BSPN 00186-606-5

# 제4기 해수면 변화의 모델개발 및 퇴적환경 변화에 대한 종합연구 (Ⅱ)

– Quaternary Sea-level Changes and Their Implication in the Evolution of Coastal Depositional Environments –

1993. 8.

연 구 기 관
한 국 해 양 연 구 소

과 학 기 술 처

# 제 출 문

과학기술처 장관 귀하

본 보고서를 "제 4기 해수면 변화의 모델개발 및 퇴적환경 변화에 대한 종합연구"의 제 2차년도 보고서로 제출합니다.

1993년 8월


주관연구기관명: 한국해양연구소
총괄연구책임자: 한상준
연 구 원: 유홍룡, 이희준
전승수, 정대교
신동혁, 우한준
장진호, 김광산
추용식
정혜경(경산대학교)
기 술 원: 권수재
연 구 조 원: 윤중수, 장 석
안진숙

# 요 약 문

## 1. 제 목

제 4기 해수면 변화의 모델개발 및 퇴적환경변화에 대한 종합연구

## 2. 연구개발의 목적 및 중요성

현재 각국의 연안지역에서는 해상을 통한 인접 국가와의 교역이 확대됨에 따라 임해공업단지 조성, 산업기지 및 위락시설 건설 등 여러 종합개발사업이 활발히 추진되고 있다. 그러나 이러한 연안지역의 집중적인 개발은 자연적 해수면 변화인자에 추가되어 지역적 해수면 상승요인을 제공할 수 있으며, 더구나 산업혁명 이후 19세기 말부터 시작된 화석연료(석탄, 석유, 가스등)의 대량 소비는 대기 온도의 상승을 유발하여 해수면 상승의 중요한 요인이 되고 있다.

이러한 요인들에 의해 해수면이 급격히 변화하면 기존의 해류 및 조류의 체계가 크게 바뀔 뿐만 아니라 지하수 변동, 매립 간척지의 변화 등 해양 및 지질 환경이 매우 큰 영향을 받기 때문에 해수면 변화 문제는 현재 전 세계적 관심사로 등장하고 있다. 따라서 유럽과 북아메리카의 선진 여러 국가들은 장단기 해수면 변화에 대한 연구를 활발히 수행하고 있고, 그 결과들을 연안지역 개발 및 인간활동 등에 직접 활용하고 있다.

그러나 국내의 경우 해수면 변화 연구는 외국과 비교해 볼 때 지극히 부족한 실정이다. 더구나 광활한 조간대를 포함한 한반도 주변의 연안역은 연안 수산자원의 보고일 뿐만 아니라 국토확장의 주요 자원이며, 앞으로 21세기 해양개발 시대를 여는 전진기지 역할을 담당할 중요한 지역이기 때문에 이러한 연안지역의 장기적인 관리와 보존 그리고 효율적인 개발을 위해서는 해수면 변화 및 퇴적환경 변화에 대한

구체적인 연구가 병행되어야 한다.

따라서 본 연구에서는 서해 곰소만 주변해역을 2차년도 연구지역으로 선정, 정밀한 측량과 함께 광범위한 시추와 탄성파 탐사를 실시하고, 채취된 시료에 대해서는 탄소동위원소 ($C^{14}$)에 의한 절대연령 측정과 함께 퇴적상 분석, 미고생물 분석을 실시하여 제 4기동안의 해수면 변동 역사와 그에 따른 연안 퇴적환경의 변화 과정을 밝히고자 하였다. 이에 대한 본 연구사업의 주요 목적은 다음과 같다.

1) 조간대의 현생 퇴적환경 및 환경변화 분석
2) 조간대 퇴적층의 층서 및 퇴적상 규명
3) 제 4기 해수면 변화에 따른 조간대 퇴적층의 진화과정 해석
4) 해수면 변화에 따른 연안역의 퇴적환경 모델 개발
5) 국가 산업개발 계획수립에 필요한 연안지역 해침자료 획득
6) 범 지구환경 변화에 대한 국제규제 대비 자료 확보

## 3. 연구개발의 내용

1) 곰소만 조간대의 현생 퇴적환경 및 환경변화에 관한 연구
   a. 지형, 퇴적물, 퇴적상 분석
   b. 퇴적률 분석
   C. 지형, 퇴적물, 퇴적률의 계절변화 분석
2) 곰소만 조간대층의 수직층서 연구
   a. 진동시추자료 및 보링자료 분석
   b. 탄성파 탐사자료 분석
3) 조간대 표층 및 시추 퇴적물의 미고생물학적 연구
4) 해수면 변동 연구

## 4. 연구개발의 결과

1) 현생 퇴적환경 및 퇴적환경 변화에 관한 연구

a. 지형조사 :

측량에 의한 지형단면도 작성

반복된 측량에 의한 단기의 지형변화 파악

Chenier 연구를 통한 조간대 퇴적환경의 특성 파악

b. 퇴적상 분석 :

입도 및 퇴적구조 분석을 통해 조간대 퇴적층의 퇴적환경 해석

c. 퇴적률 분석 :

자체개발 방법에 의한 퇴적률 측정

d. 퇴적환경 분석 :

표층퇴적물의 분포 파악

폭풍퇴적물의 분포 및 퇴적상 분석

퇴적환경 해석을 통한 환경변화 파악

2) 탄성파 층서연구

a. 제 4기 퇴적층의 층서적 분류 및 해석

b. 곰소만 조간대층의 발달 규모 파악

c. 연근해 제 4기 퇴적층의 해수면 변동에 따른 진화과정 해석

3) 미고생물학적 연구

a. 조간대 표층 및 시추 퇴적물에서 산출된 유공충의 감별

b. 조간대 표층에 분포하는 유공충의 Biofacies 세분

c. 유공충 감별을 통한 연안 퇴적환경의 변화과정 해석

## 5. 활용에 대한 건의

본 연구는 서해 곰소만 조간대에서 지형, 퇴적물, 퇴적상, 퇴적률

등 비교적 다양한 퇴적학적 연구를 시행함으로써 조간대의 환경적 특성을 파악하였다. 또한 광범위한 시추와 탄성파 탐사를 실시하여 조간대층 및 연안 퇴적층의 하부구조와 규모를 밝혔고, 나아가 많은 시료의 $C^{14}$ 연대측정과 유공충을 이용한 환경해석을 통해 해수면 변화에 따른 연안 퇴적층의 진화과정을 시간층서적으로 해석하였다. 이와 같은 결과들은 적어도 서해의 많은 연안역에 적용 가능한 중요한 자료로서 서해 연안역의 해저자원개발에 있어 기초자료로 이용될 수 있고, 해양구조물 설치, 방조제 축조 등 해양관련사업의 장단기 계획수립에도 중요하게 이용될 것이다. 특히 지형, 퇴적물, 퇴적률 등을 이용한 퇴적환경의 계절변화에 대한 연구는 서해 연안역의 환경변화를 이해하는데 매우 중요한 의미를 갖으며, 앞으로 장단기 연안환경의 변화를 예측하는데 중요한 자료로 이용될 수 있을 것이다.

# Summary

1. Title of the Study

Quaternary Sea-level Changes and Their Implication in the Evolution of Coastal Depositional Environments

2. Significance and Objective of the Study

Recently, the coastal development projects for the constructions of various industrial complexes such as ports, airports, nuclear power plants and marinopolis are actively performed in the coastal areas of the Korean Peninsula. The coastal areas play an important role for a main land source for the constructions of industrial complexes as well as those of agricultural ones, especially in the case of our country which is being faced with the serious problem of territorial shortage. However, the rapid expansion of coastal development may cause the local sea-level rise in addition to the natural rise. Since the late of nineteenth century, a rapidly growing consumption of fossil fuel has probably led to a rise in atmospheric temperature, causing the global sea-level rise.

Sea-level change should be a main controlling factor which affects the change of nearshore current, of water table, and of the sediment movement and deposition (i.e. depositional environment). It is one of the hot issues actively challenged by a number of earth scientists including oceanographers and sedimentologists. Sedimentological and applied geological studies on the long- and short-term sea-level changes are actively carried out in

oceanographically and geologically forefront nations, resulting that they are now usefully applied to the development and management of coastal areas. Unfortunately, the detailed studies on the sea-level change in the Korean coasts are very rare.

The western and southern coasts of the Korean Peninsula are characterized by the development of wide intertidal flats, which is an important research target for marine geologists as well as for engineers and public officials interesting in coastal development and management. The coast is really important natural resources for us and also for our descendant. For proper development and efficient management of the resource, the integrated studies for the sea-level change and its implications in the evolution of coastal depositional environments should be carried out.

In this year, second term of the project, the study was focussed on sedimentary facies analysis, interpretation of high-resolution seismic profiles, age dating and paleontological analysis with the triangulation of shore boundary and leveling of sea-bottom surface for the following objectives:

1) Recent sedimentary environments and their seasonal variations in the tidal flat, western coast of Korea
2) Vertical sequence and sedimentary facies of tidal deposits
3) Evolution history of tidal deposits in relation to late Quaternary sea-level changes
4) Depositional model of coastal environment in relation to sea-level change

5) Acquisition of data concerning the coastal transgression, and presentation of database for the coastal development and management

6) Acquisition of basic data coping with international constraints for the worldwide protection of environment

3. Scope of study

1) Sedimentary environments and their seasonal changes in the Gomso Bay tidal flat

a. Topography, sediments and sedimentary facies

b. Sedimentation rate

c. Seasonal changes of topography, sediments, and sedimentation rate

2) Sequence stratigraphy and depositional environment of Late Quaternary deposits

a. Vibracore and boring data

b. 3.5 kHz seismic profiles

3) Micropalentological study of surface and core sediments in the Gomso Bay tidal flat

4) Study of Late Quaternary sea-level changes

4.. Result of study

1) Study of sedimentary environments and their seasonal variations

a. Geodetic survey;

- Presentation of the results of geomorphological leveling

- Interpretation of short-term geomorphological changes of tidal flat and chenier by repeated leveling
- Explanation the evolution history of chenier in the Gomso Bay tidal flat

b. Analysis of sedimentary facies;
- Classification of sedimentary facies
- Iterpretation of the depositional environments of tidal deposits

c. Study of sedimentation rate;
- Measurment of sedimentation rate by specially designed techenique

d. Depositional environment;
- Understanding of distribution pattern of surface sediments
- Understanding of characteristics of storm deposits in the tidal flat
- Understanding of seasonal changes of depositional environment

2) Study of 3.5 kHz seismic profiles;

a. Stratigraphic classification and interpretation of Late Quaternary deposits

b. Lateral and vertical extent of tidal deposits in Gomso Bay tidal flat

c. Late Quaternary coastal evolution in relation to sea-level changes

3) Micropalentological study;

a. Identification of foraminifera in the surface and core sediments

b. Identification of foraminiferal biofacies in the surface sediments

c. Interpretation of paleoenvironments by the study of foraminifera

5. Suggestions

This study focused on the characteristics of sedimentary environments in the tidal flat through sedimentological studies. Vibracores, 3.5 kHz seismic profiles and radiocarbon dating were used to analysize buried lithologic records. Foraminiferal assemblages were also used to interpret paleoenvironments during Holocene sea-level rise. Results from these studies should be useful to understand the evolution history of western coast of Korea, and will play an important role for the constructions of industrial complexes. Seasonal variations of depositional environments in terms of topography, sediments and sedimentation rate are very important for understanding the sedimentary processes in the western coast of Korea, and will provide information of short- and long-term environmental changes in the future.

# 목 차

요약문 ---------- (3)
그림목차 ---------- (16)
표목차 ---------- (22)

제 1장 서론 ---------- 1

제 2장 연구지역 개관 ---------- 4

제 3장 연구범위 및 방법 ---------- 8

제 4장 곰소만 조간대의 퇴적환경 연구 ---------- 13
제 1절 조간대의 현생 퇴적환경 ---------- 13
1-1. 퇴적상 분포 ---------- 13
1-2. 지형 ---------- 13
1-3. 퇴적물의 입도특성 ---------- 15
1-4. 퇴적률 ---------- 22
제 2절 조간대의 퇴적환경 변화 ---------- 27
2-1. 지형의 년변화 ---------- 27
2-2. 입도특성의 계절변화 ---------- 27
2-3. 퇴적률의 계절변화 ---------- 32
제 3절 Chenier ---------- 38
3-1. 형태 ---------- 38
3-2. 퇴적물 ---------- 38
3-3. 퇴적구조 ---------- 42
3-4. 이동 ---------- 46

3-4-1. 장기적 이동 ---------- 46
3-4-2. 단기적 이동 ---------- 49
이동 양상 ---------- 49
이동 속도 ---------- 51
제 4절 요약 ---------- 53
제 5장 곰소만 조간대층의 수직층서 연구 ----------57
제 1절 진동시추자료 (Vibracore data) ----------57
제 2절 보링자료 (Boring data) ---------=----------59
제 3절 탄성파 탐사자료 (3.5 kHz seismic data)----------62
제 4절 요약 ---------- 74

제 6장 표층 및 시추 퇴적물의 미고생물학적 연구 ----------76
제 1절 조간대 표층퇴적물의 미고생물학적 연구 ---------- 76
1-1. 개관 ---------- 76
1-2. 재료 및 방법 ----------77
1-3. 연구결과 ----------78
1-4. 요약 ---------- 87
제 2절 조간대 시추퇴적물의 미고생물학적 연구 ----------90
2-1. 개관 ---------- 90
2-2. 재료 및 방법 ----------91
2-2-1. 시추퇴적물의 퇴적상 ----------91
2-2-2. 연구방법 ----------94
2-3. 연구결과 ----------95
2-3-1. Core SW-9 ----------95
2-3-2. Core SW-19 ----------100
2-3-3. Core SW-27 ----------104
2-4. 요약 ----------109

제 7장 해수면 변동 연구 ---------- 110
제 1절 $C^{14}$ 절대연대측정 ---------- 110

# List of Figures

Fig. 2.1. Index map showing bathymetry, seismic track lines, and sampling locations (surface sediments, vibracores, and boring cores ) in Gomso Bay. Line-SW and Line-HJ are the transects leveled at 100 m intervals. Along the Line-SW sedimentation rates (open trangles) were measured. Vibracores and boring cores (BC-A, BC-B) were taken at the stations shown as filled trangles and circles respectively. ---------- 5

Fig. 2.2. Simplified geologic map of the adjacent area of Gomso Bay. ------- 7

Fig. 3.1. Plane view of chenier. Dots denote sampling sites. A-A' and B-B'represent trench cuts for the study of internal structures of chenier. Along the line 1, 2, and 3, migration speed of chenier was measured. On the four stations designated as open circles sedimentation rates were measured at 2 month intervals. ---------- 10

Fig. 4.1. Map showing the distribution patterns of surface sediments in the tidal flat of Gomso Bay. ---------- 14

Fig. 4.2. Line-SW profile crossing the intertidal flat of Gomso Bay. Tidal flat is divided into three subenvironments (Upper, Middle, and Lower flat) on the basis of MNHW (Mean Neap High Water) and MNLW (Man Neap Low Water). Note the chenier located at the upper tidal flat above MHW (Mean High Water), and intertidal sand shoal near M.S.L. (Mean Sea Level). ---------- 16

Fig. 4.3. Variation of textural composition (gravel, sand, silt, and clay) along the Line-SW cross-flat transect. ---------- 19

Fig. 4.4. Mean grain-size and sorting coefficient along the Line-SW cross-flat transect. ---------- 20

Fig. 4.5. Grain-size distribution of the tidal flat sediments. (a) Sediments of upper tidal flat, (b) Sediments of middle tidal flat, (c) Sediments of lower tidal flat. ---------- 21
Fig. 4.6. Histograms showing the grain-size distribution of chenier and intertidal sand shoal. (a) Sediments of chenier, (b) Sediments of intertidal sand shoal. ---------- 23
Fig. 4.7. Sedimentation rate along the Line-SW cross-flat transect. ---------- 26
Fig. 4.8. Elevation of Line-SW transect. Note the landward movements of chenier and intertidal sand shoal. ---------- 28
Fig. 4.9. Sand percent of surface sediments along the Line-SW cross-flat transect. Note a relatively high seasonal variation at the lower upper and higher middle flat above M.H.W.(Mean High Water). ---------- 29
Fig. 4.10. Mean grain-size of surface sediments along the Line-SW transect. At the lower upper flat, higher middle flat, and lower flat, seasonal fluctuations of mean grain-size are relatively high. ---------- 31
Fig. 4.11. Seasonal variations of statistical parameters (mean grain-size, sorting, and skewness) at each subenvironment of Gomso Bay tidal flat.(a) Mean grain-size (b) Sorting coefficient (c) Skewness ---------- 33
Fig. 4.12. Seasonal variations of sedimentation rate in the tidal flat of Gomso Bay. Note a erosional pattern of tidal flat chiefly in Autumn. ---------- 35

Fig. 4.13. Bimonthly measured depth below seafloor to base plate at ten points of Line-SW transect. Increasing depth indicates deposition, and decreasing depth erosion (a) Upper tidal flat. Accmulation occurred contineously in the uppermost muddy tidal flat (SW-2, SW-6), whereas erosion proceeded in the seaward part of chenier (SW-9), causing to a landward movement of chenier. (b) Middle tidal flat. Erosion of middle flat occurred mainly in autumn (Aug.-Dec.). (c) Lower tidal flat. Erosion of lower flat occurred in early winter (Dec.). ---------- 36

Fig. 4.14. Topographical chart of chenier obtained using a precision levelling device (Wild T2 universal Theodolite and Geodiameter 220). ---------- 39

Fig. 4.15. Photographs showing two parts of chenier. (a) Higher eastern part (Part A). (b) Lower western part (Part B). ---------- 40

Fig. 4.16. Grain-size distribution of the chenier sediments. Histograms on the right side are the typical grain-size patterns of chenier sediments. Wide and unimodal distribution patterns with lack of 3-4 phi fraction are the characteristics of the chenier sediments. ---------- 43

Fig. 4.17. Photographs showing gravels (a) and shell fragments (b) on the chenier surface. ---------- 44

Fig. 4.18. Photographs showing the internal and external structures of chenier. (a) Chenier perched on the muddy uppermost tidal flat. (b) Trench cut of A part of Chenier. Chenier consists of fine to medium sands, shells and gravels. Note interlayers of sand bed and shell bed. (c) Trench cut of B part of Chenier. Note landward-dipping interlayers of sand bed and shell bed. (d) Small-scale delta formed through washover fanning on the landward side of chenier. ---------- 45
Fig. 4.19. Schematic diagrams showing the morphology and internal structure of chenier. (a) Section A-A'(A part of chenier). (b) Section B-B'(B part of Chenier). For location see Fig. 3.1. ---------- 47
Fig. 4.20. Aerial photographs showing the position of chenier and intertidal sand shoals in 1967, 1976 and 1989. A composite of photographs shows the evolution and migration of chenier during the period of 1967-1989. ---------- 48
Fig. 4.21. Migration pattern of chenier obtained from repeted measurements of Chenier during the period of 1991-1992. Movement of chenier had been accelerated during the period of Feb.-Oct. of 1992. ---------- 50
Fig. 5.1. Subsurface structure of the Gomso-bay tidal flat based on seven vibracores taken along the Line-SW transect. Heavy vertical lines indicate vibracores, and numbers stand for radiocarbon ages. ---------- 58
Fig. 5.2. Graphic log of boring core BC-A. For location see Fig. 2.1. ---------- 61
Fig. 5.3. Graphic log of boring core BC-B. For location see Fig. 2.1. ---------- 63

Fig. 5.4. 3.5 kHz subbottom profile and its interpretation illustrating three regional unconformities (R1, R2 and R3) and four depositional units (I, II, III. IV) in the subtidal area of Gomso Bay. Unconformity R2 and R3 correspond to major subaerial exposure surface (Type I Unconformity), and unconformity R1 refers to ravinement surface separating Holocene depositional sequence into sets of channel or valley-fill (Depositional unit II) and upper Holocene unit (Depositional unit I). For location see Fig. 2.1. ---------- 66

Fig. 5.5. 3.5 kHz subbottom profile and its interpretation in the subtidal area of Gomso Bay. Upper Holocene sequence (Depositional unit I) is acoustically transparent with uniform thickness (Approximately 7 m). Channel or valley-fill (Depositional unit II) is characterized by clinoformal to aggradational reflection pattern. Depositional unit IV is absent in this area. For location see Fig. 2.1. ---------- 67

Fig. 5.6. 3.5 kHz profile and its interpretation showing the history of channel filling with rising sea level. Fluvial or distributary channel is initially filled by channel sediments at the lowstand of sea level. As sea level rise, transgressive fluvial and estuarine-fills are formed within fluvial channel. Note that unconformity R1 and R2 coincide on the left side of diagram. ---------- 68

Fig. 5.7. 3.5 kHz subbottom profile obtained from the lower tidal flat of Gomso Bay. Clinoformal to aggradational reflection patterns (within depositional unit II) are well developed above high amplitude reflection surface (Unit boundary R2). For location see Fig. 2.1. ---------- 69

Fig. 6.1. Line SW: plots of elevation (cm), mean grain size (phi), calculated number of foraminifera in 50ml (N), number of species in each sample (S), percent of planktonic foraminifera, percent of living individuals in each sample. ---------- 85
Fig. 6.2. Detailed location map of Line-SW in the Gomso tidal flat and three sampling stations of the vibracores for the present study. ---------- 92
Fig. 6.3. Vertical changes of foraminiferal observations throughout the Core SW-9; A: Foraminiferal number in 50g of dry samples, B: Relative abundance (%) of *Ammonia beccarii tepida* in the total assemblage, C: Dominance of samples, D: Total number of species, E: Ratio distribution of total foraminiferal assemblage. AL?: *Allogromia*?, H: Hyaline, A: Arenaceous, P: Porcelaneous, PL: Planktonics. ---------- 98
Fig. 6.4. Vertical changes of foraminiferal observations throughout the Core SW-19; refer the explanation of A, B, C, D, and E in Fig. 6.3. ---------- 103
Fig. 6.5. Vertical changes of foraminiferal observations throughout the Core SW-27; refer the explanation of A, B, C, D, and E in Fig. 6.3. ---------- 108
Fig. 7.1. Age-depth plots based on radiocarbon dates in the Gomso Bay tidal flat. Tetragons: overturned samples, Triangle: peat , Circles: shells. For details refer to Table 7.1. ---------- 112

# List of tables

Table 4.1. Summary of textural parameters of surface sediments in the Gomso Bay tidal flat. ---- 18
Table 4.2. Sedimentation rates and their seasonal variations in the Gomso Bay tidal flat. ---- 24
Table 4.3. Granulometric composition of surface sediments of the chenier in Gomso Bay. ---- 41
Table 4.4. Migration speed of each part of chenier. ---- 52
Table 5.1. Physical characteristics of depositional units and unconformities. ---- 64
Table 6.1. The numbers of individuals for the living and total (living+dead) assemblages in the surface sediments from the 10 stations. ---- 79
Table 6.2. Relative abundance (%) for the living and total (living+dead) assemblages in the surface sediments from the 10 stations. ---- 82
Table 6.3. Five biofacies for total foraminiferal assemblages in the five subenvironments of the Line-SW. The foraminiferal assemblages were dominant species those which represent more than 20% of the total assemblage in any station. ---- 88
Table 6.4. List of foraminiferal species from the Core SW-9. ---- 96
Table 6.5. List of foraminiferal species from the Core SW-19. ---- 101
Table 6.6. List of foraminiferal species from the Core SW-27. ---- 105
Table 7.1. Summary of radiocarbon ($C^{14}$) dates from the tidal flats in Gomso Bay. ---- 111
Table 7.2. Samples for AMS C-14 age dating ---- 113

# 제 1장 서 론

해수면은 어느 한 수준에 고정되어 있는 면이 아니라 여러 인자들 (기후, 빙하의 발달상태, 지구조 운동, 퇴적률 등)을 함수로하여 끊임없이 변화하는 면이다. 실제로 지구 역사상 마지막 빙하최성기 (Last glacial maximum)인 18,000 년 B.P.경에는 해수면이 현재보다 120-130 m 낮았으며, 지난 10,000 년 동안에는 약 30 m 정도 상승한 것으로 보고되고 있다 (Dillon *et al.*, 1978; Oldale *et al.*, 1980). 또한 19세기 말부터 대량 소비된 화석연료 (석탄, 석유, 가스 등)는 온실효과기체 (Greenhouse gas)를 대기에 방출, 대기온도의 상승을 야기시킴으로써 지구환경의 급격한 변화를 초래하였고, 그동안 활발하게 추진되어 온 연안지역의 개발은 자연적 해수면 변동 이외의 지역적 해수면 상승을 야기하는 중요한 요인이 되고 있다. 기후변화에 관한 정부간 협의체인 IPCC (Inter-governmental Pannel on Climate Change)에 의하면 아무런 대책이 없이 지금의 추세가 계속될 경우, 2025년이 되면 대기중 온실효과기체의 농도가 지금의 두배가 되어 평균기온이 지금보다 1 ℃, 21세기 말에는 3 ℃가량 더 상승하며, 따라서 해수면은 2,030년에 지금보다 약 30 cm, 21세기 말에는 지금보다 65 cm 더 상승할 것으로 예측되고 있다 (IPCC working group 1, 1990).

해수면이 급격히 변화하면 기존의 해류 및 조류의 체계가 크게 변화할 뿐만 아니라 지하수, 매립된 간척지 등 해양 및 지질환경도 크게 변화하여 인간생활에 지대한 영향을 미친다. 따라서 유럽과 북아메리카의 선진 여러 국가에서는 장,단기 해수면 변화에 대한 연구를 활발히 진행하고 있고, 그 결과를 연안지역의 개발 및 인간활동에 직접 활용하고 있는 상황이다. 또한 IGCP (International Geological Correlation Programme)와 INQUA (International Union for Quaternary Research)와 같은 국제적인 연구그룹도 조직하여 지역적,

광역적 해수면 변화 연구를 활발히 추진하고 있다.

그러나 국내의 제 4기 해수면 변화 연구는 외국과 비교해 볼 때 매우 부족한 실정이다. 물론 관련 학계와 일부 연구소에서 해수면 변화에 대한 연구가 그동안 간헐적으로 실시되긴 하였으나 그 결과들은 매우 단편적인 것 들이어서, 앞으로 해수면 변화에 관한 연구가 임해지역 개발, 항만 건설, 해양 구조물 축조, 퇴적물의 이동 변화 등 인간 활동에 보다 유익한 정보로서 활용되기 위해서는 해수면 변화에 관한 보다 많은 연구자료의 확보가 필요하다. 특히 서해안은 국토의 균형발전과 중국과의 교역확대 등으로 인하여 지역개발이 활발하게 추진되고 있기 때문에 해수면 변화에 따른 해안지형의 변화 및 지질구조에 관한 연구는 매우 중요한 의미를 갖는다.

따라서 본 연구는 서해 곰소만 해역을 연구지역으로 선정, 정밀한 측량과 함께 광범위한 시추와 탄성파 탐사를 실시하고, 채취된 시료에 대해서는 $C^{14}$ 절대연대측정과 함께 퇴적상 분석을 시행하여 제 4기 (Late Quaternary) 동안 해수면의 변동역사와 그에 따른 연안 퇴적층의 진화과정을 밝히고자 한다.

본 연구는 3개년 계획으로 실시되고 있는 과학기술처 특정연구과제의 2차년도 연구결과이다. 1차년도 (1991-1992)는 주로 곰소만 조간대를 중심으로 기존의 지질 및 탄성파 탐사자료와 미고생물학적 자료를 수집, 분석하였고, 조간대의 현생 및 시추 퇴적물의 퇴적상을 연구하여 퇴적상의 분석기술을 개발하였다. 2차년도 (1992-1993)에는 곰소만 조간대에 대한 퇴적환경 및 환경변화 연구, 조간대층의 수직층서 연구, 조간대의 표층 퇴적물 및 시추 퇴적물의 미고생물학적 연구, 그리고 C-14 연대측정을 통한 해수면 변화 연구 등을 주요 내용으로 하였다. 본 연구의 최종 연도인 3차년도 (1993-1994)에는 토탄층 (Peat)이 비교적 잘 발달한 서해의 다른지역 (예: 김포, 평택지역)으로 연구범위를 넓혀 되도록 많은 연대측정 시료를 채취하고, 퇴적상 분석을 시

행함으로써 서해에 적용 가능한 제 4기 후기 (Late Quaternary)의 해수면 변화곡선을 제시하고, 해수면 변화에 따른 연안 퇴적층의 진화모델을 제시할 것이다.

# 제 2장 연구지역 개관

곰소만은 전라북도 부안군과 고창군을 경계로 육지쪽으로 길게 만입한 폭 4-6 km, 길이 약 20 km의 비교적 큰 만이다 (Fig. 2.1). 만의 남북 연안은 250-500 m의 비교적 높은 산들이 위치하고, 동쪽 연안에는 평탄한 산야와 평야가 분포하며, 만의 남측 중앙부로 소규모 준용하천인 주진천이 유입한다.

곰소만의 퇴적환경은 해저지형의 특성에 따라 만 입구지역 (Bay mouth area), 주조류로 (Main tidal channel), 조간대 (Inter tidal flat) 등 크게 3개의 환경으로 나뉜다. 만 입구지역은 대부분 조하대 지역으로 평균 수심 8-9 m 의 비교적 평탄한 지역이다 (Fig. 2.1). 주조류로는 만 입구에서 곰소항까지 북쪽 해안선에 근접하여 동서 방향으로 길게 발달하고, 최대 수심은 18.5 m, 폭은 약 900 m에 이른다 (Fig. 2.1). 조간대는 주조류로 근처의 2 m 등심선으로부터 남쪽 해안선까지 곰소만의 대부분을 차지하며, 면적은 약 75 $km^2$에 달한다. 특히 고창군 심원면 신월리 해안의 상부조간대 (Upper tidal flat)에는 사주 (Bar) 형태의 Chenier가 해안과 비교적 평행하게 발달하고 있다 (Fig. 2.1).

곰소만의 조석은 일조부등이 거의 없는 1일 2회조로서 평균조차는 433.8 cm (대조차: 589.8 cm, 소조차: 277.8 cm)이며, 조류는 곰소만 내의 주조류로에서 창조류가 115 cm/sec, 낙조류가 150 cm/sec로 낙조류가 우세하다 (국립지리원, 1981). 평균 해면은 7, 8월이 최고, 1, 2월이 최저로 연교차는 약 40 cm에 이른다 (국립지리원, 1981).

곰소만 주변지역의 연평균 기온은 12.5 ℃, 연평균 강수량은 1066.1 mm로서 6-9 월에 집중된다. 군산 측후소에서 관측된 풍속은 연평균 4.2 m/sec로 겨울철 북서 계절풍이 우세하고, 연간 폭풍일수 (풍속 13.9 m/sec 이상 일수)는 32.6일로서 주로 겨울철에 집중된다 (농업진

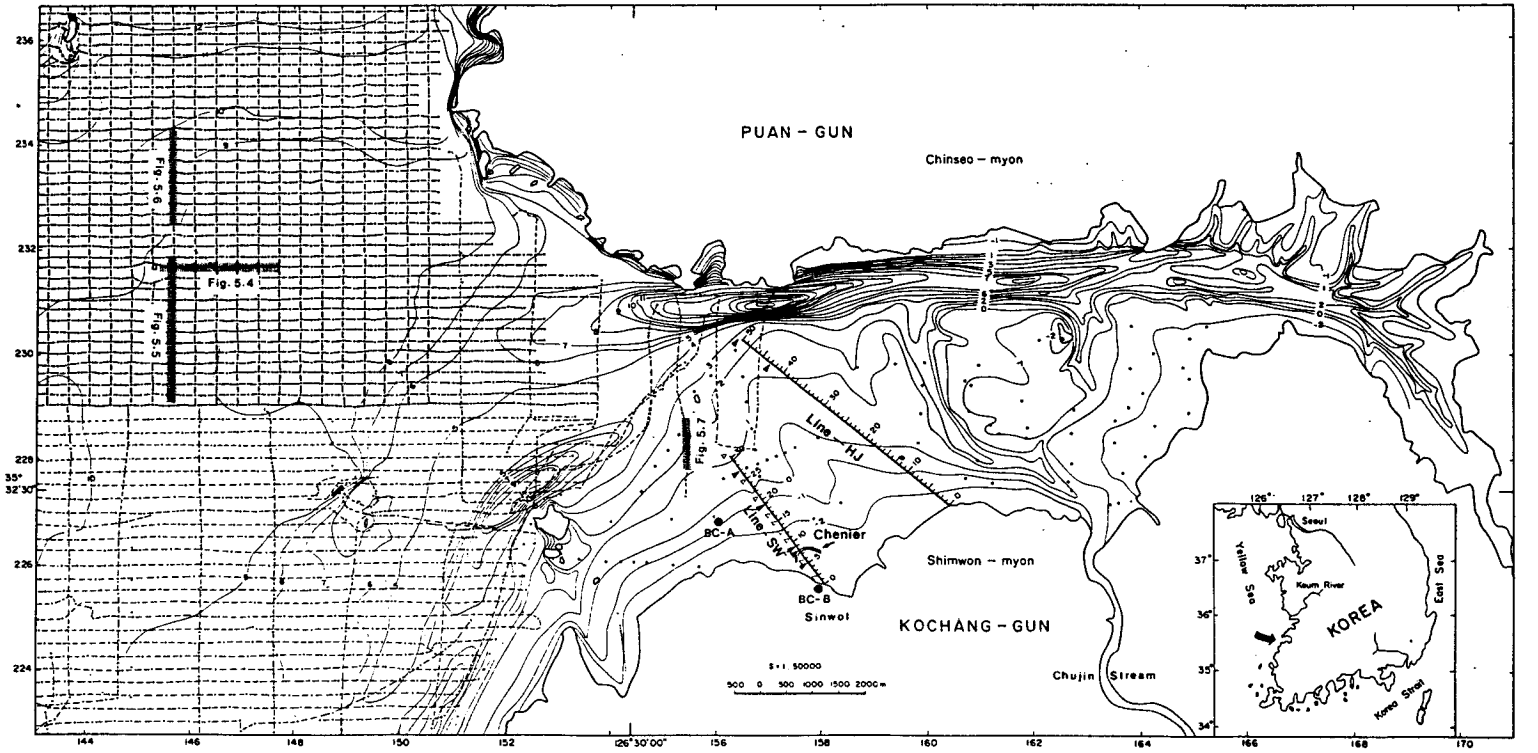


Fig. 2.1. Index map showing bathymetry, seismic track lines, and sampling locations (surface sediments, vibracores, and boring cores ) in Gomso Bay. Line-SW and Line-HJ are the transects leveled at 100 m intervals. Along the Line-SW sedimentation rates (open trangles) were measured. Vibracores and boring cores (BC-A, BC-B) were taken at the stations shown as filled trangles and circles respectively.

홍공사, 1989).

곰소만 주변 지역의 육상지질은, 만의 북부와 남부 지역에 중생대 백악기의 화산암 (Cretaceous volcanics)이 넓게 분포하고, 만의 남서부 일대에는 선캠브리아기의 결정편암 (Precambrian crystalline schist)이, 그리고 만의 동부 지역에는 중생대의 대보 화강암 (Jurassic Daebo granite)이 분포한다. 해안선 부근의 평야지역과 염전지역에는 제 4기 퇴적층이 분포한다 (Fig.2.2).

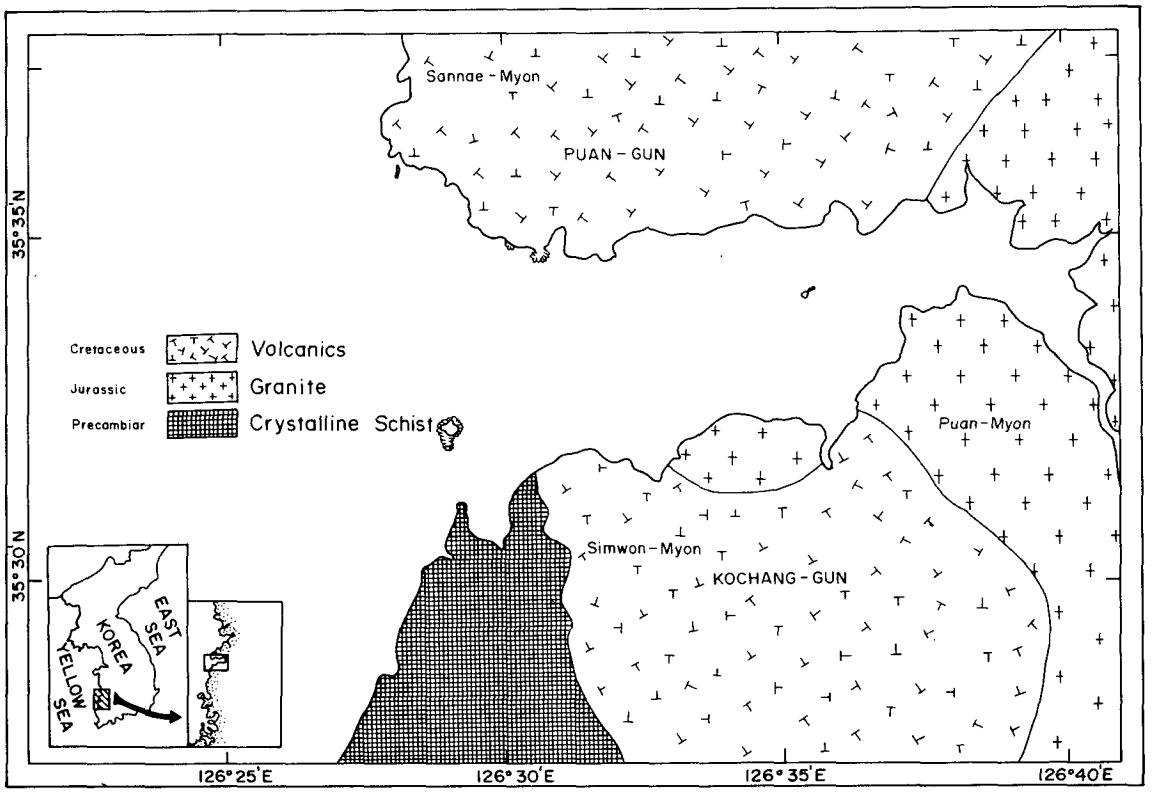


Fig. 2.2. Simplified geologic map of the adjacent area of Gomso Bay.

# 제 3장 연구범위 및 방법

본 연구는 곰소만 조간대에 대한 종합연구로서 크게 4개의 연구범위로 나눠 그에 맞는 광범위한 조사를 시행하였다. 연구범위별 조사내용과 및 분석방법은 다음과 같다.

## 제 1절 곰소만의 퇴적환경 및 퇴적환경 변화에 대한 연구

### 1-1. 곰소만 조간대

#### 1-1-1. 수준측량

곰소만 조간대의 지형 및 지형의 변화를 파악하기 위해 조간대를 대표할 수 있는 측선 (Line-SW)을 설정 (Fig. 2.1) , 수준측량을 반복하여 실시하였다. 출발 기준점의 위치는 주변의 기존 삼각점을 이용한 측량에 의해 결정하였고, 그곳에는 차후 재측량이 가능하도록 표석을 설치하였다. 출발 기준점으로부터 바다쪽으로 3 km까지는 100 m 간격으로 고정된 말뚝을 설치하였으며, 표고는 표척을 측량지점에 세우고 고도를 알고 있는 육상 지점에서 정밀광파거리측정기 (Wild T2 Universal Theodolite and Geodimeter 220)와 수준의 (Pentax Pal 2S Level)를 사용하여 측량하였다.

#### 1-1-2. 시료 채취

조간대 퇴적상의 전반적인 분포양상을 파악하기 위해 측선 SW (Line-SW)와 HJ (Line-HJ)를 포함한 총 136 지점에서 표층 퇴적물을 채취하였다 (Fig. 2.1). 특히 측선 SW에서는 100 m 간격의 30개 측점에서 1992년 2월부터 동년 10월까지 2개월 간격으로 표층시료를 반복채취, 분석함으로써 퇴적물 입도의 계절변화를 파악하였다.

#### 1-1-3. 입도분석

채취된 시료는 10 %의 과산화수소 ($H_2O_2$)와 0.1 N 염산 (HCl)을

차례로 넣어 유기물과 탄산염을 제거한 다음, 습식체질 (Wet sieving)에 의해 입자의 직경이 4 Phi (0.064 mm) 이상인 조립질 시료와 그 이하인 세립질 시료로 분리하였다. 조립질 시료는 진탕기 (Rotap sieve shaker)로 약 15분 동안 0.5 Phi 간격으로 체질하여 입도별 무게 백분비를 구하고, 세립질 시료는 전체를 대표할 수 있는 2 g을 취해 300 ml의 칼곤 (Calgon) 용액에 넣고 초음파진동기와 자기진동기로 균일하게 분산시킨 후 자동입도분석기인 Sedigraph 5000D (Micromeritics, 1979)로 분석하였다. 각 시료의 조직 표준값 (Statistical parameter)은 Folk and Ward (1957)의 계산식에 의해 구하였다.

1-1-4. 퇴적률 측정

측선 SW (Line-SW)의 10개 정점 (Fig. 2.1)에서는 해저면 아래의 일정 깊이에 기준면 (30x30 cm의 아크릴판)을 설치하고, 해저면에서 기준면까지의 깊이를 1년 동안 (91.12 - 92.12) 2개월 간격으로 연속 측정하여 조간대 각 지점에서의 연간 퇴적률과 퇴적률의 계절변화를 파악하였다.

## 1-2. Chenier

1-2-1. 시료채취

Chenier에서는 91년 4월 총 34 지점 (Fig. 3.1)에서 표층 퇴적물을 채취하여 조간대의 표층 퇴적물과 동일한 방법으로 분석하였다.

1-2-2. 퇴적구조 분석

Chenier를 대표할 수 있는 두개 선상 (A-A', B-B') (Fig. 3.1)에서는 삽을 이용, Chenier를 절단하여 Chenier 단면의 퇴적구조 및 하부층과의 층서적 관계를 기재하였다.

1-2-3. 반복 측량

Chenier에 대한 측량은 측선 SW와 마찬가지로 정밀 광파거리측정기 (Wild T2 Universal Theodolite and Geodimeter 220)와 수준의

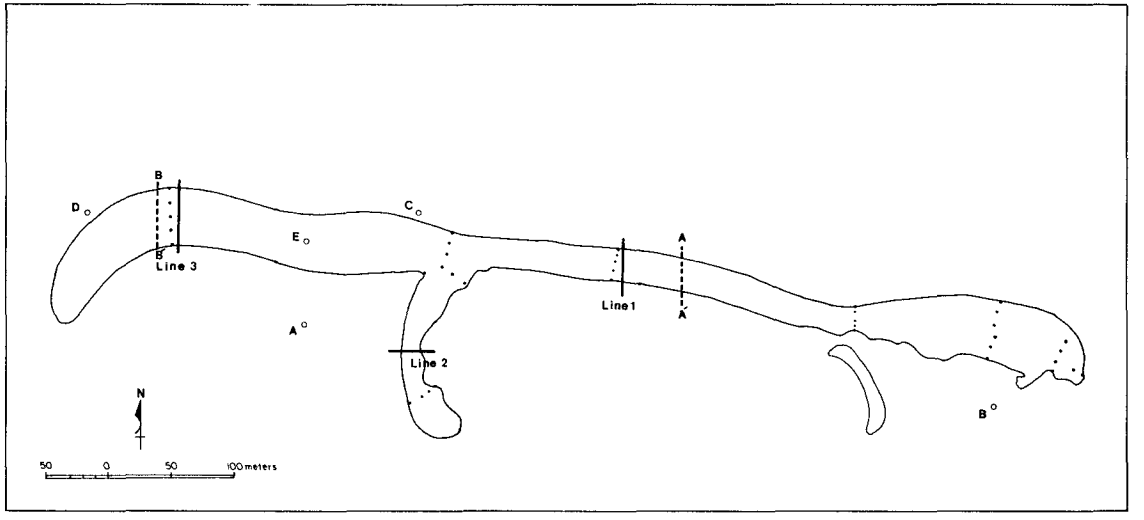


Fig. 3.1. Plane view of chenier. Dots denote sampling sites. A–A' and B–B' represent trench cuts for the study of internal structures of chenier. Along the line 1, 2, and 3, migration speed of chenier were measured. On the four stations designated as open circles sedimentation rates were measured at 2 month intervals.

(Pentax Pal 2S Level)를 사용하였는데, 약 2년 동안 5회 (1991.6월, 10월, 1992년 2월, 7월, 10월)를 반복 측량하여 Chenier의 지형변화와 이동양상을 추적하였다.

1-2-4. 항공사진 분석

Chenier의 이동을 추적하기 위해 항공사진이 분석되었는데, 1967년부터 1989년까지 국립지리원의 항공사진이 분석되어 Chenier의 장기적 이동양상이 파악되었다.

## 제 2절 곰소만 조간대층의 수직층서 연구

### 2-1. 진동시추 (Vibracore)

측선 SW (Line-SW)의 6개 지점과 측선 HJ (Line-HJ)의 2개 지점 (Fig. 2.1)에서는 바렐 길이 6 m의 진동시추기 (Vibracorer)를 이용, 8개의 주상시료를 채취하였다. 채취된 시료는 실험실로 옮겨 전기톱으로 가른 후, 한쪽 절개면에서 1x20x30 cm 크기의 아크릴 슬랩과 40 cm 간격의 입도 분석용 시료를 채취하였다. 퇴적물은 정규의 입도분석 방법에 의해 분석하였고, 슬랩은 X선 촬영기 (Softex X-Ray Apparatus, M-1005)로 촬영하여 주상시료 전체에 대한 사진을 획득하였다. 이들 사진들은 입도분석 자료와 함께 입도 및 퇴적구조에 의한 퇴적상 분석에 이용하였다.

### 2-2. 보링 (Boring)

진동시추기의 최대 시추깊이인 지하 6 m 하부의 주상시료를 획득하고, 그것을 3.5 kHz의 탄성파 자료와 대비하기 위해 본 연구는 시추전문회사 (주식회사 평원)에 의뢰하여 1991년 11월 곰소만의 저조선 부근에서 시추를 실시하였다. 그러나 기상조건과 기술적인 어려움으로 말미암아 시료채취에 실패하였다. 따라서 비교적 시추가 쉬운 BC-A (만돌 해안에서 바다쪽으로 약 400 m 떨어진 지점)와 BC-B (신월 해

안의 육지쪽 후면에 위치한 지점)에서 다시 시추를 실시, 시료를 획득하였다 (Fig. 2.1). 채취된 시료는 주로 현세 조간대층 하부의 시료로서 진동시추시료의 분석방법과 동일한 방법으로 분석하였다.

### 2-3. 탄성파자료 분석

본 연구는 1981년 국립지리원이 연안해역의 기본도작성을 목적으로 획득한 총 756 Line-km의 탄성파 자료 (3.5 kHz subbottom profile) 중 주로 조간대를 횡단한 일부의 자료를 이용하였다. 국립 지리원이 자료획득에 사용한 음파탐사기는 자외진동식인 일제 S-III형 (Kaijo Denki Model)으로서, 발진 주파수 범위가 1-10 kHz, 분해능 (Resolution)은 0.5-1 m이고, 탐사심도는 최대 50 m이다. 선위결정 (Posioning)은 계획 선상을 항주하는 선상에서 기준 물표에 대한 육분의 (Sextant) 방법에 의해 이루어졌다. 본 연구는 위의 탄성파 기록지를 하나의 지질 단면으로 간주하여 층서 및 구조해석을 하였고, 이 때 깊이에 따른 음파의 속도변화에 대한 보정 없이, 음파의 전심속도를 1,500 m/sec로 가정하였다. 음파탐사기의 비교적 낮은 투과심도를 고려할 때, 음파의 전심속도 변화가 계산된 깊이에 큰 영향을 줄 것으로 보여지지는 않는다.

## 제 3절 해수면 변동 연구

### 3-1. 절대연대측정

곰소만 조간대층의 시간-층서적인 진화과정을 파악하고, 해수면 변화곡선을 유도하기 위해 진동시추시료와 보링시료에서 C-14 연대측정이 가능한 총 24점의 시료를 선별, AMS (Accelerator Mass Spectrometry) 방법을 이용하는 외국 연구기관 (DSIR Physical science, New Zealand) 에 의뢰하였다.

# 제 4장 곰소만 조간대의 퇴적환경 연구

## 제 1절 조간대의 현생 퇴적환경

### 1-1. 퇴적상 분포

Fig. 4.1은 총 136 지점의 표층 시료를 분석하여 곰소만 조간대의 전반적 입도분포 양상을 도시한 그림이다. 곰소만 안쪽의 경우, 주조류로 (Main tidal channel)에 인접한 하부조간대 (Lower tidal flat)에서 사질 함량 50-90 %인 실트질 모래 (Silty sand)가 넓게 분포하고, 상부조간대 (Upper tidal flat)로 가면서 사질 함량 50 % 미만인 사질 실트 (Sandy silt)에서 사질 함량 10 % 미만인 실트 (Silt)로 변화하여, 퇴적상이 육지쪽으로 세립해가는 경향을 보인다 (Fig. 4.1). 이러한 분포양상은 퇴적이 주로 조석작용에 의해 좌우되는 황해의 많은 조간대의 경우와 유사하다 ( Chung and Park, 1978; Kim and Park, 1985; Lee *et al.*, 1985). 그러나 곰소만 바깥쪽의 경우에는 저조선 부근에 사질 실트 (Sandy silt)가, 그리고 중부 및 상부 조간대에 실트질 모래 (Silty sand)와 사질 함량 90 % 이상의 사질 퇴적상 (Sand)이 분포하여 육지쪽으로 조립해 가는 경향을 보인다 (Fig. 4.1). 특히 사질함량 90 % 이상의 사질 퇴적상은 남서 해안에서 곰소만 안쪽의 저조선에 이르기까지 길게 대상으로 분포하고 있고 또한 남쪽 해안을 따라 Chenier의 가까운 지점까지 확장되고 있어 퇴적상의 분포가 등심선과 비교적 평행한 양상을 보이는 조간대에서의 일반적인 분포와 다르다 (Fig. 4.1).

### 1-2. 지형

Fig. 4.2는 곰소만 입구의 조간대를 횡단하는 측선 SW의 지형 단면이다 (Fig. 2.1). 본 연구는 조위에 따른 조간대 환경의 세분 기준

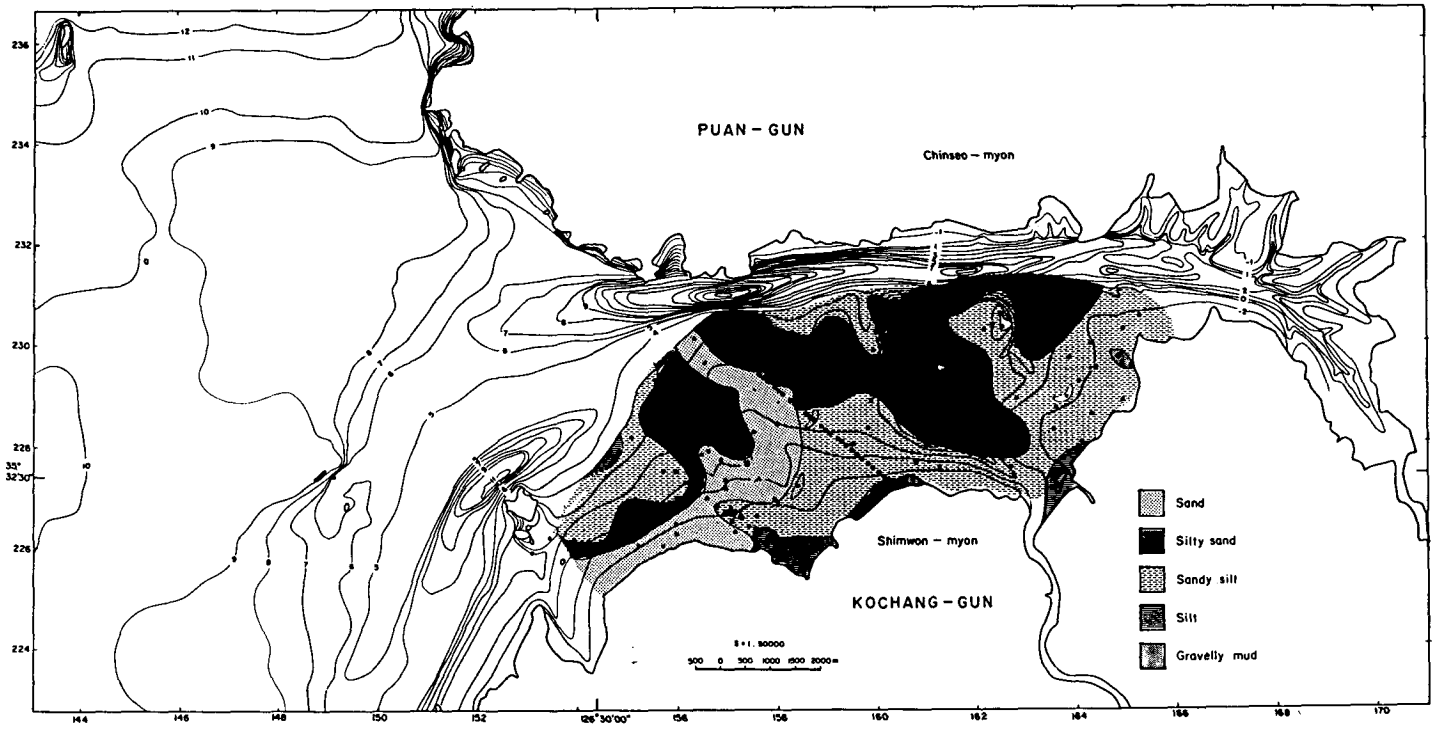


Fig. 4.1. Map showing the distribution patterns of surface sediments in the tidal flat of Gomso Bay.

(Wang Bao-Can and D. Eisma, 1988)에 따라 소조평균고조선 (MNHW)과 소조평균저조선 (MNLW)을 기준으로 소조평균고조선 상위의 조간대를 상부조간대 (Upper tidal flat), 소조평균고조선과 대조평균고조선 사이를 중부조간대 (Middle tidal flat), 소조평균저조선 이래의 조간대를 하부조간대 (Lower tidal flat)로 세분하였다 (Fig.4-2). 따라서 해안에서 900 m 떨어진 지점까지, 즉 SW-1에서 SW-9까지는 상부조간대 (Upper tidal flat)에 해당하고, SW-10에서 SW-28까지는 중부조간대 (Middle tidal flat), 그리고 SW-28 이하는 하부조간대 (Lower tidal flat)에 해당한다 (Fig. 4.2).

해안에서 바다쪽으로 700 m 까지는 평균 고조선 (M.H.W)의 높이와 비슷한 상부조간대 (Upper tidal flat) 지역으로 세립의 니질 퇴적층 위에 염수식물인 *Sueda japonica*가 넓게 자생하며, 해안으로부터 750 m 지점에는 니질 상부 조간대층 위에 사질 입자와 패각 물질로 구성된 Chenier가 약 1.5 m 높이로 발달하고 있다 (Fig. 4.2). 이 Chenier를 중심으로 바다쪽으로는 주로 니질 및 사질 퇴적물로 구성된 전형적인 조간대 (Intertidal flat)가 이어지는데, 평균 해수면 부근의 조간대 지역과 저조선 부근의 사질 퇴적층 위에는 다수의 조간대 사주 (Intertidal sand shoal)가 발달하고 있다. 조간대의 경사는 상부, 중부, 하부 조간대에서 각각 0.24 %, 0.74 %, 0.85 %로 하부 조간대로 감에따라 경사가 다소 증가하는 경향이다. 그러나 조간대 사주가 위치한 평균 해수면 (M.S.L.) 부근과 Chenier가 위치한 평균 고조선 (M.H.W.) 부근의 경사는 각각 2.7 %, 5.9 %로 주변 조간대에 비해 비교적 급하다.

### *1-3.* 퇴적물의 입도특성

상부조간대, 중부 및 하부 조간대, Chenier 등 다양한 환경을 포함하는 측선SW에서 총 30점의 표층 퇴적물을 분석한 결과, 상부조간대는 사질 (Sand) 함량이 평균 30.7 %로 니질 퇴적상이 우세하고, 중부

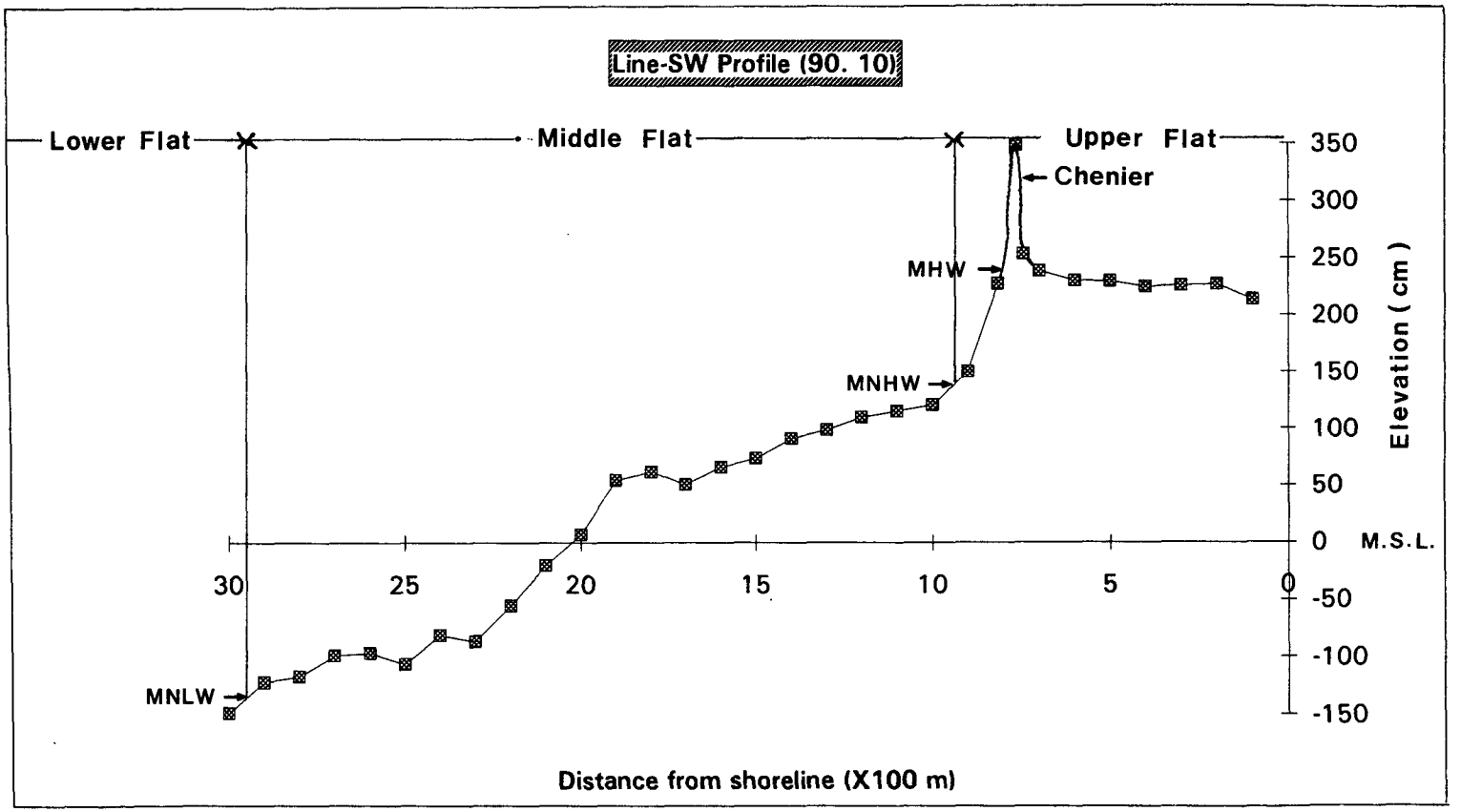


Fig. 4.2. Line-SW profile crossing the intertidal flat of Gomso Bay. Tidal flat is divided into three subenvironments (Upper, Middle, and Lower flat) on the basis of MNHW (Mean Neap High Water) and MNLW (Man Neap Low Water). Note the chenier located at the upper tidal flat above MHW (Mean High Water), and intertidal sand shoal near M.S.L. (Mean Sea Level).

및 하부조간대는 사질입자의 평균 함량이 각각 89.1 %, 67.8 %로서 사질 혹은 니사질 퇴적상이 우세하였다 (Table 4.1). 특히 Chenier와 조간대 사주 (Intertidal sand shoal)에서는 사질 함량이 평균 90 %를 넘는다 (Table. 4.1). 퇴적물의 평균입도 (Mean grain size)는 상부조간대에서 5.1 Phi (Medium silt), 중부조간대에서 2.8 Phi (Fine sand), 하부조간대에서 3.8 Phi (Very fine sand)로 중부조간대의 퇴적물이 가장 조립하다. 특히 Chenier와 조간대 사주에서는 각각 0.8 Phi (Coarse sand), 1.8 Phi (Medium sand)로 매우 조립하였다 (Table 4.1). 분급도 (Sorting)는 상부, 중부, 하부조간대에서 각각 2.2, 0.9, 1.1 Phi로 중부조간대 퇴적물의 분급이 비교적 좋은 편이었고, Chenier와 조간대 사주에서는 Chenier 퇴적물의 분급이 1.2 phi로 나쁜 반면, 조간대 사주 퇴적물의 분급은 0.4 Phi로 매우 좋은 편이었다 (Table. 4.1). 왜도 (Skewness)는 대부분 0.2 이상으로 양의 값을 갖는다 (Table 4.1).

해안에서 저조선 방향으로 이러한 입도 특성값 들의 변화양상을 살펴보면, 사질입자 (Sand)의 함량은 조간대 사주 (Intertidal sand shoal)가 위치한 평균 해수면 부근의 중부조간대 (SW-19)를 중심으로 양쪽, 즉 육지쪽과 저조선쪽으로 감소하는 경향을 보인다 (Fig. 4.3). 그러나 해안으로부터 약 800 m 떨어진 지점에는 5 % 미만의 자갈 (Gravel)과, 90 % 이상의 사질입자 (Sand)로 구성된 Chenier가 위치하고 있어 이러한 변화양상에 파격을 가하고 있다 (Fig. 4.3). 평균입도와 분급도도 사질입자의 함량변화와 마찬가지로 중부조간대의 SW-19를 중심으로 육지쪽과 저조선 쪽으로 증가하는 경향을 보인다 (Fig. 4.4).

조간대 퇴적물의 입도분포 특성을 살펴보면 (Fig. 4.5), 상부조간대의 니질 퇴적물은 대체로 5-5.5 Phi (Medium silt)에서 최빈값 (Mode)이 나타나는 단최빈 (Unimodal)의 분포이나, Chenier와 가까운 상부조간대 지역 (예: SW-7)은 상부조간대의 니질 퇴적물에 조립한 Chenier 퇴적물이 추가되어 0.5-1 Phi와 5-5.5 Phi에서 최빈값이 나타나는 쌍

Table 4.1. Summary of textural parameters of surface sediments in Gomso-bay tidal flat.

| Environment | Sand (%) | | Mean (Phi) | | Sorting (Phi) | | Skewness | | Kurtosis | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Average | Range | Average | Range | Average | Range | Average | Range | Average | Range |
| **Tidal flat** | | | | | | | | | | |
| Upper flat | 30.7 | 4.3-53.9 | 5.1 | 4.1-6.8 | 2.2 | 1.7-3.2 | 0.9 | 0.5-1.1 | 3.4 | 2.2-4.1 |
| Middle flat | 89.1 | 68-99.6 | 2.8 | 2.0-3.6 | 0.9 | 0.4-1.7 | 2 | -0.2-4.8 | 15 | 3.4-36.4 |
| Lower flat | 67.8 | 62.9-72.8 | 3.8 | 3.7-3.8 | 1.1 | 1.0-1.2 | 3.9 | 0.91-3.9 | 28.8 | 25.4-30.8 |
| **Chenier (SW-8*)** | 93.1 | | 0.8 | | 1.2 | | 0.2 | | 3.4 | |
| **Sand shoal (SW-18*)** | 99.6 | | 1.8 | | 0.4 | | 1.7 | | 14.9 | |

* : Station number on the Line-SW (see Fig. 2.1)

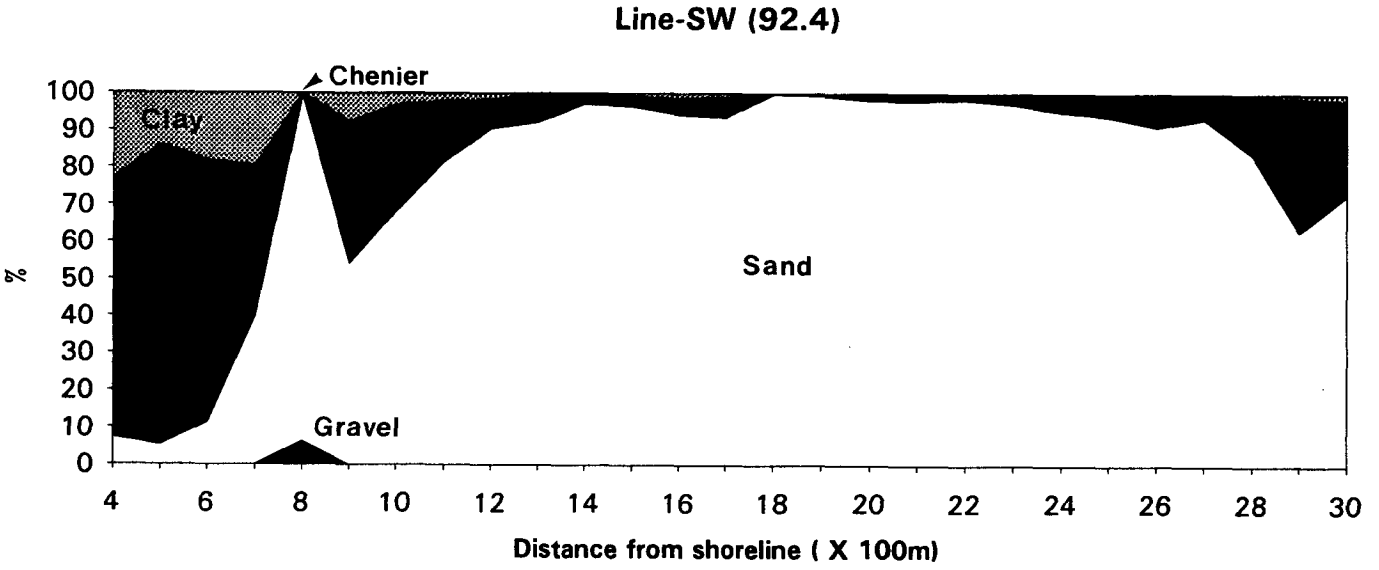


Fig. 4.3. Variation of textural composition (gravel, sand, silt, and clay) along the Line-SW cross-flat transect.

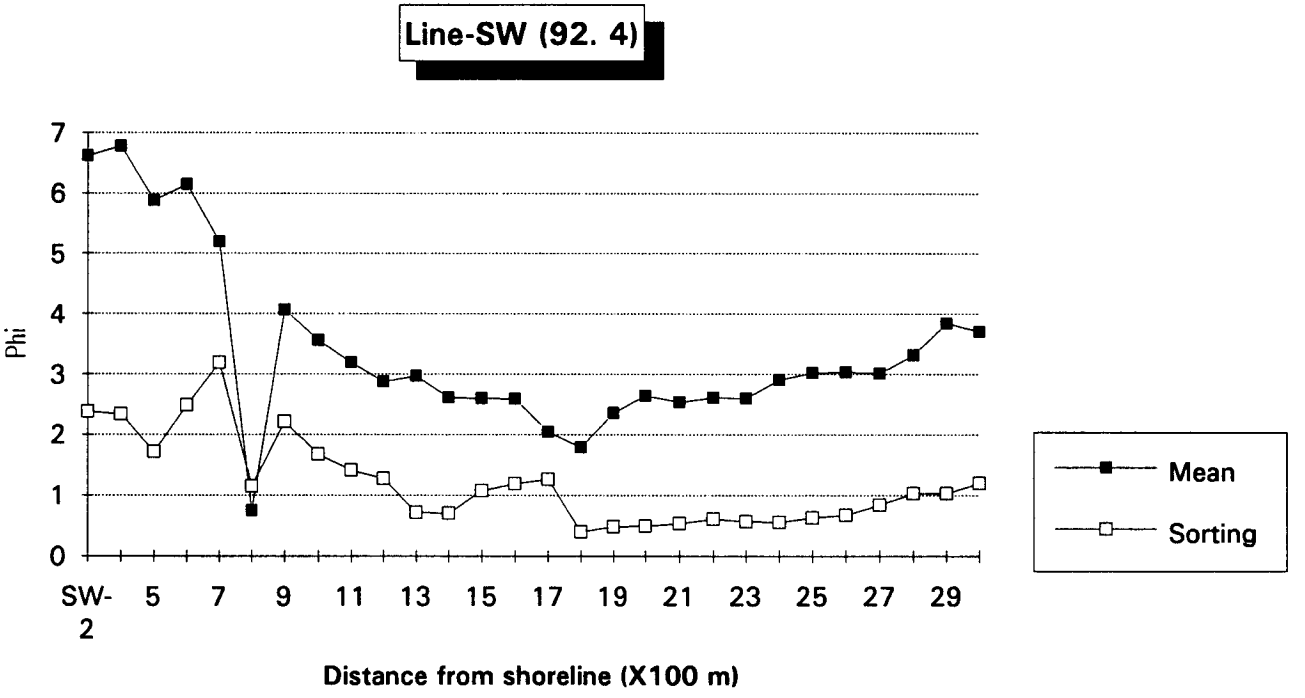


Fig. 4.4. Mean grain-size and sorting coefficient along the Line-SW cross-flat transect.

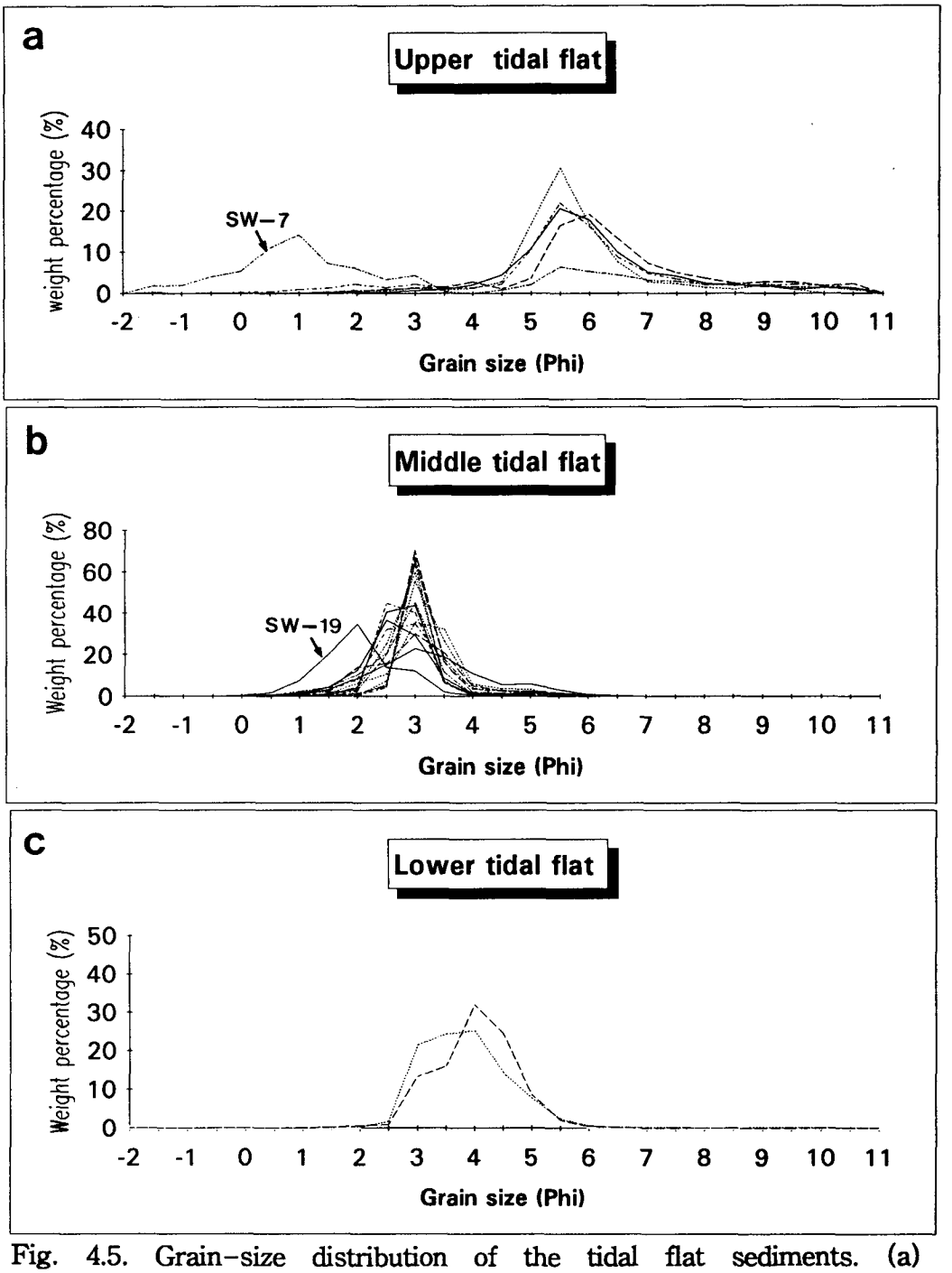


Fig. 4.5. Grain-size distribution of the tidal flat sediments. (a) Sediments of upper tidal flat, (b) Sediments of middle tidal flat, (c) Sediments of lower tidal flat.

최빈 (Bimodal)의 분포를 보인다 (Fig. 4.5a). 중부조간대의 퇴적물은 조간대 사주와 인접한 시료 (예: SW-19)를 제외할 때, 대부분 2.5-3 Phi (Fine sand)에서 최빈값이 나타나며, 전반적으로 입도의 분포 범위가 좁아 "leptokurtic"한 분포양상을 보인다 (Fig. 4.5b). 그러나 하부조간대에서는 중부조간대보다 세립한 3.5-4 Phi (Very fine sand)에서 최빈값이 나타나며, 입도의 분포범위도 중부조간대보다 넓은 편이다 (Fig. 4.5c).

Chenier 퇴적물은 0.5-1 Phi (Coarse sand)에서 최빈값을 보이고,입도의 분포범위가 자갈 (Gravel)에서 미세립사 (Very fine sand)까지 넓다 (Fig. 4.6a). 그러나 조간대 사주 퇴적물은 1.5-2 Phi (Medium sand)에서 최빈값이 나타나며, 입도의 분포범위가 좁은 "leptokurtic"한 분포양상을 보인다 (Fig. 4.6b).

### 1-4. 퇴적률

Table 4.2는 1992년 2월부터 1993년 3월까지 측선 SW 상의 여러 지점에 기준면을 설치하고 표층에서 그 기준면까지의 깊이를 연속적으로 측정, 퇴적률을 계산한 결과이다. Chenier의 육지쪽에 위치하고, 염수 식물이 자생하는 상부조간대의 SW-2와 SW-6에서는 연평균 29 mm/yr 내외의 퇴적이 일어났고 (Table 4.2), Chenier의 바다쪽에 위치한 SW-9에서는 Chenier의 육지쪽으로의 이동과 더불어 연 71 mm/yr의 침식이 일어났다 (Table 4.2). 중부조간대에서는 여섯 지점에서 퇴적률이 측정되어, 평균 30 mm/yr의 퇴적률을 보였고 (Table 4.2), 하부조간대에서는 한 지점에서 퇴적률이 측정되어, 47 mm/yr의 퇴적률을 보였다 (Table 4.2). 따라서 약 1년간의 자료를 통해 볼 때, 곰소만 조간대에서의 연평균 퇴적률은 22.9 mm/yr로서 하부조간대에서 가장 높고, 상부조간대에서 가장 낮다.

Fig. 4.7은 측선 SW를 따라 퇴적률의 변화양상을 도시한 그림이다.

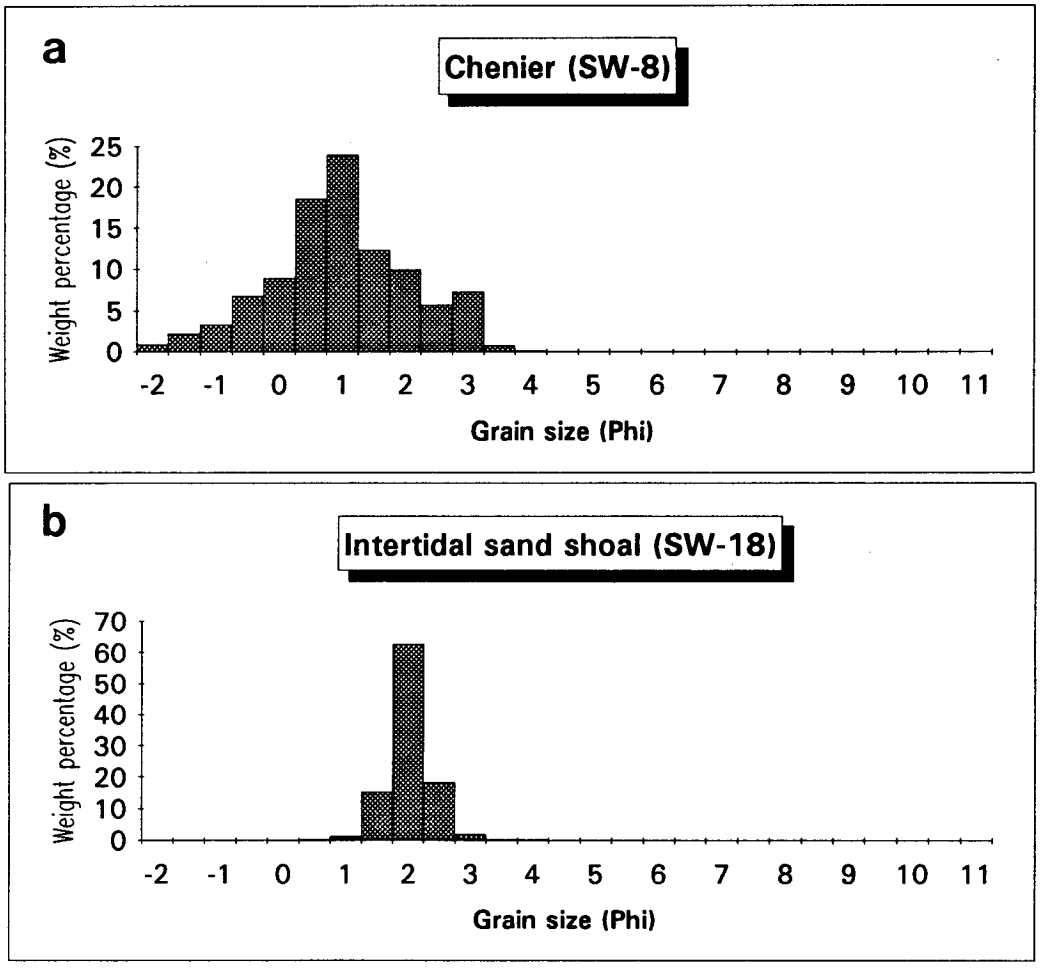


Fig. 4.6. Histograms showing the grain-size distribution of chenier and intertidal sand shoal. (a) Sediments of chenier, (b) Sediments of intertidal sand shoal.

Table 4.2. Sedimentation rates and their seasonal variations in the Gomso-bay tidal flat

| Env. | St. No. | Sedimentation rate (mm/mo) | | | | Duration (days) | ΔD (mm) | Sed. Rate (mm/yr) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Spring (92.2-6) | Summer (92.6-8) | Autumn (92.8-12) | Winter (92.12-93.3) | | | |
| Upper tidal flat | SW-2 | | 5.3 | 2.1 | 0.5 | 277 | 22 | 29 |
| | SW-6 | 1 | 7.5 | | | 395 | 31.9 | 29.5 |
| | SW-9 | -2.6 | -6.2 | -13.1 | 0.4 | 395 | -76.7 | -70.9 |
| | **Average** | **-0.8** | **2.2** | **-5.5** | **0.45** | **356** | **-7.6** | **-7.8** |
| Middle tidal flat | SW-11 | 1.5 | 11.5 | -3.2 | 3.6 | 395 | 28.7 | 26.5 |
| | SW-13 | 2.4 | 8.5 | -13.1 | 9.6 | 395 | 2.9 | 2.7 |
| | SW-15 | 0.8 | -0.7 | 5.9 | 0.6 | 395 | 27.2 | 25.1 |
| | SW-17 | 3.7 | 0.1 | 6.4 | -3.5 | 395 | 31.1 | 28.7 |
| | SW-21 | 16.6 | | | 57.2 | 395 | 37.9 | 35 |
| | SW-25 | 13.9 | 2.7 | -3.4 | 6.9 | 395 | 67.8 | 62.7 |
| | **Average** | **6.5** | **4.42** | **-1.48** | **12.4** | **395** | **32.6** | **30.1** |
| Lower tidal flat | SW-31 | 14.9 | -0.6 | -15.1 | 18.7 | 395 | 50.3 | 46.5 |
| | **Average** | **14.9** | **-0.6** | **-15.1** | **18.7** | **395** | **50.3** | **46.5** |

Chenier의 이동과 더불어 침식되고 있는 SW-9 (해안에서 900 m 떨어진 지점)와 일시적으로 조류세곡 (Tidal creek)이 형성된 SW-13 (해안에서 1,300 m 떨어진 지점)을 제외할 때, 곰소만 조간대에서의 퇴적률은 전반적으로 해안에서 2.5 km까지 (중부조간대의 하부에 해당) 점차 증가하다가 저조선 부근에서는 약간 감소하는 경향을 보인다 (Fig. 4.7).

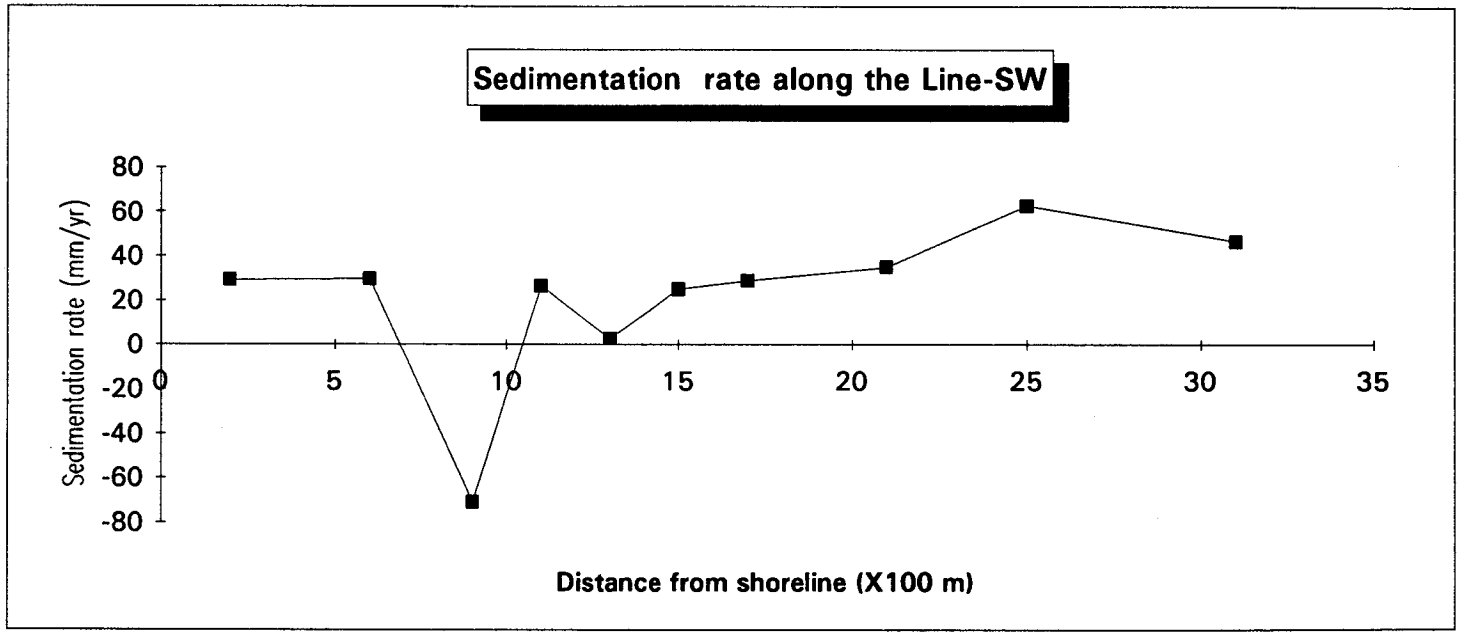


Fig. 4.7. Sedimentation rate along the Line-SW cross-flat transect.

## 제 2절 조간대의 퇴적환경 변화

### 2-1. 지형의 연변화

Fig. 4.8은 측선 SW의 지형변화를 살펴보기 위해 1990년 10월에서 1992년 10월까지 3차례에 걸친 측량결과를 함께 도시한 것이다. 수준측량시 정밀 광파거리측정기와 수준의의 측정오차는 매우 작으나, 표척을 조간대 표면에 세울 때 조간대 표면의 기복과 퇴적상에 따른 표척의 침하정도에 의해 수준측량의 오차가 야기된다. 따라서 측선 SW에 대해 10 cm 미만의 작은 지형변화는 무시하고 비교적 큰 지형변화에 대해 살펴보면, 지난 3년 동안 상부조간대의 Chenier가 육지쪽으로 상당한 거리를 이동하였고, 해안으로부터 1.9 km 떨어진 중부조간대의 조간대 사주 (Intertidal shoal)도 육지방향으로 약 100 m나 이동하였다 (Fig. 4.8). 또한 경사가 급한 Chenier의 바다쪽 전면 (해안에서 800-1,000 m 떨어진 지점)에서는 Chenier의 이동과 더불어 침식이 일어났고, 평균 해수면 아래의 중부조간대 하부와 하부조간대에서는 조간대 사주의 형성과 소멸에 따른 지형변화가 비교적 심하였다 (Fig. 4.8).

### 2-2. 입도의 계절변화

Fig. 4.9와 4.10은 곰소만 조간대를 횡단하는 측선 SW에서 입도의 계절변화를 보여주는 그림들이다. 먼저 사질함량 (Sand percent)의 변화를 살펴보면 (Fig. 4.9), 해안에서 SW-6까지의 상부조간대 (Upper flat)와 SW-18에서 SW-26까지의 중부조간대 하부 (Lower middle flat)에서는 사질함량의 계절변화가 매우 미약하였다 (Fig. 4.9). 그러나 SW-6에서 SW-9까지 Chenier 주변의 상부조간대 (Upper flat) 지역과 SW-9에서 SW-17까지의 중부조간대 상부 (Upper middle flat)에

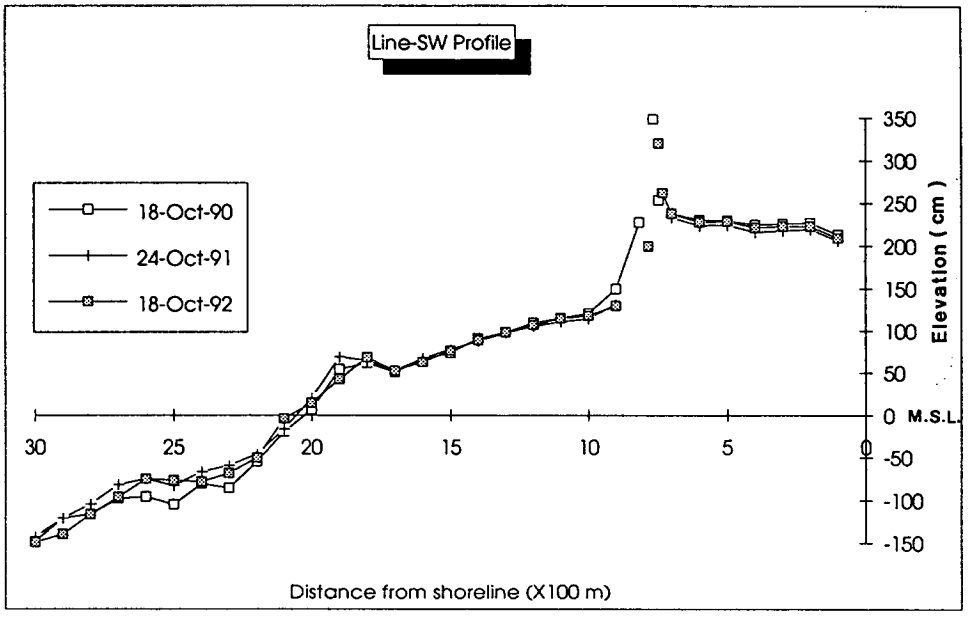


Fig. 4.8. Elevation of Line-SW transect. Note the landward movements of chenier and intertidal sand shoal.

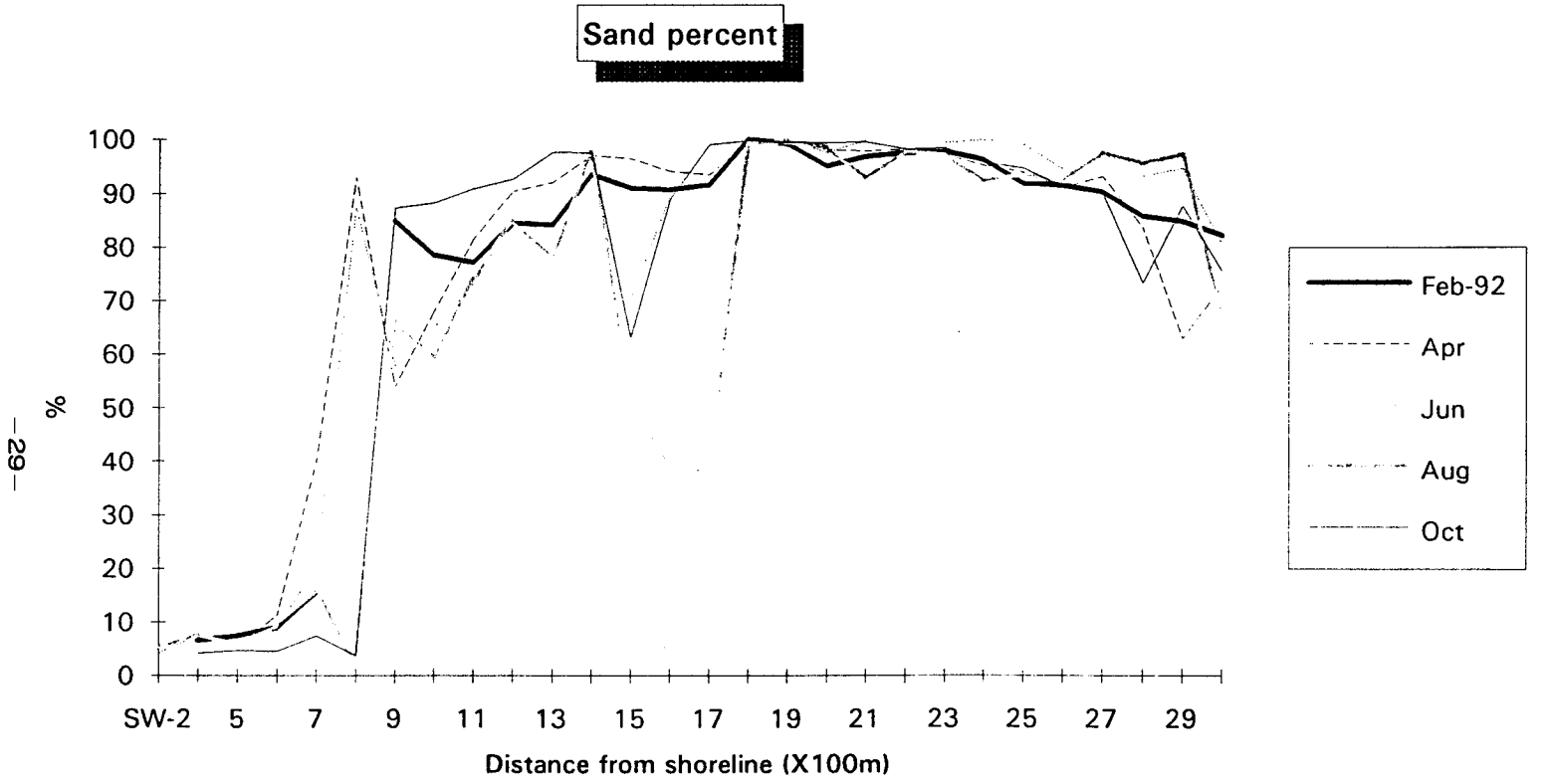


Fig. 4.9. Sand percent of surface sediments along the Line-SW cross-flat transect. Note a relatively high seasonal variation at the lower upper and higher middle flat above M.H.W.(Mean High Water).

서는 사질함량의 계절변화가 매우 컸으며, SW-27 아래의 중부조간대 최하부 (Lowermost middle flat)와 하부조간대 (Lower flat)에서도 비교적 큰 변화를 보였다 (Fig. 4.9).

변화내용을 살펴보면, 상부조간대의 SW-8은 1992년 4월과 6월에 사질함량 약 90 %, 평균입도 1-3 Phi의 사질 퇴적상이었으나, 1992년 8월과 10월에는 사질함량 약 3 %, 평균입도 7-8.5 Phi의 니질 퇴적상으로 변하였다 (Fig. 4.9, 4.10). Chenier가 SW-7과 SW-8 사이에 존재하고 (Fig.4.2), Chenier의 육지쪽 전면의 침식과 더불어 Chenier가 육지 방향으로 이동함을 고려할 때 (Fig. 4.8), 이러한 퇴적상의 급격한 변화는 Chenier의 이동에 의해 나타난 것으로 사료된다. 즉 1992년 6월까지 SW-8에 위치했던 Chenier가 그 이후 육지 방향으로 이동하고, 1992년 8월에는 침식에 의해 Chenier 하부의 니질 퇴적층이 노출되면서 이러한 급격한 변화가 야기된 것으로 생각된다. 중부조간대 상부 (SW-10에서 18까지)에서도 퇴적상의 급격한 변화가 나타나고 있다. 즉 1992년 2월에서 4월까지는 사질함량 75-100 %의 조립 퇴적상이 존재하였다 (Fig. 4.9), 그러나 6월에는 사질함량이 약 60 %까지 감소하였고 (예: SW-15), 8월에는 SW-15, SW-17 사이에서 사질함량이 최고 40 %까지 감소하였다 (Fig. 4.9). 그리고 태풍 테드 (1992.9.24)가 지난 후인 10월에는 다시 사질함량이 증가하여 중부조간대의 상부 지역이 전반적으로 조립해지는 경향을 보였다. 따라서 중부조간대의 상부 지역에서 겨울에 조립 퇴적물 (평균입도:2-3 Phi)이 퇴적되는 반면, 여름에는 세립 퇴적물 (평균입도: 3-5 Phi)이 퇴적되고, 태풍 때에는 다시 여름의 세립 퇴적물이 제거 (Winnowing)됨으로써 퇴적상의 계절변화가 매우 심하게 일어나고 있음이 확인되었다 (Fig.4.9, 4.10). 중부조간대의 최하부 (SW-27에서 29까지)에서도 비교적 큰 변화가 나타나는데 (Fig. 4.9), 여기에서는 중부조간대의 상부와 반대로 여름(6월, 8월)에 조립 퇴적물 (사질함량 90 % 이상, 평균입도 2.5-3 Phi)이 퇴

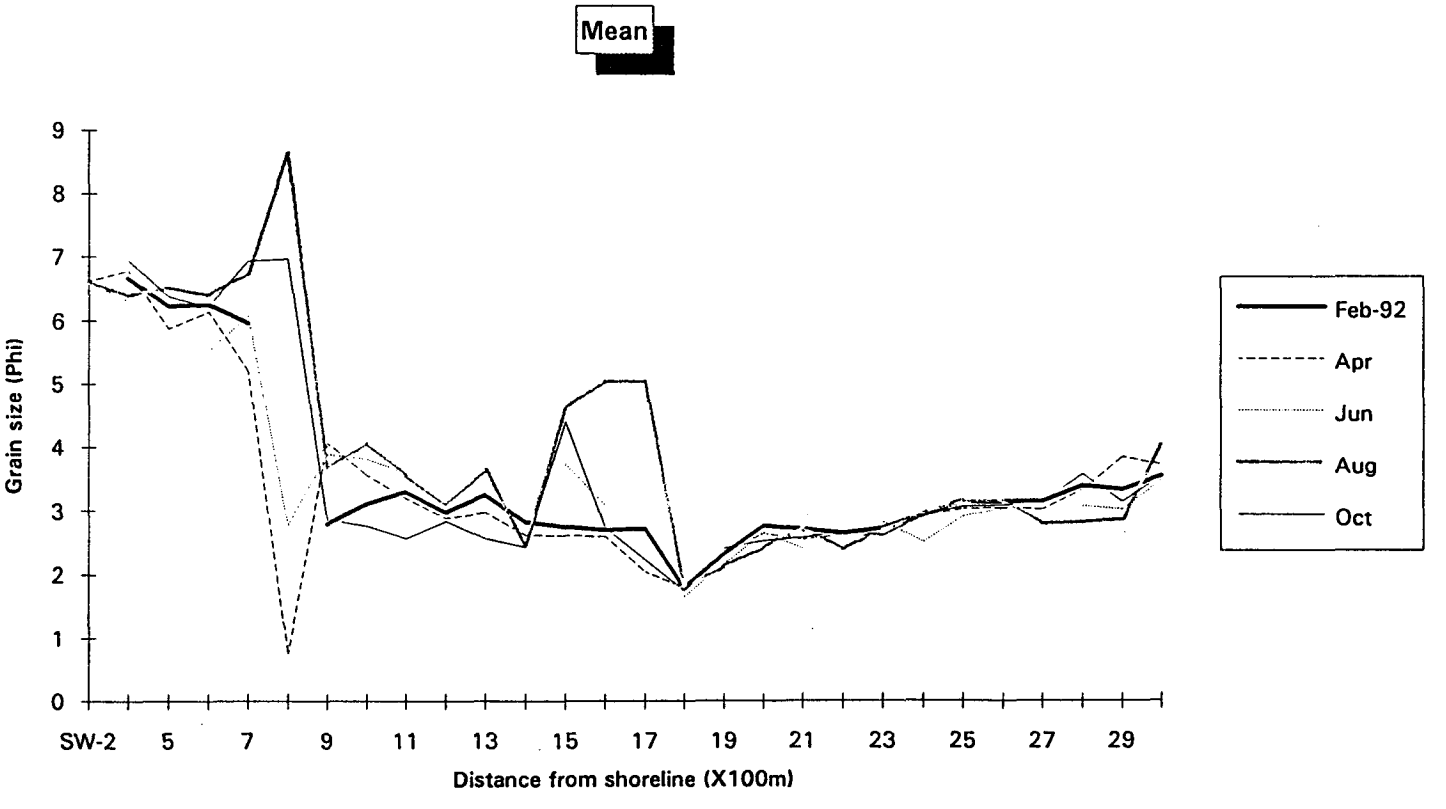


Fig. 4.10. Mean grain-size of surface sediments along the Line-SW transect. At the lower upper flat, higher middle flat, and lower flat, seasonal fluctuations of mean grain-size are relatively high.

적되었고, 겨울 (2월, 4월)과 태풍 때 (10월)에 비교적 세립한 퇴적물 (사질함량 75-90 %, 평균입도 3-4 Phi)이 퇴적되었다 (Fig. 4.9, 4.10). 이러한 결과는 겨울철과 여름철의 일반적인 에너지 수준을 고려할 때 설명하기 어려운 결과이다. 따라서 이러한 결과의 원인으로 해태의 양식 (겨울철에 구조물 설치, 여름철에 구조물 철거)과 같은 인위적인 요인을 생각해 볼 수 있다. 왜냐하면 겨울철에 곰소만의 저조선 부근에서 해태 양식이 매우 활발하게 진행되고 있기 때문에, 겨울에 저조선 부근에 강한 파랑이 와도 해태 양식을 위한 구조물에 의해 에너지가 약화되면 비교적 세립한 퇴적물이 퇴적될 수 있고, 여름에 상대적으로 약한 파랑 에너지가 주어져도 양식 구조물에 의해 제한받지 않고 강한 조석류 (Tidal current)와 결합되면 오히려 세립 물질이 퇴적될 수 없기 때문이다.

Fig. 4.11은 측선 SW의 조간대를 조석의 수위에 따라 여러 개의 소환경 (Subenvironment)으로 나누고 (제 4장 1절 지형편 참조), 각 소환경에 포함된 입도 특성값들을 평균하여 각각의 소환경에 대한 입도의 계절변화를 살펴본 것이다. 평균입도 (Phi 값)는 중부조간대 하부와 하부조간대에서 거의 계절변화가 없었으나, 상부조간대와 중부조간대 하부에서는 비교적 뚜렷한 변화를 보여 겨울에서 여름까지는 평균입도값이 점차 증가 (세립화)하다가 가을부터는 다시 감소(조립화)하는 경향을 보였다 (Fig. 4.11a). 이와같은 변화는 분급도 (Sorting)에서도 유사하다 (Fig. 4.11b). 그러나 왜도 (Skewness)는 중부조간대 하부와 하부조간대에서 계절변화가 매우 심하였다 (Fig. 4.11c).

### 2-3. 퇴적률의 계절변화

측선 SW의 총 10 개 지점에서 약 1년 동안 퇴적률을 측정한 결과, 조간대의 년평균 퇴적률은 22.9 mm/yr이었다. 상부조간대에서는 평균 -7.8 mm/yr의 침식이 일어났고, 중부조간대와 하부조간대에서는 각각

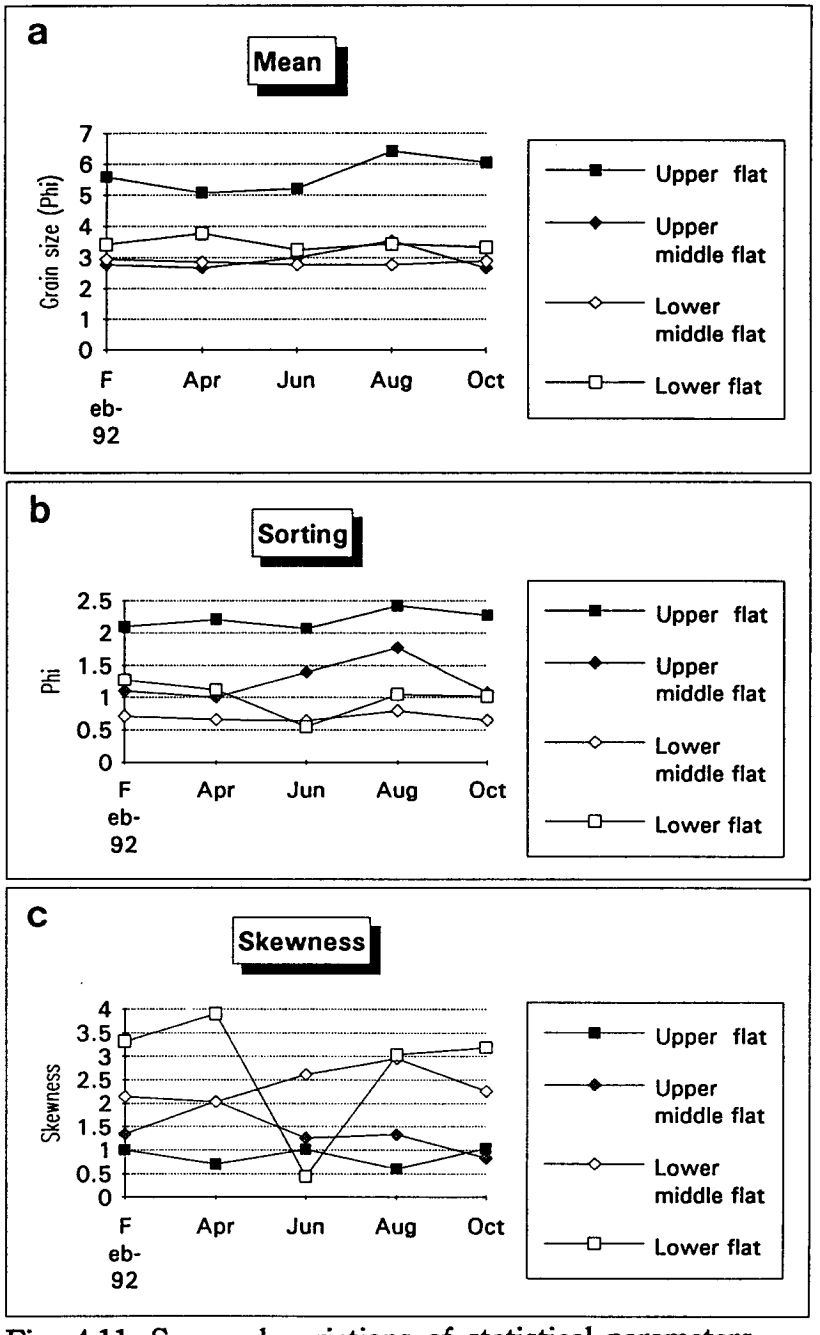


Fig. 4.11. Seasonal variations of statistical parameters (mean grain-size, sorting, and skewness) at each subenvironment of Gomso Bay tidal flat.(a) Mean grain-size (b) Sorting coefficient (c) Skewness

30.1 mm/yr, 46.5 mm/yr의 퇴적이 일어났다 (Table 4.2). 그러나 Chenier의 이동과 관련되어 부분적으로 심하게 침식되는 지점 (SW-9)을 제외하면, 니질의 상부조간대에서 퇴적률은 전반적으로 29 mm/yr 내외이다 (Table. 4.2).

Fig. 4.12는 Table 4.2를 기초하여 작성된 그림으로 퇴적률의 계절변화를 보여주고 있다. 상부조간대의 경우 봄철 (2-6월)에 -0.8 mm/mo의 침식이, 여름철(92.6-8월)에 2.2 mm/mo의 퇴적이, 그리고 가을 (92.8-12월)에 -5.5 mm/mo의 침식이 일어났고, 겨울 (92.12-92.3월)에 다시 0.5 mm/mo의 퇴적이 일어났다 (Table 4.2, Fig. 4.12). 중부조간대에서는 봄, 여름, 겨울에 각각 6.5, 4.4, 12.4 mm/mo의 퇴적이 일어났고, 겨울에는 -1.5, mm/mo의 침식이 일어났다 (Table 4.2, Fig. 4.12). 따라서 상부조간대와 중부조간대는 전반적으로 봄, 여름, 겨울에 퇴적이 우세하고, 가을에 침식이 우세하였다 (Fig. 4.12). 이러한 현상은 특히 하부조간대에서 뚜렷한데, 하부조간대에서도 봄과 겨울에 15-19 mm/mo의 퇴적이, 가을에 -15 mm/mo의 침식이 일어났다 (Fig. 4.12). 따라서 곰소만 조간대에서는 전반적으로 가을철(8월-12월)에 침식이 우세한 특징을 갖는다.

Fig. 4.13은 퇴적률을 측정한 각 지점에서 퇴적과 침식의 변화과정을 좀더 자세히 살펴보기 위해 작성된 그림이다. 그림에서 보는 바와 같이 니질의 상부조간대에 위치한 SW-2와 SW-6에서는 측정기간 동안 거의 지속적인 퇴적을 보였다 (Fig. 4.13a). 그리고 Chenier의 육지쪽 전면에 위치한 SW-9에서는 Chenier의 이동과 더불어 지속적인 침식을 보였다 (Fig. 4.13a). 그러나 중부조간대와 하부조간대에서는 부분적으로 침식기간이 존재하여, 중부조간대 상부의 경우(SW-11,13,15) 주로 8월과 10월 사이에 침식이 일어났고, 중부조간대 하부의 경우 (SW-25) 주로 10월과 12월 사이에 침식이 일어났다 (Fig. 4.13b). 그리고 하부조간대에서는 중부조간대 하부와 마찬가지로 10월과 12월 사

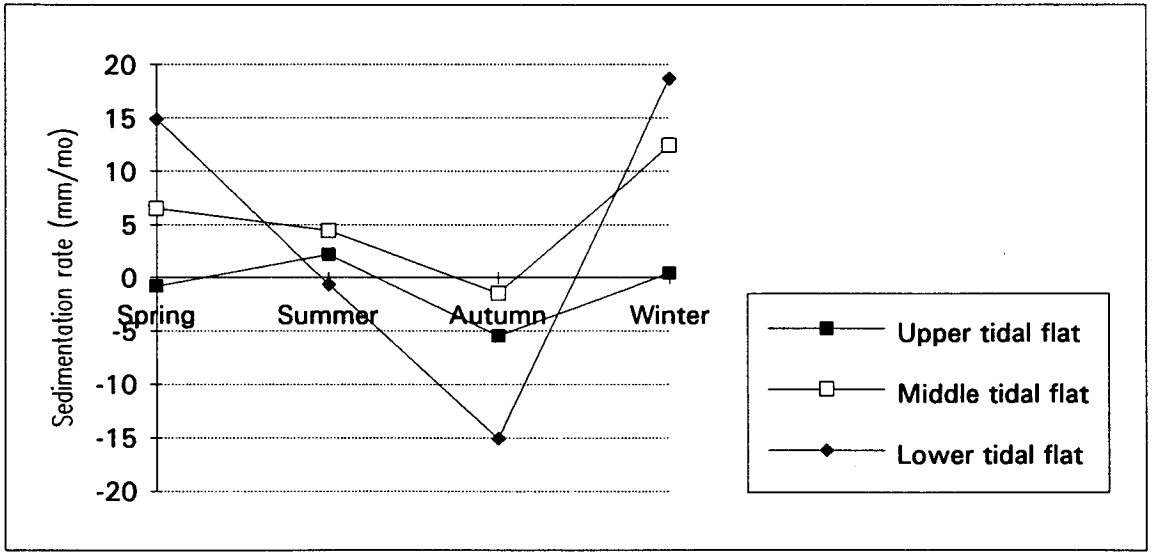


Fig. 4.12. Seasonal variations of sedimentation rate in the tidal flat of Gomso Bay. Note a erosional pattern of tidal flat chiefly in Autumn.

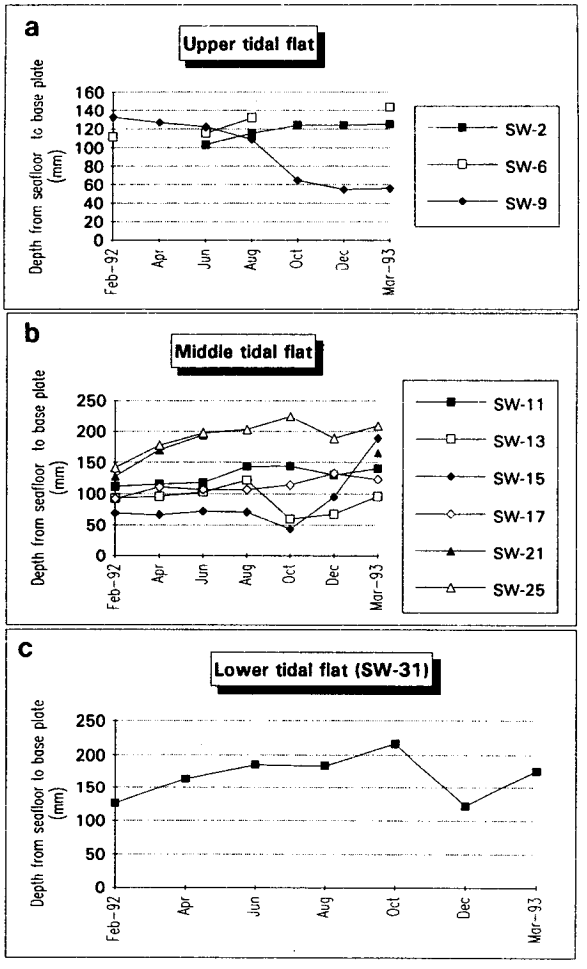


Fig. 4.13. Bimonthly measured depth below seafloor to base plate at ten points of Line-SW transect. Increasing depth indicates deposition, and decreasing depth erosion (a) Upper tidal flat. Accmulation occurred contineously in the uppermost muddy tidal flat (SW-2, SW-6), whereas erosion proceeded in the seaward part of chenier (SW-9), causing to a landward movement of chenier. (b) Middle tidal flat. Erosion of middle flat occurred mainly in autumn (Aug.-Dec.). (c) Lower tidal flat. Erosion of lower flat occurred in early winter (Dec.).

이에 침식이 일어났다 (Fig. 4.13c).

따라서 이상의 자료를 종합해 볼 때, 곰소만 조간대는 연 22.9 mm/yr의 퇴적률을 갖는 비교적 퇴적이 우세한 환경이지만, 주로 8월과 12월 사이에 중부조간대와 하부조간대에서 침식이 우세한 특징을 갖는다. 특히 중부조간대 상부에서의 침식은 8월과 10월 사이에, 중부조간대 하부와 하부조간대에서의 침식은 10월과 12월에 집중되는데, 1992년 9월 말 태풍 테드가 이 지역을 통과한 사실을 고려할 때, 중부조간대 상부에서의 침식은 주로 태풍 (Typhoon)과 관련되며, 중부조간대 하부 및 하부조간대에서의 침식은 주로 겨울철폭풍 (Winter storm)과 관련되는 것으로 사료된다.

## 제 3절 Chenier

### 3-1. 형태

곰소만 신월 해안의 상부 조간대에 위치한 Chenier는 육지방향으로 양 끝이 휜 활 모양의 형태로, 길이는 약 860 m, 너비는 30-60 m에 이르며, 높이는 주변의 조간대보다 0.6-1.8 m 가 더 높다 (Fig. 4.14). 또한 Chenier의 일반적 특징과 마찬가지로, 바다쪽 경사면이 육지쪽 경사면보다 완만한 비대칭적 단면을 보이며, 바다쪽 경계부는 비교적 단조로우나 육지쪽 경계부는 Washover에 의해 다소 불규칙한 특징을 갖는다 (Fig. 4.14).

이 Chenier는 지형적 특성, 식생, 구성물질 등에 의해 크게 두 부분 (A, B)으로 나뉜다 (Fig. 4.14). A 부분은 Chenier의 동쪽 부분으로 높이가 비교적 높아 (1-1.8 m), 대조의 만조 때를 제외한 대부분의 조석 주기 동안 대기에 노출되며 부분적으로 염수식물이 잘 자라고 (Fig. 4.14, 4.15A), B부분은 Chenier의 서쪽 부분으로 높이가 낮아 (60cm 미만), 만조 때 대부분 해수에 잠겨 식물이 자라지 않고, 표면에 연흔 구조 (Ripple)가 잘 발달한다 (Fig. 4.14, 4.15B).

### 3-2. 퇴적물

Chenier의 쇄설성 퇴적물은 평균 95% 이상의 모래 (Sand)와 약 2.5%의 역 (Gravel & Pebble), 그리고 2% 미만의 니질 퇴적물 (Silt & Clay)로 구성된다 (Table 4.3). 또한 전체 시료의 약 12 %는 패각 물질로 구성되어 있어 Chenier 퇴적물의 전반적인 퇴적상은 패각 물질이 혼재된 "Slightly gravelly sand" (Folk, 1968)이다. 전체 시료의 평균입도 (Mean)는 1.57 Phi로서 중립사 (Medium sand)에 해당하며, 분급도 (Sorting)와 왜도 (Skewness)값은 각각 1.08, 0.04 이다 (Table 4.3).

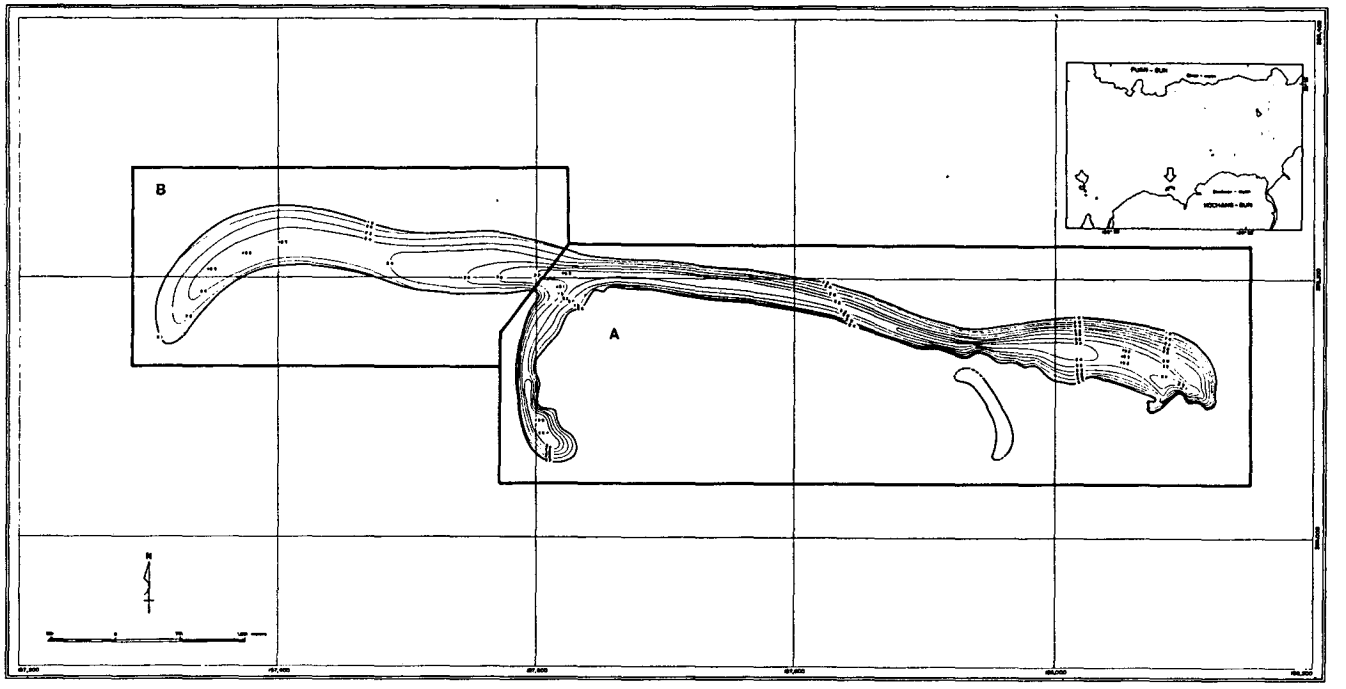


Fig. 4.14. Topographical chart of chenier obtained using a precision levelling device (Wild T2 universal Theodolite and Geodiameter 220).

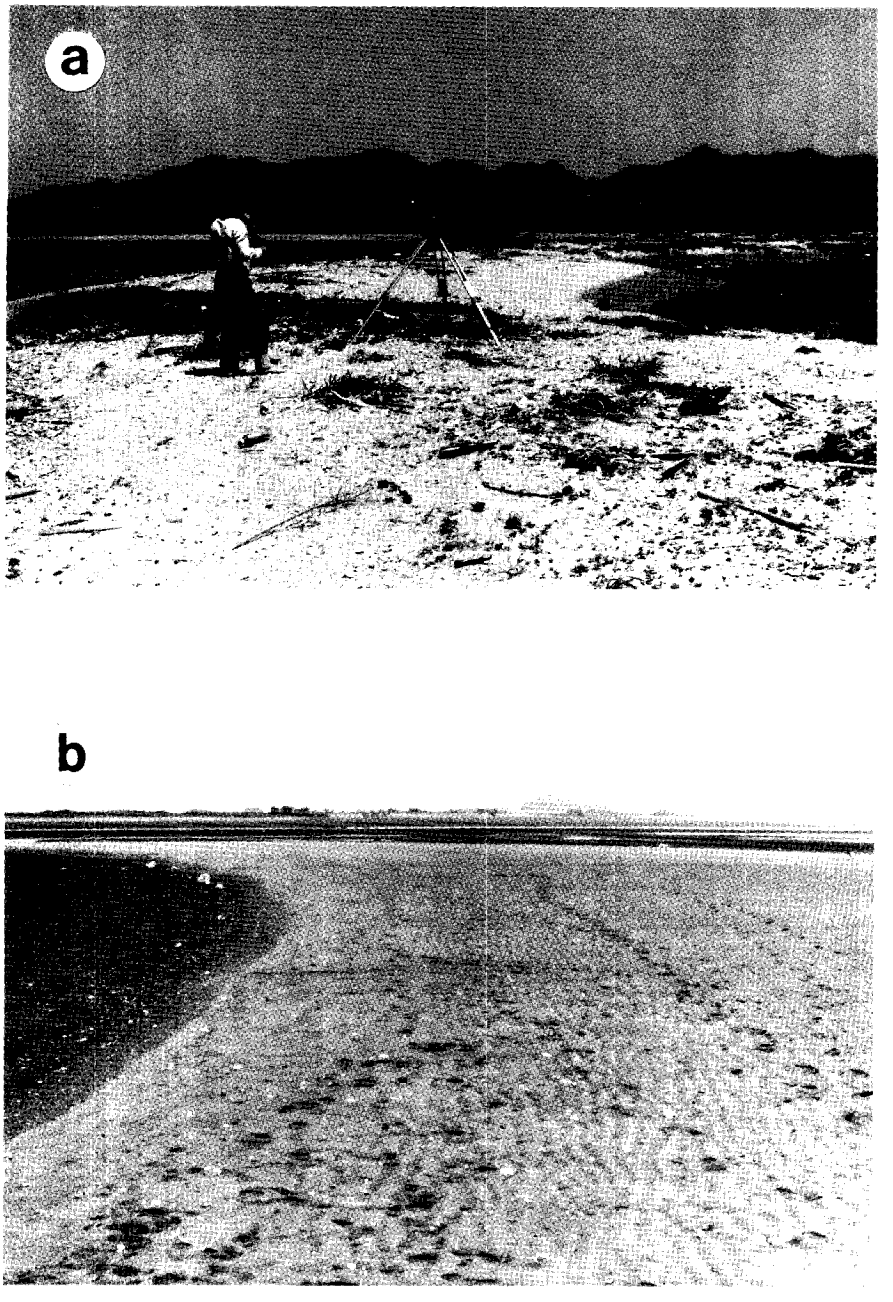


Fig. 4.15. Photographs showing two parts of Chenier. (a) Higher eastern part (Part A). (b) Lower western part (Part B).

Table 4.3. Granulometric composition of the surface sediments of chenier, Gomso Bay.

| St. No. | Texture (%) | | | | Sed. Type | eter(Phi) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Gravel | Sand | Silt | Clay | Folk (1968) | Mean | St. De. | Skew. | Kurt. |
| A | | 100.00 | | | S | 2.05 | 0.53 | -0.17 | 1.93 |
| B | 0.10 | 99.90 | | | (g)S | 1.52 | 1.05 | -0.58 | 2.31 |
| D | 0.76 | 99.24 | | | (g)S | 1.64 | 0.92 | -0.82 | 3.50 |
| E | | 100.00 | | | S | 1.79 | 0.77 | -0.84 | 3.90 |
| F | | 100.00 | | | S | 1.81 | 0.71 | -0.60 | 3.47 |
| G | 1.85 | 98.15 | | | (g)S | 1.36 | 0.91 | -0.81 | 3.83 |
| 1 | 0.30 | 99.69 | | | (g)S | 1.68 | 0.75 | -0.68 | 4.08 |
| 5 | | 100.00 | | | S | 1.93 | 0.55 | 0.10 | 2.38 |
| 6 | 15.55 | 84.45 | | | gS | 0.64 | 1.45 | -0.16 | 2.20 |
| 7 | 12.48 | 87.52 | | | gS | -0.17 | 0.81 | -0.13 | 4.24 |
| 8 | | 100.00 | | | S | 1.18 | 0.83 | -1.10 | 2.71 |
| 9 | 5.07 | 94.93 | | | gS | 1.25 | 0.27 | -0.65 | 2.56 |
| 10 | 0.47 | 99.53 | | | (g)S | 1.89 | 0.87 | -1.13 | 4.32 |
| 11 | 0.84 | 92.99 | 4.44 | 1.73 | (g)mS | 1.89 | 1.74 | 2.19 | 11.70 |
| 12 | | 100.00 | | | S | 1.76 | 0.86 | -0.80 | 3.36 |
| 14 | 2.58 | 97.42 | | | (g)S | 1.53 | 1.05 | -0.91 | 3.38 |
| 15 | 4.52 | 95.48 | | | (g)S | -0.16 | 0.71 | 1.60 | 7.76 |
| 16 | | 100.00 | | | S | 2.08 | 0.58 | -0.58 | 3.82 |
| 17 | 1.50 | 98.50 | | | (g)S | 1.72 | 2.94 | -2.35 | 12.80 |
| 18 | | 100.00 | | | S | 1.77 | 0.51 | 0.48 | 3.01 |
| 19 | 15.11 | 77.00 | 5.30 | 2.59 | gmS | 1.49 | 2.46 | 1.12 | 6.69 |
| 20 | 0.36 | 99.64 | | | (g)S | 1.13 | 0.89 | 0.09 | 2.46 |
| 21 | | 100.00 | | | S | 1.82 | 0.49 | 0.84 | 2.39 |
| 22 | | 88.25 | 8.70 | 3.05 | zS | 2.44 | 1.94 | 2.51 | 9.54 |
| 23 | 0.19 | 99.81 | | | (g)S | 1.63 | 0.81 | -0.80 | 3.90 |
| 24 | 2.12 | 97.88 | | | (g)S | 1.50 | 1.02 | -0.97 | 3.54 |
| 25 | | 92.75 | 5.74 | 1.51 | S | 2.11 | 1.52 | 3.18 | 17.05 |
| 26 | | 100.00 | | | S | 1.87 | 0.64 | -0.47 | 3.49 |
| 27 | 0.25 | 71.18 | 22.06 | 6.51 | (g)mS | 3.25 | 2.56 | 1.43 | 4.75 |
| 28 | 16.19 | 83.81 | | | gS | -0.52 | 0.65 | -0.04 | 6.04 |
| 30 | 3.31 | 87.63 | 7.47 | 1.59 | (g)mS | 2.07 | 1.86 | 1.66 | 10.47 |
| 31 | 2.07 | 97.93 | | | (g)S | 1.64 | 0.87 | -1.23 | 5.43 |
| 32 | 0.41 | 99.59 | | | (g)S | 1.44 | 0.81 | -0.51 | 3.43 |
| 33 | | 89.61 | 9.21 | 1.18 | zS | 2.49 | 1.49 | 2.63 | 13.82 |
| Min. | 0.00 | 71.18 | 0.00 | 0.00 | | -0.17 | 0.27 | -2.35 | 1.93 |
| Max. | 16.19 | 100.00 | 22.06 | 6.51 | | 3.25 | 2.94 | 2.63 | 17.05 |
| Mean | 2.53 | 95.08 | 1.85 | 0.53 | | 1.57 | 1.08 | 0.04 | 5.30 |

Chenier 퇴적물의 입도 분포 양상을 살펴보면 (Fig. 4.16), 대부분 1-3 Phi 구간에서 최빈값 (Mode)을 보이는 단최빈의 (Unimodal) 분포이며, 보다 조립한 물질이 추가된 A의 일부 지역을 제외하면, A 부분과 B 부분의 퇴적물이 거의 유사한 입도 분포 양상을 보인다. 특히 Chenier 퇴적물은 사질 퇴적물 (Sand fraction) 중 3-4 Phi 구간의 미세립사 (Very fine sand)가 매우 결핍되어 있는 특징을 갖는다 (Fig.4.16).

Gravel은 국부적으로 침식이 활발한 Chenier의 바다쪽 사면을 포함 Chenier의 도처에 분포하며 (Fig. 4.17a), 때로는 원마도가 불량한 장경의 암석 파편들도 관찰된다. Chenier 퇴적물의 주요 구성요소의 하나인 패각 물질은 ***Crassostera giggas, Umbonium thomassi, Rapana sp., Scapharaca subcrenata*** 등 주로 조간대 혹은 조하대 지역을 서식처로 하는 천해성 패각들로 구성된다 (한국해양연구소, 1991) (Fig. 4.17b).

### 3-3. 퇴적 구조

Chenier 퇴적물은 뚜렷한 경계를 갖고 상부 조간대의 니질 퇴적층 위에 놓여 있다 (Fig. 4.18a). 이러한 Chenier 퇴적층의 내부구조는 주로 패각과 모래 (세립사 혹은 중립사)의 호층으로 구성되는데 (Fig. 4.18b), 호층들은 Chenier의 절단면에서 대부분 육지 방향의 경사를 보인다 (Fig. 4.18c). 또한 Chenier의 육지쪽 염수습지에서는 부분적으로 Washover에 의해 형성된 소규모의 델타 (Delta)들이 발달하여 육지 방향의 완경사 층리를 보인다 (Fig. 4.18d).

Fig. 4.19는 Chenier A부분의 단면 A-A'와 B부분의 단면 B-B'를 도시한 것이다 (Fig. 3). Chenier의 A 부분을 보면, 약 25 m의 너비, 1 m 높이의 Chenier 퇴적체가 니질 퇴적층 위에 놓여 있고, 경사를 달리하는 두 개의 사층리군 (Cross bed sets)이 침식면에 의해 상,하부의 사층리군으로 나뉘며, 침식면과 상부 사층리군 사이에는 거의 수평에

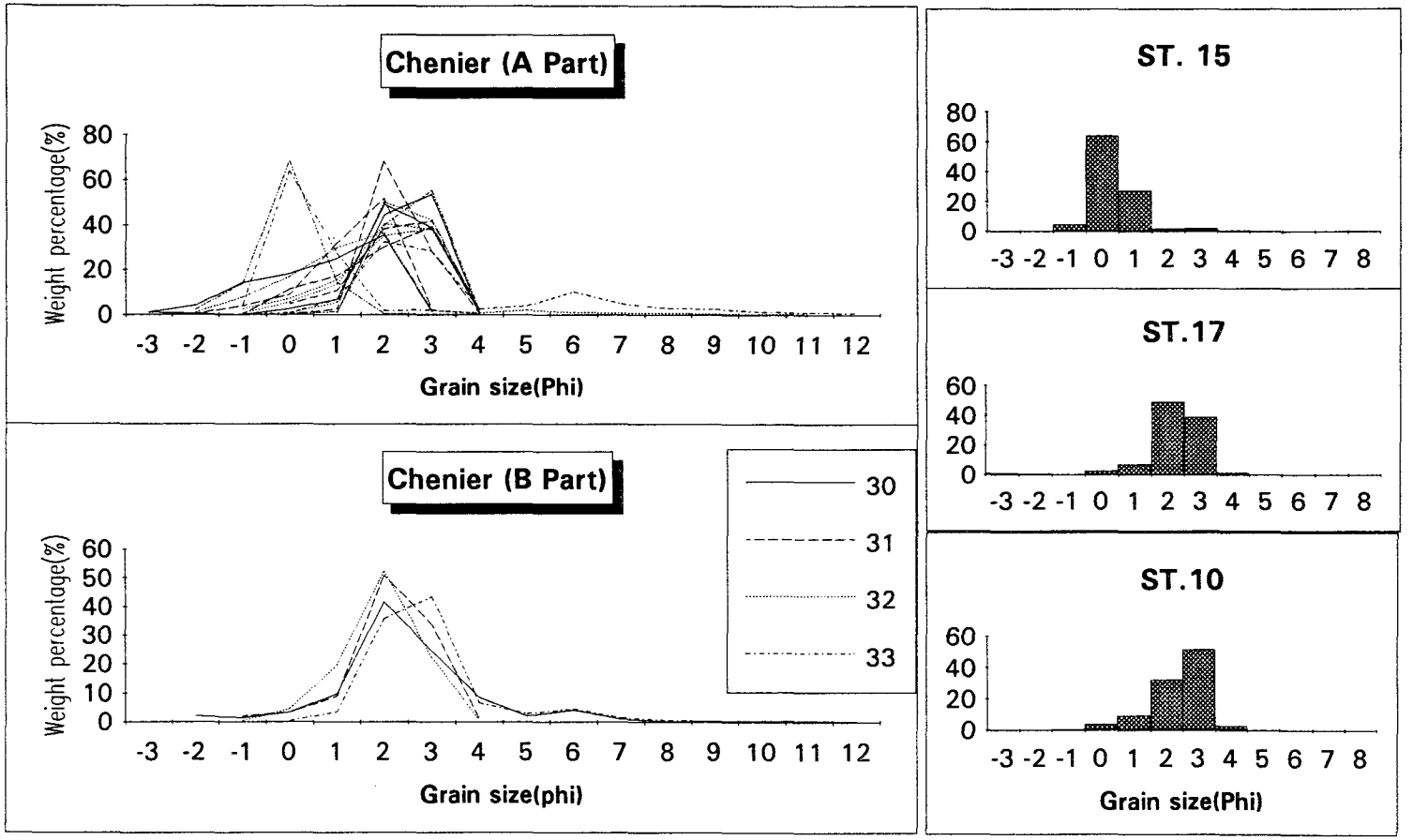


Fig. 4.16. Grain-size distribution of the chenier sediments. Histograms on the right side are the typical grain-size patterns of chenier sediments. Wide and unimodal distribution patterns with lack of 3-4 phi fraction are the characteristics of the chenier sediments.

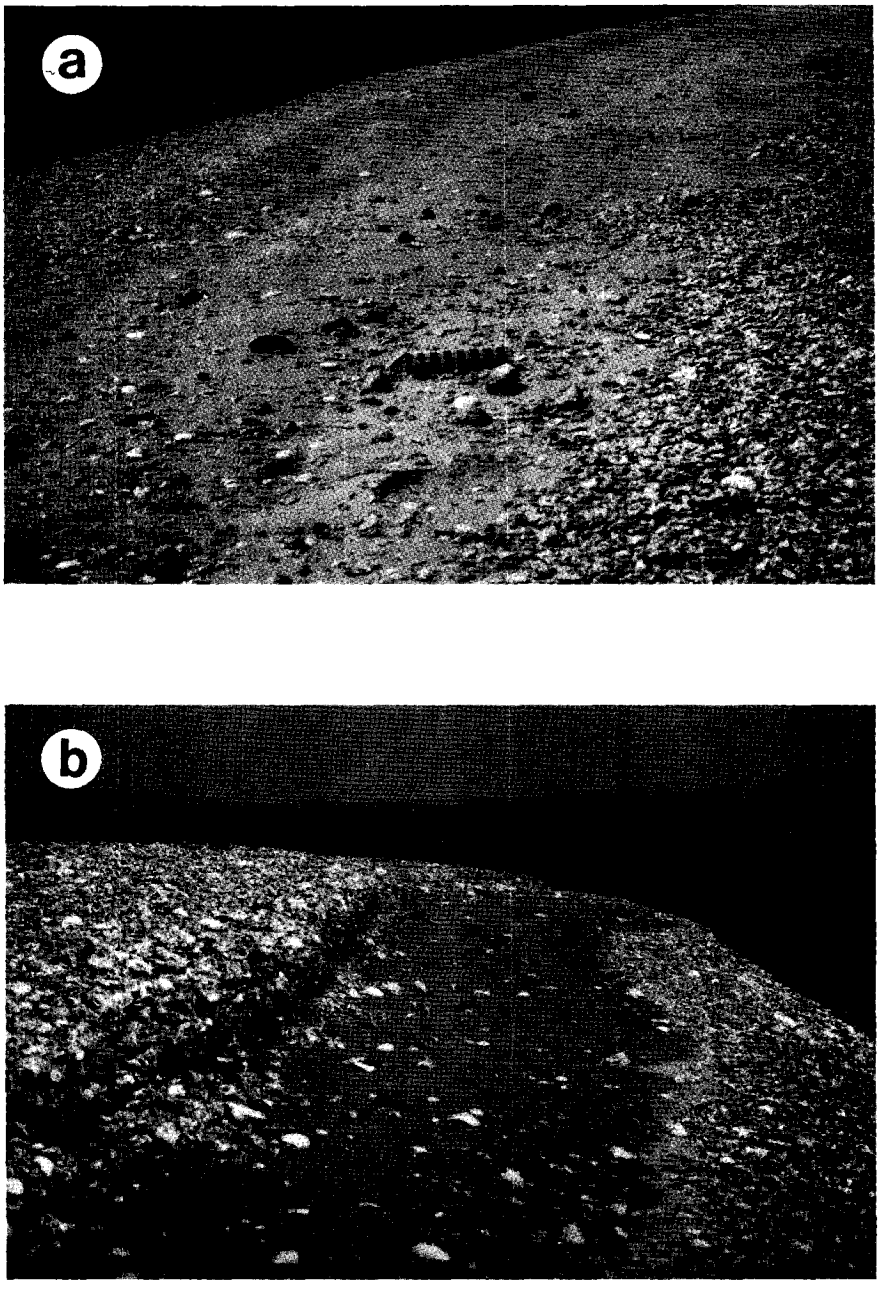


Fig. 4.17. Photographs showing gravels (a) and shell fragments (b) on the chenier surface.

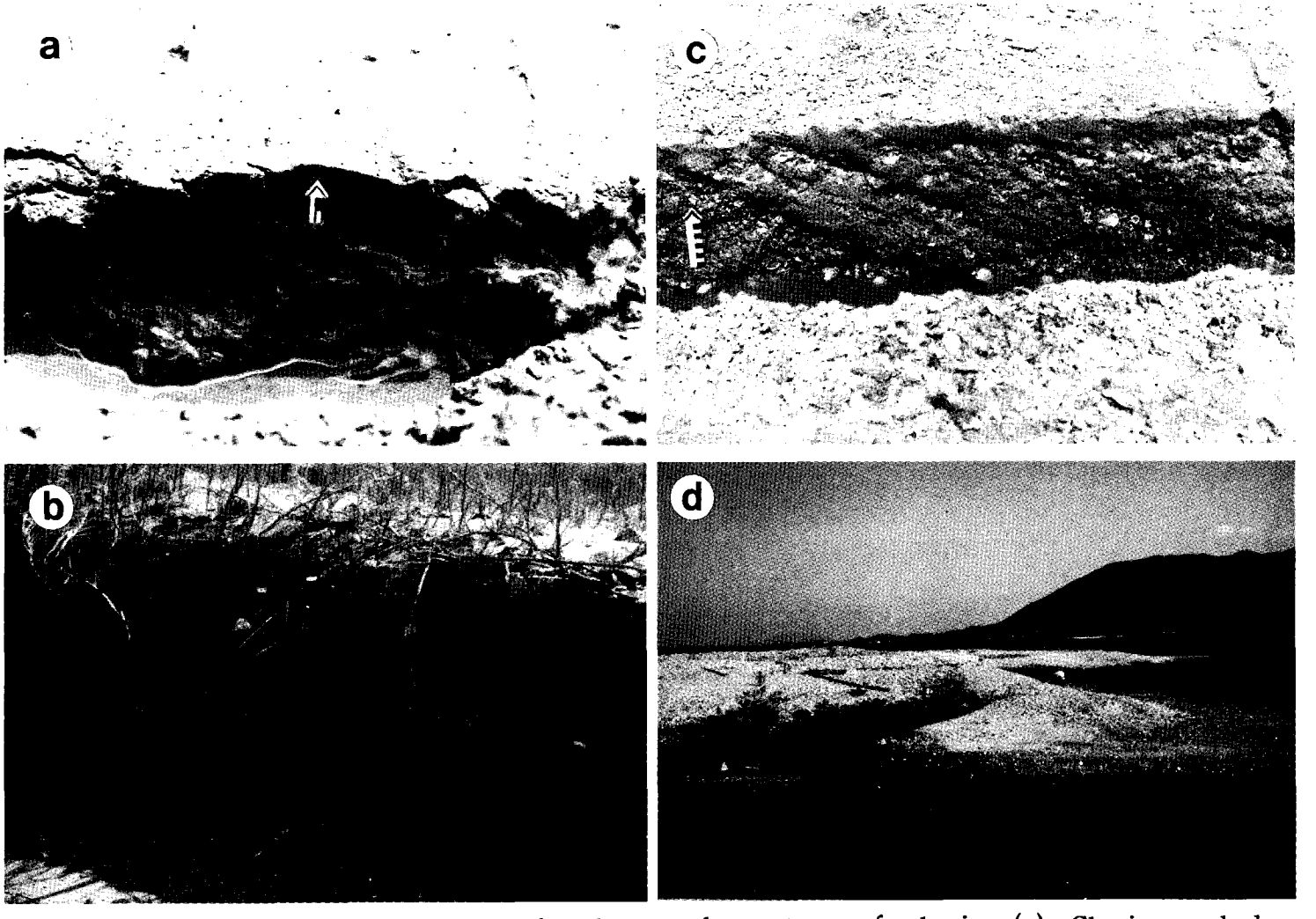


Fig. 4.18. Photographs showing the internal and external structures of chenier. (a) Chenier perched on the muddy uppermost tidal flat. (b) Trench cut of A part of chenier. Chenier consists of fine to medium sands, shells and gravels. Note interlayers of sand bed and shell bed. (c) Trench cut of B part of chenier. Note landward-dipping interlayers of sand bed and shell bed. (d) Small-scale delta formed through washover fanning on the landward side of chenier.

가까운 층리가 협재한다 (Fig. 4.19A). Chenier의 B 부분도 약 47 m의 폭에 60 cm의 높이로 니질 퇴적층 위에 존재한다. 내부구조는 시종 육지 방향의 경사를 갖는 사층리군으로 구성되며, 사층리의 하부쪽에는 Washover에 의해 간헐적으로 형성된 완경사의 사층리가 협재한다 (Fig. 4.19B). 따라서 Chenier의 내부구조는 Chenier의 육지방향으로의 이동이 주로 Washover process에 의해 이루어져 왔으며, 특히 Chenier A 부분의 형성에 최소한 두 단계의 독립된 퇴적과정이 있었음을 지시한다.

### 3-4. Chenier의 이동

#### 3-4-1. 장기적 이동 (Long-term Migration)

지난 20여년 동안의 항공사진에 의하면, 1967년 Chenier가 심원면 신월 해안 북쪽 약 1km 지점에 육지와 격리되어 발달하였고, 이 Chenier를 중심으로 남서 해안에는 해안선에 근접하여 또 하나의 Chenier가, 그리고 북서쪽 (바다쪽)으로 약 300 m 떨어진 조간대 지역에는 두 개의 조간대 사주 (Intertidal sand shoal)가 해안과 어느 정도의 각도를 가지고 발달하였다 (Fig. 4.20A). 또한 바다쪽 저조선 부근에도 다수의 조간대 사주가 발달하였다. 그러나 1976년에는 Chenier의 바다쪽 (북서쪽)에 발달했던 두 개의 조간대 사주가 하나로 통합되었고, 이것은 육지쪽 (남동쪽)으로 점차 이동하여 해안과 비교적 평행하게 놓였으며, 해안에 근접한 Chenier도 다소 동쪽 (만 안쪽)으로 이동하였다 (Fig. 4.20B). 특히 조간대 사주의 북서쪽과 육지쪽 Chenier의 전면에 발달한 Maga ripple들의 정부방향 (Direction of crest)은 퇴적물이 만 안쪽으로 이동하였음을 보여주고 있다 (Fig. 4.20B). 그런데 1989년에는 Chenier의 바다쪽에 존재했던 조간대 사주 (Intertidal shoal)가 육지쪽 (남동쪽)으로 더욱 이동, 결국 기존 Chenier의 서쪽 부분과 연결되었고, 해안선에 근접한 Chenier도 더욱 동쪽 (만 안쪽)으

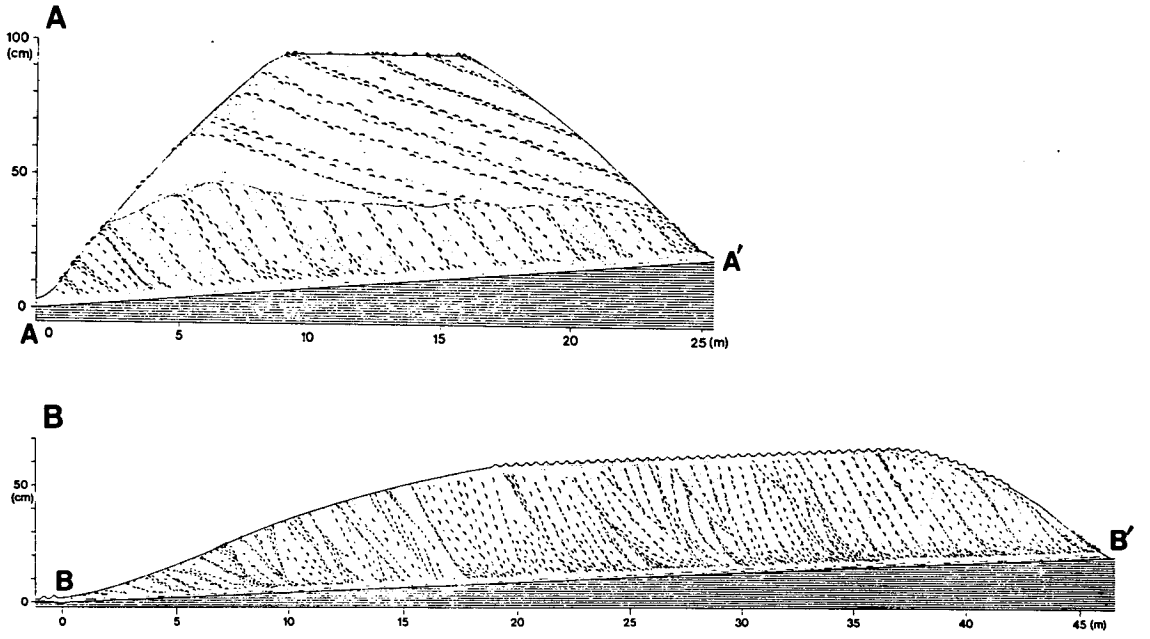


Fig. 4.19. Schematic diagrams showing the morphology and internal structure of chenier. (a) Section A–A'(A part of chenier). (b) Section B–B'(B part of chenier). For location see Fig. 3.1.

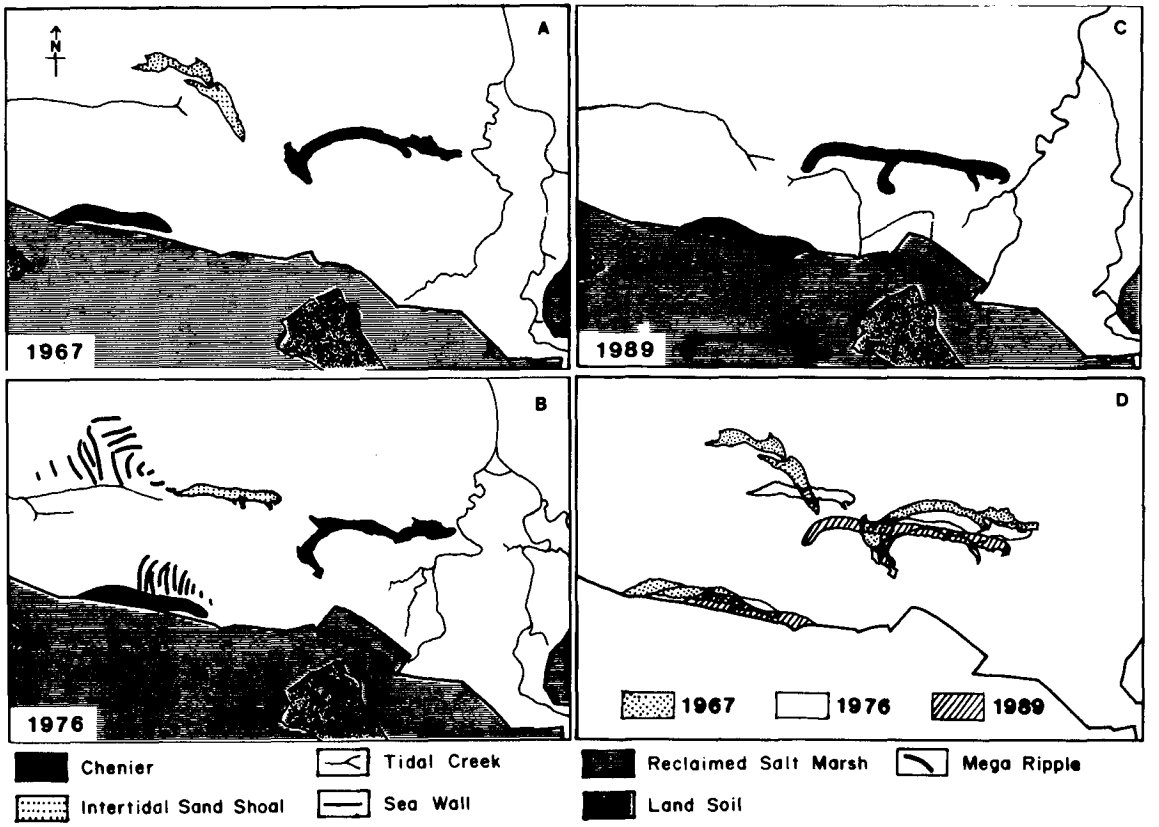


Fig. 4.20. Aerial photographs showing the position of chenier and intertidal sand shoals in 1967, 1976 and 1989. A composite of photographs shows the evolution and migration of chenier during the period of 1967–1989.

로 이동하였다 (Fig. 4.20C).

따라서 이러한 항공사진의 결과를 종합해 볼 때 (Fig. 4.20D), 현재 신월 해안에 근접한 Chenier는 지난 22년 동안 만 안쪽 (동쪽)으로 약 250 m 이동하였고, 상부 조간대에서 육지와 격리되어 발달한 Chenier도 전체적으로 육지쪽으로 이동하였는데, 이 Chenier의 서쪽 부분 (B부분)은 조간대 사주 (Intertidal shoal)가 지난 22년 동안 육지쪽으로 약 300-500 m 이동, 기존의 Chenier에 연결됨으로써 형성되었던 것이다. 이러한 결과는 Chenier의 형성이 조간대 사주의 이동으로부터 비롯되었음을 분명하게 보여주는 결과이다.

### 3-4-2. 단기적 이동 (Short-term Migration)

#### 이동 양상

Fig. 4.21은 1991년 6월부터 1992년 10월까지 반복 측량을 통해 Chenier의 지형변화를 추적한 그림이다. 그림에서 보는 바와 같이 1991년 6월에서 1992년 7월까지 13개월 동안, 높이가 낮아 만조 때 잠기는 Chenier의 서쪽 부분 (B부분)은 육지 방향으로 지속적으로 이동한 반면, 높이가 비교적 높아 만조 때에도 해수에 잠기지 않는 Chenier의 동쪽 부분 (A부분)은 육지쪽으로 거의 이동하지 않았다. 다만 이 기간 동안 Chenier A부분의 바다쪽 사면에서 침식이 일어났고, 침식된 물질은 Chenier의 바다쪽 사면을 따라 동쪽(Longshore 방향)으로 이동, Chenier의 동쪽 끝에 퇴적됨으로써 결국 Chenier가 동쪽으로 이동한 결과를 낳았다 (Fig. 4.21). 그러나 1992년 8월 말과 10월 초에는 태풍 테드를 포함 두 번의 태풍이 통과하여 이 지역에 해일을 야기시켰는데 (동아일보, 1992.10.25), 이러한 사실은 1992년 10월 28일에 실시된 측량 결과에 그대로 반영되어 Chenier의 B부분 뿐만 아니라 보통 상황에서 이동키 어려운 Chenier의 A부분까지 육지쪽으로 상당한

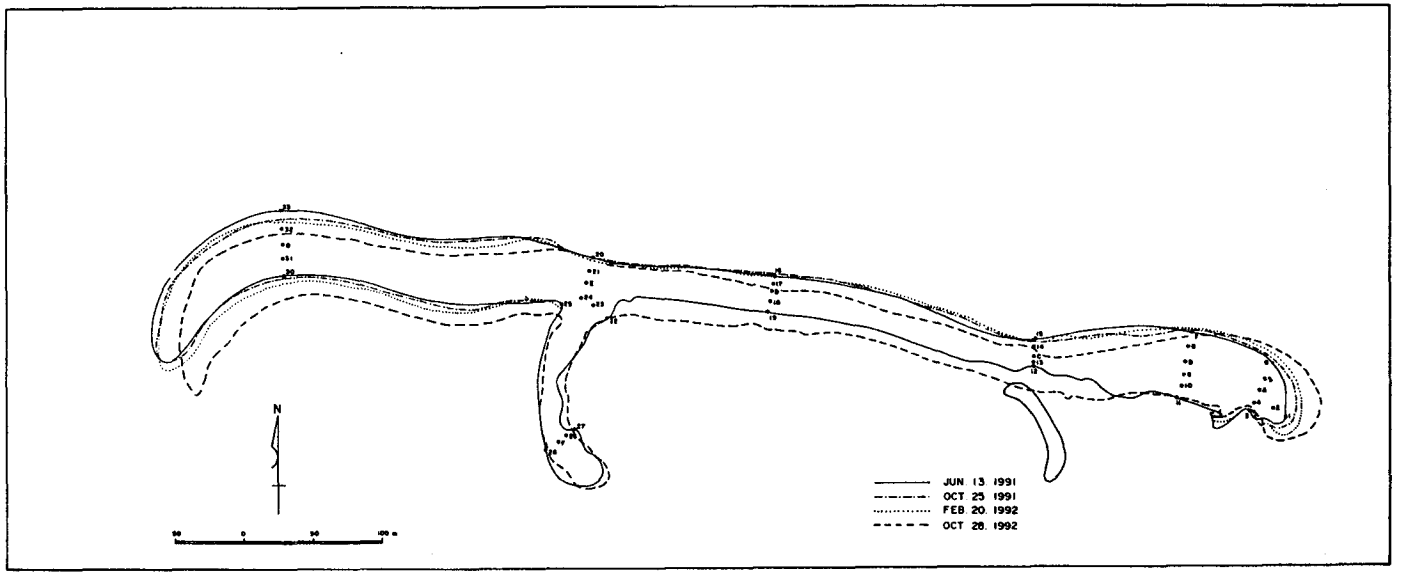


Fig. 4.21. Migration pattern of chenier obtained from repeted measurements of chenier during the period of 1991-1992. Movement of chenier had been accelerated during the period of Feb.-Oct. of 1992.

거리(약 8 m)를 이동하였다 (Fig. 4.21). 이러한 결과들은 Chenier가 조석과 파랑 등의 정상적인 조건 하에서도 이동이 가능하지만 (Chenier의 B 부분), 특히 만조와 결부된 간헐적인 폭풍 (Storm) 때 더욱 빠르고, 크게 이동하였음을 나타낸다.

### 이동 속도

Table 4는 지난 16개월 (1991.6.13-1992.10.28) 동안 4차례에 걸쳐 Chenier에 대한 측량을 실시하고, 그 결과를 이용하여 Chenier의 이동 속도를 계산한 것이다. 표에서 보는 바와 같이, 비교적 높이가 높은 Chenier의 A부분 (Line 1)은 1991년 6월부터 1992년 7월까지 11개월 동안 거의 이동하지 않았다. 그러나 1992년 7월부터 동년 10월까지 112 일 동안에는 무려 10.9 m나 육지쪽으로 이동하였고, Chenier A부분의 서쪽 끝 (Line 2)도 이 기간 동안 동쪽 방향 (만 안쪽)으로 6.9 m를 이동하였다. 이와 같은 사실은 1991년 8월 말과 10월 초에 두 번의 태풍이 지나갔고, 이 태풍들은 만조와 결부되어 이 지역에 해일을 야기시켰음을 고려할 때, Chenier A 부분의 이동이 주로 만조와 결부된 태풍 (Typhoon)에 의해 간헐적으로 이루어지고 있음을 시사한다. 비록 간헐적인 이동이긴 하나 Chenier A의 Line 1과 Line 2에서 16개월 동안 관측된 Chenier의 이동속도는 각각 8.04 m/yr, 5.09 m/yr 이었다 (Table.4).

한편 높이가 낮은 Chenier의 B부분 (Line 3)은 년평균 약 12 m/yr의 속도로 A 부분에 비해 빠르고 지속적인 이동을 하였는데, 1991년 6월에서 동년 10월까지 129일 동안과 1992년 2월에서 동년 7월까지 139일 동안 육지쪽으로 각각 2.2 m, 2.4 m를 이동하여 주로 하절기 동안 6-7 m/yr의 비교적 일정한 이동 속도를 보였다. 그러나 1991년 10월에서 1992년 2월까지 동절기 115일 동안에는 Chenier가 육지쪽으로 3.8 m 이동하여 12.06 m/yr의 이동 속도를 보였고, 특히 두 번의

**Table 4.4. Migration speed of each part of chenier**

| A part of chenier (Line 1) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Duration (days) | 91.6.13-10.25 (129) | 91.10.25-92.2.1 (115) | 92.2.18-7.7 (139) | 92.7.7-10.28 (112) | **91.6.13-92.10.28 (495)** |
| Migration distance (m) | 0 | 0 | 0 | 10.9 | **10.9** |
| Migration speed (m/yr) | 0 | 0 | 0 | 35.52 | **8.04** |

| Western rim of A part (Line 2) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Duration (days) | 91.6.13-10.25 (129) | 91.10.25-92.2.1 (115) | 92.2.18-7.7 (139) | 92.7.7-10.28 (112) | **91.6.13-92.10.28 (495)** |
| Migration distance (m) | 0 | 0 | 0 | 6.9 | **6.9** |
| Migration speed (m/yr) | 0 | 0 | 0 | 22.49 | **5.09** |

| B part of chenier (Line 3) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Duration (days) | 91.6.13-10.25 (129) | 91.10.25-92.2.1 (115) | 92.2.18-7.7 (139) | 92.7.7-10.28 (112) | **91.6.13-92.10.28 (495)** |
| Migration distance (m) | 2.2 | 3.8 | 2.4 | 8.3 | **16.7** |
| Migration speed (m/yr) | 6.23 | 12.06 | 6.3 | 27.05 | **12.31** |

* A & B part : Landward migration, Western rim of A part : Eastward (Alongshore) migration

태풍이 지났던 1992년 7월에서 동년 10월까지 112일 동안에는 무려 8.3 m를 이동하여 27.05 m/yr의 속도를 보였다 (Table 4). 따라서 Chenier의 이동이 하절기보다는 동절기에 우세하였고, 특히 만조와 결부된 폭풍 (Storm )때에는 더욱 더 우세했던 것이다. 이와 같은 사실은 현재의 Chenier 이동이 정상적인 조석작용보다는 파랑 (Wave), 태풍 (Typhoon)과 같은 계절적 기후 요인들에 의해 크게 지배되고 있음을 시사한다.

## 제 4절 요약

### 4-1. 곰소만 조간대

곰소만 조간대는 소조 때의 평균 고조선 (MNHW)과 평균 저조선 (MNLW)을 기준으로 상부조간대 (Upper tidal flat), 중부조간대 (Middle tidal flat), 하부조간대 (Lower tidal flat)로 나뉜다.

상부조간대는 소조평균고조선 (MNHW)의 상위에 위치한 지역으로 평균 고조선(MHW)의 높이와 근사되는 지점에 패각과 사질 물질로 구성된 Chenier가 1.5 m 높이로 발달하고, 이 Chenier를 중심으로 육지쪽으로는 염수식물이 부분적으로 자생하는 니질 조간대(Mud flat)가, 그리고 바다쪽으로는 사니질 조간대 (Sandy mud flat)가 발달한다. 상부조간대는 경사가 0.24 %로 매우 완만하다. 퇴적물은 사질 함량 31 % 미만의 Sandy silt로서, 평균입도는 5.1 Phi (Medium silt), 분급도는 2.2 이며, 대부분 5-5.5 Phi에서 최빈값 (Mode)를 보이는 단최빈의 (Unimodal)의 분포이다. 그러나 상부조간대의 니질 조간대 (Mud flat)에는 실트 함량 70 % 이상, 점토 함량 20 % 미만의 매우 세립한 퇴적상이 분포하며, 특히 실트에 비해 점토가 상대적으로 결핍되어 있는 특징을 갖는다. 퇴적률은 상부조간대에서 평균 -7.8 mm/yr로 비교적 침식이 우세한 편이나, 침식은 주로 Chenier의 바다쪽 전면에 집중되

어 일어나고, 대부분의 니질 조간대에서는 평균 29 mm/yr 내외로 퇴적이 우세하다. 입도의 계절변화는 전반적으로 미미한 편이나, Chenier 주변의 지역과 상부조간대의 하부 지역에서는 매우 큰 입도변화를 보인다. Chenier 주변 지역에서의 입도변화는 주로 Chenier의 이동과 더불어 Chenier 하부의 니질 퇴적층이 노출됨으로써 야기되고, 상부조간대 하부에서의 입도변화는 계절에 따라 동력학적인 조건이 변화함으로써 야기되는데, 겨울에 평균입도 3-3.5 Phi의 조립한 퇴적물이 퇴적되고, 여름에 평균입도 3.5-4 Phi의 비교적 세립한 퇴적물이 퇴적된다.

중부조간대는 소조평균고조선과 소조평균저조선 사이의 지역으로 다수의 조간대 사주 (Intertidal sand shoal)가 분포하며, 평균 0.74 %의 경사도를 갖는다. 퇴적물은 대부분 사질 함량이 89 % 이상인 Sand 퇴적상으로, 평균입도는 2.8 Phi (Fine sand), 분급도는 0.9 Phi이다. 퇴적물의 입도분포 양상을 살펴보면 대부분 2.5-3 Phi에서 최빈값이 나타나는 단최빈의 분포이며, 입도의 분포범위도 매우 좁은 편이다. 퇴적률은 평균 30 mm/yr로 비교적 퇴적이 우세한 편이며, 연평균 퇴적률은 저조선 방향으로 증가하는 경향을 보인다. 그러나 8월과 10월 사이에는 태풍 (Typhoon)에 의해 주로 중부조간대의 상부 지역에서 침식이 일어난다. 입도의 계절변화는 전반적으로 중부조간대에서 미미한 편인데, 중부조간대 상부의 일부 지역에서는 입도의 계절변화가 매우 심하여, 겨울에 2-3 Phi의 조립한 퇴적물이 퇴적되고, 여름에 3-5 Phi의 비교적 세립한 퇴적물이 퇴적된다. 그리고 태풍 때에는 여름의 세립 퇴적물이 침식에 의해 제거 (Winnowing) 됨으로써 다시 조립해진다.

하부조간대는 소조평균저조선 아래의 지역으로 다수의 조간대 사주가 분포하며, 상부 및 중부조간대보다 큰 0.85 %의 경사도를 갖는다. 퇴적물은 사질함량 67.8 %의 Silty sand로서, 평균입도는 3.8 Phi (Very fine sand), 분급도는 1.1 Phi이다. 대부분 단최빈의 (Unimodal)

분포로 3.5-4 Phi 구간에서 최빈값이 나타난다. 평균 퇴적률은 47 mm/yr로 퇴적이 가장 우세한 환경이며, 10월과 12월 사이에는 간헐적으로 겨울철 폭풍에 의해 침식이 일어난다. 입도의 계절변화는 비교적 큰 편인데, 주로 겨울에 사질 함량 75-90 %, 평균입도 3-4 Phi의 세립한 퇴적물이 퇴적되고, 여름에 사질 함량 90 % 이상, 평균입도 2.5-3 Phi의 조립한 퇴적물이 퇴적된다. 이와같은 결과는 중부조간대에서의 경우와 반대되는 결과로 해태양식을 위한 구조물의 영향에 의한 것으로 사료된다.

### 4-2. Chenier

곰소만 신월리 해안의 평균 고조선 (M.H.W.) 상위의 니질 조간대층 위에는 모래 (95 %)와 역 (2.5 %) 그리고 패각 물질로 구성된 Chenier가 발달하며, Chenier의 바다쪽 사질 조간대층 위에는 모래와 패각으로 구성된 다수의 조간대 사주 (Intertidal sand shoal)가 발달하고 있다. Chenier는 길이 약 860 m, 너비 30-60 m, 높이 1-1.6 m의 육지 방향으로 길게 휜 활 모양의 형태로, 내부구조는 대부분 육지방향의 경사를 갖는 사층리군 (Cross bed sets)으로 구성되며, 하부의 니질 조간대층과의 경계는 매우 뚜렷하다. Chenier의 형성은 1,800 년 B.P. 이후 저조선 부근에서 사질물질의 재동에 의해 형성된 조간대 사주가 육지 방향으로 이동함으로써 시작되었는데, 특히 현 Chenier의 서쪽 부분은 중부 조간대에 위치한 조간대 사주가 육지쪽 (남동쪽)으로 약 300-500 m 이동, 1976년 이후 상부 조간대에 위치한 기존의 Chenier에 연결됨으로써 형성되었다. 지난 2년 동안 (1990-1992) 연속 측량을 통해 Chenier의 이동을 추적한 결과, Chenier의 이동양상이 만조 (Flood tide)의 수위 혹은 Swash의 높이와 관계가 깊은 것으로 나타났다. 즉 만조의 수위가 Chenier의 높이보다 낮을 때에는 Chenier의 바다쪽 전면에서 침식된 물질이 Chenier의 바다쪽 사면을 따라 동쪽

(만 안쪽)으로 이동, Chenier의 동쪽 끝에 퇴적됨으로써 결국 Chenier가 동쪽 (만 안쪽)으로 이동한 결과를 낳았고, 만조의 수위 (혹은 Swash의 높이)가 Chenier의 높이보다 높을 때 (대조, 폭풍시)에는 Chenier가 Washover 작용에 의해 남쪽(육지쪽)으로 이동하였다. 따라서 Chenier의 이동은 지난 2년 동안 남동쪽으로 진행되었고, 이러한 Chenier의 이동은 하절기 (6-7 m/yr)보다는 동절기 (12 m/yr)에, 특히 만조와 결부된 태풍 때 (27 m/yr) 더욱 우세하였다. 따라서 곰소만 조간대에 발달한 Chenier의 형성과 이동은 장기적 해수면 변화와 큰 관계가 없고, 오히려 곰소만 내에서 조석, 파랑, 폭풍 등 동력학적 제조건의 변화와 관계되는 것으로 사료된다.

# 제 5장 곰소만 조간대층의 수직층서 연구

## 제 1절 진동시추 자료 (Vibracore data)

Fig. 5.1은 Line-SW 선상의 6개 지점, Line-HJ 상의 2개 지점의 진동시추 결과를 지형단면과 함께 도시한 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 코아 SW-5의 위치는 Chenier에서 육지쪽으로 약 300 m 떨어진 상부조간대 (Upper tidal flat) 지역으로 1 m 내외의 현생 니질 퇴적층 하부에 적갈색의 반고화된 (semiconsolidated) 산화대층이 놓인다. 산화대층은 6-7 Phi의 미세립 퇴적물로 구성되어 있고, 다양한 크기의 Worm tube와 식물 뿌리 들을 포함한다. Worm tube 시료 (SW-5, 110 cm)의 $C^{14}$ 절대연대측정값은 13,840±110 년 B.P.이었다. 이러한 적갈색의 산화대층은 천수만 조간대 (김, 1988)와 인천 조간대 (Frey et al., 1989)에서도 보고된 바 있다. 코아 SW-8은 Chenier의 바다쪽 경계부에 해당하는 지점으로 최상부 10 cm 까지는 Chenier를 구성하는 사질 입자로 구성되어 있고, 그 하부 120 cm까지는 흑회색 (Dark gray)의 현생 니질 퇴적층 (5-6 Phi)이 이어진다. 그리고 최하부는 코아 SW-5와 마찬가지로 적갈색의 반고화된 산화대층이 놓인다. 흑갈색의 니질 퇴적층 하부에서 획득한 Oyster (SW-8, 110 cm)의 절대연대측정값은 3,620±82 년 B.P.이었다. 코아 SW-9는 Chenier로부터 바다쪽으로 약 100m 떨어진 조간대 지점으로 상부 45 cm까지 평균입도 4-5 Phi의 니질 퇴적층이, 45-140 cm 사이에는 사질 퇴적층 (4-3 Phi)이 분포하며, 그 하부에는 다시 흑갈색의 니질 퇴적층 (6-7 Phi)이 이어진다. 사질 퇴적층의 두 지점 (SW-9, 70 cm; SW-9, 125 cm)에서 획득한 패각편의 절대연대측정값은 각각 1,398±81 년 B.P.와 4,028 ±83 년 B.P.로 측정되었다. 또한 그 하부의 니질 퇴적층에서 Oyster (SW-9, 168 cm)의 절대연대측정값은 1,619±81 년 B.P.였다. 따라서 코아 깊이 125 cm 지점의 시료가 그것의 상, 하부보다 오래된 것으로

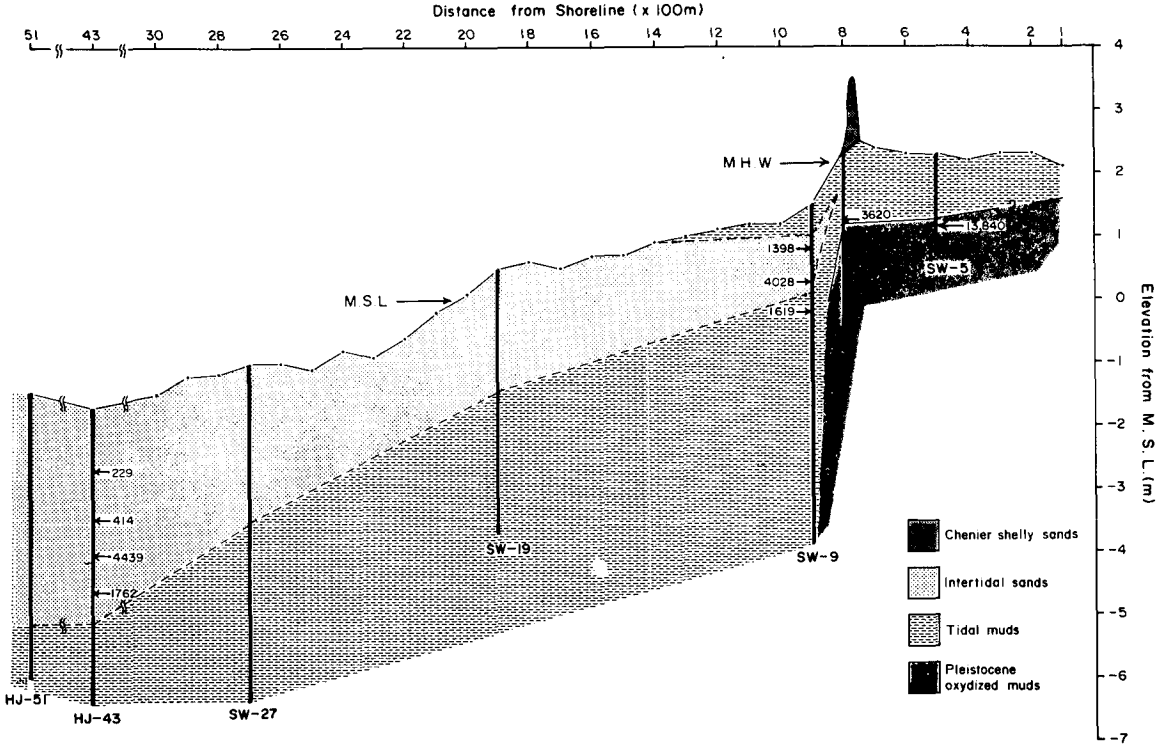


Fig. 5.1. Subsurface structure of the Gomso-bay tidal flat based on seven vibracores taken along the Line-SW transect. Heavy vertical lines indicate vibracores, and numbers stand for radiocarbon ages.

나타나고 있어 퇴적물의 재동 (Reworking)이 있었음을 나타낸다. 실제로 깊이 125 cm 지점의 퇴적층은 'Gravelly muddy sand' (Folk, 1968)이며, 퇴적상 분석 결과 폭풍 퇴적층 (Storm deposit)으로 해석되었다 (한국해양연구소, 1991). 코아 SW-19와 코아 SW-27은 Chenier로부터 바다쪽으로 각각 1,100 m, 1,900 m 떨어진 조간대 지점으로 코아 SW-9와 마찬가지로 상부의 사질 퇴적층 (2-4 Phi)이 각각 200 cm, 230 cm 깊이까지 계속되고 그 하부에 흑갈색의 니질 퇴적층 (5-7 Phi)이 놓이는 상부 조립화 경향을 보인다. 저조선 부근에 위치한 HJ-43, HJ-51에서도 이와 같은 층서양상이 지속되어 상부에 사질 퇴적층, 하부에 니질 퇴적층이 놓이며, HJ-43의 사질 퇴적층 하부 (HJ-43, 295 cm)에서 획득한 Oyster의 절대연대측정값은 1,762±82 년 B.P.이었다. 이러한 사질 퇴적층은 저조선 부근의 HJ-51에 이르러서는 두께가 최고 4 m에 이른다.

따라서 이러한 개별적 층서 기록들을 상호 대비를 통해 요약하면, 곰소만 조간대층의 층서는 선현세 (13,840 년 B.P.)의 반고화된 산화대층을 하부층으로 하는 부정합면 위에 니질의 상부 조간대층이 놓이고, 그 위에 사질의 조간대층이 놓이는 전형적인 상부 조립화 층서이다 (Fig. 5.1). 현세 조간대층의 상부를 구성하는 사질 퇴적층은 저조선 부근에서 두께가 최고 4 m에 이르고, 육지쪽으로 가면서 그 두께가 점차 감소하는 쐐기 형태의 구조로서 C-14 연대 측정값을 통해 볼 때 약 1,800 년 B.P.를 전후하여 형성된 것으로 추정된다 (Fig. 5.1).

### 제 2절 보링 자료 (Boring data)

Fig. 5.2와 5.3은 곰소만의 BC-A와 BC-B에서 얻은 보링 (Boring) 자료로서 현세 조간대층의 하부에 대한 정보를 제공해주고 있다.

BC-A는 Chenier에서 서북서 방향으로 약 2 km 떨어진 중부조간대 (Middle tidal flat) 지점으로 (Fig. 2.1), 상부 500 cm까지는 시료를

얻지 못하였고, 그 하부 (500-585 cm)에서는 타격 방법에 의해 시료를 채취하였다 (Fig. 5.2). 시료가 없는 500 cm 까지는 보링시 유출되는 슬러지 (Sludges) 분석을 통해 현세 조간대층의 상부를 구성하는 사질 퇴적층임이 판명되었고, 그 하부는 시료분석을 통해 500-535 cm까지는 패각을 포함하는 조립의 역질사 (Gravelly sands)가, 535-575 cm까지는 황갈색 (Yellowish brown)의 반고화된 산화대층이, 그리고 그 하부는 암편이 포함된 토양층 (Weathered soil)이 이어지고 있음이 확인되었다 (Fig. 5.2). 사질 퇴적층의 하부를 구성하는 역질사 (Gravelly sand) (500-535 cm)는 특이한 구조 없이 다양한 패각 들을 포함하는데, 평균입도는 0.33 Phi (Coarse sand)로서 분급이 불량하며 (Fig.), 그 하부의 반고화된 산화대층은 평균입도 4.21 Phi (Coarse silt)의 니질 퇴적층으로서 식물의 잔해를 포함하며, 부분적으로 Fecal pellet을 포함한 실트사층 (Silty sand layer)을 협재한다 (Fig. 5.2).

BC-B는 측선 SW의 출발 기준점 후면에 위치한 염전 지역으로 (Fig. 2.1) 상부 185 cm까지는 유실되었고, 그 하부 185-450 cm 까지가 타격방법에 의해 시추되었다 (Fig. 5.3). Sludge 및 시추 시료를 분석한 결과, 표층에서 하부 365 cm까지 진회색 (Dark gray)의 니질 퇴적층이었고, 그 하부 365-445 cm는 황갈색 (Yellowish brown)의 반고화된 산화대층이, 그리고 그 아래는 풍화토가 위치한다 (Fig. 5.3). 상부의 니질 퇴적층은 평균입도 7.8 Phi (Very fine silt)의 상부조간대층으로 생물교란 (Bioturbation)이 심하고, 마모가 심한 패각과 식물 줄기를 포함하며, 부분적으로 식물의 잔해와 목편 (Wood fragments)을 포함한 실트층 (Silt bed)을 협재한다 (Fig. 5.3) 하부의 반고화된 산화대층은 80 cm의 두께로 풍화토 (Weathered soil) 위에 놓이며, 입도는 상부조간대의 니질 퇴적층과 큰 차이가 없고 다만 하부로 가면서 입도가 다소 증가하는 경향을 보인다(Fig. 5.3). 전반적으로 생물교란에 의한 Mottle 구조가 우세하고, 식물 뿌리와 목편이 산재하며, 하부에서는

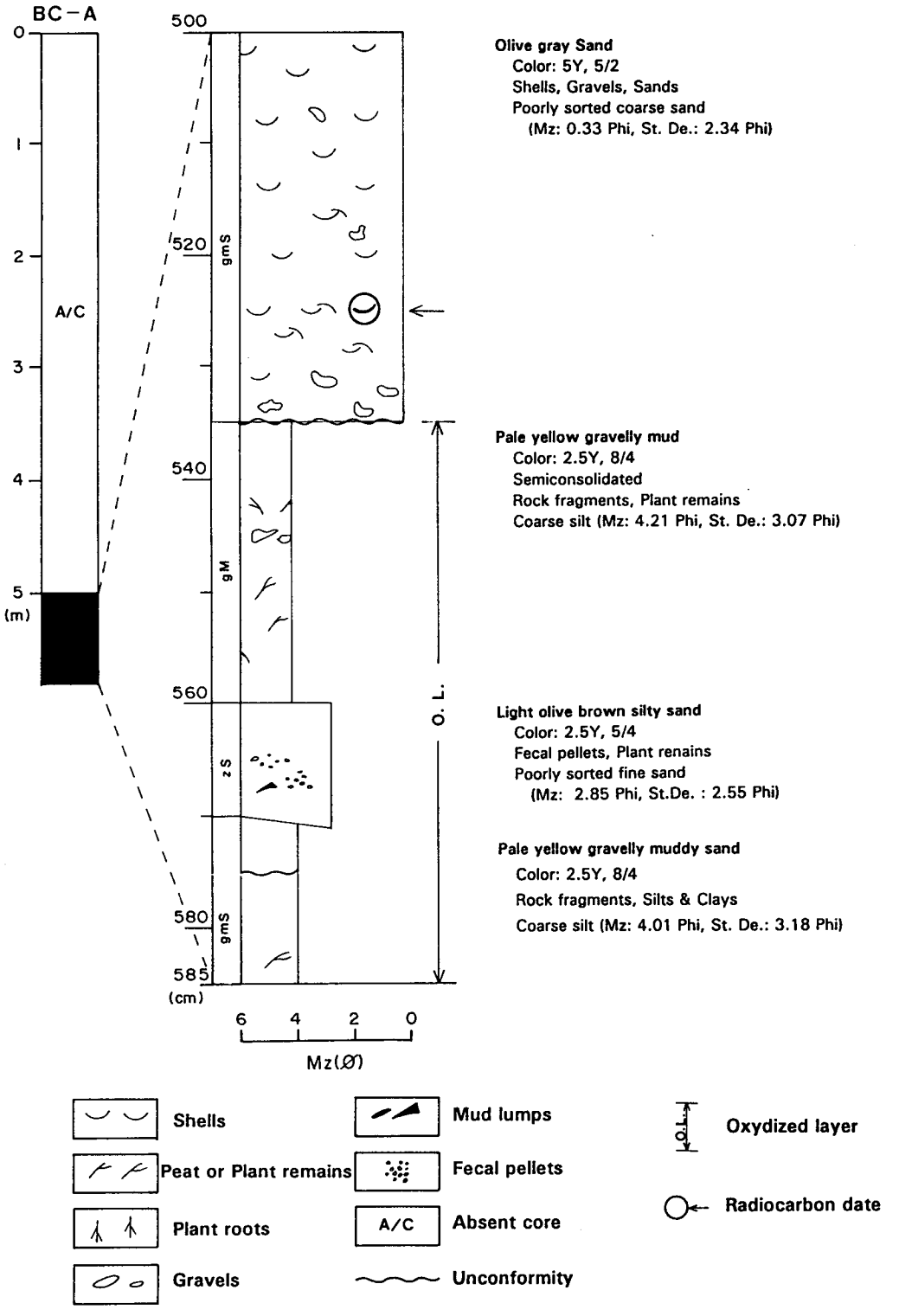


Fig. 5.2. Graphic log of boring core BC–A. For location see Fig. 2.1.

굴착 생물에 의해 형성된 다수의 Worm tube가 발견된다 (Fig. 5.3).

## 제 3절 탄성파 자료 (3.5 kHz seismic profile)

총 연장 1,056 km의 탄성파 자료를 하나의 지질단면으로 간주하여 해석한 결과, 본 연구지역의 제 4기층에서 지역적으로 대비 가능한 3개 (R1, R2, R3)의 부정합면 (Unconformity or unit boundary)과 한정된 범위에 나타나는 다수의 부정합면들을 확인하였다. 이에 따라 한정된 시간구간 내에서 같은 기원에 의해 형성된 4개 (I,II,III,IV)의 퇴적단위 (Depositional unit)가 세분되었다 (Table 5-1).

### 3-1. 시퀀스 경계면 (Sequence boundary)

부정합면은 탄성파 단면상에서 음향 반사면들 (Reflectors)의 종단양상 (Termination pattern)과 강도 (High amplitude)에 의해 표시된다. 이들 부정합면들의 지역적 분포범위, 기복 (Relief), 강도 (High amplitude)등을 고려해 볼 때, 본 연구지역의 부정합면 R1은 전 지역에 걸쳐 거의 기복을 보이지 않을 뿐만 아니라 현재의 해저면과 거의 평행하게 발달하기 때문에 Shoreface erosion에 의한 해침 침식면 (Ravinement surface)으로 해석되었고, R2, R3는 기복이 크고 하부의 음향 반사면을 종단하는 강한 음향 반사면으로 표시되기 때문에 전세계적 해수면 하강 때 대기에 노출되어 형성된 침식면 (Type I 부정합면)으로 해석되었다. 따라서 본 연구는 부정합면 R2, R3를 하나의 시퀀스 경계면 (Sequence boundary)으로 택하고, R3를 Flooding surface (or Ravinement surface)로 간주하여 시퀀스를 세분하고 해석하였다 (Table 5-1).

### 3-1-1. Unit boundary R1

부정합면 R1은 해저 표면으로부터 최초로 나타나는 광역의 침식면

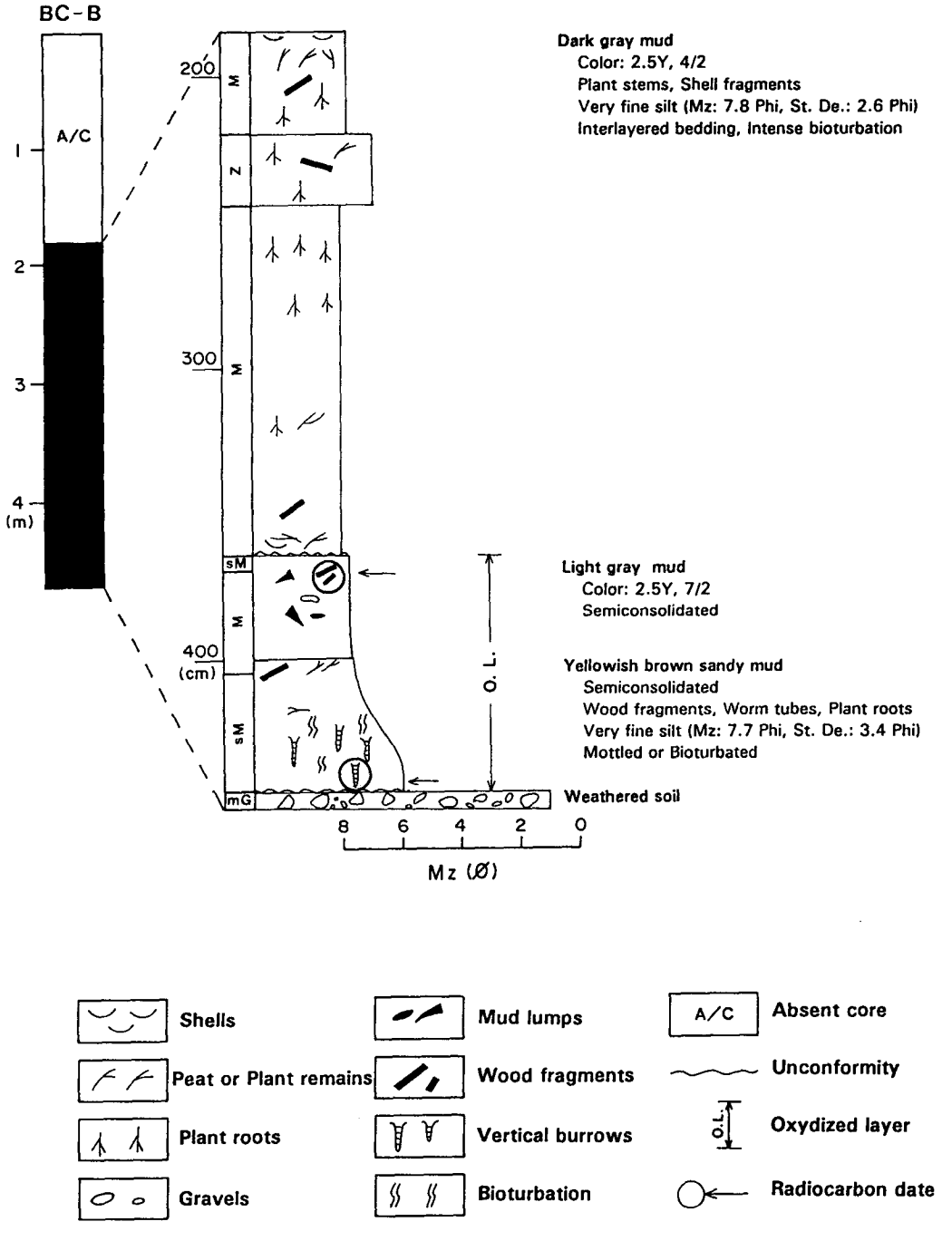


Fig. 5.3. Graphic log of boring core BC-B. For location see Fig. 2.1.

Table 5.1. Physical characteristics of depositional units and unconformities.

| Feature | Seismic facies & reflection pattern | Interpretation | Inferred age range |
|---|---|---|---|
| Depositional Unit I | indistinct parallel to reflection-free uniform thickness(~7m) | transgressive to highstand systems tract(coastal sand and mud) | Holocene to Modern |
| *unit boundary R1* | *low-relief, weak boundary small-scale channel* | *marine unconformity, ravinement surface* | *5-10 Ka* |
| Depositional Unit II | channel or valley-fill (clinoformal and draped) | lower trangressive systems tract(transgressive fluvial and estuarine sed.) | Late Wisconsinian |
| *unit boundary R2* | *high-relief, strong erosional surface* | *subaerial unconformity typeI sequence boundary* | *~18 Ka* |
| Depositional Unit III | parallel to subparallel sigmoidal offlap, onlap | transgressive to highstand systems tract | Mid to Late Wisconsinian |
| *unit boundary R3* | *high-relief* | *subaerial unconformity* | *~50 Ka* |
| Depositional Unit IV | reflection-free | highstand systems tract | Mid Wisconsinian |
| Substrate | reflection-free to chaotic | acoustic basement (Cretaceous volcanics, other sediments) | |

으로서 하천 단면과 같은 소규모 기복을 보이는 곳도 있으나 대부분 거의 기복을 보이지 않는 평탄한 면이며, 본 연구지역 전역에 걸쳐 표층 아래 6-8m 깊이에서 해저면과 비교적 평행하게 발달하고 있다 (Fig.5.4, 5.5, 5.6, 5.7, Table 5.1). 일부 지역에서는 수심이 낮은 관계로 음파의 다반사면 (Acoustic multiple)이 R1과 겹쳐지기도 한다 (Fig. 5.4). 그러나 R1은 일부 계곡지역 (Incised Valley)지역을 제외한 여러 지역에서 부정합면 R2에 수렴되므로 탄성파 단면상에서 독립된 R2는 Channel, Estuary등 일부 계곡지역 (Incised valley)에서만 제한되어 확인되고 있다 (Fig. 5.4, 5.5, 5.6).

층서적 위치, 침식면의 기복, 해저면과의 관계등을 고려해 볼 때, 부정합면 R1은 현세 해수면 상승에 따른 해침 침식면 (Ravinement surface)으로 해석된다.

### 3-1-2. Unit boundary R2

부정합면 R2는 기복이 심한 침식면으로서 탄성파 단면상에서 하부층 내의 음향 반사면들 (Reflectors)을 종단하는 강한 음향 반사면으로 표시된다 (Fig. 5.4, 5.7). 또한 R2는 본 연구지역 전역에 걸쳐 대비 가능하기 때문에 가장 최근의 광역적 해수면 하강을 지시하는 침식면으로 해석되며, 대기에의 노출에 의해 형성된 Type I 부정합면 (Vail *et al.*, 1984)으로 해석된다. 그러나 위에서도 언급한 바와같이 Incised valley지역을 제외한 여러 지역 (특히 육지쪽)에서 부정합면 R2는 부정합면 R1과 일치하고 또한 기복이 거의 없는 평탄한 면으로 존재하는 사실은 (Fig.5.4, 5.6) 해수면 하강때 대기에 노출된 상태에서 형성된 굴곡이 심한 침식면 R2가 다시 해침이 진행되면서 Shoreface erosion 등 해안 침식작용에 의해 재변형되었음을 의미한다. 실제로 Belknap and Kraft (1985)는 캐나다 델라웨어 근처의 대륙붕에서 해수면이 상승하는 동안 약 10m 두께의 Shoreface erosion을 보고하였고,

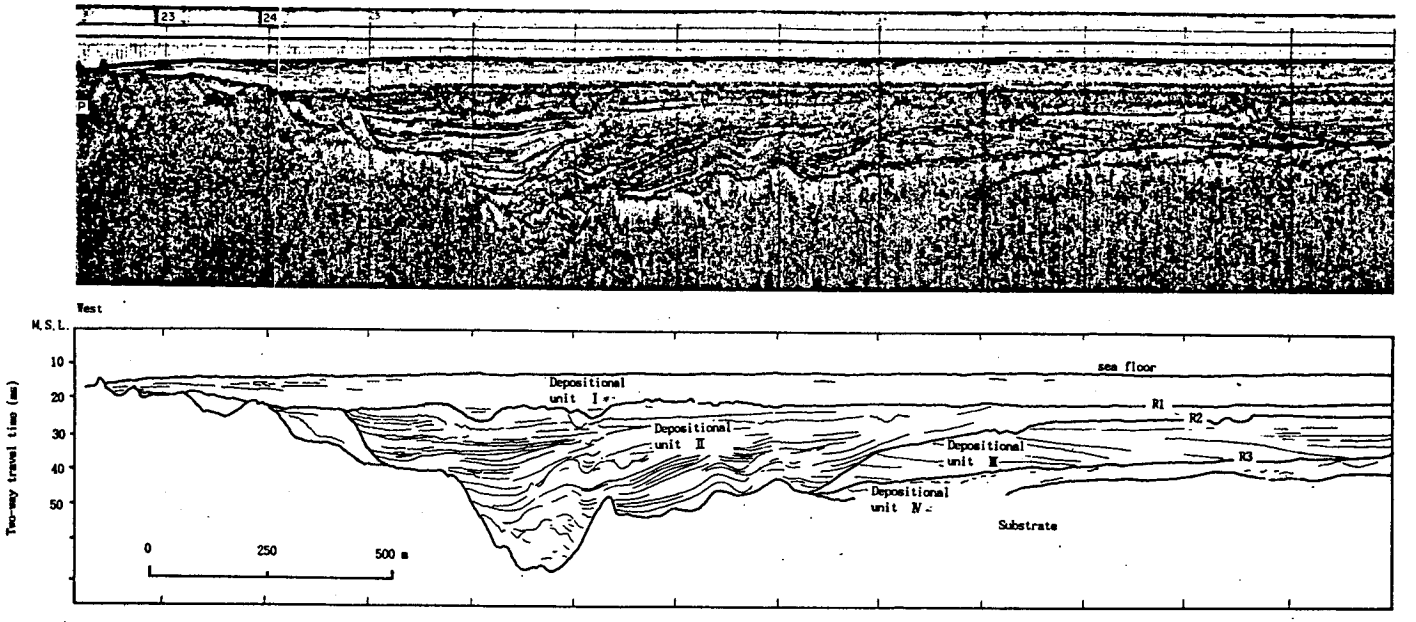


Fig. 5.4. 3.5 kHz subbottom profile and its interpretation illustrating three regional unconformities (R1, R2 and R3) and four depositional units (I, II, III. IV) in the subtidal area of Gomso Bay. Unconformity R2 and R3 correspond to major subaerial exposure surface (Type I Unconformity), and unconformity R1 refers to ravinement surface separating Holocene depositional sequence into sets of channel or valley-fill (Depositional unit II) and upper Holocene unit (Depositional unit I). For location see Fig. 2.1.

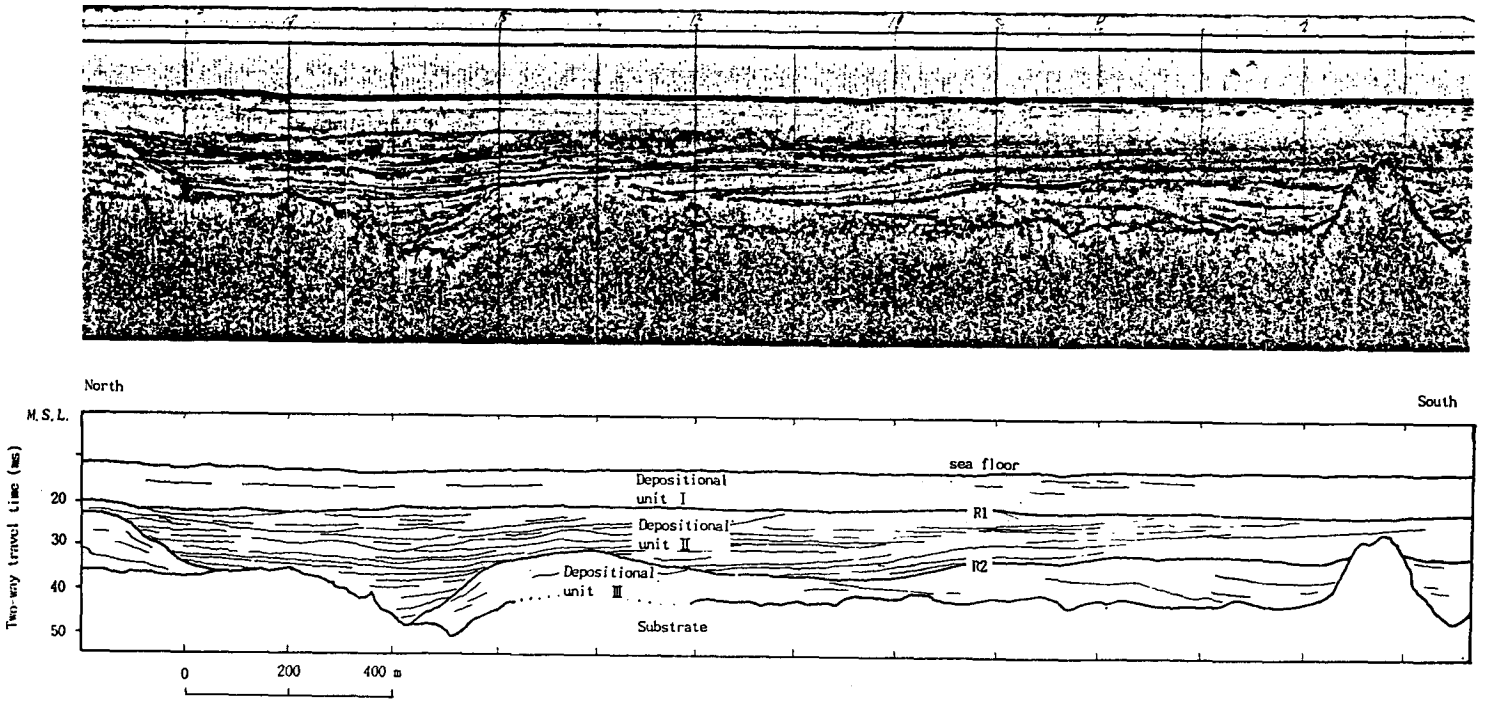


Fig. 5.5. 3.5 kHz subbottom profile and its interpretation in the subtidal area of Gomso Bay. Upper Holocene sequence (Depositional unit I) is acoustically transparent with uniform thickness (Approximately 7 m). Channel or valley-fill (Depositional unit II) is characterized by clinoformal to aggradational reflection pattern. Depositional unit IV is absent in this area. For location see Fig. 2.1.

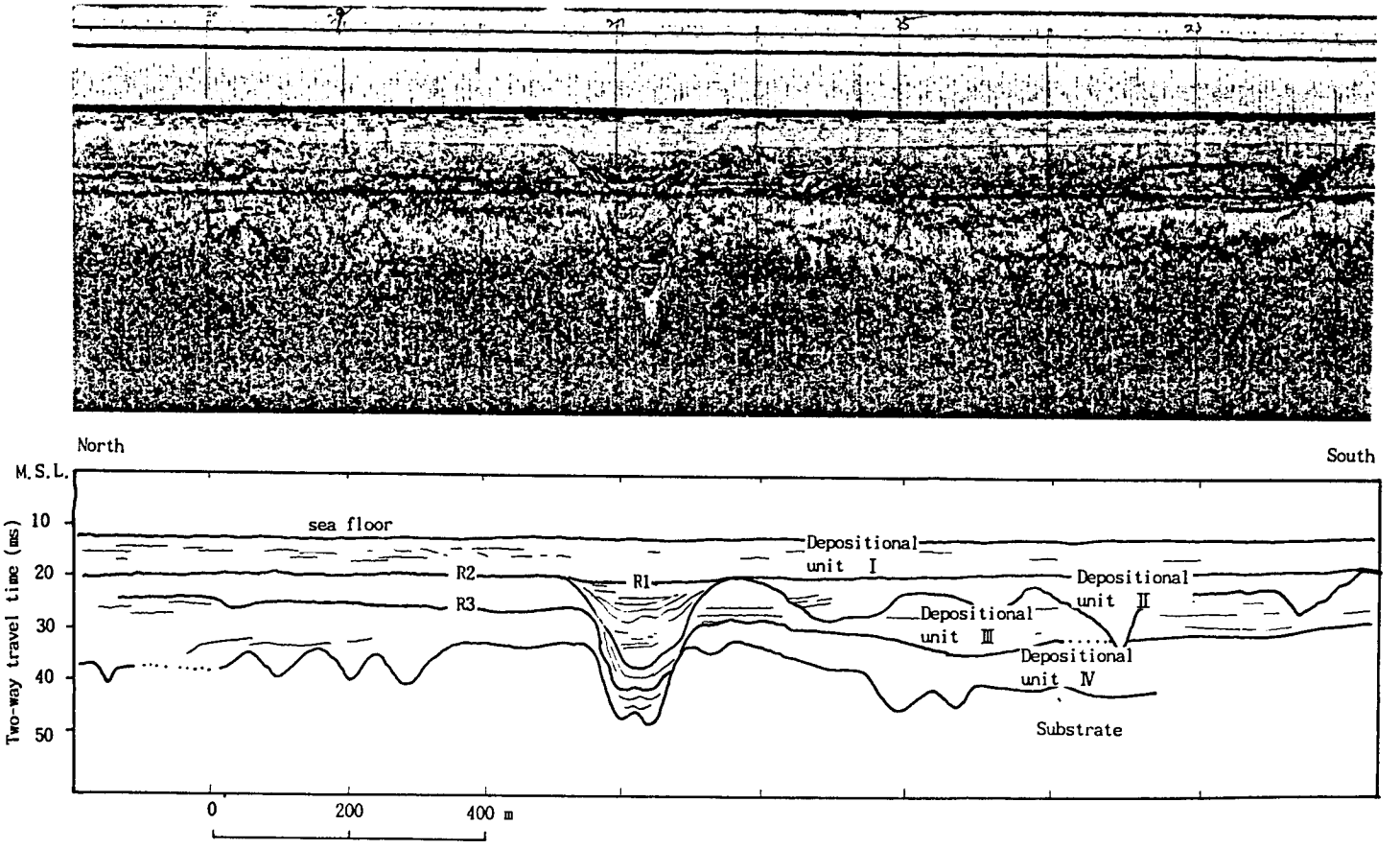


Fig. 5.6. 3.5 kHz profile and its interpretation showing the history of channel filling with rising sea level. Fluvial or distributary channel is initially filled by channel sediments at the lowstand of sea level. As sea level rise, transgressive fluvial and estuarine-fills are formed within fluvial channel. Note that unconformity R1 and R2 coincide on the left side of diagram.

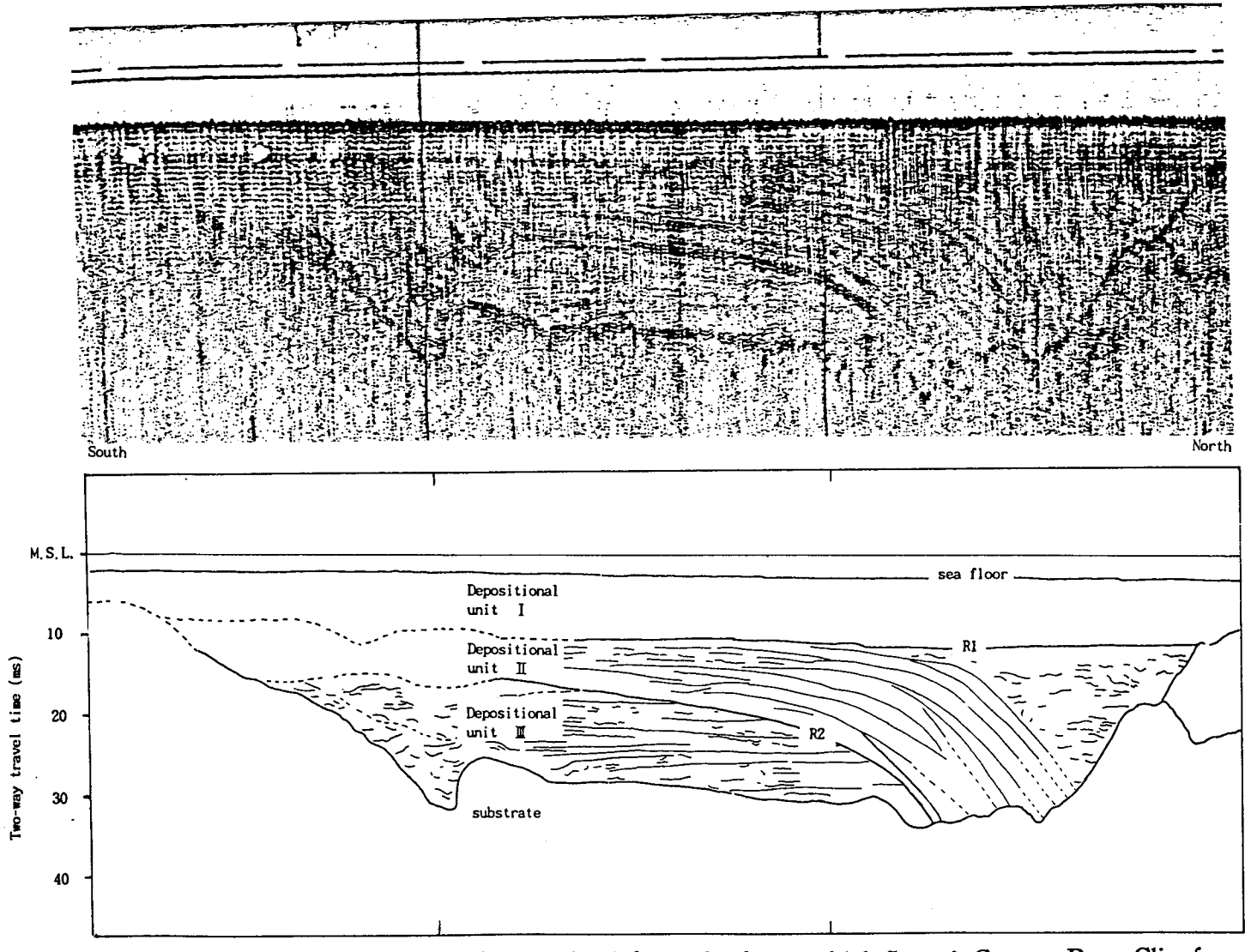


Fig. 5.7. 3.5 kHz subbottom profile obtained from the lower tidal flat of Gomso Bay. Clinoformal to aggradational reflection patterns (within depositional unit II) are well developed above high amplitude reflection surface (Unit boundary R2). For location see Fig. 2.1.

Penland등 (1983)도 루이지아나 근처의 내대륙붕에서 3-10 m의 퇴적층이 해수면 상승에 따른 Shoreface erosion에 의해 침식되었음을 확인한 바 있다. 따라서 완전한 상태의 부정합면 R2는 그 위에 두꺼운 퇴적층이 싸여 이후의 해침에 따른 연안침식으로 부터 보호될 수 있는 환경 즉 Channel, Estuary와 같은 Incised valley의 두꺼운 퇴적층에서 발견될 수 있다.

부정합면 R2는 본 연구지역 중앙부에 위치한 Incised valley (곰소만 입구로부터 서쪽으로 8 km 지점을 중심으로 북동-남서 방향으로 길게 발달)의 퇴적층 내에서 잘 관찰된다 (Fig. 5.4). 분포수심은 평균 해수면 아래 37m로부터 동 (육지 방향), 서 방향(외해 방향)으로 점차 얕아져 결국 부정합면 R1에 수렴된다 (Fig. 5.4).

### 3-1-3. Unit boundary R3

부정합면 R3는 본 연구지역 퇴적층의 최하부에 위치한 부정합면으로 탄성파 단면상에서 강한 음향 반사면으로 표시된다 (Fig. 5.4). 부정합면의 연속성이 좋지 못하고 일부 지역에서 하부의 기반암에 수렴되므로 전체적으로 Ridge 혹은 Mound 형태의 지형을 보이게 된다. 따라서 현재의 해저면과는 어떠한 지형적 관계도 보이지 않는다.수심 분포는 전반적으로 육지쪽으로 가면서 얕아지는 경향을 보인다. 그러나 본 연구지역보다 음향 기저면 (Acoustic basement)이 더 깊은 북부와 남부 지역에서는 부정합면 R3의 하부에도 지역적으로 대비 가능한 부정합면이 있음이 국립지리원의 탄성파 자료에 의해 확인되었다.

## 3-2. 퇴적 단위 (Deopsitional unit)

### 3-2-1. 퇴적단위 I

퇴적단위 I은 현재의 해저면과 현세 해침면 R1 사이에 존재하는 현세 (Holocene) 퇴적층으로 본 연구지역 전역에 걸쳐 6-8 m의 비교

적 균일한 두께로 분포하고 있고 육지쪽으로 감에 따라 두께가 다소 감소하는 경향을 보인다. 탄성파 단면상에서 전반적으로 투명하게 (Transparent or Reflection free) 표시되며 간혹 불연속적이며 평행한 음향 반사면이 나타나기도 한다 (Fig. 5.5, 5.6). 퇴적단위 I의 층서적 위치, 비교적 일관된 탄성파적 특징 (Indistinct parallel to reflection free)등을 고려해 볼 때 퇴적단위 I은 홀로세(Holocene) 후기 해수면 상승이 완화되거나 혹은 해수면이 안정된 상태에서 형성된 연안 퇴적층으로 사료되며, 시퀀스 층서학의 개념으로 볼 때 "Highstand systems tract" 에 해당된다.

### 3-2-2. 퇴적단위 II

퇴적단위 II는 현세 해침면인 부정합면 R1과 Type I 부정합면인 R2 사이의 퇴적층으로 탄성파 단면상에서 Clinoformal filling 혹은 Draped filling 구조가 특징적이다 (Fig. 5.4, 5.7). 본 퇴적층은 특히 연구지역의 중앙부에서 북동-남서 방향으로 길게 발달한 계곡지역과 곰소만 입구의 하곡지역에 잘 발달하고 있다 (Fig. 5.4). 그러나 그 외의 대부분 지역에서는 R1이 R2에 수렴하므로 퇴적단위 II가 발달하지 않는다. 본 퇴적층의 지역적 분포범위, 내부구조의 특징 ( Clinoformal to aggradational reflection pattern), 부정합면 R2와의 관계 등을 고려해 볼 때, 본 퇴적층은 최후 빙하기 이후 해수면이 상승함에 따라 이전의 하곡과 계곡의 위치가 조정되고 또한 기존의 하천과 계곡이 에스츄어리 (Estuary), 만등의 환경으로 변화할 때 육상으로부터 다량의 퇴적물이 공급되어 형성된 것으로 보인다. 또한 본 퇴적층의 상부 경계면인 R1은 해수면이 더욱 더 상승하여 본 퇴적층의 상부면 위치까지 도달한 시점에 연안침식 (Shoreface erosion) 혹은 해침침식 (Transgressive erosion)에 의해 형성된 것으로 해석된다. 이와같은 해석은 퇴적단위 I과 II가 현세의 해침 (Transgression)과 관련되어 형성

된 하나의 퇴적시퀀스 (Depositional sequence)이고, 부정합면 R2가 시퀀스 경계면(Sequence boundary)임을 의미한다. 물론 현세 해침면 R1을 시퀀스의 경계면으로 택할 수 있으나, 이 경우 동일한 해침에 의해 형성된 퇴적단위 I과 퇴적단위 II가 개별적 퇴적 시퀀스로 나뉘게 되어 시퀀스 층서학에서 정의한 퇴적시퀀스 (Depositional sequence)의 기본 개념과 일치하지 않는다.

Fig. 5.7은 곰소만 조간대 지역에서 얻은 탄성파 자료이다. 하부의 음향 반사면을 절단하는 부정합면 R2가 강한 음향 반사면으로 표시되고 있고 그 상부에는 누적전진층리 (Progradational to aggradational sequence)가 특징적인 퇴적단위 II (Channel fill or Valley fill)와 현생 조간대층인 퇴적단위 I (6-7 m 두께)이 놓여있다. 그러나 퇴적단위 I과 II 사이의 해침 침식면 R1은 음파의 기포효과 (Bubble efect)에 의해 가려져 희미하게 보인다. 따라서 최후 빙하최성기인 18,000 년 B.P.를 전후하여 대기에 노출된 상태에서 침식면 R2가 형성되고, 그 이후 해수면이 이 지역까지 상승함에 따라 퇴적단위 II와 I이 형성된 것으로 해석된다. 이와같은 해석은 퇴적층 I과 II가 공히 현세 (Holocene)의 퇴적층임을 의미한다.

### 3-2-3. 퇴적단위 III

퇴적단위 III은 Type I 부정합면인 R2와 R3 사이의 퇴적층으로 전지역에 걸쳐 광범위하게 분포하며 하부의 Onlapping하는 해침층과 상부의 누적 전진층 (Aggrading to prograding parasequence)으로 구성되어 있어, 과거 해수면 상승과 관련되어 형성된 해침 및 고해면 동일기원 퇴적단위 (Transgressive to highstand systems tract)로 해석된다. 퇴적단위 III의 상부 경계면을 이루는 음향 반사면 R2는 최후 빙하최성기 (Last glacial maximum)를 전후하여 (약 18,000 년 B.P.) 대기에 노출된 상태에서 형성된 광범위한 침식면으로서 본 연구지역에서

평균 해수면 아래 15-20 m에 분포하고, 육지쪽으로 가면서 깊이가 감소하고 기복이 증가한다.

### 3-2-4. 퇴적단위 IV

퇴적단위 IV는 본 연구지역에서 탄성파 층서의 최하부층을 구성하며, 광범위한 침식에 의해 남쪽에서는 얇거나 Ridge 혹은 Mound 형태의 불연속적인 분포를 보이고, 북쪽으로 가면서 두께가 증가하고 연속적인 분포를 보인다 (Fig. 5.4). 하부 경계는 중생대 백악기의 화산암 (Cretaceous Volcanics) 혹은 고기의 퇴적층으로 보이는 음향기저면 (Acoustic basement)에 의해 표시된다 (Fig. 5.4, 5.7).

## 제 4절 요약

곰소만 조간대층의 층서는 선현세 (13,840 년 B.P.)의 반고화된 산화대층을 하부층으로 하는 부정합면 위에 니질의 상부 조간대층이 놓이고, 그 위에 사질의 조간대층이 놓이는 전형적인 상부 조립화 층서이다. 하부의 니질 퇴적층, 상부의 사질 퇴적층으로 구성되는 현세의 조간대층은 평균 두께 10 m 내외로서, 상부의 사질 퇴적층은 저조선 부근에서 두께가 최고 5 m 에 달하며 육지쪽으로 가면서 그 두께가 점차 감소하는 쐐기 형태의 구조이다. 상부의 사질 퇴적층은 평균입도 3-2 Phi의 조립 퇴적상으로 주로 Massive sands, Massive sands with mud lomps and/or shells로 구성되나, 하부 조간대로 가면서 Flaser bedded sand/silt couplets, Lenticular bedded sand/silt couplets, Laminated sand/silt couplets 등 왕복성 조류 혹은 파랑에 의해 형성된 퇴적상 들이 증가한다 (한국해양연구소, 1991). 하부의 니질 퇴적층은 평균입도 5-8 Phi의 세립 퇴적층으로 Homogeneous silts and muds, Deformed silts and muds, Laminated silt/mud couplets 퇴적상이 대부분이며, 대체로 생물교란 (Bioturbation)이 심하고, 부분적으로 식물의 잔해와 목편 (Wood fragment) 등을 포함한다. 현세 조간대층 하부의 산화대층은 황갈색의 반고화된 층으로, 입도는 상부 조간대의 니질 퇴적층과 큰 차이가 없이 5-8 Phi 범위이고, 하부로 가면서 입도가 다소 조립화하는 경향을 보인다. 전반적으로 생물교란에 의한 Mottle 구조가 우세하고, 식물 뿌리와 목편이 산재하며, 하부에서는 굴착생물에 의한 다수의 Worm tube가 발견된다.

탄성파 자료의 분석결과 본 연구지역의 제 4기층은 R2, R3를 시퀀스경계면 (Sequence boundary)으로 하는 최소 3개의 퇴적시퀀스 (Depositional sequence) (퇴적단위 I, II, 퇴적단위 III, 퇴적단위 IV)로 세분되며, 최후 빙하기 (약 18,000 년 B.P.) 이후의 해수면 상승과 관련하여 형성된 퇴적시퀀스는 현세 해침면 (R1)에 의해 다시 퇴적단위 I

과 퇴적단위 II로 나뉜다. 중국에서 작성된 제4기 해수면 변화곡선 (Yang Zigeng and Lin Hemao, 1991)과 대비시켜 볼 때, 본 연구지역의 최하부층을 구성하는 퇴적단위 IV는 Mid Wisconsinian 시기의 고해면 상태에서 형성된 퇴적층이고, 그 상부의 퇴적단위 III은 Mid to Late Wisconsinian 시기의 고해면 상태에서 형성된 퇴적층으로 해석된다. 해수면이 대륙붕단 아래까지 하강했던 최후빙하최성기 (Last glacial maximum)를 전후해서는 본 연구지역 대부분이 노출되어 광범위한 침식을 받았고 이에 따라 부정합면 R2가 형성되었다. 그 이후, 해수면이 현재의 연안지역에 영향을 미칠 정도까지 상승했을 때에는 기존의 하천과 계곡지역이 에수츄어리 (Estuary)나 만 환경으로 변해가면서 육지로부터 공급된 많은 퇴적물에 의해 충진 (Filling) 되었고 (퇴적단위 II), 해수면이 더욱 상승하여 현재와 가깝게 이르렀을 때에는 Shoreface erosion에 의해 해침침식면 R1과 현세의 연안퇴적층인 퇴적단위 I이 형성되었다. 현세 해침면 R1은 본 연구지역의 평균 해수면 아래 15-20 m 에 분포하며 (Fig. 5.1), 이것을 중국의 해수면 곡선과 대비시켜 볼 때, 약 7,000-8,000 년 B.P.에 형성된 것으로 사료된다. 이와 같은 사실은 본 연구지역의 연안퇴적층이 적어도 8,000 년 B.P. 이후의 해수면 상승과 더불어 형성되었음을 의미한다. 한편 해침면 R1은 육지 방향으로 가면서 점차 얕아져, 곰소만의 하부조간대에 이르러서는 해저면 아래 6-7 m 깊이에 나타나는데, 그 상부층은 현세 조간대층으로서 약 4,500 년 B.P. 이후에 형성된 것으로 사료된다.

# 제 6장 조간대 표층 및 시추퇴적물의 미고생물학적 연구

## 제 1절 조간대 표층 퇴적물의 미고생물학적 연구

### 1-1. 개 관

유공충 (Foraminifera)은 testate protozoans로서 저서성 (benthic) 또는 부유성 (planktonic)으로 존재하며 기수 환경에서부터 해양환경에 이르기까지 널리 분포하고 있다. 유공충의 분포는 다양한 생태적인 조건에 영향을 받기 때문에 현생과 고환경의 지시자로서 유용하게 이용되고 있다.

현생유공충의 생태학적 연구들은 고환경의 지시자로서의 그들의 가치를 더해주고 있다 (Phleger, 1960; Murray, 1973; Boltovskoy and Wright, 1976). Culver and Banner (1978)는 유공충의 분포가 파랑, 해류 그리고 조석에 의하여 영향을 받는 입도분포와 연관성이 있다는 것을 밝혔다. Phleger (1960), Murray (1973) 그리고 Boltovskoy and Wright (1976)등은 유공충의 분포에 영향을 주는 여러인자들 (수온, 염분도, pH, 수심, elevation, dissolved oxygen, etc)을 요약했다.

곰소만은 폭 4-5Km, 길이 15Km의 큰 만으로서 Sand flat, 조간대 사주 (Intertidal sand shoal), Chenier와 염수식물이 자라는 Mud flat 등의 퇴적환경 등이 잘 발달되어 있다 (한국해양연구소, 1992). 이지역의 이러한 다양한 환경들은 서로 다른 물리적, 지질적 그리고 지형적 요인 들을 가지며 이러한 요인 들의 차이는 아마도 특징적인 유공충분포를 보이리라 생각된다. 본 연구의 목적은 곰소만에 분포하는 여러퇴적환경들이 서로 다른 유공충의 분포를 나타내는지 정량적으로 조사하며, 그리고 이러한 유공충 분포들이 Late Quaternary deposits에서 고환경의 지시자로서 사용될수 있는가를 밝히는데 있다.

## 1-2. 재료 및 방법

본 연구에 사용된 10개의 표층퇴적물은 곰소만 입구에서 가까운 SW 선상에서 1993년 3월 9일에 채취하였다. Line-SW는 뚜렷한 지형변화를 보이는 곳으로서 염수식물이 자라는 Mud flat, Chenier, Sand flat 그리고 조간대 사주가 잘 발달되어 있다. 유공충 분석을 위한 표층퇴적물은 상부조간대에서 2점 (SW-4, SW-6), 중부조간대에서 300m 간격으로 7점 (SW9, 12, 15, 18, 21, 24, 27) 그리고 하부조간대에서 1점 (SW-30)을 채취하였다.

유공충 분석에 사용된 퇴적물은 표층 1cm에서 50ml를 채취하였다. 채취된 표층퇴적물은 현장에서 즉시 Buffered formalin 용액 (5%, Buffered with Hexamethylenetetramine to pH 8 or 9)으로 처리하였다. 실험실에서 Buffered formalin 용액으로 처리된 시료는 24시간이 지나기전에 0.063mm 체를 사용하여 Silt, Clay 그리고 Formalin을 제거한 다음 남은 시료를 Isopropyl alcohol (mix 1:1, water and alcohol)과 함께 플라스틱 용기에 보관한다. 보관된 시료는 살아있는 개체와 죽은 개체를 구별하기 위해 0.1g Rose Bengal (Walton, 1952)로 6-8시간동안 염색시킨후 0.063mm 체로 Rose Bengal 과 Isopropyl alcohol를 제거시킨다. 씻은 시료는 Evaporating basin으로 옮겨서 "Soap-floated" method (Harris and Sweet, 1989)를 사용하여 유공충과 모래를 분리시킨후 40- 60 °C로 건조시킨다. 만약 Soap-floated 시료가 300개체수 이상의 유공충을 포함할 때 미량분석기 (Microsplitter)를 사용하여 적당량을 분리시킨다. 살아있는 개체와 죽은 개체를 구별하기 위하여 건조된 시료는 다시 물에 적셔서 대략 300개체수를 (Dennison and Hay, 1967; Buzas, 1990) 5/0 붓을 사용하여 동정하였다.

## 1-3. 연구결과

연구지역에서 채취된 10개의 표층퇴적물에서 74종 (저서유공충:67종, 부유성유공충:7종)이 확인되었으며 그중 14종은 살아있는 개체로서 발견되었다. 살아있는 개체와 전체개체의 개체수와 상대적인 비율 (%)은 Table 6-1과 6-2에 표시하였다. 살아있는 군집의 개체수는 젖은 시료 50ml 당 3개체 (SW18)에서 2072개체 (SW4)로 큰 차이를 보이고 있다. 가장작은 개체수는 중부조간대 상부지역에 위치한 SW18 이며, 가장많은 개체수는 상부조간대에 위치한 SW4로서 ***Elphidium etigoense*** 가 97.3%를 차지하고 있다.

살아있는 개체와 죽은 개체를 합한 전체군집은 젖은 시료 50ml당 14 개체 (SW9)에서 2512 개체 (SW4)로 역시 큰 차이를 보이고 있다. 가장작은 개체수는 상부조간대의 하부지역에 위치한 SW9이며, 반면에 가장 많은 개체는 상부조간대에 위치한 SW4로서 ***Elphidium etigoense*** 가 우세하게 나타나며 전체군집의 95.2%를 차지하고 있다. 연구지역 전체에서 ***Ammonia beccarii tepida, Discorbis candeiana, Elphidium etigoense***와 ***Eponides nipponicus***가 살아있는 군집과 전체 군집내에서 널리 분포하고 있다 (Table 6-1, 6-2).

Fig. 6.1은 Line SW에서 고도 (elevation), 평균입도 (Mz), 젖은시료 50ml당 전체군집의 개체수 (N), 전체군집의 종의 수 (S), 부유성 유공충의 상대적인 비율 그리고 살아있는 개체의 상대적인 비율을 나타내고 있다. 살아있는 개체의 상대적인 비율은 상부조간대에서 하부조간대로 감소하는 경향을 보이고 있다. 살아있는 개체의 상대적인 비율이 상부조간대 (SW4, SW6)에서 큰 값을 보이는 것은 파랑과 조류를 Chenier가 막아주어 상대적으로 안정된 환경을 유지하며 육지로 부터의 유기물 유입으로 니질의 퇴적물 (Mz=6.14-6.78)이 유공충의 생산성에 적합한 조건을 갖추고 있기 때문으로 추정된다. 젖은시료 50ml 당 전체 개체수 (N)가 상부조간대인 SW4 와 SW6에서 상대적으로 높은

Table 6.1 The numbers of individuals for the living and total (living+dead) assemblages in the surface sediments from the 10 stations.

| Sample | | SW 4 | SW 6 | SW 9 | SW 12 | SW 15 | SW 18 | SW 21 | SW 24 | SW 27 | SW 30 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| No. of species | L | 5 | 5 | 4 | 3 | 3 | 3 | 4 | 6 | 3 | 5 |
| (Live/Total) | T | 8 | 10 | 7 | 16 | 15 | 9 | 19 | 23 | 26 | 39 |
| No. of individuals per fraction | L | 259 | 145 | 8 | 19 | 18 | 3 | 11 | 15 | 8 | 8 |
| picked (Live/Total) | T | 314 | 336 | 14 | 79 | 67 | 19 | 90 | 126 | 240 | 227 |
| Extrapolated No. of individuals | L | 2072 | 290 | 8 | 19 | 18 | 3 | 11 | 15 | 16 | 8 |
| per 50 ml (Live/Total) | T | 2512 | 672 | 14 | 79 | 67 | 19 | 90 | 126 | 480 | 227 |
| Elevation (cm) (MSL datum) | | 224.1 | 229.7 | 149.9 | 109.5 | 73.4 | 61.6 | -91.8 | -80.8 | -98.1 | -148 |
| Fraction Picked | | 1/8 | 1/2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1/2 | 1 |
| ANOMALIA GLABRATA | L | | | | | | | | | | |
| | T | | | | 1 | | | | | | |
| ANOMALINA GLOBULOSA | L | | | | | | | | | | |
| | T | | | | 1 | | | | | | |
| AMMONIA BECCARII BECCARII | L | | | | | | | | | | |
| | T | | | | | 1 | | | | | |
| AMMONIA BECCARII PARKINSONIANA | L | | | | | | | | 2 | | 1 |
| | T | | | | 3 | 6 | 4 | 3 | 8 | 3 | 9 |
| AMMONIA BECCARII TEPIDA | L | 2 | 2 | | | 5 | | 1 | 5 | 3 | 3 |
| | T | 6 | 13 | | 14 | 22 | 6 | 22 | 52 | 74 | 70 |
| AMMONIA COMPRESSIUSCULA | L | | | | | | | | | | |
| | T | | | | | | | | | 3 | |
| AMMONIA NAKAMURAI | L | | | | | | | | | | |
| | T | | | | | 2 | | 2 | 4 | 14 | 18 |
| AMMONIA sp. A | L | | | | | | | | | | |
| | T | | | | | 2 | | | | | |
| AMMONIA sp. B | L | | | | | | | | | | |
| | T | | | | | | 2 | | | | |
| AMPHICORYNA SPICATA | L | | | | | | | | | | |
| | T | | | | | | | 1 | 1 | | 1 |
| ASTRONONION ITALICUM | L | | | | | | | | | | |
| | T | | | | | | | | | | 3 |
| BOLIVINA FLORIDANA | L | | | | | | | | | | |
| | T | | | | | | | | | 2 | |
| BOLIVINA ORDINARIA | L | | | | | | | | | | |
| | T | | | | | | | | 2 | 5 | |
| BOLIVINA ROBUSTA | L | | | | | | | | | | |
| | T | | | | | | | | 1 | 2 | 6 |
| BOLIVINA STRIATULA | L | | | | | | | | | | |
| | T | | | | | | | | | | 1 |
| BOLIVINA SUBSPINESCENS | L | | | | | | | | | | |
| | T | | | | | | | | | | 1 |
| BUCCELLA FRIGIDA | L | | | | | | | | | | |
| | T | | | | 1 | 7 | | 2 | 3 | 8 | 4 |
| BULIMINA ELONGATA SUBULATA | L | | | | | | | | | | |
| | T | | | | | | 1 | | | | 1 |
| BULIMINA EXILIS TENUATA | L | | | | | | | | | | |
| | T | | | | | | | | | 1 | |
| BULIMINA MARGINATA | L | | | | | | | | | | |
| | T | | | | 2 | | | | | | |
| BULIMINA sp. A | L | | | | | | | | | | |
| | T | | | | | | | | | | 1 |
| BULIMINELLA ELEGANTISSIMA | L | | | | | | | | | | |
| | T | | | | | | | | | | 1 |

| Sample | | SW 4 | SW 6 | SW 9 | SW 12 | SW 15 | SW 18 | SW 21 | SW 24 | SW 27 | SW 30 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CANCRIS AURICULA | L | | | | | | | | | | |
| | T | | 1 | | | 1 | | | 1 | | |
| CANCRIS sp. A | L | | | | | | | | | | |
| | T | | 1 | | | | | | | | |
| CASSIDULINA CARINATA | L | | | | | | | | | | |
| | T | | | | | | | | | | 3 |
| CIBICIDES LOBATULUS | L | | | | | | | | | | |
| | T | | | | | | | | | | 2 |
| CIBICIDES REFULGENS | L | | | | | | | | | | |
| | T | | | | | | | | | 1 | 4 |
| CRIBRONONION SUBINCERTUM | L | | | 2 | | | | | | | |
| | T | | | 2 | | | | | | | |
| DENTALINA YABEI | L | | | | | | | | | | |
| | T | | | | | | | | 1 | | |
| DISCORBIS CANDEIANA | L | 1 | | 3 | 5 | | 1 | 2 | 2 | | 1 |
| | T | 1 | | 4 | 8 | | 1 | 10 | 2 | 18 | 4 |
| ELPHIDIUM ASIATICUM | L | | 1 | | | | | | | | |
| | T | 1 | 10 | 3 | 10 | | | | 7 | 18 | 8 |
| ELPHIDIUM ETIGOENSE | L | 252 | 139 | | 12 | | 1 | 1 | 3 | 1 | |
| | T | 299 | 288 | | 16 | | 1 | 6 | 4 | 17 | 22 |
| ELPHIDIUM EXCAVATUM | L | | | | | | | | | | |
| | T | | | | 5 | 5 | | 9 | 7 | 26 | 13 |
| ELPHIDIUM JENSENI | L | | | | | | | | | | |
| | T | | | | | | | | | | 2 |
| ELPHIDIUM KUSIROENSE | L | | | | | | | | | | |
| | T | | | | | 1 | | 1 | | | |
| ELPHIDIUM OZAWAI | L | | | | | | | | | | |
| | T | | 6 | | | | | | | | |
| ELPHIDIUM POEYANUM | L | | | | | | | | | | |
| | T | | | | | | | | 3 | | |
| ELPHIDIUM SELSEYENSIS | L | | | 2 | | | | | | | |
| | T | | | 2 | | | | | | | |
| ELPHIDIUM SUBEVOLUTUM | L | | | | | | | | | | |
| | T | | | | | | | 1 | | | |
| ELPHIDIUM SUBINCERTUM | L | | | | | 12 | | | | | |
| | T | | | | | 13 | 2 | | 2 | | |
| ELPHIDIUM sp. A | L | | | | | | | | | | |
| | T | 1 | | | | | | | | | |
| ELPHIDIUM sp. B | L | | | | | | | | | | |
| | T | | | | 1 | | | | | | |
| ELPHIDIUM sp. C | L | | | | | | | | | | |
| | T | | | | | 1 | | | | | |
| EOEPONIDELLA PULCHELLA | L | | | | | | | | | | |
| | T | | | | | | | | | 1 | |
| EPISTOMINELLA NARAENSIS | L | | | | | | | | | | |
| | T | | | | | | | 1 | 4 | 8 | 15 |
| EPISTOMINELLA sp. A | L | | | | | | | | | | |
| | T | | | | | 1 | | | | | |
| EPONIDES NIPPONICUS | L | | | | 2 | 1 | 1 | 7 | 2 | 4 | 2 |
| | T | | | 1 | 12 | 3 | 1 | 21 | 10 | 17 | 4 |
| FISSURINA LAEVIGATA | L | | | | | | | | | | |
| | T | | | | 1 | | | 1 | 2 | 3 | 2 |
| FISSURINA MARGINATA | L | | | | | | | | | | |
| | T | | | | 1 | | | | | 3 | 1 |
| FLORILUS GRATELOUPI | L | | | | | | | | | | |
| | T | 1 | 1 | | | | | | | | 2 |

| Sample | | SW 4 | SW 6 | SW 9 | SW 12 | SW 15 | SW 18 | SW 21 | SW 24 | SW 27 | SW 30 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| GLOBIGERINA ATLANTISAE | L | | | | | | | | | | |
| | T | | | | | | | 2 | | 3 | 3 |
| GLOBIGERINA BULLOIDES | L | | | | | | | | | | |
| | T | | | | | | | | 5 | 3 | |
| GLOBIGERINA PACHYDERMA | L | | | | | | | | | | |
| | T | | | | | | | | 1 | 1 | |
| GLOBIGERINITA GLUTINATA | L | | | | | | | | | | |
| | T | | | | 1 | | | 2 | 1 | 6 | 7 |
| GLOBOCASSIDULINA PARVA | L | | | | | | | | | | |
| | T | | | | | | | | | | 1 |
| GLOBOQUADRINA HEXAGONA | L | | | | | | | | | | |
| | T | | | | | | | | | 1 | 2 |
| GLOBOROTALIA CRASSAFORMIS | L | | | | | | | | | | |
| | T | | | | 2 | | | | | | |
| GLOBOROTALIA INCISA | L | | | | | | | | | | |
| | T | | | | | | | 2 | | | |
| GLOBULINA MINUTA | L | | | | | | | | | | |
| | T | | | | | | | 1 | | | |
| GYROIDINOIDES sp. A | L | | | | | | | | 1 | | |
| | T | | | | | | | | 1 | | |
| LAGENA HISPIDULA | L | | | | | | | | | | |
| | T | | | | | | | | | | 1 |
| PROTEONINA COMPRESSA | L | | | | | | | | | | |
| | T | | | | | | | | | | 1 |
| PSEUDONONION JAPONICUM | L | 3 | 2 | | | | | | | | |
| | T | 4 | 14 | | | | | 1 | | | 1 |
| PULLENIA BULLOIDES | L | | | | | | | | | | |
| | T | | | | | 1 | | | | | |
| PULLENIA QUINQUELOBA | L | | | | | | | | | | |
| | T | | | 1 | | | | | | | |
| QUINQUELOCULINA SEMINULA | L | 1 | 1 | | | | | | | | |
| | T | 1 | 1 | | | 1 | | 2 | 4 | 1 | 1 |
| REOPHAX sp. A | L | | | | | | | | | | |
| | T | | | | | | | | | | 1 |
| ROSALINA GLOBULARIS | L | | | | | | | | | | 1 |
| | T | | | | | | | | | | 2 |
| ROSALINA ISABELLEANA | L | | | | | | | | | | |
| | T | | | | | | | | | | 3 |
| ROSALINA VILADEBOANA | L | | | | | | | | | | |
| | T | | | | | | | | | 1 | 4 |
| ROSALINA sp. A | L | | | 1 | | | | | | | |
| | T | | | 1 | | | | | | | |
| TEXTULARIA sp. A | L | | | | | | | | | | |
| | T | | | | | | | | | | 1 |
| TROCHAMMINA CHARLOTTENSIS | L | | | | | | | | | | |
| | T | | | | | | 1 | | | | 1 |
| TROCHAMMINA INFLATA | L | | | | | | | | | | |
| | T | | 1 | | | | | | | | |

Table 6.2 Relative abundance (%) for the living and total (living+dead) assemblages in the surface sediments from the 10 stations.

| Sample | | SW 4 | SW 6 | SW 9 | SW 12 | SW 15 | SW 18 | SW 21 | SW 24 | SW 27 | SW 30 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| No. of species | L | 5 | 5 | 4 | 3 | 3 | 3 | 4 | 6 | 3 | 5 |
| (Live/Total) | T | 8 | 10 | 7 | 16 | 15 | 9 | 19 | 23 | 26 | 39 |
| No. of individuals per fraction | L | 259 | 145 | 8 | 19 | 18 | 3 | 11 | 15 | 8 | 8 |
| picked (Live/Total) | T | 314 | 336 | 14 | 79 | 67 | 19 | 90 | 126 | 240 | 227 |
| Relative abundance (%) | L | 82.5 | 43.2 | 57.1 | 24 | 26.9 | 15.8 | 12.2 | 11.9 | 3.3 | 3.5 |
| (Live/Dead) | D | 17.5 | 56.8 | 42.9 | 76 | 73.1 | 84.2 | 87.8 | 88.1 | 96.7 | 96.5 |
| Elevation (cm) (MSL datum) | | 224.1 | 229.7 | 149.9 | 109.5 | 73.4 | 61.6 | -91.8 | -80.8 | -98.1 | -148 |
| Fraction Picked | | 1/8 | 1/2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1/2 | 1 |
| ANOMALIA GLABRATA | L | | | | | | | | | | |
| | T | | | | 1.3 | | | | | | |
| ANOMALINA GLOBULOSA | L | | | | | | | | | | |
| | T | | | | 1.3 | | | | | | |
| AMMONIA BECCARII BECCARII | L | | | | | | | | | | |
| | T | | | | | 1.5 | | | | | |
| AMMONIA BECCARII PARKINSONIANA | L | | | | | | | | 13.3 | | 12.5 |
| | T | | | | 3.8 | 9 | 21.1 | 3.3 | 6.3 | 1.3 | 4 |
| AMMONIA BECCARII TEPIDA | L | 0.8 | 1.4 | | | 27.8 | | 9.1 | 33.3 | 37.5 | 37.5 |
| | T | 1.9 | 3.9 | | 17.7 | 32.8 | 31.6 | 24.4 | 41.3 | 30.8 | 30.8 |
| AMMONIA COMPRESSIUSCULA | L | | | | | | | | | | |
| | T | | | | | | | | | 1.3 | |
| AMMONIA NAKAMURAI | L | | | | | | | | | | |
| | T | | | | | 3 | | 2.2 | 3.2 | 5.8 | 7.9 |
| AMMONIA sp. A | L | | | | | | | | | | |
| | T | | | | | 3 | | | | | |
| AMMONIA sp. B | L | | | | | | | | | | |
| | T | | | | | | 10.5 | | | | |
| AMPHICORYNA SPICATA | L | | | | | | | | | | |
| | T | | | | | | | 1.1 | 0.8 | | 0.4 |
| ASTRONONION ITALICUM | L | | | | | | | | | | |
| | T | | | | | | | | | | 1.3 |
| BOLIVINA FLORIDANA | L | | | | | | | | | | |
| | T | | | | | | | | | 0.8 | |
| BOLIVINA ORDINARIA | L | | | | | | | | | | |
| | T | | | | | | | | 1.6 | 2.1 | |
| BOLIVINA ROBUSTA | L | | | | | | | | | | |
| | T | | | | | | | | 0.8 | 0.8 | 2.6 |
| BOLIVINA STRIATULA | L | | | | | | | | | | |
| | T | | | | | | | | | | 0.4 |
| BOLIVINA SUBSPINESCENS | L | | | | | | | | | | |
| | T | | | | | | | | | | 0.4 |
| BUCCELLA FRIGIDA | L | | | | | | | | | | |
| | T | | | | 1.3 | 10.4 | | 2.2 | 2.4 | 3.3 | 1.8 |
| BULIMINA ELONGATA SUBULATA | L | | | | | | | | | | |
| | T | | | | | | 5.3 | | | | 0.4 |
| BULIMINA EXILIS TENUATA | L | | | | | | | | | | |
| | T | | | | | | | | | 0.4 | |
| BULIMINA MARGINATA | L | | | | | | | | | | |
| | T | | | | 2.5 | | | | | | |
| BULIMINA sp. A | L | | | | | | | | | | |
| | T | | | | | | | | | | 0.4 |
| BULIMINELLA ELEGANTISSIMA | L | | | | | | | | | | |
| | T | | | | | | | | | | 0.4 |

| Sample | | SW 4 | SW 6 | SW 9 | SW 12 | SW 15 | SW 18 | SW 21 | SW 24 | SW 27 | SW 30 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CANCRIS AURICULA | L | | | | | | | | | | |
| | T | | 0.3 | | | 1.5 | | | 0.8 | | |
| CANCRIS sp. A | L | | | | | | | | | | |
| | T | | 0.3 | | | | | | | | |
| CASSIDULINA CARINATA | L | | | | | | | | | | |
| | T | | | | | | | | | | 1.3 |
| CIBICIDES LOBATULUS | L | | | | | | | | | | |
| | T | | | | | | | | | | 0.9 |
| CIBICIDES REFULGENS | L | | | | | | | | | | |
| | T | | | | | | | | | 0.4 | 1.8 |
| CRIBRONONION SUBINCERTUM | L | | | 25 | | | | | | | |
| | T | | | 14.3 | | | | | | | |
| DENTALINA YABEI | L | | | | | | | | | | |
| | T | | | | | | | | 0.8 | | |
| DISCORBIS CANDEIANA | L | 0.4 | | 37.5 | 26.3 | | 33.3 | 18.2 | 13.3 | | 12.5 |
| | T | 0.3 | | 28.6 | 10.1 | | 5.3 | 11.1 | 1.6 | 7.5 | 1.8 |
| ELPHIDIUM ASIATICUM | L | | 0.7 | | | | | | | | |
| | T | 0.3 | 3 | 21.4 | 12.7 | | | | 5.6 | 7.5 | 3.5 |
| ELPHIDIUM ETIGOENSE | L | 97.3 | 95.9 | | 63.2 | | 33.3 | 9.1 | 20 | 12.5 | |
| | T | 95.2 | 85.7 | | 20.3 | | 5.3 | 6.7 | 3.2 | 7.1 | 9.7 |
| ELPHIDIUM EXCAVATUM | L | | | | | | | | | | |
| | T | | | | 6.3 | 7.5 | | 10 | 5.6 | 10.8 | 5.7 |
| ELPHIDIUM JENSENI | L | | | | | | | | | | |
| | T | | | | | | | | | | 0.9 |
| ELPHIDIUM KUSIROENSE | L | | | | | | | | | | |
| | T | | | | | 1.5 | | 1.1 | | | |
| ELPHIDIUM OZAWAI | L | | | | | | | | | | |
| | T | | 1.8 | | | | | | | | |
| ELPHIDIUM POEYANUM | L | | | | | | | | | | |
| | T | | | | | | | | 2.4 | | |
| ELPHIDIUM SELSEYENSIS | L | | | 25 | | | | | | | |
| | T | | | 14.3 | | | | | | | |
| ELPHIDIUM SUBEVOLUTUM | L | | | | | | | | | | |
| | T | | | | | | | 1.1 | | | |
| ELPHIDIUM SUBINCERTUM | L | | | | | 66.7 | | | | | |
| | T | | | | | 19.4 | 10.5 | | 1.6 | | |
| ELPHIDIUM sp. A | L | | | | | | | | | | |
| | T | 0.3 | | | | | | | | | |
| ELPHIDIUM sp. B | L | | | | | | | | | | |
| | T | | | | 1.3 | | | | | | |
| ELPHIDIUM sp. C | L | | | | | | | | | | |
| | T | | | | | 1.5 | | | | | |
| EOEPONIDELLA PULCHELLA | L | | | | | | | | | | |
| | T | | | | | | | | | 0.4 | |
| EPISTOMINELLA NARAENSIS | L | | | | | | | | | | |
| | T | | | | | | | 1.1 | 3.2 | 3.3 | 6.6 |
| EPISTOMINELLA sp. A | L | | | | | | | | | | |
| | T | | | | | 1.5 | | | | | |
| EPONIDES NIPPONICUS | L | | | | 10.5 | 5.6 | 33.3 | 63.6 | 13.3 | 50 | 25 |
| | T | | | 7.1 | 15.2 | 16.7 | 5.3 | 23.3 | 7.9 | 7.1 | 1.8 |
| FISSURINA LAEVIGATA | L | | | | | | | | | | |
| | T | | | | 1.3 | | | 1.1 | 1.6 | 1.3 | 0.9 |
| FISSURINA MARGINATA | L | | | | | | | | | | |
| | T | | | | 1.3 | | | | | 1.3 | 0.4 |
| FLORILUS GRATELOUPI | L | | | | | | | | | | |
| | T | 0.3 | 0.3 | | | | | | | | 0.9 |

| Sample | | SW 4 | SW 6 | SW 9 | SW 12 | SW 15 | SW 18 | SW 21 | SW 24 | SW 27 | SW 30 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| GLOBIGERINA ATLANTISAE | L | | | | | | | | | | |
| | T | | | | | | | 2.2 | | 1.3 | 1.3 |
| GLOBIGERINA BULLOIDES | L | | | | | | | | | | |
| | T | | | | | | | | 4 | 1.3 | |
| GLOBIGERINA PACHYDERMA | L | | | | | | | | | | |
| | T | | | | | | | | 0.8 | 0.4 | |
| GLOBIGERINITA GLUTINATA | L | | | | | | | | | | |
| | T | | | | 1.3 | | | 2.2 | 0.8 | 2.5 | 3.1 |
| GLOBOCASSIDULINA PARVA | L | | | | | | | | | | |
| | T | | | | | | | | | | 0.4 |
| GLOBOQUADRINA HEXAGONA | L | | | | | | | | | | |
| | T | | | | | | | | | 0.4 | 0.9 |
| GLOBOROTALIA CRASSAFORMIS | L | | | | | | | | | | |
| | T | | | | 2.5 | | | | | | |
| GLOBOROTALIA INCISA | L | | | | | | | | | | |
| | T | | | | | | | 2.2 | | | |
| GLOBULINA MINUTA | L | | | | | | | | | | |
| | T | | | | | | | 1.1 | | | |
| GYROIDINOIDES sp. A | L | | | | | | | | 6.7 | | |
| | T | | | | | | | | 0.8 | | |
| LAGENA HISPIDULA | L | | | | | | | | | | |
| | T | | | | | | | | | | 0.4 |
| PROTEONINA COMPRESSA | L | | | | | | | | | | |
| | T | | | | | | | | | | 0.4 |
| PSEUDONONION JAPONICUM | L | 1.2 | 1.4 | | | | | | | | |
| | T | 1.3 | 4.2 | | | | | 1.1 | | | 0.4 |
| PULLENIA BULLOIDES | L | | | | | | | | | | |
| | T | | | | | 1.5 | | | | | |
| PULLENIA QUINQUELOBA | L | | | | | | | | | | |
| | T | | | 7.1 | | | | | | | |
| QUINQUELOCULINA SEMINULA | L | 0.4 | 0.7 | | | | | | | | |
| | T | 0.3 | 0.3 | | | 1.5 | | 2.2 | 3.2 | 0.4 | 0.4 |
| REOPHAX sp. A | L | | | | | | | | | | |
| | T | | | | | | | | | | 0.4 |
| ROSALINA GLOBULARIS | L | | | | | | | | | | 12.5 |
| | T | | | | | | | | | | 0.9 |
| ROSALINA ISABELLEANA | L | | | | | | | | | | |
| | T | | | | | | | | | | 1.3 |
| ROSALINA VILADEBOANA | L | | | | | | | | | | |
| | T | | | | | | | | | 0.4 | 1.8 |
| ROSALINA sp. A | L | | | 12.5 | | | | | | | |
| | T | | | 7.1 | | | | | | | |
| TEXTULARIA sp. A | L | | | | | | | | | | |
| | T | | | | | | | | | | 0.4 |
| TROCHAMMINA CHARLOTTENSIS | L | | | | | | | | | | |
| | T | | | | | | 5.3 | | | | 0.4 |
| TROCHAMMINA INFLATA | L | | | | | | | | | | |
| | T | | 0.3 | | | | | | | | |

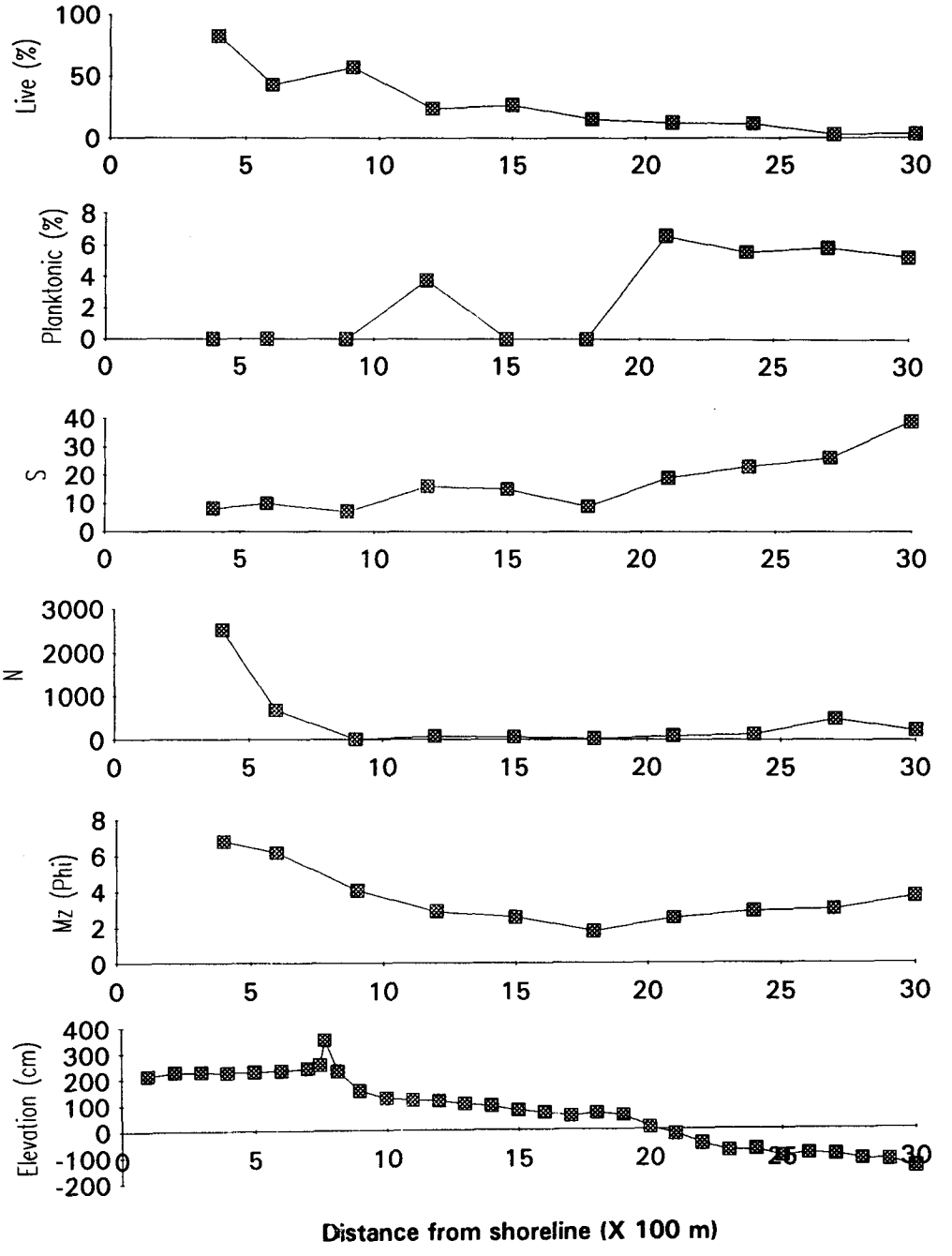


Fig. 6.1. Line SW: plots of elevation (cm), mean grain size (phi), calculated number of foraminifera in 50ml (N), number of species in each sample (S), percent of planktonic foraminifera, percent of living individuals in each sample.

것은 유공충 생산성이 높은것을 뒷받침해 주고 있다. 이지역에서는 *Elphidium etigense*가 우세하게 나타나는데 이 종은 인천주변과 아산만 조간대에서도 펄이 우세한 지역에서 왕성한 생활을 하는것으로 보고되고 있다 (Chang and Lee, 1982, 1984). 해안선에서 멀어질수록 살아있는 개체의 상대적인 비율이 감소하는 것은 물리적인 Energy의 증가로 인한 유공충의 생산성이 감소되는 동시에 다른곳으로 부터 유입된 죽은 개체의 증가에 기인한다. 종의 수가 상부조간대에서 하부조간대로 증가하는 경향은 외해에서 유입된 죽은 개체가 조간대의 개체와 중부와 하부 조간대 지역에서 혼합되어지는 것을 보여주고 있다. 부유성유공충은 상부조간대와 중부조간대 상부에서는 거의 나타나지 않지만 중부조간대 하부와 하부조간대에서 5.3-6.6%의 비율로서 나타난다. 태풍과 조류에 의해 외해에서 유입된 부유성 유공충은 중부조간대 하부와 하부조간대에서 적은 비율로서 퇴적됨을 보여주고 있다. 중부조간대의 상부지역 (SW12, 15, 18)과 상부조간대의 하부지역 (SW9)은 개체수 (N)와 종의 수 (S)가 상대적으로 적은 것으로 보아 중부조간대의 하부지역과 하부조간대에 비해 상대적으로 조류와 파랑의 영향을 더 많이 받는것으로 추정된다. 이러한 경향은 평균입도에서도 나타나며 이지역은 다른지역에 비하여 상대적으로 조립질한 퇴적물을 가지고 있다.

Line SW는 고도 (Elevation)에 따라 5개의 소환경 (Subenvironment)로 세분할 수 있다 : 상부조간대지역 (SW4, 6), 상부조간대 하부지역 (SW9), 중부조간대 상부지역 (SW12, 15, 18), 중부조간대 하부지역 (SW21, 24, 27), 하부조간대 지역 (SW30) (Fig. 4.2). 퇴적환경에서 Long-term 환경조건을 해석하는데는 전체군집을 유용하게 사용하기 때문에 (Parker and Athearn, 1959; Matera and Lee, 1972; Scott and Medioli, 1980b), 5개의 지역에서 풍부하게 나오는 종 (전체군집에서 20% 이상이 어느 한 지점에서 나오는 종)을 요약하면

다음과 같다 (Table 6.3). 상부조간대 지역에서는 *Elphidium etigoense*가 우세하게 나타나며 이 종은 전체군집내에서 85-95% 차지하고 있다. 상부조간대 하부지역에서는 *Discorbis candeiana* (28%)와 *Elphidium asiaticum* (21%)이 우세하다. 중부조간대에서는 *Ammonia beccarii tepida*가 가장 우세한 종이며, 중부조간대 상부에서는 이종과 함께 *Elphidium etigoense*가 우세하고 중부조간대 하부에서는 *Eponides nipponicus*가 우세하게 나타난다. 하부조간대에서는 *Ammonia beccarii tepida* (31%)가 우세하게 나타나며 다른 종들은 작은 비율 (%)로서 존재한다 (Table 6.2).

## 1-4. 요 약

총 74종 (저서유공충 : 67종, 부유성유공충 : 7종)이 10개의 표층퇴적물에서 발견되었으며 그 중 14종은 살아있는 개체로서 확인되었다. *Ammonia beccarii tepida, Discorbis candeiana, Elphidium etigoense* 와 *Eponides nipponicus*는 살아있는 군집과 전체군집내에서 연구지역에 널리 분포하고 있다.

살아있는 개체의 상대적인 비율 (%)은 상부조간대에서 하부조간대로 감소하는 경향을 나타내며 이것은 물리적인 Energy가 바깥쪽으로 증가하여 유공충의 생산성이 감소하며 외해로 부터 죽은개체가 유입되어 죽은개체수가 증가하기 때문이다. 부유성유공충은 중부조간대 하부와 하부조간대에서 5.3-6.6%의 비율로서 존재하는데 이것은 외해에서 태풍이나 조류에 의하여 유입된것으로 추정된다. 종의 수는 상부조간대에서 하부조간대로 증가하는 경향을 나타내는데 이것은 외해에서 유입된 종들이 MSL 아래에서 주로 퇴적됨을 보여 주고있다. 시료 50ml 당 개체수는 상부조간대에서 상대적으로 많은 수가 나타나는데 이것은 Chenier가 파랑과 조류를 막아주는 역할을 하여 상부조간대가 안정된 환경을 유지할 수 있어 유공충의 생산성을 높여주기 때문이다.

Table 6.3. Five biofacies for total foraminiferal assemblages in the five subenvironments of the Line-SW. The foraminiferal assemblages were dominant species those which represent more than 20% of the total assemblage in any station.

| Biofacies | Sample No. | Assemblage |
|---|---|---|
| Upper flat | SW 4, 6 | *Elphidium etigoense* |
| Lower upper flat | SW 9 | *Discorbis candeiana*<br>*Elphidium asiaticum* |
| Upper middle flat | SW 12, 15, 18 | *Ammonia beccarii tepida*<br>*Elphidium etigoense* |
| Lower middle flat | SW 21, 24, 27 | *Ammonia beccarii tepida*<br>*Eponides nipponicus* |
| Lower flat | SW 30 | *Ammonia beccarii tepida* |

5개의 Biofacies가 풍부하게 나타나는 종 (전체군집에서 20%이상이 어느 한 지점에서 나오는 종)을 기준하여 Line-SW에서 확인되었다. 상부조간대는 *Elphidium etigoense* 군집, 상부조간대 하부는 *Discorbis candeiana-Elphidium asiaticum* 군집, 중부조간대 상부는 *Ammonia beccarii tepida-Elphidium etigoense* 군집, 중부조간대 하부는 *Ammonia beccarii tepida-Eponides nipponicus* 군집, 그리고 하부조간대는 *Ammonia beccarii tepida* 군집으로 나누어 진다.

## 제 2절 조간대 시추 퇴적물의 미고생물학적 연구

### 2-1. 개 관

조간대에서 산출되는 유공충의 연구는 해수면 변화와 관련된 고생태 환경복원에 매우 중요한 자료를 제공하므로 조간대 연구에 있어서 그 중요성이 잘 인식되어 있으며, 세계 각국에서도 관심을 가지고 꾸준히 연구가 진행중인 분야이다. 유공충은 조간대 상부의 High marsh zone까지 해수의 영향이 미치는 곳에서는 생존 가능하나, 해수의 영향이 미치지 않는 지역에서는 Thecamoebians를 제외한 다른 유공충은 거의 산출되지 않으므로 해수면 변화와 관련된 조간대 고환경 복원에 대표적으로 이용되고 있는 미고생물종이다.

Scott and Medioli (1978, 1986)는 Tidal marsh 유공충은 작은 해수면 변화에도 민감하게 반응하므로 유공충 군집을 이용하여 Holocene 해수면 상승역사를 복원할 수 있다고 보고하였으며, 또한 카나다 Nova Scotia의 Marsh 유공충 연구결과 만조성 상부에서는 유공충이 산출되지 않으므로 이를 근거로 해수면의 변화를 추정할 수 있다고 보고하였다 (Scott and Medioli, 1980a). 그리고 북서 태평양의 Tidal marsh 지역에서 해수면에 따른 현생 유공충 군집과 식물들의 지역적 분포관계가 비교적 자세하게 연구되어졌다 (Williams, 1989; Patterson, 1990). Jennings and Nelson (1992)은 Marsh 유공충 연구에 근거하여, 북서 태평양에서 채취된 시추심 시료에서 산출된 유공충 군집으로 부터 과거 고지진의 영향으로 인한 퇴적층의 급격한 침강현상을 밝혀 낼 수 있다고 보고하였다.

한반도 주변 조간대의 연구는 서남해안 조간대의 일부 표층 퇴적물로 부터 산출된 유공충의 연구 (Chang, 1983, 1986; Chang and Lee, 1982)와 인천 주변 조간대에서 채취된 시추심으로 부터 산출된 유공충의 연구 (Cheong, 1989) 등이 있을 뿐이므로 앞으로 계속적인 연구가

이루어져야 할 것이다. 현생 유공충의 생태환경이 체계적으로 연구되고, 우리나라 주변 조간대 내에서 유공충의 지역적 분포관계가 자세히 밝혀진다면, 유공충을 이용한 고생태 환경연구에 더욱 중요한 자료를 제공할 수 있을 것이다.

본 연구의 목적은 곰소만 조간대에서 채취된 시추퇴적물에서 산출되는 유공충의 수직적 분포상황을 밝혀서 해수면 변화에 따른 퇴적환경의 변화과정을 규명하는 것이다.

## 2-2. 재료 및 방법

### 2-2-1. 시추퇴적물의 퇴적상

본 연구에 이용된 3개의 시추심 (SW-9, SW-19, SW-27)은 한국해양연구소가 서·남해안 조간대의 종합조사 연구를 위하여 1991년 10월 17일부터 10월 30일까지 서해안의 곰소만 조간대 신월리 (Line-SW) 지역에서 채취한 5개의 시추심 중에서 미고생물학적 연구를 위하여 선정한 것이다 (Fig. 6.2). Line-SW는 곰소만 입구 가까운 곳에 위치하며, 몇 단계의 지형 변화를 보여준다 (한국해양연구소, 1991).

출발 기준점에서 Chenier (정점 8)까지는 평균고조선 (MHW) 상위의 상부 조간대 환경으로서 평평한 지형을 보이며, 부분적으로 염수식물이 자라고 있다. Chenier의 고도는 최대 1.5m이다. Chenier를 지나 정점 10까지는 경사가 매우 급하게 고도가 감소하며 그 이후부터 정점 18까지 완만하게 감소한다 (경사도 0.74 ‰). 정점 19부터 정점 23까지 다시 경사가 급하며 (경사도 2.7 ‰), 그 이후부터는 0.85 ‰의 완만한 경사로 지형이 낮아진다. 이와 같은 계단식의 조간대 지형특성은 남양만에서도 보고된 바 있다 (한국해양연구소, 1991).

Core SW-9

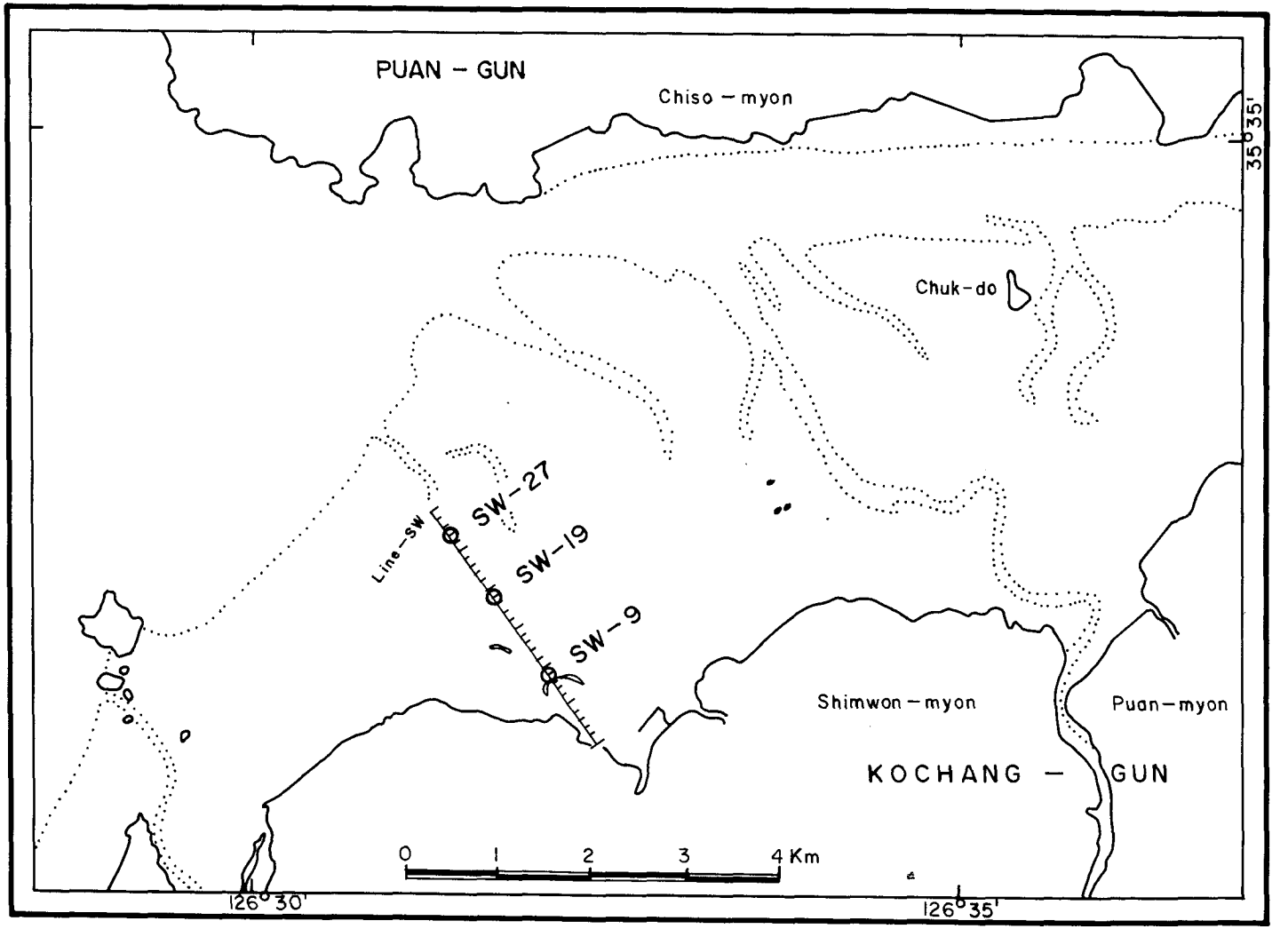


Fig. 6.2. Detailed location map of Line–SW in the Gomso tidal flat and three sampling stations of the vibracores for the present study.

시추심 상부에서는 조개파편 또는 Mud lumps를 포함하는 Massive silty sands 퇴적상이 나타나는데, 이들은 Storm 또는 이와 유사한 강한 Current 또는 Wave에 의해 형성된 Storm deposit으로 생각된다. Storm deposit 하부에서는, Turbulent flow에 의해 퇴적된 것으로 보이는 Massive Silty sands or Sandy silts 퇴적상이 나타나며, 생물교란이 시추심 전체에 걸쳐 심한 편이다.

깊이 150cm 하부에서는 생물교란에 의해 일차 퇴적구조가 거의 파괴된, Silts와 Muds 퇴적상이 주로 나타나는데 Suspended sedimentation이 주요 퇴적기구로 해석된다.

Core SW-19

시추심 상부에서는 뚜렷한 퇴적구조가 없는 균질의 사질퇴적상과 주로 조개껍질의 파편 또는 드물게 Mud lump를 포함하는 Massive sands층이 교호하여 나타난다. 시추심 깊이 200cm 하부에서는 Homogeneous silts and sands 퇴적상과 생물교란이 너무 심하여 (>90%) 퇴적구조를 판별하기 어려운 Silts and sands 퇴적상이 교호하여 나타난다. 이들 Deformed Silts and Muds 퇴적상은 주로 상부 조간대 또는 Mixed flat의 하부층에서 자주 발견된다 (한국해양연구소, 1991).

Core SW-27

시추심 상부에서는 시추퇴적물 상부와 중부 및 하부 조간대 (Middle and lower tidal flat)에서 주로 나타나는 균질의 사질 퇴적상 (Massive sands)이 나타나며, 그 하부에서는 Laminated sands 퇴적상과 조개껍질의 파편 또는 드물게 Mud lumps를 포함하는 Massive sands 퇴적상이 주로 나타난다. 시추심 215cm 하부에서는 Core SW-19에서와 마찬가지로 Homogeneous silts and muds 퇴적상과 Deformed silts and

muds 퇴적상이 교호하여 나타난다. 시추심 상부에서는 생물교란이 별로 심하지 않으나 ( <30%), 깊이 215cm 하부에서는 생물교란이 심한 편이다. (> 60%).

### 2-2-2. 연구방법

시추퇴적물 Core는 실험실로 옮겨진 후 내부시료가 교란받지 않도록 전기톱으로 가른 다음, 한쪽 Core로 부터 본 연구를 위한 시료가 채취되었다. 시추심 SW-9에서 14개의 시료, SW-19에서 11개, 그리고 SW-27에서 14개 등 총 39개의 시료가 본 연구를 위하여 선정되었다. 각 시추심에서 30-40cm 간격으로 2cm의 시료를 채취하여 각 시료들을 230 mesh (0.063 mm)체로 씻은 후, 잔류물을 60°C에서 건조시켰다. 그후 쌍안현미경 아래에서 산출된 전체 유공충을 모두 선별하였다.

## 2-3. 연구결과

### 2-3-1. Core SW-9

시추심 SW-9에서는 14개의 시료가 분석되었은며 총 47종의 유공충이 감별되었다 (Table 6.4). 시추심 깊이 0-2cm, 70-72cm, 110-112cm 그리고 150-152cm에서 100개체 이상의 유공충이 산출되었으며, 종다양도가 가장 높은 시료는 깊이 0-2cm와 70-72cm 사이로 총 23종이 감별되었다.

본 시추심에서 가장 풍부하게 산출되는 종은 *Allogromia*? sp. A이며 깊이 230-232cm, 310-312cm, 350-352cm, 470-472cm 그리고 510-512cm에서는 단일종으로 출현한다 (Fig. 6.3). 그리고 시추심 112cm 상부층에서는 *Ammonia beccarii tepida, Elphidium advenum* 그리고 *E. excavatum clavata* 등이 우점종으로 산출된다. 시추심 SW-9에서 산출되는 *Allogromia*? sp. A는 일반적으로 다른 담수지역이나 담수의 영향을 받는 지역에서 산출되는 Thecamoebians과는 구별되는 특징적인 test를 가지는데 정확한 동정을 위해서는 계속적인 연구가 이루어져야 할 것으로 보인다.

그밖에 본 시추심에서 우세하게 나타나는 종은 *Ammonia globosa, Cribrononion porisuturalis, Epistominella naraensis* 그리고 *Eponides nipponicus* 등으로 이들 종은 모두 시추심 깊이 152cm 상부에서만 주로 출현한다. 저서 유공충 군집에서는 유리질 유공충이 단연 우세하며, 그밖에 소수의 사질 유공충이 산출된다. 또한 부유유공충이 시추심 깊이 0-2cm, 70-72cm 그리고 110-112cm사이에서 전체군집의 1.2-2.4% 비율로 산출되고 있다. 본 시추심에서 우세하게 산출되는 *A. beccarii tepida, E. advenum* 그리고 *E. excavatum clavata* 등은 모두 하부 조간대나 강의 하구 등 해수의 염분도가 정상 해수보다 낮은 환경에서 풍부하게 산출되는 종들이며 (Arnal *et al.*, 1980; Reedy and

Table 6.4. List of foraminiferal species from the Core SW-9

| Species / Sample Depth(cm) | 0-2 | 30-32 | 70-72 | 110-112 | 150-152 | 190-192 | 230-232 | 270-272 | 310-312 | 350-352 | 390-392 | 430-432 | 470-472 | 510-512 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. *Allogromia?* sp. A | 36 | 28 | 35 | 10 | 49 | 17 | 19 | 64 | 33 | 20 | 20 | 22 | 8 | 12 |
| 2. *Ammonia beccarii tepida* | 23 | | 38 | 16 | 16 | | | | | | | | | |
| 3. *Ammonia globosa* | 6 | | 12 | 12 | 6 | 1 | | | | | | | | |
| 4. *Anomalina globulosa* | | | 3 | | 10 | | | 1 | | | 2 | | | |
| 5. *Astrononion* sp. A | 1 | | 1 | | | | | 2 | | | | | | |
| 6. *Bolivina robusta* | | | | | 6 | | | | | | | | | |
| 7. *Bulimina aculeata* | | | | | 2 | | | | | | | | | |
| 9. *Bulimina elongata subulata* | | | | | | | | | | | | 1 | | |
| 9. *Cassidulina carinata* | 1 | | | | | 1 | | | | | | | | |
| 10. *Cibicides* sp. A | | | | | | | | | | | | 1 | | |
| 11. *Cribrononion porisuturalis* | 18 | | 7 | 8 | | | | | | | | | | |
| 12. *Cribrononion subincertum* | 2 | | 9 | 6 | 6 | | | | | | | | | |
| 13. *Elphidium advenum* | 3 | | 7 | 18 | 13 | | | | | | | | | |
| 14. *Elphidium etigoense* | 14 | | 5 | 4 | | | | | | | | | | |
| 15. *Elphidium excavatum clavata* | 5 | | 1 | 18 | 4 | | | | | | | | | |
| 16. *Elphidium incertum* | | | | 1 | | | | | | | | | | |
| 17. *Elphidium kusiroense* | 2 | | | | | | | | | | | | | |
| 18. *Elphidium limpidium* | 1 | | 3 | 2 | 4 | | | | | | | | | |
| 19. *Elphidium* sp. A | | | | | 2 | | | | | | | | | |
| 20. *Elphidium* sp. B | | | | 5 | 2 | | | | | | | | | |
| 21. *Epistominella naranensis* | 8 | | 8 | 4 | 20 | | | 2 | | | | 1 | | |
| 22. *Epistominella tomana* | | | | | | | | 1 | | | | | | |
| 23. *Eponides nipponicus* | 13 | | 8 | 14 | 1 | | | | | | | | | |
| 24. *Fursenkoina* sp. A | | | | | | | | 1 | | | | 1 | | |
| 25. *Globigerina bullojdes* | 1 | | 2 | 2 | | | | | | | | | | |
| 26. *Globigerina quinqueloba* | 1 | | | 1 | | | | | | | | | | |
| 27. *Gyroidina nipponica* | | | | | | | | | | | 1 | 1 | | |
| 28. *Hopkinsina pacifica* | | | 2 | | | | | 1 | | | | | | |
| 29. *Lagena spicata* | | | | | 1 | | | | | | | | | |
| 30. *Lenticulina* cf. *lucidus* | | | 2 | | | | | | | | | | | |
| 31. *Nonion basispinatum* | | | | 1 | | | | | | | | | | |
| 32. *Nonion labradoricum* | | | 3 | | | | | | | | | | | |
| 33. *Nonion nicobarensis* | 3 | | 1 | | 2 | | | | | | | | | |
| 34. *Nonion* cf. *pacificum* | | | | 2 | | | | | | | | | | |
| 35. *Nonion scaphum* | 2 | | | | | | | | | | | | | |
| 36. *Nonion* sp. A | | | 2 | | 1 | | | | | | | | | |
| 37. *Nonionella stella* | | | 2 | | | | | | | | | | | |
| 38. *Nonionoides grateloupi* | 9 | | | | | | | | | | | | | |
| 39. *Nonionoides* sp. A | 5 | | 3 | | | | | | | | | | | |
| 40. *Ooline melo* | | | | | | | | 1 | | | 1 | | | |
| 41. *Pararotalia nipponica* | | | | | 2 | | | | | | | | | |
| 42. *Pseudoeponides japonicus* | | | 3 | 2 | | | | | | | | | | |
| 43. *Pseudoeponides nakazatoensis* | 4 | | | | | | | | | | | | | |
| 44. *Pseudononion japonicum* | 5 | 1 | 4 | | 1 | | | 1 | | | | | | |
| 45. *Pseudononionella variabilis* | 2 | | | | | | | | | | | | | |
| 46. *Rosalina* sp. A | | | | | | | | | | | | 1 | | |
| 47. *Trochammina rotaliformis* | | 1 | | | | | | | | | 1 | | | |

Continued

| Species / Sample Depth(cm) | 0-2 | 30-32 | 70-72 | 110-112 | 150-152 | 190-192 | 230-232 | 270-272 | 310-312 | 350-352 | 390-392 | 430-432 | 470-472 | 510-512 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| (A) TOTAL NO. OF ALLOGROMIA? | 36 | 28 | 35 | 10 | 49 | 17 | 19 | 64 | 33 | 20 | 20 | 22 | 8 | 12 |
| (B) TOTAL NO. OF HYALINE | 127 | 1 | 124 | 113 | 99 | 2 | | 10 | | | 4 | 6 | | |
| (C) TOTAL NO. OF ARENACEOUS | | 1 | | | | | | | | | 1 | | | |
| (D) TOTAL NO. OF PORCELANEOUS | | | | | | | | | | | | | | |
| (E) TOTAL NO. OF PLANKTONIC | 2 | | 2 | 3 | | | | | | | | | | |
| (F) % ALLOGROMIA? | 21.8 | 93.3 | 21.7 | 7.9 | 33.1 | 89.5 | 100 | 86.5 | 100 | 100 | 80.0 | 78.6 | 100 | 100 |
| (G) % BENTHONIC | 77.0 | 6.7 | 77.1 | 89.7 | 66.9 | 10.5 | | 13.5 | | | 20.0 | 21.4 | | |
| (H) % PLANKTONIC | 1.2 | | 1.2 | 2.4 | | | | | | | | | | |
| (I) TOTAL NO. OF INDIVIDUAIS | 165 | 30 | 161 | 126 | 148 | 19 | 19 | 74 | 33 | 20 | 25 | 28 | 8 | 12 |
| (J) TOTAL NO. OF SPECIES | 23 | 3 | 23 | 18 | 19 | 3 | 1 | 9 | 1 | 1 | 5 | 7 | 1 | 1 |

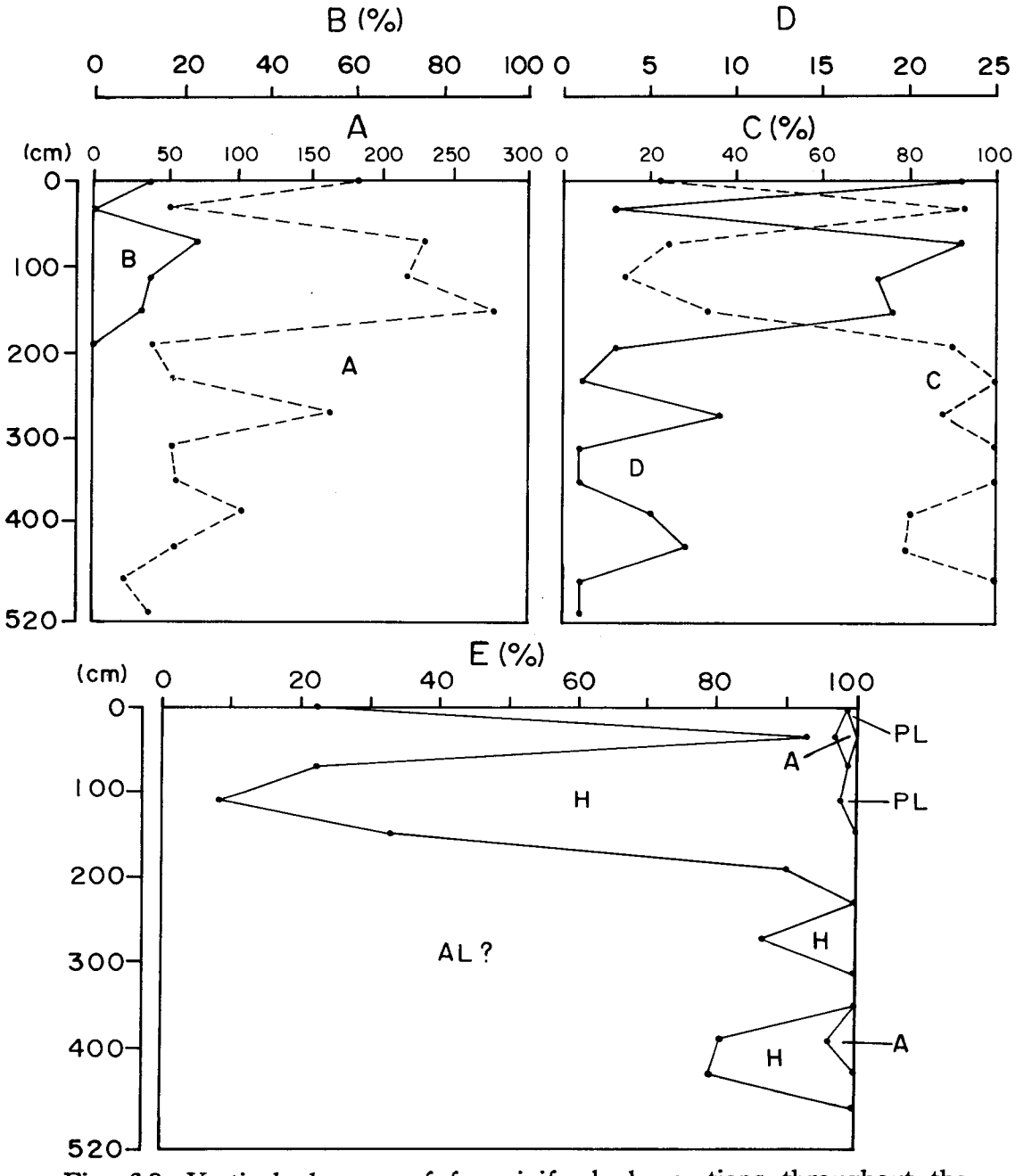


Fig. 6.3. Vertical changes of foraminiferal observations throughout the Core SW-9; A: Foraminiferal number in 50g of dry samples, B: Relative abundance (%) of *Ammonia beccarii tepida* in the total assemblage, C: Dominance of samples, D: Total number of species, E: Ratio distribution of total foraminiferal assemblage. AL?: *Allogromia*?, H: Hyaline, A: Arenaceous, P: Porcelaneous, PL: Planktonics.

Rao, 1984; Painter and Spencer, 1984; Wang *et al.*, 1985; Cheong, 1989). *Cribrononion porisuturalis*와 *C. subincertum*은 수심 5m 이하의 Estuary나 Lagoon에서 우세하게 산출되는 종으로 보고되어졌다 (Wang *et al.*, 1985). 그리고 깊이 152cm 상부에서 채취된 5개의 시료중 4개의 시료에서는 100개체 이상의 풍부한 유공충이 산출되었으나 깊이 30-32cm에서는 유공충의 산출이 매우 불량하다. 시추심 깊이 30-32cm에서 유공충 종의 산출이 매우 제한된 것은 두가지 가능성을 제시한다. 즉 첫째, 일시적인 환경변화로 인하여 유공충 서식에 부적합한 환경이 유지되었거나 둘째, 유공충 각이 퇴적된 후 보존의 불량으로 인해 부서져서 산출되지 않을 가능성이 있음을 말해준다. 본 시추심의 퇴적상 연구에 의하면 전반적으로 생물교란이 비교적 심하게 나타나며, 특히 시추심 깊이 15-60cm 사이에 생물교란율이 60-90%에 달하는 것으로 보고되었는데 (한국해양연구소, 1991), 이는 유공충 각의 보존 불량에 대한 가능서을 제시하는 것으로 볼 수 있다. 그리고 낮은 pH값을 보이는 해수나 Marsh 토양층에서도 유공충의 Calcareous tests가 잘 보존되지 않는다는 사실도 밝혀졌다 (Parker and Athearn, 1969; Phleger, 1967; Scott and Medioli, 1980b; Scott and Leckie, 1990). 그러나 일시적인 환경변화에 대한 가능성도 배제할 수 없다.

Tidal flat은 대체로 상부의 Tidal marsh에 의해 경계지워지며, Mud flat 혹은 Sand flat으로 구성된다. Tidal marsh는 High and low marsh zone으로 구분할 수 있다 (Ranwell, 1972; Frey and Basan, 1985). 그리고 지역에 따라서 각각 다른 환경요인에 의해 영향을 받기는 하나 세계적으로 High and low marsh zone에서 서식하는 유공충 군집이 알려져 있으며 (Scott *et al.*, 1981; Glodstein and Frey, 1986; Jones and Cameron, 1987; Scott and Leckie, 1990), 중위도 지역에서 High marsh zone 은 사질 유공충의 높은 산출율로 특징지워진다.

*Trochammina inflata*와 *Miliammina fusca*는 전 세계적으로 High marsh zone에서 풍부하게 산출된다 (Murray, 1971). 그러나 본 시추심에서는 앞에 언급한 사질 유공충의 산출율이 매우 낮고, 유리질 유공충이 우세하게 산출되므로 High marsh zone 보다는 아래쪽에 위치한 환경에서 형성된 퇴적층인 것으로 사료된다. 그리고 시추심 깊이 112cm 상부 3개 시료에서 부유성 유공충의 산출은 Local current나 Storm에 의해서 외해에서 운반되어진 것으로 보이며 (Copper, 1961) 이는 본 시추심 상부 퇴적물이 Stom deposit으로 구성되어 있다는 사실과 밀접한 관계가 있는 것으로 보인다 (한국해양연구소, 1991). 한편, 시추심 깊이 190cm 이하에서는 *Allogromia*? sp. A를 제외한 유공충의 산출이 매우 빈약한 것으로 보아 본 시추심의 하부 퇴적층은 Supratidal flat에서 퇴적되었으며, 간헐적인 해수의 영향으로 소수의 유공충 종이 생존했을 가능성이 있다.

이상과 같은 사실로 미루어 보아 시추심 SW-9의 하부층이 퇴적될 당시의 환경은 Supratidal zone이었던 것으로 보이며 그후 해수면의 상승으로 152cm 상부층은 Intertidal flat에서 퇴적된 것으로 보인다. 또한 본 시추심 상부 퇴적물이 퇴적되는 동안 간헐적인 Storm의 영향이 있었으며, 그 결과 외해에서 서식하는 부유성 유공충이 운반되어져 퇴적된 것으로 유추된다.

### 2-3-2. Core SW-19

시추심 SW-19에서는 11개의 시료가 분석되었으며, 총 24속 39종의 유공충이 감별되었다 (Table 6.5). 모든 시료에서 Thecamoebians를 포함한 유공충이 산출되었으며, 시추심 깊이 70-72cm 사이에서 535개체의 가장 풍부한 유공충이 산출되었다. 종 다양도가 가장 높은 시료도 역시 깊이 70-72cm 사이로 33종이 감별되었으며, 깊이 192cm 이상에서 채취된 6개의 시료에서 6종 이상의 유공충 종이 동정되었다.

Table 6.5. List of foraminiferal species from the Core SW-19

| Species / Sample Depth(cm) | 0-2 | 30-32 | 70-72 | 110-112 | 150-152 | 190-192 | 230-232 | 270-272 | 310-312 | 350-352 | 390-392 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. *Allogromin?* sp. A | 2 | 2 | 12 | 3 | 19 | 15 | 68 | 65 | 48 | 50 | 65 |
| 2. *Ammobaculites exiguus* | | 1 | | | | | | | | | |
| 3. *Ammonia beccarii tepida* | 10 | 8 | 46 | 78 | 47 | 65 | | | | | |
| 4. *Ammonia var. compressiuscula* | 5 | | | | | | | | | | |
| 5. *Ammonia globosa* | | | 16 | 5 | 4 | | | | | | |
| 6. *Anomalina globulosa* | | | 12 | | | | | | | | |
| 7. *Anomalina* sp. A | | | | 2 | 3 | 3 | | | | | |
| 8. *Astrononion* cf. *hamadaense* | | | 1 | | | | | | | | |
| 9. *Astrononion* sp. A | | 3 | 1 | | | | | | | | |
| 10. *Buliminella tenuis* | | | 1 | | | | | | | | |
| 11. *Cancris auriculus* | | | 1 | | | | | | | | |
| 12. *Cassidulina carinata* | | | 1 | | | | | | | | |
| 13. *Cribrononion porisuturalis* | | | 1 | 5 | 3 | | | | | | |
| 14. *Cribrononion subincertum* | | | 3 | 1 | | | | | | | |
| 15. *Elphidium advenum* | 6 | 4 | 11 | 1 | 2 | | | | | | |
| 16. *Elphidium etigoense* | 8 | | 7 | 2 | 1 | | | | | | |
| 17. *Elphidium excavatum clavata* | | 8 | 19 | 3 | 5 | 5 | | | | | |
| 18. *Elphidium incertum* | | | 6 | | | | | | | | |
| 19. *Elphidium limpidium* | | | 1 | | | | | | | | |
| 20. *Epistominella naraensis* | | | 4 | | | | | | | | |
| 21. *Epistominella tomana* | | | 2 | | | | | | | | |
| 22. *Eponides nipponicus* | 20 | 27 | 352 | 5 | 5 | 6 | | | | | |
| 23. *Eponides procerus* | | | 10 | | | | | | | | |
| 24. *Fissurina* cf. *marginata* | | | | | | 1 | | | | | |
| 25. *Fissurina* sp. A | 1 | | | | | | | | | | |
| 26. *Globigerina bulloides* | 1 | | 6 | | | | | | | | |
| 27. *Globigerina quinqueloba* | | | 3 | | | | | | | | |
| 28. *Globigerina rubescens* | | | 1 | | | | | | | | |
| 29. *Globigerinita glutinata* | | | 4 | | | | | | | | |
| 30. *Globigerinoides ruber* | | 1 | 1 | | | | | | | | |
| 31. *Globocassidulina* sp. A | 1 | | | | | | | | | | |
| 32. *Gyroidina nipponica* | | 1 | 4 | 1 | | | | | | | |
| 33. *Hyalinea inflata* | | | 1 | | | | | | | | |
| 34. *Neogloboquadrina pachyderma* | | | 2 | | | | | | | | |
| 35. *Nonionella* cf. *auriculum* | | | 1 | | | | | | | | |
| 36. *Nonionlla stella* | | | 2 | 1 | 3 | | | | | | |
| 37. *Parafissurina* sp. A | | | 1 | | | | | | | | |
| 38. *Rosalina bradyi* | | | 1 | | | | | | | | |
| 39. *Trochammina* sp. A | | | 1 | | | | | | | | |
| (A) TOTAL NO. ALLOGROMIA? | 2 | 2 | 12 | 3 | 19 | 15 | 68 | 65 | 48 | 50 | 65 |
| (B) TOTAL NO. HYALINE | 51 | 51 | 505 | 104 | 73 | 80 | | | | | |
| (C) TOTAL NO. ARENACEOUS | | 1 | 1 | | | | | | | | |
| (D) TOTAL NO. PORCELANEOUS | | | | | | | | | | | |
| (E) TOTAL NO. PLANKTONIC | 1 | 1 | 17 | | | | | | | | |
| (F) % ALLOGROMIA? | 3.7 | 3.6 | 2.2 | 2.8 | 20.7 | 15.8 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| (G) % BENTHONIC | 94.4 | 94.6 | 94.6 | 97.2 | 79.3 | 84.2 | | | | | |
| (H) % PLANKTONIC | 1.9 | 1.8 | 3.2 | | | | | | | | |
| (I) TOTAL NO. OF INCIVIDUAIS | 54 | 55 | 535 | 107 | 92 | 95 | 68 | 65 | 48 | 50 | 65 |
| (J) TOTAL NO. OF SPECIES | 9 | 8 | 33 | 12 | 10 | 6 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

그리고 시추심 깊이 0-192cm 사이에서 *A. beccarii tepida*를 비롯한 유리질 유공충도 비교적 풍부하게 산출된다. *A. beccarii tepida*의 출현은 본 퇴적층이 Intertidal flat이나 그 하부의 환경에서 형성되어진 퇴적층임을 알려주는 좋은 증거로 믿어진다 (Scott *et al.*, 1981; Wang and Wang, 1980, Wang *et al.*, 1985; Cheong *et al.*, 1992). 시추심 깊이 0-72cm 사이에서는 8.6-18.5%의 비율로 나타났다 (Fig. 6.4). 깊이 70-72cm에서 *E. nipponicus*가 전체군집의 65.8%를 점유하며, 상부 시료인 깊이 0-2cm와 30-32cm 사이에서도 각각 37.0%와 49.1%로 높은 비율로 산출되는 것도 특징적인 현상으로 보여진다.

본 시추심에서도 사질 유공충의 비율은 매우 낮으며 *A. beccarii tepida*를 비롯한 유리질 유공충이 압도적으로 출현하는 것으로 보아 Intertiadl flat에서 형성된 것으로 보여진다. 그리고 최상부 층인 깊이 0-72cm 사이에서 전체군집의 1.8-3.2%에 달하는 부유성 유공충이 산출되었으며, 풍부하게 산출되는 종은 *Globigerina bulloides, Globigerina quinqueloba, 그리고 Globigerinita glutinata* 등이다. 이들은 역시 Stom이나 강한 Current에 의해 외해에서 운반되어진 것으로 믿어진다. 한편 시추심 깊이 230cm 하부층에서는 다른 유공충 종은 전혀 산출되지 않으며 *Allogromia*? sp. A만 단일종으로 출현하므로 본 시추심의 하부층도 Supratidal zone의 해수의 영향이 거의 미치는 않는 곳에서 퇴적된 층임을 알 수 있다. 이러한 사실은 본 시추심의 퇴적상 연구결과 깊이 200cm 하부층이 주로 Homogeneous mud 또는 Deformed silts and muds 퇴적상으로 구성되며, 이러한 퇴적상은 현재 상부 조간대의 고도가 높은 곳이나 사주에 의해 보호받는 지역들인 Supratidal zone에서만 발달되어 있다는 사실과 (한국해양연구소, 1991) 아주 잘 일치하고 있다.

결론적으로 시추심 SW-19의 하부층도 시추심 SW-19의 하부층과 마찬가지로 해수의 영향이 거의 미치지 않는 Supratidal zone에서 퇴적

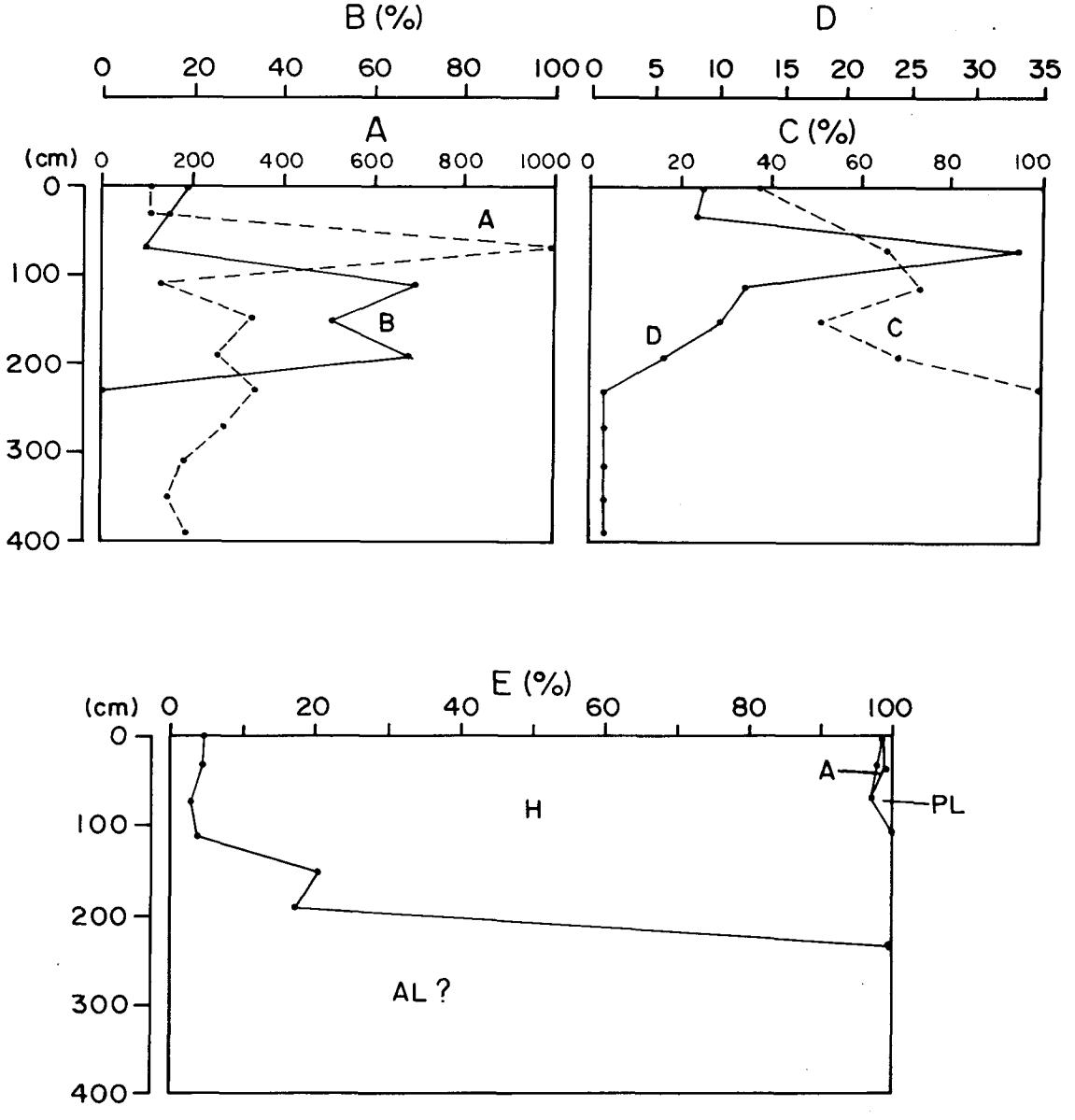


Fig. 6.4. Vertical changes of foraminiferal observations throughout the Core SW-19; refer the explanation of A, B, C, D, and E in Fig. 6.3.

된 것으로 보이며, 그후 해수면의 상승으로 깊이 192cm 이상의 퇴적층은 Middle intertidal 하부에서 퇴적된 것으로 믿어진다. 그러나 최상부 층에서 유공충 군집의 산출율이 감소하는 것은 퇴적물 입자에 의한 영향보다는 해수면상승에 의한 High wave energy 환경이나, 그밖의 다른 환경요인에 원인이 있는 것으로 믿어진다. 시추심 상부층에서 부유유공충의 산출은 Storm이나 강한 Wave의 영향을 의미하며, 상부층 퇴적당시 High energy 환경이었음을 알려준다.

### 2-3-3. Core SW-27

시추심 SW-27에서는 14개의 시료가 분석되었으며, 총 31속 45종의 유공충이 감별되어 연구된 3개의 시추심중 가장 다양한 유공충 종이 산출되었다 (Table 6.6). 그러나 개체수는 다른 시추심에 비하여 그리 풍부하지 못하여 100개체 이상의 유공충이 산출된 시료는 깊이 110-112cm 뿐이다. 종 다양도가 가장 높은 시료도 깊이 110-112cm 사이로 23종이 감별되었으며, 그밖에 8개의 시료에서 7종 이상의 유공충 종이 동정되었다.

*Allogromia*? sp. A는 깊이 150-152cm와 270cm 하부층에서 88-100%의 압도적인 비율로 산출되며, 그밖의 상부층에서는 주로 *A. beccarii tepida*와 *E. nipponicus*가 풍부하게 나타난다. 시추심 상부층에서 *E. nipponicus*의 우세한 산출은 시추심 SW-19와 유사하나, 일반적으로 다른 지역의 조간대에서는 보고된 적이 거의 없는 독특한 현상이다. 따라서 시추심 SW-19와 SW-27의 상부층의 퇴적환경이 *E. nipponicus*의 생존에 아주 적합했거나, 유공충 종간의 생물적 경쟁관계에서 *E. nipponicus*가 우세한 경쟁력을 지녔던 것으로 추측된다. 본 시추심에서도 유리질 유공충이 단연 우세하게 산출되었으며, 소수의 사질 유공충과 도기질 유공충이 산출되었다. 시추심 깊이 30-32cm, 110-112cm 그리고 190-192cm 사이에서 4.2-19.4%에 달하는 부유공충

Table 6.6. List of foraminiferal species from the Core SW-27.

| Species / Sample Depth(cm) | 0-2 | 30-32 | 70-72 | 110-112 | 150-152 | 190-192 | 230-232 | 270-272 | 310-312 | 350-352 | 390-392 | 430-432 | 470-472 | 510-512 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. *Allogromia?* sp. A | 5 | 5 | 5 | 10 | 5 | 44 | 31 | 52 | 41 | 35 | 72 | 76 | 75 | 90 |
| 2. *Ammonia beccarii tepida* | 18 | 29 | 10 | 18 | | 10 | 5 | | | | | | | |
| 3. *Ammonia globosa* | 4 | | | 5 | | 2 | | | | | | | | |
| 4. *Anomalina* sp. A | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| 5. *Astrononion aomoriense* | | | | | | | | | | | 2 | 3 | | |
| 6. *Astrononion* sp. A | 1 | | | 1 | | | | | | | | | | |
| 7. *Bolivina robusta* | | | | | | 1 | | | | | | | | |
| 8. *Bolivina* sp. A | | | | 1 | | | | | | | | | | |
| 9. *Buccella frigida* | 1 | | | | | | 4 | | | | | | | |
| 10. *Bulimina aculeata* | | | | 2 | | | | | | | 1 | | | |
| 11. *Buliminella?* sp. A | | | | 1 | | | | | | | | | | |
| 12. *Cancris auriculus* | | | 1 | 1 | | | | | | | | | | |
| 13. *Cancris sagra* | | | | | | | | | | | 1 | | 1 | |
| 14. *Candeina nitida* | | | | | | 1 | | | | | | | | |
| 15. *Cassidulina carinata* | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| 16. *Cribrononion subincertum* | | | | 2 | | | | | | | | | | |
| 17. *Elphidium advenum* | | 1 | | | | | | | | | | | | |
| 18. *Elphidium etigoense* | | 1 | 1 | 3 | | 1 | 2 | | | | | | | |
| 19. *Elphidium excavatum* | 1 | 4 | 2 | 3 | | 2 | | | | | | | | |
| 20. *Elphidium incertum* | | 3 | | | | | | | | | | | | |
| 21. *Epistominella naraensis* | | 1 | | | | | | | | | | | | |
| 22. *Eponides nipponicus* | 25 | 8 | 19 | 32 | | 19 | | | | | 1 | | | |
| 23. *Fissurina marginata* | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| 24. *Fissurina* sp. A | | | | 1 | | | | | | | | | | |
| 25. *Globigerina bulloides* | | | | 6 | | 2 | | | | | | | | |
| 26. *Globigerina quinqueloba* | | 1 | | 3 | | | | | | | | | | |
| 27. *Globigerinita glutinata* | | 1 | | 2 | | | | | | | | | | |
| 28. *Globigerinita uvula* | | | | 2 | | | | | | | | | | |
| 29. *Globigerinoides ruber* | | | | 1 | | | | | | | | | | |
| 30. *Globocassidulina globosa* | | | | 1 | | | | | | | | | | |
| 31. *Gyroidina nipponica* | | | | | | | | | | | 1 | 1 | 1 | |
| 32. *Haplophragmoides evolutum* | | | | | | | | | | | | | 2 | |
| 33. *Hopkinsina pacifica* | | | | 1 | | | 1 | | | | | | | |
| 34. *Lenticulina* cf. *lucidus* | | | | | | 3 | | | | | | | | |
| 35. *Neogloboquadrina pachyderma* | | 1 | | 5 | | | | | | | | | | |
| 36. *Nonionella stella* | | | | 1 | | 1 | 1 | | | | 1 | | 2 | |
| 37. *Nonionella* sp. A | | | | | | | | | | | | | 1 | |
| 38. *Nonionoides grateloupi* | | | | | | | | | | | 1 | | | |
| 39. *Pseudononion japonicum* | 1 | | 2 | | | 2 | 1 | | | | 1 | | | |
| 40. *Quinqueloculina seminula* | | | | 1 | | | | | | | | | | |
| 41. *Rosalina bradyi* | | | | | | 1 | | | | | | | | |
| 42. *Rosalina floridana* | | | | | | 1 | | | | | | | | |
| 43. *Rosalina globularis* | | | | | | 2 | | | | | | | 1 | |
| 44. *Trochammina pacifica* | | | | | | | | | | | 1 | | | |
| 45. *Trochammina* sp. A | | 3 | | | | | | | | | | | | |

Continued

| Species / Sample Depth(cm) | 0-2 | 30-32 | 70-72 | 110-112 | 150-152 | 190-192 | 230-232 | 270-272 | 310-312 | 350-352 | 390-392 | 430-432 | 470-472 | 510-512 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| (A) TOTAL NO. OF ALLOGROMIA? | 5 | 5 | 5 | 10 | 5 | 44 | 31 | 52 | 41 | 35 | 72 | 76 | 75 | 90 |
| (B) TOTAL NO. OF HYALINE | 54 | 47 | 35 | 72 | | 24 | 14 | | | | 9 | 4 | 6 | |
| (C) TOTAL NO. OF ARENACEOUS | | 3 | | | | | | | | | 1 | | 2 | |
| (D) TOTAL NO. OF PORCELANEOUS | | | | 1 | | | | | | | | | | |
| (E) TOTAL NO. OF PLANKTONIC | | 3 | | 20 | | 3 | | | | | | | | |
| (F) % ALLOGROMIA? | 8.5 | 8.6 | 12.5 | 9.7 | 100 | 62.0 | 68.9 | 100 | 100 | 100 | 87.8 | 95.0 | 90.4 | 100 |
| (G) % BENTHONIC | 91.2 | 86.2 | 87.5 | 70.9 | | 33.8 | 31.1 | | | | 12.2 | 5.0 | 9.6 | |
| (H) % PLANKTONIC | | 5.2 | | 19.4 | | 4.2 | | | | | | | | |
| (I) TOTAL NO. OF INDIVIDUAIS | 59 | 59 | 40 | 103 | 5 | 71 | 45 | 52 | 41 | 35 | 82 | 80 | 83 | 90 |
| (J) TOTAL NO. OF SPECIES | 11 | 12 | 7 | 23 | 1 | 13 | 7 | 1 | 1 | 1 | 10 | 3 | 7 | 1 |

이 산출되어 본 시추심의 퇴적당시에도 간헐적인 Storm이나 강한 Current의 영향이 있었던 것으로 믿어진다.

시추심 270cm 하부층에서는 *Allogromia*? sp. A가 단연 우세하나 (Fig. 4) 깊이 390-472cm 사이에서 채취된 3개의 시료에서 5.0-12.2%에 달하는 유리질 유공충이 산출되었다. 이러한 현상은 퇴적환경의 변화에 기인한 것이기 보다는 Supratidal zone에 간헐적인 해수의 영향으로 환경 적응력이 강한 소수의 유공충 종의 서식이 가능했던 것으로 믿어진다. 따라서 해수면 상승에 근거한 퇴적환경의 변화가 나타나고 일반적인 조간대 유공충 종의 서식이 어느정도 가능했던 시기는 깊이 232cm 상부층이 퇴적될 시기였던 것으로 보인다. 그 이유는 깊이 230-232cm와 190-193cm 사이에서 30% 이상의 저서 유공충이 산출되었으며, 본 시추심의 퇴적상 연구에서도 깊이 215cm 상부층에서 현재 하부 조간대나 High energy 환경에서 주로 발달하는 퇴적상이 나타나기 시작한다는 사실과도 (한국해양연구소, 1991) 비교적 잘 일치하고 있기 때문이다. 그러나 깊이 150-152cm 사이에서는 다시 극소수의 *Allogromia*? sp. A만 산출되어 일시적인 환경변화의 가능성을 보이며, 그후 깊이 112cm 상부층의 퇴적시기에 계속적인 해수면의 상승으로 현재와 같은 조간대 환경이 형성된 것으로 보인다.

이러한 사실로 부터 본 시추심의 퇴적환경을 요약해 보면 다음과 같다. 시추심 SW-27의 하부층은 간헐적인 해수의 영향을 받는 Supratidal zone에서 퇴적되었으며, 그후 해수면이 서서히 상승하여 깊이 232cm 상부층이 만조선 부근의 조간대에서, 그리고 깊이 112cm 상부층은 보다 하부의 Intertidal flat에서 퇴적된 것으로 유추된다. 그리고 본 시추심 깊이 192cm 상부층이 퇴적되는 동안 간헐적인 Storm이나 강한 Current의 영향이 있었으며 그 결과 부유 유공충이 조간대까지 밀려와 퇴적된 것으로 믿어진다.

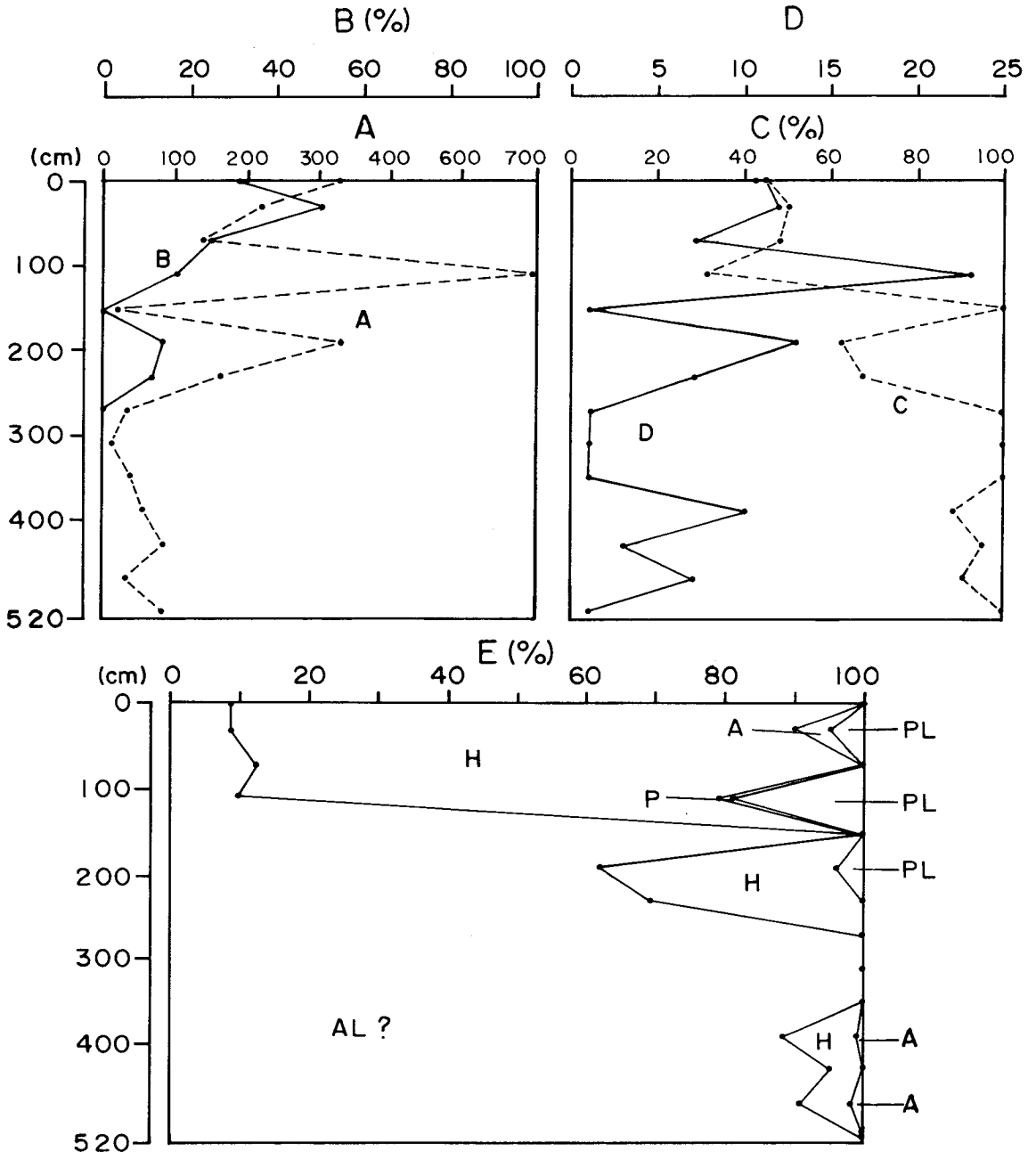


Fig. 6.5. Vertical changes of foraminiferal observations throughout the Core SW-27; refer the explanation of A, B, C, D, and E in Fig. 6.3.

## 2-4. 요약

1) 곰소만 조간대의 SW-Line에서 채취된 3개의 시추심으로 부터 총 42속 80종의 유공충이 감별되었으며, 그중 Thecamoebians으로 알려진 *Allogromina*? sp. A의 분류학적 위치가 아직 분명하지 않으므로 계속적인 연구가 요구되어진다. 세 시추심의 상부층에서는 유리질 유공충이 압도적으로 우세하며, 소수의 사질 유공충과 도기질 유공충도 산출되었다.

2) 연구된 3개의 시추심에서 풍부하게 산출되는 종은 *Allogromia*? sp. A, *Ammonia beccarii tepida, Eponides nipponicus, Ammonia globosa, Elphidium advenum, Elphidium etigoense, Elphidium excavatum* 그리고 *Elphidium excavatum clavata* 등이다. 또한 연구된 세 시추심의 상부층에서 부유성 유공충이 산출되었으며, 비교적 풍부하게 산출되는 종은 *Globigerina bulloides*와 *Globigerina quinqueloba*이다.

3) 유공충 군집의 산출양상과 퇴적상 연구자료에 근거한 각 시추심의 퇴적환경 변화과정은 다음과 같다. 세 시추심의 하부층은 모두 Supratidal zone에서 퇴적되었으며, 그후 해수면의 상승으로 SW-9는 깊이 152cm 상부층이, SW-19는 192cm 상부층이, 그리고 SW-27은 232cm 상부층이 해수의 영향이 비교적 크게 작용하는 High marsh 하부의 Intertidal flat에서 퇴적된 것으로 사료된다.

4) 세 시추심의 상부층에서 간헐적으로 혹은 연속적으로 부유 유공충 종들이 산출되는데 이들은 강한 Storm이나 Wave에 의하여 외해에서 연구지역까지 운반된 후 퇴적된 것으로 보인다. 이러한 현상은 상부층이 퇴적되는 동안 해수면의 상승으로 연구지역이 High wave energy 환경으로 변화했다는 사실을 알려준다.

# 제 7장 해수면 변동 연구

## 제 1절 $C^{14}$ 연대측정 자료

Table 7.1은 측선 SW와 HJ의 코아에서 얻은 총 16개의 C-14 연대 측정값을 종합한 것이다. 시료의 고도와 연령값을 기초로 Age-depth의 관계를 도시한 결과 (Fig. 7.1), 각 시료의 분산 정도가 심하여 합리적인 해수면 변화 곡선을 유도하기 어려웠다. 이와같은 사실은 과거의 해수면을 지시하는데 있어 연대측정 물질에 어떤 문제가 있음을 의미한다. 일반적으로 해수면 변화를 위한 연대측정 물질로는 Peat나 식물 뿌리 등 주로 해수면을 지시할 수 있는 현지성 유기물이 널리 이용된다. 그러나 본 연구 지역의 코아에는 그러한 물질이 결핍되어 주로 패각이 연대측정에 이용되었다. 그런데 패각은 서식하는 수심대의 폭이 클 뿐만 아니라 재동 혹은 이동 가능성이 크기 때문에 Age-depth의 관계에서 위와같이 심한 분산을 보인 것이다. 따라서 패각은 과거 해수면의 지시자로는 적합치 못하며, 패각 이외의 적절한 물질이 없는 상황에서 패각을 이용할 때에는 그에 대한 세심한 주의와 보정이 필요하다.

본 연구는 위에 언급한 문제점들을 고려하여 Table 7.2와 같이 총 10점의 시료를 선별, 뉴질랜드의 DSIR에 $C^{14}$ 연대측정을 의뢰하였다. 아직 그 결과가 나오지 않았으나 결과가 나오면 기존의 자료와 함께 종합분석되어, 적어도 한국 서해안에 적용 가능한 제 4기 해수면 변화 곡선이 유도될 수 있으리라 생각된다.

**Table 7.1. Summary of radiocarbon dates in the tidal flats of Gomso Bay.**

| St. No.-Depth(cm) | Elevation of St.(cm) | Sample Depth(cm) | Elevation of Sample Site(cm) | Material dated | C-14 Age (Yrs BP) | Sedimentation Rate(mm/yr) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | Integrated | Individual |
| HJ-03-082 | 89.2 | 82 | 7.2 | *Crassostrea* | 1,925 | 0.43 | |
| HJ-19-100 | -75.6 | 100 | -175.6 | Bivalvia unid. | 4,110 | 0.24 | |
| HJ-23-114 | -94.2 | 114 | -208.2 | Ostreadae unid. sp. | 1,515 | 0.75 | |
| HJ-27-185 | -95.7 | 185 | -280.7 | *Crassostrea gigas* | 4,336 | 0.43 | |
| HJ-31-130 | -107.4 | 130 | -237.4 | *Crassostrea gigas* | 1,128 | 1.15 | |
| HJ-35-163 | -112.9 | 163 | -275.9 | *Meretrix* | 1,152 | 1.41 | |
| HJ-43-060 | -167.1 | 60 | -227.1 | *Dosinia japonica* | 229 | 2.62 | |
| -180 | -167.1 | 180 | -347.1 | *Crassostrea gigas* | 414 | 4.35 | 6.49 |
| * -235 | -167.1 | 235 | -402.1 | *Crassostrea gigas* | 4,439 | 0.53 | |
| -295 | -167.1 | 295 | -462.1 | *Crassostrea gigas* | 1,762 | 1.67 | 0.85 |
| SW-05-110 | 229.1 | 110 | 119.1 | Worm tube | 13,840 | 0.08 | |
| SW-07-579 | 229.7 | 579 | -349.3 | Peat | 7,032 | 0.82 | |
| SW-08-110 | 348.2 | 110 | 238.2 | Ostreadae unid. sp. | 3,620 | 0.30 | |
| SW-09-070 | 149.9 | 70 | 79.9 | *Crassostrea gigas* | 1,398 | 0.50 | |
| * -125 | 149.9 | 125 | 24.9 | *Crassostrea gigas* | 4,028 | 0.31 | |
| -168 | 149.9 | 168 | -18.1 | *Crassostrea gigas* | 1,619 | 1.04 | 4.43 |

* : Overturned sample, Elevation values are based on mean sea level.

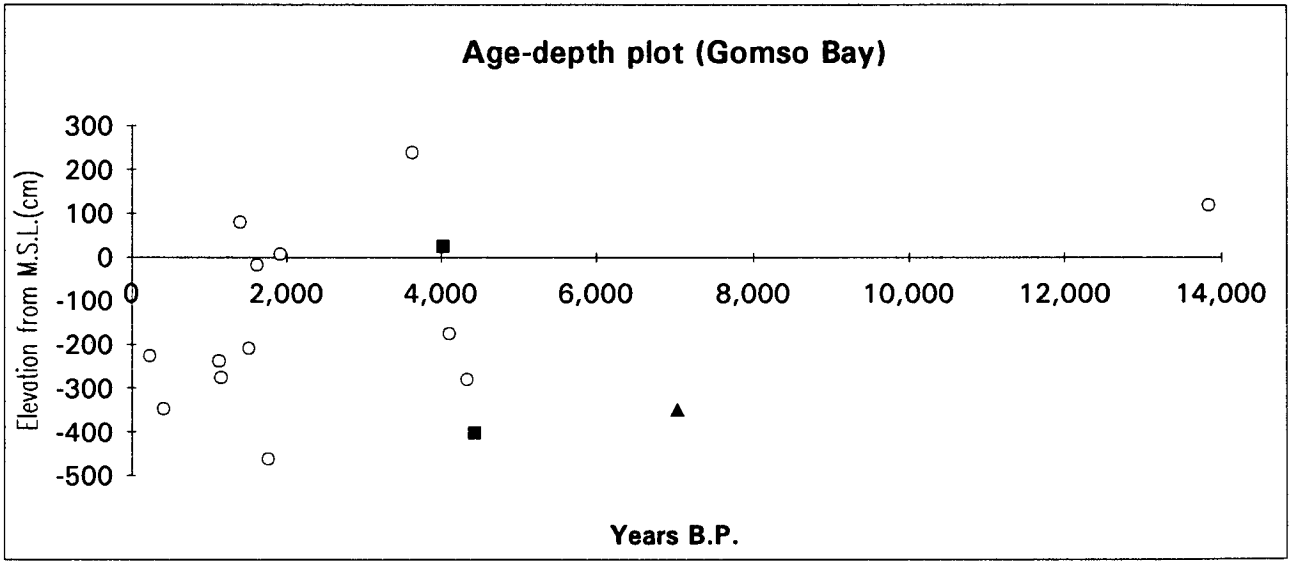


Fig. 7.1. Age-depth plots based on radiocarbon dates in the Gomso Bay tidal flat.

**Table 7.2. Samples for AMS C-14 age dating**

| No. | Sample ID | Depth from seafloor (cm) | Description |
|---|---|---|---|
| 1 | YgQL93D-A-525 | 525 | Shell |
| 2 | YgQL93D-B-370 | 370 | Wood fragments |
| 3 | YgQL93D-B-440 | 440 | Worm tube |
| 4 | YgQL93D-D-600 | 600 | Plant remains |
| 5 | YCIS91P-3-180 | 180 | Shell |
| 6 | YCIP91P-8-200 | 200 | Shell |
| 7 | ECNP91P-1/2-165 | 165 | Shell |
| 8 | YpQL93A-D-150 | 150 | Peat |
| 9 | YpQL93A-D-220 | 220 | Peat |
| 10 | YpQL93A-M-000 | 0 | Peat |

# 참고문헌


Arnal, R. E., Quinterno, P. J., Conomos, T. J., and Gram, R., 1980, Trends in the distribution of recent foraminifera in San Francisco Bay. Cush. Foun. Spe. Pub. no. 19, Memorial to Orville L. Bandy, P. 17-39.

Belknap, D. F., and Kraft, S. C., 1985. Influence of antecedent geology on stratigraphic preservation potential and evolution of Delaware's barrier systems. Marine Geology, 63: 235-262.

Boltovskoy, E. and Wright, R., 1976. Recent Foraminifera. The Hague, 515p.

Buzas, M. A., 1990. Another look at confidence limits for species proportions. Journal of Paleontology, v. 64, p.842-843.

Chang, S. K., 1983, Benthic Foraminifera of the subtidal zone of Asan Bay. Korea. Jour. Oceanol. Soc. Korea, v. 18, no. 2, p. 125-141.

Chang, S. K., 1986, Implications of the Recent benthic Foraminifera in Gwangyang Bay. Korea. Jour. Oceanol. Soc. Korea. v. 21, no. 1, p. 1-12.

Chang, S. K., and Lee, K. S., 1982, Recent benthic Foraminifera from the intertidal flats of vicinity of Inchon. Korea. Bull. Korea Ocean Research & Development Institute, v. 4, p. 63-72.

Chang, S. K. and Lee, K. S., 1984. A Study on the Recent benthic Foraminifera of the intertidal flats of Asan Bay, Korea. Jour. Geol. Soc. Korea, 20 (3), p.171-188.

Cheong, H. K., 1989, A study on the benthic foraminifera from the tidal flats adjacent to the Inchon, Korea. Jour. Paleont. Soc. Korea, v. 5, no. 1, p.37-52

Cheong, H. K., Paik, K. H., and Park, B. K., 1992, Faunal analysis and oceanic environment of the Recent benthonic Foraminifera from the West and South Sea of Korea. Jour. Oceanol. Soc., v. 27, no. 2, p. 123-136.

Chung, G.S. and Park, Y.A., 1978. Sedimentological properties of the recent tidal flat environment, southern Namang Yang Bay, west coast of Korea, J. Oceanol. Soc. Korea, 13: 9-18.

Culver, S. J. and Banner, F. T., 1978. Foraminiferal assemblages as Flandrian palaeo-environmental indicators. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, v.24, p.53-72.

Dennison, J. M. and Hay, W. W., 1967. Estimating the needed sampling area for subaquatic ecologic studies. Journal of Paleontology, v. 41, p. 706-708.

Dillon, W. P. and Oldale, R. N., 1978. Late Quaternary sea-level curve: reinterpretation based on glaciotectonic influence. Geology, 6: 56-60.

Folk, R. L., 1968. Petrology of sedimentary rocks. Hemphills's, Austin.

Folk, R. L., and Ward, W., 1957. Brazos river bar: A study in the significance of grain size parameters. J. sedim. petrol, 27: 3-26.

Frey R. W., Howard, J. D., Han, S. J. and Park, B. K., 1989. Sediments and sedimentary sequences on a modern macrotidal flat, Inchon, Korea. J. Sed. Petrology, 59: 28-44.

Frey, R. W., and Basan, P. B., 1985, Coastal tidal marshes. In Davis, R. A., Jr., ed., Coastal sedimentary environments, New York, Springer-Verlag, p. 255-302.

Goldstein, S. T., and Frey, R. W., 1986. Tidal marsh foraminifera, Sapelo Island, Georgia. Senckenbergiana Maritima, v. 18, p. 97-121.

Harris, A. G. and Sweet, W. C., 1989. Mechanical and chemical techniques for separating microfossils from rock, sediment and residue matrix. In: Feldmann, R. M., Chapman, R. E. and Hannibal, J. T. (Editors), Paleotechniques. The Paleontological Society Special Publication No. 4, p. 70-86.

IPCC working group 1, 1990, Executive summary of scientific assessment of climate change, Report to IPCC.

Jennjings, A. E., and Nelson, A. R., 1992, Foraminiferal assemblage zones in Oregon tidal marshes-relation to marsh floral zones and sea level. Jour. Foram. Res., v. 22, no. 1, p. 13-29.

Jones, J. R., and Cameron, B., 1987, Surface distribution of foraminifera in a New England salt marsh-Plum Island, Massachusetts. Maritime Sediments and Atlantic Geology, v. 23, p. 131-140.

Kim, J. L., and Park, S. C., 1985. Intertidal flat sediments and characteristic sedimentary structures in the Changgu Bay, west coast of Korea. J. Oceanol. Soc. Korea, 20: 43-49.

Lee, C. B., Park, Y. A. and Koh, C. H., 1985. Sedimentology and geochemical properties of intertidal surface sediments off the Banweol area in the southern part of Kyeonggi Bay, Korea. J. Oceanol. Soc. Korea, 20: 20-29.

Matera, N. J. and Lee, J. J., 1972. Environmental factors affecting the standing crop of foraminifera in sublittoral and psammolittoral communities of Long Island salt marsh. Marine Biology, v. 14, no. 2, P. 89-103.

Murray, J. W., 1971, Living foraminiferids of tidal marsh-A review. Jour. Foram. Res., v. 1, p. 153-161

Murray, J. W., 1973. Distribution and ecology of living benthic foraminiferds. Crane, Russak and Company, Inc., New York, 274p.

Oldale, R. N. and O'Hara, C. J., 1980. New radiocarbon dates from the inner continental shelf off southern Massachusets and a local sea-level curve for the past 12,000 years. Geology, 8: 102-106.

Painter, P. K., and Spencer R. S., 1984, A statistical analysis of variants of Elphidium excavatum and their ecological control in southern Chesapeake Bay, Virginia. Jour. Foram. Res., v. 14, no. 2, p. 120-128.

Parker, F. L. and Athearn, W. D., 1959. Ecology of marsh Foraminifera in Poponesset Bay, Massachusetts. Journal of Paleontology, v. 33, no. 2, p. 333-343.

Patterson, R. T., 1990. Intertidal benthic foraminiferal biofacies on the Fraser River Delta, British Columbia-Modern distribution and paleoecological iportance. Micropaleontology, v. 36, p. 229-245.

Penland, S., and Suter, J. R., 1983. Transgressive coastal facies preserved in barrier island arc retreat paths in the Mississippi River delta plain: Gulf Coast Association Geological Societies Translations, XXXIII: 369-382.

Phleger, F. B., 1960. Ecology and Distribution of Recent Foraminifera. Johns Hopkins Press, Baltimore, 297p.

Phleger, F. B., 1967, Marsh foraminiferal patterns, Pacific coast of North America. Annals Instituto Biologico Universidad National Autonoma Mexico 38, Serie Ciencias del Mary Limnologia, v. 1, p. 11-38.

Ranwell, D. S., 1972, Ecology of tidal marshes and dunes. London, Chapman and Hall, 258 pp.

Reddy, K. R., and Rao, R. J., 1984, Foraminifera-Salinity relationship in

the Pennar estuary, India. Jour. Foram. Res., v. 1, p. 115-119.

Scott, D. B., and Medioli, F. S., 1978, Vertical zonations of marsh foraminifera as accurate indicators of former sea-levels. Nature, v. 272, p. 528-531.

Scott, D. B., and Medioli, F. S., 1980a. Quantiative studies of marsh foraminiferal distributions in Nova Scotia-Implications for sea level studies. Cushman Foundation for Foraminiferal Research Special Publication, no. 7, 58 pp.

Scott, D. B., and Medioli, F. S., 1980b, Living vs. total foraminiferal populations-Their relative usefulness in paleoecology. Journal of Paleontology, v. 54, p. 814-831.

Scott, D. B., and Medioli, F. S., 1986, Foraminifera as sea-level indicators, in van de Plassche, Orson, ed., Sea-level research-A manual for the collection and evaluation of data. Geo Books. Norwich, U. K., p. 435-456.

Scott, D. K., and Leckie, R. M., 1990., Foraminiferal zonation of Great Sippewissett salt marsh(Falmouth, Massachusetts). Jour. Foram. Res., v. 20, p. 248-266.

Scott, D. B., Williamson, M. A., and Duffett, T. E., 1981, Marsh foraminifera of Prince Edward Island-Their recent distribution and application for former sea level studies. Maritime Sediments and Maritime Geology, v. 17, p. 98-129.

Vail, P. R., Hardenbol,J. and Todd, R. G., 1984. Jurassic unconformities, chronostratigraphy and sea level changes from seismic stratigraphiy and biostratigraphy. In: Scholle, P. A. et al.(eds.), Carbonate Depositional Environments. Hem., Am. Assoc. Petrol. Geol., 33: 129-144.

Walton, W. R., 1952. Techniques for recognition of living foraminifera. Contributions from the Cushman Foundation for Foraminiferal Research, v. 3, p. 56-60.

Wang B., and Eisma, D., 1988. Mudflat deposition along the Wenzhou coastal plain in southern Zhejiang, China. In: P.L. de Boer et al. (eds.), Tide-Influenced Sedimentary Environments and Facies, 265-274.

Wang, J. and Wang, P., 1980, Relationship between sea-level changes and climatic fluctuation in east china since the late Pleistocene. Acta Geogr. Sinica, 35, p. 299-312.

Wang, P., Min, Q., and Bian, Y., 1985, On marine-continental transitional faunas in Cenozoic deposits of East China. In paper on Marine Micropaleontology of China, China Ocean Press, Beijing, p. 15-33.

Williams, H. F. L., 1989, Foraminiferal zonations on the Fraser River delta and their application to paleoenvironmental interpretations: Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, v. 73, p. 39-50.

Yang, Z., and Lin, H., 1991. Quaternary processes in eastern China and their international correlation. Geological Publishing House, Beijing, China, p. 112-115.

국립지리원, 1981. 연안해역 기본조사 보고서 (석포지구). 56 pp.

김여상, 1988. 한국 서해 천수만 사장포 해안의 조간대층의 퇴적환경과 진화. 박사학위 논문, 서울대학교, 169 pp.

농업진흥공사, 1989. 새만금 지구 파랑관측 조사연구. 307 pp.

한국해양연구소, 1991, 한국 서·남해안 조간대의 종합연구(III), 162 pp.

한국해양연구소, 1992. 제4기 해수면 변화의 모델개발 및 퇴적환경 변화에 대한 종합연구 (I). 187pp.