

여수해만 주변해역 퇴적물의 물리적 및 음향학적 성질

김길영 · 성준영 · 김대철 · 김정창*

부산수산대학교 응용지질학과 · *부산수산대학교 실습선

Physical and Acoustic Properties of Sediment around the Yeosu Sound

Gil-Young KIM, Jun-Young SUNG, Dae-Choul KIM and Jeong-Chang KIM*

Department of Applied Geology, National Fisheries University of Pusan,

Pusan 608-737, Korea

**Training Ship, National Fisheries University of Pusan,*

Pusan 608-737, Korea

Physical and acoustic properties of sediment core samples recovered from the Kwangyang Bay, the Yeosu Sound, and the inner shelf of central South Sea, Korea were investigated. Compressional wave velocity, density, porosity, and shear strength were measured at 10cm interval's along the core depth. Sediment texture (grain size, sand, silt, and clay contents) were also measured and correlated with the physical properties (density, porosity, and shear strength). The physical and acoustic properties of the sediment changed gradually from the Kwangyang Bay to the shelf area in accordance with the distance from the input source of the terrigenous sediment. The Yeosu Sound acted as a route of sediment transport from the estuary (the Seomjin River) to the shelf and vice versa. The physical and acoustic properties of the Yeosu Sound sediment conformed to an intermediate stage between river mouth and shelf areas. These results can be utilized to trace the influence of the Seomjin River on the so-called mud belt of Korea.

서 론

미고결 해양퇴적물의 물리적 성질 및 음향학적 성질은 퇴적환경, 퇴적과정 및 퇴적물의 성분, 조직과 밀접한 관계를 가지고 있다. 해양퇴적물의 물리적 및 음향학적 특성을 이용한 퇴적환경 해석은 1960년대 초 부터 시도 되었으며(Nafe and Drake, 1963) 그 후 그간의 자료를 토대로 지역성을 극복한 범 지구적인 퇴적물 음향모델(geoacoustic model)이 퇴적물 조성별로 제시되었다(Hamilton, 1970, 1980; Hamilton and Bachman, 1982).

한반도 주변해역에서의 퇴적물의 분포양상에 대한 연구는 활발한 편이나 퇴적물의 물리적 성질 및 음향학적 성질에 관한 연구는 상대적으로 드물어 조(1985), 김과 석(1985) 등이 있는데 실제 이들의 연구는 탄성과 결과를 이용하여 음파전달속도를 측정 한 간접적인 방법에 해당된다. 시추퇴적물을 대상으로 실험실에서 직접 측정 한 것은 김(1989), 김과 김(1991), 김 등(1991), Kim *et al.*, (1992) 등으로 드문 편이나 최근들어 활발해 지는 추세이다.

본 연구지역인 광양만, 여수해만 및 남해대륙붕

이 논문은 1993년도 한국학술진흥재단의 공모과제 연구비에 의하여 연구되었음.

지역은 섬진강에서 유입되는 약 23톤/초의 하천수 (건설부, 1975, 1976, 1979, 1980) 중에 포함되어 있는 퇴적물이 퇴적되고 있는 지역이다. 섬진강으로부터 유입된 퇴적물은 광양만 및 여수해만을 통하여 남해대륙붕으로 운반되며, 이 과정에서 입도에 따른 분급현상이 나타나게 된다. 반대로 창조류에 의한 세립질 퇴적물이 여수해만을 통로로 유입되어 유속이 약한 광양만 남서부 지역에 퇴적되는데 (박 등, 1984; Kim and Kang, 1991), 이 결과 여수해만의 퇴적환경은 광양만과 남해대륙붕의 연결고리로서 중간적인 특성을 가질 것으로 예상된다.

본 연구에서는 광양만, 여수해만, 남해대륙붕 지역 해저퇴적물의 입도, 물리적 성질(전밀도, 함수율, 공극율, 전단응력) 및 음파전달속도를 측정하여 각 지역별 퇴적환경 특성 구분과 이에 따른 물리적 성질의 변화양상을 추적하였다. 또한 각 물성간 및 물성과 조직간의 상관관계를 구명한다. 각 상관관계를 지역별로 구분하여 상이성 여부를 구명하고 이 결과를 본 연구지역의 음향모델로 제시하여 기존의 북태평양 대륙붕 및 사면퇴적물의 음향모델(Hamilton, 1970)과 비교하였다.

연구지역

광양만은 남쪽의 여수반도 및 남동부의 남해도로 둘러싸인 반폐쇄적 지형이며 만내에는 크고 작은 섬들이 산재하여 있다. 만의 면적은 약 230km²이며, 수심은 수로 지역을 제외하고는 대부분 5m 이하로 얕다(Fig. 1). 광양만내의 많은 지역이 양식업을 위한 모래의 개토 및 항로준설 등으로 인하여 퇴적물의 깊이 40cm까지는 자연적인 퇴적작용에 의한 것 만이 아니라 인위적인 요소가 많이 가미된 것으로 조사되었다(김과 김, 1991; 조, 1991). 따라서 본 연구에서는 퇴적층 깊이가 50cm 이상의 자료만을 이용하였다.

여수해만은 여수반도와 남해도 사이에 위치하며 주요 수로는 남북방향으로 만의 동쪽 부분을 따라 발달하며, 수심은 서쪽 부분은 일반적으로 20m 이하이며 동쪽부분의 수로는 20m 이상이다(Fig. 1). 여수해만은 섬진강으로부터 광양만을 통해 남해대륙붕 지역으로 이동하는 육성기원 퇴적물과 남해대륙붕 지역으로부터 조류에 의해 광양만으로 이동하는 세립질 퇴적물의 연결통로에 해당된다. 여수해만 지역 퇴적물의 물리적 성질에 관한 기존연구는 수행 되어있지 않으나, 광양만과 남해

대륙붕지역을 연결하는 지역적 특성상, 두 지역의 물성과 전이적인 위치에 있을 것으로 예상된다.

남해대륙붕 지역은 섬진강에서 유입되는 세립질 퇴적물이 공급되는 지역으로 수심은 남동쪽으로 갈수록 점진적으로 깊어진다(Fig. 1). 남해 대륙붕 지역 퇴적물의 물리적 성질에 관한 연구는 Kim *et al.*(1992)에 의해 조사된 바 있으며, 이번 연구는 거의 유사한 지역에서 시추된 시추코어를 이용하였다.

여수해만을 통해 광양만내로 유입된 밀물은 묘도를 중심으로 북수로와 남수로를 따라 흘러들어와 만의 남서부 지역까지 이르며 썰물은 반대의 방향으로 흐른다(장외, 1974). 조차는 평균 대조기를 기준으로 여수해만에서 290cm, 광양만의 서쪽 부분에서는 335cm로 광양만의 내부로 갈수록 점차 증가한다. 최강유속은 여수해만에서 창조류일때 50-60cm/s, 낙조류일때 50-65cm/s이며, 묘도 북쪽수로에서는 창조류일때 70cm/s, 낙조류일때 80cm/s를 보인다(건설부, 1973; 포항종합제철, 1982). 따라서 본 연구지역의 조류의 흐름은 크게 광양만 지역에서는 묘도를 중심으로 동-서 방향의 흐름을 보이며, 여수해만에서는 남-북 방향, 그리고 남해대륙붕 지역에서는 북서-남동 방향이 우세하게 작용한다.

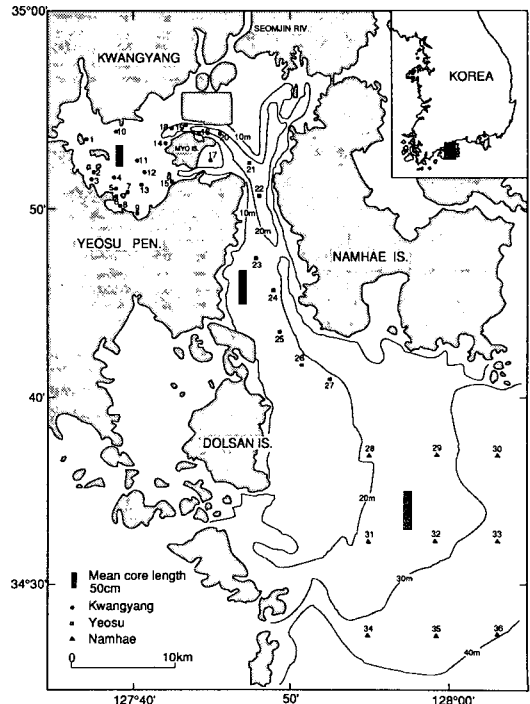


Fig. 1. Map showing sampling sites of the study areas. Black bars represent average core length.

재료 및 방법

본 연구를 위하여 시추기를 이용하여 총 36개 정점에서 시료(광양만 지역 20개, 여수해만 지역 7개, 남해대륙붕 지역 9개)를 채취하였다(Fig. 1). 광양만 지역의 경우 얇은 수심으로 인해 대형 선박을 이용할 수 없어 시추시 피스톤을 사용하지 못하였기 때문에 코어의 길이가 짧아 평균 66cm 정도이고, 피스톤을 사용한 여수해만과 남해대륙붕 지역에서는 각각의 평균길이가 111cm, 121cm 이었다. 여수해만과 남해대륙붕 지역에서의 시료채취는 주로 부산수산대학교 실습선 “부산 402호”를 이용하였다. 시추 퇴적물 깊이 50cm까지는 10cm 간격으로 그 이하 깊이에서는 20cm 간격으로 입도분석 및 물리적 성질을 측정하였다.

입도분석은 Ingram(1971) 및 Galehouse(1971)의 방법에 따라 체질분석과 피펫방법을 병행하였고 입도분석 결과는 Folk and Ward(1957) 및 Folk(1968)의 방법에 따라 통계처리 하였다.

물리적 성질(전밀도, 함수율, 공극율)은 정육면체 형태(8cm³)의 시료추출기를 사용하여 측정하였고, 전단응력은 동력화된 전단응력측정장치 (Motorized shear vane; GEOTEST 23500)를 사용하였다. 각 값의 계산에는 다음 공식을 사용하였다.

$$\text{전밀도}(\rho) = W_w/V_w$$

W_w = 포화된 시료의 무게

V_w = 시료의 체적

$$\text{함수율}(W_e) = C \{ (W_w - W_d) / W_w \} \times 100(\%)$$

$$\text{공극율}(\eta) = C \{ (W_w - W_d) / V_w \} \times 100(\%)$$

W_d = 건조된 시료의 무게

여기서 W_d 는 시료를 110℃에서 24시간 가열한 후 건조기에서 2시간 이상 건조시킨 후의 무게이다. 상수 C는 염분보정에 사용된 것으로 염분도

35(‰)에 해당하는 보정계수값 1.0363을 사용하였다(Boyce, 1976).

음파전달속도(이하 속도)는 Birch(1960)의 수은기둥 방법(Mercury Delay Line)을 응용한 것으로 각 시료별로 수평성분과 수직성분 속도를 측정하여 평균값을 택하였다. 수은기둥에는 1MHz Barium Titanate Transducer가 사용되었고 시료에는 동일주파수의 PZT-4 Transducer가 사용되었다. 측정오차는 2% 내외이다.

Birch(1960)의 방법(Fig. 2)은 동일한 펄스를 시료와 수은기둥에 통과시켜 최초로 도착한 신호를 오실로스코프상에서 서로 교차 일치시켰을 때의 수은기둥의 길이를 측정하여 속도를 계산하는 방법(Pulse transmission technique)인데, 계산식은 다음과 같다.

$$V_p = L_s \times V_m / L_m$$

여기서 V_p = 시료의 음파전달속도

L_s = 시료의 길이

V_m = 수은의 음파전달속도(25℃에서 1450m/s)

L_m = 수은의 길이

결과 및 고찰

퇴적물의 평균입도 및 점토함량 분포

연구지역의 퇴적물은 전반적으로 실트와 점토로 구성되어 있으나, 수로지역은 강한조류의 영향으로 퇴적물 중 모래의 함량이 높다. 광양만의 경우는 만의 남서부 방향으로 점토의 함량이 증가한다. 여수해만의 경우는 주수로에 해당되는 정점 21번과 22번이 sandy mud, 22번 지역은 muddy sand로 조립질의 퇴적물로 구성되어 있다. 남해대륙붕 지역으로 갈수록 점토질(세립질)의 퇴적물이 증가하는

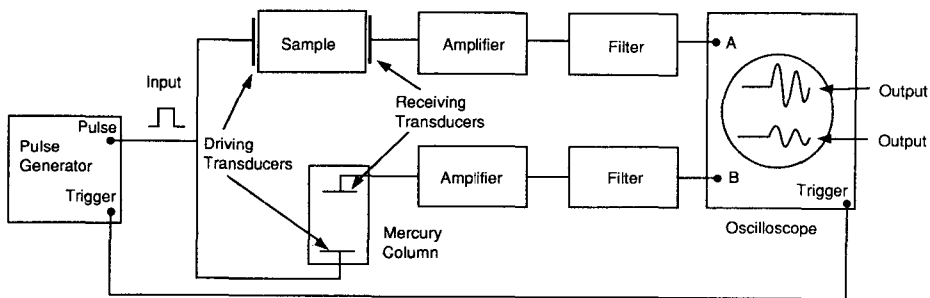


Fig. 2. Block diagram showing compressional wave velocity measurement system using the pulse transmission technique.

것은 섬진강에서 유입된 퇴적물이 분급되어 남해 쪽으로 운반된다는 것을 시사한다. 남해대륙붕 지역은 여수해만 입구쪽으로 갈수록 실트질 퇴적물의 함량이 많고 외해로 갈수록 점토질의 함량이 점진적으로 증가한다. 광양만 지역은 퇴적층 40cm 깊이까지는 교란이 심하다는 선행연구(김과 김, 1991; 조, 1991) 결과에 따라 본 연구지역에서의 각종 분포도는 광양만 지역과의 균형을 고려하여 퇴적층 50cm 깊이를 기준으로 작성하였다.

평균입도 분포를 보면 광양만 지역은 북쪽이 섬진강과 하천의 영향으로 입도가 크며 남쪽은 조류 에너지가 약하여 세립질 퇴적물이 분포하는 양상을 보인다 (Fig. 3). 여수해만은 북쪽지역이 섬진강에서 유입된 조립질 퇴적물의 영향으로 입도가 크며 남쪽으로 갈수록 세립질화 된다. 남해 대륙붕 지역은 여수해만을 통하여 유입된 세립질 퇴적물이 이동되어 퇴적되는 곳으로 외해로 갈수록 입도가 점진적으로 감소하는 양상을 보인다. 이런 분포양상을 보면 광양만에서 여수해만을 통해 남해대륙붕 지역까지 분포가 점진적으로 세립화(광양만 6.5φ-남해대륙붕 8.1φ) 된다는 것을 알 수가 있다. 또한 점토함량의 분포도(Fig. 4)를 보면 평균입도

분포와 유사한 분포양상을 보여 남해 대륙붕쪽으로 갈수록 점토함량(30~50%)이 증가하며 광양만의 경우 남쪽지역의 점토함량이 더 높게 나타난다.

본 연구지역의 모든 퇴적물의 조직에 대하여 지역별로 분류하여 삼각다이아그램(Fig. 5)에 도시하였다. 다이아그램에 나타난 퇴적물 조성 특성은 광양만지역 퇴적물의 조성분포 범위가 가장 크며 여수해만 남쪽지역으로 갈수록 모래의 함량이 점진적으로 감소하여 남해대륙붕 지역에서는 거의 실트와 점토로 구성되어 있는 것을 볼 수가 있다. 이것은 섬진강에서 유입된 퇴적물이 광양만-여수해만-남해대륙붕 방향으로 이동하고 있음을 시사한다. 여수해만 지역에서 특이하게 약 80%의 모래함량을 보이는 것은 정점 22번 한 곳으로 이 지역은 항로건설을 위해 준설을 하는 지역이며 또한 조류의 병목현상으로 유속이 강하여 세립질 퇴적물이 퇴적되지 않기 때문인 것으로 사료된다.

퇴적물의 물리적 성질 분포

본 연구지역의 코어시료에 대한 물리적 성질(전밀도, 함수율, 공극율, 전단응력)중 코어시료 50cm 깊이에서의 공극율의 분포를 도시하였다(Fig.

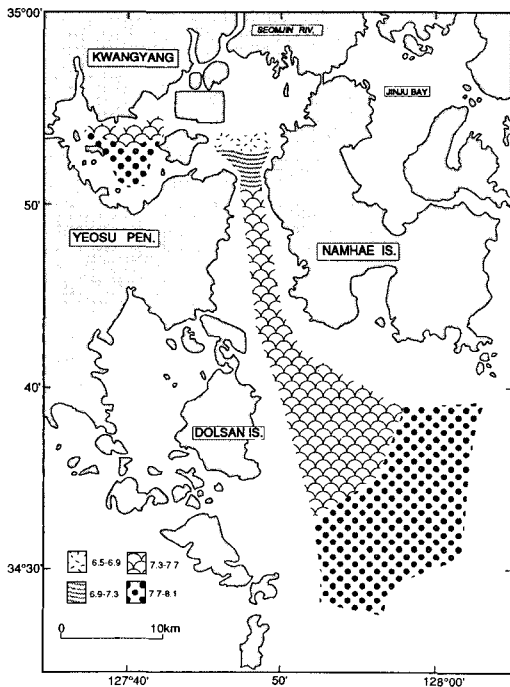


Fig. 3. Mean grain size(ϕ) distribution at 50cm sub-bottom depth.

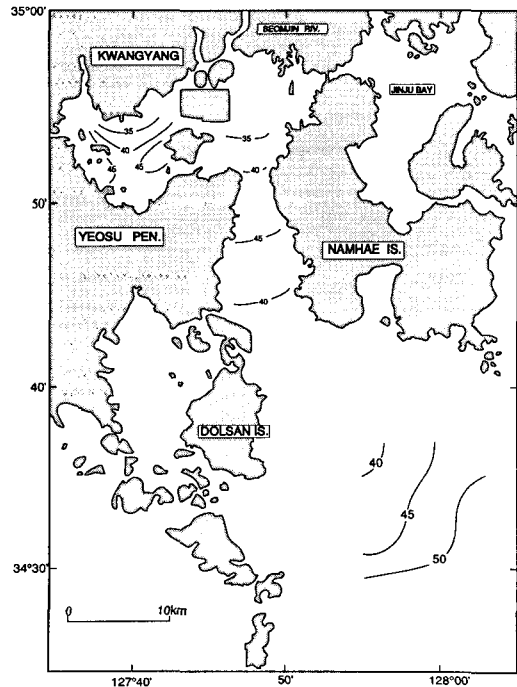


Fig. 4. Clay content(%) distribution at 50cm sub-bottom depth.

6). 일반적으로 퇴적물의 조성이 유사한 경우 공극율은 퇴적물의 조직과 관계가 깊어서 조직 분포도와 유사한 경향을 보인다(Fig. 3 참조). 광양만은 남부지역이 북부지역보다 공극율이 높으며, 여수해만의 경우는 약간 복잡한 분포양상을 보이지만 남해대륙붕 지역까지 포함할 경우 전반적으로 외해로 갈수록 증가(66~80%) 하는 양상을 보인다.

전밀도($1.60\sim 1.40g/cm^3$)와 음파전달속도($1540\sim 1525m/s$) 분포도 공극율과 유사하게 퇴적물의 조직과 밀접한 경향을 보인다. 이와 같은 조직 및 물성특성 분포로 보아 섬진강에서 유입된 퇴적물이 여수해만을 통하여 남해대륙붕으로 이동하는 과정에서 입자 크기에 따라 점진적인 분급이 일어난다는 것을 시사한다.

그러나 광양만 현생퇴적물의 퇴적양상과 수지균형으로 보아 상당량의 세립질 퇴적물이 외해로부터 유입되었을 것으로 생각된다. 박 등(1984)은 광양만 세립질 퇴적물의 퇴적속도가 섬진강의 유입 총량보다 크다는 사실을 바탕으로 광양만 세립질 퇴적물의 일부가 외부로부터 유입되었다고 보고하였다. Kim and Kang(1991)의 여수해만과 광양만의 부유퇴적물 함량분석을 통한 수지균형 계산 결과도 유사한 결론에 도달하고 있다. 즉 표층에서는 낙조류에 의한 외해로의 이동이 우세하지만 저층에서는 창조류에 의한 세립질 퇴적물의 이동이 있으며 순수 유입량이 약 $5.56\times 10^8g/day$ 인 것으로 계산하였다. 남해 대륙붕 외곽지역으로 세립질 퇴적물을 공급하는 공급원은 한반도 서남해역의 대륙붕을 따라 두껍게 발달한 mud belt이며(Park, 1983), 점토광물 분포(Song, 1988) 및 퇴적물의 물

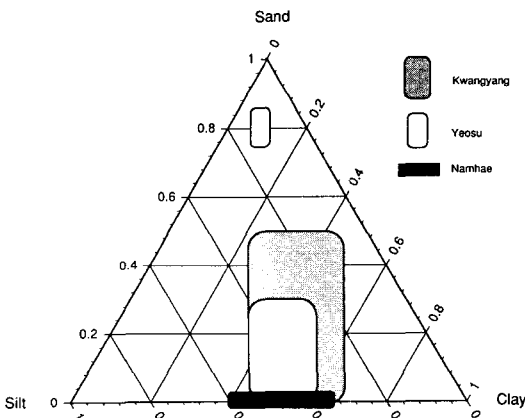


Fig. 5. Ternary diagram showing data grouping of the study area.

성분포(성, 1994) 등의 결과도 이러한 가능성을 뒷받침한다.

이와 같은 결과를 바탕으로 본 지역의 퇴적물 이동양상을 화살표로 표시하였다(Fig. 7). 조류의 방향으로 보아 여수해만은 퇴적물이 남북방향으로 이동하며 남해 대륙붕의 경우 남동-북서 방향이 우세하게 된다. 즉 섬진강에서 유입된 세립질 퇴적물의 주 퇴적지(depo-center)는 남해도 남쪽-돌산도 동쪽 지역이며 이 지역의 등수심도나 등층후도(국방과학연구소, 1988)도 본 결과와 일치한다.

물성간의 상관관계 및 퇴적층 깊이에 따른 변화

평균입도-전밀도

평균입도는 퇴적물의 조직표준치를 대표하는 값으로 중앙값보다 더 중요한 변수로 알려져 있다(Horn *et al.*, 1968). 본 연구지역에서의 평균입도와 밀도와의 관계를 보면 평균입도가 감소할 수록 전밀도가 감소한다(Fig. 8).

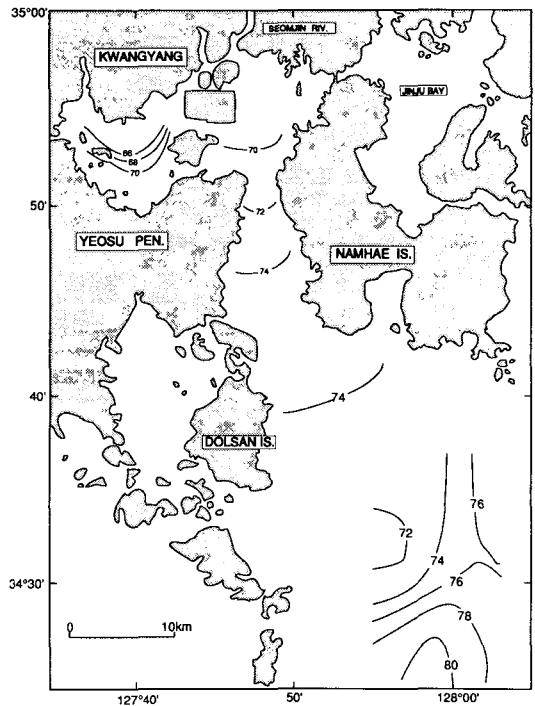


Fig. 6. Porosity(%) distribution at 50cm subbottom depth.

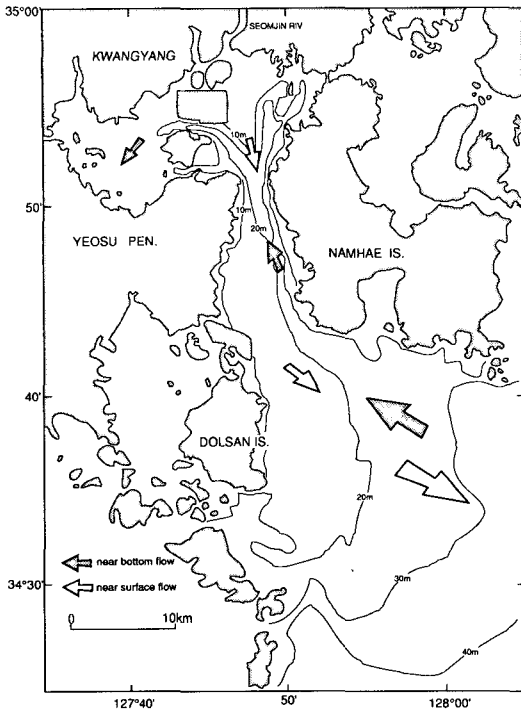


Fig. 7. A schematic diagram indicating directions of sediment transport of the study area. Dotted arrows represent near bottom flow and open arrows represent near surface flow.

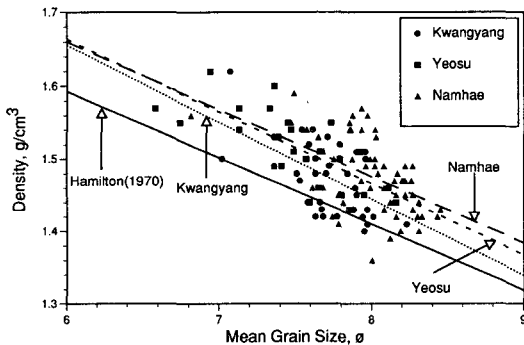


Fig. 8. Bulk density versus mean grain size for all the samples analyzed below 50cm subbottom depth. Dotted line represent least-squares fit to the data of Kwangyang Bay (solid circle) and short bar line indicates Yeosu Sound (solid square) and long bar line represents Namhae (solid triangle). The solid line represents the regression of Hamilton's (1970) North Pacific continental terrace sediment data.

전밀도는 입자밀도와 공극율에 의해 좌우되는데 본 연구지역에서와 같이 광물조성이 유사하고 수포화된 해양퇴적물의 경우는 주로 공극율과 관계가 깊다. 일반적으로 전밀도는 입도가 증가할 수록 커지는 양의 상관관계를 가진다. 본 연구지역에서 사용된 자료는 광양만의 교란효과를 고려하여 자료의 보편성을 유지하기 위하여 퇴적층 깊이 50cm 이하의 자료만 사용하였다. Fig. 8에 표시된 Hamilton(1970)의 회귀선은 북태평양 대륙붕 및 사면 퇴적물 중 본 지역과 조적이 유사한 silty clay의 자료를 이용한 것이다. 전반적으로 연구지역의 밀도 분포가 Hamilton(1970)의 자료보다 높은 양상을 보이나 경향은 유사하다. 자료의 산란이 심하기는 하지만 회귀선 자체는 미약하나마 광양만-여수해만-남해대륙붕 방향으로 밀도가 증가하는 현상이 나타난다. 각 물성간의 상관관계는 Appendix에 제시하였다.

점토함량-음파전달속도

점토는 퇴적물의 공극을 증가시키는 물질로서 점토함량이 많으면 공극율이 증가하고 그 결과 밀도가 감소하여 음파전달속도(이하 속도)가 감소하는 경향을 보인다(Kim and Kim, 1988). 점토의 주성분인 점토광물은 대부분 벌집(honeycomb) 구조나 카드집(cardhouse) 구조를 가져 공극율은 증가하고 밀도는 감소한다(Hamilton, 1970). 또한 점토광물은 퇴적암에서도 속도를 감소시키는 역할을 하는 것으로 보고되어 있다(Tosaya, 1982). 본 연구지역의 경우도 점토함량이 증가할수록 속도가 일반적으로 감소하는 추세를 보이며 점토함량이 높은 부분에서 약간의 자료의 분산으로 인하여 차이를 보이나 전반적으로는 Hamilton(1970)이 모델로 제시한 북태평양 대륙붕 및 사면퇴적물과 유사한 양상을 보인다(Fig. 9).

공극율-음파전달속도

미고결 퇴적물에서 음파전달속도에 영향을 주는 각종 계수(밀도, 공극율, 함수율, 입도 등)중 공극율이 해양퇴적물의 속도를 예측하는데 다른 물성보다 오차가 비교적 적은 변수로 보고되어 있다(Anderson, 1974). 공극율은 광물입자의 크기, 형태, 배열상태, 광물성분, 퇴적구조, 고체입자의 다짐 등에 많이 좌우된다. 대부분의 미고결 퇴적물에서 공극율이 75~90% 범위내에서는 공극율 증가에 따라 속도변화가 거의 없거나 혹은 퇴적환경에 따라 약간 증가하는 경향을 보인다. 또한 공극율 75~

80%를 최저점으로 하여 공극율이 낮아짐에 따라 속도는 빠르게 증가하는 것으로 나타났다(Wood, 1930; Laughton, 1957; Nafe and Drake, 1963; Schreiber, 1968; Hamilton, 1970).

공극율과 속도와의 관계는 일반적으로 Wood(1930)와 Wyllie *et al.*(1958)의 관계식으로 설명한다. Wood(1930)의 관계식은 입자가 부유상태로서 rigidity가 거의 없는 퇴적물을 가정한 것이며, Wyllie(1958)의 관계식은 완전한 rigidity를 가지며 입자의 속도와 공극내의 유체(공극수)의 속도의 평균 속도를 갖는 퇴적암을 기술할때 이용된다. 따라서 Wood와 Wyllie의 관계식은 속도의 상한선과 하한선을 정의하는 것으로 이용된다.

본 연구지역 퇴적물은 미고결된 현생 퇴적물로서 공극율에 따른 속도의 변화가 역시 Wood의 값을 최저점으로 하여 그 부근에 집중하여 나타나는 것을 볼 수 있다. 또한 공극율 약 75% 주변에서 공극율이 증가할 수록 속도가 약간 증가하여 Hamilton(1970)의 회귀곡선과 유사한 경향을 잘 보인다(Fig. 10).

퇴적층 깊이에 따른 전단응력의 변화

본 연구지역의 전단응력값(2-8kPa)과 울릉분지 사면 퇴적물에서 측정된 값(Chough and Lee, 1987) 및 황해 동남지역에서 측정된 값(Lee *et al.*, 1987)을 비교하면 유사한 조직을 갖는 muddy sediment에서 각각 2-9kPa, 4-13kPa로 조직 및 물성에 따라 약간의 차이는 있지만 대체로 본 연구지역과 유사한 값을 보인다. 본 연구지역에서의 퇴적층 깊이에 따른 전단응력의 변화(Fig. 11)를 보면 퇴적물의 조성이 유사하고 정상적인 다짐작용을 받을 경우 수직적인 stress(overburden)의 증가로 인해 점진적인 증가를 보여야 하지만 분산이 심한 것을 볼 수가 있다. 이것은 시추시의 시료의 교란 등의 영향을 받는다고 할 수 있으며 또한 본 연구지역의 경우 다짐작용보다는 퇴적물의 조직에 영향을 더 받았다는 것을 의미하는 결과가 된다. 전반적으로 보아 자료의 분산은 심하지만 깊이에 따라 약간 증가하는 경향을 보인다.

광양만 지역의 회귀곡선이 특이하게 다른 것은 자료의 분산에 기인한 것이다. Fig. 11에서 제시한 예상치의 swath profile은 조직이 같을 때 정상적인 다짐작용을 받을 경우의 퇴적층 깊이에 대한 전단응력의 이상적인 변화양상을 나타낸 것이다(Ladd *et al.*, 1977). 본 연구지역도 조직이 유사한 관계로 깊이에 따른 전단응력의 곡선이 절대값의 차이는

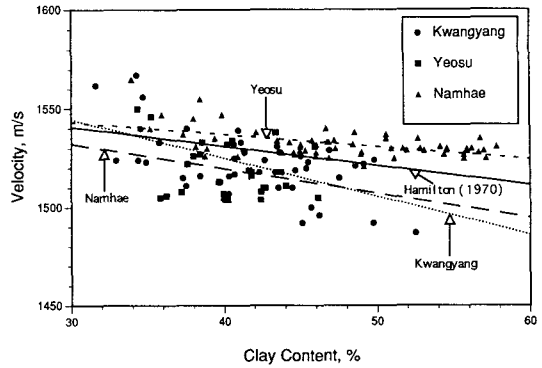


Fig. 9. Velocity versus clay content. Symbols and lines are the same as in Figure 8.

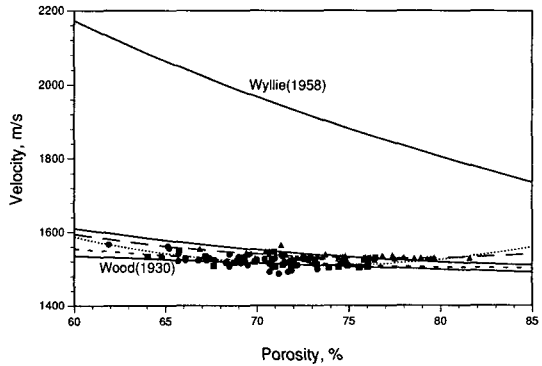


Fig. 10. Velocity versus porosity. Symbols and polynomial regression lines are the same as in Figure 8.

있지만 깊이에 따라 증가한다는 것을 알 수가 있다.

퇴적층 깊이에 따른 물성값의 변화(대표정점)

광양만 지역(정점 18) 여수해만(정점 23) 남해 대륙붕 지역(정점 34) 중 코어길리와 시추위치등을 고려하여 비교적 그 지역을 대표할 수 있는 정점을 택하여 깊이에 대한 평균입도, 밀도, 공극율, 속도, 전단응력의 단면도를 도시하였다(Fig. 12). 평균입도는 세 지역 모두에서 약간 감소하다가 약 70cm를 경계로 증가하는 경향을 보인다. 밀도는 표층 부근에서 약간의 유동은 있지만 전반적으로 깊이에 따라 증가하는 경향을 보인다. 공극율의 변화양상은 밀도와 선대칭으로 감소하는 경향을 보인다. 속도는 깊이에 따른 변화는 미미하지만 완만하게 증가하고 있음을 볼 수가 있다. 전단응력은 변화는 있지만 깊이에 따라 전체적으로 증가한

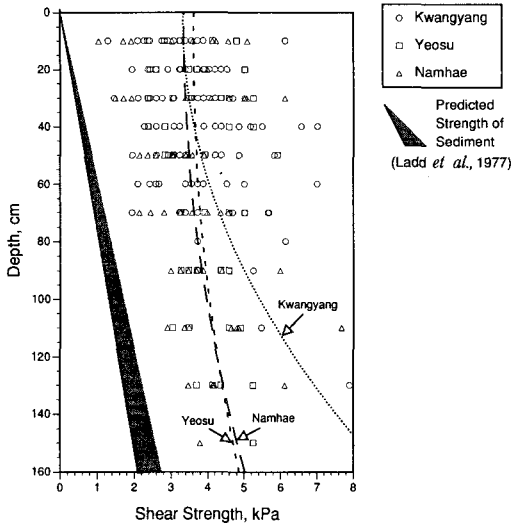


Fig. 11. Shear strength profile in the study area. The swath profile indicated as the predicted strength of sediment is based on the assumption that strength increases with increasing overburden pressure for a normally consolidated sediment. The range of the ratio lies between 0.24 and 0.30(Ladd *et al.*, 1973).

다.

전체 단면도에서 보면 여수해만 퇴적물은 광양만과 남해 대륙붕 지역 퇴적물의 중간적인 조직 및 물성특성을 보이며 각 지역 모두 퇴적층 깊이 0~50cm 사이에서 변화가 심한 것을 볼 수가 있다.

이 구간에서의 변화는 남해 대륙붕 지역이 가장 적은 것으로 나타났으며 이는 이 지역이 광양만과 여수해만에서와는 달리 인위적인 요인에 의한 표층퇴적층의 교란이 제일 약했다는 것을 의미한다. 광양만과 여수해만의 경우도 0~50cm 구간에서 평균입도 값의 변화는 별로 크지 않으나 밀도, 공극율, 전단응력 등의 변화는 심한 편이다. 이것은 인위적인 퇴적물의 교란이 퇴적물 물성에 예민하게 반응되어 나타나는 것을 지시한다. 그러나 속도의 경우 다른 물성변화에 크게 영향을 받지않고 입도와 유사하게 완만한 증가양상을 보이는데 이는 미고결 해저퇴적물의 속도결정에 퇴적물의 조직이 가장 중요한 변수라는 기존의 연구결과와 일치하는 것이다(Kim *et al.*, 1992; Hamilton, 1970, 1980; Orsi and Dunn, 1990).

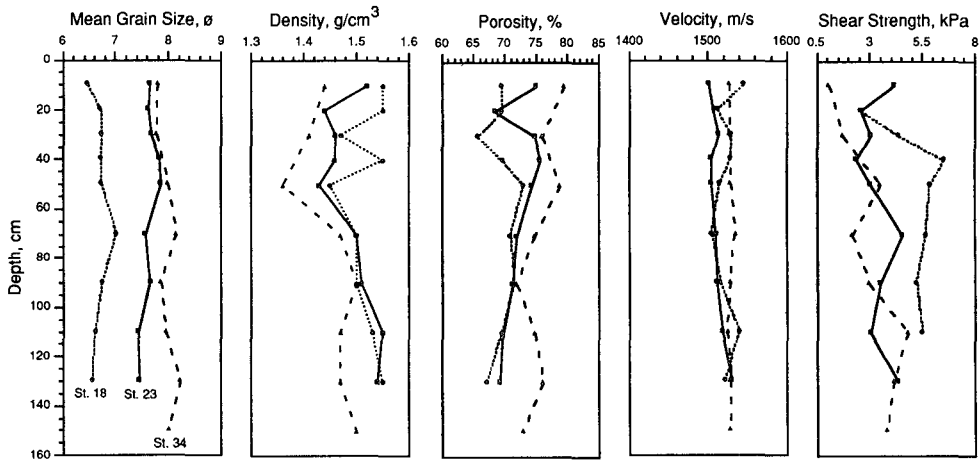


Fig. 12. Physical property profiles for selected sites. Note the fluctuation above 50cm subbottom depth.

요 약

여수해만 주변해역 퇴적물의 물리적 성질 및 음향학적 성질을 밝히기 위해서 총 36개 시추시료에서 10cm 간격으로 퇴적물의 조직(입도), 음파전달속도 및 물리적 성질(공극율, 전밀도, 함수율, 전

단응력)을 측정하였다. 연구지역을 광양만, 여수해만, 남해대륙붕의 세 지역으로 나누어 각 지역간의 물성과 조직의 상관관계를 비교 검토하였다. 비교 모델로는 Hamilton(1970)의 북태평양 대륙붕 및 대륙사면 퇴적물을 이용하였다. 본 연구지역에서의 조직과 물성의 분포도(50cm 깊이)를 보면 평균입

도(6.5~8.1φ), 점토함량(35~50%), 공극율(66~80%), 속도(1540~1525m/s), 전단응력(2~8kPa), 밀도(1.60~1.40g/cm³) 등이고 각각의 특성이 광양만에서부터 남해 대륙붕 지역으로 갈수록 점진적인 변화를 보이는 것으로 나타났다. 이런 특징은 본 연구지역의 주요한 공급원인 섬진강에서 유입되는 퇴적물이 광양만 및 여수해만을 통하여 남해 대륙붕 지역으로 이동하는 경로와 관련이 있는 것을 시사한다. 각 물성간의 상관관계를 보면 여수해만 및 남해 대륙붕 지역이 광양만보다도 Hamilton(1970)이 제시한 모델에 더 유사한 경향을 보인다. 물성 분포로 보아 여수해만 지역 퇴적물의 성질은 광양만과 남해대륙붕 지역 퇴적물의 중간적인 단계에 해당되는 것으로 생각된다.

사 사

본 연구는 1993년도 한국학술진흥재단의 공모과제 연구비에 의한 것임을 밝히며 재단의 지원에 감사드립니다. 시료 채취에 도움을 준 부산 402호 승무원들과 시료분석에 협조한 부산수산대학교 응용지질학과 퇴적물 음향학실험실 구성원들에게 사의를 표합니다. 본 논문을 자세히 심사하여 주신 심사위원들께 감사를 드립니다.

참 고 문 헌

- 건설부, 1973. 여수, 광양지역 수심측량 및 지층탐사 보고서.
- 건설부, 1975, 1976, 1979, 1980. 수문조사연보.
- 국방과학연구소, 1988. 한국 항만 해양 환경집. 제2집, 여수, 76p.
- 김대철, 1989. 미고결 해저퇴적물의 음파전달속도 측정에 관한 연구. 한국수산학회지, 22(3), 147~153.
- 김대철·김길영, 1991. 광양만 미고결 퇴적물의 물리적 성질 및 음향학적 성질: 북태평양 대륙붕 및 사면자료와의 비교. 한국수산학회지, 24(5), 289~302.
- 김성렬·석봉출, 1985. 한반도 연근해저 표층퇴적물에서의 음파전달속도와 감쇠계수. 한국해양학회지, 20, 10~21.
- 김성렬·이용국·석봉출·신동혁, 1991. 동해심해분지 시추퇴적물의 음속과 감쇠계수, 한국해양학회지, 26(1), 59~66.
- 박용안·이창복·최진혁, 1984. 광양만의 퇴적환경에 관한 연구. 한국해양학회지, 19(1), 82~88.
- 성준영, 1994. 남해 대륙붕 퇴적물의 퇴적환경과 음향모델. 부산수산대학교 석사학위논문, 114p.
- 장지원·한영호·윤갑동·양용립·김천덕, 1974. 광양만의 물리적 해황에 관한 연구(1). 한국어업기술학회지, 10, 1~18.
- 조운현, 1985. 여수남해 해저지층내의 탄성과 전달속도와 지층구조에 관한 연구. 부산대학교 석사학위논문, 79p.
- 조태진, 1991. 광양만 조석해수면 변동의 미고결 퇴적층에 대한 영향. 한국수산학회지, 24(1), 9~20.
- 포항종합제철주식회사, 1982. 광양만 수리모형 실험 및 해양조사 보고서.
- Anderson, R. S. 1974. Statistical correlation of physical properties and sound velocity in sediments. *In* Physics of Sound in Marine Sediment p.481~517. Edited by L. Hampton, Plenum. N. Y.
- Birch, F. 1960. The velocity of compressional waves in rocks up to 10 kilobars. 1. *J. Geophys. Res.*, 65, 1083~1102.
- 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. Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project. 33, U. S. Government Printing Office, 931~958.
- Chough, S. K. and H. J. Lee. 1987. Stability of sediment on the Uleung Basin Slope. *Marine, Geotechnology*, 7, 123~132.
- Folk, R. L. 1968. *Petrology of Sedimentary Rocks*. Hemphill's Austin, Texas, 170p.
- Folk, R. L. and W. C. Ward. 1957. Brazos River. A study in the significance of grain-size parameters. *J. Sed. Petrology*, 27, 3~27.
- Galehouse, J. S. 1971. Sedimentation analysis. *In* Procedures in Sedimentary Petrology p. 69~74. Edited by R. E. Carver, Wiley-Interscience.
- Hamilton, E. L. 1970. Sound velocity and related properties of marine sediments. North Pacific. *J. Geophys. Res.*, 75(23), 4423~4446.
- Hamilton, E. L. 1980. Geoacoustic modeling of the sea floor. *J. Acoust. Soc. Am.*, 68, 1313~1340.

- Hamilton, E. L. and R.T. Bachman. 1982. Sound velocity and related properties of marine sediments. *J. Acoust. Soc. Am.*, 72, 1981~1904.
- Horn, D. R., B. M. Horn and M. N. Delach. 1968. Correlation between acoustical and other physical properties of deep-sea cores. *J. Geophys. Res.*, 73, 1939~1957.
- Ingram, F. L. 1971. Sieve analysis. *In* Procedures in Sedimentary Petrology. Edited by R. E. Carver, Wiley-Interscience.
- Kim, D. C. and K. H. Kim. 1988. Compressional wave velocity and electrical resistivity in hemipelagic clay-rich sediment, Northwestern Pacific. *J. Oceanol. Soc. Korea*, 23(3), 146~157.
- Kim, D. C. and H. J. Kang. 1991. Suspended sediment budget in Gwangyang Bay through the Yeosu Sound. *Bull. Korean Fish. Soc.*, 24(1), 31~38.
- Kim, D. C. and 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.
- Ladd, C. C., Foott, R., Ishihara, K., Schlosser, F., and Poulos, H. G., 1977. Stress-deformation and strength characteristics: State-of-the-Art Reports, Ninth Annual International Congress on Soil Mechanics and Foundation Engineering. Tokyo, pp. 421~494.
- Laughton, A. S. 1957. Laboratory measurements of seismic velocities in ocean sediment. *Proc. Roy. Soc. London. A.* 222, 336~341.
- Lee, H. J. and S. K. Chough, K. S. Jeong, S. J. Han. 1987. *Geotechnical properties of sediment cores from the southeastern Yellow Sea: Effects of depositional processes.* *Mar. Geotechnol.*, 7, 37~52.
- Nafe, J. E. and C. C. Drake. 1963. Physical properties of marine sediments. *In* The Sea p. 794~815. Edited by M. N. Hill. Interscience. N. Y.
- Orsi, T. H. and D. A. Dunn. 1990. Sound velocity and related physical properties of fine-grained abyssal sediment: from the Brazil Basin(South Atlantic Ocean). *J. Acoust. Soc. Am.*, 88, 1536~1542.
- Park, Y. A., 1983. The natures of Holocene sedimentation and sedimentary facies in the continental shelves of Korea. Summer Conference for domestic and foreign scholars of science and technology: KOFST, 72~80.
- Schreiber, B. C. 1968. Sound velocity in deep-sea sediments. *J. Geophys. Res.*, 73, 1259~1268.
- Song, S. T., 1988. Depositional environment and clay mineral distribution of recent continental shelf sediments, southern coast of Korea. M.S. Thesis, Dept. of Oceanography, National Fisheries. Univ. Pusan, 97p.
- Tosaya, C. A. 1982. Acoustical properties of clay-bearing rocks. Ph. D. Dissertation. Stanford Univ. California, U. S. A., 136p.
- Wood, A. B. 1930. A Textbook of Sound. London (G, Bell and Sons).
- Wyllie, M. R. J., Gregory, A. R., and Gardner, G. H. F., 1958. An experimental investigation of factors affecting elastic wave velocities in porous media. *Geophys.*, 23, 459~493.
- Appendix: Equations for regressions lines and curves for the Kwangyang Bay(K), Yeosu Sound (Y), Namhae(N) and North Pacific(NP) sediments.
- Density(ρ , g/cm^3) versus mean grain size(M_z , ϕ)
- (K) $\rho = 2,289 - 0.11M_z$
- (Y) $\rho = 2,255 - 0.10M_z$
- (N) $\rho = 2,212 - 0.09M_z$
- (NP) $\rho = 2,142 - 0.09M_z$
- Velocity(V_p , m/s) versus clay content(C, %)
- (K) $V_p = 1603 - 1.95C$
- (Y) $V_p = 1569 - 1.25C$
- (N) $V_p = 1561 - 0.62C$
- (NP) $V_p = 1570 - 0.97C$
- Velocity(V_p , m/s) versus porosity(η , %)
- (K) $V_p = 3687.7 - 58.9\eta + 0.399\eta^2$
- (Y) $V_p = 2100.5 - 14.0\eta + 0.082\eta^2$
- (N) $V_p = 2836.1 - 33.7\eta + 0.217\eta^2$
- (NP) $V_p = 2476.6 - 21.8\eta + 0.223\eta^2$
- Velocity(V_p , m/s) versus mean grain size(M_z , ϕ)
- (N) $V_p = 2649.6 - 270.0M_z + 16.4M_z^2$
- (NP) $V_p = 1936.2 - 87.33M_z + 4.45M_z^2$
- Velocity(V_p , m/s) versus density(ρ , g/cm^3)

$$(N) V_p = 4162.5 - 3635.0\rho + 125.8\rho^2$$

$$(NP) V_p = 2270.9 - 1194.4\rho + 474\rho^2$$

Porosity(η , %) versus mean grain size(M_z , ϕ)

$$(N) \eta = 32.74 + 5.18M_z$$

$$(NP) \eta = 34.84 + 5.28M_z$$

1994년 5월 4일 접수

1994년 7월 5일 수리