

## 한국 남동해역 사질퇴적물의 물리적 성질

김길영 · 김대철 · 박수철\* · 유동근\* · 최진혁\*\* · 김정창\*\*\*

부경대학교 응용지질학과, \*충남대학교 해양학과, \*\*국방과학연구소, \*\*\*부경대학교 실습선

### Physical Properties of Sandy Sediment in the Southeastern Coast of Korea

Gil-Young KIM, Dae-Choul KIM, Soo-Chul PARK\*,  
Dong-Geun YOO\*, Jin-Hyuk CHOI\*\* and Jeong-Chang KIM\*\*\*

Department of Applied Geology, Pukyong National University Pusan 608-737, Korea

\*Department of Oceanography, Chungnam National University Taejon 305-764, Korea

\*\*Agency for Defence Development, Chinhae 645-600, Korea

\*\*\*Department of Shipboard Training, Pukyong National University Pusan 608-737, Korea

Physical properties and textural parameters of thirty-five piston core samples recovered from the southeastern coast of Korea (Korea Strait), were investigated using the autopycnometer. The physical properties (porosity, water content, wet bulk density, dry bulk density, grain density, and void ratio) were measured at rather uniform intervals along each core. Sediment texture (grain size, sand, silt, and clay contents) was also measured at the same subbottom depth. The measured and calculated results are; mean grain size 0.57~8.09  $\phi$  (average: 3.67  $\phi$ ), porosity 26~81% (average: 55%), water content 16.7~61.4% (average: 31.6%), wet bulk density 1.37~2.18 g/cm<sup>3</sup> (average: 1.85 g/cm<sup>3</sup>), dry bulk density 2.55~3.11 g/cm<sup>3</sup> (average: 2.35 g/cm<sup>3</sup>), grain density 2.40~3.10 g/cm<sup>3</sup> (average: 2.85 g/cm<sup>3</sup>), and void ratio 0.56~2.54 (average: 0.94). The sediment texture generally coincides well with the bathymetry indicating the influence of Pleistocene-Holocene sea level changes. Also the contours of physical properties are closely related to the sediment texture. Fluctuation of physical properties are similar to the textural variation. It seems that sediment texture is a significant factor in determining physical property in this study area.

**Key words** : autopycnometer, textures, physical properties, sea level change

### 서 론

한국 남동해역 (대한해협) 현생 미고결퇴적물에 관한 연구는 주로 퇴적물의 조직, 성분, 또는 탄성과 층서 등 퇴적환경 해석에 관한 내용에 관련된 것이 많았다 (Park, 1983, 1985; Park et al., 1990; Park and Yoo, 1988, 1992; Park and Chu, 1991).

해저퇴적물의 물리적 성질 (습윤전밀도, 건조전밀도, 입자밀도, 공극율, 함수율, 공극비, 전단응력 등)은 조직이나 조성성분이 유사하더라도 지역의 영향을 받기 때문에 퇴적과정을 이해하는데 도움을 주며 또한

퇴적물의 유형에 따라 각기 다른 음향임피던스를 보임으로써 지음향모델 (geoacoustic modelling)뿐만 아니라, 지구물리탐사자료의 해석에 유용하게 이용될 수 있다 (Hamilton, 1970). 또한 지질공학적인 측면에서는 해저의 안정성 분석을 위해 물리적 성질과 그것의 응용에 초점을 맞추어 연구가 되어지고 있다 (Keller and Bennett, 1968; Keller and Lambert, 1972, 1980; Silva, 1973; Silva and Hollister, 1979; Lambert et al., 1981).

한반도 주변 해양퇴적물의 물리적 성질에 관한 실험실 연구는 Kim and Kim (1991), Kim et al. (1992),

Kim et al. (1994)에 의해 연구되어 왔으나, 이 연구는 니질퇴적물 (muddy sediment)에 제한된 것이었다. 사질퇴적물 (sandy sediment)의 경우는 기존 측정방법상의 어려움으로 인하여 연구가 제한되었으나, 자동 밀도측정기 (autopycnometer)의 도입으로 니질 퇴적물 뿐만 아니라 사질 퇴적물에서도 정확한 밀도를 측정할 수 있게 되었다. 이 방법은 또한 기존의 방법으로는 측정할 수 없었던 건조전밀도 (dry bulk density), 입자밀도 (grain density), 공극비 (void ratio) 등을 구할 수 있게 됨으로써, 퇴적과정의 해석, 해저의 안정성 해석, 그리고 지음항모델 등의 연구에 필요한 자료를 얻을 수 있게 되었다.

따라서 본 연구에서는 한국 남동해역 사질 퇴적물에서의 입도 및 물리적 성질을 측정함으로써 이 지역 퇴적물의 조직 및 물리적 성질의 분포와 특성을 구명하고자 하였다.

### 연구해역

연구지역 (Fig. 1)은 한반도 남동해역과 대마도 사이에 위치한다. 쿠로시오 해류의 지류인 쓰시마 난류가 연구지역의 북동방향으로 흘러 동해로 유입되며, 대한해협에서의 유속은 하계에 더 강하지만 해저면으로 갈수록 급격히 약해진다 (Byun, 1991). 대한해협에서는 최대 20 cm/s의 유속을 갖는 저층류가 남쪽으로 흐르는데 특히 여름철에 잘 발달된다 (Byun, 1991; Yanagi, 1991). 연안지역에서의 조류의 흐름은 밀물때 (flood tide) 서-남서 방향, 썰물때 (ebb tide) 동-북동방향으로 흐른다 (Lim, 1976; Korea Hydrographic Office, 1982).

수심과 저층 형태에 따라 연구지역을 내대륙붕 (inner shelf; 수심 70 m 이내), 중대륙붕 (mid-shelf; 수심 70~120 m), 외대륙붕 (outer shelf; 수심 120 m 이상) 등의 세부분으로 나눌 수 있다 (Park and Yoo, 1988). 내대륙붕 및 중대륙붕 지역은 120 m보다 낮은 수심을 보이는 반면, 외대륙붕 지역은 수심이 120 m 이상에서부터 230 m 보다 더 깊은 해곡 (trough)으로 구성되어 있다. 기존의 연구결과 (Park and Yoo, 1988; Park et al., 1990)에 따르면 일반적으로 수심이 70 m 보다 얇은 지역은 낙동강에서 기원한 현생 세립질 퇴

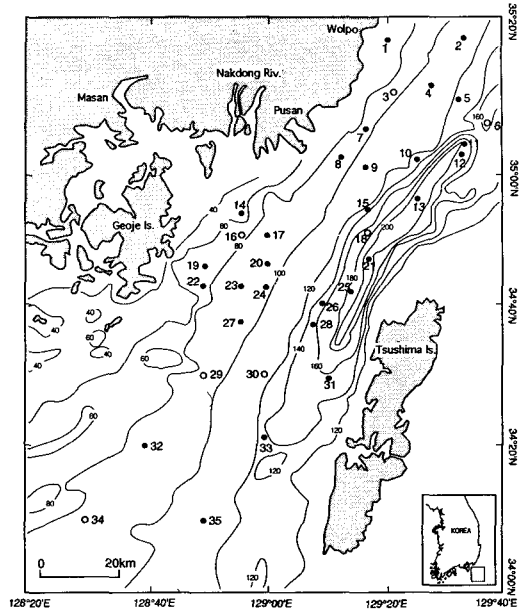


Fig. 1. Map showing bathymetry and coring site. Contours in meters. Open circles indicate the stations for core descriptions (Fig. 7).

적물이 분포하며, 중-외대륙붕 지역에는 조립질 퇴적물이 퇴적되는 것으로 조사된 바 있다. 이 조립질 퇴적물은 후기 플라이토세 시기 해수면이 낮았을 때 해안선 가까이에서 형성된 잔류퇴적물로 밝혀진 바 있다 (Park, 1985; Park and Choi, 1986).

북서쪽의 낙동강에서는  $63 \times 10^9$  ton/year (Kim and Park, 1980)의 유출수에 포함된 세립질 퇴적물이 본 연구지역으로 유입되는데 하계 홍수동안에는 150 mg/l 이상의 부유물이 표층수와 함께 유입된다 (Kim et al., 1986).

### 재료 및 방법

피스톤 시추기를 이용하여 채취된 총 35개 지점 (Fig. 1)의 코어를 일정한 깊이별로 퇴적물의 조직 및 물리적 성질을 측정하였다. 시추에 사용된 선박은 부산수산대학교 해양탐사선 탐양호와 실습선 부산 402호였고, 각 정점의 위치는 위성항법장치 (GPS)를 이용하여 측정하였다.

입도분석은 Ingram (1971) 및 Galehouse (1971)의 방법에 따라 체질분석과 피펫방법을 병행하였고,

**Table 1. Textural parameters and physical properties of the core sediments (7 stations) in the study area**

Station	Depth (cm)	Porosity (%)	Water content (%)	Grain density (g/cc)	Wet bulk density(g/cc)	Dry bulk density(g/cc)	Void ratio	Mean size ( $\phi$ )	Sorting ( $\phi$ )	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	Sediment Type
3	10	58.0	35.0	2.59	1.69	2.45	1.23	3.57	3.45	59.6	24.3	16.1	muddy sand
	20	55.0	32.9	2.55	1.71	2.52	1.20	3.40	3.59	61.4	15.0	23.6	muddy sand
	50	64.0	40.7	2.60	1.60	2.49	1.63	5.16	3.68	53.8	36.4	9.8	muddy sand
	80	67.0	45.0	2.55	1.53	2.37	1.82	4.52	2.67	79.8	8.1	12.1	muddy sand
	110	67.0	42.9	2.80	1.61	2.61	1.84	3.72	3.91	77.3	9.8	12.9	muddy sand
6	10	72.0	49.9	2.69	1.49	2.55	2.43	5.67	1.8	8.3	76.9	14.8	silt
	20	74.0	49.6	2.98	1.53	2.73	2.54	6.74	2.55	25.2	30.0	43.8	sandy mud
	30	73.0	47.9	2.94	1.55	2.77	2.43	6.61	2.62	24.7	33.1	42.2	sandy mud
	40	70.0	45.9	2.77	1.56	2.63	2.13	6.67	2.56	23.4	35.0	41.6	sandy mud
	60	73.0	47.0	3.19	1.6	2.8	2.3	6.52	2.61	26.4	34.0	39.7	sandy mud
	80	73.0	49.1	2.94	1.53	2.62	2.36	6.73	2.57	24.1	30.9	45.0	sandy mud
	100	73.0	48.9	2.89	1.53	2.84	2.64	6.56	2.67	23.8	33.5	42.7	sandy mud
16	10	65.0	38.8	2.89	1.72	2.85	1.71	4.87	3.76	45.1	26.5	28.4	muddy sand
	20	64.0	37.7	2.89	1.74	2.64	1.44	3.89	3.78	60.5	18.4	21.1	muddy sand
	50	56.0	31.3	2.74	1.84	2.71	1.14	3.81	3.47	63.8	17.9	18.3	muddy sand
	80	54.0	29.2	2.81	1.91	2.68	0.98	4.08	4.01	55.6	20.6	23.8	muddy sand
	110	57.0	30.1	3.01	1.94	2.82	1.08	3.66	3.07	66.0	19.5	14.5	muddy sand
	140	57.0	31.0	2.84	1.87	2.72	1.11	2.63	3.72	72.4	13.7	13.9	muddy sand
	170	61.0	33.0	3.02	1.89	2.84	1.24	1.94	3.43	77.1	13.2	9.7	muddy sand
18	10	57.0	33.0	2.81	1.78	2.78	1.33	5.83	2.43	23.3	53.3	22.9	sandy silt
	20	65.0	38.8	2.84	1.68	2.77	1.69	5.92	1.94	13.4	66.4	20.2	sandy silt
	30	64.0	39.2	2.84	1.68	2.64	1.59	6.46	2.08	12.7	58.2	29.1	sandy silt
	50	65.0	39.3	2.97	1.7	2.67	1.58	6.01	2.14	17.8	57.8	24.4	sandy silt
	70	63.0	36.3	3.08	1.79	2.79	1.45	6.14	2.41	25.4	46.7	28.9	sandy mud
	90	62.0	35.5	3.02	1.79	2.77	1.41	5.78	2.07	18.4	62.2	19.4	sandy silt
	110	67.0	39.5	3.11	1.74	2.79	1.65	6.38	2.19	14.1	58.7	27.2	sandy silt
29	10	45.0	22.6	2.85	2.03	2.73	0.73	2.40	2.08	90.2	4.0	5.8	sand
	20	40.0	18.9	2.88	2.15	2.72	0.56	2.18	1.78	92.7	3.0	4.3	sand
	40	62.0	38.3	2.73	1.67	2.67	1.60	4.20	3.41	60.9	16.3	22.8	muddy sand
	60	42.0	20.9	2.77	2.04	2.71	0.68	2.91	3.49	63.6	23.3	13.1	muddy sand
	80	55.0	31.5	2.71	1.79	2.71	1.21	2.44	3.55	75.0	11.4	13.6	muddy sand
	100	26.0	17.9	2.66	1.49	2.74	1.24	2.95	3.61	68.4	15.1	16.5	muddy sand
	120	50.0	26.0	2.87	1.95	2.74	0.90	0.57	2.90	90.8	4.1	5.1	sand
30	10	45.0	23.3	2.73	1.97	2.66	0.76	1.87	1.17	97.6	1.0	1.4	sand
	20	45.0	22.3	2.93	2.07	2.67	0.66	1.78	0.89	98.3	1.3	0.4	sand
	50	44.0	22.2	2.81	2.03	2.76	0.75	1.76	0.98	98.5	0.6	0.9	sand
	80	43.0	20.8	2.93	2.11	2.85	0.70	1.64	1.06	98.38	0.6	0.9	sand
	110	42.0	20.0	2.91	2.13	2.74	0.61	1.70	1.07	98.2	0.7	1.2	sand
	140	49.0	25.0	2.97	2.02	2.80	0.85	2.37	2.23	88.9	4.0	7.2	muddy sand
	170	41.0	19.6	2.92	2.15	2.80	0.62	1.63	1.18	98.2	0.7	1.1	sand
34	10	45.0	23.0	2.84	2.02	2.71	0.75	2.58	2.01	90.0	4.0	6.1	muddy sand
	20	44.0	22.2	2.79	2.02	2.68	0.71	3.08	2.76	81.3	6.5	12.2	muddy sand
	50	47.0	23.8	2.85	2.00	2.67	0.75	2.58	2.42	87.2	5.1	7.7	muddy sand
	80	51.0	26.2	2.95	1.98	2.80	0.92	2.89	2.68	83.1	6.8	10.1	muddy sand
	110	51.0	27.4	2.85	1.91	2.69	0.93	3.47	2.95	74.8	9.7	15.6	muddy sand
140							8.16	1.78	0.0	38.9	61.1	mud	

Folk and Ward (1957) 및 Folk (1968)의 모멘트 방법에 따라 조직표준치를 산정하였다.

물리적 성질(습윤전밀도, 건조전밀도, 입자밀도, 함수율, 공극율, 공극비)은 습윤무게(wet sample weight), 건조무게(dry sample weight), 습윤부피(wet sample volume), 건조부피(dry sample volume)를 측정하여 계산하였다. 시료의 무게는 전자저울(Mettler AJ 100, accuracy  $\pm 0.01$  g)을 사용하였고, 시료의 부피는 자동밀도측정기(Quantachrome: Ultrapycnometer 1000)를 이용하여 측정하였다. 자동밀도측정기에 사용된 가스의 종류는 정확한 부피를 구하기 위해서 불활성이며 원자 크기가 작아 ( $1\text{ \AA}: 10^{-10}\text{ m}$ ) 아주 작은 공극 및 틈에도 침투가능한 헬륨가스를 사용하였고, 가스압력은 21 psi ( $1.476\text{ kg/cm}^2$ )를 유지하였으며, 한 시료당 5회씩을 측정하여 평균값을 이용하였다. 자동밀도측정기는 약  $10^{-4}\text{ cm}^3$ 의 정확도를 가지고 부피를 측정할 수 있다. 건조무게와 건조 부피는 건조기에서  $110^\circ\text{C}$ 에 24시간 건조시킨 다음 테시케이터에서 4시간 동안 냉각시킨 후 각각 측정하였다. 물리적 성질의 계산은 Boyce (1973, 1976)의 방법에 따라 계산하였으며 염분보정은 35%에 대한 해수의 밀도  $1.0245\text{ g/cm}^3$ 을 사용하였다.

## 결과 및 고찰

### 입도분포

시추코어의 물리적 성질 및 퇴적물 조직에 대한 결과는 뒤에서 논의할 7개정점에 대해서만 Table 1에 수록하였다. 피스톤 코어 시료채취에 의한 교란효과를 극소화하기 위하여 각종 분포도는 퇴적층 깊이 10 cm에서 측정된 자료를 사용하였다.

평균입도 분포(Fig. 2)를 보면 연구지역의 북동쪽의 대한해곡(Korea Trough) 중심으로 갈수록 입도분포가 8 $\phi$ 에서 2 $\phi$  이하로 조립화하는 양상을 보인다. 외대륙붕 지역에 분포한 조립질퇴적물은 후기 빙하기 해수면이 낮았을때(below 130 m sea level) 한반도로부터(주로 낙동강)에서 유입 퇴적된 잔류퇴적물(relict sediment, palimpsest)임이 기존연구결과 밝혀져 있다(Park, 1983, 1985). 부산-월포 연안을 따라 분포하는 실트와 점토가 우세한 세립질 퇴적물과 거제

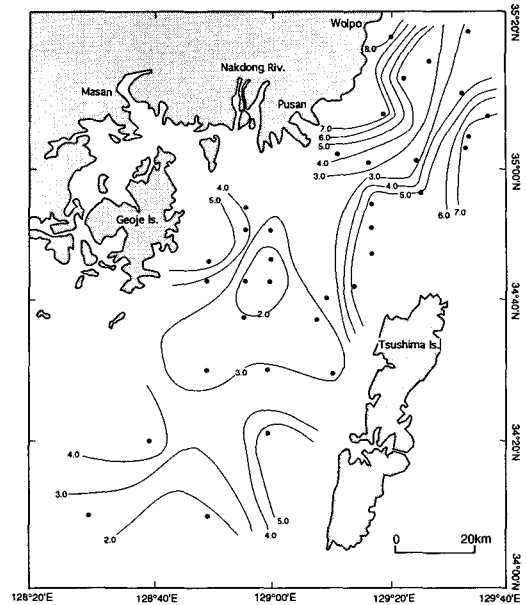


Fig. 2. Mean grain size ( $\phi$ ) distribution at 10 cm subbottom depth.

도 동부지역의 세립질 퇴적물은 해수면이 거의 현수준으로 상승한 지난 7,000년 이후에 퇴적된 현생 홀로세 퇴적물로서 주로 낙동강에서 유입된 세립질 물질의 분포에 기인한 것으로 생각된다. 거제도 동부지역에서부터 동남부지역으로 갈수록 낙동강의 퇴적물이 유입 퇴적되면서 외해로 갈수록 4 $\phi$  이하의 조립질에서 5 $\phi$  이상의 세립질로 다시 3 $\phi$  이하의 조립질로 입도의 분포양상이 변하는 것은 이 지역이 낙동강에서 유입된 퇴적물의 주퇴적지(depocenter)임을 시사해 준다(Park and Yoo, 1988; Sung, 1994). 세립질 퇴적물의 경우는 거제도 동남부-부산-월포를 잇는 내대륙붕 지역에 소위 mud-belt의 형태로 분포한다. Park and Chu (1991)는 거제도 동부지역의 퇴적층은 퇴적물의 기원지인 낙동강에서 부터 외해쪽으로 가면서 층수가 빼기형태로 감소하는 것을 제시하면서 거제도 동부지역에서는 점토질 퇴적물의 두께가 18 m 이상을 보인다고 주장하였다. 이것은 낙동강 기원의 세립질 퇴적물이 주로 이 지역에 퇴적된다는 것을 암시한다. 한반도의 남동연안을 따라 분포하는 세립질 퇴적물은 한반도(주로 낙동강)에서 기원한 퇴적물들이 조류와 연안류등의 복합적인 영향으로 북동방향으로 이동되어 퇴적된 것으로 내대륙붕 니질대(mud-belt)를 이루고 있다(Park, 1983; Sung, 1994).

물리적성질 분포

본 연구지역의 물리적 성질(습윤전밀도, 입자밀도, 함수율, 공극율)의 분포는 퇴적물 시추시 표층에서 발생하는 퇴적물 교란현상을 고려하여 코어 깊이 10 cm에서 도시하였다. 퇴적물의 전밀도는 조성이 같을 경우 다짐작용(compaction) 및 고화작용(consolidation)과 관계가 있으며, 음파전달속도와 감쇠(attenuation)를 결정하는 주요한 요소의 하나이다. 전밀도는 또한 함수율(water content)과 입자밀도(grain density), 그리고 포화도에 따라 좌우된다.

본 연구지역의 습윤전밀도의 분포를 보면, 연구지역 북동쪽의 해곡지역을 중심축으로 하여 습윤전밀도의 값이 증가(1.6~1.8 g/cm<sup>3</sup>)하다가 다시 외해로 갈수록 감소(1.8~1.6 g/cm<sup>3</sup>)하는 양상이 나타난다(Fig. 3). 거제도 남동부와 대마도 서쪽해역에서는 조립질 퇴적물이 우세하게 분포한 연구지역의 중앙지역(대한해협)으로 갈수록 증가(1.8~2.0 g/cm<sup>3</sup>)하는 양상을 보인다. 퇴적물의 전밀도는 광물조성이 유사한 경우 퇴적물의 조직에 좌우되는데 조립질이 세립질보다 크다(Shepard et al., 1979). 실제로 본 연구지역의 경우도 전밀도 분포도와 평균입도 분포도가 매우 유사하다(Figs. 2, and 3).

입자밀도의 분포양상은 대한해곡부근에서는 복잡하나 거제도 남동부에서는 조립질 퇴적물이 우세한 지역으로 갈수록 입자밀도값이 증가(2.5~3.0 g/cm<sup>3</sup>)하고 있다(Fig. 4). 입자밀도는 퇴적물의 조성광물을 반영하는데 비교적 높은 값을 나타내는 이유는 주로 육성기원의 쇄설성 퇴적물로 구성되어 있고, 특히 입자밀도가 낮은 규조류 등의 함량이 극히 적기 때문에 생각된다(Baas Becking and Moore, 1959; Hurd and Theyer, 1977). 대한해협 부근의 값이 높은 이유는 북동-남서 방향의 강한 대한해협 부근의 저층류와 연관된 섯김효과(winning)에 의한 것으로 보인다(Byun et al., 1982; Yanagi, 1991).

함수율은 조립질 퇴적물이 우세하게 분포하는 대한해곡에서 낮은 값(<30%)을 보이며, 또한 거제도 남동쪽에서도 조립질 퇴적물이 우세한 이유로 인해 낮은 값(<25%)을 보인다(Fig. 5). 그러나 세립질 퇴적물이 우세한 부산-울포 연안과 거제도 동쪽지역에서는 연안방향으로 증가한다(>40%).

공극율은 입자가 세립(점토 함량의 증가) 일수록

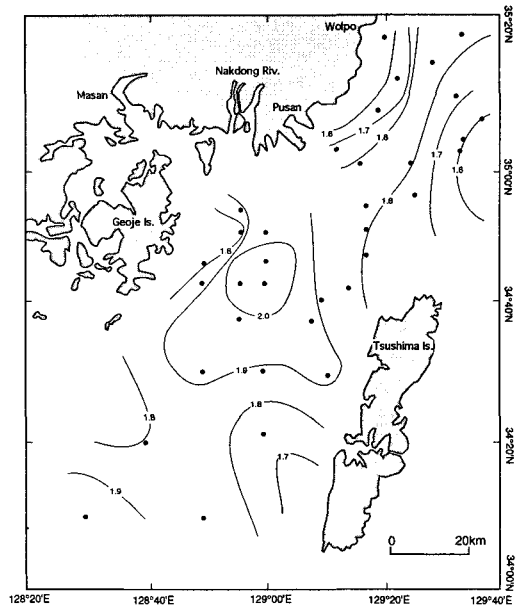


Fig. 3. Wet bulk density (g/cm<sup>3</sup>) distribution at 10 cm subbottom depth.

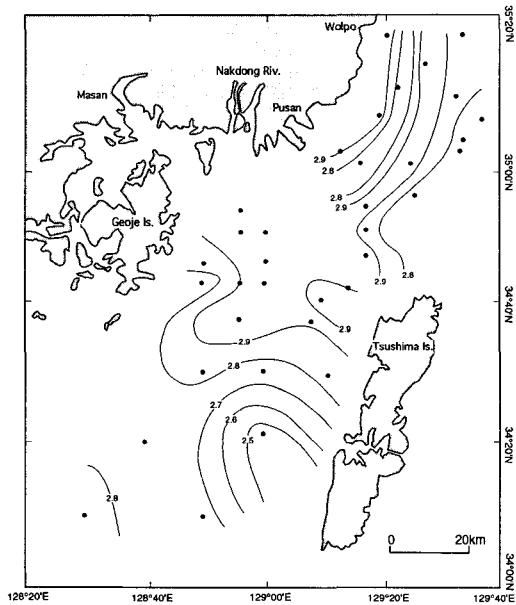


Fig. 4. Grain density (g/cm<sup>3</sup>) distribution at 10 cm subbottom depth.

구조상의 특징(카드상구조, 벌집구조)으로 인해 증가하는 것이 일반적인 현상이다(Hamilton, 1970). 세립질 퇴적물이 우세한 거제도 동쪽과 부산-울포 연안에서 높은 값(>65%)을 보이며, 조립질 퇴적물이 우세

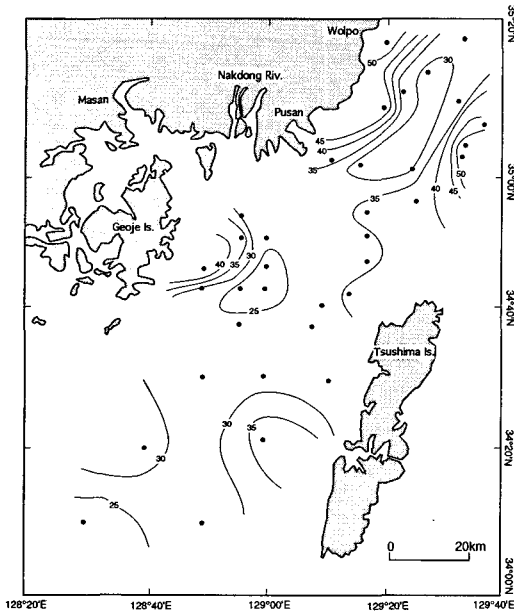


Fig. 5. Water content (%) distribution at 10 cm subbottom depth.

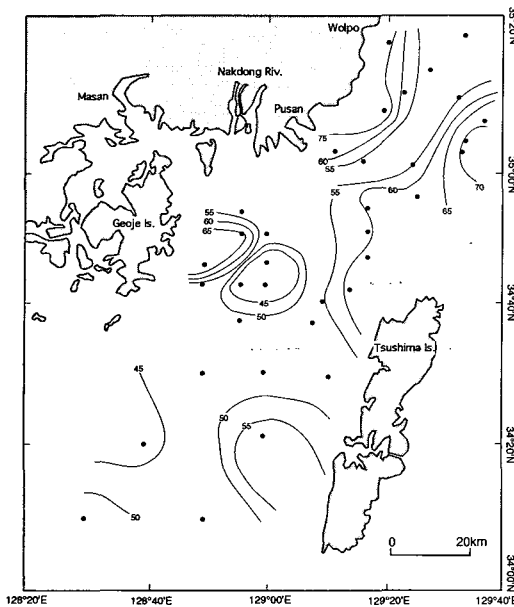


Fig. 6. Porosity (%) distribution at 10 cm subbottom depth.

하게 분포하는 대한해곡 중심과 거제도 남동쪽에서는 낮은 값 (<45%)을 보인다 (Fig. 6). 공극율은 일반적으로 입자가 세립질일 경우 높기도 하지만 퇴적속도가 높은 경우에도 높다. 퇴적속도가 높을 경우 공극

수가 빠져나갈 시간이 충분치 않아서 공극수압이 과포화상태로 되기 때문에 공극율과 함수율이 증가하기도 한다. 실제로 미시피강 하구의 하부 삼각주의 경우 퇴적속도가 아주높아 과거 13,000년간 37m의 두꺼운 퇴적층이 형성되었고, 이 지역은 고압실험 결과 (consolidation test) 미고화 (underconsolidation) 된 것으로 보고된 바 있다 (Shepard et al., 1979). 따라서 현생퇴적물이 피복된 mud belt 지역은 세립질 성분이 우세하기도 하지만 퇴적속도도 높기 때문에 공극율과 함수율을 높히는데 일조를 한 것으로 생각된다.

결과적으로 이러한 모든 물성의 분포는 입도의 대표값인 평균입도의 분포 (Fig. 2)와 밀접한 양상을 보이고 있다. 그러므로 본 연구에 사용된 시료가 천해의 표층퇴적물임을 감안하여 속성작용 (diagenesis), 다짐작용 (compaction), 그리고 일부 퇴적속도가 극히 높은 곳을 제외한 지역에서의 고화작용 (consolidation) 등의 차이가 미미하다고 가정하면, 본 연구지역 퇴적물의 물리적 성질은 조직 (texture)에 의해 크게 지배된다고 생각된다. 따라서 본 연구지역 물성의 분포는 앞의 입도분포에서 언급한 바와 같이 홀로세와 후기플라이토세때 한반도에서 기원한 퇴적물들이 이동 퇴적되면서 물성의 변화를 야기한 것으로 생각된다.

#### 깊이에 따른 입도 및 물리적 성질의 변화

깊이에 따른 조직 및 물리적 성질의 변화를 관찰하기 위해서 전체 정점 중 코어길이 및 위치를 고려하여 본 연구지역을 대표할 수 있다고 생각되는 7개의 정점을 선택하여 코어깊이에 대한 단면도 (profile)를 도시하였다.

#### 1) 정점 3

본 정점은 부산 동쪽에 위치하며, 수심 98 m, 코어길이 130 cm, 평균입도 3.40~5.16  $\phi$ , 색상은 dark greenish gray (5GY 3/2)이다. 퇴적물 조직은 homogeneous muddy sand로 되어 있으며 패각 및 패각편이 소량 포함되어 있다 (Fig. 7).

코어깊이에 대한 조직 및 각 물성의 단면도 (Fig. 8)를 보면, 특히 패각이 많이 함유되어 있는 코어깊이 50 cm 부근에서 모래의 함량이 50% 이하로 줄어드는 반면 점토와 실트의 함량이 크게 증가하여 평균입도가 5  $\phi$  이상을 보이면서 함수율, 공극율 그리고 공극

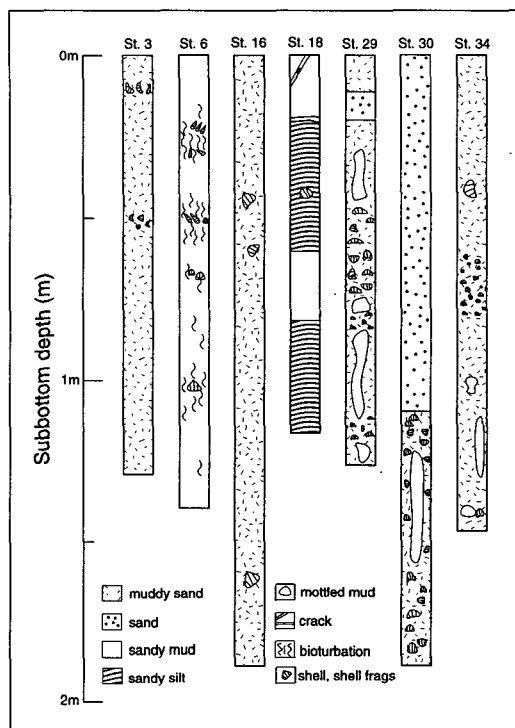


Fig. 7. Description of selected cores in the study area. Note the textural similarity on Stations 3, 16, 29 and 34.

비가 증가한다. 밀도값들은 80 cm 깊이까지 감소하다 약간 증가하는 경향을 보인다.

2) 정점 6

본 정점은 대한해곡이 끝나는 북동쪽 끝에 위치하고 있으며, 수심 172 m, 코어길이 140 cm, 평균입도 5.67~6.91  $\phi$ , 색상은 dark greenish gray (5GY 4/1)이다. 상부 20 cm까지는 homogeneous sandy mud로 구성되어 있으나, 그 이하의 깊이에서는 패각 및 패각편을 함유하고 있으며, 특히 코어깊이 30 cm, 50 cm 부근에서 많이 나타난다. 또한 생흔작용 (bioturbation)의 흔적도 많이 보인다 (Fig. 7).

코어 깊이에 따른 조직 및 각 물성 값의 단면도를 보면 조직의 경우 20 cm를 경계로 큰 값의 변화를 보인다 (Fig. 9). 20 cm 깊이까지는 모래와 점토함량이 증가하고 실트함량이 감소하면서 평균입도가 6.8  $\phi$ 까지 증가한다. 그러나 그 이하 깊이에서는 변화가 거의 없다. 밀도의 경우, 습윤전밀도 값은 깊이에 따른 뚜렷한 변화를 보이지 않으나, 건조전밀도와 입자밀도는 평균입도 변화와 유사한 변화를 보이며, 특히 모래의 함량이 조금 증가하는 60 cm 깊이에서 약간 증가하는 양상을 보인다. 함수율과 공극율의 경우 평균입도가 급격히 감소하는 20 cm 부근에서는 공극율은 약간 증가하나 함수율은 큰 변화를 보이지 않으며,

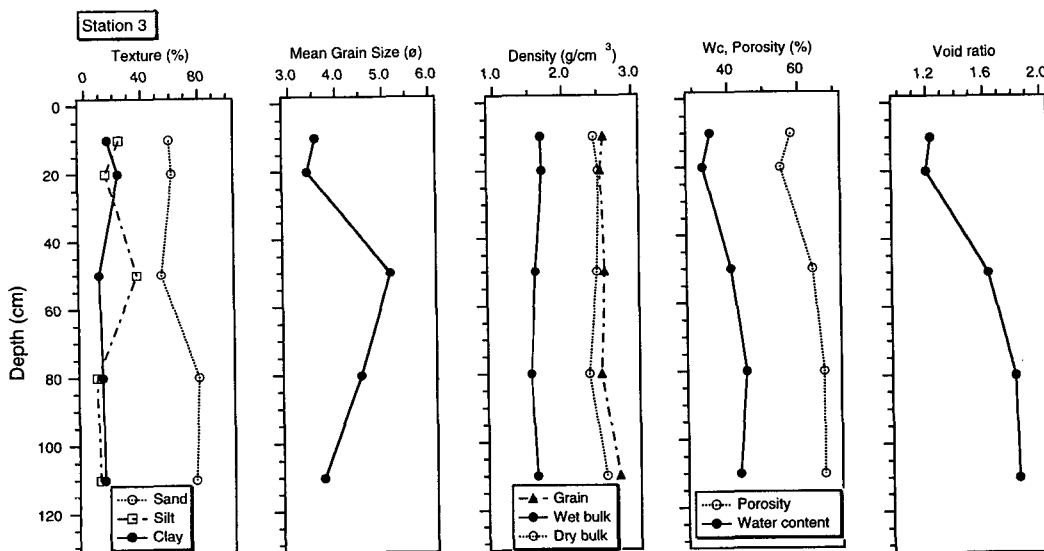


Fig. 8. Profiles of sediment texture and physical properties at Station 3.

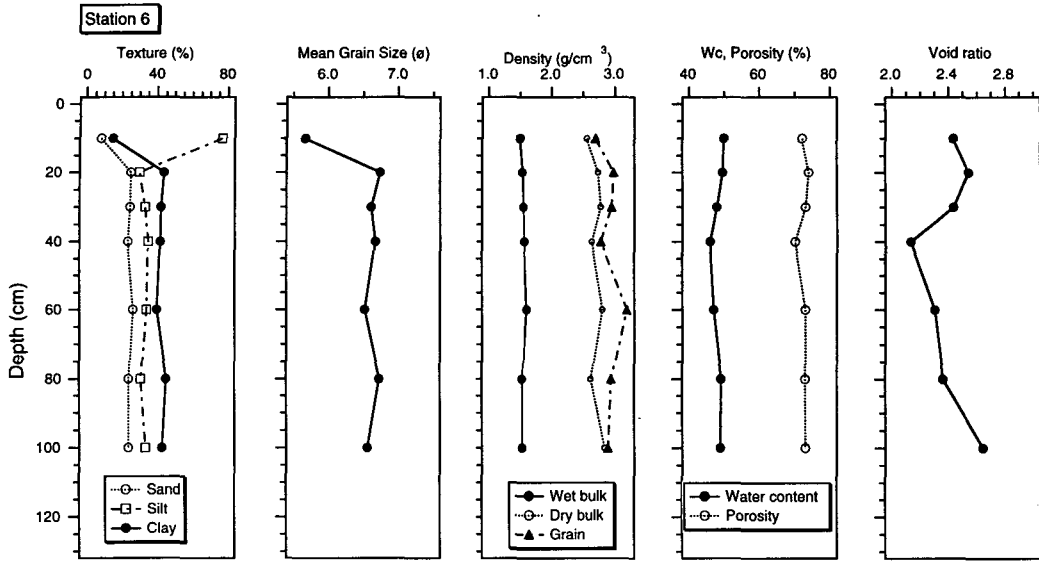


Fig. 9. Profiles of sediment texture and physical properties at Station 6.

40 cm 깊이에서 공극율, 함수율 그리고 공극비가 최소값을 보이면서 깊이에 따라 약간 증가한다.

이 지역은 대한해곡이 거의 끝나가는 지역으로 표층 20 cm까지는 잔류퇴적물을 현생 세립질 퇴적물이 피복하고 있는 것으로 사료된다. 20 cm이하 깊이에서 퇴적물 조직 및 물성변화가 크지 않은 것으로 보아 퇴적환경의 변화가 별로 없었던 것으로 사료된다.

### 3) 정점 16

본 정점은 거제도 동쪽 약 20 km 지점에 위치하며, 수심 77 m, 코어길이 188 cm, 평균입도 1.94~4.87 φ, 색상은 grayish olive green (5GY 3/2)이다. 전체적으로 homogeneous muddy sand로 구성되어 있고, 45 cm, 55 cm, 155 cm 깊이에서 큰 패각 및 패각편이 존재한다 (Fig. 7).

각 특성별 수직적 변화를 보면 조직의 경우 코어 10 cm 깊이에서 점토와 실트의 함량이 증가하는 반면 모래의 함량이 크게 감소하여 평균입도가 5 φ 근처까지 감소한다 (Fig. 10). 80 cm 깊이에서 부터 모래의 함량이 증가하고 점토와 실트의 함량이 감소하면서 평균입도가 증가한다. 밀도의 경우 습윤전밀도는 깊이에 따라 증가하는 양상을 보이며 건조전밀도와 입자밀도는 20 cm, 140 cm 깊이에서 약간 감소하지만 전반적으로 약간 증가하는 양상을 보인다. 함수율, 공

극율 그리고 공극비등은 점토의 함량이 증가하고 모래의 함량이 감소하는 80 cm 깊이까지는 감소하다 그 이하 깊이에서는 완만하게 증가하는 양상을 보인다.

### 4) 정점 18

본 정점은 대한해곡의 중심부에 위치하며, 수심 161 m, 코어길이 117 cm, 평균입도 5.83~6.46 φ, 색상은 dark greenish gray (5GY 4/1)이다. 코어깊이 20 cm까지는 엽리를 가진 sandy mud, 20~60 cm 사이는 compacted homogeneous sandy silt로, 60~80 cm 사이는 sandy mud로, 그 이하 깊이에서는 다시 sandy silt로 구성되어 있다 (Fig. 7).

조직 및 물성의 단면도 (Fig. 11)를 보면 20 cm 부근에서 모래와 점토의 함량이 줄어들고 실트의 함량이 증가한다. 20~70 cm 사이에서는 조립질부가 감소하다가 70 cm 이하부터는 다시 증가한다. 그러나 입도변화가 별로 크지 않아서 밀도, 공극율, 함수율 등은 수직적인 변화가 크게 나타나지 않는다. 이 지역은 다른 지역과는 달리 해곡근처로서 현생 및 빙하기에도 강한 해류의 영향으로 저층퇴적물들이 재동작용 (reworking, winnowing) 등을 받아 깊이에 따른 조직의 변화가 심한 것으로 생각된다 (Park and Yoo, 1992).



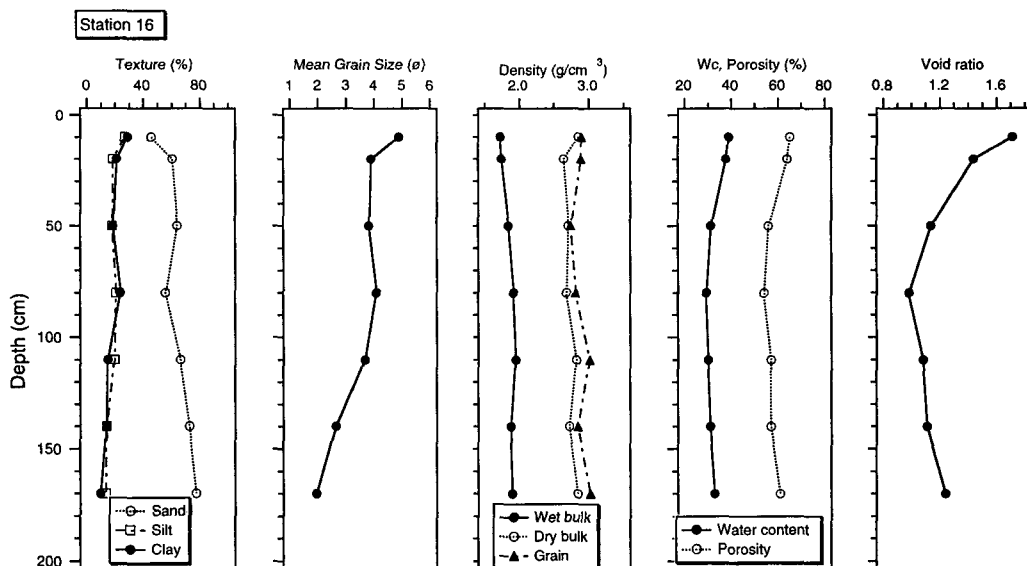


Fig. 10. Profiles of sediment texture and physical properties at Station 16.

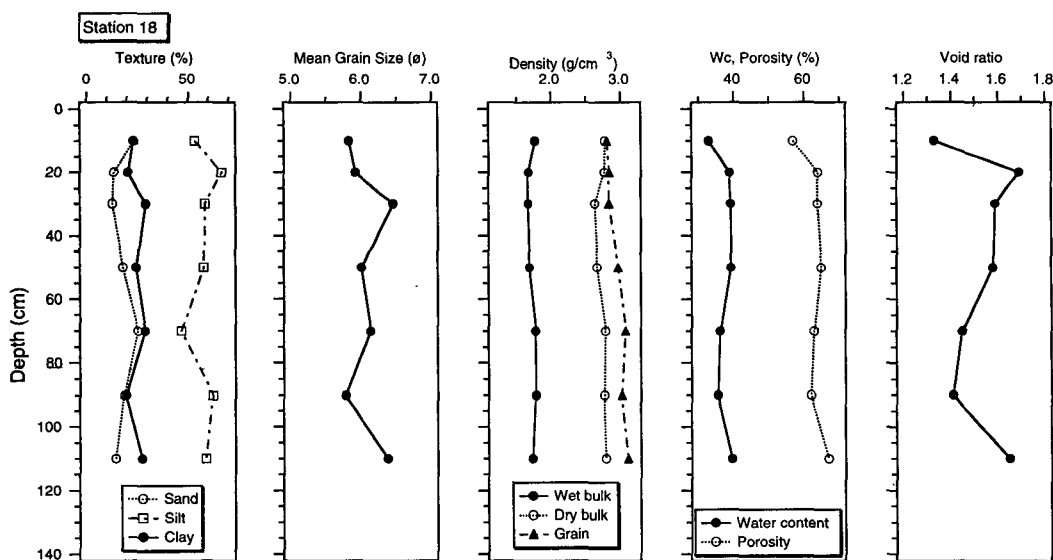


Fig. 11. Profiles of sediment texture and physical properties at Station 18.

5) 정점 29

본 정점은 거제도 동남쪽 30 km 지점에 위치하며, 수심 100 m, 코어길이 127 cm, 평균입도  $0.57 \sim 4.20 \phi$  이다. 코어깊이 40 cm 까지는 grayish green color (10GY 5/2)를 보이며 그 이하의 깊이에서는 dark greenish gray color (5GY 4/1)이다. 코어깊이 30~45 cm, 75~78 cm, 85~110 cm, 115~127 cm에서 mottled

mud가 나타난다. 40 cm 이하 깊이에서 부터 패각편이 많이 나타나며, 특히 100 cm 부근에서는 큰 패각 및 패각편이 나타난다 (Fig. 7). 코어 깊이 10~20 cm와 120 cm에서는 모래가 우세하게 나타나나 그 외는 muddy sand로 구성되어 있다.

조적 및 물성의 단면도를 보면 40 cm 깊이까지 모래의 함량은 감소하고 실트와 점토는 비슷한 함량으

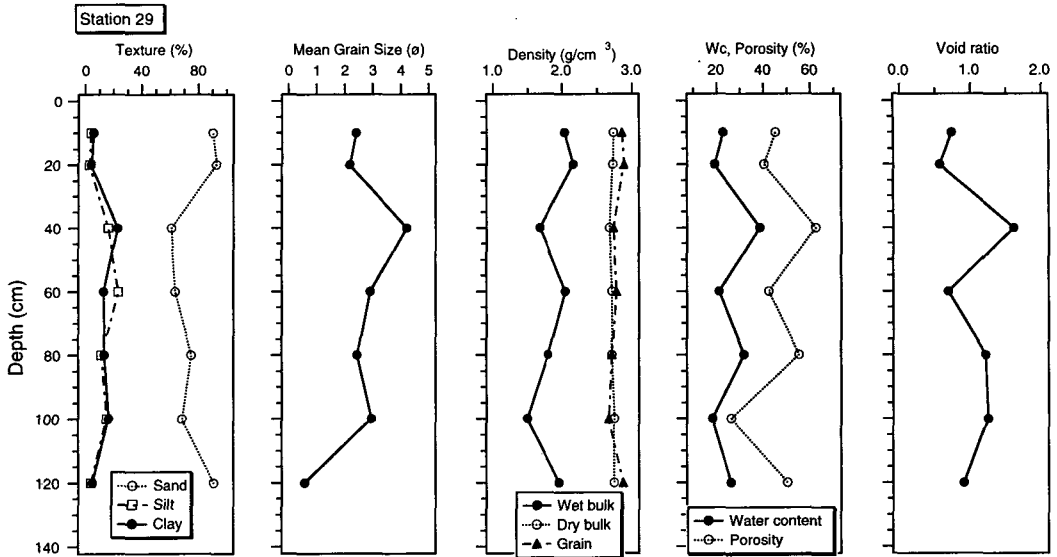


Fig. 12. Profiles of sediment texture and physical properties at Station 29.

로 증가하여, 평균입도가 4 φ 이상으로 세립화한다. 100 cm 깊이까지 큰 변화가 없다가 그 이하 깊이에서는 다시 모래의 함량은 증가하고 실트와 점토의 함량은 감소하여 평균입도가 1 φ 이하로 조립화된다 (Fig. 12). 습윤전밀도의 경우 평균입도와 유사하게 변화하는 현상을 보이나, 입자밀도와 건조전밀도의 값은 깊이에 따른 변화가 미미하게 나타난다. 이는 사질퇴적물의 광물조성이 유사하다는 것을 반영하는 것이다. 100 cm 깊이에서 습윤전밀도와 입자밀도가 최소값을 보이나 모래함량의 증가로 인해 다시 크게 증가한다. 함수율, 공극율, 공극비 등은 다른 정점들에 비해 깊이에 따라 변화가 심하게 나타나는데, 이것은 앞의 퇴적상의 변화 (Fig. 7)에서도 볼 수 있듯이 퇴적물의 조직의 변화뿐만 아니라, 퇴적물내에 패각 및 패각편이 많이 함유되어 있고 또한 사질 퇴적물과 니질퇴적물이 혼합 (mottled mud) 등의 복합적인 요소들이 물성에 영향을 주어 깊이에 따른 변화가 크게 나타나는 것으로 생각된다.

6) 정점 30

본 정점은 정점 29에서 동쪽으로 약 20 km 정도에 위치하며, 수심 113 m, 코어길이 189 cm, 평균입도 1.63~2.37 φ, 색상은 dark greenish gray (5GY 4/1)이다. 전 코어에서 패각 및 패각편이 존재하며, 특히 170

cm 이하에서 많이 존재한다 (Fig. 7). 퇴적층 122~154 cm에서는 mud가 협재되어 존재하나 전체적으로는 homogeneous sand로 구성되어 있다 (Fig. 7).

조직 및 물성의 단면도를 보면, 조직의 경우 모래의 함량이 약 90% 이상으로 주 구성성분이다 (Fig. 13). 코어길이 140 cm 부근에서 점토와 실트의 함량이 약간 증가하고 모래의 함량이 약간 감소하기는 하지만 그 변화율은 극히 미미하여 전반적으로 수직적인 변화는 없다고 볼 수 있다. 건조밀도와 입자밀도는 전반적으로 증가하는 양상을 보이나 습윤전밀도는 10 cm 부근에서 약간 감소하다 증가한다. 함수율, 공극율 그리고 공극비 등은 140 cm 부근의 세립질 퇴적물의 증가로 인하여 약간 증가하나 전반적으로 감소하며 점토함량의 변화와 유사한 경향을 보인다. 수직적인 조직 및 물성변화가 거의 없는 것으로 보아 이 지역은 현생 퇴적층의 피복이 거의 없으며 잔류퇴적물이 해저면에 그대로 노출되어 있는 것으로 보인다.

7) 정점 34

본 정점은 거제도 남쪽 약 60 km 지점에 위치하며, 수심 91 m, 코어길이 146 cm, 평균입도 2.58~8.16 φ, 색상은 grayish olive green (5GY 3/2)이다. 전코어에서 패각 및 패각편이 존재한다. 코어길이 100 cm와, 110~140 cm에서 mottled mud가 협재되어 나타나고

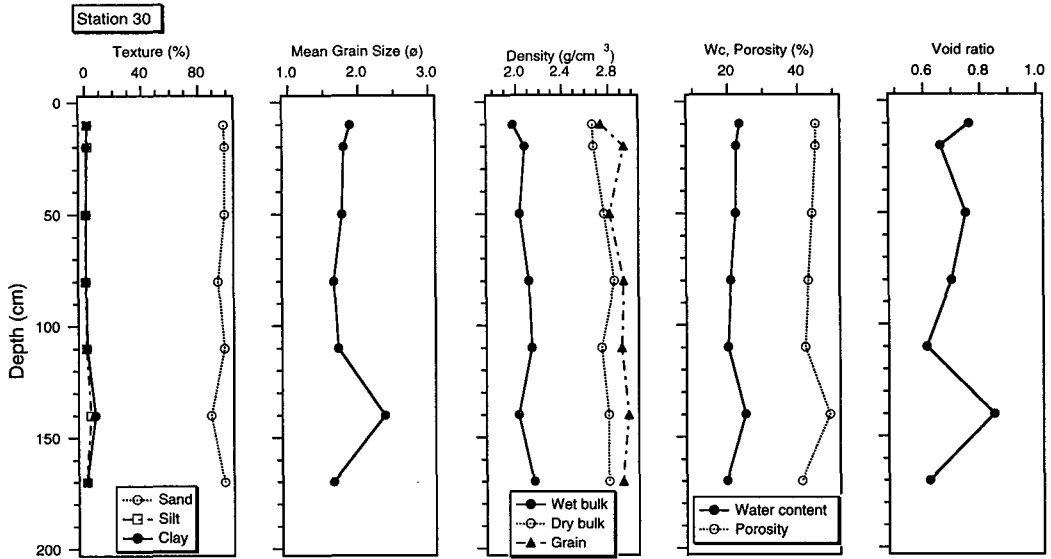


Fig. 13. Profiles of sediment texture and physical properties at Station 30.

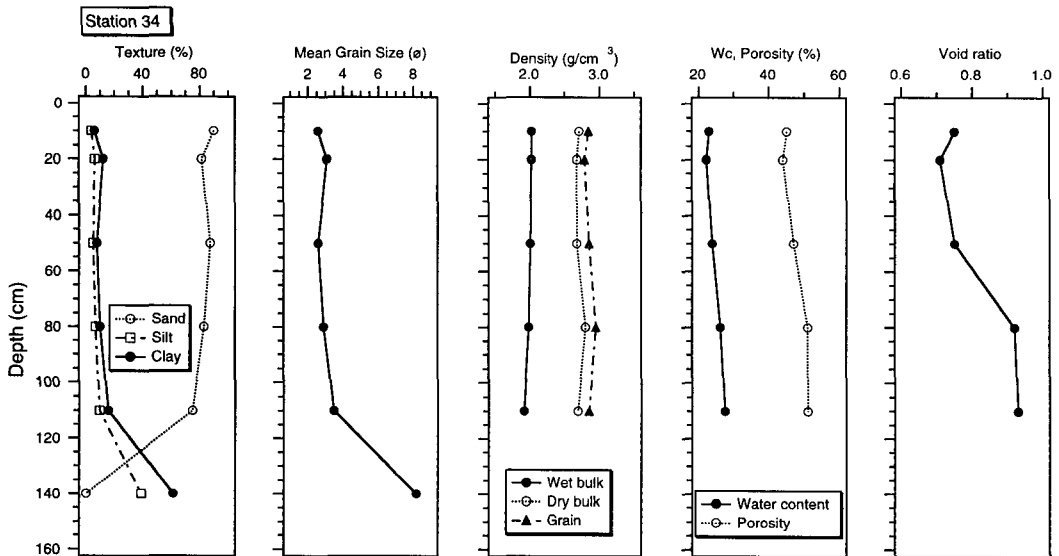


Fig. 14. Profiles of sediment texture and physical properties at Station 34.

그 외는 대부분 muddy sand로 구성되어 있다 (Fig. 7).

조적 및 각 물성의 단면도를 보면 조적의 경우 120 cm 깊이에서부터 모래의 함량이 급격히 줄어들며 점토와 실트의 함량이 증가한다 (Fig. 14). 평균입도 역시 그 깊이에서 급격히 감소한다. 밀도값의 경우 120 cm 깊이 이하에서의 자료가 없으나 전체적으로

큰 변화는 없으나 깊이에 따라 점진적으로 증가하는 것으로 나타났다. 이것은 조적값의 깊이에 대한 변화 양상과 유사하다. 또한 함수율, 공극율 그리고 공극비 등도 모래의 함량이 줄어드는 반면 점토함량의 증가로 인하여 깊이에 따라 증가하는 양상을 보인다.

퇴적층 깊이 120 cm 이하에서 나타나는 세립질 퇴적물의 형성과정은 설명하기 어렵다. 다만 점점 34

의 바로 서쪽에 여러개의 해안선과 평행하게 발달된 천해의 등성이 (sand ridge)의 존재와 연관지어 생각해 볼 수는 있으나, 등성자들이 해수면이 현재보다 50~60 m 낮았을 때 형성된 것으로 해석되고 있어, 해수면 상승에 따른 지형적인 영향으로 인한 국지적 현상으로 생각된다 (Kim et al. 1986; 1987; Min, 1992).

## 요 약

한국 남동해역의 사질퇴적물의 물리적 성질 분포는 수심과 해류의 영향이 큰 것으로 나타났다. 수심 80 m를 전후하여 잔류퇴적물인 muddy sand가 분포하고 모래함량은 60% 이상이며 수직적인 조직 및 물성변화는 별로 크지 않다. 표층퇴적물의 수평분포의 경우 평균입도는 한반도 동남해역과 대마도 중간선에서 가장 조립질로 나타나며 이와 완전히 일치하지는 않지만 전밀도의 경우도 중앙부가 높게 (1.80 g/cm<sup>3</sup> 이상) 분포한다. 공극율과 함수율의 경우는 전밀도의 분포와 반대로 대한해협 중심부 부근이 낮고 한반도나 대마도 쪽이 높는데 이는 평균입도 분포에서도 볼 수 있듯이 세립질 퇴적물 성분의 증가와 연관되어 있다. 또한 대마해류의 주 통로를 중심으로 북서-남동 방향으로 증가하는 양상이 뚜렷하게 관찰된다.

## 사 사

본 논문은 1994년도 한국학술진흥재단의 대학부설 연구소 연구과제 연구비에 의하여 연구되었음을 밝힙니다. 코어시료 채취에 도움을 준 부산 402호 및 탐양호 승무원과 부산수산대학교 응용지질학과 학생들에게 사의를 표합니다.

## 참 고 문 헌

- Baas B. and D. Moore. 1959. Density distribution in sediments, *J. Sediment. Petrol.* 29, 47~55.
- Boyce, R. E. 1973. Appendix 1. Physical property methods. In *Initial Reports of Deep Sea Drilling Project 15*. U.S. Govt. Printing Office, Washington, D.C. 1115~1128.
- Boyce, R. E. 1976. Definitions and laboratory techniques of compressional sound velocity parameters and wet-water content, wet-bulk density, and porosity parameters by gravimetric and gamma ray attenuation techniques. In *Initial Reports of Deep Sea Drilling Project. 33*. U.S. Govt. Printing Office, Washington, D.C. 931~958.
- Byun, S. K., H. J. Lee, C. S. Kim and Jun, H. K. 1982. Water circulation of the East Sea and its applicability to industry. *KORDI Report, BSPE 00042-62-1*. 45 pp.
- Byun, S. K. 1991. Current structure in the Korea Strait. Abstract for the Symposium on the Sea between Korea and Japan, Part I. *Current and Circulation*, pp. 18~26.
- Folk, R. L. 1968. *Petrology of Sedimentary Rocks*. Hemphill's Austin, Texas, 170 pp.
- Folk, R. L. and W. C. Ward. 1957. Brazos River. A study in significance of grain-size parameters. *J. Sed. Petrology*, 27, 3~27.
- Galehouse, J. S. 1971. Sedimentation analysis. In *Procedures in Sedimentary Petrology*, ed. by R. E. Carver, Wiley-Interscience, pp. 69~74.
- Hamilton, E. L. 1970. Sound velocity and related properties of marine sediments. *North Pacific. J. Geophys. Res.* 75 (23), 4423~4446.
- Hurd, D. C. and F. Theyer. 1977. Changes in the physical and chemical properties of biogenic silica from the central Equatorial Pacific: Part 2. Refractive Index, density, and water content of acid-cleaned samples, *Am. J. Sci.* 227, 1168~1202.
- Ingram, F. L. 1971. Sieve analysis. In *Procedures in Sedimentary Petrology*, ed. by R. E. Carver. Wiley-Interscience.
- Keller, G. H. and R. H. Bennett. 1968. Mass physi-

- cal properties of submarine sediments in the Atlantic and Pacific basins. In Vol. 8 of Proceedings of the 23rd International Geological Congress, Prague, pp. 35~50.
- Keller, G. H. and D. N. Lambert. 1972. Geotechnical properties of submarine sediments, Mediterranean Sea, pp. 401~415. Strondburg, Hutchinson and Ross, Inc.
- Keller, G. H. and D. N. Lambert. 1980. Variation of sediment geotechnical properties between the Greater Antilles Outer Ridge and the Nares Abyssal Plain. *Mar. Geotechnol.* 4 (2), 125~143.
- Kim, S. W., C. S. Lee, Y. O. Lee, Y. S. Kong, C. W. Lee, M. G. Hong, Y. S. Park and K. L. Choe. 1986. Geological study on the shallow water. Rep. Korea Inst. Energy Res. KR-86-20, 1~64.
- Kim, S. W., M. G. Hong, C. W. Lee, K. L. Choe, Y. S. Kong, Y. O. Lee and Y. S. Park. 1987. Marine geological study between Geoje and Pusan. Rep. Korea Inst. Energy and Res. KR-87-2-20, 1~64.
- Kim, W. H. and Y. A. Park. 1980. Microbiogenic sediments in the Nakdong Estuary, Korea. *J. Oceanol. Soc. Korea*, 15, 34~48.
- Kim, M. S., K. S. Chu and O. S. Kim. 1986. Investigation of some influence of the Nakdong River water on marine environment in the estuarine area using Landsat imagery. Rep. Korea Min. Sci. Technol. 93~147.
- Kim, D. C. and G. Y. Kim. 1991. Physical and acoustic properties for unconsolidated sediment in the Kwangyang Bay: In comparison with the continental terrace sediment in the North Pacific. *Bull. Korean Fish. Soc.* 24 (5), 289~302 (in Korean).
- Kim, D. C., Y. A. Park, C. B. Lee, H. J. Kang and J. H. Choi. 1992. Sedimentation and physical properties of innershelf sediment, South Sea of Korea. *J. Geol. Soc. Korea*. 28 (6), 604~614.
- Kim, G. Y., J. Y. Sung, D. C. Kim and J. C. Kim. 1994. Physical and acoustic properties of sediment around the Yeosu Sound. *Bull. Korean Fish. Soc.* 27 (4), 434~444 (in Korean)
- Korea Hydrographic Office. 1982. Marine Environmental Atlas of Korean Water. Korea Hydrog. Off., Inchon, Korea, 38 pp.
- Lambert, D. N., R. H. Bennett, W. B. Sawyer and G. H. Keller. 1981. Geotechnical properties off continental upper rise sediments-Veatch Canyon to Cape Hatteras. *Mar. Geotechnol.* 4 (4), 281~306.
- Lim, D. B. 1976. The movements of the waters off the south coast of Korea. *J. Oceanol. Soc. Korea*, 11 (2), 77~88.
- Min, G. H. 1992. Holocene transgressive sediments and sedimentary processes in the South Sea, Korea. KSRG Spec. Publ.; Sedimentary Basin in the Peninsula and Adjacent Seas. 1~21.
- Park, Y. A. 1983. Late Quaternary sedimentation on the continental shelf off the southeast coast of Korea. Rep. Res. Inst. Bas. Sci., Seoul Nat'l Univ., pp. 163~186.
- Park, Y. A. 1985. Later Quaternary sedimentation on the continental shelf off the southeast coast of Korea, a further evidence of relict sedimentations. *J. Oceanol. Soc. Korea*, 20 (3), 55~61.
- Park, Y. A. and J. Y. Choi. 1986. Factor analysis of the continental shelf sediments off the southeast coast of Korea and its implication to the depositional environments. *J. Oceanol. Soc. Korea*, 21, 34~45.
- Park, S. C. and D. G. Yoo. 1988. Depositional history of Quaternary sediments on the continental shelf off the southeastern coast of Korea (Korea Strait). *Mar. Geol.*, 79, 65~75.
- Park, S. C., K. M. Jang and S. D. Lee. 1990. High-resolution seismic study of modern fine-grained deposits: Inner shelf off the southeastern coast of Korea. *Geo-Mar. Letter.*, 10, 145~149
- Park, S. C. and K. S. Chu. 1991. Dispersal patterns of river-derived fine-grained sediments on the inner shelf of Korea Strait. Elsevier Oceanog-

- graphy Series, 54, 231~240.
- Park, S. C. and D. G. Yoo. 1992. Deposition of coarse-grained sediments in the Korea Strait during late Pleistocene low sea level. *Geo-Mar. Letter*, 12, 19~23.
- Shepard, L. E., W. R. Bryant and W. A. Dunlap. 1979. Geotechnical properties and their relation to geologic processes in South Pass outer continental shelf lease area Blocks 28, 47 and 48, offshore Louisiana, Dept. of Oceanography Texas A & M Univ. Technical Report 79-5-T. 125 pp.
- Sung, J. Y. 1994. Sedimentary environment and geoaoustic modeling of the shelf sediment, South Sea of Korea. M.S. Thesis, Dept. of Applied Geology. Nat'l Fish. Univ. Pusan. 114 pp. (in Korean).
- Silva, A. J. 1973. Geotechnical properties of ocean sediments recovered with giant piston corer: 1. Gulf of Maine. *J. Geophys. Res.*, 78 (18), 3597~3616.
- Silva, A. J. and C. D. Hollister. 1979. Geotechnical properties of ocean sediments recovered with the giant piston corer: Blake-Bahama Outer Ridge. *Mar. Geol.* 29, 1~22.
- Yanagi, T. 1991. Shelf waves from the Korea coast to the Japanese coast. Abstract for the Symposium on the Sea between Korea and Japan, Part I, Current and Circulation. pp.1~4.

---

1996년 4월 10일 접수

1996년 9월 3일 수리