태안해안국립공원 학암포 해안사구 초지생태계의 미기상인자 계절변화

이나연* · 최인영

국립공원관리공단 국립공원연구원

(2012년 11월 15일 접수; 2012년 12월 14일 수정; 2013년 1월 24일 수락)

Seasonal Changes in Micrometeorological Factors of a Costal Sand Dune Grassland Ecosystem in Hakampo, Taeanhaean National Park, Korea

Na-yeon Lee* and In Young Choi

National Park Research Institute, Korea National Park Service 16-1 Hogeong-ri,
Jucheon-myeon, Namwon-si, Jeonllabuk-do 590-811, South Korea

(Received November 15, 2012; Revised December 14, 2012; Accepted January 24, 2013)

ABSTRACT

Coastal sand dune area is an important ecosystem as an ecotone which is located between coastal area and terrestrial area. In order to understand the sand dune ecosystem in terms of its habitat characteristics, micrometeorological analysis was carried out in a coastal sand dune in Hakampo, Taeanhaean National Park, Korea. Micrometeorological measurements were made to monitor air and soil temperatures, relative humidity, soil water content, rainfall, solar radiation, wind speed, and wind direction. In contrary to a forest ecosystem, the coastal sand dune grassland ecosystem was relatively hotter and very humid with heavy rainfalls concentrated between June and July. The seasonal change of daily mean soil temperature was greater than that of air temperature by 2~3°C. Daily mean soil water content was less than 10% throughout the year. Also, the maximum wind speed of 156.7 m s⁻¹ was recorded on 7 October 2011. The observed seasonal wind direction was different from those observed at Seosan by KMA (Korea Meteorological Administration). To better understand the habitat characteristics in a costal sand dune grassland ecosystem, long-term multi-year measurements are needed.

Key words: Costal sand dune, Grassland ecosystem, Micrometeorology, Seasonal change, Taeanhaean National park

1. 서 론

해안사구(coastal sand dune)는 해양생태계에서 내륙생태계로 이행하는 생태 이행대(ecotone)로서 풍부한 생물다양성을 내재하는 중요한 위치에 있다. 또한 해안사구를 포함한 연안생태계는 백두대간과 비무장지대(DMZ)와 더불어 한반도 자연환경관리를 위한 3대 핵심 생태축이기도 하다(Jo *et al.*, 2006). 그러나 해안 생태계는 지형이나 식생은 물론 토지이용 자체도 매우 빠르게 변화한다(Seo, 2002). 더욱이 탐방객 증가와 개발 등의 서식처 교란으로 생물 종의 소실이 급진적으로 발생하여 생물상의 변화가 현저하게 나타나는 곳이다(Wilson, 1988). 따라서 이러한 독특한 생태계의 파괴는 환경 문제에서 사회 문제로 까지 확산되어 중

* Corresponding Author : Na-yeon Lee
(nayeon3@gmail.com)

요한 사회 관심사로 인식되고 있어 해안 생태계의 관리가 절실히 요구된다(Jo *et al.*, 2006). 특히 해안사구에 나타나는 초지생태계는 내륙과 달리 자외선이 강하고 염분의 영향을 받기 때문에 식물이 생육하기 어려운 매우 불안정하며 가혹한 환경에 놓여 있다. 따라서 특수하게 적응된 식물이 바다나 육지와는 다른 독특한 식생대를 형성하여 극히 제한된 일부 식물 종들만이 적응전략에 의해 단순하고 특징 있는 식물군락을 형성하고 있다(Ranwell, 1972).

우리나라의 해안사구 초지생태계에 대한 기존의 연구는 지형(Seo, 2002; Park *et al.*, 2012), 식물 및 식생 분류(Jung and Kim, 1998; Ahn, 2003; Jeon *et al.*, 2012)에 대한 연구가 다수 수행되었다. 반면 군락의 생태학적 연구는 Lee and Chon(1983), Ihm and Lee(1998) 및 Song *et al.*(2005)의 보고가 있을 뿐이다. Ihm and Lee(1998)는 해안습지의 주요 환경요인 구배와 관련한 식생의 분포를 밝히기 위하여 24종의 해안 습지 군집에서 토양의 물리화학적 요인을 조사하였다. 그 결과 해안 습지에서 식물군집의 분포가 토양 수분포텐셜, 토성 및 수분함량과 같은 환경구배와 관련 있음을 밝혔다. 또한 Song *et al.*(2005)은 해안사구의 식생과 토양특성을 분석하여 pH가 군락의 분포에 크게 영향을 미치고 있다고 보고하였다. 반면 Lee and Jeon(1984)은 우리나라 서해안 사구식생의 종조성 특성과 현존량을 조사하여 이들과 환경인자와의 관계를 분석하였다. 그러나 월평균기온, 온량지수 및 강수량과 종 밀도 사이에 유의한 상관관계를 찾을 수 없었다(Lee and Jeon, 1984). 이는 종관기상자료(기상청)가 서식지의 특성을 분석하기에는 효과적이지 않았을 가능성이 있다. 따라서 독특한 생태계의 서식지 특성을 분석하기 위해서는 미기상 관측이 필수 불가결이라고 할 수 있다. 그러나 우리나라에서 식물 군락에 대한 영향 인자로서 토양을 포함한 국지 기상환경 요인의 통년 관측을 통한 서식지 특성을 분석한 연구는 찾아보기 힘들다.

충청남도 태안군, 보령시에 걸쳐 있는 태안해안국립공원은 우리나라 서남해안의 일반적 특징인 천혜의 리아스식(Rias) 해안이 230km에 달하여 해안선의 출입이 복잡하고 연안에 수많은 도서들이 위치하고 있다(KNPS, 2005). 특히 태안해안국립공원에 분포하는 사구는 28곳으로 전국 사구 133곳의 21%를 점유(MOE, 2001)하며, 이 중 학암포가 대표적이다(KNPS, 2005).

본 연구는 우리나라에서 사구가 가장 넓게 분포하는 지역인 태안해안국립공원에서 학암포를 대상으로 해안사구 초지생태계라는 독특한 서식지에 기상관측기를 설치하고 미기상 요인(기온, 습도, 강수량, 지온 및 토양수분함량, 일사량, 풍향 및 풍속)의 통년 관측자료를 이용하여 계절변화를 분석하였다. 이는 해안사구 초지생태계에서 미기상 요인이 식물 군락 분포에 미치는 영향을 이해하는 서식지 특성 분석의 일환이다.

II. 재료 및 방법

2.1. 조사지 개요

학암포 해변은 행정구역상 충청남도 태안군 원북면 방갈리(위도 35°59'35.4"~36°00'02.7", 경도 126°12'32.3"~126°12'52.4")에 위치하고 있다. 일차 사구열 정상부와 인위적인 건축물과의 거리는 약 58m, 해변의 최대 폭은 510m, 길이는 약 1000m 정도로 총면적 42.86ha이다(Park *et al.*, 2012).

우리나라 중부 서해안에 자리하여, 해양성 기후의 영향을 받아 대륙성 온대기후인 아시아 계절풍 지대의 해안지역으로 한서의 차가 심하게 나타난다. 기상청 통계(서산)에 따르면 지난 30년간(1981~2010년) 최한월(1월) -2.0°C, 최난월(8월) 25.1°C로서 연평균 기온은 11.9°C, 연평균 강수량은 1,286mm으로 나타났다. 강수량은 8월이 296mm로 가장 많은 것으로 나타났다(KMA, 2011). 30년 평균자료로 온량지수와 한랭지수를 산출하면, 온량지수 99.2°C·month, 한랭지수 -16.7°C·month로서 온대남부산림대가 분포하며, 식물구계로 보면 한반도 남부아구에 속한다(Lee *et al.*, 1995)(Fig. 1).

2.2. 미기상 요인 측정 방법

조사지의 국지 미기상은 간이 온·습도계를 포함한 자동기상관측시스템을 2010년 12월에 설치하여 관측하고 있다(Fig. 2). 기온 및 습도는 지상 150cm 높이에 설치하였고 각각의 센서를 radiation shelter에 넣어 측정하였다. 대기에서 지표면에 입사되는 태양에너지를 측정하기 위해 Quantum Light Sensor (STL_SSYR, STL, Seoul, Korea)를 이용하였다. 회전형 풍속계(풍향·풍속센서, STL_DWSD, Stevens Water Monitoring Systems, Inc., Portland, OR)와 일사량 측정센서는 180cm 높이에서 설치하였다. 강수량은 강수량 센서

Fig. 1. Location map of the study site at costal sand dune grassland ecosystem, Hakampo, Taeanhaean National Park.

Fig. 2. Photographs of costal sand dune grassland ecosystem (a) and micrometeorological instruments (b) at Hakampo, Taeanhaean National Park.

(STL_SRC, Stevens Water Monitoring Systems, Inc., Portland, OR)를 100cm에 설치하여 0.5mm 이상의 우량을 측정하였다. 지온은 Thermistor (STL_SHT75, STL, Seoul, Korea) 온도센서를, 토양수분함량은 토양 수분센서(STL_SSM, Spectrum Technologies, Plainfield, IL)를 지중에 설치하여 측정하였다. 토양에 설치한 각각의 센서는 식물 뿌리의 영향을 최소화 할 수 있는 장소로 고려하여 표면으로부터 10cm 깊이에 수평으로 설치하였다.

센서가 1분 간격으로 측정한 값은 자료수집장치

(STL08, STL, Seoul, Korea)를 통해 기록하고 60분 간격으로 평균 또는 누적하여 저장한 값을 분석하였다. 모든 자료는 OriginPro 9.0 (OriginLab Co. Northampton, MA) 프로그램을 이용하여 분석하였다.

자료분석기간은 2011년 1월 1일 1:00부터 2011년 12월 31일 24:00까지이며 1시간 간격 자료와 일 간격 자료를 분석하였다. 결측기간은 10일(9월 28일부터 10월 7일)로 이 기간은 서산기상청 자료를 보간하여 분석하였다. 수증기압포차(Vapor pressure deficit, VPD)는 측정한 기온(T)과 상대습도(RH)를 이용하여 산출

하였다(Murray, 1967).

$$VPD = ae[bT/T+c](1-RH) \quad (1)$$

단, 여기서 a 는 0.611kPa, b 는 17.502, c 는 240.97으로 계산하였다.

III. 결과 및 고찰

3.1. 기온 및 지온

태안해안국립공원 학암포 해안사구 초지생태계의 2011년은 일 평균 기온 11.4°C 이다(-8.8°C~27.2°C). 연중 최저기온은 1월 15일과 16일에 -10.9°C를, 연중 최고기온은 7월 19일과 8월 6일에 33°C 기록하여 40°C 이상 기온 차이가 나는 가혹한 환경임을 알 수 있다. Fig. 3은 기온과 지온의 계절변화를 나타내었다.

일 평균 기온은 일 최대 기온과 일 최소 기온 사이에서 일변화 및 계절변화를 나타낸다(Fig. 3a). 일평균 지온은 13.7°C, 최소 -2.5°C 최대 27.7°C의 범위에서 변화하였다. 기온과 지온과의 변화(Fig. 3b)는 365일 중 37일을 제외하고 연중 기온보다 지온이 평균 2~3°C 높은 상태로 계절변화 하는 것을 알 수 있었다.

지리산국립공원(세석과 칠선) 산림의 기온 계절변화는 일 평균 -18.7°C에서 23.3°C의 범위로 보고하고 있다(Shin *et al.*, 2011). 일 평균 기온 변화 범위에서 여름철 기온이 해안사구 초지생태계(27.2°C)가 산림생태계보다 높은 것은 임관이 열려있는 초지생태계의 특징에 기인한 것으로 사료된다.

특히 계절변화와 함께 해안사구 초지생태계의 생육

Fig. 3. Seasonal variation of air temperatures (a, daily mean, maximum and minimum) and daily mean air (100 cm) and soil (-10 cm) temperatures (b) in 2011 at coastal sand dune grassland ecosystem, Hakampo, Taeanhaean National Park.

기간인 5월, 6월, 7월을 상세히 살펴보기 위해 온도(기온과 토양)와 토양수분함량의 일변화 특성 분석하였다(Fig. 4). 5월의 일변화는 지온이 기온보다 높으며 지온의 일변화가 뚜렷함을 알 수 있다(Fig. 4a). 반면 토양수분함량은 무 강우와 더불어 5% 미만으로 변화가 거의 없다(Fig. 4a). 반면 6월 말은 기온과 지온의 변화가 거의 동일하지만 6월 29일 강우 이벤트에 의해 토양수분함량은 24시간 동안 약 20%까지 증가하였다(Fig. 4b). 7월 초는 다시 지온이 기온보다 높아지는 시기이며 7월 3일에도 강우 이벤트에 의해 토양

Fig. 4. Temporal variation of hourly air (+), soil (x) temperatures (°C) and soil water content (%), line) in May (a), July (b) and June (c) 2011 at coastal sand dune grassland ecosystem, Hakampo, Taeanhaean National Park.

수분함량이 변화하고 있다(Fig. 4c).

3.2. 강수량 및 토양수분함량

Fig. 5는 일 강수량(mm day^{-1})과 토양수분함량(%)을 나타내었다. 학ampo의 해안사구 초지생태계는 2011년 6월과 7월에 집중강우가 있었으며 6월 29일, 200.6mm로서 최고로 많은 양이 기록되었다. 50mm 이상 강우가 기록된 날은 8일(5월 11일, 6월 24일, 25일, 29일, 7월 12일, 24일, 28일, 8월 8일)이었다. 연 강수량은 $1,392\text{mm year}^{-1}$ 이지만, 무수일 255일을 감안하면 매우 집중적인 강우형태를 보이고 있다. 특히 6월, 7월, 8월, 석 달의 강수량이 1,084mm로 연 강수량의 약 78%에 달하며, 이 중 7월의 강수량이 약 40% 해당하는 것으로 나타났다(Fig. 5).

2011년 6월 29일은 집중호우가 기록되었는데(Fig. 6), 시간당 강수량이 53mm hr^{-1} 를 기록하였다.

서산 기상청은 2011년 연 강수량이 1,704mm로 본 연구결과보다 300mm 더 많은 양으로 기록되었으며, 이는 6월(70mm)과 7월(110mm)에 학ampo의 해안사구 초지생태계보다 더 많은 강수량이었다. 2011년의 강수량(1,392 mm)이 평년(서산 기상청의 30년 평균 강수량, 1,286 mm)에 비해 비교적 많은 양임을 알 수 있다. 학ampo 해안사구 초지생태계의 2011년은 30년 평균과 비교하여 6월과 7월에 약 250mm씩 더 많이 집중되었고(2011년 6월 393mm, 7월 547mm; 30년 평균 6월 138mm, 7월 274mm), 8월과 9월에 약 150mm 정도씩 적은 강수량(2011년 8월 144mm, 9월 28mm; 30년 평균 8월 296mm, 9월 162mm)

Fig. 5. Seasonal variation of rainfall (mm day^{-1} , bar) and daily mean soil water content (% Δ) in 2011 at costal sand dune grassland ecosystem, Hakampo, Taeanhaean National Park.

Fig. 6. Event of hourly rainfall (mm h^{-1} , bar) and soil water content (% Δ) on July 29th, 2011 at costal sand dune grassland ecosystem, Hakampo, Taeanhaean National Park.

을 나타내었다. 즉, 30년 평균 강우 패턴은 7월과 8월에 집중되었으나 2011년 강우 패턴은 6월과 7월에 집중하였으며 그 양 또한 약 2배 이상 차이가 났다. 중부지방 연평균 강수량과 비슷하지만 내륙지방인 대전($1,459\text{mm}$)보다는 적고, 연 강수량의 50~60% (654mm)가 여름에 내리는 평년 패턴과는 매우 상이한 결과이다.

강수에 의한 토양수분함량의 변화는 잘 반영하고 있는 것으로 나타났다(Fig. 5 and Fig. 6). 토양수분함량(%)은 일평균 2.6%로서 1.1%(1월)~10%(8월)의 범위였다. 이러한 결과는 Ihm and Lee(1998)가 발표한 결과(4.4%~9.4%)와 유사한 값이다. 특히 6월말에서 8월 사이의 기간의 집중강우에 토양수분함량이 매우 높게 변화하지만 그 변화는 최대 10%에 그치고 있다. 이는 토성이 모래로 구성되어 있는 해안사구 초지생태계의 특성에 기인한 것으로 사료된다. 일반적으로 산림생태계의 토양수분함량이 20%~50%인 것(Laiju *et al.*, 2012)과 비교하면 매우 낮은 값을 알 수 있다.

3.3. 일사량 및 VPD (Vapor pressure deficit, 수증기압포차)

2011년 연간 누적일사량($\text{W m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$)은 $8,322\text{W m}^{-2}$ 이며, 월별 누적일사량은 3월부터 6월까지 $800\text{W m}^{-2} \text{ month}^{-1}$ 이상으로 가장 높은 시기였으며, 순차적으로 7월부터 10월이 $600\text{W m}^{-2} \text{ month}^{-1}$ 이상이었으나, 1월과 2월은 약 $500\text{W m}^{-2} \text{ month}^{-1}$ 이었고 가

Fig. 7. Seasonal pattern of (a) solar radiation ($\text{W m}^{-2} \text{ day}^{-1}$), (b) vapor pressure deficit (VPD, hPa) and (c) soil water content (%) in 2011 at costal sand dune grassland ecosystem, Hakampo, Taeanhaean National Park.

장 낮은 11월과 12월은 $300 \text{ W m}^{-2} \text{ month}^{-1}$ 의 값을 얻었다(Fig. 7). 일사량이 가장 많은 3월에서 6월의 시기에 해안사구 초지생태계는 식물의 생산성이 높을 것으로 유추된다. 특히 5월과 6월에 개화를 하는 갯메꽃, 갯완두, 갯방풍 등은 따뜻한 기온과 함께 생육하면서 높은 일사량에 반응하여 개화하는 생물계절을 지니고 있을 것으로 사료된다.

태안해안국립공원 학ampo 해안사구 초지생태계의 2011년 상대습도(%)의 평균은 $80.8\% \pm 11.7$ (평균 $\pm$ 표준편차)(범위: 50.5%~100%)이다. VPD는 값이 클수록 건조함을 나타내며 증발산량(evapotranspiration)과 거의 직선의 관계에 있다. VPD가 너무 낮으면 증산이 일어나기 어렵고, VPD가 너무 높으면 과도한 증산으로 스트레스를 받기 쉽다. 식물에게 적당한 VPD는 5~12hPa로 알려져 있다(Grange and Hand, 1987). 학ampo 해안사구 초지생태계의 일평균 VPD는 $2.50 \text{ hPa} \pm 1.70$ (평균 $\pm$ 표준편차, $n=365$), 최대값은 8.76 hPa 이다. Fig. 7에서 4월부터 10월까지의 생육기간에 VPD가 5hPa 이상으로 나타났으며, VPD가 8hPa 이상인 날은 5월 30일(8.65 hPa)과 9월 21일(8.76 hPa)이었다. 산림의 경우, 일평균 VPD는 건조기에 13.6 hPa 비건조기에 8.6 hPa , 최대 VPD는 각각 22.7 hPa 과 17.3 hPa 로 보고된 바 있다(Laiju *et al.*, 2012). 산림과 비교할 때 해안사구 초지생태계는 비교적 습한 편이며 초지생태계가 최대로 건조한 값을 나타내는 시기가 산림의 경우는 비건조기의 값과 유사한 것으로 나타났다.

Fig. 8. Wind rose from a site at costal sand dune grassland ecosystem, Hakampo, Taeanhaean National Park. The numbers at the end of each axis indicate the average wind speed (wind velocity, m s^{-1}) for that direction. This rose shows that the dominant wind directions are from the northeast and the southwest.

3.4. 풍향 및 풍속

태안해안국립공원 학ampo 해안사구 초지생태계의 방위별 풍향 출현 빈도와 풍향별 풍속계급 빈도를 바람장미로 나타내었다(Fig. 8). 일 년 동안의 시간별 바람자료($n=8751$)를 사용하여 표현한 것으로 주풍이 북동과 남서임을 알 수 있다. 최고 풍속은 156.72 m s^{-1} 로(10월 7일) 기록되었으며 평균 $2.08 \pm 2.45 \text{ m s}^{-1}$ 의 풍속이었다. 계절별로는 여름(6월~8월)과 가을(9월~11월)에 평균 5 m s^{-1} 로 이상이었고 봄(3월~5월)과 겨울(12월~2월)에는 평균 2 m s^{-1} 로 이하였다. 일 평균 풍속 자료($n=365$)를 이용하여 분석하면 평균 $2.17 \pm 2.16 \text{ m s}^{-1}$ 이었다. 일반적으로 사구의 모래가 이동하기 위한 최소풍속은 4.5 m s^{-1} 이상이 되어야 한다(MMAF, 2003). 모래를 이동시킬 만한 유효풍의 비율이 인근 곰솔림의 풍속보다 커서 침식된 사구가 회복되는 데에 곰솔림보다 초지생태계가 효과적인 것으로 사료된다. 계절별 풍향 분포는 봄과 가을에는 주풍이 없을 정도로 모든 방향에서 바람이 있었으나 여름에는 주풍이 북동풍이었으며 겨울에는 주로 남풍이 현저했다. 봄철과 여름철에 남서풍, 가을철과 겨울철에는 북동풍이 우세한 서산기상청 자료(KMA, 2011)와 초지생태계 현지 실측과는 주 풍향이 상이하였다.

해안으로부터 10km 이상 내륙에서 측정된 자료는 사구형성을 이해하는데 도움이 되기 어렵다. 따라서 해안사구 초지생태계에 자동기상관측장비를 직접 설치

하여 기상자료를 취득하여야 할 필요가 있다(MMAF, 2003).

적 요

해안사구는 해양생태계에서 내륙생태계로 이행하는 생태 이행대(ecotone)로서 중요한 생태계이다. 이러한 독특한 생태계의 서식지 특성 분석의 일환으로 우리나라에서 사구가 가장 넓게 분포하는 지역인 태안해안국립공원에서 미기상 요인(기온, 지온, 상대습도, 토양수분함량, 강우량 및 일사량, 풍향 및 풍속)의 통년 관측자료를 이용하여 계절변화를 분석하였다. 해안사구 초지생태계에서 미기상 요인의 계절변화는 산림생태계와 비교하여 상대적으로 고온 다습하며 6월과 7월에 집중 강우를 보였다. 토양온도는 기온보다 평균 2~3°C 높은 상태로 계절변화 하였으며 토양수분함량은 연중 10% 미만으로 매우 건조한 특성을 나타내었다. 또한 2011년 최고 풍속은 156.72m s⁻¹(10월 7일)를 기록하였고 현지 측정된 풍향과 기상청 자료는 상이함을 알 수 있었다. 해안사구 초지생태계의 서식지 특성을 더 잘 이해하기 위해서는 이러한 미기상 요인의 통년 장기관측이 필요할 것이다.

감사의 글

본 연구는 국립공원관리공단이 실시하는 「기후변화가 생태계에 미치는 영향 모니터링 체계구축」 중 해양생태계 조사연구 사업에 의해 수행된 결과의 일부입니다. 연구비 지원에 감사 드립니다. 미기상장비 설치 및 운용에 도움을 주신 국립공원연구원 해양연구센터와 태안해안국립공원사무소 분들에게 감사를 전합니다.

논문에 유익한 의견을 주신 송재영박사님과 명현호 박사님에게 감사를 표합니다.

REFERENCES

- Ahn, Y. H., 2003: Phytosociological Study on the Vegetation of Sand Dune in Shindoori Seashore. *Journal of Korean Environmental Restoration and Revegetation Technology* **6**(6), 29-40. (in Korean with English abstract)
- Grange, R. I., and D.W. Hand, 1987: A review of the effects of atmospheric humidity on the growth of horticultural crops. *Journal of Horticultural Science* **62**(2), 125-134.
- Ihm, B. S., and J. S. Lee, 1998: Soil Factors Affecting the Plant Communities of Wetland on Southwestern Coast of Korea. *Journal of Ecology and Field Biology* **21**(4), 321-328.
- Jeon, J. Y., H. H. Myeong, and J. S. Lee, 2012: The distribution of coastal sand dune flora and vegetation in Gwanmaedo. *The Journal of Korean Island* **24**(1), 173-189.
- Jo, K. W., J. H. Maeng, Y. J. Ju, H. H. Shin, and K. H. Kim, 2006: *Study on the Effective Mitigation Measures of Coastal Erosion due to Coastal Developments*. Korea Environment Institute, Seoul. 231pp. (in Korean with English abstract)
- Jung, Y. K., and J. W. Kim, 1998: Coastal sand dune vegetation in Kyungpook Province. *Korea Journal of Ecology* **21**(3), 257-262. (in Korean with English abstract)
- KMA (Korea Meteorological Administration), 2011: *Annual Climatological Report*, Korea Meteorological Administration, Seoul. 315pp. (in Korean)
- KNPS (Korea National Park Service), 2005: *Natural Resources Survey of Taeanhaean National Park*, National Park Research Institute, Korea National Park Service, Namwon. 619pp. (in Korean)
- Laiju, N., D. Otieno, E. Y. Jung, B. R. Lee, J. Tenhunen, J. H. Lim, J. H. Sung, and S. K. Kang, 2012: Environmental controls on growing-season sap flow density of *Quercus serrata* Thunb in a temperate deciduous forest of Korea. *Journal of Ecology and Field Biology* **35**(3), 213-225. (in Korean with English abstract)
- Lee, H. J., C. J. Jeon, J. H. Kim, Y. M. Jeon, H. R. Jung, and B. H. Ryu, 1995: Forest vegetation in Anmyon-do Island. *Nature conservation* **92**, 39-50. (in Korean with English abstract)
- Lee, W. T., and S. K. Chon, 1983: Ecological studies on the coastal plants in Korea - Floristic composition and standing crop of the sand dune on the Southern Coast-. *Korea Journal of Ecology* **6**(3), 177-186. (in Korean with English abstract)
- MMAF (Ministry of Marine Affairs and Fisheries) Staff, 2003: *Survey of Tidal Wetland Ecosystem and Research for Sustainable Use: Management Plan of Shinduri Coastal Sand Dune*. Ministry of Marine Affairs and Fisheries Publication, Seoul. 59pp. (in Korean)
- MOE (Ministry of Environment) Staff, 2001: *The Study of the Status, Conservation, and Management of Sand Dunes in Korea: List of Korean Sand Dunes*. Ministry of Environment Publication, Seoul. 275pp. (in Korean)
- Murray, F. W., 1967: On the Computation of Saturation Vapor Pressure. *Journal of Applied Meteorology* **6**(1), 203-204.
- Park, J. W., S. K. Oh, S. J. Seo, and J. C. Seo, 2012: Morphological changes of the beach and dune of The Taeanhaean National Park using VRS/RTK GPS - a case of Hakampo and Anmyeon beach-. *Journal of the Korean Geomorphological Association* **19**(2), 161-172.

- (in Korean with English abstract)
- Ranwell, D. S., 1972: *Ecology of Salt Marshes and Sand Dunes*. Chapman and Hall London, 258pp.
- Seo, J. C., 2002: Analysis of Geomorphological Changes using RS and GIS techniques in Shinduri coastal dune. *Journal of the Korean Association of Regional Geographers* **8**(1), 98-109. (in Korean with English abstract)
- Shin, J. S., N. H. Yu, H. G. Kang, and H. T. Shin, 2011: A study on the plants for phenology of the Mt. Jiri National Park. *Journal of Korean Environmental Research Technology* **14**(2), 47-57. (in Korean with English abstract)
- Song, H. K., G. S. Park, H. R. Park, E. K. Seo, S. K. So, and M. Y. Kim, 2005: Vegetation and soil properties of the coastal sand dune in Sinduri, Taean-Gun. *Journal of Korean Environmental Restoration and Revegetation Technology* **8**(6), 59-68. (in Korean with English abstract)
- Wilson, E. O., 1988: *Biodiversity*. National Academy Press. Washington, D. C., 538p.