

가덕도 주변해역 대형저서동물군집 구조의 특성

윤성규* · 백상규
대구대학교 대학원 생물학과

Community Structure of Macrobenthos around Kadugdo, a South Coast of Korea

Sung Gyu YUN⁺ and Sang Gyu PAIK

Department of Biology, Graduate School, Taegu University, Kyungsan, Kyungbook 712-714, Korea

A study on the community structure of macrobenthos was accomplished around Kadugdo, a south coast of Korea. Sampling was performed bimonthly using a Smith-McIntyre grab (0.05 m²) at ten stations from January to November, 1998. A total of 260 species were sampled with mean density of 1,729 ind./m² and biomass of 154.7 gwt./m² during the study periods. Of these species, there were 96 species of arthropods (37.0%), 89 species of annelids (34.2%), 45 species of molluscs (17.3%) and 30 species of others (11.5%). Annelids were density-dominant faunal group with a mean density of 1,263 ind./m² which occupied 73.0% of the total individual of benthic animals. Molluscs were represented as biomass-dominant faunal group with a mean biomass of 99.5 gwt./m² (64.3% of total biomass). The density-dominant species were a bivalvia *Theora fragilis* (194 ind./m²) and five species of polychaetes, *Lumbrineris longifolia* (177 ind./m²), *Chaetozone setosa* (150 ind./m²), *Sternaspis scutata* (116 ind./m²), *Sigambra tentaculata* (106 ind./m²) and *Hemipodus yenourensis* (94 ind./m²). And major biomass-dominant species was a bivalvia *Ruditapes philippinarum* (45.6 gwt./m²). Clustering analysis showed that the study area could be divided into two station groups and three stations: southwestern part of Kadugdo effected on Chinhae Bay, fisheries farming area and eastern part of Kadugdo effected on Nakdong River estuary.

Key words: Macrobenthos, Community structure, Kadugdo, *Theora fragilis*, *Lumbrineris longifolia*

서 론

가덕도는 남해안에 위치한 섬으로 서부해역은 진해만의 전체 해수 교류량의 86~90%가 이루어지는 가덕수도가 거제도들 사이에 두고 위치해 있고 (Lim, 1993), 동부해역은 낙동강 하구역과 인접하여 외해와 연결된다. 따라서 이 지역은 내만의 영향과 육상에서 유입되는 담수와 외해수의 혼합이 활발히 일어나는 상이한 환경이 혼재하는 해역이다.

더욱이 인근에 부산, 진해 등 대도시와 녹산국가공단, 신호지방공단 등 오염부하가 많은 시설이 산재하고, 최근 부산 신항만건설을 위한 매립이 진행되고 있다. 또한 가덕도 천성을 시작으로 거제도와 연결되는 도로와 녹산국가공단에서 시작되는 가덕대교가 건설될 예정이며, 신도시 개발이 뒤따를 것이라 한다. 따라서 이 해역 주변의 인구 증가와 산업화는 필연적으로 각종 오염 물질과 다량의 하수를 생산할 것이며, 해역의 저서생물상에 많은 변화를 가져다 줄 것으로 보인다. 하지만 이 지역에서 대형저서동물을 이용한 연구는 거의 전무한 실정이다 (Yun and Paik, 1998). 인근의 마산만에서 Hong and Lee (1983)에 의해 유기물오염이 심각한 내해역이 외해역에 비하여 종다양도가 낮고, 우점도가 높게 나타

남이 밝혀져 이 해역에서 오염에 따른 저서동물군집의 변동이 처음으로 보고되었다. 이후 진해만을 대상으로 상당히 많은 연구들이 진행되었는데, Hong (1987)은 여름철 저층의 용존산소 결핍과 저서생물량의 관계에 관한 조사에서 진해만 일대에 광범위하게 발달하는 빈산소수괴의 존재를 밝히고, 주변해역에서 양식되는 패류의 폐사와 연관이 있을 것으로 추정하였다. 또한 진해만 전역에 걸친 장기간의 조사에서 퇴적상과 퇴적물의 유기물 함량 및 저층수의 용존산소량에 따라 저서환경의 특징이 결정되고, 우점종의 분포가 달라지며 이들이 진해만 전체의 저서동물군집의 구조를 조절함이 밝혀졌다 (Lim and Hong, 1997a, b). 한편 인근 광양만에서는 연성저질에서 서식하는 저서동물군집 중에서 갯지렁이류에 대한 연구들이 많이 이루어져 왔는데, Choi and Koh (1984)는 이 지역의 갯지렁이류 군집을 현존량, 우점종, 종다양성 및 섭식 조합 등의 결과에 의하여 입도조성에 따른 3개의 군집으로 조직화한 연구를 수행하였다. 최근에는 Jung et al. (1997)에 의하여 매립과 준설이 진행 중인 해역에서 환경 교란에 따른 갯지렁이류 군집의 시간적 변화 과정을 추정한 연구가 진행되었다.

본 조사해역이 인접한 또 다른 지역인 낙동강 하구역에는 주로 직접 영향권내 (Bae and Yoon, 1989)의 연구가 있을 뿐이다. 따라서 본 연구는 내만역 영향권의 수로 지역과 하구역의 영향을 받는 지역이 혼재하고 있는 가덕도 주변해역에서, 대형저서동물군집을 조사하여 이들의 종조성, 분포밀도, 생체량의 시·공간적인 변동을 파악하고, 생태학적 분석기법을 통하여 이 지역 대형저서동물 군집구조의 특성을 파악하고자 하였다.

* Corresponding author: sgyun@webmail.taegu.ac.kr
sgpaik@taegu.ac.kr

This research was supported in part by the Taegu University Research Grant, 2000.

재료 및 방법

조사해역의 개황

가덕도의 북부해역은 용원과 인접하고, 수심이 얕아 대규모의 수하식 굴 양식장이 위치하고 있으며, 남부해역은 외해와 연결되고 크고 작은 섬들이 산재해 있고, 남서쪽을 포함한 서부해역은 진해만의 중요한 해수 교류 통로이다. 이 해역은 최대 25 m 정도의 수심을 보이거나 대부분의 지역이 10 m 이내로 전반적으로 해안선에 평행한 형태로 외해로 갈수록 깊어지는 경향을 보인다. 동부해역의 경우 북동쪽에 낙동강 하구역이 위치하고 있으며 동서 방향으로 사주 (sand bar)들이 산재하고 5 m 내외의 수심에서부터 최대 30 m 정도를 보이며 남쪽으로 갈수록 점진적으로 깊어진다.

대형저서동물 채집 및 자료분석

가덕도 일대의 대형저서동물의 군집구조를 파악하기 위하여, 조하대 해역에 10개 정점을 선정하여 (Fig. 1) 1998년 1월부터 11월 까지 2개월 간격으로 총 6회에 걸쳐 조사를 실시하였다. 저서동물의 채집에는 Smith-McIntyre grab (0.05 m²)을 사용하여 각 정점당 4회씩 퇴적물을 인양하였다. 인양된 퇴적물은 선상에서 망목이 1 mm의 체를 사용하여 걸렀으며, 체에 걸린 모든 퇴적물은 10% 중성포르말린으로 고정하였다. 채집된 저서동물은 해부현미경하에서 동정하고 계수한 다음 습중량 (wwt)을 측정하였다. 분석에는 6회 동안 조사된 종별 개체수 자료를 합산하여 종다양도와 균등도 (Pielou, 1977), 주성분 분석 (PCA, Principle Component Analysis), 집괴분석을 실시하였다. 집괴분석시 유사도지수 (Percent similarity)를 이용한 가중평균결합법에 의하여 수직도를 작성하였고, 군집분석에 사용된 개체수 자료는 출현종간의 편중을 피하기

위하여 대수로 변환하였다. 환경요인으로는 표층의 수온 및 염분농도 (YSI 30), 퇴적물의 온도 (HI 9063), 수심 (X-45)을 측정하였다. 입도분석을 위한 퇴적물은 각 월별로 저서동물의 채집과 동시에 500 g씩을 채취하여 wet sieving 방법으로 62.5 μm 이하의 세립질 부분 (mud fraction)과 62.5 μm 이상의 조립질 부분 (sand fraction)으로 나누어 분석하였다.

결과

물리화학적 환경

조사기간 중 측정된 정점별 표층수온과 저층 퇴적물 온도 분포는 각각 평균 8.4~26.7°C, 10.7~26.5°C 범위였다. 표층 수온의 경우 기온의 상승과 연안수의 영향을 많이 받는 것으로 보이는데, 3월까지는 서부해역이 외해에 인접한 동부해역보다 낮은 수온의 분포를 보이다가, 이후 연안수의 수온이 높아짐에 따라 전 해역의 수온이 일정한 양상을 보였다. 그러나 기온의 강하로 연안수가 냉각되는 11월에는 다시 서부해역이 동부해역보다 낮은 수온의 분포를 보였다. 각 계절별 퇴적물 온도는 1월과 3월에 평균 11.8~12.8°C로 표층수온과 거의 비슷하게 분포하였고 (Fig. 2), 수온이 상승하는 여름철인 7월과 9월에는 표층수온의 상승과 함께 상승하여 약 22.0°C 정도로 분포하였다. 전 조사기간 동안의 표층 염분농도는 15.0~34.3‰ 범위로 평균 30.0 (±3.9)‰이었다. 월별로 보면 3월에 평균 33.1 (±0.6)‰로 가장 높았으며, 7월에 가장 낮은 평균 22.4 (±5.0)‰이었다. 1월과 3월에 상당히 높은 염분농도를 보였으나 이후로 강수가 집중하는 7월에는 상당히 낮았고, 다시 9월 이후로는 7월 이전의 염분농도로 회복되었다. 특히 장마철인 7월에는 동부해역의 정점 3, 4, 5, 6에서 15.0~18.3‰ 범위를 보여 다른 정점에서의 22.0~27.8‰과 많은 차이를 보였다. 또한 정점 5는 전 조사기간 동안 평균 27.8 (±5.8)‰로 가장 낮아 낙동강

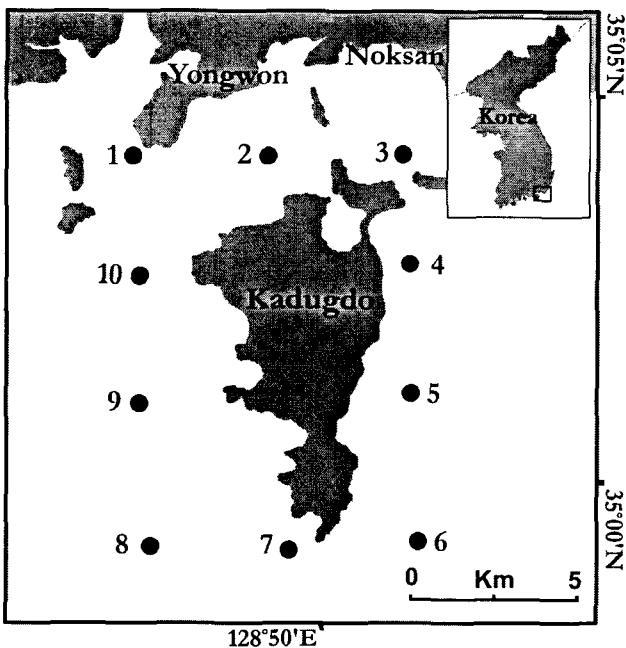


Fig. 1. The sampling stations around Kadugdo coastal area.

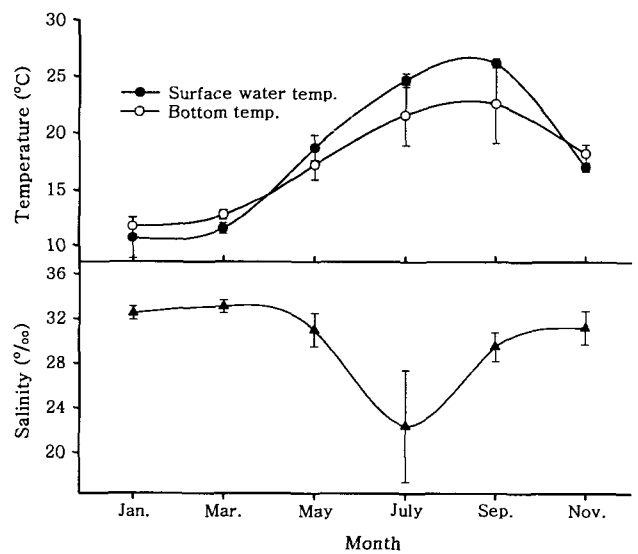


Fig. 2. Seasonal variation of mean temperature and salinity around Kadugdo from January to November 1998.

하구역의 영향을 많이 받는 것으로 나타났다.

조사해역의 입도조성은 각 정점의 위치에 따라서 상당한 차이를 보였다 (Fig. 3). 동부해역에 위치한 정점 3, 4, 5, 6에서는 강한 해류와 낙동강 하구역에서 유입되는 토사의 영향으로 인해 사질의 함량이 50% 이상 차지하였으며, 진해만에 인접하고 외해수의 영향이 가장 작아 보이는 서북부해역의 정점 1에서는 사질 함량이 11.2%로 가장 낮았다.

종조성, 분포밀도, 생체량

총 8개 동물 문 (Phyla) 260종의 대형저서동물이 출현하였다 (Table 1). 이 중 절지동물이 96종 (37.0%)으로 가장 많이 출현하였으며, 다음으로 환형동물이 89종 (34.2%), 연체동물이 45종 (17.3%) 출현하였다. 이들 3개 동물 문이 전체 출현종의 88.5%를 차지하고 있었으며, 그 외에 극피동물이 20종 (7.7%), 자포동물과 기타동물 문에서 10종 (3.8%)이 출현하였다. 각 분류군별로는 절지동물의 단각류가 51종, 십각류가 29종, 등각류를 포함한 기타 16종이 출현하였으며, 환형동물에서는 갯지렁이류가 87종으로 대부분을 차지하였다. 또한 연체동물에서는 이매패류와 복족류가 각각 31종과 13종으로 출현하였다. 전 조사기간 동안 출현한 대형저서동물의 평균 분포밀도는 1,729 개체/m²였다 (Table 1). 이 중 환형동물이 1,263 개체/m²로 전체 출현 개체수의 73.0%를 차지하며 가장 많은 출현을 보였다. 다음으로 연체동물이 354 개체/m² (20.5%), 절지동물이 70 개체/m² (4.0%), 극피동물이 39 개체/m² (2.3%), 자포동물과 기타동물 문에서 3 개체/m² (0.2%)의 출현을 보였다. 가장 많은 개체가 출현한 환형동물에서는 갯지렁이류가 1,257 개체/m²로 대부분을 차지하였고, 연체동물에서는 이매패류가 328 개

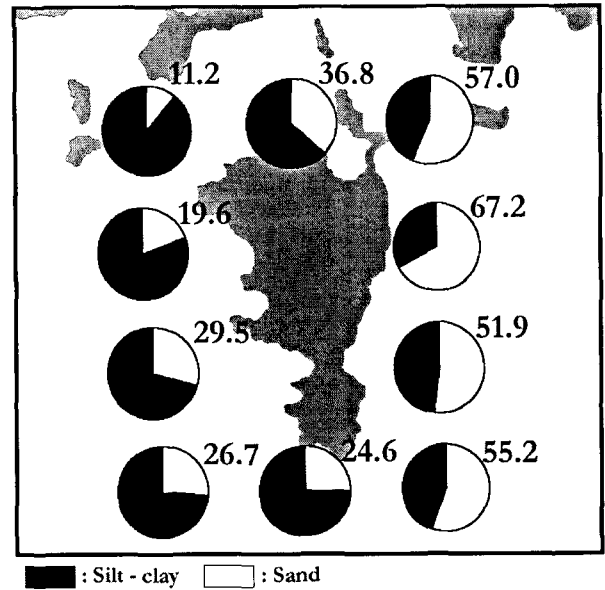


Fig. 3. The sediment composition (%) at each station (number showed sand fraction).

체/m², 복족류가 26 개체/m²로 출현하였다. 절지동물에서는 단각류가 가장 많은 54 개체/m²의 출현을 보였고, 십각류가 10 개체/m², 기타 갑각류가 6 개체/m²로 출현하였다. 극피동물에서는 불가사리류가 25 개체/m²로 대부분을 차지하였다. 한편 전 조사기간 동안의 생체량은 평균 154.7 gwwt./m²였다 (Table 1). 이 중 연체동물이 99.5 gwwt./m²로 총 생체량의 64.3%를 차지하며 가장 높았다. 다

Table 1. Number of species, mean density and biomass of macrobenthos around Kadugdo coastal area, 1998

	Month						Total
	Jan.	Mar.	May	July	Sep.	Nov.	
No. of species	119	121	110	114	131	128	260 (%)
Annelida	54	62	53	56	54	61	89 (34.2)
Mollusca	24	20	17	17	27	17	45 (17.3)
Arthropoda	31	30	27	30	40	36	96 (37.0)
Echinodermata	8	5	9	7	8	12	20 (7.7)
Others	2	4	4	4	2	2	10 (3.8)
Mean Density (ind./m ²)	943	1,518	1,341	2,481	2,452	1,662	1,729 (%)
Annelida	712	1,251	1,065	1,285	1,735	1,526	1,263 (73.0)
Mollusca	140	162	209	1,034	542	41	354 (20.5)
Arthropoda	74	74	43	104	89	52	70 (4.0)
Echinodermata	15	27	20	53	83	41	39 (2.3)
Others	2	4	4	5	3	2	3 (0.2)
Mean biomass (gwwt./m ²)	148.9	190.6	121.6	123.7	242.0	101.2	154.7 (%)
Annelida	13.5	37.5	29.5	33.3	29.6	32.7	27.8 (17.9)
Mollesca	125.1	131.5	61.0	73.3	162.9	43.0	99.5 (64.3)
Arthropoda	0.5	3.1	2.0	1.5	1.9	2.3	1.8 (1.2)
Echinodermata	9.8	26.8	15.1	12.9	35.7	17.4	20.4 (13.2)
Others	0.0	1.7	14	2.7	1 11.9	0.8	5.2 (3.4)
Diversity (H')	3.67	3.41	3.38	2.98	3.42	3.32	3.58
Evenness (J')	0.77	0.71	0.72	0.63	0.70	0.69	0.64

음으로 환형동물이 27.8 gwwt/m² (17.9%)를 차지하였으며, 극피동물이 20.4 gwwt/m² (13.2%), 자포동물을 포함한 기타동물에서 5.2 gwwt/m² (3.4%), 절지동물이 1.8 gwwt/m² (1.2%)를 차지하였다. 가장 높은 생체량을 보인 연체동물에서는 이매패류가 82.8 gwwt/m²로 대부분을 차지하였고, 환형동물과 극피동물에서는 갯지렁이류와 불가사리류가 각각 25.9 gwwt/m²와 18.8 gwwt/m²의 생체량을 보였다.

대형저서동물의 공간분포 및 계절변동

각 정점별 출현 종수는 67~126종의 범위로 가장 안쪽에 위치한 정점 1과 낙동강 하구역 영향권의 정점 4와 5에서 67~79종으로 상대적으로 낮은 출현을 보였고 (Fig. 4), 진해만 입구역에 속한 정점 7, 8, 9에서 99~126종으로 많은 종의 출현을 보였다. 한편 각 분류군별로는 환형동물의 경우 남서부해역의 정점 6, 7, 8, 9에서

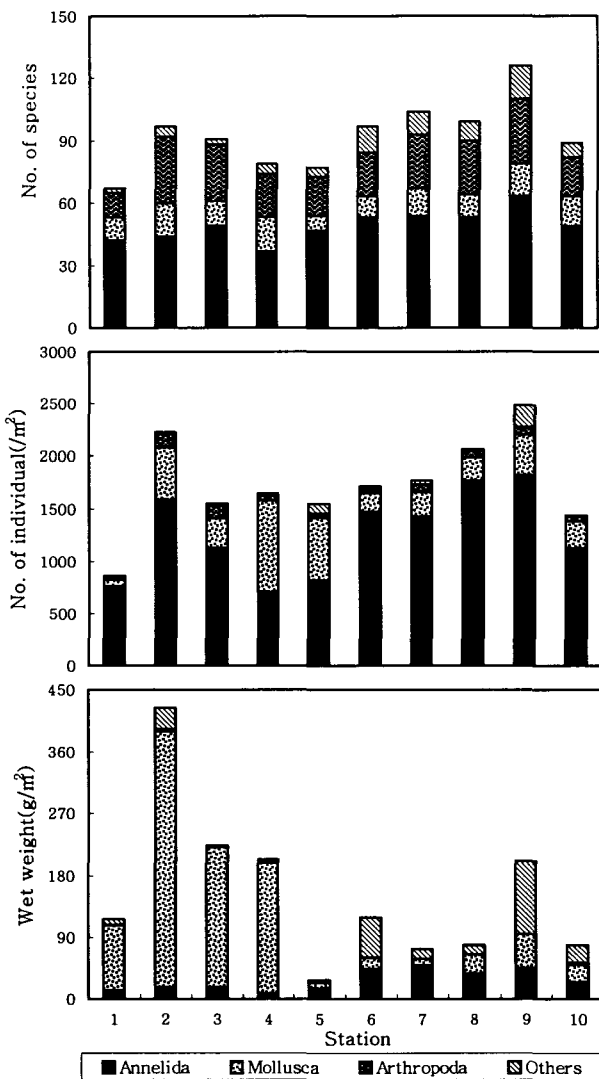


Fig. 4. Numerical composition of macrobenthos around Kadugdo coastal area.

53~63종이 출현하여, 북동부 해역의 정점 1, 2, 3, 4에서의 37~49종보다 높은 출현양상을 보였다. 다른 분류군에서는 총 종수의 경우와 동일하게 정점 1, 4, 5에서 비교적 적은 종의 출현을 보였고, 정점 9에서 가장 많은 종이 출현하였다. 각 월별로는 110~131종 범위로 큰 변화를 보이지 않았으며 (Table 1), 동물군별로는 절지동물이 27~40종, 환형동물이 53~61종 범위로 월별로 특이한 양상을 찾을 수 없었다.

분포밀도의 경우, 각 정점별로 855~2,483 개체/m²의 범위로 상당한 차이를 보였는데 (Fig. 4), 정점 9에서 가장 많은 개체가 출현하였고, 정점 1에서 가장 적은 개체가 출현하였다. 환형동물의 경우 가덕도 남서부해역의 정점 6, 7, 8, 9에서 1,423~1,821 개체/m²로 출현하여 정점 4와 5에서 각각 708 개체/m²와 818 개체/m²로 출현한 것과 비교하여 상당한 차이를 보였다. 하지만 연체동물의 경우 환형동물의 출현이 상대적으로 저조한 정점 4와 5에서 595~863 개체/m²로 가장 많이 출현하였다. 절지동물은 정점 2와 3에서, 극피동물은 정점 9에서 다른 정점과 비교하여 높은 출현을 보였다. 계절별로는 943~2,481 개체/m²의 범위로 여름철인 7월에 가장 많은 개체가 출현하였으며 (Table 1), 겨울철인 1월에 가장 적은 개체가 출현하였다. 5월에 출현 개체수가 약간 감소하는 경향을 보이지만 전체적으로 1월에서 7월까지 밀도의 증가를 보이다가 이후에 감소하는 양상을 보였다. 각 분류군의 월별 평균 출현 개체수 범위는 환형동물이 712~1,735 개체/m²로 전체적으로 ±300 개체/m² 이상의 편차를 보이며 증가와 감소를 거듭하였다. 이들은 9월에 가장 많은 개체수로 출현하였고 1월에 가장 적었다. 이들 중 가장 많은 출현을 보인 긴자락송곳갯지렁이 (*Lumbrineris longifolia*)의 월별 변화 양상도 이와 비슷하였다. 연체동물은 41~1,034 개체/m² 범위의 개체수 출현을 보여 월별로 극단적인 분포밀도 차이를 보였다. 이들은 1월에서 7월까지 증가하는 경향을 보이다가 이후 급격히 감소하였는데, 특히 5월에서 7월까지 209 개체/m²에서 1,034 개체/m²로 폭발적인 증가를 보였다. 이 시기에 아기반투명조개 (*Theora fragilis*)가 55 개체/m²에서 640 개체/m²로 증가하였으며, 특히 여름철 저염분농도의 영향을 가장 많이 받는 정점 4와 5에서 각각 3,560 개체/m², 4,645 개체/m²로 거의 대부분이 출현하였다. 절지동물과 극피동물은 여름철인 7월과 9월에 다른 계절과 비교하여 높은 밀도로 출현하였다. 연체동물이 급격히 증가한 7월 이후에는 극피동물 또한 많이 증가함을 보였다.

생체량을 각 정점별로 보면 27.9~424.3 gwwt/m² 범위로 정점별로 상당한 차이를 보였는데 (Fig. 4), 정점 2에서 가장 높고 정점 5에서 가장 낮은 생체량을 보였다. 총 생체량의 정점별 변동은 연체동물의 변화 양상과 비슷한 경향을 보였는데, 정점 2에서 가장 많은 371.9 gwwt/m²를 보였다. 환형동물은 8.6~49.4 gwwt/m² 범위로 정점 7에서 가장 높았고 정점 4에서 가장 낮았다. 극피동물은 0.1~101.5 gwwt/m² 범위로 정점별로 현저한 차이를 보였는데, 특히 정점 9에서는 전 분류군 중에서 가장 높은 생체량을 보였다. 각 월별로는 101.2~242.0 gwwt/m² 범위였으며 (Table 1), 9월에 가장 높고 11월에 가장 낮은 생체량을 보였다. 각 분류군의 월별 평균 생체량의 범위는 연체동물이 43.0~162.9 gwwt/m²로 전체 생체량의 월별 변화와 거의 동일한 양상을 보였다. 환형동물은 13.5~37.5

gwwt/m² 범위의 생체량을 보였는데, 1월에서 3월에 증가하는 양상을 보이다가 3월 이후부터는 29.5~37.5 gwwt/m² 범위로 큰 차이를 보이지 않았다. 극피동물은 9.8~35.7 gwwt/m² 범위의 생체량을 보였는데, 연체동물과 같이 전체 생체량의 월별 변화와 비슷한 양상을 보였다.

종다양도와 군집유사도

전 조사기간 동안의 정점별 총 종다양도 (H')는 2.70~3.31 범위로써 진해만에 인접한 서부해역의 정점 9에서 가장 높았으며, 동부해역의 정점 4에서 가장 낮았다. 정점 1과 4를 제외한 정점에서는 3.0 이상으로 비교적 높게 나타났다. 월별 종다양도와 군집도의 변화는 각각 2.98~3.67과 0.63~0.77 범위로 1월에 가장 높고 7월에 가장 낮은 값을 보여 비슷한 양상을 보였다 (Table 1). 특히 7월에 정점 4에서 종다양도가 1.42로 가장 낮았는데, 이 시기에는 이매패류의 *T. fragilis*와 얇은대양조개 (*Macoma praetexta*)가 각각 640 개체/m² (33.9%), 349 개체/m² (51.6%)의 높은 밀도로 출현하였다.

전 조사기간 동안 2개체 이상 출현한 대형저서동물의 종별 개체수 자료를 이용하여 주성분 분석을 실시하였다. 그 결과 조사해역의 10개 정점은 2개의 그룹과 나머지 3개의 정점으로 나누어졌다 (Fig. 5). 또한 군집의 중간, 정점간 관계를 파악하기 위해 주성분 분석에 사용된 196종 중에서 전체 밀도의 6% 이상을 차지하는 5종의 방향성을 함께 표시하였다. 그 결과 이들의 분포 패턴은 정점 그룹과 비슷한 양상을 보여주고 있는데, 정점군 G1에서는 *Sigambra tentaculata*, 정점군 G2에서는 솜털바퀴실타래갯지렁이 (*Chaetozone setosa*), *L. longifolia*, 오뚜기갯지렁이 (*Sternaspis scutata*), 나머지 정점 1, 4, 5에서는 *T. fragilis*가 이들 정점군과 정점에서 특징적인 종으로 나타났다. 집괴분석에 의하면 조사해역의 모든 정점들은 50% 이상의 유사도를 보이고 있었으며 (Fig. 6), 가장 조립한 퇴적상을 보인 정점 4의 군집이 가장 이질적인 것을 나타냈다.

정점군 G1은 육지와 인접하여 있으며 수심이 얕아 조석으로 인한 빠른 해류가 형성되는 지역으로 조사해역 중에서 수심이 가장 낮은 정점 2와 3으로 구성되었다 (Fig. 6). 총 131종이 평균

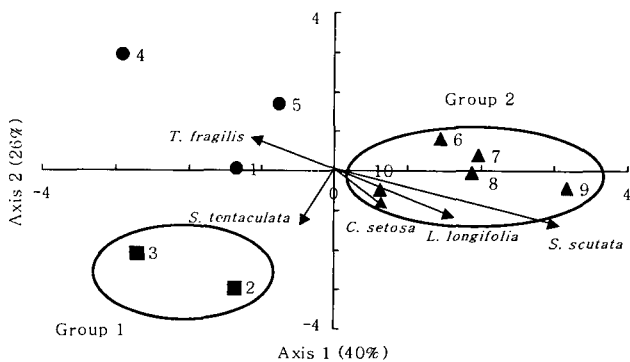


Fig. 5. Distribution and grouping of sampling stations in PCA for the abundances of macrobenthos (covariance biplot scaling with species represented by arrow).

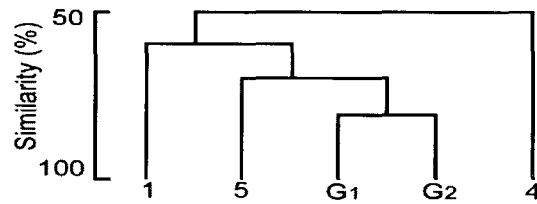
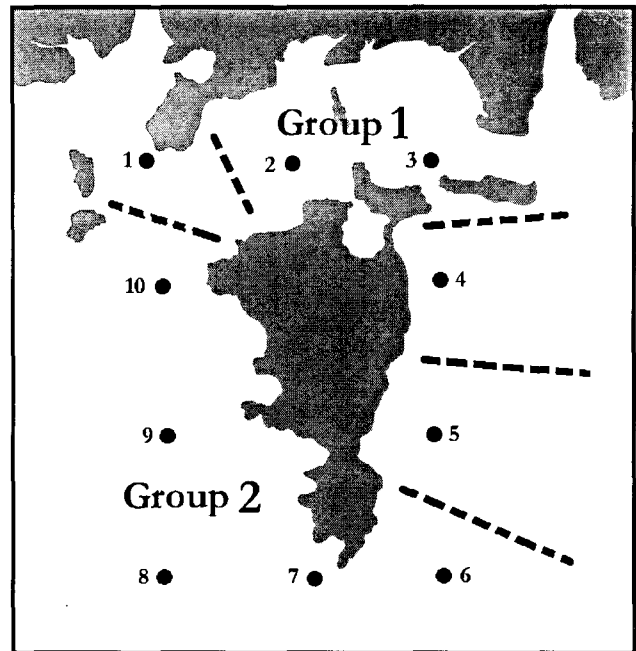


Fig. 6. Ecological division of macrobenthic community based on cluster analysis.

1,890 (±478) 개체/m²로 출현하였으며 (Table 2), 조사지역 중에서 가장 높은 생체량인 평균 324.2 (±141.8) gwwt/m²를 보였다. 각 동물군별로는 환형동물이 1,364 개체/m²로 72.2%를 차지하고 있었으며, 연체동물이 381 개체/m²로 20.2%, 절지동물이 138 개체/m²로 7.3%를 차지하였다. 연체동물은 개체수와 생체량에서 높은 비율을 차지하고 있었는데, 특히 바지락 (*Ruditapes philippinarum*)은 이 정점에서만 출현하였다. 이 정점군에서의 우점종은 *T. fragilis*로 평균 245 개체/m²의 출현을 보였다. 주성분 분석 결과 *S. tentaculata*가 이 그룹에서 특징적인 종으로 나타났는데, 이 종은 정점군 G1을 구성하는 정점들의 퇴적상이 상당한 차이를 보이고 있음에도 평균 207~257 개체/m²로 고르게 분포하였다.

정점군 G2는 진해만과 외해의 연결 통로 역할을 하는 가덕수도에 위치한 정점 6, 7과 인접한 진해만 입구역의 정점 8, 9, 10으로 구성되었다 (Fig. 6). 정점 6을 제외하고는 모두 펄 함량이 70% 이상을 차지하는 세립한 퇴적상으로 구성되어 있으며, 다른 지역보다 수심이 깊은 지역으로 구성되고 퇴적물의 평균 온도가 가장 낮았다 (Table 2). 총 193종이 평균 1,893 (±398) 개체/m²로 출현하였고 평균 110.1 (±54.2) gwwt/m²의 생체량을 보였다. 다른 정점군과 비교하여 가장 많은 출현 종수와 개체수를 보였으며 종다양도 역시 3.19 (±0.13)로 가장 높았다. 각 분류군별로 보면 환

Table 2. Ecological characteristics at each station group around Kadugdo coastal area

Ecological indices	Group 1	Group 2	St. 1	St. 4	St. 5
Depth range (m)	2~3	10~32	6	4	12
Surface water temp. (°C)	19.7 ± 0.1	18.1 ± 0.2	17.6	17.9	18.9
Sediment temp. (°C)	20.2 ± 0.1	16.5 ± 0.7	18.2	19.6	18.3
Salinity (‰)	29.6 ± 1.3	30.7 ± 1.1	31.2	28.2	27.8
Silt-clay content (%)	53.1 ± 14.3	68.9 ± 14.0	88.8	32.8	48.1
Total no. of species	131	193	67	79	77
Mean density (ind./m ²)	1,890 ± 478	1,893 ± 398	855	1,647	1,548
Mean biomass (gwwt./m ²)	324.1 ± 141.8	103.1 ± 55.1	116.4	206.3	60.5
Diversity (H')	3.01 ± 0.01	3.19 ± 0.13	2.79	2.70	3.04
Evenness (J')	0.67 ± 0.01	0.69 ± 0.03	0.66	0.62	0.70
Dominant species (ind./m²)					
<i>Theora fragilis</i> (B)	246 ± 120	135 ± 95	24	361	392
<i>Lumbrineris longifolia</i> (P)	229 ± 122	245 ± 104	38	16	28
<i>Chaetozona setosa</i> (P)	226 ± 17	184 ± 153	33	61	32
<i>Sternaspis scutata</i> (P)	118 ± 139	178 ± 149	2	0	32
<i>Sigambra tentaculata</i> (P)	194 ± 29	85 ± 60	202	19	23
<i>Hemipodus yenourensis</i> (P)	126 ± 54	79 ± 27	168	42	79

(B): Bivalvia, (P): Polychaeta

형동물이 1,522 개체/m²로 80.4%를 차지하고 있었으며, 연체동물이 252 개체/m²로 13.3%, 절지동물이 62 개체/m²로 3.3%, 극피동물이 53 개체/m²로 2.8%를 차지하고 있었다. 우점종으로는 *L. longifolia*로 245 개체/m²의 출현을 보였고, 다음으로는 *C. setosa*가 184 개체/m², *S. scutata*가 178 개체/m²의 출현을 보였다. 주성분 분석 결과 위에서 나타난 3종의 우점종이 정점군 G2의 특징적인 종으로 나타났다. *L. longifolia*의 경우 정점군에 속한 정점들에서 비교적 고르게 분포하나, 정점 9에서 414 개체/m²로 특히 높은 밀도를 보였고, *C. setosa*는 정점 8에서 428 개체/m², *S. scutata*는 정점 6과 7에서 338 개체/m²로 다른 정점과 비교하여 상당히 많은 출현을 보였다.

정점 1은 가장 내해역에 위치하며 어떤 정점군에도 속하지 않았다 (Fig. 6). 수심은 6m 내외고 펄 함량이 88.8%로 조사해역 중에서 가장 세립한 퇴적상을 보였다 (Table 2). 총 67종이 855 개체/m²로 출현하여 116.4 gwwt./m²의 생체량을 보였다. 각 동물군별로는 환형동물이 758 개체/m²로 88.7%를 차지하고 있었으며, 연체동물이 61 개체/m²로 7.1%를 차지하고 있었다. 우점적으로 출현한 종은 *S. tentaculata*와 반다리미갑갯지렁이 (*Hemipodus yenourensis*)로 각각 202 개체/m²와 168 개체/m²의 출현을 보였다.

정점 4는 해수의 유동이 빠르고 낙동강 하구역 인근에 위치하며 (Fig. 6), 전 조사 정점 중에서 사질의 함량이 가장 높은 퇴적상을 보였다 (Table 2). 총 79종이 1,647 개체/m²로 출현하여 203.5 gwwt./m²의 생체량을 보였다. 각 분류군별로는 환형동물이 708 개체/m²로 43.0%를 차지하고 있었으며, 연체동물이 863 개체/m²로 52.4%를 차지하였다. 우점적으로 출현한 종은 이매패류인 *T. fragilis*와 *M. praetexta*로 각각 361 개체/m²와 303 개체/m²로 상당히 높은 출현 밀도를 보였다. 또한 서해비단고둥 (*Umbonium costatum*)이 164 개체/m²로 이 정점에서 유일하게 출현하였다.

정점 5는 정점 4와 인접한 지역으로 수심은 12m였다 (Fig. 6). 총 77종이 1,548 개체/m²로 출현하여 27.9 gwwt./m²의 생체량을 보였다 (Table 2). 각 동물군별로는 환형동물이 818 개체/m²로 52.8%를 차지하고 있었으며, 연체동물이 595 개체/m²로 38.5%를 차지하였다. 우점적으로 출현한 종은 이매패류인 *T. fragilis*로 전 조사 정점에서 가장 높은 392 개체/m²의 출현을 보였다.

고 찰

가덕도 주변의 표층수온의 분포는 겨울철 서부해역에서 낮은 양상을 보였으며, 봄철과 여름철에는 전 해역에 걸쳐 비슷하게 분포하였다. 퇴적물 온도의 경우 저층수온에 의하여 좌우되며 (Lim, 1993), 여름철 표층수온과 퇴적물 온도의 많은 차이는 고온의 표층수로 인하여 상하층 수괴의 혼합 제한으로 상대적으로 낮은 수온의 저층수가 존재하게 되기 때문이다 (Lim and Park, 1998a). 염분 농도의 분포는 서부해역이 전 조사기간 동안 동부해역보다 높은 양상을 보였는데 특히 여름철에는 상당한 차이를 보였다. 이는 낙동강 하구역으로부터 지속적인 담수 유입으로 인한 원인으로 보이며, 강우 집중기인 여름철에 유입되는 대량의 담수는 광범위한 염분의 저하를 초래하는 것으로 보인다. Hong and Yoo (1996)는 경기만의 일부 해역의 경우 한강에서 유입되는 담수에 의하여 저서동물군집이 조절된다고 보고하였는데, 본 조사해역에서도 유입되는 담수의 영향으로 인한 여름철 낮은 염분이 저서동물군집에 상당한 영향을 미칠 것으로 보인다. 여름철의 고온 저염의 표층수는 용존산소의 확산을 저해하여 저층의 빈산소수괴를 형성시키는 원인이 되기도 하는데 (Hong, 1987), 본 조사해역에서는 유속이 빠른 지역이 많아 내만의 경우에서처럼 빈산소층이 형성되지는 않는 것으로 보인다.

총 260종의 출현종은 남해 앵강만의 233종 (Lim et al, 1999), 서해 영산강 하구역의 206종 (Lim and Park, 1999), 대부도 연안의 209종 (Lim and Choi, 1998), 인근 진해만에 237종 (Paik and Yun, 2000) 출현한 것과 비교하여 높았으나, 진해만의 장기간에 걸친 조사에서 287종 (Lim and Hong, 1997b)이 출현한 것에 비해 다소 적었다 (Table 3).

분포밀도는 평균 1,729 개체/m²로 남해 앵강만 1,358 개체/m² (Lim et al., 1999), 진해만의 1,046 개체/m² (Lim and Hong, 1997b), 경기만 대부도의 1,093 개체/m² (Lim and Choi, 1998) 보다는 상당히 높았고, 동해 영일만의 2,085 개체/m² (Shin et al., 1992) 보다는 낮았다. 대부도에서는 11월과 2월에 2회에 걸친 채집만 이루어졌고 일반적으로 많은 분포밀도를 보이는 여름철의 조사가 포함되었다면 더 높은 분포밀도를 나타낼 것으로 보인다.

생체량에서는 평균 154.7 gwwt./m²로 인근 진해만에서 98.5 gwwt./m² (Lim and Hong, 1997b) 보다는 상당히 높았으나, 남해 앵강만에서는 262.0 gwwt./m² (Lim et al., 1999)로 본 조사에서 보다 현저히 높은 생체량을 보였다. 생체량의 차이는 지역에 따라 우점하게 분포하는 분류군에 의해 좌우되는 경우가 많은데 본 조사에서는 연체동물이 생체량에서 높은 위치를 차지하는데 반하여 앵강만에서는 극피동물이 높은 비중을 차지하였다.

Table 3. Comparison of macrobenthos around Kadugdo coastal area (grab sampling and 1.0 mm mesh sieve used)

Locality	Sampling size	No. of sampling station	No. of species	ind./m ²	gwwt./m ²	References
Kadugdo	0.2 m ²	10	260	1,729	154.7	Present study
Chinhae Bay	0.2 m ²	8	237	1,939	171.6	Paik and Yun (2000)
Chinhae Bay	0.5 m ²	12	287	1,046	98.5	Lim and Hong (1997b)
Masan Bay	0.2 m ²	5	65	152	—	Hong and Lee (1983)

조하대 저서동물의 출현 종수와 분포밀도는 Park (1998)에 의해 재확인된 것과 같이 채집크기, 빈도, 정점 수 등의 물리적 요인들과 유기오염, 빈산소층 형성 등의 환경요인에 영향을 받으며, 수로 지역에는 다양도가 높게 나타나는 등 해역의 퇴적상이 서로 다른 경우 개체수가 증가하고 다양한 종조성을 보인다 (Choi and Koh, 1984; Shin et al., 1989). 따라서 비교적 국지적인 지역을 조사하였음에도 불구하고 많은 종이 높은 밀도로 출현한 것은 퇴적상이 다양하고, 유기오염과 여름철 빈산소층이 형성되는 내만역과는 달리 해수교환이 원활하게 이루어지고 낙동강으로부터 유입되는 담수의 영향을 많이 받는 지역에 위치하기 때문인 것으로 보인다. 또한 계절과 환경요인에 기인한 서식처의 폭이 넓어 기회종이나 희소종이 채집될 가능성이 높았기 때문이다.

정점군 G1의 경우 *S. tentaculata*가 연중 높은 밀도로 출현하였으며, 주성분 분석 결과에서도 특징적인 종으로 나타났다. 이 종은 진해만 (Lim and Hong, 1997b; Paik and Yun, 2000)에서 유기물 함량이 높은 내만역에 높은 밀도를 보였는데, G1이 양식장 밀집 해역에 위치해 있어 이 지역의 환경을 유추해 볼 수 있는 결과라 생각된다.

일반적으로 해수의 순환이 원활한 지역에 생물이 가입할 기회가 많아짐으로서 종 다양성이 높게 나타나게 되는데 (Snelgrove and Butman, 1994), 본 조사에서도 수로역에 위치한 정점군 G2에서 종다양도가 가장 높게 나타났다. 주성분 분석 결과 이 정점군에서는 *L. longifolia*, *C. setosa*, *S. scutata*가 특징적인 종으로 나타났다. *L. longifolia*는 연중 풍부하게 출현하는 종으로서 Kitamori and Funae (1959)는 유기물오염이 심각한 내만역에서 매우 높은 분포밀도를 보이는 유기물 오염지표종이라 하였으며, 우리 나라에서도 유기물에 의한 오염된 곳에서 높은 밀도로 서식하는 것으로 보고되어 있다 (Shin et al., 1989; Shin and Koh, 1990). 특히 Lim (1993)은 유기물의 오염이 지나칠 경우 서식에 장애를 받기는 하나 외해역에서는 서식밀도가 낮고 어느 정도의 유기물오염이 나타나는 내만역에서 많은 출현을 보인다고 하여 본 조사해역에서와 다른 결과를 보였다. 아마도 본 조사해역은 Jung (1998)의 보고에서와 같이 다양한 크기의 입도로 구성된 이질적 퇴적상과 연관이 있을 것으로 생각되며, 실제로 해수교환이 많이 이루어지고, 사질의 함량이 19.6~24.6% 정도로 혼합퇴적상을 보인 정점들에서 많은 출현을 보였다. *S. scutata*는 범세계적인 분포종으로 조하대의 사니질 퇴적상에서 일반적으로 발견되는 종으로 잘 알려져 있다 (Hong and Yoo, 1996; Lim and Hong, 1997a). 광양만 (Jung, 1998)에서는 외해역에서 주로 발견됨이 보고 된 바 있으며, Lim and Hong (1996)은 이들의 분포 특성이 동일한 만이라도 외해수

의 영향을 많이 받는 만 입구역 및 유기오염의 영향이 적은 해역에 주로 서식한다고 하여 정점군 G2 중에서 사니질 퇴적상을 보인 정점 6과 7에서 상당히 많이 출현한 결과와 동일한 양상을 보였다. *L. longifolia*와 마찬가지로 유기물오염의 지표종으로 알려진 *C. setosa*의 경우 정점군 내에서도 많은 차이를 보였는데, 특히 정점 8과 10에서 개체수가 집중되다가 감소하면서 인근의 정점으로 퍼져 가는 양상을 보였으며, 시간의 경과에 따라 꾸준히 증가하는 경향을 보여 앞으로 이 종의 변화 추이를 파악해 볼 필요가 있을 것으로 생각된다.

정점 4와 5의 경우, 여름철 낙동강 하구역에서 유입되는 저염수의 영향을 받는 지역으로 두 지역 모두 *T. fragilis*가 특징적인 종으로 나타났다. 이 종은 유기물오염이 진행된 지역에서 무리를 이루는 기회종 (Hong and Lee, 1983; Lim, 1993)이며, 내만도를 나타내는 지표종 (Sanukida et al., 1981)으로 알려져 있다. 본 조사 지역에서도 여름철 높은 밀도를 보여 계절적인 증감은 다른 지역에서의 보고와 동일하였다 (Lim et al., 1995; Lim and Hong, 1997a; Lim and Park, 1998b). 하지만 유기물이 풍부한 퇴적물에 높은 밀도로 서식한다는 보고 (Poore and Kudenov, 1978)와는 일치하나 담수의 유입이 많아 비교적 저염분인 지역에서의 명확한 분포 밀도는 아직 밝혀진 바가 없다. 하지만 이들 정점은 *T. fragilis*를 우점종으로 가지는 것 외에는 종조성에서 상당한 차이를 보여 유사도분석에서 상당히 이질적인 군집으로 나타났다. 특히 정점 4에서는 *U. costatum*과 달갈얼굴갯지렁이류 (*Spio* sp.)가 높은 밀도로 분포하였고, 정점 5에서는 눈꽃우렁갯지렁이 (*Amphitrite oculata*)가 높은 밀도를 보였다. 또한 이들은 환경적요인이 비슷함에도 불구하고 서식처를 공유하지 않았다.

정점 5와 6의 경우도 퇴적상이 비슷하고 인접하여 있었으나 종조성에서 상당히 이질적인 양상을 보였다. 특히 이들 정점에서 우점적인 종들을 살펴보면, 가덕도 동부해역의 사질 해역에서 우점한 출현을 보인 *T. fragilis*는 정점 6에서 거의 출현하지 않았으며, 이 정점에서 우점한 갯지렁이류인 *S. scutata*와 *L. longifolia*는 정점 5에서 거의 출현하지 않았다. *T. fragilis*는 평균 입도가 8.97 ϕ 정도 일 때 많이 출현하고 (Lim et al., 1995), *S. scutata*는 평균 입도가 8.75 ϕ 정도에서 일반적으로 출현하며 (Lim and Hong, 1996), 여자만 (Lim et al., 1991)에서는 점토성 실트 (48.5~74.0%)가 풍부한 정점에서 많이 출현하는 등 비교적 조립한 퇴적상에서도 많이 출현하는 것으로 알려져 있다. 또한 이들 종은 모두 유기물 함량과 밀접한 관계를 가지며, 종에 따라 그 양에 차이는 있으나 유기물 함량이 너무 높아지면 제한적 요인으로 작용한다 (Lim, 1993; Lim et al., 1995; Lim and Hong, 1996). 따라서 이들 두 정점의

분리는 퇴적상의 미미한 차이와 더불어 해역에 퇴적된 유기물 함량과 염분농도 차이에 의한 분포 특성에 의한 것으로 추측된다.

주성분 분석에 의한 특징 종들은 *T. fragilis*를 제외한 대부분의 종들이 상이한 퇴적상임에도 불구하고 대부분의 지역에서 높게 출현하여, 각 군집의 해석에서 이들의 영향이 상쇄됨을 보였다. 따라서 환경의 변화상이 다양한 지역에서는 우점종에 의한 군집의 해석뿐만 아니라 각 군집에서 나타나는 희소종에 대한 분석이 포함되어야만 좀더 용이한 해석을 유추할 수 있을 것으로 보인다.

일반적으로 니질 또는 사질 퇴적상보다는 혼합퇴적상에서 생물다양도가 높게 나타나는데 (Sanders, 1968; Boyden and Little, 1973; Choi and Koh, 1990; Park et al., 2000), 본 조사해역에서 출현한 저서동물군집의 종수, 개체수, 생체량 (SAB, Species-Abundance-Biomass)의 변동을 도시한 결과 (Fig. 7)에서도 중

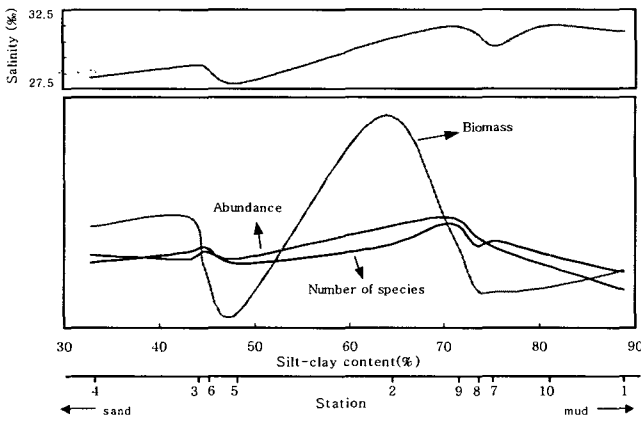


Fig. 7. A schematic diagram showing spatial variations of number of species, abundance and biomass (SAB curve) along the bottom silt-clay content around Kadugdo coastal area.

수, 개체수, 생체량이 중간 정도의 mud 함량인 50~70% 정도 범위에서는 mud 함량이 어느 정도 증가할수록 증가함을 보였다. 정점 2의 경우 양식장이 밀집한 지역으로 *R. philippinarum*에 의해 생체량이 좌우되어 위의 결과가 왜곡될 수도 있으나, 이 종을 제거하여도 어느 정도 증가하는 양상을 보였다. 또한 하구역 환경 하에서는 생물학적 요인보다는 저층의 염분과 퇴적상 등의 무기환경 요인의 영향을 많이 받는데 (Sanders, 1969; Rhoad and Young, 1971, Hong and Yoo, 1996), 본 조사해역에서도 이러한 결과를 얻을 수 있었다. 단 본 조사해역의 저층수의 염분에 대한 조사는 이루어지지 않았으며, 대부분의 지역이 수심 10 m 내외의 지역으로 표층 염분의 변동이 저층의 염분을 어느 정도 반영하고 있다는 가정을 전제로 하였다. 지금까지의 결과에서 가덕도 주변해역의 대형저서동물군집은 이 해역의 특이한 지리적 환경에서 기인한 퇴적상과 염분농도에 많은 영향을 받는 것으로 보여지며, 오염이나 기타 간섭에 의한 특이한 변화상은 파악할 수 없었다.

요 약

남해안에 위치한 가덕도 주변해역의 10개 정점에서 1998년 1월 1일부터 11월까지 격월로 대형저서동물을 채집하였다. 조사 결과 총 260종이 평균 1,729 개체/m²의 밀도로 출현하였으며 생체량은 평균 154.7 gwwt./m²이었다. 종수에서는 절지동물이 96종 (37.0%)으로 가장 많이 출현하였으며, 분포밀도에서는 환형동물이 1,263 개체/m² (73.0%)의 높은 비중을 차지하였다. 생체량의 경우 연체동물이 99.5 gwwt./m²로 전체의 64.3%를 차지하고 있었다. 우점종으로는 분포밀도의 경우 이매패류인 *Theora fragilis*가 평균 194 개체/m²로 가장 높게 출현하였으며, *Ruditapes philippinarum*은 평균 45.6 gwwt./m²로 가장 높은 생체량을 보였다. 집괴분석에 의해 5개의 군집으로 나눌 수 있었으며, 주요 우점종 중에서 *Sigambra tentaculata*는 정점군 G1, *Chaetozone setosa*, *Lumbrineris longifolia*, *Sternaspis scutata*는 정점군 G2, *Theora fragilis*는 정점 1, 4, 5에서 이들 군집에 영향을 미치는 특징적인 종으로 나타났다. 생물학적 자료와 환경적요인을 종합한 결과 가덕도 주변해역의 대형저서동물군집은 주로 내만의 영향보다는 외해와 낙동강 하구역의 영향을 많이 받는 것으로 보인다. 특히 이들 군집은 퇴적상과 염분의 영향을 받는 것으로 보인다.

참 고 문 헌

Bae, K.S. and I.B. Yoon. 1989. Study on the environmental characteristics and dynamics of benthic macroinvertebrates in Naktong estuary. *J. Limnol. Korea*, 22, 11~27 (in Korean).
 Boyden, C.R. and C. Little. 1973. Faunal distribution in soft sediments of the Severn estuary. *Est. Coast. Mar. Sci.*, 1, 203~214.
 Choi, J.W. and C.H. Koh. 1984. A study on the polychaeta community in Kwangyang Bay, southern coast of Korea. *J. Oceanogr. Soc. Korea*, 19, 153~162 (in Korean).
 Choi, J.W. and C.H. Koh. 1990. Distribution pattern of polychaetes worms the continental shelf and slope of the East Sea (southwestern sea of Japan). *J. Oceanogr. Soc. Korea*, 25, 36~48.
 Hong, J.S. 1987. Summer oxygen deficiency and benthic biomass in the Chinhae Bay system, *J. Oceanogr. Soc. Korea*, 22, 246~256.
 Hong, J.S. and J.H. Lee. 1983. Effects of the pollution on the benthic macrofauna in Masan Bay, *J. Oceanogr. Soc. Korea*, 18, 169~179.
 Hong, J.S. and J.W. Yoo. 1996. Salinity and sediment types as sources of variability in the distribution of the benthic macrofauna in Han estuary and Kyonggi Bay, *J. Korean Soc. Oceanogr.*, 31, 217~231.
 Jung, R.H., J.S. Hong and J.H. Lee. 1997. Spatial and seasonal pattern of polychaete community during the reclamation and during activities for the construction of the Pohang steel Mill company in Kwangyang Bay, *J. Korean Fish. Soc.*, 30, 730~743 (in Korean).
 Kitamori, R. and K. Funae. 1959. The benthic community in polluted coastal water, Osaka Bay. *Bull. Inland. Reg. Fish. Res. Lab.*, 16, 1~83.

- Lim, H.S. 1993. Ecology of macrozoobenthos in Chinhae Bay of Korea. Ph. D. Thesis. Nat. Fish. Univ. Pusan, 311pp (in Korean).
- Lim, H.S. and J.S. Hong. 1996. Abundance and growth pattern of *Sternaspis scutata* (Polychaeta: Sternaspidae) in Chinhae Bay, Bull. Korean Fish. Soc., 29, 537~545 (in Korean).
- Lim, H.S. and J.S. Hong. 1997a. 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. 1997b. Ecology of the macrozoobenthos in Chinhae Bay, Korea. 3. Community structure. J. Korean Fish. Soc., 30, 175~187 (in Korean).
- Lim, H.S. and J.W. Choi. 1998. Macrobenthic community at the subtidal area around Taebudo in Kyonggi Bay, J. Korean Fish. Soc., 31, 453~462 (in Korean).
- Lim, H.S., J.G. Je, J.W. Choi and J.H. Lee. 1991. Distribution pattern of the macrozoobenthos at Yoja Bay in summer. Oce. Res., 13, 31~46 (in Korean).
- Lim, H.S. and K.Y. Park. 1998a. Community structure of the macrobenthos in the soft bottom of Youngsan river estuary, Korea. 1. Benthic environment. J. Korean Fish. Soc., 31, 330~342 (in Korean).
- Lim, H.S. and K.Y. Park. 1998b. Community structure of the macrobenthos in the soft bottom of Youngsan river estuary, Korea. 2. The occurrence of summer hypoxia and benthic community. J. Korean Fish. Soc., 31, 343~352 (in Korean).
- Lim, H.S. and K.Y. Park. 1999. Community structure of macrobenthos in the subtidal soft bottom in semi-enclosed Youngsan river estuarine Bay, Southwest coast of Korea. J. Korean Fish. Soc., 32, 320~332 (in Korean).
- Lim, H.S., H.S. Park, J.W. Choi and J.G. Je. 1999. Macrobenthic community of the subtidal soft bottom of Aenggang Bay in the southern coast of Korea. J. Korean Soc. Oceanogr., 4, 80~92 (in Korean).
- Lim, H.S., J.S. Hong and J.G. Je. 1995. Abundance and distribution pattern of the smelid bivalve, *Theora fragilis* A. Adams in Chinhae Bay, Korea. Korean J. Malacol., 11, 21~34 (in Korean).
- Paik, S.G. and S.G. Yun. 2000. Community structure of the macrobenthos in Chinhae Bay, J. Korean Fish. Soc., 33, 572~580 (in Korean).
- Park, H.S. 1998. Effect of dike construction on benthic environment and macrofaunal community in Chonsu Bay, Korea. Ph. D. Thesis, Inha Univ., 226pp (in Korean).
- Park, H.S., J.H. Lee and J.W. Choi. 2000. Spatio-temporal distribution of macrobenthic community on subtidal area around Mokpo, J. Korean Soc. Oceanogr., 4, 80~92 (in Korean).
- Pielou, E.C. 1977. Mathematical ecology, 2nd. John Wiley and Sons. Inc., New York, 385pp.
- Poore, G.C.B. and J.O. Kudenov. 1978. Benthos of the port of Melbourne: The Yarra river and Hobsons Bay, Victoria. Aust. J. Mar. Freshwater Res., 29, 141~155.
- 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. 1968. Benthic studies in Buzzards Bay. I. Animal-sediment relationship. Limnol. Oceanogr., 3, 245~258.
- Sanders, H.L. 1969. Benthic marine diversity and the stability-time hypothesis. Brookhaven Symposia in Biol., 22, 71~81.
- Sanukida, S., H. Okamoto and M. Hitomi. 1981. On the behavior of the indicator species of marine bottom pollution. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 47, 863~869.
- Shin, H.C. and C.H. Koh. 1990. Temporal and spatial variation of polychaete community in Kwangyang Bay, southern coast of Korea. J. Oceanogr. Soc. Korea, 25, 205~216.
- Shin, H.C., J.W. Choi and C.H. Koh. 1989. Faunal assemblages of benthic macrofauna in the inter- and subtidal region of the inner Kyeonggi Bay, west coast of Korea. J. Oceanogr. Soc. Korea, 24, 184~193.
- Shin, H.C., S.S. Choi and C.H. Koh. 1992. Seasonal and spatial variation of polychaetous community in Youngil Bay, southern Korea. J. Oceanogr. Soc. Korea, 27, 46~54 (in Korean).
- Snelgrove, P.V.R. and C.A. Butman. 1994. Animalsediment relationship revisited: Cause versus effect. Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev., 32, 111~177.
- Yun, S.G. and S.G. Paik. 1998. Community structure of the macrobenthos around coastal area of Kadugdo in Pusan, Korea. J. Nat. Sci. Taegu Univ., 15, 455~468 (in Korean).

2001년 7월 9일 접수

2001년 9월 12일 수리