

제주도 연안 마을어장의 저서무척추동물 군집구조

고준철, 구준호, 이승종, 장대수, 조성환¹

국립수산과학원 아열대수산연구센터, ¹연안생태기술연구소

Community Structure of Macrobenthic Invertebrates of Fishing grounds in the coastal waters of Jeju Island

Jun-Cheol Ko, Jun-Ho Koo, Seung-Jong Lee, Dae-Su Chang and Sung-Hwan Jo¹

Subtropical Fisheries Research Center, NFRDI, Jeju-do, 690-192, Korea

¹Coastal Ecology and Technique Institute, Jeju-do, 695-918, Korea

ABSTRACT

This study was performed to know and compare the community structures of macrobenthic invertebrates of eight fishing grounds in the coastal waters of Jeju Island from September to October 2008.

A total of 166 species was identified. Mollusks comprised 77 species (46.4%); Arthropods 24 (14.5%), Cnidarians 18 (10.8%); Poriferans 16 (9.6%); and the others including Echinoderms 33 (17.7%). Density and biomass were estimated to be 6,905 ind./m² and 113,100.7 gwwt/m², respectively. Gastropods was the most dominant taxon in terms of abundance (3,311 ind./m²) and number of species as well, and Gastropods was predominant in biomass (55,789.2 gwwt/m²). The dominant species were *Omphalius pfeifferi*, *Astrarium haematragum*, *Turbo cornutus*, *Ergalatax contraacta*, *Lithophaga cura*, *Anthocardaris crassispina*, *Herdmania monus* in 5-15 m. Based on the cluster analysis, the study area could be divided into two station groups. The biodiversity, evenness and richness index appeared as follows: H' = 1.59-2.95, E' = 0.38-0.87, R = 3.3-10.4. The dominance index were highest in Daepo and lowest in Woljeong.

Key words : Invertebrates, community structure, fishing ground, coastal water, Jeju Island

서론

해양생태계를 구성하는 중요한 축의 하나인 대형무척추동물 군집은 복잡한 시공간적 패턴을 보이며, 생물학적 다양성 측면에서 매우 높은 가치를 가지고 있다 (van der Maarel, 1990). 대형무척추동물은 비교적 이동성이 적다는 이유로 인하여 플랑크톤이나 어류군집과 비교하여 해역의 환경을 모니터링 하는데 유용하게 이용되어 왔다. 특히, 이들 군집의 다양도와 개체수는 생태계의 건강도를 측정하는 요소로 알려져 있다 (Pearson and Rosenberg, 1978; Thouzeau *et al.*, 1991). 해양생태계에서 대형무척추동물은 출현 종수 및 생물량이 높고, 먹이사슬에서 일차 소비자인 동시에 2차 생산자로

서 역할을 수행하며, 유영생물의 먹이와 상위단계로의 에너지 전달원으로서 중요한 부분을 차지한다 (Cohen *et al.*, 1982). 또한 우리나라 남해안에서 우점종의 분포양상과 환경요인과의 관계에서 일부 우점종에 대한 환경 지표종의 가능성을 제시하는 등 대형무척추동물은 해양생태계에서 생태학적으로 중요한 위치에 있음을 알 수 있으며 (Paik and Yun, 2000), 대형무척추동물의 생물다양성과 생물량을 파악하는 것은 해양생태계 전반을 이해하기 위하여 필수적인 요소이기도 하다. 이러한 추세에 의해 제주도 연안해역의 조건대 및 조하대를 대상으로 대형무척추동물의 군집구조를 밝히는 많은 연구들이 진행되어져 왔다 (e.g., Lee and Jwa 1988).

그러나, 최근 지구 온난화에 의한 수온상승은 국내외적으로 해양환경에 많은 변화를 가져오고 있으며, 기후변화에 의한 수온상승은 필연적으로 해양생태계의 변화를 동반하게 되는데 과거 제주도 연안에 밀생하였던 모자반류를 비롯한 해조류의 감소와 이로 인한 공간을 유절 및 무절산호조류나 기타 생물이 차지함으로써 제주연안에 서식하던 다양한 해양생물의 산란지나 서식지가 급격하게 감소하고 있으며 (Chung *et al.*, 1998;

Received September 16, 2011 ; Accepted September 26, 2011

Corresponding author: Jun-Cheol Ko

Tel: +82 (64) 750-4375 e-mail: : kjc3410@nfrdi.go.kr

1225-3480/24400

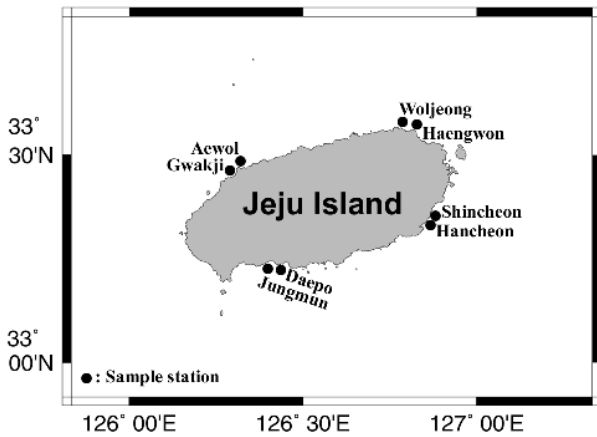


Fig. 1. A map showing the sampling stations in the coastal waters of Jeju Island during August-September, 2008.

Ichiki *et al.*, 2000), 제주연안 마을어장의 유용수산물인 우뚝가사리, 감태, 미역 등의 해조류를 비롯한 소라, 전복 등이 수온상승에 따른 열대 기원 해양생물 (예. 분홍명게, 거품돌산호, 빛단풍돌산호, 곤봉말미잘 등) 의 서식공간 확장에 따라 토착성 해양생물의 서식처가 점차 줄어들어 예로부터 마을어장을 이용했으며 어민소득에 기여해 왔던 유용수산물의 생산량

은 지속적으로 감소하고 있는 실정이다. 현재, 기후변화에 따른 아열대성 해역으로 변화가 가속화되고 있는 시점에서 연안 천해역의 생물상 분포실태를 파악하고, 마을어장에 서식하는 해양동물 출현종의 분포특성과 시·공간적 개체밀도 변화 및 아열대 생물종 분포실태에 대한 연구는 미진한 수준이라 할 수 있다.

따라서, 본 연구의 목적은 는 제주도 연안역에서 방위별로 대표되는 8개 마을어장을 대상으로 연안에 서식하는 대형무척추동물군집의 구조적 특성을 파악하는데 있다.

재료 및 방법

제주연안 마을어장에 서식하는 대형무척추동물의 군집특성을 파악하기 위해 4개 해역별 (동·서·남·북 각 2개소) 로 8개 마을어장(동부-신천과 하천, 서부-곽지와 아엘, 남부-대포와 중문, 북부-월정과 행원)을 대상으로 2008년 9월과 10월에 수중 잠수조사를 실시하여 해역별, 지역별 및 수심별로 분포하는 대형무척추동물의 정량 및 정성 분석을 실시하였다 (Fig. 1, Table 1).

대형무척추동물의 채집을 위한 현장조사는 각 조사지점에서 5m, 10m, 15m 층에 50 cm × 50 cm 크기의 수중 방형구

Table. 1. Water depth and positioning of sampling stations and depth in the coastal waters of Jeju Island

Sampling stations	Depth (m)	Longitude	Latitude
Shincheon	5	126° 52' 04"	33° 21' 02"
	10	126° 52' 08"	33° 21' 02"
	15	126° 52' 12"	33° 21' 01"
Hacheon	5	126° 51' 03"	33° 19' 28"
	10	126° 51' 06"	33° 19' 29"
	15	126° 51' 09"	33° 19' 30"
Gwakji	5	126° 17' 27"	33° 26' 41"
	10	126° 17' 26"	33° 26' 46"
	15	126° 17' 22"	33° 26' 51"
Aewol	5	126° 18' 32"	33° 27' 59"
	10	126° 18' 28"	33° 28' 05"
	15	126° 18' 23"	33° 28' 13"
Daepo	5	126° 25' 29"	33° 14' 02"
	10	126° 25' 30"	33° 13' 59"
	15	126° 25' 32"	33° 13' 55"
Jungmun	5	126° 25' 17"	33° 14' 11"
	10	126° 25' 18"	33° 14' 09"
	15	126° 25' 19"	33° 14' 05"
Woljeong	5	126° 46' 56"	33° 33' 47"
	10	126° 47' 04"	33° 33' 57"
	15	126° 47' 10"	33° 34' 12"
Haengwon	5	126° 48' 35"	33° 33' 33"
	10	126° 48' 38"	33° 33' 39"
	15	126° 48' 39"	33° 33' 41"

를 이용하여 정점 당 3회 반복채집 하였고, 방형구내 분포하는 모든 대형저서동물을 끝칼과 핀셋으로 기질에서 탈락시킨 후, 10% 중성 해수 포르말린 수용액으로 고정하여 실험실로 운반하였다. 운반된 시료는 최소 24시간의 고정 (fixation) 과정을 거친 후, 세척과정을 거쳐 확대경과 해부현미경을 이용하여 각 정점별 및 수심대별로 구분하여 각 동물군별로 동정분류, 개체수 및 생체량(0.1g) 을 측정하였다.

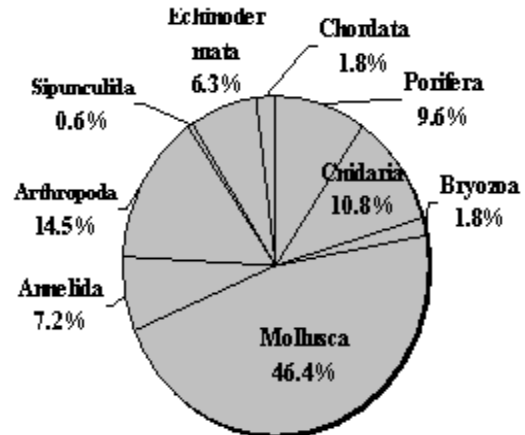
표본의 동정은 각 분류군 별로 연체동물에 있어서 Okutani (1986), Okutani and Habe (1990), Yum (1988, 1995), Choe (1992), Habe (1977), Nishimura (1992, 1995)을 참고하였다. 절지동물 중에서 십각류는 Kim (1973, 1977, 1985), Dai and Yang (1991) 및 Holthuis (1993) 의 연구를 참고하였고, 각 종에 대한 국명과 분류체계에 있어 과 수준까지는 한국동물분류학회 (1997) 를 근거로 분류하였다.

채집된 시료는 단위 면적당 개체수와 생체량으로 환산하였으며, 종별 개체수 자료를 토대로 McNaughton (1967) 의 군집우점도 (Dominance index) 를 이용하여 각 조사 정점별로 출현하는 전체 총 개체수를 기록하여 우점도를 산출하였으며 조사지점에 따른 종다양성 분석은 Shannon and Weaver (1949) 의 종 다양도 지수 (Species diversity index H') 로 분석하였고, Pielou (1969) 의 균등도 (E') 와 Margalef (1958) 의 종 풍부도 (R) 를 사용하였다. 군집분석은 정점별 종별 개체수 자료를 사용하여 UPGMA (unweighted pair-group average method) 에 의해 수지도 (dendrogram) 를 작성하였다 (Sneath and Sokal, 1973).

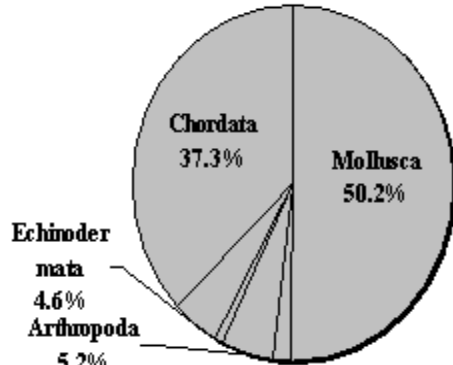
결 과

1. 출현종

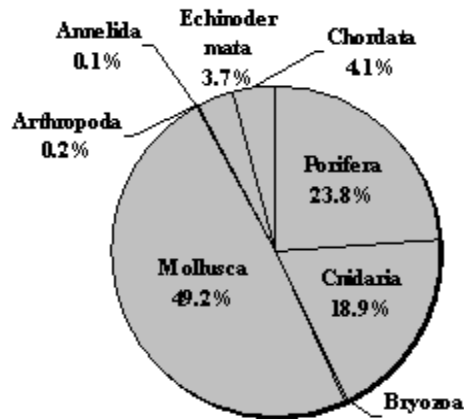
제주연안 8개 마을어장에서 조사된 대형무척추동물은 총 9문 15강 37목 89과 166종이 출현하였다 (Fig. 2). 연체동물 (Mollusca)이 3강 13목 30과 77종으로 전체 출현 분류군 중 46.4%로 종 다양성에 있어서 가장 높은 비율을 차지하였으며, 이중 복족류가 42종 (25.3%), 이매패류가 29종 (17.5%), 다판류 6종 (3.6%)로 복족류의 점유율이 가장 높게 나타났다. 절지동물 (Arthropoda)은 1강 3목 13과 24종으로 전체의 14.5%를 차지하였고, 십각류가 22종 (13.3%)로 높게 나타났으며, 다음으로 자포동물이 (Cnidaria) 2강 4목 13과 18종으로 전체의 10.8%를 차지하였고, 히드라충류 5종 (3.0%), 산호충류 13종 (7.8%) 로 산호충류의 점유율이 높게 나타났다. 해면동물 (Porifera)은 1강 5목 11과 16종으로 9.6%로 나타났다, 환형동물 (Annelida)은 1강 3목 5과 12종으로 7.2%였으며, 극피동물 (Echinodermata)이 4강 6목 11과 12종으로 전체의 6.3%를 차지하였다. 척삭동물 (Chordata)이 1강 1목 2과 3종으로 1.8%, 태형동물 (Bryozoa)은 1강 1목 3과 5종



Number of Species



Number of individual



Biomass

Fig. 2. Species composition, number of individual and biomass of macrobenthic invertebrates in the coastal waters of Jeju Island.

으로 1.8%로 나타났고, 점유율이 가장 낮은 동물로는 성구동물 (Sipunculida)이 1강 1목 1과 1종으로 0.6%의 순으로 나타났다.

2. 개체밀도

조사기간 동안 채집된 대형무척추동물의 개체수는 총 6,591 개체/m²로 연체동물이 50.2% (3,311 개체/m²) 로 개체밀도가 가장 높았으며, 다음으로 척삭동물 37.3% (2,456 개체/m²), 절지동물 5.2% (342 개체/m²), 극피동물 4.6% (306 개체/m²), 환형동물 1.7% (115 개체/m²), 성구동물 0.9% (61 개체/m²) 의 순으로 나타났다. 개체밀도 점유율이 가장 높은 연체동물의 경우 복족류가 전체의 42.4% (2,792개체/m²) 로 가장 높게 나타났으며, 다음으로는 척삭동물의 해초류가 37.3% (2,456개체/m²) 를 차지하였는데, 이 중 단위면적당 개체밀도에 있어 우점을 나타낸 종은 분홍멍게 (Herdmania monus) 로서 조사기간 동안 단일종으로서 개체밀도가 높은 것으로 나타났다.

3. 생체량

대형무척추동물의 생체량은 총 113,100.7 gwwt/m²로 연체동물이 49.1% (55,567.9 gwwt/m²) 로 가장 높게 나타났다. 다음으로 해면동물 23.8% (26,887.5 gwwt/m²), 자포동물 19.0% (21,455.7 gwwt/m²), 척삭동물 4.1% (4,611.6 gwwt/m²), 극피동물 3.7% (4,155.2 gwwt/m²), 태형동물 및 절지동물이 각각 0.2%, 환형동물 및 성구동물이 0.1%로 가장 낮게 나타났다. 특히, 단위면적당 생체량이 가장 높은 연체동물의 경우 이매패류 28.4% (32,104.5 gwwt/m²), 복족류 20.7% (23,440.8 gwwt/m²) 로써 마을어장의 우점종은 중국굴 (*Hyothisa hyotis*) 과 소라 (*Turbo cornutus*) 로 나타났다.

4. 동물분류군의 지역 및 해역별 출현양상

각각 출현한 분류군의 종수를 지역별로 살펴보면 (Table 2, Fig. 3), 행원에서 79종으로 가장 높게 나타났고, 신천과 애월에서 각각 75종과 72종이 출현하였다. 반면, 출현종수가 가장 적게 나타난 지역은 광지였고, 출현종은 17종 이었다. 각 지역별로 채집된 분류군에 있어 연체동물의 출현 종수가 가장 높게 나타난 지역은 신천과 애월로 각각 36종이 나타난 반면, 종수의 출현이 가장 적었던 광지에서는 8종이 출현하여 종 다양성에 있어서 가장 낮았다. 연체동물을 제외한 기타 동물의 출현의 경우 절지동물은 신천에서 16종으로 가장 높았고, 애월과 행원에서 각각 11종이 나타났다. 자포동물은 대포에서 10종으로 조사지역 중에서 가장 높은 종 다양성을 나타냈고, 광지에서 1종으로 가장 낮았다. 해역별 출현양상의 경우 종수 범위는 71-101종으로 북부해역에서 101종으로 가장 높고, 동부해역 94종, 서부 및 남부해역에서 각각 75종, 71종으로 남부해역에

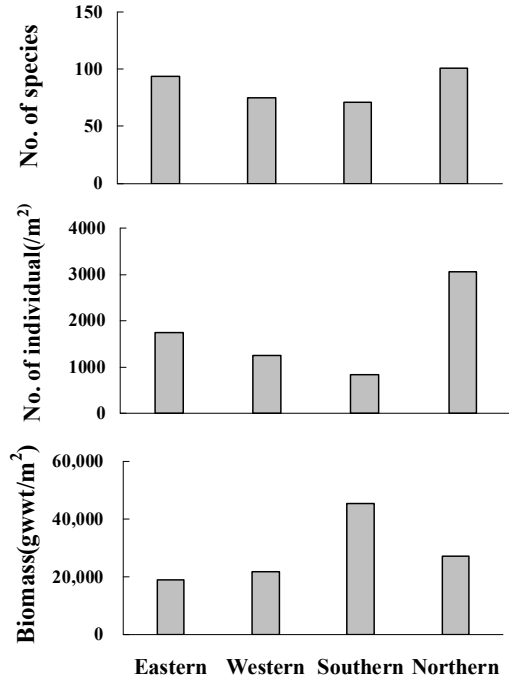


Fig. 3. Regional variations of species composition, number of individual and biomass of macrobenthic invertebrates at sampling saturation of the coastal waters of Jeju Island.

비해 북부해역의 종 다양성이 높은 것으로 나타났다.

각 지역별 개체밀도의 경우 행원에서 1,700 개체/m² 로 가장 높은 개체밀도를 나타냈다. 신천, 애월 및 월정에서 1,910-1,343 개체/m² 비교적 유사한 수준이었으며 한천과 광지에서 각각 341 개체/m², 120 개체/m² 로 가장 낮게 나타났다. 분류군별로는 신천에서 연체동물과 절지동물이 각각 940 개체/m², 119 개체/m² 로 타 지역보다 높은 개체밀도를 보였고, 행원에서는 척삭동물이 1,167 개체/m² 로 신천에 이어 개체밀도가 높은 지역으로 나타났다. 해역별로는 북부해역에서 3,061 개체/m² 로 다른 해역에 비해 약 50% 이상으로 높은 밀도를 나타냈고, 동부와 남부해역은 1,754 개체/m², 1,261 개체/m² 로 비교적 유사하였으나 남부해역은 841 개체/m² 로 가장 낮았다.

생체량의 경우 대포에서 41,954.2 gwwt/m² 로 다른 지역에 비해 월등히 높게 나타났고, 이중 생체량 비율이 가장 높게 나타난 분류군은 연체동물로 33,518.9 gwwt/m² 였다. 해면동물은 행원에서 7,641.7 gwwt/m², 자포동물은 애월에서 7,066.8 gwwt/m², 절지동물 및 극피동물은 신천에서 각각 42.8 gwwt/m² 와 1,185.5 gwwt/m² 였으며 척삭동물은 행

Table 2. Number of species, number of individual and biomass of macrobenthic invertebrates in the coastal waters of Jeju Island

	Sampling stations								Total(%)
	Sincheon	Hacheon	Gwakji	Aewol	Daepo	Jungmun	Woljeong	Haengwon	
No. of Species	75	53	17	72	49	45	64	79	166 (100)
Porifera	6	8	1	7	3	3	8	8	16 (9.6)
Cnidaria	4	3	1	4	10	7	7	5	18 (10.8)
Bryozoa	3	2	-	-	1	-	1	1	3 (1.8)
Mollusca	36	25	8	36	22	18	27	35	77 (46.4)
Annelida	3	4	1	3	2	-	5	9	12 (7.2)
Arthropoda	16	5	2	11	7	8	9	11	24 (14.5)
Sipunculida	1	1	-	1	1	1	-	1	1 (0.6)
Echinodermata	4	5	3	8	3	7	6	7	12 (7.2)
Chordata	2	-	1	2	-	1	1	2	3 (1.8)
Density(ind./m ²)	1,343	341	120	1,091	539	230	1,225	1,700	6,591 (100)
Mollusca	940	288	67	766	394	169	262	424	3,311 (50.2)
Annelida	5	8	8	13	35	-	12	33	115 (1.7)
Arthropoda	119	24	9	54	25	22	39	50	342 (5.2)
Sipunculida	5	1	-	4	41	3	-	7	61 (0.9)
Echinodermata	65	20	29	77	44	35	17	19	306 (4.6)
Chordata	209	-	7	177	-	1	895	1,167	2,456 (37.3)
Biomass(gwt/m ²)	12,450.2	6,350.1	4,705.2	16,969.8	41,954.2	3,410.5	10,513.2	16,748.1	113,100.7 (100)
Porifera	4,368.3	2,534.7	3,089.2	2,627.6	894.2	409.7	5,322.1	7,641.7	26,887.5 (23.8)
Cnidaria	402.3	151.7	241.5	7,066.8	6,519.0	1,049.7	1,942.3	4,082.6	21,455.7 (18.9)
Bryozoa	5.2	119.7	-	-	85.6	-	9.7	1.1	221.3 (0.2)
Mollusca	6,017.2	3,163.3	937.2	6,238.6	33,518.9	1,472.2	1,670.9	2,549.6	55,789.2 (49.2)
Annelida	1.0	5.8	2.0	2.6	6.2	-	0.6	1.8	20.0 (0.1)
Arthropoda	42.8	31.5	9.3	22.4	22.8	22.8	7.3	15.7	174.0 (0.2)
Sipunculida	0.6	0.1	-	0.4	5.2	0.6	-	0.6	7.5 (0.1)
Echinodermata	1,185.5	343.3	415.2	714.9	902.3	284.6	161.1	148.3	4,155.2 (3.7)
Chordata	427.3	-	10.8	296.5	-	170.9	1,399.2	2,306.7	4,611.6 (4.1)

원에서 2,306.7 gwwt/m² 로 높게 나타났다. 해역별로는 남부해역이 45,364.5 gwwt/m² 로 가장 높게 나타났고, 북부해역이 27,261.0 gwwt/m², 서부해역 21,675.0 gwwt/m² 및 동부해역 18,800.2 gwwt/m² 로 북부와 서부해역에 비해 동부해역에서 낮은 생체량을 보였다.

분류군의 해역별 출현양상을 살펴보면 (Fig. 4), 출현 종수

는 연체동물이 기타동물에 비해 높은 비율을 차지하고 있었으며, 점유율은 43.7-52.7%로 비교적 유사하지만 서부해역에서 높고, 남부해역이 낮게 나타났다. 절지동물은 동부해역에서 18.1% 로 높았으며, 남부해역 15.5%, 서부해역 14.9% 및 북부해역에서 14.0%의 순이었다. 극피동물과 기타동물은 남부해역에서 출현비율이 높게 나타난 반면, 동부와 서부해역이 낮

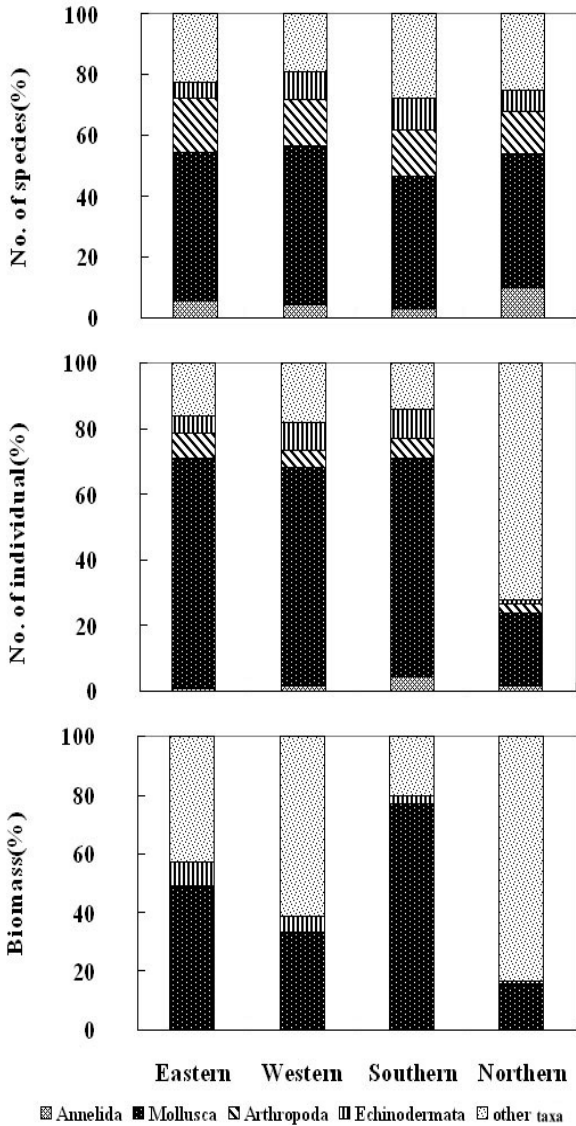


Fig. 4. Regional variations of species composition, number of individual and biomass at each class of macrobenthic invertebrates in the coastal waters of Jeju Island.

게 나타났다. 단위면적당 개체수 비율의 경우도 연체동물의 점유율이 월등히 높게 나타났으며, 동부와 남부 및 서부해역에서 66.7-70.1%로 높은 반면, 북부해역에서 22.4%로 가장 낮았다. 극피동물과 절지동물은 동부와 서부 및 남부해역에서 비교적 유사한 개체비율을 보였지만, 북부해역에서는 기타동물이 다른 동물에 비해 72.0%로 상당히 높은 점유율을 보였다. 생체량 비율의 경우도 연체동물과 기타동물의 점유율이 높게 나타났으며, 동부와 남부해역에서는 연체동물이 높고, 서부와 북부해역에서는 기타동물이 높게 나타나는 해역별 특성을 보이고 있었다.

5. 동물분류군의 수심별 출현양상

지역별로 출현한 분류군별 수심에 따른 출현양상을 살펴보면 (Fig. 5), 수심 5 m (이하 5 m) 에서 121종, 수심 10 m (이하 10 m) 98종, 수심 15 m (이하 15 m) 103종으로 5 m 수심에서 출현종의 다양성이 높게 나타났다. 5m 수심에서 종 다양성이 높은 분류군은 복족류로서 34종이 출현하였고, 다음으로 이매패류가 15종, 십각류 18종으로 나타났다. 10 m 와 15 m 에서도 복족류가 각각 24종, 21종으로 나타나 5 m 수심과 같은 양상으로 복족류의 종수가 높게 나타났으나, 서식 수심이 깊을수록 출현종수는 점차 줄어드는 경향을 나타냈다. 복족류와 이매패류 및 십각류는 5 m 수심에서 가장 많이 분포하였고, 보통해면류는 10 m층, 산호충류 및 다모류는 15 m 층에서 높게 나타났다.

개체밀도의 경우 전 조사 수심대에서 복족류가 다른 동물에 비해 월등히 높은 것으로 나타났다. 특히, 5 m 에서는 1,391 개체/m² 로 전 수심층에서 개체밀도가 가장 높았고, 10 m 873 개체/m², 15 m 563 개체/m² 로 수심이 깊을수록 개체 밀도가 점차 낮아지는 것으로 나타났다. 다음으로는 척삭동물인 해초류가 높은 개체밀도를 보였으며, 수심별로는 5 m 에서 가장 높고, 15 m 에서 낮은 밀도를 나타냈다. 기타 동물들 중에서 십각류, 불가사리류 및 성게류의 경우도 5 m 수심대에 개체밀도가 높게 나타났다.

생체량의 경우 종수 및 개체수의 양상과는 달리 연체동물인 이매패류가 가장 높게 나타났고, 다음으로 보통해면류, 복족류 및 산호충류의 순으로 나타났다. 5 m 에서는 이매패류가 15,614.8gwwt/m² 로 가장 높았고, 복족류 9,848.4 gwwt/m², 산호충류 및 성게류가 각각 2,432.7 gwwt/m², 2,264.7 gwwt/m² 순으로 나타났다. 10 m 에서는 보통해면류가 11,050.8 gwwt/m² 로 높게 나타났으며, 다음으로는 이매패류와 복족류 및 산호충류의 순으로 비교적 유사한 값을 보였다. 15 m 의 경우도 보통해면류가 13,930.5 gwwt/m² 로 전 수심층에서 가장 높게 나타났고, 산호충류, 이매패류 및 복족류의 순으로 대부분 해면동물과 자포동물 및 연체동물이 차지하는 비중이 높은 것으로 나타났다.

6. 군집 우점도

개체밀도에 따른 상위 5.0%이상의 점유율을 차지하는 군집 우점종에 대한 분포유형을 각 지역별로 분석한 결과 (Table. 3) 신천에서 조사된 군집 제1우점종은 바퀴고둥 (*Astrarium haematragum*), 제2우점종 분홍명게 (*Herdmania monus*), 제3우점종 소라 (*Turbo cornutus*), 제4우점종 탐뿔고둥 (*Ergalatax contraacta*), 제5우점종 애기돌맞조개 (*Lithophaga cura*) 의 순으로 군집우점도 (CDI) 지수는 5.0-39.4 범위로 바퀴고둥이 최상위 우점종으로 나타났다. 하천에서 조사된 군

Table. 3. Dominant species and community dominance index (CDI) of sampling stations.

Sampling stations	Dominant species and index (CDI)									
	No. 1 dominant species	CDI	No. 2 dominant species	CDI	No. 3 dominant species	CDI	No. 4 dominant species	CDI	No. 5 dominant species	CDI
Shincheon	<i>Astraliium haematragum</i>	39.4	<i>Herdmania monus</i>	15.1	<i>Turbo cornutus</i>	5.9	<i>Ergalatax contraacta</i>	5.5	<i>Lithophaga cura</i>	5.0
Hacheon	<i>Astraliium haematragum</i>	34.0	<i>Turbo cornutus</i>	11.8	<i>Ergalatax contraacta</i>	8.6	<i>Lithophaga cura</i>	6.4		
Gwakji	<i>Anthocidaris crassispina</i>	19.4	<i>Columbellopsis bella</i>	16.1	<i>Astraliium haematragum</i>	12.9	<i>Turbo cornutus</i>	6.5	<i>Thais bronni</i>	6.5
Aewol	<i>Astraliium haematragum</i>	50.4	<i>Herdmania monus</i>	15.4	<i>Turbo cornutus</i>	5.7				
Daepo	<i>Astraliium haematragum</i>	20.6	<i>Lithophaga cura</i>	14.3	<i>Turbo cornutus</i>	9.0	<i>Phascolosoma scolops</i>	6.9	<i>Ergalatax contraacta</i>	5.6
Jungmun	<i>Astraliium haematragum</i>	35.6	<i>Ergalatax contraacta</i>	10.8	<i>Anthocidaris crassispina</i>	7.0	<i>Euplica scripta</i>	5.9	<i>Turbo cornutus</i>	5.4
Woljeong	<i>Herdmania monus</i>	69.8	<i>Omphalius pfeifferi</i>	6.5	<i>Astraliium haematragum</i>	5.0				
Haengwon	<i>Herdmania monus</i>	65.5	<i>Astraliium haematragum</i>	7.8						

집 제1우점종은 바퀴고둥, 제2우점종 소라, 제3우점종 탐뿔고둥, 제4우점종 애기돌맏조개의 순으로 군집우점도 (CDI) 지수는 6.4-34.0 범위로 신천과 같은 양상으로 바퀴고둥이 최상위 우점종으로 나타났다. 광지에서 조사된 군집 제1우점종은 보라성게 (*Anthocidaris crassispina*), 제2우점종 고운띠무늬 (*Columbellopsis bella*), 제3우점종 바퀴고둥, 제4우점종 소라, 제5우점종 두드럭고둥 (*Thais bronni*) 의 순으로 군집우점도 (CDI) 지수는 6.5-19.4 범위로 보라성게가 최상위 우점종으로 나타났지만, 조사정점 중 우점종의 군집지수가 가장 낮은 지역으로 나타났다. 애월에서 조사된 군집 제1우점종은 바퀴고둥, 제2우점종 분홍명게, 제3우점종 소라의 순으로 군집우점도 (CDI) 지수는 5.7-50.4 범위로 최상위 우점종은 바퀴고둥으로 나타났다. 대포에서 조사된 군집 제1우점종은 바퀴고둥, 제2우점종 애기돌맏조개, 제3우점종 소라, 제4우점종 상어결질벌레 (*Phascolosoma scolops*), 제5우점종 탐뿔고둥의 순으로 군집우점도 (CDI) 지수는 5.6-20.6 범위로 최상위 우점종은 바퀴고둥으로 나타났다. 중문에서 조사된 군집 제1우점종은 바퀴고둥, 제2우점종 탐뿔고둥, 제3우점종 보라성게, 제4우점종 무늬무늬 (*Euplica scripta*), 제5우점종 소라의 순으로 군집우점도 (CDI) 지수는 5.4-35.6 범위로 최상위 우점

종은 바퀴고둥으로 나타났다. 월정에서 조사된 군집 제1우점종은 분홍명게, 제2우점종 팽이고둥 (*Omphalius pfeifferi*), 제3우점종 바퀴고둥의 순으로 군집우점도 (CDI) 지수는 5.6-69.8 범위로 최상위 우점종은 분홍명게로 나타났으며 조사 지역 중 분홍명게 단일종의 우점지수가 가장 높게 나타났다. 행원에서 조사된 군집 제1우점종은 분홍명게, 제2우점종 바퀴고둥의 순으로 군집우점도 (CDI) 지수는 7.8-65.5 범위로 최상위 우점종은 월정과 마찬가지로 분홍명게 였지만, 조사 지역 중 군집우점종수가 가장 낮은 것으로 나타났다.

7. 수심별 우점종

개체밀도에 따른 상위 5% 이상에 대한 각 수심층별 우점종을 살펴보면 (Fig. 6), 5 m 수심에서는 분홍명게가 전체의 36.3%로 가장 우점하였고, 다음으로 바퀴고둥 21.1%였고, 소라가 5.3%, 보라성게가 5.0%로 나타났다. 10m 수심의 경우도 최상위 우점종은 분홍명게로 33.9%의 점유율을 차지하였고, 다음으로 바퀴고둥이 29.0%, 소라가 5.2% 를 차지하였다. 15m 수심에서는 분홍명게가 35.8% 로 최상위 우점종이었고, 바퀴고둥이 23.7%, 소라가 5.2%, 탐뿔고둥 5.0% 로 나타났다.

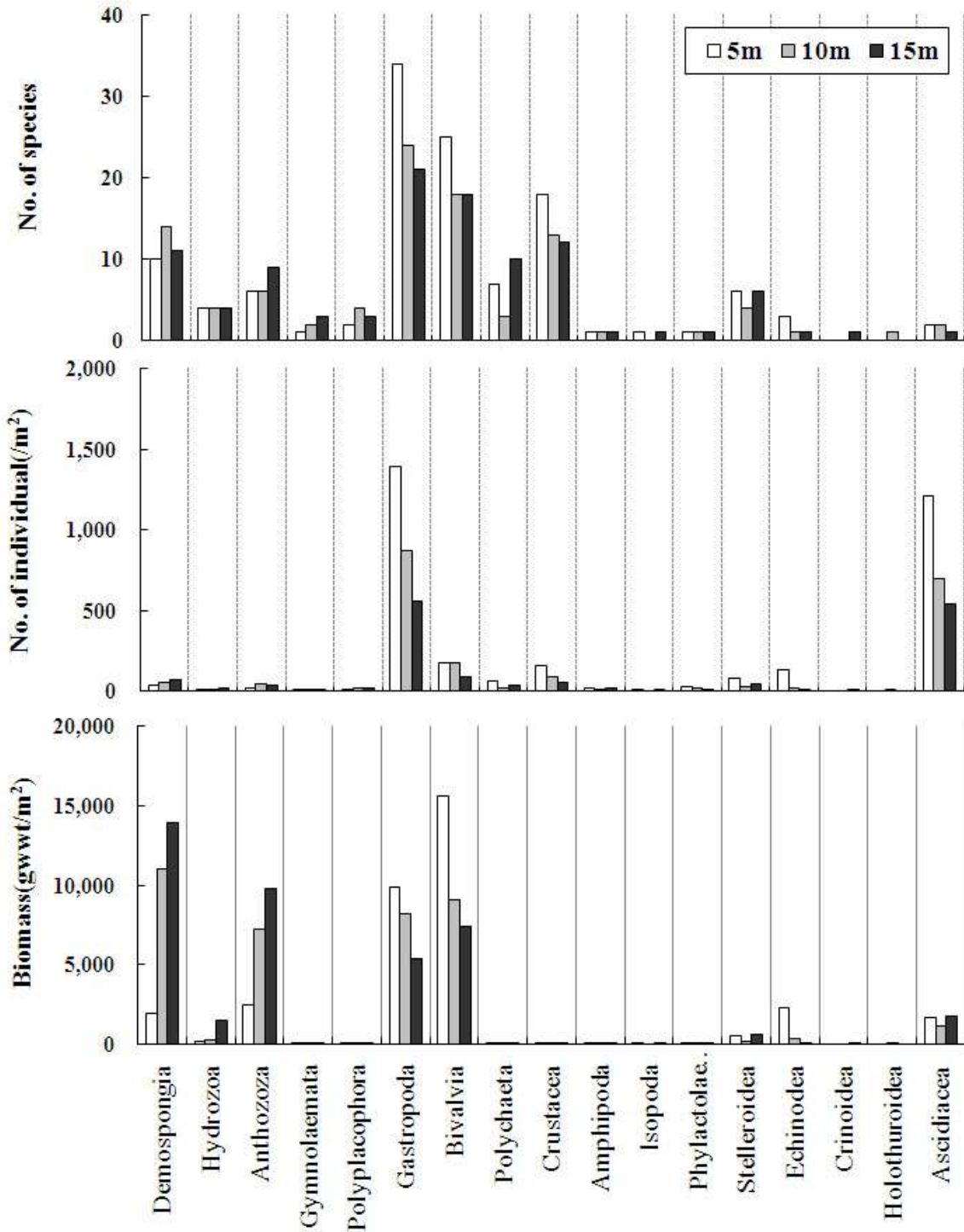


Fig. 5. Species composition, numbers and biomass of macrobenthic invertebrates at three water depths in the coastal waters of Jeju Island.

8. 군집 다양성 지수

각 지역별 종 다양도 지수 (H') 는 1.59-2.95범위로 남부해역의 대포에서 2.95으로 가장 높은 값을 나타냈다. 다음으로 남부해역인 중문과 동부해역의 신천에서 각각 2.72, 2.80으로 유사한 상위 수준을 나타냈지만, 북부해역인 월정과 행원에서 1.59 및 1.82로 지역별 종 다양도 지수가 가장 낮은 것으로 나타났다.

균등도 (E') 의 경우 조사지역 전반에 걸쳐 0.38-0.87 범위로 서부해역인 광지에서 가장 높았고, 하천, 대포 및 중문에서 0.70-0.75 로 비교적 유사한 값을 보였으나, 북부해역인 월정과 행원에서 0.38, 0.41 로 가장 낮게 나타났다.

풍부도 (R) 의 경우 북부해역인 행원에서 10.4 로 가장 높았고, 애월과 신천에서 각각 10.1, 10.2 로 유사한 상위 수준을 보였으며, 풍부도가 가장 낮은 지역은 서부해역인 광지 (3.3) 로 나타났다 (Table. 4).

9. 군집분석

제주연안 마을어장에서 지역별로 출현한 저서무척추동물의 종별 개체수 자료를 이용하여 집괴분석을 실시한 결과 각 정점들은 2개 그룹으로 구분되었다 (Fig. 7). 집괴분석에 의하면 북부에 위치한 행원과 월정을 비롯한 서부와 동부의 애월과 신천이 하나의 그룹으로 구분되었고, 남부해역인 대포와 중문을 비롯한 동부인 하천과 서부에 위치한 광지가 하나의 그룹으로 구분되었다.

고 찰

제주연안 8개 마을어장의 주변해역에서 조사된 대형무척추동물은 총 166종이 출현하였고, 연체동물이 전체 출현 동물들 중 46.4%로 가장 높은 비율을 차지하였다. 이처럼 제주도 주변 연안역은 대부분 수평·수직 암반으로 이루어진 지형적 특징에 의해 암반 속 공간과 부착기질에 의존해 서식하는 연체동물, 절지동물 및 자포동물의 서식밀도가 우리나라 남해안 및 서해안에 비해 높게 나타난다 (Ko et al., 2008). 본 연구와 유사한 제주도 주변해역에서 기 보고되었던 조사결과와 비교해 보면, 제주도 북부연안 조간 및 조하대의 81종 (Lee, 1990), 제주도 남부 연안역의 59종 (Lee and Hyun, 1991), 제주도 북부연안의 135종 (Lee et al., 1989), 제주도 주변연안의 25개 조간대 42종 (Lee and Jwa 1988) 을 비롯해 제주도 주변해역의 유·무인도에서 조사된 마라도 주변 90종 (Lee, 1991), 차귀도 주변 146종 (Yang et al., 2007), 문섬 주변 112종 (Ko et al., 2008) 에 비해 본 연구에서는 총 166종으로 출현종수가 높게 나타났지만, 제주도 동부해역의 201종 (Lee and Hyun, 1992), 제주도 저서동물 다양성 보고의

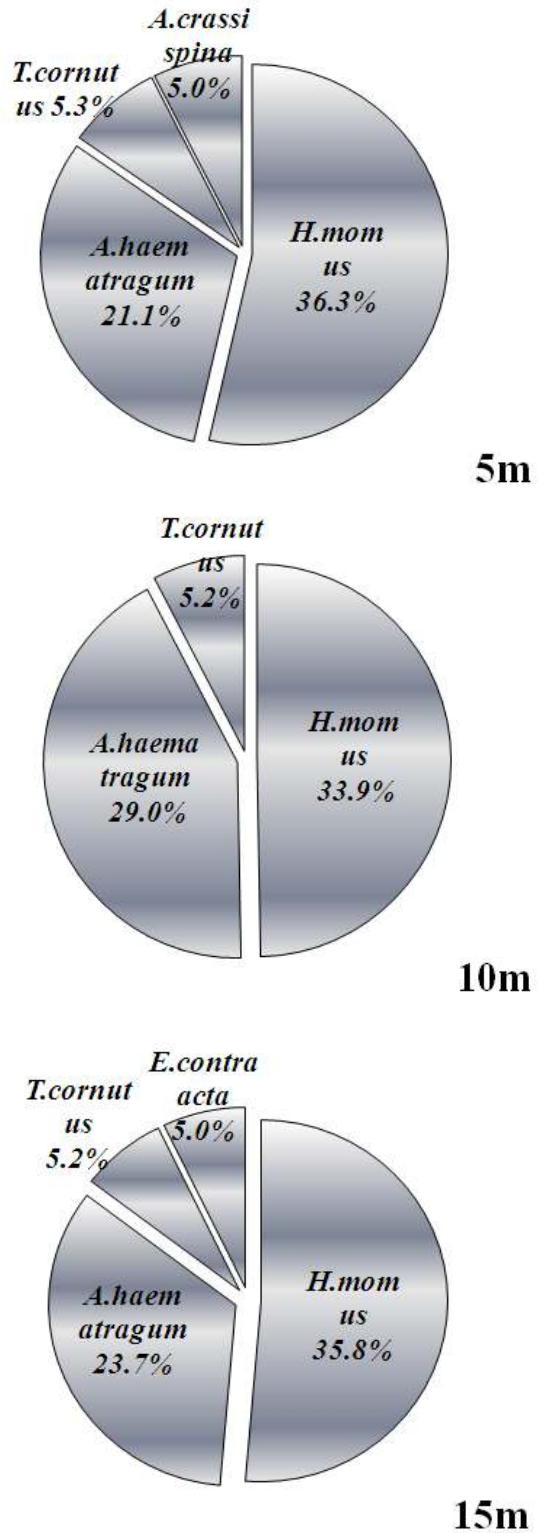


Fig. 6. Percentage composition of dominant species in individual numbers at each water depth from the eight sampling stations.

Table. 4. The diversity (H'), evenness (E'), and richness (R) of the macrobenthic invertebrates collected from the sublittoral zone in sampling stations.

Sampling stations	Community species diversity index		
	Diversity index (H')	Evenness index (E')	Richness index (R)
Shincheon	2.54	0.59	10.2
Hacheon	2.80	0.70	8.7
Gwakji	2.46	0.87	3.3
Aewol	2.23	0.52	10.1
Daepo	2.95	0.75	7.5
Jungmun	2.72	0.71	7.9
Woljeong	1.59	0.38	8.8
Haengwon	1.82	0.41	10.4

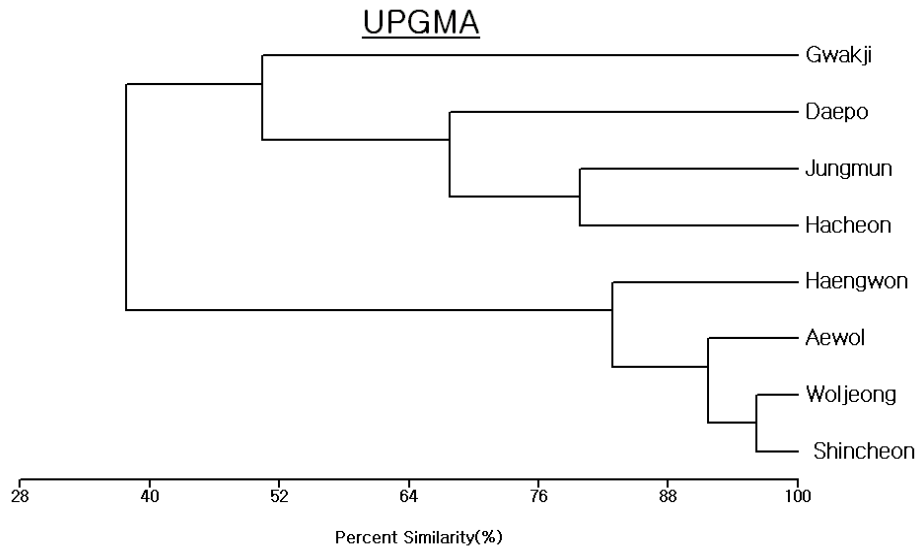


Fig. 7. Dendrogram showing faunal similarity between station produced by cluster analysis using UPGMA.

173종 (Je *et al.*, 2002), 차귀도 주변 연안역 201종 (Lee *et al.*, 1995), 비양도 168종 (Lee and Kim, 1993) 에 비해서는 낮게 나타났다.

대형무척추동물의 개체밀도는 총 6,591 개체/m² 로 나타났으며 이중 연체동물이 3,311 개체/m² 로 다른 출현동물들에 비해 개체밀도가 가장 높게 나타났다. 연체동물에 이어 개체밀도 우위를 차지한 동물은 척삭동물인 해초류로서 2,456 개체/m² 로 37.3%의 점유율을 나타냈으며 우점종은 분홍명게 (*Herdmania monus*) 로 나타났다. 이종은 전체 출현 동물에 있어 단일종으로서 개체밀도가 가장 높은 종으로 나타났다. 이와 같이 제주연안에서 출현한 무척추동물의 개체밀도를 우리나라 남해안의 섬 주변해역들과 비교해보면, 영정도 해역 1,392 개체/m² (Yu *et al.*, 2004), 대부도 해역 1,093 개체/m² (Lim and Choi, 1998) 및 소리도 해역 1,068 개체/m²

(Lim and Choi, 2001) 에 비해 월등히 높은 밀도를 나타냈다. 생체량의 경우도 총 113,100.7 gwwt/m² 로 연체동물이 55,567.9 gwwt/m² (49.1%) 로 점유율이 최고치를 나타냈으며, 특히, 이매패류 (28.4%) 와 복족류 (20.7%) 의 점유율이 매우 높게 나타났다. 이처럼, 제주도 주변연안은 화산활동에 의한 현무암 기질인 다공성 암반과 수평 및 수직형의 넓은 암반대의 갈리진 틈새 등에 포식동물로 부터의 보호와 산란 및 서식에 필요한 공간형 암반을 이루는 지형적 특성에 의해 대부분 사니질로 이루어진 남해안과 서해안의 우점 생물상이 다르게 나타나며, 특히, 암반 부착기질을 기반으로 서식하는 연체동물과 자포동물의 밀도가 우리나라 다른 연안에 비해 매우 높게 나타나는 유리한 조건을 갖추고 있다 (Ko *et al.*, 2008).

출현 종에 대한 지역별 양상은 행원에서 79종으로 가장 높고, 신천과 애월에서 각각 75종과 72종으로 비교적 높은 양상

을 나타냈다. 개체밀도의 경우도 출현 종과 같은 양상으로 행원에서 1,799 개체/m² 로 가장 높았다. 그러나, 생체량의 경우는 대포에서 41,954.2 gwwt/m² 로 타 지역에 비해 월등히 높게 나타났다. 해역별 출현양상의 경우 행원과 월정의 북부해역에서 101종, 중문과 대포의 남부해역에서 71종으로 남부해역에 비해 북부해역의 출현 종수가 높게 나타났고, 개체밀도의 경우도 남부해역 (841 개체/m²) 보다 북부해역 (3,061 개체/m²) 이 높았다. 그러나, 생체량은 이와 상반된 양상으로 남부해역에서 45,364.5 gwwt/m² 로 가장 높게 나타났다. 이처럼 남부해역의 생체량이 높게 나타난 요인으로는 조사점 내 이매패류인 중국굴 (*Hytissa hyotis*) 의 개체밀도가 다른 지역에 비해 상대적으로 높게 나타난 것으로 판단된다.

분류된 출현 동물군들에 대한 해역별 출현빈도에 있어 가장 점유율이 높은 연체동물의 출현종수는 서부해역에서 높고 남부해역에서 낮게 나타났으며, 절지동물은 동부해역, 극피동물과 기타동물은 남부해역에서 출현빈도가 높았다. 개체밀도의 경우도 동부해역에서 연체동물의 점유율이 가장 높았고, 기타동물은 북부해역에서 다른 출현동물에 비해 상당히 높은 점유율 (72.0%) 을 나타냈으며, 생체량의 경우 동부와 남부해역에서 연체동물이 높고, 서부와 북부해역에서는 기타동물의 비율이 높게 나타났다. 이처럼 제주도 마을어장은 해역별로 서로 다른 생태적 군집특성을 나타내고 있었으며 특히, 북부해역에 종수 및 개체밀도가 높은 것으로 보아 이 해역은 다양한 생물종들의 연안어장으로 가입될 수 있는 기회가 높은 해역이라 할 수 있으며 생체량이 높게 나타난 남부해역은 기존 토착종을 비롯한 외해에서 가입되는 외래종들의 정착과 서식처 군집확산이 높은 해역이라 판단된다. 제주연안에서 유입되어 정착화되고 있는 아열대종은 여러종들이 있지만 특히, 분홍명게 (*Herdmania monus*) 와 거품돌산호 (*Avelophora japonica*) 를 들 수 있다. 본 연구에서도 해역별 출현 동물들 중 분홍명게는 북부해역에서 84.2%로 단위 면적당 개체밀도가 가장 높았고, 동부해역 8.5%, 서부해역 7.4%의 순으로 나타났다. 거품돌산호의 경우도 전 해역에서 채집되었으며 서부해역이 42.5%, 동부해역 29.3%, 남부해역 26.8%, 북부해역 2.4%로 나타났다.

지역별 수심에 따른 분포특성을 보면 출현종수, 개체수 및 생체량이 가장 높은 수심대는 5 m 층으로 나타났고, 5 m층과 10 m층에서는 연체동물인 복족류가 대부분을 점유하였으나, 15 m층에서는 이매패류의 출현이 높게 나타났다. 특히, 종수와 개체수는 5 m 층의 낮은 수심대에 출현밀도가 높게 나타난 반면, 생체량은 15 m 층에서 높게 나타나 수심이 깊을수록 서식구조가 비슷하거나 단순하기 때문에 굵은나선별해면 (*Stirastrella insignis*) 및 중국굴 (*Hytissa hyotis*) 등 생체중량이 높은 종들이 우점한 결과로 판단된다.

마을어장별 종다양도 (H') 범위는 1.59-2.95 로 나타났다. 남부해역인 대포리에서 2.95 에서 가장 높게 나타나 제주연안에서 군집내 종다양성 및 개체수 균일성이 가장 안정된 해역으로 나타났다. 이러한 결과는 제주도 문섬 주변해역 2.71-3.41 (Ko et al., 2008), 차귀도 주변해역 3.21-3.74 (Yang et al., 2007; Lee et al., 1995), 비양도 연안의 3.27-3.75 (Lee and Kim, 1993) 보다 낮았고, 제주도 화순과 송악산 주변해역의 1.27-2.72, 0.74-0.93 (Lee et al., 2001; Lee and Hyun, 2002) 보다는 높게 나타났다. 제주연안의 저서동물 군집은 2개의 그룹으로 구분되었으며 특히, 출현종수와 개체밀도가 높게 나타난 북부해역과 이와 상대적으로 낮게 나타난 남부해역으로 크게 구분되었다.

지역별로 군집의 최상위 우점종을 파악한 결과 신천, 하천, 애월, 대포 및 중문에서 최상위 우점종은 바퀴고둥 (*Astraliu haematragum*) 으로 나타났고, 광지에서는 보라성게 (*Anthocidaris crassispina*), 북부해역인 월정과 행원에서 분홍명게 (*Herdmania monus*) 로 나타났다. 그러나, 우점종 군집지수에 있어 행원과 월정은 65.5-69.8의 범위로 다른 해역에 비해 상대적으로 높게 나타났다. 이러한 결과는 단일종의 개체수가 월등히 높은 분홍명게 (*Herdmania monus*) 의 극우점 현상에 따라 서식처의 다양성이 상대적으로 떨어져 다른 동물들이 서식처 공간경쟁에서 밀리기 때문인 것으로 판단된다. 또한 지역별 조사수심에서 동일하게 나타난 최상위 우점종은 분홍명게 (*Herdmania monus*) 로 대부분 조사 수심에서 34% 이상의 점유율을 보여 전 수심에서 가장 높게 나타났다. 이처럼 분홍명게는 1960-1970년대 초에 국내에 처음 알려진 종으로써 (Rho, 1971, 1975) 특히, 2007년-2008년까지 제주연안에서 개체군이 급속하게 번식되어 해양 저서생태계의 극우점종 (Lee, 2010) 이 되었고, 이런 비정상적인 대증식으로 인해 서식처 다양성을 감소시키며 기존 고유생태계에 영향을 미칠 수 있는 교란생물로 취급되어져 왔다. Lee (2010) 에 의하면 분홍명게는 성체로서의 크기인 4-6cm 자리는 동안 2-3개월이 소요되고, 성장률은 월별 0.2-0.25 정도이며 수심이 얇은 지역일수록 개체밀도가 높다고 하였다. 또한 고수온기인 8월에서 10월까지 급격히 개체수가 증가하지만, 저수온기인 2월에서 4월 동안은 개체수가 감소하는 등 본종의 개체밀도는 수온의 변화에 큰 영향을 받는다고 하였다 (Hatcher, 1991). 그러나, 이와 같은 극우점 현상은 집단의 밀도가 극상일 때 나타나는 자기조절기전 (Auto-Regulation Mechanism) 의 현상으로 판단되지만, 정확한 원인은 파악되지 않고 있으며 단순히 아열대성 해양생물의 제주 연안역 가입에 따른 출현 요인으로만 추측 되어져 왔다. Trewartha and Hom (1980) 는 평균기온이 18°C 이하이면서 월평균 기온이 10°C 이상인 달이 8-12개월 이상 나타나는 기후구 구분을 아

열대로 정의 하였고, 이러한 기준을 적용하여 1996-2005년 까지 우리나라 부근의 해수면온도를 예측한 결과 제주도 주변 해역의 수온이 18-20℃ 로 나타나 제주도를 포함한 남동 및 남서해역은 이미 아열대화로 진행되고 있음을 밝혔다 (Kwon *et al.*, 2007). 따라서, 해수온도의 지속적 상승에 의한 제주연안의 아열대화에 따라 열대 해양성 기원 외래종들의 유입 및 정착기회가 점차적으로 증가할 것으로 판단되면서 향후, 분홍명게 (*Herdmania monus*) 를 비롯한 거품돌산호 (*Avelophora japonica*), 빛단풍돌산호 (*Montipora trabeculata*), 곤봉말미잘 (*Entacmaea actinostoloides*) 등 아열대성 해양생물에 대한 유입경로 및 이들 종에 대한 생리·생태 및 개체군 연구가 지속적으로 이루어져야 할 것이다.

요 약

제주연안 8개 마을어장 주변해역에서 2008년 9월부터 10월까지 저서 무척추동물의 군집구조를 파악하기 위해 조사 하였으며 그 결과는 다음과 같다.

조사기간 중 총 166종의 저서동물이 채집되었고, 연체동물이 77종 (46.4%) 이었으며, 이 중 복족류가 25.3%로 가장 우점하였고, 절지동물 24종 (14.5%), 자포동물 18종 (10.8%), 해면동물 16종 (9.2%) 및 기타 동물은 33종 (17.7%) 의 순으로 나타났다

조사해역의 개체밀도와 생체량은 각각 6,905 개체/m², 113,100.7 gwwt/m²로 연체동물 중 복족류가 개체수와 생체량에서 우점하였다. 주요 우점종은 팽이고둥 (*Omphalius pfeifferi*), 바퀴고둥 (*Astraliium haematragum*), 소라 (*Turbo cornutus*), 탐빨고둥 (*Ergalatax contracta*), 애기돌맛조개 (*Lithophaga cura*), 보라성게 (*Anthodiaris crassispina*), 분홍명게 (*Herdmania monus*) 로 주로 복족류와 해초류에서 높은 우점율을 나타냈다. 군집유사도의 집괴 분석을 실시한 결과 크게 북부와 남부해역 및 서부해역의 2개 그룹으로 나눌 수 있었다. 정점별 종다양도 (H'), 균등도 (E') 및 풍부도 (R) 지수의 범위는 각각 1.59-2.95, 0.38-0.87, 3.3-10.4 로 종다양성 및 개체수 균일성이 가장 안정된 지역은 남부인 대포리에서 가장 높게 나타났고, 북부에 위치한 월정에서 낮게 나타났다.

사 사

본 연구는 국립수산물과학원 아열대수산연구센터 「기후변화에 따른 수산자원 변동 및 예측 RP-2011-FR-037」 의 지원에 의해 수행되었다.

REFERENCES

- Abott, R.T. and K.J. Boss. (1989) A classification of living Mollusca. American Malacologists, Inc., Melbourne. 195pp.
- Cohen, E. B., Grosslein, M. D., Sissenwine, M. P., Steimle, F. W., Wright, W.R. (1982) An energy budget of Georges Bank. In: Mercer, M. C. (ed.) Multi-species approaches to fisheries management advice. *Can. Spec. Pub. Fish. Aquat. Sci.*, **59**: 95-107.
- Choe, B.L (1992) Illustrated Encyclopedia of Fauna and Flora of Korea Vol. 33 Mollusca(II). Ministry of Education, Seoul, 860pp., 126pls.
- Chung, H., K.W. Cho, K.Y. Chung, J.H. Kim, J. Shin, Y. Seo, J.S. Kang and J.K. Lee. (1998) Ecological characteristics of algal whitening in coastal zone of Seogwipo area, Cheju Island. *Algae*, **13**: 361-374.
- Dai, A. and Yang. S. (1991) Crabs of the China Sea. China Ocean Press Beijing. pp. 1-606.
- Habe, T. (1977) Systematics of Mollusca in Japan. Bivalvia and Scaphopoda. Zukan-no-Hokuryukan Co., Tokyo, 372pp., 72pls.
- Hatcher, A. (1991) Effect of temperature on carbon, nitrogen and phosphorus turnover by the solitary ascidian *Herdmania momus*(Savigny). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **152**: 15-31.
- Ichiki, S., H. Misuta and H. Yamamoto. (2000) Effects of irradiance, water temperature and nutrients on the growth of sporelings of the crustose coralline alga *Lithophyllum yesoense* Foslie (Corallinales, Rhodophyceae). *Phycol. Res.*, **48**: 115-120.
- Je, J.G., Ko, B.J., Lee, H.G., Kim, B.I., Shin, S.H, Lee, S.W. and Lee, J.H. (2002) Habitats and zoobenthic species diversity in the coast of Jeju Island, Korea: as a baseline study for conserving coastal and marine biological diversity. *The Korea Society of Underwater Science and Technology*. **3**: 7-117. [in Korean]
- Kim, H.S. (1973) Illustrated encyclopedia of fauna & flora of Korea. Vol. 14, Annomura & Brachyura. Samhwa Publishing Co. Ltd., Seoul, Korea, 694pp., pls. 1-112.
- Kim, H.S. (1977) Illustrated encyclopedia of fauna & flora of Korea. Vol. 19, Macrura. Samhwa Publishing Co. Ltd., Seoul, Korea, 414pp., pls. 1-56.
- Kim, H.S. (1985) Systemtic studies on crustaceans of Korea, 1. Decapods. *Proc. Coll. Natur. Sic., SNU*, **10**: 63-94.
- Ko, J.C., Koo, J.H. and Yang, M.H. (2008) Characteristics of ocean environmental factors and community structure of macrobenthos around Munseom, Jeju Island, Korea. *Korean Journal of Malacology*, **24**: 215-228. [in Korean]
- Kwon, Y.A., Kwon, W.T. Boo, K.O. and Choi, Y.E. (2007) Future Projections on Subtropical Climate Regions over South Korea Using SRES A1B Data. *Journal of the Korean Geographical Society*, **42**: 355-367. [in

- Korean]
- Lee, C.H. (2010) Population study of solitary ascidian *Herdmania momus* in Jeju Island, Korea. M.S. Thesis, Sung Kyun Kwan University, pp. 1-23.
- Lee, J.J. (1990) Bioecological study of the northern coastal area in Cheju Island. *Korean Journal of Malacology*, **6**: 33-44. [in Korean]
- Lee, J.J. and Hyun, J.M. (1991) Bioecological study of the southern coastal area in Cheju Island- 2. Distribution and community structure of the benthic molluscan shells in around coast to Sogwipo. *Korean Journal of Malacology*, **7**: 58-65. [in Korean]
- Lee, J.J., Zhang, C.I. and Cho, U.S. (1989) Community structure of the ecosystem on the intertidal zone and grass land in Cheju Island - Distribution and community structure of benthic macroinvertebrates. *Korean Journal of Malacology*, **5**: 10-28. [in Korean]
- Lee, J.J. and Jwa, Y.W. (1988) Ecological study on the intertidal zone around Cheju Island - 1. Estimation of plankton production and community structure of marine shells - Community structure of molluscan shells. *Korean Journal of Malacology*, **4**: 17-29. [in Korean]
- Lee, J.J. (1991) Bioecological studies of the southern coastal area in Cheju Island. - 1. Distribution and community structure of the benthic macroinvertebrates in Gapa and Mara Islets. *Korean Journal of Malacology*, **7**: 49-57. [in Korean]
- Lee, J.J. and Hyun, J.M. (1992) Bioecological study of the eastern coastal area in Cheju Island. - Seasonal changes of macroinvertebrate community on the intertidal rocky shores. *Korean Journal of Malacology*, **8**: 1-20. [in Korean]
- Lee, J.J., Hyun, J.M. and Kim, J.C. (1995) Bioecological study of the upwelling area around Cheju Island- community structure of the benthic macroinvertebrates at the rocky intertidal zone of Chagwi-do, Cheju Island. *Korean Journal of Malacology*, **11**: 1-20. [in Korean]
- Lee, J.J. and Kim, J.C. (1993) Bioecological studies of the western coastal area in Cheju Island. - Distribution and seasonal community changes of the benthic macroinvertebrates on the rocky intertidal zone of Biyangdo. *Korean Journal of Malacology*, **9**: 68-84. [in Korean]
- Lee, J.J., Kang, K.C. and Kim, J.C. (2001) Spatial species diversity of macrobenthos in the intertidal zone of Hwasoon, Jeju Island. *Korean Journal of Malacology*, **17**: 63-70. [in Korean]
- Lee, J.J. and Hyun, J.M. (2002) Species diversity and community structure of macrobenthic invertebrate inhabiting intertidal zone near Songgaksan area, Jeju Island. *Korean Journal of Malacology*, **18**: 41-52. [in Korean]
- Lim, S.H. and Choi, J.W. (1998) Macrobenthic community at the subtidal area around Taebudo in Kyeonggi Bay, Korea. *Journal of Fisheries Society*, **31**: 453-462. [in Korean]
- Lim, S.H. and Choi, J.W. (2001) Macrobenthic community in the soft bottom around Sorido Island, Southern coast of Korea. *Journal of Fisheries Society*, **34**: 225-237. [in Korean]
- Lim, H.S., Lee, J.H., Choi J.W. and Je, J.G. (1995) Macrobenthic community on the soft-bottom around the Youngjong Island. Korea. *Journal of Fisheries Society*, **28**: 635-648. [in Korean]
- Margalef, D.R. (1958) Information theory in ecology. *General systems*, **3**: 36-71.
- McNaughton, S.J. (1967) Relationship among functional properties of California grassland. *Nature*, **216**: 168-169.
- Nishimura, S. (1992) Guide to Seashore Animals of Japan With Color Pictures and Keys, Vol. I. Hoikusha, Tokyo, 663pp.
- Nishimura, S. (1995) Guide to Seashore Animals of Japan With Color Pictures and Keys, Vol. II. Hoikusha, Tokyo, 425pp.
- Okutani, T. (1986) Mollusca. Illustrations of animals and plants. Sekaibunka-ska Pub. Co., Japan. 399pp.
- Okutani, T. and T. Habe. (1990) The mollusks of Japan. Gakken Illustrated nature encyclopedia. Gakken Pub. Co., Tokyo. 301pp.
- Paik, S.G. and Yun, S.G. (2000) Community structure of the macrobenthos in Chinhae Bay, Korea. *Journal of Fisheries Society*, **33**: 572-580. [in Korean]
- Pearson, T. H. and R. Rosenberg. (1978) Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, **16**: 229-311.
- Pielou, E.C. (1969) An introduction to mathematical ecology. pp. 291-331, Wiley-interscience.
- Rho, B.J. (1971) A study on the classification and the distribution of the Korean ascidians. *The Journal of Korean Research Institute for Better Living*, **6**: 103-166.
- Rho, B.J. (1975) On the classification and the distribution of the marine benthic animals in Korea. *The Journal of Korean Research Institute for Better Living*, **15**: 121-169.
- Shannon, C. E. and W. Wiener. (1949) The mathematical theory of communication. 125 pp. University of Illinois Press, Chicago.
- Shin, H.C., Choi, J.W. and Koh, C.H. (1989) Faunal assemblages of benthic macrofauna in the inter and subtidal region of the inner Kyeonggi Bay, west coast of Korea. *Journal of Korean Society of oceanography*. **24**: 184-193. [in Korean]
- Sneath P.H.A. and Sokal R.R. (1973) Numerical Taxonomy. W.H. Freeman, Sanfrancisco, 573pp.
- The Korean Society of Systematic Zoology, (1997) List of animals in Korea(excluding insects). Academy Press, 489pp.
- Thouzeau, G., Robert, G., Ugarte, R. (1991) Faunal assemblages of benthic megainvertebrates inhabiting sea scallop grounds from eastern Georges Bank, in

- relation to environmental factors. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **74**: 61-82.
- Trewartha, G.T. and Horn, L. (1980) An Introduction to Climate, 5th Edition, McGraw-Hill, New York.
- Yu, O.H., Koh, B.S., Lee, H.G. and Lee, J.H. (2004) Effect of environmental variables on changes in macrobenthic communities in the coastal area of Inchon, Korea. *Journal of Fisheries Society*, **37**: 423-432. [in Korean]
- Yum, S.S. (1988) Classification and distribution of Korean Polyplacophora(Mollusca). M.S. Thesis, Sung Kyun Kwan University, 104pp.
- Yum, S.S. (1995) Systematic study of Korean neoloricates(Polyplacophora, Mollusca) based on karyotype and character analyses. Ph. D. Thesis, Sung Kyun Kwan University, 232pp.

Appendix 1. List of macroinvertebrate species collected from the coastal waters in Jeju Island

Species	Station	Gwakji	Daepo	Sin-cheon	Aewol	Wol-jeong	Jung-mun	Ha-cheon	Haeng-won
Phylum Porifera									
<i>Stirastrella panis</i>			○	○	○	○	○		○
<i>S. insignis</i>		○	○	○	○	○	○	○	
<i>Tethya aurantium</i>						○	○		
<i>Axinella rugoda</i>									○
<i>Esperiopsis plumosa</i>								○	
<i>Myxilla setoensis</i>					○	○			
<i>Tedania brevispiculata</i>					○			○	
<i>My calepumosa</i>									○
<i>Callyspongia confoederata</i>					○				
<i>C. elegans</i>				○	○	○		○	○
<i>C. elongata</i>				○		○		○	○
<i>Petrosia corticata</i>					○			○	
<i>Halichondria okadai</i>						○			○
<i>H. oshora</i>			○	○		○		○	○
<i>H. panicea</i>				○					
<i>Hymeniacidon sinapium</i>								○	○
Phylum Cnidaria									
<i>Coryne pusilla</i>			○			○		○	○
<i>Solanderia secunda</i>			○			○	○		
<i>Aglaophenia whiteleggei</i>						○			
<i>Thecocarpus niger</i>				○	○	○	○	○	○
<i>Plumularia setacea</i>			○		○				
<i>Verrucella umbraculum</i>									○
<i>Euplexaura abietina</i>					○				
<i>Anthoplexaura dimorpha</i>			○						
<i>Plexauroides rigida</i>			○						
<i>Melithaea flabellifera</i>							○		
<i>Bellonella rigida</i>						○			
<i>B. rubra</i>						○			
<i>Dendronephthya giganted</i>			○			○	○		○
<i>D. castanea</i>			○						
<i>Javania insignis</i>				○			○		
<i>Avelophora japonica</i>		○	○	○	○			○	○
<i>Montipora trabeculata</i>			○	○			○		
<i>Psammocora profundacella</i>			○				○		
Phylum Bryozoa									
<i>Membranipora tuberculata</i>				○				○	○
<i>Iodictyum axillare</i>				○					
<i>Adeonella sp.</i>			○	○		○		○	
Phylum Sipunculida									
<i>Phascolosoma scolops</i>			○	○	○		○	○	○
Phylum Mollusca									
<i>Lepidozona coreanica</i>					○			○	
<i>Mopalia retirera</i>							○		
<i>Acantopleura japonica</i>			○						

Appendix 1. Continued

Species	Station	Gwakji	Daepo	Sin-cheon	Aewol	Wol-jeong	Jung-mun	Ha-cheon	Haeng-won
<i>Rhyssoplax kurodai</i>							○		
<i>Onithochiton hirasei</i>				○					
<i>Cryptoplax japonica</i>				○	○	○	○	○	○
<i>Diodora sieboldii</i>			○	○		○		○	
<i>Calliostoma unicum</i>				○	○	○			○
<i>Cantharidus callichroa</i>				○	○	○			○
<i>C. japonica</i>				○		○	○	○	○
<i>Chlorostoma turbinata</i>								○	
<i>Omphalius pfeifferi</i>		○				○	○	○	○
<i>O. rusticus</i>			○		○				○
<i>Umbonium costatum</i>						○			
<i>Komaitrochus pulcher</i>									○
<i>Cantharidus callichroa</i>				○					○
<i>Trochus sacellus</i>				○	○				
<i>Hybochelus cancellatus</i>						○			
<i>Clanculus microdon</i>								○	
<i>Astralium haematragum</i>		○	○	○	○	○	○	○	○
<i>Turbo cornutus</i>		○	○	○	○	○	○	○	○
<i>T. excellens</i>				○	○	○			○
<i>Phasianella solida</i>					○		○		○
<i>Stomatolina rubra</i>				○					
<i>Serpulorbis imbricatus</i>			○						
<i>Purpuraddusta gracilis</i>				○					○
<i>Alvania ogasawarana</i>				○	○				
<i>Monoplex echo</i>						○			
<i>Ergalatax contraacta</i>			○	○	○	○	○	○	○
<i>Thais bronni</i>		○	○	○		○	○	○	
<i>T. luteostoma</i>			○	○	○			○	○
<i>Ceratostoma fournieri</i>				○	○	○		○	○
<i>Mancinella echinata</i>								○	
<i>Maculotriton serriale</i>									○
<i>Ocinebrellus inornatum</i>									○
<i>Columbellopsis bella</i>		○	○	○	○			○	
<i>Euplica scripta</i>				○	○		○		○
<i>Mitrella bicincta</i>			○	○	○	○	○		
<i>M. nympha</i>									
<i>Pyrene testudinaria</i>				○		○		○	○
<i>Kelletia lischkei</i>					○				
<i>Microfusis magnifica</i>									○
<i>Pollia mollis</i>					○			○	
<i>Cantharus cecillii</i>				○					○
<i>Pollia subrubiginosus</i>									○
<i>Hypselodoris festiva</i>				○		○		○	
<i>Ceratosoma trilobatum</i>					○				
<i>Phyllidiella pustulosa</i>					○				
<i>Barbatia stearnsii</i>			○		○	○			

Appendix 1. continued

Species	Station	Gwakji	Daepo	Sin- cheon	Aewol	Wol- jeong	Jung- mun	Ha- cheon	Haeng- won
<i>Arca boucardi</i>		○		○		○	○	○	○
<i>Hawaiarca uwaensis</i>						○			
<i>Acar plicatum</i>								○	
<i>Lithophaga cura</i>			○	○	○	○	○	○	○
<i>Modiolus kurilensis</i>									○
<i>M. auriculatus</i>				○		○		○	
<i>M. agripetus</i>									○
<i>Hormomya mutabilis</i>					○	○		○	○
<i>Septifer keenae</i>									
<i>Tricomusculus semigranatus</i>			○		○			○	
<i>Musculus viridulus</i>				○	○				○
<i>Pteria breviaalata</i>			○						
<i>Chlamys farreri</i>				○	○	○			○
<i>Anomia chinensis</i>				○					
<i>Hyotissa hyotis</i>		○	○		○				
<i>Dendostrea crenulifera</i>			○		○				
<i>Spondylus varius</i>				○					
<i>Chama japonica</i>					○				
<i>C. limbula</i>		○		○			○		
<i>C. fraga</i>			○	○					○
<i>C. dunkeri</i>					○		○		
<i>Pseudochama retroversa</i>			○				○	○	
<i>Cardita leana</i>				○	○	○			○
<i>Irus irus</i>			○						
<i>Gastrochaena cuneiformis</i>							○		
<i>Agriodesma navicula</i>									○
<i>Chlamys irregularis</i>				○	○	○			○
<i>C. nipponensis</i>					○				
Phylum Annelida									
<i>Perinereis cultrifera</i>		○	○	○	○	○		○	○
<i>Platynereis bicanaliculata</i>									○
<i>Nereis multignatha</i>									○
<i>N. pelagica</i>								○	
<i>Hermenia acantholepis</i>									○
<i>Lepidonotus helotypus</i>								○	○
<i>L. squamatus</i>									○
<i>Halosydna brevisetosa</i>					○	○			○
<i>Sthenelais fusca</i>						○			○
<i>Eunice antennata</i>			○	○		○		○	○
<i>Lysidice collaris</i>					○				○
<i>Spirobranchus tetraceros</i>				○					
Phylum Arthropoda									
<i>Holotelson tuberculatus</i>				○		○			
<i>Galathea orientalis</i>			○	○	○	○	○	○	○
<i>Alpheus japonicus</i>					○				
<i>A. brevicristatus</i>									○
<i>A. bisincisus</i>						○			

Appendix 1. continued

Species	Station	Gwakji	Daepo	Sin-cheon	Aewol	Wol-jeong	Jung-mun	Ha-cheon	Haeng-won
<i>Heptacarpus futirostris</i>									○
<i>Paguristes ortmanni</i>				○	○	○	○	○	○
<i>P. japonicus</i>		○	○	○	○		○		○
<i>P. kagoshimensis</i>				○			○		
<i>Pagurus gracilipes</i>			○	○	○	○			○
<i>P. rubrior</i>				○			○		
<i>P. pilosipes</i>					○			○	
<i>Pisidia serratifrons</i>									○
<i>Pugettia quadridens quadridens</i>				○	○	○	○	○	○
<i>P. quadridens pellucens</i>			○	○					
<i>Cancer amphioetus</i>				○					
<i>Thalamita sima</i>				○					
<i>Macromedaeus distinguendus</i>		○	○	○	○	○	○	○	○
<i>Actaea semblatae</i>			○	○		○	○		○
<i>Leptodius exaratus</i>			○		○				
<i>Atergatis reticulatus</i>				○					○
<i>Heteropilumnus ciliatus</i>					○				
<i>Pinnotheres sinensis</i>				○	○				
<i>Rhynchoplax messor</i>				○		○			
Phylum Echinodermata									
<i>Comanthus japonica</i>									○
<i>Certonardoa semiregularis</i>		○	○	○	○	○	○	○	○
<i>Asterina batheri</i>									○
<i>Henricia nipponica</i>						○	○	○	
<i>Ophiactis affinis</i>		○	○		○	○	○		○
<i>Ophiothrix exigua</i>				○	○	○	○	○	○
<i>Ophiarachnella gorgonia</i>				○	○	○		○	○
<i>Ophioplocus japonicus</i>					○		○		
<i>Strongylocentrotus intermedius</i>							○		
<i>Pseudocentrotus depressus</i>					○				
<i>Anthocidaris crassispina</i>		○	○	○	○	○	○	○	○
<i>Cucumaria chronhjelmi</i>					○				
Phylum Chordata									
<i>Styela clava clava</i>					○				
<i>Herdmania monus</i>		○		○	○	○			○
<i>Pyura vittata</i>				○	○		○		○