

## 황해 대청도 옥죽포의 외해로 노출된 모래갯벌에 서식하는 대형저서동물의 대상분포

홍재상\* · 윤상필  
인하대학교 해양학과

### Zonation of the Exposed Sandy Beach Macrofauna in Okjukpo, Taechongdo, Korea

JAE-SANG HONG\* AND SANG-PIL YOON

Department of Oceanography, Inha University, Incheon 402-751, Korea

황해 대청도 옥죽포의 모래갯벌에 서식하는 대형저서동물의 대상분포 양상을 파악하기 위해 1998년 6월 24일에 1개의 조사지선을 설정하여 10개의 정점에서 조사를 실시하였다. 퇴적물의 평균 입도 범위는 1.97~2.23 $\phi$ 였으며, 유기물 함량은 0.52~1.02% 사이의 값을 나타내었다. 조사 결과 총 25종의 저서동물이 채집되었으며, 채집된 저서동물의 총 개체수와 생체량은 각각 10,705개체, 89.13 gWWt였다. 본 연구 지역에서 가장 우점한 분류군은 미소갑각류에 속하는 단각류와 등각류였으며, 주요 우점종으로 *Eohaustorius setulosus*(33%), *Exciorolana chiltoni*(26%), *Haustorioides koreanus*(12%), *Platorchestia crassicornis*(8%), *Cycladicama cumingii*(6%) 등이 출현하였다. 이들 주요 우점종들의 대상분포 양상은 Dahl(1952)과 Jo(1990)의 연구 결과와 매우 유사하였으며 다음과 같이 3층의 대상분포 양상이 뚜렷하게 나타났다: (1) 상부의 *Platorchestia crassicornis*, (2) 중부의 *Exciorolana chiltoni*, (3) 하부의 haustoriid - dogielinotid - urothoid - oedicerotid로 구성되는 단각류 군집.

Zonation pattern of macro-invertebrate community structure was examined from Okjukpo sandy beach, Taechongdo, Korea. Macrofauna were collected in June 1998 using a can corer from ten stations along one transect. Mean grain size ranged from 1.97 to 2.23 $\phi$  and sediment organic contents ranged from 0.52 to 1.02%. A total of benthic macro-invertebrates comprised 25 species, providing 10,705 individuals and 89.13 g wet weight in biomass. Peracaridean crustaceans such as amphipods and isopods are the most prominent components in this exposed sandy beach. The dominant species were *Eohaustorius setulosus* (33%), *Exciorolana chiltoni* (26%), *Haustorioides koreanus* (12%), *Platorchestia crassicornis* (8%), and *Cycladicama cumingii* (6%). The zonation patterns by these animals were very similar to those noted by Dahl(1952) and Jo(1990). They are divided into three faunal zones: 1) subterrestrial fringe dominated by a talitrid amphipod *Platorchestia crassicornis*, 2) midlittoral zone by a cirrolanid isopod *Exciorolana chiltoni*, 3) sublittoral fringe by more diverse amphipods communities.

### 서 론

외해로 노출된 모래갯벌(sandy beach)은 파랑의 영향이 미치는 연안의 최상한선에서 저조선까지의 미고결 퇴적물(unconsolidated sediments)이 집적되어 있는 지역으로(Komar, 1976), 수리 에너지 조건의 변화에 따라 지속적인 침식과 퇴적작용이 일어나는 불안정한 퇴적 환경을 갖는다(Shepard, 1973). 이러한 모래갯벌의 퇴적 환경에 영향을 미치는 주요 요인으로는 조석과 파랑, 그리고 바람을 들 수 있으며, 그 밖에 연안의 지형, 조랑(tidal prism), 퇴적물의 존재 여부 및 강수의 유입 등도 중요한 역할을 한다

(Davies and Hayes, 1984). 그러나 이러한 많은 요인들 중에서도 파랑과 조석의 상대적인 효과는 퇴적물의 이동에 영향을 미쳐 염습지 식생의 발달, 광활한 펄갯벌의 형성, 사주나 사취 및 사퇴의 발달 등을 유발시키며 연안 퇴적환경의 변화와 밀접한 관계를 가진다(Hayes, 1979).

조간대에 서식하는 대형 저서생물의 분포는 조위에 따른 생리적 스트레스에 의해 뚜렷한 수직적 대상구조를 보이는 독특한 분포 패턴이 특징적으로 나타난다(Stephenson and Stephenson, 1949; Peterson, 1991). 그러나 이와 같은 저서생물의 수직적 성층 구조를 보이는 군집의 분포 패턴은 펄갯벌이나 모래갯벌에서도 암반 조간대 해안의 그것에 비하여 명확하게 보이지는 않으나 흔히 존재하고 있다는 증거가 제시되고 있다(Brown and

\*Corresponding author: jshong@dragon.inha.ac.kr

McLachlan, 1990; Peterson, 1991). 이렇게 연성저질의 저서생물의 대상분포가 분명하지 않게 보이는 이유는 갯벌이라는 환경 자체가 역동적일 뿐만 아니라 여기에 서식하는 생물들은 암반해안에서와는 달리 조석에 따라 변하는 외부의 열악한 환경 조건에 적응하기 위하여 모래나 펄 속으로 잠입하기 때문이며, 게다가 광활하게 펼쳐지는 서식처로서의 갯벌이 경사가 완만하여 그러한 패턴을 한 눈에 식별하기가 쉽지 않기 때문이다(McLachlan and Jaramillo, 1995).

외국에서는 특히 노출된 해안의 모래갯벌에 서식하는 주요 생물들의 조위에 따른 특정 분포대에 근거하여 수직적으로 구획을 정하는 대상분포에 대한 많은 연구가 있어 왔다(Dahl, 1952; Trevallion *et al.*, 1970; Brown and McLachlan, 1990). 그 중에서도 Dahl(1952)은 맨 처음으로 유럽과 남미 모래갯벌에 서식하는 미소 갑각류를 이용하여 이미 암반 조간대 해안에서 밝혀진 특징적 대상구조인 Stephenson의 이른바 "universal" scheme에 상응하는 ① talitrid-ocypodid belt, ② cirolanid belt, ③ rich and varied faunal belt로 연결되는 3층의 대상구조의 분포 특성이 모래갯벌에서도 적용될 수 있음을 제안하였다. 한편, Salvat(1964)는 모래갯벌을 함수율에 근거하여 4개의 물리적 구역, 즉 drying, retention, resurgence, saturation zones으로 나누고 있다.

외해로 노출된 모래갯벌에서의 대형저서생물의 대상분포에 대한 국내의 연구로는 홍(1982a)의 덕적군도의 굴업도와 남해안의 보길도 증리의 모래갯벌(홍, 1982b), Jo(1990)의 부산 다대포 모래갯벌에서의 단각류의 분포 양상에 대한 연구, 그리고 최근 인

천 주변 대부도 방아머리 모래갯벌의 대형저서동물의 분포에 대한 연구(최 등, 1998)가 있는 정도이다.

본 조사에서는 우리나라 서해 5도 중의 하나인 대청도 옥죽포의 외해로 노출된 모래갯벌에 서식하는 대형저서동물의 군집 구조, 주요 우점종의 분포 양상 및 대상분포의 특징을 밝히는 데 목적을 두었다.

### 재료 및 방법

본 조사는 1998년 6월 24일 우리 나라 서해 대청도 북쪽에 위치한 옥죽포 해변의 외해로 노출된 모래갯벌에서 실시되었다(Fig. 1). 이 지역은 조사 당일 최간조시 조간대 최상부로부터 최저조선까지 약 140 m의 모래갯벌이 노출되었으며, 인천광역시의 육지부 주변의 다른 도서지역과 비교할 때 상대적으로 외해에 위치하고 있어 다양한 퇴적상의 수직적 구배가 나타나지 않으며 조간대 전반에 걸쳐 퇴적상의 변화가 매우 적은 지역이다. 또한 본 조사 지역은 조간대 중부 지역 주변에 사퇴가 형성되어 있고(Fig. 2), 이러한 사퇴는 조석이 파랑보다 퇴적물의 퇴적 작용에 우세한 영향을 갖는 모래갯벌에서 흔히 형성되는 것으로 알려져 있다(Hayes, 1979).

연구지역인 대청도 옥죽포 해변의 모래갯벌에 서식하고 있는 대형저서동물의 군집 구조와 대상분포를 알아보기 위해 퇴적물의 유형과 지형적인 특성을 고려하여 해안선의 방향과 수직인 1개의 정선을 10~20 m 간격으로 총 10개의 정점으로부터 퇴적물을 채집하였다(Fig. 1, Fig. 2). 퇴적물은 rectangular can corer

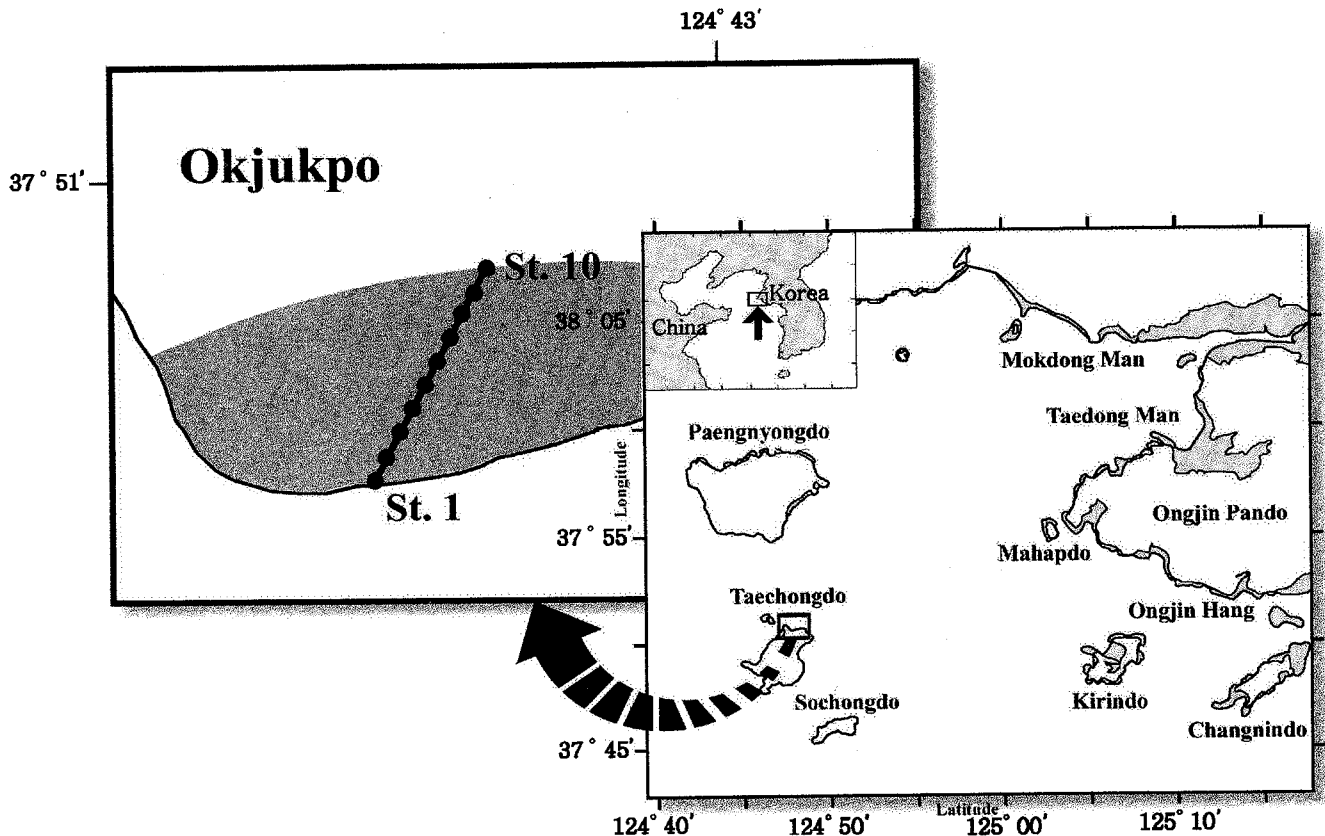


Fig. 1. The sampling stations of Okjukpo sandy beach in Taechongdo, Korea.

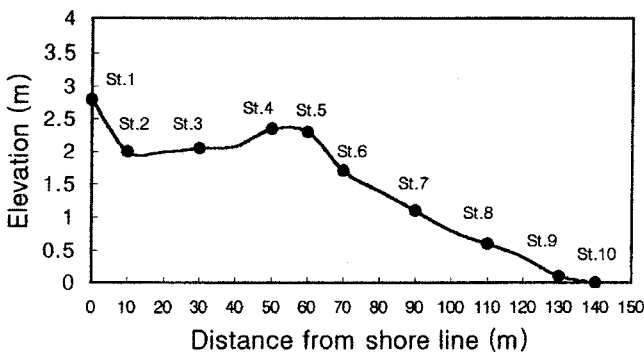


Fig. 2. Bottom slope along the transect line at Okjukpo sandy beach, Taechongdo in June 1998.

(15 cm×20 cm×30 cm)를 사용하여 각 정점에서 6회 반복하여 0.2m<sup>2</sup>씩 채집하였으며, 이렇게 채집된 퇴적물은 현장에서 1 mm 망목의 체를 이용하여 대형저서동물을 분리하였다. 분리된 저서동물은 현장에서 10%의 중성 포르말린으로 고정한 후, 실험실로 운반하였다. 실험실로 운반된 저서동물들은 분류군별로 선별한 후, 종 단위까지 동정하였고, 개체수를 계수하고 생물량을 측정하였다.

퇴적물의 입도 분석은 Stoke's law에 근거한 Pipette method를 이용하였고, 조직 표준치는 Folk and Ward(1957)의 방법을 사용하였다. 퇴적물의 유기물 함량은 건조된 퇴적물을 550°C의 전기 화로에서 6시간 태운 후, 무게의 손실 값을 백분율로 환산하였다.

각 정점으로부터 산출된 생물 자료는 각 정점별로 단위 면적 당의 값으로 환산되었으며, 그 값들을 기본으로 대형저서동물의 군집구조를 파악하기 위해 (1) Shannon and Weaver(1949)의 종 다양성 지수(H'), (2) Pielou(1975)의 균등성 지수(J), (3) 우점종 서열을 정하기 위한 Le Bris Index (1988), (4) 출현종과 개체수의 자료를 이용한 집괴 분석에서 정점간 유사도를 파악하기 위하여 Chord Distance(Reynolds and Ludwig, 1988), (5) 유사도 지수 행렬로부터 각 조사 정점과 출현종을 연결하는 방법으로 β를 0으로 하는 UPGMA(Unweighted Pair-Grouping Method using Average)(Lance and Williams, 1967) 등의 생태적 제지수들을 이용하였다.

## 결 과

### 환경요인

대청도 옥죽포 모래갯벌은 조간대 최상부로부터 조간대 하부에 이르기까지 전 정점에 걸쳐 모래함량이 균일하게 99% 이상을 차지하는 뚜렷한 모래퇴적상을 나타내고 있으며, 10개 정점의 평균 입도는 2.09φ 이고 그 범위는 1.97~2.23φ를 보여, 전 정점이 모두 medium sand에 포함됨을 알 수 있다(Fig. 3). 대체로 각 정점별 표층 퇴적물의 평균 입도는 거의 차이가 없었으나 다른 정점들에 비해 정점 2에서만이 다소 세립한 퇴적물이 존재하는 것으로 나타났다. 분급도의 경우는 평균 0.62φ, 범위는 0.59~0.63φ 사이로 나타나 대체로 퇴적물은 양호한 분급을 보였다.

퇴적물의 유기물 함량은 평균 0.75%, 그리고 정점별로는 0.52~1.02%의 범위를 보였으며 정점 10에서 가장 높은 값을 나타

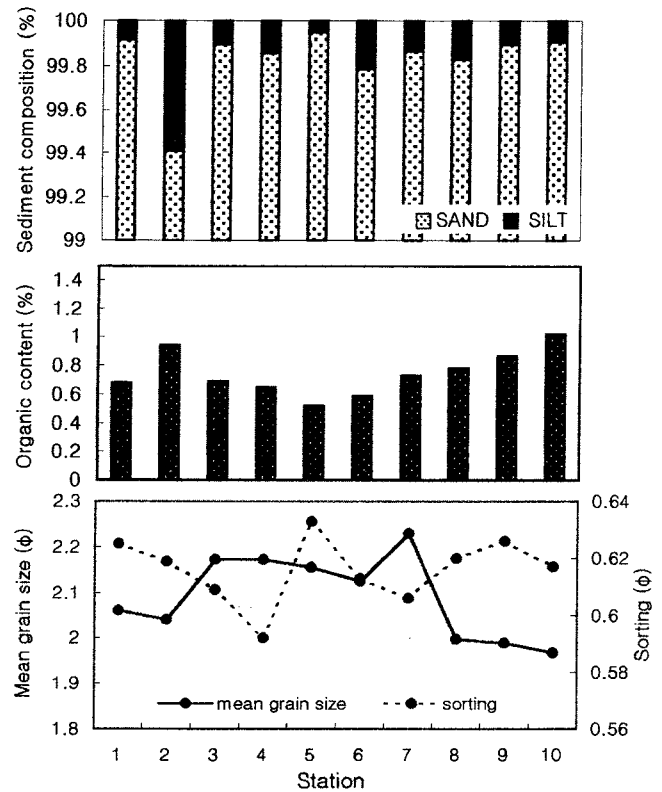


Fig. 3. The habitat conditions along the transect line at Okjukpo sandy beach, Taechongdo in June 1998.

내었다. 또한, 사퇴가 형성되어 있는 곳의 정점들 중 특히 5번 정점의 유기물 함량이 가장 낮은 값을 보였으며, 주변 정점 보다 상대적으로 낮은 조위를 갖는 정점 2번에서 비교적 높은 0.94%의 값을 나타내었다(Fig. 2, Fig. 3).

본 조사 지역인 대청도 옥죽포 모래갯벌의 노출 정도를 파악하기 위해 McLachlan(1980)이 제시한 Exposure rating scheme을 적용한 결과, 총 20점 중 대략 13점을 얻어 'Exposed' sandy beach의 범주에 포함되고 있음을 알 수 있었다.

### 종 조성

조사 지역의 10개 정점에서 4개 동물군에 속하는 총 25종의 대형저서동물이 출현하였다. 가장 많은 출현종수를 보인 동물군은 절지동물문의 갑각류로서 14종(56%)이 출현하였고, 연체동물과 다모류가 각각 4종(16%), 그리고 기타 동물군이 3종(12%) 출현하였다(Fig. 4). 이들을 분류군별로 살펴보면 갑각류 중 단각류(Amphipoda)가 8종, 올챙이새우류(Cumacea)가 2종, 등각류(Isopoda)가 3종, 곤쟁이류(Mysidacea)가 1종으로 구성되어 있으며, 다모류는 4종, 연체동물 중 이매패류가 4종, 그리고 기타 동물군에는 유형동물(Nemertina)이 3종으로 구성되어 있다. 특히 갑각류 중에서도 단각류가 8종 출현하여 단일 분류군으로서 최대 출현 종수를 보이고 있다. 각 정점별 출현종수는 1~14종 사이에서 출현 변화를 보이며, 정점당 평균 7종이 출현하고 있다. 전반적으로 조간대 하부로 갈수록 정점당 출현종수는 증가하는 경향을 나타내고 있으나 정점 4와 정점 5, 그리고 정점 8에서는

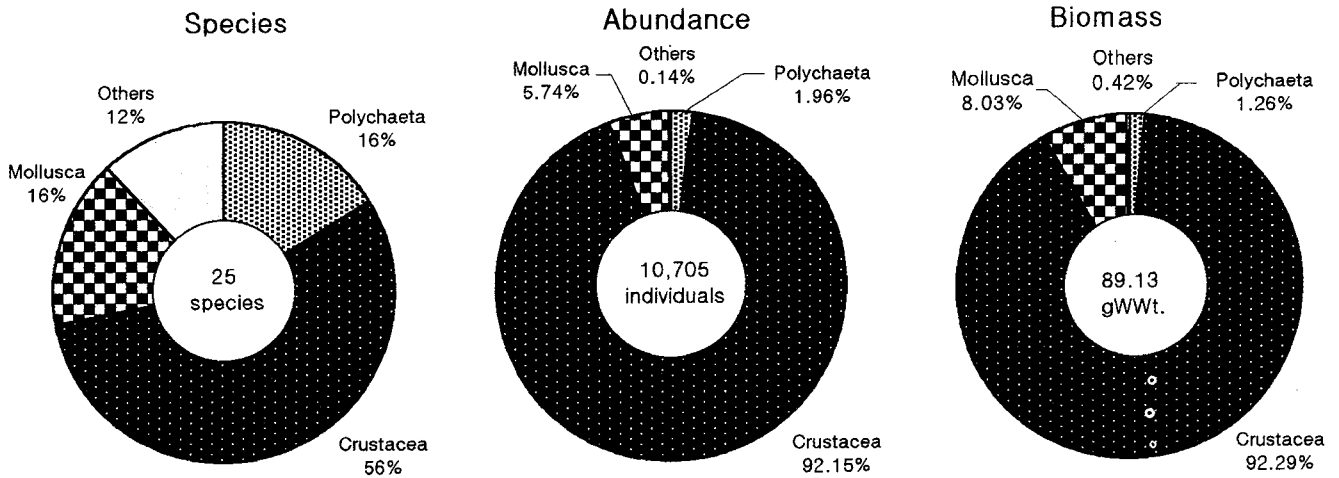


Fig. 4. Species composition, abundance, biomass found on a Okjukpo sandy beach based on 10 stations collected in June 1998.

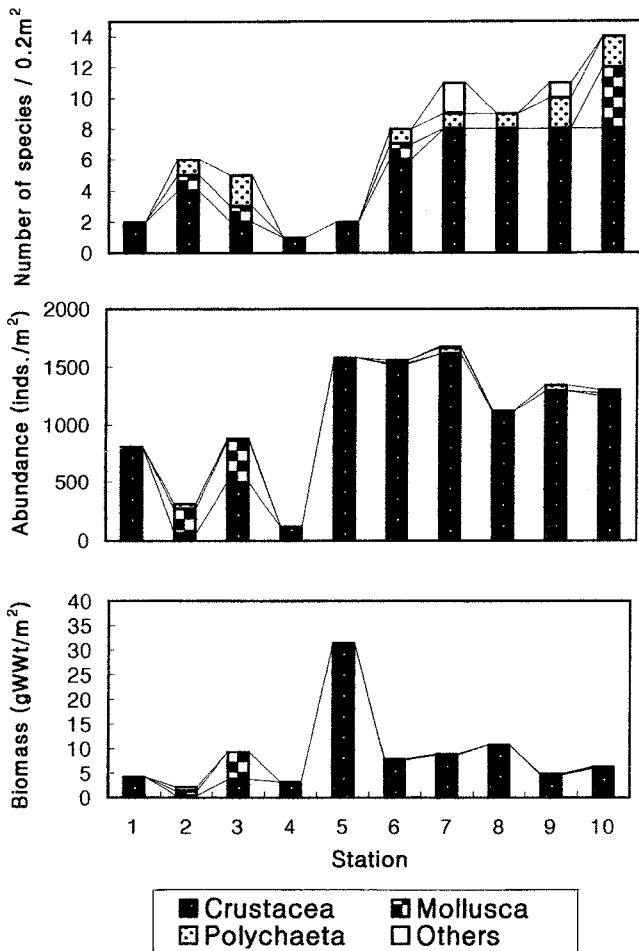


Fig. 5. The number of species, abundance, biomass of major macrofauna taxa occurred at each sampling stations.

주변의 정점들과 비교했을 때 종수의 감소를 보인다. 마지막 정점인 10번 정점에서 가장 많은 종이 출현하여 최대 종수인 14종이 출현하고 있다(Fig. 5).

분류군별, 정점별 출현 양상은 다모류의 경우, 전체적으로 각 정점당 1~2종이 출현하고 있지만 중간대 최상부인 1번 정점과 사퇴상에 위치하는 정점 4와 5에서는 출현하지 않고 있다. 갑각류는 각 정점당 1~6종이 출현하고 있으며, 전체적으로는 정점 7번 이후에서 많은 종 수를 보이고 있다. 연체동물은 각 정점당 1~4종이 출현하고 있으며, *Cycladicama cumingii*를 제외한 나머지 3종인 동족(*Mactra veneriformis*), 개랑조개(*Mactra chinensis*), 점시조개류(*Moerella rutila*)는 정점 10번에서만 출현하고 있다. 기타 동물군 중 유일하게 출현한 유형동물은 정점 7과 9에서 각각 2종과 1종으로 총 3종이 출현하고 있다(Fig. 5).

개체수의 변화

본 연구지역에서 조사된 10개 정점에서 출현한 종들의 총 개체수는 10,705 개체이며, 평균적으로는 정점당 1,071 ind./m<sup>2</sup>가 출현하였다. 이들을 분류군별로 살펴보면 절지동물문의 갑각류가 9,865 개체로 전체의 92.15%를 차지하여 수적으로 가장 우점하는 분류군으로 나타났으며, 연체동물의 이매패류는 615 개체로 전체의 5.74%를 점유하였고 다모류는 210 개체로 전체의 1.96%를 차지하였다. 기타 동물군의 유형동물은 15개체만이 채집되어 점유율이 0.14%에 불과하였다(Fig. 4).

이들 분류군이 차지하는 비율을 정점별로 보면 *Cycladicama cumingii*에 의해 연체동물이 갑각류에 비해 상대적으로 많은 개체수를 보인 정점 2를 제외하면, 전 정점에서 갑각류의 출현량이 절대적으로 우점하고 있음을 쉽게 알 수 있다(Fig. 5). 한편, 정점별 출현 개체수의 분포패턴은 정점간에 큰 차이를 보이는데, 정점 5, 6, 7에서 각각 1,580 ind./m<sup>2</sup>, 1,560 ind./m<sup>2</sup>, 1,670 ind./m<sup>2</sup>로 가장 많은 개체수를 보였으며, 정점 2와 4에서 각각 315 ind./m<sup>2</sup>, 120 ind./m<sup>2</sup>로 가장 적은 개체수를 보였다. 여기서 한 가지 언급해야 할 부분은 정점 5와 6의 출현 개체수는 각각 한 종의 생물들이 개체수에 있어 피크를 이루으로써 크게 기여했다는 사실이다. 정점 5의 경우 전체 개체수 1,580 ind./m<sup>2</sup> 중, 1,575 ind./m<sup>2</sup>가 등각류인 *Excirrolana chiltoni*에 의한 것이다. 정점 6에서도 역시 전체 개체수 1,560 ind./m<sup>2</sup> 중, 1,190 ind./m<sup>2</sup>가 단각류의 *Dogielinotidae*에 속하는 *Haustorioides koreanus*에 의한 것이다.

**생체량의 변화**

조사된 10개 정점에서의 총 생체량은 89.13 g WWt 이었으며, 정점당 평균 8.91 g WWt/m<sup>2</sup>의 생체량을 나타내었다. 총 생체량 중 갑각류는 80.48 g WWt로 전체의 90.3%를 차지하여 생체량에 있어서도 절대적으로 우점하는 동물군으로 나타나고 있으며, 연체동물이 7.16 g WWt로 8.0%를, 다모류는 1.12 g WWt로 1.3%를 차지하였고, 기타 동물군의 유형동물은 0.37 g WWt로 0.4%를 차지하였다(Fig. 4). 정점간 각 동물분류군이 차지하는 비율도 개체수의 분포패턴과 유사하여 *Cycladicama cumingi*가 상대적으로 많은 생체량을 나타낸 정점 2와 3을 제외하면 모든 정점에서 갑각류의 생체량이 월등히 높게 나타나고 있다(Fig. 5).

정점별 생체량의 변동 양상을 살펴보면, 정점 1~10까지 정점 5를 제외하고는 2.12~10.75 g WWt/m<sup>2</sup> 사이로 큰 변동을 보이고 있지는 않지만 정점 5에서는 *Excirrolana chiltoni*의 개체수가 피크를 이룸으로써 31.51 g WWt/m<sup>2</sup>의 높은 생체량을 보이고 있다. 5번 정점에서 *Excirrolana chiltoni*만의 생체량은 31.50 g WWt/m<sup>2</sup>로써 전체 총 생체량 89.13 g WWt의 35.34%를 차지하는 양으로 이는 생체량에 있어 이 종이 이 지역 전체 생체량을 좌우하고 있음을 알 수 있다.

**생태적 제지수의 변화**

대형저서동물 군집의 생태학적 제지수 중 종 다양성 지수(H')를 보면 1종만이 출현하여 다양도 값의 의미가 없는 정점 4를 제외하면 최소 0.02부터 최대 1.74의 범위를 나타내었다. 다양도 지수 값이 가장 높게 나온 정점은 정점 8로 1.74, 낮게 나온 정점은 각각 2종의 생물들만이 출현한 정점 5의 0.02과 정점 1의 0.04이다. 정점 8의 다양도 지수가 가장 높게 나온 것은 종수는 주변 정점들에 비해 다소 떨어지나 균등도 지수(J)가 0.79로 가장 높아 상대적으로 다른 정점들에 비해 뚜렷한 우점종이 없는 것에 기인한 것으로 보인다. 균등도에 있어서도 역시 가장 낮은 균등도를 보이는 정점은 정점 1과 5로 각각 0.05와 0.03의 낮은 값을 나타내고 있다(Fig. 6).

**우점종의 분포패턴**

출현종의 우점 서열을 정하기 위해 출현빈도와 개체수(또는 생

체량)를 동시에 고려하는 Le Bris Index (1988)를 사용하였다.

**개체수에 근거한 우점종:** 개체수와 출현빈도를 고려한 Le Bris Index를 이용하여 상위 10가지의 종을 우점종으로 선정하였다. 먼저, 1순위 우점종은 *Excirrolana chiltoni*로 이 종은 정점 1을 제외하고 조간대 전반에 걸쳐 출현하고 있으며 정점당 평균 280 ind./m<sup>2</sup>의 출현밀도를 보이고 있다. 특히 정점 5에서 1,575 ind./m<sup>2</sup>로 최대 출현 밀도를 보이고 있다. 2순위에 해당하는 종은 *Eohaustorius setulosus*로서 총 3,490개체가 출현하였으며, 조위가 비교적 낮은 정점들에서 출현하고 있다. 최대 출현밀도는 정점 9번에서 나타나고 있는데 출현 개체수는 1,015 ind./m<sup>2</sup>이다. 3번째 우점종은 *Cycladicama cumingi*로서 총 600개체가 출현하였으며 주요 분포 정점은 2번과 3번 정점이다. 이 종은 본 연구 지역에서 출현하는 연체동물 중 유일하게 조간대 상부에서 출현하고 있는 종이다. 4순위의 우점종은 총 1,270개체의 출현 개체수를 보인 *Haustorioides koreanus*로 이 종은 주로 정점 6, 7, 8 번에서 나타나고 있으며 분포의 중심은 정점 6으로 1,190 ind./m<sup>2</sup>가 출현하였다. 5번째 우점종은 *Platorchestia crassicornis*이며 이 종은 전형적으로 조간대 최상부에서 출현하는 종으로 정점 1에서 805 ind./m<sup>2</sup>, 정점 2에서 5 ind./m<sup>2</sup>가 출현, 총 810개체의 출현 밀도를 보이고 있다. 6번째 우점종은 *Urothoe sp.*로 총 490개체가 출현하고 있으며 정점 7부터 10까지 주로 조간대 하부에 분포하는 양상을 보이고 있다. 7순위의 우점종은 *Haustorioides indivisus*이며 총 500개체의 출현밀도를 보이고 있다. 이 종 역시 정점 7부터 10까지 분포를 보이고 있으며 분포의 중심은 정점 7에서 나타나고 있다. 8번째 우점종은 다모류인 *Pseudopolydora paucibranchia*로서 총 출현개체수는 140개체로 정점 6에서 10까지 분포한다. 9번째와 10번째 우점종은 미소 단각류에 속하는 *Monoculodes koreanus*와 *Mandibulophoxus mai*로 각각의 총 출현 개체수는 150개체와 130개체이며, 두 종 모두 정점 7과 8을 위주로 하여 9번과 10번 정점까지의 분포 범위를 갖고 있다. 이들 10개의 우점종들의 출현 개체수를 모두 합해보면 총 10,380개체이며, 이는 전체 10,705개체의 96.96%에 해당한다(Fig. 7).

**생체량에 근거한 우점종:** 생체량과 출현 빈도를 고려하여 생체량이 1 g WWt 이상인 상위 5종을 우점종으로 선정하였다. 개체수와 출현빈도를 고려하여 정한 우점종의 순위와 비교했을 때

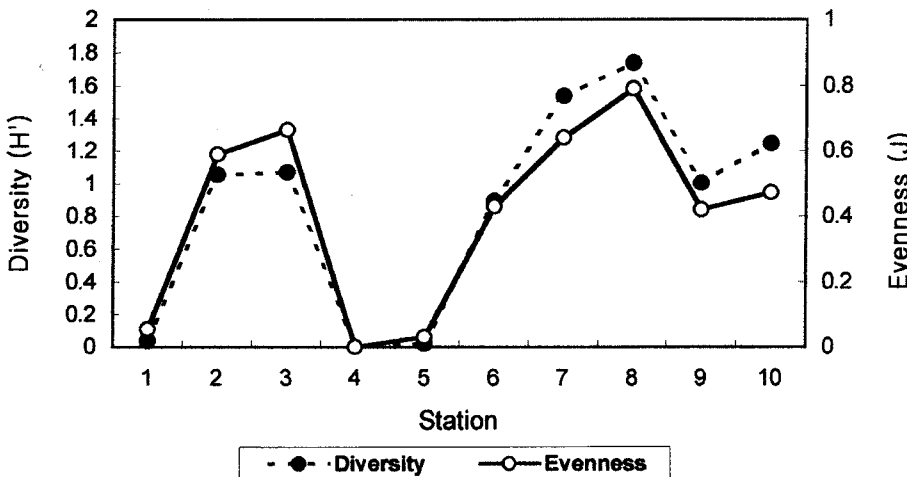


Fig. 6. The index values of species diversity and evenness at each station.

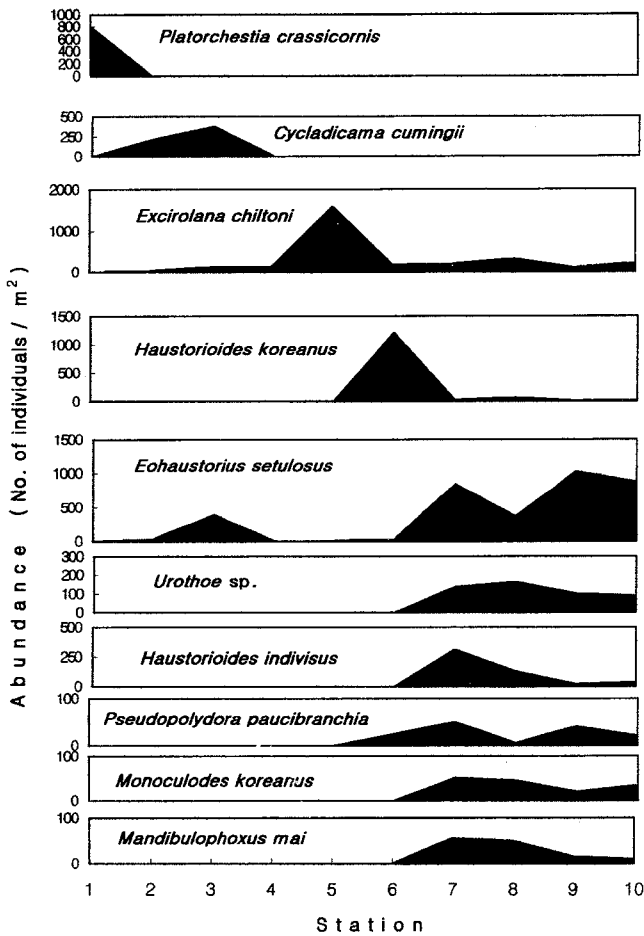


Fig. 7. Change of abundance of dominant species at each sampling stations.

상위 5종까지는 변화가 없었다. 생체량에 있어서도 역시 1, 2 순위의 우점종은 *Excirolana chiltoni*와 *Eohaustorius setulosus*로서 각각 54.62 g WWt와 11.56 g WWt를 나타내어 두 종의 생체량의 합이 66.18 g WWt에 이른다. 이는 조사된 10개 정점의 총 생체량 89.13 g WWt의 66.17%에 해당하는 양으로 이 두 종의 생체량이 전체 군집의 생체량을 좌우하고 있음을 알 수 있다. 3, 4, 5 순위 우점종인 *Cycladicama cumingii*, *Haustorioides koreanus*, *Platorchestia crassicornis*는 각각 6.92 g WWt, 7.26 g WWt, 4.2 g WWt의 생체량을 보였다.

집괴 분석

대청도 옥죽포 모래갯벌에 서식하는 대형저서동물의 개체수와 출현 빈도를 고려하여 Le Bris Index(1988)에 의해 우점 순위를 정하고 이렇게 정해진 우점 순위로부터 상위 15종을 선택하여 집괴분석을 실시하였다. 이러한 분석은 우점종들의 중간 유사도와 그들의 분포에 근거한 정점들간의 유사도를 종합함으로써 보다 정확한 서식처의 구분과 생물 상호간의 관계에 따른 우점종들의 분포 양상을 파악하기 위함이다.

정점간 유사도: 집괴분석을 이용하여 정점간의 유사도를 분석한 결과, 다음과 같이 10개의 정점을 5개의 정점군(station groups)으

로 나누어 볼 수 있었다(Fig. 8).

① 정점군 G1: 조건대 최상부인 1번 정점을 포함하며, 단각류의 Talitridae에 속하는 *Platorchestia crassicornis*로 대표된다.

② 정점군 G2: 사퇴가 위치하는 정점 4와 5를 포함하며 *Bodotria* sp.와 *Excirolana chiltoni* 2종만이 출현하는데, *E. chiltoni*는 거의 전 정점에서 출현하고 있지만 특히 정점 5에서 분포의 중심을 이루고 있다.

③ 정점군 G3: 주변에 비해 상대적으로 낮은 조위의 정점들인 정점 2와 3을 포함하며 총 6종의 생물이 출현하고 있다. *Cycladicama cumingii*, *Nectoneanthes oxypoda*가 이 정점군을 대표한다.

④ 정점군 G4: 정점 6을 포함하며 *Haustorioides koreanus*, *Gnorimosphaeroma* sp. 등이 분포한다.

⑤ 정점군 G5: 조건대 하부 7~10번 정점까지를 포함하며 출현 종수는 13종으로 가장 다양한 생물군이 나타나는 정점군이다.

중간 유사도: 중간 유사도 분석의 결과에서도 15종의 생물들을 역시 5개의 종군(species groups)으로 나누는 결과를 보여주고 있다(Fig. 8).

① 종군 GI: *Excirolana chiltoni*와 *Eohaustorius setulosus* 2종을 포함하며, 조건대 최상부 1번 정점을 제외한 거의 모든 정점에서 전반적으로 출현하고 있다.

② 종군 GII: *Platorchestia crassicornis*만을 포함하며, 옥죽포 모래갯벌의 최상부에서만 출현한다.

③ 종군 GIII: *Cycladicama cumingii*와 *Nectoneanthes oxypoda* 2종을 포함하며, 정점 2와 3에서 주로 나타나거나 그 곳에서 최대 서식밀도를 나타내는 종들로 구성되어 있다.

④ 종군 GIV: *Haustorioides koreanus*, *Gnorimosphaeroma* sp., *Bodotria* sp., 3종을 포함하며, 정점 6에서 주로 분포의 중심을 나타내는 종들로 구성되어 있다.

⑤ 종군 GV: 정점 7부터 10에 걸쳐 출현하며 정점 7과 8에서 최대 서식밀도를 나타내는 *Monoculodes koreanus*, *Mandibulophoxus mai*, *Urothoe* sp., *Haustorioides indivisus*, *Pseudopolydora paucibranchia* 등과 정점 9와 10에서만 출현하는 *Archaeomysis japonica*, *Armandia lanceolata* 등을 포함한다.

고 찰

옥죽포 모래갯벌의 무기환경 및 저서동물 군집의 생태 특성

대청도는 인천으로부터 약 200 km 떨어진 서해 5도 중의 하나로 백령도와 더불어 경기만의 최외각 지역에 위치하는 지리적 여건으로 인해 내륙에 접한 경기만 연안에 비해 상대적으로 파랑의 힘이 크게 작용하는 곳이다. 이러한 사실은 옥죽포 모래갯벌이 McLachlan(1980)의 Exposure rating scheme을 적용했을 때, 'Exposed' sandy beach의 범주에 포함된다는 점 외에도 용유도, 대부도, 영흥도, 태안 등 서해 연안에 위치하는 대부분의 모래갯벌들이 주로 fine sand~very fine sand의 퇴적물로 이루어진데 반해 medium sand의 퇴적물로 구성되어 있다는 사실에서도 확인된다. 또한 퇴적물의 입자 크기와 높은 상관성을 갖는 유기물 함량도 인천 송도 지역의 척진 갯벌에서 3%(박, 1991), 반월 갯벌의 3~4%(Koh and Shin, 1988)에 비해 평균 0.75% 정도로 현저히 낮은 값을 보이고 있다. 이렇게 옥죽포 모래갯벌

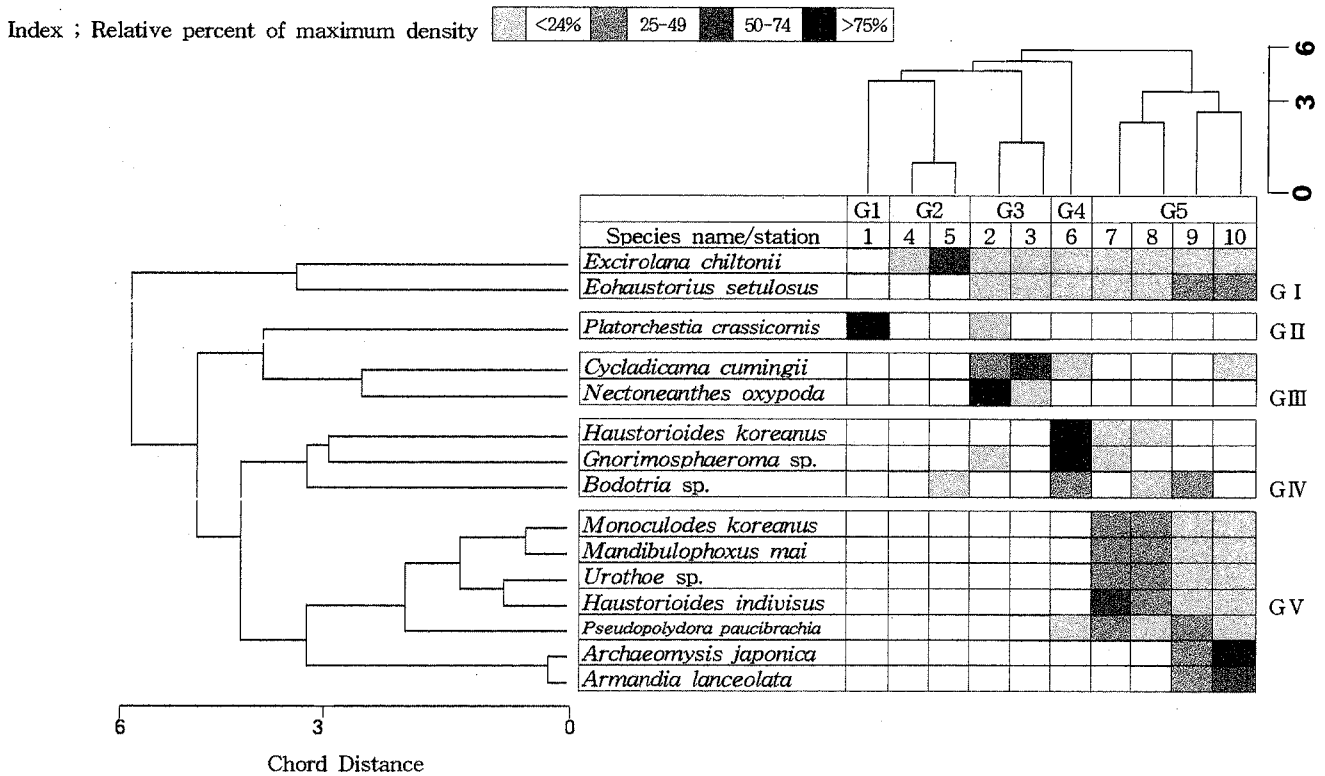


Fig. 8. Distribution of species groups in relation to station groups based on the numerical classification.

의 환경 조건은 외해로 노출되어 파랑의 영향을 많이 받아 나타나는 조립성 퇴적물, 낮은 유기물 함량, 비교적 가파른 해안 경사도에 따른 노출 시간의 뚜렷한 수직구배 등을 특징으로 한다.

한편, 본 조사 지역인 옥죽포 모래갯벌에 서식하는 저서동물군집이 갖는 가장 현저한 특징은 낮은 생물다양성과 개체수와 생체량에 있어서 갑각류의 절대적 우점이라고 할 수 있다. 옥죽포 모래갯벌에서 출현한 생물들의 총 종수는 25종이며, 이는 서해 연안에 위치한 모래갯벌들 중에서 유사한 채집 규모로 조사되었던 용유도 울왕리 60종, 태안 몽산포 73종 등에 비해 현저히 낮은 값이다 (홍, 1999). 이는 모래갯벌에서의 종다양성이 일반적으로 퇴적물 입자가 세립할수록(Dexter, 1983), 그리고 경사가 완만할수록(McLachlan, 1990) 증가한다는 사실과 잘 일치하고 있다.

옥죽포 모래갯벌에 출현하는 종들 가운데 개체수와 생체량에 있어서 절대적인 우점을 보인 분류군은 갑각류이며, 그 중에서도 단각류나 등각류 같은 미소 갑각류의 우점이 특징적으로 나타나고 있다. 이는 타분류군에 비해 상대적으로 유영 능력과 모래속을 파고드는 능력이 뛰어나(Brown and McLachlan, 1990) 강한 파랑에 의해 형성되는 모래갯벌의 독특한 역동적 환경에 잘 적응한 결과라고 할 수 있을 것이다. Dexter(1983)에 의하면 갑각류는 most exposed beaches에, 다모류는 most sheltered beaches에, 그리고 연체동물은 intermediate exposed beaches에 우점적으로 분포한다고 보고하였으며, 이러한 관점에서 볼 때 옥죽포 모래갯벌의 저서동물 군집은 exposed sandy beach의 특징을 잘 반영하고 있다고 할 수 있다.

옥죽포 모래갯벌에 서식하는 대형저서동물의 대상구조

조간대 연성저질에 있어서 대형저서동물의 분포 양상은 흔히 3개의 대상구조로 구분되어 나타나는 것이 아시아 지역이나 유럽의 조간대 연성저질에서 보이는 일반적인 현상으로 알려져 있다(Dahl, 1952; Hong 1982a, b; Frey et al. 1987). 이와 같은 사실을 대조차 지역인 우리나라 서해안의 모래갯벌을 대상으로 맨 처음 확인한 연구로는 Frey et al.(1987)의 인천 동춘동의 척전 갯벌, 안과 고(1992)의 만경강, 동진강 조간대 연구 등이 있다. Frey et al.(1987)은 인천 송도의 척전 갯벌을 상부에 게 분포대(Brachyuran zone), 중부에 연체동물 분포대(Molluscan zone), 하부에 해삼 분포대(Holothuroidean zone)로 크게 3개의 서로 다른 생물상을 보이는 구역으로 구분하였고, 이는 후에 Hong and Yoo(in preparation)에 의해 보다 정량적이고 통계적 연구 방법에 의하여 검증되었다. 그러나 우리나라의 외해로 노출된 모래갯벌에서는 홍(1982a)이 서해의 경기만 굴업도에서 상부에 *Orchestoidea-Tylos* belt, 중부에 *Dogielinotid-Haustoriid-Excirolana-Fellaniella* belt, 하부에 *Mesochaetopterus*를 포함하는 다양한 다모류와 미소 갑각류 분포대의 출현을 보고하였고, 남해안 보길도의 중리 모래갯벌에서는 상부에서 *Orchestia-Tylos-Ocypode* belt, 중부에서 *Haustoriid-Dogielinotid* belt, 하부에서는 우점종인 *Umbonium*을 포함하는 다양한 다모류와 연체류 분포대를 보고하고 있으나(홍, 1982b), 조위에 따른 퇴적물의 입도 조성이나 단위면적 당 정확한 종별 개체수의 정보가 없어 정량적 비교가 불가능하다.

본 조사의 대상 해역인 대청도 옥죽포 모래갯벌은 종수, 개체

수, 생체량 모두에 있어서 갑각류가 절대적으로 우점하고 있는 것이 매우 특징적이며, 이것은 경기만 대조차 해안의 모래펄 갯벌에서 조위에 따라 일반적으로 형성되는 3개의 대상분포 패턴과는 주요 우점종의 구성에 있어서 완전히 다른 결과를 나타내었다. 옥죽포 모래갯벌의 대상분포의 양상은 Dahl(1952)이 유럽(북부 Norway와 서부 Sweden)과 남미(Chile와 Venezuela)의 모래갯벌에서 갑각류의 대상분포를 기준으로 조간대를 3개의 지역으로 구분한 연구 결과와 매우 흡사하다. Dahl은 이 논문에서 조간대 상부를 'subterrestrial fringe'라고 명하고 이 지역은 열대 지방에서는 ocypodid crabs에 의해, 온대지방에서는 talitrid amphipods에 의해 특징지워지는 지역으로 설명하였다. 그리고 조간대 중부에 해당하는 지역을 cirolanid isopods가 우점하는 'midlittoral zone', 마지막으로 조간대 하부를 'sublittoral fringe'라고 명하고 이 지역은 갑각류가 다소 감소하면서 다양한 다른 동물 분류군들이 나타나기 시작하는 것이 특징적인데 특히 열대 지방에서는 hippid crabs에 의해, 온대지방에서는 haustoriid-phoxocephalid - oedicerotid amphipods 등의 단각류들에 의해 우점되는 지역으로 설명하고 있다.

Dahl이 조간대 생물 분포의 수직 구분에 기준으로 이용한 갑각류의 대상분포 양상은 본 조사의 연구지역인 옥죽포 모래갯벌에서의 갑각류의 대상분포 패턴과 매우 유사하게 나타나고 있다 (Fig. 9). 먼저, 최상부의 정점 1은 talitrid amphipod인 *Platorchestia crassicornis*가 우점적으로 서식하여 Dahl의 조상대인 'subterrestrial fringe'에 해당하며, 중부 조간대의 특징이 되는 cirolanid isopods인 *Excirrolana chiltoni*는 정점 1을 제외하면 조간대 전반에서 출현하고 있으나 분포의 중심은 사퇴가 형성되어 있는 곳인 4번과 5번 정점이며 이곳이 조간대 중부에 해당하는 'midlittoral zone'이 될 수 있을 것이다. 여기에서 집괴분석의 결과를 고려한다면 (Fig. 8), 정점 7 이후의 조간대 하부 지역과 명백히 구분되어 나타나는 정점 6 또한 중부 조간대에 포함될 수 있을 것이다. 이 지역은 dogielinotid amphipods에 속하는 *Haustorioides koreanus*가 *Excirrolana chiltoni*와 공존하면서도 단연 우점하고 있는 양상을 보이고 있다. 한편, 집괴분석 결

과 조간대 하부의 특성을 보이는 정점 7 이후의 지역에서는 haustoriid amphipods에 해당하는 *Eohaustorius setulosus*와 기타 단각류에 해당하는 *Haustorioides indivisus*, *Urothoe* sp., *Mandibulophoxus mai*, *Monoculodes koreanus* 등이 혼재되어 나타나면서도 *Eohaustorius setulosus*가 주요 우점종으로서 조간대 하부로 갈수록 증가하는 양상을 보이고 있다. 따라서 정점 7부터 정점 10까지가 조간대하부인 'sublittoral fringe'에 해당될 수 있다.

그러나, 여기에서 정점 2와 3이 예외적으로 나타나고 있는 현상에 대한 설명이 필요하다. 그런데 이 정점들은 갑각류와 연체동물, 그리고 다모류가 공존하고 있으며, 주로 이때패류인 *Cycladicama cumingii*가 우점하고 있는 것이 특징적이다. 이 지역은 사퇴의 형성으로 상대적으로 조위가 낮아지면서 입도의 세립화와 함께 유기물 함량이 증가하는 등 (Fig. 3), 여러 가지 환경요인들이 복합적으로 작용하여 생긴 일종의 미서식처 (microhabitat)의 형성으로 유추해 볼 수 있다. 따라서 이 부분은 미기후적 요인 (microclimatic factors)에 의해 어떤 생물종이나 생물 군집이 주변의 다른 생물 군집으로 둘러싸여 그 속에 나타나는 이른바 "enclave"의 개념 (sensu Pèrés, 1982)으로 해석하는 것이 보다 더 적절하다. 예컨대 수심이 얕은 연안의 해저동굴 속에 천해대 하부 또는 심해대에 서식하는 생물군이 존재한다든지 또는 암반 조간대 중부의 조수웅덩이 (tidepool) 속에는 조간대 하부나 천해대 상부에 존재하는 생물군집과 그 조성에 있어서 유사성이 높게 나타나는 일종의 미서식처와 같은 논리이다.

국내 다른 모래갯벌에서 나타나는 대상분포와의 비교

대청도 옥죽포 모래갯벌에서의 대형저서생물의 분포 패턴은 Jo(1990)가 부산 다대포 모래갯벌에서 연구한 갑각류의 대상분포와 거의 일치하고 있다 (Fig. 9). 이러한 결과는 전 분류군을 대상으로 한 본 조사와 갑각류만을 대상으로 조사한 Jo의 연구와의 차이를 감안한다면 놀라울 정도로 비슷하다. Jo(1990)는 talitrid amphipod인 *Trinorchestia longiramus*가 우점하는 조간대 상부 지역을 'subterrestrial fringe'로 *Excirrolana chiltoni*와 *Haustorioides koreanus*가 공존하는 지역을 'midlittoral zone'으로, 그리

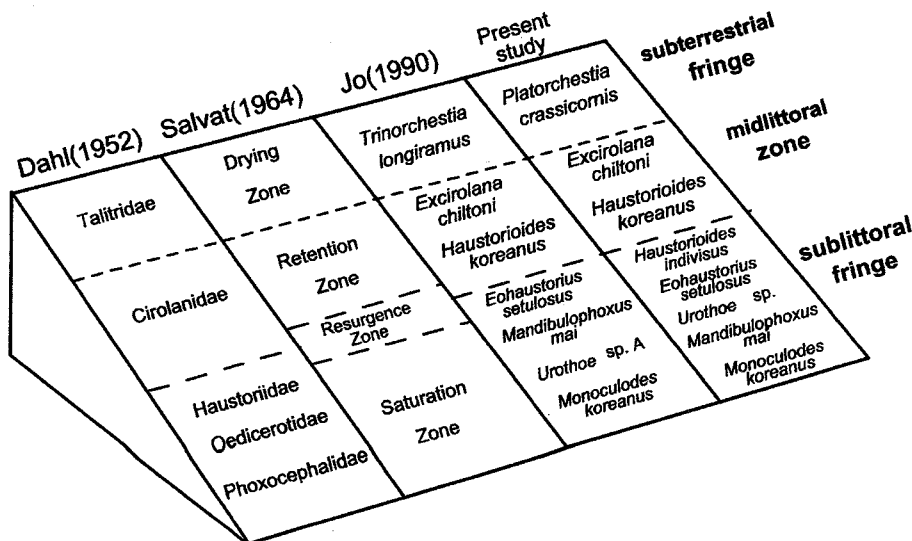


Fig. 9. The comparison of the zonation patterns of the present study and Jo(1990) with the zonation scheme of Dahl(1952) and Salvat(1964) in sandy beach.



**Table 1.** Comparison among three study areas with physical and biological characteristics

	Present study	Jo(1990)	Choi <i>et al.</i> (1998)
Study Area	Taechongdo	Dadaepo	Taebudo
Sediment type	medium sand	find sand	very fine-fine sand
Range of grain size ( $\phi$ )	1.97-2.23	2.27-2.61	3.1-4.1
Range of Organic content (%)	0.05-0.59	0.01-0.93	5-20
Beach type	0.52-1.02	ND	ND
Zonation pattern	Exposed	Sheltered	-
upper	<u>Platorchestia crassicornis</u>	<u>Trinorchestia longiramus</u>	<u>Bullacta assemblage</u>
middle	Excirrolana chiltoni <u>Haustorioides koreanus</u>	Excirrolana chiltoni <u>Haustorioides koreanus</u>	<u>Umbonium assemblage</u> <u>Macrophthalmus assemblage</u>
lower	Eohaustorius setulosus Haustorioides indivisus Urothoe sp. Mandibulophoxus mai <u>Monoculodes koreanus</u>	Eohaustorius setulosus Urothoe sp.A Mandibulophoxus mai <u>Monoculodes koreanus</u>	<u>Protankyra assemblage</u>

고 역시 *Eohaustorius setulosus*를 비롯한 *Mandibulophoxus mai*, *Urothoe sp. A*, *Monoculodes koreanus* 등이 혼재되어 나타나는 지역을 'sublittoral fringe'로 결론짓고 있다. 이러한 결과로부터 대청도 옥죽포 모래갯벌과 부산 다대포 모래갯벌은 모두 갑각류에 의한 명확한 3개의 대상분포 지역이 나타나고 있음을 알 수 있다.

조위에 따른 저서생물의 대상 분포에 있어서 본 조사와 Jo(1990)의 연구 결과가 일치되게 나타나고 있는 가장 주된 이유는 어떤 모래갯벌의 morphodynamic state나 exposure rating에 가장 결정적인 역할을 담당하는 퇴적물의 입도 조성 과 유기물 함량에서 찾아볼 수 있을 것이다. 두 지역의 퇴적물의 입도 조성을 비교해보면 본 조사 지역은 퇴적물의 입도가 1.97~2.23 $\phi$ 의 범위로 전 정점이 고르게 'medium sand'에 속하며 니질 함량이 1% 미만으로 나타나고 있다. 부산 다대포의 모래갯벌은 퇴적물의 입도가 2.27~2.61 $\phi$ 의 범위로 전반적으로 'fine sand'에 속하며 마찬가지로 니질 함량이 1% 미만으로 나타나고 있다. 일반적으로, 퇴적환경은 해수의 유동 등의 물리적 요인의 영향을 받고, 그 결과로서의 퇴적물의 입도 조성은 물리, 화학적인 환경에 대한 전반적인 현상이 내포되어 있으며(Warwick and Uncles, 1980), 저서생물에게 있어 기질로서 작용하는 이러한 퇴적물의 입도 조성은 생물의 시공간적인 서식 분포를 결정하는 중요한 환경 요인으로 작용하는 것으로 잘 알려져 있다(Sanders *et al.*, 1962).

특히 같은 모래갯벌 내에서도 구체적으로 퇴적물 입자의 크기와 분급도, 그리고 유기물 함량과 양의 상관성을 보이는 퇴적물 내의 펄 함량 등의 요인은 우점종의 조성과 대상분포의 패턴을 결정짓는 중요한 요소가 될 수 있을 것이라는 추측이 가능하다(Hong *et al.*, 1999). 예컨대 경기만의 대부도 방아머리 연성저질에 대한 최 등(1998)의 최근의 조사 결과를 보면, 이 지역은 평균 입도가 조간대 상부지역에서 4 $\phi$ , 조간대 중.하부 지역에서 3.1~3.4 $\phi$ 의 범위로 조간대 상부 정점을 제외하면 전체적으로 90% 이상의 세사로 구성되는 모래갯벌로 나타나고 있으며, 펄의 함량은 조간대 상부가 20%, 조간대 중.하부에서 5% 내외로 나타나고 있다. 그렇다면 이 지역의 경우에도 거의 대부분의 정점에서 퇴적상은 95% 이상의 모래질로 구성되어 있음에도 불구하고 주요 우점종은 서해비단고둥(*Umbonium thomasi*), 버들가시갯지렁이류(*Mediomatus*), 광염백금갯지렁이(*Nephtys oligobranchia*),

애기집시조개류(*Nitidotellina*) 등으로 연체동물과 다모류가 우점하는 것으로 나타나고 있어 대청도의 옥죽포나 부산 다대포의 모래갯벌과는 완전히 다른 종군으로 구성되고 있음을 보여주고 있다. 또한 이들은 조위에 따른 대상 분포의 양상을 방형구를 이용한 표시성 대형동물의 분포 패턴을 바탕으로 상부역의 니사질 퇴적상에서는 민칭이 군집(*Bullacta assemblage*), 이어서 사질 퇴적상으로 된 상부 조간대에는 서해비단고둥 군집(*Umbonium assemblage*), 조간대 중부역에는 길게 군집(*Macrophthalmus assemblage*)이, 그리고 조간대 하부역에는 가시땃해삼 군집(*Protankyra assemblage*)이 존재함으로써 크게 4개의 동물군집에 의한 대상분포의 양상이 나타난다고 하였다. 대부도 방아머리의 저서생물상은 같은 모래갯벌이면서도 이처럼 우점종의 종조성 뿐만 아니라 대상분포의 양상에서도 완전히 다르게 나타나고 있다. 이와같은 차이는 앞서서도 언급하였듯이 모래갯벌의 morphodynamic state나 해역의 차폐(遮蔽) 정도를 알 수 있는 정량화된 자료가 없어 정확하게 그 원인을 알 수는 없으나 현재로서는 이러한 차이에 결정적인 영향을 미치는 요인을 퇴적물의 입도 조성과 유기물 함량의 차이에서 찾는 것이 타당한 것으로 생각된다.

대청도 옥죽포 모래갯벌에서의 본 연구 결과는 비록 한 개의 조사정선에서 한번의 현장조사로부터 얻어진 것임에도 불구하고 외해로 노출된 모래갯벌에서의 대형저서동물 군집의 전형적인 분포양상을 제시하고 있다고 생각된다. 특히 Jo(1990)의 부산 다대포 모래갯벌에서의 연구 결과와는 지리적으로 멀리 떨어져 있음에도 불구하고 연성저질 조간대에 있어서의 3층 구조의 수직분포를 보이는 군집 패턴과 우점종의 조성에 있어서도 매우 높은 유사성이 관찰되었다는 것은 모래갯벌 생물군집이 요구하는 보다 구체적인 생태학적 니치(niche)가 존재하며 이에 대한 정량적 연구의 필요성을 제기하는 부분이라고 하겠다.

## 결 론

한국 서해 경기만의 대청도 옥죽포 모래갯벌에 서식하는 대형 저서동물의 분포양상을 파악하기 위해 1998년 6월 24일에 1개의 조사정선을 설정하여 10개의 정점에서 rectangular can corer를 사용하여 조사를 실시하였다. 퇴적물의 평균 입도는 2.09 $\phi$

(1.97~2.23 $\phi$ )이며, 유기물 함량은 평균 0.75%(0.52~1.02%)로 나타났다. 조사 시기에 4개 동물군에 속하는 총 25종이 출현하였으며, 이 중 갑각류가 14종이 출현하여 전체의 56%를 차지하여 우점 분류군으로 나타났다. 또한, 정점당 평균 7종이, 그러나 정점별로는 1~14종 사이에서 출현 변화를 보였으며, 전반적으로 조간대 하부로 갈수록 출현종수가 증가하는 경향을 나타내었다. 개체수에서는 총 10,705 개체, 정점당 평균 1,071 ind./m<sup>2</sup>가 출현하였다. 개체수에 있어서도 절지동물문의 갑각류가 9,865 개체가 출현하여 전체의 92.15%를 차지하여 수적으로 가장 우점하는 분류군으로 나타났다. 주요 우점종으로는 *Eohaustorius setulosus*(33%), *Excirrolana chiltoni*(26%), *Haustorioides koreanus*(12%), *Platorchestia crassicornis*(8%), *Cycladicama cumingii*(6%) 등이 출현하였다. 출현 종수는 조간대 하부로 내려갈수록 증가하였으나 개체수는 *Eohaustorius setulosus*, *Excirrolana chiltoni*, *Haustorioides koreanus* 등의 우점종에 의해 중하부에서 최대치를 보였다. 생체량은 총 89.13 g WWt, 정점당 평균 8.91 g WWt로 나타났는데, *Excirrolana chiltoni*가 전체의 35%에 해당하는 31.5 g WWt로 가장 많은 생체량을 나타내었다.

본 연구 지역은 중수, 개체수, 생체량에 있어서 공히 미소 갑각류가 절대적으로 우점하는 전형적인 외해로 노출된 모래갯벌 군집으로 나타났으며, 상부에서 하부로 감에 따라 다음과 같이 3층의 대상분포 양상이 뚜렷하게 나타났다: (1) 상부의 *Platorchestia crassicornis*, (2) 중부의 *Excirrolana chiltoni*, (3) 하부의 *haustoriid* - *dogielinotid* - *urothoid* - *oedicerotid*로 구성되는 단각류 군집.

## 감사의 글

본 연구는 1999년도 인하대학교 교수연구진흥비 지원에 의하여 수행되었으며, 현장조사 및 다모류 동정에 도움을 준 국립수산진흥원 정래홍 박사과 인하대 해양 저서생물생태학 연구실의 황인서 군에게 감사드린다.

## 참고문헌

박홍식, 1991. 인천 연안 조간대 저서생물에 대한 생태학적 연구. 이학석사학위논문, 인하대학교, 인천, 124 pp.  
 안순모, 고철환, 1992. 서해 만경. 동진 조간대의 환경과 저서동물 분포. 한국해양학회지, 27: 78-90.  
 최진우, 김동성, 신상호, 제종길, 1998. 서해 경기만 대부도 모래갯벌에서의 대형 저서동물 분포. 해양연구, 20: 97-104.  
 홍재상, 1982a. 자연실태종합조사보고서. 제1집 덕적군도. 덕적군도 조간대생물의 수직분포. 자연보호중앙협의회, pp. 307-324.  
 홍재상, 1982b. 자연실태종합조사보고서. 제2집. 완도 인근도서. 보길도 주변해역의 저서생물 의 수직분포. 자연보호중앙협의회, pp. 383-399.  
 홍재상, 1999. 인천갯벌의 생물다양성 -대형저서동물을 중심으로-. 『갯벌보호 인천시민현장 제정과 탐사지역 지정을 위한 심포지움 - 인천갯벌의 생태적 가치와 보전방안』, 인천환경운동연합, 122 pp.  
 Brown, A.C. and A. McLachlan, 1990. Ecology of Sandy Shores.

Elsevier, Amsterdam, 328 pp.  
 Dahl, E., 1952. Some aspects of the ecology and zonation of the fauna on sandy beaches. *Oikos*, 4: 1-27.  
 Davis, R.A. and M.O. Hayes, 1984. What is a wave-dominated coast? *Mar. Geol.*, 60: 313-330.  
 Dexter, D.M., 1983. Community structure of intertidal sandy beaches in New South Wales, Australia. In: McLachlan, A. and Erasmus, T. (eds.), *Sandy Beaches as Ecosystems*. The Hague: W. Junk, pp. 461-472.  
 Folk, R.L. and W.C. Ward, 1957. Brazos river bar: A study in the significance of grain size parameters. *J. Sed. Petrol.*, 27: 3-27.  
 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. *Senckenberg. marit.*, 19(5/6): 295-329.  
 Hayes, M.O., 1979. Barrier island morphology as a function of tidal and wave regime. In: Leatherman S.P. (ed.), *Barrier Islands*. Academic Press, New York, pp. 1-29.  
 Hong, J.S., J.W. Yoo, R.H. Jung, I.S. Seo and B.S. Koh, 1999. Macrobenthic communities on the tidal flats around Yongjong and Yongyu Islands, Inchon, Korea. *J. Korean Soc. Oceanogr.*, 34: 220-230.  
 Jo, Y.W., 1990. Taxonomy and biogeography of sandy beach Amphipoda (Crustacea) of Korea. Ph. D. thesis, Univ., Amsterdam, 206 pp.  
 Komar, P.D., 1976. Beach processes and sedimentation. Prentice-Hall. Englewood Cliffs, New Jersey, 429 pp.  
 Koh, C.H. and H.C. Shin, 1988. Environmental characteristics & distribution of macrobenthos in a mud flat of the West Coast of Korea(Yellow Sea). *Neth. J. Sea Res*, 22(3): 279-290  
 Lance, G.N. and W.T. Williams, 1967. A general theory for classificatory sorting strategies. 1. Hierarchical systems. *Comput. J.*, 9: 373-380.  
 Le Bris, H., 1988. Fonctionnement des écosystèmes benthiques c tiers au contact d'estuaires : la rade de Lorient et la baie de Vilaine. Thèse doc., Univ. Bretagne Occidentale, Brest, France.  
 McLachlan, A., 1980. The definition of sandy beach in relation to exposure: A simple rating system. *S. Afr. J. Sci.*, 76: 137-138.  
 McLachlan, A., 1990. Dissipative beaches and macrofauna communities on exposed intertidal sands. *J. Cstl. Res.*, 6: 57-71.  
 McLachlan, A. and E. Jaramillo, 1995. Zonation on sandy beaches. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, 33: 305-335.  
 McLachlan, A., A.H. Dye and B. Newton, 1981. Simulation of the interstitial system of exposed sandy beaches. *Estuar. Cstl Shelf Sci.*, 12: 267-278.  
 Pérès, J.M., 1982. General features of organismic assemblages in pelagial and benthal. In: *Marine Ecology - A comprehensive, integrated treatise on life in oceans and coastal waters - Vol. V. Ocean Management, Part 1*, Ed. by O. Kinne, John Wiley & Sons Ltd, London, pp. 47-66.  
 Peterson, C.H., 1991. Intertidal zonation of marine invertebrates in sand and mud. *Am. Scient.*, 79: 236-249.  
 Pielou, E.C., 1975. *Ecological Diversity*. Wiley, New York.  
 Reynolds, J.F. and J.A. Ludwig, 1988. *Statistical ecology: A primer methods and computing*. John Wiley and Sons, Inc., New York, 337 pp.  
 Salvat, B., 1964. Les condition hydrodynamiques interstitielles des s

édiments meubles intertidaux et la répartition verticale de la faune endogée. *C.r. Acad. Sci., Paris*, **259**: 1576–1579.

Sanders, H.L., E.M. Goudsmit, E.L. Mils and G.E. Hampson, 1962. A study of the intertidal fauna of Barnstable Habor, Massachusetts. *Limnol. Oceanogr.*, **7**(1): 63–79.

Shannon, C.E. and W. Weaver, 1949. The mathematical theory of Communication Univ. Illinois Press, Urbana, Illinois, 125 pp.

Shepard, F.P., 1973. Submarine geology. 3rd ed., Harper & Row, New York, 517 pp.

Stephenson, T.A. and A. Stephenson, 1949. The universal features of zonation between tide marks on rocky coasts. *J. Ecol.*, **37**: 289–

305.

Trevallion, A., A.D. Ansell, P. Sivadas, and B. Narayanan, 1970. A preliminary account of two sandy beaches in South West India. *Mar. Biol.*, **6**: 268–279.

Warwick, R.M. and R.J. Uncles, 1980. Distribution of benthic macrofauna associations in the Bristol Channel in relation to tidal stress. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, **3**: 97–103.

1999년 8월 11일 원고접수  
 2000년 2월 15일 수정본 채택  
 담당편집위원: 허성희

**Appendix.** Species, taxonomic composition, biomass(gWWt/m<sup>2</sup>) and density(ind./m<sup>2</sup>) of the macrofauna in Okjukpo sandy beach, Taechongdo, Korea

Species	Taxon	St.1		St.2		St.3		St.4		St.5		St.6		St.7		St.8		St.9		St.10		Total	
		D	B	D	B	D	B	D	B	D	B	D	B	D	B	D	B	D	B	D	B	D	B
<i>Eohaustorius setulosus</i>	CAm			25	0.08	380	2.18					25	0.08	840	2.95	345	1.14	1015	2.93	860	2.2	3490	11.6
<i>Excirrolana chiltoni</i>	CIs			25	0.33	115	1.48	1203	3.1	1575	31.5	160	2.45	195	4.5	310	6.5	100	1.43	200	3.32	2800	54.6
<i>Haustorioides koreanus</i>	CAm											1190	4.93	20	0.03	60	2.31					1270	7.26
<i>Platorchestia crassicornis</i>	CAm	805	4.19	5	0.01																	810	4.2
<i>Cycladicama cumingii</i>	MBi			215	0.91	370	5.65					10	0.31							5	0.05	600	6.92
<i>Haustorioides indivisus</i>	CAm													310	0.52	130	0.19	20	0.03	40	0.06	500	0.8
<i>Urothoe</i> sp.	CAm													135	0.22	165	0.23	100	0.13	90	0.14	490	0.72
<i>Monoculodes koreanus</i>	CAm													50	0.16	45	0.19	20	0.05	35	0.12	150	0.51
<i>Pseudopolydora paucibranchiata</i>	Pol											25	0.02	50	0.06	5	0.01	40	0.08	20	0.03	140	0.19
<i>Mandibulophoxus mai</i>	CAm													55	0.29	50	0.16	15	0.04	10	0.03	130	0.51
<i>Gnorimosphaeroma</i> sp.	CIs			5	0.01							115	0.15	5	0.02							125	0.18
<i>Bodotria</i> sp.	CCu									5	0.01	30	0.02			10	0.03	20	0.01			65	0.06
<i>Nectoneanthes oxypoda</i>	Pol			40	0.78	10	0.01															50	0.79
<i>Archaeomysis japonica</i>	CMy																	5	0.01	15	0.05	20	0.06
<i>Armandia lanceolata</i>	Pol																	5	0.05	10	0.08	15	0.12
<i>Scolecopsis</i> sp.	Pol					5	0.03															5	0.03
<i>Perioculodes seohae</i>	CAm											5	0.02									5	0
<i>Diastylis nitens</i>	CCu																			5	0.01	5	0.01
<i>Tylos granulatus</i>	CIs	5	0.02																			5	0.02
<i>Mactra chinensis</i>	MBi																			5	0.01	5	0.01
<i>Mactra veneriformis</i>	MBi																			5	0.09	5	0.09
<i>Moerella rutila</i>	MBi																			5	0.15	5	0.15
<i>Micrura</i> sp.	ONe													5	0.02							5	0.02
Nemertinea sp. 1	ONe																	5	0.17			5	0.17
Nemertinea sp. 2	ONe													5	0.19							5	0.19
<b>Total</b>		810	4.12	315	2.12	880	9.34	1203	3.1	1580	31.5	1560	7.94	1670	8.94	1120	10.8	1345	4.91	1305	6.31	10705	89.1
<b>Number of species</b>		2		6		5		1		2		8		11		9		11		14			

CAM: Amphipoda, CIs: Isopoda, CCu: Cumacea, CMY: Mysidacea, MBi: Bivalvia, ONe: Nemertinea, Pol: Polychaeta; D: density, B: biomass