

시민과학을 적용한 환경문제 대응방안 연구

A Study on Citizen Science for Environment Problems

정행운 · 염정윤



■ 저 자 정행운, 염정운

■ 연구진

연구책임자 정행운 (한국환경연구원 연구원)
참여연구원 염정운 (한국환경연구원 부연구위원)

■ 연구자문위원 (가나다 순)

김남수 (국토환경연구원 부원장)
박진희 (동국대학교 다르마칼리지 교수)
이정석 (한국환경연구원 연구위원)
이현우 (한국환경연구원 선임연구위원)

© 2021 한국환경연구원

발행인 윤재용
발행처 한국환경연구원
 (30147) 세종특별자치시 시청대로 370
 세종국책연구단지 과학·인프라동
 전화 044-415-7777 팩스 044-415-7799
 <http://www.kei.re.kr>

발 행 2021년 11월 30일
등 록 제2015-000009호 (1998년 1월 30일)
ISBN 979-11-5980-523-3 95530

이 보고서를 인용 및 활용 시 아래와 같이 출처를 표시해 주십시오.
정행운, 염정운(2021), 「시민과학을 적용한 환경문제 대응방안 연구」, 한국환경연구원.

요약

■ 연구의 주요 내용

○ 현재 시민과학에 대한 정의는 다양함

- 옥스퍼드 영어사전(Oxford English Dictionary)에서는 2014년 시민과학을 “일반 대중이 수행하는 과학작업으로 주로 전문적인 과학자와 과학기관과 협력하여 혹은 지도로 수행하는 것”¹⁾이라고 정의(옥스퍼드 영어사전, “Citizen Science”, 검색일:7.27)
- 유럽시민과학백서(White Paper on Citizen Science for Europe)에서는 “일반 대중이 과학연구 활동에 참여하여 지적 노력, 배경지식, 도구나 자원을 가지고 과학에 적극적으로 기여하는 것”으로 정의(Eitzel et al., 2017; 고재경, 2019)

○ 앨런 어윈의 관점은 시민과학이 시민을 훈련 및 교육하고 필요한 지식을 수집해오는 것에 그치지 않고 참여자가 스스로 목표를 정하고 성취하는 과정까지 확장

- 오늘날의 시민과학은 참여적 행동 연구(participatory action research)의 형태로 규정(Veeckman and Temmerman, 2021)

〈표 1〉 시민과학의 개념

구분	내용	비고
옥스퍼드 영어사전 (Oxford Dictionary)	전문적인 과학자와 과학기관의 지도 아래 혹은 함께 협력하여 일반 대중이 수행하는 과학 작업	
유럽시민과학백서 (White Paper on Citizen Science)	일반 대중이 과학연구 활동에 참여하여 지적 노력, 배경 지식, 도구나 자원을 가지고 과학에 적극적으로 기여하는 것	Sanz et al.,(2015)
미국 ‘크라우드소싱 및 시민과학법’ (Crowdsourcing and Citizen Science Act of 2016)	개인이나 단체가 다양한 방식으로 과학적 과정에 참여하는 것	

1) 원문: Scientific work undertaken by members of the general public, often in collaboration with or under the direction of professional scientists and scientific institutions.

〈표 1〉의 계속

구분	내용	비고
옥스퍼드 영어사전 (Oxford Dictionary)	전문적인 과학자와 과학기관의 지도 아래 혹은 함께 협력하여 일반 대중이 수행하는 과학 작업	
유럽시민과학백서 (White Paper on Citizen Science)	일반 대중이 과학연구 활동에 참여하여 지적 노력, 배경 지식, 도구나 자원을 가지고 과학에 적극적으로 기여하는 것	Sanz. et al.(2015)
미국 ‘크라우드소싱 및 시민과학법’ (Crowdsourcing and Citizen Science Act of 2016)	개인이나 단체가 다양한 방식으로 과학적 과정에 참여하는 것	
독일 시민과학 전략 2020 녹색서 (Green Paper Citizen Science Strategy 2020 for Germany)	과학기관에 속하지 않은 사람들이 과학적 과정에 참여하는 것	Bonn. et al.(2016)
UK Environmental Observation Framework(2011)	자연환경에 대한 우리의 지식을 확장하는 데 기여하는 생물 중, 환경 데이터의 자발적인 수집 활동으로 생물학적 모니터링, 환경관찰 자료의 수집 또는 해석을 포함	
Eitzel et al.(2017)	방법론, 운동, 사회적 역량 측면에서 시민과학을 정의	
앨런 어윈	사회에 책임을 지는 과학 강조	앨런 어윈 (2011)

자료: 고재경(2019), p.17을 저자 일부 수정.

- 따라서 현재의 시민과학은 과학자가 전문 영역에서 자료를 수집하는 것에서 시민의 도움을 받는 영역만 아니라 사회과학적인 맥락에서 시민이 스스로 전문성을 가진 존재로 논의 되는 영역까지 모두 포괄(Bonney et al., 2016; 박진희, 2018).

■ 정책 제안

- 첫째, 환경 갈등 부분
 - 대표적인 예는 ‘숙의 민주주의’라고 불리는 형태인데, 원자력 발전소에 대한 국민참여위원회를 개최하여 사회 문제를 공론화시키고 국민이 직접 결정 과정에 참여할 수 있도록 한 것
 - 환경 관련 이슈가 아닌 영역에서는 국민참여재판제도, 즉 배심원 제도도 비슷한 사례
- 둘째, 리빙랩 형태로서 국가 단위보다는 각 지자체 단위에서 진행
 - 리빙랩은 소수 인원이 함께 문제를 제안하고 고민해서 해결방식을 찾아나가는 과정이기

때문에 국가 단위에서 진행하기는 힘들

- 따라서 지역단위로 진행되는 경우가 많으며, '에너지 자립마을'이 대표적
- 성남시에서는 친환경 행동 강화와 홍보를 노리는 '성남 지역문제해결 리빙랩'을 운영 중
- 인천에서도 지역주민을 구성원의 50% 이상으로 한 '스마트 도시 리빙랩'을 소개하여 운영하면서 ICT를 활용해 해결할 수 있는 문제들을 주민이 직접 제안하여 생활정책을 개발하고 실험하는 공간을 운영 중

○ 셋째, 정보 수집을 위한 시민과학

- 시민과학의 가장 기본적인 형태이면서 환경적인 정보를 광역의 범위에서 얻는 방법
- 예를 들면, 미세먼지 측정을 시민이 실시간으로 특정 장소에서 측정할 수 있도록 한다면 더 정확하게 미세먼지를 측정할 수 있고, 원인에 관한 연구도 더 활발하게 진행할 수 있음

차 례

I. 서론	1
1. 연구 필요성 및 목적	1
2. 연구 내용 및 방식	2
II. 시민과학의 등장	3
1. 새로운 과학의 등장	3
2. 시민과학의 개념과 전통	7
III. 시민과학 사례	15
1. 모니터링 네트워크: 이버드(ebird)	15
2. 리빙랩(living lab): 성대골 에너지 자립마을	18
3. 스마트 도시와 시민과학	21
IV. 결론	25
1. 환경문제와 시민과학	25
2. 시민과학 적용방안	27
참고문헌	31

I 서론

1. 연구 필요성 및 목적

- 환경에 관한 관심이 증가하고 있다. 그린 이코노미(green economy)와 탄소전환, ESG(Environment, Society and Governance)경영은 2021년 가장 화제가 되는 정책 분야 중 하나이다. 쓰레기 수출이 금지되고 미세먼지로 인한 생활양식이 변화하면서 환경에 관한 관심을 고취했고, 코로나19 역시도 생물다양성과 연결되어 환경적으로 지속가능한 발전이 필요하다는 논의에 강한 힘을 실어주고 있다.²⁾
- 그동안 환경에 관심이 없던 것은 아니다.
 - 지금까지 공장을 규제하고 기업의 생산활동에 새로운 변혁을 가져오는 것만으로 환경문제가 해결될 수 없다는 점이 중요하다.
 - 전체 구성원의 의지와 실천이 강조되고 있다. 큰 부분에서 탄소배출을 줄인다고 해도 개인 소비자의 소비특성과 의식이 변화하지 않으면 전체적인 체제 변화가 힘들기 때문이다.
 - 따라서 지속가능발전을 위해 우리나라 환경부에서도 시민참여가 증가해야 한다는 목소리가 높다.
- 시민과학은 시민이 직간접적으로 과학 프로젝트에 참여하는 것을 말하는 것에서 더 나아가 시민이 직접 지역의 문제를 선정하고 해결책을 찾아나가는 활동까지를 포괄적으로 의미한다.
 - 시민과학의 중요성은 ‘과학’에 대한 본질적인 비판과 이어져 있다. 따라서 본 연구에서는 과학혁명부터 과학전쟁까지의 시기를 살펴봄으로써 이론적으로 시민과학이 어느 지점에 있는가를 점검해본다.

2) The Science Times(2021.4.8), “‘생물다양성 보존해야 미래의 팬데믹 예방한다’ - ‘코로나19 이후 지역사회 재건 시 생물다양성 회복과 보존 필수’”, 검색일: 2021.8.27.

2. 연구 내용 및 방식

- 연구에서는 시민과학의 근간을 살펴본다.
 - 과학에 대한 새로운 관점으로 넘어가는 논의를 간단히 서술한다.
 - 변화하는 시민과학 개념에 대해 서술한다. 이를 통해 시민과학의 범위가 점차 확장되어 가는 과정을 살펴본다.
 - 시민과학 사례를 살펴본다. 시민과학이 실제로 어떻게 작동하고 있으며 현재 어디까지 포괄하고 있는지를 파악한다.
 - 시민과학과 환경문제 간의 관계를 살핌으로써 시민과학을 어떻게 정책적으로 적용할 수 있을지 고민한다.
 - 이 과정을 통해 시민과학이 이론적으로 어떤 사회적·이론적 맥락에서 발전되어 왔으며 실제로 어떻게 활용되고 있는지를 살피고, 환경문제를 해결하는 데 어떤 역할을 할 수 있을지를 조망해 본다.
- 주로 자료를 분석하는 방식으로 연구를 수행하며, 자문회의를 통해 전문가들의 의견을 듣고, 반영하는 과정을 거친다.
 - 이론적인 자료를 주로 살피고, 조사 사례 중 시민과학의 초기 개념과 변화된 개념을 잘 반영할 수 있는 대표적인 사례를 선택했다.
 - 현재 진행 중인 사례를 확인하여 시민과학이 지향하는 방향을 탐색했다.

II 시민과학의 등장

1. 새로운 과학의 등장

- 과학자(scientist)에 대한 정의가 새롭게 내려지기 시작한 시점은, 과학적 지식은 보편적이고 객관적이라는 고전 과학자의 주장에서 과학적 지식이 ‘사회적으로 구성되는 것’이라는 논의가 촉발된 20세기의 ‘과학전쟁(Science Wars)’에서이다(이덕환, 2003).
 - 1930년대 로버트 머튼(Robert Merton)은 과학이 합리적인 ‘사회제도’이며, 주류를 구성하는 하나의 ‘가치 규범’이라고 보았다(이영희, 2003). 특히 반환원주의 입장에서 과학의 기초인 논리실증주의를 비판한 이사야 벌린(Isaiah Berlin)은 모든 명제가 증명할 수 있지 않으며 맥락과 상황에 따라 다양한 형태를 띠기 때문에 의미를 검증할 수 있는 단 하나의 방법이나 규칙이 존재하지 않는다고 주장한다(유홍림, 2019).
 - 따라서 과학적 지식은 객관적이고 보편적이지 않으며, 사회적인 활동을 하는 과학자들의 주관성에 의해 판단되고 합의되며 구성된다는 것이다(이덕환, 2003).
- 과학적 지식이 실존하는가에 대한 논의가 이어지면서 과학전쟁은 다양한 형식으로 지식을 끊임없이 검증해야 하며, 절대적인 과학적 지식이라고 불릴 수 있는 자연과학에 가까운 지식과 사회적으로 구성될 수밖에 없는 지식을 구분해야 한다는 인식으로도 발전되었다(홍성욱, 1997; 이영희, 2003; 임희섭, 2003; 송성수, 2005).
 - 이런 구성주의적 관점에서 나타난 과학지식에 대한 인식 변화는 자연지식과 사회지식을 구분하며 객관성이 존재하지 않기 때문에 과학적으로 실험되고 검증된 지식도 역시 객관성이 빠진 지식이라는 의미는 아니다.
 - 그보다는 어떤 과학적 지식이 필요하고, 생산되고, 활용될지가 사회적으로 결정된다는 것에 가깝다.
 - 결국 어떤 과학에 자원을 투입할 것인지를 결정하는 과정부터가 가치관의 문제이며, 오늘날 과학이 기술(technology)로 연결될 수 있는 기반이 되기 때문에 과학에 투자가 이루어진다고 본다(이덕환, 2003).

- 더 나아가 로버트 프로드맨(Robert Frodeman)은 이 비판과 변화가 오늘날의 과학자들에게 과학적인 기반에서만 아니라 사회적인 맥락에서의 영향과 만족을 고려하도록 함으로써 연구의 목적과 기반을 바꾸어 놓았다고 주장한다(Frodeman, 2017).
 - 과학 자체의 변화가 아니라 과학이 새롭게 적응해야 하는 문화기반이 구축된 것으로 과학이 협의의 의미에 갇히게 된다면 과학의 존재 의미가 없어진다고 보았으며, 그렇다면 과학이 다른 학문으로 대체될 것이기 때문에 사회적인 맥락을 고려해야 한다는 주장이다(Sarton, 1916).
 - 이 주장은 과학적 지식과 사회과학적 지식의 구분을 넘어서 과학적 지식에서도 사회적 맥락을 고려해야 한다는 논의이기 때문에 과학과 과학자의 역할에 대한 고민이 담겨 있다.

가. 근대과학

- ‘과학(science)’이라는 용어는 18세기 ‘Scientia’라는 용어에서 유래했으며 새로운 철학과 인과관계에 대한 지식, 명제로 이루어진 지식 등을 의미했다(Smith, 2009).
 - ‘과학자(scientist)’라는 용어가 나타난 것은 1833년이며 과학적 지식 생산을 직업으로 삼는 사람들이 등장하면서 17~19세기 유럽에 과학자라는 용어가 점진적으로 퍼져 나갔다(Eitzel et al., 2017).
 - 초기에는 과학자보다는 과학 철학자, 자연 철학자로 불렸으며 후원자들의 후원으로 조사를 하는 것을 생업으로 삼는 개인을 의미했다(Eitzel et al., 2017).
- ‘과학혁명(Science Revolution)’이라고 불리는 17세기는 아이작 뉴턴(Isaac Newton)을 대표로 자연을 수학적 언어로 풀어내려는 시도가 나타났으며, 통제된 실험실에서 자연 법칙을 증명하는 현대 과학의 모습이 증가했다(홍성욱, 2020).
 - 1752년에는 벤저민 프랭클린(Benjamin Franklin)의 ‘연 실험’으로 전기가 신의 영역이 아닌 자연의 영역이라는 것을 증명했고 신의 영역이라고 생각했던 자연적인 현상을 과학적으로 증명했다(유발 하라리, 2015).
 - 과학적 방법론은 실증주의를 기반으로 발전되어 미신과 종교적 도그마를 물리치고 사회 진보의 원동력이 된다는 인식이 증가했다.
- 그러나 전통적으로 과학이 인간에 도움이 된다는 인식을 기반으로 하던 과학혁명은 1962년 토머스 쿤(Thomas Kuhn)의 ‘과학혁명의 구조(The Structure of Scientific

Revolutions)’과 레이첼 카슨(Rachel Carson)의 ‘침묵의 봄(Silent Spring)’으로 인해 과학자가 실험실에서 폐쇄적으로 벌이는 과학적인 일들이 일반 대중과 자연에 미치는 영향에 대한 새로운 관점이 제시되었고, 과학이 일반 대중에까지 확대되는 계기가 되었다 (Smith, 2009).

나. 과학의 변화

- 20세기 들어서 촉발된 ‘과학전쟁’은 수학을 기반으로 한 과학적인 실험 방식이 지속되리라 생각하던 기존 인식에 변화를 가져왔다.
 - 에드문트 후설(Edmund Husserl)은 근대과학을 비판하면서 과학자들의 생활이 분석대상이 되어야 한다고 주장한다(홍성욱, 2020).
 - 근대과학의 발전은 과학을 객관적이고 합리적인 실험의 결과물로 가정했지만, 유럽의 식민지 전쟁과 산업혁명을 기반으로 발전하였으며 사회적인 요구로 인해 만들어진 규범이라는 주장이 나타나기 시작한다.
 - 따라서 과학은 정치, 경제, 사회, 문화, 역사적인 맥락 속에서 생산 및 유통된다. 규범으로서의 과학은 자연과학 내부에서도 상대주의적이고 구성주의적 입장을 가지는 사람이 늘어나면서 과학전쟁을 두 문화의 충돌이라고 표현되기도 했다(이영희, 2003).
- 이런 흐름에 대한 반대로 제럴드 홀턴(Gerald Holton)은 기존의 과학 흐름을 거스르는 견해를 ‘반과학(anti-science)’이라고 규정하면서 전통과학과 새롭게 논의되는 과학을 구분하고자 했고, 앨런 소칼(Alan Sokal)과 장 브릭몽(Jean Bricmont)은 구성주의적 관점을 가진 과학사회학자들은 과학적 사실에 대해 합리적인 평가를 할 능력이 없으므로 비판적인 논의에 참여할 자격이 없다고 주장했다(Truscello, 2001; 이영희, 2003).
 - 더 나아가 폴 그로스(Paul Gross)와 노먼 레빗(Norman Levitt)은 구성주의적인 관점에서 과학을 바라보는 것은 포스트모더니가 가지고 있는 비판적이고 무력하고 냉소적인 절망이라고 비판했고, 따라서 과학과 과학정책은 국민투표의 대상이 아니며 과학을 이해하는 과학자만 결정 과정에 참여할 수 있다고 주장하면서 과학의 민주화 논의를 정면으로 부정했다(Truscello, 2001; 이영희, 2003).
- 이러한 비판에도 당시 사회적 구성주의로 대두된 흐름은 과학지식사회학(SSK: Sociology of Scientific Knowledge)의 개념을 제공하면서 1980년대에는 대중의 과학이해(PUS:

Public Understanding of Science)라는 새로운 분야를 소개했다(김동광, 2002; 김환석, 2011).

- 유럽집행위원회는 1997년 ‘사회: 끝없는 프론티어’를 발간하면서 과학과 사회의 상호관계를 파악하고자 노력했다(문기호, 2009). 과학이 완전한 진실(truth)을 발견하는 방식이 아니라 하나의 주장에 불과하므로 이해를 통해 해석에 유연성에 따라 언제든지 재구성될 수 있다는 인식이 확장된다(Koertge, 2000; 김동광, 2002).
 - 다시 말해 과학에 해석적 유연성이 있다는 것은 과학이 완성된 지식을 과학자들이 발견하여 공유하는 과정이 아니라 발견된 지식이 사회적으로 협의를 통해 재생산된다는 의미이다(박희제, 2002; 김동광, 2002, 2008).
 - 과학과 사회가 분리되어 있지 않다는 관점은 두 영역이 분리된 영역이 아니라 하나의 복합체처럼 작용한다는 점에서 강화되었고, 2000년에는 영국의 상원 과학 기술특별위원회가 발표한 ‘과학과 사회(Science and Society)’를 통해 과학자들이 생산해낸 지식이 불완전하므로 과학계가 더 개방적이고 투명한 자세를 취해야 한다는 의견이 더 강화되었다(앨런 어윈, 2011; 김동광, 2011; 김환석, 2011).³⁾
- 과학이 실험을 통한 절대적 법칙을 발견해나가는 과정이라는 주장과 과학적인 방식 자체가 사회적으로 구성된 하나의 주장에 불과하다는 주장에 대해 현재까지도 다양한 의견과 논의가 이루어지고 있으나 과학과 사회가 종합적으로 고려되어야 한다는 주장에 더 힘이 실리고 있다(세계과학회의, 1991).
- 따라서 본 연구에서는 과학이 결국 사회 속에서 사람들의 삶을 더 나아지게 하는 데 목적을 두고 있으므로 과학지식을 활용하려면 사회적 맥락이 필요하며 고려해야 한다는 지점에서 논의를 전개한다.

3) 원문: Society's relationship with science is in a critical phase. By "science" we mean the biological and physical sciences and their technological applications. On the one hand, there has never been a time when the issues involving science were more exciting, the public more interested, or the opportunities more apparent. On the other hand, public confidence in scientific advice to Government has been rocked by a series of events, culminating in the BSE fiasco; and many people are deeply uneasy about the huge opportunities presented by areas of science including biotechnology and information technology, which seem to be advancing far ahead of their awareness and assent. In turn, public unease, mistrust and occasional outright hostility are breeding a climate of deep anxiety among scientists themselves(House of Lords, 2000).

2. 시민과학의 개념과 전통

가. 시민과학의 개념

- 시민과학(Citizen Science)이라는 용어는 1989년 미국 오듀번 협회에서 자원봉사자 225명에게 빗물 샘플 수집 활동을 요청한 것에서 시작되었다(박진희, 2018). 앨런 어윈(Allen Irwin)은 이에 대해 시민과학이라는 용어의 정의가 처음에 만들어질 때 더 넓은 범위의 시민과학을 고려하는 데 실패했다고 말하면서 시민이 단순히 과학자의 지시에 따라 자료를 수집하는 존재가 아니라 전문가와 다른 시각에서 문제를 설정하고 데이터를 해석할 수 있는 역할을 가진 존재로 이야기했다(Eitzel et al., 2017; 박진희, 2018).
- 현재 시민과학에 대한 정의는 다양하다.
 - 옥스퍼드 영어사전(Oxford English Dictionary)에서는 2014년 시민과학을 “일반 대중이 수행하는 과학작업으로 주로 전문적인 과학자와 과학기관과 협력하여 혹은 지도로 수행하는 것”⁴⁾이라고 정의하고 있으며,
 - 유럽시민과학백서(White Paper on Citizen Science for Europe)에서는 “일반 대중이 과학연구 활동에 참여하여 지적 노력, 배경지식, 도구나 자원을 가지고 과학에 적극적으로 기여하는 것”으로 정의하고 있다(Eitzel et al., 2017; 고재경, 2019).
- 과학에 대한 인식 변화에서 시작된 물결은 과학의 대중화, 과학의 민주화, 시민참여, 대중의 과학이해, 시민과학 등 다양한 용어의 등장을 가져왔다.
 - 그동안 전문가와 일반인 과학실험은 훈련된 과학자가 일정한 조건을 가지고 수행하는 것으로 여겨졌던 반면, 과학이 규범에 의한 협의라고 여겨지면서 과학이 과학자뿐 아니라 일반인도 수행할 수 있다고 인식되기 시작했다.
- 과학이 대중에 확산하면서 대중의 과학을 ‘결핍모형(deficit model)’⁵⁾이라고 부르는 모형이 제시됐다.
 - 결핍모형은 과학을 완결적인 지식으로 보지 않는다는 측면에서 구성주의적 관점을 확장

4) 원문: Scientific work undertaken by members of the general public, often in collaboration with or under the direction of professional scientists and scientific institutions(옥스퍼드 영어사전, “Citizen Science”, 검색일: 2021.7.27).

5) 과학사회학자인 브라이언 윈(Brain Wynne)이 이름을 붙인 결핍모형에서 과학기술관련 지식은 과학자 사회에서 자기 완결적 구조로 만들어진 보편적, 객관적, 자연이 보증하는 진리로서 여겨진다고 본다. 따라서 마치 물이 높은 곳에서 낮은 곳으로 흐르듯이 우월한 지식이 대중들에게 확산하는 것을 당연하게 여긴다(조항민, “과학기술과 대중소통의 현재와 미래”, 2017.2.7).

하고 일반인에게까지 과학을 열어두는 역할을 했다.

- 그러나 대중을 여전히 훈련받은 과학자들에 비해 인지적으로 결핍된 대상으로 인식하면서 과학지식이 과학자에서 일반인에게 전달되는 것으로 파악했다(한재각, 장영배, 2009).
- 1990년대부터 결핍모형에 대한 비판이 이루어지면서 대중을 ‘가르쳐야 할 대상’으로 바라보는 관점에 변화가 생기기 시작한다.
- 일반 시민도 그 나름의 과학적 지식을 가지고 있는 존재이기 때문에 과학을 가르치는 것이 아니라 그들의 과학에 대한 ‘이해’를 연구해야 한다는 인식이 생긴다(한재각, 장영배, 2009). 즉 시민의 과학에 대한 이해 자체가 또 다른 연구주제가 되는 것이다.

〈표 2-1〉 시민과학의 개념

구분	내용	비고
옥스퍼드 영어사전 (Oxford Dictionary)	전문적인 과학자와 과학기관의 지도 아래 혹은 함께 협력하여 일반 대중이 수행하는 과학 작업	
유럽시민과학백서 (White Paper on Citizen Science)	일반 대중이 과학연구 활동에 참여하여 지적 노력, 배경 지식, 도구나 자원을 가지고 과학에 적극적으로 기여하는 것	Sanz. et al.(2015)
미국 ‘크라우드소싱 및 시민과학법’ (Crowdsourcing and Citizen Science Act of 2016)	개인이나 단체가 다양한 방식으로 과학적 과정에 참여하는 것	
독일 시민과학 전략 2020 녹색서 (Green Paper Citizen Science Strategy 2020 for Germany)	과학기관에 속하지 않은 사람들이 과학적 과정에 참여하는 것	Bonn. et al.(2016)
Morzy(2015)	현실의 문제를 해결하는 과학적 프로젝트에 대중이 적극적으로 참여하는 협력(collaboration)의 형태	
Miller-Rushing et al.(2012)	문제 제기, 데이터 수집 또는 결과 해석과 같은 과학적 탐구에 비전문가가 참여하는 것	
Davies et al.(2016)	과학적 탐구 활동에 전문적인 과학자와 자발적인 시민이 파트너로서 공동의 노력을 기울이는 것	
UK Environmental Observation Framework(2011)	자연환경에 대한 우리의 지식을 확장하는 데 기여하는 생물 중, 환경 데이터의 자발적인 수집 활동으로 생물학적 모니터링, 환경관찰 자료의 수집 또는 해석을 포함	
Eitzel et al.(2017)	방법론, 운동, 사회적 역량 측면에서 시민과학을 정의	
앨런 어윈	사회에 책임을 지는 과학 강조	앨런 어윈 (2011)

자료: 고재경(2019), p.17을 저자가 일부 수정.

나. 시민과학의 흐름

1) 전통 시민과학: 모니터링 기반

○ 시민과학의 초기는 과학자가 하나하나 수집하기 어려운 데이터를 인력으로 수집하는 것에서 비롯되었다.

- 다시 말해 과학자의 연구에 시민이 힘을 보태는 정도였다는 것이다. 오늘날에는 확장된 의미의 시민과학도 논의되고 있지만 시민과학이 만들어내는 자료가 우리가 논의하는 ‘과학적’인 과정을 거치고 ‘과학적’인 형태를 갖추고 있는가에 대한 비판이 제기되기도 한다.

○ 그래서 유럽시민과학협회(ECSA: European Citizen Science Association)는 ‘시민과학 10대 원칙’을 제안하여 시민과학이 ‘과학적 맥락’을 갖추어야 한다고 보았다.⁶⁾ 모지(Morzy)는 ‘적극적인 참여(active engagement)’를 시민참여와 시민과학을 구분하는 기준으로 보았고, 매킨리(McKinley) 외는 시민과학의 핵심은 결국 과학이기 때문에 연구의 기획, 실행, 평가에서도 과학적인 접근이 필요하다고 보았다(고재경, 2019).

- 밀러-러싱(Miller-Rushing) 외는 진정한 의미의 과학연구에 시민이 참여하는 것을 시민과학으로 정의했다(고재경, 2019).

- 릭 보니는 이런 유형의 시민과학은 예전에 주로 현장 인력을 활용한 자료수집부터 오늘날 인터넷의 발달로 인한 크라우드소싱(crowdsourcing) 등을 포함한다고 보았다(Bonney, 2021).

- 대표적으로 이버드(eBird)는 현재까지도 북미의 다양한 지역으로부터 다양한 종류의 새에 대한 정보를 관찰할 수 있는 기반을 제공해주고 있다(백인환 외, 2014).

○ 자료수집과 모니터링에 집중한 시민과학의 한계점으로 자료의 신뢰성 및 통일성 문제가 제기된다.

- 다양한 시민이 참여하는 경우 다양한 자료를 많이 수집하기는 쉽지만, 모인 자료가 모두 질(質)적으로 적합하다는 보장이 없기 때문이다.

6) ECSA의 시민과학 10대 원칙: ① 새로운 지식이나 이해를 증진하는 과학적 노력에 시민이 적극적으로 참여한다. ② 연구 질문에 대한 해답 또는 정책결정이나 실천 행동에 대한 정보 제공 등 고유한 과학적 결과물이 있어야 한다. ③ 과학자와 시민 모두 참여에 따른 편익을 얻는다. ④ 시민은 과학적 과정의 여러 단계에 참여한다. ⑤ 시민은 데이터 활용 또는 정책 결과 등에 대해 피드백을 받는다. ⑥ 다른 과학적 연구와 마찬가지로 한계와 편익을 고려해야 한다. ⑦ 데이터와 메타데이터, 결과를 공개한다. ⑧ 프로젝트 결과 및 논문에 시민과학자의 기여도를 언급한다. ⑨ 시민과학 프로그램은 과학적 산출물, 데이터 질, 참여자의 경험과 사회적 또는 정책적 영향에 관해 평가를 받는다. ⑩ 저작권, 지적 재산권, 데이터 공유 체계 등 법적, 윤리적 이슈를 고려해야 한다.

- 이에 엘리자베스 엘리우드 외는 지리를 기반으로 한 조사에서 전문가와 일반인의 자료 수집에서의 정확성 차이가 얼마나 되는지를 실험했다(Ellwood et al., 2016).
 - 그 결과 전문가와 일반인 사이의 차이가 분명 나타나지만, 그 차이보다 일반인의 발전 가능성을 더 크게 평가하고 있다.
 - 또한 레베카 뮌헨 외는 수질 모니터링을 전문가와 일반인이 서로 다른 방식으로 조사를 진행했지만, 결과값이 비슷하게 수렴되었다는 연구를 진행하면서 시민과학이 가지는 잠재성을 높게 평가했다(Muenich et al., 2016).
 - 위 두 연구는 정확성에 차이가 있어도 시민이 수집한 자료가 전문가가 수집한 자료와 비견되지 않을 정도로 질적 수준이 낮지 않음을 시사하고 있다.
 - 이에 대해 에이미 프라이탁 외(2016)는 신뢰성을 높이는 방안을 제시했다. 이 연구에서는 일반인이 수집한 자료에 대한 신뢰성을 높이기 위한 방식을 제안했는데, 프로젝트를 수행하기 전 전문가의 설명과 교육, 프로젝트를 수행하는 중에는 랭킹 시스템(ranking system) 활용, 전문가가 자료의 부적합을 즉각적으로 반응해주는 등의 체계를 제안했다(Freitag et al., 2016).
- 관찰과 다양한 사례를 모으는 것을 기반으로 하는 시민과학은 결국 과학자가 원하는 자료를 시민이 모아야 해서 과학자가 원하는 자료의 형태를 갖출 수 있는 역량을 시민이 갖추었는지가 논쟁거리가 된다.
- 따라서 이들은 적당한 훈련이 동반된다면 시민이 수집한 자료가 과학에 상당한 도움이 될 것이라고 본다. 따라서 실험을 기반으로 한 과학적 맥락에서의 자료가 수집되고, 궁극적으로 과학자에 의해 활용될 가능성이 크다는 장점이 있다.
 - 하지만 자료를 활용하는 측면에서 사회적인 맥락이 고려되지 않기 때문에 발생할 수 있는 문제점이 있다. 님비(NIMBY: Not In My Backyard)현상은 그 대표적인 예다. 과학적으로 가장 적합한 쓰레기 소각장 입지를 선정한다고 해도 시민의 동의가 없으면 짓지 못하며, 따라서 부적합한 입지가 될 수 있기 때문이다. 따라서 넓은 범위에서 다양한 자료를 수집하고자 할 때 적합한 방식이 될 수 있으나 사회적인 결정이 필요한 시점에서는 단순히 자료를 모으는 것만으로는 시민과학의 한계점이 있다.

2) 시민과학 개념의 확장: 커뮤니티 기반

○ 시민의 과학 프로젝트 참여는 집단지성, 정책 수용성 증가, 과학의 민주화, 시민의 교육적 효과 등과 함께 논의되고 발전되고 있다.

- 가장 대표적인 시민과학 사례인 ‘주니버스(Zooniverse)’에는 백만 명이 넘는 시민이 천문학, 의학, 문학, 역사 등 다양한 시민과학 프로젝트에 참여하여 다양한 활동을 전개하고 있다.

- 이들은 과학자가 발견하지 못한 새로운 생물 종이나 은하계 물체를 발견하기도 하고 사회과학적인 측면에서는 문제에 대한 새로운 관점과 해결책을 제공해주는 역할을 하기도 한다 (Bonney, 2021; 고재경, 2019).⁷⁾

○ 앨런 어윈은 시민과학의 정의가 초기부터 한정적으로 만들어진 경향이 있다고 언급했다. 앨런 어윈의 관점은 시민과학이 시민을 훈련 및 교육하고 필요한 지식을 수집해오는 것에 그치지 않고 참여자가 스스로 목표를 정하고 성취하는 과정까지 확장된다.

- 1997년 영국 과학에너지산업부 장관이었던 존 배틀(John Battle)은 주요 과학적 이슈에 더 넓은 범주의 활동이 포함되어야 한다고 말했다(Irwin, 2001).

- 그리고 더 넓은 범위에는 자연과학과 사회과학의 조화, 규제와 사람들이 규제에 느끼는 감정, 개인적인 가치관과 감정이 모두 중요하게 포함되어야 한다고 하면서 과학적 시민의 중요성을 강조했다(Irwin, 2001).

- 그래서 오늘날의 시민과학은 참여적 행동 연구(participatory action research)의 형태로 규정된다(Veeckman and Temmerman, 2021).

○ 이런 타입의 시민과학은 종종 법이나 규정의 강제나 발전에 있어서 모든 사람의 의견을 반영하는 과정으로 논의되며 보통 민주주의와 평등, 제한을 받는 사람들의 의견을 반영하고자 하는 목적이 있다(Tengö et al., 2021). 카리나 백맨 외는 시민과학 프로젝트가 오늘날에 세 가지 카테고리로 구분된다고 봤다.

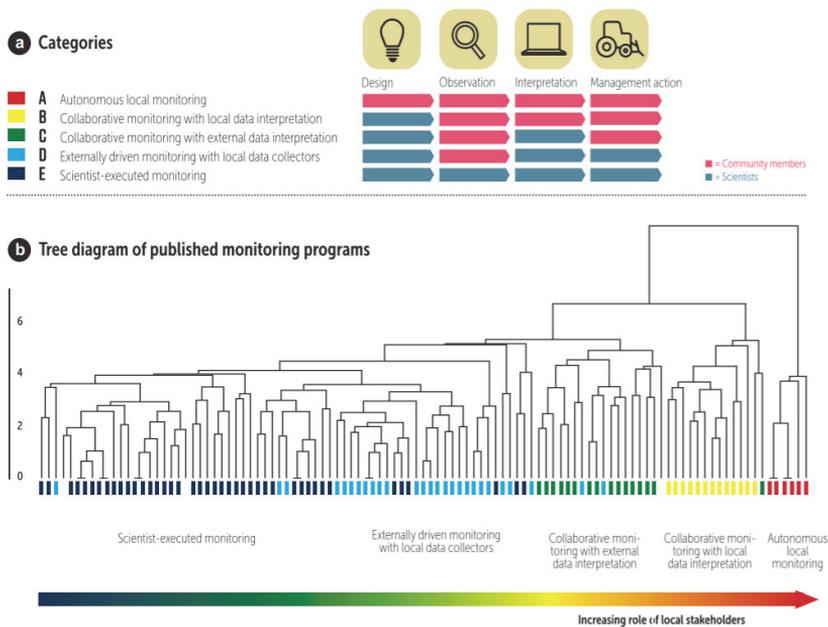
- 첫째는 간단히 시민이 자료를 수집하는 방식이고, 둘째는 시민이 자료를 수집, 분석하고 결과를 전달하는 것을 돕는 협력적 형태, 셋째는 과학자와 함께 시민이 직접 연구를 디자인하고 참여하는 방식이다(Veeckman and Temmerman, 2021). 그는 시민과학과 리빙랩(living lab)을 비교·분석하면서 결국 시민과학과 리빙랩이 함께 융합적으로 가야 한다고

7) The Science Times(2021.4.8), “생물다양성 보존해야 미래의 팬데믹 예방한다” - ‘코로나19 이후 지역사회 재건 시 생물다양성 회복과 보존 필수’, 검색일: 2021.8.27.

주장한다(Veeckman and Temmerman, 2021).

- 홍성욱은 리빙랩을 연구자가 시민이 되고 시민이 연구자가 되는 진화된 형태의 실험실로 바라보면서 시민과학과 연결하고 있다(홍성욱, 2020). 즉 그는 리빙랩을 발전된 형태의 시민과학으로 바라보았다.
- 핀 대니얼슨(Finn Danielsen) 외는 모니터링을 5가지로 구분하면서 시민이 전혀 참여하지 않는 방식(E 방식)부터 과학자가 전혀 참여하지 않는 방식(A방식)까지 더 넓은 스펙트럼에서 모니터링을 바라보았다. 시민과학에 대해서는 보조적인 방식의 시민과학은 D 방식, 참여적인 형태의 시민과학은 B, C 방식이 있다고 이야기한다(Danielsen et al., 2021).⁸⁾
- 과학자가 참여하지 않는 A 방식은 시민과학으로 구분하기보다는 ‘지역 기반의 모니터링 (locally based monitoring)’으로 규정하고자 했다.
- 반면 김환석은 시민과학과 시민참여에 대한 구분을 두지 않았다. 그는 시민참여의 유형을 4가지로 구분하면서 공식적이고 숙의적인 시민참여 형태로 ‘합의 회의’, ‘시나리오 워크숍’, ‘시민배심원’, ‘숙의적 여론 조사’, ‘포커스 그룹’을 소개했다.⁹⁾

8) 핀 대니얼슨의 모니터링 5단계:



출처: Finn Danielsen et al.(2021), p.486.

- 릭 보니¹⁰⁾와 박진희는 현재의 시민과학은 시민이 스스로 전문성을 가진 존재로 논의되는 영역까지 모두 포함하는 개념이라고 언급했다(Rick et al., 2016; 박진희, 2018).
 - 마지막으로 유럽 위원회(European Commission)에서 스벤 샤데(Sven Schade)는 시민과학과 리빙랩을 잇는 다음 세대의 용어로 ‘똑똑한 시민(smart citizen)’을 소개했다(Schade, 2014).
 - 탈리아 루이스(Talia Lewis)는 시민과학이란 활발한 시티즌십(citizenship)의 형태로 사회와 정책 결정과 연관되어 의미 있는 변화를 주는 과정으로, 유럽 위원회에서 제안한 똑똑한 시민이 스마트 시티에서 시민과학과 리빙랩이 융합적으로 작용할 가능성을 담은 용어로 보았다¹¹⁾
- 따라서 현재의 시민과학은 과학자가 전문 영역에서 자료를 수집하는 것에서 시민의 도움을 받는 영역만 아니라 사회과학적인 맥락에서 시민이 스스로 전문성을 가진 존재로 논의되는 영역까지 모두 포괄하고 있다(Bonney et al., 2016; 박진희, 2018).
- 그러나 아직 이런 종류의 시민과학은 인터넷과 기술의 발전에 따라 사람들의 의견을 다양한 방식으로 들을 수 있게 되었지만, 아직은 지역과 커뮤니티를 기반으로 한 사례에 집중되는 경향이 있다는 특징이 있다(Marina et al., 2021; Bonney et al., 2021; Finn et al., 2021; Noor, 2021).
- 모니터링을 넘어선 시민과학 프로젝트의 장점은 지역 시민 혹은 다양한 시민참여가 가능하므로 문제 해결책이 도출되었을 때, 해결책에 대한 수용성이 높고, 적극적인 참여를 기대할 수 있다는 점이다.
- 또한 스스로 문제를 도출하고 해결하기 위한 디자인을 구축하는 방향으로 나아가게 되면 사회 구성원으로서의 효능감을 높이고 지역에 대한 자기 학습을 가능하게 하는 장점이 있다.
 - 하지만 대규모로 실행되기 어렵다는 단점과 실제로 시민과학을 자발적 시민참여의 방향
-
- 9) 그 외로 공식적-비숙의적 시민참여로는 ‘여론 조사’, ‘공청회’, ‘국민 발의권’, 비공식적-숙의적 시민참여로는 ‘환자 단체의 활동’, ‘과학상점’, 비공식적-비숙의적 시민참여로는 환경운동, 평화운동 등을 예로 들고 있다(김환석, 2011).
- 10) 원문: citizen science embraces projects in which volunteers participate in roles beyond data collection and analysis; projects in which individuals work not only in teams but also by themselves, with or without the collaboration of scientists; projects that are human-focused rather than ecologically focused; projects that emphasize issues raised not by scientists but by communities; and certainly more types of participatory science that are yet to be imagined(Bonney et al., 2016).
- 11) Talia Lewis(2017.11.1), “Living Labs: An Intersection of Scientific Innovation”, Wilson Center, Insight & Analysis, 검색일: 2021.7.29.

으로 확장했을 때 시민참여가 얼마나 이루어질지에 대한 우려도 있다.

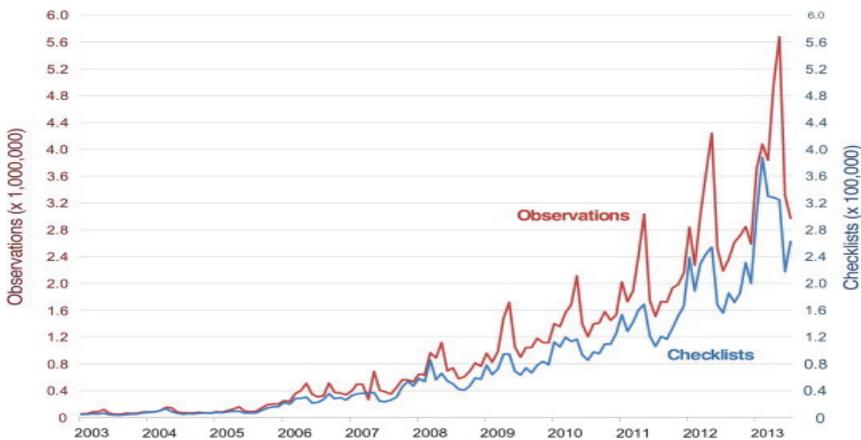
다. 종합

- 유럽 위원회는 “시민과학이 명확한 하나의 정의를 가진 것이 아니라 주요 관계자 그룹 사이에서 공유하는 목표와 새로운 형태의 협력 활동이 지속해서 진화하고 있는 연구 형태의 다이내믹을 밝히는 일련의 활동”이라고 말하고 있다(European Commission, 2014).
 - 따라서 시민과학의 스펙트럼이 어디까지인가에 대한 합의된 구분방식은 없지만 시민과학이 그 영역을 확장하고 있다는 것은 분명하다.
 - 특히 우리나라의 경우 시민참여와 시민과학, 과학의 민주화 등이 완전히 구분되지 않고 사용되고 있다.
 - 하지만 카리나 벡멘 외의 연구에서 볼 수 있듯이 국외에서도 가장 참여적인 형태로 논의되는 리빙랩과 시민과학의 융합적인 작용을 강조하고 있음을 확인해볼 수 있다.
 - 유럽 위원회에서는 이미 2014년 똑똑한 시민이라는 용어로 시민과학과 리빙랩이 합쳐진 형태를 제안했다.
- 과학자 없이 혹은 과학자가 오히려 보조적인 형태로 참여하게 되는 시민과학으로의 변화는 우리나라에서 특히 두드러지는데, 우리나라에 시민과학이 하나의 운동(movement) 형태로 들어왔으며 과학의 민주화와 함께 움직이는 경향이 있기 때문이다.
 - 반면 앨런 어윈 등 시민과학과 사회과학의 접목을 중요하게 여기는 국외의 시민과학 연구자들은 시민과학의 가장 발전된 형태에 대해 시민과학보다는 ‘지역 기반 모니터링’, ‘똑똑한 시민’ 등으로 새로운 용어를 창조해내는 경향을 보인다.

III 시민과학 사례

- 시민과학의 개념은 시대에 따라 점진적으로 변화하고 있으며 지금도 명확하게 합의된 정의는 없다.
- 하지만 큰 그림에서 확실화된 문제 접근 방식이 가지는 한계점이 구체화하고 민주주의 가치가 확장하면서 시민과학과 시민참여, 리빙랩과 같은 형태로 직접 민주주의 형태가 확산하고 있는 것이 현재 시민과학의 변화 방향이다.
- 따라서 시민과학은 시민의 권한을 확대하고 결정을 존중하며, 이에 따른 문제해결을 정부가 지원해주는 방향으로 변화하면서 나타난 시민참여의 한 형태이다.
- 이 장에서는 시민과학 모니터링 사례와 리빙랩 사례를 하나씩 제시한다.
- 각각 국외 사례와 국내 사례를 제시하고, 현재 진행되고 있는 스마트 도시 사례를 통해서 시민과학이 현재 어떻게 접목되어 활용되고 있는지를 살펴본다.

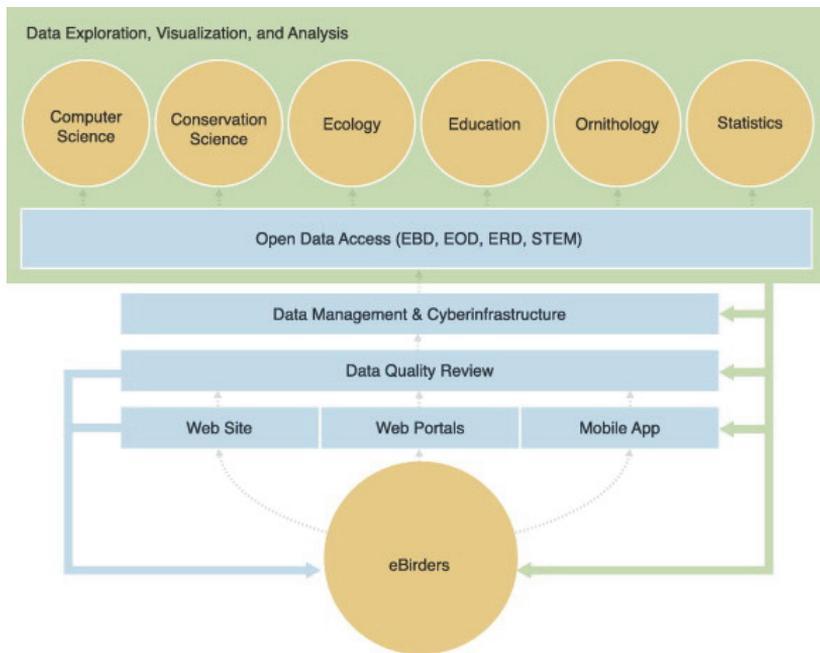
1. 모니터링 네트워크: 이버드(ebird)



자료: Sullivan et al.(2014).

〈그림 3-1〉 이버드 관찰 사례 증가(2003~2013년)

- 이버드(<https://ebird.org/home>)는 2002년 오듀본협회(National Audubon Society, 미국야생동물보호회)와 코넬대학교 조류학 실험실에서 함께 만든 프로그램이며 방대한 시민과학자 네트워크가 함께 연계되어 발전되어 왔다.
 - 가장 성공한 시민과학 모니터링 사례 중 하나로 알려진 이버드는 조류의 종류, 서식지, 이동 등 새와 관련된 정보를 사람들로부터 수집하고 있으며 영어, 스페인어, 프랑스어로 자료를 제공하고 있다.
 - 이버드의 자료는 과학자와 정책 결정자가 실제 현황을 바탕으로 연구를 진행하고 적절한 결정을 내리는 데 기여하고 있다(Sullivan et al., 2017).



자료: Sullivan et al.(2014).

〈그림 3-2〉 이버드 시스템과 자료 흐름

- 이버드가 시민과학 모니터링 사례 중 가장 성공한 사례로 논의되는 이유 중 하나는 관찰자가 적절한 수준의 자료를 수집할 수 있도록 가이드를 제공하고 즉각적인 피드백과 지역 전문가를 통해 자료의 정확성을 검증한다는 데 있다.
 - 따라서 이버드는 시스템을 체계적으로 그리고 성공적으로 관리함으로써 일반인이 과학

적인 연구에 참여할 수 있도록 격려하고 과학과 관찰에 대해 적절한 수준의 자료를 수집하는 방법을 교육하고 제공한다.

- 우선 이버드에서 활동하고 싶은 사람은 이버드 사이트에서 지역을 스스로 선택할 수 있다. 따라서 관찰자 본인의 집 앞을 선택해서 매일 관찰일지를 올릴 수 있다.
 - 관찰자는 4가지 자료수집 방식 중 하나를 선택할 수 있다. 4가지 방식 중 3가지는 관찰자가 노력을 많이 기울여야 하는 방식이지만 1가지 방법(casual observation, 캐주얼 관찰)은 날짜, 장소, 종만 샘플링 자료를 업데이트할 수 있는 방식이다.
 - 관찰자가 위치와 자료수집 방식을 선택하고 나면 이버드에서는 관찰자가 선택한 지역에 있을 가능성이 가장 큰 새의 종류에 대한 자료를 제공한다.
 - 관찰자가 자료를 수집할 때 ‘체크리스트(checklist)’를 제공하여 관찰하지 않은 사람과 관찰했지만 관련 자료를 발견하지 못한 사람을 구분할 수 있도록 했다(Johnston et al., 2019).
 - 관찰자가 자료를 올리면 이버드 측에서는 확인해서 즉각적인 피드백을 제공한다. 만약 관찰자가 올린 자료가 부정확한 것으로 피드백이 됐는데, 관찰자가 스스로 자료가 옳다고 다시 한번 피드백을 요청하면 지역 전문가를 파견해 관찰하고 관찰자의 주장을 받아들일지 결정한다.
 - 이 과정으로 만들어진 자료가 이버드 사이트에 공개된다. 관찰자는 자료의 공개방식을 선택하거나 스스로 가졌던 질문을 함께 올릴 수 있다.
 - 이버드는 이런 활동을 격려하기 위한 방식으로 과학에 직접적으로 도움을 주는 자료수집이 아니라 새를 관찰하는 것이 과학에 어떤 도움을 주는지를 물어보는 방식을 택하여 시민이 스스로 과학에 기여하고 있다는 느낌을 심어주려고 노력했다(Sullivan et al., 2009).
- 이버드는 전통적인 조류 관찰과 비교해서 희귀한 새를 발견하는 것뿐만 아니라 평범한 새를 관찰하는 것도 격려했으며 세부적인 자료까지 수집하도록 요구하면서 높은 수준의 자료수집이 가능하게 했다(Brian et al., 2009, 2014).
 - 특히 이버드는 관찰자가 ‘보지 못한 새’ 종을 관찰하도록 했다. 이 방식은 어떤 새가 특정 지역에 살고 또 어떤 새가 어떤 지역과 환경에서는 살지 않는지, 어떤 시간과 계절에 특정 지역에 나타나고, 나타나지 않는지를 확인할 수 있도록 했다.
 - 이버드의 관찰자들은 사진, 소리, 비디오 등 다양한 방식으로 가이드라인에 따라 광범위

한 자료를 정기적으로 업데이트하고 있어 시민과학이 ‘과학적’ 자료를 제공하는 방식으로는 성공적인 사례로 논의된다(Young et al., 2019).

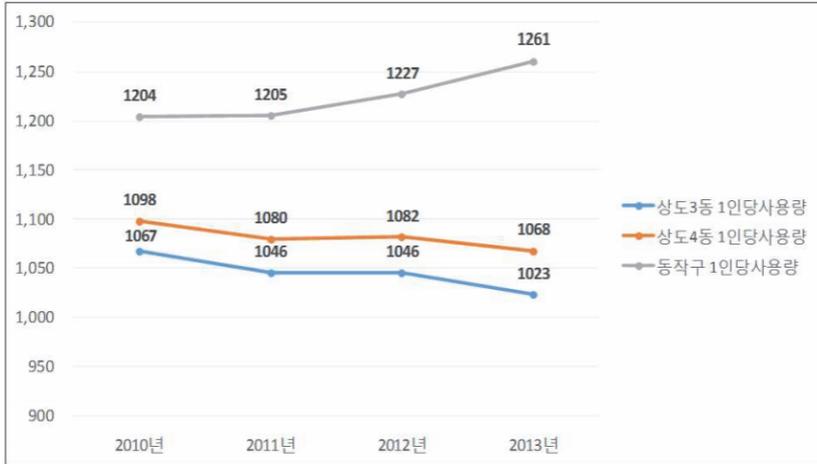
- 이 관찰자들이 제공하는 자료는 같은 지역에서 반복적으로 시간과 계절의 변화에 따라 수집되기 때문에 과학자가 수집하는 자료들보다 더 명확할 수 있다(Bonney, 2021).
- 이버드 모니터링 사례는 시민과학이 과학적으로 적절하게 수집한 자료를 활용해야 한다는 것을 전제로 한다.
 - 이 과정에서 과학자들은 스스로 수집하기 어려운 정보를 지역 시민을 통해서 받기 때문에 시간적·자원적 이익을 누릴 수 있다.
 - 특히 지역을 기반으로 반복적인 정보 수집이 가능하기 때문에 동 시간대에 지리적으로 넓은 지역의 정보를 더 손쉽게 얻을 수 있어 더 넓은 범위에서의 과학적 관찰이 가능하게 했다.
 - 그러나 시민과학에 대한 비판 중 시민이 과학적으로 활용 가능한 정제된 자료를 수집할 수 있는 능력이 없다는 비판이 있다.
 - 이버드 사례는 관찰자가 명확한 자료를 수집할 수 있도록 체계를 마련하여 이러한 한계점을 극복했다.
 - 관찰자를 독려하기 위해 교육을 제공함으로써 더 질 좋은 자료를 수집할 수 있도록 했을 뿐만 아니라 스스로 올린 자료가 제공되는 방식을 선택하고 질문하게 하여 시민을 활용한 모니터링 방식의 한계를 극복하고자 했다는 점에서 주목할 만하다.

2. 리빙랩(living lab): 성대골 에너지 자립마을

- 유럽연합(EU: European Union)은 시민과학과 리빙랩의 관계를 이해하는 데 앞장서고 있는 기구로 시민과학을 역동적인 시티즌십의 한 형태로 정의하고 사회와 정책 결정의 체계를 변화시키는 것을 포함하여 과학에 대한 이해를 바탕으로 이루어지는 행동 변화를 독려하는 것이라고 언급했다.¹²⁾
- ‘성대골 에너지 자립마을’은 우리나라에서 가장 성공한 리빙랩 사례로 소개되는 것 중 하나이다.

12) Talia Lewis(2017.11.1), “Living Labs: An Intersection of Scientific Innovation”, Wilson Center, Insight & Analysis, 검색일: 2021.7.29.

- 서울 동작구 신대방동에 있는 이 마을은 탈핵운동과 에너지자립 전환을 추구하는 운동을 중심으로 서울시와 정부의 지원을 받아 성장했다.
 - 2010년대 주민 주도형 방법론의 하나로 리빙랩이 소개되었고 2016년 9월부터 에너지 기술평가원에서 성대골 리빙랩에 재정적인 지원을 시작하면서 성대골 리빙랩이 공식화 됐다.
 - (사)에너지기후정책연구소가 사업총괄과 금융 상품 개발을 맡았고, (주)마이크로발전소는 미니태양광 DIY 개발, 연세대학교 지속가능한 도시전환 연구실은 사업 전반에 대한 자문을 맡고, 주민들이 참여하는 방식으로 진행되었다.
- 활동가들을 중심으로 시작된 성대골 리빙랩 사업은 주민 주도로 에너지 전환을 추진하기 위해 8개월 동안 진행된 리빙랩 활동에서 다양한 전문가와의 워크숍을 통해 적합한 에너지 기술을 탐색하면서 성대골이 리빙랩으로 성공할 수 있는 기반을 제공했다(김준한, 한재각, 2018).
- 그래서 주민들은 활동과 교육을 통해 스스로 문제를 인식하고, 발전하고, 공부하여 해결책으로까지 이어지는 일련의 과정에 주도적으로 참여했다.
 - 성대골 리빙랩에서에서는 절전소 운동, 착한가게 캠페인, 에너지 진단 등의 운동이 진행됐다. 또한 각종 교육 강좌와 워크숍을 진행하고, 초·중·고등학생을 대상으로 캠프를 진행하고 동아리를 만들어 수업을 진행하는 등의 활동들을 하면서 마을 전체가 공동체로서 같은 목표를 가지고 함께 움직였다.
- 2012년 에너지 단열과 적정기술로 전환 실험 이후 마을기업 설립으로 나아갔다.
- 2013년 마을기업 설립을 위한 준비모임이 활성화되고 10월 24일 창립총회를 거쳐 마을기업인 ‘마을닷살림’이 설립되었다.
 - 협동조합 형태로 만들어진 마을기업은 ‘성대골사람들’, ‘그린건축사사무소’, ‘블랭크(BLANK)’, ‘목공소 지따’, ‘사회적기업 한풀미’가 있으며 주거환경개선사업, 에너지효율화사업, 현장공사지원 등을 아울렀다.
 - 마을닷살림에서는 2014년 ‘에너지슈퍼마켓’을 열고 2015년에는 온라인 쇼핑몰을 만들어 전국 모든 사람에게 오픈했다.



자료: 박종문(2017), p.69.

〈그림 3-3〉 2010~2013년 동작구 성대골 에너지사용량 분석자료(단위: kWh)

- 또한 경로당과 주상복합건물, 빌라와 아파트 등에서 에너지 효율 개선사업을 하면서 동작구의 1인당 에너지 사용량과 비교해 상도3동과 상도4동의 에너지 1인당 사용량 감소를 확인했다.
 - 에너지 효율 개선사업이 직접적으로 1인당 에너지 사용량 감소를 가져왔다고 하기 힘들지만, 성대골에서 진행되고 있는 에너지 전환 사업들이 영향을 주었다는 합리적인 추정은 가능하다(박종문, 2017).
- 성대골 리빙랩 사례는 주민이 주도적으로 에너지 전환을 위한 활동을 기획하고 실행했을 뿐만 아니라 실질적인 성과로 이어져 마을기업 설립으로까지 이어졌다는 측면에서 의미가 있다.
 - 전문가들은 성대골 리빙랩 사례의 성공 요인을 주로 주민 주도성으로 이야기한다(김준한, 한재각, 2018).
 - 시민참여가 문제를 주도적으로 해결하기 위한 과학적 방법을 고민하고 실행할 수 있는 원동력이 되었지만, 주민 주도성은 복제되지 않는 가치이기 때문에 이 사례가 다른 마을로 확산할 수 있는 플랫폼을 제공하는 어려운 사례라는 의견도 있다.
 - 하지만 프로젝트가 주민 주도성이 담보된다면 스스로 성장하고 발전할 가능성이 크기 때문에 성대골 리빙랩 사례를 통해 무엇이 주민 주도성을 약화하는지, 무엇이 주민 주도성을 확대하는지 고민할 필요가 있다.

3. 스마트 도시와 시민과학

○ 스마트 도시는 정보통신기술을 활용해 도시 활동을 활성화하는 지역혁신 플랫폼의 한 형태이다(박준호, 박정우, 남광우, 2019).

- 국토교통부에서 운영하는 ‘스마트 시티 코리아(<https://smartcity.go.kr/>)’에서는 4차 산업혁명 시대 혁신기술을 활용하여 시민 삶의 질을 높이고, 도시의 지속가능성을 제고하고, 새로운 산업을 육성하기 위한 플랫폼으로 정의하고 있다.
- 2008년 U-City법이 제정되면서 유비쿼터스도시가 등장했고, 2019년에는 『제3차 스마트도시 종합계획(2019-2023)』이 수립되었고, 제3차 국가시범도시는 세종과 부산이다.

〈표 3-1〉 스마트도시의 발전과정

구분	U-City 1.0 (2005~2010년)	U-City 2.0 (2011~2016년)	Smart City (2017년~)
목표	운영 효율성 제고	시민 삶의 질	신가치 창출
혁신 대상	신도시	구도시·신도시	구도시(경제적 재생)
주요 가치 활동	ICT+도시기반 시설 구축·활용	인프라 기반 서비스 구축·활용	자생적 서비스 인프라 생태계 구축·활용
주요 운영시스템	개별 인프라 + 서비스	서비스 + 통합인프라 플랫폼	지능형 스마트 시티 플랫폼(시민참여 플랫폼+리빙랩)
주요 인프라	물리적 인프라	정보 + 데이터 인프라	사회적·인적 인프라
Data 개방성	폐쇄형	폐쇄형·일부 개방형	완전 개방형·일부 폐쇄형
Data 활용	개별 데이터 수집/ 비체계적 관리	데이터 수집/ 관리 일부 데이터 분석	빅데이터 수집관리/지능형 데이터 분석/활용
서비스의 혁신	공급자 서비스 중심	공급자 + 일부 수요자 서비스 중심	수요자 + 지능형 서비스 중심
시민참여도	미참여	시민참여+채감	시민참여(문제발굴) + 공동창출(co-creation)
시민 역할	정보 수요자(수동적)		정보 생산자이자 공급자 (적극적·주도적 역할)
협력주체	공공주도 협력	공공-민간 협력	시민-공공-민간협력: 도시 간(C2C 협력)
혁신의 확산	R&D 중심	실증단지/Test-bed	자생적 스마트 도시 프리콘 + 리빙랩
추진 거버넌스	ICT 관련 부서 중심	관련 부서의 개별사업 수행(ICT 관련 부서 중심)	산업경제·진흥총괄관리 (시민참여 중심)

자료: 변미리 외(2018), p.14.

- 스마트 도시 논의에서 시민과학과 시민참여가 빠지지 않는 것은 이해관계자의 참여가 실질적인 시민 삶의 질 개선에 중요하다는 것에 대한 합의가 있기 때문이다.
- 영국 스마트 도시는 정부 주도의 방식이 아닌 지방자치단체, 기업, 대학 등 다양한 주체가 협력하여 도시를 구축할 수 있는 환경을 조성하는 데 노력을 기울인다.
 - 시민이 스스로 지역의 규칙을 정하고 규제를 개선하며, 산업혁신을 기반으로 한 신기술로 대기오염과 기후변화, 주거, 교통 등의 문제를 해결하는 것이 목표이다(조상규 외, 2019).
 - 네덜란드 암스테르담에서는 시민이 직접 아이디어를 제안하고 추진할 수 있는 체계를 제공하여 스마트 도시에 리빙랩을 적용했다(유성민, 2018.5.23).¹³⁾
 - 우리나라도 2013년 중앙정부 중심의 U-City 구축 단계에서는 공공주도의 일방향적 접근으로 시민의 체감이 낮아 한계에 부딪힌 스마트 도시 사업이 2018년부터는 스마트 도시라는 이름으로 중앙정부와 지방정부만 아니라 민간기업과 함께 구축하는 방향으로 변화했다(송유미, 박성남, 문보람, 2020).
 - 따라서 사회 공동체에서의 관계 맺기와 성찰적 의사가 중요하며 함께 살아가는 사람들이 스스로 구축해나가는 것이 요구되며, 정보 생산자이자 공급자로서 시민 스스로 문제를 발굴하고 해결하는 행동이 요청된다(변미리 외, 2018).

〈표 3-2〉 스마트 도시의 발전과정

저자	시민참여의 가치
유수철(2010)	<ul style="list-style-type: none"> - 사업주체와의 갈등요인 해소 - 계획의 완성도 향상 - 사업기간 단축 - 사업시행의 실천력 증대
김종수(2010)	<ul style="list-style-type: none"> - 공적 아이디어 도입 - 행정 쇄신 및 정책의 질적 향상 - 행정의 신뢰성 확보 - 교육의 장을 통한 민주시민화 - 시민의 무력감 해소
이승중(2011)	<ul style="list-style-type: none"> - 민주주의 이상 실현 - 협력적 해결방안 도출 - 정부의 권력 남용 및 오류 감시

13) 유성민(2018.5.23), “스마트 시티, ‘시민’이 핵심이다”, 검색일: 2021.8.14.

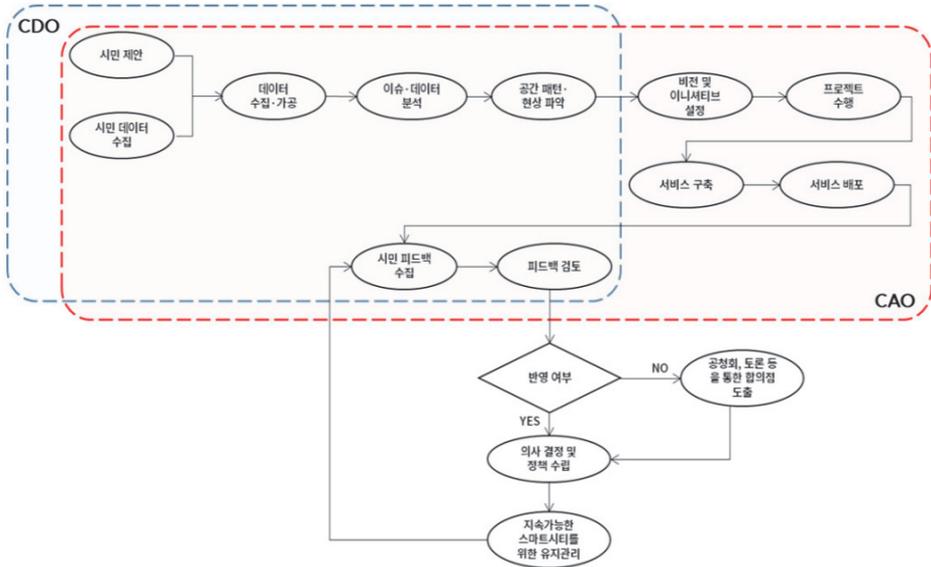
<표 3-2>의 계속

저자	시민참여의 가치
Cogan and Sharpe(1986)	- 공공문제를 해결할 수 있는 아이디어 도입 - 공공과 시민의 협력을 통한 신뢰 회복 - 미래의 의사결정과정에서 좋은 영향으로 이어짐 - 분쟁과 막대한 비용 손실의 발생 방지 - 계획 과정에서 대중의 지지 확보

자료: 박준호 외(2019), p.35.

○ 국민이 직접적 참여자가 되는 리빙랩은 상호학습 과정에서 협력과 신뢰가 구축되고, 다층 위로 연계된 행위자들이 사회의 문제를 직접 해결하는 과정에서 서비스의 제공과 확산에 직접적인 역할을 하도록 함으로써 지역의 특성을 반영한 문제해결이 가능하게 한다(박준호 외, 2019; 장환영, 김결, 2019).

- 시민과학을 직접적으로 언급하고 있지 않지만 시민참여적인 관점에서 시민이 직접 문제를 해결하는 방식은 넓은 범위에서 시민과학에 속한다.
- 전체적인 워크플로가 시민의 제안과 자료수집에서 시작하고, 시민의 피드백을 통해 반영 여부가 결정되며, 공청회와 토론회 등을 통한 합의점 제출을 목표로 한다.
- 이 과정들이 현실적으로 적절하게 잘 이행되고 활용되기까지는 더 많은 시간과 노력이 필요할 것이다. 하지만 현재로서는 이런 사례를 구축하기 위한 워크플로를 구축하는 것 만으로도 충분히 의미 있는 과정이 될 수 있다.



자료: 안용준 외(2019), p.202.

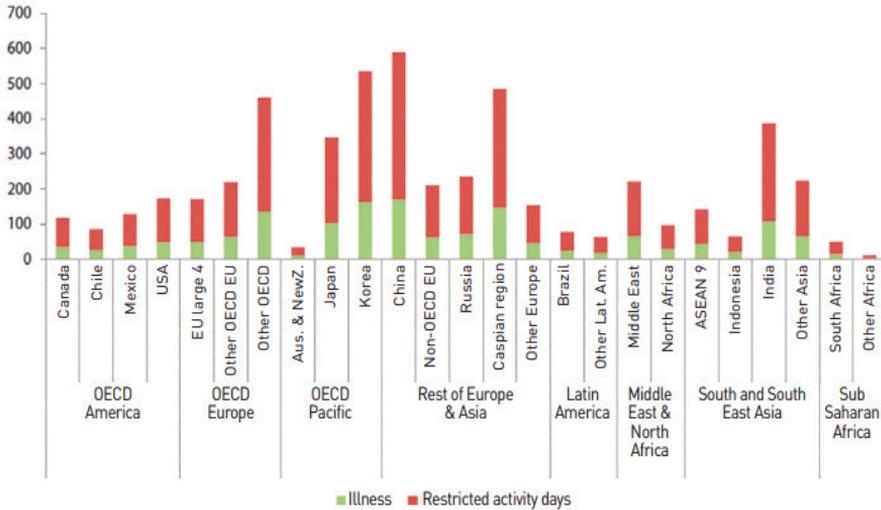
〈그림 3-4〉 시민 교감형 스마트 시티 구성 워크플로

- 따라서 이 과정에서 시민이 직접 참여하는 도시 구축에 대한 긍정적인 논의가 많지만, 대중이 수단으로 활용되는 방식을 지양해야 한다는 목소리도 높다.
- 투명한 참여와 오픈 데이터가 필요한 이유이다. 따라서 시민이 도시 계획에 직접적으로 참여하는 형태의 변화는 디지털의 발전을 빼놓고 이야기할 수 없다.
- 아직 확정된 형태의 도시 네트워크는 없지만, 서울시는 인스턴트 메신저 이용률을 유심히 관찰하고 소통 수단으로서 스마트폰 활용에 주목하고 있다(변미리 외, 2018).

IV 결론

1. 환경문제와 시민과학

- 환경문제는 그 피해가 장기적이고 되돌리기 힘들다는 점과 복잡성이 가장 큰 특징이다. 다양한 연결고리를 통해 환경문제가 발생하기 때문에 단순히 하나의 원인을 제거하는 것으로 환경문제가 사라지지 않는다.
 - 이런 복잡성은 환경 피해의 측면에서도 마찬가지이다. 피해가 장기적으로 다수에게 발생하고 지역에 따른 차이가 있을 수 있지만, 광역의 피해를 가져올 수 있다는 점도 특징적이다.
 - 예를 들면 가장 대표적인 환경문제 중 하나인 미세먼지는 장기적으로 누적되어온 온실가스로 인해 발생했으며 단기간에 해결하기 어렵다. 또한 환경문제의 발생원인과 피해가 복잡하고 다양해서 전 산업적인 변화와 함께 개인의 인식과 행동 변화도 모두 함께 얽혀 있다.
- OECD 보고서에서는 대기오염으로 발생하는 사회적 피해가 사람들의 건강과 사망, 농업, 거시경제, 질병까지 다양하게 연결된다고 밝혔다.
 - 가장 두드러지는 피해 중 하나로 미숙아 사망에 대해서는 2010년 기준 300만 명이 대기오염으로 인해 사망했으나, 2060년에는 600만~900만 명까지 확대될 수 있다고 발표했다.
 - 이로 인해 발생하는 사회적 후생비용은 전 세계적으로 2015년 기준 약 3.2조 달러이다.



자료: OECD(2016); 최유진(2017), p.93에서 재인용.

〈그림 4-1〉 지역별 대기오염에 따른 후생비용 추정

- 환경문제의 이러한 특성은 환경문제를 해결하려는 방법으로 시민과학이 등장하게 했다.
 - 시간적 맥락에서 과학에 대한 도전과 시민 지식의 활용에 대한 기대가 커진 것도 영향을 미쳤으나 복잡하게 얽힌 문제와 피해를 풀기 위해서는 중앙에서 표준적으로 내려오는 해결책보다 당사자가 직접적으로 겪는 문제와 피해에 대해 개별적인 해결책을 내는 것이 중요해졌기 때문이다.
 - 경제구조 자체를 친환경적으로 변화시켜야 한다는 움직임은 각 시민의 개별적인 의견과 활동, 행동, 의식의 변화를 이끌고자 하는 목적에서 나타난 것이다.
 - 결국 집단에 속한 개인 모두가 친환경적으로 생각하는 인식이 싹트고 발전되어야 근본적인 변화가 가능하다는 것을 전제하고 있다.
- 시민과학의 적용 범위는 시민이 과학적인 활동에 보조적인 역할을 맡는 것에서 시작되었으나 현재는 시민이 문제 제기부터 해결책까지 모든 과정에 관여하는 것으로 확장되고 있다.
 - 이 배경에는 과거에는 불가능하던 시민 직접 참여가 기술발전을 통해 가능하게 됐다는 측면이 있다.
 - 그 대표적인 예가 스마트 시티이며 이 도시계획은 시민참여를 기본 전제로 만들어졌다. 또한 정치적으로는 권력의 분산, 과학의 민주화, 민주주의라는 측면으로 연결되고, 교육

적인 측면에서는 가르치는 사람이 있고 가르침을 받는 사람이 있는 교수학습의 형태에서 스스로 생각하고 학습할 주제를 선택하고 배워나가는 자기 학습 논의로 연결된다.

- 그중 시민과학이라는 용어는 사회과학적인 관점이다. 따라서 환경문제의 특징과 시민과학이 연결되는 부분은 거의 모든 영역에서 맞물린다.
 - 환경문제는 근본적으로 인간의 사고방식이 친환경적인 방식으로 전환되어야만 사회 체계 전체가 친환경화되고, 그에 따라 지금뿐 아니라 미래 세대까지도 포괄한 친환경적인 변화가 가능해진다.
 - 따라서 이론적인 측면에서 환경문제 해결방식으로서의 시민과학은 환경문제와 관련된 전 영역에서의 시민참여와 이로 인한 변화를 말한다.
 - 환경문제는 경제, 보건, 사회, 노동, 문화, 산업 등 전 영역에 걸쳐 있다. 따라서 환경문제 해결을 위한 시민과학은 전 영역에서의 친환경적 변화를 끌어내는 것을 목적으로 한 활동 전체와 연결된다고 볼 수 있다.

2. 시민과학 적용방안

- 큰 그림에서 시민과학이 이론적으로 친환경화를 위한 시민참여의 전 영역과 연결된다고 해도, 직접적으로 환경문제에 적용하고자 할 때는 큰 그림에서 더 구체적인 부분을 고민해야 한다. 환경문제 해결에 도움을 줄 수 있는 시민과학 형태를 세 가지 제안한다.
- 첫째, 환경 갈등과 관련된 부분이다.
 - 예를 들면, 태양광 발전소나 풍력 발전소를 건설한다고 했을 때, 어딘가에는 발전소를 지어야 한다. 그렇다면 해당 지역 주민의 의견을 듣고 반영하는 과정은 필수다.
 - 시민 의견을 듣고 이를 반영하는 과정을 거치게 된다.
 - 이와 비슷한 대표적인 예는 ‘숙의 민주주의’라고 불리는 형태인데, 원자력 발전소에 대한 국민참여위원회를 개최하여 사회 문제를 공론화시키고 국민이 직접 결정 과정에 참여할 수 있도록 한 것이다. 국민이 직접 원자력 관련 전문가와 시민단체의 논리를 듣고 배우는 과정을 통해 학습하는 과정을 거침으로써 시민과학의 특성을 포함했다.
 - 환경 관련 이슈가 아닌 영역에서는 국민참여재판제도, 즉 배심원 제도도 비슷한 사례이다. 물론 공론화와 숙의 민주주의 형식이 항상 옳은 것은 아니며, 한계점도 있다.
 - 신속한 결정이 필요한 순간이 있고, 국민에게 공개했을 때 전 국민적 혼란을 줄 수 있거나 오히려 국가에 손해를 미칠 수 있어 공개할 수 없는 정보도 있다.

- 그리고 찬성과 반대로 명확하게 나뉘지 않는 문제도 많으므로 이런 방식의 시민과학은 향후 발전이 더 필요하다.
 - 장기적으로 지역에 영향을 미칠 수 있는 환경문제에 있어서 찬성과 반대가 아니라 시간을 들여 상호 의견을 교환하고 합의점을 이끌어 낼 수 있는 형태로 발전한다면 환경 갈등 부분에서 시민의 정책에 대한 이해와 수용성을 높이고, 자기 효능감을 강화함으로써 환경 갈등 문제를 해결하는 긍정적인 역할을 할 것이다.
- 둘째, 리빙랩 형태로써 국가 단위보다는 각 지자체 단위에서 진행되는 형태이다.
- 리빙랩은 소수 인원이 함께 문제를 제안하고 고민해서 해결방식을 찾아나가는 과정이기 때문에 국가 단위에서 진행하기는 힘들다.
 - 따라서 지역단위로 진행되는 경우가 많으며, ‘에너지 자립마을’이 대표적이다. 성남시에서는 친환경 행동 강화와 홍보를 노리는 ‘성남 지역문제해결 리빙랩’을 운영하고 있다.
 - 성남시 거주민이 생각하는 지역 이슈를 파악하고 이를 해결하기 위해 시민 토론을 통해 문제해결 방안을 제시하는 것까지 진행하고 있다.
 - 인천에서도 지역주민을 구성원의 50% 이상으로 한 ‘스마트 도시 리빙랩’을 소개하여 운영하면서 ICT를 활용해 해결할 수 있는 문제들을 주민이 직접 제안하여 생활정책을 개발하고 실험하는 공간을 운영하고 있다.
 - 리빙랩 형태의 시민과학도 한계는 있다. 기본적으로 리빙랩에 참여할 수 있는 시간과 자원이 있는 사람이 많지 않다.
 - 또한 서울을 예로 들면 인구의 이동과 거주지 변경이 잦기 때문에 ‘지역민’이라고 했을 때 누구를, 어느 정도의 기간 참여시켜야 하는지의 문제가 있다.
 - 참여하는 사람만 참여하게 될 가능성도 크고, 정책개발까지 상당한 정도의 헌신(commitment)이 필요한데 이를 충족시킬 수 있는 사람은 많지 않다.
 - 따라서 리빙랩이 시민참여를 통해 스스로 정책을 만들어가는 과정은 맞지만, 다수의 의견을 대표한다고 보기 힘들 수 있다.
 - 따라서 리빙랩을 진행할 때는 대표성에 대한 고민과 다수의 의견을 파악하고자 하는 노력이 필요하다.
 - 그래서 문제 제안부터 해결책 제시까지의 과정이 투명하게 공개될 필요가 있고, 시민 의견 파악을 위한 노력도 기울여야 한다.

○ 셋째, 정보 수집을 위한 시민과학이다.

- 시민과학의 가장 기본적인 형태이면서 환경적인 정보를 광역의 범위에서 얻는 방법이다. 전국적인 수준에서 환경 정보를 개별적으로 감지하는 것은 어려운 일이다.
- 따라서 개인이 환경 관련 정보를 실시간으로 올릴 수 있는 시스템을 활용할 수 있다면 더 방대하고 정확한 정보를 얻을 수 있다.
- 예를 들면, 미세먼지는 전국에 퍼져 있는 측정소에서 측정하고 있다. 그러나 시민이 실시간으로 특정 장소에서 미세먼지를 측정할 수 있도록 한다면 더 정확하게 미세먼지를 측정할 수 있고, 원인에 관한 연구도 더 활발하게 진행할 수 있다.
- 정보 수집을 위한 시민과학은 시민이 문제를 제안하고 능동적으로 해결할 수 있는 체계를 마련해주는 것은 아니지만 큰 그림의 국가 정책을 수립할 때 필요한 정보를 수집하는데 도움이 될 수 있다.

○ 시민과학이 환경분야에 적용될 수 있는 방안은 무궁무진하다.

- 친환경 행동을 강화하고 인식 전환을 유도하기 위한 다양한 시민참여형 홍보와 학습 방식이 모두 시민과학의 일부가 될 수 있다.
- 따라서 시민과학의 이론적 맥락이 현실과 접목될 수 있는 많은 사례를 구축하고 발굴해 내는 작업이 필요하다.

참고문헌

[국내문헌]

- 고재경(2019), 「환경문제 해결을 위한 시민과학의 의미와 가능성」, 경기연구원.
- 김동광(2002), “과학과 대중의 관계변화: 대중에 대한 인식 변화를 중심으로”, 「과학기술학연구」, 2(2), 한국과학기술학회, pp.1-23.
- 김동광(2008), “‘STS’와 시민참여: 대중의 과학이해(PUS)에서 과학기술의 시민참여까지”, 한국과학기술학회 강연/강좌자료, 「제4회 STS 아카데미」, 2018.8, 개최지: 한국과학기술학회, pp.1-13.
- 김동광(2011), “지향점으로서의 공의 과학”, 시민과학센터 편, 「시민의 과학: 과학의 공공성 회복을 위한 시민 사회의 전략」, 사이언스북스, pp.49-72.
- 김준한, 한재각(2018), “에너지전환 실험의 장으로서 한국 리빙랩의 경험: 성대골의 도시지역 미니태양광 사례를 중심으로”, 「과학기술학연구」, 18(1), 한국과학기술학회, pp.219-265.
- 김환석(2011), “과학 기술 민주화의 이론과 실천: 시민 참여를 중심으로”, 시민과학센터 편, 「시민의 과학: 과학의 공공성 회복을 위한 시민 사회의 전략」, 사이언스북스, pp.15-48.
- 문기호(2009), “과학기술의 불확실성 증대에 따른 사회적 참여 방안 강구”, 「한국위기관리논집」, 5(1), 위기관리 이론과 실천, pp.59-72.
- 박종문(2017), 「성대골에너지자립마을 활동백서」, 에너지기후정책연구소:서울대이공대신문사편 드모임.
- 박준호, 박정우, 남광우(2019), “시민참여형 스마트시티 리빙랩 활성화 방안 연구”, 「지역연구」, 35(3), 한국지역학회, pp.33-44.
- 박진희(2018), “한국 시민과학의 현황과 과제”, 「과학기술학연구」, 18(2), 한국과학기술학회, p.7-41.
- 박희제(2002), “공중의 과학이해 연구의 두 흐름”, 「과학기술학연구」, 2(2), 한국과학기술학회, pp.25-54.
- 백인환 외(2014), “야생조류 정보 수집과 활용을 위한 시민과학의 접근과 적용 - ebird 사업을 중심으로”, 「한국환경생태학회 학술대회논문집」, 24(2), 한국환경생태학회, pp.108-109.
- 변미리 외(2018), 「스마트도시의 사회적 쟁점과 서울시 정책과제」, 서울연구원.

- 세계과학회의(1997.7.1) “과학과 과학지식의 이용에 관한 선언”, 「세계과학회의」, 발표월일: 1997.7, 개최지: 헝거라 부다페스트, 개최기관: 유네스코.
- 송성수(2005), “과학전쟁과 그 함의”, 「2005 과학기술과 사회 윈터스쿨」, 발표월일: 2005.2, 개최지: 고려대학교, pp.35-51.
- 송유미, 박성남, 문보람(2020), 「스마트도시서비스의 지속가능한 관리·운영을 위한 비즈니스모델 연구」, 건축도시공간연구소.
- 안용준 외(2019), 「시민참여기반의 스마트시티 모델 정립」, 대전세종연구원.
- 앨런 어윈: 김명진, 김병수, 김병운 옮김(2011), 「시민과학 과학은 시민에게 복무하고 있는가?」, 도서출판 당대.
- 유발 하라리: 조현욱 옮김(2015), 「사피엔스: 유인원에서 사이보그까지 인간 역사의 대담하고 위대한 질문」, 김영사.
- 유희림(2019), “이샤야 별린(Isaiah Berlin)의 ‘현실감각’”, 「정치사상연구」, 25(2), 한국정치사상학회, pp.39-67.
- 이덕환(2003), “우리 사회에서 현대 과학과 사회구성주의”, 「과학사상」, (44), 범양사, pp.83-101.
- 이영희(2003), “[일반논문] ‘과학전쟁’을 넘어서-과학사회학의 발전방향 모색”, 「경제와사회」, 60, 비판사회학회, pp.195-217.
- 임희섭(2003), “과학기술의 문화적 함의”, 「2003년도 한국과학기술학회 특별 심포지엄」, 2003.6, 개최지: 한국과학기술학회, pp.13-23.
- 장환영, 김결(2019), “리빙랩 기반의 시민주도형 스마트시티 구축을 위한 정책 방향 연구”, 「한국도시지리학회지」, 22(3), 한국도시지리학회, pp.41-53.
- 조상규 외(2019), 「스마트도시 국내외 정책 사례조사 및 성과확산 방안 연구」, 건축도시공간연구소.
- 한재각, 장영배(2009), “과학기술 시민참여의 새로운 유형: 수행되지 않은 과학하기, 한국의 두 가지 사례 - 아토피와 근골격계 질환”, 「과학기술학연구」, 9(1), 한국과학기술학회, pp.1-31.
- 홍성욱(1997), “누가 과학을 두려워하는가”, 「한국과학사학회지」, 19(2), 한국과학사학회, pp.151-179.
- 홍성욱(2020), 「실험실의 진화: 연금술에서 시민과학까지」, 김영사.

[국외문헌]

- Bonn, A. et al.(2016), *Green Paper: Citizen Science Strategy 2020 for Germany*, Helmholz Centre for Environmental Research (UFZ).
- Bonney, R.(2021), “Expanding the Impact of Citizen Science”, *BioScience*, 71(5), pp.448-451.
- Bonney, R., Caren, C. and Heidi, B.(2016), “The Theory and Practice of Citizen Science: Launching a New Journal”, *Citizen Science: Theory and Practice*, 1(1), p.1.
- Danielsen, F. et al.(2021), “The Concept, Practice, Application, and Results of Locally Based Monitoring of the Environment”, *BioScience*, 71(5), pp.484-502.
- Eitzel, M. V. et al.(2017), “Citizen Science Terminology Matters: Exploring Key Terms”, *Citizen Science: Theory and Practice*, 2(1): 1, pp.1-20.
- Ellwood, E. R. et al.(2016), “Mapping Life - Quality Assessment of Novice vs. Expert Georeferencers”, *Citizen Science: Theory and Practice*, 1(1), p.4.
- European Commission(2014), *Socientize: White Paper on Citizen Science for Europe*, Socientize: Citizen Science Projects.
- Freitag, A., R. Meyer, and L. Whiteman(2016), “Strategies Employed by Citizen Science Programs to Increase the Credibility of Their Data”, *Citizen Science: Theory and Practice*, 1(1): 2, pp.1-11.
- Frodeman, R.(2017), “Philosopher’s Corner: The End of Puzzle Solving”, *Issues in Science and Technology*, 33(2), pp.19-20.
- House of Lords(2000), *Society and Science*, Publication on the internet Science and Technology Committee Publications.
- Irwin, A.(2001), “Constructing the Scientific Citizen: Science and Democracy In the Biosciences”, *Public Understanding of Science*, 10(1), pp.1-18.
- Johnson, N. et al.(2021), “The Use of Digital Platforms for Community-Based Monitoring”, *BioScience*, 71(5), pp.452-466.
- Johnston, A. et al.(2019), *Best practices for making reliable inferences from citizen science data: case study using eBird to estimate species distributions*, bioRxiv.
- Kleinman, D. L.(2000), *Science, technology and democracy*, State University of New

York Press.

- Koertge, N.(2000) "Science, and the Value of Science", *Philosophy of Science*, 67, pp. S45-S57.
- Muenich R. L. et al.(2016) "The Wabash Sampling Blitz: A Study on the Effectiveness of Citizen Science", *Citizen Science: Theory and Practice*, 1(1), p.3.
- Sanz et al.,(2015), *White Paper on Citizen Science*, European Commission.
- Sarton, G.(1916), "The History of Science", *The Monist*, 26(3), Oxford University Press, pp.321-365.
- Schade, S.(2014), "Citizen Science and Living Labs: Same Same but Different?", *Living Lab for the Internet of Everything*, 2014.9.25., Netherlands, pp.1-37.
- Smith, P. H.(2009), "Science on the Move: Recent Trends in the History of Early Modern Science", *Renaissance Quarterly*, 62(2), pp.345-375.
- Sullivan, B. L. et al.(2009), "eBird: A Citizen-Based Bird observation network in the biological sciences", *Biological Conservation*, 142(10), pp.2282-2292.
- Sullivan, B. L. et al.(2014), "The eBird enterprise: An integrated approach to development and application of citizen science", *Biological Conservation*, 169, pp.31-40.
- Sullivan, B. L. et al.(2017), "Using open access observational data for conservation action: A case study for birds", *Biological Conservation*, Vol.208, pp.5-14.
- Tengö, M. et al.(2021), "Creating Synergies between Citizen Science and Indigenous and Local Knowledge", *BioScience*, 71(5), pp.203-518.
- Truscello, M.(2001), "The Clothing of the American Mind: The Construction of Scientific Ethos in the Science Wars", *Rhetoric Review*, 20(3/4), pp.329-350.
- Veeckman, C. and Laura, T.(2021), "Urban Living Labs and Citizen Science: From Innovation and Science towards Policy Impacts", *Sustainability*, Vol.13, p.526.
- Young, B. E. et al.(2019), "Using citizen science data to support conservation in environmental regulatory contexts", *Biological Conservation*, Vol.237, pp.57-62.

[온라인 자료]

유성민(2018.5.23), "스마트 시티, '시민'이 핵심이다", *The Science Times*, <https://www.sci>

encetimes.co.kr/news/%EC%8A%A4%EB%A7%88%ED%8A%B8-%EC%8B%9C%ED%8B%B0-%EC%8B%9C%EB%AF%BC%EC%9D%B4-%ED%95%B5%EC%8B%AC%EC%9D%B4%EB%8B%A4/, 검색일: 2021.8.14.

조항민(2017.2.7), “과학기술과 대중소통의 현재와 미래”, 「성균관대학교 SSK 위험커뮤니케이션 연구단」, https://shb.skku.edu/riskcomm/menu5/sub5_3.jsp?mode=view&article_no=310645, 검색일: 2021.8.3.

Oxford Dictionary, “Citizen Science”, https://www.lexico.com/definition/citizen_science, 검색일: 2021.7.27.

Talia Lewis(2017.11.1), “Living Labs: An Intersection of Scientific Innovation”, *Wilson Center, Insight & Analysis*, <https://www.wilsoncenter.org/blog-post/living-labs-intersection-scientific-innovation>, 검색일: 2021.7.29.

The Science Times(2016.4.27), “누구나 과학자...시민과학이 뜬다”, <https://www.sciencetimes.co.kr/news/%EB%88%84%EA%B5%AC%EB%82%98-%EA%B3%BC%ED%95%99%EC%9E%90-%EC%8B%9C%EB%AF%BC%EA%B3%BC%ED%95%99%EC%9D%B4-%EB%9C%AC%EB%8B%A4/>, 검색일: 2021.7.22.

The Science Times(2021.4.8), “생물다양성 보존해야 미래의 팬데믹 예방한다’ - ‘코로나19 이후 지역사회 재건 시 생물다양성 회복과 보존 필수’”, <https://www.sciencetimes.co.kr/news/%EC%83%9D%EB%AC%BC%EB%8B%A4%EC%96%91%EC%84%B1-%EB%B3%B4%EC%A1%B4%ED%95%B4%EC%95%BC-%EB%AF%B8%EB%9E%98%EC%9D%98-%ED%8C%AC%EB%8D%B0%EB%AF%B9-%EC%98%88%EB%B0%A9%ED%95%9C%EB%8B%A4/>, 검색일: 2021.8.27.

※ 본 책자는 환경표지 인증을 받은 용지로 인쇄되었습니다.



시민과학을 적용한 환경문제 대응방안 연구

KEI 한국환경연구원
Korea Environment Institute

(30147) 세종특별자치시 시청대로 370 세종국책연구단지 B동(과학 인프라동)
전화 044-415-7777 팩스 044-415-7799 <http://www.kei.re.kr>

