

BSPE 00322-545-5

저위도 태평양 심해저에서 산출된
방산충을 이용한 고해양환경 분석

Paleoenvironmental Analysis using Radiolarians from
Low-latitude Deep Seabed in the Pacific Ocean

1993. 3.

한국해양연구소

제 출 문

한국해양연구소장 귀하

본 보고서를 “저위도 태평양 심해저에서 산출된 방산층을 이용한
고해양환경 분석”의 최종 보고서로 제출합니다.

1993 년 3 월

연구책임자 : 김기현

연구원 : 문재운

이경용

안중호

정갑식

기술원 : 지상범

요 약 문

I. 제목

저위도 태평양 심해저에서 산출된 방산층을 이용한 고해양환경 분석

II. 연구내용 및 결과

한국해양연구소에서는 1991년도의 “심해저 광물자원 개발연구”의 2단계 연구사업으로 태평양 공해상 클라리온-클리퍼튼 균열대를 따라 부존하고 있는 망간단괴 분포에 영향을 주는 지질학적 제현상을 규명하기 위한 탐사를 수행하였다.

본연구에서는 태평양 심해저에서 채취된 KODOS 91-1 시료들을 비교 분석하므로서 양호한 보존상태로 다량 산출되는 방산층을 이용, 생층서 및 고해양환경을 밝히는데 그 목적이 있다.

KODOS 91-1 탐사해역에서 채취된 시료들은 퇴적층의 특성에 따라 세분화하여 분석한 결과 다량의 방산층과 구조류를 포함하는 갈색 또는 암갈색의 규질점토로 구성되어 있으며 유공층을 포함한 석회질 미화석들은 조사해역의 심도가 탄산염 보상심도 이하에 위치하므로 결핍되어 있다. 퇴적물 조성은 중앙태평양에서 기 보고된 자료(Piper et. al., 1985)들의 결과와 매우 유사하며, 마이오세이후 북대서양 심층수(NADW)의 유입으로

태평양에서는 규산이 풍부한 남극저층해류(AABW)의 유입이 활발하여 클리퍼톤층에 방산층을 비롯한 규질 미화석들이 널리 분포된 것으로 보인다.

미고생물 분석결과, 본 조사지역에서 산출되는 방산층 군집들은 *Pterocanium prismatium*이 소량 확인되는 점을 제외하고는 태평양 적도대, 카리브안, 그리고 멕시코만 등에서 기 보고된 방산층 군집들의 분포와 매우 유사하다.

전반적으로 조사지역의 퇴적물은 제 4기 및 제 3기의 퇴적층이 혼합되어 나타나며 퇴적층의 경계가 퇴적결층(Hiatus)으로 나타나는 경우가 많으며 간혹 저서생물의 생교란작용으로 고기의 퇴적물이 제 4기의 퇴적물까지 혼합되는 양상을 보여준다.

SUMMARY

I. Title of study

Paleoenvironmental Analysis using Radiolarians from Low-latitude Deep Seabed in the Pacific Ocean.

II. Abstract

The Korea Ocean Research and Development Institute (KORDI) has carried out research on marine mineral resources in the central Pacific Ocean in 1991. The aim of this research is to clarify geological background which affect the regional and local variations of various properties of manganese nodule deposits along the Clarion-Clipperton fracture zones.

In this study, biostratigraphic and paleoenvironmental analyses of Cenozoic radiolarians have been carried out on material collected on KODOS 91-1 area. Another purpose of this study was to determine the occurrences at KODOS 91-1 sites of radiolarian taxa previously known to be stratigraphically useful.

The surface sediments of box cores and the uppermost sediments of gravity cores taken from KODOS 91-1 area are brown to dark yellowish brown siliceous clay, which includes a lot of radiolarian and

diatom tests. Calcareous biogenic components, such as planktonic foraminifers and calcareous nannoplanktons are lacking or very rare because the survey area is deeper than Calcium Carbonate Compensation Depth (CCD). The CCD of this area is estimated to be approximately 5000m (Berger, 1976).

A components of sediment in the study area are in good agreement with those reported previously from central Pacific ocean by Piper et al. (1985). According to them, this survey area is included into Equatorial siliceous biogenic zone characterized by abundant occurrence of radiolarians, diatoms, and sponge spicules, which is formed related to an equatorial high productivity zone.

Paleoenvironmental information suggests that some differences in the fauna may be environmentally controlled due to deposition in the deep sea. Most of the core sequences studied show the stratigraphic breaks, hiatuses. The hiatuses were probably formed when Antarctic Bottom Water(AABW) was intensified enough to erode sediments and/or to prevent sedimentation. The radiolarian assemblages consist of cooccurring species at all sampling sites is probably reworked.

In general, the radiolarian assemblages encountered in the KODOS 91-1 area are similar to those described in previous DSDP reports based on drilling in the equatorial Pacific, the Carribbean, and the Gulf of Mexico. There are some exceptions in the relative abundance of key species; for example, *Pterocanium prismatium* is relatively rare in KODOS 91-1 area.

CONTENTS

요 약 문	3
SUMMARY	5
CONTENTS	7
LIST OF TABLES	9
LIST OF FIGURES	11
I. 서론	13
II. 지질개요	15
III. 시료채취 및 연구방법	19
1. 시료처리 과정	21
2. 분석방법	23
IV. 방산층 군집의 분포	24
V. 결론	31
VI. 사사(Acknowledgement)	33
VII. SYSTEMATIC MICROPALAEONTOLOGY	35
VIII. 참고문헌	48

LIST OF TABLES

TABLE 1 : Occurrence of biostratigraphically diagnostic radiolarian taxa in KODOS 91-1 (Station 1 and 3) -----	57
TABLE 2 : Occurrence of biostratigraphically diagnostic radiolarian taxa in KODOS 91-1 (Station 5 and 20) -----	58
TABLE 3 : Occurrence of biostratigraphically diagnostic radiolarian taxa in KODOS 91-1 (Station 22 and 24) -----	59

LIST OF FIGURES

FIGURE 1. Index map showing KODOS 91-1 Survey Area. ----- 15

FIGURE 2. Geography of the Equatorial North Pacific Ocean.

Location of tectonic features are from van Andel
and Heath (1973). Distribution of Surface sediment
is from Horn et al., (1973). Note the postulated
trend of the Siliceous ooze and siliceous clay zone
through KODOS 91-1 area. ----- 16

FIGURE 3. Sampling locations of Box and Gravity cores

in the detailed survey area. ----- 19

I. 서론

심해퇴적물에 대한 연구는 지난 수십년간 선진 외국기술에 의해 주로 Deep Sea Drilling Project(DSDP), Ocean Drilling Program(ODP) 등의 대규모 탐사활동에 의해 주도 되어왔다. 그러나 최근 해양연구소에서 태평양 심해저 망간단괴 탐사가 활발해지면서 연구조사선인 '온누리호'의 취항으로 우리의 기술과 장비에 의해 많은 양의 심해퇴적물 채취가 기대되고 있다.

대양저 심해퇴적물의 층서와 고해양환경을 규명하는데는 여러가지 방법이 있으나 퇴적물내에 풍부하게 함유되어 있는 유공충 및 방산충을 비롯한 미화석군집에 대한 미고생물학적 연구가 가장 효과적이다. 특히, 해양 미화석은 그들의 미세한 크기, 광범위한 지리적 분포로 극히 소량의 시료 만으로도 광역적인 수평분포에 대한 지층의 대비 및 고환경의 복원에 유용하게 이용될 수 있다.

신생대 표준층서 구분에 널리 사용되어 온 심해퇴적물의 주구성원인 석회질 미화석들은 탄산염 보상심도(CCD) 이하에서는 거의 대부분 용해됨으로서 이들 화석을 이용한 시대구분, 고환경 등에 관한 연구는 어려움이 많다. 석회질 미화석과는 달리 방산충을 포함한 규질미화석들은 CCD 이하에서도 양호한 보존상태로 산출됨으로서 정확한 퇴적시대구분 및 퇴적환경 분석을 위한 훌륭한 도구로서 각광받고 있다.

본 연구에서는 KODOS 91-1에서 채취된 퇴적물에 포함된 규질미화석 중 산출상태가 양호한 방산층에 대한 미고생물학적 연구를 수행함으로써 심해저에 널리 분포하는 규질퇴적물과 고환경과의 상관관계를 규명함과 동시에 아직도 충분하지 않은 저위도 태평양 해역의 방산층분포 자료를 제공하는데 그 목적이 있다. 특히, 방산층 분석을 통하여 망간단괴 형성에 크게 작용하는 지질환경의 퇴적시기 판단 및 고환경을 해석함으로써 향후 망간단괴의 탐사 및 성인을 밝히는데 크게 기여될 수 있다.

II. 지질개요

하와이 제도 남동 방향의 북적도 태평양 클라리온-클리퍼톤 균열대 북서단에 위치하고 있는 본 연구지역 (13° - 16° N, 139° - 145° W)의 면적은 약 10만 km^2 이며, KODOS (Korea Deep Ocean Study) 91-1 지역으로 명명된다 (Fig. 1). 기존의 연구보고 (Sclater et al., 1971; Herron, 1972; Berger et al., 1976; Francheteau et al., 1979)에 의하면, 본 연구지역이

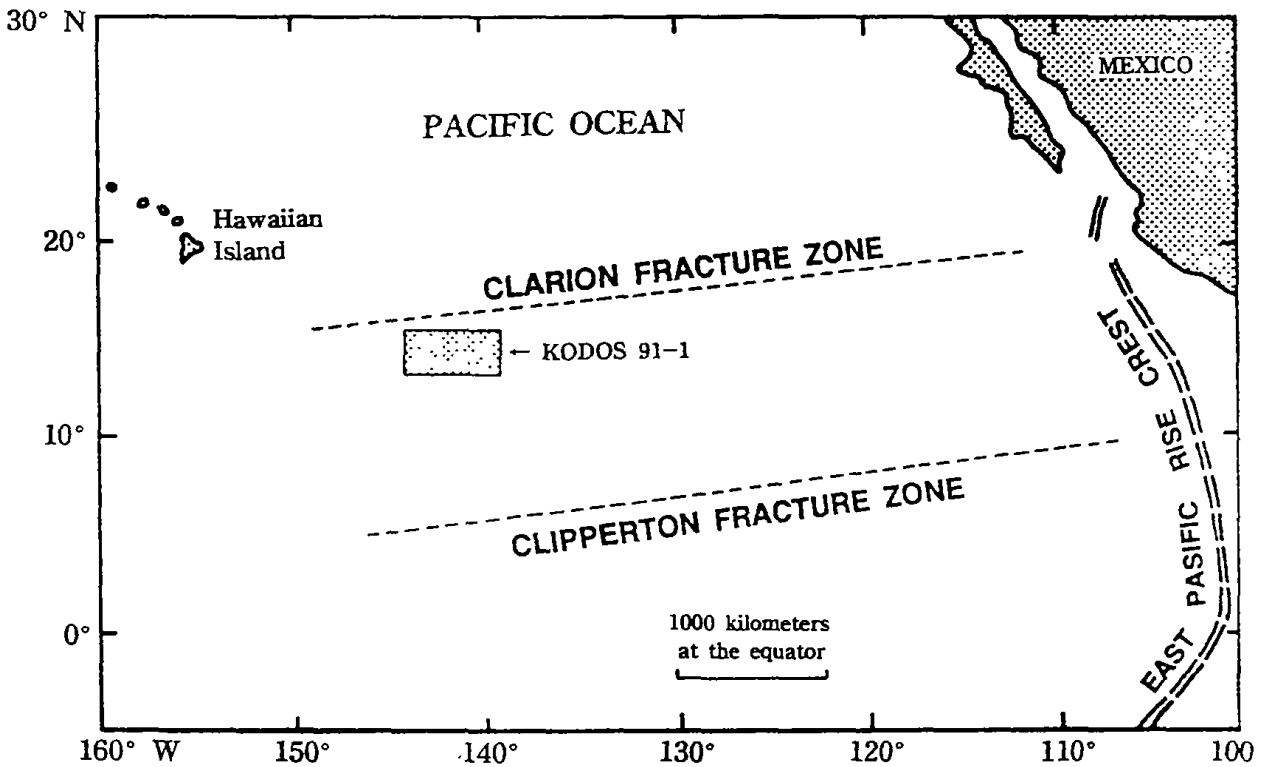


Figure 1. Index map showing KODOS 91-1 Survey Area.

속한 클라리온-클리퍼톤 균열대 북서부 대양저 지각은 백악기말에 동태평양해령에서 생성된후, 해저확장에 의해 북 또는 북서 방향으로

이동되어 에오세 중기에는 표층해수의 생물 생산성이 높은 적도대에 위치하였으며, 해저면에는 유기질 퇴적물이 지배적인 퇴적층이 발달되었다. 적도 고생산대를 지난 이후에는 퇴적률이 급격히 감소하였고, 대양저 지각의 침강작용이 수반되었다. 따라서 마이오세 초기에는 수심이 탄산염보상심도 (Carbonate Compensation Depth, 약 4,600 m)보다 깊어져 탄산질 퇴적물은 용해되어 극히 낮은 퇴적속도 (1-3 mm/천년)로 규질 퇴적물 및 육원성 점토의 퇴적층이 발달되었다 (Theyer, 1977; Kennett, 1982). 이러한 대양저 지각의 지속적인 이동 결과로 해저면에는 위도에 따른 특징적인 퇴적층서가 대상으로 분포한다(Fig. 2). 연구지역 남쪽에는

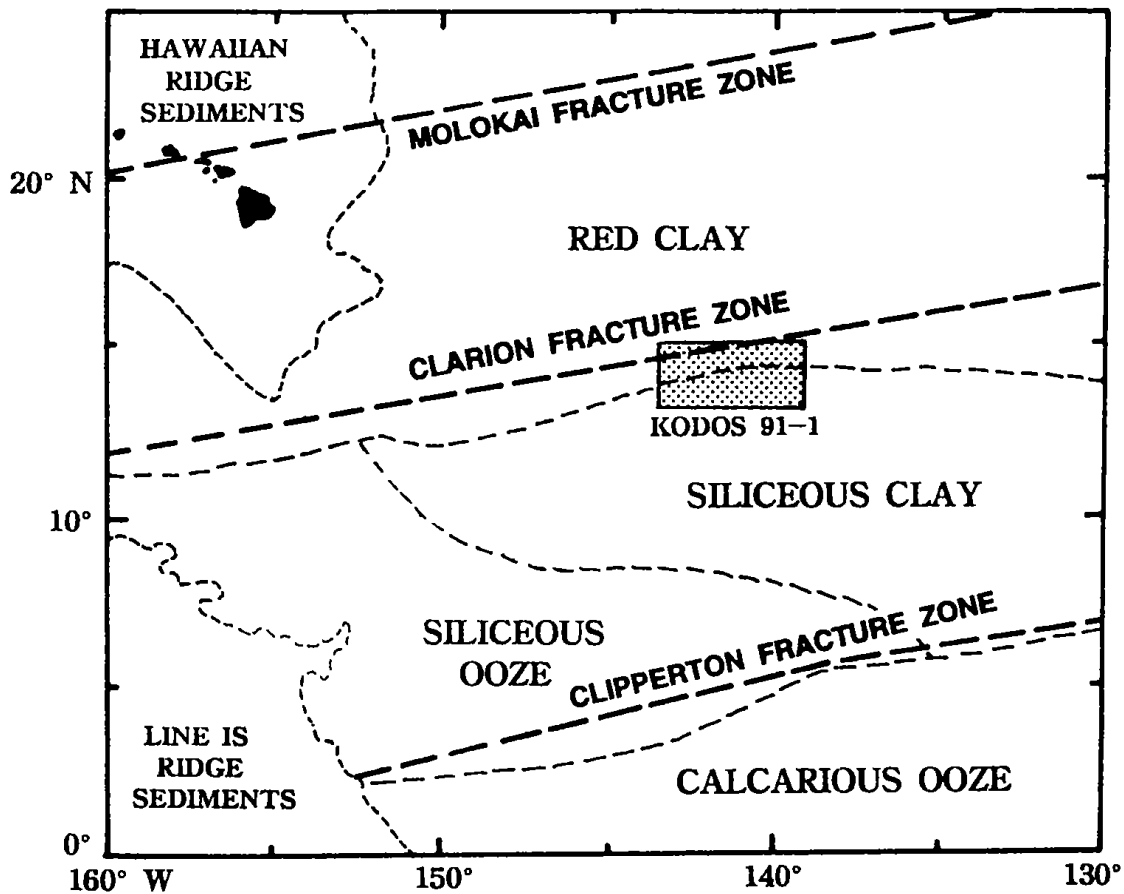


Figure 2. Geography of the Equatorial North Pacific Ocean. Location of tectonic features are from van Andel and Heath(1973). Distribution of Surface sediment is from Horn et al.,(1973). Note the postulated trend of the Siliceous ooze and siliceous clay zone through KODOS 91-1 area.

마이오세 시기의, 북쪽에는 에오세 또는 올리고세의 규질 연니 및 규질 점토가 분포되어 있으며, 대부분이 적도 고생산대의 생물기원임을 나타낸다 (Ryan and Heezen, 1976). Deep Ocean Mining Environmental Study (DOMES) 및 Manganese Nodule Project (MANOP) 지역에서 관측한 저층해류 자료 (Hayes, 1979; Gardner et al., 1984)에 의하면, 유속은 4-5 cm/sec로 미약하고 방향도 일정치 않지만, 주변지역의 음파탐사 기록 및 DSDP 코아 등의 자료 (Keller and Barron, 1983)에 의하면, 과거 지질시대를 통하여 저층해류가 간헐적으로 활발히 작용하였음을 시사한다. 특히 마이오세-플라이오세 시기에는 저층해류의 영향력으로 퇴적물의 혼합과 퇴적층의 침식이 수반되어 여러 형태의 bedforms 및 퇴적결층을 형성하였다 (Hayes et al., 1969; Johnson, 1972).

KODOS 91-1 지역의 수심은 대체적으로 5,100 m 이고, 북서방향으로 갈수록 깊어지는 경향을 보인다. 동부 지역은 해저면의 경사가 비교적 완만한 해저평원 (abyssal plain) 지역의 특성을 보여주는 반면에 남서부 지역은 해저산 (seamount) 및 해저능 (abyssal hill) 등이 발달하여 다소 복잡한 지형적 특성을 갖는다. 대부분의 해저산들은 급격한 경사를 이루고 있으며, 2-3 km의 폭과 400-1500 m의 높이를 갖는다. 이들 해저산들은 대체적으로 클라리온-클리퍼튼 균열대 지역의 수심 변화와 일치하는 동-서 방향으로 배열되어 해저산맥을 형성하지만, 단층에 의해 그 양상이 복잡하다. 해저산들은 연구지역 서쪽에 위치한 Line Islands Ridge를 이루는 해저산 및 화산섬들과 마찬가지로 해저 화산활동에 의해 형성되었으며, 그 형성시기는 백악기말경으로 추론된다 (Sclater et al.,

1971; Herron, 1972). Air-gun 탄성과 자료에 의하면 (한국해양연구소, 1992), 퇴적층의 두께는 대체적으로 400 m 정도이나 해저산 및 해저능의 발달과 단층 등의 영향으로 불규칙한 분포양상을 보여준다. 3.5 kHz 음파기록 (한국해양연구소, 1992)에 의하면, 퇴적층은 산란반사층에 의해 상부의 음파 투명층과 하부의 불투과층으로 구분되며, 투명층 내부에는 불연속적인 내부반사층 (internal reflectors)이 발달하고 있어 저층해류에 의한 활발한 침식작용이 있었음을 암시한다. 해저면에는 여러 형태의 sediment wave들이 발달되어 있으며, 해저산 등의 주변에는 moat가 발달하여 있다. 이들의 방향성은 조사지역의 서쪽으로부터 저층해류의 유입이 있었음을 시사한다.

III. 시료채취 및 연구방법

조사해역에서 5개의 Box Core와 1개의 Gravity Core로부터 채취된 시료들은 퇴적층의 특성에 따라 세분화하여 분석하였다(Fig. 3). 특히 방산층을 이용한 미고생물 분석을 통해 심도에 따른 방산층 군집들간의 차이에 의해 심해 퇴적물의 지사 및 층서를 규명함과 동시에 고해양학적 연구도 병행하여 수행하였다.

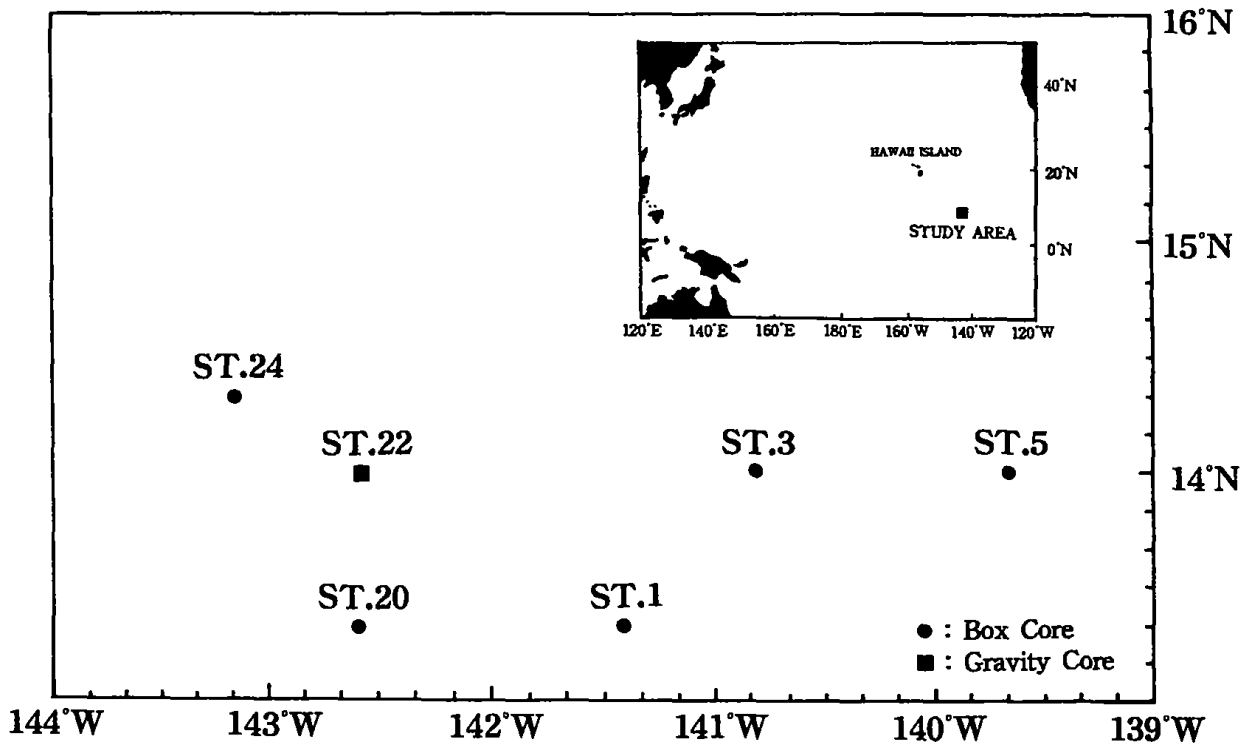


Figure 3. Sampling locations of Box and Gravity Cores in the detailed survey area.

조사해역에서 채취된 퇴적물의 구성성분은 대부분 70-90%로 점토가 우세하며, 지역과 퇴적물 코아의 깊이에 따라 모래 및 실트 양의 변화로 퇴적상이 달라진다.

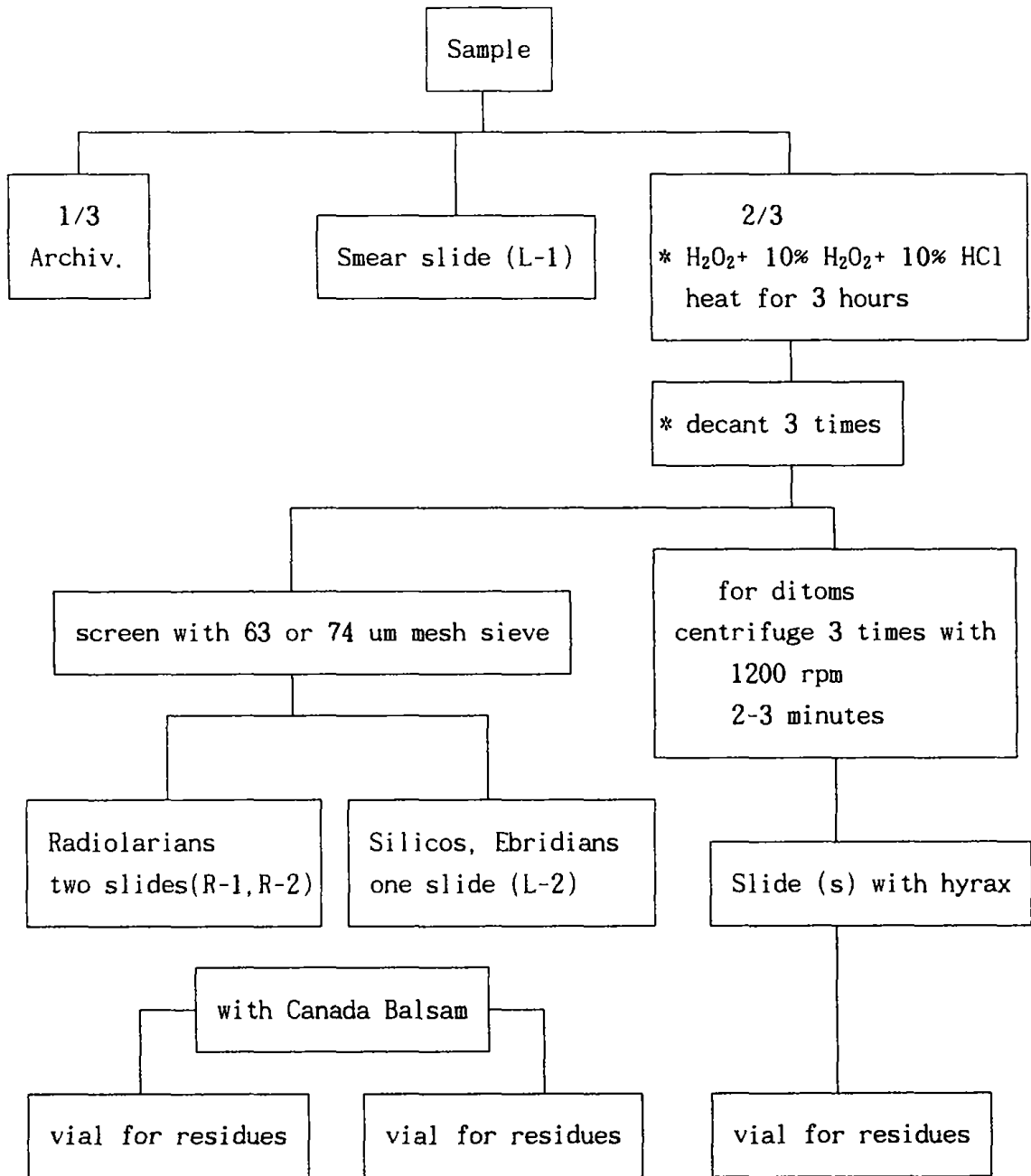
Station No.	Location		Water	Core	Core
	Latitude	Longitude	Depth (m)	Depth range	
# 1	13 ° 00.1'N	141 ° 24.3'W	4890	1 - 61 cm	Box Core
# 3	14 ° 00.1'N	140 ° 50.0'W	4975	0 - 40 cm	
# 5	14 ° 00.0'N	139 ° 40.6'W	4790	0 - 34 cm	
# 20	13 ° 20.4'N	142 ° 35.3'W	4890	0 - 40 cm	
# 24	14 ° 20.4'N	143 ° 11.0'W	4970	1 - 45 cm	
# 22	14 ° 00.8'N	142 ° 35.8'W	5020	0 -240 cm	Gravity Core

* KODOS 91-1 해역의 시료위치, 수심, 코아의 심도

퇴적물중의 모래와 실트는 대부분(99% 정도)이 방산층이나 규조토의 잔해로 이루어져 있어서 심해퇴적물의 분류기준 (Burns, 1974)에 의하면, 방산층을 포함하는 적색 또는 갈색의 점토 또는 규질점토(Radiolarian-bearing clay to siliceous clay)에 속한다. 코아들 중 제 3기 및 제 4기 퇴적층의 경계가 뚜렷한 경우에는 그 경계를 중심으로 입자의 크기가 제 4기층에서는 상부로 갈수록 세립 또는 조립한 경향이 확실하지만, 하부의 제 3기층에서는 대체로 일정하다.

1. 시료처리 과정

퇴적물로부터의 방산충추출은 Sanfilippo(1985)의 표준시료처리 방법을 기본으로 하였으나 보다 간편하게 몇가지 방법을 아래와 같이 수정하였다.



* always use the distilled water only.

- 1) 약 15g의 시료중 1/3은 Reference sample로서 보관하였으며 2/3은 깨끗한 250ml 비이커에 넣는다.
- 2) 약 50ml의 H_2O_2 (regent-grade hydrogen peroxide)와 10%로 희석된 25ml의 HCl을 비이커에 첨가한다.
- 3) 약 100℃의 온도가 유지된 Hot Plate에서 1시간 가량 가열한다.
- 4) 1시간 가열한후 15ml 정도의 H_2O_2 와 HCl을 첨가시킨후 약 2시간 가량 더 가열시킨다. 위의 과정중 거품이 너무 많이 생기는 경우에는 증류수를 약간씩 첨가시켜 준다.
- 5) 화학처리가 끝난 시료는 증류수로 3번 decant 시킨다. 이 때 sample이 충분히 침전되도록 약 15분 정도씩 방치시킨다.
- 6) 잔류된 암편등의 제거를 위해 250 μ m mesh로 sieving한후 63 μ m mesh를 이용하여 방산층이 포함된 잔류물을 추출한 후 50ml 비이커에 약 10ml 증류수와 함께 담는다.
- 7) 일회용 pipette을 이용하여 비이커로부터 약 2-3방울 정도의 sample을 pipetting하여 75×25mm 슬라이드 위에 떨어뜨려 골고루 퍼뜨린 후 Hot Plate (약 20℃) 위에 올려 놓고 건조시킨다.
- 8) 적당량의 Canada Balsam을 Slide 위에 첨가시킨 후 공기 방울 등이 생기지 않도록 주의하면서 22×40mm Coverslip을 천천히 덮어준다.
- 9) 모든 과정이 끝난 시료는 약 2주일 가량 70℃로 온도가 고정된 Precision Mechanical Convection Oven에서 건조 시킨다.

2. 분석방법

각 슬라이드는 Leitz Photomicroscope를 이용하여 최고 200개체 이상의 동정을 시도 하였으며 분석시 species들의 형태학적 변화, 군집의 보존 상태, 그리고 reworking 여부등을 특히 고려하였다. 현미경하에서 동정된 모든 species들은 Table 1-3에 도식화 되어 있으며 특히 층서학적으로 중요한 species들은 현미경 사진으로 촬영되었다(Plate 1-4).

현미경 관찰에서 확인된 방산충의 분포는 전 개체수를 대상으로 25개체 이상은 A(Abundant, 15에서 25개체는 C(Common), 7에서 15개체 이상은 F(Few), 2에서 7개체는 R(Rare), 그리고 1개체는 +로 표시하였다.

IV. 방산층 군집의 분포

연구해역에서 채취된 퇴적물내의 방산층 분포를 개관한 결과, 정점별 차이는 있으나 초기 에오세부터 제 4기까지의 시대구분이 가능한 총 49속 80종이 동정 되었다. 방산층을 이용한 시대구분 및 대비는 저위도 방산층 표준층서 분대로 널리 응용되고 있는 Riedel과 Sanfilippo(1978)의 생층서 분대를 주로 사용하였으며 Moore(1971), Hays(1965,1971), Casey(1971) 등의 문헌들과도 대비를 시도하였다.

Core	Box Core					Gravity Core
Station No.	1	3	5	20	24	22
DEPTH (cm)	1	0	0	0	1	0
	4	3	3	3	4	10
	8	6	6	6	10	30
	16	10	10	10	20	40
	18	20	20	20	30	60
	20	35	34	30	40	80
	40	50		40	45	100
	61					160 240

* KODOS 91-1 해역, 정점별 분석시료의 채취심도

1) 정점 1

Box Core 사용하여 61cm 퇴적물을 채취하였으며, 퇴적물 특성에 따라 3개의 Unit으로 나누어진다.

Unit I은 0-8cm에 해당되며 갈색을 띠는 Homogeneous 한 점토층이며 unit II와의 경계부인 8cm 부분은 매우 transitional boundary는 형성한다. Unit II와의 경계부인 25cm 부분 역시 매우 transitional boundary 이며 생교란작용이 하부로 갈수록 심한 경향을 보여준다.

방산층 분석결과, Unit I에 해당되는 퇴적물내에 보존상태가 양호하고 비교적 많은 양의 방산층 균집들이 1cm, 4cm, 8cm의 표층부에서 산출되었으며 특히 마이오세 종인 *Cannartus sp.*, *Pyloniid gen.*, *Spirocyrtris scalaris*, *Euchitonia sp.*, 플라이오세 종인 *Ommatartus tetrathalamus*, *Peterocanium sp.*, *Theocorythium t. vetulum* 및 제 4기종인 *Anthocyrtridium angulare*, *Anthocyrtridium spp.*, *Collosphaera tuberosa*, *Clathrocycloma sp.*와 *Polysolenia spp.*등의 혼합층이 우세하게 나타난다.

Unit II에 해당하는 심도 16cm 이하에서는, 방산층의 개체수가 급격히 감소하며 산출되는 소수의 균집들도 거의 마모되고 침윤된 외관을 보임으로서 16cm 부근에서 뚜렷한 퇴적층의 경계를 보여준다. 특이한 사항은 감소되었던 개체군의 분포가 심도 20cm 부근에서 급격히 증가되며, 산출양상은 앞에 기술한 표층부근의 개체 분포와 유사하나 심도가 깊어지면서 종의 다양성 및 개체의 산출빈도는 저조하게 나타나는 경향을 보인다. 방산층 균집분포는 표층부에서 부터 심도의 깊이에 관계없이 에오세 초의 우세종인 *Theocampe mongolfieri*가 포함되어 있으나 올리고세의 주요 균집인 *Theocyrtris tuberosa*와 *Cyrtocapsella robusta*의 산출이 확인되지 않는 것으로 보아 정점 1에서 방산층 균집에 의한 정확한 시대추정에는 어려움이 있다. 그러나 도표 1에서와 같이 시대별 방산층 균집의 산출빈도에 근거를 두면,

심도 1-20cm까지는 대체로 초기마이오세 부터 제 4기에 해당되며 활발한 생물교란작용에 의해 소량의 에오세 균집들이 혼합된 양상을 갖는다. 심도가 깊어지면서(40cm-60cm), 제 4기층의 주종인 *C. tuberosa*, *P. praetextum*, *P. prismatium* 및 마이오세종인 *Euchitonia sp.* 등이 발견되지 않는 반면 에오세 종인 *T. bromia*, *T. triacantha* 등이 산출되는 것으로 보아 마이오세부터 에오세에 해당되는 고기의 퇴적물로 구성되어 있음을 알 수 있다.

2) 정점 3

Box Corer를 사용하여 50cm의 퇴적물을 채취하였으며, 퇴적물 특성에 따라 3개의 Unit으로 나누어진다.

Unit I과 Unit II는 8cm를 경계부로 나누어지며, Unit I은 녹갈색(dark greenish brown)의 점토층이 최상부층(0.5cm)을 매우 얇게 덮고 있으며 그하부는 2개의 horizontal tube가 녹갈색의 점토층이 교호상으로 충전된 상태로 존재한다.

Unit II는 옅은 갈색(yellowish brown)을 띠며 약 27cm 부근에서 단괴가 충전되어 있다. Unit II와 Unit III의 경계는 약 35cm 부근으로 Highly consolidated 된 옅은 갈색층으로 특이한 퇴적구조가 인지되지 않는다.

정점 1과는 달리 Unit I 중에서도 최상부층에서만 보존상태가 양호한 마이오세 종인 *Ommatartus tetrathalamus*, *Euchitonia sp.* 등과 플라이오세의 주요 균집인 *Pterocanium praetextum*, *P. prismatium* 그리고 제 4기종인 *Collosphaera tuberosa*, *Anthocyrtidium spp.* 등이 산출된다. 그외에는 산출빈

도는 작으나 대체로 전심도를 통하여 마이오세 우세종인 *Dorcadospyrus forcipata*와 *Carpocanistrum spp.* 등이 지속적인 산출을 보이고 있다. 그러나 최상층과는 달리 심도 3cm 부터 Unit II에 해당되는 35cm 까지의 방산층의 산출상태는 현저히 감소된 경향을 보이며, Unit III에 해당되는 35cm 이하에서는 방산층의 산출이 확인되지 않는점으로 미루어 보아 저층해류에 의한 방산층의 용해현상이나 생산성(Productivity)의 감소등을 암시해 준다. 한가지 특이한 사항은 정점 1에서 전심도를 통해 산출되었던 에오세의 *Theocampe mongolfieri*가 표층부에서 확인되지 않는점으로 퇴적물의 교란이나 Reworking이 비교적 적게 일어나는 고환경하에서 마이오세 부터 제 4기의 퇴적물이 집적되었다는 가능성을 보여주고 있다.

정점 3의 퇴적물의 시대는 대체로 마이오세 중기부터 제 4기 지층이 주를 이루고 있으며 산출빈도는 작으나 심도 6cm 부터 정점 1에서는 확인되지 않은 에오세 중기의 주요 군집인 *Podocyrtilis mitra*등이 확인되는 점으로 미루어 보아 최상부층을 제외하고는 역시 퇴적물의 교란이나 Reworking이 있었음을 암시해 주며 정점 1보다는 고기의 퇴적층으로 사료된다.

방산층 군집의 전심도를 통한 격감현상으로 시료내에서는 뚜렷한 경계부를 인지할 수 없으나 난해성 종들이 주를 이루고 있으며 정점 1에서와 같이 올리고세의 우세종인 *Cyrtocapsella robusta*와 *Calocylas semipolita*가 산출되지 않음은 특이해야 할 사항으로, 이는 에오세와 마이오세 사이에 퇴적결층 존재의 가능성을 암시해준다.

3) 정점 5

Box Corer를 사용하여 34cm의 퇴적물을 채취하였으며, 퇴적물 특성에 따라 2개의 Unit으로 나누어진다. 최상부층인 Unit I은 매우 soft한 갈색 점토층으로 구성되어 있으며, 퇴적물의 색깔이 변화되는 약 4cm 부근에서 Unit II와의 경계부를 이룬다. Unit II는 불규칙적인 갈색점토층의 충진된 burrow들이 많이 나타나는 특징을 보여준다.

올리고세의 우세종인 *Calocyelas semipolita*와 *Theocyrtia tuberosa*가 3cm의 상부층에서 미량 그리고 최하위층인 34cm에서 다량 산출되는것을 제외하고는 방산층의 산출량은 정점 3과 유사하다. 전반적으로 방산층의 보존상태는 양호하며, 0-3cm의 시료에는 다량의 초기 마이오세 부터 제 4기 종들이 주를 이루고 있으며 6cm 부터 20cm까지는 방산층 군집의 산출상태가 급격히 줄어든다. 최하위층인 34cm에서 *Axoprunum angelinum* 등 극히 소량의 제 4기종만이 확인되며 마이오세 종인 *Cyrtocapsella tetrapera*가 우세하게 나타나는 점으로 미루어 다른 정점보다 퇴적층간의 시대구분이 비교적 잘 나타난다.

4) 정점 20

Box Corer를 사용하여 채취된 40cm의 퇴적물 특성은 정점5와 매우 유사하며 2개의 Unit으로 나누어진다.

비교적 보존상태가 양호한 에오세 부터 제 4기의 방산층 군집이 상부층인 0-6cm에서 혼합된 상태로 나타난다. 그러나 심도가 깊어지는 10cm 이하부터 방산층 군집이 전혀 확인되지 않는 점으로 미루어 저층해류에 의

한 방산층의 용해현상이나 생산성(Productivity)의 급격한 감소등이 퇴적환경에 영향을 준 것으로 고려된다. 전반적인 방산층의 분포양상에 따른 퇴적물의 퇴적시기는 대체로 마이오세 부터 제 4기에 해당되며 활발한 생물교란작용에 의해 상부층까지 고기의 에오세 퇴적물이 혼합된 양상을 보여 준다.

5) 정점 22

KODOS 91-1 조사지역 중 유일하게 Gravity Core의 퇴적물에 대한 미고생물 분석을 시도한 정점이다.

보존상태가 양호한 제 3기와 제 4기의 퇴적물이 0-40cm 심도까지 생물교란작용에 의해 뒤섞여진 올리고세, 에오세의 퇴적물과 함께 혼합되어 나타난다. 그러나 심도가 깊어지는 60cm 부터는 제 4기 층이 현저히 줄어들기 시작하여 80cm 이하 부터는 거의 나타나지 않는 것으로 미루어 보아 심도 60-80cm를 경계로하여 퇴적층의 구분이 뚜렷하다. 특히, 100cm 이하 부터는 마이오세 종인 *Actinommids gen. et. sp*와 *Theocorys spongoconum* 등을 제외하고는 소량 포함되어 있을뿐 제 4기 종은 전혀 나타나지 않는다. 따라서 심도 100cm를 경계로 상부층은 마이오세 및 제 4기 퇴적층이 그리고 하부층은 올리고세 및 에오세 퇴적물이 주를 이루는 퇴적상을 보여 준다.

6) 정점 24

Box Corer를 사용하여 채취된 45cm의 퇴적물 특성은 정점 20과 매우 유사해서 2개의 Unit으로 나누어진다.

보존상태가 양호한 마이오세 부터 제 4기 종이 표층부인 1-4cm에서 나타나며 에오세와 올리고세의 고기종들이 역시 생물교란작용에 의해 혼합되어있다. 10cm에서는 제 4기종이 현격히 줄어들으나 마이오세 종은 여전히 우세하게 나타난다. 다른 정점의 특징과 같이 심도가 깊어지는 20cm 이하 부터는 방산층의 산출이 급격히 줄어들며 30cm-40cm 까지는 전혀 발견되지 않는점으로 미루어 정확한 퇴적층간의 시대구분은 어려움이 있다. 그러나 심도 45cm에서 에오세 초부터 에오세 말의 중요 균집인 *Theocampe mongolferi*, *T. pirum*, *Podocyrctis ampla*, *Cannartus violina* 등이 산출되는 것으로 보아 45cm 부근을 경계로 상부층은 마이오세 및 제 4기 지층, 그리고 하부층은 에오세의 고기퇴적물로 시대구분이 분명함을 알 수 있다.

V. 결 론

본 조사지역의 퇴적물은 탄산염 보상심도(CCD) 이하에서 퇴적되어 석회질 미화석은 거의 대부분 용해되었기 때문에 방산층을 비롯한 규질미화석을 이용한 미고생물학적 연구가 지사의 판독 및 고해양환경을 밝히는데 매우 중요하다. 조사지역의 퇴적물은 주로 Box core를 이용하여 채취하였기 때문에 에오세 및 올리고세의 방산층 개체들이 상층부에 간혹 혼합되어 있을지라도 보다 심도가 깊은 고기의 퇴적층과의 상관관계를 밝히는데는 어려움이 있다. KODOS 91-1 조사지역 중 유일하게 비교적 채취심도가 깊은 Gravity core를 분석한 정점 22에서 Box core 퇴적물과는 뚜렷하게 상하 지층간의 구분을 보여주는 점등으로 미루어 저층해류가 퇴적환경에 영향을 준것을 보다 정확히 규명하기 위해서는 채취심도가 깊은 Gravity corer나 Piston corer를 이용한 심해퇴적물 채취의 필요성이 대두된다.

조사해역에서 채취된 퇴적물들은 확연한 색의 변화, 생물교란정도, 그리고 성분의 변화에 따라 2개 또는 3개의 Unit으로 나눌수 있다. 일반적으로 최상부의 퇴적층(Unit I)은 함수율이 매우 높고 다른 퇴적구조를 파악할 수 없을 정도로 균질한 것으로 나타나는데 이는 퇴적율이 극히 낮은 환경에서 생물교란이 매우 심한 환경이었음을 암시해 준다. Unit I의 이러한 물리적 성질은 심해에서 보고된 “혼합층(Mixed layer)” (Berger and Heath, 1968) 또는 “경계층(Boundary layer)”

(Sorem et al., 1979)과 매우 유사한 양상을 보여준다. 그러나 Unit II와 III는 짧은 간격의 깊이에서도 퇴적물의 물리적 특성변화가 뚜렷하며, 심한 또는 드문 생물교란 흔적은 이 퇴적물이 점차 퇴적층으로의 천이를 보여주는 "Historic laryer"(Berger and Heath, 1968)의 특징을 보여준다. 생물교란 흔적의 절단 또는 퇴적층의 침식 등으로 각 퇴적 Unit 간의 확실한 경계가 있는 경우에는, 이들의 경계가 플라이스토세 말기에 강하게 작용한 AABW(남극저층해류)의 영향으로 이루어진 퇴적결층으로 보인다(Craig, 1979).

전반적으로 조사지역의 퇴적물은 제 4기 및 제 3기의 퇴적층이 혼합되어 나타나며 퇴적층의 경계가 퇴적결층(Hiatus)으로 나타나는 경우가 많으며 간혹 저서생물의 생교란작용으로 인하여 고기의 퇴적물이 제 4기의 퇴적물에 까지 혼합되는 양상을 보여준다.

KODOS 90(해양연구소, 1990) 미고생물 분석에 따르면 제 4기층과 제 3기층 사이에는 Miocene-Pleistocene까지 여러번의 퇴적결층이 존재하는 것으로 보고되어 있다. KODOS 91-1 조사지역에 대한 미고생물 분석 역시 여러번의 퇴적결층이 존재하는 것으로 보아 저층해류의 강한 작용이 퇴적환경을 지배한 것으로 고려된다. 특히 올리고세의 우세종인 *Calocyclus semipotita*와 *Cyrtocapsella robusta* 종들이 결여된 점으로 미루어 보다 자세한 연구가 필요하지만 올리고세 초 활발해진 AABW(남극저층해류)에 의한 침식작용으로 인해 에오세와 마이오세 사이에 결층(Hiatus) 존재의 가능성을 암시해 준다.

본 조사지역에서 산출되는 주요 방산충 군집들은 온난해역 서식종들이 우세하게 나타나며 산출 개체수는 미약하나 전형적인 온난 서식종인 규질 편모충 *Dictyocha*가 인지되는 점으로 미루어 온난 수괴의 영향 아래서 퇴적작용이 이루어졌음을 암시하여 준다.

방산충의 화석개체에 따른 차이점은 고기종 일수록 적갈색으로 침윤되고 골격 내부에 Clod가 충전된 경우가 많이 나타나며 용해작용에 강한 Spicule이나 Spine이 제 4기 지층보다 많이 함유되어 있는 특성을 갖는다.

VI. 사사(Acknowledgement)

이 연구는 해양연구소의 기본과제로서 수행되었으며 특히 1991년도 수행된 태평양 심해저 광물자원 탐사에서 획득된 자료 및 시료를 이용하였다. 한국해양연구소 박병권 소장님, 광물자원·연구실 강정극 박사님, 그리고 참여해 주신 연구원 여러분께 깊은 감사를 드린다.

VII. SYSTEMATIC MICROPALAEONTOLOGY

Subclass Radiolaria Müller 1858

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

Suborder SPUMELLARIA

Family ACTINOMMIDAE Haeckel, 1862, emend. Riedel, 1967b

Genus *HEXACONTIUM* Haeckel 1881

Hexacontium Haeckel, 1882, P452. Type species (indicated by Campbell, 1954), *Hexacontium phaenaxonium* Haeckel, 1887, p.192.

Hexacontium laevigatum Haeckel

Pl. 1, Figs 1,2

Hexacontium laevigatum Haeckel, 1887, p.193, pl.24, fig.6; Benson, 1966, p.154, pl.4, figs.4,5; Nigrini and Moore, 1979, p.S47, pl.5, figs.2a,b.

Remarks : *H. laevigatum* is one of the most abundant spumelline species found in KODOD 91-1 area. According to Benson(1966), this species is a normal number of the tropical Pacific oceanic fauna and that it inhabits water masses with slightly higher salinity and temperature.

Abundance : Common to Abundant

Occurrence : Miocene to Quaternary

Family *COLLOPHAERIDAE* Müller 1858

Genus *COLLOSPHAERA* Muller, 1855

Collophaera Müller, 1855, p.238. Type species (by monotype),
Collosphaera huxleyi Muller, 1855 (p.239; 1858, pl.8, figs.6–9).

Collosphaera tuberosa Haeckel

Pl.1. Fig.4.

Collosphaera tuberosa Haeckel, 1887, p.97; Nigrini, 1971, p.445, pl. 34,
fig.1; Nigrini, 1971, p.445, pl.34.1, fig.1; Nigrini and Moore, 1979,
p.51, Pl.1, fig.1.

Remarks: This species characterized by its smooth-surfaced shell and distinct numerous subcircular pores, irregular in size and distribution. For a more complete synonymy and stratigraphic significance of this species, see Nigrini, 1971.

Abundance : Few to common

Occurrence : Quaternary

Genus *POLYSOLENIA* Ehrenberg 1972,
emend. Nigrini 1967.

Polysolenia spinosa (Haeckel)

Pl. 1. fig.3.

Collosphaera spinosa Haeckel, 1860b, p.845; 1962, p.536, Pl.34, figs.12,13.

Polysolenia spinosa(Haeckel), Nigrini, 1967, p.14, Pl. 1, fig.1; Nigrini and Moore, 1979, p.519, Pl.2, fig.5.

Remarks : This species is characterized by numerous, irregularly scattered, and subcircular pores of variable size. For a more complete synonymy see Nigrini, 1967.

Abundance : Common to Abundant

Occurrence : Miocene to Quaternary

Family ACTINOMMIDAE Haeckel 1862, emend Riedel 1967b.

Genus *OMMATARTUS* Haeckel 1881

Ommatartus tetrathalamus Haeckel

Pl. 1, Figs 9, 10.

Panartus tetrathalamus Haeckel, 1887, p.378, Pl.40, fig.3; Nigrini, 1967, pl.30, Pl.2, figs. 4a-4d.

Panartus tetrathalamus tetrthalamus Haeckel, Nigrini, 1970, p.168, Pl. 1 fig.12.

Didymocyrtis tetrathalamus (Haeckel), Sanfilippo and Riedel, 1980, p.1010; Sanfilippo, Westberg, and Riedel., 1987, p.659, fig.8, 9a,b.

Ommartartus tetrathalamus (Haeckel), Riedel and Sanfilippo, 1971, p.1588 Pl.1c, figs. 5-7, Nigrini and Moore, 1979, p.549, Pl. 6, figs. 1a-d;

Remarks: Sanfilippo et. al., (1987) reported that *O. tetrathalamus* found in assemblages of Late Pliocene and Quaternary ages from latitude lower than 40° . This species occurs frequently throughout the Pliocene to Quaternary sediments from KODOS 91-1 area.

Abundance : Few to Common

Occurrence : Pliocene to Quaternary

Family SPONGURIDAE Haeckel 1862, emend.
petrushevskaya 1975

Genus *SPONGOCORE* Haeckel 1887.

Spongocore puella Haeckel

Pl.2, fig.6.

Spongocore puella Haeckel, 1887, p.347, pl.48, fig.6; Benson, 1964, Pl, 1, fig.21; Kling, 1973, p.635, Pl.7, figs. 18-22; Nigrini and Moore. 1979, p.569, Pl. 8, figs. 5a-c; Morely, 1985, p.411, Pl. 2, fig. 5.

Remarks : Specimens found in the present study are in good agreement with description and figures by Nigrini and Moore (1979). This species is characterized by consisting of a cylindrical, solid, sponge-appearing test with three joints separated by two constriction.

Abundance : Few to Abundant

Occurrence : Miocene to Quaternary

Family SPONGODISCIDAE Haeckel

Genus *EUCHITONIA* Ehrenberg, 1860a

Euchitonia Ehrenberg, 1860b, p.831; *sens. emend.* Haeckel, 1887, p.532

Euchitonia furcata Ehrenberg

pl.2, Figs.4,5.

Euchitonia mulleri Haeckel, Nigrini, 1967, p.37, pl.4, figs. 1a,b.

Euchitonia furcata Ehrenberg 1872a, p.308; 1872b, p.289, pl.IV(iii), fig.6;

Ling and Anikouchine, 1967, p.1484, pl.189, 190, figs.1-2,5-7; Nigrini and Moore, 1979, p.585, pl.2, figs.2a,b.

Remarks : According to Nigrini(1967), recognizable specimens of *E. furcata* are sparsely distributed in low latitudes of Indian Ocean, and are absent from samples taken south of 35° . This species occurs intermittently throughout the middle Miocene samples in KODOS 91-1.

Abundance : Few to common

Occurrence : Middle Miocene

Euchitonia sp.

Pl. 1, Figs. 16,17

Remarks : This species is similar to *Euchitonia* sp. reported by Nigrini (1967, p.37) from Miocene sediments in the Indian and Atlantic Ocean. *Euchitonia* sp. is distinguished by broader arms toward the end.

Abundance : Few to Common

Occurrence : Miocene

Genus *SPONGASTER* Ehrenberg 1860

Spongaster tetras Ehrenberg

Pl. 2, Figs. 1-3

Spongaster tetras tetras Ehrenberg, Nigrini, 1967, p.41, Pl. 5, figs. 1a,b;
Nigrini and Moore, 1979, p.593, Pl. 13, fig.1.

Spongaster tetras Ehrenberg, 1860, p.833; 1872b, p.299, Pl.6(3), fig. 8;
Riedel and Sanfilippo, 1971, Pl. 1D, figs. 2-4; Sanfilippo, Westberg,
and Riedel, 1985, p.661, figs. 9.1a-c.

Remarks : This species is distinguished from *S. pentas* by having generally four rather than five or six ray. Sanfilippo et. al.,(1985) reported that *S. tetras* found in Late Pliocene and Quaternary samples from all sites examined in latitudes less than 40°

Abundance : Few to Common

Occurrence : Late Pliocene to Quaternary

Suborder NASSELLARIA

Family PTEROCORYTHIDAE Haeckel, 1881

emend. Riedel, 1967, Moore, 1972.

Genus *PODOCYRTIS* Ehrenberg, 1881

Podocyrtis diamesa

Pl. 4, Figs. 9,10

Podocyrtis diamesa Riedel and Sanfilippo, 1970, p.533, Pl. 12, figs. 4-6;
Sanfilippo and Riedel, 1973, p.531, Pl. 20, figs. 9,10; Pl. 35, figs.
10,11; Sanfilippo, Wesberg, and Riedel, 1985, p.695, fig. 30.2.

Remarks : This species is similar to *P. dorus*(Riedel and Sanfilippo, 1973,
Pl.8, fig. 5), but differs from *P. dorus* by not having a strongly
constructed mouth and slender shape of shell structure.

Abundance : Rare to Few

Occurrence : Middle Eocene

Podocyrtis sinosa

Pl. 4, Fig. 11

Podocyrtis sinuosa Ehrenberg, 1873, p.253; 1875, Pl. 15, fig. 5; Riedel
and Sanfilippo, 1970, p.534, Pl. 11, figs. 3,4; Sanfilippo, Westberg, and
Riedel, 1985, p.698, fig. 30.9.

Abundance : Rare to Few

Occurrence : Middle Eocene

Podocyrtis geotheana

Pl. 4, 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, fig. 30.12.

Remarks : This species is similar to *P. chalara* (Riedel, 1978, Pl. 8, fig. 3), but differs from *P. chalata* by the abdomen having a series of very large, elongated pores separated by long, straight bars. *P. geotheana* occurs intermittently throughout the Middle to early Late Eocene sediments in KODOS 91-1 area.

Abundance : Rare to Few

Occurrence : Middle to early Late Eocene

Genus *LAMPROCYCLAS* Haeckel, 1881. emend

Petrushevscaya and Kozlova, 1972

Lamprocyclas maritalis Haeckel

Pl.3, Fig.1

Lamprocyclas maritalis polypora Nigrini, 1967, p.76, pl.7, fig.6; 1970, p.171, pl.4, fig.8; Nigrini and Moore, 1979, p.N77, pl.25, fig.5.

Lamprocyclas maritalis Haeckel, 1887, p.1390, pl.74, figs, 13,14; Petrushevskaya and Kozlova, 1972, p.544, pl.36, fig.4; Johnson, 1974, p.551, pl.10, fig.11; Renz, 1974, p.793, pl.19, fig.21; Weaver, 1983, p.678, pl.4, fig.8; Morley, 1985, p.411, pl.3, fig.3.

Remarks: This species is characterized by companulate shell with long stout three-bladed apical horn. Distinct lumbar stricture is marked intermittently by a septal ring.

Abundance: Rare to Common

Occurrence: Miocene

Genus *LAMPROCYRTIS* Kling, 1973

Lamprocyrtis(?) hannai

Pl.3, Figs. 2,3

Calocyclus hannai Campbell and Clark, 1944, p.48, pl.6, figs, 21,22.

Lamprocyrtis(?) hannai (Campbell and Clark), Kling, 1973, p.638, pl.5, figs 12-14, pl.12, figs, 10-14; Nigrini and Moore, 1979, p. N83, pl.25, Fig.8.

Remarks: Specimens found in the present study are in good agreement with description and figures by Nigrini and Moore (1979).

Abundance: Rare to Few

Dccurrence: Miocene to Quaternary

Genus *ANTHOCYRTIDIUM* Haeckel, 1881

Anthocyrtdium sp.

Pl.2, Fig.12

cf. *Anthocyrtdium zanguebaricum* (Ehrenberg), Nigrini, 1967, p.58, pl.6, fig.4; Nigrini and Moore, 1979, p.N69, pl.25, fig.2.

Remarks: This species is similar to *A. zanguebaricum* (Nigrini, 1967), but differs from not having small triangular teeth directed either downward or inwards.

Abundance: Rare to Few

Occurrence: Miocene

Family THEOPERIDAE Haeckel, emend. Riedel

Genus *THYRSOCYRTIS* Ehrenberg

Thysocyrtis Ehrenberg, 1847, p.54.

Thyrsocyrtis triacantha

Pl. 4, Fig. 6

Podocyrtis triacantha Ehrenberg, 1873, p.234; 1875, Pl.13, fig.2.

Thyrsocyrtis triacantha (Ehrenberg) Riedel and Sanfilippo, 1970, p.526, Pl. 8, figs. 2,3; 1971, Pl.3c, fig. 7; Foreman, 1973, p.442, Pl.12, figs. 9–11; Sanfilippo, Westberg, and Riedel, 1985, p.690, figs. 26.7a,b.

Remarks : This species occurs intermittently throughout the Middle Eocene sediments in KODOS 91–1 area. *T. triacantha* is similar to *T. bromia* (Riedel and Sanfilippo, 1978, Pl. 10, figs. 4,5), but differs from *T. bromia* by having a differentiated peristome and usually more than three feet.

Abundance : Rare to Few

Occurrence : Middle to Late Eocene

Thyrsocyrtis rhizodon

Pl. 4, Fig. 7.

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.

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.

Genus *PTEROCANIUM* Ehrenberg, 1847

Pterocanium prismatium

Pl.2, Figs. 7,8

Pterocanium prismatium Riedel, 1957, p.87, pl.3, figs.4,5; Riedel and Sanfilippo, 1970, p. 529, Nigrini, 1871, pl.34.1, fig.4; Johnson and Knoll, 1975, pl.1, fig.9; Sanfilippo, Westberg, and Riedel, 1985, p. 679, figs. 21,a,b.

Remarks: This species is characterized by its two-segmented *Theoperid* with three feet and thorax of prismatic shape. Sanfilippo et. al., (1985) reported that *P. prismatium* is found in middle to late Pliocene assemblages at latitude lower than 15° , and its extinction marks the top of *P. prismatium* Zone.

Abundance: Few to Common

Occurrence: Middle to Late Pliocene

Pterocanium trilobum

pl.2, Fig.9

Dictyopodium trilobum Haeckel, 1860, p.839

Pterocanium trilobum (Haeckel), Nigrini, 1967, p.71, pl.7, figs. 3a,b:

Nigrini and Moore, 1979, p. N45, pl. 23, figs. 4a-c.

Remarks: This species have a great variability in the overall shell size. Some specimens were very similar to *P. praetaxtum* (Sanfilippo et. al., 1985, p. 679, figs. 21,3) while others were two or three times as large. Nigrini(1967) indicated that *P. trilobum* belongs to a tropical assemblage derived by recurrent group analysis of North Pacific samples, but the species does range as far north as 40° N right across the Pacific.

Abundance: Few to Common

Occurrence: Pliocene to Quaternary

VIII.참 고 문 헌

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

BERGER, W.H., C.G. ADELECK, and L.A. MAYER, 1976. Distribution of carbonate in surface sediments of the Pacific Ocean. *J. Geophys. Res.* 81(15): 2617-2627.

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.

EHRENBERG, C.G., 1838. Über die Bildung der Kreidefelsen und des Kreidmergels durch unsichtbare Organismen. *Abhandlungen Königlische 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 Preussische 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 Preussische Akademie der Wissenschaften zu Berlin, Jahre 1847: 382-385.

_____, 1847b. Über die mikroskopischen kieselschaligen Polycystinen als mächtige Gebirgsmasse von Barbados und über das Verhältniss der aus mehr als neuen Arten bestehende ganz eigenthümlichen Formen-gruppe jener Felsmasse zur den jetzt lebenden Thieren und zur Kreidebildung. Eine neue Anregung zur Erforschung des Erdlebens. Königlische Preussische Akademie der Wissenschaften zu Berlin, Bericht, Jahre 1847: 40-60.

_____, 1854a. Die systematische charakteristik der neuen mikroskopischen organismen des tiefen Atlantischen Oceans. Königlische Preussische 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 Kö nigliche Preussische Akademie der
Wissenschaften zu Berlin, Jahre 1872, 265-322.

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

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

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.
- GARDNER, W.D., L.G. SULLIVAN and E.M. THORNDIKE, 1984. Longterm photographic, current, and nephelometer observations of manganese nodule environments in the Pacific: *Earth and Plant. Science Lett.*, 70: 95–109.
- 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.

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.

KELLER G. and J.A. BARRON, 1983. Paleooceanographic implications of Miocene deep-sea hiatuses: Geological Society of America Bulletin, 94: 590-613.

KENNETT, J., 1982. Marine Geology. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 813 pp.

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.

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

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, Leg 14. 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.

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.

RYAN, W.B.F. and B.C. HEEZEN, 1976. Smothering of deep-sea benthic communities from natural disasters: NOAA Technical Report Contribution No. 03-6-022 -35120, 132p.

- 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.
- SCLATER, J.G., R. N. ANDERSON, and M.L. BELL, 1971. Elevation of ridges and evolution of the central eastern Pacific: J. Geophys. Res. 76(32): 7888– 7915.
- THEYER, F., 1977. Micro–paleontological dating of DOMES project box cores from test areas A and B, tropical Pacific, In: Deep ocean mining environmental study: geology and geochemistry of DOMES Sites A, B, and C, equatorial north Pacific, edited by D.Z. Piper, U.S.G.S. Open–File Report, 77–778: 179–194.
- 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.

Table 1: Occurrence of biostratigraphically diagnostic radiolarian taxa in the kodos 91-1(station 1 and 3).

Station No.	1											3				
	1	4	8	16	18	20	40	61	0	3	6	10	20			
Depth (cm)	G	G	M	M	M	G	M	M	G	M	M	M	M			
Preservation	G	G	M	M	M	G	M	M	G	M	M	M	M			
Abundance	A	A	C	F	F	A	F	F	A	C	F	R	F			
<i>Anthocyrtidium angulare</i>	C															
<i>Anthocyrtidium</i> spp.	C	A	F		R	A		R	C	R						
<i>Axoprimum angelinum</i>	F	C	F			F	R		R	F	R		R			
<i>Calocyclus monumentum</i>	C	R							C							
<i>Collosphaera tuberosa</i>	F	C				C			F	C						
<i>Clathrocycloma</i> ? sp	C	A				F			C							
<i>Cyrtopera</i> (?) sp		C				R										
<i>Lamprocyrtis nigrinae</i>	R	A	R			R			F							
<i>Polysolenia spinosa</i>	A	A	C			A	R	R	A							
<i>Theocorythium</i> t. <i>dianae</i>	R	R														
<i>Artostrobium miralestense</i>	R	C	R			C				R						
<i>Collosphaera huxleyi</i>									R							
<i>Spongaster teras</i>	F	A				R			F	F						
<i>Theocorythium</i> t. <i>trachelium</i>	C	A	R			F		R	F							
<i>Theocorythium</i> (?) sp.	F															
<i>Bathropyramis</i> sp.																
<i>Collosphaera</i> sp. A		A	C		F	C	R	R	A	R			R			
<i>Lamprocyrtis</i> (?) <i>hannai</i>	F	R							R							
<i>Ommatartus tetrathalamus</i>	A	A	C		R	A		R	A				R			
<i>Pterocanium trilobum</i>	F	A				C			R	F						
<i>Pterocanium prismatium</i>		A	R		R	F			F	A						
<i>Pterocanium</i> sp.	A	A	R		R	A			A	A						
<i>Solenosphaera</i> spp.	C	A	R		R	C			F							
<i>Theocorythium</i> t. <i>vetulum</i>	C	C	C		R	A	R		F							
<i>Hexacontum laevigatum</i>	C	A	A	R	F	A	F	F	C	R	F		R			
<i>Dictyocoryne</i> sp	C	A	C		R	F										
<i>Euchitonia</i> sp.	C	A	C		R	F	A	R	A							
<i>Lamprocyclus maritalis</i>	F	C	R		R	F				R						
<i>Lithopera bacca</i>	R	R				F			R							
<i>Pyloniid</i> , gen	A	A	A		F	A	R		A	R						
<i>Spirocyrts scalaris</i>	C	C	R													
<i>Spongocore puella</i>	F	A	F	R		C										
<i>Spongodiscid</i> gen. et.	C	C	R													
<i>Styloirochus</i> ? sp.	C	A	A	F	F	A	R		C	R	R					
<i>Calocyclus</i> <i>virginis</i>																
<i>Cannartus</i> sp.	C	R				R			R							
<i>Cyrtocapsella tetrapera</i>																
<i>Dictiophimus crisiæ</i>	F	C	R			R			C							
<i>Dictyocoryne ontongensis</i>		A	R			F										
<i>Dorcadospyrus forcipata</i>									R	C	R	R	R			
<i>Euchitonia furcata</i>																
<i>Ommatartus hughesi</i>	F	A	R		R	F			R							
<i>Siphocampe corbula</i>	R	A	R			C			F							
<i>Artophormis gracilis</i>	R	C	R	R		F	R	R	R	R						
<i>Carpocanistrum</i> spp.	A	A	C		F	A	C	R	A	R	R		F			
<i>Dorcadospyrus aleuchus</i>				R					F							
<i>Dorcadospyrus papilio</i>		C					R	F		F	F	C				
<i>Botryopyle dictyocephalus</i>								R								
<i>Cornutella</i> sp.	R	A	F			F			C							
<i>Dorcadospyrus didiceros</i>											R	R	R			
<i>Calocyclus semipolita</i>				R				R								
<i>Cyrtocapsella robusta</i>																
<i>Theocyrts tuberosa</i>																
<i>Calocyclus turris</i>																
<i>Lithochytris vespertilio</i>								R								
<i>Lithocyclus ocellus</i>		F	R	R		R	F									
<i>Lophocyrtis</i> (?) <i>jacchia</i>								R		R						
<i>Theocampe mongoliferi</i>	R	C	F	R	R	C	F	R		F			R			
<i>Theocampe pirum</i>							R									
<i>Thyrsocyrtis rhizodon</i>								R	R	R						
<i>Thyrsocyrtis triacantha</i>						F	F	R		R						
<i>Cycladophora hispida</i>																
<i>Eusynngium fistuligerum</i>		R				R	R									
<i>Lychnocanoma babylonis</i>																
<i>Podocyrtis ampla</i>		R						R								
<i>Podocyrtis diamesa</i>																
<i>Podocyrtis geotheana</i>										R	R					
<i>Podocyrtis mitra</i>										R	R	F				

Table 2: Occurrence of biostratigraphically diagnostic radiolarian taxa in the kodos 91-1 (station 5 and 20).

Station No	5						20						
	0	3	6	10	20	34	0	3	6	10	20	30	40
Depth (cm)													
Preservation	G	G	M	M		M	G	G	M				M
Abundance	A	A	R	R		C	A	A	F				R
<i>Anthocyrtdium angulare</i>	C	R				C	C						
<i>Anthocyrtdium spp.</i>	A	A						F					
<i>Axoprnum angelinum</i>	F	C				C		C	R				
<i>Calocyclus monumentum</i>	C	R					F						
<i>Collosphaera tuberosa</i>	A	A					F	A	R				
<i>Ciathrocycloma ? sp.</i>	A	F					A	C					
<i>Cyrtopera(?) sp.</i>	C						C	F					
<i>Lamprocyrtis nigrinae</i>	F	C					F	A					
<i>Polysolenia spinosa</i>	A	A					F	F	R				
<i>Theocorythium t. diana</i>	C	R					A	F	R				
<i>Artostrobium miralestense</i>		A					C	F	R				
<i>Collosphaera huxleyi</i>	F												
<i>Spongaster teras</i>	C	R					C						
<i>Theocorythium t. trachelium</i>	A	C					C						
<i>Theocorythium (?) sp.</i>	C	R											
<i>Bathropyramis sp.</i>		A				R		R					
<i>Collosphaera sp. A</i>	A						A	R					
<i>Lamprocyrtis(?) hannai</i>	F	R					A	R	C	F			
<i>Ommatartus tetrathalamus</i>	A	A	R				A	C	R				
<i>Pterocanium trilobum</i>	C	A					C	R	R				
<i>Pterocanium prismatium</i>	A	F					C	R	R	R	R		
<i>Pterocanium sp.</i>	A	A	R				A	R	R	R	R		
<i>Solenosphaera spp</i>	A	A				R	A	R	R	R	R		
<i>Theocorythium t. vetulum</i>	A	A					A	A	C	R	F		
<i>Hexacontum laevigatum</i>	A	A	R			C	A	A	C	R	F		
<i>Dictyocoryne sp.</i>	C	R					A	A	C	R	F		
<i>Euchitonia sp.</i>	F	A	R				A	C	R	F			
<i>Lamprocyclus mantalis</i>	F	A					A	C	R				
<i>Lithopera bacca</i>	R	F					C	R	A	F			
<i>Pyloniid, gen</i>	A	A	R	R			A	A	F				
<i>Spirocyrtis scalaris</i>	A	A	R	R			A	A	F	R			
<i>Spongocore puella</i>	A	A	R				A	A	C	R			
<i>Spongodiscid gen. et</i>	A	F					A	C	A	R	C		
<i>Stylotrochus ? sp.</i>	A	A	R	R			A	R	C	C			
<i>Calocyclus virginis</i>							A	R	F				
<i>Cannartus sp</i>							F						
<i>Cyrtocapsella tetrapera</i>	F					C							
<i>Dictyophimus crisiae</i>	A	R	R				C	R					
<i>Dictyocoryne ontongensis</i>		R											
<i>Dorcadospyrus forcipata</i>						R	R	F					
<i>Euchitonia furcata</i>						R	R	F	C	R			
<i>Ommatartus hughesi</i>	C	C						F	R	C			
<i>Ommatartus penultimus</i>		A	R						C				
<i>Satunalis circularis</i>	R	A											
<i>Siphocampe corbula</i>	A	A					C						
<i>Theocorys spngoconum</i>		R						R	R				
<i>Artophormis gracilis</i>	F	C	R			A	A	R					
<i>Carpocanistrum spp.</i>	A	A	R	R		A	A	R	C	R			
<i>Dorcadospyrus aleuchus</i>						R	F						
<i>Dorcadospyrus papilio</i>													
<i>Botryopyle dictyocephalus</i>									R	C	C		
<i>Comutella sp.</i>	A	A					C		C	C	R		
<i>Dorcadospyrus didiceros</i>						R			C				
<i>Calocyclus semipolita</i>		F							C	R			
<i>Cyrtocapsella robusta</i>													
<i>Theocyrts tuberosa</i>		R	R			C		R	R	R			
<i>Calocyclus turns</i>							R	R					
<i>Lithochytris vespertilio</i>							R	C	A	F	R		
<i>Lithocyclus ocellus</i>							R	C	A	F	R		
<i>Lophocyrtis (?) jacchia</i>									C	C	F		
<i>Theocampe mongolfieri</i>		C				F			C	C	F		R
<i>Theocampe pirum</i>		F				R			C	C	F		R
<i>Thyrsocyrtis rhizodon</i>							R	C	F				
<i>Thyrsocyrtis triacantha</i>							R	C	F				
<i>Eusyngium fistuligerum</i>		R					F	F					
<i>Lychnocanoma babylonis</i>									R	R			
<i>Podocyrtis ampla</i>									R	R	R		
<i>Podocyrtis diamesa</i>						R			R	R	R		
<i>Podocyrtis geotheana</i>							F	F					
<i>Podocyrtis mitra</i>							F	F					
<i>Podocyrtis sinuosa</i>		R											
<i>Rhopalocanium ornatum</i>						R							
<i>Thysocyrtis hirsuta tensa</i>		R		R			F	R					

Table 3: Occurrence of biostratigraphically diagnostic radiolarian taxa in the kodos 91-1(station 22 and 24).

Station No.	22										24					
	0	10	30	40	60	80	100	160	240	1	4	10	20	30	40	45
Depth (cm)	G	G	G	G	M	M	M	M	M	G	G	M	M			M
Preservation	G	G	G	G	M	M	M	M	M	G	G	M	M			M
Abundance	A	A	A	A	C	C	C	F	F	A	A	C	R			R
<i>Anthocyrtidium angulare</i>				C						R	C					
<i>Anthocyrtidium</i> spp.	F	F		C						C	C					
<i>Axoprunum angelinum</i>	A	F		F	R	R				C	C					
<i>Calocyclus monumentum</i>	C									C	C					
<i>Collosphaera tuberosa</i>	C	R	R	C						A	A					
<i>Clathrocycloma</i> ? sp	C									C	R					
<i>Cyrtopera</i> (?) sp	C									F						
<i>Lamprocyrtis nigrinae</i>	F	C		C	R					C		R				
<i>Polysolenia spinosa</i>	A	C	F	A						C	F					
<i>Theocorythium t. dianae</i>	R	R		C						C	F					
<i>Artostrobium miralestense</i>	A	A	C	A	F					C	R					
<i>Collosphaera huxleyi</i>		F		C						R	R					
<i>Spongaster teras</i>	A	R	R							R	C					
<i>Theocorythium t. trachelium</i>	R	R		C						C	C					
<i>Theocorythium</i> (?) sp																
<i>Bathropyramis</i> sp		F	R	A	R	R					F					
<i>Collosphaera</i> sp A	A									A						
<i>Lamprocyrtis</i> (?) <i>hannai</i>	R	F	F	C												
<i>Ommatartus tetrathalamus</i>	A	A	C	A	R					A	C					
<i>Pterocanium trilobum</i>		F	R	C	R					C	A					
<i>Pterocanium prismatum</i>	R	R		R						A	R	R				
<i>Pterocanium</i> sp.	F	R	R	F	R					A	C	R	R			
<i>Solenosphaera</i> spp.	C	F	F	C						A	C	C	R	F		
<i>Theocorythium t. vetulum</i>	C	A	F	A	R					C	C	C				
<i>Hexacantium laevigatum</i>	A	A	C	A	C	R	F	R	R	A	C	C				
<i>Dictyocoryne</i> sp.	A	F	R							C	A					
<i>Euchitonia</i> sp.	A	A	A		F	R				A	F	C				
<i>Lamprocyclus maritalis</i>		F	R	A	R					F	A	F				
<i>Lithopera bacca</i>		R		A						C	A	R				
<i>Pyloniid</i> , gen.	A	A	A		F					A	A	C				
<i>Spirocyrtis scalaris</i>	C	C	F	A	R					A	C	F				
<i>Spongocore puella</i>	C	F	F							C	F	C				
<i>Spongodiscid</i> gen et	C	R	C		R					F	C	A		R		
<i>Stylotrochus</i> ? sp	A	A	C		C	R	R			A	C					
<i>Cannartus</i> sp.	F									C						
<i>Cyrtocapsella tetrapera</i>																
<i>Dictiophimus crisiac</i>	C	R	R	C						C	R					
<i>Dorcadospyris forcipata</i>																
<i>Euchitonia furcata</i>		C	A	A	R						C	R				
<i>Liriospyris parkerae</i>																
<i>Ommatartus hughesi</i>	C	F	R	C						F	A					
<i>Ommatartus penultimus</i>		A	C	A	R					A	R					
<i>Satunalis circularis</i>						R										
<i>Siphocampe corbula</i>	A	C	F	A						A	F					
<i>Stichocorys delmontesis</i>													R			
<i>Theocorys spngoconum</i>		F		R	R		R				R	R				
<i>Artophormis gracilis</i>	F	R		R	R		R				R	A				
<i>Carpocanistrum</i> spp.	A	A	C	A	C	R		R		A	A	R				
<i>Botryopyle dictyocephalus</i>		R		R												
<i>Cornutella</i> sp.	A	A	A	A	R					C	C					
<i>Dorcadospyris didiceros</i>		R		R	F	F	F			C	F	C				
<i>Calocyclus semipolita</i>		C	R	C	F	R	F				C	F	R			
<i>Theocyrtis tuberosa</i>		F	R	F	C	R			R		F	R				
<i>Calocyclus turris</i>	R	F								R	C					
<i>Lithochytris vespertilio</i>		R		R							C	C				
<i>Lithocyclus ocellus</i>	F	F	R	F	F	F	R			C	C	R				
<i>Lophocyrtis</i> (?) <i>jacchia</i>		F	R				R									
<i>Theocampe mongolien</i>		A	F	C	C	F	C		R		C	R	F			R
<i>Theocampe pirum</i>		C	R	C	C	C	A		F		C	R	F			R
<i>Thyrsocyrtis rhizodon</i>	R									R	F					
<i>Thyrsocyrtis triacantha</i>	R									F	F	R				R
<i>Cycladophora hispida</i>				R												
<i>Eusyringium fistuligerum</i>	C	C	R	C	F	F	C	R	R	F	F	C	R			
<i>Lychnocanoma babylonis</i>		R		R	R	F	C	R	R			C	F			
<i>Podocyrtis ampla</i>		R		R	R	R	R									
<i>Podocyrtis diamesa</i>		F		F	R	R	F				C	F				R
<i>Podocyrtis geotheana</i>	R	R		R		R		R			C	F				
<i>Podocyrtis mitra</i>										C						
<i>Podocyrtis sinuosa</i>			R								F					
<i>Rhopalocanium ornatum</i>		R				R		R			C					
<i>Thysocyrtis hirsuta tensa</i>		R		R	R	R	R	R			C					
<i>Cannartus violina</i>												R				R

Plate 1

(Magnatification $\times 150$ unless otherwise indicated)

- Figure 1, 2 *Hexacontium laevigatum* Haeckel
- Figure 3 *Polysolenia spinosa* (Haeckel)
- Figure 4 *Collospheara tuberosa* Haeckel
- Figure 5, 6 *Pylaniid, gen. et sp. indet.*
- Figure 7, 8 *Solenosphaera sp.*
- Figure 9,10 *Ommatartus tetrathalamus*
- Figure 11,12 *Spyrids, gen. et sp. indet.*
- Figure 13,14 *Cannartus sp.*
- Figure 15 *Pyloniid, gen. et sp. indet.*
- Figure 16,17 *Euchitonia sp.*

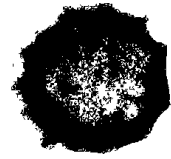
Plate 1



1



2



3



4



5



6



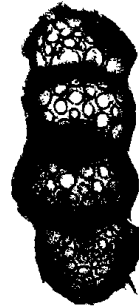
7



8



9



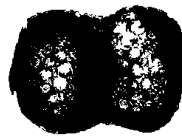
10



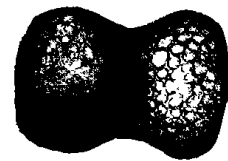
11



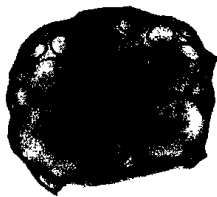
12



13



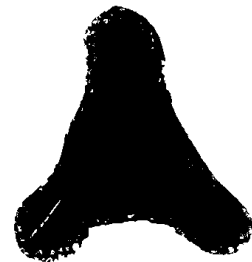
14



15



16



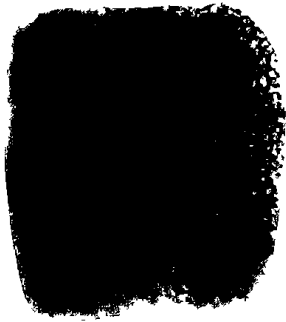
17

Plate 2

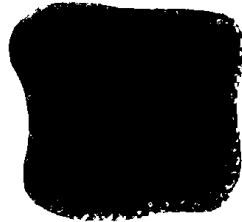
(Magnatification $\times 150$ unless otherwise indicated)

- Figure 1-3 *Spongaster tetras*
- Figure 4, 5 *Euchtonia furcata* Ehrenberg
- Figure 6 *Spongocore puella* Haeckel
- Figure 7, 8 *Pterocanium prismatium*
- Figure 9 *Pterocanium trilobum*
- Figure 10 *Clathrocycloma sp.*
- Figure 11 *Theocampe mongolfieri*
- Figure 12 *Anthocyrtidium sp.*
- Figure 13 *Loposphaena sp.*
- Figure 14 *Botryocella sp.*

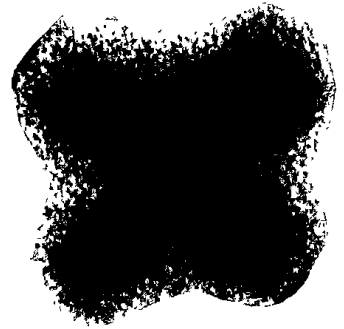
Plate 2



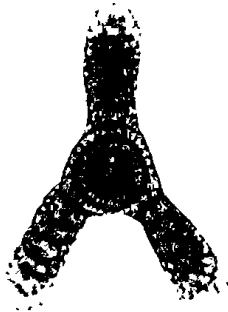
1



2



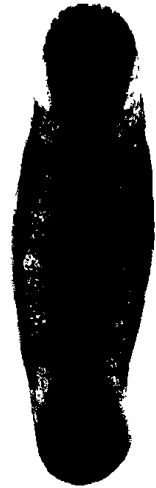
3



4



5



6



7



8



9



10



11



12



13



14

Plate 3

(Magnatification $\times 150$ unless otherwise indicated)

\Figure 1 *Lamprocyclas maritalis* (Haeckel)

Figure 2, 3 *Lamprocyrtis* (?) *hannai*

Figure 4, 5 *Theocorythium vetulum*

Figure 6– 8 *Artostrobium auritum* group

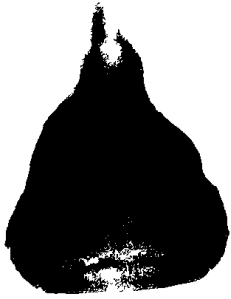
Figure 9–11 *Carpocanistrum* sp.

Figure 12 *Artostrobos annulatus* Haeckel

Figure 13,14 *Bathropyramis* sp.

Figure 15,16 *Dendrospyris* sp.

Plate 3



1



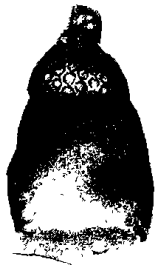
2



3



4



5



6



7



8



9



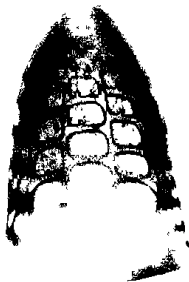
10



11



12



13



14



15



16

Plate 4

(Magnatification $\times 150$ unless otherwise indicated)

- | | | |
|--------|------|---------------------------------|
| Figure | 1 | <i>Lithocampe corbula</i> |
| Figure | 2 | <i>Theocorys edondoensis</i> |
| Figure | 3 | <i>Stylasphaera coronata</i> |
| Figure | 4 | <i>Phormocyrtilis embolum</i> |
| Figure | 5 | <i>Lithocyclia ocellus</i> |
| Figure | 6 | <i>Thysocyrtilis triacantha</i> |
| Figure | 7 | <i>Thysocyrtilis rhizodon</i> |
| Figure | 8 | <i>Lithochytis vespertillo</i> |
| Figure | 9–10 | <i>Podocyrtilis diamesa</i> |
| Figure | 11 | <i>Podocyrtilis sinuosa</i> |
| Figure | 12 | <i>Eusyriugium fistuligerum</i> |
| Figure | 13 | <i>Podocyrtilis geotheana</i> |
| Figure | 14 | <i>Sethochytis babylonis</i> |
| Figure | 15 | <i>Giraffospyris didiceros</i> |
| Figure | 16 | <i>Cyrtopera laguncula</i> |

Plate 4



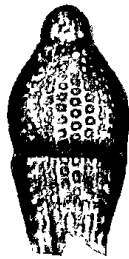
1



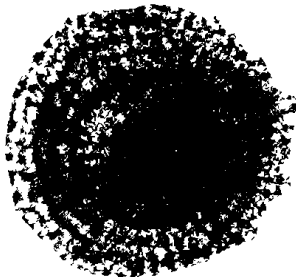
2



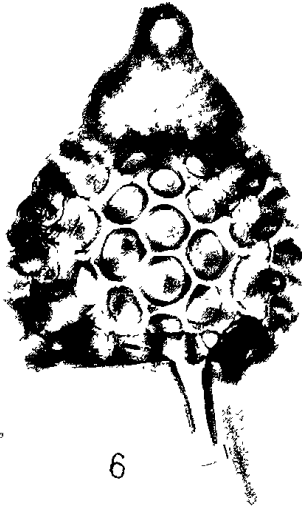
3



4



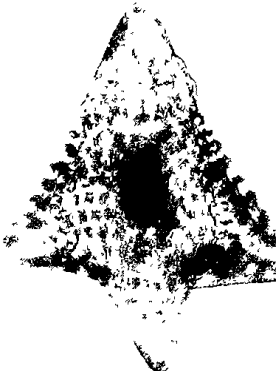
5



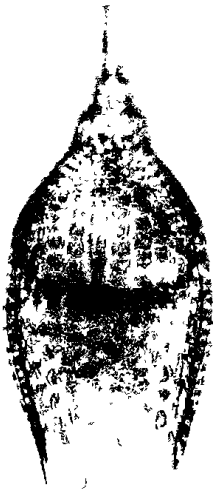
6



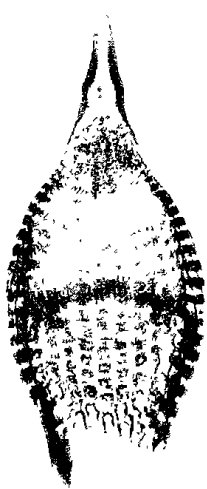
7



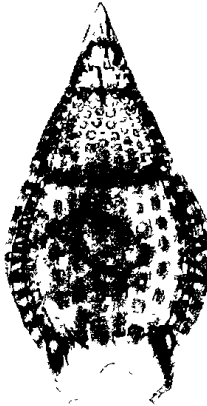
8



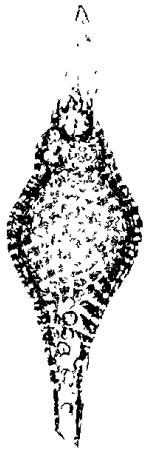
9



10



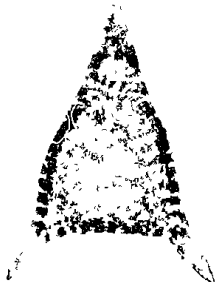
11



12



13



14



15



16

