

제주남부해역 사질대 유용생물 분포특성

고준철, 고혁준, 김보연, 차형기, 장대수¹

국립수산과학원 아열대수산연구센터, ¹남서해수산연구소

Distribution Characteristic of Exploitable Macrobenthic Invertebrates of Beach Sediments in the Southern Coastal Water of Jeju Island

Jun-Cheol Ko, Hyuck-Joon Ko, Bo-yeon Kim, Hyung-Kee Cha and Dae-Su Chang¹

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

¹Southwest Sea Fisheries Research Institute, NFRDI, Yeosu, 556-823, Korea

ABSTRACT

This study was performed to know the community structure of macrobenthos and environmental factors at each 16 stations in the subtidal sandy bottoms of the southern coastal water of Jeju Island from July to November, 2011. Mean temperature and mean salinity were 20.2-22.7°C, 33.7-34.9 psu which shows stable water masses. Chlorophyll a concentrations of phytoplankton ranged from 0.71 to 1.71 mg/L (1.11 mg/L), showing higher July than September and November with a blooming in summer. The mean concentration values (the ranges in parentheses) of nitrate, phosphate, and silicate are 0.029-0.206 mg/L (0.101 mg/L), 0.001-0.027 mg/L (0.007 mg/L), 0.024-0.682 mg/L (0.454 mg/L), respectively. However, the values higher coastal zone due to influxes from the land. A total of 37 species was identified. of these mollusca comprised 29 species (78.4%); Echinodermata 5 (13.5%); Arthropoda 3 (8.1%). density and biomass were estimated to be 550 ind./m² and 20,951.8 gwwt/m², respectively. Mollusca were the most dominant faunal group in terms of abundance (481 ind./m²) and number of species as well, whereas bivalves were predominant in biomass (16,647.6 gwwt/m²). The dominant species were *Vasticardium burchardi*, *Oblimopa japonica*, *Mactar achatina*, *Bornatemishistrioiv akawai*, *Paphia vernicosa*, *Amusium japonicum*, *Glycymeris albolineata*, *Astriclypeus manni* in 15-30 m. The seasonal variation appeared as distinct, Mollusca of individual and biomass. When summer was make a slow increase, after the highest decrease in autumn. The abundance of macrobenthic invertebrates showed significant correlation with environmental factors (Chlorophyll a, DIN, SiO₂, Fine sand, Very fine sand) in almost all sampling depths. The biodiversity, evenness richness index were appeared 1.56-2.50 (H'), 0.49-0.80 (E'), 4.12-4.67 (R) in each stations. The dominance index were appeared Highest in November and lowest in September.

Keywords : macrobenthos, environmental factors, subtidal sand bottom, Jeju Island

서론

제주도 주변해역의 해양환경적 특징으로 외해역에서 유입되는 수괴들에 의해 직·간접적 영향을 받아 다양하면서도 복잡한 해황특성을 나타낸다. 특히, 제주도 연안역 해양생태계에 영향

을 미치는 수괴로서 대마난류수, 한국남해연안수, 양자강유출수, 황해저층냉수가 있으며, 이러한 수괴들에 의해 시기 및 계절별로 연안역 환경에 영향을 줄 뿐만 아니라 그 이외에 강수량, 기온, 탁월계절풍 및 해안선으로 발달된 용천수와 하천수 유입 등 제주도 연안 해양환경은 매우 복잡하고 지역적으로도 많은 차가 생기게 된다 (Rho, 1985; Lee *et al.*, 2005; Choi and Lee, 1989; Kim and Rho, 1994; Ko *et al.*, 2003).

제주연안의 전반적인 해저지형 형태로서 수심 20 m 전후로 암반과 해빈 (사질대) 으로 구성되어 있고, 그 이후 수심에서는 대부분 해빈 퇴적물로 형성되어 있다. 제주도의 해안선 연안은 비교적 단조롭고 암석 돌출부 사이의 작은 만입을 따라

Received: August 6, 2012 ; Accepted: September 8, 2012
Corresponding author: Jun-Cheol Ko
Tel: +82 (64) 750-4375 e-mail: kjc3410@nfrdi.go.kr
1225-3480/24442

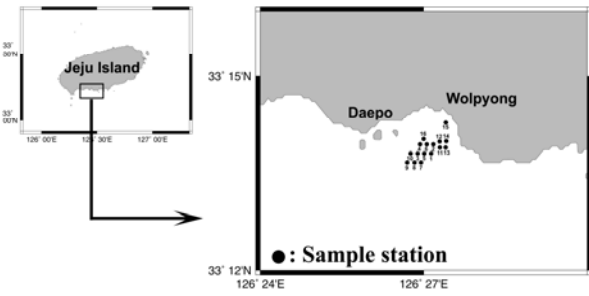


Fig. 1. A map showing the sampling stations in the southern coastal water of Jeju Island. observation station for marine environment (●).

약 220-4,000 m 에 이르는 대소 13개소에 해빈이 발달해 있으며 (Han, 1998) 이러한 해빈은 주로 하천들이 형성된 지역에 발달해 있는데, 제주도의 하천은 한라산체를 발원지로 하여 60여개의 대소 하천들이 방사상으로 발달되어 연안에 해빈 퇴적물의 주 공급원 역할을 하고 있다 (Youn and Ko, 1994). 이와 같은 견지에서 볼 때, 해빈이 형성된 주변해역은 육상으로부터 하천수 유입시 다량의 영양염류가 동시에 유입되어 기초생산력이 높아 표층퇴적물을 먹이로 취하는 퇴적물식자 생물들이 다양하게 분포하게 된다. 그러나, 해빈의 지형은 파랑, 조석, 연안류 및 바람 등 해양환경의 유동상태 변화가 상당히 크며 (Shepard, 1973), 이로 인해 해빈에 서식하는 생물의 생존과 성장에 제약을 받게 되어 암반지형에 서식하는 저서생물상에 비해 종 다양성이 낮게 나타나지만, 환경변화 등의 악조건에서 적응하며 다른 종과의 경쟁을 피해서 서식하는 장점을 갖고 있다. 특히, Seo and Choi (2010) 의 연구결과에 의하면 한국남해 대륙붕해역 사질대 퇴적물에서 서식하는 대형 저서동물 군집조사결과 170여종 이상이 출현하여 다른 해역 사질대에서 조사된 결과에 비해 종 다양성이 상당히 높게 나타났다. 이처럼 사질대 해역은 다양한 저서생물들에게 적합한 서식환경을 제공하고, 이를 먹이로 이용하는 생물들에 대해서도 중요한 역할을 차지함과 동시에 수산자원 측면에서도 이용 가치가 상당히 크다고 할 수 있다.

지금까지 연구된 저서무척추동물 군집조사에 대해 많은 연구가 수행되어 왔다. 그러나, 암반 및 니사질 퇴적상에 대한 서식생물 군집구조 연구가 대부분이었고, 본 조사해역과 유사한 사질대에서 조사된 연구결과로는 동해 연안의 사질 퇴적물과 저서생물 분포양상 (Choi et al., 2000), 한국 동해 및 남해 대륙붕 해역의 저서동물 군집 (Choi and Ko, 1990; Shin and Ko, 1993; Seo and Choi, 2010) 등이 있으며, 제주도 연안 사질대 해역에서 수행된 연구로는 제주도 이매패류 자원 생물학적 연구 (NFRDI, 2002), 제주도에 서식하는 유용 이매패류 보고 (Choi et al., 2000), 서귀포 연안역 저서생물 분

포 (Choi, 1996), 제주도 함덕연안의 저서생물 연구 (Kang et al., 1999) 등이 있으나 사질대 저서생태계에 영향을 미치는 다양한 환경요인에 의한 종조성 변화 및 유용생물의 자원생태학적 연구는 미흡한 실정이다.

따라서, 본 연구는 제주도 남부 대포리 사질대 연안을 대상으로 해양물리, 화학, 생물학적 환경특성 및 표층퇴적물 입도 조성 등의 환경적 측면과 이러한 환경에서 서식하는 저서무척추동물의 종조성, 개체밀도 및 생체량 시·공간적 변동의 생물학적 측면 등을 종합적으로 파악하여 사질대 해역의 저서생물 군집구조 특성에 대한 기초정보를 제공하고자 한다.

재료 및 방법

제주도 남부해역에 위치한 대포리 연안 사질대 주변해역의 저서 무척추동물 서식생물상과 해양환경특성을 파악하기 위해 2011년 7월, 9월 11월 3회에 걸쳐 총 16개 정점에 대해 저서생물상 채집조사 및 해양환경특성 조사를 실시하였고, 조사해역의 해저지형조사는 2011년 10월에 실시하였다 (Fig. 1).

1. 해양환경조사

표층과 저층에 대한 수온, 염분측정은 YSI (6600-V2) 을 사용하였고, 각 정점별로 표층과 저층의 해수 1L를 취하여 용존산소 (DO) 는 윙클러-아지드화 나트륨 변법, 부유물질 (SPM) 은 현장에서 일정량의 해수 시료를 미리 건조시켜 무게를 측정된 GF/F 유리여과지로 여과한 후 여과지를 패트리 접시에 보관하여 실험실로 옮겼다. 이후 여과지를 건조오븐에서 105°C하에서 24시간 건조시킨 후 전자저울 (Satorius CP124S, Germany) 을 사용하여 정량하였고, 클로로필 a는 해수 시료를 현장에서 GF/F 유리여과지로 여과하고 이 유리여과지를 드라이아이스로 냉동 보관하여 실험실로 옮겨와 90% 아세톤 용액에 넣고 색소체를 추출하였다. 추출된 용액은 Parsons et al. (1984) 의 방법에 따라 spectrophotometer (UVIKON XS, France) 로 측정하였다. 영양염류 (DIN, DIP, SiO₂) 는 해양환경공정시험방법 (2005) 에 의한 수분석법을 이용하여 측정하였다.

조사해역의 해저지질에 대한 퇴적물 특성을 파악하기 위해 정점별로 표층 퇴적물 15 cm 깊이까지 채집하였다. 시료를 실험실로 옮긴 후 약 30 g을 500 ml 비이커에 담아 이온교환수로 염분을 제거한 다음 과산화수를 가하여 유기물과 탄산염을 제거한 후 110°C에서 24시간 동안 건조하였다. 건조 퇴적물 시료는 63 μm 습식체를 이용하였고, 63 μm 이상 및 그 이하의 크기로 분리하였다. 63 μm 이상인 입자는 표준체를 이용하였으며 분리한 입자들은 입도별 중량백분율을 구하여 건조량비 (%) 로 표시하였다 (Lim, 1993).

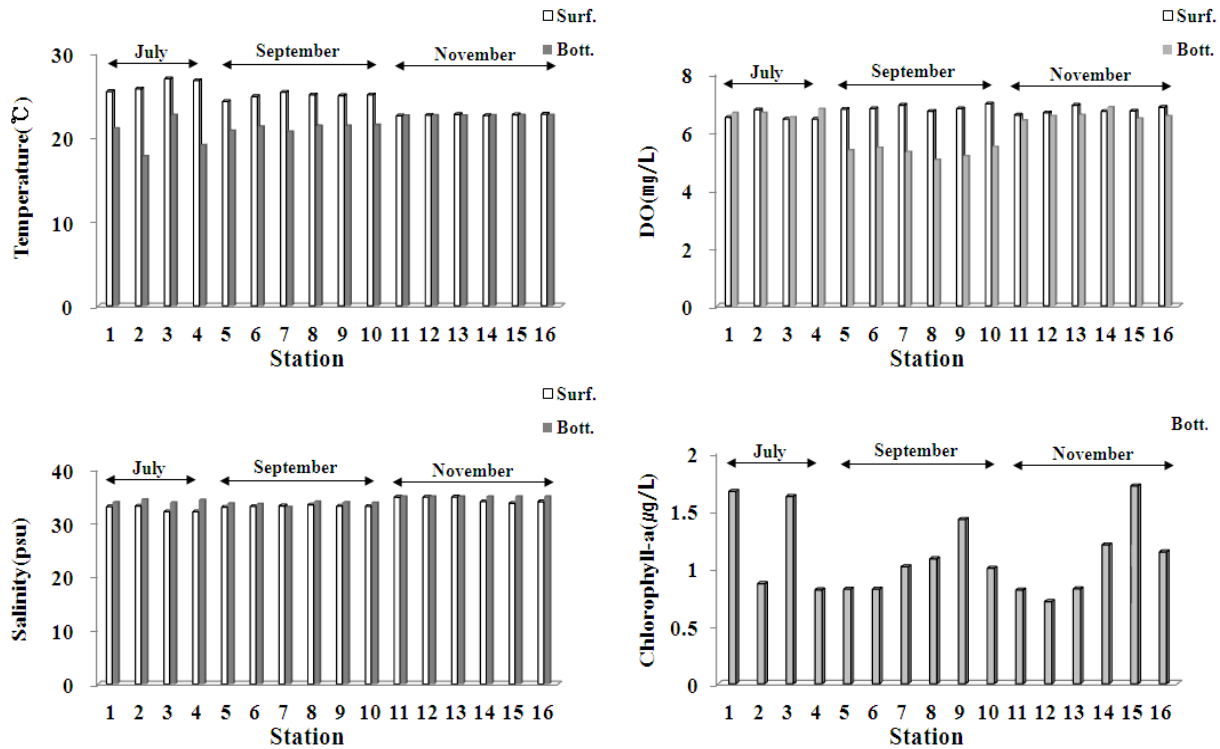


Fig. 2. Monthly variations of Temperature, Salinity, DO and Chlorophyll-a at sampling stations in the southern coastal water of Jeju Island.

2. 저서 무척추동물 채집조사

사질대 저서 무척추동물 채집은 잠수조사 (SCUBA) 를 통해 최대 한계수심 30 m 까지 3인 1조로 구성되어 실시하였다. 각 조사정점 저층에 10 × 10m² 크기의 수중 방형구를 설치하여 방형구내 서식하는 모든 저서동물을 채집하기 위해 끝삽과 채집도구를 이용하여 30 cm 깊이까지 저질을 파헤치면서 세밀하게 채집하여 채집망에 옮긴 후, 선상에서 10% 중성해수 포르말린 용액으로 고정하여 실험실로 운반하였다. 운반된 시료는 최소 24시간의 고정 (fixation) 과정 및 세척과정을 거친 후 확대경과 현미경을 이용하여 각 정점의 동물분류군별로 생체조사 (0.1mm, 0.1g) 및 동정 분류를 실시하였다.

연체동물의 분류는 Choe (1992), Habe (1977) 을 참고하였고, 절지동물 중 십각류는 Kim (1985), Miyake (1983a), Sakai (1976), Farfante and Kensley (1997) 및 기타 동물들은 한국동물분류학회 (1997) 를 근거로 분류하였다.

채집된 시료에 대한 군집분석은 McNaughton (1967) 의 군집우점도 (Dominance index) 를 이용하여 각 조사 정점별로 출현하는 전체 총 개체수를 기록하여 우점도를 산출하였으며 조사지점에 따른 종 다양성 분석은 Shannon and Weaver (1949) 의 종 다양도 지수 (Species diversity index, H'), Pielou (1969) 의 균등도 (E') 와 Margalef

(1958) 의 종 풍부도 (R) 를 사용하였다.

3. 해저지형조사

조사해역의 저질상태를 파악하기 위한 해저지형조사는 2011년 10월 17일-21일 기간에 대포리 연안 구역도를 기초로 양방향음파탐지기 (Side Scan Sonar) 를 사용하여 조사를 실시하였다. 양방향음파탐지기 운영에 있어 펄스폭 50 µsec, 발신주파수 455 kHz, 좌우주사폭 150 m, 예인속도 3-5 knot 로 설정하여 약 247.63 ha 의 조사면적 내에서 사질대 및 암반 면적을 산출하였다.

결 과

1. 해양환경 특성

조사정점 Sat. 1-Sat. 16 해역에서 2011년 7월부터 11월까지 측정된 표-저층의 수온, 염분, 용존산소 및 클로로필 분포결과를 Fig. 2, 조사정점별 저층해수의 환경인자 및 생화학적 요인에 대한 각각의 항목들을 평균한 값을 Table. 1에 나타냈다.

수온분포의 월별변화에 있어 7월에 Sta. 1-4의 표-저층의 수온범위는 각각 25.0-27.0°C (평균 23.0°C), 17.8-22.7°C (평균 20.2°C) 로 관측되었고, 정점별 표-저층간 수온차가 크게 나타났으며 7월 조사해역의 평균수온은 23.2°C로 나타났

Table 1. Monthly variations of physical and chemical values at sampling stations in the southern coastal water of Jeju Island

Month	Station	DIN	DIP	SiO ₂	SPM
		(mg/L)			
July	St.1	0.040	0.004	0.374	2.7
	St.2	0.103	0.001	0.491	4.4
	St.3	0.046	0.006	0.410	4.0
	St.4	0.056	0.014	0.466	2.3
September	St.5	0.206	0.002	0.665	2.0
	St.6	0.151	0.005	0.590	0.4
	St.7	0.193	0.002	0.682	3.8
	St.8	0.201	0.001	0.658	4.6
	St.9	0.205	0.002	0.652	4.4
	St.10	0.196	0.003	0.668	3.0
November	St.11	0.054	0.014	0.262	4.0
	St.12	0.050	0.010	0.250	4.3
	St.13	0.052	0.016	0.234	5.1
	St.14	0.029	0.008	0.276	1.4
	St.15	0.078	0.027	0.323	14.0
	St.16	0.043	0.014	0.299	8.0

다. 9월 Sta. 5-10의 표·저층의 수온범위는 각각 24.3-25.4℃ (평균 25.0℃), 20.7-21.5℃ (평균 21.2℃) 였고, 정점별 표·저층간 수온차는 7월에 비해 다소 균질한 분포를 보였으며 9월 조사해역의 평균수온은 23.1℃로 나타났다. 11월 Sta. 11-16의 표·저층의 수온범위는 각각 22.6-22.8℃ (평균 22.7℃), 22.63-22.69℃ (평균 22.6℃) 였고, 정점별 표·저층간 수온차는 나타나지 않았으며, 균질한 분포를 보였다. 11월 조사해역의 평균수온은 22.7℃로 7월과 9월에 비해 비교적 안정된 해황상태를 나타냈다.

염분의 경우 7월 Sta. 1-4의 표·저층의 염분범위는 각각 31.2-33.2 psu (평균 33.7 psu), 33.9-34.4℃ (평균 34.1 psu) 로 관측되었고, 정점별 표·저층간 염분차는 표층에 비해 저층에서 고염분 상태를 나타냈으며 7월 조사해역의 평균염분은 33.4 psu로 나타났다. 9월에 Sta. 5-10의 표·저층의 염분범위는 각각 33.0-33.5 psu (평균 33.2 psu), 33.0-34.0℃ (평균 33.7 psu) 로 7월에 비해 평균염분이 약간 낮게 관측되었고, 정점별 표·저층간 염분차는 7월과 같은 양상으로 저층에서 약간 높게 나타났으며 9월 조사해역의 평균염분은 33.4 psu로 나타났다. 11월에 Sta. 11-16의 표·저층의 염분범위는 각각 33.7-34.9 psu (평균 34.4 psu), 34.96-34.99℃ (평균 34.9 psu) 로 조사기간 중 염분농도가 가장 높게 관측되었고, 정점별 표·저층간 염분차는 7월, 9월의 양상과 같이 저층염분이 높게 나타났지만, 전반적으로 고염분 상태가 (평균 34.7 psu) 유지된 것으로 나타났다.

용존산소의 경우 7월에 Sta. 1-4의 표·저층의 범위는 각각 6.44-6.76 mg/L (평균 6.54 mg/L), 6.50-6.79 mg/L (평균 6.65 mg/L) 로 관측되었고, 정점별로는 저층에서 용존산소 농도 값이 높게 나타났으며 7월 조사해역의 평균 용존산소농도는 6.59 mg/L로 나타났다. 9월 Sta. 5-10의 표·저층의 범위는 각각 6.71-6.97 mg/L (평균 6.83 mg/L), 5.03-5.48 mg/L (평균 5.30 mg/L) 로 7월의 양상과 달리 저층에 비해 표층에서 용존산소 농도 값이 상대적으로 높게 나타났으며 9월 조사해역의 평균 용존산소농도는 6.07 mg/L로 조사기간 중 가장 낮은 값을 나타냈다. 11월 Sta. 10-16의 표·저층의 범위는 각각 6.58-6.92 mg/L (평균 6.74 mg/L), 6.39-6.85 mg/L (평균 6.56 mg/L) 로 표층의 농도가 약간 높지만 비교적 유사한 값을 나타냈으며 11월 조사해역의 평균 용존산소농도는 6.65 mg/L로 조사기간 중 가장 높게 나타났다.

각 조사정점 저층에 대한 식물플랑크톤 chlorophyll-a 분포의 경우 7월에 Sta. 1-4의 범위는 0.81-1.66 µg/L 로 관측되었고, 정점별로는 Sta. 1과 3에서 비교적 높은 값을 나타냈으며 7월 조사해역의 평균값은 1.24 µg/L 로 조사기간 중 가장 높은 값을 나타냈다. 9월의 경우 Sta. 5-10의 범위는 0.82-1.42 µg/L 로 관측되었고, Sta. 9 (1.42 µg/L) 의 최고값을 제외한 나머지 정점에서는 0.82-1.08 µg/L 로 비교적 낮은 값을 나타냈고 9월 조사해역의 평균값은 1.02 µg/L 이었다. 11월의 경우 Sta. 11-16의 범위는 0.71-1.71 µg/L 로 관측되었고, 9월과 같은 양상으로 정점별로 농도의 차가 다르

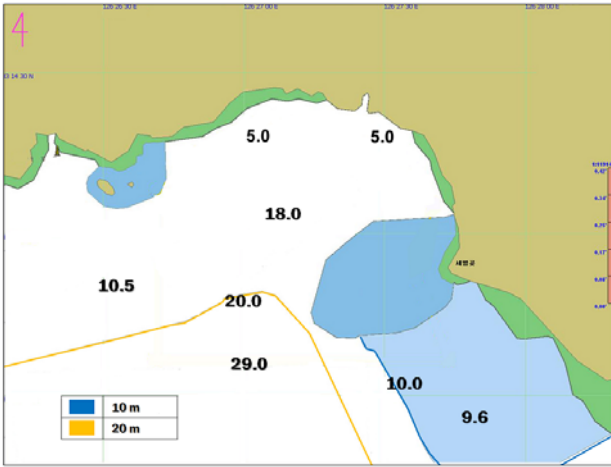


Fig. 3. Bathymetric map in the southern coastal water of Jeju Island.

게 나타나는 경향을 보였으며 11월 조사해역의 평균값은 1.07 $\mu\text{g/L}$ 로 나타났다.

부유물질 (SPM) 의 경우 0.40-14.00 mg/L 범위로 7월에 평균 3.34 mg/L, 9월 3.03 mg/L, 11월 6.13 mg/L로 11월에 농도가 높게 나타났고, 정점별로는 조사해역 북동쪽인 Sta. 15 에서 조사기간 중 최대값인 14.00 mg/L 로 나타났다.

영양염류 결과로써 조사기간 동안 용존무기질소 (DIN) 농도는 0.029-0.206 mg/L 범위로 7월에 평균 0.061 mg/L, 9월 0.192 mg/L, 11월 0.051 mg/L로 9월에 농도가 높게 나타났다. 정점별로는 조사해역 남쪽인 Sta. 5 및 Sta. 9 에서 각각 0.206 mg/L, 0.205 mg/L 로 높은 농도를 나타냈다. 용존무기인 (DIP) 의 농도는 0.001-0.027 mg/L 범위로 7월에 평균 0.006 mg/L, 9월 0.002 mg/L, 11월 0.015 mg/L 로 용존무기질소의 계절별 양상과 달리 11월에 농도가 높게 나타났으며, 정점별로는 조사해역 동쪽과 북동쪽 Sta. 13 및 Sta. 15에서 각각 0.016 mg/L, 0.027 mg/L 으로 높게 나타났다. 규산 규소 (SiO_2) 의 경우 0.024-0.682 mg/L 범위로 7월에 평균 0.435 mg/L, 9월 0.653 mg/L, 11월 0.274 mg/L 로 DIN 변동과 유사하게 9월에 높은 농도값을 나타냈으며, 정점별로는 남쪽해역인 Sta. 5, 7, 10 에서 각각 0.665 mg/L, 0.682 mg/L, 0.668 mg/L 로 높았고, 조사기간 동안에도 가장 높은 값을 나타냈다.

2. 해저지형 특성

조사해역의 해저지형을 파악하기 위한 수심도 및 퇴적물 분포도를 Fig. 3, 4에 나타냈다. 조사해역의 동쪽과 서쪽 양끝방향으로 약 3-5 m 로 수심이 낮고 경사가 완만한 굴곡진 암반이 넓게 분포하고 있으며 중심해역은 약 10-30 m 의 수심으로는 대부분 사질대 지형으로 조사되었다. 조사해역의 면적은

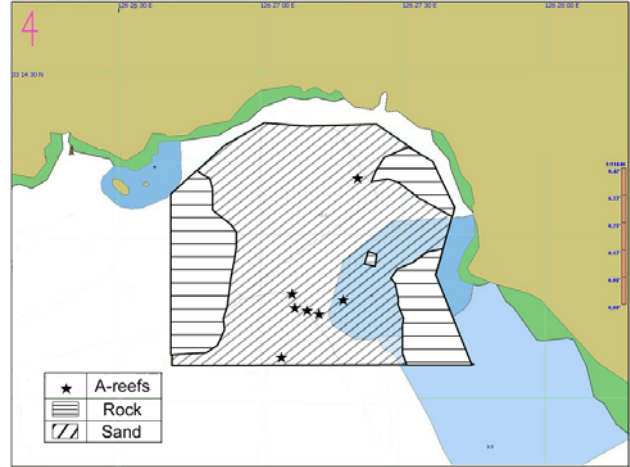


Fig. 4. Distribution of surface sediment in the southern coastal water of Jeju Island.

총 247.6 ha 중 암반 80.6 ha, 사질 167.1 ha 로 표층퇴적물 유형은 사질 (S) 및 암반 (R) 으로 구성되었으며, 사질대 면적은 조사해역의 67.5% 로 확인되었다.

3. 퇴적물 입도특성

조사해역의 표층 퇴적물 입도분석 결과를 Table. 2 및 Fig. 5 에 나타냈다. 조사해역의 16개 정점에서 채집된 퇴적물 시료를 분석한 결과 대부분 정점에서 조립질 내지 미립질의 모래인 연성저질로 구성되어 있었고, 입도조성은 조립질 (1 ϕ) 및 중립질 (2 ϕ) 의 모래로 대부분을 차지하였다. 입도조성 비율을 계절별로 살펴보면, 7월의 경우 조립사 50.5%, 중립사 41.2%, 세립사 7.9%, 미립사 0.3% 의 순으로 조립질 모래의 구성비율이 높게 나타났다. 9월의 경우는 조립사 71.1%, 중립사 25.1%, 세립사 3.6%, 미립사 0.1% 의 순으로 7월 입도조성과 같은 양상으로 조립사의 비율은 높은 반면, 중립사 및 세

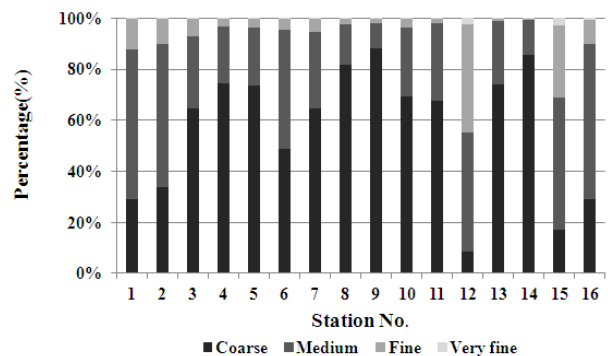


Fig. 5. The percentage composition of coarse, medium, fine and very fine on surface sediments in the southern coastal water of Jeju Island.

Table. 2. Monthly variations composition of surface sediments in the southern coastal water of Jeju Island

Month	Station	SAND (%)			
		Coarse (1Ø)	Medium (2Ø)	Fine (3Ø)	Very fine (4Ø)
July	1	28.9	58.8	11.9	0.4
	2	33.9	56.1	9.6	0.4
	3	64.6	28.1	7.0	0.3
	4	74.7	21.9	3.3	0.2
	Average	50.5	41.2	7.9	0.3
September	5	73.8	22.3	3.8	0.1
	6	48.9	46.3	4.7	0.1
	7	64.8	29.6	5.3	0.3
	8	81.7	15.7	2.4	0.1
	9	88.1	9.8	1.9	0.2
	10	69.4	26.8	3.7	0.1
Average	71.1	25.1	3.6	0.1	
November	11	67.4	30.8	1.5	0.3
	12	8.7	46.6	42.3	2.3
	13	74.2	24.6	0.9	0.3
	14	85.5	13.8	0.5	0.2
	15	17.3	51.4	28.6	2.7
	16	29.1	60.7	9.4	0.8
Average	47.0	37.9	13.9	1.1	

립사의 구성비율이 다소 감소한 것으로 나타났다. 11월의 경우는 조립사 47.0%, 중립사 37.9%, 세립사 13.9%, 미립사 1.1%의 순으로 조립사 구성비가 감소한 반면, 중립사, 세립사 및 미립사의 구성비율이 다소 증가한 것으로 나타났다.

4. 출현동물 종조성

제주남부 조사해역에서 채집된 저서무척추동물은 총 3문 6강 12목 24과 37종이 출현하였다 (Fig. 6). 연체동물 (Mollusca) 이 3강 8목 18과 29종으로 전체 출현 동물들 중 78.4%로 가장 높은 비율을 차지하였으며 이중 이매패류가 17종 (45.9%), 복족류 12종 (32.4%)로 이매패류의 점유율이

높게 나타났다. 다음으로 극피동물 (Echinodermata) 이 2강 3목 5과 5종으로 13.5%의 순이었고, 절지동물 (Arthropoda) 은 1강 1목 1과 3종으로 8.1%의 점유율을 나타냈다.

개체밀도의 경우 총 550 개체/m²로 연체동물이 91.1% (501 개체/m²)를 차지하여 이중 이매패류가 87.5% (481 개체/m²)로 다른 출현동물에 비해 점유율이 가장 높게 나타났고, 다음으로 극피동물 8.2% (45 개체/m²), 절지동물 0.7% (4 개체/m²)의 순으로 나타났다. 연체동물 중 점유율에서 우위를 차지한 이매패류 중 단위면적당 단일종으로서 개체밀도가 가장 높게 출현한 종은 소쿠리조개 (*Vasticardium burchardi*)였으며, 개체밀도와 점유율은 각각 232 개체/m²,

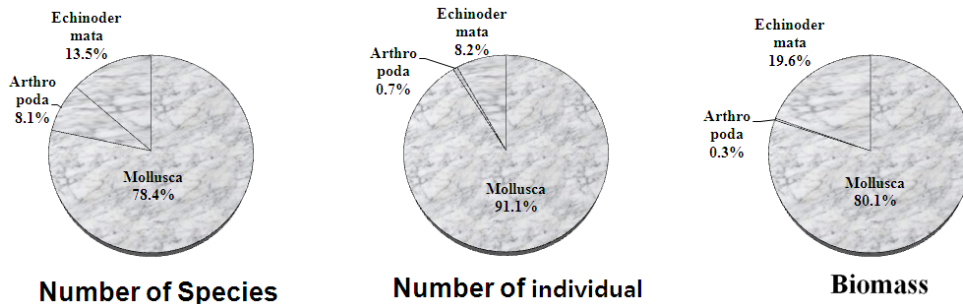


Fig. 6. Species composition, numbers and biomass of the macrobenthos in the southern coastal water of Jeju Island.

Table. 3. Number of species, number of density and biomass of macrobenthic community in the southern coastal water of Jeju Island

	Month			Total
	July	September	November	
No. of Species	26	23	22	37 (100.0)
Mollusca	22	19	16	29 (78.3)
Arthropoda	-	1	2	3 (8.2)
Echinodermata	4	3	4	5 (13.5)
Density (ind./100m ²)	211	208	131	550 (100.0)
Mollusca	191	194	116	501 (91.1)
Arthropoda	-	1	3	4 (0.7)
Echinodermata	20	13	12	45 (8.2)
Biomass (gwt/100m ²)	6,047.9	10,889.2	4,238.3	20,951.8 (100.1)
Mollusca	4,716.5	9,433.0	2,673.2	16,772.0 (80.1)
Arthropoda	-	6.6	59.9	66.5 (0.3)
Echinodermata	1,311.4	1,449.6	1,504.6	4,113.3 (19.6)

42.2% 로 나타났다.

조사해역에서 채집된 저서무척추동물의 생체량은 총 20,951.8 gwt/m²로 연체동물이 80.1% (16,772.0 gwt/m²) 로 가장 높게 나타났다. 다음으로 극피동물이 19.6% (4,109.3 gwt/m²), 절지동물 0.3% (66.5 gwt/m²) 의 순으로 나타났다. 단위면적당 점유율이 가장 높게 나타난 연체동물의 경우 이매패류 79.5% (16,647.6 gwt/m²) 로 나타났으나, 이중 사질대 연안에서 채집된 생체량 최고 우점종으로는 개체수 우점종과 같이 소쿠리조개 (12,898.2 gwt/m², 61.6%) 로 나타났다.

5. 월별 출현양상

조사해역에서 채집된 저서무척추동물의 분류군별, 월별 출현양상에 대한 결과를 Table. 3 에 나타냈다.

출현종수에 대한 월별 변화의 경우 7월에 26종, 9월 23종, 11월 22종으로 월별 출현양상은 7월에 가장 높고, 점차 감소하는 것으로 나타났으며, 분류군 중 가장 많은 출현종을 보인 연체동물의 경우도 7월에 22종이 출현하였지만, 9월에 19종, 11월에 16종으로 점차 감소한 것으로 나타났다. 절지동물의 경우 7월에는 출현하지 않았지만, 9월에 1종, 11월에 2종이 출현하였고, 극피동물은 7월에 4종, 9월에 3종으로 감소하다 11월에 다시 4종으로 출현하였다.

개체밀도의 경우도 출현종수와 같은 양상으로 7월에 211 개체/m², 9월에 208 개체/m², 11월에 131 개체/m²로 7월에 비해 11월 개체밀도가 약 40%이하로 감소하였다. 개체밀도가 가장 높게 나타난 연체동물의 경우 7월에 191 개체/m², 9월

에 194 개체/m² 로 9월에 다소 높게 나타났지만, 증가폭은 크지 않았고, 11월에 116 개체/m² 로 다시 감소하였다.

생체량 변동의 경우 9월에 10,889.2 gwt/m², 7월에 6,047.9 gwt/m², 11월에 4,238.3 gwt/m²로 출현종수 및 개체밀도와 반대양상으로 7월에 비해 9월에 높은 양상을 보였다. 이러한 결과와 유사하게 연체동물 생체량의 경우도 9월에 9,433.0 gwt/m²로 높게 나타났지만, 7월에 4,716.5 gwt/m², 11월에 2,673.2 gwt/m²로 점차 감소한 것으로 나타났다. 그러나, 절지동물 및 극피동물은 이와 반대양상으로 7월과 9월에 비해 11월에 생체량이 높게 나타나는 경향을 보였다.

6. 수심별 출현양상

조사기간 동안 각 정점 및 월별로 출현한 저서무척추동물의 수심별 출현양상 결과를 Fig. 7에 나타냈다.

수심별 출현 종조성의 경우 22-23 m에서 27종 (320개체/m², 4,809.9g), 24-27 m 25종 (255개체/m², 9,073.0g), 29-30 m 12종 (105개체/m², 7,044.9g) 으로 출현종수 및 개체수는 수심이 대체로 낮은 23 m 층에서 종 다양성이 높은 경향을 보였고, 수심이 깊은 30 m 층에서는 이보다 낮게 나타났다. 그러나, 생체량의 경우는 수심이 낮은 23 m 층 보다 깊은 수심대인 27-30 m층에서 높게 나타나는 경향을 보였다.

동물분류군별 출현양상은 대부분 수심대에서 다른 동물에 비해 이매패류의 출현이 매우 높게 나타났다. 출현종수의 경우 23 m 및 27 m 미만 층에서 각각 14종이 출현하였고, 29 m 이상 수심에서도 8종이 출현하였다. 다음으로는 복족류와 성

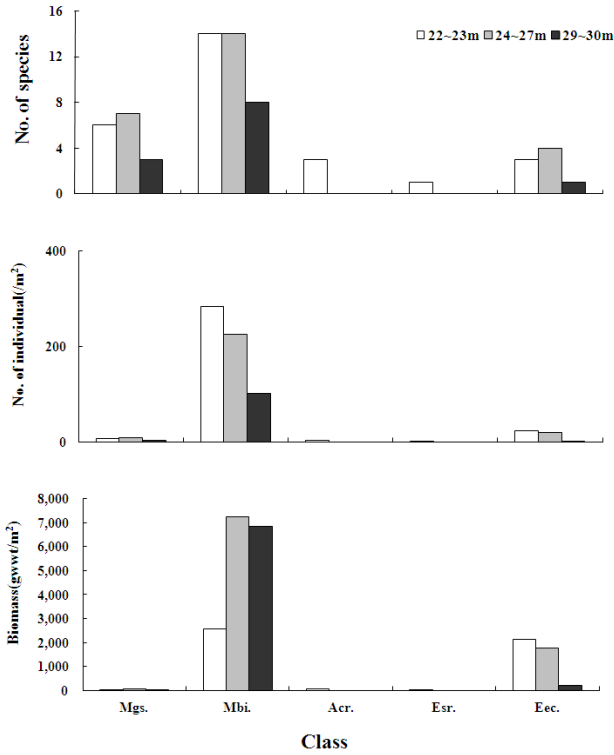


Fig. 7. Species composition, numbers and biomass of macrobenthic invertebrates at different depths of water in the southern coastal water of Jeju Island.

게류도 이매패류의 출현종수 보다는 작지만 조사해역 전체 수심층에서 7종 미만으로 출현하였고, 갑각류와 불가사리류는 23 m 미만의 비교적 낮은 수심층에서만 출현한 것으로 나타났다. 개체밀도와 생체량의 경우도 이매패류의 출현량이 월등히 높게 나타났으며, 이매패류 개체밀도가 가장 높게 나타난 수심층은 22-23 m층 이었고, 수심이 깊을수록 개체밀도가 감소하는 경향을 나타냈다. 그러나, 생체량의 경우 23m 미만의 낮은 수심층 보다 27 m 이상의 깊은 수심층에서 높은 생체량

을 보였으며, 성게류는 이와 반대양상으로 낮은 수심층에서 생체량이 높게 나타났다.

7. 군집 우점종

조사기간 동안 채집된 저서무척추동물의 개체밀도에 따른 점유율 중 상위 5% 이상을 차지하는 동물들에 대한 수심별 우점종 결과를 Fig. 8 및 월별 군집 우점도 분포유형에 대한 결과를 Table. 4에 나타냈다.

23 m 미만 수심에서는 흰바탕무늬조개가 전체의 60.3% (193개체/m²) 로 가장 우점 하였고, 다음으로는 소쿠리조개 7.8%, 흰점분홍무늬조개 6.9%, 갈색점줄떡조개 6.6% 및 구멍연잎성게 5.0% 순으로 나타났다. 27 m 미만 수심에서 최상위 우점종은 소쿠리조개로 48.2% (123개체/m²) 의 점유율을 차지하였고, 흰점분홍무늬조개 8.2%, 갈색점줄떡조개 7.1% 및 밧고랑행달조개 6.3%를 차지하였다. 30m 미만 수심에서는 소쿠리조개가 80.0% (84개체/m²) 로 최상위 점유율을 차지하였고, 다음은 흰점분홍무늬조개가 4.8% 순으로 나타났다 (Fig. 8).

월별 군집 우점도의 경우 7월에 출현한 군집 제1우점종은 소쿠리조개 (*Vasticardium burchardi*), 제2우점종은 흰바탕무늬조개 (*Oblimopa japonica*), 제3우점종은 흰점분홍무늬조개 (*Mactar achatina*), 제4우점종은 구멍연잎성게 (*Astriclypeus manni*), 제5우점종은 갈색점줄떡조개 (*Bornatemis histrioiwakawai*) 의 순으로 군집우점도 (CDI) 지수는 5.2-32.2 범위로 최상위 우점종은 소쿠리조개로 나타났다. 9월에 출현한 군집 제1우점종은 소쿠리조개 (*Vasticardium burchardi*), 제2우점종 흰점분홍무늬조개 (*Mactar achatina*), 제3우점종 갈색점줄떡조개 (*Bornatemis histrioiwakawai*) 의 순으로 군집우점도 (CDI) 지수는 6.3-64.4 범위로 소쿠리조개가 최상위 우점종 이었다. 11월에 출현한 군집 제1우점종은 소쿠리조개 (*Vasticardium burchardi*), 제2우점종 흰점분홍무늬조개 (*Mactar achatina*), 제3우점종 갈색점줄떡조개 (*Bornatemis histrioiwakawai*), 제4우점종 흰바탕무늬

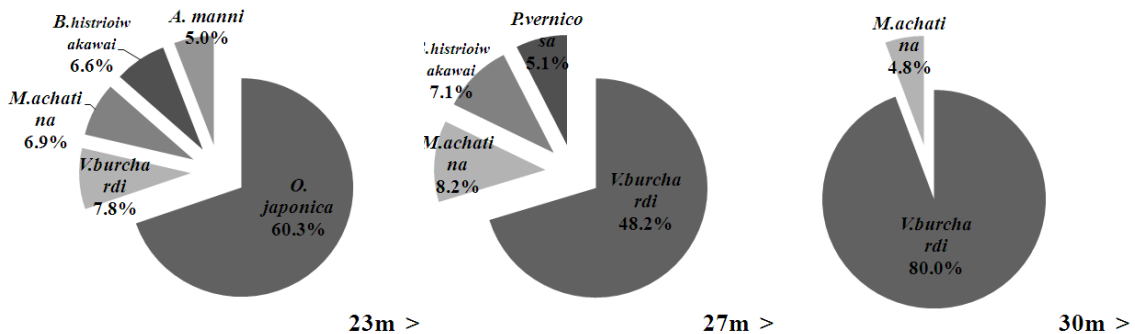


Fig. 8. Dominant species at different depth of waters in the sampling stations.

Table. 4. Dominant species and community dominance index (CDI) of sampling stations

Sampling Month	Community 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
July	<i>Vasticardium burchardi</i>	32.2	<i>Oblimopa japonica</i>	24.2	<i>Mactar achatina</i>	5.7	<i>Astriclypeus manni</i>	5.2	<i>Bornatemis histrioiwakawai</i>	5.2
September	<i>Vasticardium burchardi</i>	64.4	<i>Mactar achatina</i>	8.7	<i>Bornatemis histrioiwakawai</i>	6.3				
November	<i>Vasticardium burchardi</i>	22.9	<i>Mactar achatina</i>	13.7	<i>Bornatemis histrioiwakawai</i>	11.5	<i>Oblimopa japonica</i>	8.4	<i>Pecten sinensis puncticulatus</i>	7.6

조개 (*Oblimopa japonica*), 제5우점종은 붉은무늬가리비 (*Pecten sinensis puncticulatus*) 의 순으로 군집우점도 (CDI) 지수는 7.6-22.9 범위로 7월 및 11월과 같은 양상으로 소쿠리조개가 최상위 우점종으로 나타났다.

8. 해양환경요인과의 상관관계

조사해역에서 서식하는 저서무척추동물의 군집에 영향을 미치는 해양환경요인과 이들 사이의 상호관계를 파악하기 위해 정점별로 개체밀도 우위를 차지하는 우점종에 대해 생태학적 지수, 개체수 및 해양환경 요인들과의 상관관계 분석 결과를 Table. 5, 퇴적물 입도와와의 상관관계를 Table 6에 나타냈다.

해양환경 요인에서 수온은 규산규소에 양의 상관관계 ($r = 0.60, p < 0.05$) 를 보였으며, 용존산소는 용존무기질소에 양의 상관관계 ($r = 0.53, p < 0.05$) 를 나타내었다. 조사해역에서 관측된 영양염류 (DIN, DIP, SiO₂) 는 저서생물 생태학적 지수에 대해 전반적으로 음의 상관관계를 나타냈었다. 우점종과 해양환경 요인에 있어 클로로필 a 는 흰바탕무늬조개에 양의 상관관계 ($r = 0.51, p < 0.05$) 를 보였고, 용존무기질소 및 규산규소는 소쿠리조개에 각각 ($r = 0.50, p < 0.05$; $r = 0.56, p < 0.05$) 양의 상관관계 나타내었다.

퇴적물 입도와와의 관계에 있어 고운모래 (Fine) 및 매우고운 모래 (Very fine) 는 흰바탕무늬조개에 각각 ($r = 0.67, p < 0.01$; $r = 0.86, p < 0.01$) 으로 비교적 높은 양의 상관관계 보였고, 모래 (Medium) 는 구멍연일성계에 대해 양의 상관관계 ($r = 0.60, p < 0.05$) 를 나타내었다. 그 이외의 소쿠리조개, 흰점분홍무늬조개 및 갈색점줄떡조개는 퇴적물 입도에 대해 어떠한 상관관계도 인지되지 않는 것으로 나타났다.

9. 군집 다양성 지수

조사해역에서 군집내 종다양도 (H'), 균등도 (E'), 풍부도 (R) 지수의 월별 변화에 대한 결과를 Table. 7에 나타냈다.

종다양도 지수 (H') 는 1.56-2.50범위로 11월에 2.50 으로 가장 높은 값을 나타냈고, 다음으로는 7월에 2.28, 9월에 1.56 으로 종다양도가 가장 낮은 계절은 9월로 나타났다.

군집내 종구성의 동일한 정도를 나타내는 균등도 (E') 의 경우 0.49-0.80 범위로 11월에 0.80으로 가장 높았고, 7월에 0.70 으로 비교적 유사하였으나, 9월에 0.49 로 가장 낮게 나타났다.

풍부도 (R) 의 경우 4.12-4.67 로 유사한 수준이나, 7월에 4.67 로 가장 높았고, 11월에 4.30, 9월에 4.12로 종다양도 및 균등도 유형과 같은 양상으로 9월에 가장 낮게 나타났다.

10. 우점종의 생태학적 특성

조사해역에서 채집된 저서무척추동물 중 개체수에 따른 최상위 우점종은 소쿠리조개로 나타났으며, 이 종에 대한 생물학적 특성을 파악하기 위해 실시한 월별 각장조성 및 각장-체중관계를 Fig. 9, 10 및 소쿠리조개의 수심에 따른 크기별 분포유형을 파악하기 위한 각장 분포조성을 Fig. 11 에 나타냈다.

소쿠리조개의 월별 각장범위 (평균각장) 는 7월, 9월, 11월에 각각 2.7-8.1 cm (6.4 cm), 3.7-7.4 cm (6.1 cm), 1.3-3.9 cm (2.5 cm) 로 하계에서 추계로 갈수록 평균 각장이 점차 감소한 것으로 나타났으며, 각장조성에서 나타난 모드는 7월과 9월에 각각 2개로 4.5 cm 및 7.0 cm 에 있었고, 11월의 경우는 2.5 cm와 4.0 cm에서 나타났다. 또한 각장 (SL) 과 전중량 (TW) 과의 관계식을 월별로 추정된 결과 7월에 $TW = 0.4133 SL^{2.7799}$ ($R^2 = 0.9502$), 9월 $TW = 0.7029 SL^{2.5461}$ ($R^2 = 0.9231$), 11월 $TW = 6.1925 SL^{1.8}$ ($R^2 = 0.7982$) 로 추정되었다.

Table 5. Pearson's correlation coefficient between biological parameters and environmental factors in the southern coastal water of Jeju Island. (: p < 0.05, **: p < 0.01, -: not significant)

	Tem.	Sal.	DO	Chl a	SPM	DIN	DIP	SiO ₂	IL	H'	E'	R	T N	V. b	O. j	M. a	B. h	A. m	
Tem.																			
Sal.	-0.90**																		
DO	-	-																	
Chl a	-	-	-																
SPM	-	-	-	-															
DIN	-	-	0.53*	-	-														
DIP	-0.55*	-	-	-	0.69**	-0.60*													
SiO ₂	0.60*	-0.61*	-	-	-	0.93**	-0.70**												
IL	-	-	-	-	-	-	-	-											
D'	-	-	-	-	-	-0.71**	-	-0.67**	-										
E'	-	-	-	-	-	-0.63**	-	-0.65**	-	0.90**									
R	-	-	-	-	-	-0.51*	-	-	-	0.82**	0.55*								
TN	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.60*	-	0.93**							
V.b	-	-	-	-	-	0.50*	-	0.56*	-	-	-	-	-	-					
O.j	-	-	-	0.51*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
M.a	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
B.h	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
A.m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

※ Tem.: Temperature, Sal.: Salinity, DO: Dissolved oxygen, Chl a: Chlorophyll a, SPM: Suspended particulate matter, DIN: Dissolved total nitrogen, DIP: Dissolved total phosphorus, IL: Ignition loss, TN: Total species number, V.b: *Vasticardium burchardi*, O.j: *Oblimopa japonica*, M.a: *Mactar achatina*, B.h: *Bornatemis histrioiwakawai*, A.m: *Astricypeus manni*.

Table 6. Pearson's correlation coefficient between biological parameters and surface sediments factors in the southern coastal water of Jeju Island. (: p < 0.05, **: p < 0.01, -: not significant)

	Coarse	Medium.	Fine	Very fine	V.b	O.j	M.a	B.h	A.m
Coarse									
Medium	-0.52*								
Fine	-0.61*	0.58*							
Very fine	-	0.56*	0.93**						
V.b	-	-	-	-					
O.j	-	-	0.67**	0.86**	-				
M.a	-	-	-	-	-	-			
B.h	-	-	-	-	-	-	-		
A.m	-	0.60*	-	-	-	-	-	-	

※ V.b: *Vasticardium burchardi*, O.j: *Oblimopa japonica*, M.a: *Mactar achatina*, B.h: *Bornatemis histrioiwakawai*, A.m: *Astricypeus manni*.

Table 7. The diversity (H'), evenness (E'), and richness (R) of the macrobenthos collected from the sublittoral zone in sampling stations

Sampling Month	Community species diversity index		
	Diversity index (H')	Evenness index (E')	Richness index (R)
July	2.28	0.70	4.67
September	1.56	0.49	4.12
November	2.50	0.80	4.30

소쿠리조개의 각장조성에 대한 수심별 분포의 경우 23 m 미만 수심층에서 개체수는 25 개체였고, 각장범위 (평균각장) 는 3.7-6.9 cm (5.9 cm) 로 각장조성에서 나타난 모드는 6.0-6.5 cm 범위로 1개의 연급군으로 분포하는 것으로 추정

되었다. 27 m 미만 수심층에서 개체수는 44 개체였고, 각장범위 (평균각장) 는 3.9-8.0 cm (6.0 cm) 로 각장조성에서 나타난 모드는 4.5 cm 와 7.0 cm 범위로 2개의 연급군으로 분포하는 것으로 추정되었다. 30 m 미만 수심층에서 개체수는

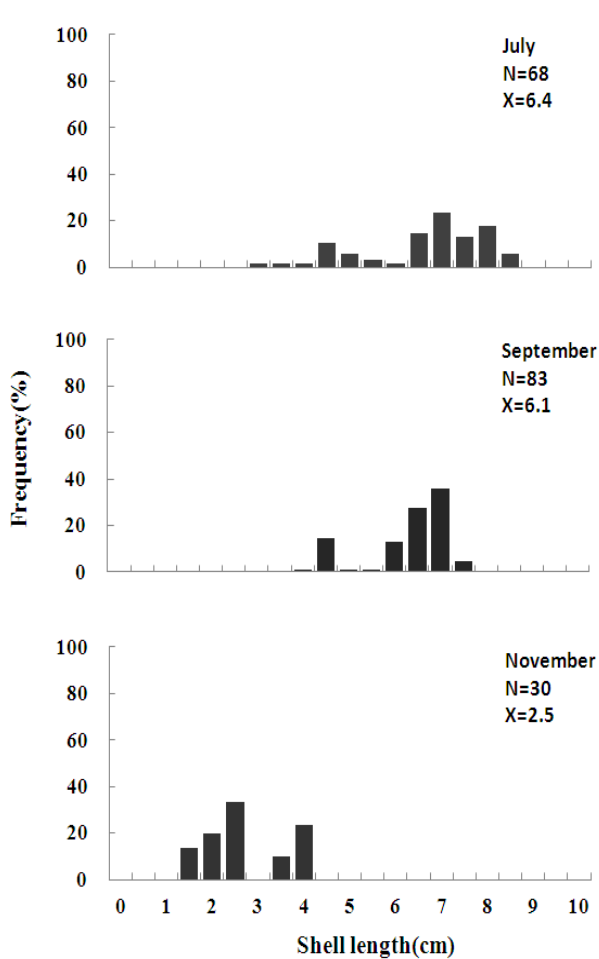


Fig. 9. Monthly variations of length frequency distribution of *Vasticardium burchardi* in the survey area.

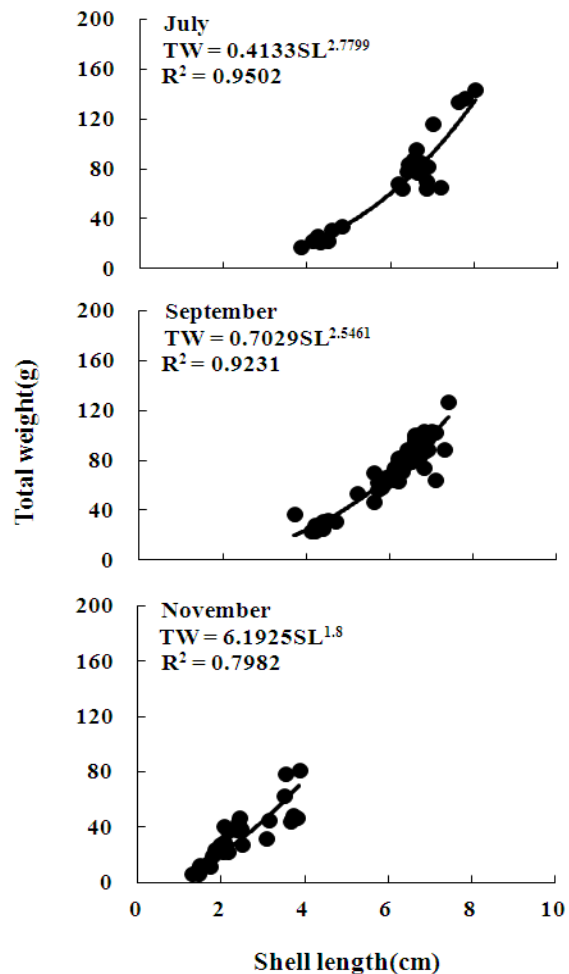


Fig. 10. Monthly variations of length-weight relationships of *Vasticardium burchardi* in the survey area.

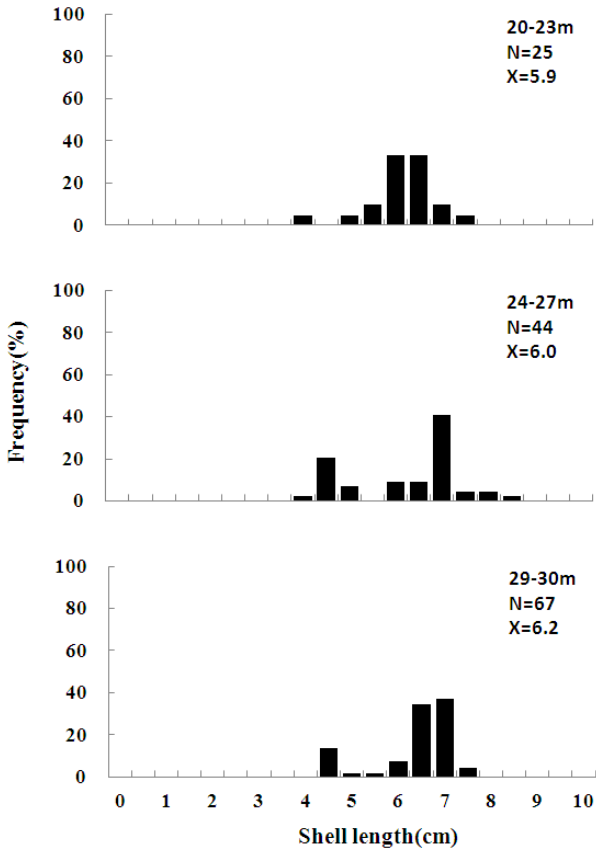


Fig. 11. Length frequency distribution of *Vasticardium burchardi* at different depth of waters in the sampling stations.

67 개체였고, 각장범위 (평균각장) 는 4.1-7.4 cm (6.2 cm) 로 각장조성에서 나타난 모드는 27 m 미만층과 같이 4.5 cm 와 7.0 cm 범위로 2개의 연급군으로 분포하는 것으로 추정되었다.

고찰

제주도 연안해역의 해양환경적 특성으로 연안 천해역은 수심이 비교적 낮아 파랑과 해저의 지형적 영향에 의해 연직혼합이 매우 활발히 이루어져 외해역에 비해 저온 저염한 양상을 나타내며 (Ko et al., 2003), 동중국해에서 북상하는 대마난류수의 영향을 받아 해수의 순환이 활발히 일어나게 되어 생물가입 및 종 다양성이 매우 높게 나타나게 된다 (Snelgrove and Butman, 1994). 이처럼 저서 무척추동물의 섭이 및 성장과 관련된 생태학적 특징은 해양환경의 변화에 따라 영향을 받기 (Bayne et al., 1985) 때문에 조사해역의 해양환경조사는 매우 중요하다 할 수 있다.

제주남부 대포리 연안 사질대에서 조사기간 동안 관측된 표저층간 월별 평균수온은 7월에 23.2°C, 9월 23.1°C, 11월에 22.7°C 로서 7월과 9월에 유사한 값으로 수온이 높게 나타난 반면, 11월에는 이보다 낮은 수온을 나타내 전형적인 계절적 변이를 나타냈다. 그러나, 저층수온의 경우 7월에 평균 20.2°C, 9월 21.2°C, 11월 22.6°C 로 최고 수온을 나타내는 하계 때 보다 11월의 수온이 가장 높게 관측되었다. 이러한 현상의 요인으로는 여름철 태양복사열에 의한 표층수온이 상승하면서 강한 수온약층이 형성되어 저층수온이 낮게 나타나지만, 여름철이 지나갈수록 수온약층은 점차 사라지고 표층과 저층간의 연직혼합이 왕성히 일어나 11월 저층수온이 높게 나타난 것으로 판단된다. 염분분포는 7월에 평균염분 33.4 psu, 9월에 33.4 psu, 11월에 34.7 psu 로 표·저층간 염분차에 있어 표층보다 저층에서 비교적 높게 나타났으며, 7월과 9월은 비교적 유사한 값을 보인 후, 11월에 염분농도가 점차 높게 나타나고 있었다. Ko et al. (2003) 에 의하면, 제주도 연안해역에서 고온·고염분수가 자주 출현하는 해역은 남부해역으로 이는 북상하는 대마난류수가 제주도 남쪽해역에 가장 먼저 유입되어 년중 고온·고염분수가 나타나는 지형적 특징을 보인다고 하였다. 이처럼, 본 조사기간 중 다른해역의 해양환경 특성은 조사되지 못하였으나, 기존 연구결과로 해석해 볼 때 제주남부해역은 년중 고온·고염분이 유지되어 저서생물의 생존에 적합한 환경을 제공하는 것으로 판단된다.

용존산소 (DO) 는 5.03-6.97 mg/L 범위로 표층과 저층과의 차이는 크게 나타나지 않았지만, 월별 평균값은 7월에 비해 9월 평균값이 감소하다 11월에 다시 높아지는 경향을 보였다. 이처럼 용존산소는 수온이 상승함에 따라 포화량 감소와 유기물 분해로 감소하다 수온이 낮아지는 11월에 다시 증가하는 양상을 보였으며, 제주도 남부해역에서 조사되었던 기존 연구 보고 결과 (Ko et al., 2008) 에 비해서는 용존산소 값이 다소 낮은 경향을 나타냈다.

Chlorophyll-a 의 월별 농도변화는 7월에 높은 값을 보인 후 9월과 11월에 점차 감소한 것으로 나타났고, 조사정점별로 농도의 차가 나타나 대체적으로 조사해역 남부인 외해역에서 높고 연안쪽에서 낮게 나타나는 경향을 보였다. 부유물질 (SPM) 의 경우는 11월 평균농도 값이 가장 높게 나타났고, 정점별로는 Chlorophyll-a 변화와 유사하게 연안쪽 정점에서 높은 값을 나타냈다. 특히, 조사해역 연안쪽에 위치한 Sta. 15 주변은 하천에서 내려오는 육수의 영향을 년중 받는 곳으로 부유물질 농도가 다른 정점에 비해 가장 높게 나타난 것으로 판단된다.

영양염류인 DIN, DIP 및 SiO₂ 의 월별 변화는 수온이 상승하는 7월과 9월에 비해 11월에 농도값이 높게 나타났다. 정점별로 용존무기질소 (DIN) 및 규산 규소 (SiO₂) 는 조사해

역 중앙 및 남쪽해역에서 비교적 높게 나타났으며, 용존무기인 (DIP)의 경우는 조사해역 동쪽과 북동쪽의 부유물질 농도가 높게 나타나는 해역에서 농도값이 높게 나타났다. 이처럼 부유물질 농도값이 높게 나타나는 해역에서 영양염류가 높게 나타나는 요인으로는 육상의 하천수 유입과 저층퇴적물의 용출에 의해 영양염 농도가 높아지는 기존 제주도 주변해역에서 조사된 연구결과와도 유사한 경향을 나타냈다 (Choi *et al.*, 1992).

조사해역의 해저지형 특성은 동쪽과 서쪽의 양측이 암석출부를 경계로 하여 만입된 형태를 이루고 있으며, 연안류에 의해 운반된 물질의 이동과 집적이 이루어져 만두해빈 (Bayhead beach)의 퇴적지형을 형성하고 있다 (Madsen and Grang, 1976). 이러한 지형적 특성으로 조사해역 사질대 면적은 전체 247.6ha 중 167.1ha (67.5%)로 조사되었으며, 사질대 퇴적물 입도조성은 대부분 조립사와 중립사인 연성저질로 구성되어 있었다. 퇴적물 입도 조성의 월별 변화에서 전반적으로 조립사 및 중립사 구성비율이 높게 나타났지만, 11월에 세립사 및 미립사 구성비율이 증가한 요인으로는 여름철 강우로 인한 육상기원 토사유입에 의해 세립질 입도조성이 증가한 것으로 판단된다. 사질대에서 서식하는 저서생물들은 대부분 퇴적물식자로서 퇴적물 내에 포함된 유기물을 섭취하고, 먹이 섭식과정에서 연성저질의 공간적 순환에 중요한 역할 (Pomory *et al.*, 1995)을 한다. 제주도 북부연안 사질대 구멍연잎성계의 생태학적 연구 (Kang *et al.*, 1999)에서도 퇴적물 입자크기가 세립질 내지 미립질의 모래에 구멍연잎성계를 비롯한 기타 저서생물 분포밀도가 높다고 하였다. 본 연구해역에서 조사된 저질 입도조성은 대부분 조립사 내지 중립사의 비율이 높게 나타났고, 퇴적물 입도조성과 출현생물과의 상관관계를 파악한 결과, 흰바탕무늬조개는 세립사 및 미립사 모래에, 구멍연잎성계는 중립사 모래에 각각 양의 상관관계가 나타났으며, 해양환경 요인과의 관계에서도 흰바탕무늬조개는 클로로필 a, 용존무기질소 및 규산규소는 소쿠리조개에 각각 양의 상관관계가 나타나 제주도 연안 사질대 저서생물들의 서식처 유형으로서 퇴적물 입자크기가 20-40 범위의 모래지형과 그 해역의 영양염류의 농도에 의해 영향을 미치는 것으로 사료된다.

조사해역에서 채집된 저서무척추동물은 총 3문 6강 12목 24과 37종, 550 개체/m², 20,951.8 gwwt/m²로 조사되었다. 이 중 점유율에서 최상위를 차지하는 분류군은 이매패류로 총 17종이 출현하였다. 본 연구에서 나타난 이매패류 출현종수를 기존 연구결과와 비교하면, 동해안 사질대에서 8종 (NFRDI, 2010b)에 비해 높고, 제주도 8개 연안 사질대에서 조사된 18종 (NFRDI, 2002)에 비해 약간 낮게 나타났다. Choi *et al.* (2000)에 의하면, 제주연안 4개 정점에서 조사

한 이매패류 중 식용하거나 자원으로 이용 가치가 있는 대형 이매패류는 27종으로 보고하였다. 그러나, 이들 종은 조간대 및 조하대에 서식하는 이매패류를 포함한 출현종이며, 본 연구해역인 대포리 연안 약 248ha 면적의 사질대에서 이매패류 17종이 출현한 것을 감안한다면, 본 연구해역의 종 다양성은 비교적 높은 것으로 판단된다.

저서동물의 우점종은 환경의 인위적인 교란에 의해 바뀌고 (Choi *et al.*, 1998), 시간이 경과함에 따라 생태계는 안정화되어 회복되어진다 (Hily, 1983). 이러한 요인에 의해 환경변화에 의한 출현종의 변화가 나타나고, 우점하는 종의 서식환경이 적합한 경우에는 개체수가 증가하게 된다 (Yu *et al.*, 2004). 저서생물의 월별 출현양상에 있어서 9월과 11월에 비해 7월에 출현종수 및 개체밀도가 증가하는 경향을 나타냈지만, 생체량의 경우 9월에 다소 증가한 것으로 나타났다. 이러한 결과는 제주연안 북부와 남부연안에서 각각 조사된 이매패류의 월별 개체밀도 변화 결과에서도 연안 수온이 낮게 나타나는 1월에서 5월까지 이매패류 개체밀도가 감소하다 수온이 점차 증가하기 시작하는 6월과 7월경에 개체밀도가 증가하는 결과 (NFRDI, 2002)와 유사한 경향을 나타냈다. 수심별 출현양상의 경우 출현종 및 개체밀도는 수심이 비교적 낮은 23 m에 종다양성이 높게 나타났지만, 생체량의 경우 이보다 깊은 27-30 m 층에서 높게 나타났다. 이처럼, 생체량이 24 m 이상의 수심층에서 높게 나타나는 요인은 사질대 저서생물의 개체크기에 따라 저질내에서 주 분포수심을 달리하는 것으로 판단된다.

조사해역에 대한 종다양도 (H') 범위는 1.56-2.50로 나타났다. 이러한 결과를 기 보고된 연구와 비교해 보면 제주도 화순연안과 송악산 주변해역의 1.27-2.72, 0.74-0.93 (Lee *et al.*, 2001; Lee and Hyun, 2002)에 비해 평균값은 높게 나타났지만, 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 연안 3.27-3.75 (Lee and Kim, 1993), 제주도 8개 마을어장별로 조사된 1.59-2.95 (Ko *et al.*, 2011)에 비해 낮은 값을 나타냈다. 그러나, 이러한 연구 결과는 수평·수직 암반으로 이루어진 지형에서 조사된 결과로서 종 다양성이 높게 나타난 원인은 암반 속 공간과 부착기질에 의존해 서식하는 연체동물, 자포동물 및 절지동물 등의 출현종수와 종조성이 본 조사해역인 사질대와는 상대적으로 서식지형이 다르기 때문에 나타난 결과로 사료된다.

조사해역에서 채집된 저서무척추동물의 월별, 수심별 개체밀도에 따른 군집 최상위 우점종은 소쿠리조개로 전체 출현밀도의 42.2%를 차지하였으며, 다음으로는 흰바탕무늬조개, 흰점분홍무늬조개, 갈색점줄떡조개, 밧고랑행달조개, 해가리비, 속갈색조개 등으로 나타났다. 이러한 결과는 제주 남부 및 북

부 연안에서 조사기간 동안 어획된 이매패류 중 소쿠리조개 개체밀도가 전체의 51.7%를 차지하여 최고 우점종으로 나타난 (NFRDI, 2002) 결과와 일치한 경향을 보였다.

본 연구에서 조사된 소쿠리조개에 대한 주 분포 수심별 연급군 조성을 살펴보면, 소쿠리조개의 수심별 분포구성은 20-30 m 층의 비교적 깊은 수심대에서 주로 서식하지만, 23 m 미만층의 수심대 보다 깊은 수심대에서 개체밀도가 높고, 각종 크기가 큰 개체들이 분포하고 있었다. 연급군 구성에 있어서 23 m 미만 낮은 수심대에서는 대체로 1개의 연급군으로 구성되었지만, 이보다 깊은 수심대 (27-30 m) 에서는 2개 이상의 연급군으로 분포하는 것으로 보아 연령이 높은 개체일수록 깊은 수심층에 주로 서식하는 것으로 사료된다.

요 약

제주도 남부연안 사질대 해역에서 2011년 7월부터 11월 까지 16개 정점에 대해 해양환경특성 및 저서 무척추동물의 군집구조를 파악하기 위해 조사하였으며 그 결과는 다음과 같다.

평균 수온과 염분은 각각 20.2-22.7℃, 33.7-34.9 psu로써 비교적 안정된 수괴를 형성하고 있었다. 식물플랑크톤의 Chlorophyll a 분포는 0.71-1.71 mg/L (평균 1.11 mg/L) 의 범위로써 9월과 11월에 비해 7월에 높게 나타났다.

조사기간 중 총 37종의 저서동물이 채집되었으며, 연체동물이 29종 (78.4%) 이었으며, 이 중 이매패류가 17종 (45.9%) 로 가장 우점 하였고, 극피동물 5종 (13.5%), 절지동물 3종 (8.1%) 의 순으로 나타났다. 조사해역의 개체밀도와 생물량은 각각 550 개체/m², 20,951.8 gwwt/m²로 연체동물 중 이매패류 (481 ind./m², 16,647.6 gwwt/m²) 가 개체수와 생물량에서 우점 하였다.

주요 우점종은 소쿠리조개, 흰바탕무늬조개, 흰점분홍무늬조개, 갈색점줄떡조개, 밭고랑행달조개, 해가리비, 속갈색조개, 구멍연잎성게로 주로 이매패류에서 높은 우점율을 나타냈다. 정점별 종다양도 (H'), 균등도 (E') 및 풍부도 (R) 지수의 범위는 각각 1.56-2.50, 0.49-0.80, 4.12-4.67 로 9월에 가장 낮고, 11월에 높게 나타났다.

사 사

본 연구는 국립수산물과학원 아열대수산연구센터 수산시험연구사업 「RP-2012-FR-031」 의 지원에 의해 수행되었다.

REFERENCES

Bayne, B.L., Brown, D.A., Burns, K., Dixon, D.R., Ivanovici, A., Livingstone, D.R., Lowe, D.M., Moore, M.N., Stebbing, A.R.D. and Widdows. J. (1985) The

effects of stress and pollution on marine animals (Praeger special studies). Praeger Scientific, Westport, C.T. P. 9.

Choi, J.W., Je, J.G., Lee, J.H. and Lim, H.S. (2000) Distribution pattern of macrobenthic invertebrates on the shallow subtidal sandy bottoms near Kangrung, east coast of Korea, *Journal of the Korean Society of Oceanography*, 5: 346-356. [in Korean]

Choi, J.W. and Ko, C.H. (1990) Distribution pattern of polychaete worms on the continental shelf and slope of the east sea (southwestern sea of Japan), Korea. *Journal of the Korean Society of Oceanography*, 25: 36-48. [in Korean]

Choi, Y.C., Ko, Y.B. and Lee, J.B. (1992) Biological studies of the southern coastal area in Cheju Island. 1; Sea water properties of coastal zone around Seogwipo. *Journal of Korean Earth Science Society*, 13: 327-335. [in Korean]

Choi, K.S., Je, J.G. and Lee, J.J. (2000) Commercially exploitable marine bivalves in Jeju Island, Korea. *Korean Society of Underwater Science & Technology*, 2: 26-36. [in Korean]

Choi, J.W., Kim, D.S., Shin, S.H. and Je, J.G. (1998) Spatial distribution of macrobenthos in the sandflat of Taebudo, Kyonggi Bay, the west coast of Korea. *Ocean Res.*, 20: 97-104. [in Korean]

Choe, B.L. (1992) Illustrated Encyclopedia of Fauna and Flora of Korea Vol. 33 Mollusca(II). Ministry of Education, Seoul, 860pp., 126pls.

Choi, D.S. and Lee, I.K. (1989) Notes on Amphiroa (Rhodophyta) from Cheju Island. *Korea Journal of Botny*, 32: 363-373.

Choi, K.S. (1996) Report on the five macrobenthic bivalves collected from the subtidal area of Segwipo, Cheju, Korea. *Bull. Mar. Res. Inst. Cheju Nat. Univ.*, pp. 1-7

Farfante, I.P. and B. Kensly. (1997) Penaeoid and Sergestoid shrimps and prawns of the World, keys and diagnoses for the families and genera. *Memoirs du Museum National d'Histoire Naturelle*, 233pp.

Habe, T. (1977) Systematics of Mollusca in Japan. Bivalvia and Scaphopoda. Zukan-no-Hokuryukan Co., Tokyo, 372pp., 72pls.

Han, T.H. (1998) A geomorphological study on beach and sand dune in Jeju Island. *Journal of The Geomorphological Association of Korea*, 5: 73-87. [in Korean]

Hily, C. (1983) Macrozoobenthic recolonization after dredging in a sand mud area of the Bay of Brest enriched by organic matter. *Oceanol. Acta, Proc. 17th Europ. Mar. Biol. Symp.*, Brest, France, 1982, 113-120.

Kang, D.H., Choi, K.S. and Chung, S.C. (1999) An ecological study on the Sand Dollar, *Astriclypenus manni* (VERRIL 1867), in Hamdock, Cheju Korea. *Journal of Fisheries Society*, 32: 345-352. [in Korean]

- Kim, I.O. and Rho, H.K. (1994) A study China coastal water appeared in the neighbouring seas of Cheju Island. *Bulletin of Korean Fisheries Society*, 27: 515-528. [in Korean]
- Kim, H.S. (1985) Systemtic studies on crustaceans of Korea, 1. Decapods. *Proceedings of the College of Natural Science, Seoul National University*, 10: 63-94.
- Ko, J.C., Kim, J.T., Kim, S.H. and Rho, H.K. (2003) Fluctuation Characteristics of Temperature and Salinity in Coastal Waters around Jeju Island, Korea. *Journal of Fisheries Society*, 36: 306-316. [in Korean]
- 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]
- Ko, J.C., Koo, J.H., Lee, S.J., Chang, D.S. and Jo, S.H. (2011) Community structure of macrobenthic invertebrates of fishing grounds in the coastal waters of Jeju Island, Korea. *Korean Journal of Malacology*, 27: 229-246. [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]
- 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, D.I., H.S., Yoon, Y.H., Choi, Y.C. and Lee, J.H. (2005) Summer environmental evaluation of water and sediment quality in the south sea and east China sea. *Journal of Korea Society for Marine Environmental Engineering*, 8: 83-99. [in Korean]
- Lim, H.S. (1993) Ecology on the macrozoobenthos in Chinhae Bay of Korea. Ph. D. Thesis. Nat. Fish. Univ. Pusan. 24pp. [in Korean]
- Madsen, O.S. and Grant, W.D. (1976) Quantitative description of sediment transport by waves, Inter. Conf. on Coastal Eng., Proc. 15th., pp. 1093-1112.
- 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.
- Miyake, S. (1983a) Japanese crustacean decapods and stomatopods in color. Vol. I, Macrura, Anomura and Stomatopoda. Hoikusha Publishing Co., Ltd., 261pp.
- NFRDI (National Fisheries Research & Development Institute) (2002) A study on Fisheries Resources by bivalves in the Coastal Waters of Jeju Island. pp. 1-18. [in Korean]
- NFRDI (National Fisheries Research & Development Institute) (2010b) Habitats Characteristics and Biological Research on Fisheries Resources Enhancement in Coastal Area of Korea. 222pp. [in Korean]
- Parsons, T. R., Y. Maita and C. M. Lalli. (1984) A manual of chemical and biological methods for seawater analysis. Pergamon Press. pp. 173.
- Pielou, E.C. (1969) An introduction to mathematical ecology. pp. 291-331, Wiley-interscience.
- Pomory, C.M., Robbins, B.D. and Michael, T.L. (1995) Sediment grain size preference by the sand dollar *Mellita tenuis* Clark, 1940 (Echinodermata: Echinoidea): a laboratory study. *Bulletin of marine science*, 56: 778-783.
- Rho H.K. (1985) Studies on arine environmental of fishing ground in the waters around Jeju Island PH.D. Thesis, Tokyo University, pp. 215.
- Sakai, T. (1976) Crabs of Japan and the adjacent seas. Kodansha. Ltd., 773pp.
- Seo, J.Y. and Choi, J.W. (2010) The macrozoobenthic community at the expected sand excavation area in the southern continental shelf of Korea, *Journal of the Korean Society of Oceanography*, 2: 68-71. [in Korean]
- Shepard, F.P. (1973) Submarine geology. Harper and Row Publishers, NY, USA, 123-161.
- Shin, H.C. and Ko, C.H. (1993) Distribution and abundance of ophiuroids on the continental shelf and slope of the east sea (southwestern sea of Japan), Korea. *Marine Biology*, 115: 393-399.
- Shannon, C. E. and W. Wiener. (1949) The mathematical theory of communication. 125 pp. University of Illinois Press, Chicago.
- Snelgrove PVR and CA Butman. (1994) Animal-sediment relationships revisited : cause versus effect. *Oceanography and Marine Biology: an Annual Review*, 32: 111-177.
- The Korean Society of Systematic Zoology. (1997) List of animals in Korea(excluding insects). Academy Press, 489pp.
- Yang, M.H., Moon, T.S., Yu, J.T., Ko, J.C. and Chang, D.S. (2007) Species appearance and seasonal variation of macrobenthic invertebrate in the coastal water of Chagwi-do, Jeju Island. *Korean Journal of Malacology*, 23: 235-243. [in Korean]
- Youn, J.S. and Ko, G.W. (1994) Seasonal variations of beach sediments in Cheju Island, Korea. *Journal of Korean Earth Science Society*, 15: 46-59. [in Korean]

- 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]

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

Species	Month	July	September	November
Phylum Mollusca				
<i>Rhinoclavis kochi</i>		*		
<i>Polinices sagamiensis</i>		*	*	*
<i>Semicassis persimilis</i>				*
<i>Semicassis japonica</i>			*	
<i>Ficus subintermedia</i>			**	*
<i>Siphonalia cassidariaeformis</i>			*	
<i>Niotha conoidalis</i>		*		*
<i>Nassarius livescens</i>		*		
<i>Telasco sufflata</i>			*	
<i>Nassarius castus</i>				
<i>Terebra amanda</i>			*	
<i>Terebra fenestrata</i>		*		
<i>Oblimopa japonica</i>		***	*	**
<i>Glycymeris albolineata</i>		*	*	*
<i>Pecten albicans albicans</i>		*	*	*
<i>Pecten sinensis puncticulatus</i>		*	*	*
<i>Amusium japonicum</i>		*	*	*
<i>Ctenoides annulata</i>		*		
<i>Vasticardium burchardi</i>		***	***	***
<i>Nemocardium bechei</i>		*		
<i>Mactra achatina</i>		**	**	**
<i>Pharaonella sieboldii</i>		*	*	
<i>Callista chinensis</i>		*	*	*
<i>Callista brevisiphonata</i>		*		
<i>Bornatemis histrio</i>		**	**	**
<i>Paphia schnelliana</i>		*	*	*
<i>Paphia vernicosa</i>		*	*	*
<i>Antalis tibanum</i>		*	*	
<i>Compressidens kikuchii</i>		*		
Phylum Arthropoda				
<i>Ovalipes punctatus</i>			*	
<i>Portunus haani</i>				*
<i>Portunus</i> sp.				*
Phylum Echinodermata				
<i>Astropecten polyacanthus</i>				*
<i>Clypeaster japonicus</i>		*	*	*
<i>Astriclypeus manni</i>		**	*	*
<i>Peronella japonica</i>		*	*	*
<i>Pseudomaretia alta</i>		*		

* : 1-10 ind, ** : 11-20 ind, *** : 21 ind <