# 갯벌조간대 고도에 따른 연속노출시간 분석 및 대형저서동물 분포와의 관계

## Relationships Between Continuous Exposure Time and Distribution of Macrozoobenthos Across Varied Elevation in Tidal Flats

박주영* · 김형기** · 류종성*
Ju Young Park · Hyeong Gi Kim · Jong Seong Ryu

**요 약** 대형저서동물 군집의 분포와 연속노출시간과의 관계를 알아보기 위하여 충청남도 갯벌에서 4개 지역, 총 26개 정점을 대상으로 2020년 8월 대형저서동물과 저서환경에 대한 조사를 실시하였다. 조사 정점의 정확한 고도값을 얻기 위해 2021년 3월에 RTK-GPS (Real-time kinetic positioning GPS)를 이용하여 고도 측량을 실시하였다. 조사 정점들의 고도는 평균해수면을 기준으로 −362.20 cm에서 352.24 cm의 범위를 보였으며, 연속노출시간을 <6 h, 6-12 h, 13-24 h, >24 h의 4개의 구간으로 구분하여 해당 고도의 연속노출 특성을 부여하였다. 퇴적물의 평균 입도는 환성리 5.03±0.36$\Phi$, 마금리 4.68±0.21$\Phi$, 월전리 2.63±0.04$\Phi$, 선도리 1.79±0.04$\Phi$로 환성리와 마금리는 니질이 우세하였고, 월전리와 선도리는 사질이 우세하였다. 대형저서동물은 총 84종이 채집되었으며, 평균 서식밀도는 1428±222 indiv./m$^2$였고, 평균 생물량은 184.90±97.01 gWWt./m$^2$였다. 종조성이 유사한 정점을 분류하기 위해 서식밀도에 기반하여 집괴분석을 수행한 결과 조사 정점은 크게 상부, 중부, 하부에 위치한 3개의 정점군으로 분류되었다. 정점군 A는 조간대 상부에 위치하며 특징종은 기수우렁이(Assiminea japonica), 두토막눈썹참갯지렁이(Perinereis linea), 펄털콩게(Ilyoplax pingi), 칠게(Macrophthalmus japonicus)로 선정되었다. 정점군 B의 특징종은 남방백금갯지렁이(Nephtys polybranchia), 고리버들갯지렁이(Heteromastus filiformis)로서 주로 조간대 중부에 분포하였다. 정점군 C는 하부에 주로 분포하며 침보석요정갯지렁이(Armandia lanceolata), 양손갯지렁이류의 Magelona sacculata, 개량조개(Mactra chinensis)가 특징종으로 나타냈다. 연속노출시간의 특징에 따라 정의된 4개의 노출범위를 고려할 때 정점군 A에 속하는 모든 정점은 연속노출시간 >24h이 존재하는 노출범위에 모두 포함되었다. 이러한 특성을 고려하였을 때, RTK-GPS를 이용하여 조사 지역의 정확한 고도값을 획득할 수 있다면, 연속노출시간에 따른 대형저서동물 군집 분포와 대표적인 생물상을 높은 정확도로 예측할 수 있을 것이다.

**키워드** 대형저서동물, 갯벌, 군집구조, 고도, 연속노출시간

**Abstract** In order to examine the relationship between continuous exposure time and distribution patterns of Macrozoobenthic communities living in the tidal flats of Chungcheongnam-do, a total of 26 stations in four study areas (Hwanseong-ni, Mageum-ni, Weoljeon-ni, and Seondo-ri) were targeted. In August 2020, a survey was conducted on Macrozoobenthos and benthic environments, and in March 2021, measurement of precise elevation of each station was performed on the same stations, using RTK-GPS (Real-time kinetic positioning GPS). All of the sampling stations were located between -362.20 cm MSL (mean sea level) and 352.24 cm MSL, and the degree of continuous exposure was divided into four distinct exposure ranges according to the time intervals of <6 h, 6-12 h, 13-24 h, and >24 h of continuous exposure time. The mean grain sizes of the surface sediments in the study area were 5.03±0.36$\Phi$ in Hwanseong-ni, 4.68±0.21$\Phi$ in Mageum-ni, 2.63±0.04 $\Phi$ in Weoljeon-ni and 1.79±0.04$\Phi$ in Seondo-ri. Sediment facies of Hwanseong-ni and Mageum-ni were predominantly muddy, and Weoljeon-ni Seondo-ri showed sandy sediment facies. A total of 84 species of

Received: 2021.06.21, Revised: 2021.07.01, Accepted: 2021.07.01

* 안양대학교 해양바이오공학과(Department of Marine Biotechnology, Anyang University, Ganghwa, Incheon 23038, Korea, parkjuyoung0215@gmail.com)

** 충남대학교 해양환경과학과(Department of Marine Environmental Sciences, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea, h-g.kim@cnu.ac.kr)

*** 안양대학교 해양바이오공학과(Department of Marine Biotechnology, Anyang University, Ganghwa, Incheon 23038, Korea, jsryu90@gmail.com) (교신저자)

Macrozoobenthos were collected, and the mean density and biomass were 1428±222 indiv./$m^2$ and 184.90±97.01 gWWt./$m^2$. Hierarchical classification using the Bray-Curtis coefficient categorized samples into 3 assemblages viz. upper, middle, and low tidal flat according to mean elevation. The characteristic species of each three group were also established as follows: 1) Group A : Assiminea japonica, Perinereis linea, Ilyoplax pingi, Macrophthalmus japonicus (high elevations specialists), 2) Group B : Nephtys polybranchia, Heteromastus filiformis (middle elevations specialists), 3) Group C : Armandia lanceolata, Magelona sacculata, Mactra chinensis (low elevations specialists). In this study, all stations of group A (10 stations) were included in exposure range I (11 stations), which clearly presented the significance of continuous exposure time due to varied elevation in determining macrozoobenthic zonation.

Key words Macrozoobenthos, Tidal Flat, Community Structure, Elevation, Degree of Exposure Duration

## 1. 서 론

조간대 갯벌은 육상과 해양이 만나는 경계로 조석에 따라 만조 때 바닷물에 의해 바다 속에 잠기고 간조 때 육지처럼 드러나면서 하루에 두 번씩 육지가 되어 대기 중에 노출되는 독특한 지역이다. 조석으로 인하여 갯벌의 환경은 역동적으로 변화하는데, 노출과 침수에 따라 퇴적물의 온도, 함수량, 염분이 변하는 불안정한 환경을 갖게 된다(Koh and Shin, 1988). 이러한 역동적인 환경 속에서 살아가는 저서동물들은 기질에 정착해서 살아가는 고착성 생물이거나 이동성이 적어 생활사 동안 서식지 범위를 크게 벗어나지 못한다(Pearson and Rosenberg, 1978; 최와 서, 2007). 따라서 갯벌에 서식하는 저서생물들은 서식하는데 적합한 지역에서만 극히 제한적으로 서식하는 분포 특성을 보인다(Swinbanks and Murray, 1981 ; Ryu et al, 2011).

저서동물의 분포에 영향을 주는 환경요인은 노출시간 퇴적물의 입도, 유기물 함량, 함수량 등 다양하게 보고되고 있는데, 조간대에 서식하는 동물의 분포에 특히 영향을 미치는 환경요인은 대기에의 노출 정도이다(안과 고, 1992). 갯벌은 조석에 따라 주기적으로 대기에 노출되는데, 이에 따라 퇴적물의 온도, 함수량, 염분이 변하게 되며(Koh and Shin, 1988), 대기로의 노출로 인한 건조와 기온의 변화 등의 기후적인 문제에 영향을 받게 된다. 조간대에서 대형저서동물의 분포는 조위에 의해서 대상분포가 수직적으로 뚜렷하게 보이는 독특한 분포 패턴이 나타나며(Stephenson and Stephenson, 1949 ; 홍, 1999), 조간대의 연속노출시간과 서식하는 동물의 분포의 관계가 밀접하다는 연구결과가 있다(Swinbanks and Murray, 1981).

선행연구에 따르면 인천 송도 지역의 경우 저서동물의 분포는 상부에 게 종류의 서식 지역(Brachyuran zone), 중부에 연체동물의 서식 지역(Molluscan zone), 하부에 해삼류의 서식 지역(Holothurian zone) 총 3개 지역으로 구분된 연구가 있으며(Frey et al. 1987), 만경 · 동진 펄 조간대에서는 연속노출시간에 따라 연속노출시간이 가장 긴 상부에 Perinereis 군집, 연속노출시간이 감소함에 따라서 Macrophthalmus 군집, Bullacta - Mactra - Umbonium 군집이 분포하는 것으로 나타났다(안과 고, 1992). 지역에 따라 차이가 있으나, 서해에서는 상부에 칠게를 비롯한 게 군집, 중부에 연체동물 군집, 하부에 가시닻해삼 군집으로 구분되는 것이 특징이다(Frey et al. 1987 ; 홍과 서, 2001).

본 연구는 충청남도 갯벌 조간대 4개 지역을 대상으로 조사 지역에 서식하는 대형저서동물 군집의 구조와 분포 형태, 각 군집을 구성하는 주요 우점종, 대형저서동물의 대상분포 특징을 밝히고, RTK-GPS를 이용하여, 조사 지역의 정확한 고도값을 획득하여 노출시간의 차이에 따라 대형저서동물의 분포가 어떻게 변화하는지 밝히고자 하였다. 또한 선행연구와 비교하였을 때 대형저서동물 군집이 동일한 분포 형태를 보이는지 밝히는데 목적을 두었다.

## 2. 재료 및 방법

충청남도 갯벌 조간대에 서식하는 대형저서동물의 군집 분포를 조사하기 위하여 충청남도에서 총 4개 지역(환성리, 마금리, 월전리, 선도리), 26개 조사 정점의 갯벌 조간대를 조사 지역으로 선정하였다(Fig. 1). 조사 지역인 충청남도 북쪽에 위치한 서산시 환성리(Hwanseong-ni, HS), 태안군 마금리(Mageum-ni, MG) 총 2개 지역(14개 조사 정점)의 갯벌 조간대는 각각 가로림만과 근소만 내측에 위치하고 있으며, 남쪽에 위치한 보령시 월전리(Woljeon-ni, WJ), 서천군 선도리(Seondo-ri, SD) 총 2개 지역(12개 조사 정점)의 갯벌 조간대는 지형적으로 다른 지역에 비해서 외해에 노출되어 있는 지역이다. 조사 지역에 현장조사는 2020년 8월에 저서환경과 대형저서동물에 대한 조사를 실시하였고, 2021년 3월에 정점들의 고도 측량을 실시하였다.

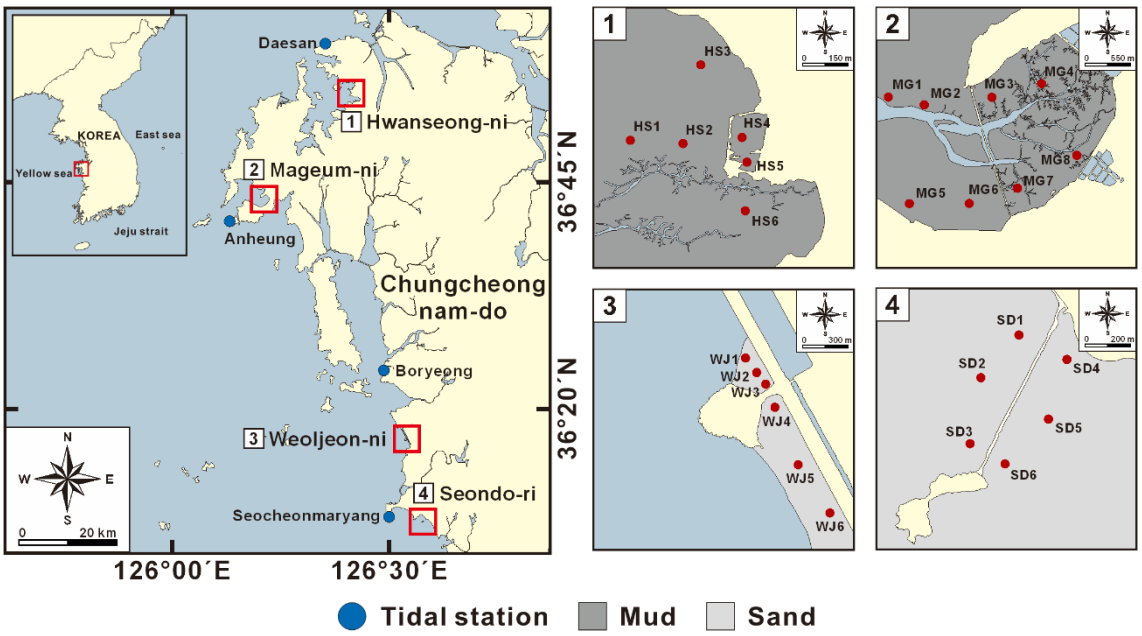



**Figure 1.** Location of sampling stations of study area in the Chungcheongnam-do tidal flat, Korea. 1 : Hwanseong-ni tidal flat, 2 : Mageum-ni tidal flat, 3 : Weoljeon-ni tidal flat, 4 : Seondo-ri tidal flat

### 2.1 저서동물의 채집과 분석

대형저서동물 채집은 스테인리스 재질의 직사각형의 can-corer (10 × 20 × 30 cm)를 이용하여 각 정점별 깊이 30 cm까지 5회씩 퇴적물을 채집하였다. 채집된 퇴적물들은 현장에서 망목(Mesh size) 1 mm인 체를 이용하여 대형저서동물과 퇴적물을 분리하였으며, 체에 남은 잔존물은 10% 중성 포르말린 수용액으로 고정한 후 실험실로 운반하였다. 그 후 해부현미경을 이용하여 종 단위까지 동정하였고, 개체수 계수와 생물량을 측정하였다.

조사 지역의 대형저서동물 군집의 구조를 파악하기 위하여 개체수 자료를 이용하여 종 다양성 지수(Shannon and Weaver, 1963), 종 풍부도 지수(Margalef, 1958), 종 균등도 지수(Pielou, 1966), 우점도 지수(McNaughton, 1968) 등의 생태지수를 분석하였고, 대형저서동물 종조성의 유사도에 기초하여 공간적 분포를 살펴보고, 분류하기 위하여 집괴분석(Cluster analysis)을 실시하였다. 분석은 출현한 모든 종의 개체수를 대상으로 하였으며, 자료를 Square root로 변환한 이후 분석을 실시하였다. 유사도 지수는 Bray-Curtis similarity index (Bray and Curtis, 1957)를 이용하여 분석하였다. 집괴분석으로 구분된 각 정점군에서 정점군을 대표하는 특징종(Characteristic species)을 선정하였고, 특징종을 선정하기 위하여 다음의 지수를 계산하였다. 정점군 내의 모든 정점 수에 대한 각 종이 출현한 정점 수의 비율(Constancy: CON), 정점군 내의 출현한 전체 개체수에 대한 각 종의 개체수가 차지하는 비율(Dominance: DOM), 각 종이 전체 지역에서 출현한 정점 수에 대한 정점군 내에서 출현한 정점 수의 비율(Degree of Association regarding Stations: DAS), 각 종이 전체 지역에서 출현한 개체수에 대한 정점군 내에서 출현한 개체수의 비율(Degree of Association regarding Individuals: DAI)의 값을 구하였다(Salzwedel et al., 1985). 이 4가지의 지수값 중에서 CON >0.5, DOM > 0.05, DAS > 0.6, DAI >0.6 인 기준을 적용하여 3가지 이상의 지수값이 기준을 만족하는 경우에 정점군의 특징종으로 선정하였다.

### 2.2 저서환경의 분석

26개 정점으로부터 채취된 퇴적물의 입도 분석은 표준체질분석, 피펫분석법에 따라 분석을 진행하였으며, 이로부터 평균입도($\Phi$)와 분급도, 니질함량(Mud content, %)을 구하였다. 퇴적상의 구분은 Flemming (2000)이 제안한 방법에 따랐다. 퇴적물내 유기물함량은 강열감량법(Loss on ignition, LOI, %)을 이용하여 측정하였다. 건조된 분말상태의 퇴적물 약 1 g을 취하여 550℃로 예열된 전기화로에서 4시간 동안 가열하고 가열 전 무게와 가열 후 손실된 무게의 비율(%)을 계산하여 유기물함량을 구하였다. 표층퇴적물의 엽록

소-a는 분광광도계를 이용하여 색소의 흡광도를 측정한 후 Lorenzen (1967)이 제안한 방법에 의거하여 산출하였다.

## 3. 고도 측량 및 노출시간 계산

조사 정점의 고도 및 노출 시간을 파악하기 위하여 26개 정점에 대하여 2021년 3월에 고도 측량을 수행하였다. 고도 측량은 RTK-GPS를 이용하여 정점별 고도를 측량하였다.

조사 지역과 인접한 국립해양조사원 조위관측소의 조위 데이터와 각 정점의 평균해면으로부터의 고도를 비교하여 노출시간을 구하였다(국립해양조사원, 2020). 노출시간은 총 노출시간과 연속노출시간으로 구분하였으며, 각각을 고도별로 구하였다. 총 노출시간이란 해당하는 고도가 조위보다 높아 대기에 노출되는 시간의 1년간의 합을 의미하며, 연속노출시간은 각각의 고도에 해당하는 지역이 연속적으로 노출되는 시간을 <6 h, 6-12 h, 13-24 h, >24 h의 4개 범위로 나누어서 각각의 고도별로 이들 범위에 해당하는 연속노출시간을 구하고 이를 합한 값이다. 조위 데이터는 조사 지역과 인접한 조위관측소의 2020년 1월 1일부터 2020년 12월 31일까지 1시간 단위의 데이터를 이용하였고, 결측이 발생한 구간은 조위관측소의 2019년 자료를 태음력(Lunar calendar)을 고려하여 이용하였다. 태안반도에 위치한 마금리 조간대는 안흥 조위관측소의 조위 데이터를 이용하였고, 서산시 환성리 조간대는 대산 조위관측소, 보령시 월전리 조간대는 보령 조위관측소, 서천군 선도리 조간대는 서천마량 조위관측소의 데이터를 이용하였다.

## 4. 결과

### 4.1 저서환경

2020년 8월에 조사된 충청남도 조간대의 각 지역별 표층퇴적물의 입도 조성을 살펴보면 환성리와 마금리는 니질함량이 각각 82.39±7.36%와 66.42±6.45%로 Slightly sandy mud 퇴적상과 Sandy mud 퇴적상을 보였다. 월전리와 선도리는 니질함량이 각각 7.27±0.95%와 5.57±0.62%로 Slightly muddy sand 퇴적상을 보이는 사질이 우세한 지역이었다(Table 1). 각 지역별 평균 입도는 환성리가 5.03±0.36$\phi$로 가장 세립한 퇴적상을 보였으며, 다음으로 마금리가 4.68±0.21$\phi$로 세립한 퇴적상을 보였다. 반면에 선도리가 평균입도 1.79±0.04$\phi$로 가장 조립한 퇴적상을 보였고, 다음으로 월전리가 2.63±0.04$\phi$로 조립한 퇴적상을 보였다. 분급도에 있어서는 선도리가 0.88±0.12$\phi$로 가장 양호한 분급도를 보였고, 환성리가 2.59±0.28$\phi$로 가장 불량한 분급도를 보였다. 표층퇴적물의 유기물함량은 환성리 지역이 3.014±0.124%로 가장 높았으며, 선도리 지역이 0.910±0.055%로 가장 낮았다. 니질함량이 높을수록 유기물함량이 높아지는 경향을 보였다. 표층퇴적물의 Chlorophyll-a함량은 선도리 지역이 2.254±0.180 mg/cm로 가장 높았으며, 환성리 지역이 1.042±0.161 mg/cm$^2$로 가장 낮았다. 니질함량이 높을수록 Chlorophyll-a함량이 낮아지는 경향을 보였다.

### 4.2 대형저서동물 군집

충청남도 조간대의 26개 정점에서 can-corer에 의해 채집된 대형저서동물은 7개 동물문에 속하는 총 84종이 출현하였다. 가장 많은 출현종수를 보인 동물군은 다모류로 40종이 출현하였고, 갑각류는 24종, 연체동물은 16종, 기타 동물군 4종 순으로 출현종수를 보였다. 한편 각 지역별로 출현종수를 살펴보면 18종에서 59종의 범위에 있었다. 개체수가 가장 많은 종은 고리버들갯지렁이(Heteromastus filiformis, 40.3%), 긴털모래옆새우(Haustorioides koreanus, 8.8%), 모래무지옆새우사촌속(Urothoe sp., 6.3%)이다. 출현빈도는 고리버들갯지렁이(H. filiformis)가 가장 높고(92.3%), 끈벌레속(Lineus sp., 69.2%), 남방백금갯지렁이(Nephtys polybranchia, 57.7%)의 순이다. 외해에 노출된 지역인 월전리 지역과 선도리 지역이 만 내측에 위치한 정점인 환성리와 마금리 지역과 비교하였을 때, 상대적으로 총 출현종수가 더 많았으며, 총 서식밀도도 더 높았다.

환성리, 마금리, 월전리, 선도리 지역의 출현종수, 서식밀도, 생물량, 우점종을 Table 1에 나타내었다. 우점종은 개체수 자료를 이용하여 상위 3종을 선발하였다. 이를 지역별로 나누어 기술하면 다음과 같다.

#### 4.2.1 환성리 지역

환성리 지역은 전체 조사 지역 중에서 출현종수가 가장 적은 지역으로 총 출현종수는 18종이다. 출현한 종을 분류군별로 살펴보면 다모류 8종(44%), 갑각류 7종(39%), 연체동물 2종(11%), 기타 동물군 1종(6%) 순으로 출현종수를 보였다. 총 서식밀도는 458±35 indiv./m$^2$로 전체 조사 지역 중에서 서식밀도가 가장 낮은 지역이다. 분류군별로 살펴보면 가장 높은 서식밀도를 보인 동물군은 다모류로 323±27 indiv./m$^2$ (70.55%)의 서식밀도를 보였고, 갑각류 88±14 indiv./m$^2$ (19.27%), 기타 동물군 28±7 indiv./m$^2$ (6.18%), 연체동물 18±8 indiv./m$^2$ (4.00%) 순으로 서

**Table 1.** Benthic environment and macrozoobenthic community of study area. The numbers in parenthesis are the percentages of composition

| | Hwanseong-ni (HS) | Mageum-ni (MG) | Woljeon-ni (WJ) | Seondo-ri (SD) |
|---|---|---|---|---|
| Number of station | 6 | 8 | 6 | 6 |
| Benthic environments (mean±SE) | | | | |
| Mean grain size (Φ) | 5.03±0.36 | 4.68±0.21 | 2.63±0.04 | 1.79±0.04 |
| Sorting (Φ) | 2.59±0.28 | 1.94±0.11 | 1.00±0.17 | 0.88±0.12 |
| Mud content (%) | 82.39±7.36 | 66.42±6.45 | 7.27±0.95 | 5.57±0.62 |
| Organic matter content (LOI, %) | 3.014±0.124 | 2.064±0.104 | 1.382±0.060 | 0.910±0.055 |
| Benthic chlorophyll-a (mg/cm$^2$) | 1.042±0.161 | 1.250±0.117 | 1.564±0.227 | 2.254±0.180 |
| Macrozoobenthic community | | | | |
| Number of species | | | | |
| Polychaeta | 8 | 15 | 33 | 27 |
| Crustacea | 7 | 12 | 13 | 14 |
| Mollusca | 2 | 4 | 10 | 9 |
| Others | 1 | 2 | 3 | 3 |
| Total number of species | 18 | 33 | 59 | 53 |
| Density (indiv./m$^2$, mean±SE) | | | | |
| Polychaeta | 323±27 (70.55%) | 969±384 (83.97%) | 727±235 (40.30%) | 1588±481 (66.46%) |
| Crustacea | 88±14 (19.27%) | 156±22 (13.54%) | 923±505 (51.20%) | 593±117 (24.83%) |
| Mollusca | 18±8 (4.00%) | 24±14 (2.06%) | 130±65 (7.21%) | 113±46 (4.74%) |
| Others | 28±7 (6.18%) | 5±4 (0.43%) | 23±8 (1.29%) | 95±16 (3.97%) |
| Total Density | 458±35 | 1154±387 | 1803±401 | 2390±453 |
| Biomass (gWWt./m$^2$, mean±SE) | | | | |
| Polychaeta | 14.88±6.76 (18.85%) | 7.07±2.73 (11.28%) | 12.85±5.22 (2.72%) | 11.35±4.19 (6.84%) |
| Crustacea | 63.14±28.78 (79.99%) | 52.27±13.37 (83.47%) | 25.73±8.57 (5.44%) | 71.83±30.31 (43.25%) |
| Mollusca | 0.06±0.01 (0.08%) | 1.45±1.22 (2.32%) | 433.78±424.21 (91.76%) | 51.39±44.48 (30.95%) |
| Others | 0.85±0.49 (1.08%) | 1.84±1.67 (2.93%) | 0.38±0.17 (0.08%) | 31.49±13.54 (18.96%) |
| Total biomass | 78.94±29.31 | 62.63±10.96 | 472.73±422.91 | 166.06±32.79 |
| Dominant species (indiv./m$^2$) | | | | |
| *Perinereis linea* (P) | **52** | 9 | 0 | 2 |
| *Macrophthalmus japonicus* (Dec) | 37 | **58** | 0 | 10 |
| *Mactra chinensis* (Biv) | 0 | 0 | **90** | 2 |
| *Scolelepis* sp. (P) | 0 | 0 | **97** | 5 |
| *Haustorioides koreanus* (Amp) | 0 | 0 | **547** | 0 |
| *Heteromastus filifrmis* (P) | 255 | 845 | 80 | **1033** |
| *Nepthys polybranchia* (P) | 2 | 63 | 35 | **255** |
| *Urothoe* sp. (Amp) | 0 | 0 | 73 | **317** |

* SE : Standard error , Amp : Amphipoda, Biv : Bivalvia, Dec: Decapoda, P : Polychaeta.

식밀도를 나타내었다. 우점종은 고리버들갯지렁이(H. filiformis)가 서식밀도 255 indiv./m$^2$로 가장 우점하였고, 두토막눈썹참갯지렁이(Perinereis linea)가 52 indiv./m$^2$, 칠게(Macrophthalmus japonicus)가 37 indiv./m$^2$로 우점하였다. 생물량은 칠게의 출현으로 인하여 갑각류의 생물량이 높게 나타났다.

### 4.2.2 마금리 지역

마금리 지역의 총 출현종수는 33종으로 출현한 종을 분류군별로 살펴보면 다모류 15종(46%), 갑각류 12종(36%), 연체동물 4종(12%), 기타 동물군 2종(6%) 순

으로 출현종수를 보였다. 총 서식밀도는 1154±387 indiv./m$^2$이며, 분류군별로 살펴보면 가장 높은 서식밀도를 보인 동물군은 다모류로 969±384 indiv./m$^2$ (83.97%)의 서식밀도를 보였고, 갑각류 156±22 indiv./m$^2$ (13.54%), 연체동물 24±14 indiv./m$^2$ (2.06%), 기타 동물군 5±4 indiv./m$^2$ (0.43%) 순으로 서식밀도를 나타내었다. 우점종은 고리버들갯지렁이(H. filiformis)가 서식밀도 845 indiv./m$^2$로 가장 우점하였고, 남방백금갯지렁이(N. polybranchia)가 63 indiv./m$^2$, 칠게(M. japonicus)가 58 indiv./m$^2$로 우점하였다. 생물량은 칠게와 농게(Tubuca arcuata)의 출현으로 인하여 갑각류의 생물량이 높게 나타났다.

#### 4.2.3 월전리 지역

월전리 지역은 전체 조사 지역 중에서 출현종수가 가장 많은 지역으로 총 출현종수는 59종이다. 출현한 종을 분류군별로 살펴보면 다모류 33종(56%), 갑각류 13종(22%), 연체동물 10종(17%), 기타 동물군 3종(5%) 순으로 출현종수를 보였다. 총 서식밀도는 1803±401 indiv./m$^2$이며, 분류군별로 살펴보면 가장 높은 서식밀도를 보인 동물군은 갑각류로 923±505 indiv./m$^2$ (51.20%)의 서식밀도를 보였고, 다모류 727±235 indiv./m$^2$ (40.30%), 연체동물 130±65 indiv./m$^2$ (7.21%), 기타 동물군 23±8 indiv./m$^2$ (1.29%)순으로 서식밀도를 나타내었다. 정점 WJ3에서 긴털모래옆새우(Haustorioides koreanus)가 대량 출현하여 갑각류의 서식밀도가 높게 나타났다. 우점종은 긴털모래옆새우(H. koreanus)가 서식밀도 547 indiv./m$^2$로 가장 우점하였고, 넓적얼굴갯지렁이속(Scolelepis sp.)이 97 indiv./m$^2$, 개량조개(Mactra chinensis)가 90 indiv./m$^2$로 우점하였다. 생물량은 개량조개의 출현으로 인하여 연체동물의 생물량이 높게 나타났다.

#### 4.2.4 선도리 지역

선도리 지역의 총 출현종수는 53종으로 출현한 종을 분류군별로 살펴보면 다모류 27종(51%), 갑각류 14종(26%), 연체동물 9종(17%), 기타 동물군 3종(6%) 순으로 출현종수를 보였다. 총 서식밀도는 2390±453 indiv./m$^2$로 전체 조사 지역 중에서 서식밀도가 가장 높은 지역이다. 분류군별로 살펴보면 가장 높은 서식밀도를 보인 동물군은 다모류로 1588±481 indiv./m$^2$ (66.46%)의 서식밀도를 보였고, 갑각류 593±117 indiv./m$^2$ (24.83%), 연체동물 113±46 indiv./m$^2$ (4.74%), 기타 동물군 95±16 indiv./m$^2$ (3.97%) 순으로 서식밀도를 나타내었다. 우점종은 고리버들갯지렁이(H. filiformis)가 서식밀도 1033 indiv./m$^2$로 가장 우점하였고, 모래무지옆새우사촌속(Urothoe sp.)가 317 indiv./m$^2$, 남방백금갯지렁이(N. polybranchia)가 255 indiv./m$^2$로 우점하였다. 생물량은 쏙(Upogebia major)과 동죽(Mactra veneriformis)의 출현으로 인하여 갑각류와 연체동물의 생물량이 높게 나타났다.

### 4.3 고도에 따른 연속노출시간

충청남도 조사 지역의 고도의 높이에 따라 <6 h, 6-12 h, 13-24 h, >24 h의 시간 구간에서 1년간 연속노출되는 시간의 총합을 1년간 총 노출시간의 합과 비교하였다(Fig. 2). 1년 동안의 총 노출시간은 고도의 높이에 따라 일정하게 증가하였다. 연속노출시간은 조사 지역이 행정상으로는 같은 충청남도에 속하였지만, 지역에 따라 노출범위가 시작되는 지점이 차이를 보였다(Table 2). 하지만 본 조사에서는 고도는 같으나 지역에 따라 노출범위가 다른 현상은 나타나지 않았다. 각 지역별로 Table 2에 제시된 고도를 기준으로 노출범위를 I-IV로 나누었다.

**Table 2.** Boundary value for each four regions of degree of exposure in the study area

| Study area | Elevation (cm) | | |
|---|---|---|---|
| | Ⅰ - Ⅱ | Ⅱ - Ⅲ | Ⅲ - Ⅳ |
| Hwanseong-ni (HS) | 150 | 50 | -200 |
| Mageum-ni (MG) | 130 | 50 | -150 |
| Woljeon-ni (WJ) | 140 | 60 | -140 |
| Seondo-ri (SD) | 120 | 30 | -130 |

노출범위 I에 해당하는 고도에서는 연중 약 72% 이상 대기에 노출되었으며, 노출시간의 대부분이 6 h 이상 연속 노출로 구성되었다. 특히 전체 노출시간에서 6-12 h 연속 노출이 차지하는 비율이 감소하였으며, >24 h 연속 노출의 비율이 급격하게 증가하였다.

노출범위 II에 해당하는 고도에서는 연중 약 57%-72%가 대기에 노출되었으며, 노출시간은 6-12 h, 13-24 h 연속 노출로 구성되었다. 이 노출범위에 해당하는 고도에서는 노출범위 I과 같이 >24 h 연속 노출은 나타나지 않아 하루를 초과하여 연속으로 노출되지는 않았다.

노출범위 III에 해당하는 고도에서는 평균적으로 연중 약 24%-57%가 대기에 노출되었으며, 노출시간은 6-12 h 연속노출과 <6 h 연속노출로 구성되어 침수되는 시간이 증가하였다.

노출범위 IV에 해당하는 고도에서는 연중 약 24% 이하로 대기에 노출되었으며, 노출시간은 <6 h 연속노출로만 구성되었다.

전체 26개 정점 중 11개 정점이 노출범위 I에 포함

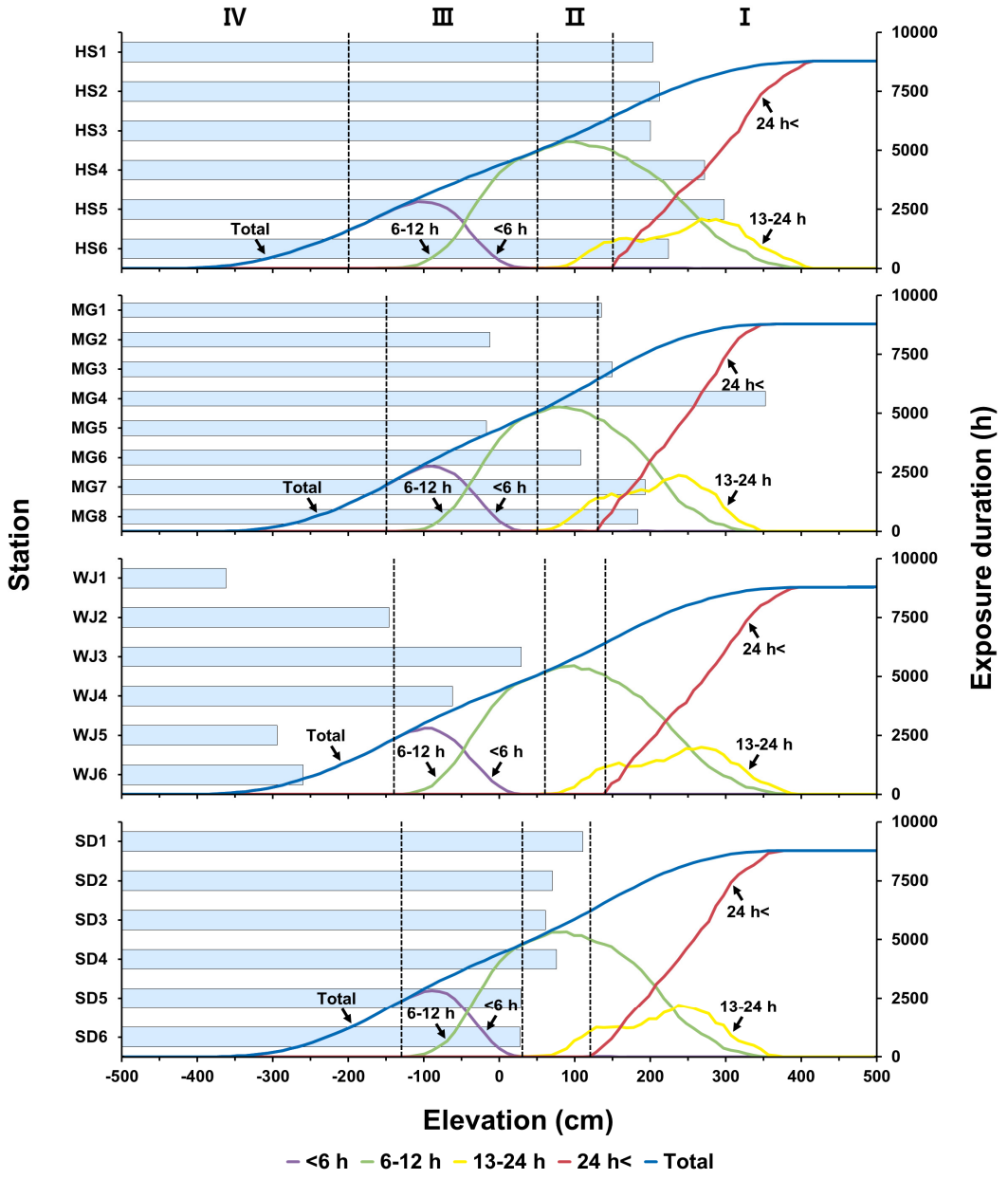



**Figure 2.** Station elevation (cm) and total and continuous exposure duration (h) along the elevation (cm) in the study area. Total; total exposure duration, <6; sum of the less than 6 hours continuous exposure, 6-12 h; sum of the 6-12 hours continuous exposure, 13-24; sum of the 13-24 hours continuous exposure, >24 h; sum of the greater than 24 hours continuous exposure. Ⅰ- Ⅳ : Degree of exposure

되었으며, 5개 정점이 노출범위 II에 포함되었고, 6개 정점이 노출범위 III, 4개 정점이 노출범위 IV에 포함되었다.

### 4.4 집괴분석

조사 정점간 대형저서동물의 출현종과 개체수의 유사성에 근거하여 정점군을 분류한 결과 유사도 33%에서 3개의 정점군으로 구분되었고(Fig. 3), 각 정점군의 생태지수를 비교하여 보면 다음과 같다.

다양도 지수(Diversity, H')는 정점군 C에서 평균 2.36±0.25로 가장 높았으며, 정점군 A에서 1.50±0.08로 가장 낮았으나, 정점군 B가 1.56±0.24로 정점군 A

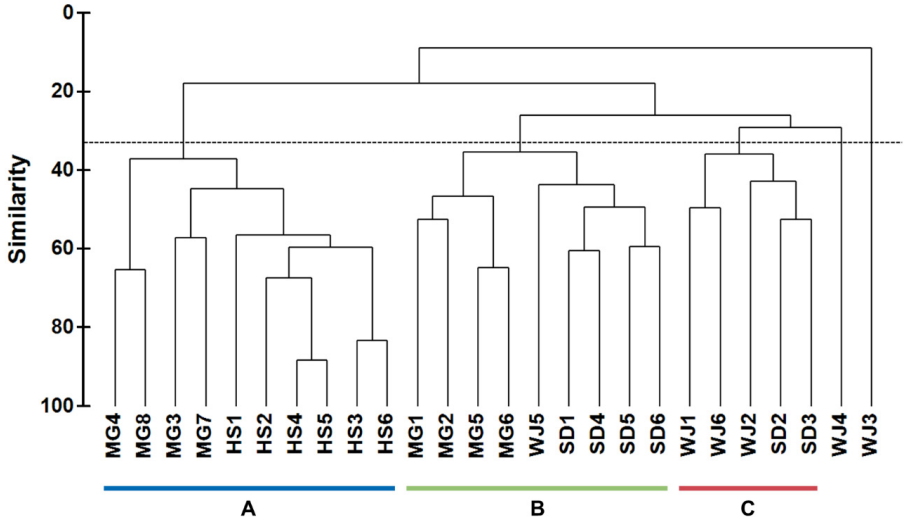



**Figure 3.** Dendrogram showing the station groups classified by the cluster analysis based on density data of macrozoobenthic communities in the Chungcheongnam-do tidal flat, Korea

와 정점군 B가 유사한 수치를 나타내었다. 정점군 C가 상대적으로 높은 다양도를 보였다.

풍부도 지수(Richness, R)는 정점군 C에서 5.10±0.45로 가장 높았고, 정점군 A에서 1.98±0.18로 가장 낮았다. 정점군 C, 정점군 B, 정점군 A 순으로 높은 풍부도를 나타내었다.

균등도 지수(Evenness, J')는 정점군 A가 0.73±0.03로 가장 높았고, 정점군 B에서 0.55±0.06로 가장 낮았으나, 정점군 C가 0.71±0.07로 정점군 A와 정점군 C가 유사한 수치를 나타내었다. 정점군 A와 C가 정점군 B에 비해서 상대적으로 종의 분포가 고른 것을 나타내었다.

우점도 지수(Dominance, D)는 정점군 B가 0.73±0.06로 가장 높았고, 정점군 C가 0.45±0.06로 가장 낮았으나, 정점군 A가 0.68±0.03로 정점군 A와 정점군 B가 유사한 수치를 나타내었다. 상대적으로 정점군 A와 정점군 B가 정점군 C에 비해서 높은 우점도를 보였다.

Fig. 4는 전체 26개 정점을 고도에 따라 배열하고, 각 정점에 정점이 속한 정점군을 표시한 것이다. 노출

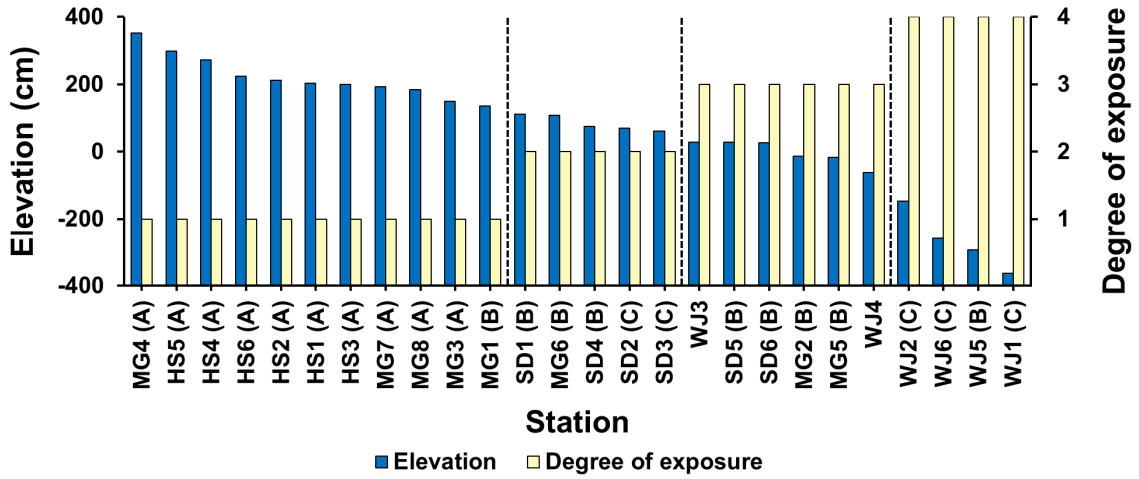



**Table 4.** Graph showing the elevation (cm) and degree of exposure in the study area. Degree of exposure; Ⅰ - Ⅳ, A - C; station groups classified by the cluster analysis based on density data of macrozoobenthic communities in the study area

범위 I에 속한 11개 정점 중 정점군 A가 10개 정점을 차지하여 해당 노출범위의 대부분을 차지하였다. 노출범위 II는 5개 정점 중 정점군 B가 3개 정점, 정점군 C가 2개 정점으로 두 그룹이 혼합된 형태를 보였다. 노출범위 III은 6개 정점 중 기타 정점 2개를 제외하면 모든 정점이 정점군 B에 포함되었으며, 노출범위 IV는 4개 정점 중 정점군 B에 속한 1개 정점을 제외한 나머지 정점들은 정점군 C에 포함되었다. 각 정점군별로 나누어 기술하면 다음과 같다.

#### 4.4.1 정점군 A

정점군 A는 10개 정점이 속하였다. 평균 고도는 228.88±19.21 cm로 상부 조간대에 위치한 정점들로 구성되어 있으며(Table 3), 평균 고도가 전체 정점군 중에서 가장 높았고, 정점군 A에 속한 정점보다 고도가 높은 정점은 없었다. 정점군 A의 모든 정점(총 10개 정점)이 노출범위 I(총 11개 정점)에 포함되어 뚜렷하게 구분된 것이 특징이다. 니질함량은 평균 82.02±4.58%로 전체 정점군 중에서 가장 높았으며, Slightly

**Table 3.** Comparison of three station groups (A, B, C) in this study area of environmental characteristics, community structure indices and density, biomass and frequency of dominant species. The number in parentheses next to the density is the frequency (%)

| | Station group A | | Station group B | | Station group C | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Number of station | 10 | | 9 | | 5 | |
| Environmental characteristics (mean±SE) | | | | | | |
| Elevation (cm, Mean sea level) | 228.88±19.21 | | 17.99±43.07 | | -127.16±85.93 | |
| Mean grain size (Φ) | 5.08±0.22 | | 2.96±0.41 | | 2.27±0.18 | |
| Sorting (Φ) | 2.36±0.20 | | 1.39±0.19 | | 0.83±0.09 | |
| Mud content (%) | 82.02±4.58 | | 26.58±8.10 | | 5.82±0.24 | |
| Organic matter content (LOI, %) | 2.664±0.177 | | 1.438±0.182 | | 1.207±0.149 | |
| Benthic chlorophyll-a (mg/cm$^2$) | 1.013±0.096 | | 1.754±0.152 | | 2.061±0.333 | |
| Community structure indices (mean±SE) | | | | | | |
| Total number of Species | 23 | | 61 | | 56 | |
| Mean density (indiv./m$^2$) | 379±39 | | 2250±348 | | 1750±152 | |
| Mean biomass (gWWt./m$^2$) | 80.22±17.92 | | 95.10±22.65 | | 614.17±495.17 | |
| Ecological indices | | | | | | |
| Diversity (H') | 1.50 ±0.08 | | 1.56±0.24 | | 2.36±0.25 | |
| Richness (R) | 1.98±0.18 | | 3.12±0.45 | | 5.10±0.45 | |
| Evenness (J') | 0.73±0.03 | | 0.55±0.06 | | 0.71±0.07 | |
| Dominance (D) | 0.68±0.03 | | 0.73±0.06 | | 0.45±0.06 | |
| Dominant species | Density (indiv./m$^2$) | Biomass (gWWt./m$^2$) | Density (indiv./m$^2$) | Biomass (gWWt./m$^2$) | Density (indiv./m$^2$) | Biomass (gWWt./m$^2$) |
| ***Assiminea japonica* (Gas)** | **14 (70)** | **0.05** | - | - | - | - |
| *Tubuca arcuata* (Dec) | 4 (20) | 16.17 | - | - | - | - |
| ***Perinereis linea* (P)** | **38 (80)** | **7.09** | 1 (11) | 0.04 | - | - |
| ***Ilyoplax pingi* (Dec)** | **21 (70)** | **2.47** | 3 (22) | 0.09 | - | - |
| ***Macrophthalmus japonicus* (Dec)** | **32 (80)** | **40.79** | 47 (56) | 19.14 | - | - |
| *Upogebia major* (Dec) | 2 (20) | 0.67 | 84 (44) | 29.68 | - | - |
| ***Nephtys polybranchia* (P)** | 1 (10) | 0.02 | **162 (89)** | **0.25** | 144 (100) | 0.07 |
| ***Heteromastus filiformis* (P)** | 182 (100) | 0.33 | **1421 (100)** | **4.13** | 66 (80) | 0.04 |
| *Lingula anatina* (Bra) | - | - | 12 (44) | 15.47 | 10 (20) | 12.19 |
| *Neotrypaea japonica* (Dec) | - | - | 27 (33) | 11.50 | 24 (80) | 0.68 |
| *Macrophthalmus abbreviatus* (Dec) | - | - | 16 (44) | 2.17 | 24(80) | 9.19 |
| ***Armandia lanceolata* (P)** | - | - | - | - | **22 (60)** | **0.01** |
| *Mactra veneriformis* (Biv) | - | - | 6 (33) | 0.43 | 42 (60) | 90.27 |
| ***Magelona sacculata* (P)** | - | - | 6 (11) | 0.01 | **90 (60)** | **0.13** |
| *Scolelepis* sp. (P) | - | - | 3 (22) | <0.01 | 104 (40) | 0.14 |
| ***Mactra chinensis* (Biv)** | - | - | - | - | **110 (80)** | **469.13** |

* Species in bold indicate characteristic species selected, in case of satisfying three out of the following criteria; CON > 0.5, DOM > 0.05, DAS > 0.6, DAI > 0.6.

SE : Standard error , Biv : Bivalvia, Bra : Brachiopoda, Dec: Decapoda, Gas : Gastropoda, P : Polychaeta.

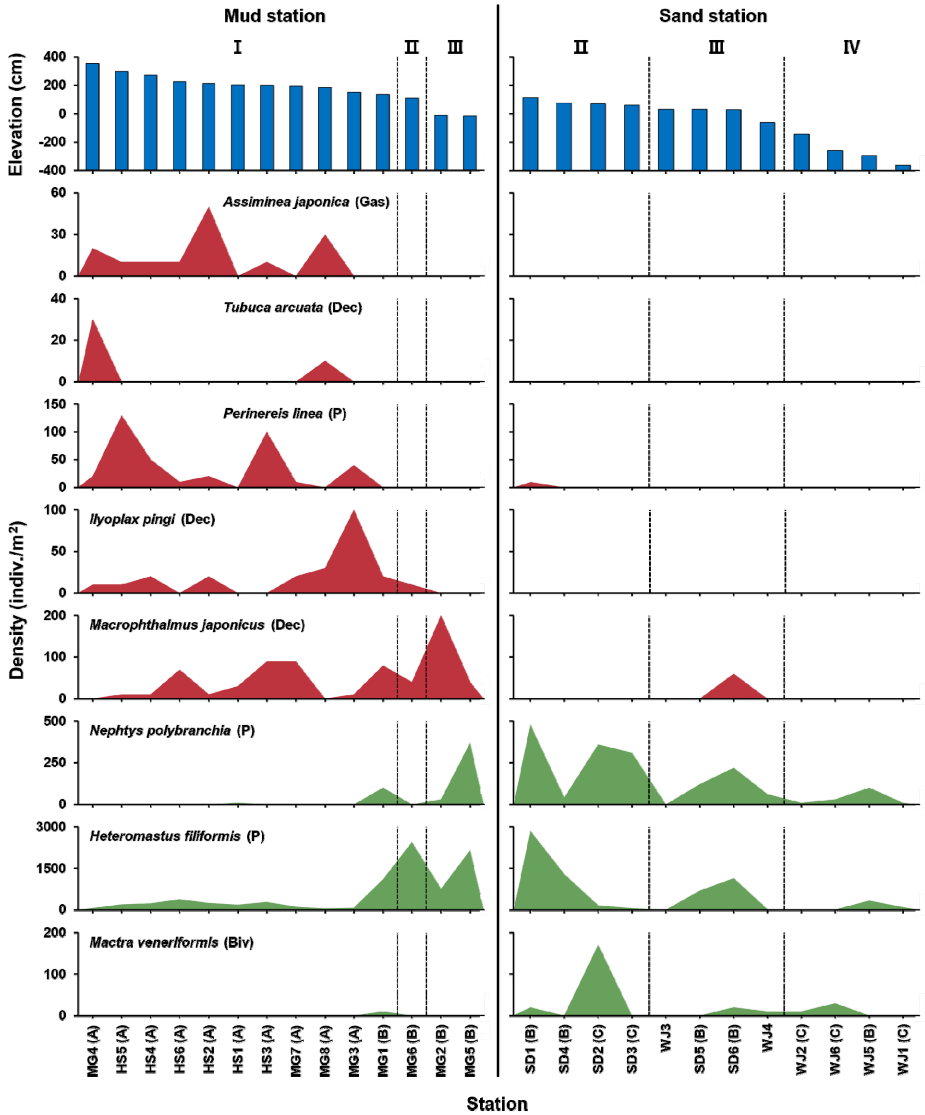
sandy mud 퇴적상을 나타내었다. 평균 입도는 5.08±0.22Φ로 전체 정점군 중에서 가장 세립하였고, 분급도는 2.36±0.20Φ로 가장 불량한 분급도를 보였다. 정점군 A를 대표하는 특징종은 기수우렁이(Assiminea japonica), 두토막눈썹참갯지렁이(Perinereis linea), 펄털콩게(Ilyoplax pingi), 칠게(Macrophthalmus japonicus)가 선정되었다.

### 4.4.2 정점군 B

정점군 B는 9개 정점이 속하였다. 평균 고도는 17.99±43.07 cm로 주로 중부 조간대에 위치한 정점들로 구성된 정점군으로 니질함량은 평균 26.58±8.10%로 니사질 퇴적상을 나타내었다. 평균 입도는 2.96±0.41Φ로 조립하였고, 분급도는 1.39±0.19Φ로 다소 양호한 분급도를 보였다. 정점군 B를 대표하는 특징종은 남방백금갯지렁이(Nephtys polybranchia), 고리버들갯지렁이(Heteromastus filiformis)가 선정되었다.

### 4.4.3 정점군 C

정점군 C는 5개 정점이 속하였다. 평균 고도는 -127.16±85.93 cm로 주로 하부 조간대에 위치한 정점들로 구성되어 있으며(Table 3), 평균 고도가 전체 정점군 중에서 가장 낮았다. 니질함량은 평균 5.82±0.24%로 전체 정점군 중에서 가장 낮았으며, Slightly muddy sand 퇴적상을 나타내었다. 평균 입도는 2.27±0.18Φ로 전체 정점군 중에서 가장 조립하였고, 분급도는 0.83±0.09Φ로 가장 양호한 분급도를 보였다. 정점군 C를 대표하는 특징종은 침보석요정갯지렁이



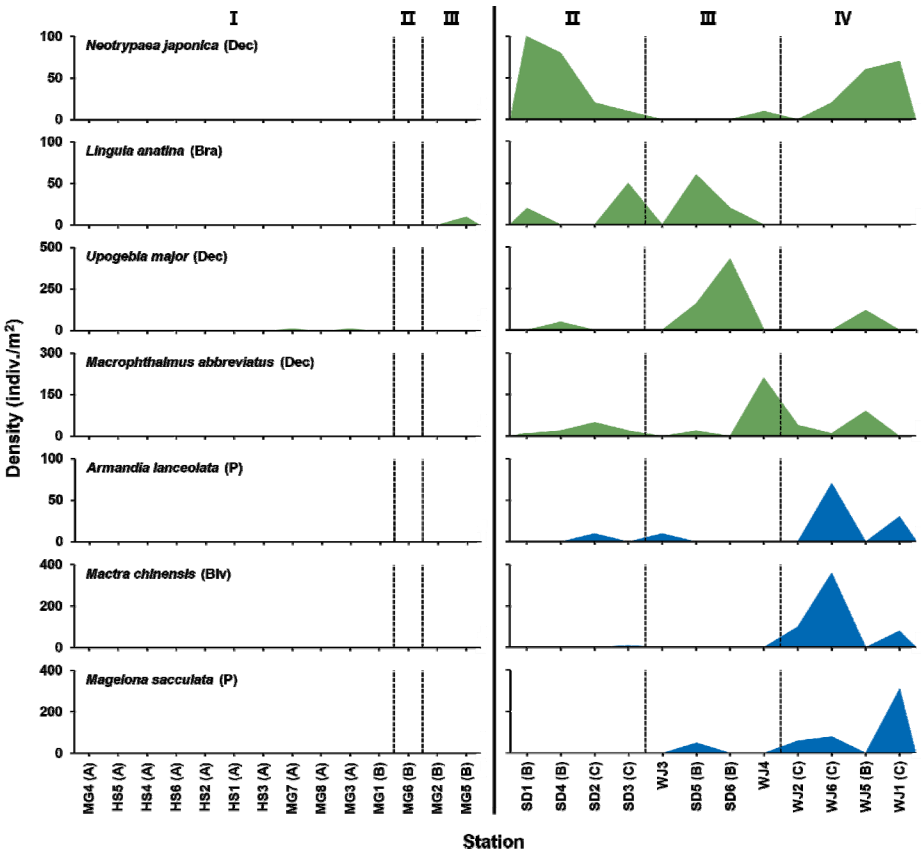



**Figure 5.** Densities of characteristic species and dominant species (indiv./$m^2$) according to the mud and sand station in the study area. Red : high elevation specialists, Green : middle elevation specialists, Blue : low elevation specialists. Biv : Bivalvia, Bra : Brachiopoda, Dec: Decapoda, Gas : Gastropoda, P : Polychaeta

(Armandia lanceolata), 양손갯지렁이속의 Magelona sacculate, 개량조개(Mactra chinensis)가 선정되었다.

전체 정점을 니질이 우세한 정점과 사질이 우세한 정점으로 나누고, 고도에 따라 배열한 뒤 각 정점군의 특징종과 주요 종의 서식밀도를 나타낸 결과 대형저서동물의 분포는 다음과 같다(Fig. 5). 집괴분석 결과와 Fig. 5의 대형저서동물의 분포를 비교하여보았을 때, 정점군 A의 특징종인 기수우렁이(A. japonica), 두토막눈썹참갯지렁이(P. linea), 펄털콩게(I. pingi), 칠게(M. japonicus)는 Mud 정점의 노출범위 I에 주로 출현하여 니질이 우세한 조간대의 상부에 주로 출현하는 경향을 나타내었다. 정점군 B의 특징종인 남방백금갯지렁이(N. polybranchia), 고리버들갯지렁이(H. filiformis)는 Mud와 Sand 정점 모두 출현하였으며, 노출범위 II와 III에 주로 출현하여 조간대의 중부에 주로 출현하는 경향을 나타내었다. 정점군 C의 특징종인 침보석요정갯지렁이(A. lanceolata), 양손갯지렁이속의 M. sacculate, 개량조개(M. chinensis)는 Sand 정점에서만 출현하였고, 노출범위 IV에 주로 출현하여 사질이 우세한 조간대의 하부에 주로 출현하는 경향을 나타내었다. 본 연구에서 특징종의 대상분포는 다음과 같다.

- 상부 분포종 : Assiminea japonica, Perinereis linea, Ilyoplax pingi, Macrophthalmus japonicus가 포함되었다.
- 중부 분포종 : Nephtys polybranchia, Heteromastus filiformis가 포함되었다.
- 하부 분포종 : Armandia lanceolata, Mactra chinensis, Magelona sacculata가 포함되었다.

조사 지역의 특징종의 분포를 살펴보면, 상부에 그룹 A의 특징종인 Assiminea japonica, Perinereis linea, Ilyoplax pingi, Macrophthalmus japonicus, 중부에 Nephtys polybranchia, Heteromastus filiformis, 하부에 Armandia lanceolata, Magelona sacculate, Mactra chinensis가 분포하는 것을 알 수 있다(Fig. 6).

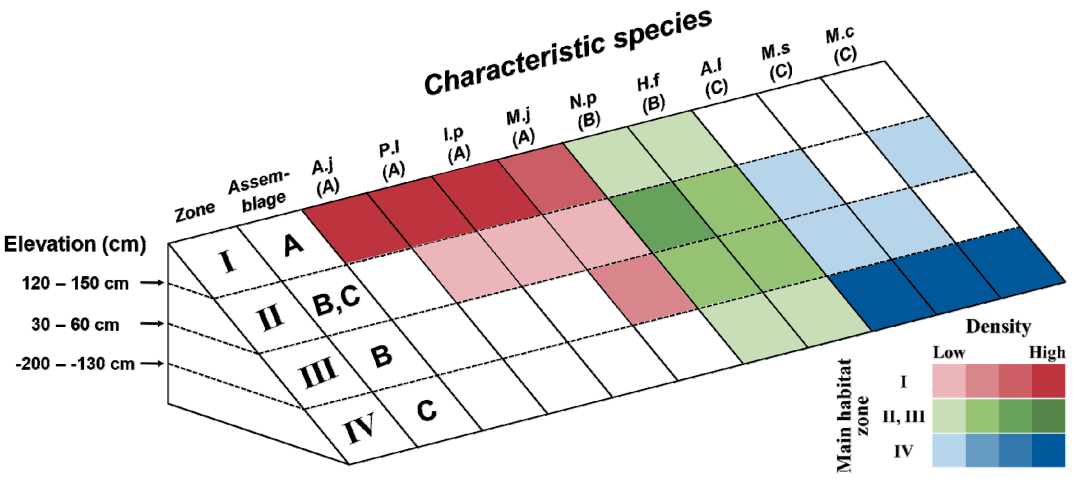



**Figure 6.** The comparison of the zonation patterns of the study area. A.j : Assiminea japonica, P.l : Perinereis linea, I.p : Ilyoplax pingi, M.j : Macrophthalmus japonicus, N.p : Nephtys polybranchia, H.f : Heteromastus filiformis, A.l : Armandia lanceolata, M.s : Magelona sacculate, M.c : Mactra chinensis

## 5. 고찰

서해안에 위치한 조간대에서 수행된 대형저서동물의 대상분포(zonation)에 대한 선행연구를 살펴보면 인천 송도 지역, 경기만 펄갯벌, 만경-동진 조간대, 대부도 모래갯벌, 학암포 사질조간대 등에서 수행된 연구가 있다(Frey et al., 1987 ; Koh and Shin, 1988 ; 안과고, 1992 ; 최 등, 1998 ; 서와 홍, 2004 ; 남, 2012; Ryu et al., 2011). 본 연구에서 조사를 수행한 충청남도 4개 지역 조간대 지역의 특징종의 분포를 살펴보면, 조간대 상부에 Assiminea japonica, Perinereis linea, Ilyoplax pingi, Macrophthalmus japonicus, 조간대 중부에 Nephtys polybranchia, Heteromastus filiformis, 조간대 하부에 Armandia lanceolata, Magelona sacculate, Mactra chinensis가 분포하고 있다. 본 연구에서 도출된 특징종과 대상분포를 기존에 서해 조간대에서 수행된 선행연구와 비교해 보았다.

Frey et al. (1987)이 인천 송도 지역 조간대를 조사한 결과 크게 3개의 지역으로 생물상이 구분되었는데, 상부에 게가 주로 분포하는 Brachyuran zone, 중부에 연체동물이 주로 분포하는 Molluscan zone, 하부에 가시닻해삼이 주로 분포하는 Holothurian zone으로 나누어졌다. Brachyuran zone의 우점종은 칠게(Macrophthalmus japonicus)와 펄콩게(Ilyoplax pingi)였고, Molluscan zone의 우점종은 동죽(Mactra veneriformis)과 서해비단고둥(Umbonium thomasi) 이며, Holothurian zone에서의 우점종은 가시닻해삼(Protankyra bidentata)이었다. 본 연구와 Frey et al. (1987)의 연구를 비교하였을 때, 본 연구의 조간대 상부에 해당하는 정점군 A의 특징종으로 칠게(Macrophthalmus japonicus)와 펄콩게(Ilyoplax pingi)가 선정되어 Brachyuran zone이 나타났다. 중부의 연체동물이 우세한 Molluscan zone은 노출범위 II에서 동죽(Mactra veneriformis)이 다수 출현하였다. 그러나 본 연구에서는 가시닻해삼(P. bidentata)가 전혀 출현하지 않아 Frey et al.의 Holothurian zone에서 차이를 보였다. 이는 본 연구의 조사가 수행된 하부 조간대 정점의 고도가 충분히 낮지 않았기 때문에 극피동물이 출현하지 않아 차이를 보인 것으로 판단된다.

Koh and Shin (1988)의 경기만 갯벌 조사에서는 생물상이 크게 3개 지역으로 구분되었는데, 상부에 펄콩게(Ilyoplax pingi), 참방게(Helice tridens sheni), 세스랑게(Cleistostoma dilatatum), 두토막눈썹참갯지렁이(Perinereis linea)가 분포하였으며, 중부에 펄털콩게(Ilyoplax pingi), 칠게(Macrophthalmus japonicus), 흰이빨참갯지렁이(Periserrula leucophryna)가 분포하였고, 하부에는 꽃갯지렁이과 Laonome tridentata, 쇄방사늑조개(Potamocorbula amurensis)가 분포하였다. 본 연구와 Koh and Shin (1988)의 연구를 비교하였을 때, 본 연구에서는 상부의 특징종으로 P. linea, I. pingi, M. japonicus가 선정되었는데, M. japonicus의 경우 Koh and Shin (1988) 연구에서는 중부의 특징종으로 나타나 차이점을 보였다. 본 연구에서 조간대 중부의 특징종으로 Nephtys polybranchia, Heteromastus filiformis가 선정되어 중부의 대형저서동물 특징종에서 차이를 보였다. 이는 선행연구의 상부와 중부 조간

대의 고도가 본 연구지역 보다 높았기 때문으로 추정된다. 이(1987)의 연구에서는 참방게(Helice tridens sheni)가 칠게(Macrophthalmus japonicus)보다 노출이 심한 환경에 서식하며, 칠게보다 고도가 높은 지역에서 서식하는 것을 보고하였으며, 안과 고(1992)에 따르면 연속노출시간이 가장 긴 조간대 상부에 Perinereis 군집이 분포하고, 연속노출시간이 감소함에 따라 Macrophthalmus 군집이 분포하는 것으로 보고되었는데, 본 연구에서는 조간대 상부에서 특징종으로 Perinereis linea와 Macrophthalmus japonicus가 함께 선정되어 Koh and Shin (1988)의 상부와 중부 조간대가 본 연구의 상부 조간대에 해당하는 것으로 판단된다.

만경-동진 조간대에서 안과 고(1992)에 따르면 연속노출시간이 가장 긴 조간대 상부에 Perinereis 군집이 출현하고, 연속노출시간이 감소함에 따라 Macrophthalmus 군집, Bullacta - Mactra - Umbonium 군집이 분포하는 것으로 보고되었다. 노출범위에 따라 노출범위 I은 Perinereis, 노출범위 II는 Macrophthalmus, 노출범위III은 민챙이(Bullacta exarata), Mactra veneriformis, Umbonium thomasi, 노출범위 IV는 개량조개(Mactra chinensis)가 분포하는 것으로 보고하였다. 본 연구와 안과 고(1992)를 비교하였을 때, 노출범위 I의 Perinereis 군집과 노출범위 IV의 Mactra chinensis 군집이 유사하나, 본 연구에서는 Macrophthalmus 군집이 노출범위 II가 아닌 I에서 주로 출현하였으며, Mactra veneriformis 군집도 노출범위 III이 아닌 II에서 우점하여 차이를 보였다. 이는 두 지역의 저서환경이 다르고 과거에 비하여 고도 측량 방법 및 장비가 발전함에 따라 정밀하고 정확한 고도값을 획득했기 때문으로 여겨진다.

서와 홍(2004)이 인천 송도 척전 갯벌을 조사한 결과 크게 3개의 생물대가 분포하였는데, 상부에 다모류-연체동물-갑각류 생물대, 중부에 다모류-연체동물 생물대, 하부에 다모류-연체동물-극피동물 생물대가 분포하였으며, 상부에서 하부로 갈수록 갑각류-연체동물-극피동물 순으로 우점하는 형태를 나타내었다. 본 연구와 서와 홍(2004)을 비교하였을 때, 본 연구는 상부에서 게-다모류 생물대, 중부에 다모류 생물대, 하부에 다모류-연체동물 생물대가 분포하였으며, 상부에서 하부로 갈수록 갑각류-다모류-연체동물 순으로 우점하여 하부 조간대에서 차이를 보였다. 이는 Frey et al. (1987)의 연구와 비교하였을 때와 마찬가지로 본 연구의 조사가 수행된 하부 조간대 정점의 고도가 충분히 낮지 않았기 때문에 차이를 보인 것으로 판단된다.

지역에 따라 차이가 있으나, 서해에서는 상부에 칠게를 비롯한 게 군집, 중부에 연체동물 군집, 하부에 가시닻해삼 군집으로 구분되는 것이 특징이다(최 등, 1998 ; 홍과 서, 2001). 본 연구는 상부에 Ilyoplax pingi와 Macrophthalmus japonicus 군집이 분포하여 상부의 게 군집이 나타났으며, 중부에 Mactra veneriformis가 출현하고 있어 연체동물 군집과 유사한 형태를 보이고 있다. 하부에 Armandia lanceolata, Magelona sacculate, Mactra chinensis가 분포하고 있으나, Protankyra bidentata가 전혀 출현하지 않았다. 이는 본 연구의 조사가 수행된 하부 조간대 정점의 고도가 충분히 낮지 않았기 때문에 차이를 보인 것으로 판단된다. 따라서, 현재 충청남도 조간대의 대형저서동물 분포는 과거 서해 조간대의 대형저서동물 대상분포와 유사한 것으로 판단된다.

## 6. 결론

충청남도 갯벌 조간대에 서식하는 대형저서동물 군집의 분포 양상을 살펴보고 노출시간과의 관계를 알아보기 위하여 4개 지역(환성리, 마금리, 월전리, 선도리), 총 26개 조사 정점을 대상으로 2020년 8월에 대형저서동물과 저서환경에 대한 조사를 실시하였고, 2021년 3월에 동일한 정점을 대상으로 정밀 고도 측량을 실시하였다. 조사결과 퇴적물의 평균 입도는 환성리 5.03±0.36$\Phi$, 마금리 4.68±0.21$\Phi$, 월전리 2.63±0.04$\Phi$, 선도리 1.79±0.04$\Phi$였으며, 환성리와 마금리는 니질 퇴적상이 우세하였고, 월전리와 선도리는 사질 퇴적상이 우세하였다. 조사지역에서 총 84종의 대형저서동물이 채집되었으며, 평균 서식밀도는 1428±222 indiv./m$^2$였고, 평균 생물량은 184.90±97.01 gWWt./m$^2$였다. 집괴분석 결과 고도에 따라 상부, 중부, 하부의 3개 정점군으로 구분할 수 있었으며, 정점군 A에서 특징종은 기수우렁이(Assiminea japonica), 두토막눈썹참갯지렁이(Perinereis linea), 펄털콩게(Ilyoplax pingi), 칠게(Macrophthalmus japonicus)로 상부에 분포하였고, 정점군 B의 특징종은 남방백금갯지렁이(Nephtys polybranchia), 고리버들갯지렁이(Heteromastus filiformis)로 주로 중부에 분포하였다. 마지막으로 정점군 C의 특징종은 침보석요정갯지렁이(Armandia lanceolata), 양손갯지렁이류의 Magelona sacculata, 개량조개(Mactra chinensis)로 하부에 분포하는 경향을 나타냈다. 분류군별로 살펴보면 상부에서 게-다모류 생물대, 중부에 다모류 생물대, 하부에 다모류-연체동물 생물대가 분포하였으며, 상부에서 하부로 갈수록 갑각류-다모류-연체동물이 분포하는 대상분포가 나타났다.

충청남도 갯벌 조간대에서의 본 연구는 한번의 현장조사만이 이루어졌음에도 불구하고 연속노출시간에 따라 대형저서동물군집의 분포가 결정됨을 보여주고 있다. 따라서, 조간대에서 대형저서동물 군집의 공간분포를 연구할 때 정밀한 고도측량이 필요할 것으로 판단된다. RTK-GPS를 이용하여 조사 지역의 정확한 고도값을 획득할 수 있다면, 연속노출시간과 대형저서동물 군집 분포 간의 관계를 파악할 수 있을 것이다. 향후, 자료가 축적되면 주요 저서환경 요인과 노출시간에 따른 대표적인 저서생물상을 예측할 수 있는 모델 구축에 활용될 수 있을 것이다.

## 감사의 글

본 연구는 2021년 해양수산부 재원으로 해양수산과학기술진흥원의 '과학기술기반 해역이용영향평가 기술개발 (20210427)'과 '생태계기반 해양공간분석 및 활용기술 개발 (20170325)' 및 새만금 주변해역 해양환경 및 생태계관리 연구개발(20140257) 연구사업의 지원을 받아 수행하였습니다.

## 참고문헌

1. 남기웅, 마채우, 손대선, 김종춘, 2015. 학암포 사질조간대 대형저서동물의 분포 양상. 한국환경생태학회지, 29(5): 729-735.
2. 바다누리 해양정보 서비스, 해양정보 다운로드 [웹사이트]. (2021년3월30일). Retrieved from http://www.khoa.go.kr/oceangrid/gis/category/reference/distribution.do
3. 서인수, 홍재상, 2004. 인천 송도지역 척전 갯벌 대형 저서동물의 군집 생태학 2. 우점종의 시·공간적인 분포 양상. 한국해양학회지 바다, 9: 93-105.
4. 실시간해양관측정보시스템, 조석예보 및 성과 [웹사이트]. (2021년3월30일). Retrieved from http://www.khoa.go.kr/oceangrid/koofs/kor/tide/tide.do
5. 안순모, 고철환, 1992. 서해 만경·동진 조간대의 환경과 저서동물 분포. 한국해양학회지, 27: 78-90.
6. 이윤호, 1987. 참방게(Helice tridens sheni)와 칠게(Macrophthalmus japonicus)의 서식환경에 대한 적응. 서울대학교 석사학위 논문, 59pp
7. 최진우, 김동성, 신상호, 제종길, 1998. 서해 경기만 대부도 모래갯벌에서의 대형저서동물 분포. Ocean and Polar Research, 20(2): 97-104
8. 최진우, 서진영, 2007. 마산만 저서생태계를 중심으로 연안해역 건강성 평가를 위한 저서생물지수의 적용. Ocean and Polar Research, 29(4): 339-348.
9. 홍재상, 1999. 우리 바다를 풍요롭게 가꾸는 한국의 갯벌. 한국수자원학회지, 32(1): 9-14
10. 홍재상, 서인수, 2001. 인천 송도지역 척전 갯벌 대형 저서동물의 군집 생태학 1. 군집의 구조. 한국해양학회지 바다, 6: 190-200.
11. Bray, J. Roger, and John T. Curtis, 1957 An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. Ecological monographs, 27(4): 326-349.
12. Flemming, B.W., 2000. A revised textural classification of gravel-free muddy sediments on the basis of ternary diagrams. Cont. Shelf Res, 20: 1125-1137.
13. Frey, R.W., J.S. Hong, J.D. Howard, B.K. Park and S.J. Man, 1987. Zonation of Benthos on a Macrotidal Flat, Inchon, Korea. Senckenbergiana marit, 19: 3-27.
14. Koh, C.H. and H.C. Shin, 1988. Environmental characteristics and distribution of macrobenthos in a mudflat of the west coast of Korea (Yellow Sea). Journal of sea research, 22(3): 279-290.
15. Lorenzen, C.J., 1967. Determination of chlorophyll and pheopigments: spectrophotometric equations. Limnology and Oceanography, 12: 343e346.
16. Margalef, R., 1958. Information theory in ecology. Gen. Syst, 3: 36-71.
17. McNaughton, SJ T., 1968. Structure and function in California grasslands. Ecology, 49(5): 962-972.
18. Pearson, T. H., and Rutger Rosenberg, 1978. Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. Oceanography and marine biology annual review. 16: 229-311.
19. Pielou, E.C., 1966. The measurement of diversity in different types of biological collections. J. Theoret. Biol, 13: 131-144.
20. Ryu, J.S., J.S. Khim, J.W. Choi, H.C. Shin, S.M. An, J.S. Park, D.S. Kang, C.H. Lee and C.H. Koh, 2011. Environmentally associated spatial changes of a macrozoobenthic community in the Saemangeum tidal flat, Korea. Journal of sea research, 65(4): 390-400.

21. Salzwedel, H., E. Rachor and D. Gerdes, 1985. Benthic macrofauna communities in the German Bight. Veroff. Inst. Meeresforsch. Bremerh, 20: 199-267.
22. Shannon, C.E. and W. Weaver, 1963. The mathematical theory of communication. University of Illinois press, Urbana, 117 pp.
23. Stephenson, T.A. and Stephenson, 1949. The universal features of zonation between tide marks on rocky coasts. Journal of Ecology, 37: 289-305.
24. Swinbanks, D.D. and J.W. Murray, 1981. Biosedimentological zonation of Boundary Bay tidal flats, Fraser River Delta, British Columbia. Sedimentology, 28: 201-237.