

## 제주 해안사구 식물 분포와 복원을 위한 의미\*

김 기 대

한국교원대학교

## The distribution of Jeju coastal sand dune plants and its restoration implications\*

Kim, Kee Dae

Korea National University of Education

### ABSTRACT

The coastal dune ecosystem is one of the ecosystems under the most development pressure in Korea. Therefore, it is necessary to study the ecological location and related ecological phenomena of coastal dune plants, but related studies are lacking. Through this study, we intend to conduct research on the structure and restoration of dune plants, focusing on the coastal dunes in Jeju Island, which are affected by artificial development pressure and the continuous increase in tourists among many coastal dunes in Korea. Ecosystems of coastal sand dunes for vegetation survey in Jeju Island are selected based on naturalness and preservation. In this study, 23 major coastal dunes on Jeju Island including Udo were selected. In the coastal dunes of Jeju Island, a whole species survey and quadrat survey were carried out. The vegetation survey at study sites were conducted on May to September 2022, when the vegetation is clearly visible. At the survey site, the dune area was identified at the beginning and the plant species were recorded until no more new species appeared. Vegetation survey in the field was performed by 103 quadrat establishments and was conducted using Braun-Blanquet method. A total of 277 species appeared, and the most common species were *Vitex rotundifolia* and *Calystegia soldanella*. The frequency of both *Vitex rotundifolia* and *Calystegia soldanella* was approximately over 90%. The proportion of woody and herbaceous in all emerging species was 7.2% and 92.8%,

\* 이 논문은 한국교원대학교 2022학년도 연구년교수 학술지원비 지원을 받아 수행한 연구의 결과임. (과제번호: 2022-0185).

**First author** : Kim, Kee Dae, Korea National University of Education, Professor,  
Tel : +82-43-230-3727, E-mail : kdkim@knue.ac.kr

**Corresponding author** : Kim, Kee Dae, Korea National University of Education, Professor,  
Tel : +82-43-230-3727, E-mail : kdkim@knue.ac.kr

**Received** : 2 October, 2023. **Revised** : 28 December, 2023. **Accepted** : 28 December, 2023

respectively. The total number of species found in the quadrat survey was 98. As a result of classifying plant communities based on species dominance in the quadrats, it was analyzed into 30 plant communities. The plant communities that appeared with a frequency of 2 or more on the main island of Jeju were *Vitex rotundifolia*, *Imperata cylindrica* var. *koenigii*, *Ischaemum antephoroides*, *Wedelia prostrata*, *Elymus mollis*, *Calystegia soldanella*, *Artemisia scoparia*, and *Tetragonia tetragonoides*. The DCCA(detrended canonical correspondence analysis) based on the vegetation and environment factor matrix showed that the height and covers of the dominant plant species explain significantly the variation and distribution of coastal sand dune species on Jeju island. Thus, we may propose a plan to restore the coastal dunes of Jeju island as helping colonization and establishment of mainly sand dune native perennials and trees, preserving native plant communities that are declining and preserving present tree strips of *Pinus thunbergii*, *Litsea japonica*, *Pittosporum tobira* and *Vitex rotundifolia*.

**Key Words :** *vegetation, plant community, quadrat survey, DCCA*

## I. 서론

해안사구는 바람의 퇴적 작용에 따라 해안에 형성된 모래 언덕이다(Martínez et al., 2008). 특히, 사구는 바다와 육지의 전이지대이며 두 생태계 간의 완충지대 역할을 한다. 해안사구에는 해풍과 조석에 의한 바다의 영향이 있고, 늘 퇴적 양상이 변화하는 모래가 있어 일반 육상생태계와는 다른 식물상이 형성된다. 따라서 육지에서 볼 수 없는 독특한 경관과 희소성, 그리고 특색 있는 식물로 인해 생태적 중요성과 가치가 크다. 해안사구 생태계는 식물이 생존하기에 매우 어려워 해안사구에 서식하는 식물들은 해안사구가 주는 스트레스에 내성이 있는 식물들이다. 이런 스트레스 요인들은 해양에 근접하고 모래가 많은 기질에서 성장과 관련이 있다. 해안사구의 스트레스 요인으로는 토양 수분의 빈약, 토양 유기물과 영양분의 빈약, 강한 바람, 염분 스프레이, 모래의 유실과 이동, 기질의 불안정, 조수의 영향 등이다.

해안사구 생태계는 우리나라에서 가장 개발압을 많이 받는 생태계 중의 하나이다. 특히 해안사구 주변의 개발지 및 주택지에 의해서 경관

규모의 단편화를 가중하고 있다(Kim and Hong, 2009). 이런 인위적인 개발압에 의해서 해안사구 생태계는 훼손되어 가고 있고 해안사구 생태계를 구성하고 있는 생물들은 절멸의 위기에 놓여 있다. 따라서 여러 소비자를 유지해주는 1차 생산의 역할을 하는 해안사구 식물에 대한 생태계적 위치와 관련 생태적 현상을 연구할 필요가 있으나 이와 연관된 연구가 부족할 실정이다. 최근에는 사구 연구에서 조사 시간과 인력의 효율성을 높일 수 있는 무인항공기 등의 첨단 모니터링 과학기술도 제안되고 있다(Kim et al., 2022). 제주도에는 약 10개의 해안사구가 분포한다(Han, 1998). 10여 개의 해안사구 중에서 세계와 신양해수욕장의 배후에 연속성이 양호한 사구가 1.5 km에 걸쳐 나타나고, 김녕, 협재, 괘지와 같은 북부 해안에 현저하게 사구가 나타난다. 특히 김녕과 평대의 해안사구는 폭이 1 km 내외에 달하고 내륙 쪽으로 6km 정도 들어간 지역까지 발달하여 제주도 최대의 사구 지대를 이루고 있다(Kim, 2003).

본 연구를 통하여 우리나라 여러 해안사구 중에서 인위적인 개발압과 관광객의 지속적인 증가로 영향을 받는 제주도에 있는 해안사구를 중심

으로 식물상, 사구 식생의 구조와 복원으로서의 의미에 관한 연구를 수행하고자 하였다. 특히, 한국의 해안사구에 있는 식물들이 구성하고 있는 식생의 종류와 유형, 환경적 요인들 사이의 관계를 평가하여 최종적으로 해안사구 복원에 대한 복원 생태적인 의미를 제시하고자 하였다.

## II. 연구방법

### 1. 연구 지역 선정

제주도에서 식생조사를 위한 해안사구 생태계를 면적과 사구식물의 유무 등 자연성과 보존의 가치를 따진 보존성에 기준을 두고 선별하였다. Han(1998)은 제주 사구의 지형 구조의 유사성을 고려하여 성산, 신양, 사계, 괘지, 함덕, 협재, 김녕, 평대, 하도, 표선 등 10개의 사구로 구분하였다. 이 연구에서는 환경부 국립생태원에서 제주도 해안사구를 14개 지점으로 목록화한 것에 제주 환경운동연합에서 추가한 6개의 사구(삼양, 신흥, 한동리, 세화, 종달, 오조리)를 더하여 제주도 본섬은 주요 해안사구를 20개(이호태우, 삼양, 신흥, 함덕, 김녕, 월정, 한동리, 평대, 세화, 하도, 종달, 오조리, 신양, 표선, 중문색달, 황후치, 사계, 모슬포, 협재, 관지)로 선정하였다. 제주 본 섬과의 비교를 위하여 제주 본 섬에 근접한 가장 큰 섬인 우도의 해안사구는 3개(서빈백사, 하고수동, 검멀레)로 하여 총 23개의 해안사구를 선정하였다(NIE, 2017; Jeju Federation of Environmental Movement, 2020; Figure 1). 또한, 선정된 해안사구 생태계의 주소, 위치(위도, 경도 포함), 면적, 해안선 길이 등 지형과 연관된 자료와 훼손의 특성 등 생태 관련 자료를 수집하였다(NIE, 2017; Jeju Federation of Environmental Movement, 2020). 우도를 포함한 제주도의 2022년 기후에서 연 평균기온은 16.7°C, 연평균 최고기온은 20.0°C, 연 평균최저기온은 13.8°C로 기록되었다. 또한 2022년 제주도 연 강수량은 1,362.4mm로 평년(평년비숫범위: 1,545.5mm~1,792.6mm)보다 적

었다(Jeju regional office of meteorology, 2023).

### 2. 식물상과 식생조사 방법

#### 1) 식물상 조사

식물상(flora)은 특정 지역에 생육하고 있는 모든 종류의 식물이다(Holmes, 1979). 우도를 포함한 제주도 해안사구 총 23개의 장소에서 식물상 조사를 수행하였다(Figure 1). 식물상 조사는 식생조사 기간과 동일한 2022년 5월부터 2022년 9월까지 수행하였다. 식물상 조사는 조사 장소에서 전체 식물을 기록하였다. 조사 장소에서 사구 영역을 확인하고 사구식물이 존재하는 지점을 중심으로 가장자리와 대각선으로 왕복하면서 더 이상 새로운 종이 나타나지 않을 때까지 식물 종을 기록하였다. 총 23개의 장소 내에서 사구의 거리가 떨어져 있으면 하나로 합쳐 식물 종 조사를 시행하였다. 발견된 식물의 동정은 Lee (2003), Cho et al. (2016)을 따라 수행하고 식물명은 국가생물종지식정보시스템을 따랐다(National Biological Information System, 2023). 외래종의 동정은 Park (2009)을 따라 수행하고 식물명은 국가생물종지식정보시스템과 국립생태원 한국 외래생물 정보시스템을 따랐다(National Biological Information System, 2023; NIE, 2023). 동정할 수 없었던 식물의 표본은 실험실로 운반하고 식물 표본을 제작하여 사구식물 분류 전문가에게 의뢰하여 분류를 시행하였다.

#### 2) 식생조사

식생(vegetation)은 식물이 모인 집단이고 식물 군락(plant community)은 독특한 종조성을 가지며, 자연 생태계에서 뚜렷한 기능과 구조의 차이를 보여주는 식물 사회이다(Kim, 2006). 식생조사는 식물상 조사와 같은 총 23곳의 해안사구에서 수행하였다. 총 103개의 방형구를 설치하여 식생을 조사하였고 방형구의 크기는 방형구에서 출현한 우점종의 평균 높이의 2배에 해



**Figure 1.** The location, area, and length of Jeju coastal sand dune survey areas(serial number: name of sand dune[latitude: longitude, dune area(km<sup>2</sup>), coastline length(km)]). (1: Iho Tewoo[33o,29',45" : 126o,26',20", 0.028, 0.837]; 2: Samyang[33o,31',30": 126o,35',10", 0.008, 0.298]; 3: Sinheung[33o,33',5": 126o,38',55", 0.002, 0.147]; 4: Hamdeok[33o,32',40": 126o,40', 25", 0.076, 0.997]; 5: Gimnyeong[33o,33',30": 126o,45',40", 0.036, 0.691]; 6: Woljeong[33o,33',20": 126o,47',50", 0.043, 1.290]; 7: Handong-ri[33o,32',35": 126o,49',50", 0.012, 0.486]; 8: Pyeongdae[33o31'58.4",126o50'31.4", 0.012, 0.233]; 9: Sehwa[33o,31',35": 126o,51', 25", 0.023, 0.766]; 10: Hado[33o, 30',35": 126o, 53',60", 0.072, 0.863]; 11: Jongdal[33o, 29',45": 126o,54',35", 0.300, 1.200]; 12: Ojo-ri[33o,28',50": 126o,54',10", 0.022, 0.682]; 13: Sinyang[33o,26',55": 126o,55',20", 0.226, 3.100]; 14: Pyoseon[33o,19',35": 126o, 50', 30", 0.256, 0.670]; 15: Jungmun Saekdal[33o,14',45": 126o, 24', 45", 0.025, 0.587]; 16: Hwanguchi[33o,14',10": 126o,18', 55", 0.096, 2.000]; 17: Sagye[33o,13',25": 126o,17',50", 0.126, 1.680]; 18: Moseulpo[33o,12',5": 126o,16',55", 0.059, 1.720]; 19: Hyeopjae[33o,23',40": 126o,14',15", 0.086, 1.000]; 20: Gwakji[33o,26',55": 126o,18',10", 0.039, 0.644]; 21: Seobin Baeksa, Udo[33o,30',5": 126o, 56', 35", 0.019, 0.829]; 22: Hagosudong, Udo[33o,30',45": 126o,57',30", 0.016, 0.386]; 23: Gummele, Udo[33o,29',55": 126o,58',5", 0.002, 0.089])

당하는 1 또는 4 m<sup>2</sup>로 설치하였다(Kim and Lee, 2006). 방형구 조사는 Z.-M. 학파의 전통 식물 사회학적 방법(Braun-Blanquet방법)을 활용하여 실시하고, 식생조사표를 통하여 환경정보와 식물상 정보를 기록하고 식물상 정보는 층별 출현 식물 종을 기재하였다. 식생의 현장 조사는 식물 군락의 상관에 근거하여 서식처 및 종 조성

이 균질한 곳을 선정하여 실시하였다. 식생조사표에서 종의 양적, 질적 정보 수집을 위해 층별 출현 식물 종의 피도를 조사 면적과 관련하여 9 단계로 나눈 변환통합 우점도로 기록하였다(Westhoff and van der Maarel, 1973). 또한 서식처 환경정보 파악을 위해 GPS 좌표, 해발 고도, 경사도, 지형(사구 연안 현무암 지반 유무), 특

이 사항 등의 내용도 함께 기재하였다. 방형구에서 발견된 식물의 동정은 식물상 조사와 동일한 방법으로 수행하였다.

### 3. 식생과 환경요인과의 관계 분석 및 통계 처리

제주 사구 조사 방형구간 중 구성과 종의 피도에 의한 식생 구조의 차이를 분석하기 위하여 CANOCO 4.55 software (ter Braak and Smilauer, 2002)를 이용하여 detrended canonical correspondence analysis (DCCA)를 수행하였다. DCCA는 생물종별 경사를 나타내는 공간 축에 방형구간 종 조성의 변이를 나타내는 다변량 분석 방법(multivariate methods)의 하나이다(ter Braak and Smilauer, 2002). DCCA는 또한 Canonical correspondence analysis 등 다른 다변량 분석 방법의 결과에서 일어날 수 있는 오류인 활모양 효과(arch effect)를 제거하는 방법이다. 본 연구에서 다변량 분석 방법으로 DCCA를 선택하였다(Kellner, 1993). 방형구에서 기록된 식물과 피도를 7개의 환경 변수(사구 면적, 사구 길이, 고도, 경사도, 지형(현무암 기반 유무), 우점종의 피도, 우점종의 높이)로서 서열 분석하였다. DCCA는 물리적이고 생물학적인 변수에 따라 독립적으로 분석되었고 이 연구의 가정은 환경 변수에 따라 사구 방형구의 종 조성이 다양하고 서열 공간에서 밀집되거나 흩어진다는 것이었다.

## III. 연구결과 및 고찰

### 1. 식물 종 조사

전체 식물 종을 기록하고 빈도를 분석한 결과, 총 277종이 나타났고 가장 많이 발견된 종은 순비기나무와 갯메꽃이었다(Table 1). 순비기나무의 빈도는 91.6%이고 갯메꽃은 90.6%이었다. 이것은 Choi et al. (2015)이 ‘전국 해안사구 정밀 조사’로서 우리나라 40개 사구에서 출현 빈도가 가장 높았던 식물은 갯메꽃과 사철쭉인 것과 유사하였

다. 우리나라 사구식물의 분포적 측면에서 갯메꽃(*Wedelia prostrata*)는 제주도 사구에서 한정되어 분포하는 것으로 알려져 있는데 이 연구에서 약 64%의 빈도로 출현하였다(Table 1). 또한 해안사구 지표식물로 알려진 종은 19종(갯메꽃, 갯메꽃, 번행초, 순비기나무, 쯤보리사초, 갯그렁, 갯방풍, 갯사상자, 갯쇠보리, 갯썸바귀, 갯완두, 모래지치, 사철쭉, 솔장다리, 수송나물, 왕잔디, 우산잔디, 참골무꽃, 통보리사초)이 출현하여 우리나라 전체 사구 지표식물 중(총 29종) 약 65%가 기록되었다(NIE, 2017). 이는 제주 해안사구가 지리적으로 분리되어 있지만 우리나라 본토 해안사구에 분포하는 대부분의 사구 지표식물이 분포하고 있다는 것을 확인해 준다. 갯메꽃은 산림청의 희귀식물 중 취약종으로 구분되어 있고 제주도 해안사구의 훼손과 사구 환경 악화에 따라 개체 수 감소가 예측되므로 적극적인 규제가 필요하다(Kim et al., 2013). 식물구계학적 특정 종으로서 V 등급에 해당하는 종은 기록되지 않았으나 IV 등급에 속하는 갯메꽃, 갯강활, 문주란이 분포하였다(NIE, 2018). 갯메꽃의 출현 빈도가 약 64%였던 것에 비하여 갯강활과 문주란의 출현 빈도는 각각 23.95%, 41.66%이었다. 식물구계학적 특정 종 III등급에 해당하는 종으로서 돈나무(출현 빈도: 25%), 말나리(1.04%), 맥문아재비(5.20%), 멸구슬나무(3.12%), 병풀(5.20%), 솔장다리(23.95%), 암대극(14.58%), 왕모시풀(15.62%), 천선과나무(3.12%), 털머위(6.25%)가 기록되었다. 또한 식물종의 과별 출현 빈도를 분석하였을 때, 50% 이상을 차지한 과는 국화과와 벼과였다(국화과: 66.6%; 벼과: 54.6%). 10% 이상의 빈도를 차지한 과를 빈도가 큰 순서대로 나열하면, Fabaceae, Chenopodiaceae, Liliaceae, Polygonaceae였다(Fabaceae: 17.3%; Chenopodiaceae: 16% ; Liliaceae : 12%; Polygonaceae: 12%). 전체 출현종에서 목본과 초본의 비율은 각각 7.2%와 92.8%였다. 전체 식물 종의 생활사를 분석한 결과, 목본종에서 토착종 82.6%, 농작물 17.4%로 대부분이

**Table 1.** List of species with more than 50% frequency of occurrence in the overall species survey

Family name	Korean name	Scientific name	Frequency of occurrence(%)
Compositae	갯금불초*	<i>Wedelia prostrata</i>	64.58
Convolvulaceae	갯메꽃*	<i>Calystegia soldanella</i>	90.66
Rubiaceae	계요등	<i>Paederia foetida</i>	52.08
Rosaceae	돌가시나무	<i>Rosa wichuraiana</i>	60.41
Gramineae	띠	<i>Imperata cylindricavar. koenigii</i>	66.66
Gramineae	바랭이	<i>Digitaria ciliaris</i>	56.25
Aizoaceae	번행초*	<i>Tetragonia tetragonoides</i>	68.75
Verbenaceae	순비기나무*	<i>Vitex rotundifolia</i>	91.66
Compositae	쭉	<i>Artemisia princeps</i> var. <i>orientalis</i>	76.04
Onagraceae	애기달맞이꽃	<i>Oenothera laciniata</i>	61.45
Cyperaceae	좁보리사초*	<i>Carex pumila</i>	61.45

\*: Indicator species of coastal sand dune(NIE, 2017)

**Table 2.** Analysis of the life history of the entire species

	Native species	Exotic species	Crops (including planting species)
Trees	82.6%	0.00%	17.4%
Annual herbs	45.4%	48.5%	6.1%
Biennial herbs	47.2%	50.0%	2.8%
Perennial herbs	74.4%	20.2%	5.4%

토착종이었다. 일년생 초본과 이년생 초본은 대부분 토착종과 외래종이었고 토착종과 외래종의 비율은 유사하였다. 반면 다년생 초본에서는 토착종이 외래종과 농작물보다 우세하였다(Table 2). 외래종 중에서 생태계교란식물로서 돼지풀, 서양금혼초, 양미역취, 털물참새피, 환삼덩굴이 출현하였다. 이러한 생태계교란식물은 사구 생태계에서 증가하는 추세에 있다(Lee and Oh, 2021).

## 2. 방형구에 의한 식생조사

방형구 조사구 수는 총 103개였다. 방형구 조사 결과 출현한 총 종수는 98이었다. 우도를 제외하고 제주 본 섬의 방형구 조사를 통하여 나타난 식물 군락은 총 30개로 빈도가 큰 순서로 나열하면 순비기나무 군락, 띠 군락, 갯쇠보리 군락, 갯금불초 군락, 갯그령 군락, 갯메꽃 군락, 비쭉 군

락, 번행초 군락, 갯쇠보리-순비기나무 군락, 나문재 군락, 나문재-번행초 군락, 능수참새그령 군락, 돌가시나무 군락, 띠-순비기나무 군락, 사철쭉 군락, 사철쭉-갯그령 군락, 산국 군락, 솔장다리 군락, 솔장다리-바랭이 군락, 수송나물 군락, 순비기나무-띠 군락, 순비기나무-맥문동 군락, 억새 군락, 우산잔디 군락, 우산잔디-좁보리사초 군락, 인동덩굴 군락, 좁보리사초 군락, 쥐보리 군락, 큰김의털 군락, 통보리사초 군락이었다. 조사면적의 차이가 있지만 우리나라 육지의 해안사구인 신두리 해안 사구의 9 군락과 비교하여 더 많은 군락이 식별되었다(Ahn, 2003). 우도를 제외한 제주 본 섬에서 방형구 조사를 통하여 나타난 식물 군락 중에서 가장 높은 빈도로 출현한 군락은 순비기나무였고, 띠, 갯쇠보리, 갯금불초 군락이 뒤를 이었다(Table 3). 방형구 당 평균 총 종수

**Table 3.** Plant communities with more than 2% frequency of occurrence in the survey area

Plant communities (Korean name)	Frequency (%)
<i>Vitex rotundifolia</i> (순비기나무)	35.29
<i>Imperata cylindrica</i> var. <i>koenigii</i> (띠)	11.76
<i>Ischaemum antephoroides</i> (갯쇠보리)	8.23
<i>Wedelia prostrate</i> (갯금불초)	4.70
<i>Elymus mollis</i> (갯그렁)	3.52
<i>Calystegia soldanella</i> (갯메꽃)	3.52
<i>Artemisia scoparia</i> (비쭉)	3.52
<i>Tetragonia tetragonoides</i> (번행초)	2.35

는 제주 본 섬에서 평균 4.8 종이었고(4.80±2.18, 평균±표준편차) 우도에서 평균 4.7 종이였다(4.72±1.52). 방형구 당 평균 총 외래종수는 제주 본 섬에서 평균 0.5종이었고(0.53±0.81) 우도에서 평균 0.2 종이였다(0.22±0.42). 방형구내 출현한 종 중에서 피도 3% 이상인 종중에서 가장 큰 식물은 순비기나무이고(40.15±3.61, 평균±표준오차), 띠, 갯쇠보리, 갯메꽃, 갯금불초, 돌가시나무, 갯그렁, 인동덩굴 순으로 작게 나타났다. 제주 본 섬이 아닌 우도에서는 피도 3% 이상이 종 중으로 피도가 큰 순서로 순비기나무, 띠, 갯금불초, 번행초, 갯메꽃, 갯쭉부쟁이, 큰참새피, 억새였다.

제주 사구의 형성 역사를 살펴보면 제주도 김영·월정 사구의 고도양층은 약 5000년에서 7000년 전 형성된 것으로 판단된다(Park & Son, 2007). 또한, 제주도 신양리 해안사구는 홀로세 중후기로 약 3000년 전으로 연대가 추정된다(Choi et al., 2014). 하지만 사구 토양 상층에 형성되는 사구식물과 식생은 교란의 시기가 일어날 때마다 구성 양상에 차이가 났을 것으로 예상된다.

우도를 제외한 제주 본섬에서 2회 이상(빈도 2.35 이상) 기록된 식물 군락인 순비기나무 군락, 띠 군락, 갯쇠보리 군락, 갯금불초 군락, 갯그렁 군락, 갯메꽃 군락, 비쭉 군락, 번행초 군락을 중심으로 한 식생의 특성은 다음과 같다.

1) 순비기나무 군락

순비기나무 군락은 평균 해발 15.75m에서 나타났고 우점종인 순비기나무의 평균 피도는 76.56%이었다. 순비기나무의 평균 높이는 0.46m 이었다. 순비기나무 군락에 출현한 수반 종으로 피도가 높았던 순서로 띠, 돌가시나무, 인동덩굴, 계요등, 갯메꽃, 쥐똥나무, 갯쇠보리, 수송나무, 미국실새삼, 갯금불초, 참꽃무꽃, 억새, 우산잔디, 쭉, 으아리, 서양금혼초, 번행초 등이 생육하였다. 순비기나무 군락의 평균 종풍부도는 5.13이었다. 순비기나무는 해안사구의 바닥을 기는 덩굴 형으로서 다른 식물 동반 종과 같이 군락을 형성한다. 돌가시나무와 같이 출현하여 순비기나무-돌가시나무 군락으로 구분하기도 하지만 순비기나무 군락에서 발견된 돌가시나무의 평균 피도가 4.64%로 작아 순비기나무 군락으로 분류하였다(Lee et al., 2016). 순비기나무 군락은 염에 대한 저항이 커서 바닷물에 침수되어도 복원이 빨라(Lee et al., 2016), 제주 해안사구의 복원 종으로서 추천될 수 있다.

2) 띠 군락

띠 군락은 평균 해발 4m에서 출현하였고 우점종인 띠의 평균 피도는 80.72%이고 평균 높이는 0.56m이었다. 띠 군락의 수반 종은 순비기나무, 갯무, 갯메꽃, 돌가시나무, 통보리사초, 인

동덩굴, 맥문동, 좁포아풀, 서양금혼초, 갯쇠보리, 꼭두서니 등이었다. 띠 군락의 종풍부도는 5이었다. 띠 군락은 전형적인 사구 식생으로 분류하지 않고 사구 식생이 파괴되면서 띠가 침입하면서 형성된 군락으로 판단된다(Song et al., 2005).

### 3) 갯쇠보리 군락

갯쇠보리 군락은 해발 평균 12.71m에서 출현하였다. 우점종인 갯쇠보리의 평균 피도는 70.42%이었고 갯쇠보리의 평균 높이는 0.51m이었다. 갯쇠보리의 수반 종은 순비기나무, 수송나물, 인동덩굴, 좁보리사초, 갯금불초, 명석딸기, 갯메꽃, 꼭두서니, 돌가시나무 등이었다. 갯쇠보리 군락의 종풍부도는 3.85이었다.

### 4) 갯금불초 군락

갯금불초 군락은 해발 평균 25.5m에서 분포하였고 갯금불초의 평균 피도는 71%, 평균 높이는 0.15m였다. 갯금불초와 같이 생육하고 있는 수반 종은 통보리사초, 칩, 갯메꽃, 띠, 갯쇠보리, 돌가시나무 등이었다. 갯금불초 군락의 평균 종풍부도는 4이었다.

### 5) 갯그렁 군락

갯그렁 군락은 해발 평균 14.66m에서 군락을 형성하였고 우점종인 갯그렁의 평균 피도는 85.66%, 평균 높이는 0.73m였다. 갯그렁의 수반 종은 수영, 순비기나무, 갯메꽃, 소루쟁이, 팽이밥, 갯무 등이었다. 갯그렁 군락의 평균 종풍부도는 4.66이었다.

### 6) 갯메꽃 군락

갯메꽃 군락은 해발 평균 1m에서 군락을 형성하였고 갯메꽃의 평균 피도는 84%, 평균 높이는 0.08m이었다. 갯메꽃과 함께 출현한 종은 갯쇠보리, 바랭이, 순비기나무, 변행초, 나문재, 가는갯능쟁이, 수송나물, 소루쟁이, 인동덩굴,

갯잔디 등이었다. 갯메꽃 군락의 평균 종풍부도는 4.66이었고 우리나라 해안 식생으로 구분한 갯메꽃 군락의 평균 출현 종수인 9종보다는 낮은 값을 보였다(Lee et al., 2016). 갯메꽃 군락은 해변의 다양한 환경에서 발달하면서 환경적응성이 강한 종으로서 땅속줄기가 모래 속으로 자라면서 지면을 덮으므로(Lee et al., 2016). 훼손된 제주 사구의 복원 종으로 추천될 수 있다.

### 7) 비쭈 군락

비쭈 군락은 평균 해발 고도가 7.33m이었고 비쭈의 평균 피도는 69.66%, 평균 높이는 0.3m였다. 함께 수반한 종은 순비기나무, 띠, 칩, 갈퀴꼭두서니, 갯메꽃, 갯쭈부쟁이, 갯쇠보리, 꼭두서니, 인동덩굴이었다. 비쭈 군락의 평균 종풍부도는 4.66이었다.

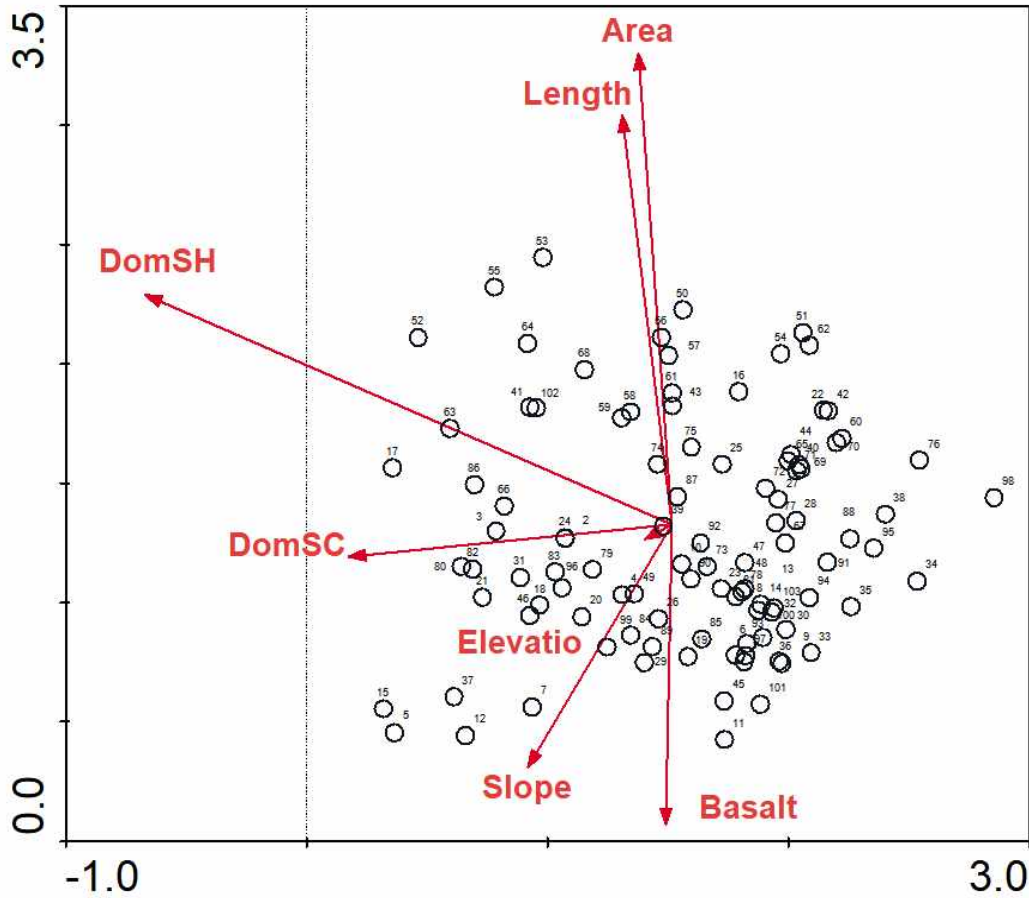
### 8) 변행초 군락

변행초 군락은 평균 해발 고도 3m에서 분포하였고, 변행초의 평균 피도는 72%, 평균 높이는 0.25m였으며, 주로 흰명아주와 수반하여 군락을 형성하였다. 변행초 군락의 평균 종풍부도는 2이었다.

## 3. 식생과 환경요인과의 관계 분석 결과

서열분석(ordination) 방법의 하나인 DCCA 분석 결과, 우도를 포함한 제주 사구를 조사한 방형구의 식생은 서열 공간에 넓게 분포하여 방형구 식생을 구성하는 식물 종이 다양함을 보여주었다(Figure 2). 각 방형구에 해당하는 식물 군락들도 서열 공간에서 일부 가까이 중첩된 방형구들을 제외하면 넓게 분리되었다(Figure 2). 이러한 사구 분포 식물의 분포를 유의성 있게 설명하는 환경요인은 생물학적인 요인인 우점종의 높이와 피도였다(Figure 2). 따라서 제주 사구에 정착하는 식물들은 어떤 종이 우점하는가에 따라서 분포가 결정되는 것으로 판단된다. 또한 이러한 우점종에 의한 서열분석 결과는 해





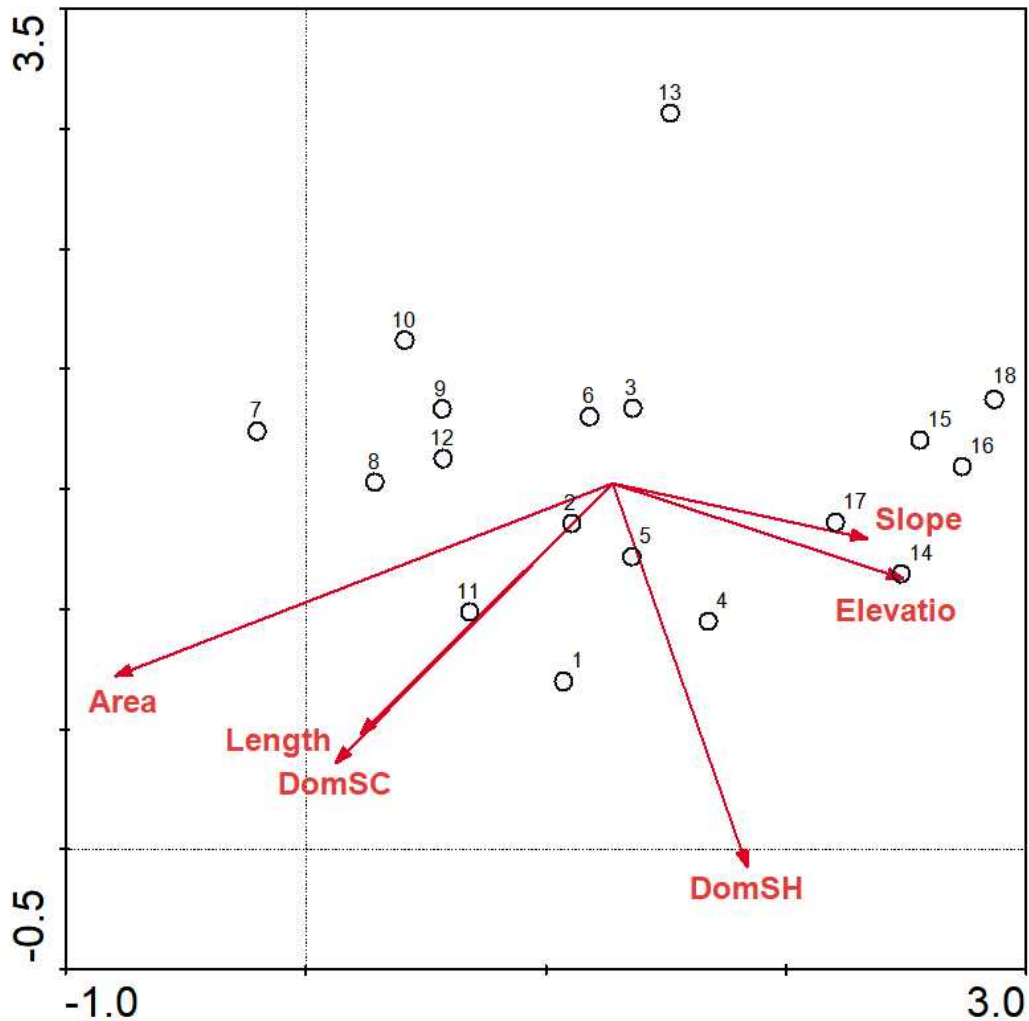
**Figure 2.** Results of detrended canonical correspondence analysis (DCCA) of Jeju coastal sand dune vegetation. The horizontal axis indicates the first axis produced from DCCA and the vertical axis is the second axis. The numbers near circles are serial number of quadrats. The environmental factors of arrows are as follows (Area: dune area; Basalt: the presence of basalt base near sand dunes; Elevation: altitude; Length: coastline length; Slope: grade; DomSC: covers of dominant species; DomSH: height of dominant species). The names of plant communities corresponding to each serial number of quadrats refer to appendix 1

안사구의 탄소 증대를 위한 식물 녹화 복원할 때 사구에 적합한 종을 우선으로 식재하여 조성하는 방안을 제안할 수 있다. 반면 우도 조사 방형구의 식생을 DCCA 분석한 결과, 해안사구의 면적이 가장 유의하게 식물 종 조성의 분포를 설명하였다(Figure 3). 우도 사구는 제주 본 섬의 사구와 달리 3개의 사구인 서빈백사, 하고수동, 검멀레의 위치가 서로 유사한 거리로 떨어져 있어 사구 면적이 식물 종 조성의 변이와 관

련이 있다고 추측된다. 또한, 우도 해안사구의 방형구에 해당하는 식물 군락들은 DCCA의 서열 공간에서 서로 분리되는 것으로 보아 같은 우점종이 방형구내 생육하더라도 수반 종의 종 조성에 차이가 있고, 식물 군락 간에 종 조성의 차이가 큰 것으로 판단된다(Figure 3).

#### 4. 제주 사구 쇠퇴와 복원 방안

한국의 해안사구는 전형적인 사구의 요소들을



**Figure 3.** Results of detrended canonical correspondence analysis (DCCA) of Udo coastal sand dune vegetation. The horizontal axis indicates the first axis produced from DCCA and the vertical axis is the second axis. The numbers near circles are serial number of quadrats. The environmental factors of arrows are as follows (Area: dune area; Basalt: the presence of basalt base near sand dunes; Elevation: altitude; Length: coastline length; Slope: grade; DomSC: covers of dominant species; DomSH: height of dominant species). The names of plant communities corresponding to each serial number of quadrats are as follows (1, 2, 7, 8, 10: *Vitex rotundifolia*; 3, 16: *Aster hispidus*; 4, 11, 15: *Imperata cylindrica* var. *koenigii*; 5: *Paspalum dilatatum*; 6, 18: *Wedelia prostrata*; 9: *Tetragonia tetragonoides*; 12: *Calystegia soldanella*; 13: *Wedelia prostrata-Tetragonia tetragonoides*; 14: *Miscanthus sinensis*; 17: *Pinus thunbergii*)

보여주는데 자연과 인공적인 과정에 의해 크게 교란된 생태계라고 할 수 있다. 해안사구에서 자연적 활동에는 급진적인 움직임이 포함되는데 파도와 조수의 작용, 물의 움직임에 의한 해안의 움직임

이 있다(Smith and Smith, 2001). 제주 사구에서 발견된 인위적인 활동들은 군사 시설, 항만 개발, 휴양지 건축 등이고 이런 활동으로 사구의 훼손이 야기된다. 이렇게 훼손된 사구의 복원은 안정화와

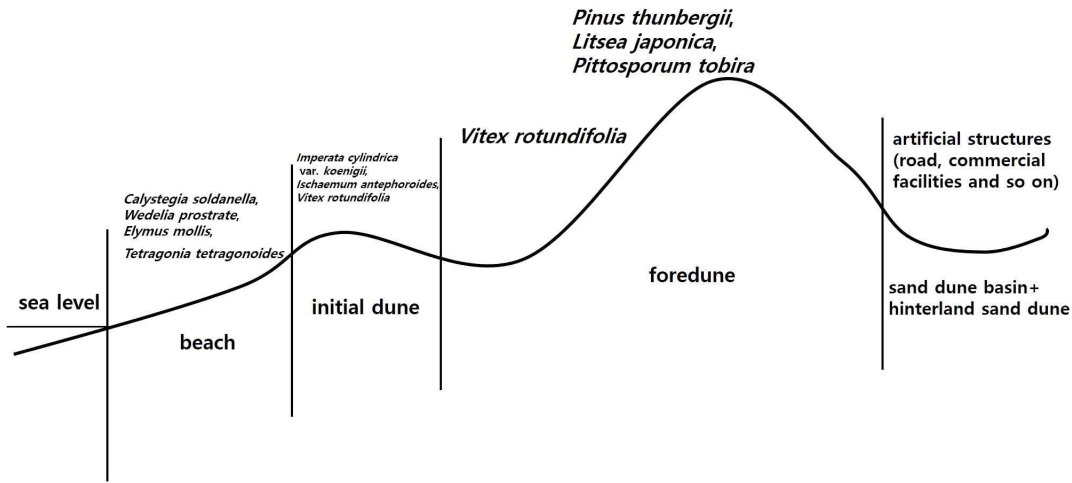


Figure 4. Major plant communities along sand dune location for the restoration of sand dunes in Jeju (considering the presence of artificial structures in sand dune basins and hinterland sand dunes)

사구를 형성하는 과정을 재확립하는 것으로 이루어질 수 있다(Galatowitsch, 2012). 사구 식생을 훼손하는 대부분의 또 하나의 인간 활동은 답압(trampling)과 오프로드 자동차(off-road vehicle)로 알려져 있다. 답압을 최소화하는 방안은 사람의 통행로를 따로 만들고 사구 식생에 울타리를 치는 것이 알려져 있다. 이러한 사람의 통행로는 사구의 전사구(foredune)부터 현재의 사구 위치까지 철저히 확장되어 설치되어야 한다(Galatowitsch, 2012). 해안사구는 고도로 교란된 생태계의 특징을 가지고 있고 그 인위적인 활동의 강도는 강하게 생물학적 요인들에 영향을 끼쳐왔다(Girard et al., 2002). 해안사구를 포함하여 고도로 교란된 생태계에서 발견되는 공통된 특성은 다음과 같다. 즉 생물학적 다양성이 낮고 영양소가 부족한 것으로 밝혀졌다. 또한 보존 가치가 있는 식물 군집을 사라지게 하고 외래식물 침입을 증가하게 하였다. 따라서 기존 사구의 위치에 사구의 자생 식물을 식재하여 사구 생태계를 복원하는 것이 시급하다. 그리고 본 연구에서 도출된 제주 해안사구에 자생하는 식물 군락을 중심으로 보존하는 것이 필요하다. 또한 본 연구에서 상세히 조사되지 않았지만, 내륙 방향으로 형성된 전사구(foredune)와 전사구 후방

의 2차 사구 등은 대부분 해안사구로부터 도로와 인위적인 구조물로 격리되어 있었고 이러한 사구에는 순비기나무(*Vitex rotundifolia*), 곰솔(*Pinus thunbergii*), 까마귀쭈박나무(*Litsea japonica*), 돈나무(*Pittosporum tobira*) 등의 목본들로 구성되었다(Figure 4). 따라서 이러한 사구 자생 목본을 중심으로 훼손된 사구에 식재를 하거나 철저한 보존을 통하여 사구 숲을 형성하고 바람막이의 역할을 하는 목본의 배후에 모래가 쌓이게 하는 방식의 복원 방안이 제안될 수 있다.

#### IV. 결 론

제주도 식생조사를 위한 해안사구의 생태계가 자연성과 보존성을 기준으로 선정되었다. 본 연구에서는 우도를 포함한 제주도의 주요 해안사구로 23개를 선정하였다. 제주도 해안사구에서는 식물 종 조사와 방형구 조사를 시행하였다. 연구 현장의 식생조사는 식물이 성장하는 2022년 5월부터 9월까지 실시되었다. 조사 현장에서 식물 종 조사를 위하여 초기에 사구 지역을 파악하고, 더 이상 새로운 종이 출현하지 않을 때까지 식물 종을 기록하였다. 식생조사는 방형구 설치를 통해 수행되었으며

Braun-Blanquet 방법을 사용하였다. 식물 중 조사 결과, 총 277종이 나타났으며, 가장 흔한 종은 순비기나무(*Vitex rotundifolia*)와 갯메꽃(*Calystegia solvanella*)이었고 순비기나무와 갯메꽃의 빈도는 모두 약 90% 이상이었다. 전체 출현 종 중 목본종과 초본종의 비율은 각각 7.2%, 92.8%였다. 방형구 조사는 103곳에서 이루어졌고, 방형구 조사에서 발견된 종의 총수는 98종이었다. 방형구의 종 우점도를 기준으로 군락을 분류한 결과, 30개의 식물 군락으로 분석되었다. 이 중에서 제주 본 섬에서 빈도가 2 이상으로 출현한 식물 군락은 순비기나무 군락, 띠 군락, 갯쇠보리 군락, 갯금불초 군락, 갯그렁 군락, 갯메꽃 군락, 비쭈 군락, 번행초 군락이었다. 식생 및 환경요인 매트릭스를 기반으로 한 DCCA(Detrended Canonical Correspondence Analysis) 결과, 우점 식물 종의 높이와 피복이 제주도 해안사구 종의 변이와 분포를 유의미하게 설명하는 것으로 나타났다. 따라서 사구에 자생하는 다년생 초본 식물과 목본을 중심으로 침입과 정착을 돕고 쇠퇴하여 가고 있는 자생 식물 군락을 보존하여야 한다. 특히, 인위적인 교란이 심하지만 잔존하는 전사구와 이차사구에 생육하는 현재의 곰솔(*Pinus thunbergii*), 까마귀쪽나무(*Litsea japonica*) 및 돈나무(*Pittosporum tobira*), 순비기나무(*Vitex rotundifolia*) 등의 개체들을 보존함으로써 제주도 해안사구를 복원하는 방안을 제안할 수 있다.

## References

- Ahn, Y.-H. (2003). Phytosociological study on the vegetation of sand dune in Shindoori seashore. *Journal of Korean Society of Environmental Restoration & Revegetation Technology*, 6(6), 29-40.
- Cho, Y. H., Kim, J. H., & Park, S. H. (2016). Grasses and sedges in South Korea. Geobook, Seoul.
- Choi, K. H., Jung, P. M., Kim, Y., & Lee, S. Y. (2014). Radiocarbon dating and sedimentary environment of the coastal dunes, Shinyang-ri, Jeju Island. *Journal of The Korean Geomorphological Association*, 21(2), 59-68.
- Choi, K. H., Kim, Y. M., & Kil, J. H. (2015). Coastal Sand Dunes of Korea: Distribution and Ecology. National Institute of Environmental Research, Incheon.
- Galatowitsch, S.M. (2012). Ecological restoration (pp. 171-177). Sinauer, Massachusetts, U.S.A.
- Girard, M., Lavoie, C., & Thériault, M. (2002). The regeneration of a highly disturbed ecosystem: a mined peatland in southern Québec. *Ecosystems*, 5, 274-288.
- Han, T. (1998). A geomorphological study on beach and sand dune in Jeju island. *Journal of The Geomorphological Association*, 5(1), 73-87.
- Holmes, S. (1979). Henderson's dictionary of biological terms (153 pp). Longman, London.
- Jeju Federation of Environmental Movement. (2020). The story of Jeju Island coastal sand dunes, the sand dunes created by the wind (pp. 8-145). Jeju Federation of Environmental Movement, Jeju.
- Jeju regional office of meteorology. (2023). 2022 Jeju island climate data collection (pp. 7-8). Jeju regional office of meteorology, Jeju.
- Kellner, O. (1993). Effects on associated flora of silvicultural nitrogen fertilization repeated at long intervals. *Journal of Applied Ecology*, 30(3), 563-574.
- Kim, D.-W., Gu, J.-W., Hong, Y.-J., Kim, S.-M., & Son, S.-W. (2022). Deep learning-based monitoring for conservation and management of coastal dune vegetation. *Journal of the Korea Society of Environmental Restoration Technology*, 25(6), 25-33.
- Kim, J.-E., & Hong, S.-K. (2009). Landscape

- ecological analysis of coastal sand dune ecosystem in Korea. *Journal of the Korea Society of Environmental Restoration Technology*, 12(3), 21-32.
- Kim, J.-W. (2006). *Vegetation ecology* (pp. 105-108). World Science, Seoul.
- Kim, J.-W., & Lee, Y. K. (2006). *Classification and assessment of plant communities*. World Science, Seoul.
- Kim, K.-A., Han, J.-S., Cheon, K.-S., & Yoo, K.-O. (2013). Environmental characteristics of *Wedelia prostrata* Hemsl. habitats in Jeju-do. *Korean Journal of Environmental Ecology*, 27(1), 1-10.
- Kim, T. H. (2003). Geomorphological Land Classification of Coastal Zones in Jeju Island. *Journal of the Korean Geomorphological Association*, 10(1), 33-47.
- Lee, C. B. (2003). *Coloured flora of Korea*. Hyangmunsa, Seoul.
- Lee, E.-H., & Oh, C.-H. (2021). A study on the threat factors of biodiversity on Hasidong Anin coastal dune. *Journal of the Korea Society of Environmental Restoration Technology*, 24(3), 99-114.
- Lee, Y. H., Oh, Y. J., Lee, W. J., Na, C. S., Kim, K. O., & Hong, S. H. (2016). Phytosociological classification of coastal vegetation in Korea. *Korean Journal of Environmental Biology*, 34(1), 41-47.
- Martinez, M. L., Psuty, N. P., & Lubke, R. A. (2008). A perspective on coastal dunes. In: Martinez, M. L., & Psuty, N. P. (eds.). *Coastal dune, ecology, conservation* (pp. 3-10). Springer.
- National Biological Information System (2023). <https://www.nature.go.kr>
- NIE(National Institute of Ecology) (2018). Floristic target species in Korea. National Institute of Ecology, Seocheon-gun.
- NIE(National Institute of Ecology) (2017). Investigation of the management status of coastal dunes in Korea and research on improvement plans. National Institute of Ecology, Seocheon-gun.
- NIE(National Institute of Ecology) (2023). Information of Korean alien species. <https://kias.nie.re.kr>
- Park, K., & Son, I. (2007). Luminescence Dating Results from Kimnyong-Wolchung Coastal Sand-dune and their Implications. *Journal of the Korean Geomorphological Association*, 14(2), 33-41.
- Park, S. H. (2009). Naturalized plants of Korea in fine-grained flowers and photographs. Ilchokak, Seoul.
- Song, H., Park, G., Park, H., Seo, E., So, S., & Kim, M. (2005). Vegetation and soil properties of the coastal sand dune in Sinduri, Taean-Gun. *Journal of Korean Environmental Research & Revegetation Technology*, 8(6), 59-68.
- Smith, R.L., & Smith, T.M. (2001). *Ecology and Field Biology* (771 pp). Benjamin Cummings, an Imprint of Addison Wesley Longman, Inc., San Francisco
- Han, T. H. (1998). A geomorphological study on beach and sand dune in Jeju island. *Journal of the Korean Geomorphological Association*, 5(1), 73-87.
- Ter Braak, C. J. F., & Smilauer, P. (2002). *CANOCO Reference manual and CanoDraw for Windows user's guide: Software for canonical community ordination (version 4.5)*. Microcomputer Power, Ithaca, NY, USA.
- Westhoff, V., & van der Maarel, E. (1973). The Braun-Blanquet approach. In: R. H. Whittaker. (eds.). *Ordination and Classification of Communities* (pp. 167-726). Dr. W Junk by Publisher, Hague.

**Appendix 1.** Plant communities names and environmental factors in the quadrat survey area in the sand dune area of Jeju Island (the number of the square is the same as Figure 2).

#	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
PCN	Cs	Vr	Ick	Vr	Ms	Ick	Ick	Vr	Ick	Vr	Em	Tt	Tt	Ec	Vr	Fa	Ick	Wp	Lm	Em	Cb	Vr	Sg	Vr	Ick	Sg-Tt	Ac-Em	Ia	Vr	Em	Ck	Cp	Cd-Cp	Cs	
E (m)	8	13	7	0	40	3	4	3	3	2	50	50	3	3	50	20	20	13	9	15	10	0	6	5	4	25	0	25	4	20	4	2	15	3	15
S (°)	0	0	0	0	33	3	2	0	4	0	0	18	0	0	43	0	13	0	0	25	5	0	0	0	4	0	3	33	2	0	0	0	0	2	
DSC (%)	88	83	80	87	90	63	91	78	60	73	78	87	72	72	65	40	80	89	91	65	90	25	79	67	62	92	55	60	64	75	80	70	78	50	68
DSH (m)	0.1	0.67	0.9	0.49	0.72	0.36	0.57	0.23	0.27	0.49	0.1	0.6	0.25	0.25	0.9	0.8	1.2	0.63	0.22	0.7	0.8	0.67	0.28	0.8	0.53	0.35	0.43	0.37	0.43	0.2	0.8	0.25	0.1	0.1	0.1
#	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
PCN	Sk	Vr	Wp	Ia	Ia	Vr	Cd	Vr	Vr	Cs	Ick	As	Sc-De	Sc	Ia	Lj	Ick	Vr	As	Vr	Ia	Vr-Ick	Vr	Vr	As	Ick	Vr	Vr	Vr	Vr	Vr	Vr	Vr	Vr	Vr
E (m)	5	4	7	2	5	9	9	0	40	10	11	10	10	40	6	4	6	6	7	14	9	0	50	50	5	6	8	7	6	70	11	10	2	4	5
S (°)	24	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	3	0	0	0	0	0	0	3	0	2	2	8	0	2	15	0	0	0	0	0	6	0
DSC (%)	57	89	63	83	60	94	73	85	80	96	90	62	73	80	74	71	100	72	77	81	78	87	91	93	70	81	57	88	80	76	78	70	65	65	63
DSH (m)	0.2	0.7	0.1	0.47	0.4	0.8	0.25	0.55	0.18	0.05	0.64	0.4	0.27	0.42	0.6	0.32	1	1	0.3	1	0.58	0.5	0.4	0.4	0.22	0.6	0.49	1	1	0.17	0.9	0.3	0.9	0.27	0.24
#	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	M	SE
PCN	Vr	Ia	Wp	Vr	Ick	Wp	Vr	Vr	Vr	Vr	Rw	Ick	Ick-Vr	Vr	Ia-Vr	Vr	Vr	Ah	Ick	Pd	Wp	Vr	Vr	Tt	Vr	Ick	Cs	Wp-Tt	Ms	Ick	Ah	Pt	Wp		
E (m)	70	71	80	0	8	6	53	64	6	6	6	8	4	4	5	5	5	6	7	6	4	4	8	9	9	10	7	2	10	10	10	10	10	13.8	1.76
S (°)	0	0	0	0	6	10	4	0	0	23	17	22	0	2	5	0	0	0	16	13	3	3	30	2	0	0	6	48	38	43	0	3	5.62	1.06	
DSC (%)	60	69	78	85	70	52	40	73	90	84	78	72	93	89	81	77	65	62	83	68	66	67	55	72	58	90	93	27	40	38	48	45	71	72.6	1.49
DSH (m)	0.2	0.2	0.18	0.49	0.52	0.1	0.4	0.14	0.5	0.8	0.18	0.9	0.6	0.4	0.28	1	0.6	0.17	0.33	0.43	0.16	0.49	0.31	0.14	0.15	0.6	0.08	0.16	0.72	0.4	0.25	1.2	0.23	0.46	0.02

#: 방형구 번호; PCN(plant community name): 식물 군락명; E(elevation): 고도; S(slope): 경사; DSC(covers of dominant species): 우점종 피도; DSH(height of dominant species): 우점종 높이; Cs(*Calystegia soldanella*): 갯메꽃; Vr(*Vitex rotundifolia*): 순비기나무; Ick(*Imperata cylindrica* var. *koenigii*):Ms(*Miscanthus sinensis*): 억새;Em(*Elymus mollis*): 갯그렁;Tt(*Tetragonia tetragonoides*): 변행초; Ec(*Eragrostis curvula*): 능수참새그렁; Fa(*Festuca arundinacea*): 큰김의털;Wp(*Wedelia prostrata*): 갯금불초; Lm(*Lolium multiflorum*): 쥐보리; Cb(*Chrysanthemum boreale*): 산국;Sg(*Suaeda glauca*): 나문재;Sg-Tt(*Suaeda glauca-Tetragonia tetragonoides*):나문재-변행초;Ac-Em (*Artemisia capillaris-Elymus mollis*): 사철쭉-갯그렁;Ia(*Ischaemum antephoroides*):갯쇠보리; Ck(*Carex kobomugi*): 통보리사초;Cp(*Carex pumila*):좁보리사초;Cd-Cp(*Cynodon dactylon-Carex pumila*): 우산잔디-좁보리;Sk(*Salsola komarovii*):수송나물;Cd(*Cynodon dactylon*): 우산잔디;As(*Artemisia scoparia*):비쭉;Sc-De(*Salsola collina-Digitaria ciliaris*):솔장다리-바랭이;Sc(*Salsola collina*):솔장다리;Lj(*Lonicera japonica*): 인동;Vr-Ick(*Vitex rotundifolia-Imperata cylindrica* var. *koenigii*):순비기나무-띠;Vr-Lp (*Vitex rotundifolia-Liriope platyphylla*): 순비기나무-맥문동;Ac(*Artemisia capillaris*):사철쭉;Rw(*Rosa wichuraiana*):돌가시나무;Ick-Vr(*Imperata cylindrica* var. *koenigii-Vitex rotundifolia*):띠-순비기나무;Ia-Vr(*Ischaemum antephoroides-Vitex rotundifolia*): 갯쇠보리-순비기나무; Ah(*Aster hispidus*): 갯쭉부쟁이; Pd(*Paspalum dilatatum*): 큰참새피;Wp-Tt(*Wedelia prostrata-Tetragonia tetragonoides*):갯금불초-변행초;Pt(*Pinus thunbergii*):곰솔;M: 평균(mean); SE: 표준오차(Standard error)