

Research Paper

내륙 습지보호지역의 생태계 보전·관리 도구로서 시민과학연구 방법론 및 성과 제고 방안

– 습지보호지역 보전계획의 보전·관리·이용 목표를 중심으로 –

여인애* · 이창수* · 강지현**

국립생태원 습지연구팀*, 국립생태원 보호지역팀**

A Study on Method of Citizen Science and Improvement of Performance as a Ecosystem Conservation and Management Tool of Wetland Protected Areas (Inland Wetland)

– Focused on the Target of Conservation·Management·Utilization
in Wetland Protected Area Conservation Plan –

Inae Yeo* · Changsu Lee* · Ji Hyun Kang**

Team of Wetland Research, National Institute of Ecology*
Team of Protected Area, National Institute of Ecology**

요약: 본 연구에서는 습지보호지역 보전계획을 달성할 수 있도록 습지보호지역의 생태계 보전관리 도구로서 시민과학연구 방법론을 제시하고 2022년부터 주민역량강화 사업이 추진되고 있는 습지보호지역 3개소 (광주광역시 장록, 경남 고성 마동호, 고창 인천강하구 습지보호지역)를 대상으로 적용성을 검토하였다. 본 연구에서 제안한 시민과학연구 방법은 습지보호지역 보전계획에서 제시하고 있는 보전·이용·관리 목표에 근거하여 습지보호지역의 이해당사자와 그들의 주요 관심사 및 정보수요 파악 후, 각 주제별 정보 수요를 충족할 수 있는 성과물을 도출할 수 있는 연구 활동을 수행하고 시민과학자를 포함한 이해당사자에게 연구 성과를 환류 및 확산하는 절차이다. 본 연구에서는 해당 방법론을 적용하여 3개 습지보호지역에서 생태계 모니터링(생태계교란 식물 등 식물 모니터링, 육상곤충 및 포유류 흔적 조사, 신규 습지 발굴)을 실시하고 식물 16종, 육상곤충 43종, 멸종위기야생생물 I급 수달, II급 삵을 포함한 포유류 5종의 서식현황 정보를 취득하였다. 시민과학자들이 수집한 모니터링 정보를 활용하여 생태계교란 식물 분포지도 제작 후 소관 환경청 및 지자체에 관리 근거자료로 제공하여 시민과학연구의 정책 활용성을 제고하였다. 향후 본 연구에서 제안한 시민과학연구 방법론이 습지보호지역의 보전관리 도구로 정착하기 위해서는 시민과학연구 자료 축적, 정책수요에 부합하는 연구 성과의 도출과 함께 성과물의 정책 활용성과 사회·경제적 파급효과에 대한 검토가 면밀히 이루어져야 할 것이다.

주요어: 습지보호지역, 시민과학, 습지보호지역 보전계획, 모니터링, 성과 환류

First & Corresponding Author: Inae Yeo, Tel: +82-55-530-5513, E-mail: iayeo@nie.re.kr, ORCID: 0000-0003-4497-0327

Co-Authors: Changsu Lee, Tel: +82-55-530-5512, E-mail: cslee2@korea.kr, ORCID: 0000-0003-0327-0463

Ji Hyun Kang, Tel: +82-41-950-5692, E-mail: kjhb612@nie.re.kr, ORCID: 0000-0002-4461-5993

Received: 20 October, 2023. Revised: 18 December, 2023. Accepted: 19 December, 2023.

Abstract: This study suggested methodology of Citizen Science as a tool of ecosystem conservation and management to achieve Wetland Protected Area (WPA) Conservation Plan and examined whose applicability in 3 WPAs (Jangrok of Gwangju metropolitan city, Madongho of Goseong in South Gyeongsang Province, and Incheongang estuary of Gochang in North Jeolla Province). It consists of a) figuring out main interests and stakeholder or beneficiaries of WPA and their information demand based on conservation, utilization, and management target in the WPA Conservation Plan, b) conducting research activities to gain outcome to address stakeholder's demand, and c) returning the research outcome to citizen scientists and making diffusion to the society. Based on the suggested method and process, citizen scientists conducted ecosystem monitoring (plants including Invasive Alien Plants, terrestrial insects, traces of mammals, discovering unknown wetland). As a result, citizen scientists contributed to collecting species information of 16 plans, 43 species of terrestrial insects, 5 mammals including *Lutra lutra* (Endangered Species I) and *Prionailurus bengalensis* (Endangered Species II). The authors constructed and provided distribution map of Invasive Alien Plants, which included information of location and density which citizen scientists registered, for Environment Agencies and local governments who manage 3 WPAs to aid data-based ecosystem policy. In further studies, not only accumulating research data and outcomes acquired from citizen science to suffice the policy demands but also deliberate reviewing policy applicability and social-economic ripple effect should be processed for the suggested Citizen Science in WPA to be settled down as a tool of ecosystem conservation and management.

Keywords: Wetland Protected Area, Citizen Science, Wetland Protected Area Conservation Plan, Monitoring, Reflux of Outcome

I. 서론

1. 연구배경 및 필요성

시민과학은 자연·사회과학의 현상 및 문제 파악과 근거 자료 수집, 문제 해결 과정에 시민이 주체로 참여함으로써 사회적 가치 실현에 기여하고 있다. 시민과학은 정부 등 공공의 입장에서는 비용효율적 과학 연구를 수행할 수 있으며, 시민 개인의 입장에서는 과학적 이해 향상, 인식증진 등 교육, 정책참여 등의 효과를 얻을 수 있다. 이미 유럽과 미국에서는 시민과학의 주류화 전략으로서 국가·사회문제의 해결도구로 자리매김하고 있다(Chungnam Institute 2020).

우리나라 환경·생태계 분야 국가 최상위 종합계획인 제5차 국가환경종합계획('20~'40)(Ministry of Environment 2020)에서는 국토 생태용량 증진 및 생태복지의 실현 수단으로 빅데이터, 시민과학 기반의 국민참여 확대를 제시하고 있다. 시민과학연구는 제4차 습지보전기본계획('23~'27)(Ministry of

Environment 2023) 수립('22.12.)과 함께 제4차 국가생물다양성전략('19~'23)(Ministry of Environment 2019) 이행 종료 시기에 맞물려 전환점을 맞이하였다. 제4차 습지보전기본계획('23~'27)에서는 이전 계획 대비 시민의 습지조사 참여 확대와 습지조사인력 양성, 국가습지정보 확충 및 공유, 조사결과와 환류 및 활용성 증대 등 성과 활용 체계화를 요구한다. 제3차 계획의 한계로 시민조사 가이드라인의 부재와 조사결과 활용도의 미흡이 지적됨에 따라 제4차 습지보전기본계획의 시작한 현 시점에서 습지보전활동에 시민이 참여하여 생태계를 조사하고 보전 정책 활용 등 성과 환류에 이르기까지 시민과학연구 전 과정의 체계화가 필요하다. 한편 제4차 국가생물다양성전략('19~'23)에서는 생물다양성정책의 이행력 증진을 위해 환경부 등 관계기관의 시민참여 모니터링 체계화(가이드라인 마련, 민간전문가 시범사업 등) 전략이 요구되었다(Figure 1). 제5차 전략에서 제4차 전략의 달성도를 반영하고 제4차 습지보전기본

계획('23~'27)과 연계한 시민조사원 인력 양성 및 모니터링 전략을 도출할 필요가 있다. 즉 '과학기반의 습지조사 및 평가' 목표 달성을 위해 습지조사에 참여하는 시민과학자 양성 및 역량 강화, 내륙습지 정밀조사 등 국가 조사와 상호 보완할 수 있는 습지조사연구, 조사 결과의 습지 보전정책 활용, 성과물의 지역사회 환원, 대국민 확산 방식 다각화 등을 고려하는 방식이다.

본 연구에서는 상기 환경·생태 분야 국가정책에 반영된 시민과학의 방향성에 부합하도록 습지보호지역의 생태계 보전·관리 도구로서 시민과학연구 방법론을 제시하였다. 습지보호지역 보전계획 이행을 위해 시민과학연구를 습지보호지역의 보전·이용·관리 도구로 활용할 수 있는 방법론을 제시하고 습지보호지역 3개를 대상으로 적용성을 검토하였다. 제안하는 방법론의 특징은 목표지향형 연구기획 및 성과환류로, 상위계획의 성과목표에 부합하면서 습지보호지역 이해당사자의 수요를 충족할 수 있는 시민과학연구의 성과물을 먼저 기획하고 이해당사자에게 환류하는 방식을 연구 첫 단계에서 설정하는 것이다. 적용성 검토는 시민과학자가 생태계모니터링을 실시하고 습지보호지역의 생태계 관련 정책 및 계획을 지원

할 수 있는 성과물을 도출하여 시민참여자를 비롯한 관계자에게 확산하는 연구방법론을 적용한 결과를 포함하였다. 연구절차는 습지보호지역의 생태계 관련 정책 및 계획을 파악하고 시민과학목표 설정 후 연구를 수행하고 상기 정책을 지원할 수 있는 과학적 근거자료로 도출하여 관계기관에 확산하는 절차이다 (Figure 2).

2. 연구동향

국내의 생태계 분야 시민참여 연구는 생태계 모니터링을 통한 현황자료의 축적과 생태계 관리 방안을 포함하여 폭넓게 진행되고 있다. 특히 해양생태계를 중심으로 보호지역 일대에 거주하거나 방문하는 시민과학자가 생태계 모니터링에 참여하고 이들이 수집한 생물자료가 보호지역의 생태계 관리의 기초자료로 환류되는 연구사례들이 다수 보고되었다. 시민과학자들이 기름 유출, 쓰레기 발생 등 해양오염 발생원의 정보를 수집하거나 미세플라스틱의 분포정보를 수집하여 관계기관에 제공하면 그 결과가 해양생태계 관리정책의 근거자료로 활용되는 절차이다(Hyder et al, 2017; Fraisl et al, 2022; Camins et al, 2022). 해양보호구역(Marine Protected Areas, MPA)의 생

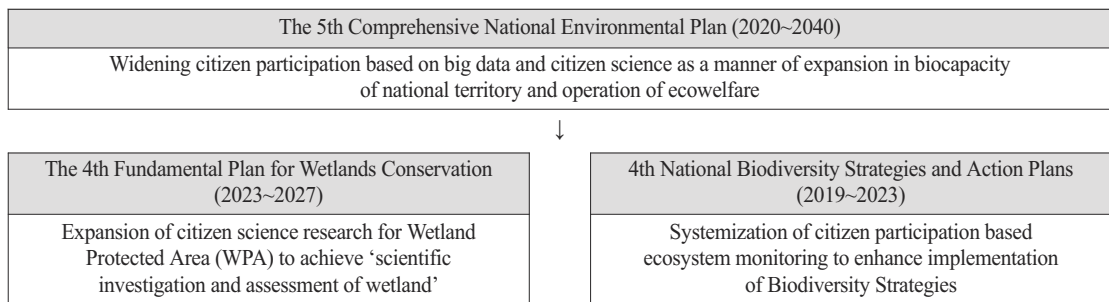


Figure 1. Strategy of Citizen Science described in the national plans regarding wetland ecosystem

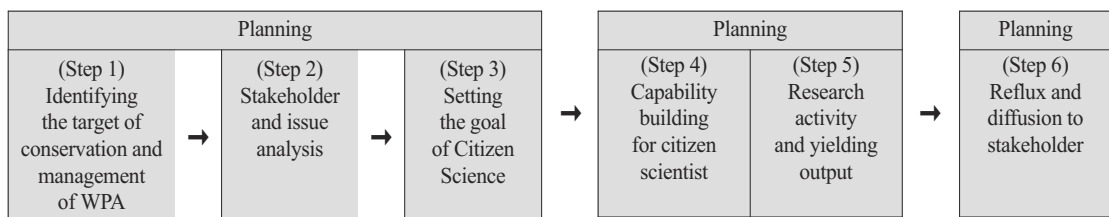


Figure 2. Methode and process of Citizen Science for WPA suggested in this study

물종 모니터링 시 모바일 앱 등으로 침입외래생물종 (Invasive Alien Species, IAS) 서식현황 데이터를 수집하거나, 산호초 서식현황 자료를 수집하여 보호 지역의 서식지 관리에 활용되는 사례도 보고되었다 (Harvey et al. 2018; Mannino & Balistreri 2018; Giovos 2019). 시민과학연구의 난이도 설계방식에 있어 다이빙, 서핑과 같은 해양활동 과정에 생태계 모니터링을 내재화하는 등 비전문가의 진입장벽을 낮추고 참여자의 범위를 확대할 수 있도록 진화하고 있다 (Camins et al. 2022).

육상생태계 분야의 시민참여 모니터링 역시 시민 과학 모니터링 자료를 생물다양성 연구에 활용하거나 생태계관리 정책의 근거로 환류하는 절차로 진행되고 있다. 프랑스에서는 마을 주민들이 조류, 벌 개체군, 꽃의 다양성 데이터를 수집에 참여하여 생태계의 기능과 인간에게 미치는 영향 분석에 기여하였다 (Bretagnolle et al. 2018). 시민과학자는 외래생물 서식현황 분석 및 서식지 보전계획 수립에도 자료수집가의 역할로 참여하고 있다 (Alakoski et al. 2020; Encarnacao et al. 2021; Stenhouse et al. 2021). 특히 EU에서는 시민들이 모바일 기반 외래생물 조사·제보 어플리케이션을 활용하여 수집한 자료를 바탕으로 EU 외래생물 관리정책의 효과성을 검토하는데 활용하고 있다 (Schade et al. 2019; Howard et al. 2022). 시민과학자가 수집한 외래생물 정보는 생물종 분포지도로 제작되어 외래생물 관리정책의 근거로 활용된다 (Johnson et al. 2019). 이외에도 생태계 친화적 도시계획에 시민모니터링 결과를 반영하는 등 환경·생태계 문제 해결 전반에 시민과학자의 기여가 확대되는 추세이다 (Border et al. 2022).

우리나라는 환경부에서 수행하는 전국자연환경조사에서 육상생태계 모니터링에 시민과학자가 참여하고 있다 (National Institute of Ecology 2019; National Institute of Ecology 2020; National Institute of Ecology 2021; National Institute of Ecology 2022). 육상생태계를 비롯한 여러 유형의 생태계 모니터링 사례는 시민참여 생물다양성 관측 네트워크 (Korea Biodiversity Observation Network, K-BON)의 다양한 모니터링 프로젝트를 들 수 있다. 습지를 대상으

로 하는 시민과학연구는 해양폐기물 등 오염 추적 및 관리를 위한 연안습지 환경 및 생물 모니터링이 이루어져 왔으며 (Koh 2020) 내륙습지에서는 습지보호지역 일대의 시민과학연구를 위한 참여자의 인식증진방안에 대한 연구가 진행되었다 (Yeo 2022).

시민모니터링 자료를 수집하여 생태계 보전정책에 활용하는 절차는 유럽 등 해외 연구사례에서 주류화되는 추세이다. 해외사례에 비추어 볼 때 우리나라에서도 시민참여에 의한 생태계 모니터링을 수행하고 그 결과를 보전정책에 활용하는 등 수집된 자료의 활용성과 성과물의 확산을 다각화할 필요가 있는 것으로 나타났다. 향후 시민참여 조사 및 보전정책 활용의 효과성을 다각도로 검증하는 연구들이 진행될 필요가 있다.

II. 습지보호지역 보전계획 이행을 위한 시민과학연구 방법론 제안

1. 습지보호지역의 보전·이용·관리 목표 확인

우리나라의 습지보호지역은 2023년 10월 기준 총 52개소 1,635,52km²로 환경부 지정 31개소(133,186 km²), 해양수산부 지정 14개소(1,491,12km²), 시·도지사 지정 7개소(8,254km²)이다. 우리나라의 내륙 습지보호지역 지정은 습지보전법 제8조에 근거하여 (a)풍부한 자연성·생물다양성, (b)멸종위기 야생생물의 서식·출현, (c)경관·지형·지질적 가치 중 어느 하나 이상에 해당하여 보전할 가치가 높은 지역으로 환경부장관 및 시·도지사가 습지조사¹⁾ 후 주민공청회 등 의견수렴 절차를 거쳐 지정한다²⁾. 습지보호지역 관할 지방·환경유역청에서는 습지보호지역 지정 후에도 습지 건조화로 인한 습지 면적 및 기능 소실 방지, 멸종위기종 및 자생종 서식처로서의 기능 유지 등 습지의 우수한 생태적 가치를 유지하고 생태계의 변화요인을 관리하기 위해 습지보호지역 보전계획을 수

1) 습지보전법 제4조(습지조사)에 근거한 정밀조사. 습지보호지역 보전계획 수립의 근거가 되는 내륙습지 정밀조사는 2006년부터 현재까지 우리나라 습지보호지역을 대상으로 5년 주기로 시행되고 있다.

2) 습지보전법 제8조(습지지역의 지정 등)에 근거

립하고 있다.

습지보호지역 보전계획은 습지보전기본계획과 지자체의 습지관련 정책, 습지보호지역 현안 등에 근거하여 수립되어 보전·이용·관리 목표와 세부실천과제를 제시하고 있다. 습지보호지역 보전·이용·관리방안은 습지보호지역별 현안과 보전·복원 수요를 반영하여 습지모니터링 및 현황정보 구축, 습지의 생태적 건강성 관리, 습지가치평가에 기반한 생태계서비스 증진, 민·관 협업·소통 관리체계 구축 등 습지보호지역 보전·이용·관리 목표와 세부실천과제를 포함한다. 한강하구 습지보호지역 보전계획(‘20~’24)(Ministry of Environment·Han River Basin Environment Agency 2020)의 경우 습지보호지역의 보전·이용·관리 목표 설정사례는 4가지로 구분된다. 첫 번째는 습지 정밀조사 및 생태정보 시스템 구축 등 습지 기초조사 체계 확립, 두 번째로 생물종 서식지 보전 및 복원과 생태계교란 생물 제거 등 서식지 건강성 증진, 세 번째로 습지 보전·생태가치 재평가 등 생태계서비스 증진, 네 번째로 시민참여 습지모니터링 등 협업·소통 관리 체계 구축이다.

2. 습지보호지역의 이해당사자 및 수요 분석

습지보호지역은 시민 등 다양한 이해관계자들의 협력적인 활동이 상호호혜적인 성과로 발전될 수 있는 곳이다. 시민과학자를 포함하여 민·관 협업으로 습지생물 모니터링을 실시하여 생물종의 위치와 밀도가 수록된 사진 등 정보를 수집하면 이를 생물종 분포 지도로 가공하여 환경청 또는 지자체에서 서식지 보전정책에 활용할 수 있다. 지역의 생태계 보전정책 시행으로 훼손된 생태계가 복원되거나 건강한 생태계가 유지되는 경우 최대 수혜자는 시민과학자 개인이라 할 수 있다.

이에 본 연구에서는 습지보호지역의 보전·이용·관리 목표가 확인되면 관련 이해관계자를 파악하고 각 주체의 주요 관심사와 수요를 확인하는 것을 제안하였다. 구체적으로는 습지보호지역 일대 시민과학연구에 참여할 이해관계자 또는 시민과학연구 성과 수혜자를 설정한 후, 습지보호지역 생태계 보전·이용·관리 목표와 관련된 각 주체별 주요 관심사항을 도출

하고 이를 충족할 수 있는 성과물을 시민과학연구 목표로 연계하는 방식이다. 습지보호지역의 보전·이용·관리와 관련된 이해당사자는 첫 번째로 국가(환경부)로 내륙습지 정밀조사결과에 근거하여 습지보호지역 보전계획 수립 등 습지보전 정책을 수립하고 습지보호지역 생태계를 관리하는 환경청이 대표적 관련 주체이다. 환경청의 생태계 관련 정보수요는 5년 단위로 연동되는 내륙습지 정밀조사를 보다 정밀한 시간 단위로 보완할 수 있는 조사자료와 습지보호지역 관리의 근거가 되는 생태계교란식물 등 생물의 공간분포 지도를 꼽을 수 있다. 두 번째는 광역·기초 지자체로 습지보전법에 근거하여 습지보전실천계획 및 지자체 생태계 관리 계획을 수립·시행하는 주체이다. 지자체의 정보 수요는 습지보호지역 등 지역의 습지의 생물종 서식현황을 알 수 있는 서식지 지도, 생태계 변화 및 훼손현황 정보를 들 수 있다. 세 번째는 시민과학연구를 직접 수행하는 시민과학자 개인 또는 단체, 습지보호지역 일대에 거주하는 주민, 습지보호지역 방문객 등을 포함한 일반국민이다. 개인 또는 단체 자격으로 참여하는 시민과학자 특성이 다양한 만큼 필요로 하는 정보수요 역시 다양할 수 있으며, 생태계 모니터링 참여 및 체험, 생태계에 대한 지식 함양, 후속세대 교육, 지역 홍보를 달성할 수 있는 행사 및 자료들이 될 수 있다.

이와 같이 습지보호지역 일대 이해당사자와 각 주체별 관심사 및 수요를 먼저 확인하고 이를 충족시킬 수 있는 성과물을 도출하는 것을 목표로 시민과학연구를 기획·운영하면 시민과학연구 참여 주체가 수혜자가 되므로 관련주체별 자발적 참여에 당위성이 부여되는 동시에 습지보호지역 시민과학연구의 효과성을 높일 수 있다.

3. 시민과학연구 목표 설정

습지보호지역의 보전·이용·관리 목표와 이해당사자 수요를 파악하고 나서, 이해당사자의 수요를 충족시킬 수 있는 시민과학연구 목표를 설정해야 한다. (목표1) 지역의 습지 생태자료 축적이라면 참여자가 생물종 출현 및 서식현황 등을 모니터링하여 정보플랫폼에 등록하고 생태계 관련 정보를 축적할 필요가

있다. (목표2) 생태계교란 생물 제거 및 일대 서식지 건강성 개선인 경우, 생태계교란 생물 출현 데이터를 수집하고 서식현황을 분석하여 관리대상 지역 및 방법을 선정하는데 활용해야 한다. (목표3) 습지 평가를 위해서라면 평가대상지 일대에서 평가 지표를 뒷받침할 수 있는 자료를 시민이 수집하고 평가에 활용하거나, 시민이 생태계서비스 평가 등에 직접 참여할 수도 있다. (목표4) 습지보호지역 일대 시민과 소통하고 보전에 대한 인식증진을 목표로 하는 경우 시민과 네트워크를 형성하여 습지교육 및 홍보활동을 수행하는 활동 자체가 상기의 목표에 부합한다.

4. 시민과학자 대상 역량강화교육

시민과학자의 구성원은 일반인, 준전문가, 전문가에 이르기까지 다양하므로 시민과학연구 결과의 질적 격차를 줄이기 위해서는 역량교육이 수반되어야 한다. 역량강화교육의 목표는 시민과학자에게는 습지생태계에 대한 학습 및 생태계 보전 의식을 함양하는 동시에 시민과학연구 운영주체에게는 성과물의 정확성 및 신뢰성을 높여야 한다. 제4차 습지보전기본계획('23~'27)의 목표 달성을 위해 시민과학자 역량강화 교육은 시민조사자를 양성에 주안점을 두어야 한다. 시민과학연구 추진 초기 시민과학자 발굴 후 네트워크가 형성되면, 시민과학연구 목표 달성을 위한 기본 교육과 함께 중장기적으로 습지전문 조사원 등 전문가 멘토링을 거쳐 시민과학자의 생태계 조사연구 역량을 증진시킬 필요가 있다. 시민과학자가 준전문가 이상의 조사역량을 갖추고 충분한 조사 자료를 축적할 수 있는 수준이 되면 자기주도적 연구 주제설정 및 활동 후 목표에 부합하는 연구성과를 도출할 수 있

어야 한다(Figure 3).

5. 시민과학연구 활동 및 성과 도출

시민과학연구 활동은 목표에 부합하는 성과물을 수반해야 한다. 시민과학연구 목표가 환경청과 지자체에 습지보호지역의 생태계교란 생물 제거·관리를 뒷받침할 수 있는 용도로 제공할 생물 서식현황 자료 축적인 경우 시민 등 참여자들은 생물 출현 및 서식현황 조사 자료를 확보하고, 해당자료를 활용하여 관련 행정기관에서 생물의 서식현황 및 공간분포도를 성과로 도출할 수 있다. 연구목표가 지자체의 생태계교란 생물 관리정책을 수립·이행하는 근거자료를 제공하는 것이라면 참여자들은 생태계교란 생물 조사 후 자료를 제공하고, 관련 기관은 생태계교란 생물종 목록 및 분포지도를 성과물로 도출할 수 있다. 생태계 교육이 목표라면 참여자들은 습지보호지역에 서식하는 생물종 사진 및 지역의 전통지식을 수집하여 교육 자료를 제작하여 습지보호지역 방문객이나 학생들에게 습지보호지역에 대한 지식을 전달하는 것이 성과가 될 수 있다(Table 1).

6. 성과환류 및 확산

시민과학연구 성과가 도출되면 연구목표 설정 단계에서 설정한 수혜자에게 환류해야 한다. 수혜자는 국가, 지자체, 개인 수준의 다양한 이해관계자가 될 수 있다. 국가 수준의 수혜자를 환경청으로 설정한 경우, 습지보호지역 소관 환경청에 생태계교란 생물의 서식현황 및 공간분포도를 제공하여 생태계교란 생물 제거·관리사업 수행에 필요한 우선관리 대상지역 및 관리방식을 도출하도록 지원할 필요가 있다. 지역 수

Stage	Target
Introduction stage	Gathering citizen scientist applying networks in wetland protect area and building relational trust
▼	
Developing stage	Ability of ecosystem monitoring of citizen scientists (mentoring from experts including wetland surveyors) and improvement of applicability of research result
▼	
Mature stage	Empowerment of self-directed research and creation of outcome from citizen scientist

Figure 3. Capability building stages for citizen scientist of WPA

Table 1. Suggested research program of citizen science and output to satisfy target of conservation, utilization and management for WPA Conservation Plan

Target	Project and suggested research activity	Suggested output
Systematization for fundamental research of wetland	(Project) <ul style="list-style-type: none"> Intensive survey of ecosystem, periodical monitoring of wetland Making biotope map Construction of ecological information system and DB (Research activity) <ul style="list-style-type: none"> (Data collection) ecosystem monitoring and collecting species/habitation data 	List of wetland species
Improving ecosystem health and wetland conservation	(Project) <ul style="list-style-type: none"> Extermination of IAS Improvement of wetland, restoration·management of habitation, biodiversity management agreement (Research activity) <ul style="list-style-type: none"> (Data collection) habitation of IAS, source of pollutant (Analysis) mapping of IAS distribution, contamination (Application) extermination of IAS, pollution management 	Distribution map of IAS, pollution map
Enhancing ecosystem services and wetland function	(Project) <ul style="list-style-type: none"> Assessment of wetland conservation·ecosystem value Linkage of ecological network (Research activity) <ul style="list-style-type: none"> (Data collection) Materials for wetland assessment (Application) Wetland assessment 	Assessment result of wetland value and ecosystem services
Constructing management system of cooperation·communication	(Project) <ul style="list-style-type: none"> Operation of committee for conservation and management Monitoring of citizen alliances, operation of education·promotion program Development and operation of training program (Research activity) <ul style="list-style-type: none"> Networking, education, publicity 	-

Citizen Science in WPA: Citizen scientists' monitoring of species in wetland and registering the data (taken pictures with species and habitat) on EcoBank



Stakeholder/beneficiary	Applied field	Output (information from data analysis)
Government level (Environment Agency)	Intensive survey of inland wetland	
	Supplementation of annual monitoring of WPA and utilization for conservation plan	▷ • List of species in the WPA (3 areas, 4 taxa)
Local level (Environment Agency, Local Government)	Wetland conservation and restoration	
	Extermination and management of IAS (applying government subsidies, confirming the location of management)	▷ • Distribution map of IAS • Result of analysis on habitat and behavioral characteristics of IAS
Individual level	Wetland Education	
	Education for local ecosystem (residents, local students, visitors)	▷ • Wetland species book for citizen scientists' children

Figure 4. Suggested system of research output and reflux of Citizen Science in WPA

Table 2. Overview of study area

Name	Designated date /Plan order*	Target of conservation, utilization and management
Incheongang estuary of Gochang (North Jeolla Province)	'18.10.24. /1st('19)	- Ecosystem monitoring and related research (changes of flora in wetland, ecological succession, etc) - Biodiversity conservation and restoration - Establishment of facilities for wetland conservation and utilization - Citizen support program
Jangrok of Gwangju (metropolitan city)	'20.12.08. /1st('21)*	- Conservation and restoration of Jangrok in Hwangryong River - Biodiversity and ecosystem health - Systematization of wetland management - Enhancement of ecosystem services and wetland function
Madongho of Goseong (South Gyeongsang Province)	'22.02.03. /1st('22)*	- Strengthening measures of wetland conservation and restoration - Improvement of biodiversity and ecosystem health - Systematization method for wetland management - Extension of wetland ecosystem services

* Order of WPA Conservation Plan

준의 수혜자가 지자체인 경우 생물종 분포지도, 또는 모니터링 영상 등을 제공하여 생태계교란 생물 관리 사업 수행을 위한 국고 보조금 신청 등을 지원할 필요가 있다. 시민과학연구 결과 발간한 생물조사결과 자료집을 습지보호지역 일대 학교 등 교육기관에 제공하여 방문객 또는 학생을 대상으로 생태지식을 향상시킬 수 있다. 상기의 성과환류 및 확산방식은 시민과학연구의 사회적 가치 실현을 증폭시킬 수 있는 방식이다(Figure 4).

III. 결과 및 고찰

1. 연구대상 지역

본 연구에서는 환경부 지정 내륙습지보호지역 31개소 중 2022년부터 주민역량강화사업이 이루어지고 있는 습지보호지역 3개소(광주광역시 장록, 경남 고성 마동호, 고창 인천강하구)를 연구대상지역으로 선정하였다. 해당 지역의 습지 유형은 하구습지(고창 인천강하구), 하천습지(광주광역시 장록), 인공 호수습지(경남 고성 마동호)이다. 해당지역은 각각 '18년(고창 인천강하구), '20년(광주광역시 장록), '22년(경남 고성 마동호)에 보호지역으로 지정되었으며, 지정일로부터 1년 이내에 1차 보호지역 보전계획이 수립되었다. 보호지역 지정시기로부터 5년 단위로 환경부 주관으로 내륙습지 정밀조사를 실시하고 이를 기반

으로 차기 보호지역 보전계획이 수립된다. 연구대상 지역의 습지보전·이용·관리 전략 목표는 Table 2와 같다. 본 연구에서는 이 목표들 중 생태계 조사 또는 생태계 건강성 유지와 관련하여 관련 이해당사자인 환경청, 지자체의 관점에서 필요로 하는 정보 수요(환경청 및 지자체: 생태계교란 식물 지도, 습지생물종 목록)를 도출하는 것을 시민과학연구 목표로 설정하였다.

2. 역량강화 교육 및 생태계 모니터링

본 연구에서는 연구대상지역 일대에서 시민과학자를 모집하여 시민과학연구 활동의 개요 및 목표에 대해 숙지시킨 다음 조사활동 방법에 대해 교육하였다. 1)에서 설정한 시민과학연구 성과물이 생태계교란 식물 분포지도, 습지생물종 목록이므로 시민과학연구 활동은 생태계 모니터링으로 진행하였다. 조사대상 분류군은 조사도구의 간편성, 시민과학자의 안전 등을 고려하여 생태계교란 식물, 육상곤충, 포유류 혼적으로 설정하였다. 또한 지역의 신규습지 발굴 및 관리를 위해 시민과학자들이 거주지 인근에서 습지 발굴 시 제보하는 활동을 포함하였다(Figure 5). 시민과학자들은 2022년 9월 19일부터 10월 31일까지 연구대상 습지보호지역에서 조사대상 생물종 및 신규습지 발견 시 스마트폰을 활용하여 위치정보를 수록하여 사진을 촬영하고 시민참여플랫폼에 등록하였다.

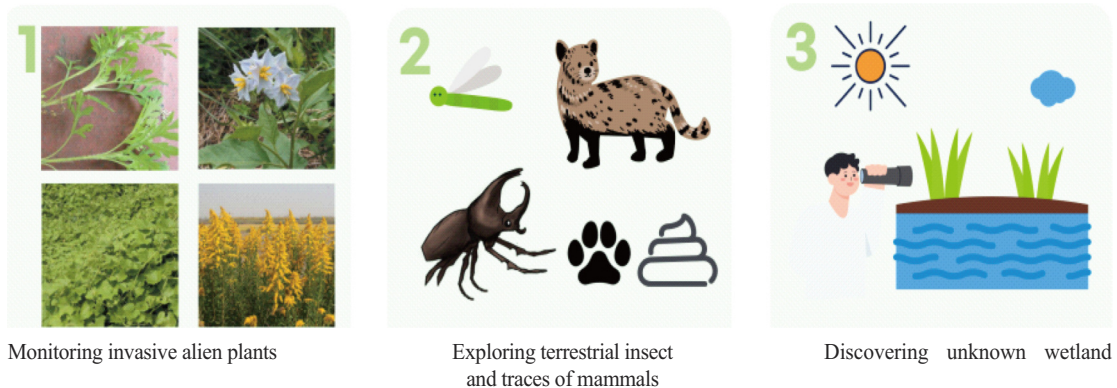


Figure 5. Research activities of Citizen Science conducted in this study for 3 WPAs

본 연구에서는 국가생태정보종합플랫폼(EcoBank)을 시민참여플랫폼으로 활용하였다. 시민과학자를 대상으로 스마트폰을 활용하여 생물종 및 습지사진을 촬영하는 방법, EcoBank에 등록하는 방법에 대해 현장교육하였다.

3. 모니터링 결과 검증

시민과학자들이 EcoBank에 등록한 자료는 습지 및 생태계분야 전문가가 검증하였다. 시민모니터링 결과 검증과 관련하여 다양한 분야에서 시민들의 참여를 유도하고 시민과학연구 프로젝트를 수행하고 있는 유럽에서 시민과학자들이 수집한 침입외래생물 조사자료 검증 방법론과 자동화 솔루션에 대한 연구를 진행한 바 있다(EC 2021). 해당문헌에 따르면 조사자료 검증은 일반적으로 동료 및 전문가 검증, 자동품질 평가, 모델 기반 품질 평가 등을 사용한다.

본 연구에서 사용한 검증방식은 전문가 검증으로, 시민과학자들이 생물종 및 습지 발견 시 위치정보가 수록된 사진을 촬영하여 시민참여정보플랫폼인 EcoBank에 등록하면 생물종 분류군별 전문가들이 사진에 근거하여 중동정이 가능한 경우에 한해 중명칭을 수정·승인한다. 시민과학자들이 수집한 자료는 전문가가 검증 후 정보플랫폼을 통해 일반인들도 자유롭게 확인할 수 있다. 시민과학자가 점적인 생물종 출현 및 분포를 조사하는 기존 연구사례에서도 전문가들이 시민조사자들이 등록한 자료의 증명 등을 검증하는 절차와 방법이 주를 이루고 있으며(Casanovas

et al, 2014; Mannino et al. 2018; Saoud et al, 2020). 본 연구의 검증방법도 상기 연구와 같은 맥락으로 진행되었다.

4. 연구성과 도출 및 환류

본 연구에서 도출한 시민과학연구 성과물은 에코뱅크에 시민과학자가 제보한 생물정보를 활용하여 저자가 제작한 생태계교란 식물 분포지도이다. '22년 9월~10월 6주간 연구대상지역에서 시민과학자가 촬영하고 EcoBank에 등록한 생태계교란 식물 정보(서식 위치, 분포 규모, 사진)를 오픈 소스 데스크톱 지리정보시스템(Quantum Geographic Information System, QGIS)를 활용하여 분포지도로 나타내었다(Figure 6). 저자들은 해당 분포지도를 '23년 3월 본 연구에 참여한 시민과학자를 비롯하여 3개 습지보호지역 소관 환경청 및 기초지자체에 배포하였다.

연구기간동안 시민과학자가 제출한 사진은 총 432장이었으며 내·외부 전문가가 승인하여 국가생태종합정보(에코뱅크)에 공개한 사진은 399장이다. 공개된 사진 중 육상곤충은 109장, 포유류 24장, 생태계교란식물 등 식물 222장, 신규습지 24장 등이었다. 전문가 검수를 거친 결과 연구대상지역에서 시민과학자들이 발견한 식물은 16종, 육상곤충 43종이었으며 포유류는 멸종위기야생생물 I급 수달(*Lutra lutra*), II급 삵(*Prionailurus bengalensis*)을 포함한 5종으로 나타났다. 생태계교란 식물 상세 분포지도는 환경청에서 생태계교란 생물 우선 관리지역 선정 등 제거·

관리의 근거자료로 활용될 수 있고 지자체에서는 기후변화 적응대책 세부시행계획 수립에 활용하거나 생태계교란 식물 제거 등 예산 수립에 활용할 수 있다. 환경정화활동에 참여하는 시민단체의 일원이 시민과학자로 활동하는 광주광역시의 경우 상기 분포지도를 시민과학자와 함께 공유하여 지역의 교란식물 제거활

동 시 활용할 수 있다. 환경청 소속 자연환경해설사가 높은 비율을 차지하는 고창군의 경우 시민과학자들이 습지보호지역 관리 시 상기 지도를 활용할 수 있다. 생태지도사로 구성된 고성군 시민과학자는 상기 지도를 생태계교란 식물에 대한 지식을 함양하는 수단으로 활용할 수 있다.

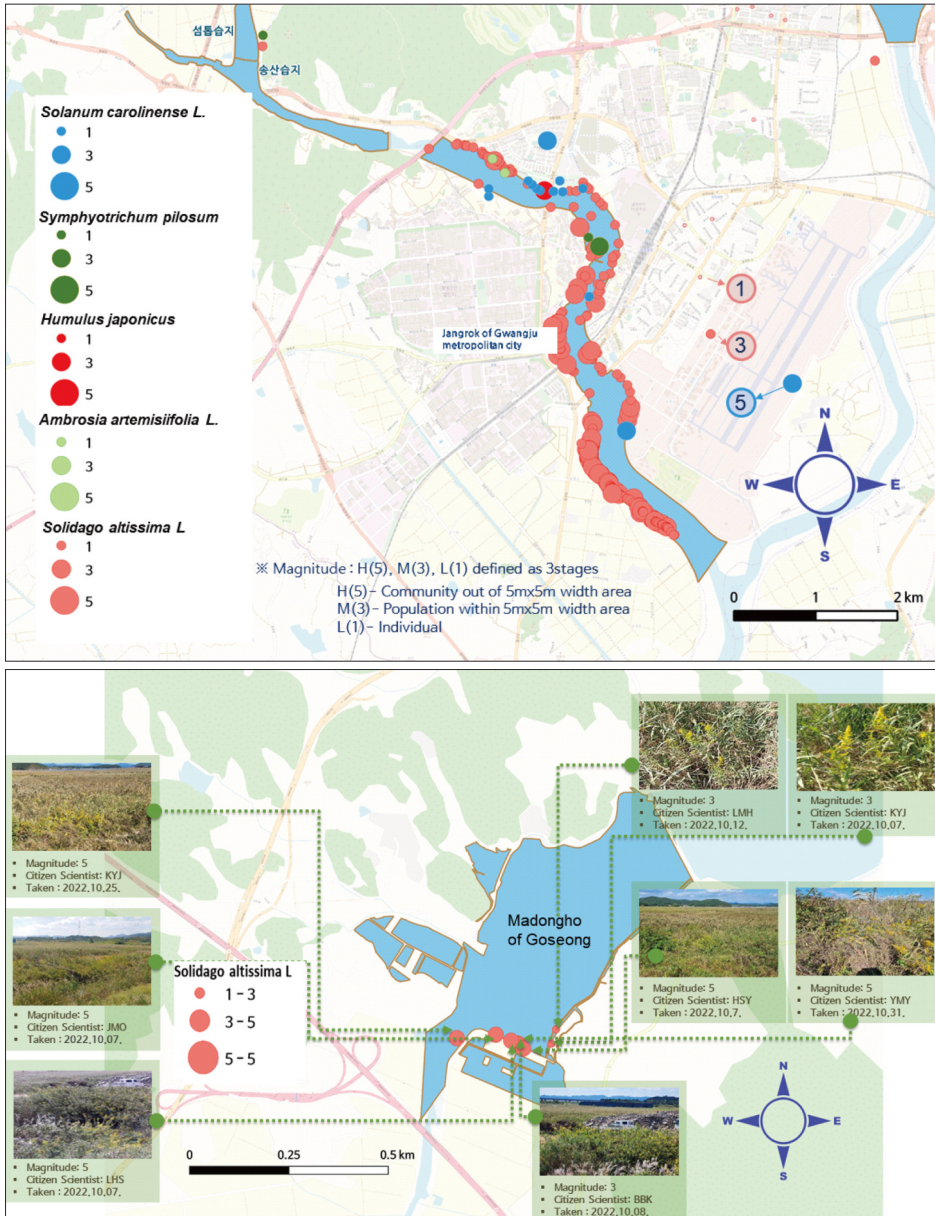


Figure 6. Output of the Citizen Science in this study (distribution map of Invasive Alien Plants in the WPA Jangrok and Madongho(Citizen scientists in Gochang could not find Invasive Alien Plants in Incheongang estuary)

IV. 시사점 및 향후 발전방향

본 연구에서는 습지보호지역 보전계획의 보전·이용·관리 목표를 달성할 수 있도록 습지보호지역의 생태계보전관리 도구로서 시민과학연구 방법론을 제시하였다. 제4차 습지보전기본계획 등 관련 분야 국가정책에서 지향하는 시민과학연구의 미래상을 반영하여 목표지향형 연구기획 및 성과환류방식에 초점을 두었다. 습지보호지역 보전계획에서 해당습지의 보전 이슈와 목표를 파악하고, 관련 이해당사자와 그들이 필요로 하는 정보수요를 충족시킬 수 있는 성과물을 도출하는 방향으로 시민과학연구 방법론을 제안하였다. 상기 연구방법론을 최근 5년 이내 습지보호지역으로 지정되고 2022년부터 주민역량강화사업이 진행되고 있는 3개 습지보호지역에 적용한 결과를 보고하였다. 본 연구에서 제시한 시민과학연구 방법론을 적용하여 시민과학자들이 생태계모니터링 과정에서 시민참여플랫폼에 제공한 자료를 공간 분석하여 습지보호지역 관리에 활용할 수 있는 생태계교란 식물 분포지도로 제작하였다. 시민과학연구 성과물인 해당 분포 지도를 3개 습지보호지역의 이해당사자자인 환경청, 지자체에 제공하였다.

향후 습지보호지역별 보전관리 목표에 따라 시민과학연구 활동을 다양화하고 수집된 자료의 활용성을 이해당사자의 수요에 맞추어 다각화하려는 노력이 필요하다. 습지보호지역 보전관리 목표 중 ‘생태계 조사 및 연구사업’ 분야는 습지조사원과 시민과학자가 협업할 수 있는 가능성이 있다. 습지보호지역 정밀조사 시 전문조사원이 조사대상지역의 주요 구역과 지점을 중심으로 정밀조사하고 시민과학자는 전문조사원이 접근성 및 소요 시간 등 등 시공간적 한계로 인해 조사하지 못하는 지역에서 원하는 시기에 다수의 시민과학자와 함께 조사하여 다시점, 다지점의 생태계 조사 자료를 획득할 수 있다. 시민과학자들이 생물종 및 서식지 현황 자료를 수집하면 수집된 자료를 바탕으로 공간분포를 분석하면 연구자 및 정책입안자들이 생물다양성관리 계약 사업, 서식지 복원 계획을 수립하는데 활용할 수 있다. 시민과학자가 생태계서비스 평가 주체로 참여하거나 생태계서비스 평가의 기반이

되는 생태자산 등에 대해 보고할 수 있다. 시민들이 보고한 자료를 활용하여 시민들이 간이 습지평가를 진행하거나 연구자가 생태계서비스 평가를 진행하여 습지보전·생태계 가치 평가를 보완하고 생태축 계획에 반영할 수 있다. 습지보호지역 일대 협업·소통관리 체계 구축과 관련하여 보호지역 일대 시민 등 다양한 이해당사자를 네트워크하고 습지보호지역의 보전 가치 등에 대해 교육, 홍보하여 시민 인식 증진을 달성할 수 있을 것이다. 향후 시민과학연구 방법론이 습지보호지역의 보전관리 도구로 정착하기 위해서 향후 시민과학연구 자료 축적, 정책수요에 부합하는 연구성과의 도출과 함께 성과물의 정책 활용성과 사회·경제적 파급효과에 대한 검토가 면밀히 이루어져야 할 것이다.

사사

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

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

References

- Alakoskia R, Kauhalab K, Tuominenc S, Selonena V. 2020. Environmental factors affecting the distributions of the native Eurasian beaver and the invasive North American beaver in Finland. *Biological Conservation* 248:108680.
- Border JA, Gillings S, Reynolds T, Neeve G. 2022. Can citizen science provide a solution for

- bat friendly planning?. *Landscape and Urban Planning* 223(3): 104402.
- Bretagnolle V, Berthet E, Gross N, Gauffre B, Plumejeaud C, Houte S, Badenhauer I, Monceau K, Allier F, Monestiez P, Gaba S. 2018. Towards sustainable and multifunctional agriculture in farmland landscapes: Lessons from the integrative approach of a French LTSER platform. *Science of The Total Environment* 627: 822-834.
- Casanovas P, Lynch HJ, Fagan WF. 2014. Using citizen science to estimate lichen diversity. *Biological Conservation* 171: 1-8.
- Camins E, De Haan WP, Salvo VS, Canals M, Raffard A, Sanchez-Vidal A. 2022. Paddle surfing for science on microplastic pollution. *Science of The Total Environment* 709: 136178.
- Encarnacao J, Chicharo MAT, Morais P. 2021. Citizen Science and Biological Invasions: A Review. *Frontiers in Environmental Science* 8: 602980.
- European Commission. 2021. Data-validation solutions for citizen science data on invasive alien species. Joint Research Center. [JRC Technical Report]
- Fraisl D, Hager G, Bedessem B, Gold M, Hsing PY, Danielsen F, Hitchcock CB, Hulbert JM, Piera J, Spiers H, Thiel M, Haklay M. 2022. Citizen science in environmental and ecological sciences. *Nature Reviews Methods Primers* 2(64): 1-20.
- Giovos I, Kleitou P, Poursanidis D, Batjakas I. 2019. Citizen-science for monitoring marine invasions and stimulating public engagement: a case project from the eastern Mediterranean. *Biological Invasions* 21(12): 3707-3721.
- Harvey GKA, Nelson TA, Paquet PC, Ferster CJ, Fox CH. 2018. Comparing citizen science reports and systematic surveys of marine mammal distributions and densities. *Biological Conservation* 226(9): 92-100.
- Howard L, van Rees C, Dahlquist Z, Luikart G, Hand BK. 2022. A review of invasive species reporting apps for citizen science and opportunities for innovation. *NeoBiota* 71: 165-188.
- Hyder K, Wright S, Kirby M, Brant J. 2017. The role of citizen science in monitoring small-scale pollution events. *Marine Pollution Bulletin* 120(1-2): 51-57.
- Johnson BA, Mader AD, Dasgupta R, Kumar P. 2019. 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.
- Koh JK, Yeh MJ. 2020. Study on Types and Characteristics of Citizen Science to Address Environmental Issues in Korea. *Journal of Environmental Policy and Administration*. 28(4): 181-213. [Korean Literature]
- Mannino AM, Balistreri P. 2018. Citizen science: a successful tool for monitoring invasive alien species (IAS) in Marine Protected Areas. The case study of the Egadi Islands MPA (Tyrrhenian Sea, Italy). *Biodiversity* 19(1-2: Marine Protected Areas and Ocean Health): 42-48.
- Saoud Z, Fontaine C, Lois G, Julliard R, Rakotoniana I. 2020. Miss-identification detection in citizen science platform for biodiversity monitoring using machine learning. *Ecological Informatics*. 60: 101176
- Schade S, Kotsev A, Cardoso AC, Tsiamis K. 2019. Aliens in Europe. An open approach to involve more people in invasive species

- detection. *Computers Environment and Urban Systems* 78: 101384.
- Stenhouse A, Perry T, Grutzner F, Lewis M, Koh LP. 2021. EchidnaCSI - Improving monitoring of a cryptic species at continental scale using Citizen Science. *Global Ecology and Conservation* 28:e01626.
- Ministry of Environment. 2019. The 4th National Biodiversity Strategies and Action Plans (2019~2023). [Korean Literature]
- Ministry of Environment. 2020. The 5th Comprehensive National Environmental Plan (2020~2040). [Korean Literature]
- Ministry of Environment·Han River Basin Environment Agency. 2020. Wetland Protected Area Conservation Plan of Han River Basin (2020~2024). [Korean Literature]
- Ministry of Environment. 2023. The 4th Fundamental Plan for Wetlands Conservation (2023~2027). [Korean Literature]
- National Institute of Ecology. 2019. The 5th National Ecosystem Survey. National Institute of Ecology. [Korean Literature]
- National Institute of Ecology. 2020. The 5th National Ecosystem Survey. National Institute of Ecology. [Korean Literature]
- National Institute of Ecology. 2021. The 5th National Ecosystem Survey. National Institute of Ecology. [Korean Literature]
- National Institute of Ecology. 2022. The 5th National Ecosystem Survey. National Institute of Ecology. [Korean Literature]
- National Institute of Ecology. 2023. The 5th National Ecosystem Survey. National Institute of Ecology. [Korean Literature]
- Yeo HB, Park HJ. 2020. Study on Constructing Citizen Science Platform relating Environment Education. Chungnam Institute. Basic Research 2020-22. [Korean Literature]
- Yeo IA, Lee CS, Kim GY, Ban CE, Cho KJ. 2022. Study on the Perception Change of the Citizen Scientists composed by Cooperative Networks in Protected Areas of inland Wetlands. *Journal of Photo Geography* 32(4): 39-56. [Korean Literature]