

관박쥐의 동면기 활동에 관한 연구

Winter Activity of Greater Horseshoe Bats *Rhinolophus ferrumequinum*

김선숙¹ · 최유성² · 유정철³

¹경희대학교 생물학과, ²경희대학교 한국조류연구소, ³경희대학교 생물학과

I. 서론

온대성 박쥐는 기온과 취식 가능성이 낮은 계절의 에너지 문제를 해결하기 위하여 동면한다. 온대지역에서 박쥐류를 포함한 소형동물들의 경우 동절기 에너지 문제해결을 위한 동면 선택은 일반적인 현상이지만 생리적 상태가 고정된 것은 아니며 각성 또한 주기적으로 발생된다. 현재까지 온대성박쥐의 동면기 활동에 대한 명확한 원인이 규명되진 않았지만 동면에서 각성되어 동면처 내 혹은 동면처간 이동한 개체는 각성 후 동일한 장소에 자존하거나 잠재서식지로의 이동은 피할 수 없는 선택이다(Boyles *et al.*, 2006). 이때의 선택은 생리적 기작에 중요하게 작용하며 종이나 지역간에 다양한 차이를 나타낸다.

박쥐의 동면기 활동에 관한 일반적인 견해는 취식(feeding), 수분보충(drinking), 교미(copulating)를 목적으로 해석되어진다(Ransome, 1968; Speakman and Racy, 1989; Park *et al.* 1999; 2000). 일부 선행 연구자들은 에너지 균형을 위한 온도 조건이 충족되지 않는 동면처에서 지속적인 동면 수행은 급격한 에너지 소비가 발생되기 때문에(Whitaker and Rissler, 1992; Arlettaz *et al.*, 2000; Park *et al.*, 2000; Gieser *et al.*, 2004; Turbill, 2008; Turbill & Geiser, 2008) 동면중 각성은 불안정한 환경조건에서 보다 안정적인 조건을 찾기 위해 각성되며 동면처간의 이동이 발생되며, 에너지 균형 유지와 수분 증발로 인한 수분 공급을 위해 각성될 것이라는 점에 주목하였다(Thomas *et al.*, 1997; Boyles, 2006; 2007; Turbill, 2008).

동면초기 박쥐의 온도선호성에 의해 선택된 단일 동면처는 동면기간 동안 요구되어지는 환경조건은 충족되어지지 않는다(Boyles, 2006). 따라서 생리적 생태적 요구조건을

충족시키기 위해 각성이 유발되며 동면 개체는 각성 후 에너지 요구조건에 적합한 온도환경을 갖춘 대안 동면처로의 이동은 필수적이다.

본 연구는 관박쥐 Greater Horseshoe bats *Rhinolophus ferrumequinum* 동면기 활동 상황과 동면처 간의 이동 관찰을 통해 관박쥐의 동면기 활동에 관한 일면을 살피고자 한다. Ransome(1971; 2002)과 Park *et al.*(1999; 2000)은 관박쥐가 동면중 외부기온이 올라가면 각성하여 먹이를 획득하는 가능성을 시사했으며 동면중 활동은 외부기온과의 연관성이 있음이 제시(Whitaker and Rissler, 1992)되었다. 또한 현재까지의 결과로 각성후 단일 동굴내 입출입의 관찰결과가 보고되었다(Park *et al.*, 1999). 온대성박쥐의 각성에 대한 일반적인 견해는 몇 가지로 요약되어지지만 연구의 어려움으로 확실한 결론은 유보된 상태이다. 본 연구에서 동굴성 박쥐의 동면처간 이동과 환경과의 연관성을 통해 동면기 활동의 일면을 고찰하고자 했다.

II. 연구방법

본 연구는 2006~2007년의 겨울철동안 관박쥐의 동면기 활동에 관한 조사를 위해 관박쥐의 동면처로 이용되는 전라남도 함평 일대의 8곳의 폐광에서 수행되었다. 본 연구가 진행된 8개의 동면처는 지난 7년간 관박쥐의 동면처로 이용되었던 곳이다. 동면기전 2006년 10월 초 과거 5년 동안 관박쥐 관찰이 지속적으로 이루어졌던 5개의 동굴을 선정하여 동굴별로 개체 표식을 하였으며 체중(body weight)과 상완길이(forearm length)를 측정하였으며 3월 마지막 조사 후 동면 말기의 체중과 상완 길이를 측정하였다. 동면처의 환경 측정을 위하여 5곳의 동면처에 data logger를 설치하

여 1시간 간격으로 온도와 습도 자료를 수집하였다. 동면처 외부 기후 자료는 목포 기상청의 자료를 참고하였다. 12월부터 3월까지 각 동굴을 매월 1회씩 방문하여 개체수 및 개체표식을 확인하였다.

III. 결과

2006/7년 관박쥐에 의해 선택되어진 8곳의 동면처 내부의 온도는 동면기 동안 일교차 및 계절 변화가 나타났다. 동면처간, 동면처 내의 온도 특성은 각각 다르게 나타났다 (Figure 1). 또한 동면처 내부의 온도는 동면처 온도는 외부 온도의 변화와 연관성이 있었다. 입구와의 거리에 의한 차이는 있었지만 동면처 내부 온도는 모두 외부기온과 유의한 상관관계를 나타냈다(Pearson correlation $r=0.473$ $p<0.001$, $r=0.293$ $p<0.01$).

본 연구가 진행된 동면기간 동안(2006년 12월 ~ 2007년 3월) 관박쥐의 동면기 활동은 관찰되었다. 동면기간동안 8곳의 동면처 모두 관박쥐의 전체 개체수는 시기별로 변화되었으며 동면처간 이동 또한 동면 전체 기간 동안 관찰되었다(Table 1). 조사 대상이 된 8곳의 동면처간 이동은 주로 3 group로 구분되어지며, 같은 그룹에 포함된 동면처 간의 거리는 가까웠다(Figure 2). 동면기 동안 덕양(상), 금성, 연암, 덕양(하), 정창, 송산 지역의 개체는 대부분 이들 동면처간 이동이 관찰되었고, 반면 묘동과 죽장리 동면처의 개체는 주로 두 지역 내에서만 이동하였다(Figure 2).

동면 초기와 말기의 관박쥐의 체중은 유의한 차이를 나타냈다(t -test $t=16.236$ $p<0.0001$). 동면 초기 관박쥐의 체중은 $22.04 \pm SD2.302$ g ($n=118$)이었고, 동면 말기 $17.86 \pm$

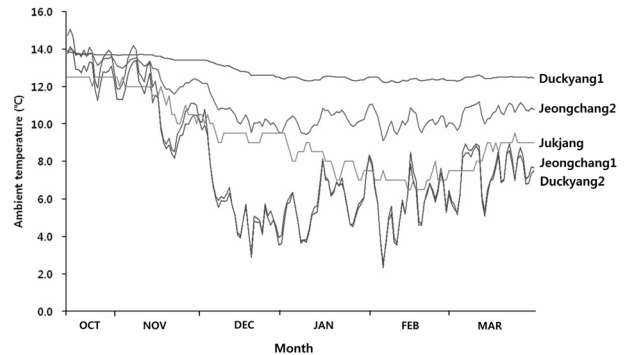


Figure. 1. Fluctuation of ambient temperature (°C) in hibernacula of Greater Horseshoe bats.

SD1.54g ($n=115$)으로 감소되었다.

IV. 고찰

동면은 에너지 소모를 분명하게 감소시키지만 포식 증가, 미각성으로 인한 사망, 에너지 효율성의 감소 등 생태적 생리적 비용이 수반된다(Humphries *et al.*, 2003; Kokurewicz, 2004; Racey, 1982). 동면 중 각성은 생존을 위한 이점으로 작용된다.

동면처의 온도와 외부기온과의 연관성은 관박쥐의 동면기 활동을 유발하는 요인으로 작용되어 진다(Ransome, 1971; Whitaker and Rissler, 1992; Park *et al.*, 2000; Boyles *et al.*, 2006). 본 연구 결과에서 관박쥐의 동면처간 이동은 동면기간 전체 동안 관찰되었으며 동면 기간중 외부기온이 10°C 위로 상승된 일수는 단 하루에 불과하였지만 관박쥐의 동면처간 이동은 지속되었다(Table 1). 이 시기에 관박쥐는 잠자리 위치에서 외부기온의 변화를 느낄 수 있

Table 1. Number of hibernating Greater Horseshoe bats in eight mines for 2006-2007 winter. Figures in parenthesis are number of marked bats.

Site	Number of bats				
	Oct	Dec	Jan	Feb	Mar
Jukjang	27(27)	35(11)	67(23)	54(11)	55(17)
Myodong	24(24)	33(21)	21(6)	15(3)	11(2)
Songsan	30(30)	6(0)	13(5)	5(1)	22(15)
Jeongchang	26(26)	14(5)	7(3)	6(3)	11(7)
Duckyang(H)	61(61)	25(14)	43(19)	22(16)	28(20)
Yeonam	4(4)	13(5)	7(4)	1(1)	2(2)
Duckyang(L)			15		10
Geumsung				8(4)	14(8)

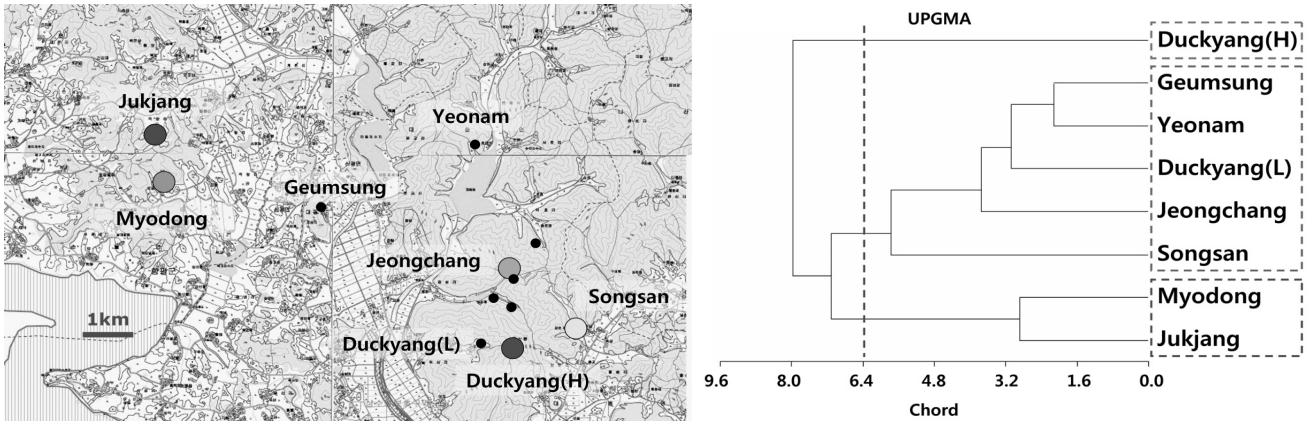


Figure. 2. A dendrogram of eight hibernacula based on color composition of marked bats according to cluster analysis using UPGMA.

다. 그럼에도 동면기 동면처간 이동이 지속적으로 나타난 것은 잠재적 먹이원 확보의 가능성보다는 해당 종의 온도 선호에 적합하지 않은 환경조건이 발생되었을 때 유발되는 에너지 소비를 해결하기 위한 동면처간 이동이 되었을 가능성이 높다. 또한 동면중 수분 증발로 인한 수분 보충 (Thomas *et al.*, 1997)을 위한 각성과 동면처간 이동으로 해석하는 것이 가능하다. 본 결과에서 동면의 정확한 원인이 규명되지는 않았기에 두 가지 가능성을 바탕으로 동면기 활동에 관한 보다 상세한 연구가 필요하다. 흥미로운 점은 동면처간의 이동은 최소한의 거리를 선호하는 것이다. 각성 후 잠자리로 재 위치시 인접된 동면처가 선호된 것은 에너지 소비와 관련이 있다. 이동중 항온의 기간을 줄임으로써 에너지 소비를 막을 수 있다. 한편 동면기간동안 관박쥐의 체중은 유의하게 감소되었고 동면기 관찰동안 동면처 바닥에서 구아노는 발견되지 않았다. 이는 관박쥐의 동면처간 이동이 취식(Ransome 1971; Park *et al.*, 1999; 2000; Ransome, 2002)보다는 다른 생리적 요구조건을 충족시키기 위한 것으로서 해석 가능하다.

현재 관박쥐는 전국적인 분포를 나타내며 국내 박쥐류 중에서 가장 높은 출현 빈도와 최대 개체수를 나타낸다. 동면중 각성현상은 에너지 절충이라는 이점에서 동면기간 중 발생하는 급격한 환경 변화에 대한 높은 적응력으로 해석이 가능하다. 관박쥐의 경우 동면기 먹이 활동이 관찰되었지만 (Ransome, 1971) 본 연구 결과에 나타난 관박쥐의 동면기 활동은 먹이 공급보다는 수분 공급이나 Thermal preference에 의한 대안 동면처로의 이동 목적으로 발생 가능성이 높

다. 그러나 동면기 활동의 근원적인 원인규명을 위해 후속 연구의 수행이 필요하다.

V. 인용문헌

- Arlettaz, R., Ruchet, C., Aeschmann, J., Brun, E., Genoud, M. & Vogel, P.(2000) Physiological traits affecting the distribution and wintering strategy of the bat *Tadarida teniotis*. *Ecology* 81, 1004-1014.
- Boyles, J. G., M. B. Dunbar and J. O. Whitaker(2006) Activity following arousal in winter in North American vespertilionid bats *Mammal Rev.* Volume 36, No. 4, 267-280.
- Humphries, M. M., Thomas, D. W., Kramer, D. L.(2003) The role of energy availability in mammalian hibernation: a cost-benefit approach. *Physiol.Biochem. Zool.* 76, 165-179.
- Kokurewicz, T.(2004) Sex and age related habitat selection and mass dynamics of Daubenton's bats *Myotis daubentonii* (Kuhl, 1817) Hibernating in natural conditions. *Acta Chiropt.* 6, 121-144.
- Park, K. J., Jones, G. and Ransome, R. D.(1999) Winter activity of a population of greater horseshoe bats (*Rhinolophus ferrumequinum*). *J. Zool. (Lond.)* 248, 419-427.
- Park, K. J., Jones, G. and Ransome, R. D.(2000) Torpor, arousal and activity of hibernating greater horseshoe bats (*Rhinolophus ferrumequinum*). *Funct. Ecol.* 14, 580-588.
- Racey, P. A.(1982) Ecology of Bat Reproduction. In: Kunz, T.H. (Ed.), *Ecology of Bats*. Plenum Publishing Corporation, New York, pp. 57-104.

- Ransome, R. D.(1971) The effect of ambient temperature on the arousal frequency of the hibernating greater horseshoe bat, *Rhinolophus ferrumequinum*, in relation to site selection and the hibernation state. *J. Zool. (Lond.)* 164, 353-371.
- Thomas, D. W., Dorais, M., Bergeron, J. M.(1990) Winter energy budgets and cost of arousal for hibernating little brown bats, *Myotis lucifugus*. *J. Mammal.* 71, 475-479.
- Turbill, C. & Geiser, F.(2008) Hibernation by tree-roosting bats. *J. Comp. Physiol. B.* 178, 597-605.
- Turbill, C.(2008) Winter activity of Australian tree-roosting bats: influence of temperature and climatic patterns *Journal of Zoology* 276 (2008) 285-290.