

우리나라 해안 식생의 식물사회학적 군락 분류

이용호 · 오영주¹ · 이욱재¹ · 나채선² · 김건옥 · 홍선희*

고려대학교 환경생태연구소, ¹미래환경생태연구소, ²한경대학교

Phytosociological Classification of Coastal Vegetation in Korea

Yong Ho Lee, Young Ju Oh¹, Wook Jae Lee¹, Chae Sun Na², Kun Ok Kim and Sun Hee Hong*

Institute of Environment and Ecology, Korea University, Seoul 02841, Korea

¹*Institute for Future Environmental Ecology Co., Ltd, Jeon-ju 54883, Korea*

²*Hankyong National University, Anseong-si, Gyeonggi-do 17579, Korea*

Abstract - The phytosociological study was carried out to investigate the structural characteristics of coastal vegetation in South Korea. The vegetation data of total 102 sites were analyzed by the Zürich-Montpellier school's method. Eleven community of coastal vegetation were recognized : *Vitex rotundifolia-Rosa wichuraiana* community, *Calystegia soldanella* community, *Carex kobomugi-Elymus mollis* community, *Zoysia sinica* community, *Suaeda maritima* community, *Suaeda australis* community, *Suaeda glauca-Atriplex gmelinii* community, *Suaeda japonica* community, *Phragmites communis* community and *Calamagrostis epigeios* community. Principal component analysis (PCA) showed the similar result with phytosociological classification.

Key words : PCA, coast, phytosociology, vegetation

서 론

해안은 인류에게 풍부한 식자재를 제공하는 생활의 터전이자 아름다운 경관을 제공하고, 내륙지방을 폭풍과 해일로부터 보호해주는 완충지 역할을 한다. 우리나라는 3면이 해안으로 둘러싸인 반도로서 갯벌, 리아스식 해안, 사구 등 다양한 해안 지형을 지니고 있다. 하지만 경제성장과 함께 대규모 간척사업 등, 해안지방의 개발이 활발하게 이루어짐에 따라 해안의 자연 식생의 파괴가 이루어지고 있다(Ministry of environment 2002; Chang 2008).

해안은 바다의 영향으로 동일 위도의 내륙지방에 비하여 평균 기온과 강수량이 높고, 염도가 높은 바닷물로 인하여

염류 집적의 영향을 받는다. 또한 파도, 퇴적 등의 과정을 통하여 지형 및 토양 또한 다양성을 보인다. 이러한 환경적 특성에 기인하여 해안 식생은 일반적으로 내륙 식생과는 다른 독특한 종 조성을 보이며 시공간적으로 다양하고 역동적이며 취약성을 보이는 것으로 알려져 있다(Oh *et al.* 2005; Kim and Yu 2009).

최근 기후변화로 해수면이 상승되면서 해안 침식이 가속화 되고 있다. 해안 식생의 존재는 이러한 침식에 의한 생태계의 영향을 감소시킬 수 있다. 해안 식생 복원은 생태계 보전이라는 측면뿐만 아니라 기후변화의 불확실성을 감소시킬 수 있다는 점에서 매우 시급하고 중요한 과제이다(Alongi 2008). 우리나라의 해안 식생 연구는 주요 해안 사구, 서남부 해안, 제주도 등 다양한 지역 중심으로 이루어졌다(Ihm *et al.* 2001; Shin *et al.* 2015). 하지만 우리나라 전역에 발생하는 다양한 형태와 규모의 해안 훼손지 복원에 활용되는 소

* Corresponding author: Sun-Hee Hong, Tel. 02-3290-3462, Fax. 02-3290-3502, E-mail. cootation@korea.ac.kr

재의 선별, 이용을 위해서는 우리나라 전체에 발생하는 해안 식생을 유형화 할 필요성이 있다. 해안 식생과 같이 복잡한 구조의 환경을 보이는 곳에서의 식물사회학적 연구는 자연과 반자연생태계에 서식하는 많은 식물 군락을 유형화하고 각각의 식생단위와 서식환경의 특성을 규정하여 환경의 변화와 식생과의 관계를 체계적이고 효율적으로 관리할 수 있도록 할 수 있다(Oh 2006).

본 연구는 우리나라 전체에 발생하는 해안 식생을 식물사회학적으로 유형화하여 해안 식생의 보존 및 해안 식생 복원사업을 위한 기초자료를 제공하고자 수행하였다.

재료 및 방법

식생조사 및 군락분류

본 조사는 바다와 인접해 있는 해안 주변 갯벌, 사구, 초지 식생을 대상으로 2014년 7월에서 9월까지 수행되었다. 강원도 2지점, 경기도 4지점, 경상남도 5지점, 경상북도 4지점, 전라남도 13지점, 전라북도 2지점, 제주도 12지점에서 총 102개 방형구를 설치하여 조사하였다(Fig. 1). 식생조사는 Zurich-Montpellier (Z-M) 학파의 식물사회학적 연구방법에 준하여 조사하였다(Kim and Lee 1996). 방형구는 균일한 식분을 선정하여 10×10 m 또는 5×20 m로 설정하였고, 피도는 Braun-Blanquet의 피도계급으로 판정하였다(Braun-Blanquet 1964). 조사된 식생자료에서 식생단위를 추출하기 위하여 종조성표와 종합상재도표를 작성하였고 추출된 식생단위는 식물사회학의 국제명명규약에 의하여 명명하였다(Muller and Ellenberg 1974). 각 군락의 우점도를 파악하기 위하여 출현한 식물종의 정량화된 지수인 상대순기여도를 이용하였다(Kim 1992; Kim and Lee 1996).

*상대순기여도(r-NCD: relative net contribution degree)

$r-NCD: (NCD_i / NCD_{max}) \times 100$

NCD_i: 대상 식물군락에 대한 i종의 기여도

NCD_{max}: 대상 식물 군락 내의 기여도 최대값

통계적 분석

식생 유형을 정량적이고 객관적으로 분석하기 위하여 102개의 식생조사표를 이용하여 주성분분석(PCA)을 실시하였다. PCA를 수행한 결과를 토대로 삼차원 공간에 방형구들을 배열하여 방형구들간의 유연관계를 분석하였다. Ordination 분석은 PC-ORD for window (www.pcord.com)를 활용하였다.

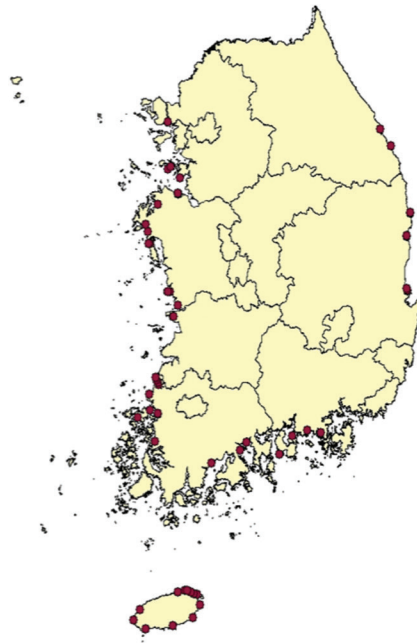


Fig. 1. Study site map.

결과 및 고찰

조사된 식생자료를 분석하여 국내 해안에 발생하는 식물군집 구분은 총 11개의 군락으로 순비기나무-돌가시나무 군락, 갯메꽃 군락, 통보리사초-갯그렁 군락, 갯잔디 군락, 해홍나물 군락, 방석나물 군락, 나문재-가는갯는쟁이군락, 칠면초 군락, 천일사초 군락, 갈대 군락, 산조플 군락이 구별되었다(Table 1).

순비기나무-돌가시나무 군락(Fig. 2a)

순비기나무-돌가시나무 군락은 한반도 서해, 동해, 남해에 걸친 남부지역 전체와 제주도에서 주로 발견되는 식생형으로 일반적으로 사구에서 비교적 육지에 가까운 바위 주변이나 교목, 관목 등이 서식하는 수림 주변부에 발생한다. 그리고 순비기나무와 돌가시나무는 생장형이 사구 바닥을 기는 덩굴형으로서 밀생하거나 다른 식물을 피압하지 않는다. 그 결과 해안 식생 군락 중 가장 다양한 식물 종이 동반하여 발생한다. 평균출현종수는 13종이다. 본 조사지에서는 갯메꽃, 갯씀바귀, 갯완두와 함께 군락을 형성하였다. 순비기나무 군락은 염저항성이 강해 바닷물에 침수되어도 복원력이 빠른 종으로 모래, 자갈, 바위 해변에 주로 서식한다. 또한 돌가시나무 군락도 바닷가 바위나 자갈지대에 주로 발생하는데 주로 남부지방을 중심으로 분포하고 있다.

Table 1. Continued

Vegetation units	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
<i>Atriplex subcordata</i>	0.02	—	—	0.06	0.01	—	0.28	—	—	—	—
<i>Bidens pilosa</i>	0.02	—	0.63	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Bromus japonicus</i>	0.22	0.42	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Rumex acetosella</i>	—	—	1.25	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Artemisia scoparia</i>	—	—	—	0.02	—	—	0.55	—	—	—	—
<i>Peucedanum japonicum</i>	0.19	0.08	—	0.06	—	—	—	—	—	—	—
<i>Indigofera pseudotinctoria</i>	0.48	—	—	0.01	—	—	—	—	—	—	—
<i>Argusia sibirica</i>	0.06	0.42	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Artemisia fukudo</i>	—	—	—	0.03	—	0.39	—	—	—	—	—
<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	0.02	—	0.21	—	—	—	—	—	—	—	0.04

Accidental species: *Boehmeria pannosa*, *Centella asiatica*, *Clematis terniflora* var. *mandshurica*, *Scutellaria strigillosa*, *Tagetes minuta*, *Rubus crataegifolius*, *Corchoropsis tomentosa*, *Sagina japonica*, *Silene firma*, *Lepidium apetalum*, *Chenopodium glaucum*, *Salsola komarovii*, *Lactuca indica*, *Phytolacca americana*, *Torilis japonica*, *Scirpus planiculmis*, *Aster spathulifolius*, *Lolium perenne*, *Euphorbia supina*, *Xanthium canadense*, *Metaplexis japonica*, *Melilotus suaveolens*, *Poa pratensis*, *Lactuca scariola*, *Amorpha fruticosa*, *Chamaecrista nomame*, *Bidens biternata*, *Dactylis glomerata*, *Euphorbia jolkini*, *Canavalia lineata*, *Liriope minor*, *Lotus corniculatus* var. *japonica*, *Plantago lanceolata*, *Corydalis heterocarpa*, *Lilium lancifolium*, *Asparagus cochinchinensis*, *Lepidium ruderalis*, *Plantago camtschatica*, *Raphanus sativus* var. *hortensis*, *Sonchus oleraceus*, *Rumex obtusifolius*, *Hordeum murinum*, *Oxalis corymbosa*, *Salsola collina*, *Sonchus brachyotus*, *Lespedeza cuneata*, *Brassica napus*, *Rubia cordifolia* var. *pratensis*, *Cirsium japonicum* var. *spinosissimum*, *Salicornia europaea*, *Asparagus schoberioides*, *Echinochloa crus-galli*, *Ampelopsis heterophylla*, *Euphorbia pekinensis*, *Cocculus trilobus*, *Ampelopsis brevipedunculata* f. *citrulloides*, *Trifolium repens*, *Elymus sibiricus*, *Hypochaeris radicata*, *Leibnitzia anandria*, *Persicaria perfoliata*, *Angelica japonica*, *Silene aprica* var. *oldhamiana*, *Triglochin palustre*, *Kochia scoparia* var. *littorea*, *Achillea alpina*, *Lepidium virginicum*, *Persicaria hydropiper*, *Rubia akane*, *Clematis apiifolia*, *Lonicera japonica*, *Acalypha australis*, *Taraxacum platycarpum*

갯메꽃 군락 (Fig. 2b)

갯메꽃 군락은 남부지방과 동해안 모래 사구의 하부지역에 주로 발생하는 식생형으로 해수의 비산에 의한 지속적인 염분영향에 노출되고 질소가 퇴적되어 있는 곳에 발달하는 군락이다. 순비기나무-돌가시나무 군락과 같이 높은 밀도의 군락을 형성하지 않아 다양한 식물종이 동반 발생한다. 평균 출현종수는 9종이다. 갯씀바귀 갯완두와 함께 군락을 형성하였다. 갯메꽃 군락은 자갈해변이나 모래해변 등 다양한 환경에 발달하면서 환경적응성이 강한 종으로 땅속 줄기가 모래속으로 뻗으면서 옆으로 길게 자라면서 지면을 덮는 식생군락이다.

통보리사초-갯그령 군락 (Fig. 2c)

통보리사초-갯그령 군락은 주로 동해안 모래사구에서 발생하는 식생형으로 해안의 중간지대에 형성되는 대표적인 냉온대성 군집이다. 평균출현종수는 12종이었으며 갯메꽃, 왕잔디, 갯씀바귀, 갯완두와 함께 군락을 형성하였다. 통보리사초와 갯그령 군락은 해안사구의 대표적 식물로 통보리사초와 갯그령은 주로 단일 군락을 형성하나 같은 환경의 서식지를 좋아하는 다른 종과도 혼생하기도 한다. 통보리사초와 갯그령 군락은 똑같이 해안사구의 환경을 선호하지만 통보리사초가 우점하면 갯그령은 적은 밀도로 분포하고 갯그령이 우점하면 통보리사초의 적은 개체수가 유입되어 군락을 형성하고 있다.

갯잔디 군락 (Fig. 2d)

갯잔디 군락은 서해안 갯벌지대를 중심으로 남부지방과 일부 제주도에서 발생하였다. 매우 높은 밀도로 밀생하며 대군락을 형성하였을 때는 다른 식물종이 잘 발생하지 못한다. 갯벌 중 비교적 물빠짐이 좋은 높은 곳에 나타난다. 평균출현종수는 5종으로 방석나물이 낮은 피도로 함께 군락을 형성하였다. 갯잔디 군락은 염저항성이 매우 강해서 갯벌 가장자리부터 바닷물이 들어오는 지역까지 서식이 가능하다. 대부분 뿌리줄기를 뺀어 확산되기 때문에 갯벌의 약간 높은 둔덕에 대반상의 군락을 형성한다.

해홍나물 군락 (Fig. 2e)

해홍나물 군락은 서해안 갯벌지대에 주로 발생하였다. 해홍나물은 대표적인 염생식물로 물빠짐이 좋지 않은 갯벌의 검은 흩에 자라며 조간대의 환경에 적응하여 살아간다. 해홍나물 군락이 형성되는 지역은 대부분 높은 밀도로 단일 식물종 군락이 형성된다. 해홍나물 군락은 침수가 되지 않는 건조한 갯벌에서 소반상의 형태로 군락을 형성하고 주로 간척지의 선구식물로 매우 넓은 면적을 점유하기도 하는 식생군락이다.

방석나물 군락 (Fig. 2f)

방석나물 군락은 서해안과 남해안 갯벌지대에 발생하였다. 해홍나물의 근연종으로 단 3곳만 발견되어 해홍나물이 발견된 14조사지에 비하여 희소하였다. 해홍나물의 높은 피

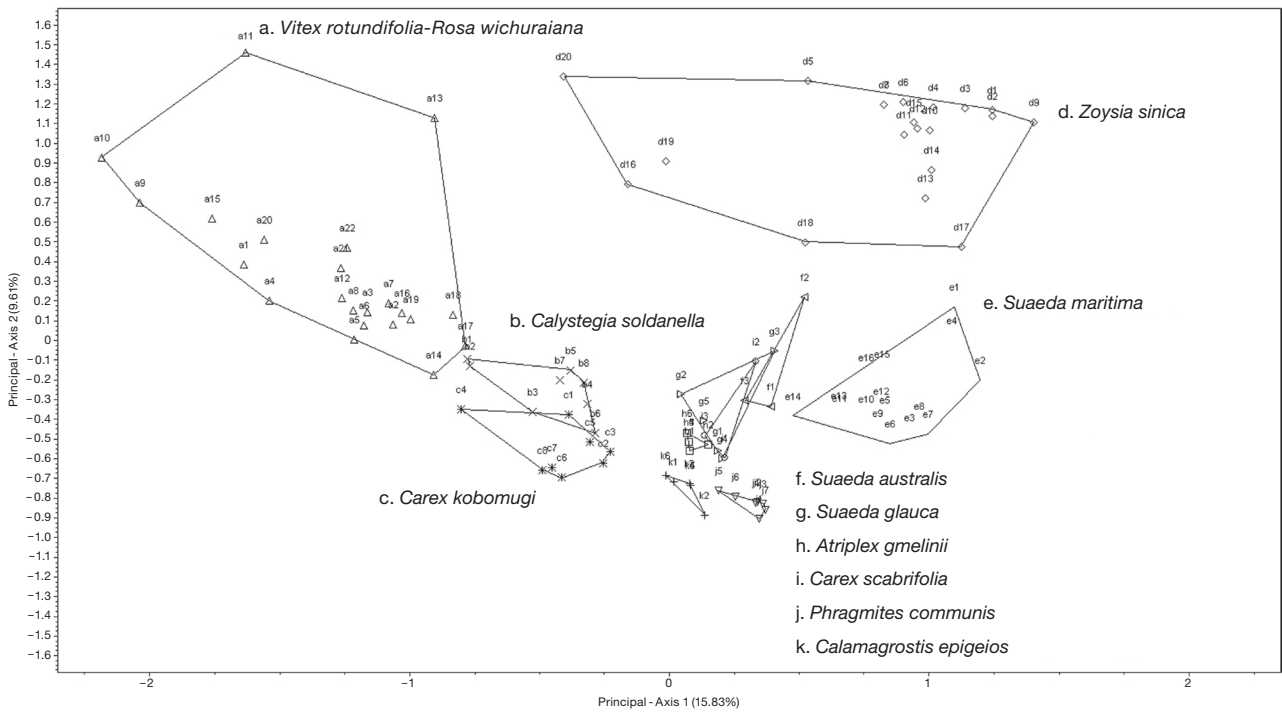


Fig. 2. PCA plot of Coastal vegetation in Korea.

도에 비하여 피도 또한 낮았으며 갯질경, 갯잔디 등이 동반 출현하였다. 방석나물 군락은 다육성으로 간척지나 바닷물이 닿는 곳에 주로 분포한다. 방석나물은 지표면에 방석처럼 소반상의 군락을 형성하며 소규모 군락형태로 발생한다.

나문재-가는갯는쟁이 군락 (Fig. 2g)

나문재-가는갯는쟁이 군락은 제주도와 서해안에서 발견되었으며 주로 갯벌과 사구가 인접한 부분에 형성되었다. 갯질경, 갯쭉부쟁이와 동반출현하였으며 평균출현종수는 6종이었다. 나문재 군락은 갯벌의 건조한 곳에 분포하는 종으로 해홍나물과 같이 침수에는 약한 종이다. 가는갯는쟁이 군락은 조간대와 간척지에 주로 발생하며 소규모 군락을 형성한다. 주로 나문재가 군락을 형성하는 지역에 소규모 개체가 발생하여 공생하고 있다.

칠면초 군락 (Fig. 2h)

전남 갯벌에 형성되는 식생형으로 해홍나물과 근연종이다. 매우 염분의 농도가 높고 물빠짐이 좋지 않은 지역에서 생육하며 높은 피도로 대군락을 형성한다. 칠면초 군락은 해홍나물과 달리 침수에 강하여 갯벌이 반복적으로 침수되는 지역까지 분포가 가능하다. 칠면초는 해홍나물과 같이 초기 간척지의 선구식물로 오랜 시간 간척지에 서식하며 식생 군

락을 형성한다. 대부분의 칠면초는 매우 적은 밀도로 군락을 형성하여 개체간의 서식공간을 확보하여 분포한다.

천일사초 군락 (Fig. 2i)

중부지방 서해안에 주로 발생하는 식생형이다. 지하경으로 번식하여 높은 밀도로 밀생한다. 평균 출현종수는 2종이다. 천일사초 군락은 바닷물이 잠겨거나 닿는 곳에 분포하며 천일사초 군락은 주로 단일 군락으로 형성되고 주로 바닷가를 따라서 길게 분포하며 대규모 군락을 형성한다.

갈대 군락 (Fig. 2j)

서해안 지방에 주로 발생하는 식생형이다. 매우 큰키의 다년생 초본으로 지하경으로 번식하며 높은 밀도로 대군락을 형성한다. 주로 바닷물이 직접 영향을 주는 지대보다는 간척지와 같이 물빠짐이 좋지 않은 높은 지대에 발생한다. 평균 발생초종은 7종이다. 갈대 군락은 환경에 대한 저항성이 강하여 염농도가 강한 곳과 낮은 곳에 모두 분포한다. 바닷물이 인접한 지역에 발생하는 갈대는 매우 키가 작고 성장을 잘 못하면 갯벌 가장자리의 염농도가 낮은 지역으로 갈수록 키가 크고 잘 자라며 대규모 군락을 형성한다. 갈대 군락은 염농도가 강한 지역에도 분포하지만 환경에 대한 스트레스를 많이 받아 개체의 성장이 제한되기도 한다.

산조풀 군락(Fig. 2k)

산조풀 군락은 서해안 증부지방에 주로 발생하는 식생형이다. 지하경으로 번식하는 다년생 초본식물로 척박하고 건조한 간척지 또는 일부 해안 사구 등에 나타난다. 평균발생 초종은 3종이다. 산조풀 군락은 염농도에 대한 저항성은 매우 강하지 않으며 주로 오래전에 간척되었던 지역에 분포한다. 산조풀은 유입되면 대규모 군락형태로 발생하며 토양의 염분제거에 갈대와 더불어 매우 효과적인 식물로 판단된다.

주성분분석(PCA)

서식지 유형 분류의 객관성을 확보하기 위하여 PCA 분석을 수행하였다(Fig. 2). 102곳의 식생 조사 결과에 대한 PCA 분석결과 1축에서 순비기나무, 들가시나무, 갯메꽃은 음의 방향으로 갯잔디, 해홍나물은 양의 방향으로 영향을 많이 주었으며 2축에서는 갯잔디와 순비기나무가 양의 방향으로 갈대와 산조풀이 음의 방향으로 군락의 구분에 기여를 하였다. 따라서 주성분 1에 의하여 순비기나무-들가시나무 군락, 갯메꽃 군락, 통보리사초-갯그렁 군락이 사구와 같은 서식 환경에서 자라는 군락으로 염도가 강한 갯벌에서 서식하는 다른 군락과 1축에서 구분되었으며 주성분 2에 의하여 갯벌에서 바닷물과 연한 지역에 주로 서식하는 군락들로 갯잔디 군락은 갯벌 가장자리 바다가 인접한 둔덕에 주로 군생하는 군락으로 주로 단일 식생을 형성하여 다른 해홍나물 군락, 방석나물 군락, 나문재-가는갯는쟁이 군락, 칠면초 군락, 천일사초 군락과 구분되었다. 갈대 군락, 산조풀 군락은 갯벌의 가장자리 염도가 낮아지는 쪽에 주로 서식하고 갈대 군락은 갯벌부터 사질토까지 고르게 서식하는 반면 산조풀 군락은 갯벌 가장자리 또는 간척지 척박한 토양에 주로 발생하는 것으로 구분되었다. 이러한 Ordination 결과를 통해 식물사회학적 군락분류의 유의성을 확인할 수 있었다. 결론적으로 우리나라 해안 식생은 환경 및 경관에 따라 매우 특징적인 식생유형이 형성되었으며, 이를 기반으로 지속적으로 발생하는 훼손지의 환경에 알맞은 복원 소재의 선정이 가능할 것으로 생각되며, 환경조건 및 경관조건에 부합하는 복원 소재의 선정은 성공적인 활착과 환경적, 경관적, 기능적으로 우수한 복원으로 이어질 것으로 여겨진다.

적 요

우리나라에 발생하는 해안 식생의 식생 구조에 대하여 식물사회학적 연구를 수행하였다. 총 102개 조사구에 대한 식

생자료의 분석은 ZM 학파의 방법을 활용하였다. 국내 해안에 발생하는 식물 군집 구분은 총 11개의 군락으로 순비기나무-들가시나무 군락, 갯메꽃 군락, 통보리사초-갯그렁 군락, 갯잔디 군락, 해홍나물 군락, 방석나물 군락, 나문재-가는갯는쟁이군락, 칠면초 군락, 천일사초 군락, 갈대 군락, 산조풀 군락이 구분되었다. 각 군락 들은 발생지역과 환경에서 다양성을 보였다. 식생 자료에 대한 주성분분석(PCA) 결과 식물사회학적 군락 분류 결과를 지지하였다.

사 사

본 연구는 한국환경산업기술원(과제번호: 2014000130004)의 지원에 의하여 이루어졌습니다.

REFERENCES

- Alongi DM. 2008. Mangrove forests: resilience, protection from tsunamis, and responses to global climate change. *Estuarine, Coastal and Shelf Sci.* 76:1-13.
- Braun-Blanquet J. 1964. *Pflanzensoziologie*. Springer-Verlag. 3rd ed. Vienna. New York. pp.865.
- Chang JH. 2008. Criteria and evaluation of local tidal flats for designating conservation sites in the Southwestern coast of Korea. *J. Environ. Sci. Int.* 17:1391-1402.
- Ihm BS, JS Lee and JW Kim. 2001. Coastal vegetation on the western, southern, and eastern coasts of South Korea. *J. Plant Biol.* 44:63-167.
- Kim D and KB Yu. 2009. A conceptual model of coastal dune ecology synthesizing spatial gradients of vegetation, soil, and geomorphology. *Plant Ecol.* 202:135-148.
- Kim JW. 1992. Vegetation of Northeast Asia on the syntaxonomy and synegeography of the oak and beech forests. Univ. Vienna. pp.314.
- Kim JW and YI Manyko. 1994. Syntaxonomical and synchorological characteristics of the cooltemperate mixed forest in the Southern Sikhote Alin, Russian Far East. *Korean J. Ecol.* 17:391-413.
- Kim JW and YK Lee. 1996. Classification and assessment of plant communities. Worldscience press. Korea. pp.240
- Ministry of Environment Republic of Korea. 2002. A guide to the Coastal Dune Conservation and Management.
- Muller-Dombois D and H Ellenberg. 1974. Aims and methods of vegetation ecology. John Wiley and Sons, New York. pp.547.

Oh HK, YH Kim, MS Byun and JM Park. 2005. A Study on Flora of the Shindoo-ri Coastal Dune Korean J. Forest Recreation Welfare 9:37-48.

Oh YJ. 2006. Phytosociology classification of seminatural vegetation and environmental assessment of habitat in the agricultural area. Univ. Korea. pp.151.

Shin HS, TG Kim and CW Yun. 2015. Phytosociological Veg-

etation Classification and Flora for the Mid-west Coast in Korea. J. Apiculture 30:315-329.

Received: 12 February 2016

Revised: 10 March 2016

Revision accepted: 10 March 2016