

Article

북동 태평양 C-C 해역에 서식하는 중형저서동물 군집

김동성^{1*} · 민원기¹ · 이경용² · 김기현²¹한국해양연구원 해양생물자원연구본부²한국해양연구원 해저환경 · 자원연구본부

(425-600) 경기도 안산시 안산우체국 사서함 29호

Meiobenthic Communities in the Deep-sea Sediment of the Clarion-Clipperton Fracture Zone in the Northeast Pacific

Dong-Sung Kim^{1*}, Won-Gi Min¹, Kyoung-Yong Lee², and Ki-Hyune Kim²¹Marine Living Resources Research Division, KORDI²Marine Geoenvironment and Resources Research Division, KORDI
Ansan P.O. Box 29, Seoul 425-600, Korea

Abstract : This study was conducted to investigate the community structure and distributional pattern of meiobenthos in the deep-sea bottom of the Clarion-Clipperton Fracture Zone of northeastern Pacific during July 2001. Examination of sediment samples collected on the eight survey station showed that there were 10 different types of meiobenthos. The most abundant meiobenthic animals were nematodes in all stations. Sarcomastigophorans, benthic harpacticoids were next abundant meiobenthos. Vertical distribution of meiobenthic animals showed the highest individual numbers in the surface sediment layers of 0-1 cm depth and showed more steep decreasing trend as sediment gets deeper on the stations of high latitude located in 16-17°N. Horizontal distribution of meiobenthic animal in the study area within CCFZ showed high densities of meiobenthos at the stations had few manganese nodules on their sediment surface in the site of low latitude. For size distribution analyses showed that animals which fit into the sieve mesh size of 0.063 mm were abundant.

Key words : 중형저서동물(Meiofauna), 군집구조(Community structure), 북동태평양(Northeastern Pacific), 클라리온-클리퍼톤 균열대(Clarion-Clipperton Fracture Zone), KODOS(Korea Deep Ocean Study), 심해저(Deep-sea bed)

1. 서 론

우리나라는 차후 안정적인 금속광물자원의 확보를 위해 태평양의 클라리온-클리퍼톤 균열대 지역에서의 광물자원 탐사 수행이 몇 년간 지속되고 있고, 그에 수반하여 최종 개발 유망광구의 선종을 위한 정밀탐사를 수행하여 왔다 (통상산업부 1995; 해양수산부 1996, 1997, 1998, 1999, 2001, 2002, 2004). 심해저로부터의 망간단괴의 채광 및

제련 등에 있어서 수반되어지는 문제점은 채광 및 제련시에 발생할 수 있는 주변의 생태계로의 영향이다(Sharma *et al.* 2001). 따라서 해당해역에서의 물리, 화학, 생물학적 환경연구가 함께 수행되어야 한다. 특히, 저서생태계로의 영향을 파악하기 위해서는 저서동물에 대한 기본적인 연구가 필요한데, 해당지역은 깊은 수심을 가지는 지역으로 대규모의 실험적 접근이 쉽지 않다. 또한, 망간단괴가 덮여있는 광구지역은 퇴적물의 표면적이 일반 심해저 퇴적물의 표면적에 비해 상대적으로 대형저서동물이 서식하기에 불리한 환경으로 서식밀도가 매우 낮게 나타나므로

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

(Lambshhead *et al.* 2001a, 2003), 이보다 몸 크기가 작고 생리활성도가 높으며, 서식밀도가 비교적 높은 중형저서동물을 대상으로 심해저 광구를 개발하고 있는 국가들의 많은 학자들이 생태적, 생리적 연구를 진행해오고 있다 (Aller 1989; Thiel and Schriever 1993; Thistle and Levin 1998; Ahnert and Schriever 2001; Sharma *et al.* 2001; Lambshhead *et al.* 2001a, 2003). 국내의 심해저 지역에 대한 중형저서동물에 대한 연구는 해양수산부에서 주관하는 심해저 광물자원탐사의 일환으로 1996년부터 지금까지 계속해서 기본적인 분포와 군집구조에 대한 조사가 진행되고 있으며(통상산업부 1995; 해양수산부 1996, 1997, 1998, 1999, 2001, 2002, 2004), 그 연구의 일부 결과는 논문으로 정리한 바 있다(김 1997; 김 등 2000).

지금까지 밝혀진 심해에서의 중형저서동물의 분포 특성은 함수율이 매우 높은 식물성 쇄설물이 퇴적된 수 센티미터의 부드러운 액상 퇴적물 층(fluffy layer)을 가지는 지역에서 높은 서식밀도를 가지며(Giere 1993), 이러한 유기성 쇄설물 층은 심해 중형생물의 분포를 결정하는 가장 중요한 요인으로 알려져 있고, 중형저서동물의 다양성과 풍부도에 영향을 주는 요인은 저층의 산소량과 퇴적물의 특성 등으로 알려져 있다(Neira *et al.* 2001). 심해에서의 중형저서동물의 분포와 군집구조의 연구 및 광상개발과 활용에 따른 저서생태계의 교란에 대한 연구를 진행하기 위해서는 채광예정지역에 대한 기본환경 조사와 연속적이고 광범위한 생물조사가 선행되어야 한다(Shirayama 1994; Shimanaga and Shirayama 2000; Soltwedel 2000; Sommer and Pfannkuche 2000; Neira *et al.* 2001; Lambshhead *et al.* 2001b; Danovaro *et al.* 2002).

본 연구의 대상지역인 C-C 지역은 적도를 중심으로 흐르는 남적도 해류나, 북적도 반류, 북적도 해류가 계절에 따라 또는 지구 규모적인 기후 변화에 따라 그 범위가 유동적으로 변하는 지역으로(해양수산부 2002, 2004), 그 변화 양상에 따라 영향을 받는 중형저서동물의 분포 및 서식양상을 파악하고자 이루어진 본 연구는 차후 망간단괴 채광지역에서의 생물학적인 저서환경을 파악하는데 기초 자료로 활용될 수 있을 것이라 생각된다.

2. 재료 및 방법

북동태평양 C-C 해역의 심해저 퇴적물에 서식하는 중형저서동물의 서식밀도, 생물상, 수직, 수평적인 분포특성 등을 분석하기 위하여, KODOS(Korea Deep Ocean Study) 지역 내의 환경연구구역인 B2 지역 내의 정점 MC01, MC02와 C1 지역 내의 MC03, MC04, 그리고 N1 지역의 MC05, MC06, MC07, MC08의 총 8정점에서 Multiple corer를 이용한 해저 퇴적물 시료채취와 분석을 위한 시료

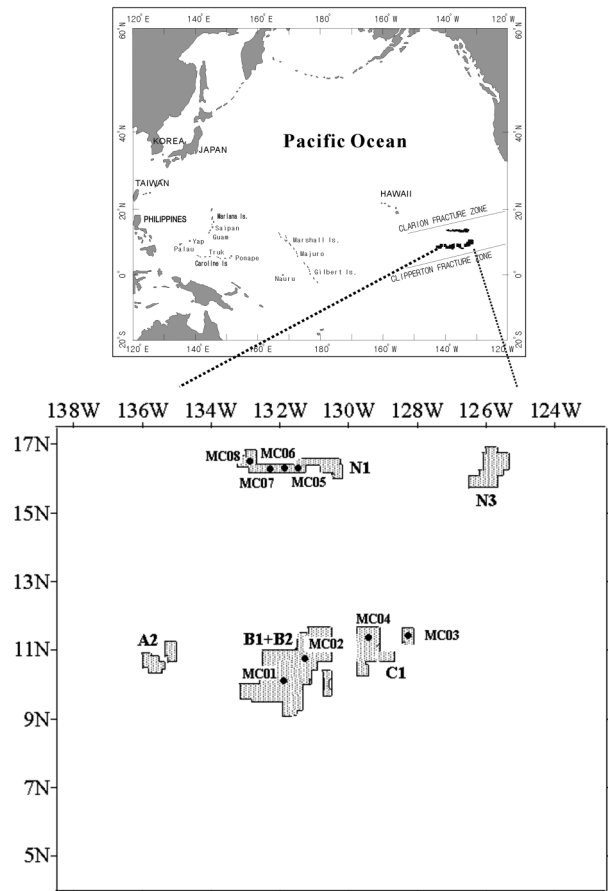


Fig. 1. A map showing the study area and sampling stations for meiobenthos within the CCFZ of North-eastern Pacific in July 2001.

처리가 이루어졌다(Fig. 1, Table 1).

중형저서동물 분석을 위한 시료의 처리는 정점에서 채집된 퇴적물로부터 외경 3.6 cm 크기의 아크릴로 된 부시료를 각 정점당 4개씩 채취하여, 3개는 정량분석을 위한 시료로서 사용되었고, 1개는 정성분석용으로 분류 및 기타 다른 실험용으로 염색제를 첨가하지 않은 5% 중성포르말린으로 고정하여 보관하였다. 퇴적물의 10 cm까지 채취한 시료의 분석에서 전 생물군의 출현개체수가 표층 3 cm안에 90% 이상을 차지하고 있었기 때문에 중형저서동물의 밀도 및 수직분포는 3 cm까지의 분석 자료를 사용하여 각 정점의 대표 값으로 사용하였다. 또한 중형저서동물의 서식밀도는 퇴적물의 표층상부에서는 아주 다양한 변화를 보이고 있어(Thistle 1988), 이를 보다 중점적으로 조사하기 위하여, 퇴적물의 표층상부를 보다 세분화하여 총 15개 층 즉, 퇴적물의 표층으로부터 1 cm는 0.25 cm 두께로 절단하고(0~0.25, 0.25~0.5, 0.5~0.75, 0.75~1.0 cm), 1~3 cm까지의 퇴적물은 0.5 cm 두께로 분리하였으며(1.0~1.5, 1.5~2.0, 2.0~2.5, 2.5~3.0 cm), 나머지 시료는

Table 1. Information of sampling station in the study area.

Station	Location		Depth (m)	Sampling gear	Sample
	(N)	(W)			
MC01	10°00.123'	131°49.921'	5,081	Multiple Corer	Quan./Qual. (10 cm ² × 10 cm × 4)
MC02	10°30.488'	131°17.941'	4,883	M.C (10 cm ² × 4)	Quan./Qual. (10 cm ² × 10 cm × 4)
MC03	11°17.890'	128°23.051'	4,830	M.C (10 cm ² × 4)	Quan./Qual. (10 cm ² × 10 cm × 4)
MC04	11°15.104'	129°40.061'	4,833	M.C (10 cm ² × 4)	Quan./Qual. (10 cm ² × 10 cm × 4)
MC05	16°19.021'	131°24.952'	4,972	M.C (10 cm ² × 3)	Quan. (10 cm ² × 10 cm × 3)
MC06	16°17.487'	131°52.365'	5,091	M.C (10 cm ² × 4)	Quan./Qual. (10 cm ² × 10 cm × 4)
MC07	16°18.463'	132°16.509'	5,019	M.C (10 cm ² × 4)	Quan./Qual. (10 cm ² × 10 cm × 4)
MC08	16°30.175'	132°49.457'	4,846	M.C (10 cm ² × 2)	Qual. (10 cm ² × 10 cm × 2)

1 cm 두께로 잘라서 분별 채취하였다. 각각의 층으로 절단한 퇴적물 시료들은 로즈벵갈(Rose Bengal) 염색제를 혼합한 5% 중성포르말린으로 고정했다. 연구실로 운반되어진 중형저서생물용 퇴적물 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 계수하였다. 또한 현미경 사진과 영구보존을 위하여 글리세린, 에탄올, 증류수를 혼합한 용액으로 고정액을 치환시켜 건조기에 넣어 서서히 증발시킨 후에, 제습기 안에 넣어 완전히 수분을 증발시켜서, H-S 슬라이드에 작은 유리구슬과 Canadian balsam을 사용하여 영구보존 생물시료를 만들었다.

3. 결과 및 고찰

군집 조성 및 주요 출현 생물군

2001년 7월의 KODOS 구역의 B2, C1, N1 지역의 7개

의 중형저서동물 조사정점에서 채취된 퇴적물 내에서 출현한 중형저서동물의 군집 조성을 보면 모두 총 10개의 분류군이 출현하였다(Table 2). 정점별 출현 분류군 수는 C1 지역의 MC03와 MC04에서 8개로 최대 값이 나타났고, MC07 지역에서는 3개의 분류군이 출현하여 조사정점 중에 최소 값을 보였고, 다른 정점에서는 6개 정도의 분류군이 출현하였다(Table 2).

각 정점별 각 군집의 비율을 보면, 전 정점에서 선충류(Nematodes)가 우점하여 전체개체수의 47~81%를 차지하는 우점양상을 나타냈다(Table 2, Fig. 2). 가장 높은 선충류의 서식 비율을 보인 정점은 정점 MC07로 전체의 81%를 차지하고 있었으며, 그 다음이 정점 MC05의 63%, 정점 MC04의 62%이었다. 두 번째로 우점한 분류군은 저서유공충류(Sarcomastigophorans)로, 전 정점에서 선충류 다음으로 우점하는 양상을 나타냈다. 저서유공충류의 가장 높은 서식 비율을 보인 곳은 정점 MC02로 전체의 42%를 차지하고 있었으며, 그 다음이 정점 MC05의 31%, 정점

Table 2. Number of meiobenthos at each stations within the CCFZ of Northeastern Pacific in July, 2001.

	MC01	MC02	MC03	MC04	MC05	MC06	MC07
Nematodes	64	31	189	190	48	62	42
Sarcomastigophorans	18	27	75	84	24	30	8
Harpacticoids	2		17	20	3	3	2
Nauplius	6	3	5	6		5	
Tardigrades	7			2			
Polychaetes			5	2			
Ostracods	1		3	1	1		
Gastrotrichs			3		1		
Loriciferans				1		1	
Crustaceans			1				
Others	15	4	6				
Total	113	65	304	306	77	101	52

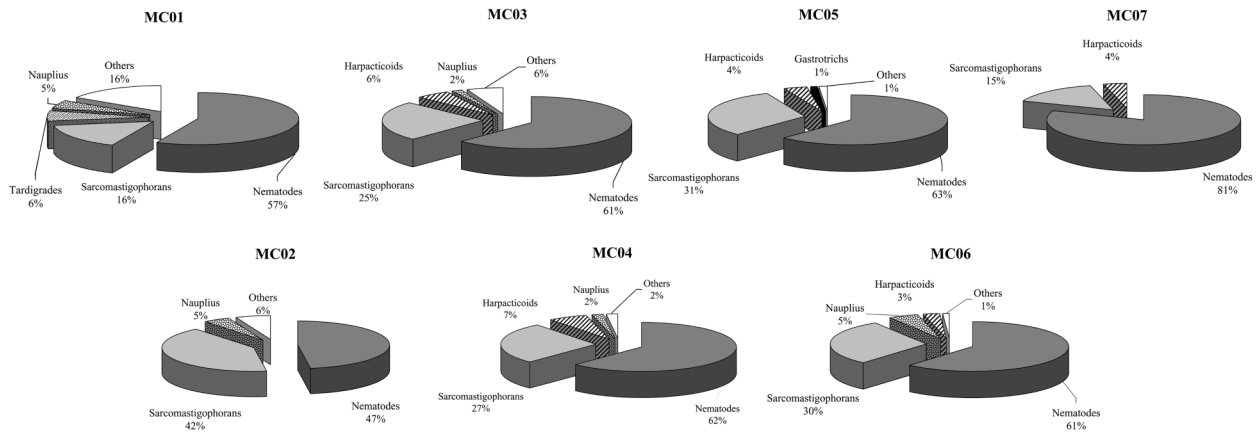


Fig. 2. Percentage of major meiofaunal groups at each station.

MC06의 30%이었다. 가장 낮은 저서유공충류의 우점율을 나타낸 정점은 선충류의 우점율이 가장 높았던 MC07로 15%의 조성비를 보였다. 전체 출현 분류군 중에서 선충류와 저서유공충류 두 그룹이 차지하는 비율이 96%(정점 MC07)~73%(정점 MC01)를 나타냈는데, 해양수산부(1998, 1999)의 1998년과 1999년의 동일 해역에서의 조사 결과인 70~82%, 56~73% 보다는 높고, 해양수산부(2001)의 2000년 조사 결과인 57~97%와 비슷한 우점양상이 나타났다. 그 다음 우점율을 나타내고 있는 저서성 요각류(Harpacticoid copepods)의 경우는 정점 MC04에서 7%로 가장 높은 서식 비율을 나타냈으며, 그 다음이 정점 MC03의 6%, 정점 MC05와 MC07의 4%이었다. 정점 MC02에서는 단 한 개체의 저서성 요각류도 발견되지 않았으며, 그 다음으로 요각류의 유생이 우점하는 양상을 보여 2~5%의 조성비를 나타냈다. 일반적으로 심해의 중형 저서생물로는 선충류나 유공충류, 저서성 요각류가 탁월하게 출현한다고 알려져 있고(Shirayama 1983), 해양수산부(1996, 1997, 1998, 1999, 2001)의 1996년~2000년의 C-C 해역의 조사 결과도 이를 뒷받침하고 있다는 것을 생각할 때, 2001년에 수행된 본 연구의 분류군 조성비는 종전의 일반적인 심해저 지역의 분류군 조성비와 큰 차이가 없었다.

크기별 분포 특성

크기에 따른 중형저서동물의 각 정점에서의 분포 양상을 살펴보면, 정점 MC05, MC06을 제외한 모든 정점에서 망목 0.125 mm의 체를 통과하여 0.063 mm에 걸러지는 크기를 가진 개체들이 가장 많이 분포하고 있다(Fig. 3). 그 다음은 0.037 mm에 남는 개체들이 높은 비율로 나타났다. 정점별로 살펴보면, B2지역의 정점 MC01와 MC02에서는 체 크기 0.063 mm와 0.037 mm에 들어가는 크기의 생물이 가장 많이 나타나고 이보다 큰 크기의 생물이

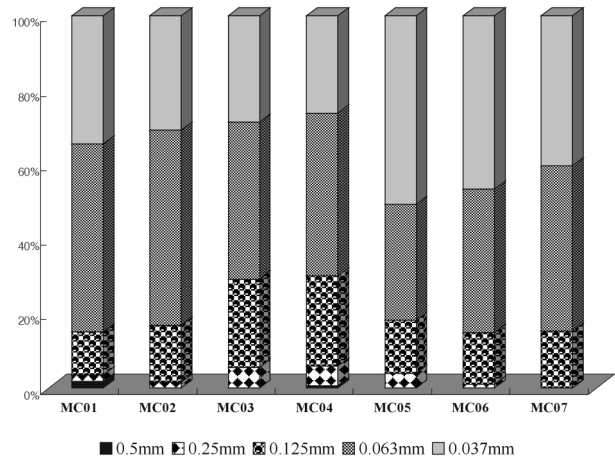


Fig. 3. The cumulative percentage composition of individuals number on each mesh size at each station.

거의 없음에 비하여, C1 지역의 정점 MC03, MC04에서는 0.25 mm와 0.125 mm에 남는 다소 몸의 크기가 큰 개체들이 많이 나타나서 지역적 차이를 보였다(Fig. 3). 이러한 크기 분포에 영향을 주는 대표적인 요소는 중형저서동물의 서식공간인 퇴적물의 구조 특성과 먹이에 대한 적응 특성을 들 수 있는데, 해양수산부(2002)에 의하면, 비교적 큰 크기를 가지는 중형저서동물이 나타난 C1 지역은 유기물의 공급이 풍부하고 초기속성작용이 활발하며, 함수율과 공극율이 높게 나타나는 지질학적 특성을 가지는 지역으로 나타났다. 또한 먹이공급이 원활함에 따라 몸의 크기가 상대적으로 크게 되어도 적응될 수 있는 조건을 제공하므로(Shirayama 1983), 크기별 분포특성이 명확히 다른 지역과 구분되는 것을 볼 수 있다. 각 분류군별로 살펴보면 선충류에 있어서는 정점 MC05, MC06를 제외한 모든 정점에서 체 크기 0.063 mm에 들어가는 생물들이 많이 서식하고 있음을 보여 주는데, 이는 심해의 특성상 에너지 수지(Energy budget)를 생각할 때, 몸의 크기가 작은 것

이 유리하다는 점에서 자연스런 현상이라고 보아진다 (Shirayama 1983). 또한 두 번째 우점 분류군인 유공충류 역시 전 정점 퇴적물 층에서 체 크기 0.063 mm에 들어가는 크기의 것들이 많이 서식하고 있었다. 세 번째로 우점한 분류군으로 나타난 저서성 요각류는 앞의 선충류 및 유공충류와는 다르게, 다소 큰 크기인 체 크기 0.125 mm에 속하는 개체들이 많이 나타났다. 이 역시 저서생물의 경우 퇴적물의 입도 크기가 그들의 분포를 결정하는 아주 중요한 요인임을 감안할 때, 저서성 요각류의 분포가 두드러진 C1 지역의 공극률이 높다는 사실을 입증하는 셈이다. 또한 전반적으로 표층역에서, 퇴적물의 심부층에 비해 다소 몸의 크기가 큰 종들이 출현하는데, 이는 먹이조건이 천해에 비해 열악한 심해에서 수층으로부터 침강되는 먹이가 비교적 풍부한 표층역을 선호하기 때문이라고 사료된다 (Snider *et al.* 1984; Shirayama 1983; Sommer and Pfannkuche 2000).

서식밀도

채집한 시료의 각 조사정점에서 출현한 중형저서동물의 전체 서식밀도를 보면, 조사지역 C1의 정점 MC03과 MC04에서 각각 304, 306개체/10 cm²로 최대 값을 보였고, 그 다음으로 높은 서식밀도는 B2지역인 정점 MC01에서 113개체/10 cm², N1 지역의 정점 MC06이 101개체/10 cm²를 보였다(Table 2). 표층으로부터 유기물의 공급이 풍부한 지역인 C1지역은 출현 분류군 수와 마찬가지로 출현 개체수에 있어서도 저위도의 정점에서 높은 서식밀도를 나타내었다. 가장 낮은 서식밀도를 나타낸 정점은 북쪽 N1 지역의 정점 MC07로 52개체/10 cm²를 보였다. 해양수산부(1998)에 의하면, 1998년에는 200개체/10 cm² 이상의 높은 서식밀도를 보인 정점이 많이 있었고, 2000년 조사결과에는 평균 300개체/10 cm²를 보인 것을 고려할 때 (해양수산부 2001), 2001년에는 전반적으로 근년 중에 낮은 서식밀도를 나타냈다고 할 수 있다. 이러한 연주기의 생물량의 변동은 서식환경의 변화를 의미하는데, 조사해역이 1997년에는 엘리노 현상이, 1998년과 1999년에는 라니노 현상의 영향이 나타났으며, 본 연구의 조사년도인 2001년도에는 엘리노 현상이 다시 일어난 것과 연관지어 더 심도 깊은 조사와 분석을 통한 고찰이 요구된다(해양수산부 2001). 각 정점의 평균 개체수는 1.45×10⁴개체/m²로, 2000년의 각 정점의 평균 개체수 값인 2.99×10⁴개체/m²에 비하면 역시 다소 낮은 값이었다.

분류군별로 보면 전 정점에서 가장 높은 선충류의 서식밀도 값을 나타낸 곳은 C1지역의 정점 MC04(190개체/10 cm²), 정점 MC03으로(189개체/10 cm²) 나타났다. 북쪽 N1지역의 선충류 서식밀도는 42~62개체/10 cm²로, C1지역의 선충류의 서식밀도와 큰 차이를 보였다(Table 2, Fig.

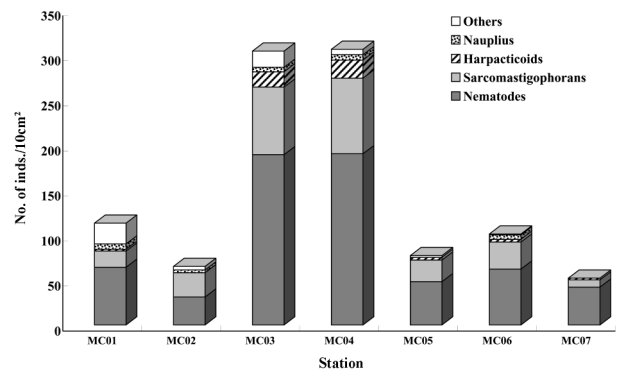


Fig. 4. Abundance of dominant meiobenthic groups at each station.

4). 다음으로 우점한 그룹인 저서유공충류 역시 선충류와 마찬가지로 C1지역의 정점 MC03과 MC04에서 각각 75개체/10 cm², 84개체/10 cm²로 가장 높은 서식밀도를 나타냈다. 저서유공충류의 최저 서식밀도는 고위도 해역인 N1지역 정점 MC07에서 8개체/10 cm², 그 다음이 B2지역의 정점 MC01로 18개체/10 cm²를 나타냈다. 저서성 요각류는 C1 지역의 MC04, MC03에서 20, 17개체/10 cm²로 조사정점 중 최대 서식밀도를 나타내서 중형저서동물의 주요 우점분류군인 선충류와 저서유공충류와 더불어 C1 지역에서 최대밀도를 나타냈다. 그 다음으로 우점한 갑각류 유생은 전 정점 평균 약 3개체/10 cm²로, 이는 1998년에 조사된 분석자료의 평균 출현 서식밀도인 8개체/10 cm²와 1999년도의 평균 서식밀도 값인 27개체/10 cm²에 비하면 다소 낮은 서식밀도를 나타냈다. 주요 우점 분류군의 이러한 분포 패턴은 C1 지역이 상대적으로 중형저서동물의 서식환경이 가장 좋음을 시사하고 있다.

B2, C1, N1 지역에 위치한 각 정점의 중형저서동물의 수평분포 특성을 살펴보면 C1 지역의 정점에서 평균 305개체/10 cm²로 가장 높은 서식밀도를 보였고, B2 지역의 정점은 평균 89개체/10 cm², N1 지역은 평균 77개체/10 cm²의 가장 낮은 서식밀도를 보였다(Table 2, Fig. 4). 해양수산부(2002)에 의하면 동일지역의 퇴적물 내 미생물 생체량 분석을 위해 측정된 ATP 함량 역시 C1지역에서 171.87±0.05 ng/g으로 높게 나타났으며, 상대적으로 고위도에 위치한 N1 지역의 정점에서는 9.12±2.59 ng/g으로 낮게 나타나서 중형저서동물의 서식밀도와 동일한 지역별 분포 패턴을 보여주었다. 이는 저위도의 해역(C1 지역)의 일차생산량이 고위도 해역(N1 지역)에 비하여 매우 높기 때문에, 해당 해역의 상층부로부터 저층에 공급되는 영양물질량에 있어서 큰 차이를 나타내기 때문으로 사료된다. 한편, 거의 동일한 위도상의 C1지역(MC03, MC04)과 B2(MC01, MC02)지역 간의 중형저서동물의 서식밀도의 큰 차이는 퇴적물 표층에 분포하는 망간단괴의 밀도와 밀접

한 연관이 있는 것으로 보인다. 그 이유는 해당 지역들은 모두 수층의 높은 일차생산량으로 인한 유기물 공급량이 높은 지역으로 영양물질의 공급으로 인한 차이는 거의 없는데 반하여(해양수산부 2002), 해양수산부(1998)의 표층 망간단괴 밀도조사에 의하면, 중형저서동물의 높은 서식 밀도와 출현분류군 수를 보인 C1 지역의 망간단괴의 평균 부존밀도는 3.04 kg/m²로 B2지역의 평균 부존밀도인

6.28 kg/m² 비하여 매우 낮은 단괴의 분포가 있는 지역이기 때문이다. 표층 퇴적물에 망간단괴의 서식밀도가 높은 지역에는 퇴적물 표면의 중형저서동물의 서식공간의 감소와 수층으로부터 침강하는 영양물질의 직접적인 공급을 저해하는 요인이 되므로 중형저서동물의 서식환경이 상대적으로 열악해지기 때문에, 두 지역간의 중형저서동물 군집의 차이가 크게 나타나는 것으로 분석된다.

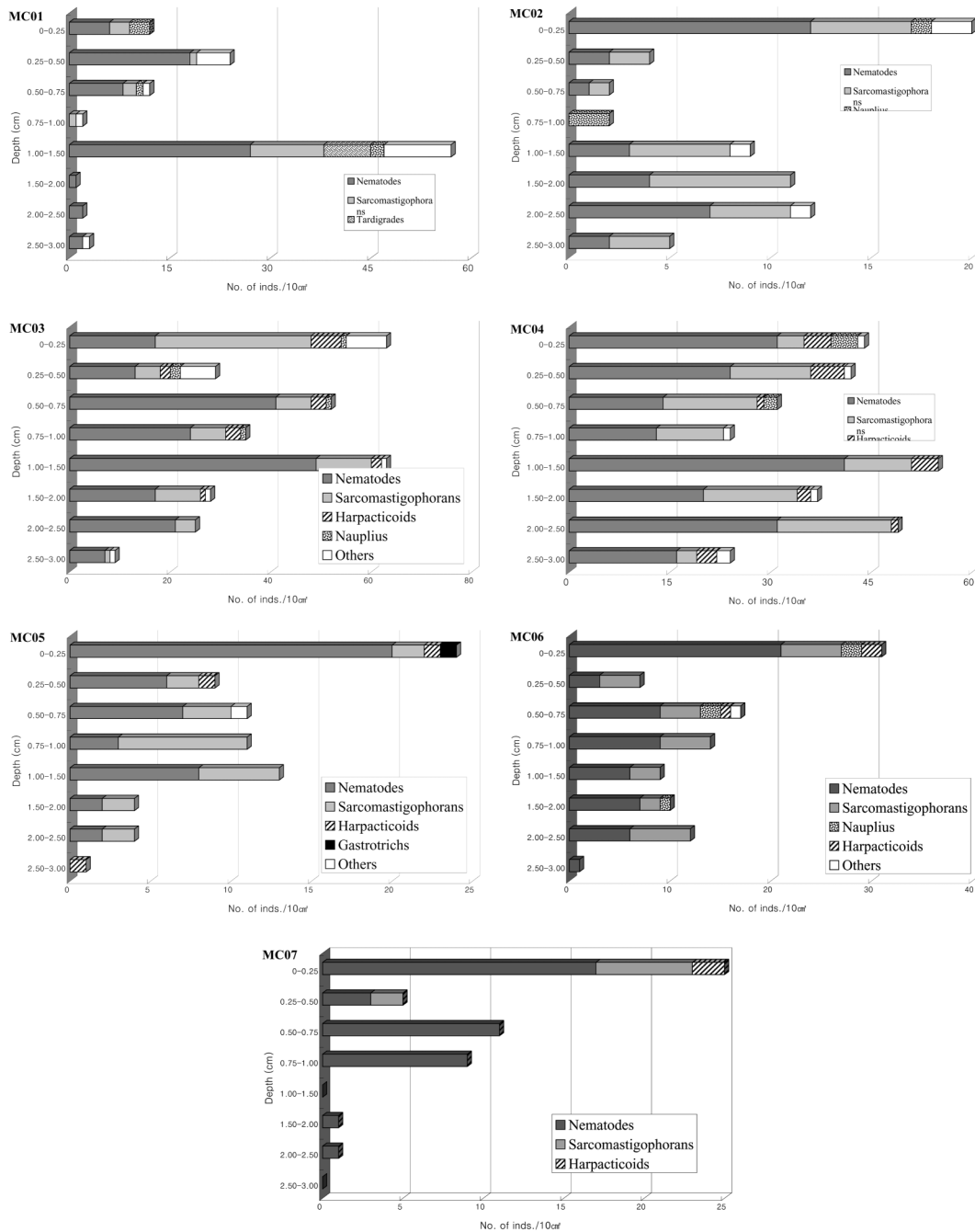


Fig. 5. Vertical distribution of dominant meiofaunal groups at each station.

수직 분포 특성

각 정점별 퇴적물 깊이에 따른 전체 중형저서동물의 수직 분포 양상을 보면(Fig. 5), 전반적으로 퇴적물의 깊이가 증가함에 따라 서식밀도가 급감하는 경향을 나타냈으나, 깊이별로 나누어 보면 분류군 별로 다양한 변화 양상을 보여주었다. 연안 퇴적물에 비하여 심해 퇴적물의 표층에 중형저서동물의 서식이 집중되는 이유는 앞서 언급한 것처럼, 표층으로부터의 제한된 먹이의 공급 때문으로 알려져 있다(Giere 1993; Sommer and Pfannkuche 2000). 퇴적물의 깊이에 따른 감소 폭이 가장 큰 정점은 조사정점 중 가장 낮은 전체 서식밀도를 보였던 정점 MC07로 나타났으며, 깊이별로 서식밀도의 감소 폭이 가장 적은 정점은 가장 높은 전체 서식밀도를 나타낸 정점 MC04로서 1 cm 이하의 깊이에서도 125개체/10 cm²의 많은 개체들이 서식하고 있었다(Fig. 5). 이러한 수직분포 특성은 조사지역별로 저층의 서식환경을 잘 시사하고 있는데, 표층 수괴로부터의 영양공급이 적은 고위도 N1지역의 정점들은 1 cm 이하의 퇴적물에서는 10 cm²당 20개체 이하의 낮은 서식 양상을 보이며, 이는 표층으로 침강되는 제한된 먹이로 인한 표층 선호 양상이 잘 나타난 것이며, 이에 반하여 영양물질의 공급이 원활한 C1 지역에서는 1 cm 깊이 이하에서도 많은 수의 중형저서동물이 서식하고 있음을 명확히 볼 수 있다(Fig. 5). 한편, 표층의 영양물질 공급은 원활하지만 망간단괴의 분포밀도가 매우 높은 지역인 B2 지역의 중형저서동물의 수직분포 패턴은 매우 불규칙한 양상을 보였는데, 이러한 불규칙한 분포패턴의 원인은 해양수산부(1997, 2002)의 조사결과에 의하면, B2지역과 C1 지역의 서식환경이 단괴의 밀도의 큰 차이점 외에 저층 퇴적물의 구조나 물리 화학적 환경 요인의 차이가 나타나지 않았기 때문에, 전체 서식밀도 차이와 마찬가지로 높은 밀도의 망간 단괴에 의한 수직분포의 교란현상으로 예측된다.

분류별로 살펴보면, 가장 우점한 그룹인 선충류는 전체 중형저서동물 수직분포 패턴과 거의 유사한 분포양상을 보였으며, 저서유공충류에 비하여 표층 선호양상이 큰 것으로 보인다(Fig. 5). 저서성 요각류는 위의 두 분류군에 비하여 가장 상층부에 분포하는 것이 두드러지게 나타났는데, 이는 저서성 요각류가 중형저서생물 그룹 안에서 환경요인, 특히 용존 산소의 변화에 민감하다고 알려져 있기(Giere 1993), 그러한 생태적 특성이 용존 산소가 비교적 풍부한 퇴적물 최상층에 집중된 분포를 나타낸다고 할 수 있을 것이다. 저서성 요각류는 중형저서동물 그룹에서도 환경의 영향 연구에 매우 유용하게 사용할 수 있는 그룹으로서, 다른 분류군에 비해 비교적 분류의 어려움이 적고, 다루기가 쉬운 크기를 가지고 있다(Ahnert and Schriever 2001). 특히, 심해 해저면의 자원을 채광하면서 발생하는 물리적 교란은 일반적으로 천해에서의 유기적

오염에 대한 영향과는 다르게 비교적 군집 전체에 점진적인 영향을 초래할 수 있고, 특징적인 일회성 교란에 대한 장기적인 영향을 관찰할 필요가 있기 때문에, 이러한 물리적 환경요인 변화에 민감한 저서성 요각류를 활용한 교란에 대한 영향 연구가 수행되고 있다(Thistle and Levin 1998; Ahnert and Schriever 2001).

4. 결 론

UN으로부터 할당받은 해저광구가 위치한 북동태평양 C-C 해역의 N1지역, B2지역, C1지역의 8정점에서 2001년 8월에 이루어진 온누리호의 탐사를 통해 채집된 심해 저 퇴적물에 서식하는 중형저서동물의 군집특성을 분석한 결과, 전체 10개의 중형저서동물의 분류군이 출현하였으며, 총 서식밀도는 52~306개체/10 cm²로 나타났고, 이중 선충류가 31~190개체/10 cm²의 서식밀도로 모든 조사정점에서 가장 우점한 그룹이었으며, 저서유공충류와 저서성 요각류가 그 다음으로 우점하게 나타났다. 1998년과 1999년에 해양수산부(1998, 1999)에 의한 조사자료와 비교한 결과 2001년에 조사된 본 연구의 서식밀도는 다소 낮은 편으로 나타났다. 수직적으로 퇴적물 표층 0-1 cm 내에 집중해서 분포하였는데, 특히 저서성 요각류의 표층 선호성이 가장 높게 나타났다. 출현한 중형저서동물 그룹 개체들의 크기 분포는 전반적으로 0.125 mm의 체를 통과하여 0.063 mm에 걸리지는 크기를 가진 개체들이 가장 많이 서식하는 것으로 나타났으며, 이중 C1 지역의 정점에서 다른 지역에 비하여 다소 큰 개체들이 서식하였고, 이러한 크기 분포 특성은 먹이 공급조건이 양호하고 퇴적물의 공급율이 큰 서식환경 특성을 시사하였다. 조사지역별로 중형저서동물의 군집특성이 서식환경을 반영하여 잘 나타났는데, 위도별로 해역 표층의 일차생산량이 높은 저위도 지역인 C1 지역과 B2 지역에서 일차생산량이 낮은 고위도의 N1 지역에 비하여 중형저서동물의 출현분류군 수와 서식밀도가 높게 나타나서 상층수로부터의 영양물질의 공급이 중요한 제한요인으로 분석되었다. 동일한 탐사의 일환으로 수행되었던 해양수산부(2002)의 각 지역 저층 퇴적물의 ATP량과 유기물 함량도 중형저서동물의 분포 패턴과 비슷한 경향을 보여서 C-C 해역은 위도별 수층의 일차생산량에 의한 저서환경특성이 매우 중요한 지역으로 판단된다. 한편, 동일한 위도 상에 위치한 B2 지역과 C1 지역의 중형저서동물의 군집특성이 서식밀도와 수직분포 패턴에서 큰 차이가 나타났는데, 이는 두 지역의 해저면 표층의 망간단괴의 분포밀도 차이에 의한 영향으로 분석된다. 이상의 결과에서 C-C 해역의 중형저서동물 군집의 분포 특성은 저서환경의 변화에 민감하게 반응하는 것으로 판단되며, 차후에 이루어질 해저광구의 채광으로

인한 생태계 교란의 모니터링 연구를 위해서 좀 더 하위 단계의 분류군의 특성자료와 서식환경자료의 분석 연구가 앞으로 요구된다.

사 사

본 연구를 위하여 생물시료채집 등에 협조하여 주신 은 누리호 선생님 및 승조원 분들께 감사드리며, 탐사에 함께 하신 심해저자원연구센터 연구원분들과 특별히 시료분석에 함께한 오제혁, 신재철 연구원님께 감사를 드립니다. 본 연구는 해양수산부의 '2001 심해저 광물자원개발' 용역 사업의 일환으로 수행되었습니다.

참고문헌

- 김동성. 1997. 북동태평양 심해퇴적물에 서식하는 중형저서 생물의 군집구성. *한국해양학회지 '바다'*, 2, 42-47.
- 김동성, 현정호, 최진우, 이경용. 2000. 북동태평양 심해 퇴적물에 서식하는 중형 저서 생물군집의 위도별 특징. *한국해양학회지 '바다'*, 5, 245-254.
- 통상산업부. 1995. '95 심해저 광물자원탐사 보고서(I). 763 p.
- 해양수산부. 1996. '96 심해저 광물자원탐사 보고서(I). 954 p.
- 해양수산부. 1997. '97 심해저 광물자원탐사 보고서(I). 843 p.
- 해양수산부. 1998. '98 심해저 광물자원탐사 보고서(I). 1209 p.
- 해양수산부. 1999. '99 심해저 광물자원탐사 보고서(I). 708 p.
- 해양수산부. 2001. 2000 심해저 광물자원탐사 보고서(I). 594 p.
- 해양수산부. 2002. 2001 심해저 광물자원탐사 보고서(I). 559 p.
- 해양수산부. 2004. 2003 심해저 광물자원개발 보고서(I). 770 p.
- Aller, J.Y. 1989. Quantifying sediment disturbance by bottom currents and its effect on benthic communities in a deep-sea western boundary zone. *Deep Sea Res. A*, 36, 901-934.
- Ahnert, A. and G. Schriever. 2001. Response of abyssal copepoda harpacticoida (crustacea) and other meiobenthos to an artificial disturbance and its bearing on future mining for polymetallic nodules. *Deep-Sea Res. II*, 48, 3779-3794.
- Danovaro, R., C. Gambi, and N.D. Croce. 2002. Meiofauna hotspot in the Atacama Trench, eastern South Pacific Ocean. *Deep-Sea Res. I*, 49, 843-857.
- Giere, O. 1993. *Meiobenthology*. Springer-Verlag, 328 p.
- Lambshead, P.J.D. et al. 2001a. Impact of large-scale natural physical disturbance on the diversity of deep-sea North Atlantic nematodes. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 214, 121-126.
- Lambshead, P.J.D. et al. 2001b. Phytodetritus and the abundance and biomass of abyssal nematodes in the central, equatorial Pacific. *Deep-Sea Res.*, 48, 555-565.
- Lambshead, P.J.D. et al. 2003. Biodiversity of nematode assemblage from the region of the Clarion-Clipperton fracture zone, an area of commercial mining interest. *BMC Ecology*, 3, 1.
- Neira, C., J. Sellanes, L.A. Levin, and W.E. Arntz. 2001. Meiofaunal distribution on the Peru margin: relationship to oxygen and organic matter availability. *Deep-Sea Res. I*, 48, 2453-2472.
- Sharma, R., B.N. Nath, G. Parthiban, and S.J. Sankar. 2001. Sediment redistribution during simulated benthic disturbance and its implications on deep seabed mining. *Deep-Sea Res. II*, 48, 3363-3380.
- Shimanaga, M. and Y. Shirayama. 2000. Response of benthic organisms to seasonal change of organic matter deposition in the bathyal Sagami Bay, central Japan. *Oceanol. Acta*, 23, 91-107.
- Shirayama, Y. 1983. Size structure of deep-sea meio- and macrobenthos on the western Pacific. *Int. Revue Ges. Hydrobiol.*, 68, 799-810.
- Shirayama, Y. 1994. Abundance of deep-sea meiobenthos off Sanriku, northeastern Japan. *J. Oceanogr.*, 50, 109-117.
- Snider, L.J., B.R. Burnett, and R.R. Hessler. 1984. The composition and distribution of meiofauna and nanobiota in a central north Pacific deep-sea area. *Deep-Sea Res.*, 31, 1225-1249.
- Soltwedel, T. 2000. Metazoan meiobenthos along continental margins: a review. *Prog. Oceanogr.*, 46, 59-84.
- Sommer, S. and O. Pfannkuche. 2000. Metazoan meiofauna of the deep Arabian sea: standing stocks, size spectra and regional variability in relation to monsoon induced enhanced sedimentation regimes of particulate organic matter. *Deep-Sea Res. II*, 47, 2957-2977.
- Thiel, H. and G. Schriever. 1993. Environmental consequences of deep-sea mining. *Int. Challenges*, 13, 54-70.
- Thistle, D. 1988. A temporal difference in harpacticoid-copepod abundance at a deep-sea site: caused by benthic storms?. *Deep-Sea Res.*, 35, 1015-1020.
- Thistle, D. and L.A. Levin. 1998. The effect of experimentally increased near-bottom flow in metazoan meiofauna at a deep-sea site, with comparison data on macrofauna. *Deep-Sea Res. I*, 45, 625-638.

Received Apr. 16, 2004

Accepted May 28, 2004