

AHP분석을 활용한 수변구역 매수토지의 회복탄력성 중요인자 도출^{1a}

백승준² · 이찬³ · 장재훈⁴ · 강현경^{5*} · 이수동⁶

Derivation of Important Factors the Resilience of Purchased Land in the Riparian Zone Using AHP Analysis^{1a}

Seung-Jun Back², Chan Lee³, Jae-Hoon Jang⁴, Hyun-Kyung Kang^{5*}, Soo-Dong Lee⁶

요약

본 연구는 수변구역 매수토지의 복원에 영향을 미치는 요인을 파악하고 그 중요도를 정량적으로 산정하여 매수토지의 실질적 회복력을 분석하기 위한 평가지표 개발에 필요한 기초자료를 제시하고자 한다. 주요 결과는 다음과 같다. 첫째, 국내·외 관련연구에 대한 문헌고찰을 통해 34개의 회복탄력성 예비항목을 추출하였으며, 관련 전문가 델파이 조사를 통하여 생태적 대응력 7개, 물리적 대응력 6개, 관리적 대응력 4개 인자를 도출하였다. 둘째, 확정된 중요인자에 대한 신뢰도 분석, 계층적 의사결정법(AHP) 분석을 실시한 결과, 매수토지에 복원된 식생의 구조적 안정성, 야생동물 종다양도, 야생동물 구조적 안정성, 토지매수 후 복원시 습지의 규모, 출현 식물 종수, 매수토지와 인접한 주변 토지피복 현황이 중요인자로 도출되었다. 본 연구결과는 수변구역의 토지매수, 복원, 관리단계별 회복탄력성 강화인자를 고려한 생태적 복원과 관리계획에 유용한 정보로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

주요어: 생태적 대응력, 물리적 대응력, 관리적 대응력, 식생의 구조적 안정성

ABSTRACT

This study aims to present reference data necessary for developing evaluation indicators to analyze the actual resilience of purchased land by investigating the factors that affect the restoration of the purchased land in the riparian zone and quantitatively calculating its importance. The main results are as follows. Firstly, this study identified 34 potential resilience factors through a literature review encompassing domestic and overseas studies and derived seven ecological responsiveness factors, six physical responsiveness factors, and four managerial responsiveness factors through the Delphi survey. Secondly, reliability analysis and Analytic

1 접수 2021년 3월 14일, 수정 (1차: 2021년 6월 17일), 게재확정 2021년 6월 24일
Received 14 March 2021; Revised (1st: 17 June 2021); Accepted 24 June 2021

2 에스케이 대표 SJ Inc. Cheonan 31066, Korea (bsjv@naver.com)

3 서울시립대학교 대학원 도시공학과 박사 수료 Dept. of Urban Planning and Design, Graduate School, Univ. of Seoul, 02504, Korea (suckmaniac@naver.com)

4 환경부 자연생태정책과 시설사무관 Dept. of Nature and Ecology Policy Division, Ministry of Environment, Sejong 30103, Korea (hoony9987@naver.com)

5 상명대학교 그린스마트시티학과 부교수 Dept. of Green Smart City, Sangmyung Univ., Cheonan 31066, Korea (hkkang@smu.ac.kr)

6 경상국립대학교 조경학과 교수 Dept. of Landscape Architecture, Gyeongsang National Univ. Jinju 52725, Korea (ecoplan@gnu.ac.kr)

a 이 논문은 한국연구재단 2017년 이공학개인지원사업(과제번호: 2017R1D1A1B03036069)에서 지원받아 연구되었음.

* 교신저자 Corresponding author: hkkang@smu.ac.kr

Hierarchy Process (AHP) analysis derived the following important factors: structural stability of the vegetation restored in the purchased land, species diversity of wildlife, structural stability of wildlife, the size of restored wetland after purchase, number of plant species, and the land cover status adjacent to the purchased land. The study results are expected to be helpful information for ecological restoration and management plans reflecting reinforcing factors for resilience at each stage of land purchase, restoration, and management.

KEY WORDS: ECOLOGICAL RESPONSIVENESS, PHYSICAL RESPONSIVENESS, MANAGERIAL RESPONSIVENESS, STRUCTURAL STABILITY OF VEGETATION

서 론

우리나라는 1970년대 이후 급격한 도시의 산업화로 인하여 생태계의 무분별한 훼손이 진행되었다. 도시발전 과정에서 식량 확보의 용이성, 교통의 편리성, 군사적 방어 요소 등과 같은 이점으로 인해 강 주변에서 도시화가 이루어졌으며(Kim *et al.*, 2016), 이로 인한 농업활동, 기술의 발달, 도시화, 자연재해 등 다양한 교란이 발생하였다. 주변 개발에 따른 하천 수계 오염원의 심각성을 인식하여 1995년부터 4대강 유역에 대한 비점오염 조사연구 사업을 실시하였으며, 이는 상수원 보전을 위한 노력으로 이어졌다(Ministry of Environment, 2007). 상수원 보전에 관한 법률은 4대강을 중심으로 물 관리 및 주민지원 등에 관한 법률로 지정되어 수계의 수자원과 오염원, 비점오염원을 적절하게 관리하고 상수원 상류지역의 수질 개선과 주민지원 사업을 효율적으로 수행하기 위해 제정되었고, 이에 상수원을 보호하고, 생태계 안정성을 확보하기 위하여 수변구역을 설정하였다(www.moleg.go.kr). 수변구역은 한강, 낙동강 등 국내 대규모 하천수계의 수질 보전을 목적으로 상수원으로 이용되는 댐과 상류지역의 수질에 영향을 미치는 행위를 제한하는 구역이다. 지정 목적은 상수원 보호와 더불어 상수원의 수질에 영향을 미치는 지역의 토지를 매수하고 녹지대를 조성함으로써 오염원을 정화시키는 완충지대로서의 기능을 강화하기 위한 것이다. 수변녹지는 수질보전 및 수원함양, 생물서식, 탄소흡수 및 대기정화 등의 환경·생태적 기능을 발휘하며 경관감상, 자연체험, 산책 등 다양한 여가활동의 장소를 제공한다(Binford and Karty, 2006; Jo and Park, 2015; Noss, 2006; Smith, 1993).

환경부는 높은 생물종다양성과 종밀도, 생물학적 생산력을 보유하고 있는 하천 수변을 대상으로 1998년 한강을 시작으로 2002년에 금강, 낙동강, 영산강-섬진강에 수변구역을 지정하고 구역 내 토지매수 및 수변생태벨트 조성사업을 추진하였고 수변구역의 매수단계부터 조성, 관리까지의 체계적 시스템 구축을 위하여 효율적 노력을 기울이고 있다. 하지만, 현재까지 매수 및 복원된 토지를 살펴보면 토지매

수의 문제, 매수된 토지의 생태적 복원기술 부족, 효율적 관리·운영을 위한 인력 및 예산 부족 등으로 매수토지의 파편화, 주변 입지환경에 따른 생물종다양성 감소 등 다양한 문제점이 발생하였다.

실질적으로 인간의 인위적인 강도가 높아질수록 자연생태계는 기능의 단절, 물리적 분열이 가속화되어 파편화된다. 생태계는 단일시스템이 아닌 복수적 부문별 시스템이 중층적으로 상호 상충되어 있으므로, 점진적으로 기능이 저하될 수 있는 가능성을 검토하고 시스템 변화에 대응하기 위한 전략이 필요하다(Suh and Cho, 2014). 이러한 전략 수립을 위해 2000년 후반 들어 미국이나 영국 등에서는 자연재해 예방 및 피해 저감을 위하여 회복탄력성(Resilience)에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다(Mayunga, 2009; Cutter *et al.*, 2010). 국내에서는 도시계획적 차원에서 Park and Song(2015)은 서울시의 효율적인 재해대책수립을 위해 회복탄력성에 영향력 있는 변수로 물리적, 사회적, 기관 대응력 요인 등을 도출하였다. 최근 폭염 및 폭우, 폭설 등 기상이변이 빈번히 발생함에 따라 풍수해 저감, 취약성 분석 등의 방재 관련된 회복탄력성 연구가 활발히 진행되고 있다(Kim *et al.*, 2014; Moon, 2012). 기후변화 대응 도시 회복력 강화 관점에서 Kim *et al.*(2018a)은 수원을 대상으로 사회적, 경제적, 도시인프라, 생태적 회복력 평가지표를 제안하였으며 Ndubisi(2014)는 회복력 있는 도시 조성을 위하여 계획, 관리, 거버넌스 측면에서의 생태계서비스 제공방안과 도시 경관관리 측면에서 자연자원 도입방안을 제안하였다. 생태계서비스 회복력과 관련하여 Ham *et al.*(2015)은 시스템 사고를 활용한 Trade-off 현상의 동태성 분석연구를 진행하였고, You *et al.*(2017)은 도시 습지의 생태계서비스 회복력 향상을 위한 설계 전략으로서 계류형 습지, 자생종 식재, 생태모니터링 및 관리프로그램을 제안하였다.

회복탄력성의 개념은 Holling(1996)에 의해 도입되었고 생태계가 외부 교란으로 환경이 변화하는 과정에서 기존의 상태를 유지하기 위한 역량을 의미하며 시스템의 기능이 제자리로 돌아가는 것과 교란 시스템의 구조적 문제를 개선하고 더 나은 시스템으로 진화하는 것을 포함한다(Choi, 2015).

이러한 관점에서 자연성이 우수한 지역이나 인접 생태계와 연결성이 뛰어난 수변지역의 회복탄력성은 생태적 기능, 자연체제를 안정적으로 유지할 수 있는 능력(Biggs *et al.*, 2012)을 의미하며 You *et al.*(2017)은 도시 습지 및 수변지역의 회복력은 견고성, 다양성, 중복성, 지속성, 자원동원성과 같은 생태계서비스 향상 전략과 상호작용하며 영향력을 미치고 있음을 보고하였다. 따라서 수변구역 매수토지의 회복력은 복잡한 환경시스템 속에 외부 충격을 흡수하고 안정적으로 상호작용하며 적용할 수 있는 능력을 높이는데 초점을 맞추는 것이 중요하다. 이러한 측면에서 본 연구는 수변구역의 토지 매수, 복원, 관리단계별 회복탄력성을 향상시키기 위한 중요 인자와 인자별 중요도를 도출하여 생태적 복원과 관리계획 수립에 유용한 기초자료를 제공하고자 한다.

연구방법

1. 연구수행절차

본 연구는 수변지역 생태계의 회복탄력성 중요인자를 추출하기 위하여 자연재해지역이나 도시지역의 회복탄력성 측정이나 평가, 영향요소 분석에 관련된 국·내외 문헌 고찰을 통하여 생태성, 물리성, 관리성 관점에서 총 34개의 예비항목을 도출하였다. 이를 활용하여 우선순위분석을 시행하고 중요인자를 제안하기 위하여 다음과 같은 3단계 연구를 진행하였다. 첫째, 34개로 도출된 세부항목의 타당성을 검증하기 위하여 전문가를 대상으로 델파이(Delphi) 조사를 진행하였다. 세부적으로 리커트(Likert Scale) 5점 척도의 설문지를 반영하여 조사를 실시하였고, 전문가 합의의 적정성을 파악하기 위하여 내용타당도(CVR: Content Validity Ratio)를 산출하여 검증하였다. 둘째, 최종적으로 결정된 세부항목에 대한 정확성과 정밀성을 파악하기 위해 신뢰성 분석을 시행하였다. 신뢰도 계수 Cronbach's α 값 0.6 이상을 신뢰성 기준(Nunnally, 1978)으로 판단하였으며 SPSS ver 22.0을 활용하여 분석하였다. 셋째, 추출된 중요인자를 중심으로 상대적 중요도를 측정하기 위해서 계층적 의사결정법(AHP: Analytic Hierarchy Process)으로 설문조사를 실시하여 중요도를 평가하였다. 중요도 평가를 위해 9개 단계의 척도를 이용하였고 일관성의 정도를 측정하는 일관성 지수(CI)는 0.1 이내로 하였다(Nunnally, 1978). 일관성 지수는 계층화분 석법 이원비교행렬에서 일관성 정도를 측정하는 방법으로 응답자가 일관적으로 답하였는지 판단하는 근거로 사용하였다(Saaty, 1992). 프로그램은 Expert Choice 2000을 활용하여 분석하였다.

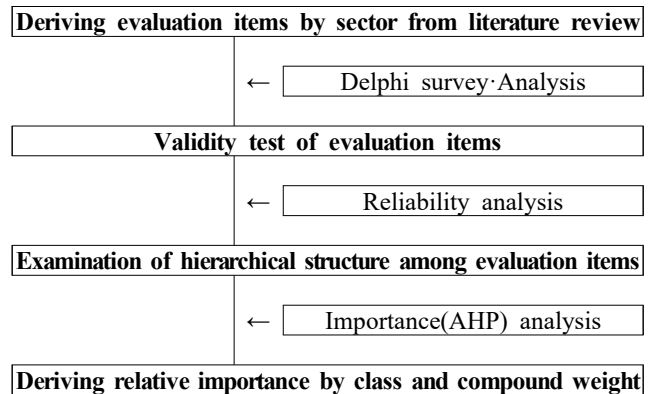


Figure 1. Research Process.

2. 전문가 구성

설문조사를 위한 전문가 구성은 현재 수변지역 매수토지와 관련한 연구, 관리 등을 수행한 경험이 있는 전문가로 구성하였으며 선정기준은 다음과 같다. 첫째, 수변지역 매수토지와 관련한 계획 및 유지·관리에 대한 경험이 풍부한 학사 이상의 실무전문가 또는 조경학 및 생태학 등 수변지역 관련 연구를 수행한 경험이 있는 석사 이상의 학력을 가진 전문가로 선정하였다. 둘째, 1차에 선정된 대상자 중 추가로 전문가를 추천받아 전문성(학력 등), 근무 형태, 관련 분야 경력 등을 종합하여 우선순위로 총 50명을 선정하였다. 본 연구에서는 E-mail을 통해 배부되었던 설문지 중 총 34부가 회수되어 분석에 활용되었다(Table 1).

Table 1. Demographic characteristics of experts

Classification		No.	Ratio(%)
Academic Achievement	B. A	4	11.7
	M. A	14	41.2
	Ph. D	16	47.1
Major	Landscape	22	64.7
	Ecology	12	35.3
Carrier in Related Field (Year)	Less than 5	8	23.5
	5 ~ 10	11	32.4
	10 ~ 15	5	14.7
	15 ~ 20	6	17.6
	More than 20	4	11.8
Workplace	University/College	9	26.5
	Public Institutions	12	35.3
	Research Institute	7	20.6
	Corporation	6	17.6

연구결과

1. 회복탄력성 평가를 위한 중요인자 예비항목 도출

수변지역 매수토지의 회복탄력성은 과거의 교란 시스템인 도시화, 농업활동, 자연재해 등의 구조적 문제를 개선하고 수자원의 보호와 생태적 안정성을 확보하는 것이 중요하다. 따라서 생태적 안정성 및 회복력 향상을 위한 중요인자

도출을 위하여 생태계 평가연구를 활용하였다. 또한 다수의 연구에서 수변지역의 생태계 계획 및 평가에 있어 생태적 요인 뿐만 아니라, 물리적 요인, 관리적 요인을 함께 고려해야 한다고 제시하였다. 이는 자연생태계 구성요소인 생태적 자원, 물리적 환경과 함께 복원지역의 관리가 회복탄력성에 영향을 미친다고 볼 수 있다.

Tierney and Brunceau(2007)은 회복탄력성 측정에 관한

Table 2. Derivation of preliminary important factors for evaluating the purchased lands of the riparian zones

Classification		Item	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	No.		
Ecological responsiveness	Vegetation	Plant life type												•										1	
		Number of plant species	•	•					•		•		•	•							•		•		8
		Vegetation cover ratio																			•		•		3
		Naturalized ratio	•	•						•	•		•												5
		Vegetation richness		•																					1
		Perennial/annual plant ratio		•																					1
	Wildlife	Vegetation habitat diversity		•					•																2
		Structural stability						•		•	•										•				4
		Number of animal species	•	•				•	•	•			•												6
		Species diversity	•	•				•	•	•	•														6
		Animal habitat diversity									•										•				2
		Wildlife conservation value								•															1
		National protected species								•															1
		Advantages of each biota									•										•				2
		Structural stability	•	•				•			•	•													3
Physical responsiveness	Base environment	Ratio of open water	•	•				•	•		•													5	
		Green area								•									•			•		3	
		Ratio of impermeable surface																				•		1	
		Number of biotope types						•			•													2	
		Ratio of existing vegetation areas	•	•		•			•	•	•	•													7
	Surrounding environment	Wetland scale	•	•								•													3
		Surrounding land cover		•		•	•					•													4
		Path of wildlife migration		•								•													2
		Area of open water		•								•													2
		Pollutants area by distance		•								•													2
Managerial responsiveness	Institutional capability	Distance to other wetlands		•							•								•					3	
		Distance to the river	•									•								•				3	
		Education and training			•										•										2
		Management companions																				•			1
		Management budget			•										•		•								3
		Number of managers			•										•		•								3
Managerial responsiveness	Institutional capability	Frequency of monitoring													•			•				•		3	
		Management system maintenance														•			•					2	
		Policies, rules, and regulations			•										•	•	•	•				•		6	

a. Kim and Cho(1999), b. Koo and Kim(2001), c. Park et al.(2016), d. Han et al.(2004), e. Lee(2005), f. Yang et al.(2005), g. Ministry of Environment(2007), h. Kim(2008), i. Park et al.(2009), j. Jeong(2010), k. Kim et al.(2011), l. Ministry of Land, Infrastructure Transport and Tourism(2010), m. Li(2015), n. Joint ministries(2016), o. Park and Kim(2015), p. Eum(2016), q. Lee et al.(2016), r. Kim et al.(2017), s. Kim et al.(2018a), t. Kim et al.(2018b)

연구에서 기술적 요인과 조직적 요인, 사회적 요인, 경제적 요인으로 분류하였으며, Nemec *et al.*(2014)은 생태적 요인, 사회적 요인, 관리적 요인으로 구분하였다. Park and Song(2015)은 회복탄력성 비용지수를 활용한 회복탄력성 영향 요인 연구에서 재해 노출도, 물리적 대응력, 사회적 대응력, 기관 대응력 등의 인자가 주요 영향 요인으로 도출되었다. 본 연구에서는 기존 연구를 바탕으로 회복탄력성 중요인자를 크게 생태적 대응력, 물리적 대응력, 관리적 대응력으로 구분하였고, 수변구역 매수토지의 회복탄력성 향상을 위한 관점에서 델파이 조사를 위한 중요 요소 추출에 있어 국내·외 생태계 복원 및 평가, 모니터링 관련하여 약 100편의 문헌 고찰을 실시하였다. 문헌 리뷰를 바탕으로 129개의 기초지표를 추출하여 중복된 지표, 수변구역 매수토지의 특성에 적합하지 않아 활용 불가능한 지표들은 제외하였고 국내·외 다수 문헌 고찰 시 중복(3회 이상)하여 출현하는 중요인자를 예비항목으로 도출하였다.

생태적 대응력은 자연자원에 기반한 생물종의 생태적 현황, 생태계 모니터링 연구가 중심이 되었으며, 식생과 야생동물로 구분되었다. 생태적 대응력의 식생은 출현 귀화식물과 전체 식물종수의 관계인 귀화율, 교목 수관층의 피복율을 구하는 식피율, 다층구조의 면적을 구하는 식생구조의 안정성, 식물 출현 종수를 파악하는 식물종수 등이 중요인자로 나타났다. 이 외에 식생을 평가하기 위하여 식물의 생활형, 식생종풍부도, 다년생/일년생 식물 비율 등이 주요 항목이었다. 야생동물 부문에서 3회 이상의 빈도를 보인 주요한 인자로는 야생동물의 출현종수, 출현 야생동물의 종다양성지수를 구하는 생물종다양성지수, 야생동물이 서식할 수 있는 안정적 세력권을 구하는 야생동물 구조안정성 등으로 나타났다. 이외의 야생동물을 평가하기 위한 중요인자로 동물서식처 다양성, 야생동물 보전가치, 국가보호종, 각 생물상의 우점도 등이 주요 항목이었다.

물리적 대응력은 생물종의 서식을 위한 서식처에 관한 기반환경과 주변환경에 대한 연구들이 진행되어 왔다. 기반환경은 야생생물을 중심으로 서식하고 있는 범위로 볼 수 있으며, 습지 내에 수생식물의 피복에 따른 개방수면의 면적, 대상지 내부의 식물군락 유형별 분포유형을 파악하기 위한 현존식생 면적비율, 야생동물을 위한 채이, 산란, 서식을 위한 공간인 습지규모 등으로 나타났다. 이 외의 녹지면적, 불투수 포장면 비율, 비오톱의 유형 수 등이 주요 항목이었다. 주변환경은 기반환경에 영향을 주는 외적인 인자로 3회 이상의 빈도를 보이는 주요 인자는 대상지 외부의 생태현황을 파악하기 위한 주변 토지피복, 생태계의 연결성 확보를 위한 다른 습지까지의 거리, 하천으로부터의 거리 등으로 나타났다. 이 외에 야생동물 이동통로, 개방수면의 면적, 거리별 오염원 면적 등이 주요 항목이었다.

관리적 대응력은 생태계 관리를 위한 기관의 노력으로 파악할 수 있으며 관리에 소요되는 관리예산, 관리를 위한 계획 및 실행을 직접적으로 수행 가능한 관리자수, 관리 정책 및 계획 수립을 위한 생태환경 모니터링 횟수, 기본계획 및 실행계획을 위한 기관정책 등으로 나타났다. 이 외의 교육 및 훈련, 관리 동반자, 관리 시스템 정비 등이 주요 항목이었다.

2. 델파이 조사 분석

수변구역 매수토지의 회복탄력성 주요 인자 중 생태적 대응력은 식생 및 야생동물의 15개 항목에 대한 타당성을 파악한 결과, 통계적으로 삭제되어야 할 세부항목은 8개로 분석되었다. 식생부문에서는 ‘식물의 생활형’, ‘식물종풍부도’, ‘다년생/일년생 식물 비율’, ‘식생 서식처 다양성’ 등 4개 항목, 야생동물부문에서는 ‘동물 서식처 다양성’, ‘야생동물 보전가치’, ‘국가보호종’, ‘각 생물상의 우점도’ 등 4개 항목을 포함하여 총 8개 항목이 긍정율 50% 미만, 내용타당도가 음수(-)로 나타나 제외되었다. ‘식물의 생활형’, ‘식생종풍부도’, ‘다년생/일년생 식물 비율’ 등은 ‘식물 종수’ 파악에 따라 도출할 수 있어 유사한 항목으로 볼 수 있다는 전문가 의견이 제시되어 타당도가 낮은 항목으로 도출되었다. 반면에 식생부문에서는 ‘식물 종수’ 항목이 평균 4.35, 야생동물부문에서는 ‘구조 안정성’ 항목이 평균 4.32로 가장 중요한 항목으로 나타났다. 이는 향후 수변구역 매수토지 복원 후 회복탄력성을 평가할 때 ‘식물 종수’와 야생동물의 ‘구조 안정성’이 중요한 판단 기준이 될 수 있으므로 변수 선정에 있어 우선 고려되어야 할 요소로 판단된다.

물리적 대응력은 기반환경 및 주변환경의 12개 항목에 대한 타당성을 파악한 결과, 통계적으로 삭제되어야 할 세부항목은 6개로 분석되었다. 기반환경 부문에서는 ‘녹지면적’, ‘불투수 포장면 비율’, ‘비오톱의 유형 수’ 등 3개 항목, 주변환경 부문에서는 ‘야생동물 이동통로’, ‘개방수면의 면적’, ‘거리별 오염원 면적’ 등 3개 항목을 포함하여 총 6개 항목이 긍정율 50% 미만, 내용타당도가 음수(-)로 나타나 제외되었다. 매수된 토지는 수변구역에 습지 및 녹지 형태로 복원되기 때문에 ‘녹지면적’, ‘불투수 포장면 비율’, ‘비오톱의 유형 수’ 등은 변별력이 없을 수 있으며, 복원 형태에 따라 주변의 ‘야생동물 이동통로’, ‘개방수면의 면적’ 등은 산정하기 어려울 수 있어 적정하지 않다는 의견이 제시되어 항목을 삭제하였다. 기반환경 부문에서는 ‘개방수면의 비율’, ‘현존식생 면적비율’, ‘습지 규모’ 등이 평균 4.29, 주변환경 부문에서는 ‘주변 토지피복’이 평균 4.29로 중요한 항목으로 분석되었는데 이는 수변구역 매수토지의 물리적 복원이 수질 개선 및 수변의 생물다양성 향상을 목표로

해야 한다는 인식이 높기 때문에 판단되었다.
관리적 대응력은 기관능력 부분의 7개 세부항목에 대한

타당성을 파악한 결과, 통계적으로 삭제되어야 할 항목은 3개로 분석되었다. 세부적으로 ‘교육 및 훈련’, ‘관리 동반

Table 3. Delphi survey result

Classification	Item	Mean	Standard deviation	Positive answer			CVR	
				Reasonable	Very Reasonable	Ratio (%)		
Ecological responsiveness	Vegetation	Plant life type	2.68	1.17	7	2	36.0	-0.28
		Number of plant species	4.35	0.73	15	16	96.9	0.94
		Vegetation cover ratio	3.74	1.14	9	11	80.0	0.60
		Naturalized ratio	3.29	1.27	7	8	57.7	0.15
		Vegetation richness	2.91	1.16	7	3	47.6	-0.05
		Perennial/annual plant ratio	2.38	1.26	6	2	27.6	-0.45
		Vegetation habitat diversity	2.85	1.23	5	4	42.9	-0.14
	Wildlife	Structural stability	4.32	0.73	16	15	96.9	0.94
		Number of animal species	4.29	0.80	13	16	96.7	0.93
		Species diversity	3.50	0.90	17	3	76.9	0.54
		Animal habitat diversity	2.85	1.21	7	3	45.5	-0.09
		Wildlife conservation value	2.41	1.10	5	1	24.0	-0.52
		National protected species	2.38	1.07	4	1	20.8	-0.58
		Advantages of each biota	2.24	1.35	6	2	27.6	-0.45
Physical responsiveness	Base environment	Structural stability	4.32	0.73	16	15	96.9	0.94
		Ratio of open water	4.29	0.80	13	16	96.7	0.93
		Green area	2.88	1.25	6	4	45.5	-0.09
		Ratio of impermeable surface	2.76	1.13	6	2	40.0	-0.20
		Number of biotope types	2.88	1.23	8	3	47.8	-0.04
	Surrounding environment	Ratio of existing vegetation areas	4.29	0.80	13	16	96.7	0.93
		Wetland scale	4.29	0.80	13	16	96.7	0.93
		Surrounding land cover	4.29	0.80	13	16	96.7	0.93
		Path of wildlife migration	2.68	1.04	5	1	33.3	-0.33
		Area of open water	2.88	1.23	8	3	47.8	-0.04
Managerial responsiveness	Institutional capability	Pollutants area by distance	2.65	1.07	6	1	33.3	-0.33
		Distance to other wetlands	3.88	0.84	13	9	95.7	0.91
		Distance to the river	3.88	1.07	10	12	88.0	0.76
		Education and training	2.71	1.14	6	2	36.4	-0.27
		Management companions	2.47	1.08	5	1	25.0	-0.50
		Management budget	3.26	0.86	9	3	66.7	0.33
		Number of managers	3.26	0.83	11	2	68.4	0.37
Frequency of monitoring	3.21	0.91	9	3	60.0	0.20		
Management system maintenance	2.74	0.99	5	2	30.4	-0.39		
Policies, rules, and regulations	3.24	0.89	9	3	63.2	0.26		

자’, ‘관리 시스템 정비’ 등 3개 항목이 긍정율 50% 미만, 내용타당도가 음수(-)로 나타나 삭제하였다. ‘교육 및 훈련’, ‘관리 동반자’ 등은 ‘관리에산’, ‘관리자 수’와 중복될 수 있으며, ‘관리 시스템 정비’는 ‘정책, 규칙, 규제’의 정비와 동일한 의미로 판단할 수 있어서 삭제하였다. 기관능력 부문에서는 ‘관리에산’ 및 ‘관리자 수’, ‘정책/규칙/규제’, ‘모니터링 횟수’가 평균 3.21~3.26으로 중요 항목으로 나타났는데, 이는 수변구역 매수토지의 복원 후 지속적인 관리와 모니터링이 수반될 때 복원 효과를 높일 수 있기 때문으로 판단되었다.

3. 신뢰도 분석

중요도 분석에 앞서 주요인자 항목의 정확성과 정밀성을 평가하기 위하여 신뢰도 분석을 실시하였다. 신뢰도 측정방법으로는 Cronbach's α 를 사용하였으며, 탐색적인 연구 분야에서 신뢰도 계수가 0.60 이상이면 신뢰도가 높다고 판단하였다(Nunnally, 1978). 전체 변량에 대한 신뢰도는 0.894로 매우 높은 상태로 식생(0.582)을 제외한 야생동물(0.801), 기반환경(0.665), 주변환경(0.717), 기관능력(0.705)의 Cronbach's α 값이 0.6 이상으로 매우 양호한 수치를 나타내었다. 식생분야 주요 인자의 신뢰도는 0.6 이하인 0.582로 산출되어 신뢰성이 떨어지는 상태이었으므로

항목의 조정을 통하여 신뢰도를 높일 필요가 있었다. 식생 분야의 각 주요 인자 제거 시 신뢰도 값을 산출한 결과, 귀화율의 항목을 제거할 경우 0.633으로 0.6 이상의 신뢰도를 획득하는 것으로 분석되었다. 따라서 식생분야 중요 항목은 귀화율 항목을 제외한 식피율, 구조 안정성, 식물 종수로 선정하였다.

4. AHP 분석

1) 상위계층별 상대적 중요도

평가항목의 상위 계층은 ‘생태적 대응력’, ‘물리적 대응력’, ‘관리적 대응력’으로 항목별 중요도를 분석한 결과, 생태적 대응력이 0.443, 물리적 대응력이 0.291 그리고 관리적 대응력이 0.266 순으로 분석되었다. 즉, 수변구역 매수토지에 대한 회복의 기준은 매수된 토지의 규제 및 예산 등 관리적인 부문이나 기반환경 및 주변 환경 등 물리적인 부문보다는 해당 토지의 생태적인 상태의 변화가 더 중요하다는 것을 의미한다. 일관성 지수(CI: Consistency Index)는 0.0015로 설문조사에 일관성이 있는 것으로 분석되었다.

2) 하위계층별 상대적 중요도

평가항목의 하위 계층은 ‘식생’, ‘야생동물’, ‘기반환경’,

Table 4. Reliability coefficient according to classification system

Classification	Overall	Ecological responsiveness		Physical responsiveness		Managerial responsiveness
		Vegetation	Wildlife	Base environment	Surrounding environment	Institutional capability
Cronbach's α	0.894	0.582	0.801	0.665	0.717	0.705

Table 5. Relative weight by high class

High class	Item (N)	Relative weight	Priority	CI
Ecological responsiveness	6	0.443	1	0.0015
Physical responsiveness	6	0.291	2	
Managerial responsiveness	4	0.266	3	

Table 6. Relative weight by low class

Low class	Relative weight	Priority	CI
Vegetation	0.245	1	0.0021
wildlife	0.175	4	
Base environment	0.221	2	
Surrounding environment	0.193	3	
Institutional capability	0.166	5	

‘주변환경’, ‘기관능력’으로 항목별 중요도를 분석한 결과, 식생(0.245) 부문과 기반환경(0.221) 부문의 중요도가 가장 높은 것으로 조사되었으며, 주변환경(0.193), 야생동물(0.175), 기관능력(0.166) 순으로 낮게 분석되었다. 따라서 수변구역 매수토지의 회복탄력성 강화를 위해서는 식생의 회복이 우선되어야 하며, 지속적인 생태계 유지를 위하여 기반환경 및 주변환경의 안정성 확보가 중요한 것으로 판단되었다. 일관성 지수는 0.0021로 허용할 수 있을 정도의 일관성이 있는 것으로 분석되었다.

3) 세부항목별 상대적 중요도

대분류 3개, 중분류 5개에 대한 세부항목별 상대적 중요도 결과는 다음과 같다(Table 7). 생태적 대응력 하위계층 중 식생의 세부지표에서는 ‘구조 안정성’의 중요도가 0.600으로 1순위로 분석되었으며, ‘식물 종수’가 중요도 0.236, ‘식피율’이 중요도 0.164로 산출되었다. 야생동물의 세부지표에서는 ‘야생동물 종다양도’의 중요도가 0.388로 1순위이었으며, ‘구조 안정성’이 중요도 0.381, ‘종수’가 0.231로 분석되었다. 물리적 대응력 하위계층 중 기반환경의 세부지표에서는 ‘습지규모’의 중요도가 0.435로 가장 높게 나타났으며, ‘개방수면의 비율’이 중요도 0.286, ‘현존식생 면적비율’이 중요도 0.279 순으로 분석되었다. 주변환경의 세부지

표에서는 ‘주변 토지피복’의 중요도가 0.414로 가장 높았으며 ‘하천으로부터의 거리’가 중요도 0.324, ‘다른 습지까지의 거리’가 0.262로 분석되었다. 관리적 대응력의 기관능력 세부지표에서는 ‘모니터링 횟수’가 0.284로 상대적으로 가장 중요한 지표이었으며, ‘정책·규칙·규제’가 0.262, ‘관리예산’이 0.255, ‘관리자 수’가 0.199 순으로 도출되었다.

각 하위계층별 세부지표의 중요도 조사결과에 대한 일관성 비율은 0.0008~0.0020으로 분석되어 조사에 대한 일관성이 있는 것으로 판단하였다. 중요도(AHP) 설문조사를 통해 상위계층, 하위계층 그리고 세부지표에 대한 각각의 가중치를 도출하였으며, 이러한 결과를 바탕으로 세부지표의 종합 가중치를 산정하였다. 세부지표의 종합 가중치는 식생의 ‘구조 안정성’이 0.0651로 가장 중요한 항목으로 분석되었으며 야생동물 ‘종다양도’가 0.0301, 야생동물의 ‘구조 안정성’이 0.0295, 기반환경의 ‘습지규모’가 0.0280, 식생의 ‘식물종수’가 0.0256, 주변환경의 ‘주변토지피복’이 0.0233 순으로 도출되었다. 도출된 종합 가중치의 반영된 세부항목은 실제 수변구역 내 매수토지의 회복탄력성 평가시 객관적이고 신뢰 가능한 지표로 판단되며 생태적 복원 및 관리계획 수립에 유의미한 자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

Table 7. Relative weight by sub index

High class (A)	Low class (B)	Sub-index	Relative importance (C)	CI	Integrated weight ¹⁾
Ecological responsiveness	Vegetation	Vegetation cover ratio	0.164	0.0020	0.0178
		Structural stability	0.600		0.0651
		Number of plant species	0.236		0.0256
	Wildlife	Species diversity	0.388	0.0008	0.0301
		Structural stability	0.381		0.0295
		Number of animal species	0.231		0.0179
Physical responsiveness	Base environment	Wetland scale	0.435	0.0014	0.0280
		Open water ratio	0.286		0.0184
		Existing vegetation area ratio	0.279		0.0179
	Surrounding environment	Surround land cover	0.414	0.0009	0.0233
		Distance from river	0.324		0.0182
		Distance to other wetlands	0.262		0.0147
Managerial responsiveness	Institutional capability	Policies, rules, and regulations	0.262	0.0016	0.0116
		Frequency of monitoring	0.284		0.0125
		Number of managers	0.199		0.0088
		Management budget	0.255		0.0113

¹⁾ Integrated weight = High class weight (A) × Low class weight (B) × Sub-index weight (C)

고찰

본 연구는 상수원 상류지역의 수질 개선을 목적으로 지정된 수변구역 내 매수토지를 대상으로 회복탄력성을 향상시키기 위한 중요인자를 도출하고 그 중요도를 파악하고자 하였다. 상수원의 수질을 개선하고 하천의 회복탄력성을 확보하기 위해서는 단순히 수변구역의 토지매수에 그치지 않고 매수한 토지의 생태적 복원, 주변 생태계와 물리적인 연계 등이 필요하며 복원된 매수토지의 지속적인 유지·관리가 동반되어야 할 것으로 판단되었다. 따라서 회복탄력성의 개념을 활용하여 수변구역 매수토지에 대한 실질적인 회복력을 판단할 수 있는 평가지표의 방향을 제시하고자 하였다. 본 연구의 주요 결과는 다음과 같다.

첫째, 이론적 고찰을 통하여 회복탄력성 향상을 위한 생태적 대응력, 물리적 대응력, 관리적 대응력에 따른 총 34개의 주요인자 예비항목을 도출하였다. 도출된 세부항목에 대한 타당성을 검증하기 위해 전문가 패널을 선정하여 델파이 설문조사를 진행하였다. 내용타당도(CVR) 비율을 산출하여 전문가 합의의 적정성을 분석한 결과, 생태적 대응력에서는 귀화율, 식피율, 구조 안정성, 식물 종수 등 식생분야에 4개의 인자와 야생동물 종다양도, 구조 안정성, 야생동물 종수 등 야생동물 분야에 3개의 인자를 선정하였고, 물리적 대응력에서는 습지 규모, 개방수면의 비율, 현존식생 면적 비율 등 기반환경 분야에 3개의 인자와 주변 토지피복, 하천으로부터의 거리, 다른 습지까지의 거리 등 주변환경 분야에 3개의 인자를 선정하였다. 또한 관리적 대응력은 관리예산, 관리자 수, 모니터링 횟수, 정책·규칙·규제 등 기관능력 분야에 4개 인자를 선정하였다.

둘째, 확정된 주요인자에 대하여 정확성과 정밀성을 평가하기 위하여 신뢰도 분석을 실시하였다. 신뢰도 분석 시 생태적 대응력의 식생분야 주요인자의 신뢰도 계수가 0.6 이하로 산출되어 항목의 조정이 필요하였으며 귀화율 항목을 제거하여 신뢰도 계수를 0.6 이상으로 조정하여 신뢰도를 획득하였다.

셋째, 항목별 상대적 가중치를 조사하기 위하여 선정된 주요인자에 대하여 전문가 패널을 구성하여 계층적 의사결정법(AHP)을 적용하였다. 대분류 항목 중 생태적 대응력이 중요도 0.443으로 가장 중요한 것으로 나타났으며 물리적 대응력 0.291, 관리적 대응력이 0.266 순이었다. 중분류 항목별 상대적 중요도는 식생과 기반환경이 각각 중요도 0.245와 0.221로 중요한 것으로 분석되었으며 주변환경 0.193, 야생동물 0.175, 기관능력 0.166 순으로 낮게 나타났다. 즉 수질 개선 및 수변구역의 생태적 보전을 위해서 매수된 토지는 식생 및 기반환경 등의 우선적인 복원이 더 중요한 것으로 파악할 수 있었다. 또한 대분류, 중분류, 세부지표를 종합적으

로 고려하여 산출된 가중치 분석은 식생의 구조 안정성 (0.0651), 야생동물 종다양도(0.0301), 야생동물 구조 안정성 (0.0295), 습지규모(0.0280), 식물종수(0.0256), 주변 토지피복(0.0233) 순으로 도출되었다. 즉 수변구역 회복탄력성을 확보하기 위해서 식생의 구조 안정성이 우선 중요인자로 도출되었는데 이는 생태적 접근방법을 통한 수변녹지 조성을 강조한 Kim(2011), 자연성과 다양성 향상을 위해 다층적 식재기법이 필요함을 강조한 Jo and Park(2016), Song *et al.*(2011)의 견해와 일치함을 판단할 수 있었다. 또한 야생동물 종다양성 및 서식을 위한 구조 안정성이 중요도 2, 3순위로 분석되었다. 야생동물의 안정적 서식환경을 위해서는 Lee(2005)가 제시한 바와 같이 외부 환경변화에 대한 민감성 최소화, 서식 면적 확보, 생태적 연결성을 고려해야 한다. 매수당시 교란되고 훼손된 토지는 생태적 구조 안정성 확보를 기반으로 습지의 규모 등을 고려하여 복원 후 다양한 종이 출현하고 서식할 수 있는 생물다양성이 높은 공간으로 복원되어야 하며, 매수된 토지 뿐만 아니라 주변 토지피복현황의 고려가 필요한 것으로 판단되었다. 특히, 매수시 자연성이 높고 생물종다양성이 풍부한 입지조건을 우선으로 산림 인접지에 위치한 인위적 이용시설지나 계단형 경작지와 같은 습생초지나 묵논습지의 우선적인 복원방안(Kang, 2020)이 마련되어야 한다. 관리적 대응력의 중요도는 모니터링 횟수(0.0125), 정책·규칙·규제(0.0116), 관리예산(0.0113), 관리자 수(0.0088) 순으로 수변구역 녹지 조성 및 생태적 복원 효과를 높이고 적응형 관리를 위한 모니터링 횟수와 정책적 방향이 중요한 것으로 파악되었다.

수변구역 매수토지 관련 선행연구들은 수변구역 내 매수된 토지에 대한 조성기법, 식재 방법 및 모델 개발 등에 초점을 맞추어 왔다. 본 연구는 회복탄력성의 개념을 활용하여 수변구역 매수토지의 물리적·생태적 복원 및 관리에 영향을 미치는 중요인자를 선정하였고 인자별 중요도에 있어 전문가 설문조사를 통해 도출하였다는데 의의가 있다. 또한 본 연구에서 도출한 중요인자를 활용하여 복원 완료된 지역에 대한 회복탄력성을 파악하고 관리방안을 수립할 수 있으며, 매수한 토지의 복원 시 회복탄력성 강화를 위한 생태적 복원과 관리계획에 대한 방향을 제시할 수 있을 것으로 판단된다. 그러나 복원대상지별 회복탄력성 강화를 위한 항목별 데이터 적용방법, 평가를 위한 구체적인 객관성 확보에는 한계점을 갖기 때문에 본 연구의 실효적 활용을 위해서는 항목별 조사 및 평가의 시기, 범위, 방법 등 평가체계를 정립하고 실증적인 검증을 위한 후속연구가 이루어져야 할 것이다.

감사의 글

본 연구는 한국연구재단 2017년 이공학개인지초연구지원사업(과제번호: 2017R1D1A1B03036069)에서 지원받아 수행되었습니다.

REFERENCES

- Biggs, R., M. Schlüter, D. Biggs, E.L. Bohensky, S. BurnSilver, G. Cundill, V. Dakos, T.M. Daw, L.S. Evans, K. Kotschy, A.M. Leitch, C. Meek, A. Quinlan, C. Raudsepp-Hearne, M.D. Robards, M.L. Schoon, L. Schultz and P.C. West(2012) Toward principles for enhancing the resilience of ecosystem services. *Annual Review of Environment and Resources* 37: 421-448.
- Binford, M.W. and R.J. Karty(2006) *Designing greenways*. Sland Press, Washington, D.C., pp.108-157.
- Choi, N.H.(2015) A study on the components and systems archetypes of the resilience for the new regional development strategy. *Journal of System Dynamics Society* 16(4): 155-178. (in Korean with English abstract)
- Cutter, S.L., C.G. Burton and C.T. Emrich(2010) Disaster resilience indicators for benchmarking baseline conditions. *Journal of Homeland Security and Emergency Management* 7(1): 1-20.
- Eum, J.H.(2016) Vulnerability assessment to urban thermal environment for spatial planning-A case study of Seoul, Korea-. *Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture* 44: 109-120. (in Korean with English abstract)
- Ham, E.K., Y.E. Choi, M. Kim and J.H. Chon(2015) A study on the water quality management of modular revetment structure installed low-maintenance constructed wetland. *Journal of Wetlands Research* 17(2): 184-192. (in Korean with English abstract)
- Han, B.H., J.H. Kim and S.H. Hong(2004) The monitoring and ecological restoration concept of ecosystem conservation area in Dunchon, Seoul. *Korean Journal of Environment and Ecology* 17(3): 242-257. (in Korean with English abstract)
- Holling, C.S.(1996) *Engineering resilience versus ecological resilience*. National Academies Press, Washington, D.C., pp.31-44.
- Jeong, J.Y.(2010) *Developing the ecological performance standard for wetlands*. Ph.D. dissertation, Sangmyung University, Cheonan, 119pp. (in Korean with English abstract)
- Jo, H.K. and H.M. Park(2015) Effects and improvement of carbon reduction by greenspace establishment in riparian zones. *Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture* 43(6): 16-24. (in Korean with English abstract)
- Jo, H.K. and H.M. Park(2016) Exploring planting strategies through monitoring of a greenspace established in the riparian zone-The case of an implementation site in Gapyeong County-. *Journal of Environmental Science International* 25(12): 1689-1699.
- Joint Ministries(2016) *The 3rd basic plan of sustainable development*. Korea Government, 174pp. (in Korean)
- Kang, H.K.(2020) The relationship between the locational types and biodiversity in the sites of Geumgang riparian ecological belts. *Journal of People, Plants, and Environment* 23(3): 293-304.
- Kim, C.H., Y.E. Choi, J.W. Kim, H. Myong and S.I. Lee(2011) 3-year change of vegetation and life form at the man-made wetland in sinpyeoncheon City. *Korean Journal of Environment and Ecology* 25(1): 57-64. (in Korean with English abstract)
- Kim, E.Y., K.M. Jung and W.K. Song(2018a) Evaluating and improving urban resilience to climate change in local government: Focused on Suwon. *Journal of Environmental Impact Assessment* 27(4): 335-344. (in Korean with English abstract)
- Kim, H.H., S.Y. Lee and K.Y. Kim(2016) *Urban geography*. Sigma Press, Seoul, 174pp. (in Korean)
- Kim, H.S.(2011) *A Study on the establishment of riparian greenspace by ecological approach-In the case of HanRiver watershed-*. Master's thesis, Kangwon National University, Kangwon, 35pp. (in Korean with English abstract)
- Kim, J.S.(2008) *An ecological study on the interaction between vegetation structure and animal habitats of Nanjido waste landfill biotope in Seoul*. Ph.D. dissertation, Seoul National University, Seoul, 256pp. (in Korean with English abstract)
- Kim, J.S., H.Y. Kim and S.H. Lee(2014) A review on improvements of climate change vulnerability analysis methods: Focusing on sea level rise disasters. *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies* 17(1): 50-60. (in Korean with English abstract)
- Kim, J.S., S.D. Lee and D.P. Kim(2018b) The relationship between the dragonfly diversity and the environmental factors in the Juam wetland. *Korean Journal of Environment and Ecology* 32(1): 66-76. (in Korean with English abstract)
- Kim, K.G. and D.G. Cho(1999) The effects of the biodiversity increase after creation of the artificial wetland-The case of ecological pond at Seoul technical high school-. *Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture* 75(3): 1-17. (in Korean with English abstract)
- Kim, M., D.G. Cho, H.M. Lee and J.H. Chon(2017) Dynamics of water level for enhancing resilience of social-Ecological system in Upo wetland. *Korean Journal of Environment and Ecology* 27(1): 28-30. (in Korean with English abstract)

- Koo, B.H. and K.G. Kim(2001) Classifying and identifying the characteristics of wetlands in Korea-Cases on the inland Wetlands-. *Journal of the Korean Society for Environmental Restoration Technology* 4(2): 11-25. (in Korean with English abstract)
- Korea Ministry of Government Legislation. <https://www.moleg.go.kr>
- Lee, S.D.(2005) Assessment and connection method of fragmentary urban green space for considering wild bird movement: A case study of Seoul city. Ph.D. dissertation, Seoul National University, Seoul, 258pp. (in Korean with English abstract)
- Lee, S.D., J.S. Kim, M.J. Kim and H.K. Kang(2016) Plant community structure characteristic of the evergreen forest, Bijindo. *Korean Journal of Environment and Ecology* 30(2): 228-242. (in Korean with English abstract)
- Li, L.(2015) A study on the integrated ecological management system of lands purchased. Ph.D. dissertation, Sangmyung University, Cheonan, 153pp. (in Korean with English abstract)
- Mayunga, J.S.(2009) Measuring the measure: A multi-dimensional scale model to measure community disaster resilience in the U.S. Gulf Coast Region. Ph.D. dissertation, Texas A&M University, Texas, 188pp.
- Ministry of Environment(2007) Research report on the establishment of non-point source management area standards. Gwacheon, 255pp. (in Korean)
- Ministry of Land, Infrastructure Transport and Tourism(2010) City and biodiversity, Research Institute of Spacevision. Inc. Report, Tokyo, 14pp. (in Japanese)
- Moon, C.(2012) Making Linkages between the urban master plan and comprehensive hydrological disaster management plan. *The Journal of Korea Policy Studies* 12(3): 157-176. (in Korean with English abstract)
- Ndubisi, F.(2014) Managing urban landscape: Maintaining resilient and regenerative places. *Proceedings of the 4th International Symposium of Science Museum*, pp.1-11.
- Nemec, K.T., J. Chan, C. Hoffman, T.L. Spanbauer, J.A. Hamm, C.R. Allen, T. Hefley, D. Pan and P. Shrestha(2014) Assessing resilience in stressed watersheds. *Ecology and Society* 19(1): 34.
- Noss, R.F.(2006) Greenways as wildlife corridors. Island Press, Washington, pp.70-107.
- Nunnally, J.(1978) *Psychometric theory*(2nd ed.). McGraw-Hill, New York, 701pp.
- Park, H.N. and J.M. Song(2015) Identification of main factors affecting urban flood resilience using resilience cost index: A case of flooding in Seoul City, Korea. *Journal of Korea Planners Association* 50(8): 95-113. (in Korean with English abstract)
- Park, M.O., B.H. Koo and H.N. Kim(2009) Characteristics and function assessment of inland wetlands in Chungnam Province. *Journal of the Korean Society for Environmental Restoration Technology* 12(5): 92-100. (in Korean with English abstract)
- Park, S.C., B.H. Han, M.J. Park, H.D. Yun and M.J. Kim(2016) A study in the possibility of utilizing both biotope maps and land cover maps on the calculation of the ecological network indicator of city biodiversity index. *Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture* 44(6): 73-83. (in Korean with English abstract)
- Park, Y.H. and J.U. Kim(2015) Climate change and ecosystem-based management strategies of invasive alien species. Korea Environment Institute, Research Report, Sejong, 156pp. (in Korean)
- Saaty, T.L.(1992) *Decision making for leaders: The analytic hierarchy process for decisions in a complex world*. New edition 2001(Aalytic hierarchy process series, Vol. 2), RWS Publications, New York, 323pp.
- Smith, D.S.(1993) An overview of greenways: Their history, ecological context, and specific functions. University of Minnesota Press, Minneapolis, pp.1-22.
- Song, H.Y., T.W. Ahn, K. Huh and H.K. Jo(2011) A study on ecological planting models for establishment of riparian greenspace-In the case of Geum River watershed-. *Korean Journal of Environment and Ecology* 30(2): 228-242. (in Korean with English abstract)
- Suh, G.Y. and K.J. Cho(2014) Issues on policy direction to improve resilience. *STEPI Insight* 147: 1-32.
- Tierney, K. and M. Bruneau(2007) Conceptualizing and measuring resilience: A key to disaster loss reduction. *TrNews* 250: 14-17.
- Yang, B.H., U.S. Cho and B.H. Koo(2005) Type classification and functional assessment of a Dam Lake-In the case of the Boryung Lake-. *Journal of the Korean Society for Environmental Restoration Technology* 8(6): 80-89. (in Korean with English abstract)
- You, S.J., E.K. Ham, J.A. Lee, D.G. Cho and J.H. Chon(2017) Design strategies to enhance resilience of ecosystem services in urban wetland-Using system thinking-. *Journal of the Korean Society for Environmental Restoration Technology* 20(4): 43-61. (in Korean with English abstract)