

# 해외 출장 보고서

## 1. 출장 개요

○ 과 제 명 : 환경문제 해결을 위한 시민과학의 의미와 가능성(기본연구)

○ 출장목적 : 미국 시민과학 정책 동향 및 사례 조사

- 미국은 2016년 시민과학을 법제화하여 연방정부 차원에서 각 부처별로 시민과학 프로젝트를 지원하고 있으며, 환경청(EPA)은 대기 모니터링 툴박스, 가이드라인 제공 등을 통해 시민과학 활성화를 위한 기반을 제공하고 있음.
- 워싱턴 D.C. 볼티모어 시 등을 대상으로 미국 해양대기청(NOAA), 비영리단체인 Environmental Integrity Project 등에 의해 기후변화 및 대기 관련 시민과학 프로젝트가 추진되고 있어 이를 벤치마킹하여 국내 시사점을 도출하고자 함.
- 우드로우 윌슨 센터(Woodrow Wilson Center)는 미국 연방조달청과 함께 정부 지원 시민과학 플랫폼인 citizenscience.gov를 구축하였으며, Earth Day Network, 국무성 등과 세계 최대의 시민과학 캠페인인 Earth Challenge 2020를 추진하는 등 시민과학과 관련된 다양한 연구를 수행하고 있어 관련 동향을 파악함.

○ 출장기간 : 2019. 6. 3(월)~2019. 6. 10(월), 6박 8일

○ 출장지역 : 미국 워싱턴 D.C. 및 볼티모어

○ 출 장 자 : 고재경(생태환경연구실 선임연구위원)

## 2. 출장 일정

날짜	출발지	도착지	방문기관	시간	주요 내용
6.3(월)	인천	미국 워싱턴 D.C.		10:25 11:25 14:30	인천 국제공항 출발 미국 워싱턴 덜레스 국제공항 도착 워싱턴 D.C. 도착
6.4(화)	워싱턴		스미소니언 자연사 박물관	10:00 13:00	스미소니언 자연사 박물관 시민과학 교육 프로그램 답사
			Anacostia Riverkeeper <b>면담자</b> Olivia Anderson	14:00 16:00	시민과학 수질모니터링 프로그램 현황 및 의견 청취

날짜	출발지	도착지	방문기관	시간	주요 내용
6.5(수)	워싱턴	버지니아 페어팩스	조지메이슨 대학교 (미국 해양대기청) <b>면담자</b> Dr. Hunter Jones (NOAA Climate Program Office) 김연성 (조지메이슨대 교수)	10:00 12:30	워싱턴 출발 조지메이슨 대학교 도착
	버지니아 페어팩스	워싱턴		14:00 15:30	해양대기청에서 지원하고 있는 시민 과학 열심 프로젝트 사례 면담 ※ Dr. Jones의 요청에 의해 기관 방문 대신 컨퍼런스 콜을 통해 면담을 진행하 기로 일정이 바뀌어, 조지메이슨대학교 김연성교수의 협조를 얻어 함께 진행함.
6.6(목)	워싱턴		우드루우월슨센터 <b>면담자</b> Ann Bowser (Director, Innovation) <b>면담자</b> 김연성 (조지메이슨대 교수)	11:00 12:00	시민과학 연구 동향과 센터의 역할, Earth Challenge 2020 캠페인 등에 관해 면담 및 자료 수집
				14:00 16:00	STEM 교육(Science, Technology, Engineering, Mathematics) 관점의 시민과학 동향과 사례 면담
6.7(금)	워싱턴	볼티모어		07:00 10:00	워싱턴 출발 존스홉킨스대학교 도착
			존스홉킨스 대학 <b>면담자</b> Leah Kelly (EIP 변호사) Ana Rule (존스홉킨스대 교수)	10:00 12:00	Environmental Integrity Project의 볼티모어 대기질 시민 모니터링 프 로젝트 및 시민과학 동향 관련 면담 ※ 면담자인 EIP의 Kelly 변호사의 제안 으로 존스홉킨스대 Ana Rule 교수와 함 께 면담을 진행하기로 하여 워싱턴 소재 EIP를 방문하는 대신 존스홉킨스 대학에 서 면담을 진행함.
				14:00 17:00	볼티모어 출발 워싱턴 도착
6.8(토)	워싱턴		스미소니언 박물관	10:00 15:00	스미소니언 박물관 교육 프로그램 답사 ※ 당초 일정한 Citizens' Climate Lobby 주관 기후변화 시민참여 행사는 9일부터 진행되어 스미소니언 박물관 답 사로 대체함.
6.9(일) 6.10(월)	워싱턴	인천		13:25 16:50	워싱턴 덜레스 공항 출발 인천 국제공항 도착

※ 면담자 및 기관 사정으로 기관 방문 및 면담 일정이 일부 조정되었음.

### 3. 출장 주요 내용 및 결과

#### 1) Olivia Anderson(Anacostia Riverkeeper) 시민과학 수질 모니터링 사례 면담 내용

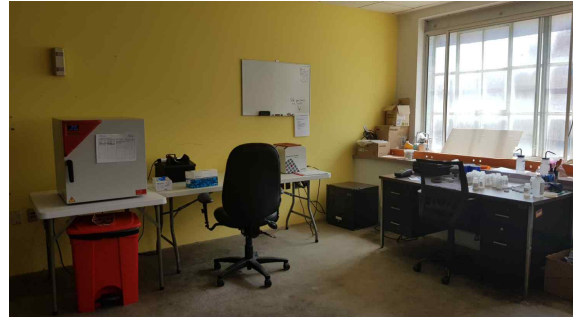
- 아나코스티아 리버키퍼는 아나코스티아 강의 보호와 복원, 수질정책 개선을 위한 입법, 옹호 활동을 하는 비영리단체로 유역과 커뮤니티 보전을 위해 활동하는 지역의 수질 지킴이 프로그램을 연계하고 지원하는 풀뿌리 국제단체인 수질지킴이연합(Waterkeeper Allinace), 체사피크만을 가로지르는 수질지킴이(waterkeepers) 연합인 ‘Waterkeepers Chesapeake’ 회원임.
- 장기 목표 : 낚시할 수 있고 수영할 수 있는 아나코스티아 강을 만들고 강을 자산으로 하는 워싱턴 메트로 지역 커뮤니티를 조성함.
- 단기 목표 : 일회성 참가자를 장기적인 지지자로 전환하는 노력에 집중하며, 강 지킴이를 종합적인 복원 계획 활동에 참여시킴.
- 2018년 아나코스티아 리버키퍼는 지역의 비정부조직, D.C. 에너지·환경부와 협력하여 메릴랜드와 워싱턴 D. C. 아나코스티아 강 8마일 구간을 따라서 수질 박테리아 시민과학 모니터링 프로그램을 진행하였으며, 이것이 2019년에 확대되었음.
- 2019년부터는 D.C. 에너지·환경부가 지원하는 시민과학 프로젝트의 하나로 지원을 받아 Anacostia, Rock Creek, Potomac 강을 따라 총 22개 지점에서 모니터링이 이루어질 예정임.
- 아나코스티아 리버키퍼는 D.C. 지역의 단체들과 파트너를 이루어 수질 모니터링을 하며,<sup>1)</sup> DC 시민들과 방문객이 안전하고 깨끗하며 레크리에이션을 즐길 수 있도록 D.C. 모든 수질 데이터를 최신으로 제공하는 것을 목적으로 함.
- 측정 지점은 시민들의 휴양 수요를 고려하여 시민들이 수영을 하거나 많이 방문하는 지점을 선정함으로써 시민체감도를 높이고 있으며, 측정 지점 및 분석 방법은 미국 환경청이 표준 방법론으로 인정한 것이기 때문에 시민과학 모니터링 데이터를 정부가 활용하고 있음.
- D.C.의 Anacostia 강, Potomac 강, Rock Creek을 따라서 자원봉사자들이 수질 모니터링, 샘플 운반, 휴양 설문조사 등에 참여하며, 수질 시민과학자로 인정받기 위해서는 교육훈련 프로그램을 이수해야 함.
- DC 수질 모니터링 시민과학자는 약 90여 명이며 아나코스티아에는 30여 명이 매주 수요일에 샘플을 채취하고 샘플은 아나코스티아 리버키퍼에서 직접 분석을 하는데, 단체에 실험실이 있어 샘플 분석이 가능함.

1) Audubon Naturalist Society, Rock Creek Conservancy, Potomac Riverkeeper Network, Alliance for the Chesapeake Bay, and YOU

〈그림 1〉 시민과학 수질 모니터링 홍보 브로슈어



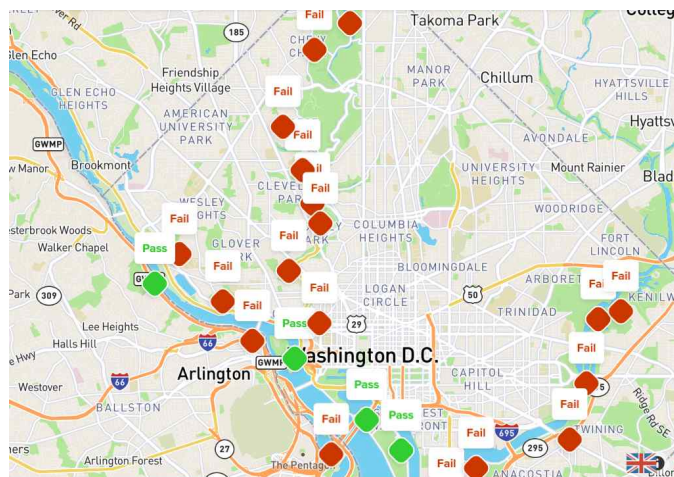
〈그림 2〉 아나코스티아 리버키퍼 Lab실



〈그림 3〉 박테리아 분석 기기



〈그림 4〉 수질 모니터링 결과



자료 : (그림 1) Anacostia Riverkeeper 제공 자료

(그림 2) (그림 3) 직접 촬영

(그림 4) <https://www.anacostiariverkeeper.org/our-river/citizen-science/>

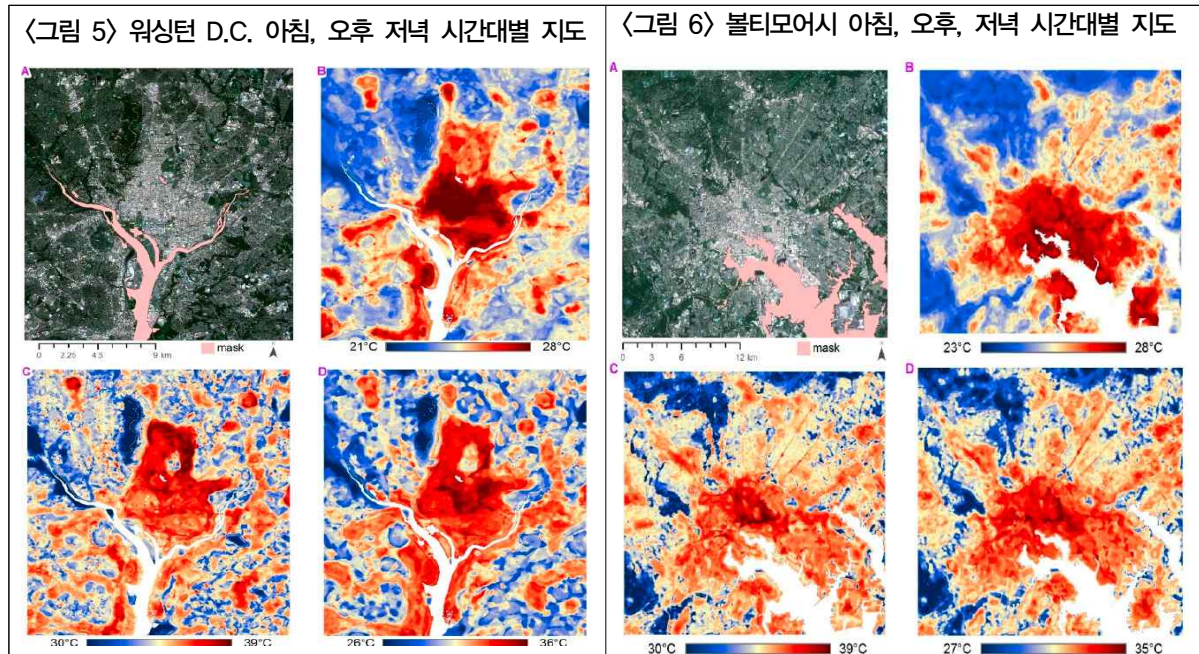
- 박테리아 분석 방법은 높은 전문성을 요구하지 않는데다가, 단체에 생물 전공자가 있고 전문가들의 자문과 조언을 얻어 분석을 수행함.
- 박테리아(E. coli) 측정을 위한 IDEXX Colilert System을 사용하여 단시간에 분석이 가능하며, 분석결과를 24시간 내에 웹사이트에 올려서 보고를 함.

- 분석된 데이터가 박테리아 건강 기준에 적합한지를 판단하는 과정을 거쳐 데이터를 올리며, 그 결과를 SwimGuide 스마트폰 앱과 웹사이트를 통해 대중에게 공개하고 있음.

## 2) Dr. Hunter Jones(미국 해양대기청) Urban Heat Island 프로젝트 면담 내용

- NOAA는 교육 부서에서 시민과학 프로젝트를 담당하며, 워싱턴 D.C, 볼티모어를 대상으로 2018년 진행된 도시 열섬(Urban Heat Island) 프로젝트도 기후프로그램팀의 “Environmental Literacy Program”에 의해 지원되었으며 포틀랜드 주립대학교와 버지니아 과학박물관과 공동으로 추진하였음.
  - NOAA는 사람들과 조직을 연결하는 촉진자 역할을 함.
- 기후변화로 폭염 문제가 심각해짐에 따라 기후변화가 건강에 미치는 영향에 대한 관심이 높아지고 있으며, 2015년 회의에서 유럽, 미국, 인도 등의 학자들이 모여 기후변화와 건강에 대한 모니터링과 함께 무언가 조치가 필요하다는 논의를 하였음.
- NOAA는 기후변화와 건강 문제에 관해 질병관리본부(CDC), 연방비상관리청(FEMA) 등과 파트너로서 협력하고 있으며, 폭염 리스크 대응 도시계획가, 커뮤니티, 의료기관 등에 맞춤형 정보를 제공하기 위해 몇 년 동안의 준비를 거쳐 이 프로젝트를 진행하게 되었음.
- 기후변화와 건강, 폭염에 대한 대중의 인식을 확산하고 문제 해결을 위해 과학박물관, NGO, 커뮤니티 단체들과 함께 협력을 하며, 다른 지역에서도 규모에 따라 다양하게 프로젝트를 적용하는 것을 목표로 하였으며, 워싱턴 포스트에서도 관심을 가지고 기사로 다루었음. 특히 단기적으로는 도시계획 부서나 커뮤니티가 폭염 대응 맞춤형 서비스 제공을 위한 정보로 활용할 수 있음.
- 열섬 프로젝트는 도시에서 가장 더운 곳을 찾아내기 위해 자발적인 시민들이 여름에 자동차에 온도 측정을 위한 열 센서를 달고 정해진 코스를 달리게 되면 실시간으로 온도, 시간, 장소가 매 초마다 기록됨.
  - 시민들은 하루에 3번 1시간씩 정해진 도로를 달리게 되며 도시마다 75,000개가 넘는 데이터가 생산되어 고해상도의 데이터를 수집할 수 있음.
- 자동차에 탑재되는 열 센서는 특별하게 개발된 것으로 실시간으로 데이터를 제공하는데 이 데이터를 포틀랜드 대학교 Vivek 교수, 버지니아 과학박물관의 전문가가 워싱턴 D.C와 볼티모어 시의 지도에 나타냄,
  - 프로젝트 결과 같은 시간대에서도 열섬이 가장 심한 곳과 가장 서늘한 곳의 차이가 거의

15~20도(°F) 차이가 발생함.



자료 : Vivek, Shandas et al.(2019). "Integrating Satellite and Ground Measurements for Predicting Locations of Extreme Urban Heat" *Climate* 7, 5, p. 7(Dr. Jones 제공 자료)

- 열섬 시민과학 프로젝트는 폭염에 가장 취약한 지역을 찾아내는 동시에 그러한 패턴을 보이는 원인을 그 원인을 찾아낼 수 있기 때문에 도시가 활용할 수 있는 매우 간단한 시스템으로 열섬 취약계층 거주 지역에 시원한 도시 조성을 위한 나무심기 전략 등 폭염 저감을 위한 대안 제시에 도움을 줄 수 있음.
- 온도 측정 데이터와 인구사회적 데이터, 건강 기록, 대기질 데이터, 도로, 건물, 나무 등 지역 환경 특성에 관한 데이터를 결합하면 폭염에 의한 건강 영향 저감 대책 수립에 효과적임.
- 건강 대책, 그린인프라 프로젝트, 환경 모니터링 등의 우선순위를 정할 때 도시계획가, 비영리 단체, 커뮤니티 조직들에게 유용한 정보를 제공하며, 특히 기후변화 적응 대책을 수립할 때 이들 지도를 활용할 수도 있음.
- 워싱턴은 시내의 모든 나무에 관한 정보를 가지고 있어서 이 map을 폭염 대응 정책 수립에 사용할 계획임.
- 프로젝트 수행 비용은 단위 블록(약 10mile<sup>2</sup>) 당 1,500 달러 정도이며, 보통 10개의 블록을 단위로 하기 때문에 한 프로젝트에 약 15,000 달러가 소요됨.
- 시민과학 프로젝트의 성공 여부는 시민들의 자발적인 참여에 달려있는데 NOAA 교육 프로그램



램에 의해 대학, 박물관, 커뮤니티 단체 등과 협력관계가 형성되어 있어서 그러한 네트워크를 활용하였기 때문에 시민들을 모집하는데 큰 어려움은 없었음.

- 센서에 의해 매초마다 데이터가 들어오고 자동차의 속도, 위치, 시간 등이 모두 기록되어 데이터의 품질은 상당히 높은 것으로 판단되며, 데이터는 공개되어 있기 때문에 누구나 접근이 가능함.
  - 데이터를 수집하는 방법은 다양하며 인공위성 데이터를 활용할 수도 있으나 이 프로젝트는 기존의 방법으로 접근이 어려운 고해상도의 데이터를 생산할 수 있음.
- 도로의 열섬 효과로 인해 기온이 다른 조건에 비해 좀 더 높을 수는 있지만 자동차의 2미터 위에서 센서로 측정을 하기 때문에 심각한 바이어스는 없는 것으로 보이나 이와 관련된 좀 더 상세한 정보는 Vivek 교수에게 문의하는 것이 바람직함(Vivek 교수와 연결해 주겠음).
- NOAA가 유관 기관들과 협력 관계가 있었기 때문에 프로젝트를 성공적으로 수행할 수 있었음.
- 아직까지 성과를 판단하기 어려우나 프로젝트를 수행한 지역에서 정책적으로 활용하는 방안을 검토하고 있고 미국 내 다른 도시에서도 이 프로젝트에 관심을 보여 올해 여름에도 진행될 예정이며, 한국에서도 관심이 있다면 경기도 지역에 적용하는 프로젝트에 관해 향후 협력도 가능할 것으로 보임.
- 대기, 기후변화 문제 해결을 위한 시민과학의 잠재력은 매우 높으며, 이 프로젝트의 경우 매우 신뢰성 있는 데이터를 제공한다는 점에서 유용성을 가지고 있음.<sup>2)</sup>

### 3) 김연성 교수(조지메이슨 대학교) 면담 내용

- 오바마 대통령이 추진한 과학기술이공계 인재 양성을 위한 “과학·기술·공학·수학” 강화 정책의 일환인 그린(green) STEM(Science, Technology, Environment, Mathematics)은 환경·생태 및 지속가능성 발전 교육에 STEM 분야의 기술과 지식을 접목시키기 위해 추진되었는데 교육에 초점을 맞춘 시민과학으로 볼 수 있음.
- 그린 STEM은 환경 체험학습 현장에 STEM 기술을 이용해 실제 생활 속 환경문제를 해결하는 것을 목표로 하는데, 환경문제를 발견하고 해결책을 제시하는데 효과적임.
- 특히 모바일 기기, 컴퓨터, 카메라 등 디지털 기기 등은 환경문제 해결에 학생들의 참여 동기를 높일 수 있는 유용한 수단으로, 학생들은 모바일 기기를 활용하여 스스로 외래종의 번식이나 지역 고유종의 서식지 개체수 변화를 모니터링할 수 있는 앱(Project Noah, What's Invasive, Find Nature 등)을 다운받아 스스로 종을 확인하고 생태계에 대한 인식을 높일 수 있음.

---

2) NASA의 Globe 프로젝트는 모기 서식처와 개체수에 관한 데이터를 구축하고 있음.

- 생물종의 이름을 알려주는 모바일 앱을 활용해 외래종의 사진을 찍고 각자가 찍은 사진을 인터넷 상의 한 공간에 저장하며, 학생들 스스로 생물 이름을 확인할 수 있으며 생물 분류학자와 한 팀이 되어 야생생물 개체군 조사와 연구에 기여할 수도 있음.

- 시민과학자로서 학생들의 활동은 새로운 종을 발견할 수 있는 기회가 되기도 함.

○ 그린 STEM은 전통적인 환경문제뿐 아니라 기후변화로 인한 재난 문제와 같이 다양하게 적용되고 있음.

- 뉴욕 시 스타이튼섬의 허버트 험프리 초등학교의 레고 로봇 방과 후 교실 학생들은 허리케인 샌디가 강타하여 온 동네가 물바다가 되었을 때 지붕 위로 피신한 사람 중 왜 일부만 안전하게 구조되었는지, 왜 어떤 사람들은 다음 날까지 구조 헬리콥터를 기다려야 했는지에 대해 의문을 가짐.

- 학생들은 이 문제에 대한 해답을 찾기 위해 그룹별로 나뉘어 인터넷에서 자료를 찾고 연구 활동을 시작했는데, 그 결과 상류에서 떠내려온 각종 부유물과 물속에 잠긴 수십 갈래의 전기선들로 인해 재난 구조선의 프로펠러가 작동하지 못하고 구조작업이 늦어질 수 있다는 사실을 발견하고 프로펠러가 없고 헬리콥터 같이 빠르지만 접근성이 뛰어난 구조선을 고민하게 되었고 그 결과물이 공기부양선으로 알려진 호버크래프트임.

- 호버크래프트는 대형 원심팬이 공기를 아래로 뿜어 지상으로부터 떠오른 상태로 움직이는데 공기쿠션 때문에 바닥과 마찰력이 생기지 않아 빠른 속력으로 움직일 수 있고 프로펠러가 없어서 물에 떠다니는 부유물이나 전선에 영향을 받지 않으며 얇은 물이나 육지에서도 운행 가능함.

- 호버크래프트는 2005년 허리케인 카트리나가 발생했을 때 구조물품 운송 수단으로도 사용되었음.

- 학생들은 폭풍이나 허리케인이 발생할 때 가스 충전소와 주유소도 영업을 중단한다는 점에 착안하여 태양광으로 충전된 리튬 배터리 동력을 생각해내고 이를 직접 제작해 봄.

- 레고 로봇 방과 후 교실에서는 호버크래프트를 만들기 위해 3팀을 구성하여 뉴욕 주에서 열린 레고 블록 경진대회에 참여한 결과 1등을 차지하였으며, 뉴욕시 비상대책본부는 학생들의 아이디어를 받아들여 홍수 및 태풍 피해 복구 작업을 위한 구조용 호버크래프트를 구입함으로써 학생들의 아이디어가 실제로 정부의 자연재해 구조 방법을 바꿈.

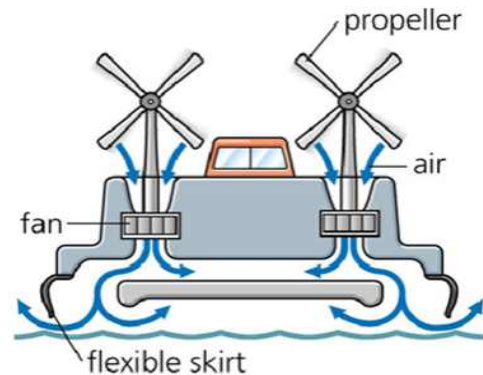
○ 그린 STEM은 학생들의 과학에 대한 이해를 높이고 과학기술과 지식을 접목하여 문제해결 능력을 배양하며, 학생들이 시민과학자로서 직접 데이터를 수집하기도 하고 DIY 등을 통해 문제 해결 방안을 제시하기도 함.



〈그림 7〉 NOAA와 컨퍼런스 콜 진행 장면(조지메이슨대)



〈그림 8〉 호보크래프트 단면도 샘플



자료 : (우) 김연성 교수 제공 자료

#### 4) Ann Bowser(Woodrow Wilson Center) 면담 내용

- Anne Bowser는 우드로우 윌슨센터 과학기술혁신 프로그램(Science and Technology Innovation Program:STIP)의 혁신 담당 책임자로 “Earth Challenge 2020”을 총괄하고 있음.
- 오바마 정부 때 시민과학을 법제화하여 시민과학에 대한 인식이 높아지고 정부 지원 프로젝트가 활발하게 진행되었으나 트럼프 대통령이 취임하면서 시민과학에 대한 관심과 정책은 많이 줄어든 상황임.
- 시민과학 법제화 배경을 보면 시민과학의 오랜 전통과 함께 오바마 정부가 표방한 열린 정부, 데이터 공유(open data)와 직접적으로 관련이 있음.
  - 토머스 제퍼슨은 1776-1816년까지 날씨를 꾸준히 기록하였으며, 1890년에는 의회에서 시민들이 자발적으로 날씨를 관찰할 수 있는 측정소를 설치하는 기상청의 “Cooperative Observer Program(COOP)”을 만들었고, 오듀번 협회는 약 1900년부터 크리스마스 즈음 몇 주 동안 자발적인 시민들이 조류 개체수를 세는 활동을 하는(Christmas Bird Count) 등 미국 시민과학의 전통과 역사가 오래되었음.
  - 2009년 오바마 정부는 ‘투명하고 열린 정부에 관한 제안(memorandum)’을 발표하였는데, 2009년 취임과 동시에 오바마 대통령은 ‘열린 정부(Open Government)’를 표방하며 정부의 투명성 및 대중의 참여 증진을 위한 구체화함.
  - 2011년 첫 번째 국가 열린 정부 실행계획이 만들어졌고 2012년에는 과학연구에서의 대중참여에 관한 첫 번째 회의가 포틀랜드에서 열려 시민과학 활동가와 학자들을 위한 전문적인 네트워크로 미국 시민과학협회(U.S. Citizen Sciency Association)를 만들기로 결정하였고, 2014년에

협회가 설립됨.

- 연방정부는 시민과학과 크라우드소싱 활동을 장려하는 프로그램, 툴킷을 제공하였으며, 2015년 의회에서 이를 주목하면서 상원의원 Coons가 “Citizen Science and Crowdsourcing Act of 2015”를 발의함. 정부 과학기술국은 “시민과학과 크라우드소싱에 관한 제안”을 발표하였으며 국가과학재단(National Science Foundation)은 과학연구에서 대중 참여의 우선순위를 제시함.

- 이와 같은 맥락에서 2016년 시민과학이 법제화되었음.

○ 우드로우 월슨 센터는 2013년부터 시민과학 연구를 수행해 왔으며, 연방정부의 시민과학 프로젝트에 대한 자료 수집과 연구를 통해 시민과학 확산을 지원하며 국내외 시민과학 그룹, 커뮤니티 조직, 시민과학협회들 간에 네트워크와 파트너십을 촉진하는 기능을 수행함.

- 연방정부는 시민과학 역량을 배양하는 것에 관심을 가지고 있는데 모범 사례, 툴킷 개발 등이 변화를 유도하는데 효과적임.

- 유럽 시민과학이 발달해 있어 이 분야 전문가인 Dr. Haklay와 함께 유럽 시민과학 동향에 관한 연구를 수행하였으며, 최근에는 시민과학의 법적 이슈, 규제와 관련된 문제를 다루고 시민과학 활동가들이 시민과학 프로젝트를 개발, 실행할 수 있도록 가이드라인을 제공하기도 함.

- 연방정부 기관의 시민과학 정책 분석과 시민과학 커뮤니티 형성을 인큐베이팅 하는 역할을 함.

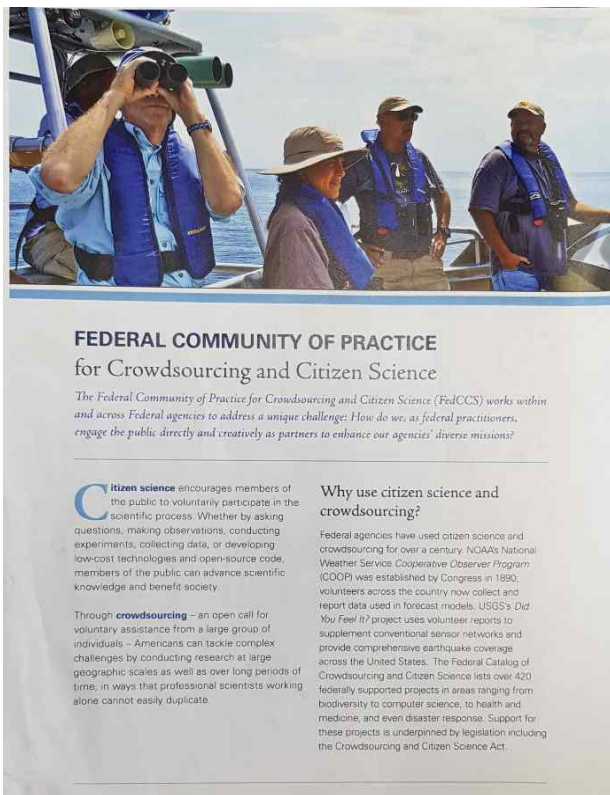
- 무엇보다 시민과학이 지속성을 가지려면 커뮤니티의 역량이 중요하기 때문에 이들과의 커뮤니케이션, 홍보 활동도 함께 진행하고 있음.

○ 시민과학의 법제화가 시민과학 활성화에 도움이 될 수 있지만 현재와 같이 정부가 바뀌면 오히려 반대급부로 더 많은 타격을 받을 수 있어 한국의 시민과학 법제화 역시 정치 문화적인 요소를 고려할 필요가 있음.

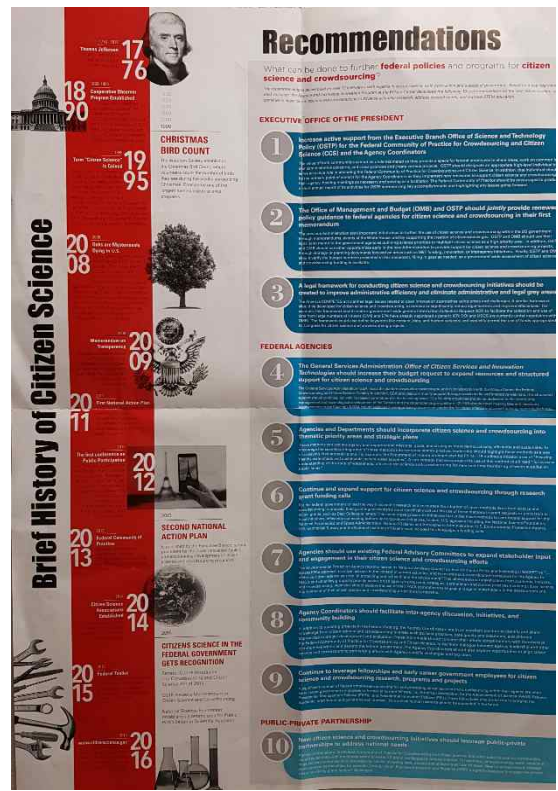
○ 환경관련 시민과학 프로젝트를 수행하는 연방정부 기관으로 해양대기청, NASA, 환경청 등이 있으며 해양대기청은 교육 프로그램 차원에서, NASA는 지구시스템 프로그램으로 진행하며, 환경청은 다양한 환경문제 해결을 위한 커뮤니티 역량 배양, 시민과학 툴킷 제공 등에 초점을 맞추고 있는데, 기관별 미션 이외에 시민과학을 통해 달성하고자 하는 목적에 따라 시민과학 프로젝트에 차이가 있음.

○ 미국 EPA는 시민과학 대기질 모니터링을 위한 툴 박스를 제공하여 시민과학 데이터와 정부 데이터 간 간극을 줄이기 위해 노력하고 있음.

〈그림 9〉 연방정부 시민과학 실행 홍보 리플릿



〈그림 10〉 미국 시민과학 역사와 법제화 과정



자료 : Ann Bowser 박사 제공 자료

○ 우드로우 윌슨 센터(Woodrow Wilson International Center for Scholars)는 주요 파트너인 UN 기구와 함께 글로벌 시민과학 파트너십 구축을 위한 다양한 사업을 진행하고 있으며, 특히 2020년 지구의 날 50주년을 맞이하여 미국 국무성, 비영리단체 Earth Day Network와 함께 전 세계 최대 규모의 시민과학 캠페인인 “Earth Challenge 2020”를 추진하고 있음.

- Earth Challenge 2020은 하나의 데이터 셋으로 해결하기 어려운 지구적인 난제들에 대한 해답을 찾기 위해 개방적이고 상호 호환이 가능한 시민과학 데이터의 양을 획기적으로 늘리며, 전 세계 시민들이 좀 더 안전하고 건강한 커뮤니티 조성을 위해 수집된 데이터를 이해하고 행동을 취할 수 있도록 수단을 제공하고 역량을 높이는 것을 목적으로 추진됨.
- Earth Challenge 2020 추진을 위해 로컬 과학 연구기관, 대학 등 글로벌 파트너들과 협력하고 있으며, 전 세계 최대 규모의 시민과학 캠페인 결과 10억 개가 넘는 곳에서 데이터가 수집될 것으로 예상하며 환경, 건강 연구 정보 허브로서 모든 사람들에게 공개할 것임.
- 전 지구적으로 수질, 건강, 대기 측정을 위한 데이터 수집에 전례 없는 규모로 시민들을 참여시키고 과학자들과 시민들이 협력하여 커뮤니티의 환경 데이터를 수집하고 공유하게 됨.

- Earth Challenge 2020은 기존의 시민과학 프로젝트와 모바일 앱을 통해 수집된 데이터를 통합하여 환경문제에 대한 통찰을 얻고 시민과학에 대한 사람들의 인식을 확산하는 계기가 될 것임.
- Earth Challenge 2020은 개인 파트너와 기관 파트너가 있으며, 전자는 캠페인이 제시한 6개 주제(플라스틱, 대기질, 기후변화, 곤충, 수질, 식량) 중 개인들이 원하는 주제를 선택하여 모바일 앱을 이용해 데이터를 올리는 방식이며, 후자는 기관들이 보유하고 있는 데이터를 공유하는 형태인데 아직 한국 파트너는 없음.
- 데이터 수집과 공유를 위해 Earth Challenge 2020 모바일 앱을 포함하여 새로운 하드웨어 및 소프트웨어를 개발하고 있으며, 2020년 4월 경 모바일 앱이 공개될 예정임.
- 데이터 목록과 API 기반 데이터 통합 플랫폼을 개발하여 기존의 시민과학 정보를 파악하고 접근성을 높일 계획임.

○ 데이터 통합은 시민과학의 중요한 이슈인데, 시민과학 그룹 간 데이터 통합과 관련해서 2014년 모기 모니터링을 위한 시민과학 프로젝트에 관한 회의가 열렸을 때 14개 단위에서 수집하는 데이터 공유를 위한 표준 프로토콜 논의가 있었음. 데이터 통합을 위해서는 표준화된 방법론이 중요하지만 지역의 수요를 반영하려면 기본적인 틀을 유지하면서 유연성을 부여하는 것이 필요함.

○ 시민과학 결과물 해석을 위해서는 사회과학과의 협력이 중요함.

○ 시민과학의 미래 동향에 관해서는 대답하기가 어려우나 개인적으로는 시민과학과 open data 등 open science 과학 운동의 관계, 시민과학과 민주주의, 정부에 대한 신뢰 형성 및 정책과정에서의 유의미한 시민참여 수단으로서 시민과학에 관심이 있으며, 향후 시민들이 데이터 수집뿐 아니라 데이터 분석, 결과 해석 등 여러 과정에 참여할 수 있도록 역량을 키우는 것이 바람직함.

○ 기업의 사회적 책임과 같이 민간 부문에서의 시민과학의 역할도 고려해 볼만한 주제임.

## 5) Leah Kelly 변호사(EIP) 및 Ana Rule 교수(존스홉킨스 대학교) 볼티모어 대기질 시민 모니터링 사례 면담 내용

○ Environmental Integrity Project는 환경법의 효과적인 실행을 위해 활동하는 비영리단체로 전 EPA 변호사, 공익변호사, 정책분석가, 커뮤니티 활동가들로 구성되어 있음.

- 객관적인 사실에 기반하여 환경법의 실행 실패가 환경오염을 높이고 시민건강을 악화시킨다는 점을 규명하고 시민들의 건강을 저해한다는 점을 밝히고 연방정부 및 주정부 기관, 기업들이 법 순응 실패에 책임이 있으며 커뮤니티가 환경법으로부터 보호를 받도록 하는 것을 주요 활동으로 함.

- 볼티모어시 내에서 Curtis Bay와 Brooklyn 지역은 항구 및 공장 밀집 지역과 가까이 있어서 대기오염이 심각하지만 대기질 데이터가 없어 메릴랜드 환경부(MDE)에 대기질 모니터링 시스템을 설치해 달라는 요구를 수차례 보냈으나 요구가 받아들여지지 않았음.
- 시민들이 느끼는 대기질(미세먼지 2.5)은 좋지 않았으나 메릴랜드 환경부는 대기질 모니터링 데이터가 환경기준을 만족시키고 있기 때문에 아무 문제가 없다는 입장을 견지하였음.
  - 볼티모어시는 미국 내에서도 대기오염도가 높아서 연방정부 대기기준을 만족시키지 못하였는데, 2014년 말 EPA는 볼티모어를 미세먼지 연간 기준을 만족시키는 지역으로 분류하였음.
  - 메릴랜드 환경부가 주장하는 대기질 데이터는 Curtis Bay와 Brooklyn 지역에서 4마일 떨어져 있고 연간 기준은 이들 지역의 대기질을 정확하게 반영하기 어려움.
- 프로젝트를 설계할 때 실행의 용이함과 데이터의 정확성 간에 긴장이 있었으며, 시민들이 많은 시간을 들어가나 재정 소요가 큰 프로젝트보다는 상대적으로 저렴하고 실행이 방법을 고민하였음.
- 하지만 생산되는 데이터를 정부가 인정하지 않으면 소용이 없기 때문에 고품질의 데이터를 가장 중요한 우선순위로 놓았으며, 신뢰성이 높은 데이터에 의해 대기오염 취약지역이 밝혀진다면 유의미한 정책 변화를 유도할 수 있다고 판단하였음.
- 이에 EIP는 2013년부터 주정부 환경부가 사용하는 모니터와 동일한 방식(필터 기반 모니터)의 모니터를 직접 설치하여 데이터를 직접 모니터링하기 시작하였으며 2015년 8월까지 지속되었음
  - 볼티모어 지역은 6개 카운티로 구성되어 있고 메릴랜드 환경부는 PM 2.5 모니터링을 위해 8개 지점에 10개의 측정망을 운영하고 있었으며 이 중 7개가 필터 방식이었음.
  - 프로젝트의 목적은 Curtis Bay 지역 대기질이 볼티모어 시 다른 지역의 측정망이 측정한 대기농도보다 훨씬 나쁘다는 주장을 테스트하는 것과 규제기관과 의사결정자들이 시민들이 생산한 데이터의 정확성을 인정할 수 있는 프로그램을 개발하는 것이었음.
  - EIP는 BGI PQ200 모델을 선택하였는데 EPA가 연방정부 기준으로 승인한 것이었음.
- 모니터를 2대를 임대하여 설치하였으며 비용은 한 달에 약 3,800 달러로 상당한 비용이 수반되었음.
- 정부의 규제와 관련되어 있어 데이터의 객관성과 신뢰성을 높이는 것이 보다 중요한 문제였고 EIP 단체는 법이나 정책 연구 활동을 주로 하고 있어서 다수 시민들의 참여보다는 단체 중심으로 접근하였음.
  - 시민단체에 의해 대기질 모니터링이 이루어졌기 때문에 다수의 시민이 참여하여 모니터링을 하는 시민과학과는 차이가 있음.



- EIP의 모니터링 데이터는 Curtis Bay와 Brooklyn 지역의 미세먼지 오염이 심각하다는 EIP 주장을 뒷받침하고 있으나 메릴랜드 환경부는 이 데이터를 인정하지 않았음.
  - 비록 EPA가 공인한 모니터 기기를 사용하였지만 미세먼지 측정 방법을 인정하지 않아 EIP의 요구가 받아들여지지 않았고 양자의 주장이 평행선을 달림.
- 시민과학 데이터와 정부 데이터의 통합은 시민과학의 중요한 이슈인데, 볼티모어 대기질 시민 모니터링 사례는 양자 간 갈등을 보여주는 사례로 특히 환경규제와 관련되어 있는 경우 이러한 문제가 발생할 가능성이 높다고 할 수 있음.
- 프로젝트가 의도한대로 객관적인 데이터를 통해 MDE의 규제 및 정책 변화를 이끌어 내려는 목적을 달성하지는 못했으나 프로젝트 경험을 토대로 대기질 시민 모니터링을 위한 가이드라인을 수립한 것은 성과임.
- 미세먼지의 경우 정부의 데이터와 정부가 인정한 측정기기와 방법론을 활용한 시민과학 데이터 간의 간극이 크지 않으나 이산화황, 이산화질소 등 가스 물질은 둘 사이의 차이가 매우 큼.
  - 시민과학은 많은 장소에서 많은 데이터를 생산할 수 있어서 정부의 모니터링 데이터가 제공할 수 없는 성격의 데이터를 제공하므로 보완적으로 활용될 수 있음.
- EPA는 시민과학에 의한 미세먼지 모니터링을 위한 툴킷을 제공하고 일부 측정 기기를 인정하여 최근에는 시민과학 데이터 활용에 대한 관심이 높아지고 있으며, 볼티모어 시에도 저비용의 모니터를 활용한 시민과학 대기질 모니터링 프로젝트가 수행되고 있음.



자료 : (우) Ana Rule 교수 제공

## 6) 스미소니언 교육 프로그램 및 시민과학 자료

- 박물관은 연구, 교육, 즐거움 등의 목적으로 다양한 물건을 수집하여 전시하는데, 시민과학은 수집, 보존, 해석, 전시 단계에서 다양하게 활용되고 있음.
- 박물관에서 운영하는 시민과학은 사람들이 과학에 대해서 배우는 것뿐 아니라 실제로 과학을 실천하는 거점으로서 중요한 역할을 하며 스미소니언 재단 창립자인 제임스 스미스슨(James Smithson)은 모든 사람들이 과학과 지식을 추구할 수 있도록 하는 것이 행복과 번영의 핵심이라고 보았음.
- 스미소니언 박물관과 유관 기관들은 과학과 지식을 추구하는데 시민들의 적극적인 참여를 유도하고 있으며 이러한 노력은 전 세계로 확산되어 박물관 기반의 시민과학이 이미 사람들의 생활 속에 깊이 자리잡고 있음.
- 스미소니언 자연사 박물관의 교육센터인 Q?rius는 과학, 연구자, 수집품 등 박물관의 독특한 자산을 활용한 교육 프로그램을 운영하고 있으며, 학생들은 과학자 역할을 하면서 실생활 문제 해결 과정에 참여하게 되며 초등학교 학년별로 프로그램이 구분되어 있음.
  - 또한 자연사 박물관은 메릴랜드 대학 및 콜롬비아 대학과 함께 사진으로 나무 종을 확인할 수 있는 모바일 앱을 개발하여 앱을 사용하는 시민들이 자연스럽게 시민과학자로서 역할을 함.
- 메릴랜드 에지워터(Edgewater)에 있는 스미소니언 환경연구센터는 자원봉사자들의 도움을 얻어 산림 생물다양성, 외래종 분포, 수질 문제 등 다양한 연구 프로젝트를 수행하고 있으며, 상시적으로 참여할 시민들을 모집하고 있음.
  - 시민들은 데이터 수집 뿐 아니라 수집된 데이터를 가공하고 분석할 때에도 실험실 자원봉사자로서 참여가 가능함.
- 스미소니언 아나코스티아 커뮤니티 박물관은 스미소니언 환경연구센터와 협력하여 도시생태참여 이니셔티브(Urban Ecology Engagement Initiative)를 진행하고 있으며, 여기에는 중고등학교 학생들과 선생님들이 참여하여 아나코스티아 유역 환경 모니터링과 연구 활동을 함.



〈그림 13〉 스미소니언 자연사박물관 Q?rius



## 4. 시사점

- 오바마 정부는 시민과학을 ‘열린 정부’와 이를 위한 오픈 과학, 오픈 데이터와 연계하여 법제화 하였으며, 이에 따라 각 연방정부 기관은 자신들의 소관 업무와 관련하여 시민과학을 통해 달성하고자 하는 목적에 따라 다양한 시민과학 프로젝트를 진행하고 있음.
  - 시민과학의 법제화는 미국이 시민과학의 오랜 전통과 역사를 가지고 있었기에 시너지 효과를 발휘하였으며, 트럼프 정부에서 오바마 정부때 도입되었던 많은 정책들이 부정되면서 시민과학도 이전 정부에 비해 위축된 분위기이나 정부지원으로 여러 영역에서 시민과학 프로젝트가 추진되고 있음.
- 시민과학에 대한 개념이 정책적으로 공식화되어 되어 있지 않은 국내 현실을 고려할 때 시민과학의 법제화가 반드시 자발적 시민의 참여를 전제로 하는 시민과학 활성화를 담보하는 것은 아니지만 기존 시민참여 활동의 과학화를 통해 증거 기반 정책 변화를 유도하는 촉진제 역할을 할 수 있을 것으로 보임.
  - Anacostia Riverkeeper의 경우 시민들이 수영을 하거나 많이 찾는 곳을 중심으로 시민과학 수질 모니터링을 진행하여 시민체감도를 높이고 있음.
- 미국 해양대기청의 열섬 프로젝트는 성공 요인으로 기존의 교육 프로그램을 통해 구축된 대학, 시민단체, 박물관 등과의 협력 네트워크를 꼽고 있어 민관 거버넌스 기반이 시민과학 활성화에 중요한 요인임을 알 수 있으며, 저비용의 모니터링 기술 개발도 필요함.

- 우드로우 윌슨센터는 미국 시민과학 법제화 및 활성화에 필요한 연구를 수행하고 있고 국내외 파트너십을 확대하고 있으며, 특히 미국 국무성과 Earth Day Network와 함께 추진하는 Earth Challenge 2020 캠페인에 주목할 필요가 있음.
- 볼티모어 대기질 시민 모니터링은 시민과학 데이터와 정부 데이터 간 갈등을 보여 주는 사례로 시민과학 프로젝트 설계 시 데이터 통합을 고려한 접근이 중요함을 알 수 있으며, 최근 EPA에서 시민과학 데이터 활용도를 높이기 위한 툴킷, 저비용의 측정 기기 검토 등은 국내에서도 고려해 볼만함.
- 미국은 STEM 교육을 통해 시민과학자로서 학생들의 참여와 인식을 높이는 다양한 프로그램을 추진하고 있으며, 박물관도 시민과학 거점으로서 중요한 역할을 담당하고 있음.
- 이번 출장을 통해 우드로우 윌슨센터, 미국 해양대기청, 조지메이슨 대학교에서도 한국의 시민과학에 대해 관심을 보여 관련 프로젝트 및 연구를 위한 향후 협력의 기초를 다지는 계기가 되었음.

[부록]

## 1. 면담자 인적 사항

-개인정보로 인한 삭제

## 2. 인터뷰 질문지

### Interview Questions for UHI Project

Wednesday, June, 5, 2019, 14:00 am(EST)

1. I think that NOAA is very active in supporting citizen science projects. How do you develop citizen science project topics? Do you have any channel through which citizens suggest ideas or issues in the process?

[Urban Heat Island Project]

2. What is the background and purpose of NOAA's support for citizen science based urban heat island projects? What is the budget support per project?
3. A thermal sensor to measure city temperature was specially developed for this project? Or did you apply the sensor already developed to the project? How much does a sensor cost?
4. In order to cover the whole city in consideration of measurement time, frequency and the route, you need to have the minimum number of citizens. Was it designed in advance? Was there any difficulty in recruiting citizens and making them drive the prescribed route? What are the responses of the citizen involved?

[Data Collection and Measurement Issues]

5. Citizen science has the advantage that voluntary citizens can collect large amounts of data using low-cost technology, but there is also a question about the accuracy and reliability of the data provided. Did you have any problem with data quality control? In addition, using thermal sensors mounted on the cars provides data of many points in a short time even if the number of the citizens participating is small. However, as they drive the road, there is a possibility that the temperature is rather higher than the temperature actually felt by citizens.
6. In order to monitor the effectiveness of policy interventions, the project must be continued each year to understand the time series trends. Do you have any plan in the future for these areas or to expand this project to other regions?
7. Are there any studies or research or policy initiatives that utilized or relied on the data collected so far? If not, are there any plans?

[Project Effectiveness/Replication/Implication]

8. What do you think is the main factors for the urban heat island project

success?

9. With support of NOAA, Washington D.C. Baltimore, and Richmond has mapped urban heat. What do you think is the main achievement respectively in terms of science, citizens, and policy?
10. In Korea, citizen science is beginning to be applied to ecosystem conservation, but its application to air pollution and climate change is scarce. What do you think is the greatest potential of a citizen science project to address climate change and air pollution problems?

## **Interview Questions for Woodrow Wilson Center**

**Thursday, June, 6, 2019, 11:00am (EST)**

### **[Woodrow Wilson Center and Citizen Science]**

1. What is the focus of the Woodrow Wilson Center's citizen science activities and who are your key partners? Would you briefly introduce researchers and organizational structure of the center?
2. While there's been in the United States, the federal government has recently institutionalized citizen science with an aim of supporting citizen science more systematically. Why do you think that the government is interested in citizen science? Is there any biggest change shown after the institutionalization of citizen science?
3. To our knowledge, the Center has played a critical role in the federal government's legislative process to create citizen science support system. What was the center's major role in the legislative process?

### **[Citizen Science for Environmental Protection]**

4. Citizen science has been most actively applied to the field of environmental science and ecology. In particular, EPA, NASA, and NOAA have been active in supporting environmental and climate-related citizen science projects. What is the most impressive case or project to you? Are there any noticeable differences by funding agencies?
5. EPA seems to emphasize community-based citizen science in which citizens are able to identify *local* environmental issues, participate in data collection and solve problems. Maybe is this because citizen science has been approached in conjunction with environmental justice?
6. Information provided by citizen science in ecosystem conservation sector is complementary to data collected by government, as citizens can discover new species or monitor less understood ecosystem changes. In contrast, air or water quality monitoring data by citizen science may be contradictory to governmental data, being indicative of policy failures. Can we find similar trends and/or cases in the US? How can we solve the issue of data conflicts

or contests in air and water quality monitoring? What do you think of future prospects for resolution?

### **[Earth Challenge 2020]**

7. Technology development has brought the widespread use of citizen science, particularly relying on smart phones. We have been particularly impressed by the recently launched Earth Challenge 2020, the largest citizen science campaign in the world. What are the primary purposes of Earth Challenge 2020? Is one of the main purposes to encourage citizens' interests and participation in environmental issues? When more than a billion people would be fanned out to participate in the campaign, what kind of technology is planned to be used to collect and share data? Who is responsible for the technology development? Would the government provide funds for developing technologies, software programs, web-based platforms, etc.?
8. Cooperation, communication, and coordination among different countries' teams would be critically important during the course of Earth Challenge 2020. What is the Center's role for EC 2020? How does international cooperation work? Is there any Korean team that has shown its interest in the campaign?
9. Does Earth Challenge 2020 take into account of data integration between data from citizen science and data collected from government or research institution?

### **[Defining Citizen Science and Research Trends]**

10. The scope and activities of citizen science vary widely. It is not easy to draw the boundary between the monitoring activities of civic groups and the citizen science. If citizen science is broadly understood, ordinary citizen participation in civic groups may be included in citizen science. Indeed, the U.S. citizen science law takes a broader approach under which simple educational activities are views as civic science. What do you think about the approach to interpreting citizen science broadly? How do you define the boundary of citizen science? And who are citizens in your understanding of citizen science?
11. In Korea, only a handful of scholars are using the term of citizen science and citizen science research is at an infancy stage. This is in part due to the fact that citizen science has been approached in line with democratizing science policy, reflecting the unique characteristics of Korean society. What are the new trends in citizen science research and what are the citizen science themes that will be important in the future?

### **Interview Questions for the Citizen Air Quality Monitoring Project in Baltimore**

**Friday, June, 7, 2019, 10:00am (EST)**

1. How was the Citizen Air Quality Monitoring Project (CAQMP) started at EIP? Did a local community or NPOs raise the issue to the city government? Or other motives? According to the report, the purpose of the project is to test a hypothesis that citizens in Curtis Bay and Brooklyn areas are more likely to be under serious air pollution than citizens in other areas. Was this hypothesis confirmed?
2. Who funded the project? Which type of governmental support did you receive?
3. In designing the project, it seems that you made efforts to collect data that can be trusted by the city government. What efforts did you make to obtain reliable data especially in terms of monitoring place selection, monitoring method selection, and data quality control?
4. Your project report indicated that you spent \$3,800 a month for device rental, which may not be considered minimal to individual citizens or civic groups under budget constraints.

However, you could have not substantially lowered costs for device rental, which may be tightly linked to data quality. What did EIP do to make a balance between project costs and data reliability?

5. One of the important principles of citizen science is collaboration between citizens and scientists across the entire project stage from hypothesis development, measurement points selection, optimal monitoring methods selection, data analysis and interpretation. Who were involved in the project and what were their roles? Also, what was the government's role in CAQMP?
6. The project is entitled Citizen Air Quality Monitoring. However, there seems no direct citizen involvement in the project, except that the project was led by a non-governmental organization, EIP. Why did you emphasize citizen monitoring? What did you mean when you mentioned "citizens"?
7. What are the project's main achievements? Would you explain them in terms of science (scientific discovery or scientific knowledge and/or evidence collection, etc.), citizens (understanding of science, citizens' participatory capacity, public learning), and policy change?
8. What is the government's position on the difference between EIP data and MDE data? Was EIP's data endorsed by the government? Has the government accepted the EIP's arguments for uneven air quality in Baltimore?
9. There are various ways to use citizen science to prompt policy changes for environmental protection. For instance, relying on air pollution sensors, a large number of citizens may measure air quality and thereby provide a big data set. The dataset could be then visualized on a map. As compared to this kind of approach (in which more citizens can actively participate in the project), what are the advantages of the approach taken in your project?
10. Is your project still ongoing? Are there any future plans for the project continuation or expansion?

11. There are many Korean cases where citizens measure air quality by using low-cost, fairly simple air samplers. However, the Korean government has taken a defensive posture to citizen science-based data collection, being wary of the authoritative data may be challenged or disputed.

For instance, a professor in citizen science has worked on multiple air quality monitoring projects for nearly 20 years. However, the Korean government does not appreciate the measurement method used by the professor and thereby data have been mistrusted and never used.

In this vein, what do you think of the potentials of citizen science-based air quality monitoring?

12. The Baltimore Open Air project using low-cost affordable technologies has been in progress. Have you ever been informed about the project? If we compare this project with the EIP project, how are they similar or different?