



시민과학 기반의 생물다양성 증진사례와 제언 - 수원시 인공새집 모니터링을 중심으로 -

송원경 단국대학교 생명자원학부 녹지조경학전공 교수
김경태 단국대학교 박사과정
wksong@dankook.ac.kr

요약

수원시 인공새집 모니터링단의 추진성과

- 수원시 도시생태계 건강성 증진 목적으로 추진. 인공새집 설치는 동지 자원이 부족한 도시환경에 서식하는 조류의 번식 및 서식지 건강성 향상에 기여
- 모니터링을 통해 도시생태계 건전성 유지와 도시생태계 지표 역할 기대

생물다양성 증진을 위한 시민과학의 성과

- 시민과학을 접목한 생물다양성 모니터링을 통해 다양한 분류군 조사 가능. 멸종위기종, 희귀종, 특정 생물종 서식환경 변화 파악 용이
- 환경교육 효과 및 지역애착 강화 등 시민의 환경 인식 변화에 긍정적 영향

정책제언

기존 시민과학 활동 성과 공유 및 활성화를 위한 가이드 마련

- 수원의 시민과학 데이터 종합, 분석을 통한 결과 및 성과 공유 필요
- 리빙랩과 연계한 시민과학 가이드라인 제시 필요

시민과학 데이터의 활용 : 생물다양성 증진 전략 및 공간계획 연계

- 시민과학 데이터기반의 생물다양성 증진 전략 및 보호지역 설정 등 계획 수립 시 활용
- 기후변화에 따른 생물종 변화 감지 및 대응체계 마련

전국 최초 '수원시 시민과학 지원 조례' 제정을 통한 기반 마련

- 조례 제정을 통한 시민과학 참여 기반 마련 및 역량강화 교육 지원
- '네이처링' 등 시민과학 공유 플랫폼 연계 등 시민과학 데이터 공유체계 마련

1 시민과학 기반 생물다양성 모니터링

□ 생물다양성과 도시생태계

- OECD 2050 환경전망 보고서에 따르면 생물다양성 감소 추세가 가속함에 따라 2050년에는 전 세계 육상 생물의 다양성이 10% 더 줄어들 것으로 예측
- 전 세계적인 도시화는 환경의 질과 생태계 패턴에 부정적인 영향을 야기하며, 서식지 단절과 파괴로 서식지 및 종 풍부도 변화와 생물다양성 감소 주원인으로 지목
- 국제사회는 생물다양성 손실을 멈추기 위해 전 지구적인 행동 촉구, 5월 22일은 ‘국제 생물다양성의 날’
- (UN) 생태계 복원 10개년(‘21~’30), (IUCN) “Nature-Positive” 달성을 위한 글로벌 행동 촉구(‘22), (CBD) 쿤밍-몬트리올 GBF 채택(22.12) 등 생물다양성 보전을 위한 국제사회 이니셔티브 제시

□ 생물다양성과 시민과학의 잠재력

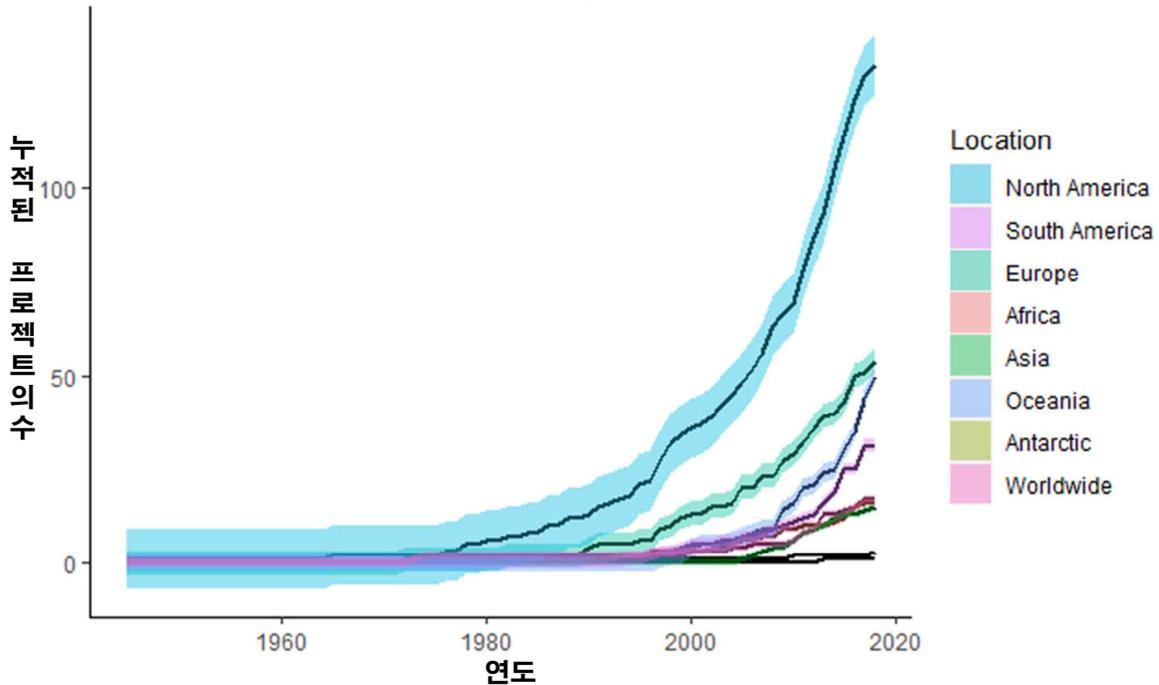
- 시민과학은 비전문가인 일반시민의 자발적인 참여로 수행되는 연구 활동을 의미. 시민들은 데이터 수집, 분석, 해석 등에 참여
- 대중이 참여하는 생물다양성 모니터링, 시민과학 프로젝트를 통해 양·질적으로 풍부한 자료 취득을 기대할 수 있으며, 기존 전통적인 모니터링 체계 개선에 기여 가능
- 전 세계적으로 생물다양성 모니터링을 실시하고 있으며, 모니터링 수행하기 위해 원격탐사, eDNA, 시민과학 등과 같은 새로운 기술과 방법론을 적용하는 추세
- 전문가 중심으로 수행되는 전통적인 모니터링 방법의 시간적, 공간적 조사범위의 한계를 보완하는 대안으로서 시민과학 분야 성장 기대
- 시민과학은 야외공간에서의 생태체험 활동에 대한 시민 수요를 충족하며 참가자들에게 환경인식 측면에서 긍정적인 영향을 줄 수 있는 잠재력 보유

□ 국내외 환경생태 부문 시민과학 프로젝트 사례

- 전 세계적으로 식물, 어류, 양서류, 파충류, 조류, 포유류 등 다양한 분류군의 생태 및 생물다양성 모니터링과 평가 과정에 시민과학 프로젝트 확산
- 국외의 경우 야생조류 관찰 데이터 수집·공유, 나비 개체군의 분포를 기록, 도시지역 내 야생식물 관찰·기록 등 자연생태 모니터링 분야의 다양한 시민과학 프로젝트 추진
- 북미에서 진행 중인 eBird 프로젝트는 세계 최대 규모의 생물다양성 관련 프로젝트로서 연간 1억 건 이상의 조류 관찰 데이터를 수집하고 있으며 연 사용자가 600,000명이 넘으며 참여율이 연평균 20%씩 증가 추세
- 영국의 BBC(Big Butterfly Count), UKBMS(U.K. Butterfly Monitoring Scheme) 프로젝트는 나비 개체군 분포와 건강 상태를 모니터링하여 종 보전 및 관리에 중요한 데이터 제공
- 프랑스의 Sauvages de ma rue 프로젝트는 도시지역 내 야생식물을 관찰하고 기록하여 식물 다양성과 분포 파악
- 국내의 경우 온라인기반 자연활동 공유 플랫폼인 네이처링(Naturing)에서 시민들이 관찰한 생물, 기후, 환경 정보 등을 수집하고 공유할 수 있도록 다양한 시민과학 프로젝트 기획·지원
- 네이처링 플랫폼을 통해 2023년 421,080건의 자연 관찰기록이 수집되었으며, 2014년도부터 2023년까지 총 1,694,782건의 자연 관찰 기록

- 시민참여 대한민국 생물다양성 모니터링 K-BON 프로젝트, 야생조류 유리창 충돌 조사, 제비생태탐구 프로젝트, 산림 곤충 시민 모니터링 등 다양한 시민과학 프로젝트가 네이처링 플랫폼을 통해 수행되고 있으며, 2014년도부터 2023년 까지 총 2,946개 미션 개설

<연도별 희귀/멸종위기종을 대상으로 수행된 시민과학 프로젝트 수>



| 출처 : Fontaine, A., Simard, A., Brunet, N, Elliott, K. H. 2022. Scientific contributions of citizen science applied to rare or threatened animals. Conservation Biology, 36(6), e13976.

- 시민과학 프로젝트를 통해 멸종위기에 처한 생물 종을 탐지하고 외래·침입 종을 조기에 파악하는 등 효과적인 생태학적 모니터링 가능
 - 시민과학 프로젝트를 통해 희귀종이나 멸종위기종이 출현하는 특정 지역을 중심으로 시민참여를 유도하거나, 간단한 접근방식을 적용한 대규모 모니터링 가능
 - Monarch butterfly(*Danaus plexippus*) 이동 모니터링, 일부 박쥐종을 대상으로 나타나는 흰코증후군과 같은 감염병 발생 및 출현 탐지, 흑등고래(*Megaptera novaeangliae*) 이동 추적 프로젝트 등

□ 시민참여 생물다양성 모니터링의 효과

- 시민과학을 접목한 생물다양성 모니터링의 경우 많은 분류군에 대한 일괄적인 조사가 가능하기에 멸종위기종, 희귀종, 특정 생물종에 대한 생물다양성 데이터 수집에 효과적
- 최근에는 정보 통신 기술의 발달과 스마트폰의 보편화로 인해 시민과학을 이용한 연구 프로젝트 확대
 - 네트워크 기반 모니터링 도구로써 스마트폰이 널리 활용됨에 따라 모바일 애플리케이션을 이용해 실시간 매핑, 사진 촬영, 음성 녹음 등 현장조사 활동 가능
 - 취득한 데이터에 대한 기록 및 전송 절차 간편화로 시·공간적 제약이 줄어 많은 양의 데이터를 빠르게 수집 가능
- 시민과학 프로젝트에 시민이 직접 참여함으로써 발생하는 부가적인 사회적 효과 기대
 - 참여 시민은 직접적인 생태체험과 생태계 인식 등을 통해 생태적 정체성을 형성할 수 있으며, 환경에 대한 인식 및 태도가 긍정적으로 변화

2 수원시 시민참여 인공새집 모니터링 프로젝트의 추진 성과

□ 도시지역에서의 인공새집 설치 필요성

- 도시화가 진행되면서 산림 훼손 등 굵은 나무에 구멍을 뚫어 둥지를 만드는 딱따구리 등의 서식환경 악화 및 훼손은 스스로 둥지를 만들 수 없는 2차 수동성 조류 번식에 부정적인 영향을 미침
- 둥지자원이 부족한 도시에서는 인공새집 설치가 스스로 둥지를 만들 수 없는 박새 등과 같은 2차 수동성 조류의 서식환경 개선 기대
 - 2차 수동성 조류는 자연환경에서 발생한 나무의 구멍이나 딱따구리류가 사용하였던 빈 둥지를 이용하는 종으로, 인공새집을 설치함으로써 번식 성공률, 부화율 및 이소 성공률 증가
- 박새과 조류는 곤충을 잡아먹는 대표 산림성 조류로 도시생태계 건전성 유지에 중요한 역할
 - 인공새집을 이용하는 조류종으로는 곤줄박이, 쇠박새, 진박새, 박새, 동고비, 흰눈썹황금새, 참새, 찌르레기 등이 보고되었고 이중 박새과 조류에 해당하는 곤줄박이, 쇠박새, 진박새, 박새 등이 주로 인공새집 이용
 - 박새는 교란이 심한 도시생태계에서도 관찰이 쉽고 도시 환경변화를 확인하는 데 적합하며, 국립생물자원관에서 선정한 기후변화 생물지표종 100종에 포함

<도시생태계 소형조류의 인공새집 이용 예시>



| 출처 : 단국대학교 공간생태연구실

□ 인공새집 모니터링 프로젝트 ‘수원시 앞마당 조류 모니터링단’ 추진

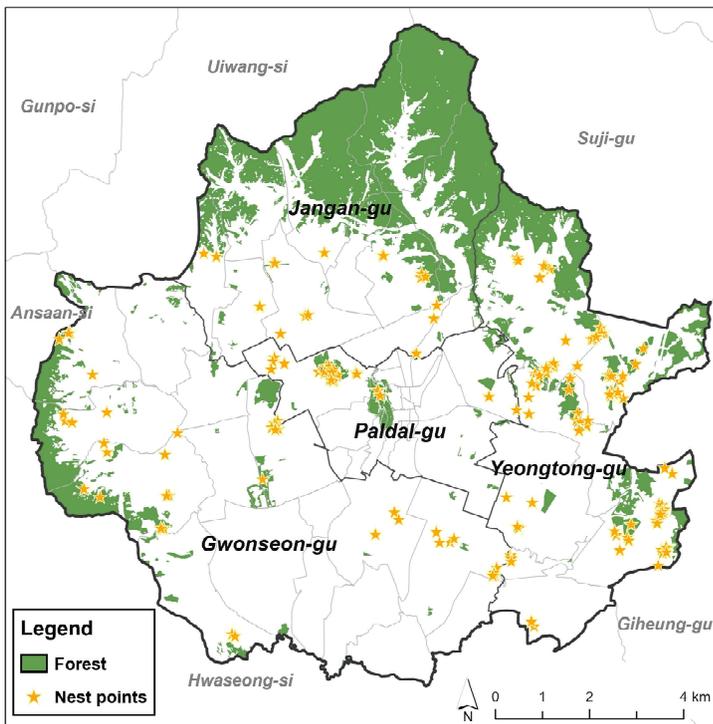
- (배경) 환경부에서 추진하는 도시생태계 건강성 증진 사업 일환으로 추진. 인공새집 모니터링 프로젝트와 시민 과학을 접목하여 기존 연구가 갖는 시·공간적 한계를 극복하고 시민참여 가능성을 모색하기 위해 시민참여 인공새집 모니터링 프로젝트 추진
- (목적) 수원시를 대상으로 진행한 시민참여 인공새집 모니터링 프로젝트 ‘수원시 앞마당 조류 모니터링단’은 도시생태계에서 쉽게 관찰할 수 있는 박새과 조류의 번식생태 조사를 위해 발족
 - 박새과 조류의 번식기를 고려하여 2021년 2월 9일부터 8월 31일까지 모니터링 준비 및 활동
 - 규격화된 인공새집(W: 140mm, D: 15.6mm, H: 275mm, 입구 직경 35mm)을 사용해 박새과 조류의 이용과 번식 유도

- (대상) 총 103명의 수원시민이 참여 신청, 최종 98명이 시민조사원이 조류 모니터링단에 선발
 - 참가자들의 성별은 남성 28명(27.18%), 여성 75명(72.82%)으로 여성의 높은 참여 확인
 - 연령대별로 10대 23명(22.33%), 20대 32명(31.07%), 30대 14명(13.59%), 40대 21명(20.39%), 50대 10명(9.71%), 60세 이상 3명(2.91%)으로 10대와 20대의 높은 참여율 확인
- 모바일 어플리케이션을 통해 수원시 녹지공간에 설치된 인공새집 현황 파악
 - 배포된 206개의 인공새집 중 173개가 수목에 설치되어 어플리케이션을 통해 위치 확인
 - 행정구역별 인공새집 설치현황을 파악한 결과 영통구 85개, 권선구 40개, 팔달구 25개, 장안구 21개, 기타 2개로 확인

□ 시민 대상 온라인 교육 및 모니터링

- 인공새집 모니터링 활동을 수행하기 전 전문적인 교육을 받지 않은 시민조사자들의 조사 활동을 지원하고 자료의 신뢰도를 향상시키기 위해 온라인 교육 실시
 - 인공새집 설치, 관찰, 관리 등 관련 교육자료 온·오프라인 방식으로 제작 및 배포
 - 도시산림, 도시공원, 아파트 내부 녹지공간과 같이 도시생태계 내 일정한 규모의 녹지를 갖춘 공간에 인공새집을 설치할 것을 권장하였으며, 정기적인 관찰 활동을 위해 조사자의 눈높이(1.5~2M)에 맞춰 인공새집 설치 안내
- 시민들은 모바일 어플리케이션 기반 데이터 거래 플랫폼인 'CADA'를 활용하여 인공새집 내부 이미지, 위치 좌표와 같은 관찰기록 수집·공유
- 프로젝트를 통해 생성된 데이터의 품질관리를 위해 전문가 검수
 - 인공새집 고유번호와 위치정보를 매칭하여 오기입 및 중복참여 데이터, 촬영결과물에 문제가 있는 데이터 등 검수

<시민과학 프로젝트를 통한 수원시 내 인공새집 설치현황>



| 출처 : 김경태, 이현정, 김채영, 김휘문, 송원경, 2023, 모바일 어플리케이션을 활용한 시민참여 인공새집 모니터링 방안 연구, 한국환경생태학회지, 37(3), 221-231.

□ ‘수원시 앞마당 조류 모니터링단’ 성과

- 모바일 어플리케이션을 통해 총 1,163회 인공새집 관찰기록 수집
 - 공원녹지 및 초지에 70개, 시가화지역 60개, 산림지역 29개 등 총 173개의 인공새집 설치
 - 모바일 어플리케이션을 통해 인공새집 설치단계에서 206회, 관찰단계에서 959개 등 총 1,163회의 관찰기록을 수집하였으며, 이 중 304개 데이터에서 인공새집 조류 이용 파악
 - 시기별로 시민들은 인공새집 설치 초기인 3월에 가장 많은 관찰기록을 제공하였으며 이후 시간이 경과함에 따라 기록 수가 감소하는 경향 확인
- 설치된 173개 인공새집 중 57개에서 조류 이용 확인
 - 전체 인공새집 중 약 33%에서 조류 이용이 관찰되었으며, 주로 박새와 곤줄박이의 인공새집 이용 확인
 - 비전문가인 시민의 참여를 통한 모니터링은 종 동정 등 모니터링 정확도 한계 및 조류 생활사 조사를 위한 내부 동지(이끼 등) 높이, 산란한 알의 개수, 첫 산란일과 부화일, 이소 시기 등을 조사하는데 한계
- 모니터링 활동 후 ‘환경보호 행동과 실천 의지’, ‘생물다양성 인식’, ‘지역애착’ 측면 긍정적 변화
 - 조류 모니터링 참가자 대상으로 인공새집 모니터링 참여 여부에 따른 환경의식 변화를 확인하고자 사전·사후 설문조사 결과, 인공새집 모니터링 참가자들은 환경보전을 위한 행동 및 실천 의지, 생물다양성 인식, 지역애착 등 긍정적 변화

□ 인공새집을 이용하는 조류에 대한 생태학적 발견

- ‘수원시 앞마당 조류 모니터링단’ 이후 2022년 진행된 ‘전국 앞마당 조류 모니터링단’ 활동 과정에서 딱새와 박새의 혼합 육추¹⁾가 확인되어 한국조류학회에 보고
 - 2022년 4월 15일 박새가 산란한 알 3개가 관찰되었고 이후 4월 21일 박새 알 3개와 딱새 알 2개를 확인하였으며, 최종 박새 알 3개, 딱새 알 6개인 상태에서 딱새 포란 진행
 - 본 사례는 국내에서 수동성 조류로 알려진 딱새와 박새가 동시에 육추된 최초 사례로 딱새가 박새의 새끼를 일정 기간 육추하는 과정을 확인한 기록이자 혼합 육추에 대한 사진 자료로서 의의
- 2023년도에 수행된 ‘전국 앞마당 조류 모니터링단’ 활동 과정에서 산란 중인 박새의 동지를 곤줄박이가 탈취하는 과정에서 발생한 박새와 곤줄박이 혼합 육추 사례 발견
 - 2023년 4월 2일부터 4일까지 박새가 산란한 알 3개가 인공새집에서 관찰되었으나 4월 19일부터 박새가 만든 동지 위에 새로운 동지 재료가 보충되는 현상 관찰
 - 곤줄박이의 포란 이후, 박새 2개체와 곤줄박이 7개체 부화, 이후 전 개체 이소 성공 확인 등 수동성 조류 간 경쟁 현상을 기록하여 희귀한 생태학적 자료로 인정받아 한국조류학회에 보고

<인공새집 내 혼합육추 사례(딱새와 박새^a/박새와 곤줄박이^b)>



| 출처 : 김경태, 이현정, 송원경, 2023, 중간 동지 탈취로 발생한 박새 (*Parus major*)와 곤줄박이 (*Parus varius*)의 혼합 육추 사례, 한국조류학회지, 30(2), 175-180.

1) ‘육추’는 알에서 깐 새끼를 키우는 것을 말하며, ‘혼합 육추’는 한 종 이상의 알에서 나온 새끼를 함께 키우는 것을 말함

- 도시에 인공새집을 설치함으로써 나무구멍을 이용하는 조류 서식공간 확보에 기여했으며, 다수의 시민이 참여하는 모니터링 활동을 통해 복잡한 생태적 과정 모니터링 가능

3 시민과학 기반의 생물다양성 정책제언

□ 시민과학 성과 공유 및 활성화를 위한 가이드라인 제시 필요

- 기존 시민과학 데이터 결과 공유 및 성과 홍보 필요
 - 수원시에는 다양한 시민모니터링 활동 중, '수원시 앞마당 조류 모니터링단' 외에 4대 하천 모니터링, 수원청개구리 모니터링, 야생조류 유리창 충돌조사 등 다양한 시민과학 활동 진행 중이며 그 성과를 정책에 반영
 - 시민과학 활성화 및 결과 활용을 위해 기존의 시민과학 데이터를 종합하고 분석하여 학술적, 정책적으로 의미있는 활동 결과 공유 및 홍보 필요
- 리빙랩과 연계한 시민과학 가이드라인 제시 필요
 - 보다 체계적인 시민과학 활동 지원을 위한 가이드라인 제공 필요. 시민과학 활동의 목표(미션) 설정 방법, 모니터링 방법, 활동결과 공유방법 등 제시 필요
 - 현재 시민과학은 생물다양성분야를 중심으로 발전되어 왔으나 다양한 지역사회 문제를 발굴하고 해결하는 리빙랩 연계하여 추진 필요
 - 가이드라인 작성 시 시민과학 활동의 추진 목표(미션), 모니터링 대상 접근성, 정책 활용 및 연계 가능성 등 고려 필요
 - 수원시 깃대종, 생태계교란종을 대상으로 시민과학 추진 시 실질적인 생물다양성 정책 연계 가능

□ 시민과학 데이터의 활용: 생물다양성 증진 전략 및 공간계획 연계

- 시민과학을 통한 보호종 모니터링 및 환경계획 등과 연계
 - 시민과학은 공동체기반의 빅데이터를 제공하므로 지속적인 모니터링이 필요한 깃대종, 멸종위기종, 기후변화 지표종 등을 대상으로 모니터링 필요
 - 생물다양성 증진 전략, 환경계획 수립 시 데이터 기반의 보호지역 설정 등 공간계획과 정책과 연계하여 정책 활용성 확대 필요
- 기후변화에 따른 생물종 변화 감지 및 대응체계 마련
 - 시민과학을 통한 꽃매미 등 생물종 변화를 모니터링하고 출현빈도가 높은 지역을 대상으로 방제 등 집중관리구역 설정

□ 전국 지자체 최초 시민과학 지원 조례 제정을 통한 시민과학 제도적 기반 마련

- 시민과학 활성화를 위한 “수원시 시민과학 지원 조례” 제정
 - 시민과학 활성화를 위한 기본계획 수립 필요. 시민과학 활성화 목표 및 추진방향, 시민과학 지원방안, 교육방안, 홍보방안 및 활동 지원을 위한 자원 규모와 조달 방안 등 포함하여야 함
 - 시민과학자 육성을 위한 시민참여 기반 조성 및 지속적인 참여를 위한 동기부여 방안 마련
 - 시민과학 데이터 신뢰도를 향상시킬 수 있는 시민과학자 역량강화 교육 지원
- 시민과학 활성화 기반 조성을 위한 시민과학 플랫폼 연계 등 시민과학 데이터 공유체계 마련
 - 시민과학 접근성 향상을 위한 인프라 지원 필요. 기존 네이처링 등과 같은 시민과학 플랫폼 연계하여 지속가능성 확보
 - 시민과학 데이터의 전문가 검수체계 마련 및 공유할 수 있는 플랫폼 활용 필요

■ 참고문헌

- 고재경 외, 2019, 환경문제 해결을 위한 시민과학의 의미와 가능성, 경기연구원 기본연구, 1-288
- 김경태 외, 2022, 인공새집에서 관찰된 딱새 (*Phoenicurus aureus*) 와 박새 (*Parus major*) 의 혼합 육추 사례, 한국조류학회지, 29(2), 48-52
- 김경태 외, 2023, 모바일 애플리케이션을 활용한 시민참여 인공새집 모니터링 방안 연구, 한국환경생태학회지, 37(3), 221-231
- 김경태 외, 2023, 인공새집 모니터링이 초중고 학생들의 환경보전 인식 및 태도에 미치는 영향, 생물교육(구 생물교육학회지), 51(4), 572-585
- 김경태 외, 2023, 중간 동지 탈취로 발생한 박새 (*Parus major*) 와 곤줄박이 (*Parus varius*) 의 혼합 육추 사례, 한국조류학회지, 30(2), 175-180
- 김경태, 2023, 시민과학을 활용한 인공새집 모니터링과 참가자 특성, 국내 석사학위논문, 단국대학교 대학원, 충청남도
- Fontaine, A et al., 2022, Scientific contributions of citizen science applied to rare or threatened animals, Conservation Biology, 36(6), e13976
- Johnson, M. F et al., 2014, Network environmentalism: Citizen scientists as agents for environmental advocacy, Global Environmental Change, 29, 235-245
- OECD, 2012, OECD 2050 환경전망보고서
- Peter, M et al., 2019, Participant outcomes of biodiversity citizen science projects: A systematic literature review, Sustainability, 11(10), 2780
- Peter, M., Diekötter, T., & Kremer, K. (2019). Participant outcomes of biodiversity citizen science projects: A systematic literature review. Sustainability, 11(10), 2780.
- Pocock, M. J et al., 2017, The diversity and evolution of ecological and environmental citizen science, PloS one, 12(4), e0172579
- arrival of white-nose syndrome in bats, <https://batwatch.ca/>
- Big Butterfly Count, <http://www.bigbutterflycount.org>
- eBird, <http://www.ebird.org>
- monitoring monarch butterfly(*Danaus plexippus*) migration, <https://monarchjointventure.org/>
- Sauvages de ma Rue, <http://www.vigienature-ecole.fr>
- tracking movements of humpback whales(*Megaptera novaeangliae*), <https://caribtails.org/>
- 네이처링, <https://www.naturing.net>

※ 본 간행물은 집필자의 개인적견으로 수원시정연구원의 공식적인 견해와 다를 수 있습니다.