

## 양양 남대천 하구역의 여름철 대형저서동물 군집의 생태학적 특성

홍재상 · 서인수 · 이창근 · 윤상필 · 정래홍\*  
인하대학교 해양학과, \*국립수산진흥원 남해수산연구소

### An Ecological Feature of Benthic Macrofauna during Summer 1997 in Namdaechon Estuary, Yangyang, Korea

Jae-Sang HONG, In-Soo SEO, Chang-Gun LEE, Sang-Pil YOON, Rae-Hong JUNG\*

Department of Oceanography, Inha University, Incheon 402-751, Korea  
\*South Sea Fisheries Research Institute, National Fisheries Research and  
Development Institute

An ecological study of the benthic macrofauna was carried out using a modified van Veen grab in September 1997, in Namdaechon estuary, Yangyang, Korea. A total of 17 macro-invertebrates was collected and examined from eleven stations in the study area, including 3,795 individuals and 738.63 g wet weight. Arthropods, annelids and molluscs were most abundant and occupied more than 95% of the total number of species, individuals and biomass. Namdaechon estuary in Yangyang was very poor in macrobenthic biodiversity, and numerically dominated and characterized by the polychaetes *Heteromastus filiformis*, *Hediste japonica*, *Eteone longa*, an unidentified oligochaete *Oligochaeta* sp., a corbulid bivalve *Corbicula japonica*, and an estuarine isopod *Cyathura higoensis*. Species composition, species dominance, density, and species evenness were compared among stations. The macrofaunal azoic zone appeared in the bottom of 7 m in depth nearby the artificial bank to catch the salmon to return to the rivers for spawning. It probably resulted from the oxygen depletion following strong stratification in summer, which can cause major effect on the ecological conditions and then finally kill bottom macro-invertebrates in this area. Moreover, some opportunistic species thrived in nearby another station and this is of vital importance in terms of the ecological succession in a benthic polluted area.

Key words: Benthic pollution, Macrobenthos, Macrofauna, Estuaries, Estuarine ecology, Korea

#### 서 론

하구역은 육상으로부터 유입되는 담수와 해수가 혼합되는 곳으로 대부분의 경우 갑(岬, cape)이나 모래톱에 의해 반폐쇄적이며, 외해로부터의 파랑에 의한 해수의 수직혼합이 제한되어 있어 상당한 양의 육상기원 물질이 집적되었다가 유출되는 육지와 해양간의 여과장치로 작용한다 (Schubel, 1984; Mannino and Montagna, 1996).

우리 나라 하구역의 저서생물에 대한 생태학적 연구는 많지 않으며, 있다 하더라도 주로 서·남해안의 대형 하천을 중심으로 몇 편이 있을 뿐 상대적으로 유로 연장이나 유역 면적 등 그 규모가 작으면서 대부분 동해안으로 흐르는 소형 하천의 하구역 저서생물상에 관한 연구는 전무하다 (Kim et al., 1981; Bae and Yoon, 1988, 1989 a, b; Jang and Kim, 1992; Choi and Koh, 1994; Hong and Yoo, 1996; Yoo and Hong, 1996; 홍 등, 1999).

양양 남대천은 하상(河床)이 잘 발달되어 있고, 주변은 산악지대로서 교통이 불편하고 이렇다 할 산업 활동이 없어 인구 집중이 적다는 지리적 조건 때문에 최근까지도 비교적 환경이 잘 보존되어 있는 편이다. 이러한 환경적 특성으로 인하여 양양 남대천은 아직까지도 1급수를 유지하고 있으며, 지난 1983년에는 강원도에 의해 남대천 하구 수역 1.35 km<sup>2</sup>가 수산동식물의 어로 행위를 규제받는 보호수면으로 지정되었고 (강원도 고시 제93-71), 1984년에는 양양에 국립수산진흥원 연어부화장이 건설된 곳이기도 하다. 또한 양양 남대천은 우리 나라에서는 유일하게 연어가 소상할 뿐

만 아니라 그밖에도 무지개송어, 산천어 등의 냉수성 어종과 하류에는 기수산 망둑어류 및 은어와 황어 등 소하성 어류 등이 잡히고 있어 하천의 규모에 비하여 내수면 어업도 비교적 활발히 진행되고 있는 곳이다.

그러나 최근 남대천 주변 지역의 인구 증가, 생활수준의 향상, 도시화 및 공업화 등으로 발생한 심각한 용수난과 전력 확보를 목적으로 남대천의 상류지역인 강원도 양양군 서면 영덕리 일원에 1995년부터 2003년 완공을 목표로 무려 5,270억의 예산을 투입하여 100만 kw 용량의 양수발전소가 건설 중에 있어 환경 문제가 끊이지 않는 곳이다. 댐 건설 이외에도 현재 남대천 생태계 변화에 영향을 미치는 대표적 요인으로는 농업용 보의 설치, 도처에서 시행되는 골재채취, 양어장 설치에 따른 수질 오염 및 인간 활동에 의해 야기되는 생활하수 등이 상존하고 있어 이와 같은 일련의 행위들은 상류성 어류의 강하와 소하 회유어의 귀향 차단, 하천수의 유속 변동에 따른 조류의 증식과 부착성 어란의 피해, 저수지의 토사 유입과 영양물질의 공급 방해를 야기할 수 있다 (Pandian, 1980). 특히 골재 채취는 저서동물의 서식처를 직접적으로 파괴시킬 뿐만 아니라, 채취시 필연적으로 발생하는 탁도는 플랑크톤의 발생 및 부화 자어의 서식환경을 악화시켜 결국에는 양양 남대천의 생태계 전반에 커다란 변화를 초래할 것으로 우려되고 있는 지역이다.

본 연구는 양양 남대천 하구 수역의 전반적인 여름철 저서동물 군집의 종 조성과 그 분포 양상을 밝히는 데 목적을 두었으며, 이 자료는 특히 현재 남대천 상류에 건설하고 있는 양수 발전소의

가동이 앞으로 남대천 하구역 저서생태계에 어떠한 영향을 미치는지를 비교하는데 중요한 기초자료로 활용될 수 있을 것이다.

재료 및 방법

연구지역의 개황

강원도 양양군의 중심부를 관통하여 흐르는 남대천은 서쪽으로는 한강 유역, 동쪽으로는 상운천, 관정천, 화상천 등과 경계를 이루는 한천산, 만월산과 접하여 유역 경계를 이루며, 오대산 두로봉의 높은 산악지에서 발원하여 흐르는데, 남대천으로 유입되는 하천은 포월천, 후천, 오색천 등 약 18개의 군소지류로 구성되어 있다 (양양군, 1989). 일반적으로 동해로 유입되는 하천들이 20 km 미만의 짧은 유정이 특징이나 남대천은 태백산맥을 분수령으로 수원(水原)을 오대산에 두고 있는 전장 60 km의 본류와 구룡령을 수원으로 하는 40 km의 지류를 포함하고 있어 유역이 상대적으로 넓고 길며 유량 또한 풍부한 하천이다. 또한, 양양 남대천은 남서방향에서 북동쪽으로 굽이 깊고 험하여 아직까지도 남한에서는 보기 드물게 개발이 거의 되어있지 않은 자연 그대로의 모습을 지니고 있는 하천이다.

현장조사

남대천에 서식하는 저서동물상을 파악하기 위하여 조하대 지역

에 11개 정점을 선정하여 1997년 9월 23일에 현장조사를 실시하였다 (Fig. 1). 저서동물 채집에는 채집면적이 0.025 m<sup>2</sup>인 개량된 van Veen grab을 이용하였고, 각 정점에서 8회 채취하여 총 0.2 m<sup>2</sup>의 퇴적물을 채집하였다. 채취된 퇴적물은 현장에서 1 mm 망목의 체를 이용하여 저서동물을 분리하였고, 10%의 중성 포르말린으로 고정하여 실험실로 운반하였다. 그 후 분류군별로 선별한 후 종 단위까지 동정하였고, 개체수를 계수하고 생물량을 측정하였다.

환경 요인중 저층수의 염분도와 수온은 T-S bridge (Kent)를 이용하여 현장에서 측정하였다. 퇴적물의 입도 분석은 Pipette method를 이용한 Stoke's law에 근거하였고, 조직 표준치는 Folk and Ward (1957)의 방법을 사용하였다. 퇴적물의 유기물 함량은 건조된 퇴적물을 550°C 화로에서 6시간 태운 후, 무게의 손실 값을 백분율로 환산하였다.

저서생물 군집의 구조를 파악하기 위하여 종 다양성 지수 (Shannon and Weaver, 1949)와 균등성 지수 (Pielou, 1975)를 구하였다.

결 과

환경요인

퇴적물의 평균 입도는 하구역의 상부에 위치한 정점 1과 3에서 각각 3.065φ와 6.08φ를 나타내어 상대적으로 세립한 퇴적물로 구성된 반면, 기타 정점은 0.374φ에서 0.988φ의 범위로 매우 조립한

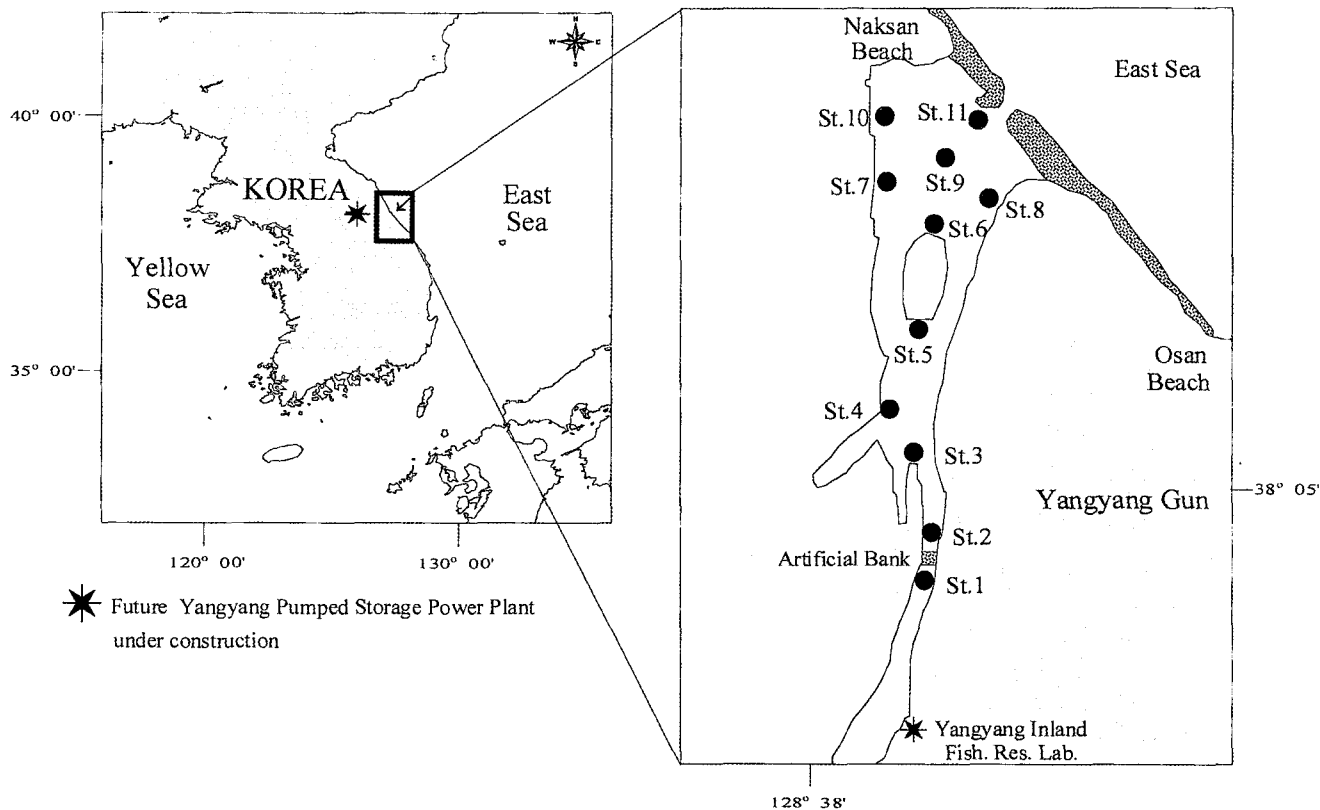


Fig. 1. Sampling stations in the Namdaechon Estuary, Yangyang, Kangwon-do, Korea.

퇴적물이 우세하게 나타났다. 특히, 하구역의 상부 정점에서 입구 쪽의 정점으로 향할수록 조립질 퇴적물의 증가가 뚜렷하였다 (Fig. 2).

조사 해역 저층수의 염분농도는 0~28‰을, 수온은 17.2~20.6℃의 범위를 나타냈다. 퇴적물의 유기물 함량은 전체적으로 0.208~11.992%의 범위로서 평균 2.433%였다. 특히, 염분농도는 남대천으로 소상하는 연어를 어획하기 위해 축조된 인공 독 바로 앞의 정점 2에서 가장 높고, 하구의 중앙부에 위치한 정점 8에서 가장 낮았다 (Fig. 3).

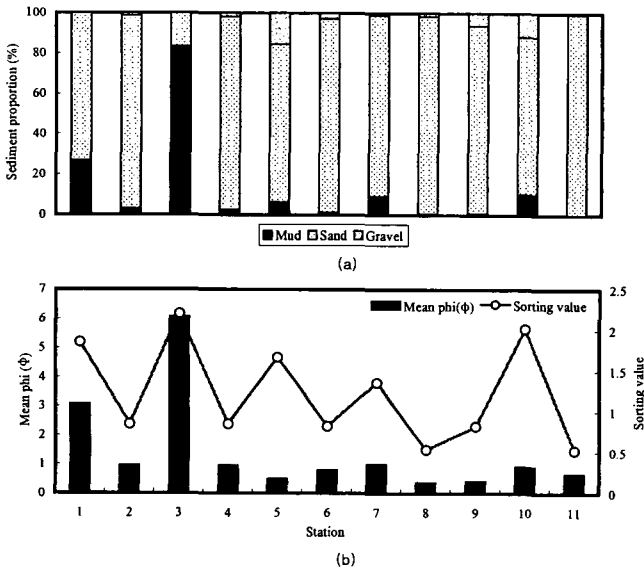


Fig. 2. The sediment proportions (a), mean phi and sorting value (b) of the Namdaechon Estuary in Yangyang, Kangwon-do, Korea.

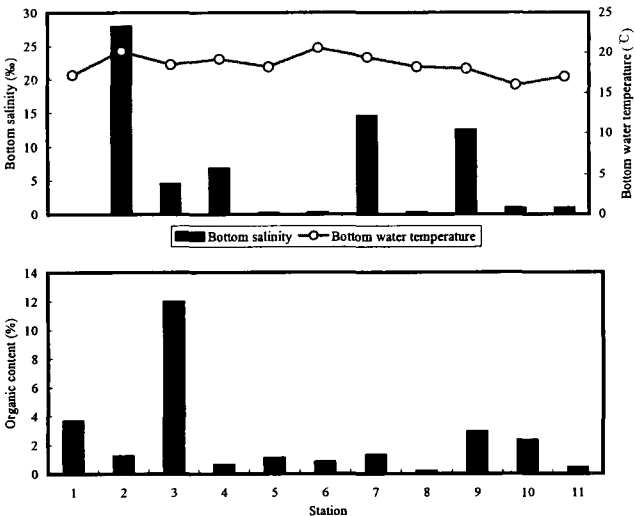


Fig. 3. Distribution of bottom salinity, bottom water temperature and organic content of the Namdaechon Estuary in Yangyang, Kangwon-do, Korea.

저서동물 군집의 구조

종 수 : 조사대상 해역의 총 11개 정점에서 채집한 2.2 m<sup>2</sup>의 퇴적물로부터 총 17종의 저서동물이 채집되었다. 이 중 환형동물과 절지동물이 각각 6종으로 35%를 차지하였다. 연체동물은 4종이 출현하여 24%를 점유하였고, 기타 동물군은 단지 1종 (6%)만이 채집되었다.

정점별 출현종 수의 분포를 보면, 전체적으로 0~8종의 출현범위를 나타냈고, 정점당 평균 출현종 수는 2종이다. 수심이 7 m로 가장 깊고, 저층수의 염분도가 28‰로 가장 높은 정점 2에서는 단 한 종의 저서동물도 출현하지 않아 무생물구역으로 나타났으며, 기타 정점에서는 2~8종의 비교적 낮은 출현종 수를 보였다. 전반적으로 매우 적은 수의 저서동물이 출현하여 생물다양성이 매우 빈약한 해역으로 나타났다 (Fig. 4).

밀 도 : 11개 정점에서 총 3,795개체가 채집되었고, 정점별 단위면적당 (m<sup>2</sup>) 평균 개체수는 380개체이다. 전체적으로 환형동물이 2,430개체로 가장 높은 비율인 64%를 차지하는 것으로 나타났다. 절지동물과 연체동물은 720개체와 640개체가 채집되어 각각 19%와 17%를 점유하였다. 기타 동물군은 5개체로 0.1%의 매우 낮은 개체수 비율을 나타냈다.

정점별 개체수는 저서동물이 출현하지 않은 정점 2를 제외하면,

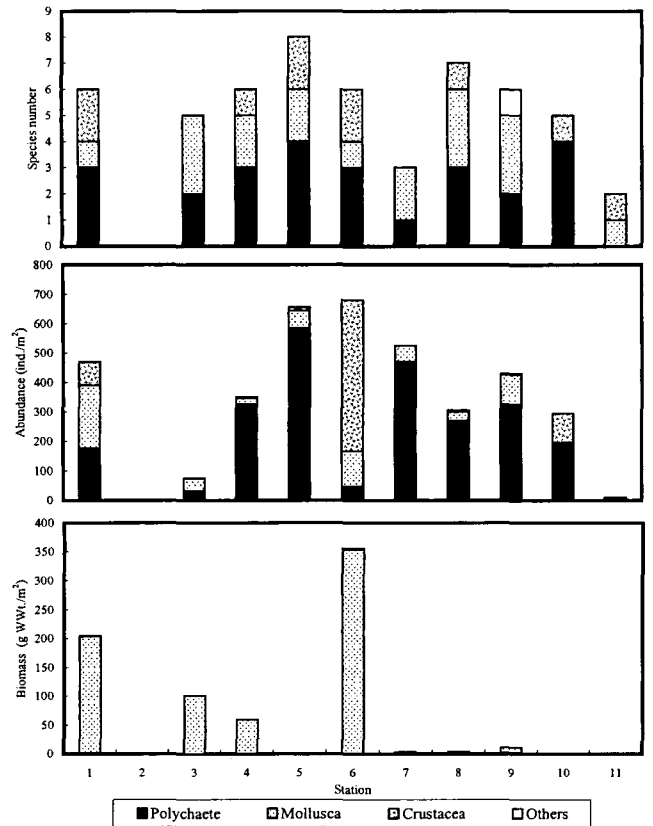


Fig. 4. The total number of species, abundance and biomass of macrobenthic fauna of the Namdaechon Estuary in Yangyang, Kangwon-do, Korea.

10~680개체의 출현범위를 보였다. 정점 6에서 가장 높은 밀도를 나타냈고, 해수와 접하는 정점 11에서 10개체로 가장 낮았다. 그 밖에 정점 3 (75개체)과 정점 11 (10개체)을 제외한 모든 정점에서 295~655개체의 밀도를 나타냈다 (Fig. 4).

**생물량:** 분류군별 생물량의 변동패턴을 살펴보면, 총 738.63 g WWt가 채집되었고, 단위 면적당(m<sup>2</sup>) 평균 생물량은 67.148 g WWt였다. 연체동물이 727.16 g WWt (98.47%)로 대부분의 생물량을 점유하였다. 절지동물, 환형동물, 그리고 기타 동물군은 각각 8.8 g WWt (1.2%), 2.475 g WWt (0.3%) 그리고 0.195 g WWt (0.03%)의 낮은 생물량을 나타냈다.

이러한 생물량의 변동 패턴을 정점별로 보면, 전체적으로 0~354.62 g WWt의 범위를 나타냈다. 저서동물이 출현하지 않은 정점 2와 외해와 가장 인접하는 정점인 11에서 0.01 g WWt로 낮고, 반면 하구역의 상부에 위치한 정점 1, 3과 정점 6에서 각각 204.48 g WWt, 100.17 g WWt 및 354.62 g WWt의 높은 생물량을 보였다 (Fig. 4).

**생태학적 제지수의 변화:** 저서동물의 개체수 자료를 토대로 저서동물이 출현하지 않은 정점 2를 제외한 10개 정점에 대해 분석을 실시하였다. 다양도는 최소 0.367에서 최대 1.548의 범위를 보였다. 하구역의 상부에 위치한 정점 1, 3, 5 및 10에서 1 이상의 값을 나타냈고, 정점 7, 8 및 11에서는 0.7 이하의 낮은 값을 보였다. 전반적으로 하구역의 상부지역에서 보다는 해수와 접하는 인근해역의 정점군에서 낮은 다양도를 나타냈다. 균등도 (evenness)는 0.334~1의 범위를 보였으며, 해수에 접하는 정점 11에서 1로 가장 높으나, 이는 2종이 동일한 개체 밀도로 출현했기 때문이다. 반면 정점 4, 6, 7, 8 및 9에서 0.5 이하의 낮은 균등도를 나타내고 있다 (Fig. 5).

**주요 우점종의 분포 패턴**

조사 해역의 주요 우점종은 다모류의 *Heteromastus filiformis*, *Minuspio japonica*, *Hediste japonica*, *Eteone longa*, 빈모류의 *Oligochaeta* sp., 절지동물의 등각류에 속하는 *Cyathura higoensis* 및 연체동물 이매패류의 *Corbicula japonica*와 권패류의 *Assiminea lutea* 등으로 나타났다 (Fig. 6).

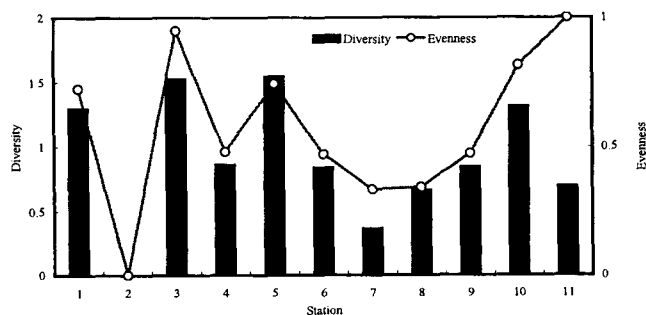


Fig. 5. Species diversity and evenness of macrobenthos of the Namdaechon Estuary in Yangyang, Kangwon-do, Korea.

이 중에서도 *H. filiformis*, *M. japonica*, *H. japonica*, 절지동물의 등각류인 *C. higoensis* 및 연체동물 이매패류의 *C. japonica*가 차지하는 총 개체수는 3,205개체로 전체의 84.45%를 점유하였다.

총 1,315개체가 채집되어 34.65%를 차지한 버들갯지렁이과의 다모류인 *H. filiformis*는 정점 7과 10에서 각각 470개체와 320개체가 채집되었다. 반면 685개체가 채집되어 2위를 차지한 등각류의 *C. higoensis*는 정점 6에서만 505개체가 출현하였다. 또한, 기수역에서 높은 밀도를 차지하며 출현하는 다모류의 *M. japonica*와 *H. japonica*는 각각 435개체와 385개체가 채집되었고, 이들은 본 양양 남대천 하구역의 대부분의 지역에서 폭 넓게 출현하는 결과를 보였다. 반면 이매패류의 일본재첩 (*C. japonica*)은 385개체가 채집되었고, 정점 1과 6에서 각각 215개체와 115개체가 출현하였다.

**고찰**

**환경요인**

담수와 해수가 만나는 하구역 환경하의 저서동물 군집은 일반적으로 생물학적 요인 보다는 저층수의 염분도와 퇴적물의 입도 조성 등 무기환경 인자의 영향을 더 많이 받는 것으로 알려져 있다 (Sanders, 1969; Rhoad and Young, 1971; Hong and Yoo, 1996).

본 조사 지역의 상부 정점은 3~6φ의 세립질 퇴적물이 우세한 반면 중·하부에서는 0.37~0.98φ의 매우 조립한 퇴적물이 우세한 것으로 나타났다. 또한, 하구역 환경에서 가장 중요한 생태학적 요인인 수괴의 염분 농도는 전체적으로 표층에서는 1‰ 이하로 낮고, 저층에서는 0~28‰의 광범위한 분포 패턴을 보였다. 특히, 저층수의 염분도는 하상 구조에 따라 국부적으로 크게 달라지는 것으로 나타났는데, 수심이 7 m 정도의 비교적 깊은 곳에서는 고염분의 해수가 저층에 정체되어 있고, 반면 얕은 지역에서는 거의 담수성에 가까운 염분농도를 보였다. 또한 이 지역에서도 염분 농도가 낮은 표층수는 해양쪽으로 흐르고, 심층의 해수가 육지쪽으로 흐르는 하구역의 일반적인 현상을 반영하고 있다.

**대형저서동물상의 분포 특성**

조사 기간중 남대천 하구역의 11개 조사 정점에서 채집된 2.2 m<sup>2</sup>의 퇴적물에서 총 17종, 3,795개체, 738.63 g WWt이 채집되었으며, 이들은 정점당 평균 불과 2종이 출현하는 것으로 나타났고, 단위 면적당 (1 m<sup>2</sup>) 평균 380 개체와 67.1483 g WWt의 생물량을 나타냈다. 이 중 환형동물과 절지동물, 그리고 연체동물의 세 분류군이 출현종과 개체수에 있어서 전체의 95%라고 하는 높은 점유율을 나타내고 있다. 특히 생물량에 있어서 연체동물이 727.16 g WWt으로 98.47%를 차지하였는데, 이것은 우리나라 하구역 및 하천에서 높은 밀도로 출현하는 일본재첩 (*C. japonica*)의 생물량에 기인한다. 아직까지 국내에서 이렇게 광범위한 염분농도의 구배에 따른 저서생물의 분포에 대한 비교할 만한 기존의 연구 결과는 없다. 그러나, 이러한 출현종 수는 우리나라의 다른 하구역의 생물 다양성에 비하여 비교가 되지 않을 정도로 빈약한 편이며

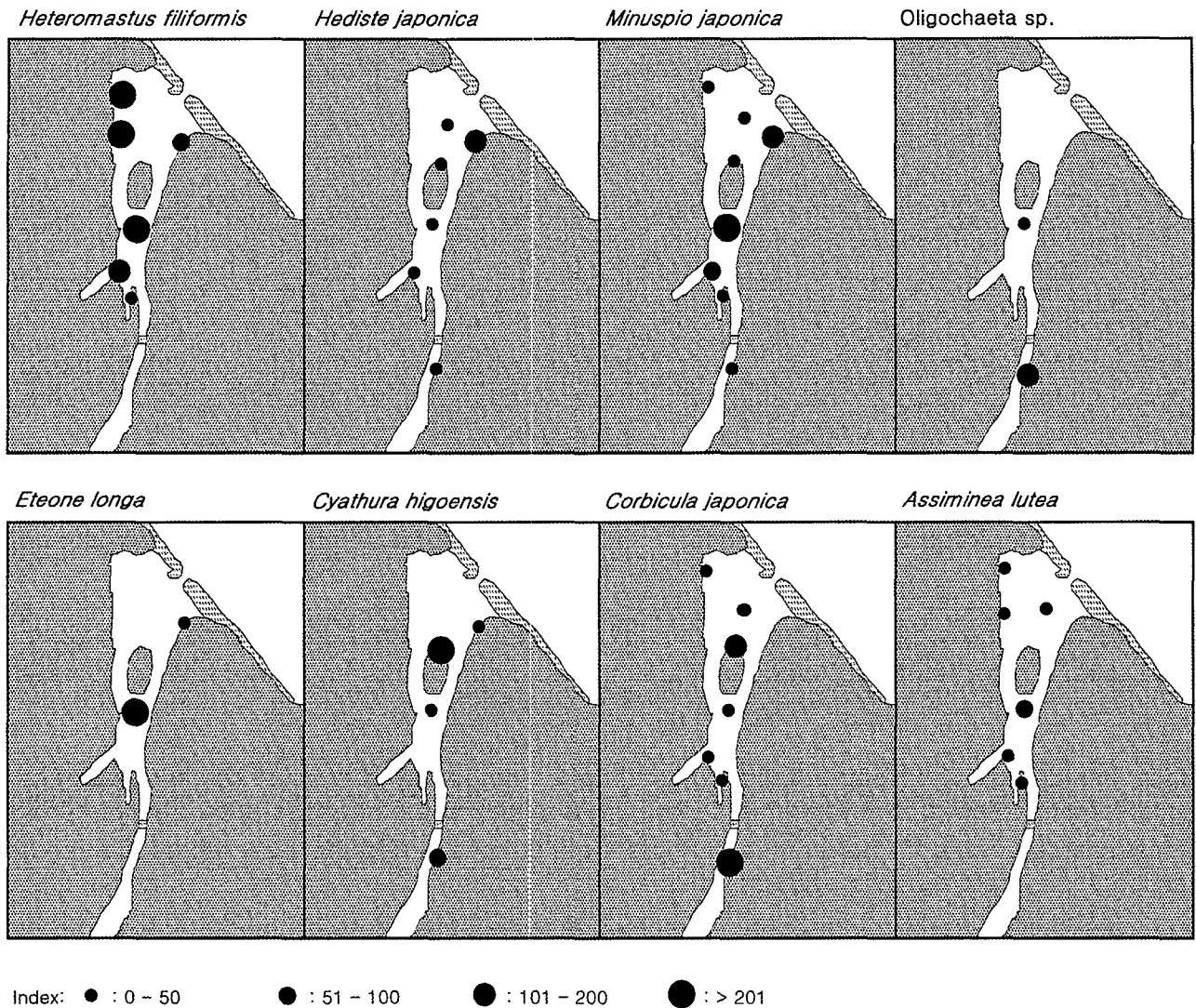


Fig. 6. Density (inds./m<sup>2</sup>) of common species of the Namdaechon Estuary in Yangyang, Kangwon-do, Korea.

이는 동해안의 하구역이 그 규모가 워낙 작아 무기 환경의 변화가 매우 크고 따라서 불안정하며, 사질이 우세한 소조차 해안으로 열려있다는 데 그 원인이 있다고 생각된다. 이와 같은 현상은 최근 총 10여종을 발견한 인근 강릉 남대천 하구역의 빈약한 생물상의 조사 결과와도 잘 일치한다 (홍 등, 1999). 그러나, 동해안으로 열린 하천과 가장 지리적으로 가까운 낙동강 하구역에서 하구연 건설 이후의 저서동물상에 관한 조사를 수행한 Jang and Kim (1992)에 의하면, 맨손과 삼 그리고 패형망 (貝桁網, 조개틀)만을 이용한 결과에서도 무려 연체동물 31종과 갑각류 50종 등 총 81종을 채집한 결과와도 뚜렷하게 구별된다.

빈약한 생물 다양성으로 인하여 종 다양도도 역시 전반적으로 낮은 값을 보이고 있다. 해양으로 부터 멀어질수록 염분도의 감소가 뚜렷하고, 이에 따라 종 풍부도와 다양도의 감소 패턴은 대부

분의 하구역에서 나타나는 일반적인 현상과 잘 일치한다 (Maurer et al., 1978; McLusky, 1981; Rabalais et al., 1989). 그러나, 본 지역은 여름철 1계절 조사의 한계가 있기는 하지만, 염분도가 하상 구조에 따라 국부적으로 크게 변화하고, 종 다양도는 매우 적은 수의 생물 출현으로 인하여 일반화된 경향은 나타나지 않았다.

한편, 조사 지역의 주요 우점종은 다모류 4종 (*Heteromastus filiformis*, *Minuspio japonica*, *Hediste japonica*, *Eteone longa*), 빈모류 1종 (*Oligochaeta sp.*), 절지동물의 등각류 1종 (*Cyathura higoensis*) 및 연체동물 2종 (이매패류의 *Corbicula japonica*와 권패류의 *Assiminea lutea*) 등으로 나타났다. 이 중 *H. filiformis*, *M. japonica*, *H. japonica*, *C. higoensis* 및 *C. japonica* 등 5종이 차지하는 개체수는 3,205개체로 전체의 84.45%의 높은 점유율을 보였다. 한편, 이들은 모두가 담수의 영향을 받는 해안 지역에서 주

로 출현하는 것으로 이미 보고된 바 있어 이 지역이 아직까지 하구역 특성을 잘 보존하고 있는 것으로 판단된다 (Jang and Kim, 1992; Jung et al., 1997).

**무생물 구역의 출현과 지형적 특성**

양양 남대천의 정점 2는 수심이 7 m로 비교적 깊고, 소상하는 연어를 채포하기 위하여 상부쪽에 인위적으로 쌓아놓은 둑으로 가로 막혀있는 지형적 특성을 가지고 있다. 특히, 이 지역은 다른 정점들에 비하여 저층수의 염분도가 28‰로 매우 높고, 여름철에는 저층 해수의 정체로 인해서 퇴적물이 환원환경으로 바뀌고, 용존산소가 고갈될 수 있는 환경으로의 전이(轉移)가 예상되는 곳이기도 하다. 조사 당시 이 지점의 퇴적물은 검게 색어 있었고, 자료의 분석결과에서도 저서동물이 전혀 출현하지 않는 무생물구역으로 나타났다. 그러나, 쇄설성 입자가 많고, 퇴적물의 상태가 정점 2와 유사하게 검은 색을 띠며 색어 있었던 정점 7과 10에서는 각각 3종과 6종이 출현하고 있어 대조를 이루었는데 이는 정점 2가 수심이 깊어 밀도 성층으로 인한 여름철 저층수의 지속적 정체로 인한 무산소(無酸素, anoxia) 환경이 심각함을 입증하는 것이라 생각된다 (Fig. 7).

Ireland의 Louch Hyne의 이질(泥質) 퇴적물을 대상으로 한 Thrush (1986)의 연구를 보면, 육상 기원의 쇄설성 입자 뿐만 아니라 해조류의 파편이 조류의 흐름이 약한 저층에 가라앉아 매트 형성을 하고 빛을 차단하며, 이러한 물질의 분해는 퇴적물에 화학적 변화를 초래시켜 결국에는 저서동물 군집에 영향을 미친다고 하였다. 즉, 쇄설성 입자의 퇴적과 분해는 짧은 기간 동안에도 소규모의 저서동물 군집과 개체수를 완전히 변화시킬 수 있다. 이와 같은 현상은 정점 7과 10에도 적용해볼 수 있을 것으로 생각한다. 이 정점의 경우, 일부 종이 출현하고는 있으나 오염된 해역에서 높은 밀도로 출현하는 것으로 보고된 (Pearson and Rosenberg, 1978), 버들갯지렁이과의 다모류인 *Heteromastus filiformis*의 밀도가 470 개체/m<sup>2</sup>와 320 개체/m<sup>2</sup>로 높게 나타나고 있어, 이 정점 역시 상황에 따라서는 오염역(汚染域, polluted zone) 또는 무생물 구역(無生物區域, azoic zone)으로 변화될 수 있을 것으로 생

각된다 (Fig. 7).

**양양 남대천 하구역의 저서환경 특성**

양양 남대천의 최하부역(정점 11번 지역)은 모래톱에 의해 하구수(河口水)의 바다와의 연결이 일시적으로 막히거나 뚫리는 현상이 반복된다. 따라서, 이와 같은 모래톱에 의한 개폐작용은 하구역과 해안부와의 해수의 소통에 영향을 미치고, 이것은 염분 농도의 분포 등 이 지역 하구역의 물리화학적 특성을 규정짓는 중대한 요인이 된다. 따라서 모래톱의 형성 원인, 규모나 형태 등의 계절 및 연 변화에 대한 역학적 연구(dynamics)가 필수적이다. 왜냐하면, 잠마철 홍수나 태풍, 그리고 해일과 같은 기상 요인이 간헐적으로나마 발생하지 않는 한 모래톱의 성장은 하구역을 해양으로부터 격리·차단시키게 되며 그렇게 되면 하구역의 환경은 특히 『여름철 저층 해수의 정체에 의한 저서환경의 악화→용존산소의 고갈→퇴적물의 환원→무생물구역화(無生物區域化)』로의 환경 악화가 국지적으로 발생할 수 있을 것으로 우려된다.

시화호에서 Hong et al. (1997)이 수행한 연구에 의하면, 육상 기원 영양염의 지속적인 공급으로 인한 부영양화는 식물플랑크톤의 대증식을 촉발하고, 이로 인한 유기물질은 저층으로 침강하며, 수괴는 강력한 염분 의존형 밀도 성층에 의해 저서환경은 무산소 상태가 되어 저서생물이 없는 무생물 구역의 출현을 유발한다고 하였다. 본 연구 해역도 마찬가지로 남대천 상류로부터의 유기물의 유입, 골재 채취로 인한 부유 현탁물의 부상 및 남대천 주변에 위치한 5개의 유수식 송어양식장으로부터의 오·폐수 등이 지속적으로 유입된다면 출현 종이나 물리화학적 환경 요인의 수직분포로 보아 바다와의 해수 교환이 지속적으로 이루어지지 않는 한 시화호의 상황과 유사한 패턴이 예측된다 (Fig. 7).

**양양 남대천 하구역의 보존대책**

자연적으로 형성되는 하구역 모래톱의 발달에 따른 간헐적인 개폐를 통한 부분적인 해수의 침투는 양양 남대천 최하부역에 국지적으로 염분 의존형 밀도 성층을 초래하고, 이러한 상황에서 주변 환경으로부터의 유기물 유입은 부영양화 및 유기물 오염으로 환경이 악화될 가능성이 높다. 양양 남대천은 잘 알려져 있듯이 국내 하천중 연어가 가장 많이 소상하는 하천의 하구역이라는 관점에서 이러한 문제를 고려한 하구역 보존 대책이 매우 시급하다. 그러기 위해서는 첫째, 남대천의 수계를 따라 주변에서 일어나는 오염원의 원천적 차단, 둘째 우리의 관심사인 연어가 소상하는 유로(流路)를 따라 연어의 생태에 초점을 맞춘 구체적이고도 정밀한 생태학적 미세조사가 요구되고, 이에 따른 대책이 필요하다. 셋째, 이 지역 하구역의 최하부 바다와 접하는 곳의 모래톱의 형성과 성장에 관한 연구는 양양 남대천 하구역 환경의 물리화학적 특성을 직접적으로 변화시키는 매우 중요한 환경 요인으로 작용하므로 반드시 생태학적 감시(ecological monitoring) 연구와 동시에 이루어져야 할 것이다.

양양 남대천 하구역의 경우에도 지형학적으로는 다른 동해안의 하구역 주변에 발달했던 모래톱의 성장의 결과 만들어진 것으로 추측되는 기수호(汽水湖)인 향호나 송지호, 영랑호 등과 같은 방

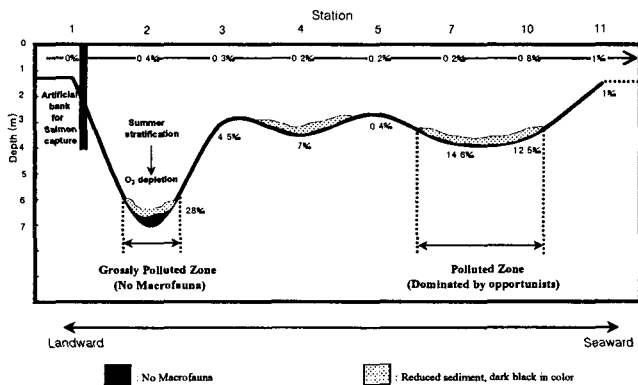


Fig. 7. Schematic representation of the environmental conditions affecting the distribution and abundance of macrobenthos in Namdaechon Estuary, Yangyang, Korea.

Appendix 1. The number of benthic macrofauna collected from the Namdaechon Estuary in Yangyang, Kangwon-do, Korea. (ind./m<sup>2</sup>)

Taxon / Station	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	St. 6	St. 7	St. 8	St. 9	St. 10	St. 11	Total
<b>Annelida</b>												
Oligochaeta												
Oligochaeta sp.	135					15						150
Polychaeta												
<i>Ampharete arctica</i>									5			5
<i>Eteone longa</i>					125			15				140
<i>Heteromastus filiformis</i>			15	255	200		470	55		320		1,315
<i>Minuspio japonica</i>	5		20	65	215	5		115	5	5		435
<i>Hediste japonica</i>	35			5	45	30		10	260			385
<b>Arthropoda</b>												
Crustacea												
Amphipoda												
Caprella sp.											5	5
Erictonius sp.				5								5
Isopoda												
<i>Cyathura higoensis</i>	75				5	505		100				685
Mysidacea												
<i>Neomysis awachensis</i>					5	10						15
Pycnogonida												
Pycnogonida sp.	5											5
Insecta												
Insecta sp.									5			5
<b>Mollusca</b>												
Bivalvia												
<i>Corbicula japonica</i>	215		15	15	5	115			15	5		385
<i>Modiolus elongatus</i>											5	5
<i>Nuttalia olivacea</i>			5				5		5	65		80
Gastropoda												
<i>Assimineae lutea</i>			20	5	55		50		10	30		170
<b>Others</b>												
Nemertinea												
Nemertinea sp.										5		5
<b>Total</b>	<b>470</b>	<b>0</b>	<b>75</b>	<b>350</b>	<b>655</b>	<b>680</b>	<b>525</b>	<b>295</b>	<b>305</b>	<b>430</b>	<b>10</b>	<b>3,795</b>

향으로 발전할 가능성이 높다. 따라서 남대천 하구부에 이미 국립 수산진흥원 양양 내수면연구소가 자리잡고 있고, 특히 연어의 자원증강을 목적으로 연어 치어의 생산과 방류를 계속하고 있다는 점을 감안한다면 이 지역 하구역 모래톱의 성장을 인위적으로 차단하거나 또는 적당량을 주기적으로 제거함으로써 해안과의 연결을 도모하여 외해수와의 소통을 원활하게 하는 대책이 시급히 요구된다.

그럼에도 불구하고 앞으로 남대천 하구역의 환경을 근본적으로 결정지을 것으로 우려되는 가장 중요한 요인은 역시 남대천 상류 지역에 현재 건설중인 양양 양수발전소의 건설 후 가동이 어떻게 그리고 어느 정도로 남대천 수계 및 하구역의 물리화학적, 생물학적 특성을 변화시키느냐 하는 데 있다. 따라서 지금부터라도 양양 남대천 수계의 생태학적 감시 연구의 일환으로 현 상태를 정밀 조사하고, 하천유량의 시간적 변화에 따른 생물 군집의 시·공간

적 변동 패턴을 지속적으로 감시함으로써만이 하구역 생태계에 대한 환경 영향을 제대로 파악할 수 있다.

### 요 약

본 연구는 양양 남대천 하구역 대형저서동물의 생태학적 연구를 위하여 1997년 9월 23일 개량된 van Veen 그랩을 이용하여 총 11개 정점을 대상으로 현장조사를 실시하였다. 조사 지역에서 총 17종, 정점당 평균 345 개체/m<sup>2</sup> 및 67.148 g WWt/m<sup>2</sup>이 채집되었다. 종 수, 개체 수 및 생물량에 있어서 환형동물, 절지동물과 연체동물이 95% 이상의 점유율을 나타냈다.

양양 남대천 하구역은 대형저서동물의 다양성 측면에서 매우 빈약한 생물상 (生物相)을 보였으며, 개체수면에서는 다모류의

*Heteromastus filiformis*, *Hediste japonica*, *Eteone longa*, 빈모류의 *Oligochaeta* sp., 연체동물의 *Corbicula japonica*, 그리고 절지동물의 *Cyathura higoensis* 등이 우점종으로 나타났다.

한편, 본 조사지역은 소상하는 연어 채포를 위해 쌓아놓은 둑 근처의 수심 7m 정도되는 지역이 여름철 성층(成層, stratification) 형성으로 인한 저층수의 환경 악화로 대형저서동물이 출현하지 않는 무생물구역(無生物區域, azoic zone)으로 나타났으며, 주변의 정점에서도 일부 기회종(opportunistic species)들이 높은 밀도를 나타내는 오염역(汚染域, Polluted Zone)이 출현하고 있어 물리적 환경 변화에 따라 국지적으로 이러한 중오염역(重汚染域, Very Polluted Zone)이 확산되는 방향으로의 대형저서동물의 생태적인 천이가 일어날 수 있을 것으로 생각된다.

감사의 글

이 논문은 1997년도 교육부 학술연구 조성비(해양수산과학 분야, KIOS-97-M-06)에 의하여 지원되었음을 밝히는 바이며, 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

Bae, K.S. and I.B. Yoon. 1988. A study on the characteristics of substratum and benthic macroinvertebrates community in Nakdong Estuary. *Korean J. Lim.*, 21(2), 93~116 (in Korean).  
 Bae, K.S. and I.B. Yoon. 1989a. Ecological studies of benthic macroinvertebrates in Nakdong Estuary, Korea. *Korean J. Lim.*, 22(4), 337~356.  
 Bae, K.S. and I.B. Yoon. 1989b. Study on the environmental characteristics and dynamics of the benthic macroinvertebrate in Nakdong Estuary. *Korean J. Lim.*, 22(1), 11~27 (in Korean).  
 Choi, J.W. and C.H. Koh. 1994. Macrobenthos community in Keum-Mankyung-Dongjin Estuaries and its adjacent coastal region, Korea. *J. Korean Soc. Oceanol.*, 29(3), 304~318.  
 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.  
 Hong, J.S. and J.W. Yoo. 1996. Salinity and sediment types as sources of variability in the distribution of benthic macrofauna in Han Estuary and Kyonggi Bay, Korea. *J. Korean Soc. Oceanol.*, 31(4), 217~231.  
 Hong, J.S., R.H. Jung, I.S. Seo, K.T. Yoon, B.M. Choi and J.W. Yoo. 1997. How are the spatio-temporal distribution patterns of benthic macrofaunal communities affected by the construction of Shihwa dike in the West Coast of Korea?. *J. Korean Fish. Soc.*, 30(5), 882~895 (in Korean).  
 Jang, I.K. and C.H. Kim. 1992. A study on the change of the molluscan and crustacean fauna after the construction of the Nakdong

Estuary barrage. *Bull. Korean Fish. Soc.*, 25(4), 265~281 (in Korean).  
 Jung, R.H., J.S. Hong and J.H. Lee. 1997. Spatial and seasonal patterns of polychaete community during the reclamation and dredging activities for the construction of the Pohang Steel Mill Company in Kwangyang Bay, Korea. *Bull. Korean Fish. Soc.*, 30(5), 730~743 (in Korean).  
 Kim, J.M., S.K. Yi, S.B. Hue, D.Y. Kim, J.H. Lee, J.H. Lee and H.T. Huh. 1981. Marine Ecological study on three brackish lakes along the East Coast of Korea. *Bull. KORDI*, 3, 29~37.  
 Mannino, A. and P.A. Montagna. 1996. Fine-scale spatial variation of sediment composition and salinity in Nueces Bay of South Texas. *Texas J. Sci.*, 48(1), 35~47.  
 Maurer, D., L. Watling, P. Kinner, W. Leathem and C. Wethe. 1978. Benthic invertebrate assemblages of Delaware Bay. *Mar. Biol.*, 45, 65~78.  
 McLusky, D.S. 1981. *The Estuarine Ecosystem*. 2nd Ed., Blackie and Son Limited, Glasgow, 215pp.  
 Pandian, T.J. 1980. Impact of dam-building on marine life. *Helgolander Meeresunters.*, 33, 415~421.  
 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.  
 Pielou, E.C. 1975. *Ecological Diversity*. Wiley, New York.  
 Rabalais, S.C., W.M. Pulich, Jr., N.N. Rabalais, D.L. Felder, R.K. Tinin and R.D. Kalke. 1989. A biological and physiological characterization of the Rio Carrizal Estuary, Tamaulipas, Mexico. *Contr. Mar. Sci.*, 31, 25~37.  
 Rhoads, D.C. and D.K. Young. 1971. Animal-sediment relations in Cape Cod Bay, Massachusetts. II. Reworking by *Molpadia oolitica* (Holothuroidea). *Mar. Biol.*, 11, 235~261.  
 Sanders, H.L. 1969. Benthic marine diversity and the stability-time hypothesis. *Brookhaven Symposia in Biology*, 22, 71~81.  
 Schubel, J.R. 1984. The estuary as a filter: an introduction. In *The estuary as a filter*. V. S. Kennedy, ed. Academic Press, pp.1~11.  
 Shannon, C.E. and W. Weaver. 1949. *The Mathematical Theory of Communication*. Univ. Illinois Press, Urbana, Illinois, 125pp.  
 Thrush, S.F. 1986. The sublittoral macrobenthic community structure of an Irish Sea-Lough: Effect of decomposing accumulations of seaweed. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 96, 199~212.  
 Yoo, J.W. and J.S. Hong. 1996. Community structure of the benthic macrofaunal assemblages in Kyonggi Bay and Han Estuary, Korea. *J. Korean Soc. Oceanogr.*, 31(1), 7 ~ 17.  
 양양군. 1989. 양양군 농어촌지역 종합개발계획 (1990~1994), 330~336.  
 홍재상, 서인수, 김창수, 윤건택, 황인서. 1999. 강릉 남대천 하구역의 대형저서동물 군집의 생태학적 연구 (준비중).

1999년 8월 13일 접수  
 2000년 5월 13일 수리