

EOC를 이용한 강화도 갯벌 조류로와 퇴적상과의 관계 연구

유주형^{1*}, 우한준², 유홍룡², 안유환¹

한국해양연구원 해양위성사업단¹
한국해양연구원 해저자원환경본부²
경기도 안산시 상록구 사2동 1270
E-mail) jhryu@kordi.re.kr

Analysis of Relationship between Kanghwa Tidal Flat Channel and Sedimentary Facies Using EOC

Joo-Hyung Ryu, Han Jun Woo, Hong-Ryong Yoo, Yu-Hwan Ahn

요약

위성에서 감지되는 조간대 원격 반사도는 함수율, 퇴적상, 지형과 생물체 등의 영향에 의해 결정된다. 따라서 다른 환경요인을 제거하지 않고 위성자료 값을 분류하여 퇴적상과 비교한다면 좋은 결과를 얻을 수 없다. 하지만 퇴적상과 다른 환경요인은 관계가 복잡하고 미묘하게 얽혀있기 때문에 위성 자료 값에서 정량적으로 분리하거나 고려하는 것은 매우 어렵다. 특히 mud flat의 조류로나 세곡 부분은 배수구배의 발달로 인해 표층이 빠르게 마르게 되어 매우 높은 광학 반사도를 보이고 이는 sand가 우세한 지역의 높은 광학반사도와 구별을 어렵게 만든다. 따라서 본 연구에서는 위성자료의 원격반사도 값만으로 조간대의 표층 퇴적상을 분류할 경우 에러가 발생할 수 있는 이러한 문제를 해결하기 위하여 조간대 texture와 표층 퇴적상과의 관계를 파악하고자 한다. 6.6 m 해상도를 갖는 EOC 자료를 이용하여 조류로의 형태와 밀도를 알아내고, 현장에서 샘플 된 입도 자료를 분석하여 비교함으로써 상관관계를 알아보고자 한다. mud flat의 경우, 대부분 복잡한 texture 구조를 갖고 밀도가 매우 높게 나타났으며 mixed flat 지역에서는 직선 구조를 갖는 큰 조류로가 발달하며 일부지역에서는 표면수가 잔존함에 의해 조간대에서 가장 어둡게 나타났다. 반면 sand shoal 이나 chenier 등과 같이 sand의 함량이 매우 높은 곳에서는 지형이 높아 함수율이 매우 낮아 높은 광학 반사도를 보임을 알 수 있었다.

1.서론

현장 조사에 의해 조간대 표층 퇴적상물의 변화를 파악하기 위해서는 변화가 발생하지 않을 단기간에 조사가 행해져야 하며 공간적 분포를 어느 정도 정확히 파

악하기 위해서는 가능한 한 많은 입도 샘플이 필요하다 (Rainey et al., 2000). 위와 같은 조건을 충족시키기 위하여 우리나라 조간대 퇴적학자들은 일반적으로 사계절 별로 많은 입도 샘플과 분석을 하게 되며

이는 엄청난 돈, 시간과 노력이 필요하다. 최근 우리나라 서해안은 여러 용도의 많은 간척 사업으로 인하여 자연적 변화에 더하여 인공적 변화를 급격히 겪고 있어 변화의 시간적 간격이 더 좁아질 것으로 생각되고 현장 조사의 횟수가 그만큼 더 많아져야 될 것이다.

위와 같은 요구에 의해 최소한의 현장조사와 원격탐사를 이용하여 조간대에서의 표층 퇴적상 분포를 연구하려는 시도들이 국내외에서 이루어져 왔다 (Batholdy and Folving, 1986; Doerffer and Murphy, 1989; Yates et al., 1993; 조명희 등, 1999; Rainey et al., 2000; 유주형, 2001; 정종철 등, 2002; Rainey et al., 2003; 유주형 등 2003; Ryu et al., 2003). 대부분의 연구에서 원격탐사 자료의 광학 반사도 값만을 이용하여 표층 퇴적상을 분류하였다. 이럴 경우 같은 퇴적상으로 이루어져 있더라도 노출시간이나 수리구배에 의해 함수율의 변화가 발생할 수 있고 이는 광학 반사도에 직접적으로 영향을 주어 분류 결과의 정확도를 떨어뜨릴 수 있다.

따라서 이 연구에서는 조간대 조류로가 파악될 수 있는 10 m 미만의 공간해상도를 갖는 EOC 자료를 이용하여 강화도 남단 조간대의 조류로의 형태나 밀도를 파악하고 이를 현장에서 얻어진 퇴적상 자료와 비교해보고자 한다. 이는 추후 원격탐사 자료의 스펙트럴 특성만을 이용한 조간대 퇴적상 분류 정확도 향상에 활용될 수 있을 것으로 생각된다.

2. 연구지역

강화도는 경기만 북부의 동경 126도 21분- 126도 32분, 북위 37도35분 - 37도 50분에 위치한다. 갯벌의 면적은 북부 청주사초를 포함하여 최저저조면시 약 105.

km²에 달하며, 여차리-동막리-동검리를 잇는 남부지역의 갯벌은 육지로부터 최대거리 약 6 km, 면적은 약 90 km²로 강화도 전체 갯벌 면적의 약 86%를 차지한다(수로국 1981). 강화도 동부에는 300 - 1500 m 폭의 비교적 좁은 염하수로가 있고, 서부에는 약 1200 - 3800 m 폭의 석모수로가 있다. 강화도 서부에는 석모도, 교동도가 있고, 이외에도 영종도, 불음도, 장봉도, 세어도 등 수많은 유무인도가 산재한다. 한강과 강화도의 염하수로 입구인 유도 북서부에는 장방형의 사초가, 예성강과 석모수로가 만나는 지점에는 역델타형의 삼각주인 청주사초가 발달하고 있다. 조석은 전형적인 일일 2주기로 년중 25회의 고고조와 저고조의 반복이 뚜렷하고, 월간변화는 7월을 제외하고는 전 기간에 걸쳐 조금과 사리의 부등현상이 뚜렷하다.

강화도 남부 갯벌은 서해로 유입되는 한강의 지류와 본류의 영향을 동시에 받으며, 염하수로와 석모수로에서 유입되는 담수와 조석에 따른 해수의 혼합으로 염분도의 뚜렷한 구배를 나타내는 기수의 특성을 보여 주변에는 다양한 환경들이 조성되어 있다. 이 갯벌에는 모래, 펄, 혼합갯벌 등 다양한 종류의 갯벌이 존재하며, 이러한 갯벌들은 서로 다른 수리적, 화학적, 퇴적학적 요인들이 서로 다르게 작용하므로 생물들에게 다양한 서식지를 제공한다. 그러나 이 지역은 수도권 개발에 따른 한강종합개발공사, 주변의 매립에 따른 인공구조물 설치, 인천 신공항 건설 등 인위적인 개발 압력으로 자연갯벌의 훼손 가능성이 높은 곳이다(우와 제 2002).

3. 위성자료 및 현장자료

이 연구에서는 2001년 2월 25일과 2003년 3월 3일 Kompsat EOC 영상이 사

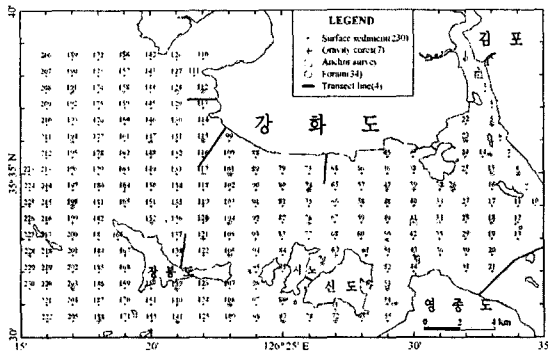


Fig. 1. Location map showing 230 sampling locations of surface sediments.

용되었다. 1:5,000과 1:25,000 지형도를 이용하여 기하보정된 5 m 급의 IRS 위성영상을 이용하여 영상 대 영상 (image to image) 방법으로 0.5 픽셀 이내의 오차로 지형보정을 실시하였다.

2003년 8월에 강화도 남단 조간대와 그 주변 해저에서 소형 조사선과 van Veen Grab Sampler를 이용하여 230개 지점의 표층 퇴적물 시료를 채취하였다 (Fig. 1). 시료채취 정점들은 분석 후 통계처리와 퇴적상 변화에 따른 갯벌의 유형을 분류할 수 있도록 격자망으로 정하였다. 현장에서 채취된 시료는 실험실로 옮겨진 후 약 5 g를 1,000 ml 비이커에 담아 탄산염 성분 물질에 의한 오차를 없애기 위해 염산 (HCl)으로 반응시켜 탄산염을 제거하였다. 또한 유기물 제거를 위하여 10% 과산화수소수 (H₂O₂)로 24시간 이상 반응시켰다. 입도 분석이 준비된 시료는 4.0 φ 체를 이용하여 습식체질에 의해 조립질과 세립질 퇴적물로 분리하였다. 4.0 φ 이하의 모래 시료는 0.5 φ 간격으로 Gradex 2000 입도 분석기 (Particle size analyzer)로 약 10분간 체질한 후 입도 등급별로 무게 백분율을 구하였다. 4 φ 이하의 펄 시료는 전체를 대표할 수 있는 시료 2g을 취해 80 ml의 0.1 % calgon 용액을 넣고 초음파

분쇄기와 자기진동기로 시료를 균일하게 분산시킨 후, X-선 자동입도분석기인 Sedigraph 5100을 사용하여 입도 무게 백분율을 구하였다. 입도별 무게 백분율은 Folk and Ward(1957)의 Inclusive Graphic 방법에 의하여 평균입도, 분급도 등의 통계변수들을 구하였다.

4. 방법 및 결과

조간대 조류로는 육지의 수로와는 달리 양방향으로 해수가 이동하게 된다. 즉, 썰물 때는 상부에서 하부조간대로 물이 내려가지만 밀물 시에는 물이 반대로 차 올라오게 된다. 따라서 조류로가 매우 복잡하게 발달하게 되고 조석의 영향에 의해 높은 함수율을 보인다.

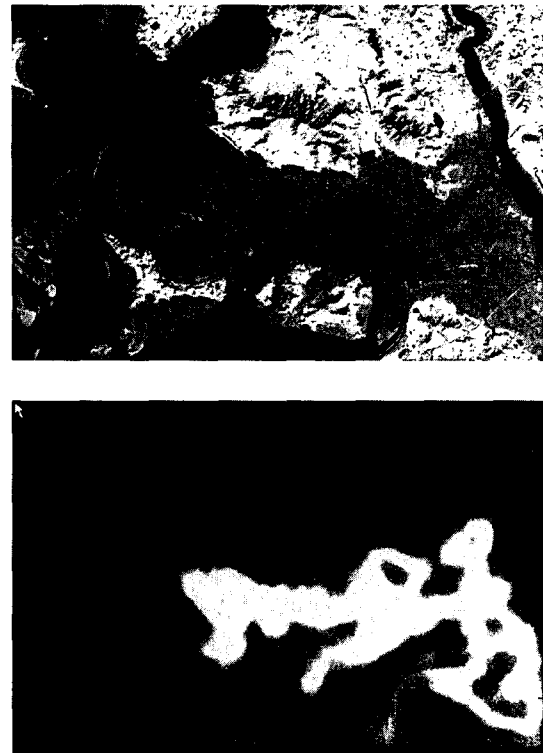


Fig. 2. Upper panel is the remotely sensed image overlaid extracted tidal channel and lower panel is the density map.

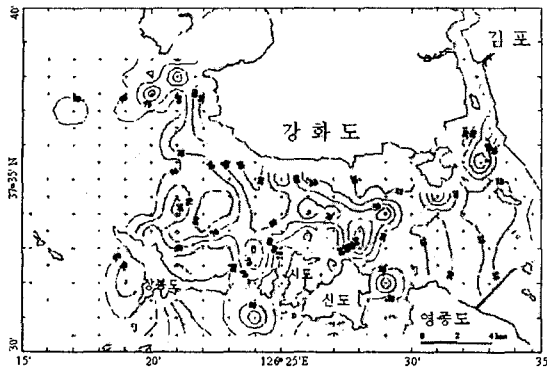


Fig. 3. Sand percent of surface sediments.

그러므로 위성영상으로부터 조류로를 정확히 추출하기 위하여 육안 판독으로 벡터화 하였으며 이를 이용하여 조류로 밀도도를 작성하였다. Fig. 2에서 보는 바와 같이 영종도 북동쪽과 강화도 남동쪽 조간대에 매우 많은 조류로가 발달된 것을 알 수 있으며 이 지역은 Fig. 3의 샌드 퍼센트와 비교해보면 10 % 이내의 지역과 잘 일치한다. 그러나 영종도 북서쪽 조간대는 mud flat 지역에 해당하지만 조류로의 발달이 미약하다. 이는 EOC의 공간해상도보다 작은 조류로가 발달되어 영상에서 파악되지 않았기 때문으로 생각된다. 결론적으로 mud flat은 많은 조류로가 복잡하게 발달되고 형태도 매우 복잡하지만 sand와 mixed 지역은 조류로가 단순하며 직선적으로 크게 발달하는 것으로 나타났다.

5. 토의

고해상도 위성을 이용한 조간대 조류로의 밀도와 형태는 퇴적상과 관련이 있는 것으로 나타났으며 특히 모래 성분이 10 % 이내인 곳과 높은 상관관계를 나타냈다. 이를 정량화하기 위해서는 추후 몇 가지 연구가 수행되어야 할 것으로 생각된다. 첫째, 조류로를 추출하기 위한 위성자료 선정 시 조위를 고려하여야 한다.

간조시의 영상이라 하더라도 노출시간에 따라 추출되는 조류로의 개수가 달라질 수 있기 때문이다. 둘째 EOC 보다 공간해상도가 높은 IKONOS나 OrbView 등의 자료와 비교함으로써 모든 수로를 고려할 수 있는지 확인해야 한다. 셋째, 추출된 선구조의 분포를 정확히 파악하기 위해서는 수로가 광학 반사도에 영향을 줄 수 있는 범위에 대한 연구를 수행하여 밀도도와 buffering 중 어떤 것이 퇴적상 분류에 더 효과적인지에 대한 연구가 수행되어야 할 것이다.

참고문헌

- 우한준, 제종길, 2002. 강화 남부 갯벌의 퇴적환경 변화. *Ocean and Polar Research* 24(4):331-343
- 유주형, 2001. 원격탐사를 이용한 곰소만 조간대의 지형변화 및 퇴적물 특성연구, 연세대학교 박사학위 논문, p.127.
- 유주형, 최중국, 나영호, 원중선, 2003. 곰소만 조간대 퇴적물의 Landsat ETM+ 자료 특성, *대한원격탐사학회지*, 19(2): 117-133.
- 정종철, 2002. 다중시기 위성영상의 무감독 분류에 의한 갯벌의 입자 분포도, *대한원격탐사학회지*, 18(2): 71-79.
- 조명희, 1999. 위성영상을 이용한 줄포만 간석지의 미지형분류와 지형적 특성, *대한원격탐사학회지*, 15(3):217-225.
- Bartholdy, J. and S. Folving, 1986. Sediment classification and surface type mapping in the Danish Wadden Sea by remote sensing, *Neth. J. Sea Res.*, 20:337-345.
- Doerffer, R., and D. Murphy, 1989, Factor Analysis and Classification of remotely sensed data for monitoring tidal flats, *Helgolander Meeresunters*, 43:275-293.

- Rainey, M.P., Tyler, A.N., Bryant, R.G., Gilvear, D.J., and McDonald P., 2000 The influence of surface and interstitial moisture on the spectral characteristics of intertidal sediment: implications for airborne image acquisition and processing, *International Journal of Remote Sensing*, 21, 3025-3038.
- Ryu, J.H., J.S. Won, and K.D. Min, 2002. Waterline extraction from Landsat TM data in a tidal flat: A case study in Gomso Bay, Korea, *Remote Sensing Environ.*,83(3), 442-456.
- Ryu J.H., Y.H. Na, J.S. Won, Doerffer R., 2003. A critical grain size for Landsat ETM+ investigations into intertidal sediments: A case study of the Gomso tidal flats, Korea, *Estuarine, Coastal and Shelf Science* (in press).
- Yates, M.G., Jones, A.R., McGrorty, S., and Goss-Custard, J.D., 1993. The use of satellite imagery to determine the distribution of intertidal surface sediments of The Wash, England, *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 36, 333-344.