

농촌지역 삿(*Prionailurus bengalensis*)의 서식지 선택과 관리방안^{1a}

최태영² · 권혁수² · 우동걸^{2,3} · 박종화^{3*}

Habitat Selection and Management of the Leopard Cat(*Prionailurus bengalensis*) in a Rural Area of Korea^{1a}

Tae-Young Choi², Hyuk-Soo Kwon², Dong-Gul Woo^{2,3}, Chong-Hwa Park^{3*}

요 약

본 연구는 원격무선추적 자료를 바탕으로 우리나라의 농촌지역에 서식하는 삿의 행동권, 서식지 선택, 개체군 위협요인을 파악하고자 하였으며 3개체(수컷 2, 암컷 1)를 대상으로 한 연구결과는 다음과 같다. 첫째, 행동권은 평균 $2.64 \pm 1.99 \text{ km}^2$ (K 95)와 $3.69 \pm 1.34 \text{ km}^2$ (MCP 100)이었으며, 핵심공간은 평균 $0.64 \pm 0.47 \text{ km}^2$ (K 50)를 나타냈고, 겨울철에 추적된 수컷의 행동권이 가장 넓었다(5.19 km^2 , MCP 100). 둘째, Jacobs index에 기반을 둔 Johnson의 서식지 선택모형을 분석한 결과 삿은 2단계 선택(경관 내에서의 서식지 선택)에서 초지와 논을 선호하고 산림은 회피하는 반면에, 3단계 선택(행동권 내에서의 서식지 선택)에서는 하천변의 초지를 매우 선호하고 논을 회피하였다. 셋째, 로드킬은 삿의 심각한 개체군 위협요인으로 판단되며, 논이 토지피복 비율이 높고, 하천변에 도로가 존재하며, 산림이 마을 주위에만 소규모로 존재하는 지역에서는 삿의 개체군 유지가 매우 불안정할 수 있어 이러한 지역에 로드킬 대책과 하천변 초지 보호 등의 노력이 보다 집중되어야 할 것이다.

주요어: 공급처와 수용처, 서식지 선호도, 서식지 이용, 야생동물 교통사고, 점 형태 분석

ABSTRACT

The objectives of this paper were to investigate home range, habitat selection, and threat factors of leopard cats (*Prionailurus bengalensis*) living in rural area of Korea. The results based on radio tracking of three leopard cats (two males and one female) can be summarized as follows. First, the average home range of leopard cats were $2.64 \pm 1.99 \text{ km}^2$ (Kernel 95) and $3.69 \pm 1.34 \text{ km}^2$ (MCP 100), and the average size of core areas was $0.64 \pm 0.47 \text{ km}^2$ (Kernel 50). The home range of a male leopard cat that radio-tracked in winter was the largest (5.19 km^2 , MCP 100). Second, the Johnson's habitat selection model based on the Jacobs index showed that leopard cats preferred meadows and paddy fields avoiding forest covers at the second level, whereas they preferred meadows adjacent to streams and avoided paddy fields at the third level. Finally, roadkill could be prime threat factor for the cat population. Therefore, habitats dominated by paddy fields, stream corridors with paved roads, and

1 접수 2012년 3월 7일, 수정(1차: 2012년 4월 13일, 2차: 2012년 5월 2일), 게재확정 2012년 5월 3일
Received 7 March 2012; Revised(1st: 13 April 2012, 2nd: 2 May 2012); Accepted 3 May 2012

2 국립환경과학원 자연평가연구팀 Ecosystem Assessment Division, National Institute of Environmental Research, Incheon (404-708), Korea(gumiran@gmail.com)

3 서울대학교 환경대학원 The Graduate School of Environmental Studies, Seoul National University, Seoul(151-742), Korea

a 본 연구는 2004-2006년 환경부 차세대핵심환경기술개발사업(과제번호 052-041-033) 및 국립환경과학원 2011년 환경현안지원 연구사업의 지원으로 수행되었음.

* 교신저자 Corresponding author(rsgis@snu.ac.kr)

human settlements with insufficient forest patches could threaten the long-term viability of leopard cat populations. Thus the habitat managements for the leopard cat conservation should focus on the prevention of road-kill and the installation of wildlife passages in rural highways adjacent to stream corridors.

KEY WORDS: HABITAT PREFERENCE, HABITAT USE, POINT PATTERN ANALYSIS, ROAD KILL, SOURCE AND SINK

서론

삿(*Prionailurus bengalensis*)은 식육목에 속하는 육식동물로서 현재 우리나라 내륙의 전역에 서식하고 있는 고양이과 야생동물이며 멸종위기야생동식물 II급으로 지정되어 있다. 국제적으로 볼 때 삿은 아프가니스탄 동부에서부터 러시아 연해주에 이르기 까지 아시아 중남부 일대의 넓은 지역에 분포하며, IUCN 적색목록의 관심필요종(LC)과 CITES 부속서 II에 속해있다(Sanderson *et al.*, 2008). 일본의 쓰시마섬 등 일부 지역에서 개체군 감소 또는 절멸에 대한 우려가 있으나(Izawa *et al.*, 2009), 전반적으로 볼 때 삿이 서식하는 대부분의 국가에서 비교적 안정적인 개체군을 유지하고 있으며 수렵과 유통을 법으로 제한하고 있다(Sanderson *et al.*, 2008).

국내의 삿 서식밀도와 개체군 변화에 대해서는 자세히 연구된 사례가 없으나, 지리산 주변 119km 길이의 도로에서 2년 6개월간 103개체의 삿 로드킬(교통사고)이 발견된 사례를 볼 때(Choi, 2007), 국내에는 아직 적지 않은 수가 서식하고 있으며 도로 및 인간에 의한 부정적 영향에 크게 노출되어 있을 가능성이 있다.

그간 우리나라에 서식하는 삿에 대해서는 Lee *et al.*(2008)에 의해 분류학적 검토 및 지리적 변이 연구, Lee(2008)에 의한 먹이분석 연구, 서식지 적합성 분석(Lee and Song, 2008)과 서식지 모형연구(Rho, 2009) 및 Woo(2010)에 의해 삿 1개체에 대한 원격무선추적 연구가 이루어진 바 있다. 그러나 이러한 연구를 진행함에 있어서 국내에 서식하는 삿의 생태적 특성에 대한 기초자료가 매우 부족하여 효과적인 연구가 어려웠으며, 특히 GIS 분석을 통한 서식지 적합성 분석과 모형 개발의 진전에 한계가 있었다.

따라서 본 연구에서는 원격무선추적 자료를 바탕으로 우리나라의 농촌지역에 서식하는 삿의 행동권, 서식지 선택, 개체군 위협요인을 파악하여 삿의 개체군 및 서식지 보전을 위한 연구와 정책의 수립에 기여하고자 하였다.

연구방법

1. 연구대상지

삿은 국내의 깊은 산림부터 농촌 및 해안에 이르기까지 폭 넓게 분포하지만(Woon *et al.*, 2004; Choi and Choi, 2007), 본 연구에서는 삿의 가장 일반적 서식지인 농촌지역을 대상으로 하였다. 연구대상지는 지리산 인근의 농촌 지역으로서 88고속도로(27.1km), 19번국도(왕복4차선 30.0km, 왕복2차선 12.3km)가 지나고 있으며, 삿에 전파 발신기를 부착하기 위한 포획작업은 이 세 도로(총 68.4km 길이) 주변의 6개 지점에서 시도되었다. 포획 시도 지점은 서로 5km 이상 거리를 두어 연구대상지의 전반적인 환경을 반영하도록 하였다. Figure 1의 북쪽으로부터 남원시 운봉읍 사치재, 남원시 산동면 부절리, 남원시 주천면 초촌리, 구례군 구례읍 대산리, 구례군 구례읍 냉천리, 구례군 간전면 파도리에 해당한다.

연구대상지의 서식지 유용성을 파악하기 위해서는 연구대상지의 경계 설정이 필요하며 이때의 경계는 트랩이 설치되었던 도로로부터의 버퍼를 형성하여 결정하였다. 버퍼의

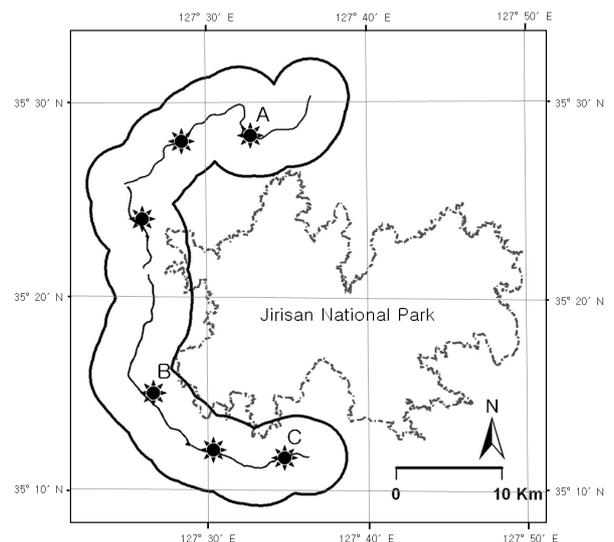


Figure 1. Location map of the study area (buffer zone) showing '*' trap sites and 'A, B, C' the leopard cats captured sites

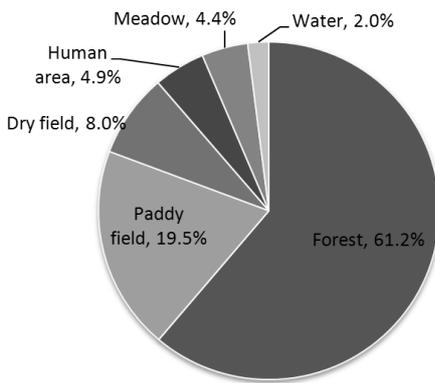


Figure 2. Proportions of land cover types in the study area

폭은 분석 대상 야생동물의 행동권 너비를 적용하였으며 (Chamberlain and Leopold, 2000; Chamberlain *et al.*, 2002), 본 연구에서는 포획된 삼의 전체 행동권(MCP 100%) 중 가장 넓은 폭인 3.6km를 적용하였다. 이렇게 설정된 연구대상지의 토지피복은 산림 61.2%, 논 19.5%, 밭 8.0%, 개발지(주거지, 도로 등) 4.9% 순으로서 일반적인 국내 농촌 지역의 상황과 유사하다고 판단하였다.

2. 포획 및 원격무선추적

삼의 포획은 2004년 10월부터 2005년 5월까지 8개월 동안 실시하였다. 6곳의 포획 대상지마다 5지점에 트랩을 설치하였으며, 트랩은 Havahart Live Trap(Havahart Inc.)과 Soft Catch Trap(Victor Inc.)을 이용하였다. 포획을 위한 미끼는 닭고기, 돼지고기, 살아있는 메추라기를 이용하였으며, 매일 아침 포획여부를 확인하고 미끼를 교체하였다. 포획된 개체 중 2개체는 현장에서 마취를 하여 체중 등 기초 자료를 측정하고, 목에 전파발신기를 부착한 후 즉시 방사하였다. 마취는 Ketamine 0.10ml/kg과 Rompun 0.05ml/kg를 혼합하여 사용하였다. 발신기는 VHF용 ATX150AA(Wildsystem Inc.)을 사용하였다. 한편 다른 2개체는 마취를 위한 수의사의 즉각적인 협조가 어려운 상황에서 포획되었으며, 이에 따라 포획된 개체의 무리한 탈출 시도로 인한 부상을 예방하기 위해 포획 현장에서 얼굴을 수건으로 덮고 결박한 후 마취 없이 발신기를 부착하였다. Aldridge and Brigham(1988)은 소형 포유류에게 발신기를 부착할 경우 발신기의 무게가 체중의 5%를 넘으면 해당 동물의 행동에 부정적인 영향을 줄 수 있음을 밝혀낸 바 있으며, 본 연구에서 사용한 발신기의 무게는 30~50g으로서 삼 체중의 1~2%에 불과하여 발신기에 의한 거부감을 최소화 하였다.

전파발신기가 부착된 삼의 무선추적을 통해 각 개체별로

일주일에 3~4일간 주간과 야간에 1회씩 위치를 확인하였다. VHF 안테나를 이용한 원격무선추적의 방법은 원거리에서 삼각측량방법을 응용한 방법과 발신기에서 나오는 전파의 각도를 계속 추적하여 해당 동물의 위치까지 찾아가는 방법으로 나뉜다(Mech and Barber, 2002). 삼각측량을 응용한 방법은 해당 동물이 위치한 곳까지 직접 찾아가기 어려운 경우에 많이 사용되며 추적한 동물의 위치 오차가 큰 단점이 있다. 본 연구에서는 연구 대상지 내에 농로와 임도가 발달되어 있어 차량을 이용해 위치를 계속 추적해 간 후 1/5,000 수치지도와 GPS(GPS V, Garmin Inc.)를 이용해 동물의 위치 좌표를 기록하는 방법을 이용하였다. 또한 차량에서 내려 연구자가 지나치게 동물에 접근할 경우 해당 동물의 행동에 영향을 줄 수 있기 때문에 가능한 한 차량에서 내리지 않고 다른 장소로 곧바로 이동하였다.

3. 행동권

행동권은 Fixed Kernel Method 95%(K 95)(Worton, 1989)와 Minimum Convex Polygon 100%(MCP 100)(Mohr, 1947)에 의해 계산되었으며, 행동권의 다른 공간보다 자주 이용되는 핵심 공간(core area)은 Fixed Kernel Method 50%(K 50)(Kauhala and Auttila, 2010)를 적용하였다. Worton(1995)는 kernel 밀도 추정량을 행동반경 추정량으로 이용하는 것이 조화평균(harmonic mean)보다 유리한 것으로 평가하였으며, Seaman and Powell(1996)은 고정(fixed)과 가변(adaptive) kernel 추정량 중 고정 kernel 추정량이 편향이 거의 없고 추정량의 오차가 가장 적음을 밝혀냈다. 또한 kernel 추정량은 평활모수(smoothing parameter)가 매우 중요하며(Worton, 1989), 이때 최소자승 교차검증(least squares cross validation)을 선택하는 것이 최상의 결과를 도출한다(Seaman and Powell, 1996). 따라서 본 연구에서 kernel 방식을 이용해 행동권을 분석함에 있어서 고정 kernel 추정량과 최소자승 교차검증법을 선택하였다. 최소 볼록다각형(MCP, Minimum Convex Polygon)행동권의 계산은 추적된 위치 좌표들 중 가장 바깥에 위치한 점들을 연결시켜 만들어진 다각형의 면적을 계산한다. 행동권 계산에는 ArcGIS(ESRI Inc.)용 Extension인 HRT(The Home Range Tools)를 이용하였다.

4. 서식지 선택

환경부에서 제공하는 중분류토지피복도를 활용하여 산림, 논, 밭, 초지, 개발지역(시가화건조지역), 수역(습지는 초지로 분류)의 6개로 서식지를 구분하였으나 개발지역과 수역에는 삼의 위치좌표가 전혀 포함되지 않아 산림, 논,

밭, 초지 4가지의 분류를 대상으로 삶의 서식지 선택에 대한 선호도를 분석하였다. 이 중 토지피복도 대분류에서 초지, 습지, 나지에 해당되는 지역을 초지로 할당하였으며, 농업 지역의 하우스재배지, 과수원, 기타재배지는 밭으로 할당하였다.

서식지 선택(habitat selection)은 한 동물이 서로 다른 스케일로 서식지를 이용할 때 본능 또는 학습에 따라 연속적으로 행동을 결정하는 계층적 방식이다(Hutto, 1985). 본 연구에서는 Johnson(1980)이 제시한 1~4단계의 서식지 선택 과정을 따랐으며, 원격무선추적에 의한 자료는 이중 2단계와 3단계의 서식지 선택 분석에 활용된다. 경관 내에서 서식지를 선택하는 것은 2단계 선택으로서 본 연구대상지와 행동권의 서식지 구성을 비교함으로써 이루어지며, 행동권 내에서의 서식지 선택은 3단계 선택으로서 행동권과 행동권 내 핵심공간과의 서식지 구성을 비교함으로써 이루어진다. Kauhala and Auttila(2010)에 의하면 서식지 선택 연구에서 연구대상지와 행동권을 비교함에 있어서는 kernel 95% 행동권을 활용하며, 행동권과 핵심공간을 비교할 때는 MCP 100%와 kernel 50%를 활용하는 것이 보다 효과적임을 밝혀낸바 있어 본 연구에서도 이를 따랐다. 서식지 선호도 연구에서는 주로 Compositional analysis(Aebischer *et al.* 1993), 비율 비교(서식지 이용 비율 / 서식지 가용 비율), Jacobs index 방식(Jacobs, 1974)을 사용한다. Compositional analysis와 Jacobs index 방식은 결과가 유사하며 단순 비율 비교 보다 효과적이고, Compositional analysis의 경우 분석되는 개체의 수가 6 이상이고 서식지 분류의 수와 최소한 같아야 하는 제한사항이 있다(Kauhala and Auttila, 2010). 본 연구에서는 Jacobs index 방식을 이용하여 서식지 선호도를 분석하였다.

$$D = \frac{r - p}{r + p - 2rp}$$

여기에서 r 은 이용된 서식지의 비율이며 p 는 가용한 서식지의 비율이다. D 값은 -1에서 +1의 사이 값으로 표현되며 -1에 가까울수록 강하게 회피하며 +1에 가까울수록 강하게 선호함을 의미하고, 0에 가까울수록 서식지 가용 비율에 맞게 이용됨을 의미한다. 또한 D 값이 선호도에 차이가 있다고 할 수 있는지를 알기 위해 단일표본 t 검정(n = 행동권 분석 개체 수)을 실시하였다.

또한 삶의 행동권 내 서식지 선택 특성을 파악하기 위하여 무선추적 좌표들의 공간분포를 살펴보았다. 이를 위하여 최근린분석법(Nearest Neighbor Distance Method)을 활용하였다. 최근린분석법은 공간상의 어느 한 지점으로부터 가장 가까운 지점들 간의 거리를 순차적으로 나타내어, 수집된 위치자료들이 집중되어 있는지 혹은 분산되어 있는지를

나타낸다(Fortin and Dale, 2005).

서식지 선택 특성을 파악하기 위한 환경변수별 주제도는 환경부의 토지피복도와 국토지리정보원의 1/25,000 수치지도를 활용하였으며, 주제도의 편집과 분석은 ArcGIS10.0 (ESRI Inc.)을 이용하였다.

5. 개체군 위협요인 및 관리방안

모든 생태적 과정들은 공간 형태와 관련되어 있고 이러한 형태를 통해 서로의 관계를 예측할 수 있다(Turner *et al.*, 2001). 본 연구에서는 생태적 공간 구조의 분석을 통해 이를 파악하고자 하였다. 연구 대상지의 삶 행동권 내에는 농촌의 인간 주거지가 다양하게 분포하고 있으며, 이러한 주거지 분포에 따른 삶 서식지의 안정성을 파악하기 위하여 주거지와 삶 위치 간의 공간적 상관관계를 살펴보았다. 이를 위하여 두 공간변수 간 서로 배척하거나 응집되는 정도를 나타내는 이변수 점형태 분석(Bivariate Point Pattern Analysis)을 실시하였다. 이는 주로 두 개체 간이나 하나의 개체군과 다른 공간변수들 간의 상호 공간분포패턴을 분석하기 위하여 주로 활용된다(Haase, 2001; Fortin and Dale, 2005; Jang *et al.* 2010). 이를 통해 주거지 분포에 따른 삶 행동권의 영향을 파악하였다. 주거지 정보는 1:25,000 수치지형도의 주거지 레이어에서 추출하였으며 공간분석을 위하여 ArcGIS10.0 (ESRI Inc.)과 SPPA(Spatial Point Pattern Analysis) 2.0.3버전을 사용하였다.

또한 원격무선추적 중에 파악된 삶의 사망원인을 분석하고, 서식지 선택 분석 결과, 연구대상지의 도로현황, 연구대상지에서의 로드킬 자료, 국내외의 삶 개체군 위협요인과 관련한 자료를 검토하여 삶의 개체군 위협요인을 고찰하였으며, 이를 통해 농촌지역에 서식하는 삶의 개체군 및 서식지 관리방안을 제시하였다.

결과 및 고찰

1. 행동권

연구 대상지 내 3곳에서 4개체를 포획하였으며, 이외의 1개체는 포획대상지에서 가까운 88고속도로에서 차량과의 경미한 충돌로 구조되어 총 5개체에 전파발신기를 부착하였다(Table 1). 이 중 1개체는 발신기 부착 12일 후에 원인 미상의 사체로 발견되었으며 수집된 좌표 수가 8개에 불과하여 분석에서 제외하였다. Seaman *et al.*(1999)은 kernel 방식을 이용해 행동권을 분석할 경우 평균 크기의 편향을 줄이기 위해 샘플의 수를 최소 30개로 제안한바 있다. 또한 차량과 충돌 후 치료된 개체는 원래 서식지로의 회귀 직후

Table 1. Home-ranges of radio-tracked leopard cats

Trap site	ID	Sex	Weight (kg)	Tracking Period	Actual tracking days	No. of locations	Home ranges (km ²)		
							50% Kernel	95% Kernel	100% MCP
A	A	M	5.0	Jan. ~Feb.	42	38	1.03	4.32	5.19
B	B	F	2.5	Nov. ~Mar.	120	60	0.12	0.45	3.25
B	·	F	2.6	Nov.	(12)	(8)	n/a ¹	n/a	n/a
C	C	M	3.9	Apr. ~Jun.	84	33	0.78	3.15	2.62
Rescued	D	F	2.4	Jan. ~Feb.	(36)	(20)	n/a	n/a	n/a
Mean	·	·	3.28±1.14	·	82	43.7	0.73±0.47	2.64±1.99	3.69±1.34

¹n/a: Not analyzed since Seaman *et al.*(1999) recommended sample size of at least 30 fixes to reduce average size bias.

로드킬로 사망함으로써 행동권 분석이 되지 못했다. 따라서 행동권 분석은 3개체(포획 장소 A, B, C 당 1개체)에 한해

이루어 졌다(Table 1). 이들 3개체의 발신기 부착일 수는 평균 82.0일이며, 수집된 좌표는 평균 43.7개이다. 수집된

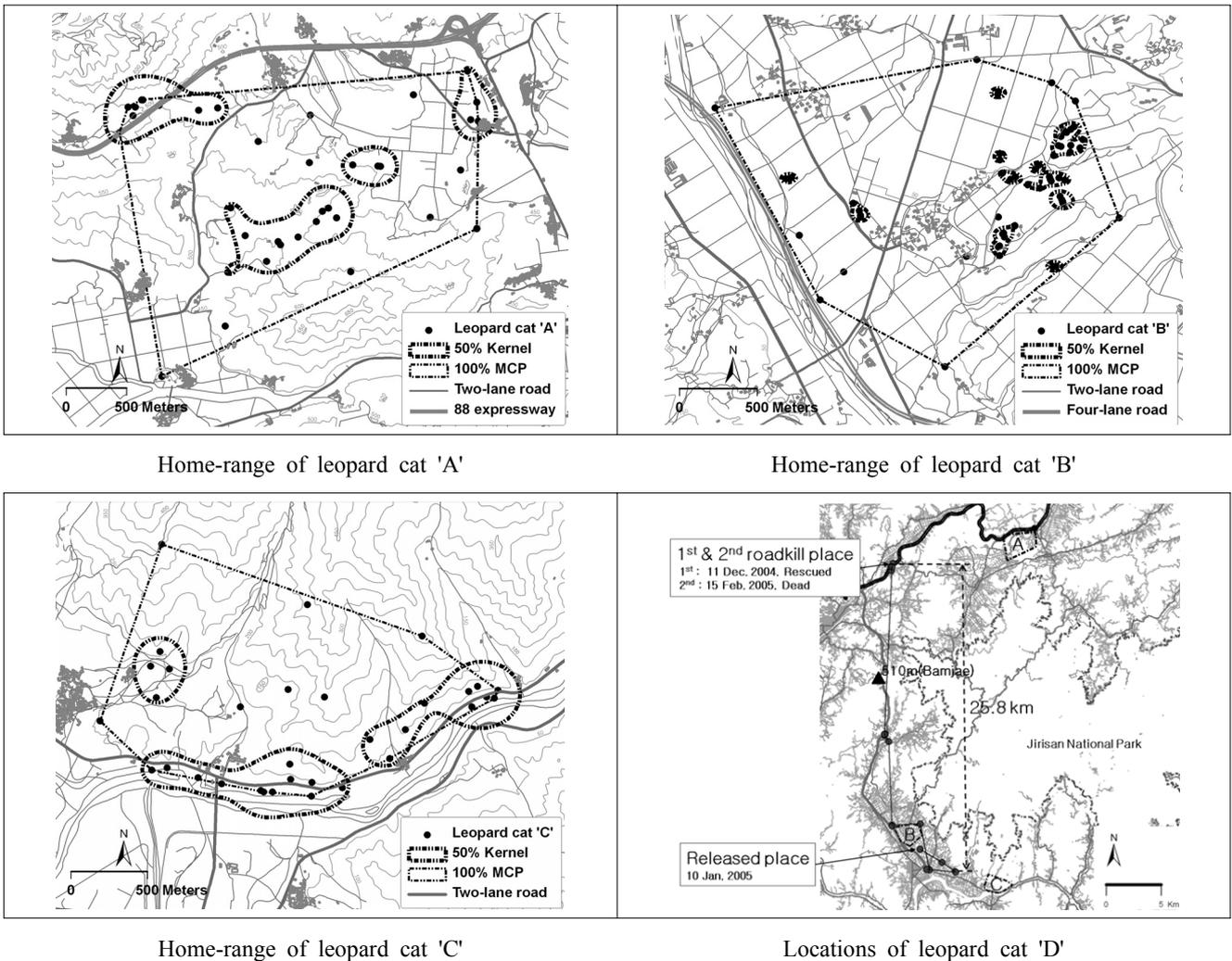


Figure 3. Home-ranges and locations of leopard cats

좌표수가 많지 않은 이유는 VHF 추적 방식 및 본 연구지의 특성 상 야간에 삿이 빠르게 이동 중이거나 연구진의 접근이 힘든 지역에 있는 경우 삿의 대략적인 위치만 파악되어 지도상에 점으로 표기하지 못했기 때문이다. 그러나 이러한 현상이 기존 행동권을 벗어난 지역에서 발생된 것은 아니었기에 행동권의 계산 결과에는 크게 영향을 미치지 않는 것으로 판단하였다.

3개체의 행동권을 분석한 결과 평균 $2.64 \pm 1.99 \text{ km}^2$ (K 95)와 $3.69 \pm 1.34 \text{ km}^2$ (MCP 100)를 나타내었으며, 핵심공간은 평균 $0.64 \pm 0.47 \text{ km}^2$ (K 50)을 나타내었다. 겨울철에 추적된 수컷 'A'의 행동권이 가장 넓었는데(5.19 km^2 , MCP 100), 이는 같은 겨울철 암컷인 'B'의 1.60배이며, 봄철에 추적된 다른 수컷인 'C'의 1.98배였다. 본 연구가 4계절 동안 진행되는 않았지만 삿의 행동권은 수컷이 암컷보다 크고 수컷의 행동권은 겨울철에 가장 넓어진다는 일본의 사례(Oh *et al.*, 2005)와 유사한 결과를 보였다. 한편 'B' 개체 경우 행동권이 K 95에서는 0.45 km^2 로서 MCP 100에서의 3.25 km^2 에 비해 13.85%에 불과한 면적으로 파악되었다. MCP의 경우 계산이 간단하고 가장 많이 사용되는 행동권 계산 방법이지만 경우에 따라서는 실제 이용되지 않는 공간을 과도하게 포함하는 오류가 발생할 수 있는데(Downs and Horner, 2007; Laver and Kelly, 2008), 본 연구에 있어서도 'B' 개체의 경우에서 MCP가 인간의 주거 공간을 과도하게 행동권에 포함시킴으로서 이러한 차이가 발생된 것으로 판단된다.

한편 국내에서 기존의 삿 행동권 연구는 서울 한강의 강 서습지생태공원에서 암컷을 무선 추적한 사례가 있으며 행동권이 1.45 km^2 (MCP 100)로 비교적 작았으나 행동권 내에서의 하루 이동거리가 길어서 좁은 서식지를 집약적으로 이용하는 것으로 나타난바 있다(Woo, 2010). 외국의 삿 행동권은 말레이시아 보르네오의 농촌지역 3.19 km^2 (K 95, n=6) (Rajaratnam *et al.*, 2007), 태국 4.5 km^2 (MCP 100, n=18) (Rabinowitz, 1990; Grassman, 2000; Austin, 2002. 평균값), 말레이시아 3.0 km^2 (MCP 95, n=6) (Rajaratnam, 2000), 일본 2.8 km^2 (MCP 100, n=17) (Schmidt *et al.*, 2003; Izawa *et al.*, 2006; Tajiri *et al.*, 1996; Oh *et al.*, 2010.

평균값)을 나타낸 바 있어, 태국 Phu Khieo 야생동물 보호구 12.7 km^2 (MCP 95, n=20) (Grassman *et al.*, 2005)의 결과를 제외하고 본 연구 결과와 유사한 행동권을 보이고 있다.

2. 서식지 선택

Jacobs Index 계산 결과 Johnson(1980)에 의해 제시된 2단계 선택(경관 내에서의 서식지 선택)에서는 초지 ($D_{\text{Meadow}}=0.340$, $\text{mean}_D=0.17$, $\text{SD}=0.51$, $t=0.34$, $p=0.79$)와 논($D_{\text{Paddy field}}=0.277$, $\text{mean}_D=0.33$, $\text{SD}=0.44$, $t=1.27$, $p=0.33$)을 선호하고 산림($D_{\text{Forest}}=-0.317$, $\text{mean}_D=-0.41$, $\text{SD}=0.30$, $t=-2.37$, $p=0.14$)은 회피하는 반면에, 3단계 선택(행동권 내에서의 서식지 선택)에서는 초지($D_{\text{Meadow}}=0.602$, $\text{mean}_D=0.27$, $\text{SD}=0.36$, $t=0.83$, $p=0.56$)를 매우 선호하고 논($D_{\text{Paddy field}}=-0.439$, $\text{mean}_D=-0.30$, $\text{SD}=0.38$, $t=-1.36$, $p=0.31$)을 회피하는 것으로 나타났다(Table 2). 즉, 서식지 선택의 2단계와 3단계 모두 초지는 삿에게 매우 선호되는 서식지 유형인 반면에 산림과 논은 서식지 선택 단계에 따라 선호와 회피가 달라졌다.

삿이 농촌지역 경관 내 서식지를 선택하는 2단계에서 초지와 논을 선호하는 이유는 삿의 주된 먹이가 되는 설치류의 분포와 관련되었을 것으로 판단된다. 그러나 서식지 내에서 핵심공간을 선택하는 3단계에서 논이 기피되는 이유는 무선 추적된 개체 중 2개체(A, B)가 추수가 끝나 논에 식생이 비어있는 겨울철에 추적되었고, 나머지 1개체(C)는 논에 물이 차있는 늦봄에 주로 추적이 되어 3개체 모두 논 안에 들어가 먹이를 구하는 등의 활동을 하기에는 부적합 시기였기 때문으로 판단된다. 따라서 전체적인 경관 내에서 서식지를 선택할 때는 초지와 논이 중요한 요소이지만, 선택된 서식지 내에서 논의 선호도는 시기에 따라 매우 달라질 수 있는 것으로 판단된다.

삿 행동권 내의 전체 초지 중 하천 제방 안의 역새밭과 같은 내륙습지에 대한 선호도가 매우 높았는데, 이러한 내륙습지는 전체 초지 면적의 69.57%의 면적을 차지하지만 초지에 해당되는 13지점의 삿 위치 모두가 이러한 내륙습지

Table 2. Habitat preferences of three leopard cats according to Jacobs Index

Land cover	Habitat selection level			
	2nd order		3rd order	
	K 95 / Study area		K 50 / MCP 100	
	Jacobs Index	Rank	Jacobs Index	Rank
Paddy field	0.277	2	-0.439	4
Dry field	0.032	3	0.147	3
Forest	-0.317	4	0.185	2
Meadow	0.340	1	0.602	1

Table 3. No. of leopard cat locations and area ratio in home-ranges and the study area by diverse types of meadows

Meadow(Code)	No. of locations	Area(K 95)(%)	Area(study area)(%)
Other grass(410)	0	9.0	21.4
Golf course(420)	0	0.0	0.1
Other grass(430)	0	14.9	29.3
Inland wetlands(510)	13	70.1	29.1
Mining area(610)	0	0.0	2.7
Bare soil(620)	0	6.0	17.3

에 해당되었다(Table 3). Choi and Park(2006)은 삶과 설치류를 포함한 포유동물의 로드킬이 하천변의 자연초지와 인접한 도로에 집중되어 이러한 서식지 유형이 다양한 야생동물들에게 선호되는 것으로 추론한 바 있는데, 본 연구는 이를 뒷받침 한다.

삶의 행동권 내 서식지 선택 특성을 파악하기 위하여 최근린분석을 실시한 결과 'B' 개체는 R값이 0.71로서 행동권 내 위치좌표들이 집중되어 있는 분포를 보이고 있으며, 'C' 개체는 R값이 1.26으로 분산되어 있는 분포 형태를 나타내었다. 반면 'A' 개체는 R 값이 1에 가까운 임의 분포형태를 나타내었다(Table 4).

이러한 결과는 행동권 내 토지피복 유형과 관련이 있다(Table 5). 'B' 개체의 서식지는 논, 'C' 개체의 서식지는 산림이 대부분을 차지하고 있는 반면 'A' 개체는 다양한 서식지 패턴이 분포하고 있다. 논이 많은 'B' 개체의 서식지는 벼농사 시기에 따라 모내기, 물대기, 추수 등의 급격한 서식조건 변화가 많으며, 이처럼 논에서 먹이활동이 제약 받는 시기에는 산림주연부에 활동이 집중되는 분포패턴을 나타내었다. 이러한 'B' 개체의 분포패턴은 행동권 내 핵심공간의 분포와도 밀접한 관계를 가지고 있는데, Figure 3을 보면 'A'와 'C'개체와 달리 핵심공간이 작은 면적으로 쪼개져서 흩어져 있는 것을 확인할 수 있다. 이는 산림이 마을과

붙어 있어 인간의 영향(개, 고양이)의 간섭 포함)에 의해 안정적으로 머물 수 없음에도 하천변 초지로의 진입이 왕복4차선의 도로에 의해 막혀있어서 별다른 안정적 은신처를 구하지 못하기 때문으로 판단된다. 한편 'C' 개체는 서식지 내 산림의 비율이 높지만 삶이 초지를 선호하는 경향을 나타내기 때문에 섬진강 주변의 선형으로 나타나는 초지형태의 내륙습지에 분산되어 서식하는 형태를 보이고 있다. 그러나 'A' 개체의 서식지는 상대적으로 토지 피복이 다양하게 분포하기 때문에 특정 서식지 유형에 의한 영향을 적게 받는 임의분포를 나타내어 P값이 유의하지 않게 나타났다(Table 4).

3. 개체군 위협요인 및 관리방안

농촌지역의 주거지와 토지피복의 분포가 삶의 행동권에 어떠한 영향을 주는지 파악하기 위해 이변수 점형태 분석을 실시한 결과 'A' 개체만이 주거지역을 유의미하게 회피하는 것으로 나타났으며, 나머지 'B', 'C' 개체는 가까운 거리에서 회피하는 경향을 보이지만 유의미한 결과를 내타내지는 않았다(Figure 4, 5). 최근린분석 결과에서도 언급한 바와 같이 'B'와 'C' 개체의 행동권 내 토지피복은 삶 위치의 분포패턴에 영향을 주면서 집중되거나 분산되는 효과를 보

Table 4. Results of Nearest Neighbor Distance Analyses based on the locations of three radio-tracked leopard cats

	N	MCP Area(km ²)	R Statistics	Standardized Score	P-value
Leopard cat 'A'	38	5.19	1.10	1.17	0.243
Leopard cat 'B'	60	3.25	0.71	-4.33	0.000
Leopard cat 'C'	33	2.62	1.26	2.83	0.005

Table 5. Land covers in MCP 100 areas of three radio-tracked leopard cats

Land cover	Leopard cat 'A'		Leopard cat 'B'		Leopard cat 'C'	
	Area(km ²)	Ratio(%)	Area(km ²)	Ratio(%)	Area(km ²)	Ratio(%)
Paddy field	2.0	40.3	2.4	81.4	0.4	14.3
Dry field	0.5	10.9	0.2	6.8	0.1	2.2
Forest	2.3	47.3	0.3	11.8	1.8	72.3
Meadow	0.1	1.7	0.0	0.0	0.3	11.1

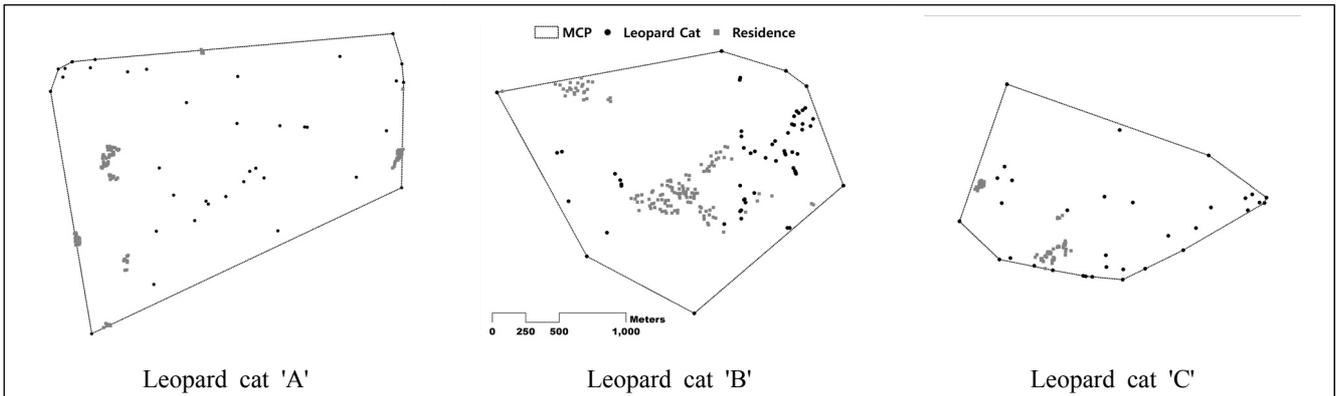


Figure 4. Mapped locations of Leopard cats and human residence

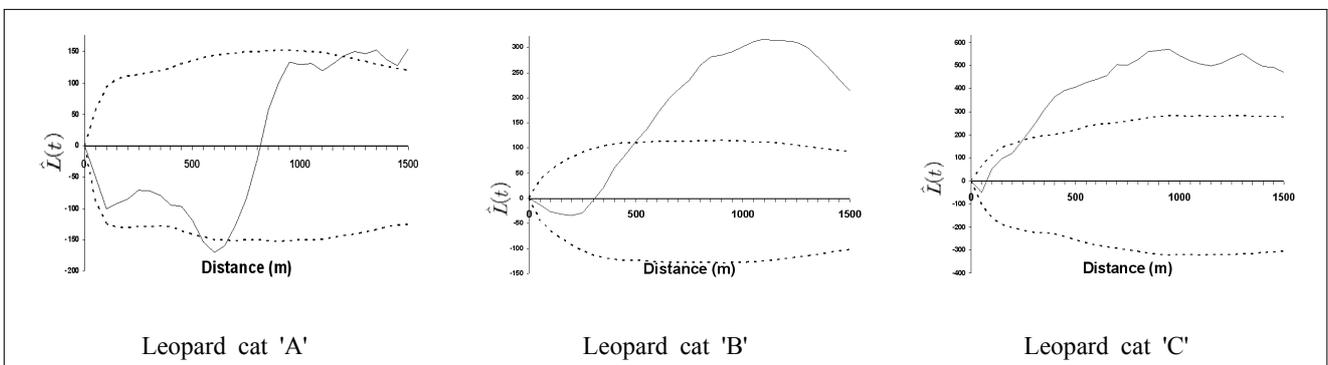


Figure 5. Results of Bivariate spatial point pattern analysis for three radio-tracked leopard cats. The black lines indicate observed statistics $K(t)$. The dotted lines represent the 95% confidence envelope.

이고 있었다. 반면 ‘A’ 개체의 행동권 내 토지피복은 다양하게 구성되어 있어 토지피복에 대한 영향을 상대적으로 받았다고 판단된다. 이러한 결과는 임의적 분포패턴으로 나타났으며 이는 ‘A’ 개체가 행동권 내를 다양하게 활동하고 있음을 나타내는 것이다. 한편 ‘A’ 개체는 약 550~700m 정도의 거리로 주거지와 유의미하게 회피하는 것으로 나타났다. 이는 다양한 서식지를 이용함으로써 주거지 분포에 의한 영향을 자연스럽게 받기 때문으로 판단된다 (Figure 4, 5).

서식지 선택, 토지피복 유형, 주거지 분포와 관련한 분석 결과를 종합해 보면, 삿은 서식지 내에 토지피복 유형이 다양하게 분포하는 경우 인간의 주거지 영향을 효과적으로 회피할 수 있다. 한편 논은 추수 등의 농경활동에 의한 서식지 상황의 급격한 변화로 인하여 안정적 서식지 기능이 어려울 수 있다. 또한 농촌지역의 삿에게 가장 선호되는 서식지는 하천변의 초지가 풍부하며 은신처로 이용될 수 있을 정도의 산림이 주거지와 멀리 떨어져 있는 지역으로 판단된다.

차량에 의한 교통사고는 삿의 주요 사망 원인이 될 수

있을 것으로 판단된다. 본 연구에서 무선추적 된 5개체 중 3개체가 사망하였는데, 사망원인으로서 1개체는 발신기 부착 12일 후에 논 가운데의 벼짚 속에서 사체로 발견되었으나 사망원인은 파악되지 못하였고, 나머지 2개체는 로드킬로 사망하였다. 무선추적 중 왕복 2차선 도로는 5개체 모두 횡단하며 생활하였으며, 이중 ‘A’ 개체는 88고속도로, ‘B’ 개체는 4차선 산업도로, ‘D’ 개체는 4차선 산업도로와 88고속도로를 모두 횡단하였다. 이들 개체는 도로를 건너기 위해 도로 아래의 소규모 횡배수관과 통로박스과 같은 구조물을 이용하거나 도로 노면 위를 곧바로 횡단하였다. ‘C’ 개체의 경우 산림과 강변을 번갈아 가며 잠자리와 먹이활동을 하였는데 이 과정에서 2차선 강변도로를 빈번하게 넘었으며 해당 도로에서 로드킬로 사망하였다. ‘D’ 개체의 경우 로드킬로 인한 부상에서 구조 후 회복되어 전남 구례지역에 방사되었으나 원서식지인 88고속도로로 회귀하였으며, 회귀 5일 뒤 로드킬로 사망하였다. 원서식지 장소로 회귀하는 동안 ‘D’ 개체는 해발 510m인 지리산의 밤재를 넘었으며, 최소한 2차선 도로를 9회, 4차선 산업도로를 3회, 88고속도로를 1회 건넜다(Figure 3).

Choi(2007)에 의하면 본 연구 대상지가 포함된 지리산권 119km 도로에서 2년 6개월 동안 103개체의 삶 로드킬이 사체로 확인된 바 있으며, 조사 중 누락이 되거나 도로 밖에서 죽어 확인이 안 된 경우를 더하면 실제로는 이보다 많다. 따라서 본 연구대상지가 포함된 지리산권의 도로 3km 당 연간 최소 1개체의 삶이 희생되고 있음을 알 수 있다. 본 연구에서 수행한 삶 3개체의 행동권 내에는 총 9.52km의 왕복2차선 이상의 도로가 존재하고 있다. 그러므로 3개체의 행동권 내에서 연간 최소 1개체의 로드킬 가능성이 유추되어서, 본 연구에서 무선통신 한 5개체 중 2개체가 로드킬로 사망한 것이 결코 우연에 의해 과장된 결과라고 보기 어렵다. 다만 이러한 높은 빈도와 비율로 희생됨에도 불구하고 연구대상지에 여전히 삶이 서식하는 이유는 인접한 지리산 국립공원과 섬진강 유역의 풍부한 자연초지가 개체군 공급처(population source) 역할을 하기 때문으로 판단된다.

또한 본 연구에서 행동권 분석을 한 삶 3개체의 행동권을 합한 면적이 7.92km²(K 95)와 11.06km²(MCP 100)로서 중간 값인 9.49km²를 3개체의 행동권 면적으로 볼 때, 이 공간 내에 9.52km의 도로가 존재 하므로 1.00km/1km²의 도로 밀도를 보이고 있다. 한편 우리나라의 도로 밀도가 1.05km/1km²(MLTM, 2010)임을 볼 때 본 연구대상지는 우리나라의 가장 일반적인 도로 현황을 보이는 지역으로서 본 연구에서의 로드킬이 이 지역에 국한된 특이 현상으로 치부하기에 어려움이 있다. 실제 Woo(2010)에 의한 국내 다른 지역에서의 연구에서도 삶 3개체의 원격무선추적 중 1개체가 로드킬로 사망한 바 있다. 일본의 경우에서도 삶이 서식하고 있는 쓰시마섬과 이리오모테섬 모두에서 개체군이 지속적으로 줄어들고 있으며 로드킬이 개체군을 직접적으로 감소시키는 핵심요인으로 파악되고 있다(Izawa *et al.*, 2009). 따라서 본 연구대상지의 지리산국립공원과 섬진강과 같이 공급처 역할을 하는 인접지역으로부터의 지속적인 개체군 유입이 어려운 지역에서는 로드킬로 인하여 삶의 개체군이 지속적으로 감소할 수 있으며, 서식지의 파편화가 심한 수도권이나 대도시 주변에서 삶의 출현이 매우 드문 것이 바로 이러한 이유에 있다고 판단된다.

결론적으로, 본 연구를 통해 제시하는 농촌지역의 삶 개체군을 안정적으로 유지하기 위한 관리방안은 다음과 같다. 첫째, 삶의 개체군을 지속적으로 외부에 공급하는 공급처(source)와 개체군이 지속적으로 소멸해가는 수용처(sink)를 연결하는 생태축이 보전되어야 한다. 둘째, 로드킬은 삶의 개체군을 직접적으로 감소시킬 수 있는 핵심요인으로 판단되며 이를 효과적으로 예방하기 위해서는 하천변 초지 또는 인근의 개체군 공급처와 연결되는 곳에 건설된 도로에 생태통로 및 로드킬 방지 울타리가 우선적으로 설치되어야 한다. 마지막으로, 논외 토지피복 비율이 높고 산림이 마을

주위에만 소규모로 존재하여 삶의 안정적 서식이 어려운 지역에서는 하천변에 있는 역새밭 등의 초지가 생존에 매우 중요한 서식지 구성요소 이므로 들불을 놓아 태우거나 하천부지 개발 등을 통해 훼손하지 않아야 한다.

본 연구에서는 그간 국내에서 부진했던 삶의 원격무선추적 자료를 활용하여 행동권, 서식지 선택, 개체군 위협요인을 파악하였으며, 향후 보다 많은 개체에 대한 자료를 바탕으로 성별, 지역별, 계절별 등의 다양한 분석이 이루어져 보다 세밀하고 효율 높은 관리 및 보호대책이 제시되어야 할 것이다.

인용문헌

- Aebischer, N.J., P.A. Robertson and R.E. Kenward(1993) Compositional analysis of habitat use from animal radio-tracking data. *Ecology* 74: 1313-1325.
- 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. Mammal.* 69: 379-382.
- Austin, S.C.(2002) Ecology of sympatric carnivores in Khao Yai National Park, Thailand. Ph. D. thesis, Texas A&M University-Kingsville and Texas A&M University, College Station, U.S.A.
- Chamberlain, M. and B. Leopold(2000) Spatial use patterns, seasonal habitat selection, and interactions among adult gray foxes in Mississippi. *J. Wildlife Manage.* 64: 742-751.
- Chamberlain, M., B. Leopold and L. Conner(2002) Space use, movement and habitat selection of adult bobcats(*Lynx rufus*) in Central Mississippi. *Am. Midl. Nat.* 149: 395-405.
- Choi, T.Y. and C.H. Park(2006) The effects of land use on the frequency of mammal roadkills in Korea. *J. Kor. land. Arc.* 34: 52-58. (in Korean with English summary)
- Choi, T.Y. and H.M. Choi(2007) Wildlife tracks and signs of Korea. Dolbegae, Seoul, 303pp. (in Korean)
- Choi, T.Y.(2007) Road-Kill Mitigation Strategies for Mammals in Korea: Data Based on Surveys of Road-kill, Non-wildlife Passage Use, and home-range. Ph. D. thesis. Seoul National Univ. Seoul, Korea, 219pp. (in Korean with English summary)
- Downs, J.A. and M.W. Horner(2008) Effects of point pattern shape on home range estimates. *J. Wildlife Manage.* 72: 1,813-1,818.
- Fortin, M. and M. Dale(2005) Spatial analysis ; a guide for ecologists. Cambridge University Press. Cambridge, 365pp.
- Grassman Jr, L.I.(2000) Movements and prey selection of the leopard cat (*Prionailurus bengalensis*) in a dry evergreen forest in Thailand. *Acta Theriol.* 45: 421-426.
- Grassman Jr, L.I., M.E. Tewes, N.J. Silvy and K. Kreetiyutanont(2005) Spatial organization and diet of the leopard

- ard cat (*Prionailurus bengalensis*) in north-central Thailand. J. Zool. 266: 45-54.
- Haase, P.(2001) Can isotropy vs. anisotropy in the spatial association of plant species resolve physical vs. biotic facilitation? J. Veg. Sci. 12: 127-136.
- Hutto, R.L.(1985) Habitat selection by nonbreeding migratory land birds. p. 455-476 In: M.L. Cody (ed.). Habitat Selection in Birds. Academic Press, Orlando.
- Izawa, M., D. Oh, T. Miyakuni, S. Moteki, T. Hiyama and T. Doi(2006) The forest habitat for and endangered felid, the Tsushima leopard cat living in Tsushima island, Japan. A report to the Ministry of environment Japan. (in Japanese)
- Izawa, M., T. Doi and Y. Ono(1991) Ecological study on the two species of Felidae in Japan. In Wildlife conservation: present trends and perspectives for the 21st century: 141-144. Maruyama, N. (Eds). Yokohama: Japan Wildlife Research Centre.
- Izawa, M., T. Doi, N. Nakanishi and A. Teranishi(2009) Ecology and conservation of two endangered subspecies of the leopard cat (*Prionailurus bengalensis*) on Japanese islands. Biol. Conserv. 142: 1,884-1,890.
- Jacobs, J.(1974) Quantitative measurements of food selection. Oecologia, 14: 413-417.
- Jang, W.S., P.S. Park, A.R. Han, K.Y. Kim, M.P. Kim and H.K. Park(2010) The Spatial Distribution of *Quercus mongolica* and Its Association with Other Tree Species in Two *Quercus mongolica* Stands in Mt.Jiri, Korea. J. Ecol. Field Biol. 33(1): 67-77.
- Johnson, D.H.(1980) The comparison of usage and availability measurements for evaluating resource preference. Ecology 61: 65-71.
- Kauhala, K. and M. Auttila(2010) Estimating habitat selection of badgers - a test between different methods. Folia Zoologica 59: 16-25.
- Laver, P.N. and M.J. Kelly(2008) A critical review of home range studies. J. Wildlife Manage. 72: 290-298.
- Lee, B.H., C.M. Won, Y.S. Cho and S.H. Han(2008) Taxonomy and Status and Geographic Variations of *Prionailurus bengalensis* in Korea. National Institute of Biological Resources research report. (in Korean)
- Lee, D.K. and W.K. Song(2008) A study on the analytic unit of habitat suitability assessment and selection in conservation area for Leopard Cat (*Prionailurus bengalensis*)-Focus on Chungcheong Province Area. J. Kor. Land. Arch. 130: 64-72. (in Korean)
- Lee, O.(2008) Study on the prey habit and habitat preference of the Leopard cats (*Prionailurus bengalensis*). Master Thesis, Chonnam National Univ. Kwangju, Korea, 53pp. (in Korean with English summary)
- Mech, L.D. and S.M. Barber(2002) A critique of wildlife radio-tracking and its use in national parks. A report to the U.S. National Park Service, pp. 19-20.
- MLTM(2010) Yearbook of road statistics. Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs Report, Seoul, Korea, 1659pp. (in Korean)
- Mohr, C.O.(1947) Table of equivalent populations of North American small mammals. Am. Midl. Nat. 37: 223-249.
- Oh, D., S. Moteki, T. Hiyama, A. Ueno, K. Mackawa and M. Izawa(2005) Seasonal and local variation of home range size of the leopard cat in Tsushima islands. Proceeding of 9th International Mammalogical Congress, pp. 382-383.
- Rabinowitz, A.(1990) Notes on the Behavior and Movements of Leopard Cats, *Felis bengalensis*, in a Dry Tropical Forest Mosaic in Thailand. Biotropica 22(4): 397-403.
- Rajaratnam, R.(2000) Ecology of the leopard cat (*Prionailurus bengalensis*) in Tabin Wildlife Reserve, Sabah, Malaysia. PhD thesis, Universiti Kebangsaan Malaysia, Bangi, Malaysia.
- Rajaratnam, R., M. Sunquist, L. Rajaratnam and L. Ambu(2007) Diet and habitat selection of the leopard cat (*Prionailurus bengalensis borneoensis*) in an agricultural landscape in Sabah, Malaysian Borneo. J. Trop. Ecol. 23: 209-217.
- Rho, P.(2009) Use of GIS to Develop a Multivariate Habitat Model for the Leopard Cat (*Prionailurus bengalensis*) in Mountainous Region of Korea. J. Ecol. Field Biol. 32 (4): 229-236.
- Sanderson, J., S. Sunarto, A. Wilting, C. Driscoll, R. Lorica, J. Ross, A. Hearn, S. Mujkherjee, J.A. Khan, B. Habib and L. Grassman(2008) *Prionailurus bengalensis*. In: IUCN(2011) IUCN Red List of Threatened Species. Version 2011.2. www.iucnredlist.org. Downloaded on 10 April 2012.
- Schmidt, K., N. Nakanishi, M. Okamura, T. Doi and M. Izawa(2003) Movements and use of home range in the Iriomote cat (*Prionailurus bengalensis irimotensis*). J. Zool. 261: 273-283.
- Seaman, D.E. and R.A. Powell(1996) An evaluation of the accuracy of kernel density estimators for home range analysis. Ecology 77: 2,075-2,085.
- 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. Wildlife Manage. 63: 739-747.
- Turner, M.G., R.H. Gardner and R.V. O'Neill(2001) Landscape Ecology in Theory and Practice: Pattern and Process. Springer-Verlag, New York, 416pp.
- Woo, D.G.(2010) Wildlife Habitat Conservation Plan of Leopard cats and Raccoon dogs in Gang-Seo Ecological Park, Seoul, Korea. Seoul National Univ. Master's Thesis, 113pp. (in Korean with English summary)
- Woon, M.H., S.H. Han, H.S. Oh and J.G. Kim(2004) The Mammals of Korea. Dongbang media, Seoul, 274pp. (In Korean)

Worton, B.J.(1989) Kernel methods for estimating the utilisation distribution in home-range studies. *Ecology* 70: 164-168.

Worton, B.J.(1995) Using Monte Carlo simulation to evaluate ker-

nel-based home range estimators. *J. Wildlife Manage.* 59: 794-800.