

서해 가로림만 갯벌의 대형저서동물 공간분포

Spatial Distribution of Benthic Macrofauna on the Tidal Flat of Garolim Bay, West Coast of Korea

신상호* / 구본주** / 제종길***
Sang Ho Shin / Bon Joo Gu / Jong Geel Je

:: Abstract ::

Macrobenthic fauna were studied on a tidal flat in Garolim Bay in July 2002, in order to understand their spatial distribution with the surface sediment types. Forty-nine stations were set on the tidal flat. A total of 147 species was sampled with the mean density of 1,140ind./m² and the mean biomass of 157.2g/m². The polychaetes were species- and density-dominant faunal group with 64 species and the mean density of 791ind./m². Mollusks were biomass-dominant faunal group with 132.0g/m². Major dominant species were two polychaetes, *Mediomastus californiensis* with the mean density of 347ind./m² and *Heteromastus filiformis* with 224ind./m². Also mollusks such as *Umbonium thomasi*, *Batillaria cumingi* and *Ruditapes philippinarum* was relatively high in the mean density, showing the density of 45, 42, 32ind./m² respectively. Especially, *U. thomas* was distributed in the mouth of the bay, where sediment grain size is rather coarse, and *R. philippinarum* at near tidal channel. Based on the cluster analysis, the macrobenthic community on the tidal flat was classified into seven station groups depending on the benthic environmental parameters(sediment types). Compared with other Korean tidal flats, species richness of Garolim tidal flats is more and less low.

Keywords : Tidal flat, Macrobenthos, Community, Spatial distribution, Garolim Bay

:: 요 지 ::

충청남도 가로림만 갯벌에서 대형저서동물상 파악을 위하여 갯벌 49개 정점에서 채니기를 이용하여, 2002년 7월에 현장조사를 수행하였다. 가로림만 갯벌에서 채집된 대형저서동물은 총 8개 분류군에 총 147종, 5,586개체가 채집되었고, 평균 서식밀도는 1,140개체/m², 평균 생물량은 157.2g/m²로 나타났다. 출현종수에서는 갯지렁이류가 64종으로서 가장 우점하였으며, 출현 서식밀도에서도 갯지렁이류가 791개체/m²로 전체 출현 개체수의 약 69.4%를 차지하였다. 가장 우점한 종은 버들갯지렁이류 일종인 *Mediomastus californiensis*였으며, 평균 서식밀도는 347개체/m²(30.5%)였다. 두 번째로 많은 출현개체수를 보인 종도 버들갯지렁이류의 일종인 *Heteromastus filiformis*였으며, 평균 서식밀도는 224개체/m²였다. 상기 두종은 조사해역 대부분의 정점에서 출현하는 양상을

* 회원, 한국해양연구원 생물자원연구본부, E-mail : shshin@kordi.re.kr

** 비회원, 한국해양연구원 생물자원연구본부, E-mail : bjkkoo@kordi.re.kr

*** 정회원, 한국해양연구원 생물자원연구본부, E-mail : jgje@kordi.re.kr

보였다. 연체동물은 서해비단고둥(*Umbonium thomasi*), 땡가리(*Batillaria cumingi*), 바지락(*Ruditapes philippinarum*) 등이 조사해역에서 높은 밀도를 보였으며, 평균 서식밀도가 각각 45, 42, 32개체/m²이었다. 서해비단고둥은 조립질의 퇴적상인 가로림만 입구 지역에서 집중적으로 분포하였고, 바지락은 수로 인근 지역에 분포하는 양상을 보였다. 집괴분석결과, 각 정점들은 7개의 정점군으로 구별되었는데, 각 정점군의 퇴적물에 따라 구별되었다. 가로림만 갯벌과 다른 갯벌의 중 풍부도를 비교한 결과, 가로림만 갯벌은 다른 지역에 비해 상대적으로 낮은 값을 보였다.

핵심용어 : 갯벌, 대형저서동물, 군집, 공간적 분포, 가로림만

서론

갯벌은 크게 연안습지의 범주에 속한다. 습지보전법 상에서 연안습지의 정의는 “만조시에 수위선과 지면이 접하는 경계선으로부터 간조시에 수위선과 지면이 접하는 경계선까지의 지역”을 말한다(해양수산부, 1999). 갯벌을 “조수간만의 차이에 의해 주기적으로 드러나는 모래 또는 점토질의 해안의 평평한 퇴적지형”으로 정의하는 것이 보통이기 때문에 갯벌은 연안습지의 범주에 들어간다(제종길, 1998).

연안습지의 중요 형태의 하나인 갯벌에 서식하는 저서동물은 많은 수산생물의 먹이자원으로 이용되고 있고, 또한 갯벌을 포함한 하구나 내만지역은 어류를 포함하는 수산생물 군집의 보육장의 역할을 하는 것으로 추정되고 있다(서인수, 2003). 갯벌은 육상에서 유입되는 다양한 형태의 오염물질을 정화하는 기능을 가지고 있으며(유선재와 김종구, 1999), 아울러 갯벌에 서식하는 대형저서동물은 이동성 철새들의 먹이가 됨으로서 갯벌은 철새들의 먹이 공급장 역할도 하고 있다(이시완과 유정철, 2003). 최근에는 문화·심미적 공간의 제공 및 생태관광의 최적지로 각광받고 있어 그 중요성은 점차 증가하고 있다.

가로림만에서 저서동물의 연구는 가로림만 조력발전소 타당성 연구일환으로 수행된 갯벌 조사와 조하대 조사(KORDI, 1981; Lee *et al.*, 1983)를 실시한 것을 제외하면 거의 전무한 실정이다.

가로림만은 아직 대규모의 간척사업이나 오염원이 적어 원생태계가 잘 보전된 갯벌이다. 본 조사에서는

가로림만 갯벌의 보전을 위한 기초자료로 제시하고, 퇴적환경에 따른 저서동물의 공간분포 양상을 이해하고자 하였다. 그리고 가로림만 갯벌에 서식하는 저서동물의 종 다양성을 우리나라의 다른 갯벌과 비교하였다.

조사지 개황

가로림만은 충청남도 서산군과 태안군에 둘러 싸여 있는 만으로 육지쪽으로 깊숙이 만입된 반폐쇄형 만이다. 크기는 폭이 약 8km, 길이는 약 20km로 남북방향으로 발달하여 있으며, 만 입구 폭은 2km정도이고, 내부 폭은 최대 약 10km 정도이다(Fig. 1). 가로림만 갯벌의 면적은 약 70km²로 광범위하게 발달하여 있다(신동엽, 1998). 지형적으로는 뚜렷한 강이 발달하지 못하였으며, 작은 지류를 통하여 하천수가 가로림만으로 흘러 들어오고 있으나 거의 무시할 수 있는 정도이다. 해저 지형은 남북방향으로 지나가는 두개의 20m 이상인 수로가 발달하여 있으며, 동수로는 대산면 해안을 따라 5m 수심역까지 약 10km, 서수로는 태안반도의 동쪽을 따라 남쪽으로 약 20km 정도 연장되어 있다. 만입구의 평균조차는 4.7m이며, 대조차는 6.5m로 대조차 환경이며, 창조류는 1.4m/s, 낙조류는 1.1m/s로 만내부로 갈수록 약해진다(한국해양연구소, 1993).

해양수산부(2002)가 2002년에 조사한 자료에 의하면 가로림만의 염분분포는 매우 균일하였으며, 만의 입구에서 상부로 갈수록 낮아지는 현상을 보였으나, 그 차이는 1%이하였다. 또한 가로림만의 염분은 충남 연안의 다른 해역에 비하여 매우 높은 값을 보였다. 이와

같은 이유는 가로림만 내부로 유입되는 대형 하천이 없어 담수 유입이 매우 제한되기 때문에 염분이 높고 또한 공간 분포가 균일하게 나타났다(해양수산부, 2002). 용존산소에서 가로림만 내부 수역은 90~100%의 포화도를 보여 충남의 다른 수역에 비하여 양호한 상태를

보였다. 이것은 전술한 바와 같이 가로림만으로 유입되는 하천이 적은 관계로 담수 유입이 제한되고 이에 따른 육상오염물의 유입이 제한되었기 때문이다(해양수산부, 2002).

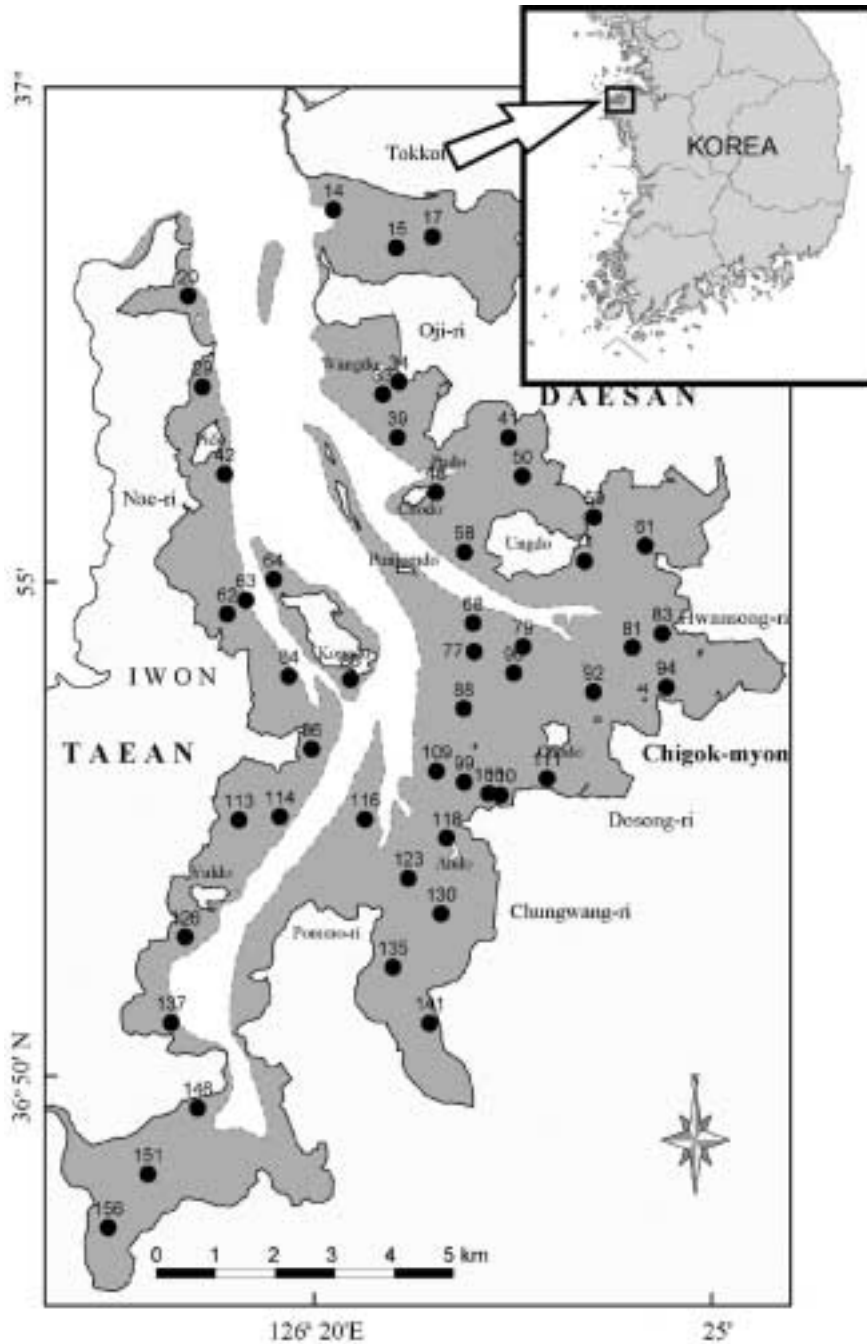


Fig. 1. Map showing the sampling stations on the Garolim tidal flat, Korea. The stations were surveyed in August 2002

재료 및 방법

충남 가로림만 갯벌의 저서동물상을 파악하기 위하여 가로림만 내 갯벌에 2002년 8월에 49개 정점을 선정하여 저서동물과 표층퇴적물의 특성을 조사하였다 (Fig. 1). 현장조사는 갯벌로의 소형 선박 운항이 가능한 대조시의 만조시를 택해 선박상에서 소형 채니기 (van Veen Grab; 채집면적 0.035m²)를 이용하여 퇴적물을 채집하였다. 각 정점(49 정점)에서 3회씩 채취하였으며, 채취된 퇴적물은 선상에서 1mm 표준망체를 이용하여 체질한 다음 잔존물은 10%의 중성포름알데히드로 고정하여 실험실로 운반하였다. 실험실에서 저서동물을 선별하였으며, 종 수준까지 동정하여, 종별 개체수를 계수하였다. 개체수 자료는 단위 면적당(m²) 자료로 환산하여 사용하였으며, 주요 개체수 우점종을 선별하여 공간 분포 특성을 파악하였다. 생물량은 동물군별 측정하

여 단위 면적당(m²) 자료로 환산하여 사용하였다.

정점별 저서동물은 출현종수, 평균 출현개체수, 평균 생물량, 종 다양도(Shannon and Wiener, 1963), 종 풍부도, 종 균등도를 구하여 분석하였다. 각 정점의 군집 유사성을 파악하기 위하여 Bray-curtis 유사도 지수와 가중평균 결합법에 따라 정점군을 구분하였다. 이때 사용된 프로그램은 PRIMER(Plymouth Marine Laboratory) 패키지를 사용하였다.

퇴적물의 입도분석을 위한 시료는 저서동물의 채집과 동시에 현장에서 표층 퇴적물을 250ml 플라스틱 시료병에 담아 실험실로 운반하였다. 실험실에서는 HCl과 H₂O₂로서 석회질 성분과 유기물을 제거한 다음, 조립질부(4φ 이하)는 Gradex 2000 입도분석기에 의한 체분석으로, 세립질부는 Sedigraph 5100 입도분석기를 이용하여 입자 크기별 조성 비율을 구하여 퇴적물의 특성을 분석하였다.

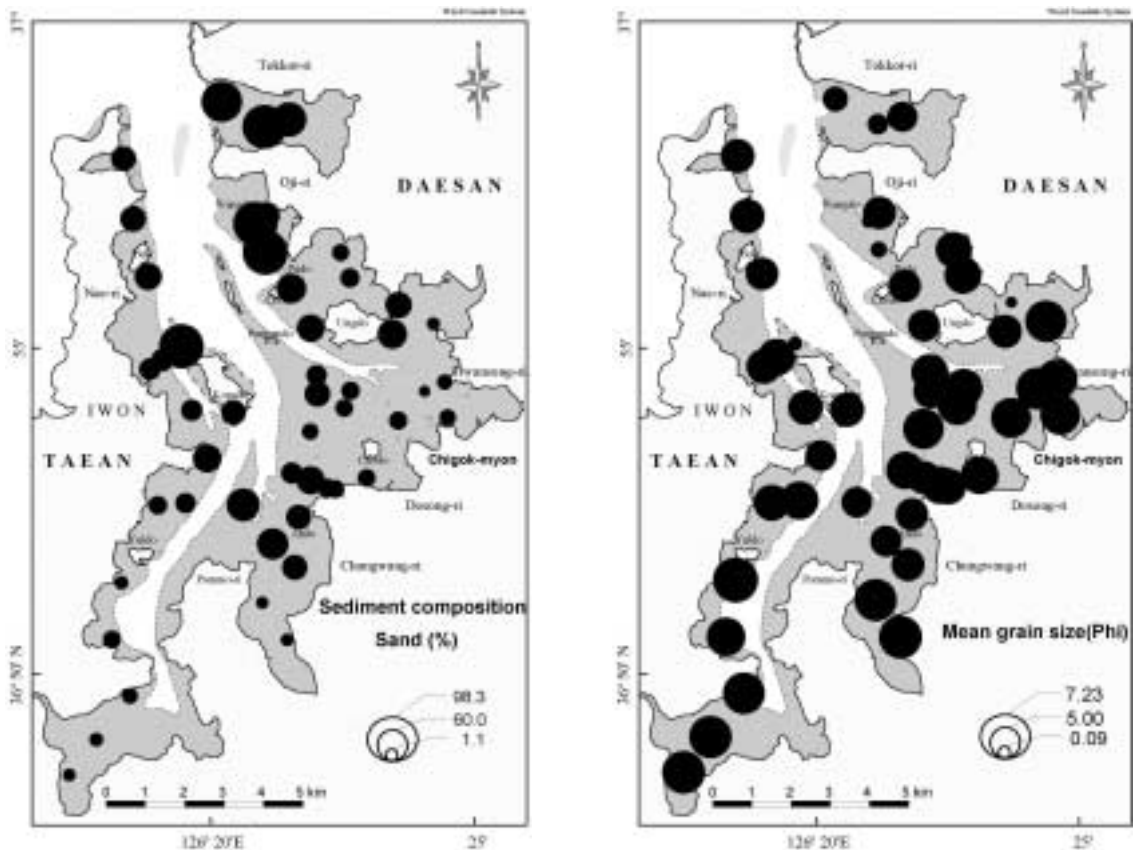


Fig. 2. Distribution of the surface sediment on Garolim Bay tidal flats in August 2002.(left : sand content(%), right : mean grain size(ϕ))

결 과

(1) 조사지역의 퇴적환경

가로림만 표층 퇴적물의 모래함량은 1.1~98.3%로서 아주 넓은 범위를 보였다. 특히, 정점 15, 33, 39, 64에서는 90%이상의 모래함량을 보였으며 펄(silt-clay) 함량은 0.06~98.8%로서 평균 63.4±26.4%였으며, 가장 내만에 위치한 정점 126, 135, 141, 151, 156과 가로림만 동쪽에 위치한 정점 61, 81에서 90%이상의 펄 함량을 보였다. 표층퇴적물의 입도크기는 0.09~7.23φ로서 넓은 범위를 나타내었으며, 평균입도는 5.0±1.6φ였다. 분급도에서는 0.8~3.6φ 범위를 보였으며, 평균 분급도는 2.1±0.5φ 였다. 일반적인 만의 특징인 만 입구에서 내만쪽으로 갈수록 세립해지는 경향을 보였다. 즉, 만 입구 동측에 위치한 독곶리 입구와 오지리 갯벌은 거의 모래로 구성되어 있었으며, 내만쪽의 갯벌의 표층 퇴적물은 펄 퇴적물이 주를 이루고 있었다(Fig. 2).

(2) 대형저서동물의 출현종수, 서식밀도 및 생물량

가로림만 갯벌에서 2002년 8월에 49개 정점에서 대형저서동물은 8개 동물군에 총 147종, 총 5,586개체가 채집되었고, 평균 서식밀도는 1,140개체/m², 평균 생물량은 157.2 g/m²로 나타났다(Table 1). 가장 많은 종이 출현한 동물군으로는 갯지렁이류(polychaeta)로서 64 종이 출현하여 전체 출현종수의 43.5%를 차지하였으며, 연체동물(mollusca), 절지동물의 갑각류(crustacea) 순으로 나타났다. 평균 서식밀도에서도 갯지렁이류가 가장 많은 부분을 차지하였다. 그 다음으로 연체동물, 갑각류 순이었다. 평균 생물량에서는 연체동물이 가장 많은 부분

을 차지하였으며, 갑각류, 갯지렁이류 순으로 나타났다.

(3) 각 정점별 공간분포

출현종수의 공간분포 양상을 살펴보면, 가로림만 가장 내만에 위치한 정점 146에서 39종이 출현하여 가장 많은 종을 나타냈다(Fig. 3). 이 정점은 펄(silt-clay)

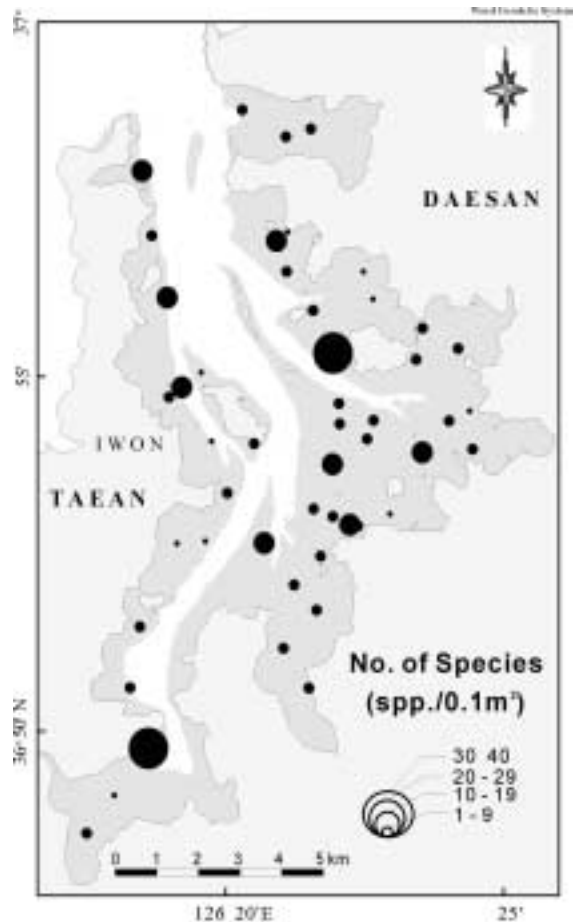


Fig. 3. Distribution of macrofauna in terms of the number of species collected on the Garolim tidal flat in August 2002

Table 1. Total number of species, mean density and mean biomass for the major taxonomic groups when the data was combined over all the stations during the sampling period

| Taxon | No. of species | Mean density(ind./m ²) | Mean biomass(g/m ²) |
|------------|----------------|------------------------------------|---------------------------------|
| Mollusca | 40(27.2%) | 219(19.2%) | 132.0(83.9 %) |
| Polychaeta | 64(43.5%) | 791(69.4%) | 3.8(2.4 %) |
| Crustacea | 35(23.8%) | 100(8.8%) | 20.9(13.3 %) |
| Others | 8(5.4%) | 29(2.5%) | 0.5(0.3 %) |
| Total | 147(100%) | 1,140(100%) | 157.2(100%) |

함량이 85%이상의 세립질 퇴적물로 구성되어 있으며, 출현종은 주로 갯지렁이류가 많은 비율을 차지하고 있었다. 주수로와 인접한 정점 58에서도 30종이 출현하여 상대적으로 높은 종수를 보였다. 또한 정점 33, 정점 88, 정점 100에서 모두 25종이 출현하여 상대적으로 출현종이 다양했다. 그 반면에 만의 안쪽에 위치한 정점 151에서 1종이 출현하여 가장 낮은 출현종을 보였다. 이 정점은 91%이상의 펄(silt-clay) 함량을 보인 곳이었다. 또한 모래함량이 88%이상의 조립질 퇴적물로 구성된 정점 64에서 4종만이 출현하였다.

서식밀도의 공간분포 양상을 보면, 정점 63에서 5,580개체/m²가 출현하여 서식밀도가 가장 높았다(Fig. 4). 가로림만의 남동쪽에 위치한 정점 116과 정점 123에서 각각 4,260개체/m², 3,440개체/m²가 출현하였으며, 가로림만 대산읍에 인접한 모래갯벌인 정점

33, 정점 39에서 각각 3,160개체/m², 3,170개체/m²로 높은 서식밀도를 보였다. 그 반면에 출현종수가 가장 적은 정점 151에서는 10개체/m²가 출현하여 가장 낮은 서식밀도를 보였다. 그리고 가로림만 중앙에 있는 고파도에 인접한 모래둔덕에서 70개체/m²의 서식밀도를 보였으며, 만의 동쪽으로 깊숙한 곳에 위치하여 펄 함량이 87%이상의 세립질인 정점 81, 83에서 각각 140, 290개체/m²가 출현하여 낮은 서식밀도를 보였다.

생물량의 공간분포 양상을 보면, 정점 146에서 1,472g/m²으로 가장 높은 생물량을 나타내었으며, 정점 58, 20, 14에서 각각 1,429g/m², 1,321g/m², 1,202g/m²으로 높은 생물량을 나타내었다(Fig. 5). 그 반면 정점 151에서 0.02g/m²으로 가장 낮은 생물량을 나타내었으며, 내만 깊숙한 안쪽에 위치한 정점 81, 111, 141에서 2.0g/m²이하의 낮은 생물량을 나타내어 내만으로 갈수록

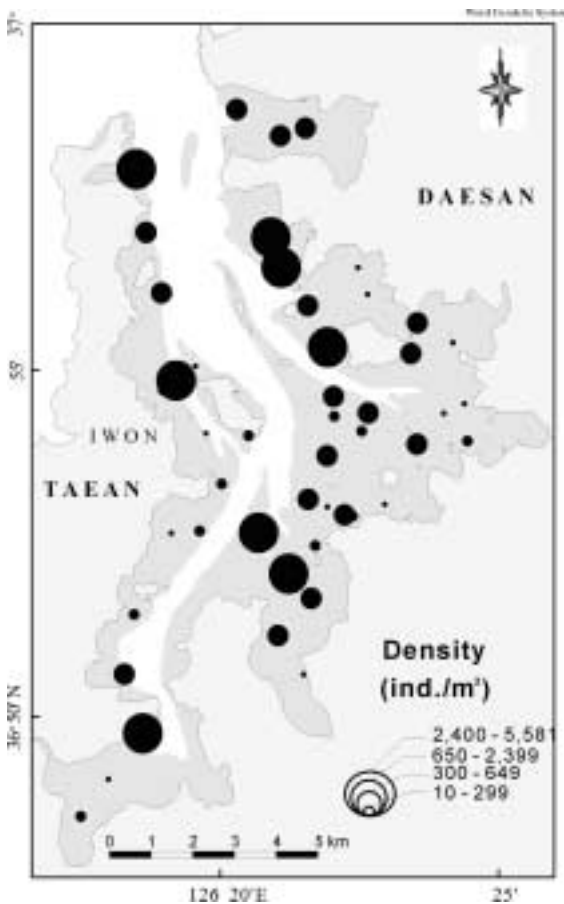


Fig. 4. Distribution of macrofauna mean density on the study sites.

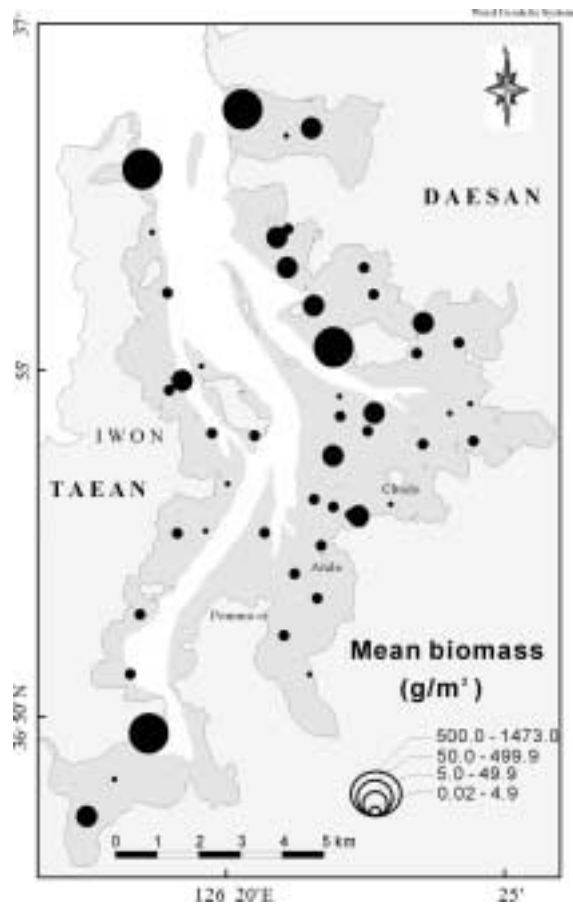


Fig. 5. Distribution of macrofauna mean biomass on the study sites.

록 낮은 생물량을 나타낸 양상을 보였다. 그리고 생물량은 동물군 중 패각을 가지고 있는 연체동물의 생물량에 크게 좌우된다. 이 번 조사에서도 연체동물 중 개체가 큰 참굴(*C. gigas*)과 바지락(*R. philippinarum*), 그리고 비단고둥 속(*Genus*)에 속하는 두 종(*U. thomasi*, *U. moniliferum*)의 대량번식에 따라 생물량의 크기가 좌우되었다.

(4) 주요 우점종의 분포

가로림만 갯벌에서 대형저서동물의 주요 우점종은 Table 2와 같다. 각 종의 서식밀도 비율이 전체 밀도의 1% 이상인 종은 19종이었으며, 이들 상위 19종의 밀도의 합은 전체 밀도의 81.3%를 점유하였다. 이 가운데 갯지렁이류가 8종으로 가장 많은 종수를 보였으며, 연체동물이 6종(고둥류가 3종, 이매패류가 3종), 갑각류가 4종 그리고 기타 동물군에서 끈벌레류(Nemertini)가 1종이었다. 이 조사에서 가장 우점한 종은 버들갯지렁이류인 *M. californiensis*로서, 전 정점 평균 서식밀도는 347개체

/m²(30.5%)였다. 출현 정점수는 49개 정점중에 42개 정점으로 거의 모든 정점에서 나타나는 종이다. 가로림만에서 *M. californiensis*의 공간 분포 양상은 앞에서 서술한 것처럼 거의 전 정점에서 출현하며, 정점 42, 63, 88, 116, 123에서 970~2,911개체/m² 범위를 보여 조수로 인접한 정점에서 높은 서식밀도를 보였다. 특히 정점 116에서 2,911 개체/m²가 출현하여 가장 높은 서식밀도를 보였다(Fig. 6). 가로림만에서 이 종이 출현하는 정점의 표층 퇴적물 특성을 살펴보면, 펄(silt-clay)의 함량은 0.1~98.8%, 평균 입도는 0.1~7.2 ϕ 범위에 속하여 매우 광범위한 퇴적상에 서식하였다.

두 번째 우점종도 버들갯지렁이류인 *H. filiformis*로서 44개 정점에서 출현하여 서식범위가 매우 넓게 나타났다. 전 정점 평균 서식밀도는 224 개체/m²로서 전체 평균 서식밀도의 19.7%를 차지하였다. 이 종은 정점 63에서 2,410 개체/m²가 출현하여 가장 높은 서식밀도를 보였으며, 정점 42, 116, 123에서 420 개체/m² 이상의 높은 서식밀도를 보여 *M. californiensis*가 대량으로

Table 2. Dominant species accounting for over 1% of the total macrofauna abundance in all stations. They are ranked by total abundance.

| Species name | Mean Density (ind./m ² , ±SD) | Occurring frequency | % | Cum. % |
|--|--|---------------------|------|--------|
| <i>Mediomastus californiensis</i> (APol) | 347 (±643) | 42 | 30.5 | 30.5 |
| <i>Heteromastus filiformis</i> (APol) | 224 (±381) | 44 | 19.7 | 50.2 |
| <i>Umbonium thomasi</i> (MGa) | 45 (±266) | 5 | 3.9 | 54.1 |
| <i>Batillaria cumingii</i> (MGa) | 42 (±207) | 4 | 3.7 | 57.8 |
| <i>Ruditapes philippinarum</i> (MBi) | 32 (±109) | 16 | 2.8 | 60.6 |
| <i>Umbonium moniliferum</i> (MGa) | 29 (±201) | 1 | 2.5 | 63.1 |
| <i>Paraonis gracilis</i> (APol) | 26 (±36) | 28 | 2.3 | 65.4 |
| <i>Nephtys polybrachia</i> (APol) | 25 (±39) | 23 | 2.2 | 67.6 |
| <i>Aricidea assimils</i> (APol) | 21 (±42) | 21 | 1.9 | 69.5 |
| <i>Ilyoplax pingi</i> (Cr) | 18 (±36) | 15 | 1.5 | 71.0 |
| <i>Felaniella sowerbyi</i> (MBi) | 15 (±107) | 1 | 1.3 | 72.3 |
| <i>Prionospio membranacea</i> (APol) | 14 (±56) | 17 | 1.2 | 73.5 |
| Nemertini Unid.(Nem) | 14 (±19) | 23 | 1.2 | 74.7 |
| <i>Urothoe convexa</i> (Cr) | 14 (±68) | 3 | 1.2 | 75.9 |
| <i>Lumbrineris nipponica</i> (APol) | 13 (±20) | 28 | 1.2 | 77.1 |
| <i>Diogenes edwardsii</i> (Cr) | 12 (±87) | 1 | 1.1 | 78.2 |
| <i>Balanus albicostatus</i> (Cr) | 12 (±78) | 5 | 1.1 | 79.3 |
| <i>Glycinde gurjavovae</i> (APol) | 11 (±26) | 16 | 1.0 | 80.3 |
| <i>Crassostrea gigas</i> (MBi) | 11 (±48) | 6 | 1.0 | 81.3 |

(MGa: Mollusca Gastropoda, MBi: Mollusca Bivalvia, APol: Annelida Polychaeta, Cr: Arthropoda Crustacea, Nem: Nemertini)

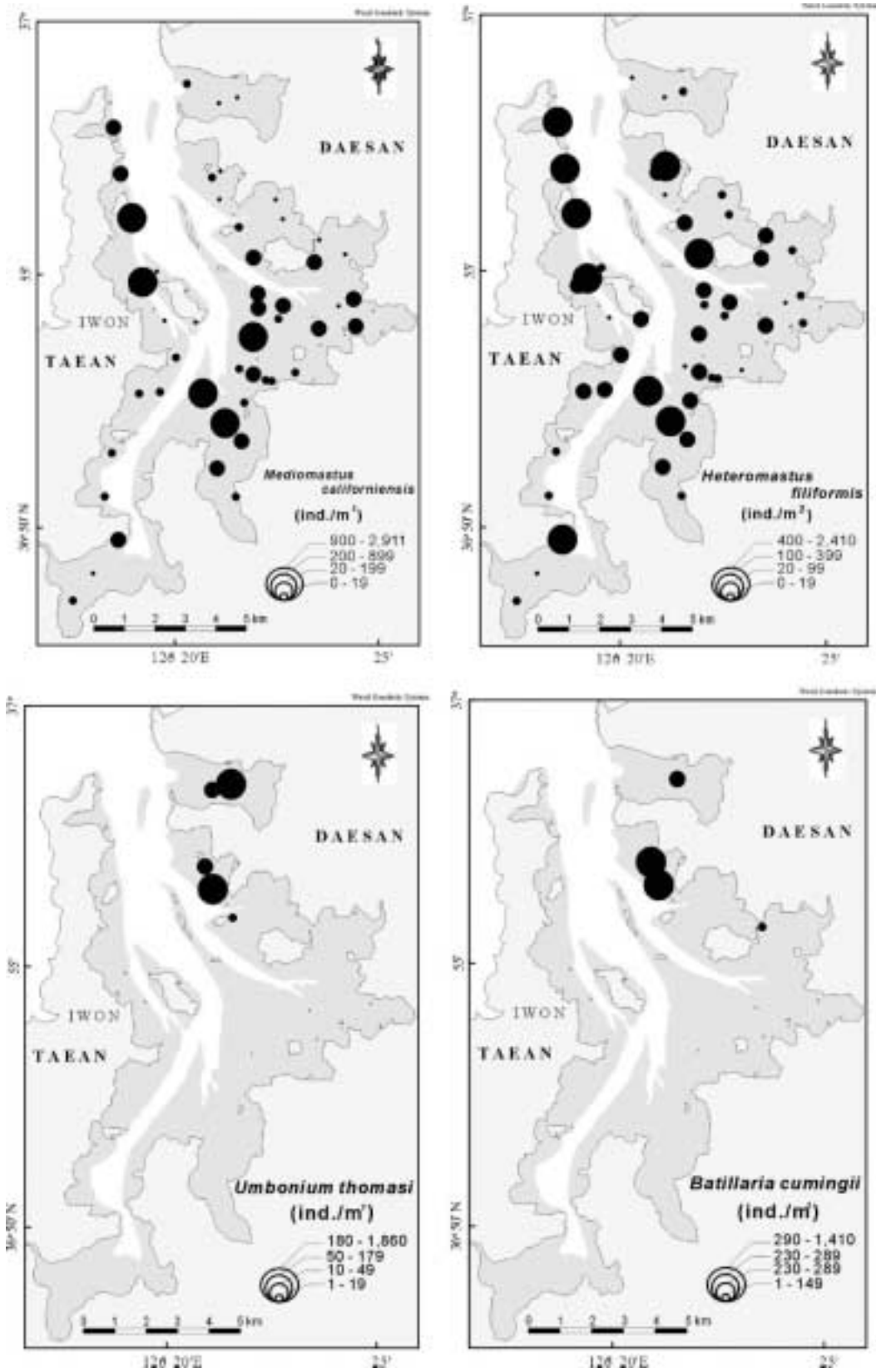


Fig 6. Distribution of the mean density for eight dominant species on the study sites.

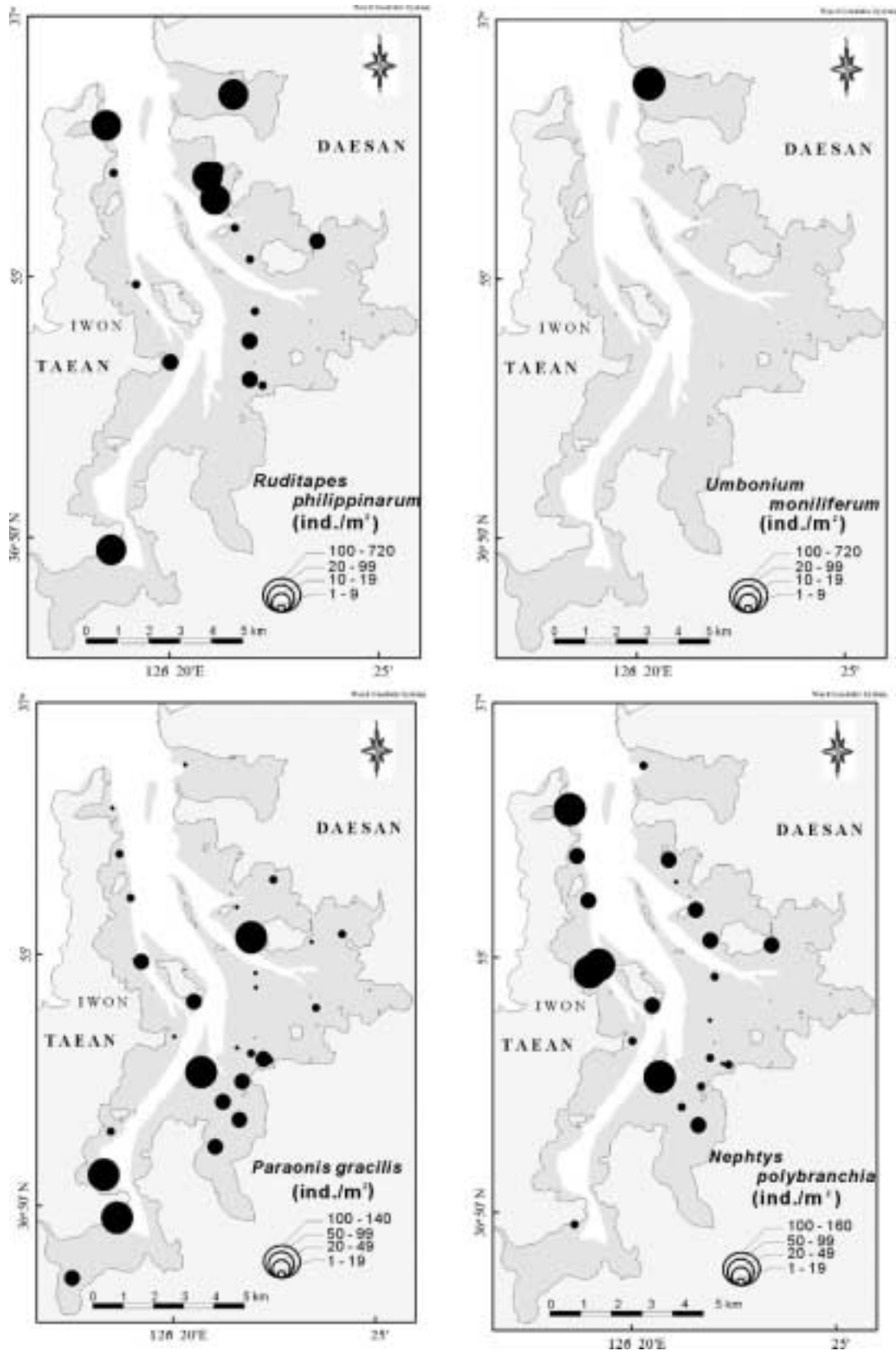


Fig 6. Continued.

출현한 정점에 함께 출현하였다(Fig. 6).

이 종이 출현하는 정점의 표층 퇴적물 특성을 살펴보면, 펄(silt-clay)의 함량은 0.06~95.7%, 평균 입도는 0.09~7.23 ϕ 범위를 보여 *M. californiensis*가 서식하는 퇴적상과 비슷하였다.

고동류인 서해비단고둥(*U. thomasi*)로서 전 정점 평균 서식밀도는 45 개체/m²로 전체 서식밀도의 3.9%를 차지했다. 이 종은 5개 정점에서 출현하여 서식범위가 아주 좁았다. 특히 정점 39에서 1,860 개체/m²의 높은 서식밀도를 보였으나, 나머지 정점에서는 180 개체/m²이하의 낮은 서식밀도를 보였다. 출현한 정점의 표층 퇴적물 특성을 보면 모래 함량은 54.3~98.3% 범위를 보였으며, 평균 입도는 0.6~4.6 ϕ 범위를 보였다.

또한 고동류인 땡가리(*Batillaria cumingi*)는 평균 서식밀도가 42 개체/m²(3.7%)이었으며, 4개 정점에서 출현하여 좁은 서식범위를 보였다. 가로림만 입구에 위치한 정점 17, 33, 39, 59에서 출현하였으며, 특히 33 정점에서 1,410 개체/m²가 대량 서식하였다. 또 이 종이 출현한 정점의 표층 퇴적물은 모래 함량이 45.0~98.3%, 펄 함량이 0.1~7.2%, 평균입도는 0.1~4.1 ϕ 범위를 보였으며, 특히 자갈(gravel) 함량이 1.1~43.1 %로 범위에서 주로 분포하였다.

이매패류인 바지락(*R. philippinarum*)은 평균 서식밀도가 32 개체/m²(2.8%)이었으며, 16개 정점에서 출현하였다. 특히 가로림만 입구에서 높은 밀도로 서식하였다. 이 종의 출현한 정점의 표층 퇴적물은 모래 함량이 14.6~98.3%, 평균입도는 0.1~6.6 ϕ 범위를 보여 아주 조립한 표층 퇴적물에 서식하였다. 이 종도 자갈 함량(0.1~43.1%)이 높은 정점에서 서식하는 특징을 보였다. 또한 고동류인 흑비단고둥은 정점 14에서 높은 서식밀도(1,410개체/m²)를 보였다. 이 정점은 모래 함량이 85.7%, 평균입도가 3.0 ϕ 인 조립한 모래갯벌에서 대량으로 서식하였다.

(5) 군집구조

각 정점별 출현종별 개체수 자료를 사용하여 집괴분석한 결과, 가로림만 내 각 정점들은 약 35% 유사도에서 7

개의 정점군으로 구별되었다(Fig. 7, 8). 정점군 A는 27개 정점으로 이루어져 가장 큰 정점군이었다. 이 정점군은 대산면 인근 해역을 제외하고 분포하였다. 퇴적물 평균입도는 5.2 ϕ , 평균 분급도는 2.1 ϕ 를 보였다. 출현종수는 평균 20종이 나타나 상대적으로 높은 값을 보였다. 출현 서식밀도와 생물량은 각각 평균 1,863개체/m², 532.5 g/m²으로 높은 값을 보였다. 우점종에서도 *M. californiensis*, *H. filiformis*, 남방백금갯지렁이(*Nephtys polybranchia*) 및 *Paraonis gracilis*이었다(Table 3). 그리고 이 정점군에서는 종 풍부도 지수에서는 높은 값을 나타내었으나, 종 다양도 지수와 종 균등도 지수는 낮은 값을 보여 몇몇 종이 높은 출현 개체수를 보였다. 정점군 B는 8개 정점으로 이루어져 있다. 퇴적물 평균입도는 5.8 ϕ , 평균 분급도는 2.3 ϕ 이었다. 출현종수는 평균 17종이 나타나 높은 값을 보였다. 출현 서식밀도는 평균 532개체/m²으로 낮은 값을 보였다. 우점종에서도 *Aricidea assimilis*, *H. filiformis*, *Paraonis gracilis* 및 *M. californiensis*이었다. 정점군 C는 가로림만 갯벌 가장 안쪽 지역(갯벌 최상부)에 분포하였으며, 7개 정점을 보였다. 퇴적물 입도에서 평균 5.9 ϕ 값을 보여 가장 세립한 환경이었다. 출현종수는 평균 9.7종, 종 풍부도가 평균 2.5를 보여 낮은 값이 나타나는 정점군이다. 우점종으로는 정점군 A와 비슷하게 *M. californiensis*, *H. filiformis*가 우점하였으며, 갑각류인 펄털콩게(*Ilyoplax pingi*)가 다른 정점군에 비해서 높은 서식밀도를 나타내는 특징이었다. 정점군 D는 대산리 갯벌에서 가장 안쪽과 고파도 북쪽에 위치하였다. 펄함량이 평균 62.6%이었으며, 평균 입도는 4.5 ϕ 이었다. 출현종수와 서식밀도에서도 각각 평균 6.7종, 157.5개체/m²로 가장 낮은 값을 보인 정점군이다. 우점종으로는 갯지렁이류인 *H. filiformis*와 *P. gracilis*이었으나, 다른 정점군과 비교해서 상당히 낮은 값이었다. 정점군 E는 4개 정점으로 구성되었으며, 대산리의 인근 갯벌에 위치하였다. 펄함량이 평균 29.1%이었으며, 평균 입도는 1.5 ϕ 이었다. 출현종수는 평균 17.2로 종 풍부도가 높았으며, 서식밀도에서도 평균 2,082개체/m²로 높은 값을 보였다. 우점종으로는 서해비단고둥이었으며, 다른 정점군

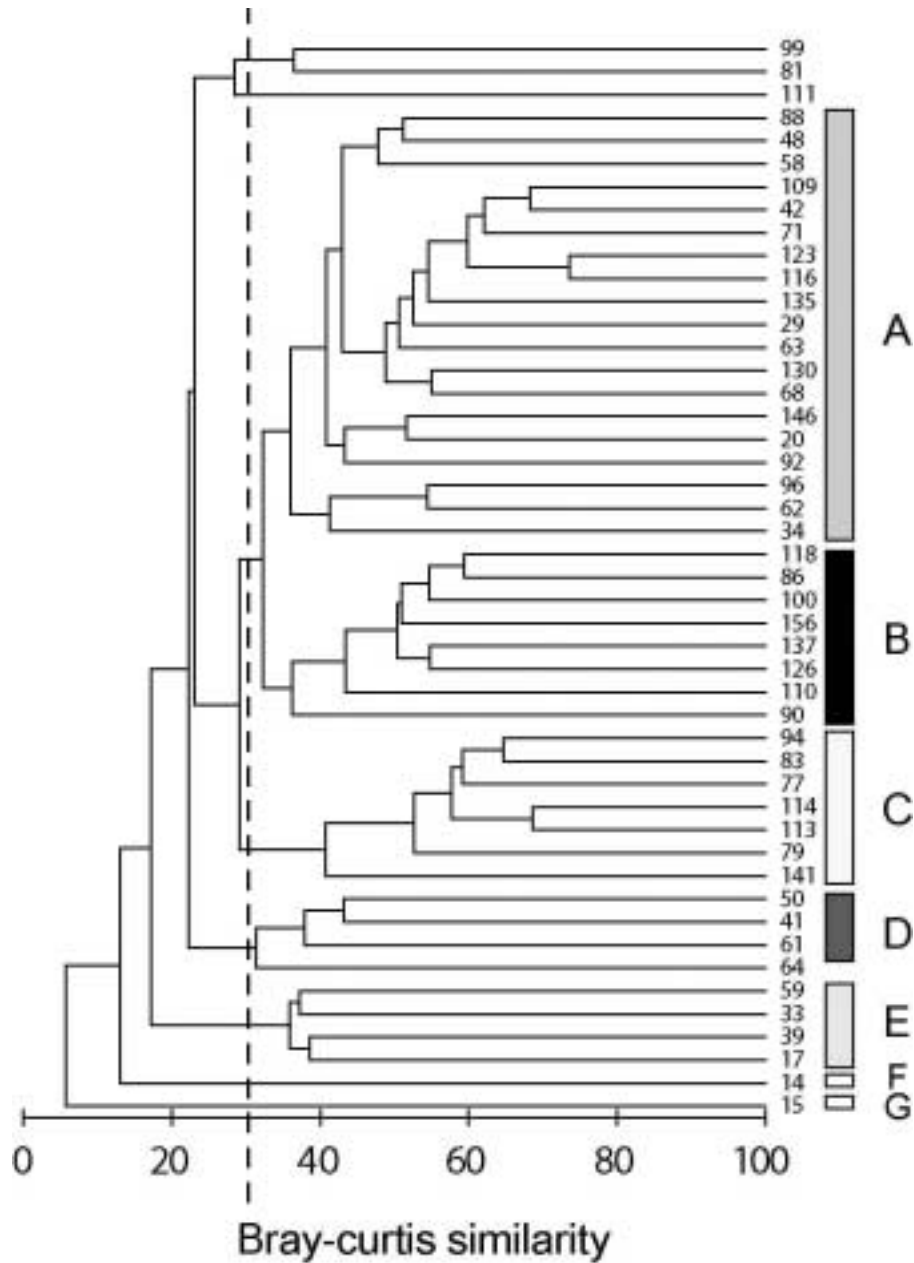


Fig. 7. Dendrogram for group-average clustering of Bray-curtis similarity for a log transformed abundance data from als sites. A~G represent station groups of classified by a criterion of 30% similarity.

에서 출현하지 않는 이매패류인 *Felaniella sowerbyi*, 갑각류인 볼록손모래무지옆새우사촌(*Urothoe convexa*)이 높은 서식밀도로 출현한 특징이 보였다. 정점군 F는 한개 정점으로 이루어 졌으며, 독곶리 작은 만의 입구에 위치한 정점이었다. 모래함량이 85.7%로 아주 조립한 퇴적물이었으며, 출현종수가 평균 15종이었으며,

서식밀도에서는 평균 2,250개체/m²로 정점군 중에 가장 높았다. 우점종으로는 고둥류인 흑비단고둥(*U. monilifera*), 갑각류인 넓적원손집게(*Diogenes edwardsii*)가 많은 서식밀도를 보였다. 정점군 G는 1개 정점으로 이루어 졌으며, 가로림만 입구쪽인 독곶리 작은 만의 안쪽에 위치하였다. 모래함량이 95.6%로 모래갯

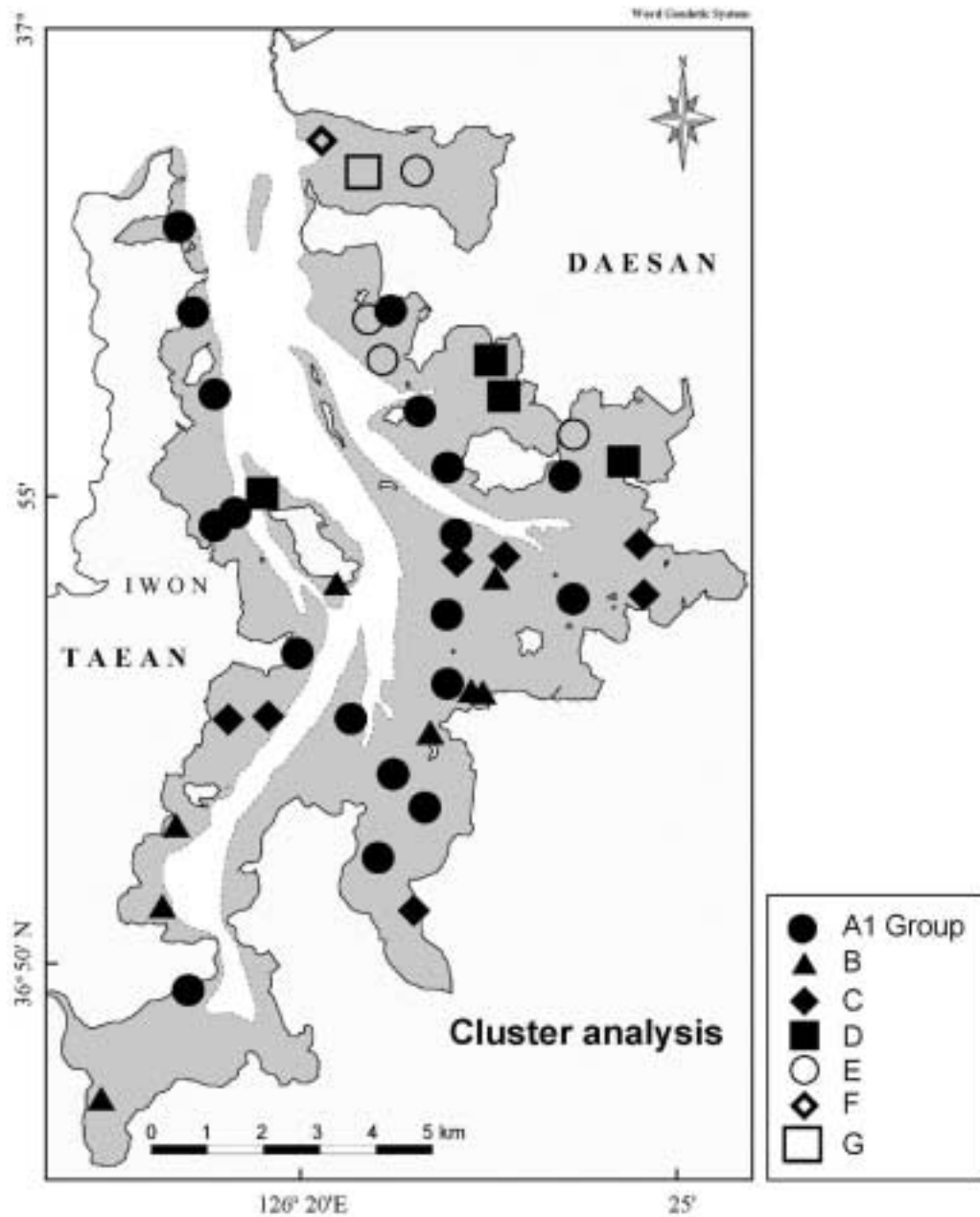


Fig. 8. Distribution of each station group resulted from cluster analysis.

별이며, 출현종수는 17종으로 종이 상대적으로 풍부하였으며, 서식밀도에서도 1,340개체/m²으로 높은 값을 보였다. 우점종으로는 서해비단고둥이 이었다.

고찰

2002년 여름철 가로림만 갯벌 조사에서 출현한 저서

동물 중 버들갯지렁이류인 *M. californiensis*와 *H. filiformis*가 개체수에서 우점하는 종이었으며, 이들은 조사지역 거의 모든 정점에서 출현하는 특징을 보였다. 두 종은 넓은 범위의 퇴적상(평균입도 0.09~7.23φ)에서 출현하였으며, 퇴적상이 세립한 가로림만 내만에서 보다 높은 서식밀도를 보였다. 특히 *H. filiformis*는 전 세계적으로 분포하는 종으로, 조건대부터 수심 1,000m

Table 3. Characteristics of seven station groups, classified by cluster analysis of the macrobenthic fauna in the Garolim tidal flat.

| Station group | A | B | C | D | E | F | G |
|---|-------------|-------------|-------------|------------|------------|--------|------|
| Station Number | 19 | 8 | 7 | 4 | 4 | 1 | 1 |
| Sediment parameter | | | | | | | |
| Sand (%) | 38.2±16.3 | 21.9±12.8 | 21.1±11.7 | 36.2±40.7 | 76.9±25.3 | 85.7 | 95.7 |
| Clay (%) | 12.5±7.4 | 17.8±8.6 | 17.5±6.3 | 14.1±4.2 | 3.6±3.5 | 2.50.4 | |
| Mud (clay-silt, %) | 61.3±16.6 | 77.1±13.1 | 78.5±11.6 | 62.6±42.3 | 29.1±39.4 | 14.3 | 3.5 |
| Mean grain size (Phi) | 5.2±0.8 | 5.8±0.9 | 5.9±0.6 | 4.5±2.6 | 1.5±1.8 | 3.0 | 2.1 |
| Mean sorting value (Phi) | 2.1±0.3 | 2.3±0.2 | 2.2±0.1 | 1.7±0.6 | 1.8±1.3 | 1.0 | 1.1 |
| Biological parameter | | | | | | | |
| Mean species number | 20.0±7.0 | 17.3±4.2 | 9.7±2.8 | 6.7±3.0 | 17.2±5.4 | 15 | 17 |
| Mean density (ind./m ²) | 1863±1373 | 532.5±156.2 | 422.8±231.5 | 157.5±88.4 | 2082±1280 | 2250 | 1340 |
| Mean biomass (g/m ²) | 281.6±518.2 | 51.3±79.8 | 13.4±18.7 | 20.0±18.8 | 133.6±70.2 | 1201.6 | 2.6 |
| Diversity index (H') | 1.8±0.4 | 2.4±0.3 | 1.7±0.2 | 1.4±0.5 | 1.9±0.5 | 1.1 | 2.3 |
| Evenness index (J') | 0.6±0.1 | 0.8±0.1 | 0.7±0.1 | 0.8±0.1 | 0.6±0.1 | 0.4 | 0.6 |
| Richness index (R) | 3.5±0.9 | 4.1±0.9 | 2.5±0.4 | 2.0±0.8 | 3.0±0.8 | 2.0 | 3.0 |
| Dominant species (ind./m ²) | | | | | | | |
| <i>Mediomastus californiensis</i> | 7915 | 500 | 1757 | 50 | 375 | 300 | 100 |
| <i>Heteromastus filiformis</i> | 4852 | 675 | 771 | 650 | 975 | 100 | - |
| <i>Umbonium thomasi</i> | 5 | - | - | - | 5325 | - | 500 |
| <i>Batillaria cumingi</i> | - | - | - | - | 520 | - | - |
| <i>Ruditapes philippinarum</i> | 231 | 12 | 14 | - | 280 | - | - |
| <i>Umbonium moniliferum</i> | - | - | - | - | - | 14100 | - |
| <i>Paraonis gracilis</i> | 400 | 575 | 14 | 100 | - | 100 | - |
| <i>Nephtys polybranchia</i> | 532 | 137 | - | - | 250 | 300 | - |
| <i>Aricidea assimilis</i> | 184 | 762 | - | 25 | 100 | - | - |
| <i>Ilyoplax pingi</i> | 215 | 150 | 426 | - | - | - | - |
| <i>Felaniella sowerbyi</i> | - | - | - | - | 1875 | - | - |
| <i>Prionospio membranacea</i> | 300 | 150 | - | - | 25 | - | - |
| <i>Nemertini unid.</i> | 231 | 175 | 42 | 25 | 75 | - | 300 |
| <i>Urothoe convexa</i> | - | - | - | - | 1100 | - | - |
| <i>Lumbrineris nipponica</i> | 258 | 50 | 43 | 25 | 175 | - | - |
| <i>Diogenes edwardsii</i> | - | - | - | - | - | 6100 | - |
| <i>Glycinde gurjavoavae</i> | 295 | - | - | - | 25 | - | - |

까지 서식하는 종이다(Hartman & Fauchald, 1971). 이 종은 퇴적물 내 유기물을 섭취하는 퇴적물하식자(sub-surface deposit feeder)이며 유기물 오염의 대표적인 종으로 알려져 있다(Wolff, 1973). 우리나라 갯벌에서는 인천 영종도 주변(임 등, 1995), 새만금(해양수산부, 2001), 강화도(한국해양연구소, 1998; 해양수산부, 2003), 압해도(해양수산부, 2000), 함평만(해양수산부, 1999) 등의 해역에서 우점종으로 출현하였다.

한편, 가로림만 입구 주변에 발달한 모래갯벌에는 서해비단고둥(*U. thomasi*)과 흑비단고둥(*U. moniliferum*)이 높은 서식밀도를 보였다. 그러나 이 두 종은 갯벌의 조고에 의해 서식 분포대가 구분되어 있었다. 즉, 수직적으로 흑비단고둥이 서해비단고둥보다 낮은 조고에 분포하였다. 해양수산부(2002)의 가로림만 해역 조사에서도 흑비단고둥이 서해비단고둥보다 간조선에 가까게 서식하는 특징을 보였다. 충남 신두리 사구 해역조사에서도 비슷한 결과를 보였다(해양수산부 2002).

상업종인 바지락(*R. philippinarum*)은 가로림만 갯벌 16개 조사정점에서 출현하였다. 주로 자갈 함량이 높은 지역에서 많은 개체가 출현하였으며, 이는 바지락의 섭식기작과 관련한 생태학적 특징을 잘 반영하고 있었다. 이 종은 해양수산부(2002)의 어은리 갯벌 조사선 조사에서도 조립질 퇴적물이 우세한 갯벌 하부역에서 출현하는 특징을 보였다. 그리고 1981년 KORDI의 가로림만 갯벌 조사에서도 동일한 결과를 보였다.

가로림만 갯벌에서 출현한 저서동물의 개체수 자료를 사용하여 집괴분석한 결과 7개 정점군으로 나누어졌다. 이를 다시 퇴적물 조성에 따라 크게 2개 정점군으로 대별 된다(Fig. 7, 8; Table 4). 즉, 가로림만 내만에 위치한 펄 갯벌이나 혼합갯벌로 구성된 정점군인 A, B, C와 D, 그리고 가로림만 입구에 발달한 모래갯벌에 위치한 정점군 E, F, G로 구분되었다. 정점군 A는 갯벌 수로 근처의 정점들로 구성되어 가장 낮은 조고에 위치하는 정점군이었으며, 바지락(*R. philippinarum*), 남방백금갯지렁이(*Nephtys polybranchia*), *Aricidea*

assimilis 등이 높은 서식밀도를 보이는 지역이었다(해양수산부, 2002). 정점군 B, C, D는 정점군 A보다 높은 조고에 해당하는 정점으로 구성되었으며, 각 정점군은 종 풍부도와 다양도 지수에서 상이한 특징을 보였다. 모래 함량이 높은 곳에 위치한 정점군(E, F, G)에서도 각각의 정점군은 조위에 따라 세분화되어졌다. 즉, 흑비단고둥(*U. moniliferum*)이 우점하는 정점군 F가 가장 낮은 조고에 위치하였으며, 서해비단고둥(*U. thomasi*)이 우점하는 정점군 E와 G가 보다 높은 조고에 위치하였다.

갯벌에 서식하는 저서동물은 환경요인의 구배에 따라 대상분포를 한다(Koh and Shin, 1988). 이러한 대상 분포에 특히 영향을 미치는 환경요인은 대기에 노출되는 정도이다(Swinbanks and Murray, 1981). 그러나 본 조사에서 조고에 대한 자료가 없어 직접적인 비교가 불가능하여 이에 따르는 저서동물의 대상분포 양상을 정밀하게 살펴볼 수는 없었다.

갯벌에서의 저서동물의 종 풍부도의 비교는 조사방법(채집도구 등)이나 조가기간 및 조사 정점수에 따라 차이가 있을 수 있다. 지금까지 우리나라 갯벌에서 수행된 저서동물 군집 연구에서는 연구대상 갯벌을 대표한다고 판단되는 장소에 조사선(transect)을 설정하여 연구하는 것이 일반적이다. 갯벌 전역에 걸쳐 정점을 격자형(grid)으로 설정하여 저서동물을 조사한 예는 많지 않다. 해양수산부(1999, 2000, 2001, 2002, 2003)는 “갯벌 생태계조사 및 지속가능한 이용방안 연구”의 일환으로 일곱 지역에서(서해안에서는 강화도 갯벌, 함평만 갯벌, 가로림만 갯벌, 새만금 갯벌, 압해도 갯벌과 남해안에서는 도암만 - 강진만 및 여자만 갯벌) 격자형 저서동물 조사를 수행하였다(Table 4). 가로림만과 상기의 지역간에 저서동물의 분포를 비교하였다. 가로림만에서는 총 147종이 출현하였으며, 이는 상기 지역 가운데 도암만 갯벌을 제외하고서는 가장 낮은 종수 분포였다. 출현 서식밀도에서는 1,140개체/m²로 함평만, 도암만 갯벌에 비해 높았으나 다른 지역보다는 낮은 값을 보였다. 가로림만 갯벌에서 출현한 저서동물의 평균 생물량은 157.2g/m²로, 상기의 갯벌 중 가장 높은 값을 나타내었

다. 출현하는 우점종 구성에서는 각각의 갯벌에서 서로 다른 종조성을 보였다. 본 조사에서 최우점종으로 출현한 *M. californiensis*는 새만금과 강화도(2003)에서도 우점종이었으며, 두 번째 우점종이었던 *H. filiformis*는 강화도(1997, 2003), 함평만, 압해도에서 최우점종으로 나타난 종이였다. 세 번째 우점종인 서해비단고둥은 새

만금 갯벌에서도 높은 분포를 보였다.

지역별 갯벌 생태계의 종 풍부도에 대한 연구는 조사 방법(채집도구 등)이나 조사기간에 따른 차이뿐만 아니라 각 지역의 서식지가 얼마나 다양한가에 따라 달려있다. 서식지별 저서동물의 군집구조에 대한 연구가 더욱 요구된다.

Table 4. Comparison of the macrobenthic fauna studied on the tidal flat of Korea

| Locality | sampling methods | No. of station | No. of species | Mean Density (ind./m ²) | Mean Biomass (g/m ²) | Dominant species | Reference |
|--------------------------|-------------------------------|----------------|----------------|-------------------------------------|----------------------------------|---|-------------------|
| Ganghwado (1997) | grid, (Tidal flat) | 83 | 157 | 1,267 | 96.1 | <i>Patamocorbula cf. laevis</i> (M) <i>Heteromastus filiformis</i> (P) <i>Magelona japonica</i> (P) <i>Prionospio japonicus</i> (P) | KORDI (1998) |
| Hampyeong Bay (1999) | grid, (Tidal flat + subtidal) | 81 | 153 | 535 | - | <i>Musculista senhousia</i> (M) <i>Lumbrineris nipponica</i> (P) <i>Heteromastus filiformis</i> (P) <i>Stenothyra edogawaensis</i> (M) <i>Ilyoplax deschampsii</i> (C) | MOMAF (1999) |
| Doam Bay(Gangjin) (2000) | grid, (Tidal flat + subtidal) | 83 | 124 | 547 | - | <i>Corophium sinense</i> (C) <i>Theora fragilis</i> (M) <i>Tharyx sp.</i> (P) <i>Lumbrineris longifolia</i> (P) <i>Musculista senhousia</i> (M) | MOMAF (2000) |
| Aphaedo (2000) | grid, (Tidal flat) | 76 | 182 | 1,149 | 143.1 | <i>Heteromastus filiformis</i> (P) <i>Laternula navicula</i> (M) <i>Lumbrineris longifolia</i> (P) <i>Haploscoloplos elongatus</i> (P) <i>Ilyoplax deschampsii</i> (C) | MOMAF (2000) |
| Saemanguem (2000) | grid, (Tidal flat + subtidal) | 58 | 172 | 2,250 | 120.5 | <i>Umbonium thomasi</i> (M) <i>Minuspio japonica</i> (P) <i>Mediomastus californiensis</i> (P) <i>Mactra veneriformis</i> (M) | MOMAF (2001) |
| Yoeja Bay (2001) | grid, (Tidal flat + subtidal) | 87 | 274 | 2,346 | 78.1 | <i>Minuspio japonica</i> (P) <i>Eriopisella sechellensis</i> (C) <i>Sternaspis scutata</i> (P) <i>Corophium sinense</i> (C) | MOMAF (2001) |
| Ganghwado (2003) | grid, (Tidal flat) | 135 | 235 | 2,430 | 68.0 | <i>Portamocorbula cf. laevis</i> (M) <i>Heteromastus filiformis</i> (P) <i>Mediomastus californiensis</i> (P) <i>Minuspio japonica</i> (P) <i>Magelona japonica</i> (P) | MOMAF (2003) |
| Garolim (2002) | grid, (Tidal flat) | 49 | 147 | 1,140 | 157.2 | <i>Mediomastus californiensis</i> (P) <i>Heteromastus filiformis</i> (P) <i>Umbonium thomasi</i> (M) <i>Batillaria cumingii</i> (M) <i>Ruditapes philippinarum</i> (M) | The present study |

P : Polychaeta, M: Mollusca, C: Crustacea

감사의 글

본 연구는 해양수산부의 “갯벌생태계조사 및 지속가능한 이용방안 연구”사업의 일환으로 수행되었다. 본 연구를 위하여 생물시료처리에 많은 도움을 주신 박 영의 님께 감사를 드립니다.

참고문헌

1. 서인수, 인천 갯벌 저서생물의 군집구조와 먹이망, 박사학위논문, 인하대학교, p.273, 2003.
2. 신동엽, 한국 서해안 가로림만 조간대 퇴적환경과 홀로세 해수면 이동, 박사학위 논문, 인하대학교, p.193, 1998.
3. 유선재, 김종구, 갯벌의 오염물질 정화능력 평가, 한국수산학회지, 제32권, 제4호, pp. 409-415, 1999.
4. 이시완, 유정칠, 강화도 여차리 갯벌에서 먹이원에 따른 민물도요의 취식양상, 한국조류학회지, 제10권, 제1호, pp. 1-16, 2003.
5. 제종길, 이재학, 고철환, 갯벌 연구: 현재와 미래, 해양연구, 제20권, 제2호, special pp. 57-61, 1998.
6. 한국해양연구소(KORDI), 가로림 조력 개발 타당성 조사보고서, p.511, 1993.
7. 한국해양연구소(KORDI), 갯벌의 효율적 이용과 보존을 위한 연구: 제1차년도 연차보고서, BSPE 97611-00-1058-3, p.312, 1998.
8. 해양수산부(MOMAF), 습지보전법 시행령·시행규칙, 행정 간행물 등록번호, 44000 -67440-17-9927, 1999.
9. 해양수산부(MOMAF), 갯벌생태계 조사 및 이용방안 연구(1차년도), BSPM 99035-00-1228-3, p.1203, 875.
10. 해양수산부(MOMAF), 갯벌생태계 조사 및 이용방안 연구(2차년도), BSPM 00072-00-1308-3, p.1203, 2000.
11. 해양수산부(MOMAF), 갯벌생태계 조사 및 이용방안 연구(3차년도), BSPM 118-00-1370-3, p.1214, 2001.
12. 해양수산부(MOMAF), 갯벌생태계 조사 및 이용방안 연구(4차년도), BSPM 16100-1465-3, p.885, 2002.
13. 해양수산부(MOMAF), 갯벌생태계 조사 및 이용방안 연구(5차년도), BSPM 221-00-1610-3, p.1098, 2003.
14. Herlbert, S.H., The non-concept of species diversity: A critique and alternative parameters, Ecology, Vol. 52, pp. 577-586, 1971.
15. Koh C.H. and H.C. Shin, Environmental characteristics and distribution of macrobenthos in a mudflat of the west coast of Korea(Yellow Sea), Netherlands Journal of Sea Research, Vol. 22, No. 3, pp. 279-290, 1988.
16. KORDI, *Feasible studies of Garolim tidal power plant: hydrographical, meteorological, geophysical, sedimentological, ecological surveys and tide model study*, Korea Electric Co., BSPI 00027-47-2, p. 308, 1981.
17. Lee, J.H., J.S. Hong and S.K. Yi, Studies on the benthic fauna in Garolim Bay, Korea: subtidal soft-bottom community, J. Oceanol. Soc. Korea, Vol 18, No. 2, pp. 111-116, 1983.
18. Shannon, C.E. and W.Weaver, The mathematical theory of communication, Univ. Illinois Press. Urbana, p. 125. 1963.
19. Swinbanks, D.D. and J.W. Murray, Biosedimentological zonation of Boundary Bay tidal flats, Fraser River Delta, British Columbia. Sedimentology, Vol. 28, pp. 201-237, 1981.
20. Wolff, W.J., The estuary as habitat. An analysis of data on the soft-bottom macrofauna of the estuarine areas of the Rivers Rhine, Meuse, and Scheldt, Zool. Verh., Vol. 126, pp. 1-242.