

ORIGINAL ARTICLE

문둥이박쥐(*Eptesicus serotinus*)의 귀소성에 관한 연구

정철운* · 김성철 · 한상훈¹⁾

국립공원관리공단 종복원기술원, ¹⁾국립생물자원관

Homing of the Serotine Bat, *Eptesicus serotinus* (Chiroptera: Vespertilionidae)

Chul-Un Chung*, Sung-Chul Kim, Sang-Hoon Han¹⁾

Species Restoration Technology Institute, Korea National Park, Yeongju 750-811, Korea

¹⁾National Institute of Biological Resources, Incheon 404-170, Korea

Abstract

Between May and September 2014, a total of 226 serotine bats (*Eptesicus serotinus*) were captured and subsequently released at a site 50 km distant from the site of capture, in order to determine the homing ability of the bats and changes in the homing rate according to the season. The bats were captured from a nursery colony at a bridge in An-dong (Gyeongbuk, Korea), and then released at a similar site in Yeong-Ju (Gyeongbuk, Korea). We found that 115 of the 226 bats released (51%) returned to the capture site. However, there was a difference in the homing ability of the serotine bats depending on the season and reproductive status. We found that the homing rate was the highest in June during late pregnancy and the lowest in August after the lactation period.

Key words : *Eptesicus serotinus*, Homing ability, Release, Reproductive status

1. 서론

박쥐의 귀소성에 관한 연구는 생태적 측면 외에도 종의 서식지 의존도 측정, 종별 서식지 이용 특징 분석, 의존도가 높은 서식지에 대한 환경특성을 이용한 대체 서식지 조성 등 박쥐의 보호를 위한 다양한 활동에 이용될 수 있다.

그러나 박쥐의 귀소성에 관한 연구가 1950년 이전부터 시작되던데 반하여 지금까지 귀소실험에 관한 연구로는 *Myotis lucifugus* (Hitchcock와 Reynolds, 1942), *Antrozous pallidus* (Davis와 Cockrum, 1962), *Phyllostomus*

hastatus (Williams 등, 1966), *Chalinolobus tuberculatus* (Guilbert 등, 2007) 등 단편적인 연구가 이루어졌을 뿐이다. 특히 한국을 포함한 동아시아 지역에 서식하는 박쥐에 대한 귀소연구는 이루어지지 않았다.

지금까지 박쥐의 귀소성에 관한 연구결과 박쥐가 어떻게 방향을 탐색하고 귀소하는지에 대한 메커니즘은 명확하게 밝혀져 있지 않지만(Guilbert 등, 2007), 박쥐의 귀소는 고유의 귀소능력에 따른 결과라는 것이 여러 연구결과에 의해서 보고되고 있다(Davis와 Cockrum, 1962; Guilbert 등, 2007).

본 연구대상종인 문둥이박쥐(*Eptesicus serotinus*)는

Received 23 October, 2014; Revised 3 December, 2014;

Accepted 12 December, 2014

*Corresponding author : Chul Un Chung, Species Restoration Technology Institute, Korea National Park, Yeongju 750-811, Korea
Phone: +82-54-637-9120
E-mail: batman424@naver.com

© The Korean Environmental Sciences Society. All rights reserved.

© This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

유럽과 아시아 지역에 광범위하게 서식하는 종으로, 특히 서유럽 지역에서 광범위하게 서식하고 있으며 (Kervyn와 Lobois, 2008), 우리나라에서도 서식하고 있는 종이다(Chung 등, 2009). 우리나라의 경우 박쥐에 관한 연구는 거의 이루어지지 않았으며, 특히 본 연구대상종인 문둥이박쥐의 경우 종의 채식지, 행동권, 야간 휴식지 특성과 같은 기본적인 생태자료는 전혀 없는 상태이다. 다만 Chung 등(2009)에 의해서 야간 활동시 교량을 휴식장소로 이용하는 정보만이 알려져 있다.

지금까지의 박쥐 귀소에 관한 연구는 주로 원래의 서식지로 되돌아오는 퍼센트에 초점이 맞추어졌으며, 얼마나 먼 거리까지 귀소하는가에 대한 기록만 남아 있다 (Davis와 Cockrum, 1962). 그러나 박쥐는 종의 생태적 특징과 서식지의 환경 특성에 따라서 활동범위에 차이를 보이며, 종 내에서도 번식상태나 연령 등 개체의 상태에 따라서 야간 시간분배, 행동권 등 다른 특징을 보인다.

따라서 본 연구는 우리나라에 서식하는 문둥이박쥐를 대상으로 귀소특징과 귀소율에 대하여 분석하였으며, 아울러 시기에 따른 귀소율의 차이를 파악하여 종의 기초생태자료 파악에 목적을 두었다.

2. 재료 및 방법

2.1. 조사지역 및 박쥐 포획

박쥐의 포획은 경북 안동시에 위치한 교량을 대상으로 시행하였다(N36 31 12.7 E128 50 18.7). 문둥이박쥐는 동면 후 여름철 휴식지로 교량을 이용하는데(Chung 등, 2009), 포획이 이루어진 교량은 본 연구자들에 의해서 수년간 문둥이박쥐의 야간 서식지 이용이 확인된 지역이다. 교량 하부로는 수계가 조성되어 있으며, 주변으로는 산림이 인접하여 있는 지역으로 교량과 산림지역 사이에는 초지대 및 경작지가 조성되어 있어 문둥이박쥐 뿐만 아니라 관박쥐과(Rhinolophidae) 및 애기박쥐과(Vespertilionidae) 종의 야간 채식지로 이용되고 있는 지역이다.

재방사를 위한 개체 포획은 해당 조사지점에서 일몰 후 2시간 동안 수행하였다. 포획개체는 알루미늄 링(aluminum split-ring)을 전완장에 부착하여 개체 식별이 가능하도록 하였으며, 부드러운 형짚 주머니에 담아

서 포획작업이 종료되는 즉시 이동 후 당일 밤 재방사하였다. 문둥이박쥐는 임신과 출산 그리고 수유기 이후까지 야간 휴식장소로 교량을 이용하며, 9월 이후 교량 이용율은 점차 낮아지게 된다(Catto 등, 1995). 따라서 본 연구에서도 포획 및 재방사는 각성 후 교량 이용이 확인되는 5월 초부터 수유 완료 후 교량 이용이 감소하는 9월까지 매월 초순, 중순, 하순으로 구분하여 시행하였으며, 7월은 문둥이박쥐의 출산과 수유기임을 감안하여 포획작업을 시행하지 않았다.

2.2. 방사 및 귀소확인

2014년 5월 1일부터 9월 10일까지 총 226개체의 문둥이박쥐를 포획 후 50 km 거리에서 재방사 하였다. Robinson과 Stebbings (1997)에 의하면 영국내 서식하는 문둥이박쥐의 일일 최대 비행거리는 약 40 km이며, 개체별 최대 행동권은 약 48 km²로 알려져 있다. 따라서 본 연구에는 시기별 변화 뿐만 아니라 문둥이박쥐의 일일 귀소 가능거리 및 행동권에 근거한 장거리 이동 후 귀소율을 파악하기 위하여 50 km 거리를 기준으로 재방사 하였다. 재방사된 지역은 경북 영주시에 위치한 교량으로 주변으로 수계와 초지대 및 산림지역이 인접하고 있어 포획지점의 환경과 유사한 지역이다.

연구대상 개체는 임신 초기부터 수유기까지는 성체로 하였으며, 수유기 이후 포획된 개체의 경우 Anthony (1988)에 따라 성체와 당해년도 출생개체인 어린개체로 구분하여 연구에 이용하였다.

박쥐의 귀소연구에 있어서 귀소개체 확인과정에서의 오류는 실질적인 귀소율보다 더 낮은 결과를 초래할 수 있다(Guilbert 등, 2007). 따라서 본 연구에서는 이러한 오류를 최소화 하기 위하여 귀소 확인을 위한 개체 포획은 일몰 후 1시간 후부터 시작해서 24시까지 시행하였으며, 야간 휴식지에서의 교란을 최소화 하기 위해서 30분 간격으로 반복적으로 수행하였다. 귀소 확인을 위한 현장조사는 재방사 후 다음날부터 시작해서 주 3회 시행하였으며, 본 조사가 종료된 시점까지 귀소가 확인되었을 경우 귀소한 것으로 간주하였다. 또한 현장조사가 종료되는 시점인 9월초 방사된 개체의 귀소 확인은 9월 말까지 동일한 방법으로 시행하였다.

3. 결과 및 고찰

문둥이박쥐의 귀소율과 시기에 따른 변화를 파악하기 위하여 2014년 5월부터 9월까지 총 226개체를 포획하여 50 km 거리에서 재방사한 결과 총 115개체의 귀소가 확인되어 51%의 귀소율을 보였다(Table 1). 박쥐의 귀소율과 관련하여 *M. lucifugus*를 대상으로한 귀소성 실험 결과에 따르면 약 46%의 박쥐가 귀소하여 50 km 거리에서 재방사한 본 연구결과와 유사하였다(Hitchcock와 Reynolds, 1942). 또한 귀소거리와 관련해서는 Williams 등(1966)이 *P. hastatus*를 대상으로 재방사 되는 거리가 증가할수록 박쥐의 귀소율이 낮아지는 결과를 보고하기도 하였다. 그러나 이들의 연구는 최대 900 m 이상의 높은 산림지역을 지나야 하는 서식지 유형이 포함되어 있으며, 큰 장애물이 없을 경우 귀소율이 높은 결과를 보임에 따라 단지 재방사되는 거리에 따른 귀소율을 평가하기에는 무리가 있다. 반면 *M. lucifugus*을 이용한 귀소실험 결과 5 km 거리에서 재방사된 개체보다 120 km 거리에서 재방사된 개체의 귀소율이 더 높게 나타났으며(Hitchcock와 Reynolds, 1942), *A. pallidus*을 이용한 결과에서도 종의 행동권을 벗어난 다른 지역으로부터의 연속적인 방사에서 성공적으로 귀소하는 것이 확인되었다(Davis와 Cockrum, 1962). 뿐만 아니라 Guilbert 등(2007)도 *C. tuberculatus*를 이용한 귀소와 이동에 관한 연구를 통해서 유사한 결과를 보고하였다. 결과적으로 선행된 연구에서 확인된 자료

는 오직 재방사되는 거리의 차이가 귀소율에 가장 중요한 요인이 아니라는 것을 보여주고 있으며, 박쥐의 귀소는 주요 채식장소 외의 익숙하지 않은 지역으로부터도 귀소할 수 있는 능력을 가지고 있다는 것을 말해준다.

귀소가 확인된 개체는 대부분 재방사 후 2주일 내에 확인되었으며, 가장 단기간내 확인된 개체는 방사 후 다음날 재확인 되었다. 방사 후 2주일을 초과하여 귀소한 개체는 단 3개체로 각각 23일, 26일, 31일 후에 귀소하는 것이 확인되었다. 지금까지 문둥이박쥐의 일일 총 비행거리는 최대 40 km로 알려져 있다(Robinson와 Stebbings, 1997). 그러나 본 연구결과 직선거리 50 km 기준으로 방사 후 다음날 귀소한 개체가 확인됨에 따라서 일일 최소 50 km 이상의 비행이 가능하다는 것이 확인되었다.

본 연구를 위해서 포획된 총 226개체 가운데 수컷은 4개체만 포획되었으며, 5월(초순 1개체, 중순 1개체), 8월(하순 1개체), 9월(초순 1개체)에 각각 재방사한 결과 귀소한 개체는 확인되지 않았다. 또한 어린 개체에 대한 방사에서도 같은 결과를 보였는데, 9월 포획 후 재방사한 13개체 가운데 4개체(암컷)가 어린 개체였으며 이중 귀소가 확인된 개체는 없었다. 비록 박쥐가 원래의 서식지로 귀소할 수 있는 능력을 가지고 있다 하더라도, 성별, 연령, 번식상태, 주변 서식지의 적합도 등에 따라서 박쥐의 귀소행동은 차이를 보일 수 있다(Hitchcock와 Reynolds, 1942). *M. lucifugus*을 이용한 귀소실험의 경우 수컷 개체는 귀소가 확인되지 않았으며, 어린 개체의

Table 1. Data on the serotine bats (*Eptesicus serotinus*) released during the study period

Month	Section	Release	Homing	Rate (%)	Remark
May	Early	27	14	51.9	Include 1 male
	Mid	23	13	56.5	Include 1 male
	Late	31	19	61.3	
June	Early	34	20	58.8	
	Mid	19	15	78.9	
	Late	24	22	91.7	
Aug	Early	18	1	5.6	
	Mid	21	3	14.3	
	Late	16	2	12.5	Include 1 male
Sep	Early	13	6	46.2	Include 1 male and 4 young bats
Total		226	115	51.0	

귀소율 또한 성체와 비교하여 낮게 나타났다(Hitchcock와 Reynolds, 1942). 본 연구에서도 유사한 결과를 보였는데, 이는 수컷의 경우 출산과 수유과정에 직접적으로 관여하지 않음에 따라 기존 서식지에 대한 의존도가 낮은 것과 관련이 있을 것으로 보이며, 어린개체의 경우에도 출생 첫해 성체보다 높은 사망률 및 의존적인 서식지가 없음에 따라서 여러 서식지로 분산되었을 가능성에 따른 것으로 판단된다. 추가적으로 어린개체의 귀소와 관련해서는 본 연구에서 수유가 끝난 어린개체의 방사시는 9월에 이루어졌으며, 이 시기는 종 특성상 교량 이용율이 낮아지는 계절적 요인과의 관련이 있을 것으로 생각된다.

5월부터 9월까지 방사시기에 따른 귀소율 변화를 분석한 결과 방사한 시기에 따라서 귀소율에 차이가 있는 것으로 나타났다(ANOVA, $F=4.76$; $df=3, 6$; $p<0.05$). 5월 방사결과 총 81개체 가운데 46개체가 귀소하여 56.8%의 귀소율을 보였으며, 6월에 방사한 77개체는 56개체가 귀소하여 72.7%의 귀소율을 보였다. 그리고 8월에 방사한 55개체는 6개체가 귀소하여 10.9%의 귀소율을 보였으며, 9월에 방사한 13개체는 6개체가 귀소하여 46.2%의 귀소율을 보였다. 월별 귀소율 비교 결과 6월의 귀소율이 가장 높고 8월의 귀소율이 가장 낮았으며, 5월과 9월은 큰 차이가 없었다(Table 1).

문둥이박쥐의 귀소율은 월별 차이 뿐만 아니라 매월 초순, 중순, 하순 사이에도 차이가 있는 것으로 나타났다. 5월 방사개체의 전체 귀소율은 56.8%였으나, 5월 초에서 하순으로 갈수록 51.9%에서 61.3%로 증가하였다. 6월의 경우 초순에 58.8%로 5월과 유사하였으나, 중순이 지나면서 78.9%까지 증가하였으며, 하순에는 91.7%의 높은 귀소율을 보였다. 반면 8월의 귀소율은 평균 10.9%로 5월과 6월에 비해 크게 낮았으며, 특히 8월초의 경우 방사된 18개체 가운데 1개체만 귀소하여 5.6%의 귀소율을 보였다. 그러나 9월에 들면서 다시 높은 귀소율을 보였는데, 방사한 13개체 가운데 6개체가 귀소하여 46.2%의 귀소율을 보였다(Table 1).

귀소율을 5월부터 6월 하순까지의 출산전 기간과 8월과 9월 초순의 출산후 기간으로 구분하여 분석한 결과, 출산 시기에 따라 귀소율의 유의적인 차이가 있는 것으로 나타났다(T-test, $t=4.41$; $df=8$; $p<0.05$)(Table 2). 지금까지 박쥐의 귀소실험에서 원래의 포획지점

로 돌아오는 비율이 적을 경우 이는 박쥐의 귀소능력 부족보다는 방사된 지역 주변으로 다른 대안적 서식지의 선택에 따른 것으로 추정되어져 왔다(Hitchcock와 Reynolds, 1942; Gifford와 Griffin, 1960; Williams 등, 1966). 그러나 본 연구에서는 방사시 성별, 성체 여부, 방사지점 등을 동일한 조건에서 수행하였기 때문에 주변의 대체 서식지 선택에 따른 가능성 또한 동일하다. 5월부터 9월까지 방사 결과 출산이 가까울수록 박쥐의 귀소율은 높아졌으며, 수유가 끝나는 시기와 병행하여 귀소율은 낮아지는 결과를 보였다. 이처럼 방사시기에 따른 귀소율 차이는 암컷 개체의 경우 주변의 대안적인 서식지 선택보다 현재의 번식상태가 귀소율에 보다 직접적인 영향을 미친다는 것을 보여주는 결과로 판단된다.

Table 2. Comparison of the homing rates of antenatal and postnatal bats

Section	Release	Homing	Rate (%)
Antenatal	158	103	65.2
Postnatal	68	12	17.6
Total	226	115	50.9

박쥐는 번식기인 임신과 수유기 동안에는 에너지 요구량이 증가하게 되고(Racey와 Speakman, 1987; Catto 등, 1995) 증가된 에너지 요구량은 박쥐의 활동 패턴에 영향을 미치게 되는데(Swift, 1980; Catto 등, 1995), 주로 임신개체간 콜로니를 형성하여 열손실을 줄이고, 근거리 비행을 통해 에너지 효율을 최대화 시키는 전략을 사용한다. 따라서 가장 체중이 무거운 임신 후기동안 상대적으로 가장 높은 귀소율을 보인 것은 이 시기 새로운 대안적 서식지를 찾기 보다는 기존의 익숙하거나 안정적인 서식지에 대한 의존도를 높이는 종의 번식기 전략에 따른 것으로 판단된다. 또한 가장 귀소율이 낮은 시기는 출산과 수유가 끝난 8월 초순으로 나타났는데, 이러한 결과 또한 임신과 출산시기는 귀소율과 밀접한 관련이 있다는 것을 뒷받침하는 자료라 판단된다.

본 연구는 문둥이박쥐의 귀소성에 대한 기초 생태연구를 통하여 향후 개체군 및 서식지 관리에 활용할 수 있는 자료구축을 목적으로 하였다. 선행 연구에 의하면 문둥이박쥐는 주로 인간에 의한 구조물을 주요 서식지

로 이용하며, 산림 가장자리나(Robinson와 Stebbings, 1997) 도로변의 가로등 주변(Catto 등, 1996)에서 야간 채식활동을 한다. 그로 인하여 인간에 의한 서식지 질 저하는 문둥이박쥐의 개체군 감소에 직접적인 영향을 미칠 수 있다. 따라서 본 연구결과를 활용하여 문둥이박쥐의 귀소경로 및 그에 따른 대체 서식지 선택에 관한 연구가 연계되어야 할 것으로 판단되며, 궁극적으로는 종의 서식지 보호방안에 관한 추가 고찰이 필요할 것으로 판단된다.

4. 결론

문둥이박쥐의 귀소성과 시기에 따른 귀소율 변화를 파악하기 위하여 2014년 5월부터 9월까지 총 226개체를 포획하여 재방사하였다. 방사결과 전제 재방사한 개체수 기준 51%의 귀소율을 보였다. 문둥이박쥐의 귀소는 방사 시기에 따라 차이가 있는 것으로 나타났다. 5월 초에서 6월말까지 귀소율은 점차 증가하였으며, 수유가 끝난 후 가장 낮은 귀소율을 보였다. 지금까지 박쥐의 귀소율은 주변의 대안적인 서식지의 유무가 직접적인 영향을 미치는 것으로 알려져 왔으나, 본 조사결과 임신 및 출산과 같은 개체의 번식상태가 직접적인 영향을 미치는 것으로 확인되었다. 수컷 및 어린 개체의 경우 귀소가 확인되지 않았으며 이는 다른 서식지의 선택 및 어린 개체의 사망률과 관련이 있을 것으로 생각된다. 방사 후 귀소한 개체는 대부분 2주일 이내 확인되었으며, 가장 빠른 귀소의 경우 1일이 소요되는 것으로 나타나 문둥이 박쥐는 일일 최소 50km 이상의 비행이 가능한 것으로 파악되었다.

References

- Anthony, E. L. P., 1988, Age determination in bats. In: Ecological and behavioural methods for the study of bats (Ed. Kunz, T.H.). Smithsonian Institution Press, Washington D.C., 1-28.
- Catto, C. M. C., Racey, P. A., Stephenson, P. J., 1995, Activity patterns of the serotine bat (*Eptesicus serotinus*) at a roost in southern England. *J. Zool. Lond.*, 235, 635-644.
- Catto, C. M. C., Hutson, A. M., 1996, Foraging behaviour and habitat use of the serotine bats (*Eptesicus serotinus*) in southern England. *J. Zool. Lond.*, 238, 623-633.
- Chung, C. U., Han, S. H., Lee, C. I., 2009, Use of bridges as roosting site by bats (Chiroptera). *Kor. J. Env. Ecol.*, 23, 294-301.
- Davis, R., Cockrum, E. L., 1962, Repeated homing exhibited by a female pallid bat. *Science, New Series.*, 137, 341-342.
- Gifford, C., Griffin, D. R., 1960, Notes on homing and migratory behavior of bats. *Ecol.*, 41, 378-381.
- Guilbert, J. M., Walker, M. M., Grief, S., Parsons, S., 2007, Evidence of homing following translocation of long-tailed bats (*Chalinolobus tuberculatus*) at grand canyon cave, New Zealand. *New Zeal. J. Zool.*, 34, 239-246.
- Hitchcock, H. B., Reynolds, K., 1942, Homing experiments with the little brown bat, *Myotis lucifugus lucifugus*. *J. Mamm.*, 23, 258-267.
- Kervyn, T., Lobois, R., 2008, The diet of the serotine bat, a comparison between rural and urban environments. *Belg. J. Zool.*, 138, 41-49.
- Racey, P. A., Speakman, J. R., 1987, The energy costs of pregnancy and lactation in heterothermic bats. *Symp. Zool. Soc. Lond.*, 57, 107-125.
- Robinson, M. F., Stebbings, R. E., 1997, Home range and habitat use by the serotine bat (*Eptesicus serotinus*) in England. *J. Zool. Lond.*, 243, 117-136.
- Swift, S. M. 1980. Activity patterns of pipistrelle bats (*Pipistrellus pipistrellus*) in north-east Scotland. *J. Zool. Lond.*, 190, 285-295.
- Williams, T. C., Williams, J. M., Griffin, D. R., 1966, The homing ability of the neotropical bat *Phyllostomus hastatus*, with evidence for visual orientation. *Anim. Behav.*, 14, 468-473.