

## 鎮海灣 養殖場 密集海域의 底棲動物 分布

林賢植 · 崔震雨 · 諸淙吉 · 李梓學  
韓國海洋研究所 海洋生物研究室

### Distribution Pattern of Macrozoobenthos at the Farming Ground in the Western Part of Chinhae Bay, Korea

Hyun-Sig LIM, Jin-Woo CHOI, Jong-Geel JE and Jae-Hac LEE  
Korea Ocean Research and Development Institute  
Ansan P. O. Box 29, 425-600 Seoul, Korea

This study was conducted to clarify the distribution pattern of macrobenthic soft-bottom dwelling animals near the shellfish farming ground in Chinhae Bay, Korea. Sampling was seasonally performed with van Veen grab(0.1m<sup>2</sup>) from October 1990 to July 1991. Benthic animals collected during the study comprised 107 species which amounted to 6,978 individuals: 52 species from polychaetes(48.6%), 34 species from crustaceans(31.8%), 14 species from molluscs(13.1%) and 7 species from other faunal groups(6.5%). The dominant species were four polychaetes and one amphipod: *Lumbrineris longifolia*, *Capitella capitata*, *Mediomastus* sp., *Sigambra tentaculata* and *Erictonius pugnax*. The study area could be divided into 3 regions based on the faunal similarity which was closely related to the content of organic matter in the surface sediment. The benthic community located near the shellfish farming ground showed large spatial and seasonal variations in species diversity and evenness in contrast to the stable values off the farming area. The oxygen deficient water mass below 2 ml/l in the bottom layer during the summer stressed and depauperated the benthic community in the autumn of 1990. However, the benthic community did recover during the winter. It is postulated that the cyclic phenomenon of summer mortality followed by winter recovery may be a common characteristic in benthic communities subjected to a high level of organic pollution.

#### 序 論

鎮海灣은 남해안의 東側에 위치한 灣으로서, 굴(*Crassostrea gigas*), 진주담치(*Mytilus edulis*)와 푸조개(*Scapharca broughtonii*) 등의 養殖이 盛行되고 있는 海域이다. 과거에는 沿岸水産資源의 産卵場 및 稚魚育成場으로 유명했었으나, 최근 인근 도시와 工團으로부터 유입되는 都市下水 및 廢水 등으로 인해 富營養化 현상이 초래되어 赤潮현상이 빈번히 발생하기도 한다(趙, 1978, 1979; 海洋研究所, 1980; Cho, 1981;朴, 1980, 1982). 鎮海灣 일대의 海域에서는 지금까지 많은 연구가 이루어져 왔으

며(李, 1984; 金, 1990), Cho(1991)는 진해만에서의 養殖과 부영양화에 관한 종합적인 검토를 하였다. 底棲動物에 대한 연구로서는 馬山灣에서 부도水道에 이르는 海域에서 계절별로 조사된 Hong and Lee(1983)의 결과와, 鎮海灣 全海域에 걸쳐 여름철 底層溶存酸素量과 底棲動物의 分布를 연구한 Hong(1987)의 결과가 있으며, 沿岸環境保全을 위한 生態系 汚染모델링의 일환으로 조사된 底棲動物에 관한 연구가 있었다(海洋研究所, 1988, 1989, 1990). 有機物은 底棲動物에게 먹이源으로 중요하지만, 그 양이 너무 많을 경우 박테리아 分解로 인한 산소 소비로 水塊의 산소결핍을 초래할 수 있어서

底棲群集에 악영향을 미칠 수도 있다(Yang and Hong, 1988). 鎮海灣은 전체면적의 약 7.5%가 養殖場으로 활용되고 있어서(洪, 1987), 이들 養殖生物 및 附着生物의 排泄物로부터 유래되는 有機物이 底質汚染의 主源으로 추정된다(趙 等, 1982; Cho, 1991). 따라서 養殖場은 저서생태계에 많은 영향을 미칠 수 있다. 養殖場의 底棲動物 群集에 관해서는, 진주담치 養殖施設물이 散在한 海域에서 Tenore *et al.*(1982)가 底棲動物의 動的狀態를, Mattsson and Linden(1983)은 底棲動物의 遷移를 조사하였으며, Ritz *et al.*(1989)은 호주연안의 연어 海上가두리에서 流出되는 殘留먹이와 어류排泄物로부터 공급되는 有機物에 대한 底棲動物 群集의 反應을 연구하였다. 우리나라에서 養殖場과 연관된 연구로서는, 주로 먹이 생물인 플랑크톤의 變動(朴, 1978)이나 기초생산에 관한 연구(李 等, 1991), 굴 養殖密度와 底質汚染(趙, 1980), 貝類養殖場의 富營養化(Cho *et al.*, 1982), 貝類養殖場의 底質(趙 等, 1982)에 관한 연구들이 있으나 底棲動物群集에 관한 연구는 없다. 따라서 본 연구는 養殖場이 밀집되어 있는 海域에서 底棲動物相의 變動을 알아보기 위하여 鎮海灣에서 계절별로 수행되었다.

### 材料 및 方法

調査海域에 원문포만 入口에 1개 定點, 鎮海灣 西部에 9개 定點, 鎮海灣 中央部에 3개 定點, 모두 13개의 定點을 設定하여(Fig. 1), 계절별로 1990년 10월, 1991년 1월, 4월, 7월에 van Veen grab(0.1m<sup>2</sup>)을 사용하여 각 調査定點當 3회씩 海底堆積物을 採取하였다. 採取된 堆積物은 船上에서 1mm 網目の 체로 걸른 후 그 殘存物을 10% 증성 포로말린 해수용액으로 고정하여 실험실로 운반하였다. 실험실에서는 動物群別로 選別하여 種단위까지 同定하였다. 群集의 構造分析을 위해 種多樣度 指數(Shannon and Wiener, 1963), 優占度 指數(Simpson, 1949), 均等度 指數(Pielou, 1966) 등의 生態學的 指數를 사용하였다. 定點間 類似度는 Bray and Curtis(1957)의 指數를 사용하였고, UPGMA(Sneath and Sokal, 1973) 방법에 의해 수지도(dendrogram)로 나타내었다.

環境要因으로는 底層水塊의 水溫, 鹽分, 溶存酸素를 측정하였고, 堆積物의 粒度分析 및 堆積物내의 有機物(TOC)을 측정하였다. 水溫 및 鹽分은 T-S bridge(National Institute of Oceanography, Type MC 5)로, 溶存酸素量은 DO meter(Yellow

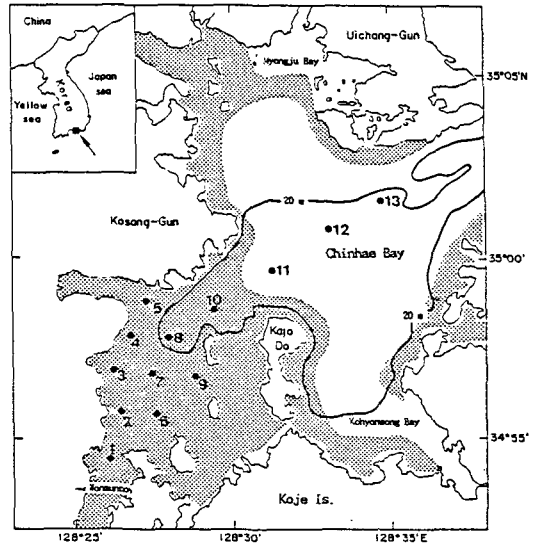


Fig. 1. Map showing the sampling stations and bathymetry. Shaded area indicates shellfish farming ground.

Springs Instrument, Model 58)로 측정하였다. 調査海域의 堆積物 粒度分析은 濕式체질(wet sieving)을 하여, 4φ 이하의 粒度質 시료는 粒度別 重量 백분율을 구하였고 4φ 이상의 細粒質 시료는 Sedigraph 5000 D 粒度 분석기를 사용하여 분석하였다. 각 定點의 堆積物相은 Shepard(1954)의 방법에 따라 堆積物 類型 3角分類圖에 나타내었다. 有機物(total organic carbon, TOC)은 堆積物을 건조시킨 후 막자사발에 갈아 분말로 만들어 Allison(1965) 방법으로 분석하였다.

### 結 果

#### 1. 調査海域의 環境

鎮海灣의 海수교환은 대조기때 대한해협의 서수도와 연결되어 있는 부도수도를 통해 86~90%가 이루어지며, 남해연안 수역과 연결되어 있는 건내량 해협을 통해 10~14%가 이루어지고 있다(張 等, 1984).

調査海域의 계절별, 정점별 表層 및 底層의 水溫, 鹽分 및 溶存酸素量은 Fig. 2와 3에서 보는 바와 같다. 전 조사기간중 表層水溫은 4.4~25.9℃ 범위로서, 10월이 평균 19.44℃, 1월이 평균 4.65℃, 4월이 평균 11.07℃, 7월이 23.88℃였다. 底層水溫은 平均 4.2℃~19.6℃ 범위로서, 여름철을 제외한 다른 계절에는 表層과의 차이는 적었다. 表層鹽分은 23.0~

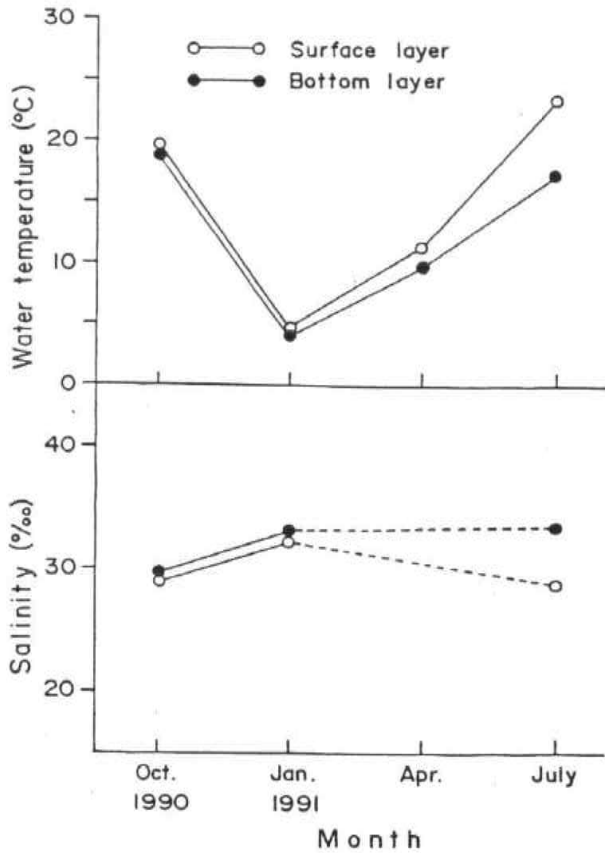


Fig. 2. Mean water temperature and salinity in the surface and bottom layer from October 1990 to July 1991.

32.5‰ 범위로서, 10월과 1월의 경우 定點間 均일한 鹽分이었으며 각각 평균 29.51‰, 32.25‰ 이었다. 7월에는 강우량의 차이에 따라 表層鹽分의 定點間 변화가 다소 컸다. 底層鹽分은 表層에 비해 다소 높으면서 定點間에는 매우 均일한 편으로 29.2~33.7‰ 범위였으며, 10월은 평균 29.7‰, 1월은 평균 32.67‰, 7월은 평균 33.32‰ 였다. 溶存酸素量은(Fig. 3) 1월과 4월의 경우 定點間에는 수층별의 차이가 거의 없이 각각 평균 10.40ml/l, 8.98ml/l 였으며, 7월의 경우엔 층별 변화가 가장 뚜렷하게 나타나 表層과 底層이 평균 9.18ml/l, 2.04ml/l이었으며, 10월에도 평균 9.73ml/l, 6.43ml/l였다. 이와 같이 여름철에는 0.7~4.2ml/l의 범위로서, 진해만 중앙부의 정점 11, 12와 13을 제외한 대부분의 정점들이 2ml/l 이하의 分布를 보이고 있다. 산소포화도는 여름철을 제외한 다른 계절에는 90% 이상의 높은 값을 보였으나, 여름철인 7월에는 7.0~53.1% 범위로서 調査海域의 대부분이 40% 이하의 값을 보였다. 따라서 여름철인 7월에는 대부분의 정

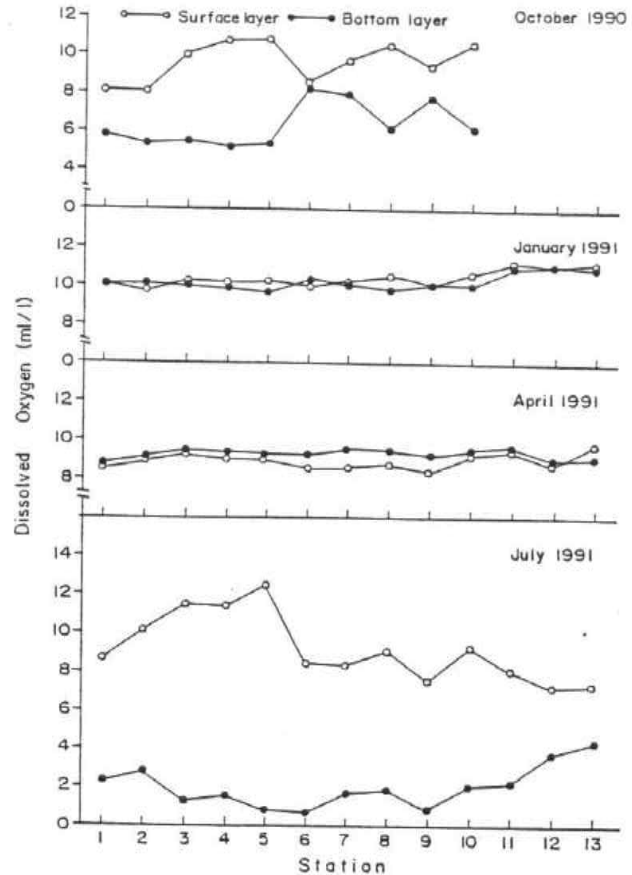


Fig. 3. Dissolved oxygen in the surface and bottom layer at each station from October 1990 to July 1991.

점에서 溶存酸素量 2.0ml/l 이하, 포화도 40% 이하의 貧酸素水塊가 형성됨을 알 수 있다.

조사정점의 堆積物 입도조성을 보면 대부분 실트성 점토질로 거의 均일하였으며, 海域 중앙부에 해당되는, 정점 4, 7, 8, 10만이 보다 細粒質인 점토질로 구성되어 있다(Fig. 4).

堆積物내의 有機物 함량은 비교적 높은 값인 2.50~7.20% 범위로서 평균 5.43%였다. 調査海域에서 養殖場이 分布되어 있는 海域은 Fig. 1에서와 같은데, 굴, 진주담치 및 피조개 양식이 성행하고 있다. 본 調査海域은 鎮海灣 중에서 貝類養殖을 가장 많이 하고 있는 海域이며(趙等, 1982), 이곳의 퇴적물내 유기물량은 4.0~7.7%로 높은 반면, 조사해역의 중앙부는 퇴적물 입도조성이 내부역과 유사함에도 불구하고 유기물량은 2.5~3.8%로 상대적으로 낮았다(Fig. 5).

## 2. 底棲動物 群集의 種造成

전 조사기간을 통하여 채집된 底棲動物은 總 107

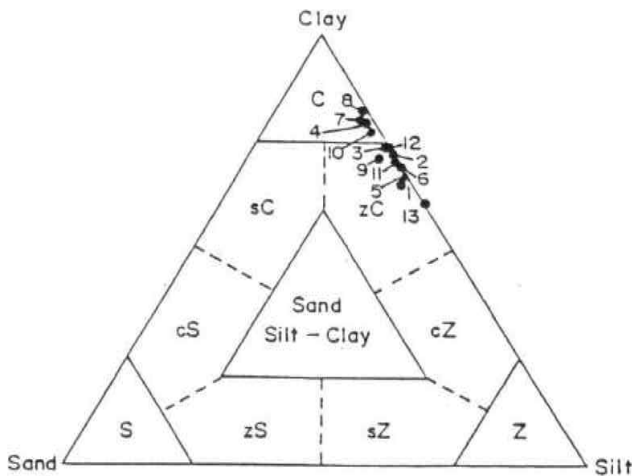


Fig. 4. Triangular diagram of sediment composition in sampling stations.  
C, clay; sC, sandy clay; zC, silty clay; cZ, clayey silt; sZ, sandy silt; Z, silt; zS, silty sand; cS, clayey sand; S, sand

種, 6,978개체였다. 이 중 갯지렁이류가 52種(48.6%), 갑각류가 34種(31.8%), 연체동물이 14種(13.1%) 그리고 기타 동물군이 7種(6.5%)이었다.

가을철인 10월에는 鎭海灣 중앙부의 3개정점을 제외한 10개 조사정점에서 總 15種, 115개체가 채집되어 生物相이 매우 빈약하였다. 이 중 갯지렁이류 및 갑각류가 각각 7種, 연체동물이 1種이었는데, 정점 6에서 7종이 出現하였고 정점 9에서는 한 種도 出現하지 않았다. 정점별 底棲動物의 密度는 0~102개체/ $m^2$ 의 범위로서 평균 34.5개체/ $m^2$ 였다. 정점 10에서 102개체/ $m^2$ 로 가장 높은 密度를 보였는데, 이 중에서 갑각류가 90개체/ $m^2$ 의 密度를 보였다(Appendix 1). 生物量은 전반적으로 매우 낮아 全 調查海域에서 평균 0.18g/ $m^2$ 으로 0~0.38g/ $m^2$ 의 범위를 보이고 있다.

겨울철인 1월에는 13개 조사정점에서 總 57種, 1,728개체가 채집되었으며, 갯지렁이류가 28種, 연체동물이 6種, 갑각류 19種 및 기타 분류군이 4種이었다. 정점별 分布樣相을 보면 7~26種의 범위로서 정점당 평균 14.8種이었다. 정점 6이 26種으로 가장 많이 出現하였으며, 정점 3과 5는 각각 7種으로서 상대적으로 적은 種數를 보였다. 그외의 정점은 모두 10種 이상이 나타났다. 정점별 底棲動物의 棲息密度는 45~1,443개체/ $m^2$ 의 범위로서 평균 398.8개체/ $m^2$ 였다. 정점 12와 13에서 가장 높은 密度를 보였는데 약 97% 이상이 갯지렁이류였다(Appendix 2). 전반적으로 가을철에 비해 出現種 및 個體數가 급격히 증가되었으며 生物量은 평균

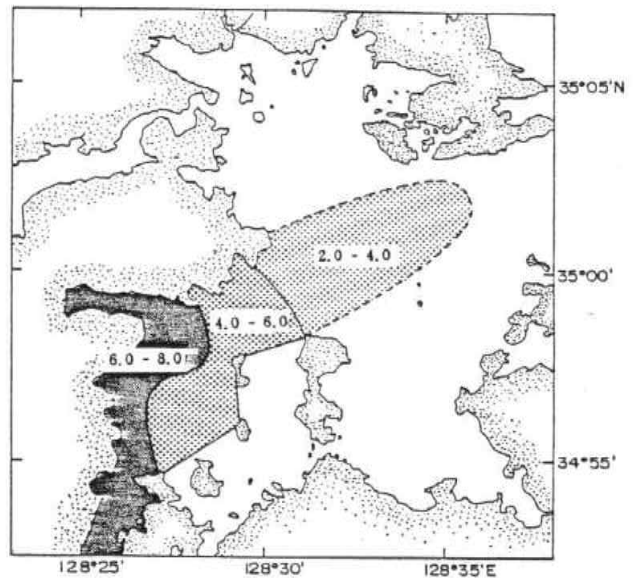


Fig. 5. Total organic carbon(TOC) content(%) of the surface sediment in the study area(January 1991).

18.97g/ $m^2$ 로서 3.11~45.76g/ $m^2$ 의 범위였다.

봄철인 4월에는 86種, 3,407개체가 채집되었으며, 갯지렁이류 38種, 갑각류 32種, 연체동물 10種 및 기타 6種이었다. 정점별 分布樣相을 보면 정점당 14~40種의 범위로서, 정점 8에서 40種으로 가장 많이 出現하였으며, 정점당 平均 25.0種이었다. 정점별 底棲動物 密度는 138~2,022개체/ $m^2$ 의 범위로 평균 786.5개체/ $m^2$ 였다. 정점 8에서 가장 높은 2,022개체/ $m^2$ 의 密度를 나타내었으며 정점 10에서 201개체/ $m^2$ 의 가장 낮은 密度를 보였다(Appendix 3). 生物量은 평균 43.96g/ $m^2$ 으로 密度가 가장 높은 정점 8에서 131.67g/ $m^2$ 의 값을 보였다.

여름철인 7월에는 57種, 1,728개체로 겨울철과 비슷하였다. 갯지렁이류 39種, 연체동물 10種, 갑각류 6種 및 기타 2種이었다. 정점당 4~22種(평균 13.1種)이었으며, 정점 2와 3에서 각각 4種으로 가장 적었고, 정점 9에서 22種으로서 가장 많았다. 정점별 底棲動物의 密度는 93~831개체/ $m^2$  범위로서 정점당 평균 398.8개체/ $m^2$ 였다. 정점 9에서 831개체/ $m^2$ 로 가장 높은 密度를 보였으며, 정점 3이 93개체/ $m^2$ 로서 가장 낮은 값을 보였다. 정점 7을 제외한 대부분의 정점들에서는 갯지렁이류가 가장 優占하여 전체 평균 83% 이상을 차지하였다(Appendix 4). 生物量은 0.6~162.96g/ $m^2$ 으로서 변화 폭이 매우 컸으며, 전 조사기간의 生物量 平均은 25.50g/ $m^2$ 이었다.

本 海域의 각 장점별 생태학적 指數값의 변화는 Fig. 6에서와 같다. 種多樣度 값은 전 조사기간중

0~2.94 범위로써, 出現種數와 個體數가 적었던 가을철이 전반적으로 낮았다. 봄철 정점 4에서는 가장 높은 多樣度 값을 보였는데, 32種의 底棲動物이 出現하였다. 優占度 값은 겨울철에 정점 3과 여름철에 정점 6에서 각각 0.64와 0.74로 비교적 높았는데, 겨울철에는 *Capitella capitata*가, 여름철에는 *Lumbrineris longifolia* 優占하였기 때문이다. 鎮海灣 西部海域(St. 1~10)에서는 생태학적 指數가 계절별, 정점별로 변동이 크지만, 鎮海灣 중앙부(St. 11~13)에서는 그 변동이 크지 않음을 알 수 있다.

3. 優占種의 分布 樣相

전 조사기간중 出現한 주요 優占種은 Table 1에서 보는 바와 같이, 갯지렁이류 6種, 연체동물 2種, 갑각류 2種이었다. 갯지렁이류인 *L. longifolia*가 총 1,114개체 채집되어 전체 個體數의 약 16%를 점하고 있으며, *C. capitata*가 14%, 단각류인 *Erictonius pugnax*가 8%, *Mediomastus* sp.와 *Sigambra tentaculata*가 각각 7%를 차지하여 이들 5개 種類가

Table 1. Species name and cumulative percentage of major dominant species in the study area during study period

Species	No. of individual	Percentage	Cumulative percentage
<i>Lumbrineris longifolia</i>	1,114	15.96	15.96
<i>Capitella capitata</i>	967	13.86	29.82
<i>Erictonius pugnax</i>	567	8.12	37.94
<i>Mediomastus</i> sp.	476	6.82	44.76
<i>Sigambra tentaculata</i>	476	6.82	51.58
<i>Theora fragilis</i>	325	4.66	56.24
<i>Aricidea</i> sp.	321	4.60	60.84
<i>Euchone</i> sp.	200	2.87	63.71
<i>Raetellops puchella</i>	169	2.42	66.13
<i>Upogebia major</i>	158	2.26	68.39

채집된 個體數의 50% 이상을 점유하고 있다. 갑각류인 *Upogebia major*는 10월과 4월에는 出現하였으나 여름철과 겨울철에는 出現하지 않았다.

가을철인 10월에는 出現個體數와 種數가 전반적으로 적었지만 *U. major* 및 *C. capitata*가 優占하였다(Appendix 1).

겨울철인 1월에는 *C. capitata*는 鎮海灣 西部 海域에 비교적 넓게 分布하고 있으며, 특히 정점 3에서 261개체/ $m^2$ , 정점 4에서 174개체/ $m^2$ , 정점 9에서 153개체/ $m^2$ 로 密度가 높았는데, 鎮海灣 中央부인 정점 10, 11, 12, 13에서는 出現하지 않았다. *Prionospio* sp.도 密度는 낮으나 *C. capitata*와 같이 鎮海灣 西部 海域에만 分布하는 경향이였다. *Aricidea* sp.는 정점 12에서 243개체/ $m^2$ , 13에서 204개체/ $m^2$ 였으며 대체로 鎮海灣 中央부에서 그 密度가 높았다. *S. tentaculata*는 3~180개체/ $m^2$  범위로서 정점 11에서 135개체/ $m^2$ , 12에서 180개체/ $m^2$ 의 密度였다. *Mediomastus* sp.는 정점 12의 750개체/ $m^2$ , 정점 13의 345개체/ $m^2$ , 정점 4의 3개체/ $m^2$ 로 分布구역이 국한되었다. 갑각류인 *U. major*는 3~99개체/ $m^2$  범위였으며, 정점 4와 6에서 각각 99개체/ $m^2$ 가 出現하였다(Appendix 2).

봄철인 4월의 경우, *C. capitata*가 1월과 같이 鎮海灣 西部 海域에만 出現하였는데, 정점 8에서 1,071개체/ $m^2$ , 정점 2에서 606개체/ $m^2$ 였다. *L. longifolia*는 정점 12를 제외한 전 정점에서 出現하였으며, 정점 2에서 261개체/ $m^2$ 로 가장 높았다. *S. tentaculata*는 정점 5에서 105개체/ $m^2$ 로 가장 높았으며, 鎮海灣 中央부 정점에서 60개체/ $m^2$  이상의

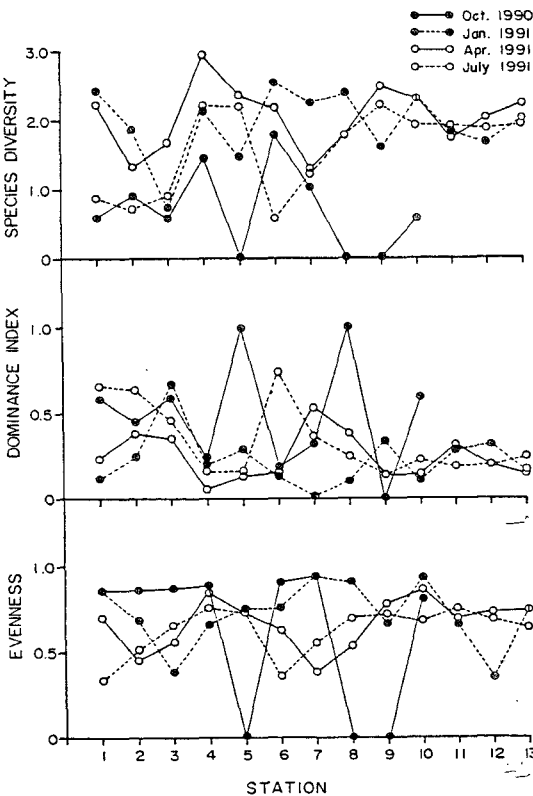


Fig. 6. Species diversity, dominance and evenness index at each station during the study period.

密度를 보였다. 연체동물인 *Theora fragilis*는 전 정점에 걸쳐 出現하였으며 그중 정점 12에서 66개체/ $m^2$ , 13에서 72개체/ $m^2$ 의 密度로 가장 높았다. *Raetellops pulchella*는 정점 12를 제외한 전 정점에 걸쳐 出現하였으며 그중 정점 5에서 144개체/ $m^2$ 로 가장 密度가 높았다. 단각류인 *E. pugnax*는 정점 7에서 918개체/ $m^2$ 의 密度를 나타내었으며, 정점 6에서도 474개체/ $m^2$ 였다(Appendix 3).

여름철인 7월의 경우 *L. longifolia*가 전 정점에 걸쳐 出現하였으며, 정점 1에서 498개체/ $m^2$ , 정점 13에서 309개체/ $m^2$ , 정점 12에서 3개체/ $m^2$ 의 密度였으며 鎭海灣 西部 海域에 풍부하게 分布하고 있다. *Paraprionospio pinnata*는 鎭海灣 중앙부로 갈수록 그 密度가 점차 증가하여 정점 13에서 114개체

/ $m^2$ 였다. *S. tentaculata*도 3~168개체/ $m^2$ 의 密度로 전 정점에서 出現하였으며 중앙부 정점에서 그 密度가 상대적으로 높았다. *T. fragilis*는 4월에 비해 分布 樣相이 鎭海灣 바깥쪽으로 약간 이동된 傾向을 보이고 있다. *Nebalis bipes*는 정점 7에서 117개체/ $m^2$ 의 密度를 보였으며 정점 9에서 57개체/ $m^2$ 였다(Appendix 4).

#### 4. 鎭海灣 定點間 類似度

鎭海灣의 底棲動物 群集의 分布 樣相에 따른 조사정점들간의 關係를 出現種 類似度로써 結合하여 보면 Fig. 7과 8에서와 같다.

가을철인 10월에는 정점들간의 類似度는 낮은 값을 보이거나 크게 2개의 定點群으로 나눌 수 있었

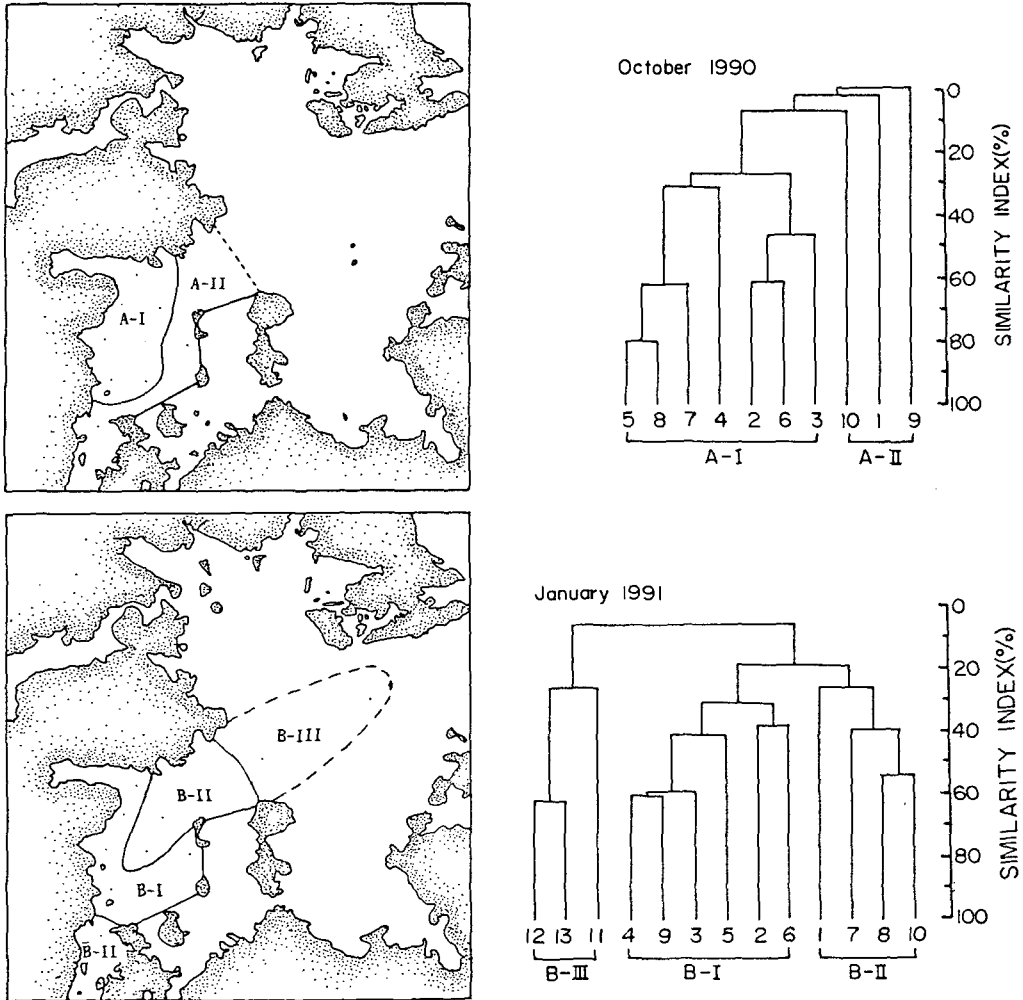


Fig. 7. Dendrogram of stations and area demarcated by cluster analysis in October 1990 and January 1991.

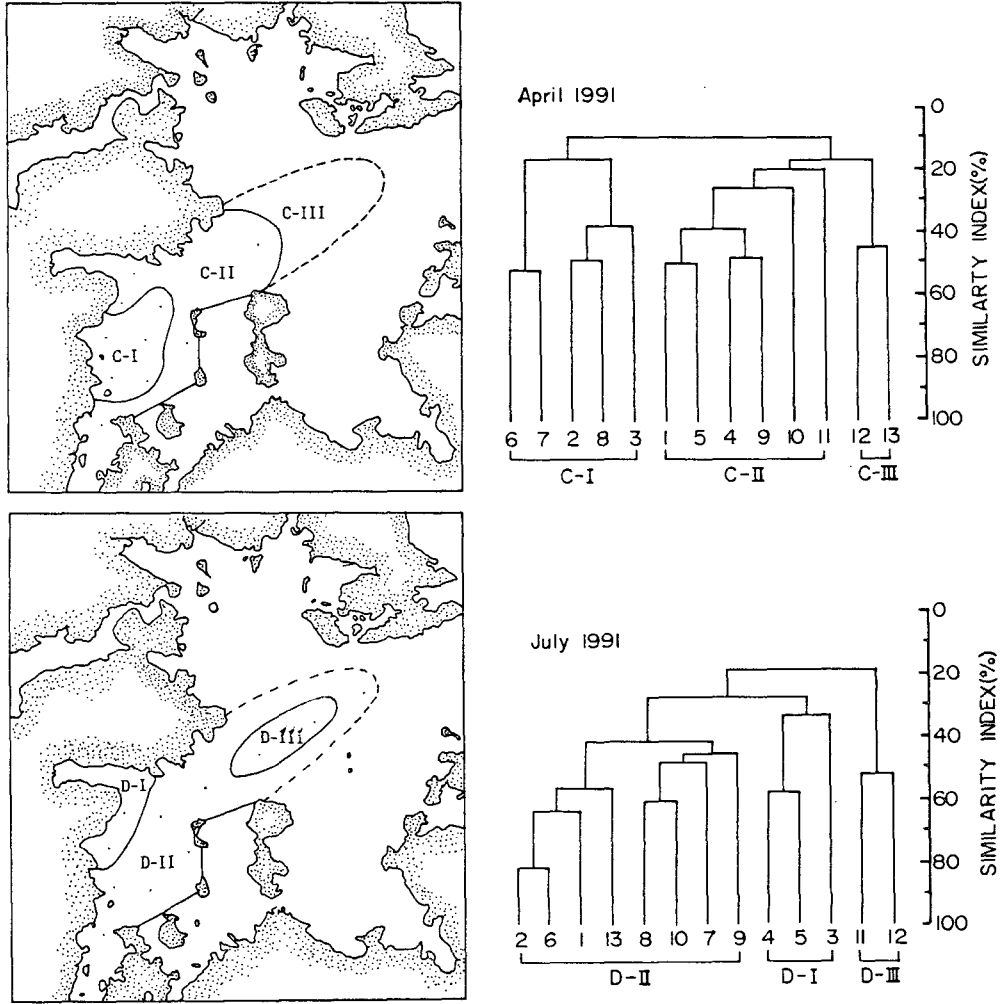


Fig. 8. Dendrogram of stations and area demarcated by cluster analysis in April and July 1991.

다(Fig. 7). A-I 定點群에서는 總 14種이, A-II 定點群에서는 總 6種이 채집되었다. 出現種數는 각 定點群 모두 극히 낮아 각각 평균 3.3種 및 2.0種이었으며, 棲息密度는 각각 평균 28.7개체/ $m^2$  및 48.0개체/ $m^2$ 였다. 다른 계절과는 달리 갑각류가 優點하며, A-I 定點群에서는 갑각류의 *U. major*, 갯지렁이류의 *S. tentaculata*가, A-II 定點群에서는 갑각류의 *Caprella* sp., 갯지렁이류의 *C. capitata*가 주요 優占種이었다(Table 2).

겨울철인 1월에는 크게 3개 定點群으로 나눌 수 있었는데(Fig. 7), 鎮海灣 西部 海域의 B-I 定點群과, B-II 定點群 및 鎮海灣 중앙부 的 養殖場이 없는 B-III 定點群이다. B-I 定點群에서는 總 42種의 底棲動物이 채집되어 각각 29種이 出現한 다른 定點群

보다 많았다. 그러나 정점당 평균 出現 種數는 B-III 定點群이 17.3種으로서 가장 많이 出現하였으며, 평균 棲息密度도 946.0개체/ $m^2$ 로 가장 높았다. B-III 定點群에서는 갯지렁이류의 비율이 높았는데, 주요 優占種 모두가 갯지렁이류였다. 각 定點群의 주요 優占種은 B-I 定點群은 *C. capitata*, B-II 定點群은 *T. fragilis*, B-III 定點群은 *Mediomastus* sp.였다(Table 2).

봄철인 4월에도 겨울철과 비슷한 해역으로 구성된 3개 定點群으로 구별되었는데(Fig. 8), C-I 海域의 경우 總 67種이 出現하여 정점당 出現種數는 평균 28.4種으로 가장 많았다. 棲息密度는 C-I 定點群이 평균 1,267.8개체/ $m^2$ 로써 가장 높았고, C-III 定點群이 805.5개체/ $m^2$ 로써 가장 낮았다. 각 定點群

Table 2. Number of species, numerical density, faunal group composition and dominant species in each sub-area from October 1990 to July 1991

Station group	N.S.*	T.S.*	M.S.*	Numerical density per $m^2$ (range)	Faunal group composition(%)	Dominant species composition(%)
Oct. 1990						
A-I	7	14	3.3(1~7)	28.7±21.2(6~69)	Polychaeta 40.6 Mollusca 1.6 Crustacea 57.8 others 0	<i>Upogebia major</i> 46.3 <i>Capitella capitata</i> 23.9 <i>Serpula vermicularis</i> 6.0
A-II	3	6	2.0(0~4)	48.0±41.9(0~102)	Polychaeta 31.3 Mollusca 6.3 Crustacea 62.5 others 0	<i>Caprella</i> sp. 52.1 <i>Sigambra tentaculata</i> 20.8 <i>Caprella acanthogaster</i> 10.4 <i>Prionospio</i> sp. 8.3
Jan. 1991						
B-I	6	42	14.7(7~26)	323.5±105.5(126~465)	Polychaeta 59.1 Mollusca 2.3 Crustacea 38.6 others 0	<i>Capitella capitata</i> 35.7 <i>Upogebia major</i> 16.4 <i>Prionospio</i> sp. 11.3 <i>Erictonius pugnax</i> 11.0
B-II	4	29	13.0(10~16)	101.3±42.6(45~165)	Polychaeta 45.3 Mollusca 21.9 Crustacea 31.4 others 1.4	<i>Theora fragilis</i> 12.6 <i>Cerapus</i> sp. 11.1 <i>Prionospio</i> sp. 9.6 <i>Raetellops pulchella</i> 7.4
B-III	3	29	17.3(14~22)	946.0±498.8(264~1,443)	Polychaeta 96.4 Mollusca 1.3 Crustacea 1.6 others 0.7	<i>Mediomastus</i> sp. 38.6 <i>Aricidea</i> sp. 16.5 <i>Sigambra tentaculata</i> 14.1 <i>Paraprionospio pinnata</i> 6.7
Apr. 1991						
C-I	5	67	28.4(19~40)	1,267.8±521.5(420~2,022)	Polychaeta 46.8 Mollusca 4.7 Crustacea 46.4 others 2.1	<i>Capitella capitata</i> 32.6 <i>Erictonius pugnax</i> 22.1 <i>Lumbrineris longifolia</i> 7.0 Aoridae unid. 6.2
C-II	6	53	24.0(14~32)	379.0±187.1(138~717)	Polychaeta 53.6 Mollusca 16.0 Crustacea 25.9 others 4.6	<i>Lumbrineris longifolia</i> 18.2 <i>Sigambra tentaculata</i> 9.4 <i>Raetellops pulchella</i> 8.6 <i>Euchone</i> sp. 8.0
C-III	2	27	19.5(17~22)	805.5±115.5(690~921)	Polychaeta 84.2 Mollusca 12.5 Crustacea 2.2 others 1.1	<i>Aricidea</i> sp. 22.9 <i>Mediomastus</i> sp. 19.6 <i>Sigambra tentaculata</i> 10.8 <i>Paraprionospio pinnata</i> 8.6
July 1991						
D-I	3	29	13.7(4~19)	198.0±75.9(93~270)	Polychaeta 86.3 Mollusca 11.7 Crustacea 2.0 others 0	<i>Lumbrineris longifolia</i> 27.8 <i>Thelepus</i> sp. 25.3 <i>Sigambra tentaculata</i> 11.1 <i>Raetellops pulchella</i> 4.5
D-II	8	51	13.1(4~22)	486.4±188.6(300~831)	Polychaeta 83.9 Mollusca 10.7 Crustacea 5.2 others 0.2	<i>Lumbrineris longifolia</i> 52.5 <i>Theora fragilis</i> 7.7 <i>Euchone</i> sp. 5.7 <i>Sigambra tentaculata</i> 5.2
D-III	2	18	13.0(12~14)	349.5±133.5(216~483)	Polychaeta 76.4 Mollusca 23.2 Crustacea 0 others 0.4	<i>Sigambra tentaculata</i> 31.3 <i>Theora fragilis</i> 23.2 <i>Paraprionospio pinnata</i> 12.9 <i>Aricidea</i> sp. 8.6

\*N.S.; Number of station, T. S.; Total number of species, M.S.; Mean number of species per St.(range)



모두 갯지렁이류가 優占하였으며, C-I 定點群은 *C. capitata*, C-II 定點群은 *L. longifolia*, C-III 定點群은 *Aricidea* sp.가 優占하였다(Table 2).

여름철인 7월에도 크게 3개 定點群으로 구별되었는데(Fig. 8), 전체 出現種은 D-II 定點群이 51種으로 가장 많았으나 정점당 평균 出現種數는 약 13種으로 각 정점 모두 비슷했다. 棲息密度는 出現種數가 많은 D-II 定點群이 486.4개체/ $m^2$ 로 가장 높았는데, 갯지렁이류가 83.9%를 점유하였다. 각 定點群의 주요 優占種은 모두 갯지렁이류로서, *L. longifolia*와 *S. tentaculata*였다(Table 2).

따라서 본 海域은 鎮海灣 西部 海域에 2개 定點群, 鎮海灣 중앙부 海域에 1개 定點群으로 나누어졌다.

## 考 察

底棲動物의 棲息密度 및 種의 分布에 영향을 미치는 環境요인으로서는 堆積環境(Fager, 1964; Cassie and Michael, 1968; Boyden and Little, 1973; Lee 1976; Lee *et al.*, 1983; Shin *et al.*, 1989), 鹽分(林 等, 1991), 溶存酸素量(Wu, 1982; Hong, 1987; Niermann *et al.*, 1990) 등이 중요하다. 本 調査海域은 정점에 따라 堆積相의 차이가 거의 없고, 육지로부터 淡水가 대량유입될 수 있는 하천이 없어 鹽分에서도 차이를 보이지 않고 있다. 따라서 堆積相과 鹽分은 본 海域내에서의 底棲動物의 分布에 영향을 주는 주된 요인은 아닌 것으로 생각된다.

그러나 여름철에는 水溫躍層과 貧酸素 水塊의 형성이 본 海域의 底棲動物 分布에 큰 영향을 미치고 있는 것 같다. 연안海域의 경우 底棲動物의 分布를 결정하는데 있어 溶存酸素는 매우 중요한 요인 중의 하나인데(森, 1961, 1973; Jorgensen, 1980; Wu, 1982; Rogenberg *et al.*, 1983; Hong, 1987), 특히 여름철의 정체기에 폐쇄성 혹은 반폐쇄성 內灣에서 흔히 나타날 수 있는 成層이 초래되면 底層 부근에 低酸素 水塊가 형성된다. 이러한 成層이 형성되기 위한 물리적 요인으로는 일반적으로 夏季의 水溫상승, 여름철 降雨期の 강수량의 증가 등을 들 수 있다(洪, 1987). 따라서 本 海域의 底棲動物도 계절적으로 반복되는 底層貧酸素 水塊 형성의 영향을 크게 받을 것으로 생각된다. 즉, 本 海域의 底棲動物相은 가을철인 10월에는 出現種이 적고 棲息密度가 낮은 반면 봄철에는 出現種이 많고 棲息密度가 가장 높은 것으로 나타났다. 그러나 7월

에는 底層 溶存酸素量이 극히 적음에도 불구하고 出現種과 棲息密度가 비교적 높다. 이러한 이유는 本 海域의 底層 貧酸素水塊가 9월까지 지속되는 것으로 미루어 볼 때(Hong, 1987), 여름철에 발달된 貧酸素水塊로 인한 底棲生物의 대량 폐사가 7월 이후에 나타나기 때문인 것 같다. 그리고 가을철이 되어 底層溶存酸素量이 많아져도 底棲動物의 새로운 着底 혹은 移入에도 다소 시간이 걸려, 底棲動物相이 10월에 가장 빈약하고 1월에는 다시 회복이 되는 것으로 생각된다. Hong(1987)은 1983년 9월에 鎮海灣 전체에 대한 底棲動物 分布 調査에서 底層水의 溶存酸素量이 2ml/l 이하인 貧酸素水塊에서는 底棲動物의 密度가 극히 낮음을 보고하였다. 또한 底層水의 溶存酸素量이 약 2ml/l 이하가 되면 群集의 均衡이 파괴되고 그 이하의 상태에서는 불과 몇 種의 기회種(opportunistic species)만이 살아 남게 된다고 하였다(Pearson and Rogenberg, 1978). Wu(1982)는 여름철 貧酸素 水塊로 인해 파괴된 底棲群集은 겨울이 되면 급속히 회복되는 週期성을 가진다고 하였으며, Niermann *et al.*(1990)은 여름철 貧酸素 水塊의 영향으로 30~50% 정도의 出現種數가 감소되지만, 溶存酸素量이 회복되면 다시 회복된다고 하였다. 따라서 본 海域의 底棲環境은 여름철동안 극심한 산소결핍 상태에 놓이게 되어 底棲動物에게 심각한 영향을 주게 되지만, 겨울철로 접어들면서 회복되는 週期성을 가지는 것으로 볼 수 있다.

Ito and Imai(1955)는 참굴(*C. gigas*)의 糞과 偽糞의 排泄物을 측정하고 굴 養殖場 垂下式 맷목 1대(200 $m^2$ )당 年間 總 排泄物은 0.6~1.0톤(乾重量)으로 추정하였다. 荒川 等(1971)은 참굴 및 주요 附着生物의 糞, 偽糞 排泄量을 계절별로 조사한 결과 맷목 1대당 乾重量으로 年間 참굴이 15.955톤, 汚損性 附着生物인 진주담치가 1.993톤, 미더덕류가 2.493톤으로 모두 20.441톤에 달한다고 하였다. 이러한 生物源 堆積物은 潮流가 빠른 海域의 養殖場에도 20~30%가 맷목 밑으로 堆積한다고 추정하였는데, 楠木(1970)의 결과도 이와 유사하였다. 한편 洪(1989)은 楠木(1977)의 자료로부터 200 $m^2$  면적의 굴 양식 맷목 1대에서 6월부터 이듬해 4월까지의 10개월의 양식기간 동안 乾重量으로 약 19.3톤의 排泄物이 생산된다고 추정하였다. 본 海域에서 여름철 底層에 貧酸素 水塊가 형성되는 것은 내만의 특성인 水溫躍層의 형성이 하나의 원인이지만, 이와 함께 이러한 生物源 堆積物이 분해되는데 여름철 成層期에는 더 많은 산소가 소비되는

要 約

것도 요인이 된다(洪, 1989). 퇴적물내의 높은 유기물 함량은 미생물 활동을 촉진시켜 결과적으로 산소를 소비하게 되는데(Mattson and Linden, 1983), 특히 潮流가 비교적 약한 본 海域은 貝類養殖場에서 유래되는 것으로 추정되는 糞이 堆積物 위에 쉽게 침강하여 쌓인 有機物이 底層 산소 소비의 주요 원인일 수 있다(Yang and Hong, 1983).

Mattson and Linden(1983)은 정상적인 해역에서 진주담치양식을 시작한 후 6~15개월 후에는 유기물로 인해 갯지렁이류의 기회종들로 천이가 일어나며 *C. capitata*가 우점한다고 하였다. 또한 이들 기회종들의 밀도는 저층의 환경과 자체의 생활환경에 따라 변한다고 하였다. 본 조사해역에서 유기물 오염 지표종으로 널리 알려져 있는 *C. capitata* 밀도가 겨울철과 봄철에 높고, 주로 조사해역의 안쪽에 비교적 높은 밀도로 분포하고 있는 것도 위와 유사한 현상으로 생각된다.

본 調査海域의 堆積物內의 有機物 함량은 조사해역의 안쪽으로 갈수록 상대적으로 높은 경향을 보이고 있다. 또한 생태학적 指數값들은 조사해역의 내부역이 진해만 중앙부보다 계절 및 정점에 따라 상대적으로 변동이 심한 경향을 보이고 있다. 有機物이 풍부한 이유로는, 조사해역의 내부역 인근에는 진해, 마산 隣近海域과는 달리 有機物이 유입될 수 있는 큰 도시나 공장이 없고, 전 조사정점의 堆積物 粒度조성이 비슷한 점을 고려한다면, 양식시설물에 부착된 各種 生物 및 養殖對象生物의 排泄物에 기인한 것으로 생각할 수 있다(趙等, 1982). Ritz *et al.*(1989)은 연어 海上가두리에 공급되는 먹이의 殘留物과 어류 排泄物이 底棲群集에 영향을 미쳐, 가두리에서 어류를 수확한 후 약 7주 후에는 底棲群集이 회복되고 種類가 뚜렷히 증가하여 14주 후에는 거의 원상태로 회복된다고 하였다. 또한, 가두리에서 어류를 다시 사육하면 약 7주 후부터 種數가 감소하고 底棲群集의 균형이 깨어진다고 하였다. 또한 Wu(1982)는 상대적으로 오염이 된 內灣보다 오염이 덜 된 灣 바깥쪽의 底棲群集의 多樣度 및 優占도가 높다고 하였다. 따라서 조사해역의 내부海域에서 생태학적 指數값들의 변동이 심하고, 鎭海灣 중앙부海域에서는 指數값의 변동이 상대적으로 적은 것은 有機物에 의한 영향으로 판단된다.

이상에서 살펴본 바와 같이 본 調査海域은 크게 3개의 定點群으로 나눌 수 있었는데, 底棲動物群集은 表層堆積物의 有機物 함량 및 여름철에 형성되는 貧酸素 水塊로부터 큰 영향을 받는 것으로 나타났다.

養殖場이 밀집된 海域에 棲息하는 底棲動物의 分布樣相을 알기 위하여, 鎭海灣에서 1990년 10월에서부터 1991년 7월까지 계절별로 底棲動物을 채집하였다. 조사기간중 總 107種, 6,978개체의 底棲動物이 채집되었으며, 이 중 갯지렁이류가 52種(48.6%), 갑각류가 34種(31.8%), 연체동물이 14種(13.1%), 기타 동물군이 7種(6.5%)이었다. 優占種은 갯지렁이류인 *Lumbrineris longifolia*, *Capitella capitata*, *Mediomastus sp.*, *Sigambra tentaculata*와 단각류인 *Erictonius pugnax*였다. 본 海域은 여름철에 水溫躍層이 형성되고, 2ml/l 이하의 底層 貧酸素 水塊의 발달로 인해 底棲群集이 파괴되어 가을철에는 出現種과 個體數가 매우 빈약하였다. 그러나 겨울로 접어들면서 底層溶存酸素量의 증가와 함께 底棲生態系는 다시 회복되는 것으로 나타났다. 또한 鎭海灣 西部海域의 底棲動物 群集은 계절별, 정점별로 생태학적 指數의 변동이 큰 반면, 鎭海灣 중앙부海域에서는 변동이 크지 않았다. 出現種 구성에 근거하여 본 海域은 鎭海灣 西部의 灣 안쪽에 2개, 중앙부의 바깥쪽에 1개의 3개 定點群으로 나눌 수 있었는데, 表層堆積物內의 有機物 함량 分布와 연관성을 보인다. 따라서 양식시설물이 있는 조사海域의 底棲動物 群集은 養殖場으로부터 유입되는 有機物과 여름철 형성되는 底層 貧酸素 水塊에 의해 크게 영향을 받고 있음을 알 수 있었다.

參 考 文 獻

- 金鶴均. 1990. 馬山灣의 鞭毛藻赤潮의 發生과 環境 特性. 水振研報 43號, 1~40.
- 朴奩洋. 1976. 굴養殖場에 있어서 植物性 浮游生物의 季節的 變化. 碩士學位論文. 釜山水產大學. 44p.
- 朴周錫. 1980. 韓國南海岸의 植物性 plankton의 出現量 및 組成과 이들의 먹이와 赤潮로서 養殖生物에 미치는 影響. 水振研報 23, 7~157.
- 朴周錫. 1982. 鎭海灣 赤潮의 特性과 環境變化. 水振研報 28, 55~88.
- 李秉墩 · 姜亨求 · 姜龍柱. 1991. 굴 養殖場 水域의 基礎生産 研究. 韓水誌 24(1), 39~51.
- 李晉煥. 1984. 鎭海灣 植物플랑크톤 群集의 構造와 動態에 關한 研究. 漢陽大學校 博士學位論文. 111p.
- 林賢植 · 諸淙吉 · 崔震雨 · 李梓學. 1991. 汝自灣에

- 서의 여름철 底棲動物의 分布. 海洋研究 13(2), 31~45.
- 張善德·李文沃·金種華·朴光淳·林琦璋. 1984. 鎮海灣 東部海域의 海水流動. 水振研報 32, 7~23.
- 趙昌煥. 1978. 鎮海灣의 *Gonyaulax* 赤潮에 關하여. 韓水誌 11(2), 111~114.
- 趙昌煥. 1979. 1978년 鎮海灣 赤潮와 養殖굴의 大量斃死. 韓水誌 12(1), 27~33.
- 趙昌煥. 1980. 閑山·巨濟灣 굴 養殖場의 養殖 密度에 關한 研究. 韓水誌 13(2), 45~56.
- 趙昌煥·梁漢燮·朴昃洋·康末九. 1982. 鎮海灣 貝類養殖場의 底質에 關한 研究. 韓水誌 15(1), 35~41.
- 海洋開發研究所. 1980. 鎮海灣의 赤潮 및 汚染모니터링 시스템 開發을 爲한 基礎研究. BSPE 00022-43-7, 459p.
- 海洋研究所. 1988. 沿岸環境保全技術開發研究. BSPG 00057-184-4, 292p.
- 海洋研究所. 1989. 沿岸環境保全技術開發研究. BSPG 00083-242-4, 360p.
- 海洋研究所. 1990. 沿岸環境保全技術開發研究. BSPG 00112-315-4, 260p.
- 洪在上. 1987. 1983年 夏季 鎮海灣 一帶海域의 底棲生物의 生態學的研究—底棲生物과 底層溶存酸素量과의 關係를 中心으로—. 海洋研究報告書. BSPE 00095-149-3, 103p.
- 洪在上. 1989. 벤토스의 活動과 海底堆積物. 黃海研究 2, 63~89.
- 堀越增興·菊池泰二·船越眞樹. 1975. 海洋環境汚染に關聯する項目別調査研究の現象と問題點. 日本海洋學會誌特輯號, 59~67.
- 楠木 豊. 1970. カキ及び附着生物の排泄物量について. 水産増殖 18(1), 45~51.
- 楠木 豊. 1977. カキ養殖漁場における漁場老化に關する基礎的研究 I. マカキ排せつ物量. 日水誌 43(2), 163~166.
- 森 勇. 1961. 大村灣の苦潮について. 日水誌 27(5), 389~394.
- 森 勇·徳永武雄·桑岡亦好·藤木哲夫. 1973. 大村灣の底層貧酸素水と底生有用水族の分布. 日水誌 39(7), 735~758.
- 荒川好滿·楠木 豊·神丹正昭. 1971. カキ養殖場における生物源堆積現象(Biodeposition)の研究. (I). 養殖適正密度について. 貝類學雜誌 30, 113~128.
- Allison, L. E. 1965. Organic carbon. In Methods of soil analysis, Agronomy part 2, Academic press, Inc. New York. pp. 1367~1376.
- Boyden, C. R. and C. Little. 1973. Faunal distributions in soft sediments of the Severn Estuary. Estuarine and Coastal Marine Science 1, 203~223.
- Bray, J. R. and J. T. Curtis. 1957. An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. Ecological Monograp. 27, 325~349.
- 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., K. Y. Park, H. S. Yang and J. S. Hong. 1982. Eutrophication of shellfish farms in Deukryang and Gamagyang Bays. Bull. Korean Fish. Soc., 15(3), 233~240.
- Cho, C. H. 1981. On the *Gymnodinium* red tide in Jinhae Bay. Bull. Korean Fish. Soc., 14(4), 227~232.
- Cho, C. H. 1991. Mariculture and eutrophication in Jinhae Bay, Korea. Mar. Poll. Bull., 23, 275~279.
- Fager, Z. W. 1964. Marine sediments: Effects of a tube building polychaete. Science 143, 356~359.
- Hong, J. S. and J. H. Lee. 1983. Effects on the pollution of the benthic macrofauna in Masan Bay, Korea. J. Oceanol. Soc. Korea 18, 169~179.
- Hong, J. S. 1987. Summer oxygen deficiency and benthic biomass in the Chinhae Bay System, Korea. J. Oceanol. Soc. Korea 22(4), 246~256.
- Ito, S. and T. Iami. 1955. Ecology of oyster bed. I. On the decline of productivity due to repeated culture. Tohoku J. Agr. Res. 5, 251~268.
- Jorgensen, B. B. 1980. Seasonal oxygen depletion in the bottom waters of a Danish Fjord, and its effect on the benthic community. Oikos 34, 68~76.
- Kitamori, R. and K. Funae. 1959. The benthic community in polluted coastal waters, Osaka Bay. Bull. Inland. Reg. Fish. Res. Lab. 16, 1~83.
- Lee, J. H. 1976. A study on the benthic fauna along the Pusan Coast, Korea. Publi. Inst. Mar. Sci. Natl. Fish. Univ. Pusan 9, 49~70.

- Lee, J. H., J. S. Hong and S. K. Yi. 1983. Studies on the benthic fauna in Garolim Bay, Korea. J. Oceanol. Soc. Korea 18(2), 111~116.
- Mattsson, J. and O. Linden. 1983. Benthic macrofauna succession under mussels, *Mytilus edulis* L.(Bivalvia), cultured on hanging long-lines. Sarsia 68, 97~102.
- Niermann, U., E. Bauerfeind, W. Hickel and H. V. Westernhagen. 1990. The recovery of benthos following the impact of low oxygen content in the German Bight. Netherlands J. Sea Res. 25 (1/2), 215~226.
- Pearson, T. H. and R. Rosenberg. 1978. Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev. 16, 229~311.
- Pielou, E. C. 1966. The measurement of diversity in different types of biological collection. J. Theoret. Biol. 13, 131~144.
- Ritz, D. A., M. E. Lewis and M. Shen. 1989. Response to organic enrichment of infaunal macrobenthic communities under salmonid seacages. Mar. Biol. 103, 211~214.
- Rogenberg, R., W. E. Arntz, E. C. de Flores, L. A. Flores, G. Carbajal, I. Finger and J. Tarazona. 1983. Benthos biomass and oxygen deficiency in the upwelling system off Peru. J. Mar. Res. 41, 263~279.
- Shannon, C. E. and W. Wiener. 1963. The mathematical theory of communication. Univ. Illinois Press, Urbana, U. S. A., 177p.
- Shepard, E. P. 1954. Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. J. Sed. Pet. 24, 151~158.
- 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. Oceanol. Soc. Korea 24(4), 184~193.
- Simpson, E. H. 1949. Measurment of diversity. Nature 163, 1~688.
- Sneath, P. H. A. and R. R. Sokal. 1973. Numerical taxonomy. Freeman, S. F., 573p.
- Tenore, K. R., L. F. Boyer, R. M. Cal *et al.* 1982. Coastal upwelling in the Rias Bajas, NW Spain: Contrasting the benthic regimes of the Rias de Arosa and de Muros. J. Mar. Res. 40(3), 701~772.
- Wu, R. S. S. 1982. Periodic defaunation and recovery in a subtropical epibenthic community, in relation to organic pollution. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 64, 253~269.
- Yang, D. B. and J. S. Hong. 1988. On the biogeochemical characteristics of surface sediments in Chinhae Bay in September 1983. Bull. Korean Fish. Soc. 21(4), 195~205.

1992년 1월 10일 접수

1992년 3월 6일 수리

Appendix 1. The faunal list of macrobenthos and their abundance collected in the study area in October 1990 (indiv./m<sup>2</sup>)

Species / Station	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	total
<b>POLYCHAETA</b>											
<i>Capitella capitata</i>		15	18			15					48
<i>Minuspio cirrifera</i>						3					3
<i>Nectoneanthes latipoda</i>							3			3	6
<i>Polydora</i> sp.				6							6
<i>Prionospio</i> sp.	12			3							15
<i>Serpula vermicularis</i>				12							12
<i>Sigambra tentaculata</i>	30	3									33
<b>MOLLUSCA</b>											
<i>Piline</i> sp.							3			9	12
<b>CRUSTACEA</b>											
Aoridae unid.						3					3
<i>Caprella acanthogaster</i>			6							15	21
<i>Caprella</i> sp.										75	75
Caridea unid.				3		6					9
Dexaminidae unid.						3					3
<i>Erictonius pugnax</i>						6					6
<i>Upogebia major</i>		6	45	12	9	9	6	6			93
No. of species	2	3	3	5	1	7	3	1	0	4	15
No. of individuals	42	24	69	36	9	45	12	6	0	102	345

Appendix 2. The faunal list of macrobenthos and their abundance collected in the study area January 1991 (indiv./m<sup>2</sup>)

Species / Station	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	total
<b>POLYCHAETA</b>														
<i>Anaitides maculata</i>			3								3	3		9
<i>Aricidea</i> sp.	9			6			6				21	243	204	489
<i>Armandia lanceolata</i>										6				6
<i>Capitella capitata</i>	15	42	261	174	54	9	3	3	153					714
<i>Dorvillea</i> sp.		21		9	6	15		3	6					60
<i>Eteone longa</i>				3										3
<i>Euchone</i> sp.	3					3				3				9
<i>Glycera alba</i>											15	9		24
<i>Glycinde</i> sp.							3				3	48	42	96
<i>Hesione</i> sp.				3			3	3		6	3		54	72
<i>Hydroides ezoensis</i>		6									6			12
<i>Lumbrineris longifolia</i>	6			3	3	9			6			9	147	183
<i>Mediomastus</i> sp.				3								750	345	1,098
<i>Minuspio cirrifera</i>		21		9		12		12						54
<i>Nectoneanthes latipoda</i>				3		6	3	6	9	6	30	30	60	153
<i>Nephtys oligobranchia</i>											15	75	27	117
<i>Ophelina accuminata</i>	3					6								9

## Appendix 2. continued

Species / Station	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	total
<i>Paralacydonia</i> sp.													6	6
<i>Paraprionospio pinnata</i>	6	3						3	9	6	3	45	141	216
Phyllodocidae unid.				3							3			6
<i>Polydora</i> sp.				3										3
<i>Prionospio</i> sp.	9	69	6	42		66	6	9	36	15				258
<i>Pseudopolydora</i> sp.	9	9		3										21
<i>Scoloplos armiger</i>						9								9
<i>Sigambra tentaculata</i>	9	3				3			15	9	135	180	84	438
<i>Spiochaetopterus costarum</i>	3										3			6
<i>Tharyx</i> sp.												3		3
<i>Thelepus</i> sp.						3								3
<b>MOLLUSCA</b>														
Cardidae juvenile												3		3
<i>Laevicardium mutica</i>						3		3						6
<i>Macoma</i> sp.												3		3
<i>Piline</i> sp.								6	3		3			12
<i>Raetellops pulchella</i>	18	6			6					12				42
<i>Theora fragilis</i>	9	6	6		12	3	6	18		18	12	6	9	105
<b>CRUSTACEA</b>														
<i>Alpheus japonicus</i>				3		3	3							9
<i>A. brevicristatus</i>						27				3				30
Aoridae unid.	3	9		15		9								36
<i>Athanas japonicus</i>						3								3
Caridea unid.				9										9
<i>Cerapus</i> sp.	45													45
<i>Corophium</i> sp.						3								3
<i>C. sinense</i>				12		3					3	9		27
Dexaminidae unid.						18								18
<i>Erictonius pugnax</i>		177		30		6		18				12		243
Gammaridea unid.				27										27
<i>Gammaropsis japonicus</i>						6								6
<i>Leptochella gracilis</i>												3	3	6
<i>Nebalia bipes</i>									15					15
<i>Orchomene</i> sp.	3		3	3		3						3		15
<i>Paradexamine banardii</i>				3		12								15
<i>Pyromaia tuberculata</i>		3												3
<i>Synchelidium</i> sp.	15	9	6		6	6	6	3		3	6	3		63
<i>Upogebia major</i>		12	45	99	39	99	6	12	24	12		3		351
<b>OTHERS</b>														
<i>Chunella indica</i> (?)												3	6	9
<i>Edwardsia japonica</i>													3	3
<i>Ophiura kinbergi</i>									3			9		12
Turbellaria unid.										3				3
No. of species	16	15	7	22	7	26	10	14	11	12	16	22	14	57
No. of individuals	165	396	330	465	126	345	45	99	279	96	264	1,443	1,131	5,184

Appendix 3. The faunal list of macrobenthos and their abundance collected in the study area in April 1991  
(indiv./m<sup>2</sup>)

Species / Station	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	total
<b>POLYCHAETA</b>														
<i>Ampharete arctica</i>				3										3
<i>Anaitides maculata</i>													6	6
<i>Aricidea</i> sp.	6				3							69	300	378
<i>Armandia lanceolata</i>								18						18
<i>Armandia simodaensis</i>				3	3									6
<i>Capitella capitata</i>	9	606	237	15	12	90	63	1,071	9	12				2,124
<i>Chone</i> sp.	9	9			6	3		21	51					99
<i>Cirriiformia tentaculata</i>				3				3	21					27
Crysopetalidae unid.								12						12
<i>Dorvillea</i> sp.		12	6	6	6	18		15		6				69
<i>Eteone longa</i>			9				3							12
<i>Euchone</i> sp.			3	27	30	57			114		12	24		267
<i>Glycera alba</i>					9		6				3			18
<i>Glycera chirori</i>													6	6
<i>Glycinde</i> sp.							3				3	15	48	69
<i>Halosydna brevisetosa</i>								3						2
<i>Harmothoe</i> sp.						3		6						9
<i>Hesione</i> sp.				3	3			6	3				63	78
<i>Lumbrineris longifolia</i>	186	261	54	36	138	75	24	27	36	15	3		87	942
Maldanidae unid.	6			3						3				12
<i>Mediomastus</i> sp.					6							270	45	321
<i>Minuspio</i> sp.							12							12
<i>Nectoneanthes latipoda</i>			3	3		6	3	3		12	12	39	9	90
<i>Nephtys oligobranchia</i>					3		3			9	6	39	21	81
<i>Ophelina accuminata</i>						12	3							15
<i>Paraprionospio pinnata</i>	15	3	6	15	6	12	3			3		39	99	201
Phyllodocidae unid.	3							24				3		30
<i>Pista cristata</i>								12						12
<i>Polydora</i> sp.						3								3
<i>Praxillella affinis</i>	3								9					12
<i>Prionospio</i> sp.	9	3			3	3	9		18					45
<i>Pseudopolydora</i> sp.	3													3
<i>Scoloplos armiger</i>				3					3					6
<i>Sigambra tentaculata</i>	9			30	105			84	9		60	84	90	471
<i>Spiochaetopterus costarum</i>	6		3	3							3			12
Syllidae unid.							3	27						30
<i>Tharyx</i> sp.	6	3			6				9	3				27
<i>Thelepus</i> sp.					6				3					9

## Appendix 3. continued

Species / Station	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	total
<b>MOLLUSCA</b>														
<i>Aplysia</i> sp.								3	3					6
<i>Laevicardium mutica</i>				3										3
<i>Macoma</i> sp.			6						9					15
<i>Macrochisma dilatatum</i>									6					6
Muricidae juvenile													6	6
<i>Piline</i> sp.				3		3			9					15
<i>Protothaca adamsi</i>				3								3		6
<i>Raetellops pulchella</i>	6	111	21	3	144	15	12	12	33	6		24	30	417
<i>Scapharca broughtonii</i>			3					3						6
<i>Theora fragilis</i>	21	27	12	33	51	27	9	6	39	15	3	66	72	381
<b>CRUSTACEA</b>														
<i>Alpheus japonicus</i>							9	3						12
<i>A. brevicristatus</i>			3					6	9	3				21
Amphipoda unid.							18							18
<i>Anaitides normani</i>	15				3				57	3				78
Anthuridae unid.								3						3
Aoridae unid.			3	6		219	96	78	3	3				408
<i>Athanas japonicus</i>								3						3
Caridae unid.	3													3
<i>Caprella acanthogaster</i>	3	3	3	12	51	33	69	21	30	24	18	3	6	276
<i>Caprella</i> sp.			3						6	24				33
<i>Cerapus</i> sp.	12													12
<i>Corophium</i> sp.							3							3
<i>C. sinense</i>	15	9	3	3	54	6	6	18	6				9	129
Cumacean unid.			3											3
Dexaminidae unid.				3		15	3	6						27
<i>Erictonius pugnax</i>				6	3	474	918	12	2	39	3			1,458
<i>Eriopsisella sechellensis</i>	6													6
Gammaridae unid.				6				177		3				186
<i>Gammaropsis japonicus</i>				9		261		39	6					315
<i>Idunella chilensis</i>												3		3
<i>Janirulata koreaensis</i>							12	3	147					162
<i>Jassa falcata</i>			3							15			3	21
<i>Leptochella gracilis</i>								3				3	3	9
<i>Leucothoe nagatai</i>									12					12
<i>Liljeborgia japonica</i>						3								3
Lysianassidae unid.	12	3	3	3	24		3		9				3	60
<i>Nebalia bipes</i>			3	3			3	21						30
<i>Orchomene</i> sp.	30		30	18	15		3	6	3	6	3	3		117



鎮海灣 養殖場 密集海域의 底棲動物 分布

Appendix 3. continued

Species / Station	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	total
<i>Paradexamine banardii</i>	3				3	9		9						24
<i>Pyromaia tuberculata</i>						3								3
<i>Synchelidium</i> sp.	15	18	6	15	9	9	3	6	12	6				99
<i>Upogebia major</i>	3	3	3		3	18								30
OTHERS														
<i>Chunella indica</i> (?)													3	3
Nemertinea												3	6	9
<i>Ophiura kinbergi</i>				6	3		6				3		6	24
Turbellaria						3	99							102
Tinicate	6			72	12				15	3		6		114
<i>Verrillactis paguri</i>								3						3
No. of species	27	19	20	32	28	32	30	40	26	17	14	17	22	86
No. of individuals	420	1,086	420	357	717	1,431	1,380	2,022	441	201	138	690	921	10,221

Appendix 4. The faunal list of macrobenthos and their abundance collected in the study area in July 1991 (indiv./m<sup>2</sup>)

Species / Station	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	total
POLYCHAETA														
<i>Ampharete arctica</i>				3										3
<i>Anaitides maculata</i>				3										3
<i>Aricidea</i> sp.	9			6					9			60	12	96
<i>Brada villosa</i>				3										3
<i>Capitella capitata</i>				3	3				9					15
<i>Chone</i> sp.									15					15
<i>Cirriiformia tentaculata</i>	9				21	3			42					75
<i>Dorvillea</i> sp.	3			9			6	3	42					63
<i>Euchone</i> sp.	6						3		213		3			225
<i>Glycera alba</i>									3	12	27	33	9	84
<i>Glycera chirori</i>				3									9	12
<i>Glycinde</i> sp.					3						3	9	24	39
<i>Haploscolopols armiger</i>												3		3
<i>Harmothoe</i> sp.				3										3
<i>Hesione</i> sp.								6				3		9
<i>Lagis bocki</i>					3				3					6
<i>Lumbrineris longifolia</i>	498	288	54	30	81	254	180	174	225	105	6	3	309	2,217
<i>Magelona japonica</i>													6	6
Maldanidae unid.	9			3										12
<i>Mediomastus</i> sp.											9			9
<i>Minuspio</i> sp.			3			21								24
<i>Nectoneanthes latipoda</i>					9			15		6	9			39

## Appendix 4. continued

Species / Station	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	total
<i>Nephtys oligobranchia</i>					3			12		12	18	12		57
<i>Nephtys oligochaeta</i>												15	6	21
Nereidae unid.													3	3
<i>Notomastus</i> sp.													54	54
<i>Ophelina accuminata</i>													6	6
<i>Paralacydomia</i> sp.													9	9
<i>Paraprionospio pinnata</i>	9	36		3	12		3	39	9	3	12	78	114	318
<i>Pista cristata</i>									3					3
Polynoidea unid.									3					3
<i>Praxillella affinis</i>					6				3					9
<i>Prionospio</i> sp.		3		12	6	9	15	42	24	3				114
<i>Scalibregma inflatum</i>									6					6
<i>Sigambra tentaculata</i>	42	42	33	18	15	12	6	15	12	3	51	168	69	486
Spionidae unid.				6							3	3		12
<i>Terebellides horikoshii</i>											3		3	6
<i>Tharyx</i> sp.	3				3			3	12	12		3	6	42
<i>Thelepus</i> sp.	24			84	66		3		18	3				198
MOLLUSCA														
Cardidae juvenile										3				3
<i>Linania</i> sp.										3				3
<i>Macoma</i> sp.				6	9			3	6	6				30
Muricidae juvenile										12				12
Ophistobranchia unid.									3					3
<i>Protothaca adamsi</i>													3	3
<i>Raetellops pulchella</i>				21	6			2	18					48
<i>Scapharca broughtonii</i>							15			36				51
<i>Theora fragilis</i>				6	21			87	99	75	72	90	39	489
<i>Zeuxis caelatus</i>													6	6
CRUSTACEA														
Amphipoda unid.										3				3
<i>Callianassa japonica</i>													3	3
<i>Caprella acanthogaster</i>						3								3
<i>Corophium sinense</i>													3	3
<i>Iphinoe sagamiensis</i>	3													3
<i>Nebalia bipes</i>				9	3		117	12	57					198
OTHERS														
<i>Edwardsia japonica</i>	3		3											6
Nemertinea												3	6	9
No. of species	12	4	4	19	17	6	9	13	22	17	12	14	21	57
No. of individuals	618	369	93	231	270	312	348	414	831	300	216	483	699	5,184