

제주 마라도에 서식하는 고양이(*Felis catus*)의 개체군 크기 및 행동권 추정^{1a}

김유진² · 이우신³ · 최창용^{4*}

Population Size and Home Range Estimates of Domestic Cats (*Felis catus*) on Mara Islet, Jeju, in the Republic of Korea^{1a}

Yujin Kim², Woo-Shin Lee³, Chang-Yong Choi^{4*}

요약

섬에 유입된 고양이(*Felis catus*)는 외래 포식자로서 섬 고유종의 멸종이나 절멸, 생물 다양성 감소 등의 직접적인 요인으로 작용할 수 있다. 본 연구는 제주도의 부속섬인 마라도(N 33° 07', E 126° 16')에 유입되어 서식하는 고양이의 개체군 현황과 행동권, 서식지 이용특성을 파악하기 위해 실시되었다. 2018년 3월부터 2018년 7월까지 직접관찰과 포획-재포획법을 통해 개체수 추정 결과, 번식 가능한 성체 총 20마리를 확인하였다. 이 중 10마리에 GPS 무선추적장치를 부착하여 추적한 결과 고양이의 행동권 크기는 12.05±6.99 ha (95% KDE: kernel density estimation), 핵심서식지 크기는 1.60±0.77 ha (50% KDE)로 나타났다. 성별에 따른 행동권과 핵심서식지의 크기는 통계적으로 유의하지 않았고, 10마리 중 8마리가 먹이획득이 쉬운 인간 거주지역을 핵심서식지로 이용하였다. 또한 마라도에 번식하는 멸종위기종인 뿔쇠오리(*Synthliboramphus wumizusume*)의 번식지에 5마리, 섬개개비(*Locustella pleskei*)의 번식지에 6마리가 접근하는 것을 각각 확인하였다. 본 연구는 마라도의 고양이 개체수와 행동권에 대한 정보를 최초로 파악하였으며, 특히 고양이 행동권 분석을 통해 철새와 멸종위기종에 대한 가해 가능성을 제시하였다. 철새와 멸종위기 조류의 서식지인 마라도에서 발생할 수 있는 고양이의 피해를 줄이기 위해 향후 고양이의 포식압, 고양이와 멸종위기 조류 개체군의 변동에 대한 모니터링에 관한 연구와 함께, 필요시 고양이 개체군 관리방안을 마련할 필요가 있을 것으로 판단된다.

주요어: 마라도, 무선추적, 고양이, 행동권, 서식지 이용특성

ABSTRACT

Domestic cats (*Felis catus*) introduced to insular environments can be invasive predators that often threaten endemic species and cause biodiversity loss or local extinction on the island. This study was conducted from March to July 2018 to understand the population size, home range, and spatial use of cats introduced to Mara Islet (N 33° 07', E 126° 16') in Jeju Special Governing Province, the Republic of Korea. Observation records based on their natural marks revealed that there were 20 adult cats on Mara Islet. A capture-recapture method

1 접수 2019년 8월 29일, 수정 (1차: 2020년 1월 29일), 게재확정 2020년 2월 7일

Received 29 August 2019; Revised (1st: 29 January 2020); Accepted 7 February 2020

2 국립생물자원관 전문연구원 Animal Resources Division, National Institute of Biological Resources, Incheon 22689, Korea

3 서울대학교 산림과학부 교수 Department of Forest Sciences, Seoul National University, Seoul 08826, Korea

4 서울대학교 농업생명과학연구원 선임연구원 Research Institute of Agriculture and Life Sciences, Seoul National University, Seoul 08826, Korea

a 이 논문은 National Geographic Society에서 지원하는 연구비(WW-132C-17)에 의하여 연구되었음.

* 교신저자 Corresponding author: subbuteo@hanmail.net

also estimated 20 adult individuals (95% confidence interval: 20-24 individuals). According to our telemetry study on ten adults deployed with GPS-based telemetry units, the home range size was 12.05 ± 6.99 ha (95% KDE: kernel density estimation), and the core habitat size was 1.60 ± 0.77 ha (50% KDE). There were no significant differences in the home range and core habitat sizes by sex. The home range of domestic cats overlapped with the human residential area, where they might secure easy foods. Five of ten tracked cats were active at potential breeding colonies for the Crested Murrelet (*Synthliboramphus wumizusume*), and six approached potential breeding areas of the Styan's Grasshopper Warbler (*Locustella pleskei*), suggesting the predation risk of the two endangered species by cats. This study provides novel information on the population size and home range of introduced cats on Mara Islet which is an important stopover site of migratory birds as well as a breeding habitat of the two endangered avian species. Reducing the potential negative impacts of the introduced cats on migratory birds and the endangered species on Mara Islet requires monitoring of the predation rate of birds by cats, the population trends of cats and endangered breeding birds as well as the effective cat population control and management.

KEY WORDS: MARA ISLET, RADIO-TELEMETRY, DOMESTIC CAT, HOME RANGE, PREDATION RISK

서론

고양이(*Felis catus*)는 분류학상 식육목(Carnivora) 고양이과(Felidae)에 속하는 종으로서, 특히 집고양이(domestic cat, 이후 고양이로 지칭함)는 오랜 기간 인간에게 길들여진 종을 지칭한다(Ministry of Environment 2001, Turner and Bateson 2014). 고양이는 특정 먹이보다는 서식환경에서 쉽게 발견할 수 있는 것을 먹이원으로 하는 기회주의적(opportunistic)인 포식 특성을 가졌기 때문에 사막, 극지 등의 척박한 서식환경에서 쉽게 적응하였다(Fitzgerald 1988, Devillard *et al.* 2011). 이로 인해 미국에서만 매년 약 30억 마리의 조류가 고양이에게 희생되는 것으로 추정되는 등, 고양이는 소형의 야생 동물과 자연생태계에 큰 위협이 되고 있다(Loss *et al.* 2013).

고양이는 설치류 제거의 목적으로 많은 섬에 유입되었으며, 유입된 고양이는 자연스럽게 정착한 것으로 추정된다(Bonnaud *et al.* 2007). 종 다양성이 낮고 영양 단계가 단순하며 고유종(endemic species)의 비율이 높은 섬 생태계에서 외래종 포식자인 고양이는 섬 고유종의 멸종이나 절멸, 생물 다양성 감소 등의 직접적인 요인으로 작용할 수 있다(Fritts and Rodda 1998, Wolf *et al.* 2006, Medina *et al.* 2011). 특히 바닷새의 경우 제한된 공간에서 번식하고 육상 포식자에 대한 대처능력도 떨어지기 때문에, 고양이의 포식은 이들 개체수 감소에 큰 영향을 주는 것으로 알려졌다(Moors and Atkinson 1984). 멕시코의 Natividad 섬(7.4 ha)에 서식하는 총 25마리의 고양이들은 각각 매일 36.7-40.5마리의 습새류(*Puffinus opisthomelas*)를 포식하는 것으로 나타나 전체 습새류의 번식 개체군을 위협하고 있으며(Keitt *et al.* 2003), 인도양의 Juan de Nova 섬

(440 ha)에 서식하는 53개체의 고양이는 집단 번식하는 Sooty Tern (*Onychoprion fuscatus*)을 선택적으로 공격하여 매일 5.94개체씩 죽이고 이 중 22%는 먹지 않고 방치함으로써 이 개체군에 가장 큰 위협이 되고 있다(Peck *et al.* 2008). 이처럼 120여개 이상의 섬에서 발생하는 피해를 종합한 결과, 조류 123종, 포유류 27종, 파충류 25종이 고양이에게 의해 개체수가 감소하는 것으로 나타났으며(Medina *et al.* 2011), 소수의 개체라도 섬 생태계에 유입된 고양이에게 의한 생태계 교란과 생물종의 절멸 사례는 계속해서 증가하고 있다.

연구대상지인 마라도는 제주도의 부속 섬으로 국토 최남단에 위치하는 유인도로서, 국내 미기록종인 푸른날개팔색조(*Pitta moluccensis*), 비늘무늬덤불개개비(*Sylvia nisoria*) 등을 비롯하여 국내를 드나드는 다양한 철새들이 소모된 에너지를 보충하는 중요한 중간기착지로 이용하는 지역이다(Kim *et al.* 2009a, Kim *et al.* 2010, Choi *et al.* 2013). 또한, 마라도는 우리나라에서 100쌍 이하의 번식쌍이 분포하는 것으로 추정되는 섬개개비(*Locustella pleskei*)의 번식지 중 한 곳이다(BirdLife International 2001, Kim *et al.* 2009b). 이와 더불어 대한민국 서남부지역과 일본 남부지역의 무인도에서 번식하며 전 세계 생존 개체수가 2,800 - 4,100쌍에 불과한 빨쇠오리(*Synthliboramphus wumizusume*; Carter *et al.* 2002)가 마라도 인근 해상에서 관찰되어 번식의 가능성이 제시되었으며(Kim *et al.* 2012), 최근 마라도의 절벽에서 활동하는 성체, 갓 이소한 유조, 알 껍질 등의 번식 증거가 발견됨에 따라 마라도는 유인도에서 확인되는 유일한 빨쇠오리 서식지임이 확인되었다(unpublished data). 그러나 최근 마라도 내에서 포식당한 섬개개비와 빨쇠오리의 사체와 흔적이 발견되는 사례가 꾸준히

확인되고 있으며, 이는 인위적으로 유입되어 증가하고 있는 외래 포식자, 특히 고양이의 개체수 증가로 인한 포식위협이 점차 증가하고 있는 것으로 판단된다. 그럼에도 불구하고 아직 마라도 내에 서식하는 고양이의 서식 현황이나 실태, 포식활동 등에 관한 연구는 이루어진 바가 없다.

본 연구는 철새와 멸종위기 조류에 중요한 서식지이자 번식지인 마라도 내에 서식하는 고양이의 서식 현황을 파악하고 이들의 분포와 활동범위를 추정하는 것을 목표로 한다. 이를 통해 향후 고양이의 개체군 변동을 모니터링할 수 있는 초기 정보를 제공하고 고양이의 개체수를 조절하여 소규모의 섬 생태계에서 철새와 멸종위기 조류에 대한 고양이 피해를 저감할 수 있는 방안을 모색하는 출발점을 제시한다.

재료 및 방법

1. 연구대상지

마라도(30 ha; N 33° 07', E 126° 16')는 대한민국 최남단의 유인도로 모슬포에서 남쪽 11 km, 가파도에서 5.5 km 떨어진 해상에 위치한다. 마라도는 동아시아-대양주 철새 이동 경로 (East Asian-Australasian Flyway) 상에 위치하여 매년 멸종위기종을 포함한 장거리 이동 철새들이 많이 관찰된다(Figure 1; Kim *et al.* 2009b, Kim *et al.* 2010, Choi *et al.* 2013). 남북길이 1.25 km, 동서길이 0.5 km로 긴 타원형의 모양으로서, 마라도는 자생 동·식물과 경관 보전을 위해 2000년에 천연기념물 제423호로 지정되어 보호구역으로 관리되고 있다(Kim

et al. 2009b, Kim *et al.* 2010, Choi *et al.* 2013). 1991-92년 마라도 푸른 숲 가꾸기 사업을 통해 1.5 ha의 면적에 29,960본의 곰솔(*Pinus thunbergii*)이 식재되어 마라도 총면적의 6.7%가 곰솔 숲으로 구성되어 있으며, 섬의 서쪽 중앙부에 위치한 인가와 취락지구를 제외하고 역새(*Miscanthus sinensis*), 잔디류(*Zoysia spp.*) 등이 자라는 초지대가 섬 전체를 차지한다 (Figure 1; Kim *et al.* 2009b).

2. 개체수 추정

3월부터 7월까지 매달 1회 이상 마라도에 방문하여 마라도에 서식하는 고양이 개체수를 파악하였다. 마라도 전체를 조사범위로 설정하였고, 1회 조사 평균 조사경로는 4.8 km이었다.

고양이 개체군 크기 추정에는 직접 관찰과 포획-재포획법 (Capture-Recapture Method)을 이용하였다(Silvy 2012). 직접관찰은 고양이를 발견하면 털의 색, 무늬 등 외형적 특징, 성별, 발견 위치 기록과 사진 촬영을 하였고 관찰 결과를 바탕으로 개체를 식별하였다(Silvy 2012). 번식이 가능한 1년 이상을 성체, 1년 미만을 미성숙 개체로 구분하여 기록하였고 (Andersen *et al.* 2004), 관찰이 어려운 새끼고양이는 주민들의 도움을 받아 직접 확인을 하였다.

직접관찰 결과를 바탕으로 열은 월, 행은 개체로 된 매트릭스를 작성하여 고양이가 관찰된 경우 1, 관찰되지 않은 경우 0으로 기록하였다(Cooch and White 2006, Silvy 2012). 작성된 매트릭스를 이용하여 포획-재포획법 중 하나인 Huggins 모형으로 성체 개체군을 추정하였다(Cooch and White 2006). Huggins 모형은 이입과 이출에 의한 개체수 변화가 없는 폐쇄

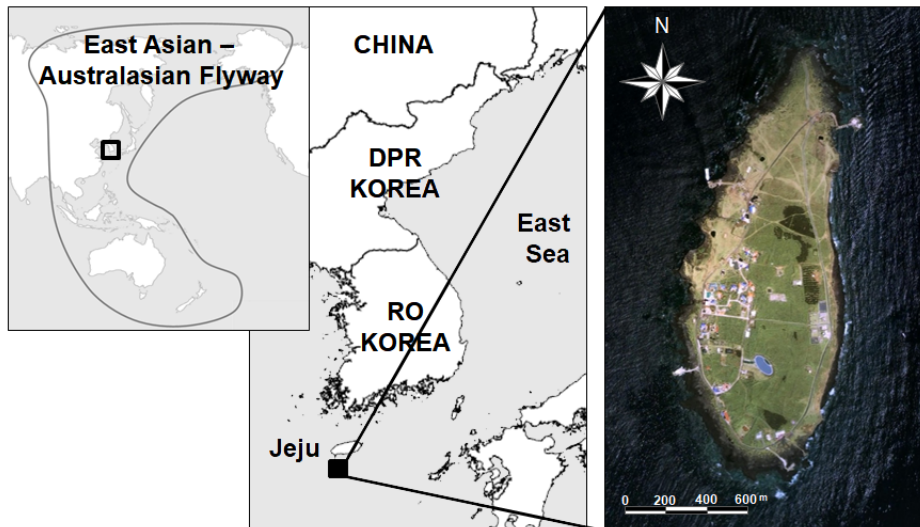


Figure 1. Location of the study site and the aerial view of Mara Islet, Jeju Island, in the Republic of Korea.

개체군(closed population)을 추정하는 방법으로(Cooch and White 2006), 마라도는 사면이 바다로 둘러싸여 고립되었기 때문에 이 모형을 사용하였다. Huggins 모형에서 관찰 확률(p)과 재관찰 확률(c)이 시간(M_t), 행동(M_b), 관찰 개체의 특이성(M_{h2}), 영향 없음(M_0)에 따라 변화하는 모델과 이를 조합한 4가지 모델(M_{tb} , M_{th2} , M_{bh2} , M_{tbh2})을 분석하여 개체군 크기를 추정하였다(Otis *et al.* 1978). 여기서 시간(M_t)은 관찰일별로 관찰 및 재관찰 확률이 변하는 경우, 행동(M_b)은 조사가 반복됨에 따라 조사자에게 접근 또는 회피하는 경향이 있는 경우, 관찰 개체의 특이성(M_{h2})은 시간 또는 행동과 무관하게 각 개체별로 재관찰되는 확률이 동일한 경우를 가정한 것이며, 영향 없음(M_0)은 이상의 시간, 행동, 개체 특이성 등과 무관하게 고양이의 관찰 및 재관찰 확률이 일정한 경우를 의미한다. 조합된 여러 모델 중 가장 작은 AICc (small sample-corrected Akaike Information Criterion)값과 가장 높은 가중치(model weight)를 가진 모델을 가장 적합한 것으로 선택하였고, 선택된 모델을 통해 성체 고양이 개체수를 추정하였다(Otis *et al.* 1978). 개체수 추정을 위해서는 MARK 프로그램(Cooch and White 2006)을 사용하였다.

3. 포획 및 무선 추정

고양이의 행동권 파악을 위해 2018년 4월부터 5월까지 2개월간 사람에게 접근하는 개체를 직접 포획하거나 포획틀(live trap, 40×45×108 cm)을 이용하여 고양이를 포획하였다. 포획틀은 고양이가 많이 관찰되는 마라도 민가 주변에 설치하였고, 고양이용 통조림과 자리돔(*Chromis notata*)을 미끼로 사용하였다.

무선 추적발신기는 목걸이 형태의 Felis collar (Ecotone Inc., Poland) 및 Gper (Spacosa Inc., 대한민국) 2가지 기종을 이용하였다. Felis collar는 태양광 패널을 이용한 충전식 전원을 이용하며, 수집되어 추적기 내에 저장된 GPS 좌표는 추적 중인 개체가 행동권 내에 설치된 수신장치로 접근할 경우 자동으로 정보를 전송하여 수신장치에 저장되도록 운영했다. 내장된 배터리를 사용하는 Gper 장비는 수집된 GPS 좌표가 상업 통신망을 통해 서버로 전송되도록 설정하여 해당 개체를 추적했다. 두 장비 모두 좌표 확보 시간은 10분 간격으로 설정하였으며, 건물이나 창고 등의 음영 구역에 들어가 있을 경우 다음 시간대에 좌표를 확보하도록 설정하였다. 추적발신기의 무게가 개체 체중의 5%를 넘으면 야생동물 행동에 영향을 주기 때문에 이용하는 발신기의 무게를 고려하여 성체에만 발신기를 부착하였다(Brigham 1988). 추적이 종료된 개체는 가능한 재포획을 통해 장비를 회수하도록 시도했으며, 총 9개체의 장비를 회수하였다.

4. 행동권 추정

소수 좌표에 의한 오류를 최소화하기 위하여 무선 위치추적을 통해 좌표 수가 50개 이상 기록된 개체들의 결과만을 행동권 분석에 사용하였고(Seaman *et al.* 1999), 추적한 10개체 모두 이 기준을 충족하였으므로 행동권 분석에 활용하였다. 행동권 추정에는 커널 밀도 추정법(KDE: kernel density estimation) 50%, 70%, 95%를 이용하였고, 평활 매개변수 h (smoothing parameter)는 reference를 통해 얻어지는 값으로 고정하였다(Worton 1989, Silvy 2012). 따라서 고정된 커널(fixed-kernel) 밀도 추정법에 따라 확인된 50% KDE의 결과는 핵심서식지(core area), 95% KDE는 행동권으로 간주하였다(Kauhala and Auttila 2010). 행동권 분석은 R program의 'adehabitatHR' 패키지(Calenge 2006)와 ArcGIS 10.3 (Esri Inc.)을 이용하였다. 암수 고양이 행동권 크기 차이를 분석을 위해서는 Wilcoxon test을 사용하였다.

결과 및 고찰

1. 개체수 추정

직접관찰과 포획-재포획법을 이용하여 고양이 개체수를 추정한 결과 마라도에는 두 방법 모두 총 20마리의 성체가 서식하는 것으로 추정되었다(Table 1-2). 직접관찰 결과 전체 개체수는 총 40마리로 성체 20마리, 미성숙 개체 29마리가 관찰되었으며 이 중 9마리는 조사 기간 중 폐사하였다(Table 1). 어미와 새끼들로 구성된 총 5개의 가족군을 통해 마라도의 한배새끼수는 5.00 ± 1.58 마리($n=5$, 범위: 3-7마리)로 확인하였다.

포획-재포획법 결과 가장 작은 AICc값을 갖는 모델은 시간과 행동에 따라 개체 발견 확률이 변하는 M_{th2} 가 선택되었으며, 성체 개체군의 크기를 추정한 결과 직접관찰과 동일하게 20마리(20.39, AICc=180.38, 95% 신뢰한계: 20-24마리)가 추정되었다(Table 2).

본 연구에서 직접관찰과 포획-재포획법을 이용하여 성체 개체군의 크기를 추정한 결과, 두 방법 모두 고양이의 성체는 20마리로 추정되었다. 일반적으로 직접 관찰을 통한 개체수 관찰은 모든 개체 확인이 힘들고, 정확도가 낮아 선호하지 않는 방법이다(Silvy 2012). 하지만 본 연구 대상지의 환경은 바다로 둘러싸여 고립되었으며 섬의 경사가 완만한 지리적 특성상 개체 관찰이 용이하였다. 특히 성체 20마리 중 19마리를 재관찰하였고 포획-재포획의 결과값이 유사했기 때문에 직접 관찰 결과는 신뢰할 수 있을 것으로 판단되며, 이는 유사한 기준의 연구(Bronner and Meester 1987)와 유사한 결론이다.

개체군 추정 결과 성체 20마리, 폐사한 개체를 제외한 미성숙

Table 1. The number of domestic cats in different age and sex groups detected by observational surveys in 2018

Group	Adult (>1 year)			Juvenile (<1 year)			
	Female	Male	Unknown	Female	Male	Unknown	Dead
No. of cats	7	7	6	3	4	13	9

Table 2. Estimated population size of domestic cats from different closed population models using the capture-recapture method on Mara Islet in 2018

Model	Estimated population size	95% Confidence Interval (Lower-Upper)	AICc	Delta AICc	AICc weights	Model Likelihood	No. paramter	Deviance
M _{th2}	20.39	20.04 - 24.10	180.3825	0	0.67845	1.0000	9	134.1576
M _{tth2}	20.14	20.01 - 23.32	182.4838	2.1013	0.23726	0.3497	10	133.9381
M _t	20.10	20.00 - 22.12	185.5812	5.1987	0.05042	0.0743	7	143.8924
M _{tb}	20.83	20.06 - 32.31	186.6562	6.2737	0.02946	0.0434	8	142.7167
M _{bth2}	23.85	20.50 - 49.48	192.2932	11.9107	0.00176	0.0026	4	157.1567
M _b	21.37	20.19 - 29.89	192.4156	12.0331	0.00165	0.0024	2	161.4878
M _{h2}	20.56	20.06 - 24.89	194.1859	13.8034	0.00068	0.0010	3	161.1691
M ₀	20.19	20.01 - 22.80	195.7241	15.3416	0.00032	0.0005	1	166.8549

개체는 20마리가 관찰되었는데, 이를 통해 마라도의 고양이 개체군은 지속적으로 성장할 것으로 판단되었다(Table 1). 마라도의 미성숙 개체 폐사율은 31.03%로 기존에 알려진 집고양이 새끼의 폐사율(14.8-48.0%)의 범위에 포함되는 것으로 판단된다(Jemmett and Evan 1977). 따라서 연령구조를 감안할 때 마라도의 고양이 개체군은 계속해서 증가할 것으로 예상된다.

2. 행동권 크기 분석

총 20개체의 성체 중 10마리(암컷 4마리, 수컷 6마리)의 행동권을 추적한 결과, 행동권의 크기는 12.06±6.64 ha (95% KDE)이었으며, 핵심서식지의 크기는 1.60±0.77 ha (50% KDE)로 나타났다(Table 3). 추적 기간 중 좌표 수가 가장 많이 기록된 개체는 7월에 출산을 한 FEL03이었다. 또한, FEL09는 추적 기간에 6개월 미만의 새끼를 포유 중이었다. 핵심서식지와 행동권의 크기가 가장 큰 개체는 FEL01이었고 가장 작은 핵심서식지는 FEL09, 가장 작은 행동권은 FEL06에서 확인되었다(Table 3, Figure 2).

국내 고양이 행동권 연구 결과 중 흥도의 고양이는 72.01±100.67 ha (100% MCP)으로 국내 고양이 행동권 가운데 가장 큰 것으로 확인되었다. 또한, 이들의 행동권은 음식물 쓰레기발생량이 적어 먹이 확보 용이성이 떨어지는 가을철(72.90±76.47 ha; 95% KDE)이 봄철 행동권(9.16±8.76 ha; 95% KDE)보다 약 8배 큰 것으로 나타났다(Bing 2013). 대다

수의 동물 행동권은 먹이 풍부도가 높을수록 작은 것으로 관찰되었고(Jones and Theberge 1982), 고양이 또한 고양이 급식소, 쓰레기장과 같이 먹이를 많이 확보할 수 있는 곳에서 작은 행동권을 가지는 것으로 확인되었다(Buckmaster 2012). 경주 국립공원의 고양이 행동권 결과에서도 상대적으로 먹이 획득이 힘든 산림지역(28.00 ha; 95% KDE)이 외곽 거주단지에서 서식하는 개체의 행동권(10.00 ha; 95% KDE)보다 큰 것으로 확인되었다(Lee *et al.* 2009). 도봉산의 고양이 행동권은 23.39 ±3.49 ha로 이들은 먹이 획득이 용이한 인공구조물 주변을 핵심서식지로 이용하는 것으로 파악되었다(Kim 2015). 마라도의 고양이 10마리 중 8마리도 먹이를 얻기 쉬운 거주지와 음식 접이 밀집한 곳을 핵심서식지로 이용하는 것으로 파악되었으며(Figure 2), 이는 마라도에서 서식지로 활용할 수 있는 절대 면적이 좁다는 점과 더불어 고양이의 행동권이 국내 기존 연구보다 상대적으로 작게 나타난 주요 원인이 된 것으로 판단된다.

3. 성별에 따른 행동권 분석 및 멸종위기 조류의 포식가능성 확인

성별에 따른 행동권 차이 비교 결과 핵심서식지의 경우 암컷 1.24±0.49 ha (50% KDE), 수컷 1.84±0.93 ha (50% KDE)이었고, 행동권은 암컷 11.78±7.97 ha (95% KDE), 수컷 12.23±7.06 ha (95% KDE)이었다. 핵심서식지, 행동권 모두 수컷이 암컷보다 크게 측정되었지만, 통계적으로 유의한 차이는 나타나지

Table 3. Information on tracked adult domestic cats and their home range sizes estimated by fixed-kernel density estimation (KDE) methods on Mara Islet, Korea. FEL01 and FEL05 were tracked in two different periods.

ID	Sex	Tracking period	Tracking duration (day)	No. of collected coordinates	Fixed-kernel home range size (ha)			Remark
					50%	70%	95%	
FEL01	M	10–26 Apr & 24 May – 03 Jun	28	868	3.59	7.08	25.58	
FEL02	M	18 Apr – 28 May	41	959	1.54	2.81	12.47	
FEL03	F	18 Apr – 15 Jul	89	1900	0.93	1.67	5.78	Pregnant
FEL04	F	18–26 Apr	9	162	1.29	3.70	22.32	
FEL05	M	18–23 Apr & 28–30 Apr	9	280	2.02	3.47	9.33	
FEL06	M	28 Apr – 14 May	17	99	0.87	1.57	4.67	
FEL07	F	28 Apr – 01 May	4	54	1.93	4.48	13.62	
FEL08	M	30 Apr – 9 May	10	449	1.34	2.58	10.21	
FEL09	F	24 May – 17 Jun	25	317	0.83	1.52	5.43	Nursing
FEL10	M	25 May – 16 Jun	23	258	1.71	3.32	11.16	
Mean±SD			21.2 ±22.9	445.5 ±504.8	1.60 ±0.77	3.22 ±1.59	12.06 ±6.64	

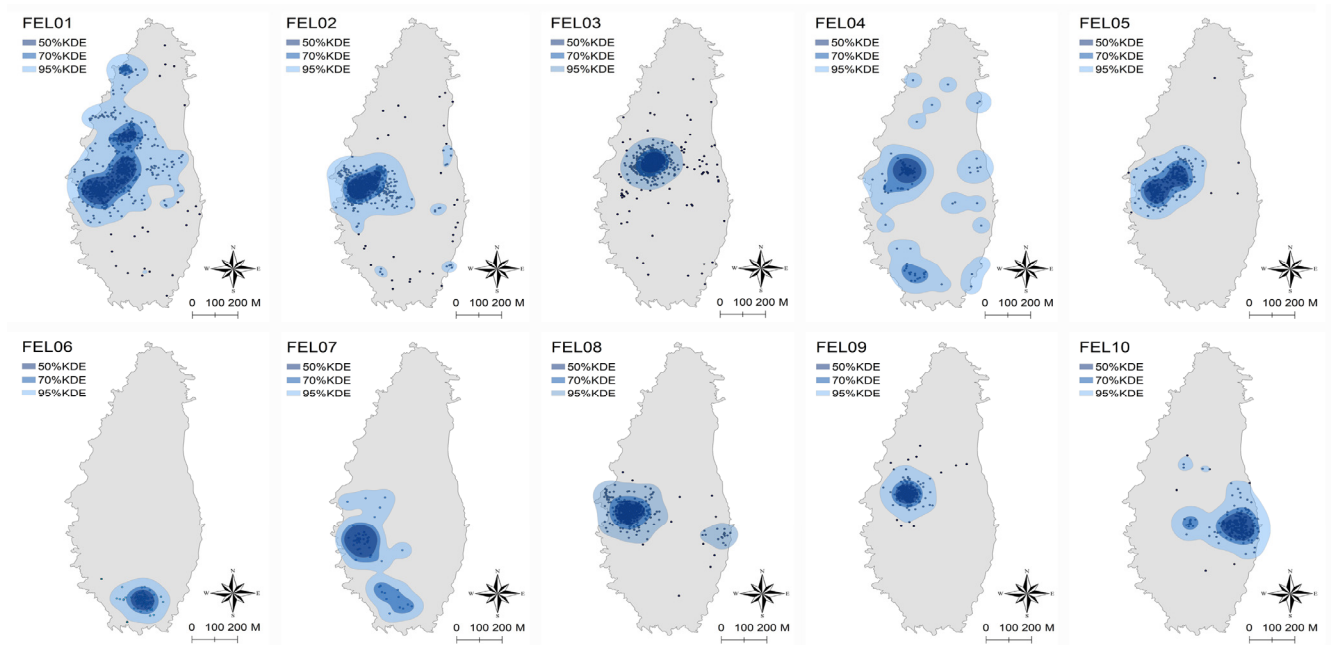


Figure 2. Fixed-kernel home ranges of 10 free-roaming domestic cats on Mara Islet, tracked from April to July 2018. Blue areas indicate 50% (dark blue), 70% (blue), and 95% (light blue) KDE home ranges.

않았다(Mann-Whitney test, 50% KDE: $W=6.00, p=0.257$, 95% KDE: $W=12.00, p=1.000$).

성별에 따른 고양이 행동권의 선행 연구 결과에 따르면, 일반적으로 수컷의 행동권이 암컷보다 3배 정도 크게 나타나지만 (Konecny 1987, Yamane *et al.* 1994, Goltz *et al.* 2008,

Buckmaster 2012), 먹이원이 풍부한 곳의 수컷과 상대적으로 부족한 암컷의 행동권을 비교한 Lee *et al.* (2009)의 연구에서는 암컷의 행동권이 더 크게 나타났다. 암컷 고양이의 행동권은 먹이의 풍부도와 밀도, 수컷의 행동권은 암컷의 분포와 먹이의 풍부도로 정해지는 것으로 알려져 있으며(Hixon 1980), 이런

선행 연구들은 서식지 구조에 따른 먹이자원의 분배가 고양이의 성별과 무관하게 행동권에 영향을 미칠 수 있는 공통 요인임을 보여준다. 따라서 본 연구 결과 취락지구를 중심으로 서식하는 마라도의 고양이는 인위적으로 제공되는 먹이가 풍부하여 암수의 행동권 차이가 유의하지 않은 것으로 판단된다.

무선 추적을 진행한 고양이 10마리 중 5마리가 뿔쇠오리가 번식하는 절벽에 접근하는 것을 확인하였으며, 이 중 수컷이 4개체, 암컷이 1개체(수컷: FEL01, FEL02, FEL08, FEL10; 암컷: FEL04)였다(Figure 3). 섬개개비가 번식하는 곰솔 숲에 접근하는 6마리(수컷: FEL01, FEL02, FEL06, FEL10; 암컷: FEL04, FEL07)도 확인하였다(Figure 3). 따라서 마라도에 번식하는 멸종위기 조류의 번식지에 고양이가 접근하는 것이 확인되어, 고양이가 이들을 가해할 수 있는 가능성이 나타났다. Goltz *et al.*(2008)는 암컷보다 행동권이 큰 수컷이 더 많은 조류를 희생시키는 것을 밝혔는데, 암수의 행동권 크기에 차이가 발견되지 않고 절대 면적이 좁은 마라도에서는 수컷이 멸종위기종의 서식지인 마을 외곽에 출현하는 양상이 더 크게 나타나므로 성별에 따른 주요 활동 지역의 차이가 멸종위기종의 피해 양상에 영향을 줄 수 있을 것으로 추정된다. 그러나 철새

들의 이동 시기, 특히 봄철 이동시기인 4-5월에는 많은 조류가 인가 주변에서 활동하는 것을 감안할 때, 본 연구가 진행된 3-7월 중 마을을 중심으로 활동하는 고양이들에 의한 철새 피해는 고양이의 성별과 관계없이 나타날 수 있는 것으로 보인다.

좁은 면적에 비해 중요한 철새와 멸종위기 조류의 서식지인 마라도는 증가하는 관광객으로 인한 인위적인 간섭의 영향에 더불어 외래포식자의 영향을 받을 것으로 판단되므로, 본 연구는 마라도에 서식하는 고양이의 현황을 처음으로 파악하여 향후 개체군의 변동을 추적 조사할 수 있는 기반을 조성하는 데 의의가 있다. 그러나 여전히 고양이가 마라도의 섬 생태계에 미치는 영향에 대한 직접적인 평가는 크게 부족한 실정이므로, 본 조사에서 확인된 이들의 주요 분포와 이동양상, 예상되는 피해 지역 등을 이용하여 고양이의 직접적인 포식압과 조류 피해량에 대한 구체적인 정보 수집이 필요한 것으로 판단된다. 특히 본 조사에서 확인된 개체수와 연령 구조를 바탕으로 향후 고양이의 개체군 요소(한배새끼수, 출생률, 사망률 등)를 추가하여 고양이 개체군의 생존능력평가(population viability analysis: PVA)를 통해 향후 고양이 개체군이 어떻게 변동하는지를 예측하고 다양한 관리 방안에 대한 시나리오별 예측을

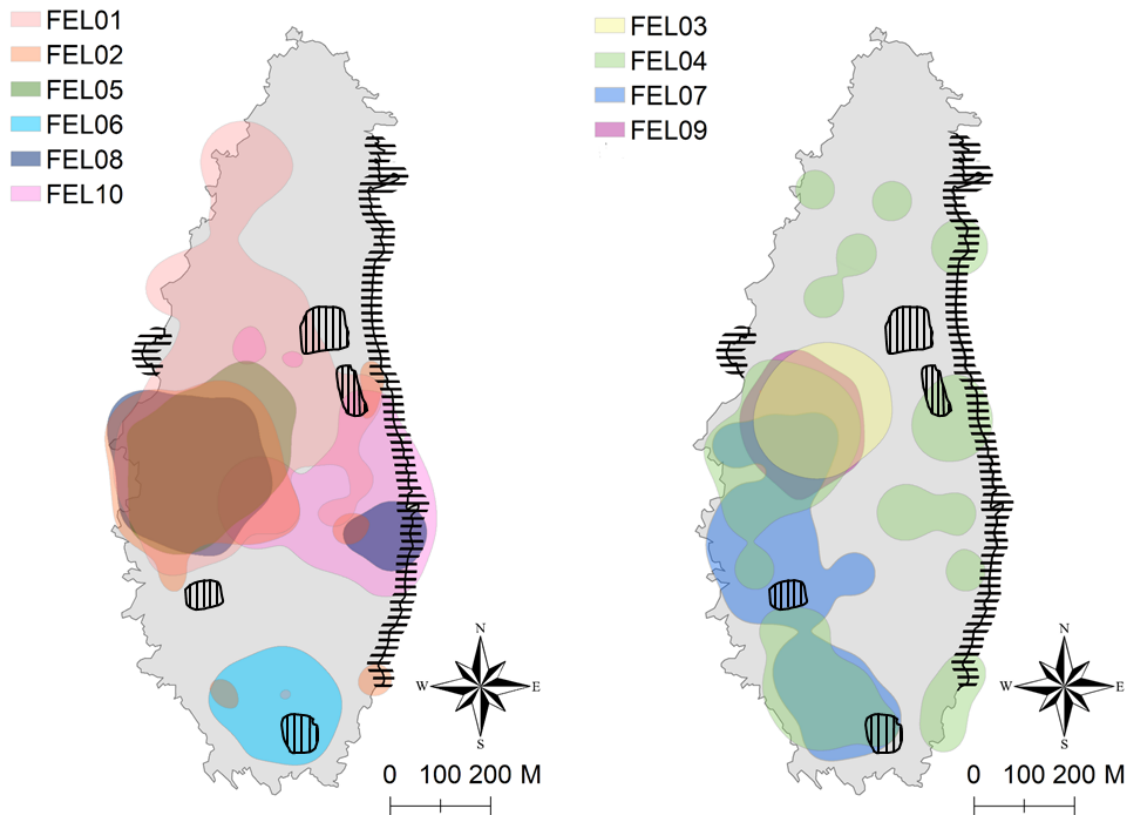


Figure 3. Fixed kernel home ranges (95% KDE) from 10 domestic cats (shaded colors; males in the left panel and females in the right panel) and their overlap with potential breeding sites of threatened Crested Murrelets (horizontal bars) and Styan's Grasshopper Warblers (vertical bars).

통해 가장 효율적인 관리 방안을 모색할 수 있다. 또 각 개체가 포획하는 철새와 야생동물에 대한 자료를 수집함으로써, 마라도 전체 고양이 개체군의 변화에 따라 야생동물의 전체 피해량과 그 변화도 예측할 수 있을 것으로 기대된다. 특히 마라도의 고양이를 관리하기 위해서는 본 조사에서 멸종위기종의 번식지에서 활동하는 것으로 알려진 개체를 우선 관리해야 하며, 이를 위해서는 공격성과 활동성, 번식력을 줄이기 위해 해당 개체에 대한 중성화 수술, 피해동물의 회피를 위한 화려한 부착물 부착, 특정 구역내(실내, 건물 등) 활동 제한 등의 간접적인 방법과 안락사 또는 마라도에서의 반출 등과 같은 직접적인 방법도 고려할 수 있다. 향후 고양이의 개체군 변동 추세에 대한 모니터링과 조류 피해량의 장기 예측, 멸종위기종의 개체군 변동 등에 관한 연구와 함께, 마라도에서 발생할 수 있는 장기적인 고양이 피해를 줄이기 위한 저감방안 및 고양이 개체군 관리방안을 모색해야 한다.

REFERENCES

- Andersen, M.C., B.J. Martin and G.W. Roemer(2004) Use of matrix population models to estimate the efficacy of euthanasia versus trap-neuter-return for management of free-roaming cats. *J. Am. Vet. Med. A.* 225(12): 1871-1876.
- Bing, G.C.(2013) An analysis on the Causes of Migratory Bird Mortality Occurred at a Stopover Island, Hong-do, Jeonnam, Korea. Ph. D. Thesis, Chosun University, Gwanju, 111pp. (in Korean with English abstract)
- BirdLife International(2001) Threatened Birds of Asia: The BirdLife International Red Data book. BirdLife International, Cambridge, 3038pp.
- Bonnaud, E., K. Bourgeois, E. Vidal, Y. Kayser, Y. Tranchant and J. Legrand(2007) Feeding ecology of a feral cat population on a small Mediterranean island. *J. Mammal.* 88(4): 1074-1081.
- Brigham, R.M.(1988) Load carrying and maneuverability in an insectivorous bat: A test of the 5% "rule" of radio-telemetry. *J. Mammal.* 69(2): 379-382.
- Bronner, G. and J.A.J. Meester(1987) Comparison of methods for estimating rodent numbers. *S. Afr. J. Wildl. Res.* 17(2): 59-63.
- Buckmaster, A.J.(2012) Ecology of the Feral Cat (*Felis catus*) in the Tall Forests of Far east Gippsland. Ph. D. Thesis, The Univ. of Sydney, Sydney, 199pp.
- Calenge, C.(2006). The package adehabitat for the R software: Tool for the analysis of space and habitat use by animals. *Ecol. Model.* 197(3-4): 516-519.
- Carter, H.R., K. Ono, J.N. Fries, H. Hasegawa, M. Ueta, H. Higuchi, J.T. Moyer, L.K.O. Chan, L.N. de Forest, M. Hasegawa and G.B. van Vliet(2002) Status and conservation of the Japanese Murrelet (*Synthliboramphus wumizusume*) in the Izu Islands, Japan. *J. Yamashina Inst. Ornithol.* 33(2): 61-87.
- Choi, C.Y., C.W. Kang, N.J. Ji, H.M. Kang, M.R. Oh and J.Y. Park(2013) Barred Warbler *Sylvia nisoria*, a new species for Korea and east Asia. *BirdingAsia* 20: 110-111.
- Cooch, E. and G. White(2006) Program MARK: A Gentle Introduction(Fifth edition). Cornell University Press, Ithaca, NY.
- Devillard, S., H. Santin-Janin, L. Say and D. Pontier(2011) Linking genetic diversity and temporal fluctuations in population abundance of the introduced feral cat (*Felis silvestris catus*) on the Kerguelen archipelago. *Mol. Ecol.* 20(24): 5141-5153.
- Fitzgerald, B.M.(1988) Diet of Domestic Cats and Their Impact on Prey Populations. In: D.C. Turner and P. Bateson(eds.), *Domestic Cat: The Biology of Its Behavior*. Cambridge University Press, Cambridge, U.K., pp. 123-144.
- Fritts, T.H. and G.H. Rodda(1998) The role of introduced species in the degradation of island ecosystems: A case history of Guam. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 29: 113-140.
- Goltz, D.M., S.C. Hess, K.W. Brinck, P.C. Banko and R.M. Danner(2008) Home range and movements of feral cats on Mauna Kea, Hawaii. *Pacif. Conserv. Biol.* 14(3): 177-184.
- Hixon, M.A.(1980) Food production and competitor density as the determinants of feeding territory size. *Am. Nat.* 115(4): 510-530.
- Jemmett, J.E. and J.M. Evans(1977) A survey of sexual behaviour and reproduction of female cats. *J. Small Anim. Pract.* 18(1): 31-37.
- Jones, D.M. and J.B. Theberge(1982) Summer home range and habitat utilization of the red fox (*Vulpes vulpes*) in a tundra habit in northwest British Columbia. *Can. J. Zool.* 60(5): 807-812.
- Kauhala, K. and M. Auttila(2010) Estimating habitat selection of badgers a test between different methods. *Folia Zool.* 59(1): 16-25.
- Keitt, B.S. and B.R. Tershy(2003) Cat eradication significantly decreases shearwater mortality. *Anim. Conserv.* 6(4): 307-308.
- Kim, E.M., C.W. Kang, H.J. Kim, Y.H. Kang, S.Y. Ji and C.R. Park(2009a) First record of Blue-winged Pitta (*Pitta moluccensis*) in Korea. *Kor. J. Ornithol.* 16(2): 155-159. (in Korean with English abstract)
- Kim, E.M., H.J. Kim, C.Y. Choi, C.W. Kang, H.M. Kang and C.R. Park(2009b) Breeding site characteristics of Styan's Grasshopper Warblers (*Locustella pleskei*) on Mara Islet, Jeju Province, Korea. *Kor. J. Environ. Ecol.* 23(6): 528-534. (in Korean with English abstract)
- Kim, J.S.(2015) Evaluation of Feral Cat (*Felis catus*) Management at Mt. Dobong based on Home Range, Demographic Status, and Population Viability Analyses. MS thesis, Seoul National University, Seoul, 85pp. (in Korean with English abstract)

- Kim, Y.H., H.M. Kang, C.W. Kang, E.M. Kim, H.J. Kim, N.J. Ji, Y.C. Jang and H.S. Oh(2010) Avifauna of spring season in Marado. Kor. J. Ornithol. 17(1): 27-35. (in Korean with English abstract)
- Konecny, M.J.(1987) Home range and activity patterns of feral house cats in the Galapagos Islands. Oikos 50(1): 17-23.
- Lee, C.L., C.U. Chung and C.Y. Kim(2009) Analyse the winter season home range of *Felis catus* resided in Gyeongju National Park of Korea. Kor. J. Environ. Ecol. 23(5): 485-491. (in Korean with English abstract)
- Loss, S., T. Will and P. Marra(2013) The impact of free-ranging domestic cats on wildlife of the United States. Nat. Commun. 4: 1396.
- Medina, F.M., E. Bonnaud, E. Vidal, B.R. Tershy, E.S. Zavaleta, C.J. Donlan, B.S. Keitt, M.S. Corre, S.V. Horwath and M. Nogales(2011) A global review of the impacts of invasive cats on island endangered vertebrates. Global Change Biology 17(11): 3503-3510.
- Ministry of Environment(2001) Study on the Habitat and Management Plan of Feral Cats. Ministry of Environment. Ministry of Environment, Seoul, Korea. (in Korean)
- Moors, P.J. and I.A.E. Atkinson(1984) Predation on Seabirds by Introduced Animals, and Factors Affecting Its Severity. In: P.J. Moors(ed.). Conservation of Island Birds: Case Studies for the Management of Threatened Island Birds. International Council for Bird Preservation, Cambridge, U.K., pp. 667-690.
- Otis, D.L., K.P. Burnham, G.C. White and D.R. Anderson(1978) Statistical inference from capture data on closed animal populations. Wild life Monogr. 62: 3-135.
- Peck, D.R., L. Faulquier, P. Pinet, S. Jaquemet and M. Le Corre(2008) Feral cat diet and impact on sooty terns at Juan de Nova Island, Mozambique Channel. Anim. Conserv. 11(1): 65-74.
- Seaman, D.E., J.J. Millspaugh, B.J. Kernohan, G.C. Brundige, K.J. Raedeke and R.A. Gitzel(1999) Effects of sample size on kernel home range estimates. J. Wildlife Manag. 63(2): 739-747.
- Silvy, N.J.(2012) The Wildlife Techniques Manual: Volume 1: Research. Johns Hopkins University Press, Baltimore, MD, 686pp.
- Turner, D.C. and P.P.G. Bateson(2014) The Domestic Cat: The Biology of Its Behavior(3rd ed.). Cambridge University Press, Cambridge, U.K, 290pp.
- Wolf, S., B.S. Keitt, A. Aguirre-Munoz, B.R. Tershy, E. Palacios and D.A. Croll(2006) Transboundary seabird conservation in an important North American marine ecoregion. Environ. Conserv. 33(4): 294-305.
- Worton, B.J.(1989) Kernel methods for estimating the utilization distribution in home range studies. Ecology 70(1): 164-168.
- Yamane, A., Y. Ono and T. Doi(1994) Home range size and spacing pattern of a feral cat population on a small island. J. Mammal. Soc. Japan 19(1): 9-20.