

임자도-낙월도간 해역의 퇴적환경

유환수 · 고영구* · 류상욱

전남대학교 해양학과

*전남대학교 지구과학교육과

Sedimentary Environments in the Coastal Areas of Imja to Nakweol Islands

HOAN SU YOO, YEONG KOO KOH* AND SANG OCK YOO

Department of Oceanography, Chonnam National University, Kwangju, 500-757, Korea

**Department of Earth Science Education, Chonnam National University, Kwangju, 500-757, Korea*

우리나라 서남해안의 임자도와 낙월도 주변해역은 해안선의 굴곡이 매우 복잡하며 북동-남서 방향으로 대상의 사퇴가 잘 발달되어 있어 이 해역에 분포하는 표층퇴적물의 특성과 퇴적환경을 규명하기 위해 총 40개소에 걸쳐 채니기 등으로 시료를 채취하여 퇴적학적 및 미고생물학적 연구를 수행하였다.

연구해역은 퇴적물의 입도 분포상 니질 사역 퇴적상, 사 퇴적상, 실트질 사 퇴적상, 사질 실트 퇴적상, 실트 퇴적상의 5개 퇴적상으로 분류되었으며, 표층퇴적물의 입도분석 결과 평균입도, 분급도, 왜도 및 침도 등은 광역적으로 산포되는 경향을 보였지만 그 입도특성은 일반적으로 천해퇴적상이 지니는 특징에 해당되는 것으로 나타났다.

연구해역의 퇴적물 중 사질퇴적상을 보이는 부분에서 산출된 석영립들을 전자현미경으로 관찰한 결과 이들은 대체로 고에너지환경에서 생성되었으며 한때는 대기 중에 노출되었을 가능성 등이 시사되며 전체적으로 연구해역에 분포하는 퇴적물 중에는 다양한 기원의 쇄설성 입자들이 혼재된 것으로 해석된다.

연구해역에서 산출된 규편모류와 nannoplankton은 각각 1속 6종과 5속 5종이 산출되었는데 이들 미생물 유해들의 군집 분석 결과 연구해역의 퇴적물들은 온난수괴의 영향아래 퇴적물의 재동현상이 비교적 활발히 일어나고 있는 것으로 추정된다. 또한 유기물 및 탄산염의 함량과는 뚜렷한 상관관계를 설정하기는 어려웠다.

To investigate the sedimentary environments on the coastal areas of Imja to Nakweol islands which show very complex shorelines and several zonal sand ridges in NE-SW direction, southwestern coast of Korea, a total of forty samples were taken by a grab sampler and sedimentological and micropaleontological studies on those samples were carried out.

The present study area are classified into muddy sandy gravel, sand, silty sand, sandy silt and silt facies. With statistical moment parameters such as mean, sorting, skewness and kurtosis for the sediments in the study area, the sediments are generally categorized as shallow sedimentary facies.

The characters that are observed in quartz grains among the sandy sediments of the study area imply the existence of high energy environments, temporal exposures in atmosphere and the mixing of clastic sediments of the several different origins.

In the sediments of the study area, one genera belonging to six silicoflagellata species and five genera belonging to five nannoplankton species were detected. On the basis of the micro-organism assemblage, the study area seems to be influenced by active reworking dominantly under warm water masses. In addition, organic matter and carbonate contents in the sediments did not show a definite relation with the occurrences of the micro-organisms in the study area.

서 론

한반도의 서해 연안은 후빙기 이후의 해수면 상승으로 이루어진 복잡한 ria식 해안선과 많은 도서들로 이루어진 다양한 특성의 다도해(archipelago)를 이루고 있으며 조간대 또한 넓게 전개되어 있어 하천을 통하여 육지로부터 공급된 많은 퇴적물들이 쌓이는 지역으로 조류에 의한 작용이 매우 활발하다 (Klein et al., 1984; Kim, 1985; Kim and Park, 1985). 서해연안의 퇴적환경에 대한 연구로는 서해연안의 조간대 표층퇴적물의 퇴적구조에 관한 연구 (이, 1986; Lee, 1988; Kim, 1988; Kim, 1989; 김, 1991; 최, 1992)와 세립질퇴적물의 근원과 이동에 관한 연구(Han, 1982) 등이 수행되었으며, 매우 복잡하게 굴곡된 연안역을 보유하는 황해 남동부에 대해서는 이 해역에 광범위하게 분포하는 세립질 퇴적물의 기원과 이동에 관한 연구(Chen, 1978;

Chough, 1983; Milliman and Meade, 1983) 등이 있다. 서해연안, 특히 북포 연안을 중심으로한 범성에서 진도에 이르는 해역은 해안선의 굴곡도가 매우 크고 복잡하며 다양한 형태와 크기의 섬들이 산재하는 지역으로 지구조적으로 흑산 플랫폼(platform)과 Fukien육괴 및 영남육괴를 연결하는 육괴 연장대가 경계지워지는 해역으로 특징지을 수 있다. 그리고 이 해역은 도서와 도서간의 혹은 도서와 연안간의 수로가 다양한 형태로 전개되고 있는데 이로 인하여 조류의 형태가 매우 복잡하며 남중국해쪽에서 발달한 대마난류가 상승하고 중국대륙과 우리나라 연안을 따라 남하하는 한류인 연안류 및 표층수가 겨울에 냉각되어 형성되는 황해냉수가 영향을 미치고 있다(Ninno and Emery, 1961).

본 연구해역인 임자도와 낙월도 주변은 임자도를 중심으로 남서측에 재원도, 동측에 지도를 위시해 어의도, 사옥도 등이 임자도와 사이에 협수로를

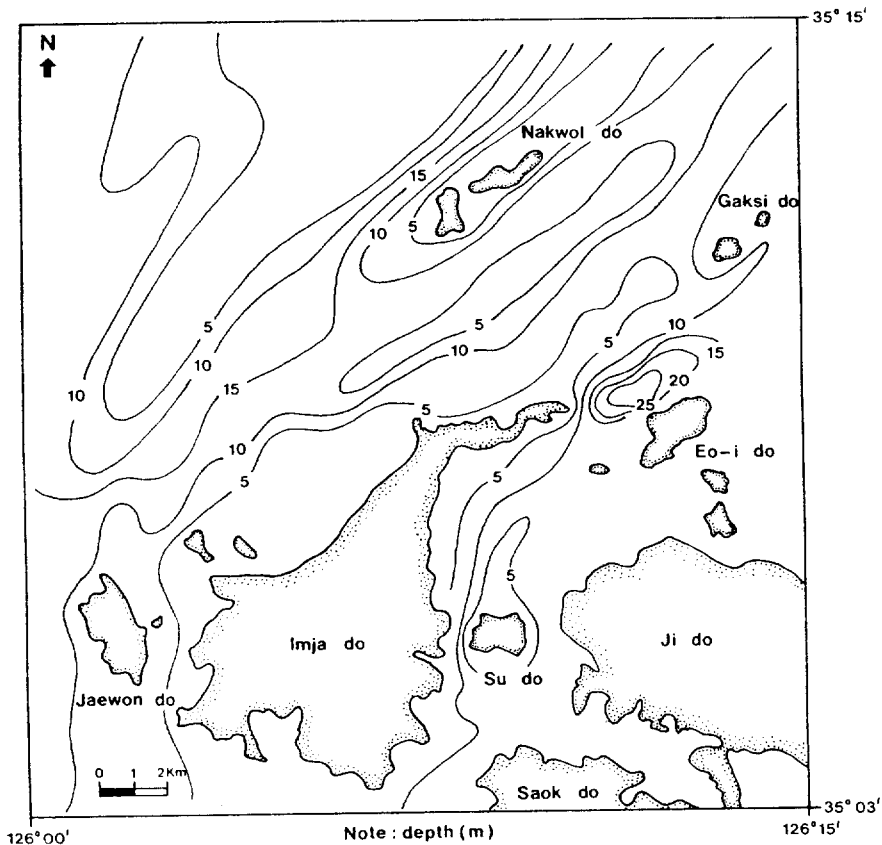


Fig. 1. Bathymetry of the study area.

이루면서 전개되고 있으며 이 협수로의 중앙부에 수도가 위치한다(Fig. 1). 북서측으로는 낙월도와 각 시도 및 소규모 부속도서들이 산재하며 이들의 인근해역에서는 북동-남서 방향으로 비스듬하게 각이 사퇴와 낙월사퇴가 형성되어 있다. 최대수심이 50 m 이내인 본 해역은 광범위한 조간대가 형성되어 있는데 북서부 조간대는 형태가 단조롭고 해변이 잘 발달되어 있는 반면 남동부의 조간대는 다소 만곡이 심한 해안선을 이룬다. 임자도와 그 부속 도서들의 지질은 중생대 백악기의 유천층군에 해당하는 퇴적암류와 화산암류 및 이들을 관입한 불국사 화강암 등이 주를 이룬다(한국동력자원연구소, 1981).

임자도 주변 해역에 대한 연구로는 해빈사의 형성상태, 품위, 매장량 등에 관한 한국동력자원연구소(1975)의 해빈사광자원조사연구와 임자도, 완도, 청산도 및 광양만 해안의 퇴적물에 관한 김(1986)의 연구가 있으나 퇴적환경을 이해하기에는 미흡하다.

따라서 본 연구에서는 특징적인 퇴적환경을 보이는 낙월도 및 임자도 주변해역의 퇴적물에 대해 입도분석, 유기물 및 탄산염 함량조사, 세설성 석영 입자의 미세구조관찰 등의 퇴적학적 연구와 아울러 퇴적물 내에 함유된 규편모류 및 nannoplankton 등의 미생물 유해에 대한 미고생물학적 연구를 수행하여 퇴적상을 파악하고 퇴적환경의 형성과정을 규명 하고자 한다.

시료채취 및 연구방법

1. 시료채취

본 연구에 사용된 시료는 연구해역에 분포하는 표층퇴적물을 대상으로 임자도 주변의 조하대역에서 La Fond 타입의 채니기를 이용하여 퇴적환경을 고려하면서 27개소에서 채취되어졌으며 임자도 해안에 면한 조간대역에서는 13개소에 걸쳐 시료채취가 행

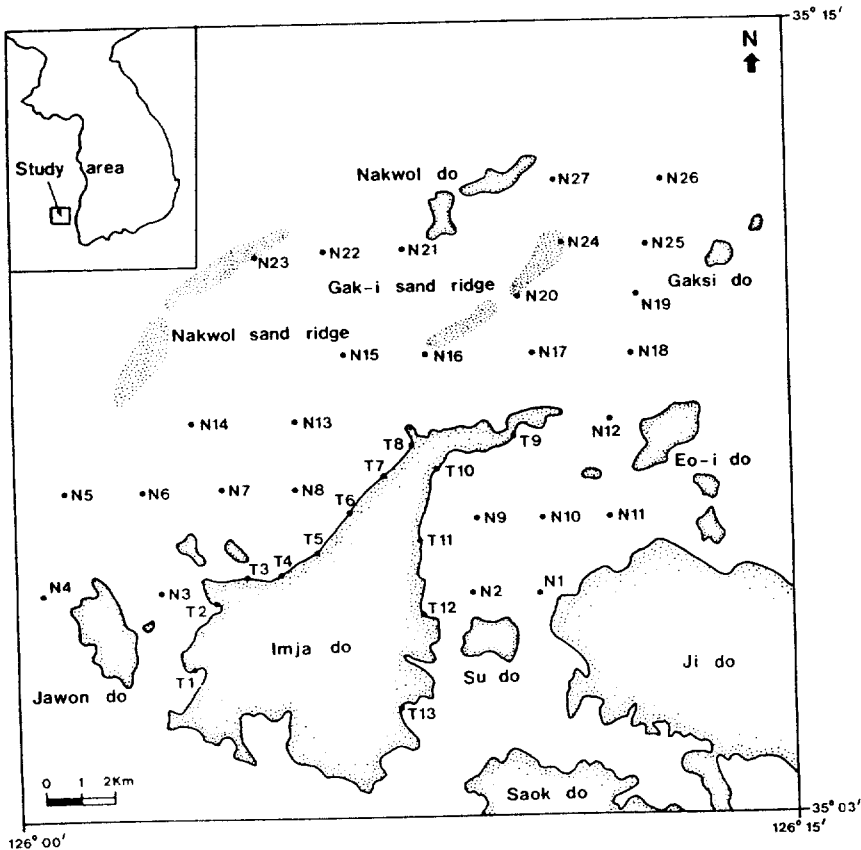


Fig. 2. Map showing the sampling sites.

Table 1. Textural parameters of the surface sediments in the study area

ST.	Gravel (%)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	Med. (ϕ)	Mean (ϕ)	SORT. (ϕ)	SKEW	KURT.	SED. TYPE
N- 1	56.04	27.80	12.40	3.76	-2.03	-0.22	3.24	0.18	1.07	msGravel
N- 2	75.98	15.02	6.09	2.91	-2.24	-1.42	2.09	0.76	1.91	msGravel
N- 3		64.08	31.93	3.99	3.10	3.80	1.74	0.62	0.99	sSAND
N- 4		69.84	22.62	7.54	4.40	5.00	2.27	0.80	1.13	sSAND
N- 5		89.29	9.18	1.53	2.10	2.23	0.88	0.51	1.73	sSAND
N- 6		96.88	1.49	1.72	1.60	1.60	0.52	0.00	1.23	SAND
N- 7		96.51	1.55	1.94	2.30	2.40	0.48	0.43	1.16	SAND
N- 8		78.82	18.02	3.16	3.50	3.90	1.15	0.68	2.94	sSAND
N- 9		3.44	76.98	19.58	6.00	6.33	1.84	0.31	0.95	SILT
N-10		3.57	69.85	26.58	6.70	6.77	1.96	0.09	0.82	SILT
N-11		77.43	18.14	4.43	1.00	2.23	2.20	0.86	1.68	sSAND
N-12		5.23	68.28	26.49	6.60	6.73	1.90	0.08	1.12	SILT
N-13		96.27	1.57	2.16	2.00	2.07	0.51	0.19	1.00	SAND
N-14		50.36	38.28	11.36	3.50	4.07	2.04	0.50	1.10	sSAND
N-15		95.90	2.89	1.21	2.10	1.97	0.34	-0.12	1.13	SAND
N-16		50.12	37.12	12.76	4.00	4.47	2.03	0.44	1.03	sSAND
N-17		7.87	82.21	9.92	6.90	6.60	1.64	-0.25	1.53	SILT
N-18		82.37	13.89	3.74	0.85	1.68	1.79	0.86	2.34	sSAND
N-19		13.82	72.24	13.94	5.40	5.67	1.79	0.21	1.06	sSILT
N-20		98.80	1.08	0.12	2.10	2.07	0.53	-0.07	0.93	SAND
N-21		14.82	73.18	12.00	6.50	6.80	1.80	0.40	1.29	sSILT
N-22		33.38	47.79	18.83	4.40	4.77	2.29	0.35	0.99	sSILT
N-23		88.20	9.91	1.89	2.80	2.97	0.79	0.58	4.64	sSAND
N-24		98.09	1.40	0.51	1.50	1.57	0.73	0.25	1.28	SAND
N-25		39.48	48.64	11.88	4.60	4.33	2.86	-0.03	0.81	sSILT
N-26		6.93	69.32	23.75	6.50	6.63	1.84	0.12	0.98	SILT
N-27		15.55	78.04	6.41	5.20	5.47	1.70	0.26	1.09	sSILT
T- 1		80.76	14.60	4.64	2.70	3.13	1.39	0.69	4.67	sSAND
T- 2		97.51	0.80	1.69	2.20	2.12	0.47	-0.32	1.55	SAND
T- 3		97.80	0.62	1.58	2.00	2.00	0.48	-0.05	0.98	SAND
T- 4		98.30	1.02	0.68	2.20	2.20	0.31	-0.02	1.08	SAND
T- 5		98.08	0.92	1.00	2.20	2.22	0.34	0.02	1.18	SAND
T- 6		97.18	1.52	1.30	2.05	2.02	0.40	-0.14	0.97	SAND
T- 7		96.48	2.11	1.41	1.55	1.57	0.34	0.19	1.05	SAND
T- 8		97.38	1.11	1.51	2.20	2.13	0.53	0.07	1.00	SAND
T- 9		82.12	10.73	7.15	2.70	3.33	1.84	0.77	6.31	mSAND
T-10		69.83	21.12	9.05	2.70	3.53	2.09	0.72	1.75	sSAND
T-11		50.72	36.96	12.32	4.10	4.13	3.00	0.12	0.76	sSAND
T-12		10.97	77.42	11.61	5.50	5.83	1.98	0.23	1.27	sSILT
T-13		1.64	72.13	26.23	6.40	6.60	1.89	0.20	0.76	SILT

해졌다. 연구지역의 퇴적물 시료채취 위치는 Fig. 2에 도시 하였다.

2. 퇴적학적 연구

채취된 시료의 입도분석을 위해 Ingram(1971)과 Galehouse(1971)의 분석법에 의거해 63μ 이상의 입자에 대해서는 표준체를 이용한 건식체질 방법으로, 63μ 이하의 입자에 대해서는 습식체질을 하여 Stokes의 원리에 따라 침전속도를 적용한 침전분석

법에 의해 분석하였다. 채취된 시료는 증류수로 세척하여 염분을 제거한 후 과산화수소수를 첨가하여 유기물을 제거한 다음 약 20g 정도의 시료를 취해서 입도분석을 실시 하였다. 입자가 서로 응집되지 않도록 확산제로는 calgon($(\text{NaPO}_3)_6$)을 사용하였다. 입자의 크기는 모두 1ϕ 간격으로 측정 하였으며, 그 결과는 Folk and Ward(1957) 및 Folk(1968)의 방법에 의해 분석하였다. 그 결과를 토대로 분석된 시료의 조직표준치에 대한 각각의 값을 구하였고,

각각의 정점에 대한 표층 퇴적물들의 분포상을 비교하기 위하여 각 정점에서 채취된 표층퇴적물들을 역(gravel), 사(sand), 실트(silt), 및 점토(clay)로 분류하여 상대적 함량분포를 구하였다(Table 1).

유기물함량 측정은 염분이 제거된 시료를 230 mesh 크기로 분쇄하여 그 중 2g을 취하여 도가니에 넣고 550°C의 전기로에서 1시간 30분 동안 방치한 후 그 중량차를 이용하여 유기물을 측정해 그 값을 %로 환산 하였다. 탄산염 함량 측정은 염산 처리 후 중량손실에 의한 탄산염 함량 측정으로, 110°C에서 건조시킨 시료 약 2g에 증류수 10 ml를 첨가 가열하면서 0.1 N의 염산을 더 이상의 반응이 일어나지 않을 때까지 첨가하였다. 초과된 산은 증류수로 세척하여 CaCO₃를 제거시킨 후 건조기에서 건조한 후 그 무게를 측정하여 중량결손을 계산하였다.

연구해역에 분포하는 사질퇴적물의 기원과 퇴적환경을 규명하기 위한 시도의 하나로 퇴적물 중의 석영입자에 대한 전자현미경적 관찰은 채취된 시료 중 4φ 이상의 석영입자를 실체현미경하에서 추출해낸 다음 과산화수소수를 이용, 유기물을 제거하고 염산을 이용하여 탄산염 및 불순물을 제거한 후 Margolis and Krinsley(1971) 방법에 의해 세척하고 건조시켰다. 건조된 시료를 중에서 각 정점별로 추출된 석영립을 황동제 holder에 부착하여 진공상태에서 탄소피막을 증착시켜 주사전자현미경(SEM) 하에서 X800-X1000 배율로 표면의 etching, groove, ridge, "V"자형 홈 및 전체적인 외관을 관찰하고 촬영하여 퇴적환경과의 연관성을 규명하려 시도하였다.

3. 규편모류와 nannoplankton 유해의 추출 및 동정

연구해역에서 채취된 시료에서 규편모류와 nannoplankton의 미생물 유해들은 각각 방법을 달리하여 추출 하였다. 먼저 규편모류는 시료에서 증류수로 2~3회 세척해서 염분을 제거한 후 비이커에 담아 염산, 과산화수소수 및 증류수를 혼합하여 가열한 다음 증류수로 3~4회 씻어 25 μ net의 silk screen으로 걸러냈다. Screen 상에 잔류한 부분을 스포이드로 추출하여 acetone으로 희석시킨 canada balsam을 부착제로 사용해 smear slide를 제작한 후 광학현미경하에서 X200-X400의 배율로 관찰하였다.

산출빈도는 시료당 제작된 박편 2개에서 관찰된 개체들을 산출된 전 개체수 및 종별 개체수로 나누어 기록하였다(Perch-Nielsen, 1975).

Nannoplankton의 경우는 시료를 4φ체로 걸러서 윗부분은 제거하고 밑의 부분을 비이커에 넣어 초음파진탕기로 진탕시켜 확산시킨 다음, 2~3분간 방치한 후 밑면에 침전된 부분은 버리고 중간에 부유하는 부분을 스포이드로 취하여 원심 분리시켰다. 다시 이 시료를 규편모류와 동일하게 박편을 제작하여 현미경하에서 X400-X1000의 배율로 동정을 실시하였고 1000배로 관찰시는 immersion oil을 사용하여 광의 산란을 방지하였다. 특히 nannoplankton의 관찰시는 편광현미경의 직교니콜하에서 CaCO₃성분 개체들의 소광현상에 유의하였으며 개체수는 1개 박편의 전 시야에서 나타나는 개체수가 20~50인 경우는 C(common), 5~19인 경우는 F(few) 및 5 미만의 경우는 R(rare)로 집단화하여 기입하였다(Zhang and Siesser, 1986).

연구결과

1. 연안퇴적물의 퇴적상

연구해역에 분포하는 퇴적물의 입도조성을 Folk (1968)의 삼각좌표에 도시한 결과 조하대역에서는 니질 사 역(muddy sand gravel), 사(sand), 실트질 사(silty sand), 사질 실트(sandy silt) 및 실트(silt) 퇴적상의 5개 퇴적상으로 분류되었으며 중간대에서는 사(sand), 니질 사(muddy sand), 실트질 사(silty sand), 사질 실트(sandy silt) 및 실트(silt) 퇴적상의 5개 퇴적상으로 분류되었다(Fig. 3). 니질 사 역 퇴적상은 임자도의 동부인 수도 인근해역에서 비교적 큰 역들이 세립사 및 니와 혼재되어 나타나며, 사 퇴적상은 임자도 북부해역인 낙월사퇴를 중심으로 사퇴방향(북동-남서)으로 채원도에 이르는 대상분포를 하고 있다. 또한 실트질 사 퇴적상은 임자도 북부 인근해역과 각이사퇴가 위치한 임자도 북서해역 그리고 임자도 동측에 위치한 어의도 주변해역 일부에 형성되어 있다. 사질 실트 퇴적상은 임자도 북부에 위치한 낙월도 주변해역에 형성되어 있으며 실트 퇴적상은 임자도 북동해역인 각시도 주변해역에서 남서 방향으로 전개되어 있다(Fig. 4).

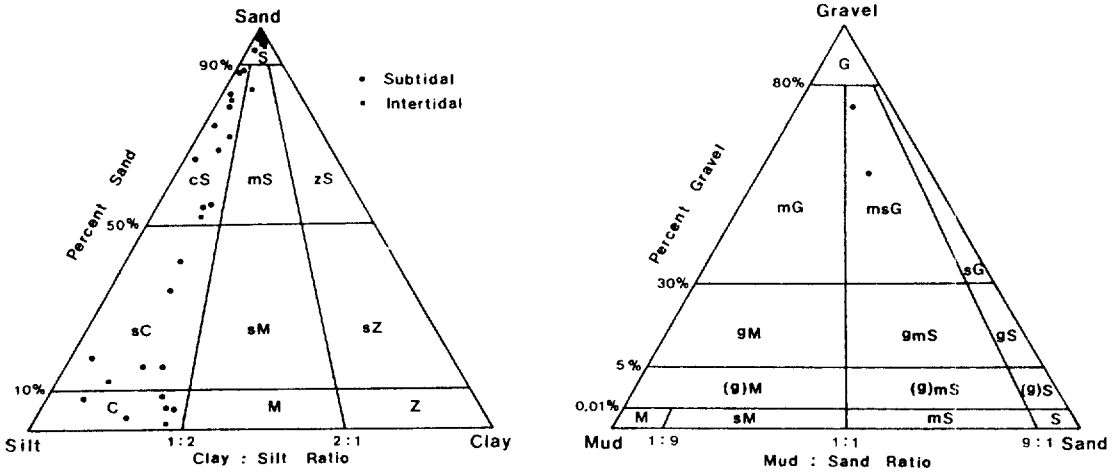


Fig. 3. Ternary diagrams showing the grain size composition of surface sediments(After Folk, 1968).

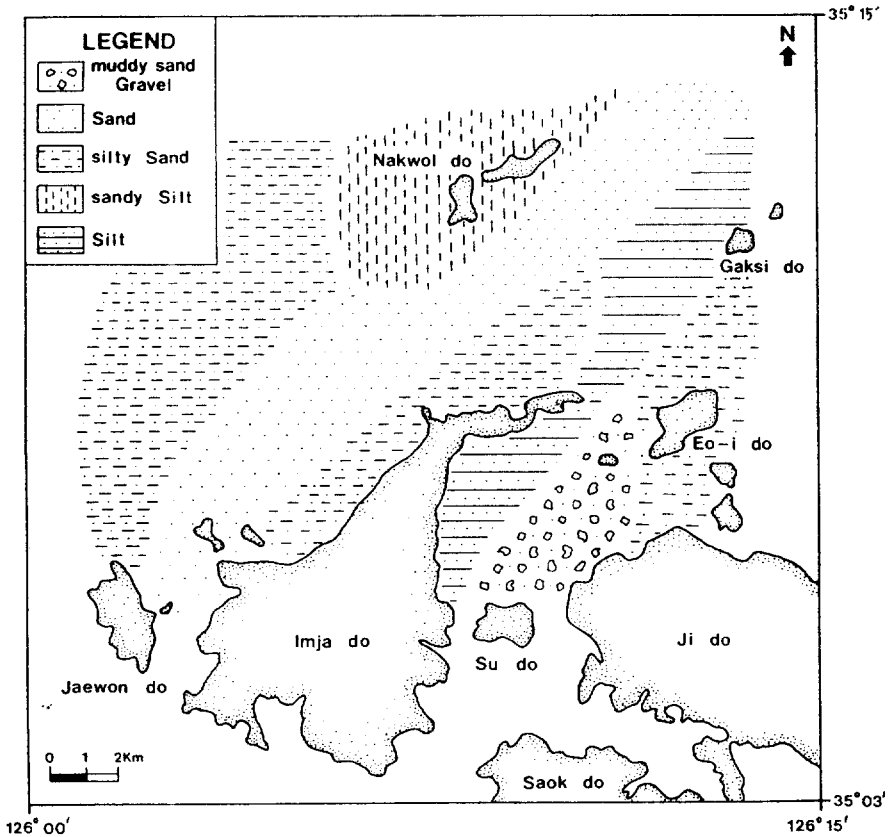


Fig. 4. Map showing the distribution of sediment types.

2. 퇴적물 입도 분포특성

본 연구해역 표층퇴적물의 평균입도는 최대 1.42φ에서 최저 6.80φ의 범위를 나타낸다. 총 40개

정점 중 26개 정점에서 사질 퇴적물들이 우세하였으며 이들 중 사질퇴적물 구성 비율이 90% 이상 이르는것도 13개 정점이나 되었다. 또한 12개 정점

에서는 실트질, 2개 정점에서는 역질 퇴적물이 우세한 것으로 나타났다. 조간대와 조하대 연결선상의 퇴적물 입도 비교에서는 일반적으로 조하대의 퇴적물입도(평균 3φ) 보다는 조간대의 입도(평균 2φ)가 더 크게 나타났다.

본 연구해역 표층퇴적물의 분급도(sorting)는 Folk and Ward(1957) 분류에 따르면 0.31φ(very well sorted)~3.24φ(very poorly sorted)의 범위를 가진다. 전체적인 분급양상은 총 40개 퇴적물 시료중 37.5%가 poorly sorted, 25%가 very poorly sorted, 10%가 very well sorted, 10%가 well sorted, 10%가 moderately well sorted, 7.5%가 moderately sorted로 전반적으로 poorly sorted한 환경이 우세 하였으며 특히 낙월도와 각시도 사이에서 수도에 이르는 직선상의 해역에서는 1.79φ~3.24φ로 poorly sorted와 very poorly sorted로 나타났다. 반면 낙월사퇴가 위치한 정점 N20과 N24 그리고 각이사퇴가 있는 정점 N23에서는 각각 0.53φ과 0.73φ, 0.79φ로 moderately well sorted와 moderately sorted로 나타났다.

또한 Folk and Ward(1957)의 분류에 의한 표층 퇴적물의 왜도(skewness)는 0.86(strongly fine ske-

wed)에서 -0.32(strongly coarse skewed)의 구간으로 나타났다. 전반적인 왜도의 분포는 42.5%가 strongly fine skewed, 25%가 fine skewed, 22.5%가 nearly symmetrical, 7.5%가 coarse skewed, 2.5%가 strongly coarse skewed로 strongly fine skewed한 환경이 우세하였으며 특히 낙월사퇴 해역의 정점 N20과 N24 그리고 각이사퇴가 위치한 정점 N23 해역에서는 nearly symmetrical과 fine skewed, strongly fine skewed로 나타났다.

퇴적물의 첨도(kurtosis) 역시 Folk and Ward (1957)분류에 의해 0.76(platykurtic)~6.31(extremely leptokurtic)의 값으로 나타났으며 그 분포상은 37.5%가 mesokurtic, 22.5%가 leptokurtic, 20%가 very leptokurtic, 12.5%가 platykurtic, 7.5%가 extremely leptokurtic으로 mesokurtic이 우세 하였다.

3. 유기물 및 탄산염

연구해역의 표층퇴적물에 있어서 유기물 함량은 0.14~5.12%의 값으로 퇴적물의 입도가 세립화함에 따라 함유량도 증가하는 것으로 나타났다.

퇴적상에 따른 분포양상을 보면 조하대의 경우 실트질 퇴적상을 나타내는 어의도 주변해역과 수도

Table 2. Organic matter and CaCO₃ contents in the study area

Composition Station No.	Organic matter (%)	CaCO ₃ content (%)	Composition Station No.	Organic matter (%)	CaCO ₃ content (%)
N 1	5.04	12.60	N21	4.02	12.44
N 2	4.51	14.04	N22	3.00	9.62
N 3	2.46	2.52	N23	0.67	6.09
N 4	2.97	3.51	N24	1.54	7.16
N 5	1.30	10.00	N25	5.12	16.13
N 6	0.80	7.15	N26	2.90	11.57
N 7	1.01	1.10	N27	1.47	1.09
N 8	2.56	2.57	T 1	0.53	9.55
N 9	5.03	13.02	T 2	0.37	3.55
N10	5.05	18.60	T 3	0.25	4.12
N11	4.00	9.05	T 4	0.14	4.23
N12	5.62	16.59	T 5	0.27	1.38
N13	2.50	2.68	T 6	0.68	3.66
N14	1.30	5.54	T 7	0.20	3.61
N15	0.68	3.02	T 8	0.45	7.08
N16	2.95	13.10	T 9	0.21	9.57
N17	1.55	15.53	T10	0.67	6.27
N18	3.46	22.71	T11	0.55	3.66
N19	2.42	23.39	T12	0.59	5.01
N20	1.51	6.50	T13	1.22	10.84

북부해역, 각시도 인근해역, 낙월도 주변해역에서의 유기물함량은 4% 이상으로 나타났으며, 실트질 사퇴적상을 형성하는 입자도 북부 인근해역과 재원도 주변해역은 2~3%로 나타났다. 또한 낙월사퇴와 각이사퇴가 형성된 입자도 북부해역은 1~2%로 가장 낮은 함량분포를 보였다. 반면 조간대 해역의 경우는 정점 T13을 제외한 12개소에서 1% 이하로 가장 낮은 함량분포를 보였다.

탄산염 함량은 1.09~23.39%로 비교적 광범위하게 나타났으며 각시도 주변해역에서 20% 이상으로 가장 높게 나타났다. 반면 각시도에서 수도에 이르는 해역에서는 10~20%로 나타났으며 낙월사퇴와 각이사퇴를 형성한 입자도 북부해역에서는 5~10%, 낙월도 주변 해역에서는 5% 이하로 가장 낮게 나타났다(Table 2).

4. 쇄설성 석영입자 표면의 전자현미경적 관찰

연구해역의 퇴적물내에 함유되는 광물립 중 석영 입자만 추출하여 주사전자현미경(SEM)하에서 X 600-X1000의 배율로 관찰한 결과 석영입자는 일반적으로 "V"자형의 홈이 불규칙하게 산재되어 분포하고 폭이 넓고 완경사인 groove들이 형성되어 있으며 패각상 깨짐의 형태가 완곡한 호상으로 계단을 지어 전개되고 있는 미세구조들이 비교적 선명하게 나타났다. 또한 일부의 입자표면에서는 충격이나 화학적 용해등에 기인한 것으로 보이는 etching point가 관찰 되었다. 전반적으로 입자의 형태는 equant형에서 단축된 prolate형이 지배적이었으며 입자면은 상당히 마모가 진행된 상태를 보여주었다. 반면에 다른 입자들의 경우에는 매우 예리한 능과 우각을 보유하는 신선한 유리광택을 가지는 특성이 관찰 되어지기도 하였다(Plate 1, 2).

Hodel 등(1988)은 석영의 표면조직을 기원에 따라 8 type으로 분류 하였는데 본 해역 퇴적물 중의 석영립들은 그중 type 5와 6에 속하는 것으로 생각 된다. Type 5의 특징은 입자의 edge가 대부분 둥글고 relict한 입자상이 마모되어 있으며 또한 "V"자형 홈의 밀도가 증가하고 전반적인 입자의 형태가 원만하게 나타난 것을 말한다(Plate 1, Figs. 4, 6). 이러한 특징들이 나타나는 지역을 moderate-high energy subaqueous environments로 이들은 구분 하였다. Type 6의 특징은 type 5와 유사하지만 re-

lict한 특징들의 구분이 더 어려워지며 능(ridge)의 원만한 정도가 증가하고 화학적인 용석특징들이 우세한 것을 말한다(Plate 2, Figs. 4, 6). 따라서 type 6은 high energy subaqueous environments에서 장기간 체류한 입자로 한때 공기중에 노출되었을 또 다른 가능성을 시사하는 것으로 알려져 있다. 연구해역의 퇴적물 내에 함유된 석영립중 산화철로 피복된 입자들이 관찰되는 것으로 보아 그 가능성이 높은 것으로 보인다. 또한 그 가능성을 높여주는 것은 석영립의 원만한 정도가 높기 때문인데 이는 수중보다는 대기중에 노출되는 것이 예리한 부분을 마모시키는데 상당히 효율적인 것으로 알려져 있기 때문이다.

5. 규편모류와 nanoplankton 유해의 산출

연구해역인 입자도 주변의 조간대를 포함한 해역에서 채취된 총 40개에 이르는 표층퇴적물 시료 중 19개소에서 규편모류와 nanoplankton의 골격 유해를 산출하였다. 이 중 규편모류 만을 산출한 시료는 N9를 포함한 10개 시료였으며 nanoplankton의 골격만을 산출한 시료는 N15 단 1개소 뿐이었다. 규편모류와 nanoplankton을 동시에 산출한 시료는 N2를 포함하여 8개 시료였다. 규편모류는 총 1속 6종(Table 3)이 산출되었고 nanoplankton은 5속 5종(Table 4)이 각각 관찰되었다(Plate 3).

산출된 규편모류와 nanoplankton 유해들의 군집조성을 보면 규편모류가 단 1속인 *Dictyochoa*속에 산출된 개체의 전부가 해당되는 강한 집중성을 보이며 종 자체의 분산도 역시 매우 낮게 나타난다. Nanoplankton의 경우도 5속이 관찰되고 있어 규편모류에 비해 속의 분산은 다소 높으나 종의 다양성은 단 1종씩 들만 나타나고 있어 매우 저조하다. 이들 두 분류군에 속하는 종들의 산출빈도 역시 매우 낮게 출현하고 있다. 이외에도 규조류와 유공충의 유해들이 시료중에서 다수 관찰되고 있으며 일부 시료에서는 방산충의 골격이 나타나기도 하였다.

입자도 주변해역에서 산출되는 규편모류 개체의 출현은 육지에 인접한 조간대 보다는 입자도의 북서부연안의 사퇴 분포해역과 낙월도, 각시도 및 어의도를 연결하는 조하대에 위치하는 정점들에서 산포되어 이루어지고 있으나 비교적 개체수의 산출이 많은 정점들은 입자도 북동단의 낙월도와 어의도

Table 3. Distribution of the silicoflagellates in the surface sediments of the study area

Species\Site	N1	N4	N5	N9	N10	N12	N14	N15	N16	N17	N19	N21	N22	N23	N25	N26	N27	T1	T11
<i>Dictyocha aculeata</i>		3			2	1		1			1		1			1	3		
<i>Dictyocha fibula</i>	2	1	4	1	1	21	5		27		1	11	6	7	3		4	8	1
<i>Dictyocha medusa</i>	2																		
<i>Dictyocha messanensis</i>	1	2	1		1	14	1		12	1	1	4	3	2		1		1	3
<i>Dictyocha pentagona</i>						2													
<i>Dictyocha perlaevis</i>		1				2	1		1			1	1	2				3	2
Total individuals	5	4	8	1	2	41	8		41	1	2	17	10	12	3	1	5	15	6

Table 4. Distribution of the nannoplanktons in the surface sediments of the study area

Species\Site	N1	N4	N5	N9	N10	N12	N14	N15	N16	N17	N19	N21	N22	N23	N25	N26	N27	T1	T11
<i>Braarudosphaera bigelowi</i>						R													
<i>Cyclococcolithina leptopora</i>							R		R										
<i>Emiliana huxleyi</i>	R	R			R			F						R					
<i>Gephyrocapsa oceanica</i>	R	F			F	R		C	R				R	R					
<i>Helicopontosphaera kampmeri</i>					R			R											

R: rare (<5) F: few (5-19) C: common (20-50) individuals

사이에 이르는 해역이다. 연구해역에서 가장 우세하게 분포하는 우점종은 *Dictyocha fibula*인데 전체적으로 규편모류를 산출하는 시료들에서는 지속적인 이고 가장 우세한 산출을 보이고 있다. *D. fibula*는 개체들의 외형 특히 basal ring과 spine의 유형에서 다양한 변이가 존재하는 것이 관찰되었으며, accessory spine들에 있어서도 길이와 형태에 있어서 많은 변화를 보여준다(Plate 3, figs. 2-6). 작고 뚜렷한 평행사변형의 basal ring을 보유하는 *Dictyocha messanensis*도 *D. fibula*와 유사하게 지속적인 산출을 보이고는 있으나 개체수에 있어서는 저조한 산출상

을 보인다(Plate 3, fig. 3). *D. messanensis*의 경우도 외형상의 변이가 관찰되기도 하나 *D. fibula*에 비해서는 그 정도가 매우 미약하다. 이외에도 basal ring과 apical bar를 연결하는 집합부가 안쪽으로 약간 만곡되어 함입되는 *D. perlaevis*(Plate 3, Fig. 10)와 8각형의 외관과 4개는 길고 4개는 짧은 총 8개의 radial spine을 보유한 *D. aculeata*(Plate 3, Fig. 1)도 극소수의 개체들이 7~8개 정점에서 확인되어진다. 이들 두 종중 *D. aculeata*의 basal ring의 변이가 약간 두드러진다. 또한 apical bar가 "x"자 형태로 나타나는 *Dictyocha medusa*(Plate 3, Fig. 7)

와 5각형의 basal ring을 보유하는 *Dictyocha pentagona*(Plate 3, Fig. 9)가 지도와 어의도 서측의 각각 1개 정점에서 극소수 관찰된다. *D. medusa*는 apical bar가 접합되는 교점이 종축방향으로 미소하게 신장된 plate형을 이루고 있다.

연구해역에서 산출되는 규편모류의 유해군집을 개괄해 보면 전술한 바와 같이 전형적인 온난성 해역 서식종인 *Dictyocha* 1속에 집중되어 산출이 되고 있으며 한랭성 해역 서식종인 *Distephanus*류는 전혀 관찰이 되지 않았다. 또한 다수의 시료들에서 산출된 개체들의 50% 이상을 유해의 골격이 어둡게 착색된 개체들이 점유하는 특징을 보이고 있다. 이러한 현상은 *D. fibula*, *D. messanensis* 및 *D. pentagona*들에 있어서 두드러진다. 또한 퇴적상과 규편모류 산출과의 연계를 고려해 보면 뚜렷하지는 않으나 대체로 입자도 북서연안에서 북동-남서 방향으로 신장되어 전개되고 있는 사퇴해역과 입자도 북동단의 동측으로 신장된 반도형의 돌출부 연안해역의 사질과 실트질 퇴적상에서 비교적 다수의 개체들이 나타나고 있음을 인지할 수 있다.

입자도 주변 연안해역에서 산출되는 nannoplankton들은 규편모류에 비해 출현종수와 개체수에 비해서 매우 미약한 산출상을 보이며 산출되는 정점의 위치도 입자도 연안역에 소수가 산재되어 분포하며 입자도 북서측의 사퇴해역과 북동부의 돌출부 인근 연안에 위치하는 정점들에서는 약간 많은 수의 개체들을 산출한다. Nannoplankton들을 산출하는 모든 시료들에서는 *Gephyrocapsa oceanica*를 비롯한 coccolithophore group이 다수를 점하고 있으며 non-coccolithophore group은 *Braarudosphaera bigelowi*만이 관찰될 뿐이다. *G. oceanica*(Plate 3, Fig. 15)는 연구해역에서 산출되는 종들 중 가장 개체수에 있어서 우위를 점하며 nannoplankton들을 산출하는 전 시료에서 지속적인 산출을 보이고 있다. 타원형의 뚜렷한 distal shield를 지니는 *Emiliania huxleyi*(Plate 3, Fig. 14)는 개체수에 있어서는 저조한 편이나 전반적으로 지속적인 출현을 하고 있다. 이외에 나선형으로 감기는 helicoidal형인 *Helicopontosphaera kamptneri*(Plate 3, Fig. 16) 및 *Cyclococcolithina leptopora*(Plate 3, Figs. 12, 13)는 극소수의 개체들이 2개소의 정점에서 확인 되었을 뿐이다. 또한 5각관상의 *Braarudosphaera bigelowi*(Plate 3,

Fig. 11)는 입자도 북동연안의 N10 정점에서만 그 산출이 국한된다. nannoplankton들의 산출도 규편모류의 경우처럼 집중적이지는 않으나 *G. oceanica*와 *E. huxleyi* 종이 주된 우점종을 형성하고 있으며 입자도의 조간대 해역에서는 전혀 그 산출을 관찰할 수 없었다. 부가하여 산출된 개체들의 상당 수가 보존이 불량한 상태로 나타났다.

토 의

퇴적물의 누적입도분포곡선은 퇴적환경을 유추하는 하나의 수단으로서 자주 이용되어 왔는데 누적분포곡선에서 직선의 경사는 퇴적물의 분급정도를 의미하는 것으로 퇴적환경에 따라 다양한 변화를 나타내는 것으로 알려져 있다(Sindowski, 1957; Visher, 1965, 1969). 이러한 직선의 경사는 일반적으로 2~3개의 직선 조합으로 구성되어 있으며 이 직선들은 서로 다른 운반양식에 의해 퇴적된 것을 의미하는 것으로 끌림군(traction population)과 도약군(saltation population) 그리고 부유군(suspension population)으로 구분되어진다(Friedman, 1967; Visher, 1969).

Visher(1969)에 의하면 해변사(beach sand)는 3개의 직선 조합으로 누적분포곡선이 이루어지는데 부유(suspension)에 의한 이동부분은 일반적으로 1% 이하로, 도약(saltation)에 의한 이동부분은 2개의 절편들이 서로 다른 양상으로 나타난다. 반면 하천사(river sand)는 통상 2개의 직선들이 모인 누적분포곡선을 이루며 90% 아래에서 굴절하여 10% 이하의 세립질 부분을 가진다.

Visher(1969)의 연구결과를 연구해역에서 채취된 퇴적물 시료에 적용시켜 누적분포곡선을 도시한 결과 15개 모든 정점들이 해변사 퇴적물에 해당하는 것으로 나타났으며 크게 두 가지로 구분되어 지는데 그 하나는 조간대 퇴적물이 나타내는 특징으로 끌림에 의한 이동이 70%, 도약이 29%, 부유가 1% 이하인 한편 조간대 퇴적물은 끌림에 의한 경우가 70%, 도약이 20% 및 부유가 10% 정도였다. 따라서 본 연구해역의 퇴적물의 이동은 끌림이 우세하고 여기에 도약과 부유가 어느 정도 혼합된 방식인 것으로 생각된다(Fig. 5).

입도분석치 중 비교적 퇴적환경에 민감한 왜도의

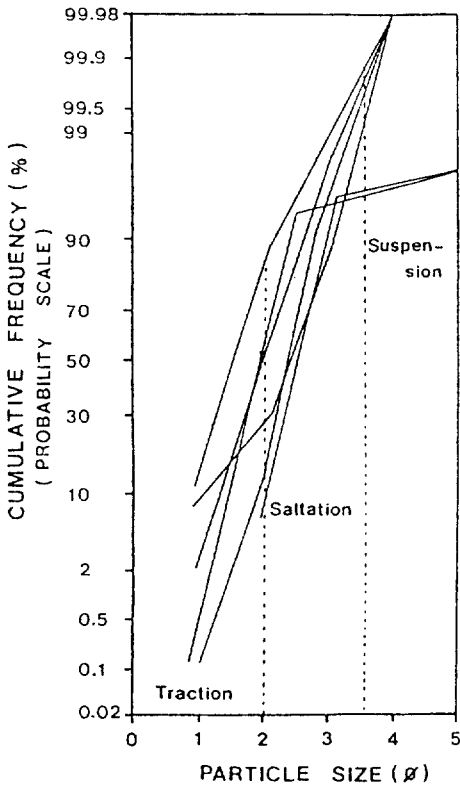


Fig. 5. Cumulative curves of the sediments in the study area.

값이 음(-)인 곳은 침식을 받거나 현재 퇴적이 진행되고 있지 않는 지역이며, 음과 양의 왜도 값이 혼재하여 존재하는 퇴적물 분포 지역은 유체의 흐름(flux)이 있는 지역을 나타낸다고 하였다(Folk and Ward, 1957; Duane, 1964). 따라서 연구해역의 낙월사퇴와 각시도 사이에서 임자도 북서부에 이르는 음(-)의 왜도치를 보이는 해역과 음(-)과 양(+)의 왜도가 혼재하는 임자도 북부의 사퇴분포 해역들은 조류등에 의한 빠른 흐름이 나타나고 있는 것으로 생각해 볼 수 있다. 또한 낙월사퇴와 각이사퇴 해역은 분급도도 moderately well sorted와 well sorted로 나타나 이러한 흐름에 의한 비교적 강한 energy 환경이 이루어지고 있을 가능성이 있다.

표층퇴적물의 입도분석 자료를 토대로 한 퇴적환경에의 접근은 많은 학자들(Udden, 1914; Friedman, 1961, 1967, 1979; Inman and Chamberlain, 1955; Moiola and Weiser, 1968)에 의해 시도되어져 왔다. Moiola and Weiser(1968)는 평균입도와 분급도의 조합이 해빈사기원 퇴적물과 하천사기원 퇴적물을 구분 하는데 효과적이라고 하였다. 본 연구해역 표층퇴적물중 사퇴퇴적물로 구성된 13개 정점을 선택하여 그 정점의 입도자료를 토대로 Moiola and Weiser(1968)가 제시한 Fig. 6에 도시한 결과 12개

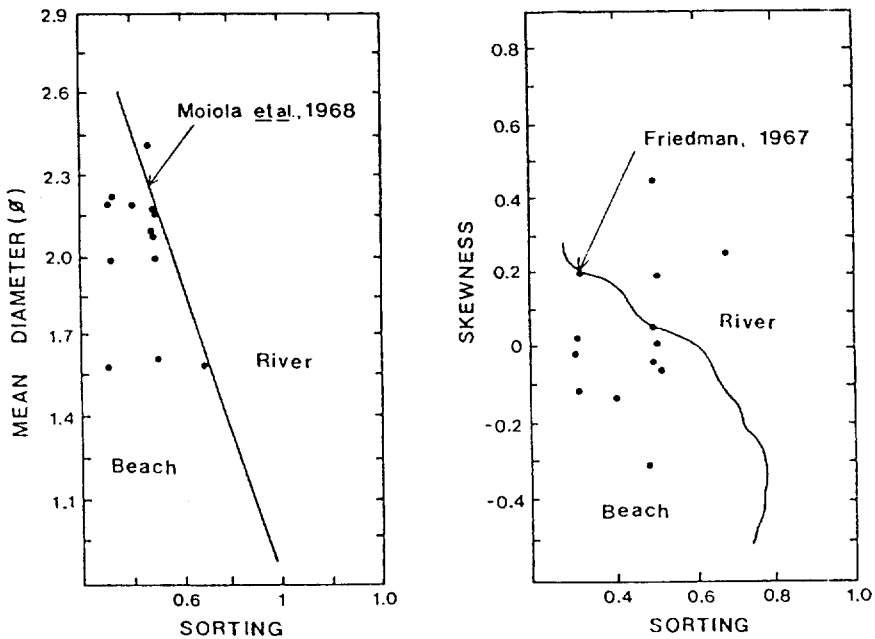


Fig. 6. Mean diameter vs. sorting and skewness vs. sorting of the sediments in the study area.

정점에서 해빈사기원 퇴적물로 나타났으며 1개 정점에서 하천사기원 퇴적물로 나타났다. 유사하게 Friedman(1961, 1967)도 해빈사기원 퇴적물과 하천사기원 퇴적물을 분류하는데 분급도와 왜도의 조합을 이용하였다. Friedman(1967)이 제시한 Fig. 6에 13개 정점의 입도자료를 도시한 결과 10개 정점에서 해빈사기원으로 나타났으며 3개 정점에서 하천사기원으로 나타났다. 동일 시료에 대하여 해빈사 영역에 도시되는 시료의 수나 종류가 다른것은 학자들이 제한된 퇴적환경에서 제한된 수의 시료를 사용하여 퇴적환경을 유도한데서 영역의 구분이 일치하지 않았던 것에 연유한 것으로 보이며 하천사로 도시된 시료 부분은 지속적인 조류 흐름에 의한 하천수의 유형과 낮은 퇴적환경이 부분적으로 조성되고 있을 가능성도 있다.

연구해역에서의 유기물의 함량은 조간대에서는 평균함량이 0.47% 정도인데 반해 조하대에서의 평균함량은 2.80%에 이른다. 이는 조간대를 구성하는 퇴적물 입자들이 대부분 조립사로 되어있는 반면 조하대는 실트가 나타나는 일부 해역을 제외하고는 대부분 세립사가 퇴적되어 있어 유기물 함량이 세립질 퇴적물에 높게 나타나는 특성을 나타낸다. 탄산염함량은 입자도 동부의 수도 인근해역과 입자도 서측의 재원도 인근해역에서 유기물에 비해 보다 단순화된 대상의 분포상을 나타내었다. 부가하여 규편모류 및 nannoplankton 등 미생물 유해들의 산출빈도와 유기물 및 탄산염의 함량과는 뚜렷한 상관관계를 인식할 수 없었는데 이들 유해들 중 재이동된 개체로 추정되는 것이 많고 사퇴지역등에서 비교적 높은 산출빈도를 보이기도 해 이들 미생물 유해의 산출도 해수의 운동 특히 조류 등에 상당한 영향을 받은 것으로 생각된다.

이 해역의 퇴적물 중에서 산출된 석영립의 전자현미경적 관찰에서 석영입자 표면에 나타난 "V"자형 홈의 산발적인 전개, 완전한 경사의 groove 형성 및 능형의 계단식인 패각상 깨짐 등의 특징들은 Krinsley and Donahue (1968)와 Margolis (1968)들에 의하면 외력을 받거나 타 입자들과 충돌 및 찰흔(impact scar)에 의해 이루어진 것으로 알려지고 있으며 연안지역의 고에너지환경에 전형적인 유형으로 기술되고 있다. 더욱이 relict한 면을 보유하는 전기한 일부 입자들은 매우 가까운 거리에서 원암으로부터

풍화 침식되어 본 해역의 퇴적환경 내로 이동된 것으로 추정된다. 부가하여 실체현미경하에서 일부 석영립들은 담적갈색을 띤 산화철의 피막이 입혀진 상태가 관찰되어 한때 대기중에 노출되었을 가능성을 암시한다. 이러한 점에 비추어 본 연구해역의 석영입자는 외형상의 특징들로 미루어 고에너지 환경을 시사하는 해빈에서 퇴적된 것으로 생각되어지나 간헐적인 대기중의 노출, 일부 풍성영역의 작용 및 혹은 매우 근접한 거리에서 본 퇴적환경 내로의 빠른 유입 등 다양한 운반 및 퇴적요소들이 복합적으로 개입되었을 가능성이 큰 것으로 생각된다.

연구해역의 연안퇴적물에서 관찰된 규편모류의 유해군집은 전체 산출종들 자체가 전부 *Dictyocha* 1속에 속하고 *Distephanus*속은 전혀 나타나지 않는 군집조성상의 특성을 보여주고 있다. 규편모류에 있어서 전형적인 온난성 해역 서식종인 *Dictyocha* 류와 한랭성 해역에서 주로 서식하는 것으로 알려진 *Distephanus*류의 군집조성상의 비는 수온을 지시하는 고환경적인 지시자로서 널리 이용되어져 왔다 (Mandra, 1969; Jendrzewski and Zarillo, 1972; Ciesielski and Weaver, 1974). 또한 개체수는 매우 적고 종자체의 분산도도 낮은 편인 nannoplankton의 군집에서도 전형적인 온난성 해역 서식종으로 알려진 (McIntyre and Bé, 1967; Honjo, 1977) *Gephyrocapsa oceanica*가 우점종으로 나타나고 있어 이들 종을 산출하는 연구해역은 온난수괴의 영향 아래서 퇴적된 것으로 생각된다. 또한 이들 미생물 유해들은 통상 니질 등의 세립질 퇴적물에서 주로 산출되는 경향이 많으나 연구해역에서는 사퇴 분포 해역이나 심지어는 입자도 해빈의 사질 퇴적상에서도 산출이 확인되었다. Poelchau(1976)에 의하면 재퇴적이나 재동에 기인하는 흑갈색으로 착색된 규편모류들이 산출개체들의 절반이상을 점하는 시료가 대부분이어서 이 해역에서는 퇴적물이 강한 조류나 해류 등에 의한 퇴적물의 재배치나 재동현상이 진행되는 해역으로 생각된다.

결 론

1. 연구해역에 분포하는 표층퇴적물은 입도분포상 조하대에서는 역, 사질, 실트질 사, 사질 실트, 실트의 5개 퇴적상으로 분류되며 조간대에서는 사, 니질 사,

실트질 사, 사질 실트 및 실트의 5개 퇴적상으로 구분된다.

2. 퇴적물의 평균입도는 중립, 세립 및 극세립사에 해당하며 분급도는 very well sorted에서 very poorly sorted의 범위로 다양하나 전반적으로 불량하게 나타났다. 왜도는 strongly fine skewed에서 strongly coarse skewed로 광역적이며 위치에 따른 변화가 크게 나타나고 첨도는 platykurtic에서 extremely leptokurtic으로 편차가 크나 mesokurtic이 우세하였다.

3. 퇴적물의 이동유형은 대체로 끌림에 의한 이동이 우세하고 도약과 부유에 의한 이동이 혼합된 형태로 생각되며 조직매개변수간의 상관관계에서 사질퇴적물들은 주로 해변사가 우세한 것으로 나타났다. 특히 사질퇴적물내의 석영립에 대한 전자현미경적 관찰결과 이들은 고에너지환경의 특성을 보여주고 일부는 relict한 특성을 보유하는 한편 일부는 한때 대기중에 노출되었던 가능성을 보여 다양한 기원의 쇄설성 입자들이 혼입되었음이 시사된다.

4. 유기물과 탄산염의 함량은 비교적 산포되어 나타났으며 양자간에 뚜렷한 관련성은 나타나지 않았고 미생물 유해의 산출과도 명확한 상관관계는 발견할 수 없었다.

5. 연구해역에서 산출된 규편모류와 nannoplankton의 유해군집 분석결과 온난수괴에 의한 영향이 강하게 나타났으며 조류나 해류등에 의한 퇴적물의 이송과 재배치가 활발한 것으로 추정된다.

참고문헌

김동주. 1991. 전남 서해 연안역의 현세퇴적물에 관한 연구. 박사학위논문, 전남대학교, 140pp.
 김정길. 1986. 임자도, 완도, 청산도 및 광양만 해안의 퇴적물에 관한 연구. 광주교대논문집, 27: 353-368.
 이일상. 1986. 서산만 조간대 퇴적상 및 퇴적구조에 관한 연구, 석사학위논문. 서울대학교, 55pp.
 최옥인. 1992. 한국 서해 동진.만경강 연근해(조간대 및 조하대)의 퇴적작용. 석사학위논문. 서울대학교, 69 pp.
 한국동력자원연구소, 1975, 연안 사광 자원조사: 248-279.
 한국동력자원연구소, 1981, 대한지질도(1:1,000,000).
 한국동력자원연구소, 1981, 한국대륙붕 해저지질도 제2집.
 Chen, P. Y., 1978. Minerals in bottom sediments of the South China Sea. *Bull. Geol. Soc. Amer.*, 89: 211-222.
 Chough, S. K., 1983. Further evidence of fine-grained sedi-

ment dispersal in the southeastern Yellow Sea. *Sed. Geol.* 41(30): 152-172.
 Ciesielski, P. F. and F. M. Weaver, 1974. Early Pliocene temperature changes in the antarctic Seas. *Geol.* 2: 511-515.
 Duane, D. B., 1964. Significance of skewness in recent sediments. Western Pamlico Sound, North Carolina. *J. Sed. Pet.*, 34: 864-874.
 Folk, R. L., 1968. Petrology of the sedimentary rocks, Hemphill's. 170pp.
 Folk, R. L. and W. C. Ward, 1957. Brazos river bar: A study in the significance of grain size parameters. *J. Sed. Pet.*, 27: 3-26.
 Friedman, G. M., 1961. Distinction between dune, beach, and river sands from their textural characteristics. *J. Sed. Pet.*, 31: 514-529.
 Friedman, G. M., 1967. Dynamic processes and statistical parameters compared for size frequency distribution of beach and river sands. *J. Sed. Pet.*, 37: 327-354.
 Friedman, G. M., 1979. Differences in size distribution of populations of particles among sands of various origins. *Sedimentol.*, 26: 858-862.
 Galehouse, J. S., 1971. Sedimentation analysis: In Carver, R. E. ed., *Procedures in Sedimentary Petrology*. N. Y.: Wiley-Interscience.: 69-94.
 Han, S. J., 1982. The clay mineralogy of recent sediment in Garolim Bay, Korea. *J. Geol. Soc.*, 18(4): 215-220.
 Hodel, K. L., E. Reimnitz and P. W. Barnes, 1988. Microtextures of quartz grains from modern terrestrial and subaqueous environments, North slope of Alaska. *J. Sed. Pet.*, 58: 24-32.
 Honjo, S., 1977. Biogeography and provincialism of living Cocolithophorids in the Pacific Ocean: In Ramsay, A. T. S. (Ed.), *Oceanic Micropaleontology*, Academic Press. 2: 951-972.
 Ingram, R. L., 1971. Sieve analysis: In Carver, R. E. (ed.), *Procedures in Sedimentary Petrology*, Wiley-Interscience: 49-67.
 Inman, D. L. and T. K. Chamberlain, 1955. Particle-size distribution in nearshore sediments: In Hough, J. L., and H. W. Menard (ed.), *Finding Ancient Shorelines, S.E.P.M. Spec. Publ.* 3: 106-129.
 Jendrzewski, J. P. and G. A. Zarillo, 1972. Late Pleistocene paleotemperature oscillations defined by silicoflagellate changes in a subantarctic deep-sea core. *Deep Sea Res.*, 19: 327-329.
 Kim, B. U., 1989. Sedimentary structures of the Namyang intertidal flats, West coast of Korea, M.Sc. Thesis. Seoul. Nat'l. Univ., 96pp.
 Kim, J. L. and S. C. Park, 1985. Intertidal flat sediments and characteristic sedimentary structures in the Changju Bay, west coast of Korea. *J. Ocean. Soc. Korea.*, 20: 43-49.
 Kim, T. I., 1985. Distribution and transportation of the suspended sediment in the Keum River Estuary, Korea. M. Sc. Thesis. Seoul. Nat'l. Univ., 85pp.
 Kim, Y. S., 1988. Sedimentary environments and evolution of intertidal deposits in Sajangpo Coast, Cheonsu Bay, west coast of Korea. Ph.D.thesis. Seoul

- Natl. Univ., 169pp.
- Klein, G. D., Y. A. Park, J. H. Chang and C. S. Kim, 1984, Sedimentology of subtidal, tide-dominated sandy body in the Yellow sea. Marine geology and physical processes of the Yellow sea, in the proceedings of Korea-U.S/Seminar and Workshop(Y. A. Park, H. Pilky and S. W. Kim editor) C. B. Lee, Y. A. Park and C. H. Koh, 1985, Sedimentology and geochemical properties of intertidal surface sediments of the Banweol area in the southern part of Kyeongggi Bay, *J. Ocean. Soc. Korea*, **20**(3): 20-29.
- Krinsley D. and J. Donahue, 1968, Environmental interpretation of sand grain surface texture by electron microscopy, *Bull. Geol. Soc. Amer.*, **79**: 743-748.
- Lee, C. H., 1988, Sedimentological study of intertidal deposits in the Komso Bay, West coast of Korea., M. Sc. thesis, Seoul Nat'l. Univ., 55pp.
- Mandra, Y. Y., 1969, Silicoflagellates: A new tool for the study of Antarctic Tertiary climates, *J. Antarct. Res.* **4**: 172-174.
- Margolis, S. V., and Krinsley, D. H., 1971, Submicroscopic frosting on eolian and subaqueous quartz sand grain. *Bull. Geol. Soc. Amer.*, **82**: 3395-3406.
- Margolis, S. V. 1968, Electron microscopy of chemical solution and mechanical abrasion features on quartz sand grains. *Sed. Geol.*, **2**: 243-256.
- McIntyre, A. and A. W. H. B., 1967, Modern coccolithophorids of the Atlantic Ocean-I, Placolith and Crytolith, *Deep Sea Res.*, **14**: 561-597.
- Milliman, J. D. and Meade, R. H., 1983, World-wide delivery of river sediment to the ocean. *J. Geol.*, **96**: 1-21.
- Moiola, R. J. and D. Weiser, 1968, Textural parameters: an evaluation, *J. Sed. Pet.*, **38**: 45-53.
- Ninno, H. and O. K. Emery., 1961, Sediments of shallow portion of East China Sea and South China Sea., *Bull. Geol. Soc. Amer.*, **72**: 731-762.
- Perch-Nielsen, K., 1975, Late Cretaceous to Pleistocene silicoflagellates from the southern southwest Pacific, *DSDP, Leg 29, Init. Rpts. DSDP, 29, Washington*, 677-721.
- Poelchau, H. S., 1976, Distribution of Holocene silicoflagellates in North Pacific sediments, *Micropaleont.* **22**: 164-193.
- Sindowski, K. H., 1957, Die Synoptische Methode des Kornkurven-Vergleiches zur Ausdeutung fossiler Sedimentationsräume, *Geol. Jahrb.*, **73**: 235-275.
- Udden, J., 1914, Mechanical composition of clastic sediments, *Bull. Geol. Soc. Amer.*, **25**: 655-744.
- Visher, G. S., 1965, Use of vertical profile in environmental reconstruction, *AAPG Bull.*, **49**: 41-61.
- Visher, G. S., 1969, Grain size distribution and depositional process, *J. Sed. Pet.*, **39**: 1074-1106.
- Zhang, J. and Siesser, W. G., 1986, Calcareous nannoplankton in continental-shelf sediments, East China Sea, *Micropaleont.*, **32**(3): 271-281.

Accepted September 27, 1993

EXPLANATION OF PLATES

PLATE 1.

SEM Photographs of quartz grains

- Fig. 1. Overall shape of quartz grain, X220.
- Fig. 2. Side view showing conchoidal fractures(A), X1000, arrow directing the fracture.
- Fig. 3. Edge view of conchoidal fracture(A), X600, arrow directing the fracture.
- Fig. 4. Facial view of conchoidal fracture(A), V shaped pattern(B), and groove(C) directed by arrows.
- Fig. 5. Weathered facial view showing groove(C) directed by arrow.
- Fig. 6. Edge view of conchoidal fracture(A) and etching pits(D) directed by arrows.

PLATE 2.

SEM Photographs of quartz grains

- Fig. 1. Overall view of quartz grain, X94.
- Fig. 2. Facial view of groove(C) directed by arrow, X720.
- Fig. 3. Facial view of conchoidal fracture(A) directed by arrow, X940.
- Fig. 4. Facial view showing slightly parallel patterned chemical microfeatures, X700.
- Fig. 5. Facial view showing conchoidal fracture(A) and V shaped pattern(B) directed by arrows, X780.
- Fig. 6. Facial view showing minute etching points(D) directed by arrow, X4000.

PLATE 3.

(1) SILICOFLAGELLATES

- Fig. 1. *Dictyocha aculaeata* Lemmermann, N12, X400.
- Figs. 2-6. *Dictyocha fibula* Ehrenberg, X400.
 - fig. 2. N12, shallow focus, fig. 3. N12, deep focus,
 - fig. 4. N17, fig. 5. N24,
 - fig. 6. N12, abnormal form.
- Fig. 7. *Dictyocha medusa* Haeckel, N2, X400.
- Fig. 8. *Dictyocha messanensis* Haeckel, N17, X400.
- Fig. 9. *Dictyocha pentagona* (Schulz) Bukry and Foster, N12, X400.
- Fig. 10. *Dictyocha perlaevis* Frenguelli, N23, X400.

(2) NANNOPLANKTONS

- Fig. 11. *Braarudosphaera bigelowi* (Gran and Braarud) Deflandre, N13, open nicol, X1000.
- Figs. 12, 13. *Cyclococcolithina leptopora* (Murray and Blackman) Wilcoxon, N16, X1000.
 - fig. 12. crossed nicols, fig. 13. open nicol.
- Fig. 14. *Emiliana huxleyi* (Lohman) Hay and Mohler, N16, crossed nicols, X600.
- Fig. 15. *Gephyrocapsa oceanica* Kamptner, N13, crossed nicols, X1000.
- Fig. 16. *Helicopontosphaera kamptneri* Hay and Mohler, N16, crossed nicols, X600.

PLATE 1



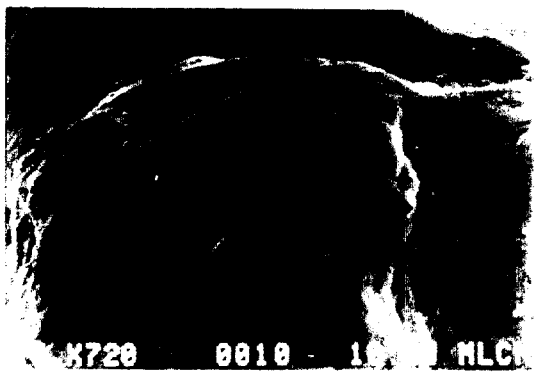
1



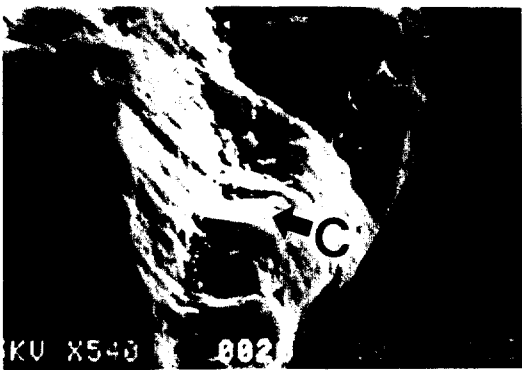
2



3



4



5

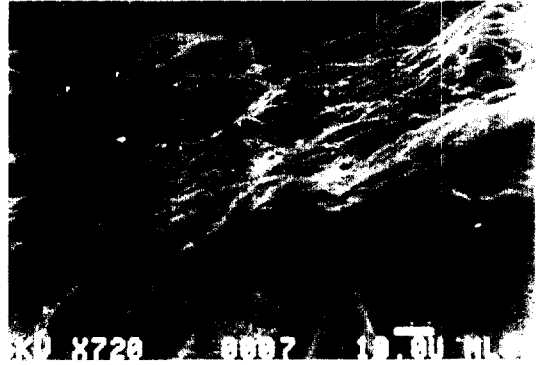


6

PLATE 2



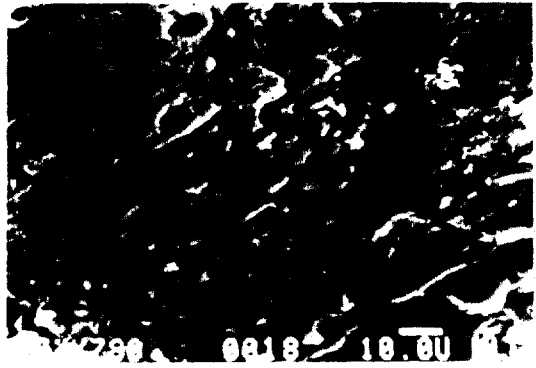
1



2



3



4



5



6

PLATE 3



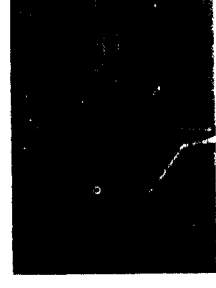
1



2



3



4



5



6



7



8



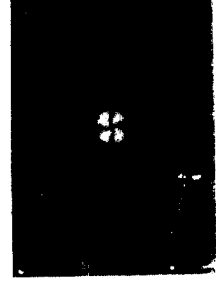
9



10



11



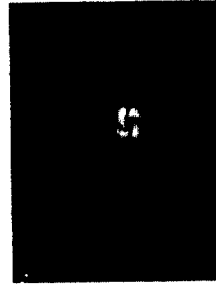
12



13



14



15



16