

## 목포 인근 해역 펄 조간대의 저서동물 군집

임현식 · 박경양 · 임병선\* · 이점숙\*\* · 주수동\*\*\*  
목포대학교 해양자원학과, 목포대학교 생물학과\*  
군산대학교 생물학과\*\*, 한국해양대학교 조선해양공학부\*\*\*

### Macrozoobenthic Community on the Mud-tidalflat around Mokpo Coastal Area, Korea

Lim, Hyun-Sig, Kyung-Yang Park, Byung-Sun Ihm\*  
Jeom-Sook Lee\*\* and Soo-Dong Chu\*\*\*

*Department of Marine Resources, College of Natural Science, Mokpo National University*

*Department of Biology, College of Natural Science, Mokpo National University \**

*Department of Biology, College of Natural Science, Kunsan National University\*\**

*Division of Naval Architecture Ocean Engineering, Korea Maritime University\*\*\**

#### ABSTRACT

Macrozoobenthic community structure was studied on the mud-tidalflat around Mokpo coastal area, Korea, from September 1995 to May 1996. Ten sampling stations were chosen along the 1 km transect with a 100 m intervals. Triple macrozoobenthos sampling were conducted with a stainless box core sampler (size 13×22×30 cm) at each station on the seasonal basis. A total of 119 species of macrobenthos was sampled with a mean density 2,357 ind./m<sup>2</sup> and biomass of 180.94 g/m<sup>2</sup> during the study period. Of these species, there were 51 species of molluscs (43%), 36 of crustaceans (30%), 27 of polychaetes (23%). Molluscs were density-dominant faunal group with a mean density of 1,804 ind./m<sup>2</sup>, comprising of 75% of the total density of the benthic animals. It was followed by polychaetes with 347 ind./m<sup>2</sup> (15% of the total density). Molluscs were biomass-dominant faunal group with a mean biomass of 147.51 g/m<sup>2</sup> (82% of the total biomass). The number of species, abundance and biomass showed increasing trends toward the lower intertidal stations from the higher stations. Major dominant species were *Musculista senhousia* (bivalve), Capitellidae spp. (polychaetes) with a density of 1,640 ind./m<sup>2</sup> and 179 ind./m<sup>2</sup>, respectively. The density of *M. senhousia* was more than 63% of the total density of benthic organism on the tidal area. Small gastropod *Cerithideopsisilla djadjariensis* was another dominant epifaunal species between st.1 and 2 with a mean density of 100 ind./m<sup>2</sup>. Cluster analysis showed that the benthic community could be divided into three stational groups, that is, upper, middle and lower groups by the exposure duration.

*Key words*: Macrozoobenthos, Community, Mud-tidalflat, *Musculista senhousia*, Mokpo Coastal Area.

## 서 론

우리나라에는 현재 281,544 ha의 갯벌이 있으며 이 가운데 83%가 서해안에 분포되어 있다. 이 가운데 전라남도 지역의 갯벌은 94,662 ha로서 전체 갯벌 면적의 33%에 해당된다. 그러나 영산강을 중심으로 영산강 유역개발 사업을 거치는 동안 많은 갯벌 면적이 매립되거나 간척되었다 (환경부, 1996). 최근에는 영산강 3단계 개발 사업의 일환으로 금호 방조제 등이 건설됨으로서 갯벌의 훼손은 물론, 조석류의 변화 등으로 인하여 지역 일대의 갯벌 생태계의 변화가 예상되고 있다. 따라서 향후 갯벌의 보전적 측면에서 펄 조간대를 중심으로 한 생태계의 구조와 기능의 파악이 필요한 시점이다.

외국의 경우, 펄 조간대의 저서동물 생태에 관해서는 많은 연구들이 수행되었다 (Barnett 1984, Beukema 1991). 우리나라에서 저서동물과 연관된 펄 조간대에 대한 연구로는, 지금은 매립되어 사라진 부산 용호만 (Yi 1975), Koh and Shin (1988)의 반월지역 조간대, 박 (1991)과 서 (1994)의 인천 연안, 안과 고 (1992)의 만경 동진 조간대에서의 연구 결과가 있다. 또한 낙동강 하구역 철새 도래지에서의 저서동물상에 관한 연구 (Doornobis *et al.* 1986)가 있다. 그러나 현재 보전적 가치가 높은 것으로 알려진 서남해안 펄 조간대에서 저서동물과 관련된 연구 결과는 신 (1993)의 결과가 있으나, 조간대 상부에서 하부에 걸친 정량적인 조사가 아니어서 전체적인 생물상의 파악에는 한계가 있다.

펄 조간대에 서식하는 저서동물의 분포에 영향을 미치는 환경 요인들은 비교적 복잡하여 퇴적물의 입도 조성 (Sanders *et al.* 1962, Holland and Polgar 1976, Flint and Holland 1980, Yi 1975, 박 1991), 간출시간의 길이 (박 1991, 안과 고 1992) 등에 따라 분포 양상이 영향을 받는 것으로 알려져 있다. 이러한 노출시간과 퇴적물 입도 조성의 차이는 퇴적물의 산소교환, 퇴적물내 공극수의 pH 안정도, 퇴적물내 공극수의 염분 등에 영향을 미쳐 결국, 섭식활동, 경쟁, 포식 등 생물의 행동을 제한하는 것으로 알려져 있다 (Swinbank and Murray 1981). 또한 조간대 무척추동물은 조류들의 먹이가 되어 포식되는 정도에 따라 저서동물 개체군이 영향을 받는 것으로 알려져 있다 (Ambrose 1986). 이와 같은 환경 요인들은 독립적으로 영향을 미치는 것이 아니라 상호 복합적으로 저서동물 군집에 영향을 미치고 있으며, 이러한 차이는 결국 각 지역에 따라 독특한 저서생물상이 나타나게 한다.

본 논문은 지금까지 기본적인 생물상이 밝혀져 있지 않았을 뿐 아니라, 다양한 형태의 개발이 이루어지고 있는 목포 인근 지역 펄 조간대에서 저서동물 군집 구조와 우점종을 밝힘으로

서 갯벌의 보전과, 펄 조간대의 생물 생산량 추정 연구를 위한 기초자료를 마련하기 위하여 수행되었다.

## 재료 및 방법

조간대 연성저질에 서식하는 저서동물의 분포상을 파악하기 위하여 화원반도의 동측해역에 발달한 갯벌 조간대를 조사지역으로 선정하였다 (Fig. 1). 조사시기는 계절별 조사를 원칙으로 1995년 9월, 10월, 1996년 2월 및 5월에 실시하였다. 조사방법은 최간조사 조간대 상부에서 하부에 이르는 곳까지 1개 조사지선 (line transect)을 설정하고, 이 지선상에 100 m 간격으로 총 10개의 정점을 설정하였다. 각 정점에서는 13×22×30 cm 크기 (0.0086 m<sup>3</sup>)의 box core를 사용하여 정점당 3회씩 조간대 퇴적물을 채집하였다. 채집된 퇴적물은 현장에서 1 mm 망목의 체로 체질하였으며, 남은 잔존물은 플라스틱 표본병에 담고 10% 중성 포르말린 용액으로 고정하여 실험실로 운반하였다. 실험실에서는 동물군별로 선별하고 전체 습중량을 측정한다음 종 단위까지의 동정하였다. 이 때 연체동물은 패각의 무게를 포함시켰으며, 다모류나 갑각류의 경우 서관(棲管)은 제외시켰다. 종 수준까지 동정이 어려운 종은 상위 분류군 수준에서 동정하였다. 한편 채집된 저서동물 종별 개체수 자료를 이용하여 종다양도 (Shannon and Wiener 1963), 균등도 (Pielou 1966) 및 우점도 (Simpson 1949)를 구하였으며, 각 정점에 대

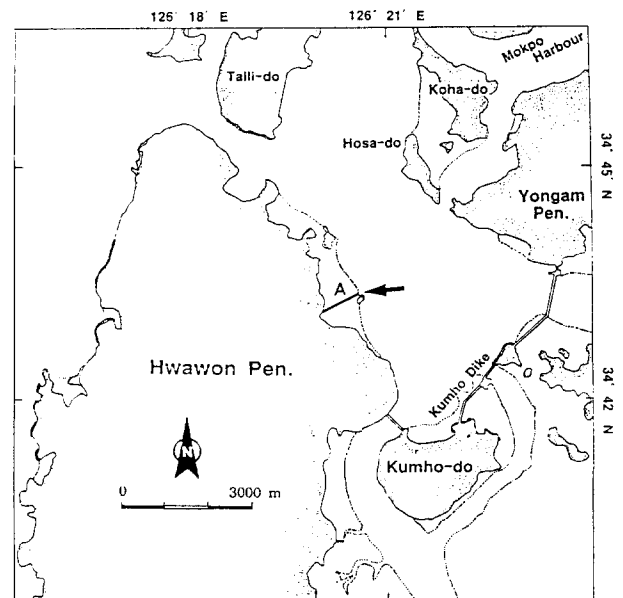


Fig. 1. Map showing the sampling locality of Mokpo coastal area. Ten stations were chosen in the transect with 100 m intervals.

한 집괴 분석을 수행하였다. 집괴분석은 Chord distance (Pielou 1984)와 가중평균 결합법을 이용하였으며 자료의 편중을 피하기 위하여 전 출현종의 개체수 자료를 제곱근으로 변형하여 사용하였다. 출현 개체수 및 생물량에 관한 자료는 단위 면적 ( $m^2$ )으로 환산하여 나타내었다. 한편 box core 채집으로서 분포과악이 어려운 대형 표생동물인 갯비틀이고둥에 대해서는  $50 \times 50$  cm 크기의 방형구를 사용하여 정점 1에서부터 50 m 간격으로 매 정점당 5회씩의 방형구를 설치하여 방형구내에 육안으로 관찰되는 모든 개체를 계수하였다.

환경요인으로는 퇴적물의 입도 조성 및 퇴적물의 유기물 함량 (Particulate Organic Carbon)을 분석하였다. 저서동물 조사와 동시에 현장에서 표층 퇴적물을 250 ml 플라스틱 용기에 담아 실험실로 운반하였다. 퇴적물의 입도조성은 과산화수소와 염산을 사용하여 유기물 및 탄산칼슘을 제거한 다음 Sedigraph 5100 D 입도 분석기를 사용하여 분석하였다. 한편 POC는 퇴적물을 건조시켜 막자사발에 갈아 분말로 만든 후 중크롬산칼륨 ( $K_2Cr_2O_7$ )과 황산제1철암모늄 ( $FeSO_4(NH_4)_2SO_4$ )으로 정량하는 역적정법으로 분석하였다 (Strickland and Parsons 1972). 수온 및 기온의 자료는 조사해역 인근에서 측정된 수산진흥원 (미발표) 자료를 이용하였다.

## 조사해역의 개황

목포 인근 해역은 해안선의 심한 굴곡, 좁은 수로, 도서의 산재, 그리고 반도 주변에 퇴사가 높게 간출해 있는 것이 특징이다. 이 때문에 주변 해역은 조류가 강한 특성을 지닌다. 특히 조사해역은 인근에 화원반도와 달리도, 눌도, 압해도 및 삼호지구 방조제 등으로 둘러 싸여 내만을 형성하고 있다. 이 일대의 해수교환은 목포구, 중구 및 북구를 통해 외측해역인 시아해와 이루어지고 있다 (여수수대 1992). 수심은 달리도와 화원반도 사이의 수로에서 30 m가 넘는 곳이 있으나 전반적으로 30 m 이하를 나타내고 있으며, 화원반도의 마산리 및 구림리 앞 해역과 고하도 앞 해역은 폭이 약 1 km에 이르는 갯벌 조간대가 잘 발달되어 있다. 이 일대의 조하대 해역의 퇴적상은 크게 Silty clay, Clayey silt 및 니질로 구성되어 있으며, 입도는  $5.1 \sim 10.5\phi$  (평균  $8.2\phi$ )로서 외해역으로 나갈수록 조립한 양상을 나타낸다. 퇴적물의 COD는 봄철에  $4.09 \sim 17.24$   $mgO_2/g$ 의 범위였으며, 여름철에는  $5.99 \sim 18.35$   $mgO_2/g$ 의 범위였는데 내만역에 비해 외해역으로 나갈수록 낮은 양상이었다 (송 1996).

조사해역 인근의 연중 수온 범위는  $2.9 \sim 29.4^\circ C$ 로서, 1월에 최저치를 나타내며, 8월에 최고치를 나타낸다. 염분의 범위는  $23.6 \sim 33.3\text{‰}$ 로서, 육수의 유입이 많은 여름철인 9월에 최저치를 나타내며, 육수의 유입이 상대적으로 적은 겨울철인 2월에

는 최고치를 나타낸다. 영산강 하구역에서는 저층에  $2$   $mg/l$  이하의 빈산소 수치가 여름철에 관찰되지만 외해역으로 나갈수록 용존산소 함량이 높아져  $5$   $mg/l$  이상의 값을 나타낸다 (송 1996).

한편 이 일대해역의 조간대에서는 바지락 (*Ruditapes philippinarum*) 등의 수산생물에 대한 채취가 이루어지고 있으며, 암반해역에서는 참굴 (*Crassostrea gigas*)의 채취도 이루어지고 있었다. 또한 일부 지역의 조간대 하부에서 김양식이 이루어지고 있었다. 조사정점의 조간대는 인근의 육지로부터 소형 수로가 형성되어 담수가 계속 유입되고 있으며, 조간대 중부역에는 해조류인 매생이 (*Capsosiphon fulvescens*)가 밀생하고 있었다.

## 결 과

### 환경 요인

조사해역에서 측정된 수온과 기온의 변동을 보면 (Fig. 2), 수온의 경우 1995년 5월 상순에는 평균  $14.5^\circ C$ 였으며, 점차 증가하여 8월 중순에는 평균  $27.3^\circ C$ 로서 최고치에 달하였다. 이후 감소하기 시작하여 9월 하순에는  $22.3^\circ C$ 였으며, 이듬해 2월 하순에는 평균  $4.5^\circ C$ 로서 최저치를 나타내었다. 이후 다시 증가하여 4월 하순경에는 평균  $11.3^\circ C$ 였다. 한편 기온은 1995년 5월 초순에는 평균  $16.1^\circ C$ 였으며, 8월 중순에 평균  $28.7^\circ C$ 로서 가장 높은 값을 나타내었다. 그 후 감소하기 시작하여 9월 하순경에는 평균  $19.3^\circ C$ 를 나타내었으며, 이듬해 2월 초순에는 평균  $-0.9^\circ C$ 로서 최저치를 나타내었다. 따라서 수온은 7월 초순부터 9월 하순경까지는  $21^\circ C$ 이상의 분포를 나타내었으며, 이듬해 1월 초순부터 3월 하순까지는  $7^\circ C$ 이하의 분포를 나타내었다. 이러한 수온의 변동은 기온 변동에 비해 약 1개월 늦게 나타나고 있다.

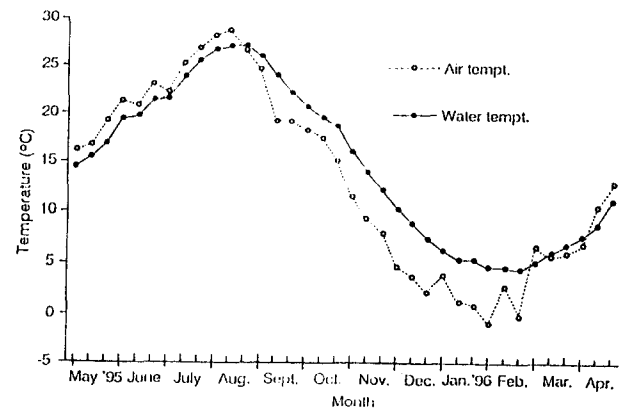
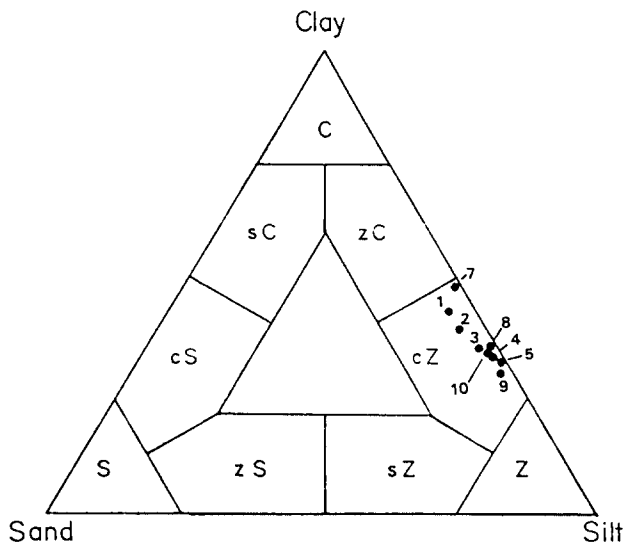


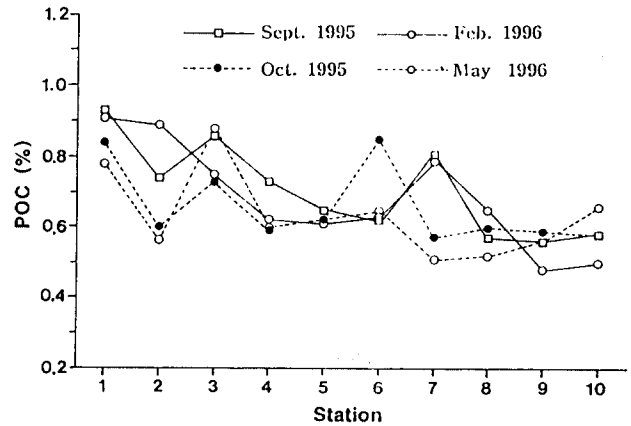
Fig. 2. The variations of water and air temperatures in the study area.

펄 조건대 조사선에 설정된 각 정점의 퇴적물 평균 입도는 7.83φ 로서, 조건대 상부의 정점 1과 2의 경우 8.25φ 및 8.01φ 였다. 또한 정점 7에서도 8.53φ 로서 상대적으로 세립한 양상이었다. Clay의 함량은 정점 9에서 30.7%로서 가장 낮은 값이었으며, 정점 7에서 50.3%로서 상대적으로 가장 높은 함량이었다. 실트질은 정점 1과 7에서 각각 49.7%로서 상대적으로 가장 낮았으며, 조건대 하부로 갈수록 함량이 높아져 정점 9에서는 67.1%였다. 모래질은 정점 1의 5.7%에서 정점 7에서 0.1%의 범위였으며 정점 2와 3에서도 모래질의 함량이 높아 각각 5.6% 및 4.6%였다. 조건대 하부로 갈수록 모래질의 함량은 2% 이하로 낮아지고, 실트질의 함량이 상대적으로 높아 60% 이상을 나타내었다. 전반적으로 보아 퇴적상은 점토성 실트질이었으며 (Fig. 3), 조건대 상부에는 모래질의 함량이 높고 중부역과 하부역에는 실트질이 우세한 퇴적상을 나타내고 있다. 또한 정점 4에서 6까지 사이에는 굴 패각들이 많이 산재해 있다.

한편 퇴적물의 유기물량은 조건대 상부의 정점에서 높은 양상이었으며 하부로 갈수록 감소하는 경향을 나타내었다 (Fig. 4). 특히 조건대 상부에 위치하면서 인근에 수로가 형성되어 있는 정점 1과 3에서는 계절별로 각각 0.78~0.93% 및 0.73~0.88%의 범위로서 하부에 비해 상대적으로 높은 양상이었다. 한편 정점 6의 경우 1995년 10월에는 0.85%였으며, 정점 7의 경우 1995년 9월과 1996년 2월에 각각 0.81% 및 0.79%로서 상대적으로 높은 유기물 함량을 나타내었다. 전정점에서의 계절



**Fig. 3.** Ternary diagram of the sediment composition of each station on the mud-tidalflat. C: clay, sC: sandy clay, zC: silty clay, cZ: clayey silt, sZ: sandy silt: Z: silt, zC: silty sand; cS: clayey sand; S: sand.



**Fig. 4.** Particulate organic carbon of the surface sediment on the mud-tidalflat.

별 평균 유기물량은 0.64±0.12%였다.

**종 조성**

조사 기간 중 총 119종, 2,357개체/m<sup>2</sup>의 저서동물이 출현하였으며, 생물량은 180.94 g/m<sup>2</sup>이었다. 이 가운데 연체동물이 51종이 출현하여 전체 출현 종수의 43%를 차지하였으며, 갑각류가 36종으로서 30%, 다모류는 27종이 출현하여 23%를 차지하였다. 한편 출현 개체수는 연체동물이 1,770개체/m<sup>2</sup>로서 약 75%를 차지하여 상대적으로 가장 우점하였으며, 다모류는 340개체/m<sup>2</sup>가 출현하여 14%를 차지하였다. 따라서 연체동물과 다모류의 출현 개체수가 전체 출현 개체수의 약 90%를 차지하였다. 생물량은 연체동물이 가장 우점하여 전체 생물량의 약 81%를 차지하였고, 갑각류는 약 9%, 다모류 및 극피동물은 각각 약 4%를 차지하였다. 따라서 본 조사해역의 저서동물 군집은 출현종수, 개체수 및 생물량의 측면에서 연체동물이 우점한 군집이었다 (Table 1).

**계절별 생물상 및 생물량의 변화**

갯벌 조건대에서 출현한 저서동물의 계절별 종 수의 출현양상을 보면 (Fig. 5), 가을철인 1995년 10월의 51종에서 1996년 5월의 74종 범위였다. 겨울철인 1996년 2월에도 63종의 저서동물이 출현하여 상대적으로 높은 양상을 나타내었다. 다모류의 경우 계절적으로 16종에서 19종의 범위였으며, 출현종의 계절 변동폭은 크지 않았다. 연체동물은 10월에 16종으로 가장 적었으며 봄철인 5월에는 34종이 출현하여 증가된 양상이었다. 갑각류의 경우 봄철인 5월에 20종이 출현한 것을 제외하고는 전

**Table 1.** Number of species, abundance and biomass of the macrozoobenthos collected during the sampling periods from September 1995 to May 1996

Taxon	No. of species	Abundance(ind. /m <sup>2</sup> )	Biomass (g/m <sup>2</sup> )
Polychaeta	27 ( 22.7%)	340 ( 14.4%)	8.13 ( 4.5%)
Mollusca	51 ( 42.8)	1,770 ( 75.1)	147.23 ( 81.4)
Crustacea	36 ( 30.3)	226 ( 9.6)	16.23 ( 9.0)
Echinodermata	1 ( 0.8)	4 ( 0.2)	7.70 ( 4.3)
others	4 ( 3.4)	17 ( 0.7)	1.65 ( 0.9)
Total	119 (100.0)	2,357 (100.0)	180.94 (100.0)

계절 모두 각각 16종씩 출현하여 대체로 일정한 출현 양상을 나타내었다. 극피동물 및 기타 동물군의 출현종 수는 극히 적은 양상이었다.

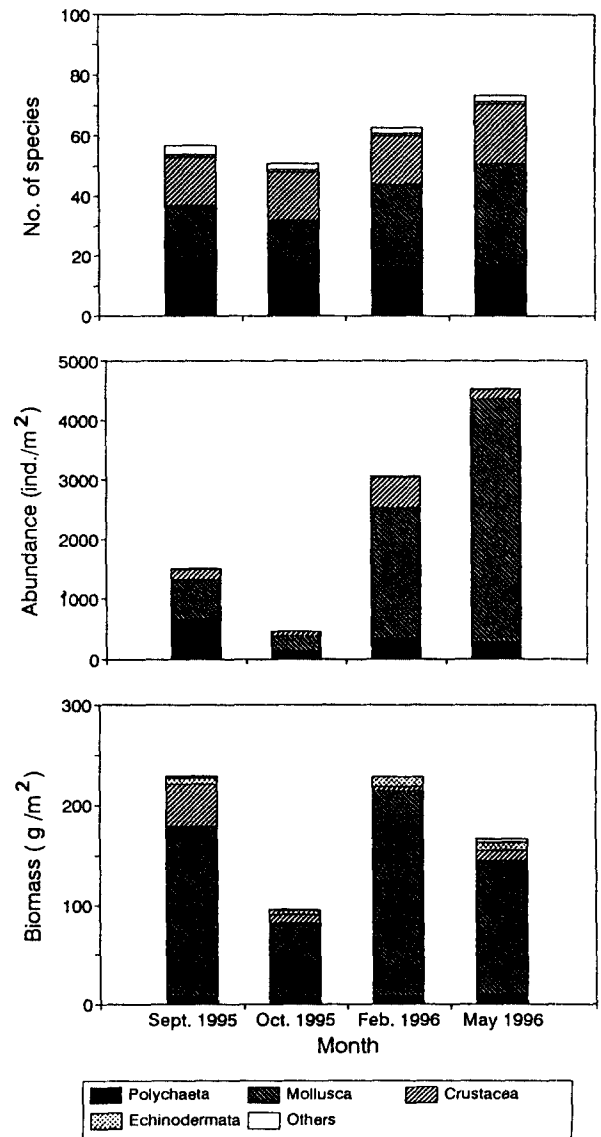
출현 밀도를 보면 가을철인 10월에 462개체/m<sup>2</sup>가 출현하여 상대적으로 가장 밀도가 낮았으며, 여름철인 9월에는 1,535개체/m<sup>2</sup>가 출현하였다 (Fig. 5). 그러나 겨울철과 봄철에는 밀도가 증가하여 각각 3,073개체/m<sup>2</sup> 및 4,543개체/m<sup>2</sup>가 출현하여 상대적으로 출현 밀도가 높았다. 다모류는 가을철인 10월의 130개체/m<sup>2</sup>에서 여름철인 9월의 654개체/m<sup>2</sup>의 범위였으며, 평균 347개체/m<sup>2</sup>였다. 연체동물의 경우에는 가을철의 245개체/m<sup>2</sup>에서 봄철의 4,094개체/m<sup>2</sup> 범위였으며, 평균 1,804개체/m<sup>2</sup>였다. 한편 갑각류는 겨울철인 2월에 514개체/m<sup>2</sup>가 출현하여 상대적으로 높은 밀도를 나타내었으며, 가을철인 10월에는 79개체/m<sup>2</sup>로서, 전 계절 평균 232개체/m<sup>2</sup>였다.

생물량의 경우 출현종수 및 밀도가 상대적으로 낮은 가을철에 97.85 g/m<sup>2</sup>이었으며, 여름철과 겨울철에는 각각 약 231.00 g/m<sup>2</sup>이 출현하였다. 생물량은 연체동물이 가장 많아, 가을철의 76.45 g/m<sup>2</sup>에서 겨울철의 207.37 g/m<sup>2</sup>의 범위였으며, 평균 147.51 g/m<sup>2</sup>이었다. 다모류와 갑각류의 생물량은 상대적으로 낮은 비율이었다 (Fig. 5).

따라서 출현종수와 밀도는 가을철이 가장 낮고, 봄철이 가장 높았으며, 생물량은 여름철이 가장 높고 가을철이 가장 낮은 양상이었다.

### 공간 분포 양상

정점에 따른 출현종수의 공간분포 양상은, 가장 노출 시간이 긴 조간대 상부에 위치한 정점 1에서 24종이 출현하여 상대적으로 가장 적었으며, 조간대 중부에 해당되는 정점 6에서 50종이 출현하여 최고치를 보인 후 약간 감소하여, 조간대 하부역까지 대체로 일정한 분포 양상을 나타내었다. 또한 정점 4에서도 49종이 출현하여 상대적으로 높은 양상이었는데, 이 가운데 연체동물의 출현종수가 25종으로서 이 정점에서 출현한 종수의 약 50%를 점유하였다. 가장 많은 종이 출현한 정점 6에서는



**Fig. 5.** Seasonal variations of the number of species, abundance and biomass of macrozoobenthos from September 1995 to May 1996.

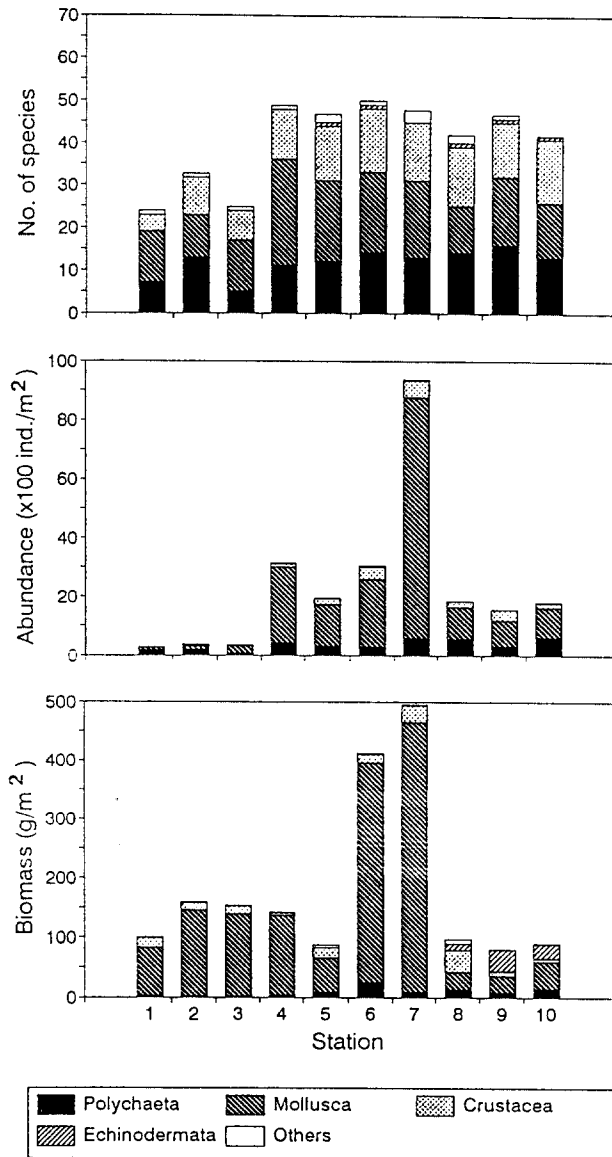


Fig. 6. Spatial distribution of the number of species, abundance and biomass of macrozoobenthos along the transect.

약 50%를 점유하였다. 가장 많은 종이 출현한 정점 6에서는 연체동물이 19종, 다모류와 갑각류가 각각 14종 및 15종 출현하였다. 한편 다모류의 출현종수는 정점 9에서 16종으로서 다른 정점에 비해 상대적으로 많은 양상이었다 (Fig. 6).

밀도의 경우, 출현종수가 가장 적은 조간대 상부 정점 1에서 300개체/m<sup>2</sup>가 출현하여 가장 낮은 밀도를 나타내었다. 조하대로 갈수록 점차 밀도가 증가하여 정점 7에서 9,441개체/m<sup>2</sup>로서 최고치를 보인 후 정점 8에서는 1,884개체/m<sup>2</sup>로 감소하였다. 가장 밀도가 높은 정점 7의 경우, 연체동물이 8,205

개체/m<sup>2</sup>가 출현하여 이 정점에서 출현한 개체수의 87%를 차지하였으며, 다모류 및 갑각류도 각각 576개체/m<sup>2</sup> 및 600개체/m<sup>2</sup>가 출현하였다. 정점 4와 6에서도 연체동물은 각각 2,589개체/m<sup>2</sup> 및 2,322개체/m<sup>2</sup>가 출현하여 이 정점에서 출현한 저서동물 밀도의 81% 및 75%를 차지하였다. 정점 1과 2의 경우 다모류의 출현밀도는 상대적으로 낮지만 점유 비율이 다른 정점에 비해 높아 약 50%를 상회하였다. 또한 조간대 하부에 위치한 정점 10에서는 다모류의 출현밀도가 가장 높은 609개체/m<sup>2</sup>로서 이 정점에서 출현한 개체수의 약 33%를 차지하였다. 연체동물의 밀도도 조간대 상부 정점 1, 2 및 3에서는 대체로 낮은 양상이었다. 갑각류 밀도는 조간대 상부 정점 1, 2 및 3에서는 4~29개체/m<sup>2</sup>의 범위였으며, 정점 7에서는 600개체/m<sup>2</sup>가 출현하였다 (Fig. 6).

생물량의 경우 조간대 상부 정점 1에서 103.26 g/m<sup>2</sup>으로 낮았으나 하부로 갈수록 점차 증가하여 밀도가 상대적으로 가장 높은 정점 6과 7에서 413.34 g/m<sup>2</sup> 및 496.32 g/m<sup>2</sup>의 생물량을 나타내었다. 그러나 정점 8과 9에서는 각각 99.84 g/m<sup>2</sup> 및 81.69 g/m<sup>2</sup>으로 낮은 양상이었다. 각 정점들에서의 분류군별 생물량은 연체동물이 우점하여 전체 정점에서 약 50% 이상의 비율을 차지하였다. 가장 생물량이 높은 정점 6과 7에서는, 연체동물이 각각 372.27 g/m<sup>2</sup> 및 457.23 g/m<sup>2</sup>로서, 해당정점에서 출현한 생물량의 약 90% 이상을 차지하였다. 그러나 정점 8에서는 연체동물의 생물량이 29%로 감소한 반면 갑각류의 생물량 비율이 37%로서 상대적으로 높았다 (Fig. 6). 따라서 조간대 상부 정점에서는 출현종수, 밀도 및 생물량 모두 낮았으며, 조간대 중부역에는 출현종수, 밀도 및 생물량의 출현이 높았으나 하부로 갈수록 감소하는 경향을 나타내었다.

### 우점종의 공간 분포

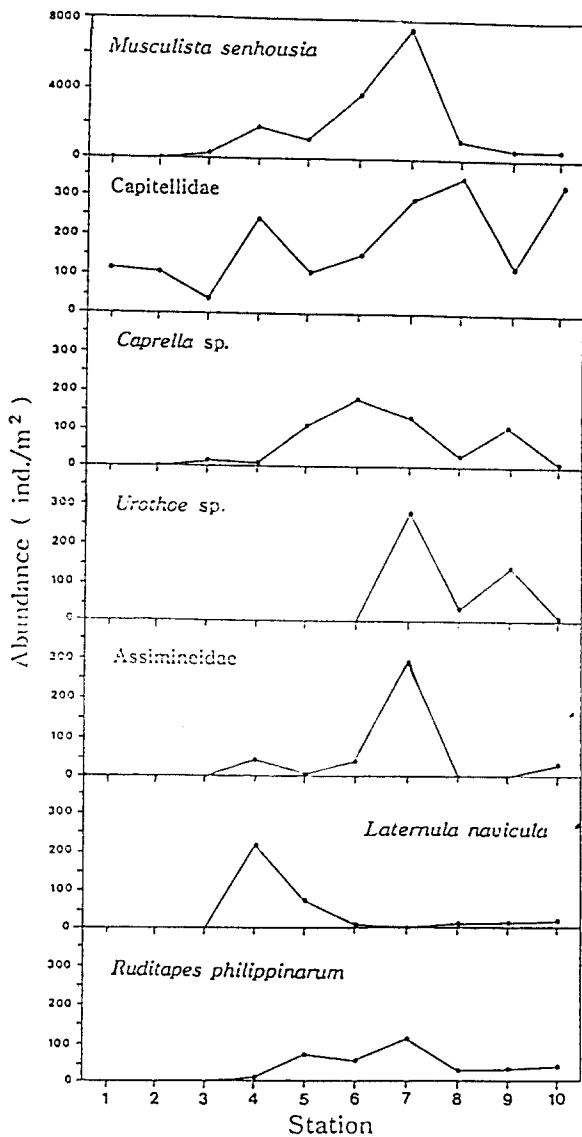
조사기간 중 출현한 우점종을 보면 (Table 2), 30개체/m<sup>2</sup> 이상의 밀도를 나타낸 종은 9개 종으로서, 다모류와 갑각류가 각각 2종씩 출현하였으며, 이매패류와 복족류가 각각 3종 및 2종이 출현하였다. 이 가운데 이매패류인 종뭇 (*Musculista senhousia*)이 가장 우점하여, 평균 1,640개체/m<sup>2</sup>였으며, 전 조사기간 동안 채집된 저서동물 개체수의 64%를 차지하였다. 또한 다모류의 *Capitellidae*가 약 179개체/m<sup>2</sup>의 밀도로 출현하였으며, 갑각류의 *Caprella* sp. 및 *Urothoe* sp.도 각각 59개체/m<sup>2</sup> 및 46개체/m<sup>2</sup> 출현하였다. 따라서 이들 9개 우점종의 출현 밀도는 전체 출현 밀도의 약 80% 이상을 차지하였으며, 상위 2개 우점종이 약 71%를 차지하였다.

이들 주요 우점종들의 공간 분포 양상을 보면 (Fig. 7), 종뭇은 조간대 상부에서는 출현 밀도가 낮다가 하부로 갈수록 밀도

**Table 2.** Dominant species of the macrozoobenthos on the mud-tidalflat around Mokpo coastal area, Korea during the study period

Rank	Species name	Abundance (ind./m <sup>2</sup> )	%	cum %
1	<i>Musculista senhousia</i> (bi)	1,640	63.9	63.9
2	Capitellidae unid.(po)	179	7.0	70.9
3	<i>Caprella</i> sp.(cr)	59	2.3	73.2
4	<i>Urothoe</i> sp.(cr)	46	1.8	75.0
5	Assimineidae unid.(ga)	41	1.6	76.6
6	<i>Laternula navicula</i> (bi)	35	1.4	78.0
7	<i>Ruditapes philippinarum</i> (bi)	35	1.4	79.4
8	<i>Stenothyra glabra</i> (ga)	34	1.3	80.7
9	Glyceridae unid.(po)	31	1.2	81.9

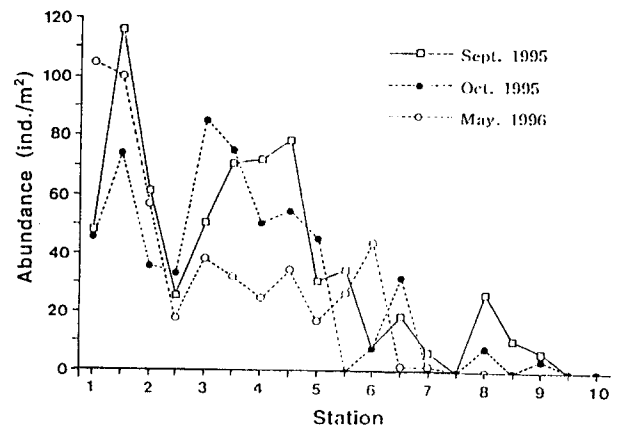
po : polychaete, bi : bivalve, ga : gastropod, cr : crustacean.



**Fig. 7.** Spatial distribution of major dominant species on the mud-tidalflat along the transect (can core sampling).

가 증가하여 조간대 중부에 해당되는 정점 6과 7에서 각각 3, 684개체/m<sup>2</sup> 및 7,482개체/m<sup>2</sup>가 출현하여 최대 밀도를 나타낸 다음 감소하는 양상이었다. 또한 Capitellidae의 경우 전 정점에 걸쳐 분포하지만 조간대 하부로 갈수록 밀도가 높아지는 경향이였다. 특히 정점 7과 8에서 각각 285개체/m<sup>2</sup> 및 342개체/m<sup>2</sup>가 출현하여 상대적으로 높은 밀도를 나타내었다. 조간대 중하부에서는 옆새우류인 *Caprella* sp. 및 *Urothoe* sp.의 밀도도 상대적으로 높았다. 기수우렁이류 (*Assimineidae*)도 우점종으로 출현하였는데, 조간대 중하부역인 정점 7에서 288개체/m<sup>2</sup>의 밀도로 출현하였다. 이매패류인 *Laternula navicula*는 정점 4에서 216개체/m<sup>2</sup>로 우점하였는데 조간대 하부로 갈수록 밀도가 감소하는 양상이었다.

한편, 갯비틀이고둥의 정점별 서식 밀도를 보면 (Fig. 8), 육지와 인접한 정점 1에는 상대적으로 낮은 밀도였으나, 조간대 상부인 정점 1과 2의 사이에서는 1995년 9월 및 1996년 5월에 각각 116개체/m<sup>2</sup> 및 100개체/m<sup>2</sup>가 출현하여 상대적으로 가장



**Fig. 8.** Spatial distribution of gastropod *Cerithideopsisilla djadjariensis* on the mud-tidalflat along the transect (quadrates survey).

높은 밀도를 나타내었다. 그러나 조간대 중부인 정점 5 이후부터는 급격히 감소하여 조간대 하부에서는 출현 밀도가 낮거나 출현하지 않았다. 전 계절을 통하여 분포역은 이동하지 않고 대체로 일정한 양상을 나타내었다. 즉 갯비틀이고둥의 주분포역은 조간대 상부에서 중부에 이르는 지역임을 알 수 있었다. 한편 이 외에도 망둑어류 (Gobiidae), 집게류 (Paguridae), 민챙이 (*Bullacta exerata*), 말미잘류 (Anthozoa), 밤게 (*Pilypisum*) 및 보리새우 (*Penaeus japonicus*) 등이 관찰되었으며 민챙이의 난괴 (egg mass)도 관찰되었다. 이들 표생동물 가운데 갯비틀이고둥이 가장 우점하였으며 뚜렷한 분포양상을 나타내었으며, 그 외의 종들은 밀도가 극히 낮았으며 일정한 분포 양상을 나타내지 않았다.

각 정점별 출현종수 및 밀도의 차이는 이들 정점에서의 생태학적 지수들에서도 잘 나타나 종밀이 3,684 개체/m<sup>2</sup> 및 7,482 개체/m<sup>2</sup>의 높은 밀도로 출현한 정점 6과 7에서는 상대적으로 낮은 다양도를 나타내었다 ( $H' = 1.3$  및 1.4). 특히 1996년 5월에는 정점 7에서 다양도가 가장 낮았다 ( $H' = 0.72$ ). 1995년 10월에 정점 2에서는 20종이 출현하였는데 다양도가 2.77로서 전정점에서 가장 높았으며, 우점도는 0.05로서 상대적으로 가장 낮았다. 전반적으로 보아 조간대 중부에 위치한 정점에서 우점도가 높고 다양도 및 균등도가 낮은 군집 구조를 나타내었다.

### 집괴분석

각 정점에서 출현한 각 종별 개체수 자료를 사용하여 집괴분석한 결과 3개의 정점군으로 구분되었다 (Fig. 9). 조간대 상부

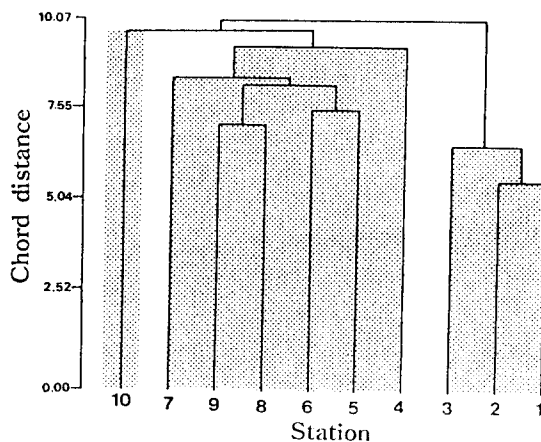


Fig. 9. Dendrogram of the stations based on the cluster analysis using species composition of macrozoobenthos.

에 위치하며 퇴적물의 유기물 함량이 상대적으로 높은 정점 1, 2, 3과 조간대 중부에 위치하여 출현종수, 밀도 및 생물량이 다른 정점들에 비해 상대적으로 높은 정점군 (정점 4, 5, 6, 7, 8, 9), 그리고 조간대 최하부에 위치하여 노출시간이 가장 짧은 정점 10으로 구분되었다. 대체로 노출 시간이 긴 조간대 상부로부터 하부로 가면서 정점군이 구획되어짐을 알 수 있다.

이러한 각 정점군에 대한 생태학적 특성치는 Table 3에서와 같다. *M. senhousia*가 정점군 II, III에서 모두 우점하였으며, 이 가운데 정점군 II에서는 866.5개체/m<sup>2</sup>의 밀도였다. 한편 Capitellidae는 조간대 상부역에 위치한 정점군 I에서는 밀도가 낮았으나 정점군 III에서는 108개체/m<sup>2</sup>로 높은 양상이었으며, 정점군 II에서도 67.8 개체/m<sup>2</sup>의 밀도였다. 정점군 II에서는 *Caprella* sp.가 31.3 개체/m<sup>2</sup>로서 우점하였으며, *Urothoe* sp.도 24.8개체/m<sup>2</sup>가 출현하여 상대적으로 높은 밀도였다.

### 고찰

본 조사 해역에서 출현한 저서동물은 119종, 2,357개체/m<sup>2</sup> 및 180.94 g/m<sup>2</sup>로서, 만경·동진 조간대에서 보고된 64종 및 1,225개체/m<sup>2</sup> (안과 고 1992)와 비교하여 약 2배 정도 높은 양상이었다. 또한 박 (1991)이 인천 척전 연안에서 보고한 80종 보다는 많고, 서(1994)가 동일 장소에서 보고한 127종과 유사한 수준이다. 또한 생물량은 박(1991)의 164.02 g/m<sup>2</sup>과는 유사한 수준이었다. 한편 주요 우점종으로서 종밀 (*Musculista senhousia*)과 다모류인 Capitellidae가 출현하였는데, 사질이 우세한 만경·동진 조간대에서 우점종으로 출현한 *Laternula limicola*, *Umbonium thomasi* 및 *Lingula anatina*와는 다른 양상이었다. 또한 박 (1991)은 인천 척전 연안에서 조간대 상부에서 하부까지 3개 정점을 설정하고 저서동물을 조사한 결과, 조간대 상부에는 복족류인 *S. edogawaensis*와 이매패류인 *Moerella rutila*, 중부에는 맛조개 (*Solen strictus*), 그리고 하부에는 닻해삼 (*Protankyra bidentata*)이 우점종으로 출현하였다고 보고하였다. 한편 서(1994)는 동일해역에서 *Heteromastus filiformis*, *Maetra veneriformis*, *C. furcata* 및 *A. uschakovi* 등을 우점종으로 보고하면서, 퇴적상의 조립화에 따른 저서동물 우점종의 변동을 지적하였다. 따라서 지역에 따른 우점종의 차이는 해당 지역의 퇴적상의 차이가 큰 것으로 판단된다. 즉, 본 조사에서의 퇴적물 평균 입도는 7.83φ로서, 척전 조간대의 4.98~5.87φ (박, 1991), 4.4~5.4φ (서, 1994)와 만경·동진 조간대의 1.5~8.0φ (안과 고, 1992)와 비교했을 때 상대적으로 세립한 양상을 나타낸다. 이러한 세립한 입도는 퇴적물의 산소교환, 퇴적물내 공극수의 pH 안정도, 퇴적물내 공극수의 염분 등에 영향을 미쳐 결국, 섭식활동, 경쟁, 포식 등 생물의 행동에



**Table 3.** Characteristics of the station group of the macrozoobenthos on the mud-tidal flat around Mokpo coastal area, Korea

Parameter	Station group		
	I	II	III
Station no.	1, 2, 3	4, 5, 6, 7, 8, 9	10
<i>Environmental</i>			
Mean $\phi$	7.97	7.80	7.64
Sand (%)	5.3	1.7	1.7
Silt (%)	55.5	61.4	63.6
Clay (%)	39.2	27.3	34.7
Sediment type	silty clay	silty clay	silty clay
<i>Ecological</i>			
No. of species	51(25~34)	95(43~50)	43
Abundance (ind./m <sup>2</sup> )	361	3,524	1845
Biomass (g/m <sup>2</sup> )	140.82	220.99	91.83
Diversity	1.80	1.72	2.04
Evenness	0.79	0.60	0.70
Dominance	0.24	0.34	0.25
Dominant species (ind./m <sup>2</sup> )			
<i>Musculista senhousia</i> (bi)	25.3	866.5	191.0
Capitellidae unid.(po)	27.0	67.8	108.0
<i>Caprella</i> sp.(cr)	2.3	31.3	3.0
<i>Nitidotellina minuta</i> (bi)	8.7	6.2	—
<i>Laternula navicula</i> (bi)	—	18.3	6.0
Spionidae unid.(po)	7.7	6.2	5.0
<i>Macrophthalmus japonicus</i> (cr)	5.0	3.2	—
<i>Bacillaria cumingii</i> (ga)	—	15.5	—
<i>Urothoe</i> sp.(cr)	—	24.8	3.0
Assimineidae unid.(ga)	—	21.2	10.0
<i>Ruditapes philippinarum</i> (bi)	—	17.0	13.0
Glyceridae unid.(po)	2.3	14.7	9.0
<i>Reticunassa</i> sp.(ga)	4.3	13.2	—
<i>Camptandium sexdentatum</i> (cr)	0.3	8.5	12.0

po: polychaete, bi: bivalve, ga: gastropod, cr: crustacean.

제한하게 되고, 이는 우점종을 포함한 군집의 차이를 가져오는 것으로 알려져 있다 (Swinbank and Murray 1981).

한편, 조간대 중부역에서 하부역에 걸쳐 이매패류인 종밧의 대량 출현은 매우 특징적이라 할 수 있다. 본 연구 지역에서 종밧은 1,640개체/m<sup>2</sup>의 높은 밀도로 출현하였는데, 아직까지 우리나라 조간대에서 이러한 밀도의 분포가 보고된 예는 없다. 그러나 득량만에서는 조하대 최우점종으로 출현하여 633개체/m<sup>2</sup>의 밀도로 분포하였다 (마 등 1995). 조간대의 경우 홍콩의 Tai Tam Bay의 조간대 중부역에서는 2,500개체/m<sup>2</sup> 이상의 밀도로 출현하였다고 보고되어 (Morton, 1974), 본 조사 지역과 매우 유사한 분포 양상이었다. 종밧은 여과섭식성 동물로서 유기물이 풍부한 장소에 대량으로 출현하는 특징을 가지고 있는 오염지표 생물로 알려져 있는데, 항 후 갯벌 조간대에서 이들

의 역할에 대한 상세한 조사가 필요하다고 판단된다. 본 조사 지역의 퇴적물 유기물량은 조간대 상부에서 상대적으로 높은 값을 나타내다가 하부로 갈수록 감소하는 양상인데, 종밧이 우점적으로 출현한 정점 6, 7에서는 0.8%로서 약간 높은 값이었다. 특히 종밧이 우점적으로 출현하는 정점들은 조간대 팔에 해조류인 매생이 (*Capsosiphon fulvescens*)가 다른 정점에 비해 밀생해 있었다. 매생이의 대량 밀생이 종밧의 개체군 형성에 어떤 영향을 미쳤는지는 별도로 조사되지 않았으나, 매생이의 밀생은 퇴적물의 유기물 함량을 높이고, 밀물과 썰물시 저층 유속을 감소시켜 퇴적물 입자의 부유를 방지하여 종밧의 착저에 유리한 여건을 제공하였을 것으로 추정된다. 또한 일반적으로 유기물이 풍부한 장소에서 높은 밀도로 출현한다고 알려져 있는 다모류인 Capitellidae가 이 정점들에서 높은 밀도로

출현함으로써 이러한 추정을 뒷받침해 준다.

본 연구에서의 저서동물 군집은 조간대 상부에서 하부로 가면서 3개의 군집으로 구분되었다. 본 조사에서는 각 정점별 노출시간은 측정하지 못하였으나, 3개 군집은 각 정점의 노출 시간의 차이, 퇴적상의 차이 및 이에 따른 환경 요인들의 차이에 기인된다고 할 수 있다. 이와 같이 조간대 상부에서 하부에 걸친 정점군의 구분은 우리나라 대부분의 조간대에서 관찰되었다 (박 1991, 서 1994, 안과 고 1992, Frey et al. 1987). 즉, 안과 고 (1992)는 만경·동진 조간대에서의 저서동물 분포를 결정짓는 요인으로서 연속 노출 시간의 차이로 보고 조간대 상부에서 하부로 갈수록 특징적인 생물군이 분포한다고 하였다. 또한 박 (1991)과 서(1994)도 인천 연안 조간대에서의 저서동물 군집 연구를 통해 군집의 차이는 노출시간과 퇴적상의 차이에서 기인된 것이라고 하였다. 한편 Tamaki와 Kikuchi (1983)는 sand flat 조사에서 조석, 파도의 작용, 퇴적상에 따른 우점종 분포에 따라 군집이 4개로 구분된다고 하였다. 퇴적상과 관련하여 본 조사해역의 특징을 보면, 이 지역은 금호 방조제가 건설되기 이전에는 수로가 형성되어 유속이 강하여 퇴적물 입도가 지금 보다는 조립하였을 것으로 판단된다. 그러나 방조제 건설로 인해 유속이 감소하게 됨으로서 금강하구에서 조사된 바와 같이 (최 등 1995), 결과적으로 조간대를 포함한 조하대 해역에는 필질의 퇴적이 일어나 입도가 세립해질 가능성이 있다. 따라서 해양생태계 변화의 관점에서, 본 조사해역의 저서동물의 우점종을 포함한 군집의 변화에 대해 주기적으로 조사할 필요성이 있다고 판단된다.

## 적 요

연안해역 보전을 위한 해안 습지 생태계의 구조와 기능 연구의 일환으로 목포 인근해역 갯벌 조간대에서의 저서동물 군집 구조를 연구하였다. 저서동물 조사는 조간대 상부에서부터 하부에 이르기까지 약 1 km에 이르는 갯벌 조간대에 100 m 간격으로 정점을 정하고, 계절별인 1995년 9월, 10월 및 1996년 2월, 5월에 수행되었다. 저서동물 채집은 크기 13×22×30 cm 인 can core (0.0086 m<sup>3</sup>)를 사용하여 각 정점별로 3회씩 조간대 퇴적물을 채집하였다. 조사결과 총 119종, 2,357개체/m<sup>2</sup> 및 180.94 g/m<sup>2</sup>의 저서동물이 채집되었다. 이 가운데 연체동물이 51종이 출현하여 전체 출현 종수의 43%를 차지하였으며, 갑각류가 36종으로서 30%, 다모류는 27종이 출현하여 23%를 차지하였다. 한편 출현 개체수는 연체동물이 1,804개체/m<sup>2</sup>로서 약 75%를 차지하여 상대적으로 우점하였으며, 다모류는 347개체/m<sup>2</sup>가 출현하여 (15%), 이들 2개 분류군이 전체 출현개체수의 약 90%를 차지하였다. 또한 출현한 생물량 가운데 연체동물이

147.51 g/m<sup>2</sup>로서 가장 우점하였으며 82%를 차지하였다. 노출 시간이 긴 조간대 상부에서부터 하부로 갈수록 출현종수, 밀도 및 생물량은 증가하는 양상이었다. 그러나 정점 6과 7에서는 종뭇 (*Musculista senhousia*)의 대량 출현으로 인하여 특히 밀도와 생물량이 높았다. 주요 우점종은 연체동물의 종뭇, 다모류의 Capitellidae spp.였으며, 각각 1,640개체/m<sup>2</sup> 및 179개체/m<sup>2</sup>였다. 표생생물로서는 갯비틀이고둥 (*Cerithideopsisilla djadjarjensis*)이 우점하여 정점 1과 2 사이에서 평균 100 개체/m<sup>2</sup>의 밀도로 출현하였다. 군집 분석 결과 정점 6과 7에서는 다양도가 낮고 우점도가 특히 높은 양상이었으며 조간대 하부로 갈수록 다양도는 증가하는 양상이었다. 집괴분석 결과, 간조시 노출 시간에 따라 조간대 상부, 중부 및 하부에 위치한 정점군으로 구분되었다. Capitellidae는 조간대 상부에서 하부에 이르기까지 폭넓게 분포하였으나 정점군 III에서 가장 밀도가 높았다. 또한 조간대 중부역과 하부역의 정점군 II와 III에는 *M. senhousia*가 우점적으로 출현하였으며 밀도는 각각 866.5 개체/m<sup>2</sup> 및 191.0 개체/m<sup>2</sup>였다.

## 인 용 문 헌

- 마채우, 홍성운, 임현식. 1995. 득량만의 저서동물 분포. 한수지 28(5): 503-516.
- 박홍식. 1991. 인천연안 조간대 저서동물의 생태학적 연구. 인하대학교 대학원 석사학위논문. 124 p.
- 서인수. 1994. 인천 연안 조간대 저서생물 군집의 구조와 분포패턴. 인하대학교 대학원 석사학위논문. 103 p.
- 송민정. 1996. 목포 연안역의 이매패류 분포에 관한 연구. 목포대학교 대학원 석사학위논문. 76 p.
- 신 숙. 1993. 해남반도 조간대의 환경과 저서동물상에 관한 연구. 한수지 26(1): 63-75.
- 안순모, 고철환. 1992. 서해 만경·동진 조간대의 환경과 저서동물 분포. 한해지 27(1): 78-90.
- 여수수대. 1992. 목포 신도심 조성 II 단계 매립사업에 따른 어업권 피해영향조사 보고서. 320 p.
- 최진용, 박용안, 최강원. 1995. 하구연 갑문폐쇄 후 금강 하구의 물리, 퇴적학적 특성변화. 한해지 30(4): 262-270.
- 환경부. 1996. 갯벌보전과 이용의 경제성 평가. 환경부 113 p.
- Ambrose, W.G. Jr. 1986. Estimate of removal rate of *Nereis virens* (Polychaeta: Nereidae) from an intertidal mudflat by gulls (*Larus* spp.). Mar. Biol. 90: 243-247.

- Barnett, B.E. 1984. Observations on the intertidal fauna of the South Bank of the Humber Estuary. *Mar. Environ. Res.* 13: 33-53.
- Beukema, J.J. 1991. Changes in composition of bottom fauna of a tidal flat area a period of eutrophication. *Mar. Biol.* 111: 293-301.
- Doornobis, G., A.M. Groenendijk and Y.W. Jo. 1986. Nakdong estuary barrage and reclamation project: Preliminary results of the botanical, macrozoobenthic and orithological studies. *Biol Conserv.* 38: 115-142.
- Flint, R.W. and J.S. Holland. 1980. Benthic infaunal variability on a transect in the Gulf of Mexico. *Estuar. Coast. Mar. Sci.* 10: 1-14.
- Frey, R.W., J.S. Hong, J.D. Howard, B.K. Park and S.J. Han. 1987. Zonation of benthos on a macrotidal flat, Inchon, Korea. *Senckenbergiana Marit* 19 (5/6): 295-329.
- Holland, A.F. and T.T. Polgar. 1976. Seasonal changes in the structure of an intertidal community. *Mar. Biol.* 37: 341-348.
- Koh, C.H. and H.C. Shin. 1988. Environmental characteristics and distribution of macrobenthos in a mud flat of the west coast of Korea (Yellow Sea). *Neth. J. Sea. Res.* 22: 279-290.
- Morton, B. 1974. Some aspects of the biology, population dynamics, and functional morphology of *Musculista senhousia* Benson (Bivalvia, Mytilidae). *Pacific Science* 28: 19-33.
- Pielou, E.C. 1966. The measurement of diversity in different types of biological collection. *J. Theoret. Bio.* 13: 131-144.
- Pielou, E.C. 1984. The interpretation of biological data. Wiley, New York. 263 p.
- Sanders, H.L., E.L. Goudsmit and G.E. Hampson. 1962. A study of the intertidal fauna of Barnstable Harbor, Massachusetts. *Limnol. Oceanogr.* 3(3): 245-258.
- Shannon, C.E. and W. Wiener. 1963. The mathematical theory of communication. Urbana, University of Illinois Press. Urbana. 125 p.
- Simpson, E.H. 1949. Measurement of diversity. *Nature* 163: 688.
- Strickland, J. D.H. and T.R. Parsons. 1972. A practical handbook of seawater analysis. Fish. Res. Board of Canada. 310 p.
- Swinbanks, D.D. and J.W. Murry. 1981. Biosedimentological zonation of Boundary Bay tidal flats, Fraser River Delta, British Columbia. *Sedimentology* 28: 201-237.
- Tamaki, A. and T. Kikuchi. 1983. Spatial arrangement of macrobenthos assemblages on an intertidal sand flat, Tomioka Bay, west Kyushu. *Publ. Amakusa Mar. Biol. Lab.* 7(1): 41-60.
- Yi, S.K. 1975. Studies on the intertidal macrofauna community at Yong-ho Bay, Basan, Korea. *Bull. Korean Fish. Soc.* 8: 133-149.

(1997년 7월 29일 접수)