

## 강화도 조간대 조류로의 프랙탈 특성과 지형과의 관계

이윤경<sup>1)\*</sup> · 엄진아<sup>2)</sup> · 조민정<sup>3)</sup> · 유주형<sup>4)</sup> · 원중선<sup>5)</sup>

## 1. 서 론

조류로는 한 방향으로만 물이 이동하는 육지의 수로와 달리 지표수와 조석에 의하여 바닷물이 양방향으로 이동하는 통로로 부유퇴적물의 이동방향과 이동량, 표층퇴적물의 구성과 지표의 경사도에 따라 발달정도가 다르게 나타난다. 조류로의 차원분석, 조류로 밀도도 분석 등 조류로 분석에 대한 기존의 연구는 현실 세계를 단순하게 1차, 2차, 3차원으로 결정하는 유클리드 기하학을 바탕으로 하여 조류로의 복잡성을 분석하는데 한계가 있다(Angeles *et al.*, 2004). 최근 연속체의 개념인 프랙탈 차원을 도입하여 조간대의 여러 환경 특성을 반영하는 조류로에 대한 분석이 활발히 진행 중이다. 프랙탈 기하학은 유클리드 기하학으로 분석할 수 없는 불규칙적인 자연현상을 설명하기 위해서 영국의 Mandelbrot이 도입한 개념으로 불규칙 정도에 따라 차원 사이의 값을 가지게 된다. 선의 경우 복잡성이 클수록 2차원에 가깝고 적을수록 1차원에 가깝다고 규정하고 있다(Sun W. *et al.*, 2006, Shueller *et al.*, 2001). 프랙탈 차원을 통하여 조류로 네트워크의 발달에 영향을 주는 인자에 대한 정보를 얻을 수 있고, 조간대의 종류에 따른 채널발달의 특성을 비교할 수 있다.

본 연구에서는 강화도 남단 조간대에 대하여 IKONOS 위성영상을 이용하여 조류로를 추출한 후 프랙탈 분석을 통하여 조류로를 발달양상을 분석하고, 이들 결과를 Landsat TM/ETM+ 위성자료로부터 얻어진 조간대 DEM(Digital Elevation Model)자료와의 관계를 알아보고자 한다.

## 2. 연구지역 및 방법

본 연구에서는 위성영상을 이용한 조간대 퇴적환경연구를 위하여 강화도 남단의 조간대를 연구지역으로 선정하였다. 강화도는 경기만 북부의 동경 126도 21분-126도 32분, 북위 37도 35분-37도 50분에 위치한다. 강화도 동부에는 300-1500m 폭의 비교적 좁은 염하수로가 있고, 서부에는 약 1200-3800m 폭의 석모수로가 있다. 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(우와 제, 2002).

---

주요어 : 조류로, 강화도 남단 조간대, IKONOS

- 1) 연세대학교 지구시스템과학과 원격탐사연구실 (eunicelee@yonsei.ac.kr)
- 2) 연세대학교 지구시스템과학과 원격탐사연구실
- 3) 연세대학교 지구시스템과학과 원격탐사연구실
- 4) 한국해양연구원 해양위성연구단 (jhryu@kordi.re.kr)
- 5) 연세대학교 지구시스템과학과 (jswon@yonsei.ac.kr)

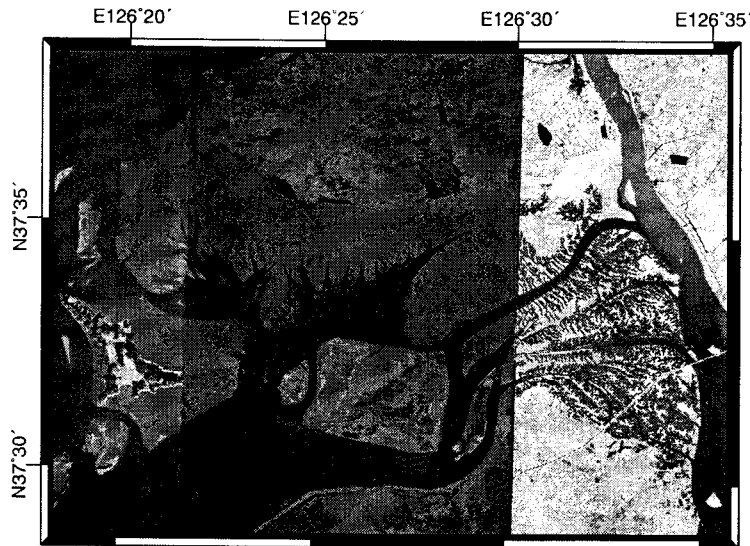


그림 1. 2001년 3월 28일에 획득된 강화도 IKONOS영상, 붉은 선은 영상으로부터 추출된 채널.

본 연구에서는 강화도 남단 조간대의 크고 작은 조류로를 감지하기 위하여 IKONOS의 Panchromatic영상과 다중밴드를 sharpening한 결과 1m 공간해상도를 갖는 NIR 밴드를 사용하여 조류로를 추출하였다. 추출된 조류로는 2차원 평면에 대한 프랙탈 분석에 많이 사용되는 box counting 방법을 사용하여 프랙탈 차원을 구하였다. 일반적으로 다양한 확대율에 따라 벡터를 포함하는 격자의 개수( $N_r$ )의 변화의 관계를 이용하여 프랙탈 차원을 구한다. 그러나 본 연구에서는 De Jong and Burrough (1995)가 사용한 moving window technique 을 적용하여 고정된 확대율( $r$ )에 대한 지역적인 프랙탈 차원을 구하였다.

$$D = \frac{\log(N_r)}{\log(1/r)} \quad (1)$$

지형에 따른 조류로의 발달을 알아보기 위하여 획득된 강화도 조간대의 전체적인 DEM(Digital Elevation Model)(이윤경 외, 2006)을 사용하였다. 사용된 DEM은 2002년 1월부터 2003년 5월 사이, 다양한 조위를 갖는 7개의 Landsat TM과 ETM+ 위성영상을 이용하여 waterline 추출법을 사용하여 만들어졌다.

### 3. 연구결과

조간대 내의 조류로의 복잡도와 밀도가 높을수록 높은 프랙탈 차원의 값을 갖게 된다. 조류로 지선의 차원이 5까지 가는 것이 많으며 매우 복잡한 형태를 보이는 영종도 북단의 경우, 그림 2와 같이 프랙탈 차원이 1.80 이상의 높은 값을 볼 수 있다.

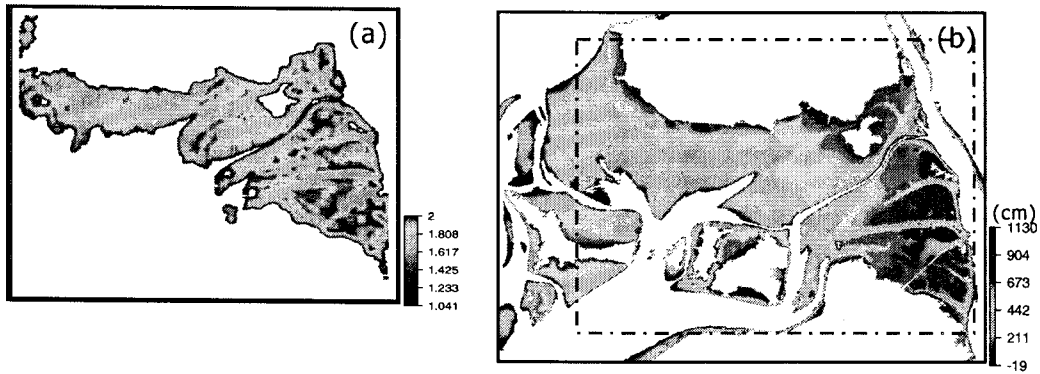


그림 2. (a) moving window technique을 적용하여 획득한 조간대의 지역적인 프랙탈 차원, (b) waterline 추출법을 사용하여 획득된 조간대 DEM (이윤경 외, 2006).

이 지역은 지형고도가 600cm이상인 지역으로 이는 2002년 1월 5일 633cm의 조위에서 획득된 waterline과 거의 일치한다. 조류로가 남북 수직방향으로 나뉘어 나뭇가지 형태로 발달하고 있으며 조류로의 지선은 단순한 형태로 발달한 강화도 남단 서부의 경우 1.60에서 1.80 사이의 상대적으로 낮은 프랙탈 차원의 값을 나타냈다. 특히 222~362 cm의 낮은 지형고도에서도 1.80보다 높은 프랙탈 차원을 갖는 지역이 나타나는데, 이를 통하여 이 지역에 지형고도 외의 조류로의 발달에 영향을 주는 인자가 있음을 알 수 있다. 조류로가 뚜렷하게 수지상의 분포를 보이는 강화도 남단 동부지역도 지형고도가 높은 곳에서 프랙탈 차원의 값이 높게 나왔다. 그러나 육지에 가까운 곳에서는 매우 낮은 프랙탈 차원의 값을 갖는 것을 볼 수 있다. 이는 moving window technique 적용 시 생기는 boundary effect에 따른 것으로 해석된다.

#### 참고문헌

- 우한준, 제종길, 2002, 강화 남부 갯벌의 퇴적환경 변화, *Ocean and Polar Research*, 24(4); 331-343.
- 이윤경, 유주형, 원중선, 유홍룡, 2006, 위성영상을 이용한 강화도 남단 갯벌 표층 퇴적환경연구, *대한자원환경지질학회지*.
- Angeles, G.R., Perillo, G.M.E, Piccolo, M.C. and Pierini, J.O., 2004, Fractal analysis of tidal channels in the Bahia Blanca Estuary (Argentina), *Geomorphology*, 57, pp. 263 ~ 274.
- De Jong, S.M.. and Burrough, P.A, 1995, A fractal approach to the classification of mediterranean vegetation types in remotely sensed images, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 61, pp. 1041 ~ 1053.
- Schuller, D.J., Rao, A.R. and Jeong, G.D., 2001, Fractal characteristics of dense stream networks, *Journal of Hydrology*, 243, pp. 1 ~ 6.
- Sun, W., Xu, G., Gong, P. and Liang, S., 2006, Fractal analysis of remotely sensed images: A review of methods and application, *International Journal of Remote Sensing*, 27, pp. 4963 ~ 4990.