

AHP 기법을 활용한 훼손지 평가항목의 중요도 분석*

송기환¹⁾ · 최윤의²⁾ · 석영선¹⁾ · 전성우³⁾ · 성현찬²⁾ · 서정영⁴⁾ · 전진형³⁾

¹⁾ 고려대학교 환경생태공학과 대학원 학생 · ²⁾ 고려대학교 오정리질리언스연구원 교수 ·
³⁾ 고려대학교 환경생태공학부 교수 · ⁴⁾ (주)디앤씨엔지니어링 연구원

Analysis of Importance of Damaged Area Assessment Indices using Analytic Hierarchy Process*

Song, Ki-Hwan¹⁾ · Choi, Yun-Eui²⁾ · Seok, Young-Sun¹⁾ · Jeon, Seong-Woo³⁾ ·
Sung, Hyun-Chan²⁾ · Seo, Jung-Young⁴⁾ and Chon, Jin-Hyung³⁾

¹⁾ Department of Environmental Science and Ecological Engineering, Korea University, Student,

²⁾ OJeong Resilience Institute, Korea University, Professor,

³⁾ Division of Environmental Science and Ecological Engineering, Korea University, Professor,

⁴⁾ D&C Engineering, Researcher.

ABSTRACT

Urbanization and industrialization have caused increasing damage to national lands, and ecological restoration has proceeded without any specific assessment of this damage. The purpose of this study is to select indices to assess damaged areas through literature review and panel discussions, and to derive the importance of damaged area assessment indices by analyzing them through the Analytic Hierarchy Process (AHP). This study has derived, via literature review, six types of damage and a total of 18 related assessment indices. A total of 51 responses were collected from surveys and given to experts, and an AHP analysis conducted. As a result of the analysis, "Landform change (0.268)" was of the highest importance, with associated damage

* 본 결과물은 환경부의 재원으로 한국환경산업기술원의 도시 생태계 건강성 증진 사업의 지원을 받아 연구되었습니다 (2020002770002).

First author : Song, Ki-Hwan, Department of Environmental Science and Ecological Engineering,
Korea University, Student,
Tel : +82-2-3290-3621, E-mail : hyulsamoon@korea.ac.kr

Corresponding author : Chon, Jin-Hyung, Division of Environmental Science and Ecological Engineering,
Korea University, Professor,
Tel : +82-2-3290-3624, E-mail : jchon@korea.ac.kr

Received : 19 June, 2020. **Revised** : 10 November, 2020. **Accepted** : 5 November, 2020.

types as follows: "Soil contamination (0.193)", "Vegetation damaged (0.149)", "Surface soil loss (0.143)", "Change in soil physiochemical property (0.125)", and "Vegetation decline (0.122)". The analysis determined that the item of the highest importance in the overall assessment of damage was "Slope occurred area (0.100)", and that "Conductivity (0.022)" was of the lowest importance. This study can be presented as a criterion in determining the type and degree of damage in setting priorities for future ecological restoration projects.

Key Words : *Analytic Hierarchy Process, Damaged area assessment, Slope occurred area, Damaged volume, Vegetation decline ratio, Ecological restoration*

I. 서 론

훼손이란 대상이 지니고 있는 특정 대상의 구조나 기능이 감소 또는 상실된 상태를 의미하며 (National Institute of Ecology, 2015), 자연환경에서의 훼손은 환경 또는 경관이 보유하고 있는 고유의 성질이나 상태가 손상된 것을 의미한다 (Kim & Hwang, 2006). 국내 법에서는 환경훼손을 '야생 동·식물의 남획 및 서식지의 파괴, 생태계 질서의 교란, 자연경관의 훼손, 표토의 유실 등으로 인하여 자연환경의 본래적 기능에 대한 중대한 손상을 주는 상태'로 정의하고 있다 (환경정책기본법 제3조 제4항). 또한 훼손지에 대해서는 '개발제한구역 내 건축물 또는 공작물 등 각종 시설물이 밀집되어 있거나 다수 산재되어 녹지로서의 기능을 충분히 발휘하기 곤란한 곳, 또는 훼손된 녹지를 복원하거나 녹지기능을 제고하기 위하여 공원으로 조성이 시급한 곳'으로 정의하고 있다(개발제한구역의 지정 및 관리에 관한 특별조치법 제4조). 국내에서는 최근까지 개발 중심의 국토관리로 인해 다양한 지역에 훼손이 지속적으로 발생하고 있으며(National Institute of Ecology, 2015; Ministry of Environment, 2017b), 훼손이 발생하는 지역을 생태복원의 개념에서 접근하여 복원사업을 수행하고 있다(Ministry of Environment, 2011; Lee et al, 2015; National Institute of Ecology,

2015; Choi et al, 2016).

생태복원은 '질적·양적으로 저하되었거나, 훼손되었거나, 파괴된 생태계의 회복을 도와주는 과정(SER, 2004)'으로 정의되고 있으며, 국내에서는 일반적으로 훼손된 생태계를 원래의 상태나 혹은 그 상태에 가깝도록 생태계의 구조와 기능을 구성함으로써 생물서식처 혹은 생물종을 증진시키고자 하는 것을 의미한다(Jo, 2011). 국내에서 수행된 훼손지에 대한 복원사업 대부분은 훼손지에 대한 정밀하고 구체적인 평가보다는 복원하고자 하는 목표와 복원 과정에 초점을 두고 있어, 훼손지에 대한 평가가 복원으로 정밀하게 연결되는 결과로 나타나지 않는 실정이다. 일부 연구에서 훼손된 경관의 복원에 대해 사회생태시스템 측면에서 접근하여 대상지가 훼손된 원인을 통해 복원이라는 결과의 방향을 제시하고 있으나(Song et al, 2019), 대부분 복원사업에서는 복원의 목표와 과정을 특정 생물종이나 공간 특성에 초점을 두고 있다(Kim, 2013; Song & Suh, 2016; Jiang & Kim, 2018). 국내의 대표적 복원사업인 생태계보전협력금 반환사업의 경우 사업의 내용과 규모 차원에서 생태연못이나 습지, 쉼터를 조성하는 등 어떻게 복원할 것인지에 초점을 두고 생태복원의 방향을 설정하고 있어(Cho & Kim, 2011), 훼손에 대한 정량적인 진단이 부족하다. 이는 결국 단기적인 측면에서 복원사업이 완료되었음에도

불구하고 장기적인 측면에서 생태적인 안정성이 지속되지 못하는 문제로 나타날 수 있기 때문에(Moon et al, 2000; Kim et al, 2007), 훼손지에 대한 유형에 따라 정량적으로 훼손을 평가하고 평가한 내용을 기반으로 복원의 목표와 과정을 진행할 필요성이 있다.

훼손된 공간에 대한 생태복원 사업을 진행하기 위해 활용되고 있는 대상지 평가는 대부분 훼손지 자체보다는 복원을 위한 평가에 가깝게 수행되고 있다(Lee et al, 2015; Choi et al, 2016; Ministry of Environment, 2017b). 생태복원 사업지에 대해 생태적 건강성을 평가하는 지표를 개발하거나(Lee et al, 2015), 비탈면을 대상으로 복원의 공법을 평가하는 지표(Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, 2009), 생물 종 다양성을 중심으로 동·식물 종 다양성의 회복이나 구성변화를 평가(Walts et al, 2004; Sidding et al, 2015)하는 등 생태복원에 초점을 둔 평가는 지속적으로 연구되고 있다. 또한 국토의 훼손에 대해 녹지훼손, 하천 훼손, 지형훼손, 생태계훼손의 실태를 분석하고 진단하고자 하는 연구가 있으나(Korea Research Institute for Human Settlements, 2006), 이는 훼손된 지역에 대해 정량적으로 평가하기보다는 지도나 사진을 활용하여 대상지 훼손을 분석하고 진단하는 수준이다. 생태복원 사업지를 훼손지 유형에 따라 구분하고 평가지표를 개발한 연구는(Choi et al, 2016), 훼손의 유형 및 훼손지를 진단하고 이를 복원에 연결시키기보다는 생태복원 사업을 평가하기 위한 지표와 훼손지의 유형을 연결시켰다. 따라서 복원 이전 훼손지에 대해 얼마나 훼손이 되었는지 현장을 정량적으로 평가할 수 있는 항목의 개발이 필요하다.

그에 따라 본 연구의 목적은 훼손지의 유형과 훼손지를 평가할 수 있는 항목을 선정하고, 계층적 분석과정(Alytic Hierarchy Process)을 통해 훼손지 평가항목의 중요도를 도출하는 것이다. 이를 위해 먼저, 선행연구의 고찰과 전문가 자문을 통해 훼손지의 평가항목을 선정했다. 다음으

로 선정된 평가항목에 대해 환경, 생태복원, 조정 관련 전문가를 대상으로 중요도에 대한 설문을 진행하고 결과를 정리하였다. 마지막으로 정리한 결과에 대해 훼손지 유형과 평가항목을 중심으로 중요도를 분석하고 종합고찰을 실시했다. 본 연구에서 선정된 훼손지 평가항목과 중요도 분석을 통해 도출되는 가중치는 이후 생태복원 단계 이전의 훼손 유형을 판단하고 훼손의 정도를 등급화하는 훼손지 평가체계 구축에 있어 기초자료로 활용될 수 있을 것이다.

II. 재료 및 방법

1. 훼손지 평가항목 선정 및 계층구조 모형 개발

훼손지 평가항목을 선정하기 위해 훼손지 유형 분석, 토양·식생 등 환경변화 모니터링 항목, 훼손지 평가지표 개발 등에 관한 선행연구를 고찰하였다. 본 연구에서는 Ministry of Environment(2011)에서 제시한 훼손의 구분 중에서 생태기반환경과 생태환경에 초점을 두고 훼손지의 유형을 분류했다. 생태기반환경은 지형, 수리, 수문, 토양 등을 의미하고 있으며, 생태환경은 서식처, 식물상, 동물상 등을 나타낸다(Korea Research Institute for Human Settlements, 2006; Ministry of Environment, 2011). 다양한 자연적, 인위적 요인으로 인해 생태기반환경과 생태환경의 훼손이 나타나게 되는데(Ministry of Environment, 2017a), 본 연구에서는 생태기반환경 내 지형과 토양을, 생태환경 내 식생을 중심으로 유형을 구분하였다(Korea Research Institute for Human Settlements, 2006). 수환경 측면에서는 훼손에 대한 기준이나 교란에 대한 훼손의 정도를 판단하기 어렵기 때문에 연구의 범위에서 제외하였다. 선행연구를 기반으로 도출된 훼손지 평가 항목은 생태기반환경의 측면에서 원지형변형, 표층부유질, 토양오염, 토양이화학성변화가 유형으로 분류되었으며, 생태환경의 측면에서 식생쇠퇴, 식생훼손이 유형으로 분류되었다(Choi et al, 2016; Ministry of Environment,

2017a). 원지형변형은 자연 재해 및 개발행위로 인해 기존의 지형이 깊이 30cm 이상 변형 및 훼손된 경우이며(Ministry of Environment, 2017a), 표층부유실은 자연 재해 및 개발행위로 인해 기존의 지형이 깊이 30cm 미만으로 변형되거나 훼손된 경우를 말한다(Ministry of Environment, 2001). 토양오염은 토양환경보전법 제 2조의 정의에 따라 사업활동이나 그 밖의 사람의 활동에 의하여 토양이 오염되는 것으로서 사람의 건강·재산이나 환경에 피해를 주는 상태로 정의하며, 토양이화학성변화는 농업 활동으로 토양이 변하거나 인간활동에 의해 토양 답압이 발생한 경우를 말한다(Lee et al, 2010; Rural Development Administration, 2013). 식생쇠되는 산불, 병해충 등에 의해 원 식생이 소멸한 경우이며, 고온, 저온, 강우, 바람, 설해, 번개, 산불, 병해충 등의 직접적 요인으로 발생하기도 하며 생태기반환경의 훼손을 통해 간접적으로 발생하기도 한다(Jee & Oh, 2001). 식생 훼손은 자연적, 또는 인위적 행위 등에 의해 원 식생의 구조가 변형되거나 훼손된 경우로 식생의 층위별 구조 조사 결과에 기반하여 식생구조 변화에 영향을 미치는 교란종의 발생 여부나 자생종 서식 여부를 조사해야 한다(Choi et al, 2016).

분류한 훼손지의 6가지 유형을 기반으로, 각 유형별 훼손을 평가하기 위한 항목 도출을 위해 이를 평가하는 평가자의 수준, 훼손의 정도에 대한 등급화 가능 여부, 복원방향 설정을 위한 활용가능성 여부 등을 고려하였다. 훼손지 평가 항목 활용의 범용성을 고려하여 훼손지 평가자를 자연환경관리기술사 및 환경영향평가사 등 전문 기술자격 보유자 뿐만 아니라 관련 전공자, 연구원, 기술직 공무원 등 준전문가로 설정하고 이들이 복잡한 실험장비를 활용하지 않고 현장에서 확인할 수 있도록 평가항목을 선정하였다. 또한, 향후 복원 우선순위 설정 등에 활용할 수 있도록 훼손 정도를 등급화 할 수 있는 정성적·정량적 평가항목과 복원 방향을 설정하기 위해 필요한 항목을 중심으로 선정하였다. 본

연구에서는 문헌고찰을 통해 훼손지 유형에 따른 평가항목을 다음과 같이 도출하였으며, 훼손지의 유형과 선정된 평가항목들에 대해 토양, 식생, 생태, 환경 분야의 전문가 7인에게 자문을 받아 평가항목의 타당성을 확보하고자 했다.

먼저, 생태기반환경의 측면에서 원지형변형, 표층부유실, 토양오염, 토양이화학성평가에 대한 항목을 도출하고 전문가 자문을 통해 최종 항목들을 선정하였다. 원지형변형은 훼손의 깊이와 면적에 따른 부피, 경사도가 20°이상 나타날수록 훼손이 발생했다고 판단하는 유형이다(Ministry of Environment, 2017b). 또한, 지형변화를 나타내는 항목 중, 사면 발생 면적이 클수록 원지형변형 정도가 큰 것으로 판단할 수 있다. 이에 원지형변형을 평가하는 세부항목으로 훼손부피, 경사도, 사면발생면적을 선정하였다(Korea Research Institute for Human Settlements, 2006). 그 중에서 훼손의 부피는 훼손의 깊이와 면적을 곱한 것으로 계산하는데, 훼손의 깊이는 원지형이 유지된 곳과 훼손이 발생한 지역의 경계에서 줄자를 이용하여 측정하고 원지형 대비 깊이 0.3m 이상 변형된 곳을 기준으로 판단한다(Ministry of Environment, 2017b). 또한 사면발생면적의 경우도 주변지역 대비 변형된 면적을 산출함으로써 판단한다. 표층부유실의 경우, 훼손의 깊이와 경사장, 그리고 식생 피복 비율에 따라 평가하게 된다. 표층부유실은 원지형과 가까운 쪽은 얇게, 먼 쪽은 깊게 파이는 경향이 있으므로 주변지역의 지형 대비 깊이 차가 0.07m이상~0.3m 이하로 변형된 곳을 판단한다. 경사장의 경우 길수록 표층부유실 발생 위험이 커짐에 따라(Ministry of Environment, 2017b) 표층부유실이 발생한 공간에서 경사진 곳의 최대 깊이를 고려해야 하며, 대부분 식생 훼손을 동반하여 식생이 없는 나지가 노출되는 경우가 많아 식생 피복정도를 평가할 필요가 있다. 이를 종합하면 원지형변형과 표층부유실을 판단하기 위해서는 훼손된 대상지역과 주변지역과의 지형을 비교함으로써 판단할 수 있다. 토양오염은 훼손지

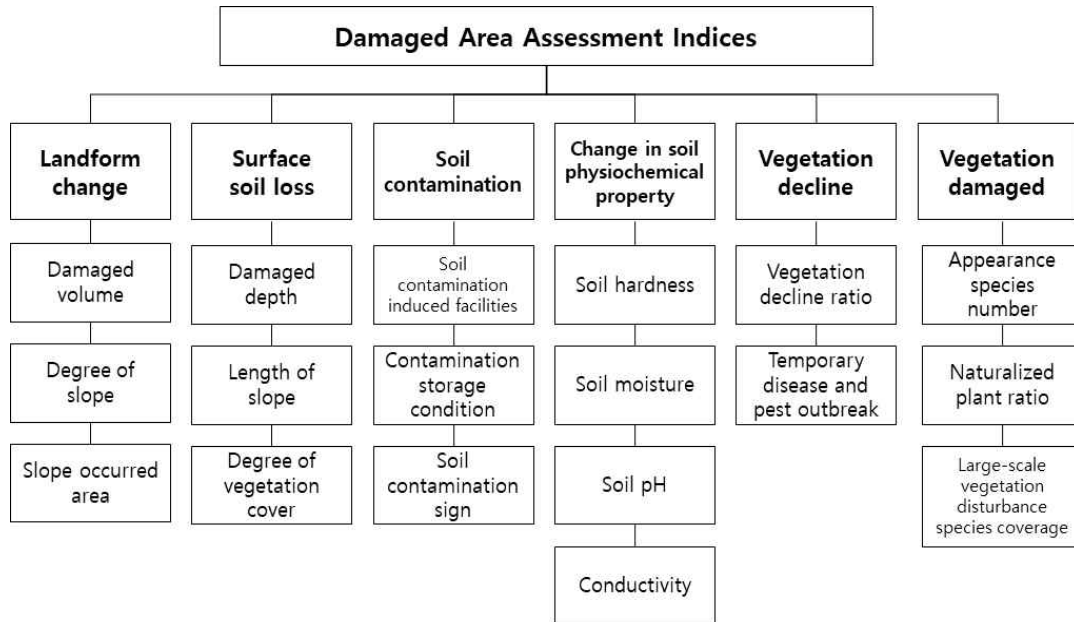


Figure 1. Evaluation factor hierarchy metrics of damaged area.

내 피복, 얼룩, 냄새 등 오염징후를 통해 확인할 수 있다(Myong & Lee, 2019). 한편, 훼손지 토양 오염에 직·간접적인 영향을 미치는 반경 0.5km 내 토양오염유발시설(주유소, 축사, 하수종말처리장, 공장 등)의 수를 기록하거나 오염물질의 보관 상태를 확인함으로써 현재의 훼손 영향에 대해 평가할 수 있다. 이에 토양오염을 평가하는 세부 항목으로 훼손지 내 토양오염 징후, 주변 오염유발시설 수, 주변 시설의 오염물질 보관 상태를 선정하였다. 토양이화학성을 평가하기 위해서는 토양 시료를 채집한 후 실험실 조건에서 물리성(토양경도, 토양습도, 토성 등)과 화학성(토양산도, 전기전도도, 양이온치환용량 등) 평가항목에 대해 분석해야 하나, 본 연구에서 설정한 범위에 따라 현장에서 측정기기를 활용하여 측정 가능한 토양경도, 토양습도, 토양산도, 전기전도도를 평가항목으로 선정하였다.

다음으로, 생태환경의 측면에서 식생쇠퇴와 식생훼손의 유형에 해당하는 훼손 평가항목을 선정했다. 식생쇠퇴의 경우, 기후 및 기상조건의 교란, 산불, 병해충, 생태기반환경의 훼손 등 직·

간접 요인에 의해 고사한 식물 개체수 및 현황을 기반으로 식생쇠퇴가 나타난 면적을 조사하여야 한다(Myong & Lee, 2019). 대부분의 병해충은 해당 생태계를 구성하는 구성원으로 생물 다양성의 범위 안에 있으므로 자연식생에서 매우 자연스러운 현상이다. 그러나 외래 해충 및 균에 의한 병해충 대발생 및 교란은 생태계를 위협하므로 방제 및 복원의 대상이 되어야 한다. 이에 식생쇠퇴 평가항목으로 식생쇠퇴비율과 외래 해충 및 균에 의한 일시적 병해충 대발생 현황을 선정하였다. 병해는 기주수목별 발병부위의 병해 간이진단에 따라 병명을 기재하고, 충해의 경우 수목명과 해충명을 기재함으로써 판단이 가능하다(<http://www.forest.go.kr/>). 식생훼손의 경우, 종 다양성에 영향을 미치는 요소를 중점으로 고려하였다. 종 다양성은 생물종의 다양한 정도로, 생물종이 다양하고 복잡할수록 안정된 생태계를 유지할 수 있게 된다(Jung et al, 2019). 귀화식물은 열악한 환경조건에서도 발아할 수 있는 능력을 갖고 있으며 발아를 위한 제한조건이 자생식물보다 상대적으로 적기 때문에

분포하기가 수월하다(Newsome and Noble, 1986). 환삼덩굴, 가시박 등 생태교란 식물종은 빠르게 성장하며 주변 식생들을 뒤덮어 타 생물 종의 성장을 억제하고 단일 식생군락을 형성하므로 생물다양성을 저해한다. 또한 다량의 꽃가루를 날려 알레르기를 유발하는 등 인체에도 악영향을 미친다. 이에 식생훼손 평가항목으로 출현종 수, 귀화율, 대규모 식생교란 종 피도를 선정하였다. 이와 같이 도출된 훼손지 평가부문 6가지와 훼손지 평가항목 18가지를 종합한 의사결정 계층구조 모형은 Figure 1과 같다.

2. 자료수집 및 분석

훼손지를 평가함에 있어 중요한 항목의 우선순위를 결정하기 위하여 상대적 중요도에 따른 가중치를 평가하는데 널리 활용되는 계층적 분석과정(Analytic Hierarchy Process: AHP)을 적용하였다. AHP는 전문가의 지식과 경험을 근거로 불명확한 의사결정을 객관적으로 도출할 수 있다는 장점이 있다(Lee, 2014; Jeong et al, 2019). AHP는 전문가들로 이루어진 평가자들의 경험, 직관, 지식 등을 바탕으로 평가요소들을 절대평가가 아닌 요소 간 상대적인 중요도를 도출해내는 의사결정을 하는 과정이므로(Kim et al, 2007), 이에 본 연구에서는 훼손지 평가항목 중요도 조사의 모집단을 환경·생태복원·조경 등 관련 분야의 기술사 및 박사급으로 설정했다. 설문지는 학계(조경학과, 산림자원학과, 환경원예학과 등) 6명, 연구원(조경, 산림, 생태복원 관련 연구부서) 4명, 조경 및 생태복원업체(설계, 시공, 엔지니어링 업체) 41명을 대상으로 배포되었다. 훼손 및 생태복원과 관련된 대상자가 실무자들 위주로 구성되었으나, 해당 실무자들도 대부분 기술사 자격증을 소지하였기 때문에 전문성의 측면에서 타당하다고 판단했다. AHP 평가는 정규분포를 따르기 위해 일정 표본 수를 확보해야 하는 일반 설문조사와는 달리 관련 분야에 대한 전문성이 높은 표본 선정이 더욱 중

요하다(Jeong et al, 2019). 따라서 본 연구에서 전문가 선정은 훼손과 생태복원에 연구경력이 있는 전문가들을 대상으로 이루어졌다. 이는 훼손 및 생태복원과 관련된 연구자들을 대상으로 설문조사를 실시함으로써 보다 전문성 있는 분석결과를 도출하기 위함이다.

설문내용은 각 평가항목 간 중요도 문항과 응답자의 업무분야, 전공분야, 학력, 자격명, 실무경력 등 일반현황으로 구성하였다. 중요도 문항은 훼손지 평가 부문 간 쌍대비교를 하거나, 동일 부문내 평가항목 간 쌍대비교가 가능하도록 구조화하였다. 각 항목들의 평가는 양방향 5점 척도(1: 동일, 2: 다소 중요, 3: 중요, 4: 매우 중요, 5: 극히 중요)를 적용하였다. 설문지는 2019년 12월 15일부터 2020년 2월 14일까지 이메일을 통해 배포되었다. 설문조사는 신뢰성을 유지하기 위해 설문 대상자들에게 연구배경과 목적, 활용 예시 등을 사전에 설명하고 AHP 평가방법을 숙지한 후 조사에 응답하도록 하였다. 배포된 65부의 설문지 중 52부(회수율 80%)를 회수하였으며, 부실 응답 1부를 제외한 51부를 설문 분석에 활용하였다.

설문분석은 AHP 분석 소프트웨어인 DRESS 1.7을 활용하여 각 평가항목 간 중요도, 일관성 지수(Consistency Index: CI), 일관성 비율(Consistency Ratio: CR)을 산출하였으며, Saaty (1995)의 연구를 참고로 일관성 비율(CR)이 0.1 이하에 해당하는 설문 응답자의 결과가 일관성이 있다고 판단하였다. 설문응답자의 일반현황은 IBM SPSS Statistics 25를 활용하여 분석하였다.

III. 연구 결과 및 고찰

1. 응답자의 일반현황

훼손지 평가항목 가중치 조사 응답자의 일반현황은 Table 1과 같다. 업무분야의 경우 민간 기업이 76.4%으로, 학계(11.8%), 연구원(7.8%)

Table 1. AHP experts profiles

Item		Number of experts	Ratio(%)
Work field	Private enterprise	39	76.4
	Academia	6	11.8
	Research Institute	4	7.8
	Public enterprise	1	2.0
	Public officer	1	2.0
	Total	51	100
Major	Landscape	19	37.3
	Environment	17	33.3
	Ecological restoration	13	25.5
	Forest	2	3.9
	Total	51	100
Education	Master	21	41.2
	Ph.D.	20	39.2
	Bachelor	10	19.6
	Total	51	100
Professional license*	Professional engineer nature environmental management	30	42.9
	Environmental impact assessment project manager	24	34.3
	Professional engineer landscape architecture	5	7.1
	Other	4	5.7
	Absence	7	10.0
	Total	70	100
Career (year)	>20 years	21	41.2
	16~20 years	13	25.5
	11~15 years	11	21.6
	6~10 years	5	9.8
	5>years	1	1.9
	Total	51	100

* Professional licences are displayed in duplicate.

등 연구계 그룹보다 실무자 그룹의 비율이 월등히 높게 나타났다. 전공 분야별로는 조경 분야가 37.3%로 가장 많았고, 환경 분야가 33.3%, 생태복원이 25.5%, 산림이 3.9%의 순으로 나타났다. 훼손지라는 분야의 특성상 조경이나 환경, 생태복원의 분야 전문가의 비중이 높게 나타난 것을 알 수 있다. 학력은 석사학위가 41.2%, 박사학위가 39.2%, 그리고 학사학위가 19.6%로 석사 및 박사학위의 비중이 높게 나타났다. 자

격명은 중복소지자를 포함하여 총 합계가 70명이며 그중에 자연환경관리기술사가 42.9%, 환경영향평가사가 34.3%, 조경기술사가 7.1%, 그리고 대기관리기술사와 문화재기술사 등 기타 자격을 소지하고 있는 응답자가 5.7%, 자격 미소지자가 10%로 나타나 기술사 자격을 소지하고 있는 응답자가 전체의 90%를 차지했다. 응답자의 전공 분야 경력(학사졸업 이후)은 21년 이상이 41.2%, 16~20년이 25.5%, 11~15년이

Table 2. Analyzing the importance of damage type

Division	Damaged type	AHP Importance	Priority	CR
Damaged type	Landform change	0.268	1	0.01
	Soil contamination	0.193	2	
	Vegetation damaged	0.149	3	
	Surface soil loss	0.143	4	
	Change in soil physiochemical property	0.125	5	
	Vegetation decline	0.122	6	

Table 3. Analyzing the importance of landform change

Division	Assessment Indices of landform change	AHP Importance	Priority	CR
Landform change	Slope occurred area	0.372	1	0.00
	Damaged volume	0.361	2	
	Degree of slope	0.267	3	

21.6%, 6~10년이 9.8%, 5년 이하가 1.9%로 나타나 전공분야에 10년 이상의 경험을 가진 응답자가 전체의 88.3%를 차지했다. 이는 훼손지 평가항목 가중치 조사를 위한 설문 응답자의 전문성이 확보되었다고 할 수 있다.

2. 훼손지 유형의 평가항목간 중요도 분석 결과

훼손지의 훼손 정도를 평가하기 위해 분류한 훼손 유형 6가지(원지형변형, 표층부유실, 토양오염, 토양이화학성변화, 식생쇠퇴, 식생훼손)에 대한 가중치 평가결과는 Table 2와 같다. 훼손 유형 간의 중요도를 분석한 결과, 훼손의 유형에서 가장 중요하다고 인식하는 것은 원지형변형으로 26.8%를 나타냈다. 다음으로는 토양오염이 19.3%, 식생훼손이 14.9%, 표층부유실이 14.3%, 토양이화학성변화가 12.5%, 식생쇠퇴가 12.2% 순으로 중요도를 나타냈다. 모든 항목에 대한 일관성 비율(Consistency Ratio, CR)이 0.1 이하로 나타나 중요도 평가에 대한 응답에는 일관성이 있는 것으로 나타났다. 이는 원지형변형으로 인해 발생하는 훼손이 상대적으로 토양이나 식생에서 발생하는 훼손보다 더욱 중요한 것을 나타내고 있으며, 원지형변형과 비슷하게 훼손이 물리적

로 나타나는 표층부유실의 경우에는 오히려 토양 오염이나 식생훼손으로 발생하는 훼손보다 덜 중요하게 인식했다. 훼손 유형 중 토양의 경우도 토양오염과 토양이화학성변화에는 중요도에 차이가 있었으며, 식생의 경우 역시 응답자가 인식하는 중요도에 차이가 있었다.

훼손 유형 중 원지형변형의 중요도와 순위를 분석한 결과는 다음과 같다(Table 3). 원지형변형의 중요도는 사면발생면적, 훼손부피, 경사도의 순위로 나타났다. 사면발생면적과 훼손부피의 중요도는 순위에는 차이가 있으나 정도는 미미하게 나타났기 때문에, 비슷하게 인식되고 있는 것을 알 수 있다. 상대적으로 경사도는 다른 평가항목보다 중요도가 낮게 나타나, 경사의 발생보다는 지형의 부피 측면이 더욱 훼손에서 중요하게 인식된 것을 알 수 있다. 응답자 중 일부는 원지형변형을 판단하기 위한 평가항목에 육화 또는 매립과 관련된 항목을 제안하기도 했다. 이는 단순히 토양이 유실되거나 사면이 발생하여 이루어진 훼손뿐만 아니라 기존의 지형에서 육화되거나 매립되어 변형된 것도 훼손으로 인식할 수 있다는 것을 의미하고 있다.

훼손 유형 중 표층부유실에 해당하는 평가항

Table 4. Analyzing the importance of surface soil loss

Division	Assessment Indices of surface soil loss	AHP Importance	Priority	CR
Surface soil loss	Damaged depth	0.345	1	0.00
	Degree of vegetation cover	0.339	2	
	Length of slope	0.315	3	

Table 5. Analyzing the importance of soil contamination

Division	Assessment Indices of soil contamination	AHP Importance	Priority	CR
Soil contamination	Soil contamination sign	0.366	1	0.00
	Soil contamination induced facilities	0.323	2	
	Contaminants storage condition	0.311	3	

Table 6. Analyzing the importance of change in physiochemical property

Division	Assessment Indices of change in physiochemical property	AHP Importance	Priority	CR
Change in soil physiochemical property	Soil pH	0.300	1	0.01
	Soil hardness	0.278	2	
	Soil moisture	0.245	3	
	Conductivity	0.177	4	

목들의 중요도와 순위를 분석한 결과는 Table 4와 같다. 표층부유질의 평가항목은 훼손깊이와 식생피복정도, 경사장의 순으로 나타났다. 훼손깊이와 식생피복정도, 경사장의 중요도는 중요도의 우선순위는 있으나 그 차이는 상대적으로 다른 훼손 유형과 평가항목에 비해 미미하게 나타났다. 이는 원지형에 비해 훼손이 발생한 지역의 깊이를 의미하는 훼손깊이와, 경사면의 길이인 경사장, 식생없이 나지가 노출되는 것인 식생피복정도는 표층부유질을 판단함에 있어서 그 차이가 크지 않다고 판단한 것으로 볼 수 있다.

훼손 유형 중 토양오염에 해당하는 평가항목들의 중요도와 순위분석 결과는 Table 5에 나타난 바와 같이 토양오염징후, 오염유발시설, 오염물질보관상태의 순으로 나타났다. 토양오염의 징후는 현장조사를 통해서만 대상지역이 얼마나 토양오염의 흔적이 있는지를 알 수 있는 항목이나 응답자들은 오염유발시설의 개수나 오염물질보관상태보다 해당 항목을 더욱 중요하

게 인식하고 있는 것으로 나타났다. 일부 응답자들은 토양오염에 있어서 대상지역으로 유입되는 수계현황을 평가항목에 추가할 필요가 있다고 제시하였다. 이는 주변 오염유발시설에서 대상지역으로 유입되는 수계(지하수, 하천 등)의 현황 역시 토양오염을 평가하는 항목으로 인식될 필요가 있음을 나타내고 있다.

훼손 유형 중 토양이화학성변화에 해당하는 평가항목들의 중요도와 순위를 분석한 결과는 토양산도, 토양경도, 토양습도, 그리고 전기전도도의 순으로 나타났다(Table 6). 이는 토양의 화학성을 나타내는 토양산도가 토양경도나 습도 등 물리적인 측면보다 더욱 중요하다는 것을 의미하고 있다. 일부 응답자들은 현재 평가항목 외에도 토양의 유기물, 즉 영양염류(질소, 인) 현황을 추가하는 것을 제시하고 있는데, 이는 통기성과 투수성을 좋게 하는 등 토양의 성질을 개량하며 식물의 생육을 도울 수 있기 때문으로 파악된다.

훼손 유형 중 식생쇠퇴에 해당하는 평가항목

Table 7. Analyzing the importance of vegetation decline

Division	Assessment Indices of vegetation decline	AHP Importance	Priority	CR
Vegetation decline	Vegetation decline ratio	0.686	1	0.00
	Temporary disease and pest outbreak	0.314	2	

Table 8. Analyzing the importance of vegetation damaged

Division	Assessment Indices of vegetation damaged	AHP Importance	Priority	CR
Vegetation damaged	Large-scale vegetation disturbance species coverage	0.420	1	0.00
	Appearance species number	0.336	2	
	Naturalized plant ratio	0.244	3	

들의 중요도와 순위는 Table 7에 나타난 바와 같이 식생쇠퇴비율과 일시적병충해대발생의 순서로 나타났다. 식생쇠퇴비율은 현장조사에서 확인된 식물 고사 현황을 기반으로 전체 면적 대비 식생쇠퇴가 발생한 면적의 비율을 나타낸 것이며, 병충해대발생은 병충해 발생의 여부와 흔적에 따라서 판단하는 것이기 때문에 높은 비중으로 식생쇠퇴비율이 병충해발생보다 중요하다고 인식되었다고 파악된다.

훼손 유형 중 식생훼손에 해당하는 평가항목들의 중요도와 순위는 Table 8과 같이 대규모식생교란종피도와 출현종수, 귀화율의 순으로 나타났다. 식생훼손의 평가항목 중 대규모식생교란종피도의 중요도가 42%로 1순위를 나타냈다. 다음으로 출현종수의 중요도는 34%로 2순위, 귀화율은 24%로 3순위를 나타냈다. 가시박이나 환삼덩굴, 돼지풀, 칩 등의 식생교란종의 피도를 의미하는 대규모식생교란종피도가 가장 높은 중요도를 보인 것은 대상지역에 나타나는 전체 출현종의 수나 귀화율에 대한 지표보다 식생교란종의 면적이 식생의 훼손을 평가할 수 있는 가장 중요한 척도라고 인식했기 때문임을 알 수 있으며, 귀화율에 대한 지표 자체는 식생이 훼손되었다고 판단하는 것에는 상대적으로 다른 항목들보다는 낮다는 것을 알 수 있다. 일부 응답자들은 그 외에도 식생훼손의 유형에서 CO₂ 흡수력의 평가항목을 제시하고 있는데, 이는 식생의 CO₂ 흡수력이 저하되는 것이 산림이나 녹

지지역 내 흡수원 훼손에 해당한다고 판단하기 때문에 인식된다.

3. 종합 고찰

훼손지를 평가하기 위해 고려해야 하는 항목들의 전체 중요도는 Table 9와 같다. 훼손지 평가항목의 전체 중요도는 상위항목(훼손지 유형)과 하위항목(평가항목) 중요도의 곱으로 산출되는 복합가중치로서 훼손지 평가를 위한 전체 항목들 중에서 우선순위를 판단할 수 있다. 평가항목 전체순위에서 상위 5위까지를 살펴보면 사면발생면적이 0.100으로 가장 중요하다고 나타났으며, 원지형 변형의 측면에서 훼손의 깊이(0.097), 식생쇠퇴비율(0.084), 경사도(0.072), 대상지 내 토양오염정후(0.071)의 순으로 중요도가 나타났다. 반면 토양의 이화학적 특성인 토양산도(0.037)나 토양경도(0.035), 토양습도(0.031), 전기전도도(0.022) 등은 상대적으로 중요도가 낮게 나타났다.

본 연구에서는 앞서 분류한 훼손 유형과 평가항목들을 대상으로 AHP 중요도 분석을 실시하였고, 응답자들에게 현재 도출한 평가항목에 대해 추가적인 의견을 받았으며 그에 대한 고찰을 실시하였다. 해당 고찰은 AHP 평가를 진행하면서 추가적으로 응답자들에게 받은 의견을 토대로 진행되었으므로, 해당 내용들은 본 연구의 평가항목에는 다시 반영되거나 재도출되지 않았다. 대부분의 응답자들은 훼손지에 대한 평가항목에 대해 주변지역을 고려해야 함을 제시하

Table 9. Weight of total damaged area assessment indices

Assessment Indices of damaged type	AHP Importance	Overall Priority
Slope occurred area	0.100	1
Damaged volume	0.097	2
Vegetation decline ratio	0.084	3
Degree of slope	0.072	4
Soil contamination sign	0.071	5
Large-scale vegetation disturbance species coverage	0.062	6
Soil contamination induced facilities	0.062	6
Contaminants storage condition	0.060	8
Appearance species number	0.050	9
Damaged depth	0.049	10
Degree of vegetation cover	0.049	10
Length of slope	0.045	12
Temporary disease and pest outbreak	0.038	13
Soil pH	0.037	14
Naturalized plant ratio	0.036	15
Soil hardness	0.035	16
Soil moisture	0.031	17
Conductivity	0.022	18
Total	1	-

고 있다. 대상지역에 대한 평가뿐만 아니라 주변환경과의 연결성 측면을 고려할 때 대상지역의 훼손을 판단할 수 있기 때문으로 판단된다. 본 연구에서는 원지형변형과 표층부유질의 유형을 판단할 경우 주변지역의 지형과 비교하는 것을 제시하고 있다. 그러나 그 외에도 생태적 연계성의 측면에서 훼손지역의 토지이용(도시지, 농경지, 산림 등)과 주변 생태축을 고려해야 한다. 이는 인접한 토지이용에 따라 자연적인 회복력을 기대할 수 있는지, 그리고 생물종의 유입이 원활한지, 2차 훼손을 파악할 수 있는지 등이 달라질 수 있기 때문이다. 그와 연결하여 수리수문, 주변지형 등 주변지역의 잠재훼손요소 항목을 추가하는 것 역시 대상지의 훼손을 판단할 수 있는 기준으로 볼 수 있다. 이는 결국 훼손지를 평가할 때 광역적, 경관생태학적으로 접근하는 것이 필요함을 시사하고 있는 것이다.

또한 본 연구에서 제시한 식생훼손의 경우 식

생구조, 출현종 수, 귀화율, 식생교란종 피도 등의 항목을 통해 판단하게 되는데, 이에 대한 다양성 측면에서 부족한 점이 있다고 응답자들이 제시하였다. 종 다양성(Species diversity)을 판단하기 위해서는 종의 수를 판단할 수 있는 종 풍부도(Species richness)와 각 종간의 개체수 배분을 나타내는 종 균등도(Species evenness)를 기준으로 해야 하기 때문에, 본 연구에서 출현종 수를 통해 판단하고자 한 종 풍부도는 다양성까지 이어지기에는 부족한 점이 있다. 따라서 종 균등도에 대한 측면을 추가적으로 고려함으로써 전체 종 다양성을 판단할 필요가 있다.

IV. 결론

도시화나 산업화에 따른 개발이 확대됨에 따라, 훼손된 지역을 복원하고자 하는 수요는 지속적으로 증가할 것으로 예상된다. 이러한 수요

에 따라 훼손된 지역이 어디인지를 파악하고 해당 지역이 얼마나 훼손되었는지를 평가함으로써 복원의 방향을 설정하고자 하는 연구가 필요하다. 그에 따라 본 연구에서는 환경과 생태복원, 조경과 관련된 전문가들을 대상으로 훼손지 평가항목에 대한 설문조사를 실시하여 평가항목들에 대한 중요도를 분석했다. 이에 대한 연구결과는 다음과 같다.

첫째, 문헌고찰 및 전문가 검토를 통해 훼손 유형에 대한 원지형변형, 표층부유질, 토양오염, 토양이화학성변화, 식생쇠퇴, 식생훼손의 6가지 범주를 구분하였으며, 해당 유형들을 중심으로 18개의 평가항목을 도출하였다. 이는 기존의 훼손 유형에 따라 생태복원 평가방법을 개발한 연구와는 차이가 있었다(Choi et al, 2016). 해당 연구에서는 훼손지 유형과 생태복원 평가항목의 분야를 구분하였으며, 생태복원 평가항목의 분야가 훼손지 유형에 있어 어떤 것이 중요한지를 분석하였다. 그러나 본 연구에서는 훼손지 유형에 따른 평가항목을 개발함으로써 각 훼손지 유형별로 어떤 항목들이 더욱 중요한지를 분석하고자 했다.

둘째, 도출된 평가항목들의 상대적 중요도를 파악하기 위해 환경, 생태복원, 조경과 관련된 전문가 조사를 실시하였으며 각 훼손지 평가항목들 간의 중요도를 분석했다. 분석결과, 훼손 유형에 대한 중요도는 원지형변형(0.268), 토양오염(0.193), 식생훼손(0.149), 표층부유질(0.143), 토양이화학성변화(0.125), 식생쇠퇴(0.122)의 순으로 나타나 원지형변형이 훼손에 있어서 가장 중요한 것으로 분석되었다.

셋째, 훼손지 유형에 대한 분류와 각 평가항목들의 중요도를 통해 전체 훼손지 평가항목들의 중요도를 산출하였다. 그 결과로 사면발생면적, 원지형변형에서의 훼손깊이, 식생쇠퇴비율, 경사도, 대상지 내 토양오염정후가 상위 5순위의 중요도를 나타냈으며, 전기전도도, 토양습도, 토양경도, 귀화율, 토양산도가 하위 5순위의 중

요도를 나타냈다. 이는 대상지역의 전체 훼손을 판단할 때 가중치를 통해 유형별 훼손의 정도, 또한 전체 대상지역의 훼손 정도를 수치화하고 표준화시키는 데에 활용될 수 있다.

본 연구는 생태복원 사업을 진행하기 이전에, 훼손지의 유형과 훼손의 정도를 정량적으로 판단할 수 있는 평가항목에 대해 중요도를 분석하고 가중치를 산정함으로써 훼손의 유형과 평가 정도를 복원과정에 활용하고자 했다는 데 의의가 있다. 이는 대상지의 훼손을 진단할 때, 본 연구의 평가항목과 유형, 그리고 가중치를 통해 대상지가 얼마나 훼손이 되었는지를 표준화하여 제시할 수 있다는 점에서 차별성을 갖는다. 또한 생태복원을 시행하기 이전에, 훼손에 대한 평가와 훼손의 원인과 결과에 대한 시스템적 분석, 그리고 복원의 방향을 설정할 수 있는 훼손지의 평가체계를 구축함에 있어 기반을 마련했다는 점에서 의의가 있다. 다만 설문조사를 통해 자료수집을 하는 과정에서 학계나 연구원 등에 비해 업계에 치중된 전문가 집단이 구성되었다는 점에서 향후 연구를 통해 보완이 필요하다. 또한 평가항목을 선정하는 데 있어서 주변 환경과의 연결성 측면을 고려하지 못했으며 종 다양성과 같은 부분을 판단함에 있어서 종 풍부도만 제시했다는 점에서 한계가 있다. 실제 훼손지역들은 본 연구에서 고려한 것보다 더욱 다양한 훼손 상황에서 그에 적합한 복원 목표를 설정하기 때문에 적절한 평가 배점을 설정하기 위해서는 다양한 현장 상황을 체계적이고 집중적으로 조사하고 분석하여, 객관적이면서도 세부적인 평가기준을 마련하기 위한 추가적인 연구가 필요할 것이다. 또한 정량적으로 평가할 수 있는 항목임에도 불구하고 토양오염정후나 오염물질보관상태 등 평가항목에 있어 일부 정성적인 기준이 포함되어 있어, 향후 연구에서는 이에 대해서도 심도 있는 고찰을 통한 항목의 재선정 과정과 그에 대한 분석이 추가적으로 필요하다고 판단된다.

References

- Cho DG. 2011. Ecological Restoration Planning & Design. Seoul: Nexus Design.
- Cho DG. and Kim SW. 2010. A Study on Current Status and Improvement Plans of Ecosystem Conservation Fund Return Projects. Journal of the Korea Society of Environmental Restoration Technology. 13(3): 63-72.
- Choi J. · S. Lee · SA. Lee · SY. Ji and SH. Lee. 2016. Evaluation Method Development for Ecological Restorations by Damaged Types. Journal of the Korea Society of Environmental Restoration Technology, 19(1), 121-133.
- Jeong DY. · YE. Choi and J. Chon. 2019. Analysis of Importance in Available Space for Creating Urban Forests to Reduce Particulate Matter - Using the Analytic Hierarchy Process -. Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture. 47(6): 103-114.
- Jiang S. and Kim S. 2018. A Basic Study on the Sustainable Design Elements in China's Houtan Park. Journal of East Asian Landscape Studies. 12(4): 17-24.
- Jung HK. · Sim KW. · Jang J. and Kim TK. 2019. Economic Valuation of Species Diversity: The Case of the Bukhansan National Park. The Journal of Korean Institute of Forest Recreation, 23(3): 1-8.
- Kim JM. · Lim YJ. and Jeon ES. 2000. Naturalized Plant of Korea. Seoul: Sciencebooks.
- Kim N · Song H · Park G · Jeon G · Lee S. and Lee B. 2007. An analytical study on the revegetation methods for highway slopes. Journal of the Korea Society of Environmental Restoration Technology, 10(2): 1-15.
- (in Korean)
- Kim T. 2013. A Study on the Maintenance Method of the Ecological Restoration Sites at Abandoned Expressways. Journal of East Asian Landscape Studies. 7(1): 71-80.
- Kim W. and Hwang S. 2006. Application and Evaluation of Environmental Degradation in Unit Development. Research report to The Seoul Institute.
- Korea Engineering & Consulting Association. 2012. Natural Environment Engineering: Natural Environment Restoration Field. Report to Korea Engineering & Consulting Association.
- Korea Research Institute for Human Settlements. 2006. Spatial Development and Environmental Degradation: Countermeasure focusing on Planning Process and Institutionalization. Report to Korea Environmental Industry Technology Institute.
- Lee HS. 2014. A Study on Analysis Importance Weights of Riverfront Assessment Items Using Analytic Hierarchy Process - Focused on the Gyeong-An Stream in Gyeonggi Province -. Journal of the Korean Society of Rural Planning. 20(1): 27-36.
- Lee HY. · CH. Oh · ES. Kim · YH. Son and KS. Park. 2010. The Vegetation and Soil Characteristics of Urban Forest as Geological Location in Daejeon, Korea. Korean Journal of Environment and Ecology. 24(5): 566-574.
- Lee SH. · S. Lee · SA Lee and J Choi. 2015. Development of Evaluation Indices for Ecological Restoration of Degraded Environments Near DMZ in the Republic of Korea. Journal of the Korea Environmental Restoration Technology. 18(1): 135-151.
- Ministry of Environment. 2001. A Study on the

- Conservation of Surface Soil and Erosion Control. Research report to Ministry of Environment.
- Ministry of Environment. 2011. A Study on the Systematic Restoration of Damaged Natural Environment. Research report to Ministry of Environment.
- Ministry of Environment. 2017a. Ecological Restoration Project Monitoring and Maintenance Guideline. Report to Ministry of Environment.
- Ministry of Environment. 2017b. Categorization and Restoration Assessment Indicators of the Damaged Area in DMZ vicinities. Research report to Ministry of Environment.
- Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs. 2009. Engineering guide to the greening system for road-slope. Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs. Ministry of Land, Infrastructure and Transport. Sejong, Korea. (in Korean)
- Moon SK · Koo BH and Nam SJ. 2000. View and Subjects on the Settling the Area of Ecological Restoration in Korea. Journal of the Korea Society of Environmental Restoration Technology, 4(1): 67-79.
- Myeong S. and Lee D. 2019. Dignosis of Natural Environment Damages in Urban Areas and the Directions of Their Restoration. Research report to Korea Environment Institute.
- National Institute of Ecology. 2015. Conservation and Restoration based research on the Core Ecological Axis of the Korean Peninsula. Research report to Nationa Institute of Ecology.
- Newsome, A. E. and Noble, I. R. 1986. Ecological of Biological Invasions. Cambridge Univ., UK.
- Jee YK. and Oh, K. K. 2001. Change of Vegetation Structure for 6 years (1994-1999) at the Harvested Forest Area (I)-A Case of (Mt.) Baegwoonsan Research Forest at Kwangyang City. Journal of Korean Society of Forest Science. 90(6), 673-682.
- Rural Development Administration. 2013. Monitoring Project on Agro-Environmental Quality. Research report to Rural Development Administration.
- SER. 2004. Science and Policy Working Group, Society for Ecological Restoration(SER). Restoration & Management Notes. 16: 46-50.
- Siddig, A. A. H., Ellison, A. M., Ochs, A., Villar-Leeman, C., Lau, M. K. 2016, How do ecologists select and use indicator species to monitor ecological change? Insights from 14 years of publication in Ecological Indicators, Ecological Indicators, 60: 223-230.
- Song B. and Suh J. 2016. Application of an Environmentally Friendly Design by Using Landscape Ecology. Journal of East Asian Landscape Studies. 10(1): 83-95.
- Song K. · Y. Choi and J. Chon. 2019. Ecological Restoration Plan for Damaged Rural Landscape caused of Agricultural Activities. Journal of Recreation and Landscape, 13(1), 13-20.
- Waltz, A. E. M. and W. W. Covington 2004. "Ecological restoration treatments increase butterfly richness and abundance: Mechanisms of response." Restoration Ecology 12(1): 85-96