



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

농학석사 학위논문

수달(*Lutra lutra*)의  
먹이와 활동성의 계절적 차이

**Seasonal differences in diet and activity of  
the Eurasian Otter (*Lutra lutra*)**

2018년 8월

서울대학교 대학원  
산림과학부 산림환경학전공  
김 지 현

수달(*Lutra lutra*)의  
먹이와 활동성의 계절적 차이

**Seasonal differences in diet and activity of  
the Eurasian Otter (*Lutra lutra*)**

지도교수 이 우 신

이 논문을 농학석사 학위논문으로 제출함  
2018년 8월

서울대학교 대학원  
산림과학부 산림환경학전공  
김 지 현

김지현의 석사 학위논문을 인준함  
2018년 7월

위 원 장 \_\_\_\_\_ 김 현 석 (인)

부위원장 \_\_\_\_\_ 이 우 신 (인)

위 원 \_\_\_\_\_ 이 종 구 (인)

## 요약

야생동물의 생태적 특성을 파악하는 것은 해당 종의 장기적인 보전 및 관리를 위해 필수적이다. 특히 먹이와 활동성 변화에 관한 연구는 해당 종의 서식 상태에 관한 정보를 제공해주기 때문에 개체군 관리에 유용한 방법이 될 수 있다. 수달(*Lutra lutra*)은 습지 생태계 내 먹이사슬의 최상위에 위치하며 핵심종의 역할을 하는 것으로 알려져 있음에도 산업화 및 도시화, 수질오염 등 다양한 위협에 노출되어 있어, 국내·외에서는 보호종으로 지정하여 관리하고 있다. 그러나 국내에서 실시된 수달의 섭식생태에 관한 연구는 수달이 섭식한 먹이자원의 리스트를 밝히는 것이 대부분이며 활동성에 관한 연구는 포획 및 무선추적 등의 어려움으로 인해 기초자료조차 부족한 실정이다. 따라서 본 연구는 여름과 겨울의 수달이 섭식한 먹이자원과 먹이선호도 및 활동성의 차이를 파악하는 것을 목적으로 실시되었다.

이를 위하여 여름(2017년 6월부터 8월까지)과 겨울(2017년 12월부터 2018년 2월까지) 연구 대상지인 안산갈대습지 내에서 수달의 잠재 먹이 자원과 배설물을 채집하였다. 섭식한 먹이자원과 먹이 이용폭을 파악하기 위해 배설물에서 먹이 잔해물(food remains)을 분리하여 동정하였으며, 잠재 먹이자원 채집결과와 배설물 분석결과를 이용하여 먹이 선호도 지수를 산출하였다. 또한 양 계절 간 수달의 활동성(활동량, 활동패턴, 활동수준)비교를 위하여 여름(2017년 6월 16일부터 8월 31일까지), 겨울(2017년 12월 1일부터 2018년 2월 28일까지) 습지 내에 무인센서카메라(camera-trap)를 설치하여 수달을 촬영하였다.

먹이 분석결과, 수달은 경골어강에 대한 섭식율이 가장 높았으며 수달이 섭식한 먹이자원의 구성비는 양 계절 간 유의한 차이가 나타나지 않았다. 이는 본 연구 대상지인 안산갈대습지가 유속이 느려 물이 고여 있기 때문에 계절 변화에도 어류의 군집 구성에 큰 변화가 없는 것으로 판단된다.

양 계절 간 수달의 먹이에 대한 상대출현빈도와 생물량 비교 결과, 붕어와 잉어가 중요한 먹이자원으로 나타났다. 그리고 전체 어류에 대한 선호도를 비교한 결과, 계절에 상관없이 잉어를 가장 선호하는 것으로 나타났다. 이는 잉어가 수면 가까이에서 느린 속도로 헤엄치며 수심이 얕은 습지의 가장자리에서 활동하기 때문에 수달이 섭식하기 용이한 먹이 자원이었을 것으로 판단된다. 붕어의 경우 섭식 빈도가 높았으나 특별한 선호도는 나타나지 않았는데, 이는 습지 내 개체수가 풍부하고, 크기가 작아 수달이 섭식하기 쉬웠기 때문인 것으로 생각된다. 배설물 1개에 출현한 먹이자원의 수와 먹이 이용 폭(FNB, FNBst)의 결과를 통해 수달은 여름에 더 다양한 먹이자원을 이용한 것으로 나타났다. 이는 여름에는 겨울에 비해 다양한 생물들이 활동하여 수달이 이용할 수 있는 먹이 자원이 늘어나기 때문에 나타난 결과로 판단된다.

활동량은 여름보다 겨울에 현저하게 낮게 나타났다. 이를 통해 수달은 겨울에 움직임을 최소화하고 휴식에 많은 시간을 할애하여 체온을 유지하는 것으로 생각된다. 활동패턴은 양 계절 모두 일출·일몰 시간대에 활발히 활동하는 박명박모성(薄明薄暮性, crepuscular)이었으나 계절에 따라 변화하는 광주기의 영향으로, 활동이 활발한 시간대는 약간의 차이가 있는 것으로 나타났다. 활동수준은 여름 48%, 겨울 50%로 나타났으나 양 계절 간 유의한 차이는 보이지 않았다. 활동수준은 활동패턴을 정량화한 값이기 때문에 활동패턴이 유사한 경우 활동수준에도 큰 차이가 없는 것으로 생각된다.

결론적으로 안산갈대습지에 서식하는 수달은 양 계절 모두 어류, 특히 잉어를 가장 선호하였으며 일출과 일몰 시간대에 활동적인 것으로 나타났다. 먹이와 활동성 결과를 종합적으로 고려하였을 때 수달은 가장 선호하는 먹이자원인 잉어가 계절에 상관없이 서식지 내에 충분하기 때문에 활동수준을 변화시킬 필요가 없었을 것으로 생각된다. 이에 따라 서식지 내 먹이자원이 계절에 상관없이 충분히 유지될 경우, 먹이자원의 가용성에 의해 수달의 활동성이 제약을 받지 않는 것으로 생각된다.

따라서 추후 연구에서는 계절에 따라 서식지 내 군집의 구성이 변화하는 지역에서 수달의 먹이와 활동성의 변화를 파악할 필요가 있을 것으로 생각된다.

**주요어** : 먹이, 배설물 분석, 수달, 활동량, 활동수준, 활동패턴

**학 번** : 2016-21458

# 목 차

I. 서론 .....	1
II. 연구사 .....	4
1. 수달에 관한 연구 .....	4
2. 수달의 섭식생태에 관한 연구 .....	6
3. 활동성에 관한 연구 .....	9
III. 재료 및 방법 .....	12
1. 연구 대상지 .....	12
2. 연구방법 .....	15
2.1. 먹이 분석 .....	15
2.1.1. 배설물 및 잠재 먹이자원 채집 .....	15
2.1.2. 먹이 동정 .....	17
2.1.3. 통계분석 .....	19
2.2. 활동성 분석 .....	21
2.2.1. 무인센서카메라 설치 및 자료 수집 .....	21
2.2.2. 통계분석 .....	22
IV. 연구결과 및 고찰 .....	26
1. 수달의 먹이 분석 .....	26
1.1. 먹이의 구성과 다양성, 선호도 비교 .....	26
1.1.1. 전체 먹이의 구성 .....	26
1.1.2. 계절에 따른 먹이의 구성 및 다양성 비교 .....	27

1.1.3. 계절에 따른 먹이 선호도 비교 .....	37
1.2. 고찰 .....	39
<b>2. 수달의 활동성 분석 .....</b>	<b>41</b>
2.1. 활동량과 활동패턴, 활동수준 비교 .....	41
2.1.1. 무인센서카메라 촬영 결과 및 계절에 따른 활동량 비교 .....	41
2.1.2. 계절에 따른 활동패턴 및 활동수준 비교 .....	44
2.2. 고찰 .....	48
<b>V. 종합 고찰 .....</b>	<b>49</b>
<b>VI. 결론 .....</b>	<b>52</b>
<b>인용문헌 .....</b>	<b>54</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>79</b>



## List of table

Table 1. Definitions for four possible activity types of the Eurasian Otter ( <i>Lutra lutra</i> ) used in this study (Munro <i>et al.</i> 2006; Pépin <i>et al.</i> 2006) .....	24
Table 2. Range of sunrise and sunset times in summer and winter at Ansan City, the Republic of Korea (data from the Korea Astronomy and Space Science Institute database) .....	25
Table 3. Frequency and biomass of 22 prey items of the Eurasian Otter ( <i>Lutra lutra</i> ) at Ansan Reed Wetland in Ansan City, the Republic of Korea. Percentages are presented in parentheses. ....	28
Table 4. Mean number of prey classes and families per scats prey item of the Eurasian Otter ( <i>Lutra lutra</i> ) at Ansan Reed Wetland in Ansan City, the Republic of Korea .....	36
Table 5. Potential and used prey with Ivlev's electivity index of the Eurasian Otter ( <i>Lutra lutra</i> ) at Ansan Reed Wetland in Ansan City, the Republic of Korea .....	38
Table 6. Number and daily mean number of photos with the Eurasian Otter ( <i>Lutra lutra</i> ) recorded in camera traps at Ansan Reed Wetland in Ansan City, the Republic of Korea. ....	42
Table 7. Difference in the frequency per trap day (Mean±SD) among three time periods by One-way ANOVA and Tukey Student ized multiple range test (p<0.05). Daily activity patterns of t he Eurasian Otter ( <i>Lutra lutra</i> ) were categorized based on t he difference at Ansan Reed Wetland in Ansan City, the Re public of Korea .....	45
Table 8. Estimates of percentage by time active (activity level) for th	

e Eurasian Otter (*Lutra lutra*) at Ansan Reed Wetland in Ansan City, the Republic of Korea, estimated from the distribution of camera trapping photos over the daily cycle. .... 47

## List of figure

- Figure 1. Location and map of the study area (Ansan Reed Wetland; red polygon) at Ansan City in the Republic of Korea ..... 14
- Figure 2. Data collection points at Ansan Reed Wetland in Ansan City, the Republic of Korea (▲: scats, ■ : potential preys, ● : camera-traps) ..... 16
- Figure 3. Fish identification key of opercular (A), preopercular (B), infraopercular (C), paryngeal teeth (D) (차수민 2001) ..... 18
- Figure 4. Prey composition by class presented as frequency occurrence in the Eurasian Otter (*Lutra lutra*) at Ansan Reed Wetland in Ansan City, the Republic of Korea (summer: n=190, winter: n=90) ..... 33
- Figure 5. Prey composition by class presented as relative frequency occurrence in the Eurasian Otter (*Lutra lutra*) at Ansan Reed Wetland in Ansan City, the Republic of Korea (summer: n=190, winter: n=90) ..... 34
- Figure 6. Prey composition by family presented as relative frequency occurrence in the Eurasian Otter (*Lutra lutra*) at Ansan Reed Wetland in Ansan City, the Republic of Korea (summer: n=149, winter: n=44) ..... 35
- Figure 7. Comparison of summer and winter for number of photos by camera-trap photographic records with the Eurasian Otter (*Lutra lutra*) at Ansan Reed Wetland in Ansan City, the Republic of Korea ( $p < 0.001$ ) ..... 43
- Figure 8. Comparison of daily distribution of kernel density probabilities for the Eurasian Otter (*Lutra lutra*) between summer (bl

ack line; June to August in 2017) and winter (grey line; December 2017 to February 2018) at Ansan reed Wetland in Ansan City, the Republic of Korea. Two bars above the panel indicate the composition of daytime (white) and nighttime (black) in two different seasons. Grey coloured parts in the bars indicates the temporal variation in the time of sunrise and sunset in each season ..... 46

# I. 서론

수달류는 식육목(Carnivora) 족제비과(Mustelidae) 수달아과(Lutrinae)에 속하며 7속 13종으로 분류되고 국내에 유일하게 서식하는 수달(Eurasian Otter, *Lutra lutra*)은 아시아, 아프리카 북부 끝의 일부 지역, 유럽의 중부 덴마크부터 서부 독일을 거쳐 프랑스 등에 분포하고 있다(Mason and Macdonald 2009).

반수생 포유류인 수달은 수생태계 내 먹이사슬에서 최상위에 위치하며 서식지 내에 풍부한 먹이자원을 섭식하는 기회주의적 포식자이다(Mason and Macdonald 2009; Almeida *et al.* 2012; Krawczyk *et al.* 2016). 수달은 포식을 통해 먹이사슬을 구성하는 군집의 구조에 영향을 미치며, 먹이자원이 되는 개체군의 밀도를 조절하는 역할을 담당한다(Mills *et al.* 1993). 또한 마땅한 천적이 없는 외래종의 개체수를 감소시켜 수생태계의 건강도를 높이는 등 생태적으로 중요한 역할을 담당하는 핵심종이다(Mason and Macdonald 2009; Britton *et al.* 2017). 하지만 이와 같이 생태적으로 중요한 역할을 함에도 불구하고 수달은 하천의 직선화, 수질오염 등으로 인한 서식지 소실, 먹이자원 감소 등 다양한 위협에 노출되어 있어 보호가 필요한 종으로 인식되고 있다(Schenck and Staib 1992; Serfass *et al.* 1993; Kimber *et al.* 2000). 이에 따라 현재 세계자연보전연맹(International Union for the Conservation of Nature: IUCN)의 적색목록(Red list)에 준위협종(Near threatened)으로 지정되었으며(Temple and Terry 2009; Baillie *et al.* 2014), 멸종위기에 처한 야생동·식물의 국제거래에 관한 협약(Conservation on International Trade in Endangered Species of Fauna and Flora: CITES)의 부속서 I에 등재되어 있다(Hilton-Taylor 2000). 한편 국내에서는 천연기념물 제330호, 멸종위기야생생물 I 급으로 지정되어 법적으로 보호되고 있다(문화재청 2001; Kim *et al.* 2011).

이처럼 수달을 비롯한 보호의 필요성이 높은 야생동물을 장기적으로 보전·관리하기 위해서는 해당 종이 가지고 있는 다양한 생태적 특성을 파악하는 것이 중요하다(Fryxell *et al.* 2014). 이 중 먹이자원은 야생동물의 번식, 성장 등 생존과 밀접한 관련이 있다(Robbins 2012). 특히 이용하는 먹이자원이 한정적인 종의 경우 섭식 생태에 대한 정보는 해당 종의 보전 및 관리 방안 마련을 위해 필요하다(Kloskowski *et al.* 2013; Atkins *et al.* 2017). 야생동물은 먹이자원을 이용함에 있어서 환경에 따라 유연하게 대처하는 특성이 있기 때문에 주어진 환경에서 주요 먹이자원이 부족해지면 이를 대체할 다른 먹이자원을 이용한다(Ruiz-Olmo and Jiménez 2009; Almeida *et al.* 2012; Atkins *et al.* 2017). 이러한 먹이자원의 이용 변화에 영향을 주는 요인에는 계절, 기후, 서식지의 변화 등과 같은 시·공간적인 요인이 있으며(Day *et al.* 2015), 이 중 계절 변화 특히 겨울에 발생하는 먹이자원의 부족, 적설이나 결빙과 같은 물리적인 장애로 인한 이용의 어려움은 개체군의 크기를 제한하는 요인이 될 수 있다(Reid *et al.* 1994; Stenseth *et al.* 2016).

먹이자원뿐만 아니라 활동성(activity)에 대한 연구 또한 야생동물의 보전·관리에 중요한 역할을 차지한다(Bridges and Noss 2011). 활동성이란 먹이자원, 번식, 세력권 확보 등과 같은 생존을 위해 움직이는 모든 활동을 의미한다(Halle and Stenseth 2012). 활동성 변화에 대한 연구는 야생동물이 활동하는 데에 적합한 시간대의 예측이 가능하고, 활동에 영향을 주어 개체군의 성장을 저해하는 외부요인을 파악할 수 있기 때문에 개체군 관리에 유용하게 이용될 수 있다(Estes *et al.* 1982; Munro *et al.* 2006; Martin *et al.* 2010; Halle and Stenseth 2012; O'Connor and Rittenhouse 2017). 환경변화에 따른 먹이자원의 이용 패턴 변화는 야생동물의 활동성에도 영향을 미치게 된다(Zielinski *et al.* 1983). 따라서 활동성에 대한 이해는 해당 종의 먹이활동 전략을 파악할 수 있으며, 활동성의 정량화는 계절에 따른 에너지 소비 정도를 비교하는 척도가 된다(Green and Bear 1990; Schmidt-Nielsen 1997; Kronfeld-Schor and

Dayan 2003). 활동성에 영향을 미치는 요인들은 번식기, 연령과 성별, 천적·피식자의 활동패턴, 계절에 따른 광주기의 변화, 인간에 의한 교란 등이 있으며 이러한 외부요인들에 따라 야생동물들은 생존에 가장 유리한 상태로 활동성을 변화시킨다(Zielinski *et al.* 1983; Kolowski *et al.* 2007; Stevens and Serfass 2008; Martin *et al.* 2010; Halle and Stenseth 2012; Pagon *et al.* 2013; Ikeda *et al.* 2016).

이와 같은 먹이자원과 활동성에 대한 연구는 ‘최적먹이획득이론(optimal foraging theory)’으로 그 관계를 설명할 수 있다(Day *et al.* 2015). 야생동물은 변화하는 환경에서 시간과 자원을 가장 합리적인 방법으로 이용하는 경향이 나타난다(Parker and Smith 1990; Worman and Chapman 2005; Stenseth *et al.* 2016). 따라서 먹이자원의 이용과 활동성에 관한 연구는 모두 해당 종의 서식에 대한 주요한 정보를 제공해주며, 주어진 환경에서 야생동물이 최적의 상태로 서식하는지를 판단하기 위해 필수적인 요소이다(Pyke 1984).

이에 본 연구는 수달이 여름과 겨울에 이용하는 먹이자원과 선호도, 활동성의 차이를 파악하는 것을 목적으로 수행되었다. 이를 위해 여름과 겨울의 배설물 분석을 통한 먹이자원 파악 및 무인센서카메라를 이용하여 활동성 조사를 실시하였다. 계절에 따른 수달의 먹이와 활동성 차이에 대한 본 연구에서는 1) 계절에 따라 서식지 내 먹이류의 군집 구성이 변화하기 때문에 기회주의적 포식자인 수달의 먹이구성과 먹이자원 선호도는 계절별로 차이를 보일 것이며, 특히 겨울에 비해 여름에 먹이의 다양성이 더 높게 나타날 것이라는 가설을 검증하였다. 또한 2) 수달은 계절에 따라 달라지는 서식환경의 변화로 인해 체온유지를 위한 활동량이 변할 것이고, 활동패턴은 계절 변화에 따라 달라지는 광주기의 영향을 받을 것이며, 이에 따라 활동수준은 겨울에 약간 높게 나타날 것이라는 가설도 함께 검증하고자 하였다.

## II. 연구사

### 1. 수달에 관한 연구

수달류는 20세기 초 전 세계적인 모피산업의 발달에 따른 남획으로 인해 개체수가 급감하게 되었고(Kimber *et al.* 2000; Almeida *et al.* 2012), 이에 따라 개체수 보호를 위한 다양한 연구가 진행되었다. 특히 선호 서식지 파악에 관한 연구(Prenda and Granado-Lorencio 1996), 섭식생태에 관한 연구(Erlinge 1968; Rowe-Rowe 1977), 분포 및 보전 방안 마련에 관한 연구(Macdonald and Mason 1978) 등 주로 기초 생태 파악과 개체수 증가를 위한 목적으로 많은 연구가 실시되었으며, 체내 중금속 축적에 관한 연구(Anderson-Bledsoe and Scanlon 1983), 먹이 자원에 의한 기생충 감염에 관한 연구(Kollars *et al.* 1997) 등 수달의 개체수 감소에 영향을 주는 요인을 파악하기 위한 연구도 수행되었다. 이와 더불어 수달류의 밀렵에 대한 지속적인 감시 활동 등 적극적인 보전활동과 정책에 의해 수달은 2004년 이후 IUCN 적색목록 등급이 취약종(Vulnerable)에서 준위협종으로 1단계 낮아져, 개체수의 회복이 조금씩 진행되고 있는 것으로 보고되었다(Juhász *et al.* 2014). 최근에는 수달류의 보전으로 인한 어업 피해에 관한 연구(Rauschmayer *et al.* 2008; Václavíková *et al.* 2011; Britton *et al.* 2017), 개발된 서식지에서 나타나는 섭식생태 및 서식지 이용과 같은 생태적 연구(Kloskowski *et al.* 2013; Navarro-Picado *et al.* 2017) 등 주로 인간의 활동과 관련된 연구가 진행되고 있다.

국내에서도 1990년대부터 수달의 생태적 중요성에 따라 강의 수질을 향상시켜야 한다는 인식이 고조되면서(Kim *et al.* 2011), 2000년대부터 본격적으로 수달에 관한 연구가 활발하게 진행되었다. 한성용(1998)에 의해 수달의 분포, 섭식생태, 서식지 등 전반적인 생태적 특성에 대한 연



구가 실시되었다. 2005년 전국을 대상으로 수달의 배설물을 통한 분포 연구를 진행한 결과 수달이 백두대간을 따라 동부 산악지대와 지리산 일대, 남해안에 주로 분포하는 것을 확인하였으며, 이 정보를 바탕으로 국내 최초로 수달의 전국 분포지도를 작성하였다(조영석 등 2006). 최근에는 전국을 대상으로 표준화된 조사 방법을 이용한 수달의 흔적조사가 진행되고 있으며, 배설물에만 의존했던 조사방법에서 다양한 흔적들(배설물, 족흔, 분비호르몬 등)을 조사하여 이를 기반으로 수달의 서식 예측 모델을 개발하기도 하였다(조영석 등 2017). 수달의 서식지에 관한 연구로는 GIS를 이용한 서식지 적합성 예측 모델 개발(주우영 2002), 핵심보전지역 선정(정승규 등 2015), 인공서식지 조성에 관한 연구(오기철 2011)가 실시되었다. 유전학적 연구를 통해서도 국내에 서식하는 수달의 계통학적 위치를 규명하였으며(최홍원 2007), 배설물로부터 DNA를 추출하여 개체 간, 집단 내 유전적 다양성을 분석하고 개체군의 크기, 모계혈통 관계, 근친도 등을 확인한 사례(Park *et al.* 2011; 오기철 2011)도 있다.

이처럼 국내에서도 수달에 대한 다양한 분야의 연구가 시도되어 왔으며 주로 분포, 서식지 특성에 대한 생태학적 연구가 가장 활발하게 진행되었다. 그러나 섭식생태에 관한 연구의 대부분에서 수달이 섭식한 먹이 자원의 종 목록을 파악하는데 그쳤으며, 활동성에 관한 연구는 사실상 실시된 바가 거의 없다. 따라서 국내에 서식하는 수달의 구체적인 섭식생태와 활동성에 대한 기본적인 자료 조차 부족한 것이 현실이다.

## 2. 수달의 섭식생태에 관한 연구

야생동물의 섭식생태에 대한 정보는 서식지 내 먹이자원의 구성과 풍부도의 변화를 파악할 수 있도록 하며 이를 통해 환경적인 변화에 해당 종이 어떠한 영향을 받았는지를 평가할 수 있는 지표가 된다(Almeida *et al.* 2012). 수달의 섭식생태에 대한 연구는 최근까지도 활발하게 수행되었으며 섭식한 먹이자원 분석은 배설물, 위 내용물, 먹이 흔적, 안정성 동위원소 등 다양한 방법이 이용되는 것으로 알려져 있으나, 대부분의 경우 관찰이 용이한 배설물을 이용하는 방법이 실시되었다(Ryder 1955; Reid *et al.* 1994; Conroy *et al.* 2005; 민희규 2007; Crowley *et al.* 2013). 기존 연구를 통해 수달은 어류를 주요 먹이자원으로 활용하는 것으로 밝혀졌고, 이외에도 소형 포유류, 갑각류, 조류, 양서·파충류, 곤충류 등을 섭식하는 것으로 나타났으며(Erlinge 1968; Reid *et al.* 1994; 한성용 1998; Roberts *et al.* 2008; 최준우 등 2012; Day *et al.* 2015), 경우에 따라 과일이나 무척추동물도 섭식하는 것으로 보고된 바 있다(Quadros and Monteiro-Filho 2001; Krawczyk *et al.* 2011; Day *et al.* 2015). 어류로는 잉어과(Cyprinidae), 연어과(Salmonidae), 대구과(Gadidae), 독중개과(Cottidae) 등을, 소형 포유류로는 설치목(Rodentia)을, 조류로는 오리과(Anatidae)를 종종 섭식하는 것으로 나타났다(Lanszki *et al.* 2009; 이상돈 2012; Rey 2016).

수달은 서식지 내 풍부도에 따라 먹이자원을 섭식하는 것으로 알려져 있으나 섭식 효율이 높은 먹이자원을 이용하기도 한다(Passamani and Camargo 1995; Geidezis 1996). 수달이 선호하는 먹이자원의 특성을 파악하기 위한 초창기 연구에서는 사육 개체를 대상으로 먹이자원을 다양하게 공급하는 기초적인 실험을 수행하였으며, 이를 통해 수달은 어류를 가장 선호하며 특히 유영속도가 느리고 약 15-17cm인 중간크기의 어류를 선호하는 것으로 밝혀졌다(Erlinge 1968). 이후에는 야생 수달을 대상

으로 주요 먹이활동 지역에서 정량적으로 채집한 어류를 수달의 배설물에 출현한 먹이자원과 비교하여 선호도를 파악한 연구(Kruuk 1995), 서식지 내 먹이자원의 상대적인 풍부도와 수달이 섭식한 먹이자원과의 관계를 통해 먹이 선호도 지수(food preference index)를 산출한 연구(Pardini 1998) 등이 수행되었다. 이를 통해 수달은 크기가 작으며 유영속도가 느린 어류에 대한 선호도가 높은 것으로 나타났고, 이는 이들 어류에 대한 사냥 및 섭식의 효율성이 가장 높기 때문인 것으로 판단되었다(Quadros and Monteiro-Filho 2001; Lanszki and Sallai 2006; Rheingantz *et al.* 2017).

수달은 계절에 따라 가용성이 높은 먹이자원을 섭식하는 것으로 알려져 있다(Mason and Macdonald 2009; Day *et al.* 2015). 북아메리카수달(*Lontra canadensis*)의 먹이 구성을 계절 간 비교한 연구에서는 겨울보다 여름에 어류의 상대빈도(Relative Frequency Occurrence: RFO)와 절대빈도(Frequency Occurrence: FO)가 낮은 것으로 나타났다(Roberts *et al.* 2008; Day *et al.* 2015). 이는 여름에는 다른 계절에 비해 생물다양성이 높아져, 수달이 이용할 수 있는 분류군의 수가 다양하기 때문에 나타난 결과로 판단되었다(Kruuk and Moorhouse 1990; 이상돈 2012). 결과적으로 여름에는 수달이 어류 이외에 다양한 먹이자원을 섭식할 수 있기 때문에 섭식한 먹이자원에서 어류가 차지하는 비율이 다른 계절에 비해 상대적으로 낮아지는 것으로 나타났다(Reid *et al.* 1994; Lanszki *et al.* 2009; Day *et al.* 2015). 이에 따라 섭식한 먹이자원의 다양성을 나타내는 지수(Food niche breadth: FNB)는 겨울보다 여름에 상대적으로 높은 것으로 보고되었다(Lanszki *et al.* 2009; Smirollo *et al.* 2009).

국내에서도 최근까지 수달의 먹이자원에 관한 연구가 꾸준히 진행되었다. 초기 연구에서는 수달이 섭식한 먹이자원의 분석이 강(class) 수준까지만 실시되었으나(한성용 1998; 민희규 2002), 국내의 어류를 대상으로 골격을 이용한 종의 분류 기준이 제시되면서(차수민 2001), 이를 이용한 연구에서는 종(species) 수준까지도 먹이의 동정이 가능하게 되었다

(남택우 2004; 박보현 2011; 신완호 2014). 그러나 이 연구들은 공통적으로 수달이 이용한 먹이자원의 종 목록만을 제시하였을 뿐, 특정 먹이자원에 대한 선호도를 나타내지 못했다는 한계가 있었다. 또한 국내 연구들은 이미 배설된 먹이자원의 건중량과 출현빈도만으로 먹이를 정량화하였는데(박보현 2011; 최준우 2012), 수달의 배설물에 나타나는 먹이 잔해물(food remains)은 소화가 어려운 뼈, 비늘, 깃털 등이기 때문에 소화되는 정도에 따라서 섭식한 먹이자원에 대한 편중된 결과가 나타날 수 있다(Bowyer *et al.* 1994). 결과적으로 수달이 활동에 필요한 에너지를 내는데 중요한 역할을 한 먹이자원을 파악하는 데 한계를 초래한다(Cumberland *et al.* 2001). 따라서 수달이 섭식한 주요 먹이자원을 파악하기 위해서는 그것이 배설물에 출현한 빈도와 먹이자원의 습중량을 반영한 생물량 분석이 동시에 실시되어야만 보다 정확도가 높은 결과를 제시할 수 있을 것으로 판단된다.

### 3. 활동성에 관한 연구

야생동물의 활동성에 대한 연구는 그들이 활동하는 데 영향을 주는 환경적인 요인에 대한 정보를 제공할 수 있다(Kitchen *et al.* 2000; Kolowski *et al.* 2007; O'Connor and Rittenhouse 2017). 또한 직접 관찰하기 어려운 포유류의 활동 시간대를 파악함으로써 조사에 가장 적합한 시간대를 결정할 수도 있다(Crowley *et al.* 2013).

초기의 연구에서는 실험실에서 설치류를 대상으로 쳇바퀴(running-wheel)를 이용하는 방법과 야외에서 동물을 직접 관찰하여 활동을 기록하는 방법이 실시되었다(Liers 1951; Belovsky and Slade 1986; Sherwin 1998). 그러나 이 방법들은 실제 야생동물에 적용하기에는 무리가 있으며, 장시간 동물을 관찰하기 어렵기 때문에 자료를 확보가 충분하지 않다는 한계가 있었다(O'Connor and Rittenhouse 2017; Lashley *et al.* 2018). 이를 보완하기 위하여 무선추적연구(telemetry)를 통해 이동한 거리와 활동한 시간에 대한 정확도가 높은 정보를 획득하였으나(Reid *et al.* 1994; Pagon *et al.* 2013), 일부 경우에는 포획 및 추적 장치의 부착이 동물에 피해를 주거나 간섭을 일으킬 수 있기 때문에 멸종위기종이나 희귀종에는 적용하기 어렵다는 한계가 있다(Lashley *et al.* 2018). 반면 최근에는 무인센서카메라(camera-trap)를 이용하는 방법이 제안되었는데(Utreras and Pinos 2003; Lee *et al.* 2010; Bridges and Noss 2011; O'Connor and Rittenhouse 2017), 이 방법은 동물에 직접적인 영향을 주지 않기 때문에 비침습적(non-invasive)이며(Rowcliffe *et al.* 2014; Caravaggi *et al.* 2017), 일정 수준 이상의 자료를 확보할 경우 무선추적장치를 이용한 결과와 큰 차이를 보이지 않아 정확도가 높은 방법이라 할 수 있다(Lashley *et al.* 2018). 또한 일단 설치한 이후 장기간 운영할 경우 방대한 양의 자료를 수집할 수 있다는 장점이 있어 시간과 노동력을 줄일 수 있는 효율적인 방법으로 알려져 있다(Ridout and Linkie 2009; Rowcliffe *et al.* 2014).

야생동물의 활동성은 온도, 광주기(photoperiod), 먹이자원의 가용성 (prey availability) 등 계절 변화로 인해 나타나는 다양한 요인에 영향을 받는 것으로 알려져 있다(Zielinski *et al.* 1983; van Oort *et al.* 2007; Pagon *et al.* 2013; Ikeda *et al.* 2016). 특히 겨울에 야생동물들은 체온을 유지하기 위해 활발한 먹이활동을 함으로써 활동량을 증가시키거나 (Gerell 1969; Merritt and Merritt 1978; Kruuk *et al.* 1994; van Oort *et al.* 2007) 반대로 움직임을 최소화하여 에너지의 소실을 줄여 체온을 유지하는 줄이는 경향을 보인다(Georgii 1981; Risenhoover *et al.* 1986; Ewer 1998). 또한 활동량은 광주기에도 영향을 받으므로, 계절에 따라 활동이 활발한 시간대가 변하는 것으로도 알려져 있다(Enright 1966; Georgii 1981; Pagon *et al.* 2013; O'Connor and Rittenhouse 2017). 일출·일몰 시간대에 활발한 활동을 하는 유럽노루(*Capreolus capreolus*)는 활동량이 증가하는 시간대가 계절별로 달라지는 일출·일몰 시간대와 함께 변하였으며, 이를 통해 유럽노루의 활동패턴은 광주기의 영향을 받는 것으로 나타났다(Pagon *et al.* 2013). 계절 변화로 인해 나타나는 먹이자원의 가용성 변화도 야생동물의 활동패턴을 변화시키는 것으로 알려져 있다. 북미의 토끼류(*Sylvilagus* spp.)는 여름에 식생의 밀집도가 높아지기 때문에 포식자에 노출될 위험도 감소하여 겨울과 달리 주간에 활발한 먹이활동을 하는 것으로 나타났다(O'Connor and Rittenhouse 2017). 아메리카담비(*Martes americana*)는 여름에는 주로 주간에, 겨울에는 야간에 활발하게 활동하는 것으로 나타났으며, 이는 계절에 따라 변화하는 주 먹이자원의 활동패턴에 맞춰 섭식율을 높이기 위해 활동한 결과로 판단되었다(Zielinski *et al.* 1983). 그러나 육상에서 먹이활동을 하는 동물들과 달리 수달의 경우 한정된 공간인 물속에서 먹이활동을 하기 때문에 시간대에 상관없이 어류의 포식이 가능하므로 활동패턴을 조절할 필요는 없는 것으로 나타났다(Melquist and Hornocker 1983).

활동패턴을 정량화한 활동수준(activity level)은 활동에 할애한 시간이 증가할수록 높게 나타난다(Rowcliffe *et al.* 2014; O'connor and Rittenho

use 2017). 회색큰다람쥐(*Sciurus carolinensis*)의 경우 선호하는 먹이 자원의 계절에 따른 가용성 변화로 인해 활동수준이 달라졌는데, 선호 먹이 자원인 도토리를 쉽게 획득할 수 있는 가을보다 상대적으로 먹이 획득이 어려운 여름에는 먹이활동 시간을 줄이고 휴식에 더 많은 시간을 할애하였다(Parker *et al.* 2014). 유럽노루는 여름과 겨울의 활동수준에 차이가 나타나지 않았는데, 이는 겨울에는 소화율이 높은 초본층을 이용할 수 있기 때문에 활동수준이 낮아지지 않는 것으로 나타났다(Pagon *et al.* 2013).

국내에서 실시된 포유류의 활동성에 관한 연구로는 무선추적장치를 이용하여 수달의 활동 시간대를 파악하거나(민희규 2007), 청설모의 시간대별 활동지수(activity index)를 이용한 활동패턴을 나타낸 사례가 있다(유병호 2011). 무인센서카메라를 이용한 기존 연구에서는 소형 설치류, 수달, 너구리, 삿, 뉴트리아, 산양 등의 활동 시간대를 파악한 바가 있다(한창욱 2012; 최수진 2016). 그러나 이전의 국내 연구들은 주로 동물들의 활동량이 가장 높은 시간대만을 파악하는데 그치고 있어, 계절 및 시간대에 따라 정량화된 활동성을 비교한 자료는 부족한 실정이다.

국내에서 수달의 활동성에 대한 연구는 수달의 포획 및 무선추적 등 방법적인 측면에 어려움이 있어 국내·외에서 다른 주제에 대한 연구에 비해 활발하게 수행되지 않은 분야이다. 국내에서 현재까지 진행된 연구 결과로는 수달의 활동이 시작되고 종료되는 시간대에 대한 정보는 파악할 수 있으나, 하루 동안의 활동패턴의 변화 및 활동성에 대한 정량화된 정보는 부족한 실정이다. 또한, 무인센서카메라를 이용한 활동성 연구는 최근 그 활용성과 적용 사례가 빠르게 증가하고 있으나, 그 효율성에 비해 아직 무선추적장치를 이용한 연구에 비해 부족한 편이다. 국내에서 포유류를 대상으로 실시한 활동성 연구는 활동량이 증가하는 시간대와 감소하는 시간대만 파악하였을 뿐(한창욱 2012; 최수진 2016) 하루 동안 활동하는 패턴과 이를 정량화한 정보가 부족하여 추후 연구를 위한 기준 마련이 필요할 것으로 생각된다.

### Ⅲ. 재료 및 방법

#### 1. 연구 대상지

본 연구의 대상 지역은 경기도 안산시 상록구에 위치한 안산갈대습지로 시화호의 상류부에 입지한다(동경 126° 50' 32.13", 북위 37° 16' 13.25"; Fig. 1). 안산갈대습지는 총 면적 1,037,500m<sup>2</sup>로, 시화호로 유입되는 비점오염물질을 저감하기 위해 반월천, 동화천, 삼화천의 합류지점에 인위적으로 조성되었으며 식물의 식재 여부에 따라 크게 폐쇄수역(closed water)과 개방수역(open water)으로 나뉜다(김세원 등 2009). 폐쇄수역에는 인공습지의 수질정화기능을 담당하는 갈대와 부들이 식재되어 있으며 개방수역은 식물이 식재되어 있지 않은 구간으로 수심이 1.0-1.1m로 유지되기 때문에 어류 및 야생동물에 서식 공간을 제공해줄 뿐만 아니라 습지 내에 산소를 공급해주는 기능을 한다(최돈혁 등 2012).

연구 대상지의 기온은 연중 -9.2-23.8°C, 강수량은 연평균 1067.2mm이며 풍향은 주로 남서풍이나 서풍이고 풍속은 연평균 2.18m/s이다(한국수자원공사 2002). 갈대(*Phragmites communis*), 붕어마름(*Ceratophyllum demersum*), 부들(*Typha orientalis*), 애기부들(*Typha angustata*), 개구리밥(*Spirodela polyrhiza*), 연꽃(*Nelumbo nucifera*), 수련(*Nymphaea tetragona*), 자라풀(*Hydrocharis dubia*)을 포함한 200여종이 식물이 분포하고 있다(한국수자원공사 2004). 동물상으로는 흰뺨검둥오리(*Anas zonorhyncha*), 쇠물닭(*Gallinula chloropus*), 고방오리(*Anas acuta*), 논병아리(*Tachybaptus ruficollis*), 갯도요(*Actitis hypoleucos*), 참새(*Passer montanus*)를 포함한 조류 70여종, 붕어(*Carassius carassius*), 피라미(*Zacco platypus*), 잉어(*Cyprinus carpio*), 풀망둑(*Acanthogobius hasta*)을 포함한 어류 12종, 아무르장지뱀(*Takydromus amurensis*), 청개구리(*Hyla japonica*)를 포함한 양서·과충류 6종, 족제비(*Mustela sibirica*), 등줄쥐(*Apodemus a*



*grarius*) 등 포유류 8종이 서식하고 있다(권순국 등 2004; 허위행 등 2005).

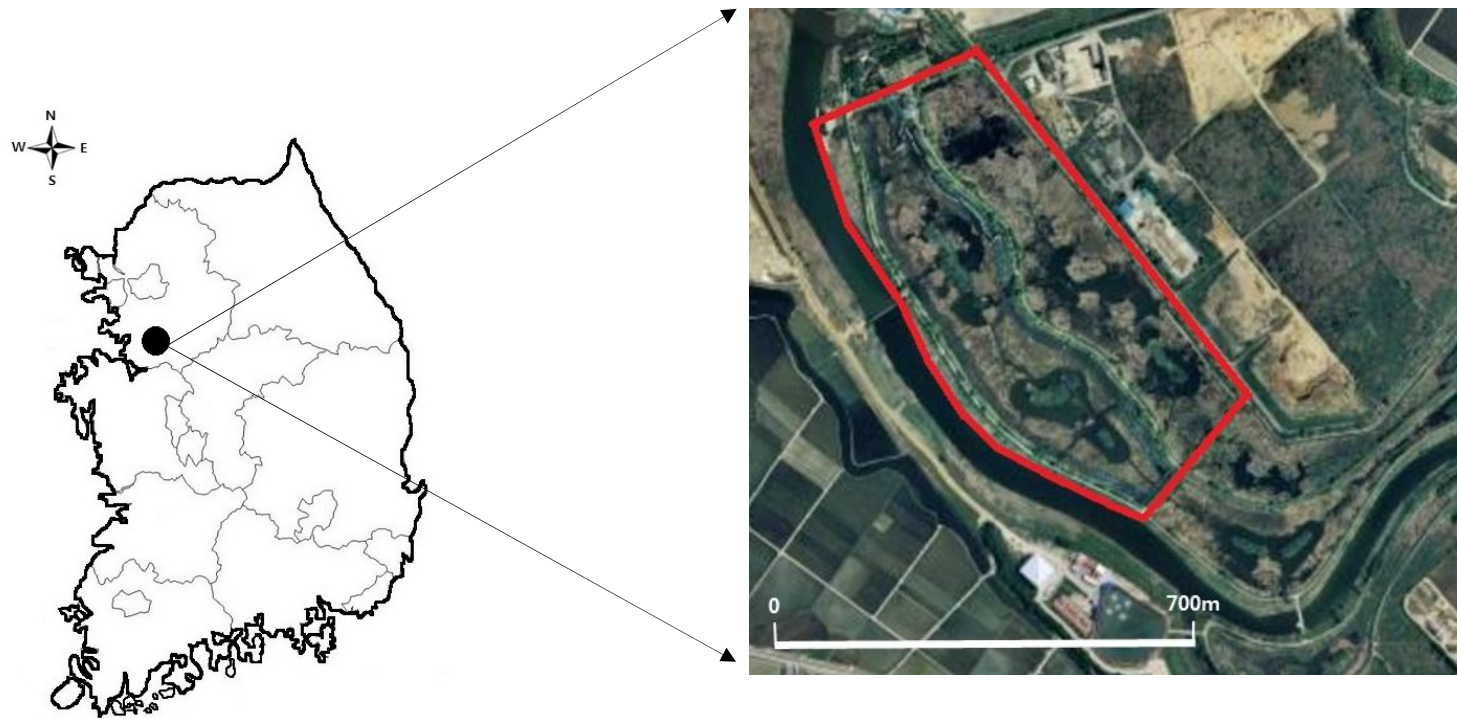


Figure 1. Location and map of the study area (Ansan Reed Wetland; red polygon) at Ansan City in the Republic of Korea

## 2. 연구방법

### 2.1. 먹이 분석

#### 2.1.1. 배설물 및 잠재 먹이자원 채집

배설물 채집은 여름(2017년 6월-8월)과 겨울(2017년 12월-2018년 2월)에 실시하였으며 총 18개소의 배설지에서 주 1회 실시하였다(Fig. 2). 배설물은 폴리에틸렌 지퍼백에 넣어 채집 날짜 및 위치를 기록한 후 분석 전까지 냉동고(-20°C)에 보관하였다. 이후 배설물의 점액 제거를 위해 해동 후 0.07%의 탄산나트륨용액( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ )에 넣어 1주일 간 냉장 보관하였다. 1주일 후 배설물에 남아있는 이물질을 제거하기 위해 체(mesh size: 0.6mm)를 이용하여 흐르는 물로 세척하였다. 세척된 배설물은 페트리 디쉬(petri-dish)에 담아 1주일 간 공기 중에 건조 후 분석 전까지 파라 필름(para-film)으로 밀봉하여 보관하였다(Hermesen and Maarseveen 2011).

2017년 7월부터 8월까지, 연구 대상지의 수달이 잠재적으로 섭식할 수 있는 여름의 먹이자원을 파악하기 위해 안산갈대습지 내에 서식하는 어류 및 갑각류를 채집하였다. 겨울에는 습지의 결빙으로 인해 채집을 실시하지 않았다. 채집에는 통발과 낚시대를 이용하였으며 통발은 2종류(mesh size=4mm, 10mm)를 총 8개의 지점에 주 2회 설치하였고 낚시는 1지점 당 90분씩 2개의 지점에서 주 3회 실시하였다(Kruuk 1995; Fig. 2).



Figure 2. Data collection points at Ansan Reed Wetland in Ansan City, the Republic of Korea (▲: scats, ■ : potential prey, ● : camera traps)

## 2.1.2. 먹이 동정

본문에 포함된 먹이자원 중 어류의 동정을 위해 채집한 어류를 삶아 건조시킨 머리뼈와 문헌을 이용하였다. 건조된 어류의 머리뼈는 새개판(opercular), 전새개판(preopercular), 인두치(pharyngeal teeth) 등으로 분리하고 2일간 건조하였다(남명모 1991; Conroy *et al.* 1993; 김진구 1999; 차 2001). 새개판은  $A_1$ 과  $A_2$  길이의 비와 형태적 차이를, 전새개판은 굽은 각도와  $B_1$ 과  $B_2$  길이의 비를, 하새개판은 형태적 차이를 이용하였다. 인두치는 이빨이 배열된 순서와 총 개수로 구분하였고 이빨이 소실된 경우 과(family) 수준까지 동정하였다(Fig. 3). 미꾸리속(*Misgurnus*)은 종 수준까지의 동정이 어려워 속(genus) 수준까지 동정하였다. 갑각류의 동정은 외피의 파편을 이용하여 강 수준까지 진행하였고 양서류의 경우 천추골, 설골, 발가락 뼈 등 뼈의 파편을 이용하여 과(family) 수준까지 동정하였다(Conroy *et al.* 1993). 조류의 경우 서울대학교 산림과학부 야생동물학 연구실과 국립생물자원관에 소장 중인 표본의 깃털과 비교하여 동정하였으며 종 수준까지 동정이 불가능할 경우 과(family) 수준까지만 동정하였다. 곤충의 경우 서울대학교 농생명공학부 곤충계통분류학 연구실에서 동정하였으며 형체가 온전하지 않은 경우 목(order) 또는 과(family) 수준까지 동정하였다.

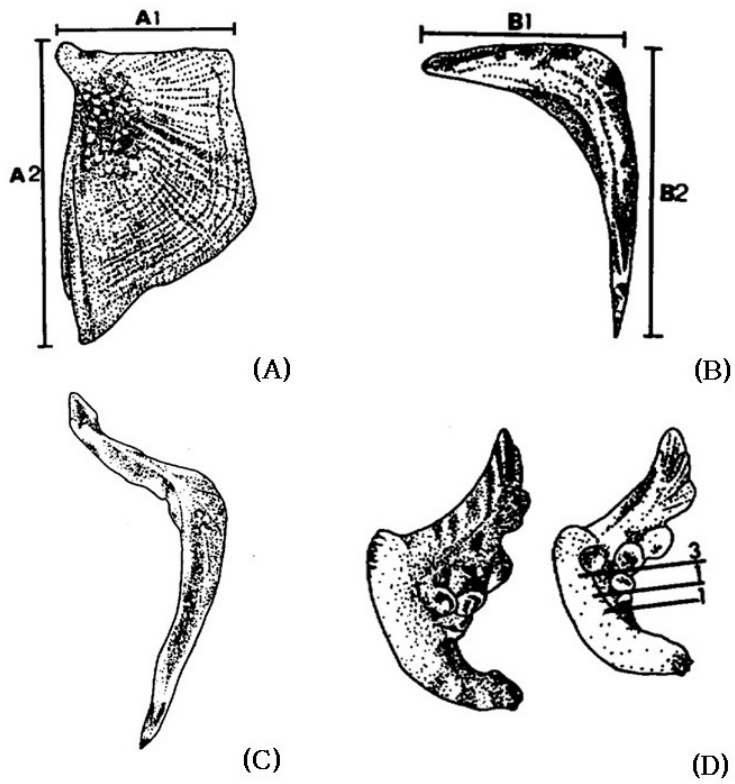


Figure 3. Major identification keys for fish: (A) opercular, (B) preopercular, (C) infraopercular, and (D) paryngeal teeth (차수민 2001)

### 2.1.3. 통계분석

먹이의 동정 결과를 이용하여 먹이자원의 출현빈도와 생물량을 산출하였다. 출현빈도는 특정 먹이자원이 전체 배설물에 출현한 빈도(FO)와 먹이원이 출현한 배설물 가운데 특정 먹이원이 차지하는 상대적인 빈도(RFO)로 나타냈다(Erlinge 1967; Watson and Lang 2003). 생물량(biomass)은 먹이자원의 습중량과 먹이자원이 출현한 배설물의 개수를 곱하여 산출하였다(Olsen *et al.* 2008). 먹이자원의 습중량은 기존 문헌에서 채집한 종의 평균체중을 반영하였고 물자라(*Muljarus japonicus*)의 경우 배설물에서 온전한 형태로 출현한 개체의 무게를 직접 측정하였다.

$$FO (\%) = \frac{\text{Actual occurrence of category}}{\text{Total number of scatss}} \times 100$$

$$RFO (\%) = \frac{\text{Actual occurrence of category}}{\text{Actual occurrence of all prey items in the total number of scats}} \times 100$$

$$\text{Biomass (g)} = \text{Mean body mass of prey} \times \text{frequency}$$

두 계절 간에 먹이의 구성 비율이 유의한 차이를 나타내는지 확인하기 위하여 Fisher's exact test를 실시하였다. 모든 통계분석은 R software (v.3.4.3)를 이용하였으며 5%의 유의성( $p < 0.05$ )을 나타낼 때 계절 간 차이를 보이는 것으로 간주하였다.

두 계절 간 먹이 이용 폭은 레빈 지수(Levin index)를 이용하여 FNB (food niche breadth), FNBst (standardized FNB)로 산출하였다. FNBst은 0과 1 사이의 값을 가지며 1에 가까울수록 더 넓은 범위의 먹이자원

을 이용하였음을 나타낸다. FNB와 FNBst를 구하는 식은 아래와 같다 (Krebs 1999; Sarasola *et al.* 2003; Cicek and Ayaz 2011; Quintela *et al.* 2012).

$$FNB = 1 / \sum_{i=1}^n p_i^2$$

$$FNBst = (FNB-1)/(n-1)$$

이 식에서  $n$ 은 먹이자원의 총 개수이고  $p$ 는 전체 배설물에서 먹이자원의 출현빈도에 대한 비율이다.

먹이자원에 대한 선호도를 정량화하기 위하여 Ivlev's electivity index ( $E_i$ )를 사용하였다. 산출된 지수는 -1과 1 사이의 값을 가지며 1에 가까울수록 선호도가 높은 먹이자원인 것을 의미한다. 이때 이용한 먹이자원에는 배설물의 먹이자원 분석결과를 사용하였고 이용 가능한 먹이자원의 비율은 조사지에서 채집한 생물의 전체에 대한 비율을 사용하였다. Ivlev's electivity index ( $E_i$ )를 구하는 식은 아래와 같으며(Lanszki and Sallai 2006), 통계분석은 R software (v.3.4.3)의 package selectapref을 이용하였다.

$$E_i = (r_i - n_i) / (r_i + n_i)$$

이 식에서  $r$ 은 이용한 먹이자원의 비율이고,  $n$ 은 이용 가능한 먹이자원의 비율이다.



## 2.2. 활동성 분석

### 2.2.1. 무인센서카메라 설치 및 자료 수집

수달의 활동성을 파악하기 위하여 여름(2017년 6월 16일 - 8월 31일)과 겨울(2017년 12월 1일 - 2018년 2월 28일) 양 기간 동안, 무인센서카메라(n=15; Camera trap, Bushnell Trophy cam)를 설치하여 수달의 모습을 촬영하였다. 무인센서카메라는 수달의 주요 배설지인 관찰로 밑에서 배설물이 자주 발견되는 지점으로부터 1-2m 간격을 두고 설치하였다(Stevens and Serfass 2008; Rheingantz *et al.* 2016; Fig. 2). 무인센서카메라의 촬영 설정은 동영상의 경우 1회 작동 시 1분, 재촬영은 5초로 동일하게 설정하였다(Green *et al.* 2015). 사진과 동영상이 동시에 촬영 가능한 무인센서카메라는 1회 작동 시 연속 3회 사진 촬영 후, 동영상이 1회 촬영되도록 설정하였다.

촬영된 동영상을 통해 수달이 무인센서카메라에 나타난 날짜와 시간을 기록하였으며 사진과 동영상이 연속으로 촬영되는 경우에는 수달이 최초로 촬영된 날짜와 시간을 기록하였다. 분석을 위해 데이터는 시간당 수달이 동영상에 촬영된 횟수로 설정하였다(Rowcliffe *et al.* 2014). 본 연구에서는 수달의 활동성을 활동량, 활동패턴 및 활동수준으로 구분하였으며 다음과 같이 정의하였다. ‘활동량(amount of activity)’은 1일에 수달이 카메라에 촬영된 절대적인 횟수로 하루 동안 활동한 빈도를 의미한다. ‘활동패턴(activity pattern)’은 시간대에 따라 수달이 촬영된 횟수를 커널밀도추정(kernel density estimate)을 이용하여 나타낸 그래프로 하루 동안 시간대에 따라 수달이 감지될 확률을 나타낸 것을 의미한다. ‘활동수준(activity level)’은 활동패턴을 정량화한 것으로 하루 동안 개체군 내 모든 개체들이 활동할 수 있는 시간 중에서 실제 활동한 시간의 비율을 의미한다(Rowcliffe *et al.* 2014).

## 2.2.2. 통계분석

두 계절 간 활동량의 차이를 검정하기 위해 1일 내 수달이 촬영된 횟수의 평균을 Wilcoxon Rank-Sum test를 사용하여 비교하였다. 통계분석은 R software (v.3.4.3)를 이용하였으며 5%의 유의성( $p < 0.05$ )을 나타낼 때 계절 간 유의한 차이를 보이는 것으로 간주하였다.

수달의 활동패턴을 파악하기 위하여 일출·일몰 시간대를 기준으로 활동 유형을 Table. 1과 같이 구분하였다. 본 연구의 조사기간 동안 연구대상 지역의 일출·일몰 시간대는 Table. 2와 같으나 시간 당 수달의 촬영횟수를 비교하기 위하여 일출과 일몰 시간대를 각 1시간으로 간주하였다. 이에 따라 여름의 일출 시간대는 5시부터 6시, 일몰 시간대는 19시부터 20시, 겨울 일출 시간대는 7시부터 8시, 일몰 시간대는 17시부터 18시로 설정하였다. 통계분석은 일원배치 분산 분석(One-way ANOVA)을 이용하였으며 활동 유형을 독립변수로, 활동 유형에 따른 시간 당 수달이 촬영된 횟수를 종속변수로 설정하였다. 두 변수 간에 유의한 차이가 나타난 경우 다중비교(Tukey Studentized multiple range test)를 이용하여 3개 변수의 모든 조합을 비교하였다. 통계분석은 R software (v.3.4.3)를 이용하였으며 5%의 유의성( $p < 0.05$ )을 나타낼 때 활동패턴의 유형 간 차이가 있는 것으로 간주하였다(Ikeda *et al.* 2016).

활동수준은 활동패턴을 정량화하여 나타냈으며 이때 통계분석은 R software (v.3.4.3)의 package activity 내 Von-Mises kernel distribution을 이용하였다. 이에 따라 시간에 따른 상대적인 활동량(relative activity)을 그래프로 나타내어 활동패턴을 시각화하였고 그 식은 아래와 같다(Rowcliffe *et al.* 2014).

$$f(x) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n v_i \frac{e^{\kappa \cos(d_i)}}{2\pi I_0(\kappa)}$$

$f(x)$ 는 상대적인 활동량,  $x$ 는 수달이 촬영된 시간,  $n$ 은 수달이 촬영된 횟수이며  $K$ 는 매개변수이다.

이 때  $x$ 축, 전체 면적에 대한 활동패턴 그래프 사이의 면적이 차지하는 비율을 이용해 활동수준을 도출할 수 있으며 그 식은 아래와 같다.

$$p = \frac{1}{2\pi f_{\max}}$$

이 식에서  $p$ 는 활동수준이고,  $f_{\max}$ 는 수달이 가장 많이 관찰될 확률로, 확률밀도함수의 최대치이다.

Table 1. Definitions for four possible activity types of the Eurasian Otter (*Lutra lutra*) used in this study (Munro *et al.* 2006; Pépin *et al.* 2006)

Type of activity	Definition
Diurnal	Active at sunrise to sunset
Crepuscular	Active at morning twilight to sunrise and sunset to evening twilight
Nocturnal	Active at evening twilight to morning twilighte
Cathemeral	Active throughout the day

Table 2. Range of sunrise and sunset times in summer and winter at Ansan City, the Republic of Korea (data from the Korea Astronomy and Space Science Institute database)

	Summer (16 Jun 2017 - 31 Aug 2017)	Winter (01 Dec 2017 - 28 Feb 2018)
Sunrise	05:12 - 06:03	07:06 - 07:47
Sunset	19:04 - 19:55	17:16 - 18:26

## IV. 연구결과 및 고찰

### 1. 수달의 먹이 분석

#### 1.1. 먹이의 구성과 다양성, 선호도 비교

##### 1.1.1. 전체 먹이의 구성

본 연구기간 동안 배설지(n=18)에서 총 280개(여름: 190, 겨울: 90)의 배설물을 채집하였다(Fig. 2).

배설물 분석결과, 수달이 섭식한 먹이자원은 강 수준에서 경골어강(Os teichthyes), 연갑강(Malacostraca), 조강(Aves), 양서류강(Amphibia), 곤충강(Insecta) 순으로 높게 나타나, 수달은 경골어강을 가장 높은 비율로 섭식하는 것으로 확인되었다. 조강, 양서류강, 곤충강에 대해서는 경골어강과 연갑강에 비해 소량 섭식하는 것으로 확인되었다(Fig. 4, 5). 생물량 분석결과에서는, 모든 먹이 중 잉어(58.68%)의 생물량이 가장 높게 나타났다(Table. 3).

경골어강 내에서는 잉어과(Cyprinidae)의 비율이 높았으며(59.07%; Fig. 6), 종 수준으로는 붕어(*Carassius carassius*; 30.57%), 잉어(*Cyprinus carpio*; 20.21%), 풀망둑(*Synechogobius hasta*; 17.10%)의 비율이 높게 나타났다.

조강 내에서는 물새류인 오리과(Anatidae), 백로과(Ardeidae), 물떼새과(Charadriidae)를 섭식하였으며 이 중 오리과인 흰뺨검둥오리(*Anas poecilorhyncha*)의 비율이 높게 나타났다(Table. 3).

### 1.1.2. 계절에 따른 먹이의 구성 및 다양성 비교

여름에는 경골어강, 연갑강, 조강, 양서강, 곤충강 순으로 높았고, 겨울에는 경골어강, 연갑강, 조강, 곤충강 순으로 높게 나타났지만 겨울에는 양서강이 발견되지 않았다(Table. 3, Fig. 4, 5). 양 계절간 먹이의 구성비를 강 수준으로 비교한 결과, 여름과 겨울에 수달의 먹이자원은 큰 차이가 없는 것으로 확인되었다( $p=0.527$ ).

여름에는 경골어강에 속하는 잉어과(53.69%)와 망둑어과(21.48%)의 비율이 높게 나타났으며 연갑강에 속하는 단미하목(24.89%)의 비율이 높았다. 겨울에는 경골어강에 속하는 잉어과(77.27%)의 비율이 가장 높았으며 연갑강에 속하는 단미하목의 비율이 30.99%으로 나타났다(Table. 3, Fig. 6). 계절간 빈도를 과 수준으로 비교한 결과는 유의한 차이가 나타나지 않았다( $p=0.061$ ).

여름에는 붕어(17.03%), 풀망둑(13.97%), 잉어(12.66%)순으로 높은 빈도로 섭식하였으며 생물량은 잉어(58.68%)가 높은 비율을 차지했다. 겨울 중 수준으로는 붕어(28.17%)와 잉어(14.08%)의 비율이 높았으며 생물량은 잉어(64.83%)가 높게 나타났다(Table. 3).

여름의 1개 배설물 당 포함된 강 수준의 평균 분류군 개수는  $1.47 \pm 0.65$ 개, 수달의 주요 먹이자원으로 확인된 경골어강에 한정했을 때 1개의 배설물에 포함된 과 수준의 평균 분류군 개수는  $1.36 \pm 0.67$ 개로 나타났다. 먹이 이용 폭을 나타내는 FNB와 FNBst 값은 여름에 각각 7.31과 0.25로 나타났으며, 겨울의 1개의 배설물 당 포함된 강 수준의 평균 분류군 개수는  $1.38 \pm 0.55$ 개, 과 수준의 평균 분류군 개수는  $1.16 \pm 0.38$ 개로 나타났다. 겨울의 FNB와 FNBst 값은 각각 4.92, 0.16으로 나타났다. 따라서 수달은 겨울보다 여름에 더 다양한 먹이자원을 섭식하는 것으로 나타났다(Table. 3, 4).

Table 3. Frequency and biomass of 22 prey items of the Eurasian Otter (*Lutra lutra*) at Ansan Reed Wetland in Ansan City, the Republic of Korea. Percentages are presented in parentheses.

Prey item	Mean Body Mass (g)	Summer (Mid-June-August)		Winter (December-February)		Reference for body mass
		Frequency	Biomass	Frequency	Biomass	
Osteichthyes (경골어강)		183 (65.36)	-	83 (66.94)	-	
Cyprinidae (잉어과)		80 (53.69)	-	34 (77.27)	-	
<i>Carassius carassius</i> (붕어)	125	39 (17.03)	4875 (4.48)	20 (28.17)	2500 (7.37)	This study
<i>Cyprinus carpio</i> (잉어)	2200	29 (12.66)	63800 (58.68)	10 (14.08)	22000 (64.83)	This study
<i>Pseudorasbora parva</i> (참붕어)	6	3 (1.31)	18 (0.02)	2 (2.82)	12 (0.04)	This study
<i>Zacco platypus</i> (피라미)	19	9 (3.93)	171 (0.16)	2 (2.82)	38 (0.11)	This study
Cobitidae (미꾸리과)		12 (8.05)	-	2 (4.55)	-	
<i>Misgurnus</i> (미꾸리속)	10	12 (5.24)	120 (0.11)	2 (2.82)	20 (0.06)	This study
Moronidae (농어과)		1 (0.67)	-	-	-	



Prey item	Mean Body Mass (g)	Summer (Mid-June-August)		Winter (December-February)		Reference for body mass
		Frequency	Biomass	Frequency	Biomass	
<i>Lateolabrax maculatus</i> (점농어)	259	1 (0.44)	-	-	-	Seo <i>et al.</i> 2016
Channidae (가물치과)		6 (4.03)	-	1 (2.27)	-	
<i>Channa argus</i> (가물치)	2366	6 (2.62)	14196 (13.06)	1 (1.41)	2366 (6.97)	Saylor <i>et al.</i> 2012
Gobiidae (망둑어과)		32 (21.48)	-	1 (2.27)	-	
<i>Synechogobius hasta</i> (풀망둑)	128	32 (13.97)	4096 (3.77)	1 (1.41)	128 (0.38)	Baek 2009
Centrarchidae (검정우럭과)		11 (7.38)	-	5 (11.36)	-	
<i>Micropterus salmoides</i> (큰입배스)	857	4 (1.75)	3428 (3.15)	-	-	Yeh and Hodson 1975
<i>Lepomis macrochirus</i> (블루길)	39	7 (3.06)	273 (0.25)	5 (7.04)	195 (0.57)	Yeh and Hodson 1975
Siluridae (메기과)		3 (2.01)	-	-	-	
<i>Silurus asotus</i> (메기)	280	3 (1.31)	840 (0.77)	-	-	Park <i>et al.</i> 2006
Bagridae (동자개과)		1 (0.67)	-	-	-	

Prey item	Mean Body Mass (g)	Summer (Mid-June-August)		Winter (December-February)		Reference for body mass
		Frequency	Biomass	Frequency	Biomass	
<i>Pseudobagrus fulvidraco</i> (동자개)	57	1 (0.44)	57 (0.05)	-	-	Lim <i>et al.</i> 2012
Mugilidae (승어과)		3 (2.01)	-	1 (2.27)	-	
<i>Chelon haematocheilus</i> (가승어)	512	3 (1.31)	1536 (1.41)	1 (1.41)	512 (1.51)	Kim <i>et al.</i> 2015
Aves (조강)		18 (6.43)		8 (6.45)		
Ardeidae (백로과)						
<i>Butorides striata</i> (검은댕기해오라기)	226	2 (0.87)	452 (0.42)	-	-	Dunning 2007
<i>Ixobrychus sinensis</i> (덤불해오라기)	94	1 (0.44)	94	-	-	Dunning 2007
Anatidae (오리과)						
<i>Anas zonorhyncha</i> (흰뺨검둥오리)	1117	4 (1.75)	4469 (4.11)	-	-	Dunning 2007
<i>Anas platyrhynchos</i> (청둥오리)	1246	-		1 (1.41)	1246 (3.67)	Dunning 2007
<i>Aythya ferina</i> (흰죽지)	823	-		1 (1.41)	823 (2.43)	Dunning 2007

Prey item	Mean Body Mass (g)	Summer (Mid-June-August)		Winter (December-February)		Reference for body mass
		Frequency	Biomass	Frequency	Biomass	
Charadriidae (물떼새과)						
<i>Vanellus vanellus</i> (댕기물떼새)	219	-		1 (1.41)	219 (0.65)	Dunning 2007
Amphibia (양서류)		10 (3.57)		-		
Ranidae (개구리과)	-	10 (4.37)	-	-	-	
Malacostraca (연갑강)		63 (22.50)		31 (25.00)		
Brachyura (단미하목)	176	57 (24.89)	10032 (9.23)	22 (30.99)	3872 (11.41)	Czerniejewski and Wawrzyniak 2007
Insecta (곤충강)		6 (2.14)		2 (1.61)		
Belostomatidae (물장군과)	-					
<i>Appasus japonicus</i> (물자라)	1	2 (0.87)	2 (0.00)	2 (2.82)	2 (0.01)	This study
Libellulidae (잠자리과)	-	1 (0.44)	-	-	-	

Prey item	Mean Body Mass (g)	Summer (Mid-June-August)		Winter (December-February)		Reference for body mass
		Frequency	Biomass	Frequency	Biomass	
Scarabaeidae (풍뎅이과)						
<i>Onthophagus atripennis</i> (검정흑가슴소똥풍뎅이)	-	1 (0.44)	-	-	-	
Plecoptera (강도래목)	-	1 (0.44)	-	-	-	
Ephemeroptera (하루살이목)	-	1 (0.44)	-	-	-	
FNB <sup>a</sup>		7.31		4.92		
FNBst <sup>b</sup>		0.25		0.16		

<sup>a</sup> Food Niche Breadth

<sup>b</sup> standardized Food Niche Breadth

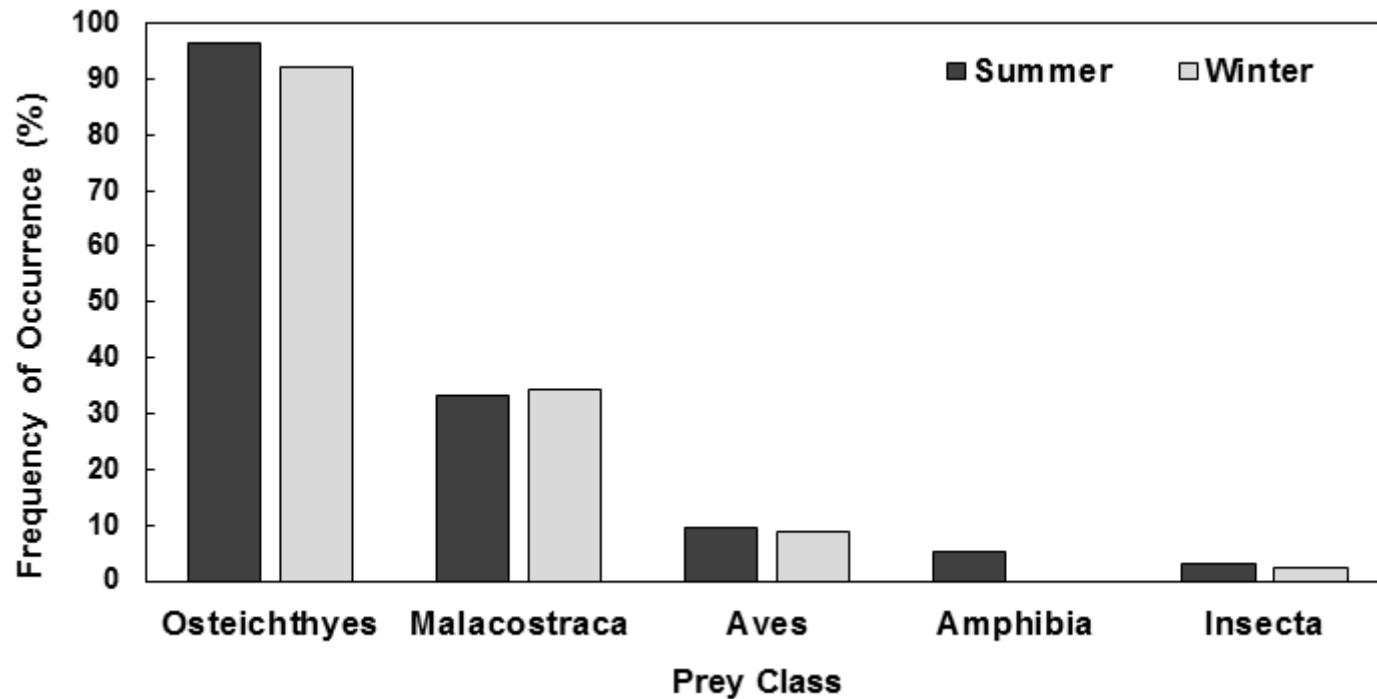


Figure 4. Prey composition by class presented as frequency occurrence in the Eurasian Otter (*Lutra lutra*) at Ansan Reed Wetland in Ansan City, the Republic of Korea (summer: n=190, winter : n=90)

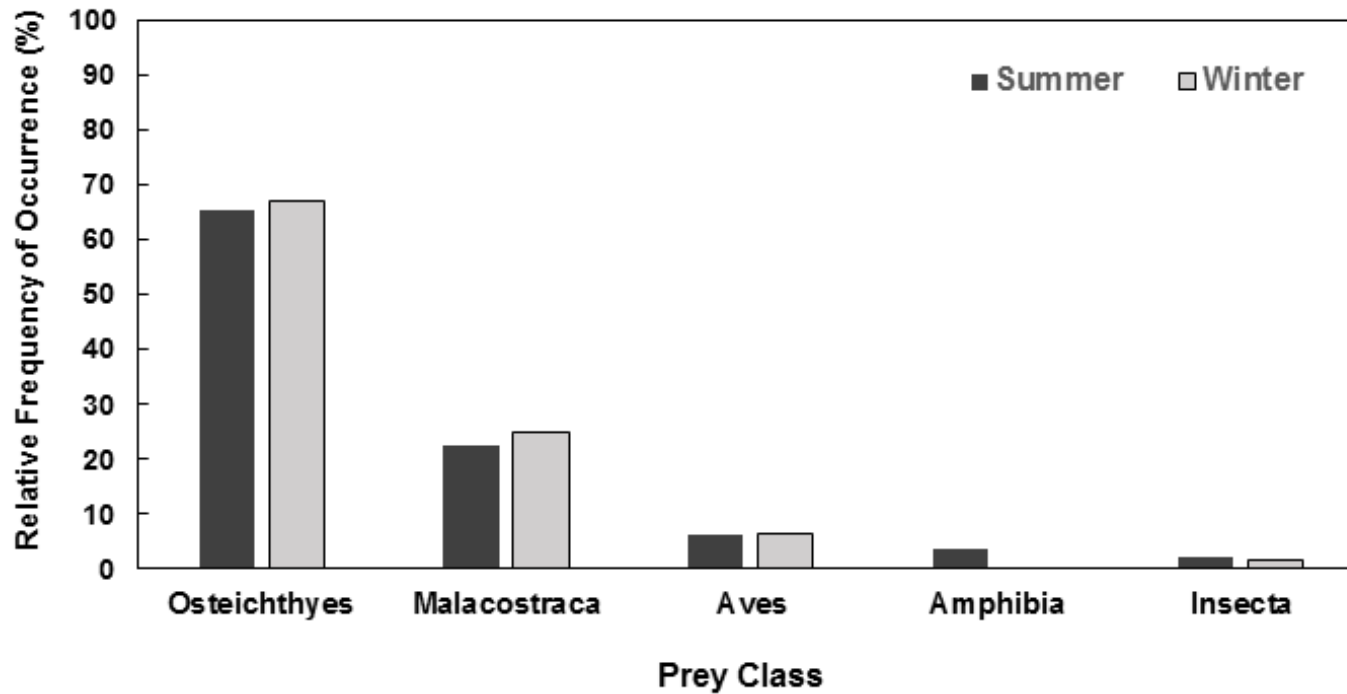


Figure 5. Prey composition by class presented as relative frequency occurrence in the Eurasian Otter (*Lutra lutra*) at Ansan Reed Wetland in Ansan City, the Republic of Korea (summer: n=190, winter: n=90)

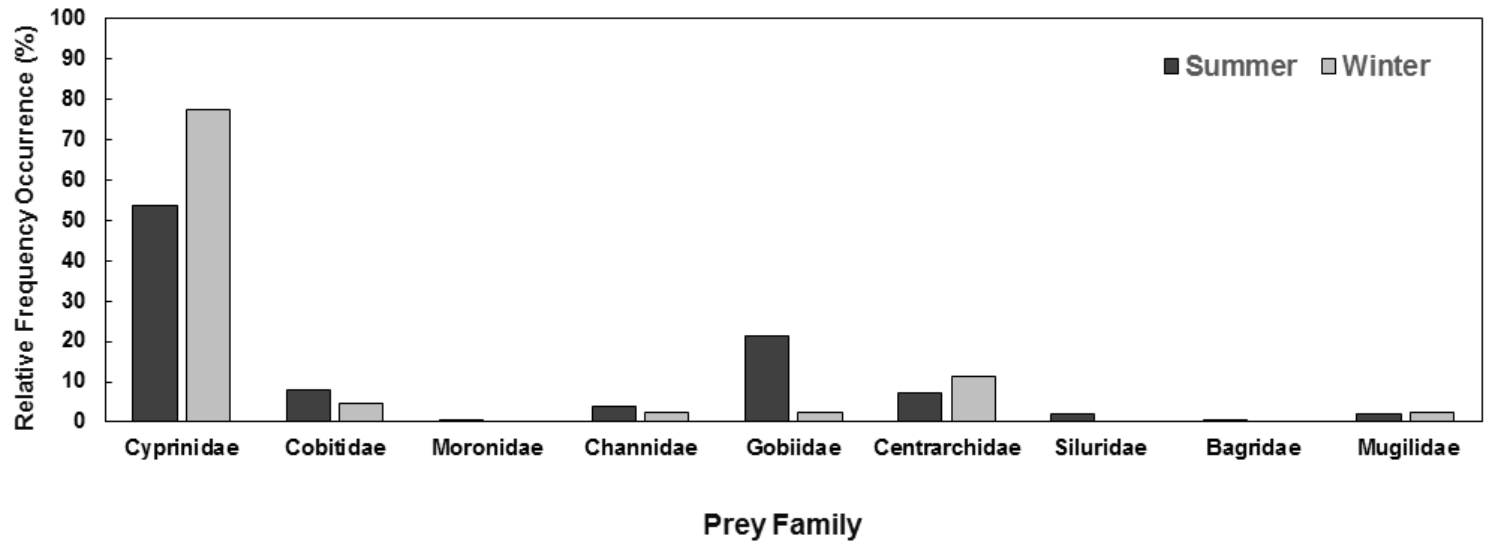


Figure 6. Prey composition by family of Osteichthyes presented as relative frequency occurrence in the Eurasian Otter (*Lutra lutra*) at Ansan Reed Wetland in Ansan City, the Republic of Korea (summer: n=149, winter: n=44)

Table 4. Mean number of prey classes and families per scat of the Eurasian Otter (*Lutra lutra*) at Ansan Reed Wetland in Ansan City, the Republic of Korea

	Total	Summer	Winter
<b>Class<sup>a</sup></b>	1.44±0.62	1.47±0.65	1.38±0.55
<b>Family<sup>b</sup></b>	1.31±0.61	1.36±0.67	1.16±0.38

<sup>a</sup> Prey classes per scat (Mean±SD)

<sup>b</sup> Prey families per scat (Mean±SD)



### 1.1.3. 계절에 따른 먹이 선호도 비교

상대출현빈도와 생물량이 높은 것으로 나타난 경골어강에 한해 먹이 선호도 지수(Ivlev's electivity index)비교 결과, 잉어는 계절에 상관없이 선호도가 높은 것으로 나타났다(여름: 0.71, 겨울: 0.73). 붕어는 계절에 상관없이 섭식 빈도는 높았으나 특별한 선호도는 나타나지 않았다(여름: -0.22, 겨울: 0.01; Table. 5).

Table 5. Potential and used prey with Ivlev's electivity index of the Eurasian Otter (*Lutra lutra*) at Ansan Reed Wetland in Ansan City, the Republic of Korea

	Available prey	Used prey in summer		Used prey in winter	
		Frequency	Ivlev's electivity index	Frequency	Ivlev's electivity index
<i>Carassius carassius</i>	75	39	-0.22	20	0.01
<i>Cyprinus carpio</i>	6	29	0.71	10	0.73
<i>Pseudorasbora parva</i>	6	3	-0.24	2	0.12
<i>Zacco platypus</i>	7	9	0.23	2	0.05
<i>Misgurnus</i>	5	12	0.49	2	0.21
<i>Lateolabrax maculatus</i>	3	1	-0.42	0	-1.00
<i>Channa argus</i>	13	6	-0.27	1	-0.54
<i>Synechogobius hasta</i>	12	32	0.53	1	-0.51
<i>Micropterus salmoides</i>	1	4	0.66	0	-1.00
<i>Lepomis macrochirus</i>	10	7	-0.07	5	0.32
<i>Silurus asotus</i>	2	3	0.30	0	-1.00
<i>Pseudobagrus fulvidraco</i>	2	1	-0.24	0	-1.00
<i>Chelon haematocheilus</i>	1	3	0.57	1	0.59
Brachyura	111	57	-0.22	22	-0.13

## 1.2. 고찰

수달의 전체 먹이 구성에서 경골어강이 차지하는 비율이 가장 높았으며 이는 기존의 연구들과 일치하는 결과이다(Erlinge 1968; Toweill 1974; 차수민 2001; Penland and Black 2009; 박보현 2011; Theng *et al.* 2016). 이에 반해 다른 분류군들의 섭식 비율은 상대적으로 낮게 나타났는데 이러한 결과에 따라 어류는 다른 분류군들에 비해 수달이 섭식하는데 효율적인 먹이자원인 것으로 판단된다(Day *et al.* 2015).

여름과 겨울 양 계절 간에 수달의 먹이 구성은 강과 과 수준에서 유의한 차이를 보이지 않았다. 그러나 기존의 연구에서는 수달이 섭식한 먹이자원이 계절 간에 차이가 나타났다(차수민 2001; Roberts *et al.* 2008; 박보현 2011; Day *et al.* 2015). 이는 본 연구의 대상지인 안산갈대습지가 유속이 느려 계절에 상관없이 물이 고여 있기 때문에 생물들의 이입·이출이 활발하지 않아, 계절 간에 어류의 군집 구성이 크게 변화하지 않았던 것이 원인으로 판단된다(Cowley 1998). 따라서 연구 대상지인 안산갈대습지 내에 서식하는 수달은 먹이자원을 이용하는데 있어서 계절적 영향을 적게 받았던 것으로 생각된다(Clavero *et al.* 2003). 기존의 연구들은 주로 하천에서 이루어졌기 때문에 계절에 따라 어류의 군집 구성에 변화가 있었을 것으로 생각되며 이에 따라 기회주의적 포식자인 수달이 섭식한 먹이자원에도 변화가 있었을 것으로 판단된다(Lanszki and Molnar 2003). 종 수준에서는 계절에 상관없이 붕어와 잉어를 높은 빈도로 섭식하였고 풀망둑의 경우는 계절적인 영향을 받아 겨울보다 여름에 자주 섭식한 것으로 나타났다. 풀망둑은 여름과 달리 수온이 10도 이하로 떨어지는 11월부터는 수심이 깊은 곳으로 이동하고 빨 속으로 들어가는 특성을 보이기 때문에(최윤 등, 1996; 김무상 2003), 얕은 수심에서의 먹이활동을 선호하는 수달은 겨울에는 풀망둑의 섭식이 어려웠을 것으로 판단된다(Day *et al.* 2015). 붕어와 잉어는 정수성 어종으로 계절 변화에도 습지 내에서 활동하며 활발한 움직임을 보이지 않기 때문에 수달이

계절에 상관없이 섭식한 것으로 생각된다(Ruchin 2004; Bice and Zampatti 2011). 수달의 먹이자원 이용은 기존의 연구결과와 같이 겨울보다 여름이 다양한 것으로 나타났다. 겨울에 비해 여름에 다양한 생물들이 활동하기 때문에 수달이 이용할 수 있는 먹이자원이 많아진 것으로 생각된다(Kruuk and Moorhouse 1990). 조강의 경우 계절에 따라 도래한 개체를 섭식한 것으로 보이며, 흰뺨검둥오리에 대해서는 텃새를 섭식한 것으로 생각된다(Colwell 1994; Harris 2005). 검은댕기해오라기는 유조가 섭식되었는데 성조에 비해 취약한 유조는 수달이 섭식하기 수월하였을 것으로 판단된다(Erlinge 1968). 곤충강은 배설물에서 소량 확인되었는데 이는 수달이 직접 섭식한 것이 아닌 어류나 조류에 의한 1차 섭식 후 수달의 2차 섭식에 의해 발견된 것으로 생각된다(Quadros and Monteiro-Filho 2001; Krawczyk *et al.* 2015).

수달이 주요하게 이용하는 먹이자원으로 나타난 어류의 선호도를 비교한 결과, 계절에 상관없이 잉어를 선호하는 것으로 나타났다. 이것은 잉어가 주로 수심이 얇은 습지의 가장자리에서 활동하며 느린 속도로 수영하기 때문에 수달이 발견하기 쉽고 사냥하기 수월한 것이 원인으로 생각된다(Ryder 1955; Toweill 1974; Geidezis 1996; 권순국 등. 2004). 수달은 계절에 상관없이 붕어를 높은 빈도로 섭식하였으나 특별하게 선호하지는 않는 것으로 나타났다. 이것은 붕어가 크기가 작고 습지 내 개체수가 풍부하기 때문에 많이 섭식한 것으로 판단된다(Ryder 1955; Day *et al.* 2015).

## 2. 수달의 활동성 분석

### 2.1. 활동량과 활동패턴, 활동수준 비교

#### 2.1.1. 무인센서카메라 촬영 결과 및 계절에 따른 활동성 비교

본 연구에서 수달은 무인센서카메라를 통해 총 167일(여름: 77, 겨울: 90) 동안 603회(여름: 442, 겨울: 161) 촬영되었다. 전체 카메라(n=15)에 촬영된 수달의 1일 평균 촬영횟수는  $3.61 \pm 3.41$ 회(n=167; max=16, min=0)로 나타났다(Table. 6).

계절 간 관찰횟수를 비교하기 위해 15대의 카메라에 촬영된 수달의 1일 평균 촬영횟수는 여름이 겨울보다 뚜렷하게 많은 것으로 나타났다(여름:  $5.74 \pm 3.35$ 회, 겨울:  $1.79 \pm 2.20$ 회; Wilcoxon Rank-Sum test,  $W=5887.5$ ,  $p < 0.001$ ; Table. 6, Fig. 7).

Table 6. Number and daily mean number of photos with the Eurasian Otter (*Lutra lutra*) recorded in camera traps at Ansan Reed Wetland in Ansan City, the Republic of Korea

	Summer (n=77)				Winter (n=90)				Total (n=167)
	Mid -Jun	Jul	Aug	Subtotal	Dec	Jan	Feb	Subtotal	
No. of photo records (Daily mean number)	95 (6.33)	202 (6.52)	145 (4.68)	442 (5.74)	87 (2.81)	47 (1.52)	27 (0.96)	161 (1.79)	603 (3.61)

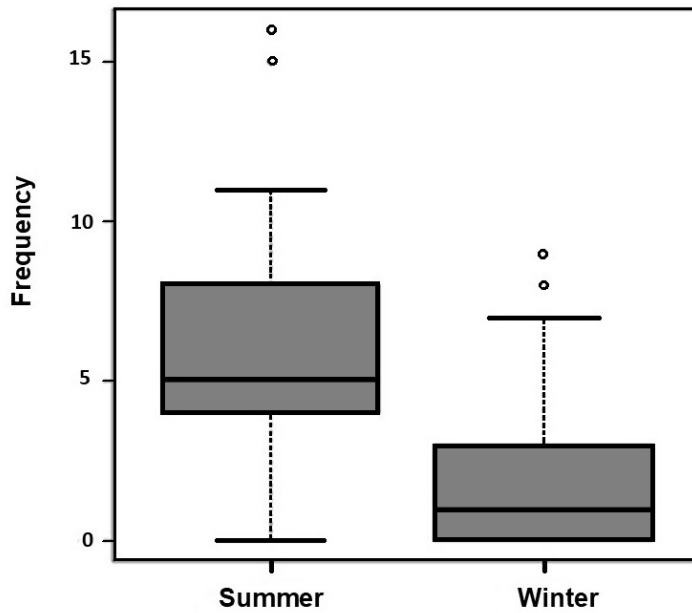


Figure 7. Comparison of summer and winter for number of photos by camera-trap photographic records with the Eurasian Otter (*Lutra lutra*) at Ansan Reed Wetland in Ansan City, the Republic of Korea ( $p < 0.001$ )

### 2.1.2. 계절에 따른 활동패턴 및 활동수준 비교

수달은 여름과 겨울의 활동량이 일출·일몰 시간대에 증가하는 박명박모성(薄明薄暮性, crepuscular)으로 나타났으나(Table. 7, Fig. 8), 하루 동안 상대적 활동량(relative activity)이 가장 많아지는 2개의 지점(bimodal)에는 차이가 나타났다(One-way ANOVA;  $p < 0.001$ ; Fig. 8).

활동수준은 여름  $0.48 \pm 0.04$ , 겨울  $0.50 \pm 0.08$ 였으며 두 계절 간 유의한 차이는 보이지 않았다( $W = 0.054$ ,  $p = 0.779$ ; Table. 8).



Table 7. Difference in the frequency per trap day (Mean±SD) among three time periods by One-way ANOVA and Tukey Studentized multiple range test ( $p < 0.05$ ). Daily activity patterns of the Eurasian Otter (*Lutra lutra*) were categorized based on the difference at Ansan Reed Wetland in Ansan City, the Republic of Korea

	Twilight	Day-time	Night-time	F	p	Category
<b>Summer</b>	0.68±0.41 <sup>a</sup>	0.13±0.08 <sup>b</sup>	0.47±0.29 <sup>c</sup>	49.42	<0.001	Crepuscular
<b>Winter</b>	0.62±0.22 <sup>a</sup>	0.22±0.13 <sup>b</sup>	0.18±0.13 <sup>b</sup>	45.21	<0.001	Crepuscular

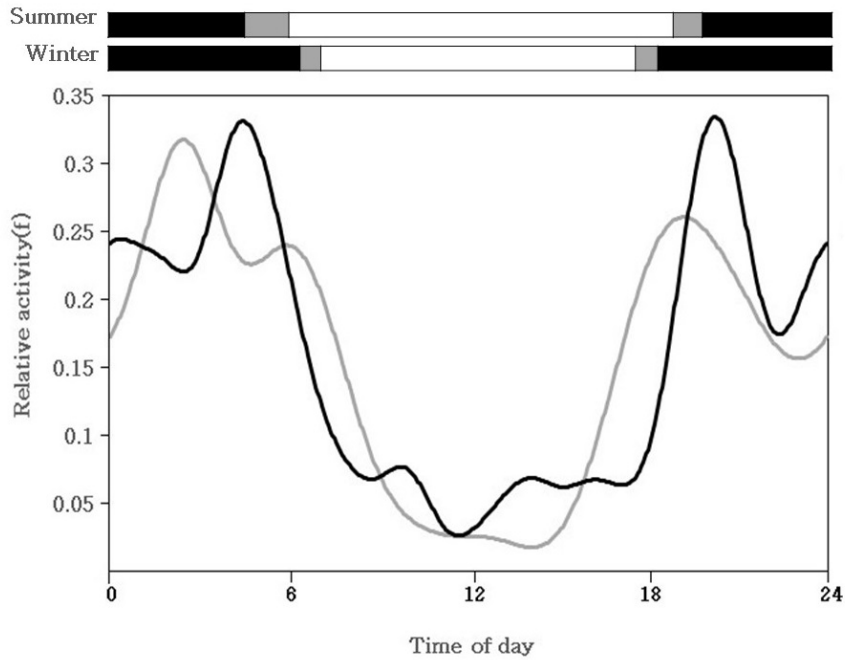


Figure 8. Comparison of daily distribution of kernel density probabilities for the Eurasian Otter (*Lutra lutra*) between summer (black line; June to August in 2017) and winter (grey line; December 2017 to February 2018) at Ansan Reed Wetland in Ansan City, the Republic of Korea. Two bars above the panel indicate the composition of daytime (white) and nighttime (black) in two different seasons. Grey coloured parts in the bars indicates the temporal variation in the time of sunrise and sunset in each season.

Table 8. Estimates of percentage by time active (activity level) for the Eurasian Otter (*Lutra lutra*) at Ansan Reed Wetland in Ansan City, the Republic of Korea, estimated from the distribution of camera trapping photos over the daily cycle

	Activity level	SE	Lcl <sup>a</sup> (2.5%)	Ucl <sup>b</sup> (97.5%)
Summer	0.48	0.04	0.38	0.53
Winter	0.50	0.08	0.30	0.62

<sup>a</sup> Lower confidence interval

<sup>b</sup> Upper confidence interval

## 2.2. 고찰

양 계절 간 활동량 비교 결과, 수달의 1일 평균 촬영횟수는 여름이 겨울보다 많은 것으로 나타났으며 이에 따라 수달은 여름에 더 활발한 활동을 하는 것으로 확인되었다. 이는 기온이 낮아지는 겨울에 수달이 활동보다 휴식에 더 많은 시간을 할애하여 체온을 유지하여 에너지의 소실을 줄인 것으로 생각된다(Merritt and Merritt 1978; Tester and Figala 1990).

활동패턴은 여름과 겨울 모두 일출·일몰 시간대에 활동량이 가장 많은 박명박모성을 갖는 것으로 나타났다. 이러한 패턴은 자연 상태의 동물에서 흔하게 관찰되며(Aschoff 1965), 광주기의 영향을 받은 것으로 계절 변화에 따라 광주기가 변하기 때문에 본 연구의 결과에서도 활동량이 증가하는 시간대가 달라진 것으로 생각된다 (Pagon *et al.* 2013; Ikeda *et al.* 2016).

활동수준은 여름 약 48%, 겨울 약 50%로, 양 계절 간 유의한 차이는 나타나지 않았다. 본 연구 결과에서 수달의 활동패턴은 여름과 겨울이 유사하였으며 활동수준은 활동패턴을 정량화한 값이기 때문에 양 계절 간 활동수준의 차이는 크지 않은 것으로 생각된다. 수달의 활동패턴은 계절에 따른 일출·일몰 시간대의 차이로 인해 활동량이 증가하는 시간대가 달라진 것을 제외하고 유사하게 나타났다. 따라서 활동수준은 광주기를 제외한 다른 환경요인에 의한 영향은 크게 받지 않은 것으로 생각된다(Rowcliffe *et al.* 2014; O'connor and Rittenhouse 2017).

## V. 종합 고찰

‘최적먹이획득이론’에 따르면 자연에서는 단위 노력에 대한 최대의 에너지 또는 영양을 획득하는 효율적인 포식자를 선호하기 때문에 (Smith and Smith 2016), 야생동물들은 먹이자원 획득을 위한 활동에 소비하는 시간과 에너지에 따라 얻어지는 영양을 최대화하고자 한다(Day *et al.* 2015). 이처럼 야생동물들은 환경변화에 따라 섭식하는 먹이자원과 활동량 및 주요 활동 시간대 등을 변화시키므로, 야생동물의 섭식생태와 활동성에 관한 연구는 해당 종이 주어진 환경에서 취한 생존법을 파악하는데 도움을 준다(Pyke 1984; Worman and Chapman 2005; Day *et al.* 2015). 따라서 본 연구에서는 수달의 먹이와 활동성의 계절적 차이를 파악하여 국내에 서식하는 수달의 장기적인 보전 및 관리를 위한 기초자료를 제공하고자 하였다.

본 연구의 결과, 수달이 이용하는 먹이자원은 여름에는 경골어강, 연갑강, 조강, 양서강, 곤충강 순으로 높게 나타났고, 겨울에 경골어강, 연갑강, 조강, 곤충강 순으로 높게 나타났다. 수달이 가장 선호하는 분류군은 기존의 연구결과와 마찬가지로 경골어강으로 나타났다(Erlinge 1968; Towell 1974; Penland and Black 2009; Theng *et al.* 2016).

이용한 먹이의 빈도를 볼 때, 양 계절에 모두 붕어와 잉어를 많이 섭식하였으며 여름에는 풀망둑의 섭식 빈도도 높았다. 양 계절 간 빈도의 차이가 나타난 풀망둑은 봄에 산란하고 여름에 성장하므로 습지 내에서 섭식이 용이했을 것으로 생각되나 겨울에는 수심이 깊은 곳으로 이동하기 때문에(최윤 등. 1996; 김무상 2003), 얕은 수심에서의 먹이활동을 선호하는 수달이 이 시기에 섭식하기는 어려웠을 것으로 생각된다(Day *et al.* 2015).

수달의 중요한 먹이자원인 어류에 대한 먹이 선호도를 파악한 결과, 잉어는 계절에 상관없이 가장 선호하는 어종인 것으로 나타났다. 잉어의

경우 수심이 얇은 습지의 가장자리에서 활동하며 느린 속도로 유영하여 수달이 섭식하기 수월했을 것으로 판단된다(Ryder 1995; Towell 1974; 권순국 등 2004).

그러나 기존의 연구결과와 다르게 양 계절 간 수달의 먹이 구성은 차이가 나타나지 않았다. 이는 연구 대상지인 안산갈대습지가 연중 물이 고여있고 유속이 느린 환경으로 구성되어 있어, 어류의 군집 구성이 계절에 따라 크게 변하지 않고 주로 정수성 어류가 서식하여 계절에 상관 없이 수달이 안정적인 먹이자원을 획득할 수 있는 환경이기 때문에 나타난 결과로 생각된다(Clavero *et al.* 2003) 이와 유사하게 어류를 기르기 위한 목적으로 인위적으로 조성한 연못 또는 양식장에서 실시한 수달의 먹이 구성 변화에 관한 연구에서는 본 연구의 결과와 유사하게 계절적 차이가 나타나지 않았다(Juhasz *et al.* 2014).

수달의 배설물 1개당 먹이자원의 개수를 비교한 결과 및 먹이의 이용 폭(FNB, FNBst)의 산출 결과에서는 겨울보다 여름에 더 다양한 먹이자원을 이용한 것으로 나타났다. 이는 여름에는 겨울에 비해 다양한 생물들이 출현하여 수달이 이용할 수 있는 먹이자원이 많아지는 것과 관련이 있는 것으로 판단된다(Kruuk and Moorhouse 1990). 겨울잠을 자는 개구리류가 겨울 먹이에서 확인되지 않은 것처럼, 수달의 섭식 활동은 먹이의 계절성(phenology)과도 관련된 것을 의미한다.

활동량에 대한 연구 결과에 따르면 수달은 겨울에 비해 여름에 더 활발히 활동하는 것으로 나타났다. 이러한 결과를 통해 수달은 기온이 낮아지면 움직임을 최소화하고 휴식에 더 많은 시간을 할애하는 등, 에너지의 소모를 줄여, 체온을 유지하는 것으로 판단된다(Merritt and Merritt 1978; Georgii 1981; Risenhoover *et al.* 1986; Tester and Figala 1990).

수달의 활동패턴은 여름과 겨울 모두 일출·일몰 시간대에 가장 활발히 활동하는 박명박모성을 보였으며, 주요 활동 시간대 역시 일출물 시각을 따라 변하는 양상을 보였다. 최적먹이획득이론에 따르면 동물들은 최소

한의 활동으로 높은 에너지를 얻을 수 있는 먹이자원을 섭식하기 때문에, 포식자가 주요 먹이자원과 활동 시간대를 일치시킬 경우 더 효율적으로 사냥할 수 있다(Zielinski *et al.* 1983). 따라서 일반적으로 포식자의 활동패턴은 주요 먹이자원의 활동패턴에도 영향을 받는다(Zielinski *et al.* 1983). 그러나 수달과 같이 주 먹이자원이 어류인 경우 사냥에 필요한 시간적 제약이 상대적으로 적어, 잉어를 주식으로 하는 안산갈대습지의 수달은 먹이의 활동패턴에 뚜렷한 영향을 받지 않은 것으로 추정된다(Melquist and Hornocker 1983). 따라서 본 연구에서 수달의 주요 활동 시간대는 주로 계절변화에 따른 광주기와 연관되어 있을 것으로 해석된다(Pagon *et al.* 2013; Ikeda *et al.* 2016).

수달의 활동수준은 여름 약 48%, 겨울 약 50%로 나타나, 양 계절 간 활동수준에서 서로 유의한 차이는 보이지 않았다. 이는 활동수준이 활동패턴을 정량화하여 나타내는 방법으로서, 계절 간 수달의 시간대별 관찰 확률에 큰 차이가 없고 활동패턴도 유사하게 나타났기 때문이다(van der Vinne *et al.* 2015). 일반적으로 동물들은 섭식할 수 있는 먹이자원이 부족해질 경우 하루 동안 대부분의 시간을 먹이활동에 할애해야 하므로 활동수준이 높아지게 된다(Parker *et al.* 2014). 그러나 본 연구에서 수달의 활동 수준은 계절에 따른 차이가 없이 일정 수준을 유지하였으며, 이는 수달이 선호하는 것으로 나타난 잉어가 서식지 내에 충분하기 때문인 것으로 생각된다(Pagon *et al.* 2013). 추후 연구에서는 다양한 형태의 서식지에서 수달의 먹이와 활동성에 관한 연구를 실시할 필요가 있을 것으로 판단된다.

## VI. 결론

본 연구에서는 안산갈대습지에 서식하는 수달을 대상으로 계절에 따른 먹이 이용 양상과 활동성의 차이를 각각 비교하였으며, 활동에 할애한 시간의 양인 활동수준을 정량화하였다. 이를 위해 2017년부터 2018년까지 여름(6월부터 8월)과 겨울(12월부터 2월)로 시기를 구분하여 수달의 먹이와 활동성 조사를 진행하였으며, 그로 인해 얻은 결과와 고찰을 바탕으로 내린 결론은 다음과 같다.

1. 안산갈대습지의 수달은 여름에 경골어강, 연갑강, 조강, 양서강, 곤충강 순으로 섭식하였으며, 겨울에는 경골어강, 연갑강, 조강, 곤충강 순으로 섭식하였다. 가장 높은 빈도로 섭식한 분류군은 어류(경골어강)였다.
2. 상대출현빈도로는 여름에 붕어, 잉어, 풀망둑의 비율이 높았으며, 겨울에는 붕어, 잉어가 높게 나타났다. 생물량 측면에서는 양 계절 모두 잉어가 높은 비율을 차지하였다. 따라서 잉어는 계절에 상관없이 안산갈대습지의 수달이 가장 선호하는 먹이자원인 것으로 나타났다.
3. 여름과 겨울에 섭식한 먹이자원을 비교한 결과 계절별로 강(order)과 과(family) 수준에서 유의한 차이를 보이지 않았다. 그러나 여름의 배설물 1개당 확인된 먹이 자원의 평균 분류군 수와 먹이 이용 폭(FNB, FNBst) 등을 볼 때, 수달은 여름에 더 다양한 먹이자원을 이용하는 것으로 나타났으며 이는 먹이자원의 생물계절성에 의한 변동에 따른 것으로 보인다.



4. 수달은 겨울에 비해 체온 유지가 필요 없는 여름에 더 활발히 활동하였으나, 계절에 상관없이 일출·일몰 전후에 가장 활동적인 박명박모성인 행동패턴을 보였다.
  
5. 수달은 여름에는 활동량이 많고 다양한 먹이를 섭식하였으나 활동수준은 여름 약 48%, 겨울 약 50%로서 일정한 수준을 유지하였다. 이는 수달이 선호하는 것으로 나타난 잉어가 서식지 내에 충분하기 때문에, 먹이가 수달의 활동을 제약하는 요인은 아닌 것으로 해석된다.

## 인 용 문 헌

- 권순국, 이우신, 우건석, 심재한, 허위행, 최현정, 이상철. 2004. 시화호 인공습지 동물상 조사연구. 한국농공학회논문집. 46(3): 93-105
- 김강수. 2008. 전라북도의 수달 분포 현황 및 서식지. 전북대학교 농업개발대학원 석사학위논문.
- 김경희. 2006. 시화호 갈대습지공원에서 붉은머리오목눈이(*Paradoxornis webbiana*)의 번식 생태와 번식에 영향을 미치는 등지 환경 분석. 한국교원대학교 대학원 석사학위논문.
- 김계선. 2016. 반달가슴곰 생포트랩 위치 적정성 평가. 순천대학교 대학원 석사학위논문.
- 김무상. 2003. 어류의 생태. 아카데미 서적. 서울.
- 김민규, 최건식, 신문경, 김병표, 한경남. 2015. 한강 하구역 가슴어 (*Chelon haematocheilus*)의 연령과 성장. 한국어류학회지. 27(2): 133-141.
- 김세원, 김동섭, 최광순. 2009. 시화호 인공습지 운영현황 및 수질정화기능개선 방안. 한국수자원학회. 42(7): 49-55.
- 김종범, 송재영. 2010. 한국의 양서과충류. 월드사이언스. 서울.
- 김진구. 1999. 한국산 송어과(송어목) 어류의 계통분류학적 연구. 부경대학교 대학원 박사학위논문.
- 김치홍, 강언중, 신현상, 이흥헌, 최윤. 2012. 금강수계 참계(*Eriocheir sinensis*)의 이동과 산란. 환경생물학회 30(1): 26-30
- 남명모. 1991. 한국산 잉어과 어류의 계통분류-외형과 골격계를 중심으로. 경북대학교 대학원 박사학위논문.
- 남택우. 2004. 화천군에 서식하는 수달(*Lutra lutra*)의 동절기 식이습성과 서식지 관리. 경남대학교 대학원 석사학위논문.
- 문화재청. 2001. 천연기념물 수달의 서식실태 및 보호방안 연구. 문화재

청. 19-204

- 민희규. 2007. 무선추적에 의한 수달의 행동생태 및 서식지 환경에 관한 연구. 경상대학교 대학원 석사학위논문.
- 박준모, 김계환, 황영희, 변무섭, 오현경. 2007. 시화호 갈대습지공원내의 식생 조사, 연구. 한국자원식물학회지 20(1): 50-62.
- 박효민. 2013. 무선추적장치를 이용한 고라니 행동권 분석 및 고라니 분변을 이용한 토양 물질 순환 연구. 이화여자대학교 대학원 석사학위논문.
- 박희복. 2011. 경북 북부지역 산양(*Naemorhedus caudatus*)의 서식지 이용 특성과 기후변화의 영향. 경북대학교 대학원 석사학위논문.
- 신완호. 2014. 금강 공주보 주변의 수달(*Lutra lutra*) 서식처에 관한 생태 연구. 충북대학교 대학원 석사학위논문.
- 신임수. 2012. 미꾸라지(*Misgurnus mizolepis*)와 미꾸리(*M. anguillicaudatus*)의 형태 및 유전학적 특성. 전남대학교 대학원 석사학위논문.
- 오기철. 2011. 진양호 수달의 혈연관계 분석과 인공서식지 모델화 연구. 경상대학교 대학원 박사학위논문.
- 유병호. 2011. 잣나무림에 서식하는 청설모의 생태 및 피해방제 전략. 강원대학교 대학원 박사학위논문.
- 이상돈. 2012. 강원도 홍천강 유역에 서식하는 수달의 식이물 분석에 관한 연구. 한국습지학회지 14(4): 591-596.
- 이우신, 구태희, 박진영. 2014. 한국의 새. LG상록재단.
- 이황구, 신현선, 김성원, 최준길. 2012. 황성호 일대에 분포하는 피라미(*Zacco platypus*) 개체군의 생태적 특성 분석. 한국환경생태학회지. 26(3): 374-381.
- 임양재. 1989. 천수만 망둑어과 어류의 계절에 따른 종 조성 변화와 생태. 충남대학교 대학원 석사학위논문.
- 장성현, 류희성, 이정호. 2011. 섬진강 중. 상류 수계에서 붕어 개체군의

- 생태학적 특성치 추정. 한국환경생태학회지. 25(3): 318-326.
- 정승규, 박종화, 우동걸, 이동근, 서창완, 김호걸. 2015. 서식지 적합성 평가를 이용한 수변지역 핵심 보전지역 선정 -수달을 대상으로-. 한국환경복원기술학회 18(2): 19-32.
- 조영석, 원창만, 김주필. 2006. 한국 수달(*Lutra lutra*)의 분포 현황. 환경생물학회지. 24(1): 89-94
- 조재운. 2013. 산양의 계통분류와 생태 및 보전 대책에 관한 연구. 충북대학교대학원 박사학위논문.
- 주우영. 2002. GIS를 이용한 수달의 서식지 모형 개발:설악산 국립공원을 대상으로. 서울대학교 대학원 석사학위논문.
- 차수민. 2001. 섬진강과 남해 일대에서 서식하는 수달의 식이습성. 경남대학교 대학원 석사학위논문.
- 최기철. 1992. 민물고기. 대원사. 서울.
- 최기철. 2001. 쉽게 찾는 내 고향 민물고기. 현암사. 서울.
- 최돈혁, 강호, 최광순. 시화호 인공습지의 수질정화기능 향상을 위한 사례연구. 2010. 한국습지학회. 12(2): 25-33.
- 최수진. 2016. 석교천 습지의 동물상과 포유류의 생태적 분석. 경성대학교 대학원 박사학위논문.
- 최윤, 김익수, 유봉석, 박종영. 1996. 금강하구 풀망둑(*Synechogobius hasta*)의 생태. 한국수산과학회지. 29(1): 115-123.
- 최종윤, 조현빈, 김성기, 라궁환, 주기재. 2015. 얇은 습지에서 환경요인에 따른 어류상 분포 특성. 한국환경생태학회지. 29(3): 391-400.
- 최준우. 2012. 부산 신항 개발에 따른 수달(*Lutra lutra*)의 식이습성 변화 요인에 대한 연구. 경성대학교 대학원 석사학위논문.
- 최준우, 윤명희. 2012. 수달의 식이 습성 및 부산 신항 공사가 수달 먹이에 미치는 영향에 대한 연구. 한국생명과학회. 22(6): 736-743.
- 최홍원. 2007. 유라시안 수달의 미토콘드리아 유전체 염기서열과 분자계통학적 함의. 경북대학교 대학원 석사학위논문.

- 한국수자원공사. 2004. 갈대습지공원 생태계 분석. 경기.
- 한성용. 1998. 한국 수달의 생태에 관한 연구. 경남대학교 대학원 박사학위논문.
- 한창욱. 2012. 부산신항만 주변에 서식하는 수달의 생태학적 연구. 경성대학교 대학원 박사학위논문.
- 허위행, 이우신, 임신재. 2005. 시화호 인공습지 조성 후 조류 군집의 변화. 한국환경생태학회지. 19(3): 279-286.
- Almeida, D. G., H. Copp, L. Masson, R. Miranda, M. Murai, M and C. D. Sayer. 2012. Changes in the diet of a recovering Eurasian otter population between the 1970s and 2010. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems. 22(1): 26-35.
- Andarge, E., T. Wube and M. Balakrishnan. 2017. Diet analysis of the African clawless otter (*Aonyx capensis*) in and around Lake Tana. Journal of Ecology and The Natural Environment. 9(4): 53-61.
- Anderson-Bledsoe, K. L and P. F. Scanlon. 1983. Heavy metal concentrations in tissues of Virginia river otters. Bulletin of environmental contamination and toxicology. 30(1): 442-447.
- Arnold, W., T. Ruf and R. Kuntz. 2006. Seasonal adjustment of energy budget in a large wild mammal, the Przewalski horse (*Equus ferus przewalskii*) II. Energy expenditure. Journal of Experimental Biology. 209(22): 4566-4573.
- Aschoff, J. 1966. Circadian activity pattern with two peaks. Ecology. 47(4): 657-662.
- Atkins, Z. S., N. Clemann., M. Schroder., D. G. Chapple., N. E. Davis., W. A. Robinson. and K. A. Robert. 2017. Consistent temporal variation in the diet of an endangered alpine lizard across two south eastern Australian sky islands. Austral Ecology.

- Baillie, J., C. Hilton-Taylor and S. N. Stuart. (Eds.). 2004. 2004 IUCN red list of threatened species: a global species assessment. Iucn.
- Belovsky, G. E and J. B. Slade. 1986. Time budgets of grasslandherbivores: body size similarities. *Oecologia*. 70(1): 53-62.
- Bennie, J. J., J. P. Duffy., R. Inger and K. J. Gaston. 2014. Biogeography of time partitioning in mammals. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 111(38): 13727-13732.
- Bice, C. M and B. P. Zampatti. 2011. Engineered water level management facilitates recruitment of non-native common carp, *Cyprinus carpio*, in a regulated lowland river. *Ecological Engineering*, 37(11), 1901-1904.
- Blanco-Garrido, F., J. Prenda and M. Narvaez. 2008. Eurasian otter (*Lutra lutra*) diet and prey selection in Mediterranean streams invaded by centrarchid fishes. *Biological Invasions*. 10(5): 641-648.
- Bowyer, R., T., J. W. Testa., J. B. Faro., C. C. Schwartz and J. B. Browning. 1994. Changes in diets of river otters in Prince William Sound, Alaska: effects of the Exxon Valdez oil spill. *Canadian Journal of Zoology*. 72(6): 970-976.
- Bridges, A. S and A. J. Noss. 2011. Behavior and activity patterns. In *Camera Traps in Animal Ecology*. 57-69
- Bridges, A. S., M. R. Vaughan and S. Klenzendorf. 2004. Seasonal variation in American black bear *Ursus americanus* activity patterns: quantification via remote photography. *Wildlife Biology*. 10(4): 277-284.
- Britton, J. R., M. Berry, S. Sewell, C. Lees and P. Reading. 2017. Importance of small fishes and invasive crayfish in otter *Lutra*

- lutra diet in an English chalk stream. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*. (418): 13.
- Brzeski, K. E., M. S. Gunther and J. M. Black. 2013. Evaluating river otter demography using noninvasive genetic methods. *The Journal of Wildlife Management*. 77(8): 1523–1531.
- Caravaggi, A., P. B. Banks, A. C. Burton, C. M. Finlay, P. M. Haswell, M. W. Hayward, ... and M. D. Wood. 2017. A review of camera trapping for conservation behaviour research. *Remote Sensing in Ecology and Conservation*. 3(3): 109–122.
- Carranza, M. L., E.D'. Alessandro, S. Saura and A. Loy. 2012. Connectivity providers for semi-aquatic vertebrates: the case of the endangered otter in Italy. *Landscape Ecology*. 27(2): 281–290.
- Clavero, M. J. Prenda and M. Delibes. 2003. Trophic diversity of the otter (*Lutra lutra* L.) in temperate and Mediterranean freshwater habitats. *Journal of Biogeography*. 30(5): 761–769.
- Conroy, J. W. H., J. Watt, J. B. Webb and A. Jones. 2005. A guide to the identification of prey remains in otter scats. *Mammal Society*.
- Cortés, Y., R. Fernández-Salvador, F. J. García, E. Virgós and M. Llorente. 1998. Changes in otter *Lutra lutra* distribution in Central Spain in the 1964–1995 period. *Biological Conservation*. 86(2): 179–183.
- Cowley, P. D. 1998. Fish population dynamics in a temporarily open/closed South African estuary.
- Crait, J. R and M. Ben-David, 2007. Effects of river otter activity on terrestrial plants in trophically altered Yellowstone Lake. *Ecology*. 88(4): 1040–1052.

- Crowley, S., C. J. Johnson and D. P. Hodder. 2013. Spatio-temporal variation in river otter (*Lontra canadensis*) diet and latrine site activity. *Ecoscience*. 20(1): 28–39.
- Cumberland, R. E., J. A. Dempsey and G. J. Forbes. 2001. Should diet be based on biomass? Importance of larger prey to the American marten. *Wildlife Society Bulletin*. 1125–1130.
- Czerniejewski, P and W. Wawrzyniak. 2006. Body weight, condition, and carapace width and length in the Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis* H. Milne-Edwards, 1853) collected from the Szczecin Lagoon (NW Poland) in spring and autumn 2001. *Oceanologia*. 48(2).
- Daan, S. 1981. Adaptive daily strategies in behavior. In *Biological rhythms*. Springer, Boston. MA. 275–298
- Dallas, J. F and S. B. Piertney. 1998. Microsatellite primers for the Eurasian otter. *Molecular Ecology*. 7(9): 1248–1251.
- Day, C. C., M. D. Westover and B. R. McMillan. 2015. Seasonal diet of the northern river otter (*Lontra canadensis*): what drives prey selection?. *Canadian Journal of Zoology*. 93(3): 197–205.
- de Souza Portella, A and E. M. Vieira. 2016. Diet and trophic niche breadth of the rare acrobatic cavy *Kerodon acrobata* (Rodentia: Caviidae) in a seasonal environment. *Mammal Research*. 61 (3): 279–287.
- Dimitrova, Z. M., Y. Tzvetkov and I. Todev. 2008. Occurrence of acanthocephalans in the Eurasian otter *Lutra lutra* (L.) (Carnivora, Mustelidae) in Bulgaria, with a survey of acanthocephalans recorded from this host species. *Helminthologia*. 45(1): 41–47.
- Downes, S. 2001. Trading heat and food for safety: costs of predator avoidance in a lizard. *Ecology*. 82(10): 2870–2881.



- Dunning Jr, J. B. 2007. CRC handbook of avian body masses. CRC press.
- Durbin, L. S. 1996. Some changes in the habitat use of a free ranging female otter *Lutra lutra* during breeding. *Journal of Zoology*. 240(4): 761-764.
- Enright, J. T. 1966. Influences of seasonal factors on the activity onset of the house finch. *Ecology*. 47(4): 662-666.
- Erlinge, S. 1968. Food studies on captive otters *Lutra lutra* L. *Oikos*. 259-270.
- Estes, J. A., R. J. Jameson and E. B. Rhode. 1982. Activity and prey election in the sea otter: influence of population status on community structure. *The American Naturalist*. 120(2): 242-258.
- Ewer, R. F. 1998. *The carnivores*. Cornell University Press.
- Fields, J. R., T. R. Simpson., R. W. Manning and F. L. Rose. 2003. Food habits and selective foraging by the Texas river cooter (*Pseudemys texana*) in Spring Lake, Hays County, Texas. *Journal of Herpetology*. 37(4): 726-729.
- Fretueg, G. R., T. J. Martin., C. Widg and D. R. Ruez Jr. 2015. Summer diet characteristics of North American river otters (*Lontra canadensis*) in central Illinois. *The American Midland Naturalist*. 173(2): 294-304.
- Fryxell, J. M., A. R. Sinclair and G. Caughley. 2014. *Wildlife ecology, conservation, and management*. John Wiley and Sons.
- Garcia de Leaniz, C., D. W. Forman, S. Davies and A. Thomson. 2006. Non intrusive monitoring of otters (*Lutra lutra*) using infrared technology. *Journal of Zoology*. 270(4): 577-584.
- GEIDEZIS, L. 1996. Food availability versus food utilization by otters (*Lutra lutra* L.) in the Oberlausitz pondland in Saxony,

- Eastern Germany. IUCN otter specialist group bulletin. 13(2): 58-70.
- George, S. L., and K. R. Crooks. 2006. Recreation and large mammal activity in an urban nature reserve. *Biological Conservation*. 133(1): 107-117.
- Georgii, B. 1981. Activity patterns of female red deer (*Cervus elaphus* L.) in the Alps. *Oecologia*. 49(1): 127-136.
- Gerell, R. 1969. Activity patterns of the mink *Mustela vison* Schreber in southern Sweden. *Oikos*. 451-460.
- Green, M. L., K. Monick., M. B. Manjerovic., J. Novakofski and N. ateus-Pinilla. 2015. Communication stations: cameras reveal river otter (*Lontra canadensis*) behavior and activity patterns at latrines. *Journal of ethology*. 33(3): 225-234.
- Green, R. 2000. Sexual Differences in the Behaviour of Young Otters (*Lutra lutra*) IUCN Otter Spec. Group Bull. 17(1): 20-30.
- Green, R. A and G. D. Bear. 1990. Seasonal cycles and daily activity patterns of Rocky Mountain elk. *The Journal of wildlife management*. 272-279.
- Gutleb, A. C., A. Kranz., G. Nechay and A. Toman. 1998. Heavy metal concentrations in livers and kidneys of the otter (*Lutra lutra*) from Central Europe. *Bulletin of environmental contamination and toxicology*. 60(2): 273-279.
- Halle, S and N. C. (Eds.) Stenseth. 2012. Activity patterns in small mammals: an ecological approach (141).
- Hanya, G., Otani, Y., Hongo, S., Honda, T., Okamura, H., and Higo, Y. 2018. Activity of wild Japanese macaques in Yakushima revealed by camera trapping: Patterns with respect to season, daily period and rainfall. 13(1): e0190631.

- Heggberget, T. M. 1993. Marine-feeding otters (*Lutra lutra*) in Norway: seasonal variation in prey and reproductive timing. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom. 73(2): 297-312.
- Herrero, J., S. Couto., C. Rosell and P. Arias. 2004. Preliminary data on the diet of wild boar living in a Mediterranean coastal wetland. Galemys. 16: 115-123.
- Hilton-Taylor, C. 2000. 2000 IUCN red list of threatened species (No. 333.953 I61t 2000). IUCN, Gland (Suiza). Species Survival Commission.
- Hussain, S. A and B. C. Choudhury. 1997. Distribution and status of the smooth-coated otter *Lutra perspicillata* in National Chambal Sanctuary, India. Biological Conservation. 80(2): 199-206.
- Hyvärinen, H., P. Tyni and P. Nieminen, 2003. Effects of moult, age, and sex on the accumulation of heavy metals in the otter (*Lutra lutra*) in Finland. Bulletin of environmental contamination and toxicology. 70(2): 278-284.
- Ikeda, T., K. Uchida., Y. Matsuura., H. T., akahashi., T. Yoshida., K. Kaji and I. Koizumi. 2016. Seasonal and diel activity patterns of eight sympatric mammals in northern Japan revealed by an intensive camera-trap survey. PloS one. 11(10): e0163602.
- Jacobsen, L. 2005. Otter (*Lutra lutra*) predation on stocked brown trout (*Salmo trutta*) in two Danish lowland rivers. Ecology of Freshwater Fish. 14(1): 59-68.
- Jo, Y. S., C. M. Won., S. R. Fritts., M. C. Wallace and J. T. Baccus. 2017. Distribution and habitat models of the Eurasian otter, *Lutra lutra*, in South Korea. Journal of Mammalogy. 98(4): 1105-1117.

- Juhasz, K., Z. Vegvari, M. Perpek, B. A. Lukacs and S. A. Nagy. 2014. Main versus alternative prey of Eurasian otters in an East-European artificial wetland system. *North-Western Journal of Zoology*. 10(1).
- Kang, J. H., S. J. Rhim and S. Y. Han. 2012. Habitat Use of the Eurasian Otter *Lutra lutra* in the Hangang River Water System, South Korea. *Journal of Animal and Veterinary Advances*. 11(21): 3882-3886.
- Kapusta, A., E. Bogacka-Kapusta and B. Czarnecki. 2008. The significance of stone moroko, *Pseudorasbora parva* (Temminck and Schlegel), in the small-sized fish assemblages in the littoral zone of the heated Lake Licheńskie. *Archives of Polish Fisheries*. 16(1): 49-62.
- Kavanau, J. L. 1969. Influences of light on activity of small mammals. *Ecology*. 50(4): 548-557.
- Kenyon, K. W. 1969. The sea otter in the eastern Pacific Ocean. *North American Fauna*. 1-352.
- Ki, J. S., D. S. Hwang., T. J. Park., S. H. Han and J. S. Lee. 2010. A comparative analysis of the complete mitochondrial genome of the Eurasian otter *Lutra lutra* (Carnivora; Mustelidae). *Molecular biology reports*. 37(4): 1943-1955.
- Kimber, K. R., and G. V. Kollias. 2000. Infectious and parasitic diseases and contaminant-related problems of North American river otters (*Lontra canadensis*): a review. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*. 31(4): 452-472.
- Kloskowski, J., J. Rechulicz and B. Jarzynowa. 2013. Resource availability and use by Eurasian otters *Lutra lutra* in a heavily modified river-canal system. *Wildlife biology*. 19(4): 439-45

1.

- Kilburn, J. E., T. Rittenhouse, A. LaBonte and H. Kilpatrick. 2018. Spatial and Temporal Variations in White-Tailed Deer Abundance and Detectability Across a Heterogeneous Landscape of Fear. Spatial Variability in Abundance, Detectability and Survival of White-Tailed Deer Across a Heterogeneous Landscape of Fear, 4.
- Kim, H. J., M. Ando, S. Y. Han, H. Sasaki and H. Ogawa, 2011. Recovery of the Eurasian Otter *Lutra lutra* in Korea and change in public attitude. In Proceedings of XI International Otter Colloquium, IUCN Otter Spec. Group Bull (28): 85-90.
- Kitchen, A. M., E. M. Gese and E. R. Schauster. 2000. Changes in coyote activity patterns due to reduced exposure to human persecution. Canadian Journal of Zoology. 78(5): 853-857.
- Kloskowski, J., J. Rechulicz and B. Jarzynowa. 2013. Resource availability and use by Eurasian otters *Lutra lutra* in a heavily modified river-canal system. Wildlife biology. 19(4): 439-451.
- Kolowski, J. M., D. Katan., K. R. Theis and K. E. Holekamp. 2007. Daily patterns of activity in the spotted hyena. Journal of Mammalogy. 88(4): 1017-1028.
- Kortan, D., Z. Adámek and S. Poláková. 2007. Winter predation by otter, *Lutra lutra* on carp pond systems in South Bohemia (Czech Republic). Folia Zoologica. 56(4): 416.
- Krawczyk, A. J., M. Bogdziewicz., K. Majkowska and A. Glazaczow. 2016. Diet composition of the Eurasian otter *Lutra lutra* in different freshwater habitats of temperate Europe: a review and meta analysis. Mammal Review. 46(2): 106-113.

- Krawczyk, A. J., M. Skierczyński and P. Tryjanowski. 2011. Diet of the Eurasian otter *Lutra lutra* on small watercourses in Western Poland.
- Kronfeld-Schor, N and T. Dayan. 2003. Partitioning of time as an ecological resource. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*. 34(1): 153-181.
- Kruuk, H. 1995. Wild otters: predation and populations. OUP Oxford.
- Kruuk, H. and R. Hewson. 1978. Spacing and foraging of otters (*Lutra lutra*) in a marine habitat. *Journal of Zoology*. 185(2): 205-212.
- Kruuk, H. and A. Moorhouse. 1990. Seasonal and spatial differences in food selection by otters (*Lutra lutra*) in Shetland. *Journal of Zoology*. 221(4): 621-637.
- Kruuk, H., E. Balharry and P. T. Taylor. 1994. Oxygen consumption of the Eurasian otter *Lutra lutra* in relation to water temperature. *Physiological Zoology*. 67(5): 1174-1185.
- Lanszki, J., S. Körmendi., C. Hancz and T. G. Martin. 2001. Examination of some factors affecting selection of fish prey by otters (*Lutra lutra*) living by eutrophic fish ponds. *Journal of Zoology*. 255(1): 97-103.
- Lanszki, J and T. Molnar. 2003. Diet of otters living in three different habitats in Hungary. *FOLIA ZOOLOGICA-PRAHA-*, 52(4): 378-388.
- Lanszki, J. and Z. Sallai. 2006. Comparison of the feeding habits of Eurasian otters on a fast flowing river and its backwater habitats. *Mammalian Biology-Zeitschrift für Säugetierkunde*. 71(6): 336-346.
- Lanszki, J., G. Lanszkiné Széles and G. Yoxon. 2009. Diet composition

of otters (*Lutra lutra* L.) living on small watercourses in south-western Hungary. *Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae*. 55(3): 293–306.

- Lashley, M. A., M. V. Cove., M. C. Chitwood., G. Penido., B. Gardner., C. S. DePerno and C. E. Moorman. 2018. Estimating wildlife activity curves: comparison of methods and sample size. *Scientific reports*. 8(1): 4173.
- Lau, A. C., C. M. Asahara., S. Y. Han and J. Kimura. 2016. Sexual dimorphism of the Eurasian otter (*Lutra lutra*) in South Korea: Craniodental geometric morphometry. *Journal of Veterinary Medical Science*. 78(6): 1007–1011.
- Lee, J. E., R. T. Larsen, J. T. Flinders and D. L. Eggett. 2010. Daily and seasonal patterns of activity at pygmy rabbit burrows in Utah. *Western North American Naturalist*, 189–197.
- Lehoczky, I., D. L. Dalton., J. Lanszki., Z. Sallai., M. T. Madisha., L. J. Nupen and A. Kotzé. 2015. Assessment of population structure in Hungarian otter populations. *Journal of Mammalogy*. 96(6): 1275–1283.
- Leuchtenberger, C., C. A. Zucco, C. Ribas, W. Magnusson and G. Mourão. 2014. Activity patterns of giant otters recorded by telemetry and camera traps. *Ethology Ecology and Evolution*. 26(1): 19–28.
- Lim, S. G., H. K. Han., H. W. Gil and I. S. Park. 2012. Temperature-dependent Index of Mitotic Interval ( $\tau_0$ ) for Chromosome Manipulation in Korean Bullhead, *Pseudobagrus fulvidraco*. *Development and reproduction*. 16(4): 321.
- Loe, L. E., C. Bonenfant, A. Mysterud, T. Severinsen, N. A. Øritsland, R. Langvatn and N. C. Stenseth. 2007. Activity pattern of a

- ctic reindeer in a predator-free environment: no need to keep a daily rhythm. *Oecologia*. 152(4): 617-624.
- MacArthur, R. 1955. Fluctuations of animal populations and a measure of community stability. *ecology*. 36(3): 533-536.
- Macdonald, S. M and C. F. Mason. 1985. Otters, their habitat and conservation in Northeast Greece. *Biological Conservation*. 31 (3): 191-210.
- Macdonald, S. M., C. F. Mason and I. S. Coghill, 1978. The otter and its conservation in the River Teme catchment. *Journal of Applied Ecology*. 373-384.
- Macdonald, S. M. and C. F. Mason. 1983. Some factors influencing the distribution of otters (*Lutra lutra*). *Mammal review*. 13(1): 1-10.
- Madsen, A. B., and A. Prang. 2001. Habitat factors and the presence or absence of otters *Lutra lutra* in Denmark. *Acta Theriologica*. 46(2): 171-179.
- Martin, D. J., B. R. McMillan., J. DErb., T. A. Gorman and D. P. Walsh. 2010. Diel activity patterns of river otters (*Lontra canadensis*) in southeastern Minnesota. *Journal of Mammalogy*. 91(5): 1213-1224.
- Mason, C. F and S. M. Macdonald. 2009. Otters: ecology and conservation. Cambridge University Press.
- Mason, C. F and A. Stephenson. 2001. Metals in tissues of European otters (*Lutra lutra*) from Denmark, Great Britain and Ireland. *Chemosphere*. 44(3): 351-353.
- Melquist, W. E and M. G. Hornocker. 1983. Ecology of river otters in west central Idaho. *Wildlife monographs*. 3-60.
- Merritt, J. F and J. M. Merritt. 1978. Seasonal home ranges and activ



- ity of small mammals of a Colorado subalpine forest. *Acta Theriologica*. 23(9): 195-202.
- Mills, L. S., M. E. Soule and D. F. Doak. 1993. The keystone-species concept in ecology and conservation. *BioScience*. 43(4): 219-224.
- Mirzaei, R., M. Karami., A. D. Kar and A. Abdoli. 2010. Habitat quality assessment for the Eurasian otter (*Lutra lutra*) on the river Jajrood, Iran. *Hystrix, the Italian Journal of Mammalogy*. 20(2).
- Morrison, M. L., B. Marcot and W. Mannan. 2012. *Wildlife-habitat relationships: concepts and applications*. Island Press.
- Muck, J. A., C. F. Rabeni and J. D.I.S.T.E.F.A.N.O. Robert. 2002. Reproductive biology of the crayfish *Orconectes luteus* (Cresser) in a Missouri stream. *The American midland naturalist*. 147(2):338-351.
- Mukherjee, S., M. Zelcer and B. P. Kotler. 2009. Patch use in time and space for a meso-predator in a risky world. *Oecologia*. 159(3): 661-668.
- Munz, F. W and W. N. McFarland. 1973. The significance of spectral position in the rhodopsins of tropical marine fishes. *Vision research*. 13(10): 1829-IN1.
- Munro, R. H. M., S. E. Nielsen., M. H. Price., G. B. Stenhouse and M. S. Boyce. 2006. Seasonal and diel patterns of grizzly bear diet and activity in west-central Alberta. *Journal of mammalogy*. 87(6): 1112-1121.
- Navarro-Picado, J., Spinola-Parallada, M., Madrigal-Mora, A., and Fonseca-Sanchez, A. 2017. Habitat Selection of *Lontra Longicaudis* (Carnivora, Mustelidae) Under the Influence of the Hydroele

- ctric Dam of Penas Blancas River and Its Tributaries, Alajuela, Costa Rica. *UNICIENCIA*. 31(1): 73–84.
- O'Connor, K. M and T. A. Rittenhouse. 2017. Temporal activity levels of mammals in patches of early successional and mature forest habitat in eastern Connecticut. *The American Midland Naturalist*. 177(1): 15–28.
- Oliveira-Santos, L. G. R., C. A. Zucco and C. Agostinelli. 2013. Using conditional circular kernel density functions to test hypotheses on animal circadian activity. *Animal Behaviour*. 85(1): 269–280.
- Olsen, J., E. Fuentes, D. M. Bird, A. B. Rose and D. Judge. 2008. Dietary shifts based upon prey availability in Peregrine Falcons and Australian Hobbies breeding near Canberra, Australia. *Journal of Raptor Research*. 42(2): 125–137.
- Ostfeld, R. S. 1982. Foraging strategies and prey switching in the California sea otter. *Oecologia*. 53(2): 170–178.
- Pagon, N., S. Grignolio., A. Pipia., P. Bongio., C. Bertolucci and M. Apollonio. 2013. Seasonal variation of activity patterns in roe deer in a temperate forested area. *Chronobiology international*. 30(6): 772–785.
- Pardini, R. 1998. Feeding ecology of the neotropical river otter *Lontra longicaudis* in an Atlantic Forest stream, south eastern Brazil. *Journal of Zoology*. 245(4): 385–391.
- Park, B. K., J. H. Lim., M. S. Kim and H. I. Yun. 2006. Pharmacokinetics of florfenicol and its metabolite, florfenicol amine, in the Korean catfish (*Silurus asotus*). *Journal of veterinary pharmacology and therapeutics*. 29(1): 37–40.
- Park, H. C., T. Y. Han., D. C. Kim., M. S. Min., S. Y. Han., K. S. Kim and H. Lee. 2011. Individual identification and sex de

- termination of Eurasian otters (*Lutra lutra*) in Daegu city based on genetic analysis of otter scats. *Genes and Genomics*. 33 (6): 653–657.
- Passamani, M and S. L. Camargo. 1995. Diet of the river otter *Lutra longicaudis* in Furnas Reservoir, south-eastern Brazil. *IUCN Otter Specialist Group Bulletin*. 12: 32–34.
- Penland, T. F and J. M. Black. 2009. Seasonal variation in river otter diet in coastal northern California. *Northwestern Naturalist*. 90 (3): 233–237.
- Pépin, D., P. C. Renaud, B. Dumont and F. Decuq. 2006. Time budget and 24-h temporal rest - activity patterns of captive red deer hinds. *Applied Animal Behaviour Science*, 101(3–4), 339–354.
- Pickles, R., V. Zambrana., B. Jordan., I. Hoffmann-Heap., A. Salinas., J. Groombridge and P. Van Damme. 2011. An evaluation of the utility of camera traps in monitoring giant otter populations. *IUCN Otter Specialist Group Bulletin*. 28(1): 39–45.
- Parker, G. A and J. M. Smith. 1990. Optimality theory in evolutionary biology. *Nature*. 348(6296): 27.
- Park, J. M and S. H. Huh. 2015. Length - weight relations for 29 demersal fishes caught by small otter trawl on the south-eastern coast of Korea.
- Parker, T. S., S. K. Gonzales and C. H. Nilon. 2014. Seasonal comparisons of daily activity budgets of gray squirrels (*Sciurus carolinensis*) in urban areas. *Urban ecosystems*. 17(4): 969–978.
- Pollard, S. D. 1988. Partial consumption of prey: the significance of prey water loss on estimates of biomass intake. *Oecologia*. 76 (3): 475–476.

- Prenda, J and C. Granado-Lorencio. 1996. The relative influence of riparian habitat structure and fish availability on otter *Lutra lutra* L. scatsing activity in a small Mediterranean catchment. *Biological conservation*. 76(1): 9-15.
- Prigioni, C., L. Remonti., A. Balestrieri., S. Sgrosso., G. Priore., N. Mucci and E. Randi. 2006. Estimation of European otter (*Lutra lutra*) population size by fecal DNA typing in southern Italy. *Journal of Mammalogy*. 87(5): 855-858.
- Pyke, G. H. 1984. Optimal foraging theory: a critical review. *Annual review of ecology and systematics*. 15(1): 523-575.
- Quadros, J and E. L. Monteiro-Filho. 2001. Diet of the neotropical otter, *Lontra longicaudis*, in an Atlantic forest area, Santa Catarina State, southern Brazil. *Studies on Neotropical fauna and Environment*. 36(1): 15-21.
- Quadros, J and E. L. Monteiro-Filho. 2001. Diet of the neotropical otter, *Lontra longicaudis*, in an Atlantic forest area, Santa Catarina State, southern Brazil. *Studies on Neotropical fauna and Environment*. 36(1): 15-21.
- Raesly, E. J. 2001. Progress and status of river otter reintroduction projects in the United States. *Wildlife Society Bulletin*. 856-862.
- Ramos-Rosas, N. N., C. Valdespino., J. García-Hernández., J. P. Gallo-Reynoso and E. J. Olguín. 2013. Heavy metals in the habitat and throughout the food chain of the Neotropical otter, *Lontra longicaudis*, in protected Mexican wetlands. *Environmental monitoring and assessment*. 185(2): 1163-1173.
- Rauschmayer, F., H. Wittmer and A. Berghöfer. 2008. Institutional challenges for resolving conflicts between fisheries and endangered

- d species conservation. *Marine Policy*. 32(2): 178–188.
- Rheingantz, M. L., L. G. Oliveira–Santos, H. F. Waldemarin and E. P. Caramaschi. 2012. Are otters generalists or do they prefer larger, slower prey? feeding flexibility of the neotropical otter *Lontra longicaudis* in the Atlantic Forest. *IUCN Otter Specialist Group Bulletin*. 29(2): 80–94.
- Reid, D. G., T. E. Code., A. C. H. Reid., and S. M. Herrero. 1994. Food habits of the river otter in a boreal ecosystem. *Canadian Journal of Zoology*. 72(7): 1306–1313
- Rheingantz, M. L., C. Leuchtenberger., C. A. Zucco and F. A. Fernandez. 2016. Differences in activity patterns of the Neotropical otter *Lontra longicaudis* between rivers of two Brazilian ecoregions. *Journal of Tropical Ecology*. 32(2): 170–174.
- Rheingantz, M. L., V. M. Santiago Plata and C. S. Trinca. 2017. The Neotropical otter *Lontra longicaudis*: a comprehensive update on the current knowledge and conservation status of this semi aquatic carnivore. *Mammal Review*.
- Ridout, M. S and M. Linkie. 2009. Estimating overlap of daily activity patterns from camera trap data. *Journal of Agricultural, Biological, and Environmental Statistics*. 14(3): 322–337.
- Risenhoover, K. L. 1986. Winter activity patterns of moose in interior Alaska. *The Journal of wildlife management*. 727–734.
- Robbins, C. 2012. *Wildlife feeding and nutrition*. Elsevier.
- Roberts, N. M., C. F. Rabeni., J. S. Stanovick and D. A. Hamilton. 2008. River otter, *Lontra canadensis*, food habits in the Missouri Ozarks. *The Canadian Field–Naturalist*. 122(4): 303–311.
- Rowcliffe, J. M., Kays, R., Kranstauber, B., Carbone, C and Jansen, P. A. 2014. Quantifying levels of animal activity using camera tr

- ap data. *Methods in Ecology and Evolution*. 5(11): 1170–1179
- Rowe–Rowe, D. T. 1977. Food ecology of otters in Natal, South Africa. *Oikos*. 210–219.
- Ruchin, A. B. 2004. Influence of colored light on growth rate of juveniles of fish. *Fish Physiology and Biochemistry*. (2), 175–178.
- Ruiz–Olmo, J and J. Jiménez. 2009. Diet diversity and breeding of top predators are determined by habitat stability and structure: a case study with the Eurasian otter (*Lutra lutra* L.). *European Journal of Wildlife Research*. 55(2): 133.
- Ryder, R. A. 1955. Fish predation by the otter in Michigan. *The Journal of Wildlife Management*. 19(4): 497–498.
- Saylor, R. K., N. W. Lapointe and P. L. Angermeier. 2012. Diet of non native northern snakehead (*Channa argus*) compared to three co-occurring predators in the lower Potomac River, US A. *Ecology of Freshwater Fish*. 21(3): 443–452.
- Schmidt–Nielsen, K. 1997. *Animal physiology: adaptation and environment*. Cambridge University Press.
- Serfass, T. L., Peper, R. L., Whary, M. T., and Brooks, R. P. 1993. River otter (*Lutra canadensis*) reintroduction in Pennsylvania: prerelease care and clinical evaluation. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*. 28–40.
- Schenck, C., and Staib, E. 1992. Giant Otters in Peru. *IUCN Otter Species Group Bull.* (7): 24–26.
- Scherr, H and J. Bowman. 2009. A sex-biased effect of parasitism on skull morphology in river otters. *Ecoscience*. 16(1): 119–124.
- Schoener, T. W. 1971. Theory of feeding strategies. *Annual review of ecology and systematics*. 2(1): 369–404.
- Scholander, P. F., R. Hock., V. Walters and L. Irving. 1950.

- Adaptation to cold in arctic and tropical mammals and birds in relation to body temperature, insulation, and basal metabolic rate. *The Biological Bulletin*. 99(2): 259–271.
- Serfass, T. L., R. L. Peper, M. T. Whary and R. P. Brooks. 1993. River otter (*Lutra canadensis*) reintroduction in Pennsylvania: pre-release care and clinical evaluation. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*. 28–40.
- Shenoy, K., S. Varma and K. D. Prasad. 2006. Factors determining habitat choice of the smooth-coated otter, *Lutra perspicillata* in a South Indian river system. *Current Science*. 637–643.
- Sherrard-Smith, E., J. Cable and E. A. Chadwick. 2009. Distribution of Eurasian otter biliary parasites, *Pseudamphistomum truncatum* and *Metorchis albidus* (Family Opisthorchiidae), in England and Wales. *Parasitology*. 136(9): 1015–1022.
- Sherwin, C. M. 1998. Voluntary wheel running: a review and novel interpretation. *Animal behaviour*. 56(1): 11–27.
- Smallbone, W. A., E. A. Chadwick., J. Francis., E. Guy., S. E. Perkins., E. Sherrard-Smith and J. Cable. 2017. East-West Divide: temperature and land cover drive spatial variation of *Toxoplasma gondii* infection in Eurasian otters (*Lutra lutra*) from England and Wales. *Parasitology*. 144(11): 1433–1440.
- Smiroldo, G., A. Balestrieri, L. Remonti and C. Prigioni. 2009. Seasonal and habitat-related variation of otter *Lutra lutra* diet in a Mediterranean river catchment (Italy). *Folia Zoologica*. 58 (1): 87.
- Stenset, N. E., P. N. Lutnæs., V. Bjarnadóttir., B. Dahle., K. H. Fossum., P. Jørgsved and S. M. Steyaert. 2016. Seasonal and annual variation in the diet of brown bears *Ursus arctos* in th

- e boreal forest of southcentral Sweden. *Wildlife Biology*. 22(3): 107–116.
- Stevens, S. S and T. L. Serfass. 2008. Visitation patterns and behavior of Nearctic river otters (*Lontra canadensis*) at latrine sites. *Northeastern Naturalist*. 15(1): 1–12.
- Sumova, A., Z. Bendova., M., Sladek., Z. Kovacikova and H. Illnerova. 2004. Seasonal molecular timekeeping within the rat circadian clock. *Physiological research*. 53: S167–176.
- Taylor, I. R., M. J. Jeffries., S. G. Abbott., I. A. R. Hulbert and S. R. K. Virdee. 1988. Distribution, habitat and diet of the otter *Lutra lutra* in the Drina catchment, Yugoslavia. *Biological conservation*. 45(2): 109–119.
- Temple, H. J and A. Terry. 2009. European mammals: Red List status, trends, and conservation priorities. *Folia zoologica*. 58(3): 248.
- Tester, J. R and J. Figala. 1990. Effects of biological and environmental factors on activity rhythms of wild animals. *Chronobiology: Its role in clinical medicine, general biology, and agriculture*. 909–919.
- Theng, M., N. Sivasothi and H. H. Tan. 2016. Diet of the smooth-coated otter *Lutrogale perspicillata* (Geoffroy 1826) at natural and modified sites in Singapore. *Raffl. Bull. Zool*. 64: 290–301
- Thomas, M. S and L. S. Robert. 2016. *Elements of Ecology* ninth edition. Life science. 292–294
- Toweill, D. E. 1974. Winter food habits of river otters in western Oregon. *The Journal of Wildlife Management*. 107–111.
- Usio, N. 2017. Small-clawed otters (*Aonyx cinereus*) in Indonesian rice fields: latrine site characteristics and visitation frequency.



- Ecological Research. 32(6): 899–908.
- UTRERAS, V and L. PINOS, 2003. Camera trap use for studying giant otters (*Pteronura brasiliensis*) in the Yasuní Biosphere Reserve, Ecuadorian Amazon. OTTER SPECIALIST GROUP BULLETIN.
- Vaclavikova, M., T. Vaclavik and V. Kostkan. 2011. Otters vs. fishermen: Stakeholders' perceptions of otter predation and damage compensation in the Czech Republic. Journal for Nature Conservation. 19(2): 95–102
- van der Vinne, V., J. A. Gorter., S. J. Riede and R. A. Hut. 2015. Diurnality as an energy-saving strategy: energetic consequences of temporal niche switching in small mammals. Journal of Experimental Biology. 218(16): 2585–2593.
- van der Vinne, V., S. J. Riede., J. A. Gorter., W. G. Eijer., M. T. Sellix., M. Menaker and R. A. Hut. 2014. Cold and hunger induce diurnality in a nocturnal mammal. Proceedings of the National Academy of Sciences. 111(42): 15256–15260.
- van Oort, B. E., N. J. Tyler., M. P. Gerkema., L. Folkow and K. A. Stokkan. 2007. Where clocks are redundant: weak circadian mechanisms in reindeer living under polar photic conditions. Naturwissenschaften. 94(3): 183–194.
- Villafuerte, R., M. B. Kufner, M. Delibes and S. Moreno. 1993. Environmental factors influencing the seasonal daily activity of the European rabbit (*Oryctolagus cuniculus*) in a Mediterranean area. Mammalia. 57(3): 341–348.
- Wardle, C. S. 1980. Effects of temperature on the maximum swimming speed of fishes. In Environmental physiology of fishes. 519–531.

- Watson, L. H and A. J. Lang. 2003. Diet of Cape clawless otters in Groenvlei Lake, South Africa. *South African Journal of Wildlife Research*-24-month delayed open access. 33(2): 135-137.
- White, P. J., T. J. Kreeger., U. S. Seal and J. R. Tester. 1991. Pathological responses of red foxes to capture in box traps. *The Journal of wildlife management*. 75-80.
- Wolfe, J. Land C. T. Summerlin. 1989. The influence of lunar light on nocturnal activity of the old-field mouse. *Animal behaviour*. 37: 410-414.
- Worman, C. O. D and C. A. Chapman. 2005. Seasonal variation in the quality of a tropical ripe fruit and the response of three frugivores. *Journal of tropical ecology*. 21(6): 689-697.
- Yeh, C. F and R. G. Hodson. 1975. Effects of formalin on length and weight of bluegill and white crappie from Lake Nasworthy, Texas. *The Southwestern Naturalist*. 315-321.
- Zielinski, W. J. 1988. The influence of daily variation in foraging cost on the activity of small carnivores. *Animal Behaviour*. 36(1): 239-249.
- Zielinski, W. J., W. D. Spencer and R. H. Barrett. 1983. Relationship between food habits and activity patterns of pine martens.

# Abstract

## **Seasonal differences in diet and activity of the Eurasian Otter (*Lutra lutra*)**

Kim, Jee Hyun

Major in Forest Environmental Sciences

The Graduate School

Seoul National University

Understanding the ecological characteristics of endangered wildlife species is essential to long-term conservation and management efforts. In particular, studies on status of and changes in an animal's prey and activity can provide information on the condition and trend of the species' habitat as well as its population management. Eurasian Otters (*Lutra lutra*) are at the top of the food chain in the aquatic ecosystem, and they act as a keystone species in wetland habitats. Unfortunately, the otters are often disturbed by various threats, such as industrial development, urbanization, and water pollution around their habitats, and therefore, they are designated as a protected species both domestically and internationally. However, previous studies on the threatened otter's feeding ecology in Korea have mostly reported simple list of prey or have provided little information on its activity. Therefore, the key objectives of this study were to document the differences in the otter's prey preference and to

understand the activity of otters during the summer and winter.

To achieve these objectives, potential prey and scats of the otters were collected in summer (June to August in 2017) and winter (December 2017 to February 2018) at Ansan Reed Wetlands in Ansan, Gyeonggi Province, the Republic of Korea. Food remains were separated from the scats, and the food preference index was calculated comparing the abundance of collected potential prey and used prey in scats. To compare the activity of Eurasian Otters (amount of activity, activity pattern, activity level), I installed camera traps in the wetland and compared results between two seasons.

As a result of dietary analysis, the otters showed the highest feeding rate of Osteichthyes, and their prey did not show significant difference in composition between both seasons. The reason for this is that wetlands is a slow flow rate and lentic, which means that there is little change in the composition of the community. Common Carp (*Cyprinus carpio*) was the most important food source for the otters during both seasons both in the frequency and in the biomass, possibly because the carp is an easy prey swimming slowly near the water surface and the shallow edge of wetlands. The values of FNB and FNBst were higher in summer than those in the winter, because many prey are more active in the summer compared to the winter season and otters can use a variety of food resources.

The amount of activity of the otters were significantly lower in winter than in summer. The otter probably responded to the lower ambient and water temperatures in winter by minimizing movement and decreasing activity in order to reduce energy loss. The daily activity pattern was crepuscular in both seasons because the otters were more active around the sunrise and sunset, but the active time periods of the otters were changed over time due to the change of photoperiod in two seasons. Activity level was 48% in summer and 50% in winter, and there was no significant difference between the

two seasons. This suggests that otters did not show any difference in activity level because they preferred to move around similar sunrise and sunset times both in summer and winter.

This study suggests that the Eurasian Otters in Ansan Reed Wetland prefer fish, especially the Common Carp both in summer and winter and that they were more active before and after the sunrise and sunset. Combining the findings from dietary and activity studies, the otter may not need to change the activity level because the amount of carp, the most preferred food source, was sufficient within the study area. This result implies that the prey availability is not a limiting or determinant factor of the otters' activity regardless of the season, when the availability of food sources are maintained constantly high throughout a year. Therefore, any changes in diet and activity of the otters when the composition of potential prey' community varies over time will be an interesting topic for future studies in order to better understand the year-round behaviors of the Eurasian Otters adapting to diverse wetland habitats in Korea.

**keywords : activity level, activity pattern, camera trap, daily activity, diet, Eurasian Otter (*Lutra lutra*), scat analysis**

***Student Number* : 2016-21458**