

## Article

## 마이크로네시아 연방 축 라군의 해초지와 맹그로브 군락 퇴적물에 서식하는 중형저서동물 군집 특성

민원기<sup>1</sup> · 김동성<sup>1\*</sup> · 권문상<sup>2</sup>

<sup>1</sup>한국해양연구원 해양환경연구본부

<sup>2</sup>한국해양연구원 해양과학기술정책연구센터  
(425-600) 경기도 안산시 안산우체국 사서함 29

### Meiobenthic Community Structures on the Sediment of Seagrass Bed and Mangrove Forest in Chuuk Lagoon, Micronesia

Won-Gi Min<sup>1</sup>, Dong-Sung Kim<sup>1\*</sup>, and Moon Sang Kwon<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Marine Environment Research Department, KORDI

<sup>2</sup>Ocean Policy Center, 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 on the sediment of the mangrove forest and seagrass bed in the Chuuk lagoon. The samples were collected by an acryl corer at 14 stations. Nematodes were the most abundant meiobenthos, followed by ciliophorans and polychaetes; these taxa comprised more than 70% of the total abundance at all stations. The meiofauna sampled in seagrass bed were more diverse than those of mangrove substrates. Total densities were higher in mangrove stations than other sites, averaging 1,671 to 2,967 inds./10 cm<sup>2</sup>. Densities in seagrass area ranged between 605 and 1,053 inds./10 cm<sup>2</sup>. Biomasses, however, were higher in seagrass bed (975-2,167  $\mu$ g free dry weight/10 cm<sup>2</sup>) than in mangrove area (1,064-1,180  $\mu$ g free dry weight/10 cm<sup>2</sup>). Ordination chart by MDS of major meiofaunal density in each station showed difference between mangrove area and seagrass area in terms of habitat of meiobenthos.

**Key words :** meiobenthos, community structure, South Pacific, seagrass bed, mangrove

## 1. 서 론

맹그로브 군락지(Mangrove forest)와 해초지(Seagrass bed)는 인근 연안 지역에 비하여 먹이 사슬과 영양염의 순환의 관점에서 매우 생산성이 높은 연안으로 알려져 있다(Kikuchi 1980; Phillips and Menez 1988; Alongi 1996). 맹그로브 군락은 해양으로 영양염 및 유기쇄설물을 공급하고 니질 퇴적물의 퇴적을 촉진하는 역할을 하여, 육상과

해양생태계를 연결하는 중요한 지역으로 인식되고 있다(Woodroffe 1985; Kennedy *et al.* 2004; Mfilinge *et al.* 2005). 강우나 하천을 통해 육상에서 유입되는 영양염과 유기쇄설물이 맹그로브 생태계 내에서 순환되고 이를 바탕으로 생산되는 유기물이 주변 해역에 공급되어 연안 전체의 물질 순환에 중요한 위치를 차지하는 것으로 평가된다(Kennedy *et al.* 2004). 한편, 해초(seagrass)는 연안 생태계에서 기초 생산자로서의 중요한 역할 외에도 다양한 부착 조류의 착생장소를 제공하고 파랑을 약화시켜 안정된 환경을 만들며, 퇴적물의 축적을 돕고 강한 빛을 막아

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

주어, 어류의 생육장으로서 역할과 수많은 무척추동물들의 먹이원이 있는 서식지 역할을 하고 있다(Kikuchi 1980; Phillips & Menez 1988). 이들 해초지와 맹그로브 군락은 전 세계의 열대지방의 연안에서 산호초 생태계와 더불어 매우 높은 생산력을 가지는 생태계로 인식되어 왔다(De Boer 2000). 현재까지 알려진 바로는 맹그로브 우점 지역에서 퇴적물의 유기물질의 농도가 해초지의 유기물 농도에 비하여 다소 높은 것으로 보고되어 있다(Kennedy et al. 2004). 이러한 기능 및 높은 생산력으로 인해서 많은 학자들은 이들 식물의 분포, 생리적 특성 및 그 물질 순환과 연관된 연구들을 했고, 그 저서 생태계를 구성하는 주된 생물인 미생물, 중·대형 저서동물, 어류 등의 분포 및 먹이 연쇄 특성에 대한 다양한 연구가 계속되고 있다(Kikuchi 1980; Phillips and Menez 1988; De Troch et al. 2001; Decho et al. 1985; Hicks 1986, 1989; Zhou 2001; Sheridan 1997; Dorenbosch 2004). 특히, 중형저서동물은 최근의 많은 연구를 통해 전체 저서 생태계 유기물 내에서의 영양작용에 중요한 역할을 하는 것으로 나타났고(Higgins and Theil 1988; Giere 1993; Albertelli et al. 1999), 또한 짧은 세대 기간과 환경의 변화에 빠른 반응을 보이는 생리적 특징으로부터 저서생태계의 환경을 간접적으로 파악할 수 있는 중요 연구 생물로 인식되어지고 있다(Sandulli and De Nicola 1990). 맹그로브 군락 퇴적물에 서식하는 중형저서동물에 대한 연구는 아열대와 온대지역 맹그로브 군락의 퇴적물에 서식하는 중형저서동물의 주요 우점 그룹에 대한 분포특성을 중심으로 이루어졌고, 특히 우점 분류군인 선충류(Nematodes)에 대한 연구가 주를 이루었다(Hopper et al. 1973; Dye 1983a, b; Dye and Lasiak 1986; Alongi 1987; Schrijvers et al. 1995). 최근에는 맹그로브 군락지 생태계의 먹이 또는 물질 순환에 관한 연구와 생물 다양성에 관계된 연구들이 주목받고 있다(Gee and Somerfield 1997; Zhou 2001; Gwyther and Fairweather 2005). 해초지에서도 중형저서동물 분포특성에 관한 많은 연구가 이루어졌는데(Kikuchi 1980; Decho et al. 1984; Aryuthaka 1985; Hicks 1986, 1989; Bell et al. 1984) 특별히 선충류와 저서성 요각류(Harpacticoid copepods)에 대한 생태학적 역할 및 분포 특성에 관한 연구가 주를 이루었다(Meyer and Bell 1989; Novak 1989; Bell and Hicks 1991; De Troch et al. 2003). 한편, 국내에서 해초지 및 맹그로브 군락 내의 중형저서동물에 관한 연구는 민 등(2003)에 의한 서남해안의 해초지의 중형저서동물 군집 특성에 대한 연구 한편을 제외하고는 전무한 실정이다. 본 연구는 남태평양 측 라군 퇴적물 내에 서식하는 중형저서동물의 군집구조와 공간분포 특성 등의 분석을 통해서 열대역인 측 라군의 맹그로브 군락과 해초지의 생태계 특성이 어떠한 차이를

보이는가에 초점을 맞추어 분석하였으며, 차후에 이루어질 생물 다양성 측면의 접근이나 다른 저서생태계 구성원 간의 관계성 파악을 통해 전체 저서 생태계의 특성을 이해하는 통합적인 연구의 기초 자료로서의 의미를 가진다.

## 2. 재료 및 방법

남태평양 측 열대 라군 지역의 대표적 해양환경인 해초지와 맹그로브 퇴적물에 서식하는 중형저서동물군집의 조성 및 우점 동물상, 수직적 분포 특성, 서식밀도 등의 군집 특성을 분석하기 위하여, 2003년 10월과 2004년 7월에 각 1회씩 측 웨노(Weno) 섬의 연안 지역에 전체 14 정점을 설정하여 중형저서동물 시료를 채집하였다(Fig. 1). 2003년 10월에는 맹그로브 군락 내에 위치한 정점 MC1, 맹그로브 군락과 해양의 경계선 부근에 위치한 ME1, 정점 MC1과 MC2의 연장선상에 위치한 식생이 없는 정점 MB1, MB2, 그리고 해초가 밀생하는 정점인 SD4, 해초가 거의 나타나지 않는 정점인 SR1, SR2의 총 7개 정점의 시료를 채집하였고, 2004년 7월에는 2003년의 정점과 비슷한 방법으로 맹그로브 정점 MC2, ME2, MC3, ME3, 그리고 해초지에서는 SD1, SD2, SD3의 총 7개의 정점에서 시료를 채집하였다(Fig. 1). 각 해초지 정점의 해초 종을 분석한 결과, SD1, SR1, SD4는 *Cymodocea rotundata*, SD2는 대형 해초종인 *Enhalus acoroides*, SD3는 *Talassia hemprichii*, SR2는 *Syringodium isoetifolium*가 서식하는

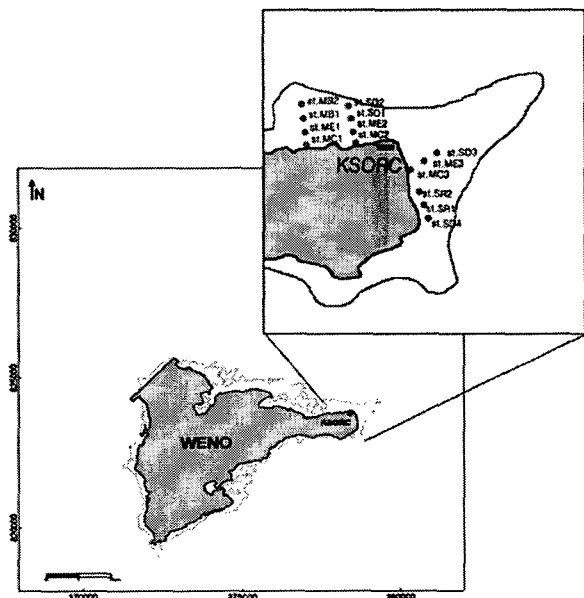


Fig. 1. A map showing the study area and sampling stations for meiobenthos near the CPR of Weno in Chuuk.

정점으로 판명되었다(Phillips and Menez 1988).

중형저서동물 분석을 위한 퇴적물 시료의 채집은, 각 정점에서 직경 3.6 cm 크기의 아크릴로 된 튜브를 사용하여 직접 코어링하였고, 채집한 시료는 각 정점 당 2개씩 채취하여 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, 로즈 벵갈 (rose bengal)을 혼합한 5% 중성 포르말린으로 고정하였다. 정성분석용 또는 분류 및 기타 실험용으로 채집한 시료는 5% 중성 포르말린으로 고정하여 시료를 보관하였다. 현장에서 연구소로 운반되어진 생물 시료는 연구실에서 각 크기의 체(1 mm, 500  $\mu$ m, 250  $\mu$ m, 125  $\mu$ m, 63  $\mu$ m, 37  $\mu$ m)를 사용하여 크기별로 걸러내어 광학현미경 하에서 분류 및 계수를 하였다(Higgins and Thiel 1988). 또한 현미경 사진과 영구보존을 위하여 글리세린, 에탄올, 증류수를 혼합한 용액으로 고정액을 치환시켜 건조기(hot oven)에 넣어 서서히 증발시킨 후에, 제습기 안에 넣어 완전히 수분을 증발시켜서, H-S 슬라이드(Shirayama *et al.* 1993)

에 작은 유리구슬과 canadian balsam을 사용하여, 영구보존 생물시료를 만들었다. 퇴적물에 서식하는 중형저서동물의 밀도 및 수직분포는 10 cm까지 처리한 시료의 분석에서 전 생물군의 출현개체수가 표층 3 cm 안에 90% 이상을 차지하고 있기 때문에 본 연구에서는 3 cm까지의 분석 자료를 사용하여 각 정점의 대표 값으로 표현하였다. 생체량 분석은 Shirayama(1983)의 중형저서동물의 주요 분류군별 개체 당의 ash free dry weight( $\mu$ g) 환산 값을 사용하였다. 각 정점의 중형저서동물 군집 특성의 유사도 측정을 위해서, 각 지역별 분류군의 출현개체수 자료를 이용하여 Bray-Curtis의 유사도지수를 구하고, MDS(non-metric multidimensional scaling) 배열법으로 군집분석을 하였다(Clarke 1993).

### 3. 결 과

#### 출현분류군 및 조성비

2003년 7월과 2004년 10월에 채집된 남태평양 측 라군

Table 1. Frequency and average density of major meiobenthic taxa in mangroves and seagrass bed, Chuuk lagoon.

Taxon	Mangrove forest			Seagrass bed		
	Frequency	inds./10 cm <sup>2</sup>	%	Frequency	inds./10 cm <sup>2</sup>	%
Nematodes	100	1421	68.9	100	251	27.8
Ciliophorans	100	187	9.1	83	170	18.8
Polychaetes	100	63	3.0	100	216	23.9
Sarcomastigophorans	100	120	5.8	100	72	7.9
Harpacticoids	100	82	4.0	100	96	10.6
Nauplius	100	87	4.2	100	66	7.2
Tardigrades	63	51	2.5	67	33	3.7
Turbellarians	100	20	1.0	100	7	0.7
Ostracods	100	9	0.5	100	12	1.3
Cnidarians	25	38	1.8	17	2	0.2
Gastrotrichs	38	12	0.6	33	4	0.4
Rotiferans	13	29	1.4	33	6	0.7
Isopods	13	10	0.5	33	7	0.8
Bivalves	50	4	0.2	33	2	0.2
Kinorhynchs	50	4	0.2	33	2	0.2
Amphipods	13	9	0.4	50	1	0.1
Oligocheata	25	2	0.1	17	4	0.4
Gastropods	38	1	0.0	33	2	0.2
Cumaceans				50	2	0.2
Nemertines				33	2	0.2
Gnathostomulids				17	2	0.2
Halacaloideans				17	2	0.2
Loriciferans	13	1	0.0	17	1	0.1
Echinodermata				17	1	0.1
others		17	0.8		10	1.1
Total		2061	100.0		904	100.0

의 맹그로브 군락지와 해초지의 14개 정점의 퇴적물을 분석한 결과, 모두 총 24개의 중형저서동물 그룹이 출현하였다(Table 1). 가장 우점한 중형저서동물 분류군은 선충류(Nematodes)로 나타났으며, 섬모충류(Ciliophorans), 다모류(Polychaetes), 저서유공충류(Sarcomastigophorans), 저서성 요각류(Harpacticoids)와 갑각류의 유생(Nauplius)이 그 다음으로 우점하는 양상을 보였다. 각 정점별로 9개에서 15개의 출현분류군 수를 나타냈는데, 출현 서식밀도의 상위 7개의 분류군이 모든 정점에서 출현하였으며, 그 이하에 랭크된 분류군들은 대부분 1% 미만의 출현 양상을 보였으며, 정점별로 13~67%의 출현빈도를 나타냈다(Fig. 2, Table 1). 가장 우점한 선충류는 맹그로브 군락지의 정점들에서 평균 68.9%의 우점률을 나타내어 가장 우점하는 경향을 보였으며, 섬모충류가 9.1%, 저서유공충류가 5.8%, 갑각류의 유생이 4.2%, 그리고 저서성 요각류가 4.0%의 조성비를 나타냈다. 맹그로브 정점에서 출현한 분류군은 모두 19개로, 해초지 정점에서도 모두 출현하였다. 해초지 정점에서는 모두 24개의 중형저서동물 그룹이 출현하였으며, 선충류가 27.8%, 다모류가 23.9%, 섬모충류가 18.8%, 저서성 요각류와 갑각류 유생이 각각 10.6%,

7.2%의 우점양상을 보였다. 쿠마류(Cumaceans), 유형동물류(Nemertines), 악구동물류(Gnathostomulids), 잔물응애류(Halacaroideans), 극피동물류(Echinoderms)는 해초지 정점에서만 출현하였다.

#### 서식밀도 및 생체량

채집한 시료의 각 조사정점의 표층 퇴적물 3 cm 내에서 출현한 중형저서동물의 전체 서식밀도를 보면, 각 정점별로 207~5,585개체/10 cm<sup>2</sup>의 값을 나타냈다(Table 2). 맹그로브 외곽지역 정점인 MB1에서 5,585개체/10 cm<sup>2</sup>로 최대 값을 나타내고, 그 다음으로 맹그로브 군락지 내부 정점인 MC1과 MC2에서 각각 2,220개체/10 cm<sup>2</sup>, 2,032개체/10 cm<sup>2</sup>의 서식밀도를 나타냈다. 그 외의 정점에서는 2,000개체/10 cm<sup>2</sup> 이하의 서식밀도를 보였고, 가장 낮은 서식밀도를 나타낸 정점은 해초 밀생지역 정점인 SD2로, 207개체/10 cm<sup>2</sup>로 나타냈다(Fig. 2, Table 2). 각 정점의 중형저서동물의 총 생체량은 해초지 정점인 SD4에서 5,061.5  $\mu\text{g}/10 \text{ cm}^2$ 의 최대 값을 나타냈으며, 맹그로브 외곽지역의 정점 MB2에서 186.7  $\mu\text{g}/10 \text{ cm}^2$ 의 최소 값을 보였다(Table 3). 맹그로브 정점인 MB1에서 2,173.6  $\mu\text{g}/10 \text{ cm}^2$ 를 제외하고는 대부분 1,500  $\mu\text{g}/10 \text{ cm}^2$  이하의 생체량을 나타냈다. 지역별로 비교해 보면, 해초가 밀생한 지역의 평균 중형저서동물의 생체량이 2,167.2  $\mu\text{g}/10 \text{ cm}^2$ 로 가장 많게 나타났으며, 맹그로브 중심지역과 경계지역, 외곽지역이 각각 1,128.1  $\mu\text{g}/10 \text{ cm}^2$ , 1,064.2  $\mu\text{g}/10 \text{ cm}^2$ , 1180.2  $\mu\text{g}/10 \text{ cm}^2$ 로 비슷한 값들을 보였고, 해초의 서식이 빈약한 지역에서 975  $\mu\text{g}/10 \text{ cm}^2$ 로 가장 적게 나타났다.

분류군별로 보면 거의 모든 정점에서 가장 우점한 높은 선충류의 서식밀도 값을 나타낸 곳은 맹그로브 외곽 정점 MB1으로 4,061개체/10 cm<sup>2</sup>이며, 그 다음이 정점 MC1으로 1,627개체/10 cm<sup>2</sup>, 정점 ME1의 1,459개체/10 cm<sup>2</sup>으로 나타났다(Fig. 2, Table 2). 맹그로브 지역의 선충류의 평균 서식밀도는 1,427개체/10 cm<sup>2</sup>로서, 해초지의 선충류 평균 서식밀도인 251개체/10 cm<sup>2</sup>에 비하여 상대적으로 높게 나타났다(Table 1). 선충류의 생체량은 해초지 정점 SD4의 3.2  $\mu\text{g}/10 \text{ cm}^2$ 에서 맹그로브 외곽지역의 MB1의 48.9  $\mu\text{g}/10 \text{ cm}^2$ 까지 정점별로 다양하게 나타났다. 지역별로 비교해 보면, 맹그로브 외곽지역에서 30.2  $\mu\text{g}/10 \text{ cm}^2$ , 중심지역과 경계지역이 각각 16.6  $\mu\text{g}/10 \text{ cm}^2$ , 18.2  $\mu\text{g}/10 \text{ cm}^2$ 를, 해초 밀생 지역의 평균 중형저서동물의 생체량이 14.7  $\mu\text{g}/10 \text{ cm}^2$ 를 보여서, 맹그로브 지역의 선충류의 생체량 값이 상대적으로 크게 나타났다(Table 3). 섬모충류는 해초지 정점인 SD3에서 742개체/10 cm<sup>2</sup>로 최대 서식밀도를 나타냈으며, 맹그로브 외곽 정점인 MB1에서 517개체/10 cm<sup>2</sup>, MC1에서 294개체/10 cm<sup>2</sup>의 서식밀도를 나타냈고, 그 외의 정점에서는 200개체/10 cm<sup>2</sup> 미만의 서식밀

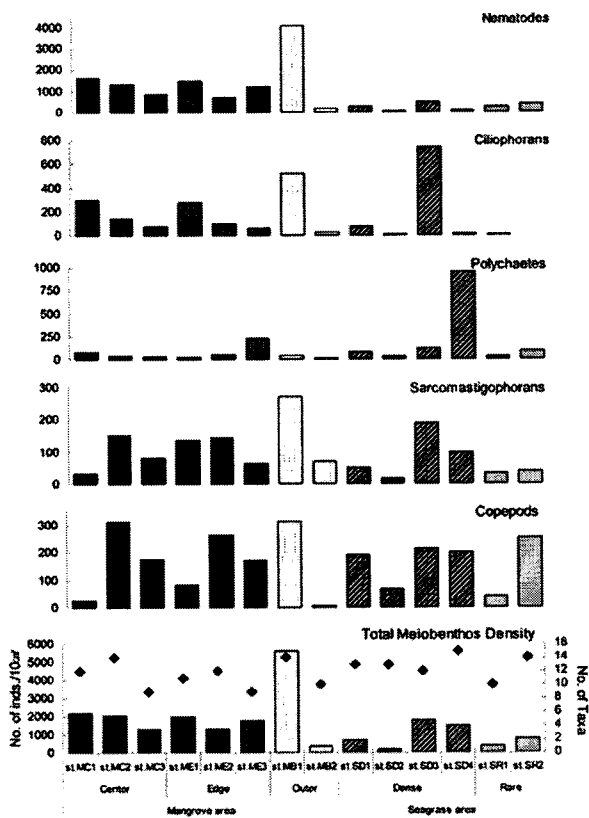


Fig. 2. Abundance and the number of major meiobenthic taxa in study site.

Table 2. The density of major meiobenthos at each study sites.

(unit: inds./10 cm<sup>2</sup>)

	Mangrove area									Seagrass area					
	Center			Edge			Outer (Bare sand)			Dense				Rare	
	st. MC1	st. MC2	st. MC3	st. ME1	st. ME2	st. ME3	st. MB1	st. MB2	st. SD1	st. SD2	st. SD3	st. SD4	st. SR1	st. SR2	
Nematodes	1627	1313	868	1459	668	1188	4061	180	272	38	472	93	253	380	
Ciliophorans	294	148	78	273	97	64	517	23	76	8	742	15	8		
Polychaetes	81	44	25	18	52	231	44	5	82	26	114	951	34	89	
Sarcomastigophorans	35	154	83	137	145	64	271	72	50	18	190	99	34	39	
Harpacticoids	20	134	74	47	155	115	107	4	105	49	102	105	29	184	
Nauplius	6	181	100	34	110	56	208	2	86	18	113	96	10	70	
Tardigrades		2		3	5		244	1	7	8		92		26	
Turbellarians	33	4	42	7	5	8	38	20	6	8	15	1	6	4	
Ostracods	3	22	1	7	4	1	36	1	6	7	10	37	9	4	
Cnidarians	73						2						2		
Gastrotrichs		5		2				28					4	4	
Rotiferans							29				10	2			
Isopods					10					12		2			
Bivalves		3		2	4		8			2	1				
Kinorhynchs		2			4	3	5		2					1	
Amphipods		9							1	1		2			
Oligocheata	2	2												4	
Gastropods	1		1				1			1			3		
Cumaceans									4				1	1	
Nemertines													2	2	
Gnathostomulids											2				
Halacaloideans									2						
Loriciferans	1										1				
Echinidermata														1	
Others	44	9	17	5	18	13	14	14	13	11	17	3	4	9	
Total	2220	2032	1289	1994	1277	1743	5585	350	712	207	1789	1505	392	818	

Table 3. The biomass of major meiobenthos at each study sites.

(unit: ash free dry weight ( $\mu$ g) of meiofaunal animal per 10 cm<sup>2</sup>)

	Mangrove area									Seagrass area					
	Center			Edge			Outer (Bare sand)			Dense				Rare	
	st. MC1	st. MC2	st. MC3	st. ME1	st. ME2	st. ME3	st. MB1	st. MB2	st. SD1	st. SD2	st. SD3	st. SD4	st. SR1	st. SR2	
Nematodes	9.4	26.3	14.1	18.1	26.8	9.7	48.9	11.6	10.7	3.2	32.7	12.0	11.7	5.0	
Sarcomastigophorans	465.9	271.7	248.3	398.0	179.3	360.2	1008.1	62.9	105.6	14.8	78.3	24.4	69.1	191.3	
Harpacticoids	35.3	83.9	96.3	91.4	161.9	220.6	198.5	2.5	228.9	47.9	122.1	212.4	43.4	198.5	
Others	1141.3	645.0	346.6	299.2	584.0	843.3	918.2	109.7	689.6	771.5	1502.1	4812.6	436.0	996.3	
Total	1651.8	1027.0	705.4	806.8	951.9	1433.8	2173.6	186.7	1034.8	837.3	1735.3	5061.5	560.2	1391.2	

도를 보였다(Fig. 2, Table 2). 맹그로브 정점과 해초지 정점의 평균 서식밀도는 각각 187개체/10 cm<sup>2</sup>, 170개체/10 cm<sup>2</sup>로 거의 비슷하나 선충류의 조성비가 매우 높은 맹그로브지역에 비해서 해초지의 섬모충류 조성비는 18.8%로 상대적으로 높게 나타났다(Table 1). 다모류는 해초지 정점 SD4에서 951개체/10 cm<sup>2</sup>의 매우 높은 서식밀도를 나타냈으며, 맹그로브 경계지역 ME3에서 231개체/10 cm<sup>2</sup>로 다소 높은 서식밀도를 보이고, 그 외의 정점에서는 모두 100개체/10 cm<sup>2</sup> 이하의 서식밀도를 보였다(Table 2). 평균 서식밀도는 맹그로브지역에서 63개체/10 cm<sup>2</sup>, 해초지에서 216개체/10 cm<sup>2</sup>로 나타났다. 저서유공충류는 맹그로브 외곽지역의 정점 MB1에서 271개체/10 cm<sup>2</sup>로 전체 정점에서 가장 높은 서식밀도를 나타냈고, 해초지 정점 SD3에서 190개체/10 cm<sup>2</sup>의 서식밀도를 보였다. 평균 서식밀도는 맹그로브 정점에서 120개체/10 cm<sup>2</sup>, 해초지에서 72개체/10 cm<sup>2</sup>를 나타냈다(Fig. 2, Table 2). 생체량은 해초지 정점 SD2의 14.8  $\mu\text{g}/10\text{ cm}^2$ 에서 맹그로브 외곽지역의 MB1의 1008.1  $\mu\text{g}/10\text{ cm}^2$ 까지 정점별로 큰 차이를 나타냈다(Table 3). 지역별로 비교해 보면, 맹그로브 외곽지역에서 535.5  $\mu\text{g}/10\text{ cm}^2$ , 중심지역과 경계지역이 각각 328.6  $\mu\text{g}/10\text{ cm}^2$ , 312.5  $\mu\text{g}/10\text{ cm}^2$  인데 반하여, 해초 밀생 지역은 평균 저서유공충류의 생체량이 55.8  $\mu\text{g}/10\text{ cm}^2$ 를 저밀도 해초지에서는 130.2  $\mu\text{g}/10\text{ cm}^2$ 로서 맹그로브 중심지역의 저서유공충류의 생체량이 상대적으로 많은 것으로 나타났다(Table 3). 저서성 요각류는 해초지 정점 SR1에서 184개체/10 cm<sup>2</sup>로 전 정점에서 최대 서식밀도를 나타냈고, 두 번째로 높은 서식밀도를 나타낸 정점은 맹그로브 경계지역 정점인 ME2에서 155개체/10 cm<sup>2</sup>의 서식밀도를 보였다. 맹그로브 지역과 해초지의 저서성 요각류의 평균 서식밀도는 각각 82개체/10 cm<sup>2</sup>, 96개체/10 cm<sup>2</sup>로 거의 비슷한 값을 나타냈으나, 조성비는 맹그로브 정점에서 4.0%, 해초지에서 10.6%로 해초지 지역이 다소 높게 나타났다. 이들 그룹의 생체량은 맹그로브 외곽지역의 MB1의 2.5  $\mu\text{g}/10\text{ cm}^2$ 에서 해초지 정점 SD1의 228.9  $\mu\text{g}/10\text{ cm}^2$ 까지 정점별로 큰 차이를 나타냈는데, 맹그로브 경계지역과 해초 밀생 지역에서 각각 157.9  $\mu\text{g}/10\text{ cm}^2$ , 152.8  $\mu\text{g}/10\text{ cm}^2$ 로 다소 큰 값을 보였다. 중심지역과 경계지역이 각각 328.6  $\mu\text{g}/10\text{ cm}^2$ , 312.5  $\mu\text{g}/10\text{ cm}^2$ 인데 반하여, 해초 밀생 지역은 평균 저서성 요각류의 생체량이 55.8  $\mu\text{g}/10\text{ cm}^2$ 를, 저밀도 해초지에서는 130.2  $\mu\text{g}/10\text{ cm}^2$ 로서 맹그로브 중심지역의 저서성 요각류의 단위면적당 생체량 값이 상대적으로 큰 것으로 나타났다(Table 3). 갑각류의 유생 서식밀도는 맹그로브 정점에서 평균 87개체/10 cm<sup>2</sup>, 해초지에서 66개체/10 cm<sup>2</sup>로 저서성 요각류와 비슷한 경향을 나타냈다(Table 2). 전체 서식밀도로 7번째 우점한 완보동물류(Tardigrades)는 정점별로 서식밀도의 변화 폭

이 크게 나타나서 가장 높은 정점인 맹그로브 외곽 정점인 MB1에서 244개체/10 cm<sup>2</sup>, 해초지 정점인 SD4에서 92개체/10 cm<sup>2</sup>로 비교적 높은 서식밀도를 보인 반면, 나머지 정점들에서는 20개체 미만의 서식밀도를 보였으며, 5정점에서 한 개체도 출현하지 않았다. 외충류(Turbellarians)는 1~42개체/10 cm<sup>2</sup>의 서식밀도를 보였으며, 맹그로브 지역에서 평균 20개체/10 cm<sup>2</sup>, 해초지에서 7개체/10 cm<sup>2</sup>의 분포 특성을 나타냈다. 개형류(Ostracods)는 1~37개체/10 cm<sup>2</sup>로 맹그로브 지역에서 평균 9개체/10 cm<sup>2</sup>, 해초지에서 12개체/10 cm<sup>2</sup>의 서식밀도를 보였다. 자포동물류(Cnidarians)는 전체 3정점에서 출현하였는데, 맹그로브 서식지 MC1에서만 73개체/10 cm<sup>2</sup>의 높은 서식밀도를 보이고 나머지 정점에서는 각각 2개체/10 cm<sup>2</sup>의 낮은 서식밀도를 나타내서, 특정 환경에서의 분포특성을 시사했다. 복모동물류(Gastrotrichs)와 윤충류(Rotiferans) 역시 국지적인 분포 특성을 보여서, 맹그로브 외곽 정점들에서만 각각 28개체/10 cm<sup>2</sup>, 29개체/10 cm<sup>2</sup>의 서식밀도로 출현이 나타나고 대부분의 출현 정점들에서는 4개체/10 cm<sup>2</sup> 미만의 낮은 서식밀도를 나타냈다.

#### 수직 분포 특성

2003년 7월과 2004년 10월에 채집된 남태평양 축 라군의 맹그로브 군락지와 해초지의 14개 정점의 0~3 cm 퇴적물을 분석한 결과, 각 정점별 중형저서동물의 퇴적물 내 수직분포 특성은 전반적으로 퇴적물의 깊이가 증가함에 따라 서식밀도가 전반적으로 감소하는 경향을 나타냈으나, 지역별로 다양한 변화 양상이 나타났다(Fig. 3). 맹그로브 중심지역의 전체 중형저서동물 군집의 수직분포 패턴은 표층 0~1 cm 층보다 1~2 cm 층에서 더 높은 서식밀도를 보였으며, 2~3 cm 층에서도 전체 서식밀도의 28.7%가 출현하였다. 이에 비하여 맹그로브 경계지역과 외곽지역에서는 표층 0~1 cm 층에 전체 서식밀도의 62.2%, 58.7%가 서식하는 것으로 나타났고, 급격히 감소하여 2~3 cm에서는 각각 13.1%, 10.9%의 서식률을 보였다. 밀생한 해초지 정점에서 역시 표층 0~1 cm 층에 69.5%의 서식률을 보여서 상층부에 서식이 집중되는 양상을 나타냈으며, 이에 비하여 저밀도 해초지 정점에서는 0~1 cm 층에 36.9%, 1~2 cm에 41.3%의 서식률을 보여서, 보다 깊은 곳에 서식이 우세함을 보였다. 우점 분류군인 선충류와 섬모충류의 수직분포 패턴은 전체 중형저서동물 수식 서식밀도 패턴과 거의 일치하는 양상을 보여서, 맹그로브 군락지 중심 정점을 제외하고는 표층 0~1 cm 층에 50~70%의 서식률을 나타냈다(Fig. 3). 다모류는 맹그로브 경계 및 외곽 지역과 해초지 밀생 지역에서 표층 0~1 cm 이내 85% 이상이 서식하는 것으로 나타났다. 저서유공충류는 저밀도 해초지 지역을 제외하고는 표층 0~1 cm 이

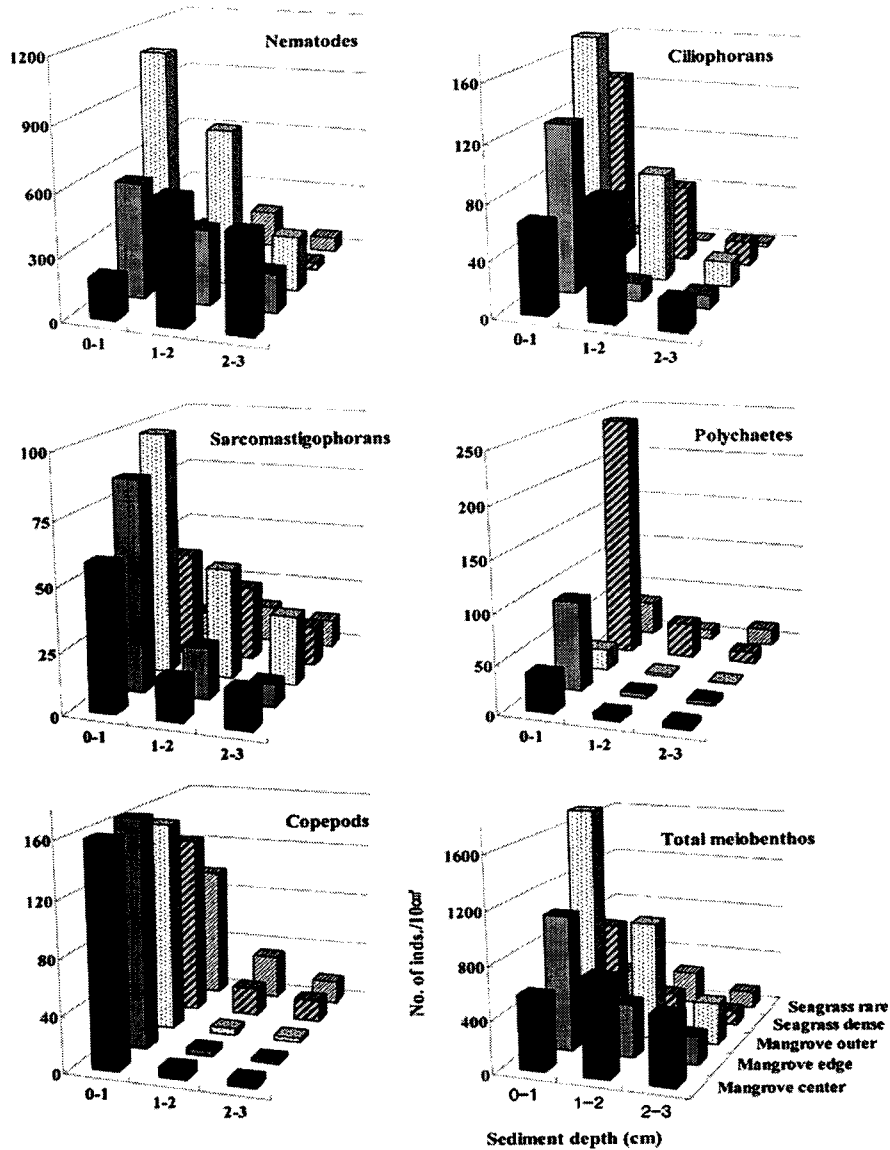


Fig. 3. Vertical distribution of major meiobenthic taxa in study site.

내에 50~70%의 서식률을 나타내는 거의 비슷한 패턴의 수직분포를 보였다. 저서성 요각류와 갑각류의 유생은 전 지역의 모든 정점에서 표층 0~1 cm에 집중해서 서식하였는데, 특히 맹그로브 지역에서 두드러져서 표층 0~1 cm 이내에 전 개체의 93% 이상이 서식하는 것으로 분석되었다.

#### 4. 고찰

남태평양 측 라군의 맹그로브 지역 각 정점의 퇴적물에서 출현한 평균 중형저서동물 분류군 수는 맹그로브 군락

지 안쪽 지역에서  $11.7 \pm 1.4$ , 경계지역에서  $10.6 \pm 0.9$ , 외곽지역에서  $12.0 \pm 1.6$ 의 값을 나타냈으며, 모두 19개의 중형저서동물 그룹이 출현하였다(Table 1, 4). 각 정점별로 9개에서 15개의 출현 분류군 수를 나타냈는데, 출현 서식 밀도의 상위 7개의 분류군이 모든 정점에서 출현하였으며, 그 이하에 랭크된 분류군들은 대부분 1% 미만의 출현 양상을 보였으며, 정점별로 13~67%의 출현빈도를 나타냈다(Fig. 2, Table 1). 지역별로 분류군 수는 거의 차이가 없으나 정점별로는 비우점 그룹간의 출현 양상에 차이를 나타냈다(Table 2). Alongi(1987)에 의하면, 호주 북쪽반도의 맹그로브 지역의 조위별로 설정된 각 정점의 중형저서

**Table 4. An average density, a number of major meiobenthic taxa, and the meiobenthic biomass in mangroves and seagrass bed, Chuuk lagoon.**

	Mangrove forest			Seagrass bed	
	Center	Edge	Outer	Dense	Rare
Number of meiobenthic taxa	11.7 ± 1.4	10.6 ± 0.9	12.0 ± 1.6	13.3 ± 0.7	12.0 ± 1.6
Total meiobenthos density (inds./10 cm <sup>2</sup> )	1847 ± 284	1671 ± 210	2967 ± 2137	1053 ± 418	605 ± 173
Total meiobenthos biomass (ash free dry weight (μg)/10 cm <sup>2</sup> )	1128.1 ± 277.9	1064.2 ± 189.5	1180.2 ± 811.2	2167.2 ± 1136.0	975.7 ± 339.3

동물 군집 조성비가 각각 다르게 나타난 이유에 관하여, 각 정점의 수리학적 환경특성에서 기인된 퇴적물 조성의 차이와 유기물 분포 특성이 일차생산자인 저서미세조류와 박테리아의 분포에 영향을 주고, 이들을 주로 섭식하는 중형저서동물 군집이 분포 특성이 이차적으로 영향을 받게 되기 때문이라고 기술하였다. 본 연구에서 역시 정점별로 비우점 특정 분류군의 변동은 서식 환경특성에 민감하기 때문으로 판단된다. 한편, 해초지의 정점에서는 모두 총 24개의 중형저서동물 그룹이 출현하였다(Table 1). 이러한 출현 분류군 수는 민 등(2003)이 국내 해초지에서 조사된 14개 출현 분류군 수 보다 높은 값이며, 아열대 해초지에서 분석된 Decho *et al.*(1985)과 Walters(1988)의 17개 분류군 수를 상회하는 결과이다. 일반적으로 열대역의 연안 해수에는 영양염류의 농도가 낮은 편이지만, 해초지는 효과적으로 영양염류를 흡수하고 재순환시키는 시스템으로 저서생물의 서식에 필요한 유기물 공급에 매우 유리한 것으로 알려져 있다(Hemminga and Nieuwenhuize 1991). 그러므로 온대역에 비해서 생산력이 높은 아열대 및 열대의 해초지에서 생산되는 풍부한 먹이원은 해초지 내의 다양한 초식성 혹은 여과물식성 저서동물의 서식을 촉진하게 되므로 저서동물 다양성이 높게 나타날 수 있다(Gee *et al.* 1997; Danovaro 1996). 맹그로브 군락지의 정점들에서는 선충류가 평균 68.9%의 높은 우점율을 나타내었고, 섬모충류가 9.1%, 저서유공충류가 5.8%, 갑각류의 유생이 4.2%, 그리고 저서성 요각류가 4.0%의 조성비를 나타냈다(Table 1). Dye(1983a) 및 Sheridan(1997)의 맹그로브 퇴적물에서 서식하는 중형저서동물 군집의 분석 결과에서도 선충류와 섬모충류 등이 가장 우점하는 양상을 보였다. 맹그로브 지역에서의 선충류에 대한 지금까지의 연구에 의하면(Alongi 1987a, 1987b; Hodda and Nicholas 1985), 계절성을 강하게 나타내어 여름철에 서식이 증가하는 양상으로 보였고, 조위에 따라서 서식밀도와 종조성의 차이를 나타냈는데, 조간대 하부 쪽으로 갈수록 서식밀도가 높은 양상을 보였다. 본 연구는 맹그로브 지역의 정점을 조위별로 일정한 간격으로 설정하지 않았지만 맹그로브 지역을 조간대 상부지역에 속하는 중심지역과 조간대 중부

지역인 가장자리지역, 그리고 조하대 상부에 해당되는 외부 지역으로 구분하여서 각 정점은 조위에 따른 차이를 보인다고 할 수 있는데, 선충류의 서식밀도는 상부와 중부 지역에서는 거의 차이가 나지 않았지만, 하부지역에서 우세하게 나타나서 Alongi(1987a, 1987b)의 결과와 유사한 패턴을 보였다(Fig. 2, Table 2, 4). 해초지 정점에서도 역시 선충류가 가장 우점하였으나 27.8%로 맹그로브 지역의 우점률에 비하여 다소 낮은 우점양상을 보였고, 맹그로브 지역에서 비우점 그룹으로 나타난 다모류가 23.9%의 높은 우점양상을 보였다(Table 1). 해초지와 인근 해초의 서식이 없는 주변지역의 저서동물상을 비교한 몇몇의 온대 및 아열대 해역에서의 연구에서도 해초지의 퇴적물에는 다모류가 우점하는 양상을 보였다(Boström 1997; Sheridan 1997; 민 등 2003). 이외에는 섬모충류가 18.8%, 저서성 요각류와 갑각류 유생이 각각 10.6%, 7.2%의 우점양상을 보여서 맹그로브와 비슷한 분류군 조성을 보였다. 그러나, 쿠마류, 유형동물류, 악구동물류, 잔물응애류, 극피동물류는 해초지 정점에서만 출현하였다(Table 1). 맹그로브 군락지보다 해초지에서 다양한 분류군이 출현한 것은 맹그로브 지역에 비하여 해초지가 구조적인 복잡성을 가지고 있고, 이로 인한 부착생물 등의 다양한 먹이원의 공급과 서식에 유리한 물리적인 환경 조건이 구비되어 있기 때문으로 알려져 있다(Bell *et al.* 1984; De Troch 2001; Dorenbosch *et al.* 2004).

각 정점에서 출현한 중형저서동물의 전체 서식밀도는 207~5,585개체/10 cm<sup>2</sup>의 값을 나타냈는데, 주로 맹그로브 군락지 외곽 정점에서 가장 높은 경향을 보이고, 맹그로브 군락지 내부 정점에서 비교적 높은 서식밀도를 나타냈다. 그 외의 정점에서는 2,000개체/10 cm<sup>2</sup> 이하의 서식밀도를 보였고, 특히, 가장 낮은 서식밀도를 나타낸 정점은 해초 밀생지역 정점인 SD2로, 207개체/10 cm<sup>2</sup>로 나타냈다(Table 2). 이러한 서식밀도의 차이는 대부분의 정점에서 가장 우점한 선충류의 서식밀도 값이 전체 중형저서동물 서식밀도에 크게 반영된 것으로 선충류의 우점율이 매우 높게 나타난 맹그로브 지역인 MB1에서 4,061개체/10 cm<sup>2</sup>, MC1에서 1,627개체/10 cm<sup>2</sup>, 정점 ME1의 1,459



개체/10 cm<sup>2</sup>의 높은 서식밀도를 나타내어 맹그로브 지역의 전체 중형저서동물 서식밀도가 높은 것으로 분석되었다(Table 2, 4). 맹그로브 지역의 선충류의 평균 서식밀도는 1,427개체/10 cm<sup>2</sup>로서, 해초지의 선충류 평균 서식밀도인 251개체/10 cm<sup>2</sup>에 비하여 전반적으로 높은 양상을 보였다(Table 1). 두 지역의 이러한 군집구조의 차이는 총생체량에 있어서도 나타나는데, 서식밀도와는 반대의 경향을 보여 해초가 밀생한 지역의 평균 중형저서동물의 생체량이 2,167.2  $\mu\text{g}/10 \text{ cm}^2$ 로, 맹그로브 중심지역과 경계지역, 외곽지역이 각각 1,128.1  $\mu\text{g}/10 \text{ cm}^2$ , 1,064.2  $\mu\text{g}/10 \text{ cm}^2$ , 1180.2  $\mu\text{g}/10 \text{ cm}^2$ 로 비슷한 값들을 보였고, 해초의 서식이 빈약한 지역에서 975  $\mu\text{g}/10 \text{ cm}^2$ 로 가장 적게 나타났다(Table 3, 4). 이는 출현 개체수는 적지만 개체당 생체량이 많은 비교적 큰 크기의 중형저서동물이 해초지에 더 많이 서식하는 것을 시사하는데, 중형저서동물 범주에 속하는 분류군중 가장 생체량이 크게 나타나는 그룹중 하나인 다모류가 해초지에서 매우 우점하게 나타났기 때문이다(Table 2). Sheridan(1997)에 의한 연구결과 역시 해초지 및 식생이 없는 주변 지역 보다 맹그로브 지역에서 저서동물의 서식밀도가 높게 나타나며, 다양성은 낮고, 생체량은 적은 특성을 나타내서 본 연구의 분석 내용과 동일한 군집 구조 패턴을 나타냈다. 맹그로브 지역에서 중형저서동물의 다양성에 대한 Gee and Somerfield(1997)의 연구에 의하면, 맹그로브 종류와 잎의 분해 및 그 진행 과정에 따라 중형저서동물의 종조성 및 군집구조가 변하는 것을 설명하였다. 염습지 혹은 대형 식물 군락지 내에서의 중형저서동물 군집은 식물체의 분해과정에 직·간접적으로 매우 중요한 역할을 수행하는 것으로 많이 알려져 왔으나, 맹그로브 지역에서의 이들의 생태적 지위 및 역할에 관한 연구는 아직까지 정확하게 밝혀져 있지 않다(Alongi 1996; Tietjen and Alongi 1997; Gee and Somerfield 1997). 본 연구의 결과에서 나타난 맹그로브 지역에서의 높은 선충류의 밀도는 맹그로브 지역의 풍부한 유기물과 세립한 퇴적물의 분포 특성, 그리고 먹이원의 분포와 밀접한 연관이 있는 것으로 보인다(Hodda 1990). 정점별 중형저서동물의 퇴적물 내 수직분포 특성에서도 지역별로 다양한 변화 양상이 나타났다(Fig. 3). 즉, 전반적으로 퇴적물의 깊이가 증가함에 따라 서식밀도가 전반적으로 감소하는 경향을 나타냈으나, 맹그로브 중심지역의 전체 중형저서동물 군집의 수직분포 패턴은 표층 0~1 cm 층보다 1~2 cm 층에서 더 높은 서식밀도를 보였으며, 2~3 cm 층에서도 전체 서식밀도의 28.7%가 출현하였다. 이에 비하여 밀생한 해초지 정점은 표층 0~1 cm 층에 69.5%의 서식률을 보여서 상층부에 서식이 집중되는 양상을 나타냈으며, 이에 비하여 저밀도 해초지 정점에서는 0~1 cm 층에 36.9%, 1~2 cm에 41.3%의 서식률을 보여서, 보다 깊

은 곳에 서식이 우세함을 보였다(Fig. 3). 수직분포 특성을 우점 분류군 별로 살펴보면, 선충류와 섬모충류는 전체 중형저서동물 수직 분포 패턴과 거의 일치하는 양상을 보였으며, 다모류는 맹그로브 경계 및 외곽 지역과 해초지 밀생 지역에서 표층 0~1 cm 이내에 85% 이상이 집중해서 서식하는 것으로 나타났다(Fig. 3). 저서유공충류는 저밀도 해초지 지역을 제외하고는 표층 0~1 cm 이내에 50~70%의 서식률을 나타내는 거의 비슷한 패턴의 수직분포를 보였다. 저서성 요각류와 갑각류의 유생은 전 지역의 모든 정점에서 표층 0~1 cm에 집중해서 서식하였는데, 특히 맹그로브 지역에서 두드러져서 표층 0~1 cm 이내에 전 개체의 93% 이상이 서식하는 것으로 분석되었다. 이처럼 다양한 지역별 우점 중형저서동물의 수직분포 특성의 분화는 우점 분류군의 생리적 특성 및 생태적 위치와 밀접한 연관을 가지는데, 용존 산소량 및 먹이의 분포, 공극률 및 함수율 등의 환경적 요인이 주된 분포 결정 요인으로 알려져 있다(Dye 1983a; Higgins and Thiel 1988; Giere 1993; Danovaro 1996; Gwyther and Fairweather 2005). 군집구조에 대한 정점별 관계를 살펴보고자, 변환하지 않은 중형저서동물 그룹별 데이터를 가지고 similarity chart를 작성한 후, MDS(Non-metric multi-dimensional scaling) 차트를 작성한 결과를 보면, 해초지 정점들의 배열은 다소 차이가 나지만 맹그로브 지역의 정점들은 거의 같은 그룹으로 배열되었다(Fig. 4). 이러한 결과는 분류학적으로 상위단계인 군집 단위에서의 서식밀도의 유사성을 기준으로 배열을 했음에도 불구하고, 맹그로브 지역의 중형저서동물상과 해초지의 중형저서동물상이 명확히 구별이 되는 것으로, 두 지역은 각각의 독특한 생물상을 가지는 것으로 볼 수 있다.

이상의 결과들에서 나타난 맹그로브 지역과 해초지 지역의 퇴적물 내의 중형저서동물 군집 구조 및 분포 특성

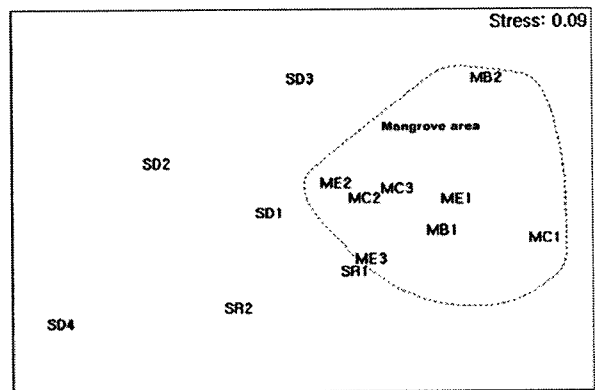


Fig. 4. MDS charts plotted by similarity of meiofaunal assemblages in mangroves and seagrass bed of Chuuk lagoon.

의 차이는 남태평양 측 라군 내의 저서생태계의 특성을 이해하는 데에 식생의 존재 유무가 매우 중요한 요인이 됨을 시사하였다. 특히, 두 식물은 외부로부터의 유기물질이 유입되는 형태나 퇴적물에 축적을 촉진하는 양상이 구조적으로 차이가 나고(Kennedy et al. 2004), 식생의 기능 및 퇴적환경의 차이는 일차 생산자의 분포 및 물질 순환 특성을 차별화시켜 이를 이용하는 저서생태계의 주된 이차생산자인 중형저서동물의 군집 특성이 구분되게 하였다(Hicks 1986, 1989; Zhou 2001; Sheridan 1997; Dorenbosch 2004). 환초로 반 폐쇄성의 환경 가운데, 매우 근접한 위치에 있는 조간대 상부의 맹그로브 군락과 조간대 및 조하대에 걸쳐있는 폭 넓은 해초지는 인근 해역의 생산성에 중요한 영향을 줄 것으로 예상되며, 이 두 생태계 사이의 물질순환의 관계를 다양한 접근방법을 통해 좀더 명확히 규명하는 연구가 필요하다. 나아가서 이러한 연구는 상위 단계의 대형 저서동물, 어류 및 주요 수산자원의 분포에 대한 정보 및 관리에 대한 중요한 자료가 될 것으로 기대된다. 본 연구의 대상 지역인 남태평양의 측(Chuuk)은 전형적인 열대 라군 해역으로서, 한국해양연구원(2004)에 의해 2002년부터 새로운 해양자원의 개발을 위해 지속적인 조사가 이루어지고 있는 지역이다. 열대 연안역에서의 효과적인 이용 및 개발을 위해서는 생태계를 이해하고 특성을 파악하는 것이 요구되며, 특히 측 전 연안에 잘 발달되어있는 맹그로브 군락과 해초지에 대한 기반 연구가 더욱더 심화되어야 할 것이다.

## 사 사

본 연구를 위하여 생물시료채집 등에 협조하여 주신 한국해양연구원 남태평양 연구센터 관계자 분들께 감사드립니다. 또한, 부족한 논문을 정성스럽게 심사해주시고 조언 해주신 두분의 심사위원님과 시료 분석에 함께 해주신 한국해양연구원의 오제혁, 신재철, 반은영 연구원님께 감사를 드립니다. 본 연구는 한국해양연구원의 “남태평양에서의 해양 및 대체에너지 잠재력 조사연구” 용역 사업의 일환으로 수행되었음을 밝힙니다.

## 참고문헌

- 민원기, 김동성, 최청일. 2003. 해초지와 주변 퇴적물에 서식하는 중형저서동물 군집 특성 비교. *한국해양학회지* 「바다」, 8, 1-13.
- 한국해양연구원. 2004. 남태평양에서의 해양 및 대체에너지 잠재력 조사연구, 제1단계(2002-2004). 한국해양연구원, BSPE 87601-1680-7, 333 p.
- Albertelli, G., A. Covazzi-Harriague, R. Danovaro, M. Fabiano, S. Fraschetti, and A. Pusceddu. 1999. Differential responses of bacteria, meiofauna and macrofauna in a shelf area (Ligurian Sea, NW Mediterranean): Role of food availability. *J. Sea Res.*, 42, 11-26.
- Alongi, D.M. 1996. The dynamics of benthic nutrient pools and fluxes on tropical mangrove forests. *J. Mar. Res.*, 54, 123-148.
- Aryuthaka, C. 1985. Ecological studies on sediment meiofauna in a seagrass (*Zostera marina*) bed, with special reference to nematodes. *Benthos Res.*, 28, 42-62.
- Bell, S.S. and G.R.F. Hicks. 1991. Marine landscapes and faunal recruitment; a field test with seagrass and copepods. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 73, 61-68.
- Bell, S.S., K. Walters, and J.C. Kern. 1984. Meiofauna from seagrass habitats: A review and prospectus for future research. *Estuaries*, 7, 331-338.
- Boström, C. and E. Bonsdorff. 1997. Community structure and spatial variation of benthic invertebrates associated with *Zostera marina* (L.) beds in the northern Baltic Sea. *J. Sea Res.*, 153-166.
- Clarke, K.R. 1993. Non-parametric multivariate analyses of changes on community structure. *Aust. J. Ecol.*, 18, 117-143.
- Danovaro, R.D. 1996. Detritus-Bacteria-Meiofauna interactions in a seagrass bed (*Posidonia oceanica*) of the NW Mediterranean. *Mar. Biol.* 127, 1-13.
- De Boer, W.F. 2000. Biomass dynamics of seagrass and the role of mangrove and seagrass vegetation as different nutrient sources for an intertidal ecosystem. *Aquat. Bot.*, 66, 225-239.
- De Troch, M., F. Fiers, and M. Vincx. 2003. Niche segregation and habitat specialisation of harpacticoid copepods in a tropical seagrass bed. *Mar. Biol.*, 142, 345-355.
- De Troch, M., S. Gurdebeke, F. Fiers, and M. Vincx. 2001. Zonation and structuring factors of meiofauna communities in a tropical seagrass bed (Gazi Bay, Kenya). *J. Sea Res.*, 45, 45-61.
- Decho, A.W., W.D. Hummon, and J.W. Fleeger. 1985. Meiofauna-sediment interactions around subtropical seagrass sediments using factor analysis. *J. Mar. Res.*, 43, 237-242.
- Dorenbosch, M., M.C. van Riel, I. Nagelkerken, and G. van der Velde. 2004. The relationship of reef fish densities to the proximity of mangrove and seagrass nurseries. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 60, 37-48.
- Dye, A.H. 1983a. Vertical and horizontal distribution of meiofauna in mangrove sediment in Transkei, Southern Africa. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 16, 591-598.
- Dye, A.H. 1983b. Composition and seasonal fluctuations of

- meiofauna in a Southern Africa mangrove estuary. *Mar. Biol.*, 73, 165-170.
- Dye, A.H. and T.A. Lasiak. 1986. Micro benthos, meiobenthos and fiddler crabs: Trophic interaction in a trophic mangrove sediment. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 32, 259-264.
- Gee, M.J. and P.J. Somerfield. 1997. Do mangrove diversity and leaf litter decay promote meiofaunal diversity? *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 218, 13-33.
- Gerlach, S.A. 1971. On the importance of marine meiofauna for benthos communities. *Oecologia*, 6, 176-190.
- Giere, O. 1993. *Meiobenthology*. Springer-Verlag, 328 p.
- Gooday, A.J. and P.J.D. Lambshead. 1989. Influence of seasonally deposited phytodetritus on benthic foraminiferal populations in the bathyal northeast Atlantic: The species response. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 58, 53-57.
- Gwyther, J. and P.G. Fairweather. 2005. Meiofaunal recruitment to mimic pneumatophores in a cool-temperate mangrove forest: Spatial context and biofilm effects. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 317, 69-85.
- Hemminga, M.A. and J. Nieuwenhuize. 1991. The balance of nutrient losses and gains on seagrass meadows. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 71, 85-96.
- Hicks, G.R.F. 1986. Distribution and behaviour of meiofaunal copepods inside and outside seagrass beds. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 31, 159-170.
- Hicks, G.R.F. 1989. Does epibenthic structure negatively affect meiofauna? *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 133, 39-55.
- Higgins, R.P. and H. Thiel. 1988. *Introduction to the study of Meiofauna*. Smithsonian Institution Press, Washington D.C. 488 p.
- Hodda, M. 1990. Variation in estuarine littoral nematode populations over three spatial scales. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 30, 325-340.
- Hopper, B., J. Fell, and R. Cefalu. 1973. Effect of temperature on life cycles of nematodes associated with the mangrove (*Rhizophora mangle*) detrital system. *Mar. Biol.*, 1, 85-96.
- Kennedy, H., E. Gacia, D.P. Kennedy, S. Papadimitriou, and C.M. Duarte. 2004. Organic carbon sources to SE Asian coastal sediments. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 60, 59-68.
- Kikuchi, T. 1980. Faunal relationships in temperate seagrass beds. p. 153-172. In: *Handbook of seagrass biology: An ecosystem perspective*. ed. by R.C. Phillips and P.C. MacRoy. Garland STPM Press.
- Meyer, H.A. and S.S. Bell. 1989. Response of harpacticoid copepods to detrital accumulation on seagrass blades: A field experiment with *Metis holothuriae* (Edwards). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 132, 141-149.
- Mfilinge, P.L., T. Meziane, Z. Bachok, and M. Tsuchiya. 2005. Litter dynamics and particulate organic matter outwelling from a subtropical mangrove in Okinawa Island, South Japan. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 63, 301-313.
- Novak, R. 1989. Ecology of nematodes in the Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica* (L.) Delile. I. General part and faunistics of the nematode community. *Mar. Ecol.*, 10, 335-363.
- Phillips, R.C. and E.G. Menez. 1988. *Seagrasses*. Smithsonian Inst. Press, Washington, D.C., 104 p.
- Reise, K. and P. Ax. 1979. A meiofaunal "thiobios" limit to the anaerobic system of marine sand does not exist. *Mar. Biol.*, 54, 225-237.
- Sandulli, R. and M. de Nicola. 1990. Pollution effects on the structure of meiofauna communities in the bay of Naples. *Mar. Pollut. Bull.*, 21, 144-153.
- Schrijvers, J., J. Okondo, M. Steyaert, and M. Vincx. 1995. Influence of epibenthos on meiobenthos of the *Cerriops tagal* mangrove sediment at Gazi Bay, Kenya. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 128, 247-259.
- Sheridan, P. 1997. Benthos of adjacent mangrove, seagrass and non-vegetated habitats in Rookery Bay, Florida, U.S.A. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 44, 455-469.
- Shirayama, Y. 1983. Size structure of deep-sea meio- and macrobenthos on the western Pacific. *Int. Revue Ges. Hydrobiol.*, 68, 799-810.
- Shirayama, Y., T. Kaku, and R.P. Higgins. 1993. Double-sided microscopic observation of meiofauna using HS-slide. *Benthos Res.*, 44, 41-44.
- Tietjen, J.H. and D.M. Alongi. 1990. Population growth and effects of nematodes on nutrient regeneration and bacteria associated with mangrove detritus from northeastern Queensland (Australia). *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 68, 169-179.
- Walters, K. 1988. Diel vertical migration of sediment-associated meiofauna in subtropical sand and seagrass habitats. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 117, 169-186.
- Woodroffe, C.D. 1985. *Studies of a mangrove basin, Tuff Carter, New Zealand*. III. The flux of organic and inorganic particulate matter. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 20, 447-462.
- Zhou, H. 2001. Effects of leaf litter addition on meiofaunal colonization of azoic sediments in a subtropical mangrove in Hong Kong. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 256, 99-121.

Received Nov. 25, 2005

Accepted Jan. 18, 2006