

방조제축조에 따른 퇴적환경 변화 연구 (II)

Sedimentary Effects of Break-Water Construction
on Coastal Environments(II)

1994. 4

연구 기관
한국해양연구소

과학기술처



제 출 문

과학기술처장관 귀하

본 보고서를 “방조제축조애 따른 퇴적환경 변화 연구”의 제 2차년도 보고서로 제출합니다.

1994년 4월

주관연구기관명: 한국해양연구소

총괄연구책임자: 이희준

해양지질분야

분야책임자: 이희준

연구원: 한상준, 유홍룡, 신동혁
원중선, 우한준, 장진호
추용식, 천종화, 김광산
정대교 (강원대학교)
이용일 (서울대학교)

기술원: 권수재

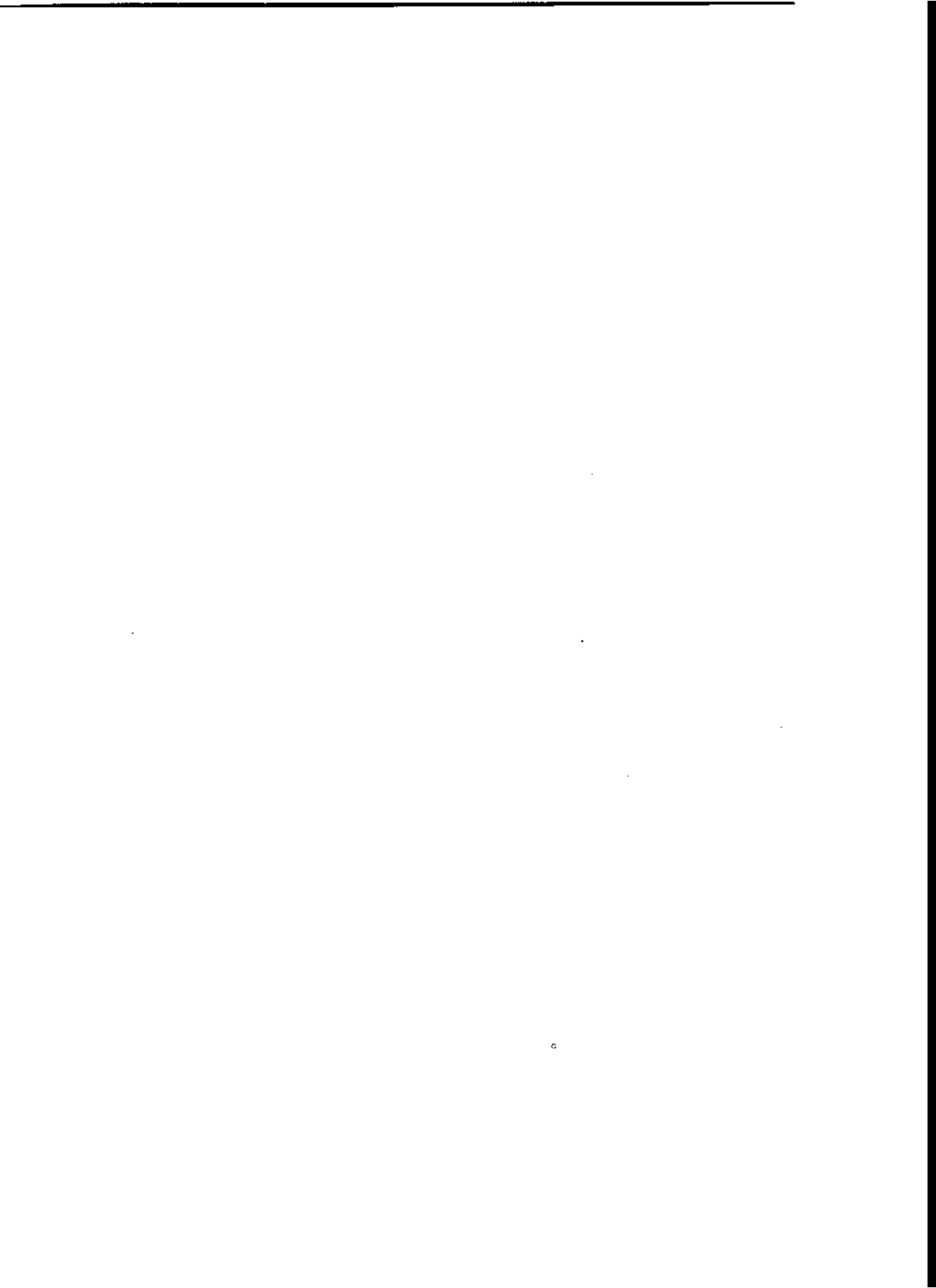
연구기사: 윤중수, 장 석, 김지희

연안공학분야

분야책임자: 열기대

연구원: 정경태, 이광수, 소재귀
진재용

연구기사: 김용권, 백원대, 송한준
김윤철, 김미경, 최영미



요 약 문

I. 제 목

방조제 축조에 따른 퇴적환경 변화 연구 (II)

II. 연구개발의 목적 및 중요성

국토가 비좁은 우리나라에서는 1960년대부터 넓게 발달되어 있는 서해안 연안의 조간대 지역을 활용할 목적으로 하부조간대에서 조하대지역을 가로지르는 방조제의 축조를 통해 농업용수를 확보하고, 농업, 공업용지 등의 가용면적을 넓히는 간척사업이 활발히 진행되어 왔다. 하지만 이러한 방조제 등의 인공구조물 축조를 통해 목전의 가용면적을 확대한다는 것도 절대적인 중요성을 가지고 있지만, 보다 장기적인 안목으로 조간대에서 일어나고 복잡한 자연현상 즉 생태학적, 퇴적학적 환경에 대한 연구가 선행되어야 하며, 자연에 대한 인공적인 침해, 즉 방조제 등의 축조로 인한 환경변화에 대한 다각적인 연구가 장기적으로 수행되어야 한다.

본 연구에서는 방조제 축조에 따른 부작용을 일으키는 환경변화 요소 중 퇴적환경변화를 퇴적학적 그리고 연안공학적인 접근을 통해 장기적으로 서서히 일어날 수 있는 퇴적환경의 변화를 최소화하는데 목적을 두고 있다.

III. 연구개발의 내용 및 범위

본 연구는 3개년 연구사업으로서 '95년 8월에 종료될 예정이었으나 조기에 종료되는 관계로 소기의 연구목적은 달성하지 못한채 끝나게 되었다. 하지만 연속해서 실시되는 '연안역 이용 및 통합관리에 관한 연구' 사업에서 원래 예정하였던 본 연구사업의 목적을 수행하여 보고서에 신고자 한다. 이번 연구기간 동안의 연구 항목은 다음과 같다.

1. 퇴적환경 연구

가. 조간대 단면조사 :

정밀한 수준측량에 의한 조간대 지형의 단면도 작성

나. 표층퇴적물 분석 :

조간대 및 대호지구 연안역의 표층퇴적물 분석 및 퇴적상 분포도

다. 해저지형 조사 :

측심기를 이용한 조간대 및 연안역의 해저지형 파악

라. 조간대 퇴적층의 수직층서 연구 :

진동시추기를 이용한 조간대 퇴적작용 및 퇴적환경 변화 해석

마. 퇴적물의 물성조사 :

퇴적물의 함수율, 전밀도, 공극비, 공극율, 유기물 함량 측정

바. 조간대 퇴적환경에서의 집적율 및 침식율 조사 :

기준면으로 아크릴판을 설치하여 퇴적물 집적율 및 침식율을

연속적으로 측정

2. 수리환경 변화 파악 및 예측

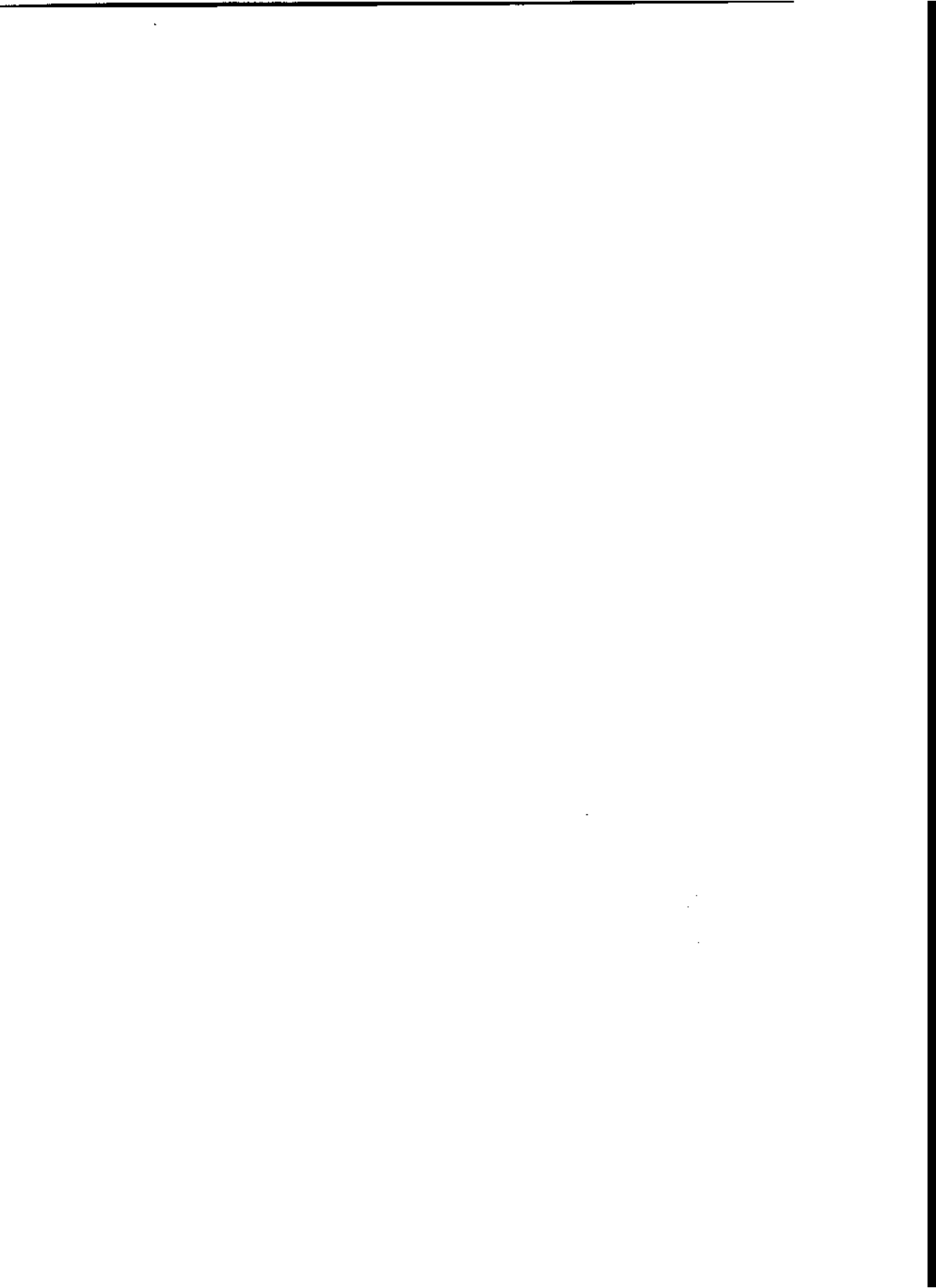
가. 대호 연안역에서 조석 반주기동안 유속, 유향 및 부유퇴적물 농도 및 입자크기의 시간변화 관측

나. 평면 2차원 해수유동 모델에 의한 해수유동 변화 파악 :

대호방조제, 대불유화학 단지, 석문방조제 건설전(Scheme 1), 대호방조제 축조 후(Scheme 2), 그리고 대호방조제, 대불유화학 단지, 석문방조제가 모두 축조된 후(Scheme 3)의 각각의 경우에 대해 해수유동 변화 파악

IV. 활용에 대한 건의

1. 향후 건설예정인 방조제 축조 및 기타 인공구조물 축조에 따른 퇴적 환경변화를 예측 가능
2. 환경변화에 의해 발생하는 피해보상을 파악하기 위한 모델링을 개발 하여 기본자료로 활용
3. 연안지역에 산업기지 건설 등에 따른 해양환경 변화 예측



SUMMARY

I. Title

Sedimentary Effects of Break-water Construction on Coastal
Environments (II)

II. Purpose and Importance of the Study

Since 1960s, there has been a very active development of reclamation in the broad tidal zone along the western part of Korean coasts on the purpose of land extension and irrigation for agriculture and industry. Especially, the seawall construction in the subtidal and intertidal areas have been extensively exploited for the above purposes. Unfortunately, seawall constructions for reclamation of lands and irrigation for human purposes are more likely a short-term approach because of the ignorance of environmental impacts. It is more important in comprehending the complication of environmental changes due to human constructions for us in order to understand the long-term impacts on sedimentary environments and ecology.

The purpose of this study is to reduce environmental damages in the tidal zone caused by seawall on the basis of the study of sedimentary and coastal engineering studies.

III. Scope and Content of the Study

This study has been a part and second-term project of the consecutive three-year project from September of 1992 to August of 1995. The first-term project has been finished last year and the first-term report was already come out. Unfortunately, this project is prematurely open-ended. However, the proceeding of this project should be reported because the original purpose of this study will be continuously included as a part of new project, "Study of Integrated Coastal Monitoring and Management", starting from 1994. The main themes of this project are listed below:

1. Study of sedimentary environments

a. Cross-section of tidal zone:

reconstruction of geomorphic profile based on a detailed measurement of leveling.

b. Distribution of surface sediments:

Analysis of sedimentary facies based on distribution of surface sediments in the Daeho tidal and beach areas.

c. Survey of underwater geomorphic features:

Analysis of geomorphic features in the area of intertidal and

subtidal zones using by an echosounder.

d. Vertical sedimentary sequences of tidal deposits:

Interpretation of tidal sedimentary processes and sedimentary environmental changes based on vibracore data.

e. Analysis of physical properties:

Measurements of water content, bulk density, porosity, permeability, and organic content.

f. Rates of sedimentation and erosion:

Continuous measurements of rates in sedimentation and erosion using by acryl plates.

2. Understanding and prediction of hydrodynamic conditions

a. Observation of the time variations of current velocity, flow direction, and the concentration and grain-size analysis of suspended sediments during the a half period of one tidal cycle.

b. Monitoring of flow pattern based on the two-dimensional model:

Measurements of flow patterns from three Schemes. First, Scheme 1 is the period of before constructions of the Daeho Seawall, of the Seawall of the Daebul Petroleum Chemical Industrial Complex, and of the Sukmoon Seawall. Second,

Scheme 2 is the period of after the construction of the Daeho Seawall, but still before the construction of the Daebul Petroleum Chemical Industrial Complex and of the Sukmoon Seawall.

Finally, Scheme 3 is the period of after the completion of all three seawall constructions.

IV. Suggestions and Further Research

1. Prediction of coastal environmental changes which are caused by constructions of industrial complexes in the future.
2. Possibility of prediction of environmental changes due to the future-planned construction of seawalls and other human development.
3. Further application from the basic data and information for policy decisioners in order to estimate the cost of compensation for environmental damages.

List of Figures

- Fig. 2.1. Photograph showing the study area of the Daeho Seawall, looking from Samgilpo ----- 28
- Fig. 2.2. Photograph showing a well developed sand bar in the center part of tidal zone right in front of the Daeho Seawall. The channel in the central part of tidal zone existed before the construction of the Daeho Seawall. However, it seems the width of channel has been more broadened after the construction of this seawall. ----- 29
- Fig. 4.1. A location map showing 29 sampling stations of surface sediments (black circles), 12 vibracore sites (white triangles), and 4 profile lines. ----- 37
- Fig. 4.2. Sites of acryl plates for the measurement of rates in sedimentation and erosion, and the echosound tracklines. ----- 40
- Fig. 4.3. Photograph showing the mesurement of rates in sedimentation and erosion using by a vernier caliper. ----- 41
- Fig. 4.4. A map showing the surface sedimentary distribution in Daeho tidal flat. ----- 43

- Fig. 4.5. Geographic changes in 4 profile lines of the study area. ---- 54
- Fig. 4.6 Downcore profile of mean grain size, sorting, sand content, water content and total content of organic matters (core V1-1) ---- 57
- Fig. 4.7 Downcore profile of mean grain size, sorting, sand content, water content and total content of organic matters (core V1-2). ---- 58
- Fig. 4.8 Downcore profile of mean grain size, sorting, sand content, water content and total content of organic matters (core V1-3). ---- 59
- Fig. 4.9 Downcore profile of mean grain size, sorting, sand content, water content and total content of organic matters (core V1-4). ---- 60
- Fig. 4.10 Downcore profile of mean grain size, sorting, sand content, water content and total content of organic matters (core V1-5). ---- 71
- Fig. 4.11 Downcore profile of mean grain size, sorting, sand content, water content and total content of organic matters (core V2-1). ---- 72
- Fig. 4.12 Downcore profile of mean grain size, sorting, sand content, water content and total content of organic matters (core V2-2). --- 74
- Fig. 4.13 Downcore profile of mean grain size, sorting, sand content, water content and total content of organic matters (core V3-1). ---- 75

Fig. 4.14 Downcore profile of mean grain size, sorting, sand content, water content and total content of organic matters (core V3-2). ---- 77

Fig. 4.15 Downcore profile of mean grain size, sorting, sand content, water content and total content of organic matters (core V4-1). ---- 78

Fig. 4.16 Downcore profile of mean grain size, sorting, sand content, water content and total content of organic matters (core V4-2(1)).
----- 80

Fig. 4.17 X-radiography of vibracore sediments taken from core V3-1.
----- 85

Fig. 4.18 X-radiography of vibracore sediments taken from core V3-2.
----- 87

Fig. 4.19 X-radiography of vibracore sediments taken from core V4-1.
----- 95

Fig. 4.20 X-radiography of vibracore sediments taken from core V4-2(1). ----- 101

Fig. 4.21 A map showing the sampling stations of sub-surface sediments using by a small grab sampler. ----- 104

Fig. 4.22 A map showing the measuring sites of current velocity, current direction and suspended sediments. -----	105
Fig. 4.23 A map showing the surface sedimentary distribution of Daeho coastal area. -----	106
Fig. 4.24 Underwater topography from intertidal flat to subtidal area. -----	108
Fig. 4.25 Time variation of current velocity and suspended solids. -----	109
Fig. 5.1 Depth field of coarse-grid modelling area. -----	119
Fig. 5.2 Depth field of fine-grid modelling area. -----	120
Fig. 5.3 Coarse grid system for scheme 1. -----	122
Fig. 5.4 Coarse grid system for scheme 2. -----	123
Fig. 5.5 Coarse grid system for scheme 3. -----	124
Fig. 5.6 Fine grid system for scheme 1. -----	125
Fig. 5.7 Fine grid system for scheme 2. -----	126
Fig. 5.8 Fine grid system for scheme 3, and the comparison points of	

the changes of tidal elevation and current velocity. -----	127
Fig. 5.9 Maximum flood current field for scheme 1 by coarse-grid model -----	132
Fig. 5.10 Maximum flood current field for scheme 2 by coarse-grid model. -----	133
Fig. 5.11 Maximum flood current field for scheme 3 by coarse-grid model. -----	134
Fig. 5.12 Maximum ebb current field for scheme 1 by coarse-grid model. -----	135
Fig. 5.13 Maximum ebb current field for scheme 2 by coarse-grid model. -----	136
Fig. 5.14 Maximum ebb current field for scheme 3 by coarse-grid model. -----	137
Fig. 5.15 Maximum flood current field for scheme 1 by fine-grid model. -----	138
Fig. 5.16 Maximum flood current field for scheme 2 by fine-grid model. -----	139
Fig. 5.17 Maximum flood current field for scheme 3 by fine-grid model. -----	140
Fig. 5.18 Maximum ebb current field for scheme 1 by fine-grid model. -----	141

Fig. 5.19 Maximum ebb current field for scheme 2 by fine-grid model.	142
Fig. 5.20 Maximum ebb current field for scheme 3 by fine-grid model.	143
Fig. 5.21 Computed time variations of current velocities for the three schemes at the selected comparison cells.	144
Fig. 5.22 Computed time variations of east-westward current velocity for the three schemes at the selected comparison cells.	148
Fig. 5.23 Computed time variations of north-southward current velocity for the three schemes at the selected comparison cells.	153
Fig. 5.24 Possible mechanisms of the effects of seawall (Tou and wang, 1990).	160
Fig. 5.25 Potential deposition and erosion zone due to Taeho tidal barrier based on the change of tidal current.	161

List of Tables

Table 3.1. Administrative Districts related to the Daeho Seawall Project. -----	33
Table 4.1. Characteristics of grain-size distribution of surface sediments. -----	44
Table 4.2. Sedimentation and erosion rates on the tidal flat in front of the Daeho Seawall. -----	48
Table 4.3. Grain-size analysis of sedimentary sequences along vibracores in profile line I. -----	61
Table 4.4. Grain-size analysis of sedimentary sequences along vibracores in profile line II. -----	64
Table 4.5. Grain-size analysis of sedimentary sequences along vibracores in profile line III. -----	65
Table 4.6. Grain-size analysis of sedimentary sequences along vibracores in profile line IV. -----	66
Table 4.7. Changes in current velocity, flow direction, temperature, concentration of suspended sediments, and grain sizes. -----	67
Table 5.1 Run schemes of numerical tide model -----	121
Table 5.2 Variations of tidal elevations and current velocities at comparison points according to the schemes, based on the simulation of mean spring tide. -----	152



목 차

요약문 -----	3
그림목차 -----	4
표목차 -----	17
제 1 장 서 론 -----	23
제 1 절 연구배경 및 목적 -----	23
제 2 절 연구내용 -----	26
제 2 장 연구지역 개관 -----	27
제 1 절 위치 및 지리적특징 -----	27
제 2 절 지형 및 지질 -----	30
제 3 절 기상 -----	30
제 3 장 대호방조제 건설사업의 개요 -----	31
제 1 절 개요 -----	31
제 2 절 대호방조제 건설사업의 내역 -----	32
제 4 장 방조제 완공후 전면해역의 퇴적환경 -----	35
제 1 절 개요 -----	35
제 2 절 방조제 전면 조간대의 현생퇴적환경 -----	35
1. 조사 및 분석방법 -----	36
1-1. 수준측량 -----	36
1-2. 표층퇴적물 채취 -----	38
1-3. 퇴적물의 입도분석 -----	38
1-4. 퇴적물의 집적을 측정 -----	38
2. 표층퇴적물의 입도특성 및 퇴적상 -----	39

3. 조건대의 단면변화 -----	45
4. 퇴적물의 집적율 변화 -----	47
5. 수리환경 및 퇴적물이동에 대한 연구방향 -----	50
제 3 절 수직층서 연구 -----	52
1. 조사 및 분석방법 -----	52
1-1. 시추퇴적물 채취 -----	52
1-2. 입도 및 퇴적물의 물성분석 -----	51
1-3. 퇴적구조분석 -----	55
2. 시추퇴적물의 입도 및 물성의 변화 -----	55
3. 수직퇴적상 -----	81
4. 조건대 퇴적환경의 변화 -----	100
제 4 절 조하대의 퇴적환경 -----	103
1. 조사 및 분석방법 -----	103
1-1. 해저표층퇴적물 채취 -----	103
1-2. 해저지형측량 -----	103
1-3. 해류 및 부유퇴적물의 시간변화 관측 -----	103
2. 해저퇴적물의 입도특성 및 표층퇴적상 -----	107
3. 해저지형의 분포 -----	112
4. 해류와 부유퇴적물의 시간변화 -----	113
제 5 장 해수유동 수치모형 -----	115
제 1 절 개요 -----	115

제 2 절 기본방정식 및 수치기법 -----	116
1. 기본방정식 -----	116
2. 수치기법 -----	117
제 3 절 대호해역에의 적용 -----	118
1. 모형구성, 적용범위 및 적용 Schemes -----	118
2. 적용결과 -----	128
3. 유황변동 비교 -----	128
제 4 절 퇴적환경변화 유추 -----	157
제 6 장 토의 및 결론 -----	162

참고문헌

부록





제 1 장 서론

1. 연구배경 및 목적

우리나라 서해안에 조석에 따라 노출과 침수를 반복하며 낮은 구배를 가지고 넓게 분포하고 있는 조간대 (tidal flat)는 특징적인 퇴적환경과 다양한 생물분포를 보이며 인간의 생활과 밀접한 관계를 가지고 있다. 인간 생활에 있어 조간대의 밀접한 연관성으로 인해 여러분야의 학자들이 조간대에 관한 연구를 해오고 있고, 국토가 비좁은 우리나라에서는 1960년대부터 서해안 연안의 조간대 지역을 활용할 목적으로 하부조간대 (low tidal flat)에서 조하대 (subtidal)지역을 가로지르는 방조제의 축조를 통해 농업, 공업용지 등의 가용면적을 넓히는 공사가 활발히 진행중이다. 하지만 이러한 방조제 등의 인공구조물 축조를 통해 목전의 가용면적을 확대한다는 것도 절대적인 중요성을 가지고 있지만, 보다 장기적인 안목으로 조간대에서 일어나고 있는 복잡한 자연현상 즉 생태학적, 퇴적학적 연구가 우선되어야 하며, 자연에 대한 인위적인 침해, 방조제 등의 축조로 인한 환경변화에 대한 연구가 장기적으로 수행되어야 한다.

조간대에 관한 연구는 독일의 고생물학자 Rudolf Richter가 1920년대 후반부터 최초로 시작하여 여러 지질학자들이 관심을 가지기 시작하였다. 대다수의 지질학자들은 Van Straaten (1953, 1954)의 연구결과에 의해 상당한 영향을 받으며 '왜, 어떻게 현재의 조간대에 퇴적물이 집적되어 형성 되었으며, 이러한 퇴적물들은 어디로부터 오는가?' 에 대한 합리적인 설명을 시도하기 시작하였다 (Van Straaten and Kuenen, 1957; Postma, 1961, 1967; Eisma and Kalf, 1987). Van Straaten의 모델은 기본적으로 1) 조

류로 (tidal channel)와 조류세곡 (tidal creek)의 수평이동 (lateral migration) 그리고 2) 바다로부터 세립질 퇴적물의 지속적인 공급으로 인한 조간대와 염수습지 (tidal marsh)의 전진 (progradation)의 복합적인 작용으로 만들어지는 상향세립화 층서 (fining-upward sequence)에 기초를 두고 있다.

이러한 연구결과는 서유럽 북해 조간대와 북미의 펀디만 (Fundy Bay) 조간대의 비교연구 (Klein & Sanders, 1964)에서도 조간대의 발달과정을 설명하는데 있어 상당히 합리적인 설명으로 받아들여지고 있다. 하지만 북해 조간대와 북미의 조간대 못지 않게 크게 발달하고 있는 한국 서해 조간대의 형성과정은 단순히 Van Straaten의 모델만으로는 설명되기 어려우며 따라서 또다른 퇴적기작들이 작용함을 알 수 있다. 현재 서해 연안 조간대는 금강하구나 한강하구에서와 같이 하구 (estuary) 환경에서 발달하고 있는 조간대, 만 (bay)내에서 발달하고 있는 조간대 그리고 트인 연안 (open coast)에서 발달하고 있는 조간대로 세분해볼 수 있다. 이들 조간대의 특징은 만조선에서 간조선으로 갈수록 표층퇴적물이 조립해지는 입도분포를 보이며, 북해나 북미 등의 조간대지역에서의 연구결과와는 상반되는 상향조립화 (coarsening upward)의 수직층서를 보인다. 따라서 조류로의 수평이동이나 바다로부터의 지속적인 퇴적물 공급으로 인한 전진만으로 설명하기는 곤란하다.

세가지로 크게 분류되는 자연적인 조간대의 퇴적환경뿐만 아니라 앞서 말한바와 같이 1960년대 이후 우리나라 서, 남해안 조간대 및 연안역에서는 방조제를 축조하거나 하구언을 건설하는 국토종합개발사업이 광범위하게 진행되어 방조제 외곽에 잔존해 있는 조간대와 연안역에 새로운 퇴적환경의 형성과 변화가 함께 일어나게 되었다. 이러한 인공구조물의 건설은

가용면적을 충족시켜주는 반면, 공사도중 일어나는 높은 탁도의 발생, 환경 오염 그리고 공사후 수리직환경의 변화로 인한 생태계의 변화, 예기치 못한 퇴적물의 침식, 이동 등의 부작용이 뒤따르게 된다. 미국이나 독일 등의 선진국에서는 이같은 부작용을 막기 위해 공사전후의 퇴적환경의 변화뿐만 아니라 여러 다른 해양환경요소들에 대해 집중적인 조사를 실시하여 부작용을 최소화하고 있고, 심지어는 기존 축조되었던 인공구조물들을 제거하여 자연으로의 환원까지도 고려하고 있는 실정이다.

본 연구에서는 서, 남해안에 넓게 분포하고 있는 조간대에 활발하게 진행되어온 방조제의 축조에 따른 환경변화의 요소중 퇴적환경의 변화를 집중적으로 파악하고 예측을 통해 장기적으로 서서히 일어날 수 있는 피해를 최소화하는데 목적을 두고 있다. 원활한 연구수행을 위해서는 방조제가 축조되기전의 조간대와 이와 연관된 연안역의 퇴적환경이 면밀히 조사되었어야 하고 방조제 축조후의 퇴적환경을 지속적으로 모니터링하면서 변화를 추적해가는게 이상적이지만, 지금까지는 우리나라 서해안에 방조제를 축조하면서 퇴적환경의 변화를 고려하여 조사한적이 거의 없는 실정이다. 이번 '방조제축조에 따른 퇴적환경변화 연구'의 2차년도 사업은 방조제축조 이전의 퇴적학적 자료가 부족한 상황에서 1차년도 사업과 마찬가지로 아산만의 남쪽연안 대호조간대의 하부조간대를 가로질러 기축조되어 있는 대호 방조제지역을 연구대상지역으로 삼았다. 방조제축조 이전의 수리 및 퇴적 환경에 대해서는 3차원 수치모형실험과 수직층서적 연구를 통해 알아보고, 인위적으로 형성된 방조제 전면의 새로운 현생 퇴적환경에서 일어나고 있는 퇴적작용을 파악하여 방조제가 미치는 퇴적환경의 변화를 예측해보고자 하는 것이 목표였다. 하지만 원래는 본 연구사업의 연구기간이 '95년 8월까지였으나 조기에 종료되는 관계로 소기의 연구목적 달성이 아직은 미진한

상태이다. 최종결과는 본 연구가 다음 사업으로 이어지는 '연안역 이용 및 통합관리를 위한 연구'의 보고서에서 실을 예정이다.

2. 연구내용

'방조제 축조에 따른 퇴적환경변화 연구'의 2차년도 연구사업에 해당하는 본 연구과제의 대상지역으로는 1차년도에 연속해서 아산반 남쪽유역의 충남서산군과 당진군 일대에 위치하고 1984년에 제1호방조제와 제2호방조제가 완공된 대호지구 방조제 해역을 선정하였다.

연구내용으로는 방조제축조 후의 해수유동 상태를 3가지 scheme으로 나누어 수치모형을 통해 알아보았고, 대호지구 연안역의 해저지형 및 표층 퇴적물 조사, 유속, 유향, 수온 그리고 부유퇴적물의 시간 및 공간에 따른 분포를 관측 조사하였으며, 1차년도에 이어 계속적으로 제2호 방조제 전면 해역 조간대에서의 정밀한 수준측량에 의한 단면변화, 표층퇴적물의 분포, 퇴적물 집적율의 변화 그리고 진동시추자료를 통한 퇴적학적인 연구를 수행하였다. 그리고 퇴적학적으로 조사된 결과를 해수유동 수치모델 결과와 연계하여 방조제 축조에 퇴적환경의 변화를 해석하고 예측해보는 것을 연구내용으로 하였다.

제 2 장 연구지역 개관

제 1 절 위치 및 지리적 특징

본 연구대상 지역은 1차년도에 이어 연속적으로 대호방조제 지역을 선정하였다. 이 지역은 우리나라 중서부 동경 $126^{\circ}22'$ ~ $126^{\circ}37'$ 와 북위 $36^{\circ}40'$ ~ $37^{\circ}05'$ 사이에 위치하고 있으며 행정구역상으로는 충청북도 당진군, 서산군 등 2개군 10개 읍면이 포함되어 있다. 대호방조제는 1호방조제와 2호방조제로 나뉘어져 있으며, 아산반의 남쪽 대호만에 발달되어 있는 조간대중에서 삼길포쪽에 위치하는 1호방조제는 대호만의 염술천과 성연천의 하구를 가로질러 3,253m의 길이로 축조되었고, 당진군의 교리리쪽에 위치하고 있는 2호 방조제는 대호조간대의 하부를 가로질러 4,554m의 길이로 축조되었으며 총길이 약 7,800m에 달하는 대규모 방조제이다 (농업진흥공사, 1980; Fig. 2.1).

1984년에 완성된 대호방조제는 농업용수의 확보와 농업용지 등의 가용면적의 확대 필요성에 의해 축조되었는데, 1호방조제 후면에 형성된 담수호는 농업용수로 사용되며 2호 방조제 후면에 형성된 7,700 ha에 달하는 유용면적은 농업용지로의 개발공사중에 있다. 2호방조제 전면 (바다쪽)에는 폭 400 ~ 1,000m의 조간대가 발달하고 있어 대부분의 조간대가 김양식장으로 활용되고 있고, 방조제 중앙부의 전면에는 조류의 왕복이 원활한 폭 약 1,000m 정도의 조류로가 발달하고 있다. 이 조류로의 북동쪽 측면에는 분급도가 아주 좋고 평균입도 3 ϕ 정도의 황모래로 구성된 사주가 발달하고 있다 (Fig. 2.2).

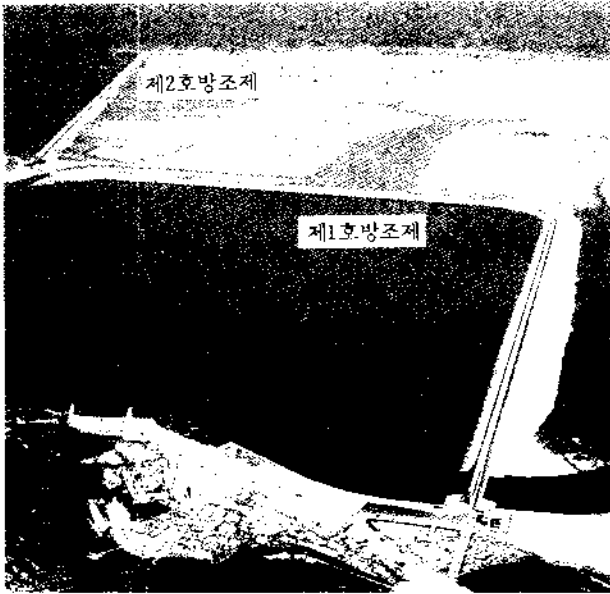


Fig. 2.1. Photograph showing the study area of the Daeho Seawall, looking from Samgilpo

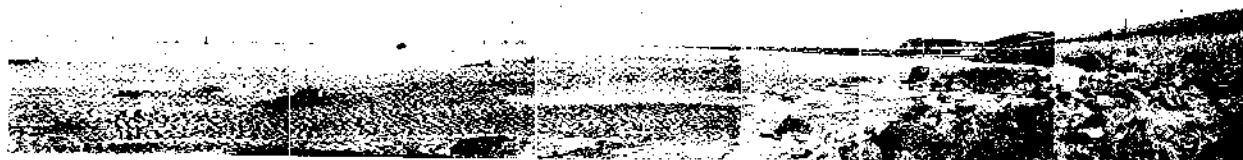


Fig. 2.2. Photograph showing a well developed sand bar in the center part of tidal zone right in front of the Daeho Seawall. The channel in the central part of tidal zone existed before the construction of the Daeho Seawall. However, it seems the width of channel has been more broadened after the construction of this seawall.

제 2 절 지형 및 지질

차경산맥을 이루는 서산군 화방산과 망옥산에서 발원한 성연천과 양대산에 발원한 염술천이 하구지역에서 대호조간대의 주조류로와 합쳐져 원래 하구환경을 이루었지만, 제 1호 방조제 준공후 현재는 방조제에 막혀 큰 담수호를 형성하고 있어 농업용수로 이용되고 있다.

국립지질광물연구소 발행 1/250,000 지질도에 의하면, 삼길포와 교로리를 잇는 북동에서 지역은 선캠브리아기의 경기편마암 콤플렉스의 호상혼성질 반상변정암 및 화강암질 편마암과 간간이 규질석회암이 협재되어 있고, 북동이동 지역인 초락도 부근은 서산층군으로 규암과 편암으로 구성되어 있다.

그러나 농업진흥공사 (1990)의 조사에 의하면, 삼길포와 교로리 지역은 대부분이 규암 또는 석영편암 및 편마암의 호층대이며 일부지역에 혼성질 편마암과 간헐적으로 협재되는 변성석회암으로 구성되어 있어 선캠브리아기로 인지되며 초락도 지역은 대체로 변성퇴적암으로서 부분적으로는 흑색 셰일, 흑색세립사암 또는 유백색 조립사암 및 저질의 무연탄층이 협재되어 있는 것으로 보고되는데 이는 캠브리아기 이후인 중생대 퇴적암이 변성된 것으로 생각된다.

제 3 절 기 상

이 지역의 기상은 대륙성과 해양성 기후를 겸하여 연평균 강우량이 약 1,413mm이며 이의 65 ~ 77%가 6월에서 9월 사이에 온다. 연평균 증발량은 1,157mm이며, 기온은 한냉의 차가 심하여 하절기는 20°C이상이고 동절

기는 -3°C 이하이다 (농진통계연보, 1991).

제 3 장 대호방조제 건설사업의 개요

제 1 절 개 요

대호방조제는 농업진흥공사에서 1984년에 완공한 총 길이 7,800m의 대규모 방조제이다. 이 지역은 삼교천 유역을 포함한 대호지류 부근으로 산재된 방대한 농경지는 대부분 수자원이 빈약하고 개별수자공의 개발이 불가능하여 대단위 개발에 의한 수자원 확보가 절실히 요구되는 지역이었다.

이 지역에서 유일한 수원은 유역면적 27,900 ha를 가진 대호만의 상류에 위치한 조그만 성면천과 염솔천으로 하고 있어 하구지역에 제1호 방조제를 축조하여 만수량 $12,200 \text{ ha}^{\text{m}}$, 유효저수량 $4,646 \text{ ha}^{\text{m}}$ 의 담수를 확보함으로써 7,700 ha의 경리면적의 권개용수를 공급할 계획을 세우고 있다. 또한 제2호 방조제를 축조하여 (길이 4,554m) 간척지면적을 확대하는 동시에 배후지에 권개개선 및 경지정리, 개발, 간척 등 7,700 ha에 대하여 대단위 농업종합개발사업을 실시하고 있는 중이다.

제1호 방조제에 의해 형성된 대호담수호가 대호만의 입구쪽에 위치하게 됨으로써 권개용수로 활용할 목적으로 1단양수장 5개소, 2단양수장 2개소의 양수장을 설치하고 용수간선 158km를 신설함으로써 호리면적 7,700 ha에 대한 권개에 만전을 기하도록 계획하였으며, 또한 농지정리가 가능한 염전지 및 배후지 1,100 ha에 대해 농지정리를 실시하여 토지 및 노동력의 생산성을 향상시키고자 하는 중이다. 개설지구중 농업용수가 불완전한 논 1,760 ha에 대해 권개개선을 실시하여 단위생산량의 제고와 2모작을 가능

케하여 토지이용율을 높이고자 하였고, 용수로하부에 위치한 개벽적지 100 ha와 밭 1,000 ha에 개선하고 간척지 3,700 ha를 조성함으로써 3,800 ha의 농지가 확대될 것으로 기대하고 있다.

제 2 절 대호방조제 건설사업의 내역

다음은 대호방조제 건설사업의 내역들로서 농업진흥공사 (1980.12)에서 발간한 '대호지구 농업종합개발사업기본계획서'에 의거하여 정리한 내용들이다.

1. 목적 : 식량증산, 농경지확장, 용수원개발 (대호담수호), 토지기반조성, 영농근대화
2. 구역 : Table 3-1에 나타낸 바와 같이 행정구역상으로 2개의 군과 10개 읍면을 차지하고 있다.

Table 3-1. Administrative districts associated with Daeho Sea Wall Project.

도	군	면
충청남도	서산군	성연, 음암, 대산, 지곡, 해미, 서산읍
충청남도	당진군	석분, 정미, 고대, 대호지
1개도	2개군	10개읍면

3. 개발면적

개발면적 : 7,700 ha

경지정리 : 1,140 ha

간척 : 3,700 ha

권개개선 : 1,760 ha

4. 정리면적 내역

대호지구농업종합개발사업이 시행되기전의 이 지역 상황은 총 7,700 ha중에서 논이 1,855 ha, 밭이 1,245 ha, 수림이 100 ha, 염전이 150 ha, 간척지가 3,700 ha 그리고 기타가 650 ha의 비율로 분포하고 있었으나, 개발사업의 시행후 논이 7,700 ha로 전체면적을 차지할 것이다.

5. 주요공사

담수호 (대호) : 1개소

방조제 : 2개 총 7,800m (제1호 3,253m, 제2호 4,551m)

배수갑문 : 2개소

진입도로 : 3개, 18.5km (삼길포 5,820m, 교로리 6,440m,
초락도 6,256m)

양수장 : 7개소 (1단 5개소, 2단 2개소)

배수장 : 1개소

용수간선 : 158km

6. 사업비 : ha 당 16,50백만원

총 액 127,000백만원

7. 사업시행기간 : 1980 - 1984 (5개년)

제 4 장 방조제 전면 해역의 퇴적환경

제 1 절 개 요

농업진흥공사가 주로 주관하여 시행해온 방조제축조와 간척매립사업은 그 계획상 농지조성, 농업용수 확보 등의 농어촌 발전기반을 마련한다는 목전에 보이는 유익성을 가지고 추진해온 사업이다. 하지만 이러한 유익성과 함께 인공구조물의 건설로 인한 자연환경요인들의 변화로 야기되는 부작용들을 고려하지 않으면 안된다.

그러한 부작용을 최소화하기 위해서는 서언에서 강조한 바와 같이 인공구조물의 건설계획시 조간대 및 연안역에 대한 생태학적, 연안공학적 그리고 퇴적학적인 연구가 면밀히 조사되어야 하며 구조물 완공후에도 지속적인 연구를 실시하여 그 결과들을 토대로 향후 실시되는 인공구조물 축조시 기초자료로 활용하면서 자연환경의 변화를 최소화시키는 최적의 설계를 구축하여야 한다.

대호방조제 유역의 경우 방조제 축조 이전의 퇴적환경 및 생태학적 연구가 결핍되어 있는 상태이지만, 지금부터라도 대호방조제 전면 조간대와 연안역인 조하대를 집중적이고 지속적인 연구를 실시하여 현생퇴적환경을 파악하여야 한다. 그래서 다른 자연조건의 조간대에서의 퇴적환경과 상호 비교를 통해 차이점을 밝히고 방조제의 영향을 파악하고 예측해 나가야 할 것이다.

제 2 절 방조제 전면 조간대의 현생퇴적환경

1. 조사 및 분석방법

1-1. 수준측량

퇴적환경에서 퇴적작용에 영향을 주는 중요한 요인중의 하나이며 퇴적작용의 결과를 나타내기도 하는 지형변화를 알기위해 방조제 축조후 전면 조간대에서 퇴적물의 특성변화를 고려하여 Line I, Line II, Line III와 Line IV를 선정하였다(Fig. 4.1). 광파거리측정기(Wild T2 Universal Theodolite and Geodimeter 220)와 수준의(Pentax Pal 2S Level)를 가지고 1993년 4월 7일, 7월 20일, 10월 18일, 1994년 1월 15일, 4월 27일 (Line I, II) 그리고 1994년 1월 15일, 4월 27일에 조간대가 최대로 노출되는 시간을 이용하여 정밀한 수준측량을 실시하여, 전면 조간대유역의 수리환경의 변화에 따른 계절적, 연도별 퇴적물의 변화에 따른 지형변화를 추적해나가고자 하였다.

출발기준점 위치측정

수준측량에 앞서 출발기준점은 연속해서 재측량이 가능하도록 영구보존을 위한 표석을 세웠다. 출발기준점의 위치는 주변의 삼각점을 이용한 육분의 (Sextant)와 삼각분도기로 결정하였고, 측선은 조간대를 가장 크게 가로지르는 바다쪽으로 방향설정을 하였다.

수준측량 방법

기축조된 방조제와 외곽에 잔존해 있는 조간대의 경계지점으로 부터 측선을 설정하여 기본적으로 100m 간격으로 말뚝을 설치하고 수준측량을 하였으며, Sand shoal의 이동이 현저한 저조선 부근과 지형의 변화가 심할것

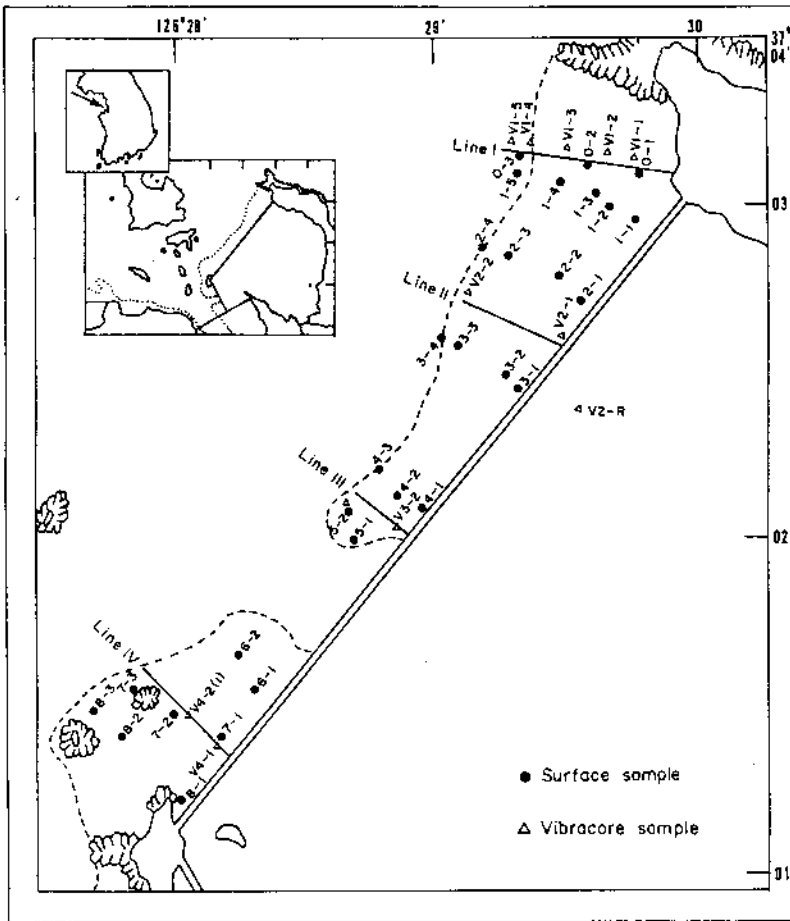


Fig. 4.1. A location map showing 29 sampling stations of surface sediments (black circles), 12 vibracore sites (white triangles), and 4 profile lines.

으로 고려되어지는 부근은 보다 정밀하게 지형변화를 추적하기 위해서 10m 간격으로 수준측량을 실시하였다. 표고는 표척 (Staff)을 측량지점에 세우고 고도를 알고 있는 육상지점에서 Pentax Pal 2S Level을 사용하여 측량하였다.

1-2. 표층퇴적물 채취

제2호 방조제 전면 조간대의 전반적인 표층퇴적물의 특성 및 퇴적상을 알아보기 위하여 수직으로 8개의 축선을 정하고(Fig. 4.1), 공간적으로 퇴적상이 변화는 지점들을 기준으로 표층퇴적물을 약 10g 정도씩 채취하였다.

1-3. 퇴적물의 입도분석

현장에서 채취한 시료중 약 5g을 1,000ml 비이커에 넣어내서 10% 과산화수소수로 반응시켜 각각의 쇄설성 입자들을 응집시키고 있는 유기물들을 완전히 제거하고 조개껍질의 분포에 의한 오차를 없애기 위해 0.1N 염산으로 반응시켜 탄산염을 완전히 제거한 다음 습식체질 (wet sieving)에 의해 4 ϕ 이하와 그 이상으로 각각 분리하였다. 4 ϕ 이하의 조립질 시료는 Ro-tap sieve shaker로 15분간 충분히 체질한 후 입도별로 무게 백분율을 구하고, 4 ϕ 이상의 세립질 시료는 전체를 대표할 수 있는 2g을 취해 300ml의 0.1% Calgon 용액을 넣고 초음파 진동기와 자기진동기로 균일하게 분산시킨 후 X-선 자동입도 분석기인 Sedigraph 5000D (Micromeritics, 1979)로 분석하였다.

1-4. 퇴적물의 집적을 측정

조간대에서의 퇴적물 이동에 따른 퇴적물의 집적율변화를 정량적으로

파악하기 위하여 기준면으로서 조간대의 일정 깊이에 30cm X 30cm 크기의 아크릴판을 21개 지점에 설치하고(Fig. 4.2) 다시 퇴적물로 덮어서 그 부근이 주위환경과 평형상태에 도달할 때까지 약 1 ~ 2개월을 기다린다. 그런 후 조간대 표층에서 기준면 (아크릴판)까지의 깊이변화를 버니어캘리퍼스를 이용하여 약 2개월 간격으로 측정하여(Fig. 4.3) 퇴적물 집적율의 변화를 계산하였다. 이같은 진적을 측정방법은 약간은 비과학적이고 어설피듯한 생각이 들지만, 우리나라 조간대에서 퇴적물의 집적율 변화에 대한 정확한 자료가 구축되어 있지 않은 현실에서 상당히 좋은 자료를 제시할 수 있으리라 생각된다.

2 표층퇴적물의 입도특성 및 퇴적상

현재 방조제 전면에 발달되어 있는 조간대는 대호방조제 축조이전에 만만에 발달되었던 대호조간대중 하부조간대에 속하는 곳이므로, 이곳의 퇴적작용은 조류뿐만 아니라 주로 겨울철 북서계절풍에 의해 발생하는 파랑의 영향을 크게 받는 퇴적환경이다. 이러한 파랑은 특히 조석작용에 따른 조류와 수심 (조위)의 변화가 크게 일어나는 대조차환경에서 이들과 복합작용을 일으키면서 조립질 퇴적물을 재부유시켜 이동시키는데 큰 역할을 한다 (김, 1991).

방조제 중간에서 해안선에 수직으로 조간대를 가로지르며 발달되어 있는 주조류로를 중심으로 교로리쪽의 북동쪽은 평균적으로 사질함량이 85.60%, 중앙입도가 3φ 정도의 사질퇴적상이 우세하고, 삼길포쪽의 북서쪽은 평균 사질함량이 65%, 중앙입도가 3.5φ 정도의 니사질퇴적상이 우세하였다 (Fig. 4.1, Table 4.1). 특히 간조선 부근의 표층퇴적물은 사질함량의

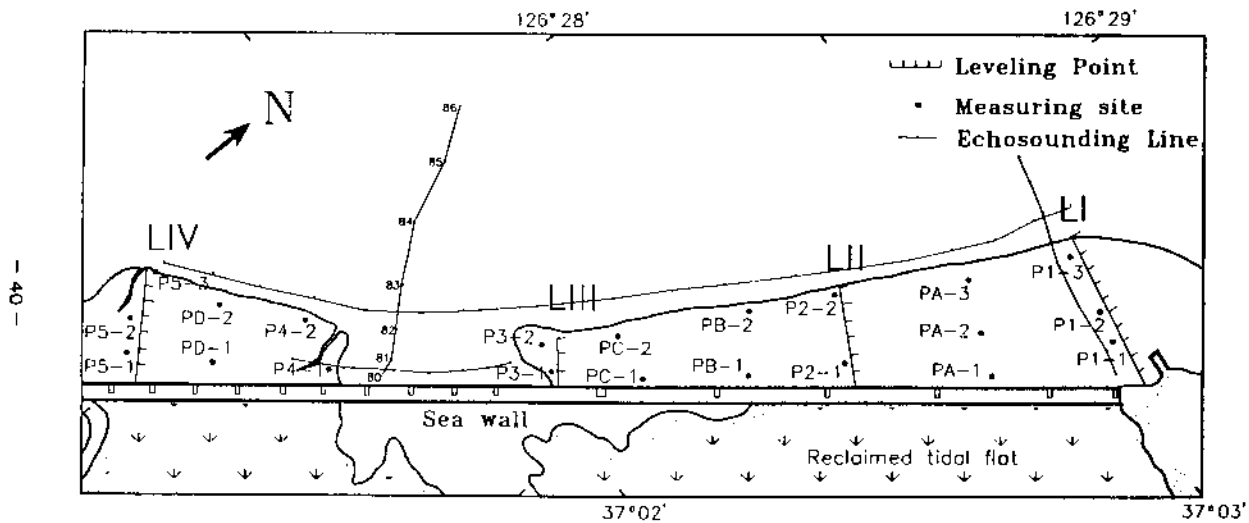


Fig. 4.2. Sites of acryl plates for the measurement of rates in sedimentation and erosion, and the echosound tracklines.



Fig. 4.3. Photograph showing the measurement of rates in sedimentation and erosion using by a vernier caliper.

평균이 82.23%로 사질퇴적상이 우세하게 나타난다. 퇴적물의 평균입도는 방조제 가까운쪽에서는 4.3 ϕ (coarse silt) 정도이고, 파랑과 조석의 복합작용에 의한 퇴적작용이 우세한 간조선 부근에서는 3 ϕ (fine sand) 정도로 방조제에서 간조선쪽으로 갈수록 약간 조립해지는 입도분포를 보인다. 전체적으로 해안선쪽으로 갈수록 조립해지는 경향 (seaward-coarsening)을 갖지만, 예외적으로 표층퇴적물을 채취하면서 설정한 측선 1번에서는 St. 1-1의 평균입도 2.98 ϕ (fine sand)에서 St. 1-3의 지점에서 5.33 ϕ 까지 세립해지다가 다시 간조선 가까이 St. 1-5 지점에서 2.8 ϕ (fine sand)로 조립해지는 경향을 보였다. 제2호방조제 전면 조간대의 표층퇴적상의 분포는 Fig. 4.4에 나타내었다. 측선 1번의 방조제 가까이에서 조립한 입도분포를 보이는 것은 아마 방조제 공사시 암반으로부터 떨어져 나온 쇄설성퇴적물의 영향으로 사료되며, 조간대의 가운데 발달하고 있는 조류로를 중심으로 북서쪽에서 보다 세립한 입도분포를 보이는 이유는 조간대 앞의 연안역에 위치하고 있는 대란지도, 소란지도, 조도, 우무도, 소조도 그리고 비금도 등의 작은 섬들이 외해로부터 접근해오는 큰 파랑에너지를 막아주는 장벽 (barrier) 역할을 해주기 때문인 것으로 사료된다. 하지만 표층퇴적물 채취용 측선 6번을 넘어서 7번, 8번으로 가면서 다시 조립해지는 분포를 보이는 것은 대도비도의 노출된 암벽으로부터 떨어져 나온 쇄설성 입자들의 영향과 이 곳에 발달한 조류세곡의 영향으로 사료되어진다.

분급도 (sorting)는 북동쪽의 조간대 퇴적물들이 평균 1.5 ϕ 로 불량한 편이고 남서쪽 조간대의 퇴적물 역시 2.2 ϕ 로 매우 불량한 분급정도에 속한다 (Table 4.1).

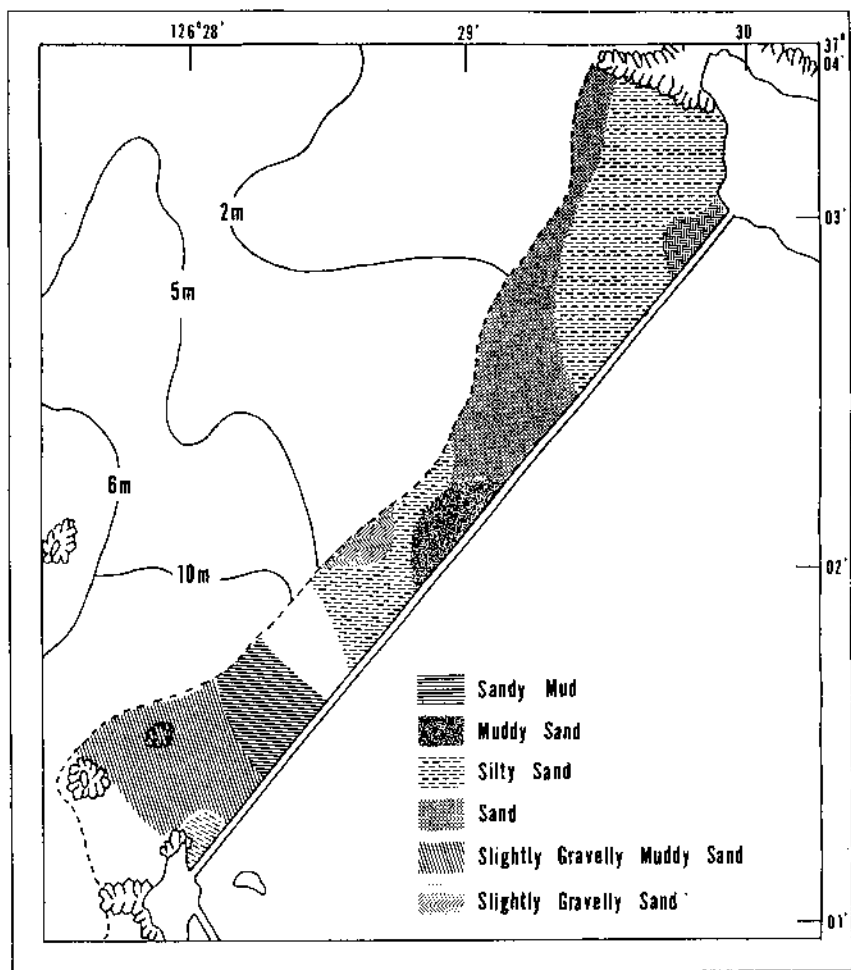


Fig. 4.4. A map showing the surface sedimentary distribution in Daeho tidal flat.

Table 4.1 Textural parameters of surface sediments of Daeho tidal flat

Sample No.	Texture (%)			Sed. Type (Folk, 1968)	Statistical Parameters				
	Gravel	Sand	Silt		Clay	Mz.(phi)	St.De.(phi)	Skew.	Kurt.
0-1		76.8	19.2	4.0	zS	3.68	1.75	2.74	12.00
0-2		85.5	11.5	3.0	zS	3.62	1.51	3.66	19.19
0-3		98.1	1.5	0.4	S	2.71	0.63	4.93	47.08
1-1		92.6	5.5	1.9	S	2.98	1.30	4.27	25.26
1-2		69.3	23.3	7.5	zS	4.31	2.10	2.29	8.37
1-3		50.3	33.7	16.0	zS	5.33	2.79	1.30	3.55
1-4		73.7	18.3	8.1	zS	4.07	2.23	2.19	7.30
1-5		97.5	1.7	0.8	S	2.81	0.84	6.69	61.86
2-1		76.3	16.2	7.5	zS	4.17	2.08	2.49	8.73
2-2		87.5	8.6	3.9	zS	3.51	1.67	3.40	15.31
2-3		92.7	5.0	2.3	S	3.10	1.35	4.48	25.87
3-1		97.4	1.1	1.5	S	2.66	1.09	6.07	44.35
3-2		96.0	2.1	1.9	S	3.08	1.20	5.42	35.59
3-3		97.1	2.2	0.8	S	2.78	0.86	5.45	44.78
3-4		93.2	6.0	0.8	S	2.67	1.14	4.11	27.38
4-1		59.1	26.8	14.2	mS	4.64	2.77	1.03	3.06
4-2	0.1	85.7	9.5	4.7	(g)mS	2.82	2.18	2.27	8.98
4-3		84.5	10.5	5.0	zS	3.36	1.96	2.84	11.10
5-1		74.9	17.4	7.7	zS	4.08	2.15	2.23	7.68
5-2	0.7	93.4	4.4	1.6	(g)S	2.57	1.31	1.95	12.87
6-1		18.7	52.7	28.6	sM	6.69	2.89	0.61	2.25
6-2		32.5	44.9	22.7	sM	5.91	2.91	0.73	2.54
7-1	0.4	52.0	34.6	13.1	(g)mS	4.90	2.65	1.39	4.34
7-2	1.7	67.2	18.9	12.2	(g)mS	4.07	2.90	1.37	4.28
7-3	4.0	79.9	11.5	4.5	(g)mS	3.16	2.14	1.93	9.18
8-1		52.4	37.1	10.5	zS	4.67	2.50	1.54	5.09
8-2	0.3	77.4	14.6	7.7	(g)mS	3.50	2.48	1.93	6.55
8-3	0.3	67.3	22.3	10.1	(g)mS	3.92	2.71	1.50	4.89

3. 조간대의 단면변화

육상에서 해양에 이르기까지 모든 퇴적환경에 있어 지형은 퇴적작용과 퇴적양상을 결정짓는 중요한 요인으로 작용을 하며, 또한 그 지역의 수리적환경, 퇴적물의 이동양상 등에 따른 퇴적작용의 역사를 퇴적구조와 함께 반영하는 중요한 결과이다. 그러므로 본 연구에서와 같이 지질학적인 시간대에 비해 짧은 시간대의 퇴적환경 변화를 조사하기 위해서는 인공위성이나 항공사진 등을 이용한 지형의 공간분포변화, 특히 해변이나 조간대 환경의 경우 계절이나 태풍 그리고 폭풍 등의 사건(event) 발생에 따른 단면변화가 심하게 일어나므로 정밀한 수준측량에 의한 단면변화를 추적해 보는 것이 중요하다.

제2호 대호방조제 전면 조간대에서 조간대를 가로지르는 Line I, Line II, Line III, Line IV의 측선 4개를 설정하여 약 3개월 간격으로 1993년 4월 7일, 7월 20일, 10월 18일, 1994년 1월 15일, 4월 27일에 정밀한 수준측량을 실시한 결과, Fig. 4.5와 같이 방조제에서 해안선쪽으로 가면서 낮은 구배를 보이며 조간대가 발달되어 있다. 전반적으로 간조선(또는 저조선) 가까이에서 Sand shoal의 발달이 특징적으로 관찰된다.

Line I의 경우 방조제 바로 밑에서 방조제의 축조로 나타날 수 있는 Sand Supply Cut Off 효과(Tou and Wang, 1990)와 유사한 단면을 보이며(Fig. 5.24), 그 앞으로 낮은 구배의 조간대가 거의 편평하게 계속 전진 발달하다가 방조제로부터 800m - 950m 사이, 반대로는 해안선으로부터 50m - 200m 사이에 Sand Shoal이 특징적으로 잘 발달하고 있다. 이 Sand Shoal은 1993년도 봄, 여름 그리고 가을철에는 큰 변화양상을 보이지 않다가 파랑에너지가 강해지는 겨울철동안과 이때가 지난후 1994년 1월 15

일과 4월 27일에 각각 관측된 단면은 Sand shoal의 바다쪽에 많은 침식이 일어나고 순풍편 (lee side)에 퇴적이 일어나면서 전체적으로 육지쪽으로의 이동이 일어났다. 이 같은 침식, 퇴적 그리고 이동양상은 제2호 방조제 전면에 발달하고 있는 조간대중 Line I의 해안선 부근이 외해와 직접적으로 가장 근접해 있는 지역으로서 외해로부터 접근해 오는 조석과 파랑에너지의 복합작용에 의한 퇴적작용을 잘 반영하기 때문인 것으로 사료된다. Line II는 방조제에서 간조선까지의 길이가 약 500m 정도로 Line I에 비해 폭이 1/2 정도이지만 전체적으로는 비슷한 지형분포를 보이며 역시 간조선 부근에 Sand shoal이 잘 발달하고 있으며, 해안선을 넘어서는 급한 경사를 가지고 조하대와 연결된다. Line III의 경우 제2호 방조제 가운데에서 조간대를 가로질러 발달하고 있는 조류로의 북동쪽 측면을 가로질러 관측한 단면이다. 이곳은 방조제 바로 밑에 방조제와 평행하게 조그마한 조류세곡이 발달하고 있으며, 방조제로부터 100m 부근에 약 1m 높이를 갖는 사주가 발달하고 150m 부근에 조그마한 Sand shoal이 위치한 후 다른 측선에 비해 보다 급한 경사를 가지고 조하대와 만나게 되는 단면을 보인다. 1994년 1월과 4월에 관측한 결과에 의하면, 다른 측선에 비해 보다 유동적인 단면 변화를 보인다. 특히 방조제로부터 150m 부근에 위치한 Sand shoal은 파랑에너지가 강한 겨울철을 거친 후 바다쪽이 침식되면서 육지쪽으로의 전체적인 이동이 일어났다. Line III에서 바로 앞에 위치한 대관지도가 겨울철 강한 파랑에너지에 대한 장벽역할을 해줄에도 불구하고 침식과 이동이 많이 일어나는 이유는 겨울철 조류로를 따라 접근해오는 조류와 파랑의 복합작용에 의해, 즉 파랑의 쇠파대가 보다 육지쪽으로 이동되어 조립질퇴적물의 재부유 기회가 많아지고 조류에 의한 퇴적물의 이동이 이루어지기 때문인 것으로 해석된다. Line IV의 경우 1994년 1월 과 4월의 관측단면을

보면 다른 측선에 비해 큰 단면변화가 없이 침식이 잘 일어나지 않는 안정된 퇴적환경을 보여준다. 이는 앞에 위치한 많은 섬들이 강한 파랑에너지에 대한 장벽역할을 잘 해주기 때문인 것으로 사료된다. 또한 육안으로 관찰한 결과에 의하면 7월, 8월의 여름철에는 현재 분포되어 있는 퇴적물보다 세립한 퇴적물이 수cm 정도 퇴적이 된것을 볼 수 있는데 이러한 퇴적작용도 역시 여름철에 전반적으로 수리에너지가 약해지는 환경을 앞에 놓이는 작은 섬들이 가세하여 주기 때문인 것으로 보인다.

4. 퇴적물의 집적을 변화

Table 4-2는 조간대에 1993년 4월 기준면으로서 아크릴판을 설치한 후 각 지점의 표층에서 기준면까지의 깊이를 1994년 3월까지 측정함으로써 조간대 퇴적물의 집적률을 계산한 결과이며, Fig. 4.2에 나타낸 아크릴판을 설치한 위치중에서 PA-, PB-, PC-, PD- 로 표기되어진 관측위치들은 94년 4월중에 추가로 설치한 지점들로 주위환경과의 평형상태가 되도록 아직 방치해두고 있는 상태이다.

관측 지점의 표기가 P1- 로 시작되는 지점들은 측선 Line I을 따라 1993년 4월에 기준면을 설치하고 주위환경과 평형상태에 도달하도록 약 3개월간 방치한 후 93년 7월부터 표층으로부터 아크릴판까지의 깊이를 기준 깊이로 하여 깊이 차이의 변화를 관측해온 지점들이다. P1-1에서의 퇴적작용의 변화는 93년 7월에서 9월 사이에 -0.9mm로 거의 변화를 보이지 않다가 9월말부터 가을철을 지나면서 1월에는 3.2mm의 퇴적물이 집적되었으며, 그다음해인 94년 1월부터 3월까지의 겨울철농안에 -16.1mm의 퇴적물이 침식되었다. P1-2도 역시 비슷한 집적과 침식의 양상을 보이며 93년 7

Table 4.2 Accumulation and Erosion rate on the tidal flat in front of Daeho sea wall

St. No.	Depth change from surface to datum (mm)					Net Diff. (mm)	Net rate (mm/mon.)	Remark
	93/7 - 93/9	93/9 - 93/10	93/10 - 94/1	94/1 - 94/2	94/2 - 94/3			
P1-1	-0.9	x	3.2	-6.7	-9.4	-13.8	-1.3	
P1-2	-20	x	5.3	-0.9	-3.1	-18.7	-1.7	
P1-3	20.6	x	x	destroyed				
P2-1	10.5	x	x	-10.7	-3.4	-3.6	-0.3	
P2-2	x	x	x	destroyed				
P3-1		installed	x	destroyed				
P3-2		"	x	destroyed				
P4-1		installed	-20.8	-18.3	-1.4	-40.5	-3.7	
P4-2		"	-60.6	-25.1	-7.3	-93	-8.5	
P5-1		installed	-1.2	-28.9	6.2	-23.9	-2.2	
P5-2		"	-9.9	-21	-2.6	-33.5	-3	
P5-3		"	-40.9	-1	-6.2	-48.1	-4.4	

월과 9월사이의 여름철에 퇴적이 일어나기 보다는 오히려 -20mm의 침식이 일어났고 그 다음해 1월까지 5.3mm의 퇴적이 일어났으며 겨울철인 1월에서 3월동안에 -4.0mm의 미약한 침식결과를 보였다. 저조선 부근에 위치한 P1-3은大潮 (spring tide)시 최간조 시간동안에만 노출되는 지역으로 접근이 상당히 힘든 지역이다. 이 지점에서 93년 9월에 관측된 값은 여름철의 퇴적환경을 반영하는 결과로서 20.6mm의 퇴적물 집적양상은 약해진 수리에너지환경을 잘 나타내고 있으며, 94년 2월 관측시는 기준면의 유실로 관측이 불가능하였는데 이는 인위적인지 아니면 겨울철 북서계절풍에 의한 파랑에너지 증가의 결과인지는 아직 확정 지을수는 없는 상태이다. 93년 7월에 설정한 기준깊이에 대한 94년 3월까지의 깊이변화 (퇴적물의 집적과 침식에 의한 변화)를 합산하면 P1-1은 -13.8mm, P1-2는 -18.7mm로 관측기간동안 전반적으로 침식된 결과를 나타낸다.

P2- 로 표기되는 관측지점들은 Fig. 4.2에서 보는바와 같이 축선 Line II를 따라 93년 4월에 방조제로부터 150m 떨어진 조간대 지점과 거의 저조선 부근에 설치하여 Line I에 위치한 지점들과 같은 방법으로 조사한 결과이다. P2-1의 경우 여름철 (93년 7월 - 9월)에는 10.5mm의 퇴적물이 쌓였고, 겨울철 (94년 1월 - 3월)은 여름철에 비해 -14.1mm의 퇴적물이 침식되었다. 거의 저조선에 위치한 P2-2 지점은 94년 2월중 관측시 유실되어 있었다.

P3-, P4-, P5- 로 표기된 관측지점들은 93년 9월말에 추가로 설치된 지점들로서 이번 관측기간동안은 북서계절풍의 영향을 받는 겨울철의 특징적인 퇴적환경을 반영하는 결과들이다. P3-1과 P3-2의 기준면은 94년 1월과 2월 사이에 유실되었다. 93년 10월에서 94년 3월까지 P4-1은 -40.5 mm이었으며, 주조류로의 입구인 동시에 저조선 근방에 위치한 P4-2는 -93

mm로 전체 관측지점 중에서 가장 많은 침식률을 보였고, P5-1은 -23.9 mm, P5-2는 33.5 mm, P5-3은 -48.1 mm로 전반적으로 겨울철에 강한 파랑에너지 등에 의하여 2 - 9 cm까지 침식되는 경향을 나타냈다.

총 관측기간 그리고 전지역의 조간대를 살펴볼때 전반적으로 침식되어 가는 양상을 보이며, 특히 94년 1월에서 2월 사이에 P1-3, P2-2, P3-1 그리고 P3-2 등의 파랑에너지를 가장 가까이 접하고 있는 관측지점의 기준면이 유실된 것을 고려해보면 이는 인위적으로 유실되었을 가능성보다 이 때 발생한 폭풍 등의 큰 파랑에너지의 발생의 결과일 것으로 사료된다. 기준면의 유실을 방지하기 위해서는 현재 약 150 cm의 깊이에 묻었던 아크릴판을 보다 깊이 설치하고 튼튼하게 고정시킬 필요가 있다.

6. 수리환경 특성에 대한 연구방향

서유림의 복해조간대와 복미 조간대에서 연구된 결과들은 대부분 조간대 전면 연안에 장벽 (barrier)들이 위치하고 있는 특징적인 지형양상을 보이기 때문에 왜해로부터 접근해오는 파랑에 의한 퇴적작용은 거의 무시되고 주로 조류에 의한 퇴적작용의 결과를 고려한 결과들이다. 하지만 우리나라 서해안에 발달한 조간대 지역은 이들과 달리 기본적으로 장벽이 대부분 존재하지 않고 몬순기후하의 겨울철 북서계절풍으로 인한 빈번한 파랑의 발생으로 퇴적작용에 있어 조립질퇴적물을 재부유시킬 수 있는 파랑의 영향을 상당히 받는 특징을 보인다. 파랑은 특히 서해안과 같은 대조차환경에서 조류와 수심의 변화에 따라 복합작용 (김, 1991)을 일으켜 조간대에서의 퇴적작용에 크게 영향을 미칠수 있다. 세계적으로도 1990년대 들어 파랑과 조류의 상호작용에 대한 연구가 많이 실시되고 있는 상황이다. 우

리나라 서해조간대에 대한 퇴적작용을 연구한 바에 의하면, 조간대에서 조류, 파랑 등의 수리환경을 관측조사하고 이를 여러가지 환경요인들에 의하여 복잡하게 일어나고 있는 조간대 퇴적작용과 결부시켜 해석하고자 하는 시도는 없었다.

본 연구에서는 조간대의 수리학적 환경과 퇴적작용간의 관계를 보다 정량적이고 명확하게 분석해보고자 유속의 방향과 세기를 관측할 수 있는 EM (electro-magnetic) 센서, 수심의 변화와 파랑의 크기를 관측할 수 있는 자기기록식 파고계 그리고 세립한 부유퇴적물의 농도를 0.1 ~ 5,000 mg/l 범위내에서 연속적으로 관측할 수 있는 OBS(optical backscattering system)-3 가 한조로 구성되어 있는 SedMonS(sediment transport system)을 제작하여 조간대와 조하대 그리고 조류로에서 각각 정기적으로 계류 (mooring) 관측하고자 하였으나, 이번 연구사업이 조기에 종료되는 관계로 이에 대한 연구결과는 제시하지 못하였다. 하지만 조간대 및 연안역 퇴적환경연구, 특히 인공구조물에 의한 퇴적환경변화 등을 연구하면서 추진해 나가야 할 연구방법이라 하겠다.

제 3 절 수직층서 연구

1. 조사 및 분석방법

1-1. 시추퇴적물 채취

조간대의 단면변화를 관찰하기 위해 설정한 측선을 따라 Line I에서 5개점, Line II를 따라 방조제 전면 조간대에서 2개점, 방조제 후면에서 1개점, 중앙부 주조류로의 측면 사주위로 설정된 Line III를 따라 2개점 그리고 Line IV를 따라 2개점을 따라 진동시추기 (Vibrocorer)와 알루미늄파이프 (직경 76mm)를 이용하여 1.7m - 5m의 깊이로 시추퇴적물을 채취하였다.

Line IV의 저조선 부근에서는 최대한 깊은곳까지의 퇴적상의 특징을 알아보기 위해 10m 길이의 알루미늄 파이프를 이용하여 약 9m의 깊이까지 시추하였으나 진동시추기 장비중 알루미늄 파이프로 구성된 삼각지지대의 약함으로 인하여 시추퇴적물을 끌어 올리는데 실패하였다.

일상적으로 조간대에서 시추퇴적물을 취할때는 약 5 - 6m 길이의 알루미늄 파이프를 이용하여 시추를 해온다. 하지만 기존 연구된바에 의하면 우리나라 조간대 퇴적층은 10 - 20m의 두께로 분포하기 때문에 진동시추기를 이용하여 현재보다 깊은 곳까지 시추퇴적물을 취하는 방법을 고안하여야 할 것이다.

1-2. 입도 및 퇴적물의 물성분석

직경 76mm의 알루미늄 파이프내에 취해진 시추퇴적물은 전기톱을 이용하여 길이방향으로 절개한 후 각 깊이에 따른 퇴적물의 입도 및 물성분

식용 위해 퇴적상이 변화는 지점을 기준으로 10 - 30cm 간격으로 시료를 취한후 입도분석을 하였고, 퇴적물의 불성중 함수율, 전밀도, 공극비, 공극율 그리고 퇴적물내 총 유기물의 함량을 구하였다.

함수율(W), 전밀도(γ), 공극비(e) 그리고 공극율(n)은 일정 깊이에서 취해진 해수로 포화된 시료를 건조기에서 110°C 에서 하루동안 말린 후 다음식에 의하여 구하였다.

$$W(\%) = 100 (wet\ wt. - dry\ wt.)/dry\ wt.$$

$$\gamma(g/cm^3) = (w+100)/(w/\gamma_{sw} + 100/Gs)$$

$$e = Gs * W / 100$$

$$n(\%) = 100 * e / (1 + e)$$

여기서, wet wt.는 원시료의 무게이고, dry wt.는 건조된 시료의 무게를 말하며, Gs는 고체의 비중으로 규석 (silicate)의 비중값인 2.63을 사용하였고 γ_{sw} 는 해수의 전밀도로서 1.024 g/cm³ (Hamilton, 1974)의 값을 사용하였다. 위에서 공극률은 공극비와 함께 퇴적물의 압밀 또는 고화 (consolidation) 정도를 나타내는 지시자로 사용된다.

또한 퇴적물내 포함되어 있는 총유기물의 함량을 알아보기 위하여 건조기에서 110°C로 완전히 건조시킨 시료중 약 2g의 시료를 분말화한 다음 100 mesh 체로 걸러서, 도가니에 넣고 전기로에서 1시간 30분 동안 550°C로 가열한 후 타져서 없어진 유기물 즉 원시료 무게의 유실량을 백분율로 표시하여 총유기물 함량값으로 나타내었다.

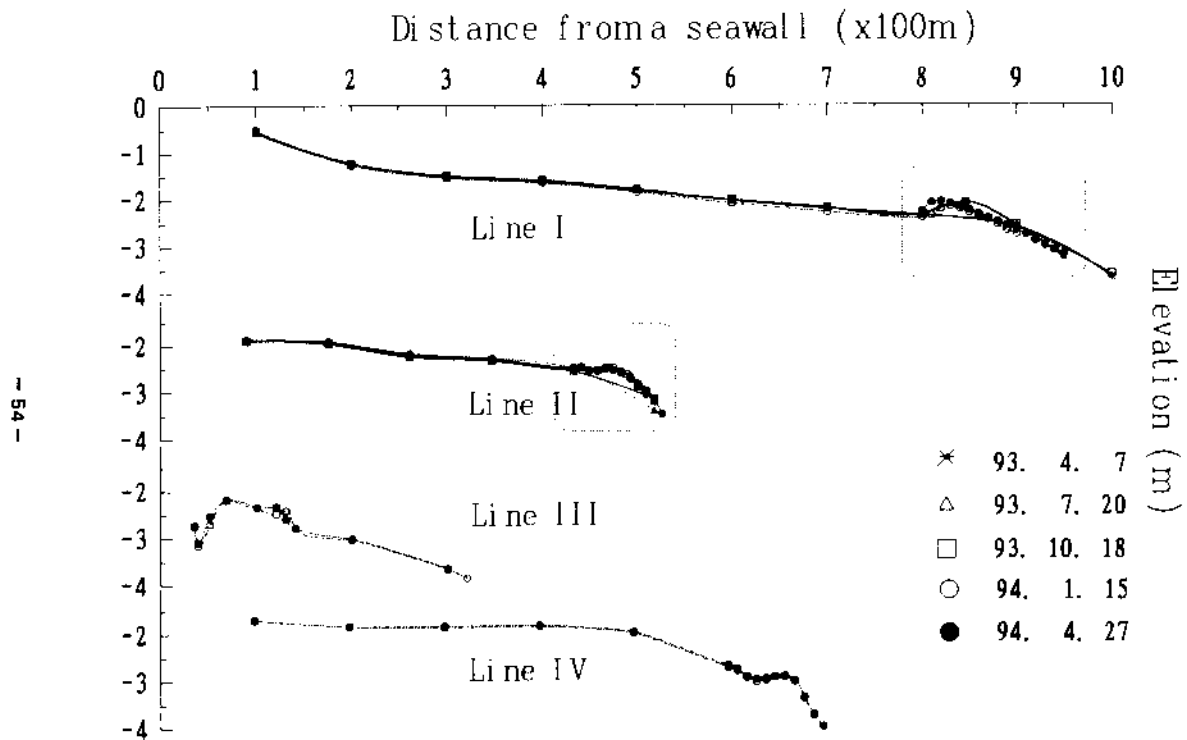


Fig. 4.5. Geographic changes in 4 profile lines of the study area.

1-3. 퇴적구조분석

시추시료의 퇴적구조 관찰을 위해 길이방향으로 절개된 시추시료에서 슬랩(slab)을 X-ray 촬영기 (Softex X-ray Apparatus, M-1005)를 이용하여 퇴적물의 입도, 고화정도 등의 특성에 따라 X-ray 전압과 노출시간을 결정하고 40cm 거리에서 촬영하여 현상, 인화하였다. 현상된 필름과 사진은 입도와 퇴적구조에 의한 퇴적상을 결정하고 퇴적환경을 해석하는데 사용되었다.

2. 시추퇴적물의 입도 및 물성의 변화

Line I과 II의 축선을 따라 채취한 주상시료의 입도 및 물성에 대해서는 본 연구사업의 1차년도 보고서에서 일부분 기술된 바 있으나, 아직 주상시료의 환경해석이 완전히 이루어지지 않은 상황이고 본 보고서에 의한 자료의 충분한 활용을 위해서 방조계 전면 조간대에서 채취한 다른 모든 주상시료와 종합하여 전체 입도의 특성 및 물성에 대해 Table 4.3 - Table 4.6에 자세히 기술나타내었다.

Line I의 축선을 따라 얻어진 5개의 시료는 전체적으로 입도의 분포가 상향조립화 (coarsening-upward)로서 입도가 상부로 갈수록 조립해지는 경향을 보이고, 사질퇴적물의 함량도 상부로 가면서 증가하는 경향을 보인다. 함수율은 입도가 세립한 하부에서 사질퇴적물의 함량이 높은 상부로 가면서 감소하는 경향을 보이며, 총유기물의 함량도 상부로 가면서 감소하는 경향을 보인다.

V1-1의 표층에서는 사질퇴적물의 함량이 60 ~ 70%, 평균입도 3.8 ϕ (very fine sand)의 입도분포를 보이지만, 100cm 이하에서는 사질함량이

10% 이하로 감소하는 대신 실트가 70% 이상으로 증가하며 최하부에서는 평균입도 7.4 ϕ (very fine silt)로 세립화되어 간다 (Fig. 4.6). 모든 깊이에서 분급도 (sorting)가 2.0 ϕ 이상으로 분급이 매우 불량한 편에 속한다. 함수율은 사질함량이 높은 표층에서는 20% 정도로 낮은 함수율을 갖다가 하부에서는 점점 증가하여 55% 정도까지 증가한다. 유기물 함량은 표층에서 1% 정도로 일반적인 하부조간대의 유기물 함량을 나타내지만 세립한 입도 분포의 하부에서는 7% 정도까지의 높은 유기물 함량분포를 나타낸다(Fig. 4.6).

V1-2의 입도특성 및 물성은 Table 4.3과 Fig. 4.7에 나타내었다. 최상부 표층에서는 사질퇴적물이 83%이고 평균입도가 3.3 ϕ 정도로 조립한 입도분포를 보이다가 10cm 깊이에서 부터 사질함량이 50% 이하로 떨어지고 평균입도는 약 5 ϕ 이상으로서 깊이에 따라 사질함량은 감소하고 입도는 세립해져 하부에서는 약 8 ϕ 정도의 니질퇴적상을 갖는다. 함수율은 표층에서 24% 정도의 낮은 함수율을 보이다가 40cm 깊이부터 40%정도로 증가하여 깊이가 깊어지면서 약간씩 감소해가는 경향을 보인다. 250cm를 넘어서면서 또다시 약간 증가하는 함수율을 갖다가 300cm 깊이에서 40% 이상의 갑작스런 증가를 보인다. 유기물의 함량은 표층에서 1.23%의 일반적인 함량을 보이거나 함수율의 갑작스런 변화깊이 부근에서 유기물 함량도 3% 이상의 갑작스런 증가를 보이며, 하부로 가면서 4.2%까지 조금씩 증가해간다.

V1-3은 3.9 ϕ (very fine sand)의 표층 입도분포에서 깊이가 깊어질수록 7.1 ϕ (very fine silt)정도로 세립화되어가고 사질퇴적물의 함량이 감소해가는 전반적인 경향을 보이지만, 100cm 정도의 깊이에서 분급이 좋은 사질퇴적물의 함량이 갑자기 80% 가까이 증가하면서 3.4 ϕ 의 평균입도를

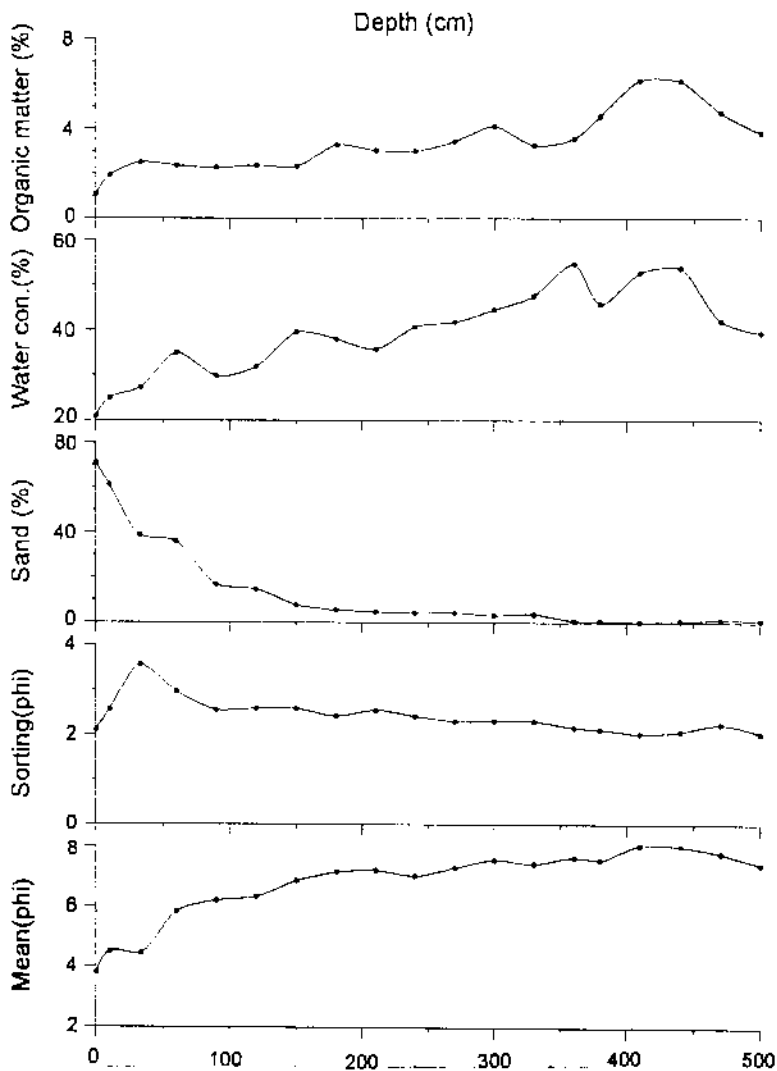


Fig. 4.6 Downcore profile of mean grain size, sorting, sand content, water content and total content of organic matters (core V1-1)

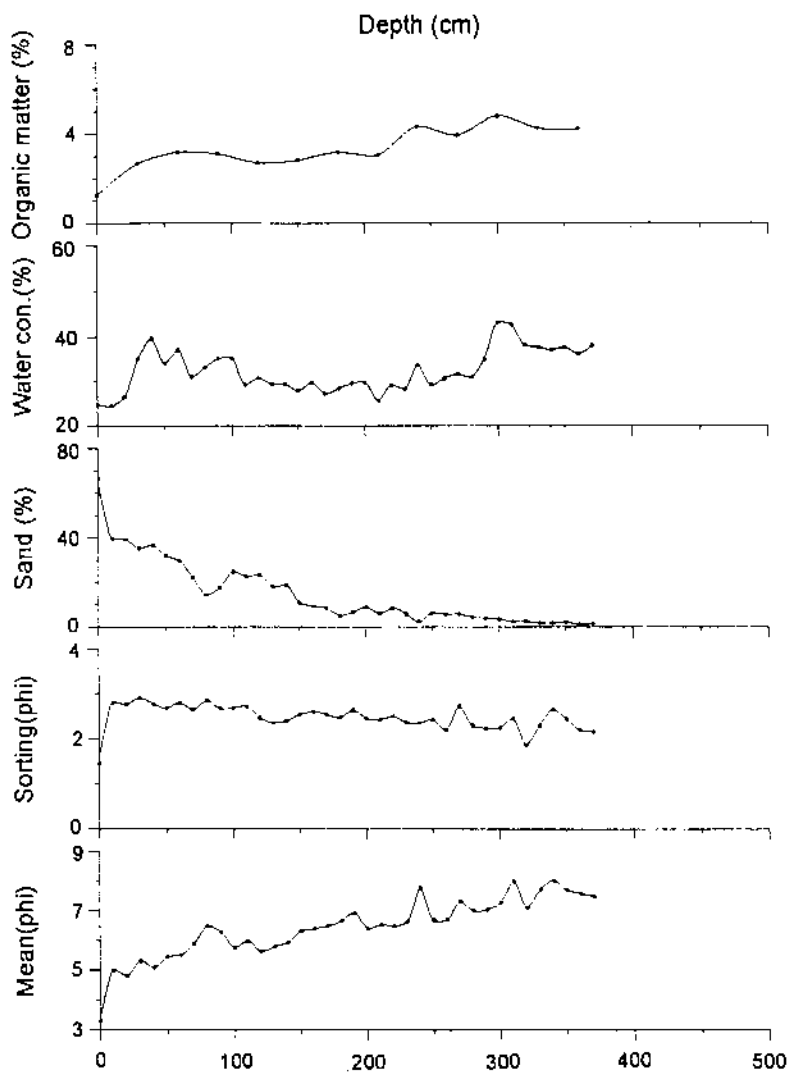


Fig. 4.7 Downcore profile of mean grain size, sorting, sand content, water content and total content of organic matters (core V1-2).

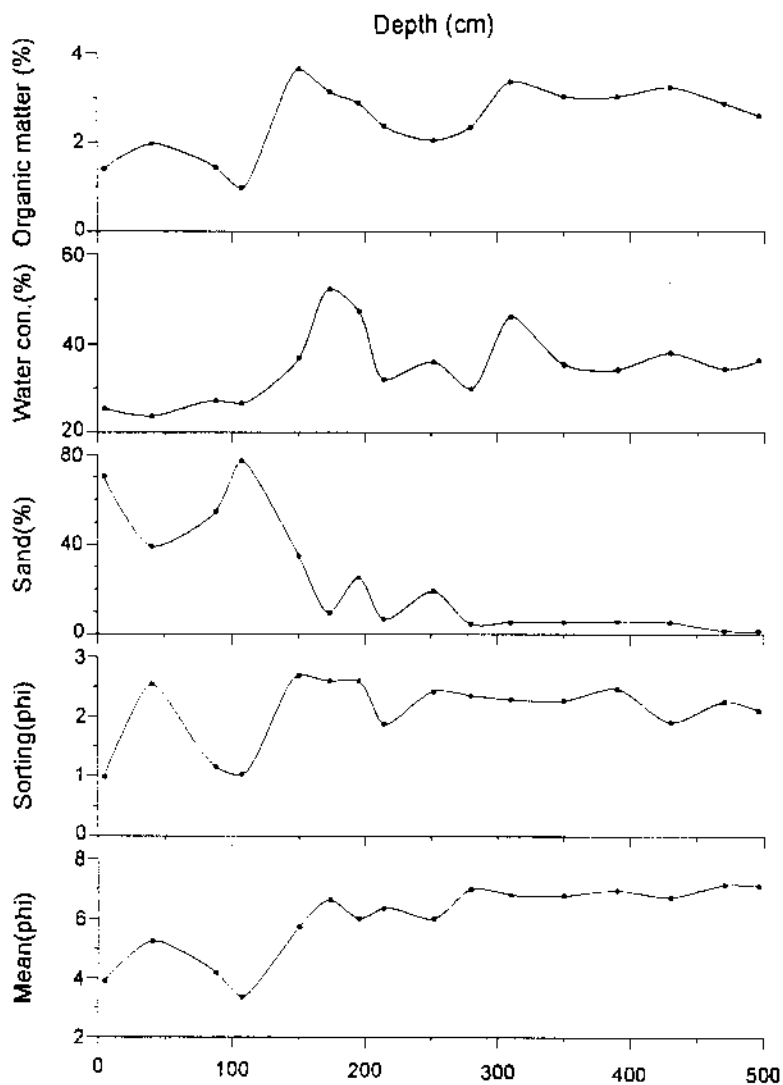


Fig. 4.8 Downcore profile of mean grain size, sorting, sand content, water content and total content of organic matters (core V1-3).

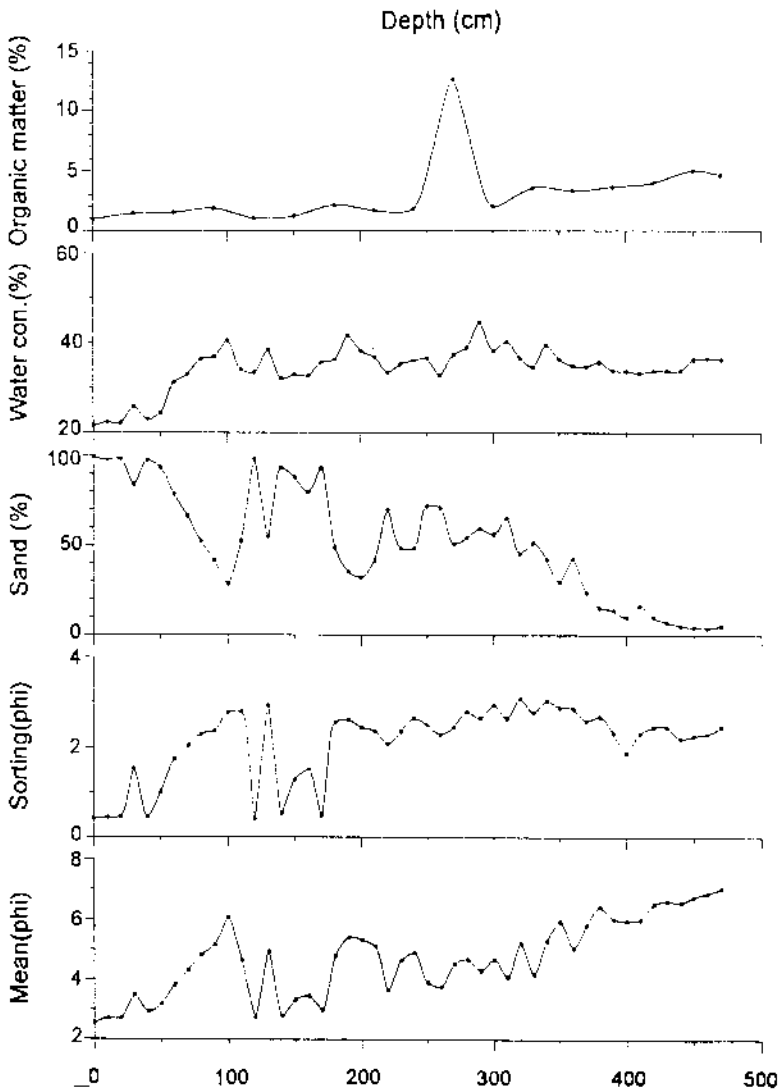


Fig. 4.9 Downcore profile of mean grain size, sorting, sand content, water content and total content of organic matters (core V1-4).

Table 4.3. Textural parameters of Vibracore sediments (Line I)

Core (depth) (cm)	Texture (%)				Sed. Type (Folk, 1968)	Statistical Parameters			
	Gravel	Sand	Silt	Clay		Mz. (phi)	St.De. (phi)	Skew.	Kurt.
V1-1									
0		71.0	23.6	5.4	zS	3.8	2.10	2.31	9.14
10		61.4	27.7	10.9	zS	4.51	2.57	1.68	5.18
33	11.3	38.8	35.0	14.9	gM	4.44	3.55	0.20	3.16
60		35.7	43.6	20.7	sZ	5.83	2.96	0.91	2.83
90		18.6	64.6	18.9	sZ	6.19	2.55	1.14	3.45
120		14.4	65.7	19.9	sZ	6.31	2.58	1.11	3.26
150		7.6	68.8	23.6	Z	6.85	2.58	0.90	2.83
180		5.3	67.7	27.0	Z	7.14	2.42	0.80	2.80
210		4.5	67.9	27.6	Z	7.20	2.55	0.83	2.55
240		4.2	69.4	26.4	Z	7.01	2.42	0.88	2.91
270		4.2	66.8	29.0	Z	7.29	2.31	0.73	2.86
300		3.0	64.7	32.4	M	7.56	2.32	0.70	2.57
330		3.5	64.9	31.6	Z	7.42	2.31	0.61	2.50
360		0.8	66.8	32.4	Z	7.64	2.17	0.75	2.51
380		0.6	69.3	30.1	Z	7.56	2.12	0.91	2.80
410		0.1	60.2	39.6	M	8.05	2.03	0.70	2.54
440		0.5	60.3	39.2	M	8.02	2.08	0.65	2.50
470		1.2	63.1	35.7	M	7.78	2.24	0.66	2.45
500		0.8	70.7	28.6	Z	7.40	2.03	1.04	3.19
V1-2									
0	0.11	82.89	15.05	1.94	(g) ms	3.28	1.45	2.46	16.09
10	0.35	49.41	34.88	15.36	(g) ms	5	2.81	1.25	3.79
20	0.96	48.78	36.15	14.12	(g) ms	4.82	2.77	1.17	4.13
30		44	38.89	17.62	sM	5.32	2.91	1.18	3.31
40		45.75	37.73	16.52	sM	5.09	2.78	1.24	3.62
50		39.67	42.8	17.53	sM	5.45	2.68	1.2	3.42
60		37.08	44.88	18.04	sM	5.52	2.8	1.12	3.25
70		27.48	51.8	20.71	sM	5.9	2.64	1.01	3.04
80		17.82	57.45	24.73	sM	6.49	2.85	0.76	2.57
90		21.78	51.32	26.91	sM	6.29	2.67	0.78	2.59
100		30.76	50.25	48.98	sM	5.76	2.69	1.04	3.13
110		28.07	51.98	19.96	sM	5.99	2.72	1.11	3.12
120		29.13	55.45	15.42	sM	5.64	2.46	1.26	3.86
130		22.46	61.39	16.15	sM	5.8	2.35	1.26	3.85
140		23.53	57.99	18.48	sM	5.93	2.4	1.06	3.43
150		13.41	65.2	21.39	sM	6.31	2.54	1.1	3.15
160		11.29	67.67	21.04	sM	6.4	2.8	1.1	3.1
170		10.3	67.32	22.37	sM	6.49	2.54	1.03	3.06
180		6.01	71.58	22.41	M	6.65	2.47	1.04	2.99
190		8.18	64.32	27.5	M	6.94	2.64	0.76	2.54
200		10.81	68.3	20.89	sM	6.4	2.46	1.05	3.21
210		7.07	70.89	22.04	M	6.53	2.42	1.08	3.14
220		10.38	67.68	21.94	sM	6.48	2.5	1.06	3.14
230		7.09	69.69	23.23	M	6.64	2.36	0.95	2.95

Table 4.3 Continued

Core (depth) (cm)	Texture (%)				Sed. Type (Folk, 1958)	Statistical Parameters				
	Gravel	Sand	Silt	Clay		Mz.(phi)	St.De.(phi)	Skew.	Kurt.	
V1-2	240	2.66	56.75	40.6	M	7.79	2.35	0.41	2.15	
	250	7.46	67.32	25.22	M	6.89	2.42	0.89	2.71	
	260	6.77	66.22	27.01	M	6.7	2.19	0.71	2.81	
	270	6.92	58.59	34.39	M	7.34	2.73	0.53	1.99	
	280	5.25	64.5	30.25	M	6.99	2.29	0.67	2.57	
	290	4.61	64.33	31.06	M	7.04	2.23	0.62	2.48	
	300	4.07	60.76	35.17	M	7.29	2.24	0.5	2.39	
	310	2.76	56.23	41.01	M	8.02	2.45	0.36	1.98	
	320	2.93	68.42	28.64	M	7.11	1.86	0.46	2.71	
	330	2.1	57.1	40.8	M	7.74	2.29	0.39	2.14	
	340	1.9	55.22	42.88	M	8.05	2.65	0.29	1.75	
	350	2.52	60.61	36.87	M	7.71	2.44	0.57	2.15	
	360	1.18	62.31	36.51	M	7.6	2.19	0.65	2.44	
	370	1.77	62.89	35.34	M	7.49	2.16	0.61	2.47	
V1-3	5	70.43	29.57		zS	3.9	0.98	1.48	5.53	
	40	39.33	46.09	14.57	Sz	5.26	2.54	1.44	4.28	
	88	54.75	45.25		zS	4.19	1.15	1.31	5.24	
	107	77.15	22.85		zS	3.37	1.02	1.37	5.2	
	150	34.88	47.31	17.81	sZ	5.75	2.69	1.01	3.15	
	173	9.67	64.20	26.03	Z	6.63	2.59	0.87	2.6	
	195	25.27	54.93	19.79	sZ	6.01	2.59	1.07	3.25	
	214	6.76	81.15	12.09	Z	6.35	1.87	1.35	5.41	
	252	19.16	63.86	16.98	sZ	6.01	2.42	1.35	3.98	
	280	4.73	68.46	26.81	Z	7	2.35	0.87	2.85	
	310	5.38	71.14	23.48	Z	6.81	2.28	1	3.2	
	350	5.49	71.14	23.57	Z	6.78	2.26	0.94	3.22	
	390	5.69	68.88	25.43	Z	6.95	2.46	0.94	2.86	
	430	5.19	72.83	21.98	Z	6.72	1.9	0.7	3.48	
470	1.5	72.08	26.42	Z	7.15	2.24	1.04	3.03		
496	1.29	74.16	24.55	Z	7.11	2.09	1.1	3.34		
V1-4	0	99.33	0.67		S	2.54	0.41	0.21	4.85	
	10	97.48	2.52		S	2.72	0.43	1.01	6.63	
	20	98.13	1.87		S	2.73	0.45	0.39	5.41	
	30	83.74	12.59	3.67	mS	3.47	1.52	3.12	13.89	
	40	97.2	2.8		S	2.92	0.43	0.73	4.77	
	50	93.4	5.06	1.55	S	3.18	1.01	4.65	29.61	
	60	78.62	16.72	4.66	mS	3.81	1.73	2.4	9.47	
	70	66.46	26.19	7.35	mS	4.3	2.04	2.49	8.9	
	80	52.28	37.04	10.68	mS	4.82	2.3	1.94	6.06	
	90	41.53	46.35	12.11	sM	5.15	2.37	1.74	5.24	
	100		28.62	46.94	24.45	sM	6.04	2.77	0.92	2.63
	110	1.5	52.22	33.5	12.78	(g)mS	4.64	2.79	1.13	4.76
	120		97.94	2.06		S	2.73	0.41	0.75	6.64

Table 4.3 Continued

Core (depth) (cm)	Texture (%)				Sed. Type (Folk, 1968)	Statistical Parameters			
	Gravel	Sand	Silt	Clay		Mz.(phi)	St.De.(phi)	Skew.	Kurt.
130		54.9	27.05	18.05	mS	4.92	2.93	1.06	2.92
140		93.29	6.71		S	2.78	0.54	0.93	5.06
150		87.68	10.18	2.14	mS	3.31	1.29	3.78	20.93
160	0.91	79.31	17.08	2.69	(g)mS	3.44	1.51	2.1	12.7
170		93.3	6.7		S	2.99	0.47	1.08	4.45
180		48.84	40.14	11.02	sM	4.8	2.56	1.37	4.46
190		35.46	48.48	16.05	sM	5.38	2.52	1.15	3.66
200		32.1	54.32	13.58	sM	5.31	2.44	1.48	4.66
210		41.73	46.11	12.15	sM	5.09	2.37	1.59	4.96
220		70.13	24.57	5.3	mS	3.63	2.08	2.29	8.78
230		48.63	41.54	9.84	sM	4.64	2.36	1.58	5.29
240		48.88	38.86	12.76	sM	4.89	2.64	1.24	3.9
250		71.95	18.87	9.18	mS	3.9	2.5	1.92	5.91
260		71.09	22.24	6.67	mS	3.75	2.29	1.96	6.78
270		51.07	39.35	9.58	mS	4.52	2.45	1.3	4.37
280		54.13	32.29	13.58	mS	4.66	2.79	1.2	3.57
290		59.4	29.4	11.2	mS	4.29	2.65	1.29	3.91
300		56.24	28.49	15.27	mS	4.67	2.95	1.12	3.22
310		85.2	24.58	10.22	mS	4.06	2.64	1.48	4.4
320		45.31	35.49	19.19	sM	5.21	3.09	0.8	2.62
330	4.09	51.56	34.48	9.87	(g)mS	4.1	2.77	0.46	3.53
340	0.64	42.18	38.72	18.55	(g)sM	5.29	3.04	0.68	2.74
350		29.85	49.3	20.86	sM	5.92	2.89	0.57	2.64
360	0.19	42.85	41.88	15.08	(g)sM	5.03	2.87	0.88	3.21
370		23.61	59.71	16.68	sM	5.79	2.59	0.96	3.51
380		15.03	63.16	21.81	sM	6.4	2.69	0.84	3.07
390		13.69	70.61	15.69	sM	6	2.34	1.39	4.34
400		9.62	77.46	12.92	M	5.94	1.88	1.28	4.88
410		16.58	67.97	15.44	sM	5.96	2.32	1.14	4.03
420		9.82	69.52	20.66	M	6.5	2.46	1.13	3.37
430		7.09	70.34	22.57	M	6.61	2.46	1.02	3.22
450		4.28	72.9	22.82	M	6.74	2.26	1.06	3.32
460		3.97	72.77	23.26	M	6.86	2.31	1.1	3.33
470		5.08	68.36	26.57	M	7.03	2.46	0.91	2.88
V1-5	10	99.65	0.35		S	2.69	0.36	0.64	4.27
	40	46.75	42.81	10.44	sZ	4.85	2.28	1.82	5.81
	50	66.5	27.1	6.4	zS	4.25	1.97	2.36	8.77
	95	43.11	47.61	9.28	sZ	4.86	2.17	2.09	6.95
	115	38.7	49.39	11.91	sZ	5.17	2.33	1.73	5.47
	130	20.2	59.41	20.39	sZ	6.07	2.58	1.01	3.16
	160	29.55	51.39	19.05	sZ	5.83	2.6	1.11	3.31
	182	58.56	30.5	10.94	zS	4.53	2.57	1.64	5.08
	202	0.75	54.75	31.47	(g)mS	4.68	2.79	1.26	4.16
	226		12.09	65.17	sZ	6.5	2.64	0.91	2.87
	250		15.89	62.88	zS	6.35	2.6	0.95	3.05
	270		10.3	70.26	sZ	6.34	2.48	1.23	3.48

Table 4.4. Textural parameters of Vibracore sediments (Line II)

Core (depth) (cm)	Texture (%)			Sec. Type (Folk, 1968)	Statistical Parameters					
	Gravel	Sand	Silt		Clay	Mz.(phi)	St.De.(phi)	Skew.	Kurt.	
V2-1	0	60.13	26.29	13.58	mS	4.59	2.5	1.36	3.88	
	10	52.64	34.57	12.79	mS	4.8	2.5	1.41	4.23	
	20	36.7	47.01	16.29	sM	5.26	2.4	1.08	3.98	
	30	63.06	27.21	9.73	mS	4.36	2.22	1.81	5.72	
	40	63.86	25.73	10.4	mS	4.31	2.27	1.73	5.25	
	50	49.77	37.08	13.15	sM	4.89	2.43	1.36	4.06	
	60	63.64	24.44	11.92	mS	4.38	2.36	1.5	4.32	
	70	62.75	30.74	6.5	mS	4.23	1.82	2.43	9.18	
	80	3.63	76.13	14.41	5.83	(g)mS	3.3	2.35	1.52	7.24
	90		69.25	23.1	7.65	mS	4.09	2.13	2.15	7.41
	100		83.3	11.1	5.6	mS	3.61	1.93	2.78	10.79
	110	4.93	81.06	9.18	4.83	(g)mS	3.26	2.13	1.47	9
	120		14.42	48.39	37.19	sM	7.1	2.66	0.18	2.05
	130	1.31	79.85	13.54	5.3	(g)mS	3.46	2.14	2.12	9.32
	140	1.39	54.09	38.39	6.13	(g)mS	4.29	2.21	1.33	7.28
V2-2	10		99.8	0.2		S	2.78	0.43	0.25	3.35
	49		97.4	2.6		S	2.89	0.54	0.14	3.18
	67		32.1	47.3	20.6	sZ	5.83	2.81	1.00	2.97
	95		69.7	21.4	8.9	zS	4.43	2.28	2.30	7.55
	130		26.6	55.4	18.0	sZ	5.84	2.54	1.26	3.54
	160		53.8	32.6	13.7	zS	4.83	2.82	1.45	4.12
	200		87.4	9.7	2.9	zS	3.39	1.57	3.77	19.40
	240		64.6	22.0	13.4	mS	4.37	2.99	1.51	4.21
	262		56.3	32.1	11.7	zS	4.67	2.62	1.64	4.97
	297		30.3	46.6	23.1	sZ	5.98	2.97	0.74	2.57
	339		34.2	43.8	21.9	sZ	5.72	3.04	0.66	2.59
	370		19.0	56.4	24.6	sZ	6.41	2.90	0.73	2.52
	410		20.9	62.6	16.5	sZ	5.92	2.50	1.43	3.99
	450		2.5	73.3	24.2	Z	7.08	2.33	1.01	2.97
	480		6.4	60.6	33.0	M	7.32	2.37	0.57	2.51
V2-R	5		36.2	55.4	8.4	sZ	4.75	1.50	1.38	4.67
	40		38.0	46.3	15.8	sZ	5.47	2.54	1.49	4.13
	70		55.5	34.1	10.4	zS	4.78	2.32	2.12	6.62
	110		26.5	48.6	24.9	sM	6.27	2.83	0.80	2.53

Table 4.5 Textural parameters of Vibracore sediments (Line III)

Core (depth)	Texture (%)				Sed. Type (Folk, 1968)	Statistical Parameters				
	(cm)	Gravel	Sand	Silt		Clay	Mz.(phi)	St.De (phi)	Skew.	Kurt.
V3-1	5		96.35	3.65		S	2.2	1	0.25	3.94
	20		95.06	4.94		S	2.43	0.91	0.56	4.61
	30	0.21	94.02	4.06	1.71	(g)S	2.55	1.29	1.95	11.58
	40	0.89	81.4	12.46	5.24	(g)mS	3.12	2.38	1.65	7.05
	60		94.11	4.85	1.04	S	2.8	1.06	1.58	11.54
	65		75.59	19.06	5.35	mS	3.82	1.99	2.23	9.16
	73		64.98	25.09	9.93	mS	4.34	2.47	1.6	5.37
	84		75.15	20.72	4.14	mS	3.98	1.66	3.11	14.09
	92	1.5	94.22	4.27		(g)S	1.57	1.54	1.09	5.31
	96		79.15	16.2	4.65	mS	3.8	1.83	2.96	12.55
	118		81.16	15.41	3.43	mS	3.67	1.59	3.27	15.52
	137		74.99	18.2	6.81	mS	3.98	2.04	2.36	8.47
	142		92.46	12.4	5.15	mS	3.67	1.89	2.83	11.65
	160		64.88	27.36	7.75	mS	4.29	2.21	2.11	7.42
	165		93.56	5.22	1.22	S	2.86	0.92	3.38	18.62
	175		48.19	32.85	18.96	sM	5.03	3.05	0.8	2.58
	195		97.52	2.48		S	2.63	0.62	2.96	18.22
	200	4.56	72.48	18.79	4.16	(g)mS	3.47	2.25	0.79	7.37
	210		85.91	11.23	2.86	mS	3.49	1.34	2.98	13.15
	227		89.79	10.21		mS	3.44	0.66	2.21	11.58
	233		67.32	23.5	9.18	mS	4.39	2.29	1.99	6.39
	250		18.26	59.51	22.23	sM	6.4	2.68	0.9	2.88
	270		69.18	30.82		mS	3.86	0.82	1.7	8
	285		87.75	11.04	1.21	mS	3.54	0.96	4.88	36.1
	300	0.51	55.75	25.65	18.09	(g)mS	4.98	2.97	0.89	2.9
	320		92.66	92.66	0.76	S	3.37	0.72	4.25	29.23
V3-2	0	10.31	72.68	13.39	3.62	gms	2.26	2.89	0.8	4.91
	26	0.79	29.46	47.72	22.02	(g)sM	5.77	3.07	0.44	2.73
	50		45.07	40.27	14.66	sM	5.06	2.64	1.12	3.61
	80		49.71	35.35	14.94	sM	4.98	2.7	1.19	3.52
	100		48.68	37.67	13.65	sM	4.92	2.6	1.31	3.93
	120		45.8	38.9	15.29	sM	5.08	2.69	1.15	3.48
	156		46.22	41.08	12.7	sM	4.9	2.5	1.28	4.03
	180		45.92	40.57	13.51	sM	4.97	2.54	1.35	4.12
	200		38.41	48.59	13	sM	5.1	2.49	1.41	4.4
	220		38.8	44.41	16.78	sM	5.34	2.66	1.07	3.35
	250		38.08	47.52	14.68	sM	5.24	2.64	1.27	3.86
	270		44.49	42.16	13.36	sM	4.96	2.55	1.37	4.21
	300		48.42	37.37	14.21	sM	4.95	2.67	1.38	4.02
	320		44.32	40.04	15.63	sM	5.15	2.75	1.22	3.58
	340		47.76	39.72	12.52	sM	4.86	2.57	1.45	4.39
	360		44.93	35.18	19.89	sM	5.37	3.07	0.96	2.76
	370		23.97	43.39	32.73	sM	6.68	3.16	0.3	1.94
	385		62.1	27.43	10.46	mS	4.43	2.37	1.77	5.54
	395		83.49	14.99	1.52	mS	3.59	0.85	3.09	16.51
	408	0.35	60.26	26.87	12.52	(g)mS	4.32	2.97	1.09	3.77

Table 4.6 Textural parameters of Vibracore sediments (Line IV)

Core (depth)	Texture (%)				Sed. Type (Folk, 1968)	Statistical Parameters				
	(cm)	Gravel	Sand	Silt		Clay	Mz (phi)	St.De (phi)	Skew.	Kurt.
V4-1	0	0.32	76.41	19.57	3.71	(g)mS	3.44	1.9	1.97	9.28
	10	0.99	56.59	33.65	8.77	(g)mS	4.2	2.51	1.26	5.25
	20	1.86	46.88	37.81	13.44	(g)sM	4.75	2.86	0.9	3.9
	30		46.75	39.8	13.45	sM	4.86	2.66	1.17	3.8
	40		36.72	44.29	16.79	sM	5.34	2.82	1.05	3.31
	60		48.57	36.18	15.24	sM	5.04	2.77	1.22	3.67
	75		51.81	31.41	16.78	mS	5.13	2.84	1.24	3.57
	90	0.77	52.86	31.22	15.15	(g)mS	4.96	2.82	1.09	3.68
	120		50.67	34.28	15.04	sM	5.07	2.63	1.29	3.75
	133		50.27	33.97	15.76	sM	5.16	2.76	1.35	3.77
	145		77.96	18.92	3.11	(g)sM	3.8	1.45	3.2	15.27
	158	1.82	56.54	30.81	10.83	sM	4.59	2.51	1.12	5.28
	180		31.35	52.98	15.66	sM	5.57	2.46	1.21	3.77
	195		20.97	56.48	22.55	M	6.3	2.66	0.8	2.72
	210	0.25	28.85	51.78	19.12	M	5.97	2.73	0.92	3.12
	225		19.44	53.46	27.1	M	6.63	2.78	0.61	2.37
	240		26.5	49.32	24.18	M	6.28	2.75	0.75	2.52
	255		3.96	56.83	39.21	M	7.78	2.51	0.37	2.12
	270		6.61	52.87	40.52	M	7.72	2.5	0.22	2.14
	280		6.07	45.76	48.17	M	7.9	2.28	-0.16	2.48
290		6.92	45.74	47.34	M	7.68	2.47	-0.09	2.3	
300		6.63	53.52	39.85	M	7.49	2.25	0.12	2.38	
310		9.56	52.48	37.96	M	7.34	2.33	0.01	2.38	
320		16.16	51.58	32.26	sM	6.93	2.53	0.26	2.22	
330		26.66	47.29	26.05	sM	6.31	2.72	0.59	2.34	
340		28.91	34.82	36.27	sM	6.82	3.09	0.35	1.76	
350		32.67	42.81	24.51	sM	6.12	2.78	0.74	2.44	
0		40.06	37.53	22.41	sM	5.72	2.89	0.88	2.61	
V4-2(1)	15	0.59	53.7	34.82	10.89	(g)mS	4.68	2.54	1.42	5.04
	25		31.47	50.72	17.81	sM	5.64	2.68	1.14	3.39
	50		49.04	36.39	14.58	sM	5.05	2.76	1.33	3.86
	70		39.17	42.1	18.73	sM	5.55	2.86	1.08	3.15
	90	0.28	42.51	40.4	16.81	(g)sM	5.35	2.79	1.14	3.46
	110		23.8	40.89	35.32	sM	6.96	3.12	0.3	1.87
	130		35.28	36.7	28.02	sM	6.22	3.07	0.61	2.07
	150		51.56	32.27	16.17	mS	5.14	2.72	1.26	3.55
	170		22.14	44.57	33.29	sM	6.93	3.06	0.42	1.93

Table 4.7. Changes in current velocity, flow direction, temperature, concentration of suspended sediments, and grain sizes.

Site : Daeho S1 37° 03.07' 126° 29.17'
Date : Feb 23, '94

Time	Depth(m)		Current		Temp. (°C)	S.S. (mg/l)				Depth Mean	
	T ¹	S ²	V (cm/s)	Dir (°)		d> 62	d >40	>d	Tot.	V (cm/s)	S.S. (mg/l)
14:30	9.0	1.0	8.98	110	2.74	3.21	5.91	83.42	92.54	11.21	65.35
		4.5	11.96	180	2.72	0.22	2.23	48.07	50.52		
		8.0	12.68	180	2.74	0.34	3.05	49.61	53.00		
15:30	9.0	1.0	27.34	190	2.78	0.36	2.28	26.60	29.24	28.30	45.62
		4.5	31.03	150	2.65	0.26	2.26	29.62	32.14		
		8.0	26.53	150	2.70	0.20	2.82	72.45	75.47		
16:30	8.2	1.0	31.12	210	2.62	0.15	2.77	20.63	23.55	32.26	30.19
		4.2	34.09	210	2.60	0.35	3.46	18.80	22.61		
		7.0	31.56	210	2.59	0.68	3.32	40.40	44.40		
17:30	7.2	1.0	40.30	230	2.49	0.24	3.20	42.57	46.01	38.41	42.66
		3.0	42.45	210	2.49	0.21	2.95	30.24	33.40		
		6.0	32.47	210	2.49	0.67	3.26	44.65	48.58		
18:30	5.5	1.0	23.02	230	2.46	0.24	2.77	48.40	51.41	23.56	42.03
		2.3	25.72	230	2.44	0.26	2.31	35.00	37.57		
		4.5	21.94	230	2.44	0.14	2.71	34.25	37.10		
19:30	5.0	1.0	19.78	140	2.42	0.22	2.31	63.95	66.48	20.50	63.65
		2.5	22.57	160	2.43	0.11	2.16	60.00	62.27		
		4.0	19.15	200	2.42	0.13	2.59	59.49	62.21		
20:30	4.2	1.0	12.50	190	2.39	0.10	2.59	74.75	77.44	13.04	69.44
		2.0	16.00	90	2.37	0.13	2.32	50.02	52.47		
		3.2	10.61	190	2.37	0.10	2.27	76.05	78.42		
21:30	4.0	1.0	11.59	30	2.33	-	2.13	54.00	56.13	14.02	58.58
		2.0	15.55	350	2.32	0.16	2.18	53.90	56.24		
		3.0	14.92	330	2.30	0.59	2.53	60.26	63.38		
22:30	4.0	1.0	21.40	60	2.28	0.37	2.69	67.14	70.20	21.04	63.25
		2.0	22.48	60	2.27	0.21	3.21	55.00	58.42		
		3.0	19.24	60	2.26	0.85	4.44	55.85	61.14		

1 : Total water depth 2 : Sampling water depth
3 : Particle diameter

Site : Daeho S2 37° 01.90' 126° 25.75'

Date : Feb 24, '94

Time	Depth(m)		Current		Temp. (°C)	S.S. (mg/l)				Depth Mean	
	T ¹	S ²	V (cm/s)	Dir (°)		d > 62	d > 40	> d	Tot.	V (cm/s)	S.S. (mg/l)
						Unit of d ³ : μm					
8:00	17.0	1.0	16.27	170	2.44	0.80	3.55	59.07	63.42	12.79	60.73
	9.0	11.96	300	2.43	0.79	2.52	61.14	64.45			
	16.0	10.16	290	2.42	0.63	3.24	50.44	54.31			
9:05	16.0	1.0	15.37	130	2.38	0.38	3.14	53.95	57.47	16.90	74.09
	8.0	18.16	60	2.38	0.48	2.58	88.95	92.01			
	15.0	17.17	110	2.31	0.45	3.01	69.33	72.79			
10:00	14.5	1.0	12.23	110	2.36	0.37	2.65	72.62	75.64	18.13	78.64
	8.0	19.78	90	2.34	0.43	2.31	72.50	75.24			
	13.5	22.39	100	2.34	0.38	3.01	81.66	85.05			
11:00	19.0	1.0	39.84	120	2.42	0.28	2.32	64.52	67.12	33.67	71.99
	9.0	37.51	100	2.40	0.34	2.75	62.17	65.26			
	18.0	23.65	100	2.40	0.58	2.77	80.24	83.59			
12:00	22.0	1.0	63.24	130	2.60	0.34	2.43	67.50	70.27	52.50	67.99
	11.0	55.68	100	2.59	0.30	2.63	51.74	54.67			
	21.0	38.59	100	2.58	0.73	3.31	75.00	79.04			
13:00	23.0	1.0	64.86	130	2.65	0.35	-	73.41	73.76	50.10	80.36
	11.5	53.70	100	2.54	1.07	3.38	75.45	79.90			
	22.0	31.75	100	2.53	1.03	2.38	84.00	87.41			
14:00	24.0	1.0	61.80	130	2.70	0.66	2.93	82.09	85.68	45.54	85.37
	12.0	48.12	110	2.63	1.19	3.60	82.25	87.04			
	23.0	26.71	120	2.63	1.44	4.01	77.95	83.40			
15:00	22.0	1.0	50.82	140	2.90	0.63	2.26	75.00	77.89	38.35	71.24
	11.5	42.18	100	2.80	1.06	2.99	64.89	68.94			
	21.0	22.03	100	2.75	0.96	3.83	62.09	66.88			
16:00	19.5	1.0	13.85	140	2.80	0.47	2.75	70.50	73.72	11.45	70.14
	10.0	11.06	140	2.75	0.73	3.49	63.26	67.48			
	18.5	9.44	140	2.75	1.09	3.01	65.11	69.21			
17:00	22.0	1.0	21.49	240	2.72	0.58	2.78	57.85	61.21	34.93	77.60
	12.0	45.96	300	2.68	0.56	1.94	72.39	74.89			
	21.0	37.33	300	2.67	0.87	3.33	92.50	96.70			
18:00	21.5	1.0	26.80	280	2.64	0.63	2.54	59.77	62.94	26.53	72.60
	11.5	28.69	310	2.63	0.33	2.30	70.46	73.09			
	20.5	24.10	310	2.65	0.58	3.20	78.00	81.78			
19:00	17.5	1.0	20.32	230	2.58	0.74	3.08	46.00	49.82	17.53	47.57
	10.0	7.91	280	2.58	1.06	2.84	39.27	43.17			
	16.5	24.37	40	2.58	0.99	3.61	45.12	49.72			
20:00	20.0	1.0	29.59	50	2.52	0.79	2.71	80.00	83.50	27.85	84.67
	10.5	30.85	50	2.56	0.87	2.76	77.25	80.88			
	19.5	23.11	60	2.55	1.10	3.17	85.35	89.62			

Table 4.7, Continued

Site : Daeho S3 37° 03.35' 126° 28.05'
 Date : Feb 25, '94

Time	Depth(m)		Current		Temp. (°C)	S.S. (mg/l)				Depth Mean	
	T ¹	S ²	V (cm/s)	Dir (°)		d > 62	d > 40	d > 10	Tot.	V (cm/s)	S.S. (mg/l)
8:00	7.6	1.0	68.90	220	2.38	0.91	5.67	61.19	67.77	59.55	71.89
		4.0	56.76	210	2.38	1.04	3.79	53.68	58.51		
		6.5	52.98	200	2.39	1.39	4.58	83.41	89.38		
9:00	6.2	1.0	36.97	210	2.39	0.44	3.21	80.41	84.06	37.30	77.11
		3.0	44.61	210	2.37	0.54	3.34	64.53	68.41		
		5.2	30.31	200	2.36	0.64	3.51	74.72	78.87		
10:00	5.3	1.0	23.02	230	2.33	0.39	2.70	43.80	46.89	15.22	48.07
		2.5	8.72	200	2.34	0.21	3.01	38.04	41.26		
		4.3	13.94	180	2.35	0.48	2.45	53.13	56.06		
11:00	5.5	1.0	33.55	350	2.36	0.20	2.43	77.17	79.80	23.65	58.73
		2.5	21.67	350	2.36	0.29	2.50	49.15	51.94		
		4.5	15.73	20	2.37	0.42	2.49	41.54	44.45		
12:00	7.1	1.0	17.89	10	2.44	1.91	3.89	48.30	54.10	25.81	71.86
		3.3	51.36	10	2.42	5.40	5.44	83.58	94.42		
		6.0	8.18	30	2.42	9.64	8.93	48.49	67.06		
13:00	9.0	1.0	67.02	350	2.50	0.99	3.85	77.55	82.39	52.71	67.62
		4.5	42.18	20	2.50	2.26	3.73	40.98	46.97		
		8.0	48.93	30	2.47	3.18	5.21	65.10	73.49		
16:00	12.0	1.0	42.72	290	2.66	0.48	3.04	43.65	47.17	40.30	51.91
		6.0	41.11	290	2.64	0.56	2.74	48.04	51.34		
		11.0	37.06	280	2.64	0.64	2.48	54.11	57.23		
17:00	12.0	1.0	35.17	240	2.63	0.82	4.25	53.40	58.47	34.00	71.86
		6.0	38.95	240	2.63	1.15	4.58	52.55	58.28		
		11.0	27.88	240	2.63	1.49	4.64	92.69	98.82		
18:00	11.5	1.0	57.30	230	2.52	1.17	5.04	92.89	99.10	56.67	110.71
		6.0	58.65	220	2.50	4.22	7.28	93.20	104.70		
		10.5	54.06	220	2.50	16.93	9.44	101.96	128.33		
19:00	10.0	1.0	81.86	220	2.52	3.19	7.23	95.10	105.52	65.34	100.62
		5.0	66.84	220	2.51	3.17	5.39	86.15	94.71		
		9.0	47.31	210	2.51	5.43	6.01	90.19	101.63		
20:00	8.6	1.0	67.29	220	2.45	1.38	4.88	86.20	92.46	59.37	105.91
		4.5	59.73	220	2.45	0.76	5.99	106.04	112.79		
		7.5	51.09	220	2.45	5.17	4.96	102.36	112.49		

Table 4.7. Continued

가진 퇴적물이 협제하는데(Fig. 4.8), 이는 태풍 또는 폭풍에 의한 일시적인 자연적 사건에 의해 쌓인 퇴적물로 사료된다. 분급도는 상부에서는 1.0 ϕ 정도의 양호한 분급상태를 보이다가 150cm 이상의 하부로 내려가면서 2.0 ϕ 이상의 매우 나쁜 분급도를 나타낸다. 함수율은 상부에서 하부로 향하면서 25 ~ 50% 내에서 약간씩 증가해가는 경향을 보이며, 유기물 함량도 1 ~ 6% 범위내에서 부분적으로 갑작스런 변화양상도 보이지만 전반적으로 함수율과 비례하여 증가해간다.

퇴적상의 변화가 심하여 10cm 간격으로 시료를 취하여 입도, 물성을 분석한 V1-4는 Table 4.3과 Fig. 4.9에 나타낸 바와 같이 7 ϕ 의 평균입도를 갖는 470cm 깊이의 최하부에서 상부로 오면서 입도가 조립해져가는 경향이 3번의 반복성을 가지고 나타난다. 또다른 특징은 100 ~ 150cm의 깊이에서 입도, 분급도 그리고 사질함량의 분포변화의 진폭이 크게 나타난다. 함수율 역시 입도분포와 함께 반복성을 가지고 상부에서 아래로 가면서 증가하여 가는 경향을 보이고, 유기물은 상부에서 250cm의 깊이까지 0.98 ~ 2.13% 범위내에서 큰 차이를 보이지 않지만 270cm 부근에서 약간의 사질 퇴적물 함량의 증가와 함께 12.67%의 조간대에서는 아주 드문 유기물 함량을 보인다. 다시 그 하부로 가면서 최대 5.1%까지 약간씩 증가하는 경향을 보인다.

최간조선 부근에서 얻어진 V1-5 주상시료에서는 180cm 깊이를 경계로 상층에서 하층으로 갈수록 2.7 ϕ (very fine sand)에서 5.8 ϕ (medium silt), 4.5 ϕ (coarse silt)에서 7.4 ϕ (very fine silt)로 세립해지는 경향을 반복한다 (Table 4.3). 표층 10cm까지 사질퇴적물의 함량이 100% 가까이 되어 아주 조립하고 0.38 ϕ 의 아주 좋은 분급도를 나타내다가 140cm 부근에서 사질의 함량이 20%로 실트의 함량이 60% 이상으로 세립화되어가고 2.5 ϕ 이상의

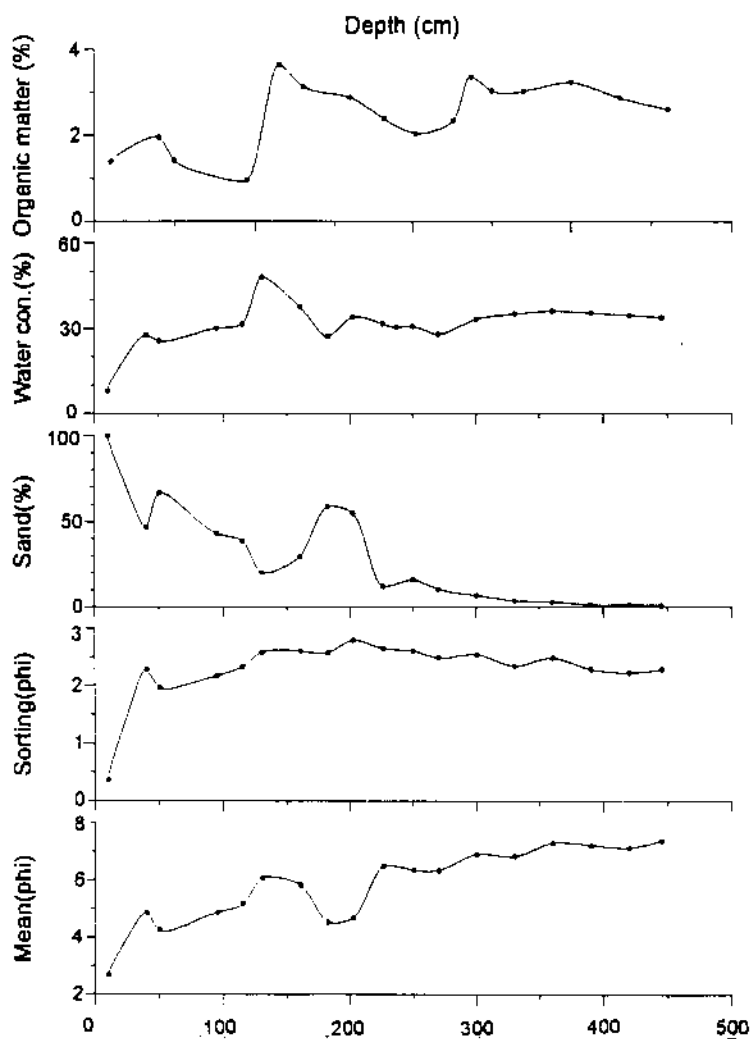


Fig. 4.10 Downcore profile of mean grain size, sorting, sand content, water content and total content of organic matters (core V1-5).

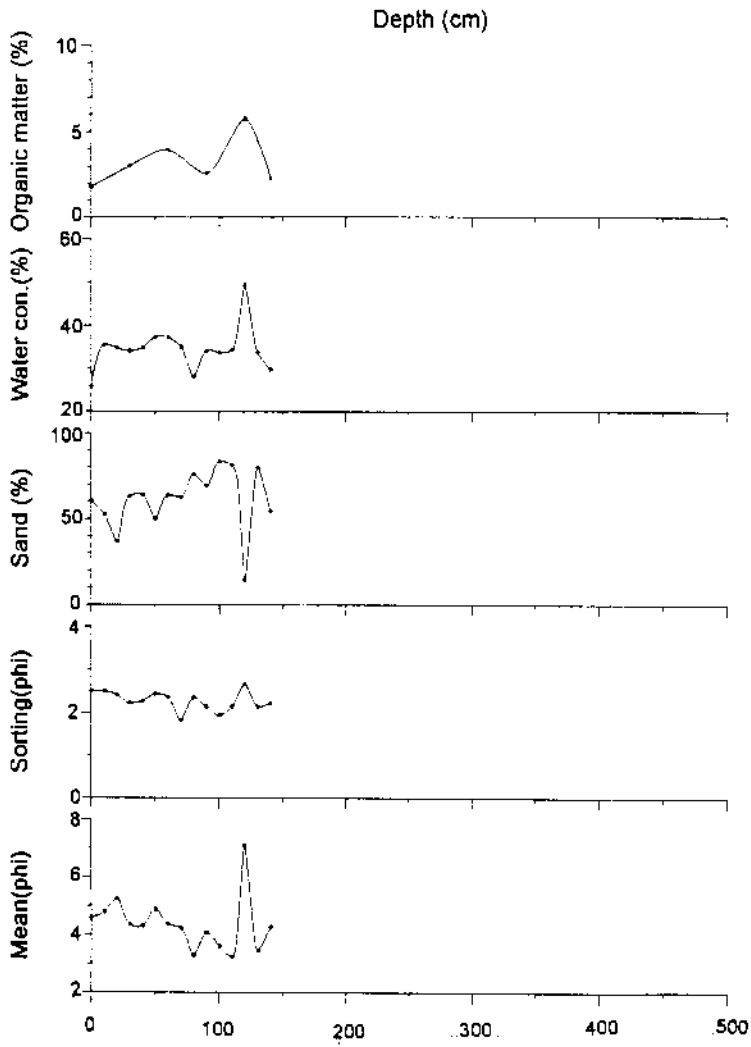


Fig. 4.11 Downcore profile of mean grain size, sorting, sand content, water content and total content of organic matters (core V2-1).

매우 나쁜 분급도를 보인다. 하부로 내려가면서 다시 사질함량이 50%를 넘어서면서 조립해졌다가 270cm 이하에서는 사질의 함량이 급격히 감소하여 10% 미만으로 되고 실트의 함량이 70% 이상으로 증가하면서 6.3 ϕ 이상의 실트질 퇴적물로 세립해지는 경향을 보인다 (Fig. 4.10). 하부층의 분급도는 평균 2.5 ϕ 이상의 매우 나쁜 분급도를 가진다. 함수율과 유기물의 함량은 전체적으로 하부로 가면서 약간씩 증가하는 양상을 띠는 가운데 120cm에서 220cm 사이의 깊이에서 갑작스런 증가와 감소를 보이는 심한 변화를 보인다(Fig. 4.10).

Line II의 주상시료 또한 하부에서 상부로 가면서 입도가 조립해지는 상향조립화 (coarsening upward)의 현상을 보인다. 방조제 후면의 현재 공사중인 조간대에서 채취한 V2-R은 방조제 전면 조간대에서 취한 주상시료들에 비해 방조제 완공후 약 10년 정도의 노출되어 있는 시간을 가졌던 곳이므로 고화정도가 심하여 짧게 표품되었으며, 표층퇴적물이 다른 시료들에 비해 사질의 함량이 40% 이하로 4.8 ϕ 의 평균입도로 세립하였고, 70cm 깊이까지는 평균 5.2 ϕ 정도로 세립해지는 경향을 보이다가 조립해지고 그 아래에서는 다시 세립해지는 입도분포를 보이면서 큰 입도분포의 변화가 없는 일정한 경향을 나타내었다 (Table 4.4).

방조제 전면 조간대에서 방조제와 근접해 있는 V2-1 지점은 고화된 퇴적층이 표층으로부터 가까운 깊이에 놓여 있는 이유로 전체 주상시료가 140cm로 짧게 표품되었다. 표층으로부터 110cm 깊이까지는 다른 주상시료의 공분적인 상향조립화 또는 하향세립화 입도분포의 특성과 달리 오히려 하부로 내려가면서 약간의 사질함량의 증가와 함께 조립해지는 경향을 보였다 (Fig. 4.11). 120cm 깊이에서는 얇은 니질퇴적층의 협재로 평균입도가 7.2 ϕ 정도로 갑작스럽게 감소하며 사질퇴적물의 함량의 큰 폭으로 감소될

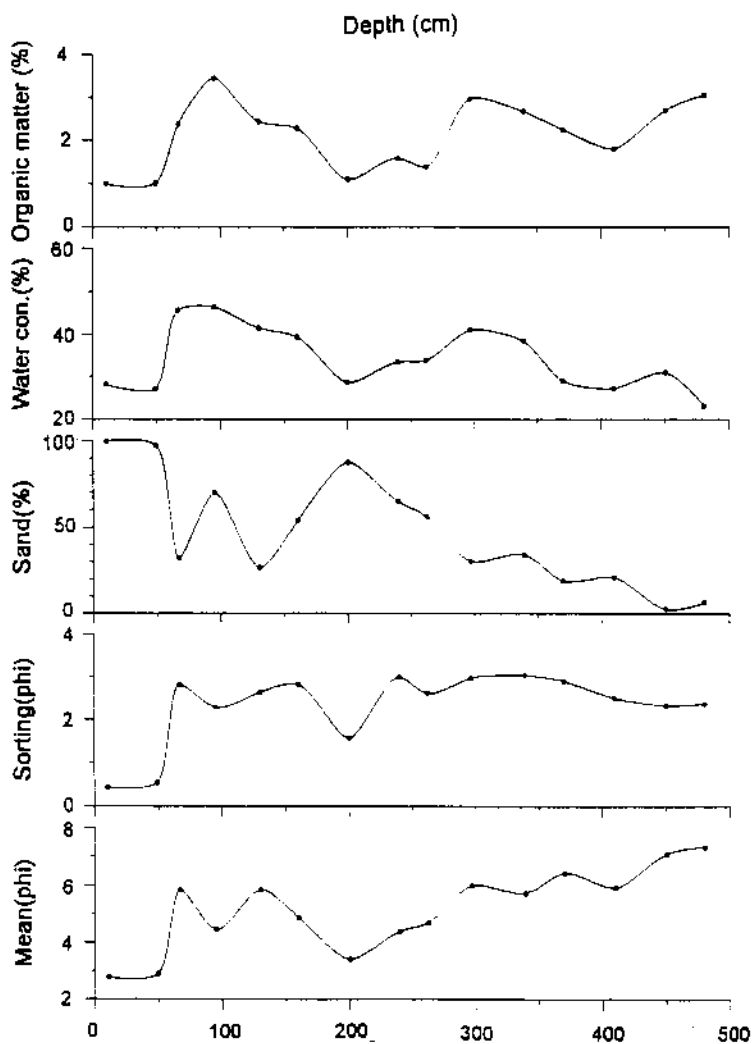


Fig. 4.12 Downcore profile of mean grain size, sorting, sand content, water content and total content of organic matters (core V2-2).

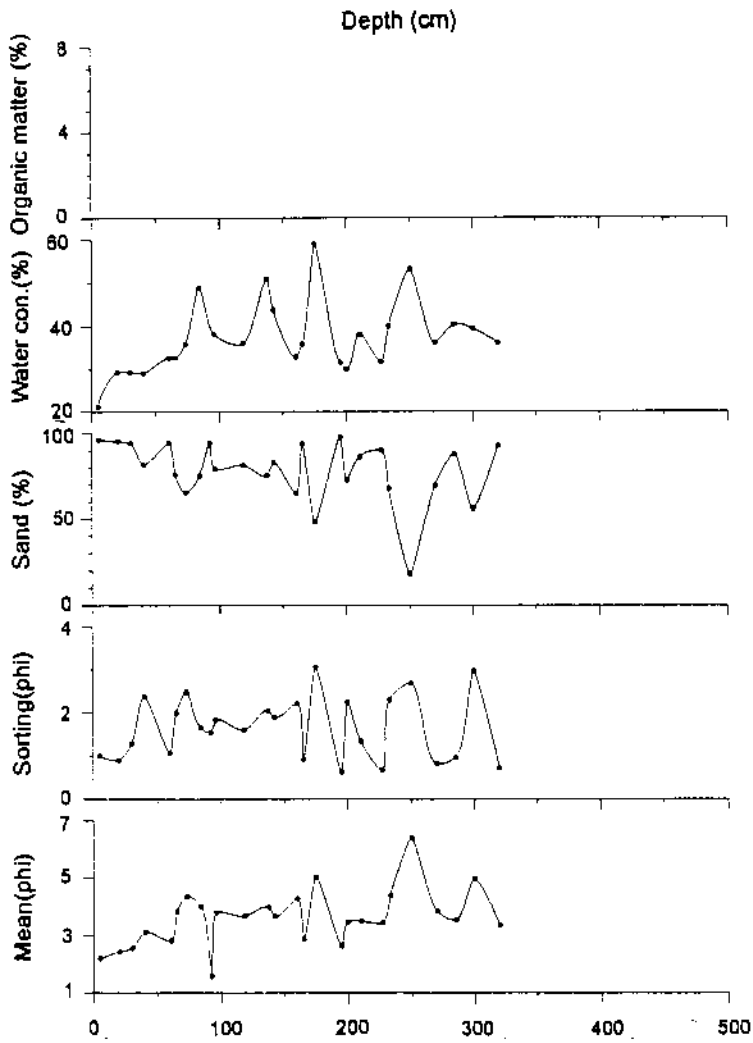


Fig. 4.13 Downcore profile of mean grain size, sorting, sand content, water content and total content of organic matters (core V3-1).

보인다. 이 깊이에서는 함수율과 유기물도 큰 폭으로 증가를 보인다.

유기물과 함수율의 변화는 다른 주상시료들과 마찬가지로 하부로 가면서 약간의 증가를 보인다.

이 축선에서 간조선 부근인 정점인 V2-2에서는 표층 50cm 정도까지는 100% 가까이의 사질퇴적물 함량을 보이며 2.8φ (fine sand)의 조립한 분포를 보이다가 깊이에 따라 세립해가는 경향을 보임과 동시에 200cm 깊이까지는 입도 및 퇴적상의 변화가 심하게 일어났다. 이 깊이 아래로부터는 거의 선형적인 사질퇴적물 함량의 감소와 실트질 퇴적물 함량의 증가를 보이며 세립화 되어간다(Fig. 4.12). 깊이에 따른 함수율의 변화는 20 ~ 50% 범위내에서 전반적으로 입도의 크기와 반비례 관계를 가지고 복잡한 양상을 띠고, 유기물의 함량 역시 1 ~ 3.7%의 범위에서 약간의 변화를 보인다.

방조제 중앙부에 발달하고 있는 주조류로의 북동쪽 측면부 사주위로 설정한 축선 Line III를 따라 사주의 정상부와 간조선 부근에서 V3-1과 V3-2의 2개의 주상시료를 취해 분석하여 Table 4.5에 입도의 특성을 나타내었다.

조간대를 가로질러 S자형으로 발달해 있는 사주 (sand bar)의 정상부를 시추하여 얻은 V3-1의 경우 표층 약 30cm 정도는 2.2 ~ 2.5φ의 분급이 양호한 사질퇴적물이 분포하다가 하부로 향하면서 약간의 니질퇴적물이 혼재되어 있는 니질사퇴적물로 변하면서 세립해지는 경향을 보이지만 전반적으로 수로 (channel) 퇴적물의 특성을 보이며 입도 및 함수율 등의 물성 변화 폭이 아주 크게 나타난다(Fig. 4.13).

주조류의 입구이자 간조선 부근인 V3-2 지역에서 얻어진 주상시료의 경우 최상부 20cm 깊이까지 뚜렷한 경계를 가지고 조개껍질 및 파편

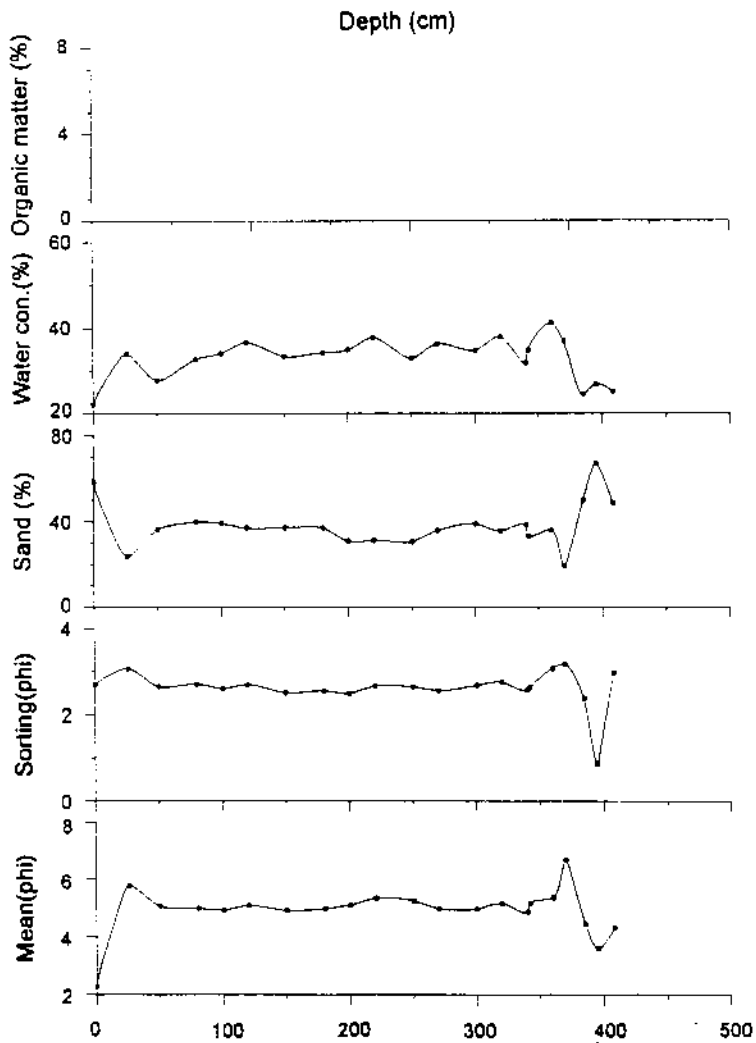


Fig. 4.14 Downcore profile of mean grain size, sorting, sand content, water content and total content of organic matters (core V3-2).

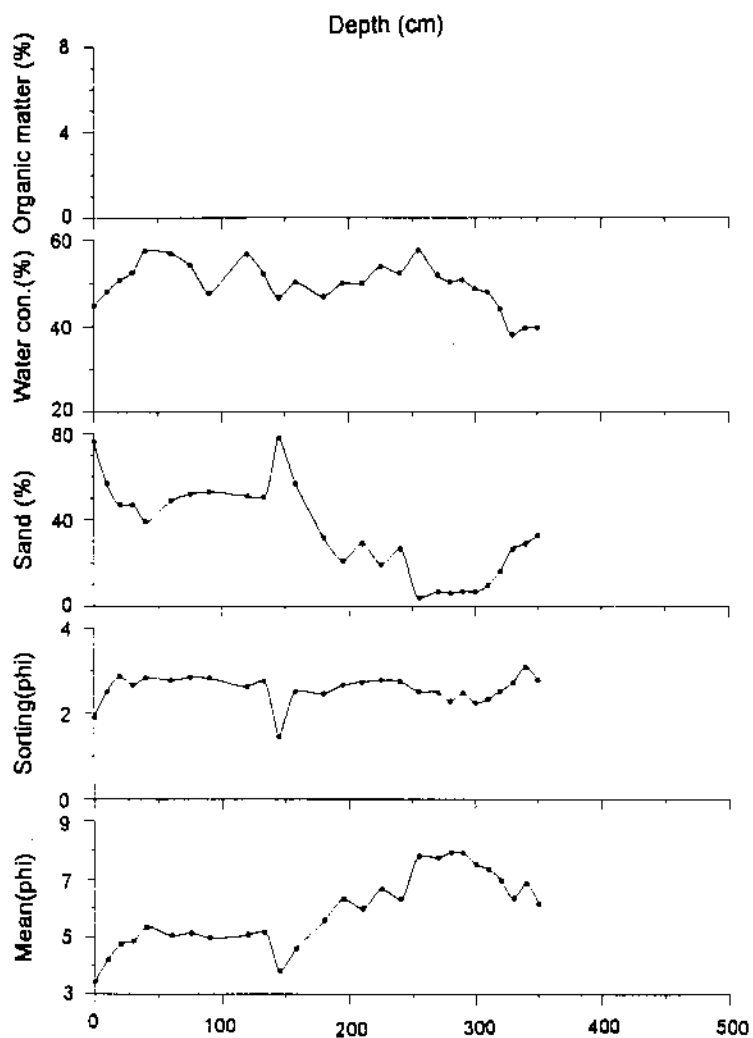


Fig. 4.15 Downcore profile of mean grain size, sorting, sand content, water content and total content of organic matters (core V4-1).

(shell fragments)으로 이루어져 있고 쇠설성 퇴적물의 평균입도가 2.3 ϕ 정도인 퇴적층이 존재하며, 그 아래로 함하면서 360cm 깊이까지 4.5 ~ 5.4 ϕ 의 평균입도 범위내에서 변화폭이 적은 입도분포를 보이다가 370cm 깊이에서 니질퇴적층의 형태로 6.7 ϕ 까지 갑자기 입도 세립해졌다가 다시 하부로 가면서 입도가 상부와 유사한 입도분포를 보인다 (Fig. 4.14). 사질퇴적물의 함량과 함수율도 하부로 함하면서 큰 변화를 보이지 않다가 입도가 갑작스럽게 변화는 깊이에서 입도크기의 감소와 반비례하여 증가를 보인다.

제2호 방조계 전면 조간대중 가장 대도비도쪽으로 치우쳐져 위치하고 부서쪽 조간대에 비해 약간은 세립한 표층퇴적물의 분포를 보이는 조간대 지역 측선 Line IV를 따라 V4-1과 V4-2(1)이 각각 350cm와 170cm 길이로 시추분석되었다. 이 부분은 초락도 근접해 있는 지역이라 보어링 (boring) 시추자료 분석에 의하면 홀로세 (Holocene) 퇴적층이 중앙부 조간대에 비해 얇게 쌓여 있는 지역이다. 이 측선을 따라 채취한 주상시료들의 전체 입도 및 물성특성은 Table 4.6에 나타내었다.

V4-1의 주상시료는 표층 3.4 ϕ 의 평균입도의 퇴적물에서 130cm 깊이까지 하부로 가면서 5.2 ϕ 의 평균입도로 점점 세립해져 가는 하향세립화 경향을 보이다가 145cm 깊이에서 다시 3.8 ϕ 로 조립해져 280cm 깊이까지는 또 다시 7.8 ϕ 정도의 평균입도까지 세립해지는 반복성을 갖는다. 하지만 270cm 정도의 깊이를 경계로 입도, 퇴적물의 색깔, 고화정도 그리고 함수율 등의 물성이 변화를 보이면서 황갈색의 산화대층으로 변해간다. 이 층에서의 입도는 고화정도가 심해지는 하부로 가면서 6.1 ϕ 까지 약간의 조립해지는 경향을 보이며 고화정도와 함께 함수율의 감소가 수반된다 (Fig. 4.15).

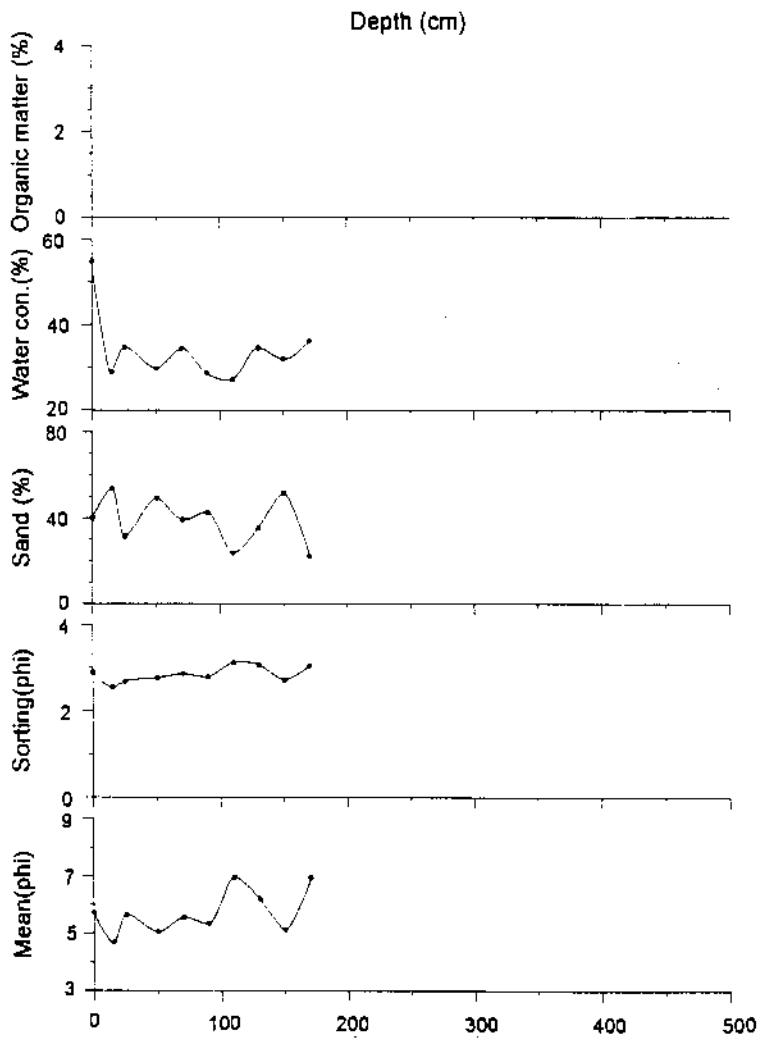


Fig. 4.16 Downcore profile of mean grain size, sorting, sand content, water content and total content of organic matters (core V4-2(1)).

V4-2(1)의 주상시료를 채취한 조간대지역은 여름철 약해지는 수리환경에너지로 인해 세립질 퇴적물이 잘 쌓이는 지역으로 수리환경 및 퇴적작용의 계절변화에 의한 퇴적물의 보존성 여부를 관찰하기 위하여 비교적 길이 170cm의 주상시료를 시추분석하였다. 표층에서 하부로 가면서 약간은 세립해지는 경향을 보이면서 사질니 (sandy mud) 퇴적물에서 니질사 (muddy sand) 퇴적물로 그러다가 다시 니질사 퇴적물에서 사질니 퇴적물로의 입도 및 퇴적상의 변화가 심하게 나타났다 (Fig. 4.16). 이렇게 조립한 퇴적물 사이에 보다 세립한 퇴적물이 간헐적으로 협재하는 것은 퇴적작용의 계절변화에 기인한 것으로 사료된다. 사질퇴적물의 함량 및 함수율도 입도와 상당히 큰 변화특성을 보였다.

각 축선에서 취한 전체 주상시료에 대한 함수율, 전밀도, 공극비 그리고 유기물함량 등의 물성들은 부록 1 ~ 부록 4에 나타내었다.

3. 수직퇴적상

축선 Line I과 II에서 얻어진 진동시추자료의 수직퇴적상 분포는 본 연구사업의 1차년도 보고서에서 기술한 바 있고, 이번 2차년도 보고서에서는 대호방조제 축조에 의해 퇴적환경의 변화가 확연하게 이루어지고 지역, 즉 제2호방조제 중앙부에 위치한 주조류로 부근의 Line III와 IV에서 시추한 주상시료들의 수직퇴적상의 특징들에 대해 기술해보기로 하겠다.

Core Y3-1

1) 0 cm ~ 71 cm : 최상부층 30 cm까지의 깊이까지 최근에 쌓인 것으

로 사료되는 평균입도 2.2 ~ 2.6 ϕ (Fine sand)사이의 올리브 색깔의 사질 퇴적상이 쌓여 있으며, 대부분 작은 크기이지만 다양한 크기를 갖는 조개 껍질이 간헐적으로 협재되어 있다가 하부로 가면서 함량이 증가한다. 하부로 함하면서 전체적으로 사질퇴적물과 마모가 많이된 조개껍질들과 호층들이 특징적으로 나타나고 사질퇴적상에서 니질사퇴적상으로 세립해지는 경향을 보인다. 이 전체구간에서 조개껍질의 마모와 부수진 정도는 하부에서 상부로 가면서 증가하는 경향을 보이는데 이는 조류와 파랑에 의한 수리에너지의 증가를 시사한다.

2) 71 cm ~ 136 cm : 위층과 뚜렷한 경계를 보이며, 상부 90 cm까지 대조와 소조 주기에 따라 두께 변화를 보이는 엽리층 (laminated layer)이 잘 발달되어 있다가 90 cm부터 많은 양의 마모되고 부수어진 조개껍질을 함유하는 사질퇴적층이 4 cm 두께로 놓여있는데 이는 갑작스런 자연적 사건에 의한 수리환경의 변화를 시사한다. 그 아래로 니질사퇴적물로 구성된 약간의 평행엽리 (parallel lamination)가 발달하다가 하부로 가면서 사질조간대 (sand flat)에서 조류와 파랑에 의해 잘 발달되는 작은 크기의 Ripple cross-bedding이 발달하고 있다.

3) 136 cm ~ 175 cm : 3.7 ~ 4.3 ϕ 의 평균입도의 니질사퇴적물과 다량의 조개껍질이 혼재되어 있는 퇴적상을 보이며, 간헐적으로 사층리가 협재되어 있다.

4) 175 cm ~ 292 cm : 전체적으로 flaser bedding, wavy bedding 그리고

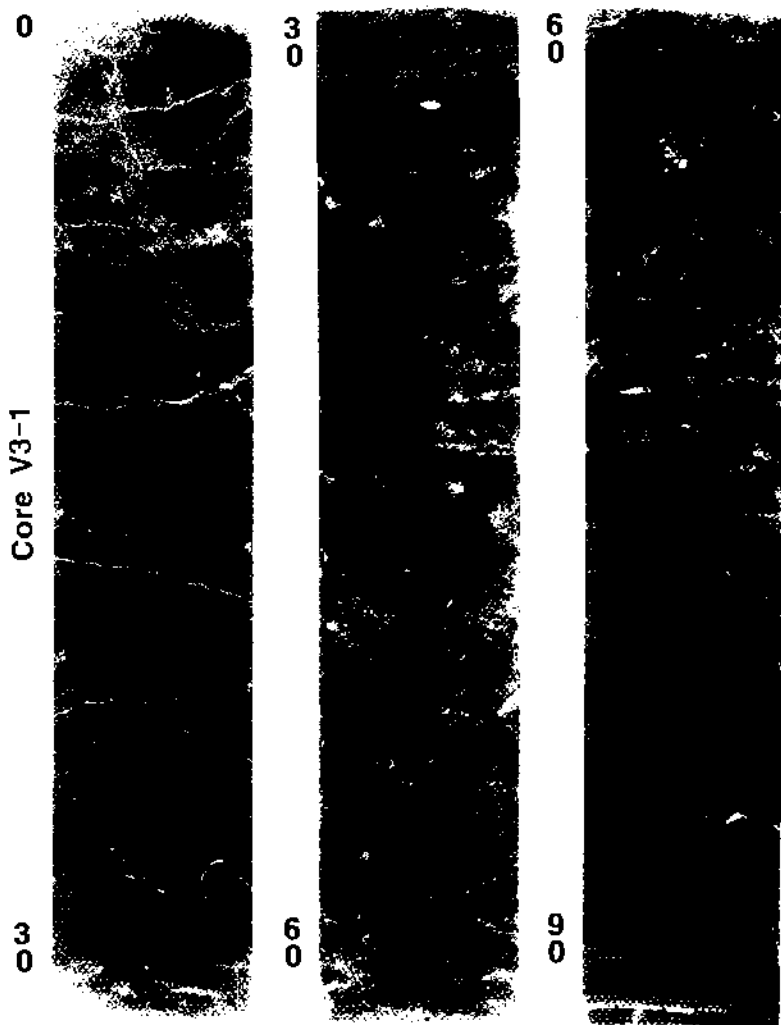


Fig. 1.17 X-radiography of vibracore sediments taken from core V3-1.

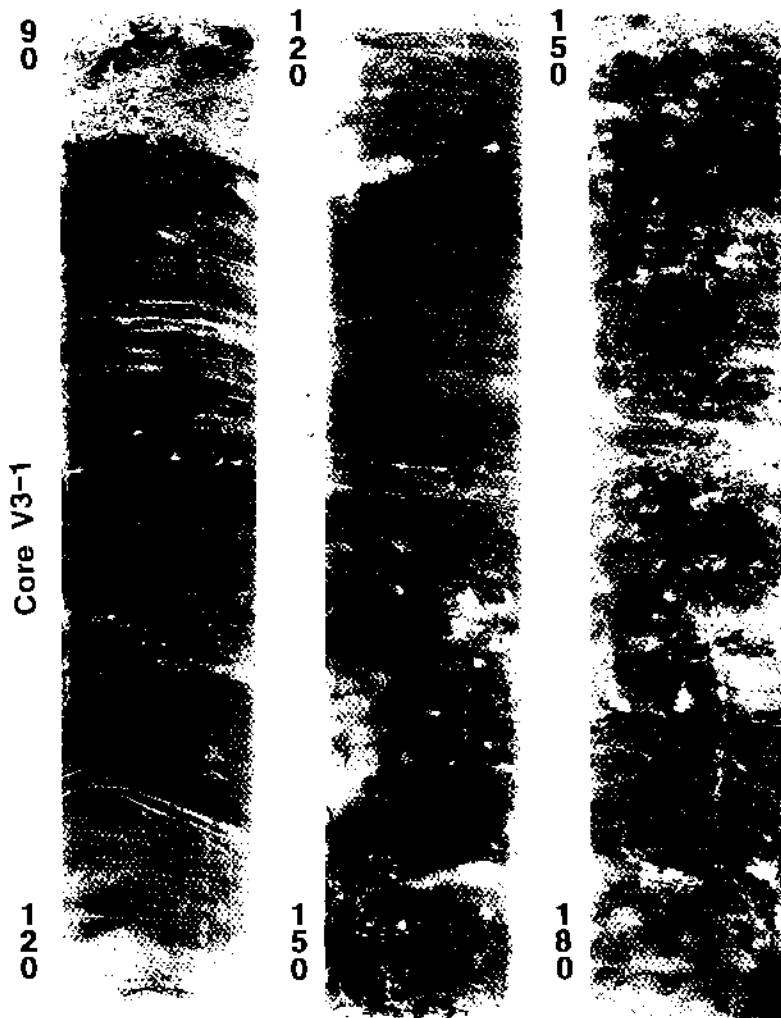


Fig. 4.17 Continued



Fig. 4.17 Continued

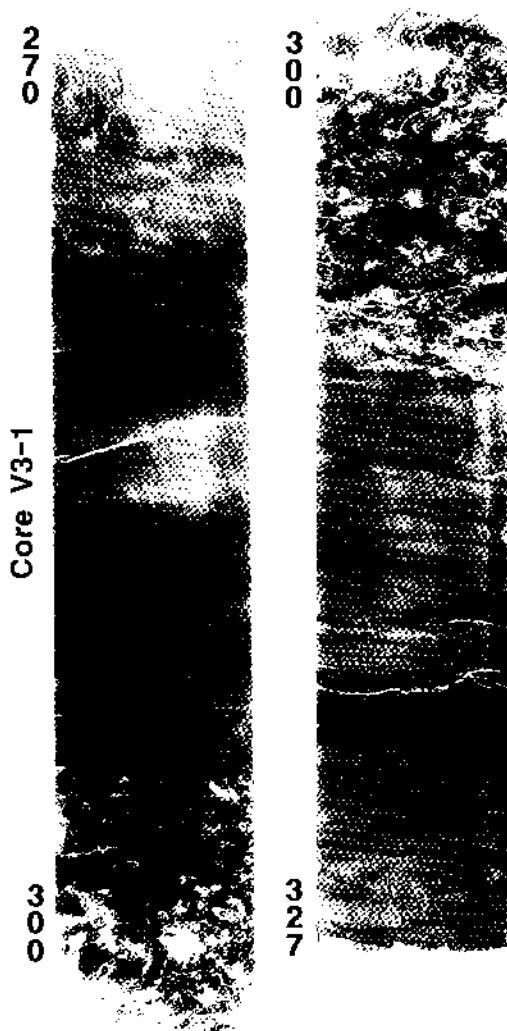


Fig. 4.17 Continued



Fig. 4.18 X-radiography of vibracore sediments taken from core V3-2.

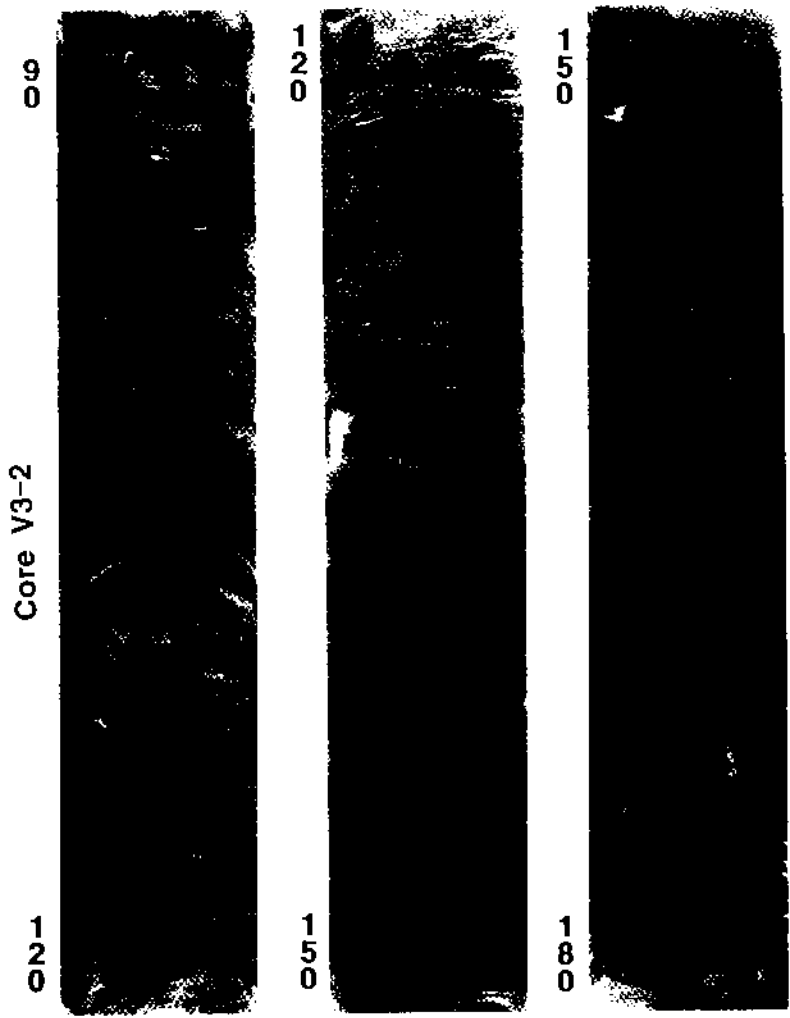


Fig. 4.18 Continued

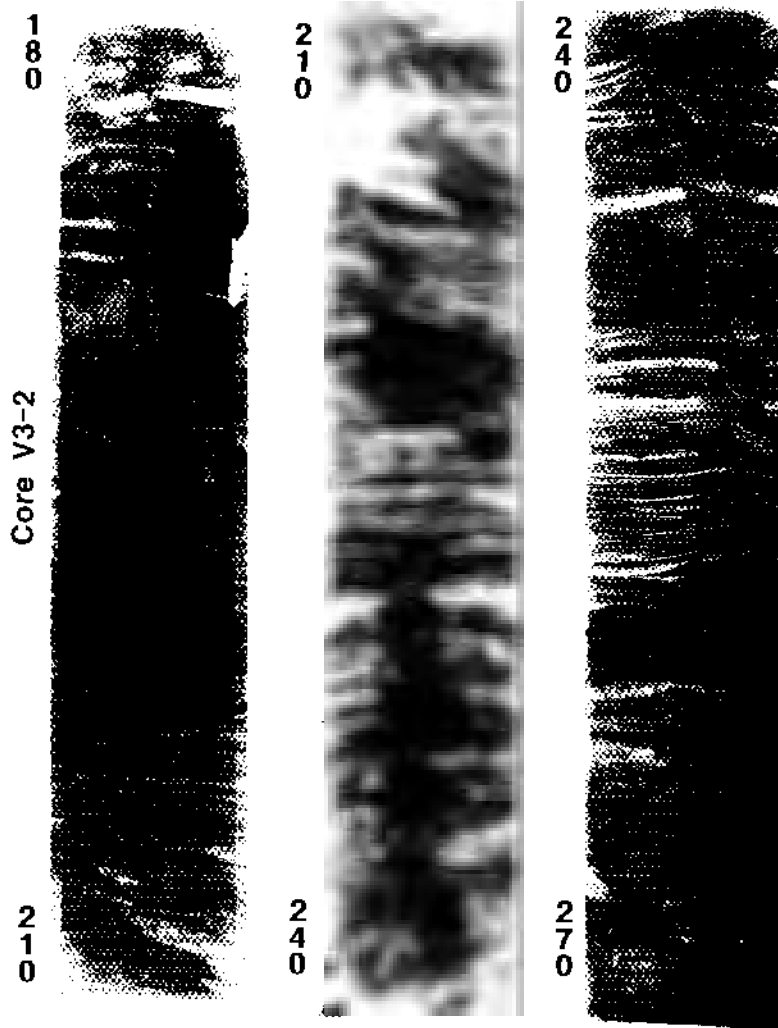


Fig. 4.18 Continued

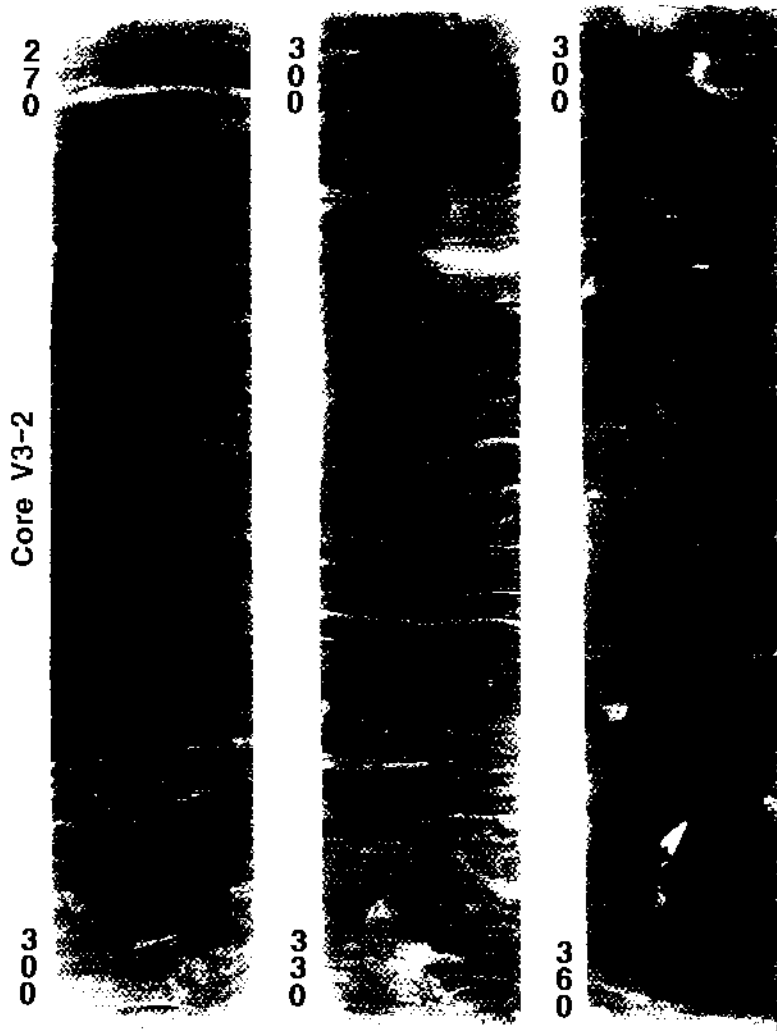


Fig. 4.18 Continued



Fig. 4.18 Continued

ripple cross-bedding이 존재되어 있는 니질사퇴적상이 분포하며, 250 cm 깊이에 얇은 두께의 사질니퇴적상이 협재되어 있고, 270 cm를 넘어서면서 퇴적물이 뒤틀려 있는 양상을 보이다가 괴상구조의 니질사퇴적상이 하부에 존재한다. 이 층에서는 입도, 분급도, 사질퇴적물 함량 그리고 함수율이 모두 큰 폭으로 변화하는 불안정한 상태를 보인다.

5) 292 cm ~ 310 cm : 위 아래로 아주 뚜렷한 경계면을 보이는데 특히 아래 경계면은 날카로운 침식면 (erosional surface)을 가지고 니질사의 퇴적물이 협재하는 많은 조개껍질층으로 이루어져 있다. 이 층은 전체적으로 약간의 점이성을 가지는 것으로 보아 과거 폭풍이 있을 당시 쌓였던 퇴적층으로 사료된다.

6) 310 cm ~ 327 cm (최하부) : 니질사퇴적물과 사질퇴적물로 이루어진 사층리가 잘 발달된 퇴적상을 이룬다.

Core V3-1은 대부분 니질사 내지 사질퇴적상을 보이며 Fig. 4.17의 X-ray 촬영 결과에서 나타난 바와 같이 사층리와 조개껍질층의 많은 발달로 보아 수로나 하부조간대에서 우세한 upper-flow regime의 고에너지 수리환경하에서의 퇴적작용에 의해 쌓인 퇴적층으로 해석된다. 또한 하부에서 상부로 가면서 전반적으로 입도가 조립해지는 경향을 보이는 것은 수리 에너지 등급의 상승으로 고려되어지며 특히 상부 30 cm 정도의 올리브 색깔 퇴적물은 방조제 건설후에 발달된 사주퇴적물로서 퇴적역사가 아주 짧은 것으로 사료된다.

Core V3-2

V3-2의 전체적인 퇴적구조 및 퇴적상의 분포는 X-ray 촬영 결과에서 보여주고 있으며(Fig. 4.18), 각각의 다른 퇴적상을 보이는 층의 특징은 다음과 같다.

1) 0 cm ~ 24 cm : 층 전체가 흰 색깔의 현생조개껍질로 이루어져 있으며 불량한 분급도를 갖는 쇄설성 퇴적물의 평균입도는 2.3 ϕ 정도로서 역니질사 (gravelly muddy sand)의 퇴적상을 보인다. 조개껍질들의 마모정도는 퇴적역사가 보다 짧은 상부로 갈수록 감소해가는 양상을 보인다.

2) 24 cm ~ 338 cm : 상부 60 cm까지는 약간의 고동류 (gastropoda)를 포함하고 매우 불량한 분급도 (3.1 ϕ)와 평균입도 3.1 ϕ 그리고 심한 생물의 교란작용을 받아 일차퇴적구조가 거의 보존되어 있지 않은 사질니퇴적상이 놓이며 그 아래로 약간의 평행엽리 일차퇴적구조에 심한 생물교란작용을 받은 사질니퇴적상이 분포한다. 그 아래로 연속되면서 엽리퇴적구조의 보존성이 좋아지며 약간의 생물교란작용을 수반한다. 특히 240 cm ~ 256 cm 사이에 벌레구멍 (burrow)이 수직으로 잘 발달하고 있는 사질니퇴적상이 분포한다.

3) 338 cm ~ 405 cm : 위 층에 비해 점차적으로 아래로 향하면서 간헐적으로 고동류가 협재하며 생물의 교란작용이 심해져 일차퇴적구조가 거의

보존되지 않은 사질니퇴적상이 분포한다. 390 cm를 경계로 생물의 교란작용이 약해지고, upper-flow regime에 의한 사충리가 잘 발달되고 분급이 양호한 니질사퇴적상이 분포한다.

4) 405 cm ~ 408 cm(최하부) : 위 층과 명확한 침식면의 경계를 두고 조개껍질 다량 분포하고 있는 분급도가 매우 불량한 역니질사퇴적상이 분포하며 함수율의 감소에 따라 약간 고화되어 있는 상태를 보인다.

Core V3-2는 다른 주상시료들과 달리 최상부와 하부에서만 입도분포의 변화를 보이고 전체적으로 특별한 양상을 띠는 입도분포의 변화가 나타나지 않는다. 평균 5φ 이상인 사질니퇴적상을 보이는 하부에서 상부로 향하면서 최상부 약 25 cm 정도는 수로퇴적물의 특징을 보이는 거의 조개껍질로 구성된 역니질사퇴적층이 나타나는데 이는 과거 수로환경이 아닌곳이 수로환경으로 바뀌면서 강한에너지의 퇴적작용으로 인한 결과로 생각할 수 있다. 이러한 최상부층의 특징은 방조제의 건설에 따른 수리에너지의 증가로 빚어진 수로의 확장에 기인한다고 사료된다.

Core V4-1

1) 0 cm ~ 270 cm : 최상부에서 75 cm까지는 암회색을 띠는 니질사퇴적상에서 사질니퇴적상으로의 약간의 입도감소를 보이며 고동류, 굴 (oyster) 껍질 그리고 bivalve의 조개껍질들이 많이 현재되어 있다. 특히 20 cm ~ 40 cm 사이에는 폭풍퇴적물로 고려되는 많은 조개껍질과 역들이 집중되어



Fig. 4.19 X-radiography of vibracore sediments taken from core V4-1.



Fig. 4.19 Continued



Fig. 4.19 Continued

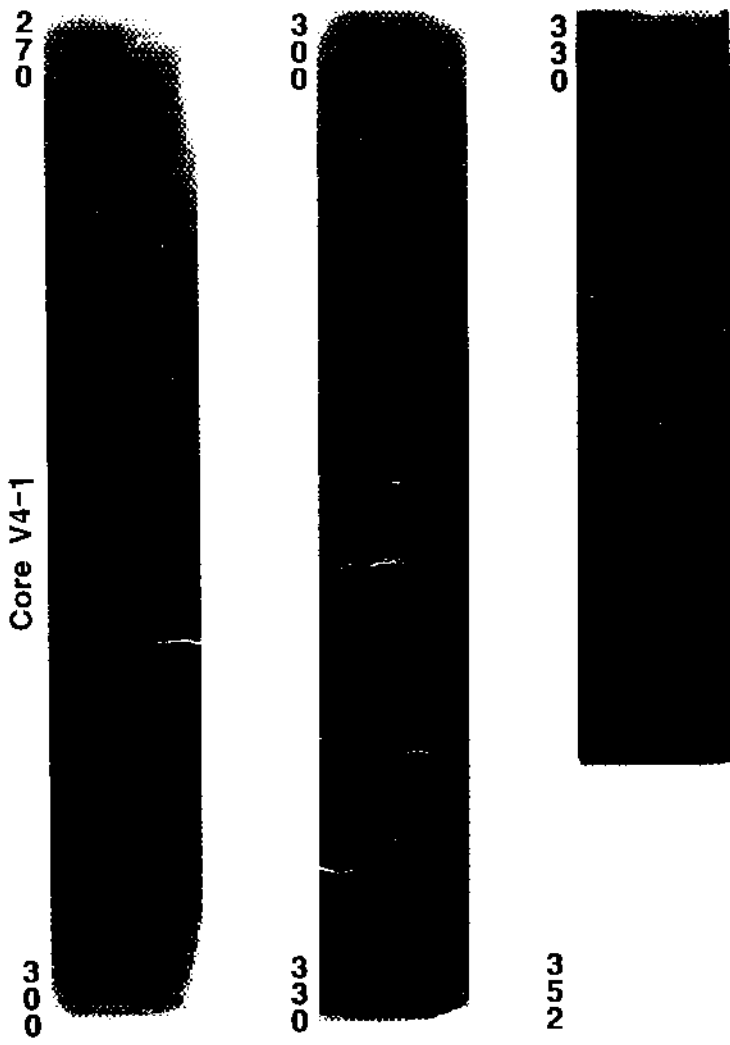


Fig. 4.19 Continued

있는 특징을 보인다. 그 아래로 145 cm까지는 니질퇴적상이 분포하며 심한 생물들의 연직 교란작용으로 인해 뚜렷한 입도분포의 변화는 보이지 않는다. 그러다가 145 cm ~ 270 cm까지는 다시 니질사퇴적상에서 니질퇴적상으로 세립해지는 입도분포를 보이며 심한 생물교란작용이 일어나 일차퇴적구조가 전혀 보이지 않는다.

2) 270 cm ~ 405 cm(최하부) : 위층과 뚜렷한 특징변화를 보이는 산화대층으로 이루어져 있다. 위층의 생물교란작용을 많이 받은 암회색 홀로세(Holocene : ?)퇴적층으로부터 황갈색의 산화대층으로 점이적으로 변해가며 하부로 가면서 니질퇴적상에서 사질니퇴적상으로 오히려 입도가 증가되어 가는 특징을 보이며 산화정도도 심해짐과 함께 함수율의 감소로 반고화된 상태의 특징을 보인다.

270cm 깊이 위에 놓이는 암회색의 현세 퇴적층과 이 산화대층의 경계점은 생물작용 (bioturbation)에 의한 벌레구멍 (burrow)들이 수직으로 잘 보존되어 있으며, 330cm에서 352cm 까지는 한냉한 빙하기후에 의한 결빙구조 (cryogenic structure ; 박 등, 1994)로 사료되는 퇴적구조가 3차원적으로 잘 발달되어 있다. 하지만 X-ray 촬영결과에서는 반고화되어 있고 결빙구조와 주위퇴적물과의 입도차이가 거의 없기 때문에 퇴적구조가 잘 나타나지 않는다 (Fig. 4.19).

Core V4-2(1)

이곳은 여름에 약해지는 수리에너지로 인해 세립질퇴적물이 mound 형

태로 쌓이는 특징을 보이는 곳으로서 전체적으로 사질니퇴적상이 우세한 가운데 니질사퇴적상이 간헐적으로 협재하여 큰 폭의 함수율과 입도의 변화를 보인다. 상부 70 cm까지는 크고 작은 조개껍질과 현생 고동류가 많이 분포하고 있으며 그 아래로 가면서 약간의 평행엽리의 일차퇴적구조와 함께 심한 생물교란작용의 흔적이 보인다(Fig. 4.20).

4. 조간대 퇴적환경의 변화

전체적으로 추상시료들의 퇴적상이 상부로 가면서 조립화되어가는 특징을 보이는데, 이는 Van Straaten (1953, 1954)의 전진퇴적 (progradation) 과 조수로 (tidal creek)의 수평이동으로 결과되어지는 상향세립화 퇴적층서의 조간대 퇴적모델과 전혀 상반되는 결과로서 그러한 퇴적기작외에 수심 (해수면)의 변화로 인한 수리환경에너지의 증가에 기인한 것으로 사료된다. Core V3-1과 Core V3-2는 최상부에서 사질퇴적물 내지 조개껍질층으로의 갑작스런 변화양상을 보이는데 이러한 퇴적상의 변화는 방조제의 건설이 전면해역 수리에너지의 크기를 증가시켜 나타난 퇴적작용의 결과로 사료된다. 방조제 축조전에는 만안으로 밀려들어 왔던 조력이 방조제 축조로 가로막혀지기 때문에 중앙부의 주조류로에 집중되면서 주조류로의 확장이 일어나는 것으로 해석된다.

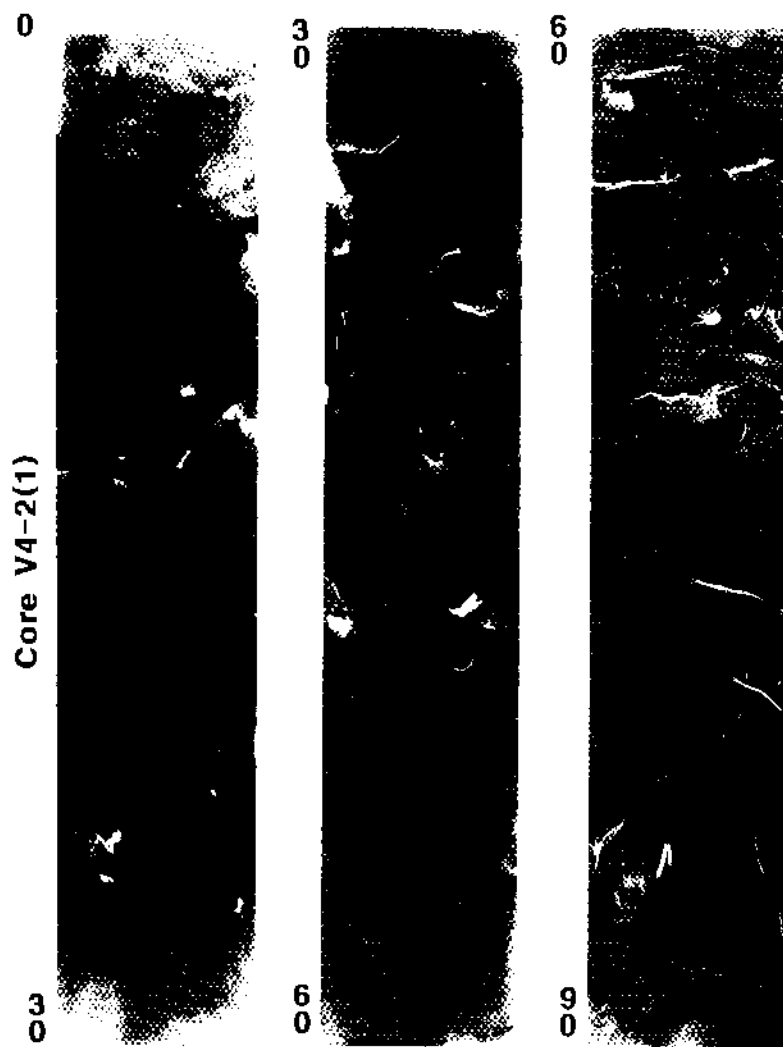


Fig. 4.20 X-radiography of vibracore sediments taken from core V4-2(1).

Core V 4-2(1)

90



120

120



150

150



174

Fig. 4.20 Continued

제 4 절 조하대의 퇴적환경

1. 조사 및 분석방법

1-1. 해저표층퇴적물 채취

조간대에서의 표층퇴적물 특성뿐 아니라 방조제에 의해 퇴적작용이 영향을 받을 수 있는 조하대 지역 즉 대호방조제 전면의 연안역의 표층퇴적물의 특성 및 퇴적상을 알아보기 위하여 1994년 1월 소형 Grab을 이용하여 총 50개 지점에서 소정의 해저표층퇴적물을 채취하였다 (Fig. 4.21). 채취된 퇴적물은 실험실로 옮겨져 이전 4장에서 기술된 입도분석 방법으로 분석하였다.

1-2. 해저지형측량

조간대와 조하대지역 지형의 연계성을 알아보기 위하여 음향측심기 (Echosounder)를 이용하여 방조제 전면 조간대에서 조하대까지 해안선에 수직으로 그리고 만조시 조간대가 침수되어 배가 이동할수 있을때 저조선 근방을 수평으로 따라가면서 측심하여 지형의 분포를 관찰하였다.

1-3. 해류 및 부유퇴적물의 시간변화 관측

부유퇴적물의 이동이 활발한 겨울철 대호방조제 인근해역의 대조기 유속, 유향의 변화와 부유퇴적물 농도의 변화를 파악하기 위하여 1994년 2월 23일에서 24일까지 각각 북측 방조제 전면(S1, 37° 03.17', 126° 29.17'), 비경도와 소란지도 사이(S2, 37° 01.90', 126° 25.27'), 그리고 대란지도 동측(S1, 37° 03.35', 126° 28.05')의 3개 지점 (Fig. 4.22)의 상, 중, 하층에서 약 9시간 동안씩 유속, 유향, 수심, 수온 그리고 전기전도에 대해 정점관측

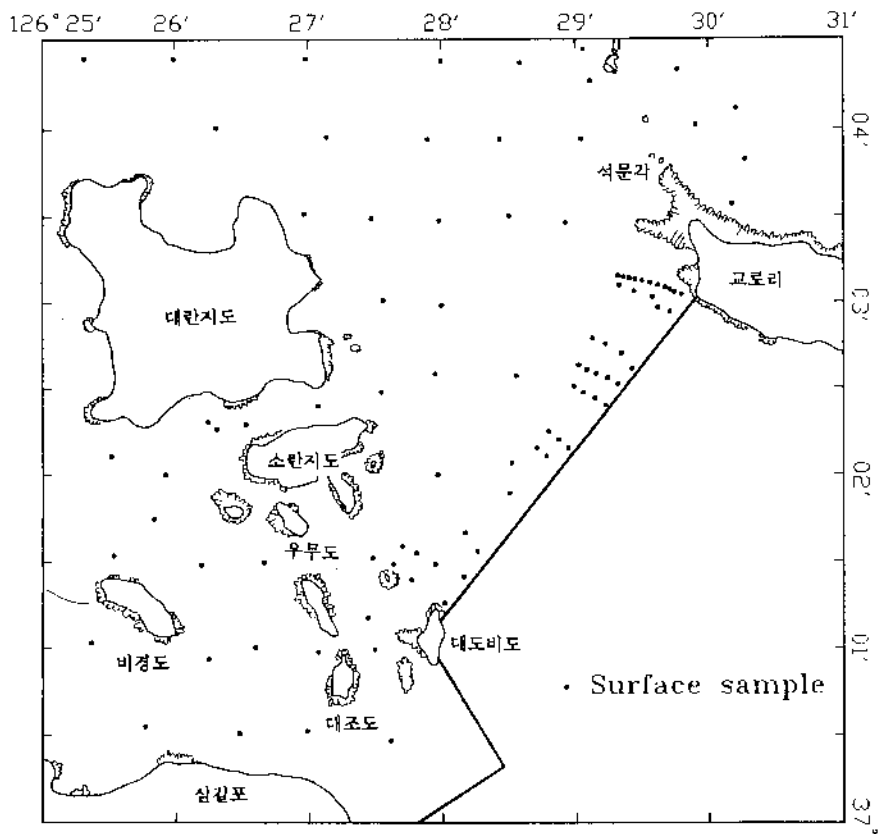


Fig. 4.21 A map showing the sampling stations of sub-surface sediments using by a small grab sampler.

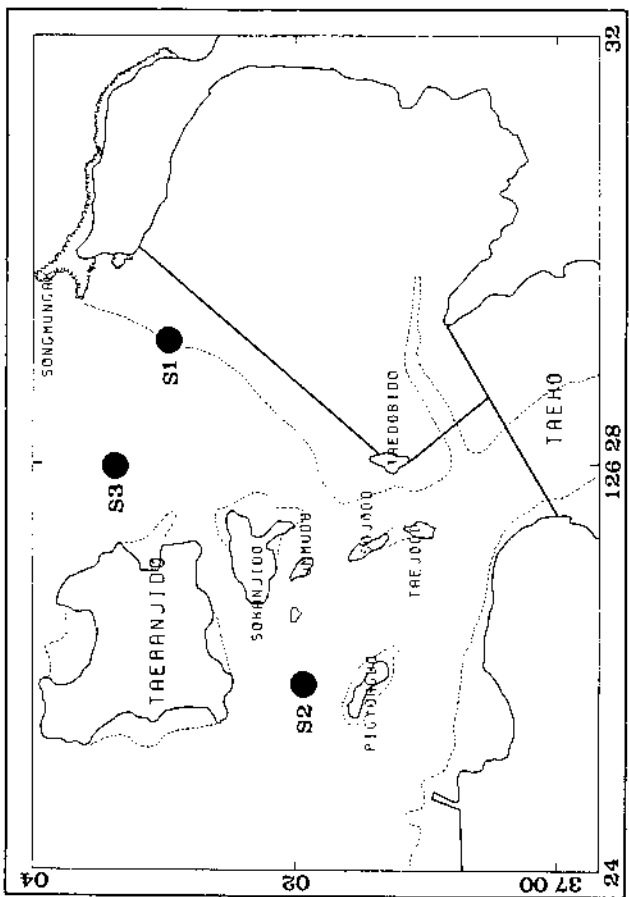


Fig. 4.22 A map showing the measuring sites of current velocity, current direction and suspended sediments.

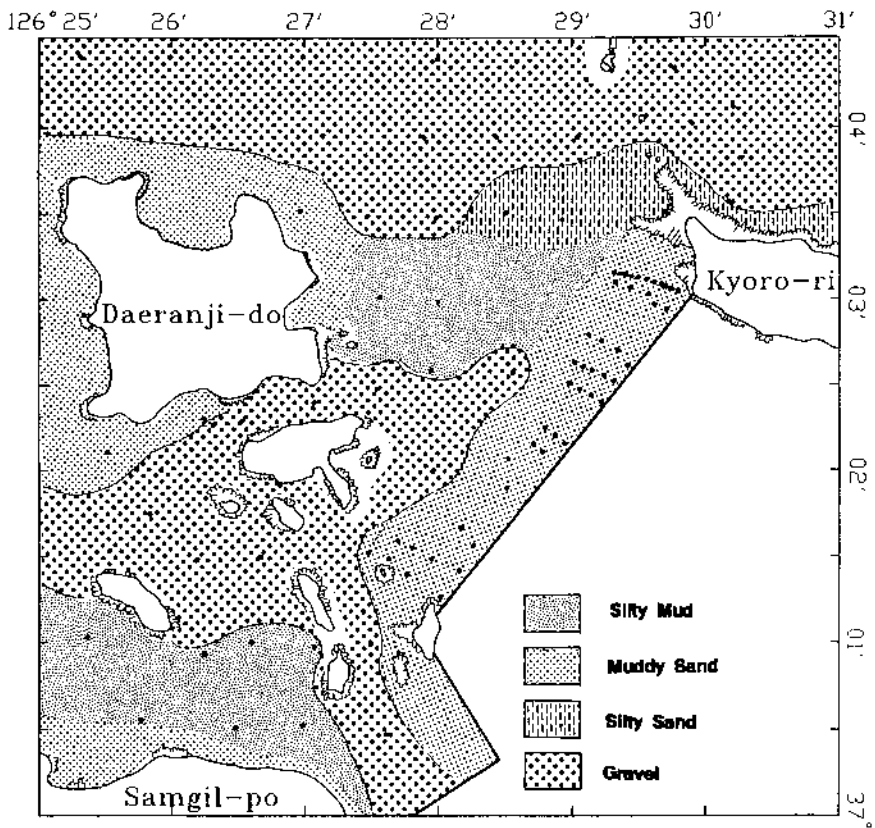


Fig. 4.23 A map showing the surface sedimentary distribution of Daeho coastal area.

을 실시하였다.

유속과 유량 측정을 위해서는 영국 Valeport사의 Braystoke currentmeter를, 수심과 수온 및 전기전도도는 덴마크 Aquamatic사의 Aqua-16을 이용하였다. 부유퇴적물의 채취는 부유퇴적물의 채취는 영국 Hydraulics Reseach 사의 펌핑채취기인 Sediment Flux Meter(Roving Unit)를 이용하여 우선 해당 수심에서 20l의 해수를 pumping하여 polyster quase filter에 통과시켜 입경 40 μm 이상인 입자를 거른 후 통과된 물의 500cc를 플라스틱 볼병에 채수하였다. Filter에 걸러진 부유퇴적물은 다시 실험실에서 62.5 μm 체를 이용한 물체질을 하여 sand 이상의 입자를 분리하였으며, 채수한 500cc의 해수는 미리 무게를 측정된 여과지 (공극크기 0.45 μm)를 이용하여 부유퇴적물만의 무게를 구하였다. 이와 같은 과정을 통하면 62.5 μm 및 40 μm 를 기준으로 한 부유퇴적물의 입도들을 알 수 있으나 40 μm 이하인 경우는 그 입도분포를 알수 없으므로 현장에서 100cc의 해수를 따로 채수하여 실험실로 옮긴 후 영국 Malvern사의 Frounhofer 회절원리를 이용하여 입도분석을 하는 MasterSizer를 이용하여 부유퇴적물의 입도를 분석하였다.

당초에 가능한한 조석 한 주기 동안 관측하려 하였으나, 정점 S1의 경우는 해상상태로 말미암아 9 시간만을 관측하였으며, 정점 S3의 경우는 관측 동안에 발생한 유속계의 이상에 따른 기기교체로 말미암아 11시간 자료만이 유용하여, 단지 정점 S2 만이 조석 한 주기의 정보를 포함하였다.

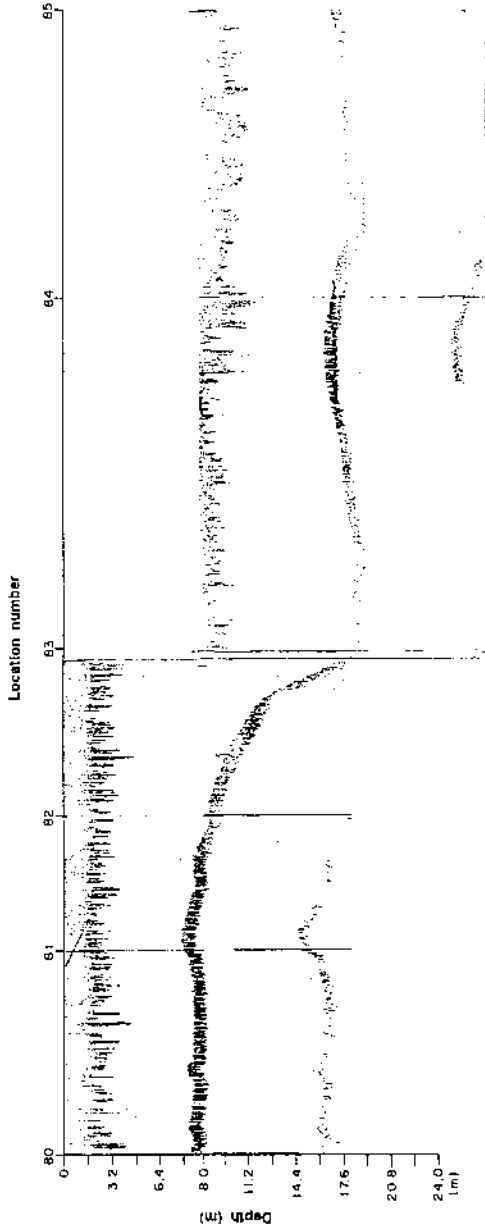


Fig. 4.24 Underwater topography from intertidal flat to subtidal area.

SITE: S3
 TIDE: SPRING
 DATE: FEB. 25, '94

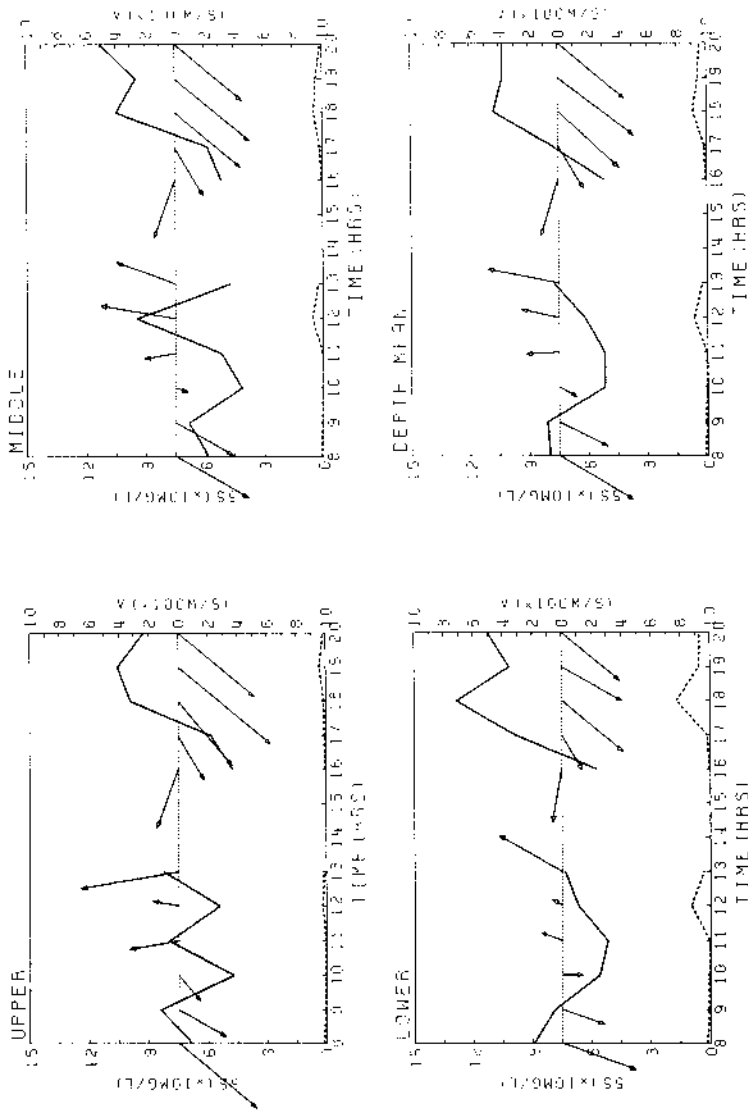
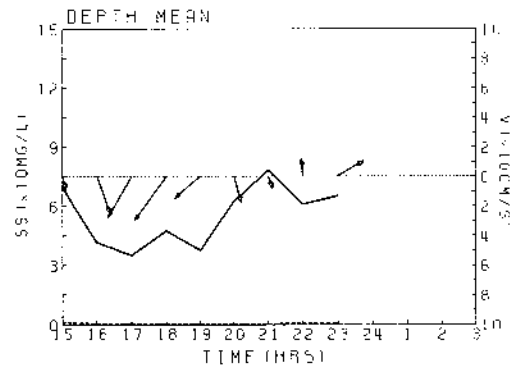
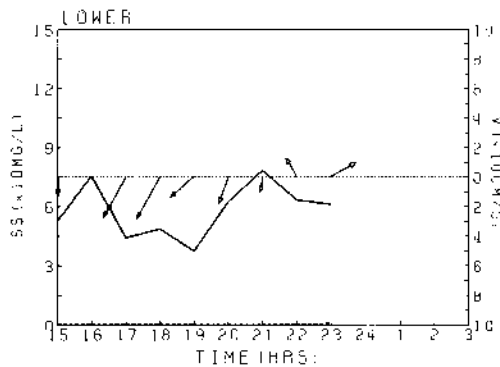
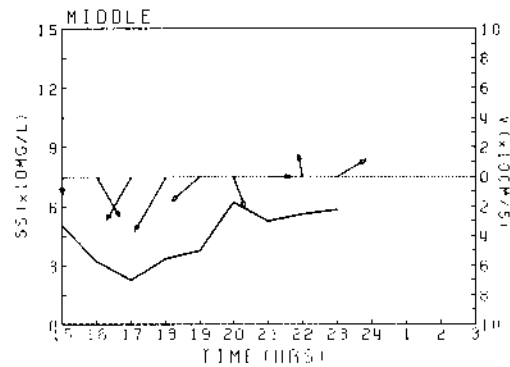
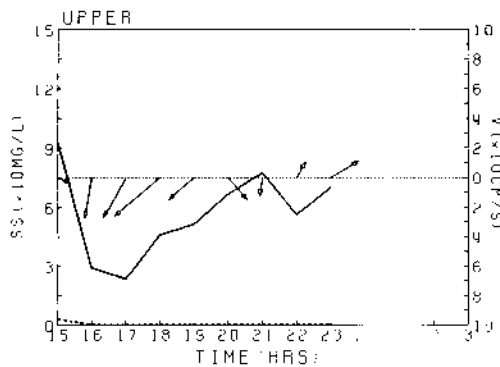


Fig. 4.25 Time variation of current velocity and suspended solids.

SITE: S1
 TIDE: SPRING
 DATE: FEB. 23 '94

—+— : FLOW VFL.
 — : TOTAL SS
 : SAND CON.



-110-

Fig. 4.25 Continued

SITE: S2
 TIDE: SPRING
 DATE: Feb. 24, '94

—○— : FLOW VEL.
 — : TOTAL SS
 : SAND CON.

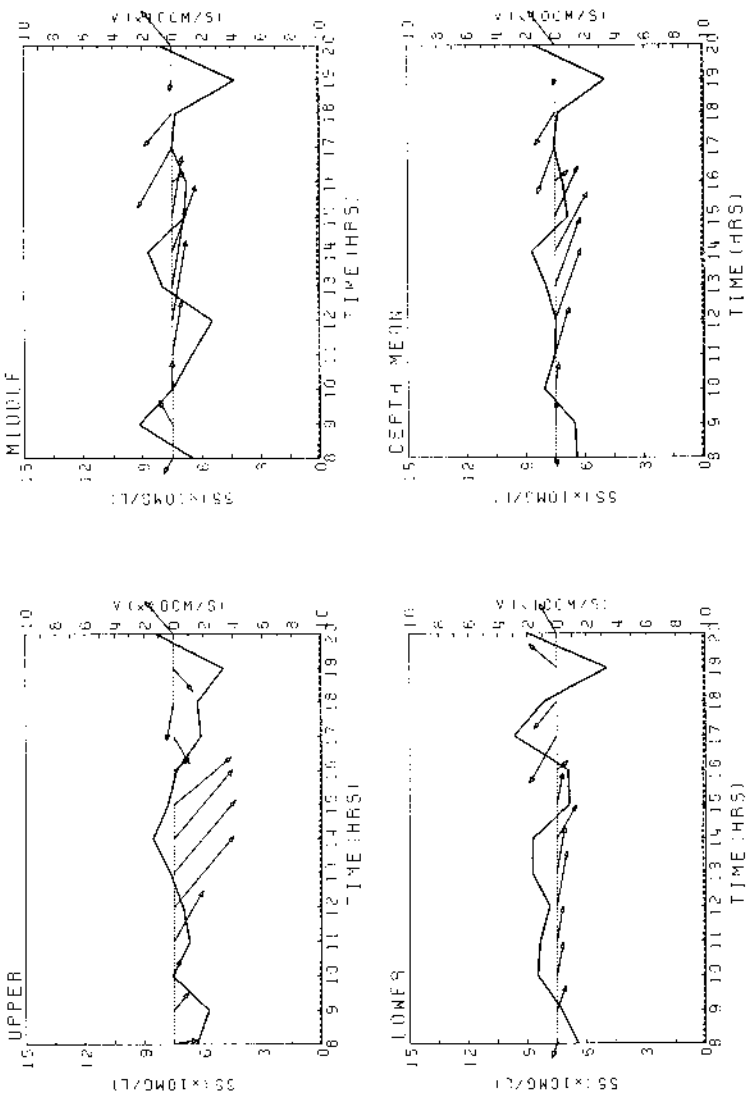


Fig. 4.25 Continued

2. 해저퇴적물의 입도특성 및 표층퇴적상

1994년 2월 소형 Grab을 사용하여 대호지구 연안역의 해저 표층퇴적물을 채취하여 분석한 결과 Fig. 4.23에서 보여진대로 제2호 방조제 전면의 조간대와 제1호 방조제 해안선 부근에 실트질사의 퇴적상이 분포하며, 소란지도와 대란지도 사이, 대조도, 소조도, 우무도와 소란지도 사이 그리고 대란지도를 넘어서 외해쪽으로는 pebble에서 boulder 크기의 자갈 (gravel) 들의 퇴적상이 분포하고 있어 이 부분에서 수리에너지가 강함을 시사한다. 또한 창조시 대란지도의 남쪽 수로를 통해 들어오는 조류와 대란지도의 외해쪽에서 아산만으로 유입되는 조류가 서로 상쇄를 일으켜 교로리 전면의 해역에 니질퇴적상이 작은 구획(patch)으로 발달되어 있는게 특징이다.

3. 해저지형의 분포

조간대와 조하대지역의 해저지형을 관찰하기 위해 음향측심기로 Fig. 4.2에 나타난 바와 같이 조간대에서 조하대까지 수직으로 그리고 저조선 바로 밑의 조하대지역을 방조제에 평행으로 일정 관측선(track line)을 따라 지형 관찰을 하였다. 조하대 지역의 해저지형변화는 교로리쪽에서 대도비도 쪽으로 가면서 거의 평행하지만 약간 낮아지는 경향을 보였고, 조간대에서 조하대로까지의 해저지형변화는 Fig. 4.24(80 - 85)에 나타난 바와 조간대에서는 수준측량 결과에서 보여진대로 낮은 구배를 보이며 저조선 방향으로 낮아지다가 조하대로 향하면서 급격한 경사를 보이며 지형이 낮아지는 특징을 나타낸다. 이러한 특징은 방조제 축조 후 유향과 유속의 변화 그리고 파랑에 의한 연안류 (rip current)에 의한 침식이 가속화되는 것으로 사료된다.

4. 배류와 부유퇴적물의 시간변화

채취된 부유퇴적물을 실험실로 옮겨 입경별로 분석한 결과를 Table 4.7에 제시하였다. 먼저 대호방조제 북측 전면인 정점 S1의 경우는 낙조 시의 정보만을 나타내며, 관측된 최고농도는 낙조로의 전류 직후 상층에서 나타난 92.54 mg/l 이었으며, 최소농도는 낙조 약 2시간 후에 중층에서 나타난 22.61 mg/l 이었다. 농도 및 유속의 시간변화에 따르면(Fig.4.25), 정점 S1는 유속과 농도간의 상관관계가 뚜렷하지 않으며, 상층하층 모두 최강유속 출현시가 아닌 전류시에 최고농도가 발생하는 특징을 보인다. 또한 농도의 연직분포는 저층이 높은 경우 보다 전층의 농도가 거의 같거나 오히려 상층의 농도가 저층에 비해 높은 경우가 있어, 본 정점에서 농도는 유속의 변화에 따른 저면반응보다는 흐름의 상류측에서 유입되는 wash load의 영향을 지배적으로 받는 것으로 사료된다. 또한 부유퇴적물 층에서 사질입자가 차지하는 함유비는 거의 무시할 정도였다. 또한 유향은 수치모형 결과와 같이 방조제를 따른 남서향의 낙조류가 전류시 시계방향으로 회전하여 북서향의 창조류로 바뀌는 특징을 보였다.

소란지도와 비경도 사이에 위치한 정점 S2의 경우도 유속에 따른 농도의 뚜렷한 변화를 보이지 않으며, 전조시 동안 70 mg/l 내외의 수심평균 농도를 보였다. 그러나 대란지도 동측인 정점 S3에는 비록 중간에 2회의 관측누락이 있음에도 유속이 낮은 전류시에는 농도가 낮고, 유속이 강할 때는 농도가 증가하여, 농도와 유속간의 상관관계를 보인다. 특히 유속이 강할 때는 중·저층에서 사질입자의 농도가 증가하였다. S3에서 시간에 따른 수심평균 농도는 유속에 따라 50~110 mg/l 사이에 분포하였다.

이상의 관측결과와 관측기간이 동계절이고, 관측당일의 해상상태가 좋

지 않았음에 미루어 볼 때, 대상해역의 부유퇴적물 농도는 대상해역 밖에서 높은 파고에 의해 부유된 퇴적물이 대상해역으로 유입되는 것으로 판단되었으며, 이러한 wash load의 영향은 정점 S1 및 S2가 정점 S3보다 큰 것으로 판단된다.

제5장 해수유동 수치모형

제1절 개 요

연안역에 인공구조물이 조성되면 기존의 수리·퇴적환경의 평형은 더 이상 유지되지 못하고, 새로운 지형에 순응하기 위한 수리환경 및 퇴적작용의 변화가 유발되며, 이러한 변화는 새로운 평형이 도달될 때까지 계속된다. 기존의 평형상태에서 새로운 평형상태로의 전이과정 중에 발생하는 수리·퇴적환경의 변화정도는 그 구조물의 규모 및 형태에 일차적인 종속 관계를 갖는다.

본 연구영역인 대호방조제의 경우, 1984년 방조제 완공 후 주변에 크고 작은 방조제가 계속 축조되었다. 따라서 대호방조제 주변의 수리·퇴적환경은 방조제 축조 이전에 비해 상당히 변화되었을 것으로 예상되며, 이러한 변화를 반영하는 해안선 및 해저지형의 변화를 지질학적 관측자료를 통해 앞서에서 살펴 보았다.

본 장에서는 1)기존의 평형상태→2)구조물 축조→3)수리환경변화→4)퇴적작용변화→5)지형변화→6)새로운 평형상태로 이어지는 일련의 전이과정에서 1), 2), 3)까지의 변화를 수치모형을 통하여 살펴 본다. 물론 새로운 평형상태에 도달하기 전에 수리환경변화→퇴적작용변화→지형변화→수리환경변화의 순환변화과정이 반복되지만, 이러한 순환변환의 수치모사가 신뢰성을 갖으려면 퇴적물 이동 수치모형의 정확도가 높은 정밀도로 보장되어야 한다. 그러나, 특히 세립퇴적물을 함유하는 조석우세환경에 적용하는 퇴적물 이동 수치모형의 세계적인 수준은 상기의 순환변환을 만족할만한 정확도를 갖고 모사할 정도까지 도달하지 못한 단계이다. 더우기 퇴적물 이동 수치모형의 정밀도가 높더라도 순환변환을 모사를 위해서는 예측할 수 없을 정도로 긴 계산시간을 요하므로 비현실적이다.

따라서, 본장에서는 구조물 축조에 따른 수리동력학적인 환경변화를 계산한 후, 이 변화를 근거로 하여 퇴적환경의 변화를 유추하고자 한다.

제2절 기본방정식 및 수치기법

1. 기본방정식

대상영역은 천해역으로서, 조류의 연직변화는 거의 무시할 수 있으며, 해저면 근처의 경계면(boundary layer)을 제외하고는 밀도의 수평·연직변화 또한 미미하므로, 수심평균유속의 연직적분형태인 평면2차원 기본방정식으로의 접근이 가능하다. 반면 항류와 고주파 천해분조(overtides) 형성에 관여하는 비선형 이류항(nonlinear advection terms)을 고려하였다. 따라서, 평면2차원 연속방정식 및 운동방정식은 다음과 같다.

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(Hu) + \frac{\partial}{\partial y}(Hv) = 0 \quad (5.1)$$

$$\begin{cases} \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} - fv + g \frac{\partial \zeta}{\partial x} + \frac{\tau_{xb}}{\rho H} = 0 \\ \frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + fu + g \frac{\partial \zeta}{\partial y} + \frac{\tau_{yb}}{\rho H} = 0 \end{cases}$$

여기서,

- t : 시간
- ζ : 평균해수면상의 순간조위
- h : 평균해수면하의 수심
- H : 순간수심($=h+\zeta$)
- x, y : 평균해수면에 위치한 직교좌표계
- u, v : 수심평균유속의 x, y 방향성분
- g : 중력가속도

f : 지구전향력 계수 (Coriolis parameter = $2\omega \sin \varphi$)
 ω : 지구의 회전각속도 (= $7.29 \times 10^{-5} \text{sec}^{-1}$)
 φ : 위도
 τ_{bx}, τ_{by} : 해저마찰력의 x, y 방향성분
 ρ : 해수밀도

조석·조류에너지의 감쇠를 나타내는 해저마찰력은 다음과 같은 Quadratic friction law로 주어진다.

$$\begin{cases} \tau_{bx} = k\rho u(u^2+v^2)^{1/2} \\ \tau_{by} = k\rho v(u^2+v^2)^{1/2} \end{cases} \quad (5.2)$$

여기서, k 는 마찰계수이다.

2. 수치기법

본 연구에 사용되는 해수유동모형은 Flather and Heaps(1975)의 유한차분모형에 근거한다. 이 모형은, 개방경계조건으로서 원래의 역연속방정식(reverse continuity equation) 뿐 아니라 방사경계조건(radiational boundary condition)을 추가하고, 하천유입수의 처리 및 개방경계면의 노출/침수(drying/wetting)를 고려할 수 있도록 확장하여, code name HYDE (HydroDynamic flow model using Explicit finite difference scheme)로 명명하였다.

본 모형은 수치기법상 양해법을 사용하며, 이류항의 처리에는 ADE(Alternating Direction Explicit)법의 일종인 Robert and Weiss(1966)의 대각구배계산법(angled-derivative scheme)을 사용한다. ADE 방법은 double sweep, 즉 홀수계산 step에는 계산영역의 상단에서 하단으로 scanning 하면서 u, v 순으로 계산하는 upsweep 과정을 밟으며, 짝수계산 step에는 하단에서 상단으로 진행하면서 v, u 순으로 계산하는 downsweep 과정을 밟는 기법이다. 이러한 기법은 upsweep 시에 발생할 수 있는 계산오차를 downsweep 시에 흡수하는 특징을 갖는다.

차분방정식 및 노출/침수여부의 처리 등, 본 모형과 관련된 자세한 내용은 Flather and Heaps(1972) 및 과학기술처(1987)에 수록되어 있으므로 생략한다.

제3절 모형적용

1. 모형구성, 적용범위 및 적용 Schemes

대상영역의 해수유동장을 보다 자세히 파악하기 위하여 광역모형과 세부모형으로 나누어 모사하였다. 광역모형의 결과는 세부모형의 외해경계면 입력자료로 사용하였으며, 그 경계면 입력치가 대상해역 주변의 구조물 축조의 영향을 받지 않도록 광역모형의 범위를 크게 설정하였다.

광역모형의 영역은 $36^{\circ}47'N \sim 37^{\circ}55'N$, 경도는 서쪽으로 $126^{\circ}E$ 까지로 설정하였으며, $1\text{ km} \times 1\text{ km}$ 크기의 격자 85×130 개로 구성된다. 광역모형 적용영역의 수심도를 Fig. 5.1에 제시하였다. 세부모형의 영역은 $36^{\circ}50'N \sim 37^{\circ}11'N$, 서쪽으로 $126^{\circ}20'E$ 까지로 설정하였으며(Fig. 5.2), $333.3\text{ m} \times 333.3\text{ m}$ 크기의 격자 159×115 개로 구성된다.

대상해역 주변은 대호방조제 뿐 아니라 대불유화학단지와 석문지구 간척매립, 그리고 금년의 시화방조제 축조 등 크고 작은 구조물이 건설되었다. 따라서 대호방조제 축조에 따른 퇴적환경변화의 파악을 위하여 단순히 대호방조제 건설 이전과 완공 이후의 수리환경만을 재현할 경우에는 그 사이에 건설된 다른 구조물의 영향이 대호방조제의 영향으로 흡수되므로 퇴적환경변화 해석에 오류를 낳을 수 있다. 따라서, 본 연구에서는 모형의 적용경우를 3 가지로 분류하였다. 실행시에 고려하는 주변의 지형변화에는 대호방조제 축조, 대불단지 매립 그리고 석문단지 매립을 포함시켰으며, 시화방조제는 시간 및 거리상 대상해역의 퇴적환경변화에 미치는 영향

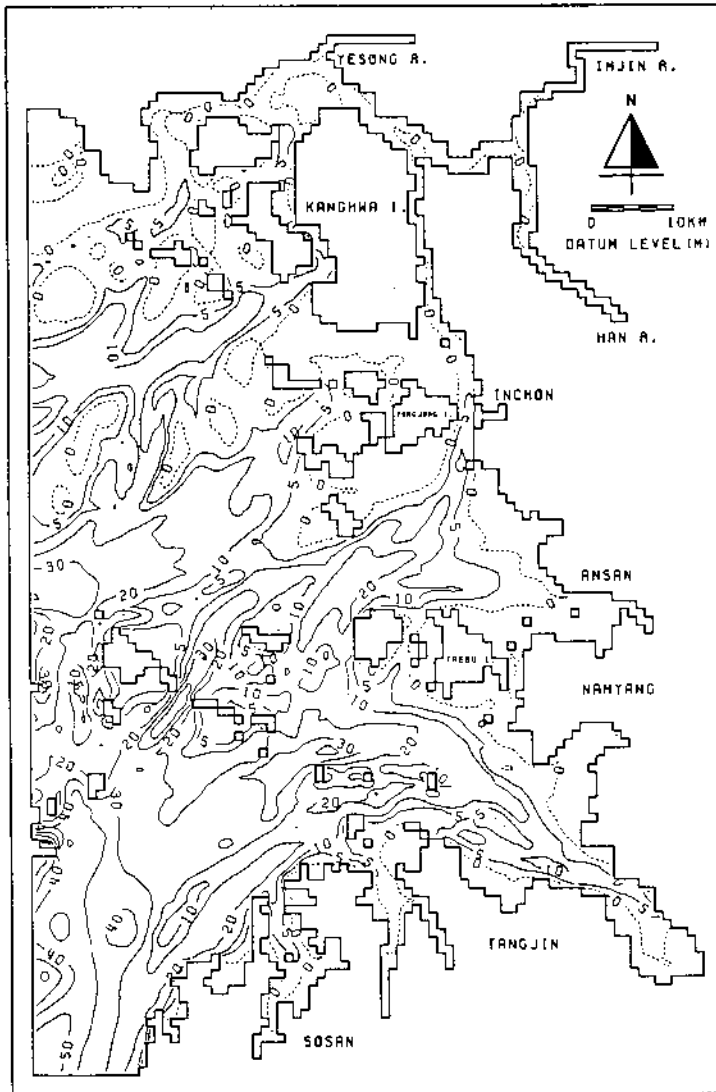


Fig. 5.1 Depth field of coarse-grid modelling area.

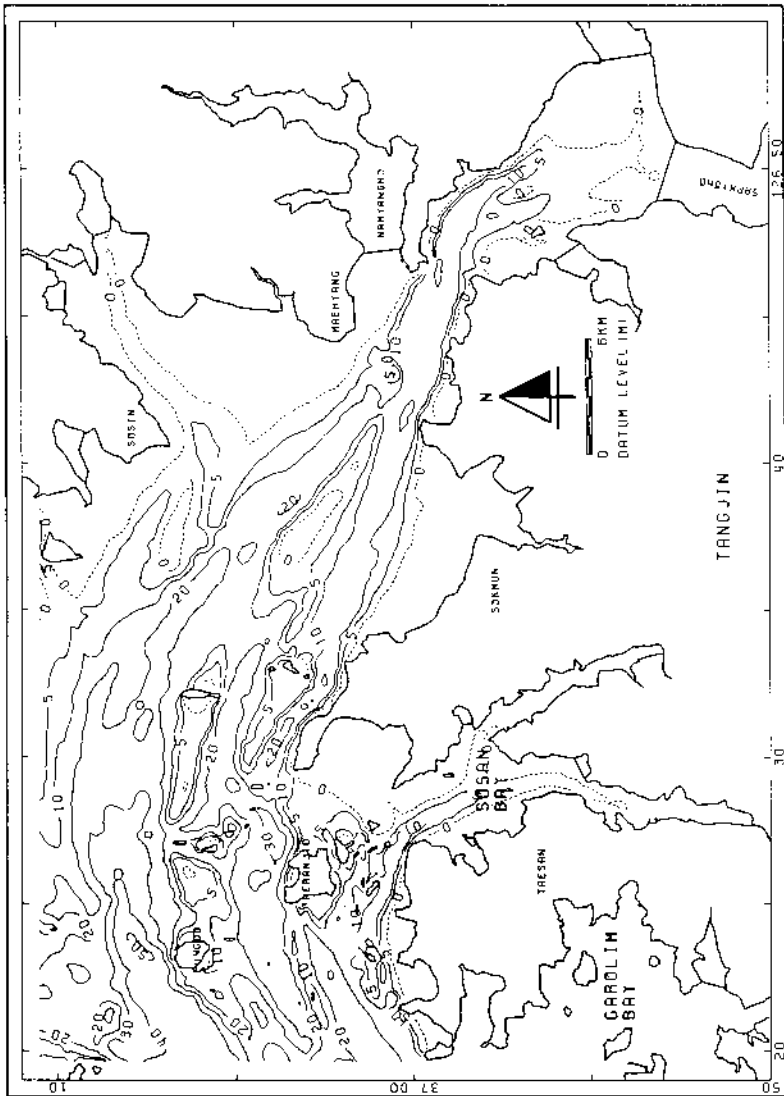


Fig. 5.2 Depth field of fine-grid modelling area.

이 작다고 가정하여 제외시켰다. 세가지 적용경우는 Table 5.1과 같다.

Table 5.1 Run schemes of numerical tide model.

Schemes \ Sites	Taeho	Taebul	Sokmun
1	×	×	×
2	○	×	×
3	○	○	○

Circle means the model includes the construction effect.

각 scheme에 대한 광역모형 및 세부모형의 격자망 구성도는 Fig. 5.3 ~ 5.8에 제시하였으며, Fig. 5.8에는 각 scheme에 대한 조위 및 유속의 비교격자 14 개를 포함시켰다.

이러한 각 scheme에 대해 적용할 조석조건은 퇴적물이동이 비교적 활발한 평균대조(M_2+S_2)를 택하였다. 물론 퇴적물의 연간이동량 산정을 위해서는 평균중조와 평균소조를 포함시켜야 하고, 동계의 파랑효과도 고려하여야 하지만, 퇴적환경변화의 일차적인 추정을 위해서는 평균대조조건으로 충분하다고 판단하였다.

모형의 신뢰성을 확보하기 위하여 수치모형의 적용 전에 현장관측자료를 이용한 검증과정을 반드시 거쳐야 한다. 그러나, 본 모형은 다수의 사업을 통해 그 신뢰성이 인정되었고, 대상해역에 대한 경우도 한국해양연구소(1993b)에서 검증하였다. 따라서, 같은 경계면 자료를 이용하는 본 연구의 경우에서 같은 검증과정을 반복하는 것은 무의미하다는 판단하에 본 보고서에는 생략하였다.

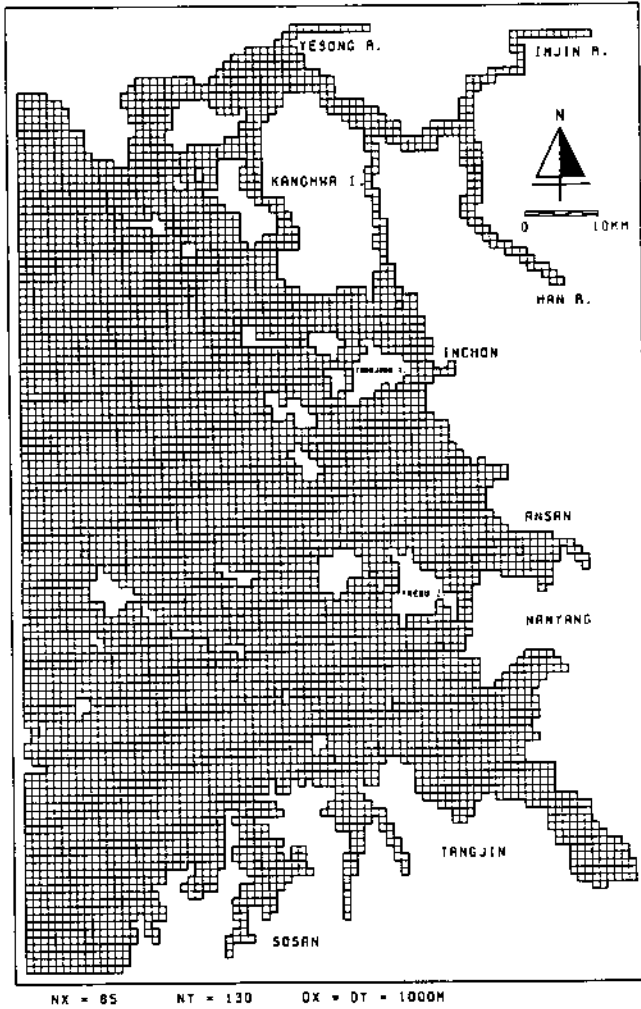


Fig. 5.3 Coarse grid system for scheme 1.

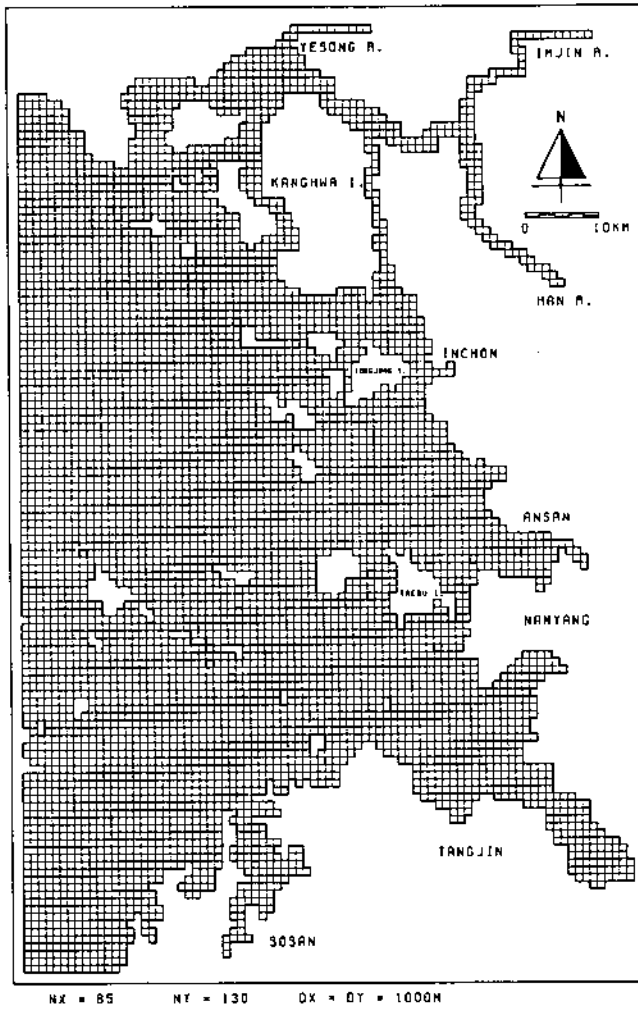


Fig. 5.4 Coarse grid system for scheme 2.

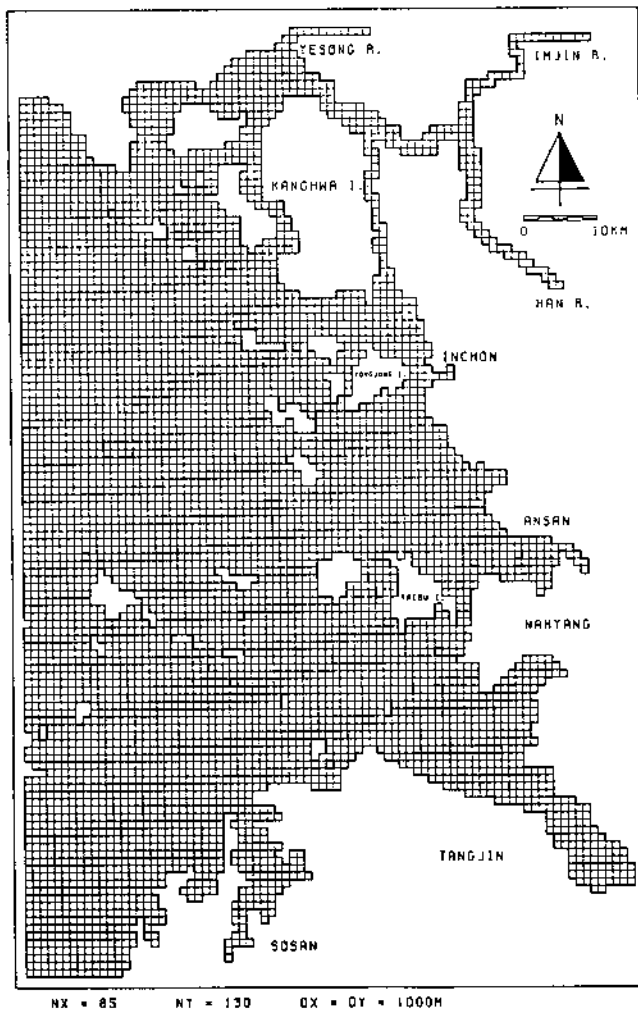


Fig. 5.5 Coarse grid system for scheme 3.

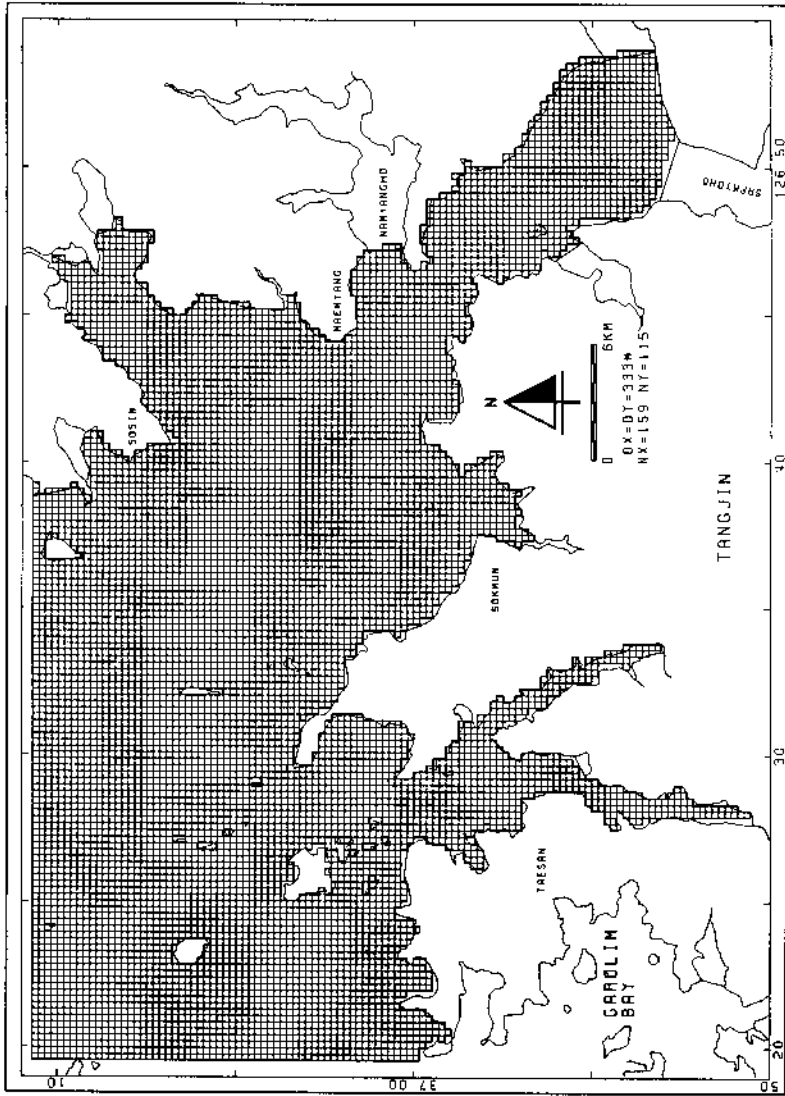


Fig. 5.6 Fine grid system for scheme 1.

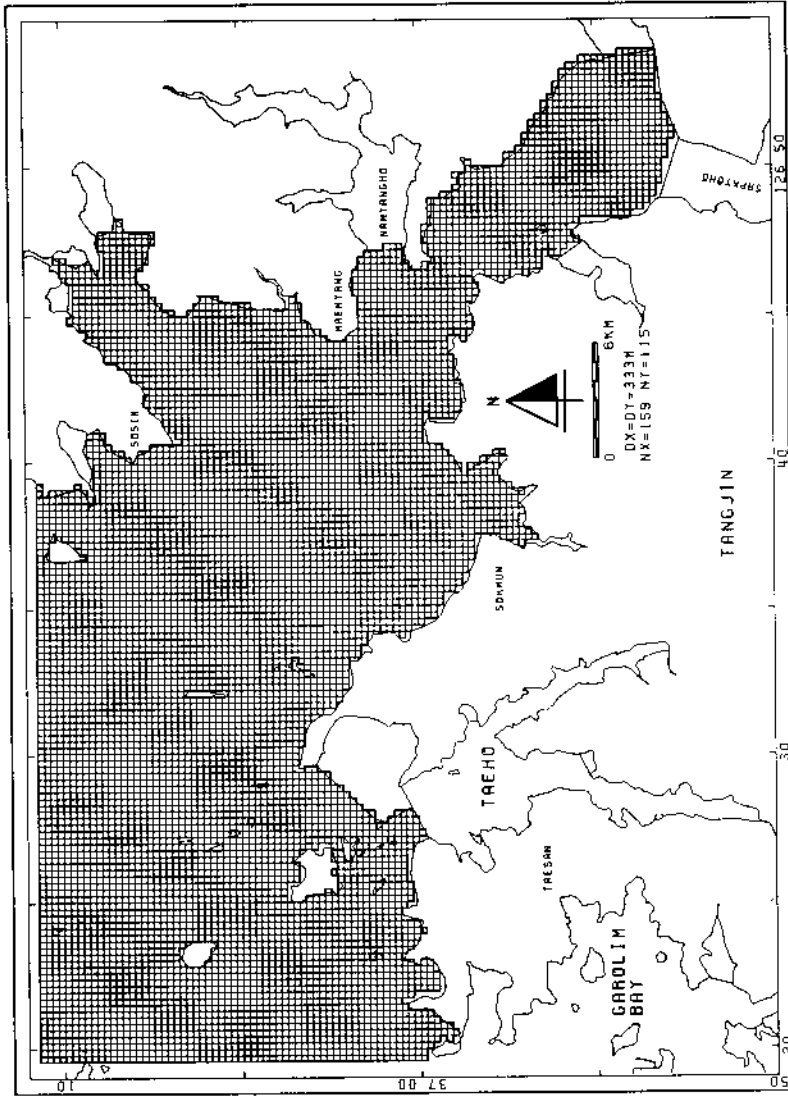


Fig. 5.7 Fine grid system for scheme 2.

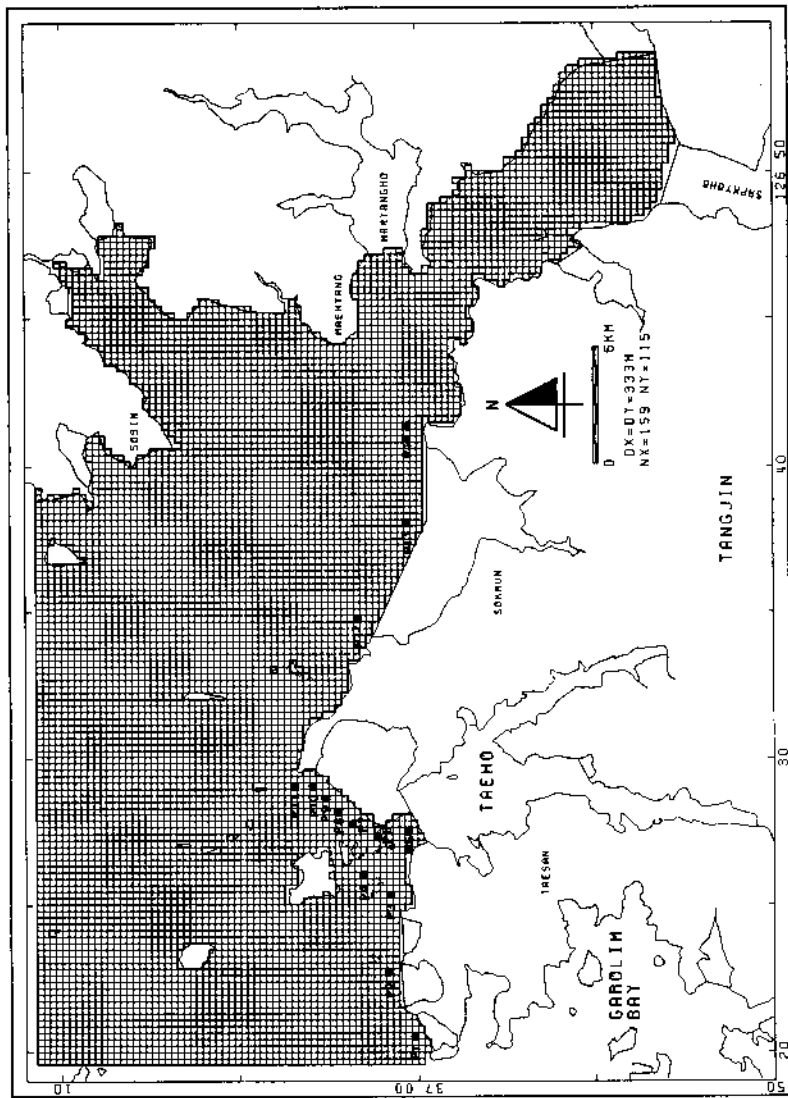


Fig. 5.8 Fine grid system for scheme 3, and the comparison points of the changes of tidal elevation and current velocity.

2. 적용결과

경계면에서 M_2 및 S_2 분조의 조위 및 위상에 관한 입력자료로서 Choi(1980), 과학기술처(1985) 및 한국해양연구소(1993a)의 관측결과를 이용하였다. 계산시간간격은 CFL 조건을 만족하는 $\Delta t=23$ 초로 취하였으며, 조석 한 주기에 1,944회의 계산을 수행한다. 각 scheme에 대한 광역모형의 결과 중에서 최강창조시와 최강낙조시의 흐름장을 Fig. 5.9~5.14에 제시하였다.

이와 같이 계산된 각 scheme에 대한 광역모형의 결과는 세부모형의 외해경계면 입력자료로 이용되었다. 그 방법으로 광역모형 계산시 정상조석조건이 도달되는 한 주기의 예비실행 후에 매 time step 마다 세부모형의 경계면에 해당하는 격자에서의 조위와 유속을 저장하였다. 그러나, 광역모형의 격자크기가 세부모형의 3 배이고, 이에 따라 세부모형의 계산시간 간격 Δt 도 광역의 1/3이 되어야 하므로, 광역모형 계산시 저장된 시공간적으로 이웃하는 값들을 이용하여 세부모형의 시공간적 사이 값을 구하여야 하며, 본 연구에서는 시공간적으로 선형내삽하여 구하였다.

이러한 방법으로 경계면 입력자료를 부여하여 각 scheme에 대한 세부모형을 실행하였다. 계산결과 중에서, 풍도와 대란지도 중간을 조위기준점으로 취하여 각 scheme에 대한 최강창조 및 최강낙조시의 유향을 Fig. 5.15~5.20에 제시하였다.

3. 유향변동 비교

먼저 Fig. 5.15~5.20에서 가시적으로 나타나는 현저한 유향변동은 서산만 입구, 즉 Fig. 5.8의 P5 주변에서 scheme 1에 비해 scheme 2, 3의 유속이 현저히 저하된다는 점이다. 또한, 대호방조제 전면부, 즉 P6~P10까지는 scheme 1에서는 창조유향이 동향 혹은 남동향이었으나 scheme 2 및 3에서는 방조제를 따르는 북동향이고, 낙조시는 scheme 1에서는 주로 북

서향이었으나 scheme 2, 3에서는 남서향으로 바뀐 것이 두드러진다. 그 외의 유황변동은 그림으로 파악하기 어려운 관계로, 중요하다고 판단된 14개 격자(Fig. 5.8)에 대한 유속의 시계열 곡선을 도시하고, 특정 값들을 표에서 비교하였다.

조석 한 주기 동안의 유속변화를 나타내는 시계열 곡선을 Fig. 21에 도시하였다. 먼저, 대분유화확단지 전면인 격자 P1과 P2의 경우, 각 scheme에 따라 약간씩 다른 유속변화를 보인다. 즉, P1의 경우 scheme 1에 대한 scheme 2 유속의 감소가 미미한 것에 비해 scheme 2에 대한 scheme 3 유속의 감소가 크다. 반면에 격자 P2의 경우는 scheme 1에 대한 scheme 2의 유속감소가 scheme 2에 대한 scheme 3의 감소보다 크다. 이러한 현상은 P1과는 반대되는 것으로서, 대호방조제에 근접함에 따라 그 영향이 증대됨을 의미한다.

대호방조제가 기존 서산만으로 유입하던 흐름을 차단시킴에 기인하는 이러한 유속감소는 P4, P3에서 더욱 증대되고, P5에서 최대감소를 보인다. 즉, P5의 경우에 대호방조제 축조전에 약 1 m/s 에 달하던 평균대조시의 최강유속이 방조제 완공후 0.1 m/s 이하로 약화되었다.

그러나 서산만으로의 유입수로를 벗어난 방조제 전면격자 P6~P11에서는 방조제 축조에 따라 유속이 강화되는 현상을 보인다. Table 5.2에 제시된 바와 같이 격자 P9와 P10을 제외한 P6, 7, 8, 11에서 scheme 2의 최강창조 유속이 scheme 1에 비해 각각 1.1, 1.5, 1.3 및 1.2배 증가하였으며, P9 및 P10에서는 거의 같았다. 또한 최강낙조유속의 경우는 각각 1.2, 1.5, 1.1, 1.1배 증가하였다. 그러나 이러한 최강창·낙조 유속만의 비교만으로는 조석 한 주기 동안에 해저면에 가해지는 조류에 의한 전단용력의 증감정도 추정할 수 없다. 예를 들어 격자 P6의 경우, scheme 1에 대한 scheme 2의 창·낙조 최강유속의 증가는 단지 1.1 및 1.2배에 지나지 않는다. 그러나 Fig. 5.21의 시계열 곡선에 따르면, 최강유속간의 차이는 작지

만 그 외의 조식에서의 유속차는 더욱 크고 정조 전후를 제외한 전조식주기 동안 지속된다는 것이다. 이는 방조제 축조 전후의 창·낙조 최강유속 간에는 거의 변화가 없었던 P9 및 P10을 포함한 P6~P11 사이의 모든 격자에서 나타나는 현상이다. 따라서 조식 한 주기 동안 방조제 전면부에서 건설 이전에 대한 현상태 저면전단응력의 중대비는 최강유속에서 나타나는 중대비보다 클 것으로 판단된다. 또한, 격자 P3~P11에서 대불단지 및 석문지구 매립에 의한 유황변동은 거의 없는 것으로 나타났다.

석문각을 돌아 석문지구 매립지 전면에 위치한 격자 P12, 13 및 P14에서는 대호방조제 축조에 따른 유황변동이 거의 없으며, 석문지구 매립에 의해 P12 및 P13의 유속이 전체적으로 감소하였다. 격자 P14에서는 scheme 1, 2 및 3의 유속분포가 거의 같았다.

하나의 비교격자에서 구조물 축조 전후의 유속변화는 해저면에 가해지는 전단응력의 변화를 유발하고, 이는 축조 전후의 wash load 변화를 무시할 때 해당격자가 새로운 평형상태에 도달할 때까지 net sink grid인지 혹은 net source grid인지, 즉 퇴적 및 침식 중에서 어느 작용이 지속될지의 여부를 결정한다. 만일 구조물 건설에 따른 새로운 유속이 기존치보다 증가하여 침식이 우세할 경우, 해당격자를 포함한 주변의 퇴적환경변화를 해수유동모형으로 추정하기 위해서는 그 유황의 변화를 고려하여야 한다.

이와 같은 유황의 변화를 파악하기 위하여 14 개 비교격자에서 각 scheme에 대한 유속의 동-서방향 성분 u 와 남-북방향 성분 v 의 시계열을 Fig. 5.22 및 Fig. 5.23에 도시하였으며, 조식 한 주기 중에서 각 방향성분의 최대치 및 최소치를 Table 5.2에 제시하였다.

먼저 동-서방향 성분 u 의 경우, P1~P5까지는 scheme에 따른 변화양상이 벡터합 유속의 변화인 Fig. 5.21과 거의 유사하다. 그러나, 방조제 전면인 P6~P11까지는 P7에서 약간의 증가를 보이는 것을 제외하면 정도의 차이는 있지만 나머지 모든 격자에서 동-서방향 성분유속 u 가 감소하였다.

이와 같은 현상은 이 영역에서 벡터합 유속이 방조제 건설전에 비해 증가하였음에 반하는 것이다. 따라서, 이는 남-북방향 성분유속 v 가 증가되었음을 의미하고, 이는 벡터장으로 도시한 Fig. 5.15~5.20에도 나타난다. 석문지구 전면인 P12, 13에서도 마찬가지로 감소하나 그 정도는 무시할만하다.

남-북방향 성분유속 v 의 경우, 격자 P1의 경우는 모든 scheme에서 크기가 작아 변화를 논할 수 없다. 그러나, P2의 경우는 대불단지 매립 이후에 v 가 급속히 감소하였으며, 이는 매립에 따라 육지쪽으로의 해수유입이 차단되었기 때문이다. P3, P4 및 P5에서는 v 의 감소정도가 벡터합 유속 및 동-서방향 성분유속 u 와 유사하다. 그러나, 격자 P6~P11까지의 모든 격자에서의 v 는 상당히 증가함을 볼 수 있다. 이러한 증가정도는 P6에서 P11로 갈수록 감소하며, 이는 해수유동의 단면폭을 반영하는 듯 하다. 격자 P12, P13에서도 상당한 정도가 감소하며, 특히 P13의 경우 기존의 수로 전면에 위치하여 그 감소폭이 크다.

이상으로 평면2차원 해수유동 수치모형을 이용하여 평균대조 조건에 대한 해수유동장을 각 scheme에 대하여 계산하고, 지역에 따른 그 변화양상을 살펴 보았다. 계산결과를 종합하면, 대호방조제 부근 해역의 해수유동 변화에 미치는 대불유화학단지 및 석문지구 매립의 효과는 무시할만하였다. 대호방조제 부근의 해수유동장 변화는 그 크기와 방향면에서 공히 주목할만한 변화를 보였다. 즉, 기존의 서산만 입구를 중심으로 서측은 유속의 세기가 감소하였으며, 동측은 강화되었다. 특히 서산만 입구 주변은 해수유동 단면폭이 좁아 방조제 축조 이전에는 주변에 비해 높은 유속을 보인 곳이나, 축조 이후에는 가장 낮은 유속을 보였다. 반면 대도비도에서 석문각에 이르는 방조제 전면에서는 축조 이전보다 유속이 강화되었으며, 창조시에 동향 혹은 남동향, 낙조시에는 서향 혹은 북서향이던 축조 이전의 유향이 각각 북동향 및 남서향류로 바뀌었다.

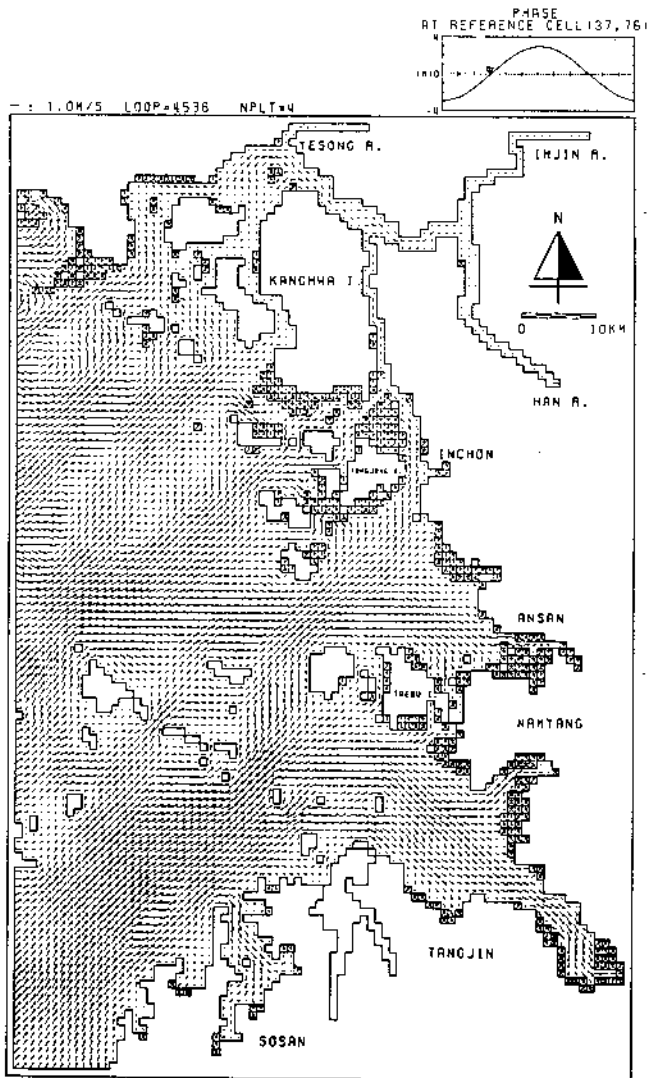


Fig. 5.10 Maximum flood current field for scheme 2 by coarse-grid model.

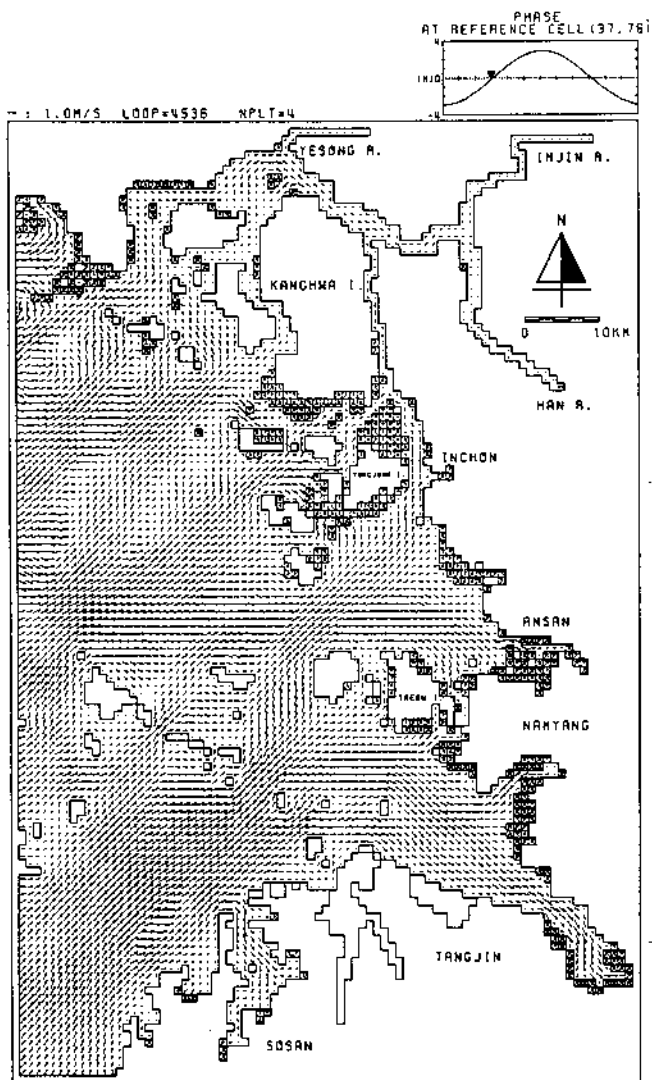


Fig. 5.11 Maximum flood current field for scheme 3 by coarse-grid model.

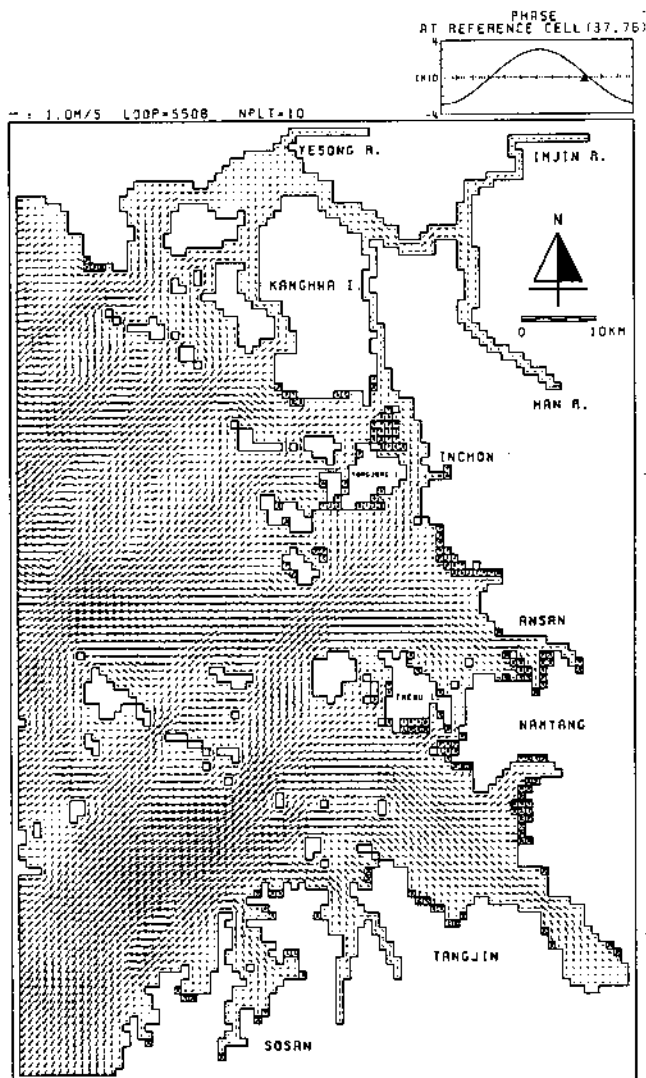


Fig. 5.12 Maximum ebb current field for scheme 1 by coarse-grid model.

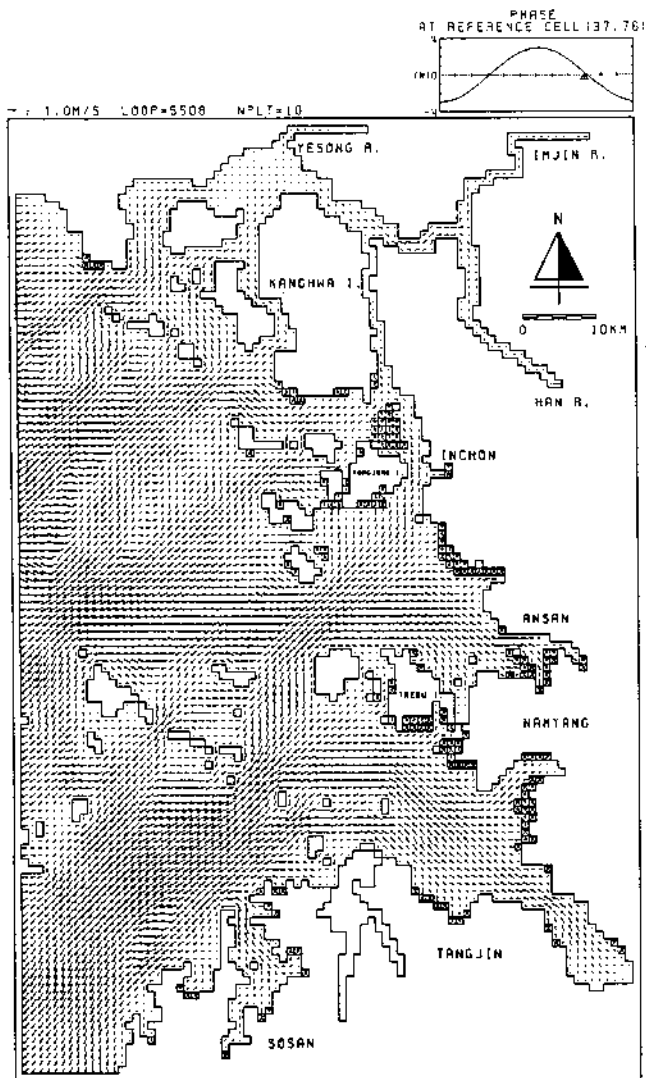


Fig. 5.13 Maximum ebb current field for scheme 2 by coarse-grid model.

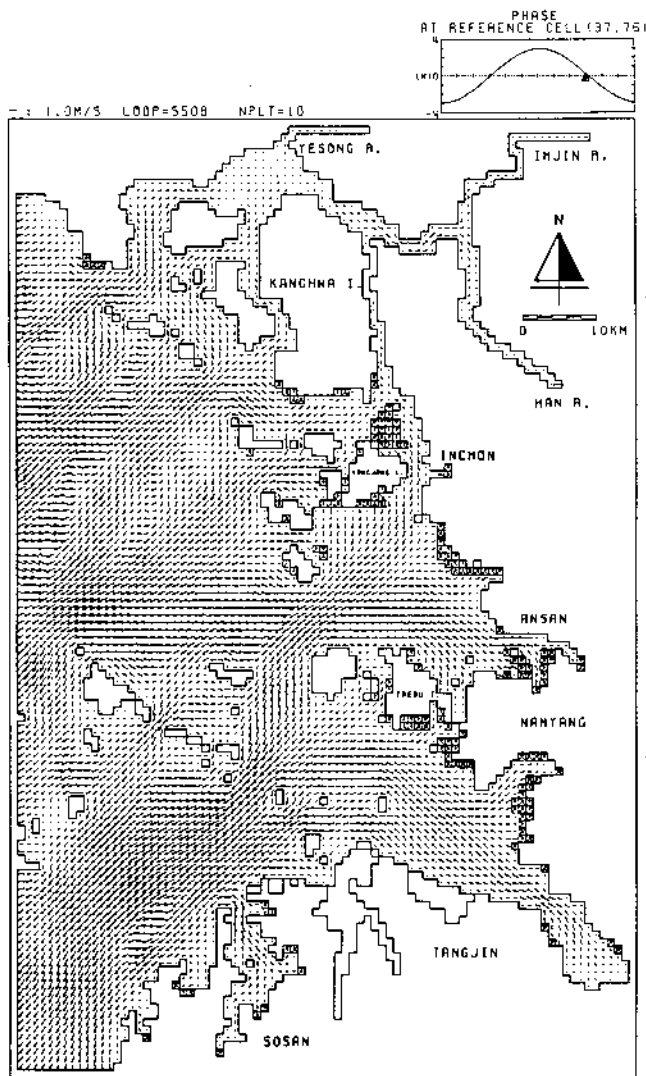


Fig. 5.14 Maximum ebb current field for scheme 3 by coarse-grid model.

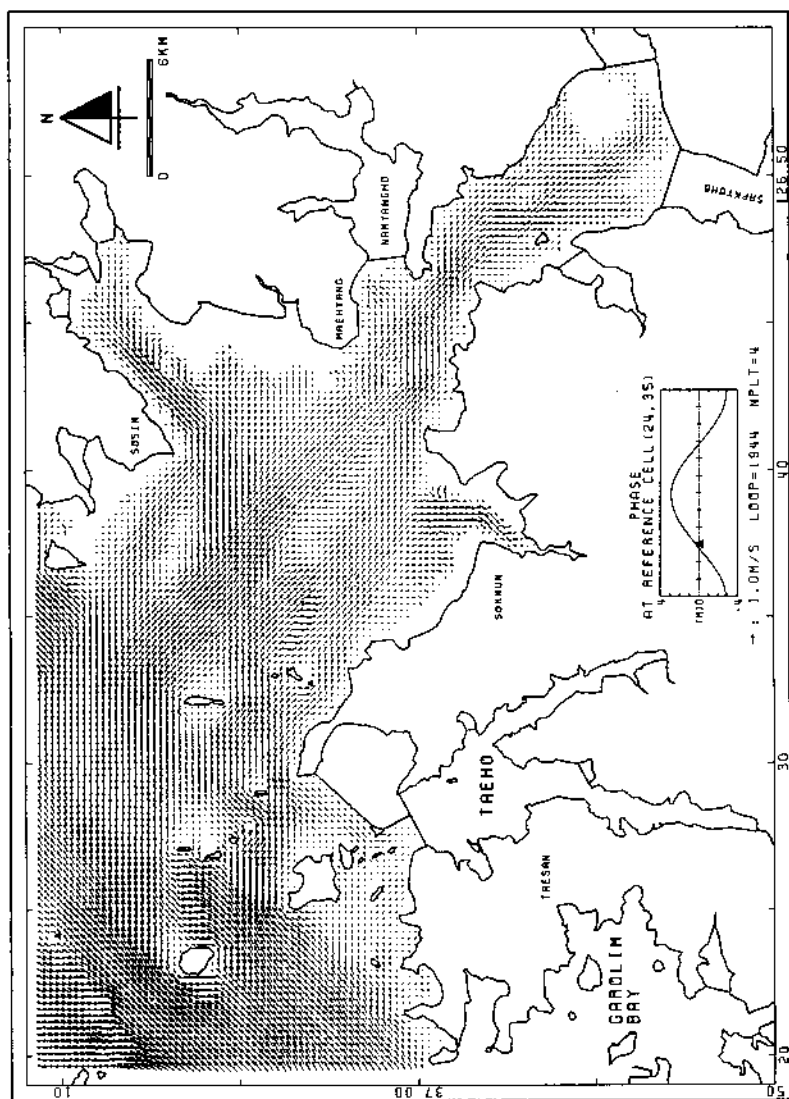


Fig. 5.16 Maximum flood current field for scheme 2 by fine-grid model.

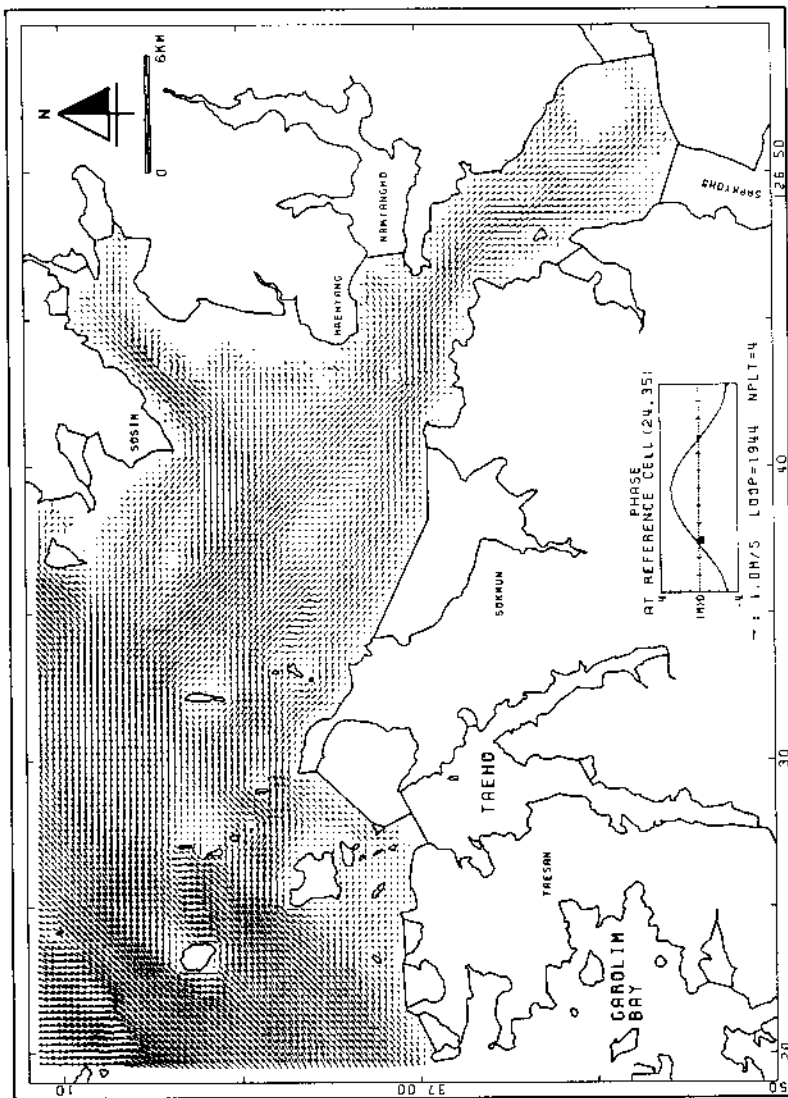


Fig. 5.17 Maximum flood current field for scheme 3 by fine-grid model.

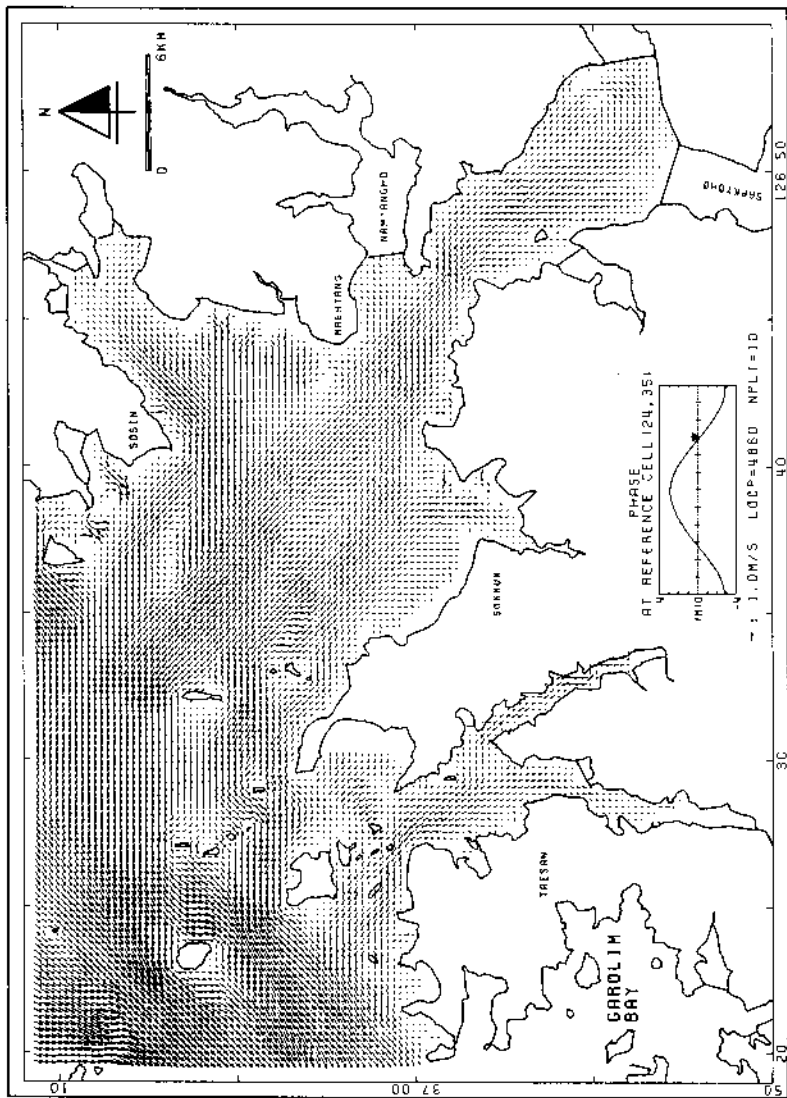


Fig. 5.18 Maximum ebb current field for scheme 1 by fine-grid model.

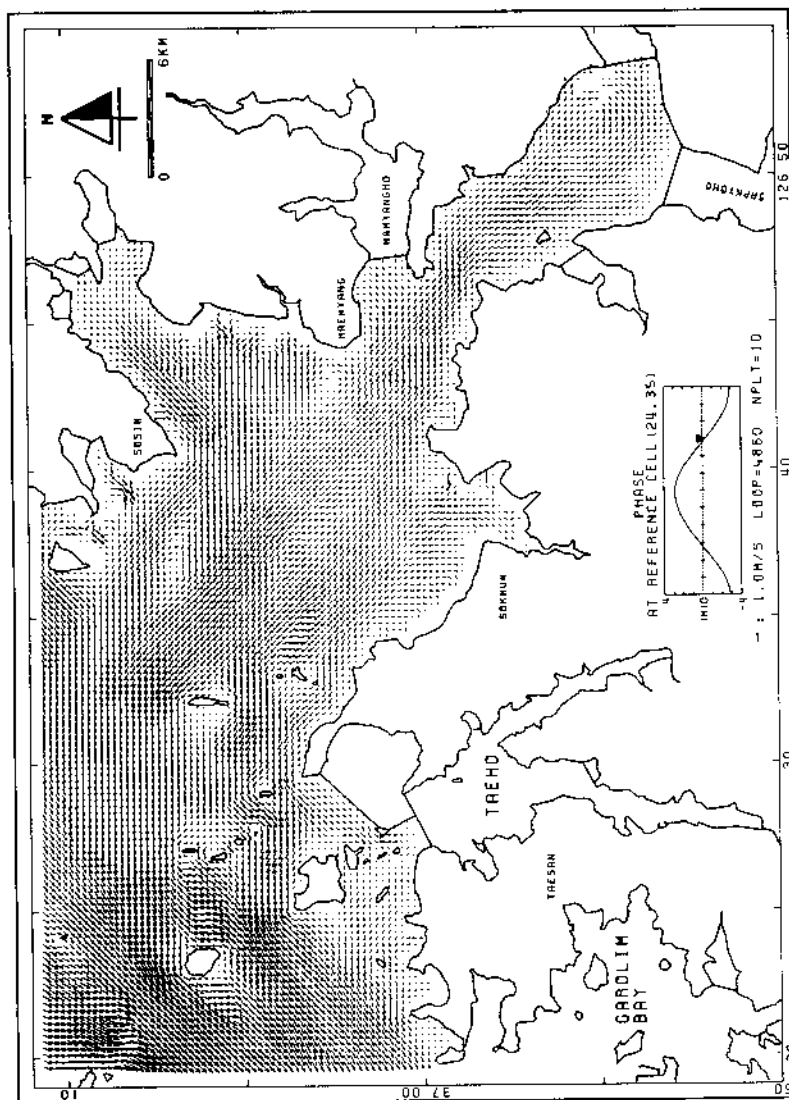


Fig. 5.19 Maximum ebb current field for scheme 2 by fine-grid model.

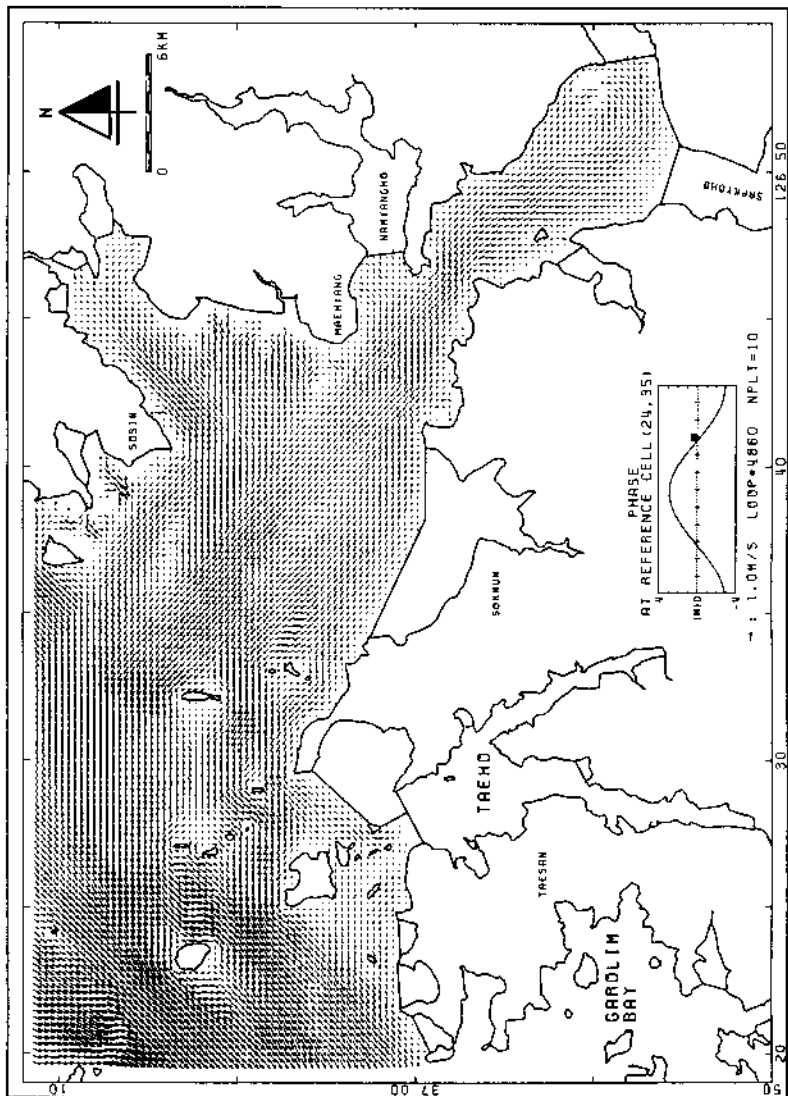


Fig. 5.20 Maximum ebb current field for scheme 3 by fine-grid model.

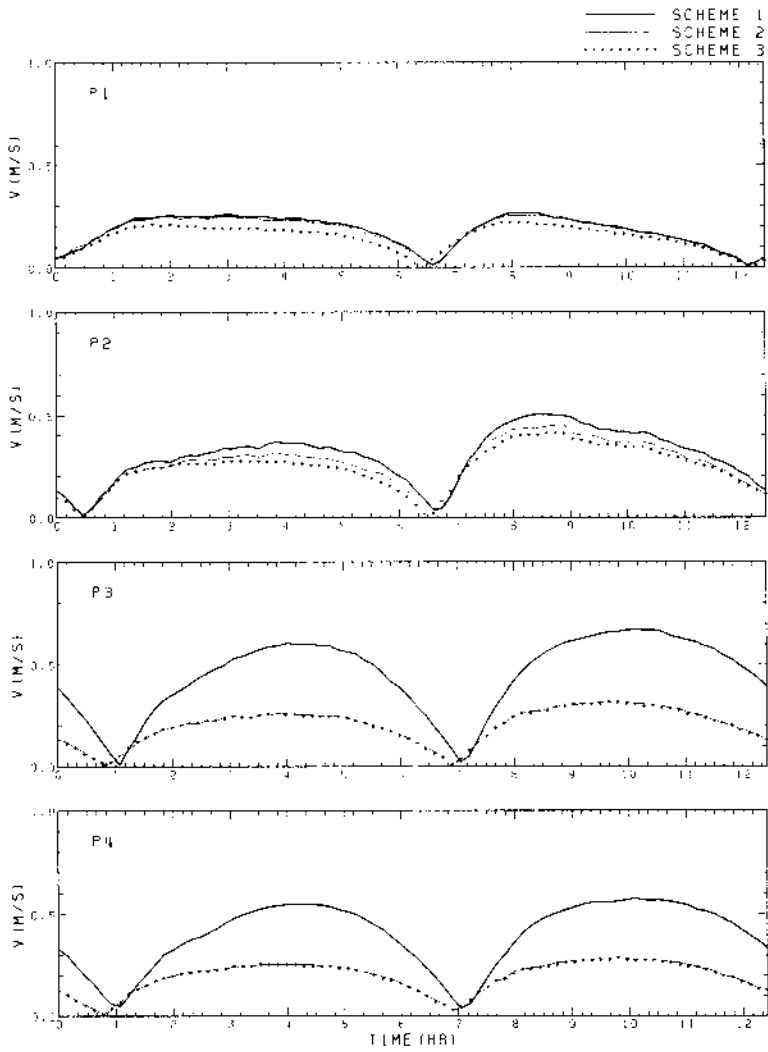


Fig. 5.21 Computed time variations of current velocities for the three schemes at the selected comparison cells.

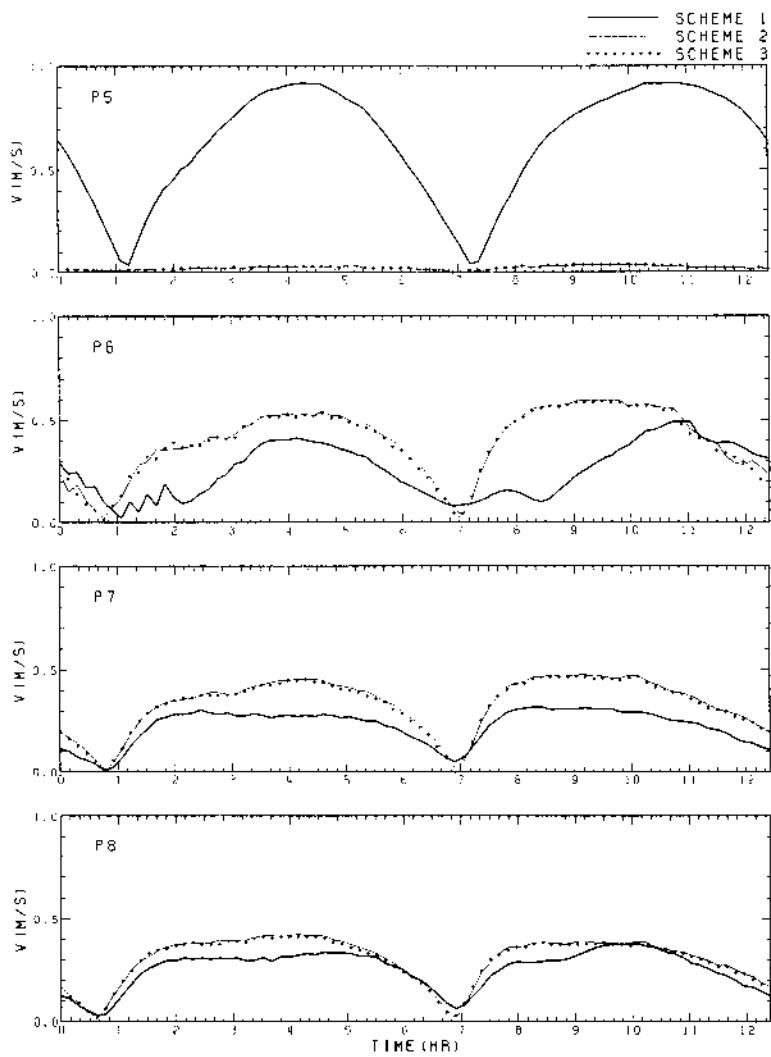


Fig. 5.21 (Cont'd).

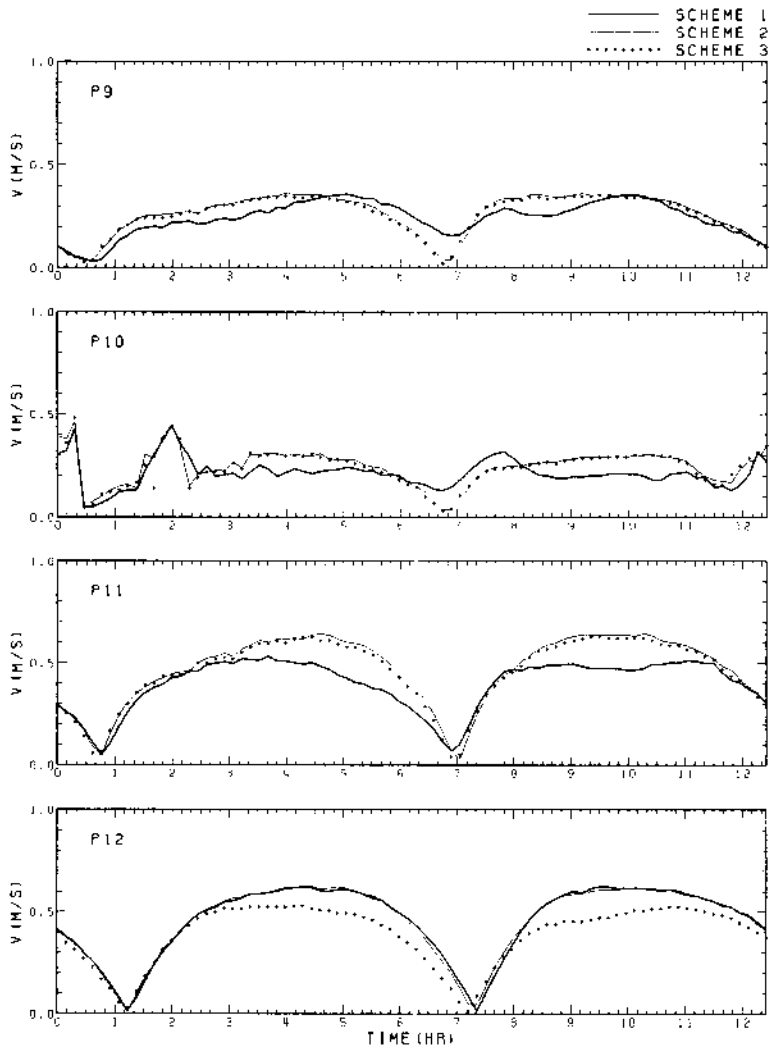


Fig. 5.21 (Cont'd).

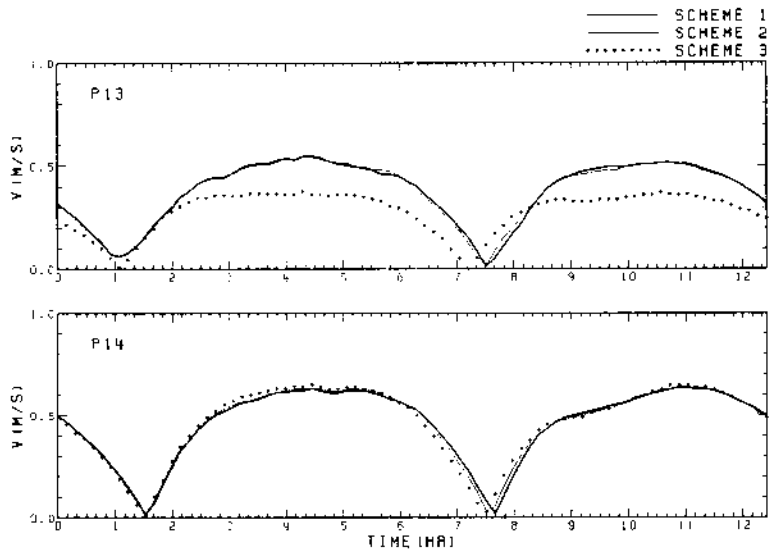


Fig. 5.21 (Cont'd).

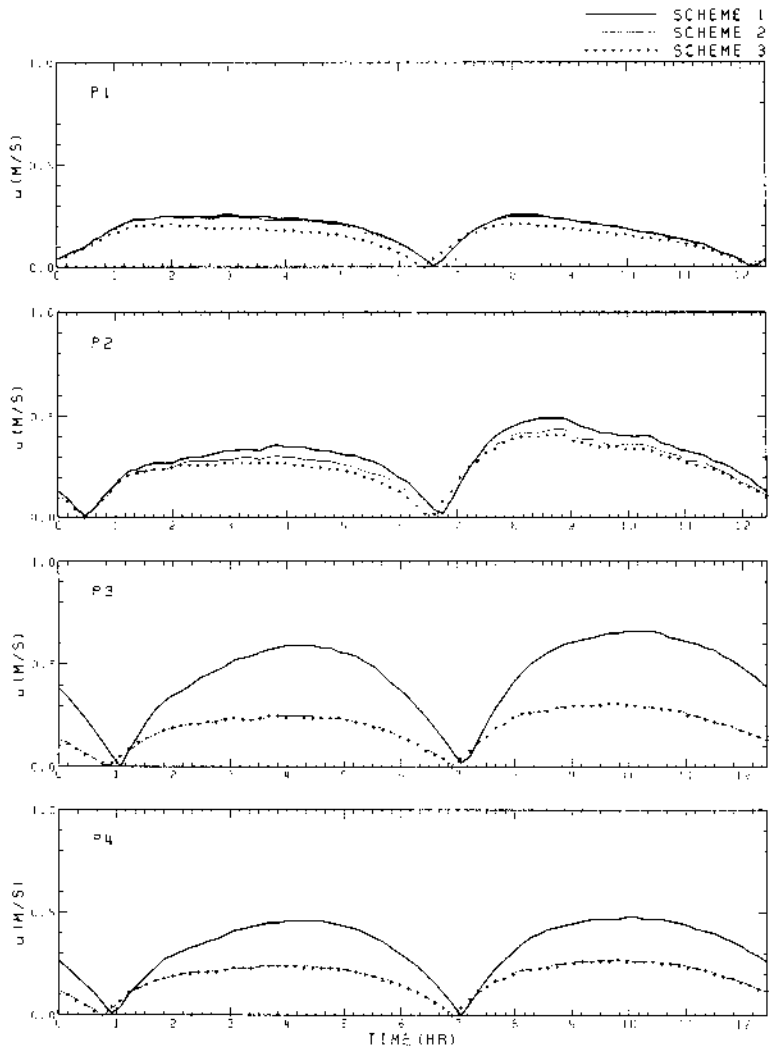


Fig. 5.22 Computed time variations of east-westward current velocity for the three schemes at the selected comparison cells.

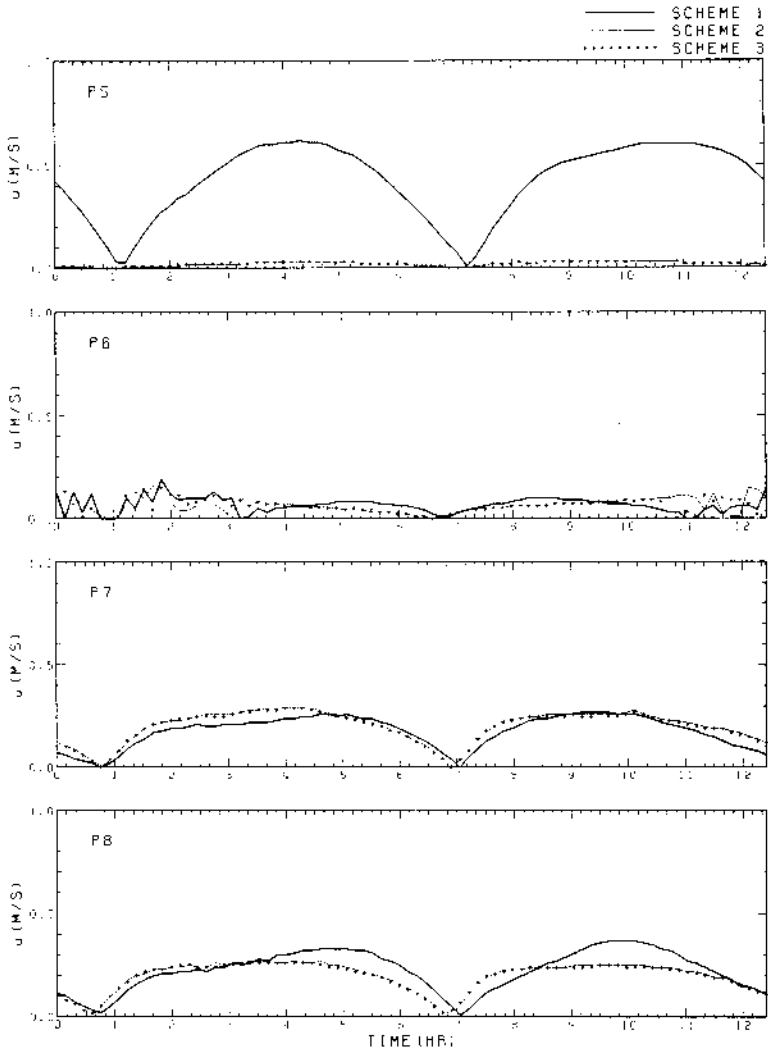


Fig. 5.22 (Cont'd).

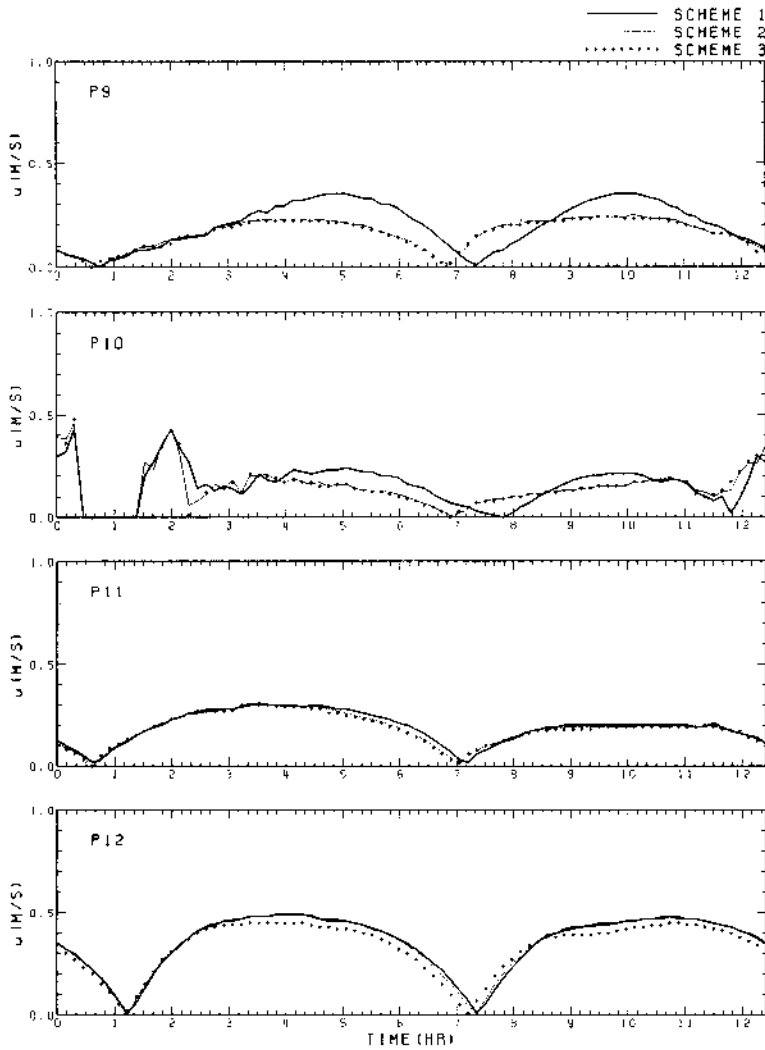


Fig. 5.22 (Cont'd).

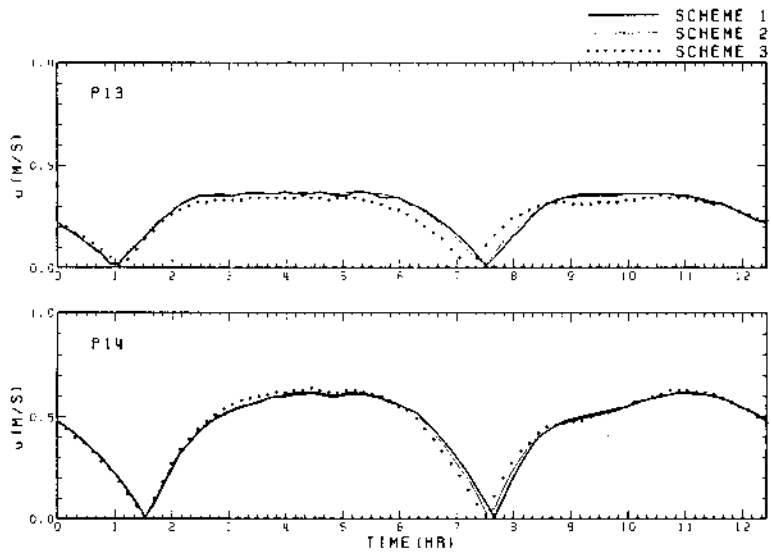


Fig. 5.22 (Cont'd).

Table 5.2 Variations of tidal elevations and current velocities at comparison points according to the schemes, based on the simulation of mean spring tide.

Points Schemes & Variables	Points														
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	
1	z	273	280	287	288	292	292	294	294	295	296	298	322	329	334
	U _{max}	26.0	36.0	59.0	46.0	62.0	19.0	26.0	34.0	36.0	45.0	31.0	49.0	37.0	62.0
	U _{min}	-26.0	-49.0	-66.0	-48.0	-61.0	-18.0	-27.0	-37.0	-35.0	-48.0	-23.0	-48.0	-36.0	-62.0
	V _{max}	5.0	11.0	14.0	33.0	70.0	50.0	22.0	22.0	18.0	19.0	44.0	43.0	37.0	15.0
	V _{min}	-5.0	-14.0	-14.0	-30.0	-68.0	-42.0	-24.0	-23.0	-28.0	-32.0	-51.0	-40.0	-42.0	-12.0
	V _{time}	26.0	37.1	60.4	54.9	92.0	50.0	30.4	34.7	36.7	46.3	53.3	62.6	56.0	63.2
2	z	274	280	286	287	286	289	292	293	295	296	298	322	329	334
	U _{max}	26.0	31.0	25.0	24.0	3.0	17.0	30.0	27.0	24.0	43.0	31.0	49.0	38.0	62.0
	U _{min}	-25.0	-44.0	-31.0	-27.0	-3.0	-16.0	-28.0	-26.0	-25.0	-49.0	-28.0	-48.0	-36.0	-62.0
	V _{max}	4.0	8.0	8.0	10.0	1.0	54.0	35.0	34.0	29.0	27.0	58.0	42.0	38.0	15.0
	V _{min}	-5.0	-14.0	-8.0	-10.0	-2.0	-60.0	-40.0	-30.0	-28.0	-26.0	-61.0	-41.0	-42.0	-12.0
	V _{time}	26.0	31.8	26.2	26.0	3.2	54.3	46.1	43.4	36.9	45.2	64.4	63.3	56.0	63.2
3	z	275	281	287	288	287	290	293	294	295	296	299	320	326	332
	U _{max}	21.0	28.0	25.0	24.0	3.0	16.0	29.0	26.0	24.0	42.0	30.0	45.0	35.0	64.0
	U _{min}	-21.0	-41.0	-31.0	-27.0	-3.0	-17.0	-28.0	-25.0	-24.0	-50.0	-23.0	-45.0	-35.0	-63.0
	V _{max}	4.0	5.0	8.0	10.0	1.0	53.0	35.0	33.0	28.0	26.0	56.0	28.0	13.0	15.0
	V _{min}	-7.0	-6.0	-9.0	-10.0	-2.0	-59.0	-39.0	-30.0	-27.0	-25.0	-60.0	-28.0	-15.0	-12.0
	V _{time}	21.2	28.3	26.2	26.0	3.2	53.5	45.5	42.0	36.2	44.3	62.6	53.0	37.7	65.1
3	z	275	281	287	288	287	290	293	294	295	296	299	320	326	332
	U _{max}	21.0	28.0	25.0	24.0	3.0	16.0	29.0	26.0	24.0	42.0	30.0	45.0	35.0	64.0
	U _{min}	-21.0	-41.0	-31.0	-27.0	-3.0	-17.0	-28.0	-25.0	-24.0	-50.0	-23.0	-45.0	-35.0	-63.0
	V _{max}	4.0	5.0	8.0	10.0	1.0	53.0	35.0	33.0	28.0	26.0	56.0	28.0	13.0	15.0
	V _{min}	-7.0	-6.0	-9.0	-10.0	-2.0	-59.0	-39.0	-30.0	-27.0	-25.0	-60.0	-28.0	-15.0	-12.0
	V _{time}	22.1	41.4	32.0	28.8	3.6	59.5	47.2	39.1	35.4	50.2	62.9	53.0	37.3	64.8

- Units of elevation and velocity are *cm* and *cm/sec*, respectively.
- V_{time} and V_{max} mean maximum flood and ebb flow velocities, respectively.
- Occurrence times of U_{time}, V_{max} and V_{time} may be different.

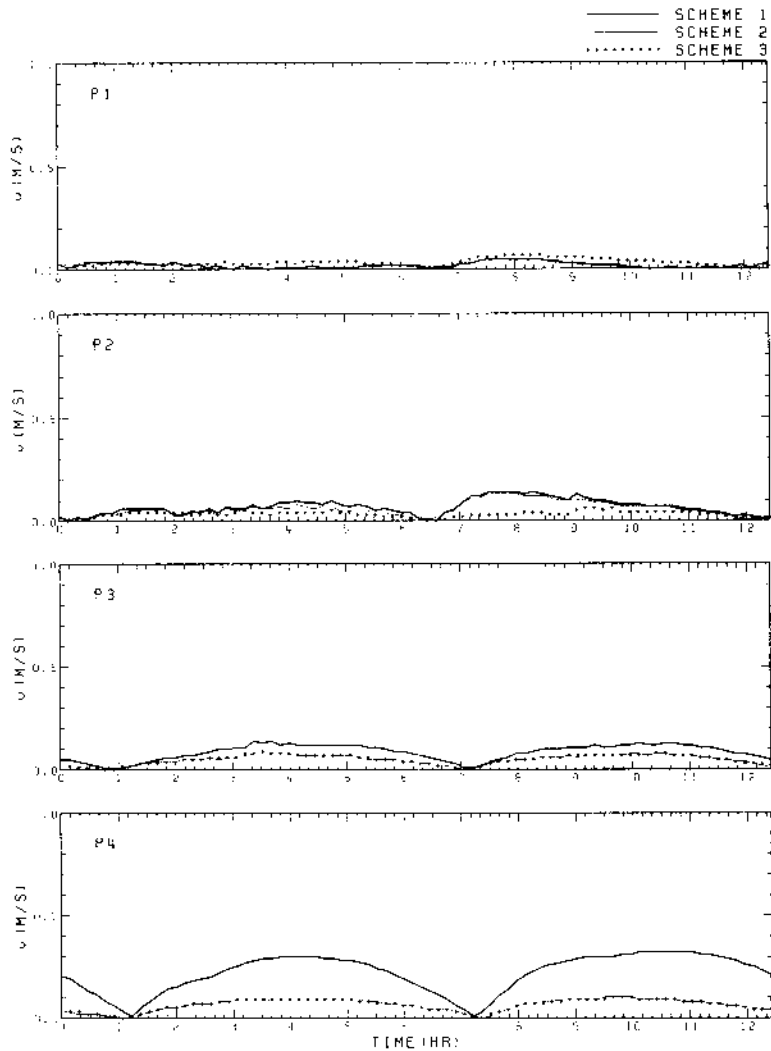


Fig. 5.23 Computed time variations of north-southward current velocity for the three schemes at the selected comparison cells.

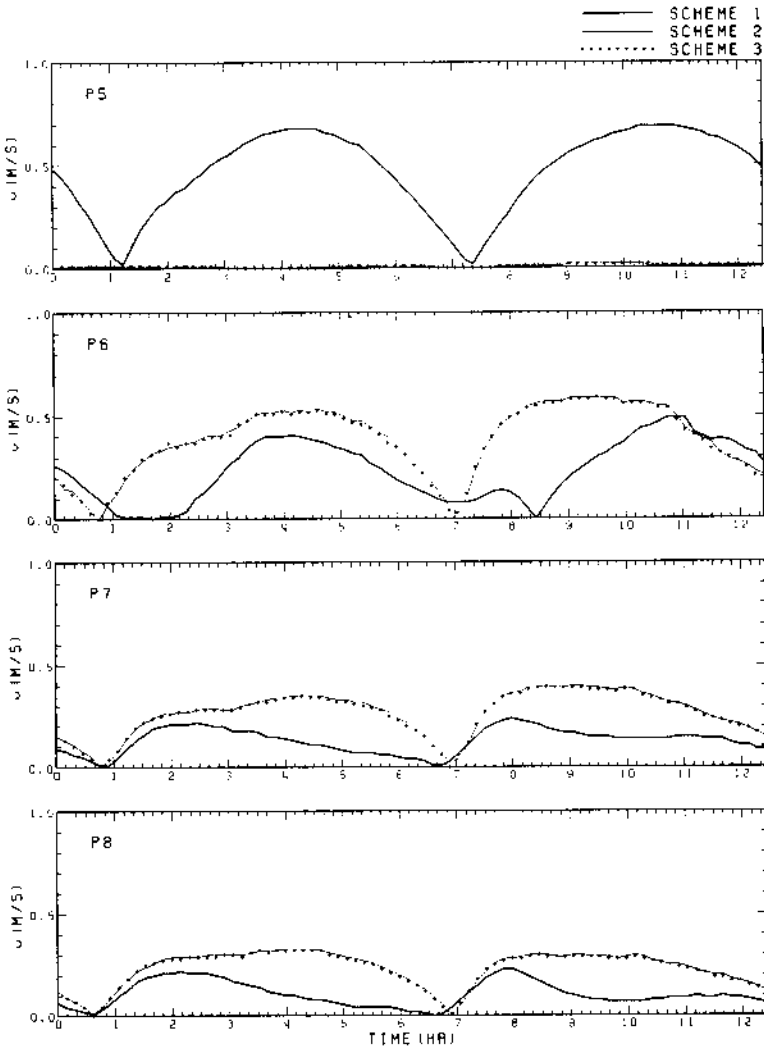


Fig. 5.23 (Cont'd).

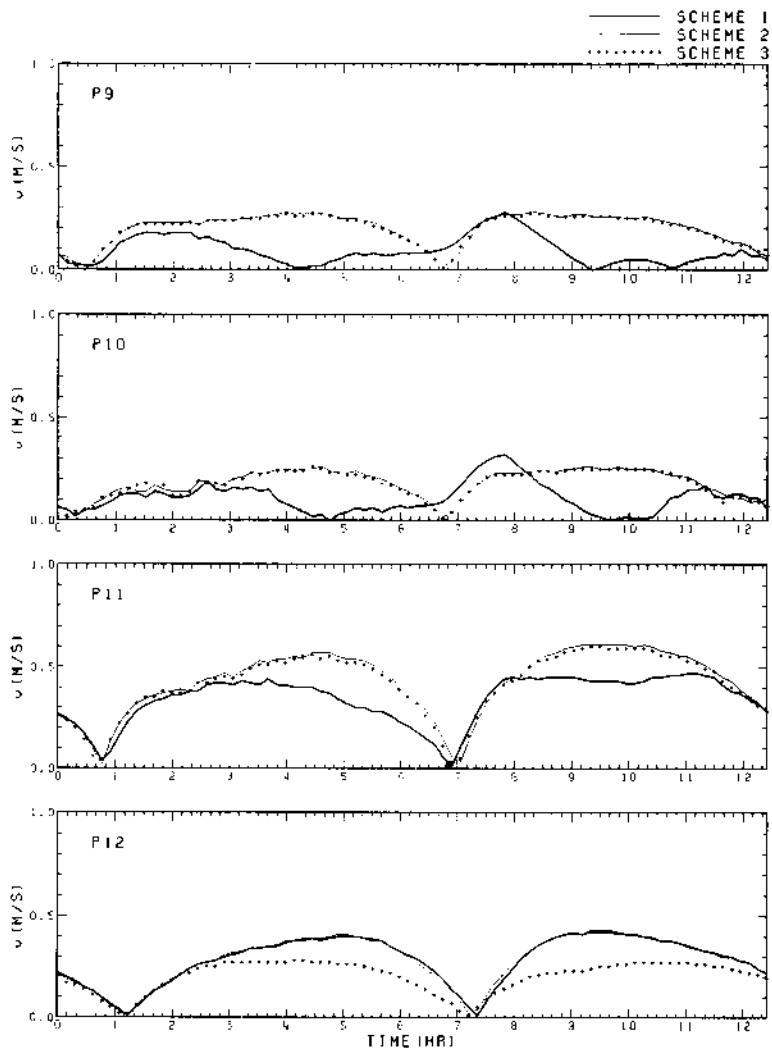


Fig. 5.23 (Cont'd).

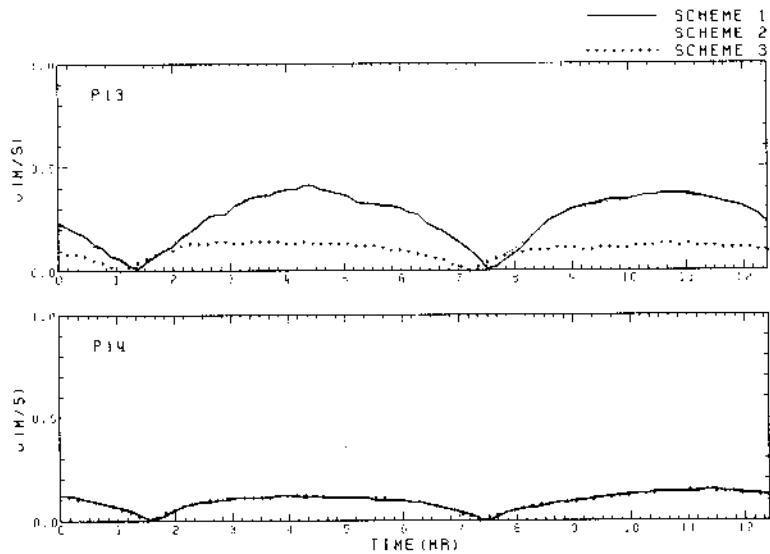


Fig. 5.23 (Cont'd).

제4절 퇴적환경변화 유추

일반적으로 세립퇴적물은 직경 $62.5 \mu m$ 이상인 조립입자와는 달리, 저면으로부터의 이동, 즉 재부유에 필요한 전단력이 부유이동에 필요한 힘보다 크다. 세립퇴적물의 이러한 특성으로 말미암아 서해안의 넓은 조간대에는 미세퇴적물이 우세하다. 즉, 창조시 외해로부터 유입되는 수괴에 함유된 세립퇴적물들이 정조시에 침강·퇴적되나, 이러한 퇴적량은 세립퇴적물의 상기와 같은 특성으로 말미암아 창조시 유입량과 같은 양이 낙조시에 재부유되어 외해로 후퇴하지 못하고 수지불균형을 이룬다. 이러한 작용이 지질학적 시간 동안 계속된 결과, 대조차 해역인 경기만 일대 대부분의 조간대에는 세립퇴적물이 우세하며, 그 함유비는 침수시간이 상대적으로 짧아 조류 및 파랑의 영향을 덜 받는 육지쪽으로 갈수록 증가한다.

본 연구대상역인 대호방조제 주변도 방조제 축조 이전에는 넓은 조간대가 발달되어 있었다. 그러나, 방조제 축조에 따라 대부분의 조간대는 매립지 혹은 대호로 흡수되고, 상부조간대에 비해 상대적으로 조립질이 우세한 기본수준선 부근의 일부 하부조간대만이 남았다.

본 장의 목적은 이러한 잔류하부조간대 및 그 주변해역의 퇴적환경이 방조제 축조에 따라 어떠한 변화를 겪을 것이며, 궁극적으로 어떠한 형태의 새로운 평형상태에 도달할 것인가를 수치모형을 통해 예측함에 있다. 이의 신뢰할만한 수치모사를 위해서는 보다 정밀한 격자를 갖는 3차원 해수유동 및 퇴적물이동 수치모형의 적용 뿐 아니라 부유퇴적물의 침강속도 및 해저면 전단강도 등에 대한 정확한 현장정보를 확보하여야 한다. 그러나, 현단계에서는 모형의 중요한 입력자료인 이러한 현장정보를 충분히 확보하지 못한 상태이므로, 평면2차원 수치모형을 이용한 해수유동장 변화를

근거로 퇴적환경변화를 유추하기로 한다.

먼저 대조도에서 석문각에 이르는 넓은 조간대의 경우, 방조제 축조 이전에는 해수가 조시에 따라 기본수준선 및 해안선에 직각방향으로 전진·후퇴하였으며, 상기 언급한 작용에 의해 퇴적이 우세한 환경이었다. 그러나, 이러한 유향은 방조제 축조 이후에 거의 90°가 바뀌었으며, 방조제에 평행하게 창조시에는 북동진하고 낙조시에는 남서진한다. 따라서, 외해로부터 유입되어 잔류하부조간대 및 그 주변역에서 퇴적되는 양이 축조 이전에 비해 감소할 것으로 판단된다. 더우기 이러한 유향변화와 함께 축조 이후의 유속이 강화된다. 유향변화에 따른 퇴적량 감소와 더불어 유속강화에 따른 침식량의 증가는, 이 영역이 새로운 평형상태에 도달할 때까지 지속적으로 침식될 수 있음을 시사한다.

이러한 침식에 영향을 주는 또 하나의 요인은 파랑이다. 사질해안에 호안을 설치할 경우에 발생한 가능한 지형변화는 Fig. 5.24와 같다. 그림에 나타난 현상 중에서 본 영역에서 발생가능한 것은 d)이다. 즉, 잔류하부조간대가 해수면 이하로 잠겨 있는 동안에 높은 파랑이 진입하면 방조제 전면에서 진입파와 반사파의 중첩으로 파고가 높아지며, 이에 따른 해저면에서의 수립자 왕복운동에 의한 전단력이 방조제 건설 이전에 비해 증가된다. 이 경우, 물론 Fig. 5.24 d)에 나타난 바와 같이 사질해빈에서 발생하는 bar가 형성되지는 않겠지만, 세립퇴적물도 조류에 의한 이동보다 일시적인 악천후시 파랑 전단력에 의해 이동되는 양이 월등하다는 점을 감안하면, 대조도에서 석문각에 이르는 영역은 지속적으로 침식될 것이 거의 확실하다.

다음으로 비경도, 소조도, 대조도 및 대호 전면을 연결하는 영역에서는 유향의 변화는 크지 않으나, 유속은 방조제 건설 이전에 비해 상당히 약화된 곳이다. 따라서, 외해로부터의 퇴적물 유입량이 변하지 않는다면 건설

전에 비해 퇴적량이 증가할 것으로 판단된다. 특히 대호 진면의 경우는 유속감소가 가장 현저한 영역으로 그 감소 정도로 미루어 볼 때 미세퇴적물이 서서히 누적될 것으로 판단된다. 물론 이러한 퇴적영역에서도 파랑의 영향을 무시할 수는 없으나, 대호 진면의 수심이 비교적 깊고 지형조건상 진입파랑으로부터 충분히 보호되어 있으므로 진실 이진에 비해 파랑효과가 크게 변화지는 않을 것으로 판단된다.

이상으로 수리환경변화로부터 유추한 대상해역의 퇴적환경변화를 Fig. 5.25에 도시하였다. 그림에 나타낸 퇴적 및 침식영역은 potential, 즉 잠재적인 영역으로서, 그 경계면의 설정은 정량적이 아님을 밝힌다. 또한 침식영역의 경우, 새로운 평형상태에 도달할 때까지의 침식량이 어느 정도일 것인가는 유속간화의 정도와 함께 해저면의 지질공학적 특성에 크게 좌우된다.

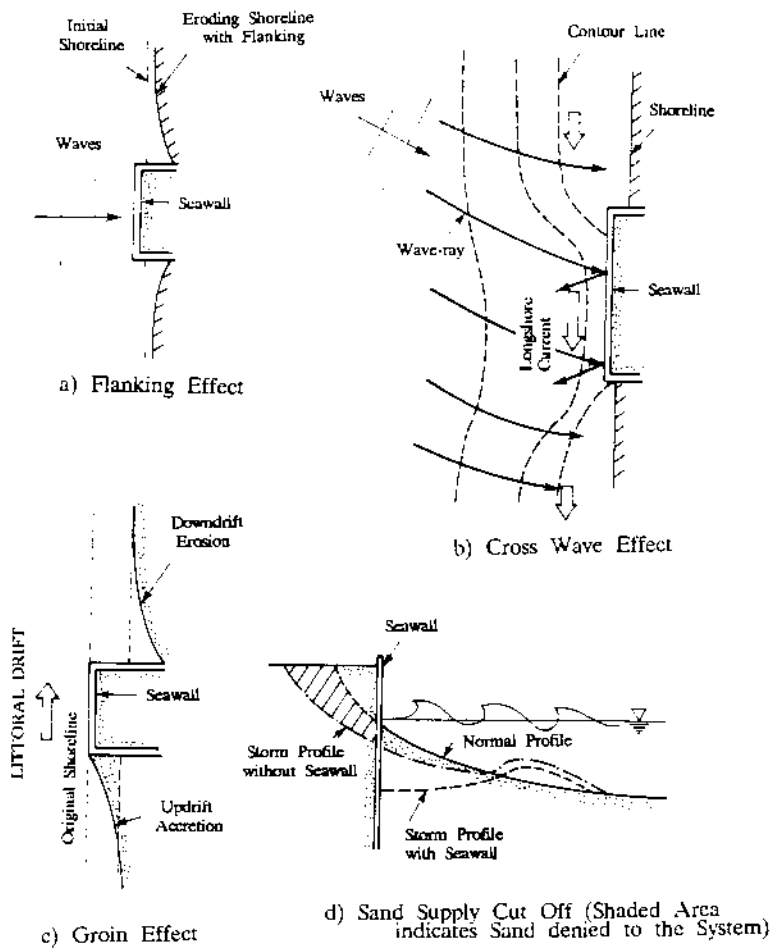


Fig. 5.24 Possible mechanisms of the effects of seawall(Tou and Wang, 1990).

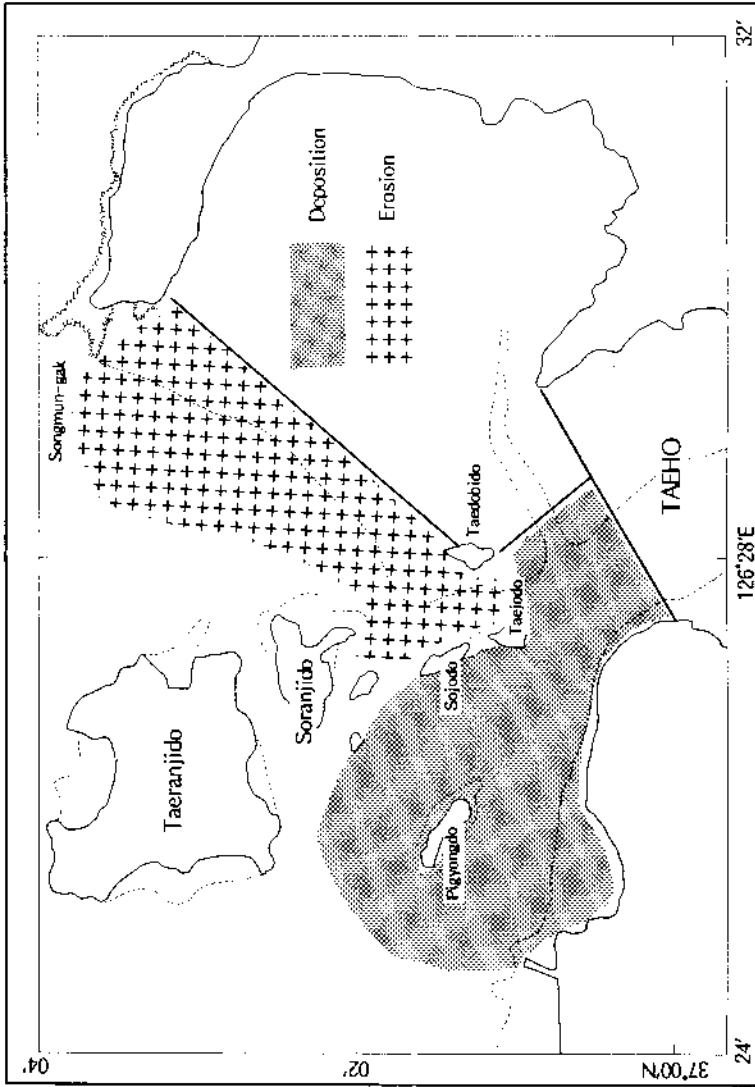


Fig. 5.25 Potential deposition and erosion zone due to Taeho tidal barrier based on the change of tidal current.

제 6 장 토의 및 결론

방조제 축조에 따른 퇴적환경 변화를 퇴적학적 관점으로 관측분석한 결과는 두가지 측면으로 요약할 수 있는데, 첫번째 측면은 조간대와 조해대에서의 퇴적을 채취, 분석을 통한 표층 퇴적상의 현재 분포상태이고 두번째 측면은 조간대에서의 정밀 수준 측량과 표층면 하부에 설치된 아크릴 판의 정기적인 깊이 측정에 의한 퇴적율과 침식율의 변화이다. 첫번째 측면인 표층퇴적상의 분포상태를 요약하면 제1호와 제2호방조제 전면의 하부 조간대 지역에서는 니질퇴적상이 우세하나 제2호방조제 전면의 주조류로와 소란지도 주위 해역엔 역질상이 우세하다. 식문각과 대란지도 사이에는 실트니질 퇴적상이 넓게 분포하고 있다. 두번째 측면인 퇴적율 및 침식율의 변화 관측자료는 아직 짧은 연구기간때문에 충분한 자료를 확보하지 못한 상태이지만 현재까지의 결과로는 방조제 전면 3개의 측정측선 대부분 지역에서 1 - 9cm 정도의 침식결과를 보이고 있으며 특히 정밀수준측량의 결과는 저조선 부근의 sand showl 지역과 주조류로 주변에서 높은 변화율을 보여 주목된다.

이러한 현장관측 결과들을 해수유동의 수치모형 적용결과와 대비해보면, 몇가지 주요한 면에서 상호일치되는 결과를 보여주고 있다. 특히 대호방조제 축조 이전의 조류이동의 속도, 방향에 관한 수치모형 분석치와 대호방조제 축조 이후의 조류이동의 수치모형 적용 결과와의 차이는 방조제 축조에 따른 퇴적물 침식 및 이동의 변화를 야기하는 직접적인 요인으로 추정되는데, 제1호 대호방조제 전면의 대부분의 조간대 및 조류로 지역에서는 방조제 축조 이후 유속이 상당히 감소된 결과를 보여주고 있고, 제2호 방조제 전면에서는 만내로 양복하던 조류의 유향이 완전히 변해서 방조

세 평행하게 조류의 유출입이 이루어지고 상당한 유속의 증가를 보인다. 그 외 다른 해역에서는 큰 유속의 변화를 보이지 않고 있다. 이는 현장 퇴적물의 분포상태와 퇴적을 및 침식율의 측정 결과로부터 유추할 수 있는 방조제 축조에 따른 퇴적환경변화와 관련된 주요 변수 예측치들과 잘 일치하고 있다. 즉 방조제 전면에 주로 분포하고 있는 조립질 퇴적물과 순(net) 침식율로부터 추정되는 유속의 증가와 수치모델의 적용결과와 상호 배치되지 않음을 보여주고 있다.

그러나 본 연구지역에 분포하는 주요 퇴적상인 사질퇴적물들은 수치모형 적용에서 시도된 것과 같은 조류이동에 의해 운반 퇴적되기보다는 폭풍과 관련된 파랑에 의해 침식, 운반되는 것으로 고려되므로 이번 연구에서는 시도되지 못한 파랑유동에 대한 추가적인 수치모델의 적용시켜 파랑과 조류의 상호작용에 의한 퇴적물의 침식, 이동 및 퇴적양상의 변화를 예측할 수 있어야만 방조제 축조에 따른 적합한 퇴적환경변화 양상의 예측과 적용, 대비가 완성될 것으로 사료된다. 또한 방조제 전면 하부조건대에서의 퇴적을 및 침식율의 변화 그리고 해저지형의 변화를 정기적이고 장기적으로 측정하여야만 방조제 축조에 따른 퇴적환경의 변화를 보다 정량적으로 분석, 예측할 수 있으리라 생각된다.

참고문헌

- 김유인, 1991. 조류와 수심의 변화로 인한 파랑특성의 변화에 관한 연구.
식사학위 논문. 서울대학교. 106p
- 과학기술처. 1987. 해안구조물 적정설계기법의 체계화 연구. Report
No. BSPG 00043-157-2, 479pp.
- 과학기술처. 1985. 한국해역 종합 해양자원도 작성연구 -황해-. Report
No. BSPE00055-86-7A, 523pp.
- 농업진흥공사. 1980. 대호지구 농업종합개발사업 기본계획서. 303p
- 당진군, 1991. 제31회 당진통계연보. 187p
- 박용안, 김부근, 자오령송, 1994. 황해분지의 해수면 변동, 한국해양학회지
v. 29, No. 1, p42 - 49
- 한국해양연구소. 1993a. 가로림 조력개발 타당성 조사 보고서. 511pp.
- 한국해양연구소. 1993b. 화용지구 간척매립에 따른 어업피해조사연구.
Report No. BSPI 00140-523-7.
- 한국해양연구소. 1993. 방조제 축조에 따른 퇴적환경 변화 연구(I). 175p
- 한국해양연구소. 1993. 제4기 해수면 변화의 모델개발 및 퇴적환경 변화에
종합연구(II). 120p

- Choi, B.H. 1980. A tidal model of the Yellow Sea and the Eastern China Sea. Report No. BSPI 00019(3)-36-2, KORDI, 72pp.
- Eisma, D. and Kalf, J. 1987. Dispersal, concentration and deposition of suspended matter in the North Sea. *Journal of Geological Society of London*, v. 144, p. 161 - 167.
- Flather, R.A. and N.S. Heaps. 1972. Tidal computation for Morecambe Bay. *Geophys. J.R. Astron. Soc.*, 42 : 489~517.
- Postma, H. 1961. Transport and accumulation of suspended matter in the Dutch Wadden Sea. *Netherlands Journal of Sea Research*, v. 1, p. 148 - 190.
- _____ 1967. Sediment transport and sedimentation in the estuarine environment. In: *Estuaries*, G. A. Lauff (ed.). Washington, DC, American Association for the Advancement of Science, Special Publication 83, p. 158 - 179.
- Ross, A.J. and N.O. Weiss. 1966. Convective difference schemes. *Mathematics of computation*, 20(94) : 272~299.
- Tou, T. and H. Wang. 1990. Three dimensional effects of seawall on the adjacent beach. *Proc. 22th Coastal Eng. Conf., ASCE* : 2782 - 2795.
- Van Straaten, L.M.J.U. 1953. Megaripples in the Dutch Wadden Sea and in the Bay of Arcachon(France). *Geologie en Mijnbouw*, v. 15, p. 1 - 11.

_____, 1954. Composition and structure of recent marine sediments in the Netherlands. *Leidse Geologie Mededelser*, v. 19, p. 1 - 110.

_____ and Kuenen, Ph. H. 1957. Accumulation of fine grained sediments in the Dutch Wadden Sea. *Geologie en Mijnbouw*, v. 19, p. 329 - 354.

_____ 1961. Sedimentation in tidal flat areas. *Alberta Society of Petroleum Geologists Journal*, v. 9, p. 203 - 226.

부 록



Appendix 1. Physical parameters of vibracore sediments (Line 1)

Core	(depth) (cm)	Water Content (%)	Bulk Density (g/cm ³)	Void ratio	Porosity (%)	Organic Matter Contents(%)
V1-1	0	21.0	2.1	0.55	35.5	1.11
	10	24.9	2.0	0.66	39.59	1.92
	33	27.2	2.0	0.72	41.73	2.50
	60	35.0	1.9	0.92	47.95	2.36
	90	29.8	1.9	0.78	43.96	2.27
	120	31.9	1.9	0.84	45.60	2.37
	150	39.5	1.8	1.04	50.96	2.33
	180	38.1	1.8	1	50.05	3.29
	210	35.8	1.9	0.94	48.48	3.06
	240	40.7	1.8	1.07	51.71	3.02
	270	41.8	1.8	1.1	52.37	3.44
	300	44.5	1.8	1.17	53.92	4.12
	330	47.7	1.8	1.26	55.66	3.26
	360	54.7	1.7	1.44	59.01	3.56
	380	45.8	1.8	1.2	54.62	4.55
	410	52.8	1.7	1.39	58.12	6.15
	440	53.8	1.7	1.42	58.60	6.12
470	42.1	1.8	1.11	52.54	4.73	
500	39.4	1.8	1.04	50.89	3.84	
V1-2	0	24.77	2.0	0.65	39.45	1.23
	10	24.4	2.0	0.64	39.09	
	20	26.39	2.0	0.69	40.97	
	30	34.99	1.9	0.92	47.92	2.66
	40	39.67	1.8	1.04	51.06	
	50	34.03	1.9	0.89	47.23	
	60	37.05	1.8	0.97	49.35	3.18
	70	30.98	1.9	0.81	44.90	
	80	33.08	1.9	0.87	46.52	
	90	35.14	1.9	0.92	48.03	3.09
	100	35.21	1.9	0.93	48.08	
	110	29.21	1.9	0.77	43.45	
	120	30.66	1.9	0.81	44.64	2.7
	130	29.31	1.9	0.77	43.53	
	140	29.3	1.9	0.77	43.52	
	150	27.77	2.0	0.73	42.21	2.82
	160	29.66	1.9	0.78	43.82	
170	27.18	2.0	0.71	41.69		
180	28.33	2.0	0.75	42.70	3.19	
190	29.51	1.9	0.78	43.70		
200	29.73	1.9	0.78	43.88		
210	25.55	2.0	0.67	40.19	3.03	
220	29	1.9	0.76	43.27		
230	28.24	2.0	0.74	42.62		

Appendix 1. Continued

Core	(depth) (cm)	Water Content (%)	Bulk Density (g/cm ³)	Void ratio	Porosity (%)	Organic Matter Contents(%)
V1-2	240	33.51	1.9	0.88	46.92	4.31
	250	29.12	1.9	0.77	43.37	
	260	30.54	1.9	0.80	44.54	
	270	31.56	1.9	0.83	45.36	3.92
	280	30.86	1.9	0.81	44.80	
	290	34.91	1.9	0.92	47.87	
	300	43.1	1.8	1.13	53.13	4.8
	310	42.63	1.8	1.12	52.86	
	320	38.01	1.8	1.00	49.99	
	330	37.58	1.8	0.99	49.71	4.23
	340	36.9	1.8	0.97	49.25	
	350	37.53	1.8	0.99	49.67	
	360	36.08	1.9	0.95	48.69	4.2
	370	37.93	1.8	1.00	49.94	
V1-3	5	25.4	2.0	0.67	40.05	1.4
	40	23.6	2.0	0.62	38.30	1.96
	68	27.09	2.0	0.71	41.60	1.42
	107	26.49	2.0	0.70	41.06	0.97
	150	36.72	1.9	0.97	49.13	3.65
	173	52.14	1.7	1.37	57.83	3.15
	195	47.23	1.7	1.24	55.40	2.68
	214	31.92	1.9	0.84	45.64	2.38
	252	35.84	1.9	0.94	48.52	2.05
	280	29.68	1.9	0.78	43.84	2.35
	310	45.97	1.8	1.21	54.73	3.37
	350	35.22	1.9	0.93	48.09	3.04
	390	34.06	1.9	0.90	47.25	3.03
	430	37.79	1.8	0.99	49.85	3.24
470	34.23	1.9	0.90	47.38	2.68	
496	36.09	1.9	0.95	48.70	2.61	
V1-4	0	2.85	2.5	0.07	6.97	0.98
	10	4.58	2.5	0.12	10.75	
	20	4.06	2.5	0.11	9.65	
	30	11.42	2.3	0.30	23.10	1.43
	40	5.76	2.4	0.15	13.16	
	50	8.62	2.3	0.23	18.48	
	60	22.32	2.0	0.59	36.99	1.52
	70	26.07	2.0	0.69	40.68	
	80	32.81	1.9	0.86	46.32	
	90	33.64	1.9	0.88	48.94	1.86
	100	40.98	1.8	1.08	51.87	
	110	27.99	2.0	0.74	42.40	
120	26.75	2.0	0.70	41.30	1.05	

Appendix 1. Continued

Core	(depth (cm))	Water Content (%)	Bulk Density (g/cm ³)	Void ratio	Porosity (%)	Organic Matter Contents(%)
	130	36.71	1.9	0.97	49.12	
	140	24.08	2.0	0.63	38.77	
	150	25.62	2.0	0.67	40.26	1.23
	160	25.22	2.0	0.66	39.88	
	170	31.51	1.9	0.83	45.32	
	180	32.51	1.9	0.86	46.09	2.13
	190	43.32	1.8	1.14	53.26	
	200	36.25	1.9	0.95	48.81	
	210	33.83	1.9	0.89	47.08	1.7
	220	26.74	2.0	0.70	41.29	
	230	30.44	1.9	0.80	44.46	
	240	32.01	1.9	0.84	45.71	1.84
	250	33.04	1.9	0.87	46.49	
	260	25.45	2.0	0.67	40.10	
	270	34.69	1.9	0.91	47.71	12.67
	280	37.83	1.8	0.99	49.87	
	290	49.18	1.7	1.29	56.40	
	300	36.6	1.9	0.96	49.05	2.05
	310	40.6	1.8	1.07	51.64	
	320	33.4	1.9	0.88	46.76	
	330	29.19	1.9	0.77	43.43	3.61
	340	38.88	1.8	1.02	50.56	
	350	32.76	1.9	0.86	46.28	
	360	29.78	1.9	0.78	43.92	3.35
	370	29.29	1.9	0.77	43.51	
	380	31.26	1.9	0.82	45.12	
	390	27.62	2.0	0.73	42.08	3.68
	400	27.18	2.0	0.71	41.69	
	410	26.47	2.0	0.70	41.04	
	420	27.35	2.0	0.72	41.84	3.99
	430	27.47	2.0	0.72	41.94	
	450	32.57	1.9	0.85	46.14	5.07
	460	32.95	1.9	0.87	46.43	
	470	32.56	1.9	0.86	46.13	4.57
V1-5	10	7.83	2.4	0.21	17.08	0.9
	40	27.68	2.0	0.73	42.13	1.63
	50	25.7	2.0	0.68	40.33	1.52
	95	30.14	1.9	0.79	44.22	1.78
	115	31.59	1.9	0.83	45.38	2.17
	130	48.03	1.7	1.26	55.81	2.51
	160	37.77	1.8	0.99	49.83	1.53
	182	27.24	2.0	0.72	41.74	1.83
	202	34.01	1.9	0.89	47.21	2.2
	226	31.68	1.9	0.83	45.45	2.7
	250	30.75	1.9	0.81	44.71	2.41
	270	28.01	2.0	0.74	42.42	2.13

Appendix 2. Physical parameters of Vibracore sediments (Line II)

Core	(depth) (cm)	Water Content	Bulk Density	Void ratio	Porosity	Organic Matter
		(%)	(g/cm ³)		(%)	Contents(%)
V2-1	0	11.83	2.3	0.31	23.73	1.78
	10	31.09	1.9	0.82	44.98	
	20	29.25	1.9	0.77	43.48	
	30	28.01	2.0	0.74	42.42	3.03
	40	29.34	1.9	0.77	43.56	
	50	34.44	1.9	0.91	47.53	
	60	34.1	1.9	0.90	47.28	3.95
	70	29.72	1.9	0.78	43.87	
	80	16.12	2.2	0.42	29.77	
	90	28.01	2.0	0.74	42.42	2.6
	100	27.31	2.0	0.72	41.80	
	110	28.38	2.0	0.75	42.74	
	120	58.35	1.7	1.53	60.55	5.75
	130	27.38	2.0	0.72	41.86	
140	19.69	2.1	0.52	34.12	2.29	
V2-2	10	28.22	2.0	0.74	42.60	1
	49	27.15	2.0	0.71	41.66	1.01
	67	45.53	1.8	1.20	54.49	2.37
	95	46.36	1.8	1.22	54.94	3.45
	130	41.48	1.8	1.09	52.17	2.44
	160	39.37	1.8	1.04	50.87	2.29
	200	28.62	1.9	0.75	42.95	1.1
	240	33.4	1.9	0.88	46.76	1.59
	262	33.81	1.9	0.89	47.07	1.39
	297	40.98	1.8	1.08	51.87	2.98
	337	38.36	1.8	1.01	50.22	2.68
	370	29.04	1.9	0.76	43.30	2.26
	410	27.31	2.0	0.72	41.80	1.82
	450	30.97	1.9	0.81	44.89	2.71
480	23.14	2.0	0.61	37.63	3.07	
V2-R	5	27.47	2.0	0.72	41.94	1.17
	40	28.09	2.0	0.74	42.49	1.29
	70	31.74	1.9	0.83	45.50	1.09
	110	31.19	1.9	0.82	45.06	0.55

Appendix 3. Physical parameters of Vibracore sediments (Line III)

Core	(depth) (cm)	Water Content (%)	Bulk Density (g/cm ³)	Void ratio	Porosity (%)	Organic Matter Contents(%)
V3-1	5	20.58	2.1	0.54	35.12	
	18-20	24.66	2.0	0.65	39.34	
	31-33	24.61	2.0	0.65	39.29	
	38-40	24.49	2.0	0.64	39.18	
	58-60	26.26	2.0	0.69	40.85	
	64-66	26.27	2.0	0.69	40.86	
	71-74	27.84	2.0	0.73	42.27	
	84	34.5	1.9	0.91	47.57	
	96	26.9	1.9	0.76	43.18	
	118	27.85	2.0	0.73	42.28	
	137	35.42	1.9	0.93	48.23	
	142	31.77	1.9	0.84	45.52	
	160	26.37	2.0	0.69	40.95	
	165	27.8	2.0	0.73	42.23	
	175	39.43	1.8	1.04	50.91	
	195	25.74	2.0	0.68	40.37	
	200	24.93	2.0	0.66	39.60	
	210	29.05	1.9	0.76	43.31	
	227	25.79	2.0	0.68	40.42	
	233	29.9	1.9	0.79	44.02	
250	36.6	1.9	0.96	49.05		
270	28.03	2.0	0.74	42.44		
285	30.13	1.9	0.79	44.21		
300	29.66	1.9	0.78	43.82		
320	27.95	2.0	0.74	42.37		
V3-2	0	22.22	2.0	0.58	36.88	
	26	33.9	1.9	0.89	47.13	
	50	27.63	2.0	0.73	42.09	
	80	32.53	1.9	0.86	46.11	
	100	33.95	1.9	0.89	47.17	
	120	36.51	1.9	0.96	48.99	
	150	33.16	1.9	0.87	46.58	
	180	34.06	1.9	0.90	47.25	
	200	34.72	1.9	0.91	47.73	
	220	37.66	1.8	0.99	49.76	
	250	32.75	1.9	0.86	46.27	
	270	36.18	1.9	0.95	48.76	
	300	34.61	1.9	0.91	47.65	
	320	37.79	1.8	0.99	49.85	
	340	31.67	1.9	0.83	45.44	
	342	34.66	1.9	0.91	47.69	
	360	41.07	1.8	1.08	51.93	
	370	36.82	1.8	0.97	49.20	
385	24.43	2.0	0.64	39.12		
395	26.78	2.0	0.70	41.33		
408	25.08	2.0	0.66	39.74		

Appendix 4. Physical parameters of Vibracore sediments (Line IV)

Core	(depth) (cm)	Water Content (%)	Bulk Density (g/cm ³)	Void ratio	Porosity (%)	Organic Matter Contents(%)
V4-1	0	24.72	2.0	0.65	39.40	
	10	27.95	2.0	0.74	42.37	
	20	30.65	1.9	0.81	44.63	
	30	32.34	1.9	0.85	45.96	
	40	37.76	1.8	0.99	49.83	
	60	36.8	1.8	0.97	49.18	
	75	34.05	1.9	0.90	47.24	
	90	27.53	2.0	0.72	42.00	
	120	36.63	1.9	0.96	49.07	
	133	32.06	1.9	0.84	45.75	
	145	26.56	2.0	0.70	41.13	
	158	30.07	1.9	0.79	44.16	
	180	26.84	2.0	0.71	41.38	
	195	29.89	1.9	0.79	44.01	
	210	29.91	1.9	0.79	44.03	
	225	33.83	1.9	0.89	47.08	
	240	32.27	1.9	0.85	45.91	
	255	37.52	1.8	0.99	49.67	
	270	31.78	1.9	0.84	45.53	
	280	30.27	1.9	0.80	44.32	
	290	30.59	1.9	0.80	44.58	
300	28.68	1.9	0.75	43.00		
310	27.76	2.0	0.73	42.20		
320	23.97	2.0	0.63	38.67		
330	17.94	2.1	0.47	32.06		
340	19.53	2.1	0.51	33.93		
350	19.62	2.1	0.52	34.04		
V4-2(1)	0	54.84	1.7	1.44	59.05	
	15	28.86	1.9	0.76	43.15	
	25	34.59	1.9	0.91	47.64	
	50	29.7	1.9	0.78	43.86	
	70	34.35	1.9	0.90	47.46	
	90	28.51	2.0	0.75	42.85	
	110	27.17	2.0	0.71	41.68	
	130	34.48	1.9	0.91	47.56	
	150	31.8	1.9	0.84	45.54	
	170	36.04	1.9	0.95	48.66	