

## 기후변화 적응분야의 시민과학 활용 동향과 시사점

김아라\* · 고재경\*\* · 유가영\*\*\*†

\*경희대학교 일반대학원 환경응용과학과 박사과정학생, \*\*경기연구원 생태환경연구실 선임연구원, \*\*\*경희대학교 환경학 및 환경공학과 교수

### Citizen Science Trends and Implications in the Field of Climate Change Adaptation

Kim, Ara\* · Koh, Jaekyung\*\* · Yoo, Gayoung\*\*\*†

\**Doctoral Student, Department of Applied Environmental Science, Graduate School, Kyung Hee University, Gyeonggi, Korea*

\*\**Senior Researcher, Department of Ecology and Environment, Gyeonggi Research Institute, Gyeonggi, Korea*

\*\*\**Professor, Department of Environmental Science and Engineering, Kyung Hee University, Gyeonggi, Korea*

#### ABSTRACT

Citizen science is a promising strategy for establishment of climate change adaptation policy in that it can effectively integrate community-based adaptation needs into policy. This study aims to suggest key consideration points by analyzing the world-wide representative citizen science projects so that citizen science can be well utilized when setting up adaptation policies. To select the representative projects, we searched Web of Science for papers including keywords ‘climate change adaptation,’ ‘citizen engagement,’ or ‘public participation’ in the title or abstract. We classified the papers by main topics of ‘climate monitoring,’ ‘stakeholder participation,’ ‘governance establishment,’ and ‘education-based awareness-raising.’ Four representative projects were chosen for each topic. The project ‘Cooperative Observer Program’ by the National Weather Service was chosen for ‘climate monitoring’ because it provided the longest-term data to predict climate change. The project ‘ClimMob’ by the Consultative Group on International Agricultural Research was selected for ‘stakeholder participation’ because of the active involvement of stakeholders. The project ‘Transforming Climate Knowledge with and for Society’ by the Research Council of Norway was an example of ‘governance establishment’ as the local community participated in the entire process from climate monitoring to policy evaluation. The project ‘Sandwatch’ by UNESCO was chosen in ‘education-based awareness-raising’ since the encouraged awareness had led the participating children to adapt spontaneously to climate change as adults. We conducted SWOT (strengths, weaknesses, opportunities, threats) analysis of each project and drew implications based on the results. For citizen science to be applied properly to climate change adaptation policy setup, the project should involve stakeholders in all processes and include proper incentive for their contribution. Furthermore, to avoid misleading policy directions and wasting resources, it is necessary to operate selective citizen science projects appropriate for accomplishing the policy goal.

*Key words : Citizen Science, Citizen Engagement, Public Participation, Climate Change Adaptation, Climate Change Adaptation Policy*

### 1. 서론

기후변화 대응에서 적응의 중요성이 커지면서 지역의

특성을 고려한 상향식 적응정책 수립 및 이행을 위한 노력이 요구되고 있다(Conway et al., 2019; GTC, 2012). 우리나라의 현행 기후변화 적응정책 수립은 중앙정부 주도

†Corresponding author : [gayoo@khu.ac.kr](mailto:gayoo@khu.ac.kr) (1732, Deogyong-daero, Giheung-gu, Yongin-si, Gyeonggi-do 17104, Republic of Korea. Tel. +82-31-201-3686)

ORCID 김아라 0000-0002-9501-3765  
고재경 0000-0003-0134-6225

유가영 0000-0002-5465-1584

하에 이루어지는 하향식 접근으로 에너지, 건강, 농업 등 부문별 전문가를 대상으로 한 설문조사 기반 리스크 평가 결과에 근거한다. 하향식의 정책 수립은 단기간에 적응정책을 확산시켜 직면한 문제를 빠르게 해결할 수 있다(GRI, 2015). 그러나 국가 차원의 정책은 각 지자체의 지역적 특성을 반영하지 못하기 때문에 이를 기반으로 수립된 지자체의 적응정책은 현실과 괴리가 있어 국가 차원의 정책이 지자체의 적응을 저해하기도 한다(GTC, 2019). 그런데 기후변화 영향은 지리적 환경, 사회경제적 상황, 적응 역량에 따라 달라지므로 기후변화 적응정책 수립에 지역적 특성을 고려하는 것이 무엇보다 중요하다. 게다가 기존에 수립된 적응정책들이 국민의 체감도를 반영하지 못했다는 한계를 드러내면서 시민참여를 통한 체감형 기후변화 리스크 평가 및 적응정책 수립의 상향식 접근이 중요해지고 있다(Brink and Wamsler, 2019; MOE, 2020).

시민과학은 ‘일반 시민이 전문적인 과학자 및 과학기관과의 협력 혹은 지도·지시 하에 수행하는 과학적 작업’으로 정의되며 시민들의 자발적인 과학 연구 참여로 이루어진다(Oxford English Dictionary, 2014). 해외에서는 19세기부터 시민들의 자발적 날씨 관찰과 같은 활동이 진행되어 왔는데 이러한 활동이 근간이 되면서 기후변화 적응에도 시민과학을 활용해왔다(GRI, 2019). 유럽은 2013년에 유럽 시민과학 협회(European Citizen Science Association, ECSA)를 설립하여 기후변화를 포함한 여러 주제의 시민과학 프로젝트를 조직 및 운영해왔다. ECSA는 2018년에 시민과학 활용 가이드라인을 마련하여 이해 당사자에게 배포하였으며 현재 유럽 전역의 시민과학 커뮤니케이션 허브 역할을 하고 있다. 미국은 정부에서 CitizenScience.gov라는 웹사이트를 개설하여 연방에서 지원하는 시민과학 프로젝트를 홍보하면서 시민과학 활성화를 선도해왔다. 또한 이 웹사이트는 연구자가 프로젝트를 쉽게 설계·유지·관리할 수 있도록 하는 매뉴얼과 프로젝트 계획에서 고려해야 하는 성공 사례 소개 등을 포함한 툴킷(toolkit)을 제공하고 있다. 그리고 CitizenScience.gov는 연구자와 프로젝트에 참여하는 시민들이 소통할 수 있는 커뮤니티를 운영하면서 크라우드소싱 및 시민과학의 활용을 장려하고 있다. 우리나라는 환경부에서 생물다양성 분포의 미래를 예측하기 위해 2011년에 기후변화에 따른 한반도 생물종 변화 모니터링 프로젝트인 ‘한국 생물다양성 관측 네트워크(Korea Biodiversity Observation Network, K-BON)’를 창립하였고 시민과학자의 참여로 모니터링 활동이 진행 중이다. 또한 우리나라 정부는

2018년에 수립한 ‘제2차 과학기술 기반 국민생활(사회) 문제 해결 종합계획(2018-2022)’에서 기후변화를 포함한 사회문제를 해결하기 위한 리빙랩 운영을 강조하였고(KISTEP, 2018) 그 결과 지역주민, 시민, 환경단체 등이 리빙랩에 참여하여 지역 문제에 대한 해결책을 제시한 바 있다(KISTEP, 2020). 그러나 우리나라의 시민과학은 아직도 일부 전문가에 국한되어 있고 리빙랩 운영에 관해서는 일부 가이드라인만 마련되어 있는 실정으로 기후변화 적응분야에서 시민과학 활용 수준은 매우 미미한 단계라 할 수 있다(GRI, 2019).

우리나라의 ‘제3차 국가 기후변화 적응대책(2021-2025)’은 시민참여의 활성화를 핵심전략 중 하나로 수립하였다(MOE, 2020). 따라서 앞으로 국내 기후변화 적응정책 수립에 있어 시민과학 활용이 더욱 활성화될 것으로 기대된다. 이에 본 연구는 해외 기후변화 적응분야의 모범적 시민과학 프로젝트를 대상으로 SWOT (strengths, weaknesses, opportunities, threats) 분석을 수행하였다. 이 분석 결과를 토대로 시민과학이 우리나라 기후변화 적응정책 수립에 활용되기 위한 중요한 시사점 및 방향성을 제시하고자 한다.

## 2. 연구 방법

본 연구의 목적을 달성하기 위해 기후변화 적응분야에서 시민과학을 활용한 해외 주요 프로젝트를 대상으로 분석하였으며 아래의 3단계로 진행하였다(Fig. 1). 1단계는 대표 시민과학 프로젝트 선정, 2단계는 시민과학 프로젝트 분석, 3단계는 시사점 도출이다.

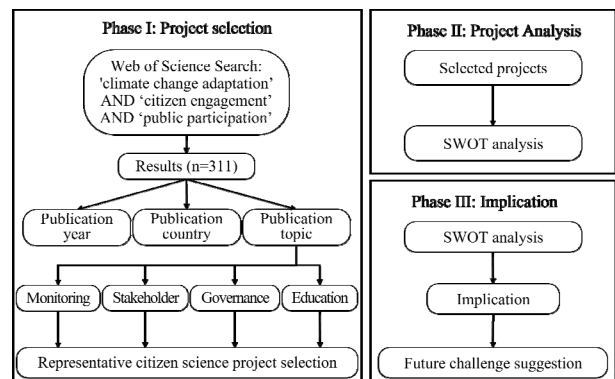


Fig. 1. Research methodology comprising three phases: Project selection, project analysis, and implication

## 2.1 대표 시민과학 프로젝트 선정

대표 시민과학 프로젝트를 선정하기 위해 우선 기후변화 적응분야에서 시민과학을 활용한 연구 논문을 검색하였다. 연구 논문 검색에는 ‘Web of Science (WOS)’를 활용하였다. 시민과학 연구가 활성화되기 시작한 1992년 1월부터(Hügel and Davies, 2020) 2020년 10월까지 출간된 연구 논문 중 제목이나 초록에 ‘기후변화 적응(climate change adaptation)’과 ‘시민참여(citizen engagement 혹은 public participation)’를 키워드로 포함하고 있는 논문을 추출하였다. 그리고 추출된 논문을 대상으로 연구를 진행한 연도와 국가를 파악하고 주제에 따른 기후변화 적응분야의 시민과학 활용 동향을 분석하였다.

주제는 ‘기후 모니터링’, ‘이해당사자 참여’, ‘적응 거버넌스 구축’, ‘교육 기반 인식증진’으로 분류하였다. ‘기후 모니터링’ 주제의 프로젝트는 온도, 습도, 풍속 등을 관측하고 기록하여 기상 데이터를 제공하는 방식이다. 시민과학자를 통해 수집된 기상 데이터는 기후변화 리스크 평가에서 기후변화 영향을 예측하는 데에 활용된다. ‘이해당사자 참여’ 주제의 프로젝트는 프로젝트에서 다루는 특정 문제에 직접 직면하고 있는 이해당사자가 시민과학자로 참여하는 것이다. 예를 들어, 농업부문의 문제를 해결하기 위한 프로젝트에 농부가 시민과학자로 참여하는 것을 의미한다. ‘적응 거버넌스 구축’ 주제의 프로젝트는 지역사회의 이해당사자가 시민과학자로서 기후를 모니터링하고 전문가와 함께 데이터를 분석하며 공무원과의 워크숍을 통해 의사결정에 참여하는 등 기후변화 적응정책 수립 및 이행의 전과정에 참여하는 것이다. 지역사회의 이해당사자는 지역사회 현안에 이해도가 높아 지역사회의 상황을 적절하게 반영하는 정책 수립에 도움을 줄 수 있다. ‘교육 기반 인식증진’은 시민과학자를 대상으로 기후변화 인식과 적응능력을 향상시키기 위한 교육 프로그램 형식의 시민과학 프로젝트이다.

최종적으로 각 주제의 기준에 따라 대표 시민과학 프로젝트를 선정하였다. ‘기후 모니터링’ 주제에서는 가장 오랜 시간 진행되어온 프로젝트를 선정하였다. 기후변화 예측에는 장기적으로 축적된 데이터가 중요한 역할을 하므로(IPCC, 2014; KMA, 2020) 기후 모니터링의 목적을 가장 잘 충족하는 기준으로 판단하였다. ‘이해당사자 참여’ 주제에서는 농업 부문에서 농부가 이해당사자로 참여하는 프로젝트를 선정하였다. 기후변화로 인해 2100년에 작물의 생산량이 최대 25%까지 감소할 것으로 보고됨에

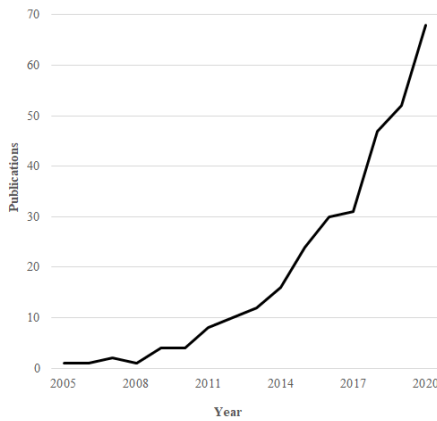
(Wing et al., 2021) 따라 기후변화에 매우 취약하지만 작물 품종 변경을 통해 빠르게 적응할 수 있는 대표적인 부문이 농업 부문이라고 생각했다. ‘적응 거버넌스 구축’ 주제에서는 시민과학자가 단순한 기후 모니터링뿐만 아니라 공무원과의 워크숍을 통해 적응에 대한 의사결정 과정의 전과정에 참여할 수 있도록 설계 및 운영된 프로젝트를 선정하였다. 시민과학자가 전과정에 참여하는 것이 시민과학의 기본적인 요건이지만 그동안 기후변화 리스크 평가의 기반이 되는 데이터 수집에 시민과학자의 참여가 치중되어 있었기 때문에 시민과학자가 전과정에 참여하는 것은 의미가 있다. ‘교육 기반 인식증진’ 주제에서는 학생(어린이, 청소년)이 시민과학자로 참여하면서 학교 교육과정으로 운영되어지는 프로젝트를 선정하였다. 교육의 주된 목적은 적응에 대한 인식을 증진시켜 자발적 적응행동으로 연결되도록 하는 것이다. 따라서 교육의 효과가 좋은 학생을 대상으로 정기적인 교육이 이루어지는 것이 중요하다고 판단하였다.

## 2.2 시민과학 프로젝트 분석 및 시사점 도출

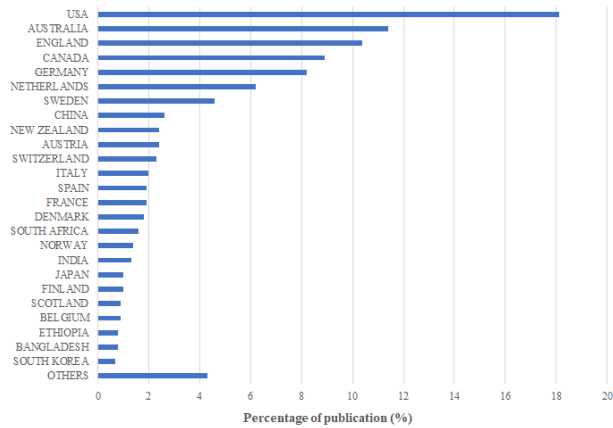
2단계에서는 1단계에서 최종적으로 선정한 주제별 시민과학 프로젝트를 대상으로 SWOT 분석하였다. SWOT 분석은 내부요소인 강점과 약점, 외부요소인 기회와 위협을 분석, 종합하여 향후 목표 달성을 위한 전략을 수립하는 방법으로 정치, 행정, 경제, 산업, 교육, 문화 등 많은 분야에서 활용되고 있다. SWOT 분석을 활용하여 순천만 갯벌과 보성별교 갯벌에서 이루어진 시민모니터링 프로젝트를 개선하거나(Park et al., 2016) 환경관리를 위한 모바일 기반의 시민과학 프로젝트 중 5개 사례의 시사점을 도출한 연구(Ou, 2017)가 진행된 바 있다. 따라서 시민과학 프로젝트의 특성을 파악하여 시사점을 도출하기에 SWOT 분석이 적절한 방법이라고 판단하였다. 그리고 3단계에서는 SWOT 분석 결과를 근거로 우리나라의 기후변화 적응정책 수립에 활용되기 위해 시민과학 프로젝트가 갖추어야 할 시사점을 도출하였다.

## 3. 기후변화 적응분야의 시민과학 프로젝트 동향 분석 및 대표 사례 선정

WOS를 통해 연구 논문 311건을 추출하였다. 기후변화 적응분야에서 시민과학이 활용된 연구 논문은 2005년부터 본격적으로 출간되기 시작하였다(Fig. 2). 이는 2005년



(a) Number of publications per year



(b) Percentage of publication by country

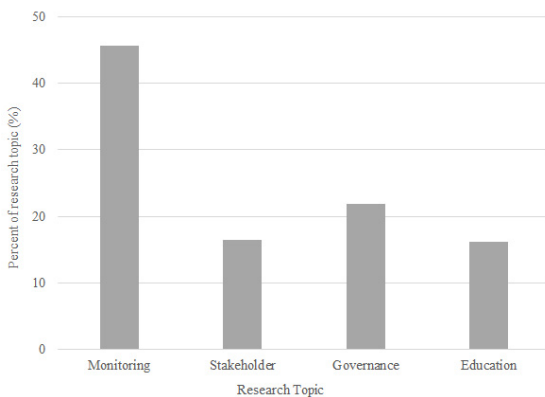
Fig. 2. Publications analysis by year and country

이전에는 기후변화 적응보다 온실가스 감축이 주요한 기후변화 대응 방식이었고(Massey & Huitem, 2013) ‘기후변화의 영향, 적응, 그리고 취약성’을 강조한 IPCC의 3차 보고서가 2001년에 발표되었기 때문에 생각된다(McCarthy et al., 2001). 또한 기상 데이터 측정 센서와 정보통신기술이 발달하면서 시민과학자 모집 및 데이터 수집이 수월해지면서 점차 시민과학 연구가 활성화되어 온 것이라 사료된다(Newman et al., 2012).

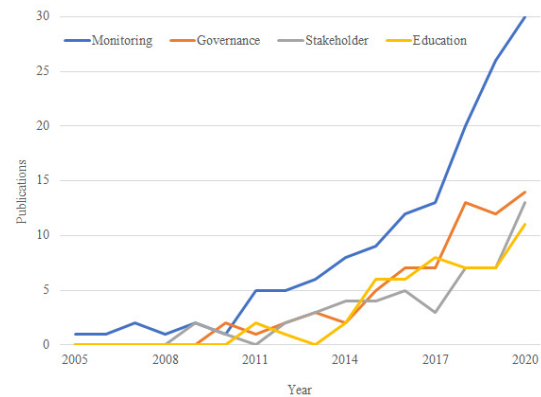
국가별 비중을 보면 최근 15년(2005년~2020년)동안 기후변화 적응분야 시민과학 연구는 미국(18.1%), 호주(11.4%), 영국(10.4%), 캐나다(8.9%), 독일(8.2%), 네덜란드(6.2%), 스웨덴(4.6%), 중국(2.6%) 순으로 높았다(Fig. 2). 이 외에 1% 이상의 비중을 차지한 국가는 오스트리아, 뉴질랜드, 스위스, 이탈리아, 프랑스, 스페인, 덴마크, 노르

웨이, 핀란드 등으로 나타났다. 우리나라에서 출간한 연구 논문은 전체의 0.7%만을 차지했다. 개발도상국인 남아프리카(1.6%), 인도(1.3%), 방글라데시(0.8%), 에티오피아(0.8%) 등은 우리나라보다 시민과학 연구 논문을 더 많이 출간하였는데 이는 미국의 주도로 설계된 시민과학 프로젝트에 해당 국가들이 참여한 결과로 확인되었다.

주제별 비중은 기후 모니터링(45.7%), 적응 거버넌스 구축(21.9%), 이해당사자 참여(16.4%), 교육을 통한 인식 증진(16.1%) 순이었다(Fig. 3). ‘기후 모니터링’ 주제 연구 논문은 2005년부터 출간되었으며 2020년까지 꾸준히 증가하였다. ‘이해당사자 참여’ 주제 연구 논문은 2009년에, ‘적응 거버넌스 구축’ 주제 연구 논문은 2010년에, ‘교육 기반 인식증진’ 주제 연구 논문은 2011년부터 출간되었다.



(a) Distribution research topic



(b) Publications change each topic

Fig. 3. Publications analysis by topic

Table 1. Representative citizen science project by topic

Project	Topic	Objective	Participant	Participants' Role
COOP	Climate monitoring	Climate change prediction from collected climate data	Citizenry	<ul style="list-style-type: none"> <li>Climate monitoring</li> </ul>
ClimMob	Stakeholder participation	Evaluation of adaptable variety to climate change	Farmer	<ul style="list-style-type: none"> <li>Variety growing</li> <li>Monitoring</li> </ul>
TRACKS	Adaptation governance establishment	Weather knowledge collection reflecting community and adaptive capacity improvement	Community member	<ul style="list-style-type: none"> <li>Weather monitoring</li> <li>Rainfall risk assessment</li> <li>Strategy setup to rainfall</li> <li>Evaluation of adaptive capacity</li> </ul>
Sandwatch	Education-based awareness promotion	Climate change adaptation by life style changes based on awareness promotion	Student, Teacher, Parents	<ul style="list-style-type: none"> <li>Seaside monitoring</li> <li>Data analysis</li> <li>Result sharing</li> <li>Adaptation strategy setup</li> <li>Action</li> </ul>

각 주제로 분류한 시민과학 프로젝트 중 본 연구에서는 앞서 제시한 기준에 따라 ‘기후 모니터링’ 주제의 Cooperative Observer Program (COOP), ‘이해당사자 참여’ 주제의 ClimMob, ‘적응 거버넌스 구축’ 주제의 Transforming Climate Knowledge with and for Society (TRACKS), ‘교육 기반 인식증진’ 주제의 Sandwatch를 대표 시민과학 프로젝트로 선정하였다(Table 1.).

#### 4. 기후변화 적응분야의 시민과학 프로젝트 분석

##### 4.1 ‘기후 모니터링’을 위한 시민과학 프로젝트: COOP

COOP는 미국 기상청(National Weather Service, NWS)과 국립 환경 정보 센터(National Center for Environmental Information, NCEI)에서 운영하는 시민과학자 중심의 기상 관측 프로젝트이다. 1890년에 공식적으로 만들어졌으며 현재 약 8,700명의 시민과학자들이 참여하고 있다. 시민과학자는 기상청으로부터 온도계, 우량계, 스노우스틱 등의 도구를 제공받아 측정법을 배우고 각자가 지정한 지점(station)의 일일 최고·최저 기온 및 강수량, 적설량과 같은 기상 데이터를 관측하여 기상청에 제출해왔다. 관측 데이터는 NWS와 NCEI에

서 분석되어 단기적으로는 일기예보에, 장기적으로는 기후변화 모니터링에 활용되었다. 따라서 COOP는 기후변화로 인해 발생할 기상이변을 예측하여 대응책을 마련함으로써 발생할 피해를 줄이는 데에 기여한다. 또한 미국 국가기후평가의 강수 및 적설 지표에 대한 데이터를 제공함으로써 미국의 기후변화 적응정책 수립을 위한 기반 마련에 기여하고 있다.

COOP는 기상 데이터를 장기 축적해온 강점이 있다. 기후변화의 양상을 분석하고 예측하기 위해서는 과거 30년 이상의 기상 데이터가 필요하다(기상청, 2020). 그런데 COOP는 기후변화 예측에 필요한 시간적 조건을 충분히 갖춘 기상 데이터를 제공한다. 그러나 시민과학자가 기상 데이터를 직접 측정하기 때문에 데이터 오차(error)가 존재하고 데이터를 실시간으로 반영하기 어렵다는 약점이 있다.

이러한 약점에도 불구하고, 빈번하게 발생하고 있는 기상이변으로 인하여 기상 데이터가 기후변화 리스크 관리에 중요한 역할을 한다는 인식이 확대되고 있다. 기상 데이터는 기후변화 영향 예측에 활용되어 리스크를 파악하게 하므로 적응에 가장 기초적인 정보를 제공한다(KEI, 2012). 그리고 센서의 개발로 데이터의 오차 감소와 실시간 데이터 반영이 가능해지고 있으나 센서의 설치 및 유지보수를 위한 비용이 많이 든다. 한편, 자발적 참여가 강조되는 시민과학의 정신

Table 2. Strength, weakness, opportunity, and threat analysis of cooperative observer program

Strength	Weakness
<ul style="list-style-type: none"> <li>Long-term climate data accumulation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Data error derived from human observation</li> <li>Difficulty in reflecting real-time data</li> </ul>
Opportunity	Threat
<ul style="list-style-type: none"> <li>Increasing awareness of the importance of climate data</li> <li>Introduction of automatic measurement sensors</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>High sensor operating cost</li> <li>Emphasizing citizen scientists' voluntariness without incentive or financial reward</li> </ul>

때문에 프로젝트에 참여한 시민과학자의 노고에 대한 보상 체계가 마련되어 있지 않다. 시민들의 프로젝트 참여도가 보상 유무에 따라 최대 약 34%까지 차이 난다고 보고됨에 따라 보상체계의 부재는 시민 참여를 감소시키는 위협 요인이라고 할 수 있다(Alender, 2016; Cappa et al., 2018).

**4.2 ‘이해당사자 참여’를 위한 시민과학 프로젝트: ClimMob**

ClimMob은 맥나이트 재단(McKnight Foundation)과 미국 국제개발처(USAID)의 후원을 받는 국제농업연구협의그룹(CGIAR)의 연구프로그램인 CCAFS (Climate Change, Agriculture and Food Security) 중 하나인 농업부문의 시민과학 프로젝트이다. ClimMob은 작물 품종(variety)의 성장능력(해충피해, 질병발생여부, 가뭄 저항성, 생산량, 시장성, 맛)을 기준으로 기후변화 적응력이 높은 작물 품종을 선별한다. 시민과학자는 농업부문의 이해당사자인 농부이며 이들은 과학자로부터 동일 작물의 3개 품종을 무작위로 제공받아 재배 하면서 각 품종의 성장능력 순위를 매기는 트리콧(Triadic comparison of technology options, Tricot) 방식에 따라 정보를 제공한다(Fig. 4). 성장능력 순위 정보는 스마트폰 내 어플리케이션을 통해 제출하는 방식이고 ClimMob에 참여하는 모든 농부들이 제출된 정보를 공유한다. 그리고 이를 기반으로 해당 지역에서 재배하기에 가장 적절한 작물 품종을 프로젝트에 참여하고 있는 과학자가 선정하여 지역의 기후 환경 변화에 적절한 작물 품종을 농부에게 추천해줌으로써 농부들이 기후변화 적응전략으로써 추천 작물을 재배하게 된다.

ClimMob은 이해당사자가 시민과학자로 참여하여 신뢰도 높은 데이터를 제공했다는 강점이 있다. 특히, ClimMob은 기후변화에 적응력이 높은 작물 품종을 선별하는 것으로 이해당사자가 수집한 데이터가 수익과 직결되는 부분이기 때문에 데이터를 정확하게 수집하기 위해 노력했을 것으로 사료된다. 따라서 이해당사자의 참여는 일반시민이 자신의 지식과 관심사에 기반하여 수집한 데이터의 데이터 질 문제를 해결할 수 있다(Balazs et al., 2021; Lukyanenko et al., 2016). 또한 프로젝트 결과를 기반으로 수립된 적응정책의 이행 수준을 높일 수 있다. 이해당사자는 직면한 문제의 해

결책으로 수립된 적응정책을 수용하기 쉬우며 이는 이행으로 연결되기 때문이다(Conde and Lonsdale, 2005). 그러나 프로젝트를 설계한 과학자에 대한 농부의 의존도가 높았다. 이는 시민과학자인 농부가 독립적으로 적응능력을 향상시키기 어렵다는 것을 의미하며 앞으로 변화되는 기후에 대한 적응전략으로써 작물 품종을 선택할 때마다 과학자가 필수적으로 개입되어야 하므로 농부가 작물 품종에 대한 중단기적 적응전략을 수립하는 데 실패할 가능성이 크다.

한편, 스마트폰 기술의 확산은 시민과학을 농업부문에 더 쉽게 활용할 수 있게 한다. 스마트폰의 어플리케이션을 통해 데이터를 원격으로 수집할 수 있기 때문에 프로젝트를 관리하는 과학자가 직접 농장을 방문하여 작물을 평가하고 농부와와의 인터뷰를 통해 데이터를 수집하는 과정을 간소화할 수 있다(Dehnen-Schmutz et al., 2016). 또한 기후 변화 적응력이 높은 작물 품종 선택 혹은 작물 재배법과 같은 전략 수립에 필요한 작물 재배 지역 및 기상 조건 데이터를 스마트폰에 내장된 GPS 장치를 통해 쉽게 획득할 수 있다(Mourad et al., 2020). 그러나 도시화와 식생활 변화와 같은 사회경제적 요인의 변화가 농산물에 대한 수요를 변화시킨다(van de Gevel et al., 2016). 지역에 적절한 작물 품종을 찾을 때 수확까지의 과정을 거쳐야 하므로 상당한 시간이 걸리는데 농산물 수요의 변화로 기후변화 적응력이 높으면서 수익을 창출할 수 있는 작물 품종을 찾는 것을 더 어렵게 만들기 때문에 위협요인이라고 할 수 있다.

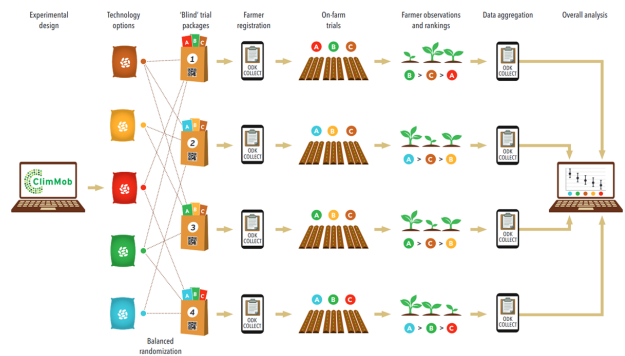


Fig. 4. Tricot methodology

(Source: climmob.net)

Table 3. Strength, weakness, opportunity, and threat analysis of ClimMob

Strength	Weakness
<ul style="list-style-type: none"> <li>Stakeholder participation as a citizen scientist</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>High dependency on scientists</li> </ul>
Opportunity	Threat
<ul style="list-style-type: none"> <li>Smartphone proliferation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Difficulty in quickly reflecting the trend in socio-economic crop demand</li> </ul>



**4.3 ‘적응 거버넌스 구축’을 위한 시민과학 프로젝트: TRACKS**

TRACKS는 베르겐대학교(University of Bergen)가 노르웨이 연구회(Norwegian Research Council)의 지원을 받아 방글라데시를 대상으로 2014년부터 2017년까지 진행한 시민과학 프로젝트이다. 지역의 특성을 반영한 기후 지식을 생산하여 폭우에 대한 지역사회 기반의 적응(Community-based Adaptation, CBA)에 목적이 있었다. 시민과학자는 프로젝트 설계, 수행, 적응전략 수립, 결과 평가까지 TRACKS 전과정에 참여했다. TRACKS의 연구 대상지는 폭우 피해가 높은 실렛주(Sylhet Division)의 저지대 지역인 사다르(Sadar), 자말간즈(Jamalganj), 바레카(Barlekha), 하칼라키 하오르(Hakalaki haor)였다. 그리고 지역을 대표할 수 있도록 이 지역에 거주하고 있는 직업, 나이, 교육수준이 다른 48명을 시민과학자로 선발하였다. 각 시민과학자에게 폭우 예측(구름 밀도·색깔·위치, 풍향 및 풍속, 개구리·곤충의 행동), 폭우 현상(대기 온도, 강수량), 폭우 영향(강수위, 폭우 피해, 학교 출석, 뇌우 사상자)로 구성된 지표 중 1-3개 지표에 대한 데이터를 측정 및 기록하도록 하였다. 그리고 수집된 데이터를 기반으로 시민과학자 스스로가 적응전략을 수립하게 함으로써 자발적 적응능력을 향상시켰다. 또한 시민과학자는 적응 거버넌스 구축에 TRACKS가 미친 영향을 평가하였다. 평가에는 인적 자본(날씨와 영향에 대한 교육, 학습의 행동화, 리더십), 사회 자본(사회 네트워크, 경험 공유, 신뢰 및 개방성), 자원 및 기술 자본(과학 모델, 날씨 측정 기술, 지역기반시설), 정치 자본(지역 정책 및 정책에 대한 영향), 제도 자본(기관 간 협력, 유연성)으로 구성된 지표가 활용되었다. 그 결과, TRACKS는 인적 자본과 사회적 자본에 많은 영향을 준 것으로 평가되었다. 이는 시민과학자들이 TRACKS를 통해 획득한 지역의 기후 지식을 바탕으로 폭우를 예측하여 조치를 취해 피해를 줄였고 측정 데이터와 예측 정보를 지역 주민들과 공유하면서 적응 리더십 구축 및 적응 주체의 범위를 확장하였기 때문이다.

TRACKS는 시민과학자가 프로젝트 전과정에 참여했다

는 강점이 있다. 전과정에 참여함으로써 적응 주체인 지역 주민은 지역의 특징적인 기후 현상 및 피해, 이에 대한 적응전략 수립에 대한 이해도를 높여 지속적이고 자발적으로 적응능력을 향상시킬 수 있다(Tengo et al., 2021). 나아가 이는 적응 거버넌스를 개선하는 역할을 한다. 그러나 시민과학자 48명이 지역 전체를 대표한다는 적절한 근거를 마련하지 못했다. 이는 TRACKS의 결과에 대한 신뢰도를 낮출 수 있다.

그럼에도 불구하고 지역마다 상이한 리스크 수준을 고려하기 위해서는 지역의 특성을 반영하는 CBA가 필수 요소이다(Vincent et al., 2010). 그렇기 때문에 TRACKS와 같은 프로젝트를 설계하고 운영하기에 좋은 기회이다. 한편, 시민과학자가 프로젝트 참여를 통해 학문적인 부분 이외에 다른 보상이 없다는 점은 시민과학자의 참여를 저하시키는 위협요인이다(Brown, 1993; Clark and Illman, 2001). 따라서 시민참여의 지속성을 확보하기 위해서는 참여에 대한 인센티브나 보상 제도가 필요하다(Cappa et al., 2020).

**4.4 ‘교육 기반 인식증진’을 위한 시민과학 프로젝트: Sandwatch**

Sandwatch는 1999년에 유네스코(UNESCO)와 푸에르토리코 대학교(University of Puerto Rico)의 지원을 받아 카리브해에서 시작된 해변 생태계의 건강 및 회복력 증진을 위한 시민과학 프로젝트이다. 현재는 태평양의 쿡 제도, 인도양의 세이셸, 카리브해의 바하마와 유류, 아프리카, 아시아 및 남미 국가 등 범위가 확장된 국제적 프로젝트이다. Sandwatch는 해양과 해안 환경의 취약한 특성에 대한 인식을 증진시켜 지역사회 내 시민들의 생활방식과 습관을 변화시켜 기후변화에 적응하는 데 목적이 있었다. 교육 프로그램 형식으로 초·중·고등학교 시간표에 배치되어 운영되었고 학생들에게 침식, 퇴적, 파도, 수질, 해안에 영향을 미치는 인간 활동 등 해안의 변화를 측정할 수 있는 표준화된 방법을 훈련시켰다. 학생들을 부모님과 함께 참여하도록 하였기 때문에 어린이, 청소년, 성인으로 구성

Table 4. Strength, weakness, opportunity, and threat analysis of transforming climate knowledge with and for society

Strength	Weakness
• Participation of citizen scientists in all stages	• Representativeness lack of project participators
Opportunity	Threat
• Increase of Community-based adaptation (CBA) importance	• No incentive or financial reward

Table 5. Strength, weakness, opportunity, and threat analysis of sandwatch

Strength	Weakness
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Easy inflow of student as a citizen scientist</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Difficulty in providing objective basis for policy setup</li> </ul>
Opportunity	Threat
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Increased importance of children education for improving adaptation awareness</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Curriculum centered an entrance examination course</li> </ul>

된 시민과학자는 해안의 여러 파라미터(기후, 침식, 부착, 수질, 파도 활동, 해류, 동식물, 해변 구성, 인간 활동 등)를 주기적으로 모니터링하면서 시간에 따른 변화 양상을 확인하였다. 그리고 도출된 변화 양상의 결과를 웹사이트에 올려 다른 학급, 학교, 지역사회 구성원, 공무원 등과 공유하였다. 이를 통해 시간과 장소를 정해서 만나거나 웹사이트상에서 토론함으로써 문제를 파악하고 서로의 경험을 토대로 해결책을 제시하여 적응행동을 촉진했다.

Sandwatch는 학교에서 진행되는 프로젝트로 어린이와 청소년을 시민과학자로 참여시킬 수 있다. 어릴 때 형성된 기후변화 적응인식은 성인이 된 후의 적응행동으로 연결될 수 있어 프로젝트의 효과가 장기적으로 나타날 수 있다. 그러나 학생이 제시한 적응전략들이 현실화되기에는 부족함이 있다. 정책 수립 및 이행에는 객관적 정보가 기반이 되어야 한다. 그러나 학생들이 제안하는 해결책들은 경험을 토대로 한 것이므로 주관적이며 적응정책 수립에 필요한 객관적 정보를 제공하기 어렵다. 그러므로 공무원 및 과학자 등과의 워크숍을 통해 과학적 기반을 제공함으로써 학생들이 수립한 전략이 정책으로 연결될 수 있도록 프로젝트를 개선할 필요가 있다.

그럼에도 불구하고 기후변화에 대응하기 위한 근본적인 해결책 중 하나로 교육을 통한 인식증진의 중요성이 강조되고 있다. 특히 어린이와 청소년에게 초점을 맞춘

교육이 기후변화 적응에 중요한 요소라고 보는 시각이 많다(Rousell, 2019). 교육 수단으로 활용할 수 있는 시민과학 프로젝트의 운영은 이런 상황이 기회가 된다. 그렇지만 교과과정이 대학 입시에 필요한 과목 중심으로 구성되는 경향이 있어 기후변화 적응을 위한 교육 수단으로 시민과학을 활용하는 데 어려움이 있다.

#### 4.5 대표 시민과학 프로젝트의 통합 SWOT 분석

우리나라의 기후변화 적응정책 수립에 활용될 시민과학 프로젝트가 갖추어야 할 시사점을 도출하기 위해 주제별로 선정된 4개의 대표 시민과학 프로젝트를 대상으로 통합적 SWOT 분석을 시행하였다(Table 6). 우선, 지역사회의 현황에 대한 이해도가 높은 시민의 참여는 지역의 적응능력 향상에 필요한 지역적 적응 수요를 쉽게 파악할 수 있도록 해준다. 또한 시민과학 프로젝트에 참여하면서 시민들이 지역의 데이터를 수집하고 수집된 데이터를 분석한 결과와 지역사회의 현황을 공유하거나 의견을 제시하는 등 정부관계자들과 적응정책을 함께 수립(co-production)할 수 있다. 그리고 이러한 모든 과정은 지역의 기후변화 적응 거버넌스를 향상시키는 것이라고 판단된다. 그러나 시민과학 프로젝트는 시민들의 참여가 주로 기후 모니터링에 치중되어 있다. 그리고 시민과학자가 모니터링을 진행한다 하더라도 항상

Table 6. Strength, weakness, opportunity, and threat analysis of selected citizen science projects

Strength	Weakness
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Easier identification of local adaptation needs to establish policies</li> <li>• Policy co-production by sharing community's information and knowledge</li> <li>• Local adaptation governance improvement</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Focus on mainly climate monitoring by citizen scientist</li> <li>• Difficulty in reflecting real-time data</li> <li>• Difficulty in providing objective basis for policy setup (subjective adaptation strategy)</li> </ul>
Opportunity	Threat
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Increase in the importance of citizen participation</li> <li>• Increase in the importance of community-based adaptation</li> <li>• IT development such as data transmission and smart phone</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No incentive or financial reward</li> <li>• No standardized guideline for citizen science project management</li> <li>• Limited resource</li> </ul>



모니터링 할 수 없다는 시간적 제약 때문에 실시간 데이터 획득에 어려움이 있다. 또한 프로젝트 활동을 통해 획득한 정보와 경험을 기반으로 시민들이 직접 수립한 적응전략은 주관적인 경향이 있기 때문에 정책수립에 필요한 과학적 타당성 혹은 경제성과 같은 객관적 근거를 제공하기 어렵다.

한편, 기후변화 적응정책을 수립할 때 시민이 참여해야 하고 지역적 특성을 반영해야 한다는 것이 강조되면서 기후변화 적응분야에서 시민과학의 역할이 증가하고 있다. 게다가 데이터 전송이나 스마트폰과 같은 정보통신기술의 발전으로 시민과학자들의 접근이 용이해짐에 따라 앞으로 시민과학은 더욱 활성화될 것으로 예상된다. 그럼에도 불구하고 시민과학 프로젝트를 운영하기 위한 정형화된 가이드라인이 마련되어 있지 않아 프로젝트 설계, 시민과학자 모집 및 교육, 프로젝트 관리 등에 어려움이 있을 것으로 보인다. 특히, 시민과학자들의 기여에 대한 인센티브나 경제적 보상체계가 미흡하여 시민들의 프로젝트 참여 동기를 저하시킨다. 또한 시민과학 프로젝트 운영을 위한 예산이 부족하고 조기 집행이 어렵기 때문에 한정된 자원으로 시민과학의 활용도를 높이는 방안을 강구해야 한다.

## 5. 결론 및 시사점

본 연구는 해외에서 진행되었던 기후변화 적응분야의 시민과학 사례를 분석하여 우리나라의 기후변화 적응정책 수립에 활용될 수 있는 시민과학의 방향성 제시를 위해 수행되었다. 먼저 WOS를 통해 1992년 1월부터 2020년 10월까지 출간된 기후변화 적응분야의 시민과학 연구 논문을 검색하여 국가와 연도에 따른 주제 동향을 살펴보았다. 2005년부터 기후변화 적응분야에서 시민과학을 기반으로 한 연구 논문이 출간되기 시작했으며 미국이 선도적으로 연구를 진행해왔다. 그리고 시간에 따라 리스크 구축, 이해당사자의 참여를 통한 적응대책 수립, 적응 거버넌스 구축, 교육을 통한 인식증진 순으로 시민과학의 접근 주제가 확장되어 왔다. 우리나라의 기후변화 적응정책 수립을 위한 시민과학 활용을 염두에 두고 1) '기후 모니터링' 주제의 COOP, 2) '이해당사자 참여' 주제의 ClimMob, 3) '적응 거버넌스 구축' 주제의 TRACKS, 4) '교육 기반 인식증진' 주제의 Sandwatch를 선정하여 SWOT 분석하였다. 기후변화 적응에 대한 시민과학 연구 동향과 사례 분석 결과의 시사점을 살펴보면 다음과 같다.

첫째, 이해당사자가 기후변화 적응정책 수립의 전과정

(모니터링, 데이터 수집, 기후변화 리스크 평가, 정책 제안, 의사결정, 정책 평가 등)에 참여할 수 있는 시민과학 프로젝트가 마련되어야 한다. 현재까지도 기후변화 적응분야의 시민과학 프로젝트는 고해상도 지역단위의 데이터를 수집할 수 있는 기후 모니터링을 위주로 진행되고 있다. 그러나 기후변화 적응정책을 이행하는 주체인 지역 시민들은 지역의 특성을 파악하고 있기 때문에 이들이 직접 지역의 리스크를 평가하고 정책을 제안하며 의사를 결정하는 과정 등 정책 수립 및 이행의 전과정에 참여함으로써 지역 맞춤형 대책을 수립할 수 있다. 같은 Sandwatch에서도 지역이 상이한 경우, 시민들이 수립한 전략에 차이가 있었다. 몰디브의 경우 침식이 심각하여 시민들이 해변 폭을 모니터링하였고 도미니카의 경우 바다거북이를 보호하기 위해 바다거북이의 동지를 모니터링하고 보호한 것이 그 예이다. 그리고 TRACKS와 Sandwatch의 시민과학자들은 데이터 수집에 대한 교육부터 기후변화 적응전략 수립까지 전과정에 참여하면서 인식을 증진시켰다. 기존에는 폭우로 인한 피해를 피하기 어려웠으나 TRACKS를 통해 폭우를 예측하게 됨으로써 피해를 최소화할 수 있는 방안을 마련하는 등의 행동변화를 이끌어 기후변화 적응력을 향상시켰다. 따라서 기후변화 적응정책 수립의 전과정에 참여할 수 있는 시민과학 프로젝트를 개발 및 확대를 통해 시민 체감형 기후변화 적응대책 수립을 위한 기반을 마련해야 한다.

둘째, 시민과학자에 대한 보상 체계를 갖추어야 한다. 그동안의 시민과학 프로젝트는 시민과학자의 자발적인 참여를 시민과학의 정신으로 강조하면서 이들의 노고에 대한 보상이 부재했다. 이것이 시민과학자의 참여를 저하시키는 원인으로 작용하면서 시민과학 프로젝트를 통한 적응주체인 시민의 체감 리스크와 적응 수요를 적응정책에 반영하기 어려워진다. 그러나 시민과학자에 대한 보상은 시민과학 프로젝트의 목적에 적절한 시민과학자의 모집을 수월하게 할 수 있다. 또한 시민과학자에게 동기를 부여함으로써 데이터의 질뿐만 아니라 결과의 질을 높여 체감형 적응정책 수립 및 이행 수준을 최대도로 올릴 수 있을 것이다.

셋째, 시민과학을 통해 적응 효과를 최대로 발휘할 수 있는 부문에 집중 투자해야 한다. 기후변화 적응분야에서 시민과학의 활용이 중요해지면서 다양한 프로젝트들이 형성되어왔다. 그러나 모든 시민과학 프로젝트가 기후변화 적응정책 수립에 긍정적인 영향을 주었다고 확인할 수는 없다. 무분별한 시민과학의 활용은 정책 방향을 오도

할 수 있으며 자원이 한정되었으므로 불필요한 투자를 제한해야 한다. 예를 들어 기후 모니터링에 대한 시민과학자들의 역할 중 많은 부분이 센서로 대체가 가능해졌다는 점을 고려하여 센서가 설치되어 있지 않은 지점의 기후 데이터만 수집하는 것으로 일부 '기후 모니터링' 주제의 프로젝트 규모를 축소하고 학생 교육에 투자하는 것이다. 앞으로는 시민과학의 필요성과 적절성에 대한 신중한 판단하에 기후변화 적응정책과 연계한 시민과학 프로젝트를 개발하여 효과를 극대화해야 한다.

기후변화 적응은 불확실성이 높고 지리적 특징, 사회경제적 여건, 적응 거버넌스 등 적응정책이 수립 및 이행될 지역적 특성에 따라 다르다. 이를 해소하기 위한 방법으로 기후변화 리스크 평가, 적응정책 수립, 의사 결정 과정에 이해당사자가 참여하여 적응주체가 체감하는 리스크를 반영하고 지역적 특성이 고려된 정책을 채택할 수 있는 상향식 접근이 강조되고 있다. 상향식 접근으로서 시민과학은 효과적인 적응정책 수립에 기여할 수 있다. 따라서 본 연구에서 도출한 시사점을 토대로 기후변화 적응정책의 목적에 부합하는 주제를 발굴하고 적응의 직접적인 이해당사자를 시민과학자로 모집하여 적응정책 수립 및 이행의 전과정에 참여시킬 수 있는 시민과학 프로젝트를 설계하여야 한다. 이를 토대로 적응의 불확실성을 감소시키고 시민들의 자체 적응력을 증가시킬 수 있을 것으로 기대한다.

## 사사

본 연구는 환경부 「기후변화특성화대학원사업」의 지원으로 수행되었습니다.

## References

- Adger WN. 2003. Social Capital, Collective Action, and Adaptation to Climate Change. *J Econ Geogr* 79(4):387-404.
- Alender B. 2016. Understanding volunteer motivations to participate in citizen science projects: A Deeper look at water quality monitoring. *Sci Commun* 15(3): 1-19.
- Balazs B. Mooney P. Novakova E. Bastin L. Arsanjani JJ. 2021. Data quality in citizen science. *The Science of Citizen Science* 139-157.
- Brink E. Wamsler C. 2019. Citizen engagement in climate adaptation surveyed: The role of values, worldviews, gender and place. *J Clean Prod* 209:342-1353.
- Brown P. 1993. When the public knows better: Popular epidemiology challenges the system. *Environment* 35(8): 16-41.
- Cappa F. Laut J. Porfiri M. Giustiniano L. 2018. Bring them aboard: Rewarding participation in technology-mediated citizen science projects. *Comput Hum Behav* 89: 246-57.
- Clark F. Illman DL. 2001. Dimensions of civic science: Introductory essay. *Sci Commun* 23(1): 5-27.
- Conde C. Lonsdale K. Nyong A. Aguilar Y. 2005. Engaging stakeholders in the adaptation process. In: Burton I. Malone EL. Huq S (eds). *Adaptation Policy Framework for Climate Change: Developing Strategies, Policies and Measures*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Conway D. Nicholls RJ. Brown S. Tebboth MGL. Adger WN. Ahmad B. Biemans H. Crick F. Lutz AF. De Campos RS. Said M. Singh C. Zaroug, MAH. Ludi E. New M. Wester P. 2019. The need for bottom-up assessments of climate risks and adaptation in climate-sensitive regions. *Nat Clim Change* 9(7): 503-511.
- Dehnen-Schmutz K. Foster GL. Owen L. Persello S. 2016. Exploring the role of smartphone technology for citizen science in agriculture. *Agron Sustain Dev* 36: 25.
- Few R. Brown K. Tompkins E. 2007. Public participation and climate change adaptation: avoiding the illusion of inclusion. *Clim Policy* 7: 46-59.
- Hügel S. Davies AR. 2020. Public participation, engagement, and climate change adaptation: A review of the research literature. *WIREs Clim Change* 11.
- Ku JS. 2019. A study on the planning of citizen participation programs based -on climate technology. Seoul, Korea; Green Technology Center. Policy Report 2019-12.
- Koh JK. Lee WP. 2015. A study on local governance for climate change adaptation. Suwon, Korea: Gyeonggi

- Research Institute. Basic Research 2015-07.
- Koh JK. 2017. A study on change in climate change adaptation governance of Korean local governments - focusing on the process of developing the climate change adaptation action plan and its implementation state. *J Clim Chan Res* 8(2): 99-108.
- Lukyanenko R. Parsons J. Wiersma YF. 2016. Emerging problems of data quality in citizen science. *Conserv Biol* 30(3): 447-449.
- Ministry of Environment. 2020. The 3rd nation climate change adaptation policy. Sejong: Ministry of Environment.
- Koh JK. Kim YS. Ye MJ. 2019. The potential of citizen science to address environmental issues. Suwon, Korea: Gyeonggi Research Institute. Basic Research 2019-01.
- Korea Environment Institute. 2012. Development of a climate change risk management framework to minimize national risks. Sejong, Korea. Research Report 2013-03-02.
- Korea Institute of S&T Evaluation and Planning. 2020. A study on the supporting for implementation of task in the 2nd comprehensive plan for solving social problems based on the S&T and the improvement of infrastructure for social problem-solving. Sejong, Korea: Ministry of Science and ICT. 2019-006.
- Korea Institute of S&T Evaluation and Planning. 2018. A study on the establishment of the 2nd comprehensive plan for solving social problems based on the science and technology and supporting the activation of R&D projects for solving social problems. Sejong, Korea: Ministry of Science and ICT.
- Korea Meteorological Administration. 2020. Climate change science. Seoul, Korea.
- Massey E. Huitema D. 2013. The emergence of climate change adaptation as a policy field: the case of England. *Reg Environ Change* 13(2): 341-352.
- McCarthy JJ. Canziani O, Leary NA. Dokken DJ. White KS. 2001. Climate change 2001: impacts, adaptation and vulnerability. Cambridge: IPCC working group II. Cambridge University Press.
- Mourad KA. Hosseini SH. Avery H. 2020. The role of citizen science in sustainable agriculture. *Sustainability* 12(24): 1-15.
- Newman G. Wiggins A. Crall A. Graham E. 2012. The future of Citizen science: Emerging technologies and shifting paradigms. *Front Ecol Environ* 10: 298-304.
- Ou W. 2017. Evaluating mobile-based citizen science in increasing citizen participants in environmental management. *Community and Regional Planning Program: Student Projects and Thesis*. 45.
- Park CS. Kim DH. 2012. Main strategy and case for mainstreaming climate change adaptation. KONETIC.
- Park SN. Cha SS. Oh KH. Youn ST. Koh YK. 2016. A suggestion for the citizen monitoring of wetland protection area through SWOT analysis - focused on the Suncheon Bay and Boseong-Beolgyo tidal flats - *J Kor Isl* 28(3): 163 .
- Rousell D. Cutter-Mackenzie-Knowles A. 2020. A systematic review of climate change education: Giving children and young people a 'voice' and a 'hand' in redressing climate change. *Child Geogr* 18: 191-208.
- Tengö M. Austin B. Danielsen F. Fernández-Llamazares Á. 2021. Creating synergies between citizen science and Indigenous and local knowledge. *BioScience* 71.
- Urwin K. Jordan A. 2008. Does public policy support or undermine climate change adaptation? Exploring policy interplay across different scales of governance. *Glob Environ Change* 18: 180-191.
- van de Gevel J. van Etten J. Deterding S. 2020. Citizen science breathes new life into participatory agricultural research. A review. *Agron Sustain Dev* 40(5): 1-17.
- Vincent K. Wanjiru L. 2010. Gender, Climate Change and Community Based Adaptation. New York: UNDP.