

인천 송도지역 척전 갯벌 대형저서동물의 군집 생태학

1. 군집의 구조

홍재상* · 서인수
인하대학교 해양학과

The Community Ecology of Benthic Macrofauna on the Cheokjeon Tidal Flat, Incheon, Korea 1. Community Structure

JAE-SANG HONG* AND IN-SOO SEO

Department of Oceanography, Inha University, Incheon 402-751, Korea

인천 동춘동 척전 갯벌 저서동물의 군집구조를 알아보기 위하여 3개의 정점을 대상으로 1990년 9월부터 1992년 7월까지 2개년동안 격월별로 현장조사를 실시하였다. 조사 기간 중 총 111종, 평균 708.1 개체/m²와 214.9 gWWt/m²의 저서동물이 채집되었다. 출현 종 수와 개체수에 있어서는 환형동물의 다모류가, 생물량에 있어서는 연체동물과 극파동물이 대표적인 분류군이였다. 조위에 따른 저서동물의 출현 경향은 종 수와 개체수는 갯벌의 하부로 갈수록 뚜렷하게 증가하는 결과를 보였고, 생물량은 갯벌의 중부에서 가장 높았다. 척전 갯벌의 집괴분석 결과에 의하면, 3개의 정점군과 4개의 종군으로 구분할 수 있었다. 정점군은 조위에 따라 상부, 중부 그리고 하부 정점 그룹으로 나뉘었고, 종군은 다음과 같았다: 1) 중하부 광역분포 종군으로 *Heteromastus filiformis-Mactra veneriformis-Solen strictus-Ilyoplax pingi* 군집, 2) 상부 분포 종군으로 *Nephtys chemulpoensis-Cyclina sinensis-Macrophthalmus japonicus* 군집, 3) 중부 분포 종군으로 *Glycera subaenea-Decorifer matusimana-Tritodynamia rathbuni* 군집, 4) 하부 분포 종군으로 *Nephtys polybranchia-Bornioopsis tsurumaru-Asthenognathus inaequipes-Protankyra bidentata* 군집으로 구분되었다.

An ecological study was performed to investigate the community structure of the benthic macrofaunal assemblage on the Cheokjeon tidal flat, Incheon, Korea. Benthic samples were collected between Sept. 1990 and July 1992 at three stations to compare environmental factors with the structure of benthic community among stations and seasons. Overall, macrofauna comprised a total of 111 species, and the mean density (708.1 ind./m²) and biomass (214.9 gWWt/m²). The number of species and individuals of polychaetes, molluscs and crustaceans made up more than 80% of the total number. On the other hand, in terms of biomass, bivalves and holothuroideans indicated that they were the dominant faunal groups. Hierarchical classification using the Bray-Curtis coefficient categorized samples into 3 station and 4 faunal groups. In terms of q-mode, there consisted of upper, middle and low tidal flat stations, respectively. And four faunistic groups were established as follows: 1) *Heteromastus filiformis-Mactra veneriformis-Solen strictus-Ilyoplax pingi* (wide-ranging elevation specialists), 2) *Nephtys chemulpoensis-Cyclina sinensis-Macrophthalmus japonicus* (high elevation specialists), 3) *Glycera subaenea-Decorifer matusimana-Tritodynamia rathbuni* (middle elevation specialists) and 4) *Nephtys polybranchia-Bornioopsis tsurumaru-Asthenognathus inaequipes-Protankyra bidentata* (low elevation specialists).

서론

우리나라의 서해안은 대조차 환경의 조석 작용으로 인하여 넓은 면적의 갯벌이 곳곳에 형성되어 있다. 갯벌은 해양 생태계의 먹이사슬이 시작되는 환경으로 다종다양한 해양생물의 서식처이자, 유용한 생물자원의 성육이 집중적으로 이루어지는 장소로 매우 중요하다(Reise, 1985). 그러나, 지금까지 갯벌의 중요성에 대

한 인식 부족과 국토확장을 위한 대체가용 환경으로의 시각이 지배적이었고, 매립과 간척사업을 통하여 농지나 도시 및 산업용지로 개발하고 있는 실정이다. 따라서, 이러한 사업들의 지속적인 계획과 수행은 생물 생산력이 탁월한 갯벌 생태계를 소실케하는 결과를 초래하고 있으며(Beukema, 1989), 우리나라 해양 생태계에 많은 부정적인 영향을 끼치고 있다(해양수산부, 1998).

한편, 갯벌에 서식하는 생물은 조석간만의 차에 따른 대기로의 주기적인 노출로 인한 건조의 문제, 수온과 기온 등의 기후적 변화 및 퇴적물의 입도 조성 변화에 많은 영향을 받는다. 또한, 무

*Corresponding author: jshong@inha.ac.kr

기적 환경 요인과 함께 생물 상호간의 포식과 피식 활동 등은 갯벌 생물의 분포와 군집구조를 결정하는 중요한 요소로서 작용한다(Whitlatch, 1977; Peterson, 1991).

갯벌에 서식하는 대형저서동물을 대상으로 하는 연구는 그 해역의 물리적인 환경 요인과 군집 구조를 우선적으로 조사하고, 이러한 연구 결과를 토대로 다년간의 지속적인 조사를 수행하여 저서동물 군집 구조의 장기적인 변동 양상을 파악하는 것이 일반적이다(Beukema, 1976, 1989; Beukema and Essink, 1986). 국내에서도 갯벌에 대한 연구가 1970년대 이래 연안수역의 개발과 함께 서식 생물상을 대상으로 꾸준히 이루어져 왔다. 특히, 본 연구가 수행된 송도 일대 갯벌은 유용 종패의 생산(최, 1971)을 비롯하여 갯벌 생물의 조성, 분포, 군집구조, 개체군 역학 그리고 장기변동에 관한 연구 등이 수행되었다(Frey *et al.*, 1987; 박, 1991; 신, 1992; Ahn and Choi, 1998; Yoo, 1998). 그럼에도 불구하고, 지금까지 우리나라 서해안 갯벌을 대상으로 수행된 대형 저서동물의 전반적인 군집 연구가 일과성(snap-shot)의 성격이었다. 본 연구는 채집면적으로는 1 m²를, 시간적으로는 2년이라는 장기적이고 지속적인 조사로 갯벌에 서식하는 대형저서동물 군집의 구조를 파악하는데 초점을 맞추었다.

재료 및 방법

조사지역의 환경특성

인천 송도지역의 척전 갯벌은 북위 37°25' 00", 동경 126°37' 30"에 위치한 지역으로 간조시 노출거리가 최대 4~5 km에 달한다(Fig. 1). 본 지역이 속하는 경기만은 10월에서 5월 사이에 건조한 북서 계절풍의 영향을 받고, 최대 평균 풍속은 4 m/sec이다. 조사 기간 중 연평균 대기온도는 11.6°C로 1월에 가장 낮은 -2.3°C, 8월에 가장 높은 24.7°C를 기록하였다. 수온은 연 평균 12.9°C이며, 2월에 1.3°C로 가장 낮았고, 8월에 24.7°C로 가장 높았다(중앙기상대, 1990~1992). 한편, 평균 소조차는 3~3.5 m, 대조차는 8

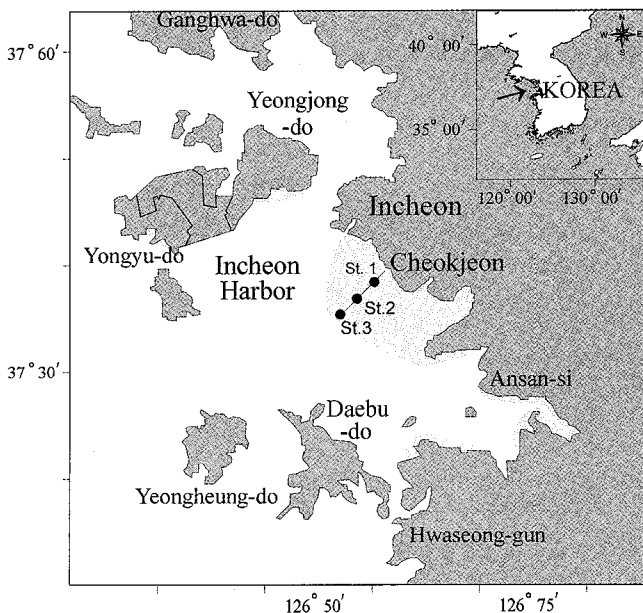


Fig. 1. Sampling stations of the Cheokjeon macrotidal flat, Incheon, Korea.

~9 m 범위이다. 대조시 창조류의 유속은 0.9~1.8 m/sec이며, 낙조류의 유속은 1.2~2.3 m/sec의 범위이다(봉, 1978). 부유 퇴적물의 농도는 대략 15~332 mg/l로 평균 68.5 mg/l를 나타냈다. 조석의 혼합작용으로 인한 용존산소 농도는 8 mg/l로 높게 나타났다(Choi and Shim, 1986). 특히, 척전 갯벌은 타 지역과 비교하여 수로 및 염생식물 군락이 발달되어 있지 않은 지역으로 주로 니질 실트(clayey silt)와 세립질 모래(fine-grained sand)로 구성되어 있다(Frey *et al.*, 1987).

환경요인의 분석

무기 환경요인으로는 퇴적물의 입도 조성, 함수율과 강열감량에 의한 유기물 함량을 측정하였다. 퇴적물의 입도 분석은 Stoke's law에 근거하여 입자의 침강속도를 이용한 피펫방법으로 각 입도별 시료의 질량을 측정하였고, 조직 표준치는 Folk and Ward(1957)의 식을 이용하였다. 유기물 함량 측정은 건조된 퇴적물 시료의 일부를 분말화하여 0.001 mm 망목의 체로 거른 후, 이 중 2 g을 추출하여 600°C에서 2시간 연소시켰다. 그 후 연소전과 후의 무게 손실량을 백분율로 환산하였고, 2회의 평균값을 분석에 이용하였다. 함수율은 110°C에서 24시간 건조시킨 후, 퇴적물의 건조 전과 후의 무게의 손실 차로 계산하였고, 이를 건조 전 무게에 대비한 백분율로 환산하였다.

저서동물의 채집과 자료 분석

현장조사는 1990년 9월부터 1992년 7월까지 갯벌의 상부에서부터 500 m, 1500 m, 3000 m 지점에 각각의 정점을 선정하여 격월별로 실시하였다. 저서동물의 채집은 rectangular can corer(15 cm × 20 cm × 30 cm)를 사용하여 저질 표면적 1 m²를 깊이 30 cm까지 각 정점별로 30회의 저질시료를 채취하였다. 이를 1 mm 망목의 체를 이용하여 저서동물을 분리한 후, 현장에서 10%의 중성 포르말린으로 고정하여 실험실로 운반하였다. 그 후 분류군 별로 선별한 후 종 단위까지 동정하였고, 개체수 계수와 생물량을 측정하였다.

저서동물 군집의 구조를 파악하기 위하여, 다양성 지수(Shannon and Weaver, 1949), 풍부도 지수(Margalef, 1958), 균등성 지수(Pielou, 1975) 및 우점도 지수(Simpson, 1949) 등의 생태학적 제 지수를 분석하였다. 출현 종과 개체수의 자료를 이용한 집괴분석은 각 정점간의 비상사도(dissimilarity)를 파악하기 위하여, Bray and Curtis(1957)의 percent dissimilarity index를 이용하였다. 비상사도 지수 행렬로부터 각 조사 정점과 출현 종을 연결하는 방법으로는 Lance and Williams(1967)의 β를 -0.25로 하는 WPGMA(Weighted Pair-Grouping Method using Average)를 사용하였다. 단 본 연구에서는 생물자료의 분석을 위하여 출현 종의 수, 개체수 및 생물량은 0.2 m²의 5회 평균값과 표준편차를 기술하였으며, 무기환경 인자에 대해서는 주성분 분석을 실시하였다.

결과 및 토의

표층 퇴적물의 입도 조성, 유기물 함량 및 함수량

퇴적물의 입도 조성을 보면, 평균 입도는 갯벌의 상부인 정점 1에서 평균 4.7 φ(clayey silt), 정점 2에서 4.0 φ(sandy silt) 그리고 정점 3에서는 3.7 φ(silty sand)로 나타났다(Fig. 2; Table 1). 평균

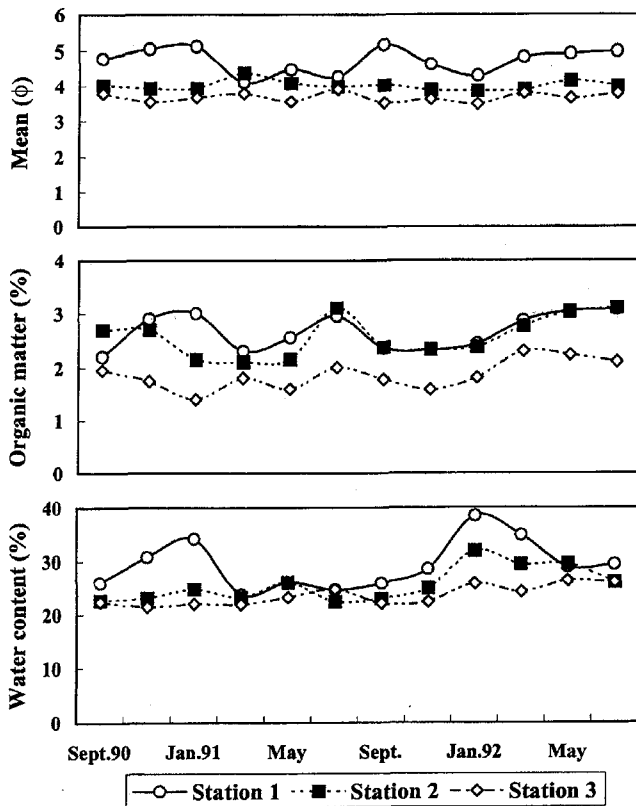


Fig. 2. Seasonal and station variation of grain size, organic matter, and water content in the surface sediment.

입도의 계절적 변화를 보면, 정점 1은 1990년 11월, 1991년 1월 및 9월에 5.0 ϕ 이상으로 세립하였고, 기타 시기에는 4.3~5.0 ϕ 의 범위를 보였다. 중부인 정점 2는 1991년 11월에 3.9 ϕ 로 가장 조립하였고, 3월에 4.4 ϕ 로 가장 세립하였다. 정점 3은 3.5~3.9 ϕ 의 범위를 나타내었다. 일반적으로 연성저질에 있어서 저서동물의 군집은 기질로서 작용하는 퇴적물의 입도 조성에 의하여 일차적

로 결정되는 것으로 잘 알려져 있으며, 저서동물의 행동이나 먹이 섭취 양상에도 지대한 영향을 미치는 환경요인이라는 것이 많은 연구에서 지적되고 있다(Sanders, 1958; Rhoads and Young, 1970; Yi *et al.*, 1983; Levinton, 1995). 이 밖에도 분급도(Nichols, 1970; Flint, 1981; Gray, 1981; 정, 1997), 모래와 펄의 함량(Flint, 1981; Weston, 1988) 등 다양한 퇴적학적 변수들이 저서동물의 분포에 영향을 미친다. 척전 갯벌의 퇴적물 평균 입도는 갯벌의 상부 정점에서부터 하부로 갈수록 점차적으로 조립해지는 결과를 보였고, 조위에 따라 뚜렷한 분포 패턴을 보이고 있었다. 또한, 퇴적물 입도 크기의 정점별 비교에 있어서도 중부와 하부의 차이보다는 상부와 중·하부의 차이가 더 크고, 시간에 따른 변화도 중·하부의 정점에서 보다는 상부 정점에서 더욱 크게 나타나고 있었다. 한편, 퇴적상은 상부에서 펄 함량이 85.1%인 니질 퇴적상에서 중부 59.5%, 하부에서는 38.4% 정도를 나타내어 하부로 내려갈수록 펄 [泥質] 함량은 감소하였고, 반면 모래 [砂質] 함량은 14.9% \rightarrow 40.5% \rightarrow 61.6%로 증가하여 사질 퇴적상으로 바뀌고 있었다 (Fig. 3; Table 1).

한편, 퇴적물내의 유기물 함량과 함수량을 보면, 유기물 함량은 정점 1이 평균 2.7%였으며, 정점 2는 2.6% 그리고 정점 3은 1.9%를 나타내 전체적으로 평균 2.4%였으며, 펄 [泥質] 퇴적물의 양이 많은 상부에서 가장 높았고, 모래 [砂質] 퇴적물이 많아지는 하부로 갈수록 낮았다. 계절적으로는 봄부터 증가하는 양상을 보이다가 여름에 최대를 기록하였다. 이 결과는 파랑 에너지의 평균적 세기와 연결되어 있는 이 지역의 수력학적 조건과 함께 여름철 강우에 따른 육상기원 부유성 유기물의 대량 유입으로 인한 1차 생산력의 증가에 기인하는 일반적인 온대지역의 패턴을 따른다고 볼 수 있다(Li, 1992). 그러나, 척전 갯벌의 유기물 함량은 인근 반월 갯벌의 3~4%(Koh and Shin, 1988) 그리고 동일 조사에서 수행된 박(1991)의 3%에 비해 상대적으로 낮은 수치를 나타내었다. 그러나 An and Koh(1992)의 만경·동진 갯벌의 그것과는 유사한 값을 보였다.

함수량은 상부에서 평균 29.3%, 중부와 하부에서 각각 25.6%와 23.5%의 값을 보여 갯벌의 하부로 갈수록 점차적으로 낮게 나

Table 1. A comparison among three stations with physical and biological components on the Cheokjeon tidal flat.

	Upper flat	Middle flat	Lower flat
Environmental			
Mean phi (ϕ)	4.7 (4.1-5.2)	4.0 (3.9-4.4)	3.7 (3.5-3.9)
Organic content (%)	2.7 (2.2-3.1)	2.6 (2.1-3.1)	1.9 (1.4-2.3)
Water content (%)	29.3 (23.7-38.5)	25.6 (22.4-31.9)	23.5 (21.4-26.3)
Mud proportion (%)	85.1 (74.4-95.4)	59.5 (50.2-76.7)	38.5 (24.4-51.9)
Sand proportion (%)	14.9 (4.6-25.6)	40.5 (23.4-49.8)	61.5 (48.1-75.6)
Faunistic			
Species number	52	72	96
Abundance (ind./m ²)	236.1	819.7	1,068.5
Biomass (gWWt/m ²)	66.5	366.5	211.6
Ecological			
Richness	4.5 (3.6-5.6)	5.8 (3.9-7.2)	5.5 (5.1-6.2)
Diversity	2.4 (2.1-2.7)	2.5 (2.3-3.0)	2.4 (1.8-2.7)
Evenness	0.1 (0.0-0.2)	0.2 (0.1-0.2)	0.2 (0.1-0.3)
Dominance	0.8 (0.7-0.8)	0.7 (0.6-0.8)	0.7 (0.5-0.7)

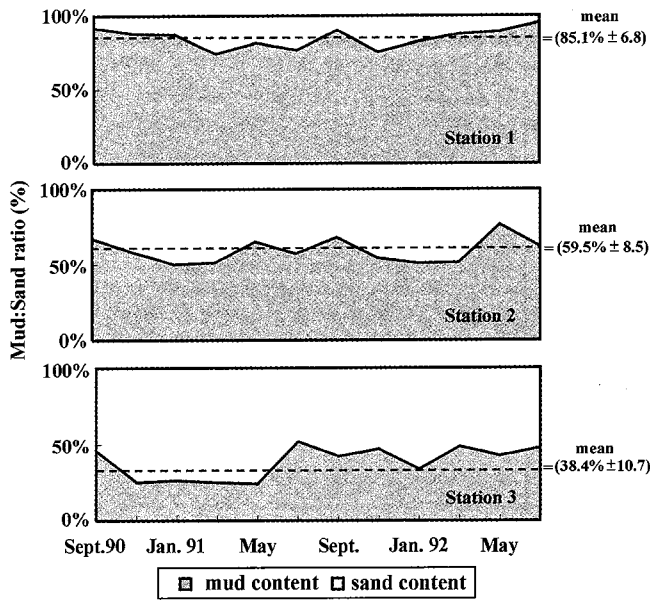


Fig. 3. Seasonal variations of mean sediment proportion (mud: sand ratio) on the Cheokjeon tidal flat.

타나고 있었으며, 계절적으로는 상부와 중부에서 조사 기간 중 매해 겨울인 1월에 30%이상으로 높게 나타나고 있었다. 반면 정점 3은 변화를 보이지 않았다(Fig. 2). 갯벌에 서식하는 대형저서동물의 분포에 영향을 미치는 환경요인 중 기질이 대기로 노출되는 간출시간은 조위와 직접적인 연관이 있으며 퇴적물 내 간극수의 함수량, 염분도, 산소량 및 대기환경으로의 전환에 따른 생물의 먹이섭취와 관련된 여러 가지 행동에 영향을 준다. 특히, 퇴적물 내의 함수량은 퇴적물의 입도 조성, 조위나 일사량에 따라 달라질 수 있는 해수의 대기로의 증발(De Wilde and Berghuis, 1979; Koh and Shin, 1988) 등 많은 환경변수에 의해서 조절되며, 일반적으로 함수량은 기후조건에 따라서 여름에 최소가 되고 겨울에 최대값을 나타낸다. 본 조사에서도 함수량이 계절적으로는 겨울에, 퇴적학적으로는 펄 함량이 많은 정점에서 높게 나타나는 특징을 보였다.

환경요인에 의한 주성분 분석

본 연구에서는 저서동물의 분포에 영향을 미치고 있다고 추정되는 퇴적물의 평균 입도, 펄과 모래의 함량, 퇴적물의 함수량, 유기물 함량(강열감량), 분급도 그리고 공기에 대한 노출시간 등을 이용하여 주성분 분석을 실시하였다(Fig. 4). 총 6개의 변수를 이용하여 주성분 분석을 실시한 결과, 제 1 주성분의 분산은 전체의 62%를, 제 2 주성분의 분산은 14%를 설명하고 있어 이 두 주성분이 전체의 76%를 설명하므로 주어진 자료를 적절히 요약하고 있었다. 제 1 주성분에 적재된 변수들의 고유 벡터값은 양의 성분에 퇴적물의 펄 함량(0.45)과 노출시간(0.42)이 적재되어 있었던 반면, 음의 성분에 적재된 변수는 사질함량(-0.45)이었다. 한편, 제 2 주성분에는 양의 값에 유기물 함량과 음의 값에 분급도가 적재되어 있었다. 이 결과, 3개 정점은 조위에 따라 각 정점별 그룹으로 뚜렷이 구분되어 분명한 환경구배가 존재하고 있음을 입증해 주었다. 주성분 분석 결과를 토대로 무기 환경적인 특징을 고려하

여 각각의 정점을 구분했을때, 정점군 1은 퇴적물의 펄 함량이 많고, 간출시간이 상대적으로 길며, 분급도가 양호한 특성을 가지고 있었으며, 정점군 2는 펄·모래 함량의 비율이 비슷하고, 유기물 함량 및 간출시간이 상부와 하부 정점 그룹의 중간 값을 가졌다. 반면 하부에 위치하는 정점군 3은 모래 함량이 가장 높았고, 반면 유기물 함량이 상대적으로 적은 특성을 가지고 있었다. 위의 결과를 보면, 척전 갯벌에서 가장 중요한 환경인자는 입도 조성 등의 퇴적학적 조직 특성값과 조위에 따른 간출시간이라고 할 수 있었으며, 이것은 이 지역에서 앞서 조사되었던 박(1991)의 결과와도 일치하였다.

출현 종 수, 개체수, 생물량의 분포 패턴 및 시·공간적인 변화

종 수의 변화: 조사 기간 중 총 111종이 채집되었고, 정점 1에서 52종, 정점 2에서 72종 그리고 정점 3에서는 96종이 출현하였다(Fig. 5; Table 1). 이들 출현 종 수를 동물군별로 보면, 각 정점에서 다모류가 평균 46.5%로 가장 높았고, 다음으로 연체동물(24.5%), 절지동물(18.8%), 기타 동물군(8.2%) 및 극피동물(2.0%) 순으로 나타났다. 이들 동물군별 점유율의 조위별로 패턴을 보면, 다모류는 조위와 상관없이 전체 출현 종 수의 44.1%~47.0%를 차지하고 있었다. 연체동물은 상부 정점에서 28.8%, 중부에서 25.0%, 하부에서 19.8%를 나타내어 하부로 갈수록 감소하는 경향을 보였으나, 갑각류는 상부에서 11.5%, 중부 20.8% 그리고 하부에서 24.0%를 나타내어 하부로 갈수록 뚜렷한 증가 추세를 보였다.

본 조사의 111종은 부산 용호만 갯벌의 33종(Yi, 1975), 경기만 해역 염하수로상 갯벌의 46종과 38종(Shin et al., 1989) 그리고 만경·동진강 하구역 갯벌의 64종(An and Koh, 1992)보다 훨씬 상회한 결과였다. 그러나, 인천 용유도 을왕리와 덕고리 갯벌의 149종과 183종(Choi, 1997) 그리고 전남 해남해역 갯벌에서의 141종(Shin, 1993)에 비하여는 낮은 수치를 보였다(Table 2). 이렇게 크게는 4배 정도의 차이가 발생하는 이유는 기본적으로 각각의 채집도구, 채집면적, 연구 대상해역의 퇴적상 그리고 조사 시기 등에서 오는 차이도 있겠지만, 다종다양한 분류군으로 구성된 저서동물의 특성을 고려해 본다면 정확한 동정(同定, identification)의 문제에서 오는 차이가 훨씬 크다고 생각된다. 특히, 이 부분에 대하여 앞으로 갯벌 생태계의 생물다양성 측면에서 더욱 많은 관심을 가지고 보다 정확한 분류학적 연구가 선행되고, 그 기반 위에서 군집 분석이 수행되어야 하며, 또 그렇게 되어야 서로 다른 연구자들에 의해 수행된 연구 결과들이 비교가 가능하다.

한편, 시간과 공간에 따른 저서동물의 변화정도를 자세하게 파악하기 위하여 채집면적을 0.2 m²로 환산하여 그 평균값과 표준편차를 구하였다. 조위별로 0.2 m²의 면적에 출현하는 평균 종 수는 정점 1이 12.6종(±2.7)/0.2 m², 정점 2와 3은 각각 20.5종(±4.5)/0.2 m²과 23.0종(±5.6)/0.2 m²이었으며, 갯벌의 상부에서 낮았고 중·하부에서 높았다. 특히, 중부와 하부에 위치한 정점 2와 3에서의 편차가 시간에 따라 상대적으로 크게 나타났던 것 또한 특징적이었다(Fig. 6).

개체수의 변화: 출현 개체수는 정점 1이 2,833 개체, 정점 2는 9,836 개체 그리고 정점 3은 12,822 개체였다(Fig. 5; Table 1). 조사 기간중 정점당 평균 출현 개체수는 708.1 개체/m²였다. 동물군별 출현 비율을 보면, 각 정점에서 다모류가 평균 49.9%를 점유

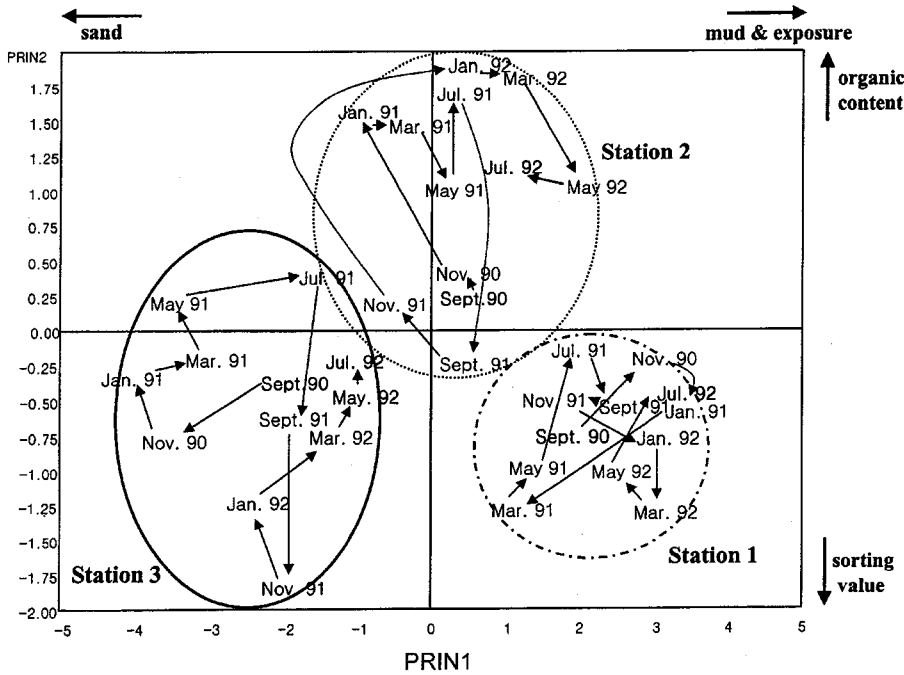


Fig. 4. Spatio-temporal variation of the study area from the Principal Component Analysis (PCA) ordination based on the environmental variables.

하였고, 그 다음으로는 연체동물이 36.5%를 차지하였다. 그 밖에 절지동물(9.5%), 극피동물(2.7%) 및 기타 동물군(1.4%) 순으로 나타났다. 이들 동물군별 개체수의 점유율을 조위별로 살펴 보면, 다모류는 상부에서 42.8%, 중부 및 하부에서 각각 49.1%와 57.7%를 나타내 하부로 갈수록 점차적으로 증가하였다. 연체동물은 상부 정점에서 35.6%, 중부에서 46.1%, 하부에서 27.7%를 나타내

어 중부에서 가장 많은 개체수가 출현하였다. 반면, 갑각류는 상부에서 19.6%, 중부 3.6%, 하부에서 5.4%를 나타내어 상부인 정점 1이 중·하부의 정점에서보다 4~5배에 해당되는 높은 개체수를 보였고, 갯벌의 중·하부에서만 출현하는 극피동물은 각각 0.4%와 7.7%의 낮은 개체수를 나타냈다.

본 조사의 평균 단위 면적당 개체수는 Shin *et al.* (1989)의 569.3

Table 2. A comparison of the number of species, sediment type and sampling methods of the other study on the tidal flat in the west coast of Korea.

Study area	No. of species	Sediment type	Sampling gear	Sampling area	No. of samples	Remarks
Yongyu Is., Eulwang	149	sand	rectangular	15 × 20 × 30 cm	60	Choi, 1997
Incheon Dukgyo	183	dominated	can corer	(6 times) = 0.2 m ²	60	
Gyeonggi Bay, Tidal 1	46	mixed	improved van	0.1 m ² × 2 times	9	Shin <i>et al.</i> , 1989
Incheon Tidal 2	38	type	Veen grab		2	
Cheokjeon, Incheon	111	3.5–5.2 φ	rectangular can corer	15 × 20 × 30 cm (30 times) = 1 m ²	36	Present study
Keum-Mankyung-Dongjin tidal flat Jeonbuk	Sura	38	1.7–3.5 φ	100 × 50 × 30 cm (0.5 m ² × 2 times)	5	An and Koh, 1992
	Ueun	24	3.6–5.3 φ		8	
	Kyungchang	10	5.7–8.0 φ		3	
	Geojin	43	4.0–6.0 φ		21	
	Gwanghwal	19			8	
	Uma	17			5	
	Gyehwa	38	3.1–5.7		16	
Hechang	6	<1.0	3			
Haenam, Jeonnam	Sacho	48	sandy loam	30 × 20 cm	13	Shin, 1993
	Naedong	66	loamy sand	(4 times)	13	
	Oran	72	silty clay loam	(0.2826 × 4 = 1.1304 m ²)	19	
	Kusong	100	silty loam		19	
Yongho Bay, Busan	32	fine sand dominated	tubular polyethylene corer	15.6 × 25 cm (0.076 m ²)	15	Yi, 1975

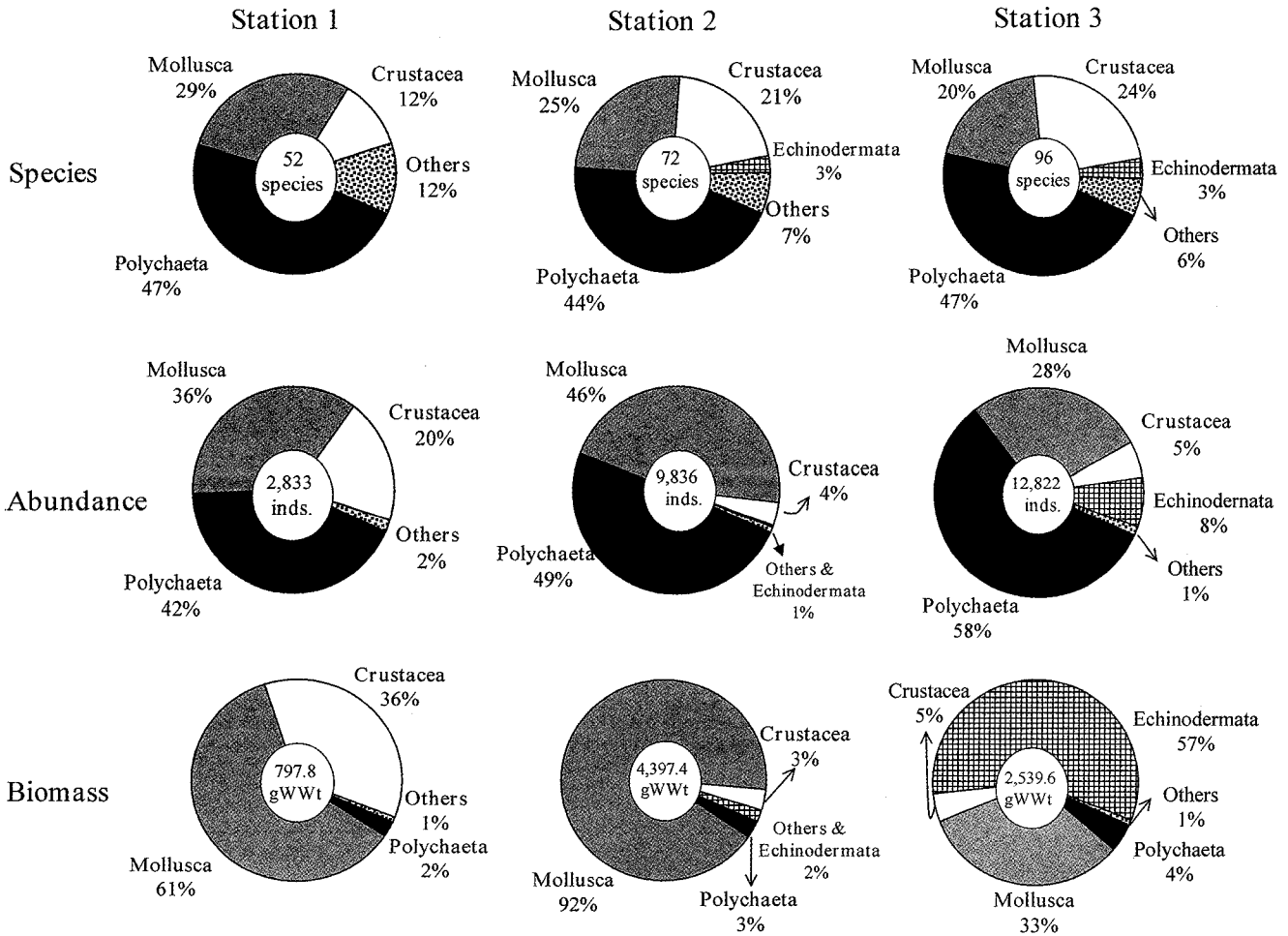


Fig. 5. Composition of benthic macrofauna assemblages on the Cheokjeon tidal flat during the survey period (Values based on the samples taken from the surface area of 12 m²).

개체/m²와 589.3 개체/m²보다는 상회하였지만, 용유도 덕교리의 1,116.0 개체/m²(Choi, 1997), 군산 어은과 계화 갯벌의 각각 7,037.0 개체/m²와 1,189.0 개체/m² 개체와 비교해서는 다소 낮은 수치를 보였다(An and Koh, 1992). 그러나, 군산 지역 어은과 계화 갯벌의 높은 밀도는 대부분이 복족류의 일종인 서해비단고둥(*Umbonium thomasi*)의 대량 출현에 기인한 결과였으며, 이 종을 제외하면 100 개체/m² 미만의 낮은 밀도를 나타냈다. 따라서, 척전 갯벌의 출현 개체수 밀도는 용유도 갯벌의 그것을 제외하면 타 지역에 비해 높은 결과를 보였다. 한편, 0.2 m²의 개체수를 보면, 정점 1은 평균 50.2 개체(±11.4)/0.2 m²를, 정점 2와 3은 각각 179.4 개체(±51.5)/0.2 m²와 196.5 개체(±56.4)/0.2 m²가 채집되었다. 즉, 갯벌의 하부로 내려갈수록 개체수가 증가하는 결과를 보였고, 변화폭도 큰 것으로 나타났다(Fig. 7).

생물량의 변화: 생물량은 정점 1에서 797.8 gWwt, 정점 2는 4,397.4 gWwt 그리고 정점 3은 2,539.6 gWwt으로 나타나 갯벌의 중부에서 가장 높은 생물량을 보였고, 단위면적당 생물량은 정점당 평균 214.9 gWwt/m²였다(Fig. 5; Table 1). 동물군별 생물량의 우점 순위를 보면, 연체동물이 전체의 61.9%를 점유하였고, 극피동물은 19.8%를 차지하였다. 다음으로는 절지동물(14.5%), 환

형동물(3.2%) 및 기타 동물군(0.6%) 순으로 나타났다. 이들 동물군별 생물량을 조위별로 살펴 보면, 연체동물은 정점 1에서 61.0%, 정점 2에서 91.8% 그리고 정점 3에서는 32.8%를 차지하여 갯벌의 중부에서 가장 높은 생물량을 나타냈다. 극피동물은 정점 2에서 1.9%를 나타냈지만 정점 3에서는 57.5%로 가장 높았다. 한편, 갑각류는 상부에서 전체의 35.7%를 보였으나 중·하부에서 각각 3.3%와 4.6%를 나타냈고, 다모류는 전체적으로 2.4%~4.3%의 범위를, 기타 동물군은 0.1~0.9% 안팎의 낮은 생물량을 나타냈다.

이렇게 갯벌의 중·하부 지역의 높은 생물량은 각각 연체동물과 극피동물의 기여에 의한 것으로 Frey et al.(1987)과 박(1991)의 연구 결과와도 일치한다. 또한 북해 Wadden Sea에서의 생물량 분포 양상과도 유사한 측면이 있었으며(Beukema, 1976), 중부와 하부의 높은 생물량은 대기의 노출 정도를 고려했을 때 환경적으로 갯벌의 상부보다는 안정되었고, 인근 조하대로 부티의 먹이원의 유입등이 원활한 것이 그 원인이라 할 수 있을 것이다. 한편, 0.2 m² 면적에 채집된 평균 생물량은 정점 1에서 12.1 gWwt(±4.2)/0.2 m², 정점 2와 3은 각각 48.5 gWwt(±17.7)/0.2 m²과 30.9 gWwt(±10.8)/0.2 m²을 나타내었다. 갯벌의 중부인 정점 2에서 가장 높은 생물량과 변화폭을 보였다(Fig. 8).

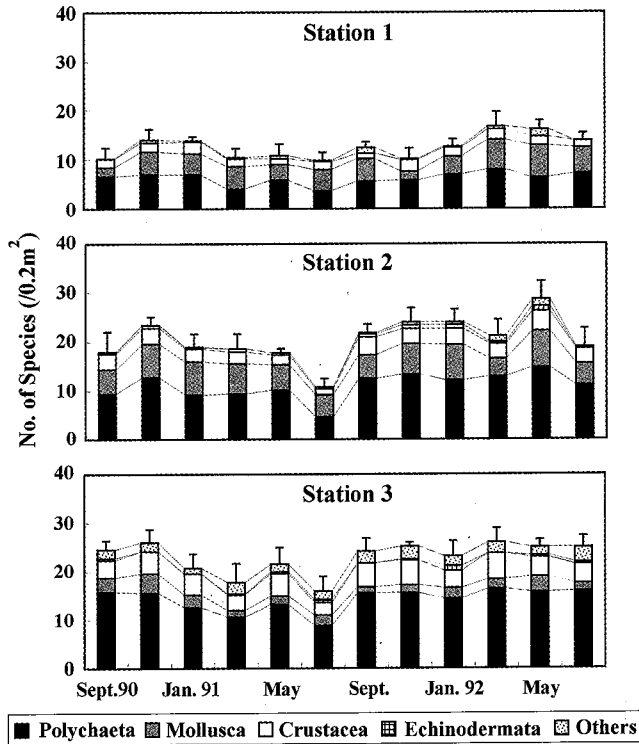


Fig. 6. Temporal variation in species composition at each station on the Cheokjeon tidal flat (mean \pm SD).

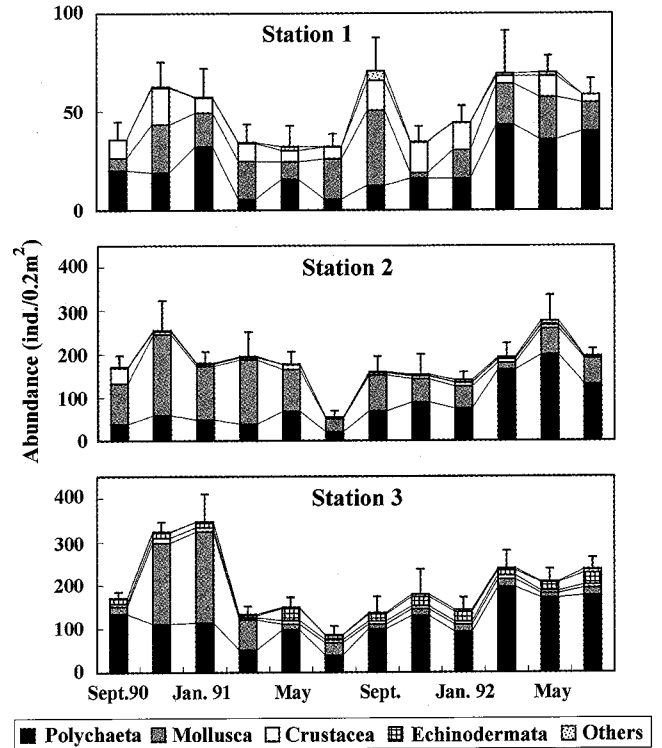


Fig. 7. Temporal variation in total number of individuals at each station on the Cheokjeon tidal flat (mean \pm SD).

생태학적 제 지수의 변화

생태학적 제 지수 분석 결과, 풍부도는 평균 5.3이었으며, 정점 1이 4.5 그리고 정점 2와 3이 각각 5.8과 5.5를 나타냈다. 또한 다양도는 조위에 상관없이 평균 2.4~2.5를 기록하였다(Fig. 9; Table 1). 이들 두 지수는 갯벌의 중부에서 가장 높은 특징을 나타냈다. 척전 갯벌의 풍부도와 다양도는 갯벌의 상부에서 하부로 갈수록 출현 종과 개체수의 증가에 기인하여 높아지고 시간의 흐름에 따라 지속적인 증가의 양상을 나타내고 있었다. 한편, 최근에 조사된 경기만 해역의 대부도 방아머리 갯벌에서의 다양도는 1.3~2.4 (Choi *et al.*, 1998), 남사리는 1.4~2.8, 메추리는 1.6~2.3, 탄도 갯벌은 1.8~2.7을 나타내 비교적 유사한 수치를 나타내고 있었다 (Lee *et al.*, 1998; Lim and Je, 1998). 이들을 종합하여 볼 때, 척전 갯벌의 생태학적 제 지수는 전체적으로 경기만의 남쪽에 위치하는 대부도 주변의 갯벌과 커다란 차이를 보이지 않았고, 경기만에 위치하는 갯벌의 생물량이 본 지역의 그것과 크게 구분되는 것은 아님을 알 수 있었다. 한편, 균등도와 우점도는 출현종 수와 밀도를 잘 반영하는 지수로서, 우점도 지수는 평균 0.1~0.2를 나타냈고, 조위에 따라서 상대적으로 갯벌의 하부에서 높게 나타났으며, 균등도는 평균 0.7~0.8의 값에 상부에서 가장 높았다. 이와 같은 결과는 조사 전 기간에 걸쳐 종의 출현 및 개체수 변화가 비교적 균일하다고 이해할 수 있겠지만, 한편으론 갯벌의 상부에서 서식하는 좋은 상부 서식지만을 지속적으로 이용하는 것으로 볼 수 있으며, 반면 중·하부의 좋은 비교적 상호 서식처를 공유한다고 할 수 있다. 본 조사에서는 각 정점에서 고유하게 출현하는

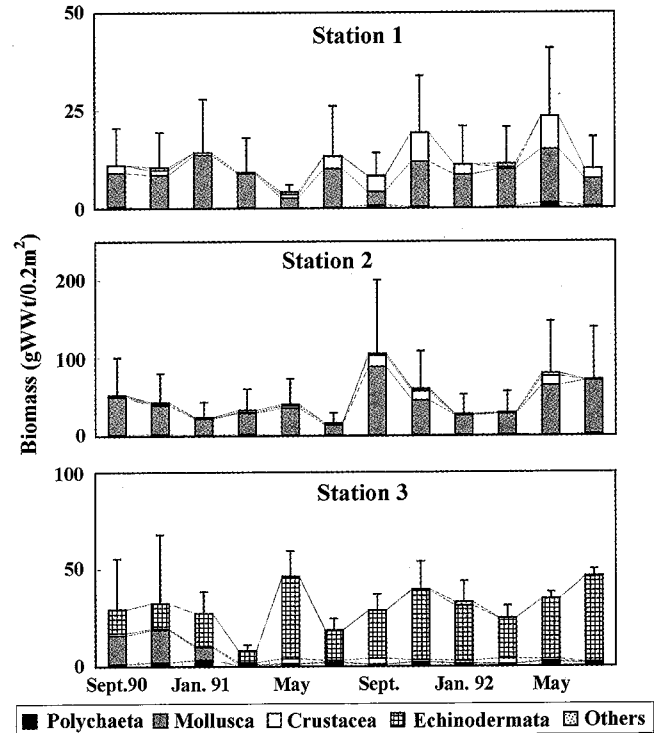


Fig. 8. Temporal variation in macrofaunal biomass at each station on the Cheokjeon tidal flat (mean \pm SD).

종과 2개 정점의 조위간 공통종의 출현 비율 및 3개 정점 모두에서 공통적으로 출현하는 종을 분석함으로써 생물의 분포에 따른

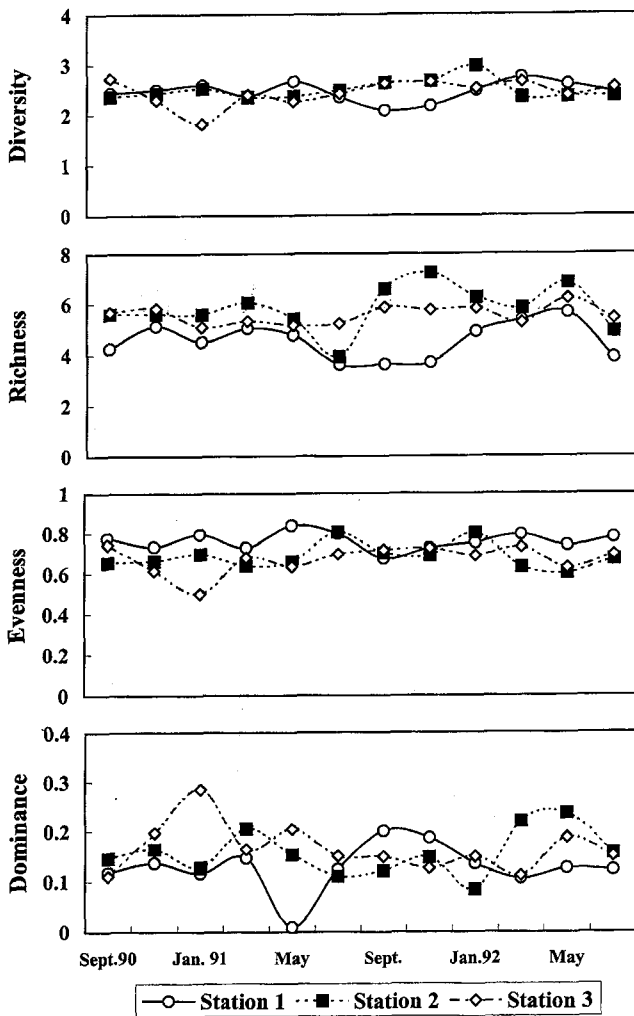


Fig. 9. Seasonal fluctuations of ecological indices at each station on the Cheokjeon tidal flat.

각 정점의 특징을 살펴보았다.

전체적으로 총 111종의 출현 중 가운데 약 31%를 차지하는 34 종이 갯벌의 모든 조위에서 공통적으로 발견되었으며, 반면 각 정점에서 고유한 서식처 지위를 가지는 종은 상부에서 5종, 중부가 7종 그리고 하부에서 32종으로 나타났다. 또한, 2개 이상의 서식처를 공유하는 종은 상부와 중부에서의 공통 출현종이 7종, 상부와 하부의 공통종은 6종 그리고 중부와 하부 정점의 공통종은 24종에 이르는 것으로 나타났다. 이와 같은 결과로 보면, 전체 출현종의 약 1/3이 조위에 상관없이 나타나고 있으며, 무기 환경조건이 상대적으로 유사하면서 보다 생물 다양성이 높은 갯벌의 중부와 하부에서 중복되어 출현하는 종이 상부와 중부에서의 공통종의 비율보다 더 많음을 알 수 있었다(Fig. 10). 이와 같은 현상은 무기환경 요인의 설명에서도 언급하였듯이 저서동물에게 기질로서 작용하는 퇴적물의 조성 차이로 야기되었다고 볼 수 있다. 즉, 갯벌의 상부에서부터 하부로 갈수록 퇴적물의 모래 함량이 증가하였고, 점차적으로 혼합 퇴적상의 특징을 가지게 되므로 갯벌의 중·하부에서 많은 종이 출현하였다. 결국, 조위별로는 갯벌의 중·하부에서 많은 종이 출현하였다. 결국, 조위별로는 갯벌의 중·하부에서 많은 종이 출현하였다. 결국, 조위별로는 갯벌의 중·하부에서 많은 종이 출현하였다.

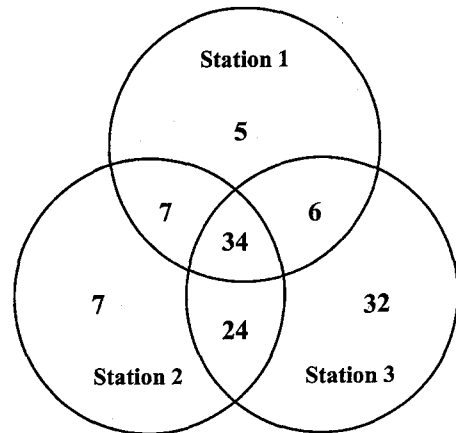


Fig. 10. Diagrammatic representation of the overall similarities and differences in number of macro-invertebrates collected from Sept. 1990 to July 1992 on the Cheokjeon tidal flat, Incheon, Korea.

부와 하부에서 그리고 퇴적물의 입도에서는 4.8~4.4 ϕ 를 중심으로 생물종의 다양성이 높아지고 있음을 알 수 있었으며, 또한 이 지역의 저서동물의 분포도 퇴적물의 입도 조성이나 조위에 따라 군집 구조가 다르게 나타났다.

저서동물 군집의 정점간, 중간 유사도 분석

중간·정점간 생물 분포의 유사도를 알아보기 위해 Bray and Curtis(1957)의 비상사도 지수를 계산하여 수지도로 표시하였다(Fig. 11). 정점간의 유사도 분석 결과, 정점 2와 정점 3 그룹이 우선적으로 묶였고, 이는 다시 정점 1의 그룹과 연결되는 결과를 보여 정점간은 뚜렷하게 구분되었다. 한편, 중간 유사도 분석 결과는 다음과 같이 4개의 생물 그룹으로 구분되었다.

생물군 I(중·하부 광역분포종): *Maetra veneriformis*, *Solen strictus*, *Moerella rutila*, *Reticunassa festiva* 등 연체동물 4종, *Heteromastus filiformis*, *Nephtys californiensis*, *Glycinde grujanova*, *Glycera decipiens*, *Cirrophorus furcatus*, *Aedicira pacifica* 등 다모류 6종 그리고 갑각류인 *Ilyoplax pingi* 등이 포함되었다.

생물군 II(상부 분포종): *Potamocorbula amurensis*, *Laternula marilina*, *Cyclina sinensis*, *Stenothyra edogawaensis*의 연체동물 4종, *Nephtys chemulpoensis*, *Minuspia japonica*, *Magelona japonica*의 다모류 3종 그리고 *Macrophthalmus japonicus*와 망둑어류인 Gobiidae sp. 가 포함되어 있었다.

생물군 III(중부 분포종): *Clycladicama cumingii*, *Fluviocingula sp.*, *Bullacta exarata*, *Decorifer matusimana*, *Odostomia subangulata*, *Eulima sp.*의 연체동물 6종, *Glycera chirorii*, *Glycera capitata*, *Glycera subaenea*, *Scolecopsis sp.*, *Diopatra bilobata*, *Lumbrineris heteropoda*, *Amphictene japonica* 등 다모류 7종, *Macrophthalmus dilatatus*, *Tritodynamia rathbuni*, *Camptandrium sexdentatum*, *Diastylis paratricincta* 등 갑각류 4종 그리고 기타 동물군의 *Phoronis sp.*와 유형동물인 *Micrura sp.* 가 각각 1종씩 포함되었다.

생물군 IV(하부 분포종): *Nephtys polybranchia*, *Magelona sp.*, *Halocybna brevisetosa*, *Spiochaetopterus costarum*, *Scoloplos*

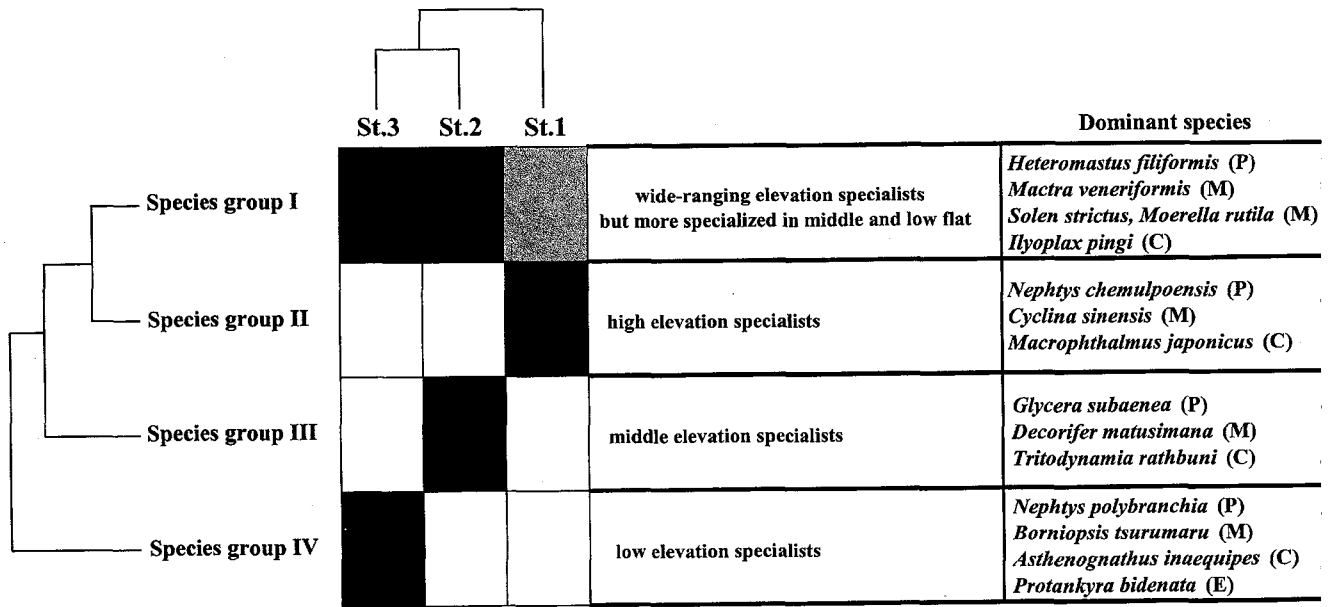


Fig. 11. Ecological characteristics of the different species groups as a function of tidal elevation based on the cluster analysis (P: Polychaeta, M: Mollusca, C: Crustacea, E: Echinodermata).

armiger, *Leomates nipponicus*, *Anaitides koreana*, *Sigambra tentaculata*, *Mediomastus californiensis* 등 다모류 9종, 연체류 2종 (*Nipponomysella oblongata*, *Bornioopsis tsurumaru*), *Monoculodes koreanus*, *Asthenognathus inaequipes*의 갑각류 2종, 극피동물의 *Protankyra bidentata* 그리고 유형동물 1종(*Nemertinea* sp.1)이 포함되었다.

집괴분석 결과, 정점간에는 뚜렷하게 구분되었으나, 정점간에서도 계절적인 변화는 볼 수 없었다. 이러한 정점간의 유사도는 앞서 논의된 것과 마찬가지로 기본적으로는 정점간 조위에 따른 퇴적상의 차이에 기인한 것이다. 특히 퇴적상의 특징에서는 평균 입도 뿐만 아니라 상부에서는 펄 함량이 평균 85% 이상으로 펄이 우세한 특징을 보이는 반면 중·하부에서는 펄 함량이 감소하고 반대로 모래 함량이 50% 이상을 차지함으로써 정점 1과 2, 3을 구분하는 조건이 되는 것으로 생각된다. 정점별 종간의 출현 유사도 분석(R-mode)의 결과, 이 지역 갯벌의 대형저서동물군집의 중요한 구조적 특징은 Frey et al.(1987)이 제안한 대상구조의 결과와 매우 유사하였다. 즉, 갯벌 상부 분포 종군은 갑각류 생물대에서 주로 출현하는 *N. chemulpoensis*-*C. sinensis*-*M. japonicus* 군집이 특징적으로 출현하였고, 환경적인 특성에서도 펄 함량이 가장 많고, 간출 시간이 상대적으로 길며, 퇴적물의 유기물 및 함수량이 높은 환경에서 고밀도로 출현하는 경향을 보였다. 또한, 갯벌 중부 분포 종군은 *G. subaenea*-*D. matusimana*-*T. rathbuni* 군집이었고, 갯벌 하부 분포 종군은 *N. polybranchia*-*B. tsurumaru*-*A. inaequipes*-*P. bidentata* 군집으로 퇴적물의 유기물 함량이 적고, 간출 시간이 상대적으로 짧으며, 모래 함량이 60% 이상을 차지하는 갯벌의 하부에서 우점하여 출현하는 특성을 나타내었다. 다만, 본 지역의 중·하위 정점에서 비교적 우세하게 분포하여 새롭게 분리된 광역 분포 종군은 *H. filiformis*-*M. veneriformis*-*S. strictus*-*I. pingi* 군집으로 구분되어 차이가 있을 뿐이다. 결과적으로, 척전

갯벌의 3개의 정점군과 4개의 분포 종군은 크게 조위와 직접적으로 관련이 있는 노출시간의 정도와 퇴적물의 특성에 따라 구분되는 것으로 보여지며, Hong et al.(1999)은 인천 영종도 갯벌의 군집구조 연구에서 갯벌에 서식하는 저서동물의 군집구조에 영향을 미치는 요인이 바로 위의 두가지 요인에 크게 영향 받고 있음을 밝힌 바 있어 이를 잘 입증해주고 있는 것으로 생각된다. 또한 척전 갯벌의 저서동물 군집의 구조는 시간의 경과에 따라서는 일부 종군(광역 분포 종군)의 서식대가 1987년과 비교하여 확장되었을 뿐 전반적인 대상구조는 당시와 차이가 없음을 나타냈다.

결론

본 연구는 인천 동춘동 척전 갯벌 저서동물 군집의 구조를 알아보기 위해 1990년 9월부터 1992년 7월까지 연성기질 갯벌에 선정된 3개의 정점을 대상으로 격월별로 현장조사를 실시하였다. 조사 기간 중 총 111종, 평균 708.1 개체/m², 214.9 gWWt/m²의 저서동물이 채집되었다. 조위에 따른 저서동물의 출현 경향은 중수와 개체수는 갯벌의 하부로 갈수록 뚜렷하게 증가하는 결과를 보였고, 생물량은 갯벌의 중부에서 가장 높았다. 한편, 출현 종의 수와 개체수에 있어서는 환경동물의 다모류가 가장 우점하였고, 생물량에 있어서는 연체동물과 극피동물이 대부분을 차지하였다. 채집면적 1 m²를 0.2 m²로 전환하여 평균과 표준편차를 구한 결과, 평균 출현 종 수는 상부 정점이 12.6종(±2.7)/0.2 m², 중부와 하부는 각각 20.5 종(±4.5)/0.2 m²과 23.0종(±5.6)/0.2 m²이 출현하였다. 개체수는 상부가 50.2 개체(±11.4)/0.2 m², 중부인 정점 2와 하부인 정점 3은 179.4 개체(±51.5)/0.2 m²와 196.5 개체(±56.4)/0.2 m²가 채집되었다. 생물량은 상부에서 12.1 gWWt(±4.2)/0.2 m², 중부와 하부는 48.5 gWWt(±17.7)/0.2 m²과 30.9 gWWt(±10.8)/0.2 m²을 나타내

었다. 인천 적전 갯벌의 정점간, 생물종간 집괴분석 결과에 의하면, 정점간에는 조위에 따라 상부, 중부 그리고 하부 정점그룹으로 명확히 구분되었고, 종간에는 다음 4개 분포 종군이 특징적으로 나타났다. 1) 적전 갯벌의 중·하부 광역 분포 종군으로 *Heteromastus filiformis*-*Mactra veneriformis*-*Solen strictus*-*Ilyoplax pingi* 군집, 2) 상부 분포 종군으로 *Nephtys chemulpoensis*-*Cyclina sinensis*-*Macrophthalmus japonicus* 군집, 3) 중부 분포 종군으로 *Glycera subaenea*-*Decorifer matusimana*-*Tritodynamia rathbuni* 군집, 4) 하부 분포 종군으로 *Nephtys polybranchia*-*Borniopsis tsurumaru*-*Asthenognathus inaequipes*-*Protankyra bidentata* 군집이었다.

감사의 글

이 연구는 2000년도 인하대학교 서해연안환경연구센터의 “갯벌생태공원조성기반기술개발(과제번호, 2000-기본-4-1)” 연구비 지원에 의해 수행되었으며, 논문을 세밀히 심사해 주신 두 분 심사위원께 감사드립니다.

참고문헌

- 박홍식, 1991. 인천 연안 조간대 저서생물에 대한 생태학적 연구. 인하대학교 이학석사학위 청구논문, 124 pp.
- 봉중현, 1978. 인천항 부근 수로의 조류. 한국해양학회지, **13**(1): 29-34.
- 신현출, 1992. 동죽(*Mactra veneriformis*: Bivalvia)의 성장과 개체군 동태. 서울대학교 이학박사학위 청구논문, 135 pp.
- 정래홍, 1997. 연안해역 개발에 따른 해양 저서생태계의 장기변동 연구. 인하대학교 이학박사학위 청구논문, 306 pp.
- 중앙기상대, 1990~1992. 기상월보.
- 최기철, 1971. 대합과 가무락 종패 생산을 위한 생태적 연구. 한국육수학회지, **4**: 1-11.
- 해양수산부, 1998. 우리나라의 갯벌. 28 pp.
- Ahn, I.Y. and J.W. Choi, 1998. Macrobenthic communities impacted by anthropogenic activities in an intertidal sand flat on the west coast (Yellow sea) of Korea. *Mar. Pollut. Bull.*, **36**(11): 808-817.
- An, S.M. and C.H. Koh, 1992. Environments and distribution of benthic animals on the Mangkyung - Dongjin tidal flat, West Coast of Korea. *J. Oceanol. Soc. Korea*, **27**(1): 78-90.
- Beukema, J.J., 1976. Biomass and species richness of the macrobenthic animals living on the tidal flats of the Dutch Wadden Sea.: Effect of a severe winter. *Neth. J. Sea Res.*, **10**(2): 236-261.
- Beukema, J.J. and K. Essink. 1986. Common patterns in the fluctuations of macrozoobenthic species living at different places on tidal flats in the Wadden sea. *Hydrobiologia*, **142**: 199-207.
- Beukema, J.J., 1989. Long-term changes in macrobenthic abundance on the tidal flats of the western part of the Dutch Wadden Sea. *Helgolander Meeresunters*, **43**: 405-415.
- Bray, J.R. and J.T. Curtis, 1957. An ordination of the upland forest communities of Southern Wisconsin. *Ecol. Monogr.*, **27**: 325-349.
- Choi, B.M., 1997. An ecological study of the macrobenthic community on two tidal flats, Yongyu-do, Inchon, Korea. MS Thesis of Inha Univ., 166 pp.
- Choi, J.K. and J.H. Shim, 1986. The ecological study of phytoplankton in Kyeonggi Bay, Yellow Sea. 1. Environmental characteristics. *J. Oceanol. Soc. Korea*, **21**(1): 56-71.
- Choi, J.W., D.S. Kim, S.H. Shin and J.G. Je, 1998. Spatial distribution of macrobenthos in the Sand flat of Taebudo, Kyonggi Bay, the West Coast of Korea. *Ocean Res.*, **20**(2): 97-104.
- De Wilde, P.A. and E.M. Berghius, 1979. Cyclic temperature fluctuation in a tidal mudflat. In: Cyclic phenomena in marine plants and animals, Ed. by Naylor, E., and Hartnoll, R.G., Proc. 13th European Mar. Biol. Symp., 27 Sept. - 4 Oct. 1978, Pergamon Press, 435-441.
- Flint, R.W., 1981. Gulf of Mexico outer continental shelf benthos : Macroinfaunal-environmental relationships. *Biol. Oceanogr.*, **1**: 135-155.
- Folk, R.L. and W.C. Ward, 1957. Brazos river bar: A study in the significance of grain-size parameters. *J. Sed. Pet.*, **27**: 3-27.
- Frey, R.W., J.S. Hong, J.D. Howard, B.K. Park and S.J. Han, 1987. Zonation of benthos on a Macrotidal Flat, Inchon, Korea. *Senckenbergiana marit*, **19**(5/6): 295-329.
- Gray, J.S., 1981. The Ecology of Marine Sediments - An Introduction to the Structure and Function of Benthic Communities - Cambridge University Press, 185 pp.
- Hong, J.S., J.W. Yoo, R.H. Jung, I.S. Seo and B.S. Koh, 1999. Macrobenthic communities on the tidal flats around Yongjong and Yongyu Islands, Inchon, Korea. *J. Korean Soc. Oceanogr.*, **34**(4): 220-230.
- Koh, C.H. and H.C. Shin, 1988. Environmental characteristics and distribution of macrobenthos in a mud flat of the West Coast of Korea (Yellow Sea). *Neth. J. Sea Res.*, **22**(3): 279-290.
- Lance, G.N. and W.T. Williams, 1967. A general theory for classificatory sorting strategies. 1. Hierarchical systems. *Comput. Jour.*, **9**: 373-380.
- Lee, S.W., H.Y. Lee, S.H. Shin, D.S. Kim, J.W. Lee and J.G. Je, 1998. Marine biota of the macro-tidal flat of Namsari, Taebudo in the West Coast of Korea. *Ocean Res.*, **20**(2): 105-119.
- Levinton, J.S., 1995. Marine Biology - Function, Biodiversity, Ecology-, Oxford University Press Inc., New York, 420 pp.
- Li, J.J., 1992. The distribution and ecology of intertidal benthos in central-west coast of Taiwan. *Acta Zool. Taiwanica*, **3**(1): 11-26.
- 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. *Ocean Res.*, **20**(2): 121-130.
- Margalef, R., 1958. Diversidad de especies en las comunidades naturales. *Publnes Inst. Biol. apl. Barcelona*, **9**: 5-27.
- Nichols, F.H., 1970. Benthic polychaete assemblages and their relationship to the sediment in Port Madison, Washington. *Marine Biology*, **6**: 48-57.
- Peterson, C.H., 1991. Intertidal zonation of marine invertbrates in sand and mud. *American Scientist*, **79**: 236-249.
- Pielou, E.C., 1975. Ecological Diversity. A Wiley-Interscience, Publication, 165 pp.
- Rhoads, D.C. and D.K. Young, 1970. The influence of deposit feeding organisms on sediment stability and community trophic structure. *J. Mar. Res.*, **28**: 150-178.
- Sanders, H.L., 1958. Benthic studies in Buzzard's Bay. 1. Animal-

- sediment relationships. *Limnol. Oceanogr.*, **3**: 245–258.
- Shannon, C.E. and W. Weaver, 1949. The mathematical theory of Communication Univ. Illinois Press, Urbana, Illinois, 125 pp.
- Shin, H.C., J.W. Choi and C.H. Koh, 1989. Faunal assemblages of benthic macrofauna in the inter- and subtidal region of the inner Kyeonggi Bay, west coast of Korea. *J. Oceanol. Soc. Korea*, **24**: 184–193.
- Shin, S., 1993. Study on the environment and benthos in the intertidal zone of Haenam Peninsula, Korea. *Bull. Korean Fish. Soc.*, **26**(1): 63–75.
- Simpson, E.H., 1949. Measurement of diversity. *Nature*, **163**: 688.
- Weston, D.P., 1988. Macrobenthos-sediment relationships on the continental shelf off Cape Hatteras, North Carolina. *Cont. Shelf Res.*, **3**: 267–286.
- Whitlatch, R.B., 1977. Seasonal changes in the community structure of the macrobenthos inhabiting the intertidal sand and mud flats of Barnstable Harbor, Massachusetts. *Biol. Bull.*, **152**: 257–294.
- Yi, S.K., 1975. Studies on the intertidal macrofauna community at Yong Ho Bay, Busan, Korea. *Bull. Korean Fish. Soc.*, **8**(3): 133–149.
- Yi, S.K., J.S. Hong and J.H. Lee, 1983. A study on the subtidal benthic community in Ulsan Bay, Korea. *Bull. KORDI*, **4**: 17–26.
- Yoo, J.W., 1998. The spatial distribution and long-term variation of macrofaunal communities on macrotidal flats in the west central coast of Korea. Ph.D. thesis of Inha Univ., 352 pp.

2001년 3월 16일 원고접수

2001년 6월 15일 수정본 채택

담당편집위원: 이상훈