

## 유류오염사고로 인한 태안해안 사구 식생의 변화와 보전방안

# Conservation Suggestion and Changing Psamophytic Vegetation of Coastal Dune in Taean Seashore After an Oil Spill Accident by the Hebei Spirit

류새한<sup>1</sup> · 김만호<sup>2</sup> · 정주영<sup>3</sup>

<sup>1</sup>서원대학교 과학교육과, <sup>2</sup>식물사회학연구소, <sup>3</sup>국립공원관리공단 유류오염연구센터

### 서론

사구(砂丘, dune, sand dune)란 모래의 이동에 의하여 형성된 모래언덕으로서 형성 장소에 따라 내륙사구(사막)와 해안사구로 구분되나 우리나라에는 내륙사구가 없으므로 일반적으로 해안사구를 이른다.

해안사구(海岸砂丘, coastal dune)는 해류와 연안류에 의해 운반된 해변의 모래가 바람에 의해 내륙으로 다시 운반되어 해안선을 따라 평행하게 쌓인 모래언덕으로 일차적으로 해안선을 따라 형성되는 전(前)사구와 퇴적된 모래가 다시 침식·운반·퇴적되면서 형성되는 이차사구로 구분된다(환경부, 2002).

특히 해안사구(coastal dune)와 해변(海濱, sand beach), 즉 해변의 모래밭은 ‘밀물과 썰물’보다는 ‘파도와 바람’의 영향을 강하게 받는 해안에 나타나는 지형으로 외해(外海)로 연한 해안지역에 발달한다(Numata, 1974).

모래가 바람에 날리고 파도에 밀려서 형성되는 사구와 해변 사이에는 퇴적물의 교환현상이 왕성하게 일어난다. 두 지형은 이어져 있지만 해변은 파도의 영향을 많이 받는 해양생태계에 가까운 반면, 해안사구는 바람에 의해 조정되고 육상생태계에 훨씬 가깝다. 그러나 해안은 내륙지역과 달리 자외선이 강하고 염분의 영향을 받기 때문에 식물이 생육하기 어려운 열악한 환경이므로 이러한 생태계 전이지역에는 종다양성은 낮지만 특수하게 적응된 식물이 바다나 육지 생태계와는 또 다른 독특한 식생대를 형성하여 해안선을 따라 대상(帶狀)으로 발달한다(Ishizuka, 1961, Ishizuka, 1962, Saito et al 1965, 宮脇, 1977).

이러한 해안사구는 경관이 수려하고 개발이 상대적으로 쉽기 때문에 해수욕장이나 규사광산 등으로 개발되어 원래의 상태로 잔존된 곳이 거의 없는 실정이다. 안면도 ‘꽃지 해안사구’는 수 년 동안의 규사 채취로 이미 거대한 사구가 사라졌고 그나마 남아 있는 사구에는 콘도나 주차장 같은 각종 구조물과 시멘트 옹벽 등이 설치되었다. 만리포, 천리포, 몽산포, 학암포 등 태안반도에 있는 대부분의 해안사구는 해수욕장 개발로 본래의 모습을 잃어가고 있다.

이에 해안사구의 보전을 위해 해안로의 차량진입 단속과 사구지역에 출입 통제목 설치, 사구지역에서 백사장을 잇는 목재 데크(board walk) 설치 등 사구 보전을 위한 조치가 있었다(국립공원관리공단, 2006).

국내에서 해안식생에 대한 연구로는 서해안의 사구식생(이 및 전, 1984, 임, 1961), 동해안의 사구식생(이 등, 1982), 남해안의 사구식생(이 및 전, 1983), 제주도의 해안식생(Park and Lee, 1969, 大場 및 菅原, 1979)에 관한 연구가 있고, 근년에 들어서 염생식물 군락에 관한 연구는 많이 행해지고 있으나 해안식생에 관한 연구는 거의 찾아볼 수 없다.

따라서 본 연구는 우리나라에서 사구가 가장 넓게 분포하는 지역인 태안해안국립공원을 대상으로 해양생태계의 보호에 가장 효과적이며 자연적인 수단인 해안사구 자체의 식생현황과 2007년 발생한 유류오염 사고로 인한 해안사구 식생의 변화를 조사하여 훼손된 해안사구의 식생복원 시 적절한 관리방안 수립을 위한 생태학적 자료를 제공하는 데에 목적이 있다.

## 재료 및 방법

### 1. 연구내용

충청남도 해안에는 해변 또는 사빈(沙濱, sand beach)에 비해 규모가 큰 해안사구가 발달한 것이 특징적이다. 그리고 모래밭인 사빈에 모래가 부족한 것과 대조적으로 해안사구에는 모래가 두껍게 쌓여 있다.

모래가 절대적으로 부족한 충청남도 해안에서 사구의 모래층이 두껍게 형성된 까닭은 플라이스토세(Pleistocene)의 고사구(古砂丘)가 상당한 부분을 차지하기 때문이다. 충청남도 해안의 해안사구를 구성하는 모래는 입도(grain size)가 작다. 태안반도와 안면도의 지질은 주로 선캄브리아대의 변성암인 서산층군과 경기편마암복합체에 속하는 암석으로 이루어졌으며, 이로 인하여 입도가 작은 풍화산물이 생산되었다(강, 2003).

본 연구대상지인 태안해안국립공원 지역은 이러한 충청남도 태안군 및 보령시에 위치하고 있다. 태안해안국립공원 내에 분포하는 사구는 28곳으로 전국 사구 133곳의 21.0%를 점유하며, 사구의 상태가 양호한 지역 5곳, 보통 지역 14곳 그리고 파괴된 지역 9곳임이 확인되었다(환경부, 2002).

본 연구는 태안해안국립공원 내에 분포하는 해안 사구식생에 대하여 2005년 4월부터 2007년 10월까지 식물사회학적인 방법으로 조사하고, 유류오염사고 직후 2007년 12월부터 2010년 6월까지 유류오염사고와 인위적인 훼손에 따른 환경 및 식생의 변화를 조사하였다.

### 2. 연구방법

조사기간은 2005년 4월부터 2010년 6월까지 계절적인 요인을 감안하여 봄(4~5월), 여름(6~8월), 가을(9~10월)에 현지조사를 실시하였다. 식생조사는 조사 대상지의 지형, 상관 및 식생의 높이 등을 고려해 태안해안국립공원 사구 전역(28곳)의 외래식물의 침입이 없고 인위적 교란이 거의 없는 양호한 지역에 0.25~25m<sup>2</sup>크기의 방형구 192개를 설치하여 식물사회학적 방법(Braun Blanquet, Z-M학과 방법, 1964)에 따라 조사하였다. 조사구에 출현하는 종은 현장에서 직접동정하고, 일부 미동정종은 채집 후 식물도감(이, 1996, 이 2003)을 활용하여 확인하였다.

## 결과 및 고찰

2005년 4월부터 2007년 10월까지 태안해안국립공원 내에 분포하는 해안 사구식생에 대하여 식물사회학적인 방법으로 조사한 결과 15개 군락이 분포하였다.

사구의 식생유형은 초본식생 3 유형, 목본식생 1 유형으로 구분되었는데, 초본식생 I 은 만조시 바닷물의 영향을 받고 부분적으로 실트가 퇴적된 입지에 분포하는데 칠면초(*Suaeda japonica*) 군락, 갯질경(*Limonium tetragonum*) 군락, 갯잔디(*Zoysia sinica*) 군락, 지채(*Triglochin maritimum*) 군락, 나문재(*Suaeda asparagoides*) 군락, 수송나물(*Salsola komarovi*) 군락 등이 분포하였다. 초본식생 II 는 전(前)사구에서 2차 사구, 사구 습지 등 다양한 해안사구 입지에 형성되며 통보리사초(*Carex kobomugi*) 군락과 산조풀(*Calamagrostis epigeios*) 군락이 분포하였다. 초본식생 III 은 전사구에 주로 형성되는데 좁보리사초(*Carex pumila*) 군락, 갯그령(*Elymus mollis*) 군락, 갯메꽃(*Calystegia soldanella*) 군락, 갯완두(*Lathyrus japonica*) 군락, 갯쇠보리(*Ischaemum antheplioroides*) 군락 등이 분포하였으며, 목본식생으로는 해당화(*Rosa rugosa*) 군락, 순비기나무(*Vitex rotundifolia*) 군락 등이 분포하였다.

해안사구의 군락을 이루는 주요 식물종은 갯그령, 통보리사초, 갯완두, 해당화, 갯메꽃, 좁보리사초 등인데, 이들 식물은 긴 지하경으로 수평 혹은 수직으로 성장하며 입지의 상태에 따라 수직 혹은 수평생장을 적절히 조절하면서 사구라는 건조하고 열악한 환경을 이겨내면서 우점하고 있는 식물들이다.

이들 식물들은 근계가 발달되거나 수분증산을 최소화하기 위하여 체표가 혁질화(革質化)되거나 또는 수분을 체내에 저장하기 위하여 다육화(多肉化)된 식물들로(宮脇, 1977), 해안으로 부터의 거리에 따라 식물의 분포 및 생장에 현저한 차이를 보이고 있다(이 및 전, 1984). 태안 해안의 사구에서는 통보리사초가 해수의 영향을 직접 받지 않는 해안사구 전역에 분포하고 있는데, 통보리사초는 모래 이동이 가장 심한 곳에 생육하는 선구 사구식물로 알려졌다. 해당화는 patch상으로 분포하였으며, 순비기나무는 좀 더 넓은 면적에 분포하였다. 이는 덩굴성으로 길게 자라는 순비기나무가 식피율이 더 높기 때문으로 사료된다. 특히 갯그령은 호질소성식물(nitophilous plant)로 양분이 있는 곳에서만 생육이 가능하며(Numata, 1974), 이들 식물은 이동

사구식생(mobile dune vegetation)을 구성하는 주요종의 하나이다. 육지쪽 사구에는 갯쇠보리, 갯그렁이 좁게 분포하며, 만조시 침수되는 입지에는 갯잔디군락이 넓게 분포하고 있다.

전체적으로 보면, 해안사구의 식생은 해안선에서 육지 쪽으로 해안선을 따라 대상(帶狀)분포를 보이는 것이 특징적이라는 기존의 연구결과(Ishizuka, 1961, Numata, 1974)와 일치하며, 염습지(Salt marsh) 및 해안사구에 서식하는 염축적형(鹽蓄積型)인 명아주과, 염배제형(鹽排除型)인 벼과와 사초과에 속하는 식물들로서 건조와 고염환경(高鹽環境)을 효율적으로 극복해 나가는 생리적 특성을 갖고 있는 식생이 분포하고 있다(최 등, 2004)는 연구결과와 일치하는 명아주과의 칠면초, 나문재, 수송나물 등과 벼과의 갯쇠보리, 갯그렁, 사초과의 통보리사초, 좁보리사초 등이 본 연구에서도 확인되었다.

지형적으로 유류오염으로 인한 직접적인 피해는 거의 없었으며, 2차적인 피해가 야기되었다. 유류오염사고 직후 2007년 12월부터 2010년 6월까지 태안해안국립공원 내에 분포하는 해안 사구를 대상으로 유류오염사고와 인위적인 훼손에 따른 환경 및 식생의 변화를 조사한 결과는 다음과 같다.

유류오염 방제 작업시 사구는 차량주차 및 야적장으로 이용되고, 사람, 포크레인 이동 등으로 인하여 사구식물의 새순이 훼손되어 생육속도가 느리고 식피율도 현저히 낮은 것으로 확인되었다. 사구식물의 지하경은 표면에서 약 10cm 아래에 형성되어 있으며, 특히 갯씀바귀의 지하경은 아주 약하여 이러한 지하경(새순 포함)이 지속적으로 강한 압력으로 답압의 스트레스를 받고, 일부는 이른 시기에 지상으로 노출되어 고사하기도 하였다. 2008년 7월 완전히 회복되지 않은 상태에서 여름 야영지, 튜브 대여소, 평상설치, 모닥불 등으로 인하여 훼손이 가중되었다. 또한 생태계 교란야생식물인 가시박, 애기수영, 돼지풀, 왜래식물인 망초류, 달맞이꽃, 백령풀 등의 분포가 급속도로 확산되었다. 2010년 6월 현재는 일부 지역을 제외하고는 사고 이전의 상태로 식생이 회복되고 있으나, 왜래식물의 피도는 여전히 높은 상태이다.

사구식생의 보전방안으로는 첫째, 해안사구가 태풍이나 해일로 부터 배후지역인 생활 터전을 보호하며 해안지역의 지하수 유지에 큰 역할을 한다는 사실을 인식하지 못하는

경우가 있으므로 해안 사구생태계의 중요성, 희소성 및 우수성에 대한 홍보와 교육이 필요하다.

둘째, 해안사구지역이 관행적인 해수욕장 이용이 반복되고 있어 훼손이 심각하므로 자연휴식년제의 도입이 필요하지만 대부분 사유지로 구성되어 있으므로 적극적으로 매입하여 사구지역을 포함한 국립공원지역의 국유화가 필요하다.

셋째, 가시박, 돼지풀, 애기수영 등 생태계교란 야생식물 및 망초류, 달맞이꽃 등 외래식물이 침입하여 자생종의 생존을 위협하거나 서식범위를 넓혀가므로 교란식물 및 외래식물의 생태를 파악하여 과학적으로 제거하여야 한다.

마지막으로 해안사구에 대한 지리학적, 지질학적, 해양학적, 생태학적인 정밀조사를 실시하여 해안사구의 보호가치를 평가하고 그 결과에 따라 해안사구를 보전·보존·복원구역으로 구분하여 적극적이고 체계적인 관리가 필요하다고 사료된다.

## 인용문헌

- 강대균(2003)해안사구의 물질 구성과 플라이스토세충-충청남도 해안을 중심으로. 대한지리학회지 38(4):505-517.
- 국립공원관리공단(2006) 태안해안국립공원 관리방안. 태안해안사무소.
- 이우철·전상근·김준민(1982) 한국해안식물의 생태학적 연구. -동해안의 사구식물군락의 종조성과 현존량에 관하여-. 강원대학교 논문집. 16:113-124.
- 이우철·전상근(1984) 한국해안식물의 생태학적 연구. -서해안의 사구식생에 관하여-. 한국생태학회지. 7:74-84.
- 이우철(1996) 원색한국기초식물도감. 아카데미서적.
- 이우철·임양재(1978) 한반도 관속식물의 분포에 관한 연구. 식물분류학회지. 8(부록): 1-33.
- 이창복(2003) 원색 대한식물도감. 향문사.
- 임양재(1961)가자해안의 식생에 관한 군락학적 연구. 중앙대학교 석사학위논문.
- 최성철·배정진·추연식(2004) 해안 식물의 무기 및 유기용질 양상. 한국생태학회지. 27(6):355-361.
- 환경부(2002)전국해안사구정밀조사보고서. 국립환경과학원
- 宮脇昭.(1977) 日本の植生. 學習研究社.
- 大場達文, 菅原久夫(1979) 濟州道の海岸植生. 植物地理及び分類研究. 27(1):1-19.

- Braun-Blanquet, J. (1964) Pflanzensoziologie. -3. Aufl. Springer, Wien.
- Ishizuka K.(1961) Ecological studies on the vegetation of coastal sand dunes. 1. An analysis of vegetation on a recently formed sand bar. Annual Report, Gakugei Faculty, Iwate Univ., 19:37-68.
- Ishizuka K.(1962) Ecological studies on the vegetation of coastal sand dunes. 2. Succession in vegetation and developmental processes of dunes. Annual Report, Gakugei Faculty, Iwate Univ., 20:139-172.
- Numata, M(1974)The Flora and Vegetation of Japan. Kodansha Lt. Elsevier Scientific Pub. Company, Tokyo.
- Park, B. K. and K. J. Lee(1969) A phytosociological study of the sand dune plants on the Sungna-po, Quelpart Island. J.K.R.I.B.L. 3:161-174.
- Saito, K., K. Yoshioka and K. Ishizuka.(1965)Ecological studies on the vegetation of dunes near Sarugamori, Aomori Prefecture. Ecol. Rev. 16(3):163-180.