

전략연구 2020-22

환경교육 연계 시민과학 플랫폼 구축 방안 연구

여형범 · 박현진

연구요약

제5차 국가환경종합계획(2020~2040)에서는 지역기반·마을단위 시민 눈높이 환경 정보의 생산·가공·보급 확대 및 시민이 생산하는 환경정보의 활용 강화, 웹기반 환경 영향평가 One-Stop 플랫폼 개발을 통한 국민 중심의 환경영향평가 지원 등의 과제를 제시하고 있다. 시민들이 환경영향평가에 활용할 수 있을 정도의 환경 정보를 지역 단위에서 어떻게 직접 생산하고 활용할 수 있을까를 고려하면, 시민들이 직접 과학활동을 수행하고 이를 지원하는 시민과학 프로젝트는 필수적일 것이다.

하지만 시민과학의 잠재적인 참여 주체(연구자, 행정, 교육단체, 학생 등)의 인식 부족, 안정적인 재원이나 인력 등 시민과학 역량 부족, 시민과학을 통한 데이터의 검증 및 활용 프로그램 준비 부족 등으로 인해 심화된 시민과학 프로그램을 체계적으로 운영하기 어려운 조건일 것으로 예상된다. 이 연구에서는 이런 한계들을 인식하면서 국내·외 시민과학 및 시민과학 플랫폼 사례를 검토한 후 시민과학을 활성화하기 위해 우선적으로 필요한 과제로 시민과학 플랫폼 구축을 제시하였다.

우선 시민과학의 개념, 원칙, 유형을 정리하였다. 시민과학에 대한 두 가지 관점을 중심으로 시민과학의 의미를 정리하고 환경교육이 시민과학에서 왜 중요한지에 대해 정리하였다. 국내에서 ‘시민과학’이라는 이름을 붙였지만 데이터 활용을 위해 필수적인 전문가와의 협력 없이 진행되는 시민들만의 수동적인 모니터링 사업에 그치기도 한다. 시민과학의 범주를 어디까지 볼 것인지에 따라서 시민과학 프로젝트의 목적, 참여자, 방법, 결과, 지원 방식 등이 달라질 수 있다. 이 연구에서는 지역사회 문제 해결을 중심으로 한 공동체 시민과학에 보다 관심을 둘 필요성을 제기하였다.

두 번째로 국내·외 시민과학과 플랫폼의 사례를 정리하였다. 국내에서도 많지는 않지만 생물종 모니터링과 해안 폐기물 모니터링 등에서 다양한 시민과학 사례가 등장하고 있다. 먼저, 국내·외 대표적인 시민과학 사례들을 정리하였다. 이미 국내·외에서 많은 시민과학 프로젝트가 추진되었으며, 앞에서 본 것처럼 이 사례들을 정리하고 유형화하는

작업들도 진행되고 있다(Haklay et al., 2018; Haklay et al., 2020; Hecker et al., 2019). 국내 주요한 시민과학 사례들에 대해서도 정리가 이루어지고 있다(고재경, 2019). 이 연구에서는 대표적인 사례들을 간단하게 살펴보고, 장기 시민과학, 시민 사이버과학, 공동체 과학의 유형 구분에 맞추어 시사점을 도출하였다. 또한 시민과학 플랫폼 사례의 경우 시민참여 모니터링 자료를 업로드 할 수 있는 온라인 플랫폼뿐 아니라 시민과학 프로젝트를 기획하고 시민과학자를 연구자를 양성하고 시민과학 프로젝트를 관리하면서 지원하는 플랫폼까지 포함해서 살펴보고 시민과학 플랫폼 추진 방안에 대한 시사점을 정리하였다.

세 번째로 충남 시민과학 활성화를 위해 이해당사자들의 협력적 네트워크의 구축과 이들이 주로 소통하는 공간인 온라인 플랫폼을 구축하는 방안을 제시하였다. 플랫폼은 물리적 소통 공간, 온라인 소통 공간, 협력적 네트워크 거버넌스를 모두 의미한다. 충남 내 시민과학의 추진 주체들이 시민과학 제도화를 위한 네트워크를 구성하는 것에서 시작하여, 충남의 시민과학 활동에 도움을 줄 수 있는 국내·외 과학 분야 및 정책 분야의 전문가 및 예비 시민과학자 풀을 확보하고, 충남도의 핵심 정책과 연계하여 시민과학(시범) 프로젝트를 추진하면서 시민과학의 필요성에 대한 인식을 증진하며, 시민과학의 효과성을 증진하기 위해 데이터 관리 방안을 마련하고, 이런 과정과 성과를 거쳐 온라인 플랫폼을 설계·구축하는 작업이 진행되어야 함을 제안하였다.

목 차

제1장 서론	1
1. 연구 배경과 목적	1
2. 선행연구 고찰	4
3. 연구의 내용 및 방법	7
제2장 시민과학과 환경교육	9
1. 시민과학의 개념과 전통	9
2. 시민과학의 공통된 특성	15
3. 환경교육과 공동체 과학	21
4. 시민과학 활성화를 위한 과제	28
제3장 국내·외 시민과학 프로젝트 사례	31
1. 국내사례	31
2. 국외 사례	45
3. 시민과학 프로젝트의 시사점 및 개선 과제	49
제4장 국내·외 시민과학 플랫폼 사례	55
1. 국내 사례	55
2. 국외 사례	65
3. 시민과학 플랫폼의 시사점 및 개선 과제	77
제5장 충남 시민과학 활성화 및 플랫폼 구축 방안	81
1. 충남 시민과학 네트워크 구축	81
2. 충남 시민과학의 안정적 협력 기반 마련	83
3. 정부 및 충청도 핵심 정책 연계 시민과학 프로젝트 추진	84
4. 정책 개입을 위한 시민과학 데이터 관리 방안 마련	85
5. 시민과학 온라인 플랫폼 설계	87
참고문헌	90

표 목차

〈표 2-1〉 시민과학을 보는 두 가지 관점	10
〈표 2-2〉 유럽시민과학협회의 ‘시민과학의 열 가지 원칙’	13
〈표 2-3〉 국제적인 정부 문서에서 나타나는 시민과학에 대한 개념과 맥락	14
〈표 2-4〉 시민과학의 특징 관련 10가지 요소, 50가지 하위 요소	15
〈표 2-5〉 시민과학의 공통된 특징: 핵심 개념	18
〈표 2-6〉 시민과학의 공통된 특징 분석을 위한 다섯 가지 부문	21
〈표 2-7〉 정부 문서에서 나타난 시민과학이 과학, 사회(시민), 정책에 주는 주된 편익 ..	23
〈표 2-8〉 Haklay 외(2018)의 시민과학 유형	24
〈표 2-9〉 공동체 과학의 핵심 원칙	25
〈표 2-10〉 정부 문서에서 나타난 시민과학의 주된 과제들	28
〈표 2-11〉 시민과학의 진전을 위한 제언	29
〈표 2-12〉 시민과학의 소통을 위한 제언	30
〈표 3-1〉 녹색연합의 환경감시망 구축을 위한 제안	32
〈표 3-2〉 ‘강화도 갯벌보전과 지역운동’에서 나타난 공동체 시민과학의 필요성	33
〈표 3-3〉 기후변화 알려주는 계절 알리미 생물종	37
〈표 3-4〉 유형별 시민참여평가 평가방법	39
〈표 3-5〉 2020년 제비생태탐구프로젝트 사업 내용	42
〈표 3-6〉 국내 시민과학 프로젝트의 시사점	50
〈표 3-7〉 국외 시민과학 프로젝트의 시사점	52
〈표 4-1〉 숲과 나눔 ‘시민과학폴씨’ 1기 시민과학 프로젝트	57
〈표 4-2〉 GEWISS 플랫폼 주요내용	66
〈표 4-3〉 국내 시민과학 플랫폼의 시사점	78
〈표 4-4〉 국외 시민과학 플랫폼의 시사점	79
〈표 5-1〉 시민과학 온라인 플랫폼의 성공 요소	87
〈표 5-2〉 시민과학의 소통을 위한 제언	89

그림 목차

〈그림 2-1〉 시민과학 사례들에 대한 응답 분포(1번~15번 사례)	17
〈그림 3-1〉 해양쓰레기 조사 대상 지점	35
〈그림 3-2〉 K-BON에서 진행한 최근 프로젝트 미션(2018년)	36
〈그림 3-3〉 모니터링 네트워크 참여 어업인 조업위치	38
〈그림 3-4〉 수원천 생태계서비스 평가 연구 종합	40
〈그림 3-5〉 삼삼구구 제비탐사단 발대식(2017년)	41
〈그림 3-6〉 디지털 사회혁신 공모사업 운영체계	43
〈그림 3-7〉 행정안전부 공감e가득 사업의 ‘로드킬 바로신고 서비스 체계 구축’	44
〈그림 4-1〉 네이처링 온라인 플랫폼	58
〈그림 4-2〉 갯벌키퍼스 온라인 플랫폼	59
〈그림 4-3〉 생태지평의 갯벌 시민모니터링 체계화 추진과정	60
〈그림 4-4〉 어린이과학동아 지구사랑탐사대 온라인 플랫폼	62
〈그림 4-5〉 어린이과학동아 지구사랑탐사대 연간 프로그램	62
〈그림 4-6〉 동아시아 바다공동체 오션의 설립 목적	63
〈그림 4-7〉 동아시아 바다공동체 오션 온라인 플랫폼	64
〈그림 4-8〉 2020 독일 시민과학 비전 및 전략	67
〈그림 4-9〉 citizen science.gov의 시민과학 프로젝트 툴킷	69
〈그림 4-10〉 SciStarter의 프로젝트 검색 기능	70
〈그림 4-11〉 Spotteron의 서비스	73
〈그림 4-12〉 Spotteron 제공 시민과학 스마트폰 앱	74
〈그림 4-13〉 Public Lab 제작 도구 ① 카메라, 적외선 촬영 장치	75
〈그림 4-14〉 Public Lab 제작 도구 ② Aerial Mapping	76
〈그림 4-15〉 Public Lab 제작 도구 ② Aerial Mapping	76
〈그림 4-16〉 Public Lab 제작 도구 ④ DIY 현미경	76
〈그림 5-1〉 시민과학 플랫폼의 핵심 이해당사자 그룹	88

제1장 서론

1. 연구 배경과 목적

충청남도는 2019년 9월 ‘환경교육도시’를 선언하였다. ‘환경교육으로 하나 되는 행복 공동체 충청남도’라는 비전 아래 환경교육의 토대를 확충하고, 도민의 환경소양을 함양하고, 지속가능한 충남을 위한 환경교육의 역할을 증대하는 것을 목표로 제시하였다. 환경교육의 물적·인적·제도적 기반을 확충하는 한편 환경교육 프로그램의 수준을 높이고 다양화할 필요가 있다는 문제의식이 있었다. 특히, 환경교육이 지역사회의 환경문제를 해결하는데 기여할 수 있어야 한다는 점이 강조되었다. 이와 관련하여 문제해결형 환경교육 인력 양성이나 환경교육 연계 시민과학 프로그램이 세부과제로 제시되었다.

세부과제로 제시된 ‘시민과학’은 시민들이 자발적으로 과학 프로젝트에 참여하는 활동을 일컫는다. 옥스퍼드 영어사전은 시민과학을 ‘전문적인 과학자와 과학기관의 지도 아래 혹은 함께 협력하여 일반 대중이 수행하는 과학 작업’으로 정의하고, 유럽 시민과학백서는 ‘일반 대중이 과학연구 활동에 참여하여 지적 노력, 배경 지식, 도구나 자원을 가지고 과학에 적극적으로 기여하는 것’으로 정의하고 있다.¹⁾

이러한 시민과학 또는 시민참여 모니터링은 환경교육 분야에서 새로운 것은 아니다. 충남에서도 환경교육단체들은 철새(서천), 논생물(홍성), 반딧불이(아산), 대기오염(서산) 등을 주제로 시민참여 모니터링 사업을 시행해 왔다. 충청남도환경교육센터는 올해 ‘충남 환경교육 시민과학 지원 사업’을 지원하기 시작하였고, 금강유역환경청은 2014년부터 ‘청소년 생태하천 모니터링단’ 사업을 운영하고 있다. 서천군에 위치한 국립생태원도 2017년부터 지역 생태가치 시민참여평가 사업을 추진해오고 있다.²⁾

1) 다만, 연구자에 따라 시민과학에 대한 개념을 매우 상이하게 정의하고 있으며, 시민과학이 시민들이 참여하는 다양한 방식의 과학 활동을 규정하는 유일한 용어도 아니라는 점을 지적할 필요가 있다.

2) 국립생태원의 시민참여평가 사업은 전국 지자체를 대상으로 진행된다. 2017년 안산, 시흥, 남양주, 군산, 2018년 강릉, 속초, 부천, 수원, 창녕, 밀양, 2019년 김포, 광주, 양평, 평택이 대상지로 선정된 바 있다.

제5차 국가환경종합계획(2020~2040)에서도 지역기반·마을단위 시민 눈높이 환경정보의 생산·가공·보급 확대 및 시민이 생산하는 환경정보의 활용 강화, 웹기반 환경영향평가 One-Stop 플랫폼 개발을 통한 국민 중심의 환경영향평가 지원 등의 과제를 제시하고 있다. 시민들이 환경영향평가에 활용할 수 있을 정도의 환경 정보를 지역단위에서 어떻게 직접 생산하고 활용할 수 있을까를 고려하면, 시민과학 프로젝트는 필수적일 것이다. 실제로 해양수산부가 2007년 이후 지원한 시민참여형 해양쓰레기 모니터링은 해양쓰레기관리 정책 변화에 크게 기여했다고 평가받는다. 각종 개발사업으로 인한 환경영향을 판단하기 위한 자료가 불충분할 때, 시민들이 참여하여 수집한 데이터를 환경영향평가의 과학적인 근거로 사용할 수 있다면, 갈등을 줄일 수 있는 유용한 방안이 될 수 있을 것이다.

하지만 시민과학 프로젝트 경험이 없는 환경교육단체가 시민과학 프로젝트를 추진하기에는 불확실성이 크다. 시민참여 모니터링 또는 시민과학에 대한 객관적인 평가가 부재한 상황에서 시민과학 프로젝트가 환경교육에 적절한지, 시민과학 참여자들이 만족할지, 시간과 비용을 얼마나 투여해야 하는지 등에 대한 판단이 어렵기 때문이다.

더구나 시민과학 프로그램이 지역사회의 환경문제 해결에 기여하기 위해서는 시민과학 프로그램이 수집한 데이터나 분석 결과가 학술적이나 정책적으로 활용될 수 있는 수준이어야 한다. 잘 설계되고 준비되지 않은 시민과학 프로젝트는 많은 시민들이 참여해서 진행되었다는 정도의 평가에 그칠 가능성이 크다. 시민과학 프로그램의 설계나 운영 과정에 전문 연구자나 정책가가 함께 결합할 필요도 제기된다. 이런 어려움은 개별 환경교육단체가 시민과학 프로젝트를 수행하는데 한계점이 될 수도 있다.

해외 사례를 보면, 대학이나 연구기관이 지역사회와 보다 밀접한 관계를 맺으면서 시민과학 프로젝트를 적극적으로 지원하는 모습을 볼 수 있다. 대표적으로 미국 피츠버그에 위치한 대학들이 결합한 시민과학랩(The Citizen Science Lab)이나 네덜란드 레이든 대학의 시민과학실험실 등을 예로 들 수 있다. 이러한 지원기관들은 시민과학 프로그램에 관심 있는 교수나 연구기관의 전문가 및 예비 전문가들(대학원생 등)과 지역 내 초·중·고등학교, 환경교육그룹, 시민사회그룹 등이 서로 만나서 시민과학 프로그램을 설계하고 진행할 수 있도록 돕는 역할을 한다. 국제기구, 국가, 지방정부의 지원 사업이나 예산을 확보하거나 연결해주는 역할도 담당한다.

유럽의 경우 오래 전부터 아마추어 시민과학자가 활발하게 모니터링에 참여해온 전통이 있거나, 대학이나 연구기관이 지역사회 구성원들과 함께 지역사회의 이슈를 연구하는 제도나 문화가 조성되어 있는 반면 우리나라는 아마추어 시민과학자나 지역사회와 함께하는 대학이나 연구기관의 전통이나 문화가 미흡하다.

“대학과 지역사회의 상생발전”이나 “미래 사회와 지역발전을 선도하는 맞춤형 인재 양성”을 비전으로 하는 산학협력선도대학 육성사업(LINC+)은 대학의 사회적 책무를 산학협력에서 찾고 있을 뿐, 대학이 지역의 다종다기한 사회문제를 해결하는데 기여할 수 있다는 사회적 책무를 제시하지는 못하고 있다.³⁾ 충남연구원, 국립생태원 등 충남 지역 내 연구기관들도 시민연구사업 지원 등을 통해 지역사회 주체들의 연구 활동을 지원하고 있지만 시민연구사업의 결과물을 연구자들과 함께 기획하거나 정책 과정에 반영하는데 이르지 못하는 못하고 있다. 이러한 시민과학 프로젝트의 결과물을 학술연구나 정책개발에 활용할 수 있을지를 확신하지 못하는 상황에서 연구자들이 많은 시간과 노력을 시민들과 소통하고 교육하는데 사용하기 어렵다는 점도 고려해야 한다.

시민과학의 잠재적인 참여 주체(연구자, 행정, 교육단체, 학생 등)의 인식 부족, 안정적인 재원이나 인력 등 시민과학 역량 부족, 시민과학을 통한 데이터의 검증 및 활용 프로그램 준비 부족 등으로 인해 심화된 시민과학 프로그램을 체계적으로 운영하기 어려운 조건일 것으로 예상된다.

해외에서는 이런 어려움에 대응하여 시민과학의 역량을 강화하고 협력네트워크를 형성하기 위한 시민과학 플랫폼이 만들어지고 있다. 독일은 2014년 연방정부의 지원으로 시민과학플랫폼(buergerschaffenwissen.de)을 만들었고, 스위스는 2014년 시민과학 네트워크와 과학과 사회의 대화 촉진을 위해 Science et Cite(science-et-cite.ch)를 만들었으며, 유럽 차원에서는 유럽시민과학협회가 네트워크 형성과 교류, 역량 강화, 연구 등을 지원하는 우산조직 기능을 하고 있다. 이밖에 미국 시민과학협회(U.S. Citizen Science Association), 호주시민과학협회(ACSA) 등도 시민과학 플랫폼의 역할을 하고 있다(고재경, 2019). 민간차원에서

3) 충남대 링크플러스 사업단은 2020년 1월 네덜란드교육진흥원과 리빙랩 프로젝트를 공동으로 수행하는 MOU를 체결하였다. 2019년부터 고려대학교 세종캠퍼스 산학교육센터가 한국과학창의재단의 우리동네과학클럽 프로젝트에 선정되어 ‘세종 시민과학단’을 모집하여 운영하고 있다. 다만, ‘시민과학단’이라는 이름을 붙였지만 시민참여 모니터링이 기반이 된 프로젝트라기보다는 ‘리빙랩’처럼 특정 기술(냄새 없는 쓰레기통, 폐지 업사이클링 3D 필라멘트 개발, 미세플라스틱 검출기법 등)의 개발이나 검증 과정에 시민이나 학생이 참여하는 방식이다.

아리조나 주립대학이 운영하는 SciStarter 사이트는 시민 참여 장벽을 없애기 위해 새로운 도구를 개발하여 시민과학자들이 프로젝트와 플랫폼에 참여할 수 있도록 지원하고 2,700개 이상의 연구 프로젝트와 이벤트의 검색 기능 및 시민과학 프로젝트에 참여하는데 필요한 툴과 도구를 제공하고 있으며, 10만 명이 넘는 글로벌 시민과학자들이 참여하고 있다.

국내에서도 시민과학 활동이 보다 체계화되고 활성화되기 위해서는, 시민과학의 이해당사자들이 네트워크를 구축하면서 경험을 공유하고, 시민과학을 지원하는 제도(법, 예산, 조직 등)를 만들어 나가야 할 것이다. 다만, 시민과학을 지원하기 위한 제도를 만들고자 하는 해외 사례에서 볼 수 있듯이, 시민과학의 오랜 역사와 배경을 반영하여 시민과학의 유형이 매우 다양하기 때문에, 어떤 시민과학 프로젝트를 정책적 지원 대상으로 보아야 할 것인가에 대한 논쟁이 벌어질 수 있다.

이런 관점에서, 본 연구는 먼저 시민과학의 개념과 유형을 둘러싼 최근의 논의들을 정리하고, 이를 바탕으로 충남에서 특별히 관심을 기울여야 하는 시민과학의 유형으로 공동체 시민과학을 제시하고, 환경교육이 공동체 시민과학을 위해 어떤 역할을 할 수 있는지를 검토하고자 한다.

그리고 시민과학의 잠재적인 이해당사자들의 관심과 역량이 부족한 상황에서, 충남 지역의 시민과학 활성화를 위해서는 시민과학의 잠재적인 이해당사자들이 참여하여 시민과학 지원 플랫폼을 구축해나가는 과정이 우선적으로 필요하다는 점을 제안하고자 한다. 이를 위해 국내·외 시민과학 프로젝트 사례들과 시민과학 플랫폼 사례들을 검토하여 시사점을 도출하고 시민과학 활성화와 플랫폼 구축 방안을 제안하고자 한다.

2. 선행연구 고찰

고재경(2019)은 시민과학이 환경문제 해결을 위한 증거기반 정책 수단이자 시민참여의 효과성을 제고할 수 있는 방안이 될 수 있다고 보면서, 국내·외 시민과학 프로젝트 담당자와 참여 시민을 대상으로 설문조사와 인터뷰를 실시하고, 환경관련 시민과학 유형과 성과, 한계점을 도출하였다. 이 연구에 따르면, 국내 시민과학 프로젝트는 데이터 수집에

그치는 단순 기여형을 넘어 협력형에 가까운 유형이 다수를 차지하고 있으며 유럽시민과학협회가 제시한 시민과학 10대 원칙에 대체로 부합하는 것으로 나타났다. 반면 시민과학 인프라와 재원, 시민과학에 대한 과학자 인식과 참여, 시민참여의 지속성과 전문성, 시민과학의 가치에 대한 정책담당자의 인식 등이 미흡하여 시민과학 확산에 장애가 되고 있다고 보았다. 이런 분석을 토대로 지방정부 차원의 조례 제정, 시민과학 이해당사자 포럼, 시민과학 수요 평가, 시민과학 가이드라인과 툴킷 개발 지원, 환경교육 기본계획에 시민과학 반영, 환경교육 관련 거점과 박물관 등을 이용한 시민과학 접근성 제고 등을 정책 과제로 제시하였다.

김윤정 외(2016)는 자연환경조사에 시민과학을 적용하기 위한 방안을 제시하였다. 이 연구는 제3차 자연환경보전기본계획(2016~2025)에 시민참여 자연환경측정망 500개소 구축이 포함되는 등 시민참여형 자연환경조사의 필요성은 인정되었지만 구체적인 모니터링 지점이나 방법, 시민참여 방안이 준비되지 못했다는 한계를 지적하고 있다. 때문에 국내외 사례를 검토하여 자연조사분야의 시민과학 유형을 참여 난이도에 따라 정리하고, 민간 중심으로 진행되어온 시민참여형 자연환경조사를 지방자치단체 및 정부의 자연환경 보전정책에 활용할 수 있도록 연계할 필요가 있다는 점을 강조하였다. 시민과학의 적용 유형을 일본의 '모니터링 1000 사이트'에 적용하여 자연환경조사에서의 시민과학 수행 및 활용 유형을 검토한 후, 국내 전국자연환경조사에서 시민과학 적용 방안을 제시하였다. 시민참여 조사활동에서 시민조사원과 전문조사자 간 조사영역을 분리할 필요성을 제시하였는데 식별이 쉽고 문화생태적으로 중요하여 교육·홍보적 가치가 큰 목표종을 대상으로 시민조사원이 조사하고, 식별 및 접근이 어려운 종·생태계는 전문조사자가 조사하는 방식이다. 시민조사원의 경우에도 특별한 지식 없이 일회적으로 참여하는 아마추어와 지역생태지역이나 목표종에 대한 지식을 갖춘 준전문가의 역할을 구분하였다.

장진아(2018)는 박사학위논문을 통해 시민과학 프로그램이 도시지역의 학생들의 환경교육에 의미가 있는 접근이라는 점을 설명하고, 도시지역 초등학교 학생들을 대상으로 시민과학 기반 도시환경교육 프로그램(도시하천 모니터링)을 적용하고 분석하였다. 환경교육이 단순히 환경에 대한 지식의 습득을 넘어서 실질적인 환경문제 해결에 참여하고 실천하는 것을 중요하게 다루고 있다고 하였다. 하지만 도시지역의 학생들의 경우 자연환경을 접하기 어렵기에 지역사회나 환경문제에 대한 감수성이 떨어지고 도시와

떨어진 먼 지역에서의 자연체험활동은 지역 내에서 지속적인 활동으로 이어지지 못한다. 반면, 시민과학 기반 프로그램은 학생들이 직접 도시를 관찰하고 해결해야 할 문제를 설정하고 대안을 찾기 위한 자료 수집과 분석을 진행함으로써 지속적으로 환경문제 해결에 참여하고 실천할 수 있는 방안이 될 수 있다. 또한 시민과학은 휴대전화, 컴퓨터, 인터넷, 디지털 장비, 데이터 공유에 친숙한 학생들의 경험을 교육에 적극적으로 활용할 수 있다는 장점도 지닌다. 이런 점에서 시민과학을 과학과교육이 아닌 사회과교육으로 제안한다. 도시의 학생들은 시민과학 프로그램을 활용한 참여를 통해 의사소통능력이나 문제해결능력 등 다양한 사회적 능력을 기를 수 있고, 나아가 참여하는 시민이 되는 법을 학습할 수 있다는 점을 강조한다.

박지영 외(2019)는 시민과학은 비전문가인 일반시민이 과학이라는 전문 영역에 참여하여 전문가들과 함께 과학적인 문제를 해결하거나, 일상생활의 문제를 해결하는 전반적인 활동이라고 정의하면서, 시민과학이 활성화되기 위해서는 정보서비스의 혁신이 필요하다는 점을 강조하였다. 지금까지의 정보서비스는 정보에 접근하는 것을 주 목적으로 하였으나, 시민이 전문가의 영역인 과학 활동에 참여하기 위해서는 비전문가의 눈높이에 맞는 맞춤형 정보가 필요하다는 것이다. 한국과학기술정보연구원의 보유 자료를 토대로 시민과학 플랫폼을 만드는 방안도 제안하였다. 더불어 시민과학에 연구자들이 더 많이 참여할 수 있도록 평가체계를 개선하고, 은퇴과학자를 시민과학에 활용하는 제도를 만들고, 작은 커뮤니티를 기반으로 한 시민과학의 수요 증가를 고려하여 이웃도서관을 시민과학 인큐베이터로 활용하자고 제안하였다.

요약하자면 고재경(2019)은 국내·외 시민과학 사례와 논의를 바탕으로 시민과학 활성화를 위한 제도적 방안을 제안하였고, 김윤정 외(2016)는 전국자연자원조사라는 특정 주제와 특정 형태의 시민과학을 추진하는 절차를 제안하였으며, 장진아(2018)은 자연을 접하기 어려운 도시지역 학교의 학생들을 위해 시민과학을 도입하는 방안과 사례를 제시하고 있고, 박지영 외(2019)는 한국과학기술정보연구원에서 시민과학을 위한 정보 시스템을 포함한 시민과학 플랫폼을 구축할 것을 제안한다.

본 연구에서는 고재경(2019)의 연구를 바탕으로 충남의 여건을 고려할 때 시민과학의 여러 형태 중 공동체 시민과학에 보다 주목할 필요가 있음을 강조하고, 이 경우 환경교육이 반드시 연계될 필요가 있다는 점을 제안한다. 김윤정 외(2016)의 연구와 같이

공동체 시민과학을 우선적으로 강조하되 시민과학의 적용 영역이 현재 생태조사 및 자연과학 중심에서 더 확장될 필요가 있다는 점을 제시한다. 장진아(2018)의 연구처럼 환경교육과 시민과학의 연계 필요성에 대한 논의를 받아들이면서, 지역사회 내 시민과학 활성화 과제에 보다 초점을 맞추도록 한다. 박지영 외(2019) 연구를 토대로 국내·외 사례를 통해 하나의 시민과학 플랫폼이 아닌 다양한 플랫폼이 있음을 확인하면서 시민 과학 플랫폼 구상을 위해 이해당사자들이 초기부터 개입할 필요성을 제안할 것이다.

3. 연구의 내용 및 방법

연구는 주로 문헌 조사를 통해 진행되었다. 원래의 연구 계획은 충남의 환경교육 단체들 중에서 시민과학에 경험이 있거나 관심이 있는 단체 및 중고등학교 교사와 함께 연구를 진행하는 것이었으나, 코로나 19로 인해 워크숍 개최가 어려워 두 차례의 인터뷰와 문헌조사로 대체하였다.⁴⁾ 다만 인터뷰를 통해 지역사회가 중심이 되는 ‘공동체 시민과학’이라는 방향을 설정할 수 있었다.⁵⁾

첫 번째로 시민과학의 개념, 원칙, 유형을 정리하였다. 앞서 시민과학의 개념을 옥스퍼드 영어사전과 유럽 시민과학백서를 인용하여 정리하였지만, 시민과학의 역사가 오래된 만큼 시민과학의 개념이나 유형도 매우 다양하다. 이 연구에서는 시민과학에 대한 두 가지 관점을 중심으로 시민과학의 의의를 정리하고 환경교육이 시민과학에서 왜 중요한지에 대해 논할 것이다. 국내에서 ‘시민과학’이라는 이름을 붙였지만 데이터 활용을 위해 필수적인 전문가와의 협력 없이 진행되는 시민들만의 수동적인 모니터링 사업에 그치기도

4) 연구가 진행되는 과정에서 충남환경교육센터 및 충청남도 지속가능발전협의회에서 시민과학이나 시민참여 환경 모니터링 이름으로 공모사업을 진행하였다. 다만, 이 역시 코로나 19로 인해 집단이 진행하지 못하고 소수의 모니터링 경험이 있는 인원을 중심으로 진행되었다는 한계를 갖는다. 연구보고서의 결과를 바탕으로 충남 내 시민 과학 이해관계자와의 충남형 시민과학 정책 방향에 관한 워크숍을 가질 예정이다.

5) 환경교육을 담당하는 교사와 환경교육단체와 인터뷰를 진행하였다. 첫 번째는 예산군의 광시중학교에서 온마을학교 및 예술꽃 씨앗학교 프로그램을 통해 논생태 모니터링 등을 진행한 교사와 인터뷰를 진행하였고, 두 번째는 예산군 산양중학교에서 환경교육 담당 교사, 내포문화숲길, 예산홍성환경운동연합의 환경교육 담당자들과 함께 인터뷰를 진행하였다. 인터뷰에서 참석자들은 ‘시민과학’이라는 명칭이 생소하지만 학생들을 중심으로 마을 환경, 생태, 문화를 조사하고 모니터링하는 활동을 꾸준히 진행하고 있다는 점, 이러한 조사·모니터링이 학생들이 지역사회를 이해하고 지역과 연결되는데 기여할 수 있다는 점, 조사·모니터링 설계와 해석을 지원해줄 전문가가 필요하다는 의견을 제시하였다.

한다.⁶⁾ 시민과학의 범주를 어디까지 볼 것인지에 따라서 시민과학 프로젝트의 목적, 참여자, 방법, 결과, 지원 방식 등이 달라질 수 있다. 유럽 시민과학협회의 10가지 원칙을 고려하여, 충남에서 어떤 시민과학에 보다 초점을 맞출 것인가에 대한 검토가 필요하다. 이 연구에서는 지역사회 문제 해결을 중심으로 한 공동체 시민과학에 보다 관심을 둘 필요성을 제기하였다.

두 번째로 국내·외 시민과학과 플랫폼의 사례를 정리하였다. 국내에서도 많지는 않지만 생물종 모니터링과 해안 폐기물 모니터링 등에서 다양한 시민과학 사례가 등장하고 있다. 정부 기관이 주도하는 프로젝트를 중심으로 국내 사례를 정리하도록 한다. 시민과학 플랫폼 사례의 경우 시민참여 모니터링 자료를 업로드 할 수 있는 온라인 플랫폼뿐 아니라 시민과학 프로젝트를 기획하고 시민과학자를 연구자를 양성하고 시민과학 프로젝트를 관리하면서 지원하는 플랫폼까지 포함해서 살펴보도록 한다. 해외 사례의 경우에도 시민과학 사례와 함께 시민과학 네트워크와 다양한 유형의 온라인 플랫폼을 살펴볼 것이다. 국내·외 사례를 바탕으로 시민과학 프로젝트와 시민과학 플랫폼의 개선 방안에 대해 정리하였다.

세 번째로 시민과학 이해당사자들의 협력적 네트워크의 구축과 이들이 주로 소통하는 공간인 온라인 플랫폼을 구축하기 위한 방안을 제시하였다. 플랫폼은 물리적 소통 공간, 온라인 소통 공간, 협력적 네트워크 거버넌스를 모두 의미한다. 해외 사례에서는 온라인 플랫폼이 시민과학의 소통에 매우 중요한 장치임을 인식하고, 온라인 플랫폼을 지속적이고 효과적으로 운영하기 위해서는, 설계 단계부터 이해당사자들의 목소리가 충분히 반영되어야 한다고 보았다. 이 연구에서도 온라인 플랫폼의 구조를 제시하기 보다는, 이를 만들어가는 과정을 중심으로 과제를 제안한다.

6) 고재경(2019)은 유럽시민과학협회(European Citizen Science Association)가 제시한 시민과학의 10대 원칙을 기준으로 시민과학 활동과 유사 활동을 구분한다. 시민의 적극적인 참여, 모니터링을 통한 데이터 생산, 시민과 전문가의 협력을 시민과학의 기본 요건으로 보면서, 전문가가 주도하는 과학상점, 전문가 참여가 없는 시민참여 모니터링 활동, 모니터링이 없는 리빙랩 활동을 시민과학의 범주에서 제외한다.

제2장 시민과학과 환경교육

1. 시민과학의 개념과 전통

시민과학에 대한 단일한 정의는 없지만, 대체로 시민과학은 과학자가 아닌 일반 시민이 과학 연구에 의미 있게 참여하는 활동으로 이해되곤 한다.

옥스퍼드 영어사전(Oxford English Dictionary)은 시민과학을 ‘전문적인 과학자와 과학기관의 지도 아래 혹은 함께 협력하여 일반 대중이 수행하는 과학작업’으로 정의한다. 미국 ‘크라우드소싱 및 시민과학법’(Crowdsourcing and Citizen Science Act of 2016)은 ‘개인이나 단체가 연구 질문의 형성, 프로젝트 설계 및 정교화, 과학적 실험, 데이터 수집 및 분석, 데이터 결과의 해석, 기술개발과 적용, 과학적 발견, 문제해결 등 다양한 방식의 과학적인 활동 과정에 자발적으로 참여하는 공개 협력의 형태’로 규정하고 있다. 유럽 시민과학백서(White Paper on Citizen Science for Europe)는 ‘일반 대중이 과학연구 활동에 참여하여 지적 노력, 배경 지식, 도구나 자원을 가지고 과학에 적극적으로 기여하는 것’으로 정의하고 있다(Sanz et al., 2014:8). 독일 시민과학 전략 2020 녹색(White Paper Citizen Science Strategy 2020 for Germany)도 시민과학을 ‘과학기관에 속해 있지 않은 사람들이 과학적 과정에 참여하는 것’으로 규정하였다.

다만, ‘과학’을 어떻게 규정하는지, ‘의미 있게’ 참여한다는 것은 무엇인지, 왜 시민과학을 진행하는지, 누가 시민과학을 주도하는지 등에 따라 다양하게 시민과학을 규정하려는 시도가 나타나고 있다. 실제로 시민과학에 참여하는 전문과학자나 시민들의 동기는 매우 다양하며 개별 시민과학 프로젝트의 목적이나 내용도 매우 다양하다.

사우어만 외(Sauermann et al., 2020)는 시민과학을 이해하는 두 가지 관점을 비교하여 제시하였다. 하나는 시민과학이 과학 지식 생산을 증가시킬 수 있다고 보는 관점이고 다른 하나는 시민과학이 과학과 사회 사이의 거리를 완화시킬 수 있을 것이라 보는 관점이다. 전자를 ‘생산성 관점(Productivity View)’, 후자를 ‘민주화 관점(Democratization View)’으로 표현한다.

〈표 2-1〉 시민과학을 보는 두 가지 관점

구분	생산성 관점 (Productivity View)	민주화 관점 (Democratization View)
시민과학의 주된 근거	시민들이 참여하여 추가 자원을 동원함으로써 전문과학자의 연구 생산성을 증가시킴	시민과학은 시민들이 사회적으로 연관된 문제를 다루도록 연구 방향을 결정하도록 함으로서 과학을 민주화함. 시민들은 연구 과정과 결과의 활용 모두에서 힘을 가짐
인식론적 전제	과학 지식은 내재적 가치를 지님	과학 지식은 편익과 위험을 생산할 수 있으며, 때론 부적절함. 과학의 가치는 대중의 필요와 선호에 기초함
시민 개입의 범위	연구 과정의 일부 단계 (기여적, 협력적 시민과학)	문제 정의를 포함한 연구 과정의 모든 단계(공동연구, 자율적 시민과학)
의사결정 권한과 결과의 소유권	전문과학자	시민
핵심 성과 지표	기여한 시간, 수집한 데이터 량, 출판된 논문 수	참여한 시민의 수, 해결된 사회 문제, 사회변화의 정도, 시민 학습
제도적 함의	과학은 기존 시스템 내에서 수행됨. 시민과학은 전문적 지식, 규범, 표준을 받아들임	시민과학은 기존 시스템의 경계를 넘어 과학의 수행을 확장함. 전문적 지식, 규범, 표준에 도전함

자료 : Sauermann et al., 2020, 4쪽.

생산성 관점은 시민과학이 전문과학자의 시간과 비용의 한계를 줄여줌으로서 연구 생산성을 증가시킬 수 있다는 점에서 의의를 찾는다. 시민들이 기여한 시간, 수집한 데이터의 양, 출판된 논문 수 등이 성공적인 시민과학 활동의 성과 지표가 된다. 연구와 관련된 의사결정은 전문과학자가 주도하고, 시민들의 참여는 연구의 일부 단계에 그친다. 과학 시스템은 크게 변하지 않고, 시민들은 과학 시스템의 규범이나 표준을 받아들여야 한다.

이러한 관점은 1989년 미국에서 산성비 캠페인을 돕기 위해 225명의 시민들이 자발적으로 빗물 표본 수집 활동에 참여한 오더본 소사이어티(Audubon Society)의 사례와 후속 활동 속에서 대표적으로 확인할 수 있다. 코넬대학교 조류학 실험실의 릭 보니(Rick Bonney)는 1996년 이러한 시민참여 활동을 시민과학으로 명명하였다(Davis et al., 2016:2). 이러한 흐름에서 시민과학 개념은 주로 생태학, 환경보전 영역에서 대규모 데이터 수집활동을 설명하기 위해 사용되었다(Bonney et al, 2009).

반면 민주화 관점은 시민들이 과학 연구에 적극 개입하여 과학이 사회적으로 중요한 문제를 다루도록 할 수 있다는 점에서 의의를 찾는다. 시민들은 과학자와 협력하지만 연구의 전체 과정과 결과의 활용에서 결정 권한을 충분히 갖는다. 참여한 시민의 수, 해결된 사회 문제, 사회변화의 정도, 학습 효과 등이 성공적인 시민과학 활동의 성과 지표가 된다. 시민들은 문제 정의를 비롯한 연구과정의 모든 단계에 참여한다. 이런 관점에서는 시민과학은 사회에 편익과 위험을 모두 생산할 수 있으며, 대중의 필요와 선호를 반영할 수 있도록 과학시스템의 규범과 표준이 바뀌어야 한다.

이러한 민주화 관점은 유럽을 중심으로 과학적 담론과 정책결정 과정에 대중의 관점과 지식을 결합해야 한다는 어윈(Irwin)의 철학이 대표적이다(Irwin, 1995). 오랫동안 과학계는 과학기술에 대한 대중의 이해를 높이면 바람직한 정책 결정이 이루어지고 인류의 발전을 가져오며 기술에 대한 수용성이 높아질 것이라 보았다. 하지만 어윈은 대중을 과학에 무지하고 계몽이 필요한 대상으로 보는 교육적, 계몽주의적 시각을 비판하면서, 이른바 ‘결핍’ 모델에서 벗어나야 한다고 주장하였다. 시민과학의 유형 중에서 참여적 모니터링, 커뮤니티 과학, 커뮤니티 기반 모니터링, 참여적 실험연구, 커뮤니티 기반 참여적 연구, 사용자 참여형 공간정보 등의 기존 과학 정책에서 다루지 않는 환경문제나 지역사회 문제를 적극적으로 다루려 한다는 점에서 이러한 전통에 가깝다고 할 수 있다.

중요한 점은 현재 시민과학의 다양한 유형으로 인식되는 많은 활동들이 ‘시민과학’이라는 이름과 상관없이 각각의 이념적이고 실천적인 맥락을 바탕으로 추진되어 왔다는 점이다. 시민과학에 참여하는 이해당사자들이 두 가지 관점으로 명확하게 구분되는 것은 아니지만, 좀 더 복잡하게 분화되고 결합된 관점으로 시민과학의 미래 방향을 설정하고 있다는 점은 분명하다.

시민과학을 어떤 관점으로 보아야 하는지, 또는 시민과학의 미래 발전 방향은 무엇인지에 대한 논의는 시민과학의 제도화 과정에서 더욱 어려움이 나타날 것이다. 모든 유형의 활동을 시민과학으로 인정하고 지원할 수는 없기 때문이다.

예를 들어 모지(Morzy, 2015)는 시민의 참여를 핵심적인 기준으로 보면서, 연구 과정에 명시적으로 시민의 적극적인 참여를 고려하지 않는 오픈사이언스, 크라우드소싱, 동료 생산(Peer Production)은 시민과학으로 규정해서는 안 된다고 제한한다. 반면 맥킨지 외(McKinley et al., 2017)는 시민과학의 핵심을 과학으로 보면서, 데이터 분석이 빠져

있거나 생산된 지식을 참여자 이외의 다른 사람들에게 확산하지 않는 단순한 데이터 수집 활동을 시민과학으로 보면 안 된다고 지적한다. 아이츨 외(Eitzel et al., 2017)는 투명성, 정보에 기초한 동의가 시민과학 윤리의 핵심이므로 시민들에게 그들이 수집한 데이터나 과학적 결과의 활용에 대해서 알려주지 않는 프로젝트는 시민과학이 아니라고 본다.

핵심 기준을 만족시킨다는 전제 하에, 좀 더 포괄적으로 시민과학을 규정하기도 한다. 시민들의 동의를 중요한 기준으로 제시한 아이츨 외(Eitzel et al., 2017)는 다른 용어를 사용하지만 시민과학과 유사한 프로그램을 수행하는 참여적 모니터링, 커뮤니티 과학, 커뮤니티기반 모니터링, 참여적 실험연구, 커뮤니티 기반 참여적 연구, 사용자 참여형 공간정보 등은 시민들의 동의와 적극적인 참여에 기반한다는 점에서 시민과학으로 보며 커뮤니티가 참여하여 지역사회의 중요한 특성이나 정보를 지도로 작성하는 참여적 매핑, 스마트폰 기술을 활용한 커뮤니티 매핑, 과학적 연구를 위한 대안적인 도구를 개발하는 DIY 운동과 시민과학을 연결하기도 한다(Eitzel et al., 2017: 7-8).

이런 다양한 논의를 고려하여, 유럽시민과학협회는 ‘시민과학의 10가지 원칙(Ten Principles of citizen science)’으로 시민과학이 지키고 키워 가야할 방향을 제시하고자 하였다. 시민들이 과학 활동에 의미 있게 참여하고(원칙 1), 과학적 성과를 내고(원칙 2), 참여자 모두가 혜택을 얻고(원칙 3), 원한다면 모든 단계에 참여할 수 있고(원칙 4), 결과물에 대한 피드백을 받고(원칙 5), 과학 규범에 따라 잘 관리되어야 하고(원칙 6), 자료와 결과는 공개되어야 하고(원칙 7), 출판 등 결과물을 만들어야 하고(원칙 8), 다양한 기준으로 성과를 평가받고(원칙 9), 윤리적이어야 한다(원칙 10).

반대로 말하면, 과학 활동이 아니고(원칙 1), 과학적 성과를 내지 못하고(원칙 2), 일부 참여자만 혜택을 얻고(원칙 3), 특정 단계에만 참여가 보장되고(원칙 4), 연구에 기여했으나 별다른 피드백을 받지 못하고(원칙 5), 과학 규범을 엄격하게 따르지는 못하고(원칙 6), 자료와 결과가 외부로 공개되지 않고(원칙 7), 출판 등 결과물을 만들지 못하고(원칙 8), 평가를 받지 않거나 특정 기준으로만 평가 받고(원칙 9), 법적이고 윤리적인 이슈를 지키지 못하면(원칙 10), 시민과학이라는 이름을 붙였지만 시민과학이라고 인정하기 어려울 수 있다.

열 가지의 원칙을 모두 지키는 것도, 모두 지키지 않는 것도 쉽지 않다. 어떤 원칙에 대해서는 동의하지 않는 그룹도 있고, 어떤 원칙은 해당되는 범위가 매우 넓어서 해석에

따라 지켰는지 아닌지에 대한 판단이 달라질 수도 있다. 이 원칙들을 많이 지키지 못해서 시민과학이라는 이름을 붙이지 못한다고 해서, 그 활동을 한 주체들에게 의미가 없는 활동인 것도 아닐 것이다.

〈표 2-2〉 유럽시민과학협회의 ‘시민과학의 열 가지 원칙’

시민과학은 다양한 상황과 학문에 유연하게 적용되고 있고 적용될 수 있는 개념이다. 아래에 정리한 내용들은 유럽 시민과학 협회의 모범 사례 공유와 역량 배양' 작업그룹이 작성하였으며, 우리가 공동체의 일원으로서 시민과학의 좋은 실천이라고 믿는 핵심 원칙들을 담고 있다. 이 작업그룹은 런던 자연사 박물관이 주도하고 유럽 시민과학 협회의 많은 회원들이 참여하였다.

1. 시민과학 프로젝트는 새로운 지식이나 이해를 가져오는 과학적인 노력에 시민들을 적극적으로 포함 시킨다. 시민들은 기여자, 협력자 또는 프로젝트 리더로서 행동할 수 있으며, 프로젝트에서 의미 있는 역할을 맡는다.
2. 시민과학 프로젝트는 실제로 과학적 성과를 낸다. 예를 들어, 연구 질문에 답하거나 보전 활동, 관리 결정, 환경 정책에 정보를 준다.
3. 전문과학자들과 시민과학자들은 모두 시민과학 프로젝트에 참여해서 혜택을 얻는다. 혜택에는 지역, 국가, 세계적 이슈에 대한 연구 결과물의 출판, 학습 기회, 개인적 즐거움, 사회적 편익, 과학적 증거에 기여하는 만족과 더불어 이를 통해 정책 형성에 영향을 미칠 수 있다는 점이 포함된다.
4. 시민 과학자는, 그들이 원한다면, 과학적 연구의 다양한 단계에 참여할 수 있다. 연구 질문을 만들거나, 연구 방법을 짜거나, 자료를 모으고 분석하거나, 결과를 소통하는 활동을 포함한다.
5. 시민과학자는 프로젝트에서 피드백을 받는다. 예를 들어, 시민과학자의 자료가 어떻게 사용되고 있으며, 연구, 정책 또는 사회적 결과물이 무엇인지를 피드백 받는다.
6. 시민과학은, 특별히 관리되고 통제되어야 할 한계와 편향을 가지고 있는, 평범한 연구 접근이다. 더불어, 시민과학은 전통적 연구 접근과는 달리 더 많은 대중들의 참여와 과학 민주화를 위한 기회를 제공한다.
7. 시민과학 프로젝트의 자료와 메타 자료는 공개적으로 이용할 수 있으며, 가능하다면 연구결과는 공개적으로 접근 가능한 형식으로 출판된다. 시민과학 프로젝트의 자료는, 보안이나 사생활 보호를 위해 금지되지 않는다면, 프로젝트가 끝난 후에도 공유될 수 있다.
8. 시민과학은 프로젝트 결과와 출판물에서 인정받는다.
9. 시민과학 프로그램은 과학적 성과, 자료 품질, 참여 경험, 광범위한 사회적이거나 정책적인 영향을 평가 받는다.
10. 시민과학 프로젝트의 리더들은 저작권, 지적재산권, 자료 공유 합의, 비밀유지, 기여도, 그리고 모든 활동들의 환경 영향과 관련된 법적이고 윤리적인 이슈들을 고려해야 한다.

어떤 원칙이 필수적이고 중요한가에 대한 우선순위를 정리하기 전에, 과연 시민과학의 이해당사자들은 시민과학의 특성을 어떻게 이해하고 있는가에 대한 확인이 필요할 것이다.

Hecker 외(2019)는 실제로 시민과학의 제도화를 검토하는 정부 문서들에서는 시민 과학을 어떻게 규정하고 있는지를 분석하였다. 정책 문서들에도 시민과학의 기존 다양한

논의들이 섞여서 나타나고 있지만, 아직까지는 시민과학을 자료 수집 도구로 보는 경향이 강하게 나타난다. 시민과학 접근의 다양성을 인정하지만 실제 시민들의 개입 수준이나 활동, 과학자들의 참여나 활동은 제한적이라고 판단하는 경향을 보이는 것이다 (Hecker 외, 2019).

〈표 2-3〉 국제적인 정부 문서에서 나타나는 시민과학에 대한 개념과 맥락

- 시민과학은 주로 자료 수집 도구(Bonney et al., 1996)로 언급되며, 일부 정부 문서에서만 시민과학을 과학을 민주화하는 접근(Irwin, 1995)과 연관시킴
- 정부 문서들은 시민과학 접근의 다양성과 상이한 개입 수준을 받아들임
- 정부 문서들은 시민과학 활동에서 참여자들이 어떤 활동을 하는지를 통해 시민과학의 이해를 설명하고 있음
- 정책 적용영역은 주로 생물다양성과 환경 관련 영역(환경정책이나 건강위험 관리 등)임
- 시민과학을 오픈 사이언스와 크라우드소싱에 연관시킴
- 시민과학은 학계, 사회적 행위자, 교육이 서로 연결되는 포괄적 접근으로 간주됨
- 디지털 기술이 시민과학을 촉진하는 주요 요인으로 간주됨

자료: Hecker et al. 2019: p.5.

2. 시민과학의 공통된 특성

1) 시민과학의 특징 조사를 위한 10가지 요소와 60가지 하위 요소

시민과학에 대한 상이한 관점을 인정하면서, 유럽시민과학협회의 EU-Citizen.Science 프로젝트의 파트너들은 시민과학의 공통된 특성을 도출해보는 작업을 시도하였다(Haklay et al., 2020).

먼저 많은 논의를 거쳐서 시민과학의 특성을 10개의 요소와 60개의 하위 요소로 정리하였다. 10가지 요소는 적극성, 보상, 목적, 지식 생산 목표, 전문성, 교육, 데이터 공유, 리더십, 과학 영역, 참여 단계이다. 대체로 ‘시민과학의 10가지 원칙’과 비교해 보면, 윤리(원칙 10)는 빠진 반면, 지식 생산 목표, 교육, 과학영역 항목이 추가되었다. 60가지 하위 요소들은 ‘시민과학의 열 가지 원칙’에서 판단이 모호했던 기준들을 보다 구체적으로 제시했다고 볼 수 있다.⁷⁾

〈표 2-4〉 시민과학의 특징 관련 10가지 요소, 50가지 하위 요소

요소	하위 요소
적극성	적극적 / 중간적 / 수동적
보상	자원활동 / 경비 / 작은 인센티브 / 활동 보상 / Crowdfunding / 등록비 / 학생
목적	과학·연구 / 정책 산출 / 공적 개입 / 교육 / 게임 / 소셜미디어 재이용
지식 생산 목표	과학적 발견 / 과학적 관리 / 개인적 발견 / 지역 지식 공유 / 대안적 지식 / 상업적 지식
전문성	모든 전문가 / 전문가 선택 / 특정 전문가
교육	없거나 간단한 교육 / 상당한 교육 / 학문적 접근 교육 / 고급 기술 교육 / 전문적인 교육
데이터 공유	공개된 과학·연구 자료 / 과학 자료 / 재사용되지 않는 교육·참여용 자료 / 상업적으로 모은 자료 / 비전문가가 모은 공유되지 않는 자료 / 공공 기관 자료 / 공식 자료와 통합 / 데이터 집합 / 자발적인 개인 자료
리더십	과학자·연구자 / 개인 / 지역공동체 / 상업 / 공공기관 / NGO
과학 영역	생명·의학 / 지구과학 / 형식과학(수학, 통계학 등) / 자연과학 / 사회과학 / 인문학 / 예술 / 다학제연구
참여 단계	다양한 단계 / 이슈·토픽 / 연구 설계 / 연구 도구·방법 개발 / 데이터 수집 / 데이터 분석 및 해석 / 데이터 공유와 결과 소통 / 정책 설계

자료: Haklay, Muki, Hecker, Susanne, Warin, Colombe, Weisspflug, Maïke, & Gold, Margaret. (2020). Webinar on the Characteristics of Citizen Science. Zenodo. <http://doi.org/10.5281/zenodo.3859970>

7) 다만, 이 하위요소들은 시민과학을 판단하는 기준으로 제시된 것이 아니라 이해당사자들의 의견을 최대한 반영하여 이후 조사를 위한 항목으로 제시된 것이다.

지식 생산 목표 요소는 시민과학이 기본적으로 과학적 활동이어야 하지만, 그 결과물이 반드시 학술 논문을 출판하는 것으로 국한되어서는 안 된다는 의견을 반영한 것으로 보인다. 물론, ‘개인적 발견, 지역 지식 공유, 대안적 지식, 상업적 지식’을 시민과학이 만들어내야 하는 지식으로 볼 수 있는지에 대한 판단은 각기 다를 것이다.

교육 요소도 특별히 추가되었는데, 이미 많은 시민과학 프로젝트에서 참여자들의 수요와 연구의 특성을 고려하여 수준별, 맞춤형 교육 프로그램을 마련하고 있으며, 현장 활동가들이 교육에 대한 관심을 표명하였기 때문이다.

과학 영역 요소를 보면 하위 요소로 보다 다양한 학문 분야가 포함되어 있는 것을 볼 수 있다. 흔히 시민과학의 ‘과학’을 자연과학이나 공학으로 이해하는 경우가 많은데, 여기서는 사회과학, 인문학, 예술 등의 다양한 분야를 시민과학에서 다룰 수 있는 학문 영역으로 간주하고 있다.

Haklay 외(2020)는 이런 목록을 기준으로 50가지의 가상적인 사례를 만들었다. 이 중에는 많은 연구들이 시민과학에 포함하는 5가지 프로젝트(Zooniverse 등)와 많은 연구들이 시민과학으로 인정하지 않는 5가지 프로젝트(재정 후원 등)도 포함하였다. 그리고 이 50가지 사례를 시민과학 이해당사자들에게 보내 각 사례별로 시민과학 여부를 판단하도록 하는 조사를 거쳤다(응답자 330명). 응답자들은 설문에 답하면서 상당한 분량의 의견을 같이 제출하였다. 응답자들은 여기서 제시하는 기준이나 해석에 관계없이 자신들의 학문적, 문화적, 사회적 배경에 따라 자신들의 활동을 시민과학의 한 유형으로 인식하고 홍보할 수 있으며, 시민과학의 공통된 특징을 정리하는 것은 시민과학을 설계하고 추진할 때 도움을 주기 위한 것이지, 특정 활동을 배제하기 위한 것이 아니라고 하였다.

50개 사례에 대한 응답을 보면 시민과학으로 절대 볼 수 없다는 의견(각 그래프의 왼쪽)과 시민과학이 100% 확실하다는 의견(각 그래프 오른쪽) 사이에 분포하고 있다. 어떤 요소에 대해서는 선호도가 확실한 반면, 어떤 요소에 대해서는 특정 선호가 발견되지 않는다.⁸⁾

예를 들어, 참여자 중 Jane의 경우 수질 모니터링을 하는 프로젝트를 수행하려는

8) 응답 분포 그림 및 세부 사례에 대한 응답 내용 등은 유럽시민과학협회가 ‘시민과학의 특성’이라는 제목으로 개최한 웨비나의 발표 내용을 정리한 것이다. 웨비나 영상과 토론 내용은 다음에서 확인할 수 있다.
<https://eu-citizen.science/blog/2020/06/11/characteristics-QandA/>

환경단체의 기금 모집에 응답하여 일정액의 기부금을 내고 이후 시민과학 프로젝트의 활동에는 참여하지는 않았다. 이 사례에 대해서는 대부분의 응답자들이 시민과학에 해당하지 않는다고 보았다. 응답자들은 높은 점수를 주지 않은 이유로 Jane이 돈만 냈을 뿐 실제 과학 활동에 참여하지는 않았다는 점을 이유로 들었다. 다만, 소수의 응답자들은 과학 활동에 직접 참여하지는 않았어도 시민과학 프로젝트에 개입하고 재정적으로 기여했다는 점에서 시민과학으로 볼 수 있다는 의견을 내었다. Jane을 포함해 많은 사람들의 기부 행위가 연구 활동은 아니지만 이 프로젝트를 시행하는데 없어서는 안 될 과정, 일종의 기반을 조성하는 활동이었다고 판단했기 때문이다.

흥미롭게도, 시민과학 문헌들에서 대표적인 시민과학 사례로 소개되는 사례들(Galaxy Zoo, e-Bird 등)에 대해서 시민과학이 확실하다는 의견과 일방향적인 대중 참여(One-way Public Consultation)이기 때문에 시민과학으로 볼 수 없다는 의견이 동등하게 응답되었다.

〈그림 2-1〉 시민과학 사례들에 대한 응답 분포(1번~15번 사례)



Haklay 외(2020)는 과학의 영역(자연과학, 보건학, 사회과학, 인문학, 예술 등)에 따라 각 사례들(실천들)이 시민과학에 해당하는지에 대한 기준이 달라짐을 알 수 있다고 말한다. 생태학, 기상학, 천문학 등 자연과학 및 공학 영역에서는 시민들이 어떻게 기여할 수 있을지가 구체화되지 않았기 때문에 연구 목적, 방법, 데이터 처리 및 결과 등에 대해 시민참여자들과 더 많이 소통할 필요가 있었다. 반면, 예술과 인문학 영역에서는 데이터 수집 방법과 해석이 자연과학과 매우 달랐으며 이러한 차이를 인정하는 것이 중요하다고 한다. 사회과학 영역에서는 참여행동연구 등의 기존 연구 방법들과 시민과학 사이에 명확한 선을 긋기가 어려웠고 의학이나 보건학에서는 상업적 목적과 연계되어 있는 경우가 많아서 시민과학 여부를 판단하는 것이 어려웠다.

2) 시민과학의 공통된 특징

이러한 조사 결과를 바탕으로 Haklay 외(2020)는 시민과학의 공통된 특징을 핵심 개념, 학문 영역, 리더십과 참여, 재정 측면, 데이터와 지식이라는 다섯 가지 부문으로 구분하여 정리하고 있다(Haklay et al., 2020). 여기서는 다섯 가지 부문 중 핵심 개념의 내용만을 정리하도록 한다.

Haklay 외(2020)는 시민과학의 정도를 판단하는데 도움을 줄 수 있는 개념적 이슈를 아래 표와 같이 일곱 가지 핵심 개념으로 정리하였다.

〈표 2-5〉 시민과학의 공통된 특징: 핵심 개념

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> · 과학과 연구 · 과학적 연구는 무엇인가? · 의도와 프레이밍 · 가설 기반 연구, 모니터링, 귀납적이고 설명적, 과학적 데이터베이스 생산 · 역할과 책임 · 연구대상 아니면 참여자? · 윤리 |
|--|

먼저 ‘과학과 연구’ 이슈이다. 시민과학은 여러 학문 영역에 걸쳐 있다. 어떤 프로젝트는 과학적 연구에 해당하지만 어떤 프로젝트는 예술이나 인문학 분야에서 일반적인 ‘연구’로 간주된다. 과학에 대한 엄격한 정의는 예술분야의 참여적 연구나 인문학의 디지털화 프로젝트나 공학 등의 활동을 과학에서 배제할 것이다. 하지만 ‘시민과학의 열 가지 원칙’을 충실하게 따른다면 이러한 프로젝트도 시민과학으로 부를 수 있을 것이다. 유럽시민과학협회는 과학과 연구 사이의 차이를 인정하면서 ‘과학적 연구’(Scientific Research)나 연구(Research)로 부르고자 한다.

둘째는 ‘과학적 연구는 무엇인가?’에 대한 이슈이다. 시민과학은 다양한 학문영역의 이슈를 다루고 연구 방법도 각기 다르다. 많은 시민과학 문헌들이 가설을 설정하고 검증하는 고급의 지식 창출에 기여하는 활동만으로 시민과학을 제한하려고 한다. 하지만 이런 경우가 아니라 하더라도, 연구 설계와 수행이 엄격하고 좋은 프로토콜을 충실하게 따른다면 이를 시민과학으로 볼 수 있을 것이다. 단순한 환경 모니터링의 경우에도 측정 기준이나 관찰 기록에 대한 표준을 따른다면 과학적 연구로 간주할 수 있다.

셋째는 시민과학 프로젝트 주도자의 ‘의도와 프레이밍’에 대한 이슈이다. 많은 경우 시민과학의 주도자가 어떤 의도와 프레이밍에 기초하고 있는지를 중요하게 본다. 예를 들어 많은 사람들이 데이터 수집을 위한 디지털 장비를 착용하여 데이터를 생산하는 것을 시민과학으로 볼 것인지에 대한 판단이 애매할 수 있다. 의학 연구에서 알람 소리에 반응하는 것은 디지털 장비 착용과 똑같은 행위라도 참여적인 프로젝트의 일부로 볼 수 있다. 중요한 점은 시민과학 주도자가 시민과학의 열 가지 원칙을 의도하고 있느냐이다.

넷째는 ‘가설 기반 연구, 모니터링, 귀납적이고 설명적, 과학적 데이터베이스 생산’ 등 과학적 성과와 연구 방법에 대한 이슈이다. 열 가지 원칙 중에는 “시민과학 프로젝트는 의미 있는 과학 결과를 만들어낸다”는 원칙이 있다. 하지만, 시민과학을 포함한 연구는 많은 형태를 띌 수 있으며 참여자들의 역할도 다양하게 설정될 수 있다. 가설을 검증하기 위해 데이터를 수집하는 연구, 환경관리나 정책성과 확인을 위해 환경 상태를 모니터링하는 연구, 다양한 범위의 연구 질문들을 지원하기 위해 포괄적인 데이터를 생산하는 연구(예술품의 디지털화, 매핑 등)처럼 다양하다. 정성적으로 생산된 지식(전통지식, 로컬지식 등)을 설명하는 연구 접근도 있을 것이다. 다만

특정한 맥락에서 가령 재정 지원을 하는 기관들은 앞서 다양한 연구들 중에서 특정 연구 접근(예를 들어, 가설 검증)만 허용하는 경우도 있을 수 있다.

다섯째는 참여자들의 ‘역할과 책임’과 관련한 이슈이다. 시민, 과학자, 다른 프로젝트 이해당사자들이 연구 과정에서 동등한 파트너로 간주되는 맥락이 있고, 시민들의 역할은 데이터 수집이나 자원 제공으로 제한되는 것이 적절한 기여로 간주되는 경우도 있다. 시민과학 참여자들은 자신들이 연구과정에서 어떤 역할을 맡고 있는지를 인식하고 있어야 하며, 충분한 의지를 가지고 참여해야 한다. 연구과정에서 요구하는 상이한 역할과 기대와 관련해 투명하게 다루어져야 하며, 참여자들은 자신들이 연구에 어떻게 기여하고 있는지를 인지해야 한다. 참여자들이 매우 작은 역할만을 담당하지만 이러한 역할이 연구를 위해 분명하게 규정된 과학적 절차이거나 매우 중요한 연구 결과를 산출하는 경우에 중요한 부분을 맡게 된다. 프로젝트 관리자와 참여자 사이의 소통이 매우 중요하다.

여섯째는 시민들이 ‘연구 대상인지 아니면 참여자인지’와 관련된 이슈이다. 의학과 사회과학 영역에서 시민들은 연구 대상이 아니라 적극적인 연구자라는 점을 명확해 해야 한다. 의학과 사회과학 분야의 연구에서 시민들은 주로 관찰당하고 기록되는 연구 대상의 역할을 맡게 되는 경향이 있지만, 이 경우에도 시민들이 보다 적극적인 역할을 맡을 수 있도록 프로젝트를 설계하는 것이 중요하다. 특히 시민과학 참여자들이 연구 결과의 분석이나 해석에 참여할 수 있는지, 그들이 제공한 정보를 확인할 수 있는지에 대한 이슈를 적극적으로 다루어야 한다.

일곱째는 ‘윤리’ 이슈이다. 시민과학 프로젝트의 목적과 의도는 참여자와 다른 이해 당사자들에게 명확하고 공개적으로 소통되어야 한다. 연구의 목적과 의도에 대해 참여자들이 합의하고 충분히 이해해야 하며, 수집한 데이터를 어떻게 사용할 것인지도 사전에 소통되어야 한다. 지역공동체나 개인이 주도한 프로젝트에서는 투명성에 대한 특별한 주의가 필요하다. 참여자들이 자신들의 정보가 외부로 공개되는 것에 동의하지 않을 수 있기 때문이다. 지역 내 이슈를 대상으로 지역 내 구성원들을 중심으로 시민과학 프로젝트가 진행될 때에도 정보의 사용에 대한 충분한 협의와 동의가 필요하다.

Haklay 외(2020)는 일곱 가지 핵심 개념에 대한 설명에서 무엇이 시민과학이고 무엇이 시민과학이 아닌지에 대해 명확한 선을 긋지는 않는다. 특히, 학문영역에 따라 과학적 연구 방법, 시민들의 역할, 연구 결과물 등이 달라질 수 있다는 설명은 자연과학 외의

학문영역에서 일어나는 시민과학 활동을 인정하면서도 더 구체적인 논의는 그 학문영역의 이해당사자들에게 남겨두었다고 보인다.

핵심 개념 부문은 비교적 명확하게 시민과학의 판단 여부에 대해 설명하지만, 학문 영역, 리더십과 참여, 재정 측면, 데이터와 지식 부문에서는 상황에 따라 조심스런 판단이 필요하다는 설명이 뒤따른다. 학문 영역, 리더십과 참여, 재정 측면, 데이터와 지식에서는 사회과학, 인문학, 의학 분야의 시민과학 특징을 구분하되 각 학문의 연구 방법, 결과물, 참여 수준 등이 자연과학과 다를 수 있음을 인정한다.

〈표 2-6〉 시민과학의 공통된 특징 분석을 위한 다섯 가지 부문

부문	주요 내용
핵심 개념	기존 프로젝트에서 시민과학의 정도를 판단하는데 도움을 줄 수 있는 개념적 이슈를 설명
학문 영역	각 프로젝트는 여러 학문 영역이 섞여 있는 경우가 많기에, 각 학문 영역별로 다루어지는 주요 이슈들을 설명
리더십과 참여	누가 ‘프로젝트의 주인’인지에 초점을 맞추어, 프로젝트 개발을 전체적으로 통제하는 기관, 그룹, 개인들의 역할과 개입 수준을 설명
재정 측면	시민과학 활동에 직접 참여하는 다른 참여자들과 달리 재정적인 기여만을 하는 참여자들을 시민과학에 포함되는 것으로 판단할 수 있는 경우가 무엇인지 설명
데이터와 지식	데이터 생산과 지식 생산 이슈가 기존 활동에 어떻게 영향을 미치는지 설명

자료: Haklay et al.(2020), 5쪽 (내용을 표로 정리)

3. 환경교육과 공동체 과학

위에서 설명한 ‘시민과학의 공통된 특성’을 보면 시민과학을 자연과학의 영역에만 국한시키지 않으려는 태도를 볼 수 있다. 시민과학 이해당사자들은 현재 시민과학 프로젝트의 대부분을 차지하고 있는 자연과학(생물학, 생태학, 천문학, 기상학) 분야 이외에 ‘과학’의 영역으로 잘 인지되지 않는 사회과학, 인문학, 예술 영역에서의 시민과학

가능성에 대해서 열린 모습을 보이고 있다. 여기서는 시민과학에서 교육의 중요성과 함께 앞에서 제기했던 시민과학의 두 가지 관점 중에서 ‘과학의 민주화’ 관점과 관련된 내용을 환경교육과 연결해 검토해보도록 한다.

1) 시민과학에서 교육의 중요성

앞서 Haklay 외(2020)는 응답 결과를 분석하면서 교육과 관련해서 시민과학의 교육적인 효과는 매우 중요한 요소이지만, 연구 목적과 연계되지 않고 단지 교육 목적의 현장 학습으로만 이루어지는 경우에는 시민과학으로 보지 않는 경우가 많았다고 설명하였다. 즉, 교육기관들이 시민과학 프로젝트에 결합한다면 교육적 효과를 우선적으로 기대할 것이지만, 시민과학이 기대하는 효과는 더 다양하다는 것이다.

Hecker 외(2019)는 시민과학에 대한 정부 문서에서 시민과학의 편익이 어떻게 제시되고 있는지를 과학, 사회, 정책으로 구분하여 검토한 바 있다. 이 가운데 사회 부분은 주로 참여한 시민들이 얻는 편익으로 인식되는데 과학 문해력, 개인의 학습, 이슈에 대한 지식, 과학 경력에 대한 관심이 증가하는 것이 주된 편익으로 제시되었다. 주로 교육적 효과에 해당한다.

Haklay 외(2020)와 Hecker 외(2019)의 연구 결과를 종합하면, 시민과학 당사자들은 시민과학 프로젝트가 과학, 사회, 정책적 효과를 모두 달성할 수 있도록 설계되어야 한다고 보며, 시민과학 프로젝트의 수행을 통해 과학적, 정책적 효과와 함께 교육적 효과(과학 문해력 증진 등)도 기대하고 있다는 정도로 정리할 수 있을 것이다.

다만, 이런 응답이 시민과학 프로젝트에서 (환경)교육의 역할을 모두 설명하는 것은 아니다. Hecker 외(2019)가 제시하는 과학적 효과와 정책적 효과를 달성하기 위해서는 연구를 잘 설계하는 것을 넘어서 시민과학 참여자에 대한 교육 활동이 수반되어야 하기 때문이다.

기본적으로 시민과학 프로젝트에 참가하기 전에 시민과학이 무엇이고 시민과학 프로젝트 참여를 통해 무엇을 기대하는지에 대한 판단을 위해서도 시민과학의 배경과 의미에 대한 교육은 필수적이다. 가령, 시민과학의 두 가지 관점을 어떻게 이해할 것인지는 철학적이고 사회학적인 학습이 전제되어야 한다.

〈표 2-7〉 정부 문서에서 나타난 시민과학이 과학, 사회(시민), 정책에 주는 주된 편익

과학	사회(시민)	정책
<ul style="list-style-type: none"> · 과학 프로젝트 수준 : 데이터의 양과 규모 증대 : 데이터의 확인 : 비용-효과성 	<ul style="list-style-type: none"> · 증가 : 과학, 과학원칙, 과학 과제에 대한 이해(과학 문해력) : 개인의 학습 : 이슈에 대한 지식 : 과학 경력에 대한 관심 	<ul style="list-style-type: none"> · 개선 : 정책 결정 과정 : 정책 집행
<ul style="list-style-type: none"> · 과학-사회 접점 : 대중 개입, 연구 관심, 과학에 대한 대중 이해 증가 : 다양한 전문성, 관점, 경험의 포함(포괄적인 지식 영역) 		<ul style="list-style-type: none"> · 증가 : 정책 이슈에 대한 지식 : 정책의 사회적 관련성 : 정책 결정에 대한 관심과 정책 수단의 수용성
		<ul style="list-style-type: none"> · 지원 : 책임성과 실천력

자료: Hecker et al. 2019: p.7.

과학적 효과와 관련해서도 시민과학을 통해 데이터를 잘 수집하기 위해서는 데이터 수집의 난이도와 참여자의 수준에 따라 맞춤형 교육은 필수적이다. 시민들이 단순한 센서나 데이터 수집 역할에 그치지 않고 문제 설정, 연구 방법 선택, 데이터 처리 및 결과 해석 등에 참여하기 위해서는 이러한 과학적 방법론에 대한 사전 교육도 이루어져야 한다.

정책적 효과와 관련해서도 정책 이슈에 대한 이해와 정책 문제의 설정, 연구 결과를 정책 대안으로 해석하고 정책 결정과 연관시키고 직접 실천으로 이어지기 위한 교육이 뒷받침되어야 한다. 무언가를 문제로 파악하고 해결해야 할 문제로 설정하는 능력도 해당 주제에 대한 오랜 학습과 토론이 필요하다.

이처럼 시민과학이 기대하는 과학적, 사회적, 정책적 효과를 달성하기 위해서는 시민 과학의 (잠재적) 참여자들에 대한 교육이 잘 구성되어야 한다. 미국의 ‘스텝 교육(STEM)’이나 유럽의 ‘과학과 사회의 관계’에 대한 교육 프로그램 등은 시민들이 시민 과학에 참여할 수 있는 관심과 소양을 갖추는 것을 뒷받침하고 있다.

하지만 우리나라의 경우 아직까지 ‘과학과 사회의 관계’를 비롯하여 시민과학의 배경이 되는 교육이 충실하게 이루어지고 있다고 보기 어려운 상황이다. 중·고등학교에서는 환경교과가 거의 선택되지 않고 있으며 이에 따라 환경교육을 담당할 교사도 충원되지 않는 상황이다. 과학교육 또한 ‘과학에 대한 관심’을 늘리고 ‘과학에 대한 이해’를 높이는 정도에 그치고 있다. 이런 상황에서 시민과학이 보다 진전되고 활성화 되기 위해서는 ‘왜 시민과학이 중요한가?’에 대한 물음을 던지고 ‘어떻게 시민과학에 참여할 것인가?’를 함께 탐색할 수 있는 교육이 필수적일 것이다. 이는 학교와 학생들에게만 국한되는 사항이 아니라 일반시민들도 마찬가지이다.

2) 시민과학의 유형과 공동체 과학의 특성

한편, Haklay 외(2020)의 연구에서 참여적 행동 연구, 공동체 과학, 환경 부정의 해결 등의 활동과 연계된 연구 프로젝트를 시민과학으로 인정할 수 있는가에 대한 질문에 대해서도, 응답자들은 이러한 프로젝트가 과학적 규범과 표준을 지키려는 노력을 수행한다면 시민과학으로 볼 수 있다고 대답하였다.

이러한 질문은 시민과학의 유형을 시민들의 참여 수준이나 역할에 따라 구분하는 것이 아니라, 시민과학의 목적이나 기능과 관련하여 구분하는 것과 관련된다.

Haklay 외(2018)는 시민과학을 장기 시민과학(Long-term Citizen Science), 시민 사이버과학(Citizen Cyberscience), 공동체 과학(Community Science)으로 구분하였다. 장기 시민과학은 오래 전부터 아마추어 시민과학자가 수행해 온 생태계, 생물, 날씨 관찰, 고고학, 천문학 분야에서 주로 적용되는 유형이다. 시민 사이버과학은 시민과학자들이 미활용 컴퓨팅 자원 지원, 웹사이트에서 이미지를 관찰하여 분류하는 작업, 스마트폰에 센서를 연결하여 의식적인 개입 없이 자동으로 데이터를 수집하는 유형이다. 공동체 과학은 시민 사이버과학보다는 센서 사용과 정보 제공 과정에서 인지적 노력이 요구되는 참여적 센싱(Participatory Sensing), 직접 과학 연구를 위한 장비를 만들고 실험하는 DIY 과학(Do It Yourself science), 전문가에 의존하지 않고 시민들이 직접 연구를 기획하고 수행하는 시민참여형 과학(Civic Science)이 포함된다.

장기 시민과학이나 시민 사이버과학에서는 특정 장소나 공동체의 역할에 큰 관심을 두지 않고 전 세계를 공간적 범위로 하는 반면, 공동체 과학은 특정 장소나 주제에 특별한 관심을 가진 사람들의 직접적인 참여를 중요한 요소로 본다.

〈표 2-8〉 Haklay 외(2018)의 시민과학 유형

장기 시민과학 (Long-running Citizen Science)			시민 사이버과학 (Citizen Cyberscience)			공동체 과학 (Community Science)		
생태계와 생물종	날씨 관찰	고고학과 천문학	미활용 컴퓨팅 지원	인지적 능력 활용	패시브 센싱	참여적 센싱	DIY 과학	시민 참여형 과학

자료 : Haklay et al., 2018, 75쪽.

다른 시민과학과 비교하여 공동체 과학은 공동체가 시민과학 프로젝트를 주도한다는 차이가 있다. 일반적으로 시민과학에서 시민들은 데이터를 수집하는데 개별적으로 노력할 뿐이지만, 공동체 과학에서 시민들은 공동체의 공통된 목적을 달성하기 위해서 함께 행동하고 학습한다는 점을 강조한다. 즉, 공동체 과학은 공동체의 사회-생태 시스템의 변화를 더욱 잘 이해하고 더욱 잘 다루기 위한 사회적 학습 과정이라는 것이다. 여기서 사회적 학습을 강조하는 까닭은, 지역의 문제를 정의하고 해결하기 위해서는 개인적인 학습이 아니라 공동체 구성원 전체의 집합적인 학습이 필요하고, 이러한 학습 과정을 통해 상호 이해와 신뢰 형성에 기여할 수 있기 때문이다. 시민과학 프로젝트 진행 과정에서 지역 공동체가 가지고 있는 장소에 대한 지식이 연구에 적극 활용되고 이는 공동체의 역량 강화와 이어질 수 있다(Charles et al., 2020).

이런 점에서 Charles 외(2020)는 공동체 과학을 과학적 탐구 방법에 기초한 과학 연구와 모니터링이 되, (1) 공동체가 주도하고 통제하며, (2) 장소-기반 지식과 사회적 학습이라는 특징을 지니고, (3) 사회-생태적 지속가능성과 책임성을 위해 거버넌스를 협상, 증진, 변화시키려는 규범적인 목적을 가진 시민과학으로 정의한다.

〈표 2-9〉 공동체 과학의 핵심 원칙

원칙	설명
공동체 주도과 커뮤니티 통제	공동체가 연구를 주도해야 하며, 지역 커뮤니티가 함께 연구 또는 개입하길 원하는 사람을 선택해야 함
장소와 집합적 가치 연계성	지역의 생태에 대해 많이 알고 있는 것만큼 과학적 지식을 갖추고 있을 때에 장소감이 발현됨
역량 증진, 행위, 집합적 행동	공동체 과학을 통해 공동체는 지식과 학습뿐만 아니라 지역의 삶과 행복에 영향을 미칠 의사결정에 개입할 수 있는 역량을 강화할 수 있음

자료: Charles et al. 2020, p.83.

이처럼 공동체 과학은 지역에서 중요하지만 정책결정자들이 관심을 갖지 않거나 우선순위가 낮은 환경문제에 대해 시민들이 직접 데이터를 모아서 관심을 환기시키고 행동을 취하도록 요구하는데 역할을 할 수 있다(Bio Innovation Service, 2018, 고재경, 2019). 지역의 환경문제에 대한 관심이 높아지는데 반해 국가 정책은 이를 해결해줄 방안을 마련하지 못한 상황에서 지역사회가 직접 문제를 파악하여 데이터를 측정하고

대안을 만들어 직접 실행하거나 정부에 제안하는 사례가 늘어나고 있다. 이미 오래 전부터 환경단체와 지역주민을 중심으로 환경 모니터링이 추진되었던 것도 정부의 정책 대응과 정책 변화를 요구하기 위해서였다. 지역 공동체 구성원들이 직접 환경 모니터링과 연구를 추진하기도 하고 관심 있는 연구자를 초빙하여 도움을 받기도 하며 지방정부나 관련 기관에 직접 요청하여 시범적인 프로그램을 만들 수도 있다.

물론, 공동체 과학은 장기 시민과학이나 시민 사이버과학에 비해 추진하기가 쉽지 않을 것이다. 다른 유형의 경우 전문과학자나 전문연구자들이 과학 연구 과정에서 시민들이 수집한 데이터를 가치 있는 것으로 기대하고 이런 기대에 따라 시민과학 프로젝트를 적극적으로 만들거나 지원할 동기를 가진다. 전문과학자와 전문연구자들은 시민들의 데이터를 표준화하기 위한 작업이나 시민들의 데이터 수집 역량을 높이기 위한 교육도 기꺼이 담당할 수 있을 것이다. 하지만, 공동체 과학이 다루고자 하는 주제는 지역주민이나 특정 공동체의 중요한 관심사일 수는 있어도 전문과학자나 전문연구자의 연구 주제나 관심과는 잘 맞지 않을 수 있기 때문이다.

하지만 최근에는 환경정책을 비롯한 정부 정책에서 증거 기반을 갖추는 것이 강조되면서 환경측정망을 확충하고 있고 정부에 문제 해결이나 정책 변화를 직접 요구할 수 있는 정책플랫폼이 운영되고 있으며 시민들이 현장의 문제를 직접 진단하고 해결책을 연구하여 제안하는 정책연구 사업들(사회문제해결을 위한 리빙랩, 국민디자인단 등)도 도입되고 있다. 공동체 과학의 필요성과 역할에 대해 정부를 설득하기가 용이해지고 있다고 볼 수 있다.

과거처럼 정부의 대규모 개발 사업이 결정된 후 사후에 환경문제의 심각성을 확인하고 지역주민들의 인식을 개선하고 응답하지 않은 정부를 비판하거나 개발 사업을 막기 위한 환경 모니터링에 그치는 것이 아니라, 지역 공동체의 눈으로 지역의 환경 현황을 진단하고 개선이 필요한 문제를 발굴하고 이를 해결하기 위한 대안을 제안하고 실천하기 위해서는 보다 안정적인 시민과학 체계를 구축할 필요가 있다.

3) 환경교육 연계 공동체 과학의 필요성

환경교육은 지역의 현안 문제를 인식하고, 지역사회가 학습공동체로 변모해 가는데 주요한 역할을 담당할 수 있다. 환경교육은 기본적으로 개인적 이익 추구를 위한 개인 학습을 넘어서 학습자들이 미래를 적절히 대비하게 하는 동시에 능동적으로 미래를 계획하고 책임질 수 있도록 준비시키는 역할을 강조해왔다(남미리, 2018; 30).

대부분의 환경교육단체의 활동은 지역 내 생태자산과 환경문제를 기초로 진행되고 있으며, 지역 내 생태자산을 보호하고 환경문제를 해결하기 위한 활동을 진행하는 환경교육 프로그램 안에서 이루어지고 있다. 지역에서 생태자산과 환경문제와 연관된 지식을 가지고 있는 주민들을 강사로 초빙하거나, 현장체험 교육에서는 지역 주민들을 직접 만나서 경험의 의견을 나누는 과정도 포함된다. 지역의 환경교육단체와 학교 환경교사는 지역의 환경과 사람들을 서로 연결하는 역할을 가교 역할을 담당할 수도 있다.

또한 위에서 언급한 바와 같이, 시민과학에 대한 참여도를 높이기 위해서는 시민 과학이 무엇이고 왜 필요한지에 대한 설득과 시민과학의 결과를 지속적으로 활용할 수 있는 여건을 마련해야 한다. 환경교육단체나 환경교사는 시민과학의 배경으로서 과학 기술이 환경과 사회에 미치는 영향의 문제를 가장 잘 설명할 수 있다. 또한 시민과학의 주요 주제인 환경·생태에 대해서 지역에서 가장 잘 알고 있는 주체이기도 하다.

이런 점에서 지역의 공동체 과학 또는 공동체 시민과학을 지원하는 제도와 프로그램을 만들고 운영하고자 할 때 지역 내 환경교육단체와 환경교사가 보다 적극적으로 참여할 수 있도록 보장하고 개별 시민과학 프로젝트의 설계를 현재 또는 미래의 환경교육 프로그램과 연계시킬 수 있도록 지원할 필요가 있다.

환경교육과 연계된 공동체 과학을 추진한다는 것이 환경교육 관련 이해당사자가 시민과학 제도 마련과 프로젝트 설계를 주도해야한다는 말은 아니다. 지역을 기반으로 활동하는 많은 단체와 그룹이 있다. 환경운동단체, 지속가능발전협의회, 마을만들기, 사회적경제, 도시재생, 청소년교육, 평생교육, 복지, 문화 등의 많은 분야가 지역사회에 기반을 두고 활동하고 있다. 이들 모두가 공동체 과학을 설계하고 추진하는 주체가 될 수 있다. 다만, 환경교육이 공동체 과학이 도입, 정착, 확산되는 과정에서 보다 밀접한 역할을 맡을 수 있다는 점을 강조하는 것이다.

4. 시민과학 활성화를 위한 과제

Hecker 외(2019)는 정부문서들에서 나타나는 시민과학이 극복해야 할 과제를 크게 데이터 물질과 관리, 조직과 거버넌스, 정책 집행으로 나누어 정리하였다. 이는 개별 시민과학 프로젝트의 성공을 위한 과제라기보다는 시민과학 전반의 활성화를 위한 과제로 볼 수 있다. Hecker 외(2019)에 따르면 시민과학이 생산하는 데이터의 품질을 개선하고 적절하게 관리할 수 있어야 하고, 시민과학의 참여자들의 참여를 유도하고 확대하기 위한 조직 관리 및 거버넌스 체계를 갖추어야 하며, 정책 담당자들에게 시민과학의 유용성을 설득해야 한다.

〈표 2-10〉 정부 문서에서 나타난 시민과학의 주된 과제들

데이터 품질과 관리	<ul style="list-style-type: none"> · 시민과학 데이터의 신뢰성과 품질 · 해결책의 재사용가능성 · 데이터와 메타데이터의 표준화
조직과 거버넌스	<ul style="list-style-type: none"> · 시민과학 프로젝트와 커뮤니티 사이의 교차, 지식 교환, 시너지 · 데이터 접근성과 이용가능성 · 소통, 동기부여, 자발적 협력 · 내부적인 프로젝트 표준과 도구의 사용 · 디지털 기술의 습득
정책 집행	<ul style="list-style-type: none"> · 과학과 정책에 의한 시민과학 인식 · 시민과학 프로젝트의 평가 · 정책의 시민과학 데이터 수용

자료: Hecker et al. 2019: p.9.

Hecker 외(2018)는 시민과학의 진전을 위한 과제를 과학, 사회, 정책 분야로 구분해 제시한다.

〈표 2-11〉 시민과학의 진전을 위한 제언

분야	제언	내용
과학	시민과학의 과학적 이익을 증명하라	과학적 이익과 한계를 모범 사례, 공통된 표준, 비판적 평가 등을 통해 표현
	다른 학문영역으로 확장하라	시민과학의 잠재력을 확대하기 위해 사회과학, 인문학, 과학기술학 등과 협력
	적극적인 네트워킹과 새로운 협력 형식을 만들어라	시민과학협회들은 상이한 역할과 학문영역과 교류하면서 혁신을 이끌 기회를 제공할 수 있음. 시민과학협회들을 더 많이 지원해야 함
사회	다양한 형식으로 사회에 개입하라	시민과학에 참여한 모든 이들이 새로운 협력 방법에 개방적이고 유연하게 적응할 때 학습과 혁신이 일어날 수 있음. 기여적 접근에서 공동연구 접근까지, 하나의 학문에서 다양한 학문 영역의 협력까지 다양한 접근이 시도되어야 함
	훌륭한 시민과학 소통을 만들어라	시민과학은 과학 소통을 증진하고 변화시킬 수 있음. 동시에 소통은 시민과학 성공의 핵심 요인임. 미디어를 잘 이용하고, 과학 소통을 잘 포함시키면 더 많은 시민과학자의 참여와 펀딩 기회를 만들고 성과를 확산할 수 있음
정책	정책 모니터링과 개발을 위한 기회를 환영하라	정책을 위한 증거 생산은 더욱 투명하고 참여적인 방법으로 이루어질 수 있음. 시민과학 데이터와 과정을 정책 과정에 포함시키려면 목표와 기대에 대해 서로 더 잘 이해하고 인정하기 위한 숙의 과정이 필요함
	과학 재정 지원자들과 협력하라	시민과학도 다른 과학 활동처럼 재원이 필요함. 재정 지원자들을 설득하기 위해 분명한 평가 기준이 마련되어 재정 지원자들이 시민과학의 편익과 한계를 인지할 수 있어야 함

자료: Hecker et al. 2018, p. 6.

첫 번째, 과학 분야에서는 시민과학이 과학적으로 이익이 된다는 점을 모범 사례나 비판적 평가 등을 통해 보여줄 필요성을 제시한다. 자연과학뿐만 아니라 사회과학, 인문학, 과학기술학 등으로 적용 영역을 넓힘으로서 시민과학의 잠재력을 확대할 필요성도 제시한다. 기존 시민과학 이해당사자들은 상이한 학문영역과 교류하면서 혁신할 기회를 만들어야 한다고 당부한다.

둘째, 사회 분야에서는 시민과학의 하나의 형식을 고집할 것이 아니라 시민과학에

참여한 사람들이 충분히 적응할 수 있는 방식으로 개입할 필요를 제기한다. 또한 더 많은 이해당사자, 과학자, 시민과학자 등의 참여를 확대하고 재원을 확보하기 위해 미디어를 이용하고 소통을 증진할 것을 요구하면서, 하나의 방법이 아니라 다양한 방법을 강구할 필요성을 강조하고 있다(Hecker et al., 2018; 9).

셋째, 정책 분야에서는 데이터 품질을 유지하고 관리하는 것을 넘어서, 데이터가 왜 필요한지, 어떤 유형의 어떤 수준의 데이터가 필요한지 등에 대해 정책담당자와 지역 사회가 충분히 논의하고 이해할 필요성을 제기한다. 또한 재원을 안정적으로 마련하기 위해 시민과학이 만들어낸 편익과 한계를 분명히 할 필요가 있다.

〈표 2-12〉 시민과학의 소통을 위한 제언

제언	내용
웹사이트와 모바일 앱	상이한 그룹을 만날 수 있고 사용하기 쉬운 웹사이트와 모바일 앱은 더 많은 참여를 이끌어낼 수 있음
소셜 미디어 네트워크와 플랫폼	새로운 기술은 프로젝트 관리자가 잠재적인 참여자를 만나고 참여자들 사이에 동지애를 북돋고 연구에 대한 의견을 나누고 데이터 공유와 피드백을 강화할 수 있음
전통적인 대중 매체	신문, 방송, 잡지 등을 통해서도 많은 잠재적 참여자를 만나고 동기를 부여하고 성과를 공유할 수 있음
소통 계획	좋은 소통 계획이 시작부터 끝까지 필요함. 중간 중간의 성과물 발표와 공유는 참여 동기를 북돋고 학습 효과를 높임
피드백과 교육 효과	프로젝트 과정에서 참여자의 피드백을 증진함으로써 정보를 공유하고 연구와 데이터 품질을 개선하고 교육 효과를 높일 수 있음
면대면 모임	직접 만나서 서로서로 프로젝트 완료를 축하하고 노고에 감사하고 재미는 느낄 수 있음

자료: Hecker et al. 2018, p. 9.

제3장 국내·외 시민과학 프로젝트 사례

이미 국내·외에서 많은 시민과학 프로젝트가 추진되었으며, 앞에서 본 것처럼 이 사례들을 정리하고 유형화하는 작업들도 진행되고 있다(Haklay et al., 2018; Haklay et al., 2020; Hecker et al., 2019). 국내 주요한 시민과학 사례들에 대해서도 정리가 이루어지고 있다(고재경, 2019). 여기서는 대표적인 사례들을 간단하게 살펴보고, 장기 시민과학, 시민 사이버과학, 공동체 과학의 유형 구분에 맞추어 시사점을 도출하도록 한다.

1. 국내사례

1) 초기 하천 및 갯벌 환경·생태 모니터링 사례

국내에서도 지역주민들이 참여하는 환경·생태 모니터링이 이루어져 왔으며, 이를 보다 조직화해야할 필요성도 오랜 전부터 제기되어 왔다.

특히 1990년대 후반 이후 시작된 하천복원 사업에 대하여 지역주민과 환경단체들을 중심으로 문제를 제기하면서 ‘하천살리기 운동’이 활발하게 진행되었고, ‘전국 강 살리기 네트워크’라는 전국 네트워크가 구성되어 매년 ‘강의 날 대회’를 개최하고 전국의 하천 살리기 운동(모니터링, 교육 등)의 모범 사례들을 발굴하는 활동이 진행되었다. 하천운동 단체들은 제각각 진행되는 하천모니터링 방법을 통일하고 전국동시모니터링 사업을 시작하여 지금까지 진행되고 있다. 하지만 전국 하천 모니터링 결과를 모으고 분석하는 작업으로 이어지지 못하였으며, 그 결과를 국내 환경정책에 직접 반영하기도 어려웠다. 특정 지역의 하천을 대상으로 수질 및 수생태 모니터링을 진행하고 이를 연구 보고서나 논문으로 발표하는 연구자는 있었지만 이러한 전국하천 동시모니터링 작업을 체계화하고 정책적으로 활용할 수 있는 데이터나 연구 결과로 만들 수 있도록 도움을 주는 연구자를 구하는 것에 대한 한계가 있었고 하천운동 단체들은 2013년 환경부가 소규모 오염하천에

대한 사업을 만들도록 요구하고, 이 과정에서 전국하천 동시모니터링 자료를 모아서 분석하여 우선순위 하천을 제안한 바 있다.

하천 모니터링뿐만 아니라 갯벌 모니터링도 오랜 경험을 가지고 있다. 1999년 강화도 갯벌생태계 보전을 위한 모니터링 활동을 조직화하기 위해 녹색연합이 만든 교육 자료에는 환경감시망 구축과 관련하여 환경감시 네트워크망 구축, 환경감시 모니터 구축, 지역의 환경 질 공개를 통한 환경의식 고취, 지역주민의 환경의식 개선 및 교육, 참여형 환경감시활동 창출, 지역분쟁을 예방하고 분쟁지역의 경우 대안 제시 등의 목적 및 활동이 제안되고 있다(녹색연합, 1999). 이는 환경단체 중심으로 추진하던 하천 모니터링, 대기 모니터링, 생태 모니터링을 위한 지침서 등에서도 비슷하게 나타난다.

〈표 3-1〉 녹색연합의 환경감시망 구축을 위한 제안

구분	내용
환경감시 네트워크망 구축	환경분쟁이 있는 지역, 친환경적으로 보전가치가 높은 지역, 시민의 참여가 모범적인 지역 등을 중심으로 하여 환경 모니터 내용을 교환하고, 감시방법과 내용을 상호 제공하여 줌으로써 환경 모니터 결과가 극대화될 수 있도록 지역단체 간의 감시망 구축한다.
환경감시 모니터 구축	환경적으로 보전가치가 높은 지역과 환경분쟁이나 파괴가 심각한 지역을 해당 지역 시민들이 직접 모니터 할 수 있도록 방법을 교육하고 이를 통하여 해당 지역을 지속적으로 감시함으로써 모니터의 효과를 높일 수 있다.
지역의 환경 질 공개를 통한 환경의식 고취	지역의 환경가치를 주민이 직접 평가하고 상대적이나마 비교할 수 있게 됨으로써 지역의 환경상태를 알리고 지역의 환경을 지키고 개선하기 위한 의식을 고취할 수 있게 된다.
지역주민의 환경의식 개선 및 교육	무관심으로 인한 환경파괴가 이루어지는 지역에 대해서 환경의 소중함을 교육하고, 환경파괴가 심각한 지역을 직접 방문함으로써 지역주민의 환경의식을 개선하고 환경의 소중함을 일깨우는 의식전환의 계기가 된다.
참여형 환경감시활동 창출	시민참여 방법 및 기법 등 프로그램 개발을 통하여 지역주민, 시민들에 의한 참여형 환경감시활동을 모범적으로 창출한다.
지역분쟁을 예방하고 분쟁지역의 경우 대안 제시	환경분쟁이 있는 지역을 시범지역으로 선정하여 모니터망을 구축함으로써 환경분쟁의 원인을 객관적으로 이해할 수 있는 기회가 되고 환경분쟁 및 환경문제 해결에 시민들이 참여하여 올바른 대안을 만들어 가도록 한다.

자료 : 녹색연합, 1999, 강화도 갯벌생태계 보전을 위한 모니터링 활동 지표개발을 위한 지침서

한편, 이러한 모니터링 활동의 목적이 무엇인지, 모니터링을 통해 지역주민에게 어떤 혜택을 줄 수 있는지 등에 대한 문제제기도 이루어졌다. 녹색연합의 지침서 자료에서, 당시 강화발전연구원의 연구원은 ‘강화도 갯벌보전과 지역운동’ 사례를 정리하면서,

1999년 당시 강화도 갯벌에 대한 연구 결과는 지역주민들에게 거의 전달되지 않았고 갯벌탐사와 철새탐조와 같은 자연학습은 오히려 갯벌 생태계를 훼손할 수도 있다는 점을 지적한다. 그리고, 갯벌생태계 모니터링과 보전활동이 지역의 공동체를 회복하고자 하는 노력으로 이어질 필요성을 강조하고 있다(녹색연합, 1999).

하천모니터링과 갯벌모니터링에 대한 사례만으로 평가하기는 어렵지만, 국내의 환경·생태모니터링 활동은 과학적으로 보다 체계화될 필요가 있으며 동시에 지역공동체의 필요와 요구에 대응하는 방향으로 개선될 필요가 있다고 정리해볼 수 있을 것이다. 아래에서는 보다 본격적으로 시행된 시민과학 사례들을 살펴보도록 한다.

〈표 3-2〉 ‘강화도 갯벌보전과 지역운동’에서 나타난 공동체 시민과학의 필요성

강화도 남단 갯벌은 도요물떼새들의 세계적인 중간기착지이기 때문에 그 가치가 일찍부터 습지보호 단체와 조류 전문가들에게 잘 알려졌었다. 따라서 이미 10여년 전부터 강화도 남단에 조래하는 섭금류에 대한 조사는 다양한 형태로 진행되어 왔다. 뿐만 아니라 최근 몇 년간 갯벌의 가치가 알려 지고, 인천연안의 갯벌이 대부분 간척으로 사라지면서 수도권 사람들에게 갯벌탐사와 철새탐조와 같은 자연학습의 중요한 대상지가 되고 있다. (중략) 그러나 전문가들의 다양한 연구활동의 결과가 강화도 지역주민들에게 환원되는 경우는 거의 없었고, 갯벌탐사나 철새탐조활동 역시 지역과 연계 없이 진행됨으로써 지역주민의 삶의 질 향상에 전혀 도움 되지 못하고 있으며, 오히려 무분별하게 진행되어 생태계 훼손의 원인이 되고 있다. (중략) 강화도 남단 갯벌의 보전활동은 갯벌을 터전으로 살아온 사람들의 삶의 문화와 특성을 규명해 냄으로써 생태계보전이라는 매개를 통해 지역의 문화를 향상시키고, 공동체를 회복하는 것을 목적으로 하였다.

자료: 신성식, 1999, “강화도 갯벌보전과 지역운동”, 녹색연합, 1999, 강화도 갯벌생태계 보전을 위한 모니터링 활동 자표개발을 위한 지침서

2) 해양수산부와 해양환경공단의 국가 해안쓰레기 모니터링

해양수산부는 갯벌 생물 및 서식지 조사, 해양쓰레기 조사, 해파리 조사, 해양보호구역 모니터링 등 실태 조사와 모니터링에 시민을 참여시키고 있다. 이 중에서 국가 해안 쓰레기 모니터링은 ‘해양환경관리법’에 근거한 해양쓰레기 관리계획에 시민참여 근거가 마련되어 있으며, 2008년부터 정부가 시민모니터링 사업 예산을 지원하고 있다. 처음에는 비영리단체인 한국해양구조단이 민간단체 보조금 사업으로 추진하였으나 2010년 한국

해양공단에 해양쓰레기 대응센터가 설립되어 해양환경공단이 민간단체와 교류하면서 사업을 추진하는 방식으로 바뀌었다. 매년 공개입찰을 통해 중간관리를 담당할 업체를 선정하였는데 매년 사업자 선정에 다른 비효율성 문제가 발생하여 2018년부터는 3년을 기간으로 중간위탁기관을 선정하고 있다. 현재 해양수산부가 예산을 지원하고 해양환경공단이 주관하고 중간위탁기관(현재 오션)이 조사방법론 개발과 지도자 교육, 데이터의 품질관리와 종합분석, 지역 민간단체가 조사에 참여할 자원봉사자 모집 및 교육, 현장 조사를 담당한다. 국가 해안쓰레기 모니터링에는 11개 시·도 40개 지역에서 25개의 민간단체가 참여하고 있다.

시민 조사자들은 해양쓰레기 모니터링 카드를 이용하여 조사지점 정보, 국내외 기인 해안쓰레기 모니터링 조사 결과, 대표 사진 등을 기록한다. 모니터링 카드는 두 종류가 있는데, 하나는 훈련받지 않은 일반인들도 쉽게 참여하여 조사할 수 있는 양식이며 다른 하나는 국가 해안쓰레기 모니터링 카드로 일반인 대상 모니터링 카드에 비해 정교하다. 오션은 최근 국제 연안정화의 날 행사(매년 9월 셋째 주 토요일) 참가자를 위해 개발된 클린 스웰(Clean Swell) 앱을 사용하여 일반인들이 해양쓰레기 모니터링과 정화 작업에 사용하도록 지원하고 있다.

국가 해안쓰레기 모니터링은 해양쓰레기 정책 변화에도 기여하고 있다. 2008~2009년 시민과학 데이터를 통해 해양쓰레기 중 스티로폼 비중이 높고 스티로폼 부표와 밧줄의 처리가 중요하다는 결과가 도출되었다. 정부는 친환경부표 개발 및 지원, 친환경부표로 교체 시 보조금 지급, 폐스티로폼 회수 지원 및 재활용 사업을 적극적으로 추진하였고 ‘제2차 해양쓰레기 관리 기본계획’에 폐부표 회수율 100% 목표가 설정되기도 하였다. 이러한 성과는 국제학술대회에서 발표되었다. 10년 동안 정부와 시민단체의 협력에 의해 시민참여 모니터링이 매우 안정적으로 운영되어 정점과 조사구간의 변경, 주기의 변동, 조사자 교체, 조사 누락 등의 변수가 매우 적은 것으로 나타났으며, 해양쓰레기의 현저한 감소를 가시적으로 보여주는 성과도 보였다(홍선욱·이정명, 2019).

〈그림 3-1〉 해양쓰레기 조사 대상 지점



자료: 해양쓰레기통합정보시스템 홈페이지

3) 국립생물자원관 (K-BON)

국립생물자원관은 세계 생물다양성 관측 네트워크(GEO-BON)의 한국 주관기관으로 2011년 식물, 곤충, 척추동물, 해조류 등 생물 관련 전문가와 13개 민간연구단체 및 동호회가 참여하는 한국 생물다양성 관측 네트워크인 ‘K-BON’을 창립하였다. 시민참여 기반 모니터링을 통해 기후변화가 한반도 생물종에 미치는 영향과 변화 모니터링 자료를 구축하겠다는 목적으로 2019년 현재 20여개 단체가 K-BON에 참여하고 있다.

2011년에는 우선적으로 관찰이 시급한 59종에 대한 전국 모니터링 시범사업을 K-BON과 함께 실시하였고, 2013년부터는 K-BON을 중심으로 시민과학자 참여 모니터링이

진행되고 있으며 2017년에는 시민들이 쉽게 관찰할 수 있고 구별이 가능하면서 기후 변화에 민감한 종(느타리, 이팝나무 등)으로 기후변화 생물지표종을 개정(100종, 30개 후보종)하여 시민참여 확대를 유도하고 있다. 현장 모니터링 기록의 편의성을 강화하고 데이터 취합 및 자료 구축의 효율성을 위해 네이처링 앱과 웹사이트를 활용하고 있다. 단계별로 조사한 모니터링 결과를 토대로 국립생물자원관은 기후변화에 따른 생물지표 100종에 대한 최신화된 분포도를 작성하고 기후변화에 따른 생물종 분포 변화 미래 예측 연구를 수행한다.

국립생물자원관은 일반 시민들이 쉽게 모니터링을 할 수 있도록 식물 등 9개 분류군에 대하여 시민 맞춤형 모니터링 지침서를 제공하고 있다. 지자체에서 운영하는 바이오블리츠(BioBitz)에 K-BON 참여 전문가와 홍보부스를 운영하고 있으며, 미래의 시민과학자 양성을 위해 2016년부터 고등학생 및 대학생을 대상으로 K-BON 주니어를 선발하여 운영하고 있다.

〈그림 3-2〉 K-BON에서 진행한 최근 프로젝트 미션(2018년)



자료: <https://www.naturing.net/p/1/missions>

4) 국립공원공단 국민모니터링단

국립공원공단은 기후변화에 따라 국립공원의 생태계가 어떻게 변화하는지 살펴보기 위해 2010년부터 구룡계곡 일대에서 북방산개구리의 첫 산란 시기를 기록하고 있다. 북방산개구리는 환경부에서 지정한 기후변화 생물종으로 우리나라 전역에 분포하여 주변에서 쉽게 관찰되므로 기후변화 등 생태 모니터링에 많이 활용된다. 지리산국립공원 전북사무소·전남사무소, 월출산국립공원사무소, 소백산국립공원북부사무소, 월악산국립공원사무소, 설악산국립공원사무소의 자원활동가 및 야생생물보호단과 (사)지리산사람들,

수원환경연합, 제주양서류생태연구소와 같은 시민단체와 협력하여 모니터링을 하고 있다. 시민과학자가 관찰한 내용을 SNS를 통해 연구진과 공유하며 연구진은 공유된 자료를 바탕으로 지역별 첫 산란일의 변화와 산란밀도를 분석하여 SNS를 통해 시민과학자와 다시 공유하는 방식으로 진행하고 있다.

국립공원연구원은 기후변화에 따른 국립공원 생물종 모니터링을 위한 시민과학자 양성을 위해 2014년부터 국민모니터링단을 운영하고 있다. 2017년 기준 700명이 모니터링단으로 활동하고 있으며 회원들은 각 국립공원의 산, 바다, 섬 등에서 생물들의 현상을 사진으로 찍어 SNS(네이버 밴드), 메일을 통해 공단에 제공한다. 국립공원연구원은 국민모니터링 전용 어플리케이션과 생물계절카메라의 활용방법, 조류 모니터링 방법에 대한 이론교육 및 실습교육을 운영하고 있다. 2016년에는 계절변화 민감 종을 선별하여 ‘국립공원 계절 알리미 생물 50종’을 선정하고 국민모니터링단이 촬영한 사진자료를 수집한 결과 ‘큰귀박쥐’라는 국제적 멸종위기종을 발견하기도 하였다.

〈표 3-3〉 기후변화 알려주는 계절 알리미 생물종

계절	생물종
초봄(13종)	히어리, 노루귀, 변산바람꽃, 복수초, 생강나무, 얼레지, 진달래, 애호랑나비, 빌로오드 재니등에, 북방산개구리, 계곡산개구리, 노랑할미새, 제비
봄(10종)	보춘화(춘란), 산벚나무, 피나무, 한계령풀, 할미꽃, 현호색, 호랑나비, 도롱뇽, 두꺼비, 뽕꾸기
초여름(8종)	물레나물, 백운산원추리, 일월비비추, 큰까치수염, 모시나비, 길앞잡이, 꿩꼬리, 소쩍새
여름(8종)	왜소다리, 무릎, 산수국, 참나리, 제비나비, 참매미, 두견이, 솔부엉이
초가을(6종)	고려엉겅퀴, 금강초롱꽃, 쑥부쟁이, 고추잡자리, 귀뚜라미, 검은딱새
가을(5종)	구절초, 꽃향유, 산국, 억새, 늦반딧불이

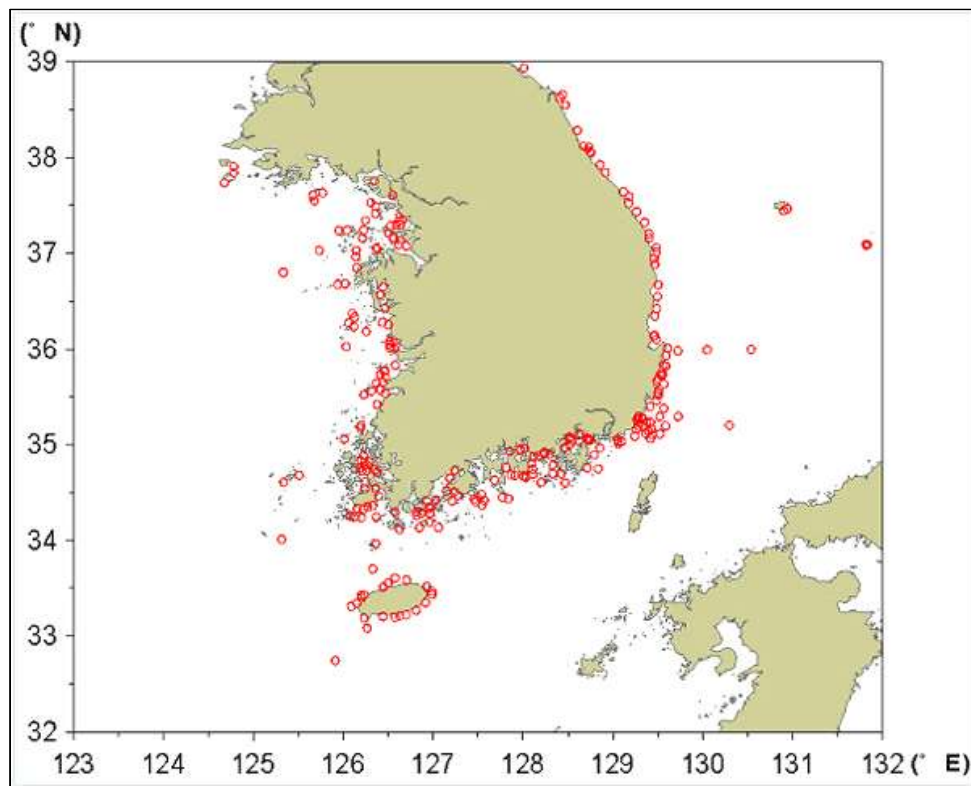
자료: 기후변화 알려주는 계절 알리미 생물종 보도자료, 2016, 국립공원.

5) 국립수산과학원

국립수산과학원은 해파리 발생과 이동에 대한 생태학적 연구와 해파리 차단과 구제에 관한 조사를 수행하고 있으며, 사전 예방 강화를 위한 근해조사와 연안조사가 이루어지고 있다. 연안조사는 해파리 정기조사, 지자체 모니터링, 민간 모니터링으로 구분되는데, 전국 연근해 조업어민 271명, 11개 지자체 및 관련 공무원 86명, 국립수산과학원

소속 동서·남서해·남동해수산연구소 및 본원의 연구원 20명 등 총 387명으로 구성되어 있다. 참여자는 ‘해파리 신고 앱’을 운영하여 해파리 발생 시 신속하게 정보를 공유하고 있고 이들이 수집한 해파리 발생 정보, 위치, 출현종, 출현량 등의 정보와 자료는 국립수산물과학원 해파리정보센터(<http://www.nifs.go.kr>)에서 취합·분석하여 매주 인터넷과 전화 및 팩스 등으로 일반시민에게 제공되고 있다.

〈그림 3-3〉 모니터링 네트워크 참여 어업인 조업위치



자료: 국립수산물과학원, 해파리정보시스템 홈페이지(<http://www.nifs.go.kr/jelly/jellyfishMonitorPre.jelly>)

6) 국립생태원의 시민참여 생태계서비스 평가

국립생태원은 지역의 자연을 가장 잘 아는 사람은 전문가가 아니라 그 지역에서 오랫동안 사계절을 지켜보고, 변해가는 자연을 살펴본 바로 시민이라고 생각하고 시민이 참여하여 지역 고유의 자연자산을 발굴하고 평가한다면 지역의 중요한 자연자원들을

체계적으로 관리할 수 있을 것이라 파악하여 지역 생태계서비스 시민참여평가 매뉴얼을 발행하였다.

생태계서비스 평가 항목은 4가지를 제시하였는데, ‘공급서비스’, ‘조절서비스’, ‘문화서비스’, ‘지지서비스’가 있다. ‘공급서비스’는 우리가 먹는 다양한 곡식, 열매, 생선 등과 생활에 필요한 물품의 원자재가 있고, ‘조절서비스’는 미세먼지 또는 대기오염 물질의 정화작용, 자연재해조절을 일컫는다. ‘문화서비스’는 우리의 몸과 마음을 다스릴 수 있는 활동으로 생태교육, 관광 등이 있고 ‘지지서비스’는 생태계가 지속하고 유지되도록 다른 생태계서비스를 뒷받침해주는 성격으로 토양형성, 생물다양성 등이 있다.

시민참여평가 유형은 소수로 이루어지는 지역활동가 참여평가와 다수로 이루어지는 일반시민 참여평가가 있다. 두가지 유형의 평가방법은 아래와 같다.

〈표 3-4〉 유형별 시민참여평가 평가방법

지역활동가 참여평가(소수방식)	일반시민 참여평가(다수방식)
1. 활동가 모집	1. 참여자 모집
2. 교육	2. 분석(연구자)
3. 활동1(생태자산 선정)	3. 평가
4. 활동2(생태계서비스 평가)	가. 지도에서 지역에 대한 생태자산 선정 나. 생태계서비스 평가 다. Q평가
5. 분석(연구자)	
6. 논의	4. 분석(연구자)

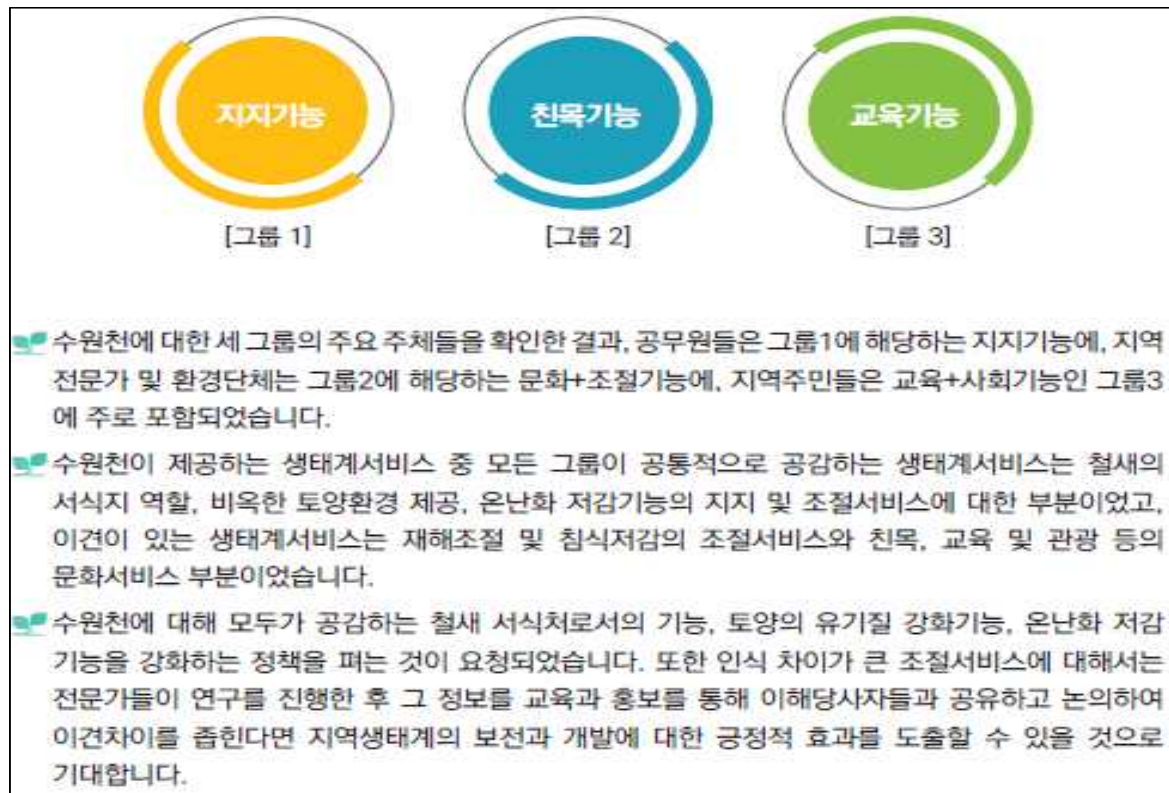
자료: 시민참여 생태계서비스 평가 매뉴얼, 2018, 국립생태원.

유형별로 시민참여평가가 이루어진 지역을 보면, 지역활동가 참여평가는 2017년 안산, 시흥, 남양주, 군산이 있고 2018년 강릉, 속초, 부천, 수원, 창녕, 밀양이 있다. 일반시민 참여평가는 2018년 김포, 광주, 양평, 평택이 있다.

지역주민과 함께하는 생태계서비스 평가 중 수원 사례집의 경우, 수원천에 대한 생태계서비스를 평가하였다. 설문조사에 참여한 주요 이해당사자는 28인으로 연구결과는 3가지 그룹으로 나뉜다. 지지기능을 중시하는 그룹1은 수원천에 대한 (+)생태계서비스로 지지서비스의 생물다양성, 조절 서비스의 수질정화 기능을, (-)생태계서비스로 공급서비스의 기념품 생산과 식품개발, 문화서비스의 체험관광을 선택하였다. 친목기능을 중시하는 그룹2는 (+)생태계서비스로 문화서비스인 친목활동 및 체험관광활동, 조절서비스의

재해조절을, (-)생태계서비스로 공급서비스인 화장품 및 의약품의 생산, 식물개발, 에너지 생산을 선택하였다. 교육기능을 중시하는 그룹3은 (+)생태계서비스로 문화서비스의 생태교육활동과 지역의전통성, 지지서비스의 많은 생물 개체수를, (-)생태계서비스로 조절서비스의 태풍 및 홍수 재해조절, 침식저감, 문화서비스의 친목활동 기능을 선택하였다.

〈그림 3-4〉 수원천 생태계서비스 평가 연구 종합



자료: 지역주민과 함께하는 생태계서비스 평가 -수원 사례집-, 국립생태원.

7) 서울특별시의 '제비 SOS'

서울시는 기후변화 지표종이면서 서울시 보호종인 제비 도래 현황 파악 및 보호 방안 마련에 필요한 기초 데이터를 구축하고, 시민참여형 모니터링과 생태교육을 통해 제비 보호에 대한 시민 공감대를 형성하기 위한 목적으로 2015년부터 '제비 SOS(Swallow

of Seoul)’ 프로젝트를 추진하고 있다. 법정 계획인 ‘제3차 서울시 야생생물 보호 세부계획(2017~2021)’에 사업으로 포함되어 진행되고 있다.

국립산림과학원, 생태보전시민모임, 사회적 기업 터치포굿이 함께 참여하여 제비 보호 인식증진 활동, 시민참여 제비 서식현황 모니터링, 서식 분포도 작성 및 주요서식지 서식환경 개선 활동을 하고 있다. 서울시는 홍보, 시민제보 접수, 모니터링 및 교육 지원을, 국립산림과학원은 모니터링 연구 설계 및 분석을, 생태보전시민모임은 시민참여 모니터링과 시민 인식증진 교육을 담당하며, 터치포굿은 서울시와 협약을 체결하여 제비 모니터링 결과를 기록할 수 있는 앱(숨은 제비 찾기)을 운영하면서 시민 인식증진 교육도 함께 진행하고 있다. 국립산림과학원에서 프로젝트 시행 이후 축전된 모니터링 데이터를 검증하는 작업을 진행한다. 시민들은 서울시 누리집(www.seoul.go.kr)과 제비 관련 생태교육을 담당하는 사회적기업 터치포굿의 애플리케이션 ‘숨은제비찾기’ 앱을 통해 제보하거나, 청소년 제비탐사단과 일반시민들의 제비탐사단 삼삼구구(3399) 전화를 통해 참여한다.

〈그림 3-5〉 삼삼구구 제비탐사단 발대식(2017년)



8) 경상남도 제비 생태탐구 프로젝트

경상남도는 2010년부터 경상남도 람사르환경재단의 제비생태탐구 프로젝트를 지원하고 있다. ‘제2차 경상남도 환경교육종합계획(2016~2020)’은 ‘학교환경교육 활성화’ 분야 체험환경교육 강화를 위한 과제로 ‘환경 지표종 제비(Barn Swallow) 환경교육 프로그램 운영’을 포함하였다.

2015년부터는 경상남도 교육청의 학교 환경교육 특성화 사업의 일환으로 예산을 지원하였고, 2016년부터는 우포생태교육원에서 주관하여 운영하고 있다. 우포생태교육원이 ‘제비 생태탐구 프로젝트’를 운영하면서 제비생태탐구 동아리 수와 참여 인원이 증가하였다. 2015년까지 시군별 1개 이상, 총 20개의 동아리가 운영되었으며, 2016년부터 중·고등학교가 참여하였다. 제비생태탐구 동아리는 설정된 지역 안에서 약 2주간 제비 등지 조사 활동을 하며, 2016년부터는 네이처링 앱을 이용하여 실시간 조사 결과를 공유하고 대량의 자료를 처리하는 것이 가능해졌다.

〈표 3-5〉 2020년 제비생태탐구프로젝트 사업 내용

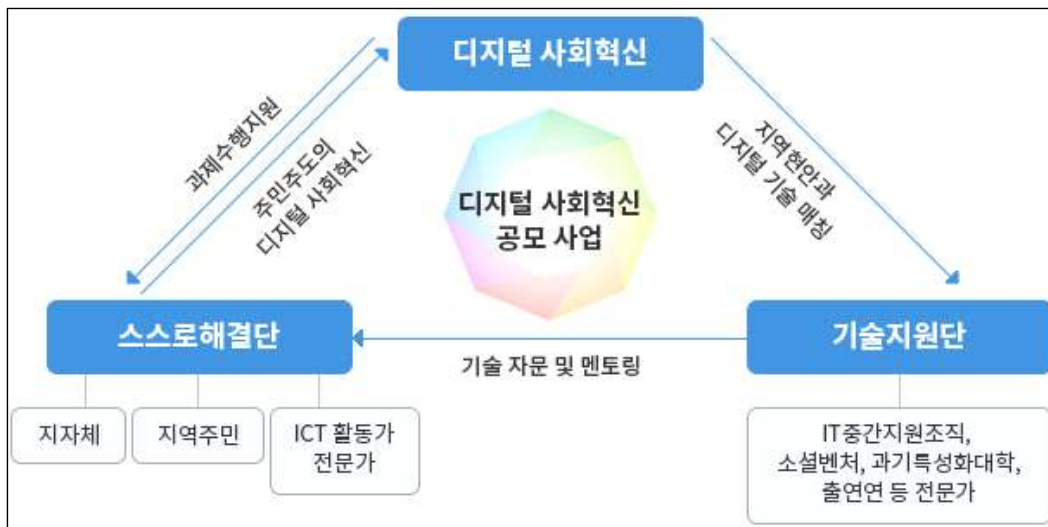
기간	업무	추진내용
2020. 01.	제비관찰수첩제작	2020. 제비생태탐구프로젝트학습자료 제작
2020. 02.	기본 계획 수립	운영계획 수립
2020. 03.	동아리 모집 및 선정	공모를 통해 대상자 모집 및 선정
2020. 03.	사전워크숍 자료 제작	교사용 제비 사업 이해 자료 제작
2020. 04.	동아리 예산 배부	선전 동아리별 예산 지원
2020. 04. 17	사전워크숍개최	선정 동아리 지도교사 참석
2020. 05. 06 ~ 05. 19	제비생태탐구 조사	현장활동, 어플리케이션 및 사진기록
2020. 03. ~ 11.	제비 다큐멘터리	다큐멘터리 제작 및 방송 송출
2020. 06.	캠프 사전답사	한·일·대 제비 학생캠프 사전답사
2020. 06.	우수동아리 선정	우수동아리 발표대회
2020. 08.	제비 캠프 참가	한·일·대 제비 학생캠프 참가
2020. 10.	결과보고회	사업결과발표 및 제비스티커 선정
2020. 11.	제비스티커 제작	2021. 제비 스티커 제작
2020. 12.	결과보고서 제작	2020. 제비 사업 결과 취합 후 제작

자료: 경상남도교육청 과학교육원 우포생태분원 홈페이지.

9) 충청남도 로드킬 음성 앱 개발

2018년부터 행정안전부가 지역현안의 당사자인 주민이 직접 문제를 발굴하고 디지털 기술을 활용한 해법을 제시해 실행하는 ‘주민 주도형 문제해결’을 지원하기 위한 사업이다. 지역주민의 최소 5명 이상 참여해야 하며, 지역주민, 지자체, 디지털 기술전문가로 구성된 스스로해결단을 구성·운영해야 하며, 주민이 단장을 맡아야 한다. 2018년도에는 온라인 주민참여 플랫폼, 안전 및 환경개선, 장애인 권리 보호, 저출산·고령화 대응, 공동체 지원 등 5개 분야에 20개 사업이 선정되었다.

〈그림 3-6〉 디지털 사회혁신 공모사업 운영체계



자료: 행정안전부, https://www.mois.go.kr/frt/sub/a06/b06/socialinnovationTask_2/screen.do.

충청남도는 안전 및 환경개선 분야에서 ‘로드킬 등 바로신고 서비스 체계 구축’이 선정되었다. 시군단위에서는 천안시가 장애인 권리 보호 분야에서 ‘장애인 편의시설 커뮤니티 매핑’을, 당진시가 온라인 주민참여 플랫폼 분야에서 ‘온라인 주민참여 플랫폼 〈손끝으로 만나는 우리마을〉’이 선정되었다. 대부분 디지털 기술을 이용해 시스템을 구축하는 사업들이지만 일부는 충남의 사업처럼 특정 문제 해결을 위해 데이터를 만드는 사업도 포함되어 있다. 이 데이터를 활용해 과학적인 연구를 진행할 지에 대한 구체적인 계획은 제시되지 않았다.

충남도는 2020년 8월부터 로드킬 신고 시스템을 시범적으로 운영하고 있다. SK 텔레콤의 내비게이션 앱인 T-map과 연계하여 음성으로 신고할 수 있도록 했다. 신고된 민원은 '로드킬 바로신고 시스템'에서 해당 위치 등 구체적 발생 장소를 분석 후 권익위 110콜센터를 통해 로드킬을 담당하는 도로기관으로 자동 전달된다. 도와 협력기관은 이번 시범 사업을 통해 로드킬 신고 지역에 대한 통계 분석을 실시하고, 효율적인 처리 방안을 마련하는 등 문제점을 개선·보완해 2021년부터 서비스를 전국으로 확대할 예정이다(충청남도 도정신문, 2020.8.18., "로드킬 음성 신고 시범 운영").

〈그림 3-7〉 행정안전부 공감e가득 사업의 '로드킬 바로신고 서비스 체계 구축'



자료: 행정안전부(2018), 2018 공감e가득 추진사업

2. 국외 사례

1) Naturehood

Naturehood는 영국에서 지역 정원의 야생생물에 초점을 맞춘 시민과학 프로젝트로 지원자들은 웹사이트를 통해 등록하고 몇 가지 선택지를 제시하여 참여자들의 동기를 세심하게 고려한다. 동기와 장애물에 대한 설문조사를 통해 동기를 높이는 방식으로 참여 방법을 제시한다. 참여자들은 자신들의 정원을 지도화하고 야생생물 조사를 수행하고 야생동물의 행동을 기록한다. 참여자들은 조사 자료 기록용 인쇄물을 출력해 사용하고 웹사이트의 서식에 맞추어 기록할 수도 있지만, Naturehood에서 제공하는 모바일 장비에 최적화된 웹사이트를 사용하여 자료를 수집한다. 참여자들에게는 중요한 식별 방법과 핵심 종 식별을 도와줄 ‘spotters guides’가 제공된다.

Naturehood는 전문가와 함께 걷고 대화하기와 같은 이벤트를 개최하기도 하고 온라인 야생생물 퀴즈를 통해 참여자들이 자신들의 지식을 테스트해 볼 수 있고 팀의 참여자들이 퀴즈에서 낮은 점수를 받는다면 교육을 받는 방법도 제공한다. 뿐만 아니라 다른 지역 그룹들과 함께 이벤트를 열기도 하고 사람들이 자신들의 정원과 창문에 Naturehood에 참여하고 있다는 것을 알릴 수 있는 스티커 등의 상품을 준비하고 있다. 상품을 통해 얼마나 많은 사람들이 등록하고 활동하고 있는지도 검토할 수 있을 것이다.

Naturehood는 정원 야생동물이나 시민과학을 검색할 때 잘 노출될 수 있도록 웹사이트를 관리한다. 소셜미디어 계정도 운영하며, 지역 신문이나 라디오 쇼에도 정기적으로 출현하여 홍보하고 있으며, Youtube 채널도 개설할 예정으로 온라인에서 다양한 방식으로 홍보를 하고 있다.

2) FreshWater Watch

FreshWater Watch(FWW)는 2012년에 시작된 세계 민물생태계의 건강성을 조사하는 세계적 규모의 시민과학 프로젝트로 질소, 인, 식생, 야생동물 유무, 오염원, 수위, 물 색깔, 조류 유무, 혼탁도 등을 변수를 주로 측정한다.

그룹 회원들이 FWW에 등록하면, FWW의 조사 방법을 이해하고 있는지를 확인하기 위해 교육 동영상과 보고 퀴즈에 통과해야 한다. 그 후 참여자는 지정된 지역에서 측정 구간을 담당할 프로젝트 책임자로 선정되어 현장에서 데이터를 올릴 수 있는 앱을 사용하는데 이 앱은 위치를 비롯한 측정 장소의 정보를 자동으로 기록한다. 모바일 앱 사용이 어려운 사람들을 위해 여전히 종이에 기록하고 웹사이트에 직접 업로드하거나 프로젝트 관리자에게 우편으로 발송하는 있는 방법도 유지하고 있다.

프로젝트 리더는 ‘교육자를 훈련하기’ 프로그램을 통해 직접 교육하거나 FWW를 잘 활용할 수 있도록 도와주며 그룹 회원들을 위해 이메일을 관리하며 주로 데이터를 이용하는 방법이나 관찰한 사실의 해석과 관련된 기술적인 지원을 한다.

자료 수집 방법은 단순하고, 반복가능하며 명확하게 구성되어 있다. 프로젝트 리더가 참여자들에게 측정 방법을 교육한다. 샘플링은 대체로 이전 프로젝트에서 수행되었던 방법과 동일하며, 과거 자료와 비교해서 일관성이 있는지를 체크한다. 취합된 자료들에 대한 오류 등을 체크하고, 모든 자료는 모든 사람들이 활용할 수 있도록 공개된다.

FreshWater Watch는 학교교육을 위해 교사와 학생용 교육 프로그램을 제공하고, WaterBlitz 등도 개최하고 있다.(<https://freshwaterwatch.thewaterhub.org/>)

3) Capturing Our Coast

3년 간 훈련 받은 3,000명의 시민과학자들이 rocky shores를 탐색하고 해양 생물종에 대한 정보를 모은 프로젝트이다. 8개의 파트너들의 협력을 통해 프로젝트의 목표, 식별 기술, 조사방법론들을 확정하여 프로젝트를 추진하였다. 각 파트너들은 시민과학자들이 식별 기술과 조사방법을 교육받을 수 있는 무료 교육 과정을 운영하여

조사기법과 결과의 품질을 높였다. 또한 ‘교육자를 훈련하기’(Train the Trainer)를 통해 해양보전 부문의 전문가를 키워내었다.

파트너들은 특정 수준의 과학적 지식이 요구되고 있다는 것을 인지했고, “교육자를 훈련하기” 과정에는 지역과 상관없이 공통의 과정을 만들기로 결정하였다. 투명한 소통 채널과 체계적인 일정으로 인해 파트너 기관들이 자신의 지역에서 잘 진행된 방식을 다른 지역에 알리고 서로 적용해보는 것이 가능해졌다. 파트너 기관들은 지역사회의 수요를 듣고 그 가운데 실행할 수 있는 새로운 작업들을 확인하면서 자신들의 접근을 참여자의 수요에 맞추어가려는 모습을 보여주었다. (<https://www.capturingourcoast.co.uk/>)

4) 벨기에 안트베르펜시의 CurieuzeNeuzen

폭스바겐 배기가스 조작 사건이 발생했을 때, 벨기에 안트베르펜(Antwerp) 시는 시민들이 도시 내 대기오염을 측정할 수 있는 CurieuzeNeuzen라는 시민과학 프로젝트를 도입했다. 시민들은 도로쪽 창문 바깥에 대기오염 측정장치를 매달고 질소산화물 농도를 측정했다. 시민과학 데이터는 지역 내 많은 지점의 대기오염 농도가 WHO 기준을 초과한다는 점을 보여주었다. 시민과학 프로젝트 이후 시민들은 자전거 이용 빈도를 높이고, 새로운 대기오염 정책(차량공유 시스템, 차량진입제한지역 등)에 관심을 보였다. (<https://curieuzeneuzen.be/>)

5) Galaxy Zoo

Galaxy Zoo는 자원활동가들이 은하계(Galaxies)를 분류하고 형태를 확인하는 작업을 하는 온라인 시민과학 프로젝트다. Raddick et al.(2013)은 갤럭시 주에 참여한 11,862명의 자원활동가에 대한 설문조사를 통해 이들이 참여한 동기가 천문학에 관심 있고(12.4%), 은하계를 관찰해 발견하고 싶어하는 등(10.4%) 과학과 연구에 기여하는 것이 가장 큰 동기(39.8%)라는 점을 확인했다. Galaxy Zoo 프로젝트는 이러한 동기를 반영하여 자원활동가들을 연구에 참여하는 동료로 인정고 이름을 명기하는 방식으로 프로젝트의 내용을 수정하고 있다. (<http://zoo1.galaxyzoo.org/>)

6) Farming Concrete

Farming Concrete는 뉴욕시 커뮤니티 가든에서 생산되는 작물 생산량을 측정하는 프로젝트로 2009년부터 시작되었다.

2009년부터 2012년까지 온라인 플랫폼을 통해 수확을 기록한 뉴욕시 정원사에게 약 200개의 무료 저울, 기록 보관 자료, 교육 및 맞춤형 보고서를 제공하였고 2012년 수확 보고서에 따르면 도시 전역의 정원사 106명의 데이터로부터 195가지 이상의 작물 품종이 생산되는 것을 확인하였다.

참여하기로 동의한 정원사들은 1~2가지 단계를 걸쳐 수확물의 무게를 재고 식물을 세어 자료를 모았고 자신들의 작물 생산량을 측정하는 것뿐만 아니라 다른 현장에도 참여하여 프로젝트의 많은 단계에 참여하였다. (<https://farmingconcrete.org/>)

7) 자연사박물관의 OPAL Bug Count Survey

OPAL Bug Count Survey는 도시화가 육지의 무척추동물에 미친 영향을 조사하는 프로그램이다. 이 조사는 광범위한 교육 자료와 지원 자원들을 활용하였다. 프로젝트가 제공한 식별 지침은 도시 내에서 무척추동물을 관찰할 수 있는 곳이 어디인지를 안내하는 포스터, 식별 쿼지, 파워포인트용 교육 자료 등을 포함한다. 그룹 지도자들을 위한 무료 자료와 학습지도용 커리큘럼 링크도 제공한다. 참여자들끼리 소통할 수 있는 소셜 미디어 플랫폼도 제공한다. 각 지원 도구들은 미리 수용자들을 통해 설계되고 테스트를 거쳤다. (<https://www.opalexplorenature.org/bugscount>)

3. 시민과학 프로젝트의 시사점 및 개선 과제

위에서 검토한 국내 사례들은 Haklay 등(2018)의 시민과학 유형 분류 중 대체로 장기 시민과학(생태계와 생물종)과 공동체 과학(참여적 센싱)에 해당한다.

국립생물자원관 K-BON, 국립공원공단 국민모니터링단, 서울특별시의 제비SOS, 경상남도 제비생태탐구프로젝트가 장기 시민과학(생태계와 생물종) 유형에 해당한다. 주로 학생들을 대상으로 시민과학자를 모집하고 짧은 교육프로그램과 생태관찰 프로그램을 운영한다.

해양수산부의 국가 해양쓰레기 모니터링, 국립수산원의 연안조사, 국립생태원의 시민 참여 생태계서비스 평가, 충청남도 로드킬 신고 시스템은 지역의 구체적인 문제를 진단하거나 해결하고자 하는 목적으로 도입되었다는 점에서 공동체 과학(참여적 센싱) 유형의 특징을 지닌다. 포괄적으로 시민과학자를 선정하는 것이 아니라, 해결하고자 하는 문제와 이해관계를 지니거나 관련성이 큰 사람들을 시민과학자로 활용한다는 점이 특징이다. 과학에 대한 관심도이나 흥미도가 낮은 시민들이 지속적으로 참여할 수 있는 동기를 부여하는 것이 중요하다. 해양수산부의 해양쓰레기 모니터링이나 국립수산원의 연안조사 결과는 정부나 지방자치단체의 정책 설계, 실행 및 정책 변화에 기여하면서 어민이나 어촌 주민들에게 직접적인 영향을 미친다. 반면 국립생태원의 시민참여형 생태계서비스 평가나 충청남도의 로드킬 신고 시스템은 아직까지 정책 설계, 집행, 변화와 관련이 없기에 참여한 지역주민이나 운전자들이 지속적이고 자발적으로 참여할 수 있는 충분한 동기가 되지 못한다. 환경교육과 연관된 프로그램으로 개발하거나 정책 개입과 연계시킬 방안을 찾아야 할 것으로 보인다.

〈표 3-6〉 국내 시민과학 프로젝트의 시사점

제목	유형	주요 내용	시사점
해양수산부 국가 해안쓰레기 모니터링	공동체 과학 (참여적 센싱)	<ul style="list-style-type: none"> · 해양관리법에 따라 해양쓰레기 정기 모니터링 · 해양환경공단이 주관, 중간위탁기관이 교육, 데이터 품질관리, 종합분석 수행 	<ul style="list-style-type: none"> · 중간위탁기관의 조사자 교육 및 데이터 관리 · 정부 해양쓰레기 정책 연계 및 정책 변화 유도
국립생물자원관 K-BON	장기 시민과학 (생태계와 생물종)	<ul style="list-style-type: none"> · 기후변화가 한반도 생물종에 미치는 영향과 변화에 대한 장기 모니터링 · 시민들이 쉽게 관찰할 수 있는 기후변화 민감종 선정 	<ul style="list-style-type: none"> · 네이처링 플랫폼과 연계하여 시민과학 참여 장벽을 낮춤 · K-BON 주니어 선발 및 운영을 통한 미래 시민과학자 양성
국립공원공단 국민모니터링단	장기 시민과학 (생태계와 생물종)	<ul style="list-style-type: none"> · 국립공원 생태계 변화 진단을 위해 북방산개구리 모니터링 · 시민과학자 관찰 내용을 SNS를 통해 연구진과 공유, 연구진이 분석 후 시민과학자와 공유 	<ul style="list-style-type: none"> · 시민과학자 양성을 위한 국민 모니터링단 운영 · 국립공원 지역사무소의 자원 활동가 및 환경단체와 협력하여 시민과학자에 대한 이론 및 실습 교육 진행
국립수산과학원 연안조사	공동체 과학 (참여적 센싱)	<ul style="list-style-type: none"> · 해파리 발생과 이동에 대한 모니터링 · 어업인이 해파리 신고앱을 이용해 정보 제공 	<ul style="list-style-type: none"> · 해파리로 인한 어업피해 방지 대책 연계 · 어업인의 직접 참여
국립생태원 시민참여 생태계서비스 평가	공동체 과학 (참여적 센싱)	<ul style="list-style-type: none"> · 지역 내 생태자산 발굴 및 생태계 서비스 평가 · 환경단체가 지역생태자산을 발굴하고 일반시민이 발굴된 지역생태자산을 평가 	<ul style="list-style-type: none"> · 시민참여형 생태계서비스 평가 방법론 개발 · 지역의 생태자산에 대한 인식 증대 효과
서울특별시 제비 SOS	장기 시민과학 (생태계와 생물종)	<ul style="list-style-type: none"> · 제비 도래 현황 파악 및 보호 방안 마련을 위한 데이터 구축 목표 · 시민과 청소년이 제비 서식현황을 모니터링하고 국립생물자원관이 분석 	<ul style="list-style-type: none"> · 제비 서식처 모니터링을 통한 시민 환경교육 · 연구기관이 모니터링 설계 및 분석 담당, 환경단체가 모니터링 진행 및 교육 시행, 앱개발자가 자체 앱 운영
경상남도 제비생태탐구프 로젝트	장기 시민과학 (생태계와 생물종)	<ul style="list-style-type: none"> · 2010년 경상남도 람사르환경재단이 체험환경교육 일환으로 제비생태탐구 프로젝트 시작 · 2015년부터 경남교육청의 학교 환경교육 일환으로 우포생태교육원이 주관하여 운영 	<ul style="list-style-type: none"> · 중고등학교 환경동아리가 참여하는 환경교육 특성화 사업의 일환으로 제비생태탐구프로젝트 운영 · 네이처링 앱 사용
충청남도 로드킬 신고 시스템	공동체 과학 (참여적 센싱)	<ul style="list-style-type: none"> · 민간통신업체의 네이게이션앱과 연동된 로드킬 신고 시스템 개발·운영 · 시민들은 앱을 통해 로드킬 신고, 해당 정보는 도로담당기관에 제공 	<ul style="list-style-type: none"> · 행정안전부의 ‘주민주도형 문제 해결’ 공모사업으로 시작 · 시민들은 정보 제공 외에 과학 활동을 수행하지는 않으나, 로드킬 신고 시스템의 개발 및 개선 작업에 기여

국외 시민과학 프로젝트 사례들은 Haklay 등(2018)의 시민과학 유형 분류 중 장기 시민과학(생태계와 생물종, 고고학과 천문학), 시민 사이버과학(인지적 능력 활용), 공동체 과학(참여적 센싱, 시민참여적 과학) 등 다양한 형태를 띤다.

외국에서도 국내와 마찬가지로 생태계와 생물종, 천문학 등의 분야에서 시민들의 관찰 자료를 활용하는 장기 시민과학이 주된 유형을 차지한다. Capturing Our Coast, OPAL Bug Count Survey가 이에 해당한다. 외국에서는 장기 시민과학에서도 생태계와 생물종 관찰에만 국한되는 것이 아니라 날씨, 천문학 등 다양한 분야에서 시민과학 프로젝트가 시행되고 있다. 오랜 전통을 지닌 만큼 시민과학 지원 도구들을 개발하여 제공하고 시민과학자들을 교육하거나 시민과학 프로그램을 운영하는 준전문가를 위한 교육프로그램(교육자를 훈련하기 프로그램)도 운영한다.

인터넷, IT 기술 등의 발달로 시민 사이버과학 유형도 많이 나타나고 있다. 인지적 능력을 활용하는 시민 사이버과학은 의학, 지질학, 천문학, 생물학 등 다양한 학문 영역에서 분석해야 할 다양한 데이터(이미지, 동영상, 음향자료 등)를 시민들의 인지적 관찰을 통해 분석해내도 하는 시민과학 방식이다. Galaxy Zoo 프로젝트를 시민 사이버과학의 대표적인 사례로 볼 수 있다. Galaxy Zoo 프로젝트를 설계한 연구자 그룹은 Zooniverse 플랫폼을 만들었다. 제안자(연구자)들이 제공한 프로젝트가 의미 있게 잘 설계되었는지, 개인들의 정보를 어떻게 보호할 것인지 등에 대한 검증이나 평가가 계속 이어져야 할 것이다. 또한 사례로 소개하지는 않았지만, 최근 국내·외 스마트 도시 프로젝트나 의료 분야에서 다수의 시민들이 개인 활동 정보를 제공하는 방식의 시민 사이버과학(패시브 센싱)도 많이 등장하고 있다. 패시브 센싱이 시민과학으로서 의의를 갖기 위해서는 참여자들이 연구의 설계나 분석 결과의 해석에 보다 적극적으로 개입할 수 있도록 보장하고 분석 결과와 정책 반영 등에 대한 피드백을 시민과학 프로젝트에 포함시킬 필요가 있다.

국내 사례와 마찬가지로 외국에서도 지역사회의 문제를 진단하고 해결하고자 하는 공동체 과학 유형의 시민과학이 많이 시도되고 있다. Naturehood, FreshWater Watch, CurieuzeNeuzen, Farming Concrete가 이에 해당한다. 대부분 특정 지역을 대상으로 진행되는 프로젝트이지만, FreshWater Watch처럼 전세계 하천에서 운영되는 프로젝트도 있다. 다만 FreshWater Watch는 전세계 하천의 건강성에 대한 연구가

아니라 개별 또는 특정 권역의 하천에 대한 건강성을 진단하고 이를 해당 지역의 정책에 반영시킬 수 있도록 지원하는 프로젝트라는 점에서 지역사회 수요를 반영한 시민 과학이라 볼 수 있다. Farming Concrete처럼 시민과학 프로젝트를 통해 공동체 활동에 적극적으로 참여하는 시민들을 발굴하거나 이들을 위한 참여의 장을 만드는 사례도 볼 수 있다. 국내 사례와 마찬가지로 이벤트, 온라인 퀴즈, 환경교육 프로그램 등 시민 과학자들의 지속적인 참여를 유도하기 위한 다양한 방법들이 시도되고 있다.

〈표 3-7〉 국외 시민과학 프로젝트의 시사점

제목	유형	주요 내용	시사점
Naturehood	공동체 과학 (참여적 센싱)	· 시민들이 지역 내 정원을 지도화하고 야생생물을 조사	· 주관기관이 이벤트, 온라인 퀴즈, 설문조사, 온라인 홍보 등을 진행 · 시민과학자들의 동기 부여를 위한 다양한 방법 추진
FreshWater Watch	공동체 과학 (참여적 센싱)	· 세계적인 하천 건강성 조사 프로젝트 · 질소, 인, 식생, 야생동물, 오염원, 수위, 물 색깔, 조류 유모, 혼탁도 등을 조사	· 지정된 지역과 구간을 담당하는 프로젝트 책임자 선정, 교육자를 훈련하기 프로그램 진행 · 시민과학 회원들은 등록 후 온라인 퀴즈를 통과해야 참여 가능 · 학교환경교육을 위한 교육프로그램 제공
Capturing Our Coast	장기 시민과학 (생태계와 생물종)	· 파트너 기관들을 통해 훈련받은 시민과학자들이 rock shores 탐색 및 해양생물종 모니터링	· 파트너 기관이 시민과학자를 위한 ‘교육자를 훈련하기 프로그램’ 운영하면서 전문가 육성 · 다른 지역의 파트너 기관과 교류·소통 프로그램 진행
CurieuzeNeuz en	공동체 과학 (참여적 센싱)	· 자동차 배기가스 조작 사건 대응을 위해 도시 내 대기오염 측정(시민들이 도로 측 창문 바깥에 측정장치 설치) · 지역 내 많은 지점들의 대기오염도가 기준 초과임을 밝힘	· 벨기에 안트베르펜 시에서 주도 · 시민들의 대기오염 정책 인지 및 수용성 증진
Galaxy Zoo	시민 사이버과학 (인지적 능력 활용)	· 자원활동가들이 은하계를 분류하고 형태 확인	· 참여 동기를 반영한 프로젝트 설계(동료 인정)
Farming Concrete	공동체 과학 (참여적 센싱)	· 뉴욕시 커뮤니티 가든의 작물 생산량 결정을 위한 프로젝트 · 프로젝트 주최자가 가드너들의 신청을 받아 자료 수집	· 지역사회 문제해결을 위해 당사자를 참여시킨 프로젝트 · 열정적인 가드너들이 다른 현장에 참여하는 동기 부여
OPAL Bug Count Survey	장기 시민과학 (생태계와 생물종)	· 자연사박물관리 진행하는 도시화가 육지의 무척추동물에 미친 영향 조사 프로그램	· 조사를 위한 식별 지침, 관찰 지점 안내 자료, 소통 플랫폼 등 다양한 지원도구 제공 · 지원도구들은 미리 사용자들을 통해 설계되고 테스트함

국의 사례와 비교해볼 때 국내 시민과학 프로젝트는 대부분 프로젝트 주관기관이 큰 틀을 짜고 있다. 보다 다양한 이해당사자가 참여하여 관심 영역, 예산 규모, 연속성 여부 등을 확인하여 맞춤형으로 설계하는 사례를 만들어 갈 필요가 있다.

이해당사자들이 왜 시민과학에 참여해야하는지를 설득하기 위해서는 이해당사자들이 관심을 가질만한 많은 편익들을 제시해주어야 한다. 정책담당자들에게는 대중이 과학에 참여함으로써 더 많은 정보와 수용성을 갖춘 사회를 만들 수 있다는 점이 중요할 수 있다. 지역공동체는 이슈들을 보다 잘 이해하고 문제 해결을 위한 실천에 도움이 된다는 점을 중요하게 여길 것이다. 민감한 이슈를 위한 증거 마련에 시민들이 참여하면 투명성을 높이고 정책 개발 과정에 참여를 높일 수 있다. 시간이나 재원이 부족한 과학자들은 시민과학 방법을 통해 시간과 예산을 줄일 수 있다는 기대를 할 수 있다. 이러한 잠재적인 편익들에 대해 실제 사례를 대상으로 한 정리가 필요할 것이다.

마찬가지로 이해당사자별로 프로젝트에 기여하는 방식은 동기에 따라 달라진다. 시민과학은 참여한 모든 이해당사자들이 편익을 얻어야 함을 중요하게 여기는데, 이를 위해서는 이들의 동기를 반영하여 목표와 활동 방식을 정해야 한다. 시민과학 프로젝트를 설계하기 전에 조사, 인터뷰, 설문 등을 통해 확인하는 작업이 필요하다. 이후에도 프로젝트에 참여한 자원자들의 동기와 프로젝트의 핵심 이해관계자들의 동기를 맞추려는 노력이 중요하다. 더불어 숙련과 학습 기회를 제공해야 한다. 현재 국내 시민과학 프로젝트들도 기관이나 전문연구자가 기획한 경우 모니터링 방법에 대한 교육이 이루어지는 경우가 많이 나타나고 있다. 더 적극적으로 참여하려고 하는 시민과학자에 대한 교육 및 훈련 프로그램도 적극 고려될 필요가 있다.

지역사회 문제를 해결하기 위해 정책결정에 개입하려면 정책 이슈의 목적이나 본질을 잘 파악해야 한다. 정부나 연구자가 특정 이슈를 다루는 연구에 대해 잠재적인 수요가 있다면 시민과학 프로젝트가 이를 다루겠다는 제안에 관심을 기울일 것이다. 지역사회의 잠재적인 문제와 시민과학으로 할 수 있는 연구와 정부나 연구기관의 현재 이슈를 잘 맞출 필요가 있다.

국내 프로젝트는 단순 기여형인 경우가 많아 참여자들은 자신들의 작업이 어떤 가치를 지니는지 확인하기 어려운 경우가 있다. 참여자들이 자신들의 작업이 가치 없다고 느끼면 참여를 도중에 중단하거나 다른 프로젝트에 더 이상 참여하지 않을 가능성이

커진다. 참여자들의 성과에 대해 인정하고 치하하는 과정이 프로젝트 설계에 우선적으로 담겨야 한다. 논문이나 보고서에 참여자들의 수고를 담는 것도 방법이다. 참여자들이 모은 자료가 다양하게 활용되고 있다는 점을 참여자들에게 보여줄 필요가 있다. 특히, 지역사회 주민들이 참여하는 공동체 시민과학의 경우 영향력 있는 결과물을 만들기가 쉽지 않을 수도 있다는 점에서, 프로젝트와 연관되어 성과를 인정하고 치하할 수 있는 방안들도 함께 준비될 필요가 있다. 충청남도 차원에서 시민과학 한마당이나 공모제도 등을 시행하는 것도 방법이 될 것이다.

제4장 국내·외 시민과학 플랫폼 사례

위에서는 개별 시민과학 프로젝트 사례와 개선 과제를 중심으로 살펴보았다. 하지만 시민과학 활성화를 위해서는 개별 시민과학 프로젝트 차원의 과제뿐만 아니라 시민과학 전반을 지원하기 위한 노력도 필요하다. 고재경(2019)은 시민과학에 대한 종합적인 비전과 전략 수립, 시민과학 활용 및 지원에 관한 법률 제정, 시민과학 인식확산 및 역량 강화를 위한 시범 프로그램 운영, 시민과학 플랫폼 및 기술 인프라 구축, 과학자 참여 확대를 위한 시민과학 연구개발 지원 및 인센티브 등의 과제를 제안한 바 있다. 여기서는 고재경(2019)의 정책 제언 중 시민과학 플랫폼과 기술 인프라 구축에 초점을 맞추어 국내·외 사례를 정리한다. 시민과학 플랫폼과 기술 인프라 자체만이 아니라 이를 개발하는 주체와 목적과 기능 등을 종합적으로 살펴볼 필요가 있다. 국외 시민과학 플랫폼 사례에 비추어 국내 및 충남의 시민과학 플랫폼 개발을 위한 시사점을 도출하도록 한다.

1. 국내 사례

1) 과학창의재단 (우리동네 과학클럽)

과학기술정보통신부와 한국과학창의재단은 전 국민의 창의적인 아이디어를 발굴하여 실현할 수 있는 기회를 제공하고, 과학창작문화 확산을 위해 복원기금과 과학기술진흥기금을 재원으로 2016년부터 우리동네 과학클럽 사업을 추진하고 있다. 첫해에는 전 국민이 참여할 수 있는 과학문화콘텐츠 생성에 초점을 맞추었고, 2017년에는 이를 시민참여형 사업으로 확대하고 지역사회 문제를 해결하는 ‘사회문제 해결형 우리동네 과학클럽 시범사업’을 도입하였다. 2018년에는 지역사회 문제해결형 시민참여 활동 중심으로 공모사업을 운영하여 환경, 보건·의료, 주거·교통, 에너지,

재난재해·생활안전 등 10개 과제를 선정하였고, 활동 수행의 모든 단계에서 시민과 학단의 참여를 장려하였다. 사업 운영 기관은 시민과학단 역량 강화를 위해 사업에 필요한 과학기술에 대한 이해와 활용을 위한 교육 프로그램을 제공하였다. 최근에는 사업 신청 자격에서 대학을 제외하여 시민 주도 프로젝트로 운영하되, 시민들이 연구 활동을 할 때 대학과 연계하여 전문가의 지원을 받는 방안을 준비하고 있고 향후 17개 시·도에 시민커뮤니케이션 거점 센터를 마련할 계획이다.

2) 숲과나눔의 시민과학풀씨 프로젝트

‘재단법인 숲과 나눔’은 2018년 설립되었으며 환경, 안전, 보건 분야의 인재 양성, 국가 사회적 난제의 대안 개발과 실천, 사회 각 구성체 사이의 소통과 협력 등을 주요 사업으로 진행하고 있다.

숲과나눔의 지원 사업은 아이디어 공모 사업인 풀씨(소규모 창작 아이디어 지원), 스타트업 사회운동 지원 사업인 풀꽃(잠재력 있는 과제 발굴 및 사업비 지원), 챌린지 사회운동 지원 사업인 풀숲(사회 혁신 과제 발굴 및 사업비 지원)으로 구성되어 있다. 이밖에 장학·연구 지원(석박사과정 장학금 지원, 특정 주제 연구자 육성, 박사후펠로우십 지원, 개발도상국 인재발굴 및 지원)도 진행한다.

2020년부터는 시민과학 지원사업으로서 ‘시민과학풀씨’ 프로젝트가 새롭게 추가되었다. 이 프로젝트는 환경·생태 분야 연구자들이 시민과 함께 연구하여 성과를 도출해내는 연구 프로젝트를 지원하는 사업이다. 시민과학을 진행하고자 하는 20세 이상 환경·생태 분야 연구자 개인 또는 5명 이내 팀의 공모를 통해 팀당 최대 300만원까지의 연구비를 지원한다. 선정된 연구팀의 시민과학 연구 프로젝트에 참여하는 시민은 어린이과학동아 ‘지구사랑탐사대’ 8기 회원으로, 연구 참여 시민의 모집/선발/관리/연구자와의 연결은 동아사이언스 측에서 담당한다. 연구자들은 연구계획서 작성 시 가족 단위로 구성된 약 50여명의 시민들이 연구나 현장 조사에 직접 참여할 수 있도록 해야 하고, 시민들의 대상으로 기초강연을 1회 진행하고, 기초강연 이후 연구기간 중 시민들을 대상으로 현장 교육을 2회 이상 진행해야 한다. 연구는 6월부터 11월까지 6개월 동안 이루어진다.

〈표 4-1〉 숲과 나눔 ‘시민과학폴씨’ 1기 시민과학 프로젝트

팀명	연구제목	연구자	연구 내용
몰갱	도마뱀붙이, 넌 어디서 왔니?	부경대 생태공학과 1학년 4명, 서울대 통계학과 1학년 1명	국내 도마뱀붙이의 자생종인지, 자생종과 외래종의 공생인지, 외래종의 적응인지 추측
별빛을 품은 도시	빛공해 인식개선을 위한 별이 빛나는 Eco-City 프로젝트	국민대 산림환경시스템학과 5명	매미와 별자리(별밀도 등급)를 이용한 빛공해 측정
시티벳	시민과 함께하는 박쥐 초음파 조사	개인 1명 (자문단 7명)	박쥐 초음파 조사 사업의 지속가능성 시험
버들치 탐사대	시민과학을 이용한 어류 서식현황 파악하기	개인 2명	버들치의 분포 확인 및 GIS 분석을 통한 서식지 적합성 평가
SPIDEY	장마철 습지 범람에 따른 거미의 종다양성 변화에 관한 연구	공주대 생명과학부 5명	습지 범람 전·후 거미의 종다양성 변화 관찰
봄비	인간의 활동에 의한 무당개구리의 기형정도 조사	목포대 생명과학과 5명	무당개구리의 서식지 탐색, 채집 후 기형 정도 측정
한국야생동물유전자원은행	도시화에 의한 고리도롱뇽의 집단유전학적 변화	서울대 수의과대학 연구팀 2명	고리도롱뇽을 통해 도시화에 따른 유전적 다양성의 영향 여부 확인
나비효과	기후변화지표종 나비의 모니터링을 통한 한반도 기후변화 추이 분석	개인 2명	기후변화지표종 나비 7종에 대한 현장 모니터링 및 전국 분포현황 파악
제비	사람과 함께 살아가는 동물, 제비의 전국 분포 및 번식지 특성 연구	개인 1명(환경교육단체)	제비의 전국 분포, 번식지 환경의 특성 연구
도시의 개미	도시의 개미	강원대 응용생물학과 1명	도심지 근처 개미 군락에서 온도별 개미의 행동 변화 관찰

자료: 숲과나눔 홈페이지 공개 내용 재정리(<https://koreashe.org/act/>)

3) 네이처링

네이처링주식회사는 자연생태교육과 시민과학프로젝트를 기획하고 온오프라인으로 지원하는 기업이다. 네이처링주식회사는 “자연을 기록하는 것만으로도 회원 모두가 시민과학자로서 생태계 보전에 기여할 수 있도록 다양한 시민과학 프로젝트를 지원하고 진행”하겠다는 목표를 밝히고 있다. 이를 위해 시민들이 자연관찰 결과를 기록하고 검색하며 자연관찰 활동의 경험을 공유하는 온라인 플랫폼인 ‘네이처링’을 개발하여 서비스하고 있다.

시민들은 회원으로 가입하여 관찰한 생물의 사진, 동영상, 소리 등과 이름을 올릴 수 있으며 학명, 위치, 고도, 날씨, 시각 등의 관찰정보, 국가공식 생물정보를 포함한 생태

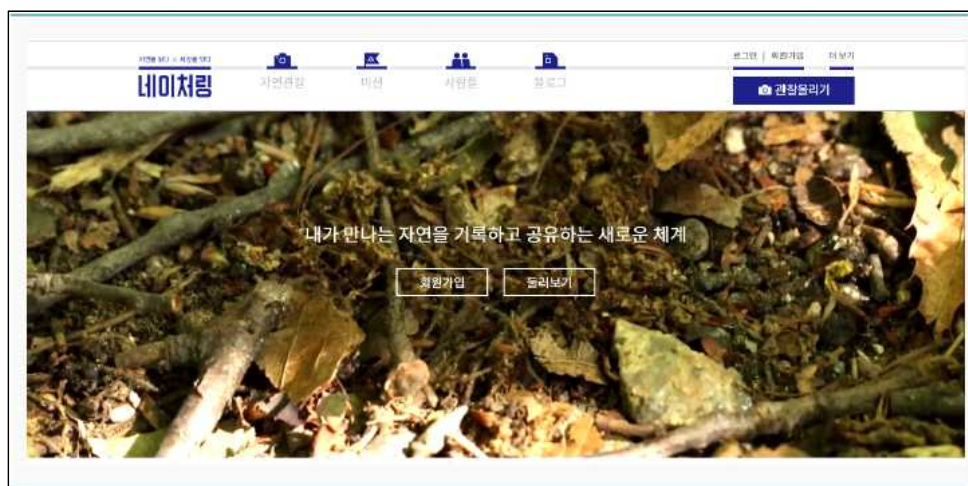
정보, 유사한 다른 생물의 관찰정보, 주변의 다른 관찰정보, 이 관찰이 속한 미션의 정보 등을 확인할 수 있다. 다른 시민들이 올린 자료에 대해 댓글달기, 이름제안, 이름추천, 공감표현, 스크랩, 공유 등의 활동을 함으로써 정보를 나누고 소통도 할 수 있다. 또한 시민들은 자신의 관찰 기록을 다양한 방법으로 분류, 검색, 확인, 관리할 수 있으며 관찰 결과를 통계로 확인할 수도 있다.

네이처링에서는 다양한 미션을 개설할 수 있는데 우리 동네 밤곤충 관찰, 학교 생태지도 만들기, 지역 생물다양성탐사, 기후변화에 따른 개화시기 변화 기록, 멸종위기종 분포 파악 연구 등 다양한 미션들이 개설되었다. 시민들은 직접 새로운 미션을 제안하거나 다른 사람이 제안한 미션에 참여할 수 있다. 네이처링에 기록된 자연관찰 정보들은 생태정보를 담은 지도에 표시된다. 수집된 정보들을 바탕으로 주제별 책자가 만들어지기도 하였다.

네이처링은 자연관찰 기록, 검색, 미션 개설 및 참여뿐만 아니라 블로그를 통해 현재 진행 중인 미션들에 대한 설명 및 현황을 공유하고, 자연관찰의 결과물이 어떻게 활용되고 있는지도 확인할 수 있도록 제공하고 있다.

또한 K-BON의 기후변화생물지표 식물 모니터링, 우포생태분원의 제비생태탐구프로젝트, 저어새네트워크, 꽃자왈사람들, 지자체 바이오블리츠, 숲과나눔 시민과학폴씨, 초·중·고등학교 동아리 등 다양한 기관과 단체들이 네이처링을 시민과학 플랫폼으로 활용하고 있다.

〈그림 4-1〉 네이처링 온라인 플랫폼



자료: <https://www.naturing.net/landing>

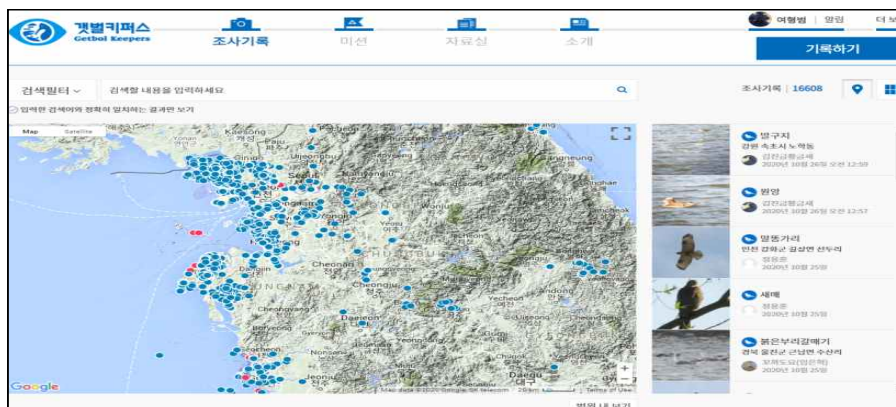
4) 생태지평연구소의 갯벌키퍼스

해양보호구역(해양생태계보호구역, 해양생물보호구역, 해양경관보호구역, 연안습지보호지역 등)에 대한 시민모니터링은 2006년부터 시작되었지만 시민모니터링 조사방법론이 정립되지 않아 보호구역별로 모니터링 항목과 조사방법 등이 달랐고 그로 인해 비교 분석이 어렵고 조사된 자료도 공유되지 않았으며 생산된 데이터도 과학적인 신뢰를 얻기 어려웠다. 시민조사자들의 참여도 매우 형식적으로 이루어지는 경우가 많았다.

이런 문제에 대해 생태지평은 2011년부터 모니터링 장비 및 시민조사자의 전문성, 데이터의 표준화 및 취합 필요성 등을 문제 제기하면서, 해양환경관리공단이 지원한 ‘해양보호구역 시민모니터링 표준화 연구(2015)’와 표준안 적용 시범 사업을 통해 갯벌 시민모니터링을 체계화하기 위한 노력을 진행했다.

또한 생태지평은 갯벌 시민모니터링 결과를 축적하고 공유할 수 있는 온라인 플랫폼을 개발하여 지속적이고 과학적인 모니터링 체계를 구축하고자 하였고 2016년 구글에서 시행한 ‘구글 임팩트 챌린지 코리아(Google Impact Challenge Korea)’대회에 참여하여 우승 상금으로 모니터링 플랫폼 구축을 위한 기반을 다질 수 있었다. 이듬해 전문가 자문단을 구성하여 갯벌 시민모니터링 온라인 플랫폼 개발 관련 자문을 진행하였고, 전문가 회의를 통해 적용 방안을 논의하고 개발 방향을 확정하였다. 2018년부터 갯벌 시민모니터링 플랫폼(앱, 웹시스템)인 ‘갯벌키퍼스’를 런칭하여 운영하고 있다.

〈그림 4-2〉 갯벌키퍼스 온라인 플랫폼



자료: <https://www.getbolkeepers.org/>

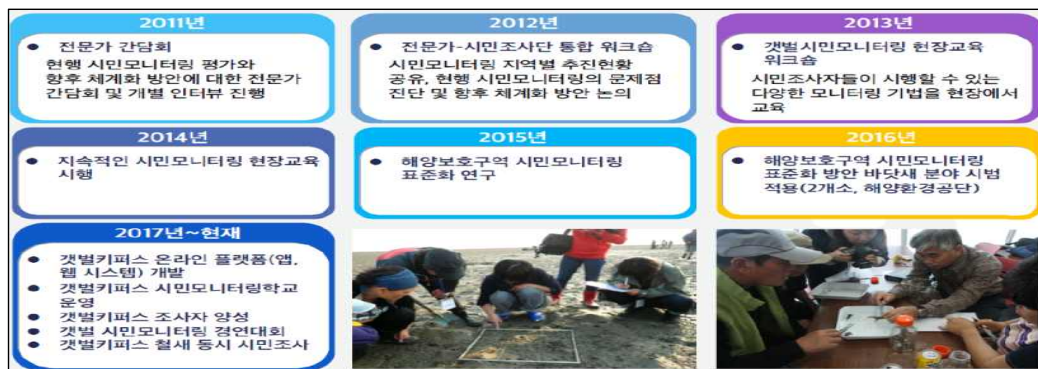
전국의 해양보호구역(습지보호지역, 해양생태계보호구역)과 지역해양보호구역센터를 중심으로 매월 ‘갯벌키퍼스’ 플랫폼을 활용하여 갯벌 시민조사단은 본인이 거주하거나 활동하는 지역의 인근 해양보호구역 및 그 외 갯벌지역을 모니터링한다.

갯벌키퍼스 시민조사단은 해양보호구역 인근 거주 주민, 갯벌생태안내인 및 기존 갯벌 시민모니터링 조사자, 갯벌 보전에 관심 있는 자, 최소 1년 이상 시민모니터링 가능한 자, 스마트폰 사용이 가능한 자 등을 기준으로 모집된다. 시민모니터링을 위한 기본교육에 필수로 참가해야 하며 2018년 기준 전국 20개 지역에 105명이 모집되었고 점차 확장되고 있다.

조사자는 현장에서 갯벌키퍼스 앱을 활용하여 사진, 분류체계에 따른 생태정보, 조사 위치, 고도, 날씨 등을 기록하고 모니터링 결과를 앱과 웹사이트에 업로드 한다. 모니터링 결과는 현재 생태지평과 네이처링을 통해 일차적으로 스크린 과정을 거친다.

또한 갯벌키퍼스는 민간 차원에서 전국적인 장거리 이동 철새의 동시조사도 실시하였다. 20개 지역에서 113명의 조사자가 참여하였으며, 충남에서는 서산태안환경교육센터가 가로림만, 한국물새네트워크가 간월호 일원, 서천조류생태전시관과 새만금시민생태조사단이 서천 솔리, 금강하구, 유부도 모니터링에 참여하였다. 갯벌키퍼스는 결과보고서를 통해 정부 차원의 동시조사뿐만 아니라 민간 차원에서의 동시조사가 가능하다는 점을 강조하면서, 정책적 연계를 위해서는 다양한 지역에서 정기 혹은 비정기적 모니터링을 진행하고 있는 그룹들이 단일한 조사체계와 방법론, 조사결과의 취합과 공유가 필요하다는 점을 강조하였다(생태지평·갯벌키퍼스, 2019).

〈그림 4-3〉 생태지평의 갯벌 시민모니터링 체계화 추진과정



자료: 이이자희(2019), 고재경(2019), 104쪽에서 재인용

5) 동아사이언스 (지구사랑탐사대)⁹⁾

어린이과학동아는 어린이들이 과학자와 함께 탐사하고 연구에 직접 참여할 수 있는 방안을 지속적으로 모색하였고, 멸종위기종 연구를 하는 이화여대 에코과학부 장이권 교수를 돕는 것을 시작으로 생태과학자와 구독자를 이어주는 플랫폼을 고안하게 되었다. 2012년 80명이 참여한 ‘수원청개구리탐사대’를 시작으로 2013년 지구사랑탐사대가 본격적으로 출범하였다. 생태과학자와 가족단위 탐사대원이 함께 생태탐사를 하고, 탐사대원들이 기록한 관찰 자료는 과학자의 연구에 실제 쓰이게 된다.

어린이과학동아는 자체 예산으로 지구탐사사랑대를 운영하고 있으며 이화여자대학교 에코과학부 장이권 교수 및 연구진들이 탐사활동 및 연구에 참여하고 있다. 이 외 국립수목원, 국립백두대간수목원, 농촌진흥청, 국립생태원, 내수면연구소 등 관련 기관에서 탐사와 연구에 도움을 주고 있다.

매년 1월 지구사랑탐사대원을 모집하고 정해진 날짜에 탐사대원, 연구자, 어린이과학동아 기자가 정해진 지역에서 만나 탐사활동을 함께 한다. 현장교육에서 탐사한 내용에 대한 심화교육 프로그램도 별도로 진행하고 있다. 탐사 전에는 참여자 사전교육을 통해 연구자들이 필요로 하는 데이터 및 측정 방법을 숙지하도록 하며, 탐사 미션별 탐사 기록방법에 대한 가이드북을 제공하고 있다. 연구자와 대학생들은 현장교육에서 탐사방법을 알려 주고 탐사 현장에서 대원들을 적극적으로 도와주는 역할을 한다. 현장에서는 자체 개발한 스마트폰 앱(어린이과학동아 앱)을 이용해 탐사기록을 하게 된다. 탐사기록은 어린이과학동아 앱 및 웹사이트에 공유되며 월별, 지역별 탐사 통계와 탐사 현황지도를 실시간으로 공개하고 당월 우수대원 및 탐사 랭킹을 보여줌으로서 참여를 촉진하고 있다.

지구사랑탐사대는 2013년 300명으로 시작해 2019년에는 2,521명까지 확대되었다. 여기에는 언론 기관이 홍보 및 피드백 활동을 도와주고 온라인 커뮤니티 활동이 활성화 되어 있었다는 점도 기여를 했다. 주체별 참여 동기에 맞추어 수준별 다양한 탐사 프로그램을 운영하고, 정기 강좌 개설이나 수료증 부여 등 지속적인 동기를 부여할 수 있게 노력하고 있다.

9) 동아사이언스(2018) ‘2018 지구사랑탐사대 탐사 가이드북’ 참고.

데이터 활용 측면에서, 탐사대원이 기록한 자료는 연구진의 검증과정을 거쳐 연구화 활용되기도 한다. 수원청개구리 관련 데이터는 2013 석사학위 논문에 사용되었고, 2014년 국제학술지(Ecological informatics) 논문에 사용되기도 하였다. 이는 연구자들이 필요한 데이터와 측정 방법에 대해 사전 논의를 통해 지구사랑탐사대 프로젝트를 설계 하였기 때문이다.

〈그림 4-4〉 어린이과학동아 지구사랑탐사대 온라인 플랫폼



자료: <http://kids.dongascience.com/earth>

〈그림 4-5〉 어린이과학동아 지구사랑탐사대 연간 프로그램



자료: <http://kids.dongascience.com/earth>

6) 동아시아 바다공동체 오션

동아시아 바다공동체 오션은 2009년에 설립된 비영리 사단법인(해양수산부 등록)으로 해양환경을 보호하기 위한 조사와 연구, 교육 홍보, 정책 개발, 국제 협력 등을 위해 설립되었다. 오션은 해양환경 중에서도 특히 해양쓰레기 문제 해결에 집중하고 있으며 시민단체이면서 조사·연구 활동을 수행하는 민간 연구소임을 강조하고 있다.

〈그림 4-6〉 동아시아 바다공동체 오션의 설립 목적



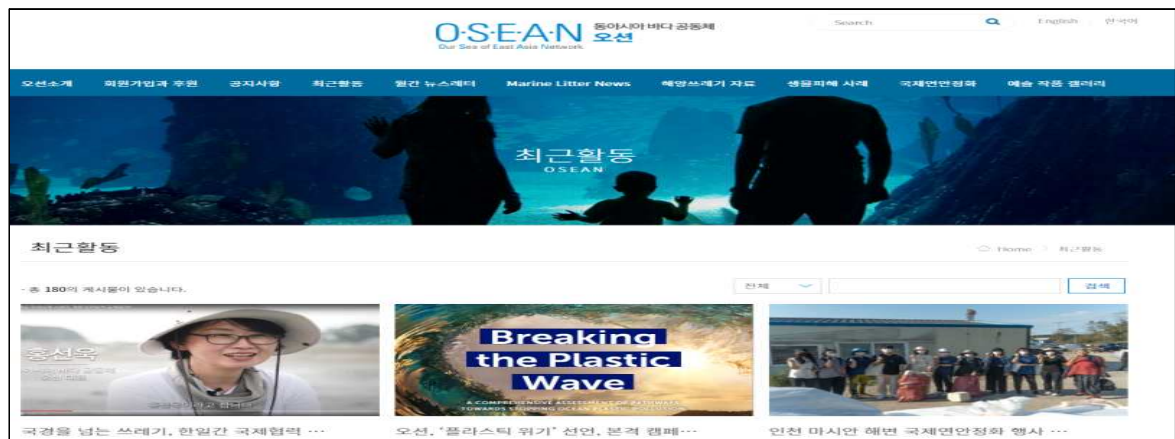
자료: <http://www.osean.net/about/about.php>

오션은 해양환경공단의 위탁을 받아 해안쓰레기 모니터링 사업의 플랫폼 역할을 하고 있다. 오션은 조사 정점마다 약 500만원의 예산을 지원하며 지역의 단체 책임자를 대상으로 전체 혹은 권역별로 1~3회/년의 워크숍을 개최하여 현장준비, 조사방법과 카드기록, 결과보고 등의 과정을 숙지하도록 역량을 배양한다. 지역책임자가 시민들이 기록한 조사카드와 사진을 같이 올리고 데이터를 시스템에 입력하며, 오션에서 쓰레기 부피와 무게 등의 데이터를 확인한다. 오션은 시민과학 데이터의 일관성 유지를 위해

품질관리를 강화하고 발생한 오류에 대해서는 해당 단체들에게 피드백을 하고 있다. 해양수산부는 2012년에 구축한 해양쓰레기통합정보시스템에 올려진 시민 모니터링 자료를 언론, 정부, 개인 연구자, 시민 등에 공개하여 활용토록 하고 있으며, 오션은 시민들의 질문에 대답하고 데이터의 해석과 이해를 돕는 활동을 하고 있다.

이처럼 오션은 설립 초기부터 ‘정책의 결정과 실행 과정에서의 시민참여 및 과학 연구자의 참여 증진’이라는 시민과학 플랫폼으로서의 역할을 전략계획에 포함하였으며, 해양쓰레기 문제 해결 과정에서 지역주민의 토착 지식, 시민의 집단지성을 최대한 활용하는 것을 지향하고 있다. 오션은 시민과학 데이터의 품질을 향상시킬 필요성을 인지하여 매뉴얼의 사전 설계, 교육, 데이터 입력 오류 수정 등에 집중하였다. 또한 연구를 통해 신속평가(rapid assessment) 방법을 도입하여 대규모 데이터를 확보하고자 하였으며, 시민과학 방식으로 조사가 가능한 미세플라스틱 대상을 선정하여 시민과학프로그램을 시작하기도 하였다. 오션의 사례는 시민과학 프로젝트가 과학적 자료 생산뿐만 아니라 정책적 함의 도출을 염두에 두고 설계되어야 하며, 장기간 안정적으로 시민과학 프로젝트를 실행할 수 있는 제도적 방안(재원 등)이 마련되어야 한다는 점을 보여준다.

〈그림 4-7〉 동아시아 바다공동체 오션 온라인 플랫폼



자료: <http://www.osean.net/bdlist/activity.php>

2. 국외 사례

1) Doing It Together Science(DITOs)

DITOs는 2014년에 시작되었으며 대중들과 정책가들의 시민과학 인지도를 높이는 것을 목적으로 한다. 유럽 전체에서 다양한 규모와 주제로 500건이 넘는 이벤트, 워크숍, 활동들을 주최하였고, DITOs 파트너들은 유럽 내 여러 국가들의 조직들로 구성되었기 때문에 인식, 기술, 언어, 잠재적 참여자에 대한 접근성 등에서 다양한 의견을 다룰 수 있었다. DITOs는 다양한 청중, 이해관계, 기술수준 등을 고려하여 지역 여건에 따라 효과를 높일 수 있는 다양한 기술과 접근을 채택하였다.

DITOs는 직접적으로 참여자들이 그들의 이해관계, 필요, 기술, 사용가능한 시간 등에 맞춘 활동들에 참여할 것을 요구하였다. 다양한 언어를 쓰는 참여자들을 위해 발표 자료 등은 미리 준비하여 7가지 언어로 번역하여 제공하였다. 최종 결과 발표 시에는 이러한 과정들에서 참여자들이 기여한 바를 충분히 보여주는 프리젠테이션을 준비하였다.

2) 독일의 시민과학 역량 강화를 위한 플랫폼 GEWISS

GEWISS는 독일 연방교육연구부에서 지원한 시민과학 역량 강화 프로젝트로 다양한 분야의 시민, 연구자, 시민사회조직, 과학기관 등이 모여 시민과학 커뮤니티 네트워크를 구축하고 시민과학 수요를 평가하는 역할을 담당했다. 시민과학 대화 워크숍, 온라인 플랫폼 개발과 운영(Bürger schaffen Wissen), 툴킷(Toolkit)과 자원 생산 등을 주요 활동으로 추진하였다.

〈표 4-2〉 GEWISS 플랫폼 주요내용

구분	주요 내용
시민과학 대화 워크숍	<p>대화 워크숍을 통해 6가지의 주제에 대해 토론</p> <ul style="list-style-type: none"> · 독일 시민과학을 위한 자금조달 구조 · 시민과학과 시민사회 · 자연과학 이외의 시민과학 · 시민과학과 참여 · 데이터 품질 및 관리 · 보호구역에서의 시민과학
온라인 플랫폼 운영	<p>온라인 플랫폼에서 시민과학에 대한 정보 공유</p> <p>프로젝트 게시 및 시민 참여 유도</p> <p>시민참여 프로젝트 홍보</p> <p>참여자 간 네트워크 구축</p>
툴킷과 자원 생산	<p>시민과학을 활용할 수 있는 연구</p> <p>시민과학 프로젝트에서의 협력</p> <p>데이터 품질 보장 및 중요 자원 확보 방법</p> <p>GEWISS 결과에 기반한 툴킷 개발</p> <p>독일의 성공적 시민과학 프로젝트 분석</p> <p>교육을 위한 동영상 개발</p> <p>잠재적 프로젝트 참여자 지원</p>

자료: GEWISS 홈페이지(www.buergerschaffemwissen.de); 고재경(2019), 153쪽에서 재인용

GEWISS 프로젝트는 최종적으로 ‘독일 시민과학 전략 2020(Citizen Science Strategy 2020 for Germany)’을 수립하였다. 350개 이상의 조직에서 700명이 넘는 사람들이 참가한 10번의 워크숍을 거쳐 핵심 전략을 개발하고 온라인상에서 400개 이상의 의견을 취합해 담았다. 2016년 3월 독일연방교육연구부는 이 전략을 발표하고 같은 해 시민과학 프로젝트를 위한 기금 계획을 만들었다. 이를 바탕으로 300개 이상의 시민과학 프로젝트가 제안되었다.

〈그림 4-8〉 2020 독일 시민과학 비전 및 전략

6가지 비전		
<ul style="list-style-type: none"> · 사회적, 과학적 토론의 필수적인 부분으로 과학, 사회, 정치 영역에서 다양한 참여 방식 인정 · 과학기관 관련성과 상관없이 사회 관련 질문을 결정하고 표명하기 위한 사회 참여 형태 · 공식·비공식적 학습, 연구 과정 및 과학에의 적극적 참여 등으로 시민 삶의 중요한 부분 차지 · 과학 기반 접근법, 통합적·참여적인 연구 방법, 광범위한 지식 영역과 참여 기회를 통한 시민 과학의 잠재력 촉발 · 시민 참여를 통한 지식 생산, 생산된 지식의 품질 보장, 정책 지원을 통한 과학과 사회의 상호 작용, 지식의 보급 · 데이터 보호 규정을 준수하는 신뢰할 수 있는 웹 기반 참여 인프라를 통한 지식 생산 및 교환·협력 		
10가지 전략		
1. 기존 구조 강화	<ul style="list-style-type: none"> · 네트워크 구축 및 교환·교류 강화 · 펀딩 기구 설립 및 확대 · 시민과학 훈련 및 자원봉사자 관리 강화 · 과학 커뮤니케이션을 통한 시너지 개발 	
2. 새로운 구조 개발	<ul style="list-style-type: none"> · 사회, 과학, 정치 분야에서 가치 있는 시민 과학 문화 창출 · 데이터 품질 보장 및 관리 구조 개발 · 합법적이고 윤리적인 프레임워크 조건 	
3. 시민과학을 기존 개념과 통합	<ul style="list-style-type: none"> · 과학적 과정으로 통합 · 지속가능발전을 위한 교육과의 통합 · 정책결정과정에 시민과학의 결과 통합 	

자료: Bonn et al.(2016); 고재경(2019), 154쪽에서 재인용

3) 유럽시민과학협회(European Citizen Science Association, ESCA)

유럽시민과학협회는 유럽 시민과학의 확산을 위해 조직된 비영리협회로 2012년 시작된 소사이언타이즈(Socientize)의 활동을 기초로 설립되었다. 소사이언타이즈는 유럽위원회가 시민과학 인식 확산을 위해 스페인, 포르투갈, 오스트리아, 브라질의 기관 및 사라고사 대학과 협력하여 시작한 프로젝트로 시민과학 관련 다양한 주체들의 협력과 상호작용을 촉진하는 것을 목적으로 하였다. 시민들이 디지털 톨을 이용하여 암세포 이미지화, 독감발생 지도, 집단 음악 창작 등 다양한 프로젝트에 참여하였고 유튜브, 화상회의 등을 통해 시민과학에 대한 토론의 장을 만들기도 하였다. 이런 실험과 토론을 바탕으로 ‘시민과학녹서’를 만들었으며, 현재 프로젝트는 종료된 상태다.

유럽시민과학협회는 2013년 EU 녹색 주간(EU GreenWeek)에 시민과학에 관심 있는 시민교육자들의 비공식 네트워크로 시작하여 공식적인 유럽 시민과학 활동의 네트워크로 발전하였다. 현재 유럽 내 14개 국가의 14개 콘소시엄 파트너와 9개 기관들이 참여하고 있다. 유럽 ‘호라이즌 2020’ 프로젝트 활동을 통해 시민과학 그룹들 사이의 소통 기회를 제공하고 시민과학의 원칙을 개발하고자 하였다. 현재 ‘유럽 시민과학 10대 원칙 (10 Principles of Citizen Science)’이라는 이름으로, 다양한 언어로 번역되어 공유되고 있다.

유럽시민과학협회는 지역사회에 의한, 지역사회를 위한 시민과학을 위해 지식, 도구, 교육, 자원을 공유하는 온라인 플랫폼(EU-CITIZEN.SCIENCE)을 만들었다. 모든 과학 분야에서 시민참여 연구가 영향력을 가질 수 있도록 시민과학을 주류화하기 위한 지식 허브 역할을 수행한다. 이 플랫폼은 시민과학 실천가들이 사용할 수 있는 자료, 시민과학 활동을 통해 대중들이 연구에 개입하고 있는 프로젝트, 시민과학 실행을 위해 필요한 교육·훈련 자료와 도구, 시민과학 프로젝트와 연구를 수행하는 조직들, 이벤트 일정, 질문·대답과 토론을 할 수 있는 포럼 등을 제공한다. 원한다면 온라인 플랫폼 사용자들이 가지고 있는 정보를 플랫폼 운영자를 통해 올릴 수도 있다.

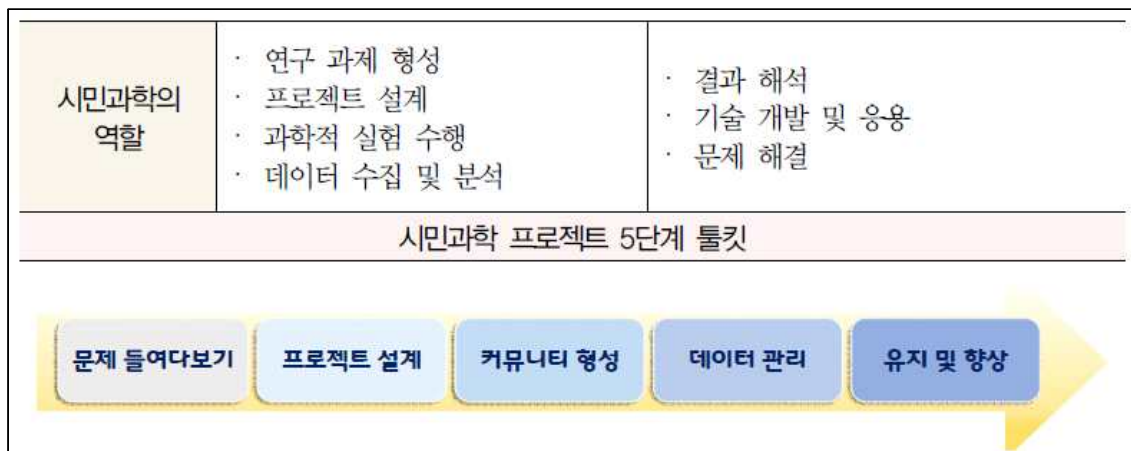
4) 미국 연방조달청의 Citizenscience.gov

미국은 몇 년 간의 논의 끝에 2017년 1월 ‘미국 혁신 및 경쟁력법’(The American Innovation and Competitiveness Act, Public Law 11-329)을 제정하고, 402조 (Section)에 ‘크라우드소싱과 시민과학법’(Crowdsourcing and Citizen Science Act)을 담았다. 법에 따라 총괄부처인 연방조달청(General Services Administration)은 연방정부 각 기관이 크라우드소싱 및 시민과학 프로젝트를 적극적으로 활용하도록 프로젝트 수행 능력 향상을 위한 기술, 플랫폼, 훈련 및 서비스 등을 개발해야 했다. 이를 위해 미국 연방조달청은 우드로윌슨센터와 함께 온라인 플랫폼 Citizenscience.gov를 개발하였다.

웹사이트에는 전국에서 진행 중인 시민과학 프로젝트를 게시하고, 25개 이상의 연방 기관들이 개발한 툴킷을 공개했다. 툴킷은 크라우드소싱 및 시민과학 프로젝트를 기획,

설계, 수행하는데 필요한 단계별 가이드를 제공하고 사례 연구를 통해 성공사례와 프로젝트 모델을 참고해 참여자의 프로젝트 기획을 돕고 관련 정보를 볼 수 있는 전자 도서관을 운영한다. 현재 25개 기관의 540개 이상의 시민과학 프로젝트가 등록되어 있다. 이 중 국립공원관리청(NPS)이 170개로 가장 많은 프로젝트를 진행하고 있으며, 국립 과학재단(NSF)은 77개, 해양대기청(NOAA)은 49개의 프로젝트를 추진하고 있다. 법이 시행된 2017년부터 2018년까지 연방정부 기관들이 보고한 클라우드소싱 및 시민과학 프로젝트는 86개이다. (고재경, 2019; 147)

〈그림 4-9〉 citizenscience.gov의 시민과학 프로젝트 툴킷



자료: 고재경(2019), 147쪽

5) 영국 환경관찰 프레임워크(Environmental Observation Framework)

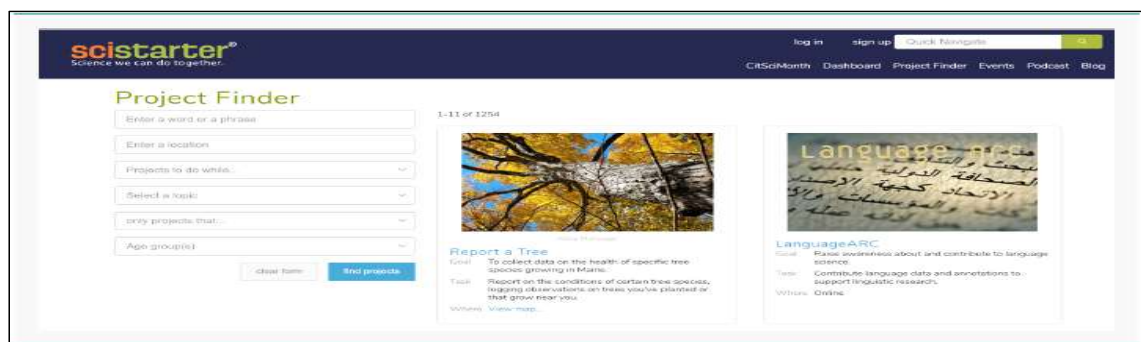
EOF는 2008년 설립되었으며 영국 내 시민과학 관련 지식과 정보 교환, 연구, 이해 관계자 네트워킹을 위한 플랫폼 역할을 하고 있다. 몇 차례 개편을 통해 2018년부터 운영그룹과 세 개의 워킹그룹(시민과학, 자연자본, 데이터 자문그룹)을 통해 주요 사업을 실행한다. EOF는 환경 관측 관련 2,000여개 이상의 메타데이터를 보유하고 있으며 사용자가 관측 중인 특정 지역 맵핑, 특정 프로그램 적용 지역 등을 검색할 수 있다. EOF의 시민과학 워킹그룹은 시민과학의 비용편익 분석 툴, 시민과학 참여자의 동기

분석 보고서 등을 내는 등 시민과학에 관한 다양한 세미나와 워크숍을 개최하고 있다. 3개의 워킹그룹 외에 토지, 담수 생태계, 대기를 연구하는 생태·수문센터는 연구과정에 시민참여를 강조하며 시민과학 앱과 사례집을 제공하고 다양한 기관들의 환경 관련 시민과학 프로젝트를 지원하고 있다. 생태·수문센터는 다른 기관과 함께 시민과학 정보공유를 위한 네트워크 플랫폼으로서 생물기록센터를 지원하고 있다. 자원활동가들이 생물기록센터가 개발한 모바일 앱과 웹사이트(iRecord)에 관찰 정보를 기록하면 전문가 패널의 확인을 거쳐 지역기록센터와 국가 기관, 관련 협회 등에 제공된다. 생물기록센터는 자원활동가들의 기록 수집과 분석, 연구 결과의 출판을 돕는다.

6) 아리조나 주립대학의 SciStarter

아리조나 주립대학이 운영하는 SciStarter는 전 세계의 3,000개가 넘는 시민과학 프로젝트 중에서 위치 주제 및 연령 수준별로 검색할 수 있는 플랫폼으로 정부가 아닌 민간 차원에서 존재한다. 현재 10만여 명의 시민과학자들이 회원으로 참여하고 있다. 도서관, 학교, 박물관, 단체 등은 미국 연방정부 기관들이 지원하는 시민과학 프로젝트를 맞춤형으로 검색해볼 수 있다. 시민과학을 진행하는 과학자나 연구자들도 자신의 프로젝트를 홍보하고 참여할 시민과학자들을 모집하거나 프로젝트 운영 결과 및 방식에 대한 분석 결과를 얻을 수 있다.

〈그림 4-10〉 SciStarter의 프로젝트 검색 기능



7) Citizen Science Alliance의 시민과학 온라인 플랫폼 Zoonivers

주니버스(Zoonivers)는 Citizen Science Alliance가 운영하는 가장 크고 성공적인 시민 과학 프로젝트로 노팅엄 대학교, 옥스퍼드 대학교와 함께 미국의 천문학인 들러플라네타륨 등이 핵심 기관으로 참여하고 있다. 2007년 ‘Galaxy Zoo’라는 프로젝트로 시작되어 현재 천문, 기상, 생태 등 다양한 분야에서 29개의 시민과학 프로젝트를 동시에 진행하고 있다. ‘Galaxy Zoo’는 옥스퍼드 대학교의 천문학자인 Chris Lintott와 동료들이 그들의 웹사이트에 70,000장의 사진을 올리고 일반인들이 분석하도록 요구한 프로젝트였고 Lintott 박사 등은 2009년 예술, 생물, 역사, 환경, 의학, 천문학, 사회 과학 등 다양한 과학 프로젝트에 일반인들이 참여할 수 있는 온라인 플랫폼인 Zoonivers를 개설하였다. 일반인들은 주니버스에 올라온 프로젝트 중에서 하나를 골라 간단한 사전교육을 받은 후 사진을 관찰하고 처리하는 작업에 참여할 수 있다. Zoonivers 프로젝트에는 현재 100만명이 넘는 아마추어 과학자 및 일반인이 사진을 분석하는 등의 연구 프로젝트에 자원봉사자로 참여하여 2019년까지 232편의 관련 출판물을 출판하였다.

주니버스 플랫폼은 자원활동가들이 거대한 데이터 셋을 분석하는 노력을 이용하는 프로젝트들을 포함하고 있다. 주니버스 플랫폼은 프로젝트 제안자에게 Beta 테스터를 해볼 기회를 제공한다. 새로운 프로젝트의 시범 운영 동안 헌신적인 자원활동가 집단들이 시범적으로 프로젝트에 참여하고 명확성, 임무 설계, 설명, 작업난이도 등에 대한 피드백을 준다. 이 과정의 일부로, 주니버스는 시민과학 프로젝트 설계자가 “각 임무가 얼마나 시간이 걸릴 것이라 예상하는가?”, “이 프로젝트에 보다 쉽게 참여할 수 있는 이해관계 그룹이나 온라인 커뮤니티와 같은 잠재적 타겟이 있는가?”를 묻는다.

(<https://www.zooniverse.org/>)

8) 코넬대 조류학연구소의 새 관찰 온라인 플랫폼 eBird

eBird는 생물다양성 관련 과학 프로젝트로 전 세계에서 새 관찰자들이 매년 1억장 이상의 새 사진을 등록하고 있다. 수백 개의 파트너 기관, 수천명의 지역 전문가, 10만 명 이상의 사용자들이 가입되어 있다.

eBird는 모든 사람이 새 관찰자가 될 수 있다는 생각에서 시작했다. 새의 특성과 분류 기준에 대한 기준을 알려주면 누구나 새를 관찰하여 기록할 수 있고, 이 정보를 과학, 환경보전, 교육에 활용할 수 있다는 것이다. 새 관찰자들은 모바일 앱을 통해 새 관찰 지역, 시간, 방법 등을 기록하고 체크리스트에 따라 새의 특징을 기록한다. 앱을 통해 모아진 데이터는 웹사이트에서 검색하거나 요약하거나 분석해볼 수 있다.

e-Bird는 보다 많은 사람들이 새 관찰에 손쉽게 참여할 수 있으면서도 데이터 품질을 유지하기 위해 전문가들이 특정 장소와 시간대에 출현하는 새에 대한 체크리스트를 만들고, 새가 출현하는 현재 상황을 볼 수 있는 지도를 올려서 그 새를 언제 어디서 관찰할 수 있는지에 대한 정보를 알려주고 있다.

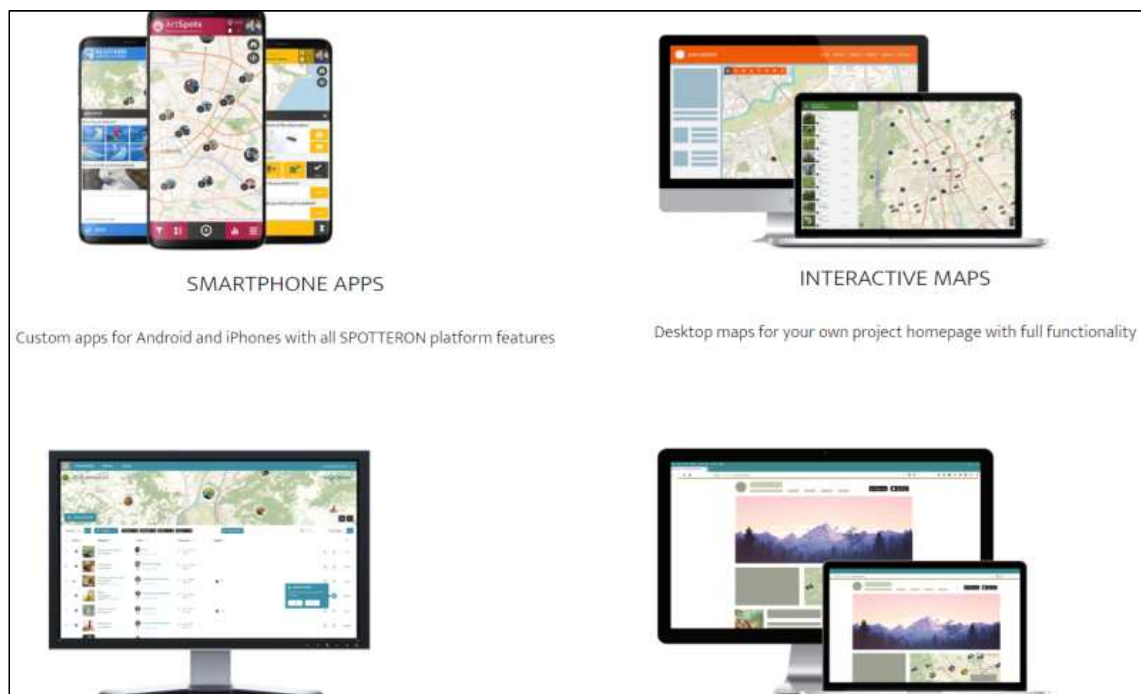
9) Survey 123

자료 수집과 관리를 쉽게 할 수 있도록 돕는 플랫폼은 시민과학에서 매우 중요하다(Lamoureux and Fast, 2019). Survey123은 사용자들이 자료 수집 관련 항목을 작성하면 무료로 이용할 수 있는 온라인 도구이다. 웹사이트와 모바일 앱을 통해 모두 활용할 수 있다. 기존의 데이터들도 활용할 수 있고, 다양한 형식의 자료를 가져오거나 데이터를 처리하는 것도 가능하다. 전 세계 해안의 쓰레기를 조사하는 Coastwatch Europe은 Survey123을 통해 전 세계에서 해안쓰레기 모니터링에 참여한 네트워크의 해안 쓰레기 정보를 수집하였다(Chivite, 2017). Glacier National Park는 데이터가 언제 어디서 수집되는지를 평가하는 실시간 매핑 기능을 이용하여 참여자들이 그들의 데이터를 이해할 수 있는 더 시각적이고 흥미로운 방법을 제공할 수 있었다(Wold, 2018) (<https://survey123.arcgis.com/>).

10) 오스트리아의 시민과학 기술 서비스 제공 플랫폼 Spotteron.net

Spotteron은 시민과학 프로젝트 생성 및 운영을 위한 맞춤형 앱 개발을 지원하는 플랫폼으로 시민과학 스마트폰 앱(citizen science apps), 반응형 지도(interactive maps), 앱 정기 업데이트, 시민과학 프로젝트 홈페이지 제작 등의 서비스를 제공한다. Spotteron은 2014년부터 과학 프로젝트와 과학 기관들을 위한 디자인, 기술, 신뢰성을 개선하기 위한 서비스를 제공하면서 개선된 과학 소통과 반응적인 시민과학 앱을 지속적으로 개선해나가는 것을 목표로 한다. 과학 소통을 위한 도구로서 시민과학 프로젝트와 연계할 수 있는 반응적인 과학 게임 앱도 개발하고 있다. 과학 게임 앱은 시민과학 참여자들의 지속적인 참여 동기를 유지하는 방안으로 사용될 수 있다. 시민과학 결과들을 전문적으로 표현하고 홍보할 수 있는 인포그래픽 제작 및 디자인 서비스도 제공하고 있다.

〈그림 4-11〉 Spotteron의 서비스




Spotteron이 제공하는 시민과학 스마트폰 앱과 반응형 지도는 생물종 조사뿐만 아니라 하천, 역사·문화유적 등 다양한 분야를 포괄하며, 시민과학 프로젝트의 목적과 방법에 따라 맞춤형으로 제작된다.

2020년 현재 4,900유로(반응형 지도 제공), 14,900유로(스마트폰 앱, 반응형 지도, 단체 홈페이지 연동 제공), 17,450유로(스마트폰 앱, 반응형 지도, 홈페이지 제작)로 구분된 서비스 패키지를 제공한다. 2년 동안은 추가 비용 없이 사용할 수 있으며, 2년 후에는 매달 50유로, 150유로, 180유로를 추가로 지불하면 계속 사용할 수 있다.


〈그림 4-12〉 Spotteron 제공 시민과학 스마트폰 앱

LET'S SEE IT IN ACTION!


Interactive hands-on with screenshare coming up.
To follow along live: Please download an app from www.spotteron.net/apps or from your App Store.



Crowdwater
Hydrology & water observations
University of Zurich, CH




Nature's Calender ZAMG
Phenology & nature
Meteorology Institute ZAMG AT




Landauf LandApp
History and local heritage
Archive BW Germany

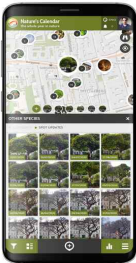
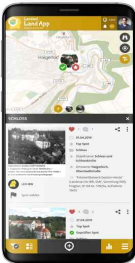

Enabling chronological timelines



Users can update existing observations to create timelines and different states



Funded by "Nature's Calendar" for phenology, used in different approaches in other Citizen Science projects

Nature's Calender ZAMG
Landauf LandApp
Crowdwater

11) 정책 참여 도구를 지원하는 Public Lab

Public Lab은 커뮤니티 과학과 오픈 테크놀로지를 통해 환경 정의를 추구하는 플랫폼이다. 지식에 접근하는 것은 근본적인 권리라는 주장과 함께 사람들이 자신들의 환경을 조사하기 원할 때, Public Lab은 지식, 장비, 커뮤니티를 찾고 공유할 수 있도록 돕는다. Public Lab는 가장 좋은 아이디어와 해결책은 지역 이슈에 대한 깊은 지식을 가지고 있는 현장의 커뮤니티들이 협력하면서 나온다. 커뮤니티들은 기술, 역량, 과학, 기술을 나눌 수 있는 가까이에서 공평하고 지속가능한 파트너십을 유지한다. 사람들이 환경 부

정의로 인한 지역 영향을 쉽고 신뢰할 수 있게 탐색할 수 있을 때, 더 나은 의사결정과 실천을 할 수 있다.

Public Lab은 2010년 BP 기름 유출 사고에 대응하면서 설립되었다. 지역 주민들과 외부 지역에는 아무런 정보도 얻지 못한 상황이었다. 이를 우려하는 지역주민, 환경단체, 디자이너, 사회과학자들이 “커뮤니티 위성”을 만들어 공중에 날렸고 풍선, 연, 디지털 카메라로 제작된 커뮤니티 위성은 기름 유출과 영향에 대한 실시간 데이터를 수집하였다. 기여자들은 오픈 소스 플랫폼을 통해 기름유출 전, 진행 중, 후의 사진을 10만장이 넘게 공유하였다. BBC나 뉴욕타임즈가 게재한 고해상도 사진을 통해 주민들은 걸프 연안에서 무슨 일이 일어나고 있는지에 대해 알 수 있었다. 풀뿌리 매핑 노력의 성공이 커뮤니티 기반의 환경 모니터링과 평가를 위한 실천적인 방법과 저렴한 기술을 개발하기 위한 새로운 연구와 사회적 공간으로서 Public Lab을 설립하는 동기가 되었다.






온라인 플랫폼 PublicLa.org에 공유되는 과학, 기술, 데이터는 커뮤니티가 만들어낸 오픈 소스다. 이 도구들은 사람들이 커뮤니티 지식에 기초해 협력하고 커뮤니티의 환경 보전에 대한 자료를 공유할 수 있도록 돕는다. Public Lab은 저렴하고, 개방되어 있고, 사용하기 쉽고, 대중 참여와 협력으로 만들어지고, 실천가들의 네트워크가 지원하고, 의미 있고 이해할 수 있는 데이터를 생산하는 도구들을 제작하는 것에 집중하고 있다. 플랫폼에서는 이 도구들을 판매하고, 사용법과 이용 사례들을 공유한다.

〈그림 4-13〉 Public Lab 제작 도구 ① 카메라, 적외선 촬영 장치




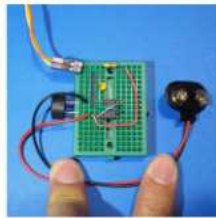

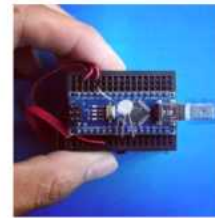
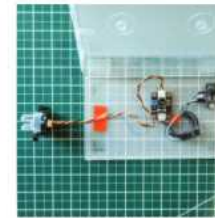
〈그림 4-14〉 Public Lab 제작 도구 ② Aerial Mapping

Aerial Mapping

				
Balloon Mapping Kit From \$100.00 Sold Out \$500.00	Pocket Guide to Grassroots Mapping \$10.00 Sold Out	Mini Balloon Mapping Kit \$50.00 Sold Out	Mini Kite Mapping Kit \$50.00 Sold Out	Balloon Mapping: The How-To Poster \$5.00 Sold Out




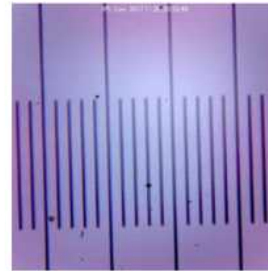
〈그림 4-15〉 Public Lab 제작 도구 ② Aerial Mapping

Environmental Sensors and Loggers

				
Babylegs Aquatic Trawl \$35.00	Cool Conductivity Sensor From \$20.00 Sold Out	Humidity Monitor \$20.00 Sold Out	Simple Air Quality Sensor From \$20.00 Sold Out	Simple Turbidity Sensor Kit \$60.00 Sold Out

〈그림 4-16〉 Public Lab 제작 도구 ④ DIY 현미경

DIY Microscopes, upgrades, & accessories

			
Community Microscope: Intro Kit \$35.00	Community Microscope: Pi Kit From \$79.00 Sold Out	Community Microscope: Plus Kit \$79.00 Sold Out	Community Microscope Upgrade Accessories From \$5.00 Sold Out

3. 시민과학 플랫폼의 시사점 및 개선 과제

국외 사례에서는 목적에 따라 다양한 플랫폼이 존재한다. 시민과학 주체들 사이의 소통이나 데이터 기록 및 처리를 위한 플랫폼을 넘어서 다양한 시민과학의 수요에 맞춘 다양한 플랫폼들이 운영되고 있다는 점을 주목할 필요가 있다.

개별 프로젝트를 지속적으로 운영하기 위한 플랫폼, 다양한 시민과학 프로젝트를 소개하고 프로젝트 개설자와 참여자를 연결해주는 플랫폼, 시민과학에 대한 재정 지원 등을 위한 정부 플랫폼, 시민과학 데이터를 기록하고 공유하기 위한 플랫폼, 시민과학의 이해당사자들이 서로 정보를 공유하고 협력적 사업을 추진하면서 시민과학 활성화를 지원하는 플랫폼, 시민과학을 위한 기술, 도구 등에 대한 정보를 제공하거나 판매하는 플랫폼, 시민과학 관련 프로젝트를 여러 사업의 하나로 시행하는 플랫폼 등 다양하다.

반면, 국내에는 아직까지 시민과학 주체들의 교류와 협력이 활발하지 않다. 시민환경 연구소를 중심으로 2019년과 2020년에 시민과학 사례를 공유하는 세미나가 개최된 정도이다. 정부 차원에서 시민과학을 제도화하기 위한 방안도 검토되지 않고 있다. 개별 부처 및 기관들이 인식 증진 및 환경교육을 목적으로 시민과학 프로젝트를 진행하고 있는 정도에 그친다.

이런 상황에서 시민과학에 대한 정보를 제공하고, 다양한 시민과학 프로젝트를 소개하고 연결해주고, 시민과학 주체들 간의 소통과 교류를 위한 기회를 제공하는 플랫폼은 나타나지 않고 있다. 네이처링이나 갯벌키퍼스처럼 시민과학(생태관찰) 자료를 기록하고 공유하는 플랫폼 정도가 운영되고 있다. 시민과학을 보다 쉽게 제안하고 진행할 수 있도록 지원하는 플랫폼(앱 개발 지원, 모니터링 장비 개발 및 판매 등)도 활성화되지 않았다.

또한 아직까지 시민과학의 원칙에 대한 합의나 기대가 크지 않기 때문에 시민과학을 통해 수집된 데이터의 품질을 향상시키거나 및 데이터를 처리하고 관리하는 것에 대한 요구가 크지 않다. 해양쓰레기 모니터링 분야에서 데이터 품질을 관리하고 데이터를 분석·활용하는 ‘바다공동체 오션’의 사례가 보다 확산될 필요가 있을 것이다. 앞으로 다양한 형태의 시민과학 프로젝트가 추진되고 성공과 실패 사례들이 나타나면서, 시민과학을 보다 체계적으로 관리할 필요성이 제기될 것이다.

〈표 4-3〉 국내 시민과학 플랫폼의 시사점

제목	유형	주요 내용	시사점
과학창의재단의 우리동네 과학클럽	시민과학 프로그램 지원 및 시민과학자 육성	<ul style="list-style-type: none"> · 과학문화 활성화를 위해 지역사회 문제해결을 위한 과학클럽 육성 · 주제별 공모사업 방식으로 시민과학 프로그램 선정 	<ul style="list-style-type: none"> · 대학 등 연구기관과 시민과학단을 연계 · 시도별 커뮤니케이션 거점 센터 설치 계획
숲과나눔의 시민과학풀씨 프로젝트	시민과학 프로그램 지원 및 시민과학자 육성	<ul style="list-style-type: none"> · 환경·생태분야 연구자들의 시민과학 프로젝트 공모·선정 · 시민과학단(어린이과학동아 지구사랑탐사대)과 연결 	<ul style="list-style-type: none"> · 시민과학에 참여하는 연구자 그룹 및 시민 육성 · 시민과학 프로젝트 관리(프로젝트 공모, 교육프로그램, 현장프로그램, 이벤트, 결과발표 등)
네이처링	데이터 기록 및 공유	<ul style="list-style-type: none"> · 생태관찰 데이터 기록 및 공유를 위한 온라인 플랫폼 · 생태관찰 시민과학 프로젝트 제안자는 온라인 플랫폼에서 미션을 제안하고, 참여자가 관찰 자료를 업로드 	<ul style="list-style-type: none"> · 온라인 플랫폼 무료 이용 · 수집된 데이터의 매핑, 분류 등 기본 분석 제공 · 종합분석, 연구 등은 데이터 축적 후 제공 예정
생태지평연구소의 갯벌키퍼스	데이터 기록 및 공유	<ul style="list-style-type: none"> · 갯벌 시민모니터링 데이터 기록 및 공유를 위한 온라인 플랫폼(네이처링에서 개발) 	<ul style="list-style-type: none"> · 보호지역 대상 정기적인 모니터링 진행 · 시민조사단 모집, 교육 제공 · 시민모니터링의 정책적 연계 방안 모색
동아시아사이언스의 지구사랑탐사대	시민과학자 육성	<ul style="list-style-type: none"> · 어린이과학동아는 어린이들이 과학자들과 함께 연구에 참여할 수 있는 방안으로 지구탐사사랑대 운영 · 대학과 연계하여 탐사대원 교육, 분석 제공 	<ul style="list-style-type: none"> · 대학에서 시민과학 데이터를 활용한 연구 진행 · 지구사랑탐사대 지속적 참여를 위한 홍보, 피드백, 온라인 커뮤니티 활동, 정기 강좌, 수료증 부여 등 진행
동아시아 바다공동체 오션	데이터 분석 및 품질관리	<ul style="list-style-type: none"> · 해양환경공단의 위탁을 받아 해양쓰레기 모니터링 플랫폼 기능 수행 · 조사 정점 선정, 권역별 책임자 교육, 데이터 확인 및 분석, 품질 개선 작업 수행 	<ul style="list-style-type: none"> · 시민과학 데이터 품질관리의 중요성 · 시민과학 데이터 수집 및 분석 방법론 관련 연구 진행 · 정책적 연계 방안 모색

〈표 4-4〉 국외 시민과학 플랫폼의 시사점

제목	유형	주요 내용	시사점
Doing It Together	협력 네트워크	·유럽 시민과학 관련 이벤트, 워크숍, 네트워크 활동 주최	·시민과학에 대한 정책가 및 대중들의 인지도 증진
GEWISS	협력 네트워크	·독일 시민과학 네트워크 구축 ·시민과학 온라인 플랫폼 운영 ·시민과학 툴킷과 자원 생산 ·독일 시민과학 전략 2020 수립	·시민과학 제도화 및 활성화를 위한 준비 작업 필요성 ·네트워킹, 온라인 플랫폼, 툴킷, 계획 수립 등 다양한 활동 필요
유럽시민과학 협회	협력 네트워크	·유럽내 교육그룹의 비공식 네트워크로 시작하여 유럽 전역의 시민과학 네트워크로 발전 ·시민과학의 원칙 개발 및 소통 기회 제공 목적 ·온라인 플랫폼 개발	·시민과학에 대한 다양한 관점 존재 ·시민과학의 경험과 자원을 공유할 필요성 ·네트워킹 활동과 온라인 플랫폼 구축을 연계
Citizenscience.gov	시민과학 정보 공유 및 지원	·시민과학 제도화에 따라 정부 기관이 수행하는 시민과학 프로젝트 지원을 위한 플랫폼 ·25개 기관의 540개 이상의 시민과학 프로젝트 등록	·정부 차원의 시민과학 활성화를 위한 제도 마련 ·정부 차원의 시민과학 프로젝트의 개발 및 추진을 체계적으로 지원
영국 환경관찰 프레임워크	시민과학 정보 공유 및 지원	·영국 내 시민과학 관련 지식과 정보 교환, 연구, 네트워킹을 위한 플랫폼 ·환경 관측 관련 메타 데이터 보유, 사용자 검색 가능	·워킹그룹을 통해 정책보고서 작성, 세미나와 워크숍 개최 ·데이터의 수집과 분석, 관련 기관 제공, 연구 결과 출판 지원 등의 지원 활동 수행
SciStarter	시민과학 검색 및 연결	·민간 차원의 시민과학 프로젝트 소개 및 검색 플랫폼	·시민과학 제안자와 참여자를 위한 맞춤형 검색, 홍보
Zooniverse	시민과학 검색 및 연결	·자원활동가들이 다양한 데이터 셋을 분석하는데 참여하는 시민 과학 제안, 검색, 참여 플랫폼	·프로젝트 제안자에게 beta 테스트 기회 제공
eBird	데이터 기록 및 공유	·전 세계 새 관찰자들의 새 관찰 기록 등록 ·수집된 데이터에 대한 검색, 요약, 분석 시스템 운영	·더 많은 사람이 쉽게 새 관찰에 참여할 수 있도록 전문가들이 새 관찰을 위한 장소, 시간대, 체크리스트 제공
Survey 123	데이터 수집 및 관리	·자료 수집과 관리를 쉽게 할 수 있는 도구 제공하는 온라인 시스템	·기존의 데이터 활용 가능, 다양한 형식의 데이터 활용 가능, 데이터 처리 가능

Spotteron.net	시민과학 맞춤형 앱-지도-홈페이 지 개발 지원	·시민과학 프로젝트 생성 및 운영을 위한 맞춤형 앱, 반응형 지도, 홈페이지 제작 지원	·생물종 조사, 하천, 역사·문화 유적 조사 등 다양한 목적에 맞는 앱과 지도 제공
Public Lab	시민과학 도구 지원	·공동체 과학을 위한 저렴한 측정 도구 제작 및 판매	·시민과학의 진입장벽을 낮추기 위한 지원 필요성

국외 사례에 비추어 보았을 때, 시민과학의 이해당사자들이 서로 정보를 공유하고 협력적 사업을 추진하면서 시민과학 활성화를 지원하는 플랫폼을 구축하는 작업이 우선적으로 필요할 것으로 보인다. 플랫폼을 구상하는 과정에서 충남 시민과학 사례 및 잠재적인 이해당사자를 확인하고, 네트워크를 구축하고, 관련 제도(조례, 예산, 지원조직 등)를 만들고, 충남 시민과학 활성화 계획을 수립하고, 이를 기초로 시범사업을 추진해 하면서 국내 또는 국제 시민과학 네트워크와 교류·협력을 추진할 수 있을 것이다.

향후 충남 내에서 시민과학 프로젝트가 본격화될 경우 교류·협력 및 지원을 위한 종합 플랫폼 외에 다른 유형의 플랫폼(개별 프로젝트 운영 플랫폼, 기술 지원 플랫폼, 데이터 관리 플랫폼, 정책 연계 플랫폼 등)도 필요할 것이다. 시민과학 전용 플랫폼 외에 기존 기관들의 온라인 플랫폼에 시민과학 관련 특정 기능(재정 지원, 인력 양성, 개별 시민 과학 프로젝트)이 탑재되는 방식도 추진할 수 있다.

제5장 충남 시민과학 활성화 및 플랫폼 구축 방안

여기서는 3장과 4장의 시민과학 프로젝트와 플랫폼 사례와 시사점을 바탕으로 충남 시민과학 활성화를 위한 방안을 제안한다. 충남 내 시민과학의 추진 주체들이 시민과학 제도화를 위한 네트워크를 구성하는 것에서 시작하여, 충남의 시민과학 활동에 도움을 줄 수 있는 국내·외 과학 분야 및 정책 분야의 전문가 및 예비 시민과학자 풀을 확보하고, 충남도의 핵심 정책과 연계하여 시민과학 (시범) 프로젝트를 추진하면서 시민과학의 필요성에 대한 인식을 증진하며, 시민과학의 효과성을 증진하기 위해 데이터 관리 방안을 마련하고, 이런 과정과 성과를 거쳐 온라인 플랫폼을 설계·구축하는 작업이 진행되어야 할 것이다.

1. 충남 시민과학 네트워크 구축

유럽과 독일, 호주 등에서는 국가 이상의 단위에서 시민과학을 제도화하고, 전략을 구상하고, 시민과학 이해당사자들 사이의 협력을 이끌어내기 위한 네트워크가 만들어지고 거버넌스가 구성되었다. 시민과학 프로젝트 주관자, 박물관, 과학관, 환경단체, 환경 교육단체, 시민단체, 지방정부, 대학, 학회, 지역사회 서비스 조직 등 다양한 조직들이 결합하였다.

아직 우리나라에서는 본격적으로 시민과학을 제도화하기 위한 논의가 시작되지 않았으나, 환경단체(시민환경연구소)를 중심으로 국내 시민과학 주체들이 대화 모임을 시작하는 단계이다. 하지만, 공공기관 및 지자체를 중심으로 시민과학 프로젝트 사례들이 소개되고 있으며, 정부 부처별로 시민과학이라는 명칭이나 내용은 아니지만, 시민이 지역의 문제를 직접 연구하고 해결하는 사업을 만들어내고 있기 때문에 시민과학 프로젝트에 대한 관심이나 참여는 꾸준히 늘어날 것이라 판단된다.

시민과학의 원칙을 충실히 따르고 있는 것은 아니지만 생태 모니터링이나 하천

모니터링처럼 환경단체나 환경교육단체가 꾸준히 진행해온 사례들과 스마트시티나 빅데이터 정책과 연동되어 시민들을 센서로 활용하여 정책화하는 사업들(로드킬 앱 등)은 앞으로 더 많아질 것이다. Haklay 외(2018)의 구분을 따르면 장기 시민과학과 시민 사이버과학은 전문연구자, 정부, 기업의 관심에 따라 더 많은 지원을 받을 가능성이 크다.

충남 지역에서도 아직은 본격적이지 않지만 시민과학에 관심을 두고 주도해나갈 수 있는 주체들이 있다.

환경교육기관으로서 충청남도환경교육센터, 시·군 지역환경교육센터, 지역해양환경교육 센터들은 환경교육 프로그램으로 시민과학을 포함할 수 있다. 충청남도 지속가능발전 협의회와 시·군 지속가능발전협의회도 지속가능발전지표에 대한 모니터링 등을 담당하면서 시민과학을 활용할 수 있을 것이다. 환경단체들도 오염지역이나 환경갈등지역의 환경 모니터링이나 대안 마련에 시민과학을 접목할 수 있다. 충남공익활동지원센터, 충남 지역문제해결플랫폼, 충남사회적경제지원센터, 충남마을만들기지원센터, 충남적정기술센터 등도 지역사회 문제 해결을 위한 방식으로 시민과학을 접목할 수 있다. 국립공원, 수목원, 공원 등을 관리하면서 연구나 교육 기능을 담당하는 기관들도 참여할 수 있다. 충남 연구원도 꾸준히 지원해 온 시민연구 및 시민모임 지원사업을 시민과학 프로젝트로 확대할 수 있다. 충남연구원이 위탁 운영하고 있는 충남녹색환경지원센터의 경우 기존 대학이나 기업 중심의 연구 및 컨설팅에서 벗어나 지역사회와 소통하면서 환경기술과 환경산업을 육성하기 위한 시민과학 사업을 추진할 수도 있다. 대학의 LINC+사업단이나 학과 단위별로 지역사회와 연계된 프로그램(리빙랩, 해커톤 등 포함)을 추진할 수도 있다. 충남 내 위치한 국립생태원, 국립해양생물자원관도 이미 시민들과 함께 하는 연구 프로젝트를 추진하고 있다. 충남과학교육원이나 과학관들도 시민과학을 주요한 프로젝트로 진행할 수 있으며, 충남도에 설립 또는 유치될 수 있는 기관들(충남과학기술진흥원 등)도 역할을 할 수 있다.

이미 시민과학과 유사한 사업을 추진하는 기관(충남연구원, 공익활동지원센터 등), 지역사회의 문제해결에 관심을 두고 있는 기관, 환경 모니터링 경험이 있는 환경교육 단체, 환경운동단체, 환경교사 모임 등이 우선적으로 모여서 충남시민과학네트워크를 조직하고 시민과학을 위한 조례나 비전/전략을 수립하는 방안을 검토할 필요가 있다.

2. 충남 시민과학의 안정적 협력 기반 마련

네트워크 구성이나 시범사업 추진을 통해서 충남의 시민과학 프로젝트를 지원해줄 수 있는 국내·외 기관 및 전문가 풀을 확보할 필요가 있다. 충남 내 기관 및 전문가에 국한될 필요는 없으나, 여러 방식으로 충남의 지역사회에 관심을 가지고 협력할 의지가 있는 주체일 필요가 있다. 이를 위해서는 충남의 시민과학 프로젝트를 관련 기관이나 전문가가 매력 있게 느낄 수 있도록 제안할 수 있어야 할 것이다. 시민과학 수요 조사와 주제 발굴을 위한 공모, 해커톤, 대화모임 등이 조직적으로 진행되어야 할 것으로 보인다.

또한 시민과학에 흥미를 느끼고 적극 참여할 수 있는 예비 시민과학자를 육성하기 위한 작업이 필요하다. 학교나 사회의 교육프로그램에 시민과학을 소개하거나 시범적으로 운영해보는 과정을 포함시키면서 시민과학에 대한 이해를 증진할 필요가 있다. 특히 초·중·고등학교의 환경교육 및 과학교육 등 시민과학 관련 교사들을 대상으로 시민과학에 대한 이해를 높이기 위해 위한 연구모임이나 교육과정을 지원하는 방식이 가능할 것이다.

안정적인 협력 기반을 만들어가기 위해서는 이해당사자들의 네트워크와 온라인 플랫폼 외에 지역별(최소 시·군별) 시민과학 거점을 조성할 필요도 있다. 지역 내 시민과학 프로젝트를 구상하고 제안하고 지원할 수 있는 조직으로 시·군 단위에서 활동하고 있는 지역환경교육센터, 마을만들기지원센터, 지속가능발전협의회, 환경단체 등을 지정할 수도 있고, 새로운 공간과 조직을 만들 수도 있다. 충남연구원의 시·군협력단 기능을 행정과의 협력 기능에서 확대하여 시·군의 주요 이해당사자들이 참여하는 마을연구소를 구축하고 이를 기반으로 시·군 행정 및 지역사회와 시민과학 및 시민연구 프로젝트를 추진을 검토해볼 수 있다.

마지막으로, 기존의 자원을 활용하여 비교적 쉽게 시작할 수 있는 시민과학 프로젝트를 발굴하여 충남도 단위에서 시범 사업으로 추진하면서 협력 자원들을 구축할 수도 있다. 국가 수준에서 비교적 잘 진행되고 있는 해양쓰레기 모니터링이나 (갯벌, 산림, 하천 등의) 생물다양성 조사를 관련 기관과 협약을 맺고 본격적으로 진행해볼 수 있다. 시민과학의 인식을 증진시키기 위한 사업이므로 사업 기획 때부터 미디어를 활용하여 과정과 결과를 기록하고 알릴 수 있도록 해야 한다.

3. 정부 및 충청남도 핵심 정책 연계 시민과학 프로젝트 추진

시민과학 프로젝트를 추진하면서 겪게 될 가능 큰 어려움인 재원 조달과 인력 수급의 문제를 해소할 수 있는 시스템을 갖추어야 한다. 안정적인 재원과 인력을 확보할 수 있는 방안으로, 정부나 충청남도의 핵심 추진 과제를 시민과학과 연계시키는 방법을 검토해볼 것을 제안한다.

이를 위해 충청남도에서 그동안 제안해왔으나 데이터 미흡, 모니터링 방법 어려움, 담당 인력 부족 등의 이유로 추진이 어려웠던 사업들을 골라 시민과학의 적용 가능성을 검토해볼 수 있다. 그리고 정부 부처나 기관이 추진하고 있는 사업 중에서 시민과학과 연계해 크게 개선할 수 있는 사업을 선택하여 정부 사업으로 만들어볼 수 있다. 여기서는 충남연구원에서 제안했거나 연구했던 과제를 중심으로 몇 가지를 제안해본다.

먼저, 충청남도가 추진하고 있는 대규모 생태복원 사업에 대해 시민과학이 적용된 장기 모니터링 계획을 추진할 수 있다. 서천 장항 브라운필드 국제환경테마특구 사업, 가로림만 국가해양정원 사업, 부남호 해수유통을 통한 생태복원 사업 등을 예로 들 수 있다.

둘째, 충청남도는 전국에서 유일하게 시·군 단위 생태지도를 모두 작성하였는데, 이를 꾸준히 갱신하기 위한 모니터링 작업을 시민과학 방식으로 추진할 수 있다. 분야별 전문가들이 책임을 맡고, 지역 내 거점별로 준전문가들이 직접 조사 및 일반 시민들의 교육과 조사 지원을 맡는 안정적인 구조를 만들 수 있다. 충남연구원은 준전문가 및 일반시민들을 위한 교육 프로그램, 생태 조사·모니터링 방법론 개선, 시민과학 데이터의 처리, 생태지도의 갱신 및 관리, 시민과학 참여자들에게 결과 피드백 전달 등의 총괄 역할을 맡을 수 있다.

셋째, 충남 지속가능발전지표 중 시민과학 프로젝트를 통해 모니터링 할 수 있는 지표를 발굴하여 도민들이 데이터를 생산하고 분석하고 평가해볼 수 있다. 현재 지속가능발전지표는 공식적으로 발표되는 통계 자료를 이용할 수 있는 지표만 사용하고 있어 도민들이 체감할 수 있는 지표를 만들 필요가 제기된다. 모든 지표를 시민들이 모니터링하지 않더라도, 시민과학 프로젝트에 많은 사람들이 지속적으로 참여한다는 점이 지속가능발전지표에 대한 도민들의 인식을 증진할 수 있을 것이다.

넷째, 농업분야의 공익형 직불금이나 생태계서비스 지불제의 과정이나 결과에 대한 모니터링을 시민과학 방식으로 추진해볼 수 있다. 정부는 농업 직불금 제도를 전면적으로 고쳐서 농지 면적 단위로 농민에게 주는 기본형 직불금 외에 환경개선 등 공익적 활동을 추가로 하는 농민을 대상으로 지원하는 선택형 직불금 제도를 도입하였다. 하지만 선택형 직불금 사업의 협약 내용을 준수했는지 여부를 모니터링 하는 것은 매우 어려운 작업이다. 환경부와 국토부가 도입을 검토하고 있는 자연환경총량제도 비슷한 문제가 예상된다. 지역사회 내에서 지역의 여건을 반영하여 정부와 협약을 맺는 방식으로 추진하고, 협약 안에 시민과학 방식의 모니터링 작업을 포함시킬 수 있다. 다른 시민과학과 마찬가지로 모니터링 역량 확보를 위한 교육, 모니터링 체계, 데이터 처리 및 관리를 위한 연구 기관, 참여자들에 대한 적절한 보상 방안 등이 체계적으로 준비되어야 한다.

4. 정책 개입을 위한 시민과학 데이터 관리 방안 마련

시민과학의 데이터 신뢰성을 확보하는 것은 해외에서는 매우 중요한 과제로 생각하는 반면, 국내 시민과학 프로젝트 담당자들은 이를 중요한 과제로 생각하지 않는 경우가 있다(고재경, 2019). 생물종 모니터링의 경우 아직까지는 본격적인 과학 연구나 정책 개입을 위한 시민과학 프로젝트가 아니라 교육이나 기록을 위한 용도로 플랫폼을 이용하기 때문으로 보인다. 패시브 샘플러를 이용해 시민들이 대기오염도를 측정하는 프로젝트는 오래 전부터 진행되고 있지만, 이 자료가 외부 전문가들에게 공개되지는 않다. 하천 모니터링 또한 환경단체와 환경교육단체들을 중심으로 꾸준히 진행되고 있지만, 이 역시 내부적으로 활용될 뿐 외부로 공개되지는 않는다.

생물종 모니터링의 경우, 대학의 연구자가 연구를 설계하고 연구자가 모니터링 참여자들에 대한 모니터링 방법에 대한 교육을 거쳐서 연구가 진행될 때는 연구자가 참여자들이 제출한 데이터의 오류를 자체적으로 관리하고 있다. 하지만, 이런 프로젝트는 참여자나 수집된 데이터 수가 그리 많지 않은 경우이다. 앞으로 시민과학 참여자 수나 데이터 수가 크게 늘어날 경우 데이터 관리가 중요하게 요구될 것이다.

국내에서도 국가 해안쓰레기 모니터링을 관리하고 있는 ‘오션’의 경우 오래 전부터

데이터 품질을 관리하기 위한 방안을 연구해오고 있다. 해외에서 시민과학을 이용한 쓰레기 모니터링의 데이터 처리에 관한 연구들을 내부적으로 학습하면서 학습 자료와 주요 내용을 ‘오션’의 온라인 플랫폼에 올리고 있다. ‘오션’의 연구진은 전국 해안쓰레기 전수조사 데이터를 이용해 해안쓰레기를 신속하게 평가할 수 있는 방법을 제안한 논문을 국제학술지에 발표하기도 하였다. 해양수산부는 2012년 구축한 해양쓰레기통합정보 시스템에 해안쓰레기 모니터링 자료를 올리고 외부인들에게 공개하여 활용하도록 했으며, ‘오션’의 연구진은 외부인들의 데이터 해석과 관련한 질문에 답하는 역할도 수행하고 있다.

데이터 품질을 유지하고 축적된 데이터를 관리하는 역할은 모든 플랫폼에 요구되는 역할은 아닌 것으로 보인다. 데이터 품질 유지는 ‘오션’의 사례에서 보는 것처럼 시민 과학 프로젝트를 기획하고 주관하는 연구자가 우선적으로 담당해야 할 일이다. 충남에서도 특정 주제에 대한 시민과학 프로젝트(예를 들어, 비오톱 지도 유지·관리를 위한 시민과학 생태모니터링 등)를 지속적으로 진행하고 이를 관리할 플랫폼을 구축하는 경우, 데이터를 어떻게 관리할 것인가와 관련한 연구와 데이터 관리 시스템 마련이 필요할 것이다.

시민과학 활성화를 지원하기 위한 플랫폼의 경우 시민과학 프로젝트 주관자와 참여자들에게 데이터 품질 유지의 중요성을 교육하고, 데이터 품질 유지와 관련된 사례, 전문가, 기관을 소개해주는 기능을 보유할 필요가 있을 것이다. 또한 필요하다면 데이터 품질과 모니터링 방법 등과 관련한 포럼, 워크숍, 연구 등을 진행할 수 있다.

5. 시민과학 온라인 플랫폼 설계

충남 시민과학 활성화를 위해 네트워크 구축, 전문가 및 예비 시민과학자 풀 확대, 시범사업 추진, 데이터 관리 방안 마련 등을 진행하는 한편, 네트워크를 중심으로 시민과학 활성화 계획을 수립하는 과정과 연계하여 온라인 플랫폼을 설계·구축하는 작업이 필요하다.

예를 들어, EU-Citizen.Science 프로젝트는 유럽 내 활발한 시민과학 공동체를 함께 묶을 수 있는 넥서스로 기능할 수 있는 혁신적이고 협력적인 온라인 허브를 개발하고 운영하는 프로젝트이다. 시민과학을 위한 지식, 도구, 훈련, 자원을 공유하는 온라인 플랫폼을 지향하면서, 이를 통해 시민과학을 주류화하고 모든 영역에서 시민과학의 영향을 키우고자 했다.

EU-Citizen.Science 프로젝트는 용역업체에 플랫폼 설계를 맡긴 것이 아니라 유럽 시민과학협회를 비롯하여 베를린 자연사박물관, Earthwatch, UCL, Trinity College Dublin, 영국 자연사박물관, 네덜란드 레이든 대학 등 14개 파트너가 참여하여 온라인 플랫폼의 각 기능들을 구상하고 있다. 현재는 온라인 플랫폼을 1차로 공개한 후, 일정에 따라 개선해 나가는 중이다.

시민과학 플랫폼이 목적을 달성하기 위해서는 시민과학 플랫폼이 자원 공유되는 상호 학습 허브, 프로젝트 추진자들이 서로를 발견할 수 있도록 돕는 프로젝트와 네트워크 허브, 역량 강화를 위한 교육·훈련 모듈, 시민과학 이벤트 달력, 시민과학 추진자들의 대화와 협력을 위한 공동체 포럼 및 소셜미디어를 포함해야 한다.

〈표 5-1〉 시민과학 온라인 플랫폼의 성공 요소

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none">① 시민과학 자원과 교육 자료에 관한 검색 및 다운로드② 시민과학 자원과 교육 자료의 품질과 활용 가능성③ 풍부한 지역사회 상호작용④ 시민과학 자원들에 대한 지역사회의 지속적인 기여⑤ 사용자 공간의 사용가능성 및 접근성 |
|--|

자료: Latham and Ceccaroni(2019)

더 중요하게는 플랫폼을 이용하는 이해당사자의 수요를 파악해야 한다. 이해당사자는 크게 시민과학의 생산자와 시민과학의 소비자로 구분될 수 있다. 시민과학의 생산자는 과학자와 연구자, 시민사회단체, 비정부기구, 교육단체 등의 시민과학 실천 그룹으로 이미 시민과학을 수행하고 있는 그룹에서 새롭게 추진하고 있는 그룹까지 경험 수준에 차이가 있을 수 있다. 시민과학의 소비자는 시민과학이 생산한 자료나 지식을 토대로 의사결정을 내리는 정책가나 환경관리자, 시민과학 프로그램 예산 지원 기관, 시민과학 결과를 활용한 기사 및 소식 작성 기관 등을 예로 들 수 있다. 이 가운데 아직 시민과학 개념이나 사례를 접하지 못했지만 시민과학 활성화에 큰 역할을 할 수 있는 그룹을 목표 대상(target audience)로 설정할 수 있다. 이들을 대상으로 인터뷰나 워크숍을 폭넓게 진행하여 이해당사자의 수요와 요구를 식별해야 한다.

〈그림 5-1〉 시민과학 플랫폼의 핵심 이해당사자 그룹



EU-Citizen.Science의 경우 이해당사자의 의견을 네 가지 분야로 구분하였는데, 충남도의 시민과학 플랫폼도 장기적으로는 이러한 기능을 모두 갖추어야 할 것이다.

〈표 5-2〉 시민과학의 소통을 위한 제언

유형	요구 사항
인간 중심 플랫폼 기능성	만남 중개(matchmaking) / 조연자 / 네트워킹 / 포럼 소통 도구 / 관심사별 커뮤니티 / 기관, 사람, 세부 담당자
	시민과학 프로젝트 매핑 / 공개 프로젝트 / EU 수준의 시민과학 통계
	매우 훌륭한 검색 도구
	시민과학에 대한 뉴스, 스토리, 업데이트
	이벤트 달력
기계 중심 플랫폼 기능성	호환성
이용가능성과 접근성 요구	쉬운 사용 / 역동성 (적극적 사용 촉진) / 단순함 / 매력적
내용 요구	훌륭한 자원 확인(순위, top-five 등) / 기존 자원과 연결 / 시민과학에 중요하다고 느낄만한 내용(예상되는 실천가와 학계 외부의 사용자 모두) / 시작하기 위한 지침 / 모범 사례 / 지침서 / 도구 목록 / 편딩 요청

자료: EU-Citizen.Science Consortium(2019)

참고문헌

- 고재경(2019), 환경문제 해결을 위한 시민과학의 의미와 가능성, 경기연구원.
- 김윤정·이현우(2016), 시민과학의 자연환경조사 적용방안 연구, 한국환경정책평가연구원.
- 김지연(2018), “한국의 시민과학이 전하는 메시지: 1982~2018”, 과학기술학연구 18(2): 43-93.
- 김찬국·이은주·Krasny(2014), “생태연구와 생태교육을 위한 시민과학: Cornell Lab of Ornithology 모델을 중심으로”, 한국환경교육학회 학술대회 자료집, 56-60.
- 박진희·강운재(2018), “환경 문제, 시민 지식, 그리고 시민과학 - 시민과학의 환경 문제 해결 가능성과 과제” 환경철학 25: 93-124.
- 신성식(1999), “강화도 갯벌보전과 지역운동”, 녹색연합, 1999, 강화도 갯벌생태계 보전을 위한 모니터링 활동 지표개발을 위한 지침서.
- 재단법인 와글(2018), 시민 없는 시민참여, 소통 없는 플랫폼.
- 행정안전부(2018), 2018 공감e가득 추진사업.
- 환경부, 제5차 국가환경종합계획(2020~2040).
- Bio Innovation Service(2018), Citizen Science for Environmental Policy: Development of an EU-wide Inventory and Analysis of Selected Practices, Final report for European Commission, The Natural History Museum, European Commission.
- Bonney et al(2009) Public Participation in Scientific Research: Defining the Field and Assessing its Potential for Informal Science Education. A CAISE Inquiry Group Report, Center for Advancement of Informal Science Education(CAISE).
- Charles, A(2020) “Community science: A typology and its implications for governance of social-ecological systems”, Environmental Science and Policy 106, pp. 77-86.
- Davis, Linda et al(2016), “Surveying the Citizen Science Landscape: An

Exploration of the Design, Delivery and Impact of Citizen Science Through the Lens of the open Air Laboratories(OPAL) Programme”BMC Ecology, 16(S1): 17.

- Eitzel M.V. et al(2017), “Citizen Science Terminology Matters: Exploring Key Terms”, Citizen Science: Theory and Practice. 2(1):1-20.
- EU-Citizen.Science Consortium, 2019. EU-Citizen.Science: D2.3: Platform Functionality Requirements & Specification Report; ECSA, Germany, and Ibercivis, Spain.
- Giesen, Rianne(2018), Deliverable D2.9: Customized platform for the Netherlands Demo Case.
- Göbel, C. et al(2019), “How does citizen science ‘do’ governance? Reflections from the DITOs project”, Citizen Science: Theory and Practice, 4(1): 31. pp.1~13.
- Haklay et al(2018), “Innovation in citizen science: perspectives on science-policy advances”, Citizen Science: Theory and Practice, 3(1): 1-14.
- Haklay, Muki, Motion, Alice, Balázs, Bálint, Kieslinger, Barbara, Greshake Tzovaras , Bastian, Nold, Christian, ... Wehn, Uta. (2020, April 1). ECSA's Characteristics of Citizen Science: Explanation Notes. Zenodo. <http://doi.org/10.5281/zenodo.3758555>.
- Hecker, S. et al(2019), “How does policy conceptualise citizen science? A qualitative content analysis of international policy document”, Citizen Science: Theory and Practice, 4(1):3, pp. 1-16.
- Latham M. and Luigi Ceccaroni(2020), D4.1: Guidelines and Recommendations Based on a Range of Best Practices for Achieving Societal and Policy-Makers Engagement, Deliverable report of project H2020 EU-Citizen.Science (grant agreement No 824580).
- Lynn et al(2019), “Designing a Platform for Ethical Citizen Science: A Case Study of CitSci.org”, Citizen Science: Theory and Practice, 4(1): 1-15.

- McKinley D.C. et al(2017), “Citizen Science Can Improve Conservation Science, Natural Resource Management, and Environmental Protection”, *Biological Conservation*, 208:15-28.
- Morzy, Mikołaj(2015), “ICT Services for Open and Citizen Science”, *World Wide Web*, 18(4): 1147-1161.
- Sagers, M(2020), How can citizen science be used effectively within environmental education in order to foster environmental change?.
- Sauermann, Henry et al(2020), “Citizen science and sustainability transition”, *Research Policy* 49.
- Smallman, M(2018), “Citizen science and Responsible Research and Innovation”, Hecker, S., Haklay, M., Bowser, A., Makuch, Z., Vogel, J. & Bonn, A. 2018. *Citizen Science: Innovation in Open Science, Society and Policy*. UCL Press, London.<https://doi.org/10.14324/111.9781787352339>.
- Turrini et al(2018), “The Threefold Potential of Environmental Citizen Science: Generating Knowledge, Creating Learning Opportunities and Enabling Civic Participation”, *Biological Conservation*, 225: 176-186.

■ 집 필 자 ■

연구책임 · 여형범 충남연구원 연구위원

연 구 진 · 박현진 충남연구원 연구원

전략연구 2020-22 · 환경교육 연계 시민과학 플랫폼 구축 방안 연구

글쓴이 · 여형범, 박현진

발행자 · 윤 황 / 발행처 · 충남연구원

인쇄 · 2020년 12월 31일 / 발행 · 2020년 12월 31일

주소 · 충청남도 공주시 연수원길 73-26 (32589)

전화 · 041-840-1276(공간·환경연구실)

전화 · 041-840-1114(대표) / 팩스 · 041-840-1199(대표)

ISBN · 978-89-6124-552-4-03350

<http://www.cni.re.kr>

© 2020. 충남연구원

- 이 책에 실린 내용은 출처를 명기하면 자유로이 인용할 수 있습니다.
- 무단전재하거나 복사, 유통시키면 법에 저촉됩니다.
- 연구보고서의 내용은 본 연구원의 공식 견해와 반드시 일치하는 것은 아닙니다.