

## 원격무선추적을 이용한 집박쥐 암컷의 번식단계에 따른 행동권 분석<sup>1a</sup>

정철운<sup>2\*</sup> · 한상훈<sup>3</sup> · 김성대<sup>2</sup> · 임춘우<sup>2</sup> · 김성철<sup>2</sup> · 김철영<sup>2</sup> · 이화진<sup>2</sup> · 권용호<sup>2</sup> · 김영채<sup>2</sup> · 이정일<sup>2</sup>

### Home-ranges of Female *Pipistrellus abramus* (Chiroptera: Vespertilionidae) in Different Reproductive Stages Revealed by Radio-telemetry<sup>1a</sup>

Chul-Un Chung<sup>2\*</sup>, Sang-Hoon Han<sup>3</sup>, Sung-Dae Kim<sup>2</sup>, Chun-Woo Lim<sup>2</sup>, Sung-Chul Kim<sup>2</sup>, Chul-Young Kim<sup>2</sup>,  
Hwa-Jin Lee<sup>2</sup>, Yong-Ho Kwon<sup>2</sup>, Young-Chae Kim<sup>2</sup>, Chong-Il Lee<sup>2</sup>

#### 요약

집박쥐의 번식단계에 따른 행동권 변화를 파악하기 위하여 2009년 5월부터 8월까지 임신기, 수유기, 수유 후기로 구분하여 각 단계별 3개체씩 총 9개체를 대상으로 원격무선추적을 실시하였다. 원격무선추적은 0.38g 발신기와 R2000 수신기 그리고 3소자 안테나를 이용하였으며, 박쥐의 포획은 double-stacked mist net와 harp-trap을 이용하여 포획하였다. 행동권 분석에는 GIS용 SHP File과 ArcGIS 3.3(ESRI Inc.) Animal Movement Extension 2.0을 이용하였으며, Kernel Home Range Method와 Minimum Convex Polygon Method를 이용하여 분석하였다. 번식단계에 따른 암컷 집박쥐의 행동권을 분석한 결과 임신기의 행동권은 MCP 100% 13.46±1.84ha, MCP 95% 12.28±2.15ha, KHR 50% 3.00±0.71ha로 나타났으며, 수유기의 행동권은 MCP 100% 8.13±0.23ha, MCP 95% 7.73±0.63ha, KHR 50%는 1.84±1.05ha로 조사되었다. 수유 후의 행동권은 MCP 100% 125.58±97.77ha, MCP 95% 123.89±97.73ha, KHR 50% 28.61±26.78ha로 분석되어 집박쥐의 행동권은 번식단계에 따라 MCP 100%, MCP 95%, KHR 50% 모두 유의적인 차이를 보이는 것으로 나타났으며, 수유 후기의 행동권이 가장 크고 수유기의 행동권이 가장 적은 것으로 조사되었다.

주요어: 번식기, 수유기, 수유 후기, 임신기, 행동권 크기

#### ABSTRACT

In order to analyze the change in home ranges depending on the reproductive stage of *Pipistrellus abramus*, radio-tracking was carried out for a total of 9 individuals, 3 individuals each, by dividing stages into a pregnancy stage, lactation stage, and post-lactation stage from May to August 2009. For radio-telemetry, 0.38g transmitters, R2000 receivers and 3-element Yagi antennas were used. *Pipistrellus abramus* were captured using a double-stacked mist net and a harp-trap. Analysis of home ranges used a SHP File and ArcGIS 3.3 for GIS, and used a Kernel Home Range Method(KHR) and a Minimum Convex Polygon(MCP) Method for analysis. Home ranges at the pregnancy stage were MCP 100% 13.46±1.84ha, MCP 95% 12.28±2.15ha, KHR 50% 3.00±0.71ha, and home ranges at the lactation stage were MCP 100% 8.13±0.23ha, MCP 95%

1 접수 2010년 2월 24일, 수정(1차: 2011년 2월 8일), 게재확정 2011년 2월 9일

Received 24 February 2010; Revised(1st: 8 February 2011); Accepted 9 February 2011

2 동국대학교 생명과학과 Department of Life Science, Dongguk Univ, Gyeongju(780-714), Korea

3 국립생물자원관 National Institute of Biological Resources, Incheon(404-170), Korea

a 이 논문은 한국환경기술산업원 차세대 사업 "한반도 포유류 중 보전관리기술개발(과제번호: 052-082-073)" 연구 지원에 의하여 수행되었음.

\* 교신저자 Corresponding author(batman424@naver.com)

7.73±0.63ha, KHR 50% 1.84±1.05ha. Home ranges at the post-lactation stage were MCP 100% 125.58±97.77ha, MCP 95% 123.89±97.73ha, KHR 50% 28.61±26.78ha. As a result, home ranges of *Pipistrellus abramus* showed a significant difference in all of the MCP 100%, MCP 95%, KHR 50% depending on reproductive stages, being largest in the post-lactation stage and smallest in the lactation stage.

**KEY WORDS: HOMERANGE SIZE, LACTATION STAGE, POST-LACTATION STAGE, PREGNANCY STAGE, REPRODUCTION SEASON**

## 서론

지금까지 박쥐의 행동에 관한 많은 연구 가운데 휴식지에 서의 출현과 귀소는 일몰 및 일출과 관련성이 있는 것으로 알려져 왔다(Catoo *et al.*, 1995; Erkert, 1982; Stebbings, 1968; Swift, 1980; Shen and Lee, 2000). 그러나 몇몇 연구에서 번식기 암컷 개체의 행동 패턴은 자신들의 번식 상태에 따라서 다르게 변화한다는 연구 결과가 제시되기도 하였다(Barclay, 1989; Brigham, 1991; Clark *et al.*, 1993; Rydell, 1993; Shen and Lee, 2000). 이는 새끼를 양육하는 암컷 개체는 높은 에너지를 요구하게 되고(Kurta and Kunz, 1987; Speakman and Racey, 1987; Wilde *et al.*, 1995; Shen and Lee, 2000), 먹이활동 시간, 먹이활동 횟수, 채식지까지의 거리는 새끼를 양육하는 기간의 단계에 따라서 다르게 나타나게 된다는 결과에 기인한 것으로(Barclay, 1989; Brigham, 1991; Clark *et al.*, 1993; Rydell, 1993; Shen and Lee, 2000) 이와 관련해서는 문둥이박쥐(*Eptesicus serotinus*)와 관박쥐(*Rhinolophus ferrumequinum*) 등 일부 종에 대하여 연구된바 있다(Swift, 1980; Maier, 1992; Catto and Hutson, 1996; Duverge *et al.*, 2000; Davidson-Watts and Jones, 2006). 포유동물의 생활사는 종의 체중과 주변 환경 상태에 따라서 밀접한 영향을 받으며, 몸의 크기는 에너지 요구량에 중요한 영향을 미치는데(Dietz and Kalko, 2007), 다른 포유동물들과 마찬가지로 박쥐도 임신과 수유기의 번식기 동안 높은 먹이 이용율을 보인다(Racey and Swift 1985, Rydell 1992, Hickey and Fenton 1996, Racey and Entwistle 2000; Dietz and Kalko, 2007). 따라서 번식단계에 따른 채식지 이용 및 그에 따른 행동권의 범위는 암컷의 번식상태에 따라서 영향을 받게 되며, 결과적으로 다른 패턴의 행동권을 보일 것으로 생각된다.

박쥐는 척추동물 분류군에서 행동생태학적 특성이 가장 잘 알려지지 않은 분류군 가운데 하나로(Mitchell-Jones and McLeish, 2004), 박쥐의 생태학적 특징에 관한 부분은 현재까지도 많은 연구가 이루어지지 않고 있다. 특히 이 가운데 행동권에 관한 부분은 기술과 장비의 한계로 인하여 수행되기 어려운 부분이 있어 왔다. 비록 1980년대에 들어

원격무선추적 방법이 박쥐 생태를 연구하는 주요 방법중의 하나로 발전되어 왔지만(Wilkinson and Bradbury, 1988; Davidson-Watts and Jones, 2006), 집박쥐류와 같은 소형의 박쥐에게 이용할 수 있을 정도의 무선추적 장비의 개발은 근래에 들어서야 가능하게 되었다. 따라서 이러한 소형의 박쥐류에 대한 행동권 연구는 거의 이루어지지 않았다. 지금까지 박쥐의 행동권 분석을 위해서 원격무선추적(Radio telemetry technique)을 시행한 연구로는 극히 일부가 있을 뿐이며(Clark *et al.*, 1993; Jong, 1994; Robinson and Stebbings, 1997; Wilkinson and Bradbury, 1988; Winkelmann *et al.*, 2000), 박쥐의 서식지 보호와 생태학적 연구를 위한 자료는 거의 구축되어 있지 않은 상태이다. 본 연구대상인 집박쥐(*Pipistrellus abramus*)는 우리나라에서 가장 광범위하게 서식하고 있을 뿐만 아니라, 특히 인간의 거주지역과 밀접한 관계를 가지는 종으로 본 종의 행동권에 대한 연구 자료는 주변의 환경에 대한 건강성의 지표로 이용할 수 있을 것으로 생각된다. 따라서 본 연구에서는 집박쥐를 대상으로 암컷의 번식상태에 따른 행동권의 변화를 파악하여 향후 집박쥐에 대한 생태학적 연구 및 서식지 관리에 필요한 연구 자료를 확보하고자 실시하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 원격무선추적

집박쥐는 석조 및 벽돌구조물 사이의 틈에서 많이 발견되며, 건물의 구멍이나 굴뚝 부분은 종종 집박쥐류에게는 휴식장소로 이용되기도 한다(Mitchell-Jones and McLeish, 2004). 본 조사에서는 1000개체 이상의 집박쥐 개체군이 주야간 집단으로 서식하는 것이 확인된 터널 외부 측벽의 콘크리트 구조물을 대상으로 암컷의 번식상태에 따른 행동권의 변화를 분석하였다(Figure 1). 박쥐의 포획은 집박쥐의 주간 휴식장소(day-roost)에서 일몰 후 박쥐의 출현시간에 맞추어 실시하였으며, double-stacked mist net와 harp-trap(BCM G5 Forest Strainer, USA)을 이용하여 포획하였다. 번식상태에 따른 행동권 변화를 파악하기 위하여

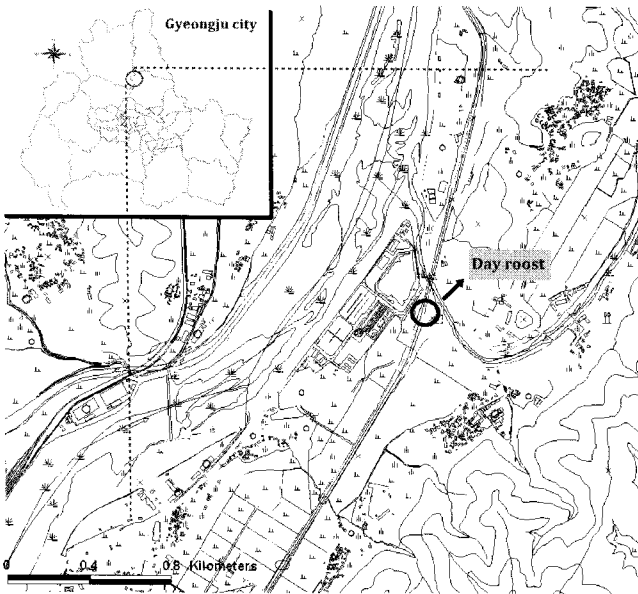


Figure 1. Map of the study area in Gyeongju city, Gyeongsangbuk-do. Main survey area is demarcated by dotted lines, and capture site by an open circle(Chung *et al.*, 2010)

임신중인 개체(Pregnancy), 출산 후 수유중인 개체(Lactation), 수유가 끝난 개체(Post-lactation)에 대하여 시기별로 각각 3개체씩 포획하여 총 9개체의 암컷에 대하여 원격 무선추적을 실시하였다. 수유가 끝난 후 스스로 비행할 수 있는 어린 개체와 수유를 마친 암컷 성체와의 구분은 젓꼭지의 상태(Owen *et al.*, 2009) 및 지골 끝부분의 연골용해 상태로 구분하였다(Anthony, 1988; Racey, 1988; Encarnacao *et al.*, 2004). 발신기의 부착은 견갑골 중앙의 털을 일부 제거하고 접착제를 이용하여 부착하였으며(Winkelmann *et al.*, 2000; Encarnacao *et al.*, 2004; Menzel *et al.*, 2005; Hirakawa, 2007; Safi *et al.*, 2007; Owen *et al.*, 2009), 발신기의 고정과 경화는 Hirakawa(2007)의 보정법을 참고하였다(Figure 2). 비행하는 동물에 대한 무선추적 연구에서 발신기의 무게가 해당 동물 체중의 4-10%에 해당하는 경우는 채식행동에 있어서 영향을 미치지 않는 것으로 여겨져 왔다(Bradbury *et al.*, 1979). 또한, Kurta and Murray(2002)는 Indiana bats(*Myotis sodalis*)에 대하여 몸무게의 약 8%에 해당하는 발신기를 부착하여 행동권을 분석하였으며, 이러한 비율로도 박쥐의 행동권에는 부정적인 영향을 미치지 않는 것을 보고한바 있다. 그러나 Aldridge and Brigham(1988)는 체중이 70g 이하에서는 체중의 5% 무게는 그에 따른 5% 에너지 증가분에 비해서 기동성은 거의 감소되지 않기 때문에 70g 이하의 개체에 대한 발신기 무게의 5%를 송신기 선택에 있어서 고려되어야 한다고 제안한바

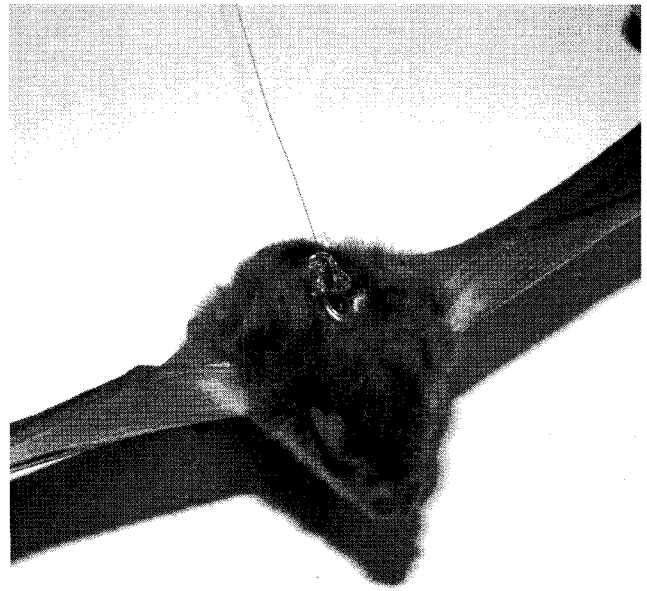


Figure 2. The *Pipistrellus abramus* with an attached radio transmitter(Chung *et al.*, 2010)

있다. 따라서 본 연구에서는 집박쥐가 소형이며, 임신에 따른 체중의 증가분을 감안하여 0.38g의 발신기(LTM Single Stage Radio Transmitter)를 이용하여 체중에 대한 발신기의 비율이 5% 이하인 평균  $4.31 \pm 0.86\%$ (2.81-5.43%)가 되도록 하였다. 발신기가 부착된 개체의 위치신호를 수신하기 위하여 R2000 수신기(R2000 ATS receiver, Advanced Telemetry Systems, Inc., Isanti, MN)와 휴대용 3소자 Yagi 안테나(Hand-held three element Yagi antenna) 및 차량에 부착 후 위치신호 수신에 가능한 차량용 수신안테나(Roof mounted antennas, Omni-directional whip antenna)를 함께 이용하였다. 박쥐는 야행성으로 일몰에서 일출시간대 동안 즉 야간에 곤충들이 출현하는 시간대에 활동한다(Briggs and King, 1998). 따라서 모든 개체에 대한 행동권 조사는 일몰시 번식지에서 출현하는 순간부터 일출시 귀소까지를 대상으로 기록하였다(Davidson-Watts and Jones, 2006). 박쥐는 대부분의 시간을 채식지에서 보내고 그 채식지 사이를 빠르게 움직인다(Davidson-Watts *et al.*, 2006). 따라서 박쥐의 이동에 대한 위치정보는 서식지간 이동시에는 삼각측량(triangulation)을 이용하여 위치를 확인하였으며(Bontadina *et al.*, 2002; Davidson-Watts *et al.*, 2006), 기타 근거리 이동과 채식장소에서의 지속적인 비행시에는 연속적인 위치추적 방법(Jones and Morton, 1992; Davidson-Watts *et al.*, 2006)으로 실시하였다. 또한 본 연구에서는 박쥐의 일정 이동경로 및 위치 확인을 위하여 초음파 가청 변환기(Bat detector, Pettersson Elektronik AB, models D-240)를 함께 사용하였다.

## 2. 행동권 분석

집박쥐의 번식단계에 따른 행동권 분석을 위해서 현장에 서 기록한 GPS 좌표 및 삼각측량을 통해서 확인된 위치정보를 지도에 표기한 후 분석하였다. 본 조사에서는 집박쥐의 행동권과 주요 핵심지역 이용을 분석하기 위하여 박쥐가 주간 휴식지 내에서 일정시간 이상 휴식활동을 하는 동안의 동일한 위치정보들은 데이터 분석에서 제외하였다(Safi *et al.*, 2007). 행동권 분석을 위해서 GIS용 전국수치지도 (1/25,000) SHP File과 ArcGIS 3.3 (ESRI Inc.) Animal Movement Extension 2.0을 이용하였으며, Kernel Home Range Method(KHR)와 Moving Harmonic Mean을 이용한 Minimum Convex Polygon(MCP) 방법을 이용하여 분석하였다. MCP는 추정된 위치 지점들 중 최외각 점들을 연결시켜 다각형을 형성한 것으로 가장 보편적으로 많이 사용하는 방법이지만(Springer, 2003), 주로 사용하지 않는 구역도 polygon에 포함되기 때문에 행동권 설정이 너무 넓게 될 수 있는 단점을 가지고 있다(Yang, 2008). 또한 행동권을 연구하는 생태학자들에 의해서 도입된 KHR 방법은 점집합으로부터 확률 밀도를 계산하기 위해 비모수적 방법을 사용하고 해당 개체의 공간 이용도를 밀도의 개념으로 표현한 것으로(Yang, 2008), 최근 야생동물의 행동권, 서식지 이용 연구에 널리 이용되고 있다(Worton, 1995; Seaman and Powell, 1996; Onorato *et al.*, 2003). 따라서 본 연구에서는 최대 행동권 및 일부 돌출 행동반경을 제외한 행동권 분석을 위하여 100% MCP와 95% MCP를 함께 분석하였으며, 주요 핵심 이용지역(core area) 분석을 위하여 KHR 50%를 분석하였다. Seaman *et al.*(1999)은 야생동물의 행동권 분석을 위해서는 최소 30개 이상의 위치자료를 이용해야 하며, 행동권의 오차를 최소화 하기 위해서는 50개 이상의 위치정보를 분석에 이용하는 것을 제안한바 있다. 또한 Menzel *et al.*(2005)은 Indiana bat의 행동권 분석을 위해서 평균 66개의 위치좌표를 이용하였으며, Owen *et al.*(2009)

은 *Myotis septentrionalis*를 대상으로 30개 이상의 위치 포인트가 확인된 개체에 대하여 행동권 분석을 실시하였다. 본 연구에서는 임신, 수유, 수유 후에 대하여 각 번식단계별로 3개체씩 총 9개체에 대하여 총 636개의 위치정보를 확보하였으며, 번식 단계별로 각각 임신기(Pregnancy) 52.33±2.52, 수유기(Lactation) 54.00±10.44, 수유 후기(Post-lactation) 105.67±27.57개의 위치정보를 이용하여 분석하였다(Table 1).

## 결과 및 고찰

번식단계에 따른 암컷 집박쥐의 행동권을 분석한 결과 임신기의 행동권은 MCP 100% 13.46±1.84ha, MCP 95% 12.28±2.15ha, KHR 50% 3.00±0.71ha로 나타났으며, 수유기의 행동권은 MCP 100% 8.13±0.23ha, MCP 95% 7.73±0.63ha, KHR 50%는 1.84±1.05ha로 조사되었다. 수유 후의 행동권은 MCP 100% 125.58±97.77ha, MCP 95% 123.89±97.73ha, KHR 50% 28.61±26.78ha로 분석되어 집박쥐의 행동권은 번식단계에 따라 MCP 100%( $x^2=7.200$ ,  $p<0.05$ ), MCP 95%( $x^2=7.200$ ,  $p<0.05$ ), KHR 50%( $x^2=6.489$ ,  $p<0.05$ ) 모두 유의적인 차이를 보이는 것으로 나타났다(Table 2).

번식기 암컷개체의 행동권은 곤충의 밀도, 에너지 요구량의 변화, 새끼의 양육 등 여러 가지 요인에 의해서 영향을 받게 되는데(Winkelman *et al.*, 2000), Owen *et al.*(2009)

Table 2. Differences in home range sizes (Mean±S.D., unit: ha) of the female *Pipistrellus abramus* (N=9) by reproductive stage

	Pregnancy	Lactation	Post-lactation
100% MCP	13.46±1.84	8.13±0.23	125.58±97.77
95% MCP	12.28±2.15	7.73±0.63	123.89±97.73
50% KHR	3.00±0.71	1.84±1.05	28.61±26.78

Table 1. Radio-tracking data of female *Pipistrellus abramus* during reproduction season

Bat	Date affixed	Days in contact	Body mass(g)	Transmitter mass, g (% body mass)	No. of collected coordinates	Reproductive status
♀1	2009/5/06	6	9.4	0.38 (4.04)	46	Pregnancy
♀2	2009/6/05	7	11.8	0.38 (3.22)	49	Pregnancy
♀3	2009/6/10	5	13.5	0.38 (2.81)	45	Pregnancy
♀4	2009/6/29	8	7.0	0.38 (5.43)	49	Lactation
♀5	2009/7/06	5	7.7	0.38 (4.94)	34	Lactation
♀6	2009/7/13	6	8.1	0.38 (4.69)	40	Lactation
♀7	2009/8/07	7	8.5	0.38 (4.47)	64	Post-lactation
♀8	2009/8/11	9	9.3	0.38 (4.09)	91	Post-lactation
♀9	2009/8/15	11	7.5	0.38 (5.07)	128	Post-lactation

은 *Myotis septentrionalis*를 대상으로 번식단계에 따른 행동권을 분석한 결과 임신중인 개체와 수유중인 개체의 행동권은 거의 차이가 없음을 보고한바 있으며, Davidson-Watts and Jones(2006)는 집박쥐속 2종에 대한 행동권 분석을 통하여 비행시간은 임신기와 수유기간에 걸쳐서 유사한 결과를 보이긴 하였으나, 임신기에 더 많은 시간을 비행한다고 하였다. 그러나 본 연구의 번식단계 및 항목에 따른 세부분석 결과 MCP 100%(Pregnancy: 13.46±1.84ha, Lactation: 8.13±0.23ha, Post-lactation: 125.58±97.77ha), MCP 95%(Pregnancy: 12.28±2.15ha, Lactation: 7.73±0.63ha, Post-lactation: 123.89±97.73ha), KHR 50%(Pregnancy: 3.00±0.71ha, Lactation: 1.84±1.05ha, Post-lactation: 28.61±26.78ha) 모두 수유 후기의 행동권이 가장 크게 나타났으며, 수유기의 행동권이 가장 적은 것으로 조사되었다(Figure 3~11).

온대지역에 서식하는 박쥐의 경우 여름철 번식 기간 중 수컷은 암컷과 비교해서 체온과 대사율이 감소하는 반면에 (Gaisler, 1963; Hitchcock *et al.*, 1984; Keen and Hitchcock, 1980; Kurta and Kunz, 1988), 암컷은 갓 태어난 어린 개체나 태아의 성장이 지연되는 것을 방지하기 위해서 임신기간이나 수유 중일때 높은 체온을 유지하여야 한다(McNab, 1982; Racey, 1982; Kurta and Kunz, 1988). 비록 자신의 체온을 저하시키는 것이 자신의 에너지를 유지할 수 있는 가장 효율적인 방법이긴 하지만 번식기 동안 자신의 체온을 낮추는 것은 새끼의 성장과 발달에 부정적인 영향을 미치게 된다(Wilde *et al.*, 1995, 1999; Dietz and Kalko, 2007). 따라서 본 연구에서와 같이 임신과 수유기의 행동권이 수유 후기의 행동권과 비교하여 상대적으로 적게 나타난 것은 출산전 태아의 발달을 위한 효율적이고 안정적인 먹이자원

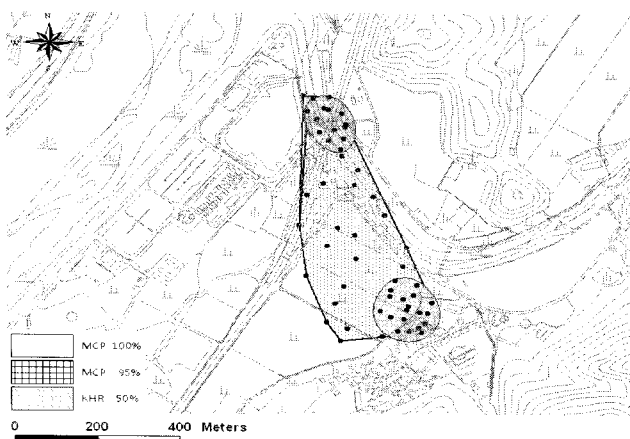


Figure 3. Home-range(MCP 100%, 95%) and core area(50% fixed KHR) of number ♀1 during the pregnancy stage

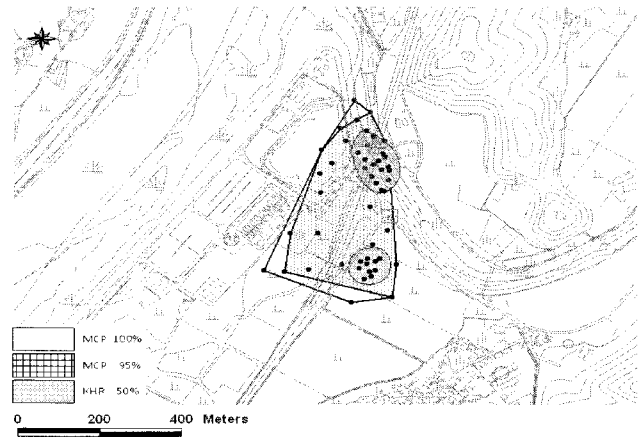


Figure 4. Home-range(MCP 100%, 95%) and core area(50% fixed KHR) of number ♀2 during the pregnancy stage

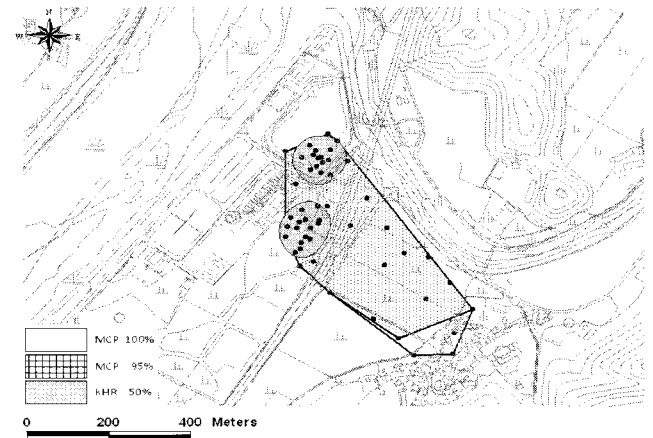


Figure 5. Home-range(MCP 100%, 95%) and core area(50% fixed KHR) of number ♀3 during the pregnancy stage

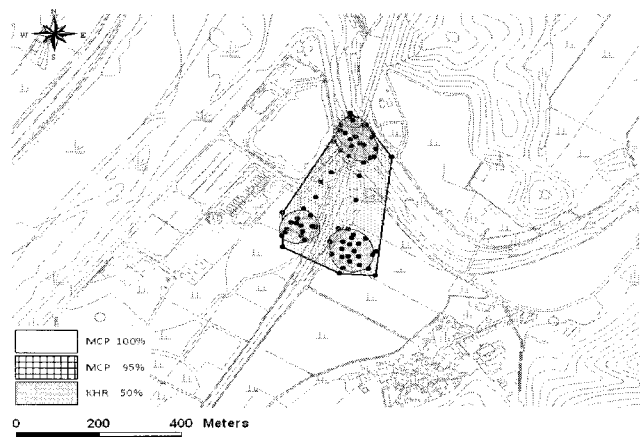


Figure 6. Home-range(MCP 100%, 95%) and core area(50% fixed KHR) of number ♀4 during the lactation stage

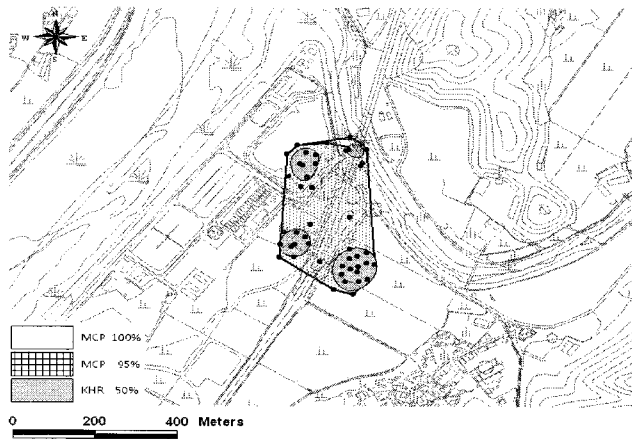


Figure 7. Home-range(MCP 100%, 95%) and core area (50% fixed KHR) of number ♀5 during the lactation stage

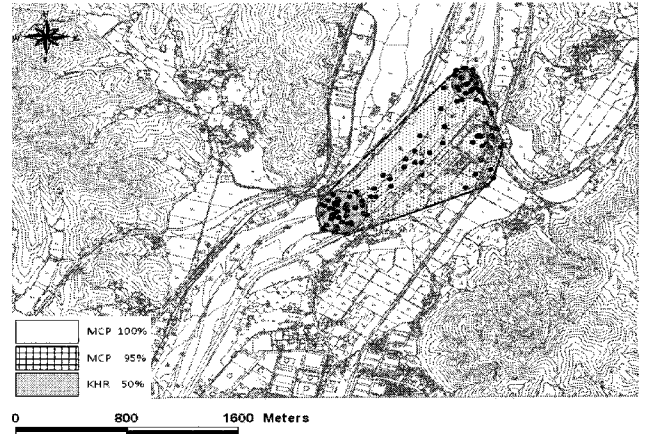


Figure 10. Home-range(MCP 100%, 95%) and core area(50% fixed KHR) of number ♀8 during the post-lactation stage

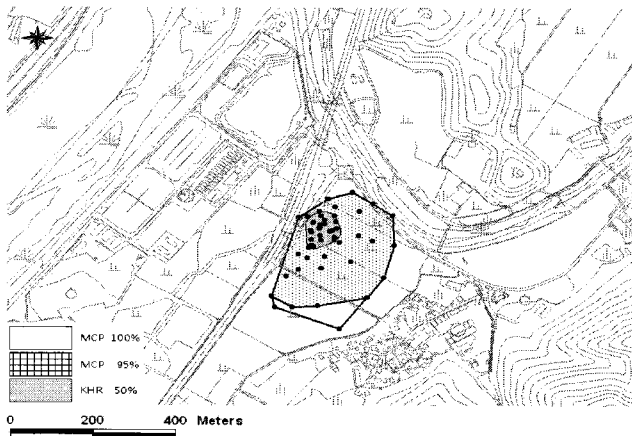


Figure 8. Home-range(MCP 100%, 95%) and core area(50% fixed KHR) of number ♀6 during the lactation stage

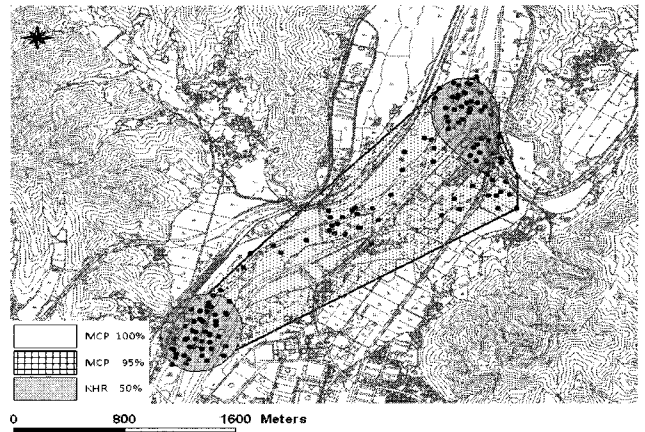


Figure 11. Home-range(MCP 100%, 95%) and core area(50% fixed KHR) of number ♀9 during the post-lactation stage

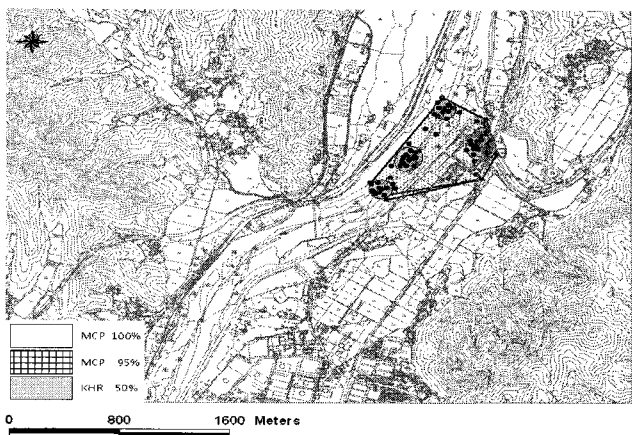


Figure 9. Home-range(MCP 100%, 95%) and core area(50% fixed KHR) of number ♀7 during the post-lactation stage

의 공급 및 출산 후 어린개체에 대한 일정하고 주기적인 수유를 위하여 근거리 서식지에서의 먹이활동이 높게 이루어졌기 때문에 판단된다(Figure 12). 조사대상 9개체에 대하여 최대 행동권 분석을 위한 MCP 100%와 핵심지역 이용 분석을 위한 KHR 50% 비교결과 핵심지 이용은 일정한 장소에 대한 집중적인 이용으로 전체 행동권에 비하여 분명하게 차이를 보였다( $t=-2.903, p<0.05$ ). 그러나 조사대상 개체의 전체 평균을 기준으로 MCP 100%(49.05ha)와 돌출된 지점을 제외한 95%(47.97ha) 비교 결과에서는 통계적으로 유의성이 없는 것으로 나타났다( $t=0.031, p>0.05$ ). 박쥐는 좁은 소로, 가로수길, 산울타리, 강, 수로 그리고 산림의 가장자리와 같은 일정한 경로를 따라서 출현 및 귀소하는 비행패턴을 보이며(Briggs and King, 1998), Winkelmann *et al.*(2000)이 *Syconycteris australis*를 대상으로 행동권을

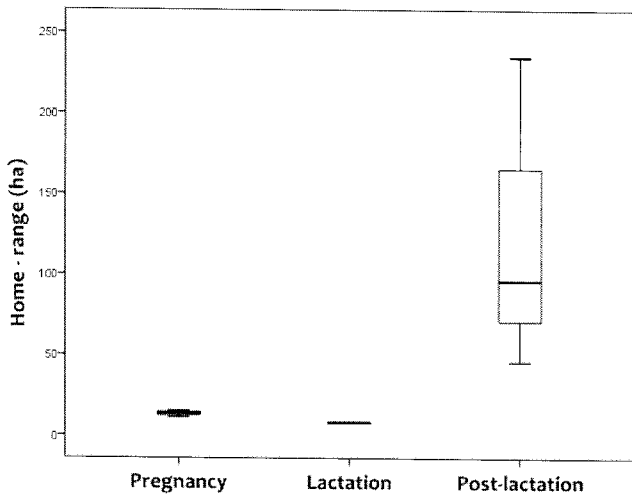


Figure 12. Comparison of home range size in 100% minimum convex polygon(MCP) of the female *Pipistrellus abramus* in relation to reproductive stage

분석한 결과에서도 조사에 이용된 개체들은 조사기간 동안 안정적이고 거의 차이가 없는 행동권을 유지하는 결과를 보인다. 따라서 본 결과에서 나타난 MCP 100%와 MCP 95%의 유사성은 출현 및 귀소에 있어서 일정한 경로와 출현 후 고정적인 서식지 이용이 이루어짐을 보여준 결과라 판단된다. 또한 각각의 번식 단계별 비교결과 임신기와 수유기의 주요 핵심 이용지역은 유의적 차이를 보이지 않은 반면에( $p > 0.05$ ), MCP 100%( $p < 0.05$ )와 MCP 95%( $p < 0.05$ )에서는 임신기간의 행동권이 더 큰 것으로 나타났

으며, 수유기와 수유 후기에 대한 비교 결과 MCP 100%( $p < 0.05$ ), 95%( $p < 0.05$ ), KHR 50%( $p < 0.05$ ) 모두에서 수유 후기에서의 행동권이 크게 증가하였다. 이와 관련하여 수유 후기의 증가된 행동권 및 원거리의 핵심지 이용의 경우 체중의 증가 및 고정적인 수유행동과 관계없이 생리적 스트레스가 없는 상태에서 다양한 유형의 서식지 이용이 이루어진 결과로 이는 동일한 주간 휴식지를 이용하는 개체 및 근거리 비행을 시작한 어린 개체와의 먹이경쟁을 피하기 위한 방법 중 하나일 것으로 생각된다(Figure 13 and 14). 일반적으로 집박쥐속 종은 반경 약 2km의 먹이활동 영역을 가지고 있으며(Briggs and King, 1998), Davidson-Watts *et al.*(2006)이 *Pipistrellus pipistrellus*와 *Pipistrellus pygmaeus*를 이용하여 서식지 이용을 비교한 결과에서도 두 종 모두 주간 휴식지에서부터 2km까지 먹이활동을 하는 결과를 보였다. 그러나 본 연구에서는 임신과 수유기에는 주간 휴식지에서 평균 500m 이내의 서식지를 이용하였으며, 가장 큰 행동권을 보인 수유 후에도 약 1.6km의 결과를 보였다. 이와 관련하여 Winkelmann *et al.*(2000)은 *Syconycteris australis*를 대상으로 행동권을 분석한 연구결과에서 적은 면적의 행동권 이용결과는 해당 종의 서식공간이 상대적으로 안정적이고 풍부한 먹이자원을 가지고 있기 때문이라고 하였는데 본 연구에서 나타난 것과 같이 번식기의 근거리 서식지 이용 또한 번식단계에 따른 행동권의 변화 뿐만 아니라 집박쥐의 휴식지를 중심으로 주변으로 조성된 다양한 서식지 환경은 안정적인 먹이자원을 공급할 수 있는 구조를 가지고 있기 때문으로 판단된다.

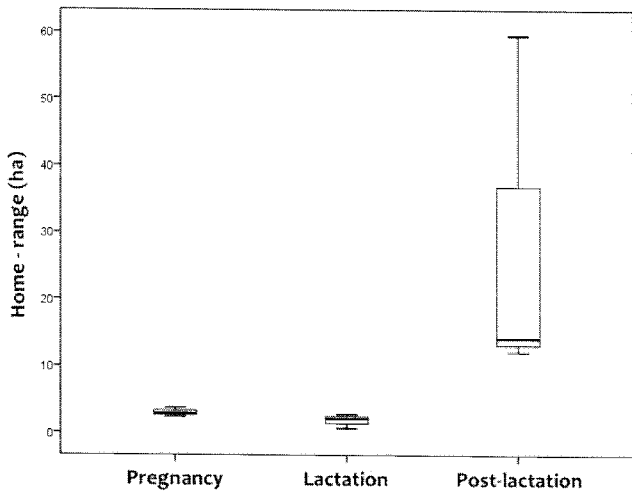


Figure 13. Comparison of home range size in 50% kernel home range(KHR) of the female *Pipistrellus abramus* in relation to reproductive stage

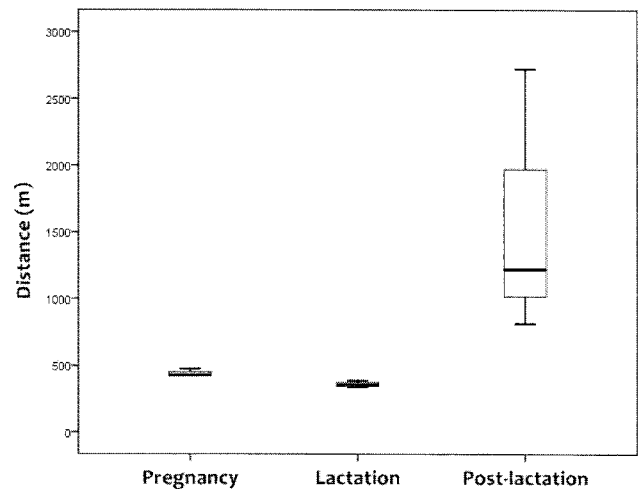


Figure 14. Maximum distances from nocturnal locations to the day roost of female *Pipistrellus abramus* in different reproductive stages

## 인용문헌

- Aldridge, H.D.J.N. and R.M. Brigham(1988) Load Carrying and Maneuverability in an insectivorous bat: A test of the 5% "rule" of radio-telemetry. *J. Mamm.* 69(2): 379-382.
- 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. pp. 1-28.
- Barclay, R.M.R.(1989) The effect of reproductive condition on the foraging behavior of female hoary bats, *Lasiurus cinereus*. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 24: 31-37.
- Bontadina, F., H. Schofield and B. Naef-Daenzer(2002) Radio-tracking reveals that lesser horseshoe bats(*Rhinolophus hipposideros*) forage in woodland. *J. Zool.(Lond.)*, 258: 281-290.
- Bradbury, J.W., D. Morrison, E. Stashko and R. Heithaus(1979) Radio-tracking methods for bats. *Bat Res. News* 20: 9-17.
- Briggs, B. and D. King(1998) The Bat Detective-A Field Guide for Bat Detection. Batbox Ltd. pp. 14-35.
- Brigham, R.M.(1991) Flexibility in foraging and roosting behaviour by the big brown bat(*Eptesicus fuscus*). *Can. J. Zool.* 69: 117-121.
- Catto, C.M.C. and A.M. Hutson(1996) Foraging behaviour and habitat use of the serotine bats(*Eptesicus serotinus*) in southern England. *J. Zool.(Lond.)* 238: 623-633.
- Catto, C.M.C., P.A. Racey and P.J. Stephenson(1995) Activity patterns of the serotine bat(*Eptesicus serotinus*) at a roost in southern England. *J. Zool.(Lond.)* 235: 635-644.
- Chung, C.U., S.H. Han and C.I. Lee(2010) Home-range Analysis of Pipistrelle Bat(*Pipistrellus abramus*) in Non-Reproductive Season by Using Radio-tracking. *Kor. J. Env. Eco.* 24(4): 487-492.
- Clark, B.S., D.M. Leslie, Jr. and T.S. Carter(1993) Foraging activity of adult female big-eared bats(*Plecotus townsendii*) in summer. *J. Mamm.* 74: 422-427.
- Davidson-Watts, I. and G. Jones(2006) Differences in foraging behaviour between *Pipistrellus pipistrellus*(Schreber, 1774) and *Pipistrellus pygmaeus*(Leach, 1825). *J. Zool.* 268: 55-62.
- Davidson-Watts, I., S. Walls and G. Jones(2006) Differential habitat selection by *Pipistrellus pipistrellus* and *Pipistrellus pygmaeus* identifies distinct conservation needs for cryptic species of echolocating bats. *Biol. Con.* 133: 118-127.
- Dietz, M. and E.K.V. Kalko(2007) Reproduction affects flight activity in female and male Daubenton's bats, *Myotis daubentonii*. *Can. J. Zool.* 85: 653-664.
- Duverge, P.L., G. Jones, J. Rydell and R. Ransome(2000) Functional significance of emergence times in bats. *Ecogr. Copenhagen.* 23: 32-40.
- Encarnacao, J.A., M. Dietz and U. Kierdorf(2004) Reproductive condition and activity pattern of male Daubenton's bats(*Myotis daubentonii*) in the summer habitat. *Mamm. Biol.* 69(3): 163-172.
- Erkert, H.G.(1982) Ecological aspects of bat activity rhythms. In: Ecology of bats(Ed, Kunz, T.H.). Plenum Publishing. New York. pp. 201-242.
- Gaisler, J.(1963) The ecology of the lesser horseshoe bat (*Rhinolophus hipposideros hipposideros*, Bechstein, 1800) in Czechoslovakia, Part 1, *Acta Soc. Zool. Bohe* 27: 211-233.
- Hickey, M.B.C. and M.B. Fenton(1996) Behavioural and thermoregulatory responses of female hoary bats, *Lasiurus cinereus*(Chiroptera: Vespertilionidae), to variations in prey availability. *Ecoscience* 3: 414-422.
- Hirakawa, H.(2007) A technique to hold a small bat for radio transmitter attachment. *Bulletin of the Asian Bat Research Institute.* 6: 8-10.(In Japanese)
- Hitchcock, H.B.R., R. Keen and A. Kurta(1984) Survival rates of *Myotis leibii* and *Eptesicus fuscus* in southeastern Ontario. *J. Mamm.*, 65: 126-130.
- Jones, G. and M. Morton(1992) Radio-tracking studies and habitat use by greater horseshoe bats(*Rhinolophus ferrumequinum*). In: Priede, I.G. and S.M. Swift(ed.), *Wildlife telemetry. Remote monitoring and tracking of animals.* Chichester: Ellis Horwood. pp. 521-537.
- Jong, J.D.(1994) Habitat use, home range and activity pattern of the northern bat, *Eptesicus nilssoni*, in a hemiboreal forest. *Mamm.* 58: 535-548.
- Keen, R. and H.B. Hitchcock(1980) Survival and longevity of the little brown bat(*Myotis lucifugus*) in southeastern Ontario. *J. Mamm.* 61: 1-7.
- Kurta, A. and S.W. Murray(2002) Philopatry and migration of banded Indiana bats(*Myotis sodliis*) and effects of radiotransmitters. *J. Mamm.* 83: 585-589.
- Kurta, A. and T.H. Kunz(1988) Roosting Metabolic Rate and Body Temperature of Male Little Brown Bats(*Myotis lucifugus*). *J. Mamm.* 69(3): 645-651.
- Kurta, A. and T.H. Kunz(1987) Size of bats at birth and maternal investment during pregnancy. *Sym. Zool. Soi. Lon.* 57: 79-106.
- Maier, C.(1992) Activity patterns of pipistrelle bats(*Pipistrellus pipistrellus*) in Oxfordshire. *J. Zool.(Lond.)* 228: 69-80.
- McNab, B.K.(1982) Evolutionary alternatives in the physiological ecology of bats. pp. 151-200, in *Ecology of bats*(Ed, Kunz, T.H.). Plenum Press, New York, 425pp.
- Menzel, J.M., W.M. Ford, M.A. Menzel, T.C. Carter, J.E. Gardner, J.D. Garner and J.E. Hofmann(2005) Summer habitat use and home-range analysis of the endangered Indiana bat. *J. Wild. Mana.* 69(1): 430-436.



- Mitchell-Jones, A. J. and A.P. McLeish(2004) Bat Worker's Manual. Joint Nature Conservation Committee. pp. 22-131.
- Onorato, D.P., E.C. Hellgren, F.S. Mitchell and J.R. Skiles(2003) Home range and habitat use of American black bears on a desert montane island in Texas. *Ursus*. 14: 120-129.
- Owen, S.F., M.A. Menzel, W.M. Ford, B.R. Chapman, K.V. Miller, J.W. Edwards and P.B. Wood(2009) Home-Range Size and Habitat Used by the Northern Myotis (*Myotis septentrionalis*). *Amer. Midl. Nat.* 150(2): 352-359.
- Racey, P.A. and A.C. Entwistle(2000) Life-history and reproductive strategies of bats. In: Reproductive biology of bats.(Eds, Crichton, E.G. and P.H. Krutzsch) Academic Press, London. pp. 364-414.
- Racey, P.A. and S.M. Swift(1985) Feeding ecology of *Pipistrellus pipistrellus*(Chiroptera: Vespertilionidae) during pregnancy and lactation. I. Foraging behaviour. *J. Anim. Ecol.* 54: 205-215.
- Racey, P.A.(1982) Ecology of bat reproduction. pp. 57-104, in Ecology of bat(Ed, Kunz, T.H.). Plenum Press, New York, 425pp.
- Racey, P.A.(1988) Reproductive assessment in bats. In: Ecological and behavioral methods for the study of bats(Ed, Kunz, T.H.). Smithsonian Institution Press, Washington, D.C. pp. 31-45.
- Robinson, M.F. and R.E. Stebbings(1997) Home range and habitat use by the serotine bat, *Eptesicus serotinus*, in England. *J. Zool.(Lond)*. 243: 117-136.
- Rydell, J.(1992) Occurrence of bats in northernmost Sweden and their feeding ecology in summer. *J. Zool.(Lond.)* 227: 517-529.
- Rydell, J.(1993) Variation in foraging activity of an aerial insectivorous bat during reproduction. *J. Mamm.* 74: 503-509.
- Safi, K., B. König and G. Kerth(2007) Sex differences in population genetics, home range size and habitat use of the parti-colored bat(*Vespertilio murinus*, Linnaeus 1758) in Switzerland and their consequences for conservation. *Biol. Con.* 137: 28-36.
- Seaman, D.E. and R.A. Powell(1996) An Evaluation of the Accuracy of Kernel Density Estimators for Home Range Analysis. *Ecol.* 77(7): 2075-2085.
- Seaman, D.E., J.J. Millspaugh, B.J. Kernohan, G.C. Brundige, K.J. Raedeke and R.A. Gitzen(1999) Effects of sample size on kernel home range estimates. *J. Wildl. Manag.* 63: 739-747.
- Shen, H.P. and L.L. Lee(2000) Mother-young interactions in a maternity colony of *Myotis formosus*. *J. Mamm.* 81(3): 726-733.
- Speakman, J.R. and P.A. Racey(1987) The energetics of pregnancy and lactation in the brown long-eared bat, *Plecotus auritus*. In: Recent advances in the study of bats(Eds, Fenton, M.B. P.A. Racey and J.M.V. Rayner). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom. pp. 367-393.
- Springer, J.T.(2003) Home range size estimates based on number of relocations, Occasional Wildlife Management papers, Biology Department. University of Nebraska at Kearney. 14: 1-12.
- Stebbing, R.E.(1968) Measurements, composition and behaviour of a large colony of the bat *Pipistrellus pipistrellus*. *J. Zool.(London)* 156: 15-33.
- Swift, S.M.(1980) Activity patterns of pipistrelle bats(*Pipistrellus pipistrellus*) in northeast Scotland. *J. Zool.(Lond.)* 190: 285-295.
- Wilde, C.J., C.H. Knight and P.A. Racey(1999) Influence of torpor on milk protein composition and secretion in lactating bats. *J. Exp. Zool.* 284: 35-41.
- Wilde, C.J., M.A. Kerr, C.H. Knight and P.A. Racey(1995) Lactation in vespertilionid bats. In: Ecology, evolution and behaviour of bats(Eds, Racey, P.A. and S.M. Swift). Oxford University Press, New York. pp. 139-149.
- Wilkinson, G.S. and J.W. Bradbury(1988) Radiotelemetry: techniques and analysis. In: Kunz, T.H.(ed.), Ecological and behavioural methods for the study of bats. Washington, DC: Smithsonian Institution Press, pp. 105-124.
- Winkelmann, J.R., F.J. Bonaccorso and T.L. Strickler(2000) Home range of the southern blossom bat, *Syconycteris australis*, in Papua New Guinea. *J. Mamm.* 81(2): 408-414.
- Worton, B.J.(1995) Using Monte Carlo simulation to evaluate kernel based home range estimators. *J. Wildl. Manag.* 59: 794-800.
- Yang, D.H.(2008) Ecological Characteristics of Asiatic Black Bear(*Ursus thibetanus ussuricus*) Released in Jifisan National Park. Ph. D. Thesis, Gyeongsang Univ., pp. 22-29.