

학암포 사질조간대 대형저서동물의 분포양상¹

남기웅² · 마채우³ · 손대선³ · 김종춘^{3*}

Distribution patterns of macrobenthos in the sandy shore of Hakampo, Korea¹

Ki-Ung Nam², Chae-Woo Ma³, Dae-Sun Son³, Jong-Chun Kim^{3*}

요 약

본 연구는 학암포 사질조간대에 서식하는 대형저서동물의 군집구조와 분포양상의 특징을 분석하기 위하여 실시하였다. 조사 정점의 퇴적물 평균입도는 1.90 ϕ ~2.52 ϕ 의 범위로 평균 2.37 ϕ 으로 나타나 전체 정점에서 전형적인 사질조간대의 중립사 퇴적상을 나타냈다. 유기물 함량은 0.90%~1.46%의 범위로 평균 1.15%이며, 대부분의 정점에서 사질조간대에서 나타나는 낮은 유기물 함량 수치가 나타났다. 전체 조사 정점에서 6개의 분류군 총 59종, 출현 개체수는 668inds./m²이었다. 조사지역의 10개 정점에서 Bray-Curtis index의 유사도(Similarity)를 분석한 결과, 크게 3개의 그룹으로 나뉘었는데, 조간대 상부지역인 St. 2~St. 4, 조간대 중부지역인 St. 5~St. 8, 조간대 하부지역인 St. 9~St. 10으로 이루어졌다. 또한, 상·중·하부로 나누어지는 공간적인 군집구조 양상이 나타났다.

주요어: 군집구조, 유사도, 조간대

ABSTRACT

This study was carried out to analyze the community structure and distribution of macrobenthos in Hakampo sandy shore. As for the environmental factors of sampling stations, the average grain size of the sediments from the sampling stations was 2.37 ϕ with the range of 1.9 ϕ ~2.52 ϕ , which represents the typical medium sand sedimentary facies of sandy beach. The average sediment organic content was 1.15% with the range of 0.90%~1.46%. Most stations had low sediment organic content which is typical of sandy beach. The number of species were total 59 from 6 taxa and the individuals was 668inds./m² in the 10 stations of the study area. Based on the Bray-Curtis similarity analysis, the 10 stations of the study area were broadly divided into 3 groups. The highest part of intertidal zone was St. 2~St. 4, the middle part of intertidal zone was St. 5~St. 8, and the lower part of intertidal zone was St. 9~St. 10. A spatial community structure was observed which is divided into the highest, middle, and lower parts.

KEY WORDS: COMMUNITY STRUCTURE, SIMILARITY, INTERTIDAL ZONE

1 접수 2015년 6월 30일, 수정(1차: 2015년 9월 20일), 게재확정 2015년 9월 21일

Received 30 June 2015; Revised (1st: 20 September 2015); Accepted 21 September 2015

2 한국종합환경연구소 Korea Environmental Technology Consulting Hotline, Ansan 15486, Korea

3 순천향대학교 생명시스템학과 Department of Life Science and Biotechnology, Soonchunhyang University, Asan, Chungnam, 31538, Korea

* 교신저자 Corresponding author: Tel: +82-41-530-1283, Fax: +82-41-530-1638, E-mail: jckim@sch.ac.kr

서 론

조간대는 간조와 만조에 의하여 육상환경과 해양환경이 교차되는 지역으로 생태적 완충작용을 하며 다양한 해양 생태적 구조를 갖추고 있다(Stephenson and Stephenson, 1949; Park, 1998). 특히 사질조간대는 퇴적물의 모래 함량이 90% 이상인 지역으로 다양한 여가활동과 오염물질 정화 기능, 해안선 침식방지, 어패류의 산란과 먹이 공급처로 그 중요성이 부각되었다(Yun, 1995). 조간대의 대형저서동물은 물리·화학적 요인인 조석간만의 차, 조간대의 지역적 특징, 염분과 수소이온농도(pH) 등과 생물학적 요인인 섭이, 포식자의 분포 등에 따라 제한적으로 작용하며 조간대의 형태와 퇴적물의 입도 조성 등으로 인하여 대형저서동물의 군집구조와 분포가 결정되고(Lee *et al.*, 2001), 대형저서동물의 분포에 따라서 대상분포 양상이 띠 형태로 이루어진다.

일반적으로 해양에서 압만 및 사니질조간대에서 서식하는 대형저서동물의 분포는 조위에 따른 수직적 대상구조를 보이는 독특한 분포패턴이 나타난다(Stephenson and Stephenson, 1949). 또한, 사질조간대의 경우 대상분포 패턴이 광활하게 펼쳐져 있으며, 조석간만의 차에 따라 시시각각 변화하는 외부의 환경조건과 파랑작용에 적응하기 위해서 모래 속으로 잠입하기 때문에 Spot형태로 이루어져 있다(McLachlan and Jaramillo, 1995). 연체동물은 노출 스트레스에 따라서 간극수 및 수분이 있는 곳에서 주로 서식하며, 환형동물은 대부분 조간대 상층 부분에 서식하면서 퇴적물의 입도와 특성, 그리고 퇴적물 내의 유기물 함량에 따라서 독특한 군집구조를 형성한다(Fauchald, 1974; Conway-Morris, 1979; Hutchings, 1998).

외국에서는 대형저서동물의 조위에 따른 특정한 분포지역을 근거로 하는 대상분포에 대한 많은 연구가 있다(Dahl, 1952; Trevallin *et al.*, 1970; Brown and McLachlan, 1990). 반면, 대형저서생물의 대상분포에 대한 국내의 연구로는 Jo(1990)의 부산 다대포 모래갯벌에서의 단각류의 분포 양상에 대한 연구, 인천 주변 대포도 방아머리 모래갯벌의 대형저서동물의 분포에 대한 연구(Choi *et al.*, 1998) 그리고 최근 대청도 옥죽포 모래갯벌에 서식하는 대형저서동물의 대상분포(Hong and Yoon, 2000)가 보고되고 있으나, 국내 사질조간대는 동서남해 연안에 상대적으로 많이 분포하지만 아직 대상분포에 대한 연구는 미비한 편이다.

본 연구는 학암포 사질조간대에 서식하는 대형저서동물의 군집구조와 분포 양상에 따른 대상분포의 특징을 분석하여 국내 사질조간대의 대상구조를 이해하고 최근 유류오염으로 인해 조간대 생태계에 오염이 가중되고 있는 지역

의 연안 저서생태계의 연구에 기초자료를 제공하고자 한다.

연구방법

1. 환경요인 측정

조사 정점별로 채취한 표층퇴적물 시료는 실험실로 운반되어진 후 40 이하의 조립질 시료는 0.5 ϕ 간격으로 건식 체질(Dry sieving)하여 무게백분율을 구하고, 40 이상의 세립질 시료는 전체를 대표하는 2g을 취해 300ml의 0.1% 확산제 용액에 넣고 초음파 자기진동기로 균일하게 분산시킨 후, 자동입도분석기(Sedigraph 5100D)로 분석하였다. 퇴적상(Sediment type) 분류는 Folk and Ward(1957) 방법을 따랐다. 유기물 분석은 표층 퇴적물에 대한 총 유기물 함량은 연소 소실법(Incignition Loss Technique)에 의해 수행되었으며, 무게 손실량을 원래 무게에 대한 백분비로 계산하였다.

2. 대형저서동물 채집

대형저서동물의 채집은 2011년 7월부터 2012년 6월까지 매월 사리시에 실시하였다(Figure 1). 조사 당일 최간조시 조간대 최상부로부터 최저조선까지 적외선 거리측정기(Nikon laser 600)를 사용하여 측정된 결과 약 220m의 사질조간대가 노출되는 것으로 확인되었다. 학암포 사질조간대에 서식하는 대형저서동물의 군집구조와 대상분포를 알아보기 위해 해안선의 방향과 수직인 1개의 정선을 적외선 거리측정기(Nikon laser 600)를 사용하여 경사도 단면을 측정하였다. 선정된 1개의 정선을 20m 간격으로 총 10개의 정점으로부터 50 \times 50cm 면적의 방형구(대상면적 0.25m²)를 이용하여 정량조사를 실시하였으며, 각 정점당 1회씩 깊이 30cm까지의 저질을 채취하였다. 채취된 저질은 현장에서 Sieve(0.1mesh)로 생물을 분리한 후, 10% 중성포르말린으로 고정하여 실험실로 운반하여 분류하였다. 분류구별은 선별한 후 분류체계에 따라 최종적으로 해부현미경(Olympus-SZX12) 하에서 종 수준까지 동정하였고, 계수 및 습중량(Wet weight, g/m²)을 측정하였다.

3. 분석방법

출현 종과 개체수의 자료를 이용하여 Bray-Curtis의 유사도 지수(similarity index)를 나타냈으며, 유사도 지수 행렬로부터 각 조사 정점과 출현 종을 연결하는 방법으로 group-average를 이용하였다. 군집분석은 PRIMER 6.0(Plymouth Routines Multivariate Ecological Research) computer

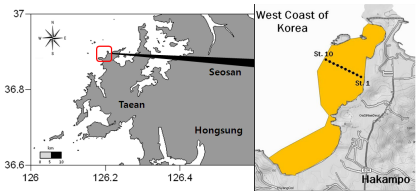


Figure 1. Map of sampling stations in the study area

package를 이용하여 집괴분석(cluster analysis)에 의한 수지도(dendrogram)와 nMDS(Non-metric multidimensional scaling) 배열법으로 표현하였다. 그리고 각 그룹 간 근접차이를 나타내게 하는 대형저서동물 분류군을 파악하기 위해 SIMPER(Similarity-Percentages procedure) test를 수행하였다. 우점종은 출현밀도와 출현빈도를 이용한 방법으로 LeBris Index(LeBris, 1988)을 이용하여 산출하였으며, 정점별 우점종은 서식밀도를 근거로 산출하였다.

결 과

1. 기초환경요인

조사 정점의 표층 퇴적물을 채취하여 입도 조성과 평균 입도(Mean phi)를 분석하였다. 조사 정점의 계절별 퇴적물의 평균입도는 1.9 ϕ ~2.52 ϕ 의 범위로 입도 평균값이 2.37 ϕ 로 나타나 정점 모두 전형적인 사질조건대의 중립사(medium sand) 퇴적상을 나타냈다(Figure 2). 유기물 함량은 0.90%~1.46%의 범위로 평균 1.15%의 유기물 함량을 나타냈다. 정점별 유기물 함량을 살펴보면 하부지역인 St. 10에서 1.46%로 가장 높게 나타났으며, 상부지역인 St. 2에서 0.9%로 가장 낮게 나타났다. 대부분의 정점에서 사질조건대에서 나타나는 낮은 유기물 함량 수치가 나타났다(Figure 3).

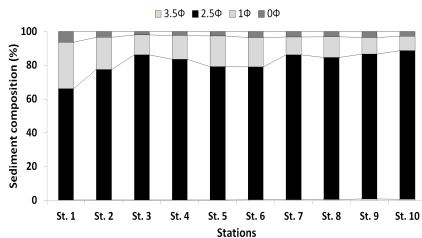


Figure 2. Sediment composition at each sampling stations in Hakampo sandy beach during sampling periods

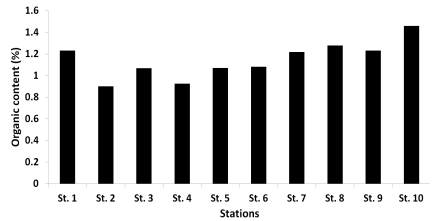


Figure 3. Sediment organic content at each sampling stations in Hakampo sandy beach during sampling periods

2. 종조성, 출현밀도 및 생체량

조사 지역의 10개 정점에서 6개의 분류군 총 59종, 출현 개체수는 668inds./m² 이었다. 분류군별 종조성은 환형동물문(Annelida)이 25종(42.4%)을 차지하였으며, 절지동물문(Arthropoda)이 19종(32.2%), 연체동물문(Mollusca)이 12종(20.3%), 기타동물문(Others)이 3종(5.1%) 차지하였다. 각 정점별은 조건대 하부지역인 St. 10에서 36종으로 가장 많은 종이 출현하였으며, 상부지역인 St. 4에서 17종으로 가장 적은 종이 출현하여 조건대 하부로 갈수록 종수가 증가하는 추세를 보였다. 출현밀도는 환형동물문이 31inds./m²(4.7%)가 출현하였고, 절지동물문이 545inds./m²(81.5%), 연체동물문이 91inds./m²(13.6%), 기타동물문이 1inds./m²(0.2%)으로 나타났다. 정점별로 살펴보면 중부지역인 St. 5에서 1,131inds./m²로 가장 높은 출현밀도를 차지하였으며, 하부지역인 St. 10에서 430inds./m²로 가장 낮은 출현밀도를 차지하였다(Figure 4). 생체량은 총 296.41gWWU/m²으로 환형동물문이 9.84gWWU/m²(3.3%), 절지동물문이

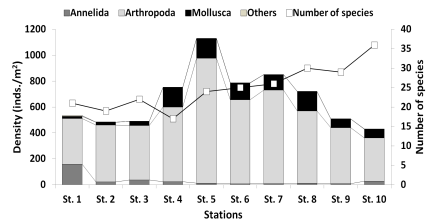


Figure 4. Variations of density and number of species according to groups of macrobenthos at each sampling stations in Hakampo sandy beach during sampling periods

58.99gWWt/m²(19.9%), 연체동물분이 227.33gWWt/m²(76.7%), 기타동물분이 0.25gWWt/m²(0.1%)의 순으로 나타났다. 정점별로 살펴보면 중부지역인 St. 6에서 54.63gWWt/m²로 가장 높은 생체량을 차지하였으며, 상부지역인 St. 1에서 10.63gWWt/m²로 가장 낮은 생체량을 차지하였다(Figure 5).

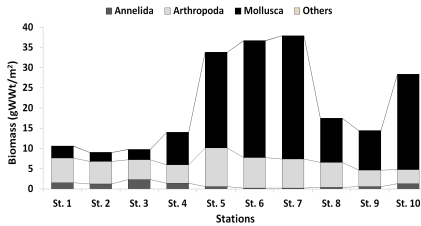


Figure 5. Variations of biomass according to groups of macrobenthos at each sampling stations in Hakampo sandy beach during sampling periods

3. 우점종

개체수와 출현빈도를 고려한 LeBris Index를 사용하여 분석한 결과, 상위 1% 이상 총 9종의 우점종 중 절지동물(Arthropoda)이 6종으로 나타났다(Table 1). 상위 1% 이상의 우점종 중 정점별 개체수로 우점종의 분포양상을 살펴보면, 최우점종은 *Urothoe* sp.(모래무지옆새우사촌류)로 정점당 평균 339inds./m²이며 St. 5에서 724inds./m²로 최대 출현밀도를 나타냈다. 2번째 우점종은 *Eohaustorius spinigerus*(가시발모래무지옆새우)로 정점당 평균 110inds./m²이며 St. 8에서 203inds./m²로 최대 출현밀도를 나타냈다. 3번째 우점종은 *Felaniella sowerbyi*(꼬마돌살이조개)로 정점당 평균 84inds./m²이며 St. 4에서 147inds./m²로 최대 출현밀도를 나타냈다. 4번째 우점종은 *Haustorioides koreanus*(긴털모래옆새우)로 정점당 평균 36inds./m²이며 St. 1에서 145inds./m²로 최대 출현밀도를 나타냈다. 5번째 우점종은 *Corophium* sp.(육질포리옆새우류)로 정점당 평균 33inds./m²이며 St. 4에서 194inds./m²로 최대 출현밀도를 나타냈다. 6번째 우점종은 *Prionospio japonicus*(매끈예쁜옆굴갯지렁이)로 정점당 평균 16inds./m²이며 St. 1에서 143inds./m²로 최대 출현밀도를 나타냈다. 7번째 우점종은 *Mandibulophoxus mai*(일곱가시긴뿔옆새우)로 정점당 평균 13inds./m²이며 St. 10에서 31inds./m²로 최대 출현밀도를 나타냈다. 8번째와 9번째 우점종은 *Cirolana* sp.(모래무지벌레류)와 *Euzonus*

sp.(요정갯지렁이류)로 각각 정점당 평균 7inds./m², 8inds./m²이며 두 종 모두 St. 1에서 St. 6까지의 출현 분포를 갖고 있다. 이들 9종의 출현밀도는 646inds./m²로 전체 출현밀도 668inds./m²의 97.4%에 해당한다.

Table 1. Dominance ranking by LeBris index in density of dominant species(Ar: Arthropoda, Mo: Mollusca, An: Annelida)

Rank	Species name	Taxon	Density (/m ²)	LeBris Dominance (%)
1	<i>Urothoe</i> sp.	Ar	339	51.61
2	<i>Eohaustorius spinigerus</i>	Ar	110	16.46
3	<i>Felaniella sowerbyi</i>	Mo	84	12.14
4	<i>Haustorioides koreanus</i>	Ar	36	6.39
5	<i>Corophium</i> sp.	Ar	33	4.75
6	<i>Prionospio japonicus</i>	An	16	1.80
7	<i>Mandibulophoxus mai</i>	Ar	13	1.77
8	<i>Cirolana</i> sp.	Ar	7	1.37
9	<i>Euzonus</i> sp.	An	8	1.11

4. 군집분석

조사지역의 10개 정점에서 Bray-Curtis index의 유사도(Similarity)를 분석한 결과, 정점 모두 50% 이상의 수준으로 유사한 결과가 나타났다. 유사도 지수를 토대로 크게 3개의 그룹으로 나뉘었는데, 조간대 상부지역인 St. 2-St. 4, 조간대 중부지역인 St. 5-St. 8, 조간대 하부지역인 St. 9-St. 10으로 구분되었다. 조간대 상부지역은 *Haustorioides koreanus*(긴털모래옆새우), *Prionospio japonicus*(매끈예쁜옆굴갯지렁이), *Euzonus* sp.(요정갯지렁이류)가 다른 정점에 비해 높게 출현하여 유사도 지수에 영향을 주었으며, 중부지역은 *Eohaustorius spinigerus*(가시발모래무지옆새우), *Urothoe* sp.(모래무지옆새우사촌류), *Felaniella sowerbyi*(꼬마돌살이조개)가 다른 정점에 비해 높게 출현하여 유사도 지수에 영향을 주었으며, 하부지역은 *Mandibulophoxus mai*(일곱가시긴뿔옆새우), *Semelangulus tokubei*(작은대양조개)가 다른 정점에 비해 높게 출현하여 유사도 지수에 영향을 주는 종으로 나타났다(Figure 6).

5. 학암포 사질조간대의 분포 패턴

상위 1% 이상의 우점종들의 분포양상으로 학암포 사질조간대의 대상분포 패턴을 살펴보았다. 최우점종인 *Urothoe* sp.(모래무지옆새우사촌류)는 상-중하부지역 모든 조위에서 출현하였으나 상대적으로 중부지역에서 우점적으로 분

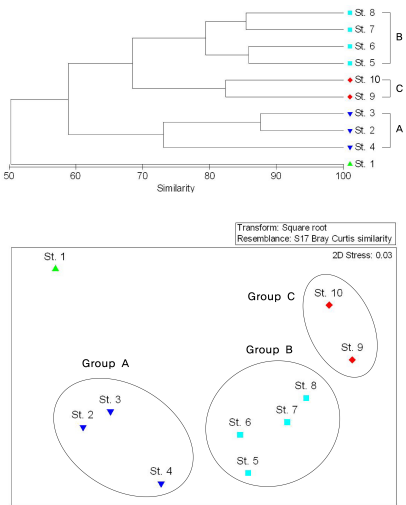


Figure 6. Dendrogram of similarity indices and nMDS at each sampling stations in Hakampo sandy beach during sampling periods

포하였으며, *Haustorioides koreanus*(긴털모래옆새우)와 *Corophium* sp.(옥질꼬리옆새우류) 그리고 *Prionospio japonicus*(매끈예쁜얼굴갯지렁이)는 상부지역, *Eohaustorius spinigerus*(가시발모래무지옆새우)와 *Felaniella sowerbyi*(꼬

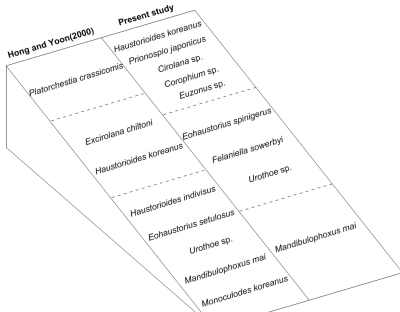


Figure 7. The comparison of the zonation patterns of the present study and Hong and Yoon(2000) in sandy beach

마들살이조개)는 상대적으로 중부지역, *Mandibulophoxus mai*(일곱가시긴빨새우)는 하부지역에 우점적으로 분포하였다 (Figure 7).

고찰

본 연구는 학ampo 사질조간대에 서식하는 대형저서동물의 군집구조와 분포양상을 분석하여 학ampo 사질조간대의 대상분포 패턴이 어떻게 이루어져 있는가를 알아보기 위하여 연구하였다.

학ampo 사질조간대의 환경요인 중 표층 퇴적물을 채취하여 입도 조성과 평균 입도를 분석한 결과, 퇴적물의 평균 입도는 2.37 ϕ 로 나타났으며, 사질(Sand)이 95% 이상으로 전형적인 사질조간대의 중립사(Medium sand)의 퇴적상을 나타냈다. Snelgrove and Butman(1994)에 의하면, 퇴적물 내의 유기물 함량은 퇴적물의 입도에 따라 좌우되어 입도 분포와 유사한 양상을 보인다고 보고한 바 있으며, 본 연구 조사지역의 유기물 함량은 평균 1.15%로 전형적인 사질조간대에서 나타나는 유기물 함량 수치가 나타났다. 또한, 세립질의 사질지역으로 이루어진 Lee *et al.*(2004)의 이원방조제 주변 해역에서는 평균 0.3%의 유기물 함량을 보였으며, Sung(2010)의 태안조간대의 연구에서는 평균 0.7%의 유기물 함량을 보였는데, 이는 본 연구 조사지역의 유기물 함량에 비해 비교적 낮은 수준이었다.

Paik *et al.*(2005)에 의하면, 대형저서동물의 출현 종수 및 개체수는 조사 시기 및 방법 등 여러 가지 요인에 따라 변동되지만 퇴적물의 입도조성이 비슷한 해역에서는 어느 정도 비교해 볼 수 있는 자료로 판단된다고 보고한 바 있다. 퇴적물의 입도 조성이 비슷한 해역과 비교해 보면, 본 연구 결과에서 나타난 전체 10개의 정점에서 59종이 출현한 학ampo 사질조간대는 안골조간대(Paik *et al.*, 2005)의 8개 정점에서 출현한 110종보다는 낮았으나 대청도 옥죽포(Hong and Yoon, 2000)의 10개 정점에서 출현한 25종과 대부도·탄도(Lim and Je, 1998)의 10개 정점에서 출현한 50종과 비교해 보면 상대적으로 높거나 비슷한 양상을 나타내었다. 또한, 조사 지역이 같은 Shim(2008)의 연구결과에 의하면, 2007년에 26종, 평균 192inds./m², 2008년에 24종, 평균 236inds./m²으로 본 연구결과와 차이가 있었다. 따라서, 사질조간대로 퇴적물의 입도 조성이 비슷한 해역에서도 종수에 있어 다양한 차이를 나타내고 있으며, 이러한 결과는 조사방법이나 조사시기에 따른 영향이 작용한 것으로 판단되며, 향후 각 연구들의 경사도와 퇴적물 세립도 등을 고려한 포괄적인 비교분석 및 결과제시가 필요할 것으로 여겨진다.

학ampo 사질조간대에 출현하는 종들 가운데 우점을 보인 분류군은 절지동물이며 그 중에서 단각류 같은 저서갑각류

의 우점이 특징적으로 나타났다. 이러한 결과는 저서갑각류가 상대적으로 다른 분류군에 비해 유영 능력과 잠입하는 능력이 뛰어나서(Brown and McLachlan, 1990), 사질조간대의 환경에 잘 적응한 결과라고 사료된다. Dexter(1983)에 의하면 저서갑각류는 개방형 조간대에 우점적으로 분포한다고 보고하였으며, 이러한 관점에서 볼 때 학암포 사질조간대의 대형저서동물 군집은 개방형 조간대의 특징을 잘 반영하고 있다고 여겨진다.

학암포 사질조간대의 대상분포 패턴은 상부지역의 *Haustorioides koreanus*(긴털모래옆새우), *Corophium* sp.(육질모래옆새우류), *Cirolana* sp.(모래무지벌레류), *Prionospio japonicus*(매끈에쁜얼굴갯지렁이) 그리고 *Euzonus* sp.(요정갯지렁이류), 중부지역의 *Urothoe* sp.(모래무지옆새우사촌류), *Eohastorius spinigerus*(가시발모래무지옆새우), *Felaniella sowerbyi*(포마돌살이조개), 하부지역의 *Mandibulophoxus mai*(일곱가시긴털옆새우)로 이루어져 있으며, 이는 황해 대청도 육축도의 외해로 노출된 모래갯벌(Hong and Yoon, 2000)에서의 연구결과에서도 좋은 다르지만, 주로 단각류에 의해 분포양상이 상-중-하부로 구분되는 대상분포의 유사한 결과를 나타내고 있다. Choi *et al.*(1998), Hong and Yoon(2000)에 의하면 조간대 대형저서동물의 대상분포 양상의 차이는 조간대의 특성에 의하여 퇴적물의 입도 조성과 유기물의 함량의 차이에 따라 대형저서동물의 서식 분포를 결정짓는 환경요인으로 작용한다고 보고한 바 있다. 그러나 학암포 사질조간대의 경우, 퇴적물의 입도 조성보다는 유기물 함량에 따라서 대형저서동물이 분포하는 것으로 판단된다.

본 연구는 1개의 조사 정선에서 이루어진 연구이지만, 개방형 사질조간대에서의 대형저서동물의 군집구조와 분포양상 및 대상분포의 특징을 제시하고자 하였다. Hong and Yoon(2000)의 연구결과와 지리적으로 차이가 있지만 사질조간대의 군집구조와 대상분포 패턴에 있어서 유사한 결과가 나타난 것으로 보아 사질조간대 내의 대형저서동물의 군집이 요구하는 생태학적 지위가 존재하는 것으로 여겨진다.

REFERENCES

- Brown, A.C. and A. McLachlan(1990) Ecology of Sandy Shores. Elsevier, Amsterdam. 328pp.
- Choi, J.W., D.S. Kim., S.H. Shin. and J.G. Je(1998) Spatial Distribution of Macrobenthos in the Sandflat of Taebudo, Kyonggi Bay, the West Coast of Korea. J. OPR. 20: 97-104. (in Korean with English abstract)
- Conway Morris, S.(1979) Middle Cambrian polychaetes from the Burgess Shale of British Columbia. Philosophical Transactions of the Rpyal Society. London B. 285(1007): 227-274.
- Dahl, E.(1952) Some aspects of the ecology and zonation of the fauna on sandy beaches. Oikos. 4: 1-27.
- 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. 461-472.
- Fauchald, K.(1974) Polychaete phylogeny: A problem in protostome evolution. Systematic Biology. 23(4): 493-506.
- Folk, R.L. and W.C. Ward(1957) Brazos river bar: Astudy in the significance of grain-size parameters. J. Sed. Pet. 27: 3-27.
- Hong, J. S. and S.P. Yoon(2000) Zonation of the Exposed Sandy Beach Macrofauna in Okjukpo, Taechongdo, Korea. J. The Sea. 5(2): 146-156. (in Korean with English abstract)
- Hutchings, P.(1998) Biodiversity and functioning of polychaetes in benthic sediments. Biodiversity and Conservation. 7(9): 1133-1145.
- Jo, Y.W.(1990) Taxonomy and biogeography of sandy beach Amphipoda (Crustacea) of Korea. Ph. D. Dissertation. Univ. Amsterdam, Amsterdam, 169pp.
- LeBris, H.(1988) Fonctionnement des ecosystems benthiques cotiers au contact d'estuaires: larade de Lorient et la baie de Vilaine. Ph. D. Dissertation. Univ. Bretagne Occidental, Brest, 311pp.
- Lee, J.H., O.H. Yoo, H.K. Lee. and J.Y. Park(2004) Effect of Environmental Variables on the Inter- and Subtidal Macrobenthic Communities in the Iwon Dike Area. J. Kor. Fish. Soc. 37(4): 295-306. (in Korean with English abstract)
- Lee, J.J., K.C. Kang. and J.C. Kim(2001) Spatial Species Diversity of Macrobenthos in the Intertidal Zone of Hwasoon, Jeju Islands. Korean J. Malacology. 17(1): 63-70. (in Korean with English abstract)
- Lim, H.S. and J.G. Je(1998) Macrobenthic Communities on the Macro-Tidal Flats of Taebudo and Tando in the West Coast of Korea. J. OPR. 20: 121-130. (in Korean with English abstract)
- 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.
- Paik, S. G., B.S. Yun, K.H. Kim and S.G. Yun(2005) Macrobenthic Community on Angol Tidal Flat in Jinhae. Korean J. Environ Biol. 23(2): 106-113. (in Korean with English abstract)
- Park, H.S.(1998) Effects of dike construction on benthic environment and macrofaunal community in Chonsu Bay, Korea. Ph. D. Dissertation. Univ. Inha, Incheon, 226pp.
- Shin, S.Y.(2008) Spatio-temporal distributions of macrobenthos on the Hakampo and Mongsanpo beaches. M.S. Dissertation. Univ. Soon Chun Hyang, Chungcheongnam-do, 81pp.
- Snelgrove, P.V.R. and C.A. Butman(1994) Animal-sediment rela-

- tionships revisited: cause versus effect. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* 32: 111-127.
- Stephenson, T.A. and Stephenson(1949) The universal features of zonation between tide marks on rockycoasts. *J. Ecol.* 37:289-305.
- Sung, W.M.(2010) The community analysis of macrozoobenthos of the Taeam Tidal flats in the south Korea. MS. Dissertation. Univ. Soon Chun Hyang, Chungcheongnam-do, 69pp.
- 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.
- Yun, S.K.(1995) *Marine biology(Benthos)*, Acabook, 412pp. (in Korean)