

태평양 클라리온-클리퍼톤 지역 및 남대서양 남극해역  
방산충의 생층서학적 비교연구

The Study of Radiolarian Biostratigraphic Correlation  
between Clarion-Clipperton in Pacific Ocean and High  
latitude South Atlantic Ocean

1994. 4.

한국해양연구소

# 제 출 문

한국해양연구소장 귀하

본 보고서를 “태평양 클라리온-클리퍼톤 지역 및 남대서양 남극해역  
방산층의 생층서학적 비교연구”의 최종 보고서로 제출합니다.

1994 년 4 월

연구책임자 : 김기현(심해저사업단)

연구원 : 문재운

박정기

김채수

이근창

안성진

# 요 약 문

## I. 제목

태평양 클라리온 - 클리퍼톤 지역 및 남대서양 남극해역 방산층의 생층서학적 비교연구.

## II. 연구내용 및 결과

지난 25년간 팔레오세 심해퇴적물 연구에서 해양 미고생물을 이용한 고해양학 연구는 매우 중요한 분야로서 발전되어 왔다.

DSDP 연구사업이 본격화된 1968년 이래 전세계 주요 해양분지에 대한 부유성 유공충 및 석회질 미화석 연구에 근거를 둔 퇴적층서는 매우 잘 확립이 되어 있다. 이들 석회질 미화석을 이용한 퇴적층서는 시대구분 뿐아니라 전세계 도처의 지역에서 해양지각 형성연구에 이르기까지 매우 중요한 도구로써 널리 활용되고 있다.

반면에 DSDP 사업이 시작된 초기단계 까지만 해도 규질 미화석의 층서적 중요성은 잘 알려져 있지 않았으며, DSDP 코아를 이용한 이들 미화석의 생층서 구분도 세분화 되어 있지 않았다. 규질 미화석의 층서학적 연구는 최근에 들어 매우 활발하게 진행되었다. 그 주 요인으로는 석회질 미화석이 용해되는 심해환경인 탄산염보상심도 이하에서도 규질미화석은 매우 양호한 산출상태로서 보존되기 때문이다.

신제삼기(마이오세-현세) 심해 퇴적층에 대한 방산층 층서 연구는 많은 발전을 보았으나 (Chen, 1979, Petrushevskaya, 1975, Weaver, 1983, Lazarus, 1989, and Abelmann, 1990), 팔레오세 방산층에 대한 집중적인 연구는 아직 완벽하게 확립되지 않은 상태이다(Kim, 1991).

그 주요 요인은 여러가지가 있으나, 첫째는 팔레오세에 대한 심해 퇴적물 채취가 아직 많은 해양에서 이루어지지 않음으로써 야기된 주요 표준 화석의 대비가 이루어지지 못하는 점이다. 따라서 방산층에 대한 지질학적, 지리학적 분포자료가 미확립되어 있으며 상대적인 주요화석의 분포상태를 광역적 지역에서 적용하기가 시기상조이다. 또 하나의 주요요인은 고해양 발달과정에서 고위도 지역에서 산출되는 방산층의 주요종이 저위도 지역에서는 발견되지 않다는 점이다.

본 연구에서는 방산층의 산출상태가 완전히 차이가 나는 신제삼기 퇴적층과는 달리, 고·저위도간의 유사종이 널리 분포 할 수 있는 가능성이 높은 고제삼기(팔레오세-올리고세)에 초점을 맞추어 KODOS 92 지역에서 채취된 저위도 태평양 방산층 산출상태와 ODP Leg 114 에서 산출된 방산층 자료를 비교분석 함으로써 고해양의 변천과정을 밝히는데 그 주목적이 있다. 이와같은 연구는 고위도 남대서양의 심해퇴적물을 근거로 확립된 고위도 방산층 층서 (Kim, 1991)가 저위도 지역에서 어느정도 연관성을 갖는지를 밝힘으로써 고해양의 변천과정 연구에 주요한 자료를 제공하는 계기가 될 것으로 사료된다.

# SUMMARY

## I. Title of study

The study of Radiolarian Biostratigraphic correlation between Clarian-Clipperton in Pacific Ocean and High latitude South Atlantic Ocean.

## II. Abstract

The last 25 years have been of vital importance in the history of the use of planktonic microfossils for the dating of Paleogene deep sea sediments.

Zonal schemes based on planktonic foraminifera and calcareous nanofossils were well established and already proven in almost every ocean basin in the world, by the time the Deep Sea Drilling Project (DSDP) began in 1968. They provided the tool for the dating not only the sedimentary sequences but also of the underlying oceanic crust that was reached at many of the sites.

The stratigraphic significance of the siliceous microfossils was less well known at the beginning of the DSDP. For these groups the zonal schemes that have since been established are based to a large degree on DSDP cores.

The development of this field has been recent and rapid. Because of the lack of calcareous microfossils at below calcareous compensation depth (CCD) line, siliceous microfossil become more important tool for paleoceanographic study.

Contrary to the Neogene sequence, which has been studied in detail (e. g. Chen, 1975, Petrushevskaya, 1975, Weaver, 1983, Lazarus, 1989, and Abelmann, 1990), only a few comprehensive Paleogene radiolarian biostratigraphy has been attempted (Kim, 1991).

There are several reasons for this. The most obvious deficiency is the lack of good taxonomic references for the paleogene radiolarians. Geologic and geographic distribution data for radiolarians also are lacking, as well as relative abundance data for taxa within assemblages. Furthermore, biostratigraphic ranges of high-latitude radiolarian species are often different from those in low-latitude areas.

In this study, biostratigraphic and paleoenvironmental analyses of Paleogene radiolarians have been carried out on material collected on KODOS 92 area. These data are also compared with high-latitude radiolarian occurrences based on data of Ocean Drilling Program(ODP) Leg 114.

This provides a unique opportunity to expand the proposed radiolarian zones from Leg 114 (Kim, 1991) into the Paleogene sequence at low-latitudes in the Pacific ocean.





# CONTENTS

요 약 문 -----	3
SUMMARY -----	5
CONTENTS -----	9
LIST OF TABLES -----	11
LIST OF FIGURES -----	13
I. 서론 -----	17
II. 지질개요 -----	19
II-1. 클라리온-클리퍼튼 해역 -----	19
II-2. 남대서양 남극해역 -----	22
III. 연구시료 및 방법 -----	24
1. 연구시료 -----	24
2. 시료처리 방법 -----	25
3. 분석방법 -----	27
IV. 방산층 군집의 분포 -----	28
IV-1. 저위도 방산층 산출 -----	28
IV-2. 고위도 방산층 산출 -----	29
V. 결 론 -----	31

VI. 사 사 -----	33
VII. SYSTEMATIC MICROPALAEONTOLOGY -----	35
VIII. 참고문헌 -----	44
IX. Appendixes -----	53

## LIST OF TABLES

TABLE 1 : 저위도 조사해역의 정점 위치, 수심, 코아의 심도 -----	24
TABLE 2 : 고위도 조사해역의 정점 위치, 수심, 코아의 심도 -----	25
TABLE 3 : 조사 정점의 분석 시료 채취 심도 -----	29



## LIST OF FIGURES

FIGURE 1. Location of study area in the North Pacific Ocean:	
Clarion-Clipperton Fracture zone	----- 19
FIGURE 2. Location of study sites in the High-latitude South Atlantic Ocean.	----- 22



## LIST OF APPENDIXES

1 : Occurrence of Paleogene radiolarian taxa	
in KODOS 92 (Station 1 and 4) -----	55
2 : Occurrence of Paleogene radiolarian taxa	
in KODOS 92 (Station 6 and 10) -----	55
3 : Occurrence of Paleogene radiolarian taxa	
in KODOS 92 (Station 20 and 38) -----	56
4 : Occurrence of Paleogene radiolarian taxa	
in KODOS 92 (Station 52 and 61) -----	56
5 : Occurrence of Paleogene radiolarian taxa	
in KODOS 92 (Station 64 and 71) -----	57
6 : Occurrence of Paleogene radiolarian taxa	
in KODOS 92 (Station 72) -----	57
7 : Occurrence of Paleogene radiolarian taxa	
in ODP Leg 114 (Station 701) -----	58
8 : Occurrence of Paleogene radiolarian taxa	
in ODP Leg 114 (Station 702) -----	60
9 : Occurrence of Paleogene radiolarian taxa	
in ODP Leg 114 (Station 703) -----	62





# I. 서 론

대양저 퇴적물의 고기층서와 고해양환경을 규명하는데는 퇴적학적 연구와 더불어 동위원소를 이용한 여러가지 방법들이 제시되어 왔으며 또한 퇴적물내에 풍부하게 분포하고 있는 방산충 및 유공충을 비롯한 미화석군집을 이용한 미고생물학적 연구가 유용한 방법으로 제시되어왔다.

해양 미화석은 개체수가 많아 이들이 분포하는 지역이 넓은 뿐만 아니라 생존했던 시기의 차이로 인하여 소량의 시료만으로도 광범위한 지역의 수평적, 수직적 지층의 대비와 고환경의 복원에 유력한 지시자가 되어진다. 특히 석회질 미화석은 세계 전역에 걸쳐 분포되어 있으므로 인해 그 연구적 가치가 인정되어져 왔다.

반면에 DSDP 사업 이후 탄산염보상심도 이하의 수심을 갖는 심해환경에 대한 연구가 활발해 지면서 규질 미화석에 관심이 모아지게 되었다. 그러나 지금까지의 연구들은 신제삼기 심해 퇴적물에 대한 층서 연구는 활발했던 반면 고해양환경 해석에 매우 중요한 자료를 얻을 수 있는 고제삼기 방산충에 대한 연구는 미약한 형편이다. 본 연구에서는 고위도 남대서양 심해저에서 채취된 ODP Leg 114 시료와 심해저 탐사해역인 저위도 태평양 클라리온-클리퍼튼 심해퇴적물 시료의 미고생물 연구를 통하여 고제삼기 지질시대동안 지구온난화 현상에 의하여 현재와는 달리 위도와 상관없이 전해양에 널리 분포되었던 방산충 분포상태를 비교 분석하였다.

본 연구자료에 의하면 고위도와 저위도지역의 방산층 산출형태는 제 4기 동안에는 현저한 차이를 보이지만 고제삼기 이후의 종들은 소량이지만 유사종들의 위도와 상관없이 널리 분포하였다는 것을 알 수 있다. 본 연구의 가장 큰 기대효과는 해수 온도의 변천과정 연구를 통하여 고해류의 복원, 미고생물의 분포 자료를 해석함으로써 망간단괴 형성, 분포에 영향을 미치는 심해저 퇴적환경을 추론하는 것이다.

## II. 지질 개요

### II-1. 클라리온-클리퍼톤 지역

중양 북태평양에는 해양산맥들이 복잡하게 발달하여 있으며, 이들 해양산맥들은 남-북방향 또는 북서-남동방향으로 수천 km에 걸쳐 선형으로 발달한 수 많은 해저화산들로 구성되어져 있다(Moore, 1982).

본 연구지역은 북적도 태평양에 위치한 클라리온-클리퍼톤 균열대 사이에 위치하고(Fig. 1), 남북방향으로 볼때 이 균열대들은 경사가 급하고 높은 단애로 구성된 거대한 계단을 구성한다.

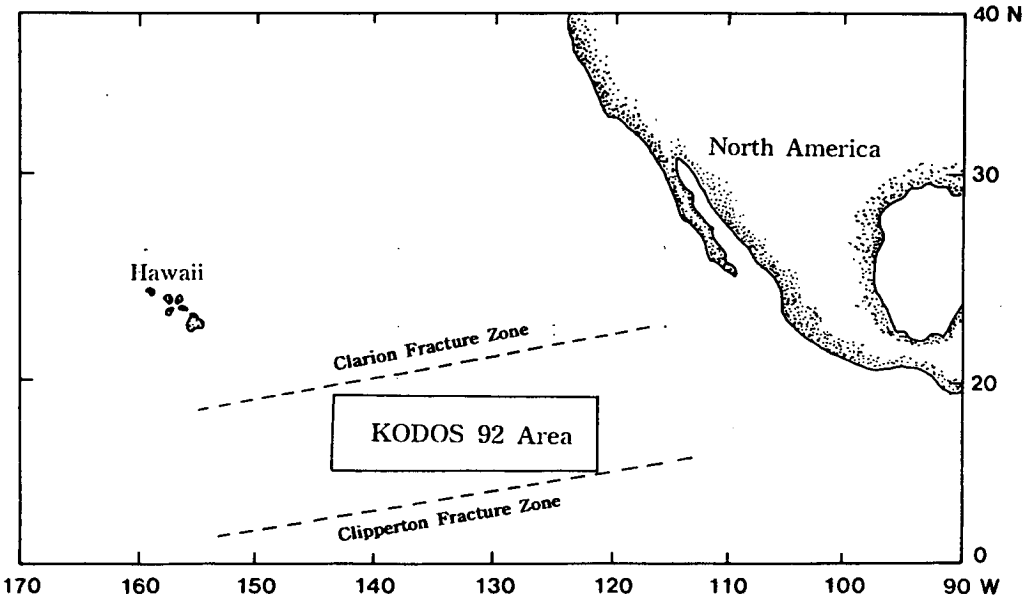


Fig. 1. Location of study area in the North Pacific Ocean: Clarion-Clipperton Fracture zone.

두 균열대 사이에 위치하는 해저에는 몇개의 해저산이 있는 평원을 이루고, 균열대에 수직방향으로는 수많은 단층들이 발달해 있다. 이러한 단층을 이루는 균열대의 발달은 해저확장대에서 발생하는 간헐적인 지각의 응축과 인장으로 인한 지각괴들의 차별적 융기 및 침강에 의한다(Herron, 1972; Delong *et al.*, 1977). 해저산들은 서쪽, 즉 Line Islands 해양산맥 주변으로 갈수록 많아지고, 균열대들과 거의 평행한 C-C지역의 일반적인 수심분포와 일치한다(Luyendyk, 1969). 이들 해저산들은 간헐적인 열점분출, 또는 다른 해양산맥 및 제도들과 마찬가지로 해양저 가장대 부근에서 형성된 것으로 보인다(Morgan, 1972; Clague, 1981).

DSDP 163시추자료에 의하면 조사지역을 포함하는 C-C지역의 서부는 Campanian기 (약 78Ma)중에 남동태평양 12° S, 120° W 지점에서 생성되었고, 신생대동안 계속된 지각운동에 의해 복잡한 지형을 이루었다(von Andel *et al.*, 1976; Crough, 1984).

지각 층서학적인 연구에 의하면(van Andel *et al.*, 1976), 태평양판은 신생대동안 EPR로 부터 6-9m/y의 속도로 북쪽으로 30° 정도 이동하였다(Frandcheteau *et al.*, 1970; Wunterer, 1976). 이 지역의 해저산들은 일련의 방향성을 보이고 이는 태평양판이 해양지각 열점(Hot spot)위를 통과하여 이동한 결과로 보인다. 특히, 30° N, 170° W에 위치한 Emperor-Hawaiian 해양산맥은 남-북방향에서 북서-남동방향으로 굴절되어있어 태평양 해양저지각의 이동방향의 변화를 잘 나타낸다(McDougall and Duncan, 1980; Wilson, 1988).

태평양 해양저 지각의 이동 양상은 에오세 중기(41-43Ma) 이후에 Kuril-Aleutian 해구에서 Kula Ridge의 함몰로 이동속도가 느려지고 방향도 북서쪽으로 바뀌었다(Morgan, 1972; Solomon et al., 1980; Clague, 1981).

기존의 보고에 의하면 연구지역을 포함한 인근지역의 퇴적율은 약  $1\text{mm}/1,000\text{yr}$  이하로 매우 낮은 퇴적율을 보인다(Piper and Williamson, 1977). 표층퇴적상은 대부분 규질연니 또는 규질점토에 속하며 Shepard(1954)의 분류에 의하면, 대부분 70-90%로 점토가 우세하며, 지역과 깊이에 따라 모래 및 실트 양의 변화로 퇴적상이 달라진다. 퇴적물중의 모래와 실트는 대부분(99% 정도)이 방산충이나 규조토의 잔해로 이루어져 있어서 심해퇴적물의 분류기준 (Burns, 1974)에 의하면, 방산충을 포함하는 적색 또는 갈색의 점토 또는 규질 점토 (Radiolarian-bearing clay to siliceous clay)에 속한다. 이들의 분포를 보면 클라리온 균열대 부근 지역은 적점토가 우세한 반면, 클리퍼톤 균열대 지역은 탄산질연니가 우세하게 분포하고 있다(Horn et al., 1973; 해양연구소, 1991).



## II-2. 남대서양 남극해역

연구지역의 수심은 1807 ~ 4632m 이며, 퇴적물은 Northeast Georgia Rise 에서 Meteor Rise 사이에 위치하는 동서 방향의 transect를 따라 채취되었다(Fig. 2).

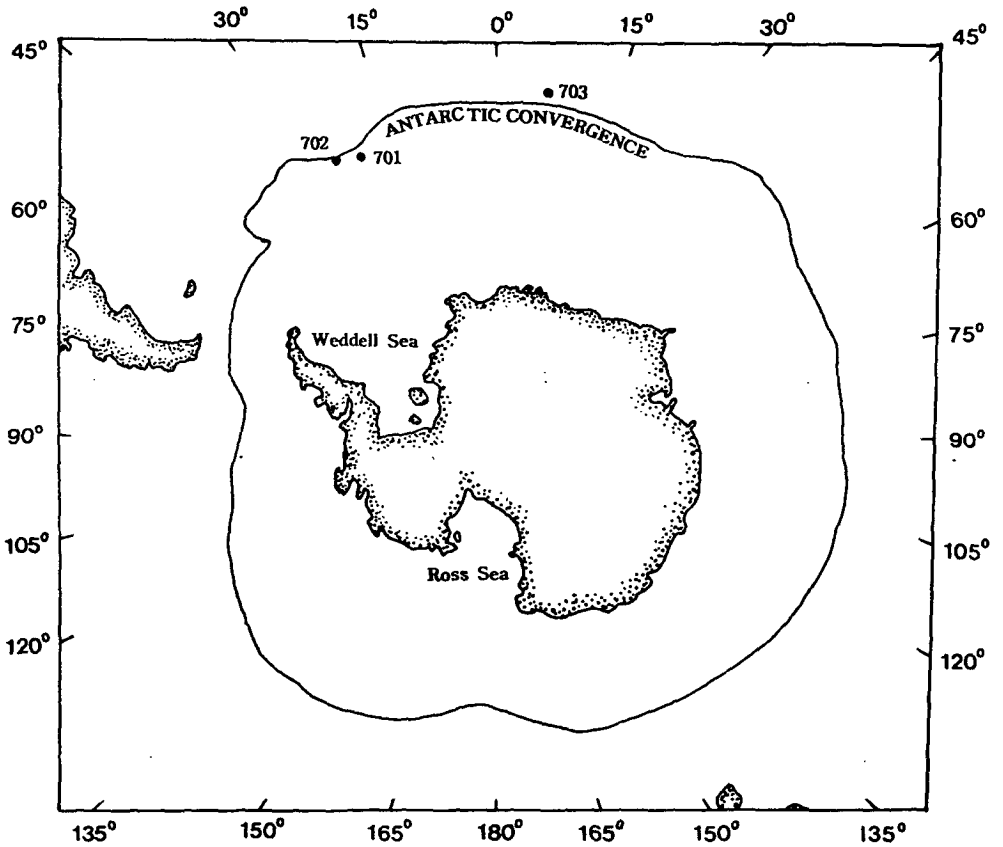


Fig. 2. Location of study sites in the High-latitude South Atlantic Ocean.

701 정점은 중앙대서양 해령의 서쪽에 위치하며 서쪽의 약 100km에 Islas Orcadas Rise가 발달되어 있다. 퇴적물은 biosiliceous 또는 Diatom ooze와 규질 점토가 우세하고, 상부층에는 석회질이 함유되어 있으며 에오세 중기 부터 제 4기 퇴적물로 판명된다. 특히 팔레오세에는 두번의 퇴적결층이 보이며, 퇴적결층의 시기는 에오세 중기 부터 에오세 후기와 올리고세 초기 부터 말기로 인지된다(Kim, 1991).

702 정점은 Islas Orcadas Rise의 중앙에 위치하며 팔레오세 후기 부터 제 4기 퇴적물로 구성되어 있다.

정점 703은 Meteor Rise 지역에 위치하며 Subtropical Convergence와 Antarctic Convergence 지역에 속한다. 퇴적물은 석회질 연니와 Chalk가 주를 이루고 mass-flow작용에 의해 점토와 연니 그리고 모래와 자갈이 협제되어 있다. 또한 소량이지만 porphyritic basalt와 felsic pyroclastic Rock 물질도 보인다.

### Ⅲ. 연구 시료 및 방법

#### 1. 연구 시료

클라리온-클리퍼톤 해역에서 Box Core를 사용하여 11개 정점에서 퇴적물을 채취하였다. 채취된 시료들은 퇴적층의 특성을 기준으로 깊이에 따라 부시료를 채취하여 분석하였다. 특히, 고제삼기종들을 집중적으로 연구하여 남극해역의 ODP Leg 114에서 산출된 방산층 자료와 비교분석하였다.

클라리온-클리퍼톤 균열대 지역의 퇴적물은 적색 내지 갈색을 띤 점토 또는 규질점토로 구성되어 있으며, 퇴적물 중 모래와 실트의 대부분(95% 이상)은 방산층이나 구조토등의 규질미화석으로 이루어져 있다.

Table 1. 저위도 조사해역의 정점 위치, 수심, 코아의 심도

Station No.	Location		Water Depth (m)	Core Depth range
	Latitude	Longitude		
# 1	9° 59.9' N	137° 40.2' W	4689	0 - 40 cm
# 4	10° 40.0' N	135° 09.9' W	4840	0 - 25 cm
# 6	10° 59.8' N	133° 38.6' W	4880	0 - 35 cm
# 10	9° 39.3' N	133° 39.9' W	4862	0 - 35 cm
# 20	10° 19.9' N	132° 40.3' W	4835	0 - 40 cm
# 38	8° 40.1' N	131° 39.7' W	4956	0 - 30 cm
# 52	9° 39.5' N	134° 39.9' W	4890	0 - 30 cm
# 61	11° 00.3' N	134° 10.0' W	4994	0 - 50 cm
# 64	11° 30.1' N	134° 56.8' W	5087	0 - 50 cm
# 71	10° 50.2' N	136° 55.7' W	5010	0 - 50 cm
# 72	10° 50.1' N	137° 24.6' W	4977	0 - 48 cm



Table 2. 고위도 조사해역의 정점 위치, 수심, 코아의 심도

Station No.	Location		Water Depth (m)	Core Depth range
	Latitude	Longitude		
# 701	51° 59' 07" S	23° 12' 43" W	4636	400 m
# 702	50° 56' 46" S	26° 22' 07" W	3083	2943 m
# 703	47° 03' 02" S	07° 53' 41" W	1796	366 m

## 2. 시료 처리 방법

시료 처리는 Sanfilippo(1985)의 표준시료처리 방법을 기본으로 하여 보다 간편한 몇가지 방법을 수정보안 하였다.

먼저 채취한 부시료 중 Reference sample을 약 5g을 보관하였고, 10g을 약 50ml의 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>(regent-grade hydrogen peroxide)와 10%로 희석된 25ml의 HCl을 첨가하여 Hot Plate에서 가열하였다. 이때 가열판의 온도는 약 100℃로 유지하여 1시간 가량 가열하였다. 이후 15ml 정도의 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>와 HCl을 첨가하여 거품이 많이 생기지 않게 증류수를 첨가 하면서 약 2시간 가량 가열한 다음, 증류수로 3번 이상 decant 시킨후, 약 15분간 방치시켜 sample을 충분히 침전시켰다.

250 $\mu$ m 와 63 $\mu$ m mesh의 체를 사용하여 시료의 손상을 주의하면서 sieving 하여 침전된 시료중 잔류된 암편등을 제거 하였다.

전 처리가 끝난 시료를 슬라이드 위에 골고루 퍼뜨린 후 약 20 $^{\circ}$ C의 Hot Plate위에서 건조시켰다. 건조된 시료는 Canada Balsam을 사용하여 슬라이드 위에 고정시켜 Coverslip을 덮었다. 이때 공기 방울이 생기지 않도록 주의 하였다.

전 과정이 끝난 시료는 약 2주일 가량 온도를 약 70 $^{\circ}$ C로 유지하며 Precision Mechanical Conversion Oven에서 건조 시킨다.

### 3. 분석 방법

준비된 시료는 Leitz photomicroscope하에서 동정을 시도하였고, 총서학적으로 중요한 종들은 현미경 하에서 150배 배율로 사진 촬영을 하였다. 관찰시 최고 200개체 이상의 동정을 하였고, species들의 형태적 변화, 군집의 보존 상태, 그리고 재동작용에 의한 파쇄 여부등을 고려하였다.

확인된 방산충의 분포는 4가지로 표시하였다. 즉, 25개체 이상은 A(Abundant), 15에서 25개체는 C(Common), 7에서 15개체는 F(Few), 2에서 7개체는 R(Rare)로 표기하였다(Appendix 1-9).

## IV. 방산층 균집의 분포

### IV - 1. 저위도 방산층 산출

퇴적물내의 방산층 분포 결과에 따르면 정점별로 차이를 보이거나 초기 에오세 부터 제 4기까지의 시대구분이 가능한 총 39속 51종이 동정되었으며, 전반적으로 모든 정점들에서 제 4기종과 제 3기 종이 퇴적물내에서 혼합되어 있다. 이는 연구해역의 퇴적층은 생교란작용과 잦은 재동작용으로 퇴적층이 교란되었음을 암시한다.

본 연구에서는 이중 에오세부터 산출이 확인되는 시료에 중점을 두어 분석함으로써 고위도 지역에서의 방산층 산출 상태와의 비교를 시도하였다. 전반적인 방산층 산출상태는 표층부에서는 제 3기 및 제 4기층이 우세하게 나타나며 보존상태도 매우 양호한 반면, 심도가 깊어짐에 따라 종의 다양성 및 개체의 산출빈도는 저조하게 나타난다. 특히, 고기의 시료중에서 이미 많은 저위도 지역에서 널리 보고되고 있는 올리고세의 우세종인 *Calocyclus semiposella*와 *Cyrtocaplitia robusta*종들이 전혀 산출되지 않는 점으로 보아 조사해역은 올리고세 초 간헐적으로 활발해진 남극저층수의 영향을 받았음을 암시해 준다.

정점들간의 차이로는 연구지역의 동쪽(정점 6, 10, 20, 38)지역에서는 에오세 초기 종이 전혀 산출되지 않는다. 반면 서쪽지역인 이외의 정점들에서는 미량이지만 에오세 종인 *Rhopalocanium ornatum*, *Thyrsocyrtis triacantha*, *Podocyrtis geotheana*, *Eusyngium fistuligerum* 등이 산출되는 것으로 미루어 보아 서쪽지역의 퇴적물이 보다 고기의 퇴적층으로 구성되어 있음을 알 수 있다.

그러나 본 조사해역에서는 망간단괴 채취 및 부존량 파악에 중점을 둔 탐사를 수행하였으며, Box Corer에 의한 퇴적물 채취심도가 50cm 미만이며, 채취시 교란작용등에 의해 뒤섞였을 가능성이 매우 높으므로 향후 Piston Corer에 의해 채취된 시료를 분석하며 보다 상세한 퇴적환경 해석 및 시대구분이 가능하게 될 것이다.

Table 3. 조사 정점의 분석 시료 채취 심도

Station No.	1	4	6	10	20	38	52	61	64	71	72
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	2	3	3	4	3	4	4	4	4	4
	6	4	6	6	8	6	8	8	8	8	8
Depth (cm)	10	8	10	10	13	10	13	13	16	16	16
	16	13	16	16	16	16	20	20	25	25	25
	20	16	20	20	20	20	25	30	30	30	30
	30	20	30	30	30	25	30	40	40	40	40
	40	25	35	35	40	30		50	50	50	48

#### IV - 2. 고위도 방산층 산출

정점 701에서는 에오세 말 부터 올리고세 까지의 퇴적물 시료가 채취되었으며, 방산층의 산출상태 및 보존정도는 보통이다(Appen. 7). 이 정점에서는 *Axoprunum magnum* Zone, *Calocyclus semipolita* Zone 그리고 *Cyrtocapsella isopera* Zone의 3개 방산층 생분대가 인지된다(Kim, 1991).

Appendix 7에서 보이듯이 전반적으로 방산층 산출의 급격한 변화가 올리고세 말기에서 나타난다. 즉, 다량으로 산출되던 초기 올리고세의 종들이 급격하게 감소되며, 특히 *Calocyclus Semipolita*, *Lophocyrtis(Cyclamptorium)*sp.와 *Heliodiscus Iinckiaformis*는 더 이상 관찰되지 않는다. 따라서 *Calocyclus Semipolita Zone*을 설정하는데 매우 주요한 자료를 제공해 준다.

정점 702에서는 방산층의 보존상태와 산출정도가 보통으로 나타나고(Appen. 8), Islas Orcadas Rise의 중앙부도 ODP 시료중에 오세 생분대를 나눌 수 있는 가장 훌륭한 자료를 제공한다. 전반적으로 방산층의 산출상태 및 보존상태는 양호한 편이며, 본 시료 분석결과 *Axoprunum magnum Zone*, *Lychnocanoma amphitrite Zone*, *Lophoconus titanothericraos Zone*, *Eycyrtidium parva Zone* 그리고 *Buryella tetradica Zone* 5개의 생분대가 인지된다. 방산층의 산출 다양성(diversity)는 중기에서 말기에 오세에 급격히 감소하며 많은 종들의 출현 및 소멸이 인지되는 점으로 미루어, 이 기간중 수 차례에 걸친 고환경의 변화가 있었음을 암시해 준다.

정점 703에서는 에오세 말기 부터 올리고세 퇴적물중에 보존정도가 양호하며 산출정도는 보통인 방산층이 인지된다(Appen. 9).

방산층의 동정결과 이 정점은 4개의 방산층 생분대로 나뉘어진다. 즉 *Cryptocapsella robusta Zone*, *Calocyclus semipolita Zone*, *Axoprunum magnum Zone* 그리고 *Lophoconus titanothericeraos Zone*으로 구분되어진다(Kim, 1991).

## V. 결 론

지난 수십년간 시도된 DSDP 자료에 의하면 팔레오세 초기에는 전세계적인 해양환경이 위도와는 상관없이 대부분 온난환경이었음이 밝혀져 있다. 특히 고위도 지역은 올리고세 말기부터 형성된 남극 순환류(Antartic Circumpolar Current)의 영향을 받지 않음으로서 저위도 지역과 큰 차이없이 많은 종의 미고생물들이 널리 분포하였다.

본 연구의 주 목적은 고위도와 저위도에서 채취된 심해퇴적물내에 분포되어 있는 방산충을 이용하여 고 제삼기에 널리 분포하는 종들을 밝혀내고 이를 통하여 고해양환경을 복원하는 것이다. 그러나 ODP의 시추자료와 비교할때, 태평양 클라리온-클리퍼튼 해역에서 채취된 시료들은 Box Corer를 이용하여 채취심도가 50cm 미만에 불과하고 채취시 퇴적물 상하의 교란작용등에 의해 정확한 대비에는 많은 어려움이 있다. 보다 상세한 고·저위도의 방산충 자료를 이용하여 퇴적환경 대비를 위해서는 저위도 지역에서도 보다 양호한 시료들이 채취되어야 할 것이며, 이의 보완을 위해 '94년도 심해저 탐사에는 Piston Corer를 시도 할 예정이다.

고위도지역에서 시대구분(초기-중기 에오세)에 이용이 가능한 주요종인 *Eusylingium fistuligerum*이 KODOS지역 정점1에서 채취된 시료중에서 소량이지만 확인이 된 점으로 보아 저위도·고위도지역에서 초기-중기 에오세의 대비가 가능한 유일한 종이다. 향후 Piston Corer에 의한 시료채취와 고지자기 자료까지 상호보완 한다면 대비를 위한 훌륭한 자료가 제공될 것으로 사료된다.

그외에 고·저위도에서 동시에 산출되는 방산층은 비교적 오랜 기간동안 전세계 해양에서 널리 보고되는 종들로서 *Carpocanistrum* spp., *Cornutella* sp., *Dorcadospris* sp., *Bathropyramis* sp., *Lithomitra* sp., *Botryopyle* sp. 등이 확인되는데 이들종은 고해양환경의 변화와 시대가 지남에 따라 환경에 적응하면서 널리 분포한 것으로 판단된다. 또하나의 특이한 사항은 고위도에 오세-올리고세 초에 널리 분포하는 *Theocampe pirum*, *Theocampe mongolferi* 등이 저위도에서 채취한 표층시료에서도 발견되는 점이다. 이는 저층해류의 영향이나 활발한 생물교란작용에 의해 상부층까지 고기의 에오세 퇴적물이 혼합된 양상을 보여준다. 따라서 Box Corer에 의해 채취된 저위도 시료들은 마이오세 부터 현세에 이르는 퇴적물이 주를 이루고 있으며 간혹 나타나는 고기층은 reworking 이나 bioturbation에 의한 것으로 결론 지을 수 있다.

기존의 KODOS 연구해역의 연구는 주로 망간단괴의 성인을 이루는 요인중의 하나인 표층퇴적물의 광물학적, 퇴적학적, 지화학적, 지사학적 특성을 포함한 다양한 연구를 수행하여 왔다. 그러나 표층퇴적물에 국한된 연구는 주로 망간단괴의 현분포와 산출 상태를 중심으로한 부존량과 경제성 평가에 그 주안점이 있었다. 그러나 최근에 와서는 대기-해수-퇴적물간에 이루어지는 환경적인 연구를 병행하여 보다 근원적인 해양광물 자원개발의 체계를 세우는 것이 추세이다. 과거 지질시대의 고해양 환경을 여러 방법론적으로 복원하므로서 현생퇴적물의 퇴적환경과 고해양환경과의 상관관계를 통해 퇴적층을 형성시키는 영향요소를 이해하여야만 한다.



본 연구결과는 고해류의 변화추이를 미고생물자료를 이용하여 접근 하였으나, 상세한 결과도출에는 서두에 언급했듯이 Box Corer에 의해 채취된 자료만 가지고는 고·저위도 대비 및 결론을 내리기에는 아직은 어려운 상태이다. 그러나 본연구의 접근방법이 아직까지 시도되지 않은 점이며, 과거지질시대에서 부터 현생에 이르기 까지 거시적인 심해저 퇴적환경의 변화양상을 규명할 수 있는 토대를 마련 하였다는 점에 큰 의의가 있으며, 단계적으로 연구를 수행한다면 망간단괴 형성 및 분포에 영향을 미친 고해양환경 해석에 크게 기여 할 수 있다.

## VI. 사 사

이 연구는 해양연구소의 기본과제로서 수행되었으며 특히 1992년도 수행된 태평양 심해저 광물자원 탐사에서 획득된 자료와 ODP Leg114에서 획득된 시료를 이용하였다. 한국해양연구소 송원오 소장님, 심해저 사업단장 강정극 박사님, 그리고 자료정리 및 조언을 해주신 참여 연구원 여러분께 감사드립니다.



## VII. SYSTEMATIC MICROPALEONTOLOGY

Subclass Radiolaria Müller 1858

Order POLYCYSTINA Ehrenberg, 1838, emend, Riedel, 1967b

Suborder NASSELLARIA

Family PTEROCORYTHIDAE Haeckel, 1881

emend. Riedel, 1967, Moore, 1972.

Genus *PODOCYRTIS* Ehrenberg, 1881

*Podocyrtis geotheana*

Pl. 1, fig. 13.

*Cycladophora geotheana* Haeckel, 1887, p.1376, Pl. 65, fig. 5.

*Podocyrtis geotheana* (Haeckel) Riedel and Sanfilippo, 1970, p.535; 1978, Pl.8, fig. 6; Sanfilippo, Westberg, and Riedel, 1985, p.697, figs. 30.12; Kim, 1993, p.42, pl.4, fig.13.

Remarks : This species is characterized by the abdomen having a series of very large, elongated pores separated by long, stright bars. *P. geotheana* occurs intermittently throughout the Middle Eocene sediments in KODOS 92 area.

Abundance : Rare to Few

Occurrence : Middle Eocene

Family THEOPERIDAE Haeckel, emend. Riedel

Genus *THYRSOCYRTIS* Ehrenberg

*Thysocyrtis* Ehrenberg, 1847, p.54.

*Thyrsocyrtis rhizodon*

Pl. 1, Fig. 14.

*Thyrsocyrtis rhizodon* Ehrenberg, 1873, p.262; 1875, p.94, Pl. 12, fig. 1;  
Riedel and Sanfilippo, 1970, p.525, Pl. 7, figs. 6,7; Sanfilippo and  
Riedel, 1982, p.173, Pl. 1, figs. 14-16, Pl. 3, figs. 12-17; Kim, 1993,  
p.45, pl.4, fig.7.

Remarks : This species is easily differentiated from other *Thyrsocyrtis*  
group by its short triangular feet and smaller abdominal pores.  
Sanfilippo et.al., (1985) indicated that *T. rhizodon* occurs in moderate  
number in all oceans from 150°S to 20°N during the Middle to Late  
Eocene.

Abundance: Rare to Few

Occurrence: Middle to Late Eocene

Genus *CALOCYCLAS* Ehrenberg

*Calocyclus* Ehrenberg, 1847b, p.54; Haeckel, 1887, p. 1381. Type species (designated by Campbell, 1954): *Calocyclus turris* Ehrenberg (1873, p.218; 1876, pl. 18, fig. 7)

*Calocyclus semipolita* Clark and Campbell

pl. 1, figs. 9, 10

*Calocyclus semipolita* Clark and Campbell, 1942, p.83, figs. 12, 14, 17-19, 22, 23; PETRUSHEVSKAYA, 1973, p.580, pl.8, fig.8; pl.41, figs. 6, 7.

Remarks: *Calocyclus semipolita* was originally described from the Eocene radiolarian faunas of Mt. Diablo, California by Clark and Campbell (1942). According to the original description by Clark and Campbell, *Calocyclus semipolita* shows terminal teeth or feet on an open-ended abdomen and has a stout long apical horn not seen in the Leg 114 samples. The species was recently reported by Caulet (1989) from the Early Oligocene of Site 738 in the Kerguelen-Heard Plateau of eastern Antarctica. Lazarus (1989) also reported this taxon from the Early Oligocene of Sites 748 and 749 in the Paggatt Basin of eastern Antarctica.

Abundance: Common of eastern Antarctica.

Occurrence: Late Eocene to Middle Oligocene

Genus *CYRTOCAPSELLA* Haeckel

*Cyrtocapsella* Haeckel, 1887, p.1512. Type species (designated by Campbell, 1954, p.143): *Cyrtocapsella tetrapera* Haeckel (1887, p.1512, pl.78, fig. 5).

*Cyrtocapsella robusta* Abelmann

pl. 1, figs. 11, 12.

*Theocorys longithorax*, PETRUSHEVSKAYA, 1975, p.580, pl.8, figs. 17, 18; pl.22, fig. 2.

*Cyrtocapsella robusta* ABELMANN, 1990, p.696, pl.5, fig.11 (only)

Remarks: The genus *Cyrtocapsellas* is followed here rather than *Theocoryse* because most complete specimens appear to have a closed abdomen. Recently, Abelmann (1990) reported this species from the Late Oligocene samples of Hole 698B in the Weddell Sea of the ODP Leg 113. However, it should be noted that Abelmann (1990) did not separate between Early to Middle Pliocene form of *Calocyclus crassa* and the Late Oligocene form of *Cyrtocapsella robusta*. Lazarus (1989) also reported the occurrence of this taxon from the Oligocene of Sites 748 and 749 in the Raggart Basin of eastern Antarctic. The synonymous *Theocorys longithorax* was described by Petrushevskaya (1975) from the Oligocene sediments of Site 280 in the southeastern Indian Ocean.

*Abundance*: Few to Common

*Occurrence*: Middle Oligocene to Early Miocene

Genus *EUSYRINGIUM* Haeckel

*Eusyringium* Haeckel, 1881, p.437. Type species (designated by Frizzell and Middour, 1951): *Eusyringium conosiphon* Haeckel (1887, p.1496, pl.78, fig. 10).

*Eusyringium fistuligerum* (Ehrenberg)

pl. 1, figs. 1, 2.

*Eucyrtidium fistuligerum*, EHRENBERG, 1873, p.229; 1875, p.70, pl.9, fig.3.

*Eucyrtidium siphon* EHRENBERG, 1873, p.223; 1875, pl. 9, fig.2.

*Eucyrtidium fistuligerum*, (Ehrenberg), HAECKEL, 1887, P. 1498. - RIEDEL, 1957, p. 94, pl. 4, fig. 8- RIEDEL and SANFILIPPO, 1970, p. 527, pl. 8, figs. 8, 9; 1978, p. 83, pl. 11, fig. 6; 1978, p. 82, pl. 5, figs. 6, 7.-PETRUXHEVSKAYA and KOZLOVA, 1972, p.549, pl.32, fig. 3.-JOHNSON, 1974, p.550, pl.5, fig.4.-NIGRINI, 1974, p.1067, pl. 1F, figs.9-12; pl.2C, fig.9.-CHEM, 1975, p.471, pl.3, fig.3.-LING, 1975, p.753, pl.9, figs.19, 20.-SANFILIPPO, WESTBERG, AND RIEDEL, 1985, p.670, fig.17.1a-b

Remarks: Specimens examined in the present study are identical with those described by Riedel and Sanfilippo (1970). However, thorax is more inflated and has large circular pores in the present specimen. Lazarus (1989) reported the occurrence of *E.fistuligerum* from the Middle Eocene of Site 750 in the Raggart Basin.

*Abundance*: Rare

*Occurrence*: Middle Eocene

Genus *LYCHNOCANOMA* Haeckel

*Lychnocanoma* Haeckel, 1887, p.1229; Type species(desingnated by Campbell, 1954, p. D124): *Lychnocanoma clavigerum* Haeckel(1887, p.1229)

*Lychnocanoma amphitrite* Foreman

pl. 1, figs. 15

*Lychnocanoma amphitrite*, 1973, p.437, pl.11, fig.10,-CHEN, 1975, P.469, PL.2, Fig.7.- RIEDEL and SAMFILIPPO, 1978, p. 87, pl.2, figs.2-3; 1986, pl.153, pl.1, fig. 13

Remarks: Specimens found in the present study are in good agreement with the original description and figures by Foreman(1973) from the Eocene samples of the DSDP, Leg 10.

Abundance:Common to Abundant.

Occurrence:Middle Eocene



Family ARTOSTROBIIDAE Riedel, 1967

Genus *THEOCAMPE* Haeckel

*Theocampe* Haeckel, 1887, p.1422. Type species(designated by Campbell, 1954, D164):*Dictyomitrea ehrenbergi* Haeckel(1887, p.282, pl.42, fig. 5)

*Theocampe mongolferi* (Ehrenberg)

pl. 1, figs. 5, 6.

*Eucyrtidium mongolferi* EHRENBERG, 1854a, p.36, fig. 18B.

*Theocampe mongolferi* (Ehrenberg), BURMA, 1959, p.329,-FOREMAN, 1973, p.432, pl.8, fig.1; pl.9, fig.9.-JOHNSON, 1974, p.552, pl.2, figs. 3, 5; pl.5, fig. 1.

Remarks: *Theocampe mongolferi* was well described by Riedel and Samfilippo(1970) from DSDP, Leg 4, and specimens found in the present study are in good agreement with their description and figures.

*Abundance*: Rare to Few

*Occurrence*: Middle to Late Eocene

Family CARPOCANIIDAE Haeckel, emend. Riedel, 1967b

Genus *CARPOCANISTRUM* Haeckel

*Carpocanistrum* Haeckel, 1887, p.1172. Type species (designated by Riedel and Samfilippo, 1971, p.1596): *Carpocanistrum eavncuatum* Haeckel (1887, p.1172, p.1172, pl.52, fig.11)

*Carpocanistrum* sp.

pl. 1, figs. 7, 8.

(?) *Carpocanistrum* spp. RIEDEL and SAMFILIPPO, 1971, p.1596, pl.1G, figs. 1-6, 8-13; pl.2F, figs.5,6; pl.3D, figs.1,2,6,7,9.- NIGRINI and MOORE, 1979, p. N23, pl.21, figs. 1a-1c.-MORLEY, 1985, p.417, pl.3, fig.7- MULLINEAUX and WESTBERG-SMITH, 1986, p. 68, pl.3, fig. 10.- ABELMANN, 1990. p.659, pl.5, fig.13.

Remarks: Similar in shell size and shape to specimens reported Riedel and Sanfilippo (1971) from the DSDP, Leg 7. *Carpocanistrum* sp. is characterized by its thick thoracic wall and constricted peristome without teeth.

*Abundance*: Few to common

*Occurrence*: Late Eocene and Oligocene

Family PLECTOPYRANIDIDAE Haeckel, 1881

Genus *BATHROPYRAMIS* Haeckel, 1881

*Bathropyramis* Haeckel, 1881, p.428. Type species (designated by Campbell, 1954, p. D118): *Bathropyramis acephala* Haeckel (1887, p. 1159).

*Bathropyramis* sp.

pl. 1, figs. 3, 4.

*Bathropyramis* sp. PETRUSHEVSHKYA and KOZOLOVA, 1972, p.551, pl. 31, fig. 7.- DUMITRICA, 1973, p. 789, pl. 4, fig. 8, pl. 10, fig. 2.- LING, 1973, p. 753, pl. 9, fig. 3, 4.- RENZ, 1974, p. 789, pl. 17, fig. 26.- RIEDEL and SANFILIPPO, 1986, p. 160, pl. 6.

*Peripyramis* sp. PETRUSHEVSKAYA, 1975, p.622, pl. 13, figs. 30, 31.

Remarks: Specimens examined in the present study are identical with those described Petrushevskaya and Kozlova (1972) from the Oligocene to Eocene samples of Site 140 in the North Atlantic.

*Abundance*: Rare to Few

*Occurrence*: Paleocene to Oligocene

## VIII. 참고 문헌

한국해양연구소, 1992. 심해저 광물자원 개발전략연구 (II). BSPG 00143-2-452-5, 720pp.

BLUEFORD, J., 1988. Radiolarian biostratigraphy of siliceous Eocene deposits in central California. *Micropaleontology*, 34(3): 236-258.

CAMPBELL, A.S., 1954. Radiolaria. In: *Treatise on Invertebrate Paleontology*. R.C. Moore. Ed., (University Kansas Press and Geological Society of America). Part. D, Protista 3: 11-163.

CLAGUE, D., 1981. Linear island and seamount chains, aseismic ridges and intra-plate volcanism: results from Deep Sea Drilling Project. *SEPM Spec. Publ.*, 32:7-22.

CROUGH, S.T., 1981. Seamounts as recorders of hot-spot epeirogeny. *Geol. Soc. Am Bull.*, 95: 3-8.

DELONG, S.E., Dewey, J.F., and Fox, P.J., 1977. Displacement history of oceanic fracture zones: *Geol.*, 5:199-201.

EHRENBERG, C.G., 1838. Über die Bildung der Kreidefelsen und des Kreidmergels durch unsichtbare Organismen. *Abhandlungen Königliche Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin*, Jahre 1838: 59-147.

\_\_\_\_\_, 1844. Über zwei neue Lager von Gebirgsmassen aus Infusorien als Meeres - Absatz in Nord-Amerika und eine Vergleichung derselben mit den organischen Kreide - Gebilden in Europa und Afrika. Königlische Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin, Jahre 1844: 57-97.

\_\_\_\_\_, 1847a. Über eine halbiolithische, von Herrn R. Schomburgk entdeckte, vorherrschend aus mikroskopischen polycystine gebildete, Gebirgsmasse von Barbados: Königlische Preussischen Akademie der Wissenschaften zuBerlin, Jahre 1847: 382-385.

\_\_\_\_\_, 1847b. Über die mikroskopischen kieselschaligen Polycystinen als machtige Gebirgsmasse von Barbados und über das Verhältniss der aus mehr als neuen Arten bestehended ganz eigenthumlichen Formen-gruppe jener Felsmasse zur den jetzt lebendex Thieren und zur Kreidebildung. Eine neue Anregung zur Erforschung des Erdlebens. Königlische Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin, Bericht, Jahre 1847: 40-60.

\_\_\_\_\_, 1854a. Die systematische charakteristik der neuen mikroskopischen organismen des tiefen Atlantischen Oceans. Königlische Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin, Jahre 1854: 236-250.

\_\_\_\_\_, 1854b. Mikrogeologie, Leipzig: Voss, 374 pp. Atlas, 31pp. Fortsetzung (1856), 88pp.

\_\_\_\_\_, 1872. Mikrogeologischen studien als zusammen fassung seiner Beobachtungen des Kleinster Lebens der Meeres - Tiefgrunde aller Zonen und dessen geologischen Einfluss. Monatsbericht Königliche Preussische Akademie der Wissenschaften zu Berlin, Jahre 1872, 265-322.

\_\_\_\_\_, 1873. Grösser Felsproben des Polycystinen Mergels von Barbados mit weiteren Erläuterungen. Monatsbericht Königliche Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin, Jahre 1873: 213-263.

\_\_\_\_\_, 1875. Fortsetzung der mikrogeologischen Studied als Gesammt - Übersicht der mikroskopischen Palaontologie gleichartia analysirter Gebirgsarten der Erde, mit specieller Rucksicht auf den Polycystinen Mergel von Barbados. Königliche Preussischen Akademie Wissenschaften zu Berlin, Jahre 1875: 1-266.

HORN, D.R., HORN, B.M., and DELACH, M.N., 1973. Copper and Nikel content of ocean ferromanganese deposits and their relation to properties of the substrate. In: Morgenstein, M.(ed), The origin and distribution of manganese nodules in the Pacific and prospects for exploration. Hawaii Inst. Geophysics, Honolulu, 77p.

FOREMAN, H.P., 1973. Radiolaria of Leg 10 with systematics and ranges for the families Amphipyndacidae, Artostrobiidae, and Theoperidae. In: Worzel, J.L., Bryant, W., *et al.*, Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project, Volume 10: 407-474. Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office.

- FRANCHETEAU, J., C.G.A. HARRISON, J.G. SCLATER, and M.L. RICHARDS, 1979. Magnetization of Pacific seamounts: A preliminary polar curve for the northeastern Pacific: *J. Geophys. Res.*, 75: 2035-2062.
- FRIZZEL, D.L., and MIDDOUR, E.S., 1951. Paleocene radiolaria from southeastern Missouri: University of Missouri, School of Mines and Metallurgy, Rolla Bulletin, Technical Series 77, p.1-41.
- GOLL, R.M., 1969. Classification and phylogeny of Cenozoic Trissocyclidae (Radiolaria) in the Pacific and Caribbean basins. Part I. *Journal of Paleontology*, 43: 322-399.
- HAECKEL, E., 1862, *Die Radiolarien (Rhizopoda Radiaria)*. Berlin: Georg Reimer, i-xiv: 527 pp.
- \_\_\_\_\_, 1881. Entwurf eines Radiolarien-Systems auf Grund von Studien der Challenger-Radiolarien. *Jenaische Zeitschrift für Naturwissenschaft*, 15 (new series, volume 8), parts 3: 418-472.
- \_\_\_\_\_, 1887. Report on the Radiolaria collected by H.M.S. Challenger during the years 1873-76. IN: Thompson, C.W., and Murray, J., Eds., *The voyage of the H.M.S. Challenger*, Volume 18: 1-1803.
- HAECKER, V., 1908, *Tiefsee-Radiolarien: Wissenschaftliche Ergebnisse der Deutschen Tiefsee-Expedition "Valdivia" (1898-1899)*, Volume 14: 477-706.

- HAYS, J.D., 1965. Radiolaria and Late Tertiary and Quarternary history of Antarctic Seas. In: Llano, G. A., Eds., *Biology of Antarctic Sea II*, American Geophysical Union, Antarctic Research Series 5: 125-184.
- HAYS, J.D., and OPDYKE, N.D., 1967. Antarctic Radiolaria, Magnetic reversals, and Climatic change. *Science*, 158 (3804): 1001-1011.
- HAYES, J.D., T. SAITO, N.D. OPDYKE, and L.H. BURCKLE, 1969. Pliocene- Pleistocene sediments of the equatorial Pacific: their paleomagnetic, biostratigraphic, and climatic record. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 80: 1481- 1514.
- HAYES, S.P., 1979. Benthic current observations at DOMES sites A,B, and C in the tropical north Pacific Ocean. In: *Marine geology and Oceanography of the Pacific manganese nodule province*, edited by J.L. Bischoff and D.Z. Piper, Marine Science, v.9, Plenum Press, New York, 83-112.
- HERRON, E.M., 1972. Sea-floor spreading and the Cenozoic history of the east-central Pacific: *GSA Bulletin*, 83: 1671-1692.
- HORN, D.R., HORN, B.M., and DELACH, M.N., 1973. Copper and Nikel content of ocean ferromanganese deposits and their relation to properties of the substrate. In: Morgenstein, M.(ed), *The origin and distribution of manganese nodules in the Pacific and prospects for exploration*. Hawaii Inst. Geophysics, Honolulu, 77p.



JOHNSON, D.A., 1972. Ocean-floor erosion in the equatorial Pacific. Geol. Soc. Am. Bull., 83: 3121-3144.

JOHNSON, D.A., 1974. Radiolaria from the eastern Indian Ocean, Leg 22. In: Borch, Christopher C., Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project, Volume 22: 521-575. Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office.

Ki Hyune KIM, 1992. Paleogene radiolarian biostratigraphy from high-latitude south atlantic. J. Paleont. Soc. Korea, Volume 8:24-51.

LING, H.Y., 1973. Radiolaria, Leg 19. In: Creager, J.S., Scholl, D.S., et al., Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project, Volume 19: 777-798. Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office.

LUYENDIK, B.P., 1969. Origin of short-wavelength magnetic lineations observed near the ocean bottom. J. Geophys. Res., 74:4869-4881.

MULLER, J. 1858. Über die Thalassicollen, Polycystinen und Acanthometren des Mittelmeeres. Abhandlungen Königliche Akademie Wissenschaften zu Berlin, Jahre 1858. 1-62.

MORGAN W.J., 1972. Deep mantle convection plumes and plate motions: Am. Ass. Petrol. Geol. Bull., 56:203-213.

NISHIMURA, A., 1987. Cenozoic Radiolaria in the western north Atlantic, Site 603, Leg 93. In: Hinte, J.E., Wise, S.W., Jr., et al., Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project, Volume 93: 713-731. Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office.

PETRUSHEVSKAYA, M. G., 1975. Cenozoic radiolarians of the Atlantic, Leg 29. In: Kennett, J.P., Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project, Volume 29: 459-648. Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office.

PETRUSHEVSKAYA, M. G., and KOZLOVA, G. E., 1972. Radiolaria, Leg14. IN: Hayes, D.E., Pimm, A. C., et al., Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project, Volume 14: 495-648. Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office.

PIPPER, D.Z., and WILLIAMSON, M.E., 1977. Composition of Pacific Ocean ferromanganese nodules. Mar. Geol. 23:285-293.

POPOFSKY, A., 1908. Die radiolarien der Antarktis (mit Ausnahme der Tripyleen). Deutsch Sudpolar - Expedition 1901-1903, 10(3): 185-305.

RIEDEL, W.R., 1958. Radiolaria in Antarctic sediments. B.A.N.Z. Antarctic Research Expedition, Report, Series B (Zoology and Botany), 6 (10): 217-255.

\_\_\_\_\_, 1967a. Some new families of Radiolaria. Proceedings Geological Society of London, 1640:148-9.

\_\_\_\_\_, 1967b. Subclass Radiolaria. In: Harland W.B., *et al.*, Eds., The Fossil Record. London: Geological Society of London, 291-298.

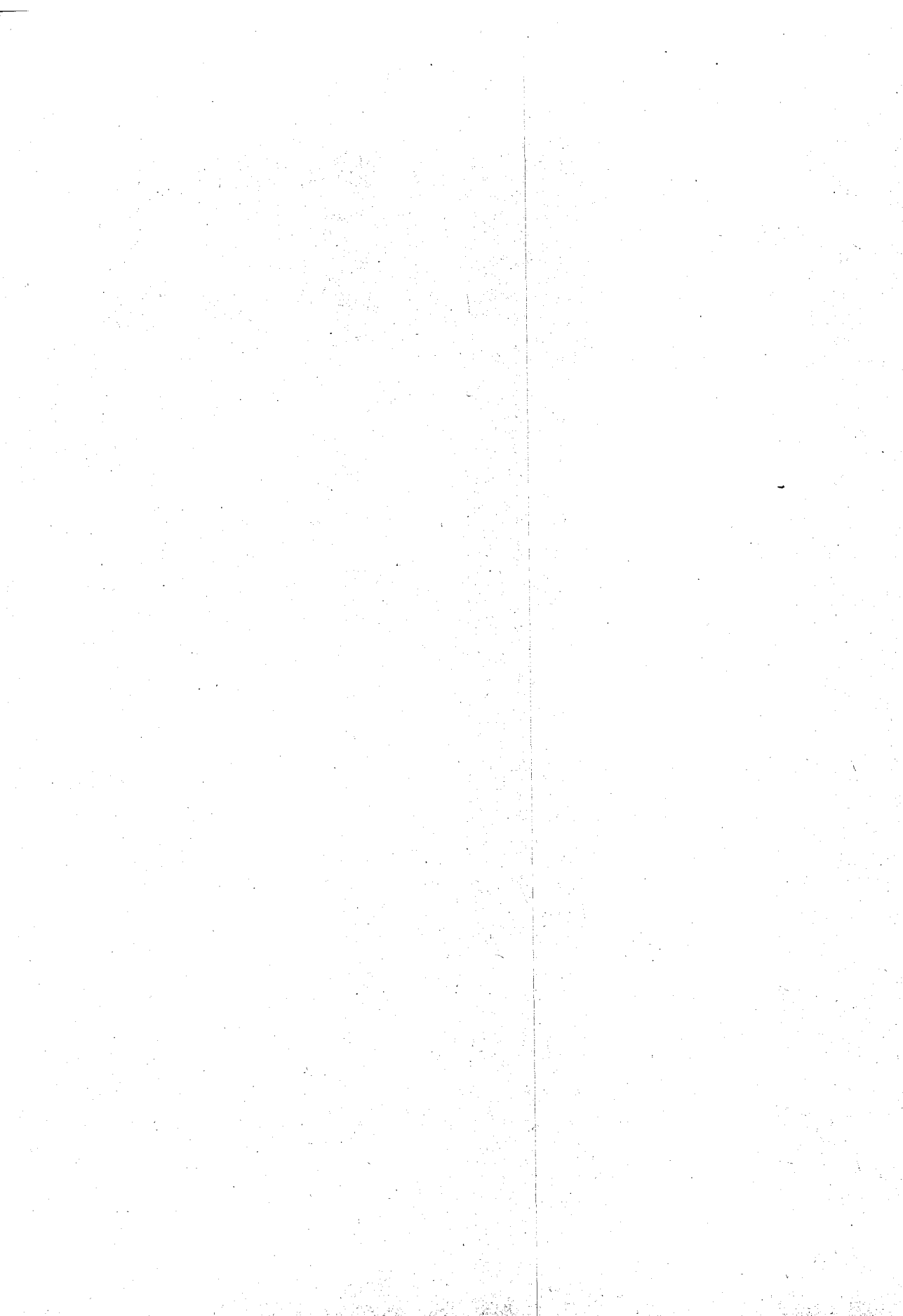
- RIEDEL, W.R., and SANFILIPPO, A., 1978. Stratigraphy and evolution of tropical Cenozoic radiolarians. *Micropaleontology*, 24 (1): 61-96.
- SANFILIPPO, A., RIEDEL, W. R., 1973. Cenozoic Radiolaria from the Gulf of Mexico, Leg 10. In: Worzel, J.L., Bryant, W., *et al.*, Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project, Volume 10: 475-611. Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office.
- SANFILIPPO, A., WESTBERG, M.J., and RIEDEL, W.R., 1985. Cenozoic Radiolaria. In: Bolli, H.M., *et al.*, Eds., *Planktonic Stratigraphy*. London: Cambridge University Press, pp. 631-712.
- SOLOMAN, S.C., SLEEP, N.H. and JURDY, D.M. 1980. Mechanical nodels for absolute motions in the early Tertiary. *J. Geophys. Res.*, 82(2):212-302.
- VAN ANDEL, T.J. H., HEATH, G.R. and MOORE, T.C. 1976. Cenozoic history of the central equatorial Pacific. In: Manghnani, M.H., Morberly, R. and McAfee, E.U.(eds.), *The geophysics of the Pacific Ocean Basin and its margin*. AGU Monograph No. 16:281-296.
- WESTBERG, M.J., SANFILIPPO, A., and RIEDEL, W.R., 1988. Radiolarians from the Moroccan Basin, Leg 50. Initial Reports of Deep Sea Drilling Project, Volume 50: 429-439. Washington D.C.: U.S. Government Printing Office.
- WILSON, T.R.S., *et. al.*, 1985. Early organic diageneses: the significance of progressive subsurface oxidation fronts in pelagic sediments. *Geochim. Cosmochim. Acta*. 49:811-822.



---

# APPENDIXES

( 1 ~ 9 )



1. KODOS 92(정점 1,4)에서 산출되는 고제삼기 방산충 산상

Station No.	1								4							
Depth (cm)	0	3	6	10	16	20	30	40	0	2	4	8	13	16	20	25
Preservation	G	G	G	G	G	G	G	G		M	M	M	P	P	P	P
Abundance	A	A	A	A	A	A	A	A	N	C	C	C	C	F	F	F
<i>Artophormis gracilis</i>	F	R	R	F	R	C	C	C		R	C	R			R	
<i>Carpocanistrum</i> spp.	A	A	A	A	A	A	A	A		C	A	F				
<i>Dorcadospyris atechus</i>																
<i>Dorcadospyris papilio</i>																
<i>Botryopyle dictyocephalus</i>	F	F	F	F	R	C	C	F			F					
<i>Cornutella</i> sp.	A	A	A	A	A	A	A	A		R	F			R		
<i>Dorcadospyris didiceros</i>																
<i>Calocyclus semipolita</i>																
<i>Cytocapsella robusta</i>																
<i>Theocyrtis tuberosa</i>				R	F			R R				C				
<i>Calocyclus turris</i>																
<i>Lithochytris vespertilio</i>																
<i>Lithocyclia ocellus</i>																
<i>Lophocyrtis (?) jacchia</i>																
<i>Theocampe mongolfieri</i>				R				R R				R				
<i>Theocampe pirum</i>					R			R				R				
<i>Thysocyrtis bromia</i>																
<i>Thysocyrtis triacantha</i>												R				
<i>Cycladophora hispida</i>																
<i>Eusyngium fistuligerum</i>								R								
<i>Lychnocanoma babylonis</i>																
<i>Podocyrtis ampla</i>																
<i>Podocyrtis diamesa</i>																

2. KODOS 92(정점 6,10)에서 산출되는 고제삼기 방산충 산상

Station No.	6								10							
Depth (cm)	0	3	6	10	16	20	30	35	0	3	6	10	16	20	30	35
Preservation	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	M	P		
Abundance	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	F	N	N
<i>Artophormis gracilis</i>	R	R	R	R	F	R	F	R							R	
<i>Carpocanistrum</i> spp.	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	F	R		
<i>Dorcadospyris atechus</i>																
<i>Dorcadospyris papilio</i>																
<i>Botryopyle dictyocephalus</i>			F	R	F	R	R	R	F	C	R	R				
<i>Cornutella</i> sp.	A	A		A	A	A	A	A	A	A	A	A	R			
<i>Dorcadospyris didiceros</i>																
<i>Calocyclus semipolita</i>																
<i>Cytocapsella robusta</i>																
<i>Theocyrtis tuberosa</i>			F			R	F	F R	R							
<i>Calocyclus turris</i>																
<i>Lithochytris vespertilio</i>																
<i>Lithocyclia ocellus</i>																
<i>Lophocyrtis (?) jacchia</i>																
<i>Theocampe mongolfieri</i>																
<i>Theocampe pirum</i>																
<i>Thysocyrtis bromia</i>																
<i>Thysocyrtis triacantha</i>																
<i>Cycladophora hispida</i>																
<i>Eusyngium fistuligerum</i>																
<i>Lychnocanoma babylonis</i>																
<i>Podocyrtis ampla</i>																
<i>Podocyrtis diamesa</i>																

3. KODOS 92(정점 20,38)에서 산출되는 고제삼기 방산충 산상

Station No.	20								38					
Depth (cm)	0	4	8	13	16	20	30	40	0	6	10	16	20	25
Preservation	G	M	M	P	P	P	P	P	G	M	M	G	G	M
Abundance	A	A	C	F	F	F	F	F	A	A	A	A	A	C
<i>Artophormis gracilis</i>	R	R	R		R	R			C	A	A	C	C	A
<i>Carpocanistrum</i> spp.	A	A	C		R	R		R	A	A	A		A	A
<i>Dorcadospyrus ateuchus</i>														
<i>Dorcadospyrus papilio</i>														
<i>Botryopyle dictyocephalus</i>	F	R							R				R	R
<i>Cornutella</i> sp.	A	C							C	F	R	F		R
<i>Dorcadospyrus didiceros</i>														
<i>Calocyclus semipolita</i>											R	R		
<i>Cytocapsella robusta</i>														
<i>Theocyrtis tuberosa</i>	R		F						C	A	A	A	A	A
<i>Calocyclus turris</i>										F	R	R		
<i>Lithochytris vespertilio</i>														
<i>Lithocyclus ocellus</i>														
<i>Lophocyrtis (?) jacchia</i>														
<i>Theocampe mongolfieri</i>														
<i>Theocampe pirum</i>														
<i>Thysocyrtis bromia</i>														
<i>Thysocyrtis triacantha</i>														

4. KODOS 92(정점 52,61)에서 산출되는 고제삼기 방산충 산상

Station No.	52							61							
Depth (cm)	0	4	8	13	20	25	30	0	4	8	13	20	30	40	50
Preservation	G	G	M	P	P	P		G	G	G	G	G	G	G	G
Abundance	A	A	R	R	R	R	N	A	A	A	A	A	A	A	A
<i>Artophormis gracilis</i>	R							F	R	F	F	F	A	F	F
<i>Carpocanistrum</i> spp.	A	A	R					A	A	A	A	A	A	A	A
<i>Dorcadospyrus ateuchus</i>															
<i>Dorcadospyrus papilio</i>															
<i>Botryopyle dictyocephalus</i>	C	R						R		R		R		R	R
<i>Cornutella</i> sp.	A	A						A	A	A	A	A	A	A	A
<i>Dorcadospyrus didiceros</i>															
<i>Calocyclus semipolita</i>															
<i>Cytocapsella robusta</i>															
<i>Theocyrtis tuberosa</i>								R	F	R	F	C	F	R	R
<i>Calocyclus turris</i>															
<i>Lithochytris vespertilio</i>															
<i>Lithocyclus ocellus</i>															
<i>Lophocyrtis (?) jacchia</i>															
<i>Theocampe mongolfieri</i>															
<i>Theocampe pirum</i>															
<i>Thysocyrtis bromia</i>															
<i>Thysocyrtis triacantha</i>															
<i>Rhopalocanium ornatum</i>															R



5. KODOS 92(정점 64,71)에서 산출되는 고제삼기 방산충 산상

Station No.	64								71							
Depth (cm)	0	4	8	16	25	30	40	50	0	4	8	16	25	30	40	50
Preservation	G	G		G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
Abundance	A	A		A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
<i>Artophormis gracilis</i>	C	F		C	C	A	A	C		F		F	R	R	F	R
<i>Carpocanistrum</i> spp.	A	A		A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
<i>Dorcadospyris ateuchus</i>																
<i>Dorcadospyris papilio</i>																
<i>Botryopyle dictyocephalus</i>	C	F		F	F	F	R	F	F	C	F	F	F	F	R	R
<i>Cornutella</i> sp.	A	A		A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
<i>Dorcadospyris didiceros</i>																
<i>Calocyclus semipolita</i>																
<i>Cytocapsella robusta</i>																
<i>Theocyrtis tuberosa</i>	C	C		C	C	C	A	C					R	R		
<i>Calocyclus turris</i>																
<i>Lithochytris vespertilio</i>																
<i>Lithocyclia ocellus</i>																
<i>Lophocyrtis (?) jacchia</i>																
<i>Theocampe mongolfieri</i>																
<i>Theocampe pirum</i>																
<i>Thysocyrtis bromia</i>																
<i>Thysocyrtis triacantha</i>							R									
<i>Cycladophora hispida</i>																
<i>Eusyringium fistuligerum</i>																

6. KODOS 92(정점 72)에서 산출되는 고제삼기 방산충 산상

Station No.	72							
Depth (cm)	0	4	8	16	25	30	40	48
Preservation	G	G	G	G	G	G	M	M
Abundance	A	A	A	A	A	A	C	C
<i>Artophormis gracilis</i>	F	F	C	C	C	C	A	A
<i>Carpocanistrum</i> spp.	A	A	A	A	A	A	A	A
<i>Dorcadospyris ateuchus</i>								
<i>Dorcadospyris papilio</i>								
<i>Botryopyle dictyocephalus</i>	C	F	C	C	F	C	F	R
<i>Cornutella</i> sp.	A	A	A	A	A	A	A	A
<i>Dorcadospyris didiceros</i>								R
<i>Calocyclus semipolita</i>								
<i>Cytocapsella robusta</i>								
<i>Theocyrtis tuberosa</i>	F		F	R		F	F	C
<i>Calocyclus turris</i>								
<i>Lithochytris vespertilio</i>								
<i>Lithocyclia ocellus</i>								
<i>Lophocyrtis (?) jacchia</i>								
<i>Theocampe mongolfieri</i>					R	R	R	
<i>Theocampe pirum</i>								
<i>Thysocyrtis bromia</i>								
<i>Thysocyrtis triacantha</i>								
<i>Podocyrtis geotheara</i>							R	



701 Sample Interval ln(cm)	preservation	occurrence	<i>Lychnocenoma hexagonum</i> <i>Spongocore puella</i> <i>Amphienium connicinum</i> <i>Lithomitra arachnea</i> <i>Cyrtocapsella robusta</i> <i>Ommatodiscus haeckeli</i> <i>Lamprocyclus maritalis</i> <i>Lithocarpium fragilis</i> <i>Lithocarpium pollicanthia</i> <i>Spongurus bilobatus</i> <i>Stylosphaera c. coronata</i> <i>Stylosphaera c. laevis</i> <i>Axoprunum pierinae</i> <i>Botryopyle</i> sp. <i>Xiphospira circularis</i> <i>Carpocanistrum</i> sp. <i>Cornutella profunda</i> <i>Bathropyramis</i> sp. <i>Eucyrtidium</i> sp. A <i>Calocyclus</i> sp. A <i>Lithomitra elizabethae</i> <i>Heliodiscus linckiaformis</i> <i>Calocyclus semipolita</i> <i>Lophocyrtils</i> (C.) sp. <i>L. (P.) longiventer</i> <i>Lithomitra</i> sp. <i>Amphisphaera minor</i> <i>Spongocore spongiosa</i> <i>Axoprunum magnum</i>	Zone	Epoch					
42 (CC)	M	F	*		F R	*				
43-1 (110-112)	M	F	R F	R	R R *	R R R	C	*	F	
43-2 (110-112)	M	C	R F	R		R *	R	R C	F	R
43-3 (110-112)	M	C	R R F	R	C	R R	* R R F	R C	*	R
43-4 (110-112)	P	F	* R	R	R R	R	R R R	R A		
43-5 (72-74)	M	C	R F	* R	R R R *	F * R	R A		F	
43-6 (110-112)	M	F	R	R R	R R	*	* F	*	F	
43 (CC)	M	F	R	*	*	* R	* F			
44-1 (72-74)	M	F	* R	R	R	* R R	R R	R	F	
44-2 (72-74)	M	F	* R R	*	* R R	R	R R	*		
44-3 (72-74)	M	F	R R	* R		*	R * *	F	*	R
44-4 (72-74)	M	F		R	* R		*	R	R	
44-5 (72-74)	M	F	R R	* R		R	R R	* R	R R	
44-6 (72-74)	M	C	* R R	R R	R R	F R R R	F F	*	R	
44 (CC)	M	F	R	*	R	*	R	* R		
45-2 (45-47)	G	C	* F *	F R	R C R	R R R	R A R F	*		
45-4 (45-47)	M	F			R R	*	F	F		
45 (CC)	P	F			*	R	* R * *			
46-2 (50-52)	M	F	R *	R	R R	R R *	R * F R R	R *		
46 (CC)		B								
47-2 (59-61)	M	F	R	R	F R	R * R	R * R R	R * R	R	
47-4 (50-52)	M	F	R		R		R *	R * R R R	*	
47 (CC)	P	F					*	R		
49 (CC)	B									

*Calocyclus semipolita*

Early Oligocene

*Axoprunum magnum*

Late Eocene







---

# Plate 1

(Magnatification  $\times 150$  unless otherwise indicated)

---

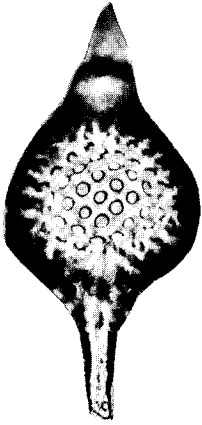
# Plate 1

(Magnatification  $\times 150$  unless otherwise indicated)

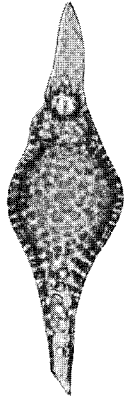
- Figure 1, 2 *Eusyngium fistuligerum*
- Figure 3, 4 *Bathropyramis* sp.
- Figure 5, 6 *Theocampe mongolfieri*
- Figure 7, 8 *Carpocanistrum* sp.
- Figure 9,10 *Calocyclus semipolita*
- Figure 11,12 *Cyrtocapsella robusta* Abelman
- Figure 13 *Podocyrtis geotheana*
- Figure 14 *Thysocyrtis rhizodon*
- Figure 15 *Lychnocanoma amphitrite*



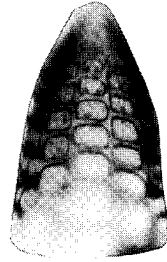
# Plate 1



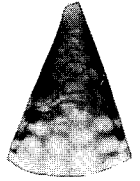
1



2



3



4



5



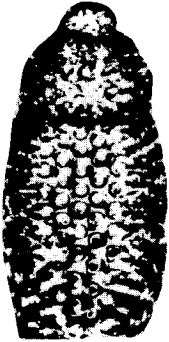
6



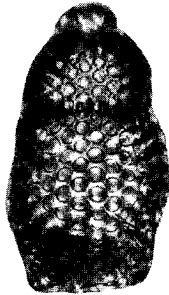
7



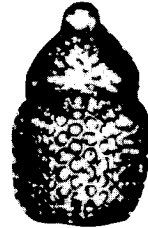
8



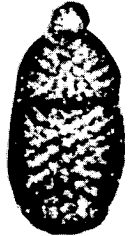
9



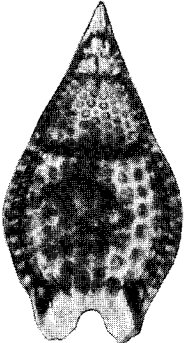
10



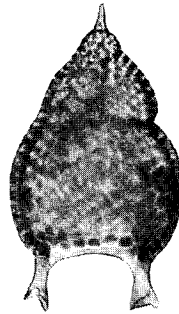
11



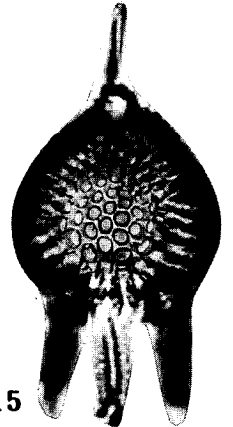
12



13



14



15