

광양만 서북부 해역의 부유물질의 분포와 입도에 관한 연구 \*

최정훈·박용안·김부근  
서울대학교 해양학과

Distribution and Particle Size of Total Suspended Materials in  
the northwestern Kwangyang Bay, Korea

Jung Hoon Choi, Yong Ahn Park and Boo Keun Khim  
Department of Oceanography, Seoul National University.  
Seoul 151-742, Korea

要 約

한국 남해에 위치한 광양만의 서북부 내만 해역에서 표층수와 저층수의 부유물질(TSM)의 총합량과 분포의 계절적 변화양상 그리고 부유입자의 조직특성(입자의 크기)이 연구되었다. 연구기간중 부유물질 함량분포는 계절별로 매우 뚜렷한 특징을 보였다. 특히 여름철 저층수의 부유물질 함량이 만조선 해역에서 높게 측정되었다. 이러한 계절별 부유물질 함량분포의 변화 원인은 얕은 수심, 해저의 표층 퇴적상, 그리고 조류의 동력적 조건(최고속도)에 기인하는 것으로 사료된다.

ABSTRACT

The present work deals with the total suspended matter (TSM) of surface and bottom waters and its seasonal distribution patterns along with the particle size variation in the northwestern Kwangyang Bay, Korea. The distribution of TSM shows spatial difference in every season. TSM of the bottom water in summer, in particular, increased towards the high tide shoreline. The seasonal variation of TSM distribution in the study area seems to be attributed to shallow water depth, bottom surficial sediment type and tidal dynamics (maximum velocity).

\* 본 연구는 1997년도 교육부 기초과학 육성 연구비(BSRI-97-5409) 지원의 일부에 의한 것임.

## 서론

본 연구지역은 한반도 남해 중앙부에 위치하며 남서쪽으로는 여수반도 남동부의 남해도에 의하여 둘러싸인 반폐쇄적 해역으로 북쪽으로부터는 섬진강과 수어천이 유입하고, 남쪽으로는 여수해만과 연결되며 동쪽

으로는 노랑해협과 진주만과 남해와 연결된다(Fig. 1). 또한 본 연구해역은 중조차 환경으로 수심은 서쪽과 북쪽이 대체적으로 5m 이하로 얕으며 광양만의 중앙부에 위치한 묘도의 북쪽 수로와 남쪽 수로는 10m 이상의 수심에 달한다(장 등, 1974).

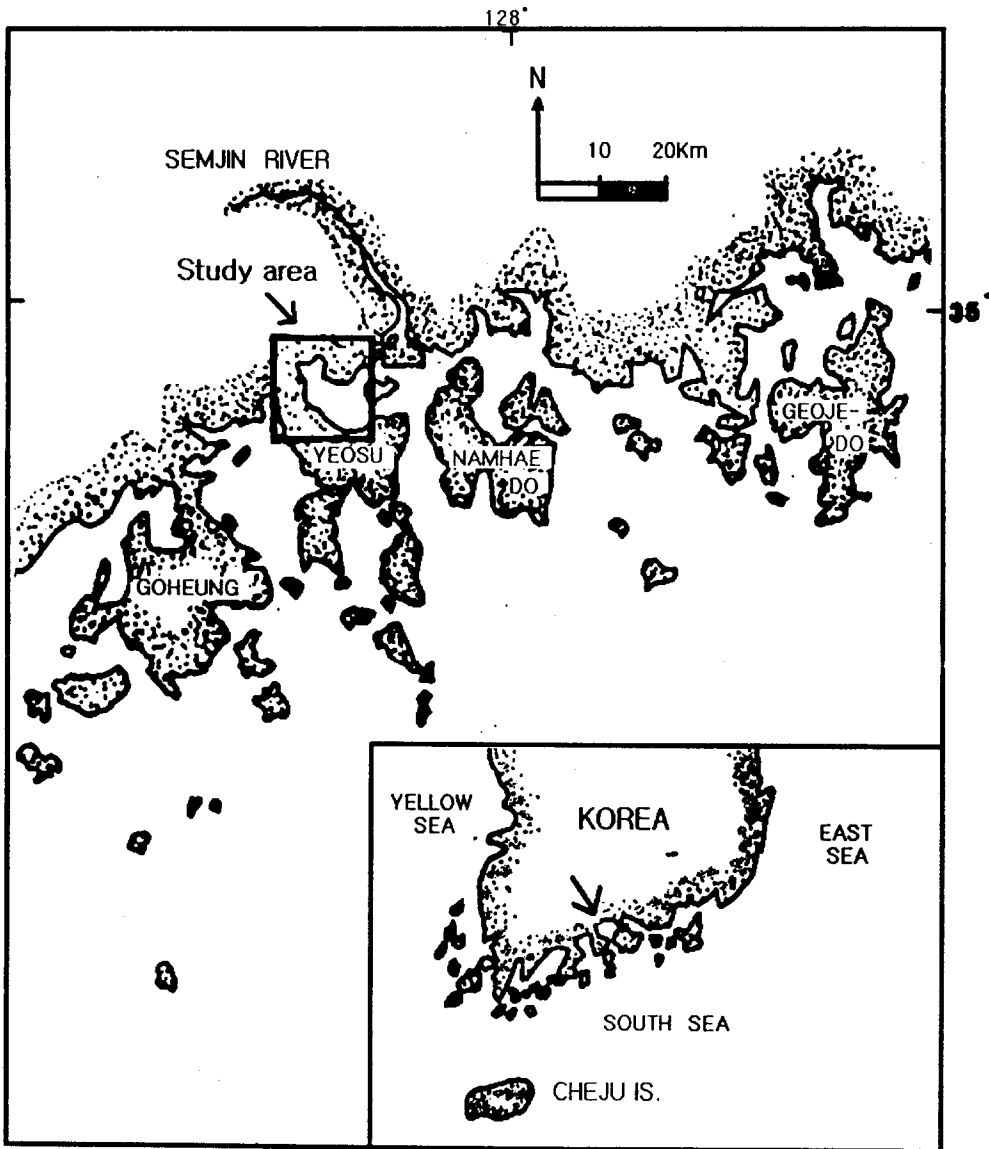


Figure 1. Index map showing the study area.

연안해역에서 부유물질의 분포 양상을 조사하는 것은 조석에 따른 염수와 담수의 왕복, 혼합 및 순환 등 동력학적 특성들의 이해와 함께 제반 퇴적학적 현상을 규명하는 것을 수반하여야 한다(Méade, 1972). 그런데 부유물질의 분포 및 이동에 관한 연구는 시료채취의 물리적 문제점과 시·공간적 동시채취의 어려움 그리고 여러 주기를 가지는 시간적 변수(조석주기, 계절 및 연 변화 등)의 고려문제 및 기타 복합적인 작용으로 인하여 연구를 수행하는데 있어서 많은 어려움을 안고 있다(Oostdam and Jordan, 1972).

한국 서·남해 해역에서 실시되어온 기존의 부유퇴적물에 관한 연구는 주로 다음 두 가지 관점에서 이루어졌다. 첫 번째는 인공위성을 이용한 원격탐사자료를 분석하여 광역적 수괴의 물질적 특성과 관련하여 부유

물질의 분포를 규명하였다(Zheng and Klemas, 1982; Yoo, 1986). 두 번째로는 부유물질의 현장 채수방법을 이용하여 부유물질의 함량과 성분을 분석하여 부유물질의 근원을 규명하였다(KORDI, 1985, 1986; Park et al., 1986).

현재까지 부유물질에 관한 연구들은 한국의 서·남해역에서 비교적 많이 진행되었으나 계절적 변화에 따른 부유물질의 함량과 입도 변화를 밝히는 연구가 부족하였다. 특히 지금까지 한반도 주변해역에서 부유물질의 입도특성에 관한 연구는 동해 해역에서 실시된 Park et al.(1988)의 연구를 제외하고는 매우 미흡한 상태이다. 따라서, 본 연구의 목적은 연구해역에서 표층퇴적물의 퇴적상 분포를 밝히고 이 지역에서 계절에 따른 부유물질의 함량분포와 입도의 변화양상을 관측하고 해석하는 것이다.

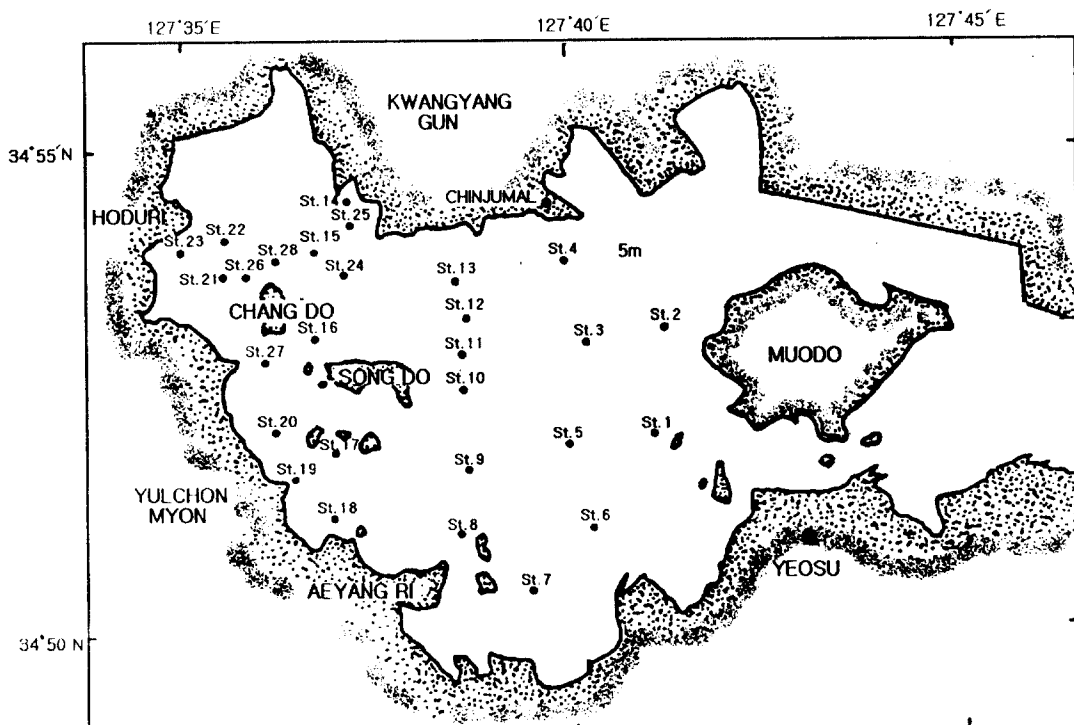


Figure 2. Index map showing 28 stations collecting the surface and bottom water samples

## 연구 방법

부유물질의 함량과 입도특성의 계절적 변화를 관측하기 위하여 1994년에 계절별로 각 1회씩 총 4회에 걸쳐 28개의 정점에서 니스킨(Niskin) 채수기를 이용하여 표층수와 저층수의 2개층으로 구분하여 채수하였다(Fig. 2). 해저저층 퇴적물은 22개 정점에서 채니기(grab sampler)를 이용하여 채취하였다.

해저표층 퇴적물의 입도분석은 체질과 피펫트방법을 이용하였으며 분석입도 간격은 1 phi이다(Ingram, 1971). 채수시료는 GFC 여과지에 채수시료 1 l를 진공펌프를 사용하여 여과 시킨 후 이를 건조시켜 총부유물질 함량(TSM : total suspended matter)을 mg/l 단위로 계산하였다. 일부 해

수 시료중 약 100~200ml를 분리하여 레이저 입자측정기(SPECTREX ILI-1000)를 이용하여 부유물질의 입도를 측정하였다.

부유물질 성분은 쌍안현미경을 이용하여 생물기원 성분(biogenic components)과 쇄설기원 성분(detrital components)으로 구분하였다.

## 결 과

### 1. 해저표층 퇴적물

연구해역의 해저표층 퇴적물은 묘도에서 서쪽으로 진행하면서 사니질(sandy mud), 실트질(silt) 및 니질(mud) 퇴적상으로 변화한다(Fig. 3). 장도 서쪽에 위치한 조건대는 극 세립질 내지 니질 퇴적물로 9.3φ의 평균 입도값을 나타내며 묘도 북·남측

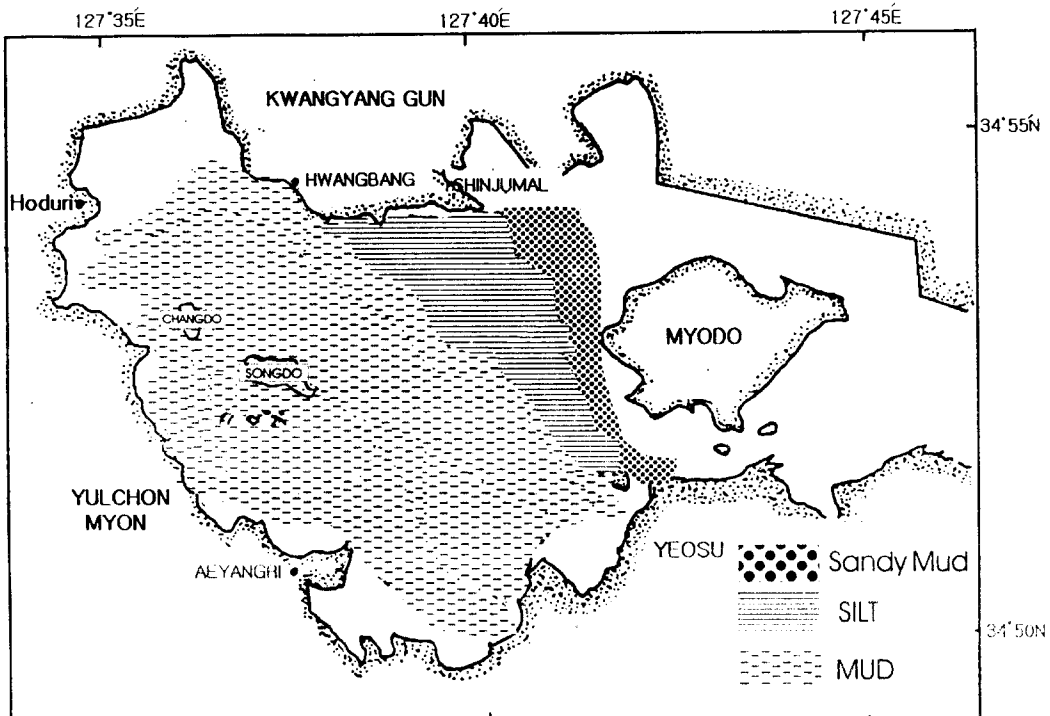


Figure 3. Distribution of bottom surficial sediment types (facies).

수로로부터 송도에서 장도로 갈수록 평균 입도가 세립하여 진다. 이러한 퇴적물의 입도분포는 유속과 조류 등의 수리학적 조건 및 지형과 밀접한 관계가 있는 바 이와 유사한 분석 결과는 광양만 부근 해역인 가막양만에서도 보고되었다(Kang, 1981).

## 2. 계절별 부유물질 함량 분포

1994년 봄철 표층수의 부유물질(TSM) 함량 변화는  $6.4 \sim 28.6 \text{ mg/l}$ 의 범위이며, Figure 4A에서와 같이 TSM 분포 양상이 나타난다. 즉 장도근방의 표층수는  $20 \sim 30 \text{ mg/l}$  범위로 가장 높은 TSM 값을 나타내며 그 외의 해역은 대부분  $10 \sim 20 \text{ mg/l}$  범위이다. 한편, 봄철 저층수의 부유물질 함량 변화는  $6.5 \sim 54.7 \text{ mg/l}$ 이며, Figure 4B와 같은 분포 양상을 보여준다. 즉 장도 북측에서  $30 \sim 40 \text{ mg/l}$ 의 제일 높은 TSM이 분포하고 묘도측 근역에서  $10 \text{ mg/l}$  이하의 제일 낮은 TSM 값이다.

1994년 여름철 표층수의 TSM 함량 변화는  $6.7 \sim 36.4 \text{ mg/l}$ 의 범위이며, Figure 5A에서와 같이 TSM 분포패턴을 이해하게 된다. 즉 애양리와 울촌면 근방의 표층수는  $30 \sim 40 \text{ mg/l}$  범위로 가장 높은 TSM 값을 나타내며 그 외의 해역은 대부분  $10 \sim 20 \text{ mg/l}$  범위이다. 여름철 저층수의 부유물질 함량 변화는  $6.9 \sim 88.4 \text{ mg/l}$ 이며, Figure 5B와 같은 분포 양상을 나타낸다. 즉 송도 근방에서  $40 \sim 50 \text{ mg/l}$ 의 제일 높은 TSM이 분포하고 묘도 근방에서  $10 \text{ mg/l}$  이하의 제일 낮은 TSM 분포 값이다.

1994년 가을철 표층수의 부유물질(TSM) 함량 변화는  $6.7 \sim 26.5 \text{ mg/l}$  범위이며, Figure 6A에서와 같이 TSM 분포패턴을 이해하게 된다. 즉 장도 서쪽과 북쪽 근방의 표층수는  $20 \sim 30 \text{ mg/l}$  범위로 가장 높은 TSM 값을 나타내며 그 외의 해역

은 대부분  $10 \sim 20 \text{ mg/l}$  범위이다. 가을철 저층수의 부유물질 함량 변화는  $6.5 \sim 52.5 \text{ mg/l}$ 이며, Figure 6B와 같은 분포패턴을 나타낸다. 즉 장도 서쪽에서  $30 \sim 40 \text{ mg/l}$ 의 제일 높은 TSM이 분포하고 묘도근방에서  $10 \text{ mg/l}$  이하의 제일 낮은 TSM이 분포한다.

1994년 겨울철 표층수의 부유물질(TSM) 함량 변화는  $4.2 \sim 32.1 \text{ mg/l}$  범위이며, Figure 7A에서와 같이 TSM 분포패턴을 이해하게 된다. 즉 장도 서쪽과 애양리, 울촌면 북측 근방의 표층수는  $30 \sim 40 \text{ mg/l}$  범위로 가장 높은 TSM 값을 나타내며 그 외의 해역은 대부분  $10 \sim 20 \text{ mg/l}$  범위이다. 겨울철 저층수의 부유물질 함량 변화는  $6.4 \sim 52.8 \text{ mg/l}$ 이며, Figure 7B와 같은 분포패턴을 나타낸다. 즉 장도 북서쪽에서  $40 \sim 50 \text{ mg/l}$ 의 제일 높은 TSM이 분포하고 진주만에서 여수에 이르는 서쪽해역에서  $10 \text{ mg/l}$  이하의 낮은 TSM이 분포한다.

연구해역 표층수와 저층수의 TSM의 평균값(averaged TSM)에 관한 계절적 차이는 Table 1에 요약되었다. 표층수인 경우에는 겨울철, 여름철, 봄철, 가을철의 순서로 평균 TSM이 점진적으로 낮은 값으로 측정된 것이 주목된다. 한편, 저층수인 경우에는 겨울철보다 여름철에 매우 높은 값의 평균 TSM이 측정되었고 봄철과 가을철에는 표층수와 저층수의 TSM은 유사한 값으로 측정되었다.

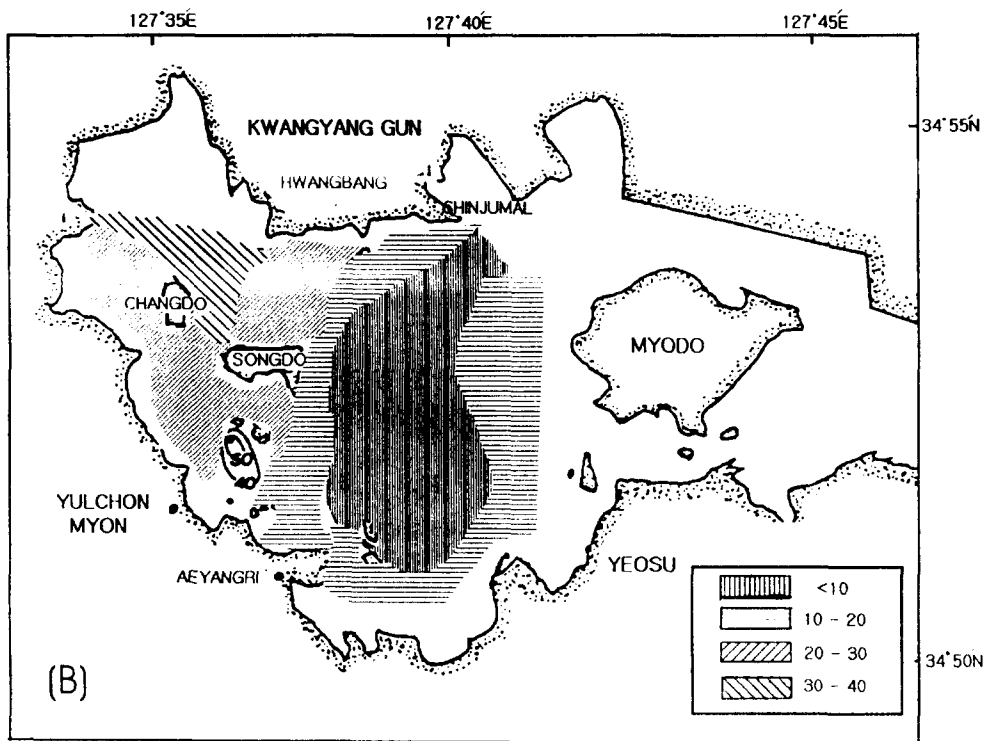
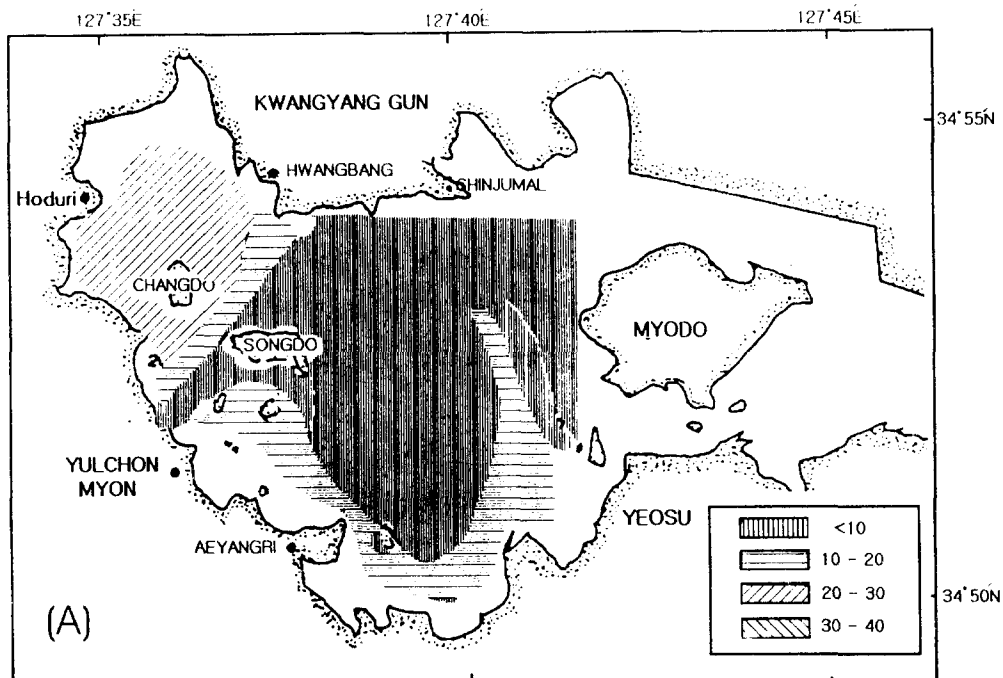


Figure 4. TSM distribution pattern of the surface and bottom waters in Spring time(1994). (A) Surface water, (B) Bottom water.

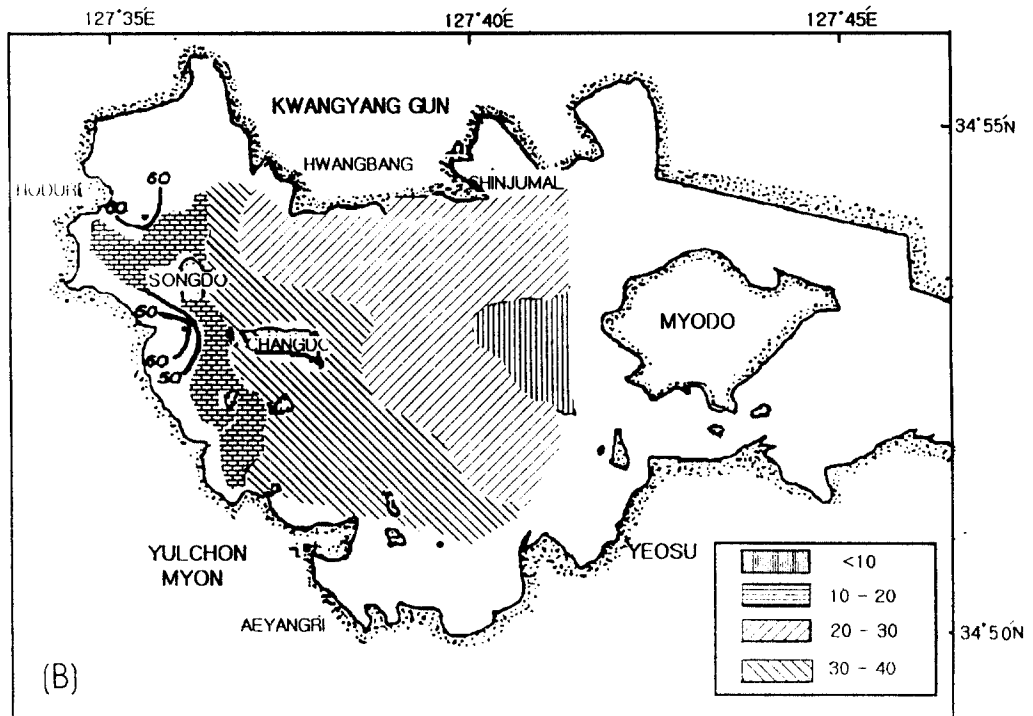
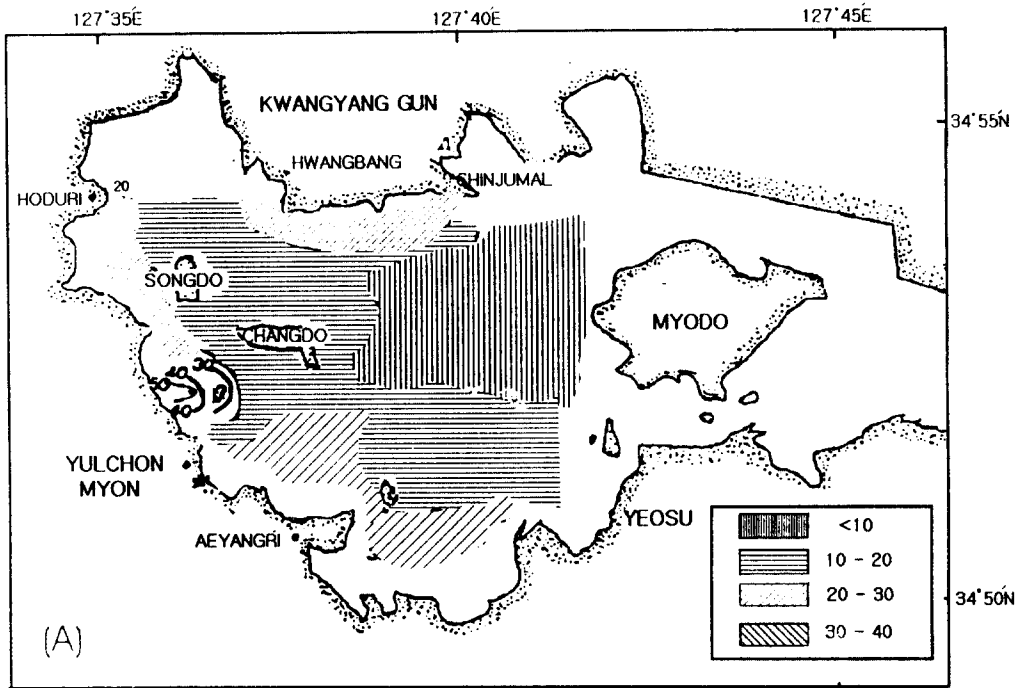


Figure 5. TSM distribution pattern of the surface and bottom waters in Summer time(1994). (A) Surface water, (B) Bottom water.

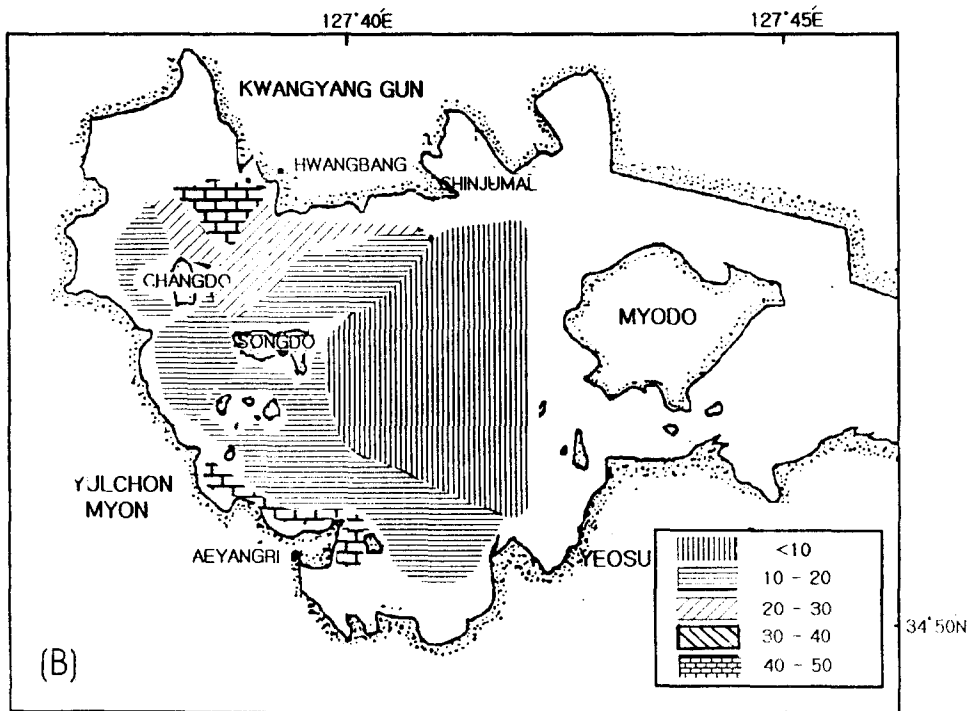
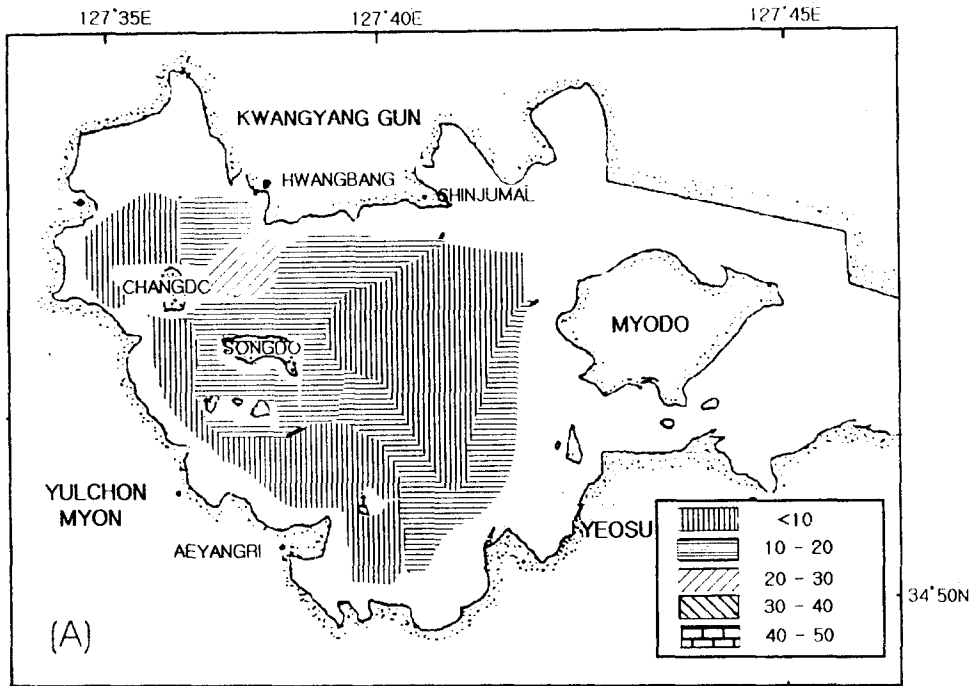


Figure 6. TSM distribution pattern of the surface and bottom waters in Fall time (1994). (A) Surface water, (B) Bottom water.



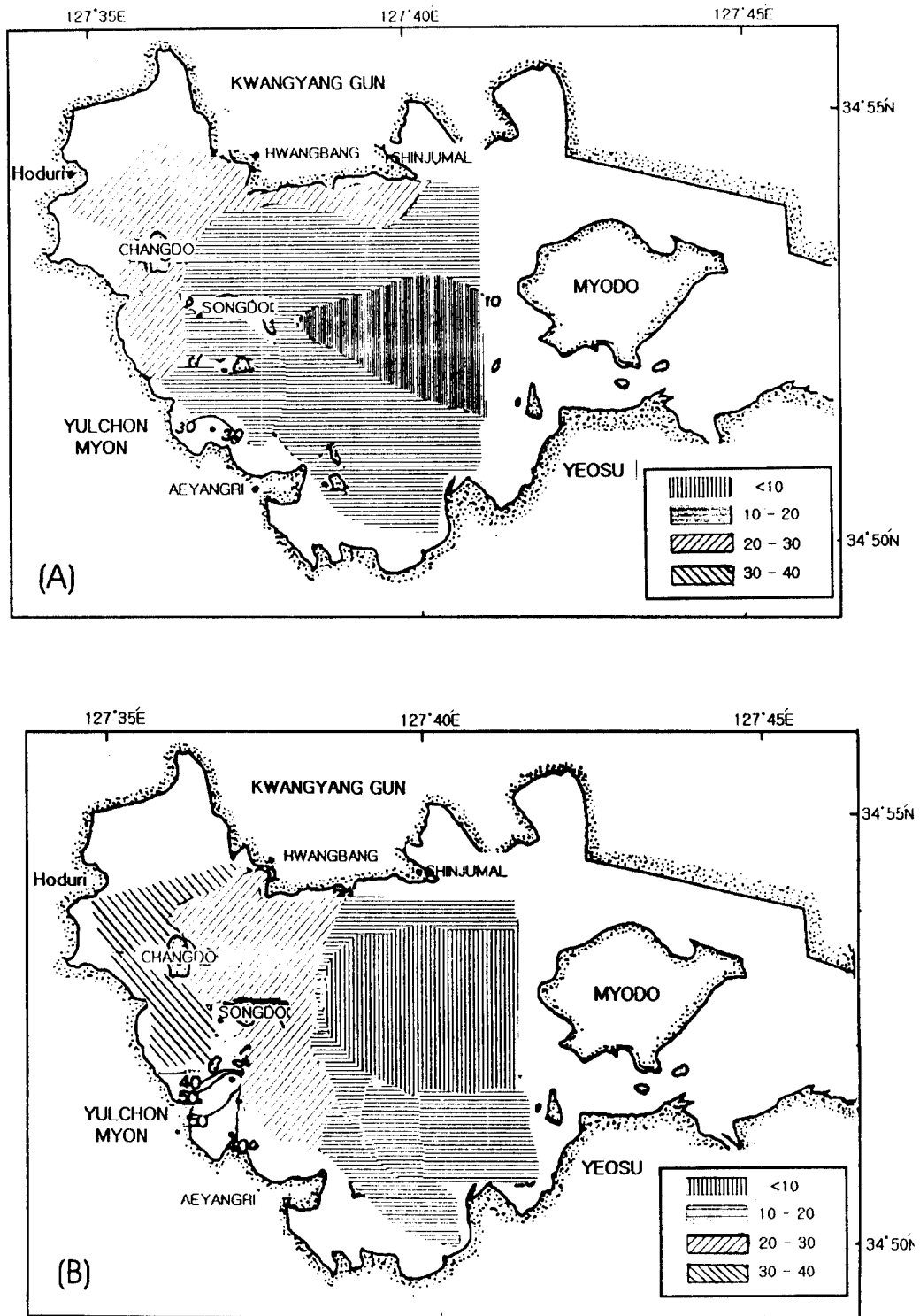


Figure 7. TSM distribution pattern of the surface and bottom waters in Winter time (1994). (A) Surface water, (B) Bottom water.

Table 1. Summary of the mean TSM value (mg/ℓ) of surface and bottom waters in four seasons.

season waters	Spring	Summer	Fall	Winter
surface	14.4	18.2	11.9	19.4
bottom	18.7	37.1	14.6	23.5

### 3. 부유물질의 입도 특성

연구해역내의 여름철 부유물질의 입도분석 결과를 종합하면 표층수의 경우 2~4 $\mu\text{m}$ 의 점토가 20~30%이며, 4~8 $\mu\text{m}$ 의 극세립 실트가 20~30%, 8~16 $\mu\text{m}$ 의 세립 실트가 30~50%, 16~32 $\mu\text{m}$ 의 조립 실트가 10~20%, 32~64 $\mu\text{m}$ 의 극조립 실트가 10% 이하이다(Fig. 8A). 그러나 저층수의 경우 2~4 $\mu\text{m}$ 의 점토가 10% 이하이며, 4~8 $\mu\text{m}$ 의 극세립 실트가 10~20%, 8~16 $\mu\text{m}$ 의 세립 실트가 20~30%로 표층수의 경우보다 적은 양으로 분포하지만, 16~32 $\mu\text{m}$ 의 조립 실트가 20~50%, 32~64 $\mu\text{m}$ 의 극조립 실트가 20~50% 이하의 함량을 보인다. 또한 64~128 $\mu\text{m}$ 의 극세립 모래가 10%에 달한다(Fig. 8B). 즉, 여름철의 저층수에 존재하는 부유물질의 입자는 표층수의 부유입자보다 매우 조립질이며 16 $\mu\text{m}$  이상의 입자가 대부분이다.

가을철의 부유물질의 입도 분석 결과를 종합하면 표층수의 경우 4 $\mu\text{m}$ 이하의 점토와 4~8 $\mu\text{m}$ 의 극세립 실트가 80% 이상으로 나타나는 것이 매우 특징적이다(Fig. 9A). 또한 8~16 $\mu\text{m}$ 의 세립 실트와 8~32 $\mu\text{m}$ 의 조립 실트, 32~64 $\mu\text{m}$ 의 극조립 실트가 각각 10% 미만으로 나타난다. 즉, 가을철 표층수의 부유물질 입자는 거의 점토와 극세립 실트로 구성되며 여름철의 부유물질보다 세립한 특징을 보여준다. 한편, 저층수의 부

유입자는 표층수의 부유입자와는 다르게 4~8 $\mu\text{m}$ 의 극세립 실트와 8~16 $\mu\text{m}$ 의 세립 실트가 80%이며, 16~32 $\mu\text{m}$ 의 조립 실트와 32~64 $\mu\text{m}$ 의 극조립 실트가 20% 미만이다(Fig. 9B). 즉, 가을철의 저층수의 부유물질 입자는 표층수보다 약간 조립한 경향을 보여준다. 종합적으로 두 계절의 표층수의 부유물 입자는 저층수의 부유물 입자보다 세립한 것으로 나타났다.

### 4. 부유물질 구성 성분

부유물질을 구성하고 있는 성분은 생물기원 성분(biogenic components)과 쇄설기원 성분(detrital components)으로 분류되었다. 성분 분석 결과에 의하면 생물기원 성분으로는 식물플랑크톤(phytoplankton)인 규조류(diatom), 규질편모류(silico-flagellate) 등이며, 쇄설기원 성분으로는 점토 광물(clay mineral), 흑운모류(biotite), 석영(quartz) 및 녹염석류(epidote) 등이다.

식물플랑크톤의 크기는 2~20 $\mu\text{m}$ 의 nanoplankton에서 20 $\mu\text{m}$  이상의 netplankton으로 대별되며, 규질편모류는 *Dictyocha fibula*, *Dictyocha speculum* 등 1속 2종의 개체가 감정되었고 각 개체는 담회색이다(Fig. 10). 규조류는 *Pleurosigma* sp., *Nitzschia cocconeiformis*, *Paralis sulcata*, *Coscino-discus* sp., *Stephanopyxis* sp. 등이 감정 되었다(Fig. 11).

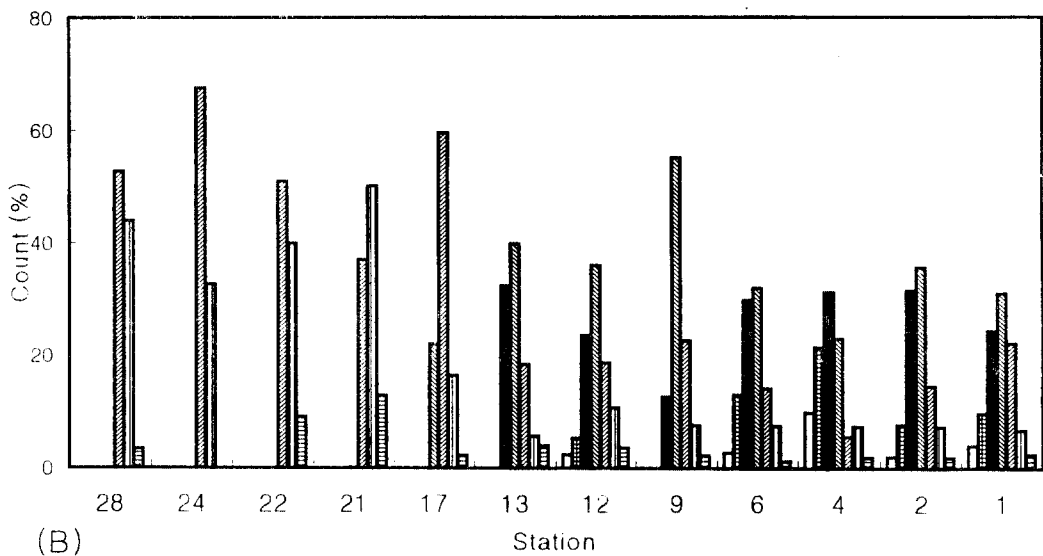
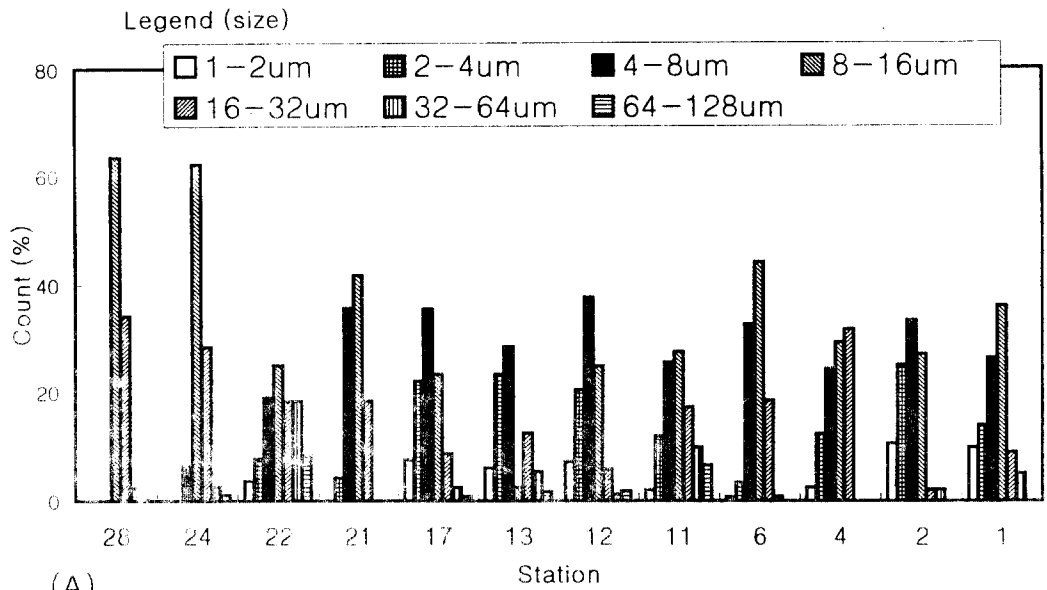


Figure 8. Particle size analyses of the suspended materials in Summer time (1994). (A) Surface water, (B) Bottom water.

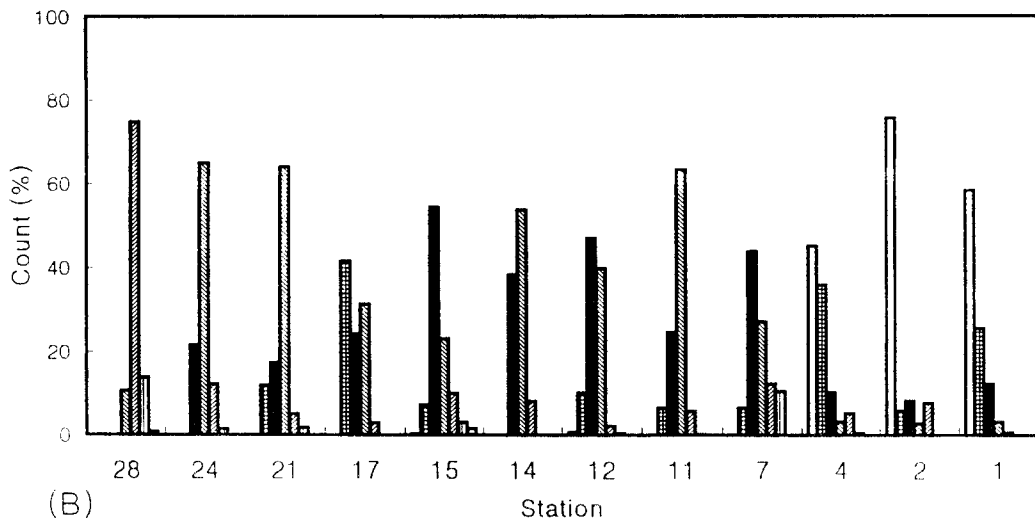
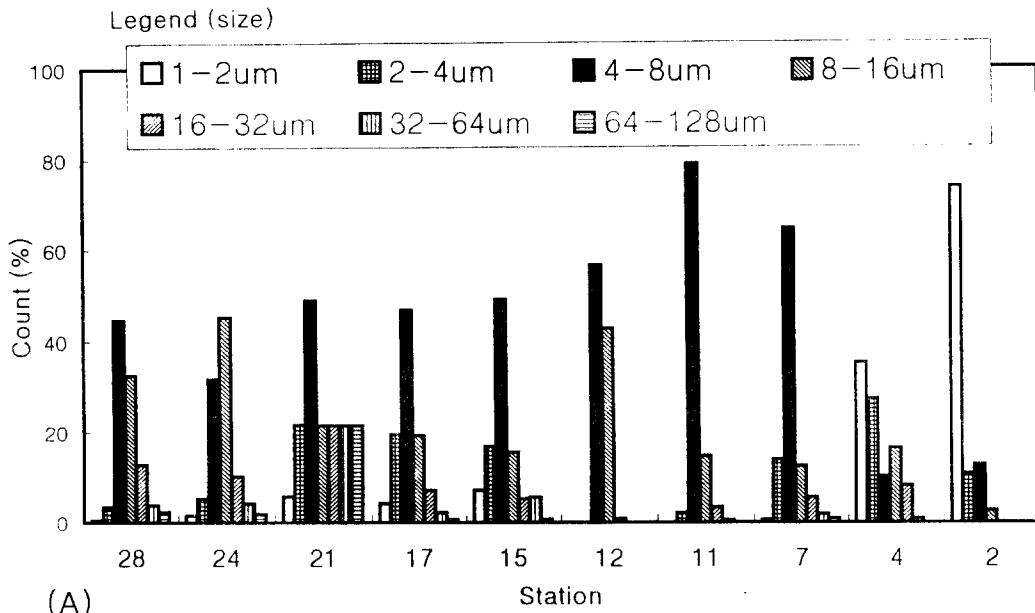


Figure 9. Particle size analyses of the suspended materials in Fall time (1994).  
 (A) Surface water, (B) Bottom water.

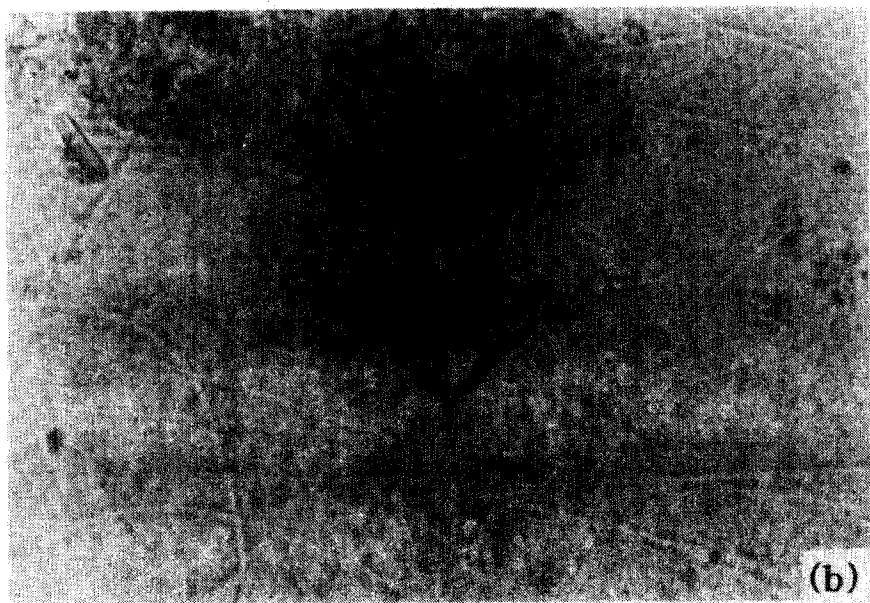


Figure 10. Silicoflagellate in the weatern Kwangyang Bay (X 400 apical view).  
(a) *Dictyocha speculum* (b) *Dictyocha fibula*.

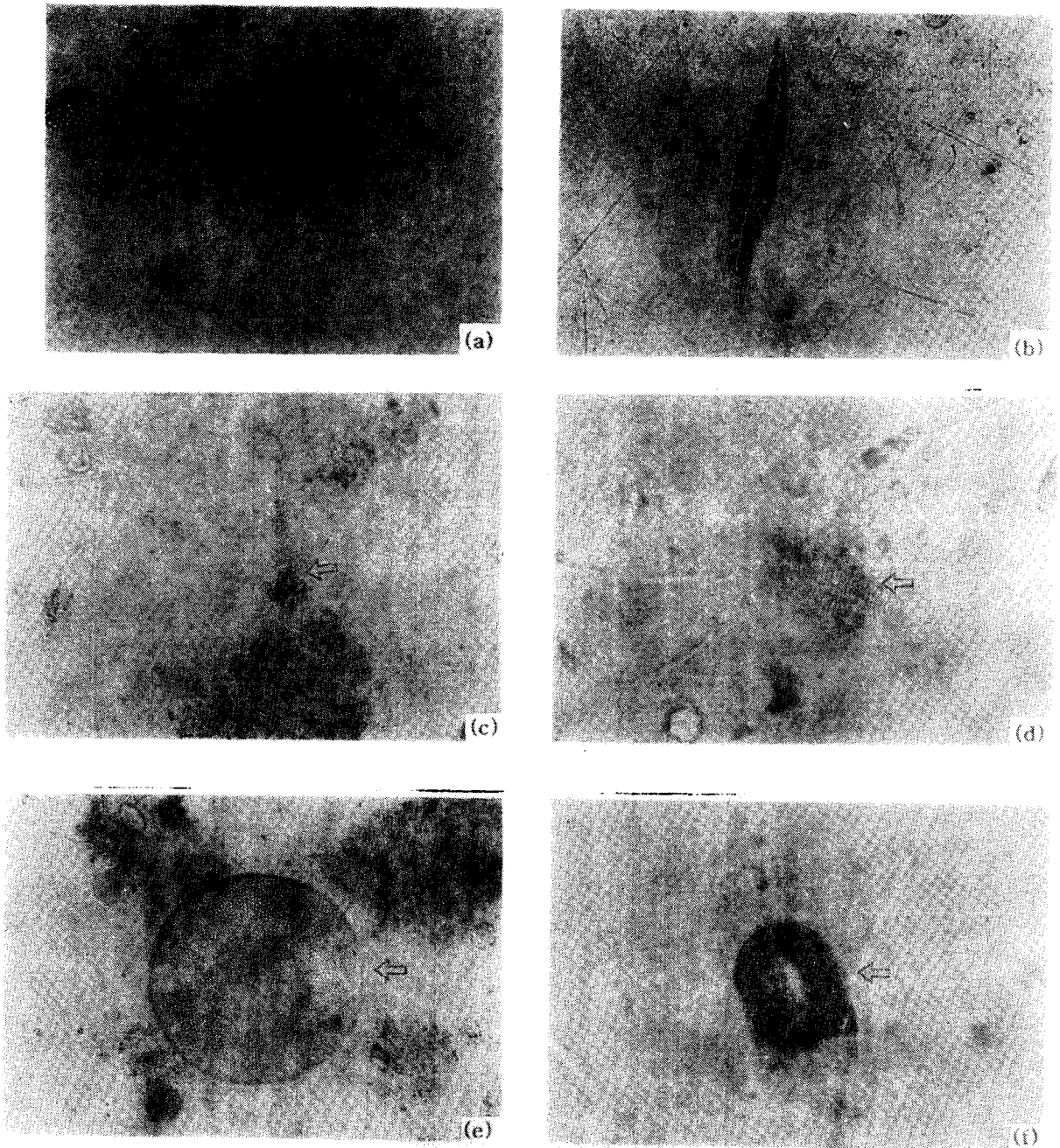


Figure 11. Diatoms in the western Kwangyang Bay (X 400 apical view).

(a) *Pleurosigma*. sp. (b) *Pleurosigma* sp. (c) *Paralia sulcata*

(d) *Nitzschia cocconeiformis* (e) *Coscinodiscus* sp. (f) *Stephanopyxis* sp.

## 고 찰

연구해역의 TSM 함량과 분포에 관한 연구는 4 계절별로 차이를 나타내는 것으로 규명된 바, 이러한 원인은 첫째, 본 연구해역의 해저 퇴적물의 입도분석 결과가 묘도 북·남측 수로의 내부로 갈수록 입도가 세립해지는 경향과 관련이 있으며, 둘째는 광양만 서부해역의 경계면 마찰속도의 영향으로 사료된다. 즉, 재부유 영향이 큰 것으로 사료되며 또한 연구 해역으로 유입되는 부유물의 영향이 또 다른 요인 이라고 생각된다. 조석의 유속은 수심과 함께 연구해역인 광양만 내부 부유물질 총량의 양적인 분포에도 크게 영향을 미칠 것으로 사료된다. 부유물질의 총량은 저면에서 침식되는 퇴적물중 부유이동하는 퇴적물의 양이며 유체의 전단속도에 의존하는 것으로 알려졌다 (Smith, 1977). 광양만은 최강 창조류 때와 낙조류 때에 묘도 북·남측수로에서 유속의 흐름이 약 100~110 cm/sec 정도로 관측되었다. 또한 광양만 서부 내만에서도 50~60 cm/sec 정도의 유속이 측정되었다 (포항종합제철주식회사, 1988). 따라서 비교적 수심이 얇은 광양만에는 창조와 낙조의 최강유속을 보면 비교적 조석에너지가 강한 환경이다. 또한 부유물질 함량과 입도는 조석 주기와 강우의 유입, 파랑의 수계 내의 운동과 복합적으로 작용하며 이에 따라 내만 지역에 다르게 분포한다.

계절별 부유물질 함량에 대한 표층수와 저층수의 함량비 차이를 고찰하면, 표층수와 저층수의 부유물질 함량비 차이가 여름철의 경우 다른 계절에 비하여 두배 이상의 높은 값을 나타냄을 주목하여야 한다. 특히, 여름철 표층수와 저층수의 부유물질 함량이 다른 계절에 비해 북서부 해안으로 갈수록 급격히 증가하였다. 이러한 원인으로는 연

구해역으로 유입되는 초남리 북쪽에 위치한 동천과 서천, 그리고 호두리, 조화리, 치적리 일대에 발달하고 있는 소하천들로부터 유입된 쇄설성 부유물의 영향으로 사료된다. 공과 이(1994)는 득량만에서의 부유물질의 계절별 공간분포를 측정된 결과, 여름철을 겨울철에 비교하면 표층수와 저층수 사이의 함량 차이는 두 배 이상이다. 이는 수온 약층의 형성으로 인하여 서로 다른 밀도층의 부유물질 교환이 이루어지지 못하기 때문인 것으로 해석하였다. 그러나 본 연구해역은 묘도 북·남측 수로에서는 15m 이상의 수심이며, 그 이외의 대부분 해역은 10m 이하의 낮은 수심이다. 따라서 수심이 얇은 본 연구해역은 여름철 수온약층이 형성되지 않았을 것으로 사료된다. 연구해역의 겨울철 부유물질은 여수 외해로부터 유입될 가능성은 매우 희박하다. 그런데 건조한 겨울철 북서계절풍이 우세하며 맑은 날씨가 계속되지만 해상의 파랑은 자주 일어난다. 한편, 초여름부터 가을 사이에는 고온다습한 남서 계절풍이 현저하다. 이 계절풍은 남해의 수피의 순환과 세립질 퇴적물을 조절하며 이 계절풍에 의해 야기되는 파랑의 작용은 연안해역에서 강하게 작용한다. 따라서 비교적 얇은 수심의 본 연구해역은 계절풍에 의하여 야기되는 파랑의 영향을 클 것으로 사료된다. 파랑의 작용과 더불어 한 방향으로 흐르는 해류가 부가되면 해류의 방향과 동일한 방향으로 퇴적물의 이동이 일어날 수 있다고 Bagnold (1963)는 보고하였다. 이러한 원인으로 광양만 내만으로 흐르는 밀물(임계속도 이하)은 연안해역으로 퇴적물을 이동시킬 수 있다. 본 연구해역은 반폐쇄된 내만해역이며 서해안에 비교하여 조차가 작으므로 수층간의 교환이 활발하지 않았을 것으로 사료된다.

박 등(1984)은 광양만 세립질 퇴적물의

퇴적속도가 섬진강의 유입 총량보다 크다는 사실을 바탕으로 광양만 세립질 퇴적물의 일부가 외부로부터 유입되었다고 추정하였고, 연구해역의 니질퇴적물의 일부는 섬진강으로부터 유입되며 그 나머지는 여수 해만을 통해 외해로부터 유입된다고 하였다(김과 김, 1991; Kim and Kang, 1991). 그런데 한반도 서·남해안의 분포하는 세립질 퇴적물의 기원과 이동경로의 경우, 주로 한반도의 서해 연안에서 남쪽 또는 남동쪽 방향으로 이동하는 내용의 연구 결과가 발표되었다(Park *et al.*, 1986). Wells(1988)는 위성사진과 부유물의 실측자료와 해류 등의 분석을 통하여 북서 계절풍이 강한 겨울철에 한국 남서 해안의 연안을 따라 흐르는 고농도의 부유물질 흐름이 존재하며, 실트와 점토질 부유물이 한국 남서 해안선을 따라 대한해협으로 이동하여 일부는 남해연안의 여러만에 퇴적되는 듯 하다고 주장하였다.

## 결 론

한국 남해 광양만 서북부 해역에서 4 계절에 따른 TSM 함량과 분포 및 입도 변화를 분석한 결과는 다음과 같다.

(1) 연구해역의 계절별 TSM 함량은 각각 큰 차이가 있다는 사실이 밝혀졌고, 특히 여름철의 TSM은 해안선으로 접근 할수록 급격히 증가 하였다. 종합적으로 본 연구해역에서의 TSM 함량의 계절적 차이에 관한 근본적인 원인은 얕은 수심, 표층 퇴적상, 조류에 따른 표층 퇴적물의 재부유, 해안근역으로부터의 부유물질 공급이라고 해석된다.

(2) 부유물질 입자는 여름철과 겨울철 모두 표층수에서는 세립하고 저층수에서는

조립한 경향을 나타내는 것으로 규명되었으며, 여름철 저층수에서는 겨울철보다 좀더 조립한 부유물질이 우세한 것으로 분석되었다. 이러한 부유물 입자의 입도 차이는 해저 표층퇴적물의 재부유에 원인이 있다고 사료된다.

## 사 사

본 논문을 작성하는데 야외관측과 실내분석과정에서 여러모로 도와준 서울대학교 해양학과 천해 퇴적학 및 고해양학 연구실의 임동일 석사, 최경식 석사, 김진호 석사, 군산대학교 해양학과 최진용 교수 및 서울대학교 해양연구소 김백운 박사에게 감사의 뜻을 표합니다.

## 참 고 문 헌

- 공영세, 이병걸, 1994. 득량만의 퇴적물 및 부유물의 특성. 한국해양학회지, 29 : 269-277.
- 김대철, 김길영, 1991. 광양만 미고결 퇴적물의 물리적 및 음향학적 성질: 북태평양 대륙붕 및 사면 자료와의 비교. 한국수산학회지, 24 : 147~153.
- 박용안, 이창복, 최진혁, 1984. 광양만의 퇴적환경에 관한 연구. 한국해양학회지, 19 : 82-88.
- 장지원, 한영호, 윤갑동, 양동립, 김덕천, 1974. 광양만의 물리적 해황에 관한 연구(1). 한국어업기술학회지, 10 : 1-18.
- 포항종합제철주식회사, 1988. 광양제철소 부지조성 환경영향 평가서.
- Bagnold, R. A., 1963. Mechanics of ma-



- rine sedimentation. In M. N. Hill, ed., *The Sea*, vol. 3, *The Earth beneath the Sea*. New York : Wiley Interscience, pp. 507–582.
- Ingram, R.L., 1971. Sieve analysis analysis. In : Carver, R. E. (ed). *Procedures in Sedimentary Petrology*, Wiley—Inter science, p.49–67.
- Kang, H.J., 1981. Late Quaternary sedimentary Processes in the Gamagyang Bay, Southern coast of Korea : M. S. Thesis, Seoul National University, 102p.
- Kim, D.C. and H.J. Kang, 1991. Suspended sediment budget in Gwangyang Bay through the Yeosu Sound. *Bull. Korean Fish. Soc.*, 24 ; 31–38.
- KORID, 1985. A Study on the Atlas of Marine Resources in the adjacent seas to Korea—Yellow Sea : spring, summer, fall, and winter seasons. BSPE 00055–86–7A, 523pp.
- KORDI, 1986. A Study on the Atlas of Marine Resources in the adjacent seas to Korea—Yellow Sea : spring, summer, fall, and winter seasons. BSPG 00030–119–7, 523pp.
- Oostdam, B.L. and Jordan, R.R., 1972. Suspended sediment transport in Delaware Bay : *Geol. Soc. Amer. Memoir* 133, p.143–149.
- Park, Y.A., Kim, S.C. and Choi, J.H., 1986. The distribution and transportation of fine-grained sediments on the inner continental shelf off the Keum River estuary. Korea. *Cont. Shelf Res.*, 5 ; 499–519.
- Park, Y.A., K.R. Kim, J.Y. Choi and S.C. Park, 1988. Size distribution of suspended particle materials in the southern East Sea of Korea. *J. Oceanol. Soc. Korea*, 23 : 76–88.
- Wells, J.T., 1988. Distribution of suspended sediment in the Korea Strait and southeastern Yellow Sea : onset of winter monsoons. *Mar. Geol.*, 83 : 293–284.
- Yang, C. S., 1986. Estimates of sand transport in the Oostershelde tidal basin using current—velocity measurement. *Mar. Geol.*, 72 : 143–170.
- Yoo, H.R., 1986. Remotely sensed water turbidity pattern on the Korea side of the Yellow Sea. *Ocean Res.*, 8 : 49–55.
- Zheng, Q.A. and Klemas, V., 1982. Determination of winter temperature patterns, fronts and surface currents in the Yellow Sea and East China Sea from satellite imagery. *Remote Sensing Environ.*, 12 : 201–218.