

프랙탈 기법을 이용한 조류로 발달 양상의 분석

The Analysis of Tidal Channel Development Using Fractal

최정현¹, 엄진아¹, 이윤경¹, 유주형², 원중선¹
Jung-Hyun Choi¹, Jin-Ah Eom¹, Yoon-Kyung Lee¹, Joo-Hyung Ryu²,
Joong-Sun Won¹

연세대학교 지구시스템학과¹, 한국해양연구원²
jh0046@yonsei.ac.kr

요약: 조간대의 생물상과 조류로는 조간대 내의 모래나 펄을 구성하는 입자의 크기와 조성에 의하여 많은 영향을 받는다. 이런 조류로의 특성을 파악하기 위하여 전통적으로 현장조사를 실시하였으나 이 방법은 짧은 조간대의 노출시간 동안 넓은 조간대 지역을 파악하기 힘든 단점이 있다. 이러한 단점을 극복하기 위하여 최근 국내외적으로 위성자료와 현장조사를 통해 조간대내의 조류로 발달을 연구하는 노력이 활발히 진행 중 이다. 본 연구에서는 프랙탈 이론을 적용하여 발달양상이 다른 두 지역의 조류로의 발달정도를 정량적인 값으로 나타내었다.

본 연구에서는 강화도 남단 조간대에 대하여 IKONOS 영상에서 조류로를 추출한 뒤, 프랙탈 분석방법 중 2차원 분석에 많이 사용되는 box counting 방법을 적용하여 프랙탈 차원을 구하였다. 분석 결과, 강화도 남단 조간대 전체 지역에 대한 프랙탈 차원 값은 약 1.31로 나타났다. 조류로의 지선이 단순하며 남북으로 수직방향으로 발달한 지역은 프랙탈 차원 값이 1.0563~1.0672로 나타났으며, 조류로의 지선이 발달하고 매우 복잡한 형태를 보이는 곳은 프랙탈 차원 값이 1.255~1.3016로 나타나는 것을 알 수 있었다. 실제 해안선과 같은 곡선의 경우 프랙탈 차원 값이 1.1~1.3 정도 나타나는데 본 연구에서 얻어진 프랙탈 차원 값을 보면 매우 흡사하게 나온 것을 알 수가 있다. 또한, 양상이 다른 두 지역의 프랙탈 차원 값이 약 0.2 정도 차이를 나타내는 것을 알 수가 있다. 이 결과는 영상에서의 조류로 발달의 복잡성에 대한 구분을 뒷받침 할 수 있을 것으로 생각한다.

1. 서론

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, 혼합 갯벌 등 다양한 종류의 갯벌이 존재한다(우와 제, 2002). 조간대내의 조류로는 육지의 수로와는 달리 양방향으로 해수가 이동하게 된다. 즉, 썰물 때는 상부에서 하부조간대로 물이 내려가지만

밀물 시에는 물이 반대로 차올라오게 된다. 따라서 조류로가 매우 복잡하게 발달하게 된다(유주형, 2004).

프랙탈 차원은 대상자료 값의 위치에 대한 기하학적인 불규칙성을 규정하는 방법으로 유클리드 차원과 다른 값을 보인다. 즉, 꺾인 직선의 경우 유클리드 기하학에서는 1차원으로 보나, 프랙탈에서는 1차원과 2차원의 사이로 본다. 또한 여러 번 꺾이고 정도가 클수록 2차원에 가깝고 적을수록 1차원에 가깝다고 규정하고 있다(차상화, 2001).

프랙탈은 1982년 영국의 Mandelbrot (1982)이 해안선 길이를 측정하면서

지형도의 축척에 따라서 길이가 다르다는 것을 밝히면서 자연현상의 복잡성을 설명하기 위하여 이전의 일반적인 기하학과는 다른 프랙탈 기하학을 도입하면서 시작되었다. 그 후 Carr and Benzer(1992)은 영국과 오스트리아 등 여러 지역의 해안선을 분석한 결과, 1.1~1.3 정도의 프랙탈 값을 제시하였다. 현재 프랙탈 이론은 단층분석 (Okubo, 1987), 조석수로분포 (Guillermo, 2004), 단층 분포특성의 분석 (최한우, 1999), 하천유역의 분석 (차상화, 2001), 단열망 (신정환, 2001) 등 다양한 지질학 분야에서 국내외적으로 활발하게 응용되고 있다.

프랙탈 분석의 방법으로는 divide method, box-counting method 등이 있다. 본 연구에서는 발달양상을 정량적으로 분석을 위하여 프랙탈 분석 방법 중 2차원 평면에 대한 프랙탈 차원 산정방법에 많이 사용되는 box counting 방법을 사용하였다. Box counting 방법은 전체 연구지역을 한 번의 길이가 S인 격자로 분할할 때, 한 번 길이 S와 벡터를 포함하는 격자의 개수를 이용하여 프랙탈 차원을 산정하는 것으로 다음의 식에 의해서 계산된다.

$$D = \lim_{S \rightarrow 0} \frac{\log N(S)}{\log(\frac{1}{S})} \quad (1)$$

이때의 D값은 Rodriguez-Iturbe and Rinaldo(1997)에 의하여 이론적으로 계산된 값을, N은 벡터를 포함하는 길이 S의 격자의 수이다. 길이 S가 0에 가까워질수록 실제의 길이에 근사한 값을 만든다.

본 연구는 강화도 남단 조간대에 대해 고해상도 위성영상에서 조류로를 추출한 후 프랙탈 분석을 통하여 조류로를 발달양상을 정량적으로 분석하는데 목적이 있다.

2. 연구지역 및 방법

강화도는 경기만 북부에 위치한 섬으로 강화도 동부에는 300-1500m 폭의 비교적

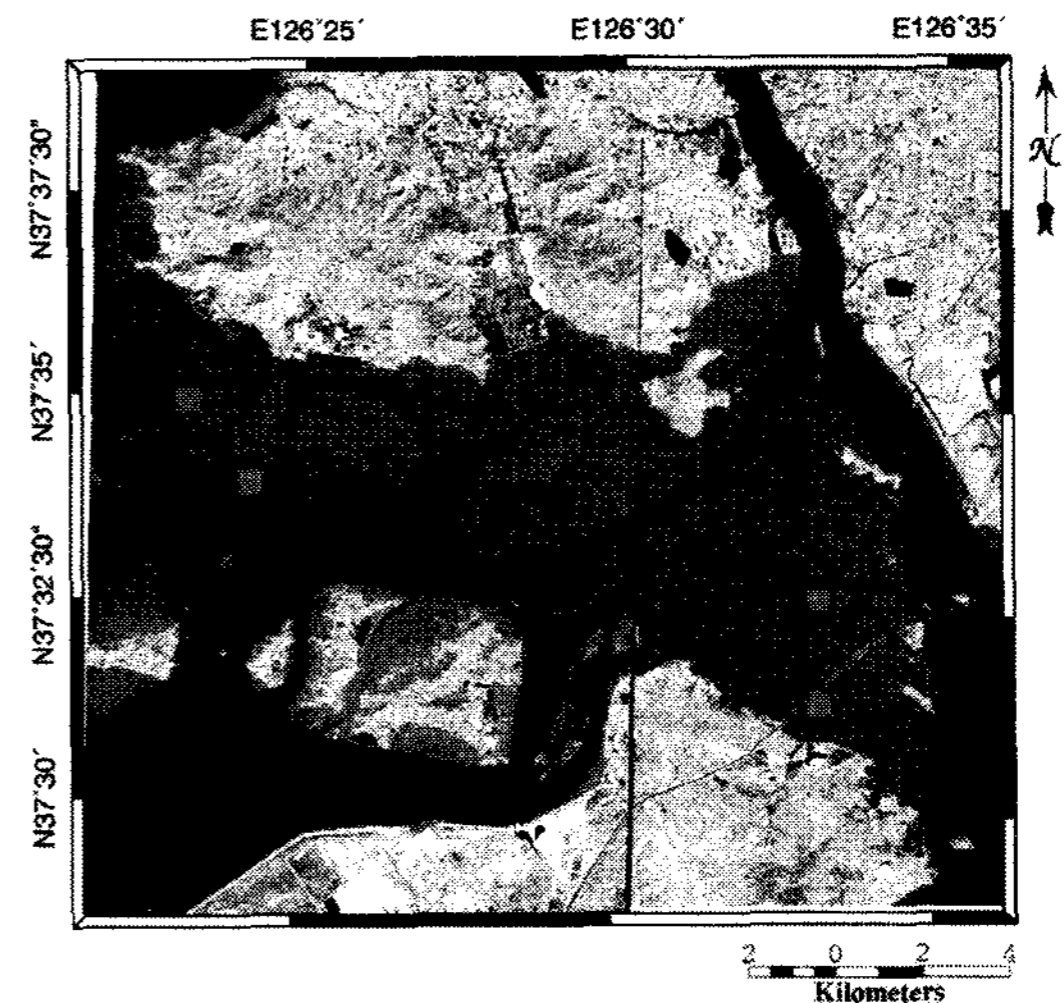


그림 1. 강화도 남단 조간대의 IKONOS영상. 파란색 선은 조간대내의 조류로, 붉은 색 지점은 프랙탈 차원을 분석한 연구지역

좁은 염하수로가, 서부에는 약 1200-3800m 폭의 석모수로가 있다. 강화도 남단 조간대는 서해로부터 유입되는 한강의 지류와 본류의 영향을 동시에 받으며, 염하수로와 석모수로에서 유입되는 담수와 조석에 따른 해수의 혼합으로 염분도에 뚜렷한 구배를 나타내는 기수의 특성을 보여준다. 조석은 일일 2주기로 연중 25회의 고조와 저조의 반복이 뚜렷하고, 월간변화는 7월을 제외하고는 전 기간에 걸쳐 조금과 사리의 부등현상이 뚜렷하다 (우와 제, 2002).

본 연구에서는 강화도 남단 조간대의 크고 작은 조류로를 감지하기 위하여 IKONOS의 Panchromatic영상과 다중밴드를 sharpening한 결과로 1m 공간해상도를 갖는 NIR 밴드를 사용하여 조류로를 추출하였다. 그림 1은 연구지역인 강화도 남단 조간대로 IKONOS에서 추출한 조류로를 함께 도시한 것이다. 이 조류로 중 조류로의 발달형태가 현저한 차이를 보이는 두 곳을 선택하여 조류로 발달의 복잡성을 비교하였다. 그림 2 (a)는 조류로가 직선적으로 발달한 여차리 남쪽의 조간대에서 추출한 조류로(Site 2)를, 그림 2 (b)는 조류로가 매우 복잡하게 발달한 동검도 남쪽지역의 조류로를(Site 4) 나타낸

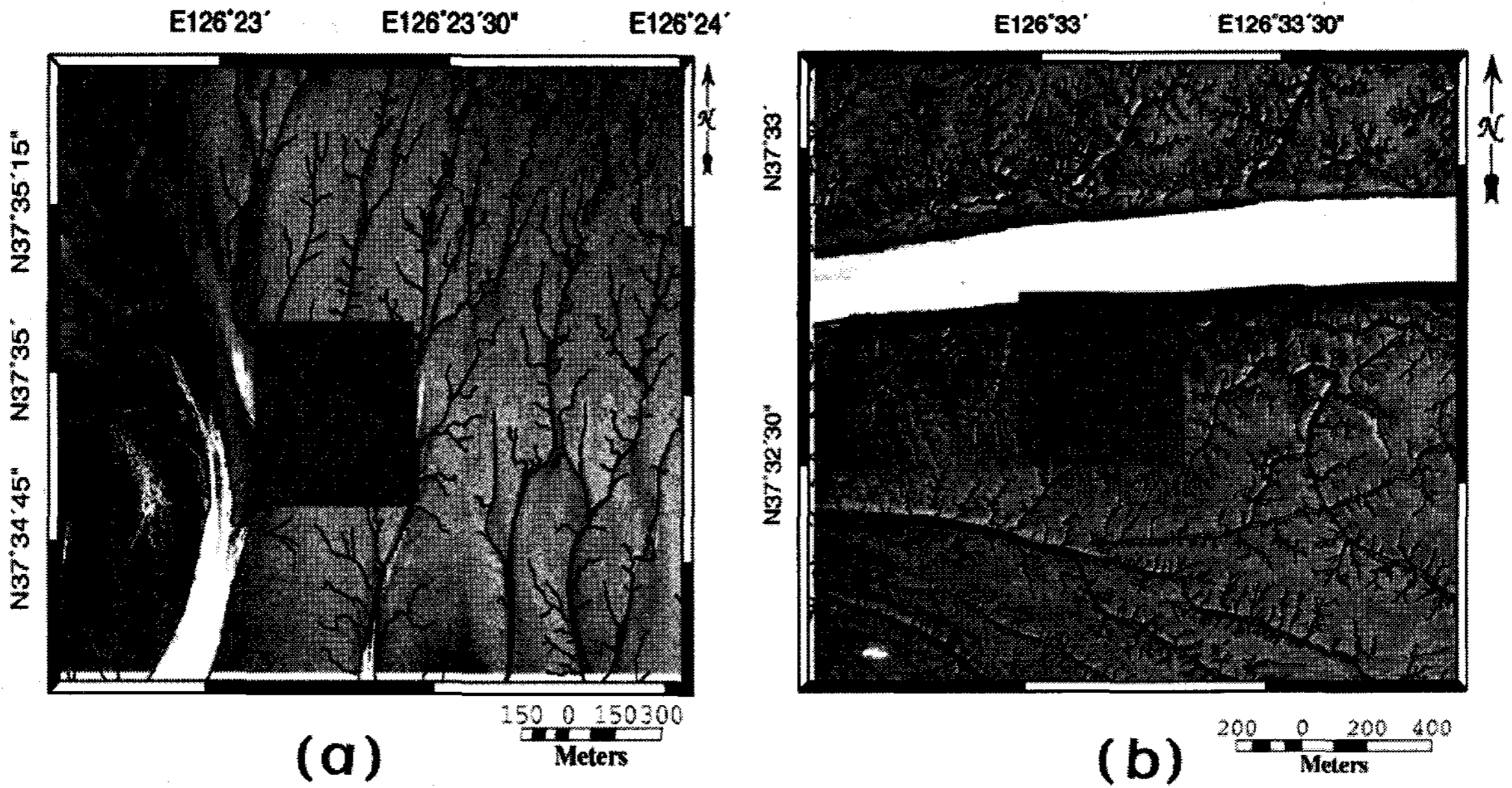


그림 2. 붉은 지역은 조류로의 발달양상에 따라 선택한 Site. 파란 색선은 연구지역의 조류로. (a) 조류로가 직선형으로 발달한 여차리 남쪽의 Site 2. (b) 조류로가 복잡하게 발달한 동검도 남쪽 지역의 Site 4.

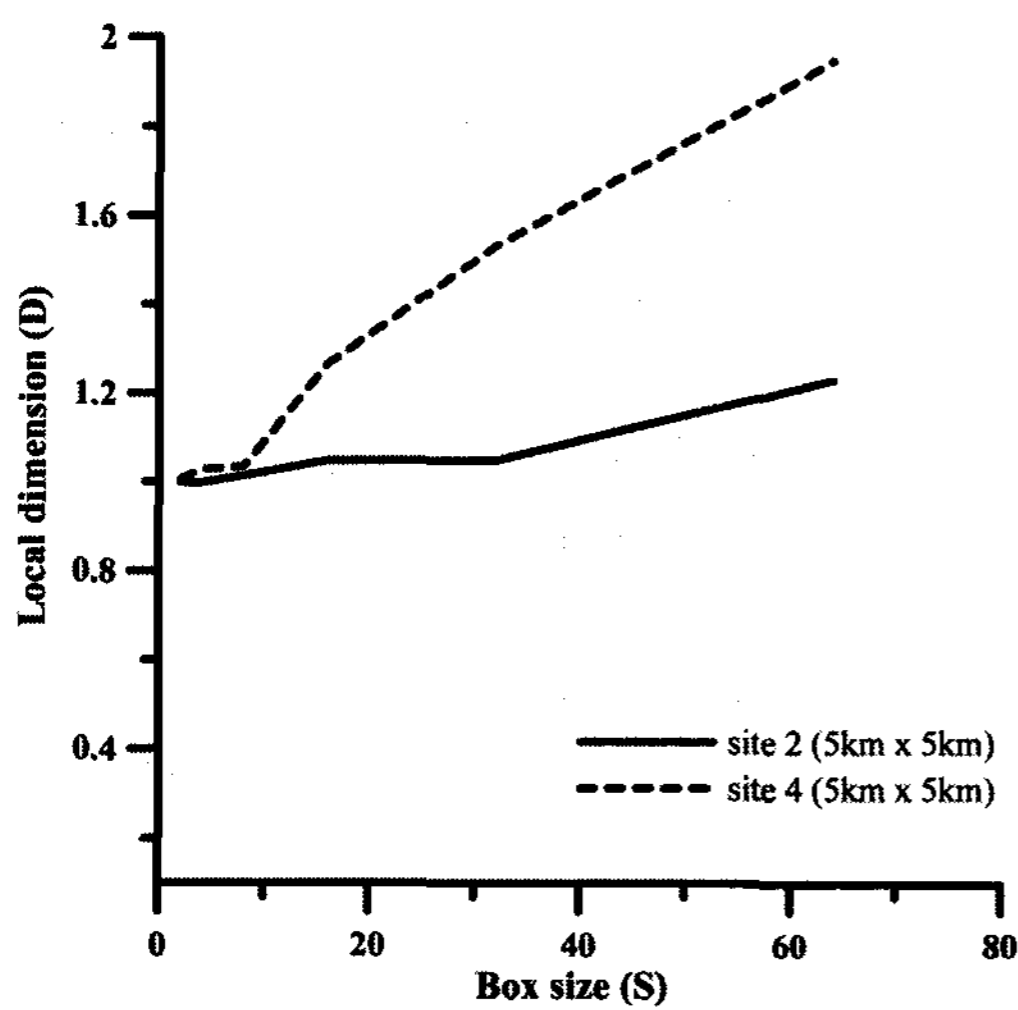


그림 3. 조류로 발달 양상에 따른 프랙탈 차원 값.

것이다. 이렇게 추출된 조류로를 대상으로 box counting 방법을 적용하여 프랙탈 분석을 실시하였다.

3. 연구결과 및 토의

강화도 남단 조간대의 조류로를 대상으로 프랙탈 분석을 실시하였다. 격자수

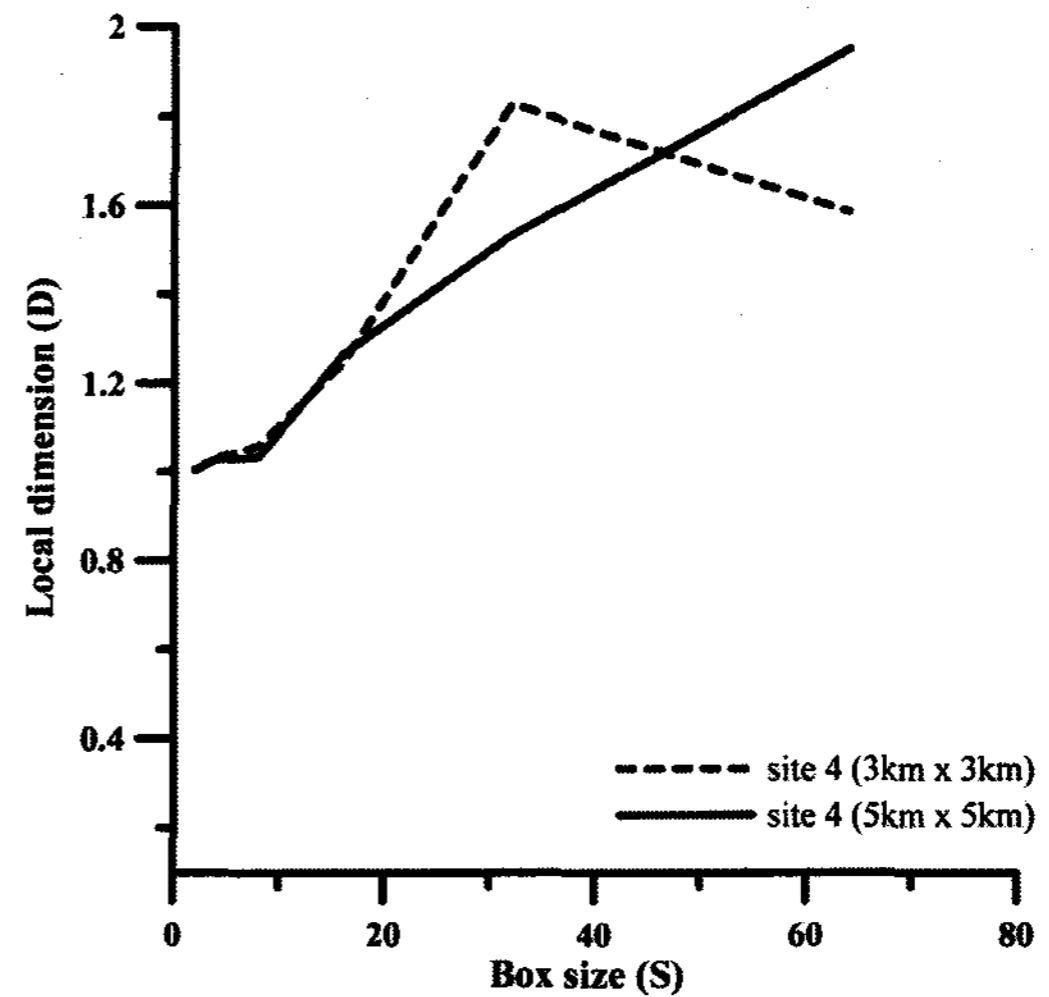


그림 4. site 4 지역의 총 격자 면적에 따른 프랙탈 값.

(N(S))와 격자크기(S)의 관계를 통해 각각의 Local dimension(D) 값을 구할 수 있다.

강화도 남단 조간대 조류로 전체의 프랙탈 차원 값은 1.31(표1)로 나타났다. 조간대내의 조류로의 발달양상이 현저하게 차이가 나는 지역에 대하여 면적을 3km x 3km (표2)와 5 km x 5km (표3)으로 하여

표 1 . 강화도 남단 조간대 프랙탈 차원값. (S = 격자크기, N = 격자수)

Channel	Grid sizes(m) S										D
	1	2	4	8	16	32	64	128	256	512	
Box number (N)	2201979	1094129	540293	260765	119023	48868	17614	5497	1573	444	1.31

표 2. 조류로의 발달 양상에 따른 3km x 3km Site. (S = 격자크기, N = 격자수)

Channel	Grid sizes(m) S							D
	1	2	4	8	16	32	64	
Site 1	1579	791	369	201	99	46	19	1.0628
Site 2	1608	807	403	200	99	38	19	1.0672
Site 3	4621	2288	1116	535	231	76	25	1.255
Site 4	5369	2680	1312	630	266	75	25	1.2911

표 3. 조류로의 발달 양상에 따른 5km x 5km Site. (S = 격자크기, N = 격자수)

Channel	Grid sizes(m) S							D
	1	2	4	8	16	32	64	
Site 1	4255	2138	1069	537	255	129	52	1.0591
Site 2	3478	1741	872	432	209	101	43	1.0563
Site 3	13323	6619	3244	1555	660	237	64	1.2836
Site 4	14357	7156	3511	1715	714	247	64	1.3016

프랙탈 차원 분석하였다. 조류로의 지선이 단순하며 남북의 수직방향으로 조류로가 발달한 지역은 site 1&2 지역으로서 프랙탈 차원이 1.0563~ 1.0672로 나타났으며, 조류로의 지선이 발달하고 매우 복잡한 형태를 나타내는 지역은 site3&4 지역으로 1.255~1.3016의 프랙탈 차원을 보였다.

일반적으로 불규칙한 형태를 갖는 직선의 프랙탈 값은 1과 2 사이 값을 갖는다. 기존 해안선 프랙탈 분석의 경우, 그 발달양상에 따라 1.1~1.4 사이의 값을 갖는 것으로 보고되고 있다 (Zhu Xiaohua, 2004). 연구지역인 조간대 조류로의 경우 분석결과 1.0~1.3의 값을 갖는 것으로 나타났다. 이는 기존 해안선이 갖는 프랙탈 차원 값과 상당히 유사한 값을 알 수 있다. 그러나 Site의 지역과 총 면적에 따라 프랙탈 차원 값이 달라지는 이유는 조류로의 발달양상에 따라 동일한 면적에서의 산출되는 격자의 값이 달라지기 때문이다. 조류로가 복잡할수록 작은 크기의 격자수가 많아지게 된다. 따라서 각각의 Local dimension값에

영향을 준다. 그림 3은 조류로의 발달양상에 따른 Site 2, 4 지역의 격자 크기에 따른 프랙탈 차원을 나타내었다. 그림4는 총 격자면적의 변화(3km x 3km, 5km x 5km)에 따른 Site 4의 프랙탈 차원 값의 일부분을 나타내었다. 그림 3, 4를 통해서 Site내의 프랙탈 차원 값은 조류로의 복잡도와 밀도가 높을수록 크게 나타남을 알 수 있다. 그러므로 이러한 두 지역의 프랙탈 차원 차이를 이용하여 영상에서의 조류로 발달의 복잡성에 대한 구분을 뒷받침 할 수 있을 것이다.

4. 참고문헌

1. 권순진, 2005, 프랙탈 차원을 이용한 지질공학적 지구조구 설정 기준개발에 관한 연구, 연세대학교 박사학위 논문.
2. 유주형, 우한준, 유홍룡, 안유환, 2004, EOC를 이용한 강화도 갯벌 조류로와 퇴적상과의 관계 연구, 2004, GIS/RS

- 공동춘계 학술대회, 한국과학기술회관,
March 26, pp. 475-479.
3. 우한준, 제종길, 2002, 강화 남부 갯벌의 퇴적환경 변화, *Ocean and Polar Research*, vol.24, pp. 331~343.
 4. 차상화, 권기욱, 2001, GIS를 이용한 하천유역의 프랙탈 특성 분석, *한국지리정보학회지*, pp. 51~60 .
 5. 최한우, 장태우, 1999, 모량단층 주변 절리의 분포 특성과 프랙탈 해석, *지질공학학회지*, Vol.9, pp.119~134.
 6. 신정환, 장태우, 2001, 포항분지지역에 발달하는 단열의 프랙탈 분석, *한국암석학회 2001년도 공동학술발표회 논문집*, pp.111~114.
 7. Angeles, G. R., 2004, Fractal analysis of tidal channels in the Bahia Blanca Estuary(Argentina), *Geomorphology*, Vol.57, pp. 263~274.
 8. Mandelbrot, B. B., 1983, *The fractal geometry of nature*, Freeman, New York.
 9. Ignacio, R. I., Rinaldo, A., 1997, *Fractal River basins: Chance and Self-Organization*. Cambridge Univ. Press, Cambridge, pp 547.
 10. Okubo, P. G., Aki, K., 1987, Fractal Geometry in the San Andreas Fault System, *J.Geophys, Res.*92, pp.345~355.
 11. Turcotte, D. L., 1992. *Fractals and Chaos in Geology and Geophysics*. Cambridge Univ. Press, Cambridge. pp.275.
 12. Xiaohua Z., Yunlong C., Xiuchun Y., 2004, On Fractal Dimension of China's Coastlines, *Mathematical Geology*, Vol.36, pp.447~461.