

NOTE

퇴적물 입도분석 방식 비교: 예비결과

최진용 · 최진혁¹ · 김석윤²

군산대학교 해양학과, ¹국방과학연구소, ²부경대학교 해양학과

Granulometric Analysis of Sediment: Preliminary Results for Inter-lab Calibration

J.Y. CHOI, J.H. CHOI¹ AND S.Y. KIM²

Department of Oceanography, Kunsan National University, Kunsan 573-701, Korea

¹Agency for Defence Development, Jinhae 645-600, Korea

²Department of Oceanography, Pukyong National University, Pusan 608-023, Korea

퇴적물 입도분석 방식에 따른 분석결과의 편차를 비교하였다. 한반도 주변해역에서 기존에 보고된 퇴적물 입도 자료들은 연구기관에 따라 상당한 편차가 나타났으며, 실험실간 편차보정작업(Inter-lab calibration)이 요구된다. 퇴적물 입도분석 결과는 분석방식에 따라 상이하게 나타났다. 레이저 회절방식은 반복측정의 정확도가 매우 우수하였지만, 2-3 μm 보다 세립한 계층의 함량을 과소측정하였다. 이와 반면에 입자침전속도에 근거한 입도분석 방식은 조립실트(5-6 ϕ) 계층의 오차가 크게 나타났으며, 점토질 함량이 다소 과다하게 측정되었다. 퇴적물 입도분석에 가장 일반적으로 활용되는 체질과 피펫법은 0.5 ϕ 간격의 분석작업이 가장 효과적인 것으로 나타났다. 특히 피펫법의 경우 조립실트 계층의 영역에서 0.5 ϕ 간격의 분석작업이 요구되었다. 또한 사질 퇴적물의 체질방식에서는 하나의 체에 걸러지는 퇴적물 양에 따른 오차가 매우 중요한 것으로 나타났다.

Grain size distributions of sediment samples were analyzed by the different methods, and the results were compared. Reported data of the bottom sediments from the Korean seas show significant deviations among the institutes, and the inter-lab comparison and calibration procedures are considered to be necessary. Grain size data by different methods show different results. Laser diffraction method provides good precision in replicate analysis, but underestimates the amounts of finer (smaller than 2-3 μm) fraction. Data from particle settling method, on the other hand, represent significant errors in the coarse silt (5-6 ϕ) fraction, and slightly overestimate the clay fraction. In the sieve and pipette methods, best results were taken in 0.5 ϕ interval of analysis. Especially in the coarse silt fraction, pipette analysis is suggested to be made with 0.5 ϕ interval. During the dry sieving procedure in 1 ϕ interval, serious errors occur when large amounts of sample materials were concentrated in a particular sieve.

서 론

분석대상인 입자의 크기를 측정하는 작업은 지질학, 퇴적학, 토질역학, 저서생물학, 지구화학 및 환경공학 등의 다양한 학문분야에서 활용되며, 특히 최근에는 재료공학, 기계공학, 농토양학, 폐수오염학 등의 분야와 화장품 제조, 농약 살포 및 인공강우 등의 거의 모든 분야에서 광범위하게 응용되고 있다. 각 분야에서는 자신들의 목적에 부합하는 입도분석의 원리와 이론들에 근거하여, 여러가지 상이한 분석기술과 방식들을 적용하고 있다(Syvitski, 1991).

퇴적학적 측면에서 퇴적물의 입도분석은 퇴적물의 특성을 이해하는 가장 기본적인 분석방법 중의 하나로서, 입도분석 결과를 통하여 퇴적물을 분류하고, 기원을 규명하며, 퇴적작용과 퇴적환경을 해석할 수 있다. 일반적으로 우리나라에서는 퇴적물 입도분석 과정에서 체질/피펫(sieve and pipette)혼합법이 가장 널리 이용되며, 최

근에는 X-선 및 레이저를 이용하는 측정장비들이 활용되고 있다. 그러나 이들 기법 및 분석장비들 각각은 서로 다른 원리에 근거하여 입자의 서로 다른 특성을 측정하는 것이므로, 제시되는 입도분석 결과치를 활용하기 위하여 분석방법에 대한 충분한 검토가 있어야 한다(Syvitski, 1991). 입도분석 결과의 상이함은 분석방식의 차이 뿐만 아니라, 1) 입도분석의 전처리과정, 2) 10 ϕ 보다 세립한 계층의 처리(최와 장, 1991), 3) 조직표준치의 계산방식(Jaquet and Vernet, 1976; 최, 1991), 4) 형태와 밀도가 다른 구성입자의 문제 등 여러가지 측면에서 발생할 수 있다.

입도분석 방법에 따른 결과치의 편차들은 국가적인 차원에서 자료를 종합화하고 기준을 제시하려는 시도에 중대한 장애가 되며, 분석방식에 따른 보정작업이 절실하게 요구되고 있다. 외국에서는 일찍부터 분석방식의 차이에 대한 비교연구가 활발하였으며(Nelsen, 1983; Singer *et al.*, 1988; Syvitski, 1991), 여러 워크숍과 훈련 과정이 지속적으로 개최되고 있다(Sedimentation Seminar, 1981).

그러나 지금까지 우리나라에서는 이러한 비교,분석작업이 일부 연구를 제외하고는 거의 전무한 상태이며(정 등, 1993), 기존 자료의 효과적인 활용이 극히 제한되고 있다. 이에 따라 우리나라에서도 실험실간 편차 보정작업(Inter-lab calibration)이 시급히 실시되어야 하며, 본 연구에서는 이같은 보정작업의 예비결과를 제시하였다.

현재 국내에서 지질해양학 분야(관련분야 포함)의 입도분석 결과는 한국해양연구소(KORDI), 한국자원연구소(KIER, KIGAM), 그리고 여러 대학 연구자들에 의해 제시되고 있다. 본 연구에서는 일차적으로 이들 기존자료들을 비교하였다. 또한 일부 해저 퇴적물 시료를 대상으로 여러가지 분석방식에 따른 결과를 비교검토하였다. 본 연구의 비교작업에서는 입도분포가 알려진 표준시료를 사용하지 않았으며, 실제 해양환경의 퇴적물 시료를 분석하였다. 따라서 본 연구결과는 특정 분석방식의 우월함을 가늠하는 것이 아니다. 본 연구의 주된 목적은 1) 현실적으로 각 기관에서 제시하고 있는 입도분석 결과의 상이함을 인식하고, 2) 입도분석 작업에서 발생하는 문제점을 이해하며, 3) 결과의 차이가 어떤 원인에 의해 발생되었는지를 추정하는 것이다. 본 연구의 결과는 추후 국가적인 차원에서 입도분석 방식 기준을 설정하고, 자료를 종합화하기 위한 기초적 연구가 될 것이다.

결 과

기존자료 비교분석

기존자료의 비교연구는 한국해양연구소와 한국자원연구소 보고서, 그리고 서울대학교 해양학과 결과자료를 이용하였다(Table 1). 이들은 연구지역과 시료채취 정점들에서 일치하지는 않으나, 한반도 주변해역 표층퇴적물의 자료로서 퇴적물 조직표준치의 전반적인 분포범위와 변화경향을 비교하기에는 충분한 것으로 여겨진다. 특히 동해 울릉분지 퇴적물의 입도분석 결과는 비록 시료채취 위치가 불일치하더라도 심해퇴적물에서 정점간 입도특성치가 거의 유사하므로(한국해양연구소, 1995, 1996, 1997), 연구기관에 따른 입도분석 결과를 비교분석하는데 유용할 것으로 여겨진다.

서울대학교 해양학과에서는 1980년부터 1988년까지 한반도 서해, 남해, 동해 대륙붕 및 울릉분지 탐사를 통하여, 총 1,000여개의 표층퇴적물 입도분석 결과를 제시하였다(Choi, 1990). 전반적으로 한반도 주변해역 퇴적물은 평균입도가 0-10 φ 범위로서

Table 1. Data source for comparison

Institute	Data Source	Area
KORDI	BSPN00259-8085	East Sea
	BSPN00321-950-5	East Sea
	BSPE97605-00-1037-5	East Sea
KIGAM (KIER)	KR-91-5C, '71 Rept	Taeon
	KR-92-3B, '72 Rept	Daechon
	KR-93-5A, '73 Rept	Kunsan
	KR-94(C)4-4, '74 Rept	Bupsungpo
	KR-95(C)-27, '75 Rept	Huksando
	KR-97(C)-21	East Sea
Seoul National University	Choi(1990)	Korean Seas (West, South, East Sea)

사질 퇴적물부터 니질 퇴적물까지 다양하였고, 분급도는 넓게 분산되었다(Fig. 1A). 평균입도와 분급도의 상관관계는 사질과 니질이 단순혼합되는 일차선형관계 또는 이차곡선(sinusoidal)의 변화를 나타내었다(최, 1992).

한국자원연구소(국립지질조사소, 동력자원연구소)에서는 1960년대 말부터 한반도 서해연안역 표층퇴적물 분포양상에 관한 탐사를 실시하였고(국립지질조사소, 1970), 1971년부터 1975년까지 지역적으로 년차적인 보고서를 발간하였다. 그로부터 20년이 지난 1991년부터 동일한 지역을 대상으로 2차 탐사를 실시하였고, 보다 구체적이고 정밀한 자료체계가 구축되고 있다. 본 연구에서는 한국자원연구소에서 70년대와 90년대 보고서에서 제시한 퇴적물 조직표준치(평균입도와 분급도) 자료를 비교하였다(Fig. 1B). 전반적으로 90년대 퇴적물 자료가 70년대 결과에 비하여 보다 세립한 영역으로 치우쳤으며, 분급도는 다소 불량하게 나타났다. 특히 분급도가 0.5 φ 가량으로 단빈도 입도분포인 사질퇴적물은 70년대

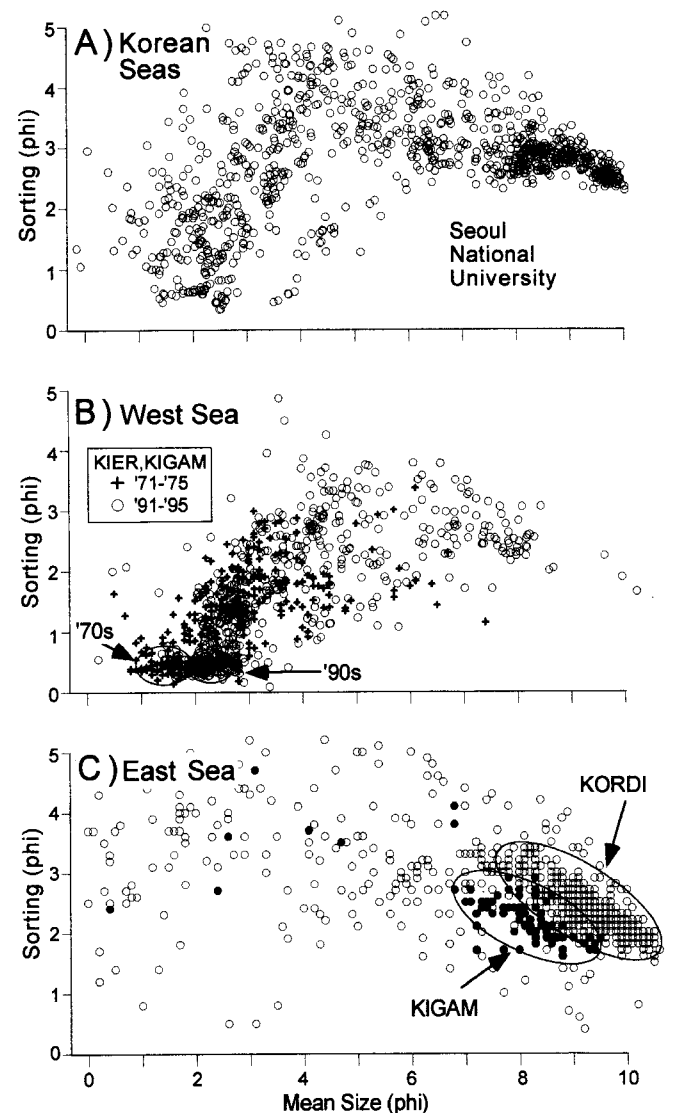


Fig. 1. Scatter plots between mean size and sorting; A) continental shelf sediments on Korean Seas(Choi,1990), B) coastal sediments on the West Sea. Data from KIGAM (Table 1), C) deep sea sediments of Ulleung Basin. Data from KIGAM and KORDI (Table 1)..

결과에서 평균입도가 1-2 ϕ 범위였던 반면, 90년대 결과에서는 1.5-3.5 ϕ 범위로 뚜렷하게 세립한 방향으로 치우치게 나타났다.

동해 울릉분지 시추코아 퇴적물의 평균입도와 분급도의 상관관계는 Fig. 1C에 제시되었다. 일부 사질 및 화산 파쇄물을 포함한 조립질 퇴적물을 제외하고는 울릉분지 심해 퇴적물은 점토질 퇴적상에 해당하였으며, 분산도표상에서 매우 좁은 범위에 밀집되어 분포하였다. 그러나 한국자원연구소(KIGAM) 자료들은 평균입도가 7.0-9.5 ϕ 의 범위인 반면, 한국해양연구소(KORDI) 자료는 8.0-10.5 ϕ 범위로서 약 1 ϕ 가량 세립한 쪽으로 치우치게 나타났다. 분급도도 한국자원연구소의 결과는 1.5-2.5 ϕ 범위인 반면, 한국해양연구소의 결과는 1.5-3.5 ϕ 범위로 다소 넓게 분산되었다.

시료채취 과정에서의 오차

해양퇴적물 입도분석 결과에서 발생하는 여러 종류의 오류 중에서 분석대상인 시료가 현 시료채취 정점의 특징을 반영하는가의 여부는 가장 기초적인 문제이다. 본 연구에서는 시료채취과정에 따른 오류를 검토하였다. 총 약 150개 정점에서 반빈(Van-Veen) 채니기를 이용하여 2회 이상 시료를 채취하였다(Choi, 1990). 각 채니기의 퇴적물은 구분하였고, 체질/피펫 방식에 따라 독립적으로 입도분석되었다(between grab comparison). 한편 총 35개 채니기에서 채니기당 2개 이상 부시료를 채취하였으며, 이들 입도분석결과도 비교검토되었다(within grab comparison).

반복채취한 퇴적물 시료의 입도분석 결과는 대부분(전체의 약 75%, Fig. 2) 평균입도가 0.5 ϕ 이하인 편차(error between grab)를 나타내었다(Table 2). 그러나 총 분석대상 시료의 약 10%에 해당하는 15개 정점에서 반복측정 결과들은 평균입도의 편차가 1.0 ϕ 이상(최대 5 ϕ 이상)으로 나타났다(Fig. 2A). 이것은 반복적인 시료채취 도중 탐사선박의 위치이동에 따른 서로 다른 퇴적물을 채취하였기 때문으로 여겨진다. 한편 동일 채니기에서 채취한 두 개의 퇴적물 부시료를 분석한 편차(error within grab)는 평균입도의 경우 0.18 ϕ 로서 비교적 양호하여(Table 2), 시료를 채취한 채니기의 성격을 대표할 수 있는 것으로 여겨진다.

Table 2. Average differences of textural parameters derived from sampling procedure

	No. Sample	Mean (phi)	Sorting (phi)	Skewness	Kurtosis
Between Grab	141	0.48	0.26	0.34	1.22
Within Grab	35	0.18	0.12	0.16	0.69

분석기기에 따른 비교: 침전법과 레이저 회절법

비교분석에 사용한 퇴적물은 중부 황해 점토질 퇴적물(Code-A)과 남해 대륙붕 실트질 퇴적물(Code-B)이다. 이들 퇴적물은 증류수와 과산화수소수를 이용하여 염분과 유기물을 제거하는 전처리 과정을 거친 후, 1% 농도의 확산제(calgon)를 투여하였다. 각각의 시료들은 기계적으로(magnetic stirring) 활발하게 혼합하여 균질화하였고, 부시료들이 채취되어 분석기관에 각각 전달되었다. 시료 운송과정에서 이차적인 응결이 나타난 경우에는 분석기관에서 추가적으로 확산작업을 실시하였고, 일부에서는 초음파 파쇄기(ultrasonic crator)를 이용하였다. 시료들은 각 분석기관의 분석방식에 따라 2-3회(최대 6회) 이상 반복적으로 분석되었다. 퇴적물 입도분석 결과에서 세립한 말단부의 미분석된 잔존량은 측정종료 계층으로부터 14 ϕ 까지 균등분배 방식을 적용하였다.

본 연구에 활용된 분석기관과 분석장비는 Table 3에 제시되었다. 각각의 결과들은 점토질 퇴적물(Code-A)과 실트질 퇴적물(Code-B)을 뚜렷하게 구분하였으며, 반복실험의 결과가 비교적 양호하게 나타났다(Fig. 3). 침전속도를 측정하는 방식인 BI-XDC와 피펫법에서는 반복측정의 오차가 7-8% 범위인 반면, Sedigraph의 경우 5% 이하로 낮게 나타났다. 특히 레이저 회절법을 이용한 측정결과에서는 분석기종 모두에서 반복측정의 오차가 2-3% 이하로 매우 정밀하게 나타났다.

한편 입도분석의 원리에 따라 침전법(피펫법, Sedigraph, BI-XDC)과 레이저 회절법(MasterSizer, Fritsch, Cilas, Horiba)의 결과를 종합적으로 비교하였다(Fig. 4, Table 4). 두가지 분석방식의 결과는 분석원리에 따라 뚜렷이 상이하게 나타났다. 분석원리에 따른 가장 뚜렷한 차이는 점토질 퇴적물(Code-A)의 경우 1) 침전법에서 10 ϕ 보다 세립한 입자의 함량이 35% 이상인 반면,

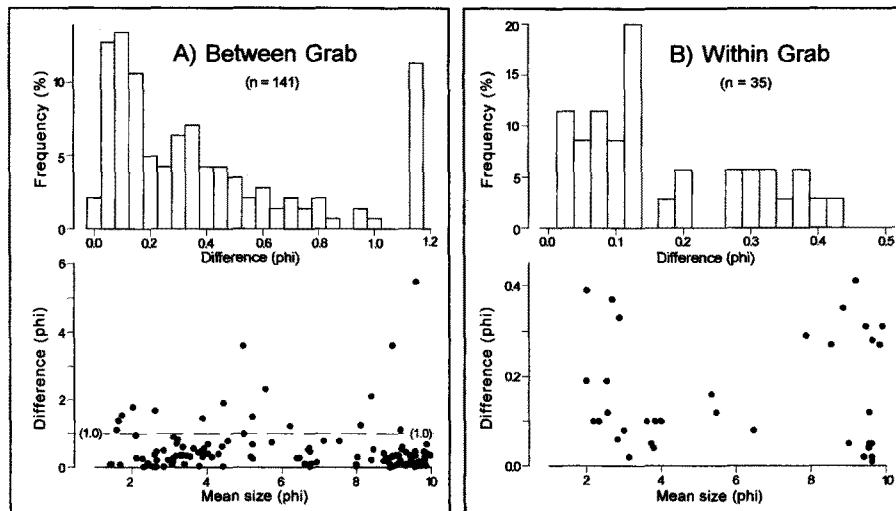


Fig. 2. Difference of mean size A) between grab and B) within grab.

Table 3. Analytical methods and instruments used for comparison

Method	Instrument		Analyzer	Principle
	Pipette method		University 1	
X-ray Transmission	Micrometrics	Sedigraph	Institute 1	Settling Velocity
			Institute 1	
	University 2 Agednt			
	University 1 Agent			
Laser Diffraction	Brookhaven	BI-XDC	University 1 Agent	Surface Area
			Melvorn	
	Schmidt	Fritsch PSA-22	Agent	
	CIS	Cilas 1064	Agednt	
	Horiba	LA-910	Agent	

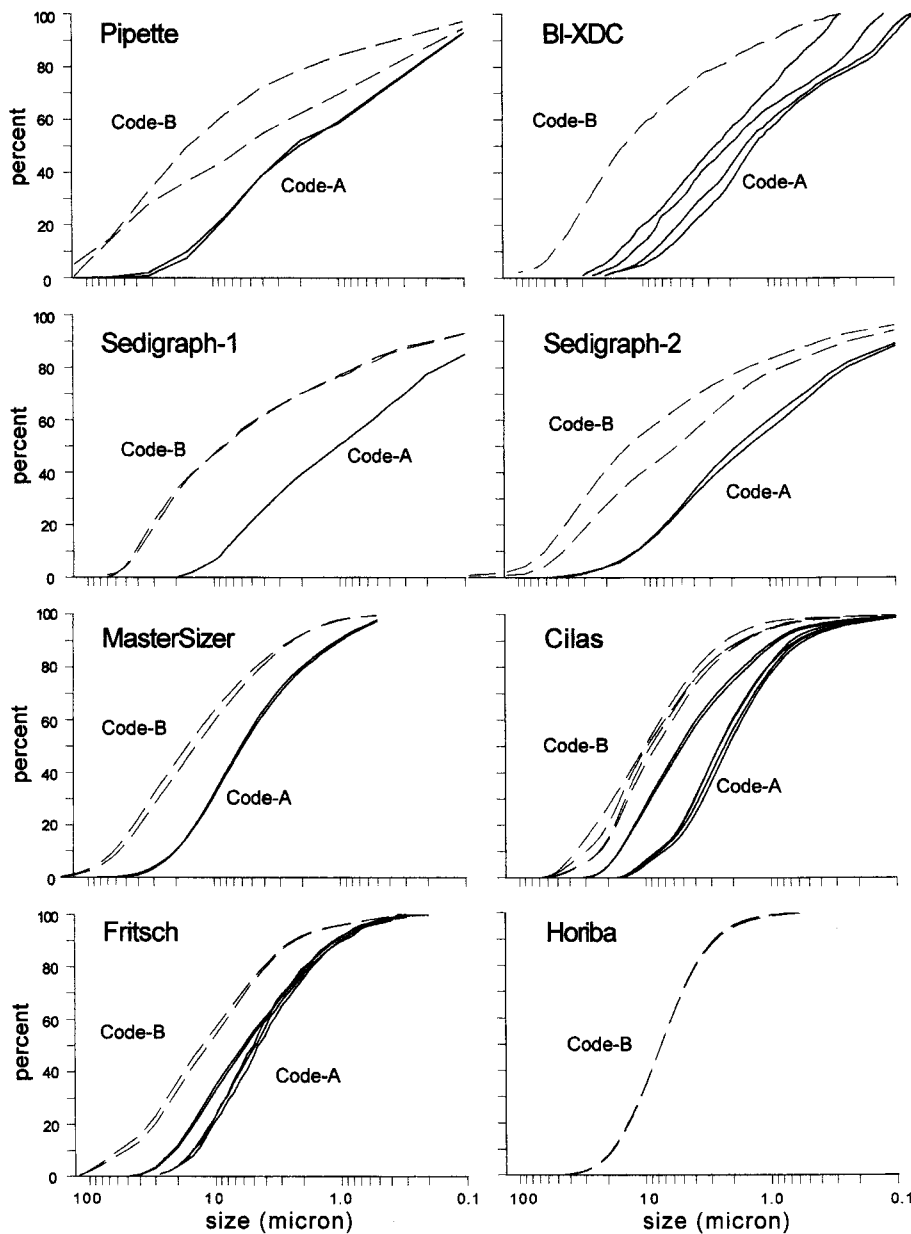


Fig. 3. Replicate grain size results by each methods.

레이저 회절법에서는 3% 가량으로 매우 낮았으며(Table 4), 2) 입도분포곡선이 레이저 회절법의 경우 7 ϕ 계층에서 최빈값을 지니는 단빈도 분포인 반면, 침전법에서는 최빈값의 위치가 7-9 ϕ

범위로 비교적 넓게 분산되어 나타났다(Fig. 4). 실트질 퇴적물 (Code-B)에서는 침전법과 레이저 회절법의 결과가 유사한 입도분포를 제시하였으며, 최빈값의 위치가 거의 일치하였다(Fig. 4). 그

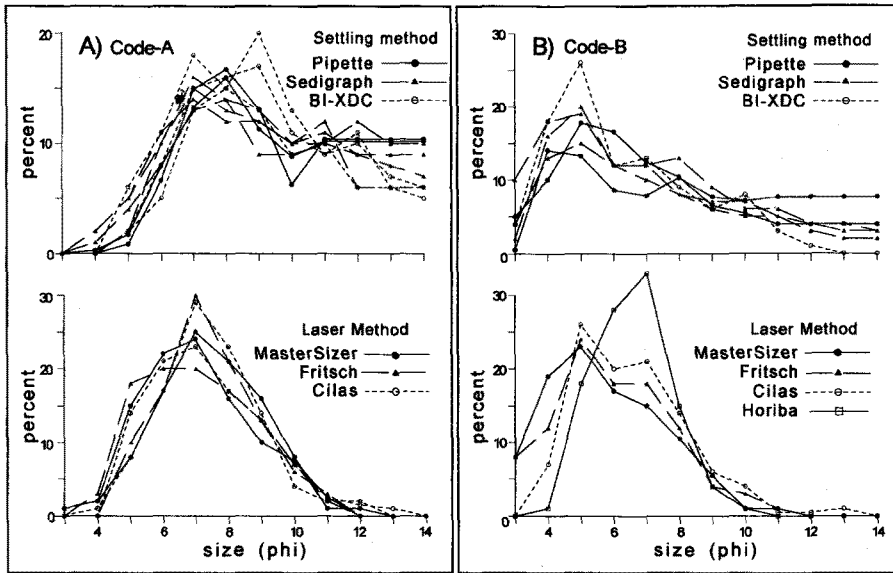


Fig. 4. Comparison of grain size results between settling method and laser method.

Table 4. Comparison between settling method and laser method(unit %)

Size		Clayey sediment (Code-A)		Silty sediment (Code-B)		
phi	μm	Settling	Laser	Settling	Laser	
3	125	0.0	0.3	5.0	4.0	
4	64	0.6	.1.3	16.3	9.8	
5	32	3.2	12.2	20.0	22.8	
6	16	8.6	19.0	12.0	20.8	
7	8	14.7	25.2	11.8	21.8	
8	4	14.6	19.2	9.5	12.9	
9	2	13.4	13.2	7.0	4.9	
10	1	9.7	6.6	6.5	2.3	
11	.5	10.2	35.2	2.2	3.2	
12	.25	9.3	0.8	3.0	0.1	
13	.125	8.1	0.2	2.3	0.3	12.1
14	.064	7.6	0.0	2.0	0.0	1.0

러나 10φ 보다 세립한 계층의 함량은 침전법에서 12% 가량인 반면, 레이저 회절법에서는 1% 이하로 매우 낮게 나타났다(Table 4).

피펫법과 Sedigraph 및 MasterSizer 분석결과 비교

총 26개의 니질 퇴적물에 대하여 피펫법과 Sedigraph의 결과를 비교하였다(Fig. 5A). 분석방법에 따른 각 입도계층에서 편차는 평균 2-5% 범위로 나타났다(Table 5). 그러나 일부 조립질이 우세한 퇴적물에서는 조립실트(5φ, 6φ)계층에서 함량의 오차가 최대 20%로 크게 나타났다. 한편 Sedigraph 결과에 비하여 피펫법 결과들은 각 시료들의 변화범위가 상대적으로 크게 나타났으며, 특히 조립실트 계층에서 피펫법의 실험오차가 보다 크게 나타났다(Fig. 5A).

총 23개의 니질퇴적물에 대한 피펫법과 MasterSizer의 결과는 Table 5에 비교되었다. 조립 실트(5φ, 6φ)계층에서는 함량의 편차가 1-3% 범위로서 비교적 작게 나타났지만, 세립실트(7-9φ)계층에서는 거의 9%에 달하는 편차를 나타내었다. 특히 11φ 보다 세립한 계층의 함량은 평균 28%의 편차로 매우 크게 나타났다. MasterSizer 분석결과는 퇴적물 시료들의 변화 범위가 크지 않음

며, 실트계층에서의 미세한 함량변화를 구분하는 것이 가능하였다(Fig. 5B). 그러나 피펫법에서는 시료간의 변화가 크게 나타났으며, 특히 조립실트 계층(5-6φ)의 함량은 상대적으로 커다란 오차를 나타내었다.

체질과 피펫법의 반복실험

퇴적물 입도분석에서 가장 일반적으로 사용되는 체질과 피펫법의 입도분석 간격에 따른 반복실험의 결과를 비교하였다. 사질 계층의 체질분석은 입도계층을 1φ, 1/2φ, 1/4φ 간격으로 각각 분석하였고, 니질 퇴적물의 피펫분석에서도 1φ 간격과 1/2φ 간격의 분석결과를 비교하였다. 1φ 간격의 피펫분석에서는 각 계층당 50 ml씩, 1/2φ 간격의 분석에서는 20 ml씩 부시료를 채취하였다.

사질 퇴적물의 체간격(sieve interval)에 따른 분석결과는 전반적으로 분포곡선이 거의 일정하였으며, 대부분 최빈값의 위치가 거의 일치하였다(Fig. 6). 그러나 시료 #8337에서는 1/2φ와 1/4φ 간격의 결과에서 최빈값이 각각 3.5φ와 3.25φ로 나타나지만, 1φ 간격의 결과에서는 4.0φ 계층으로 나타나 입도분포의 특징을 반영하지 못하였다. 특히 시료 #8336에서는 1/2φ와 1/4φ 간격의

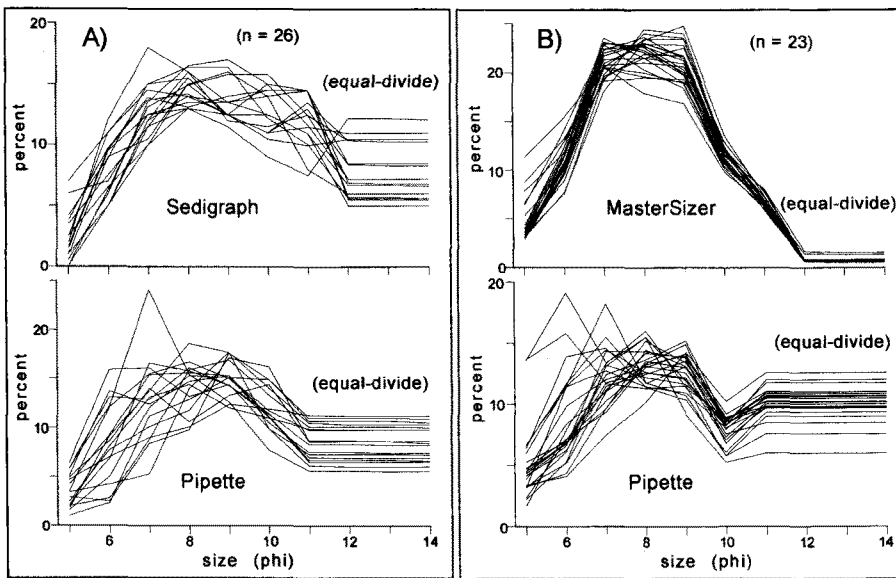


Fig. 5. Comparison of grain size results A) between sedigraph and pipette method, and B) MasterSizer and pipette method.

Table 5. Comparison between pipette, Sedigraph and MasterSizer method

(Difference; %)

	(phi)	5	6	7	8	9	10	11	< 11
pipette vs. Sedigraph (n = 26)	Max.	17.5	18.5	6.2	5.8	5.2	6.3	7.8	3.9
	Avg.	4.5	3.9	2.2	2.0	2.1	2.5	3.1	3.0
pipette vs. MasterSizer(n = 23)	Max.	5.8	6.0	12.0	13.1	10.5	6.5	5.3	35.6
	Avg.	1.4	3.1	8.9	8.8	8.3	3.6	3.4	28.0

결과에서 최빈값이 각각 3.0 φ와 3.25 φ계층으로 확인된 반면, 1 φ 간격의 결과에서는 최빈값이 2 φ 계층으로 전혀 상이하게 나타났다.

니질 퇴적물의 피펫 입도분석에서도 입도분포곡선은 6 φ 계층에서 최빈값을 지나는 단빈도 분포를 보이며, 분석간격에 무관

하게 거의 일치하였다(Fig. 7). 그러나 전반적으로 1/2 φ 간격의 분석결과가 1 φ 간격의 분석결과에 비하여 비교적 양호하게 나타났다. 특히 1 φ 간격에서는 조립실트(5 φ, 6 φ)계층의 측정값에서 커다란 오차가 나타났다. 이에 따라 일부 시료에서는 최빈값의 위치가 바뀌었고 전혀 상이한 입도분포곡선을 제시하였다.

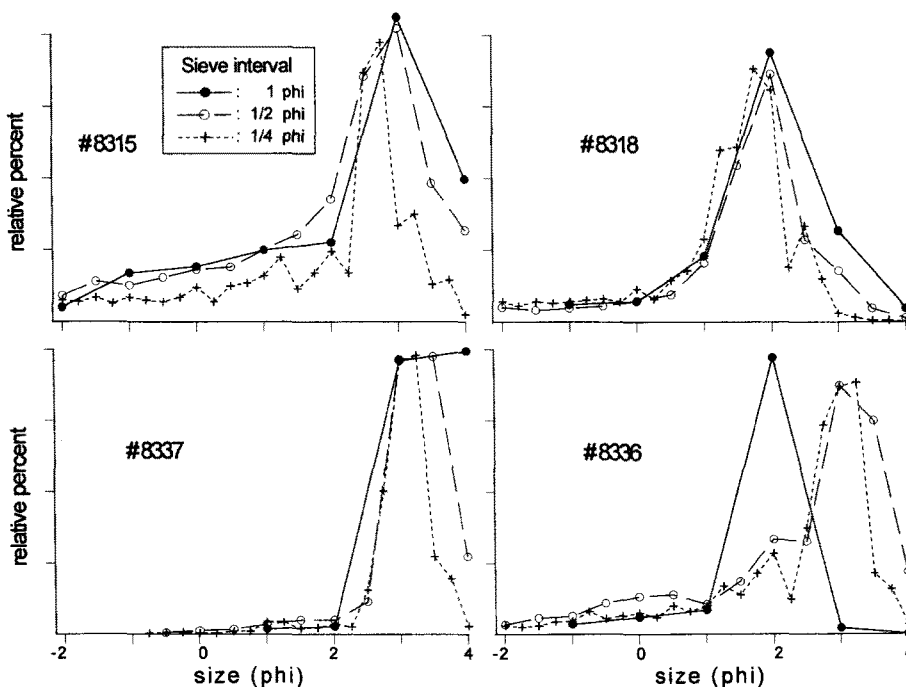


Fig. 6. Replicate grain size results of sand by dry-sieving method.

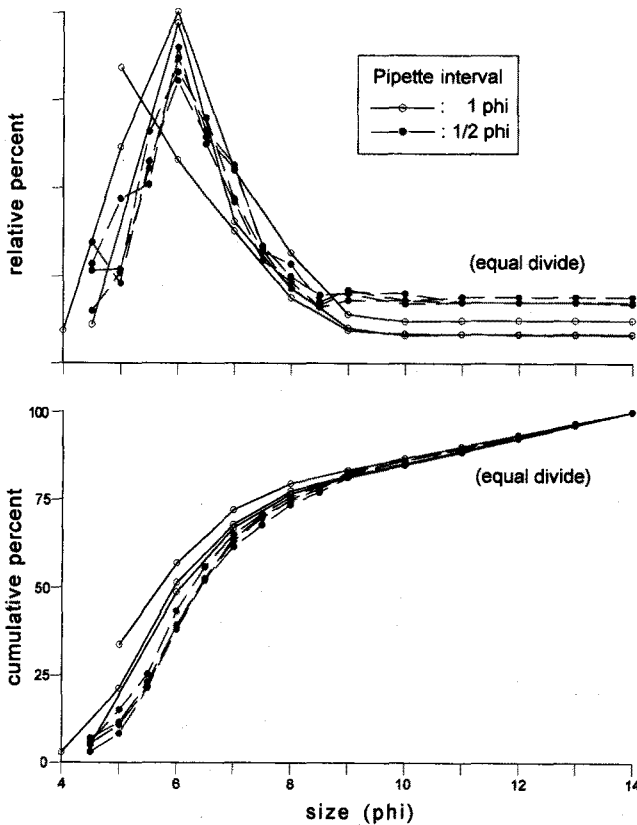


Fig. 7. Replicate grain size results of mud by pipette method.

토의 및 결론

현재 우리나라에서 해양퇴적물의 입도분석 결과는 많은 연구자들에 의하여 제시되고 있으며, 국가적 차원에서 이들 자료들을 종합하여 자료정보 체계를 구축하기 위한 일차적인 작업들이 진행되고 있다. 그러나 지금까지 우리나라에서는 퇴적물 입도분석작업의 기준이 마련되지 못하였으며, 연구자에 따라 서로 상이한 결과가 제시되기도 하였다. 본 연구결과에 의하면, 각 연구기관의 자료들은 서로 무작위적인 편차를 보이지는 않으며 일정한 편차 경향을 나타내었고(Fig. 1), 이같은 편차는 실험실간 편차보정작업을 통해 충분히 수정가능한 것으로 여겨진다.

본 연구에서 검토된 입도분석방식에 의한 편차는 분석원리에 따라 서로 다른 분석결과를 제시하였다. 전반적으로 퇴적물 입자의 침전속도를 측정하는 침전법과 입자크기를 직접 측정하는 레이저 회절법의 결과는 우려할 만한 편차를 보였다(Table 4). 이같은 편차는 레이저 회절법의 반복측정 정밀도가 매우 우월한 장점에도 불구하고(Fig. 3), 2-3 μm보다 세립한 입자를 과소하게 측정하는 한계 때문으로 여겨진다(또는 침전법의 결과가 세립물질을 과다하게 측정하는 결과일 수도 있음). 퇴적학적 측면에서 퇴적물의 입도분석은 수층에서 퇴적물 입자의 움직임에 관련된 특징을 구분할 수 있는 목적에 부합하여야 하므로 레이저 회절법보다 침전법이 측정원리상 더 적절한 것으로 여겨진다.

피펫법과 Sedigraph방식의 결과는 비교적 양호한, 충분히 대비되는 범위의 결과를 제시하였다(Fig. 5A). 그러나 일부 시료에서는 조립실트(5-6 φ)계층의 함량이 최대 약 20% 가량의 편차를

나타내었다(Table 5). 이같은 편차는 침전법의 초기측정기간동안 1) 조립실트 입자들의 빠른 침전, 2) 측정시작 이전에 실시하는 혼합과정에서 야기되는 난류(turbulence)가 잔존하는 효과 등이 복합적으로 나타나기 때문으로 여겨진다.

가장 일반적으로 활용되는 사질 퇴적물의 체질 입도분석은 반복측정의 결과가 비교적 양호하였다(Fig. 6). 그러나 1 φ 간격의 체질분석은 일부의 시료에서 최빈값의 위치가 다소 변화하였고(#8337), 특히 사질함량이 많은 경우 체의 입구가 막혀 보다 세립한 입자들의 빠져나가지 못하여 커다란 오류가 나타났다(#8336). 또한 1/4 φ 간격의 체질분석은 분포곡선에서 다소의 변동이 확인되며, 이는 각 계층별 함량이 매우 적게 측정되어 실험오차가 상대적으로 크게 나타나기 때문으로 해석된다. 따라서 체질방식에서는 1/2 φ 간격의 입도분석이 효과적인 것으로 여겨진다.

피펫법에서도 반복측정의 결과는 분석간격에 무관하게 비교적 양호하였다(Fig. 7). 그러나 조립실트 계층의 함량은 1 φ 간격의 결과에서 커다란 오차를 나타내었으며, 이는 실험과정 초기단계의 혼합(stirring)과정에서 수층내에 난류가 발생하고 입자의 단순침전이 방해되기 때문으로 해석된다. 따라서 피펫법으로 효과적인 입도분석을 하기 위해서 기존의 통상적인 1 φ 간격의 입도분석작업에 조립실트의 4.5 φ와 5.5 φ 계층의 입도분석을 추가적으로 실시하는 것을 추천한다.

본 연구는 한반도 주변해역 퇴적물 입도자료를 체계적으로 구축하는 연구과제의 목적에서 시작되었다. 여러 연구자들에 의해 제시되는 연구결과들은 충분히 대비될 수 있는 범위에서 종합될 경우, 효과적인 자료로 활용될 수 있다. 그러나 현재까지 표준화된 퇴적물 입도분석 방법이 설정되지 못하였으며, 각 연구자들은 서로 상이한 결과들을 제시하고 있다. 따라서 각 연구자들간의 편차보정작업이 시급하게 요구되며, 표준화된 분석방법에 의한 결과가 제시되어야 할 것이다. 현재 일부의 연구자들은 이같은 보정작업을 시작하였으며, 보다 많은 실험자들의 적극적인 참여가 요구된다. 표준화된 분석방식을 통한 결과로서 1) 종합적인 자료구축이 가능하며, 2) 변화의 방향을 추정하고, 3) 평균치에서의 편차를 정량화할 수 있다.

사 사

본 연구는 서울대학교 수증음향특화연구센터(UA-12과제) 지원사업 연구과제의 일환으로 시작되었으며, 1998년도 교육부 해양/수산과학 학술연구조성비의 연구지원이 포함되었습니다. 본 연구 결과의 전반적인 성격을 파악하고, 상세한 부분의 오류까지 정확히 지적해 주신 인하대학교 오재경 교수님과 익명의 심사위원께 감사드립니다. 본 논문에는 자료정리에 노력을 기울인 군산대학교 학생들의 수고가 포함되었습니다.

참고문헌

국립지질조사소, 1970. 서해 해저퇴적물조사 연구보고. 해양지질조사연구보고 제1호. pp. 79-100.
 국립지질조사소, 1971. 서해(중부) 해저퇴적물 조사연구보고 (1). 해양지질조사연구보고 제2호. pp. 69-88.

- 국립지질광물연구소, 1972. 서해(중부) 해저퇴적물 조사연구 보고서 (II). 지질광물조사연구보고서, pp. 595-619.
- 국립지질광물연구소, 1973. 연근해저(서해중부) 지질조사보고 (III). 지질광물조사연구보고서 PART I, 지질조사연구 편 제1호, pp. 29-49.
- 국립지질광물연구소, 1974. 연근 해저 지질 조사연구보고(IV). 지질광물조사연구보고서, PART I, 지질조사 연구 편, pp. 95-118.
- 국립지질광물연구소, 1975. 서해(군산-동호리간) 연근 해저 지질 및 지형 조사연구 보고. 지질광물조사연구보고서, PART II, 해양 지질 조사 연구편, pp. 1-54.
- 정희수, 김광산, 신동혁, 지상범, 1993. MasterSizer와 Sedigraph에 의한 입도분석 결과의 비교 및 문제점. 한국해양학회지, **28**: 72-78.
- 최진용, 1991. 퇴적물의 입도분석-그 방법적 고찰. II. 퇴적물 조직표준치의 계산방법: Graphic 방법과 Moment 방법. 군산대학교 해양개발연구소 논문집, **3**: 113-133.
- 최진용, 1992. 한반도 주변해역 표층퇴적물 조직표준치의 상관관계. 군산대학교 해양개발연구소 논문집, **4**: 143-155.
- 최진용, 장진호, 1991. 퇴적물의 입도분석-방법론적인 고찰. I. 미분분석 세립물질의 외삽방법에 대하여. 군산대학교 해양개발연구소 논문집, **3**: 85-100.
- 한국자원연구소, 1992. 해저지질조사연구 (태안서부해역). KR-91-5C, 216 pp.
- 한국자원연구소, 1993. 해저지질조사연구 (대천서부해역). KR-92-3B, 151 pp.
- 한국자원연구소, 1994. 해저지질연구 (군산해역). KR-93-5A, 261 pp.
- 한국자원연구소, 1995. 해저지질연구 (법성포해역). KR-94(C)4-4, 409 pp.
- 한국자원연구소, 1996. 해저지질조사연구 (흑산해역). KR-95(C)-27, 333 pp.
- 한국자원연구소, 1997. 한반도 주변해역 조사 및 해저지질도 작성 연구 (독도 해역). KR-97(C)-21, 323 pp.
- 한국해양연구소, 1995. 한국 대수심 해역의 지구적 해저환경 연구 (1차년도). BSPN 00259-808-5, 407 pp.
- 한국해양연구소, 1996. 한국 대수심 해역의 지구적 해저환경 연구 (2-3차년도). BSPN 00321-950-5, 548 pp.
- 한국해양연구소, 1997. 동해분지의 해양환경 변화와 지구조 진화 연구 (1차년도). BSPE 97605-00-1037-5, 657 pp.
- Choi, J.Y., 1990. Depositional Environments of the Coarse Grained Sediments on the Continental Shelf of Korean Seas. Ph.D. Thesis, Seoul National University, Seoul, 331 pp.
- Jaquet, J.M. and J.P. Vernet, 1976. Moment and graphic size parameters in the sediments of Lake Geneva (Switzerland). *J. Sed. Petrol.*, **46**: 305-312.
- Nelsen, T.A., 1983. Time- and method-dependent size distributions of fine-grained sediments. *Sedimentology*, **30**: 249-259.
- Sedimentation Seminar, 1981. Comparison of methods of size analysis for sand of the Amazon-Solomoes Rivers, Brazil and Peru. *Sedimentology*, **28**: 123-128.
- Singer, J.K., J.B. Anderson, M.T. Ledbetter, I.N. McCave, K.P. Jones and R. Wright, 1988. An assessment of analytical techniques for the size analysis of fine-grained sediments. *J. Sed. Petrol.*, **58**: 534-543.
- Syvitski, J.P.M., 1991. Principles, Methods, and Application of Particle Size Analysis. Cambridge University Press, New York, 368 pp.

1999년 4월 29일 원고 접수

1999년 5월 31일 수정본 채택