

영광원전 주변 해역의 조간대 갯벌에 서식하는 중형저서생물

김동성*¹ · 최진우¹ · 강래선²

¹ 한국해양연구원 해양환경·기후연구본부

² 한국해양연구원 해양자원연구본부

Meiobenthic Animals of the Tidal Flat Near the Yeonggwang Nuclear Power Plant

Dongsung Kim*¹, Jin-Woo Choi¹, and Rae-Seon Kang²

¹Marine Environment and Climate Change Laboratory, KORDI

Ansan P.O. Box 29, Seoul 425-600, Korea

²Marine Resources Laboratory, KORDI

Ansan P.O. Box 29, Seoul 425-600, Korea

Abstract : Meiobenthic community structure of tidal flats near the Yeonggwang Nuclear Power Plant have studied during summer (June) and fall (October) 1997. Examination of sediment samples collected along the transects showed that there were 18 different types of meiobenthos in the study area. The most abundant meiobenthic animals belonged to Phylum Nematoda in both seasons and all transects. However, sediment samples collected near discharge areas, transects A and B, showed relatively lower abundance than other general coastal areas. Another abundant meiobenthic organism is benthic Harpacticoids which is very sensitive to any environmental changes. Polychaets and Ostracods were next abundant meiobenthos which also showed the difference between the study area and other general coastal areas. Only transect C maintained similar meiobenthic abundance and diversity to other coastal areas. Horizontal distribution for transects A and B showed higher densities in upper and mid tidal flat zones. On the other hand, transect C which is located furthest from the discharges showed an increasing trend in abundance from upper to lower areas. For size distribution analyses showed that animals which fit into the meshsize of 0.125 mm were abundant. Vertical distribution of meiobenthic animals within the sediments for both sampling seasons showed the highest individual numbers in the surface sediment layers of 0-1 cm depth and showed a decreasing trend as sediment gets deeper. Each class of meiobenthos had different vertical profiles. When comparing survey transects A and B with other similar tidal flat areas, this sites seems to a very unstable environment of tidal flats near the Yeonggwang Nuclear Power Plant.

Key words : 중형저서생물(meibenthos), 발전소(power plant), 선충류(nematodes), 갯벌(tidal flat).

* Corresponding author. E-mail : dskim@kordi.re.kr

1. 서론

갯벌은 수많은 다양한 생물들이 서로 연계되어 생태계를 구성하고 있으며, 이러한 생태계가 갯벌의 자연적인 기능을 수행하고 있다. 특히 갯벌 주변부의 염습지는 지구상에서 가장 생산력이 높다고 알려진 열대 우림이나 산호초해역과 버금가는 높은 생산력을 보여준다고 밝혀지고 있다 (Costanza 1997; 이 1998; 한국해양연구소 1998). 그럼에도 불구하고 많은 연안개발과 환경오염으로 인하여 갯벌의 다양한 생태계가 많이 훼손되어지고 있으며, 그에 따른 보존의 필요성 또한 제기되고 있다. 또한 이에 따른 학문적인 접근도 요구되어지는데 아직 우리 나라의 갯벌에 서식하는 중형저서생물에 대한 연구 (Kim *et al.* 1998a, 1998b, 2000a, 2000b; Lee *et al.* 1998)는 시작 단계에 불과하여 몇 편의 업적만 있을 뿐이다.

중형저서생물은 천해계의 퇴적물 1 m²으로부터 10⁶~10⁷개의 높은 서식밀도 (McIntyre 1969), 퇴적물 내에서의 산소 분포에 미치는 중대한 영향, 생리활성이 높아 대형저서동물의 5배에 달하는 에너지 소비량 (Gerlach 1971)으로 전 에너지 소비의 46%를 차지하고 있어 (Shirayama 1984), 에너지 수지에서 중요한 역할 등 여러 면에서 저서생태계 내에서 중요한 위치를 차지하고 있다. 이와 같이 중형저서생물은 퇴적물 생태계 안에서 중요한 한 요소이고 그 생태를 밝히는 것이 생태계 전체를 파악하는 한 열쇠가 될 수 있다. 또한 최근 해양저서환경을 평가함에 있어서 중형저서생물의 유효성에 대한 관심이 높아지고 있다 (Sandulli and De Nicola 1990). 중형저서생물은 전 생활사를 저질 안에서 보내며, 서식을 위해 비교적 안정된 환경을 요구하며, 세대 기간이 짧기 때문에 환경의 변화에 대형저서생물에 비해서 짧은 기간에도 군집의 변화를 보인다고 알려져 있다 (Sandulli and De Nicola 1990). 지난 수년간 중형저서생물은 오염을 평가하는 도구로서 유용하게 사용되어져 왔다.

본 연구는 영광원전 주변의 해역을 대상으로, 발전소 4개 호기 가동에 따른 저서생태계의 영향 범위를 추정하는 기초 자료를 제공하기 위하여 시도되었다. 특히 배수구를 기준으로 남쪽으로 12.3 km와 북쪽으로 13.6 km에 이르는 조사범위 내에는 김 또는 패류를 대상생물로 삼는 양식면허업권과 맨손어업권이 위치하고 있기 때문에 본 연구의 결과는 이들 어업권이 발전소 온배수로부터 받는 영향을 평가하기 위한 기초자료로 아주 적합하다고 생각하며, 또한 향후의 5, 6호기 가동으로 인한 영향을 파악함에 있어서도 효율적으로 활용할 수 있으리라 생각된다.

2. 재료 및 방법

영광원자력 발전소 주변해역에 서식하는 중형저서생물의 수평적 생물상, 밀도 및 수직적 변화 등을 연구하기 위하여 1997년 6월 11일과 10월 26일 2회에 걸쳐 조사를 실시하였

다. 조사범위는 배수구의 가까운 곳으로부터 일정한 거리를 두고 갯벌에 한하여 조사 지선을 선정하였다. 각 조사지선 당 거리는 조상대로부터 썰물시 물이 빠지는 마지막 지점까지로 하였다. 조사지선 A는 배수구로부터 북쪽으로 원전 1, 2호기 영향권 안에서, 갯벌이 시작되는 곳으로부터 100 m 지점을 정점 1, 정점 1로부터 200 m 간격으로 정점 2, 3을 선정하였고, 조사지선 B는 원전 3, 4호기 영향권 안에서, 갯벌이 시작되는 곳으로부터 100 m 지점을 정점 1, 정점 1로부터 300 m 간격으로 정점 2, 3을 선정하였다. 조사지선 C는 대조지선으로 3, 4호기 영향권 밖의 곰소만 입구를 선정하여 갯벌이 시작되는 곳으로부터 100 m 지점을 정점 1, 정점 1로부터 400 m 간격으로 정점 2, 3을 선정하였다 (Fig. 1). 조사지선 C의 경우는 썰물시보다 더 멀리까지 갯벌이 형성되지만 조사지선 A, B와 균형을 맞추기 위해 900 m까지로 한정하였다.

각 정점에서 직경 3.6 cm 크기의 아크릴로 된 튜브를 코어링하여 퇴적물을 채취한 후, 표층으로부터 깊이 10 cm까지를 각각 1 cm씩 (0~1 cm, 1~2 cm, 2~3 cm, 3~4 cm, 4~5 cm, 5~6 cm, 6~7 cm, 7~8 cm, 8~9 cm, 9~10 cm) 자른 다음 로즈벵갈 (rose bengal)을 혼합한 5% 중성 포르말린으로 고정했다. 현장에서 연구소로 운반되어진 생물 시료는 연구실에서 각 크기의 체 (1 mm, 500 μ m, 250 μ m, 125 μ m, 63 μ m, 37 μ m)로 크기별로 걸러내어 광학현미경 하에서 분류 및 계수를 하였다. 퇴적물에 서식하는 중형저서동물의 밀도 및 수직분포를 알기 위하여 10 cm까지 처리한 시료의 분석에서 전 생물군이 표층 5 cm 안에 90% 이상을 차지하고 있어 이 곳에서는 5 cm까지의 시료의 값으로 균일하게 표현하기로 하였다.

동물군집의 분류에서 저서성 요각류 (harpacticoids)는 요각류목 (copepods)에 들어가지만 퇴적물 내에서의 요각류는 대부분이 저서성임을 감안할 때 보다 명확성을 기하기 위해 저서성 요각류 외의 요각류에 대해서는 요각류 (copepods)로 따로 분류하여 놓았음을 밝힌다.

3. 결과 및 고찰

군집조성 및 주요 생물군 개체수

여름 (6월)과 가을 (10월) 각 조사 지선의 각 조사정점에서 나타난 중형저서생물의 군집 조성을 보면 총 18개의 분류군이 출현하였다 (Table 1). 여름철 중형저서생물의 총 개체수를 보면, 조사지선 A에서는 정점 1에서 가장 높은 107 개체/10 cm², 정점 3에서 54 개체/10 cm²로 가장 낮은 개체수를 보였으며, 조상대에서 조하대쪽으로 갈수록 개체수가 서서히 감소하고 있음을 보였다. 각 정점별 우점하고 있는 군집을 보면 전 정점에서 선충류 (nematodes)가 20 개체/10 cm² 전후 (25.2~31.5%)로 가장 많이 서식하고 있었으며, 그 다음으로 많이 출현한 그룹은 정점 1에서는 갯지렁이류 (polychaetes)로 15 개체/10 cm² (14.0%), 정점 2, 3에서는 패충류 (ostracods)로 각각 19 개체/10 cm² (24.7%), 12 개체

/10 cm² (22.2 %)를 나타냈다. 이는 일반적으로 저서퇴적물 생태계에 있어서 선충류나 저서성 요각류 (benthic harpacticoids), 또는 지역에 따라 선충류나 유공충류 (sarcomastigophorans)가 가장 우점하고 있는 현상 (Shirayama 1993; Shirayama and Kim 1998; Kim *et al.* 1998a, 1998b)과 비교할 때 차이를 보이는 조사지선이라 할 수 있겠다. 또한, 조사지선 A의 개체수는 다른 조사 지선 및 천해계의 일반 서식 밀도, Sylt 섬의 조간대에서 조사되어진 결과 (Reise and Ax 1979)와 비교할 때 현저하게 낮은 밀도를 보이는 곳으로써, 생물이 서식하기에는 아주 부적합한 지역이라 할 수 있겠다. 생물이 서식하기 위해서는 여러 환경이 그에 적합하여야 하는데 이 지역이 자연으로서의 환경요인을 적합하게 갖추고 있지 못하다고 볼 수 있다. 이는 중형저서동물의 여러 그룹 중 우점하는 그룹에 속하며, 환경의 변화에 민감하다고 알려진 저서성 요각류가 정점 2에서 3 개체/10 cm², 정점 3에서 4 개체/10 cm²밖에 출현하고 있지 않다는 점이 이를 뒷받침하고 있다 하겠다. 조사지선 B에서는 정점 1에서 가장 높은 987 개체/10 cm²를 보였고, 정점 2에서 가장 낮은 개체수인 388 개체/10 cm²를 보였다. 전 정점에서 우점하고 있는 분류군은 선충류가 압도적으로 높아 정점 1에서는 687 개체/10 cm² (69.6 %), 정점 2에서는 222 개체/10 cm² (57.2 %), 정점 3에서는 436 개체/10 cm² (73.4 %)를 보였다. 그 다음은 전 정점 모두 유공충류로 정점 1에서 111 개체/10 cm² (11.2 %), 정점 2에서는 60 개체/10 cm² (15.5 %), 정점 3에서 35 개체/10 cm² (5.9 %)를 나타냈다. 이 해역은 정점 2, 3에서 20개체 이상의 저서성 요각류의 서식밀도나 분류군 출현수, 개체수 등을 볼 때 앞의 조사지선 A에 비해서는 다소 생물들이 서식하기에 좋은 환경이라 할 수 있지만, 다른 일반 천해계에서의 이들 값과 비교해 볼 때 이 값은 다소 낮은 값이라 할 수 있기에 이 지역도 생물들이 서식하기에 아주 적합한 지역이라고는 할 수 없을 것이다. 조사 지선 A, B 모두 자연 상태의 일반 해역에서 중형저서동물이 다양하게 출현 (Harris 1972; Ott 1972; Fricke *et al.* 1981; Coull 1988)하는 값 보다 적게 출현하였으며, 일반적인 천해계의 서식밀도인 105-106 개체/m² (Coull 1988) 보다 낮게 나타났다.

조사지선 C의 경우는 앞의 조사 지선들에 비해 비교적 많은 분류군들이 출현하는 다양성을 보였다. 각 정점에서의 총 개체수 밀도를 보면 정점 1과 정점 2는 비슷한 1,668 개체/10 cm², 1,685 개체/10 cm²를 나타냈으나, 정점 3의 경우가 두 정점에 비해 2배에 가까운 개체수인 3,104 개체/10 cm²의 값을 보였다. 각 정점에서 우점하고 있는 분류군을 보면 전 정점에서 압도적으로 선충류가 높은 밀도를 보여 정점 1에서 1,323 개체/10 cm² (79.3 %), 정점 2에서 1,145 개체/10 cm² (68.0 %), 정점 3에서는 이 지역 전 조사정점에서 가장 높은 2,574 개체/10 cm² (82.9 %)의 값을 보였다. 그 다음 높은 서식밀도를 보인 분류군은 정점 1, 2에서는 유공충류로 각각 106 개체/10 cm² (6.4 %), 155 개체/10 cm²

(9.2 %)이었고, 정점 3에서는 저서성 요각류로 174 개체/10 cm² (5.6 %)의 값을 보였다. 최근 해양 환경을 평가하는 방법에서 중형저서생물의 유효성에 대한 관심이 증대되고 있다 (Sandulli and De Nicola 1990). 특히 저서성 요각류는 중형저서생물군 중에서 다른 어떤 그룹보다도 환경 변화에 민감하다고 알려져 있다. 이러한 저서성 요각류의 서식 특성으로부터 오염의 영향 연구 대상으로서 이상적인 생물로, 자연 상태에 가까운 값을 얻기 위한 오염과 중형동물 군집과의 현상에서의 직접적인 도출 등을 시도해 왔다 (Hargrave and Thiel 1983; Warwick and Clarke 1991; Coull and Chandler 1992). 즉 해당 지역이 오염되어질 경우 개체수가 급격히 감소됨을 보여주는 대표적인 그룹 (Raffaelli 1981, 1987; Sandulli and De Nicola 1990)으로 본다면, 정점 3의 경우 다른 여러 정점들과 비교해 볼 때 환경의 조건이 생물들이 서식하기에 비교적 적합한 정점이라 할 수 있겠다. 또한 조사지선 B, C의 경우 조사지선 C의 정점 3에서만 가장 우점하는 선충류 다음의 우점 그룹이 저서성 요각류로 양자를 합한 비율이 88.5 %의 값을 보이고, 그 외의 정점에서는 선충류 다음으로 유공충류가 우점하여 양자를 합한 비율이 70~85 %를 차지하는 값을 보이고 있는데 이들은 다른 조사해역에서의 이 분류군들이 차지하는 값과 비교할 때 유사한 양상을 보이고 있었다.

퇴적물 입도 조성이 저서동물 분포에 많은 영향을 미친다는 것은 잘 알려져 있다 (Warwick and Buchanan 1970). 그러나 이들 지역은 각 조사지선들의 퇴적물 입도가 거의 비슷한 모래 지역임 (Fig. 1)에도 불구하고, 이 지역의 경우는 앞의 조사지선들과 비교할 때 서식밀도에 있어 아주 높은 값을 보이고 있다. 일반 해역의 값과 비교해 볼 때 이 지역의 서식밀도는 비교적 높은 값이라 할 수 있다. 즉 이 지역은 이들 중형저서생물이 서식하기에 아주 좋은 환경요소를 갖추고 있는 지역이라 할 수 있다. 여름에 있어 영광 화력 발전소의 배수구를 중심으로 앞에서 설명한 3개의 조사지선의 값은 배수구로부터 멀어질수록 높은 서식밀도를 보이고 있음을 나타냈다. 배수구와 아주 가까운 조사지선 A의 경우는 생물의 서식밀도가 일반적으로 나타나기 힘들 정도의 낮은 값을 보였고, 해양에서 이들이 갖고 있는 일반적인 값과 비교해 볼 때 매우 낮은, 생물이 서식하기에는 아주 부적합한 환경임을 말해 주고 있었다. 조사지선 B의 경우는 앞의 조사지선 A의 값보다는 비교적 양호한 값을 보여 주었지만 생물이 서식하기에 충분한 환경은 아니라고 보아진다. 그러나 조사지선 C의 경우는 생물이 서식하기에 적합한 좋은 환경요인들을 갖고 있는 해역이라 볼 수 있다.

가을 (10월)의 경우를 살펴보면 (Table 2), 조사지선 A의 각 정점에서의 개체수 밀도는 여름의 그 것과 비교해 볼 때 전반적으로 다소 높은 값을 나타냈으며, 여름에는 갯벌이 시작되는 곳으로부터 멀어질수록 개체수가 서서히 감소하는 현상을 보여 주었음에 비해 가을에는 이와는 다소 다르게 정점 1과 3이 비슷한 서식밀도인 202 개체/10 cm², 232 개체/10

Table 1. Community structure and individuals number of meiofauna at each station in the Yeonggwang tidal flat, June 1997. (unit: /10cm²)

June 1997 /station	Line A				Line B				Line C									
	St.1		St.2		St.3		St.1		St.2		St.3		St.1		St.2		St.3	
	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%
Nematodes	27	25.2	20	26.0	17	31.5	687	69.6	222	57.2	436	73.4	1323	79.3	1145	68.0	2574	85.9
Sarcomastigophorans	13	12.1	1	1.3			111	11.2	60	15.5	35	5.9	106	6.4	155	9.2	66	2.1
Harpacticoids			3	3.9	4	7.4	21	2.1	20	5.2	26	4.4	21	1.3	103	6.1	174	5.6
Ostracods	7	6.5	19	24.7	12	22.2	57	5.8	7	1.8	12	2.0	72	4.3	60	3.6	8	0.3
Ciliophorans	12	11.2	1	1.3	3	5.6	38	3.9	22	5.7	16	2.7	48	2.9	49	2.9	28	0.9
Nauplius	4	3.7	3	3.9	2	3.7	10	1.0	10	2.6	5	0.8	9	0.5	49	2.9	96	3.1
Polychaetes	15	14.0	6	7.8	6	141.1	24	2.4	17	4.4	22	3.7	34	2.0	18	1.1	19	0.6
Turbellarians	4	3.7	1	1.3	1	1.9	13	1.3	7	1.8	9	1.5	15	0.9	22	1.36	10	0.3
Gastropods			1	1.3			8	0.8	11	2.8		0.0	2	0.1	25	1.5	30	1.0
Amphipods	14	13.1	1	1.3			2	0.2	2	0.5	8	1.3					36	1.2
Bivalves					2	3.7	2	0.2			15	2.5	9	0.5	13	0.8	18	0.6
Copepods	4	3.7	14	18.2					4	1.0					4	0.2	1	0.0
Tardigrades													10	0.6	5	0.3	6	0.2
Gnathostomulids			4	5.2	1	1.9									7	0.4	8	0.3
Nemertines													1	0.1	3	0.2	4	0.1
Oligochaets					1	1.9	1	0.1					1	0.1	1	0.1	1	0.0
Cumaceans															1	0.1	3	0.1
Bryozoans					1	1.9												
Gastrotrichs									1	0.3								
Others	7	6.5	3	3.9	4	7.4	1.3	1.3	5	1.3	10	1.7	17	1.0	25	1.5	22	0.7
Total	107	100	77	100	54	100	987	100	388	100	594	100	1668	100	1685	100	3104	100

Table 2. Community structure and individuals number of meiofauna at each station in the Yeonggwang tidal flat, October 1997. (unit: /10cm²)

Oct. 1997 /station	Line A				Line B				Line C									
	St.1		St.2		St.3		St.1		St.2		St.3		St.1		St.2		St.3	
	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%
Nematodes	123	60.9	161	51.8	130	56.0	223	31.6	393	40.4	515	65.1	1134	62.8	1646	62.8	2389	76.7
Nauplius	5	2.5	33	10.6	12	5.2	52	7.4	100	10.3	26	3.3	150	8.3	352	13.4	154	4.9
Sarcomastigophorans	10	5.0	14	4.5	18	7.8	136	19.3	45	4.6	62	7.8	156	8.6	105	4.0	86	2.8
Ostracods	4	2.0	20	6.4	12	5.2	122	17.3	76	7.8	17	2.1	26	1.4	36	1.4	8	0.3
Ciliophorans	5	2.5	12	3.9	8	3.4	40	5.7	33	3.4	17	2.1	92	5.1	44	1.7	33	1.1
Polychaetes	21	10.4	13	4.2	17	7.3	25	3.5	33	3.4	20	2.5	57	3.2	31	1.2	27	0.9
Tardigrades	9	4.5					40	5.7	53	5.4	12	1.5	51	2.8	26	1.0	8	0.3
Turbellarians	1	0.5	4	1.3	1	0.4	6	0.8	15	1.5	4	0.5	16	0.9	26	1.0	21	0.7
Amphipods	7	3.5	7	2.3	5	2.2	3	0.4	1	0.1	9	1.1	3	0.2	19	0.7	25	0.8
Bivalves											6	0.8	4	0.2	21	0.8	43	1.4
Gastropods							1	0.1	1	0.1	1	0.1	5	0.3	27	1.0	19	0.6
Cnidarians			1	0.3	1	0.4	1	0.1	1	0.1	8	1.0	6	0.3	12	0.5	7	0.2
Copepods			13	4.2	4	1.7			9	0.9	1	0.1			5	0.2	3	0.1
Gnathostomulids			2	0.6	2	0.9			6	0.6			13	0.7	5	0.2	5	0.2
Nemertines													3	0.2	4	0.2	1	0.0
Oligochaets							1	0.1					2	0.1	2	0.1	3	0.1
Halacaroids									1	0.1								
Isopods	1	0.5																
Others	10	5.0	9	2.9	10	4.3	20	2.8	25	2.6	23	2.9	30	1.7	25	1.0	30	1.0
Total	202	100	311	100	232	100	706	100	973	100	791	100	1805	100	2621	100	3115	100

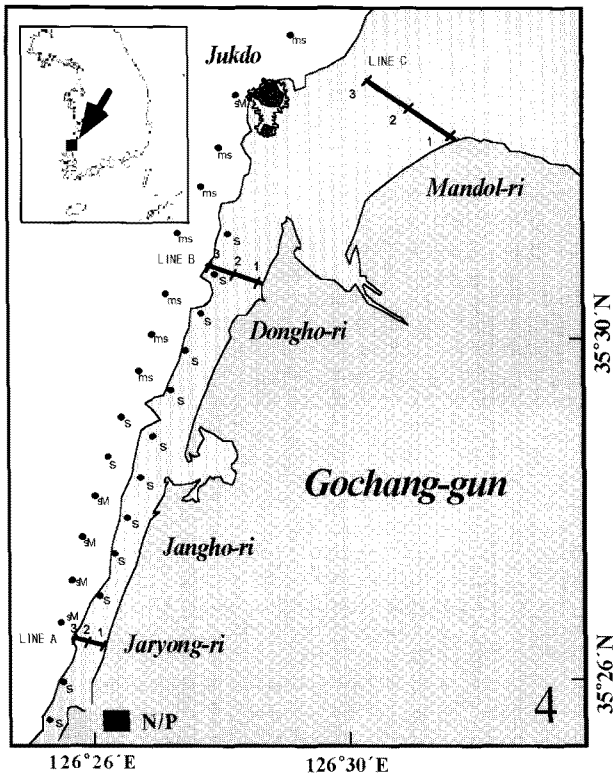


Fig. 1. A map showing the study area and sampling stations for meiobenthos in the Yeonggwang tidal flat during Jun-Oct. 1997. The original data for sediment type are derived from KEPCO, Jan. 1997 (S; sand, ms; muddy sand, sM; sandy mud).

cm²의 값을 보여 주었고, 정점 2가 가장 높은 311 개체/10 cm²의 값을 나타냈다. 전 정점에서 높은 서식밀도를 보이는 분류군은 선충류이었고, 그 다음 갯지렁이, 갑각류의 유생 등이 나타났다. 또한 전 정점에서 저서성 요각류가 비교적 여름에 비해 높은 값을 보이고 있어 정점 1에서 6 개체/10 cm², 정점 2, 3에서 각각 22 개체/10 cm², 12 개체/10 cm²로 나타났다. 이는 물론 이들의 계절적 변동이라는 면에서 다소 여름에 비해서 서식하기에 좋은 환경요소를 갖추고 있음을 반영하지만, 전반적인 값은 일반적으로는 생물이 서식하기에는 적합하지 않은 지역임을 보여주고 있다.

조사지선 B의 경우 여름에 비해 정점 1에서만 다소 낮은 값이며 이 시기에 다른 정점에 비해 가장 낮은 706 개체/10 cm²를 나타냈으며 다른 정점인 2, 3에서는 여름의 그것에 비해 다소 높은 값인 973 개체/10 cm², 791 개체/10 cm²의 값을 보였다. 각 정점 모두 선충류가 우점하고 있었으며 환경에 민감한 저서성 요각류의 경우 정점 1에서는 36 개체/10 cm²의 값을 보였지만 정점 2, 3에서는 선충류에 이어 우점하는 그룹으로 출현해 각각 181 개체/10 cm², 70 개체/10 cm²의 값을 보여 이 두 정점은 지금까지의 앞의 전 정점에 비해 아주 좋은 서식조건을 갖추고 있다 할 수 있다.

조사지선 C의 경우는 갯벌이 시작되는 곳으로부터 멀어질

수록 개체수 밀도가 높아지는 현상을 보이고 있다. 또한 총 개체수에 있어서도 여름에 비해서도 비교적 높은 값을 나타냈다. 그 다음으로 유공충류, 갑각류의 유생, 저서성 요각류 등이 출현하였다. 또한 이매패류 (bivalves), 섬모충류 (ciliophorans) 등도 비교적 다수 출현하였다. 여름과 마찬가지로 출현하는 분류군도 다양하며, 서식밀도도 아주 높아 이 지역은 두 계절을 통해서 앞의 조사지선 A, B에 비해 생물들이 서식하기에 적합한 지역이라 할 수 있다.

크기별 개체수

두 시기에 있어 각 그룹의 크기별 개체수를 보면, 여름 (6월)의 조사지선 A의 정점 1을 보면 전 분류군이 비교적 체 크기 0.125 mm에 들어가는 크기의 생물 등이 많이 서식하고 있음을 보여준다 (Fig. 2). 또한 표층 0~1 cm에서 체 크기 0.5 mm 이상에 들어가는 비교적 크기가 큰 단각류가 다수 출현하고, 퇴적물내의 깊이가 깊어짐에 따라 3~4 cm, 4~5 cm에서 체 크기 0.063 mm에 들어가는 작은 크기의 단각류가 서식하고 있음을 나타냈다. 이는 퇴적물 입자의 크기나 산소 등의 환경요인 (Reise and Ax 1979), 또는 이들의 섭식 활동 등을 위해서는 크기가 큰 것들이 표층에 서식하기에 적합하다는 것을 말해준다. 깊은 수심의 경우 특성상 에너지 수지를 생각할 때 몸의 크기가 작은 것이 유리하다는 (Gerlach 1971; Warwick and Price 1979) 점으로부터 체 크기 0.063 mm에 들어가는 크기의 개체들이 가장 높은 개체수 비율을 차지하고 있음 (Kim 1997; Kim *et al.* 2000b)에 비하여, 천해는 이 보다 큰 크기의 개체들이 조사지선 B를 보면 전 정점의 대부분의 깊이에서 체 크기 0.125 mm의 크기에 들어가는 생물들이 많이 서식하고 있음을 보여주나 정점 2의 표층 0~1 cm, 1~2 cm, 정점 2의 표층 0~1 cm에서는 그 보다 작은 크기인 체 크기 0.063 mm에 들어가는 생물들이 더 많이 서식하고 있음을 보여준다. 이는 전반적으로 표층에 이 크기에 해당하는 선충류가 많이 서식하고 있음에 기인한다. 즉 이 지역의 모래입자의 크기가 비교적 세립질의 것임을 말해준다. 조사지선 C의 경우 전 정점의 표층역에서 이와 같은 현상을 보여준다. 정점 1을 보면 표층 0~1 cm, 1~2 cm에서는 0.063 mm 크기의 선충류가 많이 서식하고 있지만, 2~3 cm층에서는 0.125 mm 크기의 선충류가 많이 서식하고 있음을 보여준다. 이는 작은 크기의 선충류들은 비교적 입의 구조가 미발달된 것들로서 박테리아나 저서성 규조류 등을 섭식하고 있는 것들이 많이 있기에 표층에는 이들 그룹이 많이 서식하고, 그 보다 깊은 퇴적물 심층부에는 몸의 크기가 비교적 큰 육식성이나 잡식성인 선충류들이 서식하고 있기 때문이다.

가을 (10월)의 경우 조사지선 A의 정점 1과 2의 표층 0~1 cm에서 체 크기 0.037 mm의 구획에 들어가는 선충류가 많이 나타남을 알 수 있다 (Fig. 2). 이는 이들 그룹의 생활사에 있어서 이 시기에 난에서 부화하여 유생의 시기에 이르는 종류가 이 지역에 많이 서식하고 있음을 말해준다. 이와 같은

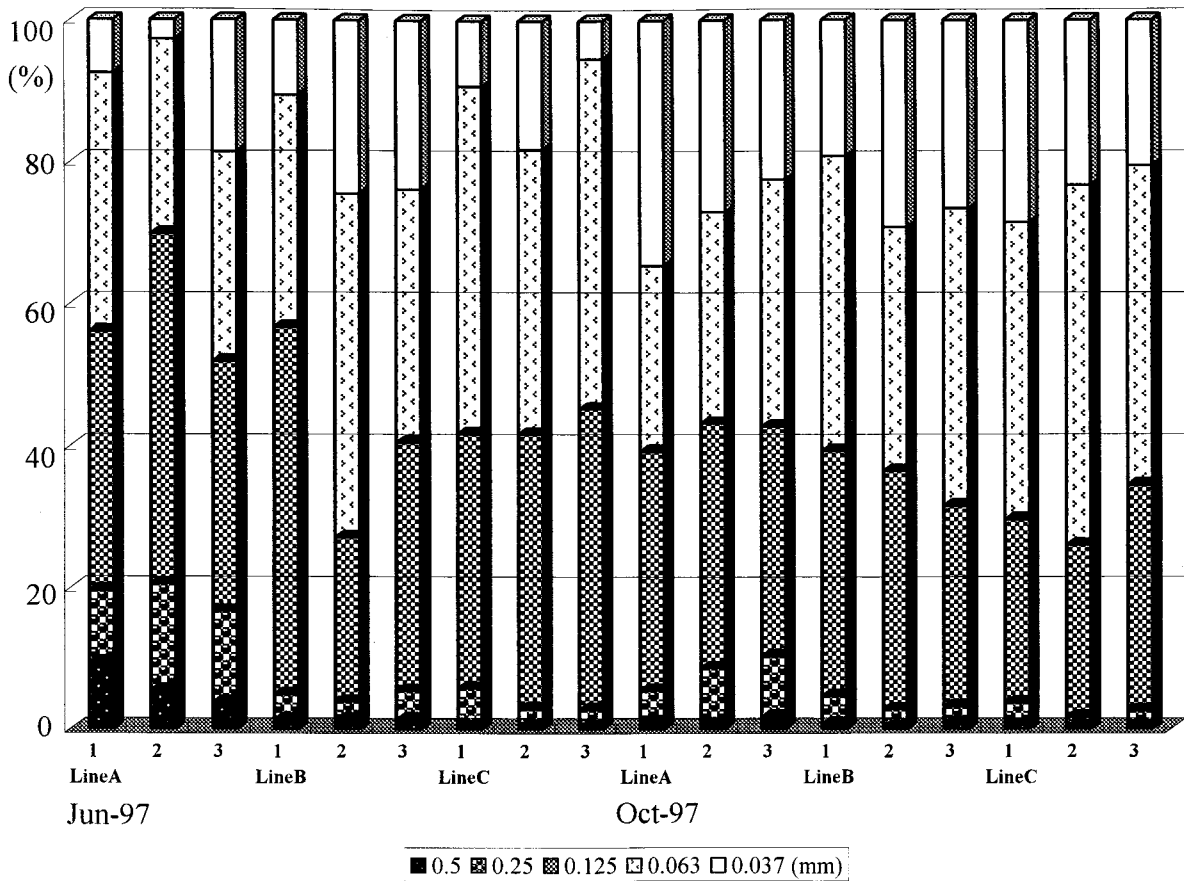


Fig. 2. The cumulative percentage composition of individuals number on each mesh size at each station in Yeonggwang tidal flat.

현상은 조사지선 B의 정점 2의 표층 0~1 cm에서도 나타난다. 또한 정점 2에서는 저서성 요각류가 체 크기 0.125 mm에서 가장 많은 서식 개체수를 보이는 반면 정점 3에서는 체 크기 0.063 mm에서 가장 많은 개체수의 출현을 보인다. 정점 2의 경우는 완전히 성숙한 성체의 것들이 많음에 비해 정점 3의 경우는 성체가기는 하지만 비교적 미발달된 것들이나 또 종의 특성상 작은 개체의 종류들이 서식하고 있음을 말해준다. 조사지선 C의 경우 정점 3에 있어서 선충류를 보면 표층에서 퇴적물의 심도가 깊어짐에 따라 몸의 크기가 큰 개체들의 비율이 서서히 높아지고 있음을 알 수 있다. 이는 앞서도 설명한 바와 같이 그들의 먹이습성 즉 박테리아나 규조류를 먹는 종들은 비교적 퇴적물 표층에서 서식하는 것이 그들의 먹이습취에 유리하고, 이에 반하여 육식성 종류들은 비교적 퇴적물 내에 서식하는 것이 먹이나 공간 경쟁 등에서 유리할 수 있기 때문에 일어나는 현상이라 할 수 있다.

수직분포

두 계절에 있어서 중형저서동물이 퇴적물 내에서 수직 분포를 보면, 여름 (6월)의 경우 조사지선 A 정점 1, 2의 경우

는 표층 0~1 cm에 가장 높은 서식밀도를 보이고 퇴적물내의 깊이가 깊어감에 따라 서서히 감소하는 경향을 보이는데, 정점 3은 이와는 달리 1~2 cm에서 가장 높은 서식밀도를 보여주고 있다 (Fig. 3). 이는 군집을 형성하는 분류군 중 주된 그룹인 선충류와 패충류가 표층보다 그 이하의 층에 많이 서식하고 있음을 보여준다. 반면 정점 1의 경우는 퇴적물내의 깊이가 깊어짐에 따라 개체수가 서서히 감소하고 있음을 보여주고 있음에 비해 정점 2의 경우는 개체수가 급속하게 감소하고 있음을 보여준다. 또한 정점 1, 3에서의 갯지렁이의 경우는 표층 0~2 cm보다 2 cm이하의 깊이에 많이 서식하고 있음을 보여주었다. 전 정점에서 선충류의 경우는 감소와 증가를 반복하고 있음을 또한 볼 수 있다. 조사지선 B의 경우는 전 정점에서 표층 0~1 cm에서 아주 높은 개체수 밀도를 보이며 퇴적물내의 심도에 따라 감소하고 있음을 보여준다. 전 개체수의 약 80% 이상이 표층 0~2 cm에 집중되어 분포하고 있음을 보여준다. 이는 표층을 선호하는 유공충류가 많이 서식하고 있음이 그 원인의 하나라 할 수 있다. 조사지선 C의 경우도 퇴적물내의 깊이의 증가에 따라 개체수의 감소를 보여준다. 이는 이들 군집의 섭식 습성으로부터,

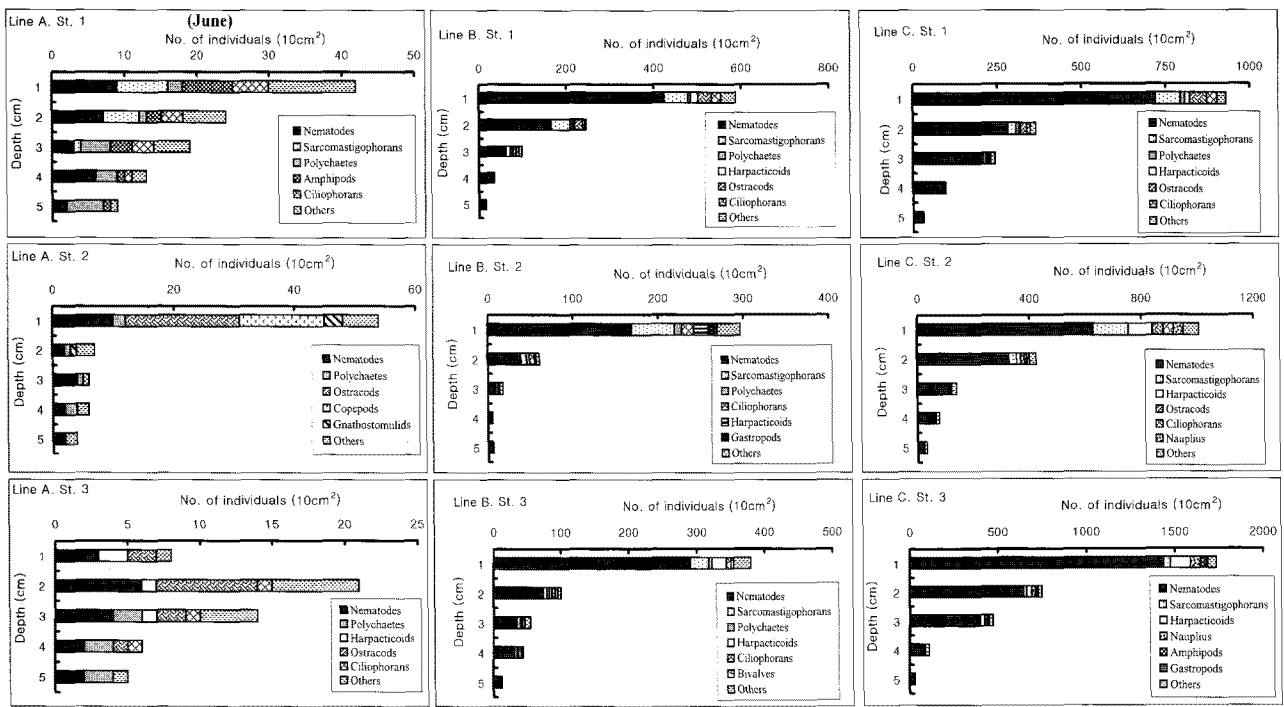


Fig. 3. The vertical distribution of meiobenthos at each station, June 1997.

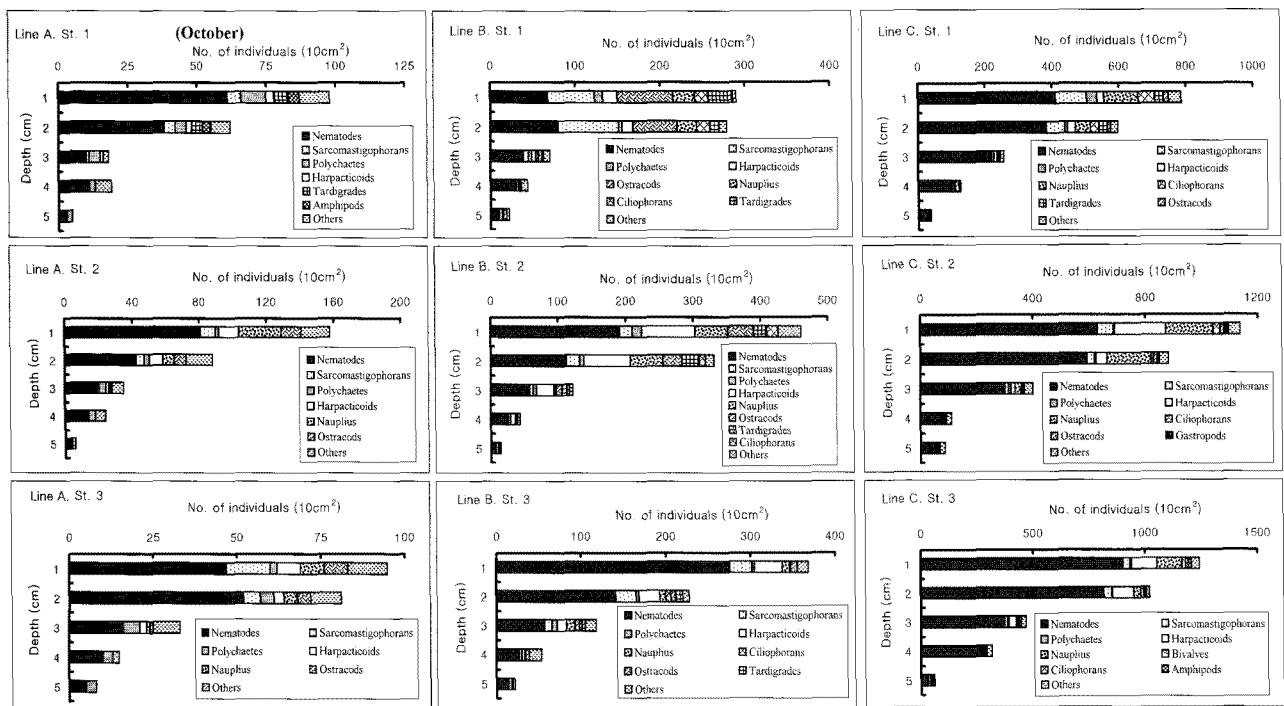


Fig. 4. The vertical distribution of meiobenthos at each station, October 1997.

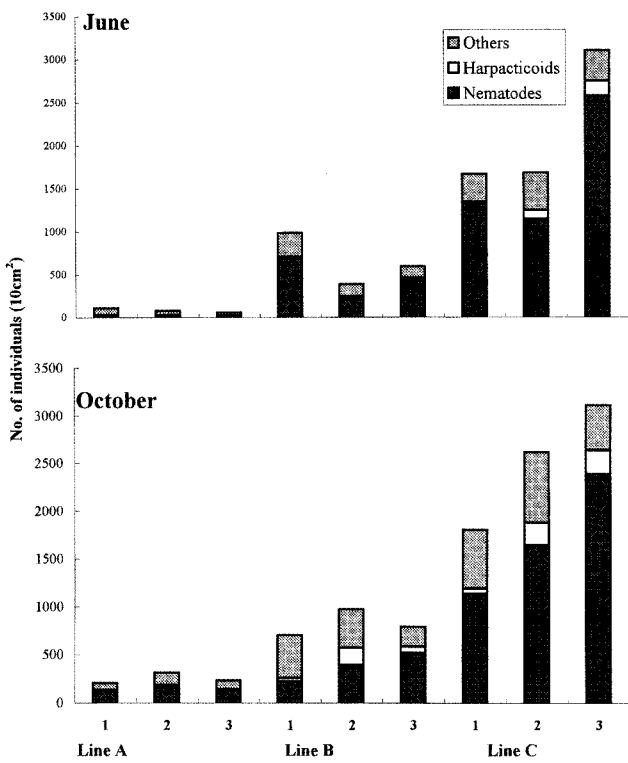


Fig. 5. The horizontal distribution of meiobenthos at each station during Jun.-Oct. 1997.

박테리아나 저서성 규조류를 섭식하는 선충류는 (Coull 1973; Brown and Sibert 1977; Gerlach 1978; Tietjen 1980) 이러한 먹이들을 쉽게 섭식할 수 있는 퇴적물의 가장 상부층을 선호하고, 잡식성이나 육식성의 경우는 그보다 심층부가 서식하기에 유리한 것이 이유 중의 하나로 들 수 있다. 군집을 구성하는 거의 모든 분류군도 이와 같이 깊이에 따라 서서히 감소함을 보여주는데, 갯지렁이의 경우에 있어서 만든 비교적 전 층에 걸쳐 고르게 분포하고 있고, 때로는 증가도 하는 현상을 보여준다. 가을 (10월)의 경우를 보면 전 정점에서 걸쳐 표층 0~1 cm에서 가장 높은 서식 개체수를 보였다 (Fig. 4). 또한 가을의 값들이 여름과 다른 현상 중 두드러진 것은, 여름에는 대부분의 정점에서 표층 0~1 cm에서 1~2 cm 층으로 갈 때 개체수가 급속히 감소함을 보여주고 있었음에 비해, 가을의 경우는 3개의 조사지선 9개의 전 정점에서 표층 0~1 cm에서 1~2 cm로 갈 때 감소율이 적었다는 점이다. 그리고 2~3 cm로 갈 때 급격히 감소하고 있음을 보여주었다. 이는 선충류의 수직 분포에 따른 현상으로 선충류의 먹이 습성에 따른 종들의 변화 가능성을 생각해 볼 수 있다.

수평 분포

두 계절에 있어서 각 조사지선의 각 정점에 있어서의 총

서식 개체수는 여름의 경우 조사 지선 A는 갯벌이 시작되는 정점에서 높은 서식밀도를 보이고 육지로부터 멀어질수록 개체수가 감소하고 있음을 보였다 (Fig. 5). 이에 비해 조사지선 B의 경우는 갯벌이 시작되는 정점에서 가장 높고, 정점 2가 가장 낮았다. 또한 조사지선 C의 경우는 앞의 두 조사지선과는 다르게 갯벌이 시작되는 정점의 값이 가장 낮고, 육지로부터 멀어질수록 서식하는 개체수가 많아지는 값을 보였다. 조사지선별 평균개체수로부터 발전소의 배수구에서 가장 가까운 지역인 조사지선 A의 경우 매우 적은 수의 생물들이 서식하고 있었으며 배수구로부터 멀어질수록 생물의 양이 점점 늘어나는 현상을 보였다. 저서 동물의 온도에 대한 민감한 반응은 잘 알려져 있다 (McIntyre 1969; Coull 1970; Hicks and Coull 1983; Le Guellec and Bodin 1992). 따라서 조사 지선 C의 경우는 태양에 노출되는 시간이 상대적으로 긴 조간대 상부 지역이 조간대 중·하부 지역에 비해 서식하기에 불리하다는 것을 보여준다. 그러나 조사 지선 A의 경우는 적은 개체수 차이지만 이와 반대의 현상을 나타낸다. 조사지선 C의 경우는 일반해역의 값과 크게 다르지 않은 서식하기에 적합한 환경이라 생각할 수 있을 정도의 많은 종류의 많은 양의 생물이 서식하고 있었다.

가을 (10월)의 경우 조사지선 A에 있어 총 개체수는 여름과 달리 정점 2가 가장 높았다. 조사지선 B의 경우 여름에는 정점 2가 가장 낮은 개체수를 보인 반면 가을에는 정점 2가 가장 높은 값을 보이고 전 정점의 평균 개체수에 있어서도 여름에 비해 다소 높은 값을 보였다. 반면 조사지선 C의 경우는 여름의 경향과 같은 양상을 보여 갯벌이 시작되는 곳으로부터 외해로 멀어질수록 개체수가 증가하는 현상을 보였다. 즉 가을의 경우 전 조사 지선에 걸쳐 여름보다 가을에 있어서 높은 서식밀도를 보였다. 이는 이 지역의 생물들의 계절적 변동에 있어 여름보다는 가을의 경우가 온도 조건이나 먹이 생물 등의 이들 생물들이 서식하기에 적합한 요인들이 많이 있다는 것을 말해준다. 또한 배수구로부터의 거리별 개체수의 차이에 있어서는 여름과 같은 양상을 보여 배수구로부터 멀어질수록 개체수가 증가하였다.

다른 조간대 갯벌과의 비교

이 지역의 조간대 갯벌에 서식하고 있는 중형저서동물과 같은 방법을 사용하여 이들 생물들이 가장 많이 서식하는 표층 0~1 cm에서의 개체수 값을, 같은 서해안의 갯벌이며 퇴적물 조성도 유사한 모래성 저질인 경기만 대부도 조간대 남사리지역 (1996년 9월)에서 분석한 자료와 대부도 방어머리 지역 (1999년 10월)에서 분석한 자료 (Kim et al. 1998b; Lee et al. 1998)와 비교 해보기로 한다. 대부도 조간대와 영광 원자력 발전소 배수구 주변지역에서의 이들 값과의 비교를 하는 것은 물리, 화학, 생물학적 요소 등의 서식환경이나 지역적인 차이, 또한 시간적으로 같은 시기가 아니라는 것 등의 고려할 점이 있겠지만 이들 지역이 서해안의 갯벌이라는 것과 또한 모래성의 저질이라는 공통점으로부터 유사 환경의

Table 3. The comparison of meiofaunal density occurred at each sampling area.

Daebudo	(Sediment Depth 0-1 cm/10 cm ²)				Mean Density
	Uppertidal flat		Lower tidal flat		
Bangameori	St.1	St.2	St.3	St.4	
No. of inds.	746	1271	816	864	924
Namsari	St.1	St.2	St.3	St.4	
No. of inds.	330	1382	1105	1175	998
Yeonggwang					
Line A	St.1	St.2	St.3		
No. of inds. (Jun.)	42	54	8		35
No. of inds. (Oct.)	98	158	95		117
Line B	St.1	St.2	St.3		
No. of inds. (Jun.)	589	297	381		442
No. of inds. (Oct.)	290	461	369		373
Line C	St.1	St.2	St.3		
No. of inds. (Jun.)	931	1007	1737		1225
No. of inds. (Oct.)	787	1139	1244		1057

비교 분석이 될 수 있을 것이다.

방아머리에서의 각 정점의 표층 0~1 cm에서 출현한 중형 저서생물의 총 개체수를 보면, 정점 2에서 가장 높은 1,271 개체/10 cm², 그 다음이 정점 4의 864 개체/10 cm², 정점 3의 816 개체/10 cm², 그리고 정점 1이 746 개체/10 cm²로 가장 낮은 개체수를 보였다 (Table 3). 전 정점의 평균 개체수의 값은 924 개체/10 cm²이었다. 또한 남사리에서도 정점 2에서 가장 높은 1,382 개체/10 cm², 그 다음이 정점 4의 1,175 개체/10 cm², 정점 3의 1,105 개체/10 cm², 그리고 정점 1이 330 개체/10 cm²로 가장 낮은 개체수를 보였다. 전 정점의 평균 개체수의 값은 998 개체/10 cm²이었다.

영광에서 조사되어진 6월과 10월의 조사지선 A, B, C에서의 각 정점별 표층 0~1 cm에서의 개체수를 보면, 6월의 경우 조사지선 A의 정점 1, 2, 3에서는 42, 54, 8 개체/10cm², 조사지선 B의 경우는 589, 297, 381 개체/10 cm², 조사지선 C의 경우 931, 1,007, 1,737 개체/10 cm²로써 조사 지선 당 평균 개체수는 각각 35, 422, 1,225 개체/10 cm²이었다. 10월의 경우는 조사지선 A의 정점 1, 2, 3에서는 98, 158, 95 개체/10 cm², 조사지선 B의 각 정점의 경우는 290, 461, 369 개체/10 cm², 조사지선 C의 경우는

787, 1,139, 1,244 개체/10 cm²로 조사 지선 당 평균 개체수는 각각 117, 373, 1,057 개체/10 cm²이었다. 앞의 대부도에서의 값과 이들 조사 지선당 개체수 평균값을 비교해보면, 조사지선 C 만이, 두 계절 모두 대부도의 방아머리나 남사리의 값에 비해 정점당 개체수는 다소 적거나 많고, 조사 지선 당 평균 개체수에 있어서는 높은 값을 보였다. 또한 6월의 조사지선 C의 정점 3의 경우는 대부도 양 지역에서의 값보다 아주 높은 값을 보였다. 이에 비해 조사지선 A는 아주 낮은 값을 두 계절 모두 보여 주었고, 조사지선 B는 조사지선 A보다는 다소 높은 개체수의 값을 가지고 있지만 대부도의 양 해역의 값에 비해서는 낮은 값이었다. 다른 나라의 갯벌에서 조사되어진 연구 결과 (Reise and Ax 1979)와 비교를 해 보아도 아주 낮은 서식 밀도를 보여주는 값이다. 이는 조사지선 A의 경우 중형저서생물이 서식하기에는 아주 부적합한 지역, 조사지선 B의 경우는 조사지선 A보다는 비교적 좋은 환경이라 할 수 있으나 생물들이 서식하기에 적합한 환경요소를 갖추고 있는 지역은 아닌, 생태계가 어느 시기 건강하지 못하게 변해버렸거나, 변화되어 가는 지역이라 할 수 있다. 이에 비해 조사지선 C의 경우는 두 계절의 각 정점 당 서식하고 있는 생물들의 개체수에 있어서나 군집을 형성하고 있는 각 분류군의 다양함에 미루어서도 생물들이 서식하기에 아주 좋은 여러 요소들을 충족하고 있는 지역이라 할 수 있겠다.

5. 요약

영광원전 주변 해역의 조간대에 서식하는 중형저서생물의 군집 조성은 여름 (6월)과 가을 (10월)의 두 시기, 각 조사 지선의 각 조사정점에서 모두 총 18개의 분류군이 출현하였다. 두 계절 모두 각 조사 지선에서 개체수나 서식 비율에 있어 선충류가 가장 높게 나타났지만 영광원전의 배출구 주변에 위치한 조사 지선 A, B의 경우는 일반적인 해역에서의 값보다는 현저하게 낮은 값을 보였다. 또한, 우점하는 분류군의 하나이며 환경의 변화에 민감한 저서성 요각류의 경우도 조사 지선 A, B의 경우 현저하게 낮게 나타났고, 그 다음 우점하는 분류군도 갯지렁이나 패충류 등이 차지하여 다른 일반 해역과의 상이점을 보였다. 조사 지선 C의 경우만 개체수나 출현 분류군에 있어서 일반적인 천해계의 값을 보였다. 수평 분포에 있어서도 조사 지선 A, B의 경우는 전반적으로 조간대 상·중부 지역에서 서식밀도가 높게 나타났고, 원전의 배수구와 가장 멀리 떨어진 조사지선 C의 경우에는 상부에서 하부로 갈수록 개체수가 증가하는 경향을 나타냈다. 크기 별 개체수에 있어서는 체 크기 0.125 mm에 들어가는 크기의 생물들이 높게 나타났다. 두 계절에 있어서 중형저서동물이 퇴적물 내에서 수직 분포를 보면, 전반적으로 표층 0~1 cm에 가장 높은 서식밀도를 보이고 퇴적물내의 깊이가 깊어감에 따라 서서히 감소하는 경향을 보였다. 각 분류군에 있어서는 분류군별로 수직 분포의 차이를 나타냈다. 유사한 환경을 나타내는 다른 조간대 갯벌과의 비교에선 조사 지선 A, B

의 경우는 극히 불안정한 서식 환경임을 보여주었다.

사사

이 연구를 수행함에 있어 많은 도움을 주신 한국해양연구원 해양환경·기후연구본부의 해양생물그룹, 해양자원연구본부의 생물자원그룹 여러분과 시료 채취에 도움을 준 구 본주 선생, 자료 정리를 도와준 민원기 선생에게 감사를 드립니다. 또한 논문의 여러 부족한 점에 대해 좋은 지적을 해주신 두 분의 심사위원님께서도 감사의 말씀을 전합니다. 이 논문은 "영광 원자력 발전소 4개호기 가동에 따른 온배수 영향 실측조사 (98 영광원전-005)"의 일환으로 수행되었습니다.

참고문헌

- 이흥동. 1998. 갯벌 보전과 농업생산의 가치에 대한 비교. *해양연구*, 20(2), 145-152.
- 한국전력공사. 1998. 영광원자력발전소 4개호기 가동에 따른 온배수 영향 실측조사 보고서.
- 한국해양연구소. 1998. 갯벌의 효율적 이용과 보존을 위한 연구. 312 p.
- Brown, T.J. and J. Sibert. 1977. The food of some benthic harpacticoid copepods. *J. Fish. Res. Board of Canada*, 34, 1028-1031.
- Costanza, R. 1997. The value of the world's ecosystem service and natural capital. *Nature*, 387, 253-260.
- Coull, B.C. 1970. Shallow water meiobenthos of the Bermuda platform. *Oecologia*, 4, 325-357.
- Coull, B.C. 1973. Estuarine meiofauna: a review: Trophic relationships and microbial interactions. p. 499-511. In: *Estuarine Microbial Ecology*, ed. by L.H. Stevenson and R.P. Colwell. Univ. South Carolina Press.
- Coull, B.C. 1988. Ecology of the marine meiofauna. p. 18-38. In: *Introduction to the Study of Meiofauna*, ed. by R.P. Higgins and H. Thiel. Smithsonian Institution Press.
- Coull, B.C. and G.T. Chandler. 1992. Pollution and meiofauna: Field, laboratory and mesocosm studies. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, 30, 191-271.
- Fricke, A. H., F.K.O. Hennig, and M.J. Orren. 1981. Relationship between oil pollution and psammolittoral meiofauna density of two South African beaches. *Mar. Environ. Res.*, 5, 59-77.
- Gerlach, S.A. 1971. On the importance of marine meiofauna for benthos communities. *Oecologia*, 6, 176-190.
- Gerlach, S.A. 1978. Food-chain relationships in subtidal silty sand marine sediments and the role of meiofauna on stimulating bacterial production. *Oecologia*, 33, 55-69.
- Hargrave, B.T. and H. Thiel. 1983. Assessment of pollution-induced changes in benthic community structure. *Mar. Pollut. Bull.*, 14, 41-46.
- Harris, R.P. 1972. The distribution and ecology of the interstitial meiofauna of a sandy beach at Whitesand Bay, East Cornwall. *J. Mar. Biol. Ass. UK*, 52, 389-403.
- Hicks, G.R.F. and B.C. Coull. 1983. The ecology of marine meiobenthic harpacticoid copepods. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* 21, 67-175.
- Kim, D.S. 1997. The faunal composition of meiobenthic community in the deep-sea sediment, northeastern Pacific Ocean. [*The Sea*] *J. Korean Soc. Oceanogr.*, 2(1), 42-47.
- Kim, D.S., J.W. Choi, and J.G. Ge. 1998a. Community structure of meiobenthos for monitoring pollution in mariculture farms in Tongyoung coastal area, Southern Korea. *J. Kor. Fish. Soc.*, 31(2), 217-225.
- Kim, D.S., J.W. Choi, J.G. Ge, and J.H. Lee. 1998b. Community structure of meiobenthos in the tidal flats of Daebudo, the west coast of Korea. *Ocean Res.*, 20(2), 81-87.
- Kim, D.S., J.G. Je, and J.H. Lee. 2000a. The community structure and spatial distribution of meiobenthos in the Kanghai tidal flat, west coast of Korea. *Ocean Res.*, 22(1), 15-23.
- Kim, D.S., J.H. Hyun, J.W. Choi, and K.Y. Lee. 2000b. Meiobenthic faunal communities of the deep-sea sediments in the Northeastern Pacific along a latitudinal transect. [*The Sea*] *J. Korean Soc. Oceanogr.*, 5(3), 245-254.
- Le Guellec, C. and P. Bodin. 1992. Meiobenthos of the Bay of Saint-Brieuc (North Brittany, France). I: Quantitative distribution in subtidal and intertidal zones. *Oceanologica Acta*, 15, 661-671.
- Lee S.W., H.G. Lee, S.H. Shin, D.S. Kim, J.W. Lee, and J.G. Je. 1998. Marine biota of the macro-tidal flat of Namsari, Taebudo in the west coast of Korea. *Ocean Res.*, 20(2), 105-119.
- McIntyre, A.D. 1969. Ecology of marine meiobenthos. *Biol. Rev.*, 44, 245-290.
- Ott, J.A. 1972. Determination of fauna boundaries of nematodes in an intertidal sand flat. *Int. Revue Ges. Hydrobiol.*, 57, 645-663.
- Raffaelli, D. 1981. Monitoring with meiofauna: A reply to Coull, Hicks and Wells. 1981. and additional data. *Mar. Pollut. Bull.* 12, 381-382.
- Raffaelli, D. 1987. The behaviour of the nematode/copepod ratio in organic pollution studies. *Mar. Environ. Res.* 23, 135-152.
- Reise, K. and P. Ax. 1979. A meiofaunal "thiobios" limits to

- the anaerobic system of marine sand does not exist. *Mar. Biol.*, 54, 225-237.
- Sandulli, R. and M. De Nicola. 1990. Responses of meiobenthic communities along a gradient of sewage pollution. *Mar. Pollut. Bull.*, 22, 463-467.
- Shirayama, Y. 1984. Vertical distribution of meiobenthos in the sediment profile in bathyal, abyssal and hadal deep-sea systems of the western Pacific. *Oceanological Acta*, 7, 123-129.
- Shirayama, Y. 1993. Abstract of papers presented at the Symposium in the first annual meeting of Japanese Nematological Society. *Jap. J. Nematol.*, 23, 116-122.
- Shirayama, Y. and D.S. Kim. 1998. Distribution and production of meiobenthos, in marine coastal environment. *Huji Tec.*, 254-263.
- Tietjen, J.H. 1980. Microbial-meiofaunal interrelationships: A review. *Microbiology*, 1980, 335-338.
- Warwick, R.M. and R. Price. 1979. Ecological and metabolic studies on free-living nematodes from an estuarine mudflat. *Est. Coast. Mar. Sci.*, 9, 257-271.
- Warwick, R.M. and K.R. Clarke. 1991. A comparison of some methods for analysing changes in benthic community structure. *J. Mar. Biol. Ass. UK*, 71, 225-244.

Received May 7, 2001
Revised May 30, 2001
Accepted Jun. 30, 2001