

포항시 비오톱의 유형 구분, 속성 분석 및 복원 방안

정성희[#] · 김동욱 · 임봉순 · 김아름 · 설재원 · 이창석^{1,*}

서울여자대학교 대학원 생명환경공학과, ¹서울여자대학교 생명·환경공학과

[#]현주소: 국립생태원 생태조사연구실 생태자연로 연구팀

Classification, Analysis on Attributes and Sustainable Management Plan of Biotop Established in Pohang City. Song Hie Jung[#] (0000-0003-1726-9607), Dong Uk Kim (0000-0002-9170-0154), Bong Soon Lim (0000-0003-1724-6552), A Reum Kim (0000-0001-8637-3251), Jaewon Seol (0000-0002-0585-0181) and Chang Seok Lee^{1,*} (0000-0002-4288-4348) (Department of Bio & Environmental Technology, Graduate School Seoul Women's University; ¹Department of Bio & Environmental Technology, Seoul Women's University [#]Present address: Research Team on Ecological Naturalness National Institute of Ecology)

Abstract Biotope, which represents the characteristic habitats of living organisms, need to be identified as essential for the efficient creation and sustainable management of urban ecosystems. This study was carried out to provide the basic information for ecological urban planning by analyzing types and attributes of the biotop established throughout the whole area of the Pohang city, a representative industrial city in Korea. The biotop established in Pohang city is composed of 12 types including forests (coniferous, deciduous, and mixed forests), agricultural fields (rice paddy and upland field), green facilities, river, reservoir, bare ground, residential area, public facilities, commercial area, industrial area, roads, and schools. As a result of analyzing the properties according to biotop types, industrial, commercial and residential areas, which represent urban areas, was dominated by introduced vegetation. Moreover the introduced vegetation is usually composed of exotic plants or modified forms for landscape architecture and horticulture rather than native plants, which reflects ecological property of both region and site. As the distance from the urban center increases, the agricultural field showed a form of typical farmland, whereas the closer it is, the more form of greenhouse farming. Natural green spaces were divided into riparian vegetation established along the stream and forest vegetation. Forest vegetation is consisted of secondary forests (seven communities) and plantations (three communities). The urban landscape of Pohang city is dominated by the industrial area. Among them, the steel industry, which occurs large amounts of heat pollution and carbon dioxide, occupies a large proportion. On the other hand, green space is very insufficient in quantity and inferior in quality. This study proposed several restoration plans and further, a green network, which ties the existing green spaces and the green space to be restored as a strategy to improve the environmental quality in this area.

Key words: biotope, green network, restoration, Pohang, urban planning

서론

Manuscript received 17 July 2019, revised 21 August 2019,
revision accepted 23 August 2019

* Corresponding author: Tel: +82-2-970-5666, Fax: +82-2-970-5822,
E-mail: leecs@swu.ac.kr

도시계획은 “인간과 자연”, “도시와 자연”, “인위와 자연”의 공존, 즉 계획적인 공생관계를 추구하여야 한다. 자

© The Korean Society of Limnology. All rights reserved.

This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provide the original work is properly cited.

연과 조화를 이룬 지속가능한 도시, 즉 생태도시(ecopolis)는 도시생태계가 자연생태계에서 관찰되는 생태적 균형, 안정성, 다양성 및 자정능력을 갖추게 되었을 때 탄생될 수 있다. 이와 같이 자연과 공생하는 생태도시가 만들어지려면 현재 도시지역의 곳곳에 성립된 다양한 형태의 비오톱(biotope)의 특성을 밝히고, 그것의 질적 향상을 위한 생태적 복원기술을 확립하며, 비오톱 네트워크를 형성해야 한다(Lee *et al.*, 1999, 2008).

비오톱은 Bios(생물 또는 생물군집)와 topos(장소 또는 공간)라는 말의 합성어이다. 모든 생물은 그들의 생존에 필요한 조건을 갖춘 특정 공간에 서식하고 있으며 이러한 특징적인 서식공간을 비오톱이라고 한다. 즉, 공간적 경계를 가지는 특정 생물군집의 서식지를 비오톱이라고 하고, 각 비오톱은 고유한 환경속성을 가지며 그것에 의해 다른 환경과 구분될 수 있다(Sukopp and Weiler, 1988; Leser, 1991).

그 개념은 동·식물이 서식할 수 있는 최소 단위공간 또는 비생물적 요소들 상호간에 동질성을 나타내고 있는 최소 단위공간으로 정의할 수 있다(Sukopp and Weiler, 1988). 현대적 의미에서 도시 비오톱은 작게는 가정정원으로부터 크게는 그린벨트지역에 이르기까지 다양한 생태적 특징을 지닌 상태로 존재한다. 오늘날 도시가 빠른 속도로 밀집화, 거대화되면서 도시 비오톱의 단절, 축소, 소멸이 가속화되어 왔다. 이러한 도시 비오톱 파괴의 가속화는 생태적 공간 결집력과 상호 물질교환의 측면에서 도시생태계를 자연생태계보다 훨씬 더 불균형의 상태로 만들어가고 있다(Lee *et al.*, 2008; Cho *et al.*, 2009).

비오톱에 대한 관심은 도시지역에서 자연환경과 인위환경 사이의 불균형으로 발생한 환경문제가 심각한 사회문제로 대두되기 시작한 1970년대 이후 새롭게 부각되고 있다. 도시공간의 밀집화, 가속화 및 비대화로 인해 도시 비오톱의 단절, 파괴, 소멸현상이 두드러지기 시작하면서 도시생태계의 불균형은 가중되어 왔다. 이러한 변화 속에서 비오톱에 대한 관심은 도시생태계의 불균형을 회복하는데 있어 그것의 역할, 즉 1) 도시 내 동·식물이 서식할 수 있는 공간의 제공, 즉 도시공간 속에서 종 다양성을 보전, 개발, 발전시켜 나갈 수 있는 중심지로서의 역할, 2) 기후보전 공간으로서의 역할(찬바람 발생지역, 자연적 기후 순환시스템, 찬바람 통행구 역할 등), 3) 토양 및 수질보전 공간으로서의 역할, 4) 대기오염 및 소음경감 역할, 5) 환경변화를 관찰할 수 있는 환경지표공간으로서의 역할 등에 초점이 맞추어지고 있다(Werner, 1999; Jarvis and Young, 2005).

도시생태계에 대한 국외 연구에서는 도시환경의 생태

적 기능을 체계적으로 조사한 기초연구를 바탕으로 도시경관의 생태적 복원(삼림공원계획과 인위적인 자연생태계의 창출) 및 지속가능한 관리와 이용 차원에서의 응용이 적극적으로 실현되고 있다(Austad and Hauge, 1989; Haber, 1990a, b; Austad *et al.*, 1991; Fuller and Warren, 1993; Warren and Fuller, 1993; Hawkins and Selman, 2002; Löfvenhaft *et al.*, 2002; Milan *et al.*, 2010; Artman *et al.*, 2017; Arnold *et al.*, 2018). 즉, 생태적 건전성과 생물다양성이 상실된 도시생태계를 생태학적 원리에 바탕을 두고 체계적으로 조사·분석하여 생태적 건전성과 생물다양성을 회복하기 위한 연구가 활발하게 진행되고 있다(Brunner *et al.*, 1979; Sukopp *et al.*, 1980; Newmark, 1986; Vizyova, 1986; Miyawaki *et al.*, 1987; Tilghman, 1987; Sukopp and Weiler, 1988; Adams and Dove, 1989; Collins and Thomas, 1989; Girardet, 1992; Numata, 1992; Brown, 1993; Edwards *et al.*, 1993; Gunn, 1995; Nakagoshi and Naito, 1995; Nilon *et al.*, 2017). 더욱 중요한 것은 현재 이들 선진국에서는 이러한 분야가 연구차원을 넘어 중앙 정부나 지방자치단체의 지원과 시민단체의 봉사활동을 통하여 이러한 사업을 실행에 옮기고 있다는 것이다.

국내에서도 1990년대 이후 황폐화된 도시 지역에 자연을 도입하여 생태적 기능을 회복함과 동시에 쾌적한 생활환경 창출을 목표로 한 연구가 진행되고 있지만(Choi *et al.*, 1993; Lee *et al.*, 1993; KICT, 1995, 1997; Kim *et al.*, 1996; Ministry of Environment of Korea, 2018), 공학기술과 고전적 조경 중심의 사업으로서 생태적 질을 개선하는데 거의 기여하지 못하고 있다(Lee *et al.*, 2011; An *et al.*, 2014; Lee, 2016).

생태도시를 이루어내기 위해서는 보다 실질적이고 구체적인 지침이 될 수 있는 기초자료가 필요하다. 그러한 자료로 경관생태학적 관점에서 작성된 도시 비오톱도면(urban biotop map, UBM)과 그 정보시스템(biotop information system, BIS)을 들 수 있다. 비오톱 기초자료의 구축은 도시경관의 보전 및 관리를 가능하게 하며, 궁극적으로는 순환이론, 유기체론 및 엔트로피 이론에 바탕을 둔 지속가능한 미래 도시로서 생태도시 조성을 위한 핵심적 기초가 된다. 즉, 실질적으로 생태도시를 이루어내기 위한 기초자료를 마련하기 위해서는 우선적으로 해당 도시의 현실과 특성에 부합되는 비오톱의 유형화 작업과 각 유형에 대한 생태적 속성 파악이 필연적으로 요구된다(Lee *et al.*, 1999, 2008; Artmann *et al.*, 2017; Nilon *et al.*, 2017).

이에 본 연구에서는 포항시 전역을 대상으로 그곳에 성립한 비오톱 유형과 그 속성을 조사하여 현재의 상태와 문제점을 밝히고, 그러한 공간을 환경친화적인 생태도시의

한 축으로 삼기 위한 복원방안을 제시함과 동시에 획득한 자료를 GIS 체계화하여 미래의 도시계획을 설계하기 위한 기초자료를 제공하는 데 목적을 두고 있다.

재료 및 방법

1. 비오톱 유형화 및 지도 작성

비오톱 유형은 도시 경관형성에 가장 큰 영향을 미치는 토지이용을 근거로 분류하였다.

비오톱 지도는 Google 영상, Naver 지도 및 산림청 제공 칼라항공사진을 분석하고 현지 확인 작업을 거쳐 작성하였다. 비오톱 지도는 1:25,000 지형도를 기본으로 작성하였다. 지도화하는 비오톱의 최소 크기는 625 m² (25 m×25 m)로 하였다. 지도화 작업은 GIS 프로그램 (ArcGIS 10.0) 을 이용하여 수행하였다.

2. 비오톱 유형의 속성 조사

자연적으로 성립된 비오톱의 속성 조사는 식생조사 방법을 적용하여 수행하였다. 그 조사는 식생이 비교적 균질한 곳으로 선정하여 식물사회학적 절차를 따라 수행하였다 (Braun-Blanquet, 1964). 한편, 인위적 비오톱의 경우는 과도한 인위적 간섭에 의해 식생이 사회학적 체계를 거의 갖추지 못하고 있다. 따라서 이곳의 속성조사는 식물상을 조사하는 것으로 대신하였다.

3. 비오톱 유형의 속성 비교

비오톱 속성 비교는 서열법 (DCA, Hill, 1979)을 적용하여 수행하였다. 그 비교는 우선 각 비오톱 유형이 보유한 식물상 정보에 근거하여 수행하였다. 식물상에 근거한 서열법에서는 각 종에 출현 시 1점 그리고 부재 시 0점을 부여하여 수행하였다.

한편, 고유의 식물 사회를 형성하고 있는 자연적으로 성립한 비오톱의 경우는 각 비오톱 구성 요소, 즉 식물군락의 종조성에 근거하여 그 속성을 비교하였다. 이 경우 서열법을 적용하기 위하여 각 종에 부여된 피도 계급을 그 계급의 식피율 범위의 중간 값으로 전환한 후 그것의 상대치를 구하여 각 종의 중요치로 삼았다. 서열화는 10% 이상의 출현 빈도를 가진 종을 대상으로 수행하였다. 비오톱 속성 별 종다양성은 종풍부도에 근거하여 비교하였다.

결 과

1. 비오톱 유형

포항시에 성립한 비오톱 유형을 지도화 하여 Fig. 1에 나타내었다. 포항시에 성립한 비오톱은 삼림(침엽수림, 활엽수림 및 침·활 혼합림), 경작지(논과 밭), 시설녹지(조경수 목식재지), 하천, 저수지, 나지, 주거지역, 공공시설, 상업지역, 공업지역, 도로 및 학교의 12개 유형으로 구분되었다 (Fig. 1).

2. 비오톱 유형의 공간분포

포항시에서 경관요소의 분포는 저지대로부터 고지대를 향해 해안과 하천, 공업지역과 주거지역을 중심으로 한 도시화지역, 공원과 생산녹지, 그리고 삼림의 순서로 분포하는 경향이였다. 형산강은 도시의 중앙을 동·서로 가로 질러 해안에 이르고, 냉천은 남·북 방향으로 흐르고 있다 (Fig. 1).

공업지역은 도시의 중심에 위치하여 북동방향에서 남서방향으로 긴 띠상으로 성립해 있다. 주거지역은 포항시의

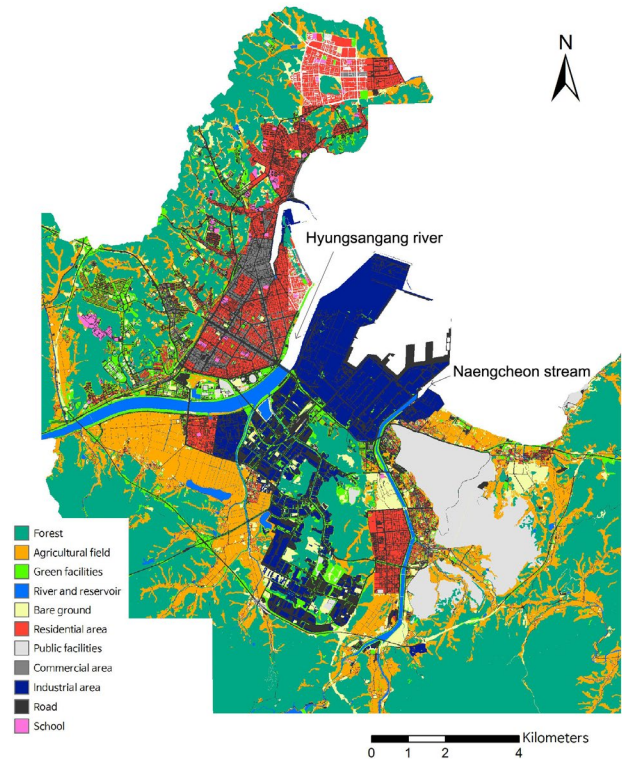


Fig. 1. A map showing the spatial distribution of biotope types established in the Pohang city.

북부에서는 평지와 산지 저지대에서 큰 폭의 피상으로 성립해 있고, 포항시의 남부에서는 형산강과 냉천 주변, 그리고 해안을 중심으로 패치상으로 형성되어 있다. 상업지역은 이러한 주거지역 사이에 성립하고 있다. 도시의 기반시설에 해당하는 공공시설, 시설녹지, 도로 및 학교는 도시화 지역 사이사이에 위치해 있다. 나지는 대부분 일시적인 것으로서 도시화지역이나 농경지 주변에 위치해 있다(Fig. 1).

삼림은 도시외곽에서 도시를 에워싼 형태로 분포하고, 농경지는 삼림과 도시화 지역 사이에 분포하는 경향이 있다(Fig. 1).

3. 비오톱 유형의 속성 분석

도시화 지역을 대표하는 공업지역, 주거지역 및 상업지역에는 제한된 공간에 부분적으로 식생이 도입되어 있다. 따라서 그 양이 크게 부족하고, 도입되는 식생의 종류 또한 외래종이나 지역의 생태적 특성에 어울리지 않는 종들로서 이러한 인위환경으로부터 발생하는 환경스트레스를 완충하는 데 양과 질 양면에서 모두 부족한 실정이다. 따라서 후술하는 복원계획에서는 이러한 문제점을 해결하기 위한 대안을 제시하고자 한다.

반자연(semi-nature)으로 간주되는 공원에는 인위적 요소가 과도하게 도입되고, 도입되는 자연요소(식생)는 지소의 생태적 특성을 반영하지 못하여 그 기능을 크게 기대할 수 없는 상황이다(Fig. 3, Appendix 1). 도시환경이 날로 열악해지는 현실에 대한 반응으로 선진국을 중심으로 미래의 도시가 생태도시를 지향하고, 그 일환으로 새로 조성되는 공원을 생태공원화하고 있음을 감안하면 이러한 구시대적 발상에 기초한 공원 조성 방법은 크게 개선되어야 할 것으로 판단된다.

생산녹지는 그 위치에 따라 차이를 보였다. 즉, 도심으로부터 먼 것은 전형적인 농지의 모습을 보였고, 도심에 인접한 것은 시설농업의 형태를 보였다. 전형적인 농경지가 갖는 다양한 생태적 기능과 환경개선기능을 고려할 때 이와 같은 농업형태의 빠른 전환 또한 우리가 관심을 가져야 할 대상이다(An *et al.*, 2015). 특히, 논은 습지식물이 벼와 함께 공존하는 공간이고, 양서류와 파충류에게는 번식을 위한 공간으로 이용된다. 그리고 홍수 시에는 수위를 조절하는 기능을 발휘하고, 비점오염원을 정화하는 기능, 더 나아가 보유하고 있는 물을 통해 기후조절기능도 발휘한다(Lee *et al.*, 1999; Kim *et al.*, 2000). 그러나 시설농업지로 바뀐 논에서는 이처럼 귀중한 생태적 기능과 환경개선기능을 기대할 수 없는데, 현재 시의 중심에 가까운 논을 중심으로 시설농업으로의 전환이 빠르게 진행되고 있어 문

제가 된다(An *et al.*, 2015).

자연녹지 중 우리의 관심을 끄는 것은 하천 변을 중심으로 성립된 습지가 된다. 이러한 습지는 현재 국제적으로도 빠른 속도로 감소해 가는 추세로서 세계적인 주목을 받고 있다(An *et al.*, 2017; Jung *et al.*, 2018). 포항지역에서도 곳곳에서 이러한 습지가 발견되고 있지만, 그들은 크게 주목을 받지 못하고 그 실태에 대한 어떤 조사결과도 남기지 못한 채 사라지고 있다. 따라서 시 차원에서 보다 상세한 조사가 요구된다. 특히 포항시 차원에서 중요한 생태적 역할이 요구되는 형산강과 냉천 주변의 수변식생은 그것의 높은 생태적 가치를 고려할 때 상세한 조사와 함께 그 보존대책을 마련하는 것이 시급히 요청된다. 그러한 자료가 구축되면 후술하는 바와 같이 생태도시를 지향하는 시 전체 차원의 복원계획에서 귀중한 자료로 활용될 수 있을 것이다.

삼림식생은 이차림과 조림지로 대별되었다. 이차림은 소나무군락, 곰솔군락, 침·활 혼합군락, 갈참나무군락, 떡갈나무군락, 신갈나무군락 및 상수리나무군락으로 이루어지고, 조림지는 아까시나무군락, 리기다소나무군락 및 은사시나무군락으로 이루어졌다.

그 중 곰솔군락은 바닷가를 중심으로 출현하고, 산지에서는 저지대에 출현하는 경향이 있다. 소나무군락은 해안에서 먼 지소로서 인간간섭이 빈번한 산지 저지대에 성립하였다. 소나무군락이나 곰솔군락은 대체로 두 개의 주요 수종이 혼합된 형태이지만 군락명은 식피을 및 위치하는 계층을 비교하여 우점하는 종명으로 정하였다. 소나무류와 참나무류가 혼합된 침·활 혼합림은 주로 포항시 남부의 산자락 이상에서부터 중턱 사이에 분포하고 활엽수림은 산의 중턱 이상에서부터 정상에 가까운 부분에 주로 분포하고 있다. 이러한 분포경향은 이 지역의 삼림식생이 과도한 인위적 간섭에 지배되었음을 반영한다. 즉, 전형적으로 건조하고 척박한 지소에 출현하는 소나무군락이 저지대에 분포하는 것은 난방 및 요리용 땃감, 유기질 비료, 가축의 먹이, 농업용 도구재 등을 이러한 삼림으로부터 얻어 왔던 과거에 인위적 간섭이 저지대에서 그러한 조건을 빚어낸 데서 비롯된 산물이다. 그리고 고도가 높아짐에 따라 그것이 침·활 혼합림에서 활엽수림의 순서로 변하는 것은 고도가 높아짐에 따라 인위적 간섭의 빈도가 낮아지고 그것에 기인하여 천이의 진행이 빨리 진행된 데서 비롯된 결과로 해석할 수 있다(Lee and Hong, 1998).

곰솔군락(*Pinus thunbergii* community)은 바다에 가까운 산지를 중심으로 분포하였다. 내륙에서의 분포는 저지대의 적습지소에 주로 분포하는 경향이다. 전술한 소나무군락의 분포지와 비교하면, 같은 지소에 성립하여 침엽수혼합군락

을 이루기도 하지만 대체로 소나무군락보다 습한 지소에 성립되는 경향이다. 이 군락은 곰솔이 우점하고 주름조개풀, 아까시나무, 청미래덩굴, 졸참나무 등의 출현빈도가 높았다. 지소에 따라서는 하층식생으로서 참나무류의 식피율이 높아 소나무군락과 마찬가지로 참나무류군락으로 천이될 가능성을 보였는데 출현하는 참나무류는 졸참나무와 갈참나무가 대부분을 차지하였다.

소나무군락(*Pinus densiflora* community)은 전형적으로 산지 정상부나 능선부처럼 건조하고 척박한 지소에 성립한다. 그러나 포항시에서 소나무군락은 전술한 바와 같이 인위적 간섭에 기인한 것으로서 산지 저지대의 대부분의 지역에 출현하고 있다. 그리고 포항시는 바다에 면한 지역으로서 바람에 의해 수송되는 해염의 영향 때문에 이러한 소나무군락은 곰솔과 혼재하는 경우가 대부분이다. 이 군락은 소나무가 우점하고, 큰기름새, 개웃나무, 졸참나무, 싸리 등의 순서로 출현빈도가 높았다. 그 중 일부 지소에서는 곰솔과 혼합림을 형성하기도 하나 대부분의 지소에서는 하층에서 참나무류의 식피율이 높았는데, 이 경우 소나무군락은 시간이 경과함에 따라 참나무류군락으로 천이될 것으로 예측된다.

갈참나무군락(*Quercus aliena* community)은 계류에 가까운 산지 저지대의 습지소에 주로 성립한다. 따라서 마찬가지로 저지대의 습지소에 성립하는 이대가 하층식생으로 번성한 경우가 많은데, 이 경우 밀생한 이대의 영향으로 종다양성이 빈약하다. 이 군락은 갈참나무가 우점하고 소나무, 작살나무 등의 출현빈도가 높았다. 그러나 매우 좁은 면적으로 출현하여 군락의 특징을 정확하게 파악하기는 어려웠다. 이와 같이 본 군락이 좁은 면적으로 출현하는 것은 이들의 주 분포지가 저지대로서 그러한 지소가 인위적 공간으로 과도하게 이용된 데 기인한다. 이러한 상황이기에 때문에 실제로 본 군락은 전국적으로도 대면적의 군락을 찾기 어려운 실정이다.

상수리나무군락(*Quercus acutissima* community)은 계류에 인접하여 위치하지는 않지만 갈참나무군락과 마찬가지로 산지 저지대의 인가 주변에 주로 분포한다. 이러한 분포경향을 보이는 것은 본 군락의 성립지가 인위적 간섭과 밀접한 관계를 갖는 것에 기인하는데, 실제로 현재 이들의 주 분포지는 과거 우리가 연료, 유기질 비료, 가축의 사료 등을 얻던 장소이다. 이런 점에서 이러한 숲을 문화경관(culture landscape)의 한 요소로 인식하고 있다(Lee *et al.*, 1999; Lee and You, 2001). 상수리나무군락에서는 등나무, 맥문동, 주름조개풀 등의 식피율이 높아 본 군락이 인위적 간섭에 지속적으로 노출되고 있음을 반영하였다.

떡갈나무군락(*Quercus dentata* community)은 바닷가에

면한 산지 구릉의 능선에 분포하는 경향이다. 내륙에서는 주로 남사면에 분포한 경향이나 대면적의 군락을 발견하기는 매우 어렵다. 본 군락에서는 갈참나무, 소나무, 아까시나무 등의 식피율이 높았다.

신갈나무군락(*Quercus mongolica* community)은 산지 고지대에 분포하는 경향이다. 본 군락은 환경에 대한 적응 폭이 커서 다른 지역에서는 매우 넓은 면적으로 분포하는 경향이다. 그러나 본 조사지역에서는 교란 후 천이의 진행 기간이 짧아 순군락의 형태가 아니고 더구나 대면적의 신갈나무군락은 아직 출현하지 않고 있다. 이 군락에서는 그늘사초, 싸리, 조록싸리 등의 식피율이 높았다.

모감주나무군락(*Koelreuteria paniculata* community)은 해안에 인접한 산지 사면에서 해안식생과 급경사의 해안 절벽 사이에 분포하는 경향이다. 따라서 해풍의 영향을 비교적 크게 받는 곳에 성립해 있다. 이 군락에서는 팽나무, 닥나무, 보리밥나무, 닭의장풀, 계요등 등의 식피율이 높았다(Jung *et al.*, 2019).

한편, 과거에 과도한 이용으로 파괴된 삼림을 복구하기 위하여 도입된 숲으로 아까시나무조림지, 은사시나무조림지 및 리기다소나무조림지가 출현하였다. 그 중 아까시나무조림지는 산지 저지대의 경작지 주변에 분포하고, 은사시나무조림지와 리기다소나무조림지는 아주 좁은 면적으로 일부 지소에 국한되었다.

아까시나무군락(*Robinia pseudoacacia* community)은 사방사업을 위해 도입된 식생으로서 산지 저지대에 주로 조성되어 있다. 이 군락에서는 큰기름새, 갈참나무, 주름조개풀 등의 출현빈도가 높았다. 그 임상에는 우리나라 고유의 참나무류가 비교적 자주 출현하여 자생식생으로의 천이 가능성을 보였다. 실제로 서울시 주변의 여러 지역에서 수행한 연구 결과(Lee *et al.*, 2001, 2004a)에서도, 아까시나무군락은 우리나라 고유의 자연식생을 이루는 식물들을 다수 보유하고 있어 그러한 식생으로의 천이가 예상되었고 이 지역에서도 유사한 경향을 보이는 경우가 많다. 따라서 아까시나무군락의 성급한 교체는 오히려 천이의 진행을 후퇴시킬 가능성이 높으므로 보다 신중한 대처가 요구된다.

4. 종다양성

식생조사 결과를 바탕으로 비오톱 유형별 식물의 종다양성을 비교하였다. 식물의 출현종수는 산림 247종, 주거지역 152종, 학교 133종, 시설녹지 89종, 공업지역 55종, 경작지 54종, 공공시설 53종, 하천 37종 및 상업지역 35종으로 조사되었다. 외래종수 및 비율은 주거지역 81종

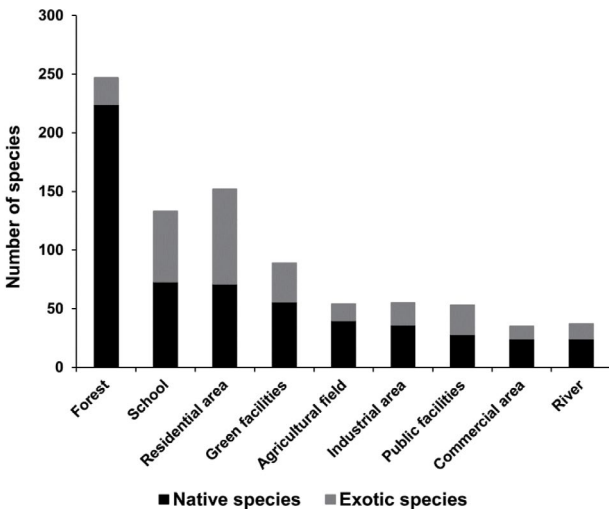


Fig. 2. The number of plant species including exotic species appeared in each biotope type established in the Pohang city.

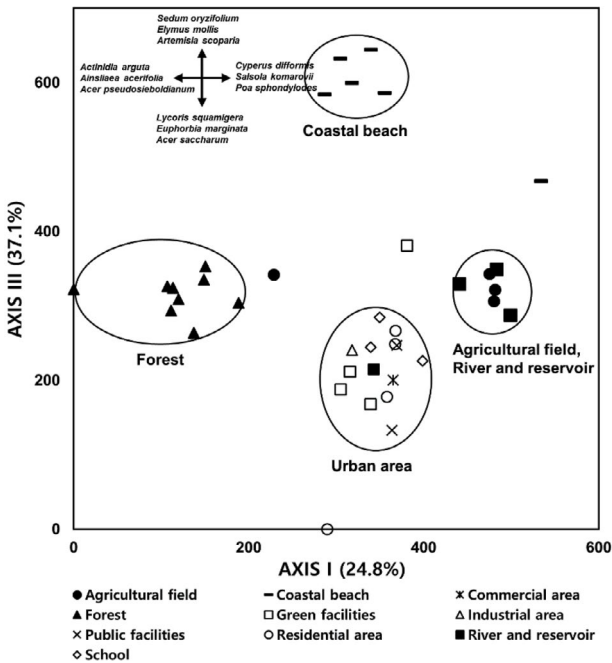


Fig. 3. Ordination of all landscape elements and plant communities established around Pohang city based on flora data. Species names on the plane formed by axes I and III indicate species, which dominate arrangement of stands on both axes. Importance value of *Actinidia arguta*, *Ainsliaea acerifolia*, and *Acer pseudosieboldianum* increased as move toward forest, whereas that of *Cyperus difformis*, *Salsola komarivii*, and *Poa sphondylodes* increased as move to lowland where agricultural field, river, and reservoir are located. On the other hand, importance of *Sedum oryzifolium*, *Elymus mollis*, and *Artemisia scoparia* increased as approach to coastal beach and that of *Lycoris squamigera*, *Euphorbia marginata*, and *Acer saccharum* tended to increase in the urban area.

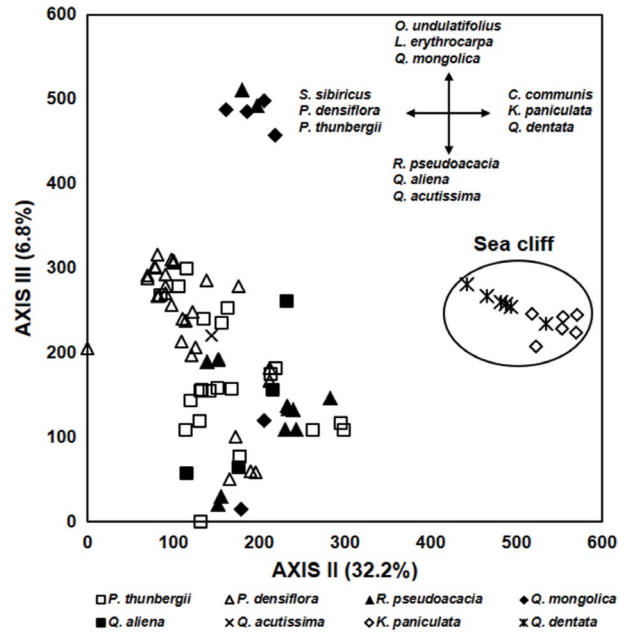


Fig. 4. Ordination of stands established on mountainous area around Pohang city. Species names on the plane formed by axes II and III indicate species, which dominate arrangement of stands on both axes. Importance value of *Oplismenus undulatifolius*, *Lindera erythrocarpa*, and *Quercus mongolica* increased as move toward upland where Mongolian oak community is established, whereas that of *Robinia pseudoacacia*, *Q. aliena*, and *Q. acutissima* increased as move to lowland. On the other hand, importance of *Commelina communis*, *Koeleruteria paniculata*, and *Q. dentata* increased in the forests on the sea cliff and that of *Spodiopogon sibiricus*, *Pinus densiflora*, and *P. thunbergii* tended to increase in the inland forests.

(53.3%), 공공시설 25종(47.2%), 학교 60종(45.1%), 시설녹지 33종(37.1%), 하천 13종(35.1%), 농업지역 19종(34.5%), 상업지역 11종(31.4%), 경작지 14종(25.9%) 및 산림 23종(9.3%)으로 나타나 그 순서로 외래종 출현비율이 높았다(Fig. 2).

5. 비오톱 유형 간 속성 비교

포항시에 성립한 모든 식물군락 및 경관요소에서 수집한 식생정보를 군락 및 경관요소 단위의 식물상 정보로 정리한 후 그 자료를 바탕으로 경관요소 및 군락을 서열화하였다(Fig. 3). 서열화 결과, I축 상에서 산림비오톱, 도시비오톱과 해안비오톱 그리고 농경지와 수계비오톱 순으로 배열되는 경향이였다. 한편, 도시비오톱과 해안비오톱은 II축 상에서 서로 구분되어 종 조성의 차이를 보였다.

산림비오톱을 이루는 식물군락 간 종 조성 특성을 비교하기 위하여 수집한 식생 자료에 기초하여 식분을 서열화

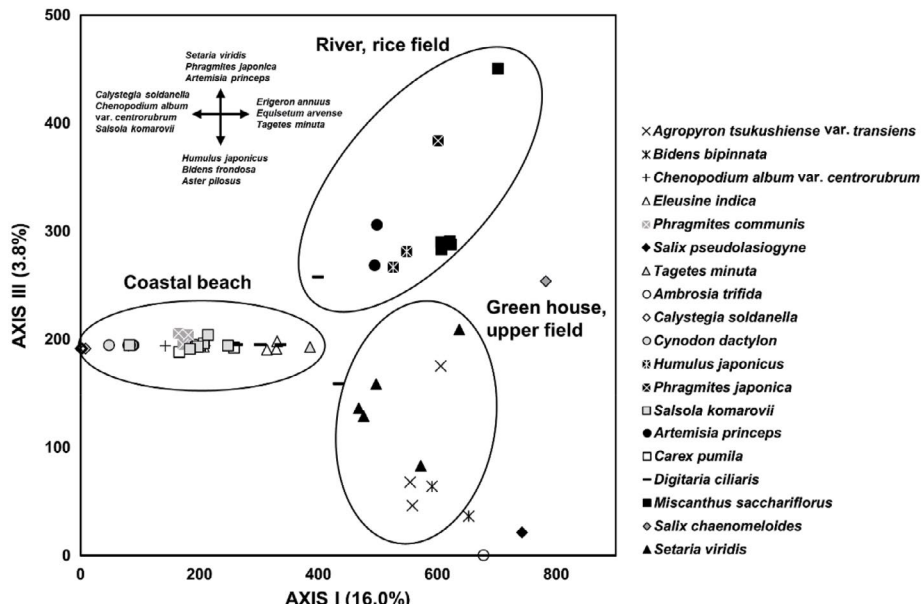


Fig. 5. Ordination of plant communities established on sea shore, riparian zone, and agricultural fields around Pohang city. Species names on the plane formed by axes I and III indicate species, which dominate arrangement of stands on both axes. Importance value of *Calystegia soldanella*, *Chenopodium album* var. *centrorubrum*, and *Salsola komarovii* increased as move toward coastal beach, whereas that of *Erigeron annuus*, *Equisetum arvense*, and *Tagetes minuta* increased as move to agricultural fields. On the other hand, importance value of *Setaria viridis*, *Phragmites japonica*, and *Artemisia princeps* increased as move toward river or rice field, whereas that of *Humulus japonicus*, *Bidens frondosa*, and *Aster pilosus* increased as move to upper field.

하였다(Fig. 4). 서열화 결과, 식분들은 II축 상에서 내륙에 성립한 식분과 해안에 성립한 식분으로 대별되는 경향이 있었다. 한편, III축 상에서는 상대적으로 고지대에 성립한 신갈나무군락과 소나무군락의 식분들이 저지대에 성립한 군락의 식분들과 구분되어 종조성의 차이를 보였다.

내륙에 성립한 식분들에서는 큰기름새, 소나무, 곰솔 등의 식피율이 높았고 해안에 인접하여 성립한 식분들에서는 닭의장풀, 모감주나무, 떡갈나무 등의 식피율이 높게 나타나 서로 차이를 보였다. 한편, 고지대에 성립한 식분들에서는 비목, 주름조개풀, 신갈나무 등의 식피율이 높았고, 저지대에 성립한 식분들에서는 아까시나무, 갈참나무, 상수리나무 등의 식피율이 높아 서로 차이를 보였다.

하천, 경작지 및 해변에 성립한 비오톱의 속성을 비교하기 위하여 수집된 식생자료에 근거하여 식분을 서열화하였다(Fig. 5). 서열화 결과, 식분들은 I축과 II축 상에서 해변비오톱, 하천과 논 비오톱 그리고 시설농업과 밭 경작지 비오톱으로 대별되는 경향이 있었다. 해안비오톱에서는 갯메꽃, 명아주, 수송나물 등의 식피율이 높았고, 경작지비오톱에서는 개망초, 쇠뜨기, 만수국아재비 등의 식피율이 높아 서로 차이를 보였다. 한편, 하천과 논 비오톱에서는 강아지풀, 달뿌리풀, 쑥 등의 식피율이 높고, 시설농업지와 밭 비

오톱에서는 환삼덩굴, 미국가막사리, 미국쑥부쟁이 등의 식피율이 높아 양자 사이에 차이를 보였다.

고찰

1. 생태적 환경관리의 배경 및 필요성

풍요로운 자연환경을 만들기 위해서는 우선 현재의 자연을 잘 알고 활용하여야 한다. 우선 인위에 의해 자연환경이 악화, 소멸된 공간에 대해서는 자연환경을 복원하여야 한다. 생물다양성이 높은 공간은 생물간 상호작용의 다양성이 높고, 자연과 인간 사이의 관계의 다양성 또한 높다. 그러나 여러 가지 인위적 영향은 야생생물의 생활환경을 악화시키고, 또 직접적으로 그들 개체를 남획하고 생활의 장을 파괴하며 종으로서의 존속을 위협하고 있다. 특히, 도시화는 인위적 영향의 대표적 예가 되고 있다(Lee et al., 1999). 생물다양성을 유지, 보호하기 위해서는 생물적 관계가 지속될 수 있는 공간구조 또한 필요하다. 여기에는 동·식물의 번식, 생육을 영구적으로 보장하는 구역과 사람의 이용을 중심으로 하는 구역을 분명하게 구분하고, 양자 사이에는 자연지역의 환경을 인위적 환경의 직접적 영

향으로부터 지켜 주면서 사람이 자연을 이용할 수 있게 하는 지역, 즉 반자연지역의 배치가 요구된다. 또 자연지역을 서로 연결하기 위한 자연의 통로를 만들어 생물적 네트워크를 확보하는 것 또한 절실히 요구된다(Lee *et al.*, 1999, 2008; Lee, 2016).

육상과 수계의 모든 생태계는 자력으로 시간과 함께 질서를 가지고 변화한다. 그리고 생태계가 어떤 영향 때문에 비정상적으로 변한 경우에도 천이에 의해 그 회복이 가능하다(Walker *et al.* 2007). 즉, 천이는 생태계를 정상적으로 유지하고 복원하는 힘이 있다. 인간이 자연을 관리하는 경우에도 우선 그 토지의 천이계열을 인지하고 그 중에서 어떤 단계를 목표로 하는가를 결정하여야 한다. 그리고 그 목표와 현재의 천이 단계 사이의 차이를 보면서, 천이의 촉진, 천이의 억제, 그리고 천이에 대한 순응을 기본으로 하는 생태계의 대응전략이 필요하다(Lee 2016).

이상과 같이 자연을 유지하고 복원하기 위해서는 그 대상이 되는 지역의 현상을 관찰하여 목표 자연을 명확하게 계획, 설계하고, 자연의 특성을 잘 검토하여 정비하고 관리하여야 한다(Lee *et al.*, 2011; An *et al.*, 2014; Lee, 2016).

2. 포항시의 환경 실태와 복원방안

포항시는 우리나라의 대표적인 공업도시이다. 더구나 공업의 형태는 에너지를 많이 사용하는 철강산업이 주류를 이룬다. 따라서 이 지역에서 생태적 균형을 회복하기 위한 복원은 과도한 에너지 사용으로 발생하는 열 오염원과 이산화탄소 발생량을 줄이는데 초점이 맞추어져야 할 것이다. 열 오염원을 감소시키는 데는 바다에 면한 이곳의 지형적 위치가 유리하게 작용하지만 이산화탄소를 비롯하여 산업시설로부터 발생하는 복합 환경스트레스를 해결하기 위해서는 이러한 자연조건에만 의존할 수는 없다. 이에 본 연구에서는 이를 종합적으로 해결할 수 있는 방안으로서 시 전체 차원에서 녹지의 양과 질을 개선할 수 있는 복원방안을 제시하고자 한다.

포항시에서 고밀도 토지이용은 남-북으로는 시 구역의 중심, 그리고 동-서 방향으로는 해안에 면한 동쪽에 집중되어 있다(Fig. 1). 이러한 토지이용은 시 주변이 산지 능선으로 둘러싸이고 그 중심으로 형산강이 흐르는 이 지역의 지형적 특성에 기인한다. 즉, 형산강을 중심으로 펼쳐진 평야지대는 토지이용이 용이하여 각종 개발이 집중되어 왔다. 그러나 근래에는 이러한 개발의 영향이 주변으로 확산되면서 시 주변의 산지에까지 영향범위를 확장시키고 있다. 더구나 이 지역은 점성이 낮고, 토심이 낮은 이암이 모암인 토양의 특성상 울창한 숲이 형성되는 경우가 드물며,

울창한 숲도 장마기간 중 많은 물을 흡수하게 되면 그 하중을 견디지 못하여 산사태로 이어지는 경우가 많다(Cho *et al.*, 2009). 또한, 봄철에 건조하고 바람이 강한 동해안의 기후 특성상 산불 또한 자주 발생하는 경향이다(An *et al.*, 2019).

이러한 자연환경 특성은 이 지역에서 질 높은 숲을 이루는데 저해요인으로 등장하고 있다. 그러나 앞서 언급한 바와 같이 이 지역에서 이루어진 토지이용은 그러한 이용형태로부터 발생하는 환경스트레스를 줄이기 위해 넓고 건전한 자연환경을 필요로 하고 있다. 본 연구에서는 이러한 문제를 해결하기 위하여 녹지의 양과 질을 보강하고, 여기서 보충되는 녹지와 기존의 것을 종합하여 축을 이룰 수 있는 형태의 경관차원의 복원 계획도 마련하고자 한다.

우선 기존의 녹지 중 가장 큰 비중을 차지하고 있는 시 주변 산지의 식생은 대부분 유령림이다. 더구나 보다 큰 생태적 기능을 발휘할 수 있는 숲이 성립될 수 있는 저지대는 대부분 개발지에 편입되어 이 지역에서 자연환경과 인위환경 사이의 생태적 균형을 이루는 데 장애요인으로 작용하고 있다. 따라서 이곳에서의 복원은 기존의 숲을 철저히 보존하는 방법으로 삼고자 한다. 그리고 새로 창조하는 숲은 기존 삼림을 이 지역의 대표적인 수계환경인 형산강 및 냉천과 연결시킬 수 있는 부분에 조성할 것을 제안한다. 창조되는 숲의 형태는 이 지역의 저지대 식생을 이룰 수 있는 오리나무 숲과 갈참나무 숲 그리고 졸참나무 숲으로 정하고, 기존 삼림에 접한 부분에는 졸참나무 숲과 갈참나무 숲, 그리고 하천에 접한 부분에는 오리나무 숲을 배치하여 삼림환경과 수계환경의 연결을 시도할 수 있다. 그러나 하천환경에서 오리나무 숲은 제방까지만 배치가 가능하고, 그 내부에는 버드나무 숲이 중심이 되는 식생을 배치하여 이 오리나무 숲과 연결을 추구하여야 한다. 새로 창조하는 숲은 종조성과 계층구조 둘 다 그 숲의 자연생태의 것을 모방하여 조성하여야 한다(Table 1, Lee and You, 2001; Temperton *et al.*, 2014; An *et al.*, 2016a, b, 2017, 2019).

포항시의 도심은 공업지역과 주거지역으로 대별된다. 공업지역은 고밀도로 개발이 이루어진 관계로 개발지 사이에 녹지공간이 절대적으로 필요하다. 이러한 곳에서 부족한 녹지공간의 복원계획에서는 공업시설로부터 배출되는 오염물질의 영향이 고려되어야 한다. 복원이 우선적으로 시행되어야 할 부분은 공업시설 사이사이에 확보된 조경수목 식재지를 들 수 있다. 이러한 부분은 고전적 조경의 방법을 적용하여 대부분 지소의 특성과 어울리지 않는 수종이 식재되어 있고 그 배열 또한 자연의 체계를 모방한 환경림과 차이를 보이고 있다(Lee and You, 2001).

Table 1. Major plant communities and plant species to be introduced to create the ecological corridor

Community	Tree and Subtree	Shrub	Herb
<i>Quercus serrata</i> community	<i>Quercus serrata</i> <i>Carpinus cordata</i> <i>Prunus sargentii</i> <i>Cornus walteri</i> <i>Acer pseudosieboldianum</i> <i>Fraxinus sieboldiana</i> <i>Carpinus cordata</i> etc.	<i>Callicarpa japonica</i> <i>Ligustrum obtusifolium</i> <i>Euonymus alatus</i> f. <i>ciliatodentatus</i> <i>Lindera obtusiloba</i> <i>Rhus trichocarpa</i> <i>Viburnum erosum</i> <i>Zanthoxylum schinifolium</i> <i>Euonymus oxyphyllus</i> <i>Stephanandra incisa</i> etc.	<i>Carex siderosticta</i> <i>Pyrola japonica</i> <i>Isodon inflexus</i> <i>Arundinella hirta</i> <i>Osmunda japonica</i> <i>Astilbe rubra</i> <i>Thalictrum filamentosum</i> var. <i>tenerum</i> <i>Hepatica asiatica</i> etc.
<i>Quercus aliena</i> community	<i>Quercus aliena</i> <i>Celtis sinensis</i> <i>Euonymus oxyphyllus</i> <i>Lindera erythrocarpa</i> <i>Styrax obassia</i> etc.	<i>Lespedeza maximowiczii</i> <i>Lindera obtusiloba</i> <i>Rhododendron mucronulatum</i> <i>Rhododendron schlippenbachii</i> <i>Symplocos chinensis</i> f. <i>pilosa</i> etc.	<i>Ainsliaea acerifolia</i> <i>Artemisia keiskeana</i> <i>Aster scaber</i> <i>Atractylodes ovata</i> <i>Carex lanceolata</i> <i>Disporum smilacinum</i> <i>Ixeridium dentatum</i> <i>Potentilla freyniana</i> <i>Smilax nipponica</i> <i>Spodiopogon cotulifer</i> <i>Syneilesis palmata</i> etc.
<i>Alnus japonica</i> community	<i>Alnus japonica</i> <i>Salix koreensis</i> <i>Acer tataricum</i> subsp. <i>ginnala</i> etc.	<i>Ligustrum obtusifolium</i> <i>Salix koriyanagi</i> <i>Rosa multiflora</i> <i>Viburnum erosum</i> etc.	<i>Microstegium vimineum</i> var. <i>imberbe</i> <i>Persicaria thunbergii</i> <i>Juncus effusus</i> var. <i>decepiens</i> <i>Carex dickinsii</i> etc.
<i>Salix koreensis</i> community	<i>Salix koreensis</i> <i>Salix subfragilis</i> <i>Salix subfragilis</i> etc.	<i>Morus alba</i> <i>Acer tataricum</i> subsp. <i>ginnala</i> etc.	<i>Persicaria thunbergii</i> <i>Lycopus lucidus</i> <i>Oenanthe javanica</i> <i>Phalaris arundinacea</i> <i>Phragmites communis</i> <i>Persicaria sagittata</i> <i>Miscanthus sacchariflorus</i> <i>Bromus japonicus</i> <i>Glycine soja</i> <i>Carex neurocarpa</i> etc.

이에 이러한 지역에서 오염물질 정화를 통한 환경개선을 목적으로 조성되는 숲은 지소의 생태적 특성을 반영한 환경림 조성 방법(Lee and You, 2001)을 적용할 것을 적극 권장한다. 현재 포항시내에서 공업단지가 조성되어 있는 부분은 매립이 이루어진 곳이거나 저습지로서 식생이 도입될 때 배수체계 때문에 그 생육이 지장을 받을 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 앞서 언급한 바와 같이 식재기반으로서 작은 구릉(mound)을 만들 필요가 있다. 이러한 구릉을 만들 때 계층구조는 자연토양을 모방하며 A, B 및 C 층을 갖추고, 사면의 경사도 산지사면의 평균경사를 갖추도록 하면 된다. 포항시 주변 구릉지 사면의 경사가 평균적으로 15° 정도이므로 이 정도의 사면경사를 권장하고 싶다(Lee and You, 2001).

식생의 배치는 앞서 언급한 3개의 숲 중 대기오염에 대한 내성을 갖는 졸참나무 숲과 갈참나무 숲을 도입하되 이

지역이 해안에 인접한 지역임을 감안하여 곰솔숲을 추가로 배치하는 방안을 제안한다. 곰솔숲은 내염성뿐만 아니라 대기오염에 대한 내성 또한 강하기 때문에 환경개선을 위해 도입되는 식생의 역할을 충족시킬 것으로 판단된다(Lee et al., 2004b, 2007, 2008).

다음은 산자락을 중심으로 조성되는 주거지 주변의 식생복원방법을 논의 하고자 한다. 주거지가 조성될 때는 건축조례에 근거하여 조경공사가 시행된다. 그러나 이러한 조경공사는 도입하는 식물의 종류와 그 배치방법이 환경정화보다는 미화에 초점을 맞추고 있다. 포항시가 우리나라의 대표적인 공업도시이고, 포항공업단지의 핵심인 포항제철이 우리나라 산업생산에서 차지하는 비중을 고려할 때 이러한 사고는 크게 개선되어야 한다. 식생의 종류는 외래종이나 지역 또는 지소의 특성에 어울리지 않는 종을 도입하기 보다는 주변의 자연환경과 어울리는 식생의

도입을 권하고 싶다. 식생조사 결과 현재의 주거지 주변에 어울리는 식생은 졸참나무 숲과 갈참나무 숲을 들 수 있다. 따라서 그러한 숲을 모방한 식생의 도입을 권장한다 (Table 1, Lee and You, 2001; Lee *et al.*, 2007, 2008).

다음은 하천 식생의 복원에 대하여 논의하고자 한다. 포항시의 주요 하천으로 형산강과 냉천을 들 수 있다. 이 두 하천은 대부분의 다른 도시하천과 마찬가지로 수변식생의 보존상태가 매우 불량하다. 따라서 적극적인 복원이 요구된다. 그러나 범람원의 경우는 홍수와 같은 자연적 교란이 빈번하게 발생하는 매우 동적인 공간으로서 자연의 과정을 통한 복원이 가능하다. 따라서 여기서 하천 식생의 복원은 범람원 밖의 제방상의 식생복원에 국한하여 언급하고자 한다. 우리나라 대부분의 하천에서 제방상의 식생을 갖추고 있는 하천은 아주 드물다. 그러나 하천환경에서 중심이 되는 수계환경에서 가장 중요한 요인인 산소는 이러한 제방상의 식생과 밀접하게 관계된다. 용존산소농도가 수온과 관계되고 제방상의 식생이 수온에 영향을 미치기 때문에 이러한 관계가 성립한다. 더 나아가 제방상의 식생은 하천식생 중 가장 다양한 계층구조와 종 다양성을 보유하여 생태적 기능 또한 높다. 이에 더하여 제방상의 식생은 수질을 조절하는 기능도 보유한다(An *et al.*, 2016a, b). 그러나 논농사 중심지역에 해당하는 우리나라는 하천변에 주식을 생산하는 논을 보유하여 하천을 이러한 논에서 농사에 필요한 물을 공급하는 장소, 또는 여기서 자라는 농작물에 홍수피해를 주는 장소로 생각하여 이수와 치수의 측면에 초점을 맞추어 이러한 하천을 관리해 왔다(Lee *et al.*, 2005; An *et al.*, 2014). 그리고 제방상의 식생을 이러한 논에 그늘을 만들어 농업생산에 악영향을 주는 요소로 생각해 왔다. 그러나 대부분의 하천변 식생은 근계가 발달하므로 제방을 튼튼하게 하며 홍수방지에 도움을 준다. 그리고 이처럼 발달된 근계는 수로의 오염물질을 흡수하거나 오염물질이 수로로 유입되는 것을 차단하며 수질정화에 기여한다(An *et al.*, 2016a, b). 이에 본 연구에서는 제방 중 수로에 면한 사면에 한정하여 식생을 도입하는 방안을 제안하고자 한다. 한편 앞서 언급한 바와 같이 현재 형산강과 냉천의 경우 범람원의 식생은 대부분 초본수준에 머물고 있다. 따라서 인위적으로 도입하는 식생의 범위를 범람원 일부에까지 확장시키고 싶다. 도입하는 식생에서 범람원에는 버드나무류를 중심으로한 관목을 주로 도입하고 여기에서 제방으로 가면서 키가 크고 수명이 긴 버드나무, 수양버들, 오리나무, 신나무, 느릅나무, 느티나무, 갈참나무 등을 도입하면 온전한 하천식생을 확보하여 그들을 통해 다양한 생태적 기능을 확보할 수 있을 것이다(Jung *et al.*, 2018).

결 론

포항시에서 고밀도 토지이용은 남-북으로는 시 구역의 중심, 그리고 동-서 방향으로는 해안에 면한 동쪽에 집중되어 있다. 이 지역에서 이루어진 고밀도 토지이용은 그러한 이용형태로부터 발생하는 환경스트레스를 줄이기 위해 넓고 건전한 자연환경을 필요로 하고 있다. 이에 본 연구에서는 이를 종합적으로 해결할 수 있는 방안으로서 시 전체 차원에서 녹지의 양과 질을 개선할 수 있는 복원방안을 제시하였다. 열 오염원을 감소시키는 데는 바다에 면한 이곳의 지정학적 위치가 유리하게 작용하지만 이산화탄소를 비롯하여 산업시설로부터 발생하는 복합 환경스트레스를 해결하기 위해서는 이러한 자연조건에만 의존할 수는 없다. 이러한 문제를 해결하고 동시에 지속가능한 도시를 이루어내기 위하여 녹지의 양과 질을 보강하고, 여기서 보충되는 녹지와 기존의 것을 종합하여 축을 이룰 수 있는 형태의 경관차원의 복원 계획을 마련하였다.

적 요

생물의 특징적인 서식공간을 나타내는 비오톱은 도시생태계의 효율적 조성 및 지속가능한 관리를 위해 필수적으로 파악되어야 한다. 본 연구는 우리나라의 대표적 공업도시인 포항시 전역에 성립한 비오톱 유형과 그 속성을 분석하여 이 도시를 생태적으로 관리하기 위한 기초자료를 제공하고자 수행하였다. 포항시에 성립한 비오톱 유형은 삼림(침엽수림, 활엽수림 및 침·활 혼합림), 경작지(논과 밭), 시설녹지(조경수목식재지), 하천, 저수지, 나지, 주거지역, 공공시설, 상업지역, 공업지역, 도로 및 학교의 12개 유형으로 구분되었다. 비오톱 유형에 따른 속성을 분석한 결과, 도시지역을 대표하는 공업지역, 주거지역 및 상업지역에는 제한된 공간에 주로 도입된 식생이 존재하였다. 더구나 그 식생은 지역과 지소의 특성을 반영하는 자생종 보다는 조경 및 원예용으로 개발된 식물들 중심으로 이루어져 있다. 생산녹지는 도심으로부터 거리에 따라 먼 곳에는 전형적인 농경지의 형태를 나타내었지만, 인접한 곳에서는 시설농업의 형태를 나타내었다. 자연녹지는 하천을 따라 성립한 수변식생과 산림식생으로 구분되었다. 그 중 산림식생은 이차림(7개 군락)과 조림지(3개 군락)로 이루어졌다. 포항시의 도시생태계는 공업지역이 차지하는 면적이 넓고, 그 중 열오염과 이산화탄소 발생량이 높은 철강산업이 주를 이루고 있다. 반면에 녹지는 양과 질 양면에서 모두 매우 부족하다. 본 연구에서는 이러한 문제를 종합적으

로 검토한 후 이 지역의 생태적 질을 높이기 위한 방안으로 녹지의 양과 질을 개선할 수 있는 식생 복원방안 및 기존 녹지와 복원 예정 녹지를 묶어내는 녹지축 네트워크화 방안을 제시하였다.

저자기여도 정성희: 연구주관, 김동욱·임봉순·김아름·설재원: 야외조사 및 자료정리, 이창석: 논문작성지도

이해관계 이해관계가 없습니다.

연구비 본 연구는 ‘2019년 서울여자대학교 교내 학술 지원 프로그램’의 지원을 받아 수행되었습니다.

REFERENCES

- Adams, L.W. and L.E. Dove. 1989. Wildlife reserves and corridors in the urban environment. A guide in Ecological landscape planning and resource conservation. National Institute for Urban wildlife, Maryland.
- An, J.H., C.H. Lim, Y.C. Cho and C.S. Lee. 2019. Early recovery process and restoration planning of burned pine forests in central eastern Korea. *Journal of Forestry Research* **30**: 243-255.
- An, J.H., C.H. Lim, Y.K. Lim, K.B. Nam and C.S. Lee. 2014. A review of restoration project evaluation and post management for ecological restoration of the river. *Journal of Restoration Ecology* **4**: 15-34.
- An, J.H., C.H. Lim, Y.K. Lim, K.B. Nam, J.H. Pi, J.S. Moon, J.Y. Bang and C.S. Lee. 2015. Diagnosis on the riparian vegetation in the downstream reach of the Gyungan Stream for creating vegetation belt. *Journal of Korean Society on Water Environment* **31**: 680-692.
- An, J.H., C.H. Lim, S.H. Jung, A.R. Kim, D.M. Woo and C.S. Lee. 2016a. Restoration plan of Changwon and Nam streams based on the results of diagnostic assessment. *Journal of Korean Society on Water Environment* **33**: 511-524.
- An, J.H., C.H. Lim, Y.K. Lim, K.B. Nam, J.H. Pi, J.S. Moon, J.Y. Bang and C.S. Lee. 2016b. Development and application of a model for restoring a vegetation belt to buffer pollutant Discharge. *Journal of Korean Society on Water Environment* **32**: 205-215.
- An, J.H., C.H. Lim, S.H. Jung and C.S. Lee. 2017. Vegetation of Doombeong selected as a reference site for restoring wetland. *Journal of Wetland Research* **19**: 193-201.
- Arnold, J., J. Kleemann and C. Fürst. 2018. A Differentiated Spatial Assessment of Urban Ecosystem Services Based on Land Use Data in Halle, Germany. *Land* **7**: 101.
- Artmann, M., O. Bastian and K. Grunewald. 2017. Using the concepts of green infrastructure and ecosystem services to specify Leitbilder for compact and green cities-the example of the landscape plan of Dresden (Germany). *Sustainability* **9**(2): 198.
- Austad, I.A., L. Hauge, T. Helle, A. Skogen and A. Timberlid. 1991. Human-influenced vegetation types and landscape elements in the cultural landscapes of inner Sogn, Western Norway.
- Austad, I.A. and L. Hauge. 1989. Restoration and management of historical cultural landscapes- an important aspect of landscape ecology. *Landschaft + Stadt* **21**: 148-157.
- Braun-Blanquet, J. 1964. Pflanzensoziologie. Grundze der Vegetationskunde. Springer-Verlag, Wien.
- Brown, D.T. 1993. Reclaiming deserted corridors: rights of way as common property resources. *Alternatives* **19**: 24-28.
- Brunner, M., F. Duhme, H. Muck, I. Patsch and E. Wenisch. 1979. Kartierung gerhultenswerter Lebensraume in der Stadt. *Das Gartenamt* **28**: 1-8.
- Cho, Y.C., H.J. Cho and C.S. Lee. 2009. Greenbelt Systems Play an Important Role in the Prevention of Landscape Degradation Due to Urbanization. *Journal of Ecology and Environment* **32**: 207-215.
- Choi, D.I., J.H. Kim, H.T. Mun and C.S. Lee. 1993. Selection and breeding of tolerant species and bioindicator to air pollution and acid rain. G7 project report. Ministry of Environment of Korea. 136 p.
- Collins, N.M. and J.A. Thomas. 1989. The conservation of insect and their Habitat. Academic Press, Massachusetts.
- Edwards, P.J., R.M. May and N.R. Webb. 1993. Large-Scale Ecology and Conservation Biology. Blackwell, London.
- Fuller, R.J. and M.S. Warren. 1993. Coppiced woodlands: their management for wildlife. Nature Conservancy Council, Peterborough.
- Girardet, N. 1992. The Gaia Atlas of Cities. Double day, Toronto.
- Gunn, J.M. 1995. Restorative and recovery of an industrial region. Springer-Verlag, New York.
- Haber, W. 1990a. Using landscape ecology in planing and management. *In: Changing landscapes: An ecological perspective* (Zonneveld, I.S. and R.T.T. Forman eds.). Springer-Verlag, New York.
- Haber, W. 1990b. Basic concepts of landscape ecology and their application in land management. *Physiology and Ecology Japan* **27**: 131-146.
- Hawkins, V. and P. Selman. 2002. Landscape scale planning: exploring alternative land use scenarios. *Landscape and Urban Planning* **60**: 211-224.
- Hill, M.O. 1979. DECORANA-a Fortran Program for Detrended Correspondence Analysis and Reciprocal Averaging. Cornell University Ithaca, New York.
- Jarvis, P.J. and C.H. Young. 2005. The mapping of urban habitat and its evaluation. Wolverhampton, University of Wolverhampton.
- Jung, S.H., A.R. Kim, B.S. Lim, J.W. Seol and C.S. Lee. 2019. Spatial distribution of vegetation along the environmental gradient on the coastal cliff and plateau of Janggi peninsula (Homigot), southeastern Korea. *Journal of Ecology*

- and *Environment* **43**: 14.
- Jung, S.H., A.R. Kim, B.S. Lim, J.W. Seol and C.S. Lee. 2018. Characteristics and reference information of riparian vegetation for realizing ecological restoration classified by reach of the river in Korea. *Journal of Korean Society on Water Environment* **34**: 447-461.
- KICT. 1995. Development of technique for managing riverine environment in urban river. Ministry of Construction and Transport of Korea. Seoul.
- KICT. 1997. Development of method for constructing natural river familiar with natural condition of Korea KICT, Ilsan.
- Kim, D.S., K.C. Eom, S.H. Youn, S.K. Youn and S.W. Hwang. 2000. Why we have to keep the rice field? -Rice farming and the public function of the rice field-. Tdanim Publishing Co., Seoul. 171 p
- Kim, J.H., H.T. Mun, C.S. Lee. and D.S. Cho. 1996. Selection and breeding of tolerant species and bioindicator to air pollution and acid rain. G7 project report. Ministry of Environment of Korea.
- Lee, C.S. 2016. Role and task of restoration ecology in changing environment, research trend and issue in biological science. *The National Academy of Korea* **5**: 481-527.
- Lee, C.S., H.J. Cho and H. Yi. 2004a. Stand dynamics of introduced black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) plantation under different disturbance regimes in Korea. *Forest Ecology and Management* **189**: 281-293.
- Lee, C.S., J.S. Moon and Y.C. Cho. 2007. Effects of soil amelioration and tree planting on restoration of an air-pollution damaged forest in South Korea. *Water, Air and Soil Pollution* **179**: 239-254.
- Lee, C.S., K.S. Lee, J.K. Hwangbo, Y.H. You and J.H. Kim. 2004b. Selection of tolerant plants and their arrangement to restore a forest ecosystem damaged by air pollution. *Water, Air, and Soil Pollution* **156**: 251-273.
- Lee, C.S. and S.K. Hong. 1998. Perspectives in Landscape Ecology: Changes of Landscape Pattern and Vegetation Structure in Rural Area Disturbed by Fire. *Journal of Ecology and Environment* **21**: 389-399.
- Lee, C.S., S.K. Hong, H.J. Cho and J.M. Oh. 1999. Technology for restoration of natural environment. Donghwa Technology Publishing Co., Paju.
- Lee, C.S., S.K. Hong, J.S. Moon and Y.H. You. 2001. Landscape structure in the greenbelt zone around the Seoul, the Metropolis of Korea. *Korean Journal of Ecology and Environment* **24**: 385-394.
- Lee, C.S., Y.C. Cho and A.N. Lee. 2008. Restoration planning for the Seoul metropolitan area, Korea. In *Ecology, Planning, and Management of Urban Forests*. Springer: 393-419.
- Lee, C.S., Y.C. Cho, H.C. Shin, J.S. Moon, B.C. Lee, Y.S. Bae, H.G. Byun and H. Yi. 2005. Ecological Response of Streams in Korea under Different Management Regimes. *Water Engineering Research* **6**: 131-147.
- Lee, C.S. and Y.H. You. 2001. Creation of an environmental forest as an ecological restoration. *Korean Journal of Ecology and Environment* **24**: 101-109.
- Lee, C.S., Y.M. Jeong and H.S. Kang. 2011. Concept, direction, and task of ecological restoration. *Journal of Restoration Ecology* **2**(1): 59-71.
- Lee, K.J. and Others. 1993. Development of technique for restoration of green around city and industrial complex. G7 project report. Ministry of Environment of Korea.
- Leser, H. 1991. Landscape Ecologie. UTB 521, Eugen Ulmer GmbH & Co., Stuttgart.
- Löfvenhaft, K., C. Björn. and M. Ihse. 2002. Biotope patterns in urban areas: a conceptual model integrating biodiversity issues in spatial planning. *Landscape and Urban Planning* **58**(2-4): 223-240.
- Milan, D.J., G.L. Heritage, A.R.G. Large and N.S. Entwistle. 2010. Mapping hydraulic biotopes using terrestrial laser scan data of water surface properties. *Earth Surface Processes and Landforms* **35**(8): 918-931.
- Ministry of Environment of Korea. 2018. A study for legislating a law for restoration of natural environment (tentative name), Ministry of Environment of Korea. Sejong, 243 p.
- Miyawaki, A., K. Fujiwara and S. Okuda. 1987. The status of nature and re-creation of green environments in Japan. *Vegetation ecology and creation of new environments: 357-376*.
- Nakagoshi, N. and K. Natio. 1995. Landscape management and plant conservation in the national park in Japan. International Symposium and Excursion on National Parks and Protected Areas: 127-137.
- Newmark, W.D. 1986. Species-area relationship and its determinants for mammals in western North American national parks. *Biological Journal of the Linnean Society* **28**: 83-98.
- Nilon, C.H., M.F.J. Aronson, S.S. Cilliers, C. Dobbs, L.J. Frazer, A. Mark, M.A. Goddard, K.M. O'Neill, D. Roberts, E.K. Stander, P. Werner, M. Winter and K.P. Yocom. 2017. Planning for the Future of Urban Biodiversity: A Global Review of City-Scale Initiatives. *BioScience* **67**: 332-342.
- Numata, M. 1992. A study of urban ecosystem based on the concepts of landscape ecology and vegetation dynamics. *Natural History Research* **2**: 1-14.
- Sukopp, H., W. Kunick and C. Schneider. 1980. Biotopemapping in the built-up areas of West Berlin. Part II. Field methods and evaluation. *Garten Landschaft* **7**: 565-569.
- Sukopp, H. and S. Weiler. 1988. Biotop mapping and nature conservation strategies in urban areas of the Federal Republic of Germany. *Landscape Urban Plann* **15**: 39-58.
- Temperton, V.M., E. Higgs, Y.D. Choi, E. Allen, D. Lamb, C.S. Lee and J.B. Zedler. 2014. Flexible and Adaptable Restoration: An Example from South Korea. *Restoration Ecology* **22**: 271-278.

- Temperton, V.M., E. Higgs, Y.D. Choi, E. Allen, D. Lamb, C.S. Lee, J. Harris, R.J. Hobbs and J.B. Zedler. 2014. Flexible and adaptable restoration: an example from South Korea. *Restoration Ecology* **22**(3): 271-278.
- Tilghman, N.G. 1987. Characteristics of Urban Woodlands Affecting Breeding Bird Diversity and Abundance. *Landscape and Urban Planning* **14**: 41-495.
- Vizyová, A. 1986. Urban woodlots as islands for land vertebrates: a preliminary effects of urban structural units. *Ekologia (CSSR)* **5**: 407-419.
- Walker, L.R., J. Walker and R.J. Hobbs. 2007. Linking restoration and ecological succession. (eds.). Springer Science+Business Media, LLC, NY.
- Warren, M.S. and R.J. Fuller. 1993. Woodland rides and Glades their management for wildlife. Nature Conservancy Council, Peterborough.
- Werner, P. 1999. Why biotope mapping in populated areas. *DEINSEA* **5**: 9-26.

Appendix 1. 1: Forest, 2: Residential area, 3: School, 4: Green facilities, 5: Public facilities, 6: Industrial area, 7: Agricultural field, 8: Commercial area, 9: River and reservoir, 10: Coastal beach. 1 and 0 within table indicate presence and absence of each species.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Artemisia indica</i>	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Setaria viridis</i>	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
<i>Commelina communis</i>	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1
<i>Digitaria ciliaris</i>	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1
<i>Juniperus chinensis</i>	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1
<i>Taraxacum officinale</i>	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0
<i>Celtis sinensis</i>	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1
<i>Eleusine indica</i>	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1
<i>Ligustrum japonicum</i>	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0
<i>Pinus thunbergii</i>	1	0	1	1	1	1	0	1	0	1
<i>Prunus serrulata</i> f. <i>spontanea</i>	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0
<i>Rhododendron yedoense</i> f. <i>poukhanense</i>	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0
<i>Zelkova serrata</i>	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0
<i>Acer palmatum</i>	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0
<i>Bidens frondosa</i>	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0
<i>Buxus sinica</i> var. <i>koreana</i>	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0
<i>Elymus tsukushiensis</i> var. <i>transiens</i>	1	0	0	1	1	0	1	1	1	0
<i>Erigeron annuus</i>	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0
<i>Ixeridium dentatum</i>	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0
<i>Juniperus virginiana</i>	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0
<i>Liriope muscari</i>	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0
<i>Parthenocissus tricuspidata</i>	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1
<i>Pinus densiflora</i>	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
<i>Solanum nigrum</i>	0	1	1	1	0	1	1	1	0	0
<i>Symphytotrichum pilosum</i>	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0
<i>Achyranthes bidentata</i> var. <i>japonica</i>	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0
<i>Bidens bipinnata</i>	1	0	1	0	0	1	1	0	1	0
<i>Calystegia pubescens</i>	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0
<i>Cedrus deodara</i>	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0
<i>Chenopodium album</i> var. <i>centrorubrum</i>	1	0	1	1	0	1	0	0	0	1
<i>Chrysanthemum morifolium</i>	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0
<i>Conyza canadensis</i>	1	0	1	1	0	0	0	1	1	0
<i>Cornus officinalis</i>	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0
<i>Crepidiastrum sonchifolium</i>	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0
<i>Equisetum arvense</i>	0	1	1	1	0	0	1	0	1	0
<i>Euonymus japonicus</i>	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0
<i>Ginkgo biloba</i>	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0
<i>Hibiscus syriacus</i>	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0
<i>Humulus scandens</i>	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0
<i>Justicia procumbens</i>	0	1	1	1	0	1	0	1	0	0
<i>Lagerstroemia indica</i>	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0
<i>Ligustrum obtusifolium</i>	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1
<i>Metaplexis japonica</i>	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0
<i>Metasequoia glyptostroboides</i>	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0
<i>Morus alba</i>	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0
<i>Oxalis corniculata</i>	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0
<i>Paederia foetida</i>	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0
<i>Persicaria longiseta</i>	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0
<i>Phragmites australis</i>	1	0	1	0	0	1	0	0	1	1
<i>Pyracantha angustifolia</i>	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0
<i>Taxus cuspidata</i>	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
<i>Ulmus parvifolia</i>	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0
<i>Abelia mosanensis</i>	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0
<i>Acer buergerianum</i>	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0

Appendix 1. Continued.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Albizia julibrissin</i>	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
<i>Bromus japonicus</i>	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1
<i>Calystegia soldanella</i>	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1
<i>Chaenomeles sinensis</i>	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0
<i>Cirsium japonicum</i> var. <i>maackii</i>	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0
<i>Cyperus amuricus</i>	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0
<i>Diospyros kaki</i>	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0
<i>Echinochloa esculenta</i>	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0
<i>Fallopia dumetorum</i>	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
<i>Forsythia koreana</i>	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0
<i>Galium spurium</i>	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0
<i>Koelreuteria paniculata</i>	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0
<i>Lactuca serriola</i>	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1
<i>Nandina domestica</i>	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0
<i>Oenothera biennis</i>	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0
<i>Phedimus kamschaticus</i>	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1
<i>Phytolacca americana</i>	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0
<i>Pinus strobus</i>	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0
<i>Prunus armeniaca</i>	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0
<i>Rosa banksiae</i>	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0
<i>Rumex crispus</i>	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1
<i>Spiraea prunifolia</i> f. <i>simpliciflora</i>	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0
<i>Styphnolobium japonicum</i>	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0
<i>Aralia elata</i>	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Camellia japonica</i>	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
<i>Campsis grandiflora</i>	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0
<i>Carex lanceolata</i>	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1
<i>Castanea crenata</i>	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Chenopodium album</i>	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0
<i>Chionanthus retusus</i>	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0
<i>Clematis apiifolia</i>	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0
<i>Cocculus orbiculatus</i>	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1
<i>Cyperus microiria</i>	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0
<i>Euonymus fortunei</i> var. <i>radicans</i>	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Fatsia japonica</i>	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0
<i>Festuca ovina</i>	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1
<i>Ilex crenata</i>	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0
<i>Ipomoea nil</i>	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0
<i>Kummerowia striata</i>	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0
<i>Lactuca indica</i>	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
<i>Lonicera japonica</i>	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1
<i>Lycium chinense</i>	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1
<i>Magnolia kobus</i>	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0
<i>Miscanthus sinensis</i> var. <i>purpurascens</i>	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1
<i>Persicaria hydropiper</i>	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0
<i>Pinus parviflora</i>	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0
<i>Plantago asiatica</i>	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0
<i>Plantago lanceolata</i>	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1
<i>Platanus occidentalis</i>	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0
<i>Prunella vulgaris</i> subsp. <i>asiatica</i>	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0
<i>Psilotum nudum</i>	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0
<i>Punica granatum</i>	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
<i>Robinia pseudoacacia</i>	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0
<i>Rosa luciae</i>	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1
<i>Rosa multiflora</i>	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0

Appendix 1. Continued.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Rosa hybrida</i>	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0
<i>Salix pseudolasiogyne</i>	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0
<i>Senecio vulgaris</i>	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0
<i>Smilax china</i>	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0
<i>Styrax japonicus</i>	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Symphotrichum subulatum</i>	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0
<i>Tagetes minuta</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1
<i>Trifolium repens</i>	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0
<i>Zoysia japonica</i>	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0
<i>Acer tataricum</i> subsp. <i>ginnala</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ailanthus altissima</i>	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
<i>Althaea rosea</i>	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Amorpha fruticosa</i>	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Aristolochia contorta</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
<i>Artemisia scoparia</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Aster spathulifolius</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Athyrium yokoscense</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Breea segeta</i>	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
<i>Celastrus orbiculatus</i>	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cephalanthera longibracteata</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Chrysanthemum boreale</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Chrysanthemum zawadskii</i> var. <i>latilobum</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cosmos bipinnatus</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Cymbopogon goeringii</i>	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Dryopteris crassirhizoma</i>	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Echinochloa crus-galli</i> var. <i>echinatum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
<i>Euphorbia humifusa</i>	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Galium verum</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Glehnia littoralis</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Hibiscus moscheutos</i>	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Hydrangea macrophylla</i>	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Imperata cylindrica</i>	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
<i>Iris rossii</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Kerria japonica</i>	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Lespedeza cuneata</i>	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
<i>Lespedeza cyrtobotrya</i>	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Leymus mollis</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Magnolia obovata</i>	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Malus prunifolia</i>	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
<i>Mirabilis jalapa</i>	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Miscanthus sacchariflorus</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0
<i>Miscanthus sinensis</i>	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Oplismenus undulatifolius</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Paeonia lactiflora</i>	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Panicum dichotomiflorum</i>	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Persicaria orientalis</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Persicaria perfoliata</i>	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Persicaria senticosa</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Phalaris arundinacea</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
<i>Phryma leptostachya</i> var. <i>oblongifolia</i>	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Phyllostachys bambusoides</i>	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
<i>Pimpinella brachycarpa</i>	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Pinus densiflora</i> f. <i>multicaulis</i>	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
<i>Platycarya strobilacea</i>	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0

