

이학석사 학위논문

한국 남해안의 진주만과 고성만에서 저서
다모류 군집의 계절 및 공간 분포



2003년 2월

부경대학교 대학원

수산해양학협동과정

백 명 선

711
1/15
385
31

이학석사 학위논문

한국 남해안의 진주만과 고성만에서 저서
다모류 군집의 계절 및 공간 분포

지도교수 조 규 대

이 논문을 이학석사 학위논문으로 제출함

2003년 2월

부경대학교 대학원

수산해양학협동과정

백 명 선

백명선의 이학석사 학위논문을 인준함

2002년 12월 일

주 심 이학박사 문 창 호



위 원 이학박사 강 창 근



위 원 농학박사 조 규 대



목 차

<i>Abstract</i>	iii
<i>List of Tables</i>	v
<i>List of Figures</i>	vii
I. 서 론	1
1. 연구배경	1
2. 연구목적	3
II. 재료 및 방법	4
1. 연구해역	4
1-1. 진주만	4
1-2. 고성만	4
2. 시료 채집 및 분석	7
3. 자료처리	8
III. 결 과	10
1. 진주만	10
1-1. 저서환경	10
1-2. 다모류 종조성과 우점종	14
1-3. 저서다모류 군집 구조	19

2. 고성만	25
2-1. 저서환경	25
2-2. 저서다모류 군집	28
IV. 고찰	36
1. 진주만	36
2. 고성만	42
V. 요약	47
VI. 감사의 글	48
VII. 참고 문헌	50

Seasonal and Spatial Distribution of Soft-bottom Polychaetes in Jinju and Goseong Bays of the Southern Coast of Korea

Myoung Sun Baik

Department of Oceanography, Graduate school, Pukyong National University

Abstract

The macrozoobenthos, which play a variety of roles and functions in the marine ecosystems, can be used as a long-term environmental indicator organism due to their limited mobility and small foraging, pronounced ability to accumulate toxic contaminants in their surrounding. This study was carried out to investigate seasonal and spatial distribution of soft-bottom polychaete in Jinju and Goseong Bays, the southern coast of Korea. The macrozoobenthos were sampled seasonally during the period of August 1999 ~ May 2000 using van veen grab sampler from the bays. A total of polychaete species of 132 and 88 species, in shellfish farming ground, during the period of August 1999~May 2000. A total of polychaete species of 132 and 88 species, respectively in Jinju and Goseong Bays were identified from all the sampling. The ecological indices such as polychaete density, biomass, diversity, evenness and richness were calculated, and the relations of these indices and environmental factors were also examined. Both Cluster analysis and principal component

analysis (PCA) of dominant species in Jinju Bay revealed the existence of the 22 most four distinct polychaetous groups according to the seasonal and spatial distribution, while a similar community as revealed by the 15 most dominant polychaete species was found on the whole bay scale in Goseong Bay. Benthic assemblages between the arkshell-farming ground and non-farming sites showed different community structures. The lack of colonization of r-selected opportunists and/or tubicolous species in the former ground seemed to contribute to the spatial differences in the composition and structure of the polychaetous communities. Although finer granulometric composition and high sulfide concentration in sediments of the arkshell-farming ground and low salinity in the northern area were likely to account for parts of the differences, other environmental variables observed were unlikely. The spatial distribution of polychaetes in Jinju Bay may be rather closely related to the sedimentary disturbance by selection of shells for harvesting in spring. On the other hand a similar community structure in the seasonal and spatial distribution of polychaete species in Goseong Bay was likely to reflect similar sedimentary and pelagic environmental conditions in the whole bay due to a relatively small bay scale.

List of Tables

Table 1.	Abiotic parameters of the bottom waters and sediments measured during the present study	11
Table 2.	Seasonal variation of total number of polychaetous species, % polychaeta density of total macrofaunal density and mean values (\pm SD) in the ecological indices (mean \pm SD) of polychaetous community in Jinju Bay in the present study. Data are compared between results for all stations investigated and for the same 11 stations as investigated in November 1999. Means followed by different superscript letters within the same raw are significant different (multiple comparisons; $p < 0.05$)	15
Table 3.	Total density of the 22 most dominant polychaete species in the present study. Species are ranked by total abundance. Values in parenthesis represent the percentage of each species in overall polychaetous density	18
Table 4.	Correlation coefficients between environmental variables and factor scores of each station obtained from the species-based (r-mode) principal component analysis	24
Table 5.	Abiotic parameters of the bottom waters and sediments measured during the present study	26
Table 6.	Seasonal variation of total number of polychaetous species, % polychaeta density of total macrofaunal density and mean values (\pm SD) in the ecological indices (mean \pm SD) of polycha-	

	etous community in Goseong Bay in the present study	29
Table 7.	Total density of the 15 most dominant polychaete species in the present study. Species are ranked by total abundance. Values in parenthesis represent the percentage of each species in overall polychaetous density	32
Table 8.	A comparison of polychaetous communities of the major bays in the southern coast of Korea	43

List of Figures

- Fig. 1-1. Map of Jinju Bay, Korea showing location of stations sampled. Shaded area indicates shellfish farming ground for the arkshell (dense) and the oyster (sparse). 5
- Fig. 1-2. Map of Goseong bay, Korea showing location of stations sampled. Shaded area indicates shellfish farming ground for the arkshell (dense) and the oyster (sparse). 6
- Fig. 2. Triangular diagram of sediment composition at each station of Jinju Bay. C, clay; sC, sandy clay; zC, silty clay; cZ, clayey silt; sZ, sandy silt; Z, silt; zS, sily sand; cS, clayey sand; S, sand. 12
- Fig. 3. Plot of the Principal Component Analysis spplied over the abiotic (◆) and the sampling stations (●) in Jinju Bay. AVS, acid volatile sulfide; Grain Φ , mean grain size; % Organic, organic matter content; SOC and SON, sedimentary organic carbon and nitrogen, respectively; Sal., salinity; DO, dissolved oxygen; Temp., temperature. 13
- Fig. 4. Mean values (\pm SD) of density, biomass, diversity, evenness and richness (no. of spp., number of species) of the polychaetous fauna at the sampling stations during the study period. The horizontal bars represent the multiple comparisons on the basis of the existence of sinificant differences by the Kruskal-Wallis test ($p < 0.05$), showing the stations which demonstrate simi- larity. 17
- Fig. 5. Dendrogram (UPGMA) of stations (q-mode) derived from

	abundances of 22 polychaete species.	20
Fig. 6.	Dendrogram of 22 polychaete species (r-mode) from their abundance distribution at stations.	21
Fig. 7.	Plot of the Principal Component Analysis applied over the species abundances (◇) and the sampling stations (●) in Jinju Bay, showing the stations groups formed. The numbers represent the species (see Table 3 for species legend)	23
Fig. 8.	Triangular diagram of component at each station of Goseong Bay. S, sand; c, Clay; z, silt; zS, silty Sand; sZ, sandy Silt, cS, clayey Sand; sC, sandy Clay; cZ, clayey Silt; zC, silty Clay.	27
Fig. 9.	Mean values (+SD) of density, biomass, diversity, evenness and richness (no. of spp., number of species) of polychaetous fauna at the sampling stations during the study period.	30
Fig. 10.	Seasonal distribution of the abundance of dominant species in Goseong Bay.	33
Fig. 11.	Dendrogram (UPGMA) of stations (q-mode) derived from abundances of 15 polychaete species.	34

I. 서 론

1. 연구 배경

폐쇄성이 강한 연안의 내만 해역은 주변 육상의 인간활동에 의한 영향을 크게 받는 동시에, 높은 생산력을 가지고 외해로부터 풍파를 피할 수 있다는 조건 때문에 양식활동에 집중적으로 이용되어 왔다. 내만역에서 오랜 기간동안 이러한 양식활동의 증가는 필연적으로 양식생물의 미 이용 먹이와 그들의 배설물에 의해 퇴적물 중 유기물의 과도한 축적을 초래하여 왔다. 따라서, 육상 오염물질의 유입과 함께 이들 해역의 유기오염물 축적을 가속화하고 있어 집약양식에 대한 내만 환경 관리는 해결해야 할 중요한 과제로 인식되어 왔다 (McLusky, 1989; Defur and Rader, 1995; Hastings and Heinle, 1995).

한반도 남해안에서 진주만, 고성만은 이와 같은 양식장 개발과 환경 보존을 동시에 고려해야하는 한 좋은 예이다. 반폐쇄성 내만으로 특징지어지는 진주만은 오랫동안 피조개 (*Scapharca broughtonii* Schrenck) 살포 양식장으로서, 고성만은 참굴 (*Crassostrea gigas* Thunberg) 수하 양식장으로 개발·이용되어 왔는데, 최근에 이르러 물리적 환경 변화와 부영양화 및 패류들이 서식하는 퇴적물 오염 등으로 양식생물의 성장 둔화와 대량 폐사와 함께 이들의 서식 가능지는 점차 축소되고 있다 (MAF, 1998). 결국, 이와 같은 현상은 어류 양식시설 외에 과도한 패류양식 역시 수중 입자 물질을 여과하여 배설물 형태로 퇴적시키는 역할 때문에 퇴적물 중 유기물 축적과 함께 저서환경과 생태계에 변화를 초래할 수 있다는 것을 나타낸다 (Lim *et al.*, 1992; Feuillet-Girard *et al.*, 1994; Dankers and Zuidema, 1995).

대형저서동물 군집이 해양생태계 내에서 수행하는 역할과 기능은 다양하지만 이들 대부분은 고착성이거나 이동성이 대단히 약하여 환경의 장기적인 변화 지표가 될 수 있기 때문에 다른 생물군에 비하여 저서동물 군집의 구조변화를 조사함으로써 해당

해역의 환경변화나 유기물 부하 및 오염 영향을 더욱 효과적으로 평가할 수 있다 (Pearson and Rosenberg, 1978; Gray, 1981; Warwick, 1986, Lee *et al.*, 1997).

연성기질의 저서동물 군집은 퇴적물 형태와 밀접한 관계가 있기 때문에 (Rhoads, 1974; Jumars, 1975; Gambi and Giangrande, 1986), 파랑이나 조석, 해류와 같은 요인들에 의한 연성기질의 물리적 교란은 저서동물 군집 구성과 구조에 큰 영향을 미칠 수 있지만 (Pires, 1992; Hall, 1994), 일반적으로 유사한 퇴적환경 하에 유기물 부하량 증가도 종 풍도, 생체량, 생물 크기 및 총 개체수 (특히 기회종) 변화를 초래하는 것으로 알려져 있다 (Pearson and Rosenberg, 1978; Weston, 1990; Drake and Arias, 1997; Lim and Hong, 1997). 따라서, 진주만이나 고성만과 같이 높은 밀도의 패류 양식이 이루어지는 해역에서는 퇴적물 중 유기물이 고농도로 축적될 수 있을 뿐만 아니라 (Kang *et al.*, 1993), 진주만에서의 이른 봄철 형망을 이용한 피조개 채취는 퇴적물의 물리적 교란을 대규모로 일으키므로 살포식 패류 양식장에서 이와 같은 저서환경의 교란은 주변의 저서동물 군집구조에 유의한 영향을 미칠 수 있을 것으로 예상된다. 반면, 수하양식장이 밀집한 고성만 내에서는 진주만에서와 같은 퇴적물에 대한 인위적 대규모 교란과 같은 저서 환경에 대한 환경 교란은 일어나지 않는다. 따라서 양식 방법의 차이에 의한 두 해역에서의 저서동물 군집구조의 차이도 예상할 수 있다.

지금까지 우리나라에서 양식장이나 연안 해수에 대한 연구는 물리 화학적 연구 (Cho and Kim, 1977; 1978), 수질의 저질과 부영양화에 대하여 (Yoo *et al.*, 1980), 물리, 화학 생물학적 조사 (Choi *et al.*, 1991; Song and Park, 1991; Lee, 1993 Choi *et al.*, 1997) 등이 이루어졌다. 한편, 한반도 내만에서 저서동물 군집에 대한 연구는 육상으로부터 유기물 유입이나 빈산소수괴 형성 (Hong and Lee, 1983; Hong, 1987; Lim and Hong, 1997), 수하양식장의 양식생물 (Lim *et al.*, 1992) 및 가두리 양식장 양식생물 (Park *et al.*, 2000) 등의 영향에 대하여 집중되어 왔는데, 이 연구들은 다량의 유기물 부하가 해당 해역의 저서동물 군집 변동을 초래한다는 것을 잘 보여준다. 그러나 연안의 내만 해역의 양식 방법의 차이에 따른 저서환경의 변화와 군집구조의 차이에

대한 연구 정보는 거의 없었다.

2. 연구 목적

내만 해역의 환경 변화를 알아보기 위해 저서생물을 이용하는 주된 이유는 저서생물들이 정착성이기 때문에 그 해역 환경의 영향을 반영하기 쉽고, 그 지역의 환경을 반영하기 때문에 적당한 생활사로 인해 환경 변화의 기원을 잘 반영하며, 저서생물의 대부분이 환경 오염 물질이 집중되는 퇴적물 속에 집중되기 때문에 저서생물 군집들은 환경의 변화나 시간의 변화 (stress)에 따라 다른 내성을 가진, 분류학적으로도 다양한 종들로 구성되어 있기 때문이다 (Gray, 1980; Boesch and Rosenberg, 1981; Hartley, 1982; Phillips and Segar, 1986; Gray *et al.*, 1988).

그 중 저서 다모류는 해양의 연성저질에 서식하는 동물 중 가장 대표적인 분류군으로 대형 저서동물 군집 중 수나 생물량에 있어서 가장 풍부하게 발견되는 동물군으로서(Sanders, 1958; Knox, 1977; Lee and Chin, 1989), 저서동물 군집구조 변화의 지시자로서 특히 중요하다. 따라서 본 연구에서는 한국 남해안 진주만의 피조개 살포식 양식장 수역과 고성만의 참굴 수하식 양식장의 만내 주변해역을 대상으로 저서 다모류 군집의 시·공간 분포를 조사하고, 두 만의 양식 방법의 차이에 따른 저서환경과 저서다모류 군집구조의 차이를 조사하였다. 이렇게 조사된 저서환경과 저서 생물상의 군집 특성을 통하여 남해안 내만 해역의 환경을 평가하기 위한 기본적인 군집구조를 밝히는데 연구의 목적이 있다.

II. 재료 및 방법

1. 연구해역

1-1. 진주만

본 연구가 수행된 진주만 수역은 남해도와 창선도 및 사천시, 하동군 등으로 둘러싸인 내만성 해역 (Fig. 1-1)으로 최대 수심은 창선도와 사천시 사이의 대방수로 근처에서 약 20 m 정도를 나타내지만 대부분 수역이 10 m 이내의 수심으로 천해의 특징을 가지며, 최대 조석간만 차이는 360 cm에 이르고, 조석류는 북쪽의 대방수로, 노랑해협 및 창선도와 남해도 사이 창선수도를 통하여 흐르고, 연중 비주기적으로 만 북쪽에 위치한 남강 방류수에 의한 담수의 영향을 받는다 (MAF, 1998). 이 해역에서는 주로 남해도와 창선도 사이 남부 내만 수역이 오랫동안 피조개 살포양식장으로 이용되어왔는데, 1987년 2,730 M/T (시설면적 420 ha)으로 최대 생산량을 나타낸 이후 최근까지 그 생산량은 격감하여 1995년에는 690 M/T (시설 500 ha)의 가장 낮은 생산량을 보였다. 또한 북부의 남해도에 면한 수역은 굴수하양식장으로 이용되고 있다. 최근 주변 육상역의 도시화와 계속된 양식활동은 이 수역의 부영양화를 가속화하고 있어 어장으로서 기능을 회복시키기 위한 노력들을 기울이고 있지만 과학적인 연구조사는 미흡한 실정이다.

1-2. 고성만

고성만의 지리적 특성은 경상남도 고성 반도 끝 쪽에 자리하고 있으며, 만 입구는 좁고 만 안쪽으로 갈수록 크게 벌어지는 역삼각형 모양을 하고 있으며 (Fig. 1-2), 만 입구는 통영시 사량도 앞 바다인 남만으로 개방되어 있어 남해안 연안수의 영향을 받으며, 만 안쪽 해안선은 리아스식으로 되어있고, 만 중앙부에 읍도를 비롯한 몇 개

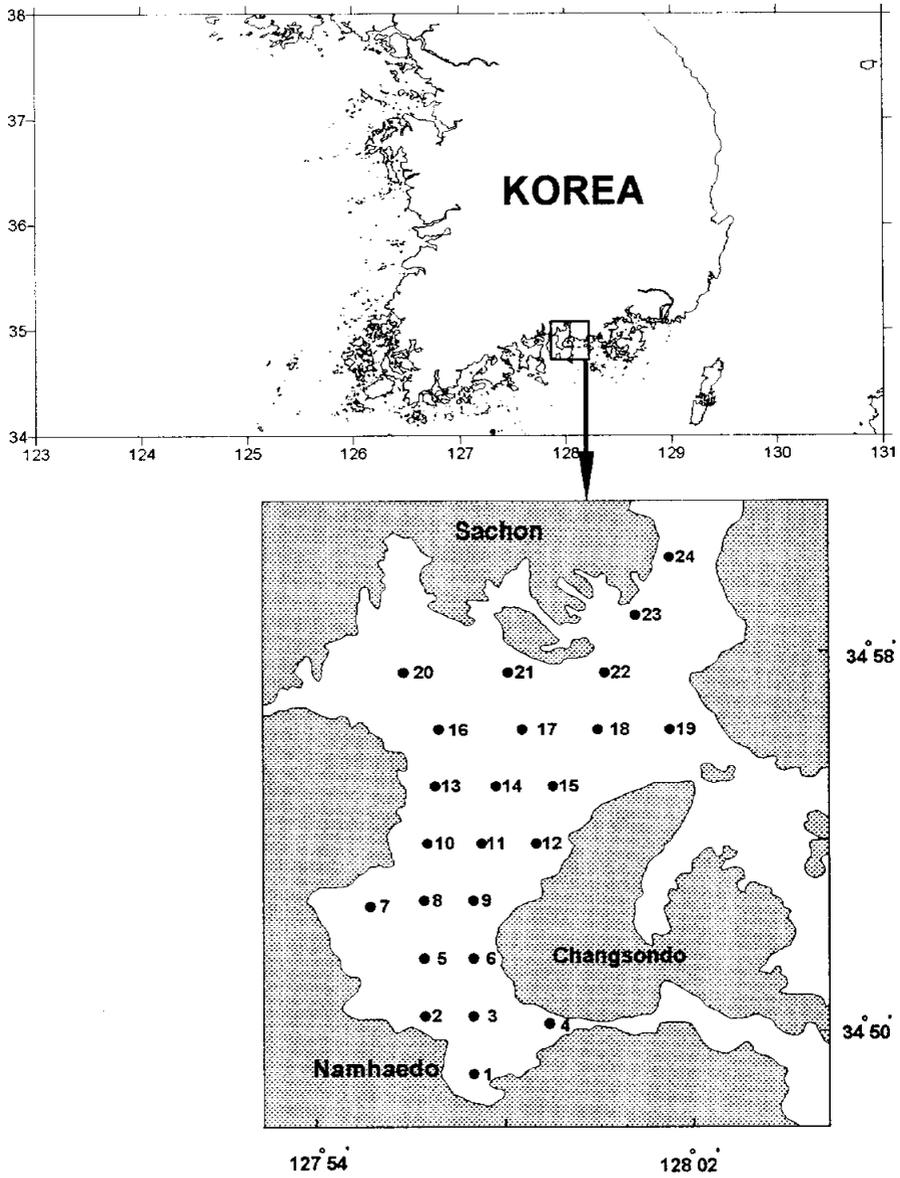


Fig. 1-1. Map the sampling stations from Jinju Bay, Korea.

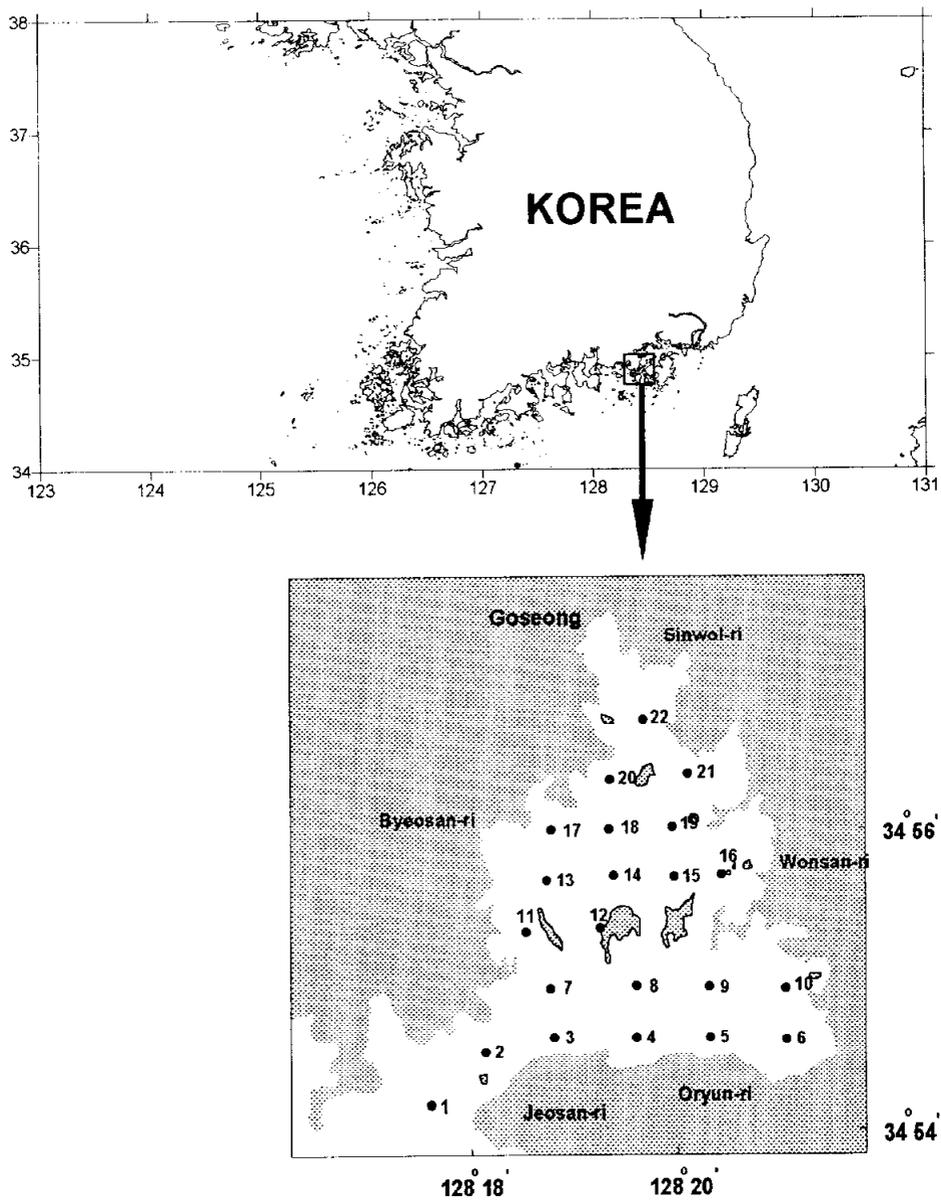


Fig. 1-2. Map the sampling stations from Goseong Bay, Korea.

의 작은 섬이 있다. 고성만 입구 폭은 2.4 km이며, 유자도 부근에서는 폭이 약 1 km이다. 수심은 유자도 부근에서 최간조시 기준으로 15 m이고, 만 최북단은 1 m이며, 만 입구에서 최북단까지 수심은 완만하게 알아지고 있으며, 평균 수심은 약 6.2 m, 최대 수심은 25 m, 수면적은 $2,165 \times 10^4 \text{ m}^2$ (경상남도, 1997).

수하식 굴양식장의 분포현황을 보면 총 굴양식장 수는 35건, 연면적 169.97 ha, 총 연승 길이는 342,350 m이다 (1997년 2월 기준). 고성만에서 알굴 생산현황을 살펴보면 총 수하연수는 793,500개로서 추정생산량은 2068 M/T, 수하연당 알굴 생산량은 평균 2.43 kg/year (1997년 2월 기준)이다 (경상남도, 1997).

2. 시료 채집 및 분석

본 연구를 위한 현장조사는 4계절을 대표하여 1999년 8월, 11월, 2000년 2월 및 2000년 5월에 실시하고, 진주만에 대해서는 1999년 8월에 18개 정점, 11월에 11개 정점, 2000년 2월에 16개 정점 및 5월에 23개 정점에 대해 시료의 채취가 이루어졌으며, 고성만은 1999년 8월과 11월에 각각 18개 정점, 2000년 2월에 19개 정점 및 5월에 21개 정점에 걸쳐 현장 채집을 하였다. 진주만의 경우 계절별로 조사 정점이 상이함에 기인하여 나타날 수 있는 생태학적 분석결과의 차이를 고려하여 전체 조사정점에서 얻어진 자료와 1999년 11월에 조사한 11개 정점과 동일한 정점들에서 계절별로 측정된 자료를 비교하여 조사 결과의 신뢰도를 함께 고려하였다 (결과참조).

저서생물의 시료 채집은 Van Veen grab 채니기를 사용하였으며, 각 조사정점 당 2회씩 해저퇴적물 시료를 채취하였다. 채집된 퇴적물을 선상에서 1 mm 망목의 체에 걸러 남은 동물을 포함한 잔존물은 5 %중성 포르말린으로 고정하여 실험실로 운반한 후, 해부현미경하에서 분류군별로 선별하고, 다모류는 종 수준까지 동정·계수하였다. 각 조사 정점에서 동정된 종은 각각 종별로 구분하여 동결건조하여 건조중량을 구하고, 미세한 분말을 만든 후 다시 전기로에서 550°C로 2시간 가열, 방냉시킨 후 그 차이로부터 회분제외중량 (Ash-free dry weigh, AFDW)을 구하여 생물량으로 나타내었

다.

수온, 염분 및 용존산소는 22개 정점에 대해 현장에서 CTD meter (Sea Bird type)를 이용하여 수심별로 측정하였는데, 본 연구에서는 표층퇴적물로부터 약 1 m 상부 수층의 자료들을 저층 자료로 이용하였다. 유기물과 원소분석 및 입도분석을 위한 퇴적물 시료는 코아 채니기로 채취한 후, 실험실로 옮겨 분석할 때까지 냉동보관하였다. 표층 퇴적물의 유기물 함량은 함수율을 측정한 퇴적물 일정량을 진기로에서 550℃로 2시간 가열한 후, 데시케이터에서 방냉시켜, 무게를 달아 건조 퇴적물 시료에 대한 무게차이를 계산하여 % 강열감량으로 나타내었다. 유기탄소와 질소 함량은 탄산염을 제거하기 위하여 10% HCl로 처리한 후, CHN analyzer로 분석하였다. 단위는 건조시료 중량 당 총 함량의 %단위로 나타내었다. 산취발성 황화물 (AVS, 여기서는 황화물로 정의)은 습시료 일정량을 평량하여 검지관 (Gaster ㉔)으로 측정하여 mg/g dry¹로 나타내었다.

표층 퇴적물의 입도분석은 약 10 g 정도의 퇴적물을 염산과 과산화수소수 용액으로 탄산염과 유기물질을 제거한 후 조립질 (4ϕ미만)과 세립질 (4ϕ이상)로 구분하여, 조립질 시료는 표준건조체 분석방법으로, 세립질 시료는 피펫분석법으로 분석하였다. 각 정점의 퇴적물상은 Shepard (1954) 방법에 따라 퇴적물 유형 3각 분류도에 나타내었다.

3. 자료처리

분리·동정된 종 개체수 (density)와 생체량 (biomass)은 각 정점에서 2회 채집한 합으로 계산하였으며, 0.24 m² 단위면적당으로 표시하였다. 군집분석을 위한 종다양도 (diversity)는 Shannon and Weaver 다양도지수 (H', Shannon and Weaver, 1963), 균등도 (evenness)는 Pielou 지수 (J', Pielou, 1966)를 계산하였으며, 종풍도 (richness)는 출현종 수로서 나타내었다. 이들 변수들의 조사시점별, 각 정점에서의 변동은 Kruskal-Wallis test를 이용하여 비모수 검정을 실시하였고, 처리구간 상호간의 다중

비교를 위한 사후분석은 Dunn의 검정법 (Zar, 1984)을 이용하였다.

저서동물의 우점종은 총 출현개체수에 순위를 정하고, 총 개체수 중 1% 이상 출현한 종을 우점종으로 선정하였다. 정점간 유사도 (Q-mode)를 평가하고 군집 경계 (R-mode)를 정하기 위하여 이들 우점 저서동물종들을 대상으로 집괴분석 (Cluster analysis)을 실시하였다. 집괴분석은 제곱유클리디언거리 지수 (Squared euclidean distances)를 이용하여 대상들 사이의 유사도 지수를 구한 후, 각 대상의 군집화는 비가중평균결합법 (UPGMA)을 사용하였다. 이때 진주만의 각 대상의 개체수 자료는 정점간, 종간 심한 밀도차에 의한 자료의 편중을 피하기 위하여 대수변환 [$\log(x+1)$] 하였다. 특히 진주만 연구 구역 저서동물 분포에 영향을 미치는 환경요인을 평가하기 위하여 8개 저서환경 변수들의 상관계수행렬 (correlation matrix)을 이용하여 주성분분석 (Principal component analysis)을 실시하고 2차원 공간에 그 결과를 도시하였다. 여기서 사용된 변수는 저층 수온, 염분, 용존산소, 퇴적물의 유기물 함량, 황화물 농도, 유기탄소와 질소 함량 및 퇴적물의 평균 입도 등이었다. 또한 다모류 군집 분포와 환경요인과의 관계를 평가하기 위한 시도로서 집괴분석에 이용된 우점종의 출현빈도 자료를 이용하여 월별로 주성분분석을 수행하고, 새로운 요인들에 대하여 각 정점들이 보이는 요인점수 (factor score)와 환경 변수들 사이에 상관관계 분석을 실시하였다. 여기서 통계분석은 SPSS 10.0 (SPSS Co.) 프로그램을 이용하여 수행하였다.

III. 결 과

1. 진주만

1-1. 저서환경

진주만의 저층 수온은 2000년 2월에 평균 $5.0 (\pm 1.0)^\circ\text{C}$ 로 가장 낮았고, 1999년 8월에 $24.0 (\pm 0.3)^\circ\text{C}$ 로 가장 높았으며, 저층 염분은 8월에 평균 $28.5 (\pm 1.1)$ 로 가장 낮고 2월과 5월에 각각 $33.3 (\pm 0.3)$ 과 $33.5 (\pm 1.2)$ 로 다른 계절에 비하여 상대적으로 높은 값을 나타내었고, 저층 용존산소 변동은 염분과 유사한 계절변동 양상을 나타내어 수온이 높은 8월에 평균 $5.6 (\pm 0.5) \text{ mg/L}$ 로 가장 낮았고 2월에 $9.8 (\pm 0.3) \text{ mg/L}$ 로 가장 높은 농도를 기록하였다 (Table 1). 겨울철인 2000년 2월에 채집된 퇴적물 입도분석 결과, 모래 비율이 우세한 정점 24를 제외하면, 조사수역 퇴적상이 전반적으로 실트성 점토나 실트질로 구성되어 있는 것으로 나타났다 (Fig. 2). 퇴적물 입도는 $5.2 \sim 8.4 \phi$ 범위였는데, 북부 수역 일부 정점들 (정점 20, 22, 23)과 함께 피조개 양식장이 밀집한 남부 내만수역으로 갈수록 입도가 세립해져 7.0ϕ 이상의 값을 나타내었지만, 창선도 남부수로에 위치한 정점 4와 북부 수역에서는 6.0ϕ 이하로 상대적으로 조립한 양상을 보였다. 강열감량으로 측정한 퇴적물의 평균 유기물 함량은 1999년 8월에 $7.42 (\pm 0.80)\%$ 와 2000년 2월에 $7.44 (\pm 1.09)\%$, 황화물의 평균 농도는 8월에 $0.10 (\pm 0.08) \text{ mg/g dry sed.}$ 과 2월에 $0.15 (\pm 0.09) \text{ mg/g dry sed.}$ 을 각각 나타내었으며, 월별 평균 유기탄소와 질소 함량은 각각 $1.06 (\pm 0.25) \sim 1.25 (\pm 0.22)\%$ 와 $0.33 (\pm 0.15) \sim 0.48 (\pm 0.20)\%$ 범위로 계절에 따른 뚜렷한 함량 차이를 보이지 않았다 (Table 1). 2000년 2월 저서환경 자료들을 이용한 주성분분석 결과, 2개의 주 요인이 측정된 환경변수 자료의 66%를 설명할 수 있었다 (Fig. 3). 주요인 I (성분축 I)에는 저층수의 염분, 용존산소 및 퇴적물의 질소 함량, 유기물 함량 등이 높은 요인 적

Table 1. Abiotic parameters of the bottom waters and sediments measured during the present study

	Bottom waters				Sediments			
	Temperature (°C)	Salinity (psu)	Dissolved oxygen (mg · l ⁻¹)	Organic matter content (%)	AVS (mg · g ⁻¹)	C (%)	N (%)	
August 1999	24.0 ± 0.3	28.5 ± 1.1	5.6 ± 0.5	7.42 ± 0.80	0.10 ± 0.08	1.25 ± 0.22	0.33 ± 0.17	
November	16.9 ± 0.8	30.8 ± 0.5	6.9 ± 0.7	-	-	1.21 ± 0.14	0.33 ± 0.15	
February 2000	5.0 ± 1.0	33.3 ± 0.3	9.8 ± 0.3	7.44 ± 1.09	0.15 ± 0.09	1.17 ± 0.44	0.48 ± 0.20	
May	19.3 ± 0.8	33.5 ± 1.2	7.1 ± 0.4	-	-	1.06 ± 0.25	0.40 ± 0.28	

AVS: acid volatile sulfide.

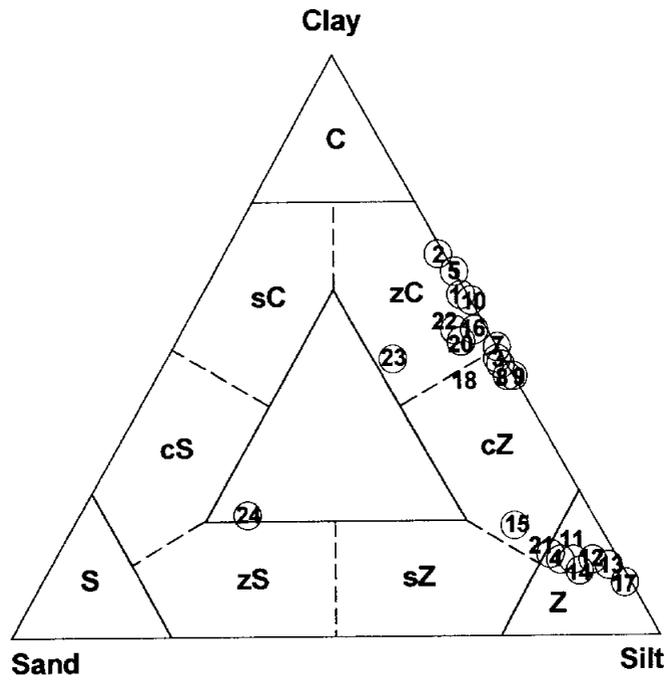


Fig. 2. Triangular diagram of sediment composition at each station of Jinju Bay. C, clay; sC, sandy clay; zC, silty clay; cZ, clayey silt; sZ, sandy silt; Z, silt; zS, sily sand; cS, clayey sand; S, sand.

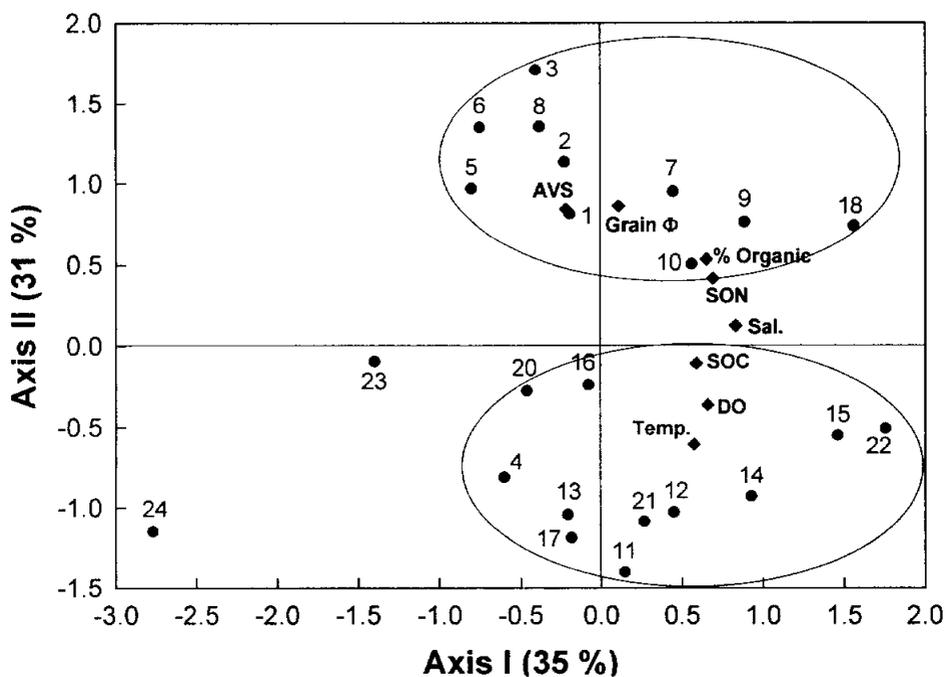


Fig. 3. Plot of the principal component analysis applied over the abiotic (◆) and the sampling stations (●) in Jinju Bay. AVS, acid volatile sulfide; Grain Φ , mean grain size; % Organic, organic matter content; SOC and SON, sedimentary organic carbon and nitrogen, respectively; Sal., salinity; DO, dissolved oxygen; Temp., temperature.

재값을 나타내었으며, 주요인 II (성분축 II)에는 퇴적물의 평균 입도와 황화물 농도가 높은 요인 적재값을 보였다. 이에 따라 각 정점은 요인점수 (factor score)분포에 의해 3개의 특징적인 정점군으로 구분되었다. 정점군 23과 24는 상대적으로 낮은 염분을 나타내어 나머지 정점군들과 뚜렷히 구분되었고, 정점군 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 18은 정점 18을 제외하면 피조개 양식장이 밀집한 남부 내만수역의 퇴적물 입도가 세립하고 황화물 농도가 상대적으로 높게 나타나는 정점들로 구성되며, 정점군 4, 11, 12, 13, 14, 15, 17, 21, 22는 퇴적물 입도가 다소 조립하고 창선도 양측에 있는 협수로를 통해 조석에 의한 조류의 영향을 직접 받는 수역의 특징을 나타내었다.

1-2. 다모류 종조성과 우점종

진주만에서 조사기간 동안 채집된 다모류는 총 132종으로 전체 출현 저서동물 개체수 중 78%이상을 점유하는 가장 우점 동물군으로 나타났다 (Table 2). 전 조사정점에서 얻어진 계절별 지수값들과 1999년 11월의 조사정점과 동일한 11개 정점만을 대상으로 한 계절별 결과 값들 사이에는 대부분의 생태지수 자료에서 큰 차이를 나타내지 않아 (Table 2), 계절별로 상이한 조사정점 수에도 불구하고 결과에는 큰 영향을 미치지 않은 것으로 판단되어 전체 조사정점에 대해서 얻어진 결과 값들로 생태학적 지수의 계절변동을 나타내었다. 전 조사정점에 대한 다모류의 계절별 평균 서식밀도는 1999년 11월 $77.1 (\pm 51.9) \sim 1999$ 년 8월 $118.6 (\pm 141.1) \text{ ind}/0.24 \text{ m}^2$ 범위로 계절에 따른 유의한 차이를 나타내지는 않았다 (ANOVA test, $p > 0.05$). 그러나, 평균 생체량은 1999년 8월과 11월에 각각 평균 $465.1 (\pm 523.8) \text{ mg AFDW}/0.24 \text{ m}^2$ 으로 2000년 2월과 5월의 $182.1 (\pm 220.9)$ 과 $129.1 (\pm 150.8)$ 보다 높아 비교적 뚜렷한 계절변동을 보였다 ($p < 0.05$). 계절별 다양도 지수 (H') 평균값은 1999년 8월에 $2.54 (\pm 0.88)$ 로 다른 계절에 비하여 다소 낮은 양상이었는데, 11월 이후 평균 $3.18 \sim 3.44$ 범위로 다소 증가하는 경향을 보였다 ($p < 0.05$). 균등도 지수 (J')는 평균 0.88 로 뚜렷한 계절 변동이 나타나지 않았으나, 정점별 평균 출현종 수는 비교적 큰 계절변동을

Table 2. Seasonal variation of total number of polychaetous species, % polychaeta density of total macrofaunal density and mean values (\pm SD) in the ecological indices (mean \pm SD) of polychaetous community in Jinju Bay in the present study. Data are compared between results for all stations investigated and for the same 11 stations as investigated in November 1999. Means followed by different superscript letters within the same row are significant different (multiple comparisons; $p < 0.05$)

Parameters	August 1999	November	February 2000	May
Total number of polychaetous species	65 (18)	63 (11)	97 (16)	76 (23)
% polychaeta/total macrofalan density	81.7	85.9	87.1	77.8
for all stations investigated				
Number of stations	18	11	16	23
Density (number of individ. \cdot 0.24m ⁻²)	118.6 ^a \pm 141.1	77.1 ^a \pm 51.9	84.9 ^a \pm 74.7	111.5 ^a \pm 79.9
Biomass (mg AFDW \cdot 0.24m ⁻²)	465.1 ^a \pm 523.8	306.5 ^{ab} \pm 305.2	182.1 ^b \pm 220.9	129.1 ^b \pm 150.8
Diversity (H')	2.54 ^a \pm 0.88	3.18 ^b \pm 0.61	3.25 ^b \pm 0.92	3.44 ^b \pm 0.96
Evenness (J')	0.88 ^a \pm 0.10	0.90 ^a \pm 0.07	0.85 ^a \pm 0.07	0.86 ^a \pm 0.05
Richness (number of species \cdot 0.24m ⁻²)	9.7 ^a \pm 5.5	13.1 ^{ab} \pm 4.8	17.1 ^b \pm 8.9	18.7 ^b \pm 9.0
for the same 11 stations				
Number of stations	11	11	11	11
Density (number of individ. \cdot 0.24m ⁻²)	164.0 \pm 164.9	77.1 \pm 51.9	91.1 \pm 84.5	120.3 \pm 87.4
Biomass (mg AFDW \cdot 0.24m ⁻²)	562.0 \pm 631.7	306.5 \pm 305.2	213.4 \pm 261.6	167.2 \pm 179.1
Diversity (H')	2.65 \pm 0.74	3.18 \pm 0.61	3.14 \pm 1.03	3.47 \pm 1.25
Evenness (J')	0.84 \pm 0.10	0.90 \pm 0.07	0.84 \pm 0.07	0.86 \pm 0.05
Richness (number of species \cdot 0.24m ⁻²)	11.2 \pm 5.9	13.1 \pm 4.8	16.8 \pm 9.3	20.6 \pm 11.2

AFDW: ash-free dry weight

보여 1999년 8월에 평균 9.7 (± 5.5)종이 출현하여 다른 계절 (평균 13.1 ~ 18.7)에 비해 다소 낮은 값을 기록하였다 ($p < 0.05$). 조사기간 중 정점에 따른 다모류의 평균 출현 밀도는 13.5 (± 3.5) (정점 1) ~ 255.0 (± 202.6) (정점 18) ind/0.24 m² 범위로 정점에 따라 유의한 차이를 나타내어, 일반적으로 피조개 양식장이 밀집한 남부의 남해도와 근접한 내만 수역으로 갈수록, 그리고 북부의 저염분 정점들에서 출현밀도가 낮아지는 경향이 뚜렷하게 나타났다 (Kruskal-Wallis ANOVA, $p < 0.05$) (Fig. 4). 이와 유사한 정점별 경향성은 다모류 생체량에서도 기록되었는데 (Kruskal-Wallis ANOVA, $p < 0.01$), 정점별 평균 생체량은 14.3 (± 12.2) (정점 2) ~ 737.8 (± 839.9) (정점 18) mg AFDW/0.24 m² 범위였다. 조사 정점별 종다양성 지수는 평균 1.66 (± 1.45) (정점 3) ~ 3.83 (± 0.67) (정점 12), 균등도 지수는 평균 0.75 (± 0.11) (정점 2) ~ 0.97 (± 0.05) (정점 24), 평균 출현 종수는 5.5 (± 2.6) (정점 5) ~ 24.0 (± 6.6) (정점 12) 범위였는데, 각 정점 지수값들에 대한 Kruskal-Wallis 비모수 검정결과는 통계적으로 유의한 차이를 나타내지는 않았으나 ($p > 0.05$), 이들 제 지수 평균값 분포는 밀도와 생체량 분포에서 나타나는 것과 같이 피조개 양식장이 위치한 남부 내만역과 북부의 저염분 수역에서 다소 낮은 경향이 관찰되었다. 조사기간 중 다모류 총 출현 개체수에서 1% 이상을 점유하는 우점종 조성과 출현 빈도는 계절에 따라 다소 상이하게 나타났다 (Table 3). 진주만에서 개체수에 있어서 전 계절에 가장 우점하는 다모류는 *Maldane cristata*와 *Lumbrineris* sp.로 각각 전체 출현 개체수의 11.1%와 6.7%를 차지하였다. 이들과 함께 여름철 (1999년 8월)에는 *Praxillella affinis*, *Asychis biceps*, *Clymenella koellikeri*, *Notomastus latericeus* 및 *Scoloplos amiger*의 우점도가 높게 나타난 반면, 가을철인 1999년 11월에는 *Capitella capitata*와 *Paraprionospio pinnata*의 출현 빈도가 상대적으로 높게 나타났는데, 이 2종은 전 계절에 걸쳐 비교적 높은 풍도를 나타내는 종이였다. *Goniada* sp. 와 *Notomastus latericeus*, *Capitella capitata* 및 *Aglaophamus sinensis*는 겨울철 (2000년 2월)에 이어 봄철 (5월)에도 높은 출현 밀도를 보였고, 5월에는 이들과 함께 *Scoloplos amiger*, *Cossura* sp. 및

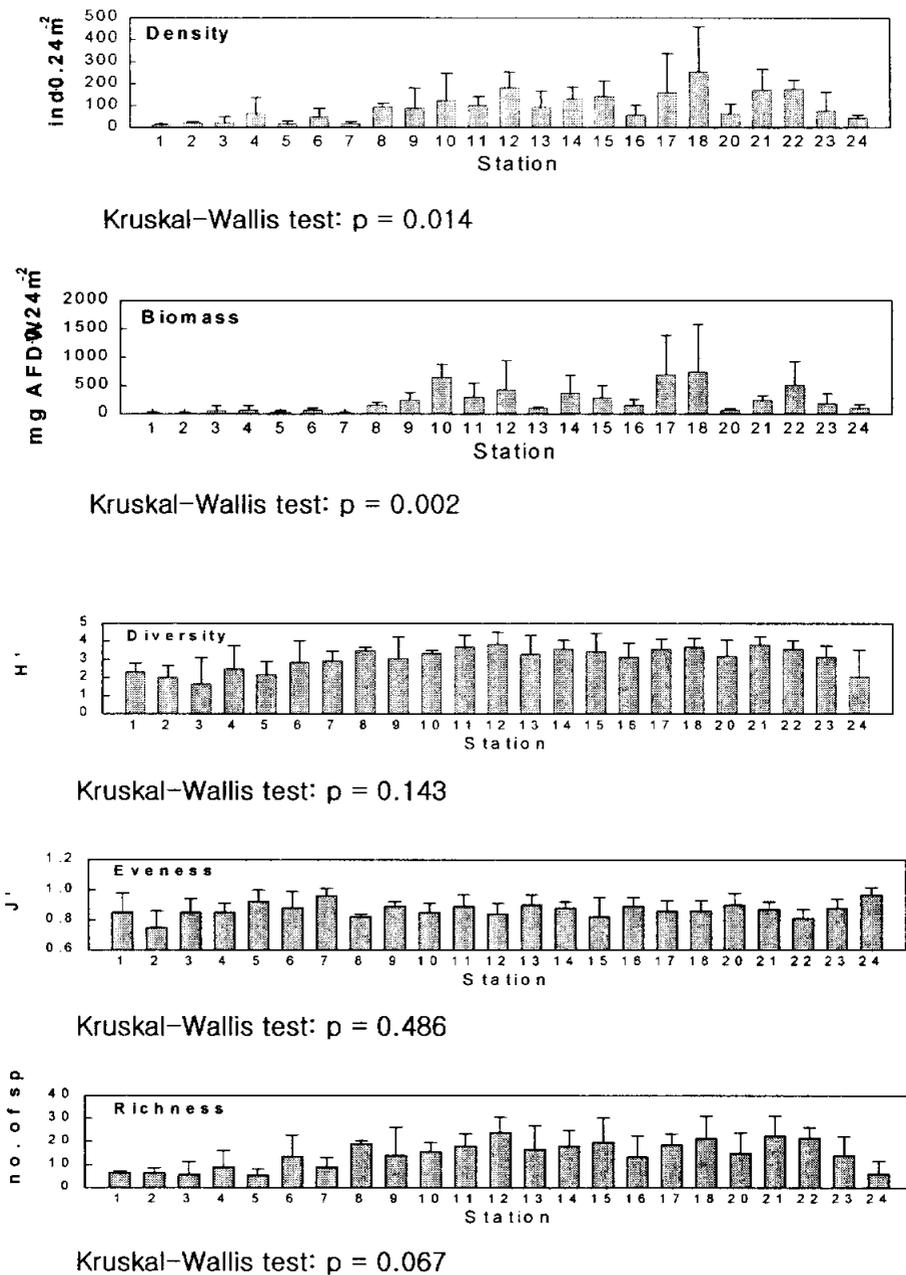


Fig. 4. Mean values (\pm SD) of density, biomass, diversity, evenness and richness (no. of spp., number of species) of the polychaetous fauna at the sampling stations during the study period. The horizontal bars represent the multiple comparisons on the basis of the existence of significant differences by the Kruskal-Wallis test ($p < 0.05$), showing the stations which demonstrate similarity.

Table 3. Total density of the 22 most dominant polychaete species in the present study. Species are ranked by total abundance. Values in parenthesis represent the percentage of each species in overall polychaetous density

Species	Aug.	Nov.	Feb.	May	Total
	1999		2000		
1. <i>Maldane cristata</i> (Treadwell, 1923)	428	134	85	212	859 (11.5)
2. <i>Lumbrineris</i> sp.	104	38	231	130	503 (6.7)
3. <i>Praxillella affinis</i> (Sars, 1872)	262	48	41	103	454 (6.1)
4. <i>Notomastus latericeus</i> Sars, 1851	116	36	100	183	435 (5.8)
5. <i>Goniada</i> sp.	4	42	113	224	383 (5.1)
6. <i>Capitella capitata</i> Eising, 1887	30	72	60	164	326 (4.3)
7. <i>Scoloplos amiger</i> (Müller, 1776)	110	8	3	146	267 (3.6)
8. <i>Sternaspis scutata</i> (Ranzani, 1807)	86	24	24	93	227 (3.0)
9. <i>Asychis biceps</i> (Sars, 1861)	162	4	11	38	204 (2.7)
10. <i>Prionospio pinnata</i> Ehlers, 1901	4	68	33	83	188 (2.5)
11. <i>Aglaophamus sinensis</i> Fauvel, 1932	12	16	72	82	182 (2.4)
12. <i>Dasybranchus cauducus</i> Grube, 1846	14	16	5	127	162 (2.2)
13. <i>Clymenella koellikeri</i> (Mcintosh, 1885)	140	-	20	-	160 (2.1)
14. <i>Maldanella harai</i> (Izuka, 1902)	58	32	-	65	155 (2.1)
15. <i>Cossura</i> sp.	-	-	11	137	148 (2.0)
16. <i>Terebellides stroemii</i> Sars, 1835	20	20	5	88	133 (1.8)
17. <i>Glycera chirori</i> Izuka, 1912	38	14	32	46	130 (1.7)
18. <i>Notoproctus oculatus</i> Arwidsson, 1907	112	10	3	-	125 (1.7)
19. <i>Haploscoloplos elongatus</i> (Johnson, 1901)	66	-	16	26	92 (1.2)
20. <i>Poecilochaetus johnsoni</i> Hartman, 1939	6	-	31	51	88 (1.2)
21. <i>Chaetozone spinosa</i> Moore, 1903	30	8	11	30	79 (1.1)
22. <i>Telepsavus costarum</i> (Clapafede, 1870)	26	4	5	44	79 (1.1)

*Dasybranchus cauducus*의 출현빈도가 높았다.

1-3 저서다모류 군집 구조

22종의 주요 우점 다모류의 계절에 따른 정점별 출현빈도에 기초한 정점별 (q-mode) 집괴분석 결과 진주만은 시·공간적으로 4개의 비교적 뚜렷한 정점군으로 구분할 수 있었다 (Fig. 5). 정점군 A는 가을 (1999년 11월)과 겨울 (2000년 2월)에 채집된 대부분 정점들과 봄철 (5월)에 남부 내만 일부에서 채집된 정점들 (정점 1, 2, 3, 4, 5, 7) 및 여름 (8월)에 만 서부와 남부에 걸친 패류 양식장이 위치한 정점과 북쪽에 위치한 정점과 북쪽에 위치한 정점들을 포함하였는데, 이 정점군은 계절별로 가장 많은 조사정점을 포함하고 있어 조사수역의 다모류 군집을 대표할 수 있는 정점군으로 나타났다. 정점군 B는 봄철에 남부 내만 일부 정점 (정점군 A)을 제외한 전 조사해역의 광범위한 정점들을 포함하고 있으며, 정점군 C는 11월 이후 동북부 수역에서 채집된 정점들 (정점 21, 22, 23)로 구성되었다. 정점군 D는 창선도와 사천시 사이 대방수로 근처에 위치한 정점들 (정점 11, 12, 17, 18, 22)로 이루어졌다.

종간 (r-mode) 집괴분석 결과 진주만은 크게 4개의 다모류 군집에 의해서 특징지어질 수 있음을 나타내었다 (Fig. 6). 군집 1은 퇴적물 속에 서관을 만드는 내서성 다모류 (tube-dwelling polychaetes)인 Maldanidae과의 *Asychis biceps*, *Clymenella kollikeri*, *Maldanella harai*, *Notoproctus oculatus* 및 Orbinidae과의 *Haploscoloplos elongatus* 등 5종을 포함하였는데, 이 종들은 8월에 주로 출현하였으며 정점군 D에서 높은 출현빈도를 나타내는 종들로 구성되었다. 군집 2는 5월에 높은 출현빈도를 나타내었던 *Paraprionospio pinnata*, *Glycera chirori*, *Dasybranchus cauducus*, *Telepsavus costarum*, *Cossura* sp., *Poecilochaetus johnsoni*, *Chaetozone spinosa*, *Terebellides stroemii* 및 *Sternaspis scutata* 등 9종을 포함하는데, 이들은 군집 1은 함께 계절변동의 가장 대표적인 종들을 나타내었다. 군집 3은 *Goniada* sp., *Aglaophamus sinensis*, *Notomastus latericeus* 및 *Capitella capitata* 등으로 구성되었는데, 이들은

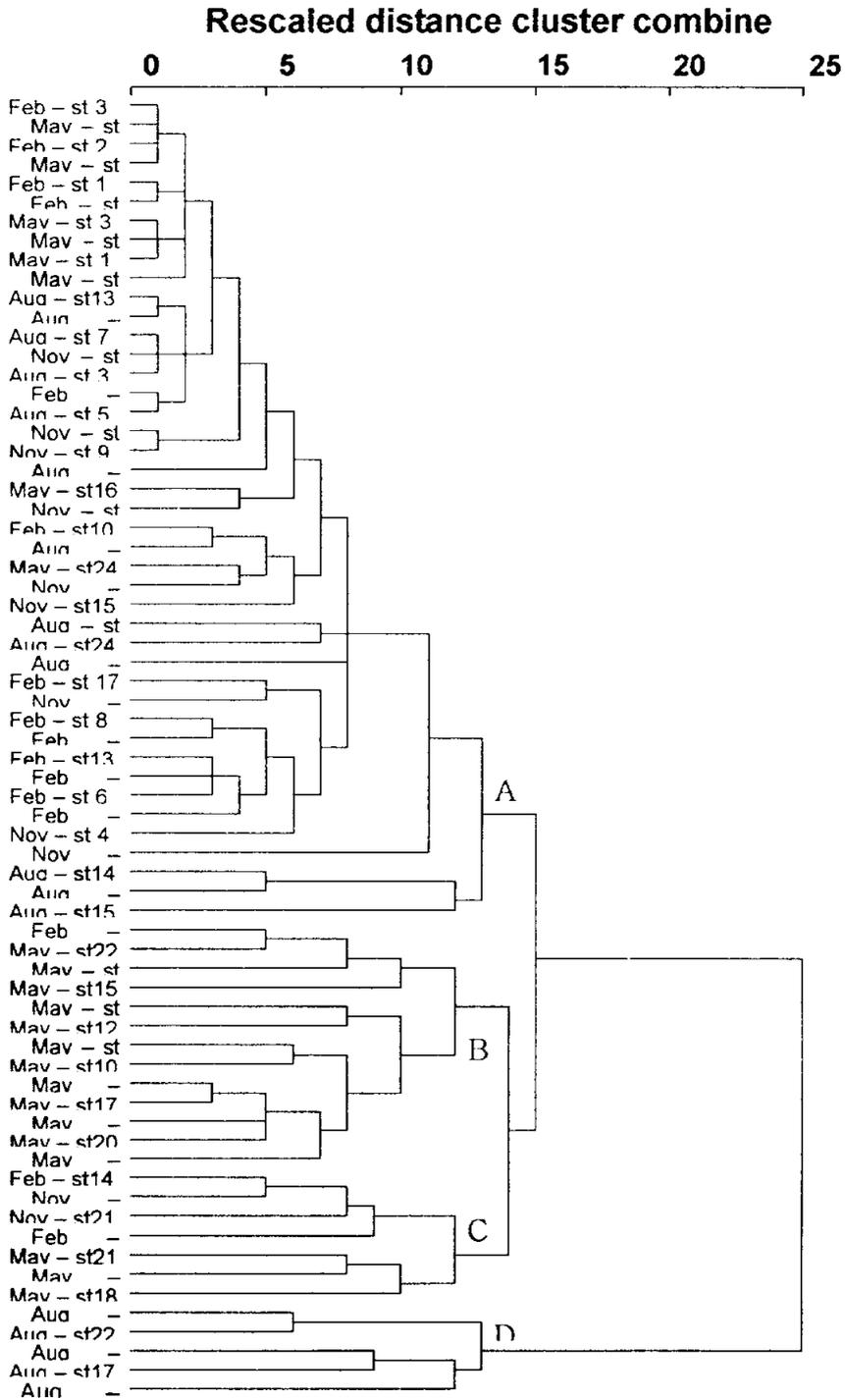


Fig. 5. Dendrogram (UPGMA) of stations (q mode) derived from abundances of 22 polychaete species.

Rescaled distance cluster combine

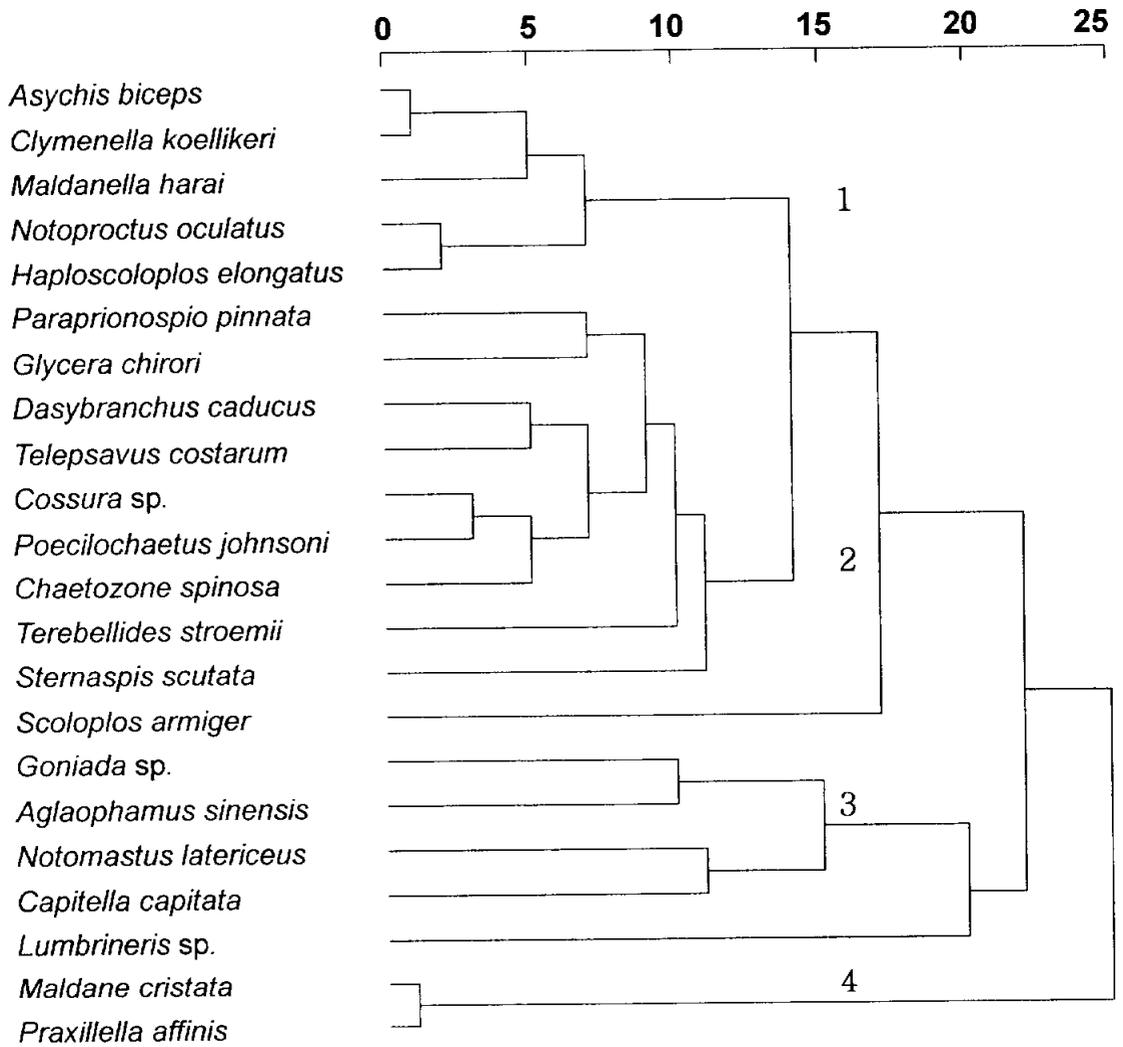


Fig. 6. Dendrogram of 22 polychaete species (r-mode) from their abundance distribution at stations.

계절에 관계없이 꾸준한 출현을 보인 종들로 정점군 A에서 비교적 높은 서식밀도를 나타내는 종들이다. 군집 4는 전 조사기간을 통해 높은 출현 빈도를 보였던 Maldanidae과의 *Maldane cristata*와 *Praxilla affinis*를 포함하였는데 이 종들은 니질성 서관(tube)속에 살며, 크기가 비교적 큰 종들로 정점군 C와 D에서 가장 우점하는 종들이었다.

1999년 8월과 2000년 2월 우점 다모류의 정점별 출현빈도에 기초한 주요인 분석(Principal Component Analysis) 결과, 측정된 전체 종 출현 빈도 자료의 58% (8월)와 51% (2월)를 각각 설명하는 2개의 주요인에 의해 정점군을 구분할 수 있었다 (Fig. 7). 8월의 경우, 주요인 I (성분축 I)에는 *Maldane cristata*, *Praxillella affinis*, *Asychis biceps*, *Clymenella koellikeri*, *Maldanella harai*, *Notoproetus oculatus* 등 집괴분석에서 나타난 군집 1과 4에 해당하는 종들이 높은 요인 적재값을 나타내었고, 주요인 II (성분축 II)에는 *Lumbrineris* sp.와 함께 *Chaetozone spinosa*, *Terebellid-es stroemii*, *Poecilochaetus johnsoni* 등 집괴분석 군집 2에 속하는 종들이 높은 요인 적재값을 보였다. 2월의 경우, 주요인 I (성분축 I)에는 일부 종을 제외한 대부분의 우점 다모류들이 높은 요인 적재값을 보였고, 주요인 II(성분축 II)에는 *Cossura* sp., *Sternaspis scutata*, *Poecilochaetus johnsoni*, *Glycera chirori* 등 집괴분석 군집 2에 속하는 종들이 높은 요인 적재값을 보였다. 각 정점의 요인 점수 (factor score)는 두 주요인 분석의 경우 모두 피조개 양식장이 위치한 남부 내만역의 정점들과 북부의 저염분이 나타나는 정점들 (23과 24)이 대체로 좌표상의 음 (-)의 위치를 차지하여 나머지 정점들과 뚜렷이 구분되었다. 이와 같은 정점간의 차이는 피조개 양식장과 비양식수역 사이에 저서다모류 군집의 변화를 시사해 준다.

주요인들에 대하여 각 정점들이 갖는 요인 점수와 환경 변수 사이에 상관관계분석 결과를 Table 4에 나타내었다. 1999년 8월과 2000년 2월 두 경우 모두 주요인 I은 저층수의 용존산소와 유의한 ($0.01 < p < 0.05$) 양의 상관관계를 나타내었고, 산취발성 황화물 농도와 유의한 ($0.01 < p < 0.05$) 음의 상관관계를 보였다. 2월의 경우에는

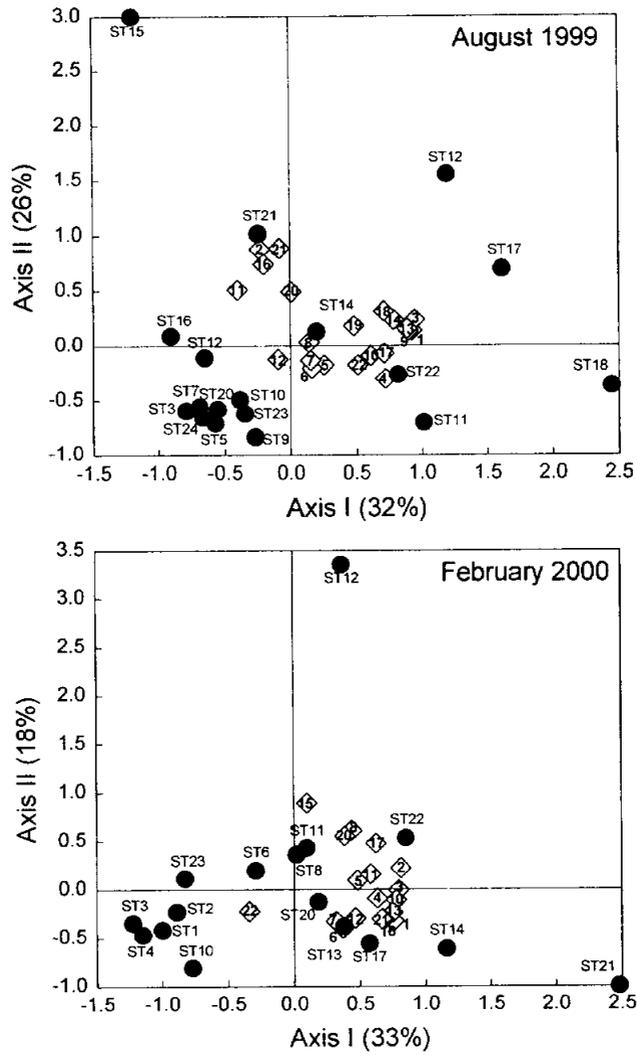


Fig. 7. Plot of the principal component analysis applied over the species abundances (◇) and the sampling stations (●) in Jinju Bay, showing the stations groups formed. The numbers represent the species (see Table 3 for species legend).

Table 4. Correlation coefficients between environmental variables and factor scores of each station obtained from the species-based (r-mode) Principal Component Analysis

Variables	August 1999		February 2000	
	Factor I	Factor II	Factor I	Factor II
Bottom waters				
Temperature	0.162	-0.293	0.703**	0.305
Salinity	-0.066	0.214	0.255	0.275
Dissolved oxygen	0.553*	-0.136	0.609*	-0.078
Sediments				
Organic matter content	-0.432	0.089	-0.217	-0.077
Acid volatile sulfide	-0.501*	0.107	-0.547*	-0.157
Organic carbon	-0.311	-0.454	0.332	-0.044
Nitrogen	-0.421	-0.316	-0.082	0.158
Grain size (ϕ)	-	-	-0.675**	-0.212

* $0.01 < p < 0.05$, ** $0.001 < p < 0.01$.

또한 주요인 I 이 저층수의 수온과도 유의한 ($0.001 < p < 0.01$) 양의 상관관계를 나타내었고, 퇴적물 입도 (ϕ)와는 유의한 ($0.001 < p < 0.01$) 음의 상관관계를 보였다. 그러나, 주요인 II와 본 조사에서 측정된 환경 변수 사이에 유의한 상관성은 나타나지 않았다.

2. 고성만

2-1. 저서환경

고성만의 저층 수온은 2000년 2월에 $4.8 (\pm 0.4)^\circ\text{C}$ 로 가장 낮았고, 1999년 8월에 $24.7 (\pm 1.1)^\circ\text{C}$ 로 가장 높았으며, 저층 염분은 1999년 8월에 $31.2 (\pm 0.6)$ 로 가장 낮고, 2월과 5월에 각각 $33.4 (\pm 0.2)$, $34.3 (\pm 0.3)$ 로 다른 계절에 비하여 상대적으로 높은 값을 나타내었다. 저층 용존산소 변동은 염분과 유사한 계절 변동 양상을 나타내어 수온이 높은 1999년 8월에 $6.5 (\pm 1.3)$ mg/L로 가장 낮았고, 2월에 $9.5 (\pm 0.2)$ mg/L로 가장 높은 농도를 기록하였다 (Table 5).

고성만 22개 정점에서 2000년 2월에 채취한 표층 퇴적물의 입도조성을 Shepard (1954)의 삼각도표에 도시한 결과, 고성만 표층 퇴적물은 전반적으로 점토질 실트 [clayey silt (cZ)] 와 실트질 점토 [silty clay (zC)] 로 구성되는 정점군으로 대별되었다 (Fig. 8). 연구지역의 약 45%를 차지하고 있는 실트질 점토는 만의 남서부 수역과 북부 내만역에서 분포하였다. 따라서 표층 퇴적물의 평균 입도는 $5.2 \sim 8.7 \phi$ 범위로서 해수유동이 미약한 남서부 수역과 북부 내만역은 8ϕ 이상의 높은 평균 입도를 나타내었고, 그 외 수역에서는 7ϕ 이내의 중립 실트로 구성되어 있었다.

퇴적물의 평균 유기물 함량은 1999년 8월에 $7.4 (\pm 0.8)\%$ 와 2000년 2월에 $7.4 (\pm 1.1)\%$ 를 나타내었고, 황화물의 평균 함량은 1999년 8월에 $0.22 (\pm 0.06)$ mg/g dry과 2000년 2월에 $0.17 (\pm 0.04)$ mg/g dry를 보여 계절에 따른 뚜렷한 함량 차이를 발견

Table 5. Abiotic parameters of the bottom waters and sediments measured during the present study

	Bottom waters				Sediments			
	Temperature (°C)	Salinity (psu)	Dissolved oxygen (mg · l ⁻¹)	Organic matter content (%)	AVS (mg · g ⁻¹)	C (%)	N (%)	
August 1999	24.7 ± 1.1	31.2 ± 0.6	6.5 ± 1.3	7.42 ± 0.80	0.22 ± 0.06	0.65 ± 0.23	0.28 ± 0.19	
November	16.7 ± 0.5	31.3 ± 1.5	6.9 ± 0.5	-	-	-	-	
February 2000	4.8 ± 0.4	33.4 ± 0.2	9.5 ± 0.2	7.43 ± 1.09	0.17 ± 0.04	1.21 ± 0.26	0.51 ± 0.38	
May	19.5 ± 1.1	34.3 ± 0.3	6.9 ± 0.6	-	-	-	-	

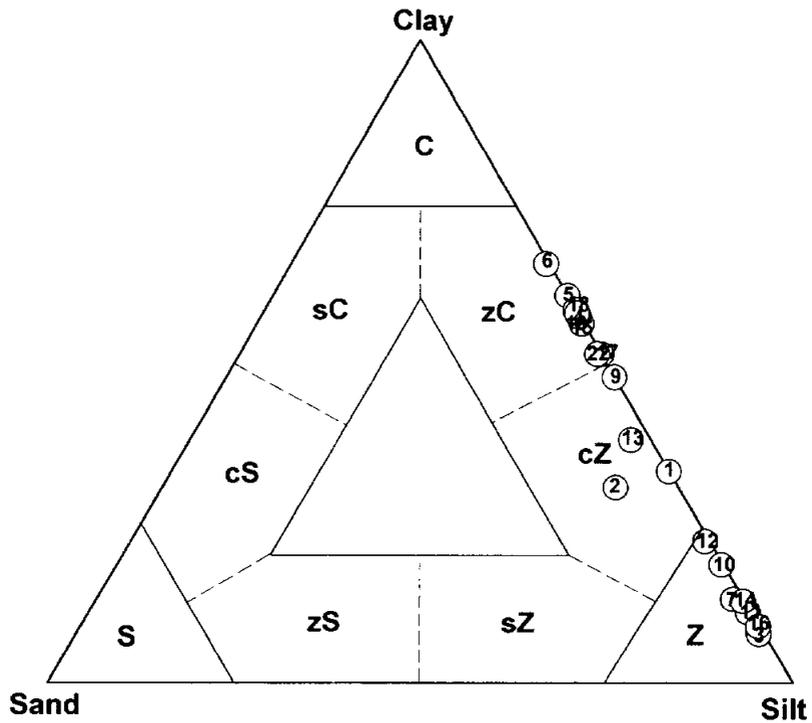


Fig. 8. Triangular diagram of sediment composition at each station of Goseong Bay. S, Sand; C, Clay; Z, Silt; zS, Silty sand; sZ, Sandy silt; cS, Clayey sand; sC, Sandy clay; cZ, Clayey silt; zC, silty clay.

할 수는 없었다. 8월과 2월의 월별 평균 유기탄소 함량은 각각 0.65 (± 0.23)%와 1.21 (± 0.26)%, 유기질소 함량은 각각 0.28 (± 0.19)%, 0.51 (± 0.38)%를 보여 여름철 (8월)에 겨울철 (2월)보다는 낮은 유기탄소 및 질소 함량 분포를 기록하였다.

2-2. 저서다모류 군집

고성만의 조사기간 동안 채집된 다모류는 총 88종으로 전체 출현 개체수 중 가장 우점한 동물군으로 나타났다. 전 조사정점에서 얻어진 계절별 생태적 제 지수값들의 평균과 표준편차를 Table 6에 나타내었다. 전 조사정점에 대한 다모류의 계절별 평균 서식밀도는 27.2 (± 25.0) (1999년 8월) ~ 109.4 (± 95.6) (2000년 5월) ind/0.24 m² 범위로 2000년 2월과 5월에 1999년 8월과 11월에 비해 다소 높게 나타났다. 한편, 평균 생체량은 1999년 11월에 평균 36.5 (± 34.7)로 가장 낮았고, 1999년 8월과 2000년 2월 및 5월에는 각각 108.8 (± 90.2), 98.1 (± 73.5) 및 122.7 (± 98.9) mg AFDW/0.24 m²으로 유사한 생체량 분포를 나타내었다 ($p < 0.05$). 계절별 다양도 지수값 (H')의 평균값은 각각 1999년 11월에 1.8 (± 0.3)로 다른 계절의 2.5 (± 0.5) ~ 2.6 (± 0.5) (1999년 8월 ~ 2000년 5월)에 비해 다소 낮은 양상이었다 ($p < 0.05$). 균등도 지수 (J')는 4계절에 각각 평균 0.9 (± 0.1), 0.8 (± 0.3)과 0.8 (± 0.1) 및 0.7 (± 0.1)로 전 계절 평균 0.8로 계절에 따른 뚜렷한 차이를 나타내지 않았으나, 정점별 출현종 수는 비교적 뚜렷한 계절변동을 보여 1999년 11월에 평균 4.8 (± 2.5)종이 출현하여 다른 계절 8.5 (± 4.4) ~ 15.1 (± 4.6) (1999년 8월 ~ 2000년 5월)에 비하여 다소 낮은 값을 나타내었다.

조사기간 중 정점에 따른 다모류의 평균 출현 밀도는 일반적으로 만의 입구정점들에서 낮은 밀도를 나타내었고, 북부의 내만 수역으로 갈수록 출현 밀도가 높아지는 경향을 보였다 (Kruskal-Wallis test ANOVA, $p < 0.05$) (Fig. 10). 다모류 생체량도 이와 유사하게 만의 입구 정점들에서 낮고, 만내의 북부 수역과 중앙부의 섬 주변 정점들에서 상대적으로 다소 높게 나타나는 경향을 보였고, 조사 정점별 종다양성 지

Table 6. Seasonal variation of total number of polychaetous species, % polychaeta density of total macrofaunal density and mean values (+SD) in the ecological indices (mean \pm SD) of polychaetous community in Jinju Bay in the present study

Parameters	August 1999	November	February 2000	May
Total number of polychaetous species	41 (18)	28 (18)	45 (19)	54 (21)
/ a total of sampling stations	93.5	99.6	93.6	95.8
for all stations investigated				
Number of stations	18	18	19	21
Density (number of individ. /0.24m ²)	27.2 \pm 25.0	12.5 \pm 10.5	159.6 \pm 132.5	109.4 \pm 95.6
Biomass (mg AFDW/0.24m ²)	108.8 \pm 90.2	36.5 \pm 34.7	98.1 \pm 73.5	122.7 \pm 98.9
Diversity (H')	2.5 \pm 0.5	1.8 \pm 0.8	2.6 \pm 0.7	2.6 \pm 0.5
Evenness (J')	0.9 \pm 0.1	0.8 \pm 0.3	0.8 \pm 0.1	0.7 \pm 0.1
Richness (number of species/0.24m ²)	8.5 \pm 4.4	4.8 \pm 2.5	12.8 \pm 5.3	15.1 \pm 4.6

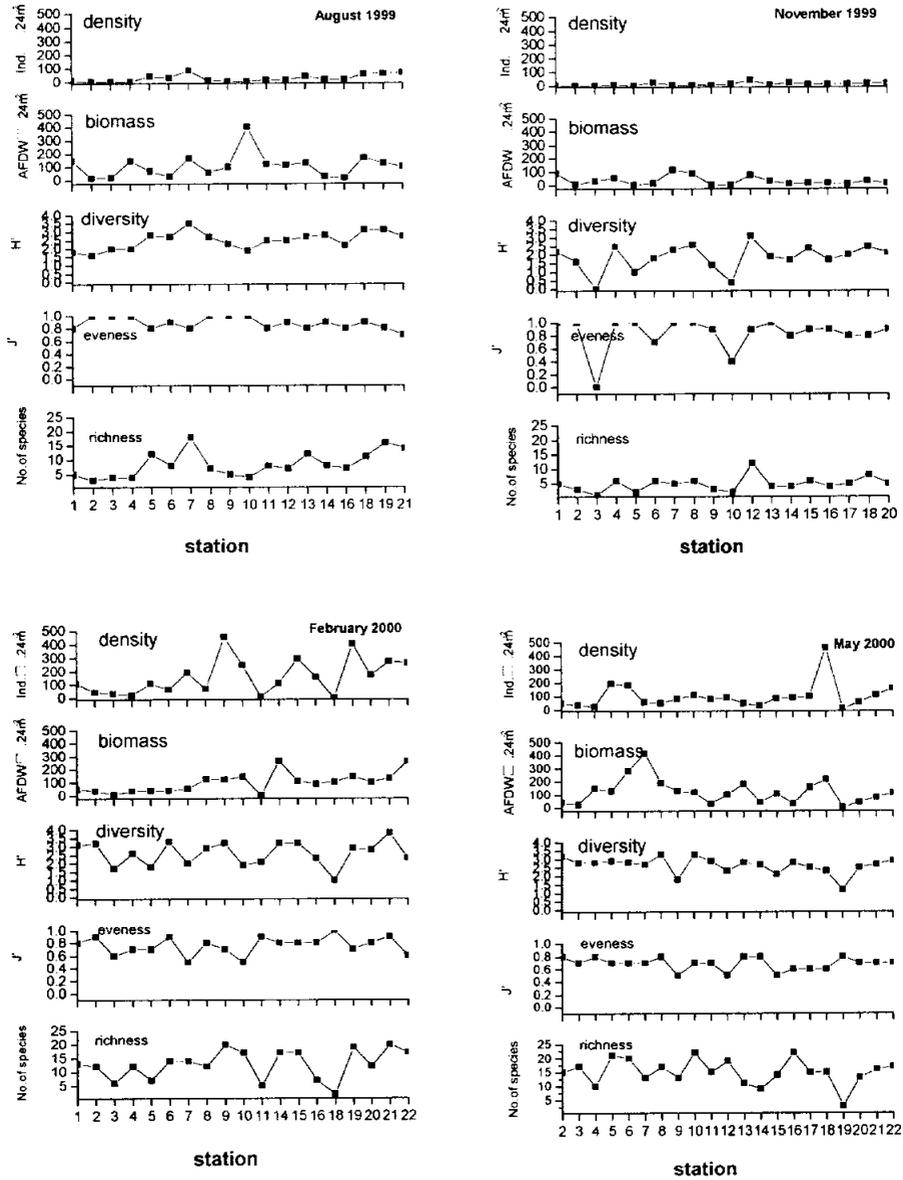


Fig. 9. Mean values (+SD) of density, biomass, diversity, evenness and richness (no. of spp., number of species) of polychaetous fauna at the sampling stations during the study period.

수는 만의 입구정점들에서 낮고 만 내쪽에서 높은 것으로 나타났다. 균등도 지수는 뚜렷한 정점간 차이를 나타내 않았고, 평균 출현종 수는 만 입구 정점들에서 낮고 만의 내측 정점들에서 다소 증가하는 양상을 나타내었다.

조사기간 중 총 출현 개체수의 2%이상을 점유하는 우점종 조성과 계절에 따른 이들의 출현 빈도를 Table 7에 나타내었다. 고성만에서 개체수에 있어서 전 계절에 걸쳐서 가장 우점하는 다모류는 *Lumbrineris longiforia*, *Acrocirrus* sp., *Chaetozone spinosa* 및 *Goniada* sp. 등으로 각각 전체 출현개체수의 32.4, 15.8, 7.6 및 6.5%로 전체 다모류 출현 개체수 중 62.4%를 차지하였다. 이들 우점종들의 총 출현 개체수는 계절에 따라 상당한 차이를 나타내는 듯 하였으나, 자체 다모류 조성에서 이들이 차지하는 비율은 계절에 관계없이 유사하게 나타났다.

상위 우점종 4종의 각 조사 시기별 공간분포 양상을 Fig. 10에 나타내었다. 제 1 우점종인 *Lumbrineris longiforia*는 만의 전체 조사 정점에서 가장 높은 출현빈도를 보였고, 동부와 북부 내측 연안에서 집중적으로 높은 출현 빈도를 나타내는 양상을 보여주었는데, 조사 시기별 평균 밀도는 3.4 (1999년 8월) ~ 59.1 (2000년 2월) ind./m²의 범위를 나타내었다. *Acrocirrus* sp., *Chaetozone spinosa* 및 *Goniada* sp. 와 같은 다른 우점종들 역시 만내의 특정 수역에 한정되어 출현하기 보다는 대부분의 조사 정점에서 계절에 관계없이 고르게 분포하는 양상을 보였는데, 이들의 평균 출현밀도는 각각 3.1 (1999년 11월) ~ 34.9 (2000년 2월) ind./m², 1.5 (11월) ~ 18.9 (2월) ind./m² 및 2.5 (8월) ~ 15.1 (2월) ind./m² 범위를 나타내어 겨울철인 2월에 가장 높은 출현빈도를 나타내었다.

만 전체 조사 정점에서의 유사한 다모류 군집 구조는 우점종들의 전체 조사 정점에서의 고른 분포를 잘 반영하였다. 15종의 주요 우점 다모류의 계절별 각 정점에서의 출현 빈도에 기초한 정점별 (q-mode) 집괴분석 결과를 Fig. 11에 나타내었다. 고성만의 저서동물 군집은 각 조사 시기에 공간적으로 뚜렷한 정점군으로 대별되어서 나타나기보다는 전체 정점군에서 유사한 군집구조를 구성하고 있는 것으로 나타났다.

Table 7. Total density of the 15 most dominant polychaete species in the present study. Species are ranked by total abundance. Values in parenthesis represent the percentage of each species in overall polychaetous density

Species	Aug. 1999	Nov.	Feb. 2000	May	Total (% of sum)
1. <i>Lumbrineris logiforia</i>	161	74	1004	765	2004 (32.4)
2. <i>Acrocirrus</i> sp.	57	28	594	299	978 (15.8)
3. <i>Chaetozone spinosa</i>	33	6	246	186	471 (7.6)
4. <i>Goniada</i> sp.	20	24	211	147	402 (6.5)
5. <i>Scalibregma inflatum</i>	16	7	35	127	185 (3.0)
6. <i>Questa caudicirra</i>	12	1	-	162	175 (2.8)
7. <i>Scoloplos amiger</i>	2	9	56	87	154 (2.5)
8. <i>Cirratulus cirratus</i>	9	2	58	57	126 (2.0)
9. <i>Brada villosa</i>	9	26	30	59	124 (2.0)
10. <i>Polyopthalmus pictus</i>	-	3	88	22	113 (1.8)
11. <i>Nereis surugaense</i>	6	2	31	61	100 (1.6)
12. <i>Capitella capitata</i>	11	-	61	25	97 (1.6)
13. <i>Phylo fimbriatus</i>	11	-	12	74	97 (1.6)
14. <i>Stygocapitella subterranea</i>	-	-	82	9	91 (1.5)
15. <i>Euchone alicaudata</i>	-	-	75	15	90 (1.5)

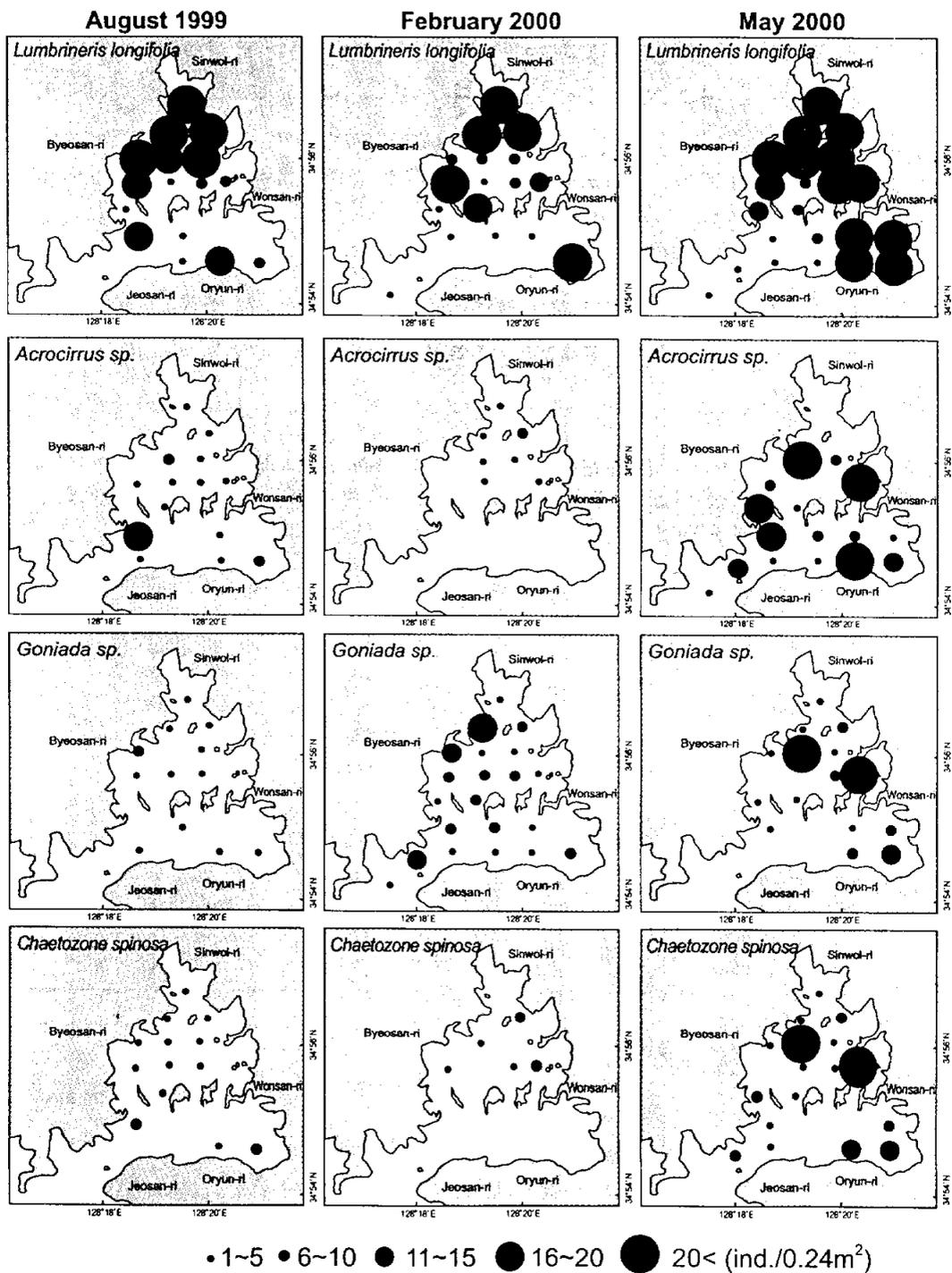


Fig. 10. Seasonal distribution of the abundance of dominant species in Goseong Bay.

Rescaled distance cluster combine

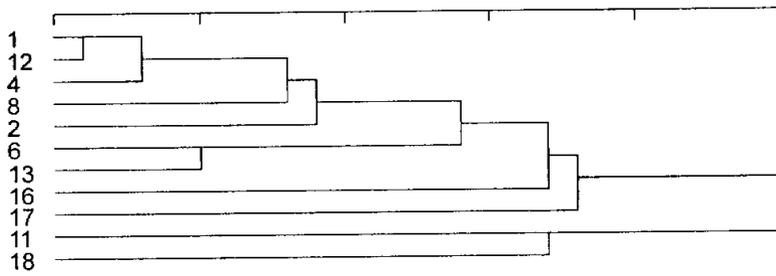
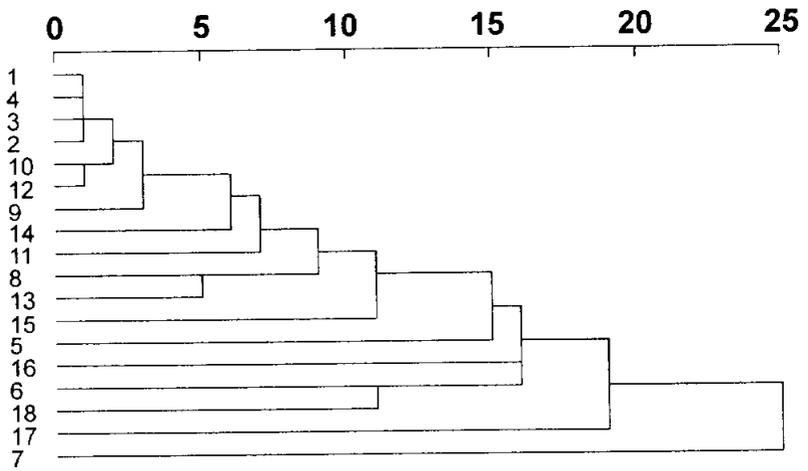
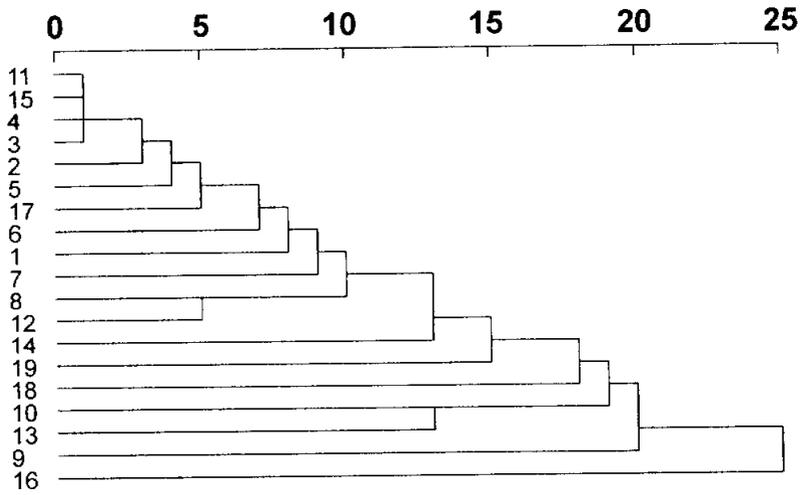
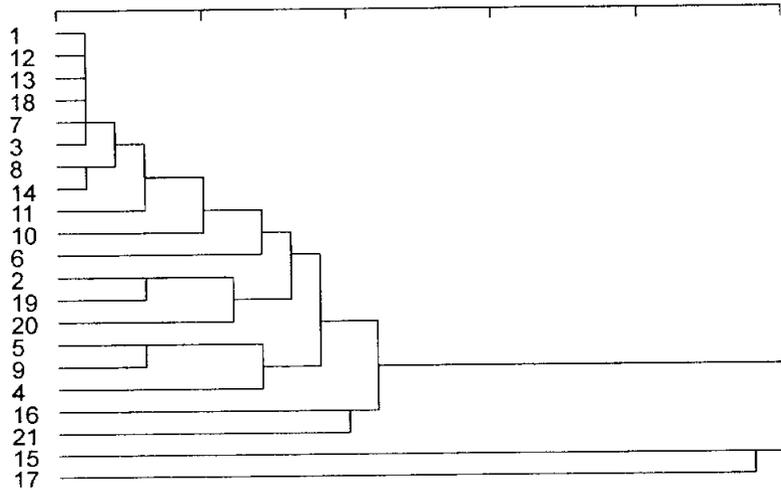


Fig. 11. Dendrogram (UPGMA) of stations (q-mode) derived from abundances of 15 polychaete species.

Rescaled distance cluster combine



(c) February 2000



(d) May 2000

Fig. 11. continued.

IV. 고 찰

1. 진주만

조사기간 동안 진주만에서는 총 132종의 저서 다모류가 출현하였는데, 채집빈도와 채집량에 따라 다소 차이를 보일 수 있지만 이와 같은 출현 종수는 남해안 다른 내만 해역들인 진해만 서부 (52종, Lim *et al.*, 1992), 진해-마산만 (88종, Lim and Hong, 1997), 마산만 (16종, Hong and Lee, 1983), 삼천포 근해역 (50종, Shin and Koh, 1993), 남해 앵강만 (90종, Lim *et al.*, 1999), 광양만 (70종, Choi and Koh, 1984; 79종 Shin and Koh, 1990), 여자만 (72종, Lim *et al.*, 1991) 및 득량만 (52종, Ma *et al.*, 1995)에 비하여 훨씬 다양하다는 것을 나타낸다. 다모류의 밀도를 m^2 당 출현밀도로 환산했을 때 321 ~ 494ind/ m^2 의 범위로 진해-마산만의 825 및 양강만 874 ind/ m^2 보다는 낮은 수준이었지만, 인접한 광양만의 490 ~ 520 ind/ m^2 과는 유사하였고 진해만 서부나 여자만, 득량만에 비해서는 유사하거나 다소 높은 수준으로 나타났다. 한편, 전체 저서동물 중 다모류가 차지하는 비율은 약 80% 내외로서 부영양도가 높은 곳인 부산연안의 약 90% (Lee, 1976) 보다는 낮지만 남해안의 다른 해역에 비하여는 다모류의 밀도가 대단히 우점하는 양상을 보였다.

본 연구에서 진주만의 저서 다모류 분포는 출현밀도 (개체수와 생물량), 다양도, 균등도 및 종조성에 있어서 뚜렷한 시·공간 변동 특성을 나타내었다. 연구 해역에서 다모류의 단위면적 당 평균 출현개체수는 계절별로 뚜렷한 차이를 나타내지 않았으나 생체량은 여름 (1999년 8월)에 가장 높았던 반면, 겨울 (2000년 2월)이후에 큰 감소를 기록하였다. 다양도와 종풍도는 여름철에 가장 낮았던 반면, 가을 (1999년 11월) 에서 봄 (2000년 5월) 사이에는 3계절이 유사한 평균값으로 여름철에 비해 상당히 높게 나타났다. 이와 같은 결과는 겨울과 봄철에 다양도와 종풍도가 다른 계절에 비해 높고 출현 개체수는 다른 계절과 유사함에도 불구하고 생체량은 이 계절에 오히려 낮다는

것을 나타낸다. 이것은 계절에 따른 종조성의 변동에 따른 다모류 군집 차이를 반영하는 것으로 보인다. 2000년 2월 겨울철의 다모류 군집 변동은 연구 수역 퇴적물이 주로 점토질의 연성기질로 구성되어 있고 수심이 낮아 겨울철의 강한 파도나 바람에 의한 와류에 의해 안정성이 낮아진 퇴적물의 재부유와 관련될 것 같다. 2000년 2월 다모류 조성은 니질성 서관속에 살며, 크기가 비교적 큰 K-선택성 Maldanidae과 종 (Pearson and Rosenberg, 1978; Dauer *et al.*, 1992)들의 점유율이 대단히 낮았던 반면, *Lumbrineris* sp. 나 *Goniada* sp.와 같은 육식성 다모류가 높은 출현빈도를 보였던 사실들이 이를 잘 반영하는 듯 하다. 이와 유사한 현상들은 천해 조하대 연성 퇴적물에서 흔히 관찰되어 왔다 (Snelgrove and Butman, 1994). 봄철인 5월에는 *Maldane cristata*와 *Praxillella affinis*의 출현빈도의 회복과 함께 *Parapriospio pinnata*, *Scoloplos amiger*, *Dasybranchus cauducus*, *Telepsavus costarum*, *Cossura* sp., *Poecilchaetus johnsoni*, *Chaetozone spinosa*, *Terebellides stroemii* 및 *Sternaspis scutata*등의 높은 가입이 나타났다. 이 종들은 진주만의 다모류 군집구조 계절변동의 주요 지표종들로 나타났는데, 5월의 출현계체수와 다양도 증가는 이들의 높은 출현빈도에 기인하였다. 그러나, 이 종들은 일부종을 제외하면, 대부분이 표층퇴적물식자인데, 이들은 소형으로 기회종 (opportunistic)의 특성을 가지기 때문에 (Pearson and Rosenberg, 1978; Grizzle, 1984; Dauer *et al.*, 1992) 이들의 높은 출현에도 불구하고 다모류 생체량의 뚜렷한 증가로 반영되지는 않았다. 한편, 여름철에 낮은 다양도와 종풍도에도 불구하고 가장 높은 생체량을 보인 것은 계절적으로 가장 높은 출현 밀도를 나타낸 *Maldane cristata*와 *Praxillella affinis* 외에도 서관을 만드는 내서동물로 이들과 같은 Maldanidae과에 속하는 *Asychis biceps*, *Clymenella koellikeri*, *Maldanella harai* 및 *Notoproctus oculatus* 등의 높은 출현 밀도에 기인하였다. 이들의 높은 출현 밀도는 여름철에 더욱 안정된 퇴적환경을 시사하는 듯 하였다.

계절별로 가장 많은 정점을 포함하고 있어 진주만의 다모류 군집을 대표할 수 있는 정점군으로 특징지어졌던 정점군 1 (Fig. 6)에서 우점 출현하였던 다모류는

Notomastus latericeus, *Goniada* sp. 및 *Capitella capitata* 등이었다. 집괴분석의 결과 함께 위에서 살펴본 바와 같이 다모류 군집의 계절변동에도 불구하고 이 종들은 *Lumbrineris* sp.와 함께 진주만의 많은 정점들에서 계절에 관계없이 계속 우점종으로 출현하였다. *Capitella capitata*와 *Notomastus latericeus* 등과 같은 Capitellidae과와 *Lumbrineris longiforia*와 같은 Lumbrineridae과의 일부 다모류 종들은 유기물의 함량이 대단히 높거나 오염이 심한 교란된 환경의 지시종으로 알려져 있는데 (Gray, 1981; Grizzle, 1984; Nakao *et al.*, 1989; Weston, 1990; Tsutsumi *et al.*, 1991; Horng and Taghon, 1999), 조사기간동안 이들의 연중 우점 출현은 연구 수역 퇴적물의 유기오염이 지속적으로 일어나고 있다는 것을 시사해 준다. 실제로 유기오염이 현저한 해역인 진해만이나 광양만에서는 *Capitella capitata*와 *Lumbrineris longiforia*등이 우점종으로 출현하였으나 (Shin and Koh, 1990; Lim *et al.*, 1992), 유기오염에 의한 영향이 그다지 크지 않은 득량만에서 이 종들의 출현밀도는 극히 낮게 나타났다 (Ma *et al.*, 1995). 이와 같은 수역별 차이는 진주만을 포함한 남해 (South sea of Korea) 동부 내만역 표층퇴적물의 유기물 함량이 남해서부 내만역들에서 보다 훨씬 높다는 사실에 의해 추론될 수 있다 (Kang *et al.*, 1993).

진주만에서 다모류 분포는 계절변동과 함께 공간적으로도 비교적 뚜렷한 차이를 나타내었는데, 다모류 군집의 정점간 차이는 크게 남해도와 창선도 사이의 남부에 위치한 피조개 양식장 수역을 사천시와 하동군 사이의 비양식 수역과 구분하는 경향이 었다. 남부의 피조개 양식장 수역은 상대적으로 낮은 출현 개체수와 생체량을 나타내었는데, 다양도와 종풍도 역시 상대적으로 낮은 경향을 보여 *Capitella capitata*, *Goniada* sp. 및 *Aglaophamus sinensis*와 같은 몇몇 종이 강한 우점을 나타내었다. 그러나, 조사기간 동안 피조개 양식장 수역에서 퇴적물 입도가 다소 세립하고 황화물 농도가 상대적으로 높게 나타나는 특징을 보였지만, 퇴적물 중 유기물 함량과 유기탄소의 특징적인 공간분포 양상은 나타나지 않아 진주만의 살포식 패류 양식장 퇴적물에서 만내 주변 수역에 비하여 더욱 높은 유기물 축적이 일어난다는 결론을 내리기는

어렵다. 본 연구에서 나타난 퇴적물의 유기물함량과 유기탄소 함량이 남해 (South Sea of Korea)동부의 다른 내만역과 유사하고 남해서부 내만역들에 비해서 상당히 높은 수준이라는 것은 오히려 유기물의 축적이 만 전체에서 일어나고 있는 현상이라는 것을 시사한다. 실제로, *Capitella capitata*와 같은 유기오염 지시종이 양식장 수역 뿐만 아니라 만 전체적으로 높은 출현빈도를 나타내었다. 이것은 결국 진주만에서 퇴적물의 유기물 축적이, 만 자체내 서식생물의 생물퇴적 (biodeposition)에 의한 유기물 부하에 더하여 주변 육상으로부터 다량의 영양물질 유입 증가에 따른 해역의 생산력 증가에서 오는 부영양화에 크게 기인할 수 있다는 것을 의미한다.

저서동물의 서식밀도와 종의 분포에 영향을 미치는 환경요인으로는 퇴적환경 (Cassie and Michael, 1968; Snelgrove and Butman, 1994)과 수온 (Buchanan et al., 1978), 염분 (McLusky, 1989) 및 저층수의 용존산소 (Harper et al., 1981; Gaston 1985; Hong, 1987)와 같은 다양한 요인들이 있다. 앞에서 이미 토의한 바와 같이 퇴적 환경 변수 중 유기물 함량, 유기탄소 및 질소 함량은 만 전체적으로 비교적 균일한 분포를 보여 저서동물의 공간 분포를 나타내는 주요인 분석의 어떤 주성분과도 상관성을 나타내지 않았다. 퇴적물의 입도와 유사하게, 황화물 농도와 주성분 I사이의 약한 음의 상관관계는 남부 수역에서 상대적으로 높은 황화물 농도가 남부 수역에서의 낮은 다모류 밀도와 다양도에 영향을 미치는 중요한 변수가 될 수 있다는 것을 나타내었지만, 본 연구에서 나타난 황화물 함량은 전체적으로 상당히 낮은 수준이어서, 다모류의 공간 분포를 결정하는 요인으로 고려하기는 어려울 것으로 판단되었다. 수온의 변동이 저서동물의 계절변동에 중요한 요인이 된다는 것은 본 연구에서도 분명한 듯 하다. 그러나, 수온이 다모류의 공간분포와 높은 상관성을 가진다는 결과가 2000년 2월의 주성분 분석에서 나타났지만 (Table 4), 전체 조사정점 평균수온에 대한 분산자료 (Table 1)에서 볼 수 있듯이 같은 시기에 정점간의 온도차이는 대단히 낮아 수온의 분포로부터 다모류의 공간 분포를 설명하기는 어렵다. 저층수의 용존산소 분포 역시 다모류 분포를 설명하는 주성분과의 약한 상관성에도 불구하고, 수온의 경우와 유

사하게 특정 조사시기에 다모류 분포를 설명할 수 있을 정도의 뚜렷한 정점간 차이는 나타나지 않았다. 그러나, 만의 북부 일부 정점들 (정점 23과 24)은 낮은 염분과 함께 모래 퇴적물에 의해서 다른 정점들과 뚜렷이 구분되고 (Fig. 4), 또한 대단히 낮은 다모류 밀도와 종풍도를 보여 남강 방류수의 영향을 크게 받고 있다는 것을 나타내었지만, 연구 수역의 대부분 수역을 포함하는 그 외 나머지 정점들에서 염분의 정점에 따른 차이는 뚜렷하지 않았다. 따라서, 이와 같은 결과들은 북부의 저염분을 나타내는 극히 일부 정점의 다모류 군집에 대한 염분의 효과를 제외하고는 나머지 수역에서 측정된 한 환경 변수로부터 다모류 군집의 공간 변동을 효과적으로 설명하기는 어렵다는 것을 나타내었다.

해역의 환경상태 평가는 *Capitella capitata*와 같은 환경변화의 특정 지시종의 출현 유·무나 빈도를 이용할 수도 있겠으나, 전체 군집의 반응을 조사하는 것이 더욱 실질적일 것이다. 군집구조의 공간적 차이 비교에는 다양도, 균등도 및 종풍도와 같은 일변량 분석, 그래프를 이용한 시각적 분석 및 다변량 통계 분석 등이 유용하게 활용될 수 있으나, 이 중 조사정점들이 얼마나 유사한 종조성을 가지는지에 대한 정보는 다변량 통계 분석으로부터 보다 유효하게 추출해 낼 수 있다. 본 연구에서 주성분분석의 결과는 만내 다른 수역에서 우점하는 K-선택성의 Maldanidae과 다모류는 물론 r-선택성의 소형 기회종으로 여겨지는 *Chaetozone spinosa*, *Terebellides stroemii*, *Poecilochaetus johnsoni*, *Cossura* sp., *Sternaspis scutata*, *Poecilochaetus johnsoni* 및 *Glycera chirori*, *Lumbrineris* sp. 등의 출현빈도가 피조개 양식장 수역에서는 대단히 낮아 남부의 피조개 양식장 수역의 저서 다모류 군집이 인근의 나머지 정점군들의 군집과 뚜렷이 구분된다는 것을 잘 보여주었다. 이와 같은 결과는 결국 이 수역의 낮은 다모류 밀도와 다양도가 이들의 낮은 출현빈도에 기인하고 있다는 것을 나타낸다.

남부 수역에서 Maldanidae과 다모류가 극히 낮은 출현빈도를 나타내는 현상을 설명하는 가장 높은 가능성으로 피조개 양식장에서 봄철에 일어나는 퇴적물의 인위적인

물리적 교란작용을 들 수 있다. 양식피조개는 봄철에 갈고리형의 형망을 퇴적물 속에 잠입시켜 끌어 수확 (채취)하게 되는데, 이때 일어나는 퇴적물의 강한 교란은 서관 (tube)을 만들어 서식하는 Maldanidae과 다모류의 가능한 서식지를 파괴할 것이다. 한편, 연구 수역에서 봄철에 전체적으로 소형 기회종의 높은 출현에도 불구하고 남부의 양식장 수역에서 이들의 출현을 관찰할 수 없었던 것은 이와 같은 퇴적 환경의 교란이 이 기회종들의 군집형성 (colonization)을 불가능하게 만든다는 것을 시사해 준다. 일반적으로 항만이나 수로 준설과 같은 대규모 퇴적물 교란은 저서동물 군집의 큰 변동을 일으켜 단기적으로는 *r*-선택성 소형 기회종의 밀도가 빠르게 증가하고 (Lastra et al., 1991), 시간이 경과하면서 재배열이 일어나는 것으로 알려져 있다 (de Grave and Whitaker, 1999). 그러나, 봄철에 이어 여름철에도 남부 수역에서 이들의 밀도가 뚜렷이 증가하지 않는 것은 이들 기회종은 물론 Maldanidae과 다모류의 지속적인 colonization이 방해를 받고 있다는 것을 나타낸다.

피조개 양식장이 위치한 남부 수역으로 갈수록 점토 함량이 높아 퇴적물은 더욱 세립해지는 경향이 나타났는데, 남부 수역에서 저서 다모류의 colonization 저해는 이와 같은 더욱 불안정한 퇴적물 조성 특성에 영향을 받을 수도 있다. 진주만에서는 봄철에 대형 피조개의 수확에 이어서 소형 치패를 살포하게 되는데, 살포 1개월 이내에 소형 치패 중 약 40%가 사망하고 2개월 후에는 초기 살포 치패의 70%이상이 사망한다는 연구 결과가 이것을 설명할 수 있을 것 같다 (MAF, 1988). 또한, 본 연구의 정점별 다모류 출현빈도를 이용한 주성분분석에서 저서 다모류의 공간 분포를 가장 잘 설명하는 주요인 (성분)에 대한 각 정점의 요인점수와 퇴적물 입도값 (ϕ)사이의 유의한 음의 상관관계 (Table 4)가 더욱 세립한 점토질 퇴적물이 나타나는 정점들에서 이 종들의 출현 빈도가 대단히 낮다는 것을 잘 보여준다. 퇴적물의 강한 물리적 교란은 물질의 재부유와 그에 따른 재침강을 초래하여 오히려 주변수역의 저서동물 밀도를 높이는 효과를 발휘하는 수도 있는 것으로 보고되고 있다 (Poiner and Kennedy, 1984).

2. 고성만

조사기간 동안 고성만에서는 총 88종의 저서 다모류가 출현하였는데, 이와 같은 출현 종수는 남해안 다른 내만 해역들과 거의 유사한 출현 종수를 나타내었다. 한편 채집빈도와 채집량에 다소 차이가 있을 수 있으나 비교해역인 진주만 해역보다는 출현 종수에 있어 다양도가 훨씬 낮았다 (Table 8).

연구 해역에서 다모류의 단위 면적당 평균 출현개체수는 계절별로 뚜렷한 차이를 나타내지 않았으며, 상대적으로 밀도는 여름 (1999년 8월)과 가을 (1999년 11월)이 겨울 (2000년 2월)과 봄철 (2000년 5월)에 비해 다소 낮은 값을 나타내었다. 생체량은 가을 (1999년 11월)과 겨울 (2000년 2월)에 비해 여름 (1999년 8월)과 봄철 (2000년 5월)이 높게 나타났다. 다양도와 종풍도는 가을 (1999년 11월)이 다른 계절에 비해 가장 낮게 나타난 반면, 다른 3계절이 유사한 평균값으로 가을철에 비해 상당히 높게 나타났다. 그러나 계절별 변화 양상을 고려해 보았을 때 고성만의 저서 다모류 분포는 출현밀도 (개체수와 생물량), 다양도, 균등도 및 종조성에 있어서 뚜렷한 계절 및 공간적 변동은 나타나지 않았다.

연구 수역 퇴적물은 점토질 실트와 실트질 점토로 구분되어 주로 점토질의 연성 기질로 구성되어 있었다 (Fig. 8). 조류 소통이 원활하지 않고 양식이 집약적으로 이루어지고 있는 해역에서는 불량한 분급을 나타내는데, 본 연구 해역은 평균 입도에서도 알 수 있듯이 비교적 극세립질 퇴적물이 우세하게 분포하는 저에너지 환경으로 생각할 수 있다. 따라서 주요 우점종으로는 세립질 퇴적물에서 유기물 함량이 대단히 높거나, 잠재적인 유기오염의 지표종으로 알려져 있는 *Lumbrineris longiforia* 와 Cirratulidae과의 *Acrocirrus* sp. 및 r-선택성의 소형 기회종으로 알려진 *Chaetozone spinosa* 의 출현 빈도가 높게 나타났다.

여름철의 낮은 출현개체수, 다양도 및 종풍도에도 불구하고 다모류 생체량의 증가가 나타났는데, 이는 *Lumbrineris longiforia*의 높은 출현 밀도에 기인한 듯 하였다. 가을철 (1999년 11월)에는 가장 낮은 생체량, 다양도 및 종풍도가 나타났는데, 이는

Table 8. A comparison of polychaetous communities of the major bays in the southern coast of Korea

Locality	Number of replicate sampling	Number of species	density (ind./m ²)	Sampling interval	References
Youngil Bay		72	1,485	seasonal	Shin et al. (1992)
Chinhae Bay	3	52	271	seasonal	Lim et al. (1992)
		88	824.7	seasonal	Lim and Hong (1997)
Chinhae Masan Bay	3 or 5	88	825	seasonal bi-monthly	Lim (1993)
Masan Bay	2	34	110	seasonal	Hong and Lee (1983)
	3	52	276		Ma et al. (1995)
Deukyang Bay	2	100	138	November, January	Shin et al. (2002)
		50	112	September, October	Shin and Koh (1993)
Samchumpo coast					
Jinju Bay	2	132	392	seasonal	Kang et al. (2001)
	2	70	490	seasonal	Choi and Koh (1984)
Kwangyang Bay	5	79	520	seasonal	Shin and Koh (1990)
	3	72	189	seasonal	Lim et al. (1991)
Yoja Bay					
Kamak Bay	2	84	253	July, September	Shin (1995)
Goseong Bay	1 or 2	88	309	seasonal	The present study

다른 계절에 다모류의 출현종이 평균 40여종인데 반해 가을에는 28종만이 출현한 것으로 보아 가장 낮은 개체수 밀도에 의한 것으로 보인다. 우점종으로는 다른 계절에서도 우점하였던 *Lumbrineris longiforia*와 *Acrocirrus* sp. 외에 *Brada villosa*가 우점하였으나 그 외에는 다른 계절에 비해 개체수의 감소를 보였다. 겨울 (2000년 2월) 다모류 조성은 다른 계절에 비해 육식성 다모류인 *Lumbrineris longiforia*, *Goniada* sp.의 높은 출현빈도로 나타났는데, 이러한 종들은 표층 퇴적물의 유기물 함량에 영향을 받는다는 점을 고려할 때 (Lim and Hong, 1997) 조사 수역이 굴 수하식 양식이 만 전체적으로 이루어지고 있으므로, 생물기원 유기물이 풍부한 해역의 특성을 가지기 때문으로 판단된다 (Lim and Hong, 1997). 따라서 고성만에서 출현한 우점종들은 대부분 유기물 함량이 높은 곳에서 발견되어지는 종들로 특히 *L. longiforia*는 고성만 전 해역에서 가장 풍부하게 발견되는 가장 우점 출현한 종으로, 조사기간 동안 평균 조사기간 동안의 평균 밀도는 $12.5 (\pm 10.5) \sim 159.6 (\pm 132.5) \text{ ind./}0.24 \text{ m}^2$ 이었다. 따라서 고성만의 전체 평균 밀도의 32.4%를 차지하였으며, 최대밀도는 겨울철 (2000년 2월)에 $159.6 (\pm 132.5) \text{ individ./}0.24 \text{ m}^2$ 였다. 이러한 밀도는 진해만에서 최대 1,063개체/ m^2 (Lim and Hong, 1997), 수영만 500 개체/m^2 (Lee, 1976), 광양만에서 최고 570 개체/m^2 (Choi and Koh, 1984), 147 개체/m^2 (Shin and Koh, 1990) 에 비해 그다지 높은 출현빈도를 보인 것은 아니나, 경기만에서 평균 21.4 개체/m^2 (Shin *et al.*, 1989)보다는 상대적으로 높은 출현빈도를 보였다. 이 종은 유기물에 의해 오염된 곳에 높은 밀도로 출현하는 것으로 알려져 있다 (Lee, 1976; Yi *et al.*, 1982). 따라서 우리나라의 다른 해역과 비교해 보았을 때 대부분 유기물 함량이 높은 곳에 풍부하게 발견되는 소형의 기회종이 우점하는 것으로 보아 고성만은 유기오염이 상당히 진행되어 가고 있는 것으로 판단된다.

수온, 염분과 용존산소의 변동이 저서동물의 계절변동에 중요한 요인이 된다는 것은 잘 알고 있지만, 전체 조사정점에 평균 수온에 대한 분산자료 (Table 5)에서 볼 수 있듯이 같은 시기에 정점간의 온도차이는 대단히 낮아 수온의 분포로부터 다모류

의 공간 분포를 설명하기는 어려웠다. 저층수의 염분 분포 역시 정점에 다른 차이는 뚜렷하지 않았다. 특히 일부 정점 (정점 5, 9와 14)에서 염분이 다모류 군집에 영향을 미치는 것을 제외하면 나머지 수역에서 측정된 환경 변수로부터 다모류 군집의 공간 변동을 설명하기는 어렵다는 것을 나타내었다. 저층수의 용존산소 분포는 수온의 경우와 유사하게 특정 조사시기에 다모류 분포를 설명할 수 있을 정도의 뚜렷한 정점간 차이는 나타나지 않았다.

본 연구에서 고성만의 우점 다모류종은 유기물 함량이 높은 곳에서 발견되어지는 Lumbrineridae과의 *Lumbrineris longiforia*와 세립질에서 넓은 분포를 나타내며, 육식성을 가지며, 탄산염이 풍부한 퇴적물에 주로 서식하는 (Fauchald and Jumars, 1979) Goiadidae과의 *Goniada* sp. 의 출현빈도가 우점하였다. 또한 대개 표층 근처에서 서식하며, 크기가 작고, r-선택성의 소형 기회종으로 여겨지는 (Hilbig and Blake, 2000), Cirratulidae과의 *Acrocirrus* sp., *Chaetozone spinosa*와 *Cirratulus cirratus* 등이 우점종으로 나타났다. 한편, 고성만의 우점 다모류 종의 정점별 출현 빈도에 기초한 주요인 분석 결과 다른 만에서 우점 다모류 군집이 시·공간적인 군집의 변동을 보여주는 것과 달리 고성만의 다모류 군집은 만 전체적인 출현빈도를 보여주었다. 이와 같은 결과는 앞서도 기술한 집괴분석의 결과에서도 이미 잘 나타난 특징으로서, 본 연구 수역이 정점간의 저서동물 군집의 차이가 뚜렷하지 않은데서 나타난 결과로 다른 만에서 나타나는 시·공간에 따른 다모류 군집의 변동과는 다소 다르게 나타났다. 고성만의 경우 약한 조류의 흐름과 집약적인 양식이 이루어지고 있어 생물 기원 유기물이 풍부한 특징으로 인하여 만 전체적으로 비교적 극세립의 퇴적물이 분포하고 있으므로 다른 만과 달리 r-선택성의 소형 기회종으로 여겨지는 종들의 높은 출현 빈도에 기여하고 있다는 것을 나타낸다. 따라서 다른 만과 달리 이러한 전 계질, 전 정점에 따라 유사한 다모류 군집을 구성하고 있다는 것은 고성만 자체가 규모의 측면에서 아주 소형이라는 점과 그에 따라 굴 양식이 만 전체적으로 행해지고 있어서 수주 환경의 변화와 그에 따른 저서환경의 변화가 만 전체적으로 일어나고 있다는 것으로 판단된다.

결국 고성만의 경우 외부 환경부하나 내부의 환경부하가 발생했을 때, 다른 만과 달리 저서환경의 변화가 만내의 특정 수역에 그 영향을 미치기보다는 만 전체에 걸쳐 그들의 영향이 미칠 수 있다고 판단된다.

V. 요약

대형저서동물 군집이 해양 생태계 내에서 수행하는 역할과 기능은 다양하지만 이들 대부분은 고착성이거나 이동성이 대단히 약하여 환경의 장기적인 변화 지표가 될 수 있다. 따라서 다른 생물군에 비하여 저서동물을 조사함으로써 해당 해역의 변화나 유기물 부하 및 오염 영향을 더욱 효과적으로 평가할 수 있다.

본 연구는 한국 남해안에서 패류 양식장이 밀집되어 있는 진주만과 고성만의 저서 다모류 군집의 계절 및 공간 분포를 밝히기 위하여 1999년 8월과 11월, 2000년 2월과 5월 4계절에 걸쳐서 저서동물을 현장 채집·분석하였다. 조사 기간 중 진주만에서는 총 132종, 고성만에서는 88종의 저서다모류가 채집되었다. 이들의 생태학적 제 지수인 종밀도, 생물량, 다양도, 균등도 및 종풍도를 구하고, 환경요인과의 관계를 연구하였다.

우점 다모류의 계절에 따른 정점별 집괴분석의 결과 진주만은 시·공간적으로 4개의 비교적 뚜렷한 군집으로 대별되어 나타났다. 고성만의 저서동물 군집은 시·공간적으로 뚜렷한 차이를 나타내지 않고, 전체적으로 유사한 군집구조를 구성하고 있는 경향을 나타내었다. 주성분 분석의 결과 진주만에서는 서관을 만드는 Maldanidae과 동물과 소형 기회종의 출현빈도가 피조개 양식장 수역에서 대단히 낮아 피조개 양식장 수역 저서다모류 군집이 인근 나머지 정점군들의 군집과 뚜렷이 구분되는 특징을 보였는데, 이는 본 연구에서 얻어진 결과들을 볼 때 진주만에서의 이와 같은 다모류 군집의 공간 분포는 환경요인에 의한 차이보다는 오히려 봄철 피조개 채취를 위한 퇴적물의 물리적 교란에 의해 영향을 받는다는 것을 나타내었다. 한편, 고성만에서는 정점별, 계절별로 유사한 다모류 군집을 구성하고 있는 것으로 나타났는데, 이것은 고성만 자체가 규모의 측면에서 비교적 소형이라는 점과 굴 양식이 만 전체에서 행하여지고 있어 수주 환경의 변화와 그에 따른 저서환경의 변화가 만 전체적으로 동시에 일어나고 있다는 것을 시사해주었다.

VI. 감사의 글

본 논문이 완성되기까지 끝없는 관심과 사랑으로 지도해 주신 조규대 교수님께 진심으로 감사를 드리며, 더 좋은 논문이 될 수 있도록 세심하게 심사하여 주신 문창호 교수님, 항상 진심 어린 충고와 지도를 해주신 강창근 박사님께 진심으로 감사드립니다. 많은 배움과 격려를 아끼지 않으셨던 해양생산관리학과 의 장창익 교수님, 이춘우 교수님께 감사드립니다. 또한, 저서다모류의 분류를 자상하게 지도해주신 정래홍 박사님께 감사드립니다.

본 연구를 수행하는 동안 많은 조언과 격려를 해주신 국립수산과학원 환경관리과의 이필용 과장님, 최우정 연구관님, 이원찬 박사님, 김평중 박사님, 해양연구과의 김복기 과장님, 정희동 연구관님, 허승 박사님께 감사드립니다.

그리고 항상 함께 걱정해 주시고, 의욕을 북돋아 주신 문효방 박사님, 권기영 박사님, 황재동 박사님과 조현진 박사님께 감사드리고, 실험실 권철휘 선배님, 박성은 선배님, 이충일 선배님, 실험실 후배들 종희, 은주, 윤선이, 혜리에게도 감사의 마음을 전합니다. 또한 함께 늦게까지 공부하며 서로를 격려하던 수정이, 대학원 동기로서 격려를 아끼지 않았던 윤상철씨에게도 고맙다는 말을 전합니다.

나에게 항상 든든한 힘이 되어준 종하 선배에게 감사드리고, 일일이 다 말하지 못할 정도로 고마운 마음을 보여준 94학번 나의 동기들에게, 그리고 영국에서 열심히 공부하는 와중에도 응원해주던 영남이에게 감사의 마음을 전합니다. 든든한 후원자이며, 소중한 친구 우현이, 승경이, 정임이에게도 고맙다는 말을 전합니다.

끝으로 이 논문이 완성되는 것을 끝까지 지켜보지 못하시고 작년에 돌아가신 사랑하는 나의 아버지, 오늘이 있기까지 깊은 사랑과 이해로 격려해 주시며 뒷바라지 해주신 어머니와 늘 힘이 되어준 사랑하는 동생 순선이와 종윤이에게 작은 결실인 이 논문을 바칩니다.

저서 생태계의 세계는 저에게 새로운 세계 “New world”로 다가 왔습니다. 그동안 저에게 보여주신 많은 분들의 관심과 사랑을 이 새로운 세계에 대해서 더욱 증진하는 자세와 노력으로 보답하겠습니다.

VII. 참고문헌

- Boesch, D.F. and R. Rosenberg, 1981. Responses to stress in marin benthic communities. In Stress effect on natural ecocystems. Edited by G. W. Barret and R. Rosenberg, John Wiley and Sons, New York, 179~200pp.
- Buchanan, J.B., M. Sheader and P.F. Kingston. 1978. Sources of variability in the benthic macrofauna off the south northumberland coast, 1971-1976. J. Mar. Biol. Ass. U.K., 58, 191-209.
- Cassie, R.M. and A.D. Michael. 1968. Fauna and sediments of an intertidal mud flat: a multivariate analysis. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 2, 1~23.
- Cho, C.H. and Y.S.Kim. 1977. Micro Environment in Oyster Farm Area, 1. On the Entrophication and raft density in Geoje Bay. J. Kor. Fish. Soc. 10(4), 259~265 (in Korean).
- Cho, C.H. and Y.S.Kim. 1978. Environment in Oyster Farm Area Chungmu Bay. J. Kor. Fish. Soc. 11(4), 243~247 (in Korean).
- Choi, J.W. and C.H. Koh. 1984. A study on the polychaete community in Kwangyang Bay, southern coast of Korea. J. Oceanol. Soc. Korea, 19, 153~162 (in Korean).
- Choi, W.J., G.H. Na, Y.Y. Chun and C.K. Park. 1991. Self-purification capacity of eutrophic Buk Bay by DO mass balance. J. Kor. Fish. Soc. 24(1), 21~30 (in Korean).
- Choi, W.J., Y.Y. Chun, J.H. Park. and Y.C. Park 1997. The influence of environmental characteristic on the fatness of Pacific Oyester, *Crassostrea gigas*, in HansanKoge Bay. J. Kor. Fish. Soc. 30(5), 794~803 (in Korean).
- Choi, W.K., D.S. Chang, J.G. Lee and J.G. Kwon. 1974. Sanitary survey of Oyester growing area in Geoje Bay. Bull. Pusan Fish. Coll. 14(1), 28~42 (in Korean).
- Daeur, D.M., A.J. Rodi Jr. and J.A. Ranasinghe. 1992. Effects of low dissolved oxygen events on the macrobenthos of the lower Chesapeake Bay. Estuaries, 15, 384~391.
- Dankers, N. and D.R. Zuidema. 1995. The role of the mussel (*Mytilus*

- edulis* L.) and mussel culture in the Dutch Wadden Sea. *Estuaries*, 18, 71~80.
- Defur, P.L. and D.N. Rader. 1995. Aquaculture in estuaries: feast or famine. *Estuaries*, 18, 2~9.
- Drake, P. and A.M. Arias. 1997. The effect of aquaculture practices on the benthic macroinvertebrate community of a lagoon system in the Bay of Cadiz (Southwestern Spain). *Estuaries*, 20, 677~688.
- Fauchald, K. and P.A. Jumars. 1979. The diet of worms: a study of polychaete feeding guilds. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* 17, 193~284.
- Feuillet-Girard, M., M. Héral, M.-F. Abrioux and M. Fontugne. 1994. Dissolved and particulate organic carbon in the water column and at the sediment-water interface in the estuarine bay of Marennes-Oleron : influence of oyster farming. *Oceanol. Acta*, 17, 271~284.
- Gambi, M.C. and A. Giangrande. 1986. Distribution of soft-bottom polychaetes in two coastal areas of the Tyrrhenian Sea (Italy): structural analysis. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 23, 847~862.
- Gaston, G.R. 1985. Effects of hypoxia on macrobenthos of the inner shelf off Cameron, Louisiana. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 20, 603~613.
- de Grave, S. and A. Whitaker. 1999. Benthic community re-adjustment following dredging of a muddy-maerl matrix. *Mar. Pollut. Bull.*, 38, 102~108.
- Gray, J.S. 1980. Why do ecological monitoring? *Mar. Pollut. Bull.* 11, 62~65.
- Gray, J.S. 1981. *The Ecology of marine sediments. An Introduction to Structure and Function of Benthic Communities.* Cambridge Univ. Press, Cambridge, U.K. 185pp.
- Gray, J.S., M. Ascan, M. R. Carr, K. R. Clarke, R. H. Green, T. H. Person, R. Rosenberg and R. M. Warwick, 1988. Analysis of community attributes of the benthic macrofauna of Frierfjord/Langesundfjord and in a mesocosm experiment. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 46, 151~165.
- Grizzle, R.E. 1984. Pollution indicator species of macrobenthos in a coastal lagoon. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 18, 191~200.
- Hall, S.J. 1994. Physical disturbance and marine benthic communities: life in unconsolidated sediments. *Ocean. Mar. Biol. Ann. Rev.*, 32, 179~

- Harper, D.E., L.D. McKinney, R.B. Salzer and R.J. Case. 1981. The occurrence of hypoxic bottom water off the upper Texas coast and its effects on the benthic biota. *Contrib. Mar. Sci.*, 24, 53~79.
- Hartly, J. P, 1982. Methods for monitoring offshore macrobenthos. *Mar. Pollut. Bull.* 13, 150~154.
- Hastings, R.W. and D.R. Heinle. 1995. The effects of aquaculture in estuarine environments: introduction to the dedicated issue. *Estuaries*, 18, 1.
- Hilbig, B and J. A. Blake. 2000. Long-term analysis of polychaete-dominated benthic infaunal communities in Massachusetts Bay, U.S.A. *Bull. Mar. Sci.* 67(1), 147~164.
- Hong, J.S. 1987. Summer oxygen deficiency and benthic biomass in the Chinhae Bay System, Korea. *J. Oceanol. Soc. Korea*, 22, 246~256.
- Hong, J.S. and J.L. Lee. 1983. Effects on pollution of the benthic macrofauna in Masan Bay, Korea. *J. Oceanol. Soc. Korea*. 18, 169~179.
- Hornig, C.Y. and G.L. Taghon. 1999. Effects of contaminated sediments on particle size selection by the polychaete *Capitella* sp. I. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 242, 41~57.
- Jumars, P.A. 1975. Environmental grain and polychaete species diversity in a bathyal benthic community. *Mar. Biol.*, 30, 253~266.
- Kang, C-K., M.S. Baik., J-B. Bae., and P-Y.Lee. 2002. Seasonal and spatial distribution of soft-bottom polychaetes in Jinju Bay of the southern coast of Korea. *J. Korean. Fish. Soc.* 35(1), 35~45 (in Korean).
- Kang, C.-K., P.-Y. Lee, J.-S. Park and P.-Y. Kim. 1993. On the distribution of organic matter in the nearshore surface sediment of Korea. *Bull. Korean Fish. Soc.*, 26, 557~566.
- Kitamori, R, 1963. Studies on the benthic communities of littoral area in the Seto Inland Sea and adjacent waters. *Bull. Naikai Reg. Lab.*, 21, 1~90(in Japanese).
- Knox, C.A., 1977. The role of polychaetes in benthic soft-bottom communities. In: "Essays on Polychaetous Annelids in Memory of Dr. Olga Hartman" edited by D.J. Reish and C. Fauchald, Allan Hancock Found

- Lastra, M., J.M. Parada, A. Sanchez and J. Mora. 1991. Temporal evolution of an *Abra alba* community affected by harbor dredging activities in Santander Bay (northern Spain). *Thalassas*, 9, 87~97.
- Lee, J.H. 1976. A study on the benthic fauna along the Busan coast. *Publ. Inst. Nat. Fish. Univ. of Busan*, Busan, 9, 49~70.
- Lee, J.H. and P. Chin, 1989. Quantitative importance and species composition of polychaetes in the benthic community of the Yellow Sea. *Bull. Korean Fish. Soc.* 22: 189~195
- Lee, J.H., B.S Koh and H.S. Park. 1997. Marine environmental assessment based on the benthic macroinfaunal compositions in the coastal area of Inchon, Korea. *J. Korean Fish. Soc.*, 30, 771~781 (in Korean).
- Lee, P. Y. 1993. Occurrence and seasonal variation of oxygen-deficient watermass in wonmun Bay. *J. Kor. Fish. Soc.* 26(4), 392~400 (in Korean).
- Lim, H.S. 1993. The study on the macrozoobenthic ecology in Chinhae Bay, Korea. Ph. D Thesis, Pukyung National University, Pusan, 311pp (in Korean).
- Lim, H.S. and J.G. Je, J.W. Choi and J.H. Lee. 1991. Distribution pattern of macrozoobenthos at Yoja Bay in summer. *Ocean Res.*, 13, 31~45 (in Korean).
- Lim, H.S. and J.S. Hong. 1997. Ecology of the macrozoobenthos in Chinhae Bay, Korea. 2. Distribution Pattern of the Major Dominant Species. *J. Korean Fish. Soc.*, 30, 161~174 (in Korean).
- Lim, H.S. and J.S. Hong. 1997. Ecology of the macrozoobenthos in Chinhae Bay, Korea. 3. Community structure. *J. Korean Fish. Soc.*, 30, 175~187 (in Korean).
- Lim, H.S. J. W. S. Hong. 1997. Ecology of the macrozoobenthos in Chinhae Bay, Korea. 3. Community structure. *J. Korean Fish. Soc.*, 30, 175~187 (in Korean).
- Lim, H.S. and H.S. Park. 1999. Macrobenthic community of the subtidal soft bottom of Aenggang Bay in the southern coast of Korea. 「The Sea」 *J. Korean Soc. Oceanogr.*, 4, 80~92 (in Korean).
- Lim, H.S. and J.W. Chio. Je and J.H. Lee. 1992. Distribution pattern of

- macrozoobenthos at the forming ground in the western part of Chinhae Bay, Korea. Bull. Korean Fish., Soc., 25(2), 115~132 (in Korean).
- Ma, C.W., S.Y. Hong and H.S. Lim. 1995. MAcrobenthic fauna of Deukryang Bay, Korea. J. Korean Fish. Soc., 28, 503~516 (in Korean).
- MAF (Ministry of Agriculture and Forestry). 1998. Studies on the Effect of Red Clay on Arkshell (*Scapharca broughtonii*) Culturing Grounds. Seoul, 199pp (in Korean).
- McLusky, D.S. 1989. The Estuarine Ecosystem. Chapman and Hall Inc., New York, 215pp.
- Nakao, S., S. Goshima, H. Nomura, H. Yamaguchi and S. Yoshitake. 1989. Relationships between macrobenthos communities and sediment types in Mutsu Bay. Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ., 40, 159~168 (in Japanese).
- Park, H.S., J.W. Choi and H.G. Lee. 2000. Community structure of macrobenthic fauna under marine fish culture cages near Tongyong, southern coast of Korea. J. Korean Fish. Soc., 33, 1~8 (in Korean).
- Pearson, T.H. and R. Rosenberg. 1978. Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. Ocean. Mar. Biol. Ann. Rev., 16, 229~311.
- Pielou, E.M. 1966. The measurement of diversity in different types of biological collection. J. Theoret. Biol., 13, 131~144.
- Pires, A.M.S. 1992. Structure and dynamics of benthic megafauna on the continental shelf offshore of Ubatuba, southeast Brazil. Mar. Ecol. Prog. Ser., 86, 63~76.
- Poiner, I.R. and R. Kennedy. 1984. Complex pattern of change in the macrobenthos of a large sandbank following dredging. I. Community analysis. Mar. Biol., 78, 335~352.
- Phillips, D. J. H. and D. A. Segar, 1986. Use of bio-indicators in monitoring conservative contaminants: programme design imperatives. Mar. Pollut. Bull. 17: 10~17.
- Rhoads, D.C. 1974. Organism-sediment relations on the muddy sea floor. Ocean. Mar. Ann. Rev., 12, 263~300.
- Jung, R.H., J.S. Hong and J.H. Lee. 1995. Temporal changes of community structure in two subtidal polychaete assemblages in Kang-yang Bay,

- Korea. J. Korean Soc. Oceanogr., 30(5), 390~402(in Korean).
- Sanders, H.L., 1958. Benthic studies in Buzzards Bay. I. Animal-sediment
- Shannon, C. E and W. Weaver. 1963. The mathematical theory of communication. Univ. Illinois Press, Urbana, Illinois. 117p.
- Shepard, E.P. 1954. Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. J. Sed. Pet., 24, 151~158.
- Shin, H.C. and C.H. Koh. 1990. Temporal and spatial variation of polychaete community in Kangyang Bay, southern coast of Korea. J. Oceanol. Soc. Korea. 25(4), 205~216 (in Korean).
- Shin, H. C. S.S. Choi and C.H. Koh. 1992. Seasonal and spatial Variation of polychaetous community in Youngil Bay southeastern Korea. J. Oceanol. Soc. Korea, 27, 46~54 (in Korean).
- Shin, H.C. and C.H. Koh. 1993. Polychaetous community in the coastal zone off Samchunpo, South Sea of Korea. J. Oceanol. Soc. Korea, 28, 305~312 (in Korean).
- Shin, H.C., J.W. Choi and C.H. Koh. 1989. Faunal assemblages of benthic macrofauna in the inter and subtidal region of the Kyeonggi Bay, west coast of Korea. J. Oceanol. Soc. Korea, 24(4), 184~193.
- Shin, H.C. 1995. Benthic polychaetous community in kamak Bay, Southern coast of Korea. J. Oceanol. Soc. Korea, 30, 250~261 (in Korean).
- Shin, H.C., Y.H. Kim. 2002. Spatial distribution of benthic polychaetous communities Deugryyang Bay, southern coast of Korea. J. Oceanol. Soc. Korea, 20~31 (in Korean).
- Snelgrove, P.V.R. and C.A. Butman. 1994. Animal-sediment relationships revisited; cause versus effect. Oceanogr. Mar. Biol., 32, 111~177.
- Song, K.O. and C.K. Park. 1991. A study on the decomposition of organic matter and regeneration of nutrient in seawater. J. Kor. Fish. Soc. 24(5), 356~361 (in Korean).
- Tsutsumi, H., T. Kikuchi, M. Tanaka, T. Higashi, K. Imasaka and M. Miyazaki. 1991. Benthic faunal succession in a cove organically polluted by fish farming. Mar. Poll. Bull., 23, 233~238.
- Wawick, R.M. 1986. A new method for detecting pollution effects on marine macrobenthic communities. Mar. Biol., 92, 557~562.
- Weston, D.P. 1990. Quantitative examination of macrobenthic community

changes along an organic enrichment gradient. Mar. Ecol. Prog. Ser., 61, 233~244.

Yoo, S.K., J.S. Park, P. Chin, D.S. Chang, C.K. Park, C.K. Park and S.S. Lee. 1980. Comprehensive Studies On Oyster Culture in Hansan , Geoje Bay. Bull. Fish. Res. and Develop. Agency. 24, 7~46 (in Korean).

Zar. J.H. 1984. Biostatistical Analysis. 2nd ed. Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 718pp.