

반달가슴곰 동면일과 기온 분포에 관한 연구^{1a}

김정진² · 정대호³ · 김태욱³ · 변윤섭⁴ · 이사현⁵ · 오홍식^{6*}

Study of Asiatic Black Bear (*Ursus thibetanus ussuricus*) Hibernation Day and Temperature Distribution^{1a}

Jeong-Jin Kim², Dae-Ho Jung³, Tae-Wook Kim³, Yoon-Seop Byun⁴, Sa-Hyun Lee⁵, Hong-Shik Oh^{6*}

요약

이 연구는 지리산에 서식하는 반달가슴곰의 동면일과 동면기간 동안의 기온과의 관계를 밝히기 위해 조사되었다. 조사 결과, 동면 시작일은 평균 12월 7일이었으며, 동면 해제일은 4월 20일로 나타났으며, 출산한 암컷의 동면일은 167.8±22.6일이 었다. 동면 5일 전의 기온은 0.6±4.1℃였고, 동면 기간 동안 기온은 1.3±2.6℃, 동면 해제 5일 전의 기온은 12.6±3.1℃이 었다. 수컷과 출산을 하지 않은 암컷의 동면일은 각각 113.6±25.8일, 120.4±25.7일이었으며, 이들 그룹의 동면 5일 전의 평균 기온은 각각 -1.8±3.9℃, 2.1±4.2℃, 동면기간의 기온은 -0.4±2.4℃, -0.2±1.6℃, 동면 해제 5일전의 기온은 7.8±4.4℃, 7.8±3.6℃였다. 이러한 결과로 볼 때 새끼를 출산한 암컷은 출산을 하지 않은 암컷과 수컷에 비해 동면 일수와 기온은 높은 것으로 나타났는데 이는 동면기간 새끼를 양육하는 과정에서 발생한 것이라 판단된다. 생애주기별 그룹에 대한 동면일수와 평균기온은 각 그룹간의 평균적인 차이가 없는 것으로 나타났다. 이번 연구를 통해 지리산에 서식하는 반달가슴곰의 구체적인 동면시기와 동면기간의 기온에 대해서 파악할 수 있었으며, 기온에 따른 성별, 출산한 암컷, 생애주기 그룹간의 어떠한 차이가 있는지 등 동면기 고유 행동특성이 밝혀졌다는 점에서 연구의 의의가 있다. 이러한 결과는 국제적 멸종위기종인 반달가슴곰의 겨울과 봄 시기에 인간과의 충돌방지와 보전 관리계획 수립 시 널리 활용될 것이다.

주요어: 반달가슴곰, 동면, 야생동물, 보전, 자동기상관측장비

ABSTRACT

Winter hibernation in wildlife is a unique physiological mechanism for survival. For Asiatic black bears (ABBs, *Ursus thibetanus ussuricus*), hibernation is a very important but dangerous time for the cubs to be born.

1 접수 2019년 8월 27일, 수정 (1차: 2019년 10월 14일), 게재확정 2019년 10월 17일

Received 27 August 2019; Revised (1st: 14 October 2019); Accepted 17 October 2019

2 제주대학교 과학교육학부 생물교육전공 박사과정 Faculty of science education major in biology education, Jeju National Univ., Faculty of Science Education, Jeju National Univ, Jeju 63243, Korea (redfox2571@naver.com)

3 국립공원공단 생물종보전원 책임연구원 National Park Institute for Biodiversity Conservation, Korea National Park Service, 402-31, Hwaomsa-ro, Masan-myeon, Gurey-gun, Jeolla-namdo 57616, Korea (eogh9530@knps.or.kr, ooks3596@knps.or.kr)

4 국립공원공단 생물종보전원 연구원 National Park Institute for Biodiversity Conservation, Korea National Park Service, 402-31, Hwaomsa-ro, Masan-myeon, Gurey-gun, Jeolla-namdo 57616, Korea (yunseop@knps.or.kr)

5 국립공원공단 생물종보전원 남부복원센터장 National Park Institute for Biodiversity Conservation, Korea National Park Service, 402-31, Hwaomsa-ro, Masan-myeon, Gurey-gun, Jeolla-namdo 57616, Korea (na22901@knps.or.kr)

6 제주대학교 과학교육학부, 대학원 차세대융합과학기술협동과정 교수 Faculty of Science Education and Interdisciplinary Graduate Program in Advanced Convergence Technology & Science, Jeju National University, Jeju 63243, Korea

a 이 논문은 환경부 멸종위기야생생물 증식·복원사업에서 지원하는 연구비에 의하여 연구되었음.

* 교신저자 Corresponding author: sciedu@jejunu.ac.kr

This study surveyed ABBs living in Mt. Jiri To examine the relationship between the temperature during hibernation and the hibernation days. The survey found that the average start and end dates of hibernation was December 7 and April 20, respectively. The average day of hibernation for females who gave birth was 167.8 ± 22.6 days. The average temperature of 5 days before hibernation was 0.6 ± 4.1 °C, the average temperature during hibernation was 1.3 ± 2.43 °C, and the average temperature of five days before the end of hibernation was 12.6 ± 3.1 °C. The hibernation days of the females that did not give birth to cubs and the males were 120.4 ± 25.7 days and 113.6 ± 25.8 days, respectively. The average temperatures of 5 days before hibernation was 2.1 ± 4.2 °C and -1.8 ± 3.9 °C, respectively. The average temperature during hibernation was -0.2 ± 1.6 °C and -0.4 ± 2.4 °C. The average temperatures of five days before the end of hibernation were 7.8 ± 3.6 °C and 7.8 ± 4.4 °C. These results indicate that females giving birth to cubs have higher hibernation days and average temperatures than the females that do not give birth and the males, which is due to the process of raising cubs during hibernation. The hibernating days and mean temperature for the groups in each lifecycle did not show any difference between the groups. This study is meaningful in that it disclosed the characteristics of hibernating intrinsic behaviors of ABBs. It observed the specific hibernation period and temperature of ABBs bears inhabiting in Mt. Jiri and examined the difference by sex, female(giving birth) and life cycle group according to temperature. The results of this study can be used to prevent the conflict between ABBs and humans in winter and spring and establish the preservation management plan.

KEY WORDS: ASIATIC BLACK BEAR, HIBERNATION, WILDLIFE ANIMAL, CONSERVATION, AUTOMATED WEATHER STATION

서론

야생동물에게 있어 겨울철은 낮은 기온과 먹이부족으로 인해 상당한 스트레스를 받기 때문에 생존에 있어 매우 중요한 시기이며(Goodrich and Berger, 1994), 특히, 곰은 겨울철 혹독한 기후조건 및 먹이부족에 대한 방어 수단으로 진화된 생리적 메커니즘인 동면을 하는 포유류(Nelson, 1980; Kim *et al.*, 2007)이다. 겨울철 곰의 동면은 생존을 위한 생활사에서 중요한 부분을 차지하고(Johnson and Pelton, 1981), 성체 암컷의 경우 동면기간에 새끼 출산과 양육과정을 동반하게 되어 힘든 동면시기를 보낸다(Swenson *et al.*, 1997). 겨울철 체중 감소는 불곰의 경우 수컷은 22%, 암컷은 40%까지 감소하며(Kingsley *et al.* 1983; Jon E. Swenson *et al.*, 1997), 특히 출산한 암컷은 새끼 포육 활동으로 출산하지 않는 암컷에 비해 약 2배의 몸무게 차이가 나기도 한다(Farley and Robbins, 1995).

국내에 서식하는 반달가슴곰(*Ursus thibetanus ussuricus*)은 일제강점기와 한국전쟁, 산업화를 거치면서 서식지 파괴 및 밀렵으로 개체수가 급격하게 줄어 절멸에 이르게 되어 환경부 지정 멸종위기야생생물 I 급(MOE, 2018), 문화재청 지정 천연기념물 329호(CHA, 2016)로 지정되어 보호되고 있으며, 전 세계적으로 멸종위기에 처한 야생동식물종의 국제거래에 관한 협약(Convention on International Trade in Endangered Species

of Wild Fauna and Flora, CITES) 부속서-1에 등재된 국제적 멸종위기종이며(CITES, 2019), 국제자연보호연맹(IUCN) 지정 취약종(Vulnerable)으로 분류되어 있다(IUCN, 2019). 2004년 지리산국립공원에서 반달가슴곰 복원사업이 시작된 이후, 개체군이 빠르게 성장하여 62개체가 야생에서 활동 중이다(SRTI, 2018).

반달가슴곰의 동면굴에 대한 국내 연구는 복원사업 초기 방사 개체의 동면지 특성에 대한 연구(Kim *et al.*, 2007)와 종분포모형(MaxEnt)을 이용한 비동면기간과 동면장소의 서식지 비교 연구가 진행된 바 있다(Jung *et al.*, 2016). 이에 본 연구는 그 동안 연구되지 않았던 반달가슴곰의 성별, 출산개체의 동면일과 기온에 따른 동면 특성을 밝히고 동면기간 탐방객과의 충돌을 사전에 예방하는데 필요한 자료를 제공하는데 목적이 있다.

재료 및 방법

1. 연구지역 및 재료

이 연구는 환경부에서 한반도 내 인위적 요인으로 인해 사라져가는 생물종을 복원하고 생태계 건강성을 회복하고자 복원사업으로 추진 중인 지리산국립공원 내 반달가슴곰을 대상으로

조사되었다. 우리나라 국립공원 1호로 지정된 지리산국립공원은 지리적으로 백두대간 중추를 이루는 곳으로 면적이 438.022km² (KNPS, 2019)로 국내 육상 국립공원 중 가장 넓은 면적을 차지한다. 천왕봉에서 노고단에 이르는 주능선의 거리가 25.5 km로 천왕봉(1,915m), 반야봉(1,732m), 노고단(1,507m)의 3대 주봉을 중심으로 해발 1500m가 넘는 20여개의 봉우리를 중심으로 크고 작은 능선과 계곡이 형성되어 (KNPRI, 2011), 수량이 풍부하고 계곡과 사면에 다양한 식생이 유지 할 수 있는 입지적 여건을 제공하고 있다. 따라서 지리산은 국립공원 가운데 가장 넓은 면적의 서식 공간이며, 우리나라 대표적인 산림 생태를 보여주는 지역이라 할 수 있다(KNPS, 2009). 연구에 활용된 총 54개 반달가슴곰 동면지점은 지난 2015년부터 2019년까지 5년간 지리산국립공원 지역에서 동면활동을 했던 암컷 31개, 수컷 23개 동면지점에 대한 자료를 활용하였다.

2. 연구방법

겨울철 반달가슴곰 동면 일수 및 현장 확인을 위해 각 개체에 고유 주파수가 부여된 발신기(M3620, ATS, Canada)를 통해 무선위치추적(Radio telemetry)을 하였고, 삼각측정법을 이용하여 위치를 확인하였다. 매일 무선위치추적을 통해 위치 변화를 파악하였고 20일 이상 이동이 없는 경우를 동면으로 간주하였다. 동면굴 현장 확인을 통해서 좌표와 고도를 조사 (Figure 1)하였고, 반달가슴곰의 그룹은 동면과정에서 새끼를 출산하는 생태적 특성으로 고려하여 출산하지 않은 암컷(Female)과 수컷(Ma, Male), 출산한 암컷(Gi, Give birth)으로 나누었고, 생애주기에 따른 차이를 알아보기 위해 출산한 암컷 개체를 제외하고 연령별로 나누어 새끼(1~2년생, Ba, Baby), 아성체(3~4년생, SA, Sub Adult), 성체(5년생 이상, Ad, Adult) 성체 그룹으로 나누어서 분석하였다.

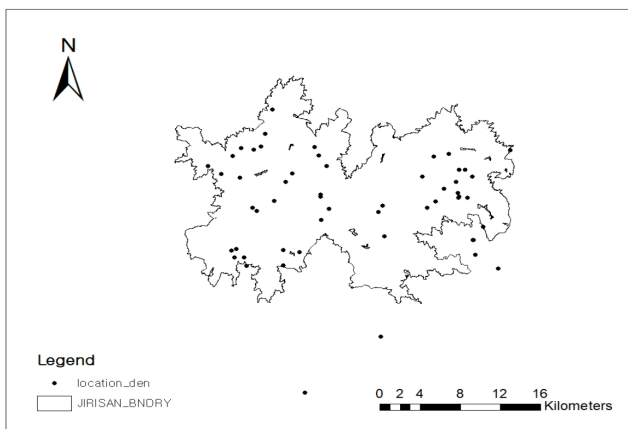


Figure 1. The study area around the Jiri Mt. with locations of Asiatic Black Bear's den.

기온자료는 기상자료포털(<https://data.kma.go.kr>)에서 동면 굴 인근 자동기상관측장비(AWS, Automatic Weather System) 8개소의 일별 기온관측데이터를 수집하여 Kira(1948)에 따라 기온 저감율 $-0.55^{\circ}\text{C}/100$ 를 적용하였다. 가공된 기온자료를 이용하여 각 개체의 동면일(HD, Hibernation Day) 기준으로 동면 전 5일(FDBH, Five Days Before Hibernation), 동면기간(HP, Hibernation Period), 동면 종료 전 5일(FDBEH, Five Days Before the End of Hibernation)의 평균기온($^{\circ}\text{C}$)을 계산하여 동면활동에서 기온이 어떠한 영향을 미치는지 파악하였다. 이러한 동면 간주일과 동면 전후 기온측정을 위한 일수 산정은 국립공원생물종보존원 생태학습장에 계류 중인 반달가슴곰 15마리의 2018-2019 동계시즌 동면활동 CCTV 관찰 결과를 바탕으로 행동특성 유무를 고려하여 산정하였다. 특히 동면 전 후의 일수 산정은 개체 간의 오차 범위가 크에 따라 최소 값으로 선정하였으며, 이는 일수산정이 길수록 온도차가 크기때문에 활동에 영향을 미치는 정확한 기온 값을 추출하기 위한 이유이기도 하다.

환경변수의 통계적 분석을 위해 RStudio(Version 1.1.463) 프로그램을 이용하여, 각 그룹 간의 평균값에 대한 유의적 비교를 위해 이원분산분석(two way ANOVA)을 실시하였으며, 이에 유의한 차이를 보이는 경우 Tukey's HSD Test를 사용하여 사후 검정과 집단 간의 차이를 파악했다. 모든 통계 분석은 유의적 수준 5%($P<0.05$)에서 수행되었다.

결과 및 고찰

1. 전체 동면일과 기온

지난 2015년($n=9$), 2016년($n=10$), 2017년($n=7$), 2018년($n=18$), 2019년($n=10$) 5월까지 지리산에서 활동하는 다양한 연령대(5.40 ± 3.69)의 평균 동면시작일은 12월 7일, 동면 종료일은 4월 20일로 조사되었다. 그룹별 동면일을 살펴보면, 출산하지 않은 암컷 그룹은 12월 7일경 동면을 시작하여 다음 해 4월 9일경 동면 해제가 되었으며, 수컷 그룹은 12월 19일경 동면을 시작하여 다음해 4월 11일 경 동면이 해제 되는 것으로 나타났다. 특히 출산한 암컷 그룹의 동면 평균 시작일이 11월 25일과 동면 평균해제일이 5월 11로 이전 두 그룹에 비해 동면활동을 빨리 시작하여 늦게 해제된 것을 알 수 있었다. 지리산에서 반달가슴곰의 순수한 동면활동 일수로 볼 수 있는 출산하지 않은 암컷, 수컷 그룹의 동면 시작 평균 날짜는 12월 13일, 해제 평균 날짜는 4월 10일경으로 조사되었다. 생애 주기별 그룹의 동면 일수를 조사한 결과 아성체($n=10$) 그룹이 평균 12월 6일로 시작하여 3월 30일경 동면을 종료하여 세 그룹 중 가장 먼저 동면을 취하여 가장 빨리 동면을 종료 하는 것으로

나타났다. 새끼($n=14$) 그룹은 평균 12월 20일경 동면하여 4월 15일 경에 동면을 종료하여 세 그룹 중 가장 늦게 동면을 시작하여 가장 늦은 시기에 동면이 해제되었으며, 아성체 그룹은 12월 14일경 동면을 시작하여 4월 9일 동면이 해제 되었다(Table 1). 반달가슴곰($n=54$, Male=23, Female=31)의 동면일수는 130.66 ± 33.88 로 Kim *et al.*(2007)이 국내에 활동 중인 연구를 통해 보고된 평균일수 98 ± 9 와 Yang(2008)이 연구한 95 ± 21 와는 많은 차이가 있는 것으로 나타났는데, 이러한 결과는 복원사업 초기인 연구 당시 개체의 나이, 출산여부, 개체 수, 연구기간 등의 차이로 인한 결과로 생각된다. 서식 환경에서 나타나는 차이도 있는데, 해외 아메리카 흑곰의 경우 약 5~7개월가량 동면을 하는 것으로 연구되었고(Tøien *et al.*, 2011), 10월 1일부터 4월 15일까지 동면기간을 가지는 것으로 보고된 바 있다(Tietje and Ruff, 1980). 2015년부터 2019년까지 5년간 연도별 동면 일수 변화를 조사한 결과 128.88 ± 26.412 , 120.9 ± 38.23 , 121.42 ± 42.59 , 144 ± 34.38 , 124.5 ± 25.69 로 나타났고(Figure 2), 동면기간의 평균기온은 0.38 ± 2.25 , 0.07 ± 3.41 , -0.35 ± 1.56 , -0.05 ± 2.50 , 0.72 ± 1.52 로 각각 나타났다(Figure 3). 전 개체 동면일과 동면 평균기온과의 Pearson 상관관계를 분석한 결과 양의 상관관계($r=0.4587$, $p<0.001$)를 나타내는 것으로 분석되었다(Figure 4). 이는 동면기간이 길어질수록 자연스럽게 겨울에서 봄으로 넘어가면서 기온이 상승함에 따라 전체적인 자연스럽게 양의 관계를 띄는 것으로 보인다. 캐나다 앨버타지역의 볼곰의

동면 특성을 연구한 결과 봄 평균 기온이 월 최대 4°C 까지 증가하면 동면 해제일이 10일 빨라진다고 하였다(Pigeon *et al.*, 2016). 따라서 장기간의 모니터링을 통해 최근 전 지구적인 이슈인 기온변화에 대한 반달가슴곰의 동면 특성을 파악 할 필요가 있다.

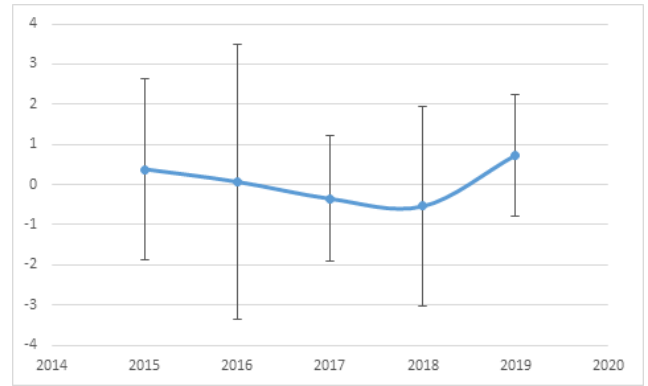


Figure 2. Average temperature in hibernation period by year.

Table 1. Hibernation start date and end date by year

	Fe		Ma		Gi		Ba		SA		Ad	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
2015	2014.	2015.	2014.	2015.	2014.	2015.	2014.	2015.	2014.	2015.	2014.	2015.
	12. 6.	4. 28.	12. 14.	4. 11.	12. 10.	6. 12.	12. 5.	4. 21.	12. 2.	3. 30.	12. 16.	4. 6.
	(n=4)		(n=4)		(n=1)		(n=3)		(n=1)		(n=4)	
2016	2015.	2016.	2016.	2016.	2015.	2016.	2015.	2016.	2016.	2016.	2015.	2016.
	12. 15.	4. 9.	1. 10.	4. 6.	12. 15.	5. 21.	12. 26.	4. 14.	1. 8.	4. 5.	12. 20.	3. 27.
	(n=4)		(n=3)		(n=3)		(n=4)		(n=1)		(n=2)	
2017	2016.	2017.	2016.	2017.	2016.	2017.			2016.	2017.	2016.	2017.
	12. 10.	3. 26.	12. 23.	3. 15.	11. 13.	5. 2.			12. 13.	3. 13.	12. 12.	4. 9.
	(n=4)		(n=1)		(n=2)				(n=3)		(n=3)	
2018	2017	2018.	2017.	2018.	2017.	2018.	2017.	2018.	2017.	2018.	2017.	2018.
	11. 18.	4. 6.	12. 11.	4. 15.	11. 19.	5. 13.	12. 17.	4. 11.	11. 26.	4. 8.	12. 13.	4. 22.
	(n=2)		(n=10)		(n=6)		(n=3)		(n=5)		(n=4)	
2019	2018.	2019.	2018.	2019.	2018.	2019.	2018.	2019.			2018.	2019.
	12. 3.	4. 7.	12. 27.	4. 11.	11. 22.	4. 24.	12. 29.	4. 13.			12. 9.	4. 6.
	n=2		(n=5)		(n=3)		(n=4)				(n=3)	
Mean	12. 7.	4. 9.	12. 19.	4. 11.	11. 25.	5. 11.	12. 20.	4. 15.	12. 6.	3. 30.	12. 14.	4. 9.

(1 : Hibernation start date, 2 : Hibernation end date)

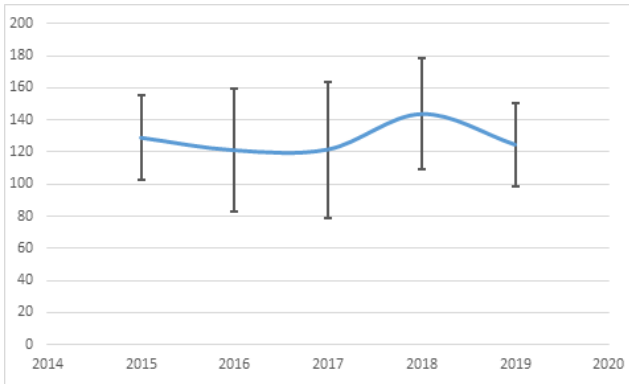


Figure 3. Average hibernation days by year.

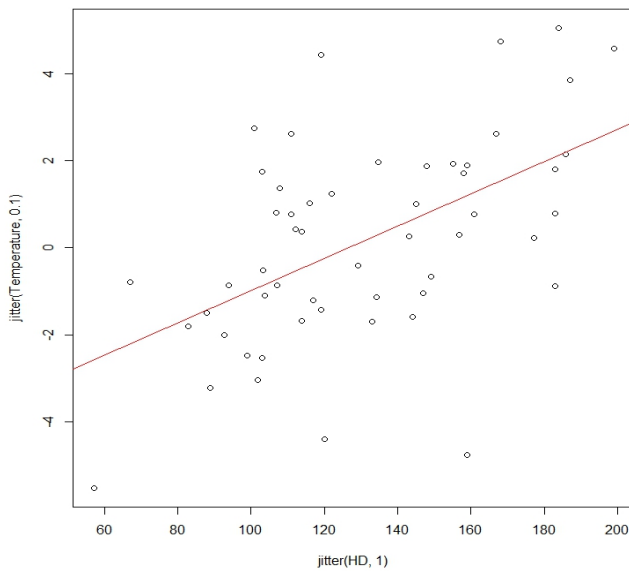


Figure 4. Hibernating Day and Temperature Scatter Plots.

2. 성별에 따른 동면일과 기온

그룹별 동면일수의 평균을 비교한 결과, 120.4 ± 25.7 일(Fe), 167.8 ± 22.6 일(Gi), 113.6 ± 25.8 일(Ma)로 각각 나타났으며,

동면 5일전의 평균기온은 $2.1 \pm 4.2^\circ\text{C}$ (Fe), $0.6 \pm 4.1^\circ\text{C}$ (Gi), $-1.8 \pm 3.9^\circ\text{C}$ (Ma)로 나타났다. 평균기온에 대한 각 그룹의 값은 $-0.2 \pm 1.6^\circ\text{C}$ (Fe), $1.3 \pm 2.6^\circ\text{C}$ (Gi), $-0.4 \pm 2.4^\circ\text{C}$ (Ma)를 나타냈으며, 동면 종료 전 5일 평균기온 값은 $7.8 \pm 3.6^\circ\text{C}$ (Fe), $12.6 \pm 3.1^\circ\text{C}$ (Gi), $7.8 \pm 4.4^\circ\text{C}$ (Ma)로 나타났다. 출산한 암컷 그룹이 수컷 그룹에 비해 54.2일 길었던 것으로 나타나는 등 전체적으로 출산한 암컷 그룹이 다른 그룹에 비해 차이가 있었고, 출산에 참여하지 않은 암컷과 수컷의 평균값에는 큰 차이는 없는 것으로 나타났다(Table 2). 이들 성별에 대한 기온 분포를 two way ANOVA test 결과, 동면일($F=23.35$, $p<0.001$), 동면 전 5일 평균기온($F=4.579$, $p<0.05$)과, 동면 종료 전 5일 평균기온($F=8.362$, $p<0.001$)에서 유의한 차이를 나타냈고, 동면기간의 평균기온은 유의한 차이가 없었다($P>0.05$). 사후검정(Tukey's HSD Test)을 통해 실질적인 유의적 관계를 지니는 그룹을 확인한 결과 동면일과, 동면 종료 전 5일 평균기온의 경우 출산에 참여한 암컷그룹은 나머지 수컷그룹($p<0.001$), 출산에 참여하지 않는 암컷($p<0.001$) 두 그룹과 유의적으로 다르며, 동면 5일전의 평균기온의 경우 수컷과 출산에 참여하지 않은 암컷 그룹 간에 차이를 보였다($p<0.05$). 동면기간의 경우 출산에 참여한 암컷 그룹이 나머지 두 그룹과 통계적인 차이를 나타냈다($p<0.001$)(Table 3, Table 4, Figure 5). 멕시코에 서식하는 흑곰의 경우 새끼를 출산한 암컷($n=5$)의 동면 평균 시작일과 해제일은 평균 12월 25일 \pm 5일, 4월 22일 \pm 2일로 나타났으며 동면일수의 경우 출산하지 않은 다른 수컷과 암컷에 비해 평균 53일 가량 길게 나타났다(Doan-Crider and Hellgren, 1996). 해외 사례를 비추어 볼 때 이는 그해에 안정적 출산과 양육을 위해 동면지를 일찍 선택하여 비교적 따뜻한 시기에 동면을 시작한 것으로 추정되며(Danilov *et al.*, 1993), 출산 이후 동면굴 내에서 양육과정을 거치면서 새끼가 야외 활동이 가능한 성장상태에서 동면을 해제하고 야외 활동을 위해 다른 그룹에 비해 동면 활동을 길게 가지는 것으로 보인다. 한편 동면기간과 기온의 경우 스웨덴 불곰의 동면을 연구한 결과 동면의 시작은 기온, 먹이와 같은 환경적 신호에 기초하여 시작되고 생리적 신호에 종료 되는 것으로 연구되었다(Evans *et al.*, 2016). 아메리카 흑곰의 경우 암컷이 수컷보다 동면을

Table 2. Information on days, ages and temperatures using hibernation(Mean \pm SD)

	Fe (n=16)	Ma (n=23)	Gi (n=15)	Ba (n=14)	Sa (n=10)	Ad (n=15)
HD	120.4(\pm 25.7)	113.6(\pm 25.8)	167.8(\pm 22.6)	116.43(\pm 28.98)	115(\pm 29.07)	117.27(\pm 21.47)
Age	5.6(\pm 3.9)	4.0(\pm 3.6)	7.4(\pm 2.7)	1.29(\pm 0.47)	3.4(\pm 0.52)	8.6(\pm 3.0)
FDBH	2.1(\pm 4.2)	-1.8(\pm 3.9)	0.6(\pm 4.1)	-1.28(\pm 3.76)	1.93(\pm 4.77)	-0.66(\pm 4.53)
HP	-0.2(\pm 1.6)	-0.4(\pm 2.4)	1.3(\pm 2.6)	0.63(\pm 2.60)	-1.19(\pm 1.80)	-0.57(\pm 1.45)
FDBEH	7.8(\pm 3.6)	7.8(\pm 4.4)	12.6(\pm 3.1)	9.36(\pm 3.86)	4.97(\pm 4.15)	8.25(\pm 3.20)

일찍 시작하여 늦게 종료 되는 경향을 보였으며(Smith *et al.*, 1994), 동면기간 북극곰의 암컷의 체질량이 수컷에 비해 18% 높은 연구결과를 보였다(Ransay *et al.*, 1992). 이를 통해 지리산

반달가슴곰의 출산에 참여하지 않은 암컷과 수컷 그룹간의 동면 특성은 해외 사례에 다른 특성을 보이고 있는데 지속적인 연구를 통해 규명할 필요가 있다.

Table 3. Result of two way ANOVA of 3-group with HD, FDBH, HP and FDBEH as factor

Source		Bartlett's test	SS	MS	F	p
HD	Fe-Gi-Ma	0.8528	29070	14535	23.35	***
	Ba-SA-Ad	0.4938	31	15.4	0.022	ns
FDBH	Fe-Gi-Ma	0.9394	149.9	74.95	4.579	*
	Ba-SA-Ad	0.7086	65.0	32.52	1.73	ns
HP	Fe-Gi-Ma	0.1939	28.0	13.998	2.693	ns
	Ba-SA-Ad	0.1058	20.88	10.441	2.56	ns
FDBEH	Fe-Gi-Ma	0.3839	244.9	122.46	8.362	***
	Ba-SA-Ad	0.6653	117.2	58.62	4.289	*

***, $p < 0.001$; **, $p < 0.01$; *, $p < 0.05$; ns, not significant

Table 4. Results of Tukey's HSD

Source	Group	Diff	Lwr	Upr	p
HD	Female-Give Birth	-47.425000	-69.07177	-25.77823	***
	Male-Give Birth	-54.191304	-74.18072	-34.20189	***
	Male-Female	-6.766304	-26.37398	12.84138	ns
	Baby-Adult	-0.8380952	-24.76240	23.08621	ns
	Sub-Adult-Adult	-2.2666667	-28.54963	24.01630	ns
	Sub-Adult-Baby	-1.4285714	-28.08436	25.22722	ns
FDBH	Give Birth-Female	-1.478417	-4.988324	2.0314904	ns
	Male-Female	-3.888967	-7.068247	-0.7096873	*
	Male-Give Birth	-2.410551	-5.651727	0.8306255	ns
	Baby-Adult	-0.6194762	-4.557269	3.318317	ns
	Sub-Adult-Adult	2.594666	-1.731347	6.920680	ns
	Sub-Adult-Baby	3.2141429	-1.173236	7.601521	ns
HP	Give Birth-Female	1.4862917	-0.4918779	3.4644613	ns
	Male-Female	-0.1891576	-1.9809871	1.6026719	ns
	Male-Give Birth	-1.6754493	-3.5021632	0.1512647	ns
	Baby-Adult	1.1957619	-0.6388096	3.0303334	ns
	Sub-Adult-Adult	-0.6126667	-2.6281057	1.4027724	ns
	Sub-Adult-Baby	-1.8084286	-3.8524569	0.2355997	ns
FDBEH	Give Birth-Female	4.750833333	1.430606	8.071060	**
	Male-Female	-0.006847826	-3.014315	3.000620	ns
	Male-Give Birth	-4.757681159	-7.823700	-1.691662	**
	Baby-Adult	1.107333	-2.250566	4.4652330	ns
	Sub-Adult-Adult	-3.282667	-6.971616	0.4062831	ns
	Sub-Adult-Baby	-4.390000	-8.131278	-0.6487221	*

***, $p < 0.001$; **, $p < 0.01$; *, $p < 0.05$; ns, not significant

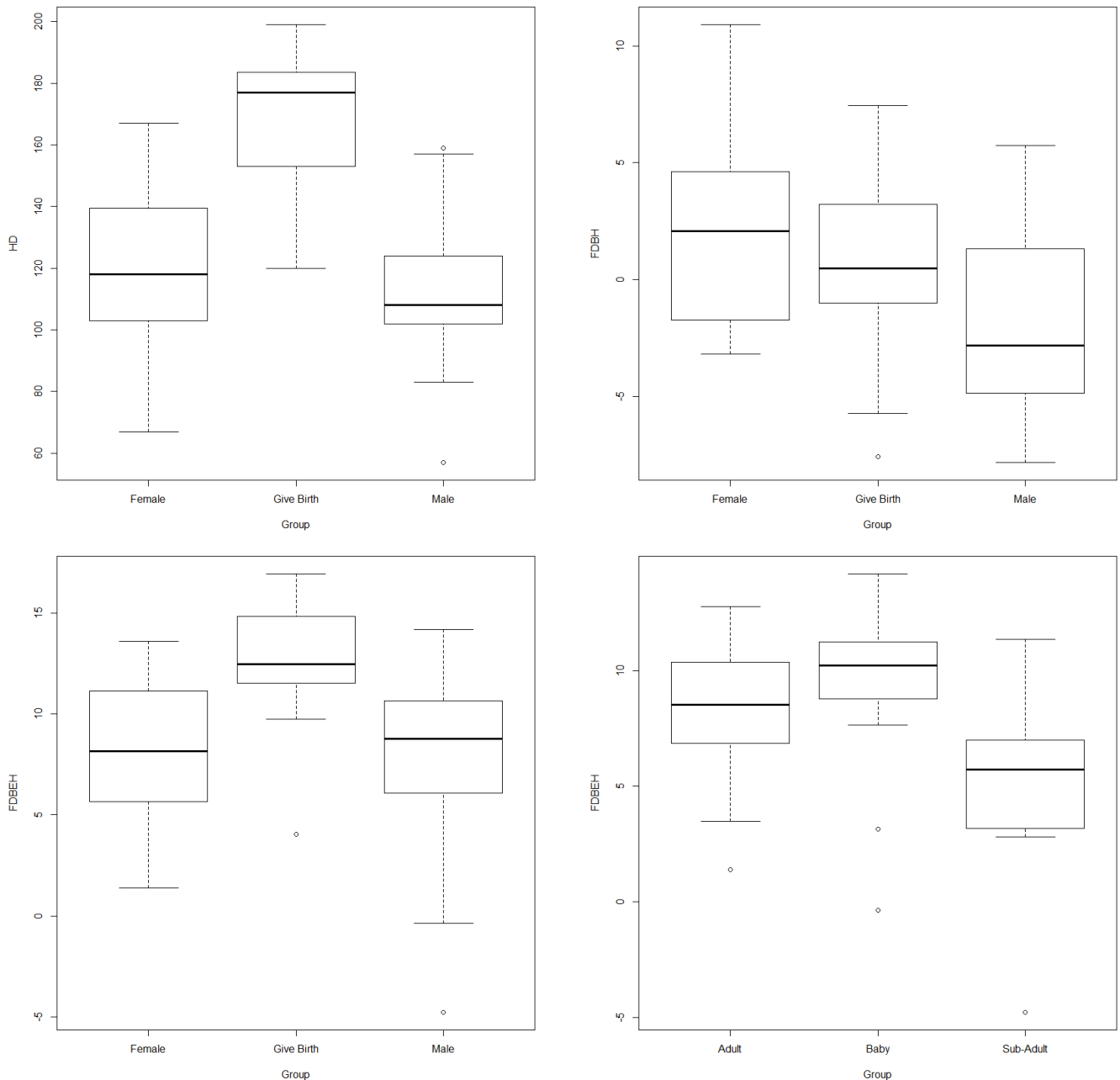


Figure 5. Comparing used HD, FDBH, HP and FDBEH with 3-groups.

3. 생애주기 그룹별 동면일과 기온

생애주기 그룹별 동면일수의 조사결과 새끼(116.43 ± 28.98 일), 아성체(115 ± 29.07 일), 성체(117.27 ± 21.47 일) 모든 그룹이 비슷한 평균 동면일을 띄었고 전체 동면 평균일은 116.38 ± 25.65 일로 나타났다. 이들 그룹의 two-way ANOVA test 결과 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다($F=0.022$, $p>0.05$). 동면 전 5일 평균기온은 새끼그룹이 -1.28 ± 3.76 ℃,

아성체그룹은 1.93 ± 4.77 ℃, 성체그룹은 -0.66 ± 4.53 ℃을 나타냈고 전체 동면 전 5일 평균기온은 -0.22 ± 4.42 ℃로 나타났다. two-way ANOVA test 결과 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다($F=1.73$, $p>0.05$). 동면기간의 평균기온은 조사결과 새끼그룹은 0.63 ± 2.60 ℃, 아성체그룹은 -1.19 ± 1.80 ℃, 성체그룹은 -0.57 ± 1.45 ℃로 나타났으며, 전체그룹의 평균은 -0.29 ± 2.10 ℃로 조사되었다. two-way ANOVA test 결과 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다($F=2.56$, $p>0.05$). 동면 종료 전 5일 평

균기온 조사결과 새끼그룹이 $9.36 \pm 3.86^\circ\text{C}$, 아성체그룹은 $4.97 \pm 4.15^\circ\text{C}$, 성체그룹은 $8.25 \pm 3.20^\circ\text{C}$ (Table 2)로 조사되었고 전체 평균은 $7.81 \pm 4.00^\circ\text{C}$ 로 조사되었다. two-way ANOVA test 결과 그룹 간에 유의적인 차이가 있는 것으로 나타났다($F=4.289$, $p<0.05$)(Table 3, Figure 5). 이에 사후검정을 실시한 결과 아성체-새끼그룹 평균 간에 차이가 있는 것으로 나타났다($p<0.05$). 이는 새끼그룹의 경우 대부분 외부에서 도입되었거나 생물중보전원의 자체증식 시설에서 태어나 방사한 개체로 어미로부터 교육을 받지 않거나 짧은 기간 제한적으로 교육을 받기 때문에 야생에서 위협요인에 대해 경험적 수치가 비교적 적은 개체 그룹이다. 일반적으로 야생에서 태어난 새끼 개체의 경우 1~2년 정도 어미와 함께 동면 하는 것을 비추어 볼 때 이들 새끼들이 잠재적으로 어미 암컷이 속해 있는 성체 그룹에 포함되어 있다고 보면 동면 종료 전 5일의 동면기온 특성은 모든 그룹 간에 동일하다고 추정할 수 있다. 이들 그룹은 출산을 한 암컷을 제외한 개체($n=39$)에 대한 평균 동면일과 평균 기온 값으로 동면 과정에서 출산과 같은 아무런 영향을 받지 않고 순수하게 한 지점에서 동면을 시작하여 해제했던 그룹이다. 따라서 지리산에서 일반적으로 활동하는 반달가슴곰의 동면일과 이에 따른 기온특성을 나타내 주는 그룹이기도 하다. 이는 연령으로 구분한 생애주기에 따른 동면 시작일과 동면 종료일은 차이가 있지만 전체 동면 일수는 차이가 없다는 것을 알 수 있으며, 지리산에 서식하는 환경적 요인에 적응한 반달가슴곰의 고유 특성으로 인한 동면 일수와 동면기간의 평균기온을 나타낸 것으로 생각된다. 이는 동면 활동에 영향을 미치는 인자로 먹이량, 강설량과 같은 기후 인자 등 여러 요소에 의해 영향을 미치므로(Bojarska and Selva, 2012) 기온 이외의 인자를 감안하여 연구를 수행할 필요가 있다. 본 연구에서는 성별, 출산유무, 생애 주기별 그룹의 동면일과 기온과의 관계를 구체적으로 제시하였다는 점에서 의의가 있다. 특히 곰과(Ursidae)에 대한 연령으로 구분되는 생애 주기 그룹에 대한 동면 일수와 기온 특성에 대한 연구는 국내·외에서 거의 시도되지 않은 연구이기도 하다. 이번 연구 결과를 바탕으로 향후 기온 분석을 통한 반달가슴곰 동면시기를 구체적으로 규명한다면, 동면기 전후의 활동시기 탐방객과의 충돌을 사전에 예방할 수 있는 자료로 널리 활용될 수 있을 것이라 판단된다.

REFERENCES

- Bojarska, K. and N. Selva(2012) Spatial patterns in brown bear *Ursus arctos* diet: the role of geographical and environmental factors, *Mammal Review* 42(2): 120-143.
- CHA(2016) A Study on the Protection and Management of Natural Monument Animal Species. Cultural Heritage Administration, Daejeon, Korea, pp. 6-7.
- CITES(2019) CITES Authoritative Information on Taxonomy. <https://www.speciesplus.net/> (last accessed 27. May. 2019).
- Danilov, P.I., I.L. Tumanov and O.S. Rusakov(1993) The North West of European Russia. Bears (Brown Bear, Polar Bear, Asian Black Bear): Distribution ecology use and protection. Nauka, Moscow, Russia, 113pp. (in Russian)
- Doan-Crider, D.L. and E.C. Hellgren(1996) Population characteristics and winter ecology of black bears in coahuila, Mexico. *The Journal of Wildlife Management* 60(2): 398-407.
- Farley, S.D. and C.T. Robbins(1995) Lactation, hibernation, and mass dynamics of American black bears and grizzly bears. *Canadian Journal of Zoology* 73: 2216-2222.
- Goodrich, J.M. and J. Berger(1994) Winter recreation and hibernating black bears *Ursus americanus*. *Biological Conservation* 67(4): 105-110.
- Johnson, K.G. and M.R. Pelton(1981) Selection and availability of dens for black bears in Tennessee. *Journal of Wildlife Management* 45: 111-119.
- Jung, D.H., B.S. Kahng, C.U. Cho, S.B. Kim and J.J. Kim(2016) Analysis of Hibernating Habitat of Asiatic Black Bear(*Ursus thibetanus ussuricus*) based on the Presence-Only Model using MaxEnt and Geographic Information System: A Comparative Study of Habitat for Non-Hibernating Period. *J. Kor. Ass. Geo. In. Stu.* 19(4): 102-113. (in Korean with English abstract)
- Kim, B.H., D.H. Yang, W.J. Jung, B.K. Lee, K.V. Skripova and A.K. Kotlyar(2007) Study on the Characteristics of the Hibernating Site for the Released Asiatic Black Bear in Jirisan National Park. *Kor. J. Env. Eco.* 21(4): 347-355. (in Korean with English abstract)
- Kingsley, M.C.S., J.A. Nagy and R.H. Russell(1983) Patterns of weight gain and loss for grizzly bears in northern Canada. In: Meslow, E.C. (Ed.), *Proceedings of the International Conference on Bear Research and Management* 5: 174-178.
- Kira, T.(1948) On the altitudinal arrangement of climatic zones in Japan. *Kanti-Nogaku* 2: 147-173. (in Japanese)
- KNPRI(2011) *Insect Stories of Korea National Park-Jirisan National Park*. Korea National Park Research Institute, Namwon, Korea, 8pp.
- KNPS(2009) *Jirisan National Park Resource Monitoring(8th year)*. National Park Basic Statistics. Korea National Park Service, Gyeongnam, Korea, 59pp.
- KNPS(2019) *National Park Basic Statistics*. Korea National Park Service, Wonju, Korea, 3pp.
- MOE(2018) *Endangered Wildlife Conservation Comprehensive Plan*. Ministry of Environment, Sejong, Korea, pp. 176-178.
- Nelson, R.A.(1980) Protein and fat metabolism in hibernating bears. *Fed. Proc.* 39(12): 2955-2958.

- Pigeon, K.E., G. Stenhouse and S.D. Côté(2016) Drivers of hibernation: linking food and weather to denning behaviour of grizzly bears. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 70(10): 1745-1754.
- Ramsay, M.A., C.A. Mattacks and C.M. Pond(1992) Seasonal and sex differences in the structure and chemical composition of adipose tissue in wild polar bears (*Ursus maritimus*). *Journal of Zoology* 228(12): 533-544.
- Smith, M.E., J.L. Hechtel and E.H. Follmann(1994) Black Bear Denning Ecology in Interior Alaska. *Bears: Their Biology and Management* 9(1): 513-522.
- SRTI, Species Restoration Technology Institute, Korea National Park Service(2019) Annual report 2018. Species Restoration Technology Institute, Gurye, Korea, pp. 29-31.
- Swenson, J.E., F. Sandegren, S. Brunberg and P. Wabakken(1997) Winter den abandonment by brown bears *Ursus arctos*: Causes and consequences. *Wildlife Biology* 3: 35-38.
- Tietje, W.D. and R.L. Ruff(1980) Denning Behavior of Black Bears in Boreal Forest of Alberta. *The Journal of Wildlife Management* 44(4): 858-870.
- Tøien Ø., J. Blake, D.M. Edgar, D.A. Grahn, H.C. Heller and B.M. Barnes(2011) Hibernation in Black Bears: Independence of Metabolic Suppression from Body Temperature. *Science* 331(6019): 906-909.
- Yang, D.H.(2008) Ecological Characteristics of Asiatic black bear(*Ursus thibetanus ussuricus*) released in Jirisan National Park. Ph. D. Dissertation, Univ of Kyungnam, Changwon, Korea, pp. 82-95 (in Korean).