

BSPE 97664-00-1082-7

**태평양 한국심해연구해역 코어퇴적물을
이용한 고해양환경 특성 연구**

A paleoenvironmental study of the core
sediments in KODOS area

1998. 2.

한 국 해 양 연 구 소

제 출 문

한국해양연구소장 귀하

본 보고서를 “한국심해연구해역 코어퇴적물을 이용한 고해양환경 특성연구”의 보고서로 제출합니다.

1998. 2.

한국해양연구소

연구책임자 : 김 기 현

연구원 : 이 경 용

박 정 기

지 상 범

박 정 희

요 약 문

I. 제 목

한국심해연구해역 코어퇴적물을 이용한 고해양환경 특성 연구

II. 연구개발의 내용 및 결과

본 연구는 '97한국심해연구해역 중 환경연구지역 박스코어퇴적물내 미화석과 자성광물특성을 이용하여 연구지역 주변에서의 고환경 및 퇴적환경특성을 이해하기 위하여 수행되었다.

연구결과 퇴적물내 조립질 자성광물의 주 구성광물은 타이타늄이 함유된 자철석이며, 그 기원은 쇄설성으로 나타났다. 퇴적물색상에 따라서는 상부 준액상층에서는 실리카가 피복된 자성광물이 주로 나타나는 반면에 하부 전이층이하는 상대적으로 순수한 자성광물이 나타났다. 이는 연구지역 퇴적물이 퇴적된 후 낮은 퇴적율로 인하여 해수와 오랜기간 접촉하면서 자성광물 표면에 피복된 실리카가 치환되어 분리된 결과로 사료된다. 자성입자의 자기조직은 최대대자율의 분포가 퇴적면에 수평하고 최소대자율축의 분포는 퇴적면에 수직인 편원형태의 자기엽리구조가 우세하게 분포하고 있는 것으로 나타났다.

미화석 분석결과는 마이오세와 플라이오세 사이에 저층해류에 의한 수차례의 퇴적결층이 있었으며, 제 4기 동안의 퇴적율은 약 0.15~0.5 mm/천년으로 나타났다. 연구해역의 전 코어를 통해 산출되는 방산층들은 난류종이 대부분이어서 퇴적당시 연구지역은 전형적인 열대해역의 환경조건이었던 것으로 해석된다.

SUMMARY

I . Title

A paleoenvironmental study of the core sediments in KODOS area

II . Abstract

The biostratigraphic and rock-magnetic study has been performed to understand the paleoenvironmental characteristic in Korea environmental study area.

The results of SEM and EDX analyses revealed that the magnetic separates are detrital magnetite and usually contained titanium. The magnetic separates in the upper peneliquid layer show (titano) magnetite coated with silica whereas the lower transitional layer show (titano) magnetite. The difference of magnetic separates is attributed by the capability of dissolution as a function of burial time.

The rock-magnetic results (AMS) revealed that the dominantly magnetic fabrics are magnetically foliar types implying that the sedimentation mode is the gravitational settling over the bottom current flow.

The results of micropaleontological analysis revealed that the sediments in the study area are influenced by the intermittently current activity between Miocene to Pliocene age. The sedimentation rate is estimated as 0.15~0.5 mm/kyr during Quaternary. Radiolarians in the study area are mostly warm-water species reflecting a minimum climatic changes in tropical condition.

목 차

요약문	i
목차	iii
표목차	v
그림목차	vi
I. 서 론	1
II. 연구방법	4
II-1. 암석자기	4
II-2. 미화석	5
III. 결과 및 토의	7
III-1. 코어퇴적물	7
III-2. 대자율이방성	8
III-3. 주사전자현미경 관찰결과	12
III-4. 층서연구	12
III-4-1. <i>Collosphaera inviginata</i> 의 최초출현시기에 의한 연령측정	13
III-4-2. <i>Collosphaera</i> sp. A에 의한 연령측정	13
III-4-3. <i>Collosphaera tuberosa</i> 의 최초출현시기에 의한 연령측정	14
III-4-4. 그외 종들에 의한 연령측정	15
III-5. 환경연구	16
III-5-1. 퇴적환경 연구	16
III-5-2. 고해양환경 연구	17
IV. 결 론	18
참고문헌	20

CONTENTS

SUMMARY	ii
CONTENTS	iv
LIST OF TABLE	v
LIST OF FIGURE	vi
I . INTRODUCTION	1
II . METHODS	4
II-1. Rock-magnetism	4
II-2. Micropaleontology	5
III. RESTULTS AND DISCUSSION	7
III-1. Core sediments	7
III-2. Anisotropy of magnetic susceptibility	8
III-3. SEM	12
III-4. Biostratigraphy	12
III-4-1. F.A.D. of the <i>Collosphaera inviginata</i>	13
III-4-2. <i>Collosphaera</i> sp. A	13
III-4-3. F.A.D. of the <i>Collosphaera tuberosa</i>	14
III-4-4. Tertiary fossils	15
III-5. Paleoenvironment	16
III-5-1. Sedimentary environment	16
III-5-2. Paleoceanography	17
IV. CONCLUSIONS	18
References	20

표 목 차

(List of Tables)

Table III-1. The downcore variation of AMS factors in each core	25
Table III-2. Stratigraphic ranges of radiolarian species which occur in study area	27
Table III-3. Occurrence of radiolarians in each station of the study area	30

그림 목 차

(List of Figures)

Fig. II-1. Sediment samples for radiolarian fauna analysis in the P (preservation) Zone	36
Fig. II-2. Sediment samples for radiolarian fauna analysis in the I (impact) Zone	37
Fig. III-1. Sediment sample Of the KODOS 97 (St. I-15)	38
Fig. III-2. The directional distribution of kmax and kmin axis in core 01	39
Fig. III-3. The directional distribution of kmax and kmin axis in core 03	40
Fig. III-4. The directional distribution of kmax and kmin axis in core 05	41
Fig. III-5. The directional distribution of kmax and kmin axis in core 07	42
Fig. III-6. The directional distribution of kmax and kmin axis in core 13	43
Fig. III-7. The vertical profile of q, h, and Fs parameter in core 01	44
Fig. III-8. The vertical profile of q, h, and Fs parameter in core 03	45

Fig. III-9. The vertical profile of q, h, and Fs parameter in core 05	46
Fig. III-10. The vertical profile of q, h, and Fs parameter in core 07	47
Fig. III-11. The vertical profile of q, h, and Fs parameter in core 13	48
Fig. III-12. The results of SEM and EDX analysis of extracted magnetic minerals (core 01, transitional layer 6.2 cm)	49
Fig. III-13. The results of SEM and EDX analysis of extracted magnetic minerals (core 01, historical layer 23.7 cm, Ⓐ titanomagnetite, Ⓑ magnetite)	50
Fig. III-14. Plate of radiolarian species	51
Fig. III-15. Plate of radiolarian species	53
Fig. III-16. Summary of radiolarian zonation, radiolarian events, and paleomagnetic stratigraphy for the Quaternary	55

1. 서론

지난 수십년동안 심해저에서 획득된 퇴적물의 연령을 추정하고 지역간의 대비를 위해 여러 가지 총서학적인 분야들이 개발되어왔다. 그중 가장 광범위하게 적용되는 것이 미화석을 이용한 생총서(Berggren, 1978; Riedel and Sanfilippo, 1978) 와 고지자기를 이용한 자기총서 (Opdyke et al., 1974; Theyer et al., 1978), stable isotope 총서 (Shackleton and Opdyke, 1973) 이다. 위 세 방법중 생총서의 경우는 신생대 전반에 걸쳐 가장 일반적으로 적용될 수 있는데 동위원소 총서는 플라이스토세 기간 중에만 유용하게 사용되어 지고 (Shackleton and Opdyke, 1976), 지자기 총서는 시추하는 동안의 퇴적물 교란과 코어의 불연속적인 획득 등의 이유로 인해 때로 심해저 시추시료에 이용하기 어려울 때도 있고 자연잔류자화가 불안정적인 지역에서는 적용하기 힘들다 (Kent and Lowrie, 1974; Jonnson et al., 1975). 그러나 최근에 와서는 시간총서학적인 연구외에도 자성광물에 대한 암석자기적 특성과 광물학적 특성을 이용하여 심해 고퇴적환경을 이해할 수 있는 방법들이 많아 제시되었으며, 퇴적깊이에 따른 고해류의 방향 추정, 저층류 영향정도에 따른 고기후변화와의 상관관계 등을 이해하는데 중요한 결과를 제시하였다.

일반적으로 퇴적물에 대한 지자기 연구는 주로 퇴적당시 자성광물의 방향성분을 통한 지자기장의 변화를 이용하여 자기총서를 확립하는데 많은 관심이 모아졌으며 지자기의 역전현상은 동위원소와 미고생물연구와 함께 퇴적시기를 규명하는데 매우 중요한 접근방법으로 인식되었다. 미고생물연구는 특히, 생물군들의 생성이나 절멸은 동시대적인 것이 많기 때문에 이를 이용한 광역적 대비가 유

용하다 (Haq et al., 1980; Backman and Shackleton, 1983).

본 연구해역에 포함되어 있는 동적도 태평양 클리리온-클리퍼튼 지역 (C-C 지역)은 해저산 등에 의해 수 Km 이내의 좁은 지역에서도 기복이 심한 해저면 지형이 보고되며 퇴적을 또한 국부적으로 변화가 크게 나타난다 (Johnson and Johnson, 1970). 또한 지질학자들이 오랫동안 심해저 퇴적물은 교란받지 않고 조용한 환경에서 차례대로 쌓인다고 생각해 왔던 것과는 달리 지구물리학적 자료나 해저사진, 코어퇴적물의 연구 등에 의하면 심해 퇴적물은 일정하게 쌓이지 않고 교란을 많이 받고 있으며 지역적으로 일시적 (episodic)인 퇴적현상이 빈번하게 관찰된다 (Moore, 1970). 이처럼 지역적으로 퇴적양상이 다양하고 생물교란과 저층해류에 의한 퇴적물의 재퇴적 작용이 활발한 심해지역 퇴적물 내에서의 미화석의 변화는 복잡한 심해퇴적물의 퇴적작용을 이해하는데 매우 유용한 매체로서 널리 이용되고 있다. 또한, 퇴적물내 자성광물의 암석자기적, 광물학적 특성에 대한 연구는 여러지역에서 퇴적환경을 이해하는데 많이 이용되어왔다. 그 이유는 자성광물의 기원, 입도 및 함량변화등이 퇴적작용과 고해양학적인 정보를 제공할 뿐만 아니라 퇴적층을 형성하면서 퇴적층내 지화학적인 변화에 대해 실마리를 제공할 수 있기 때문이다. 본 조사에서도 매우 낮은 퇴적율을 보이는 97한국심해 연구해역에서 나타나는 자성광물의 자기특성과 광물학적인 특성이 어떠한 요인에 의해 지배되었는가는 조사지역의 퇴적환경을 이해하는데 미화석 연구결과와 더불어 매우 중요한 퇴적환경적 의미를 갖는다.

따라서 본 연구는 C-C지역내 97 한국심해연구해역에서 채취한 퇴적물 중에서 전 코어를 통해 풍부하게 산출되는 방산층 군집을 주요 연구대상으로 하여 조사 지역의 퇴적층서 및 퇴적 환경을 유추하여 본 지역의 생층서와 고환경을

밝히는데 목적이 있다. 또한 C-C지역내의 퇴적물에서 관찰되는 뚜렷한 색상변화와 방산층 산출양상과의 관계를 밝히고자 한다. 퇴적물의 자기특성적으로는 기존의 연구에서 조사지역의 퇴적환경특성은 고해양학적, 퇴적학적, 지화학적으로 상당히 정립되어 있지만 퇴적물내 자성광물에 대한 자기적, 광물학적 연구는 거의 이루어지지 않았기 때문에 자기특성을 이용하여 퇴적물내 자성광물의 특성, 기원과 퇴적후, 변화양상을 이해하므로서 조사지역의 퇴적환경에 대한 기초자료를 제공하는 데 있다.

II . 연구방법

II -1. 암석자기

퇴적물의 자기특성 및 자성광물에 대한 현미경 관찰을 위해 97한국심해 연구해역에서 채취한 5개 박스코어 시료 (코어 01, 03, 05, 07과 13)를 선별 해서 이용하였다. 시료채취는 실험실에서 시료를 절개한 후, 8 ∞ 비자성 아 크릴박스로 퇴적깊이에 따라 연속으로 채취하였다. 채취한 시료는 시료보관 중에 탈수에 의한 산화방지를 위해 완전히 밀봉한 후, 저온상태로 보관하였다.

퇴적물의 대지율이방성은 Bartington사의 대지율측정기와 Morris Magnetics Inc.에서 개발한 프로그램을 이용하여 3축방향에 대한 대지율 값을 반복 측정하였다.

현미경 관찰을 위한 자성광물은 색상변화에 따라 최상부층인 peniliquid layer (코어 01, 1.2 ~ 3.7 cm), transitional layer (코어 01, 6.2 cm)과 historical layer (코어 01, 23.7 cm)에서 추출하였으며, 규질퇴적물내 시료는 코어 13의 16.2 cm시료를 이용하였다. 시료추출은 순환식 펌프 (peristaltic pump)를 이용하여 시료를 순환시키면서 자성광물이 순환기 하부에 설치한 supermagnet 부착면에 시료가 흡착되도록하는 방식을 사용하여 추출하였다. 추출된 시료는 슬라이드에 부착시킨 후, 해양연구소가 보유하고 있는 Philips 사 제품의 주사전자현미경 (Scanning Electron Microscope: SEM)을 이용하였다. 추출시료의 광물판별을 위해서 주사전자현미경과 연결되어있는 EDX

(Energy Dispersive X-ray)를 이용하여 자성광물에 대한 광물판별을 수행하였다.

II -2. 미화석

KODOS-97 지역의 환경보존구역과 환경충격지역에서 채취된 시료중 지형에 따른 퇴적양상의 변화를 보기 위해 상부지역과 경사진 지역, 하부지역의 정점을 선정하여 방산총을 분석하였다 (Fig. 2-1 and 2-2).

방산총 분석을 위해 채취된 주상시료 중 비교, 분석이 가능한 정점을 선정하여 일정 간격으로 시료를 취했으며 Sanfilippo 등 (1985)의 방법을 약간 수정하여 방산총 화석을 채취하였다. 먼저 약 10 g의 퇴적물 시료를 250 ml 비커에 넣고 약 150 ml의 10% 과산화수소수 (H_2O_2)를 첨가하여 유기물을 제거시켰다. 이 과정으로 퇴적물이 충분히 분해되지 않았으면 0.02% Sodium Pyrophosphate를 첨가하여 약하게 가열하여 유기물을 완전히 제거후 60 μm 의 체로 걸러서 과산화수소수 성분을 제거시킨 후, 남은 시료에 다시 10% 염산 (HCl)을 첨가하여 약 3시간 가량 가열하여 탄산칼슘 성분을 제거하였다. 화학처리가 끝난 시료는 증류수로 3회 이상 세척했고 이때 시료가 충분히 침전하도록 15분 이상을 방치하였다. 60 μm 의 체를 이용하여 한번 더 거른 후 방산총이 포함된 잔류물을 채취하여 10 ml의 용기에 약 5 ml의 증류수와 함께 담고 일회용 피펫을 사용하여 용기로부터 0.1-0.2 ml 정도의 시료를 취하여 76×26 mm 슬라이드 위에 떨어뜨려 골고루 퍼뜨린 후 약 20 °의 가열판 위에 올려놓고 건조시킨 다음 Xylene을 한 두 방울 첨가시켜 화석속의 공기를 제거하였다. 적당량의 캐나다 발삼 (Canada

Balsam)을 건조된 슬라이드 글라스 위에 첨가시킨 후 기포가 생기지 않도록 주의하면서 22×40 mm 덮개유리를 덮어서 슬라이드를 제작했다. 완성된 슬라이드는 약 2주 가량 저온 (약 60 ℃)의 건조로 에서 건조시켰다. 각 박편은 종들의 형태학적 변화, 군집의 보존상태 등을 분석하기 위해 Zeiss photomicroscope를 이용하여 관찰하였다. 2/30이상 보존된 것은 1개체로 보았다.

Ⅲ. 결과 및 토의

Ⅲ-1. 코어퇴적물

시료채취는 환경연구지역인 B2지역에서 채취한 박스코어시료를 이용하였으며, 박스코어시료는 한국심해연구해역에서 가장 일반적으로 나타나는 퇴적상의 특징을 나타내고 있다 (Fig. 3-1).

Figure 3-1에서 보는 바와같이 일반적으로 0cm~10cm 퇴적깊이까지는 최상부 퇴적층으로서 균질한 갈색의 색상을 보이며, 함수량이 높게 나타난다. 최상부 갈색 퇴적층과 하부 암갈색 퇴적층사이의 전이적인 형태를 보이는 연갈색 퇴적층은 색상, 퇴적물의 압밀정도와 생층서교란등에 의해 퇴적층간에 경계가 모호한 경우, 3개층의 경계가 매우 뚜렷하게 인지되는 경우, 생층서 교란흔적이 뚜렷하지 않고 퇴적물의 색상이 점차 암갈색화되는 경우와 층의 구분이 전혀 인지되지 않는 경우, 생층서교란에 의한 재퇴적구조와 같이 다양한 형태로 나타난다. 본 조사시료에 대한 육안분석에 의하면 최상부 갈색층과 하부 암갈색 퇴적층사이에 연갈색의 박층 (thin layer)에 의해 그 경계가 구분되는 시료 (코어 01), 하부로 가면서 연갈색-갈색-암갈색으로 층간의 구분이 뚜렷한 시료 (코어 03과 05), 전이층이 나타나지 않는 시료 (코어 07)과 최상부 갈색층과 전이층이 전층에 걸쳐 광범위하게 나타나는 시료 (코어 13)로 구분된다.

퇴적층에서 나타나는 생층서교란흔적은 대부분 색상경계면 부근에서 Planolites가 인지되고 함수율이 비교적 높은 상부층에서는 Chondrites가 나타난다. 특히, 전이층이 인지되지 않거나 그 경계가 뚜렷하지 않은 시료에서는 보존

도가 양호한 Zoophycos가 나타나며, burrow nuclei는 하부 암갈색 퇴적물로 충전되거나 망간산화물이 흡착되어 나타난다. 그 주변은 연갈색 또는 연노란색의 halo가 나타난다. 일반적으로 최상부층과 전이층은 심하게 얼룩져서 나타난다. 암갈색의 하부퇴적층에서는 주로 단순한 형태의 생충서교란흔적이 나타나지만 그 출현빈도는 매우 적다. 이러한 생충서교란 흔적은 주로 저해류에 의한 유기물의 공급, 수층내 유기물양, 퇴적물내 유기물 공급정도와 같이 저서생물의 서식을 좌우하는 퇴적당시 또는 퇴적후 환경특성을 지시하기 때문에 코어들간에 생충서교란양상의 차이는 퇴적물, 지화학적인 평형상태가 서로 상이한 조건하에 있었음을 시사한다 (Ekdale et al., 1984; Halbach et al., 1988).

III -2. 대지율이방성(anisotropy of magnetic susceptibility)

퇴적물 육안분석에서 관찰한 결과는 조사지역 퇴적물이 주로 생물기원의 규질퇴적물과 심해점토질로 구성되었음을 보여주며, 퇴적물의 색상, 전단응력과 조성상의 특성에 따라서 mixed layer (peneliquid layer), transitional layer과 historical layer와 같이 3개 퇴적단위가 인지되며 때로는 최상부층에서 historical 층으로 이어지는 2개 퇴적단위로 나타난다. 퇴적물내 생충서교란흔적은 주로 최상부 균질한 갈색퇴적층이하에서 다양하게 나타나며, 하부 암갈색 퇴적층에서는 그 출현빈도가 매우 적어지는 대신에 환형 또는 Zoophycos가 뚜렷하고 단순한 형태로 나타난다. 퇴적층내 생물학적, 지질공학적, 광물학적 특성상의 변화는 퇴적당시 환경이 어떠한 조건하에 있었는가를 이해할 수 있는 요인들이다. 이와같은 조사지역 퇴적층내 퇴적상의 변이는 상·하층간에 퇴적물의 기원, 저서생물의 서식환경

변화등 서로 상이한 퇴적환경특성을 갖고 있었음을 시사한다. 퇴적환경 차이는 주로 퇴적당시 여러요인에 의해 발생한 저층류와 같은 에너지 상태차이와 이에 따른 유기물의 분포와 저서생물의 활동정도에 의해 야기된다.

대자율이방성 측정결과에 의하면 퇴적물내 자성광물의 최대대자율 (k_{max})축의 방향분포는 5개 박스코어 모두 퇴적면에 수평한 분포양상을 보이며, 최소대자율 (k_{min})축의 방향은 퇴적면에 수직인 편원형태 (oblate)의 1차 퇴적구조를 보여준다 (Table 3-1, Fig. 3-2~ 3-6). 이러한 자기엽리구조 (magnetic foliation)가 퇴적층 전반에 걸쳐 나타난다는 것은 조사지역 40cm이내 퇴적물이 퇴적당시 상당히 안정된 퇴적환경하에 있었음을 시사한다. 그러나 Table 3-1에서와 같이 갈색의 최상부층은 대자율의 강도가 매우 낮게 나타나지만 자기입자는 해류영향에 의한 자기선구조 (magnetic lineation)인 편장한 형태 (prolate)로 나타난다. 대자율값이 낮게 나타나는 이유는 퇴적물의 기원이 암석기원이 아니라 주로 탄산질 또는 규질성 생물기원 퇴적물인 경우에 해당되며, 준액상층 (peneliquid layer)으로서 높은 함수율에 의한 입자의 교란으로 대자율의 방향성분이 분산된 결과로 해석된다.

형태변수 (q)와 이방성 크기변수 (h)는 주로 퇴적당시 자성입자의 조직이 어떠한 조건에 의해 좌우되었는가를 판별할 수 있는 매개변수로서 각각의 관계식은 다음과 같다.

$$q = (k_{max} - k_{int}) / \{(k_{max} + k_{min})/2 - k_{min}\} \text{ (Granar, 1958)}$$

$$h = (k_{max} - k_{int}) / \{(k_{max} + k_{int} + k_{min})/3\} \times 100 \text{ (Hroudá, 1982)}$$

형태변수는 순수한 자기엽리구조 (0)에서 순수한 자기선구조 (2)의 범위를 가

지며, 일반적으로 입자조직이 변하는 임계값은 0.67이다 (Hamilton, 1970; Kent and Lowrie, 1975; deMenocal, 1986). 이방성 크기변수는 자기적으로 등방성 (isotropic configuration)일 때는 0의 값을 가지며, 심해퇴적물에서 크기변수값이 증가는 주로 저층류의 강도증가에 비례한다 (Auffret et al., 1981).

Figure 3-7에서부터 3-11은 코어별 퇴적깊이에 따른 매개변수값의 변화양상을 도시한 것이다. 퇴적깊이에 따른 코어 이의 형태변수 변화양상은 전반적으로 자기엽리구조가 우세하다. 색상경계면에서 뚜렷한 변화양상은 인지되지 않는다 (Table 3-1, Fig. 3-8). 그러나 18.7, 21.1와 26.2cm에서 자기선구조를 보이는데 퇴적층내 자기선구조가 나타나는 구간에서 뚜렷한 생층서교란이 나타나지 않는 것은 2차 퇴적구조로 야기된 것이 아님을 시사하며, 따라서 18 cm이하에서 나타나는 입자의 조직변화는 단기간에 국부적으로 작용한 저층류에 의한 영향의 가능성을 시사한다. 코어 05는 0~21cm까지는 0.67이하의 자기엽리구조 (magnetic foliation)가 나타나며, 그 이하에서 자기선구조 (magnetic lineation)가 나타난다 (Fig. 3-9). 코어 03, 07과 13은 전 구간에서 자기엽리구조를 보여주는데, 코어 07은 생층서교란에 의한 입자교란에 의한 결과로 낮게 나타나는 것으로 사료된다 (Fig. 3-8, 3-10와 3-11).

코어 이에서 이방성 크기변수의 변화양상은 최상부층에서 높게 나타나는 것은 함수율에 의한 미고화퇴적물의 입자교란에 의한 것으로 사료되며, 하부층으로 가면서 4~6%내외로 감소하다가 36cm이하에서 다소 증가 (7%이상)하는 양상을 보인다. 코어 03은 최상부층을 제외하고 색상변화에 따른 뚜렷한 변화는 인지되지 않는다. 코어 05는 색상경계면이후로 급격히 감소하고 생층서교란층 (12~15cm)이하에서 일시적으로 증가하는 양상을 보인다 (Fig. 3-9). 코어 07의 이방성

크기변수는 10%에서 4%내외의 범위로 퇴적심도에 따라 점차 감소하는 양상을 보인다. 코어 13의 이방성 크기변수는 전반적으로 높게 나타나는데 이것은 주 구성퇴적물이 생물기원의 규질퇴적물로 구성되어있기 때문에 상대적으로 낮은 대지울값을 갖고 이에따라 대지울축의 방향성분이 정확히 퇴적환경을 지시하지 못하는 것으로 사료된다.

입자배열변수 (F_s)는 주로 저층류에 의해 야기된 고해류의 이동방향과 강도를 밝히는데 이용되었다 (Ellwood and Ledbetter, 1979; Flood et al., 1985). 이러한 배열변수값의 변화는 주로 최대대지울축의 배열정도에 따라 좌우되며 관계식은 다음과 같다.

$$F_s = k_{\max}^2 / (k_{\text{int}}^2 \times k_{\min}^2)^{0.5}$$

대부분 코어들의 배열변수값은 최상부 교란층을 제외하고 1.10이하의 낮은 값을 보여주고 있다 (Fig. 3-7~3-11). 또한, 색상경계면에서 변화양상도 뚜렷하지 않다. 심해환경에서 배열변화를 좌우하는 요인은 저층류영향 뿐만 아니라 생층서 교란과 입도등에 의해 크게 좌우된다. 본 조사에서 배열변수의 변화양상은 색상 변화 및 형태변수와 뚜렷한 상관관계를 보이지 않는다. 이와같은 현상은 조사지역 퇴적물이 저층류영향외에 다른요인에 의해 입자의 특성이 좌우됨을 간접적으로 시사하고 있다.

III -3. 주사전자현미경 관찰결과

추출한 자성광물이 퇴적물에 모든 입도범위의 자성광물을 나타내는 것은 아니지만 $10\mu\text{m}$ 이하의 입도를 갖는 자성광물 가운데 주 구성광물은 타이타늄을 함유하고 있는 타이타노 마그네타이트 (titanomagnetite)이다 (Fig. 3-12~3-13). 현미경상에서 나타나는 외형은 각진 형태 (angular type)의 쇄설성 (clastic) 마그네타이트가 주로 나타난다. 조립질 마그네타이트의 표면은 이동되는동안 침식작용을 받았거나 마모된 흔적을 보여준다 (Fig. 3-12). Figure 3-13에서 나타나는 바와 같이 일부 조립질 자성광물은 Table면이 실리카에의해 피복되어 나타나기도 한다. 추출된 자성광물의 외형은 퇴적물의 색상과 깊이에 따라서 뚜렷하게 변화하는 양상을 보이지는 않지만 상부층에서 나타나는 자성광물의 표면이 하부층보다 전반적으로 마모되고 침식영향을 받은 흔적이 뚜렷하다. 이와같은 결과는 조사지역 퇴적물내 자성광물이 여러 매개체로 이동된 육성기원임을 지시한다.

III -4. 층서연구

C-C지역 내의 97 한국심해연구해역 (KODOS-97)에서 채취된 퇴적물은 색상 변화에 의해 갈색을 띠는 상부 퇴적층 (Unit I)과 연한 갈색을 띠는 중간 퇴적층 (Unit II), 그리고 흑갈색을 띠는 하부 퇴적층 (Unit III)으로 구성되어 있다. 퇴적물 내에는 정점에 따른 차이는 있으나 중기 에오세부터 제 4기까지의 시대 구분이 가능한 방산층이 200 종 이상 산출되었다. 출현종중 층서적으로 주요한 종의 지질연대 범위는 Table 3-2에 나타냈고 사진촬영 하였다 (Fig. 3-14~3-15).

분석한 모든 주상시료 퇴적물 내에서는 생물교란 작용이나 저층해류에 의한 퇴적물의 재동작용에 의해 4기종과 3기종들이 혼합된 상태로 산출되었다.

III -4-1. *Collosphaera invaginata* 의 최초 출현시기에 의한 연령측정

Johnson & Knoll (1975)은 *Collosphaera invaginata*의 최초출현을 약 0.21 Ma 로 보고하였고 Cault (1979)는 약 0.2 Ma, 그리고 Johnson et al (1989)는 약 0.17 Ma 로 보고하였다. 이는 Nigrini (1971) 의 Zone 1 (*C. invaginata* Zone)의 기저에 해당하고 전세계적으로 인정되는 동시기적인 사건 (event)이다. 본 지역에서는 각 정점에 따라 일정치는 않으나 *C. invaginata*가 2-8 cm 구간에서 관찰된다 (Table 3-3). 그러나 *C. invaginata*는 골격이 아주 약해 퇴적후 쉽게 용해되어 관찰되지 않는 단점이 있기 때문에 이 한종만으로 Zone을 나누기에는 타당성이 부족하다.

III -4-2. *Collosphaera* sp.A에 의한 연령측정

Knoll & Johnson (1975)는 동태평양 시료에서 관찰결과 *Collosphaera* sp. A가 형태적인 변이를 거치면서 *C. invaginata*로 진화했으며 변이의 연령은 고지자기 자료와 비교해본 결과 약 $210,000 \pm 20,000$ yr.으로 보고했다. 이 결과에 의해 진화적으로 안정이 되고 시대적 표준화석이 드문 제 4 기의 생층서를 좀더 세분화 할 수 있는 기준을 마련해 주었으며, 4기의 대표적 표준화석종의 하나인 *C. invaginata*가 산출빈도가 낮고 보존이 나빠 화석에서 드물게 나타남으로 인해 발

생되는 총서적인 문제를 해결하는데 도움을 주었다. 그들의 연구결과에 의하면 *C. invaginata*가 산출되지 않는 퇴적층에서 *C. tuberosa*만 관찰되면 *C. invaginata* Zone이고 *C. tuberosa*와 *C. sp. A* 두종 모두 산출되면 *C. tuberosa* Zone으로 분류된다. 위 결과에 의하면 KODOS-97지역에서는 정점에 따라 다르지만 2-10 cm까지 *C. invaginata* Zone에 속하는 퇴적층으로 약 0.21 Ma보다 오래되지 않은 층이고 Unit I 이 이에 해당한다 (Table 3-3, Fig. 3-16).

III -4-3. *Collosphaera tuberosa*의 최초출현시기에 의한 연령측정

Johnson & Knoll (1975)은 *C. tuberosa*의 최초출현을 약 0.37 Ma로 보고하였고 Johnson et al. (1989)는 0.58 Ma, Cault (1979)는 약 0.65 Ma로 보고하였다. 이는 *Stylatractus universus* Zone의 기저에 해당하고 전세계적으로 동시기적인 사건이다. 본 연구시료에서 *C. tuberosa*는 16-36 cm 사이에서 최초출현이 관찰되고 이는 모두 Unit II의 중간이거나 기저부분이다. *C. tuberosa* Zone에 한정되어 산출되는 *Sphaerozoum punctatum*, *Polysolenia lappacea* 등도 Unit II의 중간정도 깊이에서 최초출현이 관찰된다. 정점에 따라 Unit II의 중간보다 깊은 곳에서 *C. tuberosa*가 관찰되지 않은 것은 용해에 의한 결과로 보인다. 만일 용해에 의한 결과가 아니라 이 깊이 이하의 퇴적층이 *C. tuberosa*의 출현시기 이전에 퇴적된 것이라면 *C. tuberosa*가 출현된 이후 절멸하는 *S. universus*가 산출되어야 하는데 그렇지 않기 때문에 Unit II는 *S. universus*가 절멸하는 시기인 0.42 Ma보다 젊은 층으로 *C. tuberosa* Zone에 속한다 (Table 3-3, Fig. 3-16).

III -4-4. 그 외 종들에 의한 연령측정

본 연구지역에서는 퇴적물의 상부에서도 플라이오세종인 *Lychnocanoma grande*와 마이오세에서 플라이오세까지 산출되는 *Phormostichoartus doliolum*과 *Calocycletta caepa*, 마이오세의 대표적인 속인 *Calocycletta*속들에 속하는 종들, 올리고세에서 마이오세 까지 산출되는 *Artostrobus pretabulatus*, *Botryopyle dictyocephalis*, *Theocyrtis annosa*, *Didymocyrtis prismatica*, 후기 에오세에서 올리고세 기간중 산출되는 *Theocyrtis tuberosa* 등이 소량으로 그리고 간헐적으로 산출된다. 이들은 대부분 조각이거나 보존상태가 불량해 생물교란작용에 의해 하부의 오래된 종들이 상부로 유입되었거나 인접 지역의 오래된 퇴적물이 저층해류에 의해 운반되어 제4기 퇴적물과 혼합되어진 것으로 보인다.

본 연구지역의 Unit III 층에서는 화석이 거의 산출되며 않으며 드물게 내부가 퇴적물로 충전된 3기종의 조각이나 *spyrids*속들, *Calocycletta*속들의 머리(cephalis)부분 등 용해에 강한 종의 조각들만 몇 개체 관찰된다. 따라서 Unit III 층의 연령을 정확히 추정하기는 어려우나 위에서 언급한 종들이 하부층(Unit III)에서 유입되었다는 가정이 타당하다면 Unit III는 후기 에오세 보다는 오래되지 않은 3기층으로 추정된다.

III -4-4. 그 외 종들에 의한 연령측정

본 연구지역에서는 퇴적물의 상부에서도 플라이오세종인 *Lychnocanoma grande*와 마이오세에서 플라이오세까지 산출되는 *Phormostichoartus doliolum*과 *Calocycletta caepa*, 마이오세의 대표적인 속인 *Calocycletta*속들에 속하는 종들, 올리고세에서 마이오세 까지 산출되는 *Artostrobus pretabulatus*, *Botryopyle dictyocephalis*, *Theocyrtis annosa*, *Didymocyrtis prismatica*, 후기 에오세에서 올리고세 기간중 산출되는 *Theocyrtis tuberosa* 등이 소량으로 그리고 간헐적으로 산출된다. 이들은 대부분 조각이거나 보존상태가 불량해 생물교란작용에 의해 하부의 오래된 종들이 상부로 유입되었거나 인접 지역의 오래된 퇴적물이 저층해류에 의해 운반되어 제4기 퇴적물과 혼합되어진 것으로 보인다.

본 연구지역의 Unit III 층에서는 화석이 거의 산출되며 않으며 드물게 내부가 퇴적물로 충전된 3기종의 조각이나 *spyrids*속들, *Calocycletta*속들의 머리(cephalis)부분 등 용해에 강한 종의 조각들만 몇 개체 관찰된다. 따라서 Unit III 층의 연령을 정확히 추정하기는 어려우나 위에서 언급한 종들이 하부층(Unit III)에서 유입되었다는 가정이 타당하다면 Unit III는 후기 에오세 보다는 오래되지 않은 3기층으로 추정된다.

III -5. 환경 연구

III -5-1. 퇴적환경 연구

KODOS-97지역은 대부분의 정점에서 전 퇴적물 깊이를 통해 플라이오세에만 한정되어 산출되는 종들이 극히 드물게 관찰되고 정점에 따라서는 전혀 산출되지 않은 곳도 있으며 몇 정점에서 마이오세에서 플라이오세를 걸쳐 산출되는 종 또는 마이오세 종이 관찰되지 않아 마이오세와 플라이오세 사이에 수차례의 퇴적결층이 있었음을 시사한다.

심해에서 퇴적결층은 저층해류에 의한 침식 또는 용해나 표면 생산력의 저하로 인해 퇴적이 이루어지지 않은 것이 원인으로 작용하는데 (van Andel et al., 1975) 본 연구지역의 퇴적결층은 저층해류에 의한 퇴적물의 침식 또는 재동작용에 의해 형성된 것으로 보여진다. 마이오세 중기에서 플라이오세 동안에 강화된 남극저층해류의 흐름 (Johnson, 1972; Savin et al., 1975; Halbach et al., 1988)에 의해 북동 태평양에서 제3기와 제4기 사이에 퇴적결층이 보고된다 (Johnson, 1972; van Andel et al., 1975; von Stackelberg, 1982). 북동태평양 C-C지역내 DOMES (Deep Ocean Mining and Environmental Study) site A 지역의 상부 연한 갈색 퇴적층에서는 제4기 방산층이 주로 산출되고 하부의 흑갈색 퇴적층에서는 거의 대부분 제3기종만 나타나 상부 퇴적층은 제4기, 하부퇴적층은 제3기로 해석되었고 (Piper and Blueford, 1982) WAHINE 지역 역시 갈색의 상부는 제4기 흑갈색의 하부는 제3기 퇴적층으로, 상하부 사이의 퇴적결층은 제3기말 강화된 저층해류에 의한 것으로 보고되었다 (Moore, Jr., 1970; Johnson, 1972). KODOS-97

지역에서 퇴적결층의 시기가 각 정점마다 일정치 않은 것은 아마도 심해저의 지형적인 영향에 의한 것으로 추측되는데 심해저에서 저층해류에 의해 이동되어진 퇴적물은 주로 언덕보다는 언덕사이의 움푹한 지역에 쌓인다고 보고되고 있다 (Johnson and Johnson, 1970).

본 연구에서도 언덕부분에 해당하는 정점 25에서 *C. invaginata* Zone이 아주 짧게 나타나 이 지역에서 퇴적물의 퇴적이 방해받고 있음을 보여준다.

본 연구지역의 *C. invaginata* Zone을 기준으로 하여 제 4 기 동안의 퇴적율을 계산해 보면 약 0.15-0.5 mm/1000 YR 이다.

III -5-2. 고해양환경 연구

본 연구해역의 전 코어에서 산출되는 방산충 군집은 *Euchitonina elegance*, *Pnartus tetrathalamus tetrathlamus*, *Eucyrtidium hexagonatum*, *Spongogaster tetras tetras*, *Laprocyclas maritalis polypora*, *Theocorythium trachelium trachelium* 등 주로 열대 종들이거나 광역분포종이고 한대 종들은 관찰되지 않았다. 규편모류도 전형적인 난류나 온난 수괴의 서식특성을 보이는 것으로 알려진 *Dictyochoa* 속에 해당하는 것들만 몇 종 관찰되었다. 이는 본 연구해역이 제3기나 제4기의 기후변동에 두드러진 영향을 받지 않았고 오늘날과 같은 온난수괴의 영향 아래서 퇴적작용이 이루어진 것을 나타낸다.

IV. 결 론

조사해역 박스코어퇴적물의 암석자기특성과 현미경 분석결과, 자성입자조직 (magnetic fabric) 특성은 스테레오그램상에 도시한 바와같이 최대대지율의 분포가 퇴적면에 수평하고 최소대지율측의 분포는 퇴적면에 수직인 편원형태의 자기염리 구조가 우세하게 나타난다. 이는 퇴적당시 입자중력에 의한 퇴적양상을 반영한다. 이방성 형태변수 (q), 크기변수 (h)와 배열변수 (F_s)와의 상관관계는 퇴적물 색상과 층의 구분에 따라서 명확하지 않다. 이러한 결과는 세립한 입도에 의한 입자의 응집효과, 생층서교란과 낮은 대지율값을 갖는 생물기원퇴적물등의 영향에 의해 유발될 수 있을 것으로 사료된다.

퇴적물에서 추출한 자성광물은 대부분 타이타늄을 함유한 마그네타이트이며, 각진 형태의 쇄설성 마그네타이트이다. 조립질 자성광물의 표면특성은 상부층에서는 실리카가 피복된 형태가 다수 나타나는 반면에 암갈색 하부층에서는 순수한 마그네타이트 또는 타이타노마그네타이트가 나타난다. 이것은 낮은 퇴적율로 인하여 퇴적층이 형성되는 동안 해수와 오랜기간 접촉하면서 자성광물 표면에 피복된 실리카가 용해되어 순수한 자성광물형태로 나타난 것으로 해석된다.

KODOS-97 지역은 정점에 따라 퇴적깊이가 다르긴 하나 2-10 cm의 퇴적구간이 *Collosphaera invaginata* Zone에 속한다. 이 구간들은 모두 Unit I의 중간 깊이 정도에 한정되어 있다. 16-36 cm사이의 퇴적구간이 *Stylatractus universus*가 절멸하는 시기인 0.42 Ma 보다 젊은 층으로 *C. tuberosa* Zone에 속한다. Unit II가 이에 해당한다. Unit III는 후기 에오세 보다는 오래되지 않은 제 3기층으로 추정된다. 본 연구지역에서는 마이오세와 플라이오세 사이에 저층해류에 의한

수차례의 퇴적결층이 있었음을 나타낸다. 방산층 화석으로 계산한 제 4 기 동안의 퇴적율은 약 0.15-0.5 mm/천년이다. 연구해역의 전 코어를 통해 산출되는 방산층들은 난류종이 대부분이어서 전형적인 열대 해역임을 나타낸다.

수차례의 퇴적결층이 있었음을 나타낸다. 방산층 화석으로 계산한 제 4 기 동안의 퇴적율은 약 0.15-0.5 mm/천년이다. 연구해역의 전 코어를 통해 산출되는 방산층들은 난류종이 대부분이어서 전형적인 열대 해역임을 나타낸다.

참 고 문 헌

- Auffret, G.A., B. Sichel, and B. Coleno, 1981. Deep-sea sediment texture and magnetic fabric, indicators of bottom current regimes. *Oceanol. Acta.* 4(4):475-488
- Backman, J. and Shackleton, N. J., 1983. Quantitative biochronology of Pliocene and early Pleistocene calcareous nannofossils from the Atlantic Indian and Pacific Oceans. *Mar. Micropaleontol.*, v. 8, p. 141-170.
- Berggren, W. A., 1978. Recent advances in Cenozoic planktonic foraminiferal biostratigraphy, biochronology, and biogeography: Atlantic Ocean. *Micropaleontology*, v. 24, n. 4, p. 337-370.
- Caulet, J. P., 1979. Lesdpts Radiolaries d'age Plioc ne sup rieur a Pleistoc ne dans l'oc an Indien central: nouvelle zonation biostratigraphique. *Mem. Mus. natl. Hist. nat. Paris, ser. C*, v. 43, p. 119-141.
- deMenocal, P., 1986. A magnetic signature of bottom-current erosion, MS thesis, Univ. of Rhode Island
- Ekdale, A.A., R.G. Bromley, and S.G. Pemberton, 1984. Ichnology: The use of trace fossils in sedimentology and stratigraphy. SEPM short course No. 15, Soc. Econ, Paleontol., and Mineralo., Tulsa, Oklahoma
- Ellwood, B.B., and M.T. Ledbetter, 1979. Paleocurrent indicators in deep-sea sediment. *Sci.* 203:1335-1337

- Flood, R.D., D.V. Kent, A.N. Shor, and F.R. Hall, 1985. The magnetic fabric of surficial deep-sea sediments in the HEBBLE area (Nova Scotian continental rise), *Mar. Geol.*, 66:149-167
- Granar, L., 1958. Magnetic measurements on Swedish varved sediments; *Arkiv. Geofysik.*, 3:1-40
- Halbach, P., Friedrich, G. and von Stackelberg, U., 1988. The manganese nodule belt of the Pacific ocean. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart, 254P.
- Hamilton, N., and A.I. Rees, 1970. Magnetic fabric of sediments from the shelf at La Jolla (California): *Mar. Geol.*, 9:M6-M11
- Haq, B. U., Worsley, T. R., Burckle, L. H., Douglas, R. G., Keigwin, L. D., Opdyke, N. D., Savin, S. M., Sommer, M. A., Vincent, E. and Woodruff, F., 1980. Late Miocene marine carbon-isotope shift and synchronicity of some phytoplanktonic biostratigraphy events. *Geology*, v. 8, p. 427-431.
- Hrouda, F., 1982. Magnetic anisotropy of rocks and its application in geology and geophysics: *Geophysical Surveys*, 5:37-82
- Johnson, D .A., 1972. Ocean-floor erosion in equatorial Pacific. *Geological Society of American Bulletin*, v. 83, p. 3121-3144.
- Johnson, D. A. and Johnson, T. C., 1970. Sediment redistribution by bottom current in the central Pacific. *Deep-Sea Res.*, v. 17, p. 157-169.
- Johnson, H. P., Kinoshita, H. and Merrill, R. T., 1975. Rock magnetism and paleomagnetism of some North Pacific deep-sea sediments. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, v. 86, n. 3, p. 412-420.

- Johnson, D. A. and Knoll, A. H., 1975. Absolute age of Quaternary radiolarian datum levels in the equatorial Pacific. *Quaternary research*, v. 5, p. 99-110.
- Johnson, D. A., Schneider, D. A., Nigrini, C. A., Cault, J. P. and Kent, D. V., 1989. Pliocene-Pleistocene radiolarian event and magnetostratigraphic calibration for the tropical Indian Ocean. *Marine Micropaleontology*, v. 14, p. 33-66.
- Kent, D. V. and Lowrie, W., 1974. Origin of magnetic instability in sediment cores from the central North Pacific. *Jour. Geophys. Res.*, v. 79, n. 20, p. 2987-3000.
- Kent, D.V., and W. Lowrie, 1975. On the magnetic susceptibility anisotropy of deep-sea sediment, *Ear. Planet. Sci. Lett.*, 28:1-12
- Knoll, A. W. and Johnson, D. A., 1975. Late Pleistocene evolution of the collosphaerid radiolarian *Buccinosphaera invaginata* Haeckel. *Micropaleontology*, v. 21, p. 60-68.
- Moore, T. C. Jr., 1970. Abyssal hills in the central equatorial Pacific: Sedimentation and stratigraphy. *Deep-Sea Res.*, v. 17, p. 573-593.
- Nigrini, C. A., 1971. Radiolarian zones in the Quaternary of the equatorial Pacific Ocean. in: Funnell, B.M. and Riedel, W.R. (eds.), *The micropaleontology of ocean*, Cambridge Univ. press, p. 443-461.
- Opdyke, N. D., Burckle, L. H. and Todd, A., 1974. The extension of the magnetic time scale in sediments of the central Pacific Ocean. *Earth Planet. Sci. Lett.*, v. 22, p. 300-306.

- Piper, D. Z. and Blueford, J. R., 1982. Distribution, mineralogy, and texture of manganese nodules and their relation to sedimentation at DOMES site A in the equatorial north Pacific. *Deep-Sea Res.*, v. 29, p. 927-926.
- Riedel, W. R. and Sanfilippo, A., 1978. Stratigraphy and evolution of tropical Cenozoic radiolarians. *Micropaleontology*, v. 24, n. 1. p. 61-69.
- Sanfilippo, A., Westberg-Smith, M. J. and Riedel, W. R., 1985. Cenozoic radiolaria. in: Bolli, H. M., Saunders, J. B. and Perch-Nielsen, K. (eds.), *Plankton Stratigraphy*, Cambridge Univ. press, p. 631-712.
- Savin, S. M., Douglas, R. G. and Stehli, F. G., 1975. Tertiary marine paleotemperature. *Geological Society of American Bulletin*, v. 86, p. 1499-1510.
- Shackleton, N. J. and Opdyke, N. D., 1973. Oxygen isotope and paleomagnetic stratigraphy of equatorial Pacific core V28-238; oxygen isotope temperature and ice volumes on 10^5 and 10^6 years scale. *Quat. Res.*, v. 3, n. 1, p. 39-55.
- Shackleton, N. J. and Opdyke, N. D., 1976. Oxygen-isotope and paleomagnetic stratigraphy of Pacific core V28-239, Late Pliocene to latest Pleistocene. in: Cline, R. M. and Hays, J. D., (eds.), *Investigation of Late Quaternary paleoceanography and paleoclimatology*, Geol. Soc. Amer., Mem., v. 145, p. 449-464.

- Theyer, F., Mato, C. Y. and Hammond, S. R., 1978. Paleomagnetic and geochronologic calibration of latest Oligocene to Pliocene radiolarian events, equatorial Pacific. *Marine Micropal.*, v. 3, p. 377-395.
- van Andel, T. H., Heath, G. R. and Moore T. C. Jr., 1975. Cenozoic history and paleocenography of the central equatorial Pacific Ocean. *Geol. Soc. Am. Mem.*, v. 143. p. 1-134.
- von Stackelberg, U., 1982. Influence of hiatus and volcanic ash rains on the origin of manganese nodules of the equatorial north Pacific (Valdivia cruises VA-13/2 and VA-18). *Mar. Mining*, v. 3, p. 297-314.

Table III-1. The downcore variation of AMS factors in each core

ST. 01

Depth (cm)	q	h	kmax	kint	kmin	Fs
1.2	0.59	11.23	0.000070	0.000065	0.000058	1.2997
3.7	0.06	10.65	0.000061	0.000060	0.000053	1.1701
6.2	0.18	6.84	0.000143	0.000142	0.000134	1.0747
8.7	0.38	4.45	0.000178	0.000176	0.000170	1.0590
11.2	0.28	4.08	0.000179	0.000177	0.000172	1.0525
13.7	0.29	2.92	0.000168	0.000167	0.000163	1.0368
16.2	0.62	5.28	0.000186	0.000182	0.000177	1.0739
18.7	1.43	0.81	0.000186	0.000185	0.000184	1.0163
21.2	0.70	2.47	0.000173	0.000171	0.000169	1.0356
23.7	0.06	3.53	0.000209	0.000208	0.000201	1.0448
26.2	1.03	2.50	0.000200	0.000197	0.000195	1.0413
28.7	0.09	2.82	0.000211	0.000211	0.000205	1.0293
31.2	0.09	3.46	0.000199	0.000199	0.000193	1.0311
33.7	0.03	5.80	0.000210	0.000210	0.000198	1.0606
36.2	0.14	7.61	0.000207	0.000205	0.000192	1.0886
38.7	0.14	7.19	0.000217	0.000215	0.000202	1.0843

ST. 03

Depth (cm)	q	h	kmax	kint	kmin	Fs
1.2	0.25	11.50	0.000073	0.000070	0.000063	1.2084
3.7	0.44	6.76	0.000125	0.000122	0.000117	1.0946
6.2	0.50	6.12	0.000259	0.000253	0.000244	1.0866
8.7	0.18	5.28	0.000256	0.000254	0.000243	1.0618
11.2	0.09	3.21	0.000255	0.000255	0.000247	1.0324
13.7	0.33	4.50	0.000258	0.000255	0.000247	1.0568
16.2	0.08	4.42	0.000255	0.000254	0.000244	1.0492
18.7	0.32	4.36	0.000250	0.000247	0.000239	1.0587
21.2	0.44	3.80	0.000237	0.000234	0.000228	1.0528
23.7	0.20	3.21	0.000247	0.000245	0.000239	1.0419
26.2	0.36	6.77	0.000257	0.000252	0.000240	1.0921
28.7	0.44	1.14	0.000234	0.000233	0.000232	1.0129
31.2	0.62	0.81	0.000242	0.000241	0.000240	1.0125
33.7	0.34	1.49	0.000239	0.000238	0.000236	1.0170
36.2	0.09	1.85	0.000239	0.000238	0.000234	1.0257
38.7	0.21	2.14	0.000244	0.000243	0.000239	1.0251

Table III-1. Continued.

ST. 05

Depth (cm)	q	h	kmax	kint	kmin	Fs
1.2	0.07	8.14	0.000095	0.000095	0.000088	1.0795
6.2	0.12	9.16	0.000091	0.000090	0.000083	1.1086
8.7	0.07	5.90	0.000136	0.000135	0.000128	1.0704
11.2	0.57	2.60	0.000133	0.000132	0.000130	1.0308
13.7	0.73	3.88	0.000116	0.000114	0.000112	1.0539
16.2	0.15	9.41	0.000127	0.000125	0.000115	1.1220
18.7	0.74	3.93	0.000140	0.000137	0.000134	1.0677
21.2	1.57	2.93	0.000143	0.000139	0.000139	1.0584
23.7	1.76	5.66	0.000148	0.000140	0.000140	1.1176

ST. 07

Depth (cm)	q	h	kmax	kint	kmin	Fs
1.2	0.13	11.30	0.000048	0.000046	0.000036	1.3913
3.7	0.41	10.50	0.000064	0.000061	0.000055	1.2209
6.2	0.23	6.35	0.000142	0.000140	0.000133	1.0829
8.7	0.22	7.67	0.000119	0.000117	0.000110	1.1003
11.2	0.19	5.81	0.000116	0.000115	0.000109	1.0735
13.7	0.11	6.87	0.000152	0.000151	0.000142	1.0775
16.2	0.10	5.34	0.000150	0.000149	0.000142	1.0634
18.7	0.18	4.30	0.000157	0.000156	0.000150	1.0534
21.2	0.30	5.27	0.000148	0.000146	0.000141	1.0640

ST. 13

Depth (cm)	q	h	kmax	kint	kmin	Fs
1.2	0.13	10.50	0.000050	0.000049	0.000044	1.1596
3.7	0.08	11.50	0.000064	0.000063	0.000049	1.3269
6.2	0.31	11.00	0.000075	0.000071	0.000061	1.2988
8.7	0.24	10.70	0.000078	0.000075	0.000067	1.2107
11.2	0.26	10.90	0.000081	0.000078	0.000069	1.2191
13.7	0.13	8.58	0.000092	0.000091	0.000084	1.1073
16.2	0.24	10.40	0.000088	0.000086	0.000078	1.1544
18.7	0.27	11.20	0.000085	0.000083	0.000074	1.1763
21.2	0.30	11.40	0.000091	0.000088	0.000078	1.2064
23.7	0.28	11.00	0.000098	0.000095	0.000086	1.1755

Table III-2. Stratigraphic ranges of radiolarian species which occur in study area

EPOCHS	EE		ME								LE	O			EM				MM		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
<i>Thyrsocyrtis triacantha</i>																					
<i>Botryopyle dictyocephalis</i>																					
<i>Theocyrtis tuberosa</i>																					
<i>Artophormis gracilis</i>																					
<i>Centrobotrys gravida</i>																					
<i>Lithocyclia angusta</i>																					
<i>Theocorys spongoconum</i>																					
<i>Didymocyrtis prismatica</i>																					
<i>Cyclampterium pegetrum</i>																					
<i>Dorcadospyris praeforcipata</i>																					
<i>Dorcadospyris ateuchus</i>																					
<i>Siphostichartus praecorona</i>																					
<i>Artostrobos pretabulatus</i>																					
<i>Theocyrtis annosa</i>																					
<i>Dorcadospyris forcipata</i>																					
<i>Lychnocanoma elongata</i>																					
<i>Dorcadospyris simplex</i>																					
<i>Calocyclella serrata</i>																					
<i>Calocyclella virginis</i>																					
<i>Cryptocapsella tetrapera</i>																					
<i>Cyrtocapsella cornuta</i>																					
<i>Stichocorys wolffi</i>																					
<i>Calocyclella costata</i>																					
<i>Cryptocapsella japonica</i>																					

Table III-2. Stratigraphic ranges of radiolarian species which occur in study area

EPOCHS	EE		NE								LE	O		EM				MM			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
<i>Thyrsocyrtis triacantha</i>																					
<i>Botryopyle dictyocephalis</i>																					
<i>Theocyrtis tuberosa</i>																					
<i>Artophormis gracilis</i>																					
<i>Centrobotrys gravida</i>																					
<i>Lithocyclus angusta</i>																					
<i>Theocorys spongoconum</i>																					
<i>Didymocyrtis prismatica</i>																					
<i>Cyclampterium pegetrum</i>																					
<i>Dorcadospyris praeforcipata</i>																					
<i>Dorcadospyris ateuchus</i>																					
<i>Siphostichartus praecorona</i>																					
<i>Artostrobos pretabulatus</i>																					
<i>Theocyrtis annosa</i>																					
<i>Dorcadospyris forcipata</i>																					
<i>Lychnocanoma elongata</i>																					
<i>Dorcadospyris simplex</i>																					
<i>Calocycletta serrata</i>																					
<i>Calocycletta virginis</i>																					
<i>Cryptocapsella tetrapera</i>																					
<i>Cyrtocapsella cornuta</i>																					
<i>Stichocorys wolffi</i>																					
<i>Calocycletta costata</i>																					
<i>Cryptocapsella japonica</i>																					

Table III-2. Continued.

EPOCHS	E		O		EM				MM		LM		P			Q					
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	
<i>Stichocorys delmontensis</i>																					
<i>Cornutella profunda</i>																					
<i>Calocyclus caepa</i>																					
<i>Eucyrtidium acuminatum</i>																					
<i>Phormostichoartus doliolum</i>																					
<i>Euchitonia furcata</i>																					
<i>Euchitonia elegance</i>																					
<i>Anthocrytidium jenghisi</i>																					
<i>Lychnocanoma grande</i>																					
<i>Stichocorys peregrina</i>																					
<i>Spirocyrtes scalaris</i>																					
<i>Anthocytidium ophirensis</i>																					
<i>Acrosphaera cyrtodon</i>																					
<i>Amphirhopalum ypsilon</i>																					
<i>Pterocanium p. praetextum</i>																					
<i>Pterocanium t. eucolpum</i>																					
<i>Theocorythium vetulum</i>																					
<i>Anthocytidium zaquebaricum</i>																					
<i>Panartus t. coronatus</i>																					
<i>Panartus t. tetrathalamus</i>																					
<i>Theicalyptera davisiana</i>																					
<i>Lamprocyclas m. maritalis</i>																					
<i>Lamprocyclas m. polypora</i>																					
<i>Pterocorys zancleus</i>																					
<i>Spongogaster t. irregularis</i>																					
<i>Spongogaster t. tetras</i>																					
<i>Lamprocyrtes neoheterporos</i>																					
<i>Theocorythium t. diana</i>																					
<i>Theocorythium t. trachelium</i>																					
<i>Collosphaera huxleyi</i>																					
<i>Acrosphaera trepanata</i>																					
<i>Dictyocoryne truncatum</i>																					
<i>Lamprocyrtes nigrinae</i>																					
<i>Theoconus hertwigii</i>																					
<i>Collosphaera orthoconus</i>																					
<i>Sphaerozoum punctatum</i>																					
<i>Polysolenia lappacea</i>																					
<i>Collosphaera tuberosa</i>																					
<i>Collosphaera invaginata</i>																					

Table III-2. Continued.

EPOCHS

EE: Early Eocene, ME: Middle Eocene, LE: Late Eocene, O: Oligocene,
EM: Early Miocene, MM: Middle Miocene, LM: Late Miocene,
P: Pliocene, Q: Quaternary

Radiolaria Zones

- 1: *Bekoma badartensis* Zone, 2: *Buryella clinata* Zone,
- 3: *Phormocyrtis striata striata* Zone, 4: *Theocotyle cryptocephala* Zone,
- 5: *Dictyoprora mongolfieri* Zone, 6: *Thyrsoyrtis triacantha* Zone ,
- 7: *Podocyrtis ampls* Zone, 8: *Podocyrtis mitra* Zone, 9: *Podocyrtis chalara* Zone
- 10: *Podocyrtis goetheana* Zone, 11: *Thyrsoyrtis bromia* Zone,
- 12: *Thyrsoyrtis tuberosa* Zone, 13: *Dorcadospyris ateuches* Zone,
- 14: *Lychnocanoma elongata* Zone, 15: *Cyrtocapsella tetrapera* Zone
- 16: *Stichocorys delmontensis* Zone, 17: *Stichocorys wolffii* Zone
- 18: *Calocycletta costata* Zone, 19: *Dorcadospyris alata* Zone
- 20: *Diartus petterssoni* Zone, 21: *Didymocyrtis antepenultima* Zone
- 22: *Didymocyrtis penultima* Zone, 23: *Stichocorys peregrina* Zone
- 24: *Spongaster penras* Zone, 25: *Pterocanium prismatium* Zone
- 26: *Anthocyrtidium angulare* Zone, 27: *Anthocyrtidium ypsilon* Zone
- 28: *Collosphaera tuberosa* Zone, 29: *Collosphaera invaginata* Zone

Table III-3. Occurrence of radiolarians in each station of the study area

C : Common, F . Few, R : Rare, - : Absent

Species \ Depth	1	2	3	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
<i>Collosphaera invaginata</i>	R	R	R	R	F	F	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Collosphaera tuberosa</i>	F	F	F	F	C	F	F	F	F	R	-	R	-	-
<i>Sphaerozoum punctatum</i>	F	C	F	F	F	F	F	F	F	R	-	R	R	R
<i>Collosphaera sp. A</i>	-	-	-	-	-	-	-	R	R	F	-	R	R	-
<i>Polysolenia lappacea</i>	R	R	F	R	R	F	F	F	R	-	R	-	-	-
<i>Amphirhopalum ypsilon</i>	F	F	F	C	F	F	C	F	F	F	F	F	R	-
<i>Theoconus hertwigi</i>	-	R	R	R	R	R	R	-	-	R	-	-	-	R
<i>Lamprocyrtis nigrinae</i>	F	R	F	F	R	C	F	F	F	F	F	F	F	R
<i>Collosphaera huxleyi</i>	R	R	F	R	R	R	-	-	-	R	R	R	-	-
<i>Theocorythium t. trachelium</i>	F	F	F	F	F	F	F	F	F	R	-	-	-	-
<i>Pterocorys zancleus</i>	F	R	R	R	F	R	R	F	R	-	-	R	-	-
<i>Anthocyrtidium angulare</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	R	-	-	-	-
<i>Theocorythium vetulum</i>	-	-	-	-	-	-	-	R	-	-	-	-	-	-
<i>Anthocyrtidium ophirense</i>	F	C	C	F	F	C	F	C	F	F	R	C	R	R
<i>Anthocyrtidium jenghisi</i>	F	F	F	F	F	F	F	F	R	-	-	-	-	-
<i>Lithopera bacca</i>	-	R	-	-	-	-	-	R	-	R	-	-	-	-

Table III-3. Continued.

Species \ Depth	0	1	2	3	4	5	6	8	10	13	16	20	25	30	35
<i>Collosphaera invaginata</i>	F	F	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Collosphaera tuberosa</i>	C	-	F	R	R	R	F	F	-	-	-	-	-	-	-
<i>Sphaerozoum punctatum</i>	R	F	R	-	R	R	R	R	R	-	-	-	-	-	-
<i>Collosphaera sp. A</i>	-	-	-	-	-	-	R	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Polysolenia lappacea</i>	F	-	-	-	R	-	-	R	-	-	-	-	-	-	-
<i>Amphirhopalum ypsilon</i>	C	F	F	F	R	F	C	F	R	-	-	-	-	-	-
<i>Theoconus hertwigii</i>	R	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Lamprocyrtis nigrinae</i>	R	-	-	R	-	R	-	R	R	R	-	-	-	-	-
<i>Theocorythium t. trachelium</i>	R	R	-	R	-	-	F	F	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pterocorys zancleus</i>	-	R	-	R	F	-	R	R	-	-	-	-	-	-	-
<i>Anthocyrtdium ophirense</i>	C	F	F	F	F	C	C	F	F	-	-	-	-	-	-
<i>Anthocyrtdium jenghisi</i>	F	-	-	R	F	-	R	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Lithopera bacca</i>	R	-	-	-	-	-	-	-	R	-	-	-	-	-	-

Table III-3. Continued.

Species \ Depth	0	1	2	3	4	6	8	10	13	16	20	25	30	35	40
<i>Collosphaera invaginata</i>	-	F	-	R	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Collosphaera tuberosa</i>	C	F	F	C	R	R	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Sphaerozoum punctatum</i>	F	R	F	-	-	R	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Collosphaera sp. A</i>	-	-	-	-	R	R	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Polysolenia lappacea</i>	F	R	F	-	-	F	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Amphirhopalum ypsilon</i>	C	C	C	F	F	C	R	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Theoconus hertwigi</i>	R	-	F	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Lamprocyrtis nigrinae</i>	F	R	R	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Theocorythium t. trachelium</i>	F	C	F	F	F	F	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pterocorys zancleus</i>	-	-	-	R	-	F	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Theocorythium vetulum</i>	R	-	R	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Anthocyrtidium ophirensense</i>	C	C	C	C	F	C	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Anthocyrtidium jenghisi</i>	R	R	F	R	-	R	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Table III-3. Continued.

Species \ Depth	1	2	3	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
<i>Collosphaera invaginata</i>	-	-	F	R	R	R	-	-	-	-	-	R	-	-
<i>Collosphaera tuberosa</i>	F	F	F	R	F	R	R	F	-	R	-	-	-	-
<i>Sphaerozoum punctatum</i>	-	R	-	F	-	-	R	R	-	-	-	-	-	-
<i>Collosphaera sp. A</i>	-	-	-	-	-	F	-	R	-	-	-	-	-	-
<i>Polysolemia lappacea</i>	R	F	F	F	-	R	-	-	-	R	-	-	-	-
<i>Amphirhopalum ypsilon</i>	F	F	F	F	F	F	F	R	R	F	R	R	R	-
<i>Theoconus hertwigi</i>	R	-	-	R	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Spongaster pentas</i>	-	-	-	-	R	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Lamprocyrtis nigrinae</i>	-	-	R	R	F	F	R	R	-	-	-	-	-	-
<i>Collosphaera huxleyi</i>	R	R	-	R	-	R	-	-	-	F	-	-	-	-
<i>Theocorythium t. trachelium</i>	R	F	F	R	-	F	-	R	R	R	-	R	-	-
<i>Pterocorys zancleus</i>	-	-	R	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Anthocyrtdium ophirensense</i>	F	C	F	C	C	C	F	C	R	R	R	-	R	-
<i>Anthocyrtdium jenghisi</i>	R	-	R	R	-	-	R	R	-	R	-	-	-	-
<i>Lithopera bacca</i>	-	-	-	R	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Table III-3. Continued.

Species \ Depth	1	2	3	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	16
<i>Collosphaera invaginata</i>	F	F	R	R	R	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Collosphaera tuberosa</i>	R	R	-	R	F	F	F	R	R	-	-	F	-	R	-
<i>Collosphaera sp. A</i>	-	-	-	-	-	R	R	F	F	R	-	-	-	-	-
<i>Polysolenia lappacea</i>	R	F	F	F	-	R	-	-	-	R	-	-	-	-	F
<i>Amphirhopalum ypsilon</i>	C	F	F	F	R	F	C	F	R	-	-	-	R	-	-
<i>Theoconus hertwigii</i>	R	-	-	-	R	-	-	-	-	R	-	-	-	-	-
<i>Lamprocyrtis nigrinae</i>	C	F	F	R	C	F	F	R	C	-	R	-	-	-	-
<i>Collosphaera huxleyi</i>	-	F	-	-	R	-	F	-	F	-	-	R	-	R	R
<i>Theocorythium t. trachelium</i>	C	F	F	R	-	-	F	-	R	-	R	-	-	R	R
<i>Pterocorys zancleus</i>	F	R	R	R	F	R	R	F	R	-	-	R	-	-	-
<i>Anthocyrtidium ophirensense</i>	F	C	F	C	F	F	R	F	C	F	C	C	F	C	-
<i>Anthocyrtidium jenghisi</i>	F	F	F	F	F	F	R	-	R	R	-	-	F	-	-
<i>Lithopera bacca</i>	-	R	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	R	-

Species \ Depth	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36
<i>Collosphaera invaginata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Collosphaera tuberosa</i>	-	R	-	-	-	R	R	-	-	R
<i>Collosphaera sp. A</i>	R	R	-	-	-	-	-	R	-	R
<i>Polysolenia lappacea</i>	-	-	F	-	-	-	-	-	-	-
<i>Amphirhopalum ypsilon</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Theoconus hertwigii</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	R	-
<i>Lamprocyrtis nigrinae</i>	-	-	-	-	-	-	R	-	-	-
<i>Collosphaera huxleyi</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	R	-
<i>Theocorythium t. trachelium</i>	-	F	-	R	-	F	F	-	R	R
<i>Pterocorys zancleus</i>	-	R	-	F	-	-	-	-	-	-
<i>Anthocyrtidium ophirensense</i>	-	F	C	C	F	F	-	-	-	-
<i>Anthocyrtidium jenghisi</i>	R	F	-	R	-	-	-	-	R	-
<i>Lithopera bacca</i>	R	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Table III-3. Continued.

Species \ Depth	1	2	3	4	6	8	10	12	16	20	22	24	26	28	30
<i>Collosphaera invaginata</i>	F	F	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Collosphaera tuberosa</i>	C	F	F	R	F	R	R	R	F	C	F	R	-	-	-
<i>Collosphaera sp A</i>	-	-	R	R	-	F	R	R	-	-	-	-	R	-	-
<i>Polysolenia lappacea</i>	R	R	F	R	R	F	F	F	R	-	R	-	F	-	-
<i>Amphirhopalum ypsilon</i>	F	F	F	F	F	F	F	R	R	F	R	R	R	-	-
<i>Theoconus hertwigi</i>	R	-	-	-	-	-	R	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Lamprocyrtis nigrinae</i>	F	R	F	F	R	C	F	F	F	F	F	F	F	F	R
<i>Collosphaera huxleyi</i>	R	R	-	R	-	R	-	-	-	F	F	R	-	R	-
<i>Theocorythium t trachelium</i>	F	F	F	F	F	F	F	F	F	R	R	C	F	F	R
<i>Pterocorys zancleus</i>	F	R	R	R	F	R	R	F	R	-	-	R	-	-	-
<i>Anthocyrtdium ophirense</i>	F	C	F	C	C	C	F	C	R	R	R	-	R	-	R
<i>Anthocyrtdium jenghisi</i>	R	R	F	R	-	R	-	-	R	-	R	-	F	-	-
<i>Lithopera bacca</i>	-	-	-	-	R	-	-	-	-	-	R	-	-	-	-

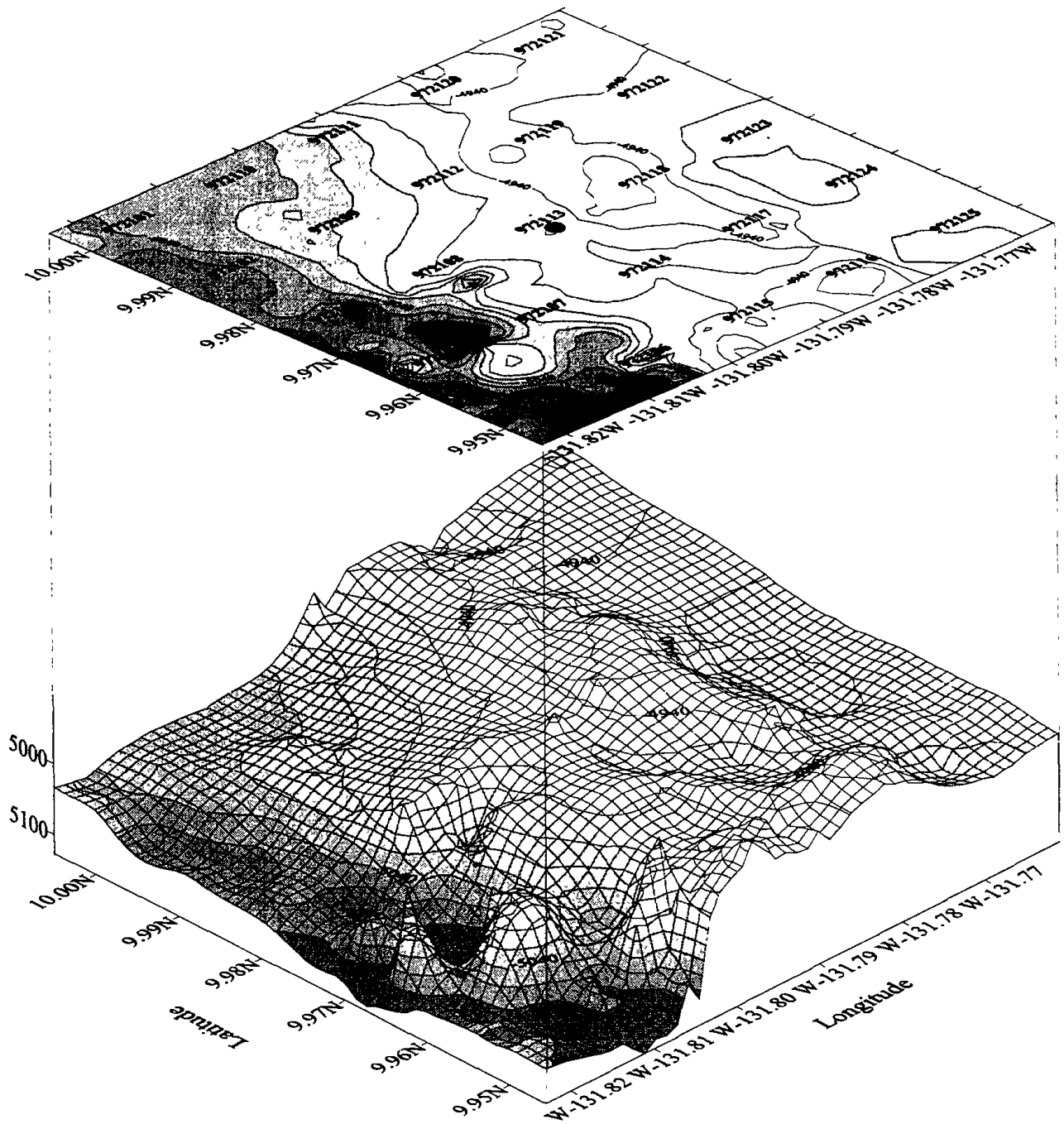


Fig. II-1. Sediment samples for radiolarian fauna analysis in the
P (preservation) Zone

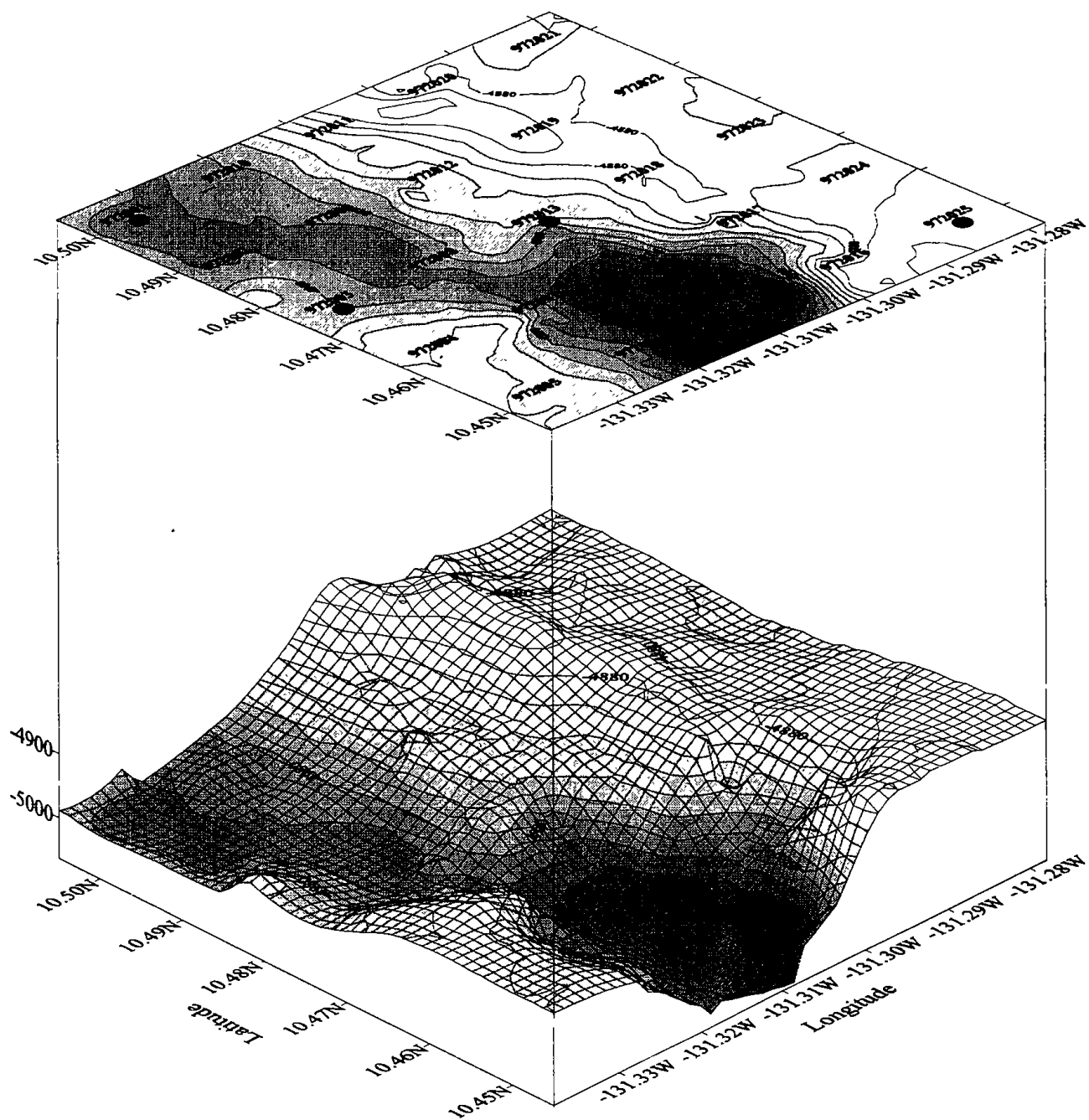


Fig. II-2. Sediment samples for radiolarian fauna analysis in the I (impact) Zone



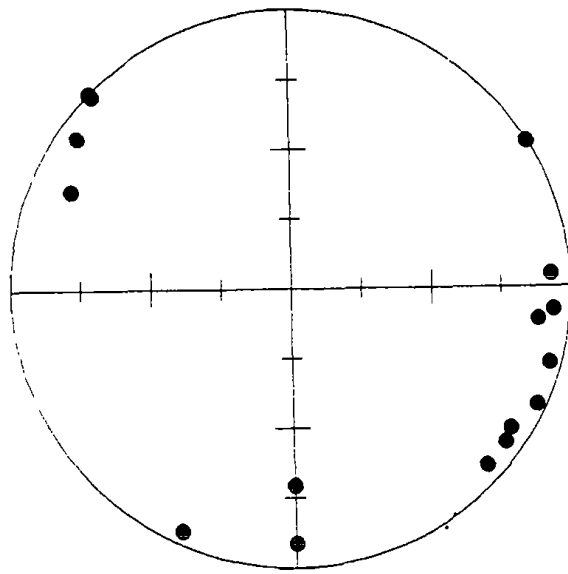
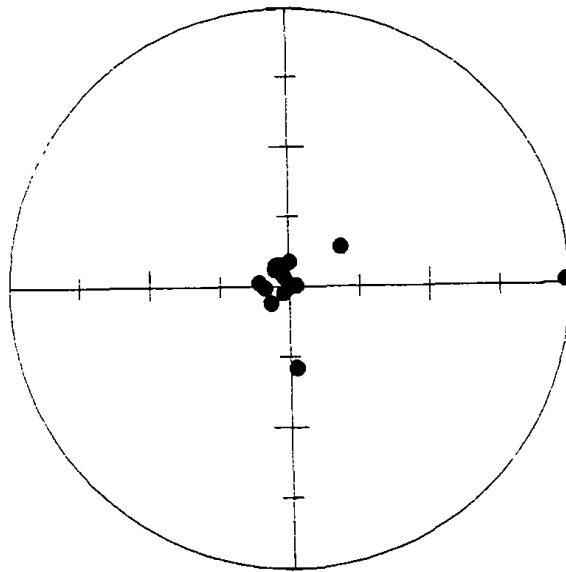
KODOS 97-2 St. I-15		Depth (cm)	Sediment color	Lithologic description
		0	10YR 4/2	<ul style="list-style-type: none"> • Peneliquide layer
		2		
		4		
		6		
		8	10YR 5/3	<ul style="list-style-type: none"> • Intensively mottled • A number of tear-drop type burrow traces seem to be Chondrites
		10		
		12		
		14		
		16		
		18		
		20	10YR 6/4	<ul style="list-style-type: none"> • Massive layer
		22		
		24		
		26		
28				
30				
32				
34				

Fig. III-1. Sediment sample Of the KODOS 97 (St. I-15)

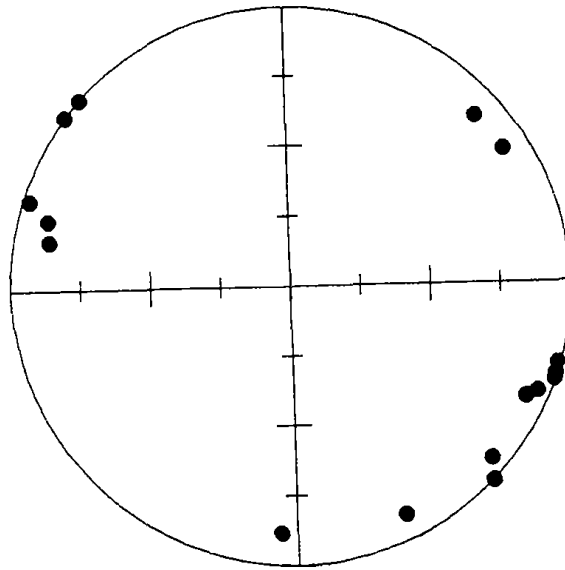


kmax

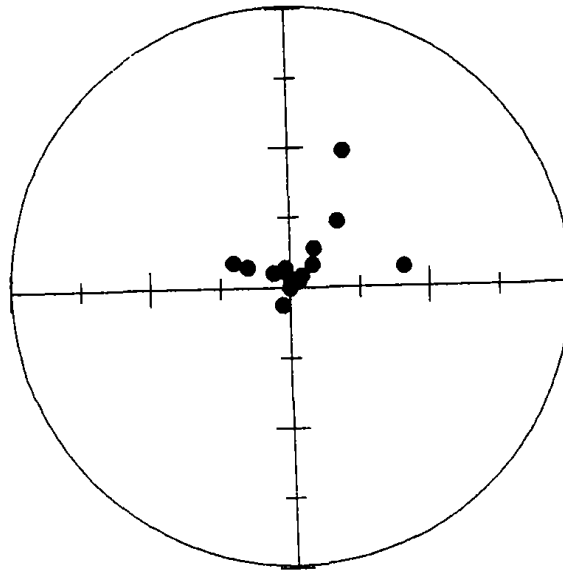


kmin

Fig. III-2. The directional distribution of kmax and kmin axis in core 01

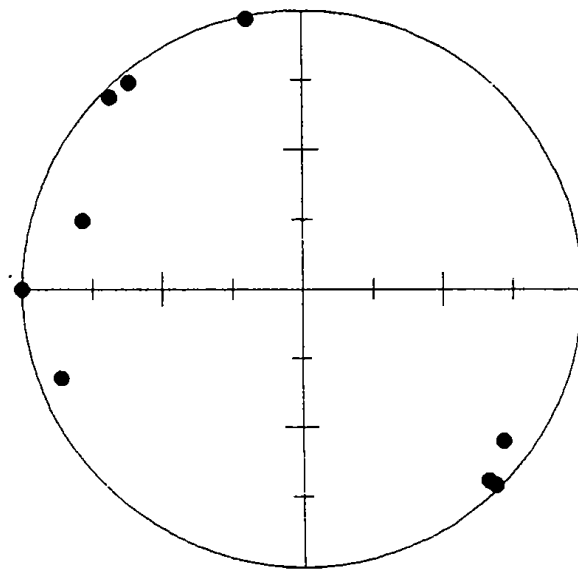


kmax

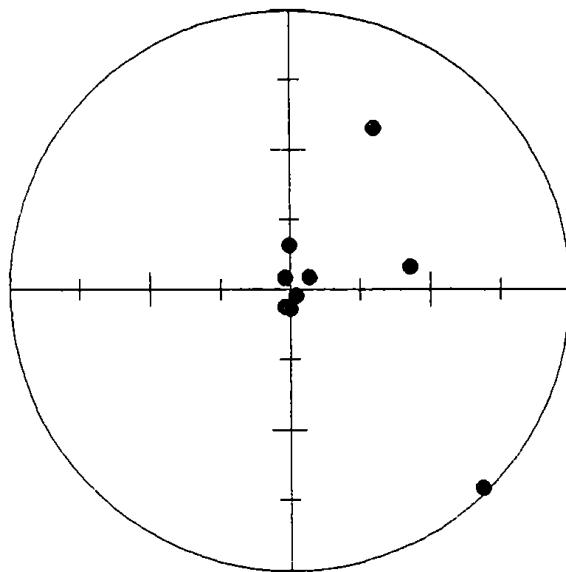


kmin

Fig. III-3. The directional distribution of kmax and kmin axis in core 03

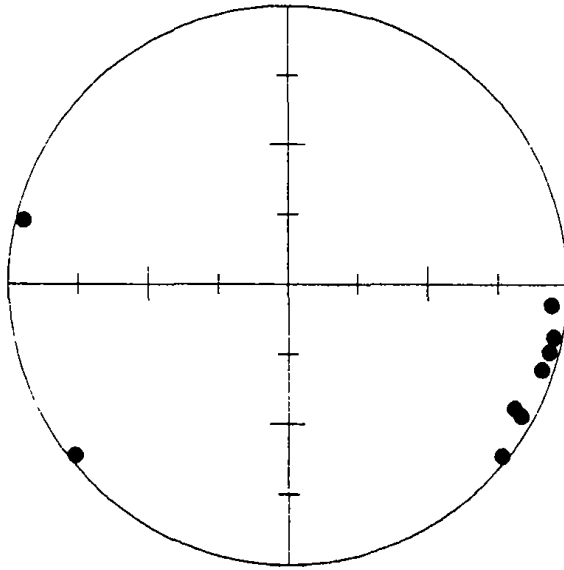


kmax

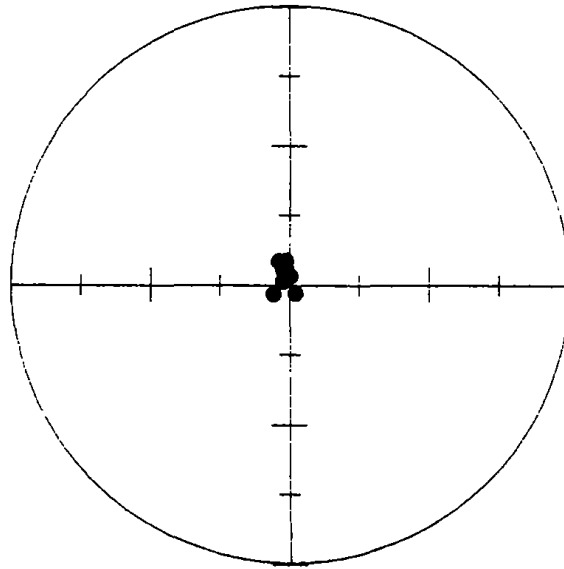


kmin

Fig. III-4. The directional distribution of kmax and kmin axis in core 05

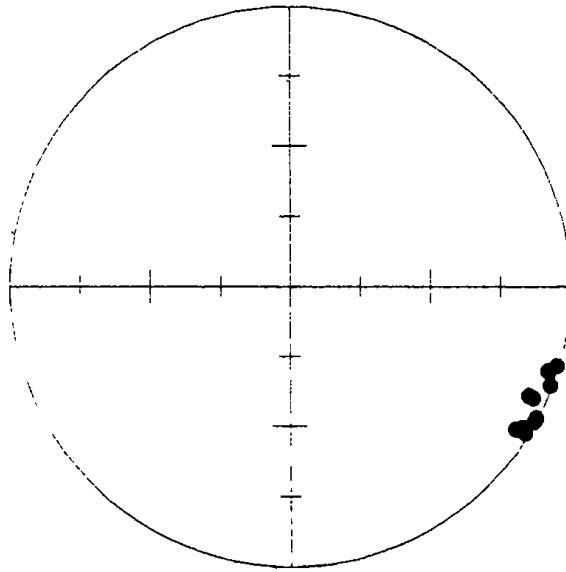


kmax

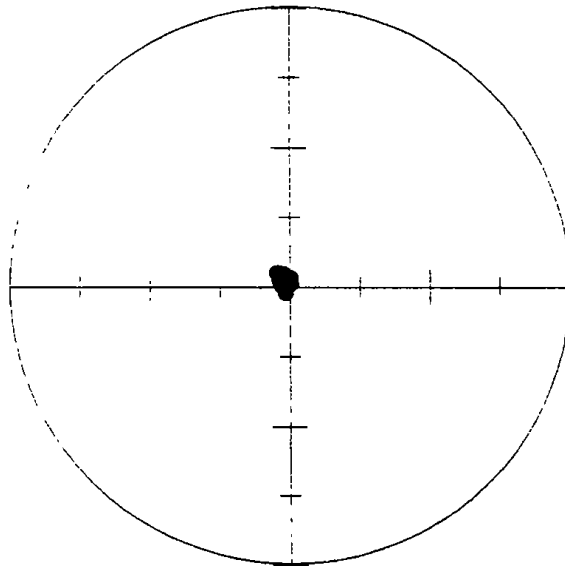


kmin

Fig. III-5. The directional distribution of kmax and kmin axis in core 07



kmax



kmin

Fig. III-6. The directional distribution of kmax and kmin axis in core 13

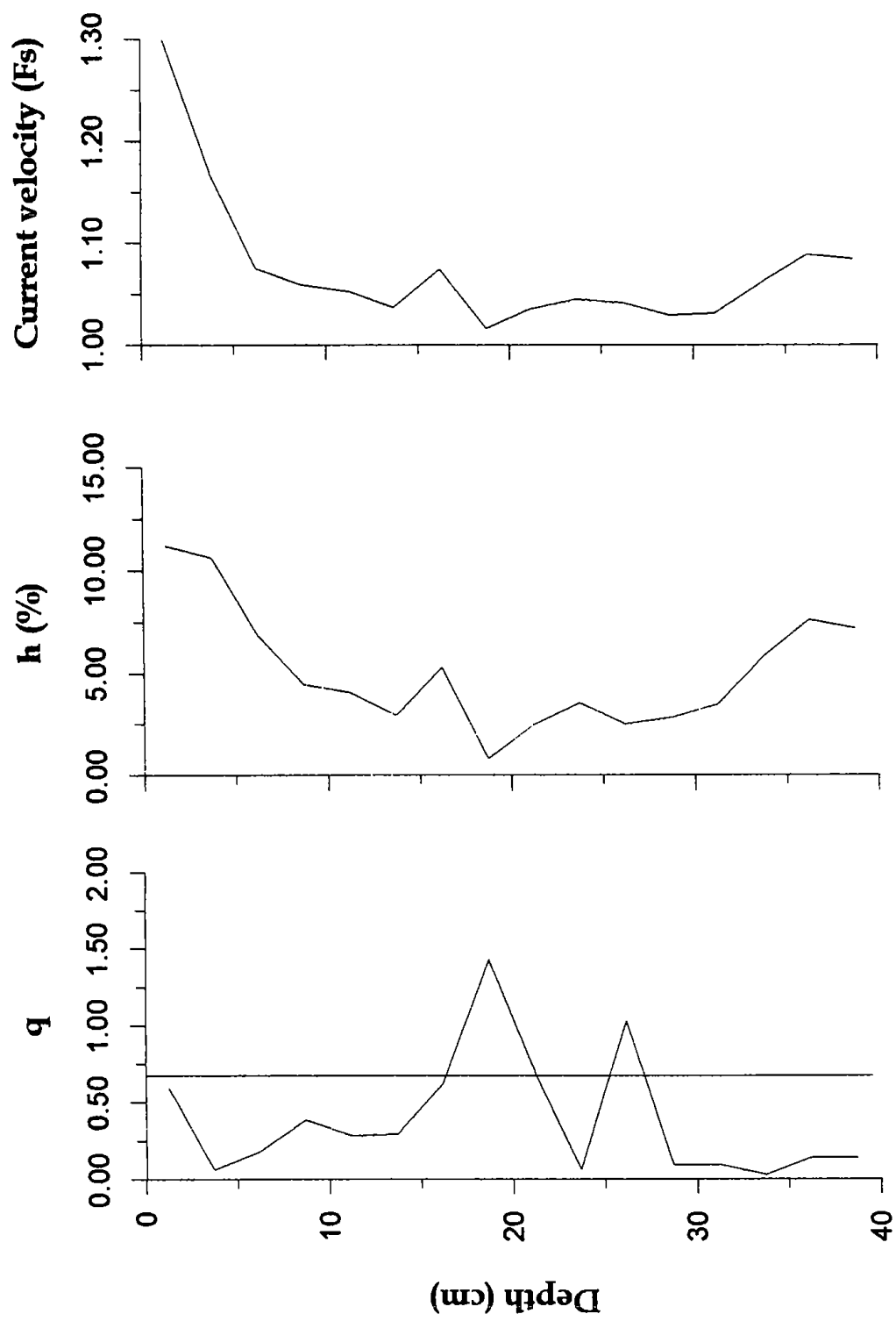


Fig. III-7. The vertical profile of q, h, and Fs parameter in core 01

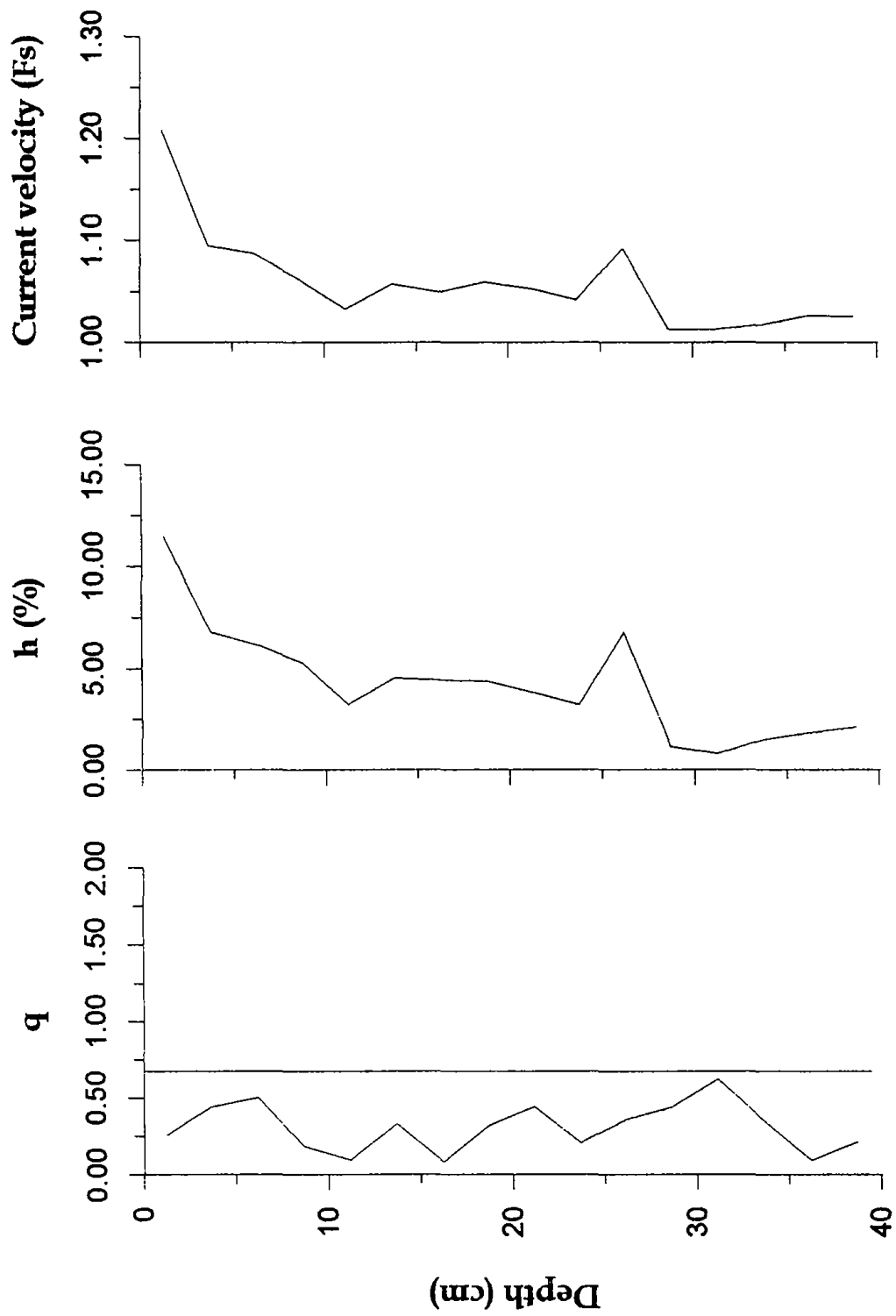


Fig. III-8. The vertical profile of q , h , and F_s parameter in core 03

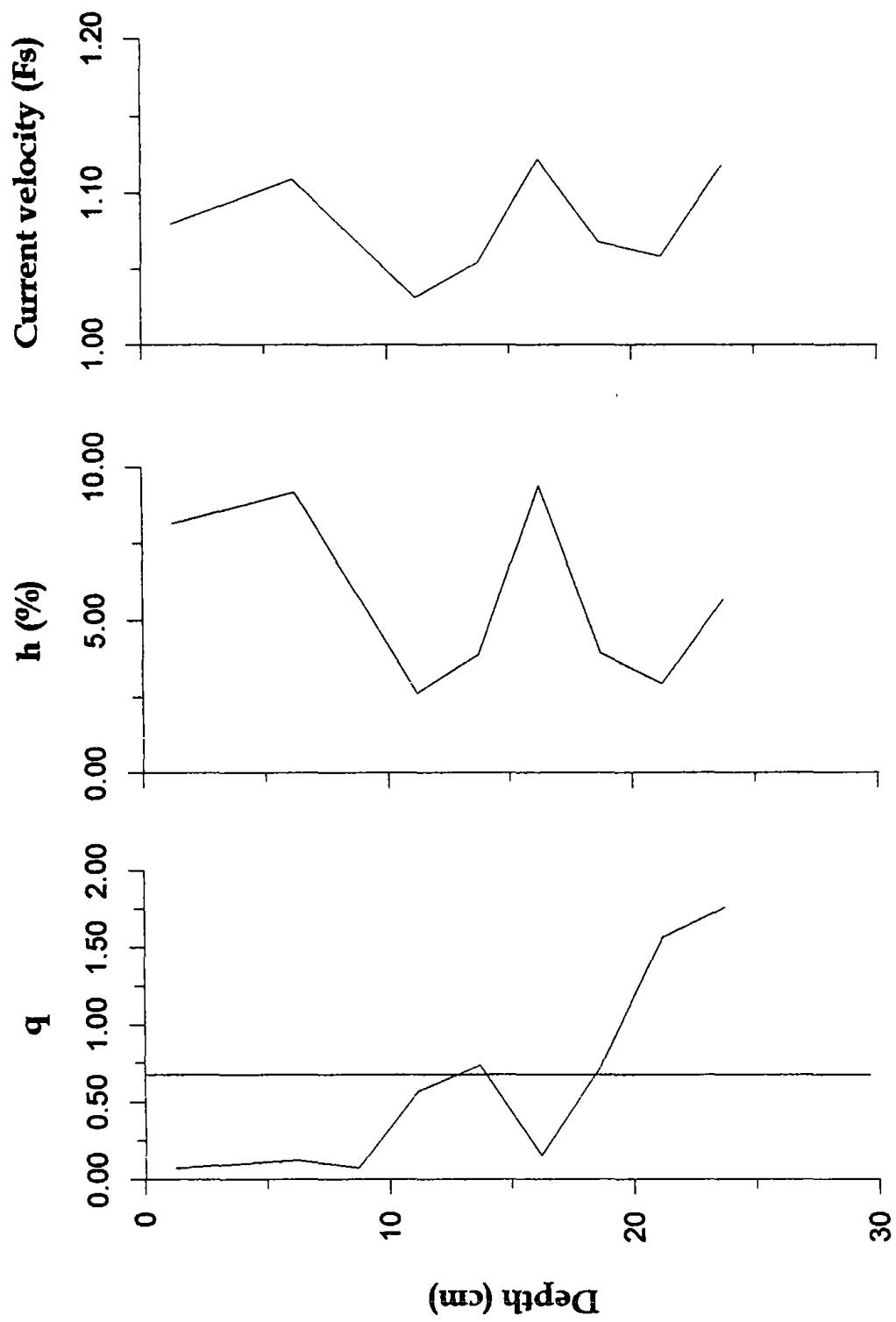


Fig. III-9. The vertical profile of q , h , and F_s parameter in core 05

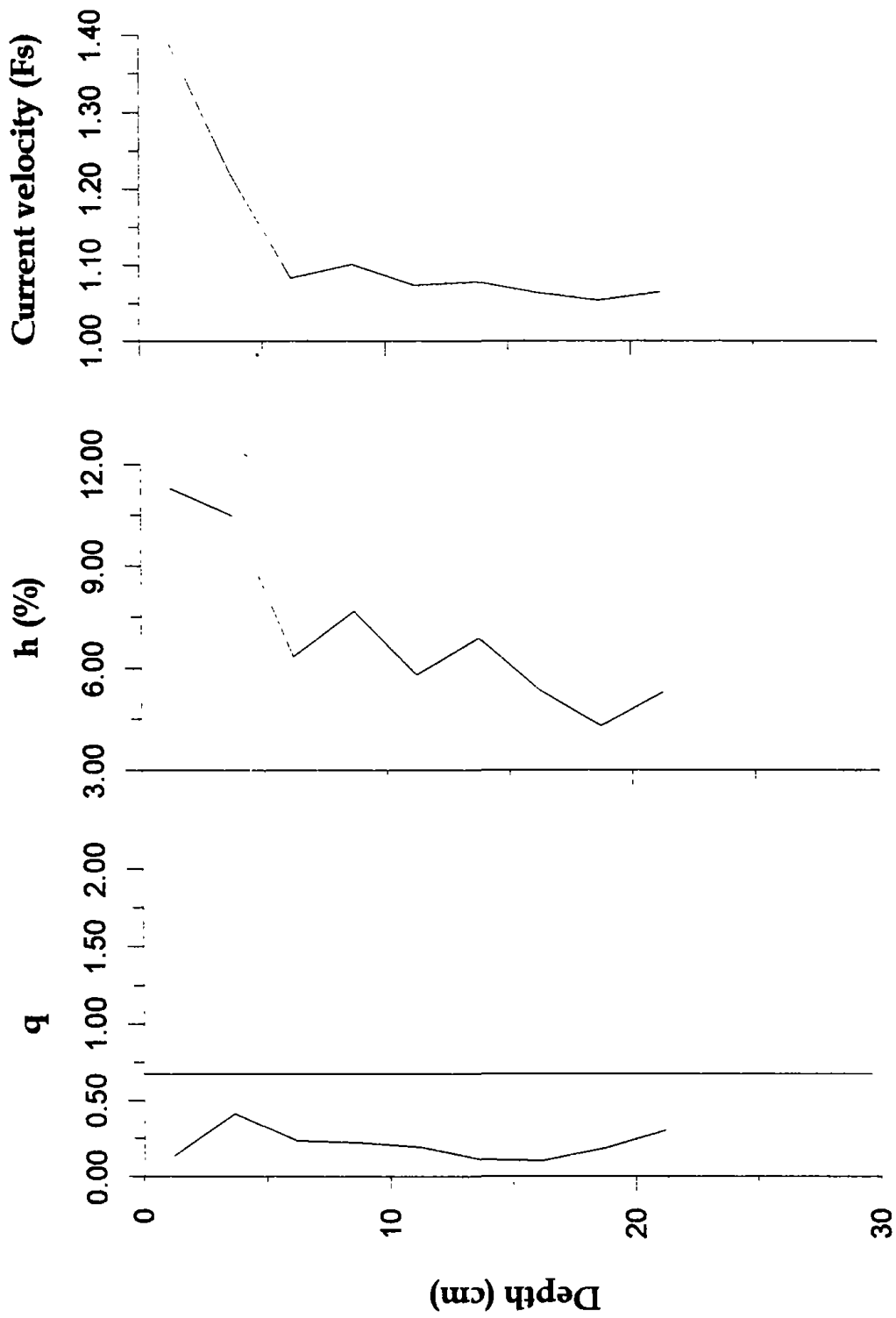


Fig. III-10. The vertical profile of q, h, and Fs parameter in core 07

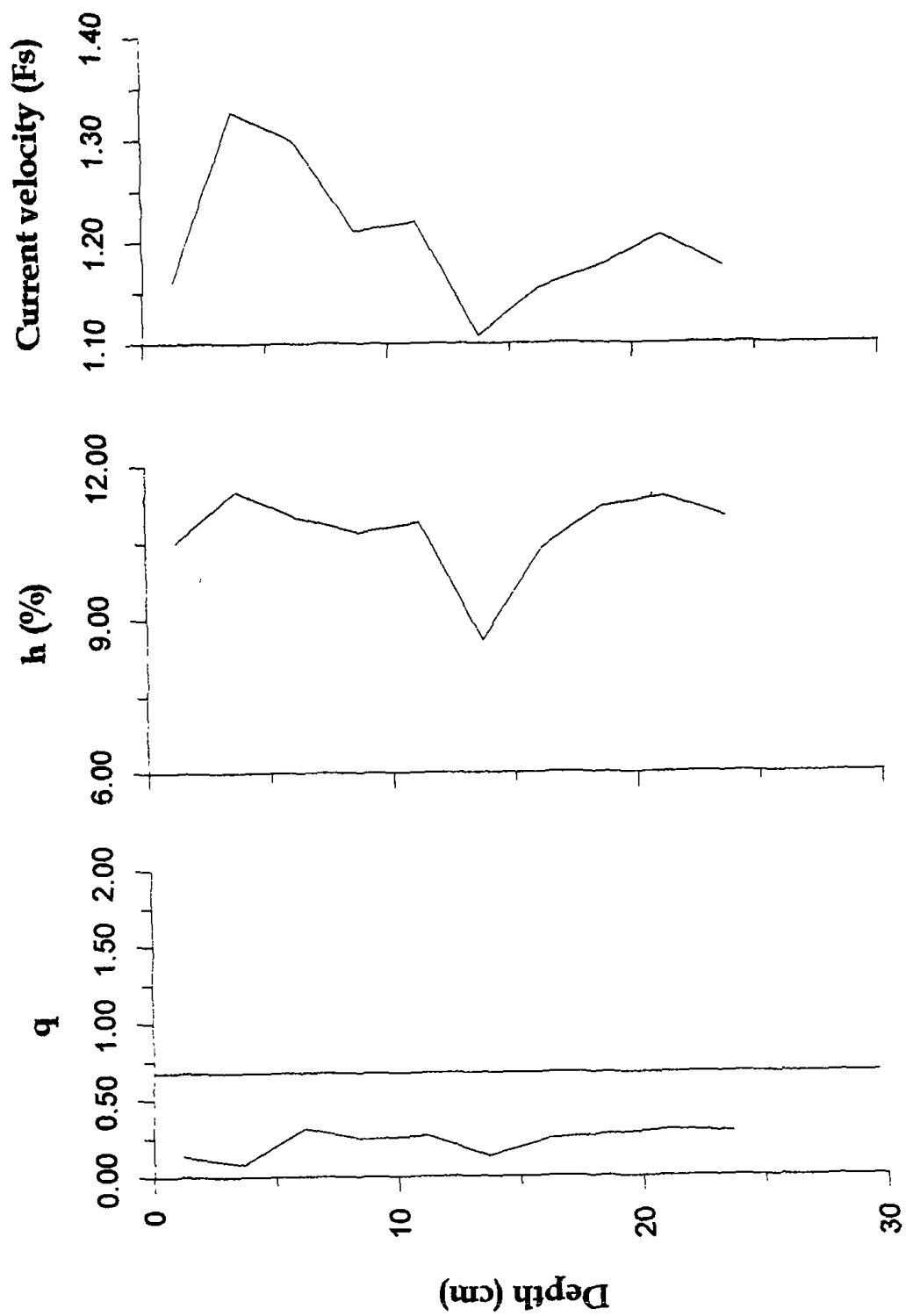


Fig. III-11. The vertical profile of q, h, and Fs parameter in core 13

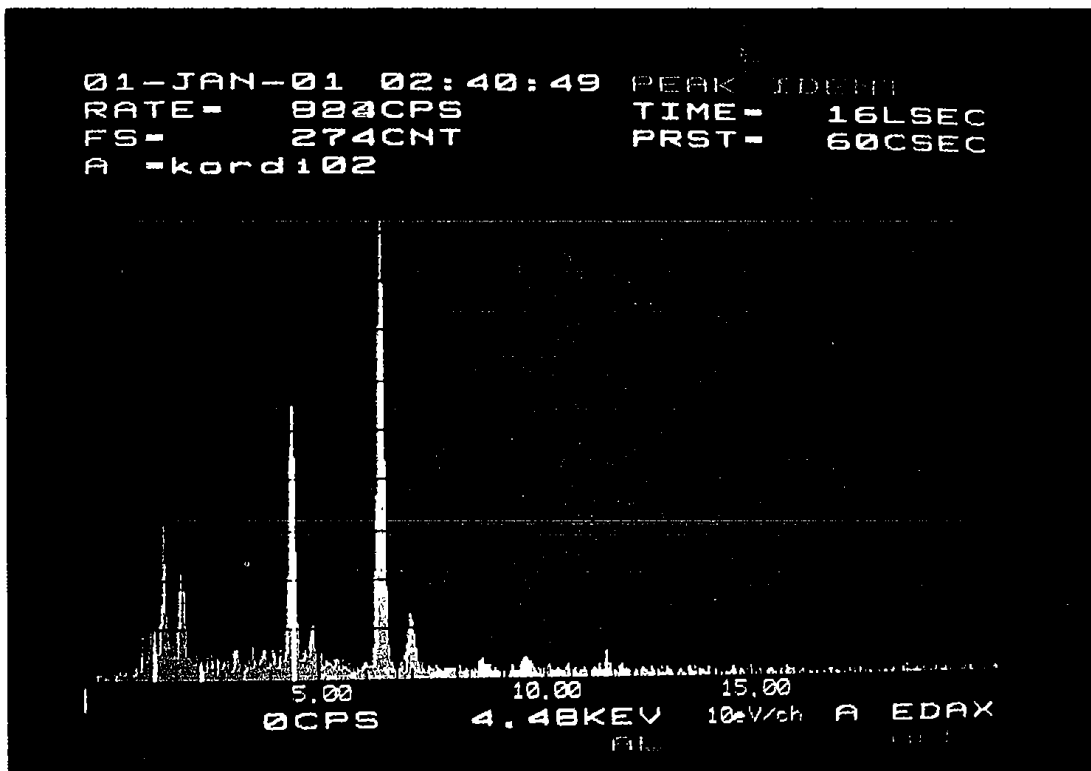
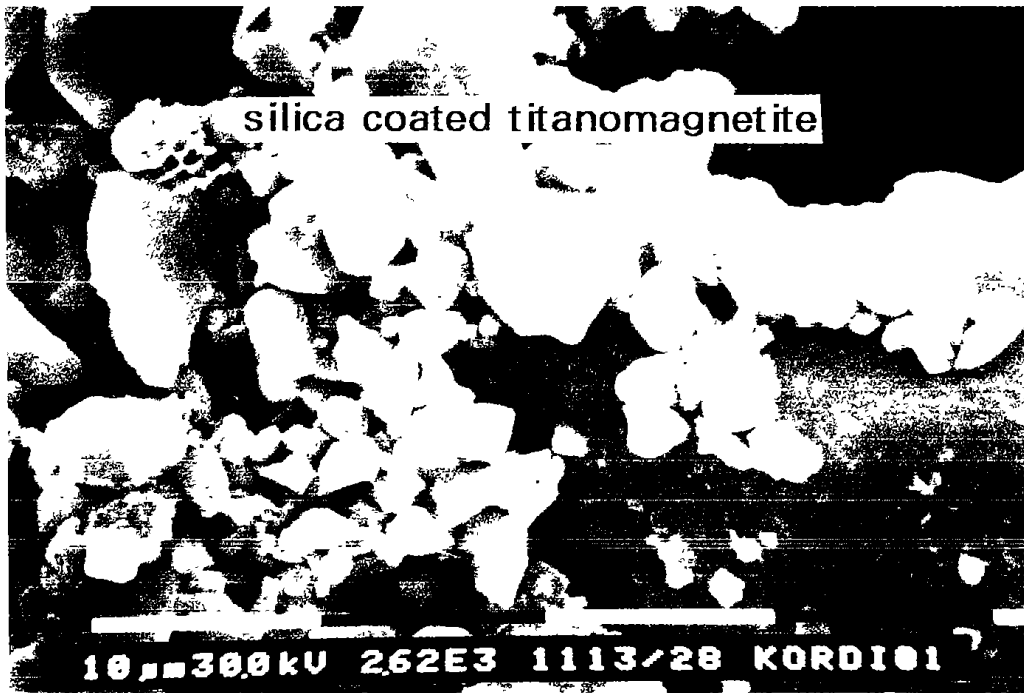


Fig. III-12. The results of SEM and EDX analysis of extracted magnetic minerals (core 01, transitional layer 6.2 cm)

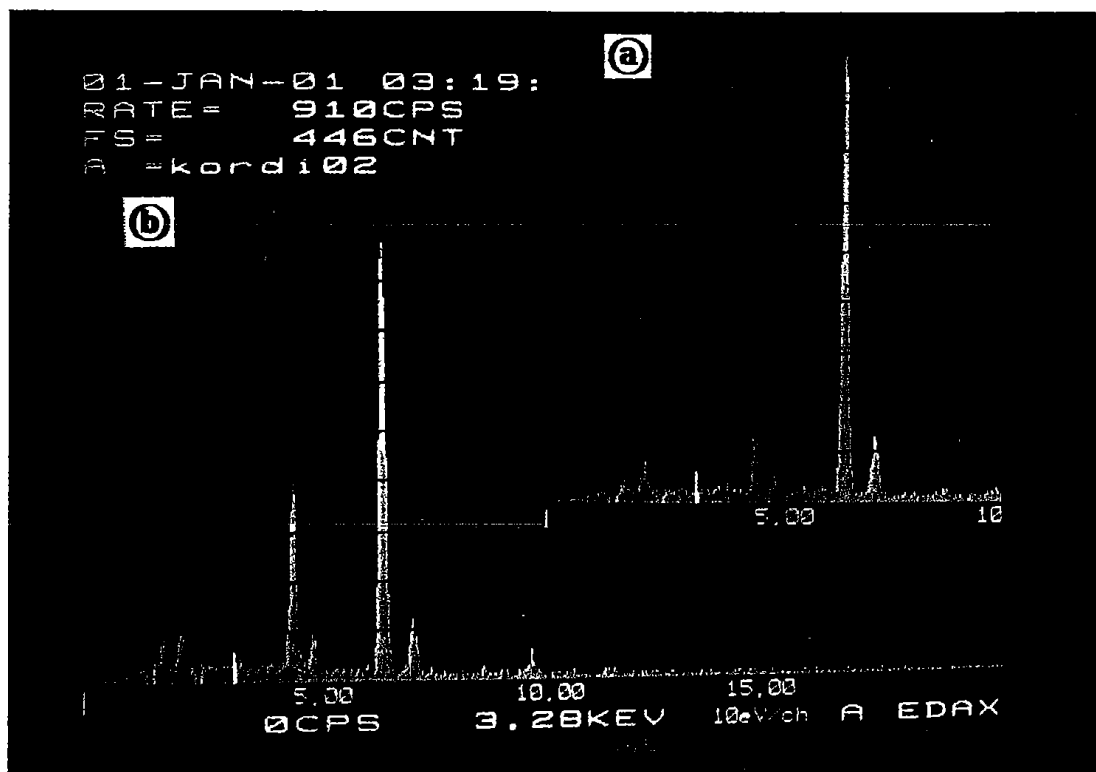
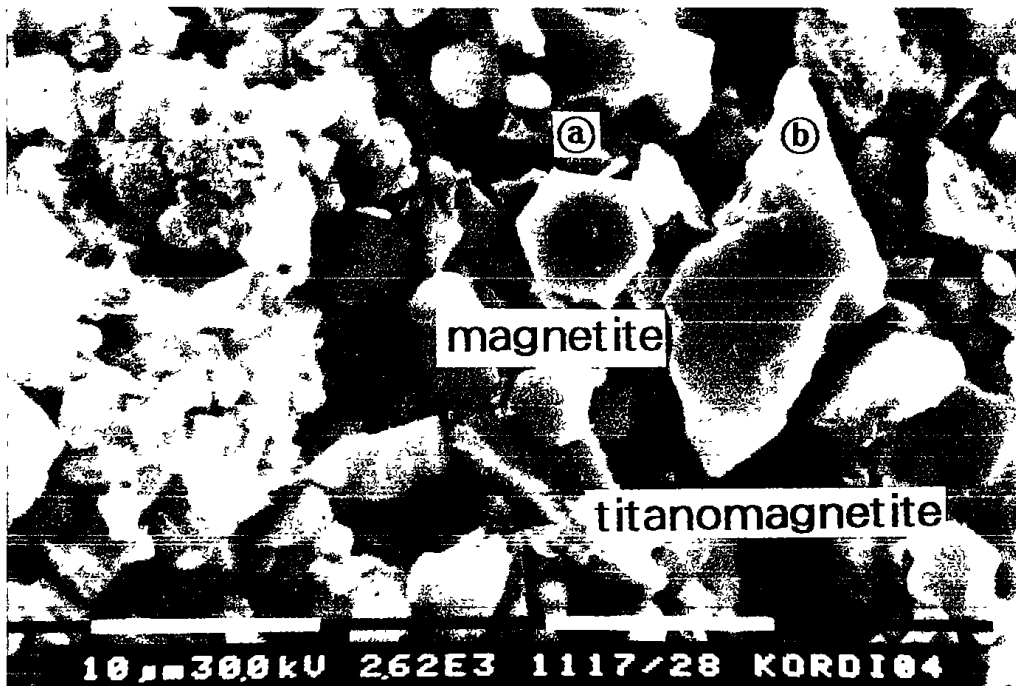


Fig. III-13. The results of SEM and EDX analysis of extracted magnetic minerals (core 01, historical layer 23.7 cm, (a) titanomagnetite, (b) magnetite)

Fig. III-14. Plate of radiolarian species

(all figures X200)

- Fig. 1. *Collosphaera invaginata* KODOS 97-P-5, 6 cm
Fig. 2. *Collosphaera tuberosa* KODOS 97-P-5, 1 cm
Fig. 3. *Collosphaera* sp. A KODOS 97-I-13, 8 cm
Fig. 4. *Amphirhopalum ypsilon* KODOS 97-P-5, 3 cm
Fig. 5. *Lamprocyrtis nigrinia* KODOS 97-P-5, 1 cm
Fig. 6. *Theocorythium trachelium trachelium* KODOS 97-P-5, 2 cm
Fig. 7. *Calocycletta virginis* KODOS 97-P-5, 1 cm
Fig. 8. *Theocyrtis tuberosa* KODOS 97-P-5, 3 cm
Fig. 9. *Calocycletta caepa* KODOS 97-I-13, 8 cm

Fig. III-14.

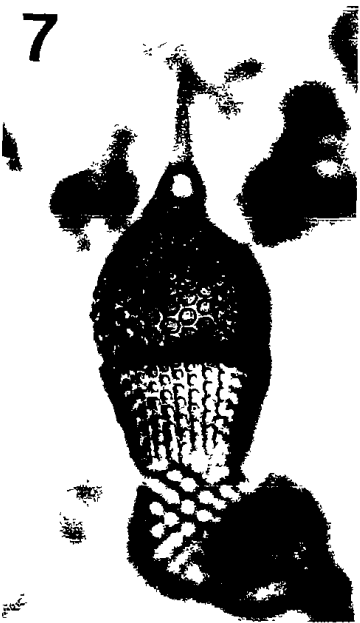
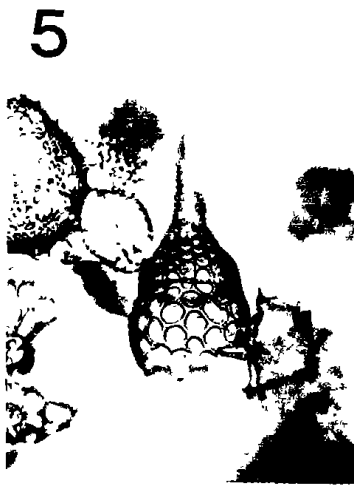
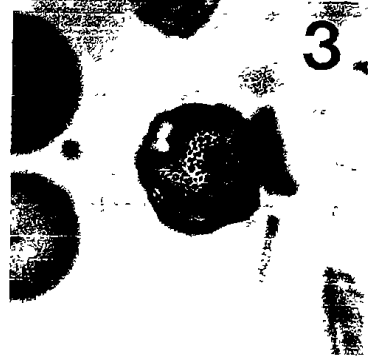
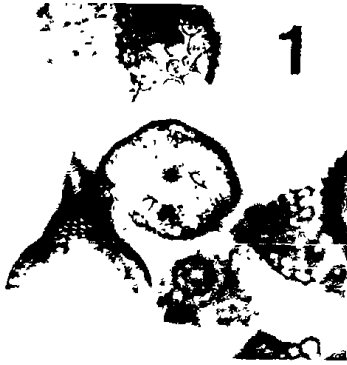
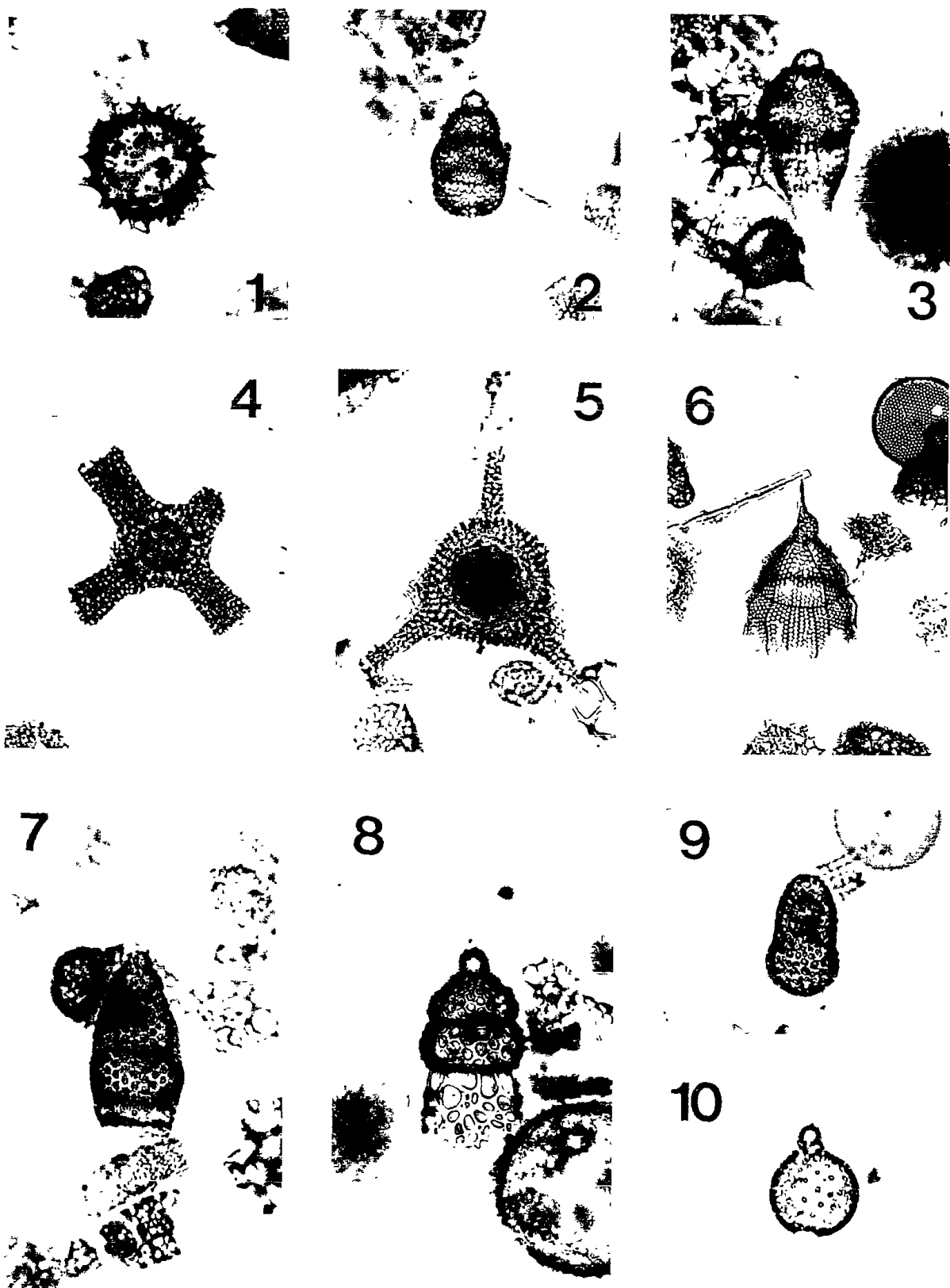


Fig. III-15. Plate of radiolarian species

(all figures X200)

- Fig. 1. *Polysolenia lappacea* KODOS 97-I-3, 0 cm
Fig. 2. *Cyrtocapsella tetrapera* KODOS 97-P-5, 16 cm
Fig. 3. *Theocorys spongoconum* KODOS 97-I-15, 3 cm
Fig. 4. *Lithocyclia aristotelis* grup KODOS 97-I-13, 8 cm
Fig. 5. *Lithocyclia angusta* KODOS 97-I-3, 1 cm
Fig. 6. *Theoconus hertwigii* KODOS 97-I-3, 2 cm
Fig. 7. *Eucyrtidium matuyamai* KODOS 97-I-1, 1 cm
Fig. 8. *Artophormis gracilis* KODOS 97-I-1, 1 cm
Fig. 9. *Centrobotrys gravida* KODOS 97-I-3, 1 cm
Fig. 10. *Dicolocapsa microcephala* KODOS 97-I-1, 8 cm

Fig. III-15.



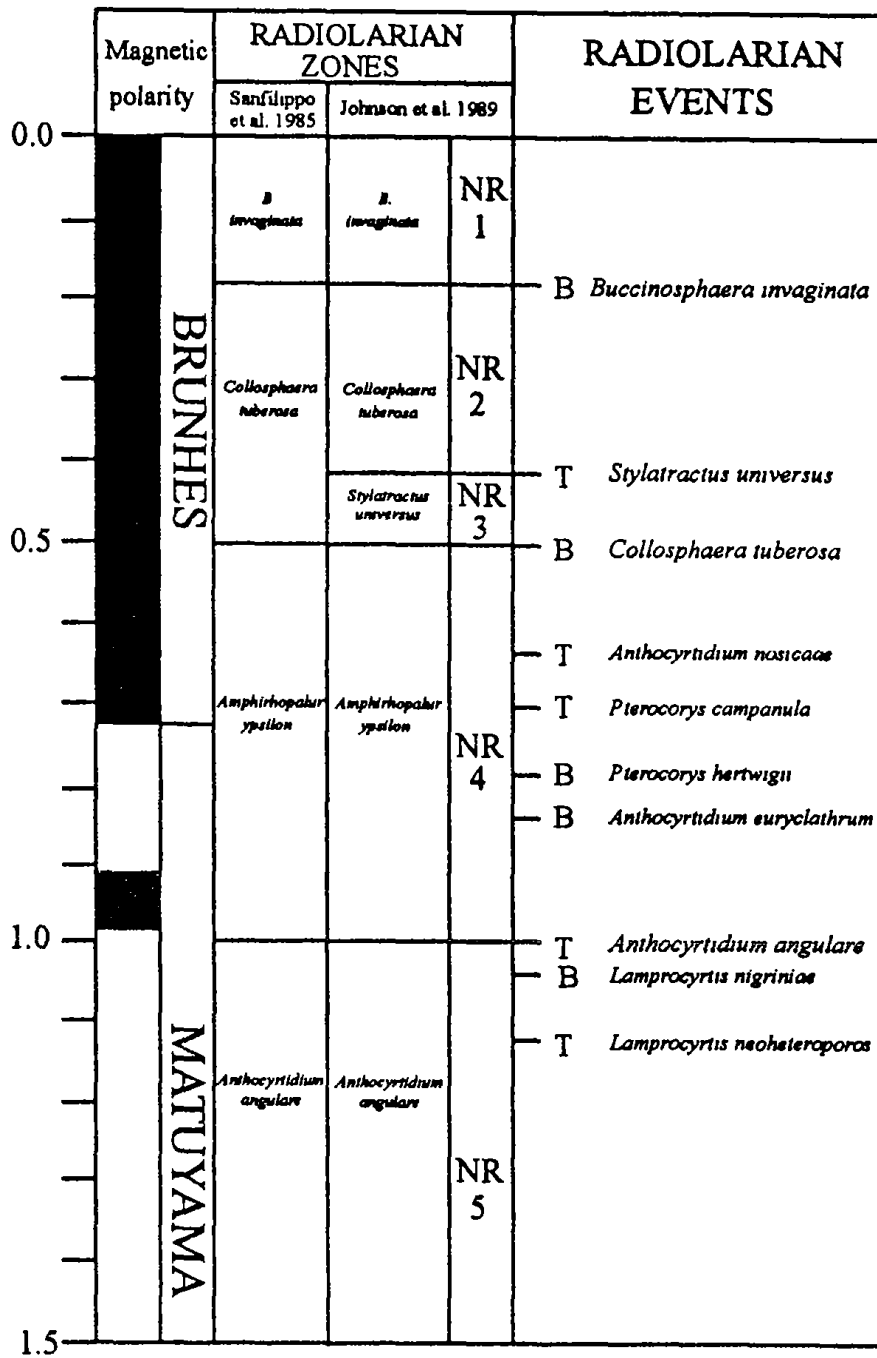


Fig. III-16. Summary of radiolarian zonation, radiolarian events, and paleomagnetic stratigraphy for the Quaternary

