

# 우리나라 황해 연안에 서식하는 대형저서동물 우점종의 공간분포 특성

## Characteristics of Spatial Distribution of Macrozoobenthic Dominant Species in the Korean Coastal Waters of the Yellow Sea

김정현\* · 조춘옥\*\* · 류종성\*\*\*

Jeong-Hyeon Kim · Chun Ok Jo · Jongseong Ryu

**요약** 본 연구에서는 우리나라 황해 연안에 서식하는 대형저서동물 군집구조와 우점종의 공간분포 특성을 파악하기 위해 해양환경공단의 국가해양생태계 종합조사에서 2015년부터 2020년까지 71개 정점에서 관측된 대형저서동물 군집과 퇴적환경 자료를 취합·분석하였다. 대형저서동물은 총 1,408종이 출현하였으며, 환형동물의 출현 비중이 가장 높았다. 대부분의 환형동물은 경기만부터 전남 진도 일대까지 넓은 서식지 분포를 보였으나, 얼굴갯지렁이류인 *Dispio oculata*와 *Prionospio rugosa*, *Potamocorbula amurensis*는 만·하구역 인근에서만 높은 서식밀도로 출현하였다. 군집분석 결과 대형저서동물 군집의 공간분포는 인천 연안부터 영산강 하구역에 이르는 광범위한 범위에 걸쳐서 분포하는 정점군(G1), 하구역과 경기만 내측의 니사질 함량이 높은 정점군(G2), 사질함량이 우세한 태안반도 인근해역 정점군(G3), 니질퇴적상이 우세한 전라남도 서남해역 정점군(G4)으로 크게 구분되었다. G1에서는 고리버들갯지렁이(*Heteromastus filiformis*)와 남방백갯지렁이(*Nephtys polybranchia*)의 출현이 우세하였으며, G2에서는 얼굴갯지렁이류인 *Dispio oculata*가 높은 서식밀도를 보였다. G3은 다른 정점군보다 대형저서동물의 출현종수와 서식밀도가 낮았으며, *Sigambra tentaculata*과 *Scoletoma longifolia* 주요 출현종이었다. G4는 얼굴갯지렁이류 *Prionospio bocki*와 가는버들갯지렁이(*Notomastus latericeus*)가 우점하는 것으로 나타났다.

**키워드** 대형저서동물, 서식지 환경 특성, 퇴적물 입도, 총유기탄소, 황해 연안

**Abstract** This study investigated characteristics of spatial distributions of dominant species in the Korean coastal waters of the Yellow Sea using data from macrobenthos community and benthic environments observed in 71 stations from 2015 to 2020 provided by the National Marine Ecosystem Monitoring Program. A total of 1,408 species of macrobenthos appeared in the coastal waters, and annelids show the highest occurrence proportion among the macrobenthos. Most of the annelids showed a wide habitat distribution from Gyeonggi bay to Jindo. However, *Dispio oculata*, *Prionospio rugosa*, and *Potamocorbula amurensis* only occurred in the estuary and bay areas. Spatial distributions of macrobenthos communities were mainly divided into four station groups: the G1 group distributed over a wide range from the Incheon coast to the Yeongsan River estuary, the G2 group occurred in Gyeonggi bay and estuary areas characterized by muddy sand sediment, the G3 group occurred near Taean Peninsula characterized by sandy sediment, and the G4 group occurred in southwestern sea areas of Jellanam-do characterized by muddy sediment. *Heteromastus filiformis* and *Nephtys polybranchia* were dominant in the G1 group, and *Dispio oculata* was prevalent in the G2 with high density. *Sigambra tentaculata* and *Scoletoma longifolia* were dominant in the G3 with a lower number of species and density of macrobenthos than other groups. The G4 group was dominated by *Prionospio bocki* and *Notomastus latericeus*.

**Key words** Macrozoobenthos, Habitat Environment Characteristics, Sediment Grain Size, Total Organic Carbon, Coastal Waters Of The Yellow Sea

Received: 2023.06.12, Revised: 2023.06.30, Accepted: 2023.06.30

\* 전남대학교 환경해양학과 박사과정 대학원생(Ph.D student, Department of Oceanography, Chonnam National University, Yeosu 59626, Korea, myedulad@gmail.com) (주저자)

\*\* (주)오션사이텍 이사(Director, Oceansitech Inc., Incheon 23031, Korea, cojoo100@gmail.com)

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

## 1. 서론

대형저서동물에 관한 연구는 생물다양성과 해양환경 상태를 평가하는데 중요한 역할을 한다. 해수층과 저층 퇴적물 경계에 서식하는 저서동물은 정착하게 되면 다른 생물군에 비해 이동성이 적거나 고착화 되어 서식지 환경 변화에 매우 민감하게 반응하며(Pearson and Rosenberg, 1978; Snelgrove and Butman, 1994), 동물플랑크톤 혹은 중형저서동물 보다 긴 생활사를 가지고 있어 주위환경 변화를 잘 반영한다. 이런 대형저서동물 특성을 활용해 환경변화 또는 건강성평가에 지시자로 이용되고 있다(Dauer et al., 2000; Warwick et al., 2002; Ysebaert et al., 2002). 또한 물질순환과정에서 섭식을 통한 퇴적물교란으로 유기물 분해를 촉진시키며(Volkenbom et al., 2007), 이차생산과 먹이공급원으로 생태계 탄소순환과 먹이사슬에서 중요한 역할을 한다(Sokolowski et al., 2002).

대형저서동물은 다양한 저서환경요인에 영향을 받는 것으로 알려졌으며, 특히 퇴적물 입도는 유기물, 중금속, 유기화합물 농도와 밀접한 연관성을 보여 저서동물 공간분포를 결정하는 주요 환경인자로 보고되었다(Gray, 1974). 그 외 수심, 저층 염분, 유기물 함량 등과 같은 환경요인 또한 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(Millet and Guelorget, 1994; Lim and Hong, 2002; Ysebaert et al., 2005; Sousa et al., 2006; Ryu et al., 2011; Kim et al., 2022).

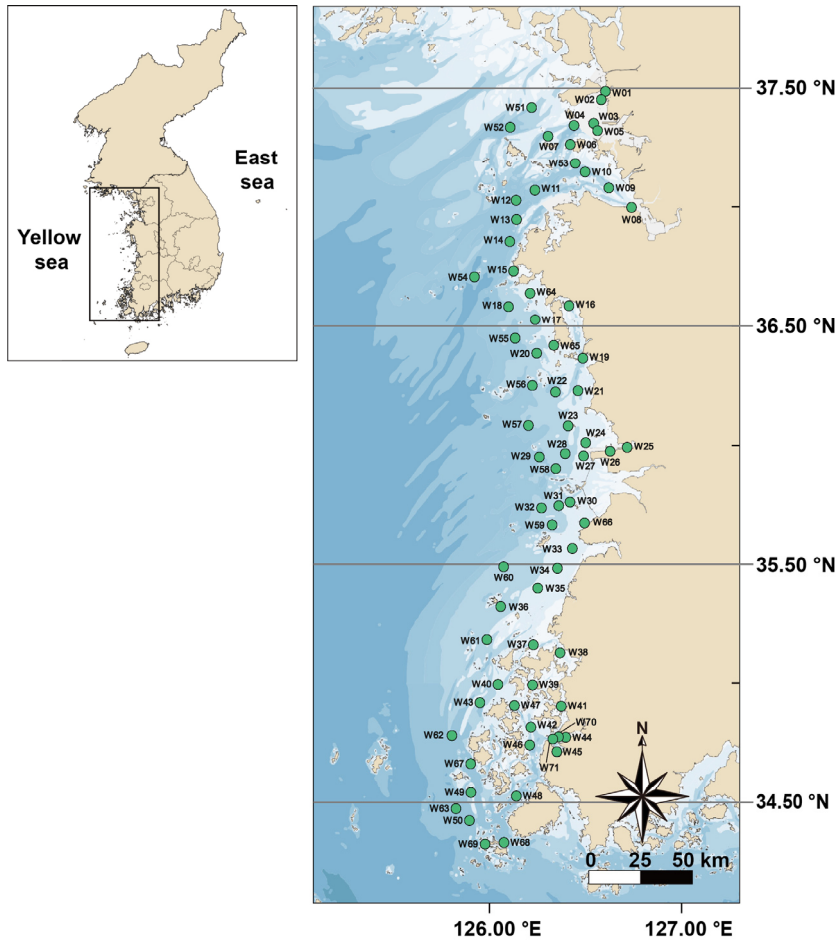
우리나라 대형저서동물에 대한 연구는 조건대, 내만해역, 하구 주변 해역 등 연안 해역과(Shin, 1995; Shin et al., 2001; Paik et al., 2007; Lim, 2015; Kim et al., 2016; Lim et al., 2016; Yoon et al., 2017; Bae et al., 2017; Seo et al., 2017), 동해 대륙붕, 대륙사면에 대한 연구(Choi and Koh, 1988, 1989, 1990), 독도 연안(Choi et al., 2002; Kang et al., 2019) 등 다양한 지역과 환경에서 수행되었다. 최근에는 해양환경공단의 '국가 해양생태계 종합조사' 관측 자료를 활용한 대형저서동물 군집과 선호하는 퇴적환경 특성에 관한 연구도 수행되었다(Kim et al., 2021; Lee et al., 2022; Kim et al., 2022).

본 연구에서는 우리나라 황해 연안에 서식하는 대형저서동물 군집구조와 상위 우점종의 공간분포 정보를 제공하고자 한다. 이러한 정보는 우리나라 전반적인 저서생태계 특성을 이해하고 해양환경에 따른 저서생태계 변화 예측을 위한 기초 자료로 활용될 수 있을 것이다.

## 2. 자료 및 방법

우리나라 황해 연안에서 서식하는 대형저서동물 군집구조와 분포 및 우점종의 생물지리학적 특성을 파악하기 위해 해양환경공단에서 수행하는 '국가해양생태계 종합조사' 중 2015년부터 2020년까지 황해 연안 71개 정점 연안생태 기본(5, 8월)과 중점 조사(2, 5, 8, 11월)의 대형저서동물 군집과 퇴적환경 자료를 수집하였다(Fig. 1). 국가해양생태계 종합조사에서 퇴적환경과 대형저서동물은 해양수산부에서 고시한 '국가해양생태계 종합조사 조사지침서'에 명시된 조사방법에 따라 수행되었다. 퇴적환경의 모든 분석은 해양수산부에서 고시한 '해양환경공정시험기준'에 따라 분석되었다. 대형저서동물은 채집면적이 0.1 m<sup>2</sup> 채니기를 사용하며 정점당 3회 반복 채집되었다. 각 채집된 퇴적물은 망목 지름 1 mm체를 사용하여 현장에서 퇴적물과 잔존물을 세척하여 분리한 후 10% 중성 포르말린 용액으로 고정한다. 실험실에서 대형저서동물을 분류군별로 선별하였으며 대형저서동물 중 환형동물, 연체동물, 절지동물, 극피동물은 해부현미경으로 종 수준까지, 그 외의 분류군은 경우에 따라 가능한 상위 단계 수준까지 동정하여 각 종이 출현한 정점에서 단위면적당 개체수로 기록한다.

대형저서동물은 분석자에 따라서 동일종임에도 다르게 종을 표기할 수 있어, 취합된 대형저서동물의 종명이 복수로 표기된 경우는 World Register of Marine Species (WoRMS)를 기준으로 종명을 통일한 후, 종에 대한 개체수 자료를 취합하였다. 대형저서동물이 출현한 정점의 빈도가 높은 비율을 차지하는 상위 1~17위의 종을 우점종으로 선정하였으며, 출현한 종들의 평균 서식밀도가 높은 상위 1~3위의 종을 우점종으로 추가 하였다. 대형저서동물의 공간분포는 저층 퇴적환경에 따라 결정될 수 있고(Ryu et al., 2011; Lee and Ryu, 2018), 수심과 염분구배, 유기물함량(Pearson and Rosenberg, 1978; Choi and Koh, 1988; Lee et al., 2014) 등 서식지 환경특성이 저서동물의 공간분포에 영향을 미치는 주요한 요인으로 보고되었다. 우리나라 연안 대형저서동물 공간분포(Lee et al., 2022) 연구에서는 수심, 퇴적상, 유기물함량이 대형저서동물 공간분포와 밀접한 연관성을 갖는 것으로 보고하였다. 따라서 본 연구에서는 대형저서동물 우점종이 출현한 정점의 각 환경요인별 범위를 분석하여 우점종의 서식지 환경특성을 파악하고자 하였다. 각 정점별 대형저서동물 군집구조 및 분포 패턴 비교를 위해서 개체수 자료를 이용하여 집괴분석을 수행하였으며, 집괴분석(cluster analysis)에는 조사정점 간 출현종의 유사도를



**Figure 1.** Long-term monitoring stations of the National Marine Ecosystem Monitoring Program operated by the Korea Marine Environment Management Corporation in the coastal waters of the Yellow Sea

나타내는 Bray-Curtis similarity를 사용하였고 평균연결법(average linkage)으로 수지도(dendrogram)를 작성하였다. 집괴분석 결과 각 정점군이 구분되는데 기여하는 종을 파악하기 위해 Similarity percentage (SIMPER)분석을 실시하였다. 집괴분석과 SIMPER 분석은 PRIMER v.6를 이용하였다.

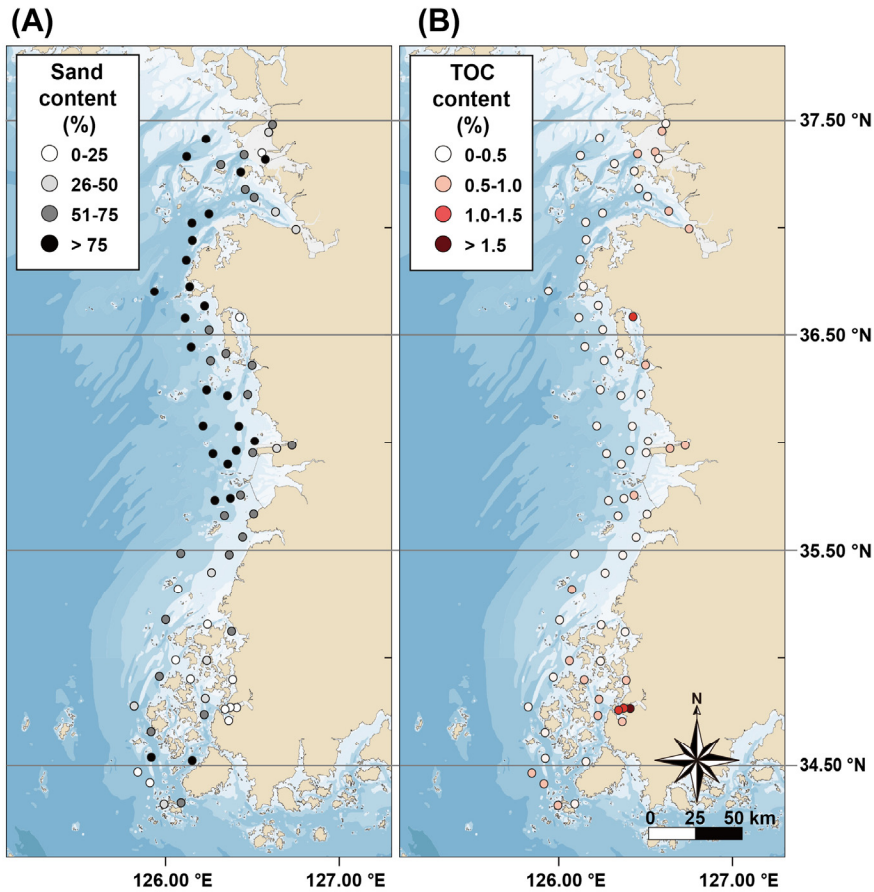
### 3. 결과

#### 3.1 대형저서동물 서식지 환경요인과 군집 공간분포

국가해양생태계 종합조사 자료 중 황해연안 해역 71개 관측정점을 분석한 결과 평균 수심은 19.6±11.0 m, 퇴적물 입도조성은 사질함량 59.5±27.7%, 실트함량 31.7±23.4%, 니질함량 6.5±5.2%, 평균입도는 3.6±1.6  $\phi$ , 총유기탄소(TOC, total organic carbon) 함량은 0.4±0.3%, 강열감량(IL, ignition loss)은 3.7±1.8%로

나타났다. 사질함량은 경기만부터 곰소만 인근 정점까지 대부분 50%이상으로 나타났으며, 곰소만 이남 지역은 대부분 니질함량이 더 높은 것으로 나타났다(Fig. 2). TOC와 강열감량은 연안보다 하구와 내만에서 더 높은 농도를 보였다.

황해 연안에 서식하는 대형저서동물 자료를 분석한 결과 71개 정점에서 출현한 대형저서동물은 15개 분류군에서 총 1,408종이었다. 분류군별로 보면 환형동물이 485종(34.4%)로 종수가 가장 많았고, 절지동물(411종, 29.2%), 연체동물(359종, 25.5%), 극피동물(73종, 5.2%) 순으로 나타났다(Table 1). 정점당 평균 서식밀도는 2,157±1,875 ind./m<sup>2</sup>, 149-9,902 ind./m<sup>2</sup> 범위로 나타났으며, 분류군별 서식밀도는 환형동물이 1,264±1,069 ind./m<sup>2</sup> (58.6%)로 가장 높았고, 절지동물(431±625 ind./m<sup>2</sup>, 20.0%), 연체동물(280±286 ind./m<sup>2</sup>, 13.0%), 극피동물(110±198 ind./m<sup>2</sup>, 5.1%) 순으로 출



**Figure 2.** Spatial distributions of sand (A) and TOC (B) contents (%) in sediment in each station of the National Marine Ecosystem Monitoring Program

**Table 1.** Number of species and density of the major faunal groups of macrobenthos in the coastal waters of the Yellow Sea

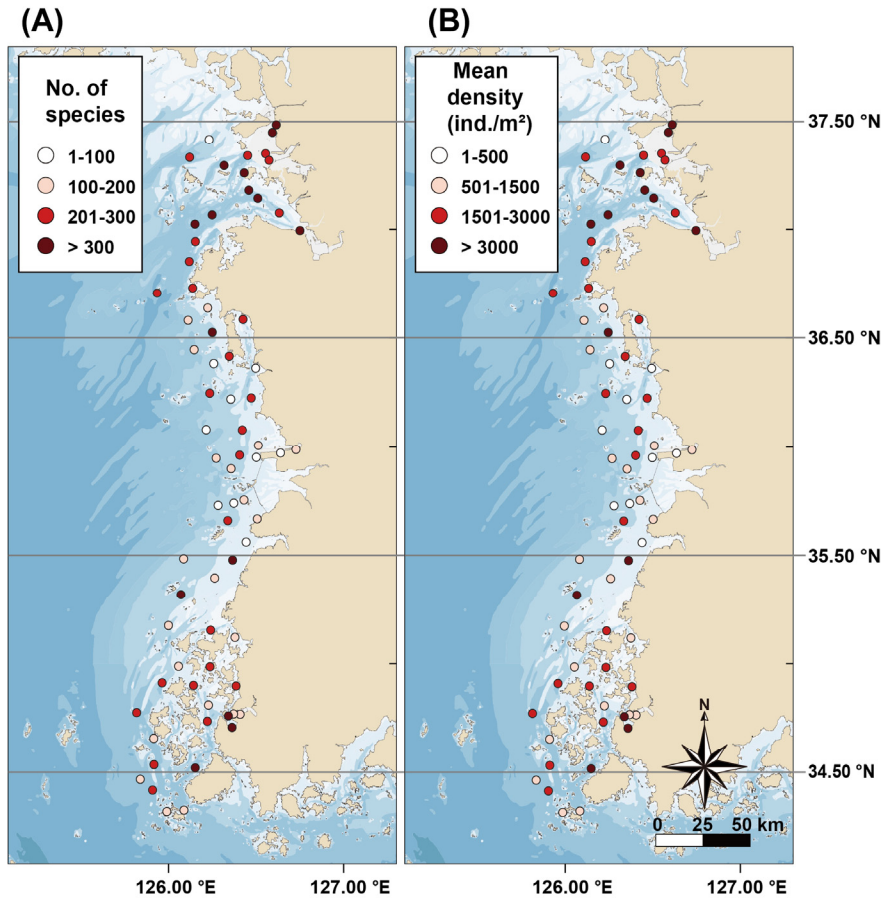
	Stations of occurrence	Stations of non-occurrence	Mean density (ind./m <sup>2</sup> )	Range of density (ind./m <sup>2</sup> )	Total no. of species	Mean no. of species	Range of species
Mollusca	71	0	280±286	13-1,391	359	27±18	4-116
Annelida	71	0	1,264±1,069	89-5,501	485	96±49	24-250
Arthropoda	71	0	431±625	10-3,931	411	41±32	3-171
Echinodermata	70	1	110±198	0-1,156	73	7±5	0-27
Total	71	0	2,157±1,875	149-9,902	1,408	182±104	41-586

현하였다. 출현종수와 평균서식밀도는 경기만부터 태안반도 인근 해역과 영광, 신안, 진도 일대 해역에서 높게 나타났고, 보령부터 변산반도 인근 해역에서 상대적으로 낮게 나타났다 (Fig. 3).

### 3.2 대형저서동물 우점종의 서식지 환경 및 공간분포

주요 서식밀도 우점종으로는 환형동물의 고리버들갯지렁이(*Heteromastus filiformis*), 얼굴갯지렁이류

(*Aonides oxycephala*), 가는버들갯지렁이(*Notomastus latericeus*), 긴자락송곳갯지렁이(*Scoletoma longifolia*), 매끈예쁜얼굴갯지렁이(*Prionospio japonica*), 작은사슴갯지렁이(*Ampharete arctica*), 버들갯지렁이류(*Mediomastus californiensis*), 남방백금갯지렁이(*Nephtys polybranchia*), 오투기갯지렁이(*Sternaspis scutata*), 길쭉둥근올타리갯지렁이(*Sabellaria ishikawai*), 투구갯지렁이류(*Sigambra tentaculata*), 연체동물의 쇠방사늑조개(*Potamocorbula*



**Figure 3.** Spatial distributions of the number of species (A) and mean density (B) of macrobenthos in each station of the National Marine Ecosystem Monitoring Program

*amurensis*), 아기반투명조개(*Theora lata*) 등이었다 (Table 2).

대형저서동물 자료 분석결과 중 주요 우점종 20종의 서식밀도, 출현빈도, 퇴적상 및 수심범위는 다음 표와 같다(Table 2). 출현빈도가 높게 나타난 우점종은 *H. filiformis* (98.6%), *S. tentaculata* (94.4%), *N. latericeus* (87.3%), *N. polybranchia* (87.3%) 등으로 대부분 환형동물의 다모류가 차지하는 것으로 나타났다.

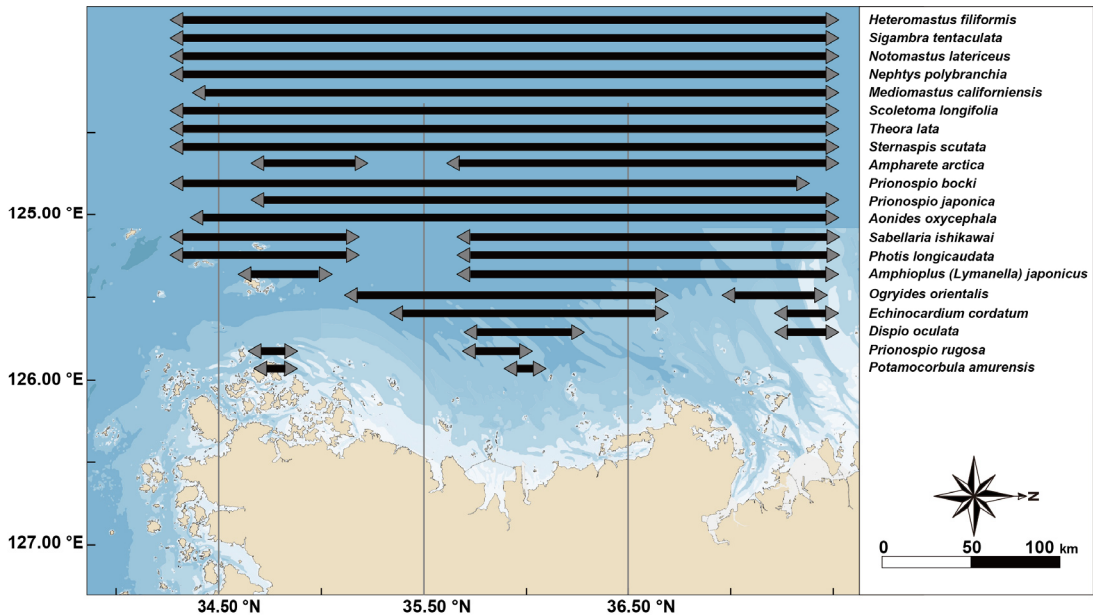
대형저서동물 우점종은 대부분 평균입도 3-6  $\phi$ 의 니사질 퇴적상, 수심 20 m 이내, TOC 함량 0.15-1.00% 이내 범위에서 서식하는 것으로 나타났다(Table 2). 그러나 연체동물의 쇄방사늑조개(*P. amurensis*)는 최대 13 m 이내의 얇은 수심 범위에서만 서식하는 것으로 나타나 다른 종과 다소 차이를 보였다. 대부분 우점종의 서식지 퇴적물 TOC는 최대 1.0% 이내로 나타났으나, *D. oculata*, *P. rugosa*는 다른 우점종보다 서식지 TOC 농도가 더 높게 나타났다.

대형저서동물 중 사질(평균 입경 4 $\phi$  이하) 퇴적상에서만 서식하는 종은 총 3종으로, 주로 하구역 인근에서 높은 서식밀도로 출현하였다. *A. oxycephala*, *P. japonica*, *Ogyrides orientalis*로 나타났다. 니질(평균 입경 4 $\phi$  이상)에서만 서식하는 종은 총 2종으로, *T. lata*, *Prionospio rugosa*로 나타났다. 그 외 고운모래와 진흙 모두에서 서식하는 종은 총 15종으로 나타나 가장 많았다.

주요 우점종들의 위도분포 범위를 보면, 전반적으로 가장 많은 출현빈도수를 보인 종은 환형동물의 *H. filiformis*로 진도 인근부터 영종도 부근까지 대부분 지역에서 출현하였으며, *S. tentaculata*, *N. latericeus*, *N. polybranchia*, *M. californiensis*, *S. longifolia* 등 대부분 환형동물은 넓은 서식지 분포를 보였다 (Fig. 4). 반면 얼골갯지렁이류 *D. oculata*와 *P. rugosa*, 쇄방사늑조개 *P. amurensis*는 만 내측과 하구역 일부 국한된 지역에서 한정적인 분포를 보이는 것으로 나타났다.

**Table 2.** List of dominant species of macrobenthos identified by the occurrence numbers (frequency) and mean individual numbers (density), and their habitat characteristics range of grain sizes, water depth, and TOC

Species name	Mean density (ind./m <sup>2</sup> )	Frequency	Sedimentary preferences (Φ)			Depth Range (m)	TOC range (%)
			Sand	Sandy mud	Mud		
<i>Heteromastus filiformis</i>	133	70		2.8-5.4		11-20	0.25-0.75
<i>Sigambra tentaculata</i>	36	67		2.9-5.5		11-19	0.25-0.75
<i>Notomastus latericeus</i>	157	62		2.7-4.5		11-21	0.2-0.5
<i>Nephtys polybranchia</i>	44	62		2.7-4.4		12-20	0.2-0.55
<i>Mediomastus californiensis</i>	100	59		2.6-5.1		10-20	0.15-0.60
<i>Scoletoma longifolia</i>	67	58		2.9-5.3		9-21	0.25-0.55
<i>Theora lata</i>	83	57			3.9-6.5	10-18	0.40-0.95
<i>Sternaspis scutata</i>	45	57		3.1-5.3		11-20	0.25-0.75
<i>Ampharete arctica</i>	140	51		2.9-5.7		11-18	0.25-0.60
<i>Prionospio bocki</i>	74	50		2.5-4.3		12-22	0.20-0.50
<i>Prionospio japonica</i>	60	42	1.4-4.0			7-16	0.15-0.55
<i>Aonides oxycephala</i>	175	41	1.8-3.0			12-21	0.10-0.30
<i>Sabellaria ishikawai</i>	201	37		2.7-4.5		12-22	0.20-0.50
<i>Photis longicaudata</i>	70	36		2.6-4.9		12-16	0.25-0.50
<i>Amphioplus (Lymanella) japonicus</i>	181	33		2.7-5		13-19	0.15-0.45
<i>Ogyrides orientalis</i>	90	31	2.6-3.0			10-16	0.15-0.40
<i>Echinocardium cordatum</i>	192	22	2.8-3.5			11-19	0.30-0.50
<i>Dispio oculata</i>	1,296	11		2.3-5.8		8-21	0.20-1.45
<i>Prionospio rugosa</i>	207	10			4.2-6.4	8-17	0.40-1.35
<i>Potamocorbula amurensis</i>	555	7	1.4-5.7			9-13	0.20-1.00



**Figure 4.** Habitat latitudinal habitat ranges of dominant species of macrobenthos identified by the occurrence numbers and mean individual numbers

**3.3 대형저서동물 집괴분석 결과**

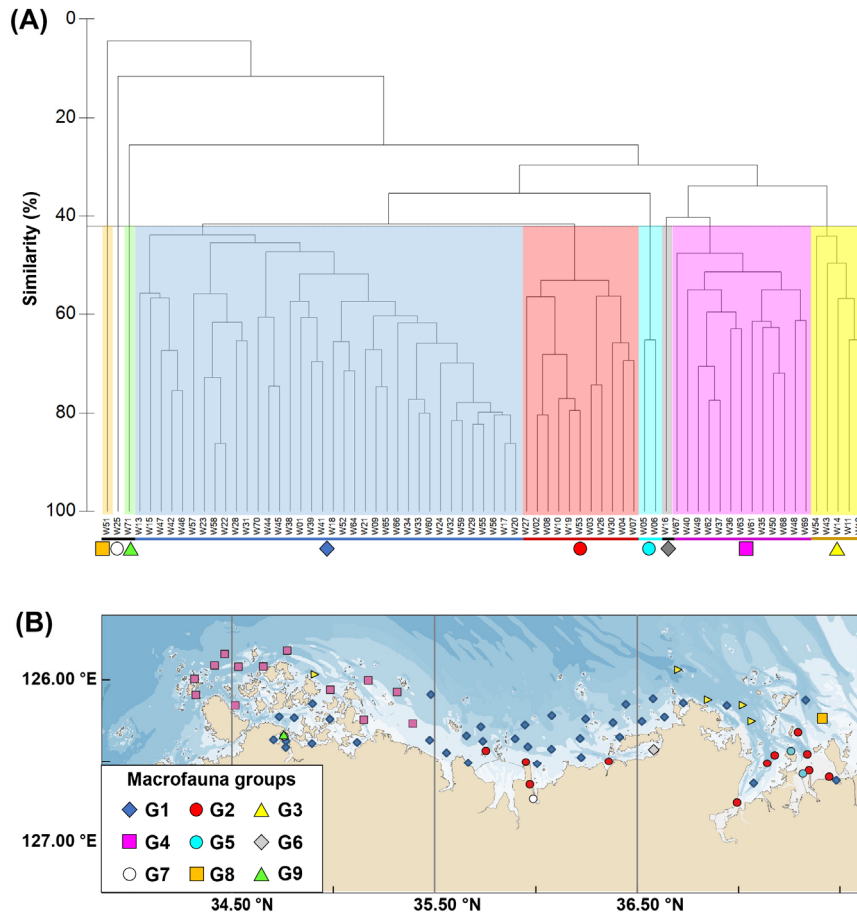
대형저서동물 개체수 자료 기반으로 집괴분석을 수행하였고 유사도 42% 수준에서 크게 5개의 정점군

(G1~G5)과 그 외 정점군을 형성하지 않는 정점들 (G6~G9)로 구분하였다(Table 3, Fig. 5). 정점군 G1은 인천 연안부터 전라남도 영산강 하구 인근 정점 36개로 구성되었으며, 다른 정점군에 비해 평균 서식밀도



**Table 3.** Characteristics of the benthic environment and dominant species of macrobenthos of each group identified by the cluster analysis in the Figure 5a

	G1	G2	G3	G4	G5
No. of sampling stations	36	11	5	14	2
Sediment type	muddy Sand	muddy Sand	Sand	sandy Mud	Sand
Mean grain size ( $\phi$ )	3.57±1.49	3.98±0.83	1.40±0.97	4.49±1.57	2.30±0.41
Gravel (%)	2.08±4.61	2.32±2.66	3.04±5.05	2.83±6.22	0.95±0.40
Sand (%)	63.12±27.21	54.83±15.14	91.35±10.34	38.66±24.74	85.00±9.44
Silt (%)	29.28±22.61	35.25±13.60	4.42±8.40	47.74±22.94	11.46±8.45
Clay (%)	5.54±5.08	7.62±2.41	1.19±2.32	10.77±4.91	2.60±1.39
TOC (%)	0.42±0.27	0.56±0.13	0.12±0.10	0.54±0.25	0.35±0.13
Ignition Loss (%)	3.45±1.62	4.31±1.04	1.29±0.85	5.16±1.57	2.30±0.61
Depth (m)	17.36±9.70	17.53±7.52	39.13±11.09	21.83±10.05	22.64±2.76
Mean density (ind./m <sup>2</sup> )	1,813±1,348	2,134±1,423	2,833±2,423	2,338±1,986	6,382±3,520
No. of species	1,094	882	424	877	384
Dominant species	<i>Ampharete arctica</i>	<i>Dispio oculata</i>	<i>Potamocorbula amurensis</i>	<i>Notomastus latericeus</i>	<i>Cumacea</i> indet.
	<i>Heteromastus filiformis</i>	<i>Heteromastus filiformis</i>	<i>Synidotea</i> sp.	<i>Amphioplus (Lymanella) japonicus</i>	<i>Dispio oculata</i>
	<i>Sabellaria ishikawai</i>	<i>Praxillella affinis</i>	<i>Prionospio japonica</i>	<i>Gnorimosphaeroma</i> sp.	<i>Aonides oxycephala</i>
	<i>Notomastus latericeus</i>	<i>Mediomastus californiensis</i>	<i>Notomastus latericeus</i>	<i>Arcuatula senhousia</i>	<i>Notomastus latericeus</i>
	<i>Echinocardium cordatum</i>	<i>Sabellaria ishikawai</i>	<i>Galathowenia oculata</i>	<i>Lygdamis augeneri</i>	<i>Barnea</i> sp.
	G6	G7	G8	G9	
Sediment type	sandy Mud	muddy Sand	Sand	sandy Mud	
Mean grain size ( $\phi$ )	6.10	3.61	1.70	5.43	
Gravel (%)	0.00	0.23	0.00	0.96	
Sand (%)	17.00	61.97	98.73	22.50	
Silt (%)	66.95	29.45	1.22	65.02	
Clay (%)	16.07	8.37	0.07	11.53	
TOC (%)	1.23	0.64	0.10	1.02	
Ignition Loss (%)	8.93	3.68	1.33	5.24	
Depth (m)	16.00	7.90	9.80	7.10	
Mean density (ind./m <sup>2</sup> )	770	7,643	464	4,027	
No. of species	80	96	69	204	
Dominant species	<i>Balanoglossus carnosus</i>	<i>Pseudopotamilla myriops</i>	<i>Asychis pigmentata</i>	<i>Prionospio paradisea</i>	
	<i>Heteromastus filiformis</i>	<i>Potamocorbula amurensis</i>	<i>Joannisiella cumingii</i>	<i>Prionospio bocki</i>	
	<i>Spio filicornis</i>	<i>Synidotea</i> sp.	<i>Spio symphyta</i>	<i>Prionospio rugosa</i>	
	<i>Lagis bocki</i>	Capitellidae indet.	<i>Cossura</i> sp.	<i>Photis longicaudata</i>	
	<i>Naineris laevigata</i>	<i>Prionospio japonica</i>	<i>Ophelia assimilis</i>	<i>Aphelochaeta</i> sp.	



**Figure 5.** Dendrogram derived from the cluster analysis, station groups (G1~G9) identified by the similarity of species composition of macrobenthos (A), and spatial distributions of the station groups (B)

는 적지만 출현종수는 1,066종으로 가장 많았다. 정점군이 구분되는데 기여하는 종을 파악하기 위해 SIMPER 분석을 수행하였다. 정점군 기여도 50%를 초과하는 상위 5개 종은 환형동물의 고리버들갯지렁이(*Heteromastus filiformis*), 남방백금갯지렁이(*Nephtys polybranchia*), 오투기갯지렁이 (*Sternaspis scutata*) 등으로 나타났다 (Table 4). 정점군 G2는 경기만 내측 및 금강 하구와 새만금 방조제 인근 지역으로 정점 11개로 구성되었으며 출현종수는 1,043종, 평균 서식밀도 4,219±1,632 ind./m<sup>2</sup>로 나타났다. 주요 기여종으로 환형동물의 *H. filiformis*, *Mediomastus californiensis*, 연체동물의 아기반투명조개(*Theora lata*) 등으로 나타났다. 정점군 G3는 수심이 평균 39 m로 다른 정점군에 비해 깊고, 사질함량이 평균 90% 이상인 정점들로 구성되었으며 퇴적도 이남부터 태안반도 인근 지역에 위치한다. 출현종수는 235종, 평균 서식밀도는 867±526 ind./m<sup>2</sup>로 다른 정점군에 비해 낮게 나타났다. 주요 기여종은 *H.*

*filiformis*, 긴자락송곳갯지렁이(*Scoletoma longifolia*), 투구갯지렁이류(*Sigambra tentaculata*) 등으로 나타났다. 정점군 G4는 영광군, 신안군, 진도 인근 정점 13개로 구성되었으며, 실트 함량이 40% 이상, 평균 입도 4.5  $\phi$ 인 니질 퇴적상으로 나타났다. 출현종수는 877종, 평균 서식밀도 2,388±1,986 ind./m<sup>2</sup>로 나타났다. 정점군 기여종으로는 얼굴갯지렁이류(*Prionospio bocki*), 가는고리버들갯지렁이(*Notomastus latericeus*) 등으로 나타났다. 정점군 G5는 시화호와 영흥도 인근 W05와 W06 두 개 정점으로 구성되었으며, 평균 모래 함량이 80% 이상, 평균 2.3  $\phi$ 인 조립한 사질 퇴적상으로 나타났다. 출현종수는 384종이었으며, 평균 서식밀도는 6,382±3,520 ind./m<sup>2</sup>로 다른 정점군에 비해 서식밀도가 매우 높았다. 주요 기여종 중 *Aonides oxycephala*의 기여도가 49%로 다른 종들에 비해 매우 높게 나타났다. 다른 정점과 그룹을 형성하지 않는 정점들은 G6 (W16), G7 (W25), G8 (W51), G9 (W71)이었다. 천수



**Table 4.** Main contribution species above 50% of macrobenthos characterizing each group in Figure 5a. The SIMPER analysis estimated the contribution

Group	Average similarity	Species	Contribution (%)	Cumulative (%)
G1	51.3	<i>Heteromastus filiformis</i>	19.48	19.48
		<i>Nephtys polybranchia</i>	10.35	29.83
		<i>Mediomastus californiensis</i>	10.25	40.08
		<i>Sternaspis scutata</i>	9.57	49.66
		<i>Sigambra tentaculata</i>	9.45	59.11
G2	58.2	<i>Heteromastus filiformis</i>	25.08	25.08
		<i>Mediomastus californiensis</i>	10.21	35.29
		<i>Theora lata</i>	8.38	43.67
		<i>Sigambra tentaculata</i>	7.92	51.59
		<i>Nephtys polybranchia</i>	7.37	58.97
G3	54.0	<i>Heteromastus filiformis</i>	36.23	36.23
		<i>Sigambra tentaculata</i>	19.6	55.83
		<i>Scoletoma longifolia</i>	12.18	68.01
		<i>Sternaspis scutata</i>	7.62	75.64
		<i>Theora lata</i>	5.8	81.44
G4	50.3	<i>Prionospio bocki</i>	25.74	25.74
		<i>Notomastus latericeus</i>	18.1	43.84
		<i>Heteromastus filiformis</i>	16.72	60.56
		<i>Mediomastus californiensis</i>	15.08	75.64
		<i>Nephtys polybranchia</i>	8.79	84.44

만 내측 정점 G6은 사니질 퇴적상으로 반삭동물의 *Balanoglossus carnosus*, 환형동물의 *Spio filicornis*, *Lagis bocki* 등이 우점하였다. 금강 하구둑에 위치한 G7은 니사질 퇴적상으로 긴안점꽃갯지렁이(*Pseudopotamilla myriops*), 쇠방사늑조개(*P. amurensis*), 둥근주걱벌레(*Synidotea* sp.)등이 우점하였다. G8은 용유도와 덕적도 사이에 위치하였으며 모래함량이 90% 이상인 정점이다. 주요 우점종은 점박이대나무갯지렁이(*Asychis pigmentata*), 노랑불록조개(*Joannisiella cumingii*), 얼굴갯지렁이류(*Spio symphyta*) 등이 우점하였다. 목포고하도와 달리도 사이에 위치한 G9은 사니질 퇴적상으로 환형동물의 *Prionospio paradisea*, *Prionospio bocki*, *Prionospio rugosa*와 같은 얼굴갯지렁이류가 우점하였다. 위 4개 정점들은 다른 정점군에 비해 우점종 조성이 다른 특징을 보였다.

#### 4. 고찰

우리나라 황해연안 해역에서 서식하는 대형저서동물 우점종은 대부분 환형동물이 차지하였으며, 가장 출현빈도수가 높은 종은 고리버들갯지렁이(*Heteromastus filiformis*)로 나타났다. *H. filiformis*는 퇴적물 입자가 세립하고, 유기물 함량이 높은 지역에서 높은 서식밀도로 출현하는 종으로 보고되었다(Grizzle, 1984; Lim et al., 2006; Jang and Shin, 2016; Lim et al., 2019; Lee et al., 2022; Kim et al., 2022). 국내 연구에서는

황해와 남해의 대부분 조간대, 조하대, 하구역에서 넓게 퍼져 분포하는 것으로 보고되었다(Khim et al., 2021). 또한 하구역의 유기물 함량이 높은 곳에서 주로 우점하는 유기물 오염지시종으로 알려져 있으며, 서식밀도와 퇴적물 유기물 함량과 양의 상관관계를 보인다(Lim et al., 2006; Jang and Shin, 2016; Lim et al., 2019; Lee et al., 2022). 본 연구에서는 TOC 0.25-0.75%, 평균입도 2.8-5.4  $\phi$  니사질 퇴적상에서 주로 출현하는 양상을 보여 선행 연구와 유사한 서식지의 환경 특성을 보인다. 그러나 낮은 TOC 값의 범위에서 *H. filiformis*의 서식밀도가 높거나, 높은 TOC 값의 범위에서 서식밀도가 낮은 경우도 있어(Kim et al., 2022), 유기물과 퇴적환경 이외 다른 요인의 영향에 관한 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

투구갯지렁이류(*Sigambra tentaculata*), 가는버들갯지렁이(*Notomastus latericeus*), 남방백금갯지렁이(*Nephtys polybranchia*), 긴자락송곳갯지렁이(*Scoletoma longifolia*)는 TOC 함량 1.5% 이내, 평균입도 3-5  $\phi$  니사질 퇴적상에서 주로 출현하였으며, 황해 연안지역에 넓은 분포를 보이는 종으로 나타났다. 특히 *S. longifolia*는 *H. filiformis*의 선호하는 서식환경과 유사하게 넓은 범위를 보이고, 수심이 깊은 지역에서도 출현하는 것으로 보고되었다(Kim et al., 2022). 또한 우리나라 황해와 남해 대부분 해역과 동해 일부 지역, 유기물 오염 징후를 보이는 연안 해역에서도 높은 서식밀도로 출현하는 것으로 알려졌다(Lim et al., 1992; Shin, 1995;

Lim et al., 2016; Kim et al., 2021).

얼굴갯지렁이류 두 종(*D. oculata*, *Prionospio rugosa*)과 쇠방사늑조개(*P. amurensis*)는 경기만 내측, 금강과 영산강 하구역에서만 출현하여 다른 우점종과 구분되었다. 얼굴갯지렁이류 *P. rugosa*는 얇은 수심과 니질퇴적상에서 주로 출현하였으며, 금강과 영산강 하구역에서 제한적으로 서식하는 것으로 나타났다. *D. oculata*와 *P. amurensis*는 출현빈도는 낮지만 수심이 얇고, 사질과 니질이 혼합된 환경에서 출현 빈도와 서식밀도가 높게 나타나는 것으로 보고되었다(Kim et al., 2022) *D. oculata*는 주로 한강 하구역에서 우점하고 수심이 얇은 연안이나 강 하구역에서 제한적으로 출현하는 특징을 보인다(Lim et al., 2019). *P. amurensis*는 우리나라 소형 하천 하구역에서 서식하는 종으로, 담수의 영향을 받는 기수역 생태계에서 높은 서식밀도로 우점하는 특징을 보이며, 특히 금강 하구역에서 주로 출현하였다(Choi and Koh, 1994; Lee and Ryu, 2018; Lim et al., 2019). 따라서 위의 세 종은 수심이 얇은 하구역 또는 만 내측의 니질 또는 사니질 퇴적상을 주로 선호하여 높은 서식밀도로 우점하는 것으로 판단된다.

## 5. 결론

본 연구는 우리나라 황해연안에서 서식하는 대형저서동물 군집구조와 분포특징을 파악하고 우점종의 공간분포 정보를 제공하고자 수행되었다. 황해연안 퇴적 환경과 대형저서동물 자료는 해양환경공단에서 수행하는 ‘국가해양생태계 종합조사’ 중 2015년부터 2020년까지 자료를 수집, 분석하였다. 황해연안은 수심 6.3~61.5 m, 퇴적물 평균입도 0.1-6.9  $\phi$ , TOC 0.05-1.32%의 다양한 서식지 환경으로 구성되어 있으며, 대형저서동물 출현종수는 1,408종, 평균 서식밀도는 2,157±1,875 ind./m<sup>2</sup>로 출현종수와 서식밀도 모두 환형동물의 비중이 높았다. 대형저서동물 출현종수와 서식밀도는 경기만부터 태안반도 해역과 영광, 신안, 진도 등 서남해 일대 해역에서 높았고 보령과 변산반도 인근 지역에서 상대적으로 낮았다. 우점종 중 출현빈도가 높았던 종은 대부분 환형동물이었고, 경기만부터 진도 일대까지 넓은 서식범위를 보였다. 서식밀도가 높았던 우점종인 얼굴갯지렁이류(*Dispio oculata*, *Prionospio rugosa*)와 쇠방사늑조개(*Potamocorbula amurensis*)는 내만 또는 하구역 인근에서 주로 출현하였다.

대형저서동물 군집은 우점종 구성에 따라 크게 5개 로 인천연안부터 영산강 하구까지 범위로 황해연안에

전체적으로 출현하는 군집(니사질), 경기만 내측과 하구 인근 해역 군집(니사질), 태안반도 해역 군집(사질), 전라남도의 서남해역 군집(니질), 영흥도 인근 해역 군집으로 구분하였다(사질). 서식지 환경범위가 넓은 종(*H. filiformis*, *N. polybranchia*, *M. californiensis* 등)들은 황해연안에 전반적으로 출현하였고, 만 내측과 하구 인근해역(*D. oculata*, *P. rugosa*, *P. amurensis*), 태안반도 해역(*H. filiformis*, *S. tentaculata*, *S. longifolia*), 전라남도 서남해역(*P. bocki*, *N. latericeus*), 영흥도 해역(*A. oxycephala*)의 각 정점군은 해역의 출현종조성 뿐만 아니라 퇴적상도 달랐고, 정점군에 속하지 않는 정점들은 모두 종 조성의 차이로 인한 것으로 나타났다.

본 연구결과 퇴적상과 유기물 농도에 따른 황해 연안에서 대형저서동물 우점종들의 서식 범위를 확인할 수 있었다. 저서환경변화를 잘 반영하는 대형저서동물의 주요 서식지 환경과 서식 범위에 대한 생물지리학적 정보는 추후 연안 해역에서 저서생태계 변화 감지를 위한 기준 자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

## 감사의 글

본 연구는 해양수산부 재원으로 해양수산과학기술진흥원의 ‘과학기술기반 해양환경영향평가 기술개발(2021-0427)’, ‘새만금 주변해역 해양환경 및 생태계관리 연구개발(2014-0257)’, ‘블루카본 기반 기후변화 적응형 해안조성 기술개발(2022-0526)’ 연구사업의 지원을 받아 수행하였습니다.

## 참고문헌

1. Bae, H., Lee, J.-H., Song, S.J., Park, J., Kwon, B.-O., Hong, S., Ryu, J., Choi, K. and Kim, J.S., 2017. Impacts of environmental and anthropogenic stresses on macrozoobenthic communities in Jinhae Bay, Korea. *Chemosphere*, 171: 681-691.
2. Choi, J.W. and Koh, C.H., 1988. The Polychaete assemblages on the continental shelf off the southeastern coast of Korea. *The Journal of the Oceanological Society of Korea*, 23: 169-183.
3. Choi, J.W. and C.H. Koh, 1989. Polychaete feeding guilds from the continental shelf off the southeastern coast of Korea. *The Journal of the Oceanological Society of Korea*, 24: 84-95.
4. Choi, J.W. and C.H. Koh, 1990. Distribution pattern of polychaete worms on the continental shelf and slope of the East Sea (Southwestern Sea

- of Japan), The Journal of the Oceanological Society of Korea, 25: 36-48.
5. Choi, J.W. and Koh, C.H., 1994. Macrobenthos community in Keum-Mankyung-Dongjin estuaries and its adjacent coastal region, Korea. The Journal of the Korean Society of Oceanography, 29: 304-318.
  6. Dauer, D.M., Ranasinghe, J.A. and Weisberg, S.B., 2000. Relationships between benthic community condition, water quality, sediment quality, nutrient loads and land use patterns in Chesapeake Bay. Estuaries, 23: 80-96.
  7. Gray, J.S., 1974. Animal-sediment relationships. Oceanography and Marine Biology: An Annual Review, 12: 223-262.
  8. Grizzle, R.E., 1984. Pollution indicator species of macrobenthos in coastal lagoon. Marine Ecology Progress Series, 18: 191-200.
  9. Jang, S.Y. and Shin, H.C., 2016. Differences in the Community Structures of Macrobenthic Polychaetes from Farming Grounds and Natural Habitats in Gamak Bay. Journal of the Korean Society for Marine Environment & Energy, 19: 297-309.
  10. Khim, J.S., Lee C., Song, S.J., Bae, H., Noh, J., Lee, J., Kim, H.G. and Choi, J.W., 2021. Marine biodiversity in Korea: a review of macrozoobenthic assemblages, their distributions, and long-term community changes from human impacts. Oceanography and Marine Biology: An Annual Review, 59: 483-532.
  11. Kim, H.C., Choi, B.M., Jung, R.H., Lee, W.C., Yun, J.S. and Seo, I.S., 2016. The Community Structure of Macrobenthic Assemblages in the Taehwa River Estuary, Ulsan, Korea. Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety, 22:694-707.
  12. Kim, J.H., Kim, H.G. and Ryu, J., 2021. Spatial Distribution of Macrozoobenthos in Provinces of Korean Subtidal Waters. Korean Journal of Hydrography, 10: 21-30.
  13. Kim, J.H., Ryu, J. and Jo, C.O., 2022. Habitat Environment Characteristics of Dominant Species of Macrozoobenthos in Korean Subtidal Waters. Korean Journal of Hydrography, 11: 49-57.
  14. Lee, J.H., Lim, H.S., Shin, H.C. and Ryu, J., 2022. Spatial Distribution of Macrozoobenthic Organisms along the Korean Coasts in Summer Season. The Journal of the Korean Society of Oceanography, 27: 87-102.
  15. Lee, J.H., Lee, J.S., Park, Y.G., Kang, S.G., Choi, T.S., Gim, B.M. and Ryu, J., 2014. Environmentally Associated Spatial Distribution of a Macrozoobenthic Community in the Continental Shelf off the Southern Area of the East Sea, Korea. The Journal of the Korean Society of Oceanography, 19: 66-75.
  16. Lee, J.H. and Ryu, J., 2018. Short-term Variations in Spatial Distribution of the Macrozoobenthic Community near the Geum River Estuary, Korea. Journal of the Korean Society for Marine Environment & Energy, 21: 368-380.
  17. Lim, H.S., 2015. Spatial Distribution of soft bottom macrobenthos of Yeoja Bay in summer season, south coast of Korea. The Journal of the Korean Society of Oceanography, 20: 78-91.
  18. Lim, H.S., Choi, J.W., Je, J.G. and Lee, J.H., 1992. Distribution pattern of macrozoobenthos at the farming ground in the western part of Chinhae bay, Korea. Journal of the Korean Fisheries Society, 25: 115-132.
  19. Lim, H.S., Choi, J.W. and Choi, S.D., 2016. The community structure of macrozoobenthos and Its Spatial distribution in the subtidal region off the Namhaedo Island, south coast of Korea. The Journal of the Korean Society of Oceanography, 21: 11-23.
  20. Lim, H.S., Diaz, R.J., Hong, J.S. and Schaffner, L.C., 2006. Hypoxia and benthic community recovery in Korean coastal waters. Marine Pollution Bulletin, 52: 1517-1526.
  21. Lim, H.S. and Hong, J.S., 1996. Distribution and Growth Pattern of *Sternaspis scutata* (Polychaeta: Sternaspidae) in Chinhae Bay, Korea. Journal of the Korean Fisheries Society, 29:537-545.
  22. Lim, H.S., Lee, J.Y., Lee, J.H., Shin, H.C. and Ryu, J., 2019. Spatio-temporal Distribution of Macrozoobenthos in the Three Estuaries of South Korea. The Journal of the Korean Society of Oceanography, 24: 106-127.
  23. Martins, R., Sampaio, L., Quintino and V., Rodrigues, A.M., 2014. Diversity, distribution and ecology of benthic molluscan communities on the Portuguese continental shelf. Journal of Sea

- Research, 93: 75-89.
24. Millet, B., and Guelorget, O., 1994. Spatial and Seasonal Variability in the Relationships between Benthic Communities and Physical Environment in a Lagoon Ecosystem. *Marine Ecology Progress Series*, 108:161-174.
  25. Paik, S.G., Kang, R.S., Jeon, J.O., Lee, J.-H. and Yun, S.G., 2007. Distribution patterns of sandy bottom macrobenthic community on the Hupo coastal area, in the East Sea of Korea. *Ocean and Polar Research*, 23: 123-134.
  26. Park, H.S., Lim, H.S. and Hong, J.S., 2000. Spatio and temporal patterns of benthic environment and macrobenthos community on subtidal soft-bottom in Chonsu Bay. *Journal of the Korean Fisheries Society*, 33: 262-271.
  27. Pearson, T.H. and Rosenberg, R., 1978. Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanography and Marine Biology*, 16: 229-311.
  28. Ryu, J., Khim, J.S., Choi, J.W., Shin, H.C., An, S., Park, J., Kang, D., Lee, C.H. and Koh, C.H., 2011. Environmentally Associated Spatial Changes of a Macrozoobenthic Community in the Saemangeum Tidal Flat, Korea. *Journal of Sea Research*, 65:390-400.
  29. Shin, H.C., 1995. Benthic polychaetous community in Kamak Bay, southern coast of Korea. *The Journal of the Korean Society of Oceanography*, 30: 250-261.
  30. Shin, H.C., Yoon, S.M. and Koh, C.H., 2001. Spatial distribution of benthic macrofaunal community in Ulsan Bay and Onsan Bay, eastern coast of Korea. *The Journal of the Korean Society of Oceanography*, 6: 180-189.
  31. Snelgrove, P.R.V. and Butman, C.A., 1994. Animal-sediment relationships revisited: cause versus effect. *Oceanography and Marine Biology: Annual Review*, 32:111-177.
  32. Sokolowski, A., Wolowicz, M., Asmus, H., Asmus, R., Carlier, A., Gasiunaite, Z., Gremare, A., Hummel, H., Lesutiene, J., Razinkovas, A., Renaud, P.E., Richard, P., and Kedra, M., 2012. Is benthic food web structure related to diversity of marine macrobenthic communities?. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 108: 76-86.
  33. Sousa, R., Dias, S. and Antunes, J. C., 2006. Spatial Subtidal Macrobenthic Distribution in Relation to Abiotic Conditions in the Lima Estuary, NW of Portugal. *Hydrobiologia*, 559: 135-148.
  34. Volkenborn, N., Hedtkamp, S.I.C., van Beusekom, J.E.E. and Reise, K., 2007. Effects of bioturbation and bioirrigation by lugworms(*Arenicola marina*) on physical and chemical sediment properties and implications for intertidal habitat succession. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 74: 331-343.
  35. Warwick, R.M., Ashman, C.M., Brown, A.R., Clarke, K.R., Dowell, B., Hart, B., Lewis, R.E., Shillabeer, N., Somerfield, P.J. and Tapp, J.F., 2002. Inter-annual Changes in the Biodiversity and Community Structure of the Macrobenthos in Tees Bay and the Tees Estuary, UK, Associated with Local and Regional Environmental Events. *Marine Ecology Progress Series*, 234:1-13.
  36. Yoon, S.J., Hong, S., Kwon, B.O., Ryu, J., Lee, C.H., Nam, J. and Khim, J.S., 2017. Distributions of persistent organic contaminants in sediments and their potential impact on macrobenthic faunal community of the Geum River estuary and Saemangeum coast, Korea. *Chemosphere*, 173: 216-226.
  37. Ysebaert, T., Fettweis, M., Meire, P. and Sas, M., 2005. Benthic Variability in Intertidal Soft-sediments in the Mesohaline Part of the Schelde Estuary. *Hydrobiologia*, 540:197-216.