

해안습지 성장률의 공간적 특성에 관한 연구

—순천만 염하구 해안습지를 사례로—

朴 義 峻*

해안습지는 육지와 해양이 만나는 점이지대에 형성된 해안퇴적지형으로, 이 중 염하구는 하천과 조류의 영향이 갯강을 통해 직접적으로 미치는 만입형 해안습지이다. 따라서 하천과 조류에 의한 퇴적작용은 염하구의 성장과 발달에 있어서 가장 중요한 프로세스이다. 해안습지는 최근 중요한 환경문제로 대두되고 있는 해수면 상승의 영향을 직접적으로 받는 지형이기 때문에, 해안습지 성장률에 관한 연구는 해안환경의 이해와 관리에 있어 중요한 자료를 제공한다. 본 연구는 순천만 염하구 해안습지를 대상으로 상이한 시간단위 속에서 진행되는 퇴적률과 조류에 의한 부유하중의 이동패턴 분석을 토대로 해안습지 성장률의 공간적 특성을 밝히고자 하였다.

조석의 일주기간의 퇴적률은 경사변환점이 염생습지보다 높은 값을 나타내었으며, 하구에서 바다로 이동하면서 퇴적률이 감소하였다. 따라서 조석의 일주기간의 퇴적률에서는 갯강과 배후 갯벌 사이 경사변환점의 제방효과와 부유하중의 농도가 중요하게 작용하였다. 연간 퇴적률은 염생습지가 경사변환점보다 높은 값을 나타내어 조석의 일주기간의 퇴적률과는 다른 공간적 특성을 보였다. 그러나 하구에서 바다로 이동하면서 퇴적률이 감소하는 것은 동일하였다. 따라서 연간 퇴적률에서는 식생에 의한 부유하중 고착능력과 조류의 정체시간, 부유하중의 농도가 중요하게 작용하였다. 조류 내 부유하중의 농도는 전체적으로 썰물시 염생습지를 통과한 직후가 밀물시 경사변환점을 통과한 직후보다 높은 감소율을 나타내었다. 그리고 썰물시 경사변환점을 통과한 직후의 부유하중 농도는 오히려 약간 증가하였는데, 이는 썰물에 의해 경사변환점의 퇴적물이 침식되었기 때문이다.

연구지역의 퇴적률은 시간단위와 지점에 따라 다양한 특성을 보이면서 매우 빠르게 진행되고 있다. 경사변환점은 제방효과에 의한 퇴적과 조류 및 외부요인에 의한 침식이 동시에 일어난 반면, 염생습지는 조류의 정체시간과 식생에 의한 부유하중 포획에 따라 침식보다는 퇴적이 활발하게 일어났다. 따라서 연구지역의 성장률은 갯강을 중심으로 횡적으로는 염생습지가 경사변환점보다 높고, 종적으로는 하구지점에 가까울수록 높게 나타났다. 특히, 지난 1년간의 성장률은 다른 지역에 비해서 매우 빠른 0.9~3.5cm/yr로 모든 지점에서 퇴적이 침식보다 우세하게 나타났는데, 이는 연구지역이 새로운 퇴적환경으로 전이되고 있는 것과 밀접한 관계가 있는 것이다.

주요어 : 해안습지, 염하구, 시간단위, 제방효과, 식생에 의한 부유하중 포획, 성장률

1. 문제제기 및 연구목적

해안습지(coastal wetland)는 육지와 해양이 만나는 점이지대에 형성된 해안퇴적지형으로, 하천과 조류(tide)에 의하여 운반된 각종 영양염류는 염수

와 담수의 교차에 의하여 혼합되면서 잘 보존되고 밀물과 썰물에 의한 침수와 노출이 주기적으로 반복되며, 저서생물에 의한 광합성이 활발하여 높은 생산성을 갖는다(Mitsch and Gosselink, 1990). 이러한 이유로 경제적인 가치가 큰 어패류를 포함하여

* 서울대학교 사회과학연구원 국토문제연구소 상근연구원

해안습지 성장물의 공간적 특성에 관한 연구

많은 종류의 해양 생물이 해안습지에서 유년기를 보내며 많은 종류의 물새와 조류들도 먹이와 휴식, 산란과 번식장소로 해안습지를 이용한다. 이와 함께 해안습지에 발달한 갯벌(mud flat)과 염생습지(salt marsh 또는 back marsh)¹⁾는 육상으로부터 유입되는 각종 오염물질을 정화하고 해일이나 폭풍과 같은 자연재해로부터 육상 생태계를 보호하기도 한다.

염하구(estuary)²⁾는 하천과 조류의 영향이 갯강(tidal river)³⁾을 통해 직접적으로 미치는 만입형(semi-enclosed inlets) 해안습지로, 전세계적으로 보았을 때 수산 양식업과 연안 어업이 성행하고 있는 인구 밀집지역의 대부분은 이러한 염하구 환경에 형성되어 있으며(Darlymple et al., 1992), 하천과 조류에 의한 퇴적 및 침식작용은 염하구의 성장과 발달에 있어서 가장 중요한 프로세스이다. 염하구에 대한 연구는 관심의 초점에 따라 다양한데, 해양생물학자들은 다양한 염도에 따른 생물 분포를 강조하는 반면, 해양물리학자들은 하천과 조류의 상호작용 및 밀도의 분포를 강조한다. 그리고 지리학자들은 하천과 조류에 의한 퇴적작용에 관심을 갖는다(박동원·손명원, 1987).

Richard(1934)와 Steers(1938)가 영국의 염하구 지역을 대상으로 해안습지의 수직적 성장에 관한 최초의 연구를 수행한 이후, 해안습지의 성장물은 20세기 전반에 걸쳐 매우 중요한 연구주제였다. 특히, 해안습지는 최근 중요한 환경문제로 대두되고 있는 해수면 상승의 영향을 직접적으로 받는 지형이기 때문에(Reed, 1990, 285), 해안습지 성장물에 관한 연구는 여러 지역에서 다양한 방법으로 진행되어 왔다. 따라서 해안습지 성장물에 관한 연구는 지금까지의 변화과정을 추적하고 앞으로 나타날 변화를 예측하는데 중요한 자료를 제공한다. 그러나 이러한 연구는 주요 유럽의 북해와 북미의 대서양을 중심으로 진행되어 왔으며, 우리 나라에서는 이 분야의 연구가 미진한 실정이다.

1970년대 이후 해안습지의 성장물에 관한 연구는 다양한 시간단위(time scale)⁴⁾ 속에서 나타나는 퇴적물의 공간적 특성 변화를 살피는데 초점이 맞추어져 왔으며 이를 위해 다음과 같은 다양한 방법이 이용되었다: (1) 조석간만의 차와 퇴적물의 관계

(Harrison and Bloom, 1977; DeLaune et al., 1983; Hutchinson et al., 1995), (2) 갯강(tidal river)에서의 거리와 퇴적물의 관계(Stumpf, 1983; Stoddart et al., 1989; Leonard et al., 1995; Donald and Reed, 1995; Ford, 1997), (3) 하구에서의 거리와 해수내 부유하중의 농도 변화(French, 1993; Dyer, 1995).

이렇듯 해안습지 성장물에 관한 연구는 여러 지역에서 다양한 방법으로 진행되어 왔지만 나름대로의 한계를 가지고 있다는 점을 간과할 수 없다. Pethick et al(1990)은 해안지역은 주변의 환경변화에 민감하게 반응하고, 퇴적물이 낮아서 직접적인 관찰이 쉽지 않으며, 현장에서 모든 변수를 빠짐없이 체크할 수 없기 때문에 해안습지 성장물에 관한 연구는 많은 어려움을 가지고 있다고 지적하였다. 이러한 이유 때문에 해안습지 성장물에 대한 연구는 상이한 시간단위 속에서 나타나는 퇴적물과 부유하중의 이동 과정을 현장에서 직접 관찰하여야 하는 필요성이 제기된다. 이 연구는 최근 새로운 철새 도래지와 갈대군락으로 사회적 관심이 되고 있는 순천만 염하구 해안습지를 사례로, 해안습지의 성장물의 공간적 특성을 밝히는 것을 목적으로 하였으며, 이를 위해 다음과 같은 분석을 실시하였다: (1) 조석의 일주기간의 퇴적물을 측정하였다. (2) 연간 퇴적물을 측정하였다. (3) 조류의 유출입에 따른 부유하중의 이동과 농도변화를 측정하였다. (4) 이러한 결과를 종합하여 해안습지 성장물의 공간적 특성을 밝혔다.

2. 연구지역 및 연구방법

1) 연구지역

본 연구지역은 전라남도 순천과 고흥반도 사이에 위치한 염하구 해안습지로, 지리적 위치는 북위 34° 49' ~ 34° 57' , 동경 127° 30' ~ 127° 35' 이다(그림 1). 연구지역으로 유입하는 하천은 크게 유역면적 137.7km²의 동천과 194.6km²의 이사천으로, 1991년 이후에는 주암조절지댐에 의하여 하천의 흐름이 조절을 받고 있다. 댐에 의한 하천 수문 현상 조절은 퇴적과정에도 중요한 변화를 야기하여

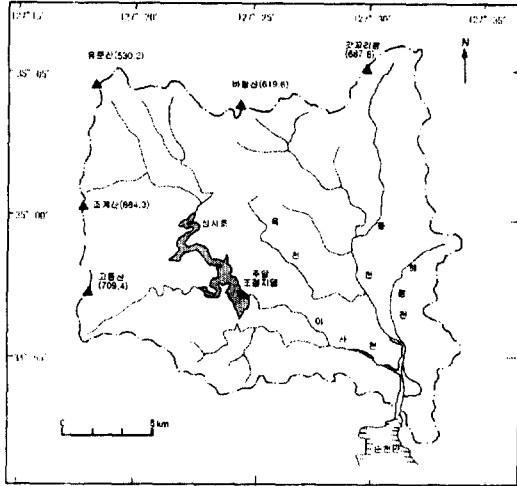


그림 1. 연구지역의 위치 및 하계망도

하천에 의한 퇴적물 공급은 거의 없고 현재는 조류 (tide)에 의한 미립질 퇴적과정이 주를 이루고 있다 (박의준, 2000).

조류의 유형은 하루에 두 번 조석이 반복되는 반일형 조석(diurnal cycle)에 속한다. 연구기간인 1999년의 조석간만의 차는 평균 272cm, 대조의 평균 만조위(MHWST) 365cm, 대조의 평균 간조위(MLWST) -0.5cm, 소조의 평균 만조위(MHWNT) 234cm, 소조의 평균 간조위(MLWNT) 133cm로 나타났다. 연구기간 중 최고조위는 6월과 8월의 대조의 만조(384cm)였고, 최저조위는 12월의 대조의 간조(-17cm)였다(표 1).

연구지역은 식생이 정착하지 않은 갯벌의 면적이 21.6km², 염생습지의 면적이 5.4km²를 이루고 있으며 평균수심은 1.5m이다. 하천 주변에는 넓은 면적의 둔치와 그 위에 친수성 사초인 억새, 갈대 등이 밀생한다. 그리고 바다에 더욱 가까운 하부에

는 염생식생의 일종인 칠면초(*Suaeda japonica*) 군락이 형성되어 있다(순천대학교 지역개발연구소, 1999, 70~71). 이와 같은 연구지역의 지형은 크게 하천의 영향이 강한 구역(fluvial dominated area: 구역 I), 하천과 조류의 영향이 동시에 나타나지만 조류의 영향이 더 강한 구역(mixed area: 구역 II), 조류와 파랑의 영향이 강한 구역(marine dominated area: 구역 III)으로 구분할 수 있다(그림 2)⁵⁾. 이러한 지형의 구역구분은 식생의 종류가 염류도의 변화도를 지시한다는 기존의 연구결과(U.S. Salinity Laboratory Staff, 1954, 160)에 근거하여, 식생의 분포패턴을 기준으로 이루어졌다. 구역 I은 댐 건설 이전 조류유입의 한계지점인 교량교에서부터 실망초가 분포하는 바야 지형 직전까지로 설정하였고, 구역 II는 바야 지형에서부터 칠면초가 분포하기 시작하고 salt pans이 나타나는 지점 직전까지로 설정하였다. 구역 III은 칠면초가 분포하는 지점에서부터 외해 직전까지로 설정하였다(그림 2).

2) 연구방법

(1) 조석의 일주기간의 퇴적을 측정

여과지 트랩(filter paper trap)을 이용하여 조석의 일주기간의 퇴적물을 현장에서 직접 측정하였다. 측정 지점은 조류에 의한 퇴적작용이 일어난다고 판단된 구역 II와 구역 III을 6개의 transect로 구분하고, 각각의 구역내 transect는 경사변환점⁶⁾과 염생습지로 이분하였다(그림 2 참조). 습지 표면 퇴적을 측정에 있어서 이 방법은 샘플링을 할 때에 나타날 수 있는 압착현상을 막을 수 있으며, 수직 성장을 유발하는 퇴적현상을 직접 확인할 수 있는 장점이 있다(Reed, 1989). 그러나 모든 유형의 조류

표 1. 연구지역의 조석간만 데이터 <1999>

(단위 : cm)

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	July	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	평균
MHWST	365	352	352	343	369	384	379	384	367	351	363	371	365
MLWST	-9	-13	-18	-7	-11	-10	30	27	17	13	-8	-17	-0.5
MHWNT	242	228	211	198	210	235	254	253	244	239	244	247	234
MLWNT	137	145	145	139	126	121	122	131	140	153	120	106	135

해안습지 성장물의 공간적 특성에 관한 연구

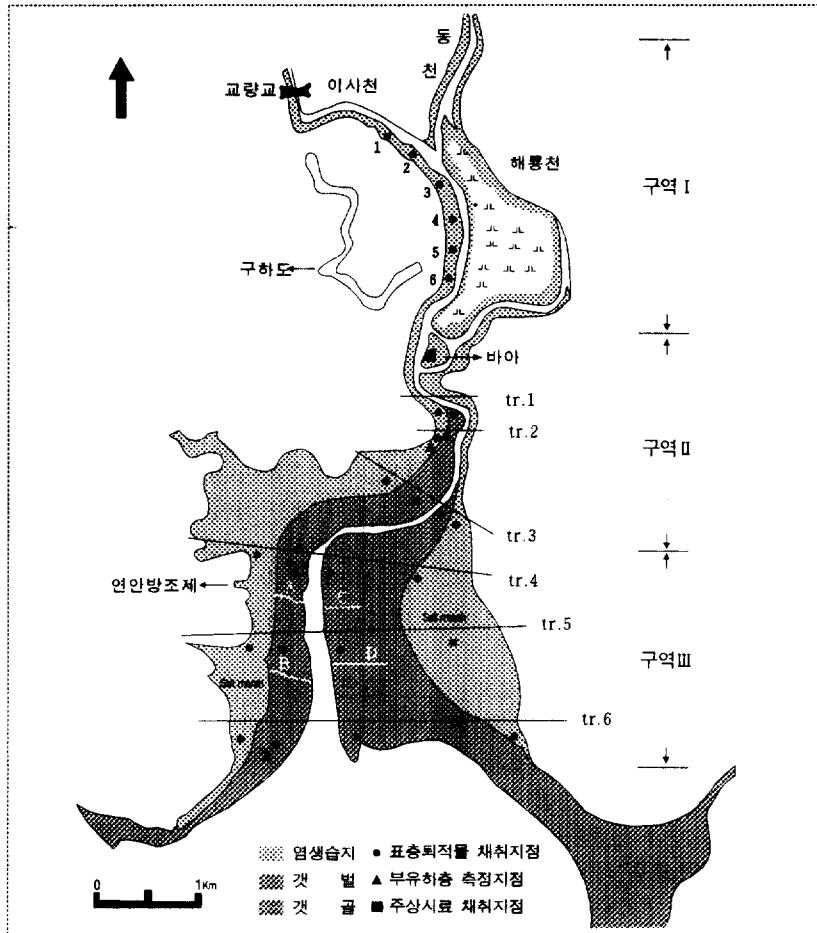


그림 2. 연구지역의 지형구분과 실험 지점

연구지역의 지형이 3개의 구역으로 구분되어 있다. 실험 지점은 구역 II와 구역 III의 transect 1~6이라는 사실에 주목할 필요가 있다.

를 포괄하지 못한다는 한계를 가지고 있다. 측정기간은 1999년 2월부터 1999년 12월까지로, 1개월에 1회씩 모두 11회 실시하였다. 여과지 트랩 설치를 위해서 우선 종이컵 윗부분에 지름 9cm의 와트만 여과지를 고정시켰으며, 설치 전에 각각의 여과지에 번호를 부여하고 그 무게를 소수점 3자리까지 표시되는 전자저울(OHAUS Model No. 220S)로 정밀하게 측정하였다. 트랩은 지표면에 안정되게 묻어 지표면과 여과지의 표면이 수평이 되도록 하였으며(그림 3), 주위의 식생과 퇴적물에 의해서 접시

표면이 교란되지 않도록 주의하였다. 이 트랩은 지점별로 밀물이 오기 전에 설치한 후 썰물이 되어 다시 노출되었을 때에 철거하였다.

(2) 연간 퇴적물 측정

알루미늄으로 제작된 artificial marker-plot을 이용하여 연간 퇴적물을 측정하였다. 이는 습지표면에 marker horizon을 설치하고 일정한 시간이 지난 후에 그 위에 쌓인 미립자의 양을 살피는 것이다. Richard(1934) 이후, 이 방법은 여러 유형의 해안습

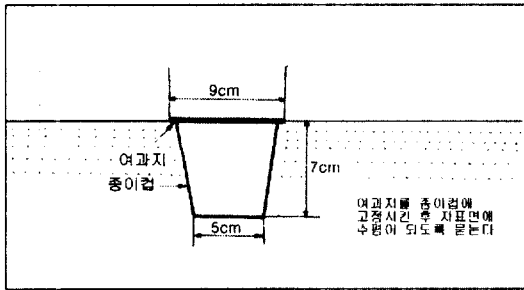


그림 3. 여과지 트랩의 설치방법

지에서 퇴적물을 구하는 데에 많이 이용되어 온 방법이다. 그러나 이 방법은 오랜 시간동안 순수하게 쌓인 양만을 계산해내기 때문에 순간 순간 쌓였다가 침식되는 현상은 살필 수가 없으며 압착 현상도 측정할 수 없다는 한계를 가지고 있다(Allen, 1990). 실험방법은 다음과 같다. 실험 지점에 흰색 모래를 지름 28cm의 모양으로 얇게 깔아서 marker horizon을 설치하였다. 이렇게 되면 이 모래층은 기존의 습지표면과 이후 쌓이는 퇴적물과의 경계 역할을 하게 된다. 이러한 marker horizon에 인간에 의한 교란을 막기 위하여 7cm의 간격으로 지점당 cm 단위의 눈금이 있는 4개의 marker plot을 꽂고 3개월에 한번씩 각각의 horizon에서 plot을 뽑아서 mm 단위로 퇴적양을 계산하였다(그림 4).

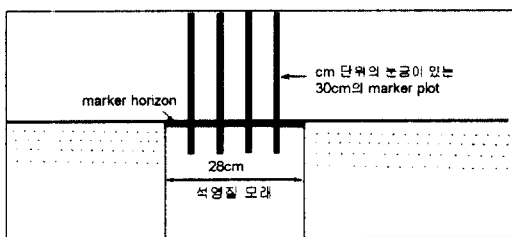


그림 4. artificial marker plot의 설치방법

(3) 부유하중의 농도 변화

조류의 유출입에 따른 부유하중 농도의 변화를 측정하기 위하여 bottle법(bottle method)을 이용하여 유출입수를 채취하였다. bottle은 갯강 경계 부분, 경사변환점, 갯벌, 염생습지의 4지점에 설치하였다(그림 2 참조). 조류가 범람하면서 점차 수위가

높아지게 되면 아랫 지점의 bottle부터 유입수가 채워지게 된다. 만조가 지난 후 다시 수위가 낮아지게 되면 외부로 노출되는 지점의 bottle을 수거하여 밀봉한 후 실험실로 운반하였다. 썰물 때의 부유하중의 농도를 측정하기 위하여 4m의 긴 막대에 bottle을 부착하여 주요 지점에 썰물이 도착하게 되면 출입수를 직접 채취하였다. 그리고 완전히 수위가 내려간 후 수거한 bottle을 밀봉하여 실험실로 운반하였다. 실험실로 운반한 각각의 bottle내 물의 부피를 측정하고 이 물을 증발시켜 물 속에 포함되어 있던 부유하중의 중량을 소수점 3자리까지 정밀하게 측정하였다. 같은 지점에서 유입되었을 때의 부유하중 농도와 출입되었을 때의 부유하중의 농도 차이를 구하여 채취 지점의 부유하중의 농도 변화 특성을 분석하였다.

(4) 실험결과분석

이상의 야외실험과 실내실험 결과를 종합하여 연구지역 성장률의 공간적 특성을 분석하였다. 여과지 트랩을 이용한 퇴적률($g/m^2/tc$) 분석에서는 갯강으로부터의 거리, 식생의 유무 및 유형·빈도, 조석간만의 차를 고려하였고, artificial marker plot을 이용한 퇴적률(cm/yr) 분석에서는 갯강으로부터의 거리, 식생의 유무 및 유형·빈도를 고려하였다. 부유하중의 농도 변화 분석(mg/l)에서는 조류의 표고, 조석간만의 차를 고려하였다. 조석의 일주기에 따른 퇴적률을 연간 퇴적률로 환산하여 시간단위에 따라 성장률의 공간적 특성이 어떠한 차이를 나타내는지 분석하였다.

3. 결과

1) 조석의 일주기와 퇴적률

조석의 일주기간의 퇴적률을 1999년 2월부터 1999년 12월까지 매월 1회 측정하였다. 월별 측정일은 연구지역의 조석유형을 모두 포함할 수 있도록 하였다. 11번의 실험 중 10번은 기후조건이 양호하였으나, 1번(1999년 4월 17일)은 약한 비가 내린 직후 실시되었다. 퇴적률은 지름 9cm의 여과지에 쌓인 양을 $1m^2$ 의 넓이에 쌓인 양으로 환산한

표 2. 조석의 일주기간의 일별 퇴적량: 6개 transect의 평균값

실험 날짜	조석차 (cm)	6개 transect의 평균 퇴적률(g/m ² /tc)			
		우 안		좌 안	
		경사변환점	염생습지	경사변환점	염생습지
1999. 2. 2	351	11.428	7.867	15.534	9.198
1999. 3. 19	352	13.253	8.632	14.334	9.443
1999. 4. 17	265	12.481	7.916	13.987	8.989
1999. 5. 22	279	11.876	8.543	14.887	9.012
1999. 6. 27	215	12.636	8.014	14.312	9.298
1999. 7. 13	188	11.987	7.866	12.453	7.566
1999. 8. 25	322	13.571	9.141	15.667	10.244
1999. 9. 30	329	12.964	6.364	14.699	9.237
1999. 10. 9	240	12.498	7.761	14.345	8.456
1999. 11. 7	323	13.341	9.631	15.023	10.799
1999. 12. 13	292	11.879	8.982	13.577	10.278
평균	287	12.522	8.250	14.438	9.320

자료 : 현장 실측

값으로, 전체적으로는 6.364~15.534(g/m²/tc)로 나타났다. 연구지역에서 지난 1년간 조석의 일주기간의 퇴적률은 연구기간 중 나타난 조석차와 큰 상관관계를 나타내지 않았다(표 2).

경사변환점에 설치된 여과지 트랩에 퇴적된 양은 갯강에서 15~600m 떨어진 염생습지에 설치된 트랩에 퇴적된 양을 능가하였다. 경사변환점의 평균 퇴적률은 5.418~24.849(g/m²/tc)이고 염생습지의 평균 퇴적률은 4.345~15.098(g/m²/tc)로 나타나 경사변환점에서 염생습지로 넘어가면서 퇴적률이 감소하는 경향을 나타내었다(표 3).

하구에서의 거리와 퇴적률의 관계를 살펴 보면, 하구에서 멀어질수록 퇴적률은 감소하였는데 이는

경사변환점과 염생습지에서 동시에 나타나는 현상이었다(표 3, 그림 5). 그리고 이러한 감소율은 구역 II와 구역 III을 경계로 명확하게 구별되는데, 이는 조류의 유속 변화에 따라 나타나는 현상으로 해석할 수 있다. 즉, 외해에서 하구쪽으로 조류가 이동하면서 조류의 유속은 점차 감소하고 이에 따라 부유하중의 퇴적이 더 활발하게 일어나는 것으로 생각할 수 있다.

2) 연간 퇴적률

연간 퇴적률을 조사하기 위하여 1999년 2월부터 2000년 1월까지 1년동안 현장에서 조사를 하였다.

표 3. 조석의 일주기간의 transect별 · 지점별 퇴적률

(단위 : g/m²/tc)

transect	경사변환점		염생습지		transect	경사변환점		염생습지	
	좌안	우안	좌안	우안		좌안	우안	좌안	우안
1	24.849	20.445	15.098	12.896	4	9.593	9.324	4.863	4.434
2	18.086	19.187	13.214	12.134	5	8.310	5.819	5.662	5.323
3	16.985	14.941	14.154	9.751	6	8.807	5.418	5.537	4.944

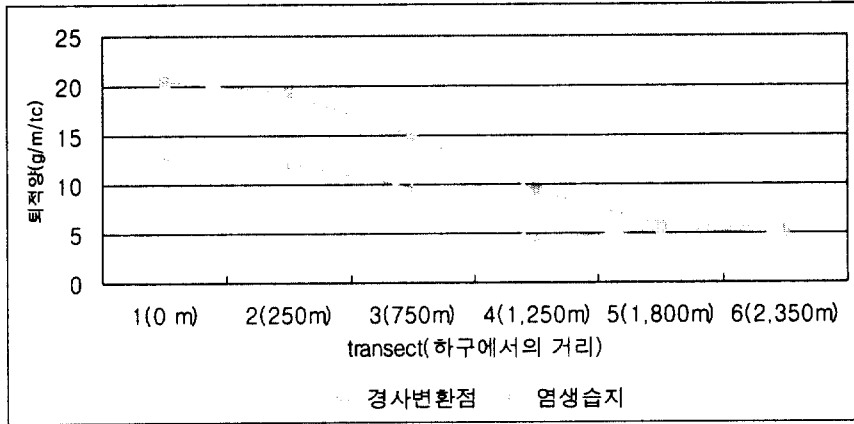


그림 5. 하구에서의 거리에 따른 조석의 일주기간의 퇴적률 변화

표 4. transect별 · 지점별 연간 퇴적률

(단위 : cm/yr)

transect	경사변환점		염생습지		transect	경사변환점		염생습지	
	좌안	우안	좌안	우안		좌안	우안	좌안	우안
1	2.8	2.8	3.6	3.5	4	1.9	1.5	2.3	1.6
2	2.9	3.0	3.4	3.4	5	1.7	1.4	2.1	1.6
3	2.9	2.4	3.4	3.0	6	1.0	0.8	1.3	1.0

연구지역에서 측정된 연간 퇴적률은 0.8~3.6(cm/yr)로 나타났다. 지점별 평균값을 살펴보면, 경사변환점 2.13(cm/yr), 염생습지 2.50(cm/yr)으로 나타

나 전체적으로 경사변환점보다는 염생습지 부분의 퇴적률이 높게 나타났다(표 4). 이 결과는 조석의 일주기간의 퇴적률의 결과와는 오히려 상반되는 것

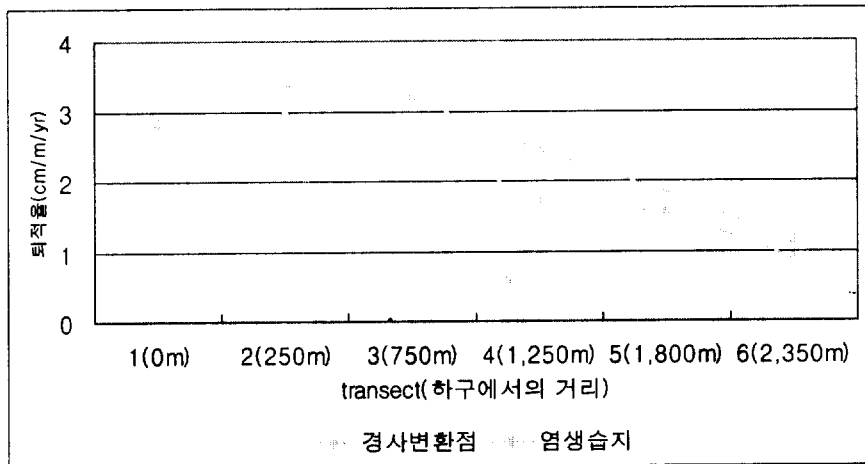


그림 6. 하구에서의 거리에 따른 연간 퇴적률의 변화

해안습지 성장률의 공간적 특성에 관한 연구

인데, 이는 염하구 퇴적물의 공간적 특성이 시간단위에 따라 다르게 나타날 수 있음을 의미한다.

하구에서 멀어질수록 퇴적물이 감소하는 공간적 특성은 조석의 일주기간의 퇴적률과 마찬가지로 구역 II와 구역 III을 경계로 명확하게 구별되었다(그림 6). 즉, 구역 II에서 구역 III으로 넘어가면서 (transect 3에서 transect 4로 넘어가면서) 퇴적률이 급격하게 감소하였다. 그러나 조석의 일주기간의 퇴적률과 달리 구역 II와 구역 III 내에서의 퇴적률의 편차는 크지 않았다.

3) 조류의 유출입과 부유하중의 농도 변화

염하구의 성장률은 조류의 유출입 과정에서 나타나는 부유하중의 이동 및 퇴적현상과 밀접한 관련이 있다. 조류의 범람과 정체, 후퇴의 과정 속에서 나타나는 부유하중의 농도변화는 퇴적과 침식 과정을 반영하는 것이기 때문에, 여과지 트랩법이나 artificial marker plot법에서는 살필 수 없는 퇴적과정의 역동성을 직접 확인할 수 있는 유용한 지표이다.

전체적으로 보았을 때 부유하중 농도의 차이가 많이 나는 지점은 밀물시 경사변환점 통과 직후와 썰물시 염생습지 통과 직후이다. 그리고 밀물시 경사변환점을 통과할 때보다는, 썰물시 염생습지를 통과할 때의 부유하중 농도 감소가 두드러지게 나타나고 있다. 이는 앞서의 퇴적률 패턴을 뒷받침할 수 있는 근거가 된다. 즉, 밀물시 경사변환점을 지

나게 되면 제방효과에 의하여 부유하중이 많이 퇴적되고, 썰물시 염생습지를 지나게 되면 조류의 정체에 의한 부유하중의 퇴적과 식생에 의한 부유하중 고착에 따라 부유하중의 농도가 크게 감소하는 것으로 해석할 수 있다. 여기서 한가지 주목할 사항은 썰물시 경사변환점을 통과하여 갯강으로 재유입할 때의 부유하중의 농도는 오히려 약간 증가한다는 것이다(그림 7). 이는 썰물시 경사변환점 지표면의 퇴적물이 제거되었기 때문이다. 그러나 전체적으로 보았을 때에, 연구지역은 정도의 차이는 있지만 모든 지점에서 퇴적이 침식보다 우세하게 나타나고 있다.

4. 논의점

1) 습지표면에서의 부유하중 퇴적 메커니즘

연구지역의 조석의 일주기간의 퇴적률은 경사변환점은 $12.522 \sim 14.438(g/m^2/tc)$ 이고 염생습지는 $8.240 \sim 9.320(g/m^2/tc)$ 로 나타나, 갯강과의 접근성에 의하여 영향을 받았다(표 5). 이러한 결과는 외국의 다른 몇몇 결과와 동일한 것인데, DeLaune et al. (1978)과 Baumann(1984)은 루이지애나의 소규모 해안습지에서 비슷한 경향을 밝혀 내었다. 이는 일반적인 간석지(siliciclastic tidal flat)에서의 연구 결과와 비교되는 것인데 염하구에서 조류가 범람할 때의 최대 유속은 갯강의 제방을 넘어서는 경우이며, 그 이후 유속은 급격히 감소하기 때문에 경사

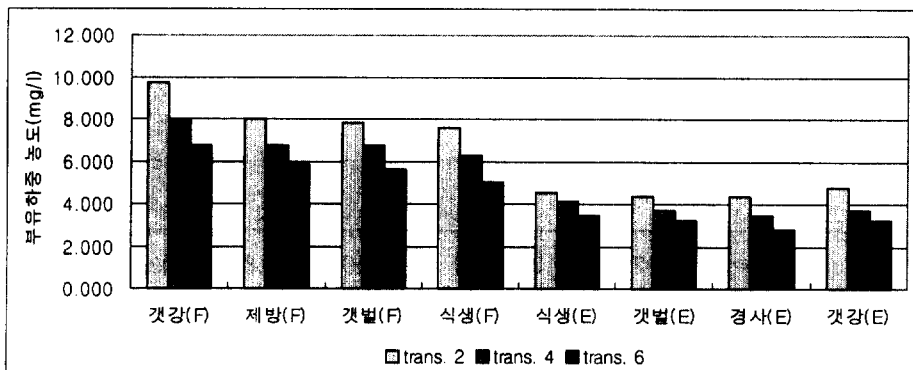


그림 7. 조류의 유출입에 따른 부유하중의 농도 변화

표 5. 갯강에서의 거리에 따른 퇴적물의 공간적 특성

실험 구분	우 안			좌 안		
	경사변환점	갯 벌	염생습지	경사변환점	갯 벌	염생습지
조석의 일주기 간의 퇴적량(g/m ² /tc)	12.522	3.550	8.240	14.438	5.020	9.320
연간 퇴적률(cm/yr)	1.983	1.200	2.350	2.033	1.195	2.683

* 갯강에서의 거리에 따른 퇴적물의 공간적 특성 비교. 여기서는 절대값보다는 지점별 퇴적물의 특성을 살펴야 한다.

변환점에는 상대적으로 입자가 큰 퇴적물이 일차적으로 퇴적된다(Ford, 1997: 96~97). 이러한 현상을 제방효과(levée effect)라고 하는데, 경사변환점의 경사가 완만할수록 그 효과는 감소한다(Pethick, 1984, 176). <표 2>에 의하면 transect 5·6으로 오면서 염생습지와 경사변환점 사이의 퇴적물 차이가 현저하게 줄어들고 있는데, 이는 외해에 가까워지면서 제방의 경사가 완만해지기 때문에 제방효과가 미약해졌기 때문으로 해석할 수 있다.

연구지역의 연간 퇴적률은 경사 변환점은 1.983~2.033(cm/yr)인 반면, 염생습지는 2.350~2.683(cm/yr)로 나타나, 식생의 유무에 의하여 영향을 받았다(표 5). 이러한 연구 결과 역시 외국의 다른 결과와 동일한 것이었다(Stumpf, 1983). 이는 연구지역의 경우 조류가 갯강을 범람하고 부유하중이 퇴적되는 과정에서 식생의 부유하중 고착능력에 기인하여 많은 양의 부유하중이 염생습지에 퇴적된 것으로 해석할 수 있다. 그리고 조류의 정체시간이 염생습지에서 더 길다는 사실(high slack water)도 이러한 결과를 뒷받침한다.

식생의 부유하중 고착능력은 해안습지 성장물에 있어 크게 두 가지 관점에서 중요한 의미를 갖는다. 첫째, 퇴적환경이 평형상태에 도달하여 습지표면의 고도가 높아지고 안정화 단계에 이른 지역에서는 조류의 범람빈도가 적어 성장물에는 큰 영향을 주지 않고 단지 미립질의 비율을 높이는 역할을 한다. 둘째, 퇴적환경이 평형상태에 도달하지 못하여 퇴적이 활발하게 일어나는 지역에서는 미립질의 비율을 높이는 것 이외에 퇴적물을 가속화시켜 성장물에 큰 영향을 미친다(박의준, 1995). 따라서, 연구지역에서의 식생의 역할은 후자에 속한다고 할 수 있다.

하구에서의 거리에 따른 퇴적물의 공간적 특성은 조석의 일주기간과 연간 퇴적률 모두 감소하는 경향을 나타내었다(표 6). 이는 하구에서의 거리에 따른 퇴적물의 공간적 특성은 시간단위와 무관하다는 것을 지시한다. 이와 같은 현상은 염하구 해안습지 퇴적환경에서 밀물과 썰물의 유속 차이와 퇴적물 운반의 관계를 살핌으로써 더 명확해진다. 일반적으로 밀물의 유속은 썰물의 유속에 비해서 빠

표 6. 하구에서의 거리에 따른 퇴적물의 공간적 특성

	조석의 일주기간의 퇴적률(g/m ² /tc)			연간 퇴적률(cm/yr)		
	경사변환점	갯 벌	염생습지	경사변환점	갯 벌	염생습지
transect 1	22.62	-	13.95	2.80	-	3.55
transect 2	18.63	-	12.75	2.95	-	3.40
transect 3	15.43	-	11.92	2.65	-	3.20
transect 4	9.46	4.25	4.65	1.70	1.30	1.95
transect 5	6.67	3.82	5.49	1.55	1.30	1.85
transect 6	7.12	3.95	5.24	0.90	0.95	1.65

* 여기서는 <표 5>와 달리 transect별(종적인) 특성에 주목해야 한다.

표 7. 부유하중의 농도와 퇴적률

	점토입자의 비율(%)		연간 퇴적률(cm/yr)	
	경사변환점	염생습지	경사변환점	염생습지
transect 1	31.82	37.58	2.80	3.55
transect 2	31.24	41.21	2.95	3.40
transect 3	30.82	38.00	2.65	3.20
transect 4	30.80	34.08	1.70	1.95
transect 5	30.12	33.18	1.55	1.85
transect 6	29.61	32.09	0.90	1.65

르기 때문에, 밀물때 운반된 부유하중은 썰물 때에는 퇴적이 된다. 그런데 이러한 유속의 차이는 육지쪽으로 오면서 더 크기 때문에 하구의 퇴적률이 높아지게 된다(Bricker-Ulso et al., 1989). 연구지역에서 하구에서의 거리와 퇴적률의 관계도 이와 같은 맥락에서 해석할 수 있다.

연구지역의 퇴적률은 조석의 일주기간과 연간 퇴적률 모두 구역 II와 구역 III에서 명확한 차이가 나타났는데, 구역 II가 구역 III에 비해서 높은 퇴적률을, 구역 II 중에서도 transect 1·2의 퇴적률이 가장 높게 나타나고 있다. 이는 부유하중의 농도가 가장 높게 나타나는 지점(turbidity maximum)은 구역 II의 하구지점이라는 것을 지시하는 것이다. 따라서 부유하중과 퇴적률은 어떠한 관계를 갖는지를 살펴보기 위해 transect별 퇴적률과 표층 퇴적물의 입도분포의 상관관계를 살펴보았다(표 7).

표층퇴적물의 점토입자의 비율과 퇴적률의 상관관계를 multiple R-square를 기준으로 보았을 때 경사변환점이 0.8166, 염생습지가 0.8658로 나타나 조류내 부유하중의 농도와 퇴적률은 매우 높은 상관관계를 갖는다는 것을 알 수 있다. 따라서 연구

지역의 성장률에는 부유하중의 공급과 입단화 작용이 중요하게 작용하고 있다는 사실을 알 수 있으며, 이는 조류의 유입수 내 부유하중의 농도가 퇴적률이 높은 transect 1·2라는 사실을 뒷받침한다.

2) 성장률의 공간적 특성

연구지역 성장률의 공간적 특성이 시간단위에 따라 다르게 나타나는 이유를 분석하기 위해 조석의 일주기간의 퇴적률을 연간 퇴적률로 환산하여 비교·분석하였다(표 8, 그림 8)⁷⁾. 여과지에 퇴적된 양을 수직적 퇴적률로 환산하는 작업에서는, 퇴적된 유기물의 95% 이상이 습지 퇴적물과 결합되지 않았다는 기존의 이론적 전제를 가정하였다(Oenema and DeLaune, 1988). 그리고 지표면에 침전된 유기물의 대부분은 조류의 범람과 미생물의 작용에 의하여 제거된 것으로 생각하였다.

경사 변환점의 퇴적률은 환산한 값이 1.2~4.0 (cm/yr), 실측한 값이 0.9~2.8(cm/yr)로, 환산값이 실측값보다 높게 나타났다. 이러한 현상이 나타난 이유는 다음과 같이 분석할 수 있다. 첫째, 경사변

표 8. 환산한 퇴적률과 실측한 퇴적률의 비교

(단위 : cm/yr)

transect	경사변환점		염생습지		transect	경사변환점		염생습지	
	환산	실측	환산	실측		환산	실측	환산	실측
1	4.0	2.8	2.4	3.5	4	1.6	1.7	0.8	1.9
2	3.3	2.9	2.2	3.4	5	1.2	1.5	0.9	1.5
3	2.8	2.6	2.1	3.2	6	1.2	0.9	0.8	1.1

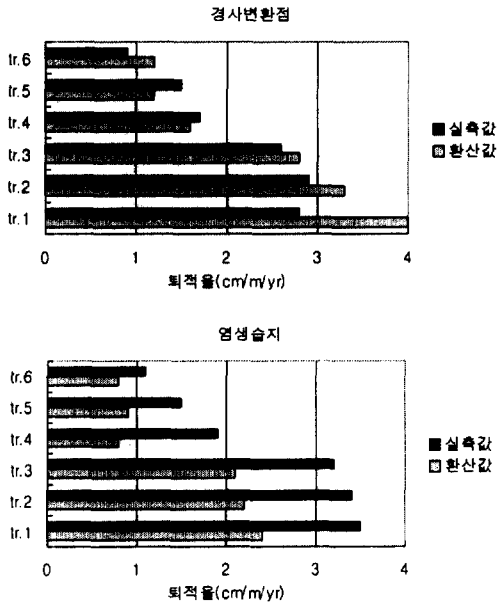


그림 8. 퇴적물의 환산치와 실측치

환점은 식생이 존재하지 않기 때문에 여러 가지의 부요인에 의해서 침식이 일어날 가능성이 많은 지역이다. 둘째, 경사변환점은 밀물시 제방효과에 의해서 퇴적되는 현상 뿐만 아니라, 기존의 퇴적물이 빠른 유속에 의해서 제거되는 현상이 나타난다. 실제로 염하구의 갯강에서는 육상의 하천과는 달리 밀물이 제방을 범람하는 시기의 유속이 가장 빠르다. 셋째, 썰물시 조류 에너지에 의하여 침식현상이 나타나는데, 이는 부유하중 농도 측정 결과에서도 확인할 수 있다. 이러한 이유로 여과지법만을 이용한 많은 연구에서는 퇴적량을 연간 퇴적물로 환산하는 작업보다는 퇴적량의 최소값과 중간값, 최대

값으로 나누어 분석하는 경향이 강하다.

염생습지의 퇴적물은 환산한 값이 0.8~2.4(cm/yr), 실측한 값이 1.1~3.5(cm/yr)로, 실측값이 환산값보다 높게 나타났다. 이러한 현상이 나타난 이유는 다음과 같이 분석할 수 있다. 첫째, 연구지역의 염생습지에 서식하고 있는 식생의 대부분은 높이 2m 이상의 갈대이기 때문에 조석의 일주기때 갈대의 잎이나 줄기에 포획된 부유하중이 지표면에 침전되는 데에는 일정 정도의 시간이 소요된다. 따라서 조석의 일주기에 따라 여과지를 수거하는 시간과 퇴적되는데 걸리는 시간 사이의 갭이 이러한 차이를 야기하였다고 할 수 있다. 이 외에 퇴적량의 환산값은 지표와 지중에서 식생 생체량이 부유하중과 결합하는 현상을 설명하지 못한다는 것도 하나의 이유가 된다(Weiget et al., 1981). 이러한 한계를 극복하기 위하여 조석의 일주기간의 퇴적물만으로 성장률을 구하는 연구에서는 조류의 유출입 후 식생의 줄기에 묻어 있는 부유하중을 중류수로 씻어내어 정량화하는 작업을 병행한다(Gardes, et al., 1985). 둘째, 식생에서 떨어진 지표면의 부식과 유기물 등은 밀물과 썰물, 외부의 여러 가지 조건에 의한 침식으로부터 지표면을 보호한다. 특히 연구지역의 염생습지는 유속이 가장 느린 곳에 위치하기 때문에 조류에 의한 침식 가능성은 더욱 희박한 환경이다.

연구지역 퇴적물의 유출입은 <표 9>와 같이 시·공간적으로 다양한 특성을 보이며 진행되고 있고, 퇴적과정의 변화 주기도 매우 빠르게(dynamic) 나타나고 있다. 따라서 연구지역내 성장률을 상이한 시간단위 속에서 진행되는 퇴적물을 토대로 분석한 본 연구의 방법은 설득력을 갖는다. 기본적으로 연구지역은 퇴적물의 유출입 관계에 있어서 정

표 9. 연구지역 퇴적물의 유출입 관계

주요지점	퇴적물의 유입(+)	퇴적물의 유출(-)
경사변환점	<ul style="list-style-type: none"> 제방효과에 의한 상대적으로 조립물질의 퇴적 밀물과 썰물의 정체시 부유하중의 퇴적 	<ul style="list-style-type: none"> 외부요인에 의한 침식현상 밀물과 썰물의 진행시 퇴적물 침식현상
염생습지	<ul style="list-style-type: none"> 밀물과 썰물의 정체시 부유하중의 퇴적 식생에 의한 부유하중 고착과 고착된 부유하중의 지표면으로의 퇴적 	<ul style="list-style-type: none"> 조류의 유속감소 및 정체시간 증가와 지표위 유기물의 영향으로 침식 가능성 희박

표 10. 다양한 연구에서의 성장률 비교

연구 지역	출 처	측정방법	성장률 범위
한반도 남해안 순천만	박의준(2000)	여과지 트랩법 marker plot	0.7~4.0(cm/yr) 0.8~3.5(cm/yr)
멕시코(Maxioc) 만	Reed et al(1989)	여과지 트랩법	0.1~0.5(cm/yr)
미국 남동부 해안	Armentano et al(1975)	Pb-210	0.5~0.7(cm/yr)
미국 메인(Maine) 만	Wood et al(1989)	marker plot	0.1~1.3(cm/yr)
미국 캘리포니아(California) 만	Ford(1997)	marker plot	0.4~3.5(cm/yr)
영국 노-포크(Norfolk) 해안	French et al(1993)	여과지 트랩법	0.3~0.8(cm/yr)
미국 중서부 플로리다(Florida) 만	Leonard et al(1995)	여과지 트랩법 marker plot	0.6~1.8(cm/yr) 0.2~0.8(cm/yr)
미국 윌라파(Willapa) 만	Reed et al(1997)	Pb-210	0.1~1.0(cm/yr)
미국 바라타리아(Barataria) 만	DeLaune et al(1978)	Cs-137	0.8~1.4(cm/yr)

(+)의 관계를 나타내고 있으며, 현재 환경은 지난 1년간 0.9~3.5cm의 수직적 성장을 기록한 퇴적이 우세한 환경이다. <표 10>은 다양한 연구지역에서 다양한 방법을 통하여 구한 성장률을 비교한 것이다. 이러한 연구결과와 본 연구에서 나타난 평균 성장률을 비교한 결과 다음과 같은 사실을 유추할 수 있다. 첫째, 본 연구에서 나타나는 평균값은 멕시코 만, 미국 남동부 해안, 캘리포니아 태평양 연안의 경우보다 높은 것이다. 둘째, 본 연구에서 나타난 최소값 역시 다른 지역의 연구의 경우와 거의 비슷하거나 약간 높은 것이다, 셋째, 이렇게 다른 연구에 비해서 높은 성장률을 나타내는 것은 연구지역이 인위적인 환경변화를 겪음에 따라 새로운 퇴적환경으로 변이되고 있는 것과 밀접한 관계가 있는 것이다. 그리고 이러한 성장률은 최근 연구지역에서 나타나고 있는 각종 환경문제와 지역사회의 갈등에 주요한 원인이 되고 있다⁸⁾.

5. 결론

해안습지는 조류와 하천에 의하여 물질이 공급되고 이에 따라 성장과 발달이 이루어지는 해안퇴적지형으로 조류와 하천에 의한 퇴적과정은 가장 중요한 프로세스이다. 특히, 갯강을 통하여 하천수와 조수가 직접적으로 영향을 미치는 염하구 해안

습지의 경우에는 이러한 퇴적과정이 매우 활발하게 나타난다. 따라서 퇴적과정에 따른 해안습지 성장률의 공간적 특성을 분석하는 것은 해안습지 환경을 이해하고 앞으로 나타날 변화를 예측하는데 매우 중요한 자료를 제공한다. 따라서 본 연구에서는 지난 40년간 인위적 환경변화를 겪은 순천만 염하구 해안습지를 대상으로 시간단위에 따른 퇴적률의 공간적 특성, 부유하중의 이동 패턴을 살펴보고 이를 종합하여 순천만 염하구 해안습지 성장률의 공간적 특성을 분석하였다. 본 연구의 결과는 다음과 같다.

첫째, 여과지 트랩법을 이용한 조석의 일주기간의 퇴적을 분석에서는 갯강에서 멀어질수록 퇴적률이 감소하였으며, 하구에서 바다로 이동하면서 퇴적률이 감소하였다. 그러나 조석간만의 차는 퇴적과정에 큰 영향을 미치지 않았다. 이는 조석의 일주기간의 퇴적률에서는 경사변환점의 제방효과와 조류내 부유하중의 농도가 중요하게 작용하였음을 의미한다.

둘째, artificial marker plot을 이용한 연간 퇴적률 분석에서는 염생습지가 경사변환점보다 높은 퇴적률을 나타내어 조석의 일주기간의 퇴적률과는 다른 공간적 특성을 보였다. 그러나 하구에서 바다로 이동하면서 퇴적률이 감소하는 것은 동일하였다. 이는 연간 퇴적률에서는 식생에 의한 부유하중 고착능력과 조류의 정체시간, 부유하중의 농도가 중

요하게 작용하였기 때문이다.

셋째, 조류의 유출입에 따른 부유하중의 농도 변화는 전체적으로 썰물시 염생습지를 통과한 직후가 밀물시 경사변환점을 통과한 직후보다 높은 감소율을 나타내었다. 그리고 썰물시 경사변환점을 통과한 직후 부유하중의 농도는 약간 증가하였는데, 이는 썰물에 의해 경사변환점의 퇴적물이 침식되었기 때문이다.

넷째, 연구지역에서 현재 진행되고 있는 퇴적물은 시간단위에 따라 상이한 공간적 특성을 보인다. 따라서 해안습지 성장율의 공간적 특성을 파악하는데 있어 조석의 일주기시간과 연간 퇴적률을 동시에 분석한 본 연구의 방법은 설득력을 갖는다.

다섯째, 연구지역은 기본적으로 퇴적이 우세한 환경이며, 식생에 의한 부유하중 포획과 조류내 부유하중의 농도가 매우 강한 역할을 하고 있다. 따라서 경사변환점에 비해서 상대적으로 안정된 환경을 보이는 염생습지가 더 높은 퇴적률을 나타내고 있다. 그리고 현재 진행되고 있는 연구지역의 퇴적률은 0.8~3.5(cm/yr)로 외국의 다른 지역에 비해서 높은 값을 나타내고 있었다. 이는 연구지역을 이해하는데 있어서 매우 중요한 자료를 제공함과 동시에, 차후에도 지속적인 모니터링과 분석이 요구되는 이유이다.

註

- 1) 일반적으로 해안습지는 조류의 영향에 의해 염류도의 공간적 차이가 나타난다. 따라서 상대적으로 고도가 낮은 곳에 위치하여 조류의 영향을 많이 받게 되면 퇴적물의 염류도가 높게 되어 식생이 정착하지 못하게 되며, 장기간동안 퇴적작용을 받아 고도가 높아지게 되면 퇴적물의 염류도가 떨어지게 되어 염생 식생이 정착하게 된다. 이 때 전자를 갯벌(mud flat), 후자를 염생습지(salt marsh, 또는 back marsh)라고 한다(Chabreck, 1987).
- 2) 현재의 염하구는 대부분 지난 최후 빙기 이후 해수면이 상승하면서 퇴적물이 공급되는 과정에서 형성되었으며, 그 형성기원에 따라 첫째, 해수면이 상승하면서 평원에 존재하던 하천이 침수되어 형성된 염하구, 둘째, 고위도 해역에서 빙하에 의해 침식된 U 자형의 피요르드 염하구, 셋째, 파랑에 의하여 해안

과 평행한 방향으로 형성된 사주에 의해 바다와 부분적으로 차단된 초호 염하구, 넷째, 지각변동에 의한 단층이나 습곡에 의해 부분적으로 침강된 염하구로 구분할 수 있다(Dyer, 1979), 한편 염하구를 국문으로 표현하는데 있어, 삼각강(三角江) 또는 기수역이라는 용어를 쓰기도 하는데, 삼각강은 형태적인 측면에, 기수역은 염류도의 변화라는 측면에 치중된 개념이기 때문에 본 연구에서는 염하구라는 용어를 쓰기로 한다(박용안, 1998).

- 3) 여기서 갯강(tidal river)이라고 하는 것은 육상에서의 하천채널(river channel)이 그 형태를 유지하면서 해안지역에 직접적으로 담수와 각종 물질을 공급하는 하도를 말한다. 따라서 염하구에서의 갯강은 만조시에는 그 형태를 노출시키지 않지만, 간조시에는 양안에 갯벌과 염생습지를 보유하고 있는 채널의 형태를 나타낸다. 이러한 의미에서 조류에 의하여 형성되는 일반적인 간석지(siliclastic tidal flat)의 갯골(tidal creek)과는 명확하게 구별하여야 한다.
- 4) 여기서 말하는 시간단위는 길게는 수백년·수십년 단위에서 짧게는 조석의 일주기(individual tidal cycle) 단위를 포함하는 개념이다.
- 5) Perillo(1995)와 Pethick(1994)은 염하구 지형의 구분에서 염하구가 하천과 바다의 영향을 동시에 받는다는 점에 주목하면서, 하천의 영향이 강한 구역(fluvial dominated area), 하천과 조류의 영향이 동시에 나타나는 구역(mixed area), 조류와 파랑의 영향이 강한 구역(marine dominated area)으로 구분하였다.
- 6) 본 연구에서 경사변환점이라고 하는 지점은, 갯강으로부터 양안으로 이어지는 갯벌 부분 중 제방(levee)의 경사급변점 바로 뒤의 평탄한 퇴적층을 의미하는 것이다. 일반적으로 염하구의 퇴적물 연구에서는 갯강이 조류에 의하여 범람하는 현상을 중요한 프로세스로 간주하기 때문에, 경사변환점과 배후의 평탄한 갯벌 부분, 그리고 식생이 정착한 염생습지 부분을 구분하여 실험을 실시하는 것이 일반적인 경향이다(Leonard, 1995, 322~336).
- 7) 이렇게 조석의 일주기시간의 퇴적량을 연간 퇴적률로 환산하는 방법은 많은 연구에서 이용되어 왔다. Reed et al.(1989)는 멕시코만 염하구를 사례로 한 성장률 연구에서 총 12회의 여과지법의 결과로 성장률을 도출해 내었다. 그리고 French et al.(1993)은 영국 노포크 염하구에서 총 10회의 여과지법의 결과로 성장률을 도출해내었다(표 26 참조). 이들은 모두 조석의 유형을 파악하고 각각의 유형별로 여과지법을 수행하여 그 값의 최소값과 최대값, 그리고 평균값으로 나누어 성장률의 범위를 도출해내었다. 그리고 다른 연구(Leonard et al., 1995)는 여과지법의 결과를 marker plot법의 결과와 비교하여 성장률을 도출해내었는데, 이 연구와 같이 여과지법의 환산값이 실측

값보다 높게 나왔음을 밝혀내고, 이는 제방효과와 침식의 관계, 식생의 역할로 결론지었다.

- 8) 이러한 성장률은 현재 순천만 지역에서 논란이 되고 있는 '순천만 갈대축제'의 개최 여부와 밀접한 관련이 있다. 이 지역 주민들은 이러한 뺄(이 지역 주민들은 퇴적물을 이렇게 부름)이 계속적으로 높아져 방조제 뒤의 논이 대조의 만조시 침수가 된다고 주장하면서, 갯강 양안의 퇴적물을 제거해 달라는 요구를 끊임없이 하고 있다. 그리고 1998년 이 지역을 국립공원으로 지정하여 갈대군락을 보호하려는 움직임이 있자, 이에 반대하여 방조제 주변의 갈대를 불태워버리는 단체행동을 하기도 하였다. 따라서 이 지역에서 1998년까지 매년 11월에 개최되었던 순천만 갈대축제가 1999년에 중단되는 사태가 일어났다.

文獻

박동원 · 손명원(1987), **환경지리학**, 서울대학교 출판부.

박의준(1995), **강화도 염생습지 퇴적물에 관한 연구**, 서울대학교 석사학위논문.

박의준(2000), **순천만 염하구 퇴적과정의 시·공간적 변이**, 서울대학교 박사학위논문.

순천대학교 지역개발연구소(1999), **순천만 생태계 조사: 용역 최종 보고서**.

Allen, J.R.L.(1990), Salt-marsh growth and stratification: A numerical model with special reference to the Severn Estuary, southwest Britain, *Marine Geology*, 95, 77~96.

Baumann, R.H.(1984), Mississippi deltaic wetland survival: sedimentation versus coastal submergence, *Science*(224), 1093~1095.

Bayliss-Smith, T.P. et al.(1979), Tidal flows in salt marsh creeks, *Estuarine and Coastal Marine Science*(9), 235~255.

Bricker-Ulso et al.(1989), Accretion rates and sediment accumulation in Rhode Island salt marshes, *Estuaries*(12:4), 300~317.

Dalrymple, R.W., B.A. Zaitlin. and R. Boyd(1992), Estuarine facies models: conceptual basis and stratigraphic implications, *Journal of Sedimentary Petrology*(62), 1130~1146.

DeLaune, R.D. et al.(1978), Sedimentation rates determined by ¹³⁷Cs dating in a rapidly accreting salt marsh, *Nature*(275), 532~533.

DeLaune, R.D. et al.(1983), Relationships among vertical accretion, coastal submergence, and erosion in a Louisiana Gulf coast marsh, *Journal of Sedimentary Petrology*(53), 147~157.

Donald R, Cahoon and D.J. Reed(1995), Relationships among marsh surface topography, hydroperiod, and soil accretion in a deteriorating Louisiana salt marsh, *Journal of Coastal Research*(11:2), 357~369.

Dyer, K.R.(1979), *Estuarine Hydrography and Sedimentation*, Cambridge University Press.

Dyer, K.R.(1995), Sediment transport processes in estuaries, In: Perillo, G.M.E.(eds), *Geomorphology and Sedimentology of Estuaries*, Elsevier, 423~450.

Ford, R.L.(1997), *Dynamics of Salt-Marsh Accretion on a Back-Barrier Delta, Morro Bay, California*, Ph.D. Dissertation of University of California in Los Angeles.

French, J.R.(1993), Numerical simulations of vertical marsh growth and adjustment to accelerated sea-level rise, north Norfolk, U.K. *Earth Surface Processes and Landforms*(18), 63~81.

Gardes, G., W.E. Krumbein, and H.E. Reineck (1985), The depositional record of sandy, versicoloured tidal flats(Mellum Isalnd, southern North Sea), *Journal of Sedimentary Petrology* (55), 265~278.

Harrison, E.Z. and A.L. Bloom(1977), Sedimentation rates on tidal marshes in Connecticut, *Journal of Sedimentary Petrology*(47), 1484~1490.

Hutchison, S. et al.(1995), Short term sediment dynamics in a southeastern U.S.A. Spartina marsh, *Journal of Coastal Research*(11), 370~380.

- Leonard, L.A. et al.(1995), Surficial sediment transport and deposition processes in a *Juncus roemerianus* marsh, West-Central Florida, *Journal of Coastal Research*(11:2), 322~336.
- Mitsch, W.J. and Gosselink, J.G.(1993), *Wetlands*, Van Nostrand Reinhold.
- Oenama, O. and R.D. DeLaune(1988), Accretion rates in salt marshes in the Eastern Scheldt, south-west Netherlands, *Estuarine, Coastal and Shelf Science*(26), 379~394.
- Pethick, J. et al.(1990), Boundary layers under salt marsh vegetation developed in tidal currents, In: J.B. Thorns(eds), *Vegetation and Erosion*, John Wiley and Sons, 113~124.
- Pethick, J.(1984), *An Introduction to Coastal Geomorphology*, Edward Arnold.
- Richard, F.S.(1934), The salt marshes of the Dovey Estuary IV. The rates of vertical accretion, horizontal extension and scarp erosion, *Annals of Botany*(48), 225~259(Ford, 1997에서 재인용)
- Reed, D.J.(1989), Patterns of sediment deposition in subsiding coastal salt marshes, Terrebonne Bay, Louisiana: the role of winter storms, *Estuaries*(12), 222~227.
- Reed, D.J.(1990), The impact of sea-level rise on coastal salt marshes, *Progress in Physical Geography*(14), 465~481.
- Steers, J.A.(1938), The rate of sedimentation on salt marshes on Scolt Head Island, Norfolk, *Geological Magazine*(75), 443~445(Ford, 1997에서 재인용).
- Stoddart, D.R. et al.(1989), Understanding salt marsh accretion, Scolt Head Island, Norfolk, England, *Estuaries*(12), 228~236.
- Stumpf, R.P.(1983), The process of sedimentation on the surface of a salt marsh, *Estuarine, Coastal and Shelf Sciences*(17), 495~508.
- U.S. Salinity Laboratory Staff(1954), *Diagnosis and Improvement of Saline-alkali soils*, USDA Handbook.

The Spatial Characteristics of Vertical Accretion Rate in a Coastal Wetland

-In case of Suncheon bay estuarine marsh, south coast of Korea-

Park. Eui-Joon*

Summary

An estuarine marsh is semi-inclosed inlets, located between coastal and terrestrial environment. The sediment transport by river and tide through tidal river and vertical accretion by sediment accumulation are important processes in estuarine marsh. An analysis of the vertical accretion rate at various time scale is important work for understanding and managing coastal environments. The purpose of this study is to determine the spatial characteristics of vertical accretion rate in an estuarine marsh, Suncheon Bay, in the southern coastal region of Korean peninsula. The methods of analysis are sedimentation rate by individual tidal cycle, annual accretion rate, concentration of total suspended load in water column.

Spatial characteristics of sedimentation rate by individual tidal cycle was investigated using 30 filter paper traps. Sedimentation rate by individual tidal cycle at levee edge was higher than that at back marsh. The sedimentation rate decreased with distance from estuarine front. Levee effect and proximity to the turbidity maximum zone result in a higher sedimentation rate in the levee edge. There is a weak relationship between tidal regime and sedimentation rate by individual tidal cycle.

Spatial characteristics of annual accretion rate was investigated using 30 artificial marker plots.

Annual accretion rate at back marsh(1.5~3.5cm/yr) was higher than that at tidal river levee edge(0.8~3.0cm/yr). Total suspended load (TSL) concentrations in water column also indicate this spatial characteristics of annual accretion rate. TSL concentration in water column leaving the vegetation part dramatically decreased. There is a very strong relationship between the concentration of suspended load and accretion rate. These results indicate that annual accretion rate is controlled by vegetation cover and proximity to the turbidity maximum zone. This difference of spatial characteristics of vertical accretion rate at various time-scale was due to the fact that surface sediment of levee edge was eroded by tide and other factors.

The major findings are as follows. First, the spatial characteristics of vertical accretion rate are different from various time-scale. Second, the major mechanism for the vertical accretion rate in this region is suspended load trapping by vegetation. Third, this region is primarily a depositional regime over the time-scale of the present data. Fourth, this estuarine marsh is accreting at rates beyond other area.

Key Words : coastal wetland, estuary, time-scale, levee effect, sediment trapping by vegetation, vertical accretion rate.

* Institute for Korea Regional Studies, Center of Social Science, Seoul National University