The Journal of the Korean Society of Oceanography
Vol. 30, No. 2, pp. 77-90, April 1995

한국 서해 만경강-동진강 하구역 및 연안역 조간대 퇴적층의 퇴적상과 미고생물학적 연구

이영길* · 박용안** · 최진용***
*경북대학교 자연대 지질학과
**서울대학교 자연대 해양학과
***군산대학교 해양학과

Sedimentary facies and micropaleontological study of tidal sediments off the Mankyung-Dongjin River estuary, west coast of Korea.

YOUNG GIL LEE*, YONG AHN PARK** AND JIN YONG CHOI**
*Department of Geology, Kyungpook National University
**Department of Oceanography, Seoul National University
***Department of Oceanography, Kunsan National University

한국 서해 동진강-만경강 하구역과 인접 연안역에 발달한 조간대의 퇴적환경과 생층서에 대하여 연구지역에서 채취한 5개의 진동시추코아 퇴적물의 퇴적상과 규조군집분석을 통해 연구하였다. 시추공 퇴적물은 주로 니질 및 사질로 조성되어 있으며 생혼퇴적구조와 교호엽층리, 후라저층리, 연혼사층리 등의 퇴적구조들이 여러 층준에서 관찰된다. 전체적으로 니질퇴적층이 사질퇴적층보다 우세하며 사질층을 제외한 대부분의 니질퇴적층에는 다수의 규조각들이 함유되어 있다. 총 61속 219종 및 변종의 규조가 동정되었으며 산출되는 규조중 가장 다산되는 종은 *Paralia sulcata*이다. 그외*Cyclotella striata, Thalassionema nitzschioides, Actinoptychus undulatus, Delphineis surirella, Rhaphoneis amphiceros* 등이 다산된다. 산출되는 대부분의 규조는 기수 및 해수역의 연안 혹은 천해에서 서식하는 저서성 및 우연적 혹은 부분적 부유성종이다. 담수종은 1~5% 정도로 남양만 조간대에 비해 높은 산출을 보인다. 규조류의 알려진 생태와 여러 층준에서 관찰되는 교호엽층리, 후라저층리, 연혼사층리 등의 퇴적구조는 본 연구 퇴적층이 하천수의 유입을 어느정도 받고 한수 보다는 난수의 영향을 더 강하게 받는 조간대 환경하에서 퇴적된 것으로 추정된다. 그리고 생태적 측면에서 규조군집의 수직적변화가 인지되지 않는 것으로 보아 퇴적기간동안 퇴적환경의 뚜렷한 변화는 없었던 것으로 생각된다. Q-mode을 이용한 규조군집분석 결과 각 시추공 별로 각각 2개의 군집으로 분류되었으며 이들 군집들의 층위적 분포를 근거하여 시추공간의 생층서적 대비를 시도해 보았다.

The sedimentary environments and biostratigrapy of the tidal sediments off the Mankyung-Dongjin River estuary were studied based on sedimentary facies and diatom assemblage analysis. Sediment facies from the five vibracores are mainly clay, silt, and sand facies. The clay and silty sediment facies are more dominant than the sandy ficies, and contain diatom frustules. The frequency of the diatom frustules are rare to common, but not found in sandy sediment facies. Biogenetic structures such as burrow and non-biogenetic primary sedimentary structures such as laminated sand and mud or silt and mud couplets, flaser bedding, ripple-cross lamination are found in several stratigraphic levels of the sedimentary sequences. A total of 219 species and varieties, belonging to 61 genera has been identified in the present study. Among them, *Paralia sulcata* is the most abundant species, about 30 to 50% of the total diatom frustules. Another predominant species are *Cyclotella striata, Thalassionema nitzschioides, Actinoptychus undulatus, Delphineis surirella, Rhaphoneis amphiceros*. Most

of the diatoms occurred in this study area are marine, marine-brackish water, and brackish water species, and are benthic and tychopelagic or meroplanktonic species. Also, most of the species are coastal to littoral and littoral to inner neritic species. The occurrences of freshwater species, about 1 to 5%, is higher than that of the Namyang Bay tidal sediments. The ecological properties of the diatoms occurred in the study area and primary sedimentary structure such as flaser bedding, ripple-cross bedding indicate that the deposits are formed under coastal or littoral to sublittoral environments such as tidal zone which was subjected to the influenced of stream water, and was more strongly influenced by temperate to warm water than cold water. The sedimentary environments have not been changed distinctively during the time of deposition.

The vertical distribution pattern of diatoms in the study area is studied by Q-mode Cluster Analysis using spss/pc+ (ver.4.0). The results show that the three cores (GE-3, GE-11, GE-12) are divided into two diatom assemblages, respectively. Biostratigraphic correlation using the data of Q-mode Cluster Analysis are attempt in this study.

서 론

우리나라 서해의 아산만, 남양만, 경기만을 위시한 여러지역에는 비교적 넓은 조간대(tidal zone)가 발달되어 있다. 현재 이들 조간대의 공간개발과 활용에 대한 필요성이 국토의 효과적인 활용과 개발이라는 관점에서 그 인식도가 점점 고조되어가며 현재 일부 지역에서는 대규모의 간척개발사업이 진행 혹은 완성된 상태이다. 그러나 지금까지 시추공을 이용한 조간대퇴적층에 대한 퇴적학적, 고생물학적 및 지반공학적 기초연구는 매우 빈약한 실정인데 앞으로 조간대의 개발과 활용을 위해선 시추공을 이용한 조간대환경의 변천과 해수면의 이동 등에 대한 전반적인 기초조사가 절실히 요구된다.

이와같은 관점에서 필자들은 경기도 남양만 북서부 일대에 발달된 조간대퇴적층에 대한 퇴적학적 및 미고생물학적 연구를 수행한바 있다(이영길 등, 1994). 본 연구는 우리나라 서해 연안역에 발달된 조간대의 퇴적상과 지반공학적 응용에 관한 연구의 일환으로 2차로 전라북도 만경강-동진강 연안역일대의 조간대퇴적층에 대한 퇴적학적, 고생물학적 및 퇴적물의 물성에 관한 연구결과이다. 본역에 대한 기조사 연구로서는 An & Koh(1992), 최경식(1994), 오상희(1990), Choi(1992), Choi and Koh(1994)등의 연구결과가 있다.

연구지역

본 연구대상 해역인 만경강-동진강 하구역은 광활한 조간대 지형이 분포한다. 이곳은 지난 수십년 동안 간척, 개간, 매립의 인위적 작업에 의한 해안환경의 변화가 심한 지역이며 다량의 육성기원퇴적물이 주변의 만경강과 동진강으로부터 유입되고 있다. 최근에는 서해안 개발의 일환으로 인근 금강하구역에서 금강하구언이 축조되었고, 군산-장항지구 간척사업과 새만금 간척사업이 현재 진행되고 있다. 본 연구 해역은 평균유속이 2 knot 정도이고 반일주조형의 왕복성조류가 우세한 대조차환경(평균조차: 4.26 m)에 속하며 조석작용 뿐 아니라 외해로부터의 파랑의 효과도 다소 크게 나타난다. 연구지역부터 인근 고군산도까지의 연안해역에는 5~6개의 대규모 조석사주가 분포하는데 이들 조석사주는 주로 세립사로 구성되어 있다. 사주의 크기는 다양하며 긴 사주(sandy body)인 경우 길이가 약 4~5 Km, 폭은 약 1~4 Km 정도이다. 이들 조석사주들 사이에는 최대수심이 20 m 정도인 깊은 수로들이 존재하는데(최경식, 1994)) 이들 조석사주와 수로의 분포양상은 주된 조류의 방향과 대체로 일치하며 주로 북동-남서방향을 가진다. 본 연구역(동진강-만경강 하구역)에서의 수로 수심은 약 1~1.5 m 정도이며 염분농도는 26~31%(평균 28%) 정도이다.

시료채취 및 연구방법

본 연구를 위해 전라북도 만경강-동진강 하구역 일대에 분포하는 조간대(거전조간대)에서 시추한 진동시추코아(Vibracores) 12개중 퇴적상과 퇴적물의 물성연구를 위해 5개공(GE-4, GE-3, GE- 11, GE-7, GE-9), 그리고 미고생물학적 연구를 위해 4개공(GE-3, GE-9, GE-11, GE-12)을 관찰하였다. 시추공의 위치와 연구에 이용된 시추공의 길이는 Fig. 1과 Tabel 1에 도시되어 있다.

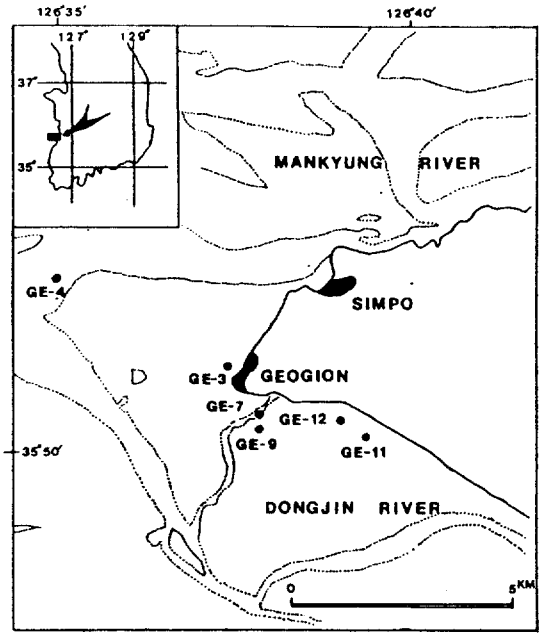

Fig. 1. Map of Vibracore sites

퇴적상의 연구를 위해 채취한 시료공은 교란되지 않도록 절개하여 육안으로 나타난 색상변화, 특징적인 일차퇴적구조(primary sedimentary structure), 또는 생물교란흔적(bioturbated structure) 등을 관찰, 기재하였다. 보다 상세한 물리적 퇴적구조와 생흔구조를 분석하기 위하여 길이 30 cm, 폭 5 cm의 slab를 따로 취하여 X-선 촬영을 실시하고 X-선 사진을 기초하여 분석하였다. 사용된 X-선 촬영기는 Model ISV-100A이며, 촬영조건은 거리 70 cm, 전압 30 KV, 전류 4 mA, 노출시간은 3~4분이다.

퇴적물의 입도분석은 각 주상시추공에서 10 cm 간격으로 채취된 시료를 Ingram(1971)의 표준입자분석 방법에 따라 −2ϕ부터 10ϕ까지 1ϕ 간격으로 분석하고, Folk and Ward(1957) 및 Folk(1968)의 Graphic 방법에 따라 조직표준치를 계산하였다.

퇴적물의 물성에 관한 연구를 위해 함수량과 전단응력을 측정하였는데 전단응력은 Hand vane(Gilson Model No. HM-504 Torvane Rhometer)를 이용하여 측정하였고 함수률은 습윤시료와 건조시료의 무게차이를 측정하여 구하였다.

미고생물학적 연구는 규조를 이용하여 실시하였는데 연구를 위한 시료는 층위적으로 10 cm 등간격으로 4개공에서 총 121개를 채취하여 연구하였다. 채취한 시료는 각 시료당 1 g을 취하여 Koizumi (1986)가 시도한 시료처리과정을 거쳐 현미경 관찰을 위한 박편을 제작하였다. 규조의 동정은 400배 내지 600배의 고배율 현미경하에서 행하여 졌으며 각 시료당 주사선을 따라 규조각이 200개가 될 때까지 동정하였다. 규조각의 산정시 중심目규조인 경우는 중심부를 포함한 규조각의 3/4 이상인 것을 1개체로, 그리고 우상目규조인 경우 정축부가 나타나는 2/3 이상인 것으로 추정되는 것을 1개체로 하였다. *Thalassionema nitzschioides, Thalassiothrix longissima*는 정축부가 나타나는 1/2 정도의 것들을 1/2 개체로 산정하였다.

Table 1. Position and core length of the Vibracores

Cores	latitude	longitude	core length
GE-3	35° 50′ 31″N	126° 41′ 13″E	480 cm
GE-4	35° 51′ 08″N	126° 40′ 00″E	400 cm
GE-7	35° 50′ 13″N	126° 41′ 25″E	310 cm
GE-9	35° 50′ 09″N	126° 41′ 26″E	340 cm
GE-11	35° 50′ 06″N	126° 41′ 58″E	315 cm
GE-12	35° 50′ 13″N	126° 41′ 39″E	240 cm

군집분석은 Q-mode에 의한 군집분석을 실시하였으며 spss/pc+(ver 4.0)을 이용하여 수행되어졌다. 군집분석을 위한 상관계수행렬은 코사인지수를 이용하여 계산하였으며 이 상관계수행렬을 비가중평균결합법을 이용하여 표현도로 그 결과를 나타내었다.

군집분석에 이용된 규조종은 1% 이상 산출되는 종들중 생태적으로 의미있는 종 20종을 선정하여 연구하였다.

연구결과

1. 시추코아의 퇴적상과 퇴적물의 물성

1.1 GE-7

본 시추공은 거전조간대의 동진강 내만쪽에 위치하며 소규모 조류수로(tidal channel)의 경계부지역이다. 수직적으로 퇴적암상의 변화가 심하며 최상부를 제외한 전구간에 걸쳐 교호엽층리, 사층리, 연흔사층리, 후라저(flaser)층리가 반복적으로 나타난다. 135 cm 지점에서 침식면이 관찰되며 이 면을

기준으로 상부층은 약간 세립화 경향을 보인다.

코아의 상부(0~1m)에서는 교란 혹은 교호엽층리 구조를 보이는 모래-실트의 혼합 퇴적상이 우세하다. 교호엽층리구조는 GE-4에 비해 모래질 엽리들의 두께가 상대적으로 얇게 나타나는 것이 특징적이며 엽리들은 평행하고 연속성 있게 발달되어 있다. 1~1.5 m 사이에서는 교호엽층리 구조를 보이는 조립 모래질 퇴적상이 나타나고 1.5~2.4 m 사이에서는 후라저(flaser)층리와 연혼사층리및 경사사층리가 발달한 모래-실트의 혼합 퇴적상이 관찰된다. 엽층리들의 뚜께는 대개 1 cm 정도이고 보존상태는 비교적 양호하다. 코아의 최하부에서는 (2.7~3 m) 다시 조립질모래 퇴적상이 나타난다. 입자분포는 대체적으로 4φ보다 세립질인 것은 0~90 cm 범위에서(70~85%), 4φ는 90~160 cm 범위에서(50~70%), 그리고 그 이하심도에서는 3φ~3.5φ 정도의 극세립사가 주로 분포한다. 특히 3φ 보다 조립질인 퇴적층이 180~190 cm 범위에 협재되어 있다(20~25%).

함수률은 표층에서 100 cm까지는 32~43% 정도, 190~200 cm 범위와 240 cm 층위에서 32% 이상으로 나타나는 것을 제외하면 전반적으로 27~30% 정도이다. 전단응력은 250 cm 층준 하부에서는 1.9×10^{-1} kg/cm^2 정도로 비교적 높게 나타나나 상부로 감에 따라 뚜렷하게 감소하는 경향이 있다 (Fig. 2).

1.2 GE-11

본 시추공은 거전조간대의 동진강쪽 최내만역의 상부조간대에 해당된다. 코아의 상부는(0~1.7m) 니질층(모래의 함량은 25% 미만)으로 구성되어 있고 층리가 교란된 구간과 수평 엽층리를 보이는 구간이 반복적으로 나타난다. 이들 구간의 경계는 점이적이며 엽리들 중에는 파동형태(undulatory)를 보이는 것들도 있다. 니질 엽리들의 두께가 함모래질 니질 엽리들의 두께 보다 상대적으로 두꺼운 경향을 보이며 층리가 교란된 구간에서는 burrowing구조가 혼하게 관찰된다. 니질층 구간 하부에는 두께가 20 cm 정도인 함모래질 실트층이 나타나며 드물게 침식접촉면(erosional contacts)을 보이기도 한다. 2 m 이하에서는 모래질 퇴적상이 대부분이며 연혼, 사층리를 보이는 경우가 발견된다. 입자분포는 0~210 cm 범위에서는 4φ보다 세립의 것들이 주로 분포(60~85%)하며, 210~320 cm 범위는 3φ~4φ의 입자들이 주로 분포한다. 특히 230~250 cm 범위에서는 3.5φ의 입자의 분포가(30~50%), 그리고 110~120 cm 범위에서는 3φ보다 조립질인 퇴적층이 협재된다.

함수률은 60~200 cm 범위에서 32~42%로 다소 높게 나타나는 것 이외 모든 층준에서 25~30% 정도의 수치를 보인다. 전단응력은 290 cm에서 2.0×10^{-1} kg/cm^{2}로 가장 높았고 상부에서 하부로 갈수록 점진적으로 증가하는 양상을 보인다. 40 cm 층준에서는 0.8×10^{-1} kg/cm^2, 표층에서 10 cm 범위에서는 1.4×10^{-1} kg/cm^2 정도의 수치를 보인다.

1.3 GE-3

본 시추공은 만경강과 동진강이 합류하는 거전조간대 돌출부 연안의 상부조간대에 해당되며 층위적으로 0~60 cm 범위는 지층이 다소 교란된 양상을 보이나 70~290 cm 범위에서는 실트질층과 사질층이 반복적으로 교호하는 양상을 보인다. 사질함량은 상부로 감에 따라 뚜렷하게 증가하는 경향을 보이며 수직적인 입도분포상은 290 cm 층준을 기준하여 실트질과 사질층이 교호하는 상층부와 사질함량이 월등히 우세한 하층부로 뚜렷이 구분된다. 하층부에는 박층의 mud층이 수매 협재되며 일부의 층준을 제외하고는 사질/니질의 층 경계면이 뚜렷하지 않다.

함수률은 층위적으로 3개의 부분(표층~200 cm, 200~300 cm, 300~480 cm)으로 뚜렷하게 구분된다. 표층에서 200 cm까지는 함수률이 약 30%로 비교적 낮게 나타나지만 200에서 300 cm 범위에서는 최대 55% 이상으로 크게 증가하다가 300 cm 하부에서는 25~35%로 다시 감소한다(Fig. 2). 전단응력은 0.8×10^{-1} kg/cm^2~1.8×10^{-1} kg/cm^{2}의 범위를 보이며 깊이에 따른 변화는 뚜렷하지 않다.

1.4 GE-4

본 시추공은 거전조간대의 최대 외해쪽 위치인 하조대(subtidal flat)에서 채취한 것이다. 본 시추공은 수로내에 위치한 정점으로서 다른 시추공과는 달리 니질이 우세한 몇몇 층준을 제외하고는 전구간에 걸쳐 모래가 80% 이상으로 우세하다. 이중 3φ보다 조립계층이 5~43% 정도로 시추공 GE-3에 비해 조립계층의 함량이 크게 증가하는 양상을 보인다. 생물교란에 의한 퇴적구조의 변형이 코아의 전 심도에 걸쳐 우세하며 수직적으로 grading은 관찰되지 않으나 표층에서 200 cm까지는 활발한 표층퇴적구조의 이동을 지시하는 연혼사층리, 청어형

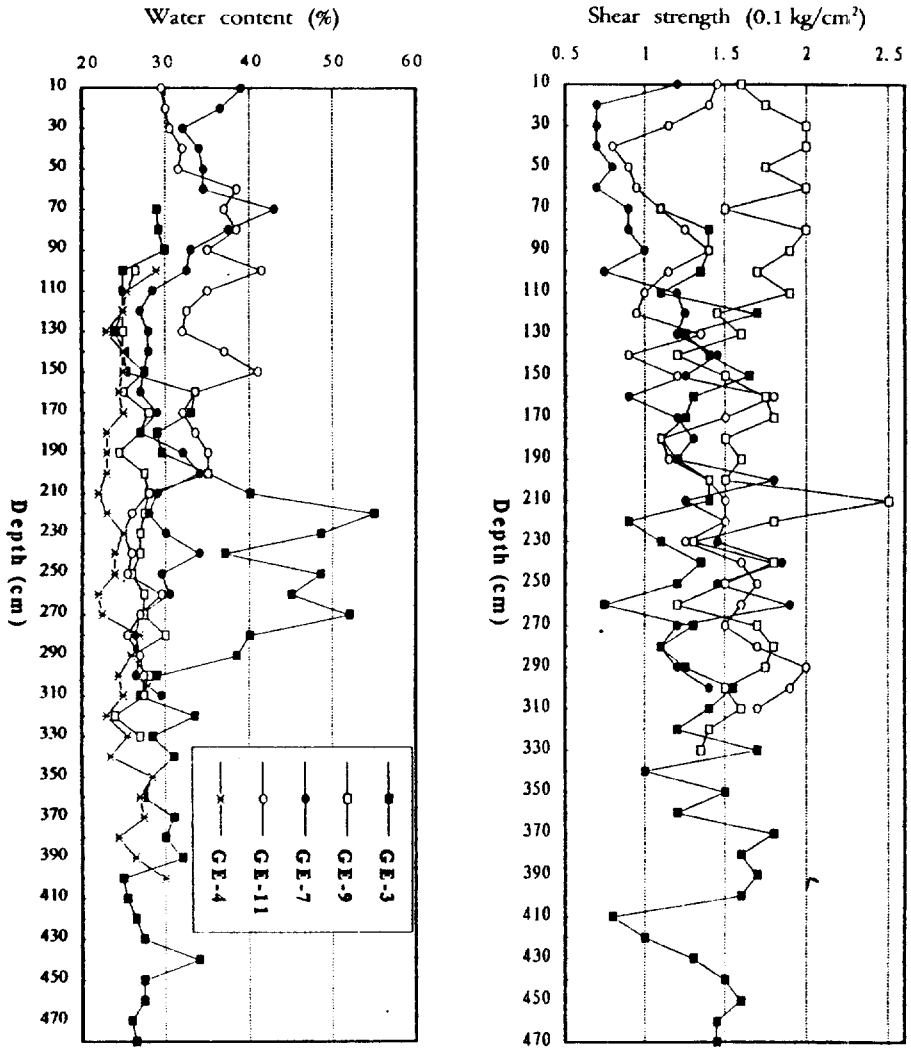

Fig. 2. Vertical distribution of water content and shear stress of the samples

사층리(herringbone cross laminated), 후라저층리가 우세하게 발달한다. 이들 사층리들은 tangential 하거나 plana한 형태를 가지며 이들의 형성은 수로내 point bar에서의 연흔이나 sand wave의 이동에 기인한 것으로 여겨진다. 280 cm 이하에서는 교호엽층리만이 우세하게 발달하는것이 특징이며 특히 280 cm 와 310 cm 사이에는 조수에너지의 주기적변화에 기인한 것으로 사료되는 모래질엽리들의 주기적인 층후 변화양상이 나타난다.

입자분포는 3φ보다 조립인 것은 110~140 cm 범위에서, 3~4φ 정도인 것은 130~210 cm와 260~370 cm 범위에, 그리고 4φ 이하의 것들은 100 cm 층준과 230~250 cm 범위에서 높게 나타나며(각 범위 공히 60~80%) 100 cm을 제외하고는 평균 3.5 φ 이상인 조립계층이 월등히 우세하게 나타난다. 함수률은 20~30%의 범위를 보이며 GE-3 등 다른 시추공에 비해 매우 낮은 편이며 수직적인 함수률의 변화는 뚜렷하지 않다. 전단응력은 300 cm에서 1.5×10^{-1} kg/cm²로 가장 높았고 평균 1.0×10^{-1} kg/cm² 정도이다.

1.5 GE-9

본 시추공은 동진강쪽 조간대의 수로지역에 위치

하며 10～40 cm의 상층부에서는 dark gray의 실트질로 주로 구성되어 있으며 지층도 다소 교란된 구조를 보이며 그 하층(50～340 cm)에서는 사질로 주로 구성되어 있다. 190 cm 층준에서 조립질(3.0φ 이하～3.5φ)이 가장 뚜렷이 분포하며 40～170 cm 범위에서는 입도가 4φ 정도인 퇴적물이 50～60% 정도 분포한다. 또한 하층에는 세립사와 중립사 계층의 교호에 의한 전형적인 tidal bedding 구조가 뚜렷이 나타난다. 함수률은 본 core의 전 sequence를 통해 비교적 낮게 나타난다. 10～30 cm 범위에서 30～36% 정도로 다소 높은것을 제외하고는 층위에 따른 함수량 변화는 뚜렷하지 않다. 전단응력은 1.2×10^{-1} kg/cm^2～2.0×10^{-1} kg/cm^{2}의 범위이며 깊이에 따른 변화는 뚜렷하지 않다.

2. 미고생물학적 연구

총 121개의 시료중 73개의 니질, 니질실트스톤 및 사질실트스톤의 시료에서 규조각이 산출되었으며 사질층에서는 규조각이 전혀 산출되지 않았다. 연구결과 GE-12에서 52속 148종, GE-3에서 56속 158종, GE-11에서 51속 147종, 그리고 GE-9에서 38속 88종의 규조가 동정되었다. 시료당 종 다양도는 높은 편이며 시료당 규조각의 함유밀도 수치는(200개 규조각/200개 규조각을 동정하는데 소요된 24×24 mm 카바그라스에서의 strewn line의 수)는 10에서 30 정도로 50 정도 되는 몇몇 시료를 제외하고는 함유밀도는 높지 않는 편이다.

산출되는 규조종중 각 시료에서 공히 다산되는 규조종은 *Paralia sulcata, Thalassionema nitzschioides, Cyclotella striata, Delphineis surirella, Rhaphoneis amphiceros, Actinoptychus undulatus(=A. senarius), Thalassiosira eccentrica, T. oestrupii, Coscinodiscus radiatus* 등이다. 다산되는 이들 주요규조종에 대한 시추공별, 층위별 산출양상을 도시하면 Fig. 3와 같으며 Fig. 4는 산출되는 규조의 생태를 기준한 각 시추공별, 층위별 산출양상과 층위별 규조각 함유밀도의 변화상(Fig. 5)을 도시한 것이다. 본역에서는 남양만 조간대에 비해 담수종의 산출빈도가 훨씬 높게 산출되는 양상을 보인다. 각 시추공별 규조종의 산출양상을 요약하면 다음과 같다.

2.1 GE-12

본 시추공에서 산출되는 규조종중 해수종과 해수-기수종이 90%이상 차지하며 기수종은 4～5%, 그리고 담수종은 2～5% 정도 산출된다. 담수종은 *Cymbella, Eunotia, Fra-gilaria,* 및 *Gomphonema* 속의 종들이며 특히 심도 55 cm 층준에서 높은 산출비를 보인다. 해수종중 50 내지 60% 정도가 *Paralia sulcata, Cyclotella striata, Actinoptychus undulatus, A. splendens, Actinocyclus ehrenbergii, Coscinodiscus nitidus* 등 저서성 및 우연적 혹은 부분적부유성종(tychopelagic or meroplanktonic species)이고 또 전체 규조중 70～80%가 연안성(littoral) 혹은 해안(coastal) 가까이 서식하는 종들이다(Fig. 4). 근해성종(neritic species)은 10～15% 정도이며 원양성종(oceanic species)은 1～2%로 함유비가 낮은 편이다. 본 코아에서 가장 다산되는 *Paralia sulcata*는 층위적으로 상부에서 하부로 감에 따라 점차 감소하는 경향을 보이는데 특히 140～175 cm 범위에서는 감소현상이 뚜렷이 인지된다. *Thalassionema nitzschioides*와 연안-기수종인 *Delphineis surirella*는 하부로 갈수록 증가하는 경향을 보이며 연안성 해수-기수종이며 부분적부유성종인 *Cyclotella striata*는 130～160 cm, 180～200 cm층 준범위에서 다소 높은 산출을 보인다.

2.2 GE-3

본 시추공 퇴적층중 0～50 cm, 388～463 cm 범위는 사질층으로 조성되어 있어 규조각이 전혀 산출되지 않았다. 함규조퇴적층의 규조산출양상은 해수종 및 해수-기수종이 90% 이상 차지하며 기수종은 2～4%, 담수종은 1～5% 정도이다. 특히 455 cm 층위에서 담수종의 산출이 6% 정도로 높게 나타난다. 우연적부유성종 및 부분적부유성종(70～75%)과 저서성종(12～18%), 그리고 연안성종(70～85%)이 절대적으로 우세하게 산출되는 점은 GE-12 시추공과 유사하다. 근해성종은 6～20% 정도이며 특히 390 cm와 290 cm 층준에서 다소 높은 산출빈도를 보인다. GE-12 시추공에서와 같이 본 시추공에서 가장 다산되는 *Paralia sulcata*는 하부에 비해 상부에서 산출비가 높으며 반면 *Thalassionema nitzschioides, Thalassiosira oestrupii, Delphineis surirella, Thalssiosira eccentrica, Cyclote-lla striata* 등은 상부에 비해 하부에서 산출비가 다소 높게 나타난다.

2.3 GE-11

본 시추공에서 산출되는 규조의 산출양상은 해수

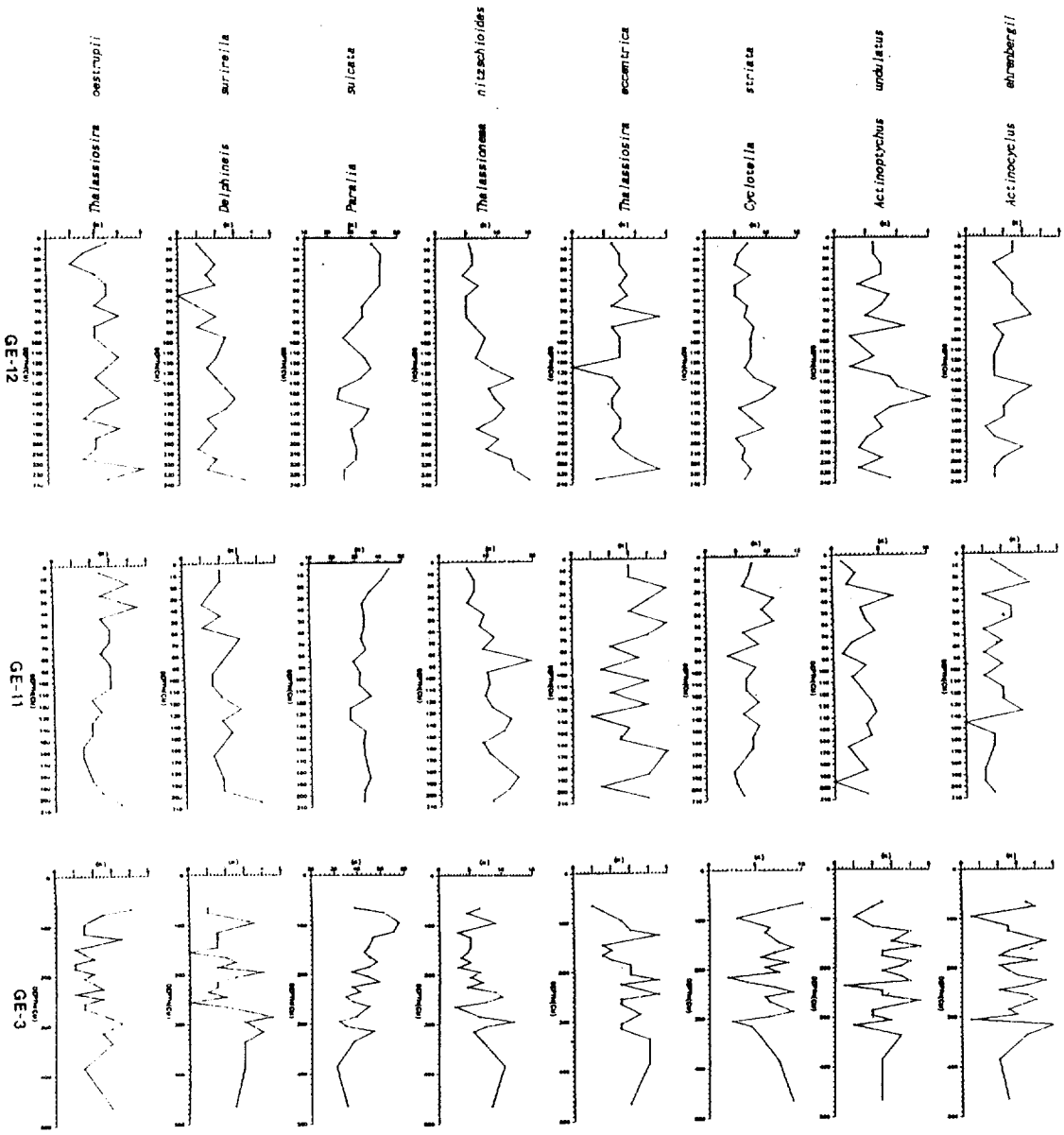

Fig. 3. Vertical distribution of selected diatom species in Vibracore GE-3, GE-11, and GE-12.

및 해수-기수종의 규조각이 전체규조각의 90% 이상 차지하며 저서성 및 우연적부유성종과 부분적부유성종이 75~85%, 그리고 연안성 및 근해성종이 85~90% 이상 차지함은 GE-12core, GE-3core에서 산출되는 양상과 유사함을 보여주고 있다. 가장 다산되는 *Paralia sulcata*와 *Thalassionema nitzschioides*의 산출양상도 GE-12 시추공과 GE-3 시추공에서와 거의 유사하다.

2.4 GE-9

시추공의 길이는 300 cm이나 규조각이 산출되는 층범위는 0~60 cm 범위 뿐이다. 60 cm 이하는 모두 사질층으로 규조각이 전혀 산출되지 않았다. 규조의 산출양상은 GE-12, GE-11, 및 GE-3 시추공에서와 같이 해수종 및 해수-기수종과 저서성 및

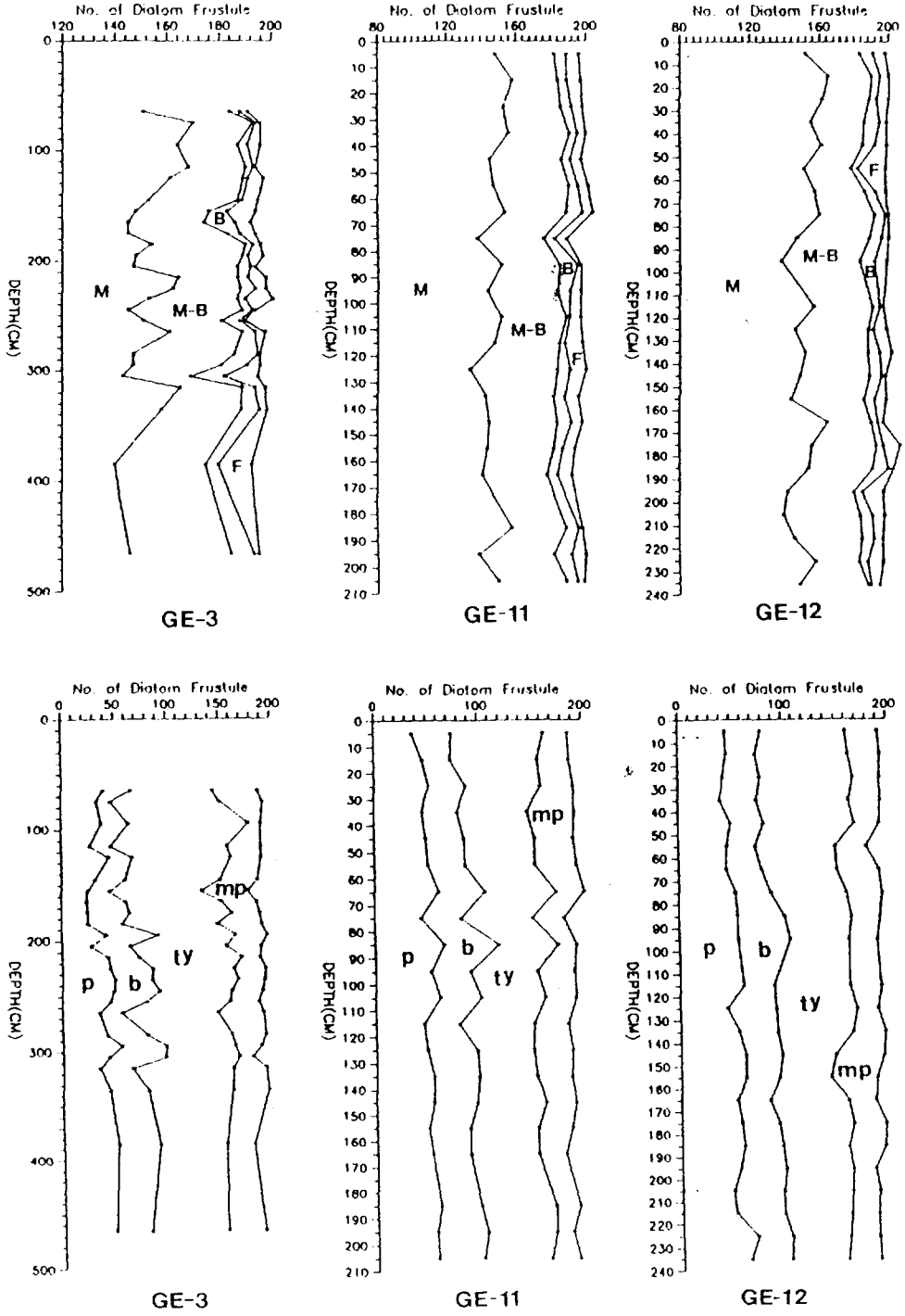

Fig. 4. Vertical distribution of the diatoms based on ecology. (counting numbers: 200 frustules; M: marine species, M-B: marine-brackish water species, B: brackish water species; l: littoral species, n: neritic species, o: oceanic species; p: planktonic species, b: benthonic species, ty: tychopelagic and meroplanktonic species).

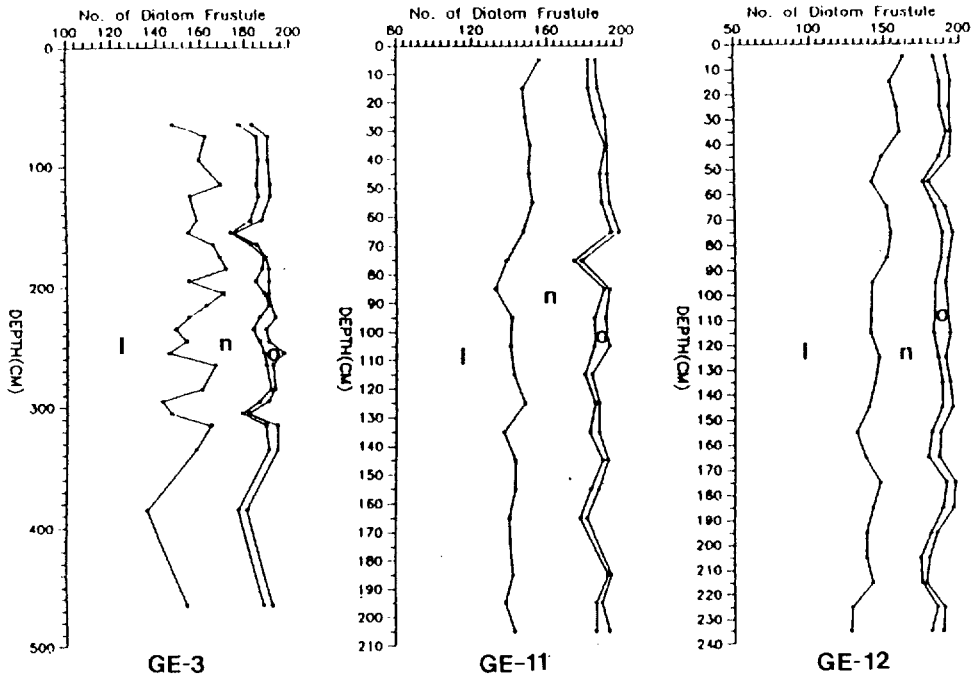

Fig. 4. (continued)

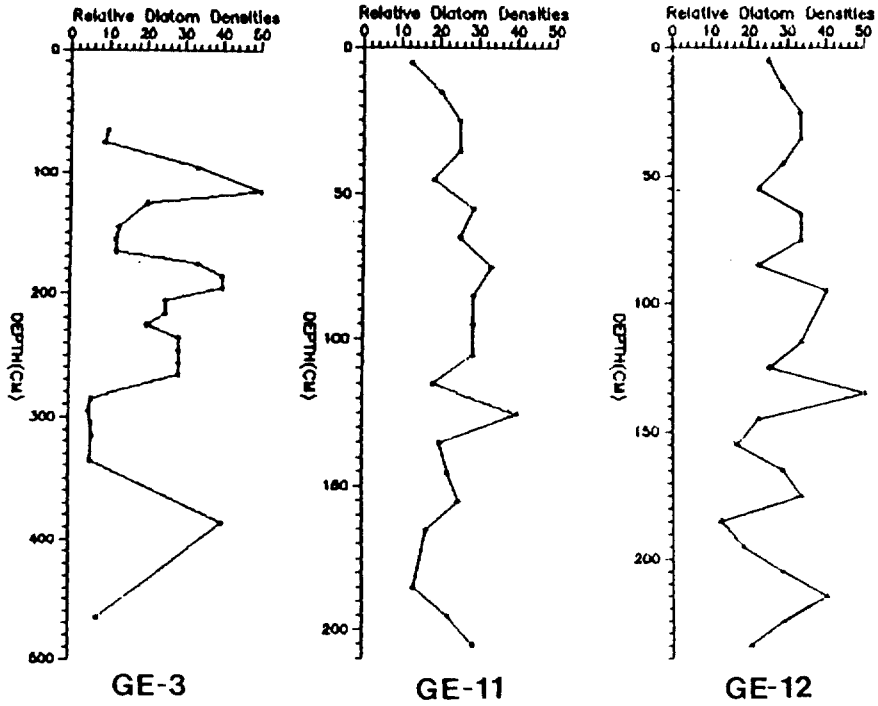

Fig. 5. Vertical distribution of diatom density.

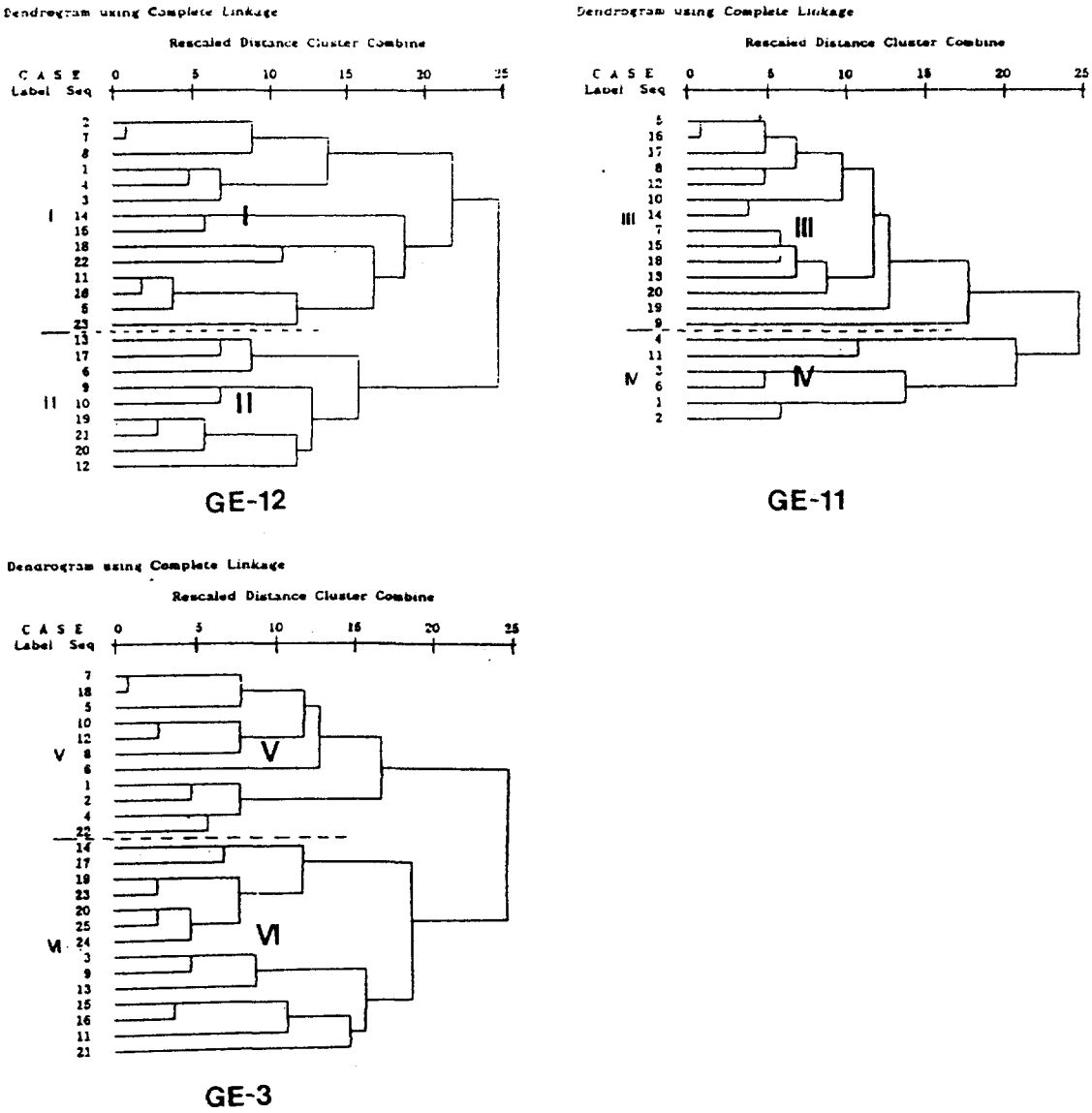

Fig. 6. Dendrogram showing the result of Q-mode Cluster Analysis in Vibracore GE-3, GE-11, and GE-12.

우연적부유성종과 부분적부유성종, 그리고 연안성종이 절대적으로 우세하게 산출된다.

3. 군집분석

본 연구에서 가능한 한 서로 상이한 군집군을 설정하기 위해 표현도상의 Y축인 대상간의 상대적 거리 21을 기준으로 하였을때 3개 시추공 공히 2개의 군집군 설정이 가능하였다(Fig. 6). 각 시추공별로 군집분석 결과를 요약하면 다음과 같다.

3.1 GE-12

상대적거리 21에서 2개의 군집, 즉 군집 I과 군집 II로 구분되며 군집 I에서는 *Paralia sulcata*가 군집 II에 비하여, 그리고 군집 II에서는 *Thalassionema-nitzschioides, Actinoptychus undulatus, Delphineis surirella*가 군집 I에 비해 다소 높은 산출양상을 보인다. 층위적으로는 0~80 cm 범위에서는 군집

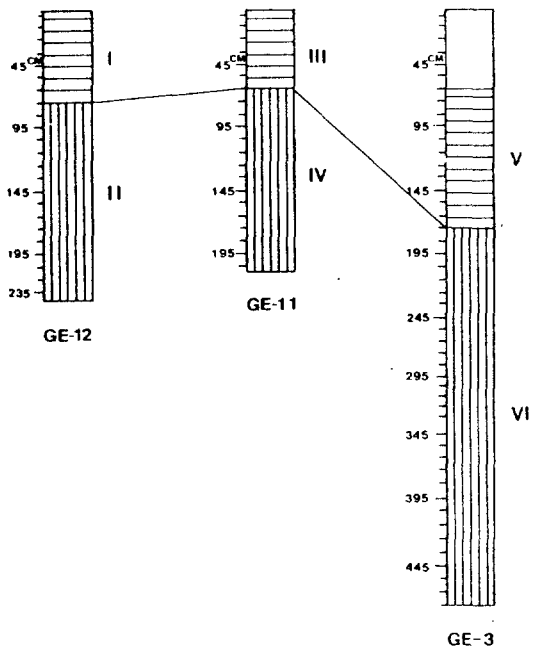

Fig. 7. Biostratigraphic correlation based on the result of Q-mode Cluster Analysis.

I이, 90~240 cm 범위에서는 군집 I과 군집 II의 혼합된 양상이나 군집 II가 약간 우세한 부분으로 구분된다.

3.2 GE-11

GE-12 시추공에서와 같이 상대적거리 21에서 2개의 군집(군집 III과 군집 IV)으로 구분되며 군집 III에서는 *Paralia sulcata, Thalassiosira eccentrica, Cyclotella striata, Actinoptychus undulatus*가 군집 IV에 비해, 그리고 군집 IV에서는 *Delphineis surirella*와 *Thalassionema nitzschioides*가 군집 III에 비해 다소 높은 산출비를 보인다. 층위적으로는 0~60 cm 범위는 군집 III이 절대적으로 우세하며 70~210 cm 범위는 군집 IV가 절대적으로 우세한 부분으로 구분된다.

3.3 GE-3

GE-12와 GE-11 시추공에서와 같이 상대적거리 21에서 2개의 군집(군집 V와 군집 VI)로 구분되며 군집 V에서는 *Paralia sulcata*가 군집 VI에 비해, 그리고 군집 VI에서는 *Thalassionema nitzschioides, Delphineis surirella, Thalassiosira eccentrica*가 군집 V에 비해 다소 높은 산출양상을 보인다. 층위적으로는 0~160 cm 범위는 군집 V가 절대적으로 우세하며 160~458 cm까지는 군집 VI가 절대적으로 우세한 부분으로 구분된다.

4. 생층서적 대비

본 연구지역에서는 시추공들 간의 층서대비에 이용될 만한 열쇠층이나 생층서적 대비에 이용될 만한 규조화석의 산출은 없다. 그래서 본 연구에서는 군집분석 결과를 이용하여 시추공들간의 생층서적 대비를 시도해 보았다(GE-9 시추공은 함규조각 시료수가 적어서 제외하였음). 즉, 각 시추공 공히 각 시추공내의 다른 부분에 비해 *Paralia sulcata*의 산출이 우세한 군집 I, 군집 III, 군집 V의 부분과 *Thalassionema nitzschioides, Delphineis surirella*의 산출이 각 시추공내의 다른 부분보다 우세한 군집 II, 군집 IV, 군집 VI부분으로 분대가 가능하므로 이를 이용하여 Fig. 7에서 보는바와 같은 생층서적 대비가 가능 하였다.

토의 및 결론

본 역에서 가장 다산되는(20~55%) *Paralia sulcata*는 우리나라의 동해, 남해, 서남해의 연안 및 천해와 제주도 근해의 해저표층퇴적층에서 다산되는 연안성의 우연적부유성종이다. 현재 서해에서 서식하고 있는 식물 플랑크톤의 생태에 관한 연구결과는 (장 등, 1986, 1990, 1993) 이 종이 우리나라 서해의 태안반도나 군산앞바다 등의 연안수역에서 우점종으로 다산된다고 했다. 또 朝岡(1972)과 Sancetta (1983)는 이 종이 하천수의 영향을 강하게 받는 저염분 해역에서 다산되는 종이라 했다. 본역에 분포하는 이 종의 규조각들이 현지성(autochthonous component)인지 이지성(allochthonous component)인지는 불명하지만 이 종의 분포와 생식에 조류와 계절의 변화가 주요한 생태요인으로 영향을 미쳤을 것으로 사료된다. 또 본역에서 평균 10%내외로 산출되는 *Cyclotella striata*는 기수역 및 해수역의 연안부근과 조간대에서 주로 산출되는 연안성종이며 (Hendey, 1964; Cholnoky, 1968) 특히 수심이 40 m 보다 깊지 않은 해안역을 따라 많이 분포하는 조간대종(intertidal species)이다(Wang & Jiang, 19

87). 이외 본역에서 많이 산출되는 *Rhaphoneis amphiceros, Delphineis surirella, Actinocyclus ehrenbergii, Actinoptychus undulatus, A. splendens, Cocconeis scutellum, Diploneis bombus, Surirella fastrosa* var. *recedens, Nitzschia granulata, Cymathotheca weissflogii, Trybliоptychus cocconeiformis* 등도 해수-기수성의 저서성 연안성종이다(Cupp, 1943; Hendey, 1964; Law, 1988).

상기 사실로 보아 본 연구 퇴적층은 해안에서 가까운 연안의 저염분 환경에서, 그리고 하천수의 유입을 어느정도 받고 수괴의 순환이나 운동이 불안정한 조간대에서 퇴적된 퇴적층임을 잘 지시해 주고 있다. 남양만 조간대에서 비해 담수종이 많이 산출됨은 연구 지역이 동진강과 만경강 하구역과 연결된 지역이므로 하천수의 영향에 의한 것으로 추정된다. 이들 주요종들의 산출량은 층위에 따른 변화가 인지되지만 저서성의 연안성종인 어떤종이 적게 산출되는 층준에서는 다른 저서성 연안성종의 산출량이 높게 산출되므로 전체적으로 퇴적기간 동안 연안 및 조간대 환경으로부터의 큰 변화는 없었던 것으로 생각된다. 이와같은 사실은 각 시추공 마다 교호엽층리, 후라저 층리, 연혼사층리 등 조간대 퇴적상이 전체적 퇴적 sequence에서 관찰되는 사실과도 잘 일치된다. 저서종과 함께 근해 및 외양성의 부유성종이 10% 내지 15%정도 혼합 산출됨은 반복되는 조수의 운동에 의한 이들 부유성종들의 이동, 운반에 의한 것으로 사료된다. *Paralia sulcata, Actinoptychus undulatus, Coscinodiscus radiatus, Cymathotheca weissflogii, Thalassiosira oestrupii, T. tenera, T. lineata* 등의 난수종들이 *Thalassiothrix longissima, Trachyneis aspera, Coscinodiscus oculusiridis, Actinocyclus curvatulus* 등의 한수종에 비해 다산되는 규조군집 양상은 퇴적기간동안 한수 보다는 난수의 영향을 더 강하게 받은 것으로 추정된다. 전반적인 퇴적상의 변화는 대체적으로 모래-실트혼합퇴적상의 교호엽층리, 후라저층리가 발달되는 조간대 mixed flat에서 모래퇴적상의 교호엽층리와 사층리가 우세한 sand flat type으로의 천이해 가는 양상을 보이는데 이와같은 양상은 해수면의 상승과도 연관이 있는 것으로 사료된다.

Q-mode 군집분석(Cluster analysis)결과 각 시추공별로 각각 2개의 군집으로 구분되며 이들 군집들의 층위적 분포를 근거하여 각 시추공에서 분대가 가능하였고 또 이를 이용하여 시추공간의 생층서적 대비가 가능하였다. 그러나 조간대는 퇴적 및 생태적환경이 불안정하고 다양하며 퇴적물과 미생물유해의 분포가 조류, 해저지형 등 여러가지 물리적요인이나 화학적요인 및 생물적요인에 의해 영향을 받기 때문에 본역의 다른 시추공에서도 이와같은 방법에 의한 생층서적분대와 이를 근거한 생층서적 대비가 가능할지 여부에 대해선 앞으로 더 연구가 요구된다.

사 사

본 연구는 1992년 한국과학재단 특정기초연구과제(과제번호 : 92-27-00-02)의 일환으로 수행되어 졌다. 연구자들은 연구가 가능하도록 연구비를 지급해 주신 한국과학재단에 심심한 감사를 드린다.

참고문헌

朝岡 治, 1972. 東シナ海の 植物プランクトン分布 と 海況; 海洋科學, **7**: 38-45.

장 만, 심재형, 1986. 춘계 서해의 식물플랑크톤 연구, 해양연구, **8**(1): 1-11.

장 만, 심재형, 이재학, 1990. 여름철 황해의 식물플랑크톤의 생태학적 연구, 해양연구, **12**(1): 1-13.

장 만, 심재형, 1993. 가을철 황해의 식물플랑크톤의 생태학적 연구, 해양연구, **15**(1): 15-28.

이영길, 박용안, 최진용, 1994. 한국 서해 남양만 북서부 조간대 퇴적층의 퇴적상과 미고생물학적 연구, 한국고생물학회지, **10**(1): 26-40.

최경식, 1994. 한국 서해 만경강, 동진강 연근해역 해저퇴적층의 퇴적학적 연구, 서울대학교 대학원 석사학위논문, 183p.

오상희, 1990. 서해 만경, 동진 펄 조간대의 환경과 저서규조류 군집, 서울대학교 이학석사 학위논문, 97p.

An, S. and Koh, C. H., 1992. Environmental and distribution of benthic animals on the Mankyung-Dongjing tidal flat, west coast of Korea. *Jour. Oceano. Soc. Korea*, **27**, 78-90.(in Korea).

Choi, O. I., 1992. Sedimentation in the nearshore zone (intertidal and subtidal flat) of the Dongjin and Mangkyung Rivers, west coast of Korea, M. S Thesis, Seoul National University, 69p.

Choi, J. W. and Koh, C. H., 1994. Macrobenthos Community in Keum-Mankyung-Dongjin Estuaris and its adjacent Coastal Region, Korea, *Jour. Korea. Soc. Oceangraphy*, **29**(3): 304-318.

Cholnoky, B. J., 1968. Die Okologie der Diatomeen in Binnengewassern Verlag von J. Cramer; Lehre. 669.

Cupp, E. E., 1943. Marine plankton diatoms of the west

coast of North America; Bulletin Scripps Institution of Oceanography, Univ. of California Press, 1-234.

Folk, R.L., 1968. Petrology of Sedimentary rocks; Hemphills, Austin, Texas, 170p.

Folk, R.L. and Ward, W.C., 1957. Brazos river bar: A study in the significance of grain size parameter. *Jour. Sededimentary Petrology*, **27**(1): 3-26.

Hendey, I.N., 1964. An introductory account of the smaller algae of British Coastal water, Part V, Bacillariophyceae(Diatoms); *Fishery Investigations*, Ser. 4., London, 1-317.

Ingram, R.L., 1971. Sieve analysis: In., Carver, R.E.(ed.), Procedures in Sedimentary Petrology, Willey-Inter Science, 49-67.

Koizumi, I., 1986. Pliocene and Pleistocene Diatom Datum Levels Related with Paleoceanography in the Northwest Pacific, *Marine Micropaleontology*, **10**: 309-325.

Law, R.A., 1988. Diatoms(Bacillariophyceae) from surface sediments in the San Francisco Bay Estuary; *Proceedings of the California Academy of Science*, **45**(9): 133-254.

Pankow, H., 1976. Algenflora der Ostsee, II; Plankton: Stuttgart, (Fisher).

Sancetta, C., 1983. Biostratigraphic and Paleoceanographic events in the eastern equatorial Pacific, Results of Deep Sea Drilling Project, Leg 69; Init. Rept. D.S.D.P. 69: Washington(U.S. Govt. Printing Office), 311-342.

Wang Kaifa & Jiang Hui, 1987. Discovery of Diatom Assemblages from Deep Sea Basin in the South China Sea and Their Geological Implication; *Acta Oceanologica Sinica*, **6**(2): 215-221.

Accepted February 27, 1995

EXPLANATION OF PLATE

PLATE I (bar scale: 30 μ)

Fig. 1. *Thalassiosira eccentrica*, GE-11, 20~30 cm.
Fig. 2. *Actinoptychus splendens*, GE-12, 60~70 cm.
Fig. 3. *Coscinodiscus nitidus*, GE-3, 263~268 cm.
Fig. 4. *Actinoptychus undulatus*, GE-3, 333~338 cm.
Fig. 5. *Cyclotella striata*, GE-12, 80~90 cm.
Fig. 6. *Podosira stelliger*, GE-12, 0~10 cm.
Fig. 7. *Thalassiosira* sp. A, GE-12, 130~140 cm.
Fig. 8. *Trybliоptychus cocconeiformis*, GE-11, 130~140 cm.
Fig. 9. *Actinocyclus ehrenbergii*, GE-3, 73~78 cm.
Fig. 10. *Diploneis bombus*, GE-3, 283~288 cm.
Fig. 11. *Thalassiosira tenera*, GE-12, 110~120 cm.
Fig. 12. *Nitzschia cocconeiformis*, GE-11, 20~30 cm.
Fig. 13. *Paralia sulcata*, GE-3, 203~208 cm.
Fig. 14. *Thalassiosira decipiens*, GE-12, 90~100 cm.
Fig. 15. *Thalassionema nitzschioides*, GE-11, 50~60 cm.
Fig. 16. *Cymatotheca weissflogia*, GE-12, 200~210 cm.
Fig. 17. *Surirella fastuosa* var. *recedens*, GE-3, 193~198 cm.
Fig. 18. *Delphneis surirella*, GE-12, 150~160 cm.
Fig. 19. *Rhaphoneis amphiceros*, GE-3, 173~178 cm.
Fig. 20. *Nitzschia granulata*, GE-11, 190~200 cm.
Fig. 21. *Nitzschia punctata*, GE-11, 140~150 cm.
Fig. 22. *Thalassonema nitzschioides*, GE-11, 160~170 cm.
Fig. 23. *Trachyneis aspera*, GE-12, 40~50 cm.
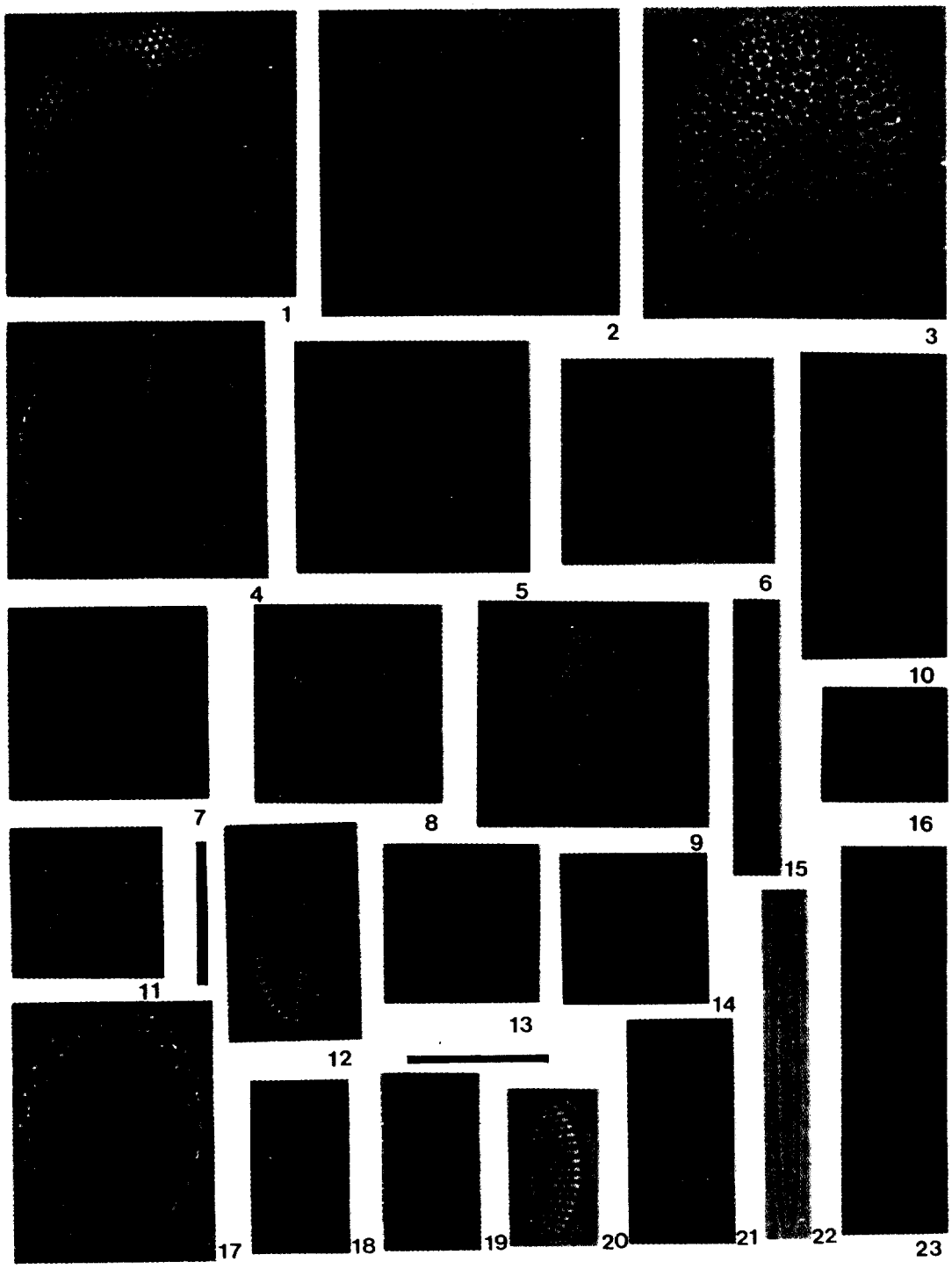
PLATE I