

Research Paper

원격무선추적을 이용한 한국 정착 뉴트리아(*Myocastor coypus*)의 행동권 및 활동성 연구

김아름 · 김영채 · 이도훈
국립생태원

Home Range and Daily Activity of Nutria (*Myocastor coypus*) Using Radio Tracking in South Korea

Areum Kim · Young-Chae Kim · Do-Hun Lee
National Institute of Ecology

요약: 본 연구에서는 뉴트리아를 대상으로 원격무선추적을 이용하여 기초적인 행동권과 활동성을 분석하였다. 밀양시 미전천 하류부 습지에 서식하는 뉴트리아 3개체의 평균 행동권은 MCP 95%에서 0.043km², K 95%에서 0.085km²로 확인되었고, 핵심공간인 K 50%에서는 0.018km²로 나타났다. MCP 95%에서 수컷은 0.058km²의 행동권을 나타내어 0.012km²의 행동권을 나타낸 암컷에 비해 0.046km² 넓은 행동권을 보였고, 야간 행동권이 주간 행동권에 비해 0.015km² 넓게 나타났다. 일간 평균 이동거리는 수컷이 암컷보다 길었으며, 일일 최대 1,278m의 이동 거리가 확인되었다. 활동성은 오전 06시, 오후 10시, 오후 07시, 오전 01시, 오전 05시에 높게 나타났고, 일몰 전후부터 일출 전후까지 지속적으로 높은 활동성을 보인 반면, 낮 시간대에는 비교적 낮은 활동성을 보여 야행성 동물의 성향이 반영되어 나타났다. 뉴트리아의 행동권과 활동성에 관한 연구는 한국에 정착한 뉴트리아의 생태특성에 관한 이해와 함께 관리 시 포획트랩의 효과적 설치 및 운용 시기의 결정, 관리구역의 공간적 구획, 투입되는 관리자원의 규모 산정 등 침입외생물의 관리 개선 측면에서 유용하게 활용될 수 있다.

주요어: 활동성, 행동, 행동권, 침입외래생물, 이동

Abstract: This study investigated the home range and characteristics of activities to contribute to the improvement of management techniques and the successful promotion of management policies of invasive nutria, which is a representative invasive species of South Korea. Six individuals were captivated for the study. Remote radio tracking on three of them was carried out followed by the analysis of the results. The average home range of the follow-up individuals were confirmed to be 0.043 km² at MCP 95%, 0.085 km² at K 95%. It was 0.018 km² at K 50%, which is the core space. In 95% MCP, males exhibited the home range with 0.058 km², showed wider home range 0.046 km²

First Author: Areum Kim, Tel: +82-54-680-7462, E-mail: arkim@nie.re.kr, ORCID: 0000-0002-8940-5922

Corresponding Author: Do-Hun Lee, Tel: +82-41-950-5804, E-mail: eco0407@nie.re.kr, ORCID: 0000-0001-6840-7841

Co-Author: Young-Chae Kim, Tel: +82-54-680-7465, E-mail: yckim@nie.re.kr, ORCID: 0000-0001-9679-1967

Received: 13 April, 2020. Revised: 5 June, 2020. Accepted: 9 June, 2020.

than females who showed 0.012 km², and showed a wider home range 0.015 km² more at night than during the day. As a result of comparing the results of this study with the case studies of overseas studies, it is determined that the magnitude of the derived home range is the result of a stable habitat in which the procurement of food resources is smooth and human interference is limited. The daily moved distance of males was larger than that of females, with a maximum moved distance of 1,278 m per day. Activity at the study site is high from around sunset to around 6 A.M., 10 P.M., 7 P.M., 1 A.M., and 5 A.M., and high around sunrise and low during the daytime such as 2 P.M., which reflected the propensity of nocturnal animals to act. The results of this study on the home range and activity in nutria can be used as useful data for improving the management of invasive alien species for the installation and operation of traps, the spatial setting of controlled areas, and the calculation of the amount of resources together with a basic understanding of nutria's behaviors in South Korea.

Keywords : Activity, Behavior, Home range, Invasive alien species, Movement

I. 서론

산업화를 계기로 국가 간 교역이 급속히 확대된 이후 나타난 인적, 물적 자원의 교류 증가는 다양한 생물종의 대륙 간 이동을 촉진하였다(Levins & D'Antonio 2003; Hulme 2009). 본래의 서식지역을 벗어나 다양한 국가에 도입되어 정착한 생물종 가운데 생물다양성을 위협하는 침입외래생물은 새롭게 정착한 지역에서 생태계와 생물다양성 뿐 아니라, 사회, 경제, 문화적인 측면에 이르기까지 부정적인 영향을 지속적으로 나타낸다(Zietsman 2011).

현재 전 세계적으로 확인된 170만종의 생물종 가운데 침입외래생물은 약 20만종에 이르는 것으로 평가되고 있으며(McNeely et al. 2001; Master & Norgrove 2010; CBD 2014), 최근 제7차 생물다양성과학기구 총회에서는 토지이용 변화와 인간의 직접적인 간섭, 기후변화, 오염 등과 함께 침입외래생물 문제를 생태계 변화의 주요 요인 중 하나로 주목한 바 있다(IPBES 2019). 생물다양성협약당사국총회(Conference of the Parties 10)에서는 2020년까지 생물다양성 보전을 위해 인류가 노력해야 할 20가지 목표에 침입외래생물 관리를 포함하며(SCBD 2014), 이들의 확산 제어와 효과적인 관리 실현을 위한 전 지구적 차원의 대응 방안을 논의하기도 했다.

그간 한국에 도입된 외래생물로는 1980년에 식물 110종(Yim & Jeon 1980), 2006년에 외래생물 607종

(KEI 2006)이 보고된 바 있으며, 환경부에서는 2009년 894종, 2011년 1,109종, 2019년 2,160종의 도입을 보고하는 등 외래생물의 가파른 유입 증가 추세가 확인되고 있다(ME 2019). 최근 급속한 외래생물 유입 증가 실태와 외래생물의 침입에 취약한 국내 환경을 고려하면(Paini et al. 2016), 도입 단계에서부터 객관적인 위해성평가를 실시하여 침입외래생물을 선별하고, 위해성이 우려되는 종에 대해서는 기초적인 생태 자료를 구축하여 과학적 근거에 따라 체계적인 관리를 추진하려는 노력이 필요하다.

최근 한국에 도입된 외래포유류가 총 163종으로 보고된 가운데(Park & Lee 2020), 포유동물 중 유일하게 생태계교란 생물로 지정되어(환경부고시 제2019-185호) 법적인 절차를 통해 관리되고 있는 뉴트리아(큰물쥐, *Myocastor coypus*)는 남아메리카 원산의 반수생 포유동물에 속한다(Wood & Howland 1979; Lee et al. 2014; Lee et al. 2018). 전 세계적으로 침입성이 널리 알려진 뉴트리아는 모피 생산과 식용을 목적으로 세계 여러 나라에 사육동물로 도입되었다(Aliev 1966; Bounds 2000). 먹이 공급이 용이하고 물이 존재하는 환경에 정착하여 살아가는 뉴트리아는 도입지역의 자연에 유출된 이후 강과 하천, 습지, 농업용수로, 기수역 등 다양한 환경에 적응하며 침입 범위를 넓혀 나간다(Borgnia et al. 2000). 자연에 성공적으로 정착한 개체는 번식이 가능하여 서식지역

내에서 빠른 밀도 증식을 보이는데(Gosling et al. 1980a), 뉴트리아의 서식이 과밀한 지역에서는 생물 다양성의 직접적인 손실과 토속종과의 서식지 경쟁, 농업 경제 작물의 손실, 배수시설의 훼손, 습지기능의 악화 등이 보고되기도 한다(Gosling 1974; Abbas 1988; Woods et al. 1992; Leblanc 1994; Carter et al. 1999; Panzacchi et al. 2007; Bertolino et al. 2012).

한국의 뉴트리아는 1987년 불가리아에서 도입한 개체가 사육에 성공한(Lee et al. 2012) 이후 2000년대 들어서며 약 150,000개체까지 사육되는 등 관련 산업의 양적 성장을 이루었으나, 유통과 소비구조의 문제로 인해 관련 산업이 쇠락하며 자연생태계에 유출되는 결과로 나타났다(Kim et al. 2019). 2006년 낙동강에 인접한 6개 시군에서 확산이 처음 보고된 이후 2013년 전국 13개 시군으로 서식 영역이 확대됨에 따라(Lee et al. 2013a), 2014년부터 국가적인 차원에서의 적극적인 관리정책을 시행하고 있다(ME 2014). 2014년부터 2018년까지 이루어진 적극적인 관리정책은 약 27,000개체 이상의 뉴트리아를 포획하는 성과로 이어졌으며, 이로 인하여 2018년 뉴트리아의 분포지점은 2014년과 비교하여 약 88% 수준까지 감소하였다(Kim et al. 2019).

현재 한국의 뉴트리아 분포는 낙동강 중하류 일대로 제한되고 있으며(Kim et al. 2019), 관련 연구는 분포 변화, 서식지 특성과 먹이자원, 형태적 특성, 유전적 특성을 주요 주제로 진행되어 왔다(Lee et al. 2013a; Lee et al. 2013b; Lee & Kil 2013; Kim et al. 2019). 그간 국내에서는 너구리 0.41km²(Kim et al. 2008), 0.54km²(Choi & Park 2006), 숲 2.64km²(Choi et al. 2012), 산양 0.88km²(Cho et al. 2014), 반달가슴곰 90.2km²(Yang et al. 2008), 고라니 2.77(Kim & Lee 2011), 사향쥐 0.0027km²(Kim et al. 2020) 등 포유동물 관련 행동권 연구가 보고되어 왔지만, 침입성 외래 포유동물, 특히 뉴트리아와 같은 법적관리종을 대상으로 생태 기반 관리 관점에서 이루어진 행동 또는 행동권 관련 연구는 전무한 실정이다.

전 세계적으로 침입성이 잘 알려져 있는 뉴트리아의 행동권 연구는 침입 지역별 관리 정책과 연계하여 진행되었다. 각 침입 지역별 뉴트리아의 행동권 연구 결과를 살펴보면, 텍사스에서 연구에서는 수컷의 행동권을 0.148km², 암컷의 행동권을 0.029km²로 보고하였고(Denena et al. 2003), 루이지애나에서는 뉴트리아의 행동권을 0.288km²로 제시하였으며(Nolfo-Clements 2009), 미시시피에서는 뉴트리아의 행동권을 0.023km²로 보고하였다(Lohmeier, 1981). 이탈리아에서는 수컷의 행동권을 0.149km², 암컷의 행동권을 0.052km²로 보고하였으며(Reggianni et al. 1993), 프랑스에서는 수컷의 행동권을 0.056km², 암컷의 행동권을 0.024km²로 확인한 바 있다(Doncaster & Micol, 1989). 뉴트리아의 행동권 연구가 이루어진 이탈리아와 미국 등에서는 국가 또는 지역 단위의 관리정책이 추진된 바 있으며, 이들의 연구결과는 뉴트리아의 생태를 이해하고 유용한 관리전략을 수립하는데 기여하였다.

뉴트리아와 같은 침입외래생물의 관리정책이 보다 효과적으로 추진되기 위해서는 관리대상종의 생태학적 정보를 토대로 관리전략을 수립하고 이를 관리현장에 체계적으로 적용해 나가는 노력이 필요하다. 특히, 인위적인 포획 압력이 계속되어 분포 영역이 감소하고 서식밀도가 저하된 상황에서는 관리대상종의 행동과 이동특성에 관한 이해, 생태학적 자료의 확보 여부가 성공적인 관리 측면에서 매우 중요하게 여겨진다(Kim et al. 2019).

이에 본 연구에서는 한국에 정착한 뉴트리아의 기초적인 행동특성을 파악하기 위해 원격무선추적을 이용하여 행동권과 이동, 활동성을 분석하였다. 이를 통해 그간 알려지지 않은 국내 환경에서의 뉴트리아 행동특성을 확인하고 관리에 필요한 관리구역 설정, 관리구역 내 유입과 확산 제어 방안의 마련, 효과적인 포획 시기 결정 등에 필요한 기초자료를 제공하고자 했다. 아울러, 향후 뉴트리아의 서식지 이용과 계절별 행동변화 양상, 확산 변화 예측 연구에 유용한 기초 정보를 제공함으로써 침입외래생물 관리기술 개선과 관리 성과 향상에 기여하고자 한다.

II. 재료 및 방법

1. 연구대상지

습지 침입외래생물인 뉴트리아는 한국의 낙동강수계를 중심으로 정착하여 분포한다(Kim et al, 2019). 본 연구에서는 낙동강 유역 습지지역에 정착하여 살아가는 뉴트리아의 행동권과 활동성을 파악하고자 했다. 이를 위한 뉴트리아의 포획과 원격무선추적 과정에서 활동이 확인된 경상남도 밀양시 삼랑진을 송지리에 위치한 미전천 하류와 연결되어 있는 면적 약 213,300m²의 하천형 습지를 연구대상지로 선정하였다(Figure 1).

연구대상지는 수리적으로 경도 128°49'46.6"와 128°49'18" 위도 35°24'00"와 35°23'25.4"에 위치한다. 1981년부터 2010년까지 해당 지역의 겨울철 평균 기온은 0℃에서 8℃, 여름철 평균 기온은 22℃에서 26℃의 범위로 나타난다(Korea Meteorological Administration, <https://www.weather.go.kr/>). 연구대상지에서는 2010년 뉴트리아의 정착이 처음 확인되었고(Lee et al, 2013a), 현재까지 지속적인 서식을 이어가고 있다(NIE 2019).

2. 포획 및 무선추적 발신기 부착

2014년 12월부터 2015년 3월까지 Figure 1(B)에

제시된 연구대상지 전체 수변부를 대상으로 시속 2km 이하의 속도로 보행하며 굴, 이동통로, 배설물, 섭식흔적, 발자국 등 생태 흔적(field signs)을 확인하여 뉴트리아의 서식 여부를 파악하였고(Lee et al, 2013a; Kim et al, 2019), 주요 활동 장소에 5개의 생포트랩(Live trap 78cm×28cm×33cm, Tomahawk) 설치·운용하여 암컷 성체 3개체와 수컷 성체 3개체 등 총 6개체를 포획하였다(Table 1). 포획된 개체는 연구실로 이송하여 성별과 체중, 머리에서 몸까지의 길이 등 개체별 생체정보를 계측하고 기록하였다.

추적 개체의 성장 단계는 각 포획 개체의 연령으로 추정하였다. 뉴트리아의 연령은 골격과 체중, 수정체의 건중량, 대구치의 분출 정보를 이용하면 추정이 가능하다(Alive 1965; Gosling et al. 1980a; Willner et al. 1983). 본 연구에서는 Sherfy 등(2006)이 제시한 체중 정보를 이용한 연령 추정 방법을 적용하였고, 다음의 산식을 이용해 산출하였다.

$$W_t = A \times \exp(-e^{-b(t-k)})$$

W_t: body weight, t: number of months, A: asymptotic value of body weight (male-6163.2, female-5382.2), e: natural logarithms (2.718), k: maximum growth rate (male-6.429, female-5.382), b: growth-rate parameter (male-0.152, female-0.178)

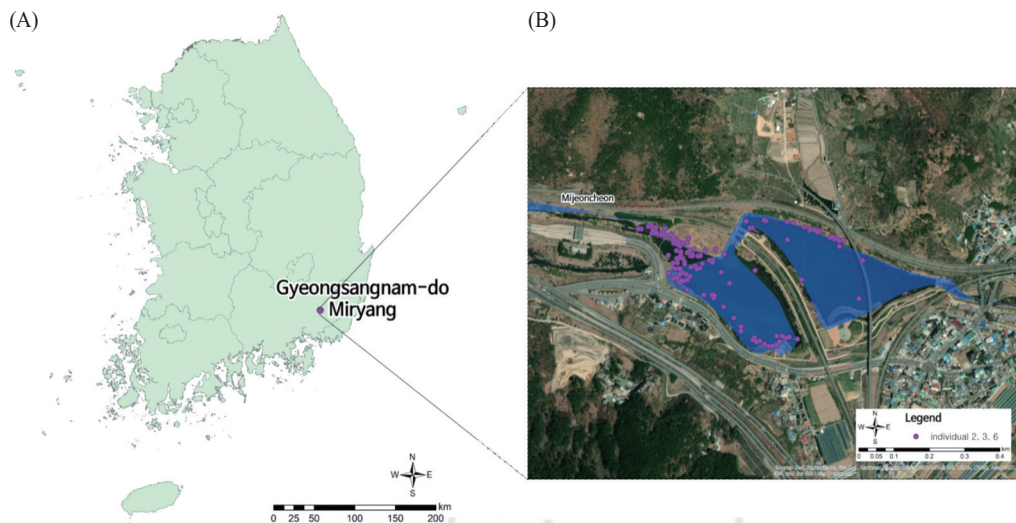


Figure 1. Map of the study site. (A) Study site is located in Samnangin, Miryang, Gyeongsangnam-do province in South Korea. (B) Purple dots indicate remote radio tracking coordinates of nutria.

Table 1. Information on the Nutria (N=6) captured in the present study

ID	Sex	Weight (kg)	Head-body length (mm)	Age (month)	Period of tracking	No. of collected coordinates	Tracking data
1	Male	4.12	490	12	Mar.2015-Apr.2015	N/A(9)	Loss of transmitter
2	Female	4.43	480	14	Mar.2015-Jun.2015	64	Loss of signal
3	Male	6.68	555	more than 30	Mar.2015-Jun.2015	65	Loss of signal
4	Female	4.85	527	18	N/A	N/A(0)	Killed before tracking
5	Female	5.18	570	24	Mar.2015-Apr.2015	N/A(9)	Loss of transmitter
6	Male	4.92	538	16	Mar.2015-May.2015	21	Loss of signal

N/A, not applicable

포획한 개체의 발신기 부착 과정은 Sikes와 Cannon(2011)이 제시한 가이드를 준수하였다. 포획 개체는 Alfaxalone 0.4ml/kg을 사용하여 마취하였고, 발신기는 Glue-on transmitter(Advanced Telemetry Systems, model R2030; mass=40g)를 사용하였다. 뉴트리아는 수중과 육상을 번갈아 이용하는 서식 습성, 발을 손과 같이 자유롭게 사용하는 개체 특성을 지니고 있어 위치추적의 어려움이 보고된 바 있다(Coreil & Perry 1977). 이에 본 연구에서는 뉴트리아가 수중과 육상 생활을 반복함에 따른 발신기의 방수기능, 서식지 환경 조건에 따라 약 15-46m 가량의 굴을 건설하는 특성(LeBlanc 1994)을

감안한 안정적인 발신기 수신율 등을 고려하였고, 뉴트리아 부착 발신기의 안정적인 방수기능과 수신율을 확인한 Merino 등(2007)의 연구를 참고하여 발신기를 선택하였다. 또한 발을 자유롭게 사용하는 개체 특성 상 발신기 부착에 따른 발 굽힘 상처와 감염, 스트레스로 인한 폐사율 증가 측면을 검토하였고, Merino 등(2007)은 꼬리에 부착하는 발신기가 목에 부착하는 발신기에 비해 안전하며, 낮은 폐사율을 보인 부분에서 성공적인 추적이 가능함을 제시한 바 있어 본 연구에서는 꼬리 부착 발신기를 이용하였다. 이를 위해 19.0mm와 25.4mm 규격의 polyvinyl chloride(PVC) 파이프를 약 5cm 길이로 절단한 후,

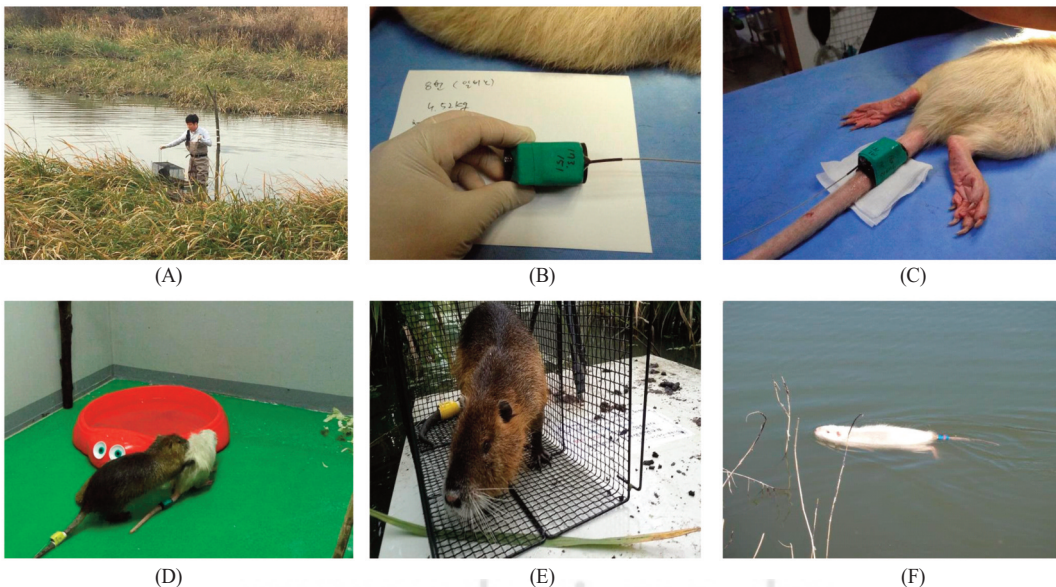


Figure 2. VHF transmitter attachment process for radio-tracking. (A) Capture using live trap, (B) Transmitter, (C) Tail-transmitter attachment, (D) Recovery, (E) Release for Radio-tracking, (F) Radio-tracking of nutria.

급속 건조 에폭시를 이용해 발신기와 결합하였고, 제작이 완료된 발신기를 뉴트리아 꼬리에 끼워 고정하였다(Figure 2). 발신기를 부착한 개체는 실내 사육장에서 약 3시간의 회복 시간을 부여한 후 야외 계류장으로 이송하였고, 48시간 동안 행동과 활력 정도를 관찰한 후 포획지점에 방사하였다. 이후 7일간의 자연 적응 기간을 부여한 후 원격무선추적을 실시하였다.

3. 원격무선추적

2010년부터 뉴트리아의 서식이 확인된(Lee et al. 2013a) 연구대상지를 중심으로 뉴트리아의 원격무선추적 성공 가능성과 먹이자원이 풍부한 시기에 나타나는 단기간의 행동양상을 확인하고자 포획된 6개체를 대상으로 원격무선추적을 위한 발신기를 부착하였다. 연령 18개월로 추정된 4번 암컷 개체는 추적 전 원인 미상의 폐사로 인해 추적에서 제외하였다. 연령 12개월로 추정된 1번 수컷 개체와 연령 24개월로 추정된 암컷 5번 개체는 추적 중 발신기의 탈락으로 인하여 분석에서 제외되었다. 행동권 연구는 연령 14개월로 추정된 2번 암컷 개체, 연령 30개월 이상으로 추정되는 3번 수컷 개체, 연령 16개월로 추정된 6번 수컷 개체를 대상으로 하였다(Table 1).

원격무선추적은 매일 4일간 60분 단위로 연속하여 실시하였고 좌표 정보를 수집하였다. 추적은 발신기의 고유 주파수를 이용하여 위치를 추적해 나가는 동안 조사자가 뉴트리아의 행동을 육안으로 관찰하고 이해하는데 있어 유용한 VHF 방법을 사용하였고(Cochran & Lord 1963), 개체의 위치신호 수신을 위한 주파수 수신기(IC-R20 receiver, icom Inc.)와 휴대용 3소자 안테나(141-175 MHz, three element Yagi-Antenna, ATS Inc.), 위치정보 기록을 위한 GPS(60CSX, Garmin Inc.)를 활용하였다. 연구대상지는 임도가 발달하여 접근성이 우수하고 추적 대상 뉴트리아에게 근접할 수 있는 물리적 특성을 지니고 있으므로 발신 전파의 각도를 추적하여 동물의 위치를 찾아낸 후 1/5000 수치지도와 GPS를 이용하여 위치 좌표를 확인하였고 현장에서 기록하였다.

4. 원격무선추적 결과 분석

1) 행동권 분석

행동권 분석은 3개체를 대상으로 ArcGIS 10.3.1(ESRI Inc.)의 Home range Tools 2를 이용하여 MCP와 Kernel 방법으로 분석하였다. 최외각 점들을 연결시켜 다각형을 생성하는 최소불록다각형(MCP, Minimum Convex Polygon)방법은 행동권 연구에서 가장 많이 사용되는 방법으로 실제 추적 개체가 사용하지 않는 지역이 행동권으로 계산되는 영향을 줄이기 위해 95%의 좌표를 사용하였다(Sekerciogulu et al. 2007; Yang et al. 2008). 그리고 점집합을 이용해 확률 밀도를 산출하기 위한 공간 이용도를 밀도로 표현한 선을 사용해 행동권을 산출하는 Kernel method(Worton 1989)를 병행 분석하였다. Kernel 방법은 MCP 방법보다 편향이 적고, 복잡한 위치 패턴에서 유용성(flexibility)이 높은 것으로 알려져 있다(Gitzen et al. 2006). 모든 위치좌표에서 돌출된 외곽 위치좌표를 제외한 행동권은 MCP 95%, Kernel 95%를 분석하였고, 행동권의 핵심공간(core area)은 Kernel 50%를 적용하여 분석하였다.

2) 활동성 분석

개체별 활동성(Activity) 분석은 원격무선추적을 실시한 개체 중 일간 시간대별 위치 좌표가 확보된 2번 개체와 3번 개체를 대상으로 하였고, 수집한 GPS 좌표의 시간차를 이용해 분석하였다. 특정 시간대의 GPS 기반 자료가 야생동물 활동에 대한 적절한 척도로 사용될 수 있음을 제시한 Ensing 등(2014)의 방법을 적용하였고, 좌표 간 거리와 고도 값을 적용한 거리 도출을 통한 각 개체의 시간대별 활동성은 다음의 산식으로 도출하였다. 분석은 ArcGIS 10.3.1(ESRI Inc.)을 이용하였다.

$$S_{AB} = \frac{D_{alt}}{t_B - t_A}$$

S_{AB} is the average speed between two coordinates A and B in km/h, D_{alt} is the altitude corrected travel distance in km as calculated in equation 2 and t is the time stamp of the GPS coordinate determination in A and B in hours

III. 결과 및 고찰

1. 뉴트리아의 행동권과 일간 평균 이동거리

원격무선추적 개체의 평균 행동권은 MCP 95%에서 $0.043 \pm 0.058 \text{ km}^2$, K 95%에서 $0.085 \pm 0.071 \text{ km}^2$ 로 나타났고, 핵심공간인 K 50%에서는 $0.018 \pm 0.014 \text{ km}^2$ 로 확인되었다(Table 2, Figure 3). 2번 암컷 개체는 MCP 95%에서 0.012 km^2 , K 50%에서 0.008 km^2 의 행동권을 보였고, 3번 수컷 개체는 MCP 95%에서 0.104 km^2 , K 50%에서 0.034 km^2 로 추적 개체 중 가장 넓은 행동권을 나타내었다. 6번 수컷 개체는 MCP 95%에서 0.013 km^2 , K 50%에서 0.012 km^2 의 행동권을 나타내었다. 성별로는 수컷이 MCP 95%에서 0.058 km^2 로 나타나 0.012 km^2 의 행동권을 보인 암컷에 비해 0.046 km^2 넓은 행동권을 보였다. 야간 시간대 MCP 95%에서는 0.039 km^2 의 행동권을 보여 주간 시간대의 행동권 0.024 km^2 와 비교하여 0.015 km^2 넓은 행동권을 나타내었다. 그리고 개체 간 행동권의 중첩이 확인되었는데, 이는 개체 간 상호작용에 따른 결과로 추정된다. 일반적으로 뉴트리아 무리는 여러 암컷과 한 개체의 수컷으로 구성되며(Gosling & Baker 1989, Guichon et al. 2003), 개체 간 상호작용에 의해 순위제를 나타내고 수컷의 영역이 설정된다(Warkentin 1968; Regiani et al. 1993). 뉴트리아 개체 간 상호작용을 파악하고 그 원인을 명확하게 알아내기 위해서는 연구 사례 확대와 함께 개체 간 활동특성의 시간적 차이에 관한 면밀한 검토가 필요하다.

추적 개체의 일간 평균 이동거리를 분석한 결과, 2번

암컷 개체의 일간 평균 이동거리는 $372.1 \pm 205.2 \text{ m}$, 일간 최대 이동거리는 664 m 로 확인되었고, 3번 수컷 개체의 일간 평균 이동거리는 $831.1 \pm 361.1 \text{ m}$, 일간 최대 이동거리는 $1,278 \text{ m}$ 로 나타났으며, 6번 수컷 개체의 일간 평균 이동거리는 $523.9 \pm 337.6 \text{ m}$, 일간 최대 이동거리는 868 m 로 확인되었다(Table 3). 본 연구는 동일한 먹이자원이 조성된 환경에서 수행되었으므로 수컷 개체가 암컷 개체에 비해 긴 이동거리를 나타낸 부분은 성별의 차이가 반영된 결과로 판단된다. 그러나 암컷과 수컷의 성비가 일치하지 않고, 추적 개체수가 적어 국내 서식하는 뉴트리아 전체의 이동 특성을 설명할 수 없으므로 추가적인 연구를 통한 규명이 필요할 것으로 사료된다.

물에 의지하여 살아가는 뉴트리아는 수변부나 하중도 일대에 굴을 형성하여 살아간다(Gosling 1977). 수컷은 하루 중 많은 시간을 자신의 세력 범위 내 침입자를 경계하는데 소비하며, 이로 인하여 암컷에 비해 넓은 행동권을 가진다(Doncaster & Micol 1989, Gosling & Baker 1989). 뉴트리아는 뛰어난 이동능력을 보유하고 있음에도 불구하고 외부간섭이 없는 환경이라면 태어난 지역을 벗어나지 않고 정착하여 살아가려는 습성을 나타낸다(Alive 1968). 이에 따라 자신이 형성한 굴을 중심으로 45 m (Adams 1956), 60 m (Kim 1980), 180 m (Nowak & Walker 1999) 등 일정한 범위 내에서 생활하는 것으로 알려져 있다.

그러나 서식지 환경이 생존에 불리하게 변모하거나 서식지 내 개체 밀도가 포화 상태에 이른 경우에는 서식에 유리한 환경 조건을 찾아 이동하려는 습성을 보인다(Alive 1968). Gosling과 Baker(1989)가 영국

Table 2. Home range size (km^2) of nutria by individual, sex and time

Method	Individuals				Sex		Time	
	No.2 (female)	No.3 (male)	No.6 (male)	Mean ($\pm SD$)	Male (N=2)	Female (N=1)	Day (N=3)	Night (N=3)
MCP 95%	0.012	0.104	0.013	0.043 (0.058)	0.058	0.012	0.024	0.039
K 95%	0.032	0.166	0.056	0.085 (0.071)	0.111	0.032	0.042	0.097
K 50%	0.008	0.034	0.012	0.018 (0.014)	0.023	0.008	0.009	0.021

SD: standard deviation; MCP: minimum convex polygon method; K: kernel method.

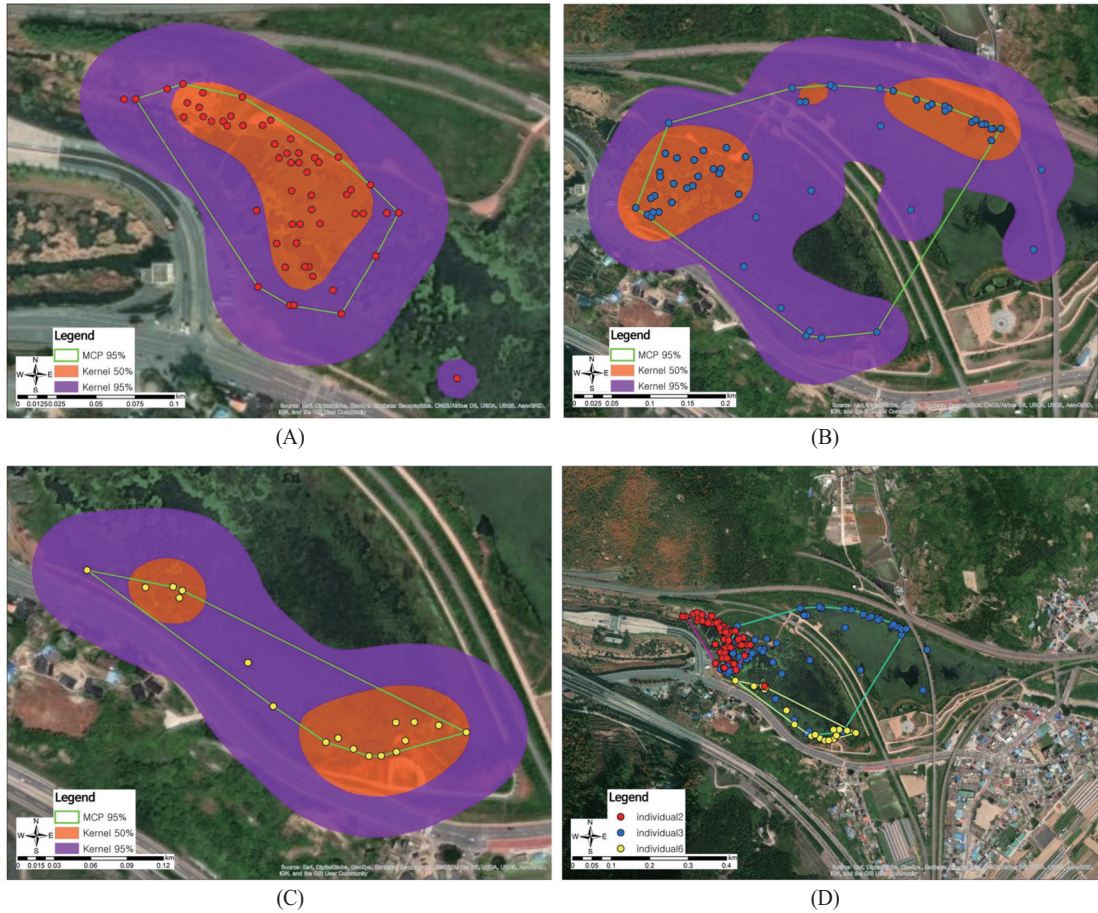


Figure 3. Home range of Nutria in study site. (A) No.2 home range, (B) No.3 home range, (C) No.6 home range, (D) view of individuals. dots indicate remote radio tracking coordinates of nutria. The tracking period for No.2 and No.3 was from March to May 2015, and No.6 was carried out in May 2015. MCP: minimum convex polygon method; K: kernel method.

Table 3. Distances (m) of nutria's daily movement

Method	Individuals		
	No.2 (female)	No.3 (male)	No.6 (male)
Mean daily movement ± SD	372.1 ± 205.2	831.1 ± 361.1	523.9 ± 337.6
Maximum daily movement	664	1278	868

에서 수행한 연구에 따르면, 먹이자원이 풍부하고 안정된 환경에서 살아가는 뉴트리아의 경우 수컷 0.068km², 암컷 0.03km²의 행동권을 보인 반면, 먹이자원이 부족하고 외부 간섭이 발생하는 지역에서는 수컷 0.939km², 암컷 0.463km²의 비교적 넓은 면적의 행동권이 나타내었다. 한편, 루이지애나에서 수행된 Coreil 등(1988)의 연구에서는 여름철 행동권을

0.072km², 겨울철 행동권을 1.38km²로 제시하여 계절 변화에 따른 뉴트리아 행동권의 변화를 보고한 바 있다. 야생동물의 행동권은 서식지역 내 개체 수용 한계와 서식지의 유형, 서식지역 내 먹이자원의 양과 경쟁 정도 등 다양한 요인의 영향을 받는다(Hooven 1973; Haerstad & Bunnell 1979; Chelkowska et al, 1985; Gosling & Baker 1989).

본 연구에서 확인된 뉴트리아의 행동권과 이동 양상은 비교적 안정적인 서식 환경에서 나타난 결과로 보여진다. 연구 기간 동안 연구지역 내에서 포획활동을 철저히 배제하였고, 뉴트리아 서식지역의 활동영역 내 도로 등 인위적인 간섭요인이 존재하지 않으며, 연구지역에는 마름(*Trapa japonica*)과 줄(*Zizania latifolia*) 등 뉴트리아의 선호 먹이자원이 풍부하게 존재하여(Lee et al. 2013b) 안정적인 서식조건이 형성된 것으로 판단된다. 향후 본 연구를 확대하고 결과의 활용성을 증대하기 위해서는 서식지 환경변화와 이에 따른 영향, 계절 변화에 따른 서식지 선택과 이동패턴의 변화 등이 반영된 개체 또는 개체군 단위의 정밀한 행동특성이 규명될 필요가 있으며, 이를 위해서는 추적표본의 증가와 장기적인 추적 연구가 고려되어야 할 것이다.

2. 시간대별 활동성

개체별 활동성을 분석한 결과, 2번 암컷 개체의 활동성은 일일 평균 24.13±17.88로 확인되었다(Figure 4). 오전 01시(57.92) >오전 06시(54.24) >오전 02시(49.04) >오후 17시(48.88) 순으로 높은 활동성을 보였으며, 오후 14시(1.00) >오전 11시(1.33) >오후

12시(4.43) >오후 16시(5.31) 순으로 낮은 활동성을 나타내었다. 3번 수컷 개체의 활동성은 일일 평균 65.84±67.81로 확인되어 2번 암컷 개체에 비해 높은 활동성을 보였다. 오전 06시(318.93) >오후 22시(163.80) >오후 19시(129.03) >오전 05시(96.56) 순으로 높은 활동성을 보였으며, 2번 암컷 개체가 높은 활동성을 보인 오전 01시(74.64), 오전 06시(318.93), 오전 02시(65.41), 오후 17시(57.36)에도 높은 활동성을 나타내었다. 오후 13시(1.97) >오후 14시(2.10) >오전 09시(8.59) >오전 08시(12.00) 순으로 낮은 활동성이 확인되었고, 2번 암컷 개체가 낮은 활동성을 보인 14시에는 3번 수컷 개체도 낮은 활동성을 나타내었다. 개체별 활동성 분석 결과를 종합하면, 일몰 전후 시간대부터 일출 전후에 이르기까지 지속적인 활동성이 확인되었다. 뉴트리아는 야간에 많은 활동성을 보이며 섭식활동이 집중된다(Gosling 1979). 본 연구에서 확인된 야간의 집중적인 활동은 야행성 동물인 뉴트리아의 특성이 그대로 반영된 결과로 판단된다. 한편, 수컷이 암컷에 비해 높은 활동성을 나타내었는데, 이는 수컷이 자신의 영역을 지키고 다른 개체의 침입을 배제하는 경계활동에 하루 중 많은 시간을 소비하는 습성(Gosling 1977)과 관련이 있을 것

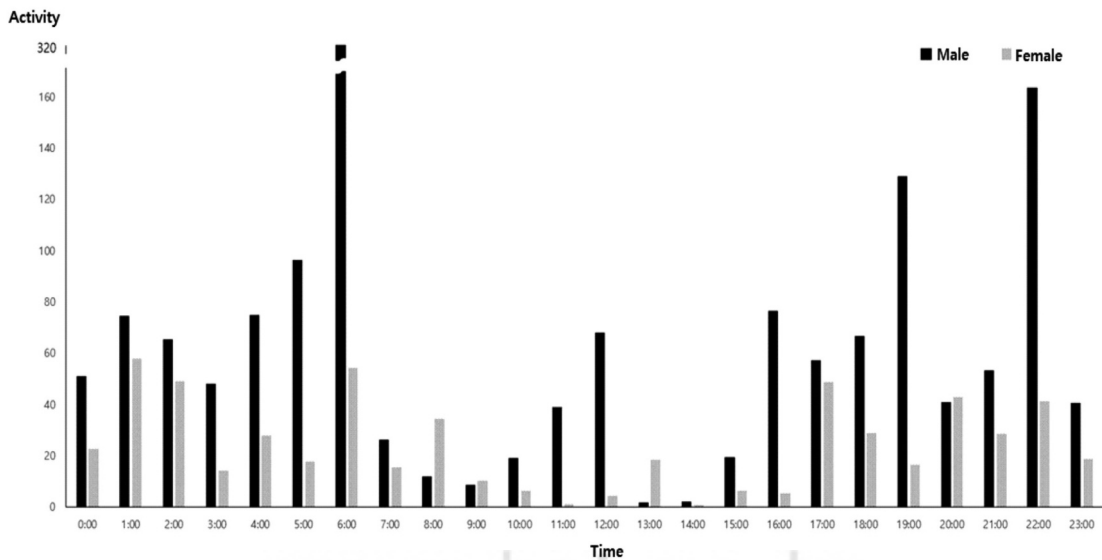


Figure 4. Daily time zone activity at the study site of female and male individuals in nutria. The tracking period for No.2 and No.3 was from March to May 2015.

으로 추정된다. 이러한 활동 습성은 수컷이 암컷에 비해 높은 사망률을 보이는 원인이 되기도 한다 (Doncaster & Micol 1989). 본 연구에서는 높은 빈도는 아니지만, 낮 시간대에도 지속적인 활동성을 보였는데, 이와 관련하여 Lowery(1974)는 뉴트리아는 기본적으로 야행성 동물에 속하지만, 먹이와 기상 조건에 따라 낮 시간대에도 충분히 활동할 수 있음을 설명하였다. 특히, 겨울철 낮은 기온과 먹이자원의 부족은 낮 시간대의 활동성을 증가시키는 주요 요인이 될 수 있다(Gosling et al. 1980b).

본 연구 결과는 국내 자연에 서식하는 뉴트리아의 기초적인 행동 습성을 이해하는데 있어 유용한 자료로 활용될 수 있다. 아울러, 야간에 집중적으로 설치하여 운용하는 포획트랩의 효과와 낮 시간대 포획트랩 운용의 필요성, 모니터링 시 야간조사의 효율성 등 관리방안 수립과 현장 적용 측면에서 실효적인 정보로 이용이 가능할 것으로 판단된다.

향후 추가되는 연구에서는 정부 차원의 뉴트리아 관리 효율성을 제고하기 위해 계절별 활동성과 선호 서식지 파악을 위한 연구가 고려될 필요가 있다. 뉴트리아의 활동은 생활근거지 주변 수역의 수온과 서식지역 기온에 크게 영향을 받으므로(Warkentin 1968) 계절 등 시간의 물리적 변화에 따라 행동양상을 달리 전개할 수 있다. 특히, 겨울철 부족한 먹이자원 확보를 위한 탐색 활동의 증가와 결빙되지 않은 수역을 찾기 위한 장거리 탐색활동, 그리고 겨울철 낮은 온도에 견디기 위한 활동성 감소와 활동시간대의 변화(Gosling et al. 1983; Moinard et al. 1992), 여름철 높은 기온을 회피하기 위한 행동 패턴 변화와 외부 온도 변화에 따른 섭식 시간의 변화(Gosling 1979; Chabreck et al. 1981) 등 계절적인 변화와 함께 동반되는 다양한 외부 환경 변화는 뉴트리아의 활동 시간대 뿐 아니라, 행동권 크기, 서식지 선택과도 밀접한 연관이 있을 것으로 추정된다.

IV. 결론

본 연구에서는 한국에 정착한 뉴트리아의 행동 특성을 파악하여 관리기술의 개선과 효과적인 관리전략 수립에 필요한 기초자료를 제공하고자 했다. 야생동

물의 행동권 연구는 동물의 활동 반경과 패턴, 이동 특성을 파악하는데 있어 용이하고, 서식지 이용 특성과 행동 생태에 관한 이해의 폭을 넓히는 측면에서 그 활용도가 높다.

연구 대상종인 뉴트리아의 침입성은 이미 전 세계적으로 널리 알려져 있으며, 몇몇 유입 지역에서는 국가적인 차원의 관리를 실행한 바 있다(Kil et al. 2015). 영국, 이탈리아, 미국 등 뉴트리아 관리국가에서는 행동과 활동에 관한 연구를 통하여 관리 대상 생물종을 상세히 이해하였고, 지역 단위의 관리정책을 수립하고 추진하는데 있어 관련 연구 결과를 유용하게 활용하였다.

최근 정부에서는 국가 세부계획으로 “제1차 외래생물 관리계획(2014-2018)”에 이어 “제2차 외래생물 관리계획(2019-2023)”을 수립하여 추진 중에 있으며(ME 2014; 2019), 해당 관리계획에서는 2023년까지 국토 내 정착한 뉴트리아의 완전한 퇴치를 관리의 최종 목표로 제시하고 있다. 또한 향후 뉴트리아와 같은 침입외래생물에 대한 선제적 대응 강화와 이미 확산된 침입외래생물을 제어하기 위한 강도 높은 관리정책의 추진을 강조하고 있다. 침입외래생물의 관리정책을 추진함에 앞서 개체 또는 개체군 단위의 행동과 이동, 활동성 등 기초적인 생태 자료를 우선적으로 확보하는 일은 관리 효율성의 즉각적인 개선에 도움이 될 뿐 아니라, 생태계 균형과 복원 관점의 관리전략 추진과도 깊은 연관이 있다.

본 연구에서 보고한 뉴트리아의 행동권과 이동에 관한 정보, 그리고 05시부터 06시, 17시부터 22시, 01시부터 02시까지 등 특정 시간대에 보이는 높은 활동성과 낮은 활동성을 보이는 시간대에 관한 기초적인 자료는 지역별 관리구역의 공간적인 구획과 관리자원 집중 시기의 결정, 개체 추적 포획 기술 개발에 있어 유용한 자료로써 관리기술 개선과 관리의 효율성 증진 측면에서 가치가 있다. 연구에서 확인된 뉴트리아의 평균 행동권은 0.043km²로 관련 선행 연구 결과(Lohmeier 1981; Doncaster & Micol, 1989; Reggianni et al. 1993; Nolfo-Clements 2009; Milholland et al. 2010)와 비교하여 평균적인 수준으로 나타났다. 향후 뉴트리아의 서식지 특성, 먹이

자원의 분포 변화, 계절별 환경 변화 요인 등을 반영하면 한국에 정착한 뉴트리아 개체군의 행동특성을 보다 상세하고 객관적으로 설명할 수 있을 것이다.

단기간 제한적인 공간 범위에서 이루어진 본 연구 결과를 토대로 한국의 서식하는 전체 뉴트리아 개체군을 대표하여 설명하기 어렵지만, 법적관리종의 생태 기반 관리 측면에 있어 필수적으로 요구되는 행동 관련 연구를 시도한 부분과 향후 관련 연구 추진에 앞서 참고할 수 있는 선행 사례를 제시한 측면에서 또 다른 의미가 있을 것으로 사료된다. 이어지는 연구에서는 본 연구에서 사용한 원격무선추적방법 뿐 아니라, Haramis와 White(2011)가 보고한 dual micro GPS/VHF를 활용한 뉴트리아 추적 사례 등을 적용하여 결과를 비교 검토하면 행동특성에 관한 상세한 규명과 행동기작 간 연관성을 밝히는데 있어 유용할 것으로 판단된다. 또한 한국은 계절적인 변화가 뚜렷하고 겨울철 낮은 기온이 형성되는 만큼 시계열적 변화에 따라 다양한 행동 양상이 나타날 것으로 추정되므로 이와 관련된 연구의 장기적 관점에서의 추진은 시기별 적용 가능한 관리방안의 수립과 시공간적 서식 변화상에 따른 유연한 관리전략 적용 측면에 있어서도 중요하다.

사사

본 연구는 국립생태원(NIE-A-2020-12)과 한국 환경산업기술원(201800227001)의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

References

- Abbas A. 1988. Impact du Ragondin (*Myocastor coypus* Molina) sur une Culture de Mais (*Zea mays* L.) dans le Marais Poitevin. Acta Oecol-Oec Appl. 9(2): 173-189.
- Adams WH. 1956. The nutria in coastal Louisiana. Proceedings of the Louisiana Academy of Science. 14: 28-41.
- Aliiev FF. 1965. Growth and development of nutrias' functional features. Fur Trade Journal of Canada. 42(11): 2-3.
- Aliiev FF. 1966. Numerical Changes and the Population Structure of the Coypu (*Myocastor coypus*) in Different Countries. Säugetierkd Mitt. 15: 238-242.
- Aliiev FF. 1968. Contribution to the Study of Nutria-Migrations (*Myocastor coypus*). Säugetierkd Mitt. 16: 301-303.
- ArcGIS Pro. Tool Reference. Available from: <http://pro.arcgis.com/en/pro-app/tool-reference/spatial-analyst/kernel-density.htm> (accessed on 8 February 2017)
- Bertolino S, Angelici C, Monaco E, Monaco A, Capizzi D. 2012. Interactions between Coypu (*Myocastor coypus*) and bird nests in three mediterranean wetlands of central Italy. Hystrix It. J. Mamm. 22: 333-339.
- Borgnia M, Galante ML, Cassini MH. 2000. Diet of the Coypu (Nutria, *Myocastor coypus*) in Agro- Systems of Argentinean Pampas. J Wildl Manage. 64(2): 354-361.
- Bounds DL. 2000. Nutria: An Invasive Species of National Concern. Wetland Journal. 12(3): 9-16.
- Carter J, Foote AL, Johnson-Randall A. 1999. Modeling the effects of nutria (*Myocastor coypus*) on wetland loss. Wetlands. 19: 209-219.
- Convention on Biological Diversity (CBD). 2014. "Global Biodiversity Outlook 4". mid-term assessment of progress towards the implementation of the Strategic Plan for Biodiversity 2011-2020. Montreal. p.155.
- Chabreck RH, Love JR, Linscombe G. 1981. Foods and feeding habits of nutria in brackish marsh in Louisiana. Proceedings

- of the Worldwide Furbearers Conference. 1(1): 531-543.
- Chelkowska H, Walkowa W, Adamezyk K. 1985. Spatial Relationships in sympatric populations of the rodents: *Clethrionomys glareolus*, *Microtus agrestis* and *Apodemus agrarius*. *Acta Theriologica*. 30(2): 51-78.
- Cho CU, Gyun GH, Yang JJ, Lim SJ, Lee AN, Park HB, Lee BK. 2014. Home range and behavioral characteristics of the endangered Korea gorals (*Naemorbedus caudatus*) with GPS collar. *Korean Journal of Environment and Ecology*. 28(1): 1-9. [Korean Literature]
- Choi TY, Park CH. 2006. Home-range of raccoon dog *Nyctereutes procyonoides* living in the rural area of Korea. *J. Ecol. Field Biol*. 29(3): 259-263. [Korean Literature]
- Choi TY, Kwon H, Woo DG, Park CH. 2012. Habitat selection and management of the leopard cat (*Prionailurus bengalensis*) in a rural area of Korea. *Korean J. Environ. Ecol*. 26(3): 322-332. [Korean Literature]
- Cochran WW, Lord RD Jr. 1963. A radiotracking system for wild animals. *J. wildl. Mgmt*. 27: 9-24.
- Coreil PD, Perry HRJ. 1977. A collar for attaching radio transmitter to nutria. In *Proceedings of the Annual Conference, Southeastern Association of Fish and Wildlife Agencies*. 31: 254-258.
- Coreil PD, Zwank PJ, Perry HRJ. 1988. Female nutria habitat use in the intermediate marsh zone of coastal Louisiana. In *Proceedings of the Louisiana Academy of Science*. 51: 21-30.
- Denena MM, Manning RW, Simpson TR. 2003. Home range and movement of Nutria (*Myocastor coypus*) at Spring Lake in central Texas, with anecdotal comments on the American Beaver (*Castor canadensis*) of the same area. Museum of Texas Tech University.
- Doncaster CP, Micol T. 1989. Annual Cycle of a Coypu (*Myocastor coypus*) Population: Male and Female Strategies. *J. Zool. (London)*. 217: 227-240.
- Ensing EP, Ciuit S, de Wijs FA, Lentferink DH, ten Hodt A, Boyce MS, Hut RA. 2014. GPS based daily activity patterns in European red deer and North American elk (*Cervus elaphus*): indication for a weak circadian clock in ungulates. *PloS one* 9:9: e106997.
- Gitzen RA, Millsbaugh JJ, Kernohan BJ. 2006. Bandwidth selection for fixed-kernel analysis of animal utilization distributions. *The Journal of Wildlife Management*. 70(5): 1334-1344.
- Gosling LM. 1974. The Coypus in East Anglia. *Transactions of the Norfolk and Norwich Naturalists' Society*. 23: 49-59.
- Gosling LM. 1977. Coypu, *The Handbook of British mammals, Second Edition*, (G.B. Corbet and H.N. Southern, eds) 256-265. Blackwell Scientific Press. Oxford.
- Gosling LM. 1979. The twenty-four hour active cycle captive coypus (*Myocastor coypus*). *Journal of Zoology*. 187: 341-367.
- Gosling LM, Hudson LW, Addison GC. 1980a. Age Estimation of Coypus (*Myocastor coypus*) from Eye lens Weight. *J Appl Ecol*. 17: 641-648.
- Gosling LM, Guyon GE, Wright KM. 1980b. Diurnal activity of feral coypus (*Myocastor coypus*) during the cold winter of 1978-9.

- Journal of Zoology. 192: 143-146.
- Gosling LM, Baker SJ, Skinner JR. 1983. A Simulation Approach to Investigating the Response of a Coypu Population to Climatic Variation. *Bull. OEPP*. 13(2): 183-192.
- Gosling LM, Baker SJ. 1989. Demographic consequences of differences in the ranging behaviour of male and female coypus. *Mammals as pests*. 155: 167.
- Guichón ML, Doncaster CP, Cassini MH. 2003. Population Structure of Coypus (*Myocastor coypus*) in Their Region of Origin and Comparison with Introduced Populations. *J. Zool.* 261(3): 265-272.
- Haramis GMi, White TS. 2011. A beaded collar for dual micro GPS/VHF transmitter attachment to nutria. *Mammalia*. 75(1): 79-82.
- Harstad AS, Bunnell FL. 1979. Home range and body weight—a reevaluation. *Ecology*. 60: 389-402.
- Hooven EF. 1973. A wildlife brief for the clearcut logging of Douglas-Fir. *Journal of Forestry*. 71: 210-214.
- Hulme PE. 2009. Trade, transport and trouble: managing invasive species pathways in an era of globalization. *Journal of Applied Ecology*. 46: 10-18.
- Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES). 2019. Global Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services. <https://ipbes.net/global-assessment> (accessed on 6 January 2020)
- Korea Environment Institute (KEI). 2006. The Study on the status of alien animals introduced in Korea and classification of ecological risk class. Sejong.
- Kernohan BJ, Gitzen RA, Millsbaugh JJ. 2001. Analysis of animal space use and movements. Academic Press. 125-166.
- Kil JH, Lee DH, Kim YC. 2015. Effective Management of Invasive Nutria (*Myocastor coypus*) in the UK and the USA. *Ecol. Resil. Infrastruct.* 2(4): 265-273.
- Kim BJ, Choi TY, Park CH, Kim YJ, Lee H. 2008. A brief report of the short-term home range study of a pair of Raccoon dogs (*Nyctereutes procyonoides koreensis*) in a rural area of Gurye, Chonnam province, South Korea using radiotracking method. *Korean J. Environ. Ecol.* 22(3): 230-240. [Korean Literature]
- Kim BJ, Lee SD. 2011. Home range study of the Korean water deer (*Hydropotes inermis agyropus*) using radio and GPS tracking in South Korea: comparison of daily and seasonal habitat use pattern. *Journal of Ecology and Environment*. 34(4): 365-370.
- Kim P. 1980. The coypu (*Myocastor coypus*) in the Netherlands: reproduction, home range and manner of seeking food. *Lutra*. 23: 55-64.
- Kim YC, Kim A, Lim J, Kim TS, Park SG, Kim M, Lee DH. 2019. Distribution and Management of Nutria (*Myocastor coypus*) Populations in South Korea. *Sustainability*. 11(15): 4169.
- Kim YC, Hong SH, Lee C, Kim A, Park H, Park SG, Kim M, Lee DH. 2020. Studies on the establishment and characteristics of habitat use of muskrat (*Ondatra zibethicus*) in South Korea. *Korean J. Environ. Biol.* 38(1): 1-15. [Korean Literature]

- Korea Meteorological Administration. 2020. https://www.weather.go.kr/weather/climate/average_30years.jsp?yy_st=2011&stn=288&norm=Y&obs=0&cx=19&y=11 (accessed on 15 May 2020)
- LeBlanc DJ. 1994. Nutria. Prevention and Control of Wildlife damage. B71-B80.
- Lee DH, Kil J, Yang BG. 2012. Ecological Characteristics for the Sustainable Management of Nutria (*Myocastor coypus*) in Korea. National Institute of Environmental Research. [Korean Literature]
- Lee DH, Kil J, Kim DE. 2013a. The Study on the Distribution and Inhabiting Status of Nutria (*Myocastor coypus*) in Korea. Korean J. Environ. Ecol. 27(3): 316-326. [Korean Literature]
- Lee DH, Lee CW, Kil J. 2013b. A study on plant diet resource of nutria (*Myocastor coypus*) habitat in Nakdong-River. J. Environ. Impact Assess. 22(5): 491-511. [Korean Literature]
- Lee DH, Kil J. 2013. A study on morphology measurement and comparison of Nutria (*Myocastor coypus*) inhabiting in Korea. J. Environ. Impact Assess. 22(3): 241-254. [Korean Literature]
- Lee DH, Lee MS, Kim YC, Kim IR, Kim HK, Jeong DG, Lee JR, Kim JH. 2018. Complete Mitochondrial Genome of the Invasive Semi-Aquatic Mammal, Nutria *Myocastor coypus* (Rodentia; Myocastoridae). Conserv Genet Resour. 10(4): 613-616.
- Lee JB, Kim YK, Bae YS. 2014. Historical Review and Notes on Small Mammals(Mammalia: Erinaceomorpha, Soricomorpha, Rodentia) in Korea. Anim. Syst. Evol. Divers. 30(3): 159-175.
- Levins M, D'Antonio CM. 2003. Forecasting biological invasions with increasing international trade. Conservation Biology, 17(1): 322-326.
- Lohmeier L. 1981. Home range, movements and population density of nutria on a Mississippi pond. J. Miss. Academy. Sci. 26: 50-54.
- Lowery GH. 1974. The mammals of Louisiana and its adjacent waters. Louisiana State University Press. BatonRouge.
- Masters G, Norgrove L. 2010. Climate change and invasive alien species. CABI Working Paper 1, p.30.
- McNeely JA, Mooney HA, Neville LE, Schei P, Waage JK. (eds.) 2001. A Global Strategy on Invasive Alien Species. IUCN Gland, Switzerland, and Cambridge, UK. x + p.50.
- Ministry of Environment (ME). 2014. National Mid-Long Term Management Plan of Alien Species (2014-2018). Ministry of Environment. Sejong. [Korean Literature]
- Ministry of Environment (ME). 2019. National Mid-Long Term Management Plan of Alien Species (2019-2023). Ministry of Environment. Sejong. [Korean Literature]
- Merino SJ, Carter J, Thibodeaux G. 2007. Testing Tail-mounted Transmitters with *Myocastor coypus* (Nutria). Southeastern Naturalist, 6(1): 159-164.
- Milholland MT, Shumate JP, Simpson TR, Manning RW. 2010. Nutria (*Myocastor coypus*) in Big Bend National Park; a non-native species in desert wetlands. Texas Journal of Science. 62(3): 205-222.F
- Moinard C, Doncaster CP, Barre H. 1992. Indirect calorimetry measurements of

- behavioral thermoregulation in a semi-aquatic social rodent, *Myocastor coypus*. Canadian Journal of Zoology. 70: 907-911.
- National Institute of Ecology (NIE). 2019. Monitoring of invasive alien species designated by the act on the conservation and use of biological diversity(VI). [Korean Literature]
- Nolfo-Clements LE. 2009. Nutria survivorship, movement patterns, and home ranges. Southeastern Naturalist. 8(3): 399-410.
- Nowak RM, Walker EP. 1999. Walker's Mammals of the World. The Johns Hopkins University Press, Baltimore. 812-813.
- Paini DR, Sheppard AW, Cook DC, De Barro PJ, Worner SP, Thomas MB. 2016. Global threat to agriculture from invasive species. Proceedings of the National Academy of Sciences. 113(27): 7575-7579.
- Panzacchi M, Cocchi R, Genovesi P, Bertolino S. 2007. Population control of coypu (*Myocastor coypus*) in Italy compared to eradication in UK: a cost-benefit analysis. Wildl. Biol. 13: 159-172.
- Park SG, Lee DH. 2020. An inventory of alien mammals for ecological risk assessment in South Korea. Korean J. Environ. Biol. 38(1): 165-178. [Korean Literature]
- Reggiani G, Boitani L, D'antoni S, De Stefano R. 1993. Biology and control of the coypu in the Mediterranean area. Supplementi alle Ricerche di Biologia della Selvaggina. 21: 67-100.
- Secretariat of the Convention on Biological Diversity (SCBD). 2014. Global Biodiversity Outlook 4. Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal, Canada.
- Sekercioglu CH, Loarie SR, BRENES FO, Ehrlich PR, Daily GC. 2007. Persistence of forest birds in the Costa Rican agricultural countryside. Conservation Biology. 21(2): 482-494.
- Sherfy MH, Mollett TA, McGOWAN KR, Daugherty SL. 2006. A reexamination of age-related variation in body weight and morphometry of Maryland Nutria. Journal of Wildlife Management. 70(4): 1132-1141.
- Sikes RS, Gannon WL. 2011. The animal care and use committee of the American Society of Mammalogists. Guidelines of the American Society of Mammalogists for the use of wild mammals in research. Journal of Mammalogy. 92(1): 235-253.
- Warkentin JM. 1968. Observations on the behaviour and ecology of nutria in Louisiana. Tulane studies in Zoology and Botany. 15: 10-17.
- Willner GR, Dixon KR, Chapman JA. 1983. Age determination and mortality of the nutria (*Myocastor coypus*) in Maryland, U.S.A. Zeitschrift fur Säugetierkunde. 48: 19-34.
- Woods CA, Howland EB. 1979. Adaptive Radiation of Capromyid Rodents: Anatomy of the Masticatory Apparatus. J. Mammal. 60: 95-116.
- Woods CA, Contreras L, Willner-Chapman G, Whidden HP. 1992. *Myocastor coypus*. Mammalian Species. 398: 1.
- Worton BJ. 1989. Kernel methods for estimating the utilisation distribution in home-range studies. Ecology. 70: 164-168.
- Yang DH, Kim BH, Jung DH, Jeong HD, Jeong WJ, Lee BG. 2008. The studies on characteristics of home range size and

- habitat use of the Asiatic black bear released in Jirisan. Korean Journal of Environment and Ecology. 22(4): 427-434. [Korean Literature]
- Yim YJ, Jeon ES. 1980. Distribution of Naturalized Plants in the Korean Peninsula. Journal of Plant Biology. 23: 69-83. [Korean Literature]
- Zietsman L. 2011. Observations on Environmental Change in South Africa. SUN Press. 177p.