

태안 마도3호선 잔존과 퇴적물 물성의 연계성

이상희¹ · 정용화² · 이영현³ · 김진후[†]

(Received October 18, 2016 ; Revised March 13, 2017 ; Accepted March 24, 2017)

The relationship between the residual of Taeon Mado shipwreck No.3 and physical properties of sediments

Sang-Hee Lee¹ · Yong-Hwa Jung² · Young-Hyun Lee³ · Jin-Hoo Kim[†]

요약: 해저 아래에 난파선이 잔존하고 있다면, 해류와 조류의 유수의 작용뿐만 아니라 해저를 구성하는 퇴적물의 물성 및 퇴적환경에 영향을 받는다. 특히 우리나라 대부분의 난파선은 갯벌에 묻혀 있는 상태로 발견되었는데, 이는 퇴적물에 많은 영향을 받는다는 것을 알 수 있다. 본 연구에서는 그랩 채취기와 진동식 시추기를 이용해 퇴적물 시료를 채취하여 태안 마도3호선의 주변지역의 퇴적물의 다양한 물성을 파악했으며, 이를 통해 태안 마도 지역의 퇴적물 물성이 태안 마도3호선이 잔존하는데 미치는 영향에 대해 알아보려고 하였다. 주상시료의 퇴적물 분석 결과 깊이에 따른 밀도와 초음속과 속도변화, 전단강도는 대체로 깊어질수록 측정값이 커지는 경향을 나타냈으며, 함수비와 공극률은 깊어질수록 값이 낮아지는 경향을 보였다. 입도분석의 경우 Folk's 분류법으로 결과를 도출하였다. 태안 마도3호선 지역의 깊이 3.5 m 주상시료의 입도는 주로 점토와 모래질 점토로 구성되어있으며, 표층 퇴적물의 입도는 점토질 모래로 구성되어 있었다. 퇴적물분석 결과 퇴적률은 2.84 cm/year로 나타났으며, 깊이 150 cm 조개시료의 탄소연대측정 결과 신석기 시대로 나타났다. 이러한 퇴적물 분석을 통해 태안 마도3호선의 잔존과 퇴적물 물성의 연계성에 대해 연구했다.

주제어: 마도3호선, 퇴적물, 주상시료, 입도분석, 퇴적률

Abstract: Shipwreck remains below the seabed not only effect the ocean currents and tides, but influence the physical properties of sediments and sedimentary environments that comprise the seabed. In particular, the influence of local shipwrecks discovered buried in the seabed on the sediment is visible. In this study, sediments were collected from the surrounding area of Taeon Mado No.3 shipwreck using grab samplers and vibro-corers. The physical properties of these sediments were analyzed to evaluate the impact of the Taeon Mado shipwreck No.3 remains. Sediment core analysis by means of density and ultrasonic velocity showed that shear strength tended to increase with depth, whereas moisture content and porosity tended to decrease with depth. Grain size analysis results are shown in terms of Folk's classification, where the grain size of the core samples in the study area indicate mud or sandy mud, and that of the grab sample indicates a muddy sand. Results of the sedimentation rate analysis indicate a rate of 2.84 cm/year and carbon dating of the 150 cm deep seashell indicates the Neolithic age. These sediments were analyzed for the study of the relationship between the Taeon Mado shipwreck No.3 remains and the physical properties of the sediment.

Keywords: Mado shipwreck No.3, Sediments, Cores sample, Grain size analysis, Sedimentation rate

1. 서론

난파선이 해저에 잔존하는데 있어서 해류와 조류 등 유수의 작용에 직접적인 영향을 받을 뿐 아니라 해저를 구성하는 퇴적물 조성에도 지대한 영향을 받는다. 특히 우리나라의 난파선의 경우 대부분 서해 갯벌에 묻혀 있는 상태로

발견되었는데, 이는 퇴적물의 물성과 환경이 난파선의 잔존에 있어서 많은 영향을 미치는 것을 알 수 있다.

국내외에서 난파선 주위의 퇴적환경과 재질에 대한 연구는 꾸준히 진행되고 있다. Grosso [1]는 난파선 Swift가 위치한 주변 지역을 대상으로 해양생물과 퇴적환경이 목재유물의 상태

[†] Corresponding Author (ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1496-4532>): Department of Energy and Mineral Resources Engineering, Dong-A University, 37, Nakdong-dearo 550, Saha-gu, Busan, 49315, Korea, E-mail: jkim@dau.ac.kr, Tel: 051-200-7790

1 Department of Energy and Mineral Resources Engineering, Dong-A University, E-mail: lsh3314@naver.com, Tel: 051-200-5550

2 National Research Institute of Maritime Cultural Heritage, pkm228@hanmail.net, Tel: 061-270-2079

3 National Research Institute of Maritime Cultural Heritage, lyh2343@naver.com, Tel: 061-270-2079

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

변화와 잔존가능성에 미치는 영향에 대해 연구하였으며, Larcombe *et al.* [2]는 호주 Great Barrier Reef에 위치한 난파선인 Pandora가 조류에 의한 퇴적작용에 의해 매몰되는 과정을 알아보았다. Björdal and Nillsson [3]은 해양퇴적물 내에서 나무편의 부식과정에 대한 장기적인 연구를 수행하였는데, 이들은 다양한 종류의 나무편을 다양한 심도에 매몰시켜 6, 12, 24, 36개월 마다 육안과 현미경 검사를 통해 매몰 깊이가 깊어질수록 부패가 적게 나타나는 것을 확인하였다. 국내에서는 Park [4]은 다양한 나무 편 의 물성연구와 목재선박의 침몰조건, 퇴적물의 유무에 따른 잔존조건 등의 연구를 수행하였다.

또한, 퇴적물에 따른 난파선의 잔존 가능성에 대해서도 연구가 되어졌는데, Gregory [5]에 퇴적물 물성에 따라 수중유물 및 난파선의 보존가능성에 대한 등급을 매겨 맵핑하는 연구를 수행하였다.

이밖에도 수중문화재 탐사를 위한 퇴적물 물성분석 연구도 진행되고 있는데, Kim *et al.* [6]은 퇴적물의 물성분석 연구를 통해 수중문화재 탐사에 사용되는 장비의 적절한 운용법에 대해 연구했으며, Ko *et al.* [7]는 진도 해역의 퇴적물 물성 분석을 통한 수중문화재 탐사기법 기초연구를 수행하였다.

앞선 연구에서는 퇴적물 물성과 환경이 난파선 잔존에 많은 영향을 주는 데도 불구하고 실제 난파선 잔존지역에 대한 퇴적물 물성에 대한 연구는 거의 진행되지 않았다.

본 연구에서는 퇴적물 물성과 환경이 난파선의 잔존에 미치는 영향을 알아보기 위해 충남 태안 신진도리 해상에 위치한 태안 마도3호선 주변 지역의 퇴적물을 채취하고 전밀도, 함수비, 공극률, 전단강도, 초음파속도, 입도분석, 퇴적물분석, 탄소연대측정 등을 수행하였으며, 이를 통해 태안 마도3호선 잔존과 퇴적물 물성의 연계성에 대해 알아보고자 한다.

2. 시료위치 및 해양환경

2.1 시료위치

퇴적물 시료를 채취한 위치는 Figure 1과 같으며 빨간색 사각형은 태안 마도3호선의 위치이다. 시료는 코어시료 3개 표층시료 6개를 채취하였다. 코어시료의 경우 진동식 시추기를 이용하여 채취하였으며, 표층시료의 경우 그랩 채취기를 이용하여 채취하였다.

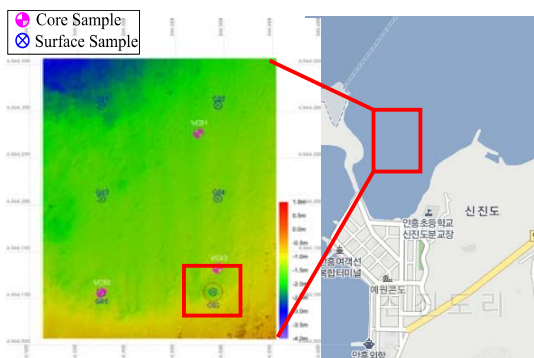


Figure 1: Samples location (Daum Map)

2.2 해양환경

충남 앞바다는 전형적인 리아스식 해안을 이루고 있으며, 서해안 해역의 환경은 다른 해역에 비하여 연중 조석 간만의 차가 매우 크다. 또한 수심이 얕으며 조류가 빠르고, 지역에 따라 내륙에서 흘러내리는 토사로 인하여 수심의 변동이 심한편이다. 시료채취 지역인 태안 근해의 평균조차는 299~668 cm이고 밀물은 평균 3.5시간동안 지속되며 썰물은 8.5시간 지속된다 [8]. 조류는 밀물 때는 60~80 cm/s 속도로 북동방향으로 흐르며, 썰물 때는 80~100 cm/s 속도로 남서방향으로 흐른다.

3. 퇴적물 분석 결과

3.1 주상시료의 퇴적상 분포

VC01 주상시료의 퇴적상 분석을 위해 절개된 코어 단면을 정리하여 입도, 퇴적구조 및 구성 물질 등을 관찰, 기재하여 Figure 2와 같이 퇴적주상도를 작성했다. 전체적으로 VC01은 퇴적구조의 발달이 불량한 과상의 이질 퇴적층으로 구성되나, 약 150 cm 심도를 경계로 약간의 퇴적상 차이가 인지된다.

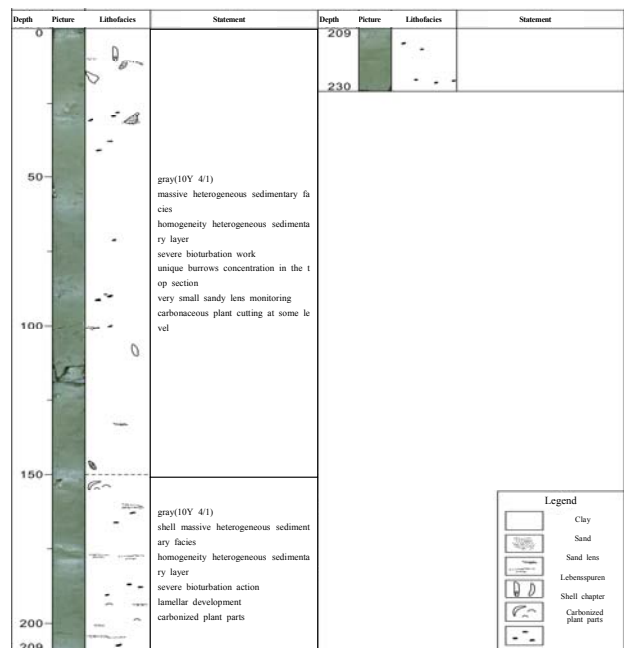


Figure 2: Sedimentary column map and facies analysis of VC01

3.2 주상시료의 밀도

주상시료의 깊이에 따른 퇴적물의 밀도를 측정한 결과 Figure 3(a)와 같은 결과가 나왔다. 전밀도는 VC01에서 1.55~1.73 g/cm³의 범위를 보이며, 0~50 cm 구간까지는 감소했다가, 50~100 cm 구간에서는 증가했으며, 100~150 cm 구간에서는 다시 감소하였으며, 그 이하에서는 약간 증가하는 경향을 보인다 350 cm에서 감소한다. VC02에서는 1.63~1.87 g/cm³의 범위를 가지며, 0~50 cm에서 밀도가 크게 증가하였다가 100 cm 구간에서 감소하였다. 100~150 cm 구간에서 밀도가 증가하였으며 일정하게 유지되다 250 cm 구간

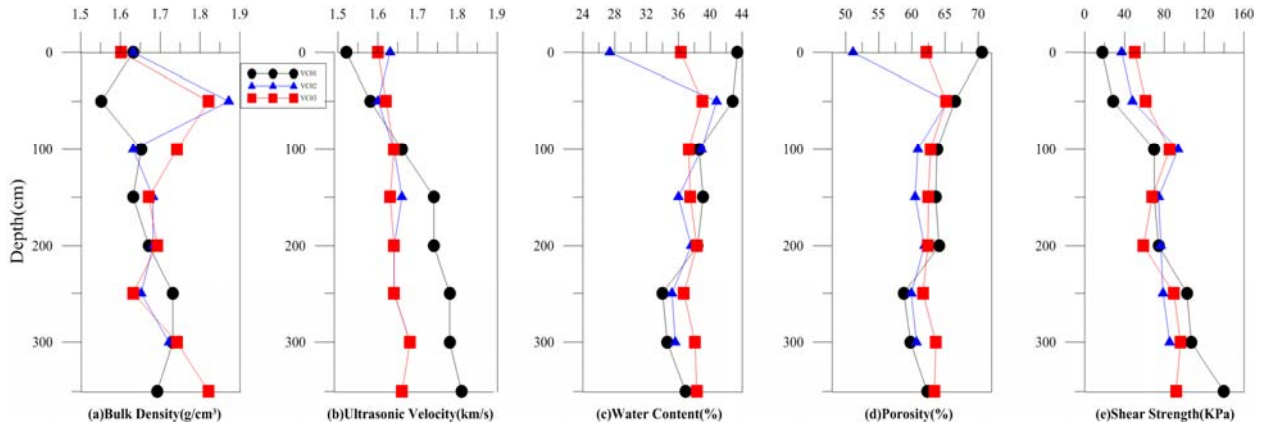


Figure 3: (a)Bulk density of core sample, (b)Ultrasonic of core sample, (c)Water content of core sample, (d)Porosity of core sample, (e)Shear strength of core sample

에서 감소했다가 300 cm 구간에서 다시 증가한다. VC03에서는 1.60~1.82 g/cm³의 범위를 보이며, 0~50 cm 구간까지는 증가했다가, 50~150 cm 구간에서는 감소하는 경향을 보이며 200 cm에서 다시 증가하였다가 250 cm 구간에서 감소하였으며 그 이하에선 증가하는 경향을 보인다. VC01의 평균 전밀도는 1.66 g/cm³이며, VC02는 1.69 g/cm³, VC03는 1.71 g/cm³의 값을 가진다.

3.3 주상시료의 초음파 속도

다음으로 주상시료의 깊이에 따른 초음파 속도를 측정결과 **Figure 3(b)**와 같은 결과가 나타났다. 초음파 속도는 VC01에서 1.53~1.82 km/s의 범위를 가지며, 평균 1.71 km/s로 나타났으며 깊이가 깊어질수록 증가하는 경향을 보인다. VC02에서는 1.61~1.69 km/s의 범위를 보이며, 평균 1.65 km/s로 나타났다. 0~50 cm 구간에서는 약간 감소하였다가 그 이하 150 cm 구간까지는 증가하는 경향을 보인다. 그리고 200 cm에서 다시 감소하였다가 300 cm에서 증가한다. VC03에서는 1.61~1.69 km/s의 범위를 보이며, 평균 1.65 km/s로 나타났다. 0~100 cm까지 증가하는 경향을 보이다가 150 cm에서 약간 감소했다가 200~300 cm까지 증가하는 경향을 보이다가 350 cm에서 약간 감소한다.

3.4 주상시료의 함수비

주상시료의 깊이에 따른 함수비 측정 결과 **Figure 3(c)**와 같은 결과가 나왔다. 함수비는 VC01에서는 51.60~76.80%의 범위를 보이며, 평균 62.96%의 값을 가진다. 0~100 cm 구간까지는 감소하는 경향을 보이다가 150 cm에서 약간 증가했다가 다시 250 cm까지 감소했다가 그 이하로는 점차 증가하는 경향을 나타낸다. VC02에서는 37.70~68.80%의 범위를 보이며, 평균 56.60%로 나타났다. 0~50 cm까지는 증가하다가, 그 이하 150 cm 구간까지 감소하는 경향을 보이며, 200 cm에서 약간 증가했다가 250 cm에 다시 감소했다가 300 cm에서 증가한다. VC03에서는 57.00~64.00%의 범위를 보이며, 평균 60.51%로, 0~50 cm까지는 증가하다가 100 cm 구간에서 감소했다가 다시 증가하는 경향

을 보인다. 그리고 250 cm에서 다시 감소했다가 그 이하로는 증가한다.

3.5 주상시료의 공극률

주상시료의 깊이에 따른 공극률을 측정 결과 **Figure 3(d)**와 같은 결과가 나왔다. 공극률은 VC01에서 58.80~70.60%의 범위를 보이며, 63.69%의 평균값을 가진다. VC02의 경우 공극률의 범위는 51.10~65.40%이며, 평균은 60.06이다. VC03 공극률의 범위는 61.70~65.20%이며, 평균은 62.98%이다. 전체적으로 함수비의 변화와 유사한 경향을 보이고 있다.

3.6 주상시료의 전단강도

주상시료의 깊이에 따른 전단강도 변화를 측정 결과 **Figure 3(e)**와 같은 결과가 나왔다. VC01의 전단강도 범위는 17.49~139.90 kPa, 평균은 76.24 kPa이며, 깊이가 깊어질수록 증가하는 경향을 보이고 있다. VC02의 전단강도 범위는 37.16~94.00 kPa이며, 평균 70.58 kPa로 나타났으며 100 cm 부근에서 크게 증가하는 값을 제외하곤 깊이가 깊어질수록 값이 증가하는 경향을 보인다. VC03의 전단강도 범위는 50.28~96.18 kPa이며, 평균 75.14 kPa로 나타났으며 0 cm~100 cm까지는 증가하는 경향을 보이다가 150~200 cm까지는 다시 감소하는 경향을 보이며, 그 이하의 깊이에서는 다시 증가하다 350 cm에서 감소한다.

3.7 시료의 입도분포

퇴적물의 입도분석 결과를 Gravel, Sand, Mud로 분류한 후(**Figure 4, Figure 5**) Folk's 분류법으로 표시하였다(**Figure 6, Figure 7**). 또한 입도분석 결과를 이용하여 평균입도, 분급, 왜도, 첨도를 산출하여 표층시료는 **Table 1**에 주상시료는 **Figure 8**에 나타내었다. **Figure 4**는 주상시료의 입도분석 결과로 대부분의 퇴적물이 점토 또는 모래질 점토로 구성되어 있으며, **Figure 5**는 표층시료의 입도분석 결과로 대부분의 퇴적물이 점토질 모래로 또는 모래질 점토로 구성되어 있는 것으로 확인되었다. 표층퇴적물의 통계학적 분석 결과 평균 입도는 3.654-4.510Φ로 극세립사 (very fine

sand)~조립실트 (coarse silt)에 해당하며, 분급은 1.207~1.812 Φ 로 불량분급 (Poorly sorted)이며, 왜도는 0.474~0.648로 매우 세립한 왜도 (Strongly fine skewed)로 나타났으며, 첨도는 1.392~1.651로 뾰족한 첨도 (Leptokurtic)~매우 뾰족한 첨도 (Very leptokurtic)에 해당한다. 이상을 종합해 볼 때 연구지역을 덮고 있는 두께 약 3.5 m의 상부퇴적물은 주로 중립실트(Medium silt)로 구성되어 있으며, 분급은 불량 분급을 보인다. 양의 왜도를 보이며, 뾰족한 첨도를 보인다.

퇴적물에 대한 통계학적 분석결과 VC01의 평균입도는 5.424~5.751 Φ 로 중립실트 층을 보이며, 분급은 1.593~1.897 Φ 로 불량분급에 해당한다. 왜도는 0.279~0.367로 세립한 왜도(Fine skewed)~매우 세립한 왜도에 해당하며, 첨도의 경우 1.378~1.451로 뾰족한 첨도로 나타났다.

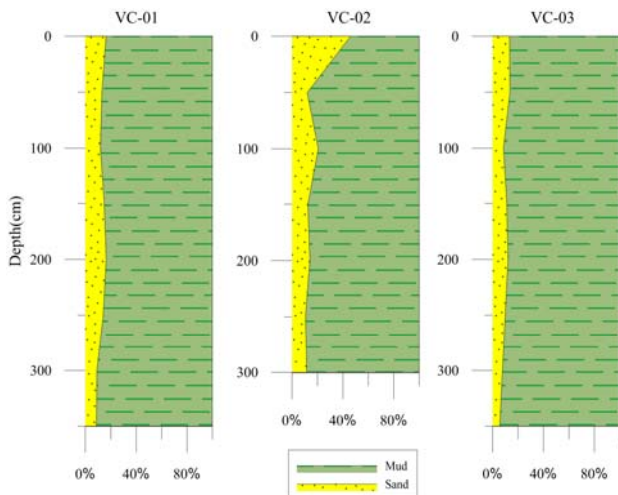


Figure 4: Grain-size distribution of core sample

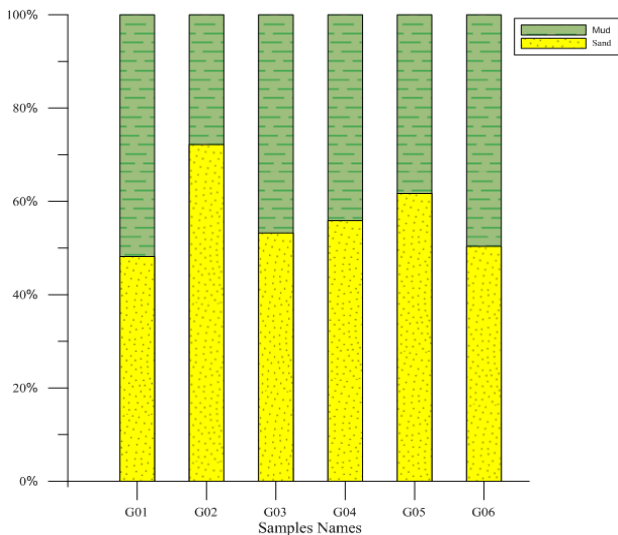


Figure 5: Grain-size distribution of surface samples

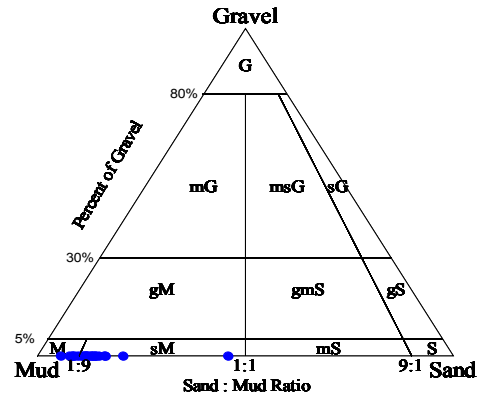


Figure 6: Triangular composition used the Folk's classification of the sediment cores

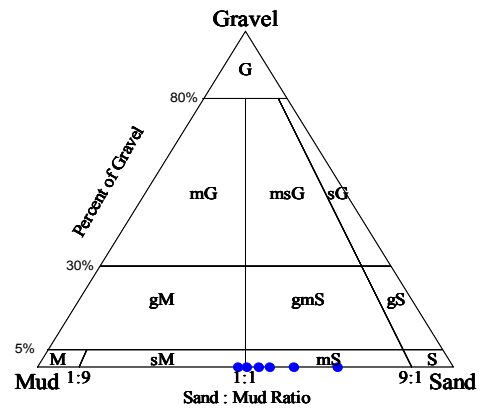


Figure 7: Triangular composition used the Folk's classification of the grab sample

VC02의 평균입도는 4.355~5.630 Φ 로 표층에서는 조립실트를 보이며, 그 이하에서는 평균적으로 중립실트층을 보였다. 분급은 1.536~1.822 Φ 로 불량분급에 해당하며, 왜도는 0.255~0.535로 세립한 왜도~매우 세립한 왜도이며, 첨도의 경우 1.384~1.500으로 뾰족한 첨도로 나타났다.

VC03의 평균입도는 5.444~5.956 Φ 로 중립실트층을 보이며, 분급은 1.526~1.700 Φ 로 불량분급이고, 왜도는 0.294~0.380으로 세립한 왜도~매우 세립한 왜도(로 나타났다. 첨도의 경우 1.355~1.433로 뾰족한 첨도로 나타났다.

Table 1: Statistical analysis of the grab sample

| samples | Mean (Φ) | So (Φ) | Sk | Ko |
|---------|-----------------|---------------|-------|-------|
| G01 | 4.510 | 1.812 | 0.631 | 1.651 |
| G02 | 3.654 | 1.207 | 0.593 | 1.392 |
| G03 | 4.299 | 1.685 | 0.647 | 1.620 |
| G04 | 4.212 | 1.617 | 0.648 | 1.599 |
| G05 | 3.844 | 1.414 | 0.583 | 1.438 |
| G06 | 4.133 | 1.661 | 0.474 | 1.437 |

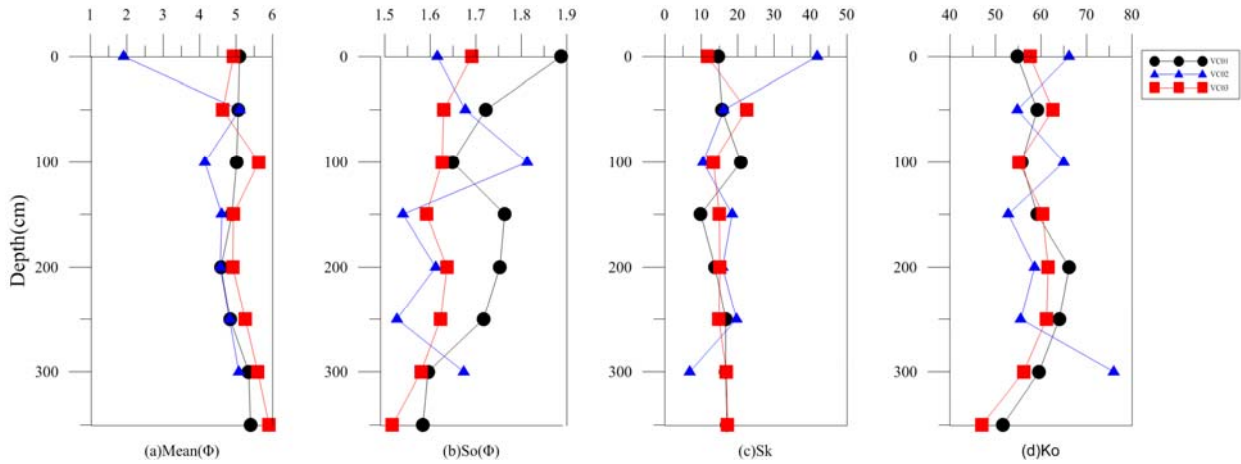


Figure 8: Statistical analysis of the sediment core

3.8 주상시료의 납 동위 원소 분석

주상시료 VC01을 사용하여 퇴적물 분석을 실시하였다. 상부 50cm 구간에 대해 약 5cm 간격으로 퇴적물을 채취하여 알파선분광분석법에 의한 ²¹⁰Pb 총 방사능을 측정하였다. 측정은 한국기초과학지원연구원 환경과학연구부에 의해 수행되었다. 주상시료 VC01의 깊이에 따른 ²¹⁰Pb 총 방사능의 분석 결과는 Figure 9에 나타내었다.

코어 퇴적물의 ²¹⁰Pb 총 방사능은 전체적으로 14.6~23.6 mBq/g의 범위를 보이며 최하부 시료에서 가장 작고 중하부의 35cm 깊이에서 가장 크게 나타난다. 일반적으로 퇴적층의 ²¹⁰Pb 총 방사능은 깊이에 따라 감소하는 경향을 보이며 이러한 깊이에 따라 감소하는 함수식을 이용하여 퇴적물을 계산한다. 그러나 주상시료 VC01의 ²¹⁰Pb 총 방사능의 분포는 대체로 깊이에 따라 다소 혼란스런 분포를 보여준다. 표층으로부터 깊이 25 cm까지는 약 20 mBq/g 내외를 유지하다가 30~45 cm까지는 이보다 약간 높은 약 23 mBq/g 내외를 보인다. 최하부에서는 급감하여 최소에 이른다.

깊이에 따라 ²¹⁰Pb의 감소 경향이 나타나지 않는 주된 요인은 퇴적물 교란에 있다. 퇴적상에서 관찰된 바와 같이 전체적으로 코어 퇴적물은 생물교란 작용의 영향이 크게 나타나며, 특히 최상부 구간에서 보다 현저하게 관찰되고 있다. 부분적으로 잔존하고 있는 서관구조에서 보듯이, 생물교란 작용은 저서생물에 의한 것으로 판단된다.

한편 깊이 16 cm를 지나면서 감소 경향을 보이거나 30~45 cm 구간에서는 총 방사능이 다시 증가하여 대체로 일정하게 유지되고 있다. 상부에 비해 다시 증가되는 경향의 원인을 정확하게 파악할 수 없으나 교란에 의한 것은 분명하다. 특히, 이 구간은 상부와 총 방사능 값의 차이가 크게 나타나고, 깊이 15 cm에서 25 cm를 거쳐 50 cm로 이어지는 감소 경향선에서 벗어나 있다(Figure 9). 따라서, 30~45 cm 구간을 제외하고 깊이 15 cm 이하에서 인지되는 ²¹⁰Pb 총 방사능의 감소경향성을 기초로 퇴적물을 산정하였다.

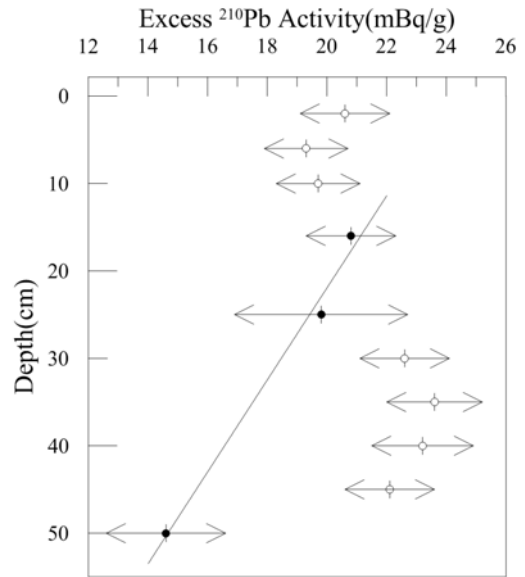


Figure 9: Distribution of total radioactivity ²¹⁰Pb according

16~55 cm 구간의 ²¹⁰Pb의 log 값과 깊이에 대한 회귀직선식은 식 (1)과 같이 표시된다.

$$\ln(^{210}\text{Pb})_z = 3.228 - 0.011z \tag{1}$$

퇴적물 계산식에 따라 최종 산정된 퇴적률은 2.84 cm/year이다.

3.9 탄소 동위원소(¹⁴C) 분석

주상시료 VC01에서 깊이 150 cm에서 채취한 조개시료 0.5 g의 연대측정을 위하여 (β)카본에틸리스랩에 의뢰하였다. 연대측정은 방사성 탄소 연대측정 방법 중 가속기 질량분석법(Accelerator Mass Spectrometry, AMS)을 이용하였다.

탄소연대 측정 결과 조개시료의 연대는 B.C. 5,990~5,750 년으로 분석되었으며, 이는 신석기시대에 해당한다.

4. 고찰

태안 마도3호선이 발견된 지역 인근의 퇴적물 물성 분석 결과 태안 마도3호선이 매몰되어 있는 깊이 150 cm 하부에서는 퇴적물 물성변화가 크게 나타나고 있지 않다. 이는 태안 마도3호선이 침몰될 당시 비슷한 물성을 가지는 퇴적물이 계속하여 유입되었음을 나타낸다. 태안 마도 3호선이 위치하고 있는 깊이 150~300 cm 퇴적물의 평균 물성은 전밀도 1.69 g/cm³, 초음파 속도는 1.70 km/s, 함수율 36.8%, 공극률 61.6%, 전단강도 81.78 kPa 등으로 나타난다. 전밀도와 초음파 속도, 공극률의 경우 일반적인 해양퇴적물의 물성과 유사하나 함수율은 낮은 편이다. Florian [9]에 따르면 함수율은 해양유물의 품질저하에 많은 영향을 주는데, 이 지역의 낮은 함수율이 태안 마도3호선 잔존하는데 기여한 것으로 보인다.

전단강도의 경우, Gregory [5]의 분류에 따르면 Firm Clay로 분류되는데, 이는 지내력(bearing capacity)이 낮은 편으로 퇴적물이 수중에서 비교적 쉽게 이동하여 유물이나 난파선을 빠르게 감쌀 수 있어 보존에 유리한 환경을 가진 것으로 보인다.

주상시료 입도분석 결과, 퇴적층은 주로 점토(M) 또는 모래질 점토(sM)와 같은 작은 입자로 구성되어 있어 파도나 조류 등에 의해 쉽게 운반되어 퇴적될 수 있었을 뿐만 아니라, 산소 침투로 인한 목재의 부패를 억제할 수 있었던 것으로 보인다. Gregory [5]는 입도분석 결과를 이용하여 유물의 보존가능 등급을 1~19 등급으로 구분한 바 있다. 여기서 1등급은 보존에 매우 유리한 환경을, 19등급은 매우 불리한 환경을 의미한다. 입도분석 결과를 이용해 이 지역의 보존가능 등급을 매길 경우, 표층은 점토질 모래(mS)로 3등급이며, 태안 마도 3호선이 위치한 깊이 150 cm 이하는 점토(M) 또는 모래질 점토(sM)로 1~2 등급으로 분류되어, 태안 마도 3호선이 비교적 온전한 상태로 잔존한 것으로 생각된다.

납 동위 원소 분석은 ²¹⁰Pb의 양이 감소하는 경향의 기울기를 이용하여 퇴적물을 분석한다. 하지만 50 cm 아래의 깊이에서는 ²¹⁰Pb의 양이 일반적으로 일정하게 유지되어 퇴적물을 구하는 데 사용하지 않는다. 납 동위 원소 분석을 통해 얻은 VC01의 표층 퇴적률은 2.84 cm/year이다. Sakellariou *et al.* [10]은 0.1 cm/year 이상을 빠른 퇴적률로 보고 있으며, Youn and Kim [11]에 의하면 서해 중앙부 해역의 퇴적률을 0.21~0.68 cm/year로 보고한 바 있다. 따라서 VC01의 표층 퇴적률을 다른 지역의 퇴적률과 비교해 볼 때 매우 빠른 퇴적률이라고 볼 수 있다. 또한, Park [5]에 의하면 퇴적층이 쌓이지 않은 침몰목선은 100년 정도 지나면 완전히 소멸되는 것으로 추정하였으며, 목선이 잔존하기 위해서는 수십 년 안에 퇴적층으로 피복되어야 한다고 보고 있다. 그러므로 태안 마도3호선의 잔존 상태를 보아 이 지역은 과거에도 빠르게 퇴적된 것으로 보인다.

납 동위 원소 분석과 탄소연대 측정 결과를 비교해 볼 때, ²¹⁰Pb의 양이 깊이 증가에 따라 일률적인 감소경향을 보

이지 않고, 150 cm 깊이의 조개시료에 대한 탄소연대가 배의 침몰 시대인 고려시대보다 훨씬 이전시대로 나온 점을 고려해 볼 때, 이 지역의 퇴적물은 조류, 파랑, 저서생물 등 해양환경에 의해 심하게 교란된 것으로 판단된다.

5. 결론

태안 마도3호선의 잔존과 퇴적물 물성과의 연계성을 알아보기 위해 태안 마도3호선이 발견된 지역 주변을 진동식 시추기로 깊이 3 m까지 시추하여 해저 퇴적물을 채취하였으며, 이를 이용하여 퇴적물의 전밀도, 초음파 속도, 함수율, 공극률, 전단강도, 입도분석, 퇴적물 분석 및 탄소연대 등을 측정하였다.

퇴적물 물성 측정 결과, 깊이에 따라 전밀도와 초음파 속도, 전단강도는 커지는 경향을 보였으며, 공극률과 함수율은 작아지는 경향을 보였다.

본 지역 퇴적물의 물성 중 태안 마도3호선의 잔존에 영향을 미치는 요인으로 ① 낮은 함수율(36.8%), ② Firm Clay로 분류되는 비교적 낮은 전단강도(81.78 kPa), 그리고 ③ 보존가능 등급 1~2등급인 점토(M) 또는 모래질 점토(sM)로 구성된 입도분포 등을 들 수 있다. 이러한 특성은 퇴적물이 파도나 조류에 의해 쉽게 이동 가능하며, 산소침투가 어려워 유물이나 난파선이 잔존하기에 좋은 환경이 만들어져 태안 마도3호선이 비교적 온전하게 잔존한 것으로 보인다.

퇴적물 물성분석 연구는 난파선과 같은 수중유물이 있을 것으로 예상되는 지역에 수중유물의 잔존 가능성을 추측하는데 어느 정도 도움을 줄 수 있을 것으로 기대되나, 퇴적물의 물성만으로 수중 유물의 잔존 여부를 파악하는 데에는 한계가 있다. 수중유물이 잔존하기 위한 충분한 조건을 알아보기 위해서는 퇴적물의 물성뿐만 아니라, 해양환경의 물리적, 화학적, 생물학적 연구와 함께 수중유물 재질 자체에 대한 특성도 연구할 필요가 있다.

국내에서 수중유물이나 난파선 등 많은 수중발굴이 이루어지고 있으나 발굴현장의 해양환경에 대한 연구는 부족한 실정이므로 앞으로 이에 대한 개선이 필요할 것으로 보인다.

후기

본 연구는 해양문화재연구소의 수중문화재 탐사기법 개발연구(4차년도)로 수행된 연구결과이다.

References

- [1] M. Gross, Post-depositional processes studies of wooden artifacts from the 18th century swift shipwreck site(Patagonia, Argentina), *Taphonomic Approaches to the Archaeological Record*, vol. 15, pp. 21-34, 2014.
- [2] A. K. Ingrid, W. P. Lacombe, R. Brinkman, and R. M. Carrter, "Sedimentary processes and the Pandora

- wreck, Grat Barrier Reef, Australia,” *Journal of Field Archaeology*, vol. 26, no. 1, pp. 41-53, 1999.
- [3] C. G. Björdal and T. Nilsso, “Reburial of shipwrecks in marine sediments: a longterm study on wood degradation,” *Journal of Archaeological Science*, vol. 35, no. 4, pp. 862-872, 2008.
- [4] S. J. Park, Study the Possibility Remained of the Sinking Wooden Ship on the Seabed, http://webbuildkn-uac.kr/~sjpark/v1/bbs/bbs.php?cmd=view&board_name=b52&bid=125&cur-page=1&s_text=&s_text=&count=y, Accessed September 2, 2016. (in Korean)
- [5] D. Gregory, Mapping Navigational Hazards as Areas of Maritime Archaeological Potential: The Effects of Sediment Type on the Preservation of Archaeological Materials, http://archaeologydataservice.ac.uk/archiveDS/archiveDownload?t=arch-743-1/dissemination/pdf/HAZARDS_sediment_report.pdf, Accessed September 2, 2016. (in Korea)
- [6] S. B. Kim, E. J. Ko, Y. H. Jung, Y. H. Lee and J. H. Kim, “Physical property analysis of sediments for development of maritime archaeological survey techniques,” *Jouranl of the Korean Society of Marine Engineering*, vol. 38, no. 3, pp. 333-341, 2014 (in Korean).
- [7] E. J. Ko, S. B. Kim, Y. H. Jung, Y. H. Lee, and J. H. Kim, “A basic study for maritime archaeological survey through sediment and anomalous body analyses in Jin-do area,” *Proceedings of the 37th the Korean Society of Marine Engineering Fall Conference*, p. 124, 2013 (in Korean).
- [8] National Research Institute of Maritime Cultural Heritage, http://www.seamuse.go.kr/seamuse-web/cop/bbs/selectBoardArticle.do?bbsId=BBSMSTR_00000000181&mn=KO_06_05_01&nttId=258#, Accessed September 2, 2016 (in Korean).
- [9] C. Pearson, *Conservation of Marine Archaeological Objects*, Butterworths, 1987.
- [10] D. Sakellariou, P. Georgiou, A. Mallios, and V. Kapsimalis, “Searching for ancient shipwrecks in the aegean sea: The discovery of chios and kythnos hellenistic wrecks with the use of marine geological-geophysical methods,” *The International Journal of Nautical Archaeology*, vol. 36, no. 2, pp. 365-381, 2007.
- [11] J. S. Youn and Y. S. Kim, “Rate of sediment accumulation and geochemical characteristics of muddy sediment in the central yellow sea,” *Korean Journal of Quaternary Research*, vol. 16, no. 1, pp. 1-16, 2002 (in Korean).