

한국 남해 大陸棚 海底 堆積物 分布特性和 現世初期의 海水面*

박 용 안·이 창 복·조 영 길·최 진 용
서울대학교 자연과학대학 해양학과

박 상 윤
한국해양대학교

The Holocene Marine Sediment Distribution on the
Continental Shelf of the Korea South Sea and the
Early Holocene Sea level Standing Evidence

Yong Ahn Park, Chang-Bok Lee, Yeong Gil Cho, Jing Yong Choi
Seoul National University, Seoul 151-742, Korea

Sang-Yun Bak
Korea Maritime University, Pusan, Korea

요 약

남해 대륙붕에서 채취된 70개의 표층퇴적물과 130개의 해수시료를 대상으로 하여 이 환경에서의 표층퇴적물 분포, 표층퇴적물과 해저지형 및 부유물질 분포에 대하여 연구하였다.

이토(mud)는 남해 대륙붕 수심 약 40m인 연안 및 내대륙붕 해역에서 우세하나 대륙붕 지역의 대부분은 조립물질인 모래가 우세하여 일부 지역에 따라 자갈 또는 패각 모래가 발달한다. 이와 같은 분포경향은 현세(Holocene)해수면 상승(변동)과 그에 따른 수력학적인 조건에 의한 것으로 해석된다.

현세 간빙기의 최초기 즉, 현세 간빙기 직전의 빙기(Wisconsin 혹은 Würm) 후기에 위치하였던 해수면(약 18000y.B.P.)에 관련된 퇴적상과 그 당시의 연안 해저지형의 특징이 본 연구결과의 하나로서 규명되었다.

* 본 연구는 1988년도 문교부 기초과학육성 연구비의 지원에 의한 것임

ABSTRACT

The Holocene marine surficial sediments and submarine morphology of the continental shelf of the Korea South Sea have been investigated to understand the evolutionary history of the continental shelf sedimentation in relation to Holocene sea level fluctuations.

It is considered that along 120m \pm α water depth of so-called Pusan Trough between the Tsushima Island and Pusan, Korea the lowest stand of Holocene sea level seems to be existed.

서 언

오늘의 전세계적 대륙붕은 현재의 해수면 위치보다 약 130m가 낮았던 제4기 플라이스토세 말기의 빙하기때의 해수면 위치에서 소위 현세(Holocene)해수면 상승으로 인하여 침수되어 발달한 것이다. 현재의 대륙붕 퇴적 환경과는 다른 수리동력학적 에너지의 조건 즉, 해수면이 낮았던 그 당시의 연안 및 하성기원 퇴적물을 소위 잔류퇴적물(relict sediments)이라고 하여 이들 퇴적물은 현재의 외대륙붕 표면에 넓게 분포한다(Curray, 1965; Milliman and Emery, 1968).

지금까지 남해와 그 인접지역의 표층퇴적물의 연구는 퇴적학적인 특성에 대한 것이 대부분이었다(Park & Song, 1971; Kim *et al.*, 1980, 1981, 1984, 1985; Kim *et al.*, 1982, 1983, 1985; Park *et al.*, 1983, 1984, 1985; Park & Choi, 1986; Park *et al.*, 1987; Par *et al.*, 1988; Park & Yoo, 1988; Zhu & Wang, 1988). 그런데 대륙붕 퇴적특성 자체의 규명에 중점을 둔 것이 대부분이다.

연구지역도 연근해와 만에 국한된 경우가 많으며 동자연의 해저지질도 작성과 연관된 연구보고서의 대부분이 해수면 상승에 따른 현세 대륙붕 연구의 일부를 다루고 있는 것도 사실이다.

본 연구의 목적은 부유물질의 분포와 그

에 따른 내·외 대륙붕의 세립물질 근원, 및 고해수면(Palaeo-shoreline)의 위치와 잔류퇴적상 특성을 고찰함에 있다. 또한 연구지역 연안해역에 분포하는 세립퇴적물에 대한 기원과 공급원의 이해가능성을 밝히는 데 있다.

본 연구는 문교부 기초과학교육성 연구비(1988년도)의 지원에 의한 것이며 한국해양대학교의 유능한 한바다호 선장과 모든 선원에게 특히 감사드리며, 선상관측의 어려운 일과 조건을 훌륭히 풀어나가고 실내연구를 크게 달성한 서울대학교 해양학과 해양지질학 분야 대학원 학생들에게 감사로 표하는 바이다.

연구지역개관

한반도 남단의 남해는 인위적으로 진도-제주도-오도열도를 잇는 선과 울기-일본을 잇는 선의 사이에 발달한 해역으로 구분된다.(국립수산진흥원, 1979) 남해는 황해, 동지나해 및 동해에 연속 연결되는 해저지형, 해류 및 수괴가 발달하며 이에 따른 해양 특성과 해양 현상의 시·공간적 변화가 복잡한 해역이다(그림 1).

남해 대륙붕 해역은 대마난류수와 남해 연안수의 세력에 의해 크게 영향을 받는데 대마난류수는 대륙사면을 따라 북상하다가 동지나해로 확장하는 중국대륙 연안수와 혼

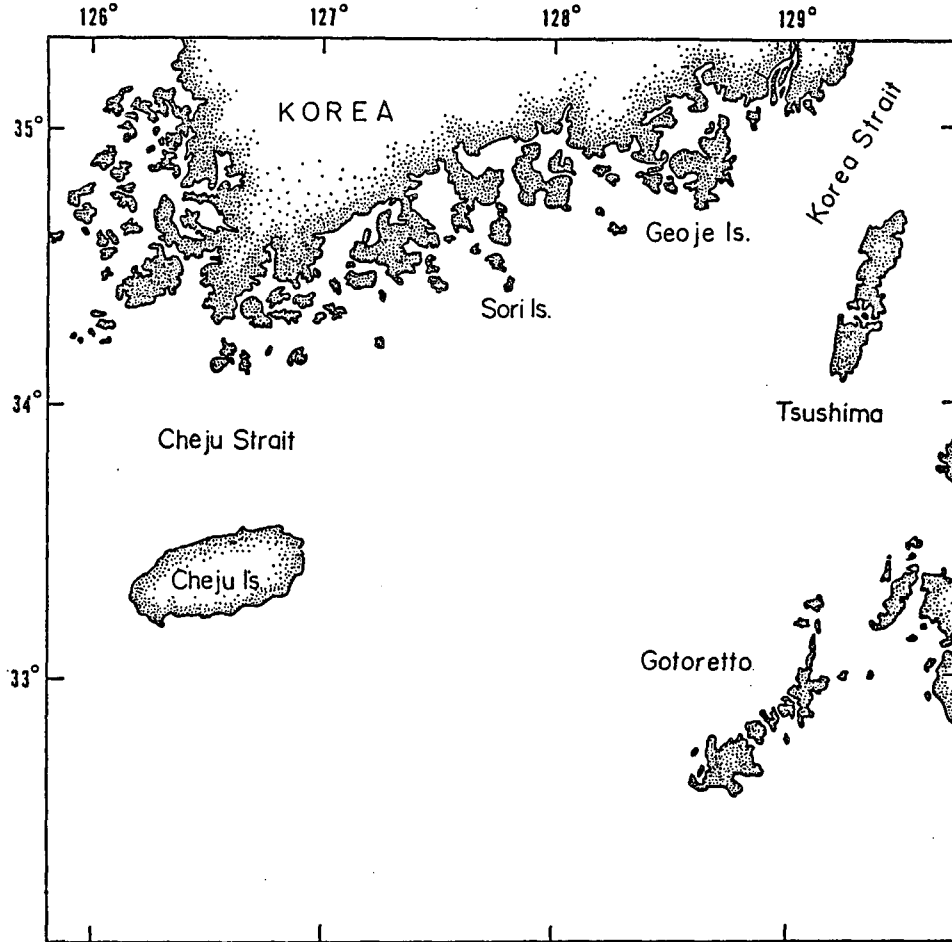


Fig. 1. Index map showing the study area, that is, Korea South Sea.

합하면서 오도열도와 제주도 사이를 통해 대한해협으로 유입하며 유속은 평균 1.0 knot 이하로 비교적 약하고 조류에 의해 하루에 두번씩 변화한다. 대마난류수는 남해 연안수와 경계를 이루며 소리도 남쪽해역에서 여름철에 와류현상을 나타내며 겨울철에는 물의 침전현상을 보인다(Lim, 1976). 한편 남해연안수는 계절에 따른 변화를 크게 나타낸다. 즉, 여름철에는 20°C의 수온과 32.5%의 염분을 나타내며 겨울철에는 5°C의 수온과 32.5-33.1%의 염분 분포를 나타낸다.

조석은 반일주조형으로 일조부등은 그리

크지 않으며 조류의 세기는 지역적으로 심한 차이를 보이나 그 방향은 전반적으로 창조류는 서쪽, 낙조류는 동쪽으로 향하고 있다.

연구지역인 남해는 동해의 심해분지와는 대조적으로 전형적인 대륙붕으로써 해안역의 등심선은 대체적으로 해안선과 평행하며 남쪽 방향으로 갈수록 깊어지고 대한해협에 이르러서는 해안선에 매우 가깝게 접근한다.

수심 80m를 경계로 하여 내대륙붕과 외대륙붕으로 구분되며(Park, 1987), 내대륙붕의 해저는 해안선의 방향과 평행한 추세

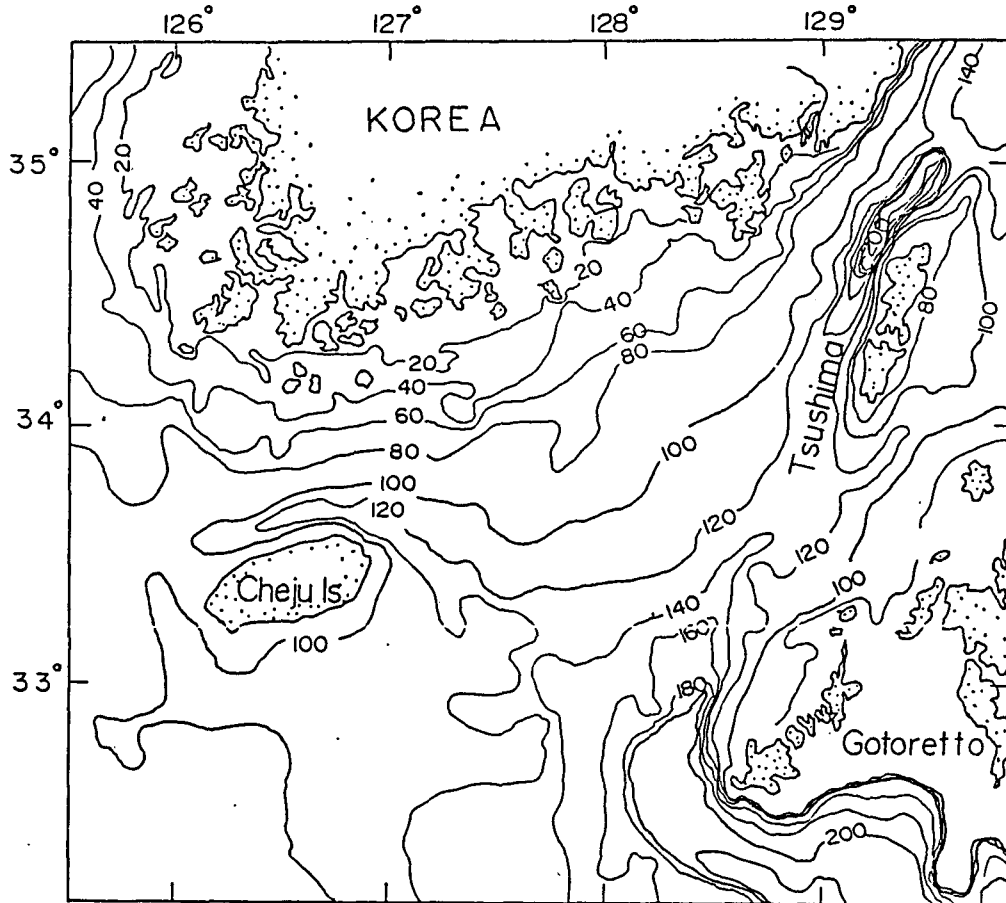


Fig. 2. Bottom topography of the South Sea. (isobaths 20m intervals)

를 나타내는 반면, 외대륙붕 해저는 한국해협 부산해저협곡(Pusan Trough) 등 크고 작은 기복현상을 나타낸다(그림 2).

재료 및 방법

본 연구를 위한 시료는 1986년 4월과 1988년 10월, 두 차례에 걸쳐 총 70개 정점에서 표층퇴적물 시료, 2개의 정점에서 피스톤 주상시료 및 36개 정점에서 부유퇴적물 시료를 한국해양대학교 실습선 한바다호를 이용하여 채취하였다(그림 3).

표층퇴적물은 Van-Veen type grab sampler를 이용하여 하였고, 부유물 시료는

Niskin bottle를 이용하여 표층·중층 및 저층의 水層에서 채수하였으며, 채수 즉시 선상에서 진공펌프시스템으로 SPM에 필요한 기초적 작업을 실시하였다.

Piston core를 이용한 주상시료는 3m 20cm 길이의 퇴적층이 채취된 바, 실내에서 절개하여 표층퇴적물 시료와 동일한 방법으로 입도분석용과 구분하여 화학분석용의 부시료를 채취하였다.

실내연구과정으로 모든 퇴적물 시료가 정규적 입도분석 방법으로 다루어졌으며 정확성을 가지는 분석결과를 나타내도록 조치되었다.

따라서, 퇴적물 시료는 Ingram(1971)과

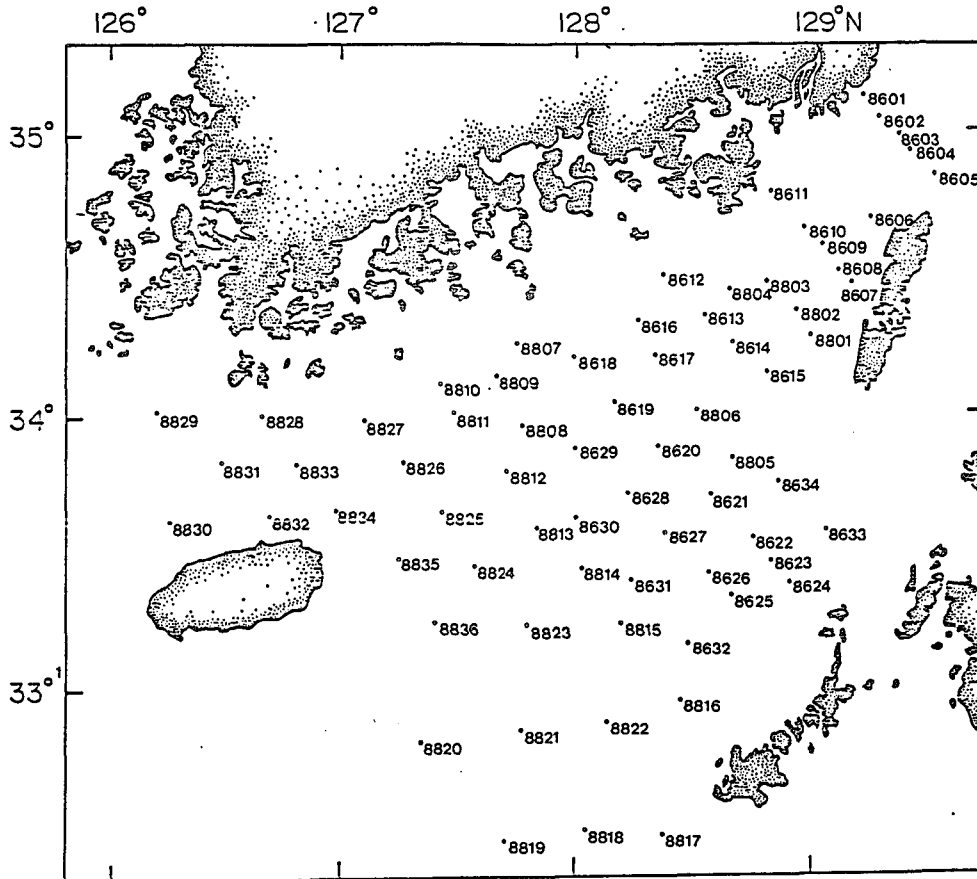


Fig. 3. Index map showing sampling stations in the study area.

Galehouse(1971)의 분석법에 따라서 $63\mu\text{m}$ 이상의 입자에 대해서는 표준체를 이용한 체질방법으로, 그리고 $63\mu\text{m}$ 이하의 입자에 대해서는 Stoke's law를 따르는 침전속도를 적용한 침전분석법에 의해 분석하였다. 피펫분석의 확산제는 칼콘(Sodium hexametaphosphat)을 사용하였으며, 입자의 크기는 모두 1Φ 간격으로 측정하였다. 그 결과는 Folk and Word(1957) 및 Folk(1968)의 도식법에 의해 통계처리하였다.

결과 및 고찰

부유퇴적물

그림 4(A, B, C)는 1988년 10월의 조사 기간 중 획득된 부유퇴적물(SPM: suspended particulate matter)의 분석결과로써 각 수층에 따른 수평분포를 나타낸다.

전반적인 분포형태는 연안해역과 내대륙붕해역(80m isobath) 해저지형의 등심선 추세와 매우 유사하다. 수층에 따른 SPM

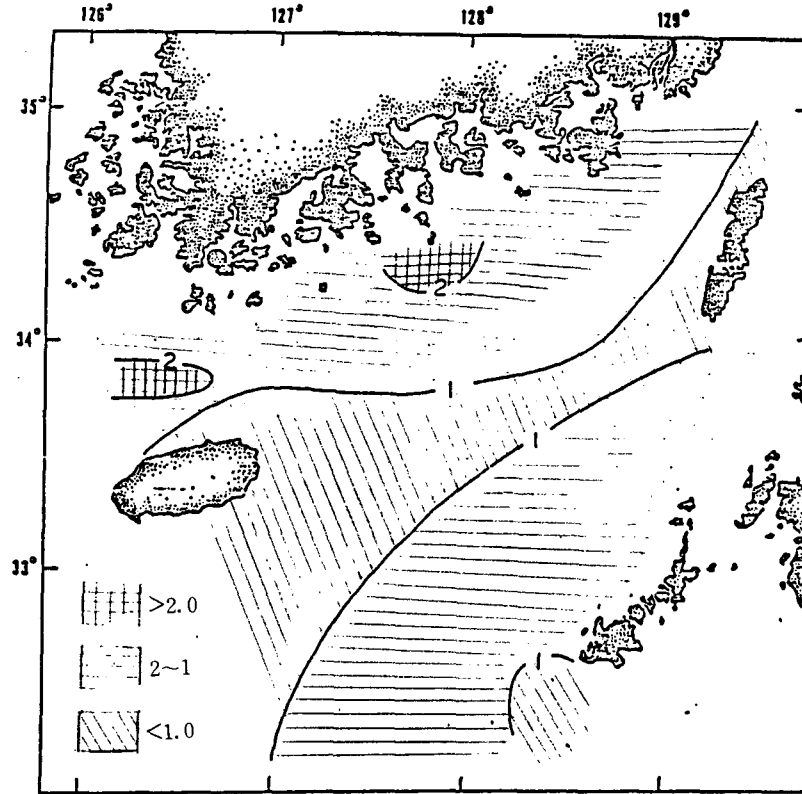


Fig. 4A Distribution of suspended particulate matters in the surface water in October, 1988
(Numbers in mg/l)

의 농도범위는 표층에서 0.7-2.9mg/l, 중층과 저층에서 각각 0.5-3.5mg/l로써, 저층으로 갈수록 농도가 증가한다. 제주해협 중앙부와 소리도 근처에서 2mg/l 이상의 값으로 표층으로서의 SPM함량이 가장 높고 외해로 갈수록 감소하여 1mg/l 이하의 값을 보인다(그림 4A).

중층에서는 남해중앙부 연안에서부터 북동쪽으로 해안선에 대체로 평행하게 2mg/l 이상의 등치선이 형성되며 제주도 남동해역에서 1mg/l 이하의 저농도해수의 유입을 보인다(그림 4B). 그러나 저층수(해저면에서 2m상위)에서 SPM 분포양상은 중층수에서 해안에 대체로 평행한 2mg/l의 등치선을 따라 3mg/l 이상의 농도대를 나타내며 이곳에서 연안해역으로 갈수록 농도

가 높아져 몇가지 중요한 요인이 작용함을 지시한다(그림 4C).

표층퇴적물

연구지역 표층퇴적물의 textural parameter가 계산되었고 이중 평균도입분포와 퇴적물 성분함량비는 그림 5(A, B)에 도시되었다. 그림에서 보는 바와 같이 평균입도는 남해 대륙붕 중부연안해역(소리도 부근)과 제주도 서편해역에서 연구지역 전체에 걸쳐 가장 세립하여 8-10 ϕ 의 값을 나타낸다(그림 5A).

이 지역 세립퇴적물의 사질성분 함량은 1-7%로써 이토질 성분이 압도적으로 우세하다. 그러나 외해로 갈수록 조립해져서 약

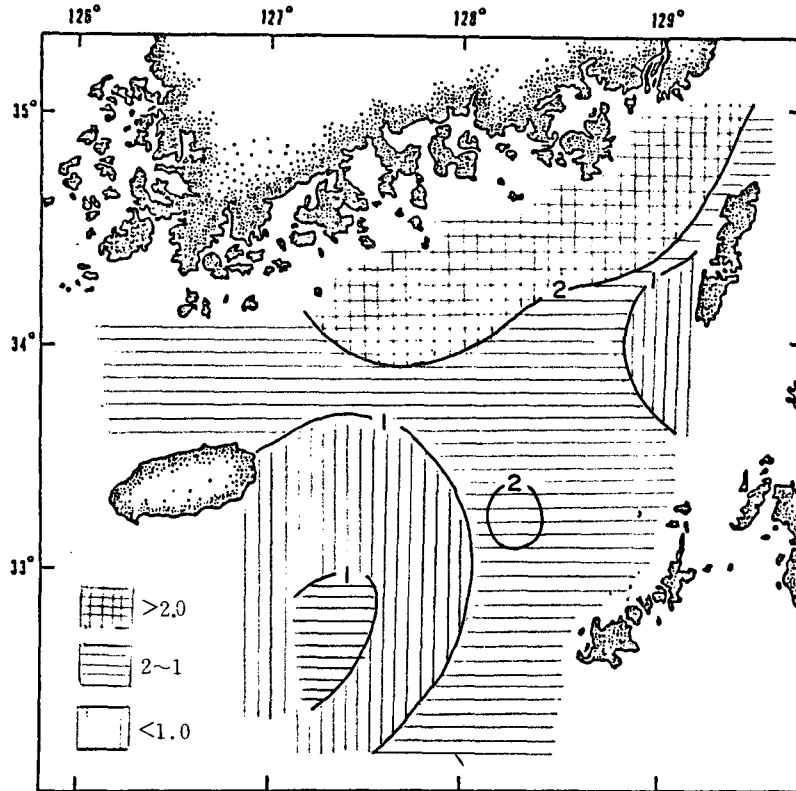


Fig. 4B Distribution of suspended particulate matters in the intermediate water in October, 1988
(Numbers in mg/l)

80m 등심선을 따라서 4 ϕ 의 평균 입도를 나타내며 사질성분 함량은 10-50% 범위로 증가하는 추세를 나타낸다(그림 5B).

한편 80m 등심선을 지난 외해역에 이르면 전체적으로 조립하여 2 ϕ 내외의 평균입도를 보이며 사질성분이 60-97% 범위로 증가하는 반면 이토질 성분은 즉, 실트와 점토의 함량은 10% 이하로 감소한다(그림 5C, 5D).

평균입도와 퇴적물 성분비에 따르는 이 지역의 전체적인 특징은 세립퇴적물은 남해 중부 연안에 제한되어 분포하고 연안에서 멀어질수록 세립퇴적물은 감소하고 조립퇴적물이 증가하여 80m 등심선을 경계로 50% 이상이 된다.

퇴적물 평균입도(Mz)의 빈도분포는 1-3 ϕ 의 중립사(medium-grained sand)입도에서 가장 많은 빈도를 나타내어 전체 시료의 반 이상이 이에 속하며, 다음으로 4-5 ϕ 의 세립 실트, 0-1 ϕ 의 세립사와 8-9 ϕ 의 점토 입도 순으로 감소하는 빈도분포를 나타낸다(그림 6).

퇴적물의 입도조성을 Folk(1968)의 삼각 좌표에 도시하였다(그림 7). 전체 시료중 가장 많은 부분이 slightly gravelly sand와 slightly gravelly muddy sand에 속하였고, 그밖의 시료들은 주로 sand, gravelly sand, gavelly muddy sand 및 mud에 속한다.

이러한 표층퇴적물을 입도조성에 따른 퇴적상으로 분류(Folk, 1968)하여 나타내면,

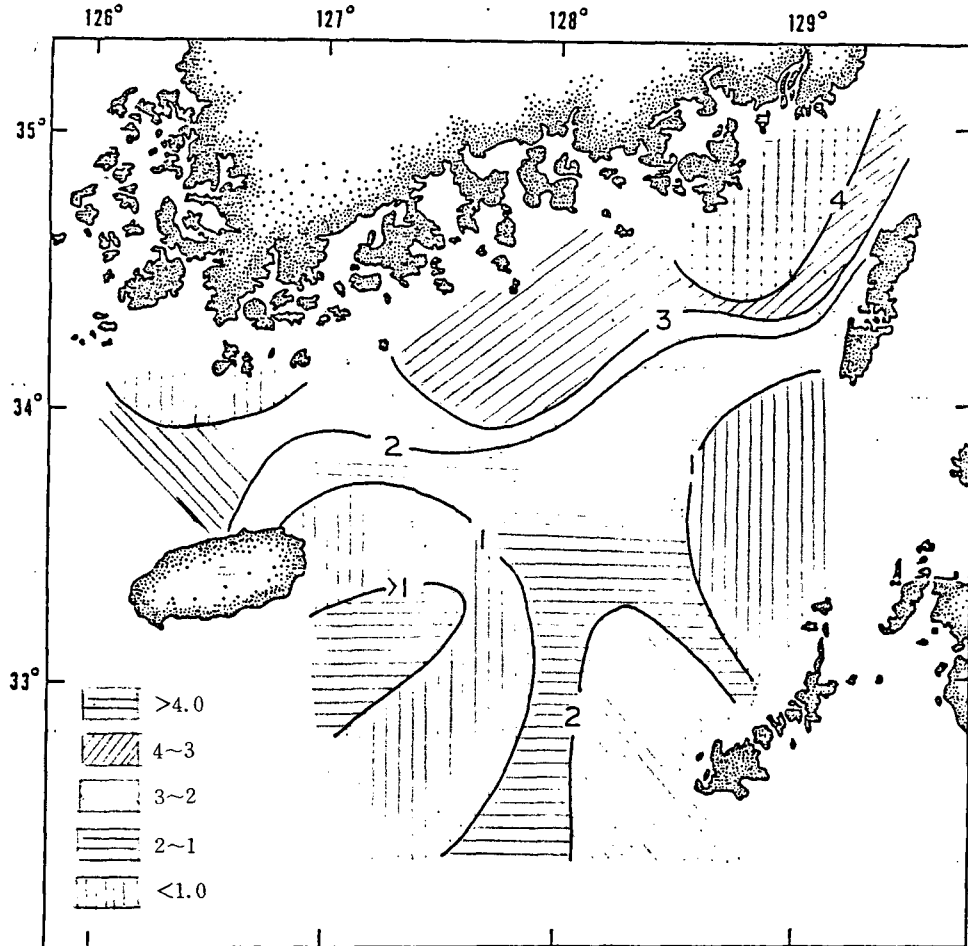


Fig. 4C Distribution of suspended particulate matters in the near bottom water in October, 1988
(Numbers in mg/l)

sand facies, mud facies, gravelly sand facies 및 gravelly muddy sand facies의 4개의 퇴적상으로 분류가능하였다.

i) 사질堆積相은 90%이상의 모래로 구성되며 간혹 자갈을 함유하는 퇴적물으로써 오도열도 부근과 제주도 동남부해역, 연구지역 중앙부에 고립되어 분포한다.

ii) 이토질堆積相은 모래의 함량이 10% 미만이고 실트의 함량이 높은 퇴적물으로써 제주도 서부해역과 남해중부 연안해역에 한정되어 분포한다.

iii) Gravelly muddy sand 堆積相은 자갈

의 함량이 30% 미만이고 모래와 이토의 비가 9:1 이상인 퇴적물으로써 북동-남서의 방향성을 가지며 물결모양의 형태로 100m 등심선과 근접하여 대상분포한다.

iv) Gravelly sand 堆積相은 자갈의 함량이 30% 미만이고 모래와 이토의 비가 1:1에서 9:1인 퇴적물으로써 gravelly muddy sand 堆積相을 경계로 외해역에 넓게 분포한다.

그림 2의 해저지형을 고려하여 보면, 전체적으로는 연안해저에서 내대륙붕까지 완만한 경사의 북동-남서 방향성을 가지는

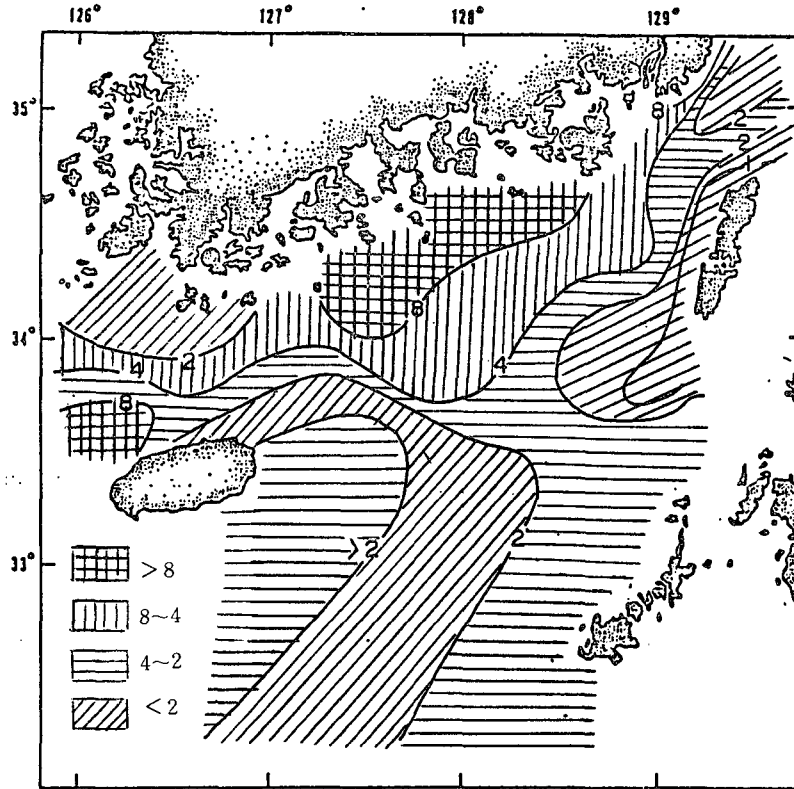


Fig. 5A Areal distribution of the mean grain size(Mz) in surface sediments of the continental shelf off the southern coast of Korea (numbers in phi)

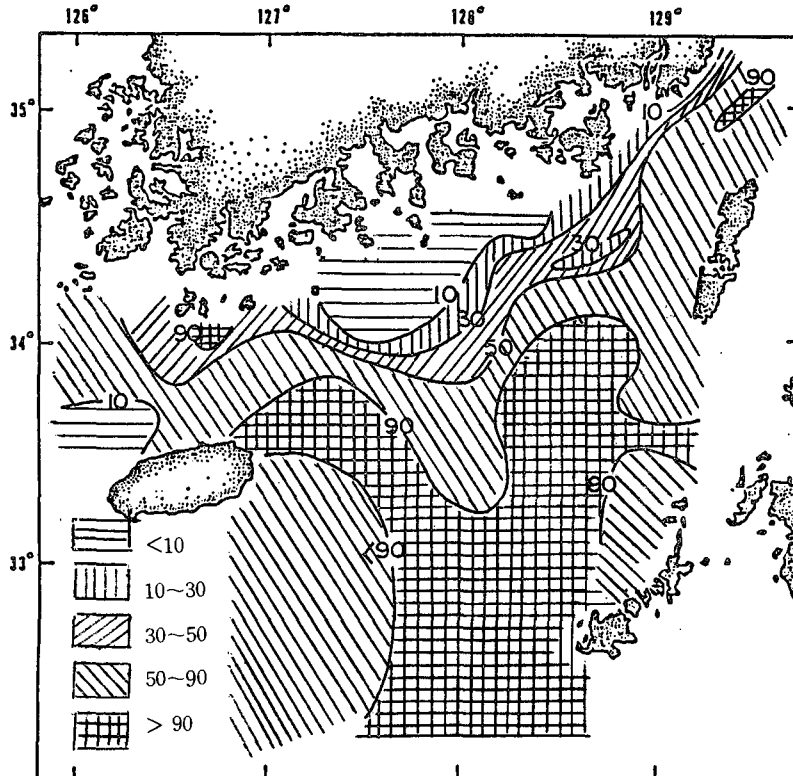


Fig. 5B Areal distribution of the sand content in surface sediments of the continental shelf off

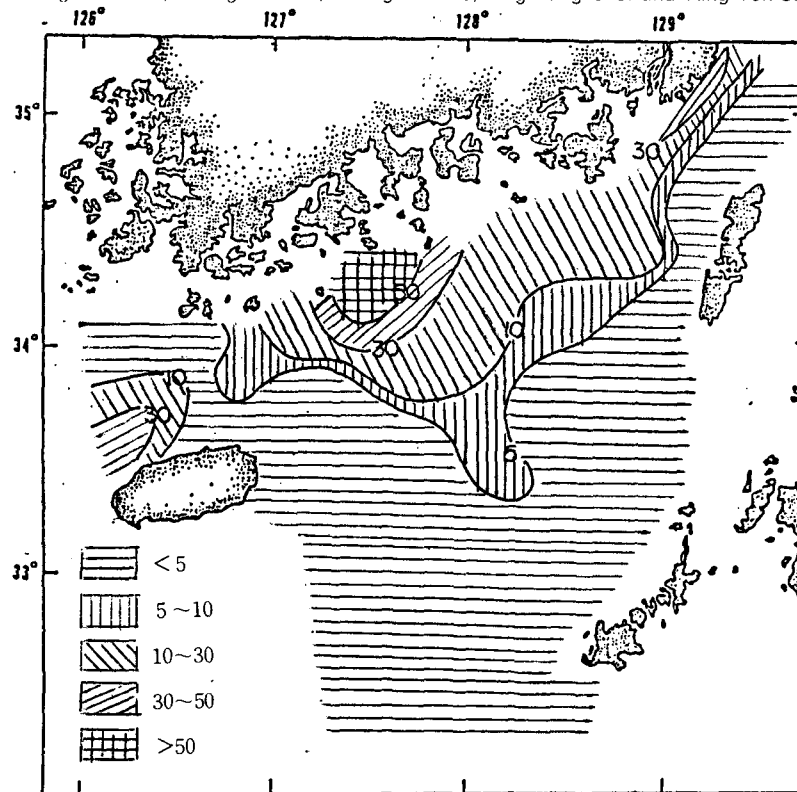


Fig. 5C Areal distribution of the silt content in surface sediments of the continental shelf off the southern coast of Korea (numbers in %)

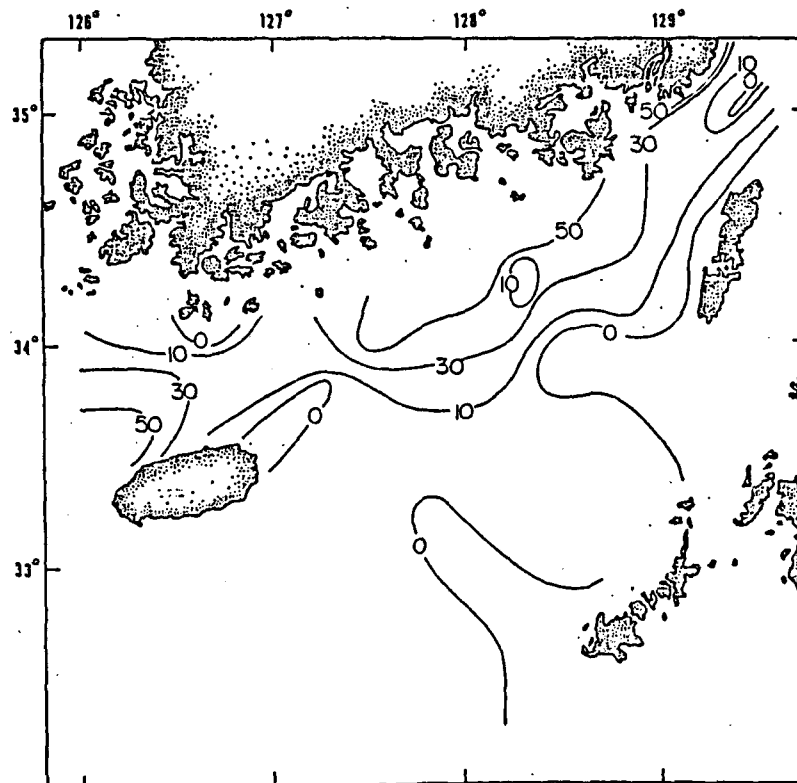


Fig. 5D Areal distribution of the clay content in surface sediments of the continental shelf off

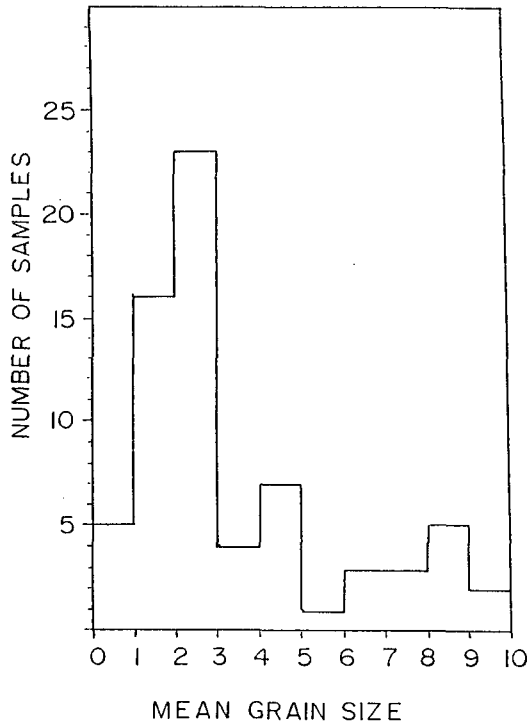


Fig. 6. Frequency distribution of the mean grain size of surface sediments. The mean grain calculated graphically using the formular proposed by Folk & Ward (1957)

등심선이 우세하여 이에따른 해저 지형이 분포하고 있는 것으로 해석된다.

최근까지의 본 연구지역 연구결과를 보면 내대륙붕(수심 80m 미만)의 해저는 세립 퇴적물이 우세하여 이러한 세립질 퇴적물은 現世 中期 (mid Holocene) 이후에 퇴적된 것으로 해석되었으며 외대륙붕 해저에는 현세 이전의 퇴적이 이루어진 이른바 잔류퇴적물이 우세한 것으로 규명된 바 있고 Park et al.(1987)은 이 퇴적상을 잔류퇴적상(relict sediment facies)이라고 하였다.

선 현세(pre-Holocene)의 최저해수면 위치(the lowest stand of sea level)가 해저지형에 기록되고 보존되는 경우가 세계의 여러 대륙붕 해저지형에서 연구 보고된 바 있다. 우리나라의 경우 서해보다는 남해와 동

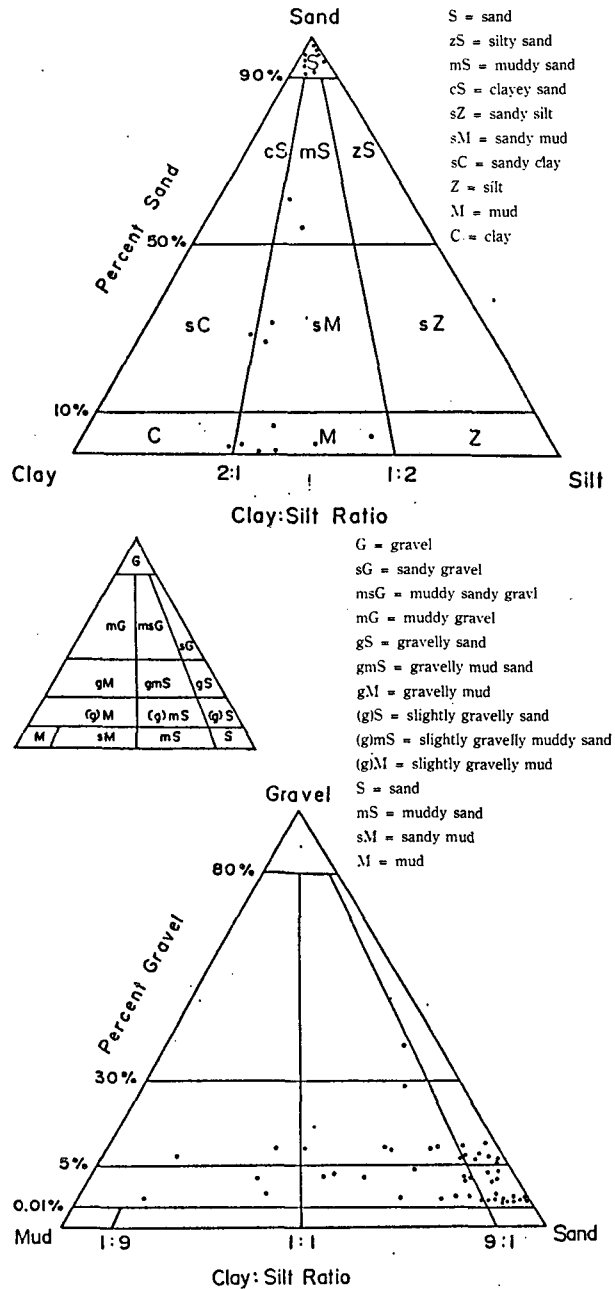


Fig. 7. Ternary diagram showing the grain size composition of the surface sediments from the study area.

해가 선 현세해수면 지형을 뚜렷하게 나타낸다고 해석된다. 특히 남해 북동부분의 대한해협 서수도(western channel)의 해저지

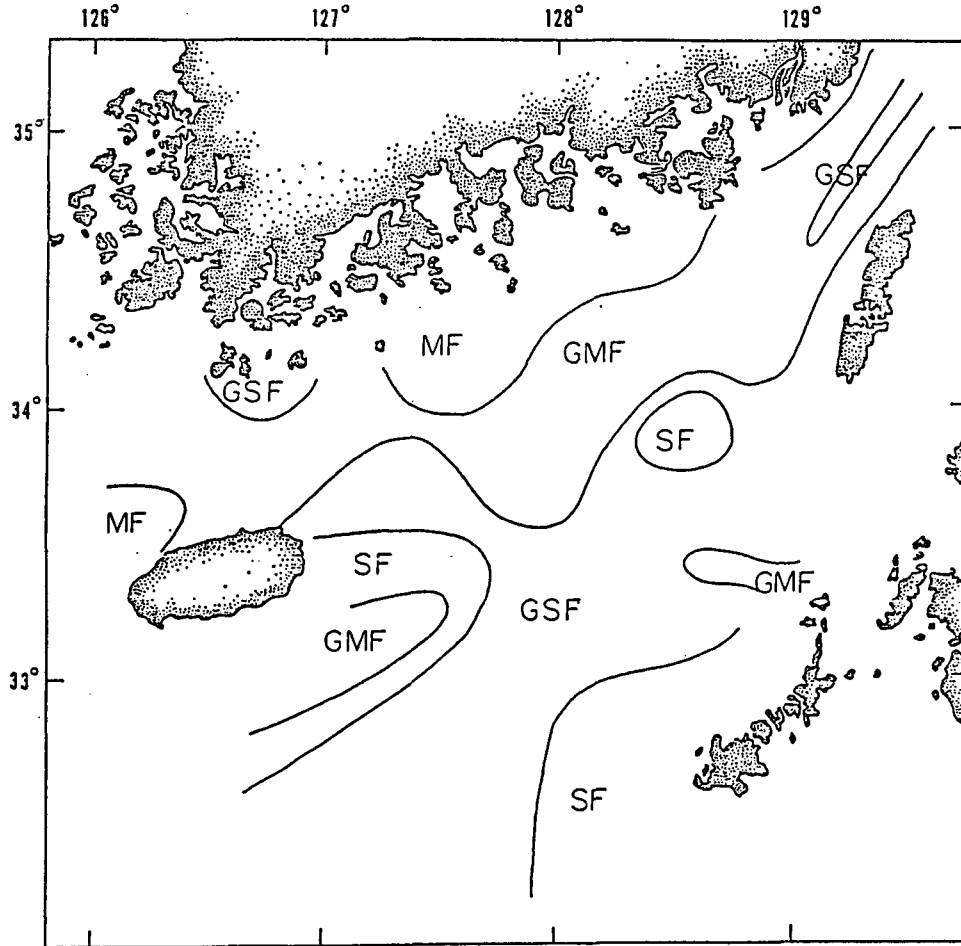


Fig. 8. Areal distribution of the four surface sedimentary facies defined by the present study
 MF=mud facies, GMF=gravelly mud facies GSF=gravelly sand facies
 SF=sand facies

형으로서 깊은 계곡(약 250m)이 존재하는 바 이를 Park et al.(1986)은 Korean Trough라고 명명한 바 있다. 그런데 이 계곡지형을 지역지리 명칭을 존중하여 부산해저협곡(Pusan Trough)이라고 재명명하는 바이다. 그런데 이 해저협곡의 양편 대안부분에 확실한 해수면 위치를 지시하는 지형단위가 여러번의 정밀음향측심 결과에 의하여 발견되었으며 그 중 Byun et al.(1988)에 의한 ADCP(Acoustic Doppler Current Profiler) 자료중 해저지형자료가 필자의 기존자료와

일치하므로 이를 제시하면 그림 9와 같다. 선 현세의 빙하기동안의 해수면 위치가 그림 9A와 그림9B에 나타나 있는바 116m와 120m의 등수심에 따라 고 해수면 위치와 관련된 고 해안단구적 해저지형이 발달하고 있다고 해석된다.

그런데 그림9B에서는 부산해저협곡의 한반도쪽 대륙붕의 해저지형이 120m 100m, 및 92m의 수심에 따른 단구적 지형을 나타내고 있음이 중요하며 이러한 해저지형면 발달은 해수면 변동과 밀접히 관련된 것으로

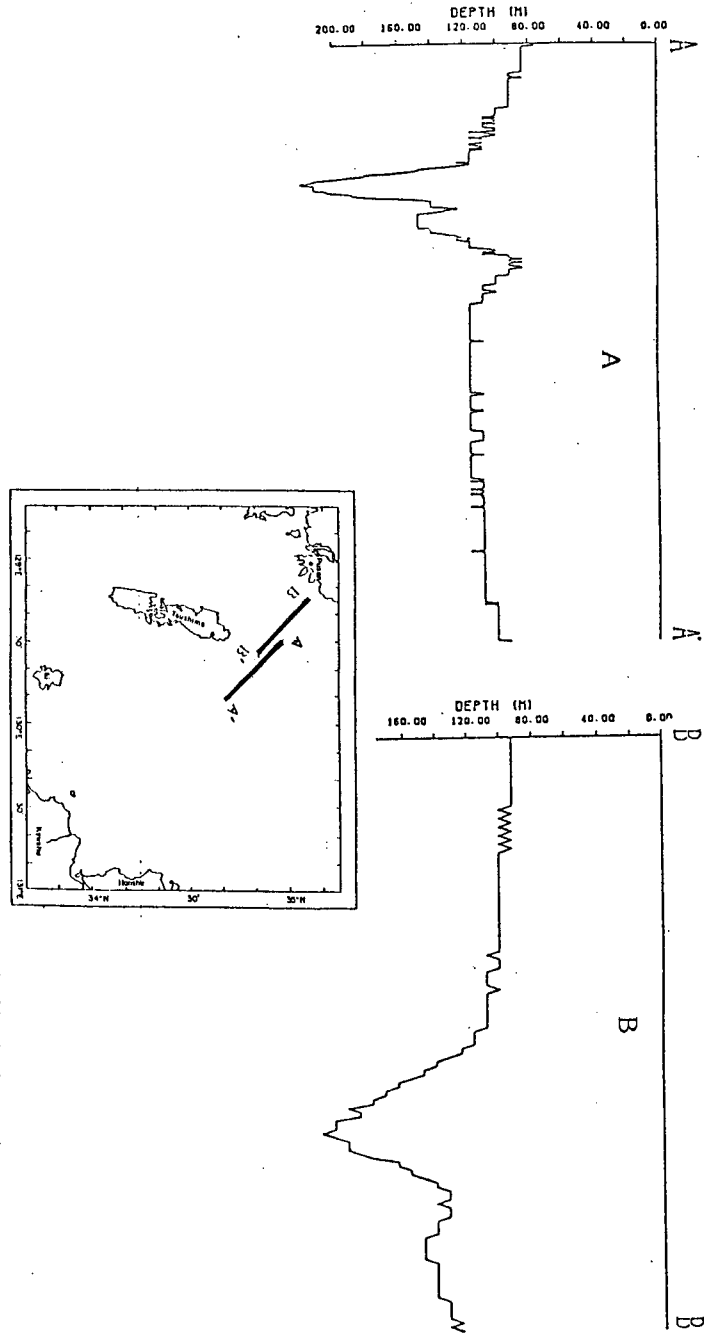


Fig. 9. Submarine topographic profile of the Pusan Trough and its shelf edge. Note 116m and 120m bathymetric echosounding data in Fig. 9A and 9B respectively.

로 해석된다.

Park and Choi(1986)에 의한 대한해협
의 선 현세 고지리와 해수면 변화 설명내용
이 본 연구지역의 북동부 해저지형의 특징
부분 즉, 부산해저협곡(Pusan Trough)의
양쪽 대안부분지형의 발달과정 해석에 상당
히 일치하는 것이 사실이며 이에 따른 남해
대륙붕 지형 발달과 해수면 변동(상승)과정
의 연관성이 중요하다고 논의하는 바이다.

본 연구지역 북동부분 외대륙붕 해저에서
채취된 연안저서 연체동물인 굴(oyster)의
방사성 탄소 ^{14}C 연령(일본국 학습원대학
code No: Gak14365)은 20910 ± 350 y.B.P.
임이 최근에 밝혀졌는데 이러한 原地的 해
안저서 굴의 채취 지점은 수심 97m + α (6
m)이며 북위 $34^{\circ}10.3'$, 동경 $128^{\circ}41.5'$ 에 위
치한다.

따라서 이 해저지형 지점은 과거 선 현세
초기(약 18000~15000 y.B.P.)즉, 최저해수
면 위치 이전의 빙하기(Würm 혹은
Wisconsin)후기의 고 해안선(palaeo-
shoreline)을 지시한다고 해석되며 빙하기
후기의 해수면 하강지점을 고려하여야 할
것으로 논의한다. 금번 연구에 따른 이 방
사성 탄소 ^{14}C 의 연령 자료는 처음으로 제
시되는 것인 바, 앞으로 남해 대륙붕 발달
과정 연구에 대단히 중요한 자료가 될것으
로 제의한다.

결 론

1. 남해의 외대륙붕 해저지형이 선 현세
초기 이전 빙하기의 후기(20910 ± 350
y.B.P.)에 해당하는 고 해안선 지형과
그 후의 선 현세 초기의 최저해안선
위치를 지시하는 단구적 지형(120m
수심)을 나타내는 바, 이러한 일련의
연관성 지형은 금번에 제안된 부산해
저협곡(Pusan Trough)의 양쪽 대안
지형에서 밝혀진다.
2. 남해 외대륙붕의 표층퇴적상과 남해
내대륙붕의 표층 퇴적상은 퇴적시기와
기간이 서로 다른 것으로 해석되는데
전자는 현세 초기와 중기의 것이며 후
자는 현세 중기와 후기의 것으로 해석
된다.
3. 남해 내대륙붕의 점토세립물질의 분포
의 과정은 원인은 Na(1989)에 의한
소위 Korea cold coastal current
(KCCC)에 의한 세립물질 운반과 그
해역 연근 해안으로의 근원이 중요하다

참 고 문 헌

- 국립수산진흥원, 1979, 한국해양현황(제3판)
석봉출, 박병권, 1983, 제주도 주변 및 남해연
안 퇴적물 중의 중금속 함량, 해양학회지,
18 : 29-42.
- Curry, J.R., 1965, Late Quarternary history, con-
tinental shelves of the United States. In: Wright,
H.E., ed., The Quarternary of the United States,
pp. 723-735
- Folk, R.L., 1968, Petrology of the sediments rocks,
Hemphill's. pp. 170
- Folk, R.L. and W.C. Ward, 1957, Brazos river bar:
A study in the significance of grain size
parameters. Jour. Sed. Pet. 27: 3-26
- Galehouse, J.S.K 1971, Sedimentation analysis.
In:Carver, R.E. ed., Procedures in Sedimentary
petrology, N.Y.: Wiley-Interscience, pp. 69-94
- Gong, Y., 1971. A study on the South Korea coastal
fronts. J. Oceanol. Soc. Korea. 6: 25-36
- Ingram, R.L., 1971, Sieve analysis, In: Carver, R.E.
ed., Procedures in Sedimentary petrology. N.Y.:
Wiley-Interscience. pp. 49-68
- Lim, Y., 1976. The movements of waters off the South
Coast of Korea. J. Oceano. Soo. Korea, 11: 77-88
- Milliman, J.D., and K.O. Emery, 1968. Sea levels dur-
ing the past 35000 years, Science, 162: 1121-1123
- Park, S.C. and D.G. Yoo. 1988. Depositional history
of Quaternary sediments on the continental shelf
off the Southern coast of Korea (Korea straits).

- Mar. Geol., **79**: 65-75
- Park, Y.A., 1983. The nature of Holocene sedimentation and sedimentary facies of the continental shelves of Korea. Proceeding. 1983 Summer conference for domestic and foreign scholars of science and technology: KOFST, pp. 72-80
- Park, Y.A., Kim, K.R., Park, S.C. and S.Y. Bak, 1987. Characteristics of the bottom sediments from the continental shelf of the Korea strait and some geochemical aspects of the shelf fine grained sediments. *J. Oceanol. Soc. Korea*, **22**: 43-56
- Park, Y.A. and J.Y. Choi, 1986. Factor analysis of the continental shelf sediments off the Southeast Korea and its implication to be depositional environments. *J. Oceano. Soc. Korea*, **21**: 34-45
- Park, Y.A. and M.Y. Song, 1971. Sediments of the continental shelf off the Southern coast of Korea. *J. Oceanol. Soc. Korea*, **20**: 55-61

(Revised and Accepted: September 2, 1989)