

## 한국근해 퇴적물의 입도분포 특성

공영세·김승우\*

부산수산대학교 응용지질학과

\*한국동력자원연구소 해저지질연구소

## Size Characteristics of the Korean Shelf Sediments

YOUNG SAE KONG, SUNG WOO KIM\*

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

*\*Marine Geology Division, Korea Institute of Energy and Resources, Daejeon 305-343, Korea*

조밀하게 채취된 한국 근해 대륙붕 상의 표층퇴적물의 입도 자료 1,044개를 재해석하였다. 이들 표층퇴적물의 입도곡선은 31%가 단일 모드를, 54%가 두 개의 모드를 보이며 나머지는 세개 이상의 모드를 가진다. 단일모드 퇴적물과 복모드 퇴적물의 각 구성모드의 입도곡선은 대체로 정규분포와 유사하다. 황해 남동부와 남해 내대륙붕의 현세 벨지대의 입도모드는 일정한 방향으로 체계적으로 세립질화 한다. 군산 앞바다 및 남해 외대륙붕의 단일모드 모래지역의 지리적 분포는 중급속 및 부유퇴적물 농도의 최저값지역과 거의 합치한다. 이상의 사실들에서 퇴적물의 세립질 모드의 입도분포가 현세의 운반 퇴적과정을 잘 반영한다는 것을 알게되었다. 동시에 모드분석수법이 퇴적물의 입도자료를 해석하는데 유용한 방법임을 알게되었다.

Size data of 1,044 surface sediments from Korean shelf area were compiled and reexamined. Size distribution curves of the sediments are unimodal (31% of the total number), bimodal (54%), or multimodal (15%). Size curves of the sediments and modal subpopulations of the mixed sediments show resemblance to normal curve in shape. The modal mean value shows systematic change along a direction inside the Recent mud belts of the southeastern Yellow Sea and west of Korea Strait. It was found that the areas covered by unimodal sand are minimal value areas of heavy metal- and suspended sediment-concentration in the southeastern Yellow Sea and northern East China Sea. The above observations indicate that fine mode of sediment has close relationship with sediment transport processes during Recent time. It was also found that the mode analysis is useful method to extract information from sediment size data.

### 서 론

바닷가의 모래, 파쇄된 광석, 화산재, 시멘트 가루 등 粒子로 이루어진 것들의 입도분포가 正規분포와 같은 理論分佈에 매우 近似하다는 사실은 오래 전부터 관심을 끌어왔었고 그 원인에 대해서도 많이 연구되어 왔었다. 해양지질학 등에서 다루는 퇴적물이야말로 전형적으로 입자로 구성된 물질로서 퇴적물을 이해하기 위해서 수많은 퇴적물의 입도분석이 행하여져 왔었다. 그러나 의외로 자연의 퇴적물

에서는 정규분포에 가까운 입도분포가 오히려 소수에 속하며, 광물조성으로나 입도구성으로나 퇴적물은 잡다한 요소의 혼합으로 나타나는 것이 일반적인 것을 알게되었다. 혼합물을 이해하기 위해서 혼합물을 구성요소 혹은 모드(최빈치)로 분해해서 살펴보는 것은 자연스럽고도 올바른 접근순서라 할 수 있겠다. 따라서 혼합물로서 흔히 나타나는 한국 근해 퇴적물의 입도자료를 종합하여 정성적인 방법으로 모드로 분해해서 그 변화를 살펴보았다. 본 논문에서는 한국동력자원연구소가 발표한 한국 주변해역의

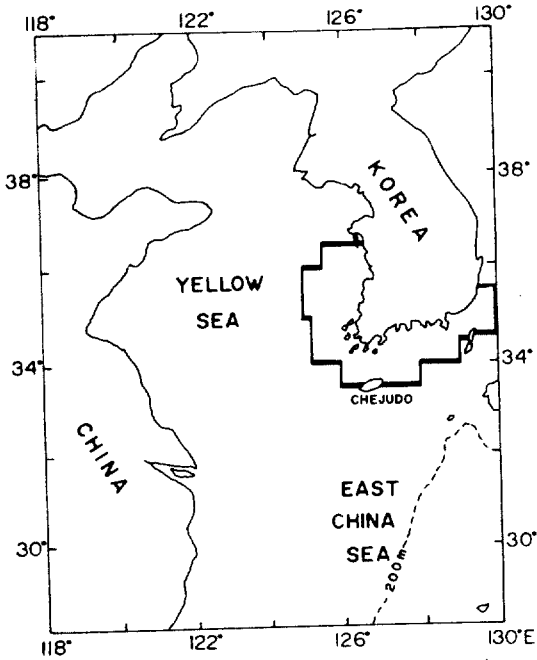


Fig. 1. Map showing the study area and continental shelf around Korea.

표층퇴적물 입도자료를 처리하여 그 의미를 재exam하여 보았다. 이러한 작업을 통해 1) 각 모드의 입도곡선이 정규분포와 같은 이론분포에 근사한지, 2) 이러한 입도곡선이 연구 대상해역에서의 운반 퇴적 과정을 어느 정도 반영하는지를 밝혀보고자 하였다.

### 자료 및 방법

분석에 이용한 자료는 기발간된 문헌(김승우 등, 1985, 1986, 1987, 1988; 민 등, 1989; Kim and Kong, 1984, 의 참고문헌 참조)의 입도자료를 종합한 것이다. 이들은 한국동력자원연구소가 황해와 남해에서 그래프채취기로 채취, 입도분석한 표층퇴적물 자료 1,044개이다(Fig. 1). 퇴적물 자료의 측정간격은 평균 약 7 km이고 분포수심은 10 m에서 160 m 사이에 대부분이 놓여있으며 만은 제외되었다. 입도분석의 간격은  $1\phi$ 이며 입도의 분석범위는  $-2\phi - 11\phi$ 이고 이 범위밖의 입자는 양단의 입도계급에 포함되어 있다.

통상 퇴적물을 채취하면 체질이나 피펫법으로 입도를 분석하여 퇴적물의 이름을 정하고, 각 입도별

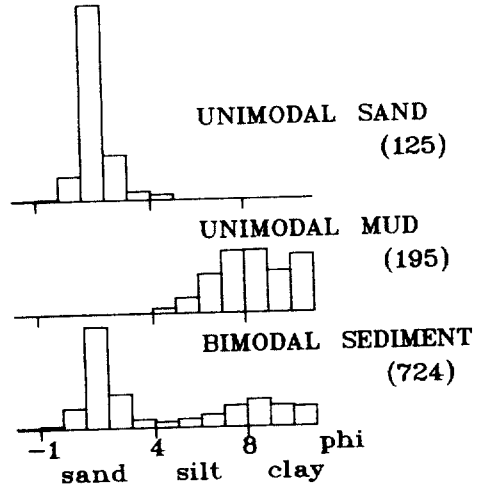


Fig. 2. Sample histograms of the three sediment types, i.e., unimodal sand, unimodal mud and multimodal (bimodal) types. The number indicates number of sediments for each type.

무게 백분율에서 계산한 네개의 積率(moment) 즉, 평균치, 분급도, 의도, 첨도를 구해서 퇴적물의 입도 성격을 대표하게 한다. 무한히 구할 수 있는 적률 가운데에서 4차 적률까지만 사용하는 이유는 高次 적률일수록 큰 의미가 없는 숫자에 불과해지기 때문이다. 또 퇴적물 입도분포가 어떤 이론적인 확률 분포(예를 들어 정규분포)에 가까울수록 低次의 적률에서 분포에 대한 정확하고 유용한 정보를 얻을 수가 있다. 반대로 입도분포가 이론분포와 비슷하지 않을 경우 低次의 적률이 그 분포의 특징을 잘 나타내는 유용한 대표값으로 되기가 힘들다. 따라서 적률로써 입도분포가 가진 정보를 요약 대표하려고 할 경우 먼저 입도분포 막대 그림표가 이론분포에 가까운지 어떤지를 반드시 살펴볼 필요가 있다. 만일 입도분포가 이론분포와 닮지 않았고 단일모드도 아닐 경우에는 대부분 둘이나 그 이상의 극대치가 나타나는데 이 극대치를 모드로 간주하고 이를 複 모드(multimodal) 분포라고 부른다. 모드는 시각적으로 쉽게 찾을 수 있으나 수치적 방법으로 구하기가 힘들어 객관성이 모자라는 듯이 보이기도 하지만, 복잡한 度數分布의 특징을 두서너개의 값으로 요약할 수 있다는 면에서는 서로 다른 입도분포를 비교하는데 있어 우월한 방법이다.

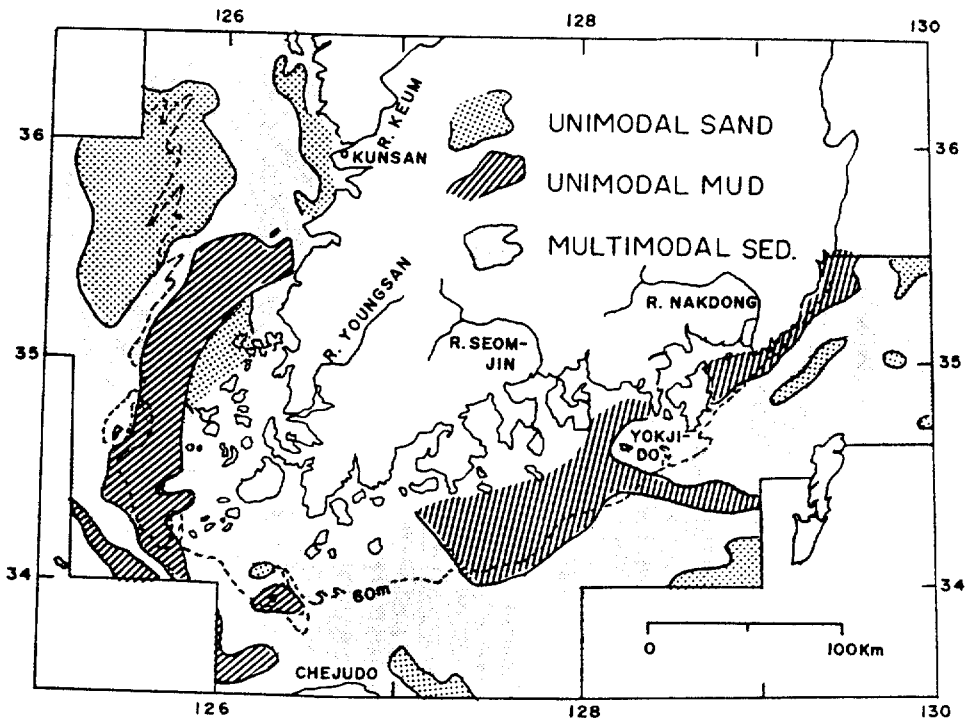


Fig. 3. Map showing areal distribution of the three sediment types of the Korean shelf sea. Contour of 60 m water depth is shown in dotted line.

### 한국근해 퇴적물의 세가지형

Fig. 2에서 보는 바와 같이 본 연구해역의 표층 퇴적물은 單一모드(unimodal) 퇴적물과 複모드(multimodal) 퇴적물로 나눌 수 있는데 單一모드 퇴적물은 다시 단일모드 모래형(125개)과 단일모드 썰형(195개)의 둘로 나눌 수 있다. 複모드형은 이 모래모드와 썰모드가 혼합된 것으로 보이는 것(bimodal)이 대부분을 차지하며(563개), 나머지는 소량의 礫이나 점토가 다른 하나의 봉우리를 이루는 세개 이상의 極大를 보이는 퇴적물이다(161개).

이 세가지형의 지리적 분포는 Fig. 3과 같다. 단일모드형의 퇴적물은 영역내에서 자연스럽게 근접해서 분포한다. 단일모드 모래형은 남해와 대한해협에서는 수심 110-130 m 부근에 분포하며, 황해 남동부에서는 수심 50-70 m와 10-20 m 사이에 각각 분포한다. 단일모드 썰형은 대체로 수심 60 m 안쪽의 내대륙붕에 띠모양으로 분포한다. 이 이외의 해역을 複모드형이 덮는다. 연구지역 중 위도 35도 30

분 이북지역(군산 앞바다)은 역을 함유하지 않은 퇴적물로 대부분 덮혀 있는 것이 특징이다.

모래-실트-점토의 삼각도(Fig. 4a)에서 이 지역 표층퇴적물의 입도성분비를 알 수 있다. 두 단일모드형이 상당히 균일한 입도성분비를 보이면서 上下 양끝에 분포하고 그 가운데에 혼합퇴적물이 다양한 성분비를 보이는 것을 볼 수 있다. 남한주변 대륙붕의 표층퇴적물은 Folk의 분류를 따른다면 함력썰질모래(19%), 썰(16%), 모래(12%), 썰질모래(9%), 실트질모래(9%)의 順으로 혼한다. 역을 포함하는 퇴적물이 전체의 약 40%이다(Fig. 4b).

확률용지(對數正規分布)에 옮긴 누적도수분포 곡선(Fig. 5)을 보면 단일모드 모래형이 대수정규분포에 매우 가까운 분포를 보이고 평균치가 약 2φ이며, 단일모드 썰형 역시 대수정규분포에 유사한 분포를 보이고 평균치는 약 8φ이다(Fig. 5a). 複모드형(Fig. 5b)은 대체로 兩 單一모드형의 가운데에 圖示되어 한눈에 혼합퇴적물임을 짐작할 수 있다.

앞에서 언급한 것처럼 입도분포곡선의 특징적인

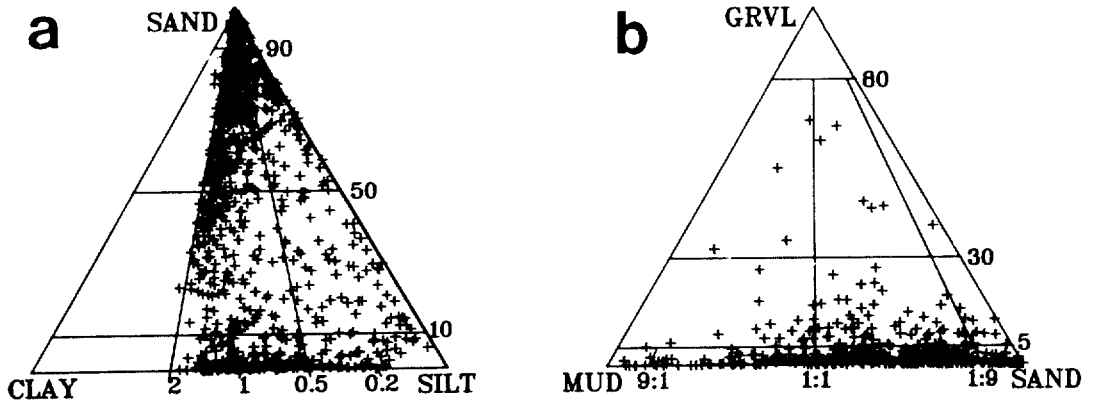


Fig. 4. Ternary diagram showing a) sand, silt and clay ratio, and b) gravel, sand and mud ratio for the 1,044 sediments from the Korean shelf.

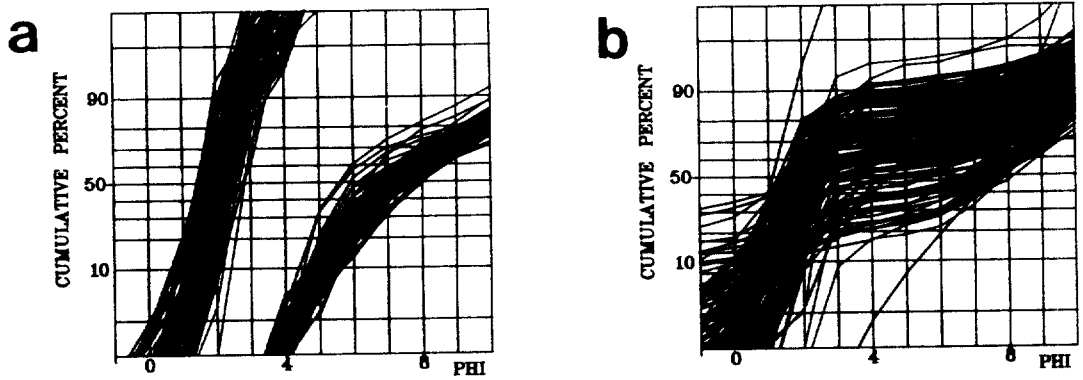


Fig. 5. Size cumulative frequency curves of the unimodal type (a), and the multimodal type (b) sediment plotted on a probability paper.

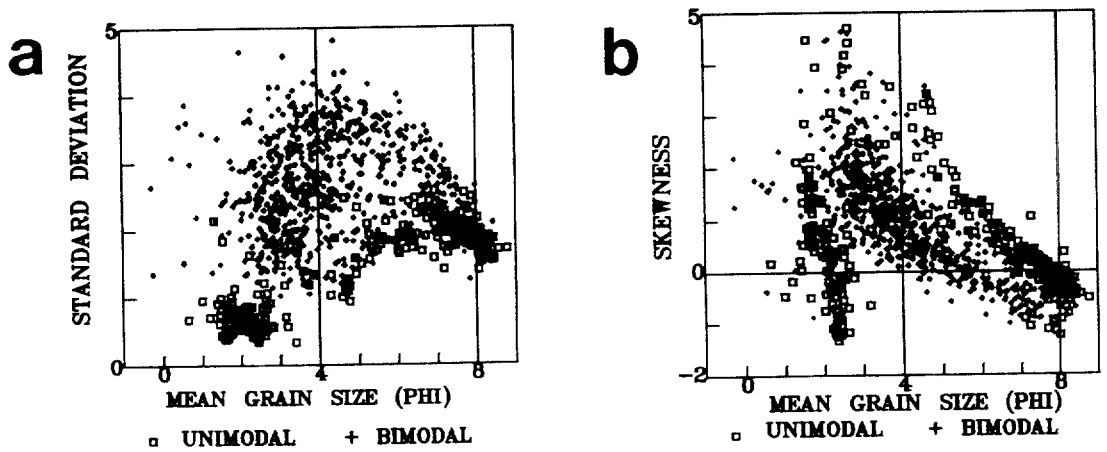


Fig. 6. Scatter diagrams showing a) mean size versus standard deviation, and b) mean size versus skewness value.

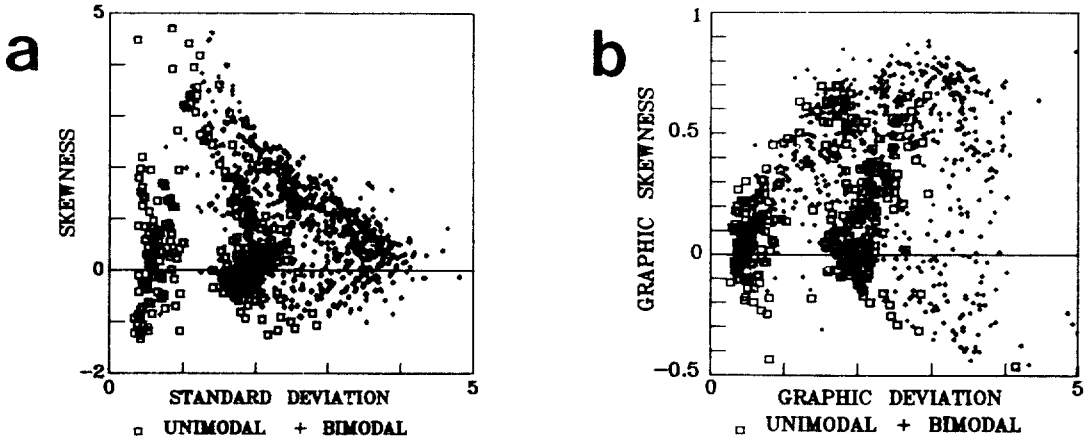


Fig. 7. Scatter diagrams showing standard deviation and skewness values calculated differently by a) moment method, and by b) graphic method (Folk and Ward).

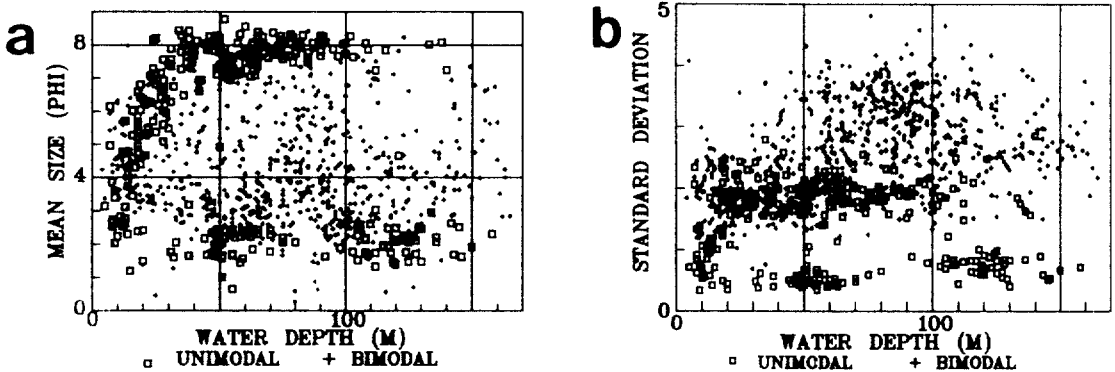


Fig. 8. Bottom sediments from the Korean shelf area plotted on diagrams of water depth versus a) mean size, and b) standard deviation

정보를 요약할 수 있는 값으로서 통상 1-4차의 積率 (平均值, 分級度, 歪度, 尖度)을 사용한다. 대부분의 단일모드 모래형과 단일모드 뿔형은 각각 0.5와 1.8 내외의 분급도 값을 보인다(Fig. 6a). 複모드형을 보면 두개의 單一모드형의 端點을 출발점으로 하는 무지개 모양으로 점들이 분포하고 있다. 이는 두 모드의 성분비가 점차 변하면서 만든 혼합물의 결과임을 강하게 지시한다. 두 모드의 혼합비가 50 : 50 일 때 평균치는 두 모드의 中央(5φ)에 오고 가장 분급이 나쁘리라는 것(3.5)을 쉽게 Fig. 6a의 도표에서 예측할 수 있다. 이와 같이 두 모드가 혼합된 퇴적물의 적분은 혼합되는 각 모드의 subpopulation의 분포특성에 대한 정보를 포함하지 못하고 단지 두 모드의 혼합비를 나타내는데 불과하다는

것을 알 수 있다. Fig. 6b는 평균치-의도별 분산도 표인데 역시 2φ와 8φ 단일모드형이 의도값 0 부근을 중심으로 각각 분포하며 複모드형은 그 가운데에 띠모양으로 비스듬히 분포해 있다. 상당수의 세립질 모드가 보이는 약한 부의 의도값은 11φ까지로 입도분석을 한정함으로써 생긴 측정오차이다. 역시 50 : 50의 혼합비를 가진 혼합퇴적물은 평균치 5φ와 의도 0 부근에 모여서 이점보다 砂質모드 比가 커지면 正의 의도쪽으로, 뿔질모드 比가 커지면 負의 의도쪽으로 분포하는 것을 알 수 있다.

지질학에서는 오래전부터 積率을 사용하기 보다는 적분에 대한 근사값을 많이 사용해 왔다. 입도곡선에서 쉽게 구할 수 있는 百分位數(percentile) 7개 정도를 이용하여 간단히 구할 수 있다는 장점 때

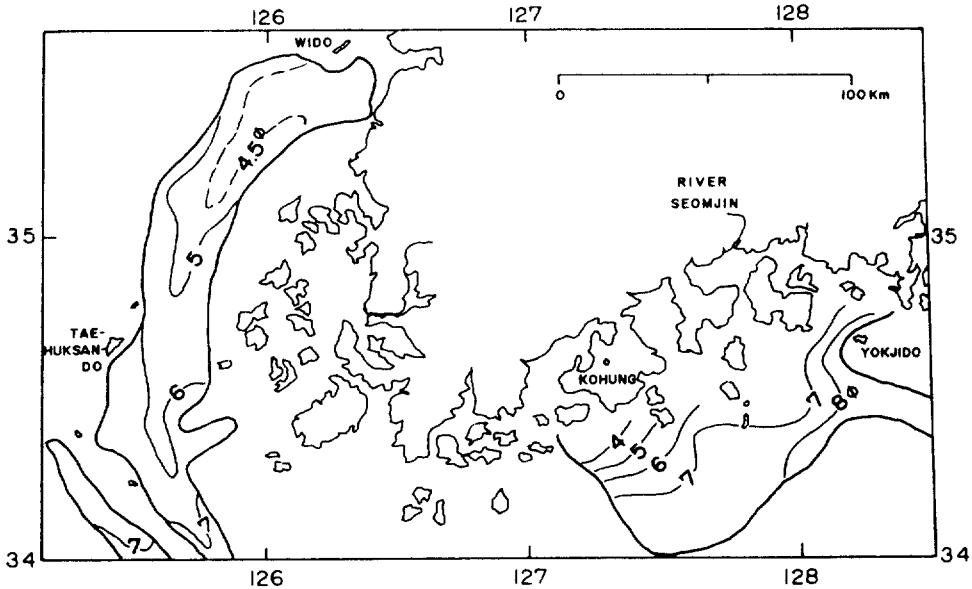


Fig. 9. Map showing modal size variations of the unimodal mud type sediments (in phi).

문이다. Fig. 7에 이러한 방법 중 가장 많이 쓰이는 Folk-Ward법을 이용해서 만든 분급도-의도별 분산도표(b)와 적률법으로 구한 것(a)을 비교를 위해 제시하였다. 두 방법 사이에 평균치는 물론 분급도까지는 본질적으로 큰 차이가 없으나 의도에서 값이 크게 다르고 분포경향까지도 다른 것을 알 수 있다. Folk-Ward법의 경우가 퇴적물型別의 모임이 좋지 않아 유형별로 나누기 어렵다는 단점이 있음을 지적할 수 있겠다(Fig. 7b).

수심에 대한 입도분포의 평균치(Fig. 8a)와 분급도(Fig. 8b)의 상관을 보면 복모드형 퇴적물은 넓게 분산되어 분포하는데 반해 단일모드형 퇴적물은 일정수심에 집중되어 분포하는 경향을 보인다. 단일모드 모래型의 퇴적물이 50-70 m 사이(군산 앞바다)와 110-130 m 사이(남해)에 모여서 나타난다. 단일모드 찰型의 퇴적물은 수심 50 m까지는 입도 평균치가 수심과 더불어 커지는 경향을 뚜렷이 보여준다.

## 고찰

### 1. 단일모드 찰型

한국주변 대륙붕의 표층퇴적물은 마지막 빙하기의 해퇴 및 해침과 관련된 조립질 퇴적물과 그 위를

덮는 7000-5000년 전부터의 현세 고해수준시기의 세립질 퇴적물로 구성된다고 한다(Chough, 1983; Bloom and Park, 1985, 외 다수). 탄성파조사에 의한 황해 남동부(김승우 등, 1980; 김종수 등, 1982; 조 등, 1985), 남해의 여수 앞바다(김승우 등, 1983; 조 등, 1984; 신 등, 1986; 김철민 등, 1987) 및 부산 연안(김철민 등, 1988; Park and Yoo, 1988)의 최대충후 약 20-30 m의 현세퇴적층의 자세한 분포범위는 이미 보고된 바 있다. 이러한 지역은 주로 한국의 하천에서 유출되는 퇴적물이 계절적인 침전과 재동을 거듭하면서도 퇴적이 진행되는 곳이다(Khim, 1988; Wells, 1988; Lee and Chough, 1989). 단일모드 찰型의 지리적 분포(Fig. 3)는 탄성파자료에 의한 현세퇴적층의 분포와 일치한다. 내대륙붕의 찰 분포역에서의 모드변화를 보면(Fig. 9) 점토질 실트에서 실트질 점토로 모드가 점이적으로 세립화하는 경향을 보인다. 전반적으로 단일모드 찰型의 퇴적물은 정규분포와 유사한 입도곡선을 보이지만 Fig. 5a에서 볼 수 있듯이 일부 세립질 퇴적물(금강하구-임자도)이 6φ 부근에서 구부러져있어 정규분포에서 벗어난 입도곡선을 보인다.

### 2. 단일모드 모래型

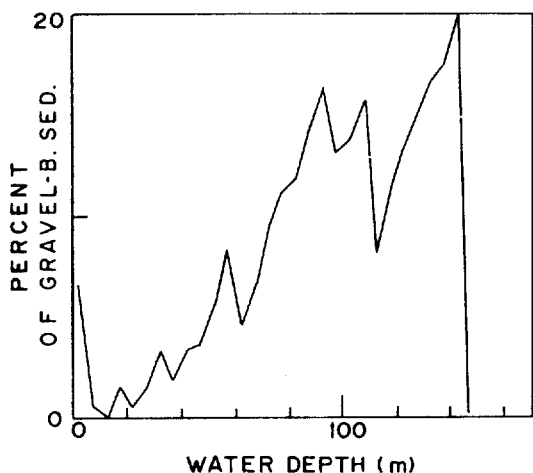


Fig. 10. Diagram showing ratio of gravel bearing sediments to the total sediment for different water depths.

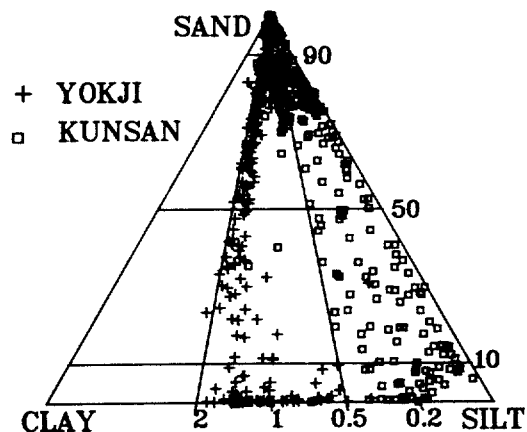


Fig. 11. Ternary diagram showing sand, silt and clay ratio of the sediments Yokjido offshore (square) and Kunsan offshore (crosshairs).

단일모드 모래형은 평균입도  $2\phi$  내외의 정규분포 곡선을 대체로 보인다(Fig. 5a). 負의 의도값을 가지고 분급도가 극히 좋은 모래는 강한 營力의 영향으로 細粒質이 선별적으로 씻겨져 나가버린 결과 입도분포가 대칭성을 잃어버린 것으로 해석할 수 있다. 누적도수 분포곡선(Fig. 5a) 중 90% 부근에서 직선을 벗어나는 분포곡선들이 이 경우에 해당될 것이다.

제주도 동쪽과 대마도 남서쪽에 위치하는 단일모드 모래형 분포지역은 남해에서 부유퇴적물 농도가

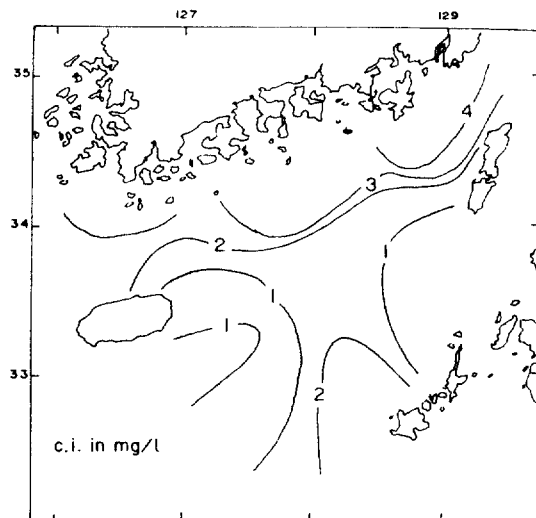


Fig. 12. Distribution of suspended particulate matters in the near bottom water in October, 1988. Numbers in mg/liter. After Park *et al.* (1989).

가장 낮은(1 mg/liter 미만) 구역과 일치한다(Fig. 12; 박 등, 1989, 의 Fig. 5.4A-4C 참조). 또 군산 앞바다의 단일모드 모래형 분포지역은 황해 남동부 해역 중 가장 낮은 표층퇴적물의 중금속(Cu, Ni, Mn, Fe, Pb) 농도구역과 거의 일치한다(Jeong *et al.*, 1984, 의 Fig. 12 참조). 이러한 사실은 단일모드 모래형 분포지역은 현세 퇴적물이나 부유물질의 공급속도에 비해 퇴적물을 재동시키는 營力이 더 강함으로해서 결과적으로 無堆積 現象을 보이는 것으로 해석된다. 따라서 이러한 해역은 퇴적물의 공급이 아주 적거나 저층에서 해류의 영향이 탁월한 지역으로서 퇴적률(accumulation rate)이 0에 가까우며, 위에서 본 것처럼 일부 負의 의도를 보이는 모래가 분포하는 사실에서 再動 내지는 침식현상도 일어나는 것으로 유추할 수 있다.

### 3. 復모드型

복모드형 퇴적물은 기본적으로 사질모드와 礫질모드가 섞인 혼합 퇴적물이며 礫을 함유한 경우를 제외하고는 양 모드 모두 정규분포에 유사한 입도곡선을 보인다(Fig. 5b). 앞에서 본 것처럼 현재의 부유퇴적물 농도가 가장 낮은 곳에 단일모드 모래가 분포하는 것과 같은 원리로 부유퇴적물의 농도가 높은 내대륙봉쪽으로 가면서 복모드형 퇴적물의 礫

질모드비가 커진다(Fig. 8a). 남해의 육지도 부근에서 외대륙붕에 걸친 지역의 퇴적물의 모래-실트-점토비의 삼각도(Fig. 11)에서 북모드형 퇴적물의 벨질모드가 매우 균일한 점토-실트비를 유지하는 것을 볼 수 있다. 이 현상은 이 지역의 퇴적물에 포함된 벨이 동일한 운반퇴적기구에 의존한다고 추정하게 한다. 군산앞바다(북위 35도 30분 이북)의 북모드형 퇴적물은礫을 거의 함유하지 않음으로써 다른 지역과 구별된다. 각 수심별 퇴적물 수에 대한 역을 함유한 퇴적물 갯수의 비를 살펴보면 80 m보다 깊은 곳에 역이 많이 분포하는 것을 알 수 있다(Fig. 10). 즉, 세계 이상의 모드를 가진 북모드형 퇴적물은 외대륙붕에 주로 분포한다는 것을 의미한다.

결 론

1. 한국 부근의 황해와 남해 대륙붕에 분포하는 표준퇴적물의 입도분포곡선은 단일모드(31%)와 두 개의 모드(54%)를 보이며 소수(15%)가 세계 이상의 모드를 보인다. 일부 예외를 제외하면 단일모드 퇴적물 뿐 아니라 혼합퇴적물의 각 구성모드도 대체로 정규분포와 유사한 입도곡선을 가진다.
2. 퇴적물 세립질모드의 입도분포는 연구해역의 운반퇴적과정을 반영한다는 것을 다음과 같은 사실에서 알게되었다.
  - 1) 황해남동부와 남해의 현세 벨지대의 모드는 일정한 방향으로 체계적으로 세립질화한다.
  - 2) 군산 앞바다 및 남해 외대륙붕의 단일모드 모래지역의 지리적 분포가 현세 유입물로 보이는 중금속 및 부유퇴적물 농도의 최저값 지역과 거의 합치한다.
  3. 군산 앞바다 및 남해 외대륙붕의 단일모드 모래형 분포지역은 무퇴적 내지는 일부 세립질 퇴적물의 재동이 일어나는 지역으로 추정된다.
  4. 모드분석수법은 혼합퇴적물이 흔히 나타나는 대륙붕상의 퇴적물의 입도자료를 해석하는 유용한 방법이다.

사 사

토론에 기꺼이 응해주신 이윤오, 장정해, 민건홍, 이치원씨께 감사드린다. 이 논문에서 사용한 모든

자료가 이분들의 긴 航海를 통한 연구활동의 결과물이라는 의미에서 거듭 감사드린다. 원고타자를 맡아준 부산수산대학교 대학원의 김길영군에 대해 사의를 표한다.

참고문헌

김승우, 김종수, 이윤오, 공영세, 이치원, 민건홍, 박영수, 최계립. 1986. 연근해저지질조사연구(남해-거제간해역). 한국동력자원연구소 연구보고 KR-86-20: 7-50.

김승우, 민건홍, 이치원, 최계립, 공영세, 이윤오, 박영수. 1987. 거제-부산간해역 해양지질조사연구. 한국동력자원연구소 연구보고서 KR-86-2-20: 7-66.

김승우, 이윤오, 공영세, 박영수, 이치원, 민건홍. 1988. 부산-울산간 해양지질조사연구. 한국동력자원연구소 연구보고서 KR-87-26: 1-64.

김승우, 장정해, 정공수, 조규장, 김철민, 박관순, 김원식, 신원철, 박근필. 1980. 서해남부 해저퇴적물연구(혹산도-자은도간). 자원개발연구소 KIGAM Bulletin-11: 1-24.

김승우, 장정해, 김종수, 이치원, 민건홍, 신원철, 조규장, 김원식. 1983. 연근해저지질조사연구. 한국동력자원연구소 연구보고서 82-해저자원-1-17: 7-48.

김승우, 장정해, 이치원, 민건홍. 1985. 해양지질조사연구(추자도일대해역). 한국동력자원연구소 연구보고 85-18: 7-47.

김종수, 김승우, 장정해, 이치원, 민건홍, 김철민, 김원식, 신원철. 1982. 연근해저지질 및 물리탐사연구(소흑산도-진도). 한국동력자원연구소 연구특보 31: 1-48.

김철민, 이원영, 김원식, 신원철, 박근필, 이호영, 최완실. 1987. 거제-부산간해역 해양물리탐사연구. 한국동력자원연구소 연구보고서 KR-86-2-20: 101-149.

김철민, 이원영, 김원식, 박근필, 신원철, 이호영, 최완실. 1988. 부산-울산간 해양물리 탐사연구. 한국동력자원연구소 연구보고서 KR-87-26: 65-105.

민건홍, 이치원, 이윤오, 김승우, 공영세, 박영수, 김종수. 1989. 울산외해 해양지질조사연구. 한국동력자원연구소 연구보고서 KR-88-3B: 7-70.

박용안, 이창복, 조영길, 최진용, 박상윤. 1989. 한국남해 대륙붕 해저퇴적물 분포특성과 현세초기의 해수면. 제 4기학회지, 3-1: 1-15.

신원철, 김원식, 이원영, 박근필, 최완실. 1986. 해양물리 탐사연구(남해도-거제도간해역). 한국동력자원연구소 연구보고서 KR-86-20: 79-128.

조규장, 이원영, 김원식, 박관순, 한현철, 박근필, 신원철, 이호영, 최완실. 1984. 해양물리탐사연구(여수-백도일대해역). 한국동력자원연구소 연구보고서 83-해저자원-2-15: 81-146.

조규장, 이원영, 박관순, 김원식, 박근필, 신원철, 한현철, 이호영, 최완실. 1985. 해양물리탐사연구(제주도-진도간해역). 한국동력자원연구소 연구보고 85-18: 71-150.

Bloom, A.L. and Y.A. Park, 1985. Holocene sea-level history and tectonic movements, Republic of Korea. Quat. Res., 24: 77-84.

Chough, S.K., 1983. Marine Geology of Korean Seas. Int. Hum. Resour. Dev. Corp., Boston, Mass., 157pp.



- Jeong, K.S., S.J. Han, and B.C. SUK, 1984. A sedimentological study in the southeastern Yellow Sea. in Y.A. Park, O.H. Pilkey and S.W. Kim eds. *Marine Geology and Physical Processes of the Yellow Sea*: 96-116.
- Khim, B.K., 1988. Sedimentological study of the muddy deposits in the Yellow Sea. M.S. Thesis, Seoul Natl. Univ. 106pp.
- Kim, S.W. and Y.S. Kong, 1984. Size distribution characteristics of the sediments in the southeastern Yellow Sea and western South Sea, off the Korean Peninsula. in Y.A. Park, O.H. Pilkey and S.W. Kim eds. *Marine Geology and Physical Processes of the Yellow Sea*: 155-161.
- Lee, H.J. and S.K. Chough, 1989. Sediment distribution, dispersal and budget in the Yellow Sea. *Mar. Geol.*, 87: 195-205.
- 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.
- Wells, J.T., 1988. Distribution of suspended sediment in the Korea Strait and southeastern Yellow Sea: Onset of winter monsoons. *Mar. Geol.*, 83: 273-284.

---

Received January 9, 1991

Accepted February 26, 1991