

## 충남 광역생태네트워크 자연녹지의 훼손 인자 및 원인에 관한 연구\*

이종문<sup>1)</sup> · 조용현<sup>2)</sup> · 김광동<sup>2)</sup> · 이민우<sup>2)</sup> · 김진기<sup>2)</sup> · 최정권<sup>3)</sup> · 김원태<sup>4)</sup> · 윤충원<sup>5)</sup> · 강희경<sup>6)</sup>

<sup>1)</sup> 공주대학교 대학원 조경·환경계획학과 · <sup>2)</sup> 공주대학교 조경학과 · <sup>3)</sup> 가천대학교 조경학과

<sup>4)</sup> 천안연암대학 환경조경과 · <sup>5)</sup> 공주대 산림자원학과 · <sup>6)</sup> 공주대 원예학과

## A Study on Damage Factors and Causes of Natural Forest in Regional Ecological Network at Chungnam Province\*

Lee, Jong-Mun<sup>1)</sup> · Cho, Yong-Hyeon<sup>2)</sup> · Kim, Kwang Dong<sup>2)</sup> · Lee, Minwoo<sup>2)</sup> · Kim, Jinki<sup>2)</sup>  
Choi, Jung-Kwon<sup>3)</sup> · Kim, Won-Tae<sup>4)</sup> · Yun, Chung-Weon<sup>5)</sup> and Kang, Hee-Kyoung<sup>6)</sup>

<sup>1)</sup> Dept. of Landscape Architecture·Environmental Planning, Graduate School of Kongju National University,

<sup>2)</sup> Dept. of Landscape Architecture, Kongju National University,

<sup>3)</sup> Dept. of Landscape Architecture, Gachon University,

<sup>4)</sup> Dept. of Landscape Architecture, Cheonan Yonam College University,

<sup>5)</sup> Dept. of Forest Resource, Kongju National University,

<sup>6)</sup> Dept. of Horticulture, Kongju National University.

### ABSTRACT

This study aimed to classify damaged lands, to find what are the damage factors affecting the studied area, and to present a prescription in order to provide some benefit for the restoration of Regional Ecological Network at Chungnam province. Finally we classified damaged lands from 1st to 4th damaged lands according to relative intensity of damage. The main damage factors for the First Damage Lands were humus horizon, soil hardness and plant species richness. In the Second Damage Lands, those were soil hardness, plant species richness, number of plants and dominant plant species. In the Third Damage Lands, those were humus horizon, soil hardness, plant species richness, number of plants

\* 본 연구는 환경부의 환경산업선진화기술개발사업에서 지원받았습니다(과제번호: 2014000130009).

**First author** : Lee, Jong-Mun, Dept. of Landscape Architecture·Environmental Planning, Graduate School of Kongju National University,

Tel : +82-41-330-1452, E-mail : jmlee85@kongju.ac.kr

**Corresponding author** : Cho, Yong-Hyeon, Department of Landscape Architecture, Kongju National University, Tel : +82-41-330-1446, E-mail : yhcho@kongju.ac.kr

**Received** : 9 November, 2015. **Revised** : 26 November, 2015. **Accepted** : 18 November, 2015.

and dominant plant species. In the Fourth Damage Lands, those were humus horizon, organic matter, soil hardness, EC, T-N content, plant species richness, number of plants and dominant plant species. In every cases, the damage of soil and vegetation was originated due to development carried out by human being. The changes in soil condition were not big enough for it to affect plant growth, however, degradation of vegetation was still severe.

Key Words : *Damaged lands, Damage types, Ecosystem networks, Soil degradation, Vegetation degradation.*

## I. 서 론

인간의 정주나 활동장소를 계획함에 있어 인간과 야생동식물이 공생할 수 있는 환경조성을 위한 관심이 집중되고 있다. 호소, 습지, 하천, 갯벌 등 수공간과 산림생태계는 생물이 서식하는 주요 공간으로 알려져 있고, 이를 활용하여 인간과 자연이 공존할 수 있도록 환경계획을 수립하는 기초가 형성되고 있다(Jang et al., 2008).

과거부터 현재까지 지속적인 택지개발, 철도 및 도로의 건설 등 국토개발과 자연재해 등으로 인한 다양한 형태와 규모의 국토 훼손이 진행되면서 훼손된 지역의 생태적 건강성 저하, 인접생태계와의 단절, 자연경관 저해 등의 문제점이 발생하고 있다(Ministry of Environment, 2011).

이와 관련하여 우리나라는 정책적으로 2002년에 ‘한반도 생태네트워크 구축 추진전략(2002. 12)’을 수립하여 백두대간, 비무장지대, 연안·도서생태네트워크를 3대 핵심축으로 설정하고, 도시·농촌의 자연생태계를 보전·복원하여 핵심생태네트워크와의 연결방안 등을 제시하였다(Ministry of Environment, 2008).

또한, 각 지자체 별로 광역생태네트워크의 지속적 유지를 위한 실태조사와 복원방안에 관한 연구를 수행하기도 하였으며(Gyeonggi Development Institute, 2003), 충남지역에서도 지난 2007년부터 수행한 1, 2차 광역생태네트워크 구축 연구용역을 통해 광역생태네트워크의 기본 틀을 제시한 바 있

다(Chungnam Development Institute, 2007; 2008).

훼손지와 관련하여 환경부(2003; 2004), 환경부(2007; 2008), 장갑수 등(2008)은 훼손지의 실태 및 특성을 분석하여 복원방안을 제시한 바 있지만, 충남광역생태네트워크의 산림, 하천, 연안의 훼손인자를 분석하고 유형화 한다는 점에서 본 연구에 큰 의의가 있다고 본다.

따라서 본 연구는 지역 및 국가적 차원에서 충남 광역생태네트워크(산림, 하천, 연안)를 조사·분석하여 훼손지를 유형화하고, 현장조사를 통하여 훼손 인자를 찾아 그 원인을 규명하고 처방하는데 그 목적이 있다.

## II. 연구의 방법

### 1. 조사범위

조사범위의 경우 충청남도 광역생태네트워크 구축을 위한 자연환경조사 : 3차년(Chungnam Development Institute, 2012)에서 제시한 범위로 산림생태축은 금남·북정맥 능선으로부터 3차 계류역까지의 유역으로 고도 300m 이하의 구간은 양안 500m 밖 최근거리 수계합류점을 포함하는 유역을 범위로 정하였으며, 하천생태축은 하천 외곽 제방선으로부터 500m 이내의 지역을 범위로 설정하였고, 연안생태축의 범위는 아산에서 서천까지의 연안선으로 그 폭은 연안유역인 만조수위선으로부터 100m이내의 지역을 범위로 설정하였다.

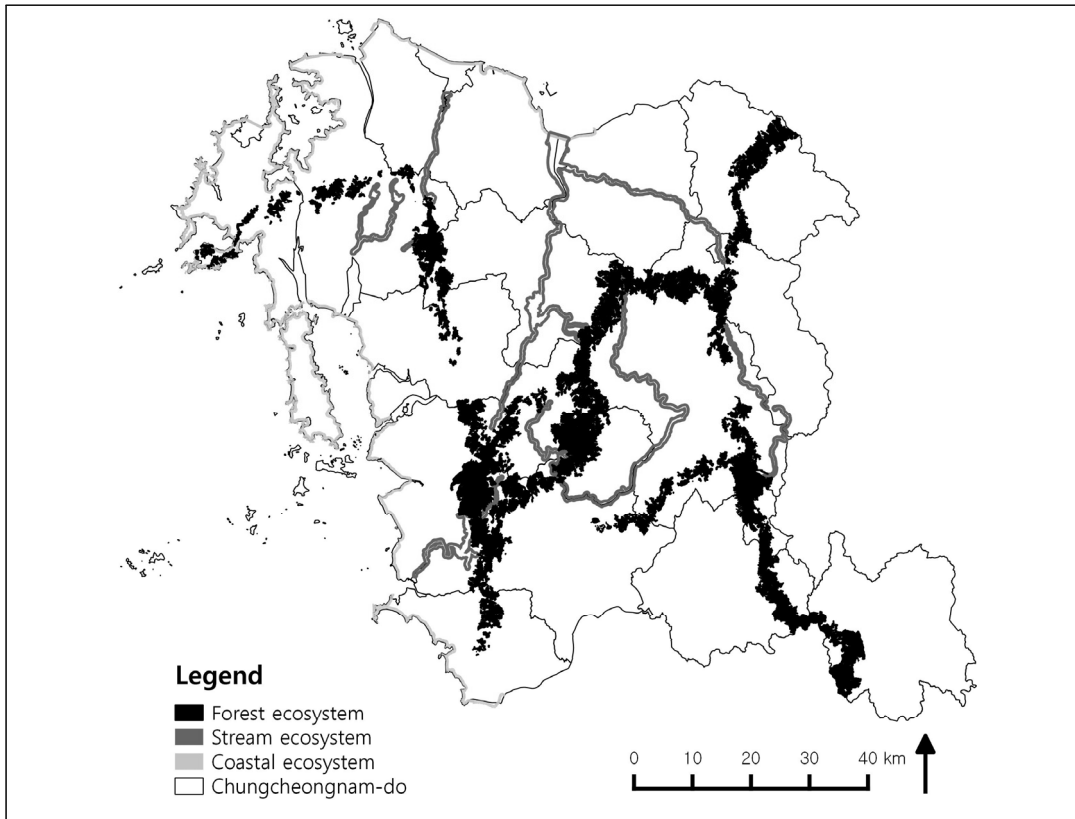


Figure 1. Scope of regional ecological network at Chungnam province.

## 2. 대상지 선정

연구 대상지는 충남 광역생태 네트워크에 포함 된 산림, 하천, 연안 각각의 지배적인 훼손 인자를 규명하기 위하여 충청남도 광역생태네트워크 구축을 위한 자연환경조사 : 3차년(Chungnam Development Institute, 2012)결과에서 생태계별로 전체 면적 대비 훼손의 면적 및 연장 길이의 비율이 높은 대표적 유형을 선정하였다. 훼손지와 비교할 원형지는 인근의 방위와 고도가 일치하는 산림으로 선정하였다.

따라서, 산림생태계의 훼손지점은 원형지 12개소, 훼손지 12개소로 24개 지점을 선정하였고, 하천생태계의 훼손지점은 원형지 9개소, 훼손지 9개소로 18지점을 선정하였으며, 연안생태계의 훼손지점은 원형지 9개소, 훼손지 12개소로 21개 지점을 선정하여 총 63개소를 선정하였다.

## 3. 현장조사 및 분석

현장조사에서는 훼손지의 식생과 토양환경 변화를 조사하였다. 대상지는 훼손지역(개발지역)과 원형지역(자연지역)으로 분류한 후, 원형지역은 근접한 자연 상태의 지역으로 설정하였다.

토양조사는 각 대상지를 대표하는 지점에서 2014년 11월 7일, 8일 20일, 27일에 걸쳐 식재지 중심으로 토양 시료를 채취하였다. 총 63개 지점 중 중복되는 지점이 3개소 있어 토양시료 수는 원형지역 25점, 훼손지역 35점으로 총 60개를 채취하여 각각에 대해 토양분석을 실시하였다.

유형별 토양 조사·분석과 관련한 시료채취의 부위 선정 및 시료채취 방법은 토양 및 식물체 분석법(Rural Development Administration, 2000)에 준해 실시하였다. 분석항목은 건설교통부(2007)의 조경설계기준에 제시된 토양성능 평

가 항목 중에서 유효수분량, 투수성을 제외한 모든 항목 즉, 공극률, 토양경도, 토양반응(pH), 전기전도도(E.C.), 유기물 함량, 전질소량, 유효태 인산 함량, 염기치환용량(C.E.C.), 치환성양이온 함량을 분석하였다. 제외된 평가 항목들은 산지사면이라는 환경의 특성 상 문제가 없을 항목들로 판단하여 제외시켰으며, 그 대신 토양의 물리성을 대표하는 토성(texture)과 함께 토색, 부식층 등 정성적 항목을 추가하여 조사·분석하였다.

식생조사는 2015년 7월 8일부터 10일까지 실시하였으며, 훼손지 유형별 조사지를 중심으로 종급원(species pool)을 고려하여 동질한 환경조건과 종조성을 나타내는 입지를 선정하여 방형구 60개를 설치하였고, GPS로 좌표, 해발고, 방위, 지리분포를 정량적으로 획득하였고, 사진기를 이용하여 조사구의 상관, 식생구조, 환경적 특징 등에 대하여 입체적 정보를 기록하였다. 식생조사법에 따라 조사구내에 출현하는 모든 종의 양과 생육상태를 기록하였고, 층위별 종수와 우점종을 기록하였다.

현장조사를 바탕으로 원형지역과 1차, 2차, 3차, 4차 훼손지역 간에 두드러진 차이를 나타내는 인자에 대해 정량적인 차이를 알아보기 위해 SPSS 21을 사용하여 독립표본 t검정을 실시하였고, 유의성이 있는 항목을 위주로 조정설계기준의 토양등급기준을 활용하여 훼손 전·후의 토양등급변화를 알아보았다.

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 충남광역생태네트워크 훼손 현황

충청남도의 전체면적 8,572.04km<sup>2</sup> 중 산림생태측 관리구역의 면적은 727.91km<sup>2</sup>(8.49%)이며, 핵심구역이 493.92km<sup>2</sup>(5.76%), 완충구역이 233.99km<sup>2</sup>(2.73%) 분포하는 것으로 분석되었다. 또한 관리구역은 금북정맥에 544.35km<sup>2</sup>(6.35%), 금남정맥에 186.10km<sup>2</sup>(2.17%) 존재하는 것으로

조사되었다(충남발전연구원, 2012).

산림생태측에 영향을 주는 주된 토지이용은 23가지 항목으로 분류되었으며, 훼손지는 산림네트워크 관리구역의 전체면적 727.91km<sup>2</sup>중 50.83km<sup>2</sup>(6.98%)로 나타났다. 훼손지 50.83km<sup>2</sup>중 밤나무림이 34.9km<sup>2</sup>(68.7%)로 가장 많은 면적을 차지하는 것으로 나타났고, 벌채지 5.24km<sup>2</sup>(10.3%), 밭 3.03km<sup>2</sup>(6.0%), 건설현장 및 채석장 13.8km<sup>2</sup>(2.7%), 주택 1.03km<sup>2</sup>(2.0%), 논 1km<sup>2</sup>(2.0%) 순으로 나타났다.

충청남도 국가·지방하천의 하천연장 2,967km 중 충남광역생태네트워크 관리범위로 설정된 하천의 연장길이는 총 386.03km, 국가하천 4개소(70.79km), 지방하천 12개소(315.24km)로 나타났다. 관리대상 하천은 대부분 하천자연도 평가등급이 3등급으로 하천정비가 이루어진 하천이었다. 관리대상 하천의 하상재료는 주로 모래나 잔자갈이었다.

하천생태측에 영향을 주는 토지이용은 22가지 항목으로 분류되었으며, 하천네트워크 관리구역의 전체 길이 755.24km(우안: 376.84km, 좌안: 378.40km) 중 597.31km(79%)로 나타났다. 충남 광역생태네트워크의 하천생태측 단절구간의 총 길이 597.31km 중 논이 404.93km(67.8%)로 가장 길게 나타났고, 밭 47.33km(7.9%), 하우스 42.37km(7.1%), 주거지 35.41km(5%), 나지 21.97km(3.7%)의 순으로 나타났다.

충청남도 연안의 총 연장길이는 723.37km이며, 충남광역생태네트워크 모두 관리구역에 포함된다. 지자체별 연장길이는 태안군이 373km로 가장 길었고, 서산시 118km, 보령시, 서천군이 71km, 당진군 65km, 홍성군 17km, 아산시 6km 순으로 나타났다. 반면, 홍성군과 아산시는 총 연장길이가 다른 지자체에 비해 상대적으로 낮은 것으로 나타났다.

연안생태측을 단절하는 토지이용은 28가지 항목으로 분류되었으며, 연안네트워크 관리구역의 총 길이 723.37km 중 409.66km(57%)로 나타

**Table 1.** Summary of regional ecological network at Chungnam province.

Classification	Chungnam province	Managed zone	Damaged area
Forest ecosystem	8,572.04km <sup>2</sup>	727.91km <sup>2</sup>	50.83km <sup>2</sup>
Stream ecosystem	2,967km	386.03km	R: 376.84km L: 378.40km
Coastal ecosystem	723.37km	723.37km	409.66km

났다. 충남 광역생태네트워크의 연안생태축 총 길이가 409.66km 중 훼손을 야기하는 토지이용별 단절 길이는 논이 64.03km(16%)로 가장 길게 나타났다. 나지 44.35km(11%), 도로 38.91km(9%), 방조제 30.44km(7%), 숙박시설 25.54km(6%), 주거지 24.56km(6%), 밭 22.50km(5%), 방과제 19.73km(5%), 야영장 19.30km(5%)의 순으로 나타났다(Table 1 참조).

**2. 훼손지 유형화**

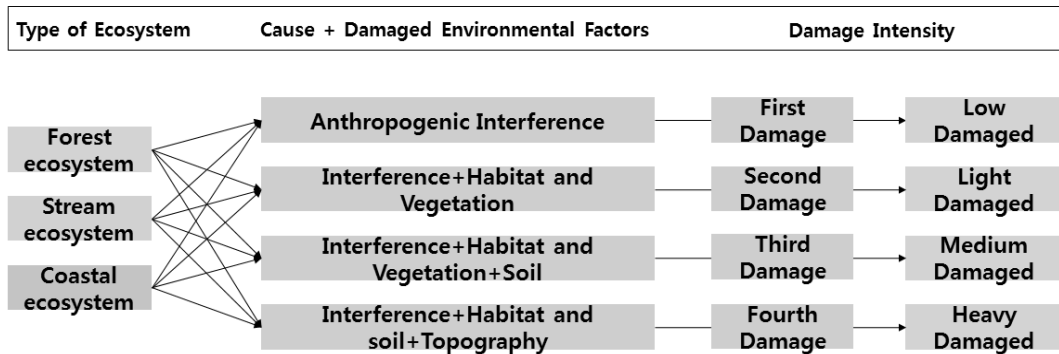
환경부(2011)가 훼손지를 유형화한 결과에서는 훼손 원인과 영향에 따라 인위적 훼손과 자연적 훼손으로 구분하거나, 생태계 유형에 따른 구분, 훼손되는 환경요소 등으로 구분하여 이에 대한 장단점을 제시한바 있다.

이를 바탕으로 본 연구에서는 훼손 인자에 대해 제어가 용이한 인위적 훼손지에 초점을 맞추고, 앞서 제시한 생태계 유형별 훼손 원인과 영향에 따라 대표적인 생태계인 산림생태계, 하천

생태계, 연안생태계로 구분하였으며, 생태계 기반환경, 생태환경, 토지이용 등에 따라 인간행위, 식생, 토양, 지형의 변수를 구분하여 생태계별 1~4차 훼손 유형을 선정하였다(Figure 2).

훼손지 유형화 결과 1차 훼손지는 인간의 행위에 의해 자연의 기능이 훼손되는 지역을 선정하였고, 2차 훼손지는 행위 이외에 식생의 변화까지 훼손되는 지역, 3차 훼손지는 인간행위, 식생 훼손과 토양까지 훼손되는 지역을 선정하였으며, 4차 훼손지는 인간행위, 식생, 토양, 지형까지 훼손되는 지역을 선정하였다.

충남광역생태네트워크의 산림의 대표 훼손 유형은 밤나무림이 34.9km<sup>2</sup>(68.7%), 벌채지 5.24km<sup>2</sup>(10.3%), 밭 3.03km<sup>2</sup>(6.0%), 주택 1.03km<sup>2</sup>(2.0%), 건설현장 및 채석장 13.8km<sup>2</sup>(2.7%), 논 1km<sup>2</sup>(2.0%) 순으로 밤나무림, 벌채지는 2차 훼손 유형에 포함되며, 밭과 논은 3차 훼손 유형에 포함되고, 건설현장 및 채석장, 주택은 4차 훼손 유형에 포함된다.



**Figure 2.** Categorizing damaged lands.

따라서, 산림생태축의 1차 훼손지는 산림에서 인간행위가 가장 빈번하게 일어나는 등산로를 선정하였고, 2차 훼손지는 산림생태축의 훼손지중 34.9km<sup>2</sup>(68.7%)를 차지하는 밤나무림을 선정하였으며, 3차 훼손지는 밭3.03km<sup>2</sup>(6.0%), 4차 훼손지는 채석장13.8km<sup>2</sup>(2.7%)을 선정하여 대표 훼손유형을 포함시켰다(Table 2 참조).

하천 수변지역의 대표 훼손 유형은 논이 404.93km(67.8%), 밭 47.33km(7.9%), 하우스 42.37km(7.1%), 주거지 35.41km(5%), 나지 21.97km(3.7%)의 순으로 나지는 2차 훼손 유형에 포함되고, 논, 밭, 하우스는 3차 훼손 유형에 포함되며, 주거지는 4차 훼손 유형에 포함된다.

따라서, 하천생태축의 1차 훼손지는 제내지에서 위락행위가 일어나는 지역으로 선정하였으나, 본 연구 범위의 하천은 농촌 하천과 도시 하천으로 위락행위 지점 선정이 불가하여 현장 조사는 할 수 없었다. 2차 훼손지는 수변지역의 식생을 제거한 나지를 선정하였으며, 3차 훼손지는 수변지역에서 가장 많은 훼손이 일어나는 논을 선정하였고, 4차 훼손지는 주거지를 선정하였다(Table 3 참조).

연안생태네트워크의 대표 훼손 유형은 논이 64.03km(16%), 나지 44.35km(11%), 도로 38.91km(9%), 방조제 30.44km(7%), 숙박시설 25.54km(6%), 주거지 24.56km(6%), 밭 22.50km(5%), 방파제 19.73km(5%), 야영장 19.30km(5%)의 순으로 연안의 경우 논, 나지, 주거지, 밭 등이 산림과 하천의 대표유형과 중복되기 때문에 제외하였으며, 도로, 방조제, 방파제 등도 토양과 식생 조사로 훼손 전·후를 비교하기에 어려움이 있어 제외 하였다. 야영장은 1차 훼손 유형에 포함되며, 숙박시설은 3차 훼손 유형에 포함되고, 이외에 오토캠핑장과, 간척지를 포함시켜 4개의 대표유형을 선정하였다.

따라서, 연안생태축의 1차 훼손지는 연안에서 빈번하게 일어나는 야영장을 선정하였고, 2차 훼손지는 오토캠핑장, 3차 훼손지는 연안에

**Table 2.** Types of damaged land in forest.

Types	Forest corridor
First damaged land	Hiking trail
Second damaged land	Chestnut forest
Third damaged land	Field
Fourth damaged land	Quarry

**Table 3.** Types of damaged land in riparian area.

Types	Riparian corridor
First damaged land	Recreation site
Second damaged land	Bare land
Third damaged land	Rice field
Fourth damaged land	Residential area

**Table 4.** Types of damaged land in coastal area.

Types	Coastal corridor
First damaged land	Camp site
Second damaged land	Auto camp
Third damaged land	Building site
Fourth damaged land	Reclaimed area

인접한 펜션과 공중화장실 등의 건축물을 선정하였고, 4차 훼손지는 지형변화가 매우 심한 간척지를 선정하였다(Table 4 참조).

### 3. 훼손지 유형별 훼손 인자

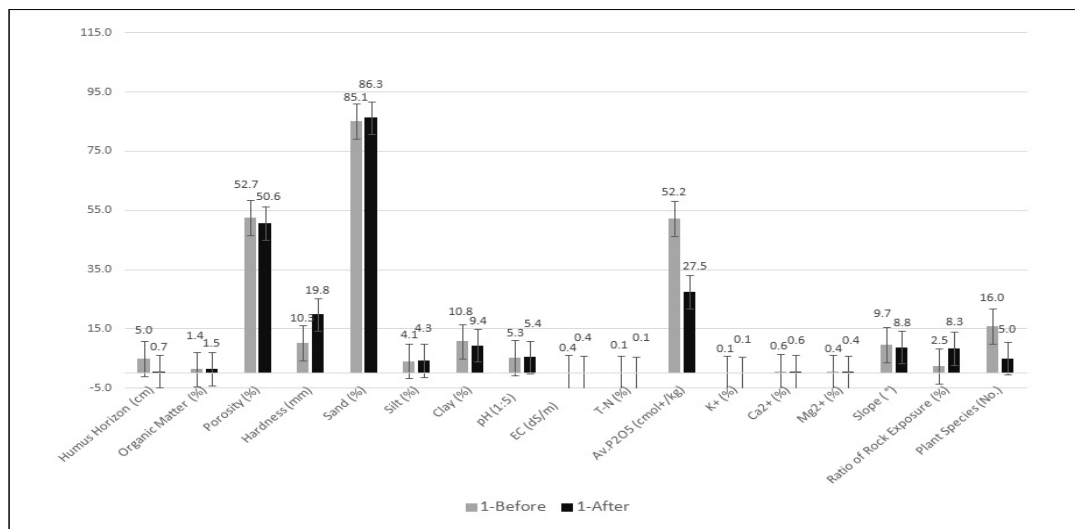
전반적으로 원형지역과 1차, 2차, 3차, 4차 훼손지역 간에 두드러진 차이를 나타내는 인자는 부식층, 유기물, 경도, 식물 개체수로 4개 항목이 매우 높은 유의성을 보였다. 이 외에 훼손 전·후로 변화를 보이는 항목으로 유기물, 토성, EC, T-N, 우점종, 암석노출도 등이 있었다.

1차 훼손지의 주요 훼손 인자는 부식층, 경도, 식물 개체수 항목에서 차이를 보였다. 토양층 상부의 부식층이 평균 5cm에서 0.3cm로 감소하였고, 공극률이 52.7%에서 50.6%로 감소하였다

**Table 5.** T-test of first damaged lands.

Classification		M	SD	t	P
Humus horizon	Natural land	5.00	3.16	3.31	.020
	Damaged land	0.67	0.52		
Hardness	Natural land	10.33	3.67	-3.97	.003
	Damaged land	19.83	4.58		
Plant species	Natural land	16.50	4.59	5.12	.000
	Damaged land	5.00	3.03		

$p^{**} < 0.001, p^* < 0.05$



**Figure 3.** Pre-post comparison of the first damaged land.

**Table 6.** T-test of second damaged lands.

Classification		M	SD	t	P
Hardness	Natural land	8.89	4.73	-3.77	.002
	Damaged land	17.33	4.77		
Plant species	Natural land	17.44	3.36	5.31	.000
	Damaged land	6.67	5.07		

$p^{**} < 0.001, p^* < 0.05$

(Table 5 참조).

또한, 수목 개체수가 16.5종에서 5종으로 차이를 보였으나, 교목층의 우점종은 변함이 없는 것으로 나타났다. 이 외에도 암석의 노출도가

2.5%에서 8.3%로 상승하는 것으로 나타났다 (Figure 3 참조).

2차 훼손지의 주요 훼손 인자는 경도, 식물 개체수, 우점종으로 나타났다 (Table 6 참조). 대

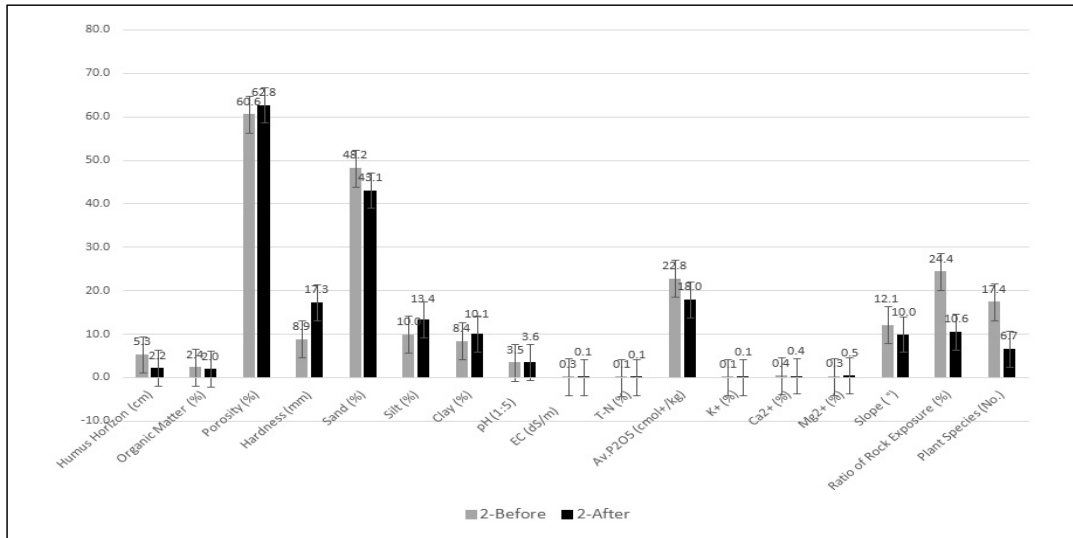


Figure 4. Pre-post comparison of the second damaged land.

Table 7. T-test of third damaged lands.

Classification		M	SD	t	P
Humus horizon	Natural land	8.11	3.41	7.14	.000
	Damaged land	0.00	0.00		
Hardness	Natural land	9.78	3.70	-5.45	.000
	Damaged land	19.33	3.74		
Plant species	Natural land	16.67	4.69	8.40	.000
	Damaged land	1.11	2.98		

$p^{**} < 0.001$ ,  $p^* < 0.05$

표 유형은 밤나무림, 수변 나지, 오토캠핑장으로 1차 훼손지와 비교 했을 때, 부식층, 공극률의 변화가 비슷한 양상을 보였다. 다만, 암석노출도와 식물종의 변화가 두드러지게 나타났다.

암석노출도의 경우 자연지역 24.4%에 비해 훼손지역 10.6%로 상대적으로 낮은 수치를 보이는 이유는 원형지역의 산림이 충남 보령 일대의 산림으로 암석이 상당히 많은 산림이었지만, 인간의 토지이용을 위해 암석을 제거하였기 때문인 것으로 판단된다. 토양경도는 8.9mm에서 17.3mm로 2배 가까이 상승하였지만, 조경설계 기준의 토양 등급 기준에서는 전·후의 경도 모

두 상급에 해당한다. 식물 개체수 또한 17.4종에서 6.6종으로 감소하였다. 1차 훼손지에서는 우점종의 변화가 없었지만, 2차훼손지에서는 소나무, 일본잎갈나무, 때죽나무, 노간주나무 등이 밤나무 혹은 잔디로 변경됨에 따라서 단순화되거나 대부분 제거되는 경향을 보였다(Figure 4 참조).

3차 훼손지의 주요 훼손 인자는 부식층과 경도, 식물 개체수, 우점종에서 많은 차이를 보였다. 이외에도 유기물, 토성, 암석노출도, T-N, Ca 항목에서 미약하지만 차이를 보였다(Table 7 참조).

대표 유형인 논, 밭, 연안건축물로 인해 부식



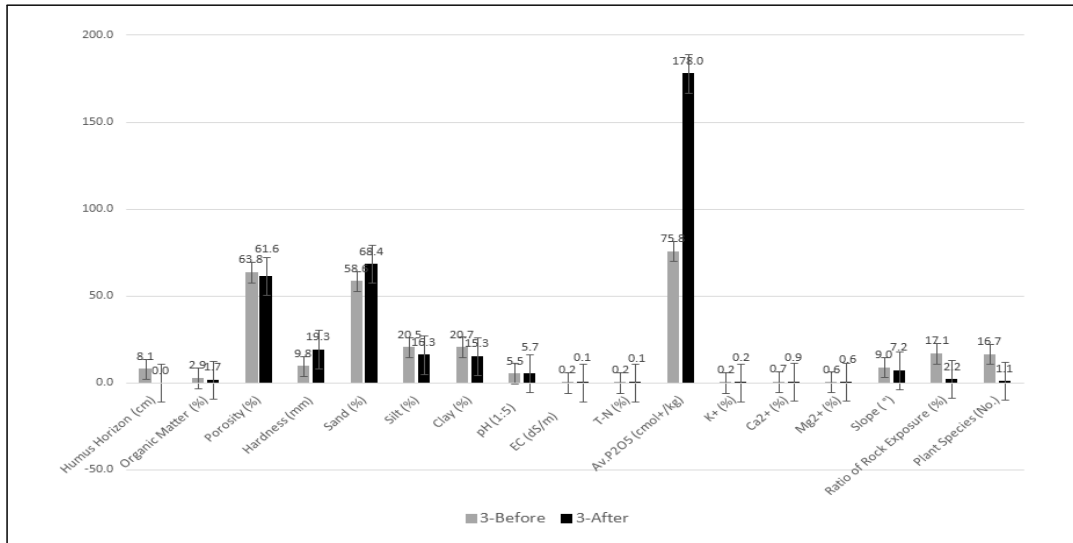


Figure 5. Pre-post comparison of the third damaged land.

Table 8. T-test of fourth damaged lands.

Classification		M	SD	t	P
Humus horizon	Natural land	5.67	3.44	4.03	.010
	Damaged land	0.00	0.00		
Organic matter	Natural land	3.68	0.81	4.56	.001
	Damaged land	1.22	1.05		
Hardness	Natural land	6.50	3.21	-5.63	.001
	Damaged land	22.83	6.34		
T-N content	Natural land	0.20	0.04	2.57	.028
	Damaged land	0.10	0.08		
Plant species	Natural land	21.33	3.78	11.66	.000
	Damaged land	1.50	1.76		

$p^{**} < 0.001$ ,  $p^* < 0.05$

층의 경우 두께 8cm에서 전혀 없는 것까지 나타났으며, 유기물은 2.9%에서 1.7%로 감소하였으나, 모두 하급으로 등급에는 큰 차이가 없었다. 경도는 9.8mm에서 19.3mm까지 상승하였지만, 모두 21mm미만으로 상급에 해당한다. 암석노출도는 2차 훼손과 마찬가지로 인간의 토지이용으로 인해 17.1%에서 2.2%로 감소하였고, T-N함량도 0.2%에서 0.1%로 낮아지면서 토양

등급도 중급에서 하급으로 낮아졌다.

식생부분에서는 원형지역의 식물 개체수 및 우점종이 벚나무, 비목나무, 소나무, 때죽나무, 곰솔, 산뽕나무, 졸참나무에서 개망초, 토끼풀로 16.7종에서 1.1종으로 종수 및 개체수에서 상당한 차이를 보였다.

반면, EC는 0.15dS/m에서 0.03dS/m로 감소되어 불량에서 하급으로 변경되었고, Av.P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>는

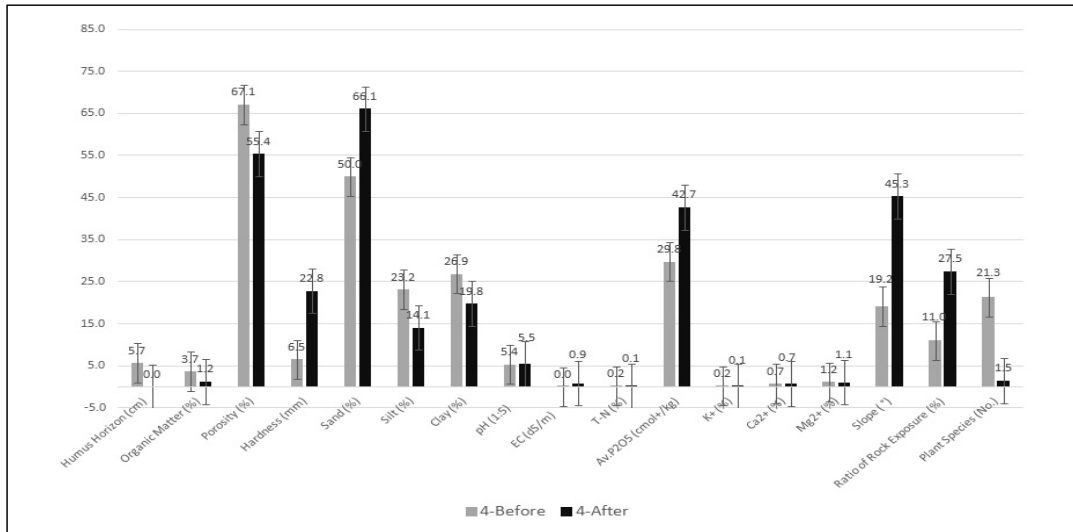


Figure 6. Pre-post comparison of the fourth damaged land.

75.67mg/kg에서 178.1mg/kg으로 증가하면서 하급에서 중급으로 변경됨에 따라서 훼손 전에 비하여 훼손 후에 더 좋아지는 결과를 보였다 (Figure 5 참조).

4차 훼손지의 주요 훼손 인자는 부식층, 유기물, 경도, T-N함량, 식물 개체수, 우점종에서 큰 차이를 보이는 것으로 나타났다(Table 8 참조).

이 외에도 암석노출도, EC, 토성 항목에서도 차이를 보였다. 부식층은 5.7cm에서 전혀 없는 것으로 바뀌었고, 토양 유기물도 3.7%에서 1.8%로 감소하여 중급에서 하급으로 낮아졌다. 공극률은 67.1%에서 47.3%로 상당히 감소된 것으로 나타났다. 경도는 6.5mm에서 22.8mm로 상급에서 중급으로 낮아졌으며, 경사도 19.2°에서 45.3°, 암석노출도 11%에서 27.5%로 그 차이가 상당히 크게 나타났다. EC는 0.037dS/m에서 0.87dS/m로 상급에서 중급으로 변경되었고, T-N함량도 0.20%에서 0.1%로 상급에서 중급으로 낮아졌다.

식생부분에서 식물 개체수가 21.3종에서 1.5종으로 감소하는 것으로 나타남에 따라서 전반적으로 식생, 토양, 지형의 환경요소가 모두 영향을 받는 것으로 나타났다(Figure 6 참조).

#### 4. 유형별 훼손 원인 및 처방

앞서 언급한 바와 같이 1차 훼손의 주된 인자는 부식층과 경도, 하부식생 개체수로 나타났으며, 이는 야영객, 등산객들의 잦은 이용에 의해 답압이 주요 원인이라 판단된다. 그리고 1차 훼손은 수목의 뿌리 돌출 및 생육에 부정적 영향을 초래하며, 하부식생의 훼손 및 소멸까지 일어나게 하는 것으로 나타났다(Figure 7 참조).

그러나, 훼손 전과 비교하여 식생토양으로서 토양경도의 차이는 분명 있었지만 토양등급의 변화가 없으며, 물리적, 화학적 변화가 크지 않았다.

그래도 훼손의 강도가 심한 야영장, 등산로는 이용객의 답압으로 인해 부식층이 훼손되고 유기물이 줄어들며 하부식생이 훼손되어 식물의 개체수가 감소되는 결과를 초래한다. 따라서,



a: Before b: After  
Figure 7. Photo of the first damaged land.



a: Before b: After

Figure 8. Photo of the second damaged land.



a: Before b: After

Figure 9. Photo of the third damaged land.

현재 국·공립 공원에서 실시하고 있는 자연휴식년제를 적용하여 훼손지의 추가적인 훼손증가를 감소시킬 수 있을 것으로 판단된다.

2차 훼손의 주된 인자는 경도, 식물종 및 개체수로 나타났다. 이는 인간의 토지형질 변경에 따른 결과로 기존 자연 상태인 원형지역을 밭나 무림, 나지, 오토캠핑장으로 변경하면서 기존의 식생들을 단일종 혹은 완전히 제거하여 생태계 단절 및 파편화 등 부정적인 영향을 초래할 것으로 판단된다(Figure 8 참조).

토양부분에서 별다른 차이를 보이지 않았으며, 차이를 보인 경도는 훼손 전과 비교하여 8.89mm에서 17.33mm 증가 하였지만 전·후 모두 토양등급은 상급으로 차이를 보인다고하기에는 어려움이 있다고 판단된다.

하지만, 2차 훼손지는 야생동물의 먹이가 되는 줄참나무, 상수리나무, 굴참나무를 비롯한 참나무류 등이 완전히 제거되거나 갱신되는 등 식물종과 개체수가 감소하여 단순화 및 훼손됨에 따라 생태계 연결성 및 다양성에 문제가 생기게 된다. 따라서, 기존 식생을 가능한 유지 및 보호하고 필요 이상의 면적은 개발을 제한하도록 해야 할 것으로 판단된다.

3차 훼손지의 대표적인 유형은 밭, 논, 연안건축부지로서 주요 훼손 인자는 부식층, 경도, 식물종 및 개체수로 2차 훼손과 비슷한 결과를 보였지만, 추가적으로 유기물과 토색, 토성, EC, Av.P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>에서도 차이를 보였다. 이는 자연지역을 개발하면서 외부의 토양 이입과 기존 토양의 경운이 주된 원인으로 판단된다. 토색, 토성 또한 1차, 2차 훼손에서 뚜렷하게 보이지 않았으

나, 3차 훼손지에서는 그 차이를 보이기 시작했다(Figure 9 참조).

그러나, 3개 유형 9개 지점 중 1지점을 제외하고 모두 원형지역에 비해 유기물의 양이 줄어들었으나 토양등급에 변화는 없었으며, EC와 Av.P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>는 농경으로 인한 관리와 비료에 의해 훼손 전에 비해 더 향상 되는 것으로 나타났다.

식생의 경우 훼손 전과 비교하여 전면 제거되는 패턴을 보이면서 식물의 종 및 개체수의 훼손이 매우 뚜렷하게 나타났다. 따라서, 3차 훼손지의 경우 최대한 주변식생을 보호하여 다양성을 유지하며, 개발이 불가피할 경우 기존의 유용한 토양자원을 보존하여 유기물 함량의 감소를 줄이도록 표토보존 계획이 필요할 것이라고 판단된다.

4차 훼손지의 대표적인 유형은 채석장, 주거지, 간척지로써 기존의 자연지역의 식생과 토양, 지형을 변화시키는 유형으로 부식층, 유기물, 경도, T-N함량, 식물종 및 개체수 항목에서 유의성 있게 나타났다. 이 외에도 공극률, 경사, 토색, 토성, 암석노출도 등에서도 차이를 보이는 것으로 조사되었다. 4차 훼손지는 자연지역의 절성토가 그 원인이라 판단된다. 산림과 하천의 경우 기존의 지형을 절성토하면서 지상부의 식생 및 부식층, 지하부의 표토층을 제거하고 C층, D층을 노출시켰고, 연안의 경우 간척지를 성토하면서 모든 항목의 수치가 변화하고 낮아지는 결과를 나타냈다. 채석장의 경우 산림을 훼손 후 토양 및 식생복원을 이행해야 하지만, 하층토를 복토하거나, 기존 지반에 소나무 묘목을 심는 것으로 완료하면서 생태적인

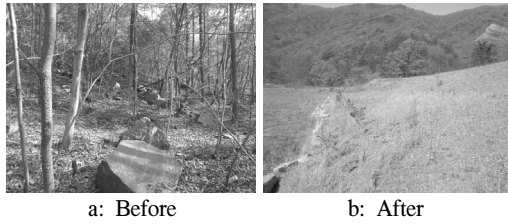


Figure 10. Photo of the fourth damaged land.

복원에 상당한 시간이 소요되는 것을 볼 수 있었다. 수변지역의 주거지 또한 하천 주변의 산림의 식생 및 토양, 지형을 변화시켜 생태계 단절의 원인이 되며, 간척지는 갯벌생태계를 훼손하는 주된 유형으로 현장조사한 간척지 3개소 모두 간척 후 논과 밭으로 이용됨에 따라 연안으로 비점오염원 유입이 불가피할 것으로 판단된다(Figure 10 참조).

4차 훼손지에서는 식물종 및 개체수가 완전히 제거되거나, 단순화 되고, 토양에서는 유기물, 경도, EC, T-N함량의 등급이 훼손 전 상급에서 중급으로 낮아지는 것으로 나타났다. 따라서, 4차 훼손지에서는 식물의 다양성을 고려하고 토양의 물리성, 화학성까지 고려한 복원이 이루어져야 할 것으로 판단된다.

채석장의 경우 현행 복원 규정을 강화하는 방안을 모색하여 사후 적정 수준의 토양 복원과 수종 및 크기를 조정하여 보다 생태적이고 신속한 복원이 될 수 있도록 해야 할 것이다. 또한, 주거지의 경우 과도한 지형 변경은 제한하고, 최대한 기존의 식생 및 토양을 유지하는 계획안에 대해 허가를 인정하고 준공 시 철저한 검증이 이루어져야 할 필요가 있다. 연안의 4차 훼손인 간척지의 대상이 되는 갯벌은 바다의 많은 생물의 서식지 역할을 하며, 바다의 오염물질의 필터링 기능을 갖고 있고, 지구에 산소를 공급하는 식물성플랑크톤이 서식하는 공간이기도 하다. 그 외에도 상당량의 물을 저장할 수 있어 연안의 홍수를 저감할 수 있다. 이런 갯벌을 훼손시키는 간척사업은 지역 및 국가적인 차원에서 최소화해야 할 것이다.

## 5. 고찰

앞선 훼손지 현장조사와 분석결과 식재기반이 되는 토양부분에서는 큰 차이를 보이지 않는 것으로 나타났다. 분명 훼손 전에 비해 훼손 후에 수치가 감소되지만, 조정설계기준의 토양 평가등급을 기준으로 평가했을 때 식물의 성장에는 문제가 없을 것으로 판단된다.

하지만, 훼손 후 식생에서 확연한 차이를 나타냈다. 1차 훼손지를 제외하고 2차, 3차, 4차 훼손지에서 식물종의 단순화와 자생식물이 제거되어 생태적으로 그 영향이 작지 않을 것으로 판단된다. 산림생태계의 관리범위 73,043ha 중 2차 훼손지는 4,160ha(5.7%), 3차 훼손지는 450ha(0.62%), 4차 훼손지는 435ha(0.6%)로 총 5046.40ha(6.92%)였다. 하천생태계 관리범위의 총 연장길이 755km 중 2차 훼손지는 30km(4%), 3차 훼손지는 510.9km(67.6%), 4차 훼손지는 53.81km(7.1%)로 총 594.7km(78.7%)였다. 연안생태계의 관리범위의 총 연장길이 723km 중 2차 훼손지는 53.9km(7%), 3차훼손지는 220km(31%), 4차 훼손지는 108.0km(15%)로 총 382.66km(53%)였다. 생태계별 훼손지의 비중은 하천이 78.7%로 가장 심각하고, 다음으로 연안이 53%, 산림 6.92%로 분석됨에 따라서 식생훼손양이 상당하며, 향후 충남광역생태네트워크의 훼손지 뿐만 아니라 백두대간생태축, DMZ생태축 도서·연안생태축 등 복원 시 상당량의 자생종 및 식재모델이 필요할 것으로 생각된다.

## IV. 결 론

본 연구에서는 충남광역생태네트워크의 훼손 실태를 기존 자료 및 위성영상을 통하여 파악하였다. 이를 바탕으로 충남광역생태네트워크의 주요 훼손지를 유형화하였고, 각각의 유형별 대표 훼손지에 대해서 생태계별로 훼손강도에 따라 각각 3개소씩 총 63개소의 대상지를 선정하여 식생조사와 토양조사를 실시하여 주요 훼손

인자와 훼손 원인을 찾았다.

분석결과 1차 훼손지의 주요 훼손인자는 부식층, 경도, 식물 개체수 항목에서 차이를 나타냈으며, 2차 훼손지에서는 부식층, 경도, 식물 개체수, 우점종 항목에서 차이를 보였다. 3차 훼손지에서는 부식층, 경도, 식물 개체수, 우점종에서 많은 차이를 보였으며, 4차 훼손지에서는 부식층, 유기물, 경도, 경사, 식물 개체수, 우점종, EC, T-N함량에서 상당한 차이를 보였다.

1차 훼손지의 훼손 원인은 자연을 이용하는 사람들로 인한 오랜 시간 답압이고, 2차 훼손지의 원인은 소극적 개발에 따른 식생의 훼손 및 단순화이고, 3차 훼손지의 원인은 연안의 건축과 농경으로 인한 토질의 변경이었다. 마지막 4차 훼손지의 훼손 원인은 이익 창출을 위한 적극적인 개발에 따른 지형변경이라고 판단된다.

전반적으로 1차, 2차 훼손지에서는 식생 부분에서 차이를 보였으나, 토양의 물리성과 화학성에서는 토양평가등급이 변경될 만큼 큰 차이를 보이지 않았다. 토양변화가 시작될 것으로 생각한 3차 훼손지 또한 식생의 변화는 뚜렷하였지만, 토양의 화학성에서 훼손전·후에 대한 유의성을 갖지는 못하였다. 4차 훼손지에서는 모든 항목은 아니지만, 식생과 토양의 물리성과 화학성이 유의한 차이를 보이는 것으로 나타났다.

따라서, 현재 개발되고 있는 식재기반 토양은 훼손전·후의 수치에는 차이가 있으나, 조경설계기준의 토양평가등급을 적용했을 때 등급변화가 많지 않아 식물 생육에 큰 영향을 주지 않을 것으로 판단된다. 다만, 식생에 있어서는 1차 훼손지를 제외하고 훼손 후 수종의 단순화 및 제거로 인해 생태적인 단절 및 파편화가 불가피할 것으로 판단되며 그 물량 또한 앞서 언급한 바와 같이 작지 않아 향후 훼손지 복원에 있어서 자생종 및 식재모델이 중요할 것으로 판단된다.

본 연구에서는 충남광역생태네트워크라는 제한된 범위 내에서 일부 대표 유형과 한정된 표본에 대해 조사하고 분석하였다는 점에서 그 한

계가 있다고 하겠다. 따라서 추후 연구에서 다양한 범위와 유형의 조사·분석을 통해 더 많은 표본을 조사한다면 주요 훼손인자를 보다 정확히 파악할 수 있을 것이라고 생각된다.

## References

- Gyeonggi Development Institute. 2003. Blue Gyeonggi Program 21. Gyeonggi-do. (in Korean)
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport. 2007. Landscape Design Standard, Kimoon-dang Press. p. 356. (in Korean)
- Rural Development Administration. 2000. Soil and Plant's Contents Analysis Method. pp. 29-32. National Institute of Agricultural Sciences. (in Korean)
- Jang, Gab Sue · Jeon, Seong Woo and Kim, Sang Soo. 2008. Analyzing Characteristics of Forest Damage within the Geum-buk Mountain Range. 36(5). Journal of the Korean institute of Landscape Architecture 130. (in Korean with English summary)
- Chungnam Development Institute. 2007. Natural Environment Survey for Building of Regional Ecological Network at Chungcheongnam-do. 1st year. (in Korean)
- Chungnam Development Institute. 2008. Natural Environment Survey for Building of Regional Ecological Network at Chungcheongnam-do. 2st year. (in Korean)
- Chungnam Development Institute. 2012. Natural Environment Survey for Building of Regional Ecological Network at Chungcheongnam-do. 3rd year Report. (in Korean)
- Ministry of Environment. 2002. Ecological Network Construction Strategies in the Korean Peninsula. (in Korean)

- Ministry of Environment. 2003. A Study on Deterioration Status Survey in Baekdudaegan Mountains( I ). (in Korean)
- Ministry of Environment. 2003. A Study on Deterioration Status Survey on the Baekdudaegan Mountains I . (in Korean)
- Ministry of Environment. 2004. A Study on Deterioration Status Survey in Baekdudaegan Mountains(II). (in Korean)
- Ministry of Environment. 2007. Research Service for Building of Regional Ecological Network. (in Korean)
- Ministry of Environment. 2008. Research for Building Regional Ecological Network at Gungang Chungcheong and Gangwon Taebaek Catchment area. (in Korean)
- Ministry of Environment. 2011. Reports for the Systematic Restoration of Damaged Natural Environment. (in Korean)