

겨울철 모래이동과 전사구의 지형변화

-신두리 해안사구 지대를 사례로

류호상

서울대학교 사회과학대학 지리학과 대학원

1. 연구 목적

전사구는 해안사구 시스템의 한 요소로서 보통 해변과 맞닿은 곳에 해안과 평행한 방향으로 열을 이루며 형성된 사구이다. 전사구는 해변과 사구 간의 퇴적물 이동에서 중요한 저장고(reservoir) 구실을 한다. 바람에 의해 육지 쪽으로 불려 들어온 해변의 모래는 대부분 전사구에 퇴적되어 저장된다. 전사구에 저장된 해변의 모래는 폭풍이나 해일 시 발생하는 침식에 의해 해변으로 다시 돌아간다. 이와 같은 해변-사구 퇴적물 교환 프로세스를 통해 전사구는 형태적 안정성과 생태적 건강성을 유지한다 (Carter, 1988).

바람에 의한 모래이동은 해변의 모래가 전사구로 유입되는 주요 프로세스이다. 바람에 의한 모래이동이 전사구에서 어떤 패턴을 가지고 일어나는지, 바람에 의해 유입되는 비사로 인해 전사구의 지형변화가 어떤 방식으로 일어나는지를 아는 것은 해변-사구 퇴적물 교환 프로세스를 이해하는데 도움이 되며 결과적으로 전사구를 이해하는 데 중요한 지식이라 할 수 있다.

해안사구에 대한 국내 연구 문헌들을 살펴보면, 서해안 비인의 해안사구의 퇴적층을 분석하여 퇴적환경과 고환경을 추정된 이창복(1977)의 연구, 서해안의 태안반도와 안면도 일대 해안사구의 형태적 특성과 퇴적물 특성을 조사한 박동원·유근배(1979)의 연구, 덕적도의 비사 방재를 위한 방사구조물과 방사탑 식재를 모색한 이종학의 연구(1985), 신두리 해안사구 지대를 대상으로 장·단기간 지형변화를 조사하고 퇴적물 수지를 계산한 서종철(2001)의 연구 등이 있다. 그러나, 전사구를 대상으로 바람에 의한 모래이동의 패턴을 조사하고 이를 지형변화와 연관시킨 연구는 이루어지지 않았다.¹⁾

이 연구는 신두리 해안사구 지대의 전사구열을 대상으로 바람에 의한 모래이동이 활발하게 일어나는 겨울동안 바람에 의한 모래이동의 규모와 특징, 구역별 변이 등을 조사하고 전사구열이 이에 대해 어떻게 반응하는지 밝히고자 하는 것이다.

2. 연구 방법

1) 연구지역 선정 : 침식핀과 포집기 설치

연구지역인 신두리 해안사구 지대는 서해안에 있는 태안반도의 북서부에 위치한다. 해안사구 지대의 중앙부에 있는 수로를 경계로 남쪽 지역은 해수욕장과 군 훈련지 등으로 사용되고 있어 수로 북쪽 지역의 전사구열을 연구대상지로 삼았다. 또한 해안사구 개발 시도로 인하여 전사구열이 완전히 훼손된 구역은 연구 대상에서 제외하였다. 바람에 의한 모래이동에 영향을 줄 것으로 생각되는 사구의 해변 대비 고도, 사구의 경사, 사구열의 방향, 전사구의 형태적 특징, 식피 밀도 등을 고려하여 북쪽으로부터 차례로 세 개의 조사구역 (A, B, C)을 설정하였다. 조사구역의 특성을 고려하여 A구역에는 4개, B구역에는 2개, C구역에는 6개의 조사측선을 설치하고 지형변화를 계측하기 위해 조사측선 상에 침식핀을 설치하였다. 침식핀의 위치와 고도는 광파측거기(Sokkia Total Station SET5FS)를 이용하여 측량하였다. A구역과 C구역에는 Leaderman (1978)과 Rosen (1978)의 설계를 수정한 수직 원통형 모래 포집기

1) 서종철(2001)의 연구에서 전사구의 지형변화가 일부 다루어지기는 했으나, 바람에 의한 모래이동을 직접적으로 다루지는 못했다.

를 해빈-사구 경계부(DF)와 사구 정상부(DC)에 설치하였다. 모래이동의 방향을 측정하기 위하여 사구 열에 평행한 방향으로 두 개, 사구열에 수직인 방향으로 2개, 총 4개의 포집기를 각각의 위치에 설치하였다.

2) 현장 모니터링

연구기간은 2000년 12월 2일 ~ 2001년 3월 30일이다. 이 기간은 신두리 해안사구 지대에서 바람에 의한 모래이동이 현저하게 나타나는 시기이다(박동원·유근배, 1979 ; 서종철, 2001). 모니터링은 대략 1주일에 한 번씩 총 15회에 걸쳐 이루어졌다. 1월의 경우는 폭설로 인해 모니터링이 2주일 간격으로 실시되었다. 침식편에 대해서는 지면에서 침식편의 윗면까지의 높이를 0.5cm 까지 측정하였고, 포집기에 포집된 모래를 수거하여 양과 입도 특성을 조사하였다. 위와 같은 과정을 통해 얻어진 자료를 분석하여 바람에 의한 모래이동의 패턴과 전사구의 지형변화를 조사하였다.

3. 연구 결과 및 논의

1) 모래이동의 방향

모래이동은 포집기를 설치한 A, C구역 모두에서 사구열로 유입되는 방향이 주요 방향인 것으로 나타났다. 그러나, C구역은 사구열에 수직인 방향으로 일어나는 모래이동이 우세한 데 반해 A구역은 사구열에 평행한 방향으로 일어나는 모래이동이 상대적으로 큰 값을 보였다. 이는 C구역이 A구역에 비해 사구열 방향과 풍향이 이루는 각이 수직에 가까웠음을 의미하는 것으로 해석된다(Arens, 1996). 또한 사구 정상부의 경우 모래이동은 주로 사구열에 수직인 방향으로 일어나며 사구열에 평행인 방향으로 일어나는 모래이동은 해빈-사구 경계부에 비해 제한되는 것으로 나타났다. 결론적으로 모래이동의 방향은 사구열 방향에 따라 지역적인 변이를 갖는다.

2) 모래이동 규모의 패턴

각 구역별, 위치별 모래이동 규모를 비교하기 위해 각 구역에서 방향별로 얻어진 모래 이동율을 합하여 "총이동율"을 구하고 이를 비교하였다. 총이동율은 조사구역과 관계없이 대체로 사구 정상부보다 해빈-사구 경계부에서 더 큰 것으로 나타났다. 이는 해빈-사구 경계부에서 모래이동이 더 활발하게 일어났다는 것을 의미한다. 한편, A구역과 C구역 간의 유의한 차이는 나타나지 않았다. Arens(1996)에 따르면 이와 같은 모래이동 패턴은 식피 사구에서 특징적으로 관찰되는 패턴이다. 또한 여러 해안사구 연구자들의 연구결과에 의하면 이와 같은 패턴은 전사구에서 널리 관찰되는 패턴이다(Goldsmith et al., 1990; Carter and Wilson, 1990; Davidson-Arnott and Law, 1990). Wiggs(2001)에 따르면 식생 피복이 없는 일반적인 사막사구에서는 정상부로 갈수록 풍속이 증가하여 사구 말단부보다 사구 정상부에서 모래이동이 더욱 활발하게 일어난다. 따라서, 이와 같은 패턴은 전사구의 고유한 모래이동 패턴으로 결론 지을 수 있으리라 생각된다.

3) 유입비사의 입도 패턴

해빈에서 전사구로 유입된 비사 중 분석이 가능한 정도로 포집된 시료 43개에 대해 입도분석을 실시하였다. 전체적으로 비사의 평균입도는 해빈사의 평균입도는 사구 표층퇴적물의 평균입도보다 세립한 것으로 나타났다. 구역별로 보면, A구역에서 포집된 비사가 C구역에서 포집된 비사에 비해 조립한 것으로 나타났다. 이는 서종철(2001)의 연구에서 보고한 바 사구 표층퇴적물의 평균입도가 보이는 경향과 일치한다. 그러나 그 원인에 대해서는 본 연구의 범위에서 밝힐 수 없었다. 해빈 퇴적물의 특성과 관련이 있을 것으로 사료되나 추후 연구과제로 돌린다.

해빈-사구 경계부에서 포집된 비사와 사구 정상부에서 포집된 비사 간에서 유의한 입도차이가 관찰되지 않았다. A구역의 경우, 해빈-사구 경계부에서 포집된 비사가 사구 정상부에서 포집된 비사보다 조립한 경향을 보이기는 하였으나, C구역에서는 이런 경향이 확인되지 않았다. Bauer (1990)는 전사구의

경사로 인해 사구사의 재분급이 일어날 수 있다고 보고했으나, 신두리 해안사구 지대 전사구에서는 사구 지형에 의한 사구사의 재분급 현상이 뚜렷이 나타나지 않았다.

4) 구역/구간별 부피변화

침식핀에서 측정한 고도변화값을 이용하여 분석한 결과, 연구기간동안 조사구역 A,B,C의 전사구열이 모두 대체로 지속적인 부피증가를 보인 것으로 나타났다. 증가량은 A구역이 $2.26\text{m}^3/\text{m}$, B구역은 $7.34\text{m}^3/\text{m}$, C구역은 $2.48\text{m}^3/\text{m}$ 로 A, B구역은 비슷한 증가 규모를 보인 데 반해 B구역은 거의 3배에 가까운 증가 규모를 보였다. 이러한 결과를 설명할 수 있는 한 가지 요인으로 꼽을 수 있는 것은 사구열의 방향과 해안 대비 사구열의 고도이다.

한편, 전사구의 부피증가는 A, B, C구역 모두 유사한 패턴을 보였다. 즉, 부피 증가의 중심이 해변-전사구 경계부에서 사구 전면부를 거쳐 사구 정상부로 이동하는 패턴을 보였다. 이것은 해변-사구 경계부의 모래이동 규모가 사구 정상부보다 크게 나타나는 모래이동 패턴이 반영된 것으로 전사구에 존재하는 식생 피복으로 인한 것이다.

5) 전사구열의 지형변화 패턴

전사구열의 부피변화는 조사구역 별로 차이를 보이기는 하지만 조사 축선 간의 부피 변화의 상관성을 살펴보면 높은 양의 상관관계를 보임을 알 수 있다. 또한 각 구역별로는 식생 피복이 대부분 덮이는 2월 이후로 유사한 변화 양상을 보여주고 있다. 이를 통해 볼 때, 신두리의 전사구열은 해변에서 유입된 비사에 대해 하나의 일체로 반응하고 있다고 할 수 있다.

참고문헌

- 박동원·유근배, 1979, "우리나라 서해안의 사구지형", 지리학 논총, 6, 1-10.
- 서종철, 2001, "서해안 해안사구의 지형변화와 퇴적물 수지", 서울대학교 대학원 지리학과 박사학위논문.
- 이중학, 1985, "해안사방공작물의 사구안정기능에 관한 기초적 연구", 서울대학교 대학원 입학과 입학전공 석사학위논문.
- 이창복, 1977, "서해안 비인지역에 발달한 해안사구 퇴적층의 퇴적학적 특성에 관하여", 서울대학교 대학원 해양학과 석사학위논문.
- Arens, S.M., 1996, Patterns of sand transport on vegetated foredunes, *Geomorphology*, 17, 339-350.
- Bauer, B.O., 1991, Aeolian decoupling of beach sediments, *Annals of the Association of American Geographers*, 81(2), 209-303.
- Carter, R.W.G., 1988, *Coastal Environments: an introduction to the physical, ecological and cultural systems of coastlines*, Academic Press.
- Carter, R.W.G. and Wilson, P., 1990, The geomorphological, ecological, and pedological development of coastal foredunes at Magilligan Point, Northern Ireland. In Nordstrom, K.F., Psuty, N.P. and Carter, B. (eds.), *Coastal Dunes, Form and Process*, John Wiley & Sons, 129-157.
- Davidson-Arnott, R.G.D. and Law, M.N., 1990, Seasonal patterns and controls on sediment supply to coastal foredunes, Long Point, Lake Erie, In Nordstrom, K.F., Psuty, N.P. and Carter, B. (eds.), *Coastal Dunes, Form and Process*, John Wiley & Sons, 177-200.
- Leatherman, S.P., 1978, A new aeolian sand trap design, *Sedimentology*, 25, 303-306.
- Rosen, P.S., 1978, An efficient, low cost, aeolian sampling system, In Geological Survey of Canada, *Current Research, Part A*, 78-1A, 531-532.
- Wiggs, G.F.S., 2001, Desert dune processes and dynamics, *Progress in Physical Geography*, 25(1), 53-79.