

인천 송도지역 척전 갯벌 대형저서동물의 군집 생태학 2. 우점종의 시·공간적인 분포양상

서인수* · 홍재상
인하대학교 해양학과

The Community Ecology of Benthic Macrofauna on the Cheokjeon Tidal Flat, Incheon, Korea 2. Spatio-temporal distribution patterns of the major dominant species

IN-SOO SEO* AND JAE-SANG HONG
Department of Oceanography, Inha University, Incheon 402-751, Korea

인천 동춘동 척전 갯벌에 서식하는 대형 저서동물의 중요 우점종에 대한 시·공간적인 분포 패턴을 알아보기 위하여 1990년 9월부터 1992년 7월까지 2개년동안 격월별로 현장조사를 실시하였다. 조사 기간 중, 총 111종, 25,491 개체가 채집되었고, Le Bris Index에 근거한 상위 15위의 우점종은 19,072개체의 밀도를 나타내 74.8%를 점유하였다. 백금갯지렁이과(Nephtyidae)의 다모류 3종과 칠게아과(Macrophthalminae)의 갑각류 2종은 동일한 속(genus)이면서 조위와 퇴적상에 따라 뚜렷이 구분되는 서식처를 갖는 것으로 나타났다. 척전 갯벌의 중요 우점종은 다모류의 *Heteromastus filiformis*, 이매패류의 동죽(*Mactra veneriformis*), 맛조개(*Solen strictus*), 극피동물 해삼류의 가시땃해삼(*Protankyra bidentata*), 갑각류의 칠게(*Macrophthalmus japonicus*) 등이었다. 5종의 중요 우점종에 대하여 공간에 따른 개체밀도를 비교한 결과, *H. filiformis*와 동죽은 통계적으로 유의한 차이가 없었으나($p>0.05$), 맛조개, 칠게와 가시땃해삼은 유의한 차이가 있었다($p<0.001$). 이것은 중요 우점종이 조위와 퇴적상에 따라 출현 개체밀도에서 공간적인 차이가 있음을 의미한다. *H. filiformis*와 동죽은 조위와 퇴적상에 무관하게 갯벌의 전역에서 높은 밀도로 출현하였다. 그러나, 칠게는 필이 많은 상부에서 밀도가 높았고, 맛조개, 가시땃해삼은 갯벌의 중·하부인 모래펄에서 우세한 밀도로 출현하여 이를 반영하고 있다.

Spatio-temporal distribution patterns of the major dominant species were assessed from bimonthly monitoring of macrotidal flat in Cheokjeon, Incheon, Korea between September 1990 and July 1992. Overall, macrofauna comprised a total of 111 species, 25,491 inds./36 m². The result of Le Bris index, dominance ranking of the leading species showed that the top 15 species accounting for 74.8% (19,072 inds.) of total density. In Cheokjeon tidal flat, some species were especially habitat-restricted such as genus *Nephtys* (Annelids; Polychaetes) and *Macrophthalmus* (Crustaceans; Decapods). Based on the density data, the five dominant species were the polychaetes *Heteromastus filiformis*, the bivalves *Mactra veneriformis* and *Solen strictus*, the brachyurans *Macrophthalmus japonicus*, the holothuriodeans *Protankyra bidentata*. The results of one-way ANOVA, mean value of *H. filiformis* and *M. veneriformis* did not show significant changes with tidal elevation and sediment composition ($p>0.05$). But, other species (*S. strictus*, *M. japonicus* and *P. bidentata*) showed significant variations ($p<0.001$). In conclusion, these indicate significant spatial fluctuation with tidal elevation and sediment characteristics in some species.

Key words: Macrobenthos, Tidal flat, Dominant species, Spatio-temporal patterns, Zonation, Incheon

서 론

해양 생태계의 먹이사슬이 시작되는 갯벌은 풍부한 밀도의 저서동물이 서식한다. 저서동물은 생태학적으로 영양염 순환, 오염

물 대사작용, 이차생산, 먹이망을 통한 상위 영양군으로의 에너지 전달 등에 중요한 역할을 담당하고 있다(Snelgrove, 1998). 갯벌에 서식하는 저서동물은 조석간만의 차에 따른 대기로의 주기적인 노출로 발생하는 건조의 문제, 수온과 기온 등의 기후적 변화 및 퇴적상의 변화에 많은 영향을 받는다. 또한, 무기적 환경 요인과 함께 생물 상호간의 포식과 피식 활동 등은 생물의 분포와 군집구

*Corresponding author: seois@bcline.com

조를 결정하는 중요한 요소로서 작용한다(Tamaki and Kikuchi, 1983; Peterson, 1991). 지금까지 갯벌에 서식하는 저서동물의 연구는 한반도 서·남해안에 산재한 갯벌을 중심으로 계절에 따른 군집구조의 변화와 무기환경 요인과의 관계에 대하여 집중적으로 이루어져 왔다(Yi, 1975; Frey *et al.*, 1987; An and Koh, 1992; 신, 1993; Choi, 1997; 홍과 서, 2001). 비교적 최근에 이르러 갯벌에 대한 국내적인 관심이 고조되면서 갯벌의 기능적인 측면을 고려한 다양한 형태의 연구가 수행되었다(Lim and Je, 1998; 박 등, 1998; 이 등, 1998; 최 등, 1998; 한국해양연구소, 1998; 서, 2003). 한편, 저서동물의 군집 구조와 변화 양상은 중요 우점종의 시·공간적인 분포와 변동 양상에 따라 좌우된다(임과 홍, 1997a). 따라서, 중요 우점종의 분포 패턴과 계절적인 변화양상 파악은 연구 해역에 서식하는 저서동물의 군집구조의 특성을 파악하는데 있어 무엇보다 필수적이다. 그럼에도 불구하고, 조사 해역의 대형 저서동물 군집을 대표하는 중요 우점종에 대한 시·공간적 분포 연구는 상대적으로 미비하여 군집 연구에서 일부분만이 소개되는 실정이다. 본 연구 지역인 인천 동춘동 척전 갯벌에서는 무기 환경요인의 장기적인 변화와 저서동물의 군집구조 연구가 수행된 바 있다(Frey *et al.*, 1987; Yoo, 1998; 홍과 서, 2001; 이, 2003). 그러나, 군집을 구성하는 중요 우점종의 시·공간적인 분포양상을 파악하지 못했다. 따라서, 본 연구에서는 2년의 조사를 통해 조위와 퇴적상에 따른 중요 우점종의 시·공간적인 변화양상을 규명하고자 한다.

재료 및 방법

인천 송도지역의 척전 갯벌은 북위 37°25'00", 동경 126°37'30"에 위치한 지역으로 간조시 노출거리가 최대 4~5 km에 달한다(Fig. 1). 대형 저서동물의 채집과 무기 환경인자의 측정을 위한 장소, 정점, 조사 시기와 시료의 처리방법은 홍과 서(2001)의 논문

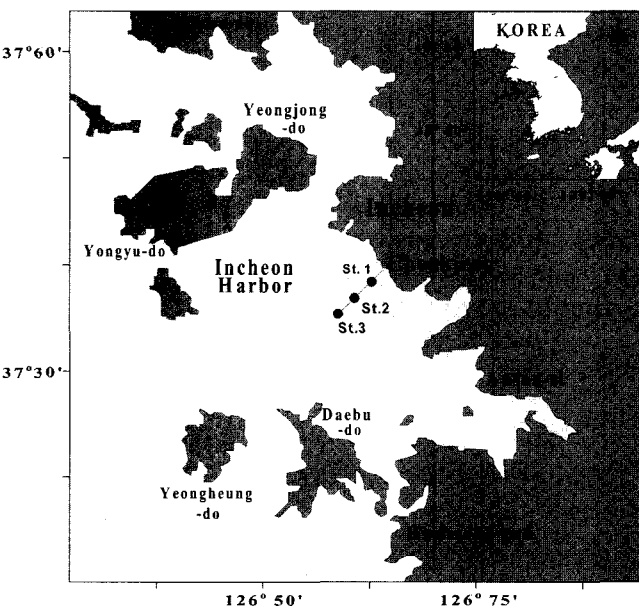


Fig. 1. Sampling stations of the Cheokjeon macrotidal flat, Incheon, Korea.

과 동일하다. 저서동물 군집내에서 우점종의 서열을 알아보기 위하여 Le Bris Index(D')를 이용하였다(Le Bris Index, 1988).

$$D'_{ij} = F_{ij} \times D_{ij} \times 100$$

$$= \left(\frac{P_{ij}}{P_j} \times 100 \right) \times \left(\frac{\sum_{k=1}^p N_{ik}}{\sum_{k=1}^p N_k} \right) \times 100$$

P_{ij} : j번째 군집에서 종 i의 출현횟수

P_j : j번째 군집의 전체 정점수

N_{ik} : j번째 군집에서 k번째 정점에 출현하는 종 i의 개체수 또는 생물량

N_k : k번째 정점에서 전체 개체수 또는 생물량

척전 갯벌에 서식하는 대형 저서동물의 군집분석은 PRIMER (Plymouth Routines Multivariate Ecological Research) computer package를 이용하여 MDS 배열법을 실시하였다. 또한, 각각의 조위를 대표하는 5종의 중요 우점종에 대하여 공간에 따른 개체밀도의 차이를 파악하기 위하여 일원 분산분석(one-way ANOVA)을 수행하였다. 중요 우점종의 선정 기준은 Frey *et al.*(1987)에 의해 규정된 대상구조와 개체 밀도를 기초로 갑각류 생물대에서는 칠게를, 연체동물 생물대에서는 맛조개와 동족을, 극피동물 생물대에서는 가시뿔해삼을 선정하였고, 대표적인 오염지표종으로 알려진 다모류의 *H. filiformis*를 추가하였다.

결 과

개체수에 근거한 우점종과 대상구조

척전 갯벌에서는 총 111종, 25,491개체가 채집되었다. 이 중, 상위 15위 우점종은 환형동물의 다모류가 9종으로 가장 많았고, 연체동물(3종), 갑각류(2종), 극피동물의 해삼류(1종) 등이었다. 15위 우점종이 차지하는 밀도는 총 19,078개체로 74.8%를 점유하였다(Table 1).

각 정점에서 높은 밀도를 나타낸 상위 5위의 우점종을 보면, 상부인 정점 1에서는 갑각류의 칠게(*Macrophthalmus japonicus*), 다모류의 *Nephtys chemulpoensis*, 이매패류의 민띠접시조개(*Moerella rutila*), 권패류의 *Stenothyra edogawaensis*, 다모류의 *H. filiformis* 등이었다(Fig. 2). 이들 종은 총 1,748개체(평균 146개체/m²)가 채집되어 정점 1에서 출현하는 총 개체수의 58.0%를 점유하였다. 중부인 정점 2에서는 다모류의 *H. filiformis*, 이매패류의 동족, 맛조개(*Solen strictus*), 민띠접시조개, 다모류의 *Nephtys californiensis* 등이었다. 이들 5종은 총 7,242개체(평균 603개체/m²)가 채집되어 중부 정점 출현 밀도의 67.8%를 차지하였다. 하부의 정점 3에서는 *H. filiformis*, 동족, 해삼류의 가시뿔해삼(*Protankyra bidentata*), 다모류의 *Magelona* sp., *Cirrophorus furcatus* 등이 대표적이었다. 출현 개체수는 총 8,011개체(평균 668개체/m²)였으며, 정점 3의 출현 밀도 중 67.9%를 점유하였다. 이상의 결과로 척전 갯벌의 각 정점에서 우점하는 생물군은 정점 1에서는 갑각류-다모류-연체동물이, 정점 2에서는 다모류-연체동물, 정점 3에서는 다모류-연체동물-극피동물 이었다.

상위 15위 우점종을 대상으로 집괴분석을 실시한 결과, 크게 2개의 정점 그룹으로 구분되었다. 그룹 1은 모든 시기의 상부 정점

Table 1. Dominant species ranking in abundance by Le Bris index (1988) from September 1990 to July 1992

Species name	Total individuals	Mean density (inds./m ² ±Std.)	% of total individuals	Frequency of occurrence	Le Bris index
<i>Heteromastus filiformis</i>	5,823	162±152	22.8	36	191,433.5
<i>Mactra veneriformis</i>	4,987	139±247	19.6	25	92,483.5
<i>Macrophthalmus japonicus</i>	533	15±23	2.1	30	46,572.5
<i>Moerella rutila</i>	1,281	36±39	5.0	22	44,267.0
<i>Glycinde grujanovae</i>	568	16±14	2.2	36	28,529.9
<i>Cirrophorus furcatus</i>	996	28±30	3.9	32	27,211.0
<i>Glycera subaenea</i>	580	16±12	2.3	36	25,984.6
<i>Protankyra bidentata</i>	1,007	28±42	4.0	24	21,300.6
<i>Minuspio japonica</i>	319	9±14	1.3	28	17,846.9
<i>Ilyoplax pingi</i>	455	13±29	1.8	26	17,665.3
<i>Nephtys californiensis</i>	799	22±30	3.1	24	16,583.3
<i>Mugelona japonica</i>	210	6±7	0.8	24	14,167.5
<i>Aedicira pacifica</i>	691	19±32	2.7	25	13,026.2
<i>Nephtys chemulpoensis</i>	384	11±24	1.5	12	12,898.6
<i>Hinia festivus</i>	439	12±21	1.7	23	12,131.9

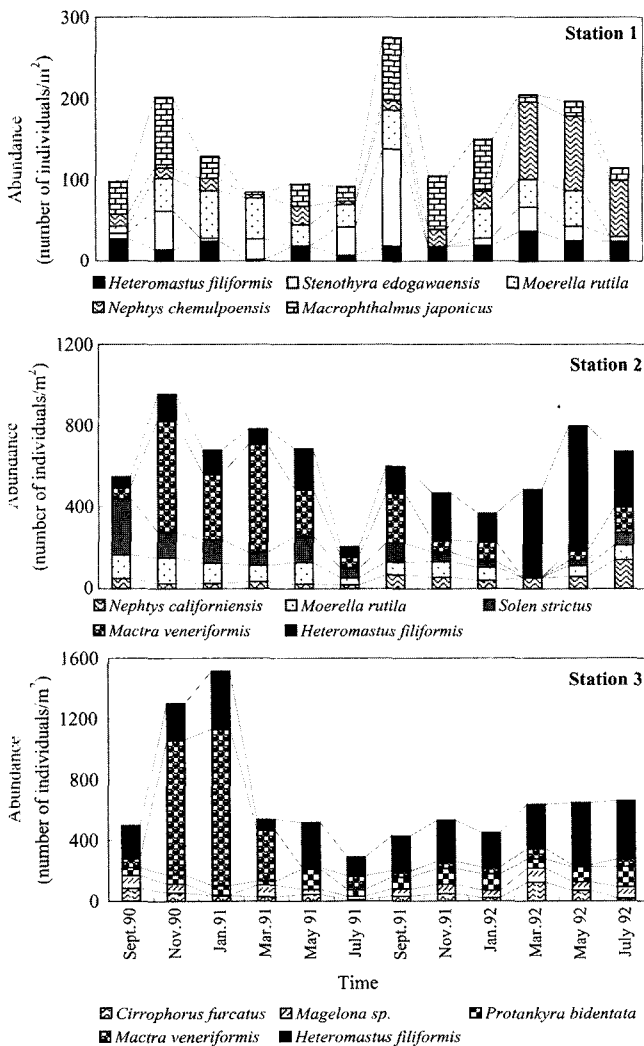


Fig. 2. Spatio-temporal variations in density of the 5 dominant species at each station.

군(정점 1)이었으며, 그룹 2는 모든 시기의 중부와 하부 정점군(정점 2, 정점 3)으로 구성되었다. 그룹 2는 다시 2개의 소그룹으로 나뉘어 G1은 모든 시기의 정점 2가, G2는 모든 시기의 정점 3이 포함되었다(Fig. 3).

특정 다모류와 갑각류의 분포 양상

척전 갯벌에서 백금갯지렁이과(Nephtyidae)의 다모류 3종과 칠게아과(Macrophthalminae)의 갑각류 2종은 갯벌의 조위와 퇴적물의 펄·모래 함량의 차이에 따라 서식처가 뚜렷하게 구분되었다. 다모류의 경우, *Nephtys chemulpoensis*는 펄 함량이 80% 이상을 점유하는 정점 1에서만 총 384개체가 채집되었고, 평균 밀도는 32개체(±33개체)/m²였다. 반면, *N. californiensis*는 총 799개체가 채집되었고, 펄과 모래의 함량이 약 50%인 정점 2에서 591개체(평균 49±34개체/m²)가 출현하였으며, 정점 3에서는 208개체(평균 17±18개체/m²)가 채집되었다. 따라서, 주된 분포역은 갯벌의 중부로 고려할 수 있었다. *N. polybranchia*는 총 370개체가 채집되었고, 정점 2에서는 21개체(2±1개체/m²)로 적었으며, 정점 3에서는 349개체(29±31개체/m²)로 많았다. 주 분포역은 갯벌의 하부였다(Fig. 4).

갑각류의 칠게는 총 533개체가 채집되었으며, 정점 1, 2, 3에서 각각 452개체(평균 38±29개체/m²), 69개체(평균 6±3개체/m²), 3개체가 출현하였다. 반면, 길게는 총 26개체가 출현하여 정점 2에서는 2개체, 정점 3에서는 24개체(2±2개체/m²)가 채집되었으나 상대적으로 개체수가 적었다(Fig. 5).

주요 우점종의 시·공간적 분포

***Heteromastus filiformis*:** 척전 갯벌에서 가장 밀도가 높아 총 5,823개체가 채집되었으며, 평균 밀도는 162개체(±152개체)/m²였다. 정점별 단위면적당(m²) 평균 개체수는 정점 1, 2, 3에서 20개체, 204개체, 262개체이었다. 시간에 따른 변화 양상을 보면, 1991년 3월에 49개체/m²로 적었고, 1992년 5월에 350개체/m²로 많았다. 이 밖에도 조사 후반기인 1992년 3월과 7월에 각각 252개체/

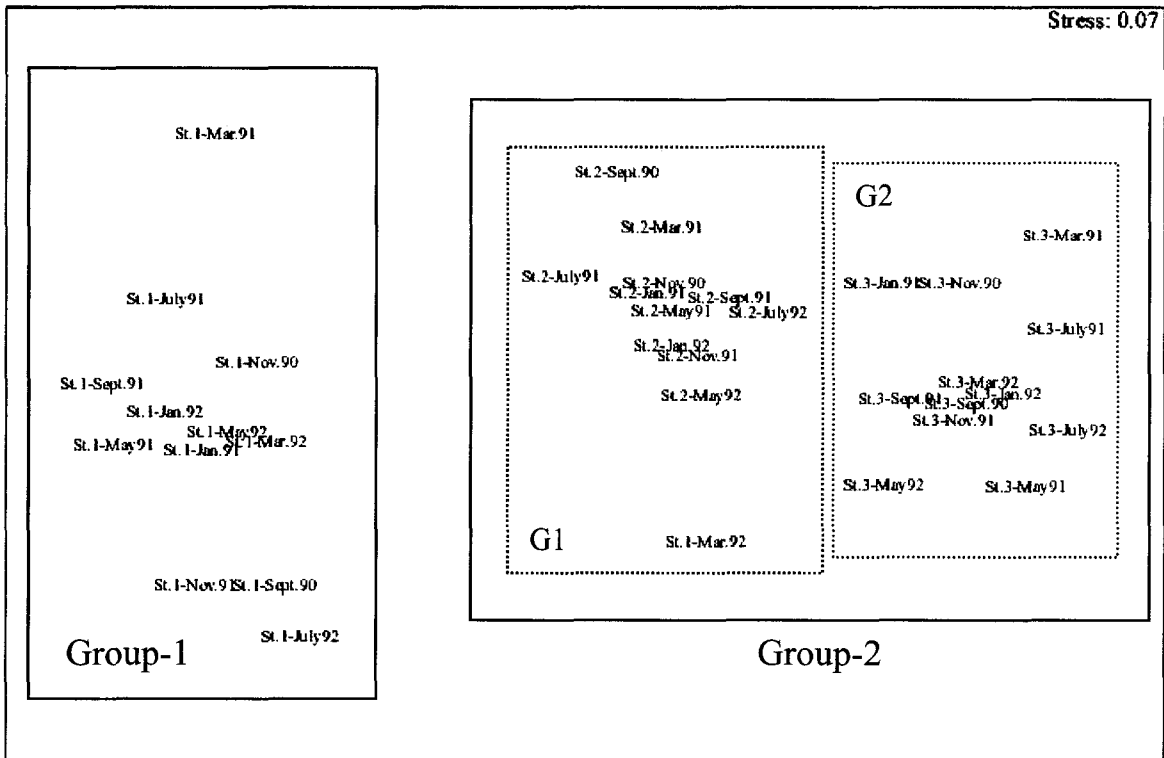
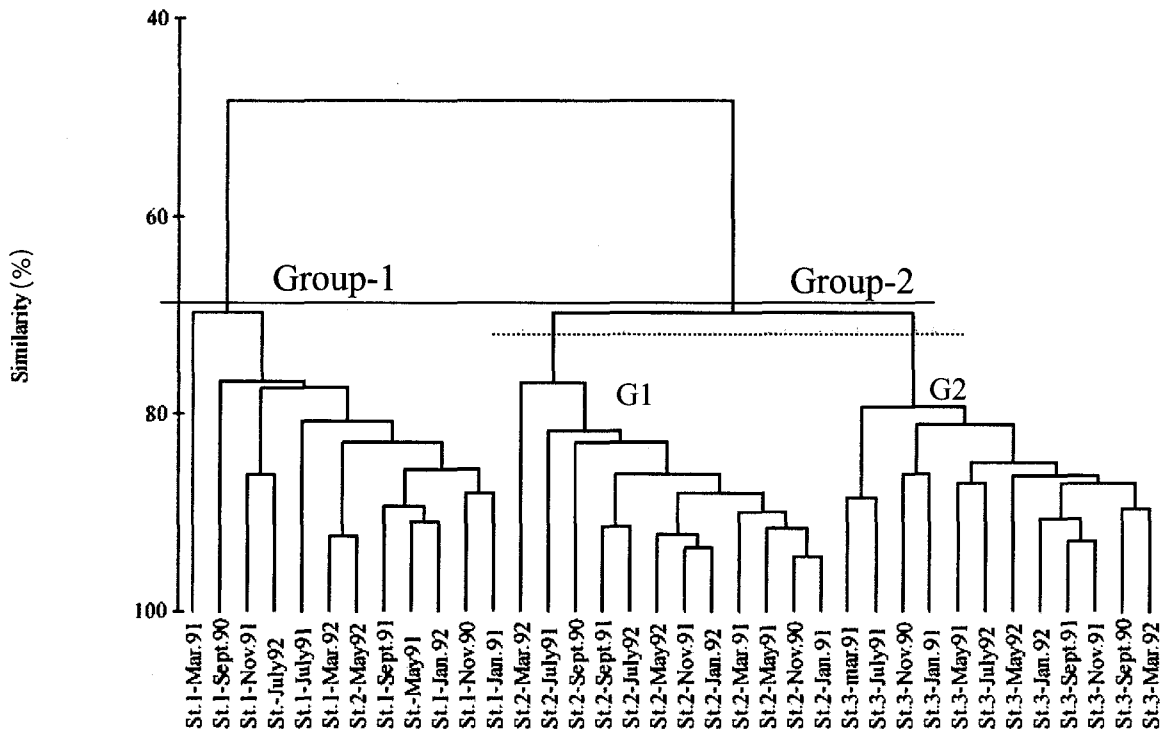


Fig. 3. Dendrogram for hierarchical clustering and 2-dimensional MDS ordination, using group-average linking of Bray-Curtis similarities calculated on fourth-root transformed abundance data.

m²와 227개체/m²로 많았다(Fig. 6). 시·공간에 따른 개체밀도의 변화를 파악하기 위하여 MDS 배열법으로 분석을 실시한 결과, 크게 2개의 그룹으로 나뉘었다(Fig. 8; Table 2). 그룹 1(G1)은 1991년 3월과 7월의 시기였고, 평균 개체수는 49개체/m²와 59개체/m²

로 적었다. 그룹 2(G2)는 이들을 제외한 시기로 출현 밀도는 99~350 개체/m²범위를 나타내 상대적으로 밀도가 높았다. 일원 분산분석 결과에서 시·공간에 따른 개체 밀도의 변화는 통계적으로 유의한 차이가 없었다(p>0.05).

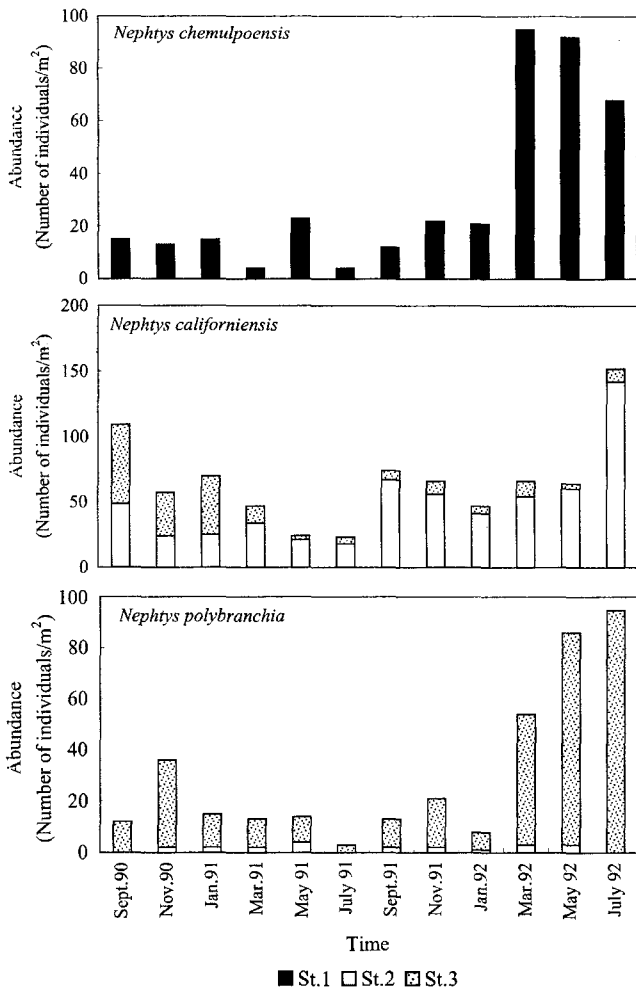


Fig. 4. Spatio-temporal variations in density of genus *Nephtys* at each station.

동족 *Mactra veneriformis*: 척전 갯벌에 서식하는 이매패류 중 가장 밀도가 높은 동족은 총 4,987개체가 채집되었으며, 평균 밀도는 139개체(±247개체)/m²였다. 정점에 따라서 단위면적당(m²) 출현 밀도는 1, 2, 3에서 각각 1개체, 193개체와 222개체였다. 조사 시기에 따라서는 초반기인 1990년 11월에 481개체/m²로 개체수가 많았고, 1992년 5월에 19개체/m²로 적었다. 이 밖에도 1991년 1월과 3월에는 450개체/m²와 290개체/m²가 채집되어 상대적으로 밀도가 높았으나, 이후 시간의 경과에 따라 점차적으로 감소하였다(Fig. 6). 조사 초반기의 높은 밀도는 3mm이하의 소형이 대부분을 이루어 특징적이었다. MDS 분석을 실시한 결과, 크게 3개의 그룹으로 나뉘었다(Fig. 8; Table 2). 그룹 1(G1)은 1992년 3월의 시기로 평균 23개체/m²가 채집되었다. 특히 정점 3에서만 출현하여 특징적이었다. 그룹 2(G2)는 1990년 11월, 1991년 1월과 3월의 시기로 구성되었다. 이 시기에는 갯벌의 모든 정점에서 출현하고 있으며, 개체수는 290~481개체/m² 범위로 매우 많았다. 그룹 3(G3)은 그룹 1과 2를 제외한 시기들로써 출현 밀도는 19~80개체/m²의 범위였다. 일원 분산분석 결과, 시·공간적으로 출현 밀도에는 유의한 차이가 없었다(p>0.05).

칠게 *Macrophthalmus japonicus*: 칠게는 총 533개체가 출현

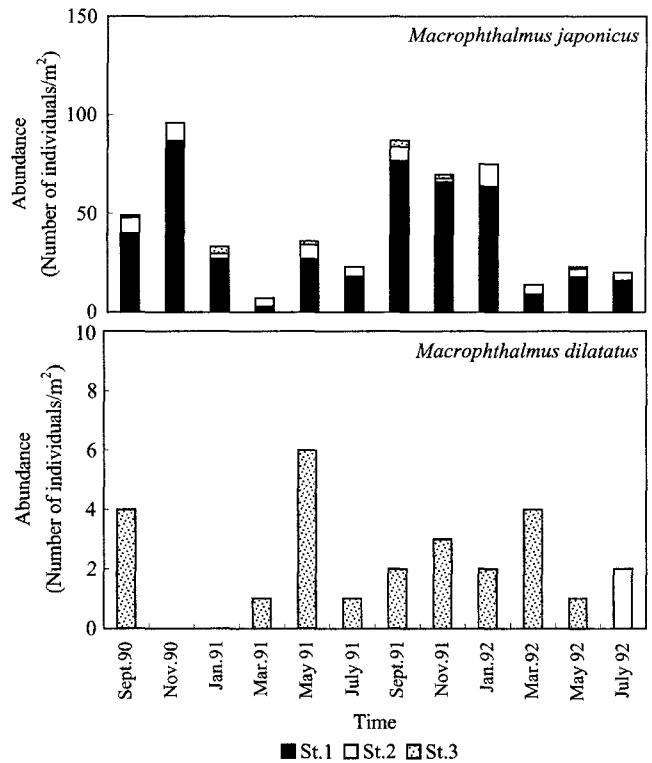


Fig. 5. Spatio-temporal variations in density of genus *Macrophthalmus* at each station.

하였으며, 평균 밀도는 15개체(±23개체)/m²였다. 이 중, 정점 1에서는 평균 38개체/m²가 채집되었고, 정점 2와 3에서는 6개체/m²와 1개체/m²가 출현하였다. 계절에 따라서는 대체 9월부터 이듬해 1월까지 상대적으로 밀도가 높아 15~48개체/m² 범위를 보였다(Fig. 6). MDS 분석 결과는 크게 3개의 그룹으로 나뉘었으며(Fig. 8; Table 2), 그룹 1(G1)은 1991년 3월로 4개체/m²가 출현하여 개체수가 매우 적었다. 그룹 2(G2)는 1991년 1월, 7월, 1992년 3월부터 7월시기로 구성되었으며, 7~15개체/m² 범위의 밀도였다. 그룹 3(G3)은 이들을 제외한 시기들로 17~48개체/m²의 범위로 조사 기간 중 밀도가 상대적으로 높았던 시기에 해당하였다. 일원 분산분석을 통해 시·공간에 따른 밀도의 차이를 비교한 결과, 밀도의 평균값 간에는 유의한 차이가 있었다(p<0.001).

맛조개 *Solen strictus*: 맛조개는 총 998개체가 채집되었으며, 평균 출현 밀도는 28개체(±56개체)/m²였다. 정점 1에서는 출현하지 않았고, 정점 2와 3에서 994개체(평균 83개체/m²)와 4개체가 채집되었다. 계절에 따라서는 단 한 개체도 채집되지 않은 1992년 3월을 제외하면, 개체수는 1992년 5월에 13개체/m²로 적었고, 1990년 9월에 136개체/m²로 많았다. 전반적으로 시간의 경과에 따라 현저하게 감소하는 경향을 보였다(Fig. 7). MDS 분석결과는 3개의 그룹으로 나뉘었는데(Fig. 8; Table 2), 그룹 1(G1)은 1991년 1월로 정점 2와 3에서 각각 112개체/m²와 4개체/m²가 출현하였다. 특히, 조사 기간 중 정점 3에서 맛조개가 출현하는 유일한 시기였다. 그룹 2(G2)는 1990년 9월, 11월, 1991년 5월, 9월로 구성되었으며, 45~136개체/m² 범위로 상대적으로 밀도가 높았던 시기였다. 그룹 3(G3)은 이들을 제외한 1991년 3월, 7월, 11월과 1992년 1

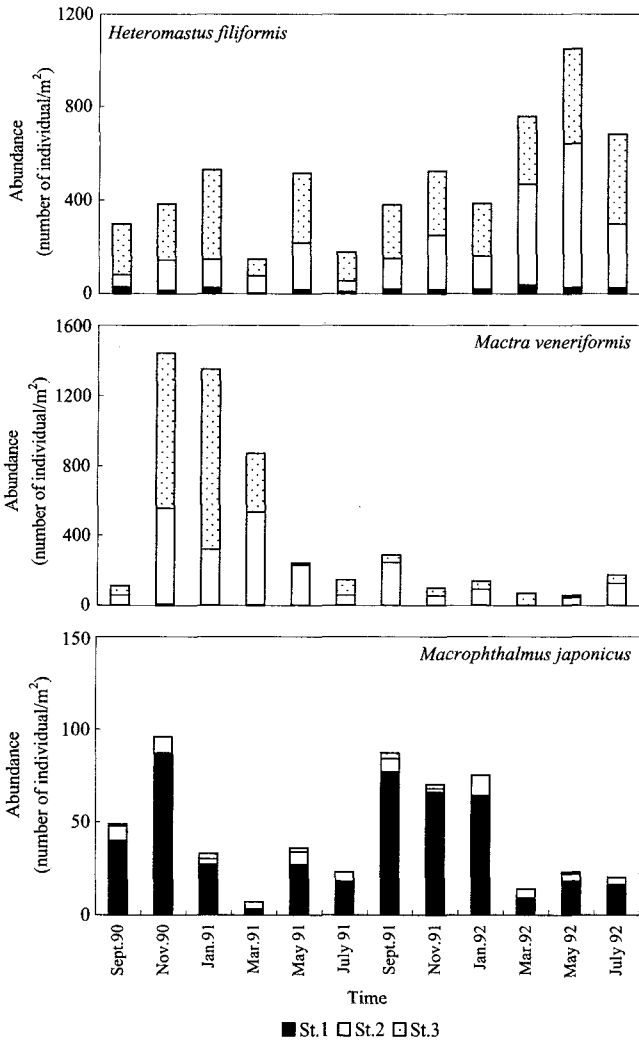


Fig. 6. Spatio-temporal fluctuations of *Heteromastus filiformis*, *Mactra veneriformis* and *Macrophthalmus japonicus* at each station.

월, 5월, 7월 시기로 구성되었고, 출현 밀도는 13~31개체/m²의 범위였다. 일원 분산분석을 통하여 시·공간에 따른 생물량을 비교한 결과, 개체가 출현하지 않은 상부를 제외하면 중부와 하부의 생물량에는 통계적으로 유의한 차이가 있었다(p<0.001).

가시땃해삼 *Protankyra bidentata*: 가시땃해삼은 총 1,007개체가 출현하였고, 평균 출현 밀도는 42개체(±18개체)/m²였다. 갯벌의 상부인 정점 1에서는 출현하지 않았고, 정점 2와 3에서 4개체/m²와 80개체/m²가 채집되었다. 개체수는 계절에 따라서 1991년 3월에 15개체/m²로 적었고, 1991년 5월과 1992년 7월에 68개체/m²로 많았다. 이 밖에도 1991년 11월, 1992년 1월과 5월에 50개체/m² 이상으로 많았다(Fig. 7). MDS 분석 결과, 크게 3개의 그룹으로 구분할 수 있었다(Fig. 8; Table 2). 그룹 1(G1)은 1991년 3월의 시기로 15개체/m²가 채집되어 밀도가 가장 낮았다. 그룹 2(G2)는 1990년 9월, 1991년 1월, 7월, 1992년 3월의 시기로 구성되었으며, 출현 밀도는 25~32개체/m²의 범위였다. 그룹 3(G3)은 이 밖의 시기들로 출현 밀도는 32~68개체/m² 범위로 개체수가 상대적으로 많았다. 일원 분산분석으로 시·공간에 따른 생물량을 비교한 결과에서 유의한 차이가 있었다(p<0.001).

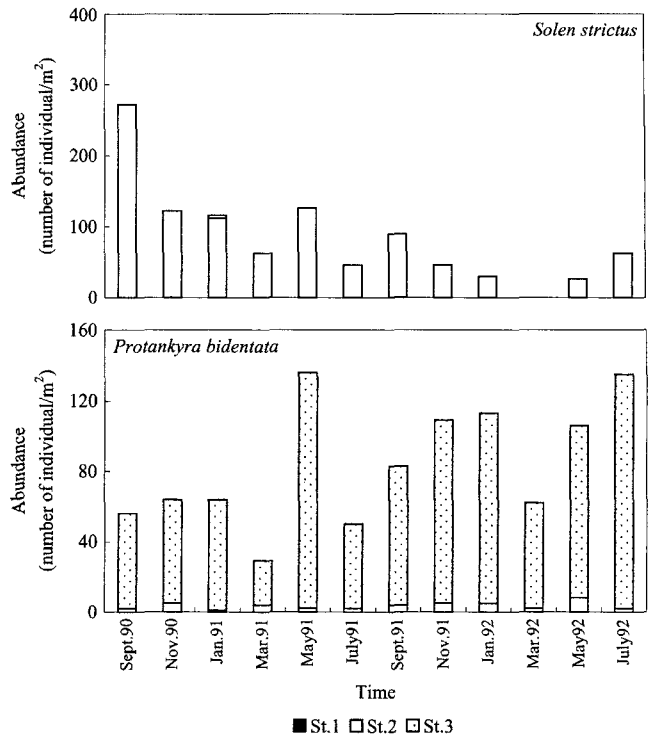


Fig. 7. Spatio-temporal fluctuations of *Solen strictus* and *Protankyra bidentata* at each station.

토 의

개체수에 근거한 우점종 및 대상구조

우점종의 선정 기준은 조사 기간 중 밀도가 가장 높은 종을 대상으로 하는 것이 일반적이다. 그러나, 어느 특정 시기에만 밀도가 높은 등의 그 출현 빈도를 고려하지 않은 종을 해역의 대표종으로 선택하기에는 무리가 있다(임과 홍, 1997a). 따라서, 본 조사에서는 출현빈도와 밀도를 고려하여 우점종을 선정하는 Le Bris Index를 이용하였다. 분류군별 중요 우점종을 선정한 결과, 최전 갯벌은 생물다양성이나 밀도면에서는 환형동물의 다모류가, 생물량에서는 연체동물과 극피동물이 대표적인 생물군이었다(홍과 서, 2001). 이와 같은 결과는 중요종의 밀도 변화에서도 뚜렷하게 나타나고 있다. 특히, 상위 15위종이 차지하는 밀도가 약 75%를 차지하여 중요 우점종이 해역의 군집구조와 변화 양상을 주도한다는 연구결과와 잘 일치하고 있다(임과 홍, 1997a).

연성기질에 서식하는 저서동물의 시·공간적인 분포는 파랑과 조석에 따른 퇴적상의 변화와 기온(수온), 간출시간 및 생물학적 상호작용에 의해 좌우된다. 이 중, 퇴적상은 종의 분포패턴과 다양도의 공간 분포에 영향을 미치는 중요한 인자이며, 저서동물의 행동이나 먹이섭취 양상에도 지대한 영향을 미친다(Levinton, 1995). 이 외에도 퇴적물의 분급도(Gray, 1981; 정, 1998), 모래와 펄의 함량(Weston, 1988)등 다양한 퇴적학적 특성이 분포 패턴을 결정한다. 최전 갯벌의 평균 입도는 상부에서 하부로 갈수록 4.7 φ → 4.0 φ → 3.7 φ로 점차적으로 조립해지는 경향을 보였다. 이것은 하부로 갈수록 모래의 함량은 많아지고, 유기물 함량은 적어짐을 의미한다. 또한, 조위에 따라 결정되는 퇴적물의 간출시간은 상부가 길

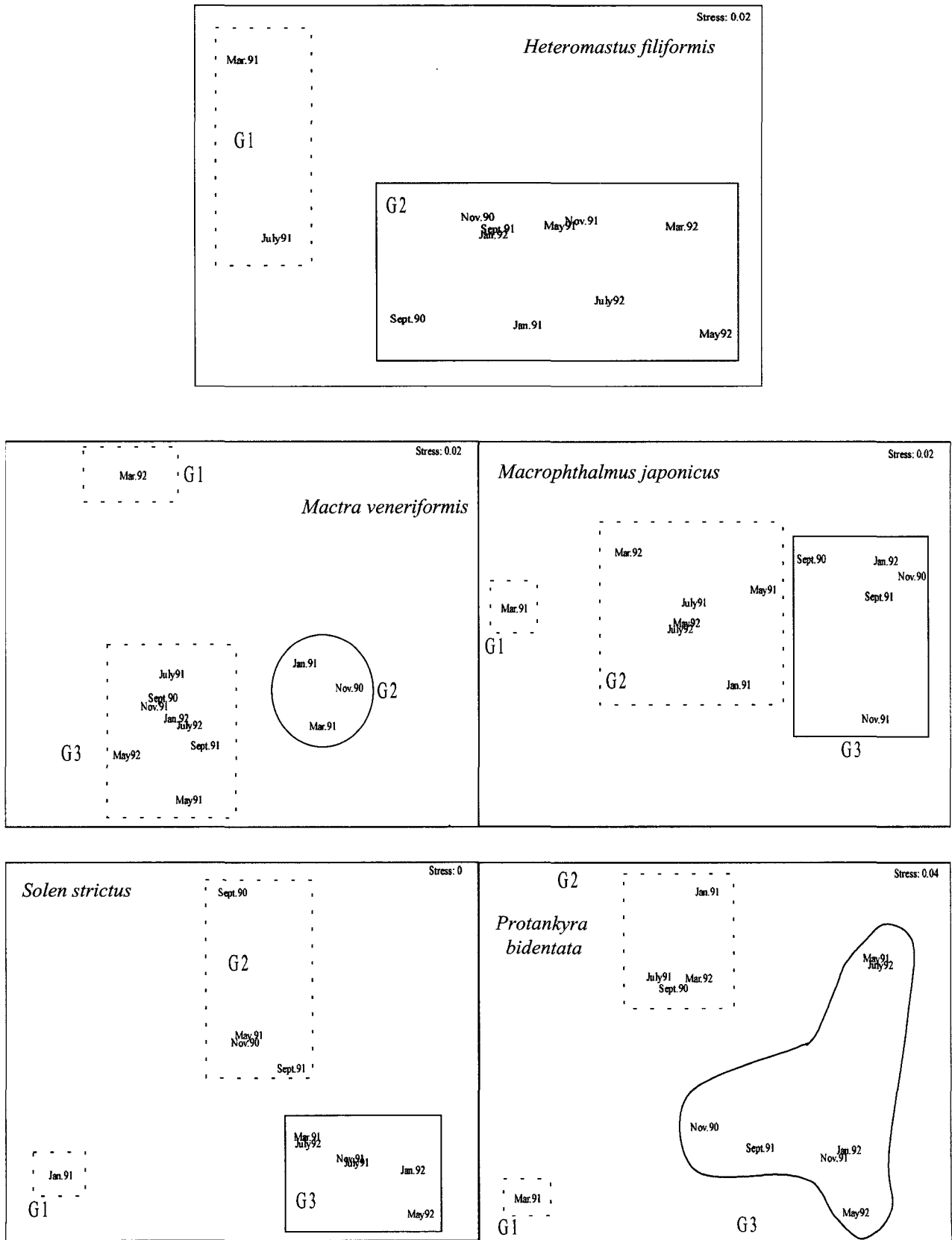


Fig. 8. Result of 2-dimensional MDS ordination of the 5 dominant species.

Table 2. Result of Bartlett's test and One-Way ANOVA of the 5 dominant species on the Cheokjeon tidal flat

Taxon	Specien name	Bartlett's test	p value
Polychaeta	<i>Heteromastus filiformis</i>	0.3525	p>0.05
Mollusca	<i>Macraa veneriformis</i>	0.7595	p>0.05
Crustacea	<i>Macrophthalmus japonicus</i>	0.0568	p<0.001
Mollusca	<i>Solen strictus</i>	0.4675	p<0.001
Echinodermata	<i>Protankyra bidentata</i>	0.5493	p<0.001

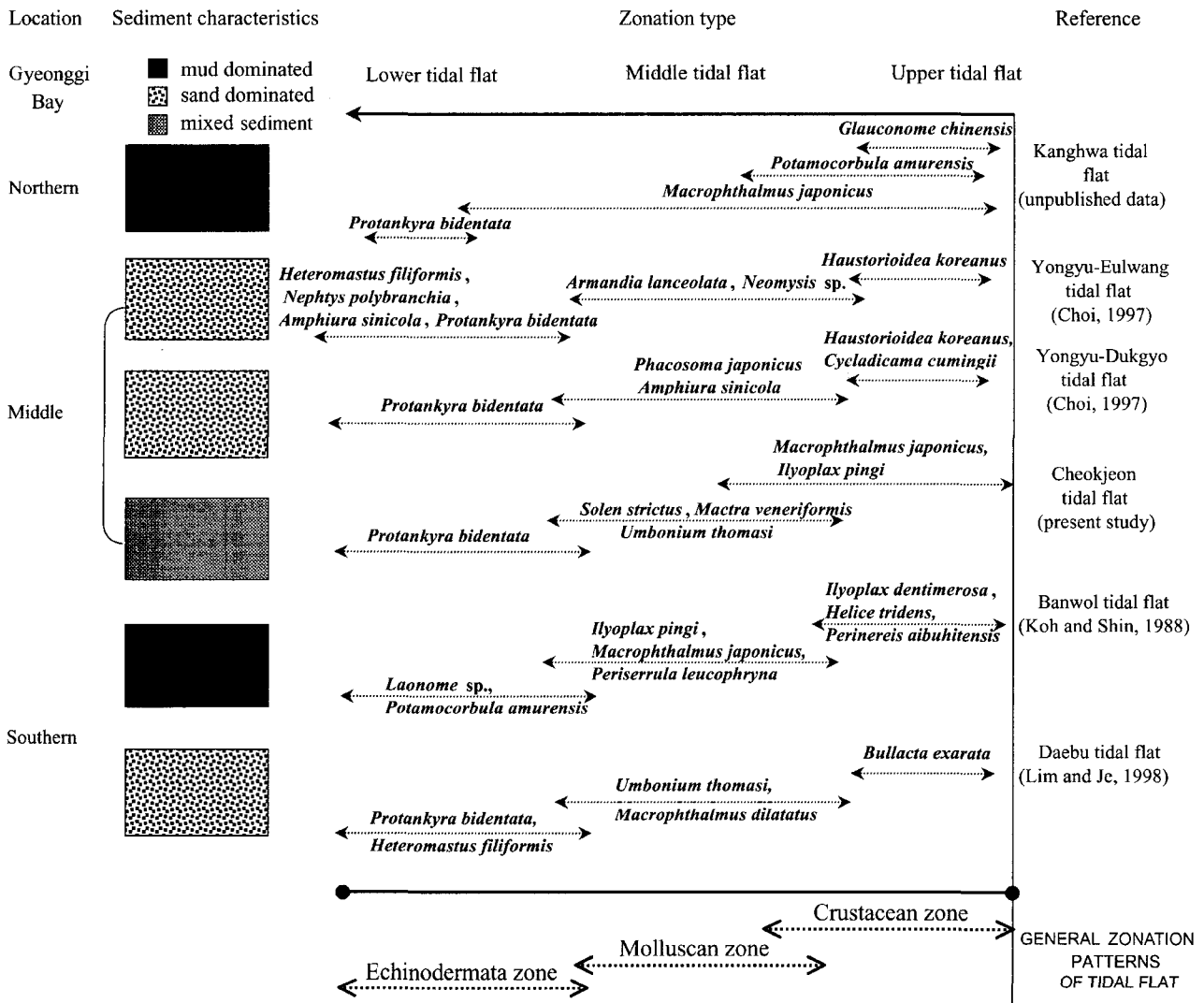


Fig. 9. The general zonation patterns of the major dominant species on a tidal flat of the Gyeonggi Bay.

고, 하부는 상대적으로 짧은 특징이 있다(홍과 서, 2001). 이러한 환경 특성은 우점종이 구축하는 대상구조가 서로 다르게 나타나는 원인이 된다. 본 조사에서도 조위별로 상위 5위종이 점유하는 밀도 비율은 58.0~67.9%의 범위였고, 갯벌의 상부는 다모류-연체동물-갑각류 생물대, 중부는 다모류-연체동물 생물대, 하부는 다모류-연체동물-극피동물 생물대로 나타났다. 따라서, 갯벌의 광역분포종군(다모류-연체동물의 일부종)을 제외하면, 상부에서 하부로 갈수록 갑각류 → 연체동물 → 극피동물 생물대가 우점하는 형태를 나타내게 되어 척전 갯벌의 전형적인 특징으로 규정할 수 있

었다(Frey *et al.*, 1987; Yoo, 1998; 홍과 서, 2001; 이, 2003). 경기만 갯벌에 서식하는 대형 저서동물의 대상구조 양상을 보면(Fig. 9), 만(灣)의 가장 북쪽에 위치하며, 펄 퇴적물이 우세하게 분포하는 강화 동막 갯벌은 이매패류인 갈색새알조개(*Glauconome chinensis*), 계화도조개(*Potamocorbula amurensis*), 갑각류의 칠게 등이 우점하였다. 반면, 강화 동검 갯벌은 동막 갯벌과 유사한 퇴적상을 보이나, 다모류인 *H. filiformis*, 광염백금갯지렁이(*Nephtys oligobranchia*), 갑각류의 이형올챙이새우류인 *Lampros hexaspinula*, 권패류인 *S. edogawaensis* 등이 대표적으로 출현하여 차이가 있었

다(한국해양연구소, 1998). 한편, 만(灣)의 중부역으로 모래가 많은 용유도의 을왕동과 덕교동 갯벌은 단각류인 *Haustorioides koreanus*, 다모류인 침보석갯지렁이(*Armandia lanceolata*), *H. filiformis*, 극피동물의 가시땃해삼과 긴팔거미불가사리(*Amphiura sinicola*)의 밀도가 높았다(Choi, 1997). 반면, 남부역의 반월 갯벌은 상·중부에 2종의 다모류(두토막눈썸갯지렁이-*Perinereis aibuhitensis*, 흰이빨참갯지렁이-*Periserrula leucophryna*)와 펄털콩게(*Ilyoplax pingi*), 칠게 등의 게류가 우점하였으며, 하부는 계화도조개가 특징적으로 출현하였다(Koh and Shin, 1988). 그러나, 모래가 많은 대부도 갯벌에서는 권패류인 서해비단고둥(*Umbonium thomasi*), 다모류인 *Mediomastus* sp., 광염백금갯지렁이, *Scoloplos* sp., 이매패류인 *Nitidotellina* sp., 동죽, 펄털콩게, 칠게, 길게(*Macrophthalmus dilatatus*) 등이 밀도가 높았다(이 등, 1998; 최 등, 1998). 일반적으로 인위적인 간섭이 없는 한반도 중부역의 갯벌에서는 일부 우점종의 차이는 있으나, 갑각류(게 군집)-연체동물-극피동물이 특징적으로 분포하는 생물대를 갖는다는 공통점이 있다(최 등, 1998). 이상에서와 같이 우점종을 포함한 저서동물의 시·공간적인 분포는 지리적인 떨어짐의 정도, 서식처의 퇴적상과 물리적 환경 특성에 의해 지역적으로 달리함을 알 수 있다. 본 연구 지역을 비롯하여 경기만 해역의 중요 우점종 분포를 파악한 결과에서도 퇴적상과 노출시간을 결정하는 조위 등은 저서동물의 분포를 결정하는 가장 중요한 인자로서 고려할 수 있다(An and Koh, 1992; Yoo, 1998; 홍과 서, 2001).

특정 다모류와 갑각류의 분포 양상

다모류의 *Nephtys chemulpoensis*는 황해의 펄과 모래 퇴적물에 공통적으로 서식하나, 본 조사해역이 속한 경기만에서는 펄 함량이 상대적으로 많은 갯벌의 상부에서 밀도가 높은 특징이 있다(Jung and Hong, 1997). 본 조사에서도 펄 함량이 높은 갯벌의 상부에서만 출현하여 일치하고 있다. 한편, 본 종에 대하여 환경요인과의 관계를 포함한 생태적인 정보는 많지 않아서 본 속(屬)의 일부 종에 대한 먹이섭식 유형의 연구결과가 있으며, 육식성 생물로 보고되었다(Choi and Koh, 1989). 이와 같이 육식성의 생물은 펄 함량과 상관관계가 낮고, 일반적으로 펄이 많은 지역에서는 퇴적물식사의 밀도가 우세하거나 혹은 육식성이라 하더라도 proboscis를 가지고 혈거성 생활을 하는 다모류의 밀도가 높다(Choi and Koh, 1992). 척전 갯벌의 상부는 펄 함량이 매우 높은 지역으로 주로 퇴적물식자(가무라조개, 민땀접시조개, 칠게 등)의 밀도가 매우 많아 유사하였고, 본 종은 저질에 구멍을 파고 생활하며 먹이를 찾아 이동을 취하는 육식성 생물로써 상부 조위라는 고유한 서식처를 갖는 것으로 파악할 수 있다. 한편, *N. californiensis*는 황해 중앙부의 수심 56~74 m의 펄모래에서 서식하며, 미국의 캘리포니아 해역에서는 모래 해변에서 출현하였다(Hartman, 1938). 반면, *N. polybranchia*는 한국과 중국 연안의 24~60 m 수심의 펄모래에서 분포하는 것으로 알려져 있다(Jung and Hong, 1997). 따라서, 이들 2종의 서식처와 분포는 퇴적물의 모래함량에 좌우될 것으로 추정되나, 분포 양상은 매우 유동적인 것으로 생각된다. 경기만의 대부도 방아머리 갯벌에서도 *N. polybranchia*는 조위에 관계없이 모래 함량이 95% 이상이며, 평균 입도가 3.1~3.5 ϕ 사이에서 출현하여 이를 반영하고 있다(박 등, 1998).

일반적으로 칠게는 펄이 많은 상부에서 특징적으로 우점하고, 길게는 모래가 많은 하부에서 밀도가 높다. 반면, 모래와 펄의 함량이 비슷한 중부 조위에서는 소수의 개체가 혼재하여 서식하나, 칠게가 상대적으로 많다. 경기만에 서식하는 이들 두 종의 분포양상도 이와 유사하여 칠게는 강화도 갯벌과 대부도 남사리 갯벌에서 펄 함량이 약 80%를 차지하는 정점에서 밀도가 높았던 반면 모래가 상대적으로 많은 대부도 방아머리 갯벌에서는 길게가 우세하게 출현하고 있어 퇴적상이 분포에 영향을 미치고 있음을 알 수 있다(이 등, 1998). 한편, 칠게의 밀도가 갯벌의 상·중부에서 상대적으로 높은 이유는 칠게의 고온과 건조에 대한 생물학적 내성과 행동의 결과로 추정되고 있다. 즉, 칠게는 간조시 서식처가 노출되었을 때 고온과 건조를 피하여 갯벌의 하부로 이동한 후 만조가 되면서 본래의 서식처로 회귀하는 주기적 특성을 나타내기 때문이다(Henmi, 1984). 칠게와 길게는 동일한 속(屬)에 포함되지만, 섭식유형에서는 차이가 있어 칠게는 퇴적물식성을, 길게는 육식성을 대표적 섭식유형으로 취한다(personal observation). 따라서, 칠게가 펄이 많은 갯벌의 상부지역에서 밀도가 높고, 반면 길게는 상대적으로 먹이를 쉽게 취할 수 있는 갯벌의 하부에서 개체수가 많은 것은 섭식유형과 밀접한 관련이 있다고 볼 수 있다. 위와 같이 칠게와 길게가 취하는 섭식활동 형태는 두 종이 각각의 서식처 환경에 적응한 결과이며, 역으로 두 종간의 서식처 분화를 고찰화하는 원인의 하나이다. 이상을 종합해 볼 때, 백금갯지렁이 속의 다모류와 칠게 속의 갑각류는 갯벌의 조위, 퇴적상과 먹이섭식 유형에 따라 분포를 달리한다고 볼 수 있다.

주요 우점종의 시·공간적 분포

***Heteromastus filiformis*:** 저서동물은 이동성이 미약하여 오염 지표종 등으로 해역의 환경상태를 반영하는 동물군이다. 특히, 다모류 가운데 이러한 종류가 많으며, 대표적인 경우가 버들갯지렁이과(Capitellidae)에 속하는 종들이다. 이 중, *H. filiformis*는 오염된 환경과 중금속에 대한 적응 내성이 매우 높은 것으로 알려져 있다(Pearson and Rosenberg, 1978; Ahn et al., 1995). 최근 우리나라의 갯벌을 포함한 연안역과 내만에서 우점종으로 출현하고 있으며(정, 1998; 이 등, 1998; 한국해양연구소, 1998), 일부 해역에서는 유기물 오염의 정도가 심화되면서 뚜렷하게 밀도가 증가하는 경향을 보였다(Koh, 1997). 그럼에도 불구하고, 유기물 오염이 심한 진해만에서는 외해수의 영향을 받는 만의 입구부에서 밀도가 높았으며, 주 분포역의 퇴적상은 상대적으로 조립하고, 유기물 함량이 3~4%내외였다(임과 홍, 1997b). 척전 갯벌에서도 펄 함량이 적고, 퇴적물의 유기물 함량이 적어질수록 밀도가 증가하는 결과를 보여 유사하였다. 그러나, 광양만에서는 분급도가 불량하고, 펄 함량과 유기탄소의 함량이 높은 해역에서 밀도가 높아 차이가 있었다(정, 1998). 따라서, 지금까지 본 종은 환경 오염의 정도를 반영하는 대표적인 오염지표종으로써 고려되어 왔다. 그러나, 본 연구 결과 오염지표종으로써 보다는 생물학적으로 r-strategy를 갖는 기회종으로 이해되는 것이 타당할 것으로 보인다. 즉, 기회종의 형태인 높은 생식능력과 유생의 분산폭이 넓은 특징을 가지고 있기 때문이다. 한편, Shaffer(1983)는 미국 Georgetown 인근의 하구역에서 수행한 2년간의 개체군 연구를 통해서 본 종은 생활사 중 1회의 산란을 하며, 해역에 서식하는 개체군의 1/2은 겨울 등

안에 성숙하여 봄에 산란하는 것으로 보고하였다. 반면, 봄에 산란하지 않은 나머지 1/2은 다음해의 동일시기에 산란하고 사망하였다. 따라서, 본 조사에서 1991년의 봄보다 1992년 봄에 상대적으로 밀도가 높은 이유는 1991년에는 산란한 개체의 밀도가 적거나 혹은 초기 어린시기에 사망률이 높음을 가정할 수 있다. 반면, 1992년의 높은 밀도는 산란에 참여한 개체의 밀도가 상대적으로 많고, 어린 개체의 기질로의 가입이 성공적이었음을 유추할 수 있다.

동죽 *Mactra veneriformis*: 동죽은 인천 연안, 충북과 전북 일대 갯벌에 서식하는 대표적인 양식대상 패류로 사니질 혹은 이사질 퇴적물에 서식하나, 모래 함량이 50~90%이상인 퇴적물에서 주로 출현하는 것으로 보고되었다(吉田, 1964). 본 조사에서도 모래 함량이 많은 갯벌의 중부와 하부에서 밀도가 높았다. 시간 경과에 따라서는 1990년 가을부터 1991년 이른 봄에 비교적 밀도가 높았으나, 이후 점차적으로 감소하였다. 한반도의 중부역인 군산 갯벌에서 동죽 개체군의 유생 침강과 기질로의 가입시기는 6월 중순에서 7월 중순사이였으며(류와 정, 1995), 부유유생 시기를 감안하면 산란 시기는 대략 5월~6월경으로 추정할 수 있다. 그러나, 본 조사에서는 늦가을인 11월에 3 mm이하 치패의 대량 출현이 있었으며, 이웃한 송도 갯벌에서는 5월(2-3 mm)과 11월(5 mm내외)에 갯벌의 하부에서 치패가 대량으로 관찰되어 차이가 있었다(신과 고, 1995). 이상에서와 같이 동죽 치패의 출현 양상으로 유추해 보면, 통상적으로 동죽은 봄에 산란을 하지만, 여름 및 가을에 2차 산란을 수행할 가능성이 높거나 혹은 개체에 따라서 봄부터 가을에 이르는 비교적 넓은 폭의 산란기를 가질 수 있음을 추정할 수 있다. 한편, 1990년 11월과 1991년 1월에 갯벌 하부에서 출현한 높은 밀도(치패를 포함한 888개체/m²와 1,029개체/m²)는 개체가 성공적으로 기질에 착저하였음을 의미한다. 그럼에도 불구하고, 이후 조사 정점에서 출현하는 성체의 밀도는 점차적으로 감소하였다. 신과 고(1995)는 송도 갯벌에 서식하는 개체군의 밀도가 연령군별로 차이가 발생하고 있고, 이러한 결과를 유발하는 원인 중의 하나가 동죽의 가입지역과 성장지역이 다르기 때문이라고 제시하였다. 반면, 류와 정(1995)은 동죽이 연령분포가 동일한 단일연급군을 구성하면서 대량밀도로 서식하는 특징을 가지는 종으로 성패와 치패의 밀도 차이는 이들 사이에 존재하는 먹이경쟁에 원인이 있음을 제안하였다. 즉, 현탁물식을 수행하는 동죽의 경우 동일 서식처에서 생활하는 성패의 밀도는 치패의 먹이공급에 지대한 영향을 미칠 수 있기 때문이다. 따라서, 성패의 밀도가 높은 지역에 착저한 치패는 먹이를 원활하게 취할 수 없기 때문에 점차적으로 밀도가 줄어들며, 반대로 인위적인 어획이나 환경변화에 따라 성패의 밀도가 적거나 감소하는 지역에서는 치패의 밀도가 증가한다. 척전 갯벌에서는 착저한 치패의 밀도가 높음에도 불구하고, 시간의 경과에 따라 성패의 밀도가 증가하지 않았다. 이것은 기질에 가입한 치패가 환경에 적응하지 못하고 사망하거나 혹은 서식환경이 보다 양호한 서식처로 이동하여 성장하게 됨으로써 본 정점에서 채집되지 않았을 가능성이 높음을 의미한다고 볼 수 있다.

칠게 *Macrophthalmus japonicus*: 칠게는 우리나라 서·남해안 갯벌에서 서식밀도가 높고, 펄 함량이 많은 갯벌의 상부에서 흔하게 관찰할 수 있는 종이다(김, 1973). 경기만 갯벌에서의 분포양상을 보면, 강화도의 동검과 여차리 갯벌에서는 펄 함량이 높은 상부역에서(한국해양연구소, 1998) 밀도가 높았던 반면 대부분의

남사리 갯벌에서는 실트와 모래로 구성된 상부와 중부에서 우세하게 분포하였다(이 등, 1998). 한편, 본 종은 *Macrophthalmus banzai*와 유사종으로 외부형태를 기초로 구분하는 것이 매우 난해하며, 특히 어린개체와 암컷의 경우에는 더욱 어렵다(Kitaura et al., 2002). 국내에서도 아직까지 *M. banzai*에 대한 보고는 없으며, 대부분 칠게로 구분되고 있다. Kitaura et al.(2002)은 분자생물학적 분석을 통한 계통분류 연구에서 두 종이 유전학적으로 유사함을 확인하였으며, 생물학적 조성이 매우 밀접한 자매종으로 제시하고 있다(Horii et al., 2001). 따라서, 칠게와 *M. banzai*의 외부형태, 서식처 및 행동학적 특성만으로 종을 구분하는 것은 어렵다고 볼 수 있으나, 생태학적 특성은 유사할 것으로 추정된다. 한편, 척전 갯벌에서 가을부터 초겨울에 높은 밀도로 출현하고 있는데 이것은 산란 이후 성공적으로 기질에 가입했음을 입증하는 결과로 생각된다. 우리나라에 서식하는 칠게의 포란기는 5월~8월 사이로 알려져 있어(김, 1973), 산란 시기는 6월~10월경으로 추정할 수 있다. Henmi(1993)는 일본의 Okinawa와 Amakusa의 갯벌에 서식하는 *M. banzai*의 지리적인 차이에 따른 생활사 연구를 통해서 Okinawa 개체군은 겨울에 산란하고, Amakusa 개체군은 여름에 주로 산란을 하는 것으로 보고하여 위도상의 차이에 따라 산란 시기가 서로 다름을 제시하였다. 그러나, Amakusa 개체군의 산란 시기가 우리나라의 칠게 개체군과 보다 유사하나, 어떠한 요인에 의해 산란 시기에 차이가 발생하고 있는지를 파악하기에는 불분명하였다. 한편, 연구기간 이후 현장관찰에 의하면, 인위적으로 호안이 구축된 갯벌의 중부지역에서는 시간의 경과에 따라 펄이 많이 쌓이고 있음을 관찰할 수 있었고, 이와 더불어 칠게의 대량 유입을 확인하였다. 이것은 갯벌의 조위와 퇴적상이 칠게의 분포에 영향을 미치고 있음을 입증한다고 볼 수 있다.

맛조개 *Solen strictus*: 맛조개는 한반도 서·남해안의 사니질 갯벌에 서식하는 대표적인 유용패류이다. 본 조사에서 맛조개의 출현량은 시간의 경과에 따라 지속적으로 감소하고 있다. 본 종은 1989년 5월부터 1990년 7월까지 1,009개체가 출현하여 당시 출현 개체수의 25.6%를 차지하는 중요 산업종이었다(박, 1991). 그러나, 1990년 9월부터 1991년 7월까지 총 774개체가 출현하여 전년도와 비교하여 약 1/3 정도의 밀도 감소가 있었고, 1991년 9월부터 1992년 7월까지 254개체만이 출현하여 1/5 수준으로 격감하였다. 대표적인 현탁물식성임에도 불구하고 모래가 상대적으로 많은 정점 3에서 1991년 1월에 4개체가 채집된 것을 제외하면, 이후 하부 조위에서는 출현하지 않고 있어 갯벌의 중부 조위에 특징적으로 출현하는 종으로 추정된다. 한편, 홍과 박(1994a, b)은 맛조개 개체군의 연구를 통해 기질로 가입하는 개체의 연도별 차이는 수온 차이에 의한 것으로 추론하고 있다. 본 연구기간에 수온 변화는 상대적으로 크지 않아서 1990년에는 평균 14.4 °C, 1991년에는 13.6 °C로 0.8 °C가 낮았다. 그러나, 출현량은 현저하게 감소하고 있다. 또한, 1992년에는 평균 14.1 °C로 수온이 전년도와 비교해 높았으나, 출현량은 늘지 않고 있어 수온이 맛조개의 가입과 출현에 결정적으로 영향을 미쳤을 것으로 단정하기에는 무리가 있었다. 출현 개체의 감소는 초기 생활사 중 저서생활로의 가입이 성공적이지 못한 것이 가장 큰 원인이며, 가입과 성장은 무기환경과 생물환경의 변동에 따라 약간 차이를 보인다(홍과 박, 1994b). 그러나, 일반적으로 갯벌에 서식하는 이매패류는 조위에

따라 밀도에 차이가 있으며(Wolff and de Wolf, 1977), 퇴적상을 비롯한 환경요소, 간출시간, 먹이가 되는 생물의 양에 따라 동일 해역에서도 지역에 따라 다를 수 있다(Beukema et al., 1977). 따라서, 본 조사에서 맛조개의 밀도 감소는 수온을 비롯한 다양한 무기환경 요인과 퇴적상의 변화에 기인한 것으로 생각된다. 왜냐하면 맛조개가 출현하는 중부 조위의 평균입도는 조사 초반기(1990년 9월~1991년 7월)가 평균 4.05 φ, 후반기(1991년 9월 이후)는 3.97 φ를 나타내 점차적으로 조립해지는 경향을 보였다. 그러나 박(1991)의 조사 당시에는 5.23 φ로 상대적으로 세립하였다. 따라서, 퇴적상의 조립화가 밀도 감소에 영향을 미치고 있음을 추정할 수 있다.

가시돗해삼 *Protankyra bidentata*: 우리나라에서 본 종이 속한 돗해삼과(Synaptidae)는 비교적 잘 알려지지 않은 생물군으로 가시돗해삼은 Kamita and Sato(1941)에 의해 최초로 보고되었다. 가시돗해삼은 갯벌과 아조간대의 펄 또는 가는 모래 속에 잠입해서 서식한다(Yi, 1985; 신, 1996). 반면, 척전 갯벌에서는 펄이 많은 상부에서는 출현하지 않았고, 비교적 모래가 많은 중·하부에서 밀도가 높았다. 경기만에 산재한 갯벌에서 이 종의 분포를 보면, 퇴적상에 관계없이 남사리 갯벌은 중·하부, 강화도 동막, 용유도의 을왕동과 덕교동, 인천 송도, 대부도의 방아머리 갯벌은 하부에서 주로 출현하였다(Choi, 1997; 최 등, 1998; 한국해양연구소, 1998; 이, 1999). 이것을 종합하면 종의 분포에 영향을 미치는 요인으로 퇴적상보다는 조위로 고려할 수 있다. 한반도 연안 갯벌과 만을 포함한 조하대 조사시의 관찰에 의하면(Yi, 1985), 모래, 펄, 펄모래(혹은 모래펄)등 모든 퇴적물에서 출현하고 있어 이를 뒷받침하기도 하였다. 한편, 가시돗해삼은 저질의 안정도를 결정하는 역할을 수행하며, 생물의 서식에 밀접한 영향을 미치는 대표적인 퇴적물 식자로 생물교란작용(bioturbation)을 일으켜 현탁물질을 수행하는 생물의 서식을 힘들게 할 뿐만 아니라, 관서 또는 정주성 생물의 서식을 어렵게 하기도 한다. Rhoads and Young(1970)은 New England의 조하대 조사에서 퇴적물식자와 현탁물식자는 동일 서식처에서 공존하지 않음을 밝혔으며, 이것의 원인은 저질환경의 불안정성에 기인한다는 하였다. 또한, 기질 가입기 현탁물식자의 치패는 이러한 환경에서 안정된 서식처를 찾는 것이 불가능하고 혹은 정착하더라도 현탁물을 포획하는 기관이 막혀버려 사냥할 가능성이 높게 됨을 제안하였다. 그러나, 척전 갯벌에서는 오히려 이매패류가 높은 밀도로 혼서하는 상반되는 결과를 보였다. 즉, 이들이 행하고 있는 생물교란작용이 현탁물식자인 이매패류에게 영향을 미치지 않는다고 볼 수 있다. 오히려 생물교란작용에 의해 저질의 표층에 존재하는 유기물의 재부유를 촉진시켜 이용 가능한 먹이농도의 증가를 유발할 가능성이 높음을 추정할 수 있다.

결 론

인천 동춘동 척전 갯벌에 서식하는 대형 저서동물의 중요 우점종에 대한 시·공간적인 분포 양상을 파악하였다. 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 1990년 9월부터 1992년 7월까지 격월별 현장조사에서 채집된 저서동물은 총 111종, 25,491개체이었다.
2. 출현 개체밀도에 기초한 중요 우점종은 다모류의 *Heteromastus filiformis*, 이매패류의 동족(*Mactra veneriformis*), 갑각류의 칠게

(*Macrophthalmus japonicus*), 이매패류의 민띠접시조개(*Moerella rutila*), 다모류의 *Glycinder grujanovae*, *Cirrophorus furcatus*, *Glycera subaenea*, 극피동물 해삼류의 가시돗해삼(*Protankyra bidentata*), 다모류의 *Minuspia japonica*, 갑각류의 펄털콩게(*Ilyoplax pingi*), 다모류의 *Nephtys californiensis*, *Magelona japonica*, *Aedicira pacifica*, *Nephtys chemulpoensis*, 권패류의 왕좁쌀무늬고둥(*Hinia festiva*) 등이었다. 상위 15위의 우점종은 19,072개체의 밀도를 나타내 전체의 74.8%를 점유하였다.

3. 각 정점별 상위 5위종이 점유하는 밀도 비율은 58.0~67.9%의 범위였다. 이들이 나타내는 대상구조는 상부가 다모류-연체동물-갑각류 생물대, 중부가 다모류-연체동물 생물대, 하부가 다모류-연체동물-극피동물 생물대로 구분되었다. 갯벌의 광역분포종군(다모류-연체동물의 일부종)을 제외하면, 상부에서 하부로 갈수록 갑각류 → 연체동물 → 극피동물 생물대가 우점하는 형태를 나타내게 되어 척전 갯벌의 전형적인 특징으로 규정할 수 있었다.

4. 백금갯지렁이과(Nephtyidae)의 다모류 3종과 칠게아과(Macrophthalminae)의 갑각류 2종은 동일한 속(genus)이면서 조위와 펄·모래의 함량에 따라 뚜렷이 구분되는 서식처를 갖는 것으로 나타났다. *Nephtys chemulpoensis*는 펄이 많은 갯벌의 상부에서, *N. californiensis*는 펄과 모래의 함량이 50%인 중부에서, *N. polybranchia*는 모래함량이 60%이상을 점유하는 하부에서 밀도가 많았다. 반면, 칠게는 펄이 많은 상부에서 특징적으로 우점하였고, 길게는 모래가 많은 하부에서 밀도가 높았다. 모래와 펄의 함량이 비슷한 중부 조위에서는 소수의 개체가 혼재되어 서식하나, 칠게가 상대적으로 많았다.

5. 척전 갯벌의 대표적인 5종의 중요 우점종을 선정하여 시·공간에 따른 생물량을 비교하였다. *H. filiformis*와 동족은 통계적으로 유의한 차이가 없었으나($p>0.05$), 맛조개, 칠게와 가시돗해삼은 유의한 차이가 있었다($p<0.001$). 이것은 일부 중요 우점종이 조위와 퇴적상에 따라 생물량에서 시·공간적인 차이가 있음을 의미한다.

사 사

본 논문을 세심하게 검토해주시고, 유익한 조언을 아끼지 않으신 심사위원 윤성규 교수님과 최진우 박사님께 깊은 감사의 말씀을 올립니다.

참고문헌

- 김훈수, 1973. 한국동식물도감-제14권 동물편(집게 계류). 문교부, 694 pp.
- 류동기, 정상철, 1995. 군산연안 동족, *Mactra veneriformis*의 침강과 가입. 한국수산학회지, 28(5): 667-676.
- 박홍식, 1991. 인천 연안 조간대 저서생물에 대한 생태학적 연구. 인하대학교 이학석사학위 청구논문, 124 pp.
- 박홍식, 이재학, 김창수, 최병미, 1998. 대부도 모래갯벌에 서식하는 저서동물의 공간분포와 서해비단고둥의 서식밀도와와의 관계 연구. 해양연구 특별호, 20(2): 89-96.
- 서인수, 2003. 인천 갯벌 저서동물의 군집구조와 먹이망. 인하대학교 이학박사학위 청구논문, 273 pp.
- 신 숙, 1993. 해남반도 조간대의 환경과 저서동물상에 관한 연구.

- 한국수산학회지, **26**(1): 63-75.
- 신 숙, 1996. 한국동식물도감-제36권 동물편(극피동물). 문교부, 780 pp.
- 신현출, 고철환, 1995. 서해 송도 갯벌에서의 동죽(*Mactra veneriformis*: Bivalvia)의 성장과 생산. 한국해양학회지, **30**(5): 403-412.
- 이창근, 1999. 인천 송도 해안 매립지 주변 해역의 저서동물 군집구조와 준설과 매립에 의한 서식처 교란이 저서동물 군집에 미치는 영향. 인하대학교 이학석사학위 청구논문, 128 pp.
- 이현정, 2003. 송도 지역 연안 개발에 따른 해양저서동물군집의 장기 변동. 인하대학교 이학석사학위 청구논문, 72 pp.
- 이시완, 이형곤, 신상호, 김동성, 이지왕, 제종길, 1998. 대부도 남사리 갯벌의 생물상. 해양연구 특별호, **20**(2): 105-119.
- 임현식, 홍재상, 1997a. 진해만 저서동물의 군집생태- 2. 우점종의 분포. 한국수산학회지, **30**(2): 161-174.
- 임현식, 홍재상, 1997b. 진해만 저서동물의 군집생태- 3. 군집구조. 한국수산학회지, **30**(2): 175-187.
- 정래홍, 1998. 연안해역 개발에 따른 해양 저서생태계의 장기변동 연구-광양만의 저서 다모류 군집을 대상으로-. 인하대학교 이학박사학위 청구논문, 306 pp.
- 최진우, 김동성, 신상호, 제종길, 1998. 서해 경기만 대부도 모래갯벌에서의 대형저서동물 분포. 해양연구 특별호, **20**(2): 97-104.
- 한국해양연구소, 1998. 갯벌의 효율적 이용과 보존을 위한 연구. BSPE 97611-00-1058-3, 312 pp.
- 홍재상, 박홍식, 1994a. 인천연안 간석지산 주요 저서생물의 성장과 생물생산- I. 척전지역 간석지에 서식하는 맛조개, *Solen(Solen) strictus*의 성장. 한국수산학회지, **27**(5): 549-559.
- 홍재상, 박홍식, 1994b. 인천연안 간석지산 주요 저서생물의 성장과 생물생산- II. 척전지역 간석지에 서식하는 맛조개, *Solen(Solen) strictus*의 생물생산. 한국수산학회지, **27**(5): 560-571.
- 홍재상, 서인수, 2001. 인천 송도지역 척전 갯벌 대형저서동물의 군집생태학-1. 군집의 구조. 한국해양학회지 바다, **6**(3): 190-200.
- 吉田 裕, 1964. 貝類種苗學. 北隆館, 151-169.
- Ahn, I.Y., Y.C. Kang and J.W. Choi, 1995. The influence of industrial effluents on intertidal benthic communities in Panweol, Kyeonggi Bay(Yellow Sea) on the west coast of Korea. *Mar. Pollut. Bull.*, **30**(3): 200-206.
- 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., G.C. Cadee and J.M. Jansen, 1977. Variability of growth rate of *Macoma Balthica*(L.) in the Wadden Sea in relation to availability of food. In: Biology of benthic organism(Keegan, B.F. and P.O. Ceidigh, eds.); 11th European Symposium on Marine Biology, Pergamon Press, 69-77.
- Choi, B.M., 1997. An ecological study of the macrobenthic community on two tidal flats, Yongyu-do, Inchon, Korea. *Master Thesis Inha Univ.*, 166 pp.
- Choi, J.W. and C.H. Koh, 1989. Polychaete feeding guilds from the continental shelf off the Southeastern Coast of Korea. *J. Oceanol. Soc. Korea*, **24**(2): 84-95.
- Choi, J.W. and C.H. Koh, 1992. The distribution and feeding guilds of the polychaete community in the West Coast off Kunsan, Korea. *J. Oceanol. Soc. Korea*, **27**(3): 197-209.
- 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**: 295-329.
- Gray, J.S., 1981. The ecology of marine sediments. Cambridge Univ. Press, New York, 185 pp.
- Hartman, O., 1938. Review of the annelid worms of the Family Nephthyidae from the Northeast Pacific, with descriptions of five new species. *Proc. U.S. Natl. Mus.*, **85**: 143-158.
- Henmi, Y., 1984. The description of wandering behavior and its occurrence varying in different tidal areas in *Macrophthalmus japonicus*(De Haan)(Crustacea: Ocypodidae). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **84**: 211-224.
- Henmi, Y., 1993. Geographic variations in life-history traits of the intertidal ocypodid crab *Macrophthalmus banzai*. *Oecologia*, **96**: 324-330.
- Horii, T., J. Kitaura, K. Wada and M. Nishida, 2001. Genetic relationship among Japanese sentinel crabs (Decapoda: Ocypodidae: genus *Macrophthalmus*). *Comp. Biochem. Physiol.*, **130**(1): 75-82.
- Jung, R.H. and J.S. Hong, 1997. Nephthyidae(Annelida: Polychaeta) from the Yellow Sea. *Bull. Mar. Sci.*, **60**(2): 371-384.
- Kamita, T. and T.N. Sato, 1941. Marine fauna at Jinsen Bay Corea. *J. Chosun Nat. Sci. Soc.*, **8**: 58.
- Kitaura, J., M. Nishida and K. Wada, 2002. Genetic and behavioral diversity in the *Macrophthalmus japonicus* species complex (Crustacea: Brachyura: Ocypodidae). *Mar. Biol.*, **140**: 1-8.
- Koh, C.H., 1997. Korean megatidal environments and tidal power projects: Korean tidal flat - biology, ecology and land uses by reclamations and other feasibilities. *La Houille Blanche* **3**: 66-78.
- 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.
- Le Bris, H., 1988. Fonctionnement des Écosystèmes Benthiques Côtiers au Contact d'Estuaries: la Rade de Lorient et la Baie de Vilaine. Thèse de Doctorat, Université de Bretagne Occidentale, Brest, France, 311 pp.
- Levinton, J.S., 1995. Marine biology - Function, biodiversity, ecology. Oxford Univ. Press Inc., New York, 420 pp.
- 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) special: 121-130.
- Pearson, T.H. and R. Rosenberg, 1978. Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, **16**: 229-311.
- Peterson, C.H., 1991. Intertidal zonation of marine invertebrates in sand and mud. *Am. Sci.*, **79**: 236-249.
- 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.
- Shaffer, P.L., 1983. Population ecology of *Heteromastus filiformis* (Polychaeta: Capitellidae). *Neth. J. Sea Res.*, **17**(1): 106-125.
- Snelgrove, P.V.R. and C.A. Butman, 1998. Animal-sediment relationships revisited: cause vs effect. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, **32**: 111-127.
- Tamaki, A. and T. Kikuchi, 1983. Spatial arrangement of macrobenthic assemblages on an intertidal sand flat, Tomika Bay. *Publ. Amakusa Mar. Biol. Lab.*, **7**(1): 41-60.

- Weston, D.P., 1988. Macrobenthos-sediment relationships on the continental shelf off Cape Hatteras, North Carolina. *Cont. Shelf Res.*, **8**(3): 267–286.
- Wolff, J.W. and L. de Wolf, 1977. Biomass and production of zoobenthos in the Grevelingen estuary, Netherlands. *Est. Coast. Mar. Sci.*, **5**: 1–24.
- 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., 1985. Studies on the Holothuroidea in the Coastal Waters of Korea- I. Synaptidae. *Ocean Res.*, **7**: 1–9.
- Yoo, J.W., 1998. The spatial distribution and long-term variation of macrofaunal communities on macrotidal flats in the West Central Coast of Korea. *These doc., Inha Univ.*, 352 pp.

2004년 3월 25일 원고접수

2004년 7월 14일 수정본 채택

담당편집위원: 신현출