

Research Paper

시민과학을 활용한 습지보호지역의 생태계교란 식물 모니터링 및 관리방안 연구

여인애 · 조광진

국립생태원 습지센터(실)

A Study on Monitoring and Management of Invasive Alien Species Applied by Citizen Science in the Wetland Protected Areas (Inland Wetland)

Inae Yeo · Kwangjin Cho

Wetland Center, National Institute of Ecology

요약: 본 연구에서는 생태계교란 식물 관리의 효율성을 제고할 수 있는 시민과학연구 방법론을 제안하고 습지보호지역 3개소를 대상으로 적용성을 검토하였다. 습지보호지역 3개소(광주광역시 장록, 경남 고성 마동호, 고창 운곡습지 습지보호지역)를 대상으로 (a) 일대 거주민 등 시민과학자를 모집하여 2022년 9월 18일부터 10월 31일까지 생태계교란 식물 4종(가시박, 도깨비가지, 돼지풀, 양미역취) 자료를 국제생태정보플랫폼(EcoBank)에 수집하고, (b) 생태계교란 식물의 위치와 밀도(3단계: 개체-개체군-군집)를 수록한 분포지도 지도제작 후, (c) 생태계교란 식물 제거-관리주체인 환경청과 지자체에 제공하였다. 이후 자료를 제공받은 환경청과 지자체에 (d) 생태계교란 식물 분포지도의 활용처와 향후 발전방향에 대한 의견을 수렴하였다. 그 결과 전국단위의 생태계교란 생물 현장관리 가이드를 보완할 수 있도록 시민과학자를 활용한 모니터링이 지속되어야 하며, 수집된 결과의 활용성을 높이기 위해서는 조사대상종의 확대(환경부 지정 생태계교란 식물 17종 전체) 및 변화상 파악을 위한 모니터링 시기의 확대가 필요한 것으로 나타났다. 향후 시민참여에 의한 교란생물 조사-관리의 효과성에 대한 연구가 진행되어 생태계교란 생물 제거 사업 수행 시 시민과학자의 제거사업 참여로 인한 현장관리의 효율성, 시민과학연구모형을 접목한 제거 전후 변화상 추적 등 장기적 관점의 관리효과가 검토되어야 할 것이다.

주요어: 시민과학, 습지보호지역, 생태계교란 식물, 습지조사, 에코뱅크

Abstract : This study suggested a citizen science based model to enhance the efficacy of the managing invasive alien plants and examined whose applicability in 3 Wetland Protected Areas (Jangrok of Gwangju metropolitan city, Madongho of Goseong in South Gyeongsang Province, and Ungok of Gochang in North Jeolla Province). The process consists of (a) collecting citizen scientist including local residents of 3 protected areas and piling up information on the 4 species of invasive alien plants (*Sicyos angulatus* L., *Solanum carolinense* L., *Ambrosia artemisiifolia* L. and *Solidago altissima*

L) in a information platform Ecological Information Bank (EcoBank) from September 18th to October 31th, (b) constructing distribution map containing the location and density (3 phases: individual-population-community) of target plants, (c) providing distribution map to Environment Agency and local government who is principal agent of managing invasive alien plants in 3 protected areas, and from whom (d) surveying applications of the distribution map and opinion for future supplement. As a result, citizen science based monitoring should be continued to complement the nationwide information for the field management of invasive alien plants with the expansion of target species (total 17 plants species that Ministry of Environment in South Korea designated) and period of monitoring in a year to increase the usability of surveyed information from citizen science. In the long run, effectiveness of the management of invasive alien species applied by citizen science should be reviewed including efficacy of field management process from citizen's participating in elimination project of invasive alien plants and time series distribution followed by the management of the species.

Keywords : Citizen Science, Wetland Protected Areas, Invasive Alien Species, Wetland Survey, EcoBank

I. 서론

1. 연구배경 및 필요성

제2차 외래생물 관리계획(19~23)에 따르면 외래생물 퇴치를 위한 국가적 소요비용과 국민부담은 증가 추세에 있으며(Figure 1) 기후변화 영향과 교역량 증가 등 외래생물 침입에 대한 생태계 영향 및 취약성도 심화될 전망이다(관계부처 합동 2019). 환경부(국립생태원)에서 전국을 대상으로 수행하고 있는 '외래생물 전국 서식실태조사'와 '외래생물 정밀조사' 뿐 아니라 환경부 지정 습지보호지역의 생태계를 5년 단위로 정밀 조사하는 '내륙습지 정밀조사' 결과에도 외래생물 또는 생태계교란 생물의 출현이 꾸준히 보고되고 있다 (Ministry of Environment, National Institute of Ecology, 2014~2022). 습지보호지역 정밀조사 결과에서도 생태계교란 식물의 출현이 습지가치의 위협요인으로 지적되고 있으며 관리대책의 필요성을 보고하고 있다. 이에 습지보호지역 일대에서 꾸준히 출현하고 생태계에 위해를 일으키는 교란식물의 관리를 위해서는 지역단위 상세모니터링 결과에 근거한 우선관리 대상지역 선정 및 퇴치가 필요한 상황이다.

우리나라에서는 외래생물 전국 서식실태 조사 결

과 전국단위의 생태계교란 생물의 분포가 확인되면, 분포 밀도 및 위치에 기반하여 추적 조사 대상 중 및 지역을 선정하여 고정조사구에서 분포 추이 변화(개체수, 밀도, 면적 등)를 모니터링한다. 해당조사 결과 국가에서는 '생태계교란 생물 현장관리'에 활용할 수 있는 가이드(안내서)를 발간하여 생태계교란 종별 생태적 특성, 전국단위 분포현황, 관리 대상 시기 및 방법 등을 안내하고 있다. 상기 안내서는 광역단위 생태계교란 생물 관리 종합계획 수립에 활용될 수 있다.

교란 생물의 제거·관리 행위는 기초 지자체 단위에서 실현되므로 효율적 관리활동을 위해서는 지역단위 상세 생태계교란 종별 분포현황 및 변화 추이 자료가 필요하다. 그러나 현재 지자체 단위에서 교란식물 제거·관리 시 서식현황 모니터링 결과에 기반한 분포현황을 거의 반영하고 있지 못하고 있다(Kim and Koo 2021). 예산 및 전문 인력 부족 등으로 인해 모든 지자체에서 생태계교란 생물 관리 주기(사전, 사후)별 모니터링을 수행하지는 못하는 것으로 보고되고 있다. 실제 생태계교란 생물 제거·관리 대상지역 선정 방식은 지자체별로 차이는 있으나 소수 전문 인력의 모니터링 결과 및 전문가의 경험적 직관에 의해 교란식물의 관리가 필요한 공간적 범위 또는 지점으로 선정된다(Figure 2).

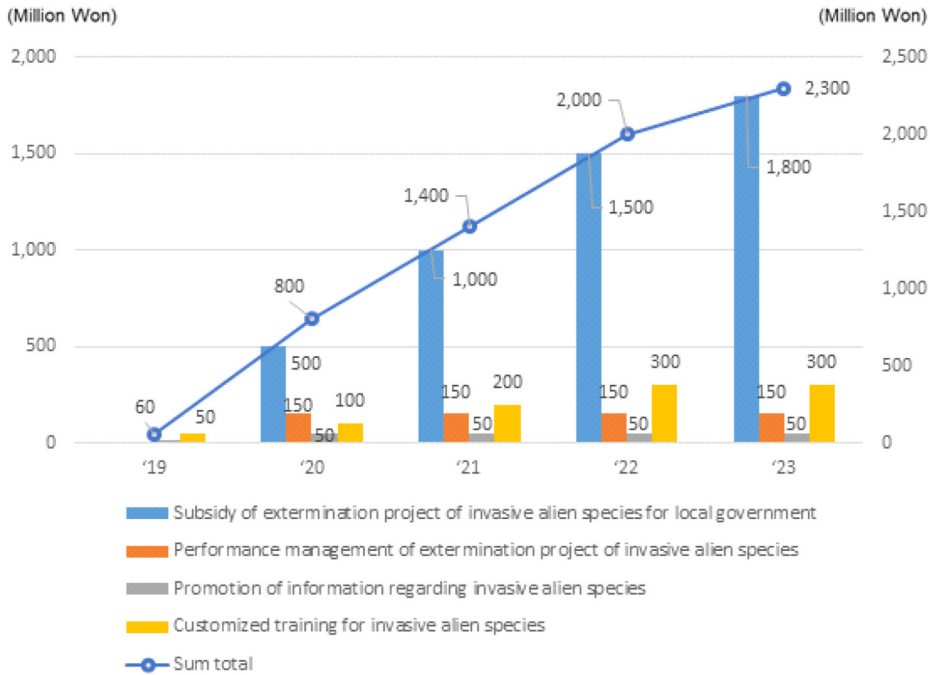


Figure 1. National budget required for extermination project of invasive alien species in South Korea (The 2nd Alien and Invasive Species Management Plan ('19~'23))



Figure 2. Current supplements for exterminating and managing invasive alien plants (provided from Environment Agency of Jeonbuk in 2022)

지역단위 상세모니터링은 시민과학연구 방법론을 접목하여 해결할 수 있으며 ‘예산 및 전문 인력 부족’의 문제와 ‘소수의 전문 인력에 의해 단기간 이루어지는 모니터링 방식’을 보완하고 풍부한 모니터링 자료를 확보하는데 활용가능하다.

2. 연구동향

우리나라에서는 제1차 외래생물 관리계획 실행 이후 국책연구원 및 지자체 일부에서 생태계교란 생물

관리정책 및 사업의 효과성과 향후 발전방향을 검토하는 연구가 이루어진 바 있다. 해당 연구자들은 현행 퇴치사업의 한계를 극복하기 위해 생태계교란 생물의 모니터링에 근거한 우선대상지역 선정 등 관리와 지역협력관계를 활용한 시민참여의 필요성을 강조하고 있었다. 그 사례로 김다빈 및 구경아(2021)는 생태계교란 생물의 지정 및 관리 현황을 바탕으로 현행 퇴치사업에 대한 정책·제도적 개선방안을 제시하였다. 각 지자체와 환경청에서 수행하고 있는 퇴치사업은

2021년 기준 74개 사업 중 민간 위탁 및 기간제 근로자 고용의 형태로 33.3%로 가장 높았으나 이벤트성 제거 행사가 그 뒤를 이어 32%로 나타나, 퇴치사업 상당부분이 사후 관리 부재로 지속적인 효과성을 담보하기 어려움을 알 수 있었다. 민·관·군의 참여에 의한 협동 퇴치 활동은 6.5%에 불과하여 향후 전문가를 포함하여 지역의 시민과학자 등의 생태계 모니터링 및 퇴치 등으로 확대할 수 있는 방안에 대한 고려가 필요한 것으로 나타났다. 지역 내 생태계교란 생물에 대한 상제 모니터링 사업은 1.3%에 그쳐 향후 장기적인 생태계교란 생물 모니터링을 실시하여 분포 확산 변화를 파악한 후 구체적 퇴치목표를 수립·달성할 때 실질적 관리가 가능함을 강조하였다. 대전세종연구원(2020)에서는 국내 생태계교란 생물 연구·관리 동향을 정부차원 및 지자체 단위에서 분석하여 지역단위 생태계교란 생물의 실질적 관리방안을 관리기반 구축-확산방지 체계 구축-대외협력 및 홍보강화로 구분하였다. 구체적으로 교란생물 정기 모니터링 및 DB 구축 이후 지역 관리 지침을 마련하는 방식으로 교란생물 관리기반을 구축하고 우선 관리지역 설정 및 시민참여형 관리사업 추진으로 교란생물 확산방지 사업을 전개하는 동시에 지역협의체 구성 및 시민교육 강화 등으로 대외협력 및 홍보강화를 제안하였다.

미국, 유럽 여러 국가 등에서는 침입외래 식물(Hawthorne 등 2015), 포유류(Alakoskia 2020), 저서무척추 동물(Lehtiniemi 2020) 등 다양한 생태계와 분류군단위에서 이루어지는 생태계교란 생물 모니터링 사례와 성과를 보고하고 있다. 시민참여방법론과 정보통신기술(Information and Communications Technology; ICT)을 접목한 시민참여플랫폼 개발에 대한 연구도 함께 진행되고 있다. 현재 유럽에서는(Schade 등 2019) 시민들이 스마트폰으로 침입외래종을 신고할 수 있는 모바일 어플리케이션(Invasive Alien Species in Europe) 등 생물데이터를 수집·통합·공개하는 시스템을 개발하여 EU 수준의 생태계교란 생물 관리의 의사결정 자료로 활용하고 있다. Johnson 등(2020)은 대륙 단위 뿐 아니라 세계, 국가, 지방 수준에서 시민과학방법론과 정보통신기술(Information and Communications Technology;

ICT)을 접목한 다양한 시민참여플랫폼의 도입으로 침입외래종 정보 수집 및 공간분포의 시각화에 시민 참여 및 기여도가 확대되고 있음을 입증하고 있다.

3. 연구목적

국내외 연구사례에서 시사하는 바와 같이 시민참여 방법론과 모바일 기반 생태계조사를 접목하여 생물 정보 수집-공간정보화-지역의 생태계교란 생물 관리 절차에 있어 효율성을 기대할 수 있다. 이에 본 연구에서는 습지보호지역 일대에서 시민과학연구 방법론을 적용하여 생태계교란 식물 모니터링을 실시하고 지역단위 상제 분포지도를 제작하여 습지보호지역 소관 환경청 및 지자체에서 교란식물 관리에 활용할 수 있는 선순환 구조를 제시하고 사례연구를 통해 적용성을 검토하였다.

II. 연구방법

1. 시민과학연구 모델 제안

본 연구에서는 시민과학방법론을 접목하여 습지보호지역의 생태계교란 식물 조사 및 관리절차에서 시민과학자를 포함한 다중 이해자가 발생할 수 있는 선순환 구조를 제안하고(Figure 3) 사례연구결과를 보고하였다. 그 절차는 생태계교란 식물 모니터링에 (a) 시민과학자가 참여하여 다시점·다시점의 교란식물 자료를 수집하고 (b) 지역 내 생태계교란 식물 관리의 기반이 되는 분포밀도 지도제작 후 (c) 제거·관리주체인 환경청과 지자체에 정책지원 자료로 제공하여 습지보호지역의 생태적 가치 보전으로 시민과학자에게 수혜를 돌려주는 절차이다. (1단계)연구기획 단계에서는 습지보호지역에서 생태계교란 식물 관리를 위한 목표를 설정(예, 생태계교란 식물 모니터링을 위한 및 자료 수집, 생태계교란 식물 제거 등)하고 해당 목표를 달성할 수 있는 시민과학자를 모집하였다. (2단계)연구수행 단계에서는 시민과학연구 활동 과정에서 발생할 수 있는 기술격차 및 오류를 줄이기 위해 시민과학자를 대상으로 역량강화 교육을 실시하였다. (3단계)목표지향형 연구성과 도출 단계에서는 시민과학연구 활동의 목표에 따라 수혜 대상주체를 구분하여 전문가 검증에 마

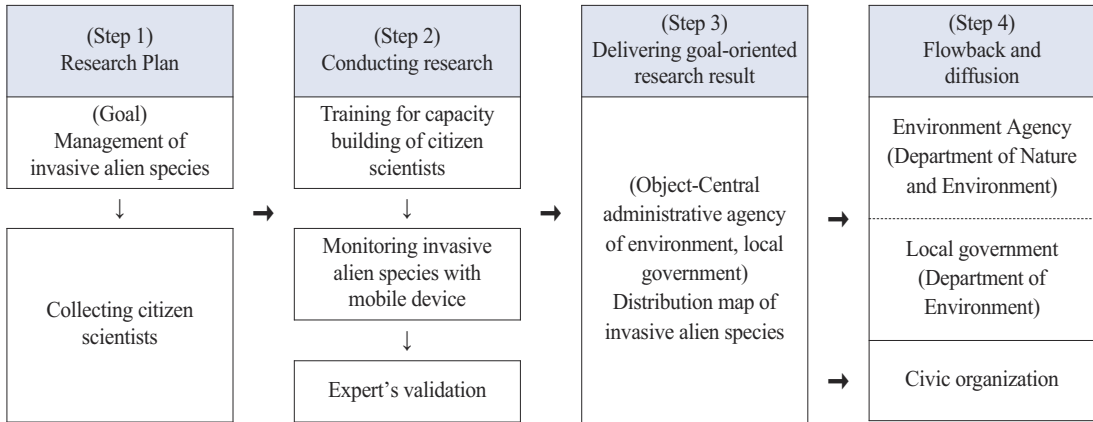


Figure 3. Citizen science based model in the Wetland Protected Area (for monitoring invasive alien species)

친 자료를 가공하여 성과물로 제작하고 (4단계)활용 및 확산단계에서 수혜자에게 제공하였다.

2. 시민과학을 활용한 습지보호지역 생태계교란 식물 모니터링

1) 연구대상 지역

연구 대상지역은 2021년부터 주민역량강화사업¹⁾이 이루어지는 습지보호지역으로 광주광역시 장록, 전북 고창 운곡습지, 경남 고성 마동호 습지보호지역으로 선정하였다(Table 1). 광주광역시 장록은 광역도심 내 위치한 하천습지로 생물다양성이 풍부하고 습지원형이 잘 보전되어 있으나 도시의 특성상 인간의 활동 등에 의한 훼손 및 교란에 대한 위협 요소가

높은 곳이다. 전북 고창 운곡습지는 수달을 비롯한 다양한 분류군의 멸종위기야생생물이 서식하고 생물다양성이 풍부하여 보전가치가 높으나(제3차 습지보호지역 정밀조사 2018) 1장에서 보고된 바와 같이 국가내륙습지 조사를 통해 생태계교란 생물의 출현이 나타나고, 환경청 및 지자체 단위에서 교란식물 퇴치 및 관리 사업이 수행되는 지역으로 시민과학자를 활용한 생태계교란 식물 모니터링 및 관리 방법을 적용하기에 적합한 지역으로 판단되었다. 경남 고성 마동호는

1) 습지보호지역을 보유한 지자체를 대상으로 지역공동체가 습지 보전·관리에 직접 참여할 수 있도록 지원하는 프로그램(행정지원체계 구축, 주민 참여형 습지보전 활동 발굴 및 시행, 보전 인식 증진 등).

Table 1. Overview of study area




Name	Jangrok of Gwangju metropolitan city	Ungok of Gochang, North Jeolla Province	Madongho of Goseong, South Gyeongsang Province
Landscape			
Designated date	2020.12.08.	2011.03.14.	2022.02.03.
Area	2.735 km ²	1.930 km ²	1.079 km ²
Characteristics	Riverine wetlands in the urban area whose original feature was well conserved with abundant biodiversity	Habitat of endangered species with abundant biodiversity	Multiple distribution of protected species by law including blackfaced spoonbill with abundant biodiversity

Table 2. Training of capacity building for citizen scientists in Wetland Protected Area (Sep. '22)

Parts	Indoor lecture	Field study
Subject	(Lecture 1) Value of wetland and meaning of citizen science (Lecture 2) Introduction to citizen science research program and safety education (Lecture 3) Method of surveying ecology in the wetland protected area	(Practical exercise) Monitoring of invasive alien species (<i>Sicyos angulatus</i> L., <i>Solanum carolinense</i> L., <i>Ambrosia artemisiifolia</i> L., <i>Solidago altissima</i> L) in the wetland and registering surveyed DB in EcoBank * Jangrok (Gwangju metropolitan city), Sunam eco park (Goseong, South Gyeongsang Province), Dolmen Park (Gochang, North Jeolla Province)

Table 3. Ecological characteristics of target plants (excerpt from Information for the Field Management of Invasive Alien Species in Korea, 2021)

Specific name (Designated year)		<i>Sicyos angulatus</i> L. (2009)	<i>Solanum carolinense</i> L. (2002)	<i>Ambrosia artemisiifolia</i> L. (1991)	<i>Solidago altissima</i> L. (2009)
Ecological risk	Indigenous species · competition · impact	○	○	○	○
	Damage of habitation	○			○
	Decline of biodiversity	○		○	○
	Personal injury	○	○		
	Breeding · dispersion capacity	○	○		○
	Allelopathy	○	○	○	○
Disease risk	allergic and toxicity reactions			○	
Economic influence	Livestock · crop · facility damage	○	○		

환경부에서 2022년 2월에 지정한 우리나라 29번째 내륙습지 보호지역으로 저어새 등 멸종위기야생생물의 우수한 서식지로(환경부 2022) 생태계교란 생물 제거 등 생태계의 건강성 유지·관리가 필요한 곳이다.

2) 시민과학자 대상 조사연구역량 강화 교육

본 시민과학연구 활동의 일환으로 2022년에 3개 연구대상 지역에서 시민과학자를 모집하고 지역별로 시민과학연구 활동 전 각 1회('22.9.19. 광주, 9.26. 경남 고성, 9.29. 고창) 실시하였으며 모집된 시민과학자 116명 중 70명이 역량강화 교육을 수강하였다(Yeo et al, 2022). 교육 프로그램은 기본소양을 함양하기 위한 실내강의와 생태계교란 식물을 상시 모니터링하고 국제생태정보종합플랫폼(EcoBank)에 등록하는 방법을 포함한 시민과학연구 활동 내용을 실습하는 현장실습으로 구성되었다(Table 2).

3) 생태계교란 식물 모니터링

'22.10월 기준 환경부 지정 생태계교란 식물은 17

종이나 본 연구에 참여하는 일반 시민의 경험치를 고려하여 모니터링 대상종은 국화과 2종(돼지풀, 양미역취), 가지과 1종(도깨비가지), 박과 1종(가시박)을 포함한 4종으로 선정하였다. 스마트폰을 활용하여 생물종 사진을 촬영하는 연구활동의 특성상 접근성 및 안전성, 조사난이도 및 교육효과 등을 고려하였다. 환경부와 국립생태원에서 발간한 '생태계교란 생물 현장관리 가이드(2021)'에 따르면 조사대상 식물 4종은 1991년부터 2009년 사이에 생태계교란 식물로 지정되어 생태적 위해성과 함께 알레르기 독성물질로 인한 호흡기 질환 등 질병 위험(돼지풀, 1991), 농작물 등 경제적 피해(가시박, 2009)에 영향을 미치는 것으로 보고되고 있다(Table 3).

3개 지역의 시민과학자들은 역량강화교육이 종료된 '22.9.18일부터 10월 31일까지 약 6주간 생태계교란 식물 모니터링을 수행하였다. 시민과학자들은 습지보호지역 일대에서 조사대상종을 발견하면 개인이 소지한 스마트폰으로 사진을 촬영하였다. 교란식물이 분포하는 위치정보를 GPS로 기록하는 번거로움

이나 기록과정에서 발생하는 인간 오류를 최소화할 수 있도록 스마트폰에서 위치정보를 활성화하여 사진을 촬영하였다. 시민과학자들은 자료 등록 시 종명칭과 함께 생태계교란 생물의 분포 규모 및 밀도에 대한 정보를 숫자로 표기하였다. 생태계교란 식물의 밀도는 3단계(개체-개체군-군집)으로 구분하였으며 시민과학자가 사진을 촬영하는 지점에서 식물이 단일 개체로 존재하는 경우를 1, 개체군으로 산포하는 경우를 3, 군락을 이루는 경우를 5로 표시하였다.

4) 자료등록 및 저장

시민과학자들은 국제생태종합정보 플랫폼(EcoBank)을 데이터 저장소로 활용하였다. EcoBank는 국립생태원에서 운영하는 국제생태정보허브시스템으로 국립생태원에서 국가생태계 조사결과(자연환경조사, 생태자연도 등)와 생물·생태계 관련 유관기관의 자료를 탑재하여 연구자 등 국민에게 생태정보 접근성을 높인 정보플랫폼이다(NIE 2022). 상기 플랫폼에서는 내륙습지조사 등 조사주체 및 조사대상별로 모니터링 자료를 등록하고 전문가 승인이 완료된

정확한 자료를 활용할 수 있도록 한다. 습지보호지역 일대에서 시민과학자들이 생태계교란 식물 사진 촬영 후 EcoBank에 등록하면 시민과학자 성명, 사진에 촬영된 분류군 및 종명, 사진을 등록한 일자, 위경도 좌표, 정오 여부를 검토하는 전문가 성명(승인자)을 속성으로 갖는 DB 파일이 생성된다. EcoBank는 상기 속성 중 시민과학자들이 등록한 생물종 사진의 위경도 좌표를 읽어 들여 전국단위 지도상에 생태계교란 식물의 분포 위치를 시각화한다(Figure 4). 시민과학자들이 모니터링하고 전문가 승인을 받은 생태계교란 식물 정보는 국민에게 공개된다.

5) 자료의 검증

상기 시민과학연구 조사를 통해 '22년 9월 18일부터 10월 31일까지 6주간 3개 습지보호지역 일대에서 시민과학자 21명이 생태계 교란 식물을 발견하고 83개(광주, 고성, 고창) 지점의 사진을 EcoBank에 등록하였다. 해당시기에 조사된 생태계교란 식물 4종 중 양미역취가 60건으로 전체의 72%를 차지했다(Table 4).



Figure 4. Display of invasive alien plant near wetland protected area that citizen scientist was explored and piled in EcoBank

Table 4. Invasive alien plants that citizen scientist was explored and piled in EcoBank

Name	Reported points			
	Total	Gwangju	Goseong	Gochang
<i>Sicyos angulatus</i> L.	1	1	-	-
<i>Solanum carolinense</i> L.	21	15	-	3
<i>Ambrosia artemisiifolia</i> L.	1	1	-	-
<i>Solidago altissima</i> L.	60	48	9	3
Total	83	65	9	6

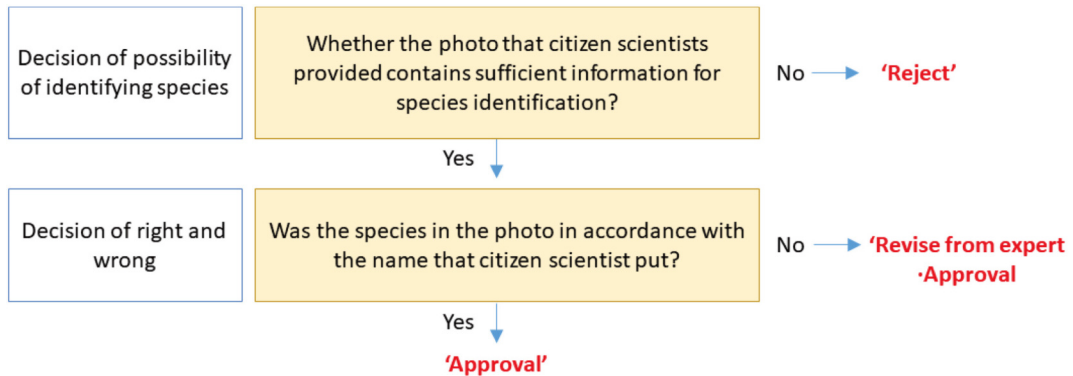


Figure 5. Process of expert's identification for species

Table 5. Invasive alien plants that citizen scientists and experts collected in EcoBank

Name	<i>Sicyos angulatus L.</i>	<i>Solanum carolinense L.</i>	<i>Ambrosia artemisiifolia L.</i>	<i>Solidago altissima L.</i>
Citizen scientists (25 person)	1	21	1	60
Experts (4 person)	0	6	1	332
Total	1	27	2	392

EcoBank 등록자료의 신뢰성 및 활용성을 높이기 위해 시민과학자가 등록한 자료에 대해 전문가 검증을 실시하였다. 시민과학자가 등록한 생태계교란 식물은 20년 이상의 경력을 가진 식생분야 전문가 3인(EcoBank)이 종동정 등 검수를 진행하였다('22.9.19.~'22.11.30.). 전문가들은 첫단계로 시민과학자가 EcoBank에 등록한 종 사진이 생물종을 동정하기에 충분한 정보를 수록하고 있는지 판단하는데, 정보가 충분하지 않은 경우는 '반려'하여 시민과학자에게 사진정보를 보완 요청한다. 사진정보를 바탕으로 동정정이 가능하다면 시민과학자가 기입한 종명과의 일치 여부를 확인하여 일치하는 경우 '승인', 불일치하는 경우 정확한 종명을 기입하여 '수정 후 승인'하는 절차로 진행된다(Figure 5). '반려' 또는 승인 이전의 정보는 공개되지 않고, 전문가가 확인 또는 수정을 거쳐 최종 '승인'된 정보만 공개된다. 상기 절차는 시민과학자의 생물종 동정 기술을 보완하는 동시에 시민과학자 개인에게는 조사결과를 피드백 할 수 있고, 일반 국민에게는 정확한 정보만 공개할 수 있다는 장점이 있다.

아울러 시민과학자 조사자료의 양을 보완하여 생

태계교란 식물 분포지도를 작성하기 위해 '22년 11월 2일 전문가(습지조사원 4인)가 광주광역시 장록 습지 보호지역 전 구간을 대상으로 생태계교란 식물 4종의 조사를 수행하였다. 조사 방식은 시민과학연구방법과 동일하게, 생태계교란 식물 발견 시 사진촬영 후 EcoBank에 게시하는 절차이다. 전문가 조사결과 양미역취 조사 지점 332을 비롯하여 339지점의 정보가 등록되었다(Table 5).

III. 결과 및 고찰

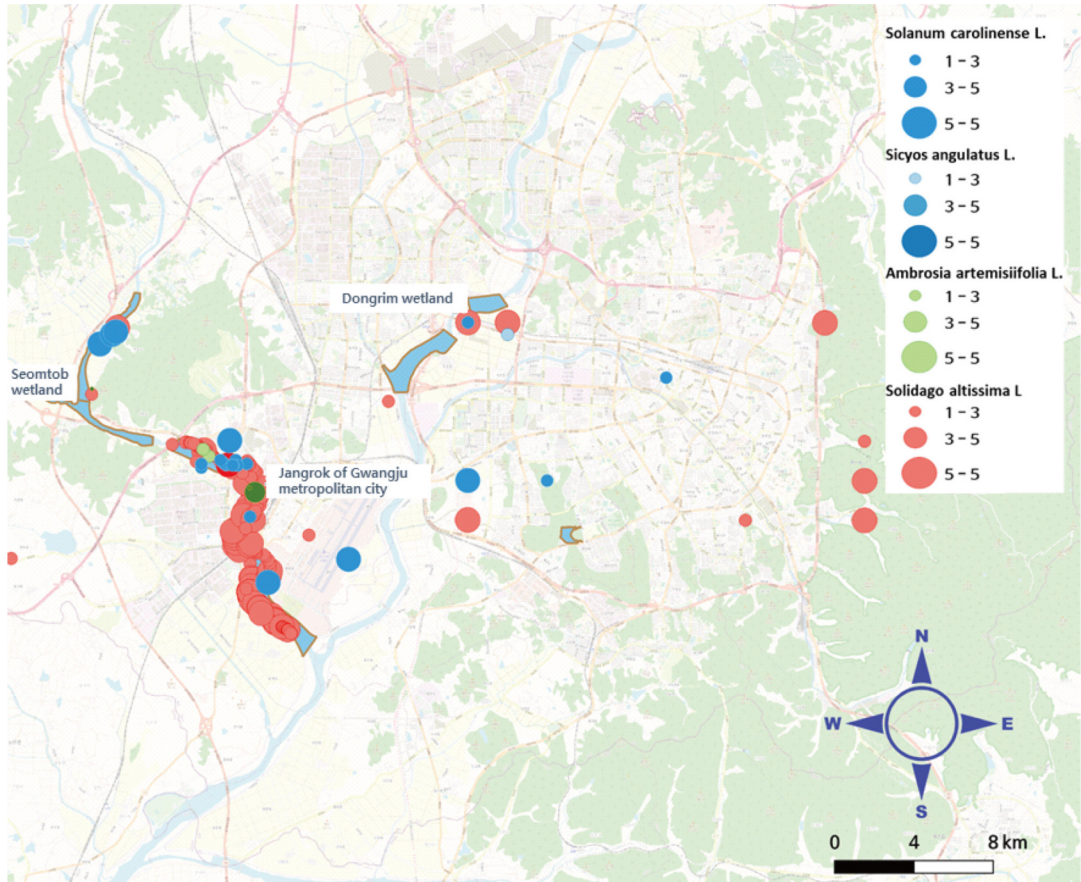
1. 시민모니터링 기반 생태계교란 식물 분포지도의 작성 및 활용

1) 생태계교란 식물 분포지도의 작성 및 분석

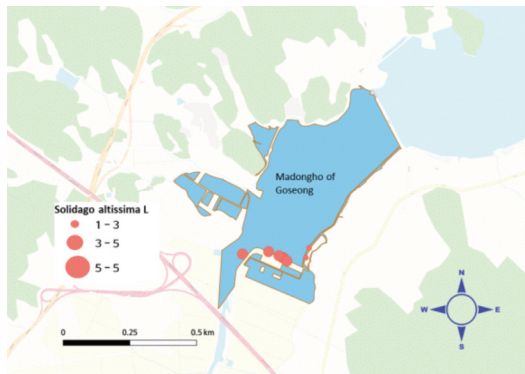
전문가 검증이 완료된 데이터 집합(생태계교란 식물명, 분포 위·경도, 크기)은 EcoBank에서 관리자 권한을 부여받은 이용자가 csv(comma-separated values) 파일 형식으로 내려 받을 수 있다. 본 연구에서는 오픈소스 지리공간정보 분석 툴인 QGIS(Quantum GIS)를 활용하여 시민과학자가 조사·등록한 상기 데이터 집합을 분포지도로 시각화하였다.

Figure 6은 3개 연구대상 지역 습지보호지역 일대의 생태계교란 식물 분포지도로 모니터링 기간 동안 시민과학자가 조사대상 식물 4종(가시박, 도깨비가지, 돼지풀, 양미역취)을 발견한 지점과 분포크기에

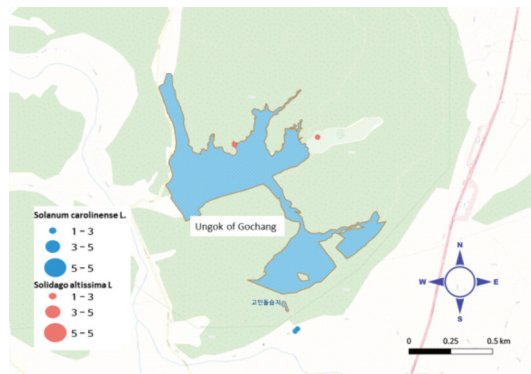
대한 정보를 수록하고 있다. 상기 지도에 표시된 생태계교란 식물(4종)의 발견 지점은 광주 65, 고성 9, 고창 6개이다. 지역별 발견지점의 수가 상이한 이유는 서식하는 식물 현황 이외에도 습지조사활동을 실



Jangrok of Gwangju metropolitan city



Madongho of Goseong, South Gyeongsang Province



Ungok of Gochang, North Jeolla Province

Figure 6. Distribution map of invasive alien species in the study area (Sep. 18th ~ Nov 2nd in '22)

제로 수행하고 EcoBank에 자료를 제공한 지역별 시민과학자 수(광주 11명, 고성 9명, 고창 5명) 뿐 아니라 습지보호지역 주변의 거주지 현황 및 시민과학자의 접근성, 시민과학자 개인의 전문성과 흥미에 따른 활동 횟수 및 방법과도 관련이 있을 것으로 생각된다.

시민과학자가 조사한 결과는 환경부에서 제작·배포한 생태계교란 생물 현장관리 가이드에서 제시한 바와 같이 생태계교란 식물의 광역 단위 분포 특성을 반영하는 것으로 나타났다. 상기 가이드에 따르면 가시박과 돼지풀은 전국의 하천변과 도로변 등에 광범위하게 분포하는 것으로 나타났다. 도깨비가지와 양미역취는 지역별 분포특성에 차이가 있으며 도깨비가지는 서산, 영암, 제주도 등 대형 목장과 그 주변에 넓게 분포하고, 양미역취는 전라도 지역에 집중적으로 분포하는 동시에 중부지역에도 산재하여 분포하는 것으로 보고되었다(Ministry of Environment 2021). 시민과학자 조사 결과 양미역취는 광주광역시 장륙습지보호지역 양안과 일대 습지에 집중적으로 분포하는 것으로 나타났다(실제 발견 48지점, 4종 전체 조사 수 대비 74%). 도깨비 가지 역시 광주 및 고창 내 조사지역 일대에서 발견되었다.

전국적으로 광범위하게 발견되는 가시박과 돼지풀 발견 지점이 조사 대상지역 내에서 거의 발견되지 못하고 양미역취가 연구대상 지역 전체에서 두드러지게 관찰된 것은 시민과학연구 활동시기와 큰 관련이 있다. 조사 시기는 9월 중순 이후~10월까지로 가시박, 돼지풀, 도깨비가지의 생육 주기상 잎이 사멸하고 토양 내 종자가 휴면하는 시기이며, 양미역취는 노란꽃이 개화하는 시기로 시민과학자에게는 조사기간 동안 양미역취의 식별이 유리했던 것이 주요 원인으로 생각된다.

이상의 결과에서 생태계교란 식물을 관리하기 위해서는 전국단위에서 지역단위로 확장하여 상세 분포 현황을 수록한 교란식물 분포지도가 바탕이 되어야 하며, 관리 대상종의 생육주기 및 관리시기를 고려하여 시간단위로 상세화 할 필요가 있음을 시사한다. 종별 분포 위치와 분포 크기를 함께 시각화된 생태계교란 식물분포지도는 우선관리 대상지역 선정에 활용하기에 적합하다. 해당 지도에서 대상지역 전체의 중

별 분포를 확인하여 지역 내 관리가 시급한 종을 도출하고, 생태계교란 생물 종별 분포크기가 크고 밀집된 곳을 우선관리 대상지역으로 선정할 수 있다. 시민과학자들이 제공한 생태계교란 식물의 위치별 현장사진을 사전에 확인하고 제거 규모, 동원 인력 등을 추산하는 방식으로 활용할 수도 있다.

2) 생태계교란 식물 분포지도의 활용

현재 교란 식물의 관리 주체는 2장에서 서술한 바와 같이 환경청과 지자체이며 일반적으로 우선관리 대상지역에 참고할 상세 시공간 분포 자료는 미흡한 상황이다. 생태계교란 식물 퇴치사업 수행 시 상기 주체에 분포현황 지도를 제공한다면 시간·비용 효율적 관리에 도움이 될 수 있다. 시민과학자가 조사·제공한 자료로 제작한 생태계교란 식물 분포지도는 환경청에서 생태계교란 생물 관리 대상지역 선정 및 사업계획 수립에 활용될 수 있다. 지역의 시민과학자가 조사한 생태계교란식물 분포 지도를 환경청에 제공하면 환경청에서는 식물종별 분포 위치 및 밀도를 고려하여 우선관리 대상지역과 관리 순서를 결정할 수 있다. 모니터링 데이터에 기반한 관리지역 선정과 상세 사업계획은 생태계교란 생물 퇴치사업 전반에 걸친 행정 효율성과 함께 퇴치사업에 소요되는 시간·공간·비용효과성을 높일 수 있다. 지자체에서는 분포지도에서 수록하고 있는 생태계 교란식물 분포 현황을 근거하여 지역의 교란생물 퇴치 계획 수립, 교란생물 퇴치사업 국비보조 신청 시 근거자료로 활용할 수 있다. 시민과학자가 조사한 결과를 활용함으로써 자체 모니터링 및 DB화에 소요되는 예산을 절감할 수 있고, 데이터 기반 정책수립에 활용할 수 있다.

2. 시민모니터링 기반 생태계교란 식물 분포지도의 정책 활용방안 검토

본 연구에서 제작한 3개 연구대상 지역 습지보호지역 일대의 생태계교란 식물 분포지도를 '23년 3월 생태계교란 식물 관리 주체인 환경청 및 지자체 6개 기관에 제공하였다.²⁾ '제공자료는 22년 10월에 조사한

2) 3개 지역의 습지보호지역을 관할하는 환경청(영산강, 낙동강유역 환경청, 전북지방환경청) 자연환경과와 지자체 생태

Table 6. Feedback from the subject who utilized distribution map

Subject	Applied work	Suggestions of future output
Environment Agency (3 agencies)	<ul style="list-style-type: none"> • Management of invasive alien species in Wetland Protected Area (2 agencies) • Monitoring of invasive alien species (1 agency) 	<ul style="list-style-type: none"> • Whole habitat of 17 invasive alien plants and specific dynamics (by species, life cycle etc) (2 agencies) • Distribution map of invasive alien species, information on ecological characteristics and managerial strategy (1 agency)
Regional local government (3 entities)	<ul style="list-style-type: none"> • Evidence base for subsidy of project for combating invasive alien species from Ministry of Environment material (2 entities) • Reference of combating invasive alien species (area of management priority) (3 entities) 	<ul style="list-style-type: none"> • Expansion of target plant species and mapping habitat (1 entity) • Information on dynamics of invasive alien species (1 entity) • Information on dynamics of Invasive alien animals (fish, crustacean, herptile etc) (1 entity)

생태계교란 식물 4종 전체의 분포 현황, 종별 분포위치 및 분포 크기, 구간별 분포현황 및 시민과학자 제보 사진을 수록한 지도, 위경도 좌표, 조사에 참여한 시민과학자 명단으로 구성되었다. 해당자료의 활용처를 파악하기 위해 6개 기관 관계자로부터 생태계교란 식물 분포지도 활용을 위한 업무와 제공받은 자료에 대한 보완방안 및 건의사항 등 향후 발전방향에 대한 의견을 수렴하였다(23년 3월~4월).

환경청 및 지자체별 의견 수렴 결과를 정리한 결과는 Table 6과 같다. 조사 대상 환경청에서는 해당자료를 감시원에게 해당 자료를 공유하는 등 습지보호지역 내 교란식물 제거 및 관리를 위해 활용하거나, 생태계교란 생물 모니터링 사업에 활용할 수 있다고 응답하였다. 향후 시민과학연구 성과의 활용성을 높이기 위해서는 생태계교란 식물 4종의 정보를 포함하여 환경부 지정 생태계교란 식물 17종 모두에 대한 분포현황과 성장주기별 변화를 파악할 수 있도록 시기별 변화상 자료 수집이 필요한 것으로 나타났다. 조사 대상 지자체에서는 제공받은 자료를 생태계교란 생물 퇴치사업 국비보조 신청 시 근거자료로 활용하거나 생태계 보전 관련 계획 수립 시 참고자료로 활용 또는 활용 예정이라고 응답하였다. 향후 활용성을 높이기 위해 환경청의 수요와 유사하게 모니터링 식물 종 수와 모니터링 시기를 확대할 필요가 있는 것으로 나타났다.

IV. 결론 및 향후 과제

본 연구에서는 생태계교란 식물 관리의 효율성을 제고할 수 있는 시민과학연구 방법론을 제안하고 습지보호지역 3개소를 대상으로 적용성을 검토하였다. 2022년도 습지보호지역 3개소(광주광역시 장록, 경남 고성 마동호, 고창 운곡습지 습지보호지역)를 대상으로 (a) 일대 거주민 등 시민과학자를 모집하여 생태계교란 식물 4종(가시박, 도깨비가지, 돼지풀, 양미역취) 자료를 국제생태정보플랫폼(EcoBank)에 수집하고, (b) 생태계교란 식물의 위치와 밀도(3단계: 개체-개체군-군집)를 수록한 분포밀도 지도제작 후, (c) 생태계교란 식물 제거·관리주체인 환경청과 지자체에 제공하였다. 이후 자료를 제공받은 환경청과 지자체에 (d) 생태계교란 식물 분포지도의 활용처와 향후 발전방향에 대한 의견을 수렴하였다. 그 결과 전국단위의 생태계교란 생물 현장관리 가이드를 보완할 수 있도록 시민과학자를 활용한 모니터링이 지속되어야 하며, 수집된 결과의 활용성을 높이기 위해서는 조사대상종의 확대(환경부 지정 생태계교란 식물 17종 전체) 및 변화상 파악을 위한 모니터링 시기를 확대할 필요가 있는 것으로 나타났다. 광주광역시에서는 시민단체의 일원도 시민과학자로 참여하고 있으므로 향후 시민단체의 정보 수요도 함께 파악하여 함께 공유하여 지역의 교란식물 분포지도의 개선과 시민과학 연구 설계에 피드백할 필요가 있다. 고창군에서는 환

경청 소속 자연환경해설사가 높은 비율을 차지하고 있으므로 시민과학자가 시민과학연구 활동 수행 과정에서 환경청에서 주도하는 생태계교란 생물 제거·관리 사업 주체와 소통하여 생태계교란 식물 관리의 효과성을 도모할 필요가 있다. 고성군에서는 시민과학자가 대부분 생태지도사로 구성되어 있으며 생태계교란 식물에 대한 지식을 함양해 가는 과정에 있어 상가지도가 생태 학습자료로 활용될 필요가 있다. 장기적으로 환경부에서 발간한 '생태계교란 생물 현장관리'에 활용 가이드를 지역단위 핀셋조사결과를 반영한 현장관리 매뉴얼로 발전시켜 지역별 교란생물 현장관리에 활용함이 바람직할 것이다. 아울러 습지보호지역의 생태계교란 식물 제거 등 생태계관리를 위한 시민과학연구 모델은 대상지역과 적용시기를 함께 확대하여 효과성을 모니터링 할 필요가 있다. 향후 생태계교란 생물 현장관리의 효과성 증진을 위해 본 연구 대상 지역인 3개 습지보호지역 소관 환경청(전북지방환경청, 영산강유역환경청, 낙동강유역환경청)과 지자체(광주광역시, 경남 고성군, 전북 고창군)에서 사업 수행 시 일대 생태계교란 식물 조사 경험이 있는 시민과학자를 참여시킬 필요가 있다. 생태계교란 생물 관리 과정에서 장기적 시민과학연구가 이루어질 경우 참여하는 시민들이 생태계 관련 지식을 함양하고 생태계 관리 역량도 함께 강화할 수 있을 것이다. 시민과학자가 생태계 조사 및 관리 주체로 연계되는 동시에 생태계관리 과정 내 시민과학연구 모델이 내재화 되어야 한다. 향후 시민과학자가 조사한 생태계교란 식물 분포지도도를 활용하여 제거사업을 실시하고 본 연구에서 제시한 시민과학 연구방법론을 적용하여 제거 전후 변화상 기록(일자, 위치, 밀도)으로 제거 효과를 추적 조사하는 범위까지 확장하여 장기적 관점에서 생태계 관리 효과를 검토하는 연구들이 진행되어야 할 것이다.

사사

본 논문은 환경부의 재원으로 국립생태원의 지원을 받아 연구되었습니다(NIE-법정연구-2023-18, NIE-법정연구-2023-19, NIE-법정연구-2023-20).

2022년도 시민과학연구에 참여하여 EcoBank에 생태계교란 식물 조사자료를 등록해주신 광주광역시 시민과학자(곽영숙, 김미경, 박소민, 박종민, 서홍수, 오윤덕, 이경애, 임수연, 조성제, 홍기혁), 경남 고성군 시민과학자(곽연주, 배범규, 윤문유, 이미희, 이현숙, 장명옥, 허수연), 전북 고창군 시민과학자(김진, 박래홍, 박인수, 유병희)께 감사드립니다.

References

- Alakoskia R, Kauhala K, Tuominen S, Selonen V. 2020. Environmental factors affecting the distributions of the native Eurasian beaver and the invasive North American beaver in Finland. *Biological Conservation* 248(108680).
- Hawthorne TL, Elmore V, Strong A, Bennett-Martin P, Finnie J, Parkman J, Harris T, Singh J, Edwards K, Reed J. 2015. Mapping non-native invasive species and accessibility in an urban forest: A case study of participatory mapping and citizen science in Atlanta, Georgia. *Applied Geography*, 56.
- Gil A, Ceia R, Coelho R, Teodosio J, Sampaio H, Verissimo C, Heleno R, Ramos J, Timoteo S. 2016. The Priolo Atlas: A citizen science-based census initiative for supporting *Pyrrhula murina* habitat conservation and restoration policies in Sao Miguel Island (Azores, Portugal). *Ecological Engineering*, 86.
- Johnson BA, Mader AD, Dasgupta R, Kumar P. 2020. Citizen science and invasive alien species: An analysis of citizen science initiatives using information and communications technology (ICT) to collect invasive alien species observations. *Global Ecology and Conservation* 21(e00812).

- Kim DB, Koo KA. 2021. A Study on the Current Status and Improvement of Ecosystem Disturbance Species. *Journal of Environmental Policy and Administration*, 29(4): 59-81. [Korean Literature]
- Lee EJ. 2020. Current Status and management of Invasive Species in Daejeon. Daejeon Sejong Research Institute. [Korean Literature]
- Lehtiniemi M, Outinen O, Puntilla-Dodd R. 2020. Citizen science provides added value in the monitoring for coastal non-indigenous species. *Journal of Environmental Management* 267(110608).
- Ministry of Environment, National Institute of Ecology. 2021. Information for the Field Management of Invasive Alien Species in Korea. [Korean Literature]
- Ministry of Environment, National Institute of Ecology. 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022. Intensive Survey on the Inland Wetland. [Korean Literature]
- Ministry of Environment, National Institute of Ecology. 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022. Nationwide survey of non-native species in Korea. [Korean Literature]
- National Institute of Ecology. 2022. Guidebook for Using EcoBank(Ecosystem in My Hands). [Korean Literature]
- Yeo IA, Lee CS, Kim GY, Ban CE, Cho KG. 2022. Study on the Perception Change of the Citizen Scientists composed by Cooperative Networks in Protected Areas of inland Wetlands –Focused on the Perception before and after the Capacity Building Program–. *Journal of the Association of Korean Photo-Geographics*, 32(4): 39-56. [Korean Literature]
- Schade S, Kotsev A, Cardoso AC, Tsiamis K, Gervasini E, Spinelli F, Mitton I, Sgnaolin R. 2019. Aliens in Europe. An open approach to involve more people in invasive species detection. *Computers, Environment and Urban Systems* 78(101384).
- The 2nd Alien and Invasive Species Management Plan (2019~2023). 2019. Related Authorities. [Korean Literature]
- The 3rd Intensive Survey on the Wetland Protected Areas (2018). 2018. National Wetlands Center National Institute of Environmental Research. [Korean Literature]
- Designation of wetland protected area Available from: <https://www.me.go.kr/home/web/board/read.do?pagerOffset=0&maxPageItems=6&maxIndexPages=10&searchKey=title&searchValue=%EB%A7%88%EB%8F%99%ED%98%B8&menuId=10392&orgCd=&boardId=1506600&boardMasterId=713&boardCategoryId=&rn=1>