

## 하계 무안만 조간대에서의 유기물 함량 및 대형저서동물의 공간 분포특성

고은영<sup>1</sup> · 이경선<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>목포해양대학교 대학원 해양시스템공학과

<sup>2</sup>목포해양대학교 환경·생명공학과

## The Spatial Patterns of Organic Matter Content and Macrobenthos during Summer in the Muan Bay Intertidal Zone, Korea

Eun Young Ko<sup>1</sup>, Kyoung Seon Lee<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Ocean System Engineering, Graduate School, Mokpo National Maritime University, Mokpo 58628, Korea

<sup>2</sup>Department of Environmental & Biotechnology Engineering, Mokpo National Maritime University, Mokpo 58628, Korea

### Corresponding Author

Kyoung Seon Lee

Department of Environmental &

Biotechnology Engineering, National

Maritime University, Mokpo 58628, Korea

E-mail : kslee@mmu.ac.kr

Received : October 11, 2023

Revised : October 27, 2023

Accepted : November 07, 2023

본 연구는 무안만 조간대의 대형저서생물 군집구조와 퇴적물의 유기물 분포특성과의 관계를 알아보기 위해서 수행되었다. 2019년 8월에 21개 정점에서 퇴적층을 채취하여 입도 및 유기물 함량(강열감량과 총유기탄소함량)을 분석하였다. 또한 대형저서동물을 분류하고 분포특성을 조사하였다. 조간대 퇴적층의 입도는 무안만 북측 내만이 비교적 조립하였고, 만 입구 주변은 주로 실트질의 특성을 보였다. 유기물 함량(강열감량과 총유기탄소함량)은 목포 지역 근처에 위치한 정점 10에서 가장 높았으며, 만의 북측에 위치한 정점 20이 가장 낮았다. 출현한 대형저서동물 중 10% 이상의 점유율을 보인 종은 기수우렁이류(*Assiminea* sp.), 종뿔(*Musculista senhousia*), 비틀이고둥(*Cerithiopsis cingulata*)이었고, 고리버들갯지렁이(*Heteromastus filiformis*) 4종이었다. 정점 10에서 전체 정점과 비교하여 최대 종수와 밀도를 보였다. 출현종을 토대로 집괴분석과 다차원척도법을 실시한 결과 무안만 조간대는 총 4그룹으로 구분되었다. 상관분석 결과 총유기탄소함량과 생물밀도는 유의한 상관관계( $p < 0.05$ )를 보였다. 본 연구결과에 의해 무안만 조간대에 있어서 대형저서동물 분포는 입도 및 유기물 함량에 따라 다양하게 나타나는 것을 확인할 수 있었다.

The study was performed in order to understand the association between organic matter content in the sediments and the distribution of macrobenthos in the intertidal zone of the Muan bay. The sediment samples obtained from 21 sampling sites in August 2019 were analyzed for sediment composition and organic matter content (Ignition loss; IL and Total organic carbon; TOC). Further the macro benthos was sorted and enumerated. The sediments of inner area of bay has coarser composition where mouth part of bay, the sediments were predominantly silty. The highest organic matter content (both of IL and TOC) was measured at station 10 located near the Mokpo area while the lowest values was measured at station 20 adjacent to the north side of the bay. The 4 most abundant species accounted for more than 10% of all specimens were *Assiminea* sp., *Musculista senhousia*, *Cerithiopsis cingulata* and *Heteromastus filiformis*. The maximum number of species and density were observed at station 10. Cluster analysis and non-metric multidimensional scaling (MDS) allow identification of four benthic assemblages based on species abundance. The correlation analysis revealed that there was a significant difference ( $p < 0.05$ ) in the density with TOC. Based on the analysis; it was found that the distribution of macrobenthos varied with the differences in sediment composition and organic matter content.

**Keywords:** Muan bay(무안만), Intertidal zone(조간대), Grain size(입도), Organic matter content(유기물 함량), Macrobenthos(대형저서동물)

## 서론

무안만(Muan bay)은 무안반도와 신안군 압해도에 둘러싸인 반 폐쇄적인 내만으로, 만의 입구가 다른 만의 구조와 달리 협소하고 외해와 열린 형태를 보이지 않는 것이 특징이다(Ryu et al., 2000). 특히 무안만 주변에는 영산강방조제, 영암방조제, 금호방조제가 건설되어 영산강 및 해남강으로부터 유입되던 부유물 유입량도 크게 감소하고 조위의 상승 및 조류 흐름의 변화로 퇴적물의 운반 양상이 바뀌면서 갯벌이 크게 손실되고, 면적이 크게 감소하였다(Park et al., 2001). 특히 주변 농업지역으로부터의 유기오염물질 유입이 높고, 무안만 인근 도시와 삼전산단, 대양산단 등의 산업시설이 건설되고 확장됨에 따라 육상에서 기인한 유기물의 유입 증가로 인한 환경오염에 대한 우려가 높아지고 있다. 만으로 유입된 유기물은 그 질과 양에 따라 저서 군집의 먹이 공급원 또는 스트레스 공급원으로 작용하면서 해양생태계의 기능과 안전성에 중요한 영향을 미치게 된다(Ansari et al., 2014; Hyland et al., 2005). 많은 연구자들은 오랫동안 해양으로 유입되는 유기물의 기원과 거동 및 다른 환경 스트레스 요인과의 상호작용, 육상-해양 연결특성과 저서생물군집 반응에 대해 지속적인 관심을 가져왔다(Ansari et al., 2014).

대형저서동물(Macrobenthos)은 퇴적물과 수괴의 유기물을 섭식하는 1차 소비자로 해양생태계 먹이망에서 중요한 역할을 한다(Li et al., 2017; Sokolowski et al., 2012). 이들은 고착생활 및 제한된 이동성으로 인해 해양생태계에서 오염물질의 영향을 직접적으로 받게 되는 생물그룹 중의 하나로, 유기오염 등 만성적인 오염 발생이나 일시적인 환경교란에 즉각적으로 반응하는 것으로 알려져 있어 저서생태계의 오염에 대한 군집변화를 연구하기에 유용하다(Park et al., 2000).

대형저서동물 분포특성에 관한 연구는 오랫동안 연구자들의 주요 관심사로 국내에서는 주요 하구역을 포함하여 전국 연안에 걸쳐 많은 연구가 이루어져 왔으며(Kim et al., 2011; Lim et al., 2012, 2016, 2019; Park et al., 2000) 특히 여러 해역의 건강성 평가에 대형저서동물 군집특성을 활용한 연구가 다수 수행되었다(Choi and Seo, 2007; Jung et al., 2016; Ong et al., 2021; Oh and Lee, 2022). 무안만 인근 지역에서의 대형저서동물 분포에 대한 연구는 영산강방조제가 건설되면서 예측되는 환경변화와 관련하여 주로 연구가 이루어져 있는데(Lim and Park, 1998; Lim and Seo, 2011), 대부분의 연구가 목포 인접의 영산강 주변이나 함평만 또는 화원반도 인근 지역을 대상으로 하는 연구가 대부분이다. 특히 Choi and Lee (2017)는 무안만 초입 인근 갯벌의 대형저서동물 분포특성에 대해서 조사하였으나 조사지역이 무안만 초입에 국한되어 있어 무안만 중간대에서의 유기물 분포에 따른 저서동물의 출현 양상의 변화 특성을 이해하기에는 제한적이다.

따라서, 본 연구에서는 무안만 중간대를 대상으로 하여 대형저서동물 분포에 대해서 조사를 실시하고 하계에 나타난 유기물 분

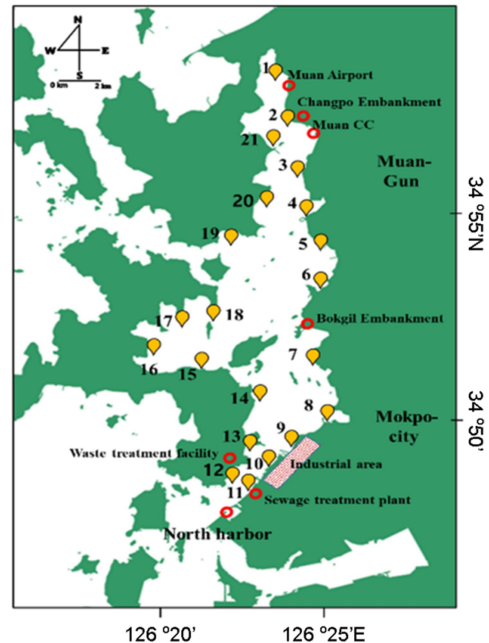


Fig. 1. Locations of the sampling point in the Muan bay intertidal zone and sources of pollutants.

포특성 및 대형저서동물의 분포특성에 대해서 알아보려고 하였다.

## 재료 및 방법

본 연구에서는 2019년 8월 무안만에 있어서 중간대 중부지역에 위치하는 21개 정점을 선정하여 표층 퇴적물과 저서동물을 채집하였다. 21개 정점은 무안만 주변으로 방조제, 골프장, 공항, 하수종말처리장 및 산업단지 등의 인위적 시설이 위치되어 있는 지역이 포함되고 약 2 km 이내의 일정 거리를 두고 정점을 선정하였다(Fig. 1).

대형저서동물은 각 정점에서 10×25×30 cm(표면적 0.025 m<sup>2</sup>)의 채니기를 사용하여 4회씩 퇴적물을 채집한 후 1 mm 망목의 표준체로 체질하여 펄을 제거한 다음, 시료병에 넣고 10% 중성 해수-포르말린액에 고정하여 운반하였다. 실험실로 운반된 시료는 분류군을 기준으로 선별하여 습중량(Wet wt, g)을 측정하고 실체현미경(Leica SG, S9i, Germany)을 사용하여 종 수준까지 동정한 후, 대형저서동물의 출현종수, 밀도 및 우점종, 다양성 등을 파악하였다. 입도(Grain size), 강열감량(Ignition loss; IL), 함수율(Moisture content) 및 총유기탄소함량(Total Organic Content; TOC)을 분석하기 위한 샘플은 퇴적물의 상부 표면층(<5 cm)에서 채취되었다. 입도, IL 및 함수율은 MOF (2018)에 따라 분석하였다. 입도분석의 경우 Folk and Ward (1957)의 그래픽 방법을 이용하여 입도특성을 나타내는 평균입도(mean phi, Ø)를 구하였다. TOC는 0.1N-HCl로

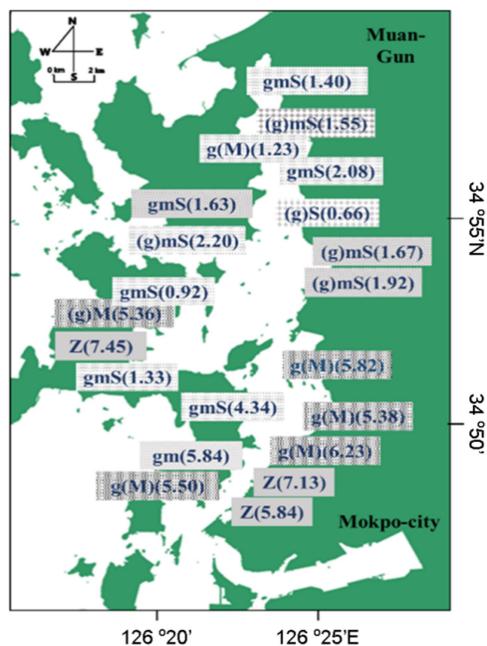


Fig. 2. Map showing the distribution of surface sediments in the Muan bay intertidal zone in August 2019. Sediment nomenclature according to Folk's scheme (gM=gravelly mud, gmS=gravelly muddy sand, (g)M=slightly gravelly mud, (g)mS=slightly gravelly muddy sand, (g)S=slightly gravelly sand, Z=silt). The Number in parentheses represents the mean  $\phi$  unit of the sediments.

전처리 후 Total organic carbon Analyzer (TOC-Veph, Shimadzu, Japan)으로 분석하였다. 각 정점의 군집분석 및 군집의 상관분석을 위해 primer (ver. 6)와 SPSS (ver. 18)를 사용하였다.

## 결 과

무안만 조간대 표층 퇴적물의 입도분석 결과 각 정점의 입도는 0.66~7.45 $\phi$ 로 정점에 있어서 입도의 차이가 큰 것으로 나타났다 (Fig. 2). 특히 무안만 북측 내만에 위치한 정점에서 비교적 조립한 특징을 보였으며 무안만 남측 만입구의 목포시 인근 산단 지역에 인접한 정점 10, 11 및 압해도 북동 갯벌에 해당되는 정점 17은 실트질(Z)로 다른 정점에 비해 세립한 양상을 보였다. Fig. 3에 각 정점에서의 평균 IL 및 TOC를 비교하여 나타내었다. 표층 퇴적물의 IL은 평균 3.15%로 무안만 북측 내만의 경우 1.84~3.82%를 보이는 반면 무안만 남측 목포시 인근 지역에 위치한 정점 9, 10 및 11은 5.19~6.52%로 높은 함량을 보였으며, 정점 18에서도 4.99%로 다소 높은 값을 보였다(Fig. 3). 표층 퇴적물의 TOC는 정점 10에서 가장 높은 12.02 mg/g으로 측정되었으며, 정점 20에서 가장 낮은 값(4.56 mg/g)을 보였다.

본 조사에서 전체 정점에서 출현한 생물종은 환형동물 22종, 연

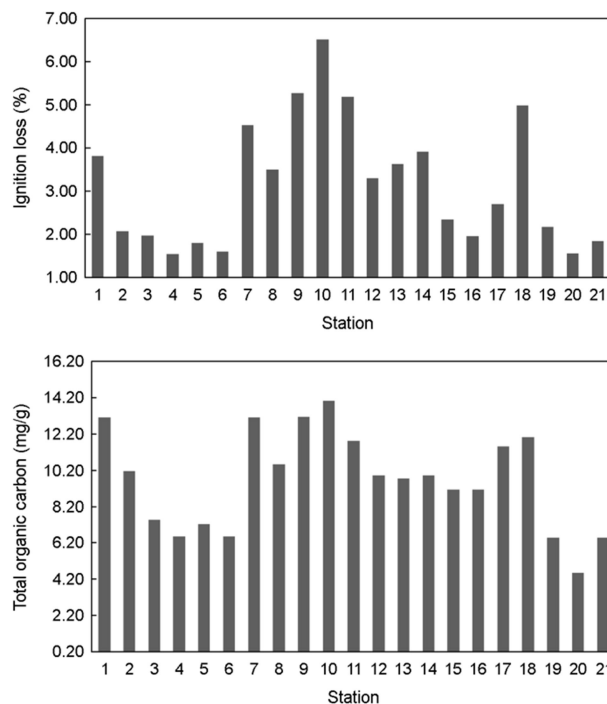


Fig. 3. Spatial variation of Ignition loss and Total organic carbon in the Muan bay intertidal zone in August 2019.

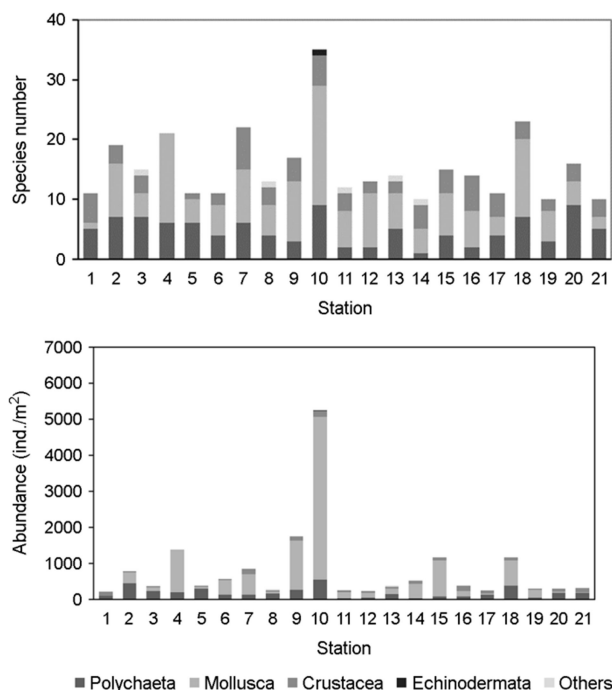


Fig. 4. Spatial variation of species number and abundance of macrobenthos in the Muan bay intertidal zone in August 2019.

체동물 43종, 갑각류 20종, 극피동물 1종, 기타 1종으로 총 87종의 생물이 출현하였으며, 평균 밀도는 88 ind./m<sup>2</sup>를 보였다. 무안만 조간대 각 정점에 출현한 대형저서동물의 종수와 밀도를 Fig. 4에 나타내었다. 정점 10에서 최대 출현종수(총 35종) 및 밀도(5250 ind./m<sup>2</sup>)를 보였다. 가장 낮은 종수를 보인 곳은 정점 14 및 21로 10종이 출현하였고, 가장 낮은 밀도를 보인 곳은 정점 12로 220 ind./m<sup>2</sup>를 나타내었다. 출현한 대형저서동물 중 10% 이상의 점유율을 보인 종은 기수우렁이류(*Assiminea* sp.), 종뿔(*Musculista senhousia*), 비틀이고둥(*Cerithideopsis cingulata*)이었고, 고리버들갯지렁이(*Heteromastus filiformis*), 땡가리(*Batillaria cumingi*) 순으로 나타났다(Fig. 5). 특히 기수우렁이류와 종뿔 및 고리버들갯지렁이는 목포시 인근 지역에 위치한 정점에서 다소 높은 밀도를 보였다. 출현종 및 생물량을 토대로 군집분석을 실시한 결과(Fig. 6) 무안만 조간대는 A 그룹(St. 11), B 그룹(St. 2, 4, 14), C 그룹(St. 1, 3, 5, 8, 12, 15, 16, 19, 20, 21), D 그룹(St. 6, 7, 9, 10, 13, 17, 18)으로 총 4개로 구분되었다. 그룹 A의 경우 무안만 입구 쪽에 위치한 정점으로 왕좁쌀무늬고둥(*Reticunassa festiva*)이 우점하고 있다. B 그룹의 경우 땡가리가 우점한 정점군으로 만의 내만에 위치한다는 특징이 있으며 C 그룹의 경우 종뿔과 기수우렁이류 그리고 고리버들갯지렁이가 우점하는 정점들로 유사성을 보였다. D 그룹은

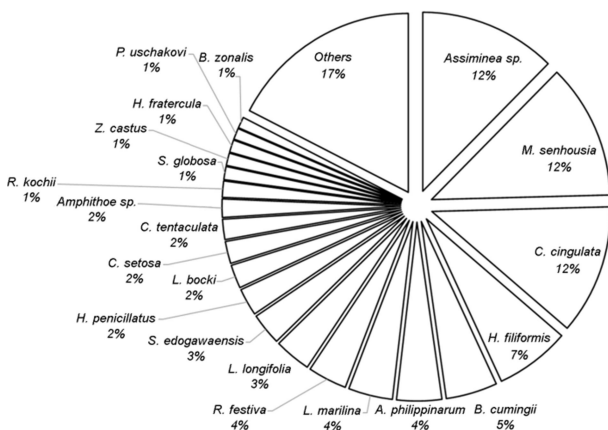


Fig. 5. Percentage composition of macrobenthos species abundance in the Muan bay intertidal zone in August 2019.

비틀이고둥이 우점하는 특징을 보였다(Fig. 6). 퇴적물의 분석결과를 활용하여 대형저서동물 분포특성 지표와의 상관관계를 분석하였다(Table 1). 입도는 TOC와 유의한 양의 상관관계( $p < 0.05$ )를 보였고, 대형저서생물 분포특성 지표 중에서 TOC와 생물밀도가 유의한 양의 상관관계를 나타내었다.

## 고 찰

무안만 북쪽 내만의 입도특성의 경우 대체로 조립한 특성을 보였으나 무안만 남측 입구쪽의 목포시 인근 지역에 위치한 정점의 경우 세립한 입도특성을 보였다. 퇴적물의 입도특성은 유기물 함량에 영향을 미치는 주요 요인 중의 하나이며, 입도가 세립화 될수록 유기물을 포획하는 능력이 더 커진다(Sivaranjani et al., 2017).

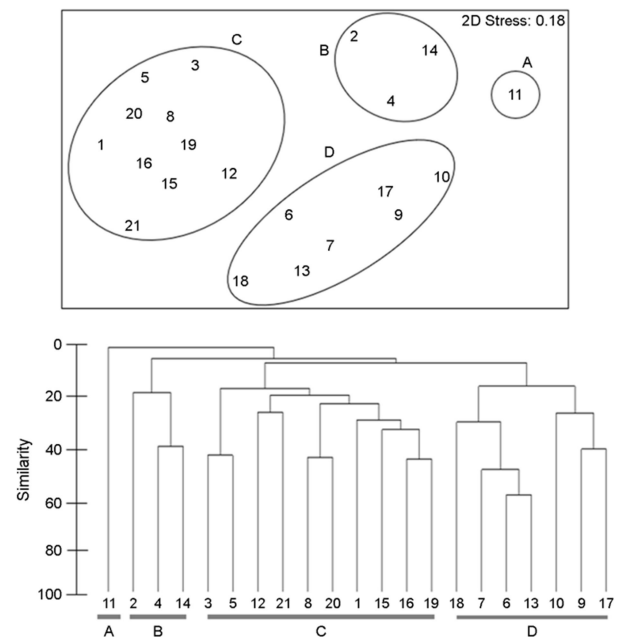
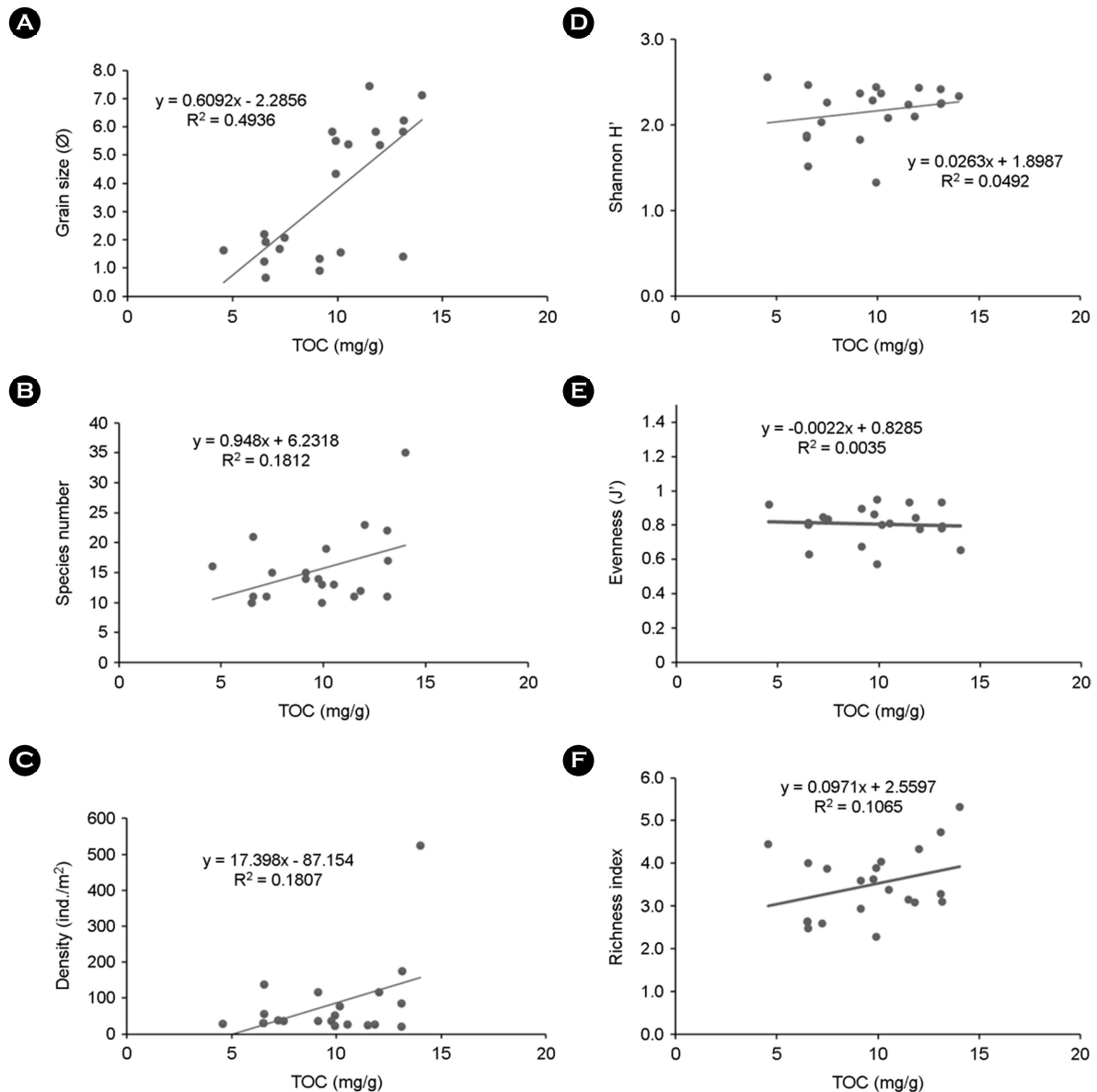


Fig. 6. Dendrogram of cluster analysis and non-metric multi-dimensional scaling (MDS) plot based on Bray-Curtis similarity matrix of log (x+1) transformed data of species abundance at sampling stations in August 2019.

Table 1. Relation of the sediment parameters and diversity of macro benthic animals from the Muan bay in August 2019

	Species number	Density	Richness	Evenness	Diversity	Grain size	TOC	IL
Grain size	0.464*	0.578**	0.250	-0.435*	-0.070	1		
TOC	0.426	0.433*	0.326	-0.059	0.222	0.477*	1	
IL	0.072	0.170	0.048	-0.031	-0.028	0.477*	0.381	1

\*significant correlations ( $p < 0.05$ ), \*\*highly significant correlations ( $p < 0.01$ )



**Fig. 7.** Distribution of grain size and various measures of macrobenthos along a TOC gradient in the Muan bay intertidal zone in August 2019.

본 연구에서도 각 정점에서의 입도는 유기물 함량과 유의적인 상관관계를 보였는데( $p < 0.05$ ) 목포시 인근 지역에 위치한 정점 9, 10 및 11은 실트 함량이 높고 유기물 함량도 높게 나타났다. 특히 유기물 농도에 있어 이전의 연구(Choi and Lee, 2017)와 큰 차이는 보이지 않았으나 약간 높아진 경향이였다. Ansari et al. (2014)는 저서생물 분포특성에 영향을 주는 퇴적물의 유기물 농도기준을 제시하였는데, 퇴적물 속 20 mg/g 이하의 유기물 농도에서는 일시적으로 종수, 개체수 등은 증가되지만 30 mg/g 이상의 과도한 유기물 농도에서는 생물지표들은 감소하며, 유기물의 질과 양

에 따라 저서생물 군집의 먹이원으로 작용할 수도 있고 스트레스 원으로 작용할 수 있는 점을 강조하였다. 무안만 조간대의 유기물 함량은 전체 정점에서 20 mg/g 이하의 분포를 보이고 있으며 유기물 농도가 높은 지역에서 높은 종수, 밀도를 나타내고 있다. 이러한 결과는 무안만 조간대에 있어서 대형저서동물의 풍부함은 퇴적층에 함유된 유기물질의 가용성과 밀접한 관련이 있다는 것을 의미한다고 하겠다. 그러나, 유기물 함량이 높은 정점에서 유기물이 많은 곳에 서식하는 저서동물의 출현 및 오염지표종의 출현이 두드러지는 것으로 나타났다. 정점 9, 10 및 11은 주거지역



및 산업단지와의 가까워 생활하수나 산업폐수의 유입으로 오염물질의 증가가 우려되는 지역에 해당되며, 이에 유기물 함량을 나타내는 IL 및 TOC가 상대적으로 높게 나타나고 있는 것으로 여겨진다. 또한 무안만의 북측 내만에 위치한 정점 1과 2 및 압해도 인근에 위치한 정점 17과 18에서도 IL 및 TOC가 인근 정점보다 높게 나타나고 있는데, 주변 농업지역에서 발생하는 비료, 농약 사용 및 가축 배설물 등이 유기오염원으로 작용하고 있는 것으로 추정된다. 그러나 정점 1, 2는 사질의 함량이 높은 입도특성을 나타내고 있음에도 불구하고 상대적으로 높은 유기물 함량을 보이고 있어 주변으로부터 유입되는 오염부하량이 상당히 높을 것으로 추정된다. Snelgrove와 Butman (1994)은 퇴적물의 유기물 함량은 입도보다 저서 무척추동물의 분포특성을 결정하는데 더욱 중요한 요인으로 작용한다고 보았다. 본 연구에서 대형저서동물의 분포특성과 퇴적물 특성과의 상관관계를 분석한 결과 무안만 조간대에서의 대형저서동물 분포는 일차적으로 입도의 영향이 큰 것으로 보이며 퇴적물 유기물 함량도 우점종의 분포에 영향을 미치고 있는 것으로 보인다. 본 연구에서 유기물 함량은 대형저서동물의 종수, 밀도, 다양도, 풍부도에 양의 상관을 보여주고, 풍부도 및 우점도에서는 음의 상관을 보였으나 그 관계는 강하게 나타나지는 않았다(Table 1, Fig. 7).

우점종은 생태계 구성에 있어 종조성에 영향을 미치는 종으로 군집구조와 군집의 안정도뿐만 아니라 서식생태계의 안정도에 영향을 주는 중요한 역할을 한다(Fried et al., 2000). 하계 무안만 조간대에서 유기물 함량이 높은 정점에서는 기수우렁이류, 종뱀, 비틀이고둥, 고리버들갯지렁이 등의 점유율이 높았다. 본 연구에서 기수우렁이류가 출현한 정점 10과 같은 정점을 조사한 Choi and Lee (2017) 연구에서 기수우렁이류의 서식은 보고되어 있지 않았다. 기수우렁이류는 기수역과 담수역 및 육상에서도 서식하고 있는 종으로, 정점 10에서의 기수우렁이류의 높은 출현은 과거에 비하여 환경이 변화하고 있는 것을 의미하는 것으로 여겨진다. 고리버들갯지렁이의 경우에도 Choi와 Lee (2017)의 결과와 비교하여 높은 출현량을 보이고 있다. 고리버들갯지렁이는 다모류의 한 종으로 퇴적물의 입도가 상대적으로 세립하고 유기물 함량이 높은 조하대 또는 조간대에서 발견되는 종으로(Lim et al., 2012), 정점 9 및 10에서 다량으로 출현했다. 또한 정점 9 및 10에서 종뱀의 출현도 높았는데 종뱀의 경우 여과 섭식성으로 유기물이 풍부한 장소에 대량으로 출현하는 오염지표생물로서, 조간대 또는 조하대 연성저질에 족사를 이용하여 착생하는 것으로 알려져 있다(Lim and Park, 1998). 목포시 인근에 위치한 정점에서 고리버들갯지렁이와 종뱀의 대량 출현은 입도 및 유기물 함량과 연관성이 높은 것으로 여겨진다. 위에서 살펴본 바와 같이 정점 9 및 10은 다른 정점과 비교하여 대형저서동물 분포특성에 있어서도 차이점을 보여주고 있다. 정점 9 및 10은 목포시 인근에 위치하여 삼진산단과 하수종말처리장 등의 인위적 시설로부터의 오염물질 유입이 우려되는 지역으로 상대적으로 높은 수준의 유기물 함량을 나타

내고 있으며 높은 서식밀도, 종수를 보이고 있고, 특히 유기물이 많은 곳에 서식하는 고리버들갯지렁이와 같은 퇴적물식자들이 우점하게 되는 환경조건이 이루어진 것으로 보인다. 또한, 오염지표종으로 보고되고 있는 종뱀을 포함하여 야기반투명조개와 같은 종들의 출현은 퇴적물의 유기오염 진행 가능성을 확인할 수 있는 지표가 되기 때문에 시사하는 바가 크다.

본 연구에서는 무안만 조간대의 유기물 함량분포 및 대형저서동물 분포특성에 대해서 조사하였다. 무안만 조간대의 유기물 수준은 오염수준에는 이르지 않았다고 볼 수 있지만, 오염종들의 서식이 확인되고, 인위적 시설이 위치한 주변지역으로부터 유입되는 유기오염물질의 증가는 점차 서식생물들에게도 더 큰 영향을 미칠 수 있음으로 외부에서 유입되는 오염물질에 대한 관리가 필요해 보인다. 또한 우점종의 공간 분포를 중심으로 계절적인 모니터링을 통하여 무안만에서의 통합적인 생태계 관리를 위한 구체적인 연구가 필요해 보인다.

## 참고문헌

- Ansari ZA, Ingole BS, Abidi SAH. 2014. Organic enrichment and benthic fauna-Some ecological consideration. *Indian J Geo-Mar Sci* 43: 554-560.
- Choi JW, Seo JY. 2007. Application of Biotic Indices to Assess the Health Condition of Benthic Community in Masan Bay, Korea. *Ocean Polar Res* 29: 339-348.
- Choi BH, Lee KS. 2017. Distribution of macrobenthos at eh mudflat in the mouth of Muan bay. *J Mar Life Sci* 2: 75-82.
- Folk RL, Ward WC. 1957. Brazos riverbar: a study in the significance of grain-size parameters. *J Sediment Petrol* 267: 3-26.
- Fried CLJ, Harwood LG, Hall SJ, Hall JA. 2000. Long-term changes in the benthic communities on North Sea fishing grounds. *ICES J Mar Science* 57: 1303-1309.
- Hyland J, Balthis L, Karakassis I, Magni P, Petrov A, Shine J, Vestergaard O, Warwick R. 2005. Organic carbon content of sediments as an indicator of stress in the marine benthos. *Mar Eco Pro Ser* 295: 91-103.
- Jung RH, Seo IS, Choi BM, Choi MK, Yoon SP, Park SR, Na JH, Yun JS. 2016. Community structure and health assessment of microbenthic assemblages at spring and summer in Geoje-Hansan Bay, Southern coast of Korea. *J Kor Soc Mar Env Safety* 22: 27-41.
- Kim DI, Seo IS, Moon CH, Choi BM, Jung RH, Son MH. 2011. Community structure of microbenthic assemblages around Gijang province, East sea of Korea. *J Kor Soc Oceanogr* 16: 97-105.
- Li B, Li X, Bouma TJ, Soissons LM, Cozzoli F, Wang Q, Zhou Z,

- Chen L. 2017. Analysis of macrobenthic assemblages and ecological health of Yellow River Delta, China, using AMBI&M-AMBI assessment method. *Mar Pollut Bull* 119: 23-32.
- Lim HS, Park KY. 1998. Population ecology of the mud mussel *Musculista senhousia* (Bivalvia: Mytilidae) on the mud tidal flat in Mokpo coastal area, southwest coast of Korea 1. Distribution and growth. *Kor J Malacology* 14: 121-130.
- Lim HS, Seo CH. 2011. Structure change of macrozoobenthic community after 10 years in Youngsan river estuarine bay, southwest coast of Korea. *The Sea* 16: 254-267.
- Lim HS, Choi JW, Choi SD. 2012. Spatial Distribution of Macro-benthos in Sueocheon Stream Estuary at the Northern Part of Gwangyang Bay. *J Kor Soc Oceanogr* 17: 76-86.
- Lim HS, Choi JW, Choi SD. 2016. The community structure of macrozoobenthos and its spatial distribution in the subtidal region off the Namhaedo island, south coast of Korea. *J Kor Soc Oceanogr* 21: 11-23.
- Lim HS, Lee JY, Lee JH, Shin HC, Ryu JS. 2019. Spatio-temporal Distribution of Macrozoobenthos in the Three Estuaries of South Korea. *J Kor Soc Oceanogr* 24: 106-127.
- MOF. 2018. Marine environment standard methods, Ministry of Oceans and Fisheries, p 330.
- Ong GH, Jeon SR, Koo JH, Park JW, Jeung HD, Kang JH, Cho YS. 2021. Community structure and health assessment of macro-benthos in Tidal flats along the west coast of Korea in spring and summer. *J Kor Soc Mar Environ Safety* 27: 500-509.
- Oh JH, Lee KS. 2022. Characteristics of macro benthic community in the subtidal zone of Muan bay on summer and health assessment by using AZTI Marine Biotic Index (AMBI) and water quality index (WQI). *J Mar Life Sci* 7: 1-8.
- Park HS, Lee JH, Choi JW. 2000. Spatio-temporal distributions of macrobenthic community on subtidal area around Mokpo, Korea. *J Kor Soc Oceanogr* 5: 169-176.
- Park LH, Cho YK, Cho C, Sun YJ, Park KY. 2001. Hydrography and circulation in the Youngsan river estuary in summer, 2000. *J Kor Soc Oceanogr* 6: 218-224.
- Ryu SO, Kim JY, You HS. 2000. Seasonal variation and transport pattern of Suspended matters in semiclosed Muan Bay, Southwestern coast of Korea. *J Korea Earth Science Soc* 21: 128-136.
- Sivaranjani V, Santhanam H, Natesan U. 2017. Influence of sediment composition, total organic carbon on benthic organisms at Pulicat Lagoon; A case study. *J Biodivers Endanger Species* 5: 1-4.
- Snelgrove PVR, Butman CA. 1994. Animal-Sediment Relationships Revisited: Cause versus Effect. *Oceanogr Mar Biol* 32: 111-177.
- Sokolowski A, Wolowicz M, Asmus H, Asmus R, Carlier A, Gasiunaite Z, Gremare A, Hummel H, Lesutiene J, Razinkovas A, Renaud PE, Richard P, Kedra M. 2012. Is benthic food web structure related to diversity of marine macrobenthic communities?. *Estuar Coast Shelf Sci* 108: 76-86.