

제223회 한림원탁토론회

시민, 과학자가 되다

일 시 : 2024년 5월 10일(금), 10:00

장 소 : 한림원회관 1층 성영철홀

(온·오프라인 동시 진행)



모시는 글

시민이 전문가의 영역인 과학에 참여한 연구 형태는 이전에도 있었으나, ‘시민과학’이라는 용어는 시민이 과학에 참여하는 프로젝트 형태를 지칭하기 위해 1990년대 중반에 등장했습니다.

‘시민과학’은 과학 발전을 촉진하는 동시에 일반 대중과 과학자들이 긴밀하게 소통할 수 있는 기회를 제공합니다. 이는 과학 문화의 확산에도 크게 기여할 수 있습니다.

한국과학기술한림원은 시민과학의 현재와 미래, 그리고 우리 사회와 과학 커뮤니티가 어떻게 더 밀접하게 연결될 수 있는지에 대해 논의하고자 합니다. 또한, 평범한 시민들이 과학 연구에 직접 참여하고 과학적 발견과 지식의 확산에 기여할 수 있는 가능성을 살펴보고자 합니다. 이번 한림원탁토론회에 많은 관심과 참여를 부탁드립니다.

2024년 5월

한국과학기술한림원

한림원탁토론회는 국가 과학기술의 장기적인 비전과 발전전략을 마련하고 국가사회 현안문제에 대한 과학기술적 접근 및 해결방안을 도출하기 위해 개최되고 있습니다.



Program

사 회 이 형 목 서울대학교 물리천문학부 명예교수

시 간	프로그램	내 용
10:00~10:05 (5분)	개 회	유옥준 한국과학기술한림원 원장
10:05~10:50 (45분)	주제발표	
	발표자	시민과학이란 무엇인가? 전통과 최근 동향들 홍성욱 서울대학교 과학학과 교수
		‘시민과학’ 프로그램 박창범 고등과학원 물리학부 교수
		시민과 함께한 선충 채집 및 DNA 분석 사례 김 준 충남대학교 생명정보융합학과 교수
10:50~12:00 (70분)	지정토론 및 자유토론	
	좌 장	황호성 서울대학교 물리천문학부 교수
	토론자	박인규 서울시립대학교 물리학과 교수
		최진우 서울환경연합 생태도시전문위원
		박진희 동국대학교 다르마칼리지 교수
		김원섭 동아사이언스 교육기획연구소장
	질의응답	
12:00	폐 회	

참여자 주요 약력

사회



이 형 목

서울대학교 물리천문학부 명예교수

- 한국과학기술한림원 정회원
- 前 한국천문연구원 원장
- 前 한국천문학회 회장

좌 장



황 호 성

서울대학교 물리천문학부 교수

- 한국차세대과학기술한림원 회원
- 한국천문학회 이사
- 서울대학교 스포츠진흥원 부원장

참여자 주요 약력



주제발표자



홍 성 욱

서울대학교 과학학과 교수

- 과학기술과 사회 네트워크 운영위원장
- 前 한국과학사학회 회장
- 前 한국과학기술학회 회장



박 창 범

고등과학원 물리학부 교수

- 한국과학기술한림원 정회원
- 고등과학원 Open KIAS 센터장
- 前 한국천문학회 회장



김 준

충남대학교 생명정보융합학과 교수

- 한국유전체학회 정보전산위원
- 前 한국생명공학연구원 전임연구원
- 前 서울대학교 기초과학연구원 연수연구원

참여자 주요 약력

토론자



박 인 규

서울시립대학교 물리학과 교수

- 한국고에너지물리학회 회장
- 서울시립대학교 자연과학연구소장
- 국제미래가속기위원회(ICFA) IID 위원



최 진 우

서울환경연합 생태도시전문위원

- 생명다양성재단 이사
- 가로수시민연대 대표
- 녹색서울시민위원회 위원



박 진 희

동국대학교 다르마칼리지 교수

- 국회미래연구원 이사
- 前 한국과학기술학회 회장
- 前 대통령직속 정책기획위원회 위원



김 원 섭

동아사이언스 교육기획연구소장

- 동아사이언스 시민과학 지구사랑탐사대 운영책임자
- 前 동아사이언스 교육사업센터장
- 前 동아사이언스 편집장

I

주제발표

주제발표 1 시민과학이란 무엇인가? 전통과 최근 동향들

- **홍성욱** 서울대학교 과학학과 교수

주제발표 2 ‘시민과함께과학’ 프로그램

- **박창범** 고등과학원 물리학부 교수

주제발표 3 시민과 함께한 선충 채집 및 DNA 분석 사례

- **김 준** 충남대학교 생명정보융합학과 교수

주제발표 1

시민과학이란 무엇인가? 전통과 최근 동향들



홍 성 욱

서울대학교 과학학과 교수

시민과학이란 무엇인가? 전통과 최근 동향들

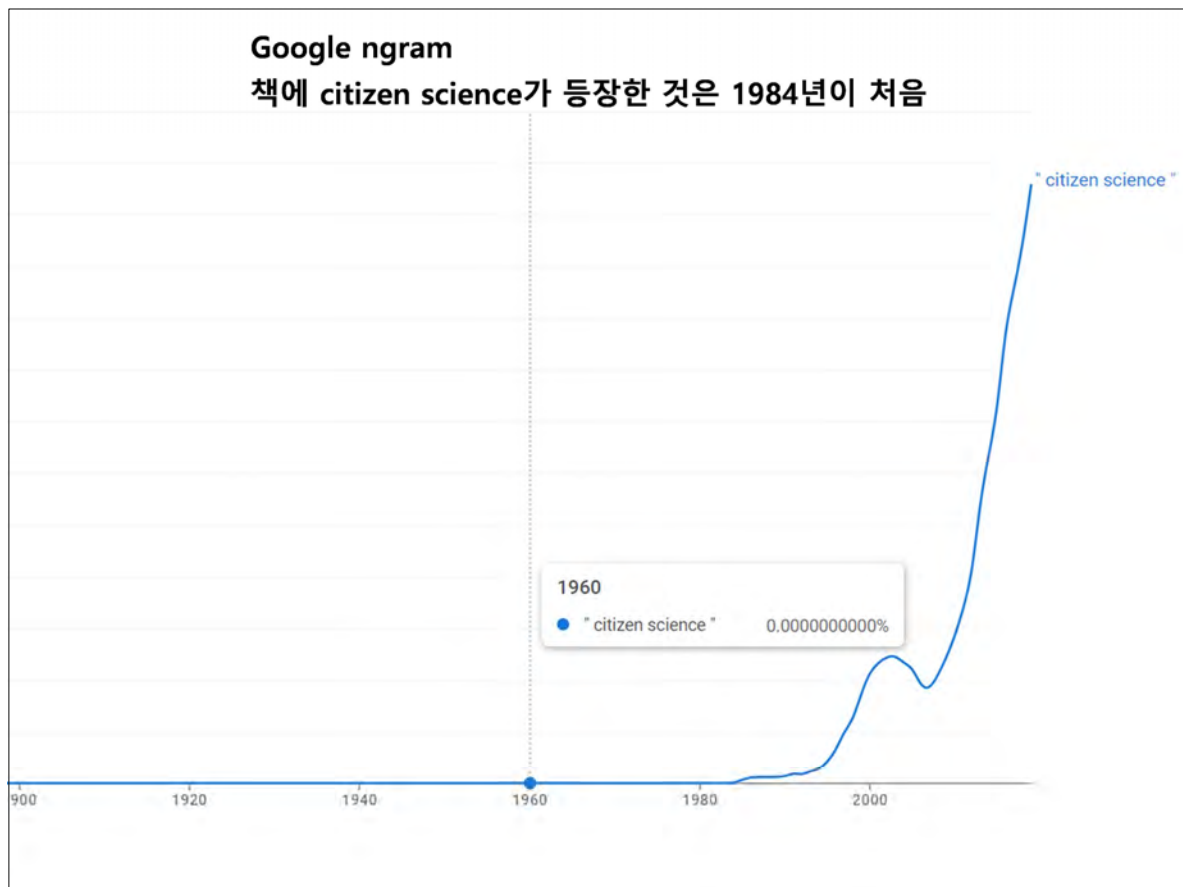
홍성욱

서울대학교 과학학과

제223회 한림원탁토론회

2024. 5. 10.

한국과학기술한림원



시민과학 citizen science의 정의

- Citizen science라는 용어가 처음 사용된 문헌: Kerson, R. (1989).

"Lab for the environment" Technology Review

- 특별한 정의 없이, 마치 이미 이루어지고 있던 활동을 지칭하는 것처럼 사용이 됨

- Kerson은 네 가지 활동을 사례로 들

- 농약의 독성을 테스트하기 위한 농부들이 지원을 해서 만든 실험실
- 그린피스가 자신들의 배에 만든 실험실
- 미네소타 카스 레이크 지역의 인디언들의 식수원 오염을 검사하는 실험실
- 오두본 조류학회(Audubon Society)에서 50개주 회원 250명이 참여하는 산성비 샘플 수집 작업. 오두본 학회 본부에서 매달 산성비 분포를 발표.
→ 이에 대해서 **"시민과학" 프로그램**이라는 이름을 붙임

- 객관성의 문제

- "It gets into an area of less science and more values and politics. Ultimately, you can't get away from that."

Lab for the Environment

One-third of all pesticides are known to cause cancer," proclaims the flyer promoting a boycott of California table grapes, "and some of them won't even wash off under your kitchen tap. . . . You could unwittingly be poisoning yourself or your family."

Bruce Obbink of the California Table Grape Commission, a growers' organization, calls the charge by the United Farm Workers (UFW) irresponsible. "We have been producing table grapes for an awful lot of years . . . and we don't have any records of anybody ever getting sick from eating table grapes."

Allen Irwin의 시민과학 (1995)

- '시민 과학'은 과학의 옹호론자들이 자주 주장하는 것처럼 **시민의 필요와 관심사를 지원하는 과학**을 떠올리게 한다. 동시에 '시민 과학'은 **시민이 직접 개발하고 제정하는 과학의 한 형태**를 의미하며, 이 책의 중요한 한 줄기는 공식 과학 제도 밖에서 생성되는 '맥락적 지식'(contextual knowledge)을 다룰 것이다. (xi)
- **과학과 시민의 관계 개선** - '시민 과학의 사회적 실험'이라고 부를 수 있는 것들. (p. 38)
- 과학-시민의 매개mediation: "**과학상점**"



Irwin: 시민과학의 내용

따라서 '시민 과학'은 새로운 사회 및 지식 관계에 대한 다음과 같은 인식을 의미한다.

- **과학적이지 않은 방법으로 생성된 이해와 전문 지식에 기꺼이 참여**한다. 사이언스 숍의 사례에서 알 수 있듯이, 여기에는 외부 그룹의 지식과 감수성을 통합하기 위해 프로젝트 설계와 방법론에 대한 어려운 협상이 수반될 수 있다.
- **단일 합의를 강요하기보다는 이질적인 형태로** 이루어진다. 이 책의 모든 사례에서 알 수 있듯이 위험 및 환경 문제와 관련하여 단일한 '지식'은 존재하지 않으며 오히려 인정하고 구축해야 할 복수의 지식 형태가 존재한다.
- 과학에서 비과학(또는 '사회과학'에서 '과학')을 걸러내려고만 하지 말고 **시민의 우려를 불러일으키는 '문제 상황'에 관여**할 준비가 되어 있어야 한다. 시민의 관심사는 기존의 학문적 범주에 쉽게 속하지 않는다.
- 일상 생활에서 **과학의 불확실성과 한계 뿐만 아니라 건설적인 가능성**에 대해 성찰적이다.
- **제도적으로 유연하고 변화에 개방적**이다. 강력한 기관의 지원 없이는 진전을 이룰 수 없지만, 기관도 자신의 관행을 재고할 준비가 되어 있어야 한다. (p. 167)

def. of citizen science

6	European Citizen Science Association	Citizen Science – the participation of the general public in scientific processes... an open and inclusive approach, for example, by supporting and being part of the exploration, shaping, and development of the different aspects of the citizen science movement, its better understanding, and use for the benefit of decision-making
7	European Citizen Science Association	Citizen science projects actively involve citizens in scientific endeavour that generates new knowledge or understanding
8	Citizen Science Association (US)	Citizen science is the involvement of the public in scientific research, whether community-driven research or global investigations
9	Group on Earth Observations Citizen Science Working Group	Citizen science encompasses a range of methodologies that encourage and support the contributions of the public to the advancement of scientific and engineering research and monitoring in ways that may include co-identifying research questions; co-designing/conducting investigations; co-designing/building/testing low-cost sensors; co-collecting and analysing data; co-developing data applications; and collaboratively solving complex problems
10	United Nations Environmental Programme (UNEP) (2019)	Citizen science entails the engagement of volunteers in science and research. Volunteers are commonly involved in data collection but can also be involved in initiating questions, designing projects, disseminating results, and interpreting data

Haklay et al.
2021

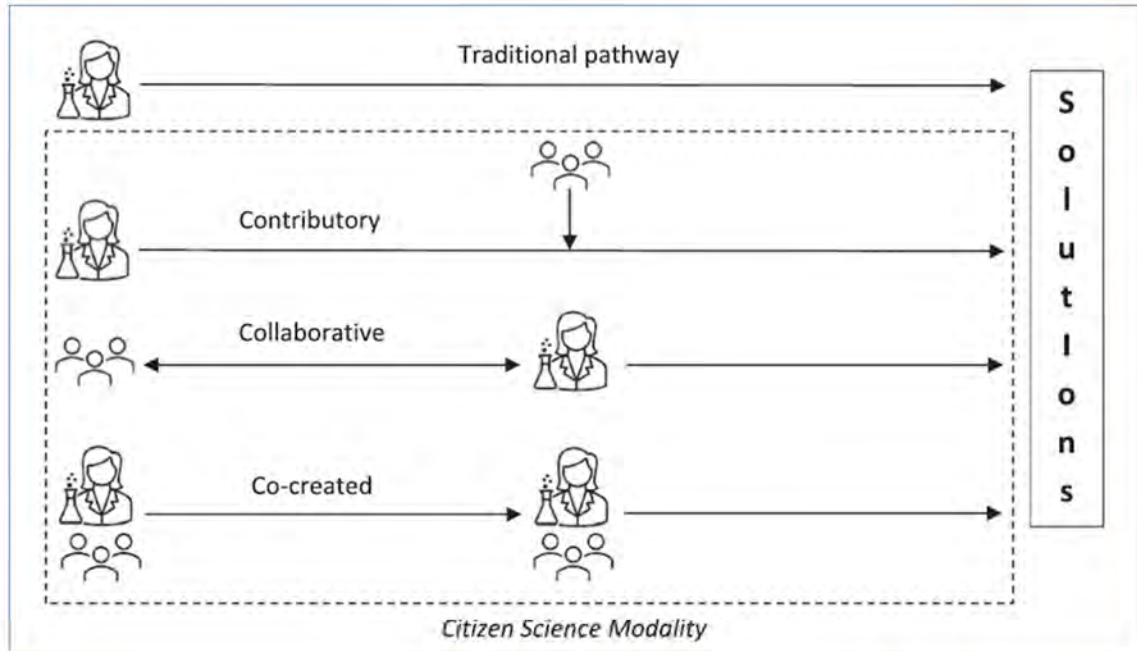
34개의 정의를
제시함

시민과학의 분류

위긴스와 크로우스턴(Wiggins & Crowston, 2011)은 기존의 시민 과학 프로젝트를 프로젝트의 주요 목표에 따라 크게 다섯 가지 유형으로 분류하고 있다.

- **행동 지향 프로젝트(action-oriented project)**는 자원봉사자에 의해 시작되고, 지역 문제에 대한 참여자의 참여를 장려하며, 과학 연구를 잠재적 해결책을 지원하는 도구로 활용한다.
- **보존 프로젝트(conservation project)**는 천연자원 관리 목표를 지원하며, 참여자들이 봉사 활동과 범위 확대를 위해 관리자로 참여한다.
- **조사 프로젝트(investigation project)**는 물리적 환경에서 데이터를 수집해야 하는 과학적 연구 목표에 초점을 맞추고 있다.
- **가상 프로젝트(virtual project)**는 조사 프로젝트와 유사한 과학적 연구 목표에 초점을 맞추지만, 전적으로 정보 기술을 기반으로 하며 모든 자원봉사자 상호 작용이 온라인으로 이뤄지는 프로젝트이다.
- **교육 프로젝트(education project)**는 모든 구성원이 명시적으로 교육 지향적이며 일반적으로 공식 및 비공식 학습 리소스를 제공하는 교육 및 홍보를 주요 목표로 한다 (Wiggins & Crowston, 2011).

시민과학의 modality



Hodgkinson et al. 2022

시민과학과 불명확한 난제(wicked problems) 해결

Head(2019, p. 192)는 불명확한 난제 (wicked problems)에 맞서기 위해

'정부가 이해관계자 다원주의(stakeholder pluralism)를 포용할 것'을 요구.

여기에는 **시민 과학적 관점**이 필수적이며, 시민이 해결책의 핵심이 됨.

Preisel et al(2020, p. 1748)는 '**정부와 시민 과학 실무자 간의 파트너십**은... 서로의 경험, 필요, 역량을 바탕으로... 달성 가능한 행동을 이끌어낼 수 있는 열쇠' 라고 설명.

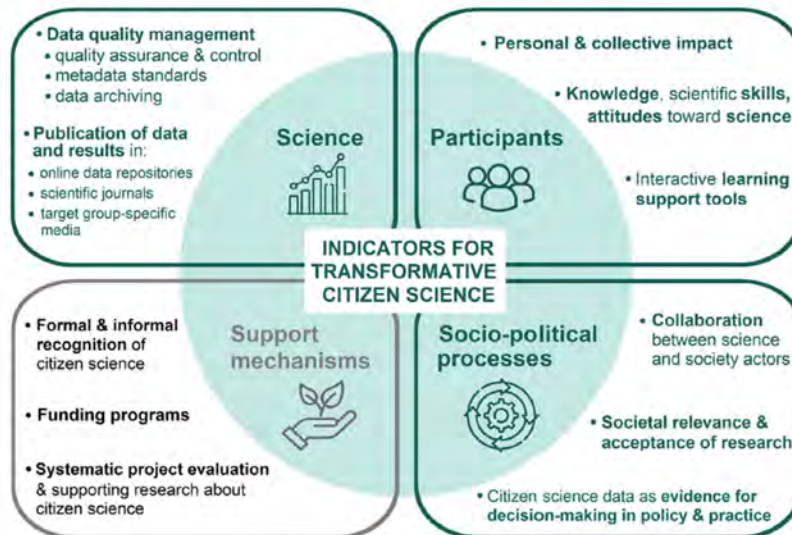
Hodgkinson et al. 2022

기획재정부		보도자료	
보도일시	2019. 3. 16.(월) 10:00	배포일시	2019. 3. 18.(월) 08:00
담당과장	재정혁신국 참여예산과 박경찬 (044-215-5480)	담당자	이동석 사무관 (044-215-5482) eck07080@korea.kr

사회적 난제, 국민참여를 통해 해결책을 모색한다.
- 국민참여예산제도: 국민의 참언지성을 활용 미세먼지 등 난제에 도전 -

□ 기획재정부는 관계부처와 힘을 모아 문재인정부에서 2018년 처음 도입된 국민참여 예산제도를 활용하여 사회적 난제 해결에 도전하겠습니다.

시민과학이 과학에 주는 변형력 있는 영향 transformative impact



Goenner et al. 2023
유럽의 43명의 연구자의 공동 논문

시민과학의 영향에 대한 설문 조사

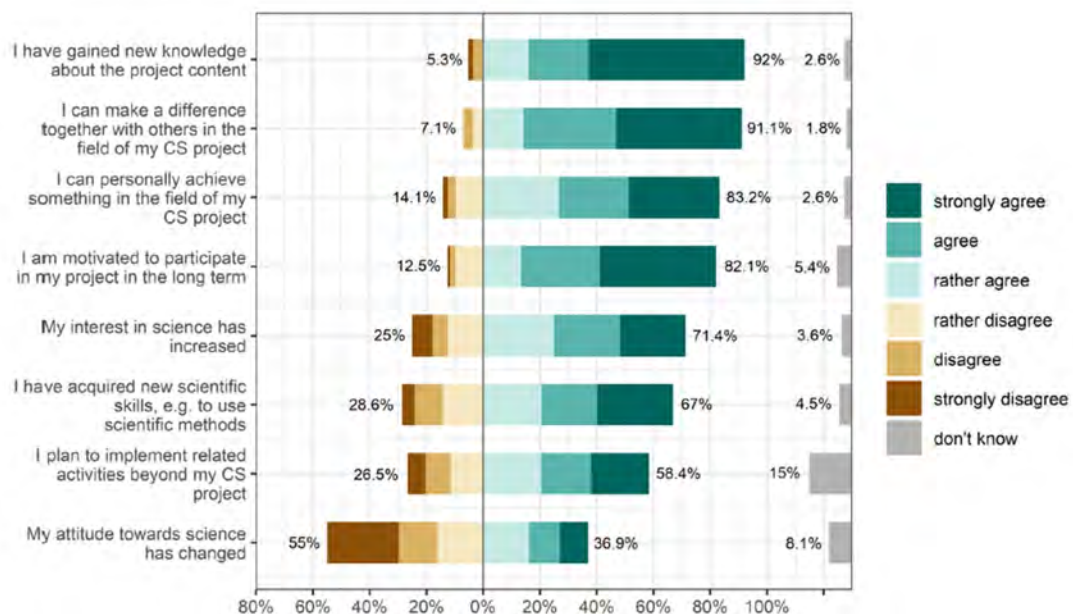
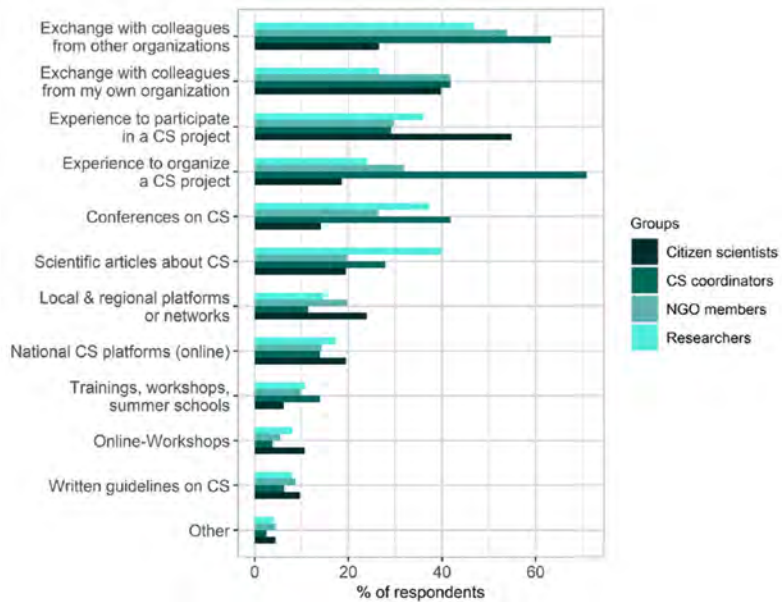


Fig. 3 Self-reported impacts of CS activities on citizen scientists' learning and personal development. Percentages of agreement are indicated with green bars on the right side; percentages of disagreement are shown on the left side with bars colored in brown ($n=113$ citizen scientists)

시민과학의 전문성을 어떻게 얻었는가

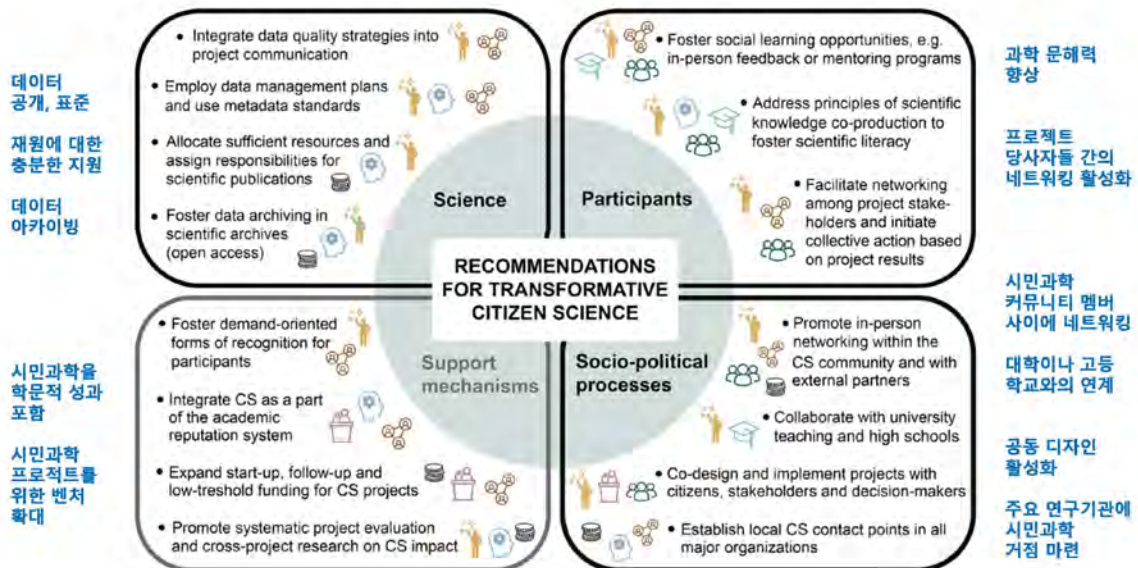
Fig. 5 Self-reported effectiveness of support instruments for gaining expertise in citizen science. Multiple-choice question with a maximum of 5 answers ($n=79$ coordinators, 75 researchers, 91 NGO members and 113 citizen scientists)



Goenner et al. 2023

유럽의 43명의 연구자의 공동 논문

과학에 변형력 있는 영향을 주는 시민 과학



Goenner et al. 2023
유럽의 43명의 연구자의 공동 논문

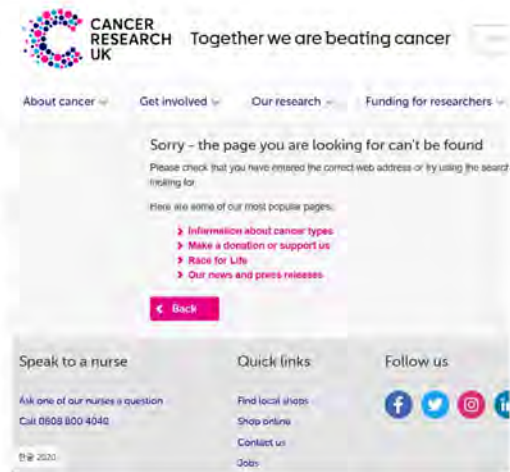
시민과학 사례들: Sustainable Development Goals (SDGs)

Cell Slider

Zooniverse와 Cancer UK가 협업한 프로젝트로, 시민 자원 봉사자들이 이전 연구에서 얻은 유방암 종양 샘플을 분석하는 프로젝트. 앱을 통해 2,000,000건 이상의 참여가 이루어짐.

이 프로젝트의 목표는 암 퇴치를 위한 연구를 가속화하는 것이었으며, 시민 과학자들이 암세포를 발견하는 데 도움을 주는 후속 프로젝트 (예: Trailblazer)를 촉발시킴. 이러한 프로젝트를 통해 시민 자원봉사자들의 암세포 발견 정확도는 과학자 분석의 10% 이내로 향상됨.

(cancerresearchuk.org/getinvolved/citizen-science).



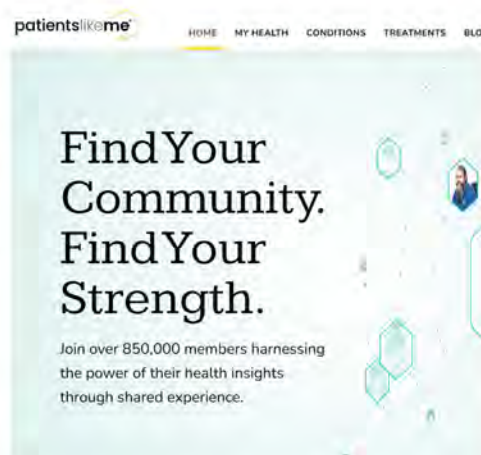
Patientslikeme

만성 질환을 앓고 있는 사람들을 위한 소셜 네트워크인 Patientslikeme에서는 시민 자원봉사자들이 약물 부작용과 치료의 영향에 대한 개인 건강 데이터를 업로드.

830,000명 이상의 자원봉사자가 2,900개 이상의 질환에 대한 데이터를 생성함.

이 프로그램은 만성 질환 치료를 위한 새로운 지식 개발을 통해 환자의 삶을 개선하고자 함.

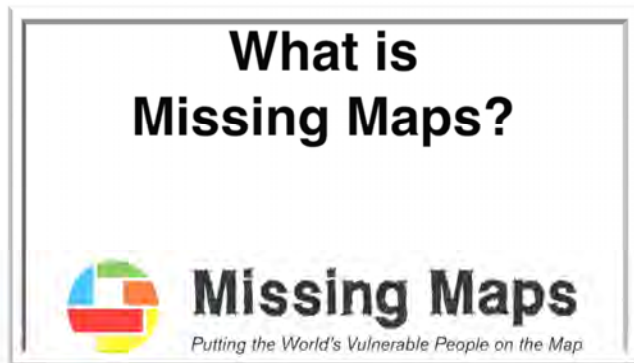
(patientslikeme.com).



The Missing Maps project

미싱 맵 프로젝트는 인도주의 단체의 구호 활동을 개선하기 위해 재난 취약 지역의 지도를 제작하는 프로젝트.

자원봉사 시민이 위성 이미지를 추적하여 오픈스트리트맵에 추가 주요 정보 (예: 도로명, 대피소 위치 등)를 입력하면, 지역 시민이 이를 보강하여 일반적으로 공개적이고 접근 가능한 지도에는 없는 중요한 데이터를 제공합니다.



전 세계적으로 높은 수준의 사망률과 이재민이 발생하는 재난 상황에서 이 프로젝트는 생명과 지역사회를 구하는 데 도움이 됨.(missingmaps.org).

Air Quality Citizen Science

대기질 시민 과학은 시민 과학자들이 배포한 저비용 센서를 사용해 NASA 위성 관측을 보완하는 공간적, 시간적으로 해결된 대기질 데이터를 생성.

가장 중요한 목표는 공해로 인한 질병으로 매년 650만 명이 사망하는 것으로 추정되는 미립자 대기 오염을 극복하는 데 도움을 주는 것(aqcitizenscience.rti.org).



한국의 시민과학

해양수산부, 환경부, 서울시, 국립생물자원관, 천문연,
개인연구자 등에서 기획한 시민과학 프로그램

“시민의 자발적인 참여에 의해 다양한 프로젝트들이 실행되고 있는 국외와 달리 국내에서 진행되는 시민과학 활동은 아직 주제 영역이 제한적이며 활동의 주체로서 과학자나 시민 참여가 아직은 낮은 수준에 머물고 있는 것으로 나타났다. 공공주도의 시민과학 프로젝트를 통해 시민 참여가 늘어나고 또한 **과학자들도 시민과학의 가능성을 인지**할 수 있도록 하는 것은 중요해 보인다. 과학자에 대한 **평가제도를 개선**하여 시민과학 참여를 증진하는 방안도 모색되어야 할 것이다. **공공 주도 시민과학 프로젝트 운영**을 시민 참여 강화에 맞추어 세밀하게 기획할 필요가 있다. 시민단체 주도의 자연조사활동이 시민과학으로서 실질적으로 과학 연구, 나아가 환경 정책에 기여할 수 있도록 **오픈 데이터 정책**이 마련되어야 할 것이다. 시민과학 프로젝트 경험을 공유, 확산할 수 있는 **시민과학 네트워크 구축**에도 노력할 필요가 있다” (박진희, 2018)



한국에서는 시민과학이 “사회문제해결형 R&D”의 범주 속에 들어있었음
대표적인 사업이 Living Lab - 생활 속의 문제를 시민 주도형으로 해결함
Living Lab은 시민과 과학자가 만나서 문제를 함께 해결하는 공간

2021년도 사회문제해결R&D 투자 현황 및 특징

- 김지홍, 이기준, 김수연, 이송규 -

요약

- 과학기술을 통한 국민 삶의 질 향상과 사회문제 해결에 대한 사회적 수요가 증가하고, 국민 삶의 질에서의 과학기술의 역할 보장에 대한 정책기조가 강화
- 「과학기술기반 사회문제해결 종합계획」 및 「전략적용 확산을 위한 사회문제해결R&D 가이드라인」 등의 수립을 통하여 사회문제해결R&D의 정책적 방향성 제시 및 관련 투자 확대 추진
- 제2차 중합계획 2021년도 시행계획에 공개된 22개 중앙행정기관의 사회문제해결R&D 투자현황을 분석한 결과, 총 예산은 1조 6,000억 원으로 전년도 대비 9.8% 증가하였으며 현장적용형 사회문제해결R&D 예산은 3,089억 원으로 전년도 대비 56.8% 증가
- 사회문제해결R&D에 대한 투자는 양적 증가뿐만 아니라, 현장적용형 사회문제해결R&D예산 비중이 전년도 대비 5.8%p 증가하는 등 질적 성장도 나타남
- 사회문제해결R&D 투자상위 부처는 과기정통부, 복지부, 산업부, 국토부, 환경부 순이었으며, 사회문제 투자상위분야 재난재해, 건강, 생활안전, 환경, 주거교통의 순
- 작년에 발생한 갑상병, 대형태풍 등 국민안전에 위협한 사회문제에 대응하기 위한 정부의 R&D투자가 이루어짐
- 사회문제해결R&D는 기존R&D와 달리 현장수요와 참여체계 및 제품·서비스, 정보기술 등의 기술개발 성과 외에도 법·규제 등 '시스템혁신기반'이라는 새로운 성과유형을 제시하므로 사업기획, 성과평가 및 활용·확산 등 기존 R&D추진체계의 전환이 필요

2021년
전체 국가 예산이
1조 6천억

과기정통부 예산이
4,000억 가까이
되었음

2024년 현재, 과기정통부가 주관하는 가장 유사한 사업

국민공감·국민참여 R&SD 선도사업 (한국연구재단)

■ 사업 목적

- 수요발굴 ⇨ 해결 방향 기획 ⇨ 연구개발 ⇨ 현장 적용까지 **전주기 리빙랩 활용 및 도시재생사업 연계**를 통해 국민공감 문제해결

- 지역 주민, 연구자·지자체 등 다양한 수요자가 기획 단계부터 참여하여 국민이 체감할 수 있는 문제해결 성과 도출

■ 추진 경위

■ 추진 근거

■ 사업 규모 및 내용

- 총 사업기간: 2020 ~ 2024년 (5년) / '24년 신규선정과제 없음

- 총 사업비 : 335억원 (정부지원금)

- 사업 내용

- 주민공감 현장문제 해결사업: 연구자와 지역 수요자(지자체 등)가 함께 문제정의부터 문제해결까지 참여하면서, 지역 문제를 과학기술적 방법으로 해결
- 도시재생 연계 리빙랩사업: 광역지자체를 중심으로 연구자와 수요자가 사업 전주기에 참여, 기존 R&D 성과를 바탕으로 도시재생 지역의 현안문제를 해결
- 종합지원 허브구축사업: 사회문제해결R&D 관련 정책개발 및 사업기획, 사회문제 모니터링 및 발굴, 문제기획 리빙랩 운영 등을 종합적으로 지원

2020-4	정책실명제 중점관리 대상사업 내역서		
① 정책사업명	국민공감·국민참여 R&D 선도사업		
② 추진배경	<ul style="list-style-type: none"> ○ 과학기술을 통한 삶의 질 향상을 위한 「제2차 사회문제해결 종합계획(18~22)」에 따라 41개* 주요 사회문제 해결을 위한 R&D 추진 중 * 미세먼지, 생활폐기물, 먹거리안전, 교통안전, 불량노후 주택 등 ○ 그간 수행했던 사회문제해결R&D는 사회문제에 공통적으로 적용되는 기술개발을 연구자가 주도로 R&D를 수행, 국민 체감 성과 도출에는 한계 ⇨ 이에, 지역 주민·지자체·연구자가 문제해결 쏠단계(수요 발굴 → 해결 방향 기획 → 기술개발 → 현장 적용)에 함께 참여하여 지역의 사회 문제해결과 국민 체감 성과 도출을 위한 R&D 추진 필요 		
③ 사업개요	<ul style="list-style-type: none"> ○ 수요발굴 ⇨ 해결 방향 기획 ⇨ 연구개발 ⇨ 현장 적용까지 전 주기 리빙랩 활용 및 도시재생사업 연계를 통해 국민공감 문제해결 - 지역 주민, 연구자·지자체 등 다양한 수요자가 기획 단계부터 참여하여 국민이 체감할 수 있는 문제해결 성과 도출 		
④ 사업부서	공공기술기반팀	⑤ 담당자	이종우 팀장 김의중 사무관
⑥ 선정기준	국정과제(35-5)	⑦ 사업기간	'20년 ~ '24년

- 과기부&연구재단 주도로 진행된 우리나라 시민과학 사업은 'R&SD 선도사업'이지만, 올해 종료

- 올해부터 새롭게 예정된 시민과학 관련 프로그램 및 사업은 없음

- 이 외에 리빙랩 등 시민참여형 과학은 중앙부처 중심으로 진행되기 보다 지역 단위에서 이루어지고 있는 것으로 고려됨

- “사회문제해결 R&D”보다 국제적 트렌드에 더 적합한 “시민과학”으로 다시 범주화하는 것이 필요해 보임

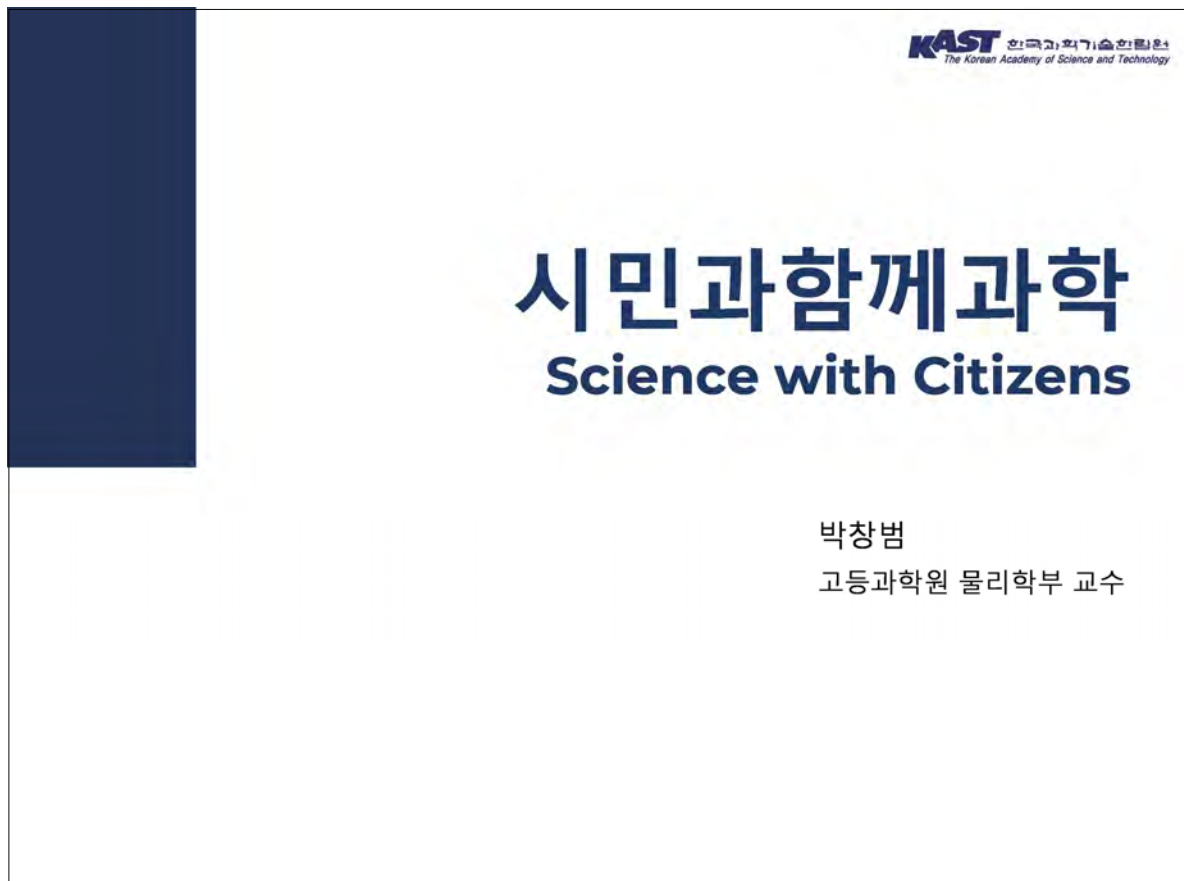


주제발표 2 '시민과함께과학' 프로그램



박 창 범

고등과학원 물리학부 교수



차례

1. 프로그램 소개
2. 추진 배경
3. 프로그램 조직
4. 과제 유형
5. 프로그램의 운영
6. 진행 상황
7. 프로그램 결과물의 활용

01. 시민과함께과학 프로그램 소개

고등과학원 Open KIAS Center

고등과학원 Open KIAS Center는 고등과학원과 국내외 과학계, 또한 고등과학원과 일반 간의 학문적 교류를 담당하고 있으며, 본 프로그램은 Open KIAS Center의 시민 및 과학자에 대한 Public outreach 활동 중 하나임.

목적

현대 시민의 과학 지식에 대한 갈망 뿐 아니라 연구과정 참여에 대한 욕구를 충족하여 우리 국민의 과학적 사고 함양과 문화 수혜에 기여하고 동시에 과학연구를 위한 대규모 자료를 생성 또는 분석함으로써 과학 발전에 기여함.

02. 시민과함께과학 프로그램의 추진 배경

- 우리 국민의 과학에 대한 관심과 지적 욕구가 증가함에 따라 교양과학의 지식 체험과 수준 높은 강연 뿐만 아니라 과학적 연구 과정에 직접 참여할 수 있는 기회에 대한 수요가 증대되고 있음. 학생과 일반인을 대상으로 하는 비교과(非敎科) 과학 교육은 그간 다수의 과학관, 박물관, 대학, 학술단체, 정부의 지원을 받는 공공기관 등이 수행하여 왔고, 최근에는 온오프라인을 통해 최고급 과학 콘텐츠를 제공하는 공익기관이 등장했고 유튜브에 국내외의 개인과 기관들의 수많은 콘텐츠가 공개되고 있다. 그러나 현재 제공되는 과학분야의 과학 교육 기회들은 거의 대부분 이미 생성된 과학지식을 전달해주는 데에만 집중되어 있다. 과학 체험이나 연구자들의 인터뷰, 연구실 탐방도 이 범주에서 그리 벗어나지 못하고 있다.

제223회 한림원탁토론회

- 물론 과학을 비롯해 인류가 성취한 모든 지식은 얻어진 그 지식을 이해하는 사람들에게 큰 깨달음과 즐거움을 줄 수 있고, 그 지식을 현실에 유용하게 적용하는 사람들의 삶에 도움을 줄 수 있다. 그러나 지식을 아는 즐거움보다 더 큰 즐거움은 지식을 낳는 경험에서 나온다. 또 과학적 진보에 참여하는 이런 특별한 경험은 과학에 대한 보다 진정한 이해와 새로운 지식 창출에 대한 관심과 능력을 주게 된다.

우리 국민의 과학에 대한 관심은 최근에 크게 향상되었다. 과거 학부모들이 자녀 교육을 위해 가졌던 관심 수준을 탈피하여 과학적 지식을 얻거나 체험을 할 수 있는 기회에 참여하는 인구가 크게 증가하였고, 고급 과학 콘텐츠의 급증에 따라 과학적 이해의 수준도 크게 상향되었다. 이러한 변화된 상황에 발 맞추어 과학계에서는 우리 국민에게 보다 다양하고 수준 높은 과학 교육 프로그램을 마련해야 할 필요가 있다.

제223회 한림원탁토론회

- 세계 각국에서 citizen science 또는 유사한 이름으로 시민들이 직접 과학적 연구에 참여할 수 있는 프로그램들이 개발되어 과학자들과 시민의 협업이 가능하게 해주고 있으며, 이를 통해 각국 국민의 과학적 이해와 관심을 심화시키고 있다. 우리나라에서도 시민이 함께 참여하는 과학 프로그램을 통해 우리 국민의 과학화를 추진할 필요성이 있다.

03. 시민과함께과학 프로그램의 조직

- 운영위원회: 원내외 10명 정도의 위원을 둔다. 운영위원회는 프로그램이 수행할 과제를 선정하거나 종료를 결정하고 선정된 과제에 대하여 과제진행 지도자를 정한다. 본 프로그램을 통해 생산된 자료의 홍보와 과학적 활용에 대한 정책을 수립한다.
- 자문위원회(자문위원, 자문단체): 운영위원회에 자문과 과제 실행에 도움을 줄 수 있는 개인 및 단체를 상한 없이 위원으로 둔다.
- 과제진행 지도자 및 과제조원: ‘시민과함께과학’ 내에서 진행되는 각 과제에 과제진행 지도자를 둔다. 각 과제에는 과제 수행을 위해 필요 시 조원을 둘 수 있다.
- 웹페이지 및 자료관리 회사: 프로그램의 웹페이지와 앱 개발을 담당하고, 입력되는 자료를 효율적으로 분류 저장 관리하는 작업을 담당하는 외주 기관(들)을 둘 수 있다.

04. 시민과함께과학 프로그램의 과제 유형

- 최종 목적이 학문적 연구의 직접적 수행인 유형만 포함. 즉 교육의 직접 실시 또는 과학정책의 의사 반영을 위한 활동이 최종 목적인 경우 제외. 과학 교육 관련해서 이미 많은 공적 사적 프로그램들이 존재하여 중복될 필요가 없으며, 사회의 의식개혁 운동이나 과학정책에의 시민의사 반영 등은 다른 차원의 사회참여 활동임.
- 현재 본 프로그램의 조직과 운영 방식은 수행구조 측면에서 (다음 쪽 참조) 유형 1, 자료 생성 및 처리 방식 측면에서 유형 1과 2, 과제의 선정 방식 측면에서 유형 1을 전제로 정하였다. 그러나 운영위원회는 다른 유형의 가능성을 유연하게 포용한다.

제223회 한림원탁토론회

8

1. 수행 구조에 따라

유형 1: 선정된 과학적 과제에 다수의 시민이 참여하여 빅데이터를 직접 생성하거나 초기 처리하는 시민참여 과학 과제를 수행하는 유형. 이 유형에서 과학자는 과제 수행의 지도자 역할을 한다.

유형 2: 전문적인 과학적 주제를 연구하기 위해 필요한 조사, 분류, 분석을 전문단체 커뮤니티 전체가 분담하여 수행하는 유형. 이 유형에서 특정 과학자 또는 단체의 위원회가 과제 수행의 방향과 정책을 정하는 임무를 맡는다.

유형 3: 과학자와 시민 또는 시민 단체와의 공동연구가 수행되는 유형. 이 유형에서 과학자와 시민 또는 시민단체는 연구의 주제 설정과 수행 과정에서 동반자로서 공동연구를 함께 수행한다.

2. 자료 생성 및 처리 방식에 따라

유형 1: 다수의 시민들이 자료 생성에 직접 참여하여 데이터를 직접 생성하는 유형.

유형 2: 다수의 시민들이 제공된 자료의 분석에 참여하는 유형. 대개 과학적 이해에 도달하기 위한 자료의 초기 분석이 수행된다.

유형 3: 다수 또는 일부 시민이 과학자(들)과 학문적 연구를 공동으로 수행하는 유형.

3. 과제 주제와 수행의 선정 방식에 따라

유형 1: 과학자 또는 과학자가 주관하는 위원회에서 주제와 수행 방법을 선정하고 이를 다수의 시민이 수행하고 과학자가 안내하는 유형.

유형 2: 시민이 제안 또는 의뢰한 과제를 과학자 또는 위원회에서 심의하여 선정하는 유형.

유형 3: 과학자들과 시민이 함께 공동 수행이 필요한 과학적 과제를 발굴하여 수행하는 유형.

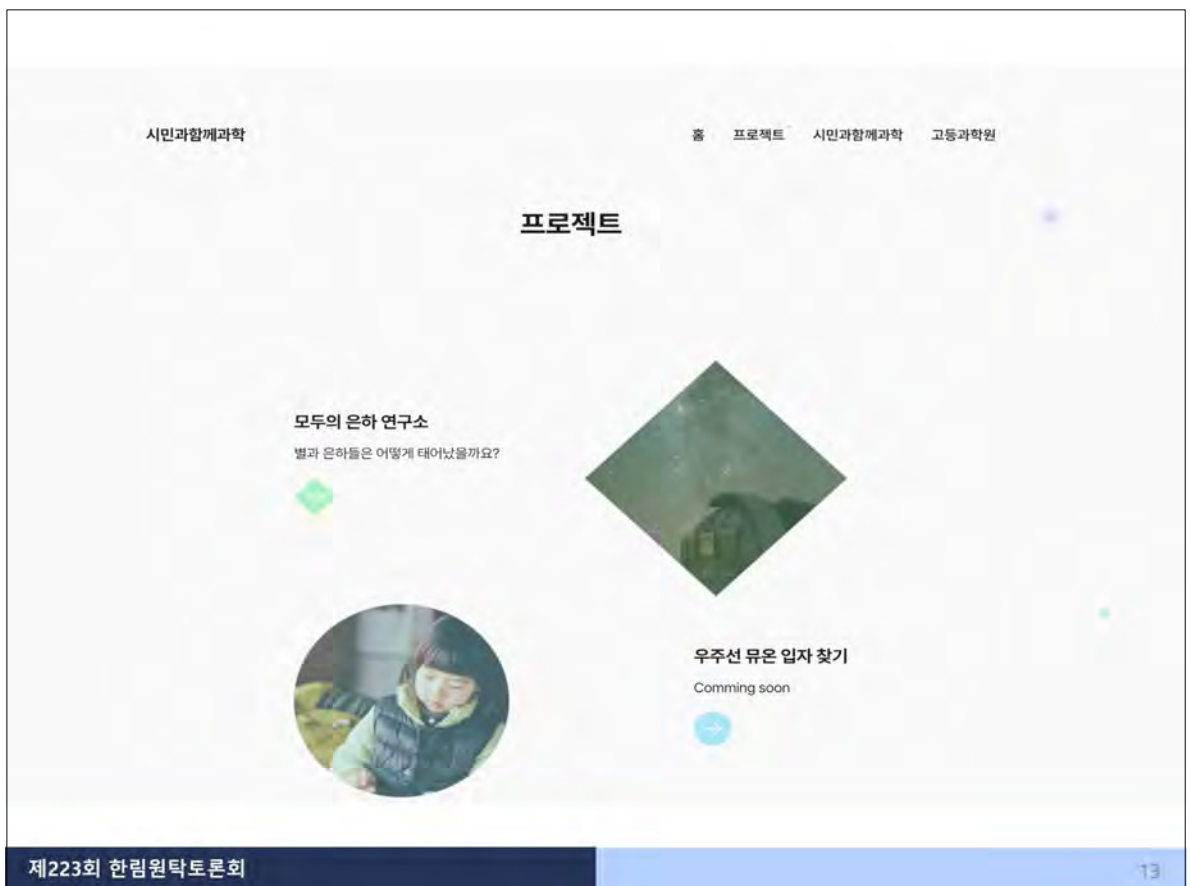
제223회 한림원탁토론회

05. 시민과함께과학 프로그램의 운영

- **과제의 발굴:** 시민, 과학자 및 자문위원의 추천과 운영위원회의 추천을 통해 과제를 발굴하고, 운영위원회의 심의를 통해 과제를 선정함.
- **과제운영 방식:** 선정된 과제가 본래의 의도와 맞게 진행되고 생성 자료의 학술적 가치가 극대화 될 수 있도록 과제의 진행을 지도하는 과학자를 둠을 원칙으로 함.
- **과제의 수행:** 과제의 내용과 취지, 활용에 대한 상세 문건을 통해 과제를 소개하고, 웹페이지에 공지함. 과학자, 관련분야 전공자 및 학생, 관련분야 연구기관, 시민단체, 일반 시민의 참여를 통해 수행함.
- **과제의 종료:** 운영위원회는 과제진행 지도자의 의견을 수렴하여 과제 수행이 충분히 이루어졌거나, 과제가 성공적으로 진행되고 있지 못하다고 판단될 때 과제의 종료를 결정함. 종료된 과제는 프로그램 웹페이지에 공개 콘텐츠를 게시함.

06. 시민과함께과학 프로그램 진행 상황

- 2022. 1: Open KIAS Center내 <시민과함께과학>프로그램 제안
- 2022. 12. 23: 제1회 운영 및 자문위원회 개최
- 2023. 3. 1: '모두의 은하 연구소' 과제단 출범 (과제지도자: 서울대 황호성 교수)
- 2023. 9. 1: '뮤온 입자 찾기' 과제단 출범 (과제지도자: 시립대 박인규 교수)
- 2024. 2. 5: 홈페이지(시민과함께과학.kr) 오픈 및
 '모두의 은하연구소' 과제 시민 참여 연구 시작



시민과함께과학 프로젝트 시민과함께과학 고등과학원

시민과함께과학

Science with Citizens

과학은 결코 과학자만의 것이 아닙니다. 과학자가 아닌 시민들도 과학을 다양하게 즐기고 경험할 수 있어야 할 것입니다. 실제로도 과학에 관심을 가지고 더 많은 지식을 얻고자 하는 시민들이 많아지고 있으며, 이에 따라 과학 체험 공간이나 수준 높은 강연, 심지어는 직접 참여할 수 있는 과학 연구 프로그램까지 지적 욕구를 채울 수 있는 다양한 플랫폼이 필요해지고 있습니다. “시민과 함께 과학”은 이런 변화된 상황에 발맞추어 과학을 수동적으로 체험하는 것을 넘어서 과학 연구 과정에 직접 참여할 수 있는 기회를 제공하고자 합니다. 아는 즐거움보다 더 큰 즐거움은 지식을 낳는 경험에서 나온다고 합니다. 과학 발전을 위한 연구 과정에 직접 참여하는 이런 특별한 경험은 과학을 보다 더 진정으로 이해할 수 있는 기회가 될 것이며 새로운 지식을 창출하는 행위의 즐거움과 더 깊은 사고 능력을 얻을 수 있을 것입니다. 고등과학원 Open KIAS 센터에서 주관하는 “시민과 함께 과학”은 과학자들이 실제로 활용하는 방대한 양의 자료를 대중에게 공개함으로써 시민들이 직접 연구 자료를 가공하여 연구에 참여할 수 있도록 합니다. 과학자들은 시민들의 결과를 이용하여 보다 깊은 분석을 수행함으로써 과학 연구의 선순환을 기대할 수 있습니다. 여러분의 적극적인 참여를 기대하겠습니다.

제223회 한림원탁토론회

70

프로젝트 소개 은하분류하기

시민과학계리학 모두의 은하 연구소

Join

Mission Galaxy

모두의 은하 연구소

은하분류하기

TOP BOARD

1 로에 2 Orrery 3 relee

11173 Galaxy 3523 Galaxy 1377 Galaxy

참여자 수

250

분류된 은하 수

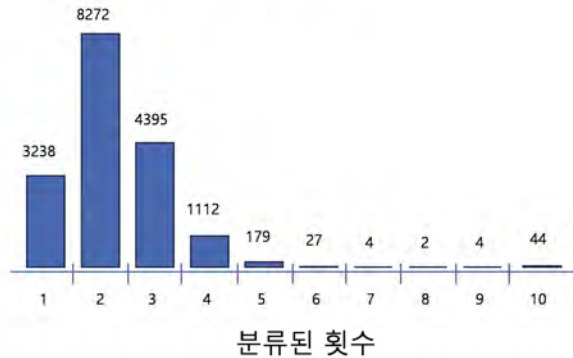
40,445

19.043% Clear

- 우리나라 최초로 대규모 은하 분광탐사(A-SPEC) 독자 추진 중 (천문연, 고등과학원, 서울대). ~80만개 은하 자료 분석 필요.
- 시민이 홈페이지에 접속해서 은하 영상을 보면서 객관식 질문(은하 형태 관련)에 답을 하면서 은하형태분류. 은하 생성 과정을 이해하는 연구 자료로 활용 예정.

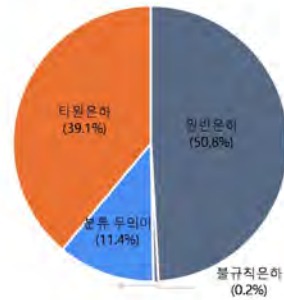
제223회 한림원탁토론회

은하 분류 현황



총 17,278개 은하 분류 완료
(약 81%의 은하가 2번 이상 분류됨)

분류 결과



분류된 17,279개 은하 중,
39.1%(6756개)는 타원은하로,
29.3%(8522개)는 원반은하로,
0.2%(28개)는 불규칙은하로 분류됨

07. 시민과함께과학 프로그램 결과물의 활용

- 활용의 지향점: 참여자들이 과학 연구의 즐거움을 느끼고, 자신의 노력의 결과가 과학적 연구 성과로 이어지는 것을 알 수 있도록 해주고, 연구 재참여를 통해 지속적으로 과학계와 연결될 수 있게 해 줌.
- 과제 수행의 결과물 활용: 과제로부터 생산된 자료는 일반이 이해할 수 있도록 각 과제마다 자료를 가공하여 프로그램 웹페이지를 통해 대중에 공개함. 한편 원 자료는 이를 활용한 연구를 수행하려는 과학자와 시민에게 무상 제공함. 자료 공개의 시기와 방식은 과제지도자와 운영위원회가 협의하여 정한다.
- '시민과함께과학' 프로그램의 공개발표회 개최를 통해 결과물의 공유 및 확산을 기한다.

주제발표 3

시민과 함께한 선충 채집 및 DNA 분석 사례



김 준

충남대학교 생명정보융합학과 교수

KAST 한국과학기술원
The Korean Academy of Science and Technology

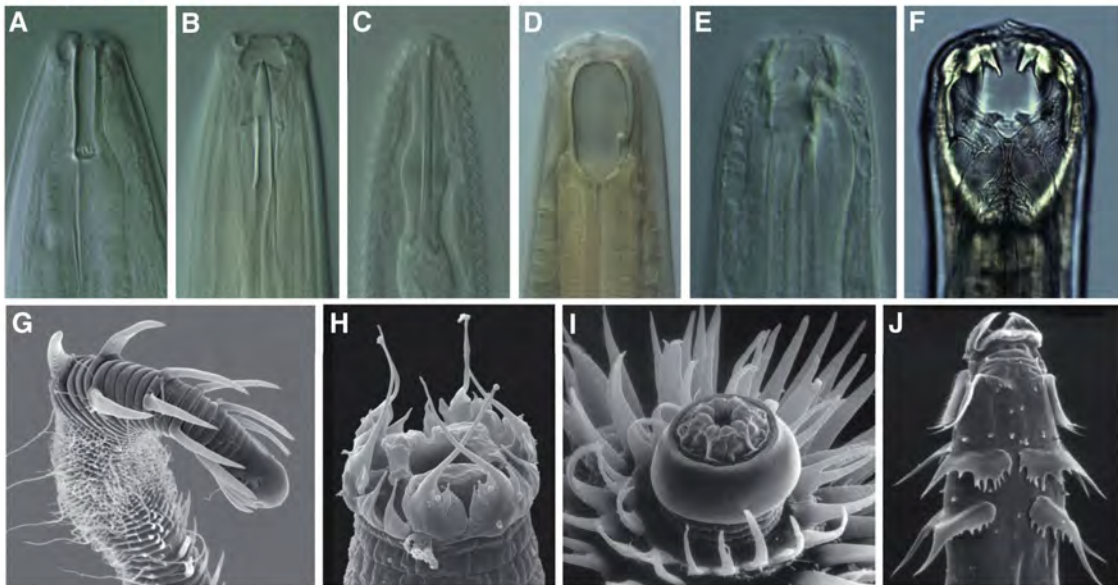
시민과 함께한 선충 채집 및 DNA 분석 사례

김 준

충남대학교

생명정보융합학과 교수

선충의 다양성



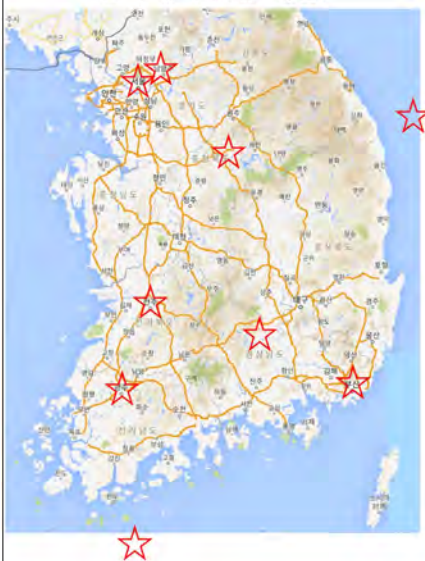
Kiontke and Fitch, 2013

- 다양성 높은 선형동물(Nematoda)에 대한 연구

제223회 한림원탁토론회

선충 채집 방식의 특징

전국에서 선충 채집!



썩은 감



썩은 무화과



썩은 하골



썩은 식물

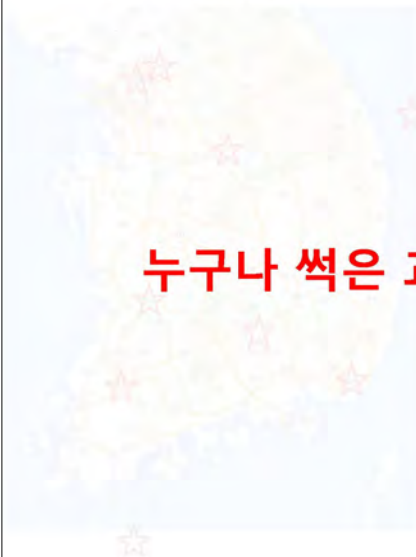


- 전국 곳곳에서 썩은 열매 등을 위주로 채집해야 하는 연구

제223회 한림원탁토론회

선충 채집 방식의 특징

전국에서 선충 채집!



썩은 감



썩은 무화과



누구나 썩은 과일은 주워볼 수 있지 않을까?



- 전국 곳곳에서 썩은 열매 등을 위주로 채집해야 하는 연구

제223회 한림원탁토론회

서울시립과학관

서울시립과학관
SEOUL SCIENCE CENTER



- 당시 이정모 관장님의 도움
- 남궁석 박사님과 함께 한 대장균 DNA 추출 교육

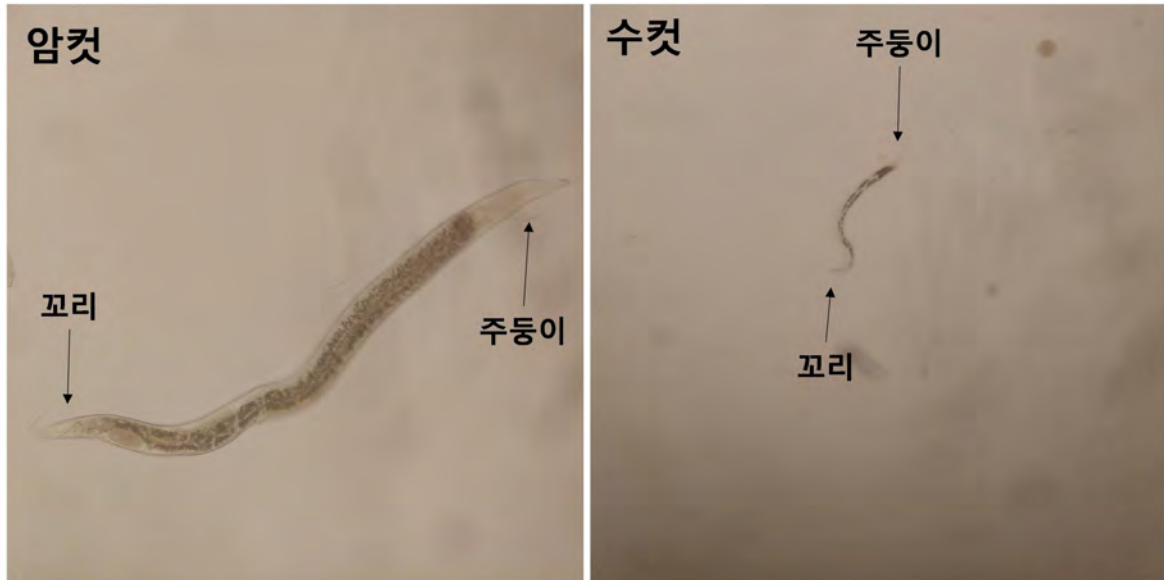
→

1. 썩은 식물을 수집하기
2. 야생 선충을 골라내기
3. 선충의 DNA를 추출하기
4. 염기서열해독기법 활용
5. 그 정보로 종을 판별하기

- 서울시립과학관의 지원을 받아 시험 연구 진행

제223회 한림원탁토론회

실제로 채집한 선충



- 주변에서 나뭇잎 채집 → 열매 없어 발견 빈도 낮음

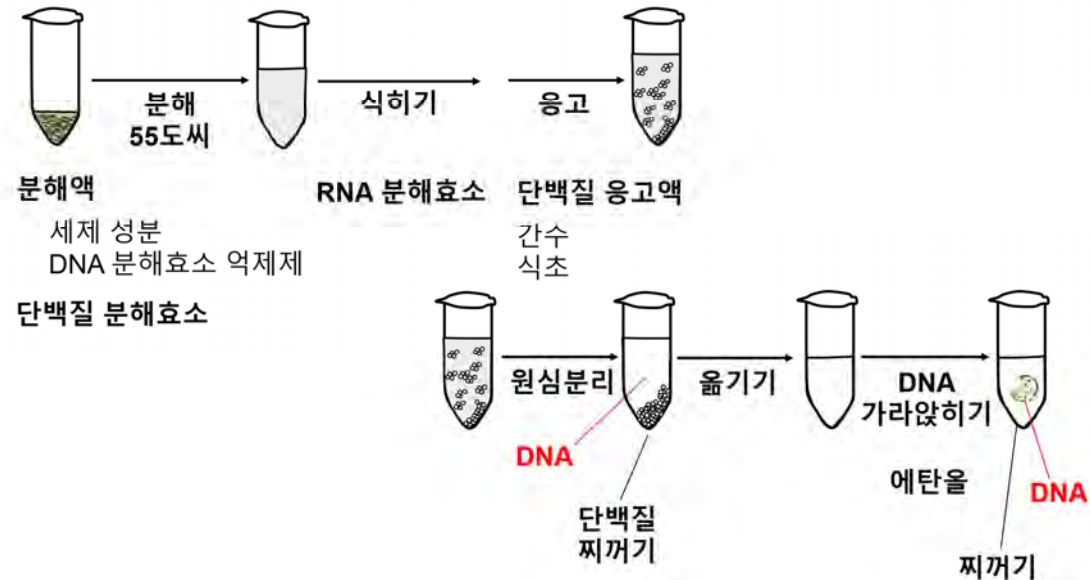
생각보다 어려운 선충 고르기



[Worm Picking 101 \(youtube.com\)](https://www.youtube.com/watch?v=WormPicking101)

- 선충이 너무 작아 일주일만 고생해야 함

생각보다 복잡한 DNA 추출 절차

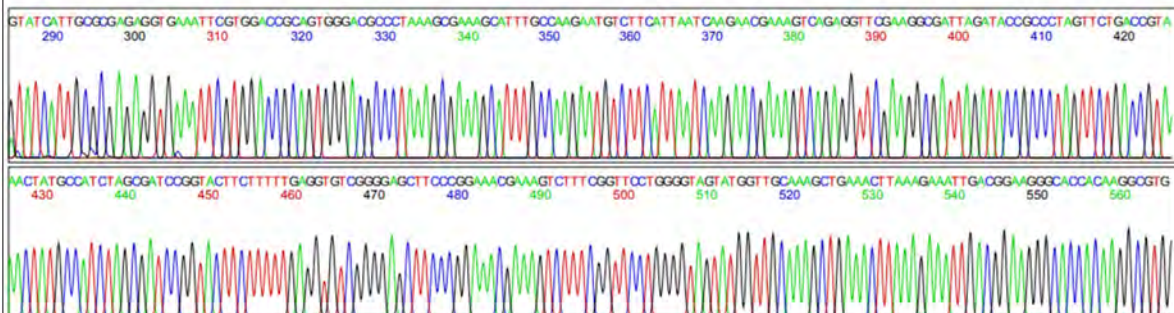


- DNA 추출하는 과정이 생각보다 복잡하고 오래 걸림

제223회 한림원탁토론회

6

염기서열해독 결과에 대한 해석



- 업체에서 DNA 해독은 직접 해주고, 검색하는 일도 쉬움

제223회 한림원탁토론회

7

절차를 간소화하기

1. 썩은 식물을 수집하기
2. 야생 선충을 골라내기
3. 선충의 DNA를 추출하기
4. 염기서열해독기법 활용
5. 그 정보로 종을 판별하기

- 실험을 대충 하고, 쉬운 것만 직접 수행할 수 있도록 권유

절차를 간소화하기

1. 썩은 식물을 수집하기 → 1일차에 직접 수행
2. 야생 선충을 골라내기 → 1일차에 내가 수행
3. 선충의 DNA를 추출하기 → 8일차에 직접 수행
4. 염기서열해독기법 활용 → 9일차에 직접 수행
5. 그 정보로 종을 판별하기 → 10일차에 직접 수행

- 원래 실험은 애초에 꽤 오랫동안 숙달해야 하는 방식

채집 및 관찰만 하는 연구

1. 썩은 과일을 수집하기 → 이것만 하루 동안 해보기
2. 야생 선충을 골라내기
3. 선충의 DNA를 추출하기
4. 염기서열해독기법 활용
5. 그 정보로 종을 판별하기

- 썩은 과일 줍고 관찰만 하는 연구를 하나로 분리

제223회 한림원탁토론회

채집, 관찰, 종 판별까지 해보는 연구

1. 썩은 식물을 수집하기 → 1일차: 직접 썩은 과일 채집
2. 야생 선충을 골라내기 → 1일차: 내가 벌레 골라주기
3. 선충의 DNA를 추출하기 → 1일차: 그냥 끓이기
4. 염기서열해독기법 활용 → 1일차: 업체에 보내기
5. 그 정보로 종을 판별하기 → 3일차: 직접 검색해보기

- 학생을 대상으로 실험을 극히 간소화해 진행

제223회 한림원탁토론회

지구사랑탐사대

출처: 어린이과학동아 지구사랑탐사대 페이스북



• 하룻동안 채집 및 관찰만 진행

지구사랑탐사대

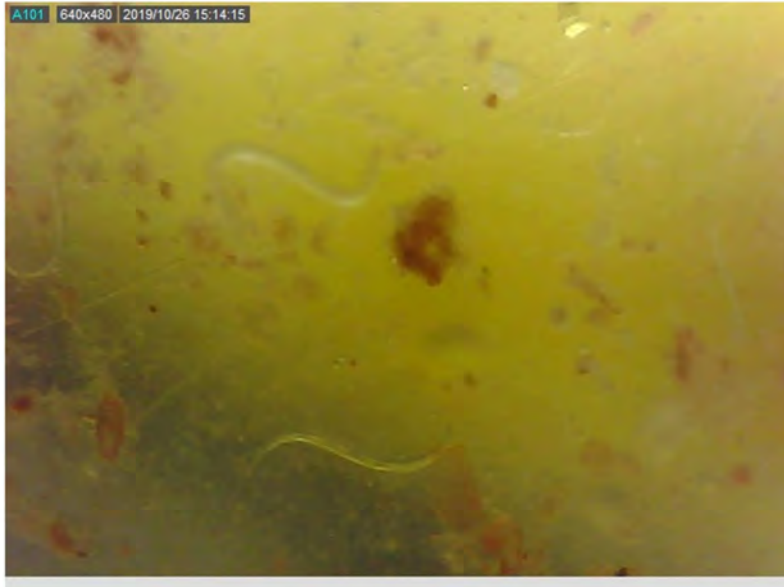
출처: 어린이과학동아 지구사랑탐사대 페이스북



• 하룻동안 채집 및 관찰만 진행

지구사랑탐사대

출처: 어린이과학동아 지구사랑탐사대 페이스북

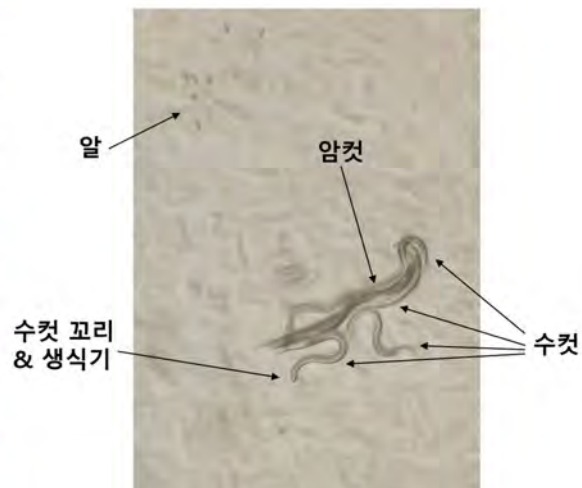


- 하룻동안 채집 및 관찰만 진행

제223회 한림원탁토론회

16

제주도 고등학교(윤대경 장학사)



- 사시사철 썩은 과일 쉽게 접근 가능

제223회 한림원탁토론회

17

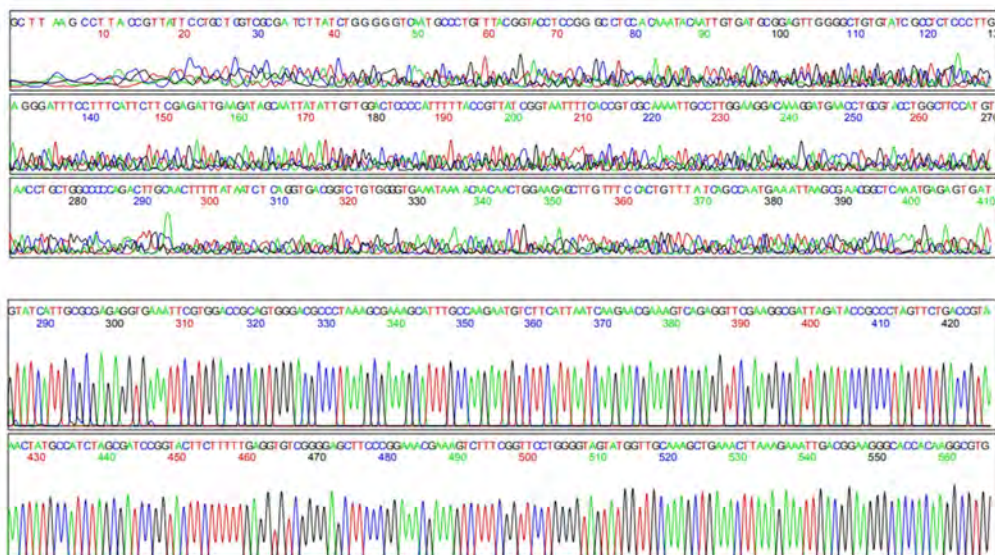
제주도 고등학교(윤대경 장학사)

번호	채집한 사람	채집 대상	과일 번호	채집 위치
1	강OO	감		1 학교
2	강OO	귤		2 학교
3	강OO	귤		2 학교
4	강OO	귤		2 학교
5	정OO	감		3 교문 앞
6	정OO	감		3 교문 앞
7	고OO	감		4 교문 앞
8	안OO	감		5 교문 앞
9	강OO	귤		2 학교
10	강OO	귤		2 학교
11	김OO	동백열매		6 학생문화원
12	김OO	동백열매		6 학생문화원
13	김OO	부엽토		7 학생문화원
14	김OO	부엽토		7 학생문화원
15	김OO	부엽토		7 학생문화원
16	김OO	부엽토		7 학생문화원
17	김O	사과		8 충주
18	김O	사과		8 충주
19	김O	사과		9 충주
20	김O	사과		9 충주

- 직접 채집하고, 유전자 증폭 등 실험 진행

제223회 한림원탁토론회

제주도 고등학교(윤대경 장학사)



- 실험 결과가 안 좋더라도, 결국 하나는 성공함

제223회 한림원탁토론회

제주도 고등학교(윤대경 장학사)



BLAST® » blastn suite » results for RID-1UEJU5VT013

[Edit Search](#) [Save Search](#) [Search Summary](#)

Job Title **278067-BA-005-1-5-nem1**
 RID [1UEJU5VT013](#) Search expires on 04-16 22:31 pm [Download All](#)
 Program BLASTN [Citation](#)
 Database nt [See details](#)
 Query ID lclQuery_3812119
 Description 278067-BA-005-1-5-nem1
 Molecule type dna
 Query Length 596
 Other reports [Distance tree of results](#) [MSA viewer](#)

Description	Scientific Name	Max Score	Total Score	Query Cover	E value	Per. Ident	Acc. Len	Accession
<input checked="" type="checkbox"/> Caenorhabditis sp. 21 LS-2015 partial 18S rRNA gene _strain NIC534	Caenorhabditis...	1038	1038	95%	0.0	99.65%	6205	LS992474.1
<input checked="" type="checkbox"/> Caenorhabditis parvicauda genome assembly_chromosome_4	Caenorhabditis...	1038	4155	95%	0.0	99.65%	16440689	OZ022252.1

- 선충 종 이름도 확인하고, 신종도 찾아냄

제223회 한림원탁토론회

학부생 교육 및 소논문 작성

Partial 18S ribosomal DNA sequences of nematode species collected in South Korea

Jihye Yoon^{1*}, Daye Kwon^{2*}, Jun Kim^{3§}, and Junho Lee^{4§}

¹. Institute of Molecular Biology and Genetics, Seoul National University, Seoul 08826, Korea

². Department of Biological Sciences, Seoul National University, Seoul 08826, Korea

³. Research Institute of Basic Sciences, Seoul National University, Seoul 08826, Korea

⁴IMBG, RIBS, Department of Biological Sciences, Seoul National University, Seoul 08826, Korea

[§]Correspondence to: Jun Kim (dauer@snu.ac.kr) Junho Lee (elegans@snu.ac.kr)

* Authors have equal contribution

- microPublication Biology에 발표

제223회 한림원탁토론회

실제 채집한 선충을 이용한 연구

Research

Telomeric repeat evolution in the phylum Nematoda revealed by high-quality genome assemblies and subtelomere structures

Jiseon Lim,^{1,2} Wonjoo Kim,^{1,2} Jun Kim,^{1,3,4} and Junho Lee^{1,2,3}

¹Department of Biological Sciences, Seoul National University, Gwanak-gu, Seoul 08826, South Korea; ²Institute of Molecular Biology and Genetics, Seoul National University, Seoul 08826, South Korea; ³Research Institute of Basic Sciences, Seoul National University, Seoul 08826, South Korea; ⁴Department of Convergent Bioscience and Informatics, College of Bioscience and Biotechnology, Chungnam National University, Daejeon 34134, South Korea

- 유전체 분야 주요 학술지에 발표

제223회 한림원탁토론회

실제 채집한 선충을 이용한 연구

Acknowledgments

This study was supported by the Samsung Science and Technology Foundation (SSTF-BA1501-52) and the National Research Foundation of Korea (2019R1A6A1A10073437 to J.K.). J. Lim was also supported by a scholarship for basic research, Seoul National University. We thank Dr. P.W. Sternberg for providing and publishing valuable sequencing data of *P. redivivus* and thank the Darwin Tree of Life Project Consortium for releasing the sequencing data of *C. uteleia*. We also thank Namhee Kim and Sungyeol Ahn for providing access to their farms to collect rotten fruits and Dr.

- 과일밭 들어갈 수 있도록 해준 이들에게 사사(일부 빼먹음)

제223회 한림원탁토론회

23

요약

1. 연구실에서 하던 일 중,
누구나 쉽게 할 수 있을 만한 부분을 분리해냄
2. 서울시립과학관의 지원을 받아 예비 실험 진행
3. 어려운 부분을 생략하고 필수적인 부분도 단순화시켜,
어떻게든 누구나 할 수 있는 실험으로 최소화
4. 단계별로 나눠 난이도를 다양화하여 진행

충남대학교 김준 junkim@cnu.ac.kr

II

토론

좌 장 황호성 서울대학교 물리천문학부 교수

지정토론 1 박인규 서울시립대학교 물리학과 교수

지정토론 2 최진우 서울환경연합 생태도시전문위원

지정토론 3 박진희 동국대학교 다르마칼리지 교수

지정토론 4 김원섭 동아사이언스 교육기획연구소장

지정토론 1



박 인 규

서울시립대학교 물리학과 교수

시민 과학(Citizen Science)은 일반 시민들이 과학적 연구에 참여하는 활동을 말한다.

통상 과학 연구에 종사하는 전문가 집단의 관점에서, 시민들의 과학 연구 활동 참여가 데이터 수집 및 초기 분석 등, 일종의 도움 차원으로 생각하기 쉽다. 그러나, 시민들의 참여가 필수적이고 본질이 과학 탐구 프로그램도 있다.

시민들이 참여할 수 있는 과학 연구 프로젝트를 크게 인문/사회학적 조사/분석 연구와 과학/기술적 탐구활동으로 나누어 보자. 우선 인문/사회학적 조사/분석 연구는 시민들의 참여가 필수적인 경우가 많다. 시민들이 스스로 연구의 대상이 되는 경우도 있다. 이런 경우, 시민들의 정치/경제/문화 및 생활 속의 데이터는 무엇보다도 그들에게 익숙하고, 또 그들에게 유익한 결과를 가져다줄 수 있어서, 시민 과학프로그램이 쉽게 활성화될 수 있다.

반면, 과학/기술 분야 연구에의 참여에서는 양상이 달라진다. 최신의 과학 연구는 매우 고도화 되어 있고, 또 고가의 연구 장비를 사용하고, 데이터 분석의 차원도 매우 전문성을 요하는 경우가 많다. 그러다 보니 대학원을 거쳐 박사학위를 받은 연구자들 조차, 박사후 연구원 과정을 한두 번 거쳐야만 비로소 제대로 된 독립 연구자로 성장할 수 있는 분야도 많다. 자연히 시민들의 참여는 제한적일 수 밖에 없고, 시민과학 프로그램도 교육이나 홍보의 차원에 머무르는 경우가 많다.

건설에만 10조원이 투입됐다는 LHC(Large Hadron Collider)의 실험인 CMS(Compact Muon Solenoid)와 ALICE(A Large Ion Collider Experiment)국제공동연구단도 시민과학 프로그램인 ‘오픈데이터 프로젝트’를 수행하고 있다. 이는 힉스입자의 발견 등으로 높아진 시민들의 관심도에 대한 보답일뿐 아니라, 그 결과물에 대한 시민들의 검증까지도 가능하게 하여, 그들의 결과에 대한 신뢰도를 높임과 동시에 그들이 하고 있는 거대 과학 프로그램의 서포터를 모으는 결과를 가져오고 있다. 이러한 오픈데이터 프로젝트를 통해 학생, 교사, 아마추어 과학자들이 직접 LHC의 데이터를 들여다 볼 수 있고, 또 스스로 입자 탐색에 참여하기도 하면서, 고에너지 물리학에 대한 공부를 할 수 있다.

오픈데이터를 통한 시민과학 프로젝트는 시민 과학이란 목적에 맞게 다음의 요구조건을 반영하여 개발될 필요가 있다. 그 첫 번째는 ‘접근성’이다. 이는 누구나 온라인을 통해 오픈데이터에 접근할 수 있어야 하며, 아울러 데이터를 보고 분석할 수 있는 필요한 도구와 참고 자료도 제공 받아야 함을 의미한다. 두 번째는 ‘교육적 가치’이다. 시민 과학 프로젝트를 통해 실제 연구 현장에서 만들어진 데이터를 활용하여 과학교육에 쓸 수 있는 기회를 제공해야 함을 의미한다. 가상의 데이터 보다는 훨씬더 교육적 가치와 효율성이 높기 때문이다.

세 번째로는 ‘과학연구에의 기여’다. 비록 시민들의 과학 연구활동 참여가 과학 교육 문화 홍보의 차원에서 진행되더라도, 가급적 시민들이 실질적으로 자료를 분석하고, 그들만의 결과를 발표하고 공유할 수 있는 제도적 장치를 마련하는 것이 좋다. 대표적으로 Scientific America라는 잡지는 시민과학자들의 다양한 과학 탐구활동 결과가 실리고 있어, 이러한 시도가 우리 사회에 필요하다고 본다. 끝으로, ‘과학커뮤니티의 형성’이다. 이는 시민 과학 프로젝트가 개개인의 참여도 중요하지만, 이들이 모여 과학커뮤니티를 만들고 토론하고 협력할 수 있는 플랫폼을 제공하는 것이다.

이러한 플랫폼으로 ‘Zooniverse’의 활동을 주목할 필요가 있다. Zooniverse는 온라인 플랫폼으로 시민들에게 다양한 과학 탐구 프로그램을 제공하고 있다. 실제 많은 주니어스 프로젝트 참여자들이 온라인으로 이미지 분류, 텍스트 해석, 데이터 분석 등을 수행하여, 실제 과학 연구에 참여하고 있다. ‘Foldit’과 같이 게임 형식을 통해 단백질 구조 예측에 시민들을 참여시키는 프로젝트도 있다.

한 가지 언급할 것은 인공지능의 도입이다. 단백질 구조 찾기 같은 경우, 이미 전통적인 과학적 방법보다 인공지능이 훨씬 더 효율적인 결과를 만든다고 알려져 있다. 따라서 시민 과학 프로젝트도 인공지능에 의해 그 영역이 많이 달라질 수 있으므로, 이를 잘 고려해 시민 과학 프로젝트를 만들어야 할 것이다.

지정토론 2



최진우

서울환경연합 생태도시전문위원

시민과학 커뮤니케이션 의의와 활성화를 위해

과학 커뮤니케이션(science communication)은 일반적으로 사회에서 과학 지식의 전달 과정을 연구하는 분야를 말하며 과학기술자들 사이의 커뮤니케이션, 과학기술자와 대중의 커뮤니케이션, 그리고 과학기술자들과 다른 분야 전문가들 사이의 커뮤니케이션 등을 다룬다. 그런데, 시민과학(citizen science) 커뮤니케이션은 누가 누구에게 전달하고 소통하는 것일까? 과학자가 시민에게 전달하는 경로만 있다고 보이지 않는다. 어떤 과학적 데이터를 생산하고 지식과 경험을 공유하는 것인가? 엄격한 과학학술지 논문으로만 국한될 수 없다. 그렇다면 시민과학 커뮤니케이션의 의의는 무엇이고 어떻게 활성화해야 할까?

시민과학의 세 가지 접근이 있다.

첫 번째는 시민이 참여하는 조사연구 활동이다. 과학자와 과학기관이 단독으로 만들어 낼 수 없는 많은 데이터를 수집하기 위해 아마추어 및 자원봉사 시민을 통해 데이터를 받아 과학연구에 활용한다. 대개 이와 같은 양상으로 시민과학 프로젝트가 추진되고 있지만 시민과학의 이해가 다소 표층적이다.

두 번째는 과학의 대중화이다. 과학지식과 기술의 성과를 시민에게 전달하는 것을 주안점으로 과학기술 커뮤니케이션, 사이언스 카페, outreach 등의 프로그램이 추진된다. 시민의 과학이해 능력과 신뢰를 높이기 위한 목적이지만 지식과 이해가 부족한 시민을 계몽하려는 맥락이기에 시민적 정체성이 부족하다.

세 번째는 시민의 주체성을 강조하는 풀뿌리 과학이다. 과학기술이나 정책과 사업이 시민(사회)에 위협을 초래한다는 인식에 따라, 그 과학기술과 정책을 추진하는 기업이나 행정과는 독립된 입장(시민을 지키려는 입장)에서 과학적으로 검증하고 해명, 해결을 목표로 대응하는 활동이다. 즉 시민과학은 시민이 광범위한 자료를 수집하여 전문과학자의 연구에 기여하는 활동뿐만 아니라 비판적이고 경쟁적인 과학 데이터를 내고 사회문제 해결을 위한 수단으로 활용되기도 한다.

시민과학 커뮤니케이션의 의의는 과학적·시민참여·정책적 측면으로 살펴볼 수 있다. 과학적 측면에서는 유의미한 과학적 데이터를 생산하여 문제해결의 근거를 마련하는데, 학술논문에 사용되는 정량적 데이터뿐만 아니라 시민의 인식변화에 대한 경험과 지식의 공유도 중요하다. 데이터의 검증과 분석에서 전문가와 협력을 통해 시민과학의 신뢰도를 증가시킬 수 있다. 시민참여 측면에서는 시민의 과학지식과 역량이 강화되고 즐거움 및 참여 의지가 촉진되어 과학기반의 상호 협력하는 공동체를 모색할 수 있다. 정책적 측면에서는 시민과학 활동 과정에서 문제해결을 촉구하는 공감대와 동참의지가 증진되고, 시민과학 데이터를 활용하여 관행을 바꾸거나 정책과 제도를 개선하여 사회·정치적 파급효과를 가져올 수 있다.

우리 사회 여러 분야에서 의식화된 시민들과 아마추어 과학자들의 자발적인 노력의 결과로 유의미한 과학적 데이터가 쌓여가고 시민친화적인 과학지식과 경험이 생산되고 있다. 그렇지만 시민과학 데이터가 제대로 검증되거나 공유되지 못하고 있으며, 시민과학자를 사회적으로 전문가나 준전문가로 인정하는 제도와 시스템도 절대적으로 미흡하다. 사회 공공성을 위한 시민과학 커뮤니케이션을 강화하고 활성화하기 위해서는 과학계가 시민과학자에게 문턱을 낮추고 협력의 손길로 다가가야 한다. 시민과학 데이터의 학술적 인정을 위해 과학성을 보완하기 위한 전문가의 협력이 필요하다. 시민과학 보고서와 데이터셋이 과학자들의 도움과 리뷰를 통해 게재되어 학문적인 가치를 획득하여 활발하게 공유될 수 있어야 한다. 국내에도 데이터셋 기반의 개방적인 시민과학 학술지가 필요하다. 시민과학 활동을 소개하고 데이터를 공유하는 시민과학센터 플랫폼도 하루빨리 구축해야 한다.

지정토론 3



박진희

동국대학교 다르마칼리지 교수

AI 시대, 시민과학이 맞는 새로운 기회

시민과학 프로젝트들의 다양화와 더불어 시민과학 자체에 관한 메타 연구들도 증가하고 있다. 2023년도 발표된 논문에 따르면 시민과학이 교육적 효과로 실제 시민들의 과학에 대한 흥미나 과학 활동 참여 동기를 유발하는데 어떤 기여를 했는지를 연구한 논문만도 148편(Web of Science 검색)이 넘어섰다고 한다.¹⁾ 시민과학 자체가 연구 대상이 될 정도로 이에 대한 관심이 증가했음을 알 수 있다. 이 논문에 따르면 시민과학 데이터의 질이 높아졌고 다양한 분야에서 시민과학 데이터가 이용되고 있는 것으로 나타났다고 한다. 과학 연구에서의 시민과학의 효용성도 입증되고 있다.

최근 시민과학은 그 적용에 있어 새로운 영역 확장을 보여준다. 생성형 AI 기술 발전으로 기술 도약을 보이고 있는 인공지능과 시민과학의 결합이 그것이다. 시민과학자와 구글 인공지능과의 협업으로 소행성 발견에 큰 진전이 있었다. 독일 막스플랑크 우주물리학연구소의 산도르 크루크 박사 연구진은 국제 학술지 ‘천문학과 천체물리학’에 “시민과학자 1만 1482명이 참여해 발견한 소행성 궤적 1488개를 구글 인공지능에 학습시켜 인공지능이 999개의 소행성을

1) Lena Finger, Vanessa van den Bogaert, Laura Schmidt, Jens Fleischer, Marc Stadtler, Katrin Sommer and Joachim Wirth (2023), “The science of citizen science: a systematic literature review on educational and scientific outcomes”, *Front.Educ.* 8:1226529. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/feduc.2023.1226529/full>, 2024.04.13. 접속)

더 발견할 수 있었다. 인공지능 탐색 결과를 분석해 최종적으로 1701개 소행성 궤적을 확인하였고 이 중 1031개는 지금까지 알려지지 않았던 새로운 소행성임이 밝혀졌다”고 전했다. 딥마인드의 알파폴드는 인공단백질 56개를 발견한 시민과학 프로젝트 폴드잇(Fold it)을 진전시킨 단백질 구조예측 인공지능 플랫폼이다. 누구나 사용할 수 있는 오픈소스로 공개된 알파폴드를 통해 1년 만에 2억개 이상의 단백질 구조가 업데이트될 수 있었다. 인공지능 기술의 발전이 시민과학의 결과물에 어떤 영향을 미칠 수 있는지를 잘 보여주고 있다. 국내에서 AI와 시민과학의 결합을 통해 과학 연구를 진전시킬 수 있는 계획을 수립할 필요가 있다.

한편, 시민 참여가 강조되는 시민과학 활동이 AI 연구와 결합됨으로써 사회적으로 신뢰받을 수 있고 공정한 AI 개발에 기여할 수 있음에 주목할 필요가 있다. 머신러닝 기반 AI에서는 어떤 데이터셋을 제공하느냐에 따라 결과가 달라질 수 있다. 사회적 소수자들의 데이터를 학습용 데이터셋에 포함시킬 수 있으면 AI를 통한 사회적 불평등 문제 해소에 도움을 줄 수 있다. 자료 빈도가 낮은 아프리카 언어 사용자들이 온라인을 통한 자발적 모임을 결성하도록 돕고 이 언어 데이터를 수집, 평가 분석, 해석을 함으로써 영어를 39개 아프리카 언어로, 3종의 다른 아프리카 언어를 영어로 번역할 수 있는 번역 프로그램 개발에 성공했던 사례도 있다. 인공지능의 상식을 높이고자 한 DELPHI 사례도 시민과학적 접근으로 볼 수 있다. 시민들의 집단지성을 결합하여 공동체의 기후위기 대응전략을 모색하고자 하는 영국 Nesta의 CIVIC AI 사례도 주목할 만하다. 과학문화의 주체를 형성하는 과정으로 시민과학을 활성화하는 노력도 중요하지만 AI 시대 시민과학이 보여주는 새로운 잠재성과 가능성을 실현시킬 수 있는 사업 발굴 노력 또한 중요해 보인다. 과학계, 정부 차원에서 이 방향으로 새로운 사업들이 기획될 수 있도록 환경을 조성할 필요가 있다.

지정토론 4



김 원 섭

동아사이언스 교육기획연구소장

시민, 과학자가 되다 - 지구사랑탐사대 11년을 돌아보다

누적 데이터 45만 건, 참여한 시민과학자 2만 3,800명, 발표된 학술논문 8편. 국내 대표 시민과학 프로젝트인 지구사랑탐사대가 11년간 쌓아온 기록이다. 2012년 80명으로 시작된 지구사랑탐사대는 매년 4,000명이 넘는 사람들이 참여하는 대규모 프로젝트로 성장했다.

① 시민과학 프로젝트 성장의 핵심 요소

과학 매체에서 시작한 시민과학 프로젝트가 꾸준히 성장할 수 있었던 이유는 뭘까? 그 핵심 요인은 세 가지로 정리해볼 수 있다.

첫 번째는 모바일 플랫폼이다. 지구사랑탐사대는 시민과학 전용 모바일 플랫폼을 개발하고 연구에 필요한 요소를 반영해 프로토콜을 탑재했다. 또 결과 데이터는 파일 형태로 바로 연구자와 공유할 수 있도록 만들었다. 올해는 인공지능 기술을 도입한 새로운 플랫폼을 개발하고 있으며, 25년부터 사용할 계획이다.

두 번째는 현장 교육이다. 지구사랑탐사대에서는 매년 80~100회 현장 교육을 하고 있다. 연구자와 함께 출현 시기와 조사 지역 등을 의논해 전국에서 현장 교육을 진행한다. 과학자를

가까이에서 만나고 질문하며 배울 특별한 기회다. 특히 열심히 활동한 우수 대원들에게는 연구실 탐방이나 특별 캠프 참여와 같은 혜택을 준 점도 시민과학 활동의 교육적 가치를 높여주었다.

세 번째는 커뮤니티다. 평소 입시환경에 노출된 청소년들은 자신이 관심을 두고 있는 교과 외 활동에 몰입할 기회가 드물다. 하지만 지구사랑탐사대에 오면 매미나 거미, 새나 천문 등 평소 학교에서는 특이하게 여겨지던 본인의 관심사를 함께 이야기하고 나눌 수 있는 또래 친구들을 많이 만날 수 있다. 또한 어린 시절에 먼저 지구사랑탐험대를 경험한 뒤 지금은 연구자로 성장한 대학생, 대학원생 연구자들도 만날 수 있다. 이들과의 교류는 자연스럽게 진로 탐색으로도 이어져 어린이부터 부모들에 이르기까지 끈끈한 커뮤니티로 연결되었다.

마지막으로, 시민과학 활동을 소개할 수 있는 구심점이 되는 매체가 있다는 점이다. 시민과학 주요 활동은 「어린이과학동아」를 통해 꾸준히 소개된다. 현장교육 모습과 연구자 인터뷰, 우수 참가자 등은 물론 시민이 모은 데이터를 활용한 연구 결과나 논문 출간 소식도 모두 매체에 소개하고 있다. 이를 통해 시민과학자들은 과학자의 연구에 기여한다는 뿌듯함과 더불어 커뮤니티에 속해 있다는 연대감을 강하게 느끼게 된다. 매년 참가자 인터뷰를 진행해본 결과, 이러한 점들이 시민과학 활동의 참여율에도 긍정적인 영향을 준다는 걸 확인할 수 있었다.

② 우리는 왜 시민과학자가 필요한가

우리는 비과학적인 사고와 단절된 정보, 소통과 교류의 부재가 사회 발전에 얼마나 큰 걸림돌인지를 잘 알고 있다. 그리고 바로 이 점이 전 세계적으로 시민과학에 대한 관심이 점점 높아지는 이유다. 미국에서는 2015년 크라우드 소싱(crowd sourcing) 및 시민과학법을 만들고, 정부 주도로 지역사회와 함께 시민과학 활성화를 이끌고 있다. 유럽은 영국과 독일 등 나라별 시민과학도 활성화되어 있을 뿐만 아니라, 2021년에 유럽연합의 주도로 시민과학 중앙 플랫폼(eu-citizen.science)이 문을 열었다.

하지만 이런 세계적인 흐름과 달리 우리나라에서는 시민과학에 대한 정부의 지원이 거의 없다. 게다가 아시아에는 시민과학협회도 없는 실정이다. 정부 지원 없이 민간에서 11년 넘게 운영하고 있는 지구사랑탐사대와 같은 모델은 미국 시민과학 컨퍼런스에서도 사례를 찾기 어렵다.

지난 11여 년 동안 시민과학 프로젝트를 기획, 운영하고 이를 꾸준히 성장시키면서 얻은 경험이 공공의 영역으로 좀 더 연결되고 확장되기 위해서 토론회같은 시민과학에 대한 논의의 장이 활짝 열리길 기대한다.

한림원탁토론회는...



한림원탁토론회는 국가 과학기술의 장기적인 비전과 발전전략을 세우고, 동시에 과학기술 현안문제에 대한 해결방안을 모색하기 위한 목적으로 개최되고 있는 한림원의 대표적인 정책토론 행사입니다.

지난 1996년 처음 개최된 이래 지금까지 200회 이상에 걸쳐 초·중등 과학교육, 문·이과 통합문제, 국가발전에 미치는 기초과학 등 과학기술분야의 기본문제는 물론 정부출연연구소의 발전방안, 광우병의 진실, 방사능, 안전 방제 등 국민생활에 직접 영향을 미치는 문제에 이르기까지 광범위한 주제를 다루고 있습니다.

한림원은 과학기술 선진화에 걸림돌이 되는 각종 현안문제 중 중요도와 시급성에 따라 주제를 선정하고, 과학기술 유관기관의 최고책임자들을 발제자로 초빙하여, 한림원 석학들을 비롯해 산·학·연·정의 전문가들이 심도 깊게 토론을 진행하고 있습니다.

토론결과는 책자로 발간, 정부, 국회와 관련기관에 배포함으로써 정책 개선방안을 제시하고 정책 입안자료를 제공하여 여론 형성에 기여하도록 힘쓰고 있습니다.

■ 한림원탁토론회 개최실적 (2021년 ~ 2023년) ■

회차	일 자	주 제	발제자
182	2021. 2. 19.	세계대학평가 기관들의 객관성 분석과 국내대학을 위한 제언	이준영, 김 현, 박준원
183	2021. 4. 2.	인공지능 시대의 인재 양성	오혜연, 서정연
184	2021. 4. 7.	탄소중립 2050 구현을 위한 과학기술 도전 및 제언	박진호, 정병기, 윤제용
185	2021. 4. 15.	출연연구기관의 현재와 미래	임혜숙, 김명준, 윤석진
186	2021. 4. 30.	메타버스(Metaverse), 새로운 가상 융합 플랫폼의 미래가치	우운택, 양준영
187	2021. 5. 27.	원격의료: 현재와 미래	정 용, 최형식
188	2021. 6. 17.	배양육, 미래의 먹거리일까?	조철훈, 배호재
189	2021. 6. 30.	외국인 연구인력 지원 및 개선방안	이한진, 이동현, 버나드에게
190	2021. 7. 6.	국내 대학 연구 경쟁력의 현재와 미래	이현숙, 민정준, 윤봉준
191	2021. 7. 16.	아이들의 미래, 2022 교육과정 개정에 부쳐: 정보교육 없는 디지털 대전환 가능한가?	유기홍, 오세정, 이광형
192	2021. 10. 15.	자율주행을 넘어 생각하는 자동차로	조민수, 서창호, 조기춘
193	2021. 12. 13.	인간의 뇌를 담은 미래 반도체 뉴로모픽칩	윤태식, 최창환, 박진홍
194	2022. 1. 25.	거대한 생태계, 마이크로바이옴 연구의 미래	이세훈, 이주훈, 이성근
195	2022. 2. 14.	양자컴퓨터의 전망과 도전: 우리는 무엇을 준비해야 할까?	이진형, 김도현
196	2022. 3. 10.	오미크론, 기존 바이러스와 무엇이 다르고 어떻게 대응할 것인가?	김남중, 김재경
197	2022. 4. 29.	과학기술 주도 성장: 무엇을 해야 할 것인가?	송재용, 김원준

회차	일 자	주 제	발제자
198	2022. 6. 2.	더 이상 자연재난은 없다: 자연-기술 복합재난에 대한 이해와 대비	홍성욱, 이호영, 이강근, 고상백
199	2022. 6. 17.	K-푸드의 가치와 비전	권대영, 채수완
200	2022. 6. 29.	벤자민 버튼의 시간, 노화의 비밀을 넘어 역노화에 도전	이승재, 강찬희
201	2022. 9. 26.	신약개발의 새로운 패러다임	김성훈, 최 선, 김규원
202	2022. 9. 29.	우리는 왜, 어떻게 우주로 가야 하는가?	문홍규, 이창진
203	2022. 10. 12.	공학과 헬스케어의 만남 - AI가 여는 100세 건강	황 희, 백점기
204	2022. 10. 21.	과학기술과 사회 정의	박범순, 정상조, 류석영, 김승섭
205	2022. 11. 18.	지속 가능한 성장과 가치 혁신을 위한 수학의 역할	박태성, 백민경, 황형주
206	2022. 12. 1.	에너지와 기후변화 위기 극복을 위한 기초과학의 역할	유석재, 하경자, 윤익준
207	2023. 3. 15.	한국 여성과학자의 노벨상 수상은 요원한가?	김소영, 김정선
208	2023. 3. 22.	기정학(技政學) 시대의 새로운 과학기술혁신정책 방향	이승주, 이 근, 권석준
209	2023. 4. 13.	우리 식량 무엇이 문제인가?	곽상수, 이상열
210	2023. 5. 24.	대체 단백질 식품과 배양육의 현재와 미래	서진호, 배호재
211	2023. 6. 14.	영재교육의 내일을 생각한다	권길현, 이덕환, 이혜정
212	2023. 7. 6.	후쿠시마 오염수 처리 후 방류의 국내 영향	정용훈, 서경석, 강건욱
213	2023. 7. 12.	인구절벽 시대, 과학기술인재 확보를 위한 답을 찾아서	오현환, 엄미정

회차	일 자	주 제	발제자
214	2023. 8. 17.	과학·영재·자사고 교장이 이야기하는 바람직한 학생 선발과 교육	허우석, 오성환, 김명환
215	2023. 10. 27.	과학기술을 통한 삶의 질 향상 시리즈 (Ⅰ) 국민 삶의 질 향상을 위한 과학기술정책의 대전환	정선양, 박상철
216	2023. 11. 9.	과학기술을 통한 삶의 질 향상 시리즈 (Ⅱ) 삶의 질 향상을 위한 데이터 기반 식단 및 의학	박용순, 정해영
217	2023. 12. 5.	과학기술을 통한 삶의 질 향상 시리즈 (Ⅲ) 삶의 질 향상을 위한 퍼스널 모빌리티	공경철, 한소원
218	2023. 12. 19.	새로운 의료서비스 혁명: 디지털 치료제	서영준, 배민철
219	2024. 1. 31.	노쇠와 근감소증	원장원, 권기선, 고흥섭
220	2024. 3. 13.	필수의료 해결을 위한 제도적 방안	박민수, 김성근, 홍윤철
221	2024. 3. 19.	코로나보다 더 큰 위협이 올 수 있다, 어떻게 할까?	송대섭, 신의철
222	2024. 3. 20.	퍼스트 무버(First Mover)로의 필수 요소 - 과학네트워킹	김형하, 이상엽, 조희용



제223회 한림원탁토론회

시민, 과학자가 되다

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