

우이도 해안사구식생의 군락생태와 입지환경

전 영 문

순천대학교 자연과학대학 생명과학전공

Synecology and Habitat Environment of Coastal Sand Dune Vegetation in Uido (Island), Korea

Young-Moon Chun

Department of Biology, Suncheon National University Jeonnam Suncheon, Korea

Abstract – The aim of this study is to provide a fundamental data which can be applied to management, conservation, and restoration of coastal sand dune vegetation by determining the classification and distribution of community, and ecological characteristics of the habitat. This research was performed by the Braun-Blanquet’s method. The coastal sand dune vegetation of Uido (I.) was composed with 9 communities as follows : *Vitex rotundifolia* community, *Zoysia macrostachya* community, *Carex kobomugi* community, *Ichaemum antheboroides* community, *Imperata cylindrica* var. *koenigii* community, *Carex pumila* community, *Calystegia soldanella* community, *Messerschmidia sibirica* community and *Pinus thunbergii* community, the evergreen needle-leaved forest. The constancy degree showed high in *Calystegia soldanella* (77%), *Vitex rotundifolia* (74%), *Carex kobomugi* (66%), *Zoysia macrostachya* (50%) and *Imperata cylindrica* var. *koenigii* (47%). However the highest constancy degree *Calystegia soldanella* has, it turned out to have low net contribution degree (NCD) in each community. In terms of the distribution and growth feature of the composition species in the coastal sand dune, *Vitex rotundifolia*, *Carex kobomugi* and *Zoysia macrostachya* were widely distributed from unstable sand dune to stable one but *Ichaemum antheboroides* and *Imperata cylindrica* var. *koenigii* were mainly found at the stable sand dune. *Carex kobomugi* was especially dominant at the unstable sand dune where the sand continued to be deposited. On the other hand, *Carex pumila* and *Messerschmidia sibirica* showed regional distributions around fresh water.

Key words : Braun-Blanquet method, Coastal sand dune vegetation, Habitat, Synecology, Uido (I.)

서 론

해안은 육지, 바다 및 대기가 서로 만나면서 영향을 주고 받는 떠 모양의 좁은 지대로서 육지와 바다의 경

계선인 해안선을 기준으로 파랑과 조석에 의해 각종 지형이 형성된다(권 2001). 해안사구는 해변에서 모래가 바람에 날려 그 배후에 운반, 퇴적됨으로써 발달하는 지형으로 계절풍의 영향을 지배적으로 받으면서 형성되는데, 이러한 우리나라의 대표적인 계절풍은 동계의 북서계절풍을 들 수 있다(이와 이 2000; 강 2003). 해안사구 지역은 바다와 육지생태계라는 두 생태계의 완충 역할

*Corresponding author: Young-Moon Chun, Tel. 061-750-5457, Fax. 061-750-5459, E-mail. ymchun@suncheon.ac.kr

을 수행하고 있으며, 이러한 생태계 전이지역에는 두 생태계와는 다른 독특한 생물상을 구성하는 고유종들이 서식하는 경우가 많다. 특히, 사구지에는 염생식물이나 내염성이 강한 사구식물이 발달되어 있어 육상식생과는 구별되는 독특한 사구식생을 형성하고 있다(김 등 1987; 김과 임 1988; 박 2000).

사구식생은 사빈에서 불려오는 모래를 고정시키는 역할을 함으로써 사구의 침식을 방지하고 해안경관을 유지시키는 역할을 하고 있으므로 보존가치는 매우 높다. 그러나 사구지역이 해수욕장, 위락시설, 골재채취장, 도로, 농경지 등으로 활용되어 훼손정도가 심각한 실정에 이르고 있으며, 특히 건물, 방파제와 옹벽 등 인위적인 축조물들을 무분별하게 설치함으로써 사구환경이 크게 악화되고 있다(박 2000; 환경부 2001).

우리나라 해안사구식생에 대한 연구는 홍(1956)의 서해안 해변 식물군락의 연구를 시작으로 하여 동해안(이 등 1982; 정과 김 1998), 남해안(이와 전 1983), 서해안(이와 전 1984; 안 2003), 서남해안(김과 임 1988), 제주도(Park and Lee 1969; 大場과 菅原 1979) 등에서 종분포와 군락구분, 군락생태에 관한 연구들이 진행되어 왔다. 한편, 최근에는 환경부의 주도로 국내 해안사구의 실태파악과 보전·관리 방안에 대한 연구(환경부 2001)와 해안사구에 대한 정밀조사가 진행되면서(환경부 2004a, b) 전반적인 해안사구의 현황이 파악되었다. 전국 133개소의 해안사구 중 14%에 해당하는 19개소만이 보전 상

태가 양호하며 그 외의 지역은 심각한 훼손상태에 있는 실정으로 현재 도서지방을 제외하면 해안사구는 주변의 개발로 인하여 원형을 유지하고 있는 곳은 거의 없는 상태이다(환경부 2001).

본 조사지인 우이도의 사구지에는 다도해해상국립공원의 대표적인 사구식물들이 분포하는 지역으로 보존상태가 대단히 양호한 실정이다(환경부 2001; 오와 서 2002). 우이도 사구식생에 대한 연구로는 이와 황(1980)이 본 도서내 식물상의 생태조사를 하면서 사구지에 순비기나무가 거의 우점하고 있다는 기재를 한 것이 처음이었다. 이후 김 등(1987)은 우이도의 식물상과 식생, 김과 전(1998)은 우이도 및 인근도서의 식생을 위주로 다루면서 해안사구식생 부분에서는 주요 군락들에 대한 조사만을 수행, 언급하였다. 이후 이 등(2000)은 사구지에서 주요 식물들의 분포, 군락들의 구조 및 종조성 등을 조사하였으나 분포 군락 전체를 포함하여 다루지는 않았다. 한편 변과 박(2002)은 성춘리 모래산 사구유역의 식물상 및 비오톱과약 위주의 조사를 실시하였다. 이와 같이 본 도서에서 사구식생에 대한 연구들이 이루어져 왔으나 대부분 돈목사구와 성춘지역의 사구지역에 국한되어 있으며, 전반적인 사구식생의 내용들이 밝혀지지 않은 상태이다. 이에 본 연구는 사구식생의 군락을 구분하고, 분포 군락의 생육지 환경의 특성을 밝힘으로써 향후 사구지 식생의 관리, 보전 및 복원에 필요한 기초자료를 제공하고자 한다.

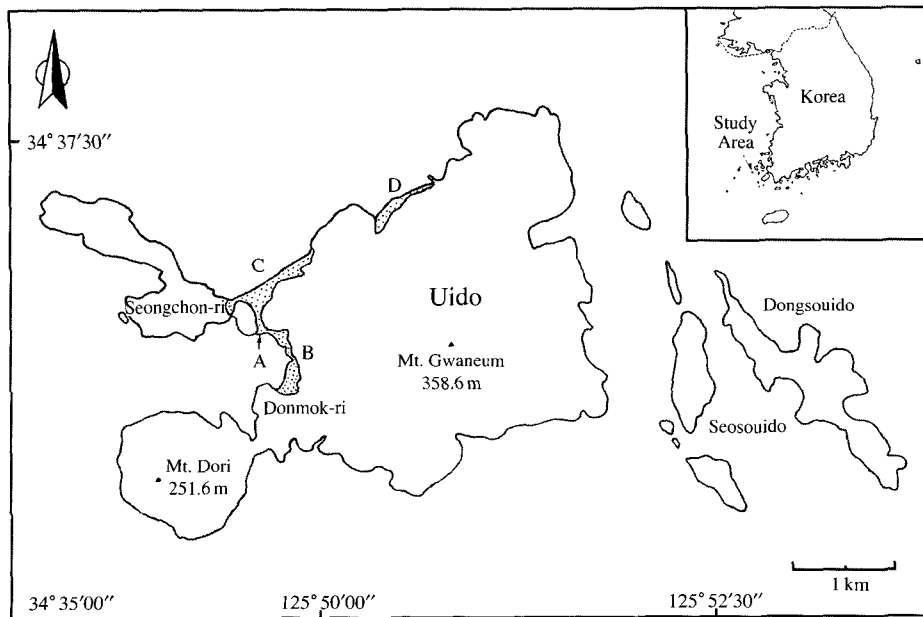


Fig. 1. Map showing surveyed area in the coastal sand dune of Uido (Island). A: Uido sand dune, B: Donmok sand dune, C: Seongchon sand dune, D: Ttibatneomeo beach (sand dune).

재료 및 방법

1. 조사지의 환경

우이도는 전남 신안군 도초면의 최 서측에 위치하고 있는 도서로서 목포와는 49.5 km 떨어져 있다. 우이도의 지형은 섬의 최고봉인 관음산(우이산, 358.6 m)을 중심으로 발달되어 있으며 남서방향에 도리산(251.6 m)이 위치하고 있다(Fig. 1). 우이도를 구성하고 있는 주요 암석은 중생대 백악기에 형성된 응회암이고, 토양은 풍화 잔적의 총적토양이며 해안의 만곡부에 발달한 해변과 사구를 구성하는 사질퇴적물은 주로 모래이다(유 등 1998). 조사지와 가장 가까운 목포측후소의 기상자료(기상청 2001)에 따르면 연평균기온 13.8°C, 평균연강수량 1125.0 mm이며, CI(coldness index)가 $-6.2^{\circ}\text{C} \cdot \text{month}$ 로 난온대상록활엽수림이 분포하는 한반도 남부아구에 속하는 지역이다(Yim 1977; 이와 임 1978). 우이도 및 인근도서는 수려한 자연경관을 인정받아 1981년 다도해해상국립공원지역으로 지정되었다. 특히 우이도에는 섬의 서쪽 성촌리에 해발 50 m 높이의 풍성사구(aeolian dune)인 우이도사구가 발달되어 있는데, 이는 한반도에서 최대규모로서 독특한 경관을 가지고 있는 곳이다(환경부 2001; Photo 1-a). 또한 돈목리에서 성촌리에 이르는 만입부(灣入部)의 해안사구지에는 사구식생이 잘 발달되어 있다.

2. 식생조사와 분석

식생조사는 우이도내 사구지를 대상으로 각 입지별로 식분이 비교적 균질한 지점을 선정하여 2002년 9월에 실시하였다(Fig. 1). 조사 방형구의 크기는 곱솔군락의 경우 수고를 참고하여 5 m × 5 m와 10 m × 10 m로, 나머지 사구식생은 1 m × 1 m로 설정하여 조사하였다. 각 군락별 방형구수는 순비기나무군락 57개, 왕잔디군락 17개, 보리사초군락 15개, 갯쇠보리군락 14개, 띠군락 10개, 좁보리사초군락 6개, 갯메꽃군락 6개, 모래지치군락 5개, 곱솔군락 22개 등 총 152개의 방형구를 대상으로 조사하였다. 조사방법은 Braun-Blanquet(1964)의 식물사회학적 연구 방법에 따랐으며, 동일 군락지의 경우 균질한 지소를 대상으로, 혼생군락의 경우는 line transect 방법을 사용하여 3~5 m 간격으로 조사하였다. 식물의 동정과 학명의 기재는 이(1996)에 따랐다.

조사된 자료는 일련의 표조작(Mueller-Dombois and Ellenberg 1974)을 거쳐 군락을 분류하였다. 각 입지별 분포종들의 계층별 우점도를 파악하기 위하여 출현한

식물종들의 양적(피도), 질적(빈도)인 측면을 고려하여 정량화된 합성지수(Kim and Manyko 1994; 김 등 1997)인 상대기여도(r-NCD)를 이용하였다. 이 계산식에서 피도값에 대해서는 평균 피도백분율값(van der Maarel 1979)을 적용시켰으며 산출식은 아래와 같다.

$$\text{NCD}_i(\text{절대기여도}) = \sum C_i/N \times n_i/N \quad (C_{\min} \leq \text{NCD} \leq C_{\max})$$

$$\text{r-NCD}_i(\text{상대기여도}) = \text{NCD}_i/\text{NCD}_{\max} \times 100$$

여기에서 $\sum C_i$ 는 식물군락내에서의 i 종의 피도총합, n_i 는 i 종이 출현한 조사구수, N 은 하나의 식생단위로 정리되어 식물군락표에 합성된 전조사구수이다.

결과 및 고찰

1. 우이도 사구지의 입지환경

우이도의 사구지는 지역별로 우이도사구, 돈목사구, 성촌사구, 띠밭넘어해수욕장에 위치하는 사구 등 크게 4개 지역으로 구분할 수 있다(Fig. 1). 약 50 m의 높이로서 성촌리에 잘 발달되어 있는 풍성사구(aeolian dune)를 본 논문에서는 우이도사구로 표기하였다. 우이도사구는 성촌해빈(beach)과 연결되는 북서측의 상류사면(stoss side)이 비교적 완만한 기울기(17.4°)로 왕잔디, 순비기나무, 보리사초, 갯쇠보리 등이 군락을 형성하고 있으나, 돈목해빈과 연결되는 사구의 반대편 하류사면(lee side)은 기울기가 26.7° 로 급하여 사구식물이 거의 서식하지 않는다(유 등 1998; 전남대와 신안군 2000). 다만 사면의 가장자리에는 보리사초군락이 부분 분포하였다. 돈목사구는 전체적으로 서쪽 방향으로 열린 반달모양을 하고 있어, 사구식생은 서사면을 중심으로 북서-남서사면에 걸쳐 분포한다(Photo 1-b). 그리고 성촌사구와 띠밭넘어해수욕장에 위치한 사구는 전반적으로 북서사면부를 향해 있다. 이와 같이 본 조사지 내 사구지의 사면방향은 겨울의 북서계절풍에 영향을 받아 형성되어 있으며 각 군락들의 사면 방향은 대체로 북서-남서사면에 걸쳐 분포하고 있다. 군락들의 경사도는 해빈과 맞닿는 곳에서 서부터 사구배후지 까지 분포 입지에 따라 다소 차이를 보이고 있으나 대체로 평균 경사도는 $8 \sim 12^{\circ}$, 전체 경사도는 $2 \sim 18^{\circ}$ 의 범위로 나타났다. 그 밖의 순비기나무군락은 $2 \sim 27^{\circ}$, 보리사초군락은 $2 \sim 25^{\circ}$, 곱솔군락은 $5 \sim 25^{\circ}$ 범위로 타 군락들에 비하여 완경사뿐만 아니라 급경사의 입지에서도 분포하는 경향을 보이고 있다. 이중 순비기나무와 보리사초의 경우는 모래의 퇴적이 진행되는 불안정한 사구지에서 발달된 뿌리와 왕성한 번식 능력을 가진 지하경과 포복경이 효율적으로 입지에 대한

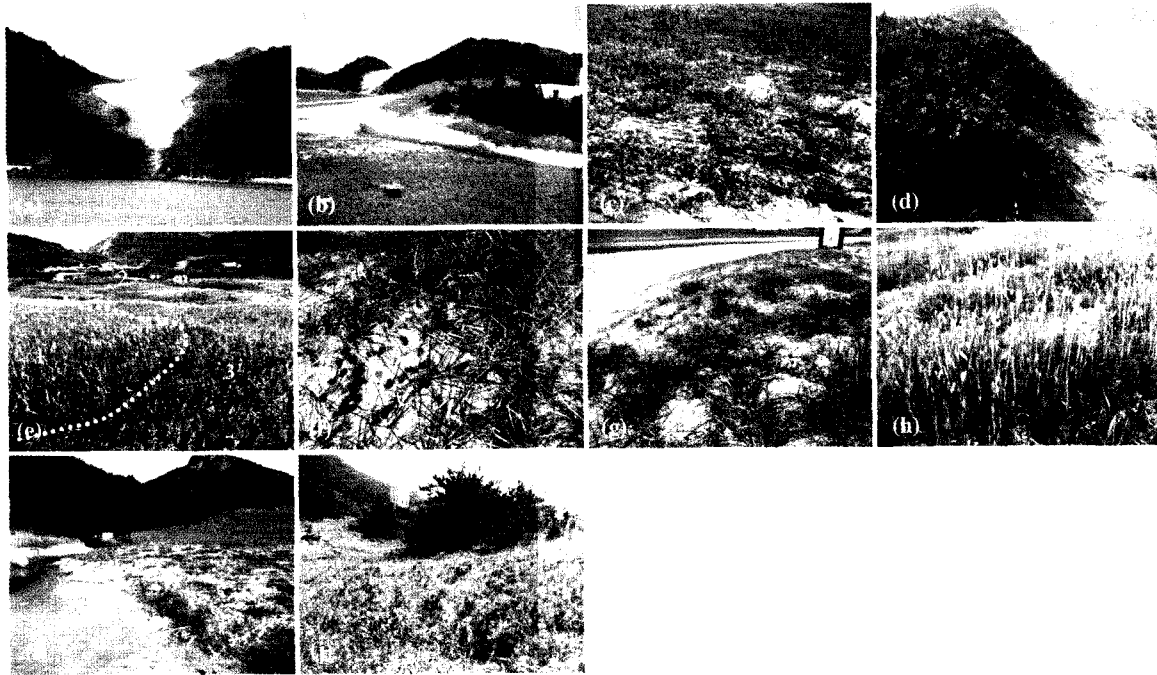


Photo 1. (a) Uido sand dune (50 m in height), (b) Donmok sand dune, (c) *Vitex rotundifolia* community, (d) Vigorous creeping stems of *Vitex rotundifolia*, (e) 1: *Imperata cylindrica* var. *koenigii* community; 2: Donmok-ri village; 3: *Vitex rotundifolia*-*I. cylindrica* var. *koenigii* community, (f) *Carex kobomugi* community, (g) *Carex kobomugi* and *C. pumila* community which distributed near to the beach, (h) *Ichaemum antheploroides* community, (i) *Carex pumila* and *Messerschmidia sibirica* community which showed regional distribution around fresh water, (j) The stage of invasion of *Pinus thunbergii*.

적응력을 보인데 기인한 것으로 사료된다(변과 박 2002; 민 2004a). 한편 곰솔군락의 경우는 사구배후지에서 해안사구지대로 침입 발달되어 가면서 형성된 군락에 모래가 지속적으로 집적되면서 만들어진 결과에 영향을 받은 바 큰 것으로 사료된다. 위의 내용은 곰솔뿐만 아니라 사구 내 대부분의 식물들이 모래를 고정시키는 역할을 함으로써 사구 형성에 기여하게 된다(권 2001).

2. 사구식생의 군락구조와 생태학적인 특징

곰솔군락을 제외한 사구식생은 초본층의 단층으로 구성된 군락구조를 가지고 있으며 총 9개군락, 8개 하위군으로 구분되었다(Table 1).

본 사구지의 식생은 전반적으로 순비기나무, 왕잔디, 보리사초, 띠 등이 상호 혼생하여 군락을 형성하는 양상을 나타내었다. 그 결과 종합상재도표(Table 1) 상에서 각 군락별 주요 분포종들의 상재도가 높게 나타나고 있으나 실제 이들 종들의 절대기여도 값은 대부분 각 군락내에서 5~10 미만으로 우점도가 낮은 상태이다(Table 2). 전체적으로 출현빈도가 40% 이상의 고상재종으로는 갯메꽃, 순비기나무, 보리사초, 왕잔디, 띠 등이었으며 그 밖에 갯쇠보리, 쯤보리사초, 모래지치 등이 다음

순으로 분포하였다(Table 1). 이러한 종분포는 남해안 5개 사구지역에 분포하는 중요구성종인 쯤보리사초, 갯메꽃, 띠, 순비기나무, 갯쇠보리, 보리사초, 왕잔디 등 7종과 일치하고 있는데, 이들 종들은 우리나라 해안사구식생을 특징지어주고 있는 종으로 보고된 바 있다(이와 전 1983). 그러나 주요 우점종의 분포에서는 남해안 사구식생에서 쯤보리사초, 갯메꽃, 띠 등이 나타난 반면, 본 조사지에서는 순비기나무, 왕잔디, 보리사초, 띠 등이 분포하여 서로 다른 양상을 보이고 있다(Table 2). 한편 한국의 대표적인 사구식물들로는 목본식물인 순비기나무와 해당화, 그리고 사초과와 벼과에 속하는 다년생 초본식물을 중심으로 약 20여종(21~29종)이 분포하는 것으로 알려져 있다(이 등 1982; 이와 전 1983, 1984; 박 2000; 민 2004b).

1) 순비기나무군락 (*Vitex rotundifolia* community)

순비기나무는 땅속 지하경에서 분지한 가지가 곧추서거나 비스듬히 나는 포복성관목으로 본 조사지의 주요 구성종이다. 특히 보리사초, 왕잔디, 띠 등과 혼생하여 군락을 형성하고 있으며 해변 (beach)과 인접한 전사구 (foredune)에서는 순 군락을 형성하고 있다(Photo 1-c). 순비기나무는 지하경뿐만 아니라 지상의 포복경의 마디

Table 1. Synthesis table of the coastal sand dune vegetation in Ujdo (Island)

Communities	A				B		C	D	E	F	G	H	I		Constancy degree
	A-1	A-2	A-3	A-4	B-1	B-2							I-1	I-2	
Number of relevé :	10	22	13	12	11	6	15	14	10	6	6	5	9	13	
Ave. number of species :	3.5	5.1	4.5	4.6	4.1	3.7	1.7	4.5	3.8	2.2	2.5	2.0	5.9	17.1	
T2-Height (m)	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4.7	
Coverage (%)	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	71.9	
S-Height (m)	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.5	1.8	
Coverage (%)	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	31.3	15.0	
H-Height (m)	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.1	0.2	0.3	0.4	0.1	0.1	0.2	0.4	0.4	
Coverage (%)	76.5	82.4	84.2	79.6	77.7	71.7	64.3	84.6	95.5	64.2	72.5	65.0	82.8	46.5	
Community															
<i>Vitex rotundifolia</i>	V(2-5)	V(1-4)	V(3-4)	V(1-4)	III(+2)	III(1-2)	I(+1)	IV(+3)	V(+3)	II(+)	II(1-2)	.	V(+2)	V(+2)	74.3
<i>Zoysia macrostachya</i>	III(+2)	V(+2)	V(2-4)	III(1-2)	V(3-5)	V(2-4)	.	III(1-3)	.	.	I(3)	.	IV(1-2)	I(+)	50.0
<i>Carex kobomugi</i>	I(+)	V(+3)	IV(+3)	V(2-4)	III(+1)	V(1-3)	V(2-5)	IV(+3)	I(+1)	I(+)	V(1-3)	II(+2)	V(+2)	II(+)	66.4
<i>Icthaeum antheophoroides</i>	.	.	II(+)	I(1-2)	I(+)	.	I(+)	V(3-5)	I(+)	.	.	.	II(2)	II(+)	17.8
<i>Imperata cylindrica</i> var. <i>koenigii</i>	III(+1)	V(2-4)	II(+1)	III(1-3)	II(+3)	II(+1)	.	.	V(4-5)	I(+)	.	.	V(1-3)	IV(1-5)	46.7
<i>Carex pumila</i>	II(+1)	I(+1)	I(+)	.	II(+1)	.	I(+)	II(+1)	.	V(3-5)	.	III(1-3)	.	II(+)	17.1
<i>Calystegia soldanella</i>	IV(+1)	V(+1)	V(+1)	V(+2)	V(+2)	V(+2)	I(2)	V(+2)	V(+2)	II(+)	V(2-5)	.	V(+)	V(+1)	77.0
<i>Messerschmidia sibirica</i>	.	.	.	I(+)	.	.	I(+2)	.	.	I(+)	.	.	.	.	5.9
<i>Pinus thunbergii</i>	.	I(+)	.	I(+)	.	.	I(+)	I(+)	I(+)	.	.	.	V(3)	.	17.8
Companions															
<i>Glehnia littoralis</i>	.	II(+)	I(+)	I(+)	I(+)	.	.	II(+)	I(+)	.	.	.	I(+)	I(+)	11.2
<i>Lonicera japonica</i>	.	.	.	I(+)	.	.	.	.	.	.	.	.	.	IV(+)	7.2
<i>Rhynchosia volubilis</i>	I(+)	.	.	.	.	.	.	.	I(+)	.	.	.	.	IV(+1)	6.6
<i>Sageretia theezans</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	IV(+1)	5.3
<i>Rubia cordifolia</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	IV(+)	5.3
<i>Ixeris repens</i>	.	.	.	I(+)	III(+1)	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4.6
<i>Rosa multiflora</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	III(+)	3.9
<i>Artemisia capillaris</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	III(+)	3.9
<i>Artemisia princeps</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	II(+)	3.3
<i>Rubus parvifolius</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	II(+1)	3.3
<i>Paederia scandens</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	II(+)	3.3
<i>Youngia denticulata</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	II(+1)	3.3
<i>Ixeris dentata</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	II(+)	3.3
<i>Miscanthus sinensis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	II(+1)	3.3

D: *Icthaeum antheophoroides* communityE: *Imperata cylindrica* var. *koenigii* communityF: *Carex pumila* communityG: *Calystegia soldanella* communityH: *Messerschmidia sibirica* communityI: *Pinus thunbergii* communityI-1: *Imperata cylindrica* var. *koenigii*-*Carex kogomugi* subgroup

I-2: Typical subgroup

Table 2. Relative net contribution degree (r-NCD), the upper and NCD, the bottom, values of the coastal sand dune vegetation in Uido (Island)

Communities	A				B		C	D	E	F	G	H	I	
	A-1	A-2	A-3	A-4	B-1	B-2							I-1	I-2
Species	r-NCD (NCD)													
Subtree layer														
<i>Pinus thunbergii</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	100.0 (72.2)
Shrub layer														
<i>Pinus thunbergii</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	100.0 (36.4)	100.0 (11.4)
Herb layer														
<i>Calystegia soldanella</i>	0.7 (0.5)	1.5 (0.5)	2.7 (1.2)	4.7 (2.0)	7.8 (5.0)	5.3 (2.5)	1.2 (0.7)	3.5 (2.0)	2.3 (1.8)	m	100.0 (55.0)	.	0.2 (0.1)	2.4 (0.4)
<i>Vitex rotundifolia</i>	100.0 (68.0)	78.5 (26.9)	100.0 (45.2)	100.0 (41.3)	1.1 (0.7)	4.9 (2.3)	0.1 (m)	16.4 (9.7)	17.4 (14.0)	m	2.3 (1.3)	.	10.1 (3.7)	25.0 (4.1)
<i>Carex kobomugi</i>	m	22.0 (7.5)	7.7 (3.5)	71.6 (29.6)	0.3 (0.2)	47.3 (22.1)	100.0 (59.5)	15.0 (8.8)	0.1 (0.1)	m	40.2 (22.1)	3.8 (1.4)	21.8 (7.9)	0.1 (m)
<i>Zoysia macrostachya</i>	3.9 (2.6)	22.3 (7.7)	93.2 (42.1)	4.2 (1.7)	100.0 (64.8)	100.0 (46.7)	.	7.1 (4.2)	.	.	1.9 (1.0)	.	14.2 (5.2)	m
<i>Imperata cylindrica</i> var. <i>koenigii</i>	0.4 (0.3)	100.0 (34.3)	0.7 (0.3)	8.3 (3.4)	2.1 (1.4)	0.6 (0.3)	.	.	100.0 (80.0)	m	.	.	29.3 (10.7)	100.0 (16.4)
<i>Ichaemum</i> <i>anthephoroides</i>	.	.	m	0.8 (0.3)	m	.	m	100.0 (58.9)	m	.	.	.	2.4 (0.9)	m
<i>Carex pumila</i>	0.2 (0.2)	0.1 (m)	m	m	0.4 (0.3)	.	m	0.1 (0.1)	.	100.0 (62.5)	.	25.6 (9.6)	.	m
<i>Messerschmidia</i> <i>sibirica</i>	.	.	.	.	.	.	0.5 (0.3)	.	.	m	.	100.0 (37.5)	.	.
<i>Pinus thunbergii</i>	.	m	.	m	.	.	.	m	m	.	.	.	2.4 (0.9)	43.4 (7.1)
<i>Glehnia littoralis</i>	.	m	m	m	m	.	.	m	m	.	.	.	m	m
<i>Lonicera japonica</i>	.	.	.	m	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.4 (0.1)
<i>Rhynchosia volubilis</i>	.	m	.	.	.	.	.	.	0.1 (0.1)	.	.	.	.	4.5 (0.7)
<i>Sageretia theezans</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.6 (0.3)
<i>Rubia cordifolia</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.2 (m)
<i>Ixeris repens</i>	.	.	.	0.1 (0.1)	0.4 (0.3)	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Rosa multiflora</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.1 (m)
<i>Artemisia capillaris</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.1 (m)
<i>Artemisia princeps</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.1 (m)
<i>Rubus parvifolius</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.0 (0.2)
<i>Paederia scandens</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.1 (m)
<i>Youngia denticulata</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.9 (0.3)
<i>Ixeris dentata</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.1 (m)
<i>Miscanthus sinensis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.0 (0.2)

m : minute value

A: *Vitex rotundifolia* comm.; A-1: Typical subgroup, A-2: *Imperata cylindrica* var. *koenigii* subgroup, A-3: *Zoysia macrostachya* subgroup, A-4: *Carex kobomugi* subgroup, B: *Zoysia macrostachya* comm.; B-1: Typical subgroup, B-2: *Carex kobomugi* subgroup, C: *Carex kogomugi* comm., D: *Ichaemum anthephoroides* comm., E: *Imperata cylindrica* var. *koenigii* comm., F: *Carex pumila* comm., G: *Calystegia soldanella* comm., H: *Messerschmidia sibirica* comm., I: *Pinus thunbergii* comm.; I-1: *Carex kobomugi-Zoysia macrostachya* subgroup, I-2: Typical subgroup

에서도 뿌리가 발달하여 모래퇴적과 침식에 따른 지형 변화에 적응력이 뛰어나 해풍이나 파도로부터 모래 언덕을 보호하는 중요한 역할을 담당하고 있으며(변과 박 2002; Photo 1-d), 불안정사구에서 반안정사구까지 군락을 형성하여 분포하고 있다(김 등 1987; 안 2003). 순비기나무군락은 동북아시아 해안사구관목군락의 전형적인 남방형의 식생형으로 알려져 있다(宮脇과 奥田 1990). 우리나라에서는 경상북도 해안이 생육의 상한선인 것으로 보고된 바 있으며 해안사구에 분포하고 있는 해안임연군락의 주요 구성 종이다(정과 김 1998, 2000). 한편 본 조사의 순비기나무군락은 과거 20여 년 전만 하더라도 돈목리에서 성촌사이의 사구지 식생 대부분을 피복하여 전국적으로 가장 크게 형성된 군락으로 보고된 바 있으나(이와 황 1980, 1981) 소와 염소의 방목지로 이용되어 오면서 현재는 군락이 크게 훼손, 축소되어 있는 상태이다(김 등 1987; 김과 전 1998). 순비기나무는 남해안(이와 전 1983)지역에서 중요 구성종으로 분포한 것을 비롯하여 동해안(이 등 1982; 정과 김 1998), 서해안(이와 전 1984, 안 2003) 등에서 나타나고 있으며, 본 우이도 사구지가 다도해해상국립공원 지역 중에서 가장 넓게 분포하는 군락으로 보고된 바 있다(오와 서 2002).

본 군락은 주요 우점종에 의하여 4개 하위군으로 구분되었는데, 전형하위군(Typical subgroup, A-1)의 경우, 주요 우점종은 순비기나무이며 군락의 평균 높이와 식피율은 0.1 m와 76.5%이다. 조사 방형구당 평균 출현종수는 4종(2~6종)이며 갯메꽃, 왕잔디, 띠 등이 주요 종으로 분포하고 있으나 군락에 대한 기여도는 미미한 편이다. 띠하위군(*Imperata cylindrica* var. *koenigii* subgroup, A-2; Photo 1-e)의 평균 높이와 식피율은 0.2 m, 82.4%이다. 띠, 순비기나무, 보리사초, 왕잔디, 갯메꽃 등이 주요 구성종이며, 조사 방형구당 평균 출현종수는 5종(3~7종)으로 사구지의 초본식생에서 가장 높게 나타났다. 본 하위군은 돈목사구 앞부분 북서사면부에 주로 분포하고 있으며, 곰솔림과 인접한 지역과 성촌사구지역 압벽지 하부에서도 조사되었다. 왕잔디하위군(*Zoysia macrostachya* subgroup, A-3)의 평균 높이와 식피율은 0.1 m, 84.2%이다. 본 하위군락은 돈목리쪽과 샤워장시설이 들어서 있는 지역의 사구 앞부분 북서사면부에 위치하고 있어 전 사구지로서 바람의 영향을 많이 받는 지역이나 비교적 안정된 사구의 모습을 띠고 있다(변과 박 2002). 왕잔디와 순비기나무의 상대기여도 값이 각각 100.0과 93.2로 높게 나타났으며 방형구당 평균 출현종수는 5종(3~6종)이다. 보리사초하위군(*Carex kobomugi* subgroup, A-4)의 평균 높이는 0.2 m이며, 평균 식피율은 79.6%이다. 조사 방형구당 평균 출현종수는 5종(2~8종)이며 보리사초,

순비기나무, 갯메꽃 등이 주요 구성종이다. 이 중 갯메꽃은 군락에 대한 상대기여도값이 4.7로서 낮게 나타났다.

2) 왕잔디군락 (*Zoysia macrostachya* community)

본 군락은 돈목사구에서 경사가 비교적 완만한 앞부분에 형성되어 있는 순비기나무-왕잔디하위군락지, 띠와 왕잔디가 혼효되어 있는 지역에서 주로 분포하였으며, 그 밖에 보리사초와 왕잔디, 왕잔디와 순비기나무가 주로 나타나는 지역에 국지적으로 분포하였다. 또한 성촌사구에서는 해안과 인접한 사구 선단부에 분포하거나 후미의 완만한 사구지에 대략 5×5 m 크기로 분반상(patch) 분포를 하고 있다. 왕잔디가 우점하는 전형하위군(Typical subgroup, B-1)은 군락의 평균 높이와 식피율이 0.1 m와 77.7%이며, 방형구당 평균 출현종수는 4종(2~6종)이다. 보리사초하위군(*Carex kobomugi* subgroup, B-2)은 왕잔디와 보리사초가 혼생하는 군락으로서 평균 높이와 식피율은 0.1 m와 71.7%이며 조사 방형구당 평균 출현종수는 4종(2~5종)이다. 왕잔디는 군락내 중요 구성종으로 동해안(이와 전 1982)과 남해안(이와 전 1983)지역뿐만 아니라 서해안(이와 전 1984) 지역에서도 분포한다.

3) 보리사초군락 (*Carex kobomugi* community)

보리사초군락(Photo 1-f)은 돈목리 사구지의 전사구지(foredune)의 보리사초군락지(Photo 1-g)와 보리사초-순비기나무군락지에 주로 분포하고 있으며 왕잔디, 순비기나무, 띠 등과 함께 혼생군락을 형성하고 있다. 또한 사구 배후 곰솔군락 앞부분의 완만한 경사지에도 분포하고 있다. 주로 사구지의 경사진 사면에 분포하는 경향을 보이고 있는데, 우이도사구(높이 50 m)에서는 경사가 급한 남쪽의 상류사면(stoss side) 상부의 가장자리 부분에 유일하게 보리사초가 산생하여 분포하고 있다. 이와 같이 보리사초가 모래의 퇴적이 계속되는 불안정한 사구지에서 우점하거나 분포할 수 있는 것은 지하경이 지하 150 cm 이하에서도 왕성하게 번식할 수 있는 능력과 더불어, 안정지역에서는 수평방향으로의 생장도 이루어지고 있는 등 잘 발달된 뿌리체계에 영향 받는바 크다(민 2004a). 본 군락은 보리사초가 우점하는 가운데 분포종이 2종(1~3종)으로 초본식생 중 가장 저조하게 나타났으며 식피율에서도 64.3%로 낮은 편이다. 이는 안(2003)의 신두리 해안 사구지 식생에서 평균식피율 60%와 유사한 결과이다. 평균 높이는 0.2 m이다. 보리사초군락은 사구지에서 모래의 이동을 안정화시켜 둔덕을 형성한 다음 개체수를 증가시켜나가는 전형적인 게릴라형군락(Miyawaki 1977)으로서 동해안(이 등 1982), 남해안(이와 전 1983), 서해안(이와 전 1984)지역에서는 중

요 구성종으로서, 신두리(안 2003), 경북해안(정과 김 1998) 무안(김과 임 1988)지역에서는 군락 분포가 보고되었다.

4) 갯쇠보리군락

(*Isoetes antheperoides* community)

본 군락은 돈목사구의 북쪽 남서·북서사면 중·상부 지역에 주로 분포하고 있으며 비교적 순군락을 이루고 있다. 즉 주로 해안선에서 멀리 떨어진 안정대에 분포하며 해안사구 고조선(high-water line) 상부에서 출현한다(안 2003; 민 2004b; Photo 1-h). 성촌사구지에서는 사면 중상부에 산생하여 피도가 낮은 분반상의 형태로 분포하기도 한다. 또한 우이도사구(높이 50 m)에서는 북쪽방향의 하류사면(lee side)의 하부에 왕잔디, 보리사초, 순비기나무 등을 포함하여 군락을 형성하고 있다. 군락의 구성은 갯쇠보리를 위주로 하여 보리사초와 순비기나무가 부분 분포하고 있으며 평균 높이와 식피율은 0.3 m와 84.6%이다. 조사 방향구당 평균 출현종수는 5종(3~7종)이다. 갯쇠보리는 보통 15~20개의 개체가 총생하여 분포하는 tussock형의 식물로 뿌리의 깊이는 보통 20~40 cm 범위로 조사되었다. 갯쇠보리는 동해안(이 등 1982)과 제주도(Park and Lee 1969; 大場과 菅原 1979) 지역에서도 분포하나 남해안(이와 전 1983)과 서해안(이와 전 1984)지역에서는 중요 구성종으로 알려져 있다. 또한 신두리(안 2003)와 고창, 신안(김과 임 1988)지역에서는 군락 분포가 보고되었다.

5) 띠군락 (*Imperata cylindrica* var. *koenigii* community)

본 군락의 평균 식피율은 95.5% (95~100%)로 초본 식생 중 가장 높게 나타났다. 특히 띠의 우점도가 DS 4.4~5.5로 높게 나타나고 있으며 순비기나무가 주요 구성종이다. 갯메꽃은 출현빈도는 높으나 피도가 낮아 군락의 상대기여도 값은 2.3으로 매우 저조한 편이다. 군락의 평균 높이는 0.4 m이며, 조사 방향구당 평균 출현종수는 4종(3~6종)이었다. 띠의 지하경은 땅속 5 cm 깊이로 비교적 낮게 분포하며 수평으로 연결되어 있다. 돈목사구지에 가장 넓게 나타나는 군락으로서 주로 남서사면에 비교적 순 군락으로 분포하였다(Photo 1-e). 띠는 해안에서 내륙방향으로 진행됨에 따라 중요치가 비례하여 증가하는 양상을 보이는 종으로(이와 전 1984) 사구의 안정대에서 주로 분포하며(안 2003), 본 조사지에 분포하는 사구식물군락 중에서는 현존량이 가장 높게 나타났다(이 등 2000). 남해안(이와 전 1983)과 서해안(이와 전 1984; 안 2003)지역에서 주요 구성종으로 분포하였다.

6) 쯤보리사초군락 (*Carex pumila* community)

쯤보리사초군락은 돈목리에서는 계곡수가 흐르는 하천변, 성촌리 북동부 띠밭넘어해수욕장의 해안사구지에서는 계곡부로 통하는 Ⅲ의 지형부에 분포하거나 순비기나무군락 앞의 해변과 맞닿는 사구의 최선단에 분포하고 있다(Photo 1-g). 이러한 지리적 분포는 쯤보리사초가 토양 내 함수량이 높은 생육지를 원하기 때문에 사구에서 고도가 낮은 지역 혹은 담수가 해양으로 유입되는 부분에 주로 분포하는 것으로 알려져 있으며(김 등 1987; 민 2004b), 한국 전역의 하천에서도 드물게 관찰되고 있는데 주로 중류와 하류구간의 활주사면 고수부지권(高水敷地圈, 둔치지역)에 생육하고 있다(이와 김 2005). 쯤보리사초의 지하경은 10~15 cm 깊이에서 옆으로 연결되어 있으며 지하경의 잔뿌리는 5~10 cm 범위로 짧게 분포하고 있다. 군락의 평균 높이와 식피율은 각각 0.1 m와 64.2%이다. 조사 방향구당 평균 출현종수는 2종(1~3종)이며 순비기나무와 갯메꽃이 부분 분포하였다. 쯤보리사초는 남해안(이와 전 1983)과 서해안(이와 전 1984)지역에서 분포종 중 가장 높은 상대우점치를 나타냈으며 동해안(이 등 1982)지역에서는 주요 구성종으로 분포하였다. 그리고 신두리(안 2003), 우이도(김 등 1987), 제주도(Park and Lee 1969) 등에서는 군락의 분포가 보고되었다.

7) 갯메꽃군락 (*Calystegia soldanella* community)

갯메꽃은 본 조사지에서 광범위하게 분포하는 종으로 방향구당 출현빈도가 가장 높게 나타났으나 우점도가 비교적 높게 나타나는 곳은 소규모 지역에 국한되었다. 주로 성촌사구지의 해변과 인접한 지역에 평균 높이 0.1 m, 평균 식피율 72.5%로 분포하였다. 조사 방향구당 평균 출현종수는 2~3종으로 낮은 편이며, 주요 구성종은 보리사초이다. 갯메꽃은 덩굴성 다년초로 지하경이 옆으로 연결되어 있으며 대략 땅속 10 cm 깊이의 지하경에서 분지한 개체가 지상으로 올라와 뻗거나 다른 물체를 감아 올라가면서 생육한다. 갯메꽃은 남해안(이와 전 1983)지역에서 두 번째로 높은 상대우점값을 보일 뿐만 아니라 동해안(이 등 1982)과 서해안(이와 전 1984)지역에서도 중요 구성종으로 보고되었다.

8) 모래지치군락 (*Messerschmidia sibirica* community)

본 군락은 관음산의 서쪽 계곡부에서 발원하여 유입된 돈목리의 계곡수 하천변 인근에 소규모로 분포하고 있다(Photo 1-i). 또한 성촌리 북동부 띠밭넘어해수욕장의 사구지에서는 보리사초군락지에 보리사초와 혼생하여 나타나고 있으나 전반적으로 분포 범위가 좁고 분포 개체도 낮은 편이다. 모래지치는 지하경을 통해 개체들

이 연결되어 있고 뿌리는 지표에서 70~90 cm 범위의 깊이까지 분포하며 지상부의 높이는 평균 20~30 cm 범위이다. 군락 내 분포종은 모래지치 외에 보리사초와 좀보리사초가 부분 분포하여 종조성(방형구당 평균 2종)이 단순하고 식피율(방형구당 평균 64.3%)이 낮게 나타났으며, 평균 높이는 0.2 m였다. 모래지치는 남해안(이와 전 1983)과 서해안(홍 1956; 이와 전 1984)지역에서 분포가, 우이도(김과 임 1988)지역에서는 군락의 조사가 이루어진 바 있다.

9) 곰솔군락 (*Pinus thunbergii* community)

곰솔군락은 사구식생의 배후에 위치하고 있으며 2개 하위군으로 구분되었다. 띠-보리사초하위군 (*Imperata cylindrica* var. *koenigii*-*Carex kobomugi* subgroup, I-1)은 총상구조가 2층으로 관목층의 경우 평균 높이 1.5 m, 평균 식피율은 31.3%, 초본층의 경우 평균 높이는 0.4 m이며, 평균 식피율은 82.8%이다. 관목층을 구성하는 곰솔 개체들은 흉고직경 3~4 cm 급으로 수령은 7~9년생으로 산정되었다. 조사 방형구당 평균 출현종수는 6종(4~7종)이다. 본 군락은 곰솔의 치수와 사구초본식생이 혼생하는 군락으로 특히 띠, 보리사초, 왕잔디, 순비기나무, 갯메꽃 등이 주요 구성종으로 순림의 곰솔군락 앞쪽에 분포하고 있다. 변과 박(2002)은 본 조사지에서 순비기나무와 왕잔디가 주요 종으로 분포하는 곳에 곰솔치수가 산생하여 출현하는 곰솔-순비기나무 생육지를 보고하면서, 향후 이 지역들이 곰솔 배후군락으로 천이가 진행될 것으로 추정하였다. 현재 바람의 영향을 직접적으로 받지 않은 전사구(foresand)의 후사면 안정지대를 중심으로 곰솔 치수가 빠르게 정착해 나가고 있는 상태에 있다(Photo 1-j).

전형하위군(Typical subgroup, I-2)은 군락의 평균 수고와 식피율이 아교목층에서 4.7 m, 71.9%, 관목층에서 1.8 m, 15.0%, 초본층에서 0.4 m, 46.5%로 각각 나타났다. 군락내 아교목상의 곰솔개체들은 흉고직경 7~15 cm 범위가 주를 이루고 있었으며, 흉고직경 10~15 cm 급에 해당하는 개체들의 경우 수령은 17~22년생으로 산정되었다. 아교목층과 관목층에서는 곰솔 단일종이 분포하였으며 초본층에서는 띠, 곰솔, 순비기나무, 갯메꽃 등이 주요 종으로 나타났다. 방형구당 평균 출현종수는 17종(6~36종)으로 조사 군락 중 가장 높게 나타났으며 군락의 발달과 입지에 따라 종수가 많은 차이를 보였다. 특히 사구지에서 볼 수 있는 종들뿐만 아니라 사구지의 종조성과 다른 이 지역의 일반적인 분포종들이 다양하게 분포하였다(Table 1). 주요 종들로는 초본류에서 순비기나무, 띠, 갯메꽃, 여우콩, 갈퀴꼭두서니, 사철쭉, 쭉, 계요등,

이고들빼기, 억새 등이, 관목류에서는 상동나무, 인동, 찔레꽃, 멧살말기 등이 분포하였다. 즉 해안선으로부터 내륙을 향함에 따라 호사식물(好砂植物)이나 근경호사식물(根莖好砂植物)이 감소하는데 반하여, 일반식물은 증가하는 경향을 보이게 된다(이와 전 1983). 사구지 배후에 형성되어 있는 곰솔림은 대체로 인공림으로 가꾼 것이 대부분으로 사구를 안정시키기 위해 심는 방풍림의 역할을 하게 되는데(권 2001), 지역에 따라 곰솔군락을 포함하여 소나무군락, 리기다소나무군락이 단일 또는 혼합군락의 형태로 분포하고 있다(환경부 2004b). 본 조사의 경우는 본래의 소나무림이 신탄재, 전축재, 구황식물로의 이용 등 인위적 간섭으로 파괴된 후 곰솔림이 식재되어 형성된 것으로(이와 황 1981) 현재는 부분적인 간벌을 통해 관리되고 있는 상태이다. 곰솔군락은 해안선부근이나 해안도서 전역에 광범위하게 분포하는 대상식생이다(김 등 1987).

적 요

본 연구는 우이도 해안사구식생의 군락구분과 분포, 그리고 생육지 환경의 생태적 특성을 밝힘으로써 해안사구식생의 관리, 보존 및 복원에 활용될 수 있는 기초자료를 제공하는데 그 목적이 있다. 조사는 Braun-Blanquet (1964)의 식물사회학적 방법에 의하여 실시하였다. 우이도의 사구식생은 순비기나무군락, 왕잔디군락, 보리사초군락, 갯쇠보리군락, 띠군락, 좀보리사초군락, 갯메꽃군락, 모래지치군락, 그리고 배후식생으로 상록침엽수림인 곰솔군락의 총 9개 군락으로 구분되었다. 사구식생을 구성하고 있는 식물들 중에서 갯메꽃(77%), 순비기나무(74%), 보리사초(66%), 왕잔디(50%), 띠(47%) 등의 상대도가 높게 나타났으며, 이 중 갯메꽃은 가장 높은 상대도에도 불구하고 각 군락내 절대기여도는 낮은 상태를 보였다. 사구식물의 분포와 생육 특성에서는 순비기나무, 보리사초, 왕잔디 등이 불안정사구에서 안정사구지까지 폭넓게 분포한데 반하여 갯쇠보리와 띠는 주로 안정사구지에서 군락을 형성하였다. 특히 보리사초는 모래의 퇴적이 계속되는 불안정사구지에서 우점 분포하였으며, 좀보리사초와 모래지치는 담수주변부에서 국지적으로 분포하였다.

사 사

야외조사에서 많은 도움을 준 김현돈 선생에게 감사

를 포함합니다.

참 고 문 헌

- 강대균. 2003. 충청남도 해안에 발달한 해빈과 해안사구. 한국지구과학학회지. 24:568-577.
- 권혁재. 2001. 지형학. 법문사. 498pp.
- 기상청. 2001. 한국기후표(1971-2000).
- 김종원, 남화경, 백원기, 이울경, 이은진, 오장근, 정용규. 1997. 식생평가지침. 한국자연보존협회 제2차 자연환경 전국조사지침. 서울. pp. 259-322.
- 김종홍, 전영문. 1998. 우이도 및 인근도서의 식생과 환경보호. 자연보호중앙협의회 자연실태종합학술보고서. 13:27-58.
- 김철수, 임병선. 1988. 한국 서남해안 간석지 식생에 관한 연구. 한국생태학회지. 11:175-192.
- 김철수, 장윤석, 오장근. 1987. 우이도의 식물상과 식생에 관한 연구. 목포대연안생물연구. 4:1-56.
- 민병미. 2004a. 통보리사초 (*Carex kobomugi* Ohwi)의 생육 특성. 한국생태학회지. 27: 49-55.
- 민병미. 2004b. 우리나라 해안사구 식생의 특성. 자연보존. 128:17-28.
- 박 경. 2000. 사구지형과 생태계. 자연보존. 112:18-23.
- 변무섭, 박준모. 2002. 우이도 사구의 식물상 및 비오톱보전에 관한 연구. 한국산림휴양학회지. 6:93-101.
- 안영희. 2003. 신두리 해안 사구지 식생의 식물사회학적 연구. 한국환경복원녹화기술학회지. 6:29-40.
- 오장근, 서정수. 2002. 국립공원의 사구식물과 염생식물에 관한 연구. 한국생물상연구지. 7: 145-156.
- 유환수, 류상욱, 김민지. 1998. 우이도 및 인근도서의 지형 및 지질환경. 자연보호중앙협의회 자연실태종합학술보고서. 13:1-26.
- 이승호, 이현영. 2000. 기후학의 기초. 두술. 238pp.
- 이우철. 1996. 한국식물명고. 아카데미서적. 1688pp.
- 이우철, 임양재. 1978. 한반도관속식물의 분포에 관한 연구. 한국식물분류학회지. 8:1-33.
- 이우철, 전상근, 김준민. 1982. 한국해안식물의 생태학적 연구-동해안의 사구식물군락의 종조성과 현존량에 관하여-. 강원대학교 논문집. 16:113-124.
- 이우철, 전상근. 1983. 한국해안식물의 생태학적 연구-남해안의 사구식물군락의 종조성과 현존량-. 한국생태학회지. 6:177-186.
- 이우철, 전상근. 1984. 한국해안식물의 생태학적 연구: 서해안의 사구식생에 관하여. 한국생태학회지. 7:74-84.
- 이울경, 김종원. 2005. 한국의 하천식생. 계명대학교출판부. 293pp.
- 이일구, 황경수. 1980. 서남해의 수개 도서내 식물상의 생태학적 조사보고. 한국자연보존협회조사보고서. 16:67-78.
- 이일구, 황경수. 1981. 우이도식물상의 생태학적 연구. 건국대학교학술지. 25:33-53.
- 이점숙, 이강세, 임병선, 김하송, 이승호. 2000. 우이도의 사구 염생식물 분포와 현존량에 관한 연구. 군산대학교 기초과학연구. 15:53-60.
- 전남대학교 해양연구소, 신안군. 2000. 우이도 풍성사구의 형성과정 및 주변 해양환경 활용 방안에 관한 학술연구. 전남대학교출판부. 413pp.
- 정용규, 김 원. 2000. 한반도 해안임연군락의 분포특성. 한국생태학회지. 23:193-199.
- 정용규, 김종원. 1998. 경북의 해안사구식생. 한국생태학회지. 21:257-262
- 홍원식. 1956. 한국서해안 해변식물군락의 연구(제1보). 생물학회보. 1:17-24.
- 환경부. 2001. 우리나라 사구 실태파악과 보전·관리방안에 대한 연구. 환경부.
- 환경부. 2004a. 전국해안사구정밀조사 보고서(I). 환경부.
- 환경부. 2004b. 전국해안사구정밀조사 보고서(II). 환경부.
- 大場達之, 菅原久夫. 1979. 濟州道の海岸植生. 地理及分類研究. 27:1-12.
- 宮脇昭, 奥田重俊. 1990. 日本植物群落圖説. 至文堂. 東京. 800pp.
- Braun-Blanquet J. 1964. Pflanzensoziologie. Grundzge der Vegetationskunde. 3 Aufl. Springer, Wien. 865 pp.
- Kim JW and YI Manyko. 1994. Syntaxonomical and synchorological characteristics of the cool-temperate mixed forest in the Southern Sikhote Alin, Russian Far East. Korean J. Ecol. 17:391-413.
- Miyawaki A. 1977. Vegetation of Japan compared with other region of world. Kakgen. Tokyo. 535 pp.
- Mueller-Dombois D and H Ellenberg. 1974. Aims and methods of vegetation ecology. John Wiley and Sons, New York. 447 pp.
- Park BK and KJ Lee. 1969. A phytosociological study of the sand dune plants on the Sung San-po Quelpart Island. J.K.R.I.B.L. 3:161-174.
- van der Maarel E. 1979. Transformation of cover-abundance values in phytosociology and its effects on community similarity. Vegetatio 39:97-114.
- Yim YJ. 1977. Distribution of forest vegetation and climate in the Korean Peninsula. III. Distribution of tree species along the thermal gradient. Jap. J. Ecol. 27:177-189.

Manuscript Received: January 4, 2007

Revision Accepted: January 17, 2007

Responsible Editor: Jae Seok Lee