

태안반도 해안사구의 생태적 구조 분석을 통한 유형화 및 관리방안 연구[†]

A Study on Typology and Management through Ecological Structure Analysis of Coastal Dunes on the Taean Peninsula[†]

피재황*, 한봉호**, 박석철***

*일신이앤씨 환경부 박사, **서울시립대학교 조경학과 교수, ***서울시립대학교 도시과학연구원 연구원

Pi, Jae-hwang*, Han, Bong-Ho**, Park, Seok-Cheol***

*Ph.D. in Landscape Architecture, Ilshin E&C Department of Environment

**Professor, Dept. of Landscape Architecture, University of Seoul

***Researcher, Institute of Urban Science, University of Seoul

Received: May 23, 2025

Revised: June 26, 2025 (1st)

Accepted: July 28, 2025

3인인명 심사필

Corresponding author :

Bong-Ho Han

Professor, Dept. of Landscape
Architecture, University of Seoul,
Seoul 02504, Korea

Tel.: +82-2-6490-5521

E-mail: hanho87@uos.ac.kr

국문초록

본 연구는 기후변화, 해수면 상승, 침식강도 등의 환경변화와 무분별한 개발로 훼손되고 있는 서해안 해안사구 관리방안 마련을 위해 해안사구 형성과 훼손에 대한 메커니즘을 분석하였다. 해안사구 입지특성과 생태특성을 분석하여 유형화하였으며, 유형화를 바탕으로 관리방안을 제시하였다. 본 연구는 충청남도 서해안 태안반도 및 안면도 일대의 해안사구를 대상으로 하였다. 해안사구 유형화는 지형 연결성 확보, 전사구 초본 식생 및 방풍림 등의 양호한 식생 분포, 이용과 보존의 노력 등 3가지 요인으로 설정하였다. 지형 연결은 연결지역과 단절지역으로 크게 구분되며, 연결지역은 자연형 연결과 인공형 단절지역에 자연 회복되어 연결된 지역과 복원공사를 통해 연결된 지역이 포함된다. 식생 분포는 형태에 따라 분류하며 크게 전사구 초본 식생 유무에 따라 구분되고, 전사구 식생 이외에 방풍림의 층위구조 구성에 따라 복층, 단층, 방풍림 없는 지역으로 분류하였다. 또한 전사구와 방풍림의 이용현황과 이용강도에 따라 해안사구를 분류하였다. 해안사구 관리를 위해서는 모래의 이동이 가능한 지형연결성이 있어야 하고, 모래를 퇴적시킬 수 있는 초본 식생과 비사의 퇴적을 위한 방풍림, 그리고 과도한 이용 제한과 추가 훼손을 방지하는 방안 등 해안사구 전체적인 관리방안이 수립되어야 한다.

주제어: 입지 특성, 지형 단면, 식생 분포, 방풍림 관리, 사구 초지

ABSTRACT

This study aims to devise a management plan for coastal dunes that have been damaged by irresponsible development, which has neglected changes in the natural environment, such as climate change, current sea level rise, and erosion. The mechanism for the formation and damage of coastal dunes, as well as the stereotyped locational and ecological characteristics of coastal dunes, were analyzed, and the results suggest a management plan in accordance with these characteristics. This study covers the west coast of Chungcheongnam-do Province, specifically the Taean Peninsula and Anmyeondo, where coastal dunes are well-developed. A summary of this study is as follows. According to topographic connectivity, it is largely divided into connected and disconnected areas. The connected area encompasses both naturally restored areas and those that have been restored through artificial means, thereby reconnecting the previously disconnected areas. Areas are classified according to the distribution of vegetation, and are largely divided according to the presence or absence of herbaceous vegetation throughout the entire area. Vegetation is divided into double-layer, single-layer, and windbreak-free areas according to the stratified structure of the windbreak forest. Coastal dunes are classified according to the status and intensity of use of the entire area and the windbreak forest. To manage coastal dunes effectively, there must be topographic connectivity that allows sand to move, herbaceous vegetation that can deposit sand, windbreak forests for sediment deposition, and an overall dune management plan that prevents excessive use and restricts additional damage.

[†]본 논문은 피재황의 2015년도 서울시립대학교 대학원 박사학위논문 일부를 수정·보완하여 발전시킨 것임.

Keywords: Locational Characteristics, Slope Section, Distribution of Vegetation, Management of Shelter-Belt, A Grassland Sand-Dune

1. 서론

1990년대 후반 자연자원이자 관광자원인 해안사구 유실이 사회적 문제로 대두되기 시작하였다. 해안사구(coastal sand dune)는 해류와 연안류에 의해 운반된 해변의 모래가 바람에 의해 내륙으로 운반되어 해안선을 따라 평행하게 쌓인 모래언덕으로서(오현경 등, 2005) 해안지역의 특성과 내륙지역의 특성이 공통으로 나타나는 생태적 전이대(ecotone)이다(김재은과 홍선기, 2009). 해안사구는 풍향이 바다에서 육지 쪽으로 부는 지역 중에서 대기 중에 노출되는 모래의 양이 풍부하며, 해변 후면에 식생이 자라고 있어 모래의 퇴적을 촉진시킬 수 있는 곳에 대규모로 발달한다(Packham and Willis, 1997; 명현호, 2010). 해안사구 식생군락은 태풍과 해일로부터 해안선과 배후 농경지를 보호하는 역할을 한다(Kutiel, 2001). 사구 지대의 담수는 바닷물과의 밀도 차에 의해 바닷물이 육지로 침입하는 것을 방지하여 담수생태계를 보호한다. 해안에서 육지 방향으로 모래 이동, 염분 및 양분 분포 등의 구배가 형성되고, 이 구배에 따라 분포하는 식생이 다르다(Acosta et al., 2007; Das et al., 2017).

최근 해안사구는 생태계를 고려하지 않은 개발이 추진되고, 해안경관이 좋은 사구 위에 직접 건물을 짓는 경우가 많아 퇴적물의 교환과 이동을 저해하여 사구환경을 악화시켰다(최성원, 2005). 해안사구는 자연적인 변화보다는 인간의 직접적인 활동으로 인해 사구경관 및 생태계가 변화하고 있다(서병수 등, 2006). 해안사구는 인위적인 간섭으로 인해 자연식생이 감소하고 침입종이 증가하고 있으며, 이는 생물상 및 식생 변화, 기능 파괴, 경관 변화 등의 부정적인 결과를 야기하고 있다(Ihm et al., 1999; 최영은, 2019).

서해안에 분포하는 대부분의 사구에는 육지로 날리는 모래를 막기 위하여 해안림이 조성되어 있다. 해안림 전면부(바람이 불어오는 방향)의 풍속 감소는 사구의 침식을 유발할 수 있다. 해안림 전면부 풍속 감소로 인하여 해변-사구 상호작용이 원활하지 않아 여름철 해일과 태풍에 침식되고 복구되기 까지 상당한 시간이 걸렸다(최광희 등, 2012). 김윤미 등(2021)은 적절한 사구 지형을 유지하기 위해서는 초본지대 폭을 유지 할 수 있도록 해안림을 해안 가까이에서 조성하지 않고, 수목의 밀도를 줄이는 등 적극적인 관리가 필요하다고 하였다. 과거에는 해안사구 복원과 관리를 위해 사구 유실에 대한 구조적인 문제인 안전을 중심으로 하였으나, 최근에는 사구 생태시스템을 복원하여 통합적으로 관리하는 방향으로 목표와 전략이 옮겨가고 있다(Kutiel, 2001; Phillips et al., 2007). 해양개발은 해양 퇴적물 순환에 교란을 일으키며, 해변에 공급되는 모래에 영향을 미쳐 사구지역 고유 생태계를 변화시킨다(Brown and McLachlan, 2002; Taveira, 2004). 해안지역 개발은 환경 요인을 악화시키며, 연안관리를 위해서는 환경을 우선적으로 고려해야 한다(Cendrero and Fischer, 1997; Phillips et al., 2007).

우리나라 해안사구 훼손에 관한 연구는 토목과 해양물리 그리고 지리학적 관점에서 접근하였으며, 자연생태계 분야에서는 식물상, 동물상 등 개별 분야 또는 분류군별 연구가 수행되었을 뿐 아직까지 자연환경 요소부터 종합적인 관점에서 훼손 원인과 형성 매커니즘을 밝히는 접근은 많지 않았다. 해안사구는 국지적인 환경조건과 생태환경에 따라 다양하게 나타나므로 해안사구 생성 기원부터 관리되고 있는 환경 현황까지 통합적인 조사를 통해 생태적 관리방안이 마련되어야 한다.

본 연구는 서해안 태안반도와 안면도 일대 해안사구를 대상으로 해안사구 발달과 훼손 현황을 파악하였다. 이를 통해 지형단절, 초본 식생, 방풍림, 이용강도, 배후지역 토지이용 등 생태적 구조분석을 통해 해안사구를 유형화하여 해안사구 유형별 생태적 관리방안을 마련하고자 하였다.

2 연구 방법

2.1 연구대상지 선정

2001년 환경부 해안사구 현황조사에서 충청남도 태안지역에는 30개의 해안사구가 분포하고 있었다(환경부, 2001). 이후 국립생태원(2017)에서 설정한 해안사구 범위는 평균해수면으로부터 내륙의 해변과 도양 및 퇴적물이 사질로 되어있는 나지, 식생으로 피복되어 있는 배후지역까지 포함하여 국내 해안사구는 총 208개인 것으로 파악되었다. 국립공원공단(2017)에서는 전체 국립공원 내 총 34개의 해안사구를 확인하였고, 태안해안국립공원에는 총 24개소의 해안사구가 있는 것으로 보고하였다. 국립공원연구원(2024)에서는 기존 사무소별 수행하던 모니터링을 조사분석데이터 관리 측면에서 국립공원연구원으로 일원화하여 정밀모니터링을 수행하고 있다. 연구대상지는 태안군 내부 자료를 활용하여 관내 총 32개소 해안사구 중 10개소 해안사구(음영)를 선정하였다(표 1 참조). 연구대상지 선정은 해양 특성이 유사한 지역, 모래의 외부 유입이 없는 지역, 입지와 해양환경 영향이 동일한 해안사구, 해안사구가 적극 이용되고 있는 지역, 이용에 따른 훼손 관리가 이루어지고 있는 지역 등의 기준에 부합하는 해안사구를 선정하

표 1. 태안군 소재 해안사구 현황 및 연구대상지

번호	해수욕장	해빈		방풍림			배후 산지	시설지	번호	해수욕장	해빈		방풍림			배후 산지	시설지
		길이 (m)	폭 (m)	수목	폭 (m)	길이 (m)					길이 (m)	폭 (m)	수목	폭 (m)	길이 (m)		
1	꾸지나무골	200	150	교목(상)	30	170	○	×	17	곰섬	300	200	교목(상)	80	320	○	○
2	사목	300	150	-	-	-	○	×	18	몽산포	3,000	250	교목(상)	300	1,400	×	○
3	학암포	2,000	200	-	-	-	○	○	19	청포대 A	1,000	300	교목(상)	400	760	×	×
4	구례포	1,500	150	교목(상)	180	650	○	×	20	청포대 B	1,000	300	교목(복층)	470	2,200	○	○
5	신두리	3,000	150	-	-	-	×	○	21	백사장	1,200	300	교목(상)	100	850	×	○
6	구름포	500	200	교목(상)	40	200	○	×	22	삼봉	3,800	300	교(복층)	230	1,100	×	○
7	의항	900	200	교목(상)	30	270	○	○	23	기지포	2,000	250	교(복층)	280	1,100	×	×
8	방주골	800	200	-	-	-	○	○	24	안면	1,000	250	교목(상)	50	850	×	○
9	천리포	1,000	200	-	-	-	×	○	25	두여	1,500	260	-	-	-	○	×
10	만리포	3,000	250	-	-	-	○	○	26	빛개	3,400	250	교(복층)	80	1,100	×	○
11	어은들	1,000	200	교목(상)	30	190	○	○	27	방포	700	200	-	-	-	×	○
12	파도리	1,000	200	-	-	-	○	○	28	꽃지	4,200	250	교목(복층)	70	1,700	○	○
13	통개	700	200	-	-	-	○	○	29	삿별	1,500	240	교목(상)	30	240	○	○
14	갈음이	800	250	교목(상)	170	130	○	×	30	장삼포	500	200	교(상)	260	760	×	×
15	연포	1,600	200	교목(상)	40	270	×	○	31	장돌	1,500	200	교(상)	100	400	×	×
16	마검포	500	200	교목(상)	100	1,900	×	×	32	바람아래	1,000	200	-	-	-	○	×

였다. 본 연구에서는 남북방향의 배치가 되어있는 지형이 유사한 지역을 선정하여 환경요인에 대한 변수를 제거하였으며, 해빈에 의해 해안선이 결정되는 지역을 대상으로 선정하였다.

2.2 조사분석 방법

2.2.1 지형단면 분석

지형단면 분석은 해안사구의 지속성과 지역에 따른 식생분포 특성을 파악하기 위해 대표성을 가지는 지역을 선정하여 19개소의 지형단면을 조사하였다. 지형단면은 폭 5~10m의 Belt-transect 조사를 실시하였다. 경사계(Clinometer)를 이용하여 지형변화에 따른 경사도를 측정하면서 단면도를 작성하였고, 우점종에 따라 식생군락의 분포를 도면화하였다(그림 1 참조).

2.2.2 퇴적량 분석

토양 퇴적현황을 조사하기 위해 사빈 지역은 만조위 선에서 10m 육지 쪽과 방풍림 내부에는 유형에 따라 전면부 식생 분포지역의 퇴적량을 조사하였다. 해빈은 침수지역까지 단면을 조사하였으며, 방풍림은 유기물층, A층, B층으로 구분하여 조사하였다.

2.2.3 방풍림 식생구조 분석

조사구 설정은 식생 유형에 따라 관목 분포지역 5m×5m(25m²), 교목 분포지역 10m×10m(100m²) 크기 조사구를 설정하여 조사하였다(표 2 참조). 해안사구의 초본 식생지역은 인간의 직접적인 이용으로 인한 손상을 분석하기 용이하다. 초본 식생대는 답압에 의한 영향이 크며, 관측이 용이하여 교란에 의한 지표로서 활용될 수 있다(김종덕 등, 2005). 초본 식생 조사는 Braun-Branquet(1964)의 방법으로 출현종의 우점도 및 균도를 조사하였다. 각 조사구의 층위별 종간 상대적 우세를 비교하기 위하여 식생구조 조사자료를 바탕으로 Curtis and McIntosh(1951)의 중요치(I.V.: Importance Value)를 통합하여 백분율로 나타낸 상대우점치(I.P.: importance percentage)를 계산하였다(Brower and Zar, 1977). 그리고 개체들의 크기를 고려하여 수관층위별로 가중치를 부여하여 평균상대우점치(M.I.P.: Mean Importance Percentage)를 산정하였다(임경빈 등, 1980; 김종엽, 2012). 종수 및 개체수는 조사된 각각의 층위에서 출현한 종수와 개체수를 분석하였다. 방풍림의 층위형성 여부를 정량적으로 파악하기 위하여 단위면적당 수관용적의 합계를 나타낸 녹지용적계수(m³/m²)를 분석하였다. 수관용적은 수관폭, 수고, 지하고 측정값과 수목의 형태(구형, 기둥형, 원추형)에 따른 체적 계산공식을 적용하여 용적을 계산하였다.

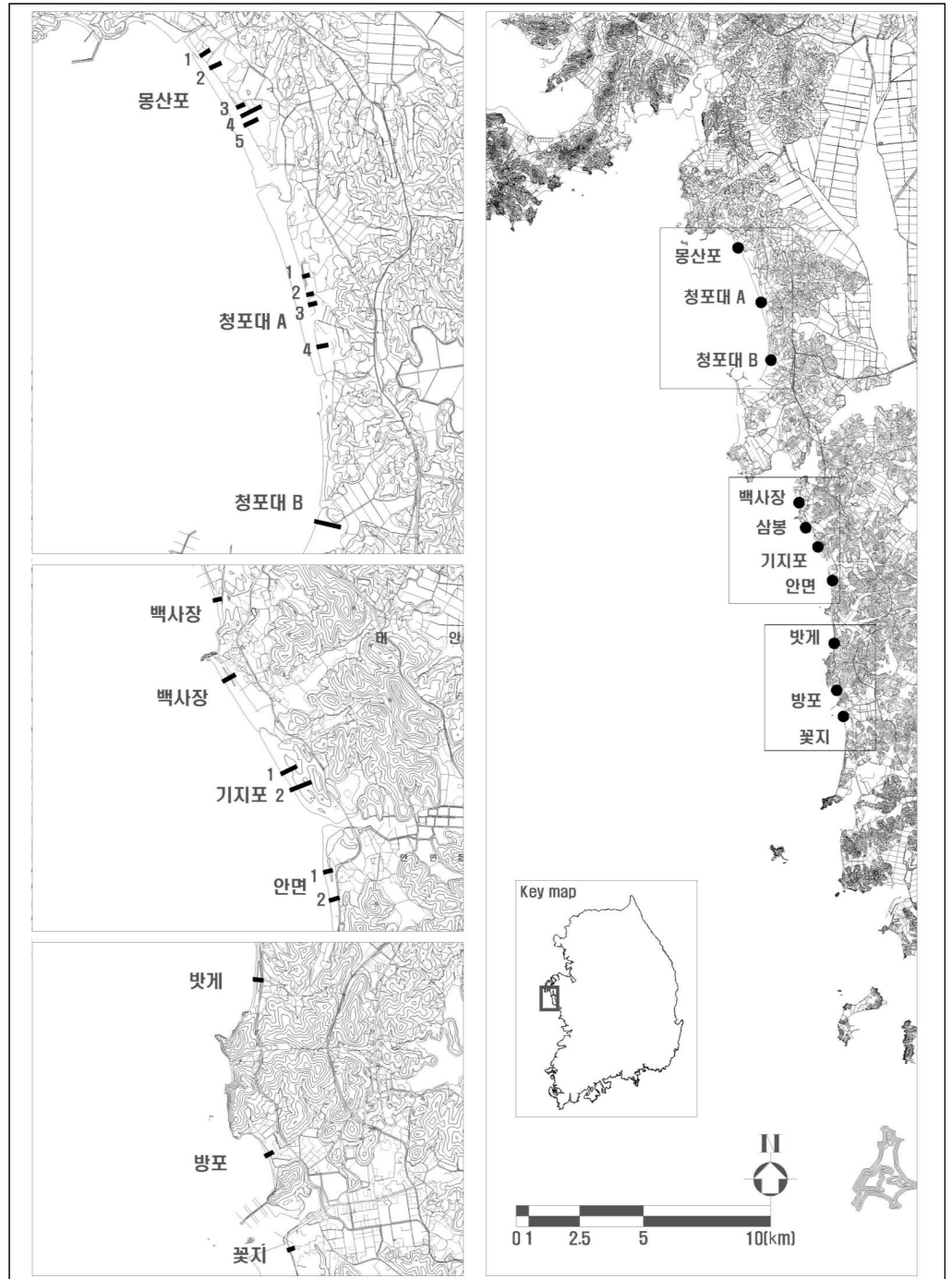


그림 1. 해안사구별 지형 단면 조사구 위치도

2.3 해안사구 유형화 방법

해안사구는 한 대상지에서 하나의 유형만 나타나는 것이 아니라 복합적으로 나타나고 있으며, 해안사구의 지속성에 영향을 주는 요소는 크게 지형 연결, 식생 분포, 이용 현황으로 구분된다(그림 2 참조).

모래의 이동을 위해서는 모래가 이동할 수 있는 지형 연결이 중요하다. 해안사구 지형은 연결지역과 단절지역으로 구분되었으며 증분류로는 자연형, 인공형, 복원형으로 구분된다. 연결지역의 자연형은 연결지형 유지지역이며, 연결형 중 인공형은 인공구조물 등으로 단절된 지역이나 자연회복에 의해 연결된 지역이다. 복원형은 인공적으로 또는 자연적으로 훼손된 지역을 복원공사를 통해 연결시킨 지역이다. 단절지역의 자연형은 단절지역을 유지하고 있는 지역과 단절지역 중 인공형 지역은 추가 침식 방지만을 위한 복원공사가 진행된 지역 또는 해안경성구조물 설치지역으로 해빈과 방풍림지역이 구조물에 의해 단절된 지역이다.

표 2. 태안 해안사구 식생구조 조사구 종합

해안사구	번호	조사구	조사지점 (사빈 시작: 0m)	조사구 크기	해안사구	번호	조사구	조사지점 (사빈 시작: 0m)	조사구 크기
몽산포-1	조사구 1	목본	30~40	10m×10m(100㎡)	청포대 B	조사구 3	목본	55~65	10m×10m(100㎡)
	조사구 2	목본	48~58	10m×10m(100㎡)		조사구 4	목본	75~85	10m×10m(100㎡)
	조사구 3	목본	82~92	10m×10m(100㎡)		조사구 5	목본	95~105	10m×10m(100㎡)
몽산포-2	조사구 1	목본	33~43	10m×10m(100㎡)	백사장	조사구 6	목본	150~160	10m×10m(100㎡)
	조사구 2	목본	58~68	10m×10m(100㎡)		조사구 1	목본	13~23	10m×10m(100㎡)
몽산포-3	조사구 1	초본	25~28	3m×3m(9㎡)	삼봉	조사구 2	목본	75~85	10m×10m(100㎡)
	조사구 2	목본	29~34	5m×5m(25㎡)		조사구 1	초본	23~26	3m×3m(9㎡)
	조사구 3	목본	42~52	10m×10m(100㎡)		조사구 2	목본	28~38	10m×10m(100㎡)
	조사구 4	목본	80~90	10m×10m(100㎡)		조사구 3	목본	38~48	10m×10m(100㎡)
몽산포-4	조사구 1	초본	24~27	3m×3m(9㎡)	기지포-1	조사구 4	목본	63~73	10m×10m(100㎡)
	조사구 2	목본	28~38	10m×10m(100㎡)		조사구 5	목본	103~113	10m×10m(100㎡)
	조사구 3	목본	42~52	10m×10m(100㎡)		조사구 1	초본	24~27	3m×3m(9㎡)
	조사구 4	목본	70~80	10m×10m(100㎡)		조사구 2	초본	32~35	3m×3m(9㎡)
	조사구 5	목본	95~105	10m×10m(100㎡)		조사구 3	초본	42~52	10m×10m(100㎡)
	조사구 6	목본	130~140	10m×10m(100㎡)		조사구 4	목본	55~65	10m×10m(100㎡)
	조사구 7	목본	230~240	10m×10m(100㎡)		조사구 5	목본	85~95	10m×10m(100㎡)
몽산포-5	조사구 1	초본	22~25	3m×3m(9㎡)	기지포-2	조사구 6	목본	110~120	10m×10m(100㎡)
	조사구 2	초본	35~40	5m×5m(25㎡)		조사구 7	목본	146~156	10m×10m(100㎡)
	조사구 3	목본	44~54	10m×10m(100㎡)		조사구 1	초본	21~24	3m×3m(9㎡)
	조사구 4	목본	60~70	10m×10m(100㎡)		조사구 2	초본	26~29	3m×3m(9㎡)
	조사구 5	목본	85~95	10m×10m(100㎡)		조사구 3	초본	32~35	3m×3m(9㎡)
	조사구 6	목본	140~150	10m×10m(100㎡)		조사구 4	목본	40~50	10m×10m(100㎡)
청포대 A-1	조사구 1	초본	20~22	2m×2m(4㎡)	기지포-2	조사구 5	목본	52~62	10m×10m(100㎡)
	조사구 2	목본	25~35	10m×10m(100㎡)		조사구 6	목본	70~80	10m×10m(100㎡)
	조사구 3	목본	36~46	10m×10m(100㎡)		조사구 7	목본	95~105	10m×10m(100㎡)
청포대 A-2	조사구 1	초본	20~23	3m×3m(9㎡)	안면-1	조사구 8	목본	142~152	10m×10m(100㎡)
	조사구 2	초본	24~27	3m×3m(9㎡)		조사구 1	초본	30~33	3m×3m(9㎡)
	조사구 3	초본	39~42	3m×3m(9㎡)		조사구 2	초본	37~40	3m×3m(9㎡)
청포대 A-3	조사구 1	초본	22~25	3m×3m(9㎡)	안면-2	조사구 3	목본	45~55	10m×10m(100㎡)
	조사구 2	목본	30~40	10m×10m(100㎡)		조사구 4	목본	66~76	10m×10m(100㎡)
	조사구 3	초본	51~54	3m×3m(9㎡)		조사구 1	초본	27~30	3m×3m(9㎡)
	조사구 4	목본	60~70	10m×10m(100㎡)		조사구 2	초본	35~38	3m×3m(9㎡)
	조사구 5	목본	70~80	10m×10m(100㎡)		조사구 3	목본	42~52	10m×10m(100㎡)
청포대 A-4	조사구 1	초본	24~27	3m×3m(9㎡)	밭계	조사구 4	목본	58~68	10m×10m(100㎡)
	조사구 2	초본	36~39	3m×3m(9㎡)		조사구 5	목본	100~110	10m×10m(100㎡)
	조사구 3	초본	60~65	5m×5m(25㎡)		조사구 1	목본	33~43	10m×10m(100㎡)
	조사구 4	초본	125~128	3m×3m(9㎡)		조사구 2	목본	55~65	10m×10m(100㎡)
청포대 B	조사구 1	초본	19~22	3m×3m(9㎡)	방포	조사구 1	목본	88~98	10m×10m(100㎡)
	조사구 2	목본	25~35	10m×10m(100㎡)	꽃지	-	-	-	-

지형연결		식 생		사구이용		
연결형	<ul style="list-style-type: none"> ■ 자연유지 연결 ■ 인공형 자연회복 ■ 복원형 	전사구 초본 있음	<ul style="list-style-type: none"> ■ 방풍림 복층 ■ 방풍림 단층 ■ 방풍림 없음 	전사구 이용	<ul style="list-style-type: none"> ■ 방풍림 이용 ■ 방풍림 보전 	<ul style="list-style-type: none"> - 전사구 구조물설치, 산책로, 도로 등 이용 - 방풍림 내부 건축물, 캠핑장, 도로 등 이용
						<ul style="list-style-type: none"> - 전사구 구조물설치, 산책로, 도로 등 이용 - 방풍림 이용 없음
단절형	<ul style="list-style-type: none"> ■ 자연형 지형단절 ■ 인공단절지 방지 	전사구 초본 없음	<ul style="list-style-type: none"> ■ 방풍림 복층 ■ 방풍림 단층 ■ 방풍림 없음 	전사구 보전	<ul style="list-style-type: none"> ■ 방풍림 이용 ■ 방풍림 보전 	<ul style="list-style-type: none"> - 전사구 이용 없음 - 방풍림 내부 건축물, 캠핑장, 도로 등 이용
						<ul style="list-style-type: none"> - 전사구 이용 없음 - 방풍림 이용 없음

그림 2. 해안사구 유형 종합

해안사구에서 전사구 초본 식생은 모래 이동을 제어하여 해안사구를 보전하는 역할을 하고 있으며, 방풍림 생태적 구조에 따라 바람 이동과 모래 이동을 제어하여 해안사구 생성과 유지에 중요한 역할을 하고 있다. 전사구 초본 식생 유무로 대분류를 하였으며, 전사구 이외에 방풍림 식생구조 형태에 따라 소분류 하였다. 소분류는 방풍림 복층지역, 방풍림 단층지역, 방풍림 없는 지역으로 구분하였으며, 전사구에 초본이 있는 지역과 없는 지역을 동일하게 분류하였다. 방풍림 폭의 규모 보다는 층위구조 형성과 초본 식생 분포에 따라 해안사구 보전을 위한 형태가 나타

났으며, 식생 유형에 따른 세분화가 필요하였다.

해안사구 훼손은 지속가능한 해안사구가 유지되기 위해서는 제한이 필요하다. 따라서 해안사구 전사구 및 방풍림의 보전지역과 이용 내용에 따라 해안사구 유형화가 필요하다. 해안사구 이용에 따른 분류는 전사구 이용과 방풍림 이용을 구분하였다. 본 대상지에 나타난 전사구 이용은 산책로(해안길), 도로 등의 선형으로의 이용이며, 방풍림 이용은 건축물, 캠핑장, 주차장 등의 면적으로 이용되는 지역을 유형이 나타났다. 전사구 이용지역은 대부분 태안해안국립공원에서 조성한 해안길(산책로) 이용 등 제한적인 소규모 이용이나 일부 지역은 전사구에 차량통행이 가능하도록 넓은 면적의 이용이 있는 지역도 있었다.

3. 결과 및 고찰

3.1 해안사구 환경생태적 유형화

3.1.1 해안사구 환경생태구조 분석

해안사구 지역별 환경생태적 구조를 지형연결성, 해빈 모래퇴적량, 전사구 초본 식생 폭, 방풍림현황, 이용현황, 배후지역 토지이용 현황으로 종합하였다(표 3 참조).

가장 잘 유지되고 있는 지역은 연결성을 가진 자연형 지역으로 자연연결이 유지되고 있는 청포대 B지역이며, 지형이 단절된 지역은 인공구조물로 조성되어 현재 훼손지가 방치되고 있는 꽃지지역이다.

조사지역별 해빈 퇴적물 현황을 살펴보면 모래는 고운모래, 가는모래, 거친모래로 구분되며 모래 이외에 자갈과 혼효된 지역으로 구분하여 해빈 퇴적물을 구분하였다. 모래퇴적량 50cm이상 지역은 몽산포-3, 5지역과 삼봉, 기지포, 안면지역으로 정사울타리 설치 및 식생 복원공사가 진행된 지역으로 모래 퇴적이 확장되고 있는 지역이며, 콘크리트 계단 등의 구조물에 의해 단절되거나 경사가 급하여 모래 이동이 제한된 지역은 모래퇴적량이 50cm이하이며 퇴적물도 모래 보다는 자갈이 많은 것으로 조사되었다. 대부분의 지역에서 방풍림에는 가는모래가 A층에 퇴적되어 있었으며, 가는모래 퇴적이 가장 많은 방풍림지역은 초본 식생분포지인 청포대 A-2지역이다. 방풍림 모래는 바람에 의해 일차사구에서 이차사구로 이동한 것으로 예상되며 가는모래 지역이다.

이동성을 지닌 전사구지역의 초기사구는 일차적인 해안사구 확장을 시키며, 초본 식생 분포로부터 식물생태계가 형성된다. 즉 전사구 초본 식생 분포에 따라 모래를 퇴적시키거나 침식 시킬 수 있다. 전사구 초본 식생 분포는 식생폭, 주요종, 피도, 지형, 전사구 형태로 구분하였다.

초본 식생폭이 좁게는 2.5m에서 32m까지 식생대가 조성되어 있으며 단절지역에는 초본 식생 분포가 없었다. 주요종은 갯그령이며, 피도는 식생이 있는 지역은 60~90%이었다. 전사구의 형태는 콘크리트 계단 설치 지역과, 자연지형이나 급경사지로 고정된 지역, 복원공사 이후 초본 식생대가 확장되고 있는 지역, 자연형으로 유지되고 있는 지역으로 구분하여 해안사구 지역별 특성을 분류하였다.

해빈과 접하고 있는 해안사구 방풍림은 방풍림이 없는 지역부터 폭이 400m까지 넓은 방풍림이 조성된 지역까지 다양하게 분포하고 있다. 방풍림은 자연형으로 유지되고 있는 복층형 방풍림과 하층이 하예작업으로 관리된 방풍림이거나, 이용에 의해 훼손된 단층 방풍림으로 구분되었으며, 방풍림이 없는 지역으로 구분된다. 자연형으로 유지되고 있는 지역은 청포대 B, 청포대 A-1, 빗계지역 이었으며, 하층이 관리되고 있는 방풍림은 몽산포-3, 4, 5와 기지포지역이며, 하층이 이용되고 있는 지역은 몽산포-1, 2, 백사장, 삼봉, 안면-1, 2지역이다.

방풍림 전면은 해풍을 직접 맞는 해빈과 접한 지역이며, 중앙은 방풍림 내부지역으로 구분하여 피도를 조사하였으며, 방풍림 전면 교목층 피도는 중앙보다 상대적으로 높았으나 아교목층과 관목층이 발달하지 않았고, 다양한 수종이 출현하지 않았다. 특히 중앙부에 피도가 낮은 이유 중에는 하층 이용에 의해 훼손으로 발생한 피도 감소도 일부 지역에서 나타나고 있었다.

동일 해안지역에서 교목층 수목 경급별 수령 차이는 크게 나타나지 않았고, 식재 기원이 유사하나, 위치별로 생장량이 다른 것으로 조사되었다. 방풍림 수령이 40년 이상 된 지역은 몽산포, 청포대 A, 청포대 B, 백사장, 삼봉, 빗계 지역이었으며, 20~30년생 지역은 몽산포, 기지포, 안면지역이다. 몽산포-1, 2지역은 40년생 이상 곰솔이 분포하고 몽산포-3, 4, 5지역은 30년생 곰솔이 분포하는 것으로 조사되어 방풍림 조성에 약 10년 이상의 차이가 있었으며, 과거부터 해수욕장이 유명한 지역인 몽산포, 청포대, 삼봉, 백사장 지역은 40년생 곰솔이 분포하고 있는 것으로 조사되었다. 특히 복원사업 및 정사울타리 등을 설치하여 해안사구를 복원하고 관리하는 안면, 기지포, 몽산포 지역 일부는 방풍림 곰솔 수령이 30년 전후로 나타나 조성기원이 다소 짧은 지역이었다.

토지이용변화 조사결과 1967년 해안사구 사빈이던 곳에 1970년대 후반부터 방풍림을 조성하여 곰솔림이 관리되

표 3. 태안 해안사구 환경생태구조 분석 종합

해안사구	지형 연결성	해빈모래 퇴적(cm)	전사구 초본 폭(m)		방풍림					이용현황		배후지역 토지이용		
					방풍림 폭(m)	관리여부	조사구	곰솔 상대우점치 (%)	녹지용적 (m ² /m ²)	중경목수령 (년)	전사구	방풍림	방풍림 인접	50m이내
몽산포-1	단절	45	-	없음	300 이상	하층 이용	조사구 1	100.0	6.12	45	산책로	캠핑장	포장도로	주차장
							조사구 2	100.0	2.39					
							조사구 3	100.0	3.16					
몽산포-2	단절	35	-	없음	300 이상	하층 이용	조사구 1	100.0	2.52	45	산책로	캠핑장	주차장	주차장
							조사구 2	100.0	0.79					
몽산포-3	단절	93	9	초본 있음	300 이상	하층 관리	조사구 2	82.4	0.72	34	산책로	산책로	농로	논경작지
							조사구 3	87.0	3.41					
							조사구 4	50.0	1.01					
몽산포-4	연결	73	10	초본 있음	300 이상	하층 관리	조사구 2	60.7	2.08	33	산책로	산책로	농로	논경작지
							조사구 3	84.4	4.33					
							조사구 4	54.5	1.96					
							조사구 5	50.9	2.35					
							조사구 6	75.0	2.65					
몽산포-5	연결	73	5	초본 있음	300 이상	하층 관리	조사구 3	73.1	2.77	28	산책로	산책로	농로	논경작지
							조사구 4	80.5	5.85					
							조사구 5	83.3	2.55					
							조사구 6	75.0	2.27					
청포대 A-1	단절	44	2.5	초본 있음	400 이상	자연림	조사구 2	84.2	2.43	35	없음	없음	농로	논경작지
청포대 A-2	단절	42	19	초본 있음	400 이상	-	-	-	-					
청포대 A-3	연결	30	10	초본 있음	400 이상	자연림	조사구 2	91.0	4.45	38	없음	산책로	농로	논경작지
							조사구 4	96.0	2.10					
							조사구 5	78.0	1.96					
청포대 A-4	단절	40	-	없음	없음	-	-	-	-	-	캠핑장	건축물	-	-
청포대 B	연결	61	7	초본 있음	300 이상	자연림	조사구 2	76.0	4.43	42	없음	산책로	농로	논경작지
							조사구 3	50.0	1.24					
							조사구 4	51.0	2.67					
							조사구 5	53.4	1.41					
							조사구 6	50.7	2.48					
백사장	단절	0	-	없음	300 이상	하층 이용	조사구 1	100.0	2.09	42	도로	건축물	도로	논경작지
							조사구 2	75.0	4.25					
삼봉	단절	63	9	초본 있음	150	하층 이용	조사구 2	100.0	0.41	41	없음	산책로(광폭)	건축물	건축물
							조사구 3	100.0	1.15					
							조사구 4	100.0	1.53					
							조사구 5	75.0	3.84					
기지포-1	연결	81	32	초본 있음	300 이상	하층 관리	조사구 4	83.3	1.73	32	산책로	산책로	포장도로	발경작지
							조사구 5	83.6	1.29					
							조사구 6	51.3	1.19					
							조사구 7	33.8	3.90					
기지포-2	연결	81	32	초본 있음	300 이상	하층 관리	조사구 4	57.2	0.15	34	산책로	산책로	포장도로	발경작지
							조사구 5	83.3	2.48					
							조사구 6	76.1	0.97					
							조사구 7	77.4	1.78					
안면-1	연결	76	22	초본 있음	100 이하	하층 이용	조사구 3	93.3	2.00	30	산책로	산책로(광폭)	포장도로	건축물
							조사구 4	100.0	1.88					
							조사구 3	88.0	6.34					
안면-2	연결	77	25	초본 있음	100 이하	하층 이용	조사구 4	75.0	2.58	17	산책로	산책로(광폭)	포장도로	건축물
							조사구 5	84.4	3.80					
							조사구 3	88.0	6.34					
빛개	단절	10	3	없음	100 이하	자연림	조사구 1	75.0	3.82	38	도로	산책로	포장도로	건축물
							조사구 2	75.0	2.77					
방포	연결	30	-	없음	없음	-	조사구 1	100.0	1.52	-	도로	건축물	-	-
꽃지	단절	20	-	없음	없음	-	-	-	-	-	도로	주차장	-	-

었으며, 1980년대 이후에도 기존 방풍림 추가적인 식재를 통해 전체적으로는 방풍림이 면적이 증가하고 있는 것으로 나타났다.

전사구 구조는 콘크리트 계단, 콘크리트 구조물, 복원공사지역, 자연형(연결)지역과 단절지역으로 구분하여 지역별 구조적 특성을 나타내고 있다. 해빈과 접하고 있는 전사구는 대부분 지역에서 태안해안국립공원에서 조성한 해안길(산책로)가 해변을 따라 조성되어 있었으며, 청포대 A-4지역은 캠핑장이 해빈과 접해있고, 백사장, 밧게, 방포, 꽃지지역은 전사구지역에 도로가 개설되어 있다. 전사구가 이용되지 않고 있는 지역은 청포대 A-1, 2, 3, 청포대 B, 삼봉지역으로 청포대 A지역은 둔덕형으로 조성되었고, 접근이 어려운 지역이고, 삼봉지역은 전사구가 단절된 지역으로 이용이 불가능한 지역이다. 그러나 청포대 B지역은 태안해안국립공원 해안길이 그 지역을 통과하나 전사구는 유지하고, 방풍림 내부로 동산을 구성하여 전사구의 이용은 없는 지역이었다.

방풍림의 형태는 대부분 지역이 평지형이나 청포대 A-1, 안면, 밧게 지역은 둔덕형으로 경사가 급한 지역이며, 청포대 A-4, 방포, 꽃지지역은 방풍림이 없었다. 방풍림 내부 이용은 태안해안국립공원에서 해안길로 조성한 산책로가 폭 5m내외로 제한적으로 이용되고 있는 곳이 일반적이었으며, 삼봉, 안면-1, 2지역은 산책로가 광폭으로 조성되어 무분별하게 사용하고 있었으며, 방풍림 하부 식생 생장이 불가할 정도로 답압에 의해 훼손되었다.

산책로 이외에 몽산포-1, 2, 청포대 A-4, 백사장지역은 대규모 캠핑장 및 시설지역이 방풍림 내부에 조성되어 이용중으로 방풍림이 많이 훼손되었으며, 방풍림이 없는 꽃지, 방포지역은 건축물 및 주차장이 조성되어 있었다.

방풍림 배후지역의 토지이용은 주로 방풍림 후면 농로 및 아스팔트 도로와 인접하고 있는 것으로 조사되었다. 50m 이내에는 논경작지, 50m 이후지역은 논경작지 및 건축물 지역이 분포하고 있다. 방풍림 추가 훼손 위험성이 낮은 지역은 농로 등으로 방풍림 구간이 명확히 정해진 지역이며, 아스팔트 포장도로 주변에는 건축물 등 시설지역이 추가될 가능성이 있으며, 모래 이동 환경에 영향을 줄 수 있으므로 지속적인 관리가 필요하다.

몽산포, 청포대 A, 청포대 B, 백사장, 기지포지역은 현재 조성된 방풍림 폭이 300m이상으로 잘 조성되었으나, 방풍림 내부 및 주변부에 지속적으로 간섭이 있어 방풍림 훼손이 발생하였다. 해안사구의 지속적인 유지를 위해 방풍림이 농경지 또는 건폐지로 변경되는 것을 최소화 하도록 관리가 필요하다.

해빈 모래 퇴적이 많은 몽산포-3, 4, 5, 청포대 B, 삼봉, 기지포, 안면 지역은 전사구 초본 식생이 양호하게 분포하고, 방풍림이 넓게 조성되어 있고, 전사구 및 방풍림의 이용이 제한적인 지역으로 조사되었으며, 각 항목별 추적조사를 통해 해안사구 모래 퇴적과의 상관관계를 파악하는 것이 필요하다. 해빈 모래 퇴적이 많은 몽산포-3, 4, 5, 청포대 B, 삼봉, 기지포, 안면 지역은 전사구 초본 식생이 양호하게 분포하고, 방풍림이 넓게 조성되어 있고, 전사구 및 방풍림의 이용이 제한적인 지역이었다.

3.1.2 해안사구 환경생태에 따른 사구 유형화

태안반도 해안사구 생태현황 조사자료를 근거로 해안사구 유형별로 정리하였다. 19개 해안사구 조사지는 지형연결, 식생, 사구이용에 따라 각각 다른 유형으로 나타났다. 해안사구는 모래의 이동이 유지되고 이동하는 모래가 외부로 유실되지 않도록 방풍림 및 초본 식생의 분포가 모래 퇴적에 중요하였다. 또한 사구이용은 과도한 이용이 없도록 보전하고 이용이 있는 지역은 제한적 이용을 통해 유실을 방지하여야 할 것이며, 방풍림 배후지역은 추가적인 훼손이 없도록 지속적인 관리가 필요하다(표 4 참조).

3.2 해안사구 환경생태적 유형별 생태적 구조

3.2.1 자연 연결지형-방풍림 훼손-도로 조성 사구 유형: 방포

방포지역은 안면도 북단의 중앙에 위치한 지역으로 해빈 길이 700m, 폭 200m이며, 방풍림은 없는 지역이다. 본 지역은 헤드랜드 지형으로 만입된 해안사구 지역이나 개발지역 증가로 인해 집단시설사구가 해안선까지 확장된 지역이다. 방포지역 해안사구는 해변에 자갈이 퇴적된 지역으로 해안도로가 개설된 지역까지 약 50m 구간에 자갈이 퇴적된 지역이다. 만조위선에서 바다쪽 10m지점의 퇴적물 조사결과 가는모래 17cm, 거친모래 13cm가 조사되었으며, 역빈의 경사가 35° 에서 20° 로 해빈이 조성되었다. 본 해안사구에는 초본 식생 및 교목층 방풍림이 조성되지 않았으며, 일부 건축물 앞에 조경수가 식재되어 있는 등 식생의 분포가 없는 지역이다. 과거 분포하던 곰솔 독립수는 95년생으로 조사되었으며, 건축물 앞 방풍림은 20년생으로 식재 기원이 짧은 수목 분포지역이다(그림 3 참조).

본 해안사구는 해안 전면에 건축물이 건설되어 방풍림이 없고, 모래 퇴적이 없어 사구의 형태를 나타내지 못하는 지역이다.

표 4. 태안 해안사구 환경생태에 따른 사구 유형 분류

해안사구	지형 연결	식생	사구이용	
	유형		전사구	방풍림
몽산포-1	인공형	방풍림 단층	구조물	캠핑장
몽산포-2	인공형단절	방풍림 단층	구조물	캠핑장
몽산포-3	인공형 자연 회복	방풍림 복층	산책로	보전
몽산포-4	인공형 자연 회복	방풍림 복층	산책로	보전
몽산포-5	복원형	방풍림 복층	산책로	보전
청포대 A-1	자연형 단절	방풍림 복층	보전	보전
청포대 A-2	자연형 단절	없음(초본)	보전	보전
청포대 A-3	자연형	방풍림 복층	보전	산책로
청포대 A-4	인공형 단절	없음	구조물	건축물
청포대 B	자연형	방풍림 복층	보전	보전
백사장	인공형 단절	방풍림 단층	구조물	건축물
삼봉	자연형 단절	방풍림 단층	보전	산책로
기지포-1	복원형	방풍림 복층	산책로	산책로
기지포-2	복원형	방풍림 복층	산책로	산책로
안면-1	복원형	방풍림 단층	보전	산책로
안면-2	복원형	방풍림 단층	보전	산책로
빛개	자연형 단절	방풍림 복층	도로	산책로
방포	자연형	없음	도로	건축물
꽃지	인공형 단절	없음	도로	주차장

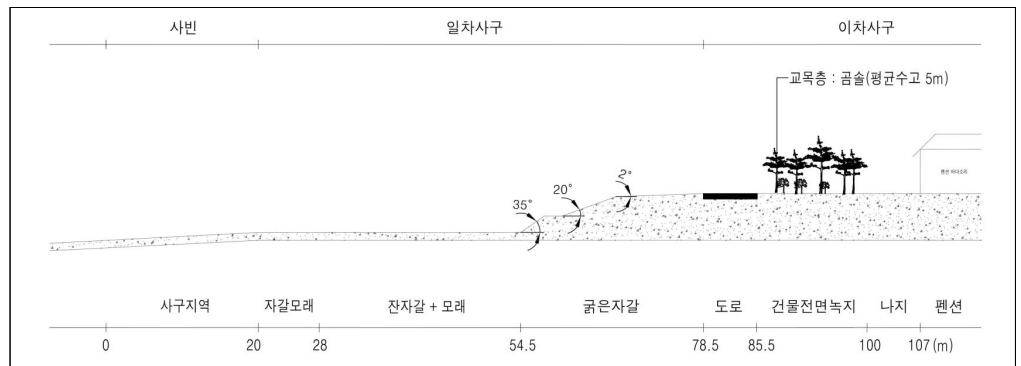


그림 3. 방포지역 해안사구 환경생태구조 현황도

3.2.2 자연 회복 연결지형-복층구조 방풍림-보전사구 유형: 몽산포 3

몽산포지역 해안사구-3 지역은 전사구와 방풍림은 콘크리트 계단에 의해 단절되어 있었으며, 계단 상부에 자연적으로 모래가 일부 퇴적되어 방풍림과 단절된 계단을 파복하고 있었다. 방풍림 확장을 위해 전사구 전면에 곰솔 치수를 식재하여 관리중이며, 콘크리트 계단의 일부가 노출되어 있었다. 몽산포지역 해안사구-3은 전사구에 계단형 콘크리트 구조물이 설치되어 있는 곳이나 모래가 퇴적하여 구조물 상부를 파복한 지역이며, 퇴적된 모래에는 초본 식생이 유입되어 분포하고 있는 지역이다. 전사구는 가는모래가 93cm 퇴적되어 있었고, 방풍림은 가는모래가 퇴적되어 바람에 의해 이동이 용이하였다. 식생구조 조사결과 30년 이상된 방풍림 확장을 위해 해안사구 전면부에 곰솔 치수를 밀도 높게 식재하여 교목층이 100㎡ 당 48주, 방풍림은 교목층에 곰솔이 분포하여 100㎡ 당 10~13주이었다. 전사구 지역 콘크리트구조물 상부에 모래가 퇴적되고 초본이 유입되어 모래 퇴적을 유도하고 있으며 구조물 상부 탐방로 주변은 해당화 등 관목이 일부 식재되었다. 방풍림은 해안길 주변으로 일부 관리가 되고 있어 아교목, 관목층이 다양하게 나타나지는 않았다(그림 4 참조).

본 해안사구는 방풍림 내부 및 해빈과 접하는 곳까지 탐방로가 조성되어 인간 간섭이 많은 지역이다. 방풍림 배후에는 논경작지가 분포하고 있으며, 현재 방풍림 내부는 교목층 식생이 없는 지역이 일부 분포하고 있어 추가적인 훼손이 예상되었다.

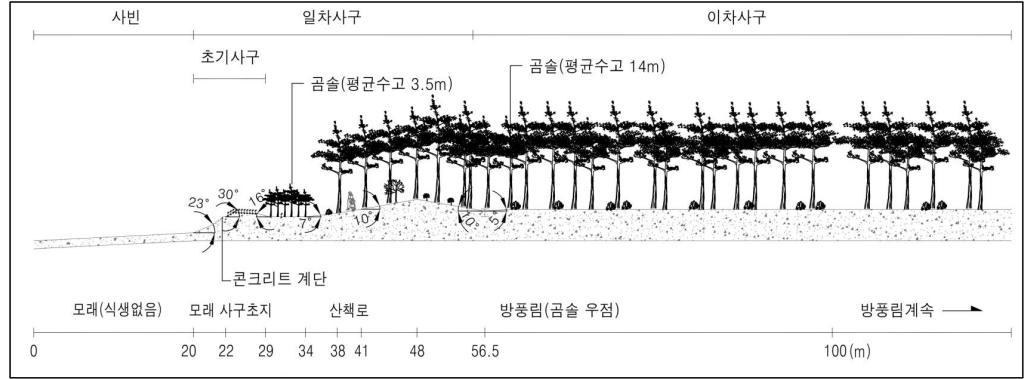


그림 4. 몽산포지역 해안사구-3 환경생태구조 현황도

3.2.3 복원 연결지형-복층구조 방풍림-보전사구 유형: 몽산포 5

몽산포지역 해안사구-5지역은 콘크리트 구조물을 존치한 상태에 정사울타리를 설치하여 인공구조물 상부에 모래가 퇴적되면서 식생이 유입되도록 유도한 지역이다. 몽산포지역 해안사구-5는 전사구에 계단형 콘크리트 구조물이 조성되어 있는 곳이나 구조물 전면에 모래포집기(정사울타리)를 설치하여 모래가 퇴적되고 있었다. 전사구와 방풍림 모두 가는모래가 퇴적되어 있었다. 식생구조 조사결과 전사구에는 갯그렁, 갯꽃등 해안식생 초본과 13m 폭에 해당화를 식재하였다. 방풍림은 곰솔 우점지역이나 아교목층과 관목층에 다양한 종이 출현하였으며, 탐방로 주변에는 지속적인 관리가 이루어져 자연성이 떨어지는 상태이었다. 교목층 식재밀도는 100㎡ 당 11~17주이었다 (그림 5 참조).

본 해안사구는 해안이 조망되는 해변과 접하는 곳까지 국립공원 탐방로가 조성되어 이용이 많은 지역이었다. 방풍림 내부 및 배후에 경작지가 분포하고 있으며, 현재 방풍림 내부는 교목층 식생이 없는 지역이 일부 분포하고 있어 추가적인 훼손이 예상되어 관리가 필요하였다.

3.2.4 복원 연결지형-단층구조 방풍림-보전사구 유형: 안면-1

해안사구의 방풍림 전면에 전사구가 지속적으로 성장하고 있는 지역으로 경사가 급하나 모래 퇴적이 진행되어 해안사구가 확장되는 지역이다. 안면지역 해안사구-1은 초기사구 경사 33° 로 경사지역이며 정사울타리 설치 및 초본 식생 식재 후 모래 퇴적이 진행중인 지역이다. 모래가 퇴적되어 둔덕형으로 조성된 본 지역은 해안사구 전면에 초본분포, 후면에 곰솔 방풍림이 위치한 지역으로 식생에 의한 방풍 뿐만 아니라 둔덕 지형에 의한 방풍효과가 기대되는 지역이다. 만조위에서 해안선 방향으로 10m지점의 퇴적물은 가는모래가 77cm이며 이하지역 또한 가는모래이나 침수되었다. 식생구조 조사결과 20~45m 구간은 오르막경사 초기사구로 갯그렁이 우점하고 있으며, 45m 이후 지역은 둔덕에 의한 마운딩지역에 방풍림으로 곰솔이 우점하고 있다. 전사구 식생은 갯그렁이 피도 90%이상 분포하고 뿌리가 잘 발달하여 모래가 계속 퇴적되고 있었으며, 방풍림은 평균수고 8m의 소경목 지역이며 녹피을 48.06~61.37%로 나타났으며, 아교목층 및 관목층이 발달하지 않은 지역이다(그림 6 참조).

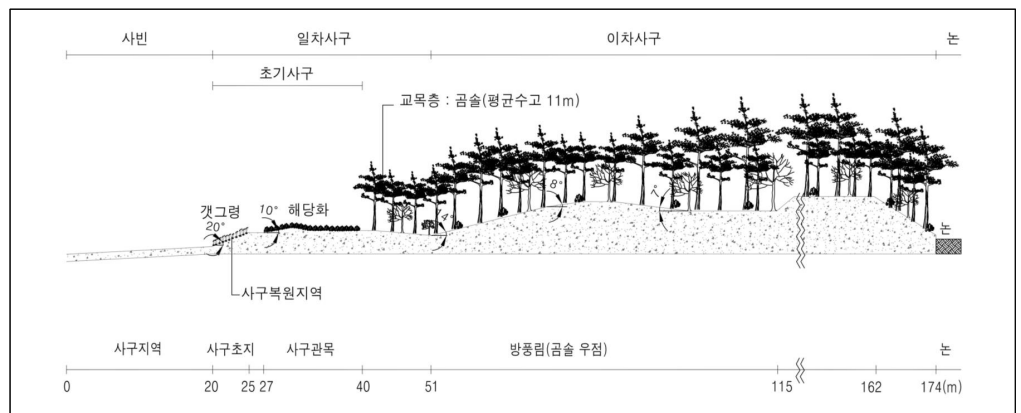


그림 5. 몽산포지역 해안사구-5 환경생태구조 현황도

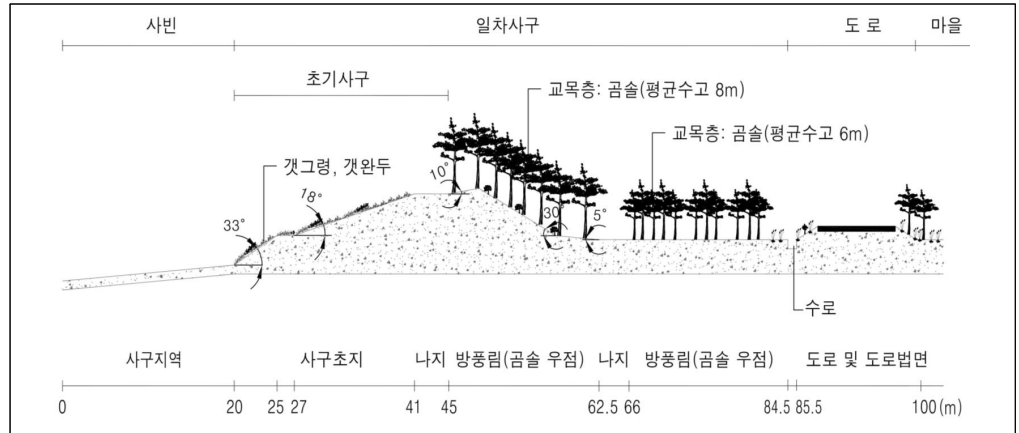


그림 6. 안면지역 해안사구-1 환경생태구조 현황도

둔덕형으로 조성된 사구마루 지역은 해안길이 조성되어 답압에 의한 훼손이 있는 지역이며, 방풍림 후면은 해안 도로에 의해 단절되었고, 도로 주변에 방풍림을 추가하기 위해 곰솔을 추가로 식재하였다.

3.2.5 자연형 단절지형-복층구조 방풍림-도로조성 사구 유형: 밧게

본 조사지역에는 전사구가 2.5m 폭의 초본 식생지가 있으나 그 경사가 심하고 모래의 이동이 경사와 도로에 의해 단절되어 해변에는 모래가 아닌 잔자갈이 다수 포함된 역빈 형태가 나타났다. 밧게지역은 2m 단차의 해안도로에 의해 지형이 단절된 지역이다. 방풍림은 해안도로 상부에 둔덕형으로 조성되어 있으며 사구마루 지역의 표고는 16m로 표고가 높게 나타나는 해안사구 지역이다. 만조위에서 해수면 방향 10m 퇴적물 현상은 가는모래 10cm, 45cm 자갈층이 조사되었으며 55cm 이하는 침수되어 모래 퇴적이 적은 지역이다. 사구식생구조는 해안도로에 의해 단절된 법면지역에 3m폭의 참새귀리 초지가 형성되었으며, 전사구는 미발달 지역이다. 방풍림은 전면에 곰솔림 우점지역이며, 후면에는 다양한 관목층이 출현하고 있다. 방풍림 수목은 수고 12~14m이며, 38~42년생으로 조사되었으며 최근 5년간 생장이 불량하였다(그림 7 참조).

해빈은 해안도로에 의해 단절되어 해변의 모래가 이동하지 못하게 단절되었으며, 방풍림 후면에 아스팔트도로가 개설되어 방풍림과 마을이 분리된 지역으로 본 해안사구는 지속적인 간섭에 의해 훼손되고 있는 곳이다.

3.2.6 자연형 단절지형-단층구조 방풍림-보전사구 유형: 삼봉

본 해안사구의 전사구는 20m에서 29m로 초본 식생지역이며, 일차사구는 38m까지 지역이나 지형단절이 발생하였다. 삼봉지역 해안사구는 초기 사구가 경사 55°로 인위적 훼손이 아닌 자연적인 단절지역이며, 모래 침식이 지속적으로 진행 중이다. 해변과 방풍림이 지형에 의한 단절이 있어 모래의 유입이 불가능한 지역이며, 방풍림 내부 82m지점에 도로가 개설되어 운영 중이다. 단절된 지형은 정사울타리를 설치하고 초본식재를 하여 복원공사가 진행되었으며, 만조위선에서 해안쪽 10m지점의 퇴적량 조사결과 가는모래가 63cm 퇴적되었고, 이하지역은 침수되었다(그림 8 참조).

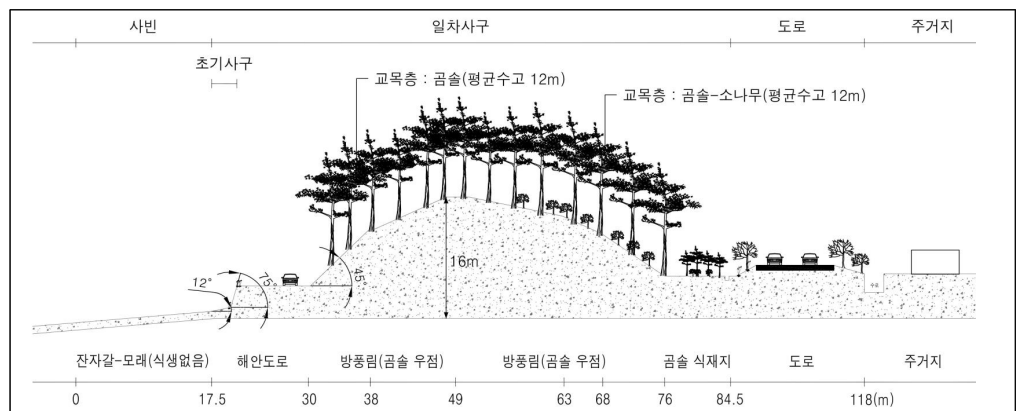


그림 7. 밧게지역 해안사구 환경생태구조 현황도

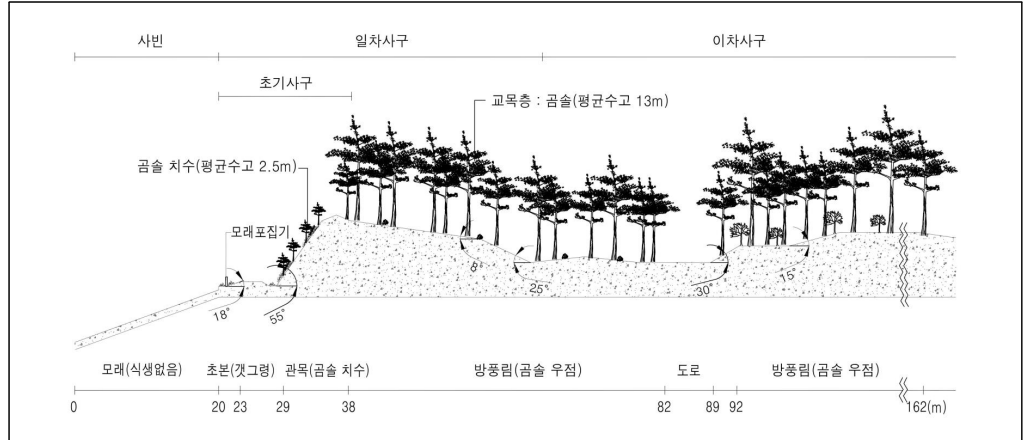


그림 8. 삼봉지역 해안사구 환경생태구조 현황도

식생구조 조사결과 일차사구 지역에는 정사울타리 설치 후 유실되는 사면이 자연복원되고 있었으며 법면에 곰솔 치수가 유입되어 생장중이며, 초기사구엔 갯그렁이 우점하여 분포하고 있다. 방풍림 38m지점 이후 방풍림은 해안 길로 이용되고 있었으며, 이동로의 경계가 없어 곰솔림 하부로 무분별하게 이동로가 조성되고 답압에 의해 뿌리 근 계가 노출되는 등 수목 생장에 불리한 조건이었다. 방풍림 후면은 해안도로에 의해 단절되고 내부도 지속적인 이용 이 있어 모래 퇴적이 없는 지역이다.

3.2.7 인공형 단절지형-단층구조 방풍림-구조물 조성 사구 유형: 몽산포-1

몽산포지역 해안사구-1은 전사구에 계단형 콘크리트가 설치되었고, 곰솔 방풍림은 캠핑장 이용으로 훼손되고 있는 상태이었다. 몽산포지역 해안사구-1은 전사구에 계단형 콘크리트 구조물이 설치되어 있는 지역으로 해변과 방풍림이 단절된 지역이다. 전사구는 거친모래가 45cm 퇴적되어 있었고, 방풍림은 가는모래이었다. 전사구는 초본 식생 분포가 없고, 콘크리트 구조물에 의해 단절되어 있었다. 방풍림은 44~48년생의 교목층 곰솔만 분포하며 식재밀도는 100㎡ 당 2~10주이었다. 전사구 및 방풍림은 국립공원의 탐방로로 이용중이며, 방풍림 내부는 캠핑장으로 이용되고 있다. 방풍림 배후에는 주차장 및 건축물이 조성되어 도시화지역과 접하고 있는 이용이 많은 지역이다(그림 9 참조).

계단형 콘크리트 구조물에 의해 전사구와 방풍림이 단절된 이 지역은 과거 넓은 해변이 분포한 해안사구이었으나 점차 모래 퇴적이 줄고, 해변의 모래가 거칠 입자를 띠었다. 방풍림은 초본 식생이 분포하지 않아 많은 모래 이동에 비해 퇴적되지 않으며, 겨울철 강풍에 의해 구조물 주변 또는 계단 일부에 모래가 퇴적되나 일시적인 현상으로 판단된다. 따라서 지속적으로 모래 퇴적을 유도할 수 있는 식생이 필요할 것으로 판단되었다. 해안사구의 안정적인 유지관리를 위해서는 차량 통행로, 캠핑장 등 해변에 근접한 이용지역에 대한 적극적 관리가 필요하였다.

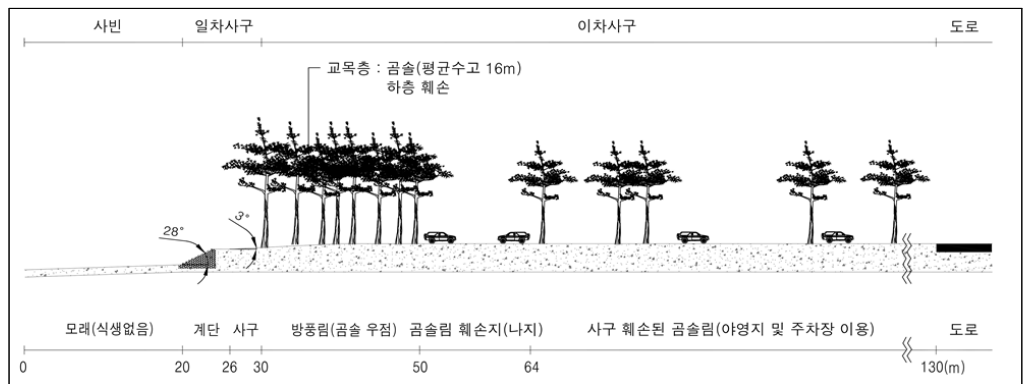


그림 9. 몽산포지역 해안사구-1 환경생태구조 현황도

3.2.8 인공형 단절지형-방풍림 훼손-도로조성 사구 유형: 꽃지

본 지역은 방풍림이 조성되지 않은 훼손된 지역으로 해변의 경사가 12°로 경사가 다소 급한 지역이다. 20m의 해변 지점에는 콘크리트 구조물 옹벽이 설치되어 있으며 높이는 1.5m 이었으며 상부는 블록 포장된 2차로 도로(8m)가 설치되어 있고 도로 후면에는 박람회장으로 사용되던 주차장이 설치되어 있다. 본 지역 일차사구 및 이차사구는 개발지로 훼손되어 있어 해안사구는 지속적으로 훼손되고 있는 지역이다(그림 10 참조).

본 해안사구는 전사구 경사 12°로 해변 경사가 다소 급하게 나타났으며, 만조위에서 바다쪽 10m지점 퇴적량 조사결과 거친모래 20cm, 이하 자갈 퇴적지역이다. 과거 모래 채취지역으로 나대지화 된 곳에 2002년 꽃박람회를 위해 개발된 지역이고, 해안도로 개설로 인해 해변과 해안사구가 단절된 지역이다. 전사구 및 방풍림이 분포하지 않는 해안사구지역이며, 3m 옹벽을 설치하여 단절되었다.

3.3 해안사구 환경생태적 유형별 관리방안

3.3.1 지형 연결 구조 유형별 관리 방안

연결지역은 자연 연결형이 청포대 B지역과 청포대 A-3지역으로 평지형 지형이 연결되어 있으며, 모래의 이동이 자유로운 지역이다. 복원형 지역인 기지포, 안면지역은 모래가 훼손되는 지역에 정사울타리 설치 후 사구 초지가 확장되고 모래 퇴적량이 증가하고 있는 지역이다. 몽산포-5지역은 콘크리트 계단을 유지하고 전면에 정사울타리를 설치하여 계단 상부에 모래가 퇴적되면서 초본 식생이 유입된 지역으로 복원지역의 지속적인 모니터링이 필요하다. 인공형 지역이나 자연 회복되고 있는 지역은 몽산포-3, 4지역으로 계단 상부에 자연발생적으로 모래가 퇴적되고 있는 지역으로 지속적인 관리가 필요하다. 특히 연결지역 중 지형 연결은 되어있으나 초본 식생이 분포하지 않고, 방풍림이 조성되지 않은 방포지역은 자갈 퇴적지로 해안사구 형성이 안된 지역이다. 본 지역은 식생도입과 방풍림 조성으로 모래 퇴적을 유도해야 할 것이다. 단절지역 중 경사 30도 이상의 자연 단절지역 유형인 청포대 A-1, 2, 삼봉, 밭계 지역은 둔덕형으로 조성된 방풍림과 해변이 단절되어 모래의 이동이 불가능한 지역이다. 정사울타리 설치 등을 통해 바람에 의해 모래가 이동할 수 있도록 경사 완화가 필요하며, 인공 단절지역은 몽산포-1, 2, 꽃지, 청포대 A-4 백사장, 방포지역은 구조물 제거로 인한 추가 훼손 여부를 검토한 후 구조물 제거와 정사울타리 설치, 초본 식생 도입 등 적극적인 개선방안을 수립하여 지형 연결성을 확보하는 등 보전방안 필요하다(그림 11, 12 참조).

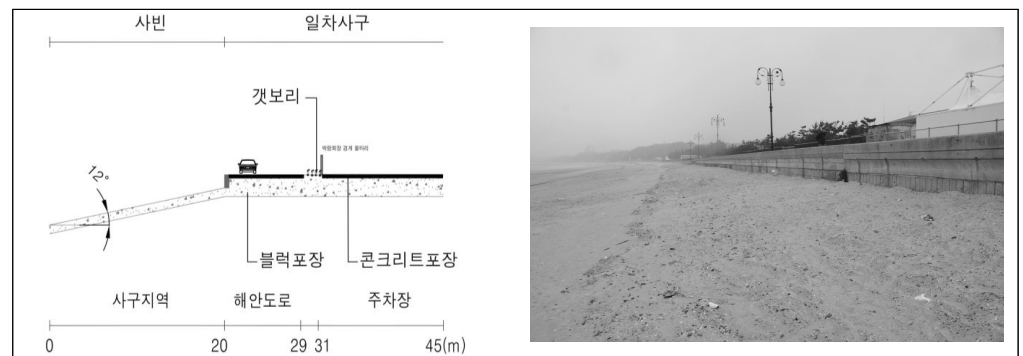


그림 10. 꽃지지역 해안사구 환경생태구조 현황도

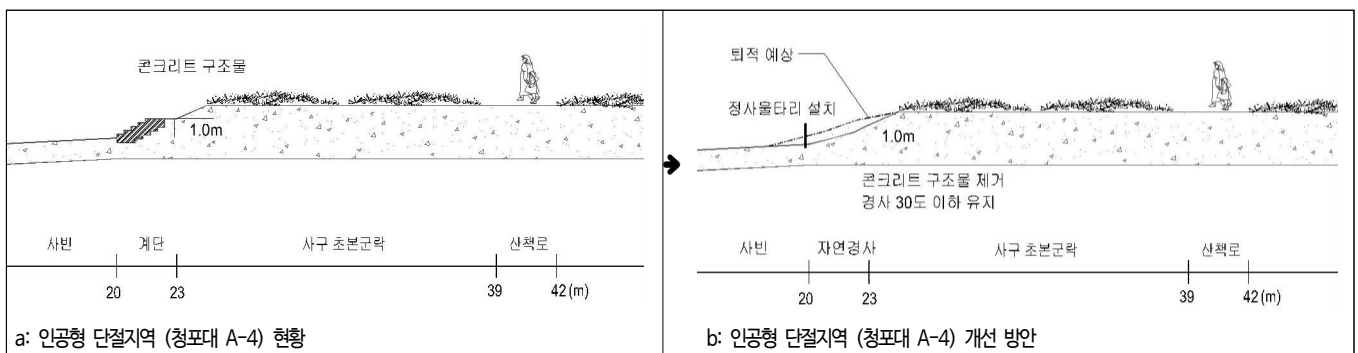


그림 11. 인공 지형 단절지 개선 사례 청포대 A-4지역

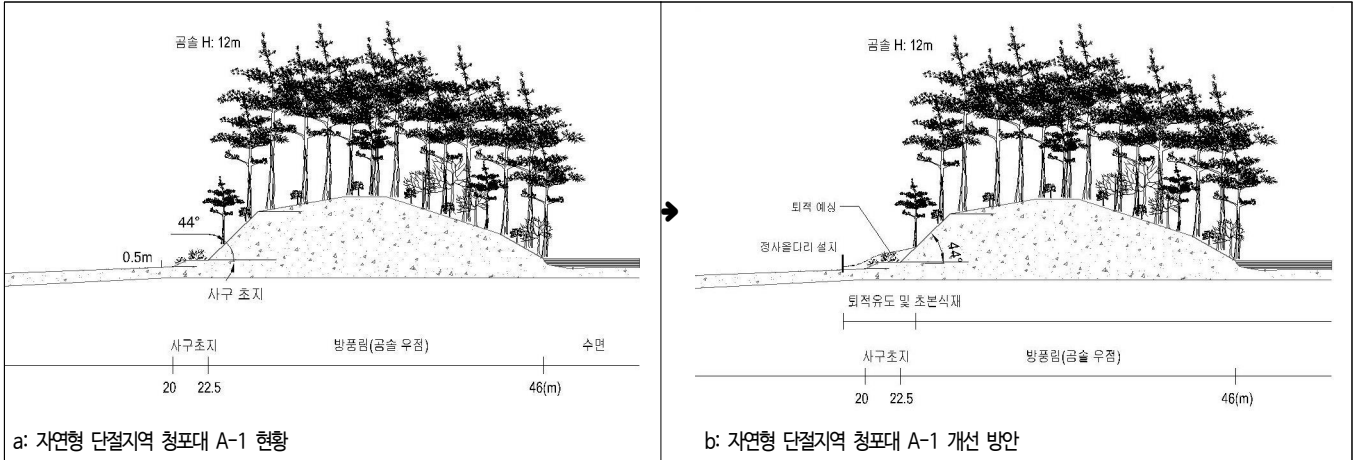


그림 12. 지형 연결 단절지 개선 사례 청포대 A-1지역

3.3.2 식생 유형별 관리 방안

전사구 초본 식생이 분포하는 지역 중 방풍림이 복층인 지역은 기존 식생을 유지하고, 해빈으로 초본확장을 유도하며, 방풍림이 단층인 지역은 방풍림이 복층으로 유지되어 방풍 효과를 극대화 시킬 방안 마련이 필요하다. 방풍림이 없는 지역은 방풍림 조성 가능지역 확보와 전사구 초본 확장 관리가 필요하다. 전사구 초본 식생이 없는 지역 중 방풍림이 복층인 지역은 전사구 초본 식생 활착을 위한 개선이 필요하며, 방풍림의 지속적인 유지가 필요하다. 방풍림이 단층인 지역은 전사구 식생 도입으로 모래 퇴적 유도가 필요하며, 복층구조 방풍림으로 방풍효과 증대가 필요하다. 방풍림이 없는 지역은 일차적으로 초본 식생 도입과 추가적인 방풍림 조성을 통해 해안사구 복원이 필요하다(그림 13, 14 참조).

3.3.3. 이용 유형별 관리 방안

방풍림은 캠핑장, 건축물, 주차장, 산책로 이용 없는 유형으로 나타나 유형별로 이용 형태가 다양하게 나타났다. 전사구 이용지역 중 방풍림도 이용되고 있는 지역은 구조물이 설치되어 해안선이 단절된 지역과 방풍림 내부 식생을 훼손하고 구조물 및 캠핑장 등의 이용시설이 산재해 있는 지역으로 전사구 이용지역은 답압 방지, 방풍림 내부

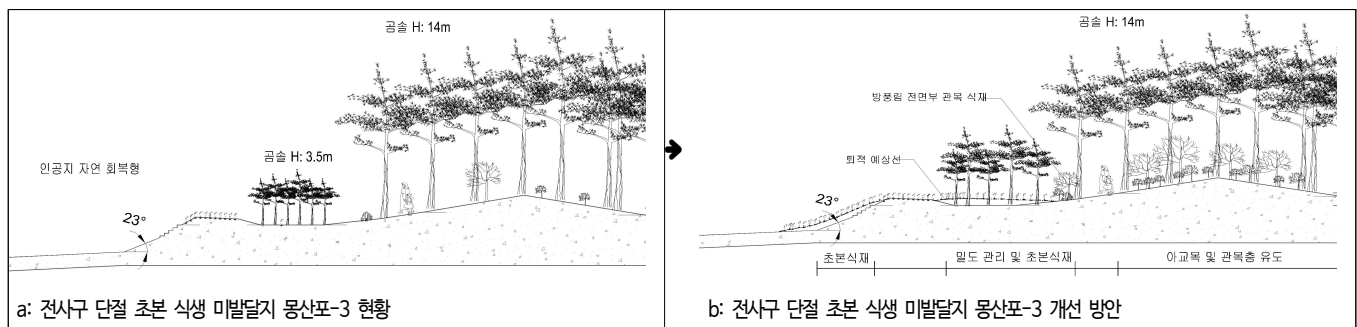


그림 13. 전사구 초본 식생 개선 사례 몽산포-3지역

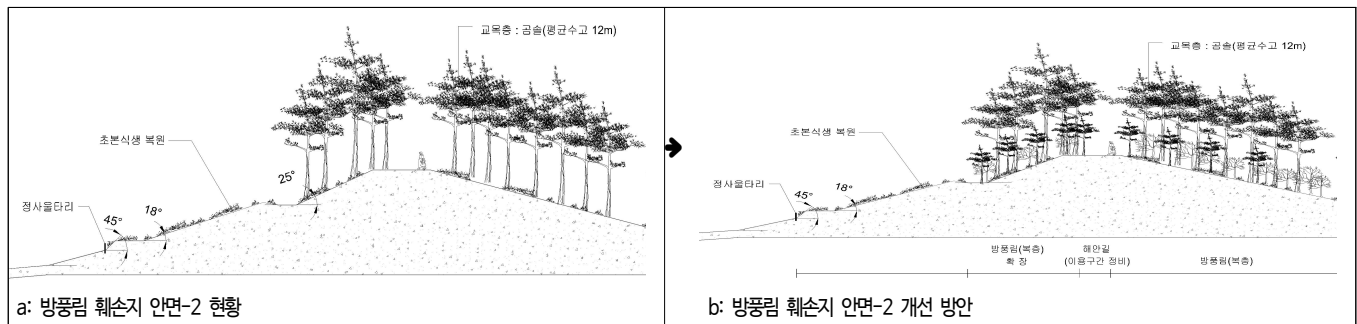


그림 14. 방풍림 식생 개선 사례 안면-2지역

이용 시 해안쪽과 접한 지역의 이용 자체, 이용구역의 설정이 필요하며, 과도한 이용 제한이 우선적으로 필요하였다. 전사구 이용지역이나 방풍림 보전지역은 전사구 이용지역의 최소화 및 방풍림 추가 훼손 방지가 되어야 하며, 과도한 이용이 없는 방풍림 관리가 필요하다. 전사구 보전지역이나 방풍림이 이용되고 있는 지역은 방풍림 내부에 무분별하게 설치된 산책로 및 이용지역이며, 답압에 의한 훼손이 지속되어 제한적 이용이 필요하다. 전사구와 방풍림이 보전되고 있는 지역은 제한적 이용지역의 지속적인 관리가 필요하며, 보전지역의 확대에 의한 해안사구 훼손을 방지하여야 할 것이다(그림 15, 16 참조).

4. 결론

본 연구는 해안사구의 환경생태적 구조 분석을 통해 해안사구를 유형화하고, 유형별 관리방안을 마련하여 해안사구의 유지방안을 제시하였다. 본 연구에서는 해안사구를 형성하는 여러 환경요인 중 입지적 여건과 인근지역을 대상으로 하여 기상분야 변수를 줄였고, 태안반도 남단과 안면도 북단에 위치한 해안사구 10개소를 대상으로 전사구 지형연결, 모래의 퇴적, 초본과 방풍림 등 식생 분포, 전사구와 방풍림 이용, 배후지역 토지이용에 대한 분석을 실시하였다.

태안반도에 위치한 10개 해안사구에서 생태현황을 조사하였다. 만조위에서 10m 지점 해변에서 모래 퇴적이 50cm 이상으로 양호한 지역은 전사구와 방풍림의 지형이 연결되어 있고, 전사구 초본 식생이 분포하는 지역이었으며, 방풍림이 조성되어 있고 조성된 방풍림은 교목층만 분포하는 단층구조 지역보다 교목, 아교목, 관목이 복층구조 방풍림 지역에서 더 양호한 퇴적이 조사되었다. 해안사구 이용은 전사구 및 방풍림의 이용이 없는 지역이거나 산책로 등 3m 이내의 제한적 이용지역에서 모래 퇴적이 양호하게 나타났고, 방풍림 배후지역은 추가 훼손이 없는 논경작지 및 배후산림과 연결된 지역에서 모래 퇴적이 양호하게 나타났다.

모래 퇴적이 50cm 이하 또는 모래가 퇴적되지 않은 지역은 전사구와 방풍림이 구조물 설치 또는 자연지형 단절 등으로 단절된 지역이며 전사구 초본 식생 면적이 5m도 되지 않는 적은 면적의 초본 식생대 지역이다. 방풍림은 교목층 단층이 분포하거나 방풍림이 존재하지 않는 지역에서 퇴적량이 적게 나타났으며, 전사구 및 방풍림지역이 산책로, 도로, 캠핑장, 건축물 등 이용이 많은 지역에서는 모래퇴적이 없거나 모래퇴적량이 적게 나타났다.

해안사구 모래 퇴적 조건은 기상 및 기후는 입지가 유사한 지역으로 한정하였기에 환경생태구조 분석을 통하여 주요 요인을 분류하였다. 지형 연결구조, 식생유형, 해안사구 이용 등 3가지 요인으로 해안사구를 유형화하였으며, 생태적인 관리를 위해서는 해안사구 유지에 영향을 미치는 요인별로 관리가 되어야 한다. 해안사구 관리를 위해서

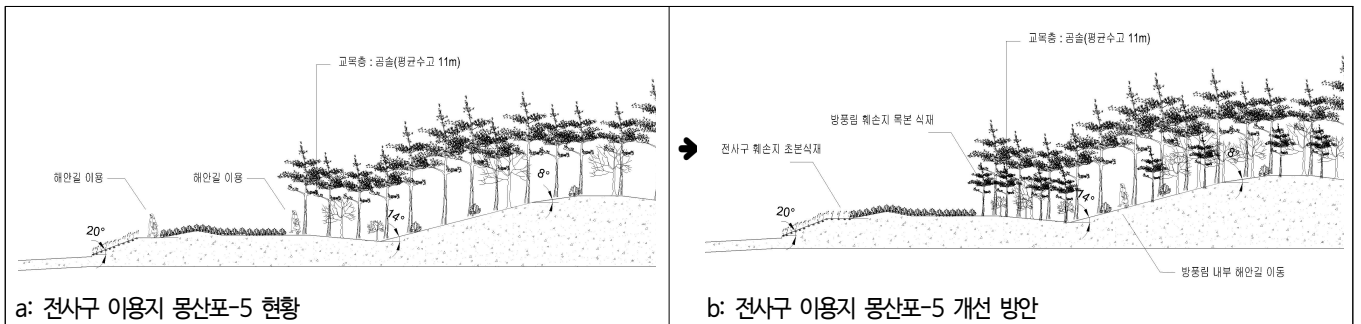


그림 15. 전사구 이용지 개선 사례 몽산포-5지역

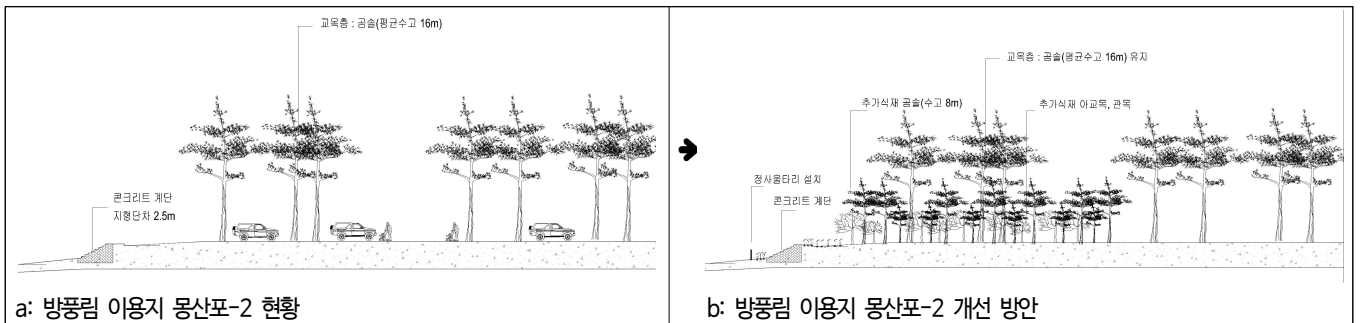


그림 16. 방풍림 이용지 개선 사례 몽산포-2지역

는 모래의 이동이 가능한 지형연결성이 있어야 하고, 모래를 퇴적시킬 수 있는 초본 식생과 비사의 퇴적을 위한 방풍림, 과도한 이용 제한과 추가 훼손을 방지하는 사구 전체적인 관리방안이 수립되어야 한다. 그리고 복원된 해안사구는 지속적인 모니터링을 통해 유지관리가 되어야 한다. 향후 전국 해안사구를 대상으로 정밀모니터링 실시하여 지형연결, 식생, 사구이용 간의 관계성에 대해 통계적 유의성을 검증할 필요가 있다. 또한 해안사구 유형별 가치 부여, 자연기반해법 및 생태계 기반 접근법을 적용한 해안사구 복원기술 개발이 필요하다. 마지막으로 각 지방자치단체가 해안사구 보호를 위한 조례를 제정할 수 있도록 법적 근거를 마련하고, 이러한 조례의 강제력을 강화할 필요가 있다.

References

1. 국립공원연구원(2017) 국립공원 갯벌사구 통합연구체계 구축. 국립공원연구원.
2. 국립공원연구원(2024) 국립공원 해안사구 정밀모니터링. 국립공원연구원.
3. 국립생태원(2017) 국내 해안사구 관리현황조사 및 개선 방안 마련 연구. 국립생태원.
4. 김윤미, 공학양, 최광희(2021) 해안사구 지형변화에 대한 해안림의 영향: 소항리 전사구를 사례로. 한국지형학회지 28(1): 51-66.
5. 김재은, 홍선기(2009) 해안사구생태계의 경관생태분석. 한국환경복원기술학회지. 환경복원녹화. 12(3): 21-32.
6. 김종덕, 장원근, 육근형(2005) 우리나라 모래해안의 실태와 환경관리방안. 한국해양수산개발원.
7. 김종엽(2012) 부산광역시 태종대 산림생태계의 현존식생 및 식물군집구조. 한국환경생태학회지 26(3): 426-436.
8. 명현호(2010) 건강성 평가를 통한 해안사구생태계 보전 관리방안 연구. 목포대학교 대학원 박사학위 논문.
9. 서병수, 박우진, 박성학, 최충호(2006) 신두리 해안 사구 지역의 식물상. 한국자원식물학회지 19(2): 209-217.
10. 임경빈, 박인협, 이경재(1980) 경기도지방 적송림의 식물사회학적 연구. 한국산림과학회지 50: 56-71.
11. 오현경, 김영하, 변무섭, 박준모(2005) 신두리 해안사구의 식물상에 관한 연구. 한국산림휴양학회지 9(1): 37-48.
12. 최광희, 정필모, 김윤미, 서민환(2012) 태풍의 통과로 인한 해안사구 지형의 침식과 회복. 한국지형학회지 19(1): 17-27.
13. 최성원(2005) 동해안 동호리 해안사구 비사특성에 관한 연구. 관동대학교대학원 해양공학과 석사학위논문.
14. 최영은(2019) 해안사구 식생의 침입종에 의한 종조성 변화에 관한 연구-진도·완도·해남을 중심으로. 한국도서연구 31(4): 397-416.
15. 환경부(2001) 우리나라 사구 실태파악과 보전·관리 방안에 대한 연구. 환경부.
16. Acosta, A., S. Ercole, A. Stanisci, V.D. Pillar and C. Blasi(2007) Coastal vegetation zonation and dune morphology in some Mediterranean ecosystems. Journal of Coastal Research 23(6): 1518-1524.
17. Braun-Blanquet, J.(1964) Pflanzensoziologie: Grundzüge der vegetationskunde. Zweite, umgearbeitete und vermehrte Auflage. Springer-Verlag: Wien, p. 865.
18. Brown, A. C. and A. McLachlan(2002) Sandy shore ecosystems and the threats facing them: Some prediction for the year 2025. Environ Conserv 29: 62-77.
19. Brower, J. E. and J. H. Zar(1977) Field and Laboratory Methods for General Ecology. Wm. C. Brown Company, pp. 194.
20. Cendrero, A. and D. W. Fischer(1997) A Procedure for Assessing the Environmental Quality of Coastal Areas for Planning and Management. J. of coastal Research 13(3): 732-744.
21. Curtis, J. T. and R. P. McIntosh(1951) An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin. Ecology 32: 476-496.
22. Das, R., G. Das and S. Pahari(2017) Endangered dune ecology with its risky phyto-resources-A red alarm to Mandermoni-Tajpur Sector over Midnapore Coast in West Bengal. Int J Recent Sci Res 8(6): 17371-17384.
23. Ihm, B. S., J. S. Lee, H. S. Kim, J. W. Kim and S. H. Lee(1999) Studies on the vegetation distribution and standing biomass at the coastal sand dune of Pusan. Bulletin of Institute of Littoral Environment 16(1): 23-30.
24. Kutiel, P.(2001) Conservation and management of the Mediterranean coastal sand dunes in Israel. Journal of Coastal Conservation 7: 183-192.

25. Packham, J. S. and A. J. Willis(1997) Ecology of Dunes, Salt Marsh And Shingle. Chapman & Hall. U.K. (BC 97): pp. 10-15.
26. Phillips, M. R., E. J. Abraham, A. T. Williams and C. House(2007) Function analysis as a coastal management tool: The South Wales coastline, UK. J. Coast Conserv 11: 159-170p.
27. Taveira Pintom F,(2004) The practice of coastal zone management in Portugal J. Coast. Consern 10: 147-158.