

2020년도 시민과학폴씨 1기
최종 결과보고서

시티벳

- 시민과 함께하는 박쥐 초음파 조사 -

2020.12.

[시티벳]

류홍진(울산과학기술원)



재단법인 숲과나눔

동아사이언스

시티벳

- 시민과 함께하는 박쥐 초음파 조사 -

[시티벳]

류홍진(울산과학기술원)

1. 서론

1) 배경

박쥐는 곤충 수 조절, 수분(pollination)과 씨앗의 분산(seed dispersal) 등 인간의 생활에 중요한 생태계 서비스(ecosystem service)를 제공한다 <그림 1>.¹ 박쥐가 제공하는 생태계 서비스의 농업 경제학적 가치는 미국에서만 약 25조 원으로 추산될 정도 이들의 역할은 우리에게 중요하다.² 하지만 도시화와 환경변화로 박쥐가 줄고 있고, 우리가 치러야 하는 생태계 조절 비용은 매년 증가하고 있다.¹ 우리나라는 빠른 도시화와 주거환경의 개선, 농업환경의 변화 등으로, 박쥐의 종 다양성(species diversity)과 개체군 크기(population size)가 감소한 것으로 추정된다.^{3 4} 하지만 이러한 박쥐의 개체군 동향을 추정하기 위한 정량적 데이터는 인력과 비용 문제로 아직까지 수집되어 있지 않다.⁴



그림 출처: Wikimedia

<그림 1> 박쥐의 생태계 기능. a) 화분 매개 b) 씨앗 분산 c) 곤충(해충) 조절

시민과학은 전국 단위의 조사에 필요한 인력과 비용 문제를 해결할 수 있는 대안이 될 수 있다. 영국은 일찍이 시민과학자들의 힘을 이용하여 지난 20여년 간 전국단위의 박쥐 조사를 수행 중이다.⁵ 영국의 시민 과학 프로젝트는 국가 박쥐 모니터링 프로그램(National Bat Monitoring Programme)으로 국가의 지원으로 운영되고 있다. 이 프로그램에는 현재까지 3500명이 넘는 사람

들이 참여하였고, 지금도 각 지역의 박쥐 연구 그룹들과 연계해 박쥐 조사 활동을 왕성하게 수행 중이다.⁶ 이들이 아직도 진행 중인 프로젝트 중 수변 조사(waterway survey)와 필드 조사(field survey)는 본 연구과제가 참고로 하는 조사 방식이다. 영국에서 이 두 조사에서 대상으로 한 종은 총 다섯 종(수변 조사: 물윗수염박쥐 *Myotis daubentonii*, 필드 조사: *Pipistrellus pipistrellus*, *Pipistrellus pygmaeus*, *Nyctalus noctula*, *Eptesicus serotinus*)이다. 우리나라의 경우에 도시와 인가 주변에 존재할 것으로 예상되는 주된 종은 집박쥐 (*Pipistrellus abramus*)이다. 하지만 아직 기초 데이터가 부족한 현 상황에서 수변 조사와 필드 조사에서 사용된 방법을 참고하되, 대상 종은 이번 조사에서 수집된 데이터를 바탕으로 정하는 것으로 한다. 아직 시민과학 활동이 크게 활성화되어있지 않은 우리나라에서는 박쥐를 대상으로 한 시민과학 프로젝트가 수행되고 있지 않다. 올해의 프로젝트를 통해 우리나라의 환경과 상황에 맞는 시민과학 박쥐 조사 기반을 마련하고, 박쥐에 대한 일반의 인식을 개선하고자 한다.

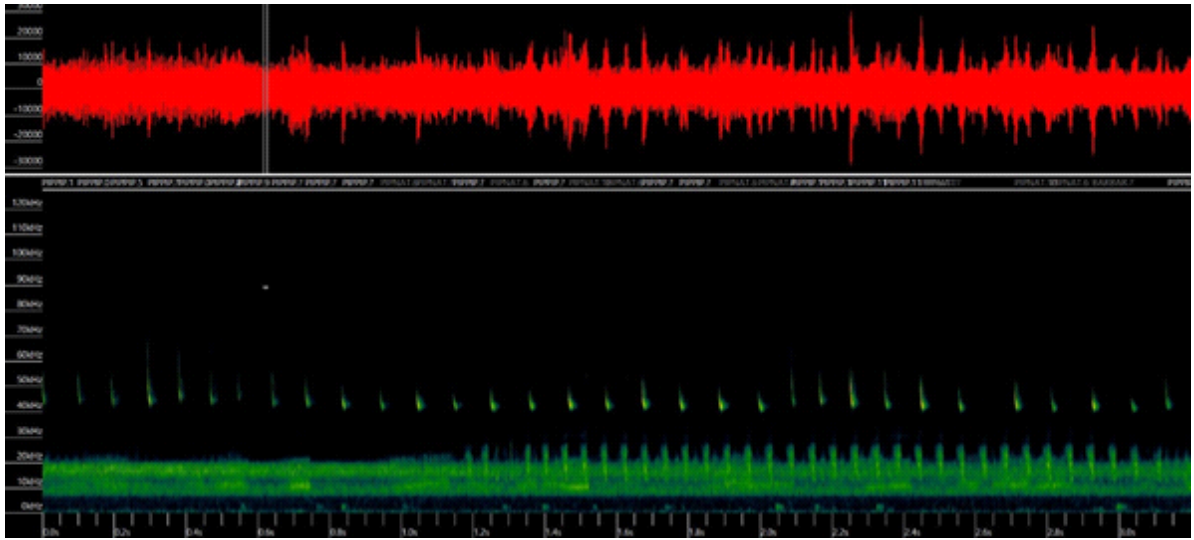
2) 목표

시민과학 박쥐 조사의 첫해인 올해의 프로젝트는 1) 도시의 하천을 이용하는 박쥐 종과 박쥐의 도시 하천 이용 빈도를 확인하고, 2) 박쥐의 다양성이 높고 교미, 번식, 먹이 활동 등에 중요하게 쓰이는 중요한 장소(hot spot)를 발견해, 장기 조사 후보지 및 연구 주제를 발굴하는 것을 목표로 한다. 위의 활동을 통해 국내 상황에 맞는 시민과학 박쥐 조사 과제 개발에 활용할 수 있는 예비 데이터를 확보할 수 있을 것으로 기대한다. 시민과학자들에 대한 교육과 이를 통한 박쥐 알리기 또한 이 프로젝트의 중요한 목표이다. 교육은 본격적인 조사 전 워크샵과 현장 실습을 통해 야외에서 박쥐 초음파 모니터링 방법, 반향정위(Echolocation; 초음파의 반사음을 이용해 주변을 인식하는 기술)를 이용한 종 동정법을 익히는 것을 목표로 한다. 이후 프로젝트를 진행하며 시민과학자들이 수집한 초음파 데이터를 YouTube 등의 플랫폼에 공개하여 일반의 박쥐에 대한 접근성과 이해를 높여 박쥐에 대한 인식을 개선하고, 궁극적으로 박쥐의 보전에 이바지할 것으로 기대한다.

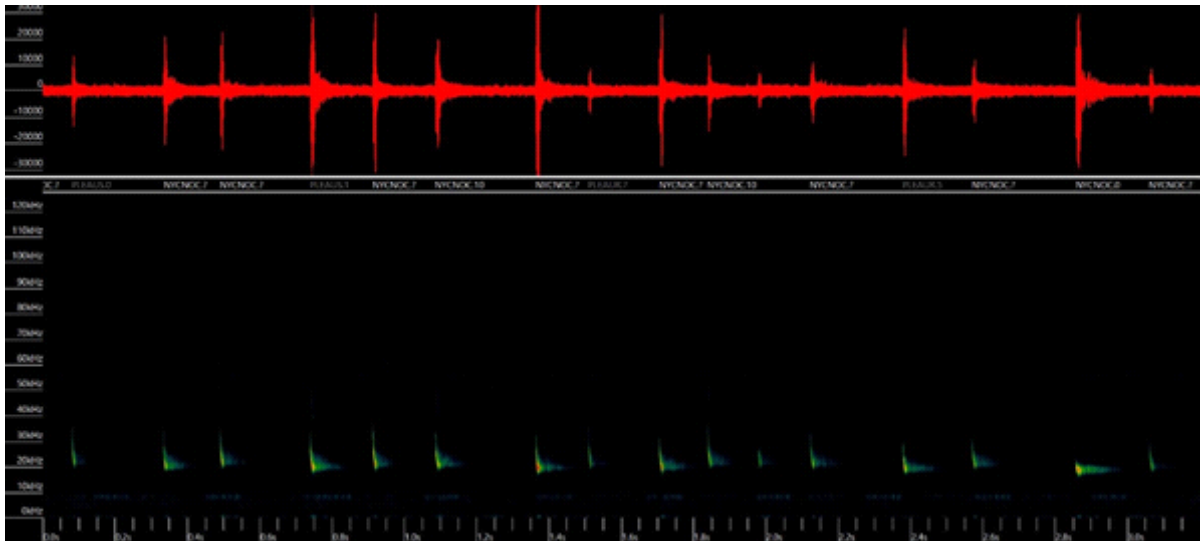
2. 본론

1) 연구 방법

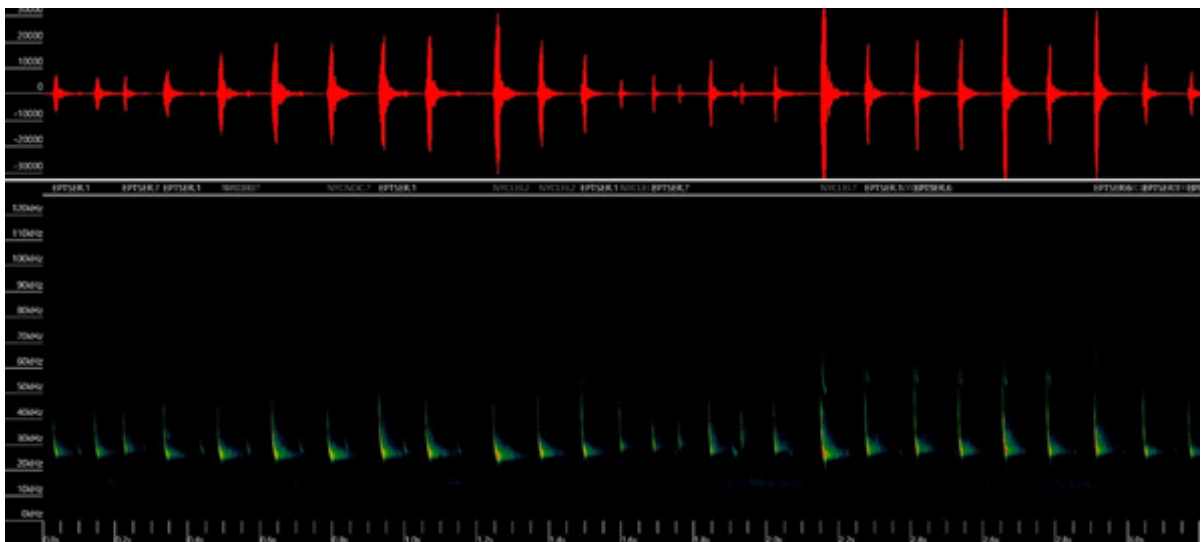
본 연구의 데이터 수집은 Android와 iOS 스마트 기기에 연결하는 초음파 녹음 마이크이자 감지기인 Echo Meter Touch 2 (미국 Wildlife Acoustics사)를 이용한다. 이 기기는 전용 애플리케이션을 통해 박쥐의 소리가 검출되면 자동으로 박쥐의 소리, 녹음 시각과 장소(GPS)를 기록하기에 조사자에 의한 편향을 줄일 수 있다. 조사는 비가 오지 않고 바람이 심하게 불지 않는 날을 선택하여 행해지며, 조사 전 사전 답사를 통해 위험 요소에 대한 확인 후, 최소 2인 1조로 수행하도록 장려하였다. 박쥐의 반향정위 분석은 Wildlife Acoustics사의 Kaleidoscope Pro(버전 5.3.9)을 이용하였다. 박쥐의 반향정위를 스펙트로그램(Spectrogram; 소리를 시간에 따른 진동수의 변화로 시각화한 그림)으로 나타낸 후 주파수, 최대 진폭 영역 등의 초음파 특성을 이용해 종을 구분하였다. 가장 많이 발견될 것으로 예상되는 집박쥐와 가청영역 대의 음파를 발산하는 멧박쥐, 집박쥐와 패턴은 비슷하나 더 낮은 주파수를 이용하는 줄망박쥐의 초음파 스펙트로그램은 <그림 2>와 같다. 종의 구분이 어려운 경우에는 교토대학의 David A. Hill 교수와 도쿄대학교의 Dai Fukui 교수에게 도움을 청하였다. 한국에는 약 20종 정도의 박쥐가 분포하는 것으로 알려져 있는데,^{4, 7} 본 프로젝트에서는 남한에서 2000년대 이후로 포획 기록이 존재하는 18종을 발견 기대 종으로 설정하였다 <표 1>. 본격적인 조사에 앞서 시민과학자들에게 조사 방법을 교육하기 위해 2회의 야외 워크샵을 양재천(2020.06.27)과 서울숲(2020.07.04)에서 개최하였다. 야외 워크샵에서는 초음파 녹음기의 기본적인 사용 방법과 설정 방법을 교육하였고, 조사 시 주의할 점들에 대해 교육하였다. 이론에 대한 교육 이후 조를 나누어 초음파 녹음기를 이용하여 박쥐 초음파 조사 실습을 진행하였다.



집박쥐 (*Pipistrellus abramus*) 반향정위 스펙트로그램



멧박쥐 (*Nyctalus aviator*) 반향정위 스펙트로그램



줄망박쥐 (*Eptesicus serotinus*) 반향정위 스펙트로그램

<그림 2> 집박쥐, 멧박쥐, 줄망박쥐의 반향정위 스펙트로그램

	국문명	영문명	학명
1	관박쥐	Greater Horseshoe bat	<i>Rhinolophus ferrumequinum</i>
2	대륙쇠큰수염박쥐	Whiskered bat	<i>Myotis aurascens</i>
3	쇠큰수염박쥐	Ikonnikov's bat	<i>Myotis ikonnikovi</i>
4	붉은박쥐	Red and black myotis	<i>Myotis rufoniger</i>
5	우수리박쥐	Eastern water bat	<i>Myotis petax</i>
6	큰발윗수염박쥐	Eastern long-fingered bat	<i>Myotis macrodactylus</i>
7	흰배윗수염박쥐	Far eastern myotis	<i>Myotis bombinus</i>
8	긴꼬리윗수염박쥐	Fraternal myotis	<i>Myotis frater</i>
9	집박쥐	Japanese house bat	<i>Pipistrellus abramus</i>
10	검은집박쥐	Alashanian pipistrelle	<i>Hypsugo alaschanicus</i>
11	졸망박쥐	Serotine bat	<i>Eptesicus serotinus</i>
12	토끼박쥐	Ognev's long-eared bat	<i>Plecotus ognevi</i>
13	안주애기박쥐	Asian parti-colored bat	<i>Vespertilio sinensis</i>
14	관코박쥐	Hilgendorf's tube-nosed bat	<i>Murina hilgendorfi</i>
15	작은관코박쥐	Ussuri tube-nosed bat	<i>Murina ussuriensis</i>
16	멧박쥐	Birdlike noctule	<i>Nyctalus aviator</i>
17	긴가락박쥐	Eastern bent-wing bat	<i>Miniopterus fuliginosus</i>
18	큰귀박쥐	East Asian free-tailed bat	<i>Tadarida insignis</i>

<표 1> 국내에서 발견이 기대되는 박쥐 18종의 박쥐. 2020년에 발간된 박쥐생태도감(자연과 생태; 정철운 저)를 참고로 하여 남한에서 2000년대 이후로 발견이 되지 않은 종은 제외하고 18종을 발견 기대 종으로 선정하였다.

(1) 수변 조사(Waterway survey)

수변 조사는 <그림 3>에서 보는 것처럼 하천 변 1km를 도보로 이동하며 박쥐의 초음파를 기록하는 조사이다. 매 110m 이동 후(조사의 편의를 위하여 성인 기준 150걸음으로 대체) 멈춘 지점에서 반경 5m 이내에서 검출되는 초음파를 녹음하였다. 각각의 지점에서 4분간 박쥐의 초음파를 녹음하며, 이때 초음파 녹음기는 가능한 수면 쪽을 향하도록 하였다. 7월부터 9월까지 총 2번, 일몰 40분 후 9개의 팀이 조사를 수행하기로 계획하였으나 1개 팀은 연락이 안 되어 조사구간을 확인할 수 없었다. 또한 긴 여름 장마와 초음파 녹음 장비의 순환 문제로 2개의 팀은 기기를 한 번만 사용할 수 있었다. 시민과학자들의 안전을 위해 낮에 조사 경로를 사전 방문하여 위험인자를 확인하였으며, 야간의 본 조사는 최소 2인 1조로 수행하도록 장려하였다. 녹음된 초음파 파일은 스마트 기기에 저장된 채로 각 팀의 조사 일정이 끝난 후 동아사이언스 본사로 보내졌다. 이후 동아사이언스 관계자와의 협업으로 클라우드 드라이브에 저장하여 분석에 이용하였다.



지도: Google Map

<그림 3> 수변 조사. 일몰 40분 후, 총 1km의 조사 경로를 따라가며, 약 110m 지점마다 4분씩 박쥐의 초음파를 녹음하였다.

(2) 중요지점 조사(Hot spot survey)

7월부터 10월까지 시민과학자들이 전국 어디에서나 자유롭게 초음파 녹음기(Echo Meter Touch 2)를 이용하여 박쥐가 발견되는 지점을 탐색하고 초음파를 녹음하였다. 조사지는 특별한 제한 없이 도시의 공원, 계곡, 하천, 산림, 농경지, 시골 마을 등을 아우르는 전국의 모든 장소로 설정하였다. 수변 조사와 마찬가지로 안전 확보를 위해 조사지에 대한 사전 답사와 최소 2인 이상의 조사를 장려하였다. 중요지점 조사에서 녹음된 초음파는 수변조사의 데이터와 마찬가지로 Wildlife Acoustic 사의 Kaleidoscope Pro (버전 5.3.9)를 이용하여 분석하였다. 윗수염박쥐 속(genus *Myotis*)에 속한 박쥐는 구분이 쉽지 않아 Kaleidoscope의 박쥐 중 자동 분류(auto identification) 기능을 이용하였다. 윗수염박쥐 속 이외의 박쥐는 Kaleidoscope로 스펙트로그램(Spectrogram; 소리를 시간에 따른 진동수의 변화로 시각화한 그림)을 하나하나 확인하며 직접 분류하였다.

2) 연구내용(결과)

(1) 수변 조사

조사지는 시민과학자들의 주소지와 가까운 서울과 경기 인근에 분포하였으며, 8개소 모두 한강 지류에 분포하였다 <표 2>. 1차 조사는 모두 7월과 8월 중에 수행하였다. 총 8개 팀 중 7개의 팀으로부터 녹음 파일이 회수 가능하였다. 데이터가 회수되지 않은 하나의 팀은, 박쥐를 발견하였다고 보고하였으나, 녹음 파일이 기기에 저장되어 있지 않았다. 2차 조사는 수행이 확인된 팀이 4팀이었고 녹음 파일이 회수 가능했던 팀은 1팀이었다. 회수된 284개의 녹음 파일 중 8개의 파일에서 박쥐의 반향정위를 확인할 수 있었다. 8개 파일 모두 학의천에서 녹음된 파일로 (경기 안양시 동안구 관양동 1609 주변), 분석 결과 모두 집박쥐(*Pipistrellus abramus*)임을 확인하였다.

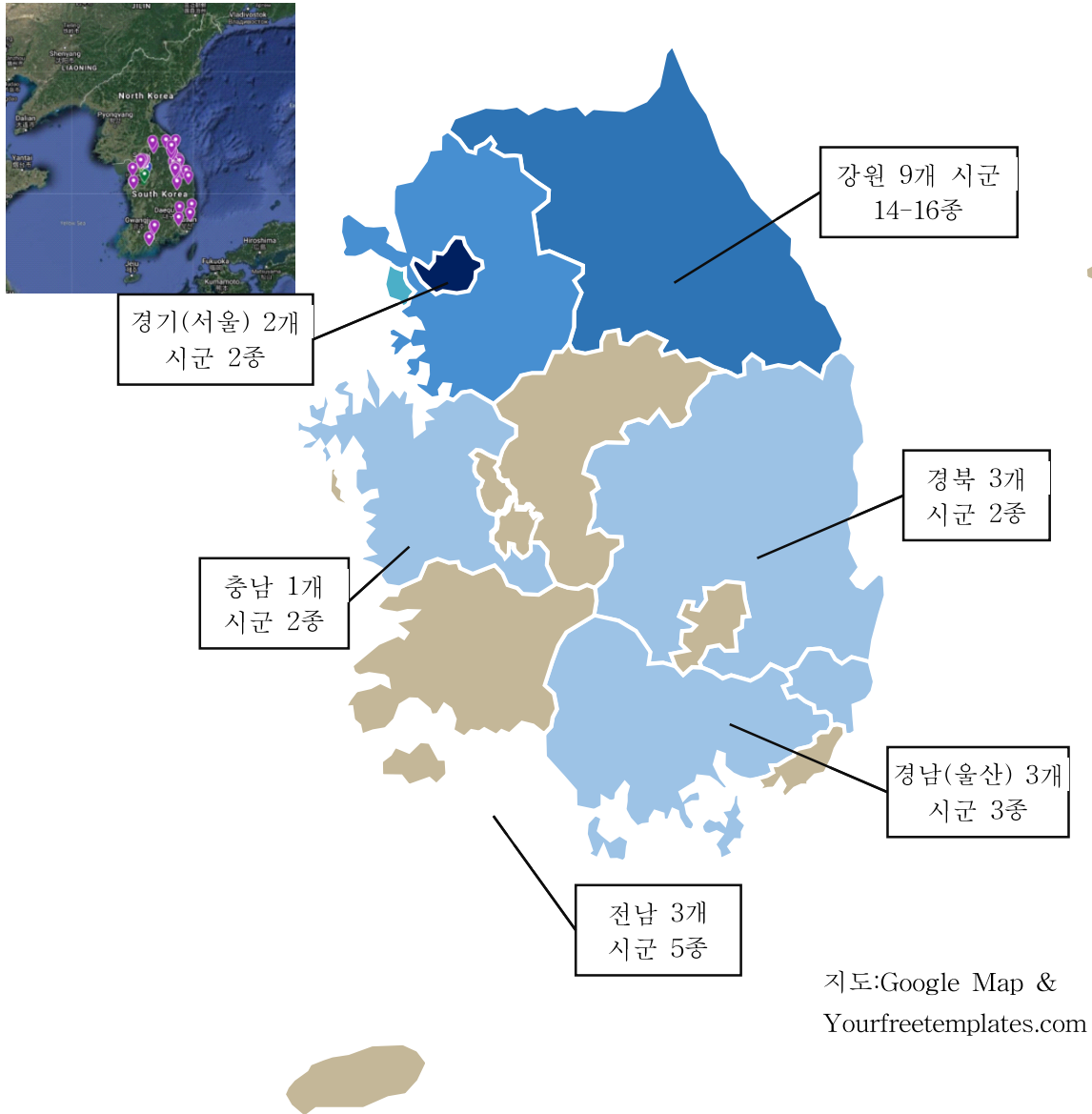
	팀명	수변 조사 시작지점 주소	GPS 좌표
1	딸랄랑구	서울 서대문구 홍은동 265-437	37.58488, 126.93552
2	서자매	경기 구리시 아천동 390	37.56395, 127.11818
3	행복	경기 평택시 세교동 503-10	36.99909, 127.08251
4	HELERE4	용인시 처인구 포곡읍 둔전리 422-83	37.27224, 127.21282
5	반짝반딧불이	서울 성동구 용답동 171	37.56988, 127.04642
6	동서남북	경기 안양시 동안구 관양동 1512	37.40203, 126.96302
7	푸른별을지켜라	서울 송파구 신천동 21	37.52352, 127.11618
8	아기호랑이	서울 서초구 양재동 126-1	37.47226, 127.03244

<표 2> 조사 팀별 수변 조사 시작 지점 주소 및 GPS 좌표.

(2) 중요지점 조사

시민과학자들은 전국 총 32개소에서 박쥐의 초음파를 녹음하였다 <그림 3>. 강원도가 14개소로 가장 많았고, 서울이 6개소로 그 뒤를 이었다. 가장 많이 녹음된 종은 집박쥐로 26개소에서 녹음되었고, 국가적색목록의 관심 대상(Least Concern) 종인 큰귀박쥐(*Tadarida insignis*)와 멧박쥐(*Nyctalus aviator*)가 각각 2위와 3위로, 15개소와 10개소에서 녹음되었다. 강원도에서는 멸종위기종 2급으로 지정된 토끼박쥐를 포함하여 10종의 박쥐와 4종 이상(최대 7종)의 윗수염박쥐 속의 박쥐가 발견되었다. 자동 분류 프로그램은 발견된 윗수염박쥐 속의 박쥐를 7종으로 제시하였으나, 제시 빈도가 파일 내에 단 한 번뿐이었던 종이 7종 중 3종이었고 한 종은 우리나라에서 분포하지 않는 종이였다. 서울에서는 청계천과 천호대교, 올림픽대교 남단 및 한강대교 북단, 서울 숲, 영등포 공원에서 박쥐의 초음파가 녹음되었다. 이들은 모두 집박쥐로 확인되었다. 서울 숲과 영등포 공원에서는 구애 행동 시에 주로 나타나는 집박쥐의 사회 음성(social call; 개체 간의 커뮤니케이션을 위한 음성)이 녹음되었다. 각 중요지점에서 발견된 종의 수와 위치, 종에 대한 자세한 정보는 <표 3>에 정리되어 있다. 시민과학자들이 녹음한 박쥐의 반향정위 중 깨끗하게 녹음된 것들을 골라 8배 늦춰 재생하여(time expansion 방법) 유튜브(YouTube)에 교육용으로 제공하였다(우측 QR코드 링크 참조).





<그림 3> 중요지점 조사. 총 32개소의 중요지점(hot spot)을 발견하였다. 강원도의 박쥐 종 다양성이 가장 높았고, 서울에서는 집박쥐만 발견할 수 있었다.

	조사일	주소	종수	발견 종 국문명
1	2020-07-04	서울시 서울숲	1	집박쥐
2	2020-07-09	서울시 한강대교	1	집박쥐
3	2020-07-12	강원 고성	2	집박쥐, 관박쥐
4	2020-07-13	강원 영월	2	큰귀박쥐, 윗수염박쥐 1종
5	2020-08-16	경북 영주	1	집박쥐
6	2020-08-24	서울 천호대교	1	집박쥐

	조사일	주소	종수	발견 종 국문명
7	2020-08-29	충남 서산	2	집박쥐, 관박쥐
8	2020-09-08	서울 올림픽대교	1	큰귀박쥐, 윗수염박쥐 1
9	2020-09-12	경기 안산	3	집박쥐, 멧박쥐, 검은집박쥐
10	2020-09-16	강원 평창	9	집박쥐, 관박쥐, 큰귀박쥐, 검은집박쥐, 멧박쥐, 안주애기박쥐, 윗수염박쥐 3종
11	2020-09-19	강원 영월	7	집박쥐, 줄망박쥐, 멧박쥐, 관박쥐, 큰귀박쥐, 토끼박쥐, 윗수염박쥐 1종
12	2020-09-20	강원 평창	4	집박쥐, 검은집박쥐, 큰귀박쥐, 멧박쥐
13	2020-09-20	울산시 울주	1	집박쥐
14	2020-09-22	강원 평창	6	집박쥐, 검은집박쥐
15	2020-09-23	강원 영월	8	관박쥐, 관코박쥐, 윗수염박쥐 6종류
16	2020-09-26	전남 고흥	5	집박쥐, 멧박쥐, 관박쥐, 줄망박쥐, 윗수염박쥐 1종
17	2020-09-27	전남 순천	1	집박쥐
18	2020-09-27	전남 광양	2	집박쥐, 멧박쥐
19	2020-10-02	강원 철원	3	집박쥐, 멧박쥐, 큰귀박쥐
20	2020-10-02	강원 화천	3	집박쥐, 멧박쥐, 큰귀박쥐
21	2020-10-03	전남 고흥	1	집박쥐
22	2020-10-03	경북 경산	1	집박쥐
23	2020-10-04	경남 밀양	2	집박쥐, 큰귀박쥐
24	2020-10-06	경남 경주	1	큰귀박쥐
25	2020-10-08	강원 양구	3	멧박쥐, 큰귀박쥐
26	2020-10-09	강원 영월	1	큰귀박쥐
27	2020-10-11	강원 홍천	3	관박쥐, 큰귀박쥐
28	2020-10-11	강원 인제	1	큰귀박쥐
29	2020-10-11	서울시 청계천	1	집박쥐
30	2020-10-13	강원 태백	2	큰귀박쥐, 검은집박쥐
31	2020-10-14	경북 봉화	2	큰귀박쥐, 집박쥐
32	2020-10-19	서울 영등포공원	1	집박쥐

<표 3> 중요지점 (hot spot) 조사일, 조사 지역, 발견 종

3. 결론

1) 고찰

서울에 있는 한강 지류에서 청계천 외에는 박쥐를 발견할 수 없었다. 이는 계절에 따라 먹이 활동 장소를 바꾸는 집박쥐의 생태 특성이 반영되었을 수 있다.⁸ 하지만 박쥐가 부재한 것은 한강 지류의 맑은 가로등, 나무나 구조물 등의 은폐물이 부재한 환경, 수생 곤충 등의 먹이원 부족 등과 더 관련이 깊을 것으로 생각된다.⁹ 강남과 강북의 한강 변, 특히 큰 다리 밑과 주변에서 집박쥐가 발견된 것은 한강의 본류에는 지류와 비교해 먹이원이 더 풍부할 수 있는 점과, 주간/야간의 은신처로 쓸 수 있는 다리 등의 구조물들이 존재하는 것에 관련이 있을 것으로 생각된다.¹⁰ 서울 도심의 공원들은 서울에 사는 집박쥐의 구애 행위와 교미에 중요한 장소로 보인다.¹¹ 우리나라의 집박쥐와 근연종인 유럽 집박쥐는 암컷이 수컷이 보호하는 영역에 들어가서 교미를 하는 것으로 알려져 있다.¹² 따라서 우리나라의 집박쥐도 도심 공원의 어둡고 은폐물이 있는 곳을 수컷이 지키고, 이곳을 찾아온 암컷에게 구애하고 교미를 할 것으로 예상된다. 서울 숲과 영등포 공원에서 사회 음성이 녹음된 장소를 보더라도 가로등이 적고, 나무가 있어 박쥐가 은폐하고 교미할 수 있는 공간임을 확인할 수 있다. 이러한 장소는 집박쥐들의 번식에 꼭 필요한 장소로 보이며 이들 공원 내에서 가로등과 나무를 정리할 때는 박쥐의 활동에 대한 고려가 필요하다고 생각된다.

강원도는 박쥐의 종 다양성이 가장 높은 지역이었다. 조사지가 가장 많은 지역이긴 하지만, 한 장소에서 9종의 박쥐가 발견되기도 하였기 때문에 단순히 조사를 많이 했기에 높은 종 다양성이 나온 것으로 생각하기는 어렵다. 이런 높은 다양성은 개발이 덜 되어 있고, 석회 동굴이 많이 분포하는 것과 관련이 있으리라 생각된다. 특히 이번 조사에서 멸종위기 야생생물 2급으로 분류되어있는 토끼박쥐의 초음파를 확인할 수 있었다는 것에 큰 의의가 있다. 멸종위기 야생생물 2급에 속한 포유류는 총 8종으로 이들이 발견된 서식지는 종 보전에 중요한 가치를 갖는다. 앞으로 더 많은 시민과학자들의 참여로 멸종위기의 박쥐들이 서식하고 활동하는 지역을 추가로 발견하고 이들의 보전에 이바지할 수 있으리라 기대한다. 또 한 가지 흥미로운 발견은 10월 중순 이후로 강원도 내 다른 박쥐에 비교하여 큰귀박쥐의 활동이 두드러졌다는 것이다. 이는 큰귀박쥐가 다른 박쥐에 비하여 낮은 온도에서도 활동 가능한 종임을 암시한다. 앞으로도 시민과학자들이 조사를 통해 알려진 바가 거의 없는 큰귀박쥐의 분포와 생태에 관한 더 많은 데이터를 축적할 수 있기를 희망한다.

조사를 위한 초음파 녹음기가 3대밖에 없어, 참여 시민과학자들이 최적의 일정으로 조사를 진행할 수 없었던 것이 올해 조사의 가장 아쉬운 부분이다. 내년에는 10대 정도의 초음파 녹음기를 지원 받을 수 있는 Wildlife Acoustic 사의 연구비 프로그램에 지원하여 참여자 모두가 초음파 녹음기를 언제든지 이용할 수 있도록 하고 싶다. 다른 아쉬운 점은 시민과학자들에 대한 교육이 부족했던 부분이다. 코로나의 영향으로 교육과 현장 워크숍을 6월 말, 7월 초에 진행하였는데, 이후 다른 교육을 수행할 수 없어, 시민과학자들의 참여율이 점점 떨어지는 것을 막을 수 없었던 것 같다. 기기 조작 미숙으로 데이터가 저장되지 않은 팀이 발생한 것도 짧은 교육의 영향은 아닌지 반성하게 된다. 원활하지 못했던 소통으로 한 팀의 조사 여부를 확인할 수 없었던 것 또한 못내 아쉬운 부분이다. 이런 문제를 개선하기 위해서 추후에는 기기 조작법에 대한 온라인 동영상 자료와 데이터 손실에 대처하는 방법에 대한 상세한 교육, 소통을 강화할 플랫폼(slack) 활용을 고려하고 있다.

2) 제안

서울시 박쥐 보전 정책

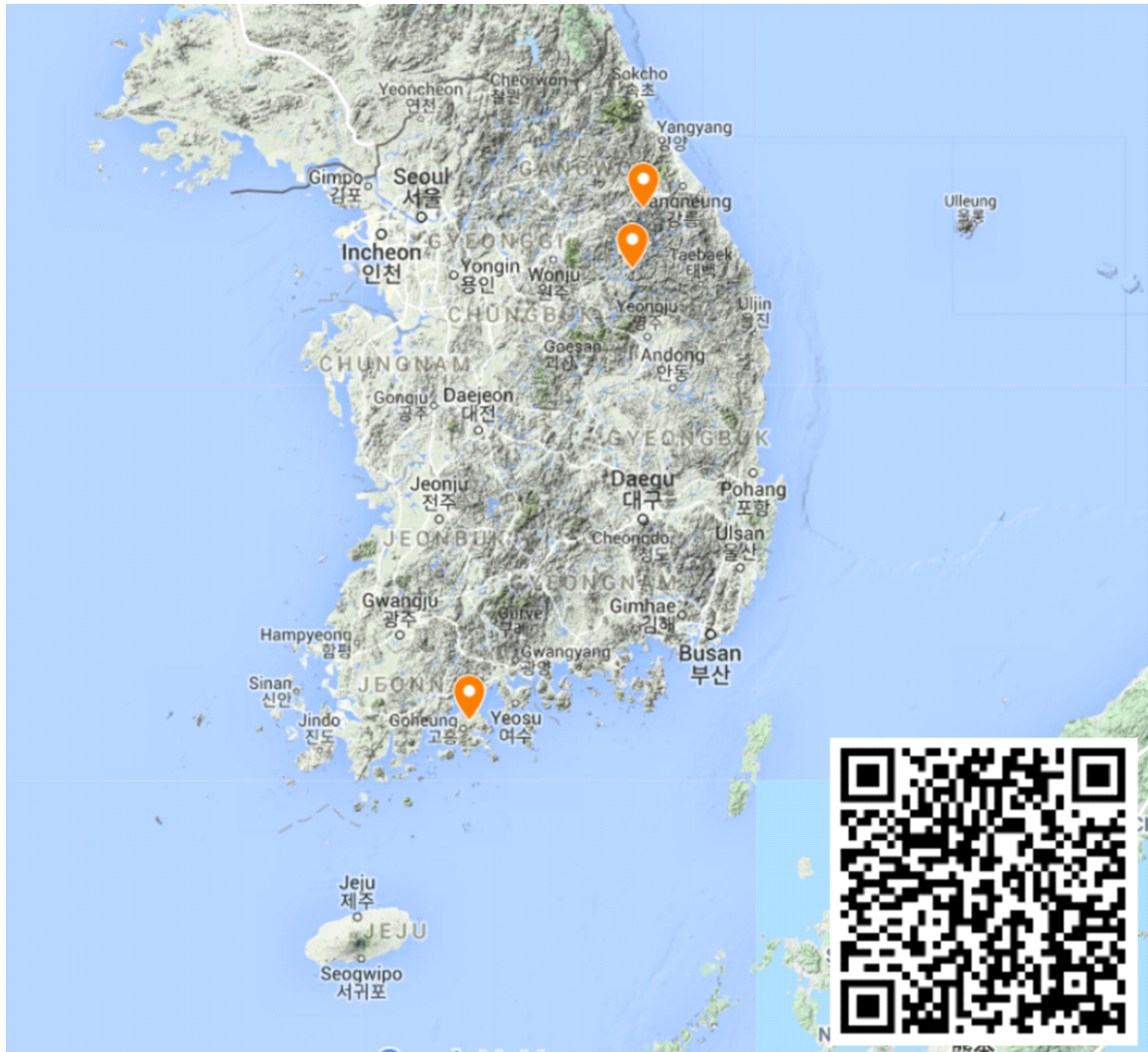
한강 다리 하부와 도심 공원의 현상 변경(가로등의 설치와 수목 등의 제거)을 위한 공사 시에는 박쥐의 활동을 고려하는 정책이 필요하다. 시민의 안전에 영향을 미치지 않는 범위에서 가로등을 적절히 배치하고 수목을 관리하면 박쥐뿐만 아니라 다른 야생동물에게도 더 친화적인 도심 공원을 만들어 낼 수 있을 것으로 생각한다. 집박쥐는 가로등에 모여드는 곤충들을 먹이원으로 쓰는 것이 가능할 정도로 도시의 환경에서도 잘 적응할 수 있다.¹¹ 하지만 이를 위해서는 은폐물로 쓰일 수 있는 수목이나 구조물 등이 필요하다. 공원 내 박쥐가 발견된 곳에 대한 더 정교한 조사를 통해 박쥐의 분포와 동선을 파악하고 이를 공원 관리에 적용할 수 있을 것이다. 이를 통해 시민의 안전과 박쥐를 포함한 다른 야생동물들의 생존이 균형 잡힌 도시 환경을 조성할 수 있을 것으로 믿는다.

멧박쥐와 큰귀박쥐에 대한 전국단위 조사

멧박쥐와 큰귀박쥐는 세계자연보전연맹(IUCN)의 국제적색목록집(Red List)에서 각각 준위협(Near Threatened)과 자료 부족(Data Deficient) 상태로 분류되고 있는 종이다.^{13 14} 이 두 박쥐 종은 국내 분포 박쥐 중 가장 큰 크기를 가지고 있으며 이들의 행동과 생태는 거의 알려져 있지 않다. 물론 국내의 분포와 개체군 크기 추정을 위한 자료 역시 매우 부족하다. 특히 제주도에 이 두 박쥐가 분포 여부는 아직도 불분명하다.¹⁵ 이 두 박쥐는 산림 위의 개방된 공간을 비행하기 때문에 다른 박쥐들과는 구별되는 10-25kHz의 낮은 초음파를 이용한다. 이런 특성으로 이들의 반향정위는 짧은 교육을 받으면 누구나 쉽게 구분해낼 수 있다. 내년에는 올해의 조사를 확장해 시민과학자들과 이 두 박쥐에 대한 전국단위의 조사를 수행하는 연구를 계획하고 있다. 이 연구를 통해 우리나라 전역, 특히 제주도에서의 이 두 종의 분포를 확인하고, 이 두 종의 국제적색목록집의 분포 범위 갱신에 쓰일 수 있는 데이터를 제공할 수 있을 것으로 기대한다.

장기 조사 후보지 선정 및 조사

중요지점 조사를 통해 박쥐의 종 다양성이 높았던 지역을 발견할 수 있었다. 이곳에 무인 녹음 장비를 이용한 장기 조사를 수행하는 과제를 제안한다. 일단 2020년의 조사에서 종 다양성과 활동도가 높았던 3곳을 후보지로 선정하였다 <그림 4>. 이 지역에서 무인 초음파 녹음 장비를 통해 1년간의 박쥐 활동도를 조사하여 이 중요지점(hot spot)들이 박쥐가 계절 이동을 위해 일시적으로 모여드는 곳인지 아니면 먹이 활동과 번식에 중요한 장소인지 파악이 가능할 것이다. 앞으로도 박쥐 hot spot들이 시민과학자들의 활동으로 전국에서 발견될 것이고, 이러한 지역 중에서 종 다양성이 높은 지역을 선정하여 무인 장비를 통해서 일 년간 데이터를 수집하고자 한다. 이렇게 수집된 자료는 박쥐의 중요 서식지를 파악하고 보전하는 활동을 위한 중요한 데이터로 쓰이게 될 것이다. 이 조사에는 인력과 장비 구입을 위한 예산이 필요하기에 지방자치단체의 지원과 시민 과학자의 협력이 필수적이다. 일단은 예산 범위 내에서 적은 수지만 장기 조사를 수행하고, 추후 이를 전국단위의 시민과학 과제로 발전시켜, 우리나라의 시민 과학의 역량을 키우고 박쥐의 보전에도 이바지하고자 한다.



지도: Google Map

<그림 4> 장기 조사 후보지. 중요지점 조사에서 박쥐의 종 다양성이 높고 활동도가 높았던 강원도 영월군 북면, 평창군 진부면, 전남 고흥군 두원면의 중요지점(hot spot)을 장기 조사 후보지로 선정, 무인 초음파 녹음 장치를 이용하여 장기 조사를 시도하고자 한다.

참고문헌

1. Kunz, T. H., Torrez, E. B. de, Bauer, D., Lobova, T. & Fleming, T. H. Ecosystem services provided by bats. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 1223, 1-38 (2011).
2. Boyles, J. G., Cryan, P. M., McCracken, G. F. & Kunz, T. H. Economic importance of bats in agriculture. *Science* 332, 41-42 (2011).
3. 정옥식. 농업과 생태계의 지속적인 공생을 위하여. 18 (2012).
4. 정철운. 박쥐 생태 도감. (자연과생태, 2020).
5. Newson, S. E., Evans, H. E. & Gillings, S. A novel citizen science approach for large-scale standardised monitoring of bat activity and distribution, evaluated in eastern England. *Biol. Conserv.* 191, 38-49 (2015).
6. Barlow, K. E. et al. Citizen science reveals trends in bat populations: the national bat monitoring programme in Great Britain. *Biol. Conserv.* 182, 14-26 (2015).
7. 윤명희. (대한민국 생물지)한국의 척추동물. vol. 제5권 1호 (국립생물자원관, 2010).
8. Kusch, J. & Idelberger, S. Spatial and temporal variability of bat foraging in a western European low mountain range forest. *Mammalia* 69, 21-33 (2005).
9. Jung, K. & Kalko, E. K. V. Adaptability and vulnerability of high flying neotropical aerial insectivorous bats to urbanization. *Divers. Distrib.* 17, 262-274 (2011).
10. Ferrara, F. J. & Leberg, P. L. Influence of investigator disturbance and temporal variation on surveys of bats roosting under bridges. *Wildl. Soc. Bull.* 33, 1113-1122 (2005).
11. Russo, D. & Ancillotto, L. Sensitivity of bats to urbanization: a review. *Mamm. Biol.* 80, 205-212 (2015).
12. Sachteleben, J. & von Helversen, O. Songflight behaviour and mating system of the pipistrelle bat (*Pipistrellus pipistrellus*) in an urban habitat. *Acta Chiropterologica* 8, 391-401 (2006).
13. Fukui, D., Sano, A. & Kruskop, S. V. IUCN red list of threatened species: *Nyctalus aviator*. IUCN Red List of Threatened Species <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2019-3.RLTS.T14921A22016483.en> (2019).
14. Sano, A. & Fukui, D. IUCN red list of threatened species: *Tadarida insignis*. IUCN Red List of Threatened Species <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2019-3.RLTS.T136716A22036641.en> (2019).
15. 박수곤 et al. 제주도에서 박쥐류의 분포에 관한 연구. *Korean J. Environ. Biol.* 33, 394-402 (2015).