정책연구
2019-04

정책연구 2019-04
전시 주요 산림 및 하천의 박쥐류 현황 및 보전 방안

DSI

# 대전시 주요 산림 및 하천의 박쥐류 현황 및 보전 방안

이은재

대전세종연구원
DAEJEON SEJONG RESEARCH INSTITUTE
34863 대전광역시 중구 중앙로 85 (선화동)
TEL. 042-530-3500 FAX. 042-530-3508
www.dsi.re.kr

ISBN 979-11-6075-104-8 93490

대전세종연구원

대전세종연구원
DAEJEON SEJONG RESEARCH INSTITUTE

정책연구 2019-04

# 대전시 주요 산림 및 하천의 박쥐류 현황 및 보전 방안

## The Current Status and Conservation of Bats at the Main Forests and Rivers in Daejeon

이 은 재

대전세종연구원
DAEJEON SEJONG RESEARCH INSTITUTE

**연구책임** • 이은재 / 도시기반연구실 책임연구위원

**정책연구 2019-04**

대전시 주요 산림 및 하천의
박쥐류 현황 및 보전 방안

발행인 박 재 묵
발행일 2019년 2월
발행처 대전세종연구원
34863 대전광역시 중구 중앙로 85(선화동)
전화: 042-530-3500 팩스: 042-530-3508
홈페이지 : http://www.dsi.re.kr

인쇄: ㈜카피팩토리 TEL 070-8279-3343

이 보고서의 내용은 연구책임자의 견해로서 대전광역시와 세종특별자치시의 정책적 입장과는 다를 수 있습니다.
출처를 밝히는 한 자유로이 인용할 수 있으나 무단 전재나 복제는 금합니다.

# 요약 및 정책건의

## ■ 연구 배경 및 필요성

○ 대전은 비교적 자연환경이 잘 보전되어 있고, 자연환경 현황 및 주요종의 정밀 분포 파악을 위한 지속적인 노력이 이루어지고 있음

○ 대전의 포유류 조사는 주로 중대형 포유류 위주의 조사가 수행되었으며, 박쥐류의 분포, 서식지 등 기초적인 조사는 수행된 바 없음

○ 대전 내 주요 서식지에서 박쥐의 서식현황 및 보전·활용 방안 마련이 필요함

## ■ 연구목적 및 내용

○ 대전시 내 산림과 하천에서의 박쥐 분포 현황 파악

○ 시기별 각 박쥐 종의 서식환경 파악

○ 대전시 내 서식 박쥐의 생태적 특성을 고려한 보전 방안 마련

## ■ 연구결과

### □ 국내·외 연구·관리 동향

○ 국내 박쥐 연구는 국외 연구 사례와 비교했을 때 기초 연구 수행이 주로 이행되고 있으며, 응용·연계 연구가 미흡한 실정임

○ 외국 관리 사례에서 자원봉사자 운영, 정보 공개 등 시민 참여형 프로그램을 다수 확인할 수 있었으나, 국내 관리 사례는 전문지식, 종 목록화에 그쳤음

### □ 대전시 주요 산림 및 하천 서식 박쥐 조사

○ 조사 결과 총 2과 5종의 서식을 확인하였으며, 이 중 1종은 속(Genus) 수준에서 동정이 가능하였음

○ 만인산자연휴양림 일대에서 포획조사에 의해 관박쥐를 확인하였으며, 초음파 조사로 집박쥐, 안주애기박쥐, 우수리박쥐의 서식을 확인함

○ 수계 중심의 야간 조사 결과, 갑천 상류 지역 및 하류 지역 일대의 하천과 주변 농경지에서 집박쥐의 서식을 다수 확인함

○ 조명 시설, 인위적 간섭과 같은 다수의 교란 요인이 확인된 도심지역, 일부 산림지역에서는 박쥐의 서식을 확인할 수 없었음

## ■ 정책건의

○ 대전시 박쥐류 모니터링

- 현재 대전에서는 자연환경조사, 생태계변화관찰, 도시생태현황지도 구축 등을 통해 자연환경 모니터링을 수행
- 추가적인 박쥐 모니터링 실시 혹은 기존 수행 중인 조사에 박쥐를 포함시킬 필요가 있음

○ 박쥐 생태연구 수행

- 모니터링을 통한 분포조사 외에 생리·생태적 특성 파악 필요

○ 시민 모니터링단 구성·운영

- 시민 참여에 의한 모니터링이 전세계적으로 확산 중에 있음
- 박쥐의 특성상 시민과 함께 모니터링단을 구성 및 운영 필요

○ 박쥐 보금자리 조성

- 대전 깃대종인 하늘다람쥐를 대상으로 인공둥지 설치를 통한 보전 및 홍보 효과 사례가 있음
- 박쥐용 보금자리를 주요 서식지에 조성하여 번식 및 잠자리 활용

○ 박쥐 생태교육 프로그램 운영

- 기존 프로그램에 추가 혹은 신규 프로그램 개발 가능

○ 도심내 박쥐의 생태적 역할 연구·홍보

# 차 례


**1장 서 론 ····· 1**

1절. 연구의 배경 및 필요성 ····· 3

2절. 연구의 목적 및 방법 ····· 4

1. 연구의 목적 ····· 4

2. 연구의 방법 ····· 4

**2장 국내·외 연구관리 동향 ····· 7**

1절. 박쥐의 일반현황 ····· 9

1. 박쥐의 다양성 및 분류 ····· 9

2. 국내 박쥐의 일반현황 ····· 11

2절. 국외 연구·관리 동향 ····· 13

1. 국외 연구 동향 ····· 13

2. 국외 관리 동향 ····· 24

3절. 국내 연구·관리 동향 ····· 28

1. 국내 박쥐 연구 동향 ····· 28

**3장 대전시 주요 산림 및 하천에 서식하는 박쥐류 조사 ····· 45**

1절. 조사 방법 ····· 47

1. 조사 대상지 ····· 47

2. 포획 조사 ····· 49

3. 초음파수신기(ultrasound detector)를 이용한 조사 ····· 49

2절. 조사 결과 ····· 52

1. 포획 조사 결과 ····· 52

2. 초음파 조사 결과 ····· 53
3. 조사 지점별 결과 ····· 55
4. 종합 결과 ····· 65

**4장 결론 및 정책제언 ····· 69**
1절. 결 론 ····· 71
1. 국외 연구·관리 동향 ····· 71
2. 국내 연구·관리 동향 ····· 72
3. 대전시 박쥐 현장조사 ····· 73
2절. 정책제언 ····· 74
1. 대전시 박쥐류 모니터링 ····· 74
2. 관리 및 연구 제언 ····· 76
3. 박쥐 홍보·활용 방안 ····· 79

**참고문헌 ····· 85**

# 표 차례

[표 2-1] 박쥐의 분류체계 ····· 10
[표 2-2] 국내 서식하는 박쥐 종 목록 ····· 12
[표 3-1] 2018년도 대전시 주요 산림 및 하천의 박쥐류 조사결과 ····· 66
[표 3-2] 2018년도 대전시 주요 산림 및 하천의 박쥐 서식 확인 지점 ····· 67
[표 4-1] 대전시 생태계변화관찰 조사대상지 현황 ····· 75

# 그림 차례

[그림 1-1] 연구의 체계 ····· 5
[그림 2-1] 동굴 내 서식 박쥐 2종의 월별 활동패턴(좌)과 동굴 방문자 수(우) ····· 13
[그림 2-2] 농장 내 박쥐 출현 보고 횟수(좌)와 자체 박쥐 구제 마을(우) ····· 14
[그림 2-3] 거리와 광도 간 이동 성공 여부(좌)와 도심 내 조명에 의한 접근 시나리오 분석(우) ····· 15
[그림 2-4] 도심 내 박쥐의 이용 서식지(좌)와 먹이활동 연못 근처 활동가능 지역 연결(우) ····· 16
[그림 2-5] 모기의 2-3월간 서식지 내 풍부도(좌)와 포식자 박쥐의 2월(우상), 3월(우하) 서식지 이용도 ····· 17
[그림 2-6] 모델링을 이용한 박쥐의 먹이를 쫓는 초음파 활동 패턴 연구 ····· 18
[그림 2-7] 동굴 서식 박쥐 기생 외부기생충과 숙주, 풍부도 ····· 19
[그림 2-8] 박쥐 기생충의 유전적 풍부도 ····· 20
[그림 2-9] 박쥐의 톡소플라즈마 유병률 ····· 20
[그림 2-10] 박쥐의 종별 광견병 유병률(상)과 광견병 바이러스 패턴(하) ····· 21
[그림 2-11] maximum likelihood (ML)을 이용한 검은집박쥐의 계통 분석 ····· 22
[그림 2-11] 초음파를 이용한 박쥐 12종 동정 ····· 23
[그림 2-13] 미국 박쥐에 대한 교각 모니터링 진행지점 ····· 24
[그림 2-14] 위스콘신주의 박쥐 음성신호를 이용한 모니터링 ····· 25
[그림 2-15] 영국 박쥐 모니터링 프로그램 지원자 분포 ····· 26
[그림 2-16] 미시건주에서 수행되는 박쥐 모니터링 지점 ····· 27
[그림 2-17] 붉은박쥐 국제세미나 초청장 ····· 28
[그림 2-18] 박쥐의 생태와 보전 단행본 표지 ····· 29
[그림 2-19] 박쥐 모니터링 시스템 및 방법 ····· 30

[그림 2-20] 충청남도에서 청문조사에 의한 박쥐 분포 현황 ····· 31
[그림 2-21] '17년 인제군 내 최초 확인된 멸종위기야생생물 붉은박쥐 1급 ···· 32
[그림 2-22] 치악산국립공원 서식 박쥐 종별 동면 생태 연구의 예시 ····· 33
[그림 2-23] 치악산국립공원 서식 박쥐 조사(상)와 토끼박쥐의 먹이원 분석 ····· 34
[그림 2-24] 검은큰집박쥐의 정자미부 형태 ····· 35
[그림 2-25] 한국관박쥐 망막의 니코틴성 아세틸콜린 수용체 면역반응성 실험결과 ····· 36
[그림 2-26] 큰발윗수염박쥐의 계통분류학적 연구결과 ····· 37
[그림 2-27] 국내 서식 박쥐종의 두개골 형태 비교 ····· 38
[그림 2-28] 넓은비스듬고환흡충 및 미세여포비스듬고환흡충의 복면 모식도 ··· 39
[그림 2-29] 관박쥐와 문둥이박쥐에 기생하는 외부기생충 ····· 40
[그림 2-30] 연도별 관찰 붉은박쥐 개체수(상)와 개체군 동향 TRIM 분석 결과 ·· 41
[그림 2-31] 3단계별 행동권 크기 비교 (좌)MCP100%, 중 (우)KHR 50% ····· 42
[그림 2-32] 국내 애기박쥐과 5종의 초음파 패턴 ····· 43
[그림 3-1] 박쥐 서식 실태 파악을 위한 대전시 내 주요 조사 대상지 ····· 48
[그림 3-2] 대전시 내 박쥐포획을 위한 Mist-net 설치 ····· 49
[그림 3-3] 대전시 내 박쥐포획을 위한 Mist-net설치지점(2017.07.20.) ····· 50
[그림 3-4] 대전시 내 박쥐포획을 위한 Mist-net설치지점(2017.08.03.) ····· 50
[그림 3-5] 대전시 내 박쥐포획을 위한 Mist-net설치지점(2017.08.04.) ····· 51
[그림 3-6] 대전시 내 박쥐포획을 위한 Mist-net설치지점(2017.09.23.) ····· 51
[그림 3-7] 만인산자연휴양림 일대에서 포획된 관박쥐(우) ····· 52
[그림 3-8] 집박쥐(*Pipistrellus abramus*) 초음파 패턴 ····· 54
[그림 3-9] 관박쥐(*Rhinolophus ferumequinum*) 초음파 패턴 ····· 54
[그림 3-10] 안주애기박쥐(Vespertilio sinensis) 초음파 패턴 ····· 54
[그림 3-11] 우수리박쥐(*Myotis petax*) 초음파 패턴 ····· 54
[그림 3-12] 금강 일대 조사 지점 및 경로 ····· 55
[그림 3-13] 대청호 일대 조사 지점 및 경로 ····· 56

[그림 3-14] 계족산 일대 조사 지점 및 경로 ····· 57
[그림 3-15] 성치산 일대 조사 지점 및 경로 ····· 58
[그림 3-16] 갑천 일대 조사 지점 및 경로 ····· 59
[그림 3-17] 유등천 일대 조사 지점 및 경로 ····· 60
[그림 3-18] 약사봉 일대 조사 지점 및 경로 ····· 61
[그림 3-19] 보문산 일대 조사 지점 및 경로 ····· 62
[그림 3-20] 만인산 일대 조사 지점 및 경로 ····· 63
[그림 3-21] 정기봉 일대 조사 지점 및 경로 ····· 64
[그림 4-1] 만인산자연휴양림 주변 박쥐 서식 현황 ····· 77
[그림 4-2] 시민 참여에 의한 모니터링의 예 ····· 80
[그림 4-3] 박쥐 보금자리 재료 및 설치 ····· 81
[그림 4-4] 대전 하늘다람쥐 둥지 설치 및 자연정화활동 ····· 81
[그림 4-5] 박쥐 초음파 추적기 어플리케이션 ····· 82
[그림 4-6] 박쥐의 해충구제 역할 및 서식지 보전 ····· 83
[그림 4-7] 전세계 박쥐 종풍부도 및 대형 박쥐둥지 ····· 83

DSI

# 서 론

1. 연구의 배경 및 필요성
2. 연구의 목적 및 방법

# 1장

# 1장 서 론

## 1절. 연구의 배경 및 필요성

❍ 대전은 외곽을 중심으로 산림이 비교적 잘 발달되어 있고, 도심을 관통하는 3대 하천이 있어 대도시임에도 불구하고 비교적 자연환경이 잘 보존되어 있음

❍ 대전에서는 자연환경 현황 및 변화를 파악하고 깃대종 등 대전 주요종의 정밀 분포 등을 파악하기 위한 지속적이 노력이 이루어지고 있음

- 2002년부터 10년 단위로 자연환경조사 수행
  · 1차: 2002~2004년, 2차: 2012~2014년
- 2017년부터 대전 주요 서식지에 대한 생태계 변화관찰
- 대전 깃대종(하늘다람쥐, 이끼도롱뇽, 감돌고기) 선정 및 정밀 분포와 생태적 특성, 보전·활용 방안 마련

❍ 그러나 아직까지 대전 내에서 박쥐류의 분포, 주요 서식지, 생태적 특성 등 기초적인 조사가 이루어지고 있지 않음

- 자연환경조사의 경우 포유류는 중대형 포유류 위주로 조사가 수행되었으며, 일부 포획을 통한 소형포유류 조사가 이루어졌음

❍ 대전 내 주요 산림 및 하천에 서식하는 박쥐류 현황 파악 및 보전 방안 마련 필요

- 국내에 육상 포유류의 약 30%인 24종의 박쥐가 서식
- 박쥐류는 환경변화에 민감하기 때문에 지표종으로써의 역할을 함
- 대전 내 박쥐류 현황 기초조사 및 보전을 위한 기초자료 확보 필요

# 2절. 연구의 목적 및 방법

## 1. 연구의 목적

○ 대전 내 박쥐류의 주요 서식지인 산림과 하천에서의 분포 현황 파악

○ 시기별 각 박쥐류 종의 서식환경 파악

○ 대전 내 박쥐류의 생태적 특성을 고려한 보전 방안 마련

## 2. 연구의 방법

○ 박쥐 연구·관리 현황 파악

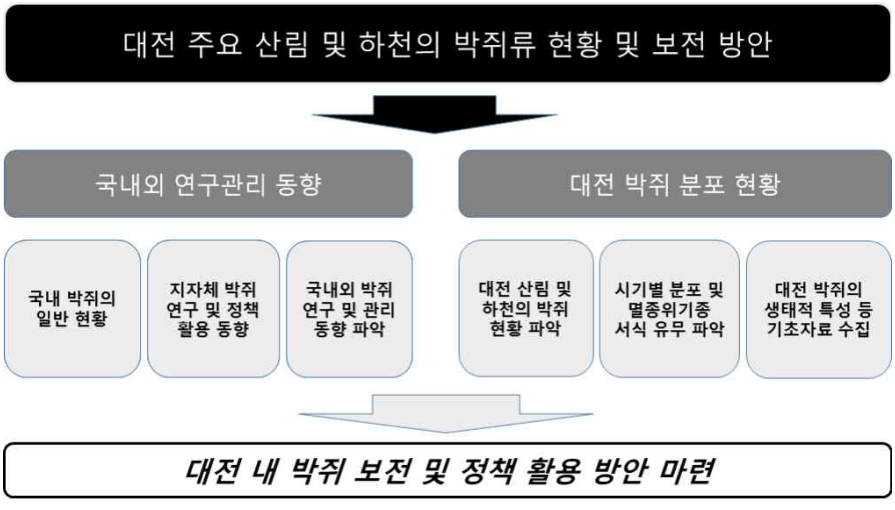
- 국내 박쥐의 일반 현황 검토
- 지자체 박쥐 연구 및 정책 활용 동향 파악
- 국내·외 박쥐 연구 및 관리 동향 및 시사점 도출

○ 대전 박쥐 분포현황 파악

- 대전의 주요 산림 및 하천에서 박쥐 현황 파악
- 시기별 각 박쥐류 종의 분포 파악
- 멸종위기종(Ⅰ급: 붉은박쥐, 작은관코박쥐, Ⅱ급: 토끼박쥐) 서식 유무 확인
- 대전 서식 박쥐의 생태적 특성 등 기초자료 수집

○ 대전 내 박쥐 서식을 위한 보전 방안 마련

- 도심 내 박쥐 서식을 위한 일반적인 보전방안 검토
- 대전에 서식하는 박쥐의 위협 및 교란요인 등 파악
- 대전 내 서식하는 박쥐의 보전·활용 방안 제시


대전 주요 산림 및 하천의 박쥐류 현황 및 보전 방안
국내외 연구관리 동향
대전 박쥐 분포 현황
국내 박쥐의 일반 현황
지자체 박쥐 연구 및 정책 활용 동향
국내외 박쥐 연구 및 관리 동향 파악
대전 산림 및 하천의 박쥐 현황 파악
시기별 분포 및 멸종위기종 서식 유무 파악
대전 박쥐의 생태적 특성 등 기초자료 수집
대전 내 박쥐 보전 및 정책 활용 방안 마련

[그림 1-1] 연구의 체계

# 국내·외 연구·관리 동향

1. 박쥐의 일반현황
2. 국외 연구·관리 동향
3. 국내 연구·관리 동향

# 2장

# 2장 국내·외 연구관리 동향

## 1절. 박쥐의 일반현황

### 1. 박쥐의 다양성 및 분류

#### 1) 박쥐의 다양성

○ 박쥐는 포유동물 중 유일하게 비행을 하는 분류군으로 전 세계적으로 약 1,300여종이 서식하는 것으로 알려져 있으며, 전 세계 포유동물 종의 약 20%를 차지함

○ 박쥐는 북극과 남극을 제외한 지역의 다양한 서식지에 분포하는 것으로 알려짐

○ 박쥐는 주로 야생성으로 동굴, 폐광, 바위틈, 인가, 고사목, 나무 구멍 그리고 교량 등을 휴식처·서식지로 이용하며, 큰 무리를 이루거나 단독 혹은 소수의 개체가 군집을 이루어 서식

#### 2) 박쥐의 분류

○ 과거 박쥐의 분류체계는 해부학적으로 큰 몸집을 가진 큰박쥐아목(Megachiroptera)과 작은 몸집을 가지며 초음파(echolocation)를 이용하여 먹이활동과 의사소통 등을 하는 작은박쥐아목(Microchiroptera) 등 2개 아목으로 분류되어 왔음

○ 최근 세계적으로 다양한 유전자 분석 연구를 통해 일부 작은박쥐아목의 종들이 큰박쥐아목의 과일박쥐들과 혈연관계가 가깝다는 것이 밝혀져 음박쥐아목(Yinpterochiroptera)와 양박쥐아목(Yangochiroptera)이라는 새로운 분류체계가 제안되어 왔음

**[표 2-1] 박쥐의 분류체계**

| 과거의 분류체계 (출처:Simmons&Geisler, 1998) | 현재의 분류체계 (출처:Wetterer et al, 2006) |
|---|---|
| suborder Megachiroptera | suborder Yinpterochiroptera |
| family Pteropodidae | family Pteropodidae |
| suborder Microchiroptera | family Rhinolophidae |
| family Emballonuridae | family Hipposideridae |
| family Craseonycteridae | family Rhinopomatidae |
| family Rhinopomatidae | family Craseonycteridae |
| family Nycteridae | family Megadermatidae |
| family Megadermatidae | suborder Yangochiroptera |
| family Rhinolophidae | family Nycteridae |
| family Hipposideridae | famly Emballonuridae |
| family Mystacinidae | family Mystacinidae |
| family Noctilionidae | family Noctilionidae |
| family Phyllostomidae | family Phyllostomidae |
| family Mormoopidae | family Mormoopidae |
| family Molossidae | family Natalidae |
| family Miniopteridae | family Miniopteridae |
| family Vespertilionidae | family Vespertilionidae |
| family Myzopodidae | family Molossidae |
| family Natalidae | family Thyropteridae |
| family Thyropteridae | family Furiopteridae |
| family Furipteridae | family Myzopodidae |

## 2. 국내 박쥐의 일반현황

### 1) 국내 박쥐의 연구

○ 국내 박쥐의 분류 및 연구는 일본인 학자에 의한 일본 박쥐종과 국내 박쥐종의 비교·검토로 시작되었음

○ 1932년경 국내 연구자에 의해 한국산 박쥐 연구가 처음 시작되어 1967년경 한국산 박쥐류에 대한 형태, 생태, 분포 등에 대한 구체적 조사가 수행되었음

○ 1970년대 이후 국내 학자들에 의해 분류 및 분포에 대한 연구가 수행되었으며 일부 학자들에 의해 핵형학적 연구가 수행되기도 함

○ 최근에는 국내 박쥐류에 대한 분류학적 연구 이외에도, 특정 종에 대한 행동권 연구, 초음파 특성과 같은 연구가 수행되었으며 박쥐의 서식지 특성, 동면지 특성 및 온도 선호성 등 생활사 및 서식지 등에 대한 행동·생태학적 연구가 활발하게 수행되고 있음

### 2) 국내 박쥐 현황

○ 국내 박쥐는 현재 4과 24종의 박쥐가 서식하고 있는 것으로 알려져 있으며 이 중 3종이 멸종위기야생생물로 지정되어 보호받고 있음

- 멸종위기야생생물 1급 : 붉은박쥐*Myotis formosus* (천연기념물 제452호), 작은관코박쥐*Murina ussuriensis* (2급→1급으로 승급)
- 멸종위기야생생물 2급 : 토끼박쥐*Plecotus ognevi*

**[표 2-2] 국내 서식하는 박쥐 종 목록**

| 과명 | 종명 | 학명 | 비고* |
|---|---|---|---|
| 긴날개박쥐과 | 긴날개박쥐 | *Miniopterus fuliginosus* | |
| 큰귀박쥐과 | 큰귀박쥐 | *Tadarida insignis* | |
| 관박쥐과 | 관박쥐 | *Rhinolophus ferrumequinum* | |
| | 고바야시박쥐 | *Eptesicus kobayashii* | |
| | 생박쥐 | *Eptesicus nilssonii* | |
| | 문둥이박쥐 | *Eptesicus serotinus* | |
| | 양박쥐 | *Hypsugo alaschanicus* | |
| | 뿔박쥐 | *Murina hilgendorfi* | |
| | 작은관코박쥐 | *Murina ussuriensis* | 멸I |
| | 흰배윗수염박쥐 | *Myotis bombinus* | |
| | 대륙쇠큰수염박쥐 | *Myotis davidii* | |
| | 쇠윗수염박쥐 | *Myotis ikonnikovi* | |
| | 긴꼬리윗수염박쥐 | *Myotis longicaudatus* | |
| 애기박쥐과 | 큰발윗수염박쥐 | *Myotis macrodactylus* | |
| | 우수리박쥐 | *Myotis petax* | |
| | 붉은박쥐 | *Myotis rufoniger* | 멸I,천 |
| | 윗수염박쥐 | *Myotis sibiricus* | |
| | 멧박쥐 | *Nyctalus aviator* | |
| | 쇠멧박쥐 | *Nyctalus furvus* | |
| | 집박쥐 | *Pipistrellus abramus* | |
| | 쇠집박쥐 | *Pipistrellus endoi* | |
| | 토끼박쥐 | *Plecotus auritus* | 멸II |
| | 북방애기박쥐 | *Vespertilio murinus* | |
| | 안주애기박쥐 | *Vespertilio sinensis* | |

*멸I:멸종위기야생생물 1급;멸II:멸종위기야생생물 2급;천:천연기념물

출처: 국가생물종목록; 국립생물자원관 2017

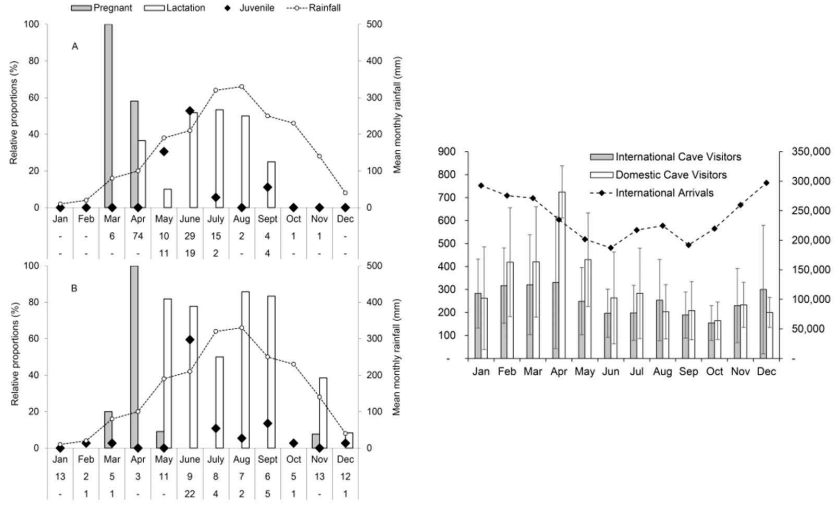
# 2절. 국외 연구·관리 동향

## 1. 국외 연구 동향

### 1) 박쥐에 의한 인간의 영향 연구

❍ 캄보디아의 동굴 서식 박쥐 번식과 사람의 동굴 방문 연구를 통해 보전 방안 마련의 기초 데이터를 제시

- 인간 교란에 취약한 동굴 서식 박쥐의 월별 행동 주기와 종교의식을 위해 동굴을 찾는 인간 방문자 수의 변동 추이의 상호비교
- 동굴 서식하는 2종의 출산시기와 동굴 방문자 수의 최고치가 4월에 수렴하기 때문에 박쥐 보전에 대한 우려 제기




**[그림 2-1] 동굴 내 서식 박쥐 2종의 월별 활동패턴(좌)과 동굴 방문자 수(우)**

출처: Lim, T. et al., 2018

❍ 방글라데시의 과수원 침입 박쥐의 사냥에 의한 인간 생활권 내 인간-박쥐 상호작용 연구

- 과일을 먹이원으로 하는 박쥐의 과수원 침입은 빈번하게 일어나며, 높은 빈도로 농장주의 자체 구제가 실시되고 있음
- 농장 출입 박쥐의 사냥과 도살에 의한 전염성 병균의 확산이 우려되기 때문에 특정 지역을 설정하는 등의 중재가 필요

| Fruit tree variety | Households owning tree % (num) | Households owning tree and reporting bats eating fruit % (num) |
|---|---|---|
| Mango | 83% (4190) | 94% (3930) |
| Guava | 62% (3137) | 92% (2877) |
| Sofeda | 10% (516) | 89% (463) |
| Boroi | 46% (2317) | 89% (2053) |
| Banana | 63% (3196) | 88% (2829) |
| Lychee | 19% (992) | 84% (833) |
| Betel nut | 46% (2361) | 71% (1671) |
| Palmyra | 18% (928) | 68% (630) |
| Blackberry | 16% (816) | 64% (523) |
| Date palm | 27% (1395) | 63% (876) |
| Jackfruit | 67% (3384) | 60% (2036) |
| Custard apple | 14% (705) | 60% (421) |
| Indian olive | 15% (774) | 60% (462) |
| Papaya | 40% (2040) | 59% (1210) |
| Star fruit | 15% (746) | 59% (438) |
| Coconut palm | 57% (2895) | 8% (246) |

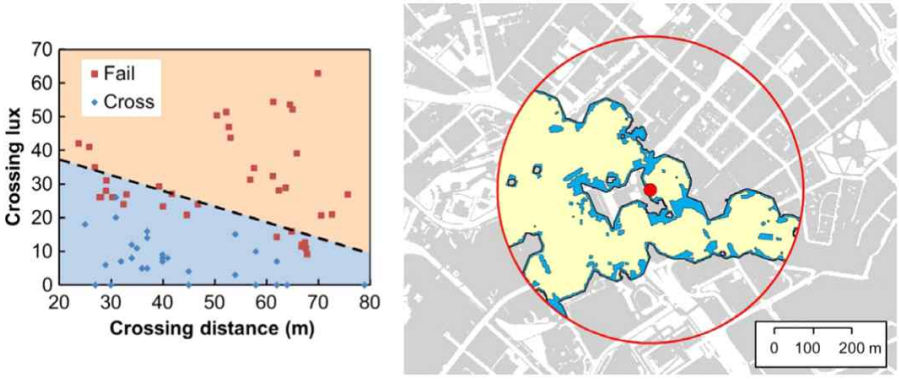
| Hunters within household | Known hunters within village but outside household | Villages (num) | % of all villages | % of hunting villages |
|---|---|---|---|---|
| Yes | Yes | 36 | 18% | 36% |
| Yes | No | 3 | 2% | 3% |
| No | Yes | 62 | 30% | 61% |
| No | No | 103 | 50% | – |

**[그림 2-2] 농장 내 박쥐 출현 보고 횟수(좌)와 자체 박쥐 구제 마을(우)**
출처: Openshaw, J. J. et al., 2017

## 2) 도시 서식지 내 박쥐 생태 연구

❍ 영국의 도심 불빛이 박쥐 생태 및 도심 내 장벽 이동 간 비교 연구

- Tree cover와 다양하게 나타나는 넓이, 그리고 광도의 조사 자료를 토대로 장벽간 GIS 모델링 분석을 통해 광도 간 박쥐 이동 시나리오 구축
- 급변하는 도시 생태 내에 넓게 나타나는 생물다양성의 보전을 위해 패치간 연결성, 광도의 레벨 등 다양한 분야에서 더욱 기술적인 분석이 요구됨

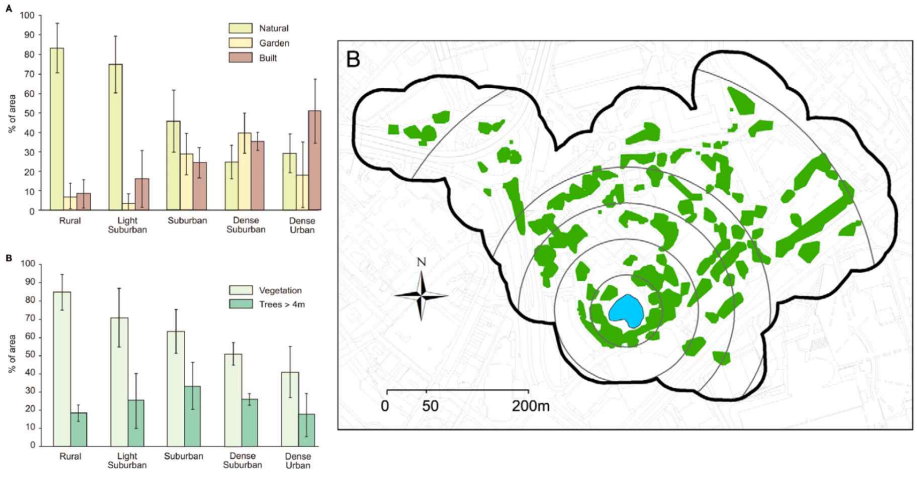



**[그림 2-3] 거리와 광도 간 이동 성공 여부(좌)와 도심 내 조명에 의한 접근 시나리오 분석(우)**

출처: Hale, J. D. et al., 2015

❍ 영국의 도시 집약적 확장 증가에 따른 도시 생태계 내 박쥐 무리 생활의 이상적인 모델 수립

- 박쥐는 도시 구조와 구성요소에 민감하여 공간 사용 계획과 관리가 필요
- 선형 코리더인 조경수 패치를 보호한다면 도심 내 박쥐 개체수의 회복을 도모할 수 있음



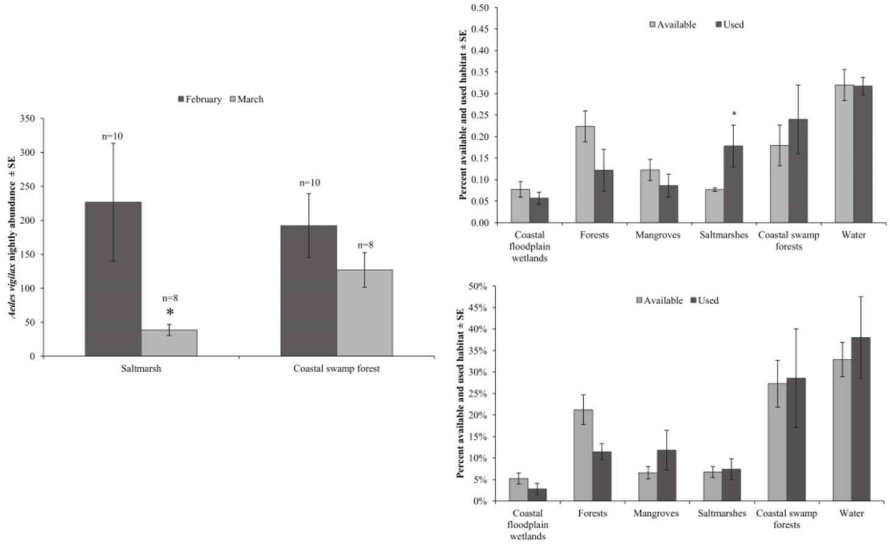

**[그림 2-4] 도심 내 박쥐의 이용 서식지(좌)와 먹이활동 연못 근처 활동 가능 지역 연결(우)**

출처: Hale. J. D. et al., 2012

### 3) 박쥐의 먹이활동 관련 연구

○ 오스트레일리아 서식 박쥐의 특정 먹이 자원의 분포, 풍부도의 변동과 관련된 박쥐의 곤충 사냥 범위 이동 입증을 위한 연구

- 박쥐의 사냥 범위와 모기의 풍부도는 시공간적 변화에서 일정하게 나타남
- 박쥐의 서식지 이용에서 모기의 광범위한 해충 방제가 일어나기 때문에 박쥐 개체군에 대한 모니터링을 통한 방제 조치 권고

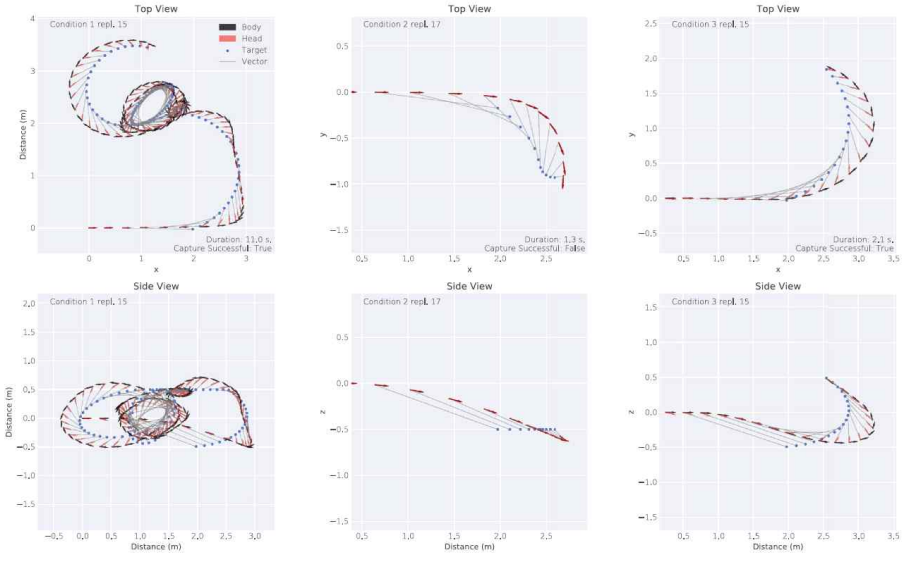



**[그림 2-5] 모기의 2-3월간 서식지 내 풍부도(좌)와 포식자 박쥐의 2월(우상), 3월(우하) 서식지 이용도**

출처: Gonsalves, L., et al., 2013

○ 음파 탐지기를 이용한 박쥐의 먹이 활동 초음파 패턴으로 먹이 위치 메커니즘 구현 연구

- 박쥐의 먹이활동 범위 내에서 사냥감을 빠르게 스캔하는 초음파 모델링
- 초음파 방향의 급격한 변화는 따라 먹이 활동에 좁은 시야를 제한




**[그림 2-6] 모델링을 이용한 박쥐의 먹이를 쫓는 초음파 활동 패턴 연구**

출처: Vanderelst, D & Peremans, H. 2018

### 4) 박쥐의 기생충 관련 연구

○ 스리랑카 동굴 서식 박쥐와 이에만 기생하는 기생충의 특정 숙주 기생 관계를 통한 공진화 연구

- 동굴 서식 박쥐에 기생하는 기생충의 숙주 선호도는 단일 숙주종으로 편향됨
- 동굴 서식 박쥐의 박쥐 기생충의 동굴 내 생태적 고립이 전체적으로 높은 단범성 기작을 일으킴

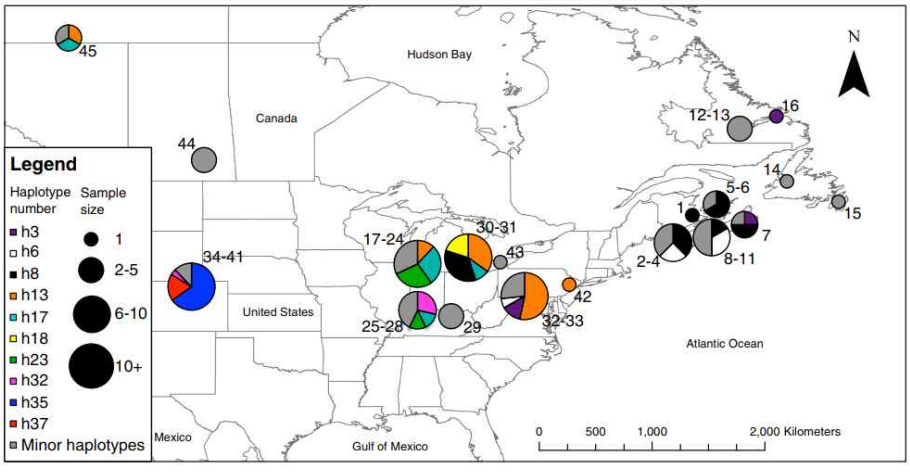
| Number | Parasite | Host | Prevalence (%) | Abundance | Mean intensity |
|---|---|---|---|---|---|
| *Nycteribiidae (Diptera)* | | | | | |
| 1 | *Eucampsipoda latisterna* (Schuurmans and Stekhoven, 1938) | Rl | 97.5 | 4.02 | 4.12 |
| 2 | *Phthiridium phillipsi* (Scott, 1925) | Rr | 34.17 | 0.67 | 1.95 |
| 3 | *Phthiridium* sp. (sp/z/24) | Hs | 1.94 | 0.019 | 1.00 |
| 4 | *Phthiridium ceylonicum* (Theodor, 1967) | Hl | 66.67 | 1.11 | 1.67 |
| 5 | *Penicillidia indica* (Scott, 1925) | Ms | 35.71 | 0.78 | 2.20 |
| 6 | *Nycteribia allotopa* (Speiser, 1901) | Ms | 85.71 | 2.64 | 3.08 |
| 7 | *Nycteribia parvula* (Speiser, 1901) | Ms | 28.52 | 0.43 | 1.50 |
| 8 | *Nycteribia* sp. (sp/z/39) | Hs | 0.97 | 0.029 | 3.00 |
| *Streblidae (Diptera)* | | | | | |
| 9 | *Megastrebla parvior* (Maa, 1962)[a] | Rl | 0.83 | 0.008 | 1.00 |
| 10 | *Brachytarsina modesta* (Jobling, 1934) | Rr | 39.17 | 0.74 | 1.89 |
| 11 | *Brachytarsina amboinensis* (Rondani, 1878) | Ms | 85.71 | 3.14 | 3.58 |
| 12 | *Brachytarsina pygialis* (Rondani, 1878) | Hl | 66.67 | 1.33 | 2.00 |
| 13 | *Raymondia pagodarum* (Speiser, 1900) | Rr, Hs | 58.0 | 2.24 | 3.84 |
| 14 | *Ascodipteron* sp. (sp/z/43) | Hs | 25.24 | 0.25 | 1.00 |
| *Ischnopsyllidae (Siphonaptera)* | | | | | |
| 15 | *Thaumapsylla breviceps* (Rothschild, 1907) | Rl | 19.16 | 0.63 | 3.30 |
| *Argasidae (Acarina)* | | | | | |
| 16 | *Argas* sp. (sp/z/278) | Rl | 2.5 | 0.042 | 1.67 |
| 17 | *Ornithodoros* sp. 1 (sp/z/280) | Rl, Rr | 8.33 | 0.117 | 1.40 |
| 18 | *Ornithodoros* sp. 2 (sp/z/281) | Rr | 1.67 | 0.017 | 1.00 |
| *Ixodidae (Acarina)* | | | | | |
| 19 | *Haemaphysalis* sp. (sp/z/286) | Rr | 21.66 | 0.46 | 9.23 |
| *Spinturnicidae (Acarina)* | | | | | |
| 20 | *Meristaspis lateralis* (Kolenati, 1856) | Rl | 38.33 | 2.65 | 6.91 |
| 21 | *Ancystropus* sp. (sp/z/154) | Rl | 3.33 | 0.0417 | 1.25 |
| 22 | *Ancystropus taprobanius* (Turk, 1950) | Hs | 4.85 | 0.086 | 1.80 |
| 23 | *Oncoscelus kanheri* (Hiregauder and Bal, 1956) | Rl | 24.17 | 0.717 | 2.97 |
| 24 | *Paraperiglischrus rhinolophinus* (Koch, 1841) | Rr, Hs | 22.4 | 0.218 | 4.9 |
| 25 | *Paraperiglischrus hipposideros* (Baker and Delfinado, 1964) | Hl | 66.67 | 4.22 | 6.33 |
| 26 | *Spinturnix psi* (Kolenati, 1856)[a] | Rr | 71.43 | 3.36 | 4.70 |
| *Trombiculidae (Acarina)* | | | | | |
| 27 | *Rudnicula* sp. 1 (T-1) | Hs, Rr | 15.53 | 1.67 | 12.5 |
| 28 | *Rudnicula* sp. 2 (T-2) | Rr | 15.6 | 1.03 | 8.34 |
| 29 | *Chiroptella (Neosomia) kanneliya* (Brown et al., 2003)[a] | Hs | 7.5 | 0.117 | 3.56 |
| *Leeuwenhoekiidae (Acarina)* | | | | | |
| 30 | *Whartonia ratnasooriyai* (Brown et al., 2003)[a] | Rr, Hs | 1.78 | 0.0357 | 2.00 |

**[그림 2-7] 동굴 서식 박쥐 기생 외부기생충과 숙주, 풍부도**

출처: Senevirantne, S. et al., 2009

❍ 박쥐 기생충의 넓은 범위의 유전 구조 및 개체군 통계학적 연구

- 기생충과 숙주 개체수의 유전학적 역사는 공간 유적학적 구조와 매우 밀접함
- 넓은 범위에서의 다양한 유전적 구조를 통해 느슨한 기생충-숙주 관계, 숙주인 박쥐의 반 기생충 전략 시사




**[그림 2-8] 박쥐 기생충의 유전적 풍부도**

출처: Talbot, B., et al., 2016

## 5) 박쥐 보유 질병 관련 연구

○ 중국의 박쥐 감염 톡소플라즈마의 유병률과 유전적 특성 연구

- 9.7%의 유병률을 나타낸 박쥐의 톡소플라즈마 병원균은 2가지 genotype으로 나뉨
- 박쥐에서 톡소플라즈마 감염이 보고된 첫 사례로 박쥐가 인간 건강을 위협할 수 있는 잠재적 매개체임을 시사

| Region | Bat species | No. of examined (%)[a] | No. of positive | Prevalence (%) |
|---|---|---|---|---|
| Yunnan | *Aselliscus stoliczkanus* | 120(19.7) | 10 | 8.3 |
| | *Myotis chinensis* | 59(9.7) | 11 | 18.6 |
| | *Miniopterus schreibersii* | 11(1.8) | 0 | 0 |
| | *Rhinolophus pusillus* | 32(5.3) | 1 | 3.1 |
| | *Rhinolophus affinis* | 53(8.7) | 4 | 7.5 |
| | *Hipposideros armiger* | 81(13.3) | 1 | 1.2 |
| | *Hipposideros fulvus* | 28(4.6) | 1 | 3.6 |
| | *Cynopterus brachyotis* | 32(5.3) | 0 | 0 |
| | *Cynopterus sphinx* | 14(2.3) | 1 | 7.1 |
| | *Eonycteris spelaea* | 45(7.4) | 3 | 6.7 |
| | Subtotal | 475(78.1) | 32 | 6.7 |
| Guangxi | *Hipposideros larvatus* | 109(17.9) | 16 | 14.7 |
| | *Taphozous melanopogon* | 24(3.9) | 11 | 45.8 |
| | Subtotal | 133(21.9) | 27 | 20.3 |
| Total | | 608 | 59 | 9.7 |

[a] The percent accounts for the total bats.

**[그림 2-9] 박쥐의 톡소플라즈마 유병률**

출처: Jiang, H. H., et al., 2014

❍ 미국의 박쥐 보유 광견병 연구

- 1996년부터 2000년까지 수집된 3,989건의 박쥐 샘플 중 평균 11%의 광견병 유병률을 보였으며, *T.brasiliensis*가 16.4%로 가장 높게 나타남
- 텍사스 내의 다양한 박쥐들은 광견병 바이러스를 전이하며, 광견병바이러스의 변이 종 동정은 전염경로 및 박쥐 개체군 내 지속 메커니즘에 대한 귀중한 연구가 될 수 있음

| Species | Total no. received (1996–2000) | No. testing positive for RABV (%) |
|---|---|---|
| *Antrozous pallidus* (pallid bat) | 3 | 0 |
| *Desmodus rotumdus* (vampire bat)[a] | 4 | 0 |
| *Eptesicus fuscus* (big brown bat) | 14 | 1 (7.1%) |
| *Lasiurus borealis* (eastern red bat) | 714 | 48 (6.7%) |
| *L. cinereus* (hoary bat) | 57 | 15 (26.3%) |
| *L. ega* (southern yellow bat) | 80 | 2 (2.5%) |
| *L. intermedius* (northern yellow bat) | 153 | 14 (9.2%) |
| *Lasionycteris noctivagans* (silver-haired bat) | 5 | 0 |
| *Lasiurus seminolus* (seminole bat) | 14 | 2 (14.3%) |
| *Mormoops megalophylla* (ghost-faced bat) | 1 | 0 |
| *Myotis austroriparius* (southeastern myotis) | 1 | 0 |
| *M. californicus* (California myotis) | 1 | 0 |
| *M. ciliolabrum* (western small-footed myotis) | 1 | 0 |
| *M. thysanodes* (fringed myotis) | 1 | 0 |
| *M. velifer* (cave myotis) | 172 | 4 (2.3%) |
| *M. yumanensis* (yuma myotis) | 1 | 0 |
| *N. humeralis* (evening bat) | 410 | 3 (0.7%) |
| *Nyctinomops macrotis* (big free-tailed bat) | 5 | 0 |
| *Pipistrellus subflavus* (eastern pipistrelle) | 40 | 0 |
| *Tadarida brasiliensis* (Brazilian free-tailed bat) | 2,062 | 338 (16.4%) |
| Fruit bats, not speciated[b] | 2 | 0 |
| Juvenile yellow bats (*L. ega* or *L. intermedius*) | 65 | 0 |
| *Lasiurus* sp.[c] | 24 | 1 (4.2%) |
| Unable to identify species[d] | 159 | 6 (3.8%) |
| Total | 3,989 | 434 (11%) |

[a]Vampire bats part of captive colony in zoo.
[b]Appear to be two different species.
[c]Too damaged to determine species; will probably fall within one of the above mentioned *Lasiurus* sp.
[d]Extremely damaged, decomposed, or immature.

| Pattern | MAb 1 | MAb 12 | MAb 19 | MAb 7 | MAb 13 | Bat species associated with RABVV |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | P | P | N | P | P | *Tadarida brasiliensis* (Brazilian free-tailed l |
| 2 | N | N | N | P | P | *Lasiurus borealis* (eastern red bat) |
| 3 | N | W | N | W | P | *L. cinereus* (hoary bat) |
| 4 | N | N | N | P | N | *L. intermedius* (northern yellow bat) |
| 5 | N | P | P | P | P | *Eptesicus fuscus pallidus* (big brown bat) |

[a]P, positive; N, negative; W, weakly positive.

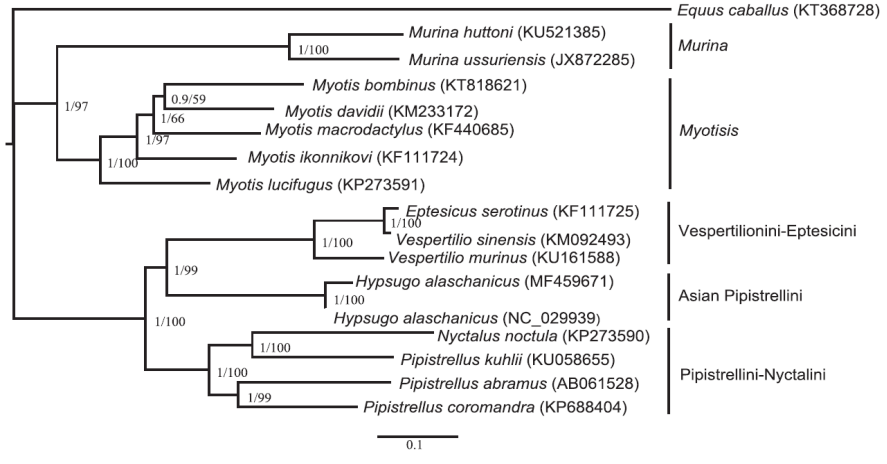
**[그림 2-10] 박쥐의 종별 광견병 유병률(상)과 광견병 바이러스 패턴(하)**

출처: Rohde, R. E., et al., 2004

### 5) 박쥐 유전 관련 연구

○ 완전한 미토콘드리아 염기서열에 기반한 검은집박쥐의 염기서열 분석

- 검은집 박쥐의 미토콘드리아 유전체 분석 결과 17,039bp 길이로, 37개의 유전자(13 PCG, 2 rRNA 22 tRNA, 1 control region)로 구성됨
- 계통분석 결과 검은집 박쥐는 Asian Pipistrellini 계통군에 속하며, Vespertilionini-Eptesicini, Pipistrellini-Nyctalini 와 자매군을 형성



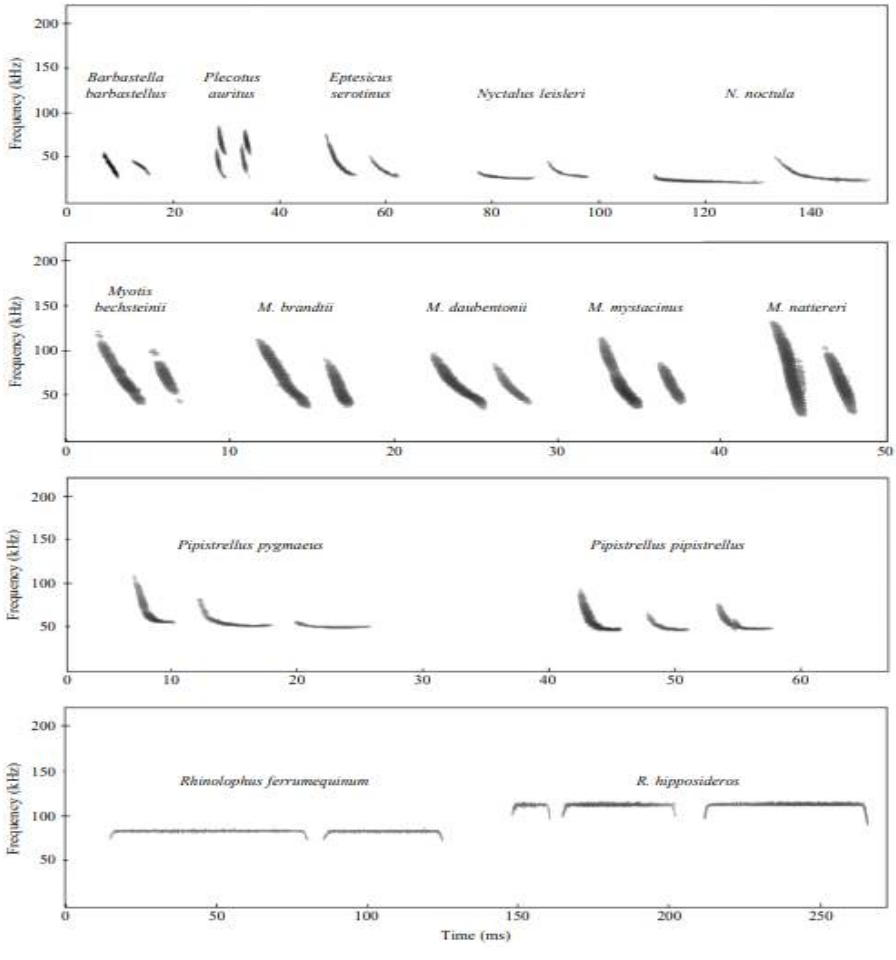

**[그림 2-11] maximum likelihood (ML)을 이용한 검은집박쥐의 계통 분석**

출처: Shi, Y. et al., 2004

### 6) 박쥐 초음파 연구

○ 함수분석과 인공 신경 네트워크에 의한 12종의 박쥐 초음파 음성 식별

- 박쥐 종의 초음파를 추출하여 자동화된 프로세스로 분석한 결과 Rhinolophus는 쉽게 동정됨
- 인공신경네트워크를 사용하여 속 수준의 분류 이후 종 수준으로 동정하는 속도를 향상시켰으며, 녹음 및 분석 기술의 발전에 따라 더욱 분석은 더욱 용이해질 것으로 판단




**[그림 2-11] 초음파를 이용한 박쥐 12종 동정**

출처: arsons, S., & Jones, G. 2000

## 2. 국외 관리 동향

### 1) 미국의 박쥐 보전 모니터링 사업

○ 미국의 경우 박쥐 보전 및 관리를 위해 전역을 대상으로 한 서식 현황 조사가 매년 이루어지고 있음

○ 박쥐가 교각을 서식지 이용하는 것을 지속적으로 모니터링하여 해당 교각이 있는 하천 및 주변 환경의 건강성을 평가하는데 이용

**[그림 2-13] 미국 박쥐에 대한 교각 모니터링 진행지점**

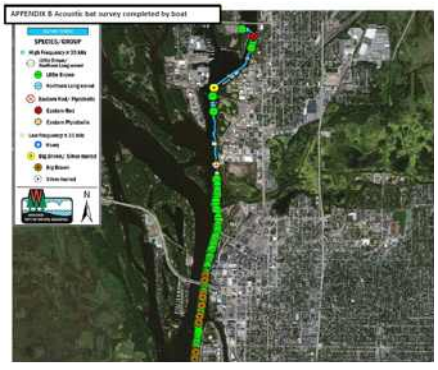
출처: 충남연구원(2011)

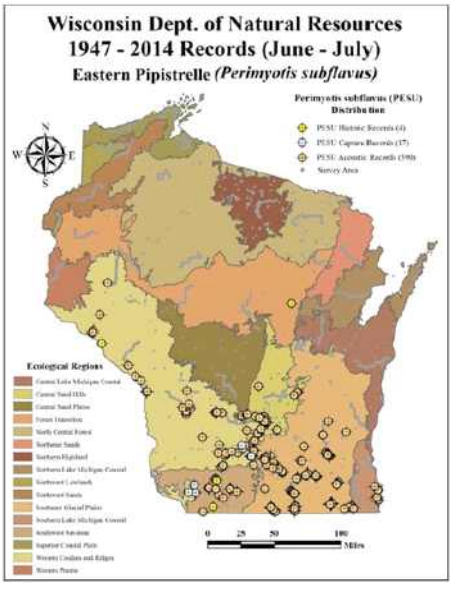
### 2) 미국 위스콘신주의 박쥐 음성신호를 이용한 모니터링

○ 야생성, 비행성 등의 박쥐 특성으로 포획 조사의 어려움을 겪어 박쥐가 발산하는 고유의 음성신호를 녹음하여 분석 후 동정

○ 초음파 수신기를 이용하여 다양한 환경 및 서식지 유형에서 매년 지속적으로 박쥐 서식 모니터링이 수행되고 있음

○ 박쥐 종 보전을 위해 기본적인 생태 및 서식 경향성을 파악하는데 중요한 자료를 획득하기 위함



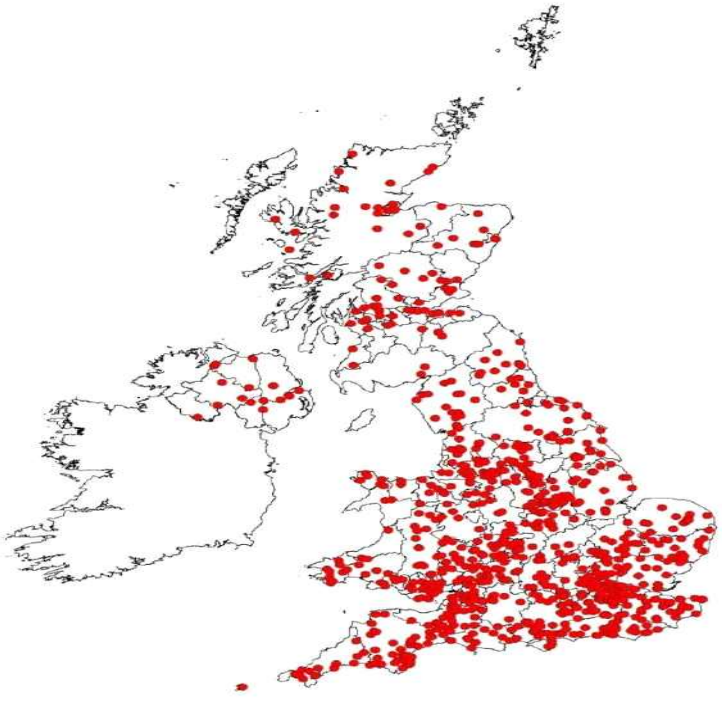

**[그림 2-14] 위스콘신주의 박쥐 음성신호를 이용한 모니터링**

출처: Wisconsin bat program (2015)

### 3) 영국의 박쥐 보전 모니터링 사업

○ 영국은 1997년부터 매년 국가 박쥐 모니터링 사업(UK National Bat Moitoring Programme)을 진행하여 보고서를 발간하고 있음

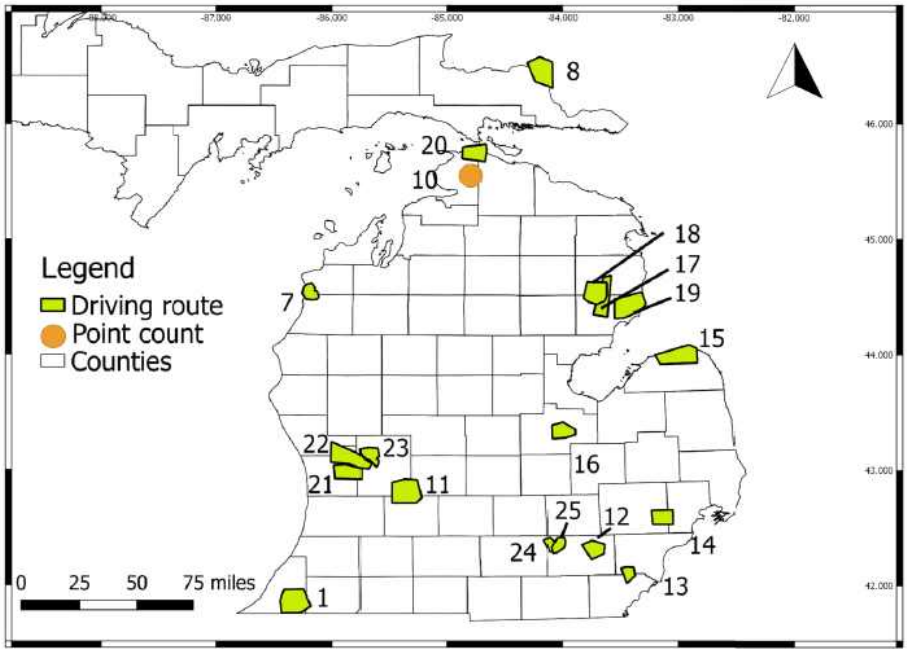
- 전국을 대상으로 자원봉사자와 전문가가 참여하여 모니터링을 수행함
- 2017년에는 929명의 자원봉사자가 참여하여 총 1,867개 지점에 대해 조사가 수행됨



**[그림 2-15] 영국 박쥐 모니터링 프로그램 지원자 분포**
출처: JNCC (2017)

### 4) 미국 미시건주 박쥐 모니터링 프로그램

- ❍ 미시건주에서는 관찰하기 힘든 박쥐를 국민에게 공개함으로 미시건주의 박쥐에 대한 중요성 및 인식을 고찰시키기 위해 매년 모니터링 프로그램이 이뤄지고 있음
- ❍ 활동 기록, 지역 내 박쥐 종 풍부도, 서식지 위치 등을 공개하여 국민이 높은 의식을 가지고 보전에 참여하도록 유도하기 위한 목적이 있음
- ❍ 조사는 음성신호를 이용하여 다양한 서식지 내 종 분포 및 다양성을 파악하고 자연동굴, 폐광 등 월동지 조사와 함께 직접 포획하는 조사가 병행되어 수행됨




**[그림 2-16] 미시건주에서 수행되는 박쥐 모니터링 지점**

출처: Michigan Bat Monitoring Program (2017)

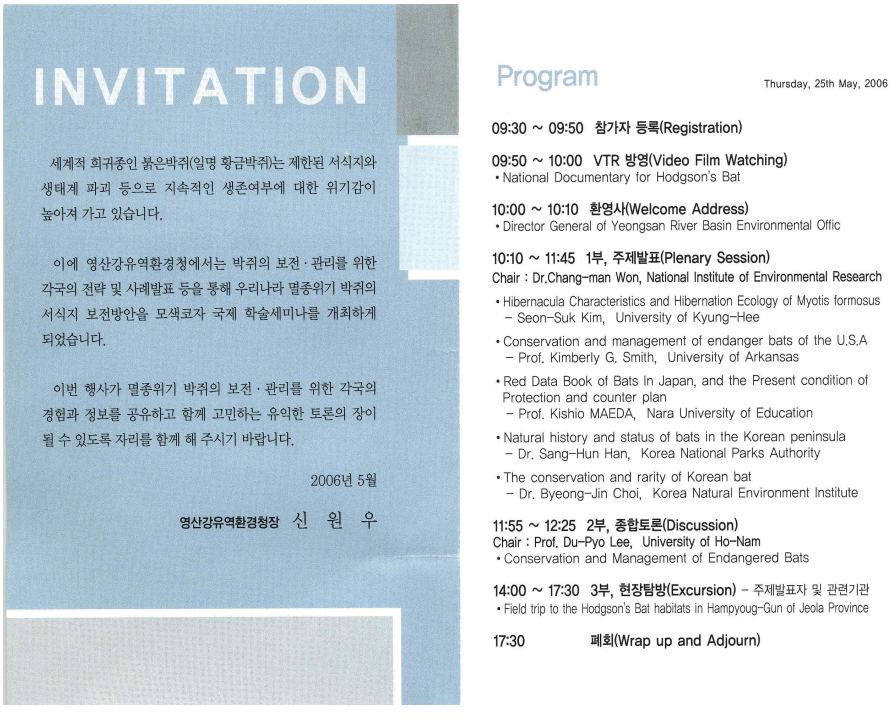
# 3절. 국내 연구·관리 동향

## 1. 국내 박쥐 연구 동향

### 1) 국가 및 지자체 박쥐연구 현황

○ 붉은박쥐 보전을 위한 국제 학술세미나 개최(환경부, 2006)

- 영산강유역환경청에서 붉은박쥐(멸종위기야생생물 1급) 보전을 위해 미국과 일본, 국내 전문가를 초청하여 세미나 개최



INVITATION

세계적 희귀종인 붉은박쥐(일명 황금박쥐)는 제한된 서식지와 생태계 파괴 등으로 지속적인 생존여부에 대한 위기감이 높아져 가고 있습니다.

이에 영산강유역환경청에서는 박쥐의 보전·관리를 위한 각국의 전략 및 사례발표 등을 통해 우리나라 멸종위기 박쥐의 서식지 보전방안을 모색코자 국제 학술세미나를 개최하게 되었습니다.

이번 행사가 멸종위기 박쥐의 보전·관리를 위한 각국의 경험과 정보를 공유하고 함께 고민하는 유익한 토론의 장이 될 수 있도록 자리를 함께 해 주시기 바랍니다.

2006년 5월

영산강유역환경청장 신 원 우

Program

Thursday, 25th May, 2006

09:30 ~ 09:50 참가자 등록(Registration)

09:50 ~ 10:00 VTR 방영(Video Film Watching)
• National Documentary for Hodgson's Bat

10:00 ~ 10:10 환영사(Welcome Address)
• Director General of Yeongsan River Basin Environmental Offic

10:10 ~ 11:45 1부, 주제발표(Plenary Session)
Chair : Dr.Chang-man Won, National Institute of Environmental Research
• Hibernacula Characteristics and Hibernation Ecology of Myotis formosus
– Seon-Suk Kim, University of Kyung-Hee
• Conservation and management of endanger bats of the U.S.A
– Prof. Kimberly G. Smith, University of Arkansas
• Red Data Book of Bats In Japan, and the Present condition of Protection and counter plan
– Prof. Kishio MAEDA, Nara University of Education
• Natural history and status of bats in the Korean peninsula
– Dr. Sang-Hun Han, Korea National Parks Authority
• The conservation and rarity of Korean bat
– Dr. Byeong-Jin Choi, Korea Natural Environment Institute

11:55 ~ 12:25 2부, 종합토론(Discussion)
Chair : Prof. Du-Pyo Lee, University of Ho-Nam
• Conservation and Management of Endangered Bats

14:00 ~ 17:30 3부, 현장탐방(Excursion) – 주제발표자 및 관련기관
• Field trip to the Hodgson's Bat habitats in Hampyoug-Gun of Jeola Province

17:30 폐회(Wrap up and Adjourn)

**[그림 2-17] 붉은박쥐 국제세미나 초청장**

출처: 환경부 보도자료(2006)

❍ 「박쥐의 생태와 보전」 단행본 발행 (국립생태원, 2014)

- 박쥐의 기원과 진화, 박쥐와 인간, 형태적 특징, 생태와 행동, 서식지보전과 관리, 우리나라의 박쥐, 기후변화와 박쥐, 박쥐 연구 방법 등에 대해 기술

**[그림 2-18] 박쥐의 생태와 보전 단행본 표지**

출처: 국립생태원(2014)

❍ 박쥐의 동굴환경 모니터링 시스템 및 방법 개발 (국립생태원, 2017)

- 국립생태원이 수행 중인 '생태계공존진화 연구' 사업의 일환으로 박쥐의 온도 선호도와 동굴환경의 밀접한 관계를 활용한 '동굴환경 모니터링 시스템 및 방법'을 개발하여 특허 등록
- 동굴에 사는 박쥐의 생태정보와 동굴환경 정보를 수집한 후 학습

모델로 환경정보를 분석하고 데이터를 구축하여 얻어진 데이터 합성신경망의 정보에 따라 동굴에 대한 온도나 공간 구성 등의 환경 모니터링 결과를 얻어 낼 수 있음

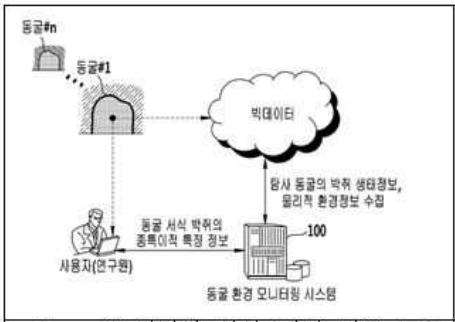



그림 1. 본 발명의 실시 예에 따른 동굴 환경 모니터링 시스템을 위한 네트워크 구성도

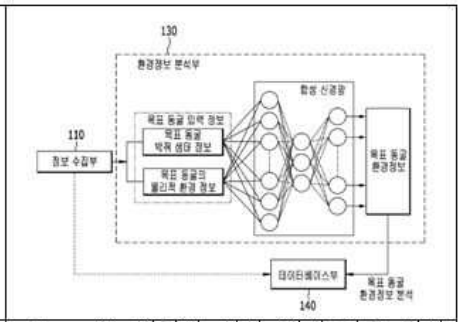



그림 2. 본 발명의 실시 예에 따른 탐사 목표 동굴의 환경정보 분석 방법

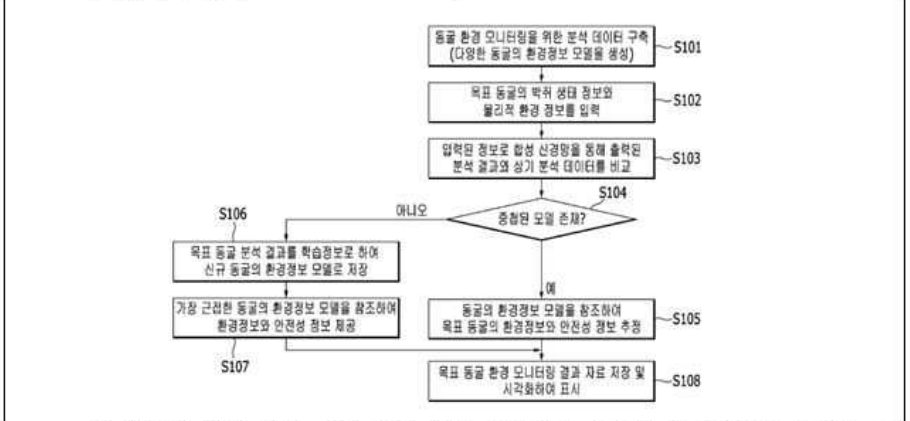


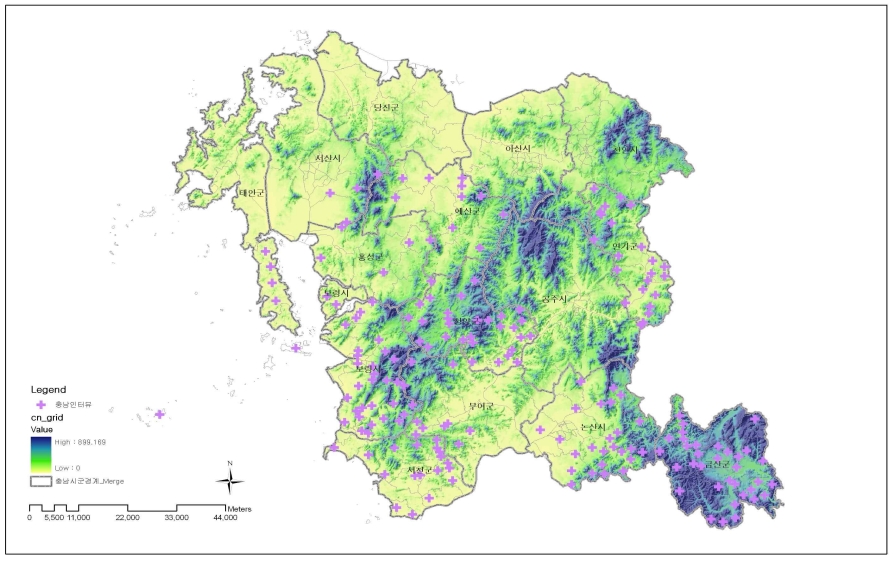

그림 3. 본 발명의 실시 예에 따른 동굴 환경 모니터링 방법을 개략적으로 나타낸 흐름도

**[그림 2-19] 박쥐 모니터링 시스템 및 방법**

출처: 국립생태원 보도자료(2017)

❍ 충청남도 박쥐 현황 및 보전방안 연구

- 충남에서는 청문조사와 현장조사를 병행하여 박쥐 서식현황을 파악하였음
- 최소행정구역(리)으로 구분하여 조사를 수행한 결과, 전체 2,000개 ㅈ리의 약 10%인 210곳에서 박쥐의 서식이 확인되었음




**[그림 2-20] 충청남도에서 청문조사에 의한 박쥐 분포 현황**

출처: 충남발전연구원 (2011)

❍ 강원도 인제군 박쥐류 서식현황 조사

- 강원도 인제군은 국내 최대 생물다양성이라는 슬로건이 있을만큼 생물다양성이 풍부한 지역으로 알려져 있으나 그 간 소형포유류, 특히 박쥐류에 대한 조사는 미흡하였음
- 따라서 2017년부터 인제군 내 위치한 폐광 및 자연동굴, 산림 지역을 대상으로 조사를 수행 중에 있음

- 현재까지 조사를 수행한 결과, 멸종위기야생생물 1급 붉은박쥐, 작은관코박쥐, 2급 토끼박쥐를 포함한 미기록 종 5종을 발굴함

**[그림 2-21] '17년 인제군 내 최초 확인된 멸종위기야생생물 붉은박쥐 1급**

출처: 인제군청 (2017)

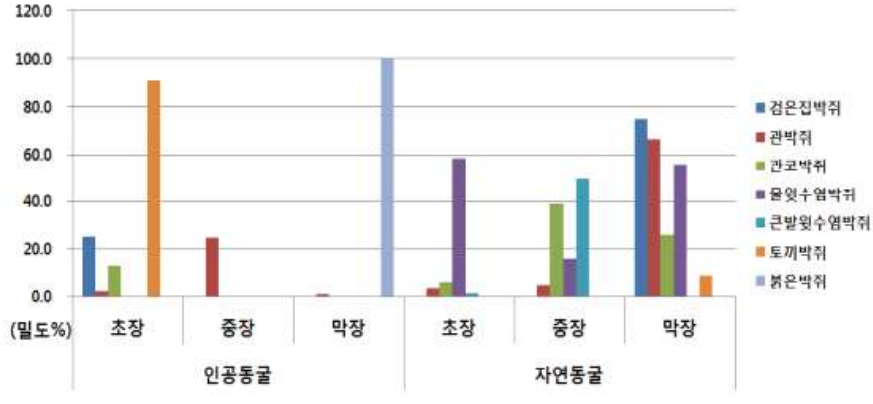
### 2) 국내 박쥐연구 현황

○ 기후변화 대비 박쥐 서식지(동굴) 연구 (국립공원연구원. 2016)

- 박쥐의 서식지 환경 및 이용패턴, 행동생태 특성 등의 조사로 기후변화 대비 장기적인 보호를 위해 치악산국립공원 내 박쥐, 박쥐 동면 동굴 대상 조사 실시
- 치악산국립공원 내 폐광 2개소, 자연동굴 1개소 내 동굴 의존성 박쥐 2종, 일시적 동굴 이용 박쥐 7종 확인했으며, 멸종위기야생생물 1급 붉은박쥐는 온습도가 비교적 높고 일정한 인공폐광에서 동면

- 각 동굴별 박쥐류 활동 개시시간에 대한 모니터링과 관련 요인들을 비교분석함

| 종 명 | 전체(신림, 양지, 회곡) | | | 인공동굴(신림, 양지) | | | 자연동굴(회곡) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 초장 (3.59℃) | 중장 (7.90℃) | 막장 (9.13℃) | 초장 (4.43℃) | 중장 (9.45℃) | 막장 (10.97℃) | 초장 (1.90℃) | 중장 (4.80℃) | 막장 (5.46℃) |
| 검은집박쥐 | 1 (25%) | 0 (0%) | 3 (75%) | 1 (25%) | 0 (0%) | 0 (0%) | 0 (0%) | 0 (0%) | 3 (75%) |
| 관박쥐 | 8 (3.3%) | 71 (29.3%) | 163 (67.4%) | 5 (2.1%) | 60 (24.8%) | 2 (0.8%) | 3 (3.7%) | 11 (4.5%) | 161 (66.5%) |
| 관코박쥐 | 8 (34.8%) | 9 (39.1%) | 6 (26.1%) | 3 (13%) | 0 (0%) | 0 (0%) | 5 (6.1%) | 9 (39.1%) | 6 (26.1%) |
| 물윗수염박쥐 | 48 (27.7%) | 28 (16.2%) | 97 (56.1%) | 0 (0%) | 0 (0%) | 0 (0%) | 48 (58.5%) | 28 (16.2%) | 97 (56.1%) |
| 큰발윗수염박쥐 | 1 (50%) | 1 (50%) | 0 (0%) | 0 (0%) | 0 (0%) | 0 (0%) | 1 (1.2%) | 1 (50%) | 0 (0%) |
| 토끼박쥐 | 10 (90.9%) | 0 (0%) | 1 (9.1%) | 10 (90.9%) | 0 (0%) | 0 (0%) | 0 (0%) | 0 (0%) | 1 (9.1%) |
| 붉은박쥐 | 0 (0%) | 0 (0%) | 25 (100%) | 0 (0%) | 0 (0%) | 25 (100%) | 0 (0%) | 0 (0%) | 0 (0%) |



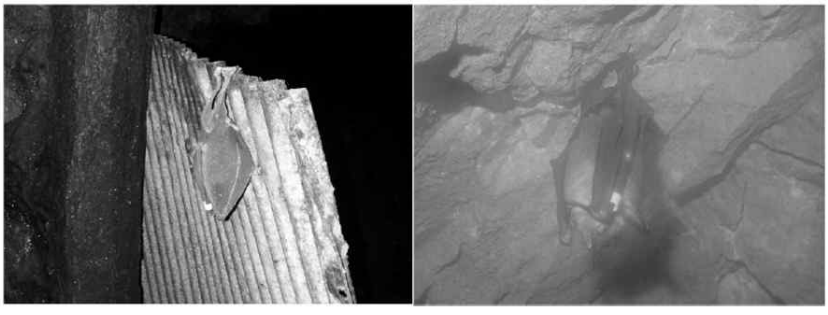

**[그림 2-22] 치악산국립공원 서식 박쥐 종별 동면 생태 연구의 예시**

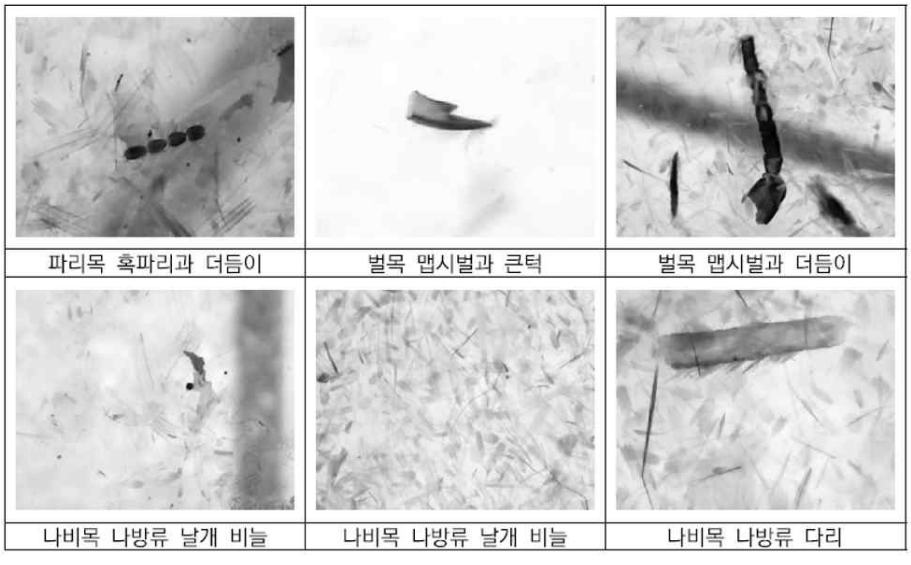
출처: 국립공원연구원 (2016)

○ 박쥐류의 먹이원 분석 연구 (국립공원연구원. 2016)

- 박쥐의 먹이원을 분석하여 채식생태에 대한 정보를 확보하여 향후 박쥐의 서식지 본전관리를 위한 기초 자료로 활용하기 위함

- 치악산국립공원 내 서식하는 물윗수염박쥐, 토끼박쥐, 작은관코박쥐, 관코박쥐, 검은집박쥐, 관박쥐의 먹이원을 대상으로 수행됨
- 치악산국립공원 하류지역에서는 야영 및 식당, 펜션 등이 다수 위치하고 있어 박쥐류의 안정적인 먹이활동 및 서식을 위해 교란 실태를 파악하고 관리하는데 활용할 수 있음






**[그림 2-23] 치악산국립공원 서식 박쥐 조사(상)와 토끼박쥐의 먹이원 분석**

출처: 국립공원연구원 (2016)

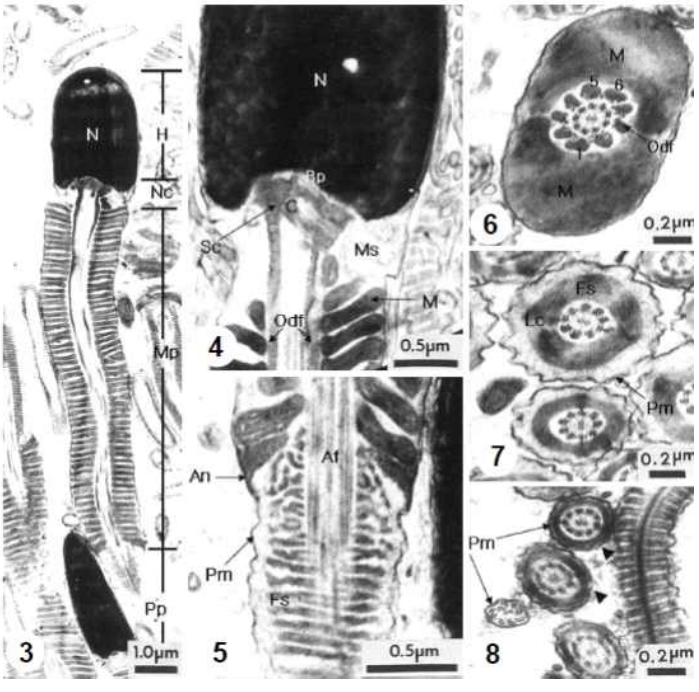
❍ 분류 및 형태·유전학적 연구

- 한국산 검은큰집박쥐의 정자미세구조(이유리와 이정훈 2011)

· 경남 일대의 폐광동굴에 서식하는 검은큰집박쥐 수컷 2개체를 채집하여 마취 후 부정소의 미부를 적출

· 고정 및 세척, 탈수 후 초박절편을 만들어 염색한 다음 투과전자현미경으로 관찰

· 정자두부 및 경부, 미부의 모양과 길이, 특징 등을 파악함



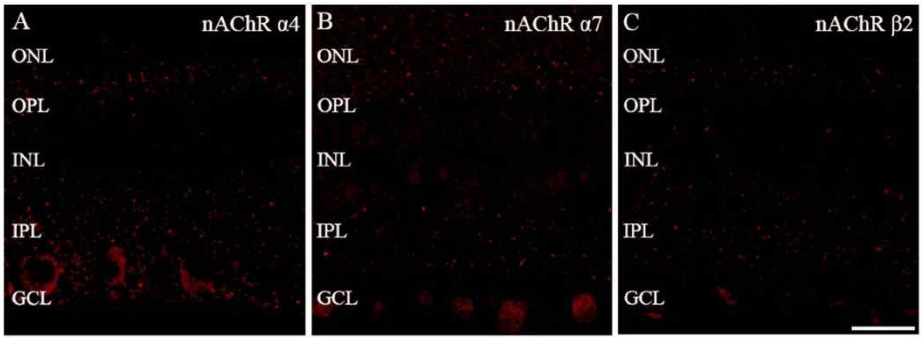

**[그림 2-24] 검은큰집박쥐의 정자미부 형태**

출처: 이준석 등 (2015)

- 한국관박쥐 망막의 신경전달물질 및 수용체, 뮬러세포 동정(이준석 등 2015)

· 한국관박쥐의 망막 내 글루타메이트 및 GABA (r-aminobutyric acid), 아세틸콜린과 같은 중추신경계의 주요 신경전달물질과 수용체, 신경교세포인 뮬러세포 분포를 분석

· 한국관박쥐의 망막에서 글루타메이트에 대한 면역반응성을 나타내는 신경세포들은 주로 신경절세포층에 존재, GABA의 수용체들은 내망상층에 밀집, 뮬러세포는 신경절 세포층에서 외핵층까지 길게 뻗어 있는 것으로 나타남




**[그림 2-25] 한국관박쥐 망막의 니코틴성 아세틸콜린 수용체 면역반응성 실험결과**

출처: 이준석 등 (2015)

- 긴가락박쥐와 검은집박쥐 혀의 비교형태(박지원과 이정훈 2009)

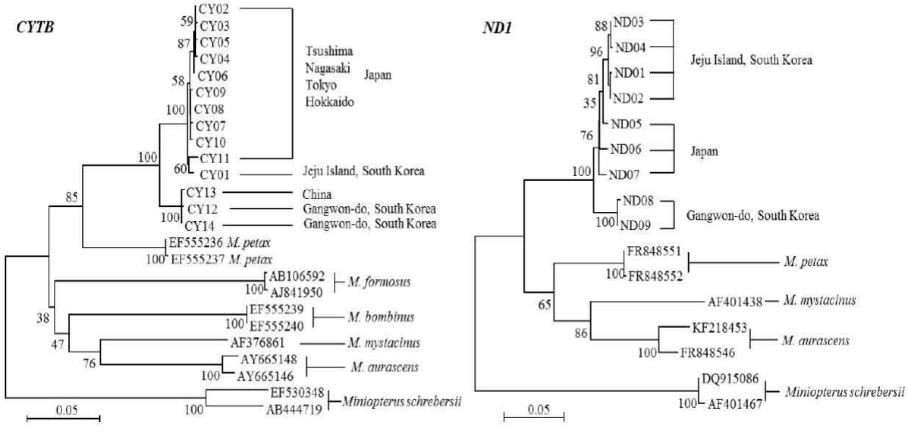
· 주사전자현미경을 이용하여 한국산 긴가락박쥐와 검은집박쥐의 혀유두 형태를 관찰함

· 두 종 모두 세가지의 혀유두인 실유두와 버섯유두, 성곽유두가 관찰됨

- 제주도 큰발윗수염박쥐의 유전적 집단 구조와 계통 유연관계(김유경 등 2016)

· 한반도 큰발윗수염박쥐는 강원도 인제군과 영월군에서 수집된 시료를 이용하였고, 제주도에서는 30개 지역에서 mist-net을 이용하여 포획 후 동정과 형태측정, 액침표본 제작함

· 한반도 및 중국 북동부지역에서 분화된 큰발윗수염박쥐의 모계가 최소 70만년 전 1차분화를 통해 2개 이상의 모계선조로 구분되며, 이 중 하나가 현재의 제주도와 일본 집단의 선조가 되고 다른 하나는 한반도와 중국 집단의 모계기원이 된 것으로 판단됨



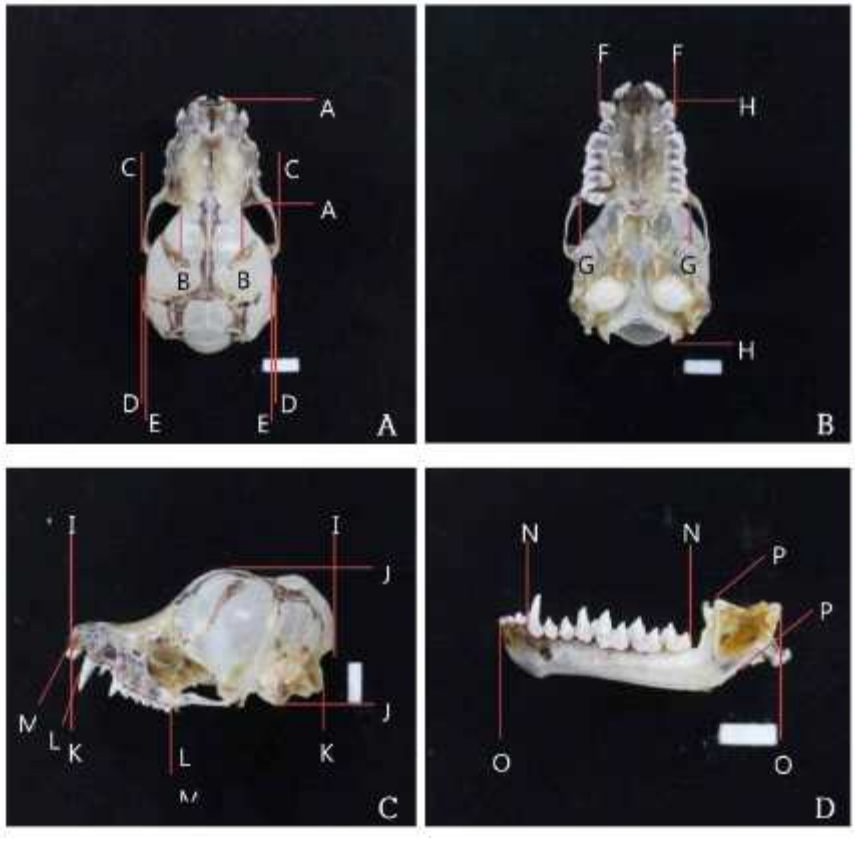

**[그림 2-26] 큰발윗수염박쥐의 계통분류학적 연구결과**

출처: 김유경 등 (2016)

- 한국산 주요 박쥐류의 분포현황 및 두개골 형태분석(오대식 2013)

· 국내 서식하는 3과 11속 23종 중 2과 6속 11종을 대상으로 표본 확보와 두개골 분석을 통해 종 간, 속 간의 형태 특성을 비교 분석함

· 국내 박쥐 종 6속에서는 두개골의 형태와 부위별 크기의 차이를 나타냈지만 애기박쥐속 5종에서는 크기차이는 있으나 형태상으로는 차이를 나타내지 않음




**[그림 2-27] 국내 서식 박쥐종의 두개골 형태 비교**

출처: 오대식 (2013)

○ 질병 및 기생충 연구

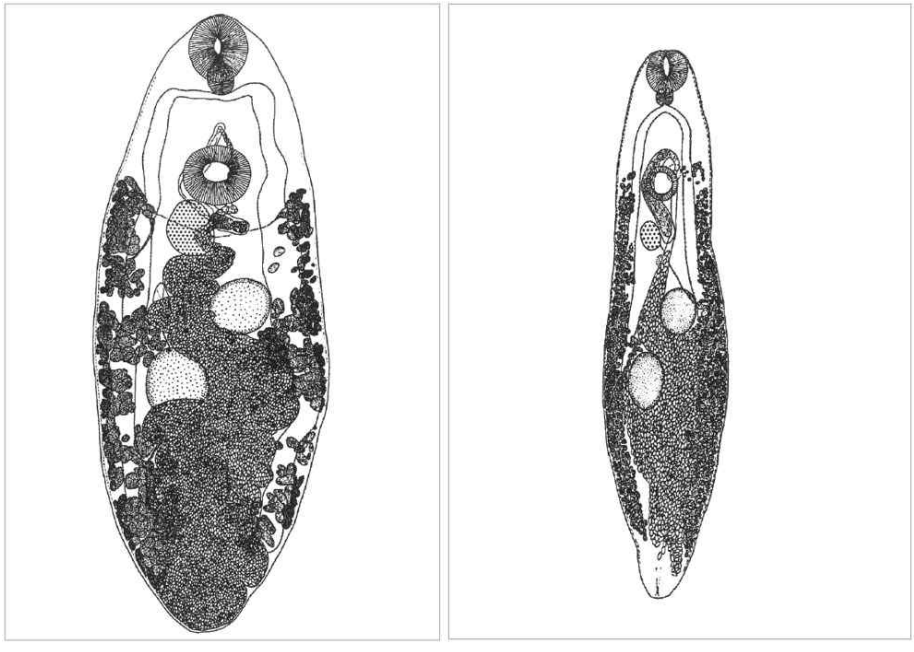
- 한국산 박쥐에서 발견될 가능성이 있는 기생성 흡충류(이재구와 김현철 2012)

· 우리나라 박쥐 기생 흡충류 연구는 Ogata(1938)에 의해 수행된 이래, 경성제국대학 의학부의 Park(1939)과 후쿠오카대학 의학부의 kifune et.al(1938, 1997)에 의해 일부 수행됨

· 이후 국내에서 지금까지 발표된 논문을 요약하여 전북수의사회보와

대한수의사회지에 발표함

· 우리나라 박쥐에 서식가능한 흡충류로 넓은비스듬고한흡충과 미세여포비스듬고환흡충 등에 대해 기술함



**[그림 2-28] 넓은비스듬고환흡충 및 미세여포비스듬고환흡충의 복면 모식도**

출처: 이재구와 김현철 (2012)

- 한국 박쥐에 기생하는 Exoparasites 와 Rickettsia, Hantaan Virus 감염에 관한 연구(이연태 등 1998)

· 1989년 7월부터 1998년 4월까지 총 9종 802마리 채집

· 문둥이박쥐 200개체에 대한 리케챠 면역형광항체 보유율 조사 및 항체검사를 실시함

· 실험결과 문둥이박쥐와 관박쥐로부터 거미강 및 곤충강 4목 87마리

의 절지동물 분리 및 동정

· 진드기 5종, 벼룩목과 노린재목, 파리목 등의 외부기생충 확보

- 한국산 박쥐류(관박쥐, 긴날개박쥐)의 광견병바이러스 감염 분석 (이성경 등 2016)

· 국내 박쥐 중 포획이 용이한 관박쥐와 긴날개박쥐를 대상으로 총 11개 지역 13개 동굴을 선정하여 종 포획 후 구강 내 타액을 채취하여 Real-time PCR을 실시함

· 전체 타액 샘플 124개 중 8개의 샘플이 양성으로 추정되었으며, 이 시료에 대하여 conventional PCR을 실시한 결과 double peak가 확인되어 비특이 반응에 의한 산물인 것으로 판단됨

· 결국 박쥐 구강 내 타액에서의 광견병 검출 시험결과는 최종적으로 모두 음성으로 확인되었음

**[그림 2-29] 관박쥐와 문둥이박쥐에 기생하는 외부기생충**

출처: 이연태 등 (1998)

❍ 개체군 연구

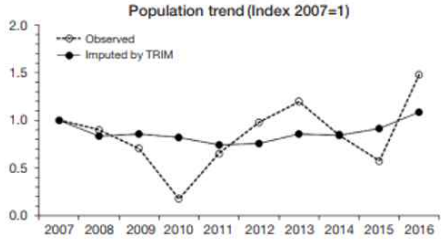
- 멸종위기종 붉은박쥐의 개체군 경향과 보호 관리(김선숙과 최유성 2017)

· 2007년~ 2016년간 관찰된 붉은 박쥐 570개체의 서식지는 자연동굴 서식 개체는 28개체(5%), 폐광 542개체(95%0로 나타남

· 붉은 박쥐의 출현이 5년 이상 지속된 곳은 49개소(84%)였으며, 개체수 3개체 미만인 곳은 동면처 출현이 5년 이상 지속되지 않음

· 동면처 내 인위적 간섭요인, 야생동물에 의해 생긴 구멍 등 동면서식지 내 간섭요인이 배제되면 개체군 유지 및 지속적 성장 가능

| Year | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | Max |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Sites | 29 | 30 | 22 | 7 | 22 | 31 | 36 | 24 | 19 | 28 | 58 |
| Bats | 251 | 219 | 171 | 43 | 159 | 238 | 291 | 206 | 139 | 359 | 570 |



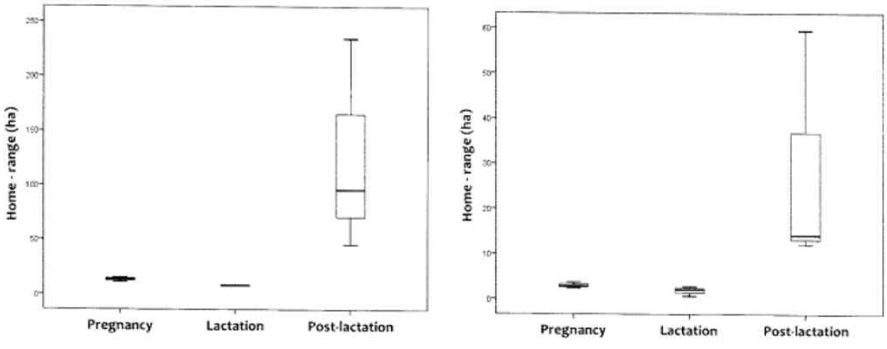

**[그림 2-30] 연도별 관찰 붉은박쥐 개체수(상)와 개체군 동향 TRIM 분석 결과**

출처: 김선숙과 최유성 (2017)

❍ 행동생태학적 연구

- 원격무선추적을 이용한 집박쥐 암컷의 번식단계에 따른 행동권 분석 (정철운 등 2011)

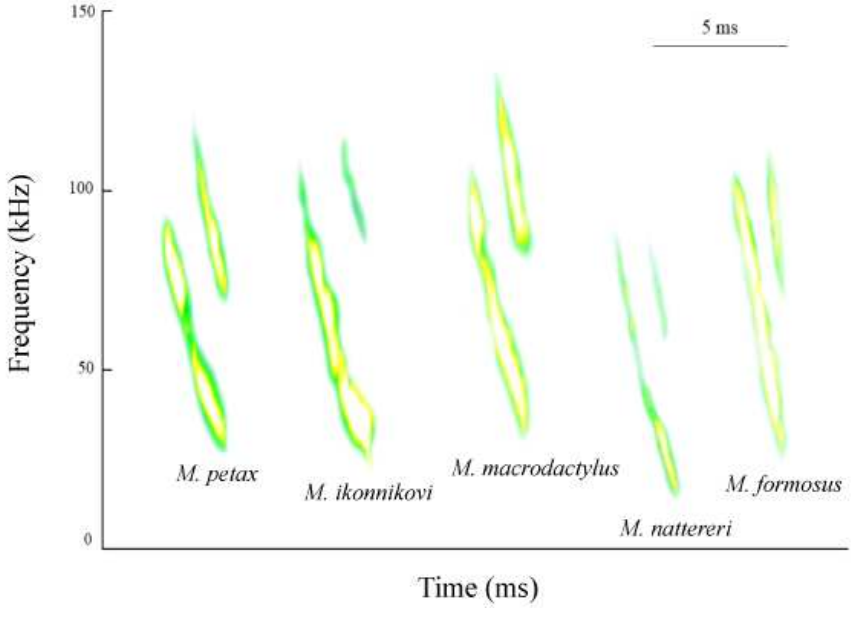
· 임신기, 수유기, 수유 후기로 구분한 단계별 3개체씩 9개체의 행동권 분석 결과 수유 후기의 행동권이 가장 크고 수유기의 행동권이 가장 적은 것으로 나타남




**[그림 2-31] 3단계별 행동권 크기 비교 (좌)MCP100%, 중 (우)KHR 50%**

출처: 정철운 등 (2017)

- 국내 서식하는 애기박쥐과 5종의 초음파 패턴 연구(윤광배 등 2016)
  - · 애기박쥐과에 속하는 종들은 외형뿐만 아니라 유사한 서식지 형태를 띄는 종이 있어 동정에 힘든 부분이 있음
  - · 애기박쥐과 5종의 고유 초음파 패턴을 확립하여 종 동정에 필요한 기초자료를 확보하고 수행되었음
  - · 녹음한 초음파들을 대상으로 Start Frequency, Eed Frequency, Peak Frequency, Duration and Pulse Interval 등을 분석하여 각 종별 초음파를 분석하여 확립함




**[그림 2-32] 국내 애기박쥐과 5종의 초음파 패턴**

출처: 윤광배 등 (2016)

**소 결**

- 국외 연구 사례를 분석한 결과 박쥐-인간 영향, 먹이원, 유전, 모델링 등 다양한 분야의 연구가 진행되고 있음
- 국내 연구 사례 역시 다양한 분야의 접근이 이루어지고 있으나, 인간-박쥐 영향, 도심 생태계 내의 박쥐 생태 등 응용·연계 연구가 미흡한 실정임
- 국내 관리 사례 역시 지역 내 서식 종 확인, 종 목록 등 지역 자연자원 파악의 수준의 연구가 이행되고 있고, 전문적 지식 위주의 관리 사례를 대다수 확인함
- 외국 관리 사례의 경우 지역 내 서식 종 리스트와 함께 시민, 자원봉사자 참여 주도의 박쥐 모니터링·조사 실시로 데이터 규모의 증대를 도모하고, 박쥐 보전 및 홍보에 대한 국민 공감대 형성 유도
- 따라서 박쥐-인간 영향, 도심생태계 내 박쥐의 역할과 같은 응용·연계 연구를 통해 지역 주민의 생활권과 인접한 관계에 있는 박쥐의 이해도를 높이는 연구 필요
- 또한 시민 과학자(Citizen scientists) 개념 차용으로 박쥐 연구의 자발적 참여를 통한 주민 공감대 형성으로 향후 도심 정책 및 관리 방안 마련 용이성 증대

# 대전시 주요 산림 및 하천에 서식하는 박쥐류 조사

1. 조사 대상지
2. 조사 방법
3. 조사 결과

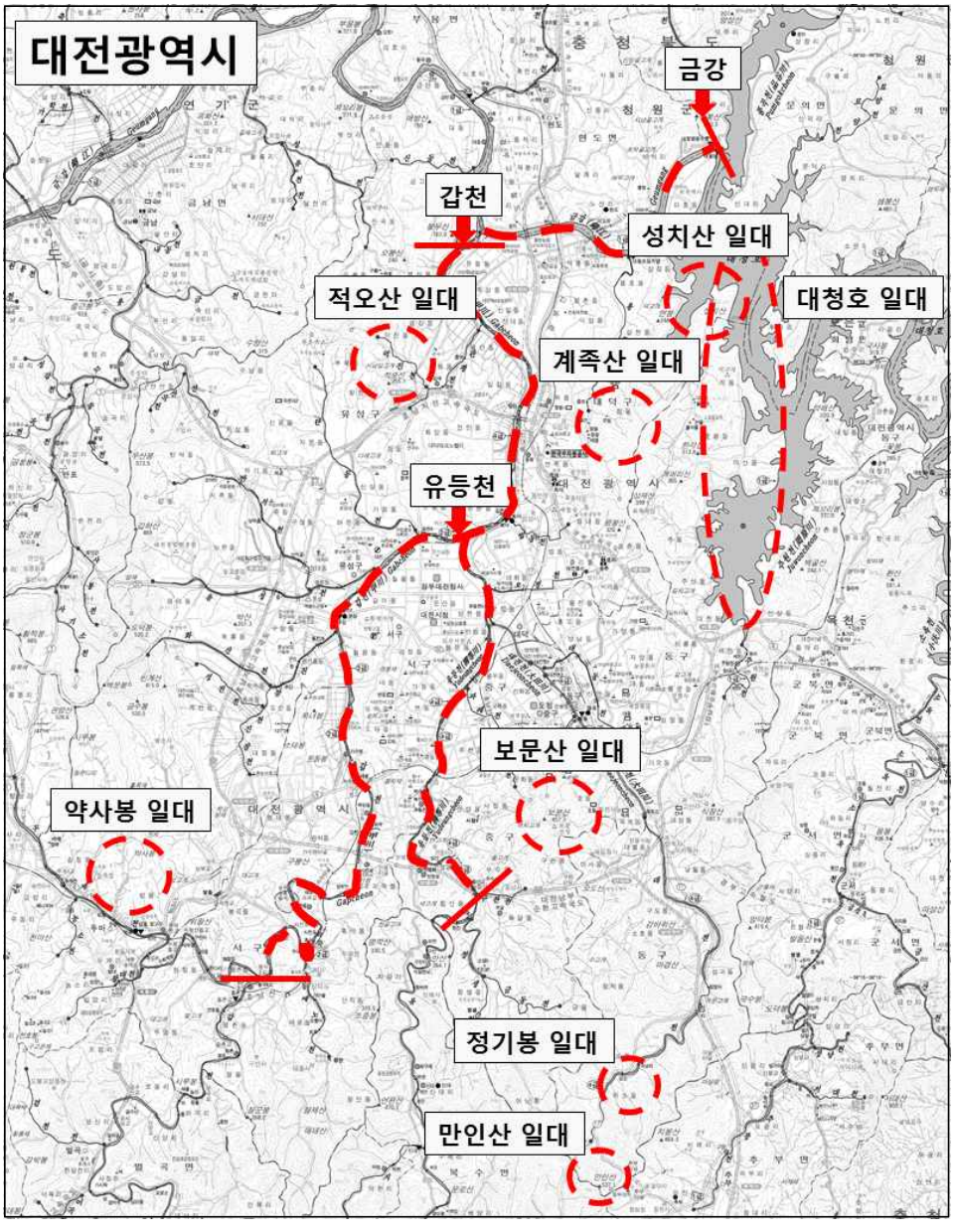
# 3장

# 3장 대전시 주요 산림 및 하천에 서식하는 박쥐류 조사

## 1절. 조사 방법

### 1. 조사 대상지

- ❍ 대전시 내 박쥐 서식 유무를 확인하기 위해 수행된 조사 대상지는 대전시 전역을 대상으로 박쥐의 서식이 예상되는 지역을 대상으로 수행되었음
- ❍ 주요 산림으로는 만인산(동구) 일대, 정기봉(동구) 일대, 보문산(중구) 일대, 계족산(대덕구), 성치산(대덕구), 적오산(유성구), 약사봉(유성구) 일대를 대상으로 조사함
- ❍ 주요 하천 및 수계의 조사는 갑천(대덕구~유성구~서구), 유등천(대덕구~중구), 금강(대덕구) 및 관내 저수지, 대청호 일대를 중심으로 조사를 수행함
- ❍ 또한 박쥐 동면을 위한 동면서식처 및 서식 종을 파악하기 위해 대전시 내 위치한 폐광 및 자연동굴의 위치정보를 획득하고자 관련 문헌 및 자료 검색을 수행함




**[그림 3-1] 박쥐 서식 실태 파악을 위한 대전시 내 주요 조사 대상지**

## 2. 포획 조사

❍ 박쥐류의 서식과 이동이 예상되는 하천, 산림 및 도로를 중심으로 Mist-net(3.5m*9m, 38mm mesh; avinet, USA)를 이용하여 16시부터 익일 2시까지 포획조사를 수행

**[그림 3-2] 대전시 내 박쥐포획을 위한 Mist-net 설치**

## 3. 초음파수신기(ultrasound detector)를 이용한 조사

❍ 포획조사 이외에 산림 및 하천 내 야간 중 박쥐의 이동, 먹이활동 등에 있어 잠재적 박쥐 서식을 확인하기 위해 초음파수신기(Echo Meter Touch; Wildlife Acoustics, AR125 Ultrasonic Receiver; Binary Acoustic Technology LLC)를 이용함

❍ 수신된 초음파(echolocation call)의 분석은 Raven Pro Version 1.4 (Bioacoustics Research Program, Cornell Lab of Ornithology, US)를 사용하여 분석하였으며 종 동정을 위해 국내외 발간된 박쥐 종별 초음파를 활용한 종 확인 연구 논문 및 조사자가 기존 보유한 초음파들과 비교분석하여 가능한 종에 대하여 동정을 함

[그림 3-3] 대전시 내 박쥐포획을 위한
Mist-net설치지점(2017.07.20.)

[그림 3-4] 대전시 내 박쥐포획을 위한
Mist-net설치지점(2017.08.03.)

[그림 3-5] 대전시 내 박쥐포획을 위한
Mist-net설치지점(2017.08.04.)

[그림 3-6] 대전시 내 박쥐포획을 위한
Mist-net설치지점(2017.09.23.)

# 2절. 조사 결과

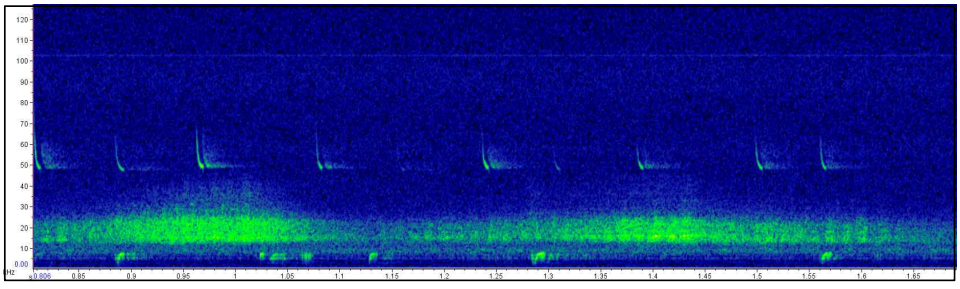
## 1. 포획 조사 결과

- ❍ 포획조사 결과 관박쥐과 관박쥐(*Rhinolophus ferumequinum*) 1종이 1회 포획되었음
- ❍ 관박쥐는 만인산자연휴양림 일대 하천 인근 임도에 설치한 Mist-net에 포획되었음

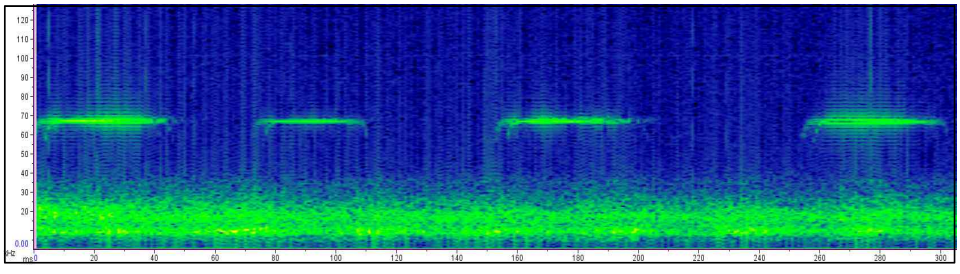
**[그림 3-7] 만인산자연휴양림 일대에서 포획된 관박쥐(♀)**

## 2. 초음파 조사 결과

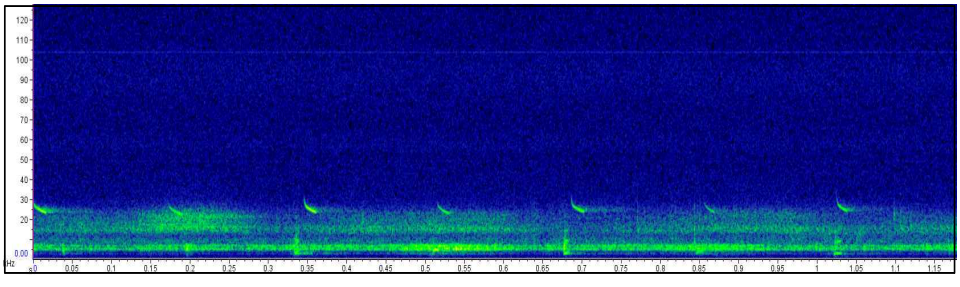
- ❍ 초음파수신기(ultrasound detector)를 이용하여 수신된 박쥐 고유 초음파를 분석한 결과 안주애기박쥐(*Vespertilio sinensis*), 집박쥐(*Pipistrellus abramus*), 우수리박쥐(*Myotis petax*)의 서식이 확인되었음
- ❍ 안주애기박쥐는 동구 만인산자연휴양림 일대 조사에서 소하천 및 임도가 위치한 산림 지역에서 2차례 확인되었음
- ❍ 또한 만인산자연휴양림 일대에서는 포획 조사에서 확인된 관박쥐의 초음파도 다수 확인할 수 있었음
- ❍ 집박쥐의 경우, 미호천 일대와 금강의 상류부근(용호제방), 장평보유원지(갑천), 방동저수지 일대에서 하천과 주변 농경지를 중심으로 다수 확인되었음



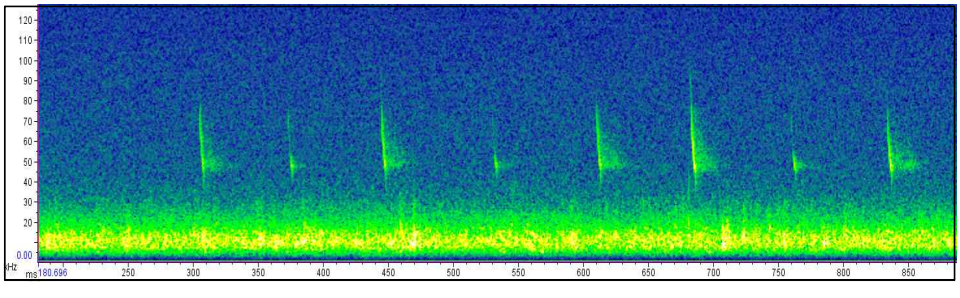
[그림 3-8] 집박쥐(*Pipistrellus abramus*) 초음파 패턴



[그림 3-9] 관박쥐(*Rhinolophus ferumequinum*) 초음파 패턴



[그림 3-10] 안주애기박쥐(*Vespertilio sinensis*) 초음파 패턴

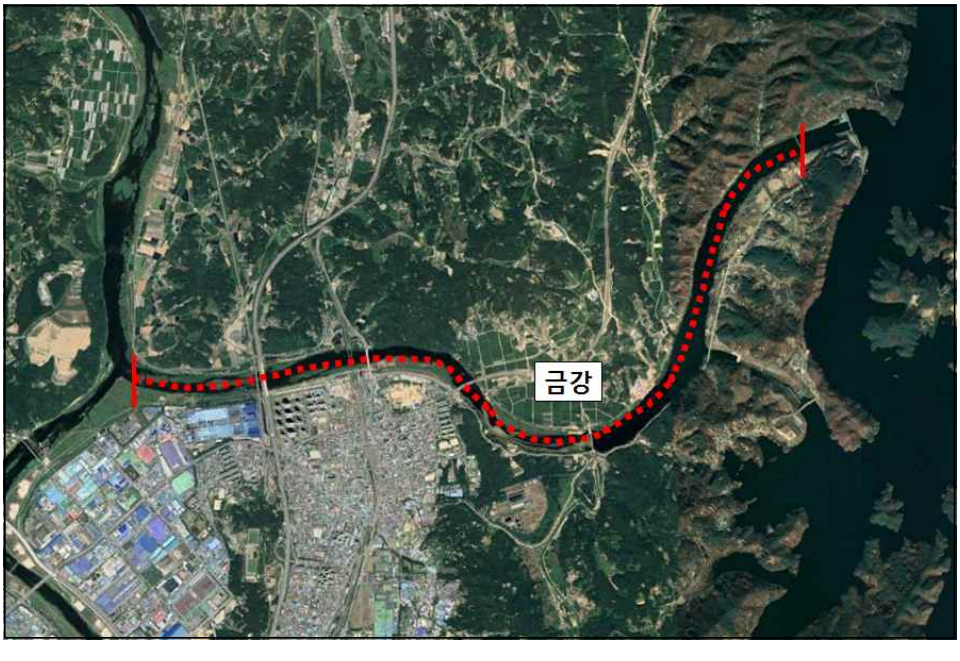


[그림 3-11] 우수리박쥐(*Myotis petax*) 초음파 패턴

## 3. 조사 지점별 결과

○ 금강 일대

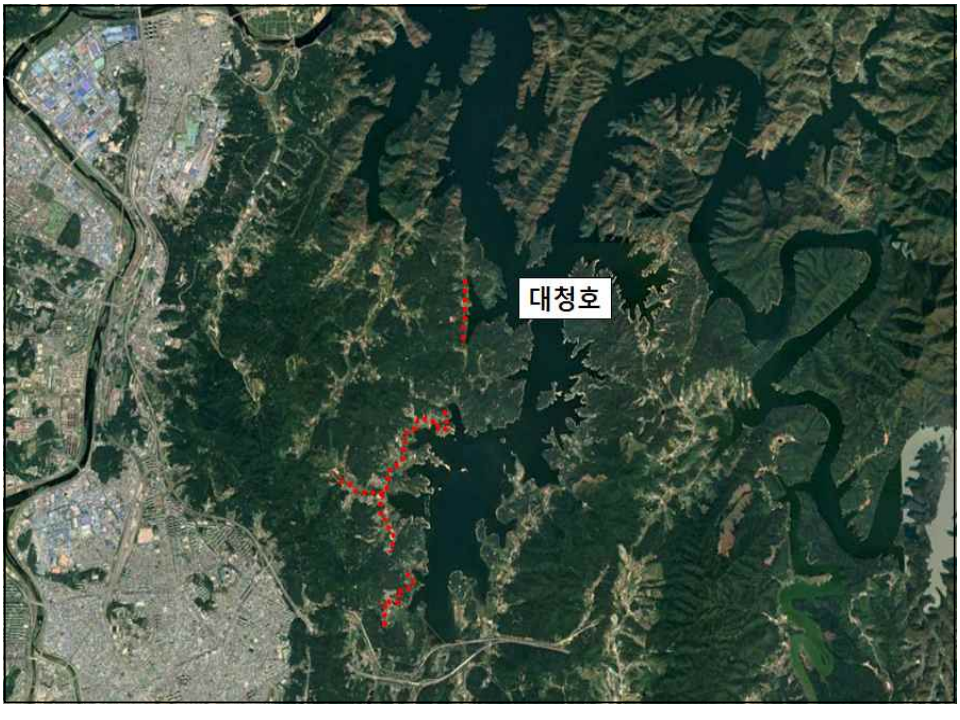
- 금강 일대 조사 지점은 상류지역에는 일부 농경지와 습지로 이루어져 있으며 인근 공업단지와 주거시설이 위치하고 있는 지역임
- 상류에서부터 하류까지 차량과 도보로 이동하며 초음파수신기를 이용하여 야간 중 이동과 먹이활동을 하는 박쥐에 대한 조사를 수행한 결과, 금강 상류 지역에서는 해가 진 후 지속적으로 집박쥐*Pipistrellus abramus*의 이동 및 먹이 활동이 관찰되었음
- 금강 조사 지점의 중간지점에는 일부 지역에 농경지가 위치하고 있는 지역과 하류 지역인 대청호와 인접한 지역에서는 박쥐의 야간 중 활동이 충분히 예상되나 본 조사에서는 관찰되지 않음




**[그림 3-12] 금강 일대 조사 지점 및 경로**

❍ 대청호 일대

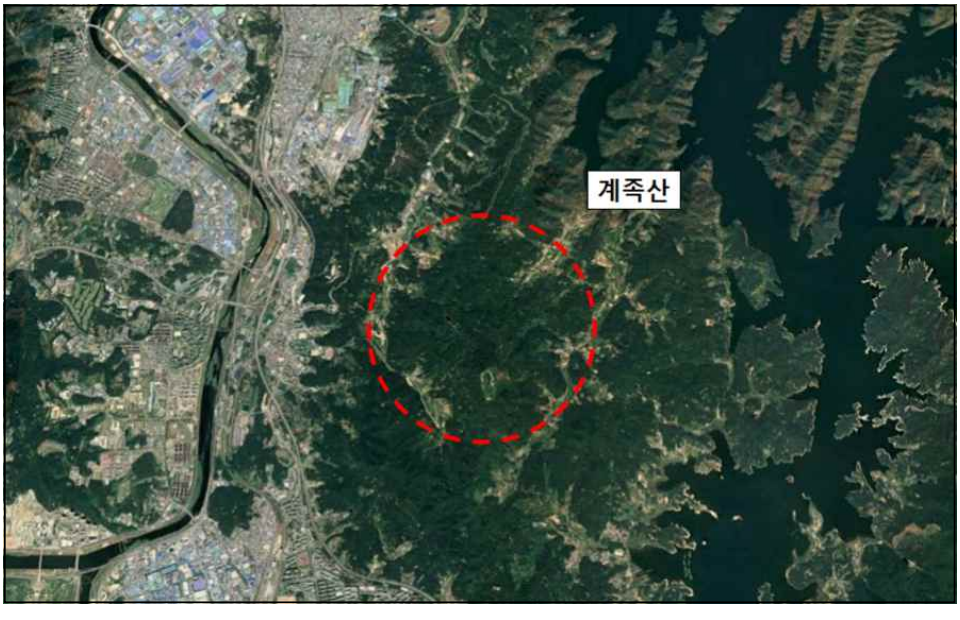
- 대청호 일대 조사는 야간 중 도보와 차량의 이동이 가능한 지역을 선정하여 조사를 수행함
- 대청호 일대는 보 시설과 일부 주거지를 제외하고는 주로 산림 지역으로 이루어져 있으며 대청호와 인접한 지점의 산림은 야간 중 접근이 어려운 지역이 다수 있음
- 조사결과, 대청호 일대에서 야간 중 박쥐의 이동 및 먹이활동은 확인되지 않았으며 이는 조사 당시 기상환경과 광범위한 수계, 산림 지역 등의 지리적 영향으로 비춰짐




**[그림 3-13] 대청호 일대 조사 지점 및 경로**

❍ 계족산 일대

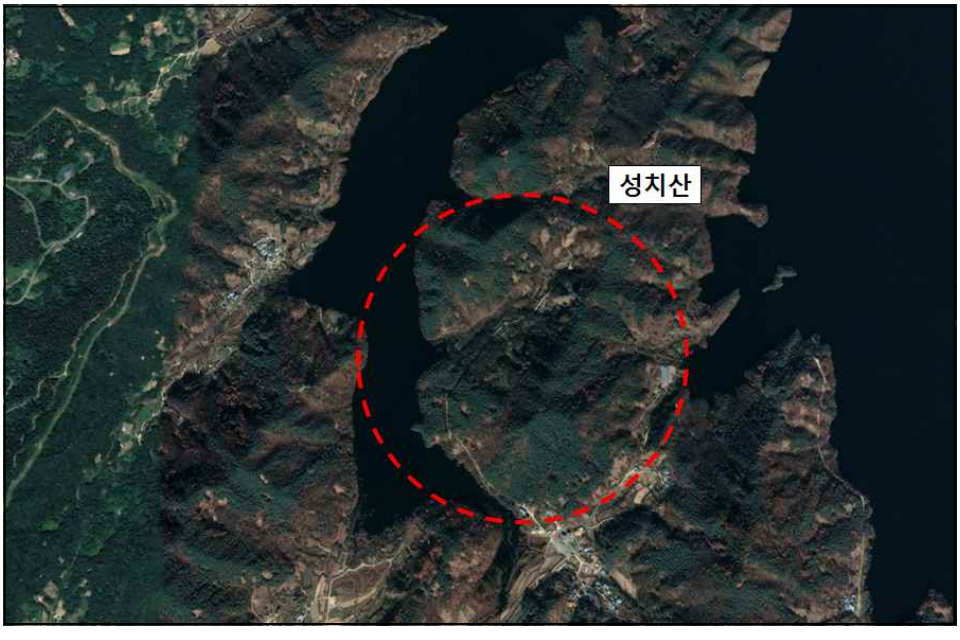
- 계족산 일대 조사는 대부분 야간 중 접근이 가능한 지역에 대하여 도보로 이동하며 조사를 수행함
- 계족산 조사지역은 산 정상부로 연결되는 탐방로가 다수 개설되어 있으며 일부 지역에서는 탐방을 위한 시설들이 위치하고 있음. 또한 암자 및 인공구조물이 다수 확인되며 간벌행위, 경작지 등이 위치하고 있음
- 계족산 일대 경작지가 위치한 지역에서는 수계가 위치하고 있으나 수량이 적은 것으로 확인되었음
- 조사결과, 계족산 일대에서 야간 중 박쥐의 이동 및 먹이활동은 확인되지 않았으며 포획조사를 수행하려 했으나 야간 활동의 관찰이 전무하여 수행하지 않았음




**[그림 3-14] 계족산 일대 조사 지점 및 경로**

❍ 성치산 일대

- 성치산 일대 조사는 대부분 야간 중 접근이 가능한 지역에 대하여 도보와 차량으로 이동하며 조사를 수행함
- 성치산 조사지역은 산 정상부로 연결되는 탐방로가 개설되어 있으며 해당 지역에는 탐방을 위한 시설은 비교적 적었음. 주변에 인가들이 위치하고 있으며 성치산 주변에는 대청호 수계가 둘러싸여 있는 형태이고 산림은 주로 침엽수로 일부 활엽수가 관찰되었음. 주변 대청호 수계가 위치하고 있어 도보로 접근이 가능하였음
- 조사결과, 성치산 일대에서 야간 중 박쥐의 이동 및 먹이활동은 확인되지 않았으며 광범위한 수계, 산림 환경에 영향이 있었을 것으로 판단됨




**[그림 3-15] 성치산 일대 조사 지점 및 경로**

❍ 갑천 일대

- 갑천 일대 조사는 포획조사가 불가능한 지역으로 야간 중 차량과 도보로 이동하며 초음파 수신기를 이용하여 박쥐의 야간 중 활동을 관찰함
- 갑천 조사지역은 상류지역에서 하류지역까지의 수계가 대전시를 관통하는 수계로서 주변에는 주로 주거시설과 산업시설이 위치하고 있으며 수계주변으로는 인간 활동이 활발하게 이뤄지는 지역임. 수계에는 다수의 교량이 위치하고 있으나 야간 중 불빛에 의한 교란이 다수 확인되며 수계 주변 식생은 하천정비사업의 일원으로 벌초된 지점이 다수 관찰되었음
- 조사결과, 갑천 상류 지점에서 집박쥐의 야간 중 활동이 관찰되었으며 하류 지점 인근의 장평보유원지 일대 수계에서 집박쥐와 Myotis속의 박쥐의 야간 중 활동이 관찰되었음

**[그림 3-16] 갑천 일대 조사 지점 및 경로**

❍ 유등천 일대

- 유등천 일대 조사는 갑천과 마찬가지로 포획조사가 불가능한 지역으로 야간 중 차량과 도보로 이동하며 초음파 수신기를 이용하여 박쥐의 야간 중 활동을 관찰함
- 유등천 조사지역은 갑천 수계의 지류 수계로서 주변에는 주로 주거시설과 산업시설이 위치하고 있으며 수계주변으로는 인간 활동이 활발하게 이뤄지는 지역으로 갑천과 유사함. 수계에는 다수의 교량이 위치하고 있으나 야간 중 주변의 불빛에 의한 교란이 다수 확인되었음
- 조사결과, 유등천 지역에서는 박쥐류의 야간 활동이 관찰되지 않았음. 유등천 지역은 갑천에 비해 상류와 하류부근에서 인위적 간섭이 지속적으로 나타나는 지역이기 때문이라 판단됨

**[그림 3-17] 유등천 일대 조사 지점 및 경로**

❍ 약사봉 일대

- 약사봉 일대에서는 포획조사와 더불어 야간 중 차량과 도보로 이동하며 초음파 수신기를 이용하여 박쥐의 야간 중 활동을 관찰함
- 약사봉 일대 조사지역은 주변 인가와 농경지가 다수 위치하고 있으며 산림은 주로 활엽수로 이루어진 지역임. 인가와 농경지 주변의 산림에서 야간 중 Mist-net을 활용하여 포획조사를 수행하였으며 수행중에는 초음파 수신기를 이용하여 주변 등산로 및 농경지를 대상으로 조사를 수행하였음
- 포획조사와 초음파 수신기를 이용하여 조사를 수행한 결과, 일대 야간 중에는 박쥐류의 활동을 확인할 수 없었음. 주변 환경을 비춰볼 때 박쥐의 서식이 충분히 예상되어 지속적인 조사가 필요할 것으로 판단되는 지역임

**[그림 3-18] 약사봉 일대 조사 지점 및 경로**

○ 보문산 일대

- 보문산 일대에서는 포획조사가 불가하여 야간 중 차량과 도보로 이동하며 초음파 수신기를 이용하여 박쥐의 야간 중 활동을 관찰함
- 보문산 일대 조사지역은 시가지와 인접산 산림지역으로 대부분이 탐방로로 개설되어 있어 인간의 접근이 용이하고 주변 동물원 및 시물원 등의 대형 시설들이 위치하고 있는 지역임
- 초음파 수신기를 이용하여 조사를 수행한 결과, 일대 야간 중에는 박쥐류의 활동을 확인할 수 없었음. 주변 환경을 비춰볼 때 박쥐의 서식이 충분히 예상되나 인간의 접근과 활동이 활발하게 이뤄지는 지역 특성 상 지속적인 관찰이 필요할 것으로 판단됨

**[그림 3-19] 보문산 일대 조사 지점 및 경로**

❍ 만인산 일대

- 만인산 일대에서는 포획조사와 더불어 차량과 도보로 이동하며 초음파수신기를 이용하여 박쥐의 야간 중 활동을 관찰함
- 만인산 일대 조사지역은 다른 지역에 비해 비교적 산림이 잘 발달되어 있는 지역으로 일대 수계와 식생이 박쥐류가 서식하는데 있어 양호한 조건을 갖춘 지역으로 판단됨.
- 초음파 수신기를 이용하여 조사를 수행한 결과 관박쥐, 집박쥐, 우수리박쥐, 안주애기박쥐의 야간 중 활동이 확인되었고 포획조사에서는 관박쥐 1개체를 포획하였음
- 비교적 양호한 주변 환경에 비해 박쥐의 활동이 활발한 시기인 6월~8월 사이의 야간 중 많은 피서객 및 탐방객이 방문하는 것으로 파악되어 적절한 관리방안이 필요할 것으로 비춰짐

**[그림 3-20] 만인산 일대 조사 지점 및 경로**

❍ 정기산 일대

- 정기봉 일대에서는 만인산과 인접한 지역으로 차량과 도보로 이동하며 초음파수신기를 이용하여 박쥐의 야간 중 활동을 관찰함
- 정기봉 일대 조사지역은 만인산과 유사하게 다른 지역에 비해 비교적 산림이 잘 발달되어 있는 지역으로 일대 수계와 식생이 박쥐류가 서식하는데 충분한 조건을 갖춘 지역으로 판단됨.
- 초음파 수신기를 이용하여 조사를 수행한 결과 야간 중 활동이 확인되지 않았음
- 만인산휴양림과 마찬가지로 비교적 양호한 주변 환경에 비해 박쥐의 활동이 활발한 시기인 6월~8월 사이의 야간 중 많은 피서객 및 탐방객이 방문하는 것이 확인되어 지속적인 관찰과 적절한 관리방안이 필요한 지역으로 판단됨

**[그림 3-21] 정기봉 일대 조사 지점 및 경로**

## 4. 종합 결과

- ❍ 대전시 내 서식하는 박쥐의 종 다양성을 파악하기 위해 수행된 본 조사에서 박쥐 서식이 예상되는 지점으로 포획 조사 및 초음파 조사를 수행한 결과, 총 2과 5종의 박쥐가 서식하는 것으로 나타남
- ❍ 이 중 1종은 초음파 분석을 시도하였지만 속(Genus) 수준에서만 분석이 가능하였으며 애기박쥐과의 윗수염박쥐속(*Myotis*)의 종으로 분석되었음
- ❍ 관박쥐는 만인산자연휴양림 일대 임도를 중심으로 포획과 초음파가 수신되었으며 우수리박쥐의 경우도 동일 지역 내 수계가 있는 작은 호수에서 초음파로 서식을 확인할 수 있었음
- ❍ 집박쥐는 만인산 일대에서는 만인산자연학습장 건물 주변에서 야간 중 먹이활동을 하는 것이 초음파로 확인되었으며 이 외에도 미호천 일대와 방동저수지, 장평보유원지 주변에 위치한 수계와 농경지에서 초음파 수신으로 인해 서식이 확인되었음
- ❍ 또한 금강 하류 부근의 대청호와 인접해 있는 수계 상의 교량 부근에서도 집박쥐의 초음파를 수신할 수 있어 일대 수계를 중심으로 야간에 활동하는 것으로 판단됨
- ❍ 대전 도심을 관통하고 있는 갑천을 조사한 결과, 갑천 상류 지역인 불무교에서  오후 10시 이후 지속적이고 다수의 집박쥐 초음파가 수신되었음
- ❍ 갑천 상류 부근부터 도심을 관통하는 지역, 하류까지 조사한 결과는 상류지역과 하류지역에서는 집박쥐 등의 초음파를 수신할 수 있었지만 도심을 관통하는 지점들에서는 어떠한 초음파도 수신할 수 없었음

**[표 3-1] 2018년도 대전시 주요 산림 및 하천의 박쥐류 조사결과**

| 목 명 | 과 명 | 국 명 | 학 명 |
|---|---|---|---|
| 박쥐목 | 관박쥐과 | 관박쥐 | *Rhinolophus ferrumequinum* |
| | 애기박쥐과 | 안주애기박쥐 | *Vespertilio sinensis* |
| | | 집박쥐 | *Pipistrellus abramus* |
| | | 우수리박쥐 | *Myotis petax* |
| | | 미동정 | *Myotis spp.* |
| | 총 | 2과 5종 | |

**[표 3-2] 2018년도 대전시 주요 산림 및 하천의 박쥐 서식 확인 지점**

| 순번 | 종 명 | 좌 표 | 지 역 |
|---|---|---|---|
| 1 | 관박쥐 | 36°12'12.39"N<br>127°26'35.93"E | 만인산 일대 |
| 2 | 관박쥐 | 36°12'8.13"N<br>127°26'43.46"E | 만인산 일대 |
| 3 | 우수리박쥐 | 36°12'9.29"N<br>127°26'41.64"E | 만인산 일대 |
| 4 | 안주애기박쥐 | 36°12'6.69"N<br>127°26'46.94"E | 만인산 일대 |
| 5 | 집박쥐 | 36°12'6.60"N<br>127°27'17.26"E | 만인산 일대 |
| 6 | 집박쥐 | 36°27'27.64"N<br>127°27'54.12"E | 미호천 일대 |
| 7 | 집박쥐 | 36°26'55.95"N<br>127°27'8.76"E | 금강 상류(용호제방) |
| 8 | 집박쥐 | 36°16'16.24"N<br>127°20'24.21"E | 장평보유원지(갑천) |
| 9 | Myotis spp. | 36°16'16.24"N<br>127°20'24.21"E | 장평보유원지(갑천) |
| 10 | 집박쥐 | 36°17'39.73"N<br>127°17'56.59"E | 방동저수지 일대 |
| 11 | 집박쥐 | 36°26'56.39"N<br>127°23'31.44"E | 불무교(갑천상류) |
| 12 | 집박쥐 | 36°26'35.82"N<br>127°23'18.98"E | 불무교(갑천상류) |

# 결론 및 정책제언

1. 결 론
2. 정책제언

4장

# 4장 결론 및 정책제언

## 1절. 결 론

### 1. 국외 연구·관리 동향

❍ 국외 박쥐 관련 연구 동향을 파악한 결과 유전, 형태분류, 인간-박쥐 영향 먹이원 등 다양한 분야의 연구가 진행되고 있음

- 연구 분야 중 계통 트리, 외부기생충, 초음파 이용 동정과 같은 기초 연구는 2000년대 초에 주로 수행되었음
- 도심 내 먹이활동 모델링, 먹이자원 이용 현황, 박쥐-인간 영향과 같은 응용·연계 연구는 2010년부터 최근까지 진행되고 있는 것으로 확인됨
- 기 연구된 기초 정보를 토대로 실시하는 다양한 연계 연구를 통해 박쥐와 관련한 다양한 시사점 제시, 세밀한 보전전략 논의가 진행되고 있음

❍ 중장기 모니터링, 대규모 조사 실시를 토대로 한 자료 확보

- 광견병의 전이 경로가 될 수 있는 박쥐 개체군에 대한 꾸준한 예찰로 혈청학적 유병률과 함께 개체군내 바이러스 지속 메커니즘의 기초자료를 제시함
- 미국 전역에 대해 매년 실시하는 대규모 박쥐 모니터링에 의해 교각 하천 및 환경 건강성 평가 지표로 이용하여 정책 제언 등에 활용

❍ 인간 밀접한 연구 진행과 주민 참여 모니터링 실시함

- 박쥐 서식지인 동굴의 방문자 수 증감에 따른 영향, 과수원 침입 박쥐

의 사냥으로 초래될 수 있는 병원균 전이 가능성 등 인간 생생활과 밀접한 연구 실시로 세부 단계의 정책 마련 논의

- 박쥐의 먹이 선호도 규명을 통해 인간 생활권 내에서의 해충 구제 역할을 시사하며, 도심 내 박쥐 먹이 활동 시나리오, 서식지 연결 등을 통해 도심 생태계 조성과 관련한 실증적 데이터 제시
- 자원봉사자가 참여하는 모니터링으로 다발적, 다수의 자료 확보가 가능하며, 연구 정보를 국민에게 공유하는 프로그램으로 국민 공감대 형성 및 인식 고찰

## 2. 국내 연구·관리 동향

❍ 서식현황, 먹이원, 계통관계, 동면 생태 등 다양한 연구가 진행되고 있으나 대부분 기본 연구와 관련됨

- 서식 종 현황, 계통 관계, 두개골 형태 등 기초 연구가 주로 수행되고 있음
- 국외 연구 사례와 비교하였을 때 연계, 확장된 연구 수행이 부족한 것으로 나타남

❍ 열람 가능한 단행본 발행으로 박쥐에 관한 기초 정보를 제시한 바 있으나, 전문가 초빙 국제 세미나, 연구 개발 방법 등 전문 지식 위주의 연구·관리가 진행되는 상태임

❍ 확장·연계된 연구로 인간생활과 밀접한 박쥐의 생태 규명과 함께 시민 참여형 조사·모니터링, 지식 공유 등으로 데이터 확대와 함께 국민 공감대를 형성할 수 있는 방안 마련 필요

## 3. 대전시 박쥐 현장조사

- ❍ 본 조사는 대전시 내 서식현황자료가 미흡한 소형포유류인 박쥐류 서식 현황 파악을 위해 수행하였음
- ❍ 대전 내 박쥐류의 주요 서식지로 예상되는 산림과 하천을 대상으로 실시
- ❍ 조사 결과 총 2과 5종의 서식을 확인하였으며, 이 중 1종은 속(Genus) 수준에서 동정이 가능하였음
- ❍ 만인산자연휴양림 일대에서 포획조사에 의해 관박쥐를 확인하였으며, 초음파 조사로 집박쥐, 안주애기박쥐, 우수리박쥐의 서식을 확인함
- ❍ 수계 중심의 야간 조사 결과, 갑천 상류 지역 및 하류 지역 일대의 하천과 주변 농경지에서 집박쥐의 서식을 다수 확인함
- ❍ 조명 시설, 인위적 간섭과 같은 다수의 교란 요인이 확인된 도심지역, 일부 산림지역에서는 박쥐의 서식을 확인할 수 없었음

# 2절. 정책제언

## 1. 대전시 박쥐류 모니터링

○ 대전시는 최근까지 지속적으로 자연환경 모니터링을 수행해왔지만 소형 포유류 특히, 박쥐류에 대한 조사는 전무한 상태임

- 매 10년마다 자연환경조사 수행
  · 1차 조사: 2002~2004년, 2차 조사: 2012~2014년
- 2017년부터 매년 대전 내 주요 서식지를 대상으로 한 생태계변화관찰 조사를 수행 중에 있음
  · ‘17년 대청호추동습지, 유등천, 장태산, 계족산, ’18년 갑천, 식장산, 금수봉, 보문산 조사 수행
- 2018년 대전 도시생태현황지도 구축을 위해 야생동식물 현장조사 실시계획

**[표 4-1] 대전시 생태계변화관찰 조사대상지 현황**

| 대상지역 | 주요 서식 생물종 | 지역 특성 | 조사 년도 |
|---|---|---|---|
| 대청호 추동습지 | 수달(멸종1급, 천연기념물), 흰목물떼새(멸종2급) | 습지보호지역(2008.12. 26 지정) 상수원보호구역 | ‘17년 |
| 유등천 | 수달(멸종1급, 천연기념물), 감돌고기(깃대종) 등 | 멸종위기종 야생생물서식지 | ‘17년 |
| 장태산 | 하늘다람쥐, 이끼도롱뇽(깃대종) 등 | 깃대종 서식지 | ‘17년 |
| 계족산 | 황조롱이(천연기념물), 왕벚나무(멸종위기), 주목(취약종) | 양호한 산림 분포(대전 핵심 생태·녹지축) | ‘17년 |
| 갑천 | 수달(멸종1급, 천연기념물), 미호종개(천연기념물), 황조롱이(천연기념물) | 자연하천의 안정된 생태계 보유 (습지보호지역 지정 신청지역) | ‘18년 |
| 식장산 | 하늘다람쥐(천연기념물, 멸종2급, 깃대종), 왕벚나무(멸종), 주목·금붓꽃(취약종) | 멸종위기종 야생생물서식지 깃대종 서식지 | ‘18년 |
| 금수봉 | 삵(멸종2급), 수달(멸종1급), 너구리, 고라니, 붉은배새매(천연기념물) | 멸종위기종 야생생물서식지 | ‘18년 |
| 보문산 | 하늘다람쥐(천연기념물, 멸종2급, 깃대종), 황조롱이(천연기념), 수리부엉이(멸종2급), 남생이(멸종2급), 왕벚나무(멸종), 주목(취약종) | 멸종위기종 야생생물서식지 깃대종 서식지 | ‘18년 |

○ 최근 지자체 생물다양성 증진과 생태계 관리 방안 수립에 있어 박쥐류의 조사는 필수적임

○ 모니터링, 분포 현황, 서식 실태 조사 수행의 경우, 박쥐류는 중대형포

유류와 달리 생리적 특성(동면, 활동기) 및 생태적 특성(먹이원, 서식지 등)과 관련해 조사방법과 시기를 달리할 필요가 있음

- ❍ 박쥐의 경우 동면시기에 동면처를 조사하는 것이 가장 기초적이나 본 조사에서 대전시 내 폐광 및 자연동굴의 정보를 획득하기 어려워 미진한 결과가 나타난 것으로 판단됨
- ❍ 따라서 국가지질정보원, 한국동굴연구소 등 관련 기관과의 협업을 통해 모니터링이 이루어져야 하며 기 보고 자료인 자연자원조사, 용역 등의 선행연구 사례를 수집하고 정리할 필요가 있음
- ❍ 대전시는 산림, 하천, 농경지 및 도심지 등 다양한 환경이 위치하고 있는 지역으로 박쥐의 특성상 다양한 환경에 대해 소수의 조사자가 일괄적으로 조사, 모니터링을 수행하기에는 제한적일 수 있음
- ❍ 환경별 대표적 조사구 설정을 선행하여 박쥐가 가장 활동이 활발한 시기(7월~8월)에 집중적 조사가 요구되며, 조사는 동시센서스 조사가 효율적이나 다수의 조사자를 운용해야 한다는 단점이 있어 이 보완 마련이 필요함
- ❍ 또한 특정종이 서식지나 휴식처로 이용되는 지점을 파악할 수 있는 정밀조사를 수행되어야 특정 종에 대한 지속적인 모니터링 수행, 기타 응용적 연구가 이뤄질 수 있다고 판단됨

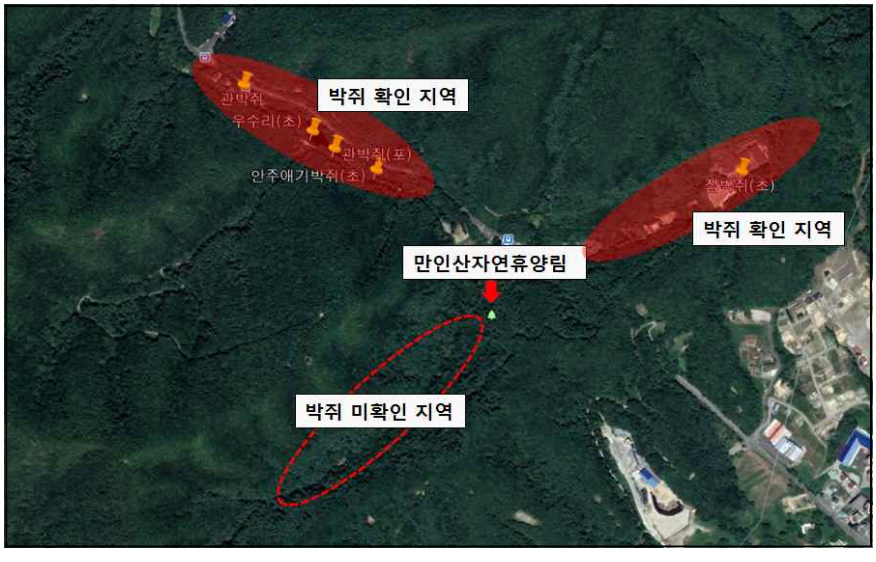
## 2. 관리 및 연구 제언

- ❍ 본 조사 수행된 지역 중 하나인 만인산자연휴양림의 세 개 지역 중 주자장에서부터 산림 상부로 이어지는 조사구에서 박쥐의 서식이 확인되지 않음[그림 4-1]
  - ❍ 위에 언급한 지역은 수계가 발달하고 산림이 비교적 잘 유지가 되고 있는 지역으로 박쥐의 서식이 예상되었으나, 박쥐의 활동시간인 야간 내 다수의 차량이 유입되었으며 산림을 이용하는 방문객이 지속적으로 확인되었음

❍ 위와 같은 요인은 박쥐의 야간 먹이활동에 큰 교란요인으로 작용할 수 있기 때문에 해당 조사기간 중 박쥐 활동을 확인할 수 없었던 것으로 판단됨

❍ 또한 방문객 유치를 위한 야간 카페운영, 박쥐의 수원지 이용에 교란요인으로 작용하는 저수지 조명시설, 등산로 내 가로등 등 다수의 교란요인이 산재함

❍ 따라서 방문객 유입, 주변 인공구조물 및 가로등, 조명시설의 조도 등과 박쥐 서식 유무와의 관계 등을 규명할 수 있는 연구가 수행되어야 하며, 적절한 관리 방안을 마련해야함




**[그림 4-1] 만인산자연휴양림 주변 박쥐 서식 현황**

❍ 대전시 도심을 관통하는 대형 하천 중 하나인 갑천의 상류에서부터 하류 지점까지 전 지역을 초음파 조사를 수행하였음

❍ 조사 결과 상류 지역인 불무교 일대와 하류 지역인 장평보유원지 일대

에서만 집박쥐의 서식을 확인할 수 있었음

❍ 위의 지역 이외에 지역은 대부분 주요 주거시설과 체육시설, 도로가 위치하고 있으며 인위적인 교란이 다수 확인되는 지역임

❍ 갑천의 중간지점 내에는 다수의 교량이 위치하고 있어 박쥐가 유입될 수 있는 조건 마련의 선행으로 유입 가능성을 높일 수 있을 것으로 사료됨

❍ 현재 교량 및 하천부에는 체육시설이 다수 위치하고 있으며 하천정비공사의 일원으로 주변 식생을 제거하는 사업이 활발하게 이루어지고 있었으며 대부분의 교량에는 높은 조도의 조명시설이 설치되어 있어 박쥐 유입의 장애요소로 작용할 수 있음

❍ 하천 주변의 식생은 박쥐의 주요 먹이자원인 곤충이 서식하고 발생하는 주요 장소이기 때문에 이에 관련된 적절한 대처가 필요함

❍ 최근 국외 연구 동향에서 도심 내 가로등 및 조명시설의 조도와 박쥐의 도심 출현과의 관계를 규명하는 연구들이 수행되고 있어 대전시에서도 갑천 내 박쥐 종 보전과 상류와 하류 지점에 서식하는 박쥐를 도심지역으로 유입할 수 있는 연구 등의 연구적 가치가 있는 지역으로 판단됨

❍ 또한 인간 생활권과 인접한 갑천의 지리적 이점으로 시민 생태 모니터링 운용 및 집중 모니터링 지역으로 활용할 수 있으며, 도심지역 내 박쥐 유입을 유도하는 장기적 연구가 가능하다고 사료됨

❍ 박쥐 조사를 위한 자원봉사자를 모집하여 박쥐 초음파 자료를 수집한다면 예산 대비 넓은 범위 내 다발적 자료 수집이 가능할 것으로 판단되며, 인위적 교란이 감소된 도심생태계 조성을 위한 정책 제언 단계에서 시민 공감대 형성 가능

❍ 본 조사에서 확인된 대전시 내 서식 박쥐 종을 토대로 향후 해당 종의 서식지 조사가 선행되어야 하며, 향후 서식지 내 동면기 조사로 개체수, 먹이원 등의 세분화된 연구 가능성 제기

## 3. 박쥐 홍보·활용 방안

### 1) 시민 박쥐 모니터링단 구성·운영

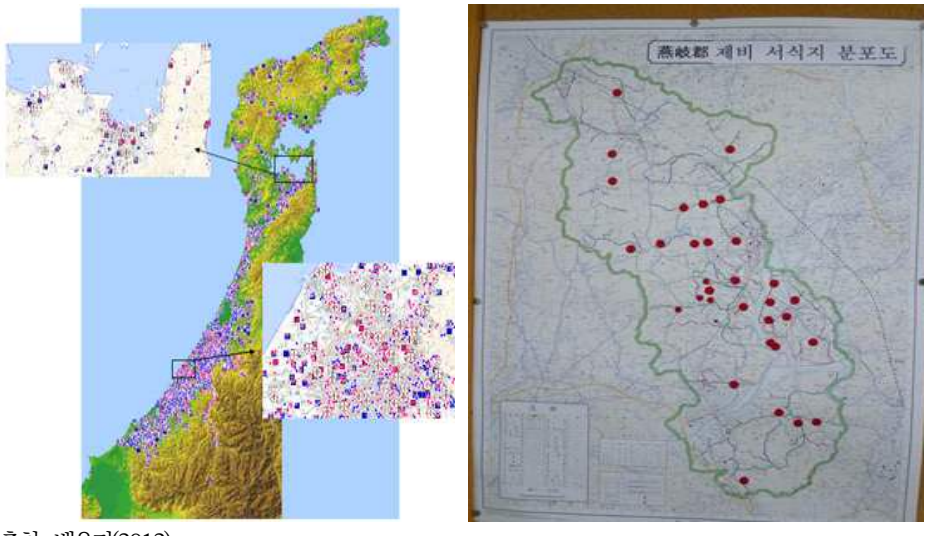
❍ 최근 세계적으로 국민들의 생태적 인식이 높아짐에 따라 시민 생태 모니터링 활동이 이뤄지고 있는 국가, 지자체가 늘어나고 있는 추세임

❍ 지역 주민들에게 생태계의 중요성, 보전관리의 필요성 등을 지속적으로 홍보하고 지역 내 박쥐를 포함한 생물자원에 대한 관련 활동 및 모니터링 등에 참여를 유도함으로 모니터링 인력자원을 해소할 수 있는 방안이 될 수 있고 지자체 생물자원 홍보효과도 이뤄질 수 있음

❍ 대전에서 박쥐의 주요 서식지인 산림 및 하천의 범위가 넓고, 박쥐의 활동이 가장 활발한 7~8월에 집중 조사가 필요한 만큼 다수의 조사자가 필요함음

❍ 대전시민이 포함된 박쥐 모니터링단을 구성·운영함으로써, 짧은 시간에 대전 전체의 박쥐 분포 및 밀도 등을 파악할 수 있고, 매년 시행함으로써 박쥐 분포의 변화와 원인규명을 통해 향후 보전방안을 마련할 수도 있음

- 정기적으로 수행하고 있는 자연환경조사와 생태계변화관찰조사, 도시생태현황지도 구축사업 등의 일환으로 수행할 수 있음




출처: 백운기(2012)

**[그림 4-2] 시민 참여에 의한 모니터링의 예**
**(좌: 일본의 제비 전국모니터링, 우: 연기군 제비 모니터링)**

### 2) 박쥐 보금자리 조성

- ❍ 최근 개발에 의한 서식지 파괴, 폐광 폐쇄 등 박쥐의 번식지 및 서식지의 양적·질적 감소가 지속적으로 이루어지고 있음
- ❍ 박쥐가 서식하는 지역에 번식 및 잠자리를 위한 보금자리 조성을 통해 대전 내 박쥐 보전 및 홍보 가능
- ❍ 과거 대전에서 깃대종으로 선정된 하늘다람쥐의 서식지인 장태산 일대에 인공둥지를 설치하여 보전 및 홍보의 사례도 있음

출처: https://search.daum.net/search?nil_suggest=btn&w=tot&DA=SBC&q=bat+nest+box

**[그림 4-3] 박쥐 보금자리 재료 및 설치**

출처: http://blog.naver.com/PostView.nhn?blogId=power9565&logNo=221105290411

**[그림 4-4] 대전 하늘다람쥐 둥지 설치 및 자연정화활동**

### 3) 박쥐 생태교육 프로그램 운영

❍ 최근 환경에 대한 관심이 증대되면서 국가 및 지자체별 다양한 생태교육 프로그램이 운영 중에 있음

❍ 박쥐를 대상으로 한 생태교육 프로램을 개발 및 운영할 수 있음

- 이론수업: 박쥐 종류, 분포, 생태, 교란 및 보전 등
- 현장수업: 하천과 산림 일대에서 이동하면서 Echo meter 어플리케이션을 활용한 초음파 측정, 월동지 동굴 내에 적외선 카메라를 설치하여 박쥐의 월동 상황 파악

출처 https://play.google.com/store/apps/details?id=emtouch.wildlifeacoustics.com.echometer&hl=ko

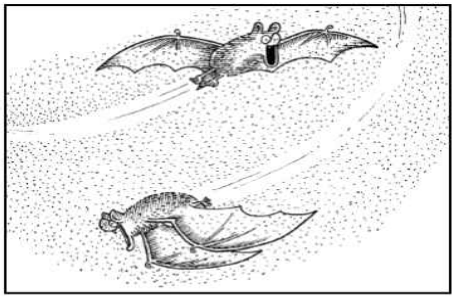
**[그림 4-5] 박쥐 초음파 추적기 어플리케이션**

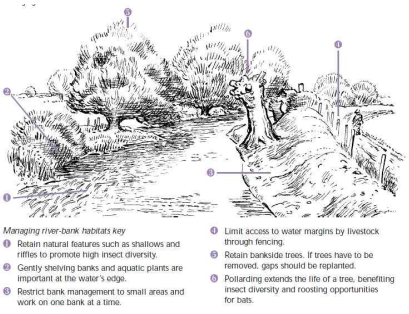
### 4) 도심에서 박쥐의 생태적 역할 연구·홍보

○ 최근 도심 및 농업생태계에서 박쥐가 해충구제 등의 생태적 역할을 통해 상당한 경제적 효과를 창출한다는 보고가 지속적으로 발표되고 있음

○ 대전 도심에서 박쥐의 생태적 역할과 관련한 연구 수행 가능

- 시민 모니터링단 활용을 통한 대전 내 박쥐의 월동지 및 잠자리 파악
- 월동지 및 잠자리에서 배설물 수집·분석을 통한 먹이자원 분석
- 박쥐 1개체당 해충 포식량 및 대전 내 박쥐 잠재개체수 파악을 통한 전체 포식량 등 산정



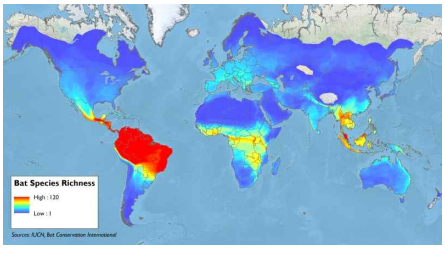




출처: JNCC (2001)

**[그림 4-6] 박쥐의 해충구제 역할 및 서식지 보전**

○ 대전 도심에서 박쥐의 해충구제 등의 생태적 역할에 대한 시민 홍보

- 시민 홍보 및 보전활동 전개
- 월동지 철창, 교각 내 임시 잠자리 제공, 하천변 식생 조성을 통한 박쥐의 먹이터 조성, 주택 및 건물 신축시 박쥐 둥지 추가 설치 등



출처: http://www.batcon.org/why-bats/bats-are/bats-are-everywhere

**[그림 4-7] 전세계 박쥐 종풍부도 및 대형 박쥐둥지**

## 참고문헌


국립공원연구원. (2016). 기후변화 대비 박쥐 서식지(동굴) 연구. 국립공원관리공단 국립공원연구원

김선숙, & 최유성. 유정칠 (2009). 관박쥐의 동면기 활동에 관한 연구. 한국환경생태학회 학술대회논문집 19: 47-50.

김선숙, & 최유성. (2017). 멸종위기종 붉은박쥐의 개체군 경향과 보호 관리-동면처의 장기 모니터링 결과를 중심으로. 생태와 환경, 50(4), 411-421.

김선숙, & 최유성. (2014). 동굴성 박쥐 7종의 온도선호도와 동면처 선택. KJLEE 47: 258-272.

김성절, 정철운, 전영신, 임춘우, 한상훈. (2016). GPS tag를 이용한 문둥이박쥐의 여름철 행동권 및 주간 휴식지 환경 분석. 한국환경생태학회 학술논문집 26: 103pp.

김유경, 박수곤, 한상훈, 한상현, 오홍식. (2016). 제주도 큰발윗수염박쥐의 유전적 집단 구조와 계통 유연관계. 생명과학회지 26: 749-757.

전영신, 김성철, 정철운, 한상훈. (2017). 도심형 경관구조에 서식하는 관박쥐의 행동권 특징. 한국환경과학회 2017년 정기학술대회 발표논문집. 26: 187pp.

정철운, 한상훈, 김성철, 이정일. (2009). 환경특성에 따른 집박쥐의 반향정위 시그널 분석. 한국환경생태학회지 23: 553-563.

정철운, 한상훈, 임춘우, 김성철, 이화진, 권용호, 김철영, 이정일. (2010). 한국에 서식하는 관박쥐, 집박쥐, 큰발윗수염박쥐의 반향정위 형태. 한국환경과학회지 19: 61-68.

정철운, 한상훈, 김성대, 임춘우, 김성철, 김철영, 이정일. (2011). 원격무선추적을 이용한 집박쥐 암컷의 번식단계에 따른 행동권 분석. 한국환경생태학회지, 25(1), 1-9.

정철운, 한상훈, 김성철, 이화진. (2014). 작은관코박쥐의 외부형태 및 초음파 특성에 관한 기초 연구. Journal of Environmental Science International 23: 521-525.

정철운, 김태근, 김성철, 임춘우, 한상훈. (2015). 내장산국립공원내 서식하는 안주애기박쥐의 외부형태 및 채식지 환경특성. Journal of Environmental Science International 24: 261-266.

정철운, 김성철, 전영신, 한상훈. (2017). 관박쥐의 먹이포획 과정에 대한 행동 및

반향정취 변화. Journal of Environmental Science International 26: 779-788.
충남연구원. (2011). 박쥐 복원의 필요성과 방안. 충남리포트 제56호 1-23.

Gonsalves, L., Law, B., Webb, C., & Monamy, V. (2013). Foraging ranges of insectivorous bats shift relative to changes in mosquito abundance. PLoS One, 8(5), e64081.
Jiang, H. H., Qin, S. Y., Wang, W., He, B., Hu, T. S., Wu, J. M., ... & Zhu, X. Q. (2014). Prevalence and genetic characterization of Toxoplasma gondii infection in bats in southern China. Veterinary parasitology, 203(3-4), 318-321.
Joint Nature Conservation Committee (2001). habitat management for bats. - A guide for land managers, land owners and their advisors.
Lim, T., Cappelle, J., Hoem, T., & Furey, N. (2018). Insectivorous bat reproduction and human cave visitation in Cambodia: A perfect conservation storm?. PloS one, 13(4), e0196554.
Openshaw, J. J., Hegde, S., Sazzad, H. M., Khan, S. U., Hossain, M. J., Epstein, J. H., ... & Luby, S. P. (2017). Bat hunting and bat–human interactions in Bangladeshi villages: Implications for zoonotic disease transmission and bat conservation. Transboundary and emerging diseases, 64(4), 1287-1293.
Parsons, S. & Jones, G. (2000). Acoustic identification of twelve species of echolocating bat by discriminant function analysis and artificial neural networks. Journal of Experimental Biology, 203(17), 2641-2656.
Rohde, R. E., Mayes, B. C., Smith, J. S., & Neill, S. U. (2004). Bat rabies, Texas, 1996–2000. Emerging infectious diseases, 10(5), 948.
Seneviratne, S. S., Fernando, H. C., & Udagama-Randeniya, P. V. (2009). Host specificity in bat ectoparasites: a natural experiment. International journal for parasitology, 39(9), 995-1002.
Shi, Y., Zhao, S., Han, X., & Xu, C. (2017). Revealing the complete mitogenome sequence of Hypsugo alaschanicus based on next generation sequencing. Mitochondrial DNA Part B, 2(2), 575-576.
Hale, J. D., Fairbrass, A. J., Matthews, T. J., & Sadler, J. P. (2012).

Habitat composition and connectivity predicts bat presence and activity at foraging sites in a large UK conurbation. PloS one, 7(3), e33300.

Hale, J. D., Fairbrass, A. J., Matthews, T. J., Davies, G., & Sadler, J. P. (2015). The ecological impact of city lighting scenarios: exploring gap crossing thresholds for urban bats. Global change biology, 21(7), 2467-2478.

Talbot, B., Vonhof, M. J., Broders, H. G., Fenton, B., & Keyghobadi, N. (2016). Range-wide genetic structure and demographic history in the bat ectoparasite Cimex adjunctus. BMC evolutionary biology, 16(1), 268.

Vanderelst, D. & Peremans, H. (2018). Modeling bat prey capture in echolocating bats: The feasibility of reactive pursuit. Journal of theoretical biology, 456, 305-314.

Yoon, K. B., & Park, Y. C. (2016). Echolocation Call Structure and Intensity of the Malaysian Myotis muricola (Chiroptera: Vespertilionidae). Journal of forest and environmental science, 32(1), 99-102.