing. *Oecologia*, 82(2) : 271-226.
- Robertson, D. R., 1987. Responses of two coral reef toadfishes (Batrachoididae) to the demise of their primary prey, The sea urchin *Didema antillarum*. *Copeia*, 3 : 637-642.
- San-Martin, G. A., 1987. Feeding behaviour of *Paracentrotus lividus* (Lmk.) (Echinodermata : Echinoidea) in Thau Lagoon (Hérault, France). In : Boudouresque, C. F. (eds.). *International Colloquium on Paracentrotus lividus and edible sea urchins*, Carry Le Rouet, France, 21 Feb 1987. (pp. 37-57).
- Sammarco, P. W., 1983. Effects of fish grazing and damselfish territoriality on coral reef

- algae. I. Algal community structure. Mar. Ecol. Prog. Ser., 13 : 1-14.
- Schiel, D. R. and M. S. Foster, 1986. The structure of subtidal algal stands in temperate waters. Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev., 24 : 265-307.
- Shepherd, S. A., 1987. Grazing by the sea-urchin *Paracentrotus lividus* in *Posidonia* beds at Banyuls, France. In : Boudouresque, C. F. (eds.). International Colloquium on *Paracentrotus lividus* and edible sea urchins, Carry Le Rouet, France, 21 Feb 1987. (pp. 83-96).
- Sneath, P. H. A. and R. R. Sokal, 1962. Numerical Taxonomy. Nature, London. 193 : 855-860.
- Sokal, R. R. and C. D. Michener, 1958. A statistical method for evaluating systematic relationships. Univ. Kansas Sci. Bull., 35 : 1409-1438.
- Vadas, R. L., 1968. The ecology of *Agarum* and kelp bed community. Ph.D. Thesis. University of Washington. pp. 280.
- Vadas, R. L., 1990. Comparative foraging behavior of tropical and boreal sea urchins. In : Huges, R. N. (ed.), Behavioural Mechanisms of Food Selection (pp. 479-514). Berlin Spring-Verlag.
- Vásquez, J. A., J. C. Castilla, and B. Santelices, 1984. Distributional patterns and diets of four species of sea urchins in giant kelp forest (*Macrocystis pyrifera*) of Puerto Toro. Navarino Island, Chile. Mar. Ecol. Prog. Ser., 19 : 55-63.
- Watanabe, J. M. and C. Harrold, 1991. Destructive grazing by sea urchins *Strongylocentrotus* spp. in a central California kelp forest : potential roles of recruitment, depth, and predation. Mar. Ecol. Prog. Ser., 71(2) : 125-141.
- 강경호·방극순·백국기, 1995. 보라성게, *Anthocidaris crassispina* 標識個體의 室内 飼育 및 放流效果. 수진연구보고, 49 : 141-148
- 權伍吉·朴甲萬·李俊相, 1993. 원색 한국패류도감. 아카데미서적, 서울. pp. 445.
- 柳鍾生. 1976. 原色 韓國貝類圖鑑. 일지사, 서울. pp. 196.
- 李定宰, 1990. 濟州道 北海沿岸域의 生物生態學的 基礎研究-底棲貝類와 群集構造. 한국패류학회지, 6(1) : 33-44.
- 李定宰·金鍾哲, 1993. 濟州道 西部沿岸域의 生物生態學的 基礎研究-飛揚島 潮間帶에 分布하는 大型 底棲無脊椎動物과 季節的 群集變動. 한국패류학회지, 9(2) : 68-84.
- 李定宰 玄宰旻, 1991. 濟州道 南部沿岸域의 生物生態學的 基礎研究-2. 西歸浦 周 邊海域의 貝類 分布와 群集構造. 한국패류학회지, 7(1) : 58-65.
- 李定宰 玄宰旻, 1992. 濟州道 東部沿岸域의 生物生態學的 基礎研究-潮間帶 巖盤 域에 分布하는 底棲無脊椎動物과 季節的 群集變動. 한국패류학회지, 8(1) : 1-20.
- 이정재·현재민·김종철, 1995. 제주도 주변 용승역의 생물생태학적 기초연구-차귀 도 조간대에 분포하는 대형저서무척추동물의 군집구조. 한국패류학회지, 11(1) : 1-20.
- 藤田大介, 1989. 北海道大成町の磯焼け地帯の海藻の分布. 南紀生物, 31(2) : 109-114.