

충남 광역생태네트워크 자연녹지의 훼손지 식생구조 변화*

송주현¹⁾ · 윤충원^{1)*} · 조용현²⁾ · 강희경³⁾

¹⁾ 공주대학교 산림자원학과 · ²⁾ 공주대학교 조경학과 · ³⁾ 공주대학교 원예학과

A Study on Vegetation Structure Changes between Natural land and Damaged land in Regional Ecological Network at Chungnam Province*

Song, Ju-Hyeon¹⁾ · Yun, Chung-Weon¹⁾ · Cho, Yong-Hyeon²⁾ · Kang, Hee-Kyoung³⁾

¹⁾ Dept. of Forest Resource, Kongju National University,

²⁾ Dept. of Landscape Architecture, Kongju National University,

³⁾ Dept. of Horticulture, Kongju National University.

ABSTRACT

This study was carried out to analyze vegetation structure and change of the disturbed area in forest ecosystem(FE), riparian ecosystem(RE) and coastal ecosystem(CE) related to Regional Ecological Network at Chungnam province through constancy and dominance analysis, species diversity index, similarity index and canonical correlation analysis. Data were collected from April to October in 2015. As a result of constancy and dominance analysis of forest disturbed area, non-effective species(NES) was 30 species(17.0%), exported species(ES) was 98 species(55.7%) and imported species(IS) was 48 species(27.3%) among the total 176 species, respectively. In riparian disturbed area with total 139 species, there were 16 NES(11.5%), 98 ES(70.5%) and 25 IS(18.0%) respectively. In coastal disturbed area with 140 species, there were 20 NES(14.3%), 88 ES(62.9%) and 32 IS(22.9%) respectively. In all types of disturbed areas, the ratio of ES was higher than IS. As a result of species diversity, species richness and shannon's diversity index of disturbed area decreased in all kinds of crown strata such

* 본 연구는 환경부의 환경산업선진화기술개발사업에서 지원받았습니다(과제번호: 2014000130009)

First author : Song, Ju-Hyeon, Dept. of Forest Resource, Kongju National University,

Tel : +82-41-330-1315, E-mail : ssetkk8868@naver.com

Corresponding author : Yun, Chung-Weon, Department of Forest Resource, Kongju National University,

Tel : +82-41-330-1305, E-mail : cwyun@kongju.ac.kr

Received : 25 January, 2017. **Revised** : 26 April, 2017. **Accepted** : 22 April, 2017.

as tree, subtree, shrub and herb layer compared to the control area. As a result of similarity index, that of each type between control site and disturbed site was 0.374 in FE, 0.329 in CE and 0.259 in RE in the order. As a result of the CCA analysis, the number of present species, vine plants ratio and exported species ratio in disturbed area of FE and RE were decreased, and the naturalized plant ratio, imported species ratio and herb ratio were increased. But environmental factors of CE were not shown any clear tendency. In conclusion, many species occupied in control site disappeared into the disturbed area, and the naturalized plants and herb species were abundantly imported in the area. Therefore, it was considered that this study could be applied to the development of long-term and short-term ecological restoration techniques in view of vegetation changes.

Key Words : *Control land, Disturbed land, Plant sociology, Species diversity, Similarity index, CCA*

I. 서 론

최근 수 십 년간 급속한 산업화, 도시화의 발전에 따라 자연자원에 대한 개발 및 이용도 지속적으로 증가하게 되고, 지구상에서 자연에 대한 과도한 개발 및 파괴에 의해 대면적인 생태계 훼손이 가속화 되고 있으며(Kim *et al.*, 2004), 이러한 인간에 의해 조성된 대규모 자연경관 훼손지를 인간에 의한 간섭 이전의 모습으로 되돌리기 위한 다양한 노력이 행하여지고 있다(Kim, 1998). 자연환경은 산림, 초지, 하천, 습지, 호소, 갯벌, 연안 등 다양하며 생물이 서식하는 주요 공간으로 알려져 있고 이를 활용하여 인간과 자연이 공존할 수 있도록 환경계획을 수립하는 기조가 형성되고 있다(Jang *et al.*, 2008). 자연환경의 훼손은 크게 인간과 동식물에 크고 작은 영향을 끼치지만 이동성이 있는 동물의 경우보다 이동성이 없는 식물에 직접적인 영향을 더 많이 끼치는 경우가 많다. 이러한 영향은 식물의 종조성에 변화를 가져오게 하며 종조성의 변화에 의한 해당 지역 원식생의 표징종 및 지표종이 바뀌는 경우를 초래한다. 따라서 원식생의 종조성에 관한 식물사회학적 조사와 고찰이 이루어져야만 훼손에 따른 종조성의 변화와 각종들에 미치는 영향을 파악할 수 있다.

식생학은 특정지역 지표면에 생육하는 전체 식물의 집단으로 규정되어지는 식생과 군락의 질서 및 법칙성을 연구하는 생태학의 한 분야이며, 식물사회학은 식물군락을 주요 연구대상으로 하여 식물군락의 구분과 관련된 연구를 의미한다(Whittaker, 1962). 식생학의 연구는 식생군락의 상관(physiognomy)에 착안하여 입지관계에 있는 법칙성을 명백하게 하여 지구상의 식생의 여러 형을 통일적으로 파악하여 종조성의 이동식생연구의 기초로 하여 전자와 교차하면서 발달하였으며(Muller-Dombois and Ellenberg, 1974) 이러한 식물사회학적 접근방법에 의거하여 이루어지는 식생조사를 바탕으로 산림생태계, 하천생태계, 연안생태계 유형별 원형지와 훼손지의 임분구조를 파악할 필요가 있다.

훼손에 관한 연구로는, 경관훼손지의 생태적 복구방안에 관한 연구(Kim, 1998), 백두대간 대규모 훼손지의 참여형 복원 시스템 개발에 관한 연구(Ahn *et al.*, 2009), 노고단의 근·현대 역사와 훼손지 복구사업에 관한 연구(Shin, 2013), 중국 열대 및 아열대 훼손지 생태계 복원에 관한 연구(Kim, *et al.*, 2004), 산림훼손지 복원을 위한 Soil bioengineering 기술 개발에 관한 연구(Lee *et al.*, 2006), DMZ 주변 훼손지의 생태복원 평가지표 개발에 관한 연구(Lee *et al.*, 2015),

훼손지 유형에 따른 생태복원 평가방법 개발에 관한 연구(Choi *et al.*, 2016)와 같은 훼손지의 복원 및 복구 방안에 관한 연구가 이루어지고 있으며, 금북정맥의 산림훼손 특성 분석에 관한 연구(Jang *et al.*, 2008), 한라산 훼손지의 토양특성 구명에 관한 연구(Koo *et al.*, 2003), 경기도 한북정맥 훼손유형에 관한 연구(Seo and Lee, 2010), 황석산 등산로의 훼손실태에 관한 연구(Ma *et al.*, 2007), 경주 월성의 산책로 훼손실태 분석에 관한 연구(Kang *et al.*, 2011), 하천복원 현장에서 표토관리 실태에 관한 연구(Cho *et al.*, 2013)와 같은 훼손의 실태 및 현황에 관한 연구가 이루어지고 있다. 훼손지 유형별 비교 연구에서도 훼손 요인에 관한 연구(Choi *et al.*, 2016)나 탐방로 훼손 유형 등의 연구(Yeom, 2015), 훼손지 유형별 훼손 인자 및 원인에 관한 연구(Lee *et al.*, 2015)는 이루어지고 있지만 훼손지 유형별 임분 구조의 변화를 살펴 본 연구는 부족한 실정이었다.

따라서 본 연구는 환경부에서 지정한 충청남도 광역생태네트워크 3개 유형(산림생태계, 하천생태계, 연안생태계)을 연구대상으로 하였고(Chungnam Development Institute, 2012), 유형별 원형지와 훼손지의 현장식생조사를 바탕으로 식생구조의 변화양상을 구명하여 생태적인 복원 및 복구 작업을 위한 기초자료 제공의 목적을 가진다.

II. 연구의 방법

1. 연구대상지의 범위

연구대상지는 충남 광역생태네트워크 구축을 위한 자연환경조사 : 3차년(Chungnam Development Institute, 2012)에서 제시한 범위로써 산림생태축, 하천생태축, 연안생태축의 범위로 나뉜다. 산림생태축은 금남·북 정맥 능선으로부터 3차 구역까지의 구간(고도 300m 이하의 구간은 양안 500m 밖 최근거리 수계합류점을 포함하는

구역)이며, 능선으로부터 형성된 유역을 기준으로 1차 유역을 핵심구역으로 2·3차 유역을 완충구역으로 정하였다. 하천생태축은 국가하천 및 지방하천의 외곽 제방선으로부터 500m 이내의 지역을 설정하였다. 연안생태축은 서산시에서 태안군까지의 연안선으로 그 폭은 연안구역인 만조수위선으로부터 100m이내의 지역을 설정하였다.

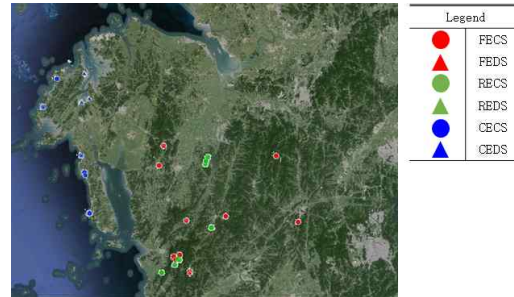
2. 식생조사지 선정

연구 대상지는 충남 광역생태 네트워크에 포함된 산림, 하천, 연안 각각의 원형지와 훼손지의 임분 구조 변화를 구명하기 위하여 충남 광역생태네트워크 구축을 위한 자연환경조사 : 3차년(Chungnam Development Institute, 2012) 결과에서 산림·하천·연안 생태계별 훼손의 정도에 따라 전체 면적에서 훼손 면적의 비율이 높은 순으로 선정하였으며, 훼손지의 형태와 원인을 구체적으로 살펴보면, 훼손지 유형이 좁은 면적의 나지, 등산로, 조림지, 오토캠핑장, 펜션 등 그 원인과 유형이 훼손이 미약한 상태에서부터 식생의 훼손 양식이 극단적으로 바뀌는 경우까지 다양하였다. 훼손의 유형은 자연적인 교란이 아닌 인위적 훼손에 초점을 맞추고 생태계 기반환경, 생태환경, 토지이용 등에 따라 인간행위, 식생, 토양, 지형의 변수를 구분하여 생태계별 훼손 유형을 1차 훼손(인위적 간섭), 2차 훼손(인위적 간섭+서식지 및 식생 훼손), 3차 훼손(인위적 간섭+서식지 및 식생 훼손+토양 훼손), 4차 훼손(인위적 간섭+서식지 및 식생 훼손+토양 훼손+수문 및 지형 훼손)으로 나누어 조사구를 선정하였다.

따라서, 산림생태계의 훼손지점은 원형지 11개소, 훼손지 12개소로 23개 지점을 선정하였고, 하천생태계의 훼손지점은 원형지 9개소, 훼손지 9개소로 18지점을 선정하였으며, 연안생태계의 훼손지점은 원형지 6개소, 훼손지 12개소로 18개 지점을 선정하여 총 59개소를 선정하였다.

Table 1. Location of study sites of control and disturbed sites in forest, riparian and coastal area.

Type	No.	Latitude	Longitude
FECS	1	36°40' 04.11"	126°38' 08.81"
	2	36°36' 11.93"	126°37' 02.67"
	3	36°25' 19.31"	126°43' 38.7"
	4	36°26' 09.85"	126°53' 15.65"
	5	36°26' 10.74"	126°53' 16.42"
	6	36°18' 15.32"	126°40' 35.72"
	7	36°17' 34.84"	126°41' 06.05"
	8	36°18' 32.67"	126°42' 04."
	9	36°15' 12.87"	126°44' 29.98"
	10	36°25' 02.63"	127°10' 52.29"
	11	36°38' 05.86"	127°05' 32.71"
FEDS	1	36°40' 02.55"	126°38' 10.87"
	2	36°36' 12.63"	126°37' 03.85"
	3	36°25' 16.88"	126°43' 37.27"
	4	36°18' 26.75"	126°40' 35.26"
	5	36°17' 33.14"	126°41' 07.33"
	6	36°18' 31.65"	126°42' 02.93"
	7	36°15' 09.82"	126°44' 33.52"
	8	36°15' 02.71"	126°44' 30.69"
	9	36°24' 59.46"	127°10' 45.61"
	10	36°38' 05.95"	127°05' 30.66"
	11	36°26' 09.51"	126°53' 13.02"
	12	36°26' 09.71"	126°53' 17.43"
RECS	1	36°17' 33.48"	126°41' 57."
	2	36°16' 34.43"	126°40' 49.79"
	3	36°23' 50.97"	126°49' 44.16"
	4	36°23' 56.31"	126°49' 47.13"
	5	36°15' 02.31"	126°37' 41.37"
	6	36°17' 44.26"	126°41' 39.47"
	7	36°36' 28.08"	126°48' 18.63"
	8	36°37' 01.75"	126°48' 25.5"
	9	36°37' 54.07"	126°48' 55.11"
REDS	1	36°15' 03.39"	126°37' 40.82"
	2	36°17' 41.06"	126°41' 37.03"
	3	36°17' 36.35"	126°41' 56.45"
	4	36°16' 34.65"	126°40' 42.81"
	5	36°23' 53.33"	126°49' 42.11"
	6	36°23' 54.28"	126°49' 49.63"
	7	36°36' 28.09"	126°48' 17.38"
	8	36°37' 00.14"	126°48' 27.39"
	9	36°37' 54.21"	126°48' 53.3"
CECS	1	36°26' 45.34"	126°20' 07.81"
	2	36°34' 48.66"	126°18' 53.41"
	3	36°34' 13.67"	126°19' 01.45"
	4	36°38' 08.2"	126°18' 07.78"
	5	36°47' 43.09"	126°08' 52.32"
	6	36°53' 15.48"	126°12' 09.44"
CEDS	1	36°26' 48.78"	126°20' 08.64"
	2	36°34' 42.93"	126°18' 55.35"
	3	36°34' 46.15"	126°18' 53.6"
	4	36°34' 11.72"	126°19' 00.13"
	5	36°53' 14.98"	126°12' 07.02"
	6	36°54' 22.4"	126°18' 47.11"
	7	36°26' 49.11"	126°20' 09.81"
	8	36°34' 13.99"	126°18' 56.21"
	9	36°38' 11.39"	126°18' 06.22"
	10	36°47' 46.02"	126°08' 52.27"
	11	36°48' 39.9"	126°18' 12.19"
	12	36°49' 24.71"	126°20' 05.58"

**Figure 1.** Map showing the study sites of the forest area, riparian area and coastal area(Forest Ecosystem Control Site; FECS, Forest Ecosystem Disturbed Site; FEDS, Riparian Ecosystem Control Site; RECS, Riparian Ecosystem Disturbed Site; REDS, Coastal Ecosystem Control Site; CECS, Coastal Ecosystem Disturbed Site; CEDS).

3. 야외조사 및 분석방법

현장조사는 2015년 4월부터 동년 10월까지 약 6개월에 걸쳐 실시하였으며 식생조사는 식물의 계절성을 고려하여 식물사회학적 방법(Ellenberg, 1956; Braun-Blanquet, 1964)에 따라 조사구내에 출현하는 모든 종의 양과 생육상태를 고려하여 실시하였고, 양으로는 출현하는 각종의 층위별 피도(coverage)와 개체수를 조합시킨 우점도(dominance) 계급을 판정 기록하였으며, 생육상태는 종 개체의 집합 혹은 이산의 정도에 따른 군도(sociability) 계급 등을 측정하였다.

상재도와 우점도분석은 각 유형별 원형지와 훼손지의 종조성 변화를 파악하기 위해 총 59개의 야외식생조사 자료를 Ms-Excel에 입력하여 소표(raw table)로부터 여러 단계의 표조작과정을 거쳐 최종적으로 상재도와 우점도로 나타낸 식별표(differential table)로 산림, 하천, 연안 유형별 상재도표를 작성하였다(Müller-Dombois and Ellenberg, 1974; Toyohara, 1977). 식물분류와 동정은 원색식물도감(Lee, 2003), 원색한국수목도감(Hong et al., 1987)을 기준으로 하였으며, 학명과 국명은 국가표준목록(Korea National Arboretum, 2014)과 국가생물종지식정보시스템

(Korea National Arboretum, 2014)을 기준으로 작성하였다.

종다양도는 산림군집의 구조적인 속성의 한 가지 표현방법으로서 구성종들의 풍부성, 균재성의 두 가지 요인에 의해 결정되며, 산림, 하천, 연안 유형별 원형지와 훼손지의 층위별 다양성, 경쟁 등을 분석하기 위하여 종다양도지수(Shannon, 1946), 최대종다양도지수, 균재도, 우점도를 분석하였다(Herlbert, 1971; Brower and Zar, 1977).

• 종풍부도 : $S = (s-1)/\log N$
s = 구성종수

• 종다양도 :

$$H' = -\sum p_i \cdot \log p_i = -\sum (n_i/N) \cdot \log (n_i/N)$$

Pi = 한 조사구내의 특정 종의 개체수와 총 개체수와의 비

ni = 한 조사구내의 특정 종의 개체수

N = 총 개체수

• 최대종다양도 : $\log s$

• 균재도 : $J'(\text{evenness}) = H'/H_{\max}' = H'/\log s$

• 우점도 : $D = 1 - J' = 1 - H'/H_{\max}' = 1 - H'/\log s$

각 군락별 종조성표를 작성한 다음 각 종(種) 사이의 유사도를 분석하기 위하여 Sørensen의 유사계수(CCs)를 이용하여 군락유형별 구성종의 유사성을 분석하였다.

• 유사계수 : $CCs = 2C/(S_1 + S_2)$

C : 두 군락에 공통으로 나타나는 종수

S₁, S₂ : 군락 1, 군락2에 나타나는 종수

CCA(canonical correspondence analysis) 분석을 위한 환경변수는 현장조사를 바탕으로 정보를 확보하였으며, 산림, 하천, 연안의 유형별 원형지와 훼손지 조사구의 귀화식물종비율, 이입종수비율, 이출종수비율, 덩굴식물종수비율, 초본식물종비율, 출현종수의 총 6가지의 생물적 환경인자를 서열척도(ordinal scale)로 기재하여 활용하였다. 수리통계처리를 위하여 통계처리 프로그램인 PC-ORD 6.0(McCune and Mefford,

2011)을 이용하였다.

III. 결 과

1. 훼손지 유형별 상재도분석

산림생태계 23개소(원형지 11개소, 훼손지 12개소), 하천생태계 18개소(원형지 9개소, 훼손지 9개소), 연안생태계 17개소(원형지 6개소, 훼손지 11개소)의 원형지와 훼손지의 식생조사 자료를 토대로 입지환경과 상재도 분석을 수행하였던 바, 훼손의 영향에도 상재도와 우점도가 큰 변화가 없었던 종(Non-effective Species; NES)의 집단, 훼손의 영향으로 상재도와 우점도가 감소한 종(Exported species; ES)의 집단, 훼손의 영향으로 상재도와 우점도가 증가한 종(Imported species; IS)의 집단의 세 유형으로 구분되었다.

1) 산림생태계

산림 유형 원형지의 입지환경특성을 분석한 결과, 평균해발고 167.5m(96~257m), 평균방위 222.5°(136~315°), 평균경사도 9.3°(5~20°), 평균암석노출도 7.8%(0~40%), 평균토양노출도 2.8%(0~10%), 평균낙엽층깊이 3.7cm(1~10cm), 평균교목층식피율 65.9%(45~90%), 평균아교목층식피율 20.0%(0~35%), 평균관목층식피율 35.5%(15~70%), 평균초본층식피율 35.9%(10~70%), 평균교목층수고 12.5m(10~16m), 평균아교목층수고 6.3m(0~8m), 평균관목층수고 3.3m(1.8~6m), 평균초본층수고 0.4m(0.2~0.8m), 평균교목층흉고 직경 24.0cm(15~35cm), 평균아교목층흉고 직경 10.9cm(0~16cm), 평균관목층흉고 직경 4.0cm(2~8cm), 평균출현종수 30.4(19~45)종으로 나타났다. 훼손지의 입지환경특성을 분석한 결과, 평균해발고 160.5m(70~260m), 평균방위 212.1°(121~325°), 평균경사도 5.2°(0~30°), 평균암석노출도 6.3%(0~50%), 평균토양노출도 21.5%(0~65%), 평균낙엽층깊이 1.3cm(0~7cm), 평균교목층식피

Table 2. Differentiated constancy table of forest area between control sites and disturbed sites.

Scientific name (Korean name)	Layer	Control	Disturbed
1. Non-effective Species			
<i>Castanea crenata</i> (밤나무)	T	II 13	II 45
	ST	I 12	I 11
	S	III+2	
<i>Quercus serrata</i> (졸참나무)	H	I ++	II +1
	T	I 22	I 33
	ST	I 12	I 11
	S	III+2	I ++
<i>Quercus acutissima</i> (상수리나무)	H	II +2	I ++
	T	I 11	
	ST	I 11	I 11
<i>Pinus densiflora</i> (소나무)	S	I +3	I 11
	H	I 11	I ++
	T	III 34	I 44
	ST	I 22	
<i>Robinia pseudoacacia</i> (아까시나무)	S		I 11
	ST	I 11	I 22
	S	I 22	I 22
<i>Carex humilis</i> var. <i>nana</i> (가늠잎그늘사초)	H	III+1	I ++
	H	III+3	II +3
<i>Spodiopogon sibiricus</i> (큰기름새)	H	III+1	I +2
<i>Clematis apiifolia</i> (사위질빵)	H	II +2	I ++
<i>Pteridium aquilinum</i> var. <i>latiusculum</i> (고사리)	H	I ++	I 11
<i>Leersia japonica</i> (나도겨풀)	H	I 11	I ++
<i>Polygonatum odoratum</i> var. <i>pluriflorum</i> (둥굴레)	H	II +1	I ++
<i>Indigofera kirilowii</i> (땅비싸리)	H	I ++	I 22
<i>Artemisia keiskeana</i> (맑은대쭉)	H	I +1	I 11
<i>Kummerowia striata</i> (매듭풀)	H	I ++	I +1
<i>Vitis amurensis</i> (왕머루)	H	I ++	I ++
<i>Metaplexis japonica</i> (박주가리)	H	I ++	I ++
<i>Rhus javanica</i> (붉나무)	S	I ++	I ++
	H	I 11	
<i>Rubus crataegifolius</i> (산딸기)	H	II +1	I +1
<i>Isodon inflexus</i> (산박하)	H	I 11	I ++
<i>Zanthoxylum schinifolium</i> (산초나무)	S	II 11	I ++
	H	II ++	I ++
<i>Amphicarpaea bracteata</i> subsp. <i>edgeworthii</i> (새콩)	H	I ++	I ++
<i>Potentilla freyniana</i> (세잎양지꽃)	H	I ++	I ++
<i>Lespedeza bicolor</i> (싸리)	S	I ++	
	H	II r+	I r+
<i>Disporum smilacinum</i> (애기나리)	H	I ++	I 11
<i>Persicaria hydropiper</i> (여뀌)	H	I ++	I ++
<i>Cephalanthera longibracteata</i> (은대난초)	H	I ++	I ++
<i>Sorbus alnifolia</i> (팔배나무)	ST		I 11
	S	I +2	
<i>Smilacina japonicum</i> (풀솨대)	H	I ++	
	H	I ++	I ++
2. Exported Species			
<i>Quercus variabilis</i> (굴참나무)	T	II 13	
	S	I 12	
	H	II +1	I ++

Scientific name (Korean name)	Layer	Control	Disturbed
<i>Quercus mongolica</i> (신갈나무)	T	I 33	
	ST	I 22	
	S	I 11	
	H	II +1	I ++
<i>Quercus dentata</i> (떡갈나무)	T	I 11	
	S	I 22	
	H	I ++	
<i>Quercus aliena</i> (갈참나무)	S	I 11	
<i>Lindera erythrocarpa</i> (비목나무)	ST	II 12	
	S	IV+2	
	H	III+1	
<i>Lindera obtusiloba</i> (생강나무)	S	III+2	
	H	IV+1	
<i>Pinus rigida</i> (리기다소나무)	T	I 55	
	ST	I 11	
<i>Larix kaempferi</i> (일본잎갈나무)	T	I 44	
<i>Picrasma quassioides</i> (소테나무)	T	I 33	
	ST	I 11	
	S	I ++	
<i>Alnus sibirica</i> (물오리나무)	T	I 22	
	S	I 11	
	H	I ++	
	H	I ++	
<i>Fraxinus rhynchophylla</i> (물푸레나무)	T	I 11	
	H	II +1	
	H	I ++	
<i>Parthenocissus tricuspidata</i> (담쟁이덩굴)	T	I +1	
	H	IV+2	I r1
<i>Acer pseudosieboldianum</i> (당단풍나무)	S	I 33	
	H	I ++	
<i>Smilax china</i> (청미래덩굴)	S	I ++	
	H	V +2	II ++
<i>Smilax sieboldii</i> (청가시덩굴)	H	III++	
<i>Akebia quinata</i> (으름덩굴)	S	I +1	
	H	III+3	I ++
<i>Callicarpa japonica</i> (작살나무)	S	III+1	
	H	II ++	
<i>Corylus heterophylla</i> (개암나무)	S	II +1	
	H	II ++	
<i>Stephanandra incisa</i> (국수나무)	S	I 11	
	H	II +2	
<i>Magnolia sieboldii</i> (함박꽃나무)	T	I 11	
	ST	I 11	
	S	I +1	
	H	I ++	
<i>Juniperus rigida</i> (노간주나무)	ST	II +1	
	S	II 13	
<i>Rhus trichocarpa</i> (개웃나무)	ST	I 11	
	S	II +1	
	H	II ++	
<i>Symplocos chinensis</i> f. <i>pilosa</i> (노린재나무)	S	III+1	
<i>Prunus</i> sp. (벚나무류)	T	I 22	
	ST	II 12	I +1

Scientific name (Korean name)	Layer	Control	Disturbed
<i>Weigela subsessilis</i> (병꽃나무)	S	I 11	
	S	I 12	
	H	I ++	
<i>Lespedeza maximowiczii</i> (조록싸리)	S	I 11	
	H	II ++	
<i>Ligustrum obtusifolium</i> (취퐁나무)	S	II +1	
	H	II ++	
<i>Lindera glauca</i> (감태나무)	S	II +2	I ++
	H	I 22	
<i>Styrax japonicus</i> (때죽나무)	ST	II 12	
	S	III +2	I ++
	H	II +1	I ++
<i>Viburnum erosum</i> (털펍나무)	S	II +2	I ++
	H	II ++	
<i>Rhododendron mucronulatum</i> (진달래)	S	II +1	I ++
	H	I 11	
<i>Rhododendron schlippenbachii</i> (철쭉)	S	I 22	
	H	I ++	I ++
<i>Ailanthus altissima</i> (가죽나무)	T	I 11	
	ST	I 11	
	H	I ++	
<i>Styrax obassia</i> (쪽동백나무)	S	I 11	
	H	I +1	
<i>Rosa multiflora</i> (찔레꽃)	H	II ++	
<i>Morus bombycis</i> (산뽕나무)	ST	I 11	
<i>Oplismenus undulatifolius</i> (주름조개풀)	H	IV +4	II +1
<i>Persicaria thunbergii</i> (고마리)	H	II 12	
<i>Calamagrostis arundinacea</i> (실새풀)	H	II +2	
<i>Rubia akane</i> (꼭두서니)	H	II ++	
<i>Persicaria filiformis</i> (이삭여뀌)	H	II +1	
<i>Dioscorea bulbifera</i> (둥근마)	H	II r+	
<i>Phryma leptostachya</i> var. <i>asiatica</i> (파리풀)	H	I +3	
<i>Athyrium vidalii</i> (산개고사리)	H	I 22	
ES Others(56 species)*			
3. Imported Species			
<i>Pinus koraiensis</i> (잣나무)	S		I 22
<i>Commelina communis</i> (닭의장풀)	H		III +3
<i>Erigeron annuus</i> (개망초)	H		II +2
<i>Crepidiastrum sonchifolium</i> (고들빼기)	H		II ++
<i>Conyza canadensis</i> (망초)	H		II ++
<i>Poa annua</i> (새포아풀)	H		I 44
<i>Trifolium repens</i> (토끼풀)	H		I 33
<i>Miscanthus sinensis</i> var. <i>purpurascens</i> (억새)	H	I ++	I 33
<i>Artemisia montana</i> (산쭉)	H		I 13
<i>Zoysia japonica</i> (잔디)	H		I 22
<i>Persicaria lapathifolia</i> (흰여뀌)	H		I 22
<i>Agropyron repens</i> (구주개밀)	H		I 22
<i>Plantago asiatica</i> (질경이)	H		I 22
<i>Oenanthe javanica</i> (미나리)	H		I 22
<i>Setaria viridis</i> (강아지풀)	H		I +2
IS Others(33 species)*			
(Other 89 species omitted)*			

율 30.4%(0~95%), 평균아교목층식피율 3.8%(0~30%), 평균관목층식피율 5.8%(0~30%), 평균초본층식피율 28.3%(0~65%), 평균교목층수고 3.4m(0~12m), 평균아교목층수고 1.6m(0~9m), 평균관목층수고 0.6m(0~3m), 평균초본층수고 0.4m(0~0.7m), 평균교목층흉고직경 8.2cm(0~32cm), 평균아교목층흉고직경 2.1cm(0~9cm), 평균관목층흉고직경 1.2cm(0~5cm), 평균출현종수 10.3(0~20)종으로 나타났다.

산림 유형의 상재도 분석 결과, NES에 해당하는 30종의 원형지와 훼손지의 상재도와 우점도는 목본성식물의 경우, 밤나무가 교목층에 II 13에서 II 45, 아교목층에서 I 12에서 I 11, 관목층에서 III+2에서 훼손지에서는 나타나지 않았고 초본층에서 I ++에서 II+1으로 나타났다. 줄참나무는 교목층에 I 22에서 I 33, 아교목층에서 I 12에서 I 11, 관목층에서 III+2에서 I ++, 초본층에서 II+2에서 I ++으로 나타났다. 상수리나무는 교목층에서 I 11에서 훼손지에서는 나타나지 않았으며 아교목층에서 I 11에서 I 11, 관목층에서 I +3에서 I 11, 초본층에서 I 11에서 I ++으로 나타났다. 소나무는 교목층에서 III 34에서 I 44, 아교목층에서 I 22에서 훼손지에서는 나타나지 않았으며 관목층에서는 원형지에 나타나지 않았지만 훼손지에서 I 11으로 나타났다. 아까시나무는 아교목층에서 I 11에서 I 22, 관목층에서 I 22에서 I 22, 초본층에서 III+1에서 I ++ 등으로 나타났다. 초본성식물의 경우, 가는잎그늘사초는 III+3에서 II +3으로 나타났으며 큰기름새는 III+1에서 I +2, 고사리는 I ++에서 I 11, 둥굴레는 II+1에서 I ++, 맑은대쭉은 I +1에서 I 11, 왕머루는 I ++에서 I ++, 박주가리는 I ++에서 I ++, 산딸기는 II+1에서 I +1, 산박하는 I 11에서 I ++, 애기나리는 I ++에서 I 11 등으로 나타났다.

ES에 해당하는 98종의 원형지와 훼손지의 상재도와 우점도는 목본성식물의 경우, 굴참나무(교목층 II 13, 관목층 I 12, 초본층 II+1), 신갈

나무(교목층 I 33, 아교목층 I 22, 관목층 I 11, 초본층 II+1), 떡갈나무(교목층 I 11, 관목층 I 22, 초본층 I ++), 비목나무(아교목층 II 12, 관목층 IV+2, 초본층 III+1), 생강나무(관목층 III+2, 초본층 IV+1), 리기다소나무(교목층 I 55, 아교목층 I 11), 일본잎갈나무(교목층 I 44), 소태나무(교목층 I 33, 아교목층 I 11, 관목층 I ++), 담쟁이덩굴(교목층 I +1, 초본층 IV+2), 청미래덩굴(관목층 I ++, 초본층 V+2), 청가시덩굴(초본층 III++), 으름덩굴(관목층 I +1, 초본층 III+3) 등으로 나타났다. 초본성식물의 경우, 주름조개풀 IV+4, 고마리 II 12, 실새풀 II+2, 꼭두서니 II++, 이삭여뀌 II+1, 둥근마 II+, 파리풀 I +3, 산개고사리 I 22 등이 나타났다.

IS에 해당하는 48종의 원형지와 훼손지의 상재도와 우점도는 목본성식물의 경우, 잣나무가 관목층에 I 22으로 나타났으며 초본성식물의 경우, 닭의장풀 III+3, 개망초 II+2, 고들빼기 II++, 망초 II++, 새포아풀 I 44, 토끼풀 I 33, 억새 I 33, 산쭉 I 13, 잔디 I 22, 흰여뀌 I 22, 구주개밀 I 22, 질경이 I 22, 미나리 I 22, 강아지풀 I +2 등이 나타났다.

2) 하천생태계

하천 유형 원형지의 입지환경특성을 분석한 결과, 평균해발고 71.7m(27~162m), 평균방위 209.2°(10~345°), 평균경사도 5.2°(2~15°), 평균암석노출도 12.6%(0~70%), 평균토양노출도 2.4%(0~7%), 평균낙엽층깊이 3.8cm(1~10cm), 평균교목층식피율 63.9%(45~90%), 평균아교목층식피율 23.9%(0~55%), 평균관목층식피율 27.8%(15~45%), 평균초본층식피율 40.0%(15~50%), 평균교목층수고 12.1m(10~15m), 평균아교목층수고 6.1m(0~9m), 평균관목층수고 2.6m(1.6~4.5m), 평균초본층수고 0.4m(0.2~0.8m), 평균교목층흉고직경 23.9cm(19~34cm), 평균아교목층흉고직경 9.9cm(0~18cm), 평균관

Table 3. Differentiated constancy table of riparian area between control sites and disturbed sites.

Scientific name (Korean name)	Layer	Control	Disturbed
1. Non-effective Species			
<i>Clematis apiifolia</i> (사위질빵)	H	III++	II 12
<i>Lespedeza bicolor</i> (싸리)	H	III++	II +1
<i>Pueraria lobata</i> (쑥)	H	III+1	I ++
<i>Robinia pseudoacacia</i> (아까시나무)	T		I 11
	S	I 22	
	H	II +1	
<i>Smilax china</i> (청미래덩굴)	S	II +2	I ++
	H	III+1	II ++
<i>Dioscorea batatas</i> (마)	H	III+2	I 11
<i>Commelina communis</i> (닭의장풀)	H	II +1	II +1
<i>Vitis amurensis</i> (왕머루)	H	II ++	I ++
<i>Miscanthus sinensis</i> var. <i>purpurascens</i> (억새)	H	II +1	II +1
<i>Artemisia montana</i> (산쑥)	H	I 22	I 22
<i>Rubus coreanus</i> (북분자딸기)	H	I 11	I ++
<i>Erigeron annuus</i> (개망초)	H	I 11	I 22
<i>Phytolacca americana</i> (미국자리공)	H	I 11	I ++
<i>Solanum lyratum</i> (배풍등)	H	I rr	I ++
<i>Prunus persica</i> (복사나무)	S	I ++	
<i>Vigna angularis</i> var. <i>nipponensis</i> (새팥)	H	I ++	II +1
	H	I ++	I ++
2. Exported Species			
<i>Pinus densiflora</i> (소나무)	T	IV 15	I 22
	ST	II 12	
	H	I ++	
<i>Pinus rigida</i> (리기다소나무)	T	I 44	
<i>Quercus variabilis</i> (굴참나무)	T	II 13	
	ST	I 11	
<i>Quercus mongolica</i> (신갈나무)	T	I 22	
	S	I 11	
	H	I ++	
<i>Quercus serrata</i> (졸참나무)	T	II 12	
	ST	I 11	
	S	II +1	
	H	I ++	
<i>Castanea crenata</i> (밤나무)	T	I 44	
	ST	II 33	
	H	I 11	
<i>Quercus acutissima</i> (상수리나무)	T	II 13	I 11
	ST	I 22	
	S	II 12	
	H	II ++	

Scientific name (Korean name)	Layer	Control	Disturbed
<i>Quercus aliena</i> (갈참나무)	T	I 22	
	ST	I 11	
	S	II 11	
	H	I 11	
<i>Quercus dentata</i> (떡갈나무)	S	I 11	
	H	II +1	
<i>Parthenocissus tricuspidata</i> (담쟁이덩굴)	ST	I 11	
	H	V +3	
<i>Akebia quinata</i> (으름덩굴)	S	I ++	
	H	II +2	
<i>Smilax sieboldii</i> (청가시덩굴)	S	II +1	
	H	III +1	
<i>Prunus</i> sp. (벚나무류)	T	I 33	
	ST	II 11	
	S	III +1	
<i>Zanthoxylum schinifolium</i> (산초나무)	S	III +2	
	H	II ++	
<i>Lindera obtusiloba</i> (생강나무)	S	III 11	
	H	IV +1	
<i>Lindera erythrocarpa</i> (비목나무)	ST	II 12	
	S	II 12	
	H	II ++	
<i>Calamagrostis arundinacea</i> (실새풀)	H	III ++	
<i>Acer pseudosieboldianum</i> (당단풍나무)	ST	I 22	
	S	I 33	
	H	I 11	
<i>Viburnum erosum</i> (덜꿩나무)	S	II +2	
	H	II ++	
<i>Viburnum dilatatum</i> (가막살나무)	S	II 11	
<i>Corylus heterophylla</i> (개암나무)	S	III +2	
	H	II +1	
<i>Diospyros lotus</i> (고욤나무)	ST	I 33	
	S	I 11	
<i>Securinega suffruticosa</i> (괭대싸리)	S	II 12	
	H	I ++	
<i>Morus bombycis</i> (산뽕나무)	ST	I 22	
	S	I 11	
<i>Styrax japonicus</i> (매죽나무)	ST	I 11	
	S	III +2	I 11
	H	II +1	I ++
<i>Ligustrum obtusifolium</i> (취뽕나무)	S	III +1	I ++
	H	II ++	
<i>Rhododendron mucronulatum</i> (진달래)	S	II 13	
	H	I ++	

Scientific name (Korean name)	Layer	Control	Disturbed
<i>Styrax obassia</i> (쪽동백나무)	ST	I 11	
	H	II+2	
<i>Oplismenus undulatifolius</i> (주름조개풀)	H	IV+3	
<i>Isodon inflexus</i> (산박하)	H	III+1	
<i>Carex humilis</i> var. <i>nana</i> (가는잎그늘사초)	H	II+3	
<i>Meehania urticifolia</i> (별개덩굴)	H	II+3	
<i>Persicaria senticosa</i> (머느리밀싹개)	H	II 12	
<i>Dryopteris chinensis</i> (가는잎죽제비고사리)	H	II+2	
Others(64 species)*			
3. Imported Species			
<i>Crepidiastrum sonchifolium</i> (고들빼기)	H		II+1
<i>Rubus crataegifolius</i> (산딸기)	H		II+1
<i>Oenothera biennis</i> (달맞이꽃)	H		II+1
<i>Boehmeria nivea</i> (모시풀)	H		II+1
<i>Metaplexis japonica</i> (박주가리)	H		II++
<i>Indigofera bungeana</i> (큰낭아초)	S		I 22
<i>Rhododendron indicum</i> (영산홍)	S		I 22
Others(18 species)*			

(Other 82 species omitted)*

목층흉고직경 3.8cm(2.5~6cm), 평균출현종수 29.6(17~39)종으로 나타났다. 훼손지의 입지환경특성을 분석한 결과, 평균해발고 64.9m(24~160m), 평균방위 211.2°(43~303°), 평균경사도 0.7°(0~5°), 평균토양노출도 0.8%(0~5%), 평균낙엽층깊이 0.4cm(0~2cm), 평균교목층식피율 3.3%(0~30%), 평균아교목층식피율 1.1%(0~10%), 평균관목층식피율 5.0%(0~25%), 평균초본층식피율 7.2%(0~30%), 평균교목층수고 0.9m(0~8m), 평균아교목층수고 0.7m(0~6m), 평균관목층수고 0.3m(0~2m), 평균초본층수고 0.2m(0~0.6m), 평균교목층흉고직경 2cm(0~18cm), 평균아교목층흉고직경 1.6cm(0~14cm), 평균관목층흉고직경 0.8cm(0~4cm), 평균출현종수 6.2(0~27)종으로 나타났다.

하천 유형의 상재도 분석 결과, NES에 해당하는 16종의 원형지와 훼손지의 상재도와 우점도는 목본성식물의 경우, 사위질빵이 초본층에 III++에서 II12으로 나타났으며, 싸리가 초본층

에 III++에서 II+1, 칩이 III+1에서 I++, 아까시나무가 교목층에서 원형지에는 나타나지 않았고 훼손지에서 I 11으로 나타났으며 관목층과 초본층에서는 원형지에서만 각각 I 22, II+1으로 나타났다. 청미래덩굴은 관목층에서 II+2에서 I++, 초본층에서 III+1에서 II++으로 나타났다. 왕머루는 초본층에서 II++에서 I++등으로 나타났다.

ES에 해당하는 98종의 원형지와 훼손지의 상재도와 우점도는 목본성식물의 경우, 소나무(교목층 IV15, 아교목층 II 12, 초본층 I ++), 리기다소나무(교목층 I 44), 굴참나무(교목층 II 13, 아교목층 I 11), 신갈나무(교목층 I 22, 관목층 I 11, 초본층 I ++), 졸참나무(교목층 II 12, 아교목층 I 11, 관목층 II+1, 초본층 I ++), 밤나무(교목층 I 44, 아교목층 II 33, 초본층 I 11), 상수리나무(교목층 II 13, 아교목층 I 22, 관목층 II 12, 초본층 II ++), 갈참나무(교목층 I 22, 아교목층 I 11, 관목층 II 11, 초본층 I 11), 떡

갈나무(관목층 I 11, 초본층 II+1), 담쟁이덩굴(아교목층 I 11, 초본층 V+3), 으름덩굴(관목층 I ++, 초본층 II+2), 청가시덩굴(관목층 II +1, 초본층 III+1), 산초나무(관목층 III+2, 초본층 II++), 생강나무(관목층 III11, 초본층 IV+1), 비목나무(아교목층 II 12, 관목층 II 12, 초본층 II ++), 당단풍나무(아교목층 I 22, 관목층 I 33, 초본층 I 11) 등으로 나타났다.

IS에 해당하는 25종의 원형지와 훼손지의 상재도와 우점도는 목본성식물의 경우, 큰낭아초가 관목층에 I 22으로 나타났으며, 영산홍이 관목층에서 I 22 등으로 나타났다. 초본성식물의 경우, 고들빼기 II+1, 산딸기 II+1, 달맞이꽃 II+1, 모시풀 II+1, 박주가리 II++ 등으로 나타났다.

3) 연안생태계

연안 유형 원형지의 입지환경특성을 분석한 결과, 평균해발고 9.3m(4~15m), 평균방위 277.7°(220~340°), 평균경사도 1.7°(0~5°), 평균암석노출도 0%, 평균토양노출도 3.0%(0~10%), 평균낙엽층깊이 4.7cm(1~10cm), 평균교목층식피율 81.7%(70~90%), 평균아교목층식피율 15.0%(0~25%), 평균관목층식피율 42.5%(40~45%), 평균초본층식피율 50.8%(35~80%), 평균교목층수고 10.4m(4.5~13m), 평균아교목층수고 5.1m(0~7m), 평균관목층수고 2.8m(2~4m), 평균초본층수고 0.5m(0.3~0.8m), 평균교목층흉고직경 17.6cm(2.5~24cm), 평균아교목층흉고직경 6.8cm(0~13cm), 평균관목층흉고직경 3.7cm(2.5~5cm), 평균출현종수 32.5(22~39)종으로 나타났다. 훼손지의 입지환경특성을 분석한 결과, 평균해발고 5.8m(1~10m), 평균방위 235.1°(46~339°), 평균경사도 0.1°(0~1°), 평균암석노출도 0.4%(0~5%), 평균토양노출도 12.1%(0~50%), 평균낙엽층깊이 0.2cm(0~2cm), 평균교목층식피율 18.3%(0~90%), 평균초본층식피율 19.4%(0~98%), 평균교목층수고 2.2m(0~11m), 평균초본층수고 0.2m(0

~0.5m), 평균교목층흉고직경 5.3cm(0~28cm), 평균출현종수 6.7(0~26)종으로 나타났다.

연안 유형의 상재도 분석 결과, NES에 해당하는 20종의 원형지와 훼손지의 상재도와 우점도는 목본성식물은 나타나지 않았다. 초본성식물의 경우, 초본층에서 명아주가 I 44에서 I 44로 나타났으며 망초가 III+1에서 II+1, 가는 갈퀴 III++에서 I ++, 계요등 II+2에서 I ++, 덩대이덩굴 II++에서 I ++, 박주가리 II+1에서 I II, 산쭉 II 12에서 I ++, 억새 I 11에서 II+2, 팽이는 I 11에서 I 11, 쇠별꽃 II++에서 I ++, 개망초 I ++에서 II+2 등으로 나타났다.

ES에 해당하는 88종의 원형지와 훼손지의 상재도와 우점도는 목본성식물의 경우, 곰솔(교목층 V 45, 아교목층 I 11, 관목층 IV 11, 초본층 IV+1), 아까시나무(교목층 I 11, 아교목층 II 12, 관목층 V 33, 초본층 V+1), 상수리나무(관목층 I ++), 졸참나무(교목층 I 22, 관목층 III 12, 초본층 I ++), 떡갈나무(관목층 II 11, 초본층 III++), 담쟁이덩굴(아교목층 III11, 관목층 II 11, 초본층 II+3), 청미래덩굴(관목층 I ++, 초본층 IV+2), 청가시덩굴(초본층 IV++) 등으로 나타났다. 초본성식물의 경우, 김의털 V 14, 주름조개풀 V+2, 큰기름새 V+2, 닭의장풀 IV+1, 그늘사초 IV+1, 감국 IV 13, 인동덩굴 IV++, 애기나리 III+1, 파리풀 II 33, 좀바랭이 II+2, 각시마 II+1 등으로 나타났다.

IS에 해당하는 32종의 원형지와 훼손지의 상재도와 우점도는 목본성식물은 나타나지 않았다. 초본성식물의 경우, 초본층에서 소리쟁이 II++, 잔디 I 55, 돌나물 I 33, 실망초 I 22, 꼬리새 I 22, 매듭풀 I +2, 돌콩 I 11, 달맞이꽃 I 11, 갈풀 I 11, 개소시랑개비 I 11, 갯풀 I 11, 물쭉 I 11, 수크령 I 11, 토끼풀 I 11 등으로 나타났다.

2. 훼손지의 유형별 종다양도분석

산림생태계, 하천생태계, 연안생태계의 유형

Table 4. Differentiated constancy table of coastal area between control sites and disturbed sites.

Scientific name (Korean name)	Layer	Control	Disturbed	
1. Non-effective Species				
<i>Chenopodium album</i> var. <i>centrorubrum</i> (명아주)	H	I 44	I 44	
<i>Conyza canadensis</i> (망초)	H	III+1	II +1	
<i>Vicia angustifolia</i> var. <i>minor</i> (가는갈퀴)	H	III++	I ++	
<i>Paederia scandens</i> var. <i>scandens</i> (계요등)	H	II +2	I ++	
<i>Cocculus trilobus</i> (탱탱이덩굴)	H	II ++	I ++	
<i>Metaplexis japonica</i> (박주가리)	H	II +1	I rr	
<i>Artemisia montana</i> (산쭉)	H	II 12	I ++	
<i>Miscanthus sinensis</i> var. <i>purpurascens</i> (억새)	H	I 11	II +2	
<i>Chrysosplenium grayanum</i> (랭이눈)	H	I 11	I 11	
<i>Pseudostellaria aquatica</i> (쇠별꽃)	H	II ++	I ++	
<i>Erigeron annuus</i> (개망초)	H	I ++	II +2	
<i>Calystegia soldanella</i> (갯메꽃)	H	I ++	I ++	
<i>Vitis ficifolia</i> var. <i>sinuata</i> (까마귀머루)	H	I ++	I ++	
<i>Polygonatum odoratum</i> var. <i>pluriflorum</i> (둥굴레)	H	I ++	I ++	
<i>Polygonum aviculare</i> (마디풀)	H	I ++	I ++	
<i>Impatiens textori</i> (물봉선)	H	I ++	I ++	
<i>Dactylis glomerata</i> (오리새)	H	I ++	I ++	
<i>Lactuca indica</i> (왕고들빼기)	H	I ++	I ++	
<i>Bromus japonicus</i> (참새귀리)	H	I ++	I ++	
<i>Symphytum officinale</i> (컴프리)	H	I ++	I ++	
2. Exported Species				
<i>Pinus thunbergii</i> (곰솔)	T	V 45	II 35	
	ST	I 11		
	S	IV 11		
	H	IV +1		
<i>Robinia pseudoacacia</i> (아까시나무)	T	I 11	I ++	
	ST	II 12		
	S	V 33		
	H	V +1		
<i>Quercus acutissima</i> (상수리나무)	S	I ++	I ++	
	<i>Quercus serrata</i> (졸참나무)	T		I 22
		S		III 12
<i>Quercus dentata</i> (떡갈나무)	H	I ++	I ++	
	S	II 11		
	H	III ++		
<i>Prunus verecunda</i> (개벚나무)	S	III +2	I ++	
	<i>Rhus trichocarpa</i> (개웃나무)	S		II +1
H		I ++		
<i>Parthenocissus tricuspidata</i> (담쟁이덩굴)	ST	III 11		
	S	II 11		
	H	II +3		
<i>Smilax china</i> (청미래덩굴)	S	I ++	I ++	
	H	IV +2		
<i>Smilax sieboldii</i> (청가시덩굴)	H	IV ++		
<i>Phytolacca americana</i> (미국자리공)	S	II 11		
	H	IV +1		

Scientific name (Korean name)	Layer	Control	Disturbed
<i>Paulownia coreana</i> (오동나무)	ST	I 22	
	S	I 11	
<i>Rhododendron mucronulatum</i> (진달래)	S	II 12	
	H	I ++	
<i>Zanthoxylum piperitum</i> (초피나무)	S	I ++	
	H	III ++	
<i>Rosa multiflora</i> (찹레꽃)	S	I ++	
	H	II ++	
<i>Sorbus alnifolia</i> (팔배나무)	S	II +2	
	H	I ++	
<i>Festuca ovina</i> (김의털)	H	V 14	I ++
<i>Optismenus undulatifolius</i> (주름조개풀)	H	V +2	I ++
<i>Spodiopogon sibiricus</i> (큰기름새)	H	V +2	
<i>Commelina communis</i> (닭의장풀)	H	IV +1	I +1
<i>Carex lanceolata</i> (그늘사초)	H	IV +1	
<i>Dendranthema indicum</i> (감국)	H	IV 13	I +1
<i>Lonicera japonica</i> (인동덩굴)	H	IV ++	
<i>Disporum smilacinum</i> (애기나리)	H	III +1	
<i>Prunus persica</i> (복사나무)	S	III ++	
<i>Phryma leptostachya</i> var. <i>asiatica</i> (파리풀)	H	II 33	
<i>Viburnum erosum</i> (털핑나무)	S	II +2	
<i>Digitaria radicata</i> (좁바랭이)	H	II +2	
<i>Dioscorea tenuipes</i> (각시마)	H	II +1	
<i>Dioscorea tokoro</i> (도꼬로마)	H	II ++	
<i>Rubia akane</i> (꼭두서니)	H	II ++	
<i>Juniperus rigida</i> (노간주나무)	S	II ++	
<i>Rosa rugosa</i> (해당화)	H	II ++	
<i>Vaccinium oldhamii</i> (정금나무)	S	I 22	
<i>Leersia japonica</i> (나도겨풀)	H	I 22	
Others(54 species)*			
3. Imported Species			
<i>Rumex crispus</i> (소리쟁이)	H		II ++
<i>Zoysia japonica</i> (잔디)	H		I 55
<i>Sedum sarmentosum</i> (돌나물)	H		I 33
<i>Conyza bonariensis</i> (실망초)	H		I 22
<i>Bromus pauciflorus</i> (꼬리새)	H		I 22
<i>Kummerowia striata</i> (매듭풀)	H		I +2
<i>Glycine soja</i> (들콩)	H		I 11
<i>Oenothera biennis</i> (달맞이꽃)	H		I 11
<i>Phalaris arundinacea</i> (갈풀)	H		I 11
<i>Potentilla supina</i> (개소시랑개비)	H		I 11
<i>Juncus haenkei</i> (갯골풀)	H		I 11
<i>Puccinellia nipponica</i> (갯꾸러미풀)	H		I 11
<i>Artemisia selengensis</i> (물쭈)	H		I +1
<i>Pennisetum alopecuroides</i> (수크령)	H		I 11
<i>Trifolium repens</i> (토끼풀)	H		I 11
Others(17 species)*			
(Other 71 species omitted)*			

Table 5. Values of species diversity indices in forest ,riparian and coastal areas.

Layer	Shannon Index	Forest ecosystem		Riparian ecosystem		Coastal ecosystem	
		Control	Disturbed(PC*%)	Control	Disturbed(PC*%)	Control	Disturbed(PC*%)
T	D _r	5.157	0.791(▼84.6)	2.884	1.959(▼32.1)	0.748	0.000(▼100)
	H'	0.905	0.349(▼61.4)	0.792	0.532(▼32.8)	0.096	0.000(▼100)
	Hmax'	1.204	0.477(▼60.4)	0.954	0.602(▼36.9)	0.477	0.000(▼100)
	J'	0.752	0.732(▼2.7)	0.830	0.884(▲6.5)	0.201	0.000(▼100)
	1-J'	0.248	0.268(▲8.2)	0.170	0.116(▼31.8)	0.799	0.000(▼100)
ST	D _r	6.641	2.934(▼55.8)	7.344	0.000(▼100)	3.983	0.000(▼100)
	H'	1.110	0.724(▼34.8)	1.092	0.000(▼100)	0.878	0.000(▼100)
	Hmax'	1.230	0.778(▼36.8)	1.279	0.000(▼100)	0.954	0.000(▼100)
	J'	0.902	0.930(▲3.1)	0.854	0.000(▼100)	0.921	0.000(▼100)
	1-J'	0.098	0.070(▼28.6)	0.146	0.000(▼100)	0.079	0.000(▼100)
S	D _r	16.843	5.987(▼64.5)	16.833	4.083(▼75.7)	15.700	0.000(▼100)
	H'	1.435	0.582(▼59.4)	1.437	0.644(▼55.2)	1.083	0.000(▼100)
	Hmax'	1.690	1.041(▼38.4)	1.672	0.903(▼46.0)	1.633	0.000(▼100)
	J'	0.849	0.559(▼34.1)	0.860	0.714(▼17.0)	0.663	0.000(▼100)
	1-J'	0.151	0.441(▲191.4)	0.140	0.286(▲104.0)	0.337	0.000(▼100)
H	D _r	38.295	28.804(▼24.8)	32.689	16.908(▼48.3)	30.012	23.051(▼23.2)
	H'	1.377	1.374(▼0.2)	1.341	1.261(▼6.0)	1.296	1.134(▼12.5)
	Hmax'	2.049	1.903(▼7.1)	1.968	1.580(▼19.7)	1.929	1.778(▼7.8)
	J'	0.672	0.722(▲7.5)	0.681	0.798(▲17.2)	0.672	0.638(▼5.1)
	1-J'	0.328	0.278(▼15.3)	0.319	0.202(▼36.7)	0.328	0.362(▲10.4)

(PC*: Percentage change)

에 따라 원형지와 훼손지의 층위별 성숙도와 안정도 등의 간접적인 속성을 파악하기 위해 종풍부도(D_r), Shnnon's diversity(H'), 최대종다양도(Hmax'), 균재도(J'), 우점도(1-J')를 분석한 결과이다.

교목층의 풍부도는 산림유형 원형지가 5.157에서 훼손지 0.791로 84.6%가 감소하였으며, 하천유형 원형지 2.884에서 훼손지 1.959로 32.1%가 감소하였고, 연안유형 원형지 0.748에서 훼손지 0.000으로 100% 감소하였다. 종다양도는 산림유형 원형지가 0.905에서 0.349로 61.4% 감소하였으며, 하천유형 원형지가 0.792에서 0.532로 32.8% 감소하였고, 연안유형 원형지가 0.748에서 0.000으로 100% 감소하였다.

아교목층의 풍부도는 산림유형 원형지가 6.641에서 훼손지 2.934로 55.8%가 감소하였으며, 하천유형 원형지 7.344에서 훼손지 0.000로 100%가 감소하였고, 연안유형 원형지 3.983에서 훼손지 0.000으로 100% 감소하였다. 종다양도는 산림유형 원형지가 1.110에서 0.724로 34.8% 감소하였으며, 하천유형 원형지가 1.092에서 0.000로 100% 감소하였고, 연안유형 원형지가 0.878에서 0.000으로 100% 감소하였다.

관목층의 풍부도는 산림유형 원형지가 16.843에서 훼손지 5.987로 64.5%가 감소하였으며, 하천유형 원형지 16.833에서 훼손지 4.083로 75.7%가 감소하였고, 연안유형 원형지 15.700에서 훼손지 0.000으로 100% 감소하였다. 종다양도는 산림

Table 6. Types coefficient of similarity in the forest, riparian and coastal areas.

Types		Forest Ecosystem		Riparian Ecosystem		Coastal Ecosystem					
		Control	Disturbed	Control	Disturbed	Control	Disturbed				
Forest Ecosystem	Control	/									
	Disturbed							0.374			
Riparian Ecosystem	Control							0.669	0.380		
	Disturbed							0.182	0.496	0.259	
Coastal Ecosystem	Control							0.398	0.343	0.423	0.284
	Disturbed							0.115	0.284	0.124	0.267

유형 원형지가 1.435에서 0.582로 59.4% 감소하였으며, 하천유형 원형지가 1.437에서 0.644로 55.2% 감소하였고, 연안유형 원형지가 1.083에서 0.000으로 100% 감소하였다.

초본층의 풍부도는 산림유형 원형지가 38.295에서 훼손지 28.804로 24.8%가 감소하였으며, 하천유형 원형지 32.689에서 훼손지 16.980로 48.3%가 감소하였고, 연안유형 원형지 30.012에서 훼손지 23.051으로 23.2% 감소하였다. 종다양도는 산림유형 원형지가 1.377에서 1.374로 0.2% 감소하였으며, 하천유형 원형지가 1.341에서 1.261로 6.0% 감소하였고, 연안유형 원형지가 1.296에서 1.134으로 12.5% 감소하였다.

3. 훼손지의 유형별 군락유사도분석

각 유형별 원형지와 훼손지의 군락유사도를 비교해보면, 산림 0.374, 연안 0.329, 하천 0.259의 순으로 각각 나타나 산림유형이 가장 군락유사도가 높았고, 하천유형의 군락유사도가 가장 낮았으며, 산림유형 원형지와 하천유형 원형지의 군락유사도가 0.669로 나타났고, 이는 다른 유형간의 유사도(평균 0.329)에 비해 높은 지수이므로 상대적으로 더 동질적인 군락인 것으로 판단되었다. 그 외 산림유형 훼손지와 하천유형 훼손지의 군락유사도가 0.496, 하천유형 원형지와 연안유형 원형지의 군락유사도가 0.423, 산림유형 원형지와 연안유형 원형지의 군락유사도가 0.398 등의 순서로 높게 나타났으며 산림유형 원형지와 연안유형 훼손지의 군락유사도가 0.115, 하천유형 원형지와 연안유형

의 군락유사도가 0.124로 나타나 이질적인 군락인 것으로 나타났다.

4. 유형별 생물환경요인 속성 변화

산림원형지, 산림훼손지, 하천원형지, 하천훼손지, 연안원형지, 연안훼손지 총 6개의 식생유형과 6개의 생물적 환경인자(출현종수, 귀화식물비율, 이입종비율, 이출종비율, 덩굴식물비율, 초본식물비율)간의 상관관계를 비교분석하기 위하여 Biplot cutoff R²은 0.300으로 하여 CCA 방법으로 분석한 결과이다(Figure 2).

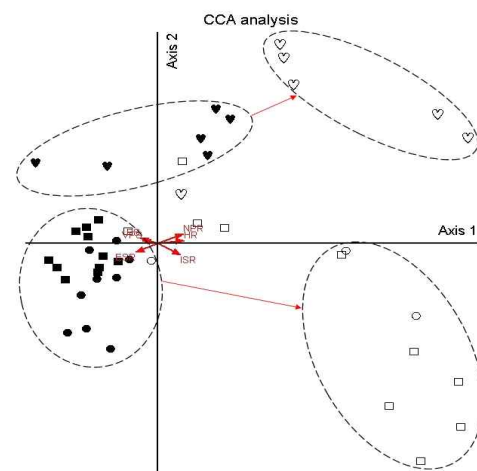


Figure 2. Canonical correspondence analysis (CCA) ordination diagram showing 6 types area and major environmental variables(Present Species; PS, Naturalized plant species; NPS, Imported species ratio; ISR, Exported species ratio; ESR, Vine plants ratio; VPR, Herb ratio; HR; arrows) against the axis 1 and axis 2 (Cutoff R²: 0.300, ■: forest natural plot, □: forest damaged plot, ●: riparian natural plot, ○: riparian damaged plot, ♥: coastal natural plot, ♡: coastal damaged plot).

각각 유형별 원형지와 훼손지의 환경인자와의 상관관계를 보면, 산림원형지는 이출종비율, 출현종수, 덩굴식물비율과 조사지와 상관관계를 가지고 있었으며, 산림훼손지는 이입종비율과 상관관계를 가지고 있었다. 하천원형지는 이출종비율과 상관관계를 가지고 있었으며 하천 훼손지는 특정한 환경인자와의 상관관계가 나타나지 않았다. 연안원형지와 훼손지는 환경인자와 뚜렷한 상관관계가 나타나지 않았다. 산림생태계와 하천생태계의 원형지는 이출종비율, 출현종수, 덩굴성식물비율이 감소하는 것으로 나타났으며, 훼손지는 이입종비율, 귀화식물비율, 초본성식물비율은 증가하는 것으로 나타났다. 연안생태계의 원형지와 훼손지는 뚜렷한 경향을 보이지 않았다.

IV. 고찰

1. 훼손지 유형별 상재도분석

산림생태계는 총 176종 중에서 훼손지의 상재도와 우점도가 큰 변화가 없었던 종(Non-effective Species; NES)은 30종(17.0%), 상재도와 우점도가 감소한 종(Exported species; ES)은 98종(55.7%), 상재도와 우점도가 증가한 종(Imported species; IS)은 48종(27.3%)으로 각각 나타났다. 하천생태계는 총 139종 중에서 NES는 16종(11.5%), ES는 98종(70.5%), IS는 25종(18.0%)으로 각각 나타났으며 연안생태계는 총 140종 중에서 NES는 20종(14.3%), ES는 88종(62.9%), IS는 32종(22.9%)으로 각각 나타났다. 모든 유형에서 이출종(ES)의 비율이 이입종(IS)의 비율보다 높았다. 훼손이 이루어질 경우, 훼손 후 이입되는 종보다 이출되거나 사라지는 종이 더 많은 것으로 판단되었다. 각 유형별 종조성을 살펴보면, 산림생태계에서 NES는 밤나무, 졸참나무, 상수리나무 등 낙엽성 참나무류 수종과 소나무가 교목층에 우점하고 있었다. 이는 우리나라 산림이 참나무류와 소나무가 가장 많은

비율을 차지하는 것과 동일한 결과를 나타내었다(Korea Forest Service, 2016). 아까시나무는 교목층에서는 나타나지 않았지만 원형지와 훼손지에서 각각 아교목층 I 11, I 22, 초본층에서 I 22, I 22로 상재도와 우점도의 변화가 거의 나타나지 않았는데 입지에 대한 요구도가 적기 때문에 척박지 및 황폐지에서도 비교적 잘 자란다(Kim, 1992)는 기존의 연구와 동일하였다. 이출종(ES)으로는 신갈나무, 떡갈나무, 갈참나무 등 참나무류 수종들이 훼손지에서는 나타나지 않았고, 생강나무, 작살나무, 국수나무, 개웃나무, 노리재나무, 병꽃나무, 조록싸리, 쥐똥나무, 감태나무 진달래, 철쭉 등 관목성 수종들이 훼손이 되면서 이출되는 것으로 사료되었다. 담쟁이덩굴, 청미래덩굴, 청가시덩굴, 으름덩굴 등 덩굴성식물 또한 훼손이 되면서 이출되는 경향이 나타났는데 열대다우림의 특징을 가진 온대지역에 자생하며, 성장속도가 빠르며 기공이 크고 밀도가 높은 식물로서(Putz, 1983), 용재 생산이나 유실수 조림지에서는 잡목으로 제벌의 대상이 되지만 암석지나 절개지, 각종 국토 손상지에서 피복녹화식물로 활발히 자생(Putz, 1984)하는 덩굴식물이 이입종(IS)이 아닌 이출종(ES)의 대표적 수종으로 산림, 하천, 연안 모든 유형에서 나타난 것은 훼손지의 특성이 나지를 비롯하여 경작지, 건축물, 등산로 등 덩굴식물이 자생할 수 있는 물리적 공간 확보가 부족해서인 것으로 사료되었다. 산림생태계의 하천생태계에서 소나무, 리기다소나무와 굴참나무, 신갈나무, 졸참나무, 밤나무, 상수리나무, 갈참나무, 떡갈나무 등 한반도 나타나는 낙엽성 참나무속의 수종(Yun, 2016)들이 모두 이출되는 것으로 나타났다. 연안생태계에서 명아주, 망초, 억새, 개망초 등 임연부나 나지에 주로 서식하는 종들이 훼손에 영향을 크게 받지 않는 것으로 나타났다. 이출종(ES)으로는 곶솔과 상수리나무, 졸참나무, 떡갈나무 등 낙엽성 참나무류 등이 전 층위에서 이출되는 것으로 사료되었다. 귀화식물로는 산

림생태계에서 원형지 2종, 훼손지 11종이 나타났으며, 하천생태계에서 원형지 4종, 훼손지 9종, 연안생태계에서 원형지 7종, 훼손지 14종으로 총 20종의 귀화식물이 나타났다.

2. 훼손지의 유형별 종다양도분석

종다양성 지수는 구성종의 수와 개체수를 기준으로 산출되며, 식생구성 상태가 얼마나 다양한가에 대한 객관적인 척도를 제공하기 때문에 산림의 안정 상태를 파악하는데 매우 효율적인 방법으로 활용되고 있다(Yang et al., 2001). 일반적으로 산림군집의 구조상의 복잡성, 외부교란의 요인으로부터의 안정성, 그리고 천이진행과 발달과정상의 성숙도는 종다양성과 정비례하는 경향이 짙은 것으로 여겨지고 있으며(Odum, 1969; Loucks, 1970; Bazzaz, 1979), 본 연구에서 각 유형별 종다양도는 각 층위를 종합했을 때, 산림생태계가 가장 성숙한 생태계라고 사료되었다. 생육환경이 이질적이고 복잡하거나 국소적 교란이 발생하게 될 경우에도 종다양도가 높아지는 것으로 보고되고 있다(Krebs, 1985; Barbour et al., 1987). 본 연구에서는 반대의 결과가 나타났는데 이는 훼손지의 특성이 나지, 경작지, 건축물, 등산로와 같은 극단의 환경 변화에 의한 많은 종의 감소의 영향인 것으로 사료되었다. 종다양도지수는 우점도와 반비례하는 관계를 가지고 있으며 우점도가 높은 소수의 종들보다 우점도가 낮은 다수의 종들에 의하여 결정된다고 하였는데(Ellenberg, 1956), 본 연구에서는 산림생태계와 하천생태계의 초본층 훼손지의 종다양도와 균재도의 관계를 제외하고 일치하는 경향을 보였다.

훼손지의 종다양도지수 분석 결과, 종풍부도와 종다양도에서는 전 층위에서 산림, 하천, 연안의 순으로 높은 경향을 보였다. 산림생태계의 경우, 전 층위에서 모두 종다양도가 산출되었고, 하천생태계의 경우, 아교목층을 제외하고 종다양도가 산출되어 층위별 임분 구조 변화를 파악

할 수 있었던 반면, 연안생태계의 훼손지는 교목층에 곰솔 한 종이 Ⅱ35의 상재도와 우점도만을 가지는 상재도와 우점도 분석에서도 알 수 있듯이 종다양도 지수가 산출되지 않는 것과 비교하여 임분 구조를 파악할 수 있었다.

3. 훼손지의 유형별 군락유사도분석

산림생태계, 하천생태계, 연안생태계의 유형에 따라 원형지와 훼손지 내의 각 종(種)들 사이의 유사도를 분석하기 위하여 Sørensen의 유사계수(CCs)를 사용하여 비교하였다. 천이과정 중 극상에 도달하게 되면 종구성 상태가 단순화되므로 군락간의 유사도지수가 20%이하이거나 80%이상이 되며(Bull et al., 1966), Cox(1972)에 의하면 20%이하일 때는 이질군락이며 80%이상이면 동일군락, 1(100%)이면 두 군락이 완전히 같음을 의미하고 0이면 완전히 다름을 의미한다. 보통 0.5(50%)이상이면 통례적으로 차이가 없는 군락이다. 각 유형별 훼손지의 군락유사도를 비교해보면, 산림생태계, 연안생태계, 하천생태계의 순으로 원형지와 훼손지의 군락유사도가 높았으며, 하천생태계의 원형지와 훼손지간의 군락유사도가 가장 낮게 나타난 것은 종다양도지수에서 가장 종풍부도가 높았던 초본층의 원형지와 훼손지간의 종풍부도 변화량 중에서 하천생태계의 감소폭이 가장 크게 나타난 것이 하천의 군락유사도지수가 가장 낮게 나타난 것에 영향이 있을 것으로 사료되었다.

4. 유형별 생물환경속성 변화

Greig-Smith(1983)와 Ter Braak(1986; 1987)는 ordination의 목적이 군집구조를 밝히며 군집에서 식생과 환경인자와의 상호작용에 대한 가정을 유출해 내는 것이라고 하였으며, 삼림식생은 환경인자에 따라 그 구조가 달라지며, 따라서 ordination은 식생들을 한 개 또는 그 이상의 생태학적 구배에 배열하는 과정으로 다변량 데이터에서 유형을 찾는 분석방법이라고 할 수 있

다(Song *et al.*, 1992; Goodall, 1963). CCA는 종과 환경과의 상관관계를 밝히고 환경변이에 따른 종의 반응에 관한 특별한 문제들을 해결하기 위하여 사용되어 왔다(Song *et al.*, 1992; 1995; Allen, 1988). CCA 방법으로 산림원형지, 산림 훼손지, 하천원형지, 하천훼손지, 연안원형지, 연안훼손지 총 6개의 식생유형과 6개의 생물환경인자(출현종수, 귀화식물비율, 이입종비율, 이출종비율, 덩굴식물비율, 초본식물비율)간의 상관관계를 비교분석하기 위하여 Biplot cutoff R^2 는 0.300으로 하여 분석한 결과, 산림생태계와 하천생태계의 원형지는 이출종비율, 출현종수, 덩굴성식물비율이 감소하는 것으로 나타났으며, 훼손지는 이입종비율, 귀화식물비율, 초본성식물비율은 증가하는 것으로 나타났다. 연안생태계의 원형지와 훼손지는 뚜렷한 경향을 보이지 않았다. 이는 연안생태계의 경우, 종이 나타나지 않은 완전훼손지의 비율이 산림생태계와 하천생태계에 비해 높았기 때문인 것으로 사료되었다.

V. 결 론

산림생태계, 하천생태계, 연안생태계의 유형별 원형지와 훼손지의 층위별 상재도 분석 결과, 산림생태계의 경우, 총 176종 중에서 훼손의 영향에도 상재도와 우점도가 큰 변화가 없었던 종(Non-effective Species; NES)은 30종(17.0%), 훼손의 영향으로 상재도와 우점도가 감소한 종(Exported species; ES)은 98종(55.7%), 훼손의 영향으로 상재도와 우점도가 증가한 종(Imported species; IS)은 48종(27.3%)으로 나타났으며, 하천생태계의 경우, 총 139종 중에서 NES은 16종(11.5%), ES은 98종(70.5%), IS은 25종(18.0%)으로 나타났으며 연안생태계의 경우, 총 140종 중에서 NES은 20종(14.3%), ES은 88종(62.9%), IS은 32종(22.9%)으로 나타나 모든 유형에서 이출종(ES)의 비율이 이입종(IS)의 비율

보다 높았으며 훼손이 이루어질 경우, 훼손 후 이입되는 종보다 이출되거나 사라지는 종이 더 많은 것으로 나타났다.

종조성의 변화를 살펴보면, 모든 유형의 ES에서 굴참나무, 신갈나무, 떡갈나무, 갈참나무 등 낙엽성 참나무류가 이출되는 경향을 나타내었으며, 담쟁이덩굴, 청미래덩굴, 청가시덩굴, 으름덩굴 등 덩굴식물의 이출이 이뤄지고 있는 것으로 나타났다. 귀화식물의 변화를 살펴보면, 산림생태계 원형지의 경우 1종, 훼손지의 경우 10종이 나타났으며, 하천생태계 원형지의 경우 3종, 훼손지의 경우 9종이 나타났고, 연안생태계 원형지의 경우 7종, 훼손지의 경우 15종이 나타나 모든 유형에서 귀화식물의 종수도 증가한 것으로 나타났다.

산림생태계, 하천생태계, 연안생태계의 유형별 원형지와 훼손지의 층위별 종다양도 분석 결과, 교목층의 풍부도는 하천 1.959, 산림 0.791, 연안 0.000의 순으로 나타났고, 아교목층은 산림 2.934, 하천과 연안에서는 나타나지 않았다. 관목층에서는 산림 5.987, 하천 4.083, 연안 0.000으로 나타났고, 초본층에서는 산림 28.804, 연안 23.051, 하천 16.908의 순으로 풍부도가 나타났다. 교목층의 종다양도는 하천 0.532, 산림 0.349, 연안 0.000의 순으로 나타났고, 아교목층에서는 산림 0.724, 하천, 연안은 나타나지 않았다. 관목층에서는 하천 0.644, 산림 0.582, 연안 0.000으로 나타났으며 초본층에서는 산림 1.374, 하천 1.261, 연안 1.134의 순으로 각각 나타났다. 군락유사도의 경우, 각 유형별 원형지와 훼손지의 군락유사도를 비교해보면, 산림 0.374, 연안 0.329, 하천 0.259의 순으로 각각 나타났다. CCA분석 결과, 산림생태계와 하천생태계의 원형지는 이출종비율, 출현종수, 덩굴성식물비율이 감소하는 것으로 나타났으며, 훼손지는 이입종비율, 귀화식물비율, 초본성식물비율은 증가하는 것으로 나타났다. 연안생태계의 원형지와 훼손지는 뚜렷한 경향을 보이지 않았다.

References

- Ahn, TM · Kim, IH · Lee, JY · Kim, CK · Chae, HS · Lee, Y · Min, SY and Kim, MW. 2009. Development of participatory ecological restoration system through integrative categorization of disturbed areas in BaigDoo-DaeGahn. *Korean Society of Environmental Restoration Technology* 12(4): 11-22. (in Korean with English abstract)
- Braun-Blanquet, J. 1964. *Pflanzensoziologie Grundzüge der Vegetation der Vegetation* (3rd ed.). Springer-Verlag, Wien, New York, pp. 865. (in German)
- Brower, J.E. and Zar, J.H. 1977. *Field and Laboratory Methods for General Ecology*. W.M. C. Brown Company Publishers. Iowa, USA, pp. 596.
- Buell, M. F. · A. N. Langford · D. W. Davidson and L. F. Ohmann. 1966. The upland forest continuum in northern New Jersey. *Ecology* 47(3): 416-432.
- Cho, YH · Lee, JM · Kim, WT · Yoon, YH · Kang, HK · Park, BJ · Yoon, TS · Jang, K E · Shin, KJ · Eo, YJ · Kwak, MY and Song, HS. 2013. A study on the actual condition of topsoil management at river restoration projects. *Journal of Korean Institute of Landscape Architecture* 41(1): 34-43. (in Korean with English abstract)
- Chungnam Development Institute. 2012. *Natural Environment Survey for Building of Regional Ecological Network at Chungcheongnam-do*. 3rd. year Report, pp. 345. (in Korean)
- Cox, G. W. 1972. *Laboratory Manual of General Ecology*. W.M. C. Brown Co. Publ. Iowa. pp. 232.
- Ellenberg, H. 1956. *Grundlagen der Vegetationsgliederung*. 1. Aufgaben und Methoden der Vegetationskunde. in: Walter, H.(Hrsg.) *Einführung in die Phytologie IV*. Stuttgart, pp. 136. (in German)
- Goodall, D.W. 1963. The continuum and the individualistic association. *Vegetatio* 11: 297-316.
- Greig-Smith, P. 1983. *Quantitative Plant Ecology*. 3rd ed.. Blackwell, Oxford. pp. 256.
- Herlbert, S.H. 1971. The non-concept of species diversity: A critique and alternative parameters. *Ecology* 52: 577-586.
- Hong, SC · Byen SH and Kim, SS. 1987. *Colored Illustrations of Trees and Shrubs in Korea*. Gyemyengsa pp. 310. (in Korean)
- Jang, GS · Jeon, SW and Kim, SS. 2008. Analyzing characteristics of forest damage within the Geum-buk Mountain Range. *Journal of Korean Institute of Landscape Architecture* 36(5): 55-63. (in Korean with English abstract)
- Kang, TH · You, JH · Zhao, HX · Li, H. 2011. Analysis on trail deterioration in Wolseong, Gyeongju-si - focused on assessing impact rating class -. *Journal of Korea Institute of Traditional Landscape Architecture* 29(3): 33-39. (in Korean with English abstract)
- Kim, NC. 1998. A study on the ecological restoration strategies for the disturbed landscapes. *Journal of Korean Society of Environmental Restoration Technology* 1(1): 28-44. (in Korean with English abstract)
- Kim, YH · Oh, KK and Jo, BK. 2004. Ecological restoration on degraded ecosystem in the tropical and subtropical region of China. *Journal of Korean Society of Environment and Ecology* 18(4): 465-474. (in Korean with English abstract)

- English abstract)
- Koo, KS · Lee, YY and Lee, CY. 2003. Characteristic of physical soil properties of eroded area in Mt. Halla. Journal of Korean Forest Society pp. 121-123. (in Korean)
- Korea Forest Service. 2016. Statistical Yearbook of Forestry. pp 418. (in Korean)
- Korea National Arboretum. 2014a. Korea Plant Names Index Committee. <http://www.nature.go.kr/>
- Korea National Arboretum. 2014b. Korea biodiversity information system. <http://www.nature.go.kr/>
- Lee, TB. 2003. Coloured Flora of Korea. Vol. I, II. Hyangmunsa, Seoul, Korea, I: pp. 914.; II: pp. 910. (in Korean)
- Lee, HJ · Kim, DK · Oh, JH and Cha, DS. 2006. Development of soil bioengineering technique for natural recovering of artificial earthworks(II). Journal of Korea Society for Engineering Technology 4(3): 208-215. (in Korean with English abstract)
- Lee, JM · Cho, YH · Kim, KD · Lee, MW · Kim, JK · Choi, JK · Kim, WT · Yun, CW and Kang, HK. 2015. A study on damage factors and causes of natural forest in regional ecological network at Chungnam Province. Journal of Korean Society of Environmental Restoration Technology 18(6): 97-110. (in Korean with English abstract)
- Lee, SH · Lee, SH · Lee, SA and Choi, JY. 2015. Development of evaluation indices for ecological restoration of degraded environments near DMZ in the Republic of Korea. Journal of Korean Society of Environment and Ecology 18(1): 135-151. (in Korean with English abstract)
- Ma, HS · Lee, BC · Kang, WS and Park, JW. 2007. Study on deterioration trail in Hwang-suksan - a case of the anui -. Journal of Korean Society of Environment and Ecology 1: 69-72. (in Korean)
- McCune, B. and Mefford, M.J. 2011. PC-ORD, Multivariate Analysis of Ecological Data Version 6.0. MjM Software Desing. Glenden Beach, Oregon, USA, pp. 237.
- Müller-Dombois, D. and Ellenberg, H. 1974. Aims and Methods of Vegetation Ecology. Wiley New York, USA, pp. 525.
- Shannon, C.E. and Weaver, W. 1949. The Mathematical Theory of Communication. University of Illinois Press, Urbana, USA.
- Seo, JY and Lee, YJ. 2010. The study on damaged Hanbuk Mountain Range in Gyeonggi-do. Journal of Korean Society of Environmental Restoration Technology 13(4): 65-74. (in Korean with English abstract)
- Shin, YS. 2013. Hwesonji, modern history and the roots of Nogodan repair business. Journal of National Park Research 4(4): 169-177. (in Korean)
- Song, HK · Jang, KK and Kim, SD. 1995. An analysis of vegetation - environment relationships of *Pinus densiflora* for. *erecta* and Chungyang - type of *Pinus densiflora* communities by TWINSpan and DCCA. Journal of Korean Forest Society 84(2): 266-274. (in Korean with English abstract)
- Song, HK · Kwon, KW · Lee, DK · Jang, KK and Woo, IS. 1992. The analysis of vegetation-environment relationships of Mt. Jungwangsang by TWINSpan(Two-way indicator species analysis) and DCCA(Detrended canonical correspondence analysis) ordination. Journal of Korean Forest Society 81(3): 247-254. (in Korean with English abstract)

- Ter Braak, C.J.F. 1986. Canonical correspondence analysis : a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecol.* 67: 1167-1179.
- Ter Braak, C.J.F. 1987. CANOCO-a FORTRAN Program for Canonical Community Ordination by (partial) (detrended) (canonical) Correspondence Analysis, Principal Components TNO Institute of Applied Computer Science. Statistics Department, Wageningen, The Netherlands, pp. 95.
- Toyohara, G. 1977. The vegetation and its mapping of the Hiba Mountains, Southwestern Honshu, Japan. *Journal of Ecology* 6: 149-152.
- Yang, HM · Kang, SG and Kim, JH. 2001. Selection of desirable species and estimation of composition ratio in a natural deciduous forest. *Journal of Korean Forest Society.* 90(4): 465-475. (in Korean with English abstract)
- Yeom, SJ. 2015. Basic study on damaged area types and improvement idea of the national park. *Journal of Environmental Science International* 24(11): 1405-1415. (in Korean with English abstract)
- Yun, CW. 2016. Field Guide to Trees and Shrubs. Geobook, Korea, pp. 703. (in Korean)
- Yun, CW · Shin, JH · Yang, HM · Lim, JH · Lee, BC. 2011. Phytosociological Classification of Forest Vegetation in Korea. Korea Forest Research Institute, Korea, pp. 135. (in Korean)