

Article

남극 킹조지섬 마리안소만의 중형저서동물 군집구조

홍정호 · 김기춘 · 이승한 · 백진욱 · 이동주 · 이원철\*

한양대학교 자연과학부 생명과학과  
(133-791) 서울특별시 성동구 왕십리로 222

The Community Structure of Meiofauna in Marian Cove,  
King George Island, Antarctica

Jung-Ho Hong, Kichoon Kim, Seunghan Lee, Jinwook Back,  
Dong Ju Lee, and Wonchoel Lee\*

Department of Life Science, College of Natural Sciences, Hanyang University  
Seoul 133-791, Korea

**Abstract :** The temporal dynamics of the meiofauna community in Marian Cove, King George Island, Antarctica were observed from March 7 to December 21 2007. Nine meiofauna taxa were found, with nematodes the most dominant group, making up 92.97% of the total meiofauna density, followed by harpacticoid copepods (3.18%). Meiofauna abundance ranged from 123 to 874 individuals per 10 cm<sup>2</sup> (mean 464 inds.10 cm<sup>-2</sup>), which is lower than that found in some polar and temperate regions. The lowest meiofauna abundance was found in the 26th April sample (III) and the highest meiofauna abundance was found in the March 23rd sample (II). There was no correlation between meiofauna abundance and season. The seasonal changes were likely caused by meltwater runoff, and there were the physical disturbances on the bottom sediment by huge iceberg. Biomass of meiofauna varied between 20.36 and 101.02 μgC·10 cm<sup>-2</sup>, and overall mean biomass was 54.17 μgC·10 cm<sup>-2</sup> during the study periods. More than 80% of meiofauna was concentrated in the upper 2 cm of the sediment, and density decreased with depth. The mean diversity index was 0.37, and the ratio between the abundance of nematodes: and harpacticoids (N/C) ratio ranged from 7.31 to 95.04 (mean 26.39). NMDS analysis divided the community into three groups: A (III, IV, V, VII, VIII), B (II, IX, XI, XII) and C (I, V, X). The results of ANOSIM and SIMPER analysis revealed significant differences in community structure among three groups and major contributed meiofauna taxon in grouping were nematodes and copepods. No significant correlations were observed between major meiofauna taxon and environmental factors. Thirteen species in 12 genera representing nine families of harpacticoids were recorded. Ancorabolidae was the most diverse family, and Heteropsyllidae was the most abundant. The correlation analysis between benthic harpacticoid copepods and environmental factors showed that some species were affected by water temperature, sediment temperature, salinity, chlorophyll *a* concentration, grain size of the sediments and heavy metal contents of the sediments. These data describe the usefulness of benthic harpacticoid copepods as biological indicator species in Antarctic regions.

**Key words :** meiofauna, Antarctic, benthic community, harpacticoids, ice scour

\*Corresponding author. E-mail : wlee@hanyang.ac.kr

## 1. 서 론

남극해의 대부분은 얼음으로 덮여 있으며, 계절에 따라 해빙이 녹고 얼기를 반복함에 따라 시·공간적으로 변화한다. 남극의 해양은 해빙, 대기 등과 상호작용하며 극지 열순환에 중요한 역할을 하며, 남극의 생물들이 삶을 유지할 수 있게 풍부한 유기물을 공급한다(Smetacek and Nicol 2005). 또한 이 지역의 해양은 해빙의 존재로 인해 온대, 열대 해역과는 달리 수온, 염분 등의 변화가 커서 극한 환경조건을 가지게 되며(Arrigo and Thomas 2004) 계절적으로 일사량 차이도 극심하다(Sakshang and Holm-Hansen 1984). 하지만 최근 대기 중 이산화탄소 증가로 인한 지구온난화, 오존층 파괴에 의한 자외선 증가 등과 같은 전지구적 환경변화에 의해 남극의 서식환경이 크게 변화하며 생물상의 변화가 일어나고 있다(Karentz 1991, Smetacek and Nicol 2005). 특히 남극 해양생태계의 경우, 오랜 기간 물리적으로 안정되어 있다고 알려져 있어, 지구온난화, 자외선조사량의 증가와 같은 물리적 환경변화에 생태계가 더욱 민감하게 반응할 것이라 생각되고 있다(강 등 2000).

해양의 저질에 서식하는 중형저서동물은 저서퇴적물에서 서식하는 동물 중 1 mm 체를 통과하고 42  $\mu$ m 체 위에 걸러지는 크기를 갖는 모든 저서동물의 총칭이다(Higgins and Thiel 1988). 중형저서동물에 속하는 생물들은 다양한 분류군으로 구성되어 있으며, 해저퇴적물 내에서 높은 서식밀도를 가지고 있는 것으로 알려져 있다(McIntyre 1969). 또한 중형저서동물에 속하는 주요 종들은 전 생활사를 퇴적물 안에서 보내며 서식을 위해 비교적 안정된 환경을 요구하고 짧은 생식주기를 가지고 있어, 대형저서동물에 비하여 환경변화에 민감하여 짧은 기간에도 군집의 변화를 보인다고 알려져 있다(Sandulli and De Nicola 1990).

남극서식 중형저서동물 군집구조에 대한 연구는 주로 웨델해, 로스해, 남극반도 주변해역에서 수행되었다. 남극 지역의 대륙사면이나 심해저에 서식하는 중형저서동물 군집에 가장 영향을 주는 요인은 저질의 특성이었다(Herman and Dahms 1992; Vanhove et al. 1995; Fabiano and Danovaro 1999). 남극지역의 연안역에 서식하는 중형저서동물 군집에 가장 영향을 주는 요인은 유빙, 바람, 용빙수의 유입 등과 같은 물리적 교란이었지만(Lee et al. 2001; Lee et al. 2003; 방 등 2005), 저질의 입도가 영향을 주는 지역도 있었으며(Skowronski and Corbisier 2002), 대형저서동물의 서식처 교란이 중형저서동물 서식밀도에 영향을 주기도 했다(Danovaro et al. 1999).

본 연구의 대상지역인 마리안소만은 남쉐틀랜드군도, 킹조지섬의 바톤반도와 위버반도 사이의 작은 만으로서

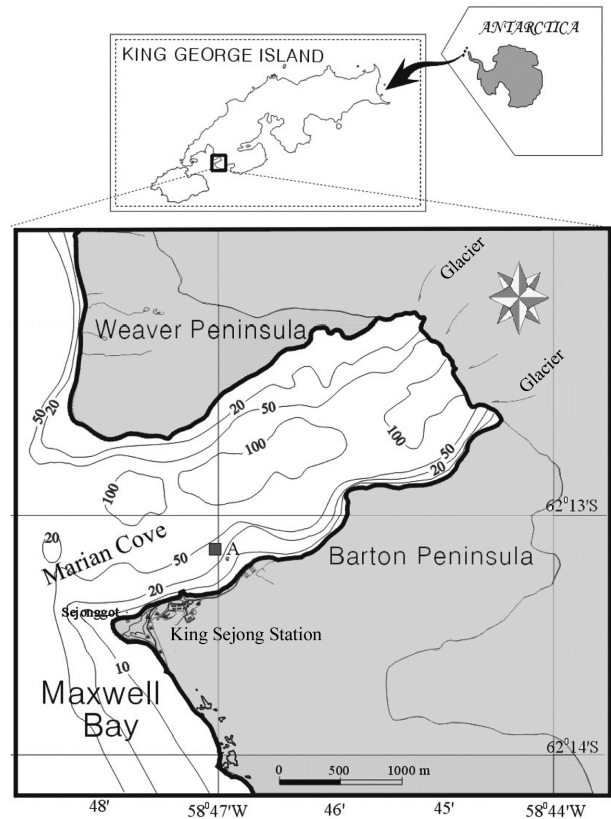


Fig. 1. A map of the study area and sample sites (after Lee et al. 2003)

맥스웰만과 인접해 있으며 폭은 약 1 km, 길이는 약 4 km에 달한다(Fig. 1). 마리안 소만의 중앙분지의 수심은 약 100 m이고, 최대 수심은 130 m 정도이며 해안 빙벽이 잘 발달되어 있다. 또한 이 지역은 최근 지구온난화의 영향으로 마리안 소만이 속해 있는 남극반도의 기온이 상승하여(Vanhan et al. 2003) 해안빙벽이 급속히 후퇴하고 있는 지역이다(Park et al. 1998). 마리안소만에서 중형저서동물 군집에 대한 연구는 Lee et al. (2003)과 방 등 (2005)의 두 차례가 있었으며, 중형저서동물 군집의 시간적 변화상에 대한 연구는 Lee et al. (2003)이 유일하다.

보통 남극에 서식하는 생물들은 온대지역의 생물들보다 높은 농도의 중금속 농축이 되어 있다고 알려져 있으며(Kahle and Zauke 2003a) 마리안소만에 인접해 있는 콜린스하버에 서식하는 남극큰띠조개(*Laternula elliptica*)의 경우 주변환경에 비해 카드뮴(Cd)의 농축이 20~200배 더 많이 농축되어 있었다(Ahn et al. 1996). 온대지역에서의 중금속 농도에 대한 중형저서동물 군집의 반응에 대한 연구들(Austen et al. 1994; Somerfield et al. 1994; Austen and Somerfield 1997)은 중형저서동물 군집이 중금속 종류나 농도에 따라 민감하게 반응하기도 하며, 분류군이나 종에 따라 방어기작을 가지고 있음을 알아냈다. 마리안소

만 및 남극지역에서의 중금속에 대한 중형저서동물 군집의 반응에 대한 연구는 찾아보기가 힘들었다.

따라서 본 연구의 첫 번째 목적은 남극 킹조지섬 마리안소만의 중형저서동물 군집의 시간적 변화양상에 대해 파악하고 선행 연구들(Lee et al. 2003; 방 등 2005)과의 비교 분석이다. 두 번째 목적은 남극서식 중형저서동물 군집구조에 영향을 미치는 요소인 저질의 특성 및 물리적 교란 등이 마리안소만의 중형저서동물 군집구조변동에 상관성이 있는지 알아보려 한다. 세 번째 목적은 마리안소만의 저질의 중금속이 중형저서동물 군집에 대해 어떠한 영향을 미치는지에 대해 알아보려 한다. 또한 킹조지섬 마리안소만의 해양생태조사에 있어서 이용될 수 있는 저서생태계의 기초자료를 얻고자 하였다.

## 2. 재료 및 방법

시료 채집은 킹조지섬 마리안소만의 정점 A(62°13'24" S, 58°47'03"W, Lee et al. (2003)과 동일 정점에서 두 가지 방법을 사용하여 총 12회 채집하였다. 채집은 정기적으로 매월 2회를 목표로 했지만, 마리안소만의 해빙이나 세종기지 사정에 따라 수행하였다. 마리안소만이 결빙되지 않은 2007년 3월 7일(I), 3월 23일(II), 4월 26일(III), 4월 30일(IV), 6월 4일(V), 6월 5일(VI), 6월 22일(VII), 11월 1일(X), 12월 12일(XI), 12월 21일(XII)의 경우 조디악 고무보트에 탑승하여 채집하였다. 마리안소만이 결빙된 8월 7일(VIII)과 9월 18일(IX)의 경우 도보로 채집지역까지 간 후 결빙된 만의 얼음을 뚫어 채집하였다(Fig. 1).

물리적인 요인 중 표층염분과 수온은 YSI-30을 사용하여 시료 채집과 동시에 측정하였으며, 저질의 온도는 채집된 시료에 직접 온도계를 사용하여 측정하였다. 저서 시료는 자유낙하코어(채집 면적이 10 cm<sup>2</sup>)을 사용하여 채취하였다. 시료를 채집한 후 생물분석을 위하여 0~1 cm, 1~2 cm, 2~3 cm, 3~4 cm, 4~5 cm로 잘라내어 5% 중성포르말린에 고정하고 로즈벵갈을 사용하여 염색을 하였다. 대부분의 시료는 6~8회 반복채집을 하였으나 채집 여건에 따라서 2~3회 반복채집을 하였다. 반복 채집된 시료 중 4개의 시료들은 중형저서동물 군집분석에 사용되었으며 나머지 시료들은 입도분석과 중금속분석에 사용되었다. 또한 퇴적물의 중금속 함량을 측정하기 위하여 군집분석 후 남은 시료들을 연구실로 옮겨 60°C 조건에서 72시간 이상 건조 후 분석하였다. 군집분석 시료는 생물과 저질을 분리하기 위하여 루독스(Ludox)를 이용한 추출법을 이용하였다. 위의 방법으로 추출한 후 남은 저서시료를 다시 38 µm 체를 사용하여 거른 후 남아있는 생물시료가 있는지 육안으로 확인하였다. 위 과정을 거친 후 체에 남은 시료는 다시 1 mm 체에 거른 후, 해부현미경(Leica A908;

Olympus SZX12)과, 광학현미경(Olympus BX51) 하에서 관찰하여 문 준위의 분류군은 Giere (1993), Higgins and Thiel (1988)에 따라 분류를 하였으며 각 분류군 별로 눈금이 그려진 페트리 디시(Grid plastic petri dish)에서 계수하였다. 저서성 요각류는 종 준위 동정을 위하여 각 개체의 슬라이드를 만들어 Boxshall and Halsey (2004), Huys et al. (1996), Lang (1948, 1965) 그리고 Wells (2007)에 따라 400~1,000배의 광학현미경(Olympus BX51) 하에서 관찰하여 동정하였다.

각 분류군의 생물량(biomass) 측정은 Higgins and Thiel (1988)의 체적측정방법을 이용하여 단위면적당 탄소량( $\mu\text{gC}\cdot 10\text{ cm}^{-2}$ )으로 환산하였다. 각 분류군별 개체의 길이와 폭은 해부현미경과 광학현미경에 부착된 카메라를 이용하여 이미지 분석 프로그램(MetaMorph 6.0)에서 측정하였다.

채집 시기별로 중형저서동물의 군집구조를 파악하기 위해 Bray-Cutis의 유사도지수를 기초로 채집시기별 수지도도를 작성하여 계보적 집괴분석(Hierarchical cluster analysis)을 하였으며, 소수 출현 분류군에 의한 유사도지수의 과대평가를 낮추기 위해 지수변환[ $\log(\text{abundance}+1)$ ]한 자료를 이용하였다. 또한 중형저서동물 출현 분류군별 개체수 밀도 자료를 이용하여 NMDS(non-metric multidimensional scaling) 배열법으로 군집분석을 하였다(Clarke 1993). 군집분석의 결과로 구분되어지는 채집시기별 그룹간의 유의성을 파악하기 위해 ANOSIM 평가를 실시하였다. 그리고 각 그룹 간 군집 차이를 나타내게 하는 중형저서동물 분류군을 파악하기 위해 SIMPER(Similarity Percentage) 분석을 수행하였다. 주요 중형저서동물 분류군은 각 구분된 그룹에서 10% 이상의 기여율을 기준으로 선정하였으며, 이들 분류군은 측정된 환경요인들과의 상관관계를 파악하기 위해 Spearman rank correlation을 실시하였다. 또한 종 수준으로 동정된 저서성 요각류와 환경요인들과의 상관관계를 파악하기 위해서도 Spearman rank correlation을 실시하였다. 계보적 집괴분석, NMDS, ANOSIM, SIMPER 분석은 Primer(v. 5.0)에서 이루어졌으며, 상관관계분석은 SPSS(v. 18.0.0)에서 수행되었다.

기상악화로 시료의 채집이 어려워 중금속 분석용 샘플을 채집하지 못한 V 시료를 제외한 11개 시료들만 퇴적물 중금속 농도 분석을 하였다. 채집된 퇴적물 시료의 중금속 함량은 유도결합 플라즈마 방출분광기(ICP-AES, Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrophotometer)와 유도결합 플라즈마 질량분석기(ICP-MS, Inductive Coupled Plasma Mass Spectrophotometer)로 분석하였다. 조사 대상 원소들은 알루미늄(Al), 카드뮴(Cd), 코발트(Co), 크롬(Cr), 구리(Cu), 니켈(Ni), 납(Pb), 아연(Zn) 등의 8개 항목이었다.

엽록소 *a* 값을 측정하기 위하여 Aceton(90%) 추출법을 사용하였다(Parsons et al. 1984). 마리아소만 세종기지 부두 앞에서 채집한 500 ml의 해수를 GF/F filter(25 mm, Whatman)로 여과한 후 여과지를 20 ml vial에 넣고 acetone 10 ml를 첨가한 후 4°C에서 약 24시간 보관하였다. 엽록소 *a*의 절대값은 Fluorometer(TD-700, Turner Design)를 이용하여 측정하였다.

Folk (1974)의 방법에 따라 퇴적물의 입도를 분석하기 위하여 시료를 60°C에서 24시간 이상 건조시킨 후 망목 크기 2 mm, 63  $\mu$ m의 체로 걸러 2 mm 체 위에 남는 시료를 자갈(gravel)로, 63  $\mu$ m 체 위에 남는 시료를 모래(sand)로, 63  $\mu$ m 체를 통과한 시료를 실트 및 진흙(mud)으로 분류하였고, 분류된 시료의 무게를 측정하여 무게에 따른 백분율을 계산하였다. 그리고 무게에 따른 백분율을 기준으로 Folk (1974)의 퇴적물 분류표에 따라 퇴적물을 구분하였다.

### 3. 결 과

#### 환경특성

채집 정점의 계절별 표층수온은 -1.8~1.3°C로 마리아소만 전체가 결빙된 VIII 시료와 IX 시료가 -1.8°C로 가장 낮았으며 XII 시료에서 1.3°C로 가장 높게 측정되었다. 채집 정점이 위치한 마리아소만의 2007년 월별 평균 수온 변화는 -1.81~0.79°C로 측정되었다. 채집된 퇴적물 온도의 계절적 변동은 -3.1~1.4°C로 2007년 8월에 가장 낮은 값을 보였고 2007년 12월에 가장 높은 값을 나타냈다. 채집 정점의 표층 염분농도의 계절적 변동은 33.8~34.5 psu로 VIII 시료가 가장 낮은 값인 33.8 psu를 보였고 XII 시료에서 가장 높은 값인 34.5 psu를 나타냈다. 채집 정점이 위치한 마리아소만의 2007년 평균 염분농도 변화는 31.4~34.2 psu로 측정되었다. 연구기간동안 채집 정점의 엽록소 *a* 농도는 2.0~30.1  $\mu$ g/l로 VIII 시료에서 최저값을 나타냈으며 IX 시료에서 최고값을 나타냈다. 마리아소만의 2007년 평균 표층 엽록소 *a* 농도의 계절적 분포는 2.43~33.55  $\mu$ g/l로 측정되었으며 월별 평균 값은 2007년 6월에 가장 낮았으며 2007년 12월에 가장 높았다(Fig. 2).

퇴적물에 포함된 중금속들의 연평균 농도는 알루미늄(Al)은 100,305 ppm, 카드뮴(Cd)은 0.15 ppm, 코발트(Co)는 15.92 ppm, 크롬(Cr)은 16.42 ppm, 구리(Cu)는 121.26 ppm, 니켈(Ni)은 10.24 ppm, 납(Pb)은 15.40 ppm, 아연(Zn)은 78.13 ppm이었다(Fig. 3). 알루미늄(Al)은 대부분의 조사시기에서 100,000 ppm 이상의 농도로 측정되었으며, IX 시료에서 106,300 ppm으로 최고값, IV 시료에서 최저값인 88,510 ppm을 나타냈다. 카드뮴(Cd)과 Ni, 아연(Zn)은 II 시료에서 각각 0.20 ppm, 126.66 ppm, 89.13 ppm

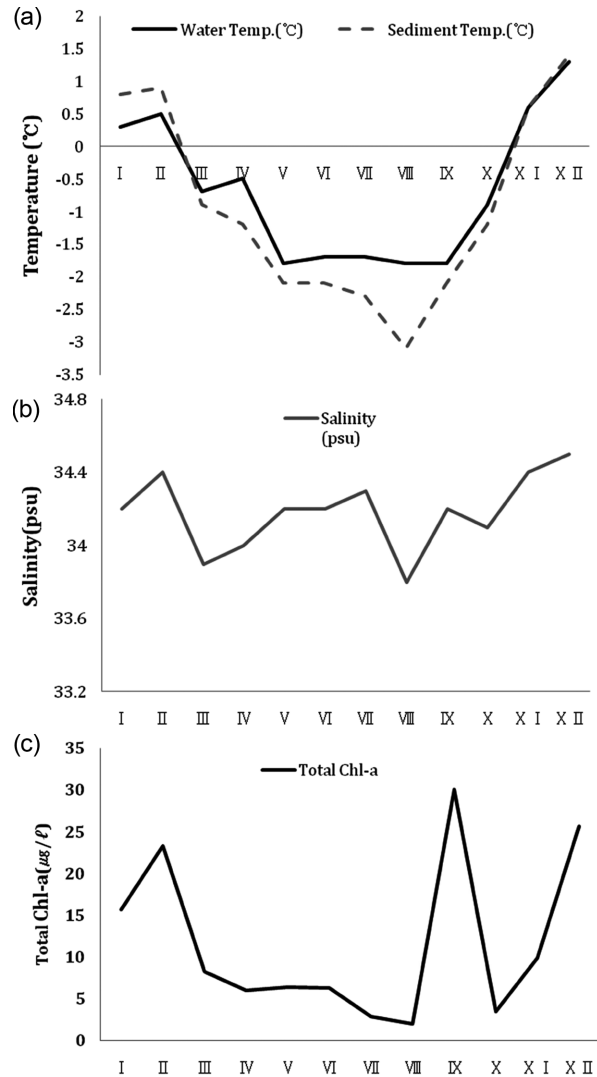


Fig. 2. Levels of water and sediment temperature (a), salinity (b), total Chl-*a* concentration (c)

으로 가장 높았다. 코발트(Co)는 IX 시료에서 17.54 ppm으로 가장 높았고 구리(Cu)는 XI 시료에서 141.55 ppm으로 가장 높았다. 또한 크롬(Cr)은 IV 시료에서 가장 높게 측정되었고 납(Pb)은 I 시료에서 가장 높게 측정되었으며 값은 171.03 ppm이었다. 마리아소만의 중금속농도 연변화는 구리(Cu)의 농도를 제외하고는 거의 일정하였다.

기상악화로 시료의 채집이 어려워 입도 분석용 샘플을 채집 못한 V 시료를 제외한 11개 시료의 퇴적물 입도 분석 결과 II 시료만이 모래와 진흙의 비율이 100%로 나타났고 나머지 시료들은 자갈과 모래, 진흙이 포함되어 있었다. Folk (1974)의 퇴적물 유형에 따라 분류하였을 때 sM (sandy mud), (g)sM (gravelly muddy sand), gM (gravelly mud), mG (muddy gravel)로 나타났다(Table 1).

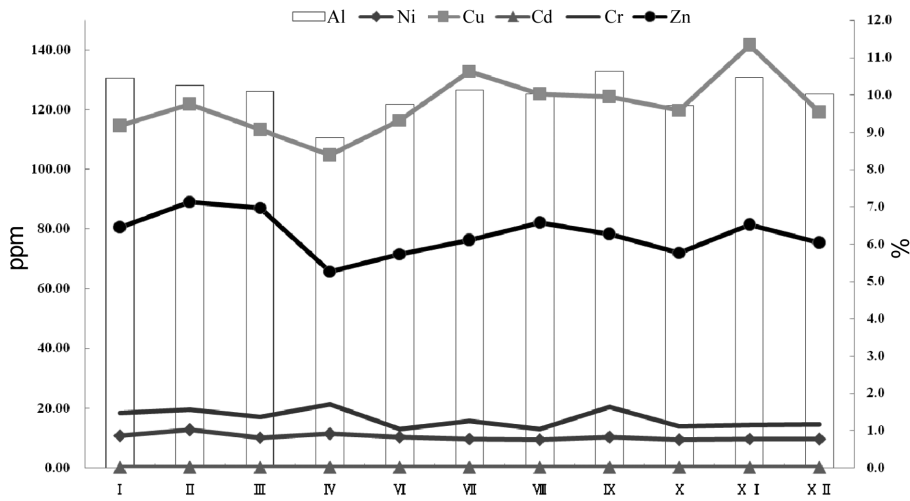


Fig. 3. Heavy metal concentrations in Marian Cove sediments during the study period (values in ppm, except Al (%))

Table 1. Sediment grain size of during the study periods

	Grain size composition (%)			Sediment type
	Gravel	Sand	Mud	
I (7 Mar)	4.9	15	80.1	(g)sM
II (23 Mar)	0	12.9	87.1	sM
III (26 Apr)	43.8	21.7	34.5	mG
IV (30 Apr)	0.5	10.3	89.2	(g)sM
VI (5 Jun)	16.8	24.6	58.6	gM
VII (22 Jun)	28.9	21.6	49.5	gM
VIII (7 Aug)	18	22.9	59	gM
IX (18 Sep)	0.9	19.5	79.6	(g)sM
X (1 Nov)	3.2	17.7	79	(g)sM
XI (12 Dec)	57	16.1	26.9	mG
XII (21 Dec)	2.5	36.9	60.6	(g)sM

중형저서동물 군집조성

선충류(Nematodes), 요각류(Copepods), 다모류(Polychaetes), 패충류(Ostracods)등 모두 9개의 분류군이 출현하였으며, 계절별로 5~8개의 분류군이 출현하였다. 채집시기별로 살펴보면, I, IV, V 시료에서 가장 적은 5개의 분류군이 출현하였고 II, XI, XII 시료에서 8개의 분류군이 출현하여 가장 많았다(Fig. 8).

전체 중형저서동물 평균 출현 개체수 밀도는 464 inds.10 cm<sup>-2</sup>이었다. II 시료에서 874 inds.10 cm<sup>-2</sup>가 출현하여 개체수 밀도가 가장 높았으며, IV 시료에서 764 inds.10 cm<sup>-2</sup>가 출현하여 두 번째로 높았다. 이에 반해 III 시료에서는 123 inds.10 cm<sup>-2</sup>만이 출현하여 개체수 밀도가 가장 낮았으며, VI 시료에서도 150 inds.10 cm<sup>-2</sup>가 출현하여 개체수 밀도가 비교적 낮았다. 출현한 9개의 분류군 중

가장 우점하는 분류군은 92.97%을 차지한 선충류였으며 평균 개체수 밀도는 428 inds.10 cm<sup>-2</sup>이었다. 연구기간을 통틀어 선충류가 가장 많이 출현한 시료는 II 시료로 개체수 밀도는 838 inds.10 cm<sup>-2</sup>이었으며, III 시료는 선충류의 개체수 밀도가 94 inds.10 cm<sup>-2</sup>로 가장 낮았다. 선충류는 대부분의 연구기간 중 전체 중형저서동물 구성의 90% 이상을 차지하였으나, III, V 시료의 경우 각각 76.42%, 78.00%를 차지하였다. 요각류는 모든 조사 시기에서 개체수 밀도상 두 번째로 우점했으며 평균 개체수 밀도는 16 inds.10 cm<sup>-2</sup>이며 전체 중형저서동물의 3.18%을 차지했다. 요각류의 개체수 밀도는 V 시료에서 31 inds.10 cm<sup>-2</sup>로 가장 높았으며, VII 시료에서 6 inds.10 cm<sup>-2</sup>가 출현하여 가장 낮았다. 요각류 유생(Nauplii), 다모류, 패충류는 모든 조사시기에서 출현하였으며 평균 개체수 밀도는 각각 9 inds.10 cm<sup>-2</sup>, 5 inds.10 cm<sup>-2</sup>, 3 inds.10 cm<sup>-2</sup>이었다. 이매패류(Bivalves), 잔물응애류(Halacarids), 빈모류(Oligochaetes), 동문동물류(Kinorhynch)도 출현하였으나 매우 낮은 개체수 밀도를 보였다(Fig. 4).

조사시기 중 선충류의 평균 개체수 밀도 수직분포는 0~1 cm에 309 inds.10 cm<sup>-2</sup>, 1~2 cm에 118 inds.10 cm<sup>-2</sup>, 2~3 cm에 21 inds.10 cm<sup>-2</sup>, 3~4 cm에 13 inds.10 cm<sup>-2</sup>, 4~5 cm에 5 inds.10 cm<sup>-2</sup>가 분포하는 것으로 나타났다. 대부분의 선충류가 0~2 cm의 깊이에 분포하는 것으로 나타났다. 저서성 요각류와 요각류의 유생의 개체수 경우에는 0~1 cm에 각각 14 inds.10 cm<sup>-2</sup>, 9 inds.10 cm<sup>-2</sup>가 분포하였고 패충류, 다모류, 유공충류의 수직분포도 0~1 cm에 각각 3 inds.10 cm<sup>-2</sup>, 1 inds.10 cm<sup>-2</sup>, 1 inds.10 cm<sup>-2</sup>가 분포하였다. 그러나 다모류의 경우에는 1~3 cm의 깊이에서 3 inds.10 cm<sup>-2</sup>가 출현하였다(Fig. 5).

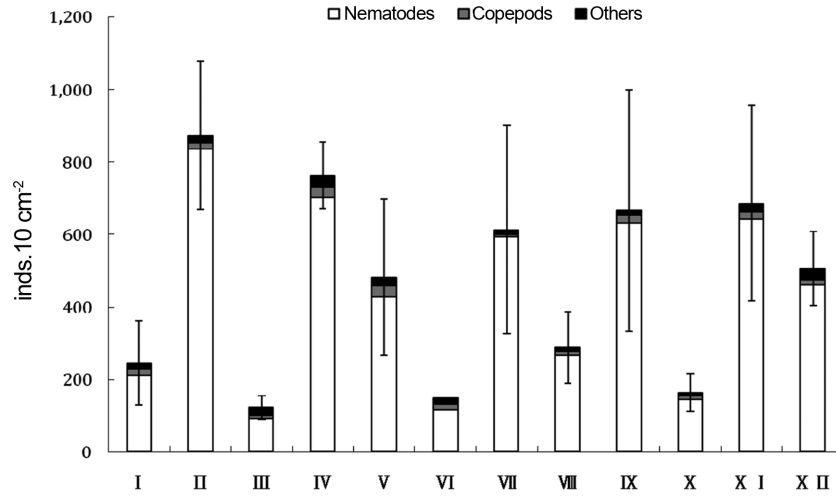


Fig. 4. Variation in mean abundance of meiofauna during the study period. The vertical bars indicate one standard deviation

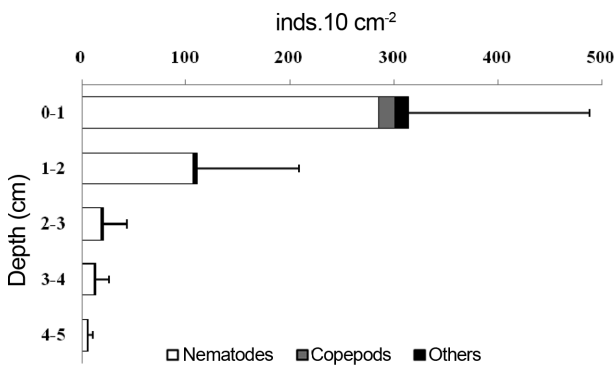


Fig. 5. The average densities of meiofauna by the sediment depth during the study periods. The horizontal bars indicate one standard deviation

생물량

중형저서동물 생물량은 평균 54.17  $\mu\text{gC} \cdot 10 \text{ cm}^{-2}$ 이었다. XI 시료의 생물량이 101.02  $\mu\text{gC} \cdot 10 \text{ cm}^{-2}$ 로 가장 높았고, VI 시료의 생물량이 20.36  $\mu\text{gC} \cdot 10 \text{ cm}^{-2}$ 로 가장 낮았다. X, XI, XII 시료의 경우 패충류와 이매패류가 출현하여 생물량 증가의 주요 요인이 되었다. 패충류와 이매패류는 단위개체수당 생물량이 선충류에 비해 높게 측정되었다. X, XII 시료의 경우 측정된 이매패류의 생물량이 각각 22.82  $\mu\text{gC} \cdot 10 \text{ cm}^{-2}$ , 25.60  $\mu\text{gC} \cdot 10 \text{ cm}^{-2}$ 로 각 시료 전체 생물량의 65.45%, 41.82%를 차지하였다. 또한 XI 시료의 경우, 측정된 패충류의 생물량이 40.07  $\mu\text{gC} \cdot 10 \text{ cm}^{-2}$ 로 시료 전체 생물량의 39.66%를 차지하였다(Fig. 6).

가장 우점하는 분류군인 선충류의 평균 생물량 수직분

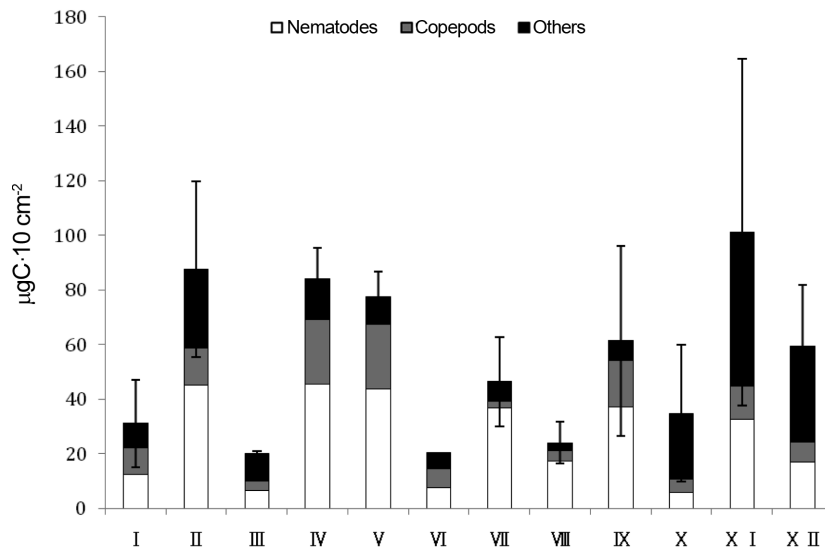


Fig. 6. Variation in mean biomass of meiofauna during the study periods. The vertical bars indicate one standard deviation

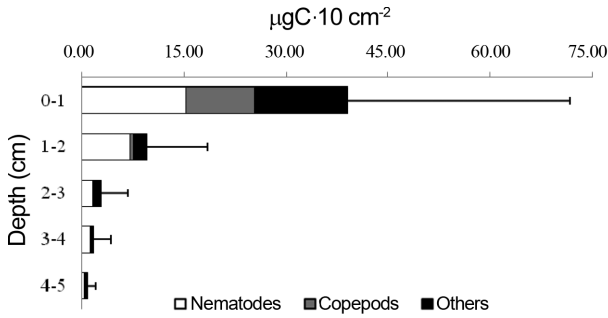


Fig. 7. The average biomass of meiofauna by the sediment depth during the study periods. The horizontal bars indicate one standard deviation

포는 0~1 cm에 16.07  $\mu\text{gC} \cdot 10 \text{ cm}^{-2}$ , 1~2cm에 7.35  $\mu\text{gC} \cdot 10 \text{ cm}^{-2}$ , 2~3 cm에 1.79  $\mu\text{gC} \cdot 10 \text{ cm}^{-2}$ , 3~4 cm에 1.32  $\mu\text{gC} \cdot 10 \text{ cm}^{-2}$ , 4~5 cm에 0.50  $\mu\text{gC} \cdot 10 \text{ cm}^{-2}$ 가 분포하는 것으로 나타났다(Fig. 7). 선충류 생물량은 거의 대부분이 표층 2 cm내에 분포하였으며 저서성 요각류, 유공충류, 패충류, 이매패류, 빈모류도 비슷한 분포 양상을 보였다. 계절별 수직 분포를 살펴보면 대부분의 시료에서 표층부터 깊이가 깊어짐에 따라 개체수가 감소하는 모습을 보였다. 이는 생물량에 대부분을 차지하는 분류군인 선충류와 요각류의 수직 분포 경향과 같다. 그러나 I, VII, XII 시료들의 경우에는 0~2 cm까지는 깊이가 깊어짐에 따라 개체수가 감소하는 경향을 보이다가 2~5 cm의 깊이에서 균등하게 분포하거나 생물량이 깊이에 따라 역전되는 현상을 보였다. 이는 단위 개체당 선충류나 요각류보다 생물량이

높게 측정되는 패충류, 유공충류, 다모류, 이매패류등이 출현하였기 때문이다.

저서성 요각류의 분포

반복시료를 포함한 전 조사시기의 군집분석 시료들을 모두 분석한 결과 총 634개체의 저서성 요각류가 출현하였다. 이 중 46.37%에 달하는 294개체는 성체가 아닌 저서성 요각류의 유생(Copepodite)이었으며, 11개체는 손상을 입어 동정이 불가능하였다. 나머지 329개체들을 동정한 결과 총 1목(Order) 9과(Family) 12속(Genus) 13종(Species)의 저서성 요각류가 동정되었다. 이 중 1종은 기록종이었으며, 나머지 12종은 신종으로 동정되었다. 출현한 저서성 요각류들은 모두 Harpacticoida 목에 속하는 것으로 나타났다. 모두 9과가 출현하였지만 13종이 동정되어 상당히 단순한 종구성을 보였다. 과 수준에서는 3속 3종이 출현한 Ancorabolidae가 가장 다양하게 서식하는 것으로 나타났지만 총 4개체만이 출현하였다. 또한 Argestidae와 Tisbidae도 각각 2속 2종이 출현하였다. 그 외의 과들인 Ectinosomatidae, Heteropsyllidae, Miraciidae 등은 1속 1종만이 출현하였다. V 시료에서는 8과 9속 9종이 출현하여 가장 다양한 종들이 서식하는 계절임이 밝혀졌다. 이 외에 IX 시료와 XII 시료에서도 각각 8과 8속 8종, 7과 8속 8종이 출현하여 다른 계절들보다 상대적으로 높은 출현 종수를 보였다. 개체수를 기준으로 보았을 때 모든 조사 시기를 통틀어 *Heteropsyllus* sp.가 전체 동정된 저서성 요각류 중 27.66%로 가장 많이 서식하는 것으로 나타났으며, *Pseudobradya* sp.가 21.88%, *Sarsameira*

Table 2. The numerical abundances of benthic harpacticoid copepods during the study periods

Family	Genus	Species	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Ameiridae	<i>Sarsameira</i> sp.	14	4	3	14	2	2	4	2	6	2	2	3	58
Ancorabolidae	<i>Ancorabolutus</i> sp.1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
	<i>Ancorabolutus</i> sp.2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
	<i>Laophontodes</i> sp.	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Argestidae	<i>Argestes</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3	4	
	<i>New</i> sp.	1	0	1	2	6	0	1	2	9	2	8	1	33
Heteropsyllidae	<i>Heteropsyllus</i> sp.	4	2	1	12	7	1	9	20	24	2	6	3	91
Ectinosomatidae	<i>Pseudobradya</i> sp.	8	13	0	11	7	4	2	1	4	7	7	8	72
Miraciidae	<i>Robertgurneya</i> sp.	3	8	0	1	1	0	0	1	5	0	7	2	28
Peltidiidae	<i>Parapeltidium</i> sp.	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Pseudotachidiidae	<i>Prionos</i> sp.	1	0	1	4	1	0	0	1	11	5	3	1	28
Tisbidae	<i>Tachidiella</i> kimi	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	2	6
	<i>Tisbe</i> sp.	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	3
	Copepodite	36	30	8	67	31	8	6	17	23	18	26	24	294
	Damaged	0	2	0	1	0	0	0	1	0	3	3	1	11
	Total	67	61	14	114	60	15	23	45	84	40	63	48	634

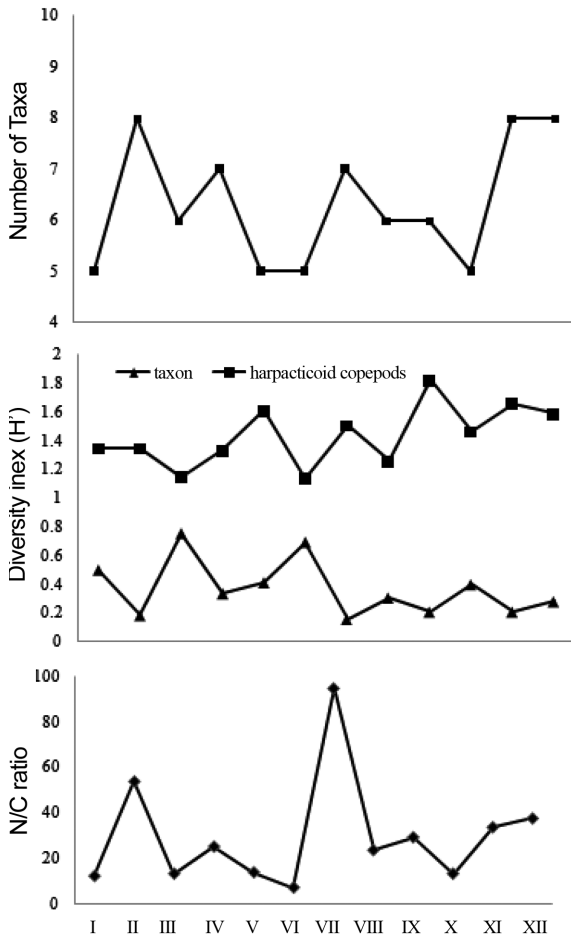


Fig. 8. The number of taxon, taxon diversity (H'), and nematode:copepod ratio (N/C ratio) during the study periods

sp.가 17.63%를 차지하였다. *Heteropsyllus* sp.는 IX 시료에 가장 많이 출현하였으며 *Pseudobradya* sp.는 II 시료에서, *Sarsameira* sp.는 I 시료와 IV 시료에서 가장 많은 개체가 출현한 것으로 나타났다(Table 2). 저서성 요각류의 종 다양성 지수는 1.14~1.83의 범위를 나타냈으며 평균은 1.44이었다(Fig. 8).

**군집분석**

연구기간 동안 출현한 중형저서동물의 주요 분류군을 중심으로 분류군 수, 분류군 다양성 지수, 선충류와 요각류의 비인 NC ratio를 분석한 결과는 Fig. 8과 같다. 적게는 5개에서 많게는 8개의 분류군이 연구기간 동안 출현하였다. II, XI, XII 시료에서 가장 많은 8개의 분류군이 출현하였으며 I, V, VI, X 시료에서 가장 적은 5개의 분류군이 출현하였다. 분류군 다양성 지수는 조사기간 동안 평균 0.37이었으며 0.15~0.75의 범위를 나타내었다. 분류군 다양성 지수는 VII 시료에서 가장 낮았으며 IV 시료에서 가

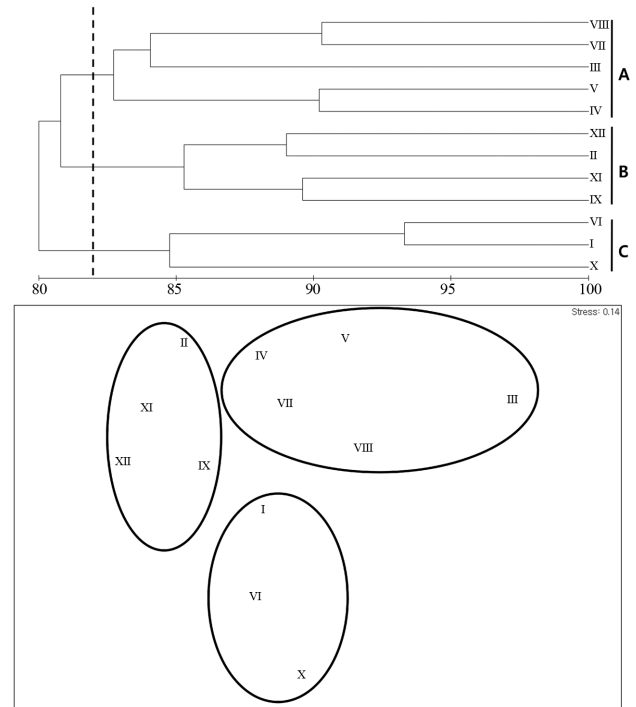


Fig. 9. The dendrogram of meiofauna community by using of Bray-Curtis similarity, and non-metric multidimensional scaling (NMDS) ordination during the study period

Table 3. Summaries of ANOSIM and pair-wise tests of meiofauna communities from Marian Cove, 2007. Analyses groups of the Bray-Curtis transformed data. A, B, C: group of the Bray-Curtis similarity

	Global R	p value
<b>Grobal test</b>	<b>0.601</b>	<b>0.001</b>
Group compared		
A v B	0.463	0.024
A v C	0.590	0.018
B v C	0.815	0.029

장 높았다. 연구기간 동안 평균 NC ratio는 26.39로 나타났다. NC ratio는 VI 시료에서 가장 낮은 값인 7.31, VII 시료에서 가장 높은 값인 95.04을 나타냈다.

중형저서동물 출현 개체수 밀도에 따른 Bray-Curtis 유사도 지수 자료를 사용하여 NMDS 배열법으로 군집분석을 실시한 결과, 연구기간 동안 중형저서동물 군집은 A, B, C의 세 그룹으로 나뉘었다(Fig. 9). 이들 세 그룹간에 나타나는 유의성을 파악하기 위해 ANOSIM 분석을 한 결과, 군집의 구분은 모두 유의한 것으로 나타났다(Table 3).

연구기간 동안 군집분석에 의해 구분된 세 그룹의 구분



**Table 4. Summary of SIMPER analysis, comparing the major aspects of the meiofauna communities across the three groups from Marian Cove, King George Island, Antarctica, 2007**

Group	Taxon	Contribution (%)	Accumulation (%)
A	Nematodes	43.04	43.04
	Copepods	18.09	61.13
	Polychaetes	15.49	76.63
	Nauplii	11.7	88.32
	Ostracods	7.91	96.23
B	Nematodes	45.48	45.48
	Copepods	19.7	65.18
	Nauplii	16.5	81.67
	Ostracods	8.57	90.24
C	Nematodes	41.52	41.52
	Copepods	22.11	63.63
	Nauplii	15.52	79.16
	Foraminiferans	10.93	90.01

에 영향을 끼친 중형저서동물 분류군의 SIMPER 분석 결과를 살펴보면(Table 4), 모든 그룹에서 선충류의 기여도가 가장 높게 나타났으며 저서성 요각류의 기여도가 그 뒤를 따랐다. 선충류와 저서성 요각류를 제외하고 기여도가 10% 이상인 분류군은 유공충류, 다모류, 요각류의 유생이었다.

군집분석에서 마리안소만 중형저서동물 군집의 구분에

10% 이상 기여율을 나타낸 중형저서동물 분류군과 환경요인 간 상관관계분석(Table 5)에서 유공충류는 구리(Cu), 아연(Zn)과 음의 상관관계가 있었으며 요각류의 유생은 수온, 저질온도, 염분농도와 양의 상관관계를 가졌다. 기여도가 높은 선충류와 저서성 요각류는 측정된 환경요인들과 상관관계를 나타내지 않았다.

중금속 분석과 입도 분석을 하지 못한 V 시료에서만 출현한 저서성 요각류 *Ancorabulus* sp.1과 *Tisbe* sp.는 수온, 퇴적물의 온도, 염분, 엽록소 *a* 농도와 상관관계 분석을 SPSS(v.18.0.0)로 하였으나 유의한 값의 결과는 나오지 않았다. 나머지 저서성 요각류 11종들과 여덟 가지의 중금속 원소 농도, 수온, 퇴적물 온도, 염분농도, 엽록소 *a* 농도, 입도와의 상관관계를 SPSS(v.18.0.0)로 분석한 결과는 Table 6과 같이 나타났다. 중금속 농도와의 상관관계를 분석한 결과 유의하게 상관관계가 나온 종은 *Sarsameira* sp., *Robertgurneya* sp., *Prionos* sp.이었다. *Sarsameira* sp.는 니켈(0.751,  $p<0.01$ )과 크롬(0.909,  $p<0.01$ )에 양의 상관관계가 있었으며, *Robertgurneya* sp.는 알루미늄(0.652,  $p<0.05$ )과 양의 상관관계를 보였다. 이에 반해 *Prionos* sp.는 크롬(-0.815,  $p<0.01$ )과 음의 상관관계를 나타냈다. 저서성 요각류 종들과 수온, 퇴적물의 온도, 염분농도, 엽록소 *a* 농도, 입도와의 상관관계를 분석한 결과 *Pseudobryadia* sp.는 수온(0.622,  $p<0.05$ ), 퇴적물의 온도(0.670,  $p<0.05$ )와 양의 상관관계를 보였으나 입도(-0.761,  $p<0.01$ )와는 음의 상관관계를 나타냈다. *Robertgurneya* sp.는 엽록소 *a* 농도(0.706,  $p<0.05$ )와 양의 상관관계를 보였고 *Tachidiella kimi*는 염분(0.648,  $p<0.05$ )과 양의 상관

**Table 5. Spearman rank correlation coefficients between the abundance of major meiofauna taxa and environmental parameters (\*,  $P\leq 0.05$ ; \*\*,  $P\leq 0.01$ ; ns is not significant)**

Taxon	Group	Temp.	Sediment Temp.	Salinity	Cu	Zn
Nematodes	A, B, C	ns	ns	ns	ns	ns
Copepods	A, B, C	ns	ns	ns	ns	ns
Polychaetes	A	ns	ns	ns	ns	ns
Foraminiferans	C	ns	ns	ns	-0.736**	-0.676*
Nauplii	A, B, C	0.665*	0.621*	0.752**	ns	ns

**Table 6. Spearman rank order correlation between the benthic copepods and environmental variables in Marian Cove (\*,  $P\leq 0.05$ ; \*\*,  $P\leq 0.01$ ; ns is not significant)**

Speies	Temp.	Sediment temp.	Salinity	Chl-a	Grain size	Al	Cd	Cr	Ni
<i>Sarsameira</i> sp.	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0.909**	0.751**
<i>Pseudobryadia</i> sp.	0.622*	0.670*	ns	ns	-0.761**	ns	ns	ns	ns
<i>Robertgurneya</i> sp.	ns	ns	ns	0.706*	ns	0.652*	ns	ns	ns
<i>Prionos</i> sp.	ns	ns	ns	ns	ns	ns	-0.815**	ns	ns
<i>Tachidiella kimi</i>	ns	ns	0.649*	ns	ns	ns	ns	ns	ns

관계를 나타냈다. 다른 저서성 요각류 종들은 중금속 및 다른 환경요인들과의 상관관계 분석에서 유의한 수준의 결과가 나오지는 않았다(Table 6).

#### 4. 고 찰

##### 중형저서동물의 군집 구성

전 조사 시기에서 9개의 중형저서동물 분류군이 나타났다. 이것은 이전의 킹조지섬 마리안소만에서 수행된 중형저서동물 군집구조 연구들(Lee et al. 2003; 방 등 2005)에서 출현한 11~18개의 분류군 수에 비해 낮은 수치였으며 북극지역인 바렌츠해와 킹스만에서 수행된 중형저서동물 군집구조에 대한 연구(이 등 2005; Kotwicki et al. 2004)에서 8~9개의 분류군이 출현한 것과 비교했을 때 거의 비슷한 수준이었다. 분류군 다양성 지수는 최소 0.15에서 최대 0.75로 나타났는데(Fig. 8) 극지해양에서 중형저서동물 분류군 수준의 다양성 지수를 사용한 연구는 거의 찾아볼 수 없어서 비교할 수 없었다. Moreno et al. (2008)은 항구의 환경평가연구에서 분류군 수준의 다양성 지수를 사용하였는데, 그 값의 범위는 0.82~1.48이었다. 그는 종 수준의 다양성 지수 분석과 분류군 수준의 다양성 지수 분석은 별차이가 없으며 분류군 수준의 연구로도 그 서식 환경의 특성을 해석할 수 있다고 주장했다. 그렇지만 좀 더 정확한 평가를 위하여 2007년 마리안소만에서 출현한 중형저서동물 중 90% 이상을 차지하는 분류군인 선충류의 종 수준의 연구가 필요하다고 사료된다.

본 조사의 중형저서동물 출현 개체수 밀도 범위는 123~874 inds.10 cm<sup>-2</sup>로 이번 조사지역인 마리안소만을 포함한 킹조지섬 연안에서 알려진 출현 개체수인 42~8,250 inds.10 cm<sup>-2</sup>의 범위 보다 낮은 값을 보였다(Table 7). 온대지역에서의 중형저서동물 개체수 범위로 알려진 200~3,000 inds.10 cm<sup>-2</sup>(Higgins and Thiel 1988)에 비해

비슷하거나 낮은 값을 보였다. 이번 조사에서의 중형저서동물 연평균 출현 개체수는 464 inds.10 cm<sup>-2</sup>이었다. 본 조사와 같은 정점에서 1996년 수행된 중형저서동물 군집구조에 대한 연구(Lee et al. 2003)에서의 연평균 출현 개체수밀도인 2,634 inds.10 cm<sup>-2</sup>보다 매우 낮은 값을 나타냈다. 또한 2002년 12월 마리안소만에서 수행된 연구(방 등 2005)에서의 평균 개체수 밀도인 781 inds.10 cm<sup>-2</sup>보다 약간 낮았다(본 연구의 12월 평균 개체수밀도 597 inds.10 cm<sup>-2</sup>). 방 등 (2005)는 상관관계 분석결과 수온이 2002년 12월 마리안소만의 중형저서동물 군집구조에 영향을 준 요소라 했으나 본 연구결과에선 수온 및 저질온도와 중형저서동물 군집의 상관관계가 미약했다.

조사 시기별 개체수밀도는 4월 26일 III 시료의 123 inds.10 cm<sup>-2</sup>에서 3월 23일 II 시료의 874 inds.10 cm<sup>-2</sup>까지 약 7배의 차이를 나타내고 있다. 개체수 출현의 계절적인 변화 양상은 일정한 경향성을 찾아 보기 어려웠다(Fig. 4). 같은 정점에서 1996년 연구된 중형저서동물 군집구조의 계절적 변화에 대한 연구(Lee et al. 2003)와 본 연구의 계절적 변화는 다른 양상을 나타낸다. Lee et al. (2003)의 경우, 1월부터 5월까지 중형저서동물의 개체수밀도가 꾸준히 증가하다 겨울인 8월에 급격히 감소하여 10월까지 완만한 증가를 보였다. 본 연구의 계절적 중형저서동물 개체수밀도변화 양상은 3월부터 6월까지 일정하지 않다가 7월에 마리안 소만 전체가 결빙된 후 8월, 9월 개체수 증가를 보였다. 9월말 만결빙이 끝나고 11월에 개체수밀도 감소를 보였다가 1차 생산력이 높은 여름인 12월에 증가하는 추세를 보였다(Fig. 4). Lee et al. (2003)은 1996년 마리안소만 중형저서동물 군집구조에 영향을 주는 환경요인으로 수온, 염분, 풍속, 일차생산량, 저서퇴적물 내 총 유기물양 등의 요소를 꼽았지만 상관관계 분석결과 직접적인 관련성은 없었으며, 강한 바람이 유빙에 의한 저서생태계의 교란이 군집구조변화를 야기한 가장 가능성 높은

Table 7. Meiofauna densities (inds.10 cm<sup>-2</sup>) from Antarctic and Sub-Antarctic regions

Reference	Locality	Sampling depth (m)	Meiofauna density (inds.10 cm <sup>-2</sup> )
Herman and Dahms (1992)	Weddell Sea	500-2000	790-3,270
Vanhove et al. (1995)	Kapp Norvegia	211-2080	815-5,122
Skowronski et al. (1998)	King George Island	15	42-8,210
Fabiano and Danovaro (1999)	Ross Sea	439, 567	192-1,191
Danovaro et al. (1999)	Ross Sea	40, 69, 127	300-5,700
Vanhove et al. (2000)	Signy Island	10	700-18,800
Skowronski and Corbisier (2002)	King George Island	15	1,953-6,310
Lee et al. (2003)	King George Island	30	711-8,250
Bang et al. (2005)	King George Island	30-40	322-1,575
<b>This study</b>	<b>King George Island</b>	<b>30</b>	<b>123-874</b>

요인이라고 추정했다.

본 연구의 중형저서동물 군집을 분석한 결과 NMDS 배열법에 의해 III, IV, V, VII, VIII 시료가 그룹 A, II, IX, XI, XII 시료가 그룹 B, I, V, X 시료가 그룹 C로 구분되었다(Fig. 9). 선충류와 저서성 요각류의 출현개체수밀도에 따라 그룹이 구분 되었지만(Table 4), 그 그룹을 결정짓는 선충류와 저서성 요각류는 측정된 환경요인들과는 상관관계가 없었다(Table 5). 선충류와 저서성 요각류는 출현개체수밀도상 거의 96% 이상을 차지하고 있으며 두 분류군의 군집변화에 영향을 주는 요인을 찾는다면 마리안소만에서의 중형저서동물군집의 변화를 이해할 수 있을 것이다.

조사지역에 인접한 남극반도의 경우 지구상에서 가장 빨리 더워지고 있는 지역으로서 기온 관측이 시작된 지난 50년 동안 평균 기온이 2.8°C가 올랐다(Vaughan et al. 2003). 또한 Meredith and King (2005)는 남극반도에 위치한 벨링스하우젠해의 여름철 표층수온이 1950년대 보다 1°C 이상 올랐다고 보고했다. 이런 온난현상이 남극반도의 해양생태계의 먹이망, 특히 해빙과 관련된 생물군들에 직접적인 영향을 미친다고 알려져 있으며(Clarke et al. 2007), 남극서식 저서동물인 *Cellarinella nutti*(Bryozoan)의 비정상적인 성장에 관련성이 있었다(Barnes et al. 2006). 남극반도의 온난화가 마리안소만의 수온에 영향을 미쳤다는 직접적인 증거는 없지만, 세종기지 인근에 위치한 러시아 벨링스하우젠기지에서의 33년간(1969년~2001년)의 기온관측자료에서 연평균 기온 변화 양상을 계산한 결과(정 등 2004) 1년에 약 0.037°C씩 상승하는 것으로 계산되어 이런 기온의 상승이 수온에 영향을 미쳤을 것이라 보이며 수온의 상승이 중형저서동물 군집구조 변화에 영향을 주었을 가능성이 있다. 또한 기온의 상승과 해수온도의 상승은 빙하와 해빙을 녹여 해양으로의 담수 유입을 증가시키고 하계 담수의 대량유입은 저서동물 군집구조에 막대한 영향을 미친다고 알려져 있다. 즉, 본 연구에서 중형저서동물 출현 분류군 수와 개체수가 다른 지역의 연구들과 선행연구들보다 적게 나타난 이유 중 하나라고 생각된다. Stockton (1984)는 남극 맥머도해협 익스플로러소만에 서식하는 이매패류인 *Adamussium colbecki*의 여름철 사망률 증가의 주요한 원인을 용빙수 유입의 증가라고 꼽았다. 열대지방의 경우, 몬순(monsoon) 등과 같은 폭우에 의해 연안의 중형저서동물의 군집구조와 개체수가 급격히 변화했다는 연구 결과가 있다(Ansari and Parulekar 1993).

또한 중형저서동물 군집은 환경변화에 민감하고 짧은 기간에도 군집의 변화를 보인다고 알려져 있다(Sandulli and Nicola 1990). 본 연구에서 염분의 변화 양상은 여름철에 높고 겨울철에 낮아지는 현상을 보였다(Fig. 1). 보통

해수가 얼면 해수가 가지고 있던 염분을 거의 다 배출하는 것으로 알려져 있는데 본 연구에서는 겨울철 염분측정의 실수가 발생한 것으로 생각된다. 이는 겨울철 염분측정시에 마리안소만이 결빙되어 만에 구멍을 뚫어 측정했기 때문에 안정적인 표층수의 염분을 측정하지 못한 것으로 여겨진다. 1996년 마리안소만의 월평균 염분변화는 31.37~34.98 psu로 측정되었으며(Lee et al. 2003), 2007년 마리안소만의 월평균 염분변화는 31.43~34.40 psu이었다. 마리안소만의 용빙수와 용설수등의 담수유입은 주로 여름철에 집중되는 것으로 알려져 있어(Yoon et al. 1997), 비교 가능한 1996년 3월과 2007년 3월의 염분과 중형저서동물 출현개체수밀도를 비교해보았다. 1996년 3월의 평균 염분과 중형저서동물 출현개체수밀도는 각각 31.37 psu, 4,200 inds.10 cm<sup>-2</sup>, 2007년 3월은 33.95 psu, 560 inds. 10 cm<sup>-2</sup>으로 나타나 담수의 유입이 마리안소만의 중형저서동물 군집구조에 큰 영향이 없는 것으로 보이며 다른 요인이 개체수밀도 감소에 영향을 준 것으로 보인다.

남극반도 온난화로 인한 마리안소만의 빙벽의 급속한 후퇴(정 등 2004) 또한 중형저서동물 분류군수와 개체수 감소에 영향을 줄 가능성이 있는 요인이다. 유빙이 떠다니다가 해저바닥과 충돌하는 현상을 유빙에 의한 해저교란이라고 하는데, 이 현상은 극지저서생태계의 군집변화에 큰 영향을 미친다고 알려져 있다(Arntz et al. 1994; Smale et al. 2008). Gutt et al. (1996)은 유빙에 의한 해저교란이 극지해양의 조간대에서부터 수심 500 m까지 영향을 미치며 저서생태계에 심각한 손상을 준다는 연구를 비디오촬영을 통하여 확인했으며, 지구온난화가 가속된다면 더 많은 빙수의 유빙에 의한 해저교란이 있을 것이라 예상했다. Peck et al. (1999)은 남극 사우스오크니군도의 시그니섬 보르게만에서 유빙에 의한 해저교란이 저서동물군집에 미치는 영향에 대해 연구했다. 보르게만의 8~10m의 니질에 서식하던 대형저서동물과 중형저서동물군집 모두 첫 번째 유빙에 의한 해저교란 후에 개체수 밀도는 90% 이상 감소했으며 출현분류군 또한 감소했다. Lee et al. (2001)은 웨델해 카프노르베기아 수심 250 m 이상의 깊이에서 유빙에 의한 해저교란에 대해 중형저서동물군집의 반응을 선충류를 중심으로 연구하였는데 새로운 교란, 오래된 교란, 미교란의 세 가지의 정점을 비교하였다. 유빙에 의한 해저교란이 비교적 최근에 일어난 새로운 교란 정점의 경우, 중형저서동물군집의 다양성 및 출현개체수밀도가 매우 낮았다. 오래된 교란 정점의 경우, 개체수 밀도가 미교란 정점과 비슷했지만 출현 분류군의 다양성이 떨어졌다. 출현개체수는 신속히 복구되었지만 군집의 다양성 복구는 많은 시간이 걸린다는 것을 보여주는 것이며 심해대륙 사면의 중형저서동물군집이 천해역의 중형저서동물군집보다 더 유빙에 의한 해저교란에 민감한 걸 보여준다.

Sahade et al. (1998)은 킹조지섬 포터소만의 수심 30 m이 내에 서식하는 저서동물군집에 가장 큰 영향을 미치는 것은 유빙의 해저교란이라고 했다. 포터소만은 마리안소만과 매우 가까운 위치에 있으며 본 연구의 정점 깊이가 30 m이었으므로 유빙에 의한 해저교란이 마리안 소만의 중형저서동물 군집구조에 영향을 주었을 가능성은 충분히 있다. Smale et al. (2008)은 2004년부터 2008년까지 남극 반도의 아델리섬 사우스소만의 수심 5 m, 10 m, 25 m의 수심의 저질에 유빙에 의한 해저교란빈도를 측정할 수 있는 마커를 설치하여 사우스소만의 교란의 정도를 관측하였다. 사우스소만의 저질교란 빈도는 매년 달랐지만 많게는 44.4%, 적게는 11.5%의 마커가 손상을 입은 것을 확인할 수가 있었다. 수심, 해저지형, 유빙의 유무, 지역적인 기상특성(바람방향) 등의 요인들이 유빙에 의한 해저교란과 그 빈도에 영향을 주는 요인들이라고 알려져 있지만 겨울철 바다의 결빙유무와 결빙기간이 가장 유력한 요인이라고 주장했으며 상관관계 분석결과 만의 결빙 기간과 유빙에 의한 저질 교란의 빈도는 강한 음의 상관관계를 보였다(Smale et al. 2008). 2007년 세종기지 기상자료순표를 살펴보면 마리안소만에 유빙이 141일 출현하였으며, 7월 4일부터 9월 26일까지 84일 동안 만이 얼어있었다. 2007년 만결빙 후 중형저서동물 개체수 밀도는 증가하는 추세를 보였으며(시료 VIII, IX; Fig. 4), 다른 시기에는 중형저서동물 군집의 변화의 경향성을 찾아보기 힘들었다.

선충류와 저서성 요각류의 비(NC ratio)는 선충류가 일반적으로 저서성 요각류에 비해서 오염이나 교란에 더욱 저항성을 가진 것에 기인하여 Raffaelli and Mason (1981)에 의해 제안되었다. 중형저서동물의 서식환경이 악화될수록 커지는 것으로 알려져 있으며 오염이나 교란을 모니터링 할 수 있는 하나의 지표로 사용되어 왔다(Coull et al. 1981; Warwick 1981; Amjad and Gray 1983; Sandulli and De Nicola 1990). 선충류와 저서성 요각류의 비(NC ratio)는 저질의 입자크기에 반비례하고(Raffaelli and Mason 1981; Amjad and Gray 1983), 지역이나, 포식압 그리고 생식활동의 영향을 받는다고 알려져 있다(Coull et al. 1981). 본 연구에서 선충류와 저서성 요각류의 비는 평균 26.39로 비교적 높은 값을 나타냈다(Fig. 8). 본 연구정점의 퇴적물 입도를 살펴보면 채집시기에 따라 차이가 많이 나는 것을 확인할 수 있으며(Table 1) 이는 저서환경의 물리적 변화가 일어나는 지역임을 나타낸다. 마리안소만에 유입되는 입자플럭스에 관한 연구인 Khim et al. (2007)은 용설수에 의한 육상기원물질이 주로 여름철에 지속적으로 만으로 유입되고 있으며, 조류에 의한 저질의 재부유현상도 일어나는 것을 관찰하였으며 이는 조건대 저서환경에 영향을 미치고 있다고 했다. 또한 유빙에 의한 저질교란은 저질의 특성을 변화시킨다고 알려져 있어

(Barnes and Conlan 2007), 유빙의 출현이 잦은 마리안소만의 저서환경에 영향을 줄 가능성이 농후하다.

저서성 요각류는 중형저서동물군 내 다른 어떤 분류군보다 환경 변화에 민감하다고 알려져 있다. 기존의 연구들에 의하면 저서성 요각류는 대상지역이 오염될 경우 개체수가 급격히 감소하는 대표적인 분류군으로 알려져 있다(Raffaelli 1981, 1987; Coull et al. 1981; Amjad and Gray 1983). 이러한 특징 때문에 오염의 현황을 파악하기 위한 이상적인 생물로 인식되고 있다(Hargrave and Thiel 1983; Warwick and Clarke 1991; Coull and Chandler 1992).

조사 기간 동안 마리안소만에서 출현한 저서성 요각류는 9과 12속 13종으로 나타났으며 계절별로 출현양상이 변화한다는 것을 알 수 있었다(Table 2). 지금까지 마리안소만에서의 저서성 요각류 분포에 대한 연구는 한 편의 분류학적 연구(Lee and Huys 1999)를 제외하고는 이루어진 바가 없다. 해양성 Harpacticoida 목은 현재까지 전 세계적으로 56과 589속 4,300여 종 이상 알려져 있으나(Wells 2007), 남극 전체에서 보고된 해양성 Harpacticoida는 23과 86속 169여종이며, 이번 조사지역이 포함된 킹조지섬 주변해역에서는 총 12과 25속 25종이 보고되었다(Table 8). 킹조지섬 주변해역에서 보고된 25종의 해양성 Harpacticoida 중 대부분은 아직 분류학적 연구가 끝나지 않은 신종들이다. 이번에 출현한 저서성 요각류 중 기재된 종은 1종이며(*Tachidiella Kimi*) 나머지 12종은 모두 신종들로 판단되었다. 나머지 12종의 분류학적 연구를 향후 계속 수행할 예정이다.

상관관계 분석 결과 저서성 요각류의 일부 종들에게서 환경 요인 및 중금속 농도와 유의한 수준의 상관관계 값들이 나타났다(Table 5). *Pseudobradia* sp.의 경우 수온, 퇴적물의 온도, 입도와 양의 상관관계를 보였다. 저서성 요각류의 계절별 출현 양상을 보면 *Pseudobradia* sp.는 비교적 온도가 높은 여름철에 많은 개체수가 출현함을 알 수 있었다. *Robertguneya* sp.의 경우 염록소 *a* 농도, 알루미늄(Al)과 양의 상관관계를 보였다. *Sarsameira* sp.의 경우 니켈(Ni)과 크롬(Cr)에 대해 양의 상관관계를 보였으며, *Prionos* sp.의 경우 카드뮴(Cd)에 대해 음의 상관관계를 나타냈다(Table 6). 남극에 서식하는 부유성 요각류들에 대한 중금속농축에 대한 연구(Kahle and Zauke 2003b)는 있었지만 남극 서식 저서성 요각류에 대한 연구가 많이 이루어지지 않아 중금속 농축에 관한 연구는 찾아볼 수 없었다. 그러므로 마리안 소만의 저서성 요각류에 대한 중금속 농축 및 생리학적 반응에 대한 연구가 필요하며 계속적으로 이 지역에서 저서성 요각류 분포에 대한 조사가 이루어진다면 환경 모니터링을 위한 매우 유용한 자료로 활용될 수 있을 것이라 기대된다.

Table 8. The species list of Harpacticoids in the King George Island and in this study area

	Family	Species name	Reference
1	Ameiridae	<i>Ameira</i> sp.	1
2	Ameiridae	<i>Ameiropsis</i> sp.	1
3	Ameiridae	<i>Sarsameira</i> sp.	*
4	Ancorabolidae	<i>Ancorabolus</i> sp.1	*
5	Ancorabolidae	<i>Ancorabolus</i> sp.2	*
6	Ancorabolidae	<i>Ceratonotus antarcticus</i> George & Schminke, 1998	2
7	Ancorabolidae	<i>Dendropsyllus antarcticus</i> George & Schminke, 1998	2
8	Ancorabolidae	<i>Laophontodes</i> sp.	1, *
9	Argestidae	<i>Argestes</i> sp.	*
10	Argestidae	new genus sp.	*
11	Heteropsyllidae	<i>Heteropsyllus</i> sp.	1, *
12	Dactylopusiidae	<i>Dactylopusia</i> sp.	1
13	Dactylopusiidae	<i>Diarthrodes</i> sp.	1
14	Ectinosomatidae	<i>Bradya</i> sp.	1
15	Ectinosomatidae	<i>Halectinosoma</i> sp.	1
16	Ectinosomatidae	<i>Pseudobradya</i> sp.	*
17	Idyanthidae	<i>Idyellopsis</i> sp.	1
18	Idyanthidae	<i>Tachidiella kimi</i> Lee W. & Huys, 1999	8
19	Laophontidae	<i>Paralaophonte livingstoni</i> Apostolov, 2004	3
20	Miraciidae	<i>Amphiacoides</i> sp.	1,5
21	Miraciidae	<i>Delavalia</i> sp.	1
22	Miraciidae	<i>Haloschizopera</i> sp.	1
23	Miraciidae	<i>Robertgurneya</i> sp.	1, *
24	Miraciidae	<i>Stenhelia</i> sp.	1
25	Miraciidae	<i>Typhlamphiacus</i> sp.	1
26	Paramesochridae	<i>Scottopsyllus praecipuus</i> Veit-Köhler, 2000	6
27	Peltidiidae	<i>Alteutha potter</i> Veit-Koehler, 2007	6
28	Peltidiidae	<i>Neopeltopsis</i> sp.	1
29	Peltidiidae	<i>Parapeltidium</i> sp.	*
30	Pseudotachidiidae	<i>Archisenia</i> sp.	1
31	Pseudotachidiidae	<i>Jonesiella</i> sp.	1
32	Pseudotachidiidae	<i>Prionos</i> sp.	1
33	Tisbidae	<i>Scutellidium antarcticum</i> Lang, 1944	7
34	Tisbidae	<i>Tisbe</i> sp.	*

Source of data: 1. Bang et al. 2005; 2. George and Schminke 1998; 3. Apostolov 2004; 4. Boxshall and Halsey 2004; 5. Pugh et al. 2002; 6. Veit-Köhler and Fuentes 2007; 7. Lang 1948; 8. Lee and Huys 1999; (\*) This study

2007년 마리안소만 중형저서동물 군집구조를 3월 7일부터 12월 21일까지 조사하였다. 중형저서동물은 총 9개의 분류군이 출현하였으며 평균 출현 개체수 밀도는 464 inds.10 cm<sup>-2</sup>이었으며 조사시기별 출현 개체수 및 분류군의 수의 변동폭이 컸다. 우점 분류군은 선충류와 저서성 요각류였으며 조사시기별로 3개의 그룹으로 나뉘었다. 그룹구분의 경향성을 살펴보기 위해 환경요인과의 상관관계 분석을 했지만 유의한 결과는 나오지 않았다. 이는 남극반도의 온난화로 인한 유빙의 대량발생이 마리안소만의

저서생태계에 교란을 지속적으로 준 것이라고 생각하며, 선행연구들보다 분류군 수 및 개체수 밀도 적은 이유도 지속적인 교란이 생물 개체수의 저하를 유도하고 있음을 추측하게 한다. 추후 마리안소만의 유빙의 의한 저서생태계 교란의 빈도와 중형저서동물의 상관관계를 조사하는 것이 필요할 것으로 본다. 중형저서동물과 환경요인 및 중금속 농도의 관계를 살펴 본 결과, 저서성 요각류의 일부 종들과 유의한 수준의 상관관계가 있었지만 생물농축이나 생리학적 연구가 계속 이루어져 할 것으로 보인다.

## 사 사

본 연구는 극지연구소의 극지연구진흥프로그램(PAP)과 한국연구재단(R01-2007-000-11140-0)의 지원에 의하여 수행되었습니다. 본 논문에 사용된 시료는 대한민국 세종 과학기지 제 20차 월동연구대(대장: 이상훈)의 도움으로 채집되었으며, 연구기간 중 제 1저자에 대한 격려에 감사 를 드립니다.

## 참고문헌

- 강성호, 강제신, 이상훈, 김동선, 김동엽 (2000) 전 지구 환경 변화에 대한 극지 식물플랑크톤의 중요성. *환경생물* **18**(1):1-20
- 방현우, 강성호, 이원철 (2005) 남극 King George Islands, Marian Cove의 중형저서생물 군집 구조에 관한 연구. *환경생물* **23**(2):191-199
- 이강현, 정경호, 강성호, 이원철 (2005) 2002년 하계 북극 바 렌츠해 연안 지역의 중형저서생물 군집 구조에 관한 연구. *환경생물* **23**(3):257-268
- 정호성, 이방용, 장순근, 김지희, 김예동 (2004) 세종기지 주변에서 관찰된 빙벽 후퇴와 바다결빙. *Ocean and Polar Res* **26**(1):1-10
- Amjad S, Gray JS (1983) Use of the nematodes copepod ratio as an index of organic pollution. *Mar Pollut Bull* **14**:178-181
- Ahn IY, Lee SH, Kim KT, Shim JH, Kim DY (1996) Baseline heavy metal concentrations in the Antarctic clam, *Laternula elliptica* in Maxwell Bay, King George Island, Antarctica. *Mar Pollut Bull* **32**:592-598
- Ansari, ZA, Parulekar AH (1993) Environmental stability and seasonality of a harpacticoid copepod community. *Mar Biol* **115**:279-286
- Apostolov A (2004) *Paralaophonte livingstoni* n.sp. (Crustacea: Copepoda: Harpacticoida) a new representative from Livingstone Island, Antarctica. *Hist Natural Bul* **16**:59-67
- Amtz WE, Bray T, Gallardo VA (1994) Antarctic zoobenthos. *Oceanogr Mar Biol A Rev* **32**:241-304
- Arrigo KR, Thomas DN (2004) Large scale importance of sea ice biology in the Southern Ocean. *Antarct Sci* **16**(4):471-486
- Austen MC, McEvoy AJ, Warwick RM (1994) The specificity of meiobenthic community responses to different pollutants: Results from microcosm experiments. *Mar Pollut Bull* **28**(9):557-563
- Austen MC, Somerfield PJ (1997) A community level sediment bioassay applied to an estuarine heavy metal gradient. *Mar Environ Res* **43**(4):315-328
- Barnes DKA, Conlan KE (2007) Disturbance, colonization and development of Antarctic benthic communities. *Phil Trans R Soc B* **362**:11-38
- Barnes DKA, Webb K, Linse K (2006) Slow growth of Antarctic bryozoans increases over 20 years and is anomalously high in 2003. *Mar Ecol Prog Ser* **314**:187-195
- Boxshall GA, Halsey SH (2004) An introduction to copepod diversity. The Ray Society, London, 966 p
- Clarke KR (1993) Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Aust J Ecol* **18**(1):117-143
- Clarke A, Murphy EJ, Meredith MP, King JC, Peck LS, Barnes DKA, Smith RC (2007) Climate change and the marine ecosystem of the western Antarctic Peninsula. *Phil Trans R Soc B* **362**:149-166
- Coull BC, Hicks GRF, Wells BJ (1981) Nematode/Copepod ratio for monitoring pollution: a rebuttal. *Mar Pollut Bull* **12**(11):378-381
- Coull BC, Chandler GT (1992) Pollution and meiofauna: Field, laboratory and mesocosm studies. *Oceanogr Mar Biol* **30**:191-271
- Danovaro R, Pusceddu A, Mirto S, Fabiano M (1999) Meiofauna assemblages associated with scallop beds (*Adamussium colbecki*) in the coastal sediments of Terra Nova Bay (Ross Sea, Antarctica). *Antarct Sci* **11**:415-418
- Fabiano M, Danovaro R (1999) Meiofauna distribution and mesoscale variability in two sites of the Ross Sea (Antarctica) with contrasting food supply. *Polar Biol* **22**:115-123
- Folk RL (1974) Petrology of sedimentary rocks. Hemphills, Austin Texas, 184 p
- George KH, Schminke HK (1998) First records of the genus *Ceratonotus* GO. Sars, 1909 (Copepoda, Ancorabolidae) from the Southern Hemisphere, with the description of two new species. *Crustaceana* **71**(7):801-817
- Giere O (1993) Meiobenthology: the microscopic fauna in aquatic sediment. Springer-Verlag, Berlin, 328 p
- Gutt J, Starmans A, Dieckmann G (1996) Impact of iceberg scouring on polar benthic habitats. *Mar Ecol Prog Ser* **137**:311-316
- Hargrave BT, Thiel H (1983) Assessment of pollution-induced changes in benthic community structure. *Mar Pollut Bull* **14**:41-46
- Herman RL, Dahms HU (1992) Meiofauna communities along a depth transect off Halley Bay (Weddell Sea-Antarctica). *Polar Biol* **12**:313-320
- Higgins PR, Thiel H (1988) Introduction to the study of

- Meiofauna. Smithsonian Institution Press, Washington DC, 488 p
- Huys R, Gee JM, Moore CG, Hamond R (1996) Marine and brackish water harpacticoid copepods. Part 1. Synopses of the British Fauna (New Series). FSC Publications, London, 352 p
- Kahle J, Zauke GP (2003a) Bioaccumulation of trace metals in the Antarctic amphipod *Orchomene plebs*: Evolution of toxicokinetic models. *Mar Environ Res* **55**:359-384
- Kahle J, Zauke GP (2003b) Trace metals in Antarctic copepods from the Weddell Sea (Antarctica). *Chemosphere* **51**:409-417
- Khim BK, Shim J, Yoon HI, Kang YC, Jang YH (2007) Lithogenic and biogenic particle deposition in an Antarctic coastal environment (Marian Cove, King George Island): Seasonal patterns from a sediment trap study. *Estuar Coast Shelf Sci* **73**:111-122
- Kotwicki L, Szymelfenig M, Troch MD, Zajaczkowski M (2004) Distribution of meiofauna in Kongsfjorden, Spitsbergen. *Polar Biol* **27**:661-669.
- Lang K (1948) Monographie der Harpacticiden. Håkan Ohlsson, Lund, 1682 p
- Lang K (1965) Copepoda Harpacticoidea from the Californian Pacific coast. Almquist & Wiksell, Stockholm, 560 p
- Lee HJ, Gerdes D, Vanhove S, Vincx M (2001) Meiofauna response to iceberg disturbance on the Antarctic continental shelf at Kapp Norvegia (Weddell Sea). *Polar Biol* **24**:926-933
- Lee W, Huys R (1999) New Tachidiella (Copepoda, Harpacticoida, Tisbidae) from the Antarctic and Norway including a review of the genus. *Zoosystema* **21**(3): 419-444
- Lee W, Kang SH, Montagna PA, Kwak IS (2003) Temporal Dynamics and patterning of meiofauna community by self-organizing artificial neural networks. *Ocean and Polar Res* **25**:237-247
- Mcintyre AD (1969) Ecology of marine Meiobenthos. *Biol Rev* **44**:245-290
- Meredith MP, King JC (2005) Rapid climate change in the ocean west of the Antarctic Peninsula during the second half of the 20th century. *Geophys Res Lett* **32**(19): L19604
- Moreno M, Vezzulli L, Marin V, Laconi P, Albertelli G, Fabiano M (2008) The use of meiofauna diversity as an indicator of pollution in harbours. *ICES J Mar Sci* **65**:1428-1435
- Park BK, Chang SK, Yoon HI, Chung H (1998) Recent retreat of ice cliffs, King George Island, South Shetlands, Antarctic Peninsula. *Ann Glaciol* **27**:633-635
- Parsons TR, Maita Y, Lalli CM (1984) A manual of chemical and biological methods for seawater analysis. Pergamon Press, New York, 184 p
- Peck LS, Brockington S, Vanhove S, Beghyn M (1999) Community recovery following catastrophic iceberg impacts in Antarctica. *Mar Ecol Progr Ser* **186**:1-8
- Pugh PJA, Dartnall HJG, McInnes SJ (2002) The non-marine Crustacea of Antarctica and the Islands of the Southern Ocean: biodiversity and biogeography. *J Nat Hist* **36**:1047-1103
- Raffaelli DG, Mason CF (1981) Pollution monitoring with meiofauna, using the ratio of nematodes to copepods. *Mar Pollut Bull* **12**(5):158-163
- Raffaelli DG (1981) Monitoring with meiofauna - a reply to Coull, Hicks and Wells (1981) and additional data. *Mar Pollut Bull* **12**:381-382
- Raffaelli DG (1987) The behaviour of the nematode/copepod ratio in organic pollution studies. *Mar Environ Res* **23**:135-152
- Sahade R, Tatian M, Kowalke J, Kuhne S, Esnal GB (1998) Benthic faunal associations on soft substrates at Potter Cove, King George Island, Antarctica. *Polar Biol* **19**:85-91
- Sakshung E, Holm-Hansen O (1984) Factors governing pelagic production in polar oceans. In: Holm-Hansen O, Bolis L, Gilles R (ed) *Marine plankton and productivity*. Springer-Verlag, Berlin, pp 1-18
- Sandulli R, Nicola M (1990) Responses of meiobenthic communities along a gradient of sewage pollution. *Mar Pollut Bull* **22**:463-467
- Skowronski RSP, Corbisier TN, Robles FR (1998) Meiofauna along a coastal transect in Admiralty Bay, King George Island (Antarctica). *Pesq Antart Bras* **3**:117-131
- Skowronski RSP, Corbisier TN (2002) Meiofauna distribution in Martel Inlet King George Island (Antarctica) sediment features versus food availability. *Polar Biol* **25**:126-134
- Smale DA, Brown KM, Barnes DKA, Fraser KPP, Clarke A (2008) Ice scour disturbance in Antarctic waters. *Science* **321**:371
- Smetacek V, Nicol S (2005) Polar ocean ecosystems in a changing world. *Nature* **437**:362-368
- Somerfield PJ, Gee JM, Warwick RM (1994) Soft sediment meiofaunal community structure in relation to a long-term heavy metal gradient in the Fal estuary system. *Mar Ecol Progr Ser* **105**:79-88
- Stockton WL (1984) The biology and ecology of the epifaunal scallop *Admusium colbecki* on the west side of McMurdo Sound, Antarctica. *Mar Biol* **78**:171-178
- Vanhove S, Wittoeck J, Desmet G, Van den Berghe B,

- Herman RL, Bak RPM, Nieuwland G, Vosjan JH, Boldrin A, Rabitti S, Vincx M (1995) Deep-sea meiofauna communities in Antarctica structural analysis and relation with the environment. *Mar Ecol Prog Ser* **127**:65-76
- Vanhove S, Beghyn M, Van Gansbeke D, Bullough LW, Vincx M (2000) The seasonal varying biotope of Signy Island: implications for meiofaunal structure. *Mar Ecol Prog Ser* **202**:13-25
- Vaughan DG, Marshall GJ, Connolley WM, Parkinson CL, Mulvaney R, Hodgson DA, King JC, Pudsey CJ, Turner J (2003) Recent rapid regional climate warming on the Antarctic Peninsula. *Climatic Change* **60**:243-274
- Veit-Köhler G, Fuentes V (2007) A new pelagic Alveutha (Copepoda: Harpacticoida) from Potter Cove, King George Island, Antarctica - description, ecology and information on its year round distribution. *Hydrobiologia* **583**(1):141-163
- Warwick RM (1981) The nematode/copepod ratio and its use on pollution ecology. *Mar Pollut Bull* **12**(10):329-333
- Warwick RM, Clarke KR (1991) A comparison of some methods for analysing changes in benthic community structure. *J Mar Biol Ass UK* **71**:225-244
- Wells JBJ (2007) An annotated checklist and keys to the species of Copepoda Harpacticoida (Crustacea). *Zootaxa* **1568**:1-872
- Yoon HI, Park BK, Domack EW, Kim Y (1998) Distribution and dispersal pattern of suspended particulate matter in Maxwell Bay and its tributary, Marian Cove, in the South Shetland Islands, West Antarctica. *Mar Geol* **152**:261-275

---

*Received Jan. 28, 2011*

*Revised Apr. 8, 2011*

*Accepted Sep. 8, 2011*