

시민과학(Citizen Science), 21세기 새로운 과학 패러다임

펴낸곳

한국과학기술한림원
031)726-7900

펴낸이

유 욱 준

발행연월

2024년 12월

홈페이지

www.kast.or.kr

기획·편집

한국과학기술한림원 정책연구팀

콘텐츠

홍성욱 서울대학교 교수

디자인·인쇄

경성문화사
02)786-2999

이 보고서는 복권기금 및 과학기술진흥기금의 지원을 통해 제작되었으며,
모든 저작권은 한국과학기술한림원에 있습니다.

발간사

현대과학의 발달과 더불어 과학연구에 일반 시민들도 직접 참여할 수 있는 기회가 늘고 있다. 이처럼 전문 과학인력이 아닌 시민들의 참여를 통해 이루어지는 과학 활동을 ‘시민과학(Citizen Science)’이라 한다. 시민과학이라는 용어가 등장한 것은 비교적 최근이지만 그 역사는 18세기까지 거슬러 올라간다. 당시 유럽에서 시민들이 자연 관찰 등을 통해 과학 데이터 등을 수집한 것을 그 시작으로 볼 수 있으며, 이후 시민 참여의 형태들이 다양해지면서 오늘날의 시민과학에 이르게 되었다.

시민과학은 누구나 과학 활동에 참여하여 능동적 탐구를 수행하고, 이를 통해 과학의 발전에 기여할 수 있다는 의미를 가지고 있다. 실제로 시민과학자들이 수집한 데이터는 전통적인 과학 연구의 방식을 보완하고 새로운 발견을 가능케 하는 중요한 요소로 부상하고 있으며, 특히 과학기술의 발전에 힘입어 스마트폰, 어플리케이션 등을 활용한 데이터 수집과 연구 참여 등을 통해 시민들의 접근성은 점차 높아지고 있다. 그리고 이러한 활동은 여러 과학 프로젝트에서 유의미한 성과를 도출하는데 도움이 되기도 한다.

시민과학의 잠재력을 극대화하기 위해서는 적절한 지침 및 기준의 정립과 기술적 도구와 교육 제공 등을 통해 데이터의 신뢰성을 확보하고 새로운 데이터 수집의 기회들을 만들어 가는 것이 중요하다. 또한 시민들이 데이터에 쉽게 접근할 수 있도록 인터페이스를 개선하고 적극적인 홍보를 통해 시민과학이 실질적으로 과학연구에 기여할 수 있는 방안을 모색해야 한다.

한국과학기술한림원에서는 시민과학의 역사와 사례를 살펴보고 우리 사회와 과학 커뮤니티가 더욱 밀접하게 연결될 수 있는 방안을 논의하기 위해 한림원탁토론회를 개최한 바 있다. 이번 이슈리포트에서는 시민과학의 중요성에 대한 인식을 바탕으로 시민과학을 통한 과학적 사고의 확산과 과학기술의 발전을 이루어가기 위한 방향성을 제시하고자 한다.

2024년 12월

한국과학기술한림원 원장

유 욱 준

CONTENTS

CONTENTS

1. 들어가기	03
2. 시민과학의 전통과 최근 동향들	05
3. 시민과학의 사례들 - 해외	11
4. 시민과학의 사례들 - 국내	16
5. 맺음말	21
부록	24
참고문헌	25

1

들어가기

시민과학(Citizen Science)은 과학 연구에 일반 시민이 적극적으로 참여하는 활동으로, 과학자와 비전문가 시민의 협력을 통한 과학적 지식의 생산과 확산을 목표로 한다. 그 역사적 기원은 19세기 아마추어 과학자들의 자연 관찰 활동에까지 거슬러 올라가며, 이후 시민과학은 다양한 형태로 발전해 왔다. 초기에는 주로 아마추어 천문학자나 생물학자들이 중심이 되었으나, 최근에는 기후 변화, 생물 다양성 보전, 기상학, 생태학, 인문학 등 다양한 분야에서 활발히 활용되고 있다.

천문학과 기상학 분야에서는 시민들이 별의 위치를 기록하고 날씨 패턴과 대기 오염을 관찰함으로써 연구의 속도와 범위를 확장하는 데 중요한 역할을 해왔으며, 생물학, 환경과학, 고고학 등 다양한 분야에서도 시민들의 참여를 통해 유의미한 연구 활동이 이루어지고 있다. 이는 과학적 탐구에 대중이 함께 참여함으로써 전문 과학자뿐만 아니라 일반 대중도 과학의 발전에 기여할 수 있음을 시사한다. 시민과학은 20세기 후반기 이후 기술 발전과 함께 그 범위가 크게 확대되었고, 최근에는 인터넷과 모바일 기술의 발달에 힘입어 대규모 데이터를 수집하거나 분석하는 방식으로 진화하였다.

이러한 시민과학의 확장은 과학자와 일반 시민 간의 경계를 허물고, 과학 연구에 대한 대중의 이해와 참여를 증진시키는 중요한 역할을 하고 있다. 또한, 시민과학은 단순한 참여를 넘어 참여자들이 과학적 사고를 함양하고, 사회적 문제 해결에 기여할 수 있는 기회를 제공한다는 점에서 그 의미가 크다. 이에 시민과학은 현대 과학 연구에서 중요한 위치를 차지하게 되었고, 특히 빅데이터 분석과 같은 대규모 데이터 처리에 있어 필수적인 요소로 자리 잡았다. 시민과학은 21세기 새로운 과학 활동의 양상으로 부상하는 신 패러다임인 것이다.



이러한 변화는 과학 커뮤니케이션에도 긍정적인 영향을 미치며, 전문 과학자와 일반 대중이 경험과 지식을 공유하고 협력할 수 있는 플랫폼을 제공한다. 그러나 동시에 데이터의 정확성, 참여자의 동기부여, 프로젝트의 지속 가능성 등 해결해야 할 여러 과제가 존재한다(Silvertown, 2009). 이러한 문제를 해결하고 시민과학의 잠재력을 최대한 발휘하기 위해서는 체계적이고 지속 가능한 접근이 필요하다. 특히, 프로젝트 설계와 운영 단계에서 참여자들에게 충분한 교육과 정보를 제공하고, 과학자들과의 긴밀한 협력을 통해 데이터의 질을 보장할 수 있는 시스템 구축이 필요하다. 이와 더불어, 사회적 인식을 높이고 필요한 자원을 확보하기 위한 정책적 지원이 중요하다.

미국과 유럽에서는 과학자와 시민 간 다양한 관계를 통해 시민이 과학 활동에 참여하는 역사와 전통이 이어져 오고 있다. 현재도 다양한 형태의 시민과학 활동이 이루어지고 있으며, 이에 대한 지원 또한 활발하다. 반면, 우리나라에서는 과학이 전문 과학자에 의해서만 수행되는 것이라는 인식이 미국이나 유럽에 비해 강하다. 하지만 최근 들어 시민과학의 중요성과 의의에 대한 이해가 높아지고 있으며, 실험적인 성격의 시민과학 프로젝트가 수행되고 있다(박진희, 2018). 만일 과학계의 지속적인 관심을 비롯하여 대학 및 연구재단 등의 후원과 지원이 동반된다면 우리나라의 시민과학을 한 단계 더 발전시킬 수 있을 것이다.

시민과학의 향후 발전 방향에 대해 고민해 보기 위해서는 현 상황에 대한 이해가 필요하다. 이에 우선 시민과학의 개념, 분류, 전통 및 발전사 등을 살펴봄과 과학 연구에서 시민과학이 갖는 역할과 의의를 분석하고자 한다.

2

시민과학의 전통과 최근 동향들

시민과학의 역사

우리가 시민과학이라 부르는 활동은 18~19세기 유럽에서 시작되었다. 이 시기에 활동한 자연사 연구자들 중 많은 수가 전문 과학자라기보다는 호기심이 많고 자연에 관심이 높았던 아마추어들이었다. 일례로, 18세기 스웨덴의 식물학자 칼 폰 린네(Carl von Linnaeus)는 전 세계의 식물과 동물을 분류하고 기록하기 위해 다양한 사람들의 도움을 받기도 하였다. 당시에는 식물학, 동물학, 천문학 등의 분야에서 시민들의 참여가 매우 중요했다. 18세기에 유럽에서 시민들의 자원(volunteer)에 의한 조류 관찰이 시작되었고, 1880년대에는 북미의 등대지기들이 조류의 등대 충돌 데이터 수집에 착수했다. 19세기 말에는 아마추어 천문학자들이 태평양 천문협회를 결성했고, 미국 기상국에서는 일반인이 참여하는 기상 관측이 시작되었으며, 20세기에 들어 시민과학은 양서류, 어류, 파충류에 대한 데이터 수집으로도 확대되었다(홍성욱, 2024).

19세기에 과학이 전문화된 것은 잘 알려진 사실이다. 과학자들은 ‘화학회’, ‘물리학회’, ‘생물학회’와 같은 학회를 만들고, 학회의 회원이 될 수 있는 자격을 점점 더 엄격하게 제한하기 시작했다. 몇몇 과학 분야는 급속하게 수산화되면서 일반인들이 접근하기 힘든 영역이 되어버렸다. 지질학의 사례를 보면, 19세기 초엽까지는 많은 아마추어 연구자들이 지질학자로 활동하곤 했지만, 19세기 후반 이후에는 급속하게 전문화되어 전문 용어나 연구 방법 등을 모르는 사람은 지질학 연구에 참여하기 힘들어졌다. 하지만 시민들의 참여는 조류학, 천문학, 생물학, 기상학 등의 분야에서 과학자와의 협력을 통해 관찰 데이터를 모아 과학에 기여하는 방향으로 바뀌었다. 19세기 미국에서는 오두본 협회(Audubon Society)와 같은 조직이 만들어져서 새를 관찰하고 데이터를 기록하는 데 일반 시민들의 참여를 장려하기도 했으며, 이 시기의 활동은 주로 자연사와 환경 보호와 관련이 있었다. 1920년대에는 미국의 항공 우편 비행사들이 날씨 관련 데이터를 수집함으로써 기상학 연구에 기여하기도 했으며, 시민들의 참여는 더 많은 영역으로 확장되었다.

1960~1970년대에 접어들어 환경 문제에 대한 사회적 관심이 높아지면서 20세기에는 시민과학의 역할이 더욱 커지게 되었다. 이 시기에 시민들은 대기 오염, 수질 오염, 기후 변화 등의 문제를 감시하고 데이터를 수집하는 데 중요한 역할을 했다. 특히 1990년대 이후 인터넷과 정보통신기술의 발전은 시민과학의 급속한 확장을 가능하게 했다. 예를 들어, ‘eBird’와 같은 플랫폼은 전 세계의 조류 관찰자들이 데이터를 입력할 수 있도록 하여 과학 연구에 크게 기여해 오고 있다. 이러한 온라인 플랫폼은 시민과학이 대규모 데이터 수집과 분석에 기여할 수 있는 길을 열었다. 일례로 옥스퍼드 대학교의 천문학자 크리스 린토티는 2007년, ‘Zooniverse Galaxy Zoo’라고 이름 붙인 웹사이트에 7만여 장의 천체 사진을 올려놓고 일반인들에게 이를 판독하는 참여를 유도하였는데, 이후 1년 동안 5만 장의 사진이 분석되는 성과를 거두었다. 이는 온라인 플랫폼 덕분에 가능해진 시민과학의 대표적 사례이다.

시민과학 개념과 정의

시민이 과학 활동에 참여하는 역사는 오래되었지만, 시민과학이라는 용어는 비교적 최근에 등장한 개념이다. 19세기에는 시민과학 대신에 ‘아마추어 과학(Amateur Science)’이라는 용어가 종종 사용되었다. 아마추어 과학은 전문가 과학과 대비되는 개념이었으며, 아마추어에 의한 과학을 낮게 평가하는 시각이 내재된 것이었다.

시민과학이라는 용어는 1989년에 R. 커슨(Kerson)이 MIT <테크놀로지 리뷰>에 실은 ‘환경을 위한 연구실(Lab for Environment)’이라는 논문에서 최초로 사용한 것으로 알려져 있다. 여기서 커슨은 ① 농약의 독성을 검사하기 위해 농부들이 자금을 지원해서 만든 실험실, ② 그린피스가 오염을 측정하기 위해 자신들의 배에 만든 실험실, ③ 미네소타 카스 레이크 지역에 사는 인디언들이 식수원 오염을 감시하기 위해 세운 실험실, ④ 오두본 조류학회에서 50개 주 250명이 참여해서 수행하는 산성비 샘플 수집 작업 등 네 가지 사례를 들면서, 이 중 ④가 ‘시민과학 프로그램’이라 부를 수 있다고 이야기했다. ①~③은 시민들이 지원한 자금으로 전문가가 실험을 수행하지만, ④는 시민들이 직접 데이터를 수집하기 때문이다. 오두본 학회는 이렇게 수집된 샘플을 분석해서 매달 전국적인 산성비 분포를 발표하고 있었다(Kerson, 1989).

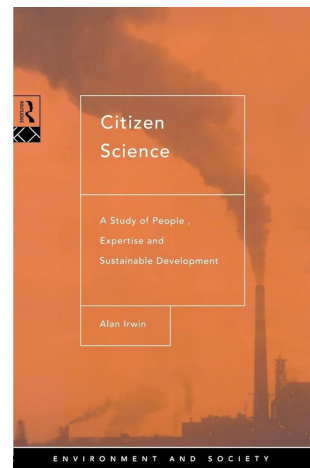
다만 커슨은 시민과학에서 객관성의 문제가 발생할 수 있음을 지적했다. 시민들이 직접 과학 활동에 참여하거나 이를 지원하는 사례의 대부분은 정부나 대학의 관심으로부터 동떨어진 경향이 있는데, 아무래도 이 경우 데이터를 해석할 때 시민들이 원하는 방향으로 편향될 위험이 있기 때문이었다. 그렇지만 커슨은 이 같은 분야에서의 시민과학이 점차 덜 과학적이면서, 더 가치 적재적이며, 더 정치적인 영역으로 진입하는 것은 어쩔 수 없는 현상이라 평가하고 있다. 적어도 커슨은 과학과 가치, 과학과 정치의 얽힘 때문에 시민의 참여를 제한할 수는 없다고 생각했던 것으로 보인다.

시민과학의 개념이 대중적으로 인식되기 시작한 계기는 영국의 과학기술학(STS) 연구자 앨런 어윈(Alan Irwin)이 1995년에 출간한 저서 ‘시민과학(Citizen Science)’에서 비롯되었다. 어윈은 책의 서문에서 시민과학을 이렇게 정의한다.

“‘시민과학’은 과학의 옹호론자들이 자주 주장하는 것처럼 시민의 필요와 관심사를 지원하는 과학을 떠올리게 한다. 동시에 시민과학은 시민이 직접 개발하고 제정하는 과학의 한 형태를 의미하며, 이 책의 중요한 한 줄기는 공식 과학 제도 밖에서 생성되는 ‘맥락적 지식(contextual knowledge)’을 다룰 것이다(Irwin 1995, xi).”

시민의 필요와 관심사를 지원하는 과학을 시민과학으로 볼 수도 있지만, 어윈은 그것보다는 시민이 직접 개발하고 제정하는 과학의 형태가 시민과학에 해당한다고 제시한 것이다. 그리고 그는 시민과학이 과학과 시민 간의 관계를 개선하는 중요한 매개자의 역할을 할 수 있음을 강조했다.

어윈은 또한 시민과학의 다섯 가지 특성으로 ① 과학적이지 않은 방법으로 생성된 지식에의 참여, ② 이질적 의견의 존중, ③ 시민의 우려를 불러일으키는 문제 상황에 대한 적극적 관여, ④ 과학의 불확실성과 한계 및 건설적인 가능성에 대한 성찰적 태도, ⑤ 제도적 유연성 및 변화 수용성 등을 제시했다(Irwin 1995, p. 167).



어윈의 『시민과학』(1995)

이후 유럽에서는 다양한 시민과학 프로그램이 진행되었으며, 최근 연구에 따르면 유럽 내 기관에서 사용되는 시민과학의 정의는 34개에 이른다. 유럽 시민과학 연합(European Citizen Science Association, ECSA)은 시민과학을 다음과 같이 정의한다. 시민과학은 ‘과학적 과정에 일반 대중의 참여’로, ‘시민과학 운동의 다양한 측면의 발전, 더 나은 이해, 의사 결정의 이익을 위한 사용을 지원하는 등 개방적이고 포괄적인 접근 방식’을 포함한다(Haklay et al., 2021). 이처럼 시민과학에 대한 다양한 정의는 시민과학 프로그램이 지원을 받는 기준을 결정하는 데 중요한 역할을 한다.

시민과학의 분류

시민과학은 다양한 방식으로 분류할 수 있다. 시민과 과학자들 간의 협력의 유형에 따라서 시민과학은 ① 시민 탐구형 시민과학, ② 참여형 시민과학 등으로 나눌 수 있다. 시민 탐구형 시민과학은 시민이 스스로 과학적 탐구를 수행하고 공유하는 것으로, 전문가의 개입이 거의 없는 경우를 말한다. 대표적 사례로 아마추어 천문학은 개인이 망원경을 사용해 밤하늘을 관측하고 자신들끼리 결과를 공유해 왔으며, 여기에 전문가나 천문학자는 거의 개입하지 않는다. 반면에 참여형 시민과학은 과학자가 시민들이 연구 과정의 일부에 더 깊이 관여하고, 전문가와 밀접하게 협력하는 유형이다. 이러한 유형의 시민과학은 전문가에 의해 주도되며, 전문가가 시민을 모집해서 이루어지는 경우가 많다. 주민들의 참여를 통해 데이터를 수집하여 지역의 소음 지도를 작성하는 프로젝트가 이 같은 유형이라 할 수 있다(Bonney et al., 2009; Eitzel et al., 2017).

또한 시민의 참여가 이루어지는 형태에 따라서 시민과학을 분류해 볼 수 있다. 많은 경우의 시민과학이 실제 현장에서 시민의 참여가 이루어지며, 이 같은 시민과학을 현장 시민과학이라 분류할 수 있다. 반면, 그 참여가 온라인으로 국한되는 시민과학이 있는데, 자원봉사자가 웹사이트에 올라간 동물 사진을 분류하는 주니버스(Zooniverse) 플랫폼이나 컴퓨터를 이용해서 단백질 구조 분석에 참여하는 Folding@home 프로젝트 등이 그 사례라 할 수 있다.

위긴스(Wiggins)와 크로스톤(Crowston)은 2011년 논문에서 시민과학을 ① 행동 지향

프로젝트, ② 보존 프로젝트, ③ 조사 프로젝트, ④ 가상 프로젝트, ⑤ 교육 프로젝트 등 다섯 가지 유형으로 분류하였다(Wiggs & Crowston, 2011).

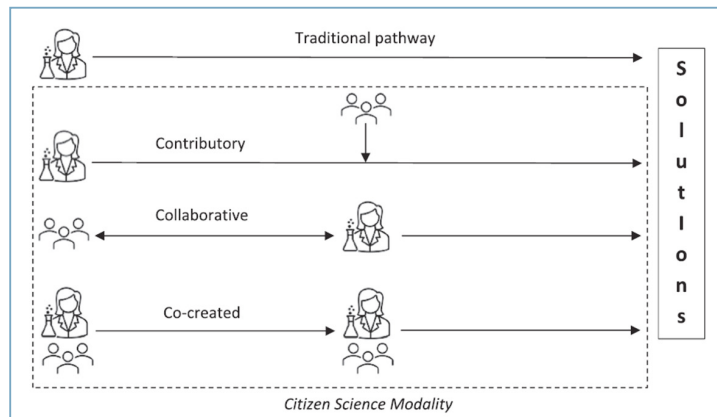
시민과학 프로젝트의 유형과 특징

프로젝트 유형	주요 특징
행동 지향 프로젝트 (Action-oriented project)	- 자원봉사자에 의해 시작됨 - 지역 문제에 대한 참여를 장려 - 과학 연구를 잠재적 해결책을 지원하는 도구로 활용
보존 프로젝트 (Conservation project)	- 천연자원 관리 목표를 지원 - 참여자들이 봉사 활동과 범위 확대를 위해 관리자로 참여
조사 프로젝트 (Investigation project)	- 물리적 환경에서 데이터를 수집하는 과학적 연구 목표에 초점
가상 프로젝트 (Virtual project)	- 조사 프로젝트와 유사한 과학적 연구 목표에 초점 - 전적으로 정보 기술에 기반하며 자원봉사자 상호작용이 온라인으로 이뤄짐
교육 프로젝트 (Education project)	- 교육 지향적 - 공식 및 비공식 학습 리소스를 제공하며 교육과 홍보가 주요 목표

<출처: Wiggs & Crowston(2011).>

또한, 호지킨슨(Hodgkinson) 등은 시민과학의 양상(modality)을 세 가지로 구분하였다. 보통의 과학 프로젝트는 시민의 참여 없이 과학자가 독자적으로 연구하는 전통적 방식을 의미한다. 그렇지만 시민의 참여 정도에 따라서 시민의 참여가 일부 포함된 ① 기여형 시민과학, 시민과 과학자가 협력하는 ② 협력형 시민과학, 그리고 문제의 설정부터 해결까지 시민과 과학자가 공동으로 수행하는 ③ 공동 창작형 시민과학 등이다(Hodgkinson et al., 2021).

호지킨슨 등이 분류한 시민과학의 네 가지 양상



<출처: Hodgkinson et al.(2021).>

여기서 ① 기여형 시민과학은 전문가가 설계한 프로젝트에 시민이 데이터를 제공하는 형태이며, 새를 관찰하는 시민이 데이터를 제공하는 오두본 학회의 조류 센서스가 대표적 사례이다. ② 협력형 시민과학은 시민들이 데이터 제공뿐만 아니라 데이터 분석, 프로젝트 설계 및 결과 확산에도 참여하는 형태로, 자원봉사자가 분류한 은하 데이터가 과학자의 연구 방향에 영향을 주는 ‘갤럭시 주(Galaxy Zoo)’ 프로젝트가 이에 해당한다. 마지막으로 ③ 공동 창작형 시민과학은 시민과 전문가가 프로젝트 초기 단계부터 함께 연구 질문을 설정하고 데이터 수집 및 분석에 협력하는 형태로, 지역 주민과 연구자들이 공기 오염에 대해 공동 연구를 수행하는 지역 공기질 모니터링이 이런 유형에 속한다.

시민과학의 긍정적인 영향

최근 시민과학이 주목받고 있는 이유 중 하나는 정부가 해결하기를 꾀하는 복잡한 난제(wicked problems)의 해결에 시민과학이 기여할 수 있다는 점 때문이다. 헤드(Head)는 2019년 논문에서 난제 해결을 위해 시민과학의 관점이 필수적임을 주장하기도 하였다. 그는 불명확한 난제에 맞서기 위해 ‘정부가 이해관계자 다원주의(stakeholder pluralism)를 포용할 것’이 필요하다고 하면서, 여기에 시민과학적 관점이 필수적이며, 시민이 해결책 도출의 핵심이 된다고 주장했다(Head, 2019, p. 192).

국내에서도 시민 참여를 통해 사회적 난제를 해결하는 프로젝트가 진행되었다. 2018년에 정부는 미세먼지가 사계절 내내 한반도에 머무르며 자연재해 수준에 근접하게 됨에 따라 이를 해결하기 위해서 ‘범부처 미세먼지 R&D 협의체’를 구성했다. 이 협의체에서는 정부 연구기관뿐만 아니라 국민들의 아이디어를 적극적으로 수렴하는 계획을 수립했고, 그 일환으로 ‘미세먼지 해결 R&D 아이디어 공모전’을 진행했다. 제안된 아이디어는 140여 건에 달했는데, 이 중 총 14건이 선정되었다. 대표적인 아이디어로는 ‘미세먼지 바리케이드 개발’, ‘그린 인프라 구축’, ‘학교 미세먼지 진단 및 개선’, ‘청정 스마트거리 조성’ 등이 있었다.¹⁾ 2019년에는 기획재정부에서 ‘사회적 난제 해결을 위한 국민참여예산제’라는 새로운 제도를 도입하기도 했다.

1) <http://www.econew.co.kr/news/articleView.html?idxno=408>

3

시민과학의 사례들 - 해외

전 세계적으로 수천 개의 연구 프로젝트들이 수백만 명의 사람들을 과학 데이터의 수집, 분류, 전사 또는 분석에 참여시키고 있다. 이러한 프로젝트들은 미생물 군집, 토착 벌, 수질, 은하 등 다양한 주제를 다루고 있다. 대부분의 프로젝트는 개별 연구자나 작은 연구팀이 달성할 수 없는 규모나 해상도로 과학적 정보를 얻거나 관리하고 있다. 특히, 인터넷의 발전은 시민과학 프로젝트의 가시성, 기능성, 접근성을 크게 향상시켰으며, 누구나 쉽게 프로젝트에 참여하고 데이터를 제출할 수 있게 했다. 앞서 언급한 eBird의 경우 전 세계의 조류 관찰자들이 매월 500만 건 이상의 조류 관찰을 수집하여 중앙 데이터베이스에 제출하도록 하고 있기도 하다. 이번 절에서는 해외에서 성공적으로 수행되었거나 수행되고 있는 시민과학의 사례들을 살펴보고자 한다.

eBird

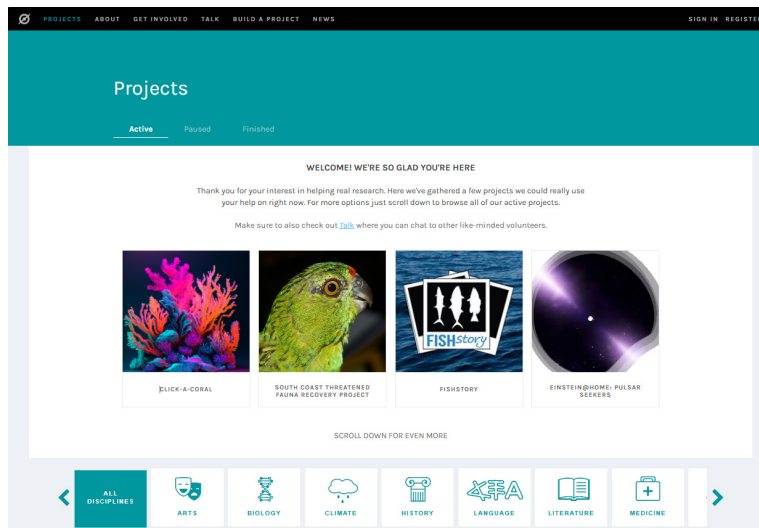
eBird는 세계적으로 널리 알려진 시민과학 프로젝트 중 하나로, 조류 관찰 기록을 수집하고 분석하는 것을 목표로 한다. 이 플랫폼은 2002년 코넬 조류학 연구소(Cornell Lab of Ornithology)에서 시작했으며, 조류학자, 취미로 조류를 관찰하는 사람들(버드워처), 그리고 일반 시민들이 전 세계적으로 조류를 관찰하고 그 결과를 공유하는 역할을 한다. eBird를 통해 시민은 자신이 본 조류의 종, 관찰한 장소, 시간, 그리고 기타 관련 정보를 입력할 수 있고, 이 데이터는 조류학 연구자들이 조류 분포, 이동 패턴, 번식 시기 등을 연구하는 데 사용되며, 특히 기후 변화나 서식지 파괴 등의 환경 문제를 이해하는 데 유용하게 활용된다.

특히 eBird는 전 세계적으로 사용되기 때문에 지역적 관찰 결과를 국제적 데이터베이스에 통합하여 관리할 수 있다. 수집된 데이터는 전통적인 과학적 방법으로 수집된 데이터에 비해 방대한 양을 자랑하기 때문에 조류학의 발전에 크게 기여하고 있으며, 교육적으로도 유용하다. 또한 멸종 위기에 처한 종을 보호하는 데 필요한 자료를 제공하는 등 조류 보호 및 보존을 위한 실천적 전략을 수립하는 데 중요한 역할을 한다.²⁾

Zooniverse

Zooniverse는 세계에서 가장 큰 시민과학 플랫폼 중 하나로, 사람들이 다양한 주제의 과학적 연구에 직접 참여할 수 있는 기회를 제공한다. 이 플랫폼은 과학, 인문학, 자연과학, 생물학, 천문학 등 다양한 분야의 연구를 지원한다. 대부분의 프로젝트는 이미지 분류, 데이터 레이블링, 텍스트 해독 등 참여자가 간단한 작업을 반복적으로 수행할 수 있도록 구성되어 있다. 이를 통해 연구자들은 큰 규모의 데이터를 분석할 수 있게 되며, 인공지능 알고리즘과 협력해 더 정밀한 결과를 도출하는 데 기여할 수 있다.

Zooniverse의 홈페이지. 현재 Zooniverse에서 진행 중인 시민과학 프로젝트를 볼 수 있다.



<출처: Zooniverse(2024).>

Zooniverse는 천문학 분야에서 처음 시작되었는데, 가장 유명한 프로젝트 중 하나가 'Galaxy Zoo'이다. 이 프로젝트에서 참가자들은 우주 망원경으로 촬영된 수많은 은하 사진을 분류해 은하의 형태를 분석하는 데 기여해 왔다. Zooniverse는 동물 행동을 분석하는 자연생태 프로젝트도 제공한다. Snapshot Serengeti 프로젝트는 카메라 트랩을 통해 촬영된 아프리카 야생동물의 사진을 분류하는 프로젝트로, 참가자들은 각 사진에 등장하는 동물의 종과 행동을

기록하여 생태학적 연구에 기여한다. 이 외에도 의료 영상에서 이상 패턴을 식별하여 의학 및 공중보건 연구에 기여하는 프로젝트, 고대 그리스 파피루스 문서와 같이 역사적 중요성을 가진 문서의 해독과 디지털화 및 분석 작업을 지원하는 Ancient Lives 프로젝트 등 다양한 분야에서 시민과학 프로젝트가 활발히 진행되고 있다.³⁾

Cell Slider

Cell Slider는 Zooniverse와 Cancer UK가 협업한 프로젝트로, 시민 자원봉사자들이 이전 연구에서 수집된 유방암 종양 샘플을 분석하는 시민과학 활동이며, 앱을 통해 2,000,000건 이상의 참여가 이루어졌다. 이 프로젝트의 목표는 암 퇴치를 위한 연구를 가속화하는 것이었으며, 시민과학자들이 암세포를 발견하는 데 도움을 주는 후속 프로젝트(예: Trailblazer)를 촉발시켰다. 이 같은 프로젝트를 통하여 시민 자원봉사자들의 암세포 발견 정확도는 과학자들의 분석 결과 대비 10% 이내의 오차로 향상되었다.⁴⁾

시민단체 Public Lab의 지역 환경 실태 조사 사업

Public Lab은 2010년 발생한 BP 딥워터 호라이즌 호 기름유출 사고를 계기로 결성된 시민단체로, 멕시코만 인근 어부들과 지역 활동가들이 정부의 불충분한 실태 조사에 대응하여 독립적인 조사를 하면서 활동이 시작되었다. 이들은 풍선에 카메라를 달아 오염 사진을 촬영하며, 정부가 제공한 자료보다 훨씬 상세한 환경 피해 이미지를 확보했다. 이후 Public Lab은 DIY 기술과 오픈소스 기술을 활용하여 지역 환경오염 조사를 수행하였고, 이를 바탕으로 환경정책 변화를 요구하는 활동을 지속적으로 펼치고 있다. 현재 미국 전역뿐만 아니라 우간다, 인도 등에서도 환경 오염지도 작성에 기여하고 있으며, 이들이 생산한 자료는 미국 환경청(EPA)에서도 유용하게 활용하고 있다(박진희·강윤재, 2018).

3) zooniverse.org

4) cancerresearchuk.org/getinvolved/citizen-science

뉴욕시 워터트레일 연합의 허드슨 강 시민 수질검사 활동

2010년 여름, 뉴욕시 워터트레일 연합은 허드슨 강에 폐기물이 유입된 화재 사건 이후 허드슨 강의 수질에 대해 관심을 갖게 되었다. 이들은 정부의 수질검사 자료가 신뢰할 수 없다고 판단하여 2011년 가을에 ‘시민 수질검사 파일럿 프로젝트’를 시작했다. 이 프로젝트는 River Project의 지원을 받아 진행되었으며, 자원봉사자들이 직접 샘플을 채취하고 분석했다. 초기에는 표준화된 샘플 관리 및 분석에 어려움을 겪었으나, 2012년부터 지속적으로 수질검사를 진행하며 보다 신뢰할 수 있는 자료를 수집하였다. 이 자료는 미국 환경보호청(Environmental Protection Agency, EPA)에 의해 인정받았고, 수질 기준 설정에도 영향을 미쳤다. 현재 정기적인 수질검사에는 약 50명의 시민이 참여하고 있으며, 검사 결과는 매주 공개되고 있다(박진희·강윤재, 2018).

Patientslikeme

만성 질환을 앓고 있는 사람들을 위해 시민 자원봉사자들이 약물 부작용의 영향과 치료에 대한 개인 건강 데이터를 자발적으로 공유하는 프로젝트이다. 이를 관장하는 소셜 네트워크가 바로 ‘Patientslikeme’이며, 지금까지 830,000명 이상의 자원봉사자가 2,900개 이상의 질환에 대한 데이터를 생성하여 공유했다. 이 프로그램은 만성 질환 치료를 위한 새로운 지식 개발을 통해 환자의 삶을 개선하고자 함을 목표로 하고 있다.⁵⁾

The Missing Map Project

미싱 맵 프로젝트는 인도주의 단체의 구호 활동을 개선하기 위해 재난 취약 지역의 지도를 제작하는 프로젝트이다. 지진이나 홍수와 같은 자연재해가 발생하면 해당 지역의 지리적 지형을 바꾸어 놓게 되며, 상세한 지역적 정보가 없을 경우 구호 활동을 하기 어려워진다. 이

5) patientslikeme.com

프로젝트에서는 자원봉사로 참여하는 시민이 위성 이미지를 추적하여 오픈 스트리트 맵에 추가적인 주요 정보(예: 도로명, 대피소 위치 등)를 입력하면, 지역 시민이 이를 보강하여 일반적으로 지도에는 나와 있지 않은 중요한 데이터를 제공함으로써 구호 지역에 대한 접근성을 높인다. 전 세계적으로 높은 수준의 사망률이 나타나고 많은 이재민이 발생하는 취약 지역의 재난 상황에서 이 프로젝트는 소중한 생명을 구하고 지역 사회를 돕는 데 도움이 되고 있다.⁶⁾

대기질 시민과학

대기질 시민과학(Air Quality Citizen Science)은 과학자들이 배포한 저비용 센서를 사용하여 시민들이 NASA 위성 관측을 보완할 수 있는, 시공간적 제약을 극복한 대기질 데이터를 생성하는 작업이다. 이 프로젝트의 가장 중요한 목표는 매년 650만 명의 사망자를 낳는 원인으로 추정되는 미립자 대기 오염을 극복하는 데 도움을 주는 것이다.⁷⁾

주거 지역의 시민과학과 생물 다양성

쿠퍼(Cooper) 등은 기존의 시민과학에서 수행한 보존 연구가 주로 야생 지역에 초점을 맞췄던 것에 비해, 새로운 프로젝트는 주거 지역에 대한 연구를 통해 생물 다양성 보전에 기여할 만한 잠재력이 있다고 하였다. 시민과학은 주거 지역에서의 데이터 수집과 공공 참여를 통합하는 방법이 될 수 있으며, 주민들이 직접 주거지의 토지를 모니터링하고 관리하는 데 참여하게 하여, 생물 다양성 보존에 긍정적이고 주목할 만한 영향을 미칠 수 있다는 것이다. 주거 지역에서의 시민과학은 생물 다양성 보존을 위한 효과적인 관리 전략을 수립하는 데 중요한 도구가 될 수 있으며, 이를 통해 다양한 의견들을 하나로 통합하여 더 큰 환경적 변화를 이끌어낼 수 있다는 것이 이들의 주장이다(Cooper et al., 2007).

6) missingmaps.org

7) aqcitizenscience.rti.org

4

시민과학의 사례들 - 국내

우리나라에서도 조류학, 천문학, 환경과학 등 영역에서 다양한 시민과학 프로그램이 운영되었다. 최근에는 과학자들이 시민과학의 가능성을 인식하고, 과학 평가 제도를 개선하며, 공공주도 시민과학 프로젝트 운영과 오픈 데이터 정책 마련, 시민과학 네트워크 구축의 필요성을 강조하고 있다. 이번 절에서는 현재 우리나라에서 진행되었거나 진행되고 있는 시민과학의 사례들을 살펴보겠다.

성대골 리빙랩

서울 동작구 상도동에 위치한 성대골은 에너지 자립을 달성한 마을 공동체로 유명하다. 그 출발인 ‘성대골 리빙랩’은 2011년 후쿠시마 원전 사고 이후 에너지 전환을 목표로 주민들이 자발적으로 시작한 운동에서 비롯했다. 2012년, 70가구가 참여한 절전소 운동을 통해 35,000kWh의 전력을 절약하였고, 이는 상가와 학교로 확산되었다. 주민들은 난방 문제 해결을 위해 단열개선사업을 시작하였고, 2013년에는 ‘마을닷살림협동조합’을 설립하였다. 2016년부터는 태양광을 주제로 리빙랩을 구성하여 주민들이 ‘마을 연구원’으로 활동하였으며, 에너지기후정책연구소 등과 협력해 태양광 기술에 대한 시민 지식을 확장하였다. 이 과정에서 공동체의 협력이 성공의 주요한 배경으로 평가되었다(김지연, 2018).

새만금시민생태조사단

‘새만금시민생태조사단’은 2003년에 새만금 간척사업으로 인한 환경 파괴에 대응하여 시민들이 직접 새만금 지역의 생태를 조사하고 기록하기 위해 결성된 단체이다. 이 단체는 환경 파괴를 우려하는 시민들과 활동가들이 중심이 되어 만들어졌으며, 시민들의 자발적 참여에 의해

10년 동안 120회에 걸쳐 생태 조사를 진행했다. 조사단의 목표는 새만금 지역의 생태 변화를 시민의 눈높이에서 기록하고 공유하는 것이었으며, 이를 통해 방대한 자료를 축적할 수 있었다. 이 자료들은 과학적 분석을 통해 문제 해결을 모색할 수 있는 가능성을 열어주었고, 현재도 일부 팀의 활동이 계속되고 있으며, 다른 지역에서도 유사한 시민 생태 조사단이 활동하고 있다(박진희·강윤재, 2018).

서울 제비 SOS(Swallow of Seoul) 프로젝트

‘서울 제비 SOS 프로젝트’는 ‘제비와 함께 살아가는 서울’을 목표로 하여 제비 조사, 인식 증진, 보존 활동을 전개하는 프로젝트다. 이 프로젝트는 시민단체 ‘생태보전시민모임’, 생태교육 관련 사회적 기업 ‘터치 포 굿’, 국립산림과학원, 그리고 서울시의 푸른도시국 자연생태과가 협력하여 10년을 목표로 공동 진행하고 있다.

2022년 서울 제비 SOS 프로젝트 참가자 모집 홍보물



<출처: 터치포굿(2022).>

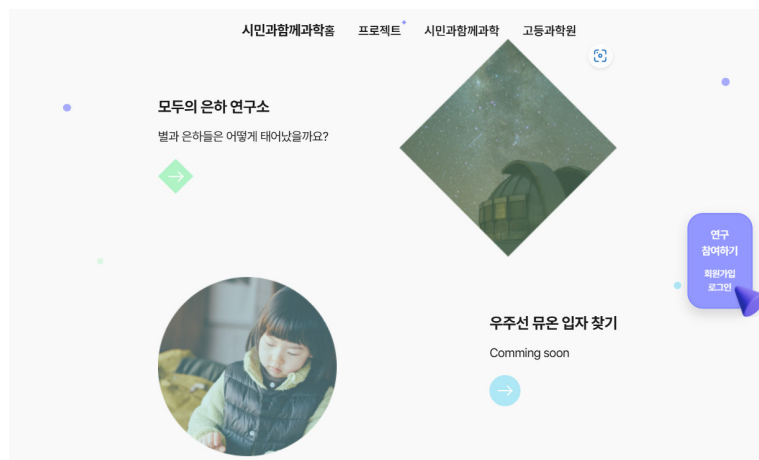
2015년, 서울 제비 SOS 프로젝트의 첫 활동을 통해 서울에서 제비의 분포와 개체수를 조사하여 그 결과를 발표한 바 있다. 2015년 5월부터 9월까지 진행된 조사는 시민들의 제보와 문헌 조사를 바탕으로 서식지를 확인한 자치구들을 대상으로 이루어졌다. 조사 방식으로는 시민들이 직접 참여하는 현장 모니터링과 ‘터치 포 굿’에서 개발한 ‘숨은제비찾기’라는 웹

기반 모니터링을 활용했다. 이 방식은 누구나 쉽게 참여할 수 있어 제비 개체수를 파악하는 데 용이했다. 이러한 성과를 바탕으로 2016년에는 이전에 조사되지 않은 지역을 대상으로 하는 추가 조사가 진행되었으며, 시민 참여 모니터링이 더욱 적극적으로 활용되었다. 또한, 제비 보존을 위해 제비 등지와 뚝밭이대 제작 및 보급 활동이 이루어졌으며, 제비 등지가 있는 가정에 ‘홍부네 집’ 명패를 제작해 배포함으로써 제비에 대한 인식을 높이는 활동도 함께 진행되었다(박진희·강윤재, 2018).

고등과학원의 시민과 함께 과학 프로그램

고등과학원(Open KIAS)에서 운영하는 ‘시민과 함께 과학’ 프로그램은 시민과학이 활성화되는 국제적 흐름에 발맞춰 시민들이 과학 연구 과정에 직접 참여하고 기여할 수 있는 기회를 제공하려는 목적에서 기획되었다. 이 프로그램은 고정된 과제 형태를 따르지 않으며, 다양한 주제와 방식을 유연하게 활용할 수 있다. 다만, 시민과 과학자가 함께하는 과학적 연구를 대상으로 한다. 과제 수행은 배정된 과학자 집단이 시민들의 활동을 지도하는 형태로 진행되며, 과제 종료는 과제 책임자와 운영위원회 간 협의를 통해 결정되고, 완료된 과제는 시민과학의 특성상 결과를 철저히 공개하도록 하고 있다.

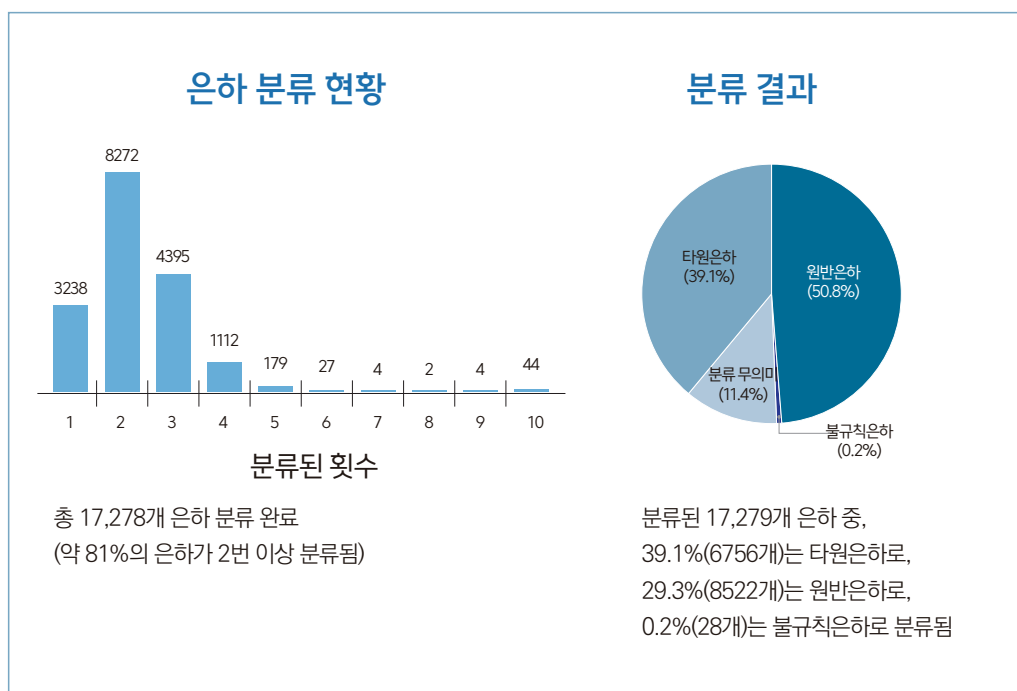
고등과학원의 ‘시민과 함께 과학’ 홈페이지



<출처: 시민과학과과학(2024).>

이 프로그램은 2022년 초 제안되었고, 2024년 진행 중인 과제로는 ‘모두의 은하 연구소’가 있다. 이 과제는 시민들이 참여하여 은하 분류를 수행하는 프로젝트이다.

고등과학원의 ‘시민과 함께 과학’에서 분류한 은하의 결과



<출처: 고등과학원 박창범(2024).>

이 프로그램을 통해 생성된 자료는 과학적 연구에 활용될 예정이며, 일정 수 이상의 은하를 분류한 시민들에게는 첫 번째 논문의 공동 저자로 참여할 수 있는 기회를 제공하는 원칙을 통해서 시민들에게 자신이 수행한 연구가 과학적 성과로 이어지는 과정을 경험하게 할 계획이다(박창범, 2024).

📦 시민과 함께한 선충 채집 및 DNA 분석 사례

선충과 같은 선형동물은 전 세계적으로 약 100만 종 이상이 존재할 것으로 추정되며, 다양한 서식지에 걸쳐 생존한다. ‘시민과 함께한 선충 채집 및 DNA 분석’ 프로젝트는 충남대학교 김준 교수에 의해서 기획 및 수행되었던 프로젝트다. 그는 박사 과정과 박사후 연구원 기간 동안 연구실 내에서만 수행되는 연구에 한계를 느끼고 외부 채집을 통한 연구의 필요성을 절감하게 되었다. 처음에는 연구실 구성원들의 도움을 받아 명절 여행 시 썩은 과일 등을 채집하는 방식으로 연구를 진행했으나 이 역시 한계를 노출함에 따라 시민과학 프로젝트로 확대했다. 우선 서울시립과학관과 협력하여 일반 시민들이 선형동물 채집과 DNA 분석에 참여할 수 있는 프로그램을 기획하였으며, 그 과정에서 다양한 지역에서 채집된 샘플을 분석하고, DNA 추출 및 서열 분석을 통해 신종 선충의 가능성을 탐색하였다. 그리고 복잡한 DNA 추출 과정을 간소화하기 위해서 간단한 실험 절차를 도입하기도 했다. 그 결과, 개선된 방법론을 통해 시민들이 쉽게 참여할 수 있는 연구 프로그램이 만들어졌으며, 이는 시민과학이 과학자의 연구 방법에도 영향을 준 사례로 꼽을 수 있다(김준, 2024).



5

맺음말

오늘날 시민과학은 기후 변화, 생물 다양성, 공중 보건 등 다양한 분야에서 중요한 역할을 하고 있다. 기술의 발전에 힘입어 사람들은 스마트폰과 앱을 통해 손쉽게 데이터를 수집하고 연구에 참여할 수 있으며, 이는 과학자들이 접근할 수 없는 지역의 데이터나 대규모 연구 프로젝트에 필요한 데이터를 빠르게 수집하는 데 큰 도움이 되고 있다.

시민과학을 통해 수집된 데이터의 신뢰성과 수준에 대한 우려가 존재하지만, 적절한 지침과 기준 및 기술적 도구 등의 제공, 교육 및 감독을 통해 자원봉사자들 또는 시민들도 전문가에 준하는 품질의 데이터를 수집할 수 있다. 일례로 eBird와 Zooniverse 같은 프로젝트에서 수집된 데이터는 많은 학술 논문과 책에서 사용되고 있으며, 환경 보호 기관들도 관련 데이터를 활용하여 환경 보호에 힘쓰고 있다. 이렇듯 시민과학의 과정 및 결과물의 질적 수준과 신뢰성을 높이는 것은 시민과학에 대한 긍정적 인식을 제고하여 새로운 패러다임을 형성하는 데 있어 매우 중요하며, 이를 통해 시민과학, 특히 그 결과물과 데이터의 질에 대한 회의적 시각을 극복해 갈 수 있다.

또한, 시민과학은 과학적 목표뿐만 아니라 사회적 목표도 달성할 수 있는 잠재력을 가지고 있다. 해양 보호 구역 설정이나 지역 사회의 공중 보건 문제 해결 등에 시민 참여형 시민과학이 기여할 수 있을 것이며, 이 같은 프로젝트는 다양한 배경과 문화를 가진 사람들이 보유한 지식과 경험을 활용하여 지역 문제를 해결할 수 있는 기회를 제공한다.

미국 시민과학협회(현재는 참여과학진흥협회 (Association for Advancing Participatory Science, AAPS)로 개명)의 홈페이지



<출처: Association for Advancing Participatory Sciences(2024).>

시민과학의 잠재력을 최대화하기 위해서는 중복 프로젝트를 줄이고 새로운 데이터 수집 기회를 포착하는 것이 중요하며, 새로운 프로젝트가 성공하기 위해서는 이미 검증된 프로젝트와의 협력도 피해볼 수 있다. 또한, 국제시민과학협회(Citizen Science Association)⁸⁾와 같은 조직이 시민과학의 모범 사례를 촉진하고, 데이터 관리, 과학적 엄격성, 윤리 및 프로젝트 평가를 지원하는 역할을 할 수 있다. 이러한 조직은 시민과학 데이터의 중앙 저장소를 구축하고, 데이터를 보다 효율적으로 활용할 수 있도록 제도를 정비하는 등 시민과학계의 도약을 이끌 수 있을 것이다(Bonney et al., 2014).

최근에는 유럽의 대형 강입자 가속기(Large Hadron Collider, LHC) 프로젝트 등 거대과학 분야에서 오픈 데이터(Open Data) 프로젝트가 시작되었다. 이는 힉스 입자 발견 이후 시민들의 과학 연구 참여 욕구를 반영한 것으로, 시민들이 과학 연구의 데이터에 접근하고 이를 활용할 수 있는 기회를 제공한다. 그러나 이러한 오픈 데이터 프로젝트가 성공하기 위해서는 시민들이 데이터에 쉽게 접근할 수 있도록 인터페이스를 개선하고, 데이터 분석에 필요한 도구와 교육 목표를 제공하는 것이 필수적이다.

8) 2013년에 미국에서 결성된 시민과학협회(CSA)는 아마추어 또는 비전문 과학자가 과학 연구를 수행하는 시민과학의 실무자 및 연구자를 위한 미국 회원 기반 전문 단체이다. 이 협회는 미국과 국제적으로 시민과학 연구의 범위, 관련성, 영향력을 확대하는 것을 목표로 하고 있다. 이 단체는 2024년에 참여과학진흥협회(Association for Advancing Participatory Science, AAPS)로 개명했다. 홈페이지는 citizenscience.org

또한, 시민과학의 활성화를 위해 인공지능(AI) 기술을 활용하는 방안도 논의되고 있다 (McClure et al., 2020). 인공지능은 데이터 분석 과정을 자동화할 수 있어 시민들의 과학적 참여를 촉진하는 도구가 될 수 있다. 아울러 인공지능의 결과물은 시민들의 감시와 검증을 필요로 할 수 있기 때문에 시민과학은 오히려 인공지능과의 협력을 통해 더욱 발전할 수 있을 것이다.

우리나라의 시민과학은 사회문제 해결형 R&D라는 범주 안에 포함되었으며, 대표적으로 리빙랩(Living Lab) 사업이 있다. 이러한 유형의 사업은 생활 속 문제와 관련하여 시민이 주도하고 전문가가 참여하여 해결하는 방식으로 진행되어 왔다. 그러나 최근 이와 같은 사업들이 줄어들고 있으며, 리빙랩 사업 예산은 거의 대부분 중앙정부에서 지방정부로 이관되었다. 따라서 지금 시점에서는 국제적 동향에 맞춰 리빙랩 사업을 시민과학 프로그램으로 재구성할 필요가 있으며, 특히 정부는 시민과학의 다양한 유형, 국내외 사례 등을 분석하고 지원하는 방안을 재정립할 필요가 있다.

결론적으로, 시민과학은 교육과 홍보의 차원을 넘어 과학 연구에 실질적으로 기여할 수 있는 방안을 모색해야 한다(부록 참조). 이를 위해 시민과학 데이터를 분석하고 공유할 수 있는 플랫폼의 구축과, 시민과학자를 사회적으로 인정할 수 있는 제도적 지원이 필요하다. 이와 더불어 과학계는 새로운 과학 패러다임으로 정립될 가능성이 높은 분야인 시민과학의 중요성과 필요성에 대한 인식을 가지고 시민의 주체적 참여를 촉진해 가야 할 것이다.

부록

최근에 시민과학 연구자들과 운동가들은 ‘과학을 바꾸는 시민과학’이라는 모토를 제창하고 있다. 시민과학이 기존 과학의 질적 변화를 만들 수도 있다는 의미인데, 이를 위한 조건들을 정리하면 아래 표와 같다(von Gönner et al., 2023).

기존 과학의 질적 변화를 만들어가기 위한 시민과학의 조건

분 류	권장 사항
과학 (Science)	데이터 품질 전략을 프로젝트 커뮤니케이션에 통합하기
	데이터 관리 계획 사용 및 메타데이터 표준화
	과학 출판에 대한 책임을 할당하고 충분한 자원을 배분하기
	과학 아카이브(오픈 액세스)에서 데이터 저장 촉진하기
참가자 (Participants)	사회적 학습 기회 육성, 예: 대면 피드백 또는 멘토링 프로그램
	과학적 지식 공동 생산 원칙을 다루어 과학적 문해력 증진
	이해 관계자 간 네트워킹 촉진 및 프로젝트 결과 기반으로 집단 행동 촉진
사회-정치적 과정 (Socio-political processes)	시민 과학 커뮤니티와 외부 파트너 간의 대면 네트워킹 촉진
	대학 및 고등학교와 협력하기
	시민, 이해 관계자 및 의사 결정자들과 공동 설계 및 프로젝트 구현
	모든 주요 조직에 지역 시민 과학 연락 지점 설립
지원 매커니즘 (Support mechanisms)	참가자에 대한 수요 지향적 형태의 인정 촉진
	시민 과학을 학문적 평판 시스템의 일부로 통합하기
	시민 과학 프로젝트를 위한 초기 자금 지원, 후속 조치 및 저문턱 자금 확대
	시민 과학 프로젝트의 체계적인 프로젝트 평가 및 시민 과학 영향에 대한 연구 촉진

<출처: von Gönner et al.(2023).>

참고문헌

- 김준(2024). 시민과 함께한 선충 채집 및 DNA 분석 사례, 제223회 한림원원탁토론회, 2024. 5. 10, 한국과학기술한림원.
- 김지연(2018). “한국의 시민과학이 전하는 메시지: 1982-2018”, 과학기술학연구, 제18권 제2호, pp. 43-93.
- 박진희(2018). “한국 시민과학의 현황과 과제”, 과학기술학연구, 제18권 제2호, pp. 7-41.
- 박진희·강윤재(2018). “환경 문제, 시민지식 그리고 시민과학 - 시민과학의 환경 문제 해결 가능성과 과제”, 환경철학, 제25권, pp. 93-124.
- 박창범(2024). 시민과학과 함께 과학 Science with Citizens, 제223회 한림원원탁토론회, 2024. 5. 10, 한국과학기술한림원.
- 홍성욱(2024). 시민과학이란 무엇인가? 전통과 최근 동향들, 제223회 한림원원탁토론회, 2024. 5. 10, 한국과학기술한림원.
- Bonney, R., Cooper, C. B., Dickinson, J., Kelling, S., Philips, T., Rosenberg, K. V., & Shirk, J.(2009). “Citizen Science: A Developing Tool for Expanding Science Knowledge and Scientific Literacy.” *BioScience*, Vol.59 No.11, pp. 977-984.
- Bonney, R., Shirk, J. L., Philips, T.B., Wiggins, A., Ballard, H. L., Miller-Rushing, A. J., & Parrish, J. K.(2014). “Next Steps for Citizen Science.” *Science*, Vol.343 No.6178, pp.1436-1437.
- Cooper, Caren B., Dickinson, J., Phillips T., & Bonney, R.(2007). “Citizen Science as a Tool for Conservation in Residential Ecosystems.” *Ecology and Society*, Vol.12 No.2, pp. 11.
- Eitzel, M., Cappadonna, J., Santos-Lang, C., Duerr, R., West, S. E., Virapongse, A., ... & Jiang, Q.(2017). “Citizen Science Terminology Matters: Exploring Key Terms.” *Citizen Science: Theory and Practice*, Vol.2 No.1, pp. 1-20.
- Haklay, M., Dorler, D., Heigl, F., Manzoni, M., Hecker, S., Vohland, K., ... & Wagenknecht, K.(2021). What Is Citizen Science? The Challenges of Definition, in K. Vohland, et al.(eds.), *The Science of Citizen Science*, Springer, pp. 13-33.
- Head, Brian W.(2019). “Forty Years of Wicked Problems Literature: Forging Closer Links to Policy Studies,” *Policy and Society*, Vol.38, pp. 180-197.
- Hodgkinson, I R., Mousavi, S., & Hughes, P.(2021). “New Development: Citizen Science—Discovering (new) Solutions to Wicked Problems,” *Public Money & Management*, Vol.42 No.2, pp. 133-136.
- Irwin, A.(1995). *Citizen Science: A Study of People, Expertise and Sustainable Development*. London. Routledge, 김명진, 김병수, 김병윤 역(2011), *시민과학: 과학은 시민에게 복무하고 있는가?*, 당대.

- Kerson, Raymond.(1989). "Lab for the Environment." *Technology Review*, Vol.92 No.1, pp. 11-12.
- McClure, E.C., Sievers, M., Brown, C. J., Buelow, C. A, Ditria, E. M., Hayes, M. A, ... & Connolly, R. M.(2020). "Artificial Intelligence Meets Citizen Science to Supercharge Ecological Monitoring." *Patterns*, Vol.1 No.7, 100109.
- Silvertown, Jonathan(2009). "A New Dawn for Citizen Science," *Trends in Ecology & Evolution*, Vol.24 No.9, pp. 467-471.
- von Gönner, J., Herrmann, T. M., Bruckermann, T., Eichinger, M., Hecker, S., Klan, F., ... & Bonn, A.(2023) "Citizen Science's Transformative Impact on Science, Citizen Empowerment and Socio-political Processes." *Socio-Ecological Practice Research*, Vol.5 No.1, pp. 11-33.
- Wiggins, A. & Crowston, K.(2011). "From Conservation to Crowdsourcing: A Typology of Citizen Science" *HICSS '11: Proceedings of the 2011 44th Hawaii International Conference on System Sciences*, pp. 1-10.
-

한국과학기술한림원은,

대한민국 과학기술분야를 대표하는 석학단체로서 1994년 설립되었습니다. 1,000여 명의 과학기술분야 석학들이 한국과학기술한림원의 회원이며, 각 회원의 지식과 역량을 결집하여 과학기술 발전에 기여하고자 노력해오고 있습니다. 그 일환으로 기초과학연구의 진흥기반 조성, 우수한 과학기술인의 발굴 및 활용 그리고 정책자문 관련 사업과 활동을 펼쳐오고 있습니다.

한림석학정책연구는,

우리나라의 중장기적 과학기술정책 및 과학기술분야 주요 현안에 대한 정책자문 사업으로 한국과학기술한림원 회원들이 직접 참여함으로써 과학기술분야 및 관련분야 전문가들의 식견을 담고 있습니다.

한림석학정책연구는 한림연구보고서, 차세대리포트 등 다양한 형태로 이루어지고 있으며 국회, 정부 등 정책 수요자와 국민들에게 필요한 정보와 지식을 전달하기 위하여 꾸준히 노력하고 있습니다.

한국과학기술한림원 더 알아보기

 홈페이지
www.kast.or.kr

 블로그
kast.tistory.com

 포스트
post.naver.com/kast1994

 페이스북
www.facebook.com/kastnews



이 사업은 복권기금 및 과학기술진흥기금 지원을 통한 사업으로 우리나라의 사회적 가치 증진에 기여하고 있습니다.



KAST 한국과학기술인문원
The Korean Academy of Science and Technology

(13630) 경기도 성남시 분당구 돌마로 42

Tel 031-726-7900 **Fax** 031-726-7909 **E-mail** kast@kast.or.kr

