

광양만 조하대의 두 다모류 군집 구조의 시간에 따른 변화

정래홍 · 홍재상 · 이재학*
인하대학교 해양학과, *한국해양연구소 생물연구부

Temporal Changes of Community Structure in two Subtidal Polychaete Assemblages in Kwang-yang Bay, Korea

RAE-HONG JUNG, JAE-SANG HONG AND JAE-HAC LEE*

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

*Biological Oceanography Division, Korea Ocean Research and Development Institute,
Ansan, P.O. Box 29, Seoul 425-600, Korea

본 연구는 제철소 건립을 위해 매립과 준설이 한창 진행중이던 광양만에서 환경의 교란에 따른 다모류 군집의 시간적 변화 과정을 알아보기 위하여 조하대 두 정점에서 1983년 2월부터 1985년 4월까지 격월별로 조사하였다.

광양만의 만 입구 주수로에 위치한 이질 정점(泥質 定點)은 이질 함량이 94%로 매우 높은 반면 묘도 복수로에 위치한 사질 정점(砂質 定點)은 42%의 비교적 낮은 이질 함량을 보인다. 이질 정점에서 종수와 개체수는 조사 초기에는 높았으나 1983년 10월에 급격하게 감소하였으며, 그 후 다시 증가하기 시작하여 전과 같은 상태로 회복되었다. 사질 정점에서 종수(種數)는 조사 시기마다 비교적 큰 폭으로 변하는 양상을 보였으며, 개체수는 *Lagis bocki*가 높은 밀도로 출현한 1983년과 1984년 2월에 증가 추세를 보였다. 그러나, 이와같은 겨울철 높은 밀도는 1985년 2월 군집에서는 *L. bocki*가 대량으로 출현하지 않음에 따라 발생하지 않았다. 다모류 군집의 시간에 따른 변화 양상을 파악하기 위하여 유사도와 집괴분석을 실시하였으며, 그 결과 두 정점 모두에서 군집의 천이현상이 뚜렷이 나타났다. 그러나 변화의 시점에 있어서는 정점간에 차이를 보이고 있다. 이질 정점에서는 1983년 10월을 기점으로 해서 군집이 변한 반면에 사질 정점에서는 1984년 12월에 변화가 발생하였다. 그러나 변화 시기에 두 정점 모두에서 *Lumbrineris longifolia*에서 *Heteromastus filiformis*로의 우점종의 변화가 일어났다. 기회종으로 알려진 *H. filiformis*의 밀도 증가는 광양만 내에서 환경 교란이 발생했다는 것을 뚜렷이 보여주고 있으며, 준설과 매립의 영향에 의한 퇴적상의 변화에 따라 다모류 군집의 천이가 두드러지게 나타났다.

Bimonthly sampling was carried out over the period February 1983 to April 1985 at two stations in Kwang-yang Bay, Korea, in order to study the temporal changes of benthic polychaete communities. In addition, an important focus of the study was the large-scale reclamation and dredging operations that were taking place for industrial purposes during the study period.

The muddy station, located on the main channel, showed high mud content (94%), whereas the sandy station, situated on the north channel of Myodo, demonstrated mud content of 42%. At the muddy station, the number of species and individuals were highest in the early sampling stage, but markedly declined in October 1983, and then gradually increased as in the early state. At the sandy station, the number of species highly oscillated during the entire period. The density was affected by the pectinariid *Lagis bocki* showing particularly high density in February 1983 and 1984. However, the high density in the winter time did not occur in February 1985.

The analysis of similarities and clusterings between communities were carried out to evaluate temporal changes in community structure. Significant changes occurred during the study period in the community structures at both stations, but each maintained different patterns of species dominance over time. At the muddy station, this transitional phase was found in October 1983 but in December 1984 at the sandy station.

Comparisons with earlier communities suggest that faunal changes in the dominant species composition occurred from *Lumbrineris longifolia* to *Heteromastus filiformis* over this time period. The colonization of this opportunistic pioneer, *H. filiformis*, seems to manifest environmental disturbances in this bay area.

서 론

한 해역에서 저서생물의 종 조성이나 각 종의 개체군 변동 등 분포에 미치는 계절적 영향이나 장기 변동에 관한 조사는 대상해역에서 환경의 변화가 저서동물 군집에 미치는 영향을 예측하기 위하여 필요하다. 이런 장기변동을 연구하는 목적은 서식지 악화와 이로 인한 군집의 파괴 또는 군집의 회복이나 친이와 관련된 생태학적 변화를 알아보는 것이다. 이와 같이 환경의 변화에 따른 생태계의 변화를 알아보기 위해서는 다음과 같은 몇 가지 이유로 인해 주된 관심이 저서동물 군집에 집중되어 왔다; 즉 1) 대상 생물들이 정착성이기 때문에 그 지역 환경을 반영하고, 2) 환경의 변화를 반영하기에 적당한 생활사로 인해 시간에 따른 스트레스 기원을 잘 반영하며, 3) 대부분의 많은 종들이 오염물질이 집중되는 sediment-water interface에 서식하기 때문이다. 또 4) 이런 군집들은 스트레스 종류 및 정도에 따라 다른 내성을 보이는, 분류학적으로 다양한 종들로 구성되어 있기 때문이다(Gray, 1980; Boesch and Rosenberg, 1981; Hartley, 1982; Phillips and Segar, 1986; Gray et al., 1988). 이런 특징으로 인해 환경변화가 군집에 미치는 시·공간적인 연구는 유기물오염(Rosenberg, 1975; Pearson and Rosenberg, 1978; Jensen, 1986), 준설(Bondsdroff, 1980, 1983; Lopez-Jammar et al., 1986), 유류오염 (Sanders et al., 1980) 등과 같이 오염원별로 많은 연구가 진행되어 왔다. 이런 일련의 연구결과들은 군집이 파괴된 후 재형성되는 과정에서 유사한 양상을 보여준다.

해양의 연성저질에 서식하는 다모류는 종 수나 생물량에 있어서 가장 풍부하게 발견되는 동물군이다(Sanders, 1958; Knox, 1977; Lee and Chin, 1989; 홍등, 1994). 이들은 다양한 환경에 잘 적응하여 서식하고 있으며, 또 다양한 섭식 방법으로 퇴적물 또는 수중의 유기물을 섭취하고, 높은 번식력으로 인해 저서동물 군집 내에서 중요한 2차 생산자의 역할을 수행하고 있다.

광양만은 경상남도와 전라남도 사이에 위치한 내만으로 여수와 남해도, 하동과 남해도 사이의 좁은

수로를 제외하고는 모두 육지로 둘러싸여 있다. 따라서 파도가 거의 없는 내만의 성격을 띠고 있다. 그리고 섬진강이 만대로 유입함에 따라 담수의 유입이 있으며, 하구역에 복잡한 삼각주 퇴적상을 보인다. 만의 환경은 삼각주, 조간대, 조하대, 주수로 지역으로 나뉘며 복잡한 퇴적상을 보인다(박 등, 1984). 포항제철은 광양제철소 건립을 위해 1983과 1984년에 금호도 남쪽 9,000,000 m²의 삼각주를 매립하여 공장 부지를 조성하였으며, 제철소로 들어오는 대형선박의 운항을 위해 수로를 준설하였다. 이런 큰 공사로 인하여 조류의 흐름이 변하였으며, 이는 퇴적상이 변하는 결과를 가져왔다(포항종합제철주식회사, 1988).

본 연구는 안정된 내만 환경에서 대규모 간척 및 준설로 인한 환경의 변화가 저서 다모류 군집에 미치는 영향과 그 군집의 변화 과정을 밝히는데 목적이 있다. 특히 광양만은 매립공사 이전인 1982년과 공사 후 2년이 지난 1987과 1988년에 다모류 군집에 대한 연구(Choi and Koh, 1985; 신과 고, 1990, 정 1992)가 잘 이루어져 있지만, 공사중인 1983년 2월부터 1985년 4월까지 대표적인 이사질(muddy sand) 지역과 이질(mud) 지역의 두 조하대 정점에 대해 조사하여 공사가 진행중인 광양만 해역에서의 환경의 변화에 따른 다모류 군집의 천이과정을 규명하고자 하였다.

재료 및 방법

다모류의 채집은 광양만 내 주수로와 묘도 북수로의 퇴적상이 다른 두 정점을 선택하여 1983년 2월부터 1985년 4월까지 격월별로 채집하였다(Fig. 1). 채집은 van Veen grab (0.1 m²)을 사용하여 격월별로 각 기 10회 채집하였고, 선상에서 망목 1 mm의 체를 사용하여 분리하였으며, 잔존물은 10% 중성 포르말린으로 고정한 후 실험실로 운반하였다. 다모류의 동정은 종 수준까지 수행하였으며, 완전한 몸체나 머리부분만을 계수하였다. 군집의 특성과 그 변화 양상을 알아보기 위해 다양도지수 H'(Shannon and Weaver, 1963)과 Czekanowski Percentage Similarity(Pielou, 1984)를 사용하여 유사도 분석과 집괴 분석을 실시

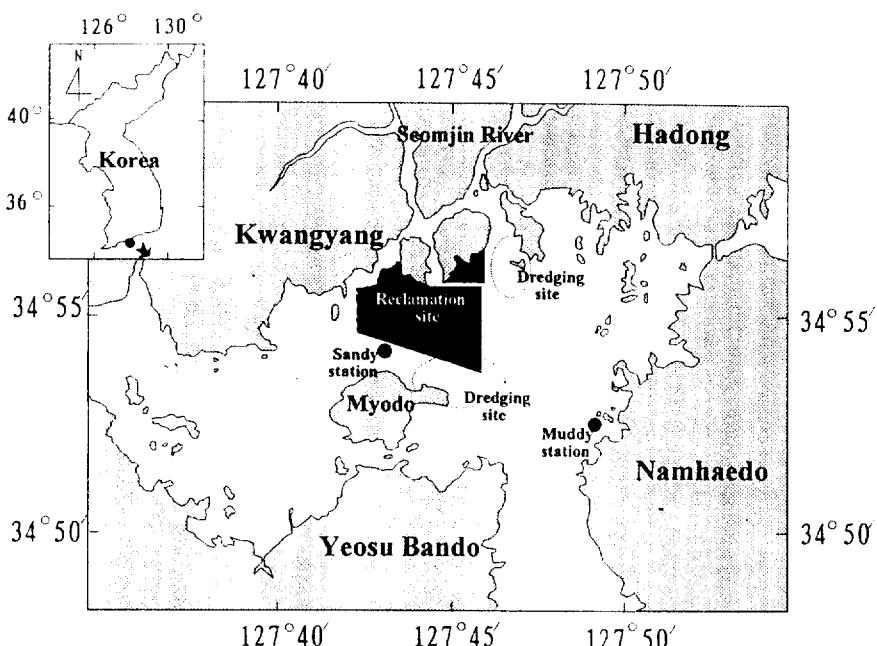


Fig. 1. Map of the study area.

하였다.

결 과

1. 환경요인

퇴적상은 만 입구쪽에 위치한 이질 정점에서 평균 입도가 7.6φ , 비교적 이질 함량은 94.1%로 높은 세립질이며, 만 중앙부의 사질 정점은 평균입도가 3.2φ , 이질 함량은 41.7%로 상대적으로 조립질의 퇴적상으로 구성되어 있다. 수심은 이질 정점이 22.2 m, 사질 정점이 22.5 m로 차이가 없다.

저층 수온은 이질 정점의 경우 최고값은 1984년 8월에 23.5°C , 최저값은 1984년 2월에 4.4°C 이며, 변화폭은 19.8°C 였다. 사질 정점에서의 최고값과 최저값은 각각 24.2°C 와 4.4°C 로 이질 정점과 같은 시기에 기록되었다. 두 정점에서 시간에 따른 변화는 2월에 가장 낮고 8월에 가장 높은 계절성을 보이고 있으며, 두 정점간의 차이는 거의 없는 것으로 나타났다.

저층염분도는 이질 정점에서 1985년 4월에 34.46% 최고값을 기록했으며, 최저값은 1983년 10월에 29.00%로 나타났다. 사질 정점에서는 1984년 2월과 4월에 33.80%로 가장 높은 염분도를 보였으며, 1983년 10월에 27.90%의 낮은 염분도를 보였다. 평

균 염분도는 이질 정점과 사질 정점에서 각각 32.49%과 32.13%로 사질 정점이 다소 낮게 나타났다. 1983년 10월의 경우 조사기간 중 두 정점 모두에서 낮은 염분도를 기록하였는데 이는 조사 바로 직전 남해 해상을 통과한 태풍으로 인한 집중호우의 영향으로 생각된다. 저층 염분도의 변화 양상은 두 정점 모두 같은 패턴을 보이고 있으며, 이질 정점이 사질 정점 보다 다소 높게 나타나 사질 정점이 미약하나마 섬진강에서 유입되는 담수의 영향을 더 받는 것으로 나타났다.

저층의 용존 산소량은 이질 정점에서 1984년 2월에 $10.3 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ 로 가장 높았으며, 1983년 8월에 $5.7 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ 로 가장 낮았다. 사질 정점에서는 1985년 2월에 $10.4 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ 로 최고값을 보였으며, 1983년과 1984년 8월에 $5.4 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ 로 가장 낮았다. 따라서 저층 수의 용존 산소량은 겨울에 높고 여름철에 낮은 결과를 보였다(포항종합제철주식회사, 1985).

2. 다모류의 출현 종 수 및 밀도

조사기간 중 출현한 다모류의 종 수는 이질 정점이 111종, 사질 정점에서는 99종이 출현하였다. 두 정점에서의 평균 출현 종수는 이질 정점에서 40종, 사질 정점에서는 38종으로 출현 종의 수에 있어서는

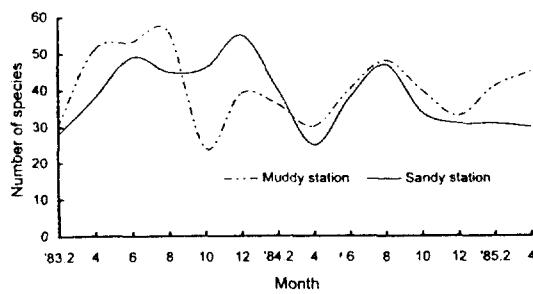


Fig. 2. Bimonthly variation in polychaetes number of species at both stations.

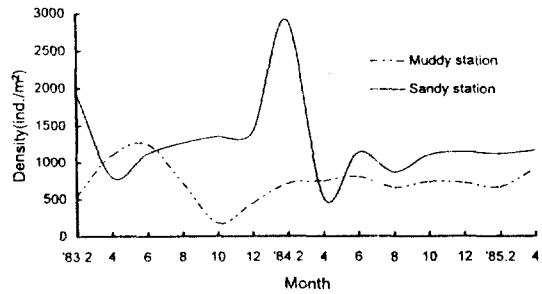


Fig. 3. Bimonthly variation in polychaetes density at both stations.

정점간의 차가 거의 없었다. 시간에 따른 종수의 변화는 이질 정점의 경우 조사 초기시기인 1983년 4월과 8월 사이에 50종 이상이 출현하여 조사기간 중 높은 종수를 기록했으며, 그 다음 채집시기인 10월에 전체 조사기간 중 최저값인 24종이 출현하여 급격한 종수의 감소현상이 발생하였다. 그 후 종수는 1983년 12월 39종으로 증가하여 최종 채집시기인 1985년 4월까지는 종수의 변화폭이 10종 이내로 큰 변동을 보이지 않았다. 사질 정점에서는 1983년 12월에 55종이 출현하여 조사기간 중 최대 종수를 기록하였으며, 최소 출현 종수는 1984년 4월에 25종으로 나타났다. 사질 정점에서의 시간에 따른 변화양상은 1984년 8월까지 매 조사시기마다 비교적 큰 폭으로 변화하는 양상을 보이고 있다(Fig. 2).

밀도는 이질 정점에서 평균 $724 \text{ ind.} \cdot \text{m}^{-2}$, 사질 정점에서는 $1,276 \text{ ind.} \cdot \text{m}^{-2}$ 으로 나타나 두 정점간의 밀도차가 큰 것을 보여주고 있다. 시간에 따른 밀도의 변화 양상은 이질 정점의 경우 1983년 4월과 6월에 $1,087 \text{ ind.} \cdot \text{m}^{-2}$ 와 $1,247 \text{ ind.} \cdot \text{m}^{-2}$ 으로 다른 시기에 비해 높은 밀도를 보였으며, 그 후 1983년 10월에 $127 \text{ ind.} \cdot \text{m}^{-2}$ 으로 급격한 감소가 발생하였다. 10월 이후 밀도는 점차 증가하기 시작하여 1984년 2월부터는 큰 변화없이 비교적 일정한 밀도를 유지하고 있다. 사질 정점에서는 동계인 1983년 2월과 1984년 2월에 각각 $1,939 \text{ ind.} \cdot \text{m}^{-2}$ 와 $2,909 \text{ ind.} \cdot \text{m}^{-2}$ 의 높은 밀도를 보였으나, 1985년 2월에는 이런 현상이 발생하지 않았다. 그리고 1983년과 1984년 2월의 밀도 증가 후 뒤따른 조사시기인 1983년과 1984년 4월에는 다른 채집시기에 비해 낮은 밀도가 나타났다. 이와같은 밀도의 심한 변화 양상은 *Lagis bocki*의 밀도 변화에 의한 결과이다. 그리고 이런 네 번의 조사시기를 제외하고는 비교적 고른 밀도 분포를 보이고 있다(Fig. 3).

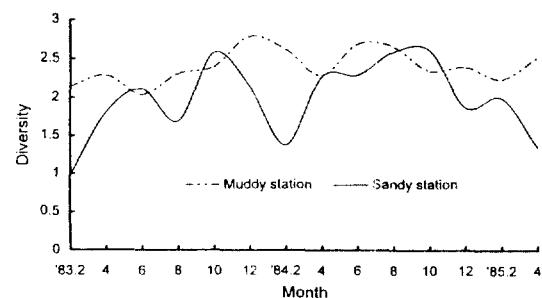


Fig. 4. Bimonthly variation in diversity at both stations.

3. 다양도

전체 조사시기 동안의 다양도 지수의 평균값은 이질 정점이 2.4, 사질 정점이 2.0으로 이질 정점이 사질 정점보다 비교적 높은 다양도를 보이고 있다. 시간에 따른 변화를 살펴보면 이질 정점에서는 1983년 12월과 1984년 2월 그리고 6월과 8월에 비교적 높은 다양도값을 보였으며, 그외의 시기에는 2.0~2.4 정도의 범위로 어떤 뚜렷한 변화 양상을 보이지 않았다 (Fig. 4). 사질 정점에서는 동계인 매해 2월에 낮은 다양도를 보이며 2월 이후부터 10월까지는 증가하다 12월부터 다시 감소하는 양상을 보였다. 1983년과 1984년 겨울의 다양도의 감소는 *Lagis bocki*의 밀도 변화에 의한 결과이며 1984년 12월부터 1985년 4월까지의 다양도의 감소는 새로이 우점종으로 출현하는 *Heteromastus filiformis*의 계속적인 밀도 증가에 의한 결과이다.

4. 다모류 군집의 유사도

이질 정점의 경우 1983년 10월의 군집은 전반적으로 다른 모든 시기의 군집과 30% 이하의 매우 낮은 유사도를 보였다. 반면, 1983년 12월 군집부터는 상

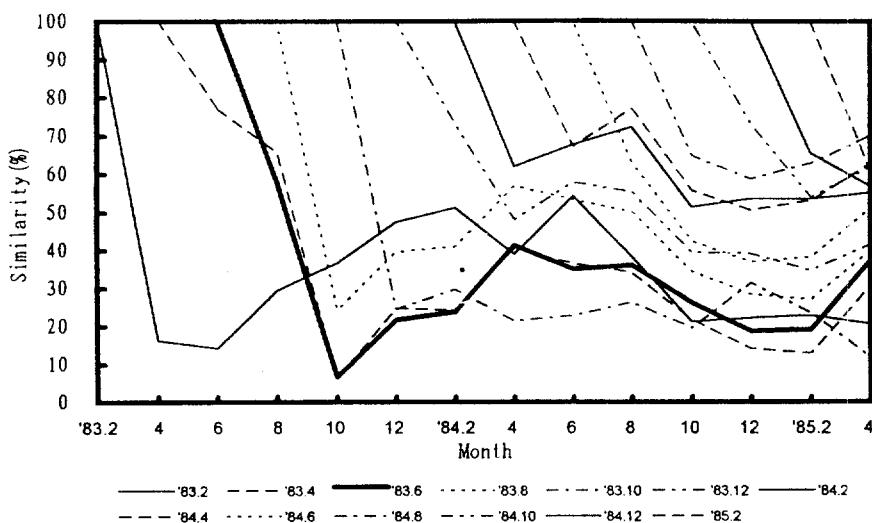


Fig. 5. Faunal successive similarities between polychaetous communities at the muddy station.

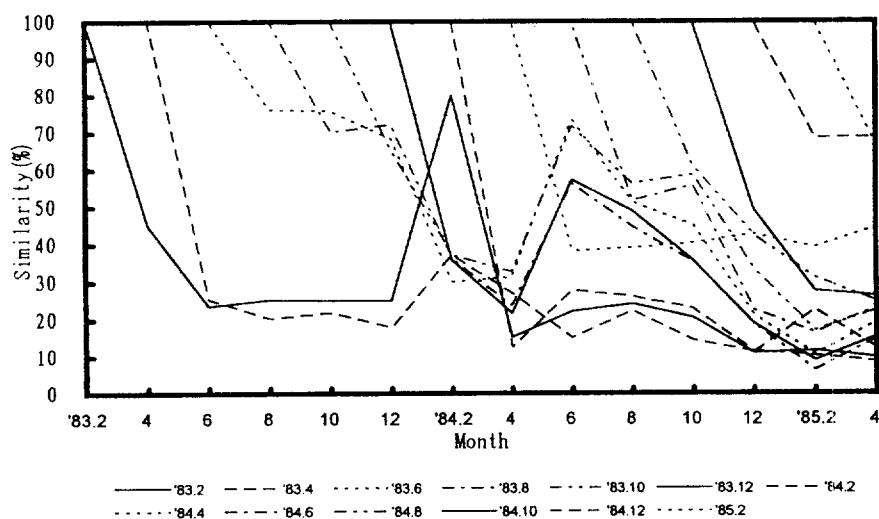


Fig. 6. Faunal successive similarities between polychaetous communities at the sandy station.

호간의 유사도가 점차 증가하는 양상을 보이고 있다. 대체로 1983년 10월 이전의 군집들과 10월 이후의 군집들은 서로 낮은 유사도를 보임으로서 이질 정점에서는 1983년 10월을 기점으로 해서 그 이전과는 다른 새로운 군집으로 변화했음을 보여주고 있다 (Fig. 5).

한편, 사질 정점에서는 *Lagis bocki*가 출현하는 1983년 2월 군집이 1984년 2월 군집과의 유사도가 매우 높았던 것을 제외하면, 다른 시기의 군집과는

매우 낮은 유사도를 보이고 있다. 반면 1983년 6월부터 12월까지의 군집은 서로 비교적 높은 유사도를 보였는데 이런 현상은 그 다음해 6월부터 10월사이의 군집에서도 비슷한 경향을 보였다. 이런 높은 유사도는 *Lagis bocki*가 1985년 2월에 높은 밀도로 출현하지 않아 계속 유지될 것으로 기대되었으나, 1984년 12월 군집과의 유사도는 감소하는 결과를 보였다. 또한 1984년 12월 군집은 1985년 4월까지의 세 군집과는 높은 유사도를 보였다. 따라서 사질 정

점에서는 1984년 10월까지는 *Lagis bocki*의 밀도에 따라 군집이 영향을 받은 것으로 나타났으며, 그 이후부터는 *Lagis bocki*의 동계 출현밀도와 *L. longifolia*의 개체수 감소, 그리고 *H. filiformis*의 급격한 증가로 인해 다른 군집으로 변화하고 있음을 알 수 있다 (Fig. 6).

5. 집과분석

이질 정점에서는 14개의 시간에 따른 군집이 크게 4개의 그룹으로 분리되었다. 첫번째와 두번째 그룹은 각각 1983년 2월과 10월의 하나의 독립된 군집만으로 형성되어 있다(Fig. 7). 그리고 세번째 그룹은 시기적으로 첫번째 그룹과 두번째 그룹 사이인 1983년 4월부터 8월까지의 3개 군집으로 형성되어 있다. 네 번째 그룹은 1983년 12월부터 조사종료 시기인 1985년 4월까지인 8개의 군집으로 구성되어 있다. 따라서 시간에 따른 변화과정은 그룹 1→그룹 3→그룹 2→그룹 4로 변화했음을 보여주고 있다. 그룹 1은 *Brada villosa*와 *Sternaspis scutata*가 우점하는 군집이며, 그룹 3은 *Lumbrineris longifolia*, *Mediomastus californiensis*, *Glycera chirorii*가 우점하는 그룹이다. 그룹 2는 그룹 3에서 우점하던 종들이 급격히 감소함으로 인해 전체 밀도가 급격히 감소하였으며 대신 *Sternaspis scutata*와 *Parapriionospio pinnata* 그리고 *Sigambra tentaculata*가 우점하는 그룹이다. 그룹

4는 그룹 1, 2, 3에서 매우 낮은 밀도를 보이던 *Hereromastus filiformis*의 밀도가 증가하여 우점하는 것이 특징이다. 그리고 이와 함께 1983년 10월에 감소하였던 *L. longifolia*가 그룹 3에서 보다는 낮은 밀도지만 다시 증가하기 시작하였으며, *Glycinde gurjanovae*의 밀도가 증가한 그룹이다. 결과적으로 이질 정점에서는 시간에 따른 유사도 분석에서 나타난 1983년 10월 군집을 기점으로 해서 군집이 크게 바뀌었다는 것과 일치하는 결과를 보여주고 있다.

사질 정점에서는 3개의 그룹으로 나누어졌다. 그룹 1은 1983년 2월과 4월 그리고 1984년 2월의 세 군집으로 형성되어 있으며, *Lagis bocki*가 최우점종으로 나타나는 시기의 군집들이다. 그룹 2는 1984년 10월까지의 조사시기 중 *L. bocki*가 우점하는 시기를 제외한 나머지 시간군집으로 형성되었다. 이 그룹의 우점종으로 *L. longifolia*, *Praxillella affinis*, *Nephys polybranchia*, *Chaetozone setosa*, *Chaetozone sp.*, *G. gurjanovae* 등이 우점하고 있다. 그리고 그룹 3은 *L. bocki*의 겨울철 출현 양의 감소와 *H. filiformis*의 증가가 특징이며, 이런 종조성을 보이는 시간 군집은 1984년 12월부터 조사종료 시기인 1985년 4월까지 이어진다. 따라서 사질 정점에서의 집과분석의 특징은 *L. bocki*가 높은 밀도로 출현하는 두번의 동계 군집, *L. bocki*가 감소한 시기, 그리고 1984년 12월 이후 동계 출현밀도가 감소한 후 *H. filiformis*가 우점하

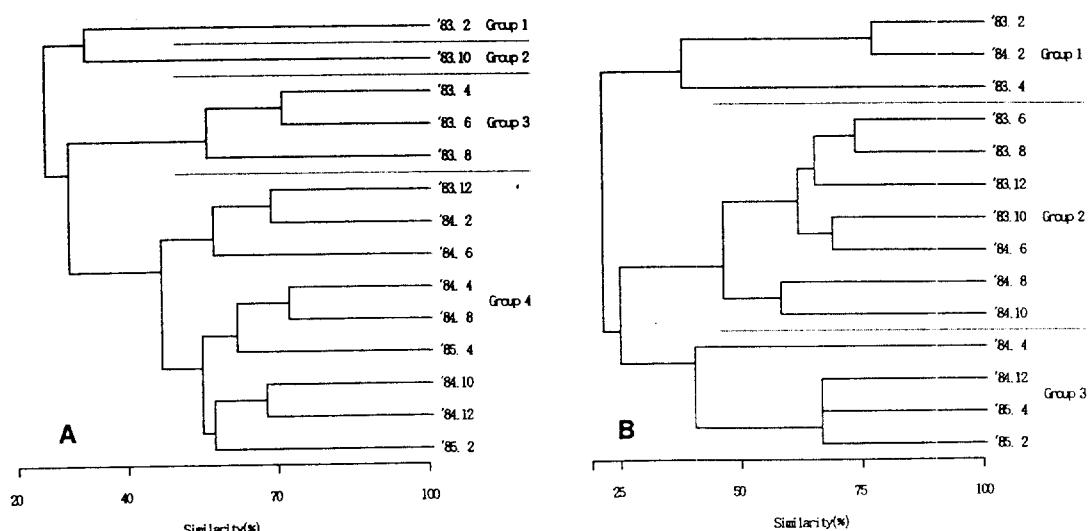


Fig. 7. Similarities between the benthic polychaetes at two subtidal stations in Kwang-Yang Bay, Korea. A: Muddy station, B: Sandy station.

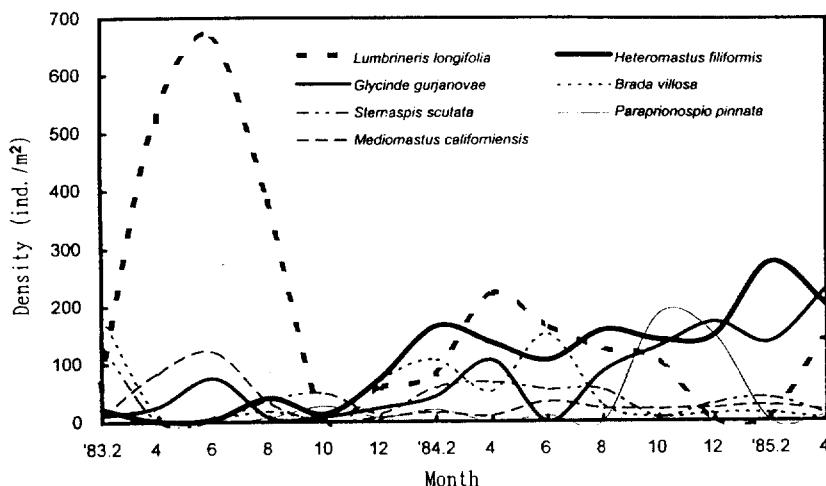


Fig. 8. Temporal variation of population densities of the dominant species at the muddy station.

는 그룹이 형성된 것이다.

6. 우점종의 시간에 따른 변화

이질 정점에서 우점하는 종은 *L. longifolia*, *H. filiformis*, *G. gurjanovae*, *Brada villosa*, *S. scutata*, *P. pinnata*, *Mediomastus californiensis* 등으로 이들 상위 7개 종이 조사기간 중 채집된 전체 개체수의 74%를 차지하고 있다. 이 중 *L. longifolia*는 평균 밀도가 197 ind.·m⁻²으로 전체의 25%를 차지하여 가장 우점하는 종으로 나타났다. 이 종은 매년 4월에서 8월까지의 시기에 높은 밀도를 보이고 있으며, 동계에 밀도가 감소하는 양상을 보인다. 또한 *L. longifolia*는 1983년 4월부터 8월까지 500 ind.·m⁻² 정도의 높은 밀도를 보인 반면 1983년 10월에 그 밀도가 급격히 감소하다가 다시 증가하여 1984년 4월에도 가장 우점하는 종으로 나타났다. 그러나 그 밀도에 있어서는 160 ind.·m⁻² 정도로 1983년에 비해서 크게 감소하였다. 또한 밀도의 급격한 감소는 1984년 12월에 발생하였으며 그 후에는 밀도의 증가가 나타나지 않았다(Fig. 8). *H. filiformis*는 평균 밀도가 106 ind.·m⁻²으로 전체의 15% 정도를 차지하고 있다. 특히 *H. filiformis*는 1983년 2월부터 10월까지는 평균 16 ind.·m⁻²의 낮은 밀도로 출현하였으나 1983년 12월부터 점차 증가하기 시작하여 1985년에 와서는 200 ind.·m⁻² 이상의 높은 밀도를 유지하고 있다. *G. gurjanovae*는 평균 75 ind.·m⁻²의 밀도로 전체의 10%를 차지하고 있다. *G. gurjanovae*는 1983년 6월에는 75 ind.·m⁻²으로 비교

적 높은 밀도를 보이기는 하였으나 전반적으로 큰 밀도의 변화를 보이지는 않고 일정한 수준을 유지하였다. 그러나 1984년부터는 밀도가 점차 증가하기 시작하여 1985년 4월에는 230 ind.·m⁻²의 밀도를 보여 가장 우점하는 종으로 나타났다. *B. villosa*와 *S. scutata*는 각각 전체 밀도의 10%와 7% 정도를 차지하고 있으며, 두 종 모두 전반적으로 동계인 1983년 2월과 1984년 2월이 다른 시기에 비해 비교적 밀도가 높은 계절성을 보이고 있다. 그러나 이 두 종 모두 동계인 1985년 2월 조사시에서는 밀도의 증가를 보이고 있지 않다. *P. pinnata*는 전체 밀도의 5% 정도를 차지하고 있으며, 하계가 지난 10월과 12월에 밀도가 증가하는 양상을 보이고 있다. 특히 1984년 10월과 12월에는 각각 187 ind.·m⁻²과 149 ind.·m⁻²의 높은 밀도를 보여 1984년 10월 군집에서 가장 우점하는 것으로 나타났다. *M. californiensis*는 전체의 4% 정도를 차지하고 있다. 시간에 따른 밀도의 변화는 1983년 4월과 8월에 각각 83 ind.·m⁻²과 120 ind.·m⁻²의 비교적 높은 밀도를 보였으며 1983년 10월에는 전혀 출현하지 않았다. 그 후 밀도는 다소 증가하여 1984년부터는 20 ind.·m⁻² 내외의 일정한 밀도를 보이고 있다.

사질 정점에서는 *L. longifolia*, *Lagis bocki*, *H. filiformis*, *Praxillella affinis*, *Nephtys polybranchia*, *Chaetozone* sp., *G. gurjanovae*, *Chaetozone setosa* 등이 우점하고 있다. 특히 이 종에서 *L. longifolia*, *L. bocki*, *H. filiformis* 세 종이 전체의 60%를 차지하고

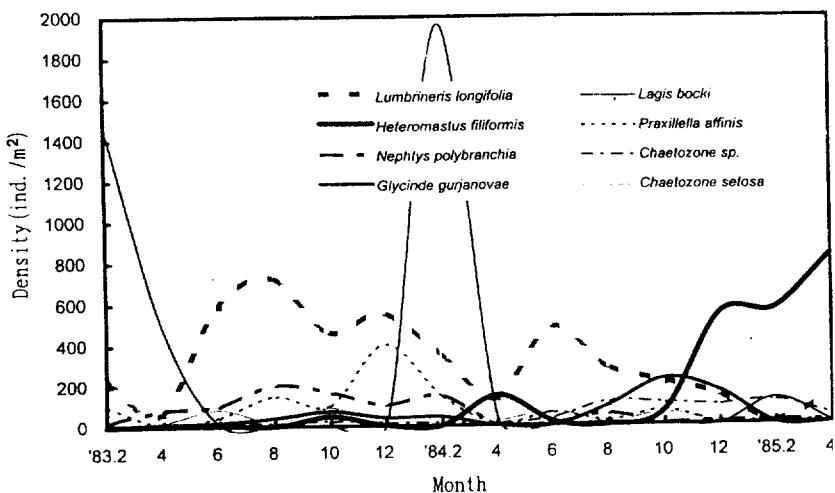


Fig. 9. Temporal variation of population densities of the dominant species at sandy station.

있다. *L. bocki*는 전체의 23%를 차지하고 있으며, 시기에 따른 밀도의 극심한 변화를 보이고 있다. 특히 높은 밀도로 출현한 1983년과 1984년 2월에는 1,468 ind.·m⁻²과 1,963 ind.·m⁻²으로 이 두 시기에 출현한 밀도가 전체 조사기간 중 출현한 개체수의 84%를 차지해 동계인 1983년과 1984년 2월에 집중적으로 출현하고 있음을 보여주고 있다. 또한 이 종은 1985년 2월에도 125 ind.·m⁻²으로 다른 종들에 비해 비교적 높은 밀도로 출현하기는 하였으나 앞선 2개년의 동계 때의 밀도에 비해서는 매우 큰 폭으로 감소하였다. 따라서 이 종은 동계에 높은 밀도를 보이며 밀도가 급증하였다가 곧바로 크게 감소하는 양상을 보인다. 그리고 1985년 2월에는 동계출현 밀도가 크게 감소한 결과를 보여주고 있다(Fig. 9).

사질 정점에서 개체수면에서 가장 우점하는 것으로 나타난 *L. longifolia*는 평균 301 ind.·m⁻²이 출현하여 전체의 24%를 차지하고 있다. *L. longifolia*는 꾸준히 높은 밀도로 출현하고 있으며, 1983년과 1984년 6월과 8월에도 높은 밀도로 출현하고 있다. 그리고 두 번의 높은 밀도는 1984년이 1983년에 비해 줄어든 양상으로 이질 정점에서의 변화와 시간차가 있기는 하나 변화 양상에 있어서는 동일한 면을 보여주고 있다. *H. filiformis*는 평균 160 ind.·m⁻²으로 전체의 13%를 차지하고 있으며, 특징적인 밀도 변화의 양상을 보여주고 있다. 이 종의 변화 양상의 특징은 1984년 12월에 밀도가 급증하였으며, 그 후에도 계속 밀도가 증가한다는 것이다. 따라서 1984년

12월 군집부터는 가장 우점하는 종으로 나타났다. 그리고 1984년 12월 전의 군집에서도 두 번의 밀도 증가가 있었으며, 이 두 시기는 *L. longifolia*의 감소 시기와 일치하고 있다. 그 다음으로 *P. affinis*는 평균 78 ind.·m⁻²으로 전체의 6% 정도를 차지하고 있다. 시간에 따른 밀도의 변화는 1983년 8월부터 1984년 2월까지 비교적 높은 밀도를 보이고 있으며, 특히 1983년 12월에는 396 ind.·m⁻²의 높은 밀도를 기록했다. 그러나 이런 밀도는 1984년 4월에 감소하여 그 후에는 큰 변동을 보이지 않았다. *N. polybranchia*는 평균 60 ind.·m⁻²의 밀도로 전체의 5%를 차지하고 있으며, 시간에 따른 변화양상은 조사초기부터 증가하기 시작하여 하계인 1983년 8월에 194 ind.·m⁻²으로 최고 밀도를 기록했다. 그 후 밀도는 점차 감소하기 시작하여 1984년 4월에는 6개체만이 출현하였다. 그리고 1984년 8월에도 1983년 하계와 마찬가지로 47개체로 밀도가 증가하기는 하였으나 1983년에 비해서는 작은 폭의 증가였다. 또한 그 외의 시기에는 10개체 미만의 낮은 밀도를 보여 1983년에 비해 1984년에 밀도가 큰 폭으로 감소한 결과를 보였다. *G. gurjanovae*는 평균 50 ind.·m⁻²으로 전체의 4%를 차지하고 있으며, 시간에 따른 변화의 양상은 밀도가 봄부터 증가하기 시작하여 추계인 10월에 최대밀도를 보이며, 동계부터 다시 감소하는 비교적 뚜렷한 계절성을 보인다. 이런 현상은 1983년과 1984년에 모두 나타났으며, 특히 1984년에는 밀도의 변화폭이 훨씬 더 커졌으며, 10월에는 228개체가 출현하여 이 시

기 군집에서 가장 우점하는 종으로 나타났다. *Chae-tozone* sp.는 평균 42 ind.·m⁻²으로 3% 정도를 차지하고 있다. 이 종은 1983년 2월부터 1984년 6월까지는 밀도의 큰 변화 없이 고른 분포를 보이던 것이 1984년 8월에 밀도가 증가하였으며, 증가된 밀도는 1985년 2월까지 이어졌다. *C. setosa*는 평균 30 ind.·m⁻²의 밀도로 전체의 2% 정도를 차지하고 있으며, 시간에 따른 변화 양상은 전 조사시기 동안 겨울에 낮고 그 외의 시기에는 증가된 밀도를 보이나 그 변동 폭은 크지 않다.

고 찰

광양만은 섬진강 하구역에 위치하고 있어 담수가 유입하고 있으며, 집중호우에 의한 염분도의 변화가 큰 일시적인 환경의 교란이 발생하는 지역이다. 특히 조사기간인 1983년부터 1985년 사이에 광양제철소 부지 조성을 위한 호안 축조공사 및 헤도 복수로 지역에서의 준설공사가 한창 진행중인 시기로 인위적인 환경교란 요소가 다모류의 군집에 영향을 미쳤을 가능성을 추측할 수 있다. 실제로 광양만은 광양제철소 건설공사로 인하여 섬진강에서 유입되는 담수의 유입경로와 조류의 유속 등이 변화하였으며, 이로 인해 다모류 군집에 크게 영향을 미치는 퇴적환경을 변화시켰다. 특히 사질 정점이 위치한 헤도 복수로 지역에서는 이질 함량이 증가된 세립화 현상이 나타났으며, 이질 정점이 위치한 주수로 지역에서는 이질 퇴적물이 공사전 보다 감소하는 결과를 가져왔다(포항제철주식회사, 1988). 따라서 본 조사에서는 광양만 내에서의 천이의 주된 원인이 환경의 변화에 의한 것인지 아니면 생물학적 요인에 의한 자연적인 천이 현상인지를 규명할 필요성이 제기된다.

이런 천이 현상의 증거로는 이질 정점이나 사질 정점 모두 종수 및 밀도의 변화, 유사도 분석, 집괴 분석, 우점종의 변화에서 뚜렷히 나타났다. 그러나 두 정점에서의 군집의 변화의 시점에는 상당한 차이가 있다. 이질 정점에서는 1983년 10월에 종수 및 밀도가 크게 감소하였으나 그 후 전과 동일한 수준으로 곧 회복되었다. 유사도 분석 결과에선 1983년 10월 군집은 다른 모든 군집과 매우 낮은 유사도를 보이고 있으며, 이 이후 군집부터는 다시 증가하였다. 그러나 10월 이전의 군집과 이후의 군집과의 유사도는 낮은 값을 보여 10월 이후 다소 조성이 다른

군집이 형성된 후 전과는 다른 방향으로 진행하고 있음을 보여준다. 이런 결과는 집괴 분석에서도 동일하게 나타나고 있다. 그리고 10월을 기점으로 해서 우점종에 있어서도 커다란 변화가 있었다. 1983년 10월 이전 최우점종이던 *L. longifolia*가 10월 큰 폭으로 감소한 후 다시 밀도의 증가가 있었으나 중요성에 있어서는 크게 감소하였다. 반면에 *H. filiformis*와 *G. gurjanovae*는 10월 이전의 군집에서는 낮은 밀도로 출현하고 있었으나 10월 이후 급증하여 계속 증가하는 추세를 보이고 있으며 1984년 10월 이후부터는 이 두 종이 군집 내에서 가장 우점하는 것으로 나타났다. 이와 같은 사실로 미루어 볼 때 이질 정점에서 급격한 환경변화에 의해 군집이 변화했음을 알 수 있다.

조사기간 중 광양만 저서다모류군집에서 발생할 수 있는 군집의 변화 요인으로는 다음과 같은 몇 가지를 가정할 수 있다. 첫째, 광양 제철소의 부지조성으로 인한 매립과 항로 준설이 한창 진행중인 시기에서 물리적 환경 요인의 교란 및 변화에 따른 점진적인 군집의 천이, 둘째, 만내에서 빈번히 발생하는 하계 저층수의 무산소 내지는 빈산소로 인한 하계 이후 군집의 파괴와 이로인한 군집의 변화 가능성, 셋째, 집중호우나 태풍같은 기상의 급변으로 인한 영향 등을 들 수 있다. 먼저 두번째 가정인 하계 내만에서의 무산소 또는 빈산소가 저서 다모류 군집에 심각한 영향을 준다는 사실은 잘 알려진 사실이다 (Reish, 1963, 1967; Hong, 1987). 그러나 광양만의 경우 낮은 저층수의 용존산소량을 보이는 8월에 평균 5.6 mg·l⁻¹로 다모류를 대상으로 한 현장 관측과 실험실 실험으로 밝혀진 치사 또는 영향을 미치는 농도 보다 월등히 높은 수준을 유지하고 있다. 그리고 이 정도의 용존산소량이 군집에 영향을 주었다면 1983년 하계 이후에도 이런 양상이 재현되었어야 하나 실제로 군집의 변화현상이 발생하지 않아 용존산소 부족에의 영향으로 보기에는 어렵다. 세번째 가정인 집중호우나 태풍의 영향은 실제로 1983년 9월 말 태풍 포레스트가 남해안을 통과함에 따라 광양만 주변에 집중호우가 발생하였다. 이 영향으로 인해 섬진강에서의 담수 유입량이 증가하였고 염분도도 10월 조사시 이질 정점에서 29‰로 감소하였다(포항제철주식회사, 1985). 그러나 이질 정점은 사질 정점에 비해 섬진강에서 유입되는 담수의 영향을 적게 받는 만 입구의 주수로에 위치하고 있어 9월말에 있었던 집중호우에 의한 급작스런 염분도의 감소가 군집에

영향을 미쳤을 경우 그 영향은 묘도 북쪽 사질 정점이 크거나 비슷한 군집의 파괴 양상이 있었어야 하나 그 정점에서는 이런 결과를 보여주지 않아 집중 호우에 의한 저염분의 영향으로 보기는 어렵다. 그리고 태풍에 의한 직접적인 영향은 만 입구와 가까운 주수로에 위치한 이질 정점이 사질 정점에 비해 더 받을 가능성이 크다. 그러나 일반적으로 태풍의 직접적인 영향에 대한 증거는 대부분 조간대나 수심이 아주 얕은 연안 해역에 해당하고 있어(Eagle, 1975) 남해안에 태풍이 상륙할 당시의 크기와 이질 정점의 수심을 고려할 때 저층의 퇴적물을 제거하거나 교란 시킬 만큼의 위력을 지니지 않았을 것으로 생각된다. 마지막으로 첫번째 가정인 물리적 환경요인의 점진적인 변화로 인하여 수괴의 불안정 및 환경의 변화로 인해 우점종인 *L. longifolia*가 다음 세대로 이어지는 과정에서 새로운 세대의 가입이 감소하여 기존에 유지되던 종들간의 역학 관계가 파괴되었으며, 이로 인해 군집의 천이과정에서 초기에 경쟁상대가 없을 때 개체군의 증가를 보이는 것으로 알려진 기회종증의 하나인 *H. filiformis*가 우점하는 군집으로 변화했으며(Pearson and Rosenberg, 1978), 이 기회종이 새로운 우점종으로 출현함에 따라 이에 뒤따른 *G. gurjanovae* 등과 같은 우점종의 변화가 이어지고 있다. Hill(1983)은 이런 현상이 새로운 군집이 형성되는 과정에서 군집의 불안정이 지속되고 있는 것이며, r-전략자(r-strategies)가 우점하는 군집의 빠른 변동과 종 조성의 변화를 환경의 변화가 발생한 지역에 위치한 군집의 일반적인 현상이라고 하였다.

이와 같은 결과를 본 연구의 조사 보다 앞선 시기인 1982년 7월과 공사 완료 후에 조사된 1987년과 1988년에 계절별로 조사한 신과 고(1990)의 결과와 비교해 보았다. 1982년 7월 조사시에는 이질 정점과 인접하고 퇴적상이 유사한 정점에서 *L. longifolia*가 100 ind.·m²으로 가장 우점하고 있으며 *Sternaspis scutata*, *Terebellides stroemii*, *Chone teres* 등이 우점하고 있었으나 1987과 1988년에 와서는 이런 군집이 *L. longifolia*, *Nephtys polybranchia*, *Terebellides horikoshii*가 우점하는 군집으로 변하였다. 이와 같은 결과를 본 연구의 결과와 연결하여 유추해 보면 다음과 같은 결론을 얻을 수 있다. 광양만은 수로 지역에서 공사 전 *L. longifolia*, *T. stroemii*, *C. teres* 등이 우점하던 군집을 형성하고 있었으나 환경이 변함에 따라 천이과정을 겪게되었으며, 이런 천이 시기 동안

기회종의 성격을 지닌 *H. filiformis*, *G. gurjanovae* 등이 우점하게 되었다. 이 지역은 공사로 인하여 주수로 지역이 조립화됨에 따라 공사전의 다모류 군집에 비해 *N. polybranchia*가 군집 내에서 차지하는 중요도가 증가한 것으로 보인다. *N. polybranchia*는 광양만 내에서 비교적 조립한 퇴적상에서 서식 밀도가 높다는 결과(정, 1992)를 볼 때 주수로 지역은 공사로 인하여 조립화 됐다는 결과(포항제철주식회사, 1988)와 일치하고 있다.

사질 정점은 동계인 1983년과 1984년 2월에 *L. bocki*가 매우 높은 밀도로 출현하고 있는 것이 특징이다. 이런 동계의 높은 밀도 변화는 1985년 2월 경에는 *L. bocki*가 앞선 두 해에 비해 낮은 밀도로 출현하는 양상을 보였다. *L. bocki*의 격심한 밀도 변화의 영향은 유사도 분석과 집괴 분석에서도 뚜렷이 보여주고 있다. 유사도와 집괴분석 결과 사질 정점은 세 개의 그룹으로 분리된다. 이와 같은 그룹을 형성하는 요인으로는 조사 시작부터 1984년 10월까지 *L. bocki*의 출현 밀도의 변화에 따라 두 개의 그룹이 형성되며, 1984년 10월 이 후 *L. bocki*의 가입 실패와 우점종이던 *L. longifolia*의 밀도 감소 그리고 *G. gurjanovae*와 *H. filiformis*의 급격한 밀도 증가로 인한 새로운 그룹의 형성이다. 따라서 사질 정점은 1984년 10월까지는 *L. bocki*와 *L. longifolia*, 그리고 *N. polybranchia*에 의해 군집이 유지되어 왔으며, 이러한 우점종들의 밀도가 감소함에 따라 전혀 다른 새로운 군집으로 변화했음을 알 수 있다. 그러나 새로운 군집이 형성되어 가는 과정의 종 조성 및 변화 양상은 유사하나 새로운 군집이 형성되기 이전 군집이 변하는 과정에서 이질 정점과는 몇 가지 차이점이 관찰되었다; (1) *Lagis bocki*의 심한 밀도 변동, (2) 사질 정점의 군집의 변화가 나타나는 시기가 이질 정점과는 대략 1년 정도의 시간 차가 있다는 점, (3) 사질 군집에서의 우점종 중 *Nephtys polybranchia*의 감소이다.

빗갓지렁이과(科)의 *L. bocki*는 광양만의 넓은 지역에 고르게 분포하는 것이 아니라 일부 정점에서만 높은 밀도로 출현하고 있다(Choi and Koh, 1985; 정, 1992). 이런 무더기 분포(patchy distribution)는 같은 빗갓지렁이 과에 속하는 영불해협을 비롯한 유럽의 연안 해역에 분포하는 *Pectinaria koreni*의 분포 특성과 잘 일치한다(Nichols, 1977; Gentil, 1980; Caspers, 1987). *P. koreni*의 경우 프랑스 Seine강 하구역에서

조사된 결과에 의하면 이 종의 *Life cycle*은 15~18 개월이며, 5월 말에서 6월 사이에 단 한번 산란하며 12~15일간의 부유유생 시기를 거치고, 밀도의 연간 변화는 가입이 일어난 여름철에 $3,000 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-2}$ 의 높은 밀도를 보이며, 겨울철에는 $50 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-2}$ 의 밀도를 보이는 밀도변동이 매우 큰 종으로 보고하였다 (Gentil *et al.*, 1986; Elkaim et Irlinger, 1987; Lagadeuc, 1990; Irlinger *et al.*, 1991). 이런 밀도의 심한 변화는 독일의 Kiel Bay에서도 동일한 결과를 보여 주고 있으며, 특히 Kiel Bay에서는 가입 시기인 여름 철 시기에 2년 동안은 $1,000 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-2}$ 이상의 높은 밀도를 보이다가 3년째 가서는 100개체 이하로 감소하는 결과를 보였다(Nichols, 1977). 이런 결과의 원인으로 Nichols(1977)는 세번째 해의 여름에 태풍이 오지 않아 수괴의 성충화가 계속 유지되었으며, 수온의 증가로 인해 저층수의 용존산소가 부족하게 되어 유생이 가입에 실패했다는 가설을 제안하였다. 또한 심한 사망률의 원인으로 저어류에 의한 포식활동을 들고 있다. 실제로 Peer(1970)는 *Pectinaria hyperborea*의 개체군 역학적 연구 결과 포식자에 의한 사망률이 80%에 이른다고 밝혔다. 그 밖에도 Rosenberg (1977)는 스웨덴의 하구해역에서 이 종이 준설 후 군집이 재형성되는 과정에서 초기에 높은 밀도로 정착하는 기회종의 성격을 가지고 있다고 하였다.

이와 같은 연구 결과들을 종합해 볼 때 빗갯지렁이과(Pectinariidae)에 속하는 종들은 환경 조건이 좋을 경우 대량 가입하여 높은 밀도의 개체군을 형성하며, 가입 후 저어류 등에 의한 포식활동에 의해 높은 사망률을 보인다. 그리고 해에 따른 가입 밀도의 변화가 매우 크며, 분포형태는 띠엄띄엄 섬모양의 심한 국부적 집중 분포를 보이는 것이 특징이다.

특히 *L. bocki*는 1982년 여름철에 묘도 북수로 지역에서 매우 높은 밀도로 출현하여 가장 우점하는 종이었으나(Chio and Koh, 1985), 공사가 끝난 후인 1987년과 1888년의 계절별 조사에서 출현하지 않아 신과 고(1990)는 매립과 준설공사로 인하여 광양만의 퇴적상이 세립화됨에 따라 소멸된 것으로 보고하였다. 그러나 *L. bocki*는 1994년 1월 묘도 북수로 지역에서 대량으로 발견되어 이 종이 광양만에서 완전히 소멸되었다고는 볼 수 없다(미발표 자료). 따라서 1987과 1988년 신과 고(1990)의 계절별 조사에서 이 종이 출현하지 않은 것에 대해 다음과 같은 두 가지 가정을 상정해 볼 수 있다. 첫째, 이 종의 분포 특성

인 무더기 분포(pachy distribution)로 인해 신과 고(1990)의 조사 정점에는 출현하지 않았을 가능성과, 둘째, *L. bocki*가 매립과 준설 공사의 영향으로 대부분의 개체군이 소멸되었다가 1988년 이 후 개체군이 재형성되었을 가능성이 있다. 이 종이 무더기 분포의 특성으로 인해 출현하지 않았을 가능성은 신과 고(1990)의 조사 정점이 *L. bocki*가 대량으로 출현하는 정점과는 다소 차이가 있기 때문이다. 그러나, 10개 정점에 대한 4계절 조사라는 것을 감안하면 환경의 변화에 따라 1987년과 1988년에는 이 지역 개체군이 소멸한 것으로도 생각해 볼 수 있다. 즉, 이 종의 개체군은 공사전인 1982년에는 여름철에도 일부 지역에서는 높은 밀도로 서식하였으나 공사기간 중인 본 조사시기 동안에는 동계인 1983년과 1984년 2월에 만 높은 밀도로 출현하는 심한 계절성을 보였으며, 동계의 높은 밀도도 1985년 2월에 와서는 그 밀도가 큰 폭으로 감소하는 결과를 가져와 이 종은 공사로 인한 환경의 교란에 따라 심한 밀도변동을 보이며 소멸해 갔으며, 동계인 1994년 1월의 높은 밀도(미발표 자료)와 하계인 1993년 7월의 낮은 밀도(미발표 자료)로 볼 때 환경의 교란에 의해 파괴되었던 군집이 최근에 와서야 서서히 회복되고 있다는 설명이 가능하다. 따라서, 이러한 주요 우점종의 개체군 증가와 소멸에 대한 논쟁은 대상해역의 군집생태학적 연구가 장기적으로, 보다 많은 정점에서, 구체적으로 수행되어야만 타당한 결론을 얻을 수 있다.

한편, 이질 정점과 사질 정점에서 군집이 변화를 보이는 시점의 차이는 매립과 준설이 행해졌던 당시의 공사 일정 및 위치에 대한 정확한 자료가 부족하여 명확히 알 수 없으나, 광양만 내에서의 두 조사지점의 수력학적 조건 및 그에 따른 환경 변화의 정도가 군집에 미치는 영향의 차이로 인하여 군집의 변화 시점이 늦게 발생한 것으로 생각된다. 그리고 주로 사질 퇴적물에서 우점하는 것으로 알려진 *N. polybranchia*의 밀도가 사질 정점에서 점차 감소하는 것은 묘도 북수로 지역이 세립화되고 있다는 것을 간접적으로 뒷받침하고 있다고 생각된다.

감사의 글

본 연구는 포항종합제철주식회사(1985)의 광양제철소 부지 조성 공사시 준설토 배출에 따른 오타의 광양만 만내 확산을 감시하고 해양생태계에 미치는

영향을 조사하기 위한 연구의 일환으로 수행되었었다.

참고문헌

- 박용안, 이창복, 최진혁, 1984. 광양만의 퇴적환경에 관한 연구. *한국해양학회지*, **19**: 82-88.
- 신현출, 고철환, 1990. 광양만 다모류군집의 시공간적 변화. *한국해양학회지*, **25**(4): 205-216.
- 정래홍, 1992. 광양만 저서다모류 군집에 관한 연구. 이학석사 학위논문. 인하대학교, 96pp.
- 포항종합제철주식회사, 1985. 광양제철소 부지조성 오타 관측 보고서.
- 포항종합제철주식회사, 1988. 광양제철소 부지조성 환경영향 평가.
- 홍재상, 서인수, 유재원, 정래홍, 1994. 인천 북항 주변 해역의 해양저서동물상. *자연보존*, **88**: 34-50.
- Boesch, D. F. and R. Rosenberg, 1981. Responses to stress in marine benthic communities. In: Stress effect on natural ecosystems. Edited by G. W. Barret and R. Rosenberg, John Wiley and Sons, New York, 179-200.
- Bonsdorff, E., 1980. Macrozoobenthic recolonization of a dredged brackish water bay in S. W. Finland. *Ophelia, suppl.* **1**: 145-155.
- Bonsdorff, E., 1983. Recovery potential of macrozoobenthos from dredging in shallow brackish waters. *Oceanol. Acta*, In: Proceeding 17th European Marine Biology Symposium, **1982**: 27-32.
- Caspers, H., 1987. Changes in the benthos at a sewage-sludge dump site in Elbe Estuary. In: Oceanic processes in marine pollution Volume 1, Biological processes and wastes in the ocean edited by J. M. Capuzzo and D. R. Kester, Robert E. Keiger Publishing Co., Inc., 201-203.
- 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.
- Eagle, R. A., 1975. Natural fluctuations in a soft bottom benthic community. *J. Mar. Biol. Ass. U. K.*, **55**: 856-878.
- Elkaim, B. et J. P. Irlinger, 1987. Contribution à l'étude de la dynamique des populations de *Pectinaria koreni* Malmgren (polychète) en baie de Seine orientale. *J. expl. mar. Biol. Ecol.*, **107**: 171-197.
- Gentil, F., J. P. Irlinger, B. Elkaim et F. Proniewski, 1986. Premiers données sur la dynamique du peuplement macrobenthique des sables fins envahis par *Abra alba* de la Baie de Seine orientale. In : La Baie de Seine, edited by L. Cabioch, Actes de Colloques CNRS-IFREMER, **4**: 409-420.
- Gray, J. S., 1980. Why do ecological monitoring? *Mar. Pollut. Bull.* **11**: 62-65.
- Gray, J. S., M. Ascan, M. R. Carr, K. R. Clarke, R. H. Green, T. H. Pearson, R. Rosenberg and R. M. Warwick, 1988. Analysis of community attributes of the benthic macrofauna of Frierfjord/Langesundsfjord and in a mesocosm experiment. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **46**: 151-165.
- Hartley, J. P., 1982. Methods for monitoring offshore macrobenthos. *Mar. Pollut. Bull.* **13**: 150-154.
- Hilly, C., 1983. Macrozoobenthic recolonization after dredging in a sandy mud area of the Bay of Brest enriched by organic matter. *Oceanol. Acta*, In : Proceeding 17th European Marine Biology Symposium, **1982**: 113-120.
- Hong, J. S., 1987. Summer oxygen deficiency and benthic biomass in Chinhae Bay. *J. Oceanol. Soc. Korea*, **22**(4): 246-256.
- Irlinger, J. P., F. Gentil et V. Quintino, 1991. Reproductive biology of the polychaete *Pectinaria koreni* (Malmgren) in the Bay of Seine(English Channel). *Ophelia*, **15**: 343-350.
- Jensen, K., 1986. Changes of the macrozoobenthos at 3 monitoring stations in the western Baltic Sea and Sound. *Hydrobiologia*, **142**: 129-135.
- 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, 547-604.
- Lagadeuc, Y., 1990. Processus hydrodynamiques, dispersion larvaire et recrutement en régime mégatidal. Exemple de *Pectinaria koreni* (annelide polychète) en baie de Seine (Manche). Thèse de doctorat, Univ. des Sciences et Techniques de Lille Flandres-Artois, France, 297pp.
- 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.
- Lopez-Jamar, E., G. Gonzalez and J. Mejuto, 1986. Temporal changes of community structure and biomass in two subtidal macrofaunal assemblages in La Coruna bay, NW Spain. *Hydrobiologia*, **142**: 137-150.
- Nichols, F. H., 1977. Dynamics and production of *Pectinaria koreni* (Malmgren) in Kiel Bay, West Germany. In : Biology of benthic organisms. edited by B. F. Keegan, P. O. Ceidigh and P. J. S. Boaden, 11th Europ. Symp. Mar. Biol., Galway, Oct. 1976, Pergamon Press, 453-463.
- Pearson, T. 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.
- Peer, D. L., 1970. Relation between biomass, productivity, and loss to predators in a population of a marine benthic polychaete, *Pectinaria hyperborea*. *J. Fish. Res. Bd. Canada*, **27**: 2143-2153.
- 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.

- Pielou, E. C., 1984. The Interpretation of Ecological Data, A Primer on Classification and Ordination. J. Wiley & Sons, N.Y., 263pp.
- Reish, D. J., 1963. Further studies on the benthic fauna in a recently constructed boat harbor in southern California. *Bull. South. Calif. Acad. Sci.*, **62**: 23-32.
- Reish, D. J., 1967. Relationship of polychaetes to varying dissolved oxygen concentrations. *Proc. Int. Conf. Water Pollut. Res.*, **3rd**, 1966, 3(10): 1-10.
- Rosenberg, R., 1977. Effects of dredging operations on estuarine benthic macrofauna. *Mar. Poll. Bull.*, **8**(5): 102-104.
- Rosenberg, R., 1975. Benthic faunal dynamics during succession following pollution abatement in a swedish estuary. *Oikos*, **27**: 414-427.
- Sanders, H. L., 1958. Benthic studies in Buzzards Bay. I. Animal-sediment relationships. *Limnol. Oceanog.*, **3**(3): 245-258.
- Sanders, H. L., J. F. Grassle, G. R. Hampson, L. S. Morse, S. Garner-Price, and C. C. Jones, 1980. Anatomy of an oil spill: long-term effects from the grounding of the barge Florida off West Falmouth, Massachusetts. *J. Mar. Res.*, **38**(2): 265-380.
- Shannon, C. E. and W. Weaver, 1963. The mathematical theory of communication. Urbana, Univ. of Illinois Press, 125pp.

Accepted October 13, 1995