

Article

동해 후포주변 사질조하대에 서식하는 대형저서동물군집의 분포특성

백상규^{1*} · 강래선¹ · 전재옥² · 이재학¹ · 윤성규²¹한국해양연구원 해양자원연구본부
(425-600) 경기도 안산시 안산우체국 사서함 29²대구대학교 생물교육학과
(712-714) 경상북도 경산시 진량읍 내리리

Distribution Patterns of Sandy Bottom Macrobenthic Community on the Hupo Coastal Area, in the East Sea of Korea

Sang-Gyu Paik^{1*}, Rae-Seon Kang¹, Jae Ok Jeon², Jae-Hac Lee¹, and Sung Gyu Yun²¹Marine Resources Research Department, KORDI
Ansan P.O. Box 29, Seoul 425-600, Korea²Department of Biology Education, College of Education
Daegu University, Gyeongsan 712-714, Korea

Abstract : Distribution patterns of sandy bottom macrobenthic communities were studied around the Hupo coastal area. The seasonal surveys were conducted at 15 chosen sites within a depth range of 10 to 50 m along 10 km of the coastline using a Smith-McIntyre grab (0.05 m²) in 2005. Overall depth distribution following the direction of the offshore become deeper parallel to the coastline. A total of 319 macrobenthic species were sampled with a mean density of 1,972 ind./m², and mean biomass was 82.5 wet-weight g/m². The major individual-dominant species were three polychaetes *Spiophanes bombyx* (436 ind./m²), *Scoletoma longifolia* (250 ind./m²) and *Magelona japonica* (170 ind./m²), and bivalve *Adontorhina subquadrata* (73 ind./m²). Cluster analysis and non-metric multidimensional scaling (nMDS) analysis based on Bray-Curtis similarity identified 2 major station groups which corresponded to macrobenthic faunal assemblages and their characteristic species. In addition, environmental conditions were significantly different between station groups. Group I contained mostly 20 and 50 m deep sites and was associated with sandy mud. Group I was characterized by high abundance of *S. bombyx*, *S. longifolia*, *A. subquadrata*. It was divided into two sub-groups (I-I and I-II) in relation to depth. Sub-group I-I was associated with deeper sites than sub-group I-II. Group II included mostly inshore area shallower than 15 m and was associated with coarse and medium sand. Group II was characterized by *Lumbrinerides hayashii* and *Urothoe grimaldii japonica*.

Key words : macrobenthos, community, sand bottom, East sea, distribution pattern

1. 서 론

우리나라 동해안 중앙부에 위치한 후포해역은 연안을 따라 잘 발달된 모래해안과 암반조간대가 산재하는 곳이

며, 대도시와 산업단지 같은 인위적 오염원을 가지지 않는 청정 지역이다. 2004년 울진군 구산면에서부터 후포항에 이르는 약 50 km²의 해역이 바다목장화 대상 해역으로 지정되어 해양생태계 구성원 전반에 걸친 조사와 더불어 생물생산 증대 목적의 종묘방류 및 인공어초 투입사업이 진행되고 있다(KORDI 2005). 바다목장화 사업의 궁극적 목

*Corresponding author. E-mail : sgpaik@kordi.re.kr

적은 훼손된 생물서식지 복원 및 인위적 생물서식지 증대를 바탕으로 생물자원 잠재력을 증대하는 것이다. 이를 위해서는 해역에 서식하는 생물의 종 구성과 환경 인자들 간의 상호작용, 생물군집의 변화, 먹이사슬에 따른 에너지 순환 등의 이해가 필요하다. 특히 대상 해역의 가장 넓은 면적을 차지하고 있는 연성기질조하대에 대한 조사는 무엇보다 중요한 분야로서 물리·화학적 퇴적특성 및 저서어류를 포함한 저서생물에 관한 연구가 진행 중에 있다 (KORDI 2005). 대형저서동물은 해양생태계 내에서 생산자와 고차소비자에 이르는 영양연결자(trophic mediator)의 역할 뿐만 아니라 저층 퇴적물 내의 물질순환에 있어서도 대단히 중요한 역할을 수행한다(Daan 1973; Snelgrove 1998). 또한 대형저서동물은 서식처 이동의 제한, 대부분의 서식지에서 출현하는 높은 적응방산과 긴 생활사, 환경요인의 변동에 따른 민감도가 종에 따라 다르게 나타나는 특성을 가지고 있다(Pearson and Rosenberg 1978). 따라서 연구 대상으로 하는 각 서식지 유형에 대한 대형저서동물군집 구조를 조사함으로써 해역의 대략적인 생물다양성 파악은 물론 생물의 시·공간분포특성에 대한 정량적인 정보를 얻을 수 있다(Sanders 1958). 결국 이러한 대형저서동물군집 정보를 통해 자연적 혹은 인위적 변동요인에 대한 장·단기간에 걸친 해양생태계 변동을 평가할 수 있다(Bilyard 1987; Olsgard and Gray 1995).

우리나라 동해연안은 서·남해안과 달리 해안선을 따라 뚜렷한 수심 구배를 보이며, 해안의 조석은 보통 0.2 m 내외로 매우 작아 조차 보다는 파랑이 우세한 환경적 특성을 가진다. 동해안의 일반적 특성과 더불어 우리나라의 다른 해역에 비하여 인간 활동에 의한 인위적 간섭요인이 최대한 배제된 후포주변해역은 서·남해안과는 다른 대형저서동물군집이 형성됨은 물론 자연적 환경요인에 대한 대형저서동물의 반응을 가장 잘 표현해 줄 것으로 기대되는 곳이다. 수심과 같은 지형적 특성과 더불어 강우와 태풍 등 계절에 따라 발생하는 자연현상들로 인한 염분도, 수온, 해류의 일시적 변화와 파랑에 의한 퇴적물의 재부유는 연성기질조하대에 서식하는 대형저서동물군집의 서식지 교란에 주요한 요인으로 작용한다(Thistle 1981). 퇴적상은 연성기질조하대에 서식하는 대형저서동물의 분포특성을 결정짓는 중요한 환경요인이며(Gray 1974; Snelgrove and Butman 1994), 이질적인 퇴적상을 보이는 지역에서 상대적으로 생물다양도가 높게 나타나는 것으로 알려져 있다(Boyden and Little 1973). 우리나라 동해연안에 서식하는 대형저서동물 군집조사는 울산만(Yi et al. 1982), 영일만(Shin et al. 1992), 강릉연안(Choi et al. 2000), 울산만과 온산만(Shin et al. 2001) 등에서 이루어진 바 있으며, 강릉연안의 조사를 제외하면 대부분 대형산업단지에 접한 소규모의 만을 조사지역으로 하고 있어 일반적인 동

해 대형저서동물군집 특성을 대변한다고 할 수 없다. 동해 강릉연안 사질퇴적상에서는 조사지역에 따른 퇴적상의 차이가 거의 없는 저서환경에서 파랑 혹은 일시적 하천수 유입 등에 의한 대형저서동물군집의 수심구배 가능성을 제기하였다. 또한 강릉연안에서의 대형저서동물조사 결과와 우리나라 서·남해안에서 이루어진 대형저서동물조사 결과와의 비교를 통해 동해연안의 사질 퇴적상에서도 높은 서식밀도와 생물량을 가지고 있음을 밝혔으며, 이러한 결과로 미루어 동해안 저서생태계 내에서 대형저서동물이 가지는 중요한 역할을 언급한 바 있다(Choi et al. 2000).

본 조사는 인위적 환경교란요인이 극히 제한적인 울진군 후포주변해역에 서식하는 대형저서동물의 종조성과 분포양상을 밝히기 위해 수행되었다. 또한 출현하는 대형저서동물의 시·공간적 분포특성을 통해 군집 및 우점종의 분포에 영향을 미치는 요인을 파악하였다.

2. 재료 및 방법

대형저서동물 채집

대형저서동물의 채집은 2005년 각 계절별로 바다목장화 대상해역인 경북 울진군 구산리에서 후포리까지 약 10 km 해안선 내의 15개 정점을 대상으로 실시하였다 (Fig. 1). 조사정점 선정을 위해서는 기질이 암반인 곳은 피해 연성기질로 이루어진 곳을 탐색하여 선정하였으며, 바다목장화 대상해역 범위(연안에서 2 km 이내) 내의 수

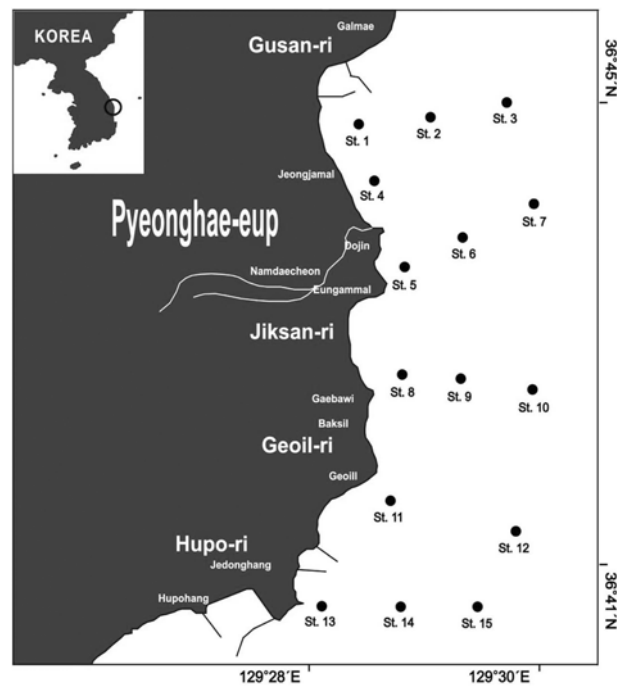


Fig. 1. Hupo coastal areas, showing the locations of 15 sampling sites.

심을 고려하여 선정하였다. 대형저서동물의 채집에는 채니기(Smith-McIntyre grab, 0.05 m²)를 사용하여 정점별 4회씩 반복 채집하였으며, 인양된 퇴적물은 선상에서 망목크기 0.07 mm의 체에 거른 후 잔존물을 10% 해수중성포르말린수용액에 고정하여 실험실로 운반하였다. 실험실로 운반된 시료는 다시 망목크기 1 mm의 체에 거른 후 생물체만을 분리하였으며, 해부현미경하에서 동정·계수한 다음 생물량(습중량)을 측정하였다. 분류학적 기재가 없어 명확한 동정이 어려운 생물에 대해서는 코드를 붙여 각기 다른 종임을 표시하였다.

환경요인

환경요인의 측정은 대형저서동물의 채집과 동일한 시기와 정점에서 이루어졌으며, 염분측정기(YSI-30)와 퇴적물 온도계(HI 9063)를 사용하여 표층염분, 표층수온, 퇴적물 온도를 측정하였다. 총유기탄소량(TOC)과 퇴적물입도 분석을 위해서는 채니기에 인양된 퇴적물을 각 정점 당 50 g 채취한 후 냉동 보관하여 실험실로 운반하였다. 운반된 퇴적물은 50°C에서 48시간 건조시킨 다음 1 g씩 채취하여 10%의 과산화수소로 유기물과 0.1 N 염산으로 탄산염을 제거한 후 CHN 분석기를 이용하였다. 퇴적물입도분석을 위해서는 습식체질을 통해 조립질과 세립질로 분리한 다음 40 이상의 세립질은 입도 분석기(sedigraph 5100D)를 통해 입자별 비율을 구하였다.

자료 분석

각 정점으로부터 얻어진 대형저서동물의 종별 개체수 및 생물량 자료는 단위 면적당(m²)으로 환산하여 표시하였다. 해역에 서식하는 대형저서동물의 특성을 파악하기 위해 단변량분석인 종다양도 지수(Shannon and Wiener 1963)를 구하였으며, 정점별 종조성과 그에 따른 시·공간적 유사도를 측정하기 위해서는 다변량분석을 실시하였다. 다변량분석 시 생물자료간의 편중을 피하기 위해 모든 자료는 4th root로 변환하였으며, Bray-Curtis 유사도를 이용한 집괴분석(cluster analysis)과 다차원척도법(MDS, non-metric multidimensional scaling)을 통해 대형저서동물군집의 분포특성을 파악하였다(Clarke and Ainsworth 1993). 또한 구분된 군집의 유의성 검증과 각 정점군간 유사도 및 비유사도에 영향을 미치는 기여종을 파악하기 위해 군집분석 통계패키지인 PRIMER (ver. 5.2.2)를 이용한 SIMPER (similarity percentages procedure) 분석을 실시하였으며, 분석 시 누적기여도 50%를 기준으로 기여종을 파악하였다. 대형저서동물의 공간분포에 영향을 끼치는 주요 환경요인을 파악하기 위해서는 다변량분석에서 사용된 Bray-Curtis 유사도지수와 환경변수와의 순위상관계수를 통한 BIO-ENV 분석을 실시하였으며, 분석시 Draftsman plot 분석을 통해 95% 이상의 상관관계를 가지는 중북 환경변수는 제외하였다. 또한 조사된 각 요인(환경 및 생물요인)간의 상관관계를 파악하기 위해 Spearman

Table 1. Summary of depth, physical parameters of sea water and sediment characteristics during study period

| Site/ month | Depth (m) | Temperature (°C) | | Salinity (psu) | TOC (%) | Sediment content | | |
|----------------|--------------|------------------|------------|-------------------|-------------|------------------|---------|------------|
| | | Surface water | Sediment | | | Sand (%) | Mud (%) | Mz (Ø) |
| 1 | 7.5 | 15.3(±5.7) | 14.2(±5.5) | 34.4(±0.7) | 0.11(±0.05) | 95.1(±3.0) | 4.9 | 2.33(±0.4) |
| 2 | 24.3 | 15.7(±5.9) | 12.4(±3.6) | 34.6(±0.4) | 0.66(±0.31) | 72.1(±8.0) | 27.9 | 3.30(±0.6) |
| 3 | 40.2 | 15.6(±5.8) | 9.9(±1.9) | 34.4(±0.9) | 1.01(±0.33) | 57.8(±6.0) | 42.2 | 3.81(±0.1) |
| 4 | 8.1 | 15.4(±5.7) | 14.8(±4.8) | 34.3(±1.1) | 0.07(±0.02) | 98.4(±0.3) | 1.6 | 1.67(±0.3) |
| 5 | 11.3 | 15.6(±5.6) | 14.9(±4.5) | 34.5(±0.7) | 0.05(±0.01) | 97.0(±2.6) | 3.0 | 1.29(±0.2) |
| 6 | 28.2 | 15.8(±5.9) | 12.9(±3.3) | 34.4(±0.9) | 0.46(±0.27) | 78.5(±4.7) | 21.6 | 3.45(±0.1) |
| 7 | 40.3 | 15.7(±5.6) | 10.1(±1.4) | 34.4(±0.9) | 0.74(±0.17) | 69.6(±0.6) | 30.4 | 3.62(±0.0) |
| 8 | 15.0 | 15.6(±5.4) | 14.7(±4.5) | 34.6(±0.7) | 0.08(±0.01) | 97.3(±1.8) | 2.8 | 1.82(±0.4) |
| 9 | 31.3 | 15.7(±5.6) | 13.1(±2.9) | 34.5(±0.9) | 0.51(±0.08) | 86.6(±10.1) | 13.4 | 3.09(±0.5) |
| 10 | 50.7 | 16.3(±5.1) | 9.1(±2.1) | 34.6(±0.9) | 0.62(±0.14) | 67.7(±7.4) | 32.3 | 3.50(±0.2) |
| 11 | 12.8 | 15.7(±5.3) | 15.2(±4.4) | 34.6(±0.7) | 0.15(±0.02) | 96.0(±1.6) | 4.0 | 2.54(±0.2) |
| 12 | 50.8 | 16.4(±5.0) | 9.3(±1.9) | 34.5(±0.9) | 0.54(±0.14) | 82.4(±2.5) | 17.6 | 2.66(±0.0) |
| 13 | 13.6 | 16.1(±5.1) | 14.9(±5.1) | 34.6(±0.8) | 0.15(±0.08) | 97.3(±0.7) | 2.7 | 2.38(±0.1) |
| 14 | 29.7 | 16.2(±5.2) | 13.7(±3.9) | 34.6(±0.9) | 0.26(±0.08) | 95.6(±2.8) | 4.4 | 2.24(±0.2) |
| 15 | 46.3 | 16.4(±5.1) | 11.2(±2.4) | 34.5(±0.9) | 0.75(±0.18) | 85.8(±3.7) | 14.2 | 1.02(±0.1) |
| Feb. | - | 10.3(±1.1) | 9.1(±0.8) | 35.3(±0.2) | 0.41(±0.3) | - | - | - |
| May | - | 12.8(±0.3) | 10.9(±2.1) | 35.0(±0.1) | 0.41(±0.3) | - | - | - |
| Aug. | - | 22.7(±0.3) | 15.6(±4.5) | 33.5(±0.3) | 0.48(±0.4) | - | - | - |
| Nov. | - | 17.4(±0.2) | 15.1(±2.4) | 34.2(±0.1) | 0.33(±0.3) | - | - | - |

rank correlation 분석을 실시하였다.

3. 결 과

환경요인

조사해역의 수심은 7.5-50.8 m로 외해로 향하면서 뚜렷이 깊어지는 양상을 보였다(Table 1). 조사기간 동안의 수온은 평균 $15.8(\pm 5.5)^{\circ}\text{C}$ 였으며, 정점별로는 평균 $15.3-16.4^{\circ}\text{C}$ 의 범위로 후포항에 인접한 정점 12, 13, 14, 15에서 상대적으로 높았다(Table 1). 계절별로는 여름철 평균 $22.7(\pm 0.3)^{\circ}\text{C}$, 겨울철 평균 $10.3(\pm 1.1)^{\circ}\text{C}$ 로 겨울철 정점간의 표층수온차가 상대적으로 높았다. 퇴적물온도의 경우 정점별 평균 $9.1-15.2^{\circ}\text{C}$ 의 범위였으며, 상대적으로 깊은 수심을 보인 정점에서 낮은 온도를 보였다(Table 1). 계절별로는 여름철 평균 $15.6(\pm 4.5)^{\circ}\text{C}$, 겨울철 평균 $9.1(\pm 0.8)^{\circ}\text{C}$ 로 여름철의 정점 간 퇴적물 온도차가 상대적으로 큰 것으로 나타났다. 염분도의 경우 정점간 평균 $34.3-34.6$ psu 범위였으며(Table 1), 계절별로는 평균 $33.5-35.3$ psu 범위로 여름철에 낮고 겨울철에 높았다. 조사기간 동안 관찰된 가장 낮은 염분도는 여름철 정점 4에서 관측된 32.8 psu였다. 퇴적물입도는 정점별 평균 $1.02-3.81$ 범위로 수심이 낮은 연안 정점에서 사질함량이 상대적으로 높았으며, 수심이 깊은 외해역 정점에서 높은 니질함량을 보였다(Table 1). 단 정점 15의 경우 상대적 수심이 다른 정점에 비하여 깊었으나, 조사해역 중 가장 낮은 평균입도값(Mz)을 보였다. TOC는 정점별 평균 $0.07-1.01\%$ 범위로 수심이 깊고 퇴적물의 니질함량이 높은 정점 3, 7, 10, 15에서 상대적으로 높게 나타났다(Table 1).

대형저서동물 조성

후포주변해역의 15개 정점에서 계절별 조사를 실시한 결과 총 319종의 대형저서동물이 출현하였고, 평균 개체수는 $1,972$ ind./ m^2 였으며, 평균 생물량은 82.5 wwtg/ m^2 였다. 출현 종수 및 개체수 측면에서는 다모류가 가장 우점하는 분류군이었으며, 총 출현 종수의 45%(145종)와 총 출현개체수의 81%(1,601 ind./ m^2)를 차지하였다. 생물량의 경우 극피동물이 46.7 wwtg/ m^2 으로 총 출현 생물량의 57%를 차지하였다. 계절별로는 여름철인 8월에 214종, $2,414$ ind./ m^2 , 97.9 wwtg/ m^2 로 다른 계절에 비해 상대적으로 높았으며 겨울철인 2월에 175종, $1,759$ ind./ m^2 , 58.5 wwtg/ m^2 로 가장 낮았다.

정점별 출현 종수는 38-133종 범위로 정점 4와 5에서 가장 적었고, 정점 6에서 가장 많았다(Fig. 2). 대부분의 정점에서 다모류의 출현 종수가 많았으나, 정점 8과 11의 경우 갑각류의 출현 종수가 각각 21종과 31종으로 다모류의 출현 종수와 동일하였다. 개체수의 경우 $170-4,881$ ind./ m^2

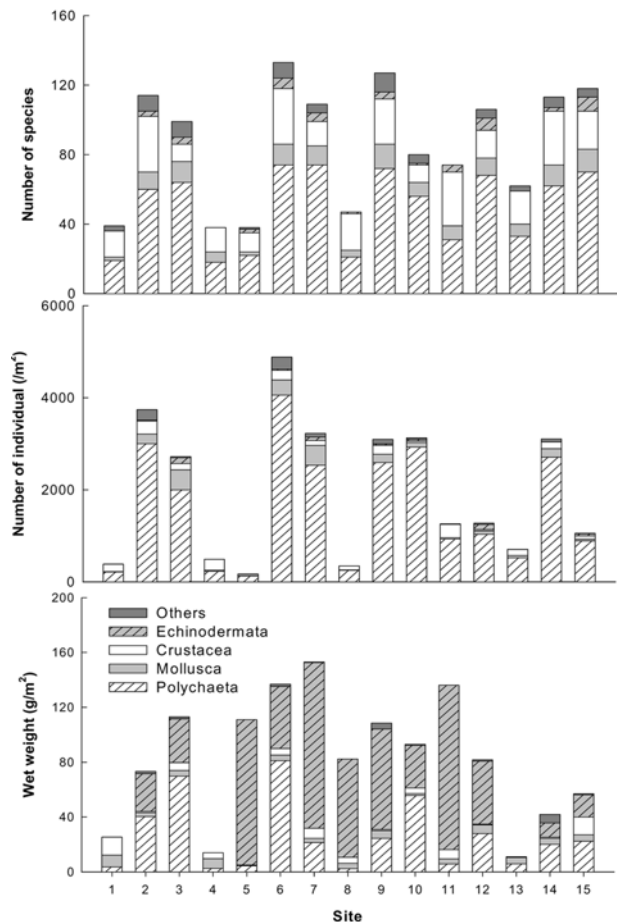


Fig. 2. Species number, density and biomass of macrobenthos at the 15 sampling sites during study period.

범위로 종수와 마찬가지로 정점 간 뚜렷한 차이를 보였으며, 정점 5에서 가장 낮았고, 정점 6에서 가장 높았다(Fig. 2). 정점 4를 제외한 모든 정점에서 다모류가 가장 우점하게 출현하는 분류군이었으며, 특히 정점 10에서는 전체 출현 개체수의 94% 이상을 차지하였다. 정점 4에서는 갑각류가 출현 개체수의 48%를 차지하는 최우점 분류군이었으며, 정점 1에서도 40% 이상을 차지하여 다른 정점에 비하여 상대적으로 높게 출현하였다. 생물량의 경우 $11.1-153.1$ wwtg/ m^2 범위로 정점 13에서 가장 낮았고, 정점 7에서 가장 높았다(Fig. 2). 각 분류군별로 보면 정점 2, 3, 6, 10, 13, 14, 15에서는 다모류의 생물량이 가장 높았으며, 정점 5, 7, 8, 9, 11에서는 극피동물, 정점 1에서는 갑각류, 정점 4에서는 연체동물의 생물량이 가장 높았다(Fig. 2).

조사기간 동안 계절별 종다양도 지수는 2.33-2.55 범위였으며, 정점별로는 1.38-3.29 범위로 정점 4에서 가장 낮았고 정점 15에서 가장 높았다(Fig. 3). 또한 정점 4와 5는 다른 정점에 비하여 계절에 따른 편차가 상대적으로 큰 것으로 나타났다.

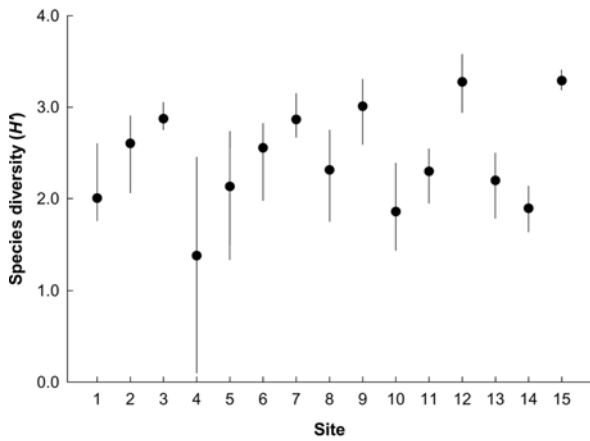


Fig. 3. Species diversity at the 15 sampling sites during study period (Bar indicates minimum and maximum values by seasonal data).

Table 2. Individual dominant species (>1% of total density) during study period

| Rank | Species | Mean density (ind./m ²) ±SD | % | Cumulative % |
|------|---------------------------------------|---|------|--------------|
| 1 | <i>Spiophanes bombyx</i> (P) | 436 ± 658 | 22.1 | 22.1 |
| 2 | <i>Scoletoma longifolia</i> (P) | 250 ± 328 | 12.7 | 34.8 |
| 3 | <i>Magelona japonica</i> (P) | 170 ± 475 | 8.6 | 43.4 |
| 4 | <i>Adontorhina subquadrata</i> (B) | 73 ± 126 | 3.7 | 47.1 |
| 5 | <i>Clymenella koreana</i> (P) | 53 ± 75 | 2.7 | 49.8 |
| 6 | <i>Prionospio</i> sp. (P) | 51 ± 100 | 2.6 | 52.4 |
| 7 | <i>Capitella capitata</i> (P) | 45 ± 78 | 2.3 | 54.6 |
| 8 | <i>Praxillella affinis</i> (P) | 42 ± 57 | 2.1 | 56.8 |
| 9 | <i>Scalibregma inflatum</i> (P) | 42 ± 64 | 2.1 | 58.9 |
| 10 | <i>Chaetozone setosa</i> (P) | 38 ± 56 | 1.9 | 60.8 |
| 11 | <i>Urothoe grimaldii japonica</i> (C) | 32 ± 59 | 1.6 | 62.4 |
| 12 | <i>Chaetozone</i> sp. (P) | 30 ± 85 | 1.5 | 64.0 |
| 13 | <i>Amphitrite cirrata</i> (P) | 30 ± 46 | 1.5 | 65.5 |
| 14 | Sipunculida unid. | 30 ± 59 | 1.5 | 67.0 |
| 15 | <i>Lumbrinerides hayashii</i> (P) | 28 ± 50 | 1.4 | 68.4 |
| 16 | <i>Goniada maculata</i> (P) | 28 ± 30 | 1.4 | 69.9 |
| 17 | <i>Haploscoloplos elongatus</i> (P) | 25 ± 34 | 1.3 | 71.1 |
| 18 | <i>Thelepus japonicus</i> (P) | 23 ± 39 | 1.2 | 72.3 |
| 19 | <i>Tharyx</i> sp. (P) | 20 ± 51 | 1.0 | 73.3 |

P: Polychaeta, B: Bivalvia, C: Crustacea.

우점종

출현한 대형저서동물 가운데 총 개체수의 백분율이 1.0% 이상을 차지하는 우점종은 모두 19종이었으며, 이들은 누적 백분율의 73.3%를 차지하였다(Table 2). 우점종에는 다모류 16종, 이매패류 1종, 갑각류 1종 등이 포함되었으며, *Spiophanes bombyx* (민얼굴갯지렁이), *Scoletoma*

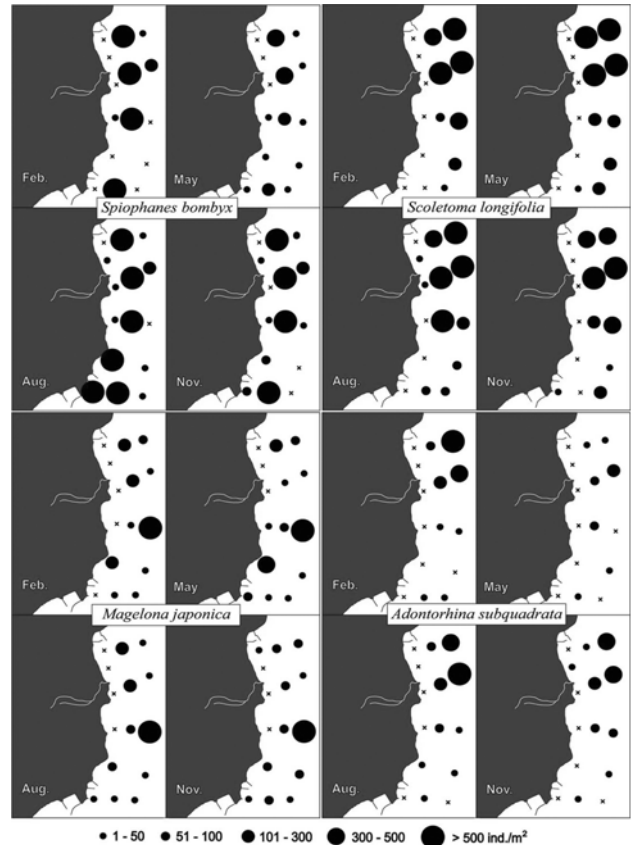


Fig. 4. Spatial and temporal distribution pattern of the major 4 individual dominant species.

longifolia (긴자락송갯지렁이), *Magelona japonica* (양손갯지렁이), 말발조개류의 일종인 *Adontorhina subquadrata* 순으로 높은 개체수를 보였다(Table 2). 조사기간 동안 개체수 측면에서 최우점종인 *S. bombyx*는 여름철에 평균 584 ind./m²로 가장 높았고, 겨울철에 평균 304 ind./m²로 가장 낮았다. *S. bombyx*는 수심 20-30 m 범위에 위치한 정점 2, 6, 9, 14에서 다른 정점에 비하여 상대적으로 연중 높게 출현하였다(Fig. 4). *S. longifolia*는 조사기간 동안 평균 229-261 ind./m² 범위로 출현하였으며, 특히 정점 2, 3, 6, 7에서는 연중 높은 개체수를 보였다(Fig. 4). *M. japonica*는 조사기간 동안 평균 112-233 ind./m² 범위로 여름철에 가장 높았고 가을철에 가장 낮았으며, 정점 10에서는 연중 1,000 ind./m² 이상의 개체가 출현하였다(Fig. 4). 이매패류의 *A. subquadrata*는 조사기간 동안 평균 31-96 ind./m² 범위로 여름철에 가장 높은 출현 개체수를 보였으며, 정점 2, 3, 6, 7에서 연중 높은 개체수로 출현하였다(Fig. 4). 단각류인 *Urothoe grimaldii japonica* (넓적다리모래무지옆새우사촌)은 여름철 가장 높은 평균 82 ind./m²로 출현하였으며, 다른 계절에는 평균 11-19 ind./m²의 개체수를 보였다. *U. grimaldii japonica*는 정점 1과 4에서 전체

출현개체수의 67%가 출현하였으며, 외해역에 위치한 정점 3, 7, 10, 12, 15에서는 거의 출현하지 않았다. 반대로 *Clymenella koreana* (한국대나무갯지렁이)와 *Capitella capitata* (등가시버들갯지렁이)의 경우 연안에 위치한 정점 1, 4, 5, 8, 11, 13에서는 거의 출현하지 않았으며, 계절에 따른 출현 개체수는 각각 41-63 ind./m²와 22-82 ind./

m² 범위로 여름철에 가장 높았다. 한편, 생물량에서는 극피동물인 *Schizaster lacunosus* (염통성게)가 평균 28.1 wwtg/m²로 출현하여 가장 우점하였다. 다음으로도 역시 극피동물인 *Scaphechinus mirabilis* (연잎성게)와 *Ophiura sarsii* (살시빗살거미불가사리)가 우점종으로 나타났으며, 각각 평균 6.9 wwtg/m²와 평균 5.5 wwtg/m²의 생물량을 보였다. *S. mirabilis*는 정점 5에서만 출현하였으며, *O. sarsii*는 외해역에 위치한 정점 3, 7, 10, 12, 15에서 대부분이 출현하였다. 이들 상위 3종은 전체 생물량의 50% 이상을 차지하고 있었다.

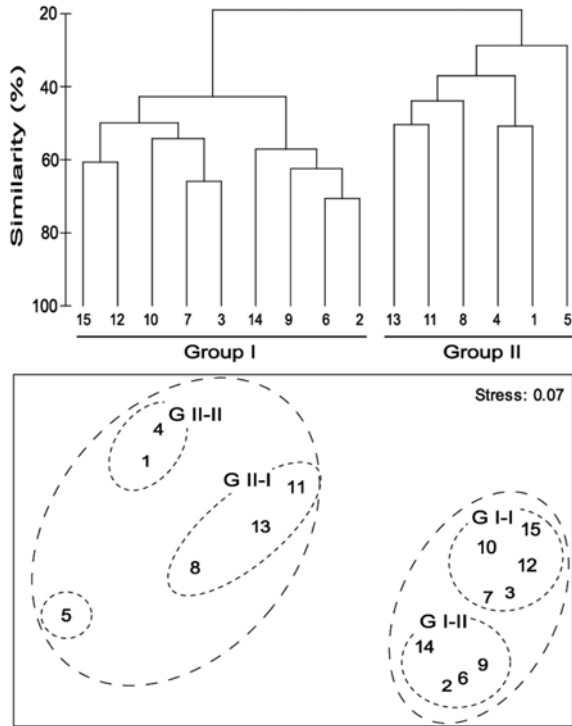


Fig. 5. Cluster analysis and nMDS ordination of fourth-root transformed faunal abundance data at the 15 sampling sites.

분포 특성

군집분석 결과 총 15개 조사정점은 크게 수심 20 m 이상의 정점으로 구성된 정점군 I과 10 m 내외의 정점으로 구성된 대정점군 II로 구분되었다(Fig. 5). 정점군 I은 다시 수심 40 m 이상으로 조사해역의 가장 외측에 위치한 정점으로 구성된 정점군 I-I와 20-30 m 수심을 보이는 정점군 I-II로 구분되었다(Fig. 5). 한편, 대정점군 II는 조사해역 남쪽에 위치한 정점 8, 11, 13으로 구성된 정점군 II-I와 북쪽에 위치한 정점 1과 4로 구성된 정점군 II-II, 남대천 하구역에 인접한 정점 5로 구분되었다(Fig. 5). 구분된 대정점군간의 생물·환경요인을 비교해 보면 종수, 개체수, 생물량 측면에서 대정점군 I가 대정점군 II에 비하여 상대적으로 높은 값을 보였다(Table 3). 개체수 측면에서 우점하는 주요 4종의 경우 대정점군 내에서도 편차가 있으나 전체적으로 대정점군 I에서 높은 밀도로 출현하였다(Table 3). 퇴적환경의 경우 대정점군 I가 상대적으로 세립한 퇴적물입도를 보였으며, TOC도 높았다(Table 3).

SIMPER 분석을 통해 정점군 간의 비유사도와 비유사

Table 3. Environmental and biological characteristics of each sampling site group

| Parameters | Site group I | | Site group II | | |
|---|---------------|-------------|---------------|-------------|--------|
| | I-I | I-II | II-I | II-II | Site 5 |
| Number of species | 215 | 212 | 110 | 59 | 38 |
| Density (ind./m ²) | 2,281 ± 1,039 | 3,705 ± 840 | 771 ± 460 | 438 ± 72 | 170 |
| Biomass (gwwt/m ²) | 99.5 ± 36.1 | 90.1 ± 41.4 | 76.5 ± 62.7 | 19.6 ± 8.0 | 111.0 |
| Diversity (H') | 3.05 ± 0.67 | 2.75 ± 0.49 | 2.93 ± 0.20 | 2.19 ± 0.38 | 3.04 |
| Dominant species (ind./m ²) | | | | | |
| <i>Spiophanes bombyx</i> | 51 ± 90 | 1,432 ± 418 | 182 ± 115 | 3 ± 4 | 1 |
| <i>Scoletoma longifolia</i> | 408 ± 336 | 423 ± 385 | 3 ± 5 | 1 ± 2 | 1 |
| <i>Magelona japonica</i> | 408 ± 822 | 75 ± 45 | 68 ± 89 | 5 ± 7 | 0 |
| <i>Adontorhina subquadrata</i> | 157 ± 189 | 78 ± 64 | 0 ± 1 | 1 ± 1 | 0 |
| Mz (Ø) | 2.92 ± 1.15 | 3.02 ± 0.54 | 2.25 ± 0.38 | 2.00 ± 0.46 | 1.29 |
| TOC (%) | 0.7 ± 0.18 | 0.5 ± 0.17 | 0.1 ± 0.04 | 0.1 ± 0.03 | 0.1 |
| Depth (m) | 45.7 ± 5.3 | 28.4 ± 3.0 | 13.8 ± 1.1 | 7.8 ± 0.4 | 11.3 |
| Sediment temp. (°C) | 16.1 ± 0.4 | 15.8 ± 0.3 | 14.9 ± 0.2 | 14.5 ± 0.5 | 14.9 |
| Water temp. (°C) | 16.1 ± 0.4 | 15.8 ± 0.3 | 15.8 ± 0.3 | 15.4 ± 0.0 | 15.6 |
| Salinity (‰) | 34.5 ± 0.1 | 34.5 ± 0.1 | 34.6 ± 0.0 | 34.3 ± 0.1 | 34.5 |

Table 4. Average dissimilarity between group and average abundance (ind./m²) of characteristic species by SIMPER analysis that contributed to over 55% of the dissimilarity in site groups

| Group | Overall average dissimilarity | Species | ¹ Average abundance | ² Average abundance | Average dissimilarity | Contribution % | Cumulative % |
|---|-------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-----------------------|----------------|--------------|
| ¹ G I vs ² G II | 91.2 | <i>Spiophanes bombyx</i> | 665 | 92 | 16.70 | 18.32 | 18.32 |
| | | <i>Scoletoma longifolia</i> | 415 | 2 | 11.28 | 12.37 | 30.69 |
| | | <i>Magelona japonica</i> | 260 | 36 | 7.23 | 7.93 | 38.62 |
| | | <i>Adontorhina subquadrata</i> | 122 | 0 | 3.36 | 3.69 | 42.31 |
| | | <i>Scalibregma inflatum</i> | 70 | 0 | 3.30 | 3.62 | 45.93 |
| | | <i>Clymenella koreana</i> | 89 | 1 | 3.06 | 3.35 | 49.28 |
| | | <i>Lumbrinerides hayashii</i> | 0 | 70 | 2.44 | 2.67 | 51.95 |
| | | <i>Urothoe grimaldii japonica</i> | 6 | 72 | 2.35 | 2.58 | 54.53 |
| ¹ G I-I vs ² G I-II | 74.8 | <i>Spiophanes bombyx</i> | 51 | 1432 | 24.50 | 32.74 | 32.74 |
| | | <i>Scoletoma longifolia</i> | 409 | 423 | 6.29 | 8.40 | 41.14 |
| | | <i>Magelona japonic</i> | 408 | 75 | 6.07 | 8.11 | 49.25 |
| | | <i>Adontorhina subquadrata</i> | 157 | 78 | 2.43 | 3.25 | 52.50 |
| ¹ G II-I vs ² G II-II | 73.6 | <i>Spiophanes bombyx</i> | 182 | 3 | 14.14 | 19.20 | 19.20 |
| | | <i>Urothoe grimaldii japonica</i> | 36 | 162 | 12.63 | 17.16 | 36.36 |
| | | <i>Lumbrinerides hayashii</i> | 51 | 117 | 7.24 | 9.83 | 46.19 |
| | | <i>Chaetozone setosa</i> | 87 | 24 | 4.98 | 6.76 | 52.95 |
| ¹ G II-I vs ² G II-5 | 80.3 | <i>Spiophanes bombyx</i> | 182 | 1 | 18.88 | 23.53 | 23.53 |
| | | <i>Chaetozone setos</i> | 87 | 4 | 6.79 | 8.47 | 32.00 |
| | | <i>Magelona japonica</i> | 68 | 0 | 5.86 | 7.30 | 39.30 |
| | | <i>Lumbrinerides hayashii</i> | 51 | 36 | 4.67 | 5.82 | 45.12 |
| | | <i>Spio filicornis</i> | 16 | 0 | 3.24 | 4.04 | 49.16 |
| | | <i>Glycera chirori</i> | 30 | 0 | 3.21 | 4.00 | 53.16 |
| ¹ G II-II vs ² G II-5 | 76.5 | <i>Urothoe grimaldii japonica</i> | 162 | 1 | 27.91 | 36.48 | 36.48 |
| | | <i>Lumbrinerides hayashii</i> | 117 | 36 | 13.80 | 18.04 | 54.52 |

도를 높이는 기여종을 파악한 결과 대정점군 I와 II간의 비유사도는 91.2%였으며, 다모류 *S. bombyx*와 *S. longifolia* 등이 비유사도에 높게 기여하는 것으로 나타났다(Table 4). 다모류 *S. longifolia*, *C. koreana*, *Scalibregma inflatum* (수염구더기갯지렁이)와 이매패류 *A. subquadrata*는 대정점군 I에서 대부분이 출현하였으며, 반대로 송곳갯지렁이류의 일종인 *Lumbrinerides hayashii*와 *U. grimaldii japonica*는 대정점군 II에서 대부분이 출현하였다(Table 4). 대정점군 I 내의 정점군 I-I와 I-II의 비유사도는 74.8%였으며, *S. bombyx*의 비유사도 기여도가 32.7%로 가장 높았다. 특히 *S. bombyx*는 정점군 I-II에서 상대적으로 높은 개체수를 보였다(Table 4). 대정점군 II 내의 각 정점군의 경우 다모류 *S. bombyx*, *L. hayashii*, *M. japonica*, *Chaetozone setosa* (슴털바퀴실타래갯지렁이)와 단각류 *U. grimaldii japonica*의 출현 밀도에 따라 정점 간 비유사도가 좌우되었다(Table 4).

한편, 조사해역에서 출현하는 대형저서동물의 계절별 종 조성 변화를 파악해 본 결과 연안역에 위치한 정점 1, 4, 5, 8, 11, 13은 각 정점별 계절군집간의 유사도가 최대 40%



Fig. 6. nMDS ordination of fourth-root transformed faunal abundance data at the 15 sampling sites including 4 seasonal replicates. F: February, M: May, A: August, N: November, the numbers indicate sampling sites.

정도로 산포하여 계절별 종조성이 달라지는 양상을 보였으며, 나머지 정점에서는 계절에 따른 공간상의 위치변화가 적어 종조성의 계절변화가 뚜렷하지 않았다(Fig. 6).

Table 5. Spearman rank correlation coefficients within the environmental and biological variables (*P<0.05, **P<0.01, ***P<0.001)

| | Depth | ST | SET | SAL | TOC | Sand% | Mud% | Mz | N | D | B | SD | SL | SB | CK | SI | AS | MJ | PA | LH |
|--|-----------|---------|-----------|--------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|----------|--------|----------|----------|--------|----------|----------|----------|---------|-----------|--------|
| Surface temperature (ST) | 0.739** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Sediment temperature (SET) | -0.869*** | -0.451 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Salinity (SAL) | 0.090 | 0.394 | 0.164 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TOC% | 0.811*** | 0.503 | -0.831*** | -0.049 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Sand% | -0.710** | 0.319 | 0.876*** | 0.152 | -0.863*** | | | | | | | | | | | | | | | |
| Mud% | 0.711** | 0.304 | -0.879*** | -0.152 | 0.857*** | -0.999*** | 0.789*** | | | | | | | | | | | | | |
| Mz | 0.464 | 0.123 | -0.595* | -0.103 | 0.618* | -0.795*** | 0.581* | 0.416 | | | | | | | | | | | | |
| Number of species (N) | 0.631* | 0.602* | -0.530* | 0.042 | 0.695** | -0.583* | 0.732** | 0.754** | 0.792*** | | | | | | | | | | | |
| Density (D) | 0.561* | 0.442 | -0.604* | 0.034 | 0.668** | -0.738** | 0.732** | 0.754** | 0.792*** | | | | | | | | | | | |
| Biomass (B) | 0.296 | -0.016 | -0.239 | -0.165 | 0.279 | -0.502 | 0.514* | 0.564* | 0.309 | 0.411 | | | | | | | | | | |
| Species diversity (SD) | 0.582* | 0.351 | -0.456 | -0.115 | 0.654* | -0.450 | 0.454 | 0.254 | 0.629* | 0.254 | 0.350 | | | | | | | | | |
| <i>Scoletoma longifolia</i> (SL) | 0.656** | 0.372 | -0.739** | -0.259 | 0.792*** | -0.818** | 0.810*** | 0.728** | 0.737** | 0.849*** | 0.444 | 0.444 | | | | | | | | |
| <i>Spiophanes bombyx</i> (SB) | 0.107 | 0.222 | 0.041 | 0.337 | 0.204 | -0.138 | 0.136 | 0.386 | 0.617* | 0.689** | 0.264 | 0.068 | 0.412 | | | | | | | |
| <i>Clymenella koreana</i> (CK) | 0.747** | 0.479 | -0.643** | -0.308 | 0.773** | -0.630* | 0.623* | 0.476 | 0.672** | 0.522* | 0.374 | 0.592* | 0.739** | 0.232 | | | | | | |
| <i>Scalibregma inflatum</i> (SI) | 0.918*** | 0.664** | -0.849*** | -0.192 | 0.763** | -0.692** | 0.691** | 0.375 | 0.551* | 0.448 | 0.268 | 0.539* | 0.613* | -0.070 | 0.815*** | | | | | |
| <i>Adontohira subquadrata</i> (AS) | 0.640** | 0.271 | -0.702** | -0.271 | 0.770** | -0.816*** | 0.815*** | 0.790*** | 0.736** | 0.877*** | 0.570* | 0.438 | 0.914*** | 0.512 | 0.748** | 0.601 | | | | |
| <i>Magslona japonica</i> (MJ) | 0.447 | 0.391 | -0.420 | 0.348 | 0.533* | -0.641* | 0.637* | 0.798*** | 0.505 | 0.748** | 0.506 | 0.220 | 0.533* | 0.540* | 0.246 | 0.268 | 0.603** | | | |
| <i>Praxitella affinis</i> (PA) | 0.677** | 0.449 | -0.737** | -0.028 | 0.703** | -0.764** | 0.764** | 0.660** | 0.814*** | 0.819*** | 0.358 | 0.511 | 0.827*** | 0.413 | 0.544* | 0.545* | 0.814*** | 0.643** | | |
| <i>Lumbrinerides hepashii</i> (LH) | -0.828*** | -0.596* | 0.788*** | -0.054 | -0.783** | 0.797*** | -0.802*** | -0.550* | -0.842*** | -0.768** | -0.493 | -0.648** | -0.763** | -0.320 | -0.608* | -0.701** | -0.762** | -0.609* | -0.881*** | |
| <i>Urothoe grimaldii japonica</i> (UG) | -0.801*** | -0.351 | 0.750** | -0.004 | -0.628* | 0.668** | -0.676** | -0.422 | -0.266 | -0.262 | -0.496 | -0.525* | -0.519* | 0.188 | -0.563* | -0.723** | -0.473 | -0.266 | -0.467 | 0.635* |

상관관계

BIO-ENV 분석결과 조사해역의 대형저서동물 분포에 영향을 미치는 주된 환경요인은 수심, TOC, 평균입도였으며, 상관관계 값이 0.886으로 가장 높았다. 평균입도가 제외된 경우 0.878로 다음으로 높은 상관관계를 보였다. 조사된 각 요인간의 상관관계 분석에서는 수심과 표층수온, 퇴적물온도, TOC, 니질함량이 높은 양의 상관관계를 가지며, 사질함량과는 음의 상관관계를 보였다(Table 5). TOC는 퇴적물온도 및 사질함량과 음의 상관관계를 가지고, 니질함량과는 양의 상관관계를 보였다(Table 5). 출현 종수는 상대적으로 TOC와 높은 양의 상관관계를 보였으며, 출현 밀도는 TOC, 니질함량, 평균입도, 출현 종수와 높은 양의 상관관계를 보였다(Table 5). 생물량의 경우 니질함량 및 평균입도와 양의 상관관계를 보였다(Table 5). 조사해역에서 출현한 주요 우점종 및 기여종의 경우 다모류 *S. bombyx*를 제외한 대부분의 종이 수심, 퇴적물온도, TOC, 입도조성과 상관관계를 보였다(Table 5). 다모류 *S. longifolia*, *C. koreana*, *S. inflatum*, *M. japonica*, *Praxillella affinis*(꼬리대나무갯지렁이)와 이매패류의 *A. subquadrata*는 퇴적물온도와 니질함량에 대해 양의 상관관계를 보였으며, 반대로 다모류 *L. hayashii*와 단각류 *U. grimaldii japonica*는 수심, TOC, 니질함량에 대해 음의 상관관계를 보였다(Table 5).

4. 고찰

환경요인

우리나라 동해안은 서·남해안과 달리 좁은 해안을 따라 발달한 사질해빈의 조하대에서 사질퇴적상이 우세하게 나타나며 수심의 경사도가 급한 편이다(Kim *et al.* 2001). 본 조사해역인 후포주변해역도 이러한 동해안의 일반적 특성과 비슷한 양상을 보여 연안에서부터 외해역으로 갈수록 깊어지는 뚜렷한 수심에 따라 저서환경구배가 이루어지고 있었다. 즉 조사해역의 20 m 이하의 얕은 수심에 위치한 정점들은 상대적으로 높은 사질함량, 낮은 TOC, 여름철 높은 퇴적물온도를 보이는 특성을 가지며, 20 m 이상의 수심을 보인 정점들은 반대로 상대적으로 높은 니질함량, 높은 TOC, 겨울철 높은 퇴적물온도를 보였다. 연안에서부터 수심 100 m 정도까지의 범위가 포함된 강릉연안(Choi *et al.* 2000)의 정점간 평균입도 0.93-2.63와 비교할 때 본 조사해역의 조사가 상대적으로 좁은 범위에서 수행되었음에도 다양한 퇴적상을 보이는 것으로 나타났다. 특히 수심구배에 따른 니질 퇴적상의 증가가 뚜렷한 특징으로 나타났다. 본 조사해역과 같이 인위적 환경 간섭요인이 적은 곳에서는 퇴적상과 더불어 파랑에 의한 서식지교란, 강우기 남대천 담수 유입으로 인한 염분도의 변화

및 일시적 유기물량 증가가 예상되었지만 조사에서 나타난 환경요인 결과만으로는 객관적인 판단이 불가능하였다. 따라서 향후 동해역 저서생태계의 명확한 이해를 위해서는 파랑에 따른 수심별 퇴적물 변화, 강우기 육상기원 유기물의 확산 등에 관한 연구가 필요한 것으로 보인다.

대형저서동물

일반적으로 니질함량이 높은 퇴적상에는 퇴적물식성의 대형저서동물이 우세하게 출현하며, 반대로 사질함량이 높은 퇴적상에는 우세한 곳에서는 부유물식자가 우세하게 출현한다(Sanders 1958). 또한 해수의 유동이 원활한 사질 퇴적상에는 상대적으로 낮은 유기물함량으로 인해 부유물식성의 이매패류 및 갑각류의 출현이 우세하거나 육식자의 출현이 높다(Maurer and Leathem 1981; Frouin 2000). 이러한 양상은 동해안 강릉연안 사질해역에서도 유사하게 나타났으며, 특히 갑각류 중 단각류의 비율이 높았다(Choi *et al.* 2000). 본 조사해역의 경우 전체적으로는 다모류가 출현 종수 및 개체수 측면에서 가장 우점하였으나, 사질함량이 상대적으로 높은 연안역 정점에서는 갑각류의 비율이 비슷하거나 높은 것으로 나타났다. 채집 장소, 시기, 반복 횟수의 이질성으로 인해 객관적 비교는 어려우나 본 조사에서 출현한 종수(319종) 및 개체수(1,972 ind./m²)를 우리나라 다른 지역의 결과와 단순 비교해보면, 동해안 강릉연안(Choi *et al.* 2000) 163종, 1,187 ind./m², 울산만과 온산만(Shin *et al.* 2001) 117종, 535 ind./m², 영일만(Shin *et al.* 1992) 다모류 72종, 1,485 ind./m², 남해안 진해만(Lim and Hong 1997) 289종 1,045 ind./m², 앵강만(Lim *et al.* 1999) 233종, 1,358 ind./m², 서해안 경기만 대부분(Lim and Choi 1998) 209종, 1,093 ind./m², 인천연안(Koh *et al.* 1997) 231종 455 ind./m²와 비교하여 월등히 높음을 알 수 있다. Choi *et al.*(2000)은 강릉연안 사질퇴적상에 서식하는 대형저서동물 조사를 통해 동해 사질해역에서도 대형저서동물은 높은 서식밀도와 생물량을 보이고 있으며, 동해역 전체 저서생태계 내에서 대형저서동물이 가지는 중요한 역할을 언급한 바 있다. 본 조사해역에서 나타난 대형저서동물의 출현 종수, 개체수, 생물량으로 미루어 볼 때 후포주변해역은 우리나라 어느 지역보다 높은 생물다양성과 생물량을 지니는 지역으로 판단된다.

분포특성

대형저서동물군집은 수심, 퇴적상 등 다양한 환경요인 및 종간 혹은 종내 경쟁 등의 생물학적 요인에 대한 서식생물의 반응으로 인해 분포 특성이 구분되어 진다. 특히 이러한 생물분포의 차이는 우점종의 분포특성을 통해 확연히 드러난다. 본 조사해역인 후포주변해역은 수심구배

에 따른 환경요인의 특성과 이로 인한 생물분포의 차이로 인해 정점군이 형성되었다. 정점군의 차이를 유발하는 주요 우점종 및 기여종은 다모류의 *S. bombyx*, *S. longifolia*, *M. japonica*, *L. hayashii*, 이매패류의 *A. subquadrata*, 단각류의 *U. grimaldii japonica* 등이었다. 서관을 형성하는 표층퇴적물식자인 *S. bombyx*는 동해안에서 일반적으로 우점하게 출현하는 종으로 알려져 있다(Choi and Koh 1988). *S. bombyx*는 본 조사해역에서도 가장 우점하는 종으로 영일만(Shin et al. 1992)에서 보고된 557 ind./m²와 비슷한 양상을 보였다. *S. bombyx*는 특정 서식지에서 극우점하는 양상을 보이며, 사질의 함량이 높은 곳을 선호하는 것으로 알려져 있다(Shin et al. 1992; Choi et al. 2000). 특히 서관을 형성하는 이들 종이 높은 밀도로 존재할 경우 퇴적물을 안정화 시키는 역할을 한다(Thrush et al. 1996). 본 조사해역의 일부정점에서 최대 3,430 ind./m²로 출현하였으며, 정점에 따른 출현개체수의 차이가 뚜렷하여 상대적으로 깊은 수심의 정점으로 이루어진 정점군 I를 다시 정점군 I-I와 I-II로 나누는 중요한 요인으로 작용하였다. *S. bombyx*는 상관관계분석에서 퇴적물입도와 수심 등 주요 환경요인과의 통계적 유의성을 보이지 않았다. 하지만 여름철 후포항에 인접한 연안정점에서 높게 출현한 것을 제외하면 20-30 m 수심대의 정점에서 특이하게 높은 개체수로 연중 출현하는 양상을 보였다. 따라서 후포주변해역과 같이 전 정점에서 사질퇴적상이 우세한 지역에서는 퇴적상 이외에 다른 요인이 *S. bombyx*의 분포에 영향을 주는 것으로 판단된다. 즉, 10 m 내외의 얇은 수심대에서는 여름철 *S. bombyx*의 일시적인에 가입이 이루어지기는 하지만 저층에 가해지는 파랑에 의한 퇴적상의 물리적 교란에 의해 지속적인 서식에 제한을 받는 것으로 보인다. 실제 조사에서도 수심 10 m 내외의 정점에서는 겨울철 *S. bombyx*가 거의 출현하지 않았으며, 여름철 대부분 어린개체들만 출현하는 것이 관찰되었다. 한편, 30 m 이상 수심대에서는 거미불가사리류 *O. sarsii*와 같은 대형 표층퇴적물식자들과의 공간경쟁에 의한 서식처 배제가 한 요인으로 추정된다. *S. bombyx*가 정점군 I-II의 특징종이라면, 정점군 I-I에는 다모류 *M. japonica*와 이매패류 *A. subquadrata*가 특징종으로 파악되었다. *M. japonica*는 동해안 울산만(Yi et al. 1982) 81 ind./m², 영일만(Shin et al. 1992) 32 ind./m², 울산만과 온산만(Shin et al. 2001) 7 ind./m², 강릉 연안(Choi et al. 2000) 2 ind./m², 남해안 영강만(Lim et al. 1999) 25 ind./m², 광양만(Shin and Koh 1990) 13 ind./m²와 비교하여 월등히 높은 출현밀도를 보였다. 특히 정점 10에서는 *M. japonica*의 전체 출현개체수의 74%인 1,878 ind./m²가 출현하여 극우점하는 양상을 보였다. 니질 함량과 평균입도와 상관관계가 있는 것으로 나타나 상대적으로 니질의 함량이 높은

깊은 수심을 선호하는 것으로 나타났으나, 특정 정점에서의 극우점하여 이들의 분포에 대한 명확한 이해는 어려웠다. 이매패류 *A. subquadrata* 역시 정점군 I-I가 속한 외해역 정점에서 주로 출현하였으며, 특히 남대천 북부에 위치한 외해역 정점에서 높은 밀도를 보였다. *A. subquadrata* 대한 생태학적 연구결과가 거의 없어 명확한 분포특성을 밝히기 어려우나 우점적으로 출현한 다모류 *S. longifolia*와 아주 큰 양의 상관관계를 보이는 것으로 미루어 볼 때, 상대적으로 니질함량 및 유기물에 대한 선호도를 가지는 것으로 판단된다. 본 조사해역에서 두 번째 우점종인 다모류 *S. longifolia*는 Imajima와 Higuchi(1975)에 의해 *Lumbrienris longifolia*로 신종 보고되었던 종으로 최근 이종의 원기재자인 Imajima에 의해 재기재되었다(今島実 2001). *S. longifolia*는 우리나라의 여러 연안 해역에서 우점종으로 보고된 바 있으며(Yi et al. 1982; Shin and Koh 1990), 니질이 우세한 혼합된 퇴적상을 선호하며 진해만 가두리양식장의 빈산소 수괴에서도 출현하는 잠재적인 유기물오염지시종이다(Lim et al. 2006). 동해 영일만(Shin et al. 2001)에서 103 ind./m², 울산만에서 257 ind./m²가 출현하여 본 조사해역과 비교하여 적거나 비슷한 양상을 보였다. 영일만 및 울산만은 동해안에서도 비교적 안정된만이 형성되고 주변의 산업단지로부터 유입되는 인위적 가입요소가 많은 곳이다. 따라서 사질퇴적상이 우세하고, 인위적 유기물 가입원이 우리나라 서·남해안에 비해 상대적으로 적은 후포주변해역에서 *S. longifolia*가 본 조사 결과에서와 같이 높은 개체수로 출현한 것은 특이한 현상으로 판단된다. 단, 본 조사에서 출현한 *S. longifolia*는 수심, TOC, 니질함량과 양의 상관관계를 가지고 있어 어느 정도 이종의 특성을 반영하고 있었다. 정점 간 편차는 있으나, 니질함량이 상대적으로 높은 정점에서 큰 계절변동 없이 아주 안정적으로 분포하고 있는 것으로 나타났다. 한편, 남대천 하류에 위치한 정점에서 상대적으로 높은 출현 밀도를 보인 것은 하천수 유입으로 인한 육상기원 유기물의 영향으로 추정된다. 연안에 위치하고 낮은 수심의 정점으로 이루어진 정점군 II는 다모류의 *S. bombyx*, *L. hayashii*, *M. japonica*와 단각류의 *U. grimaldii japonica*의 출현 밀도에 따라 다시 3개의 정점군으로 구분되었다. 또한 정점군 II는 각 정점군에서 출현하는 우점종들의 계절변동에 따라 정점군 I에 비하여 불안정한 군집의 양상을 보였다. 다모류의 *L. hayashii*는 국내에서의 출현 및 생태적 특성에 대해서 아직 알려진 바가 없는 종이다. 수심 10 m 내외의 정점 1, 4, 5, 13에서 우점적으로 출현하였으며, 사질함량에 대해 높은 양의 상관관계를 가지고 있었다. 봄철에 다소 밀도가 증가하는 경향을 보이나 연중 큰 변화없이 출현하는 것으로 보아 기회종의 특성은 없는 것으로 판단된다. 따라서 사질함량이 95% 이상으로 높고,

파랑에 의한 퇴적상 교란에 적응된 종으로 판단된다. 단각류인 *U. grimaldii japonica*는 퇴적물 표층의 구조 및 테트리티스를 주요 먹이원으로 하는 굴착성 생활방식을 한다 (Yu *et al.* 2002). 태안 해사채취 지역에서의 연구결과 모래의 함량 및 감열감량과 유의한 상관관계를 가지고 있었으며, 해사채취로 인한 환경변화에 민감하게 반응하는 생물군으로 해사채취로 인한 저서생태계 변동을 감시하는 지시자로서의 가능성을 밝힌바 있다 (Yu *et al.* 2006). 또한 강릉 사질퇴적상에서는 이 종을 포함할 것으로 추정되는 *Urothoidae* spp.의 출현이 수심이 얇은 연안 정점에서 높았으며, 원활한 해수유동이 이 종들에 유리한 서식 조건으로 밝힌바 있다 (Choi *et al.* 2000). 본 조사해역에서도 역시 얇은 수심대에서 높게 출현하고 사질 함량과 높은 양의 상관관계를 보여 모래 지역을 선호하는 이 종의 서식 특성을 잘 반영하고 있었다. 특히 이 종은 본 조사해역의 북쪽 연안에 위치한 정점 1과 4에서 주로 출현하였으며, 봄철과 여름철에만 출현하였다. 따라서 계절에 따른 일시적인 기회종의 특성도 있는 것으로 판단된다. 본 조사에서 나타난 또 하나의 특이한 사항은 본 조사해역에 분포하는 대부분의 우점종이 북쪽에 위치한 정점에서 상대적으로 더 높은 밀도를 보인다는 점이다. 현재까지의 결과로 명확한 분석은 어려우나, 남대천으로 부터의 육상 기원 유기물 가입, 북부 구산리 연안에 넓게 분포하는 암반해역으로부터의 유기물 가입이 하나의 추론 가능한 요인으로 생각된다. 따라서 향후 동해연안에 서식하는 대형저서동물의 생태특성을 파악하기 위해서는 각 우점종에 대한 개체군 특성에 관한 연구와 더불어 계절에 따라 유입되는 육상기원 유기물의 영향과 암반해역에서 기인하는 해조류 기원 유기물의 확산에 대한 연구가 병행될 필요성이 있다.

참고문헌

- 今島実. 2001. 環形動物 多毛類 II. 生物研究社. 542 p.
- Bilyard, G. 1987. The value of benthic infauna in marine pollution monitoring studies. *Mar. Pollut. Bull.*, 18, 581-585.
- Boyden, C.R. and C. Little. 1973. Faunal distribution in soft sediments of the Severn Estuary. *Estuar. Coast. Mar. Sci.*, 1, 203-214.
- Choi, J.W. and C.H. Koh. 1988. The polychaete assemblages on the continental shelf off the southeastern coast of Korea. *J. Oceanogr. Soc. Kor.*, 23, 169-183.
- Choi, J.W., J.G. Je, J.H. Lee, and H.S. Lim. 2000. Distributional pattern of macrobenthic invertebrate on the shallow subtidal sandy bottoms near Kangrung, east coast of Korea. *J. Kor. Soc. Oceanogr.*, 5, 346-356.
- Clarke, K.R. and M. Ainsworth. 1993. A method of linking multivariate community structure to environmental variables. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 92, 205-219.
- Daan, N. 1973. A quantitative analysis of the food of North Sea cod (*Gadus morhua*). *Neth. J. Sea Res.*, 6, 479-517.
- Frouin, P. 2000. Effects of anthropogenic disturbances of tropical soft-bottom benthic communities. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 194, 39-53.
- Gray, J.S. 1974. Animal-sediment relationship. *Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev.*, 12, 223-261.
- Imajima, M. and M. Higuchi. 1975. Lumbrineridae of polychaetous annelids from Japan, with descriptions of six new species. *Bull. Nat. Sci. Mus. Tokyo, Ser. A*, 1, 5-37.
- Kim, A., J.L. Lee, and B.H. Choi. 2001. Analysis of wave data and estimation of littoral drifts for the eastern coast of Korea. *J. Kor. Soc. Mar. Environ. Eng.*, 13, 18-34.
- Koh, B.S., J.H. Lee, and J.S. Hong. 1997. Distribution pattern of the benthic macrofaunal community in the coastal area of Incheon, Korea. *J. Kor. Soc. Oceanogr.*, 2, 31-41.
- KORDI. 2005. Studies on the development of East, West and Jeju marine ranching program in Korea. KORDI. BSPM 30600-1663-3. 319 p.
- Lim, H.S. and J.S. Hong. 1997. Ecology of the macrozoobenthos in Chinhae Bay, Korea. 2. Distribution pattern of the major dominant species. *J. Kor. Fish. Soc.*, 30, 161-174.
- Lim, H.S. and J.W. Choi. 1998. Macrobenthic community at the subtidal area around Taebudo in Kyonggi Bay, Korea. *J. Kor. Fish. Soc.*, 31, 453-462.
- Lim, H.S., R.J. Diaz, J.S. Hong, and L.C. Schaffner. 2006. Hypoxia and benthic community recovery in Korean coastal waters. *Mar. Pollut. Bull.*, 52, 1517-1526.
- Lim, H.S., H.S. Park, J.W. Choi, and J.G. Je. 1999. Macrobenthic community of the subtidal soft bottom of Aenggang Bay in the southern coast of Korea. *J. Kor. Soc. Oceanogr.*, 4, 80-92.
- Maurer, D. and W. Leathem. 1981. Polychaete feeding guilds from Georges Bank, USA. *Mar. Biol.*, 62, 161-171.
- Olsford, F. and J.S. Gray. 1995. A comprehensive analysis of the effects of offshore oil and gas exploration and production on the benthic communities of the Norwegian continental shelf. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 122, 227-306.
- Pearson, T.H. and R. Rosenberg. 1978. Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev.*, 16, 229-311.
- Sanders, H.L. 1958. Benthic studies in Buzzards Bay. I. Animal-sediment relationship. *Limnol. Oceanogr.*, 3, 245-

- 258.
- Shannon, C.E. and W. Wiener. 1963. *The Mathematical Theory of Communication*. Univ. Illinois Press, Urbana. 177 p.
- Shin, H.C. and C.H. Koh. 1990. Temporal and spatial variation of polychaete community in Kwangyang Bay, southern coast of Korea. *J. Oceanogr. Soc. Kor.*, 25, 205-216.
- Shin, H.C., S.M. Yoon, and C.H. Koh. 2001. Spatial distribution of benthic macrofaunal community in Ulsan Bay and Onsan Bay, eastern coast of Korea. *J. Kor. Soc. Oceanogr.*, 6, 180-189.
- Shin, H.C., S.S. Choi, and C.H. Koh. 1992. Seasonal and spatial variation of polychaetous community in Youngil Bay, southeastern Korea. *J. Kor. Soc. Oceanogr.*, 26, 77-82.
- Snelgrove, P.V.R. 1998. The biodiversity of macrofaunal organic in marine sediments. *Biodiv. Conserv.*, 7, 1123-1132.
- Snelgrove, P.R.V. and C.A. Butman. 1994. Animal-sediment relationships revisited: cause versus effect. *Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev.*, 32, 111-177.
- Thistle, D. 1981. Natural physical disturbances and communities of marine soft bottoms. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 6, 223-228.
- Thrush, S.F., R.B. Whitlatch, R.D. Pridmore, J.E. Hewitt, V.J. Cummings, and M.R. Wilkinson. 1996. Scale-dependent recolonization: the role of sediment stability in a dynamic sandflat habitat. *Ecology*, 77, 2472-2487.
- Yi, S.K., J.S. Hong, and J.H. Lee. 1982. A study on the subtidal benthic community in Ulsan Bay, Korea. *Bull. KORDI*, 4, 17-26.
- Yu, O.K., H.Y. Soh, and H.L. Suh. 2002. Seasonal zonation patterns of benthic amphipods in a sandy shore surf zone of Korea. *J. Crust. Biol.*, 22, 459-466.
- Yu, O.K., H.G. Lee, J.H. Lee, and D.S. Kim. 2006. Impacts of sand mining on the macrobenthic community in Gyeonggi Bay, Korea. *Ocean and Polar Res.*, 28, 129-144.

Received May 9, 2007

Accepted Jun. 12, 2007