

〈Note〉

강릉 남대천 하구역의 1997년 9월중 대형저서동물의 분포패턴

홍재상 · 서인수* · 윤건택 · 황인서 · 김창수¹인하대학교 해양학과, ¹(주) 한국연안환경생태연구소Notes on the Benthic Macrofauna During September 1997
Namdaecheon Estuary, Gangneung, KoreaJae-Sang Hong, In-Soo Seo*, Kon-Tak Yoon, In-Suh Hwang and Chang-Soo Kim¹

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

¹Korea Institute of Coastal Ecology, Inc., Department of Oceanography, Inha University,
Incheon 402-751, Korea

Abstract - We examined estuarine macrobenthos in Namdaecheon estuary, Gangneung, Korea, September 22, 1997. A total of 56 species were found together with an abundance of 378 individuals m^{-2} and a biomass of 20.79 gWWt m^{-2} . The major dominant species were unidentified oligochaete followed by different species of polychaetes *Hediste japonica*, *Rhynchospio glutaea*, *Poecilochaetus trilobatus*, *Scoloplos armiger*, *Spiophanes bombyx* and a talitrid amphipod *Platorchestia crassicornis*. The study area was divided into two different groups of stations and species, based on the q-mode and r-mode clustering analysis. In case of q-mode, there are two groups: one is a marine station group and the other is estuarine group. The r-mode clustering analysis showed the two main communities as follows; 1) Marine species group occurred only at station 7, 8 and 9 and 2) Estuarine species group composed of the species present at station 1 to 6 and 10 to 15. In the number of species, the estuarine station group includes 13 species, whereas 43 species were presented in the marine station group. Total macrofaunal abundance and total biomass were higher in the marine station group than those in the estuarine group. The species diversity index was also high in the marine group (>2), whereas it was less than ca. 1 in the estuarine group.

Key words: benthic macrofauna, community structure, estuary, Namdaecheon, Gangneung

서 론

하구역은 육지로부터 공급되는 담수와 외해수의 혼합으로 희석된 염분농도를 가지는 반폐쇄의 연안수역(Pritchard 1967)이며, 다양한 물질이 집적되고 유출되는

육상과 해양간 여과장치로서의 역할을 수행한다(Schubel 1984). 하구역은 물리·화학적으로 매우 복잡한 환경이며, 생물상은 기본적으로는 염분도 구배에 따라 결정되나, 계절, 하천수의 유량, 지형학적 특성에 따라 변화하기도 한다. 이렇듯 하구역에 서식하는 생물은 염분도를 비롯한 폭 넓은 무기 환경인자의 변화에 의한 생리적인 압박을 받게 되며, 결국 종의 생존과 안정된 군집 구조의 형성을 위하여 많은 환경적 적응을 요구한다(Remane

*Corresponding author: In-Soo Seo, Tel. 032-860-7705, Fax. 032-863-7468, E-mail. seois@bcline.com

and Schlieper 1958; McLusky 1981). 또한, 인위적인 환경요인에 의해 담수와 해수의 혼합이 차단되는 경우에는 조석 및 파랑의 작용이 약화되어 하구역의 해수는 정체되고 반폐쇄적인 환경으로 전이될 가능성이 높다(임과 박 1998). 한편, 우리나라는 잘 발달된 큰 규모의 강과 하천이 대부분 서·남해안으로 흐르고, 동해안에 위치한 하천들은 그 규모나 숫자가 상대적으로 미비하여 아직까지 생태학적 연구의 대상이 되지 못하여 왔다. 지금까지 서·남해안의 하구역에 분포하는 저서동물상에 대한 연구는 낙동강 하구역에서 퇴적상과 염분농도가 저서동물의 군집구조와 분포에 미치는 영향(배와 윤 1988; Bae and Yoon 1989)과 영산강 하구역에서 여름철 빈산소 수피의 출현이 저서동물의 분포에 미치는 영향 연구 등이 있다(임과 박 1998). 그러나, 동해안으로 열린 하구역에서의 연구는 양양 남대천에 서식하는 저서동물의 분포 연구가 있으나(홍 등 2000), 강릉 남대천 하구역 저서동물의 생태학적 연구는 전무하다. 다만 인근 해양역에서 수행된 환경영향평가보고서와 사질 해변에 서식하는 저서동물의 분포양상 연구가 있을 뿐이다(강릉시 1992; 최 등 2000). 본 연구는 강릉 남대천의 하천역에서 해양역에 이르는 정선을 따라 현장조사를 실시하였으며, 저서동물의 분포 패턴을 파악하고 faunal inventory를 작성하는데 목적을 두었다.

재료 및 방법

1. 연구지역의 개황

강릉 남대천은 총 유역면적이 30.2 km²이며, 유역면적

은 252.9 km²이다. 강원도 명주군 왕산면 왕산리에서 시작되는 왕산천과 목계리에서 발원하는 도마천이 강릉 저수지로 유입되어 합류하여 흐르다가 명주군의 3개면(왕산면, 성산면, 구정면)에서 시작되는 법정 하천을 따라 강릉 시가지로 흐른다. 강릉 시가지를 관통한 남대천은 하구 부근인 남항진동에서 섬석천과 합류된 후, 최종적으로 동해로 유입된다. 남대천 하구역의 수온은 3월에 7.5~9.2°C, 8월에는 20.3~24.3°C의 계절적인 분포를 보인다. 염분농도는 여름철인 8월에 강우에 의한 담수의 일시적인 과다유입으로 인하여 0.1~29 psu를 기록하였다(강릉시 1992). 현장조사가 시행된 1997년 9월의 강우량은 총 179.6 mm였으며, 조사 일을 전후로 하천역의 염분농도에 영향을 미치는 집중호우는 없었다. 현장조사 시에 측정된 수심은 하천역에서는 약 1~2 m이었으며, 모래톱으로 거의 단절된 하구역의 입구부에서는 가장 깊은 최대 4 m를 나타냈다.

한편, 1990년 6월에 강릉수력발전소가 건설되면서 평창군 횡계리 도암호에 저수된 물을 유로 변경하여 발전 방류수로 이용한 후, 남대천으로 유입시킴으로서 하천의 수질이나 생태계 변화가 관심의 대상이 되고 있다. 특히, 남대천의 중·하류지역은 생활 오·폐수의 유입이 가중되어 오염된 도시하천의 형상을 나타내고 있다. 이러한 효과는 하천수의 유량이 많은 홍수기에 비해 갈수기에 물의 정체로 인해 더욱 심화되는 것으로 보고되었다(윤과 김 1998; 윤 등 1999).

2. 채집 및 자료분석

남대천에 서식하는 대형 저서동물상을 파악하기 위하여 조간대 6개 정점과 조하대 9개 정점 등 총 15개 정점

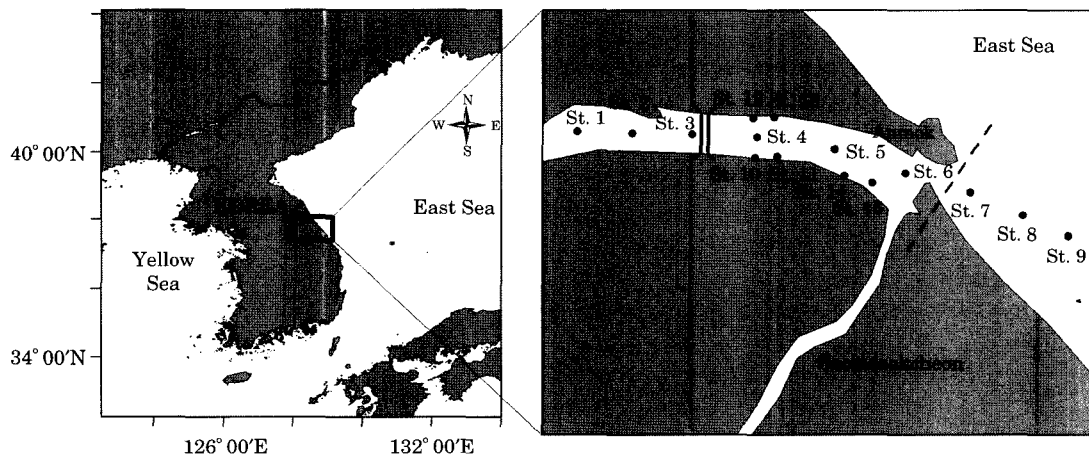


Fig. 1. Sampling stations of Namdaechon Estuary, Gangneung, Korea (Subtidal station : St. 1~9, Intertidal station : St. 10~15).

을 선정하여 1997년 9월 22일에 현장조사를 실시하였다 (Fig. 1). 조사 지역 중 수심이 낮은 하구역 조하대 정점군(정점 1~6)의 저서동물 채집에는 채집면적이 0.025 m²인 개량된 van Veen grab을 사용하였고, 해양역의 정점군(정점 7, 8, 9)에서는 채집면적이 0.1 m²인 van Veen grab을, 반면 하구역을 중심으로 조간대 정점군(정점 10~15)은 rectangular can corer (15×20×30 cm)를 이용하였다. 각 정점에서 0.2 m² (그러나, 정점 7, 8, 9는 0.3 m²)의 퇴적물을 채취하였으며, 채취된 퇴적물은 현장에서 1 mm 망목의 체를 이용하여 저서동물을 분리하였고, 10%의 중성 포르말린으로 고정하여 실험실로 운반하였다. 그 후 분류군 별로 선별한 후, 종 수준까지 동정하였으며, 개체수를 계수하고 생물량을 측정하였다.

무기 환경 요인 중, 저층수의 염분농도와 수온은 T-S bridge를 이용하여 현장에서 측정하였다. 퇴적물의 입도 분석은 pipette method를 이용한 Stoke's law에 근거하였고, 조직 표준치는 Folk and Ward (1957)의 식을 사용하였다. 퇴적물의 유기물 함량은 건조된 퇴적물을 550°C 화로에서 6시간 태운 후, 무게의 손실 값을 백분율로 환산하였다. 군집지수로는 종 다양도 지수 (Shannon and Weaver 1949)와 균등도 지수 (Pielou 1975)를 구하였다. 집괴분석 (cluster analysis)은 중간 및 정점간의 유사도 계산을 위해 Bray and Curtis (1957)의 Percent similarity를 적용하였고, 전체 출현 개체수 중 0.3% 이하의 개체수를 나타내는 종은 분석에서 제외하였다. 유사도 지수 행렬로부터 각 조사 정점과 출현 종을 묶어나가는 방법으로는 UPGMA (Unweighted Pair-Grouping Method using Average)를 이용하였다.

결과 및 고찰

1. 환경요인

조사 대상 지역인 남대천 하구역의 평균 입도는 0.2~6.7 ϕ 의 범위였다 (Fig. 2). 이 중, 정점 1, 3, 5는 각각 6.7 ϕ , 5.2 ϕ 와 5.1 ϕ 의 값을 나타내 세립한 퇴적물이 우세하게 분포하였고, 기타 정점은 0.3 ϕ 에서 2.9 ϕ 범위의 조립한 퇴적물로 구성되었다. 염분농도는 0~33.5 psu 범위에 하구역 입구부의 모래톱을 중심으로 하구역과 해양역으로 크게 구분되었다 (Fig. 2). 즉, 정점 1부터 5까지는 0 psu, 하구역과 해양역을 구분하는 모래톱 인근의 정점 6은 0.4 psu를 보이다가 해양역의 정점 7, 8, 9는 약 33 psu 이상의 염분농도를 보였다. 이러한 염분농도 구배는 본 조사 시기에 하구의 입구부분과 해안부와의 사이에

모래톱이 높게 형성되어 있어 해수의 유입이 차단되었음에 원인이 있다. 즉, 수심이 낮아 저층수가 하구역으로 침투하는 염분쇄기 (salt wedge) 현상이 나타나지 않았기 때문이다. 결국 염분농도 구배를 결정하는 강릉 남대천 하구역의 지형적 특성은 계절에 따른 하천 유량의 변화, 폭풍 또는 외양 기원의 파랑 영향에 의하여 모래톱의 소멸 또는 확장 정도에 따라 국부적으로 변화할 것으로 추정된다. 따라서, 해안부에 형성되어 있는 모래톱의 소멸이나 그 규모의 축소가 이루어지지 않는 한 모래톱의 안쪽은 담수 또는 기수역으로, 바깥쪽은 해양역으로 구분될 것으로 예상된다. 한편, 조사 기간 중 저층 수온은 17.8~18.2°C의 범위로 정점간에 차이가 적었으며, 퇴적물의 유기물 함량은 0.8~10.9%의 범위였다. 비교적 펄이 우세하게 분포하는 정점 1, 3과 5는 약 6% 이상으로 높았고, 상대적으로 모래가 많은 정점들은 1%내외로 낮은 값을 나타내 퇴적물의 조성 (펄과 모래의 함량)에 따른 일반적인 결과를 보였다 (Fig. 2).

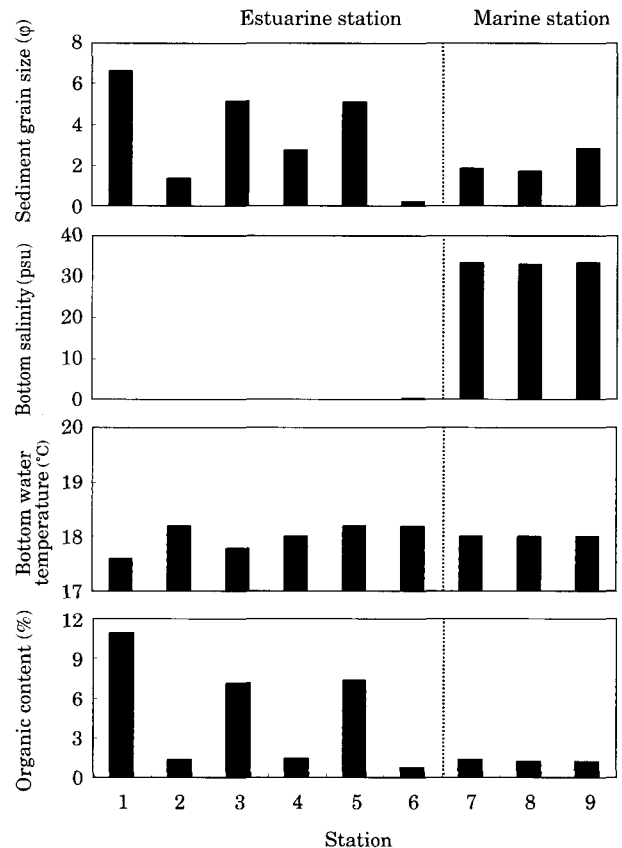


Fig. 2. Distribution of sediment grain size, bottom salinity, bottom water temperature and sediment organic content in Namdaecheon Estuary, Gang-neung, Korea.

2. 저서동물의 종 수, 개체수 및 생물량

1) 종 수

강릉 남대천 하구역과 해양역에서 조사한 15개 정점에서 총 56종의 저서동물이 채집되었다. 조하대 9개 정점에서는 총 50종이, 조간대 6개 정점에서는 총 14종이 출현하였다. 조하대의 경우, 하구역의 정점 1에서 6까지는 1~4종의 낮은 출현 종 수를 보이면서 총 7종이 출현한 반면, 해양역의 정점 7, 8, 9는 10~33종의 범위에 총 44종이 출현하였다. 출현종들을 분류군 별로 살펴보면, 하구역에서는 환형동물 4종과 절지동물 3종이 출현하였고, 해양역에서는 절지동물이 20종으로 가장 많았고, 환형동물, 연체동물과 극피동물이 각각 15종, 8종, 1종이 출현하였다. 총 14종이 채집된 조간대 정점(정점 10~15)에서는

정점별로 1~6종의 출현범위를 보였으며, 절지동물이 9종으로 가장 많았다 (Fig. 3).

2) 밀도

조사된 15개 정점에서 총 5,664개체의 저서동물이 출현하였다. 조하대에서는 3,839개체가 채집되었으며, 정점당 평균 밀도는 427개체 m^{-2} 였다. 이 중, 하구역의 정점에서는 1,945개체가 채집되었고, 다모류와 빈모류를 포함하는 환형동물이 1,725개체, 절지동물은 220개체가 출현하였다. 반면, 해양역의 3개 정점에서는 1,894개체가 채집되어 단위 면적당 631개체 m^{-2} 의 밀도를 보였다. 환형동물이 1,329개체로 가장 많았고, 절지동물이 485개체, 연체동물과 극피동물은 67개체와 13개체가 출현하였다. 특히, 세립질 퇴적물로 구성된 정점군(정점 1, 3, 5)은 비교적 밀도가 낮았던 반면, 조립한 퇴적물로 구성된 정점

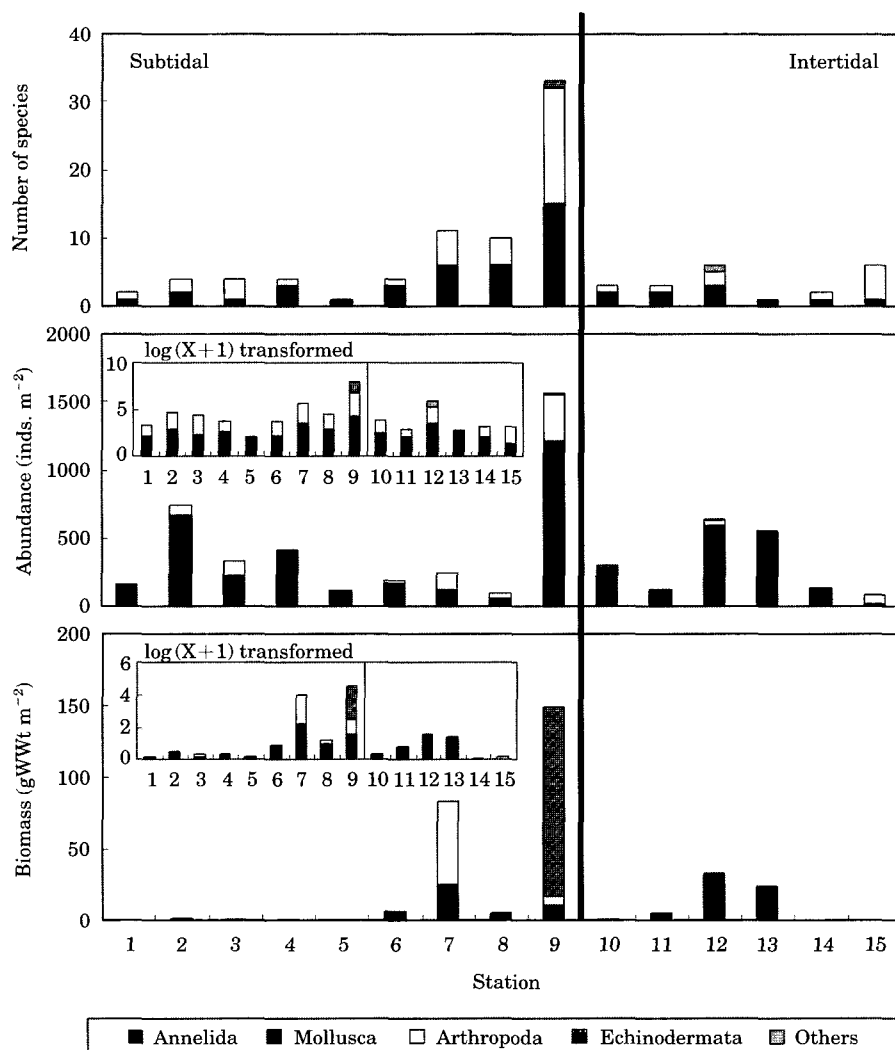


Fig. 3. Species number, abundance and biomass of intertidal and subtidal macrofauna in Namdaecheon Estuary, Gangneung, Korea.

군(정점 2, 4, 9)은 밀도가 높았다. 조간대 정점 10~15에서는 총 1,825개체가 채집되었고, 출현 개체 밀도는 304 개체 m^{-2} 였다. 환형동물이 1,675개체로 가장 많았고, 절지동물, 연체동물 및 기타 동물군의 순이었다(Fig. 3).

3) 생물량

조사 지역의 15개 정점에서 생물량은 총 312 gWWt이었다. 조하대 정점에서는 247.9 gWWt이 채집되었고, 정점별 평균 생물량은 27.6 gWWt m^{-2} 이었다. 이 중, 하구역의 정점에서는 0.4~6.2 gWWt의 범위에 총 10.7 gWWt의 생물량을 보였다. 환형동물이 10.1 gWWt으로 가장 높았으며, 절지동물은 0.6 gWWt이었다. 반면, 해양역의 정점에서는 최소 5.3 gWWt에서 최대 237.3 gWWt의 생물량을 보였다. 동물군 별로는 극피동물이 131.8 gWWt으로 가장 높았고, 절지동물(64.7 gWWt), 연체동물(21.3 gWWt), 환형동물(19.4 gWWt) 순이었다. 조간대 정점에서는 64.1 gWWt이 채집되었고, 단위 면적당 생물량은 10.7 gWWt m^{-2} 이었다. 환형동물이 63.5 gWWt으로 대부분을 점유하였고, 연체동물을 비롯한 타 생물군은 개체수의 변화양상과 동일하였다(Fig. 3).

4) 생태학적 지시수

1종이 출현하여 분석에서 제외된 정점 5를 제외하고, 조하대의 다양도는 최소 0.2에서 최대 2.4의 범위를 보였다. 하구역의 정점에서는 약 1 이하로 낮았고, 해양역의 정점에서는 2 이상으로 높았다. 균등도는 0.3~0.9의 범위에 정점 7과 8에서 각각 0.87과 0.91로 높았으며, 기타 정점에서는 0.3~0.7의 범위였다.

조간대의 다양도는 0.3~1.3의 범위에 정점당 평균 0.6을 기록하였다. 남대천이 외해로 열리는 모래톱 인근지역에 위치한 정점 15에서 가장 높았다. 균등도는 최소 0.4에서 최대 0.8의 값을 보였으며, 평균 0.4이었다(Fig. 4).

일반적으로 하구역에 서식하는 저서동물은 대체로 염분농도인 5~8 psu에서 생물다양성의 최소값을 보이며, 이들을 기준으로 하구역으로는 담수종 및 기수종이, 반면 해양역으로는 해산종이 증가하는 패턴을 보인다(Khlebovich 1968). 본 조사에서도 하구역에서는 담수(및 기수)종이, 외양역에서는 해산종이 특징적으로 출현하여 염분농도에 차이에 따른 뚜렷한 결과를 보였다. 한편, 우리나라 서·남해안으로 열린 하구역 연구에서 저서동물 군집은 일차적으로 염분농도의 구배에 의해 그 분포를 달리하고, 이차적으로 퇴적상 변화에 의해 영향을 받는 것으로 알려져 있다(Choi and Koh 1994; Hong and Yoo 1996). 또한, 계절적으로 담수와 해수의 혼합이 미약한 경우에는 빈산수 수괴의 출현으로 인해 군집구조와 분포에 영향을 미치는 것으로 나타났다(임과 박 1998). 그러나 본 연구에서는 퇴적상이나 해수의 정체로 인한 빈산

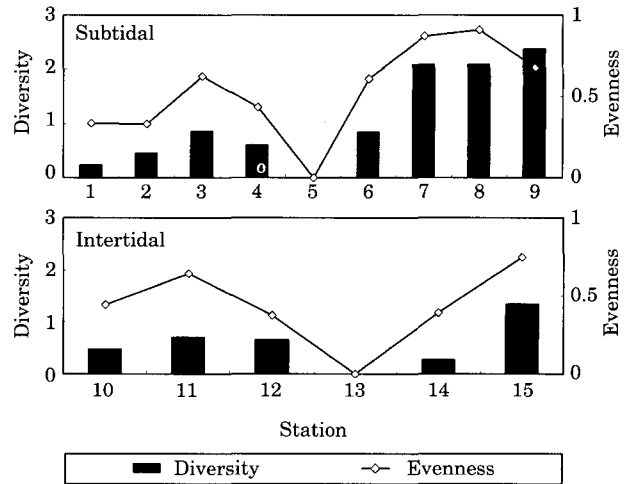


Fig. 4. Species diversity and evenness of macrobenthos in Namdaecheon Estuary, Gangneung, Korea.

수괴 출현 등의 영향은 나타나지 않았으며, 염분농도에 의해 기본적으로 구분되었다. 한편, 중수, 개체수 및 생물량은 본 지역보다 북쪽에 위치한 양양 남대천(총 17종, 3,795개체, 738.7 gWWt)이나 영동화력발전소 인근의 해양역 저서동물 개체밀도(여름철 1995개체 m^{-2})와는 직접적으로 비교가 불가능하였다(최 등 2000; 홍 등 2000). 이것은 양양 남대천은 담수역에서, 영동화력 인근해역의 조사는 해양역에서만 수행되었다는 점에서 비교가 가능하지 않았을 뿐만 아니라 생물종들의 강도, 채집의 크기와 횟수, 조사 시기도 서로 상이하였기 때문으로 고려할 수 있다.

3. 저서 생물 군집의 정점별 유사도 분석

정점간·종간 유사도 분석결과, 정점간에는 크게 두 개의 그룹으로 나뉘었다. 이 중, 그룹 1은 하구역의 조하대 정점군과 조간대 정점군이 포함되었고, 그룹 2는 해양역의 정점군에 해당하는 정점 7, 8, 9로 이루어졌다. 한편 종간 유사도 분석 결과는 다음의 2개의 종군(種群)으로 대별되었다(Fig. 5).

종군 1): 해양역에 위치한 정점 7, 8, 9에서 대표적으로 출현하는 종들로, 다모류의 *Chaetozone spinosa*, *Mage-lona* sp., *Ophelia limacina*, *Poecilochaetus trilobatus*, *Rhynchospio glutaea*, *Scopollos armiger*, *Spiophanes bombyx* 등 11종, 절지동물의 *Eohaustorius longidactylus*, *Grandifoxus* sp., *Mandibulophoxus mai*, *Phoxocephalidae* unid., *Urothoe* sp., *Archaeomysis japonica*를 포함한 11종, 연체동물 이패류인 *Gomphina veneriformis*와 *Portlandia toyamaensis* 2종, 극피동물의

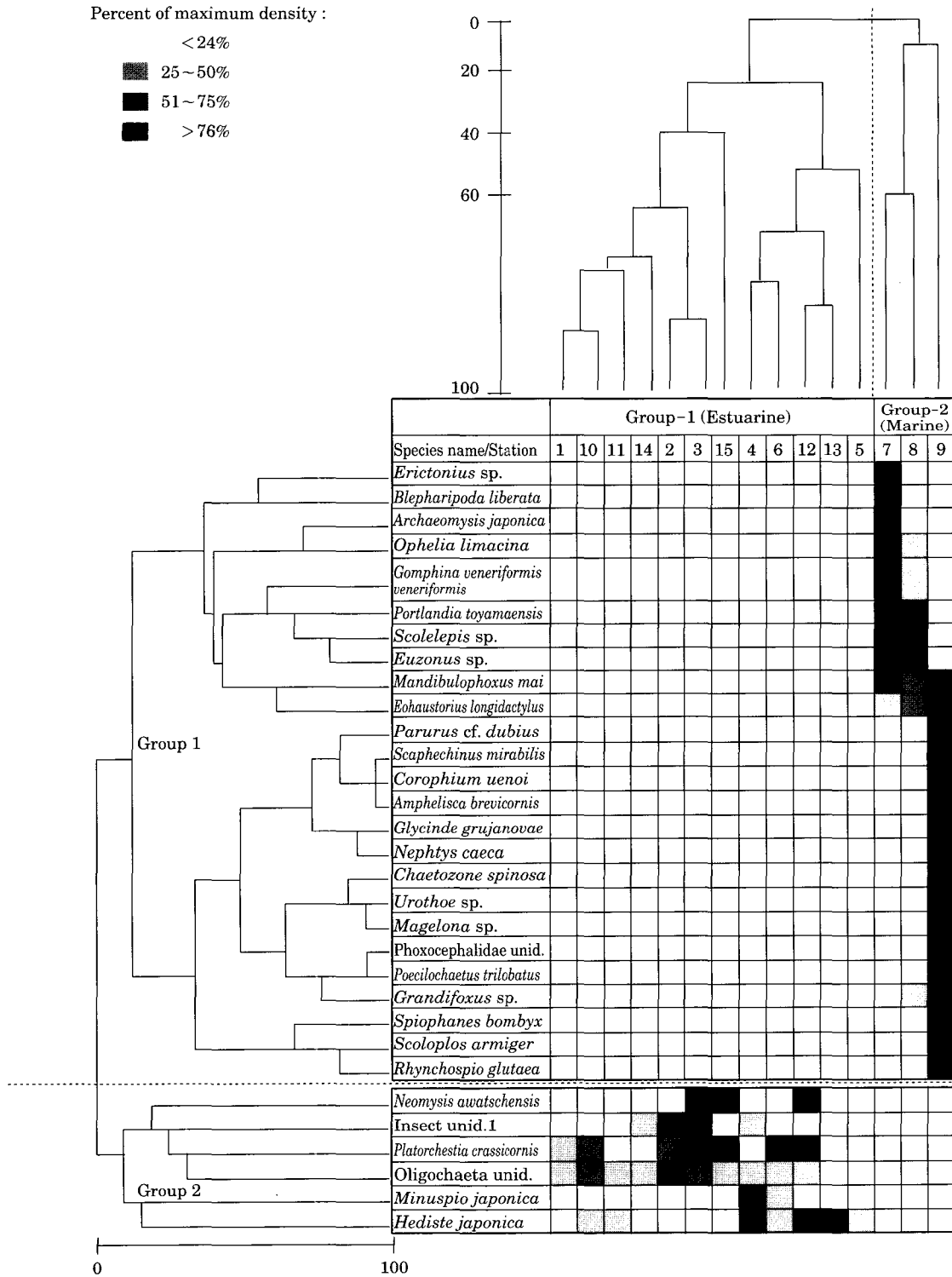


Fig. 5. Dendrogram illustrating the relationship between stations and species resulting from the analysis of Bray-Curtis similarity in Namdaechon Estuary, Gangneung, Korea.

Scaphechinus mirabilis 1종 등 총 25종이 포함되었다.
 종군 2) : 하구역의 조간대 및 조하대 정점에서 특징적으로 출현하는 종들로, 빈모류의 *Oligochaeta* unid.와 다

모류의 *Minuspio japonica*, *Hediste japonica* 등 환형동물 3종, 절지동물의 *Neomysis awatschensis*, *Platorchestia crassicornis*, Insect unid. 1 등 총 6종이 포함되었다.

Table 1. The number of benthic macrofauna collected in Namdaecheon Estuary, Gangneung, Korea (unit: inds. m⁻²)

Taxon / Station	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	St. 6	St. 7	St. 8	St. 9	St. 10	St. 11	St. 12	St. 13	St. 14	St. 15
Annelida															
Oligochaeta															
Oligochaeta unid.	150	655	230	15		15				200	90	60		120	20
Polychaeta															
<i>Arcocirrus</i> sp.		10													
<i>Armandia lanceolata</i>										3					
<i>Chaetozone spinosa</i>										37					
<i>Eteone longa</i>										3					
<i>Euzonus</i> sp.							13	20							
<i>Glycera chirori</i>										3					
<i>Glycinde grujanovae</i>										17					
<i>Magelona</i> sp.										47					
<i>Minuspio japonica</i>				45		10									
<i>Hediste japonica</i>				345	110	140				20	30	525	550		
<i>Nephtys caeca</i>										20					
<i>Nephtys californiensis</i>										7					
<i>Ophelia limacina</i>							60	7							
<i>Poecilochaetus trilobatus</i>										80					
<i>Rhynchospio glutaea</i>										446					
<i>Scolecopsis</i> sp.							17	13							
<i>Scoloplos armiger</i>										330					
<i>Spiophanes bombyx</i>										206					
Arthropoda															
Crustacea															
Amphipoda															
<i>Ampelisca brevicornis</i>										13					
<i>Corophium</i> sp.										6					
<i>Corophium uenoi</i>										13					
<i>Eohaustorius longidactylus</i>							10	20		43					
<i>Erictonius</i> sp.							10								
Gammaridea unid.															5
<i>Grandifoxus</i> sp.								3		80					
<i>Jassa falcata</i>										3					
<i>Lysianassidae</i> sp.										3					
<i>Mandibulophoxus mai</i>							26	7		23					
<i>Photis reinhardi</i>										3					
Phoxocephalidae unid.										73					
<i>Platorchestia crassicornis</i>	10	20	60			25				20		25			45
<i>Synchelidium</i> sp.										3					
<i>Urothoe</i> sp.										43					
Cumacea															
Cumacea unid.										3					
Anomura															
<i>Blepharipoda liberata</i>							10			7					
<i>Parurus</i> cf. <i>dubius</i>										10					
Insecta															
Insect unid. 1		55	35	10										10	
Insect unid. 2											5				
Isopoda															
<i>Cleantiella</i> sp.															5
<i>Gnorimosphaeroma ovatum</i>															5
Mysidacea															
<i>Acanthomysis tenuicauda</i>										7					
<i>Archaeomysis japonica</i>							60								
Mysidacea unid.										3					
<i>Neomysis awatschensis</i>			5									15			5

Table 1. Continued.

Taxon / Station	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	St. 6	St. 7	St. 8	St. 9	St. 10	St. 11	St. 12	St. 13	St. 14	St. 15
Tanaidacea															
Tanaidacea unid.									3						
Mollusca															
Bivalvia															
<i>Gomphina veneriformis</i>									20	3					
<i>veneriformis</i>															
<i>Mactra chinensis</i>													3		
<i>Portlandia toyamaensis</i>								7	10						
<i>Venus foveolata</i>													7		
Gastropoda															
Aplysiidae unid.														5	
<i>Cryptonatica russa</i>													3		
<i>Eudolium cf. pyriforme</i>								7							
<i>Olivella</i> sp.									7						
Echinodermata															
Echinoidea															
<i>Scaphechinus mirabilis</i>														13	
Others															
Pisces															
Pisces unid.														5	

강릉 남대천에 서식하는 저서동물 군집의 중간·정점 간의 유사도 분석 결과, 동해안으로 열린 하천의 대표적인 특성인 하구역 입구부에 위치한 모래톱을 중심으로 분명하게 해양역과 기수역으로 특징적인 생물군이 구분된다는 점을 알 수 있다. 특히, 2개의 군집간에는 공통적으로 출현하는 종이 전혀 없다는 점에서 하구역은 완전히 기수종들로 이루어진 군집, 반면 외양역은 해양성 군집을 형성함으로써 염분농도 구배에 따르는 하구역의 특징적 분포패턴이 모래톱에 의해 완전히 차단되는 특징을 보인다. 다만 계절적으로 또는 일시적으로 하천 유량, 파랑 및 폭풍과 같은 환경변수에 의한 모래톱의 확장·소멸로 담수와 해수가 혼합됨으로써 저서생물의 조성과 분포 패턴이 일시적으로는 변화할 수 있음을 예상할 수 있다. 한편, 외양역에서 나타나는 중간 유사도의 구분(7, 8, 9의 분리)은 하구역과의 이격거리 정도 및 수심 요인이 지배적일 것으로 생각된다. 최 등(2000)은 동해 사질퇴적물에 서식하는 저서동물 연구에서 남대천 주변부 해양역은 염분농도 구배가 비교적 미약하며, 퇴적상의 차이도 거의 없는 것으로 보고하였다. 따라서 저서동물 군집의 변화는 주로 파도에 의한 퇴적물의 안정도와 연관이 있다고 하였으며, 연안역에서도 수심에 따라 상이한 군집이 출현할 가능성을 시사한 바 있어 본 연구 결과와도 유사하였다. 따라서, 위의 결과 중간에 나타나는 유사도는 전체적으로 하구부의 모래톱을 중심으로 한 염분농도의 차이와 해양역의 수심에 따른 저서동물 군집 분포의 변화로 크게 생각할 수 있다.

4. 주요 우점종의 분포 양상

조사 해역의 주요 우점종은 환형동물 빈모류의 *Oligochaeta* unid., 다모류의 *H. japonica*, *O. limacina*, *R. glutaea*, *S. armiger*, *S. bombyx*, 절지동물 단각류인 *P. crassicornis* 등이었다 (Table 1).

다모류의 *H. japonica*는 총 1,720개체가 채집되었고, 하구역의 중앙부인 정점 4, 5, 6과 조간대 정점 10, 11, 12, 13에서 집중적으로 출현하였다. 특히, 정점 4, 12, 13에서는 300개체 m^{-2} 이상의 높은 밀도를 보였다. 일반적으로 본 종은 담수의 유입이 있고, 염분농도가 비교적 낮은 우리나라 연안지역에서 대표적으로 출현하는 종으로 남대천의 하천역에서도 그 분포범위가 매우 넓음을 확인할 수 있었다. 하구역에서는 빈모류인 *Oligochaeta* unid.가 총 1,615개체가 채집되었으며, 정점별로 최소 15개체 m^{-2} 에서 최대 655개체 m^{-2} 가 출현하였다. 정점 2, 3, 10에서 200개체 m^{-2} 이상으로 밀도가 높았다. 본 종은 이웃한 양양 남대천에서도 높은 밀도로 출현하여 염분농도의 변화가 극심한 기수역에서 대표적으로 출현하는 종으로 구분할 수 있었다. 따라서 이 종은 동해안 하구역에서 특징적으로 출현하는 종으로 분류 및 생태적인 연구가 절실히 요구된다. 옆새우류인 *P. crassicornis*는 205개체가 출현하였으며, 하구역 정점 1, 2, 3, 6과 조간대의 10, 12, 15에서 10~60개체 m^{-2} 의 출현 범위를 보였다. 한편, 외양역에서는 다모류인 *O. limacina*가 정점 7과 8에서 총 67개체가 채집되었고, 가장 외해에 위치한 정점 9에

서는 *R. glutaea*, *S. armiger*, *S. bombyx* 등이 대표적으로 출현하여 200개체 이상의 높은 밀도를 나타냈다.

서두에서 언급하였듯이 강릉 남대천의 하구역을 포함하는 수역에서 수행된 저서동물의 생태학적 연구는 지금까지 없었으며, 다만 해양역에서 수행된 연구가 전부이다 (강릉시 1992; 최 등 2000). 따라서 하구역을 제외한 해양역의 일부 정점에서 수행된 연구 결과와 비교해보면, 동물군 별 출현 현황에 있어서는 절지동물이 가장 다양하게 출현하였고, 환형동물이 가장 높은 개체 밀도를 보이는 동일한 결과를 보였다 (최 등 2000). 한편, 하구역을 제외하면 1992년과 2000년의 남대천 해양역은 저서동물의 변화가 비교적 미비하거나 당시와 차이가 없음을 알 수 있었다. 우점종에 있어서도 일부 종-*S. armiger*, *S. bombyx*, *G. veneriformis veneriformis*-들은 동해 일부 연안의 대표적인 종들로 파악되어 본 조사와도 일치하고 있다 (신 등 1992).

지금까지 강릉 남대천의 하구역에서 해양역에 이르는 저서동물의 분포를 파악하였으나, 1회의 현장조사를 통해서 저서동물의 군집구조와 분포가 퇴적상에 의한 것인지 혹은 염분농도를 비롯한 무기환경요인에 의한 것인지를 단정하기에는 어려움이 있다. 그러나, 한 해역에 서식하는 저서동물 군집 조사는 생물다양성 연구를 위한 faunal inventory 작성과 더불어 매우 중요한 기초자료를 제공하는데 의미가 있을 것으로 생각된다. 또한, 본 조사와 같이 동해안으로 열린 하천의 전반적인 저서동물의 분포 패턴과 군집구조의 파악을 토대로 서·남해안으로 열린 하구역과의 다각적인 비교가 이루어져야 할 것이다.

적 요

본 연구는 동해안에 위치하는 강릉 남대천 하구역의 대형저서생물상을 파악하기 위하여 1997년 9월 22일에 총 15개 정점을 대상으로 현장조사를 실시하였다. 채집된 저서동물은 총 56종, 5,664개체, 312 g WWt의 생물량을 나타냈다. 주요 우점종은 빈모류에 속하는 *Oligochaeta* unid., 다모류의 *Hediste japonica*, *Rhynchospio glutaea*, *Poecilochaetus trilobatus*, *Scoloplos armiger*, *Spiophanes bombyx*, 단각류의 *Platorchestia crassicornis* 등이었다. 한편, 정점간 및 종간 유사도 분석 결과에서는 각각 두 개의 그룹으로 나뉘었다. 정점간 분석에서는 하구역 정점군과 해양역 점점군으로, 종간에서는 해양성 종군과 기수-담수성 종군으로 구분되었다. 염분농도 구배에 따른 조하대 저서동물의 분포 양상을 보면, 저서동물의 출현 종 수는 하구역의 12개 정점에서는 총 13종이

출현한 반면, 해양역의 3개 정점에서는 총 43종이 출현하였다. 개체수와 생물량도 해양역이 하구역과 비교해 높았다. 생태학적 지수로써 다양도는 하구역에서 1 이하로 낮았고, 해양역에서 2 이상으로 높았다. 결론적으로, 강릉 남대천 하구역 저서동물의 분포는 하구역 입구부분에 위치한 모래톱을 경계로 염분농도가 급격하게 변화하였으며, 이것을 경계로 두 개의 정점군과 종군으로 나누는 특징이 있었다.

참 고 문 헌

- 강릉시. 1992. 강릉시 하수종말처리장건설사업 환경영향평가서. 640pp.
- 배경석, 윤일병. 1988. 낙동강 하구에 있어서 저질과 저서성 대형무척추동물군집의 특성에 관한 연구. 한국유수학회지. 21(2):93-116.
- 신현출, 최성순, 고철환. 1992. 영일만 다모류 군집의 계절별, 공간적 변화. 한국해양학회지. 27(1):46-54.
- 윤이용, 김경태. 1998. 강릉 남대천 수계의 중금속 분포 및 거동특성 연구. 대한환경공학회지. 20(8):1039-1049.
- 윤이용, 김대현, 이승목. 1999. 강릉 남대천 하류의 오염물질 정체현상과 강릉수력 발전방류수의 영향. 대한환경공학회지. 21(11):2221-2230.
- 임현식, 박경양. 1998. 영산강 하구역의 연성저질에 서식하는 저서동물 군집-2. 여름철 빈산소 수괴의 출현과 저서동물 분포. 한국수산학회지. 31(3):343-352.
- 최진우, 제종길, 이재학, 임현식. 2000. 동해 강릉 연안의 사질 퇴적물에 서식하는 대형 저서무척추동물의 분포 양상. 한국해양학회지 "바다". 5(4):346-356.
- 홍재상, 서인수, 이창근, 윤상필, 정태홍. 2000. 양양 남대천 하구역의 여름철 대형저서동물 군집의 생태학적 특성. 한국수산학회지. 33(3):230-237.
- Bae KS and IB Yoon. 1989. Ecological studies of benthic macroinvertebrates in Naktong Estuary, Korea. Korean J. Limnol. 22(4):337-356.
- Bray JR and JT Curtis. 1957. An ordination of the upland forest communities of Southern Wisconsin. Ecol. Monogr. 27:325-349.
- Choi JW and CH Koh. 1994. Macrobenthos community in Keum-Mankyung-Dongjin estuaries and its adjacent coastal region, Korea. J. Korea Soc. Oceanogr. 29(3):304-318.
- Folk RL and WC Ward. 1957. Brazos river bar: A study in the significance of grain-size parameters. J. Sed. Pet. 27:3-27.
- Hong JS and JW Yoo. 1996. Salinity and sediment types as sources of variability in the distribution of the benthic macrofauna in Han Estuary and Kyonggi Bay, Korea. J. Korea Soc. Oceanogr. 31(4):217-231.

- Khlebovich VV. 1968. Some peculiar features of the hydrochemical regime and the fauna of mesohaline waters. *Mar. Biol.* 2:47-49.
- McLusky DS. 1981. *The Estuarine Ecosystem*. Blackie and Son Limited, Glasgow. 215pp.
- Pielou EC. 1975. *Ecological Diversity*. John Wiley and Sons, Inc. 165pp.
- Pritchard DW. 1967. What is an estuary: Physical viewpoint. In *Estuaries* (Lauff GH. eds.). Amer. Assoc. Adv. Sci. Pub. 83, Washinton D.C. 3-5.
- Remane A and C Schlieper. 1958. *Die biologie des brackwassers*, E. Schwiezerbart'sche verlagsbuchhandlung, Stuttgart. 348pp.
- Schubel JR. 1984. The estuary as a filter : an introduction. In *The estuary as a filter* (Kennedy VS. eds.). Academic Press. 1-11.
- Shannon CE and W Weaver. 1949. *The mathematical theory of Communication* Univ. Illinois Press, Urbana, Illinois. 125pp.

Manuscript Received: March 22, 2004

Revision Accepted: May 21, 2004

Responsible Editorial Member: Inn-Sil Kwak
(Hanyang Univ.)