



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

산림에 출현하는 식육목 5종의  
일주 행동과 종간 상호작용

Activity patterns and interspecific  
interaction of five forest carnivores  
in the Republic of Korea

2023년 8월

서울대학교 대학원

농림생물자원학부 산림환경학 전공

민 경 해

# 산림에 출현하는 식육목 5종의 일주 행동과 종간 상호작용

지도교수 최 창 용

이 논문을 농학석사 학위논문으로 제출함  
2023년 7월

서울대학교 대학원  
농림생물자원학부 산림환경학 전공  
민 경 해

민경해의 석사 학위논문을 인준함  
2023년 8월

위 원 장 \_\_\_\_\_ 최 혜 영 (인)

부위원장 \_\_\_\_\_ 최 창 용 (인)

위 원 \_\_\_\_\_ 박 찬 열 (인)

## 국문초록

동일한 지역 내에서 함께 서식하는 종간의 상호작용을 파악하고 공존 요인에 대해 이해하는 것은 환경 변화의 잠재적인 영향을 이해하는데 중요하다. 특히 들고양이와 들개와 같은 야생화된 종의 영향과 야생동물과의 상호작용에 관한 연구는 종을 효율적으로 관리하고 보전하는데 핵심적인 정보를 제공해준다. 그러나 국내에서 다양한 상호작용이 발생할 것이라고 예상되는 공서성(sympatric) 육식동물 종간의 상호작용과 이들이 생태계에 미치는 영향에 대한 연구자료는 부족한 실정이다. 따라서 본 연구는 오소리(*Meles leucurus*), 너구리(*Nyctereutes procyonoides*), 삵(*Prionailurus bengalensis*), 들고양이(*Felis catus*), 들개(*Canis lupus familiaris*) 등 산림에 함께 출현하는 식육목 5종의 활동성이 가장 높은 가을철 일주 행동과 종간 상호작용을 파악하는 것을 목적으로 실시되었다.

이를 위하여 연구 대상지인 경기도 연천군 미산면 및 백학면 일대에 2022년 6월부터 2022년 11월까지 35대의 무인센서카메라를 설치하여 종의 출현을 관찰하였다. 모든 종이 함께 출현하는 가을철을 대상으로 각 종의 일주 행동을 파악하고 종간 중첩계수를 산출하였다. 또한 카메라를 설치한 지점별로 나타난 종의 상대풍부도지수(relative abundance index: RAI)를 통해 공간 이용 강도를 파악하고 종간의 공간적인 중첩을 파악

하였다. 마지막으로 서식지 내 환경 변수가 종의 상대풍부도지수에 미치는 영향을 파악하기 위하여, 현장 조사를 통해 미세 환경 변수를 수집하였고 반경 300m의 원형 구역 내 환경 변수를 원격탐사자료를 통해 확보하였다. 또한 동일 지점에서 나타난 다른 종의 상대풍부도지수를 생물학적 환경 변수로 함께 분석하였다.

일주 행동 분석 결과, 오소리와 너구리는 야행성, 들고양이와 들개는 주행성으로 나타났으며, 삶은 아침과 저녁에 활동적인 것으로 나타났다. 오소리와 너구리가 가장 높은 시간적인 중첩을 보였으며, 들고양이와 들개도 시간적 중첩이 높은 것으로 나타났다. 반면 너구리와 들고양이가 가장 낮은 시간적 중첩을 가지는 것으로 확인되었다.

종의 공간 이용 강도와 공간적 중첩을 파악한 결과, 오소리와 너구리 사이에서 가장 많은 공간적인 중첩이 발생하였고 들고양이와 들개의 경우 가장 낮은 공간적인 중첩이 발생하였다.

다른 종들의 상대풍부도지수가 한 종의 상대풍부도지수에 어떤 영향을 미치는지 분석한 결과, 각 종의 상대풍부도지수는 다른 종들과 일반적으로 양의 상관관계를 보였으나, 유일하게 들고양이는 오소리와 삶의 상대풍부도지수를 낮추는 것으로 나타났다.

환경 변수가 종의 상대풍부도지수에 미치는 영향을 파악한 결과, 각 종별로 다양한 환경 변수가 영향을 미치는 것으로 나타났다. 너구리와 들

고양이는 도로와의 거리가 멀어질수록 상대풍부도지수가 낮아졌으나 오소리, 삥, 들개는 상대풍부도지수가 높아지는 것으로 나타났다. 나지/개활지가 증가할수록 들개를 제외한 모든 종의 상대풍부도지수가 낮아졌다.

본 연구를 통해 산림에 출현하는 식육목 5종 간은 0.27부터 0.90까지 다양한 중첩도를 보였는데 가장 높은 건 오소리와 너구리, 낮은 건 너구리와 들고양이로 확인되었다. 환경 변수가 종의 상대풍부도지수에 미치는 영향의 경우 너구리와 들고양이가 유사한 양상을 보이는 것으로 나타났다. 오소리와 너구리는 시공간적으로 모두 높은 중첩을 보이기 때문에 공존의 요인에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단되며, 너구리와 들고양이는 환경 변수에 대하여 유사한 양상을 보이지만 낮은 시간적인 중첩을 가지는 것으로 보아 너구리와 들고양이는 잠재적인 경쟁자로 활동패턴을 조절하여 상호작용 발생을 낮춘 가능성이 존재하는 것으로 생각된다. 삥의 경우 다른 종에 비해 들고양이와 낮은 수준의 시간적인 중첩이 나타났는데 이는 유사한 분류학적 그리고 형태학적 특징을 가진 종 간에 부정적인 상호작용을 줄이기 위해 나타난 현상일 가능성이 존재한다고 생각된다.

따라서 추후 연구에서는 시공간적으로 높은 중첩을 보이거나 분류학적 또는 형태학적으로 유사한 종이 공존하는 요인에 대한 추가적인 연구와

더불어 인간의 영향, 계절의 변화와 관련된 기온과 강수량과 같은 다양한 요소와 연관지어 종의 일주 행동 및 상호작용을 파악할 필요가 있을 것으로 생각된다.

주요어 : 식육목, 일주행동, 중간 상호작용, 상대풍부도, 서식지 이용, 무인센서카메라

학 번 : 2021-29886

# 목 차

제 1 장 서론 .....	1
1. 연구 배경 .....	1
2. 연구 목적 .....	3
제 2 장 재료 및 방법 .....	5
1. 연구대상종 .....	5
2. 연구대상지 .....	7
2.1. 무인센서카메라 설치 및 데이터 수집 .....	9
2.2. 서식지 환경 변수 수집 .....	11
3. 연구방법 .....	12
3.1. 종간 일주 행동 비교 .....	12
3.2. 종간 공간적 상호작용 분석 .....	14
3.2.1. 공간 이용 강도(site use intensity) 분석 .....	15
3.2.2. 다른 종의 상대풍부도지수가 미치는 영향 .....	16
3.2.3. 환경 변수가 미치는 영향 .....	17
제 3 장 연구결과 및 고찰 .....	18
1. 종간 시공간적 출현 및 상대풍부도 결과 .....	18
1.1. 무인센서카메라 촬영 결과 .....	18
1.2. 종간 시공간적 출현 및 상대풍부도 .....	21
1.3. 고찰 .....	24
2. 종에 따른 일주 행동 파악과 비교 .....	25
2.1. 종간 일주 행동 양상 비교 .....	25
2.2. 고찰 .....	43
3. 종간 공간적 상호작용 .....	44



3.1. 종의 공간 이용 강도(site use intensity) 분석 .....	44
3.2. 다른 종의 상대풍부도지수가 미치는 영향 분석 .....	50
3.3. 환경 변수가 미치는 영향 .....	53
3.4. 고찰 .....	64
제 4 장 종합 고찰 .....	66
제 5 장 결론 .....	68
참고문헌 .....	70
Abstract .....	77
Acknowledgements .....	81

# 표 목 차

Table 1. Detection results from the camera trap survey during the summer (Jun - Aug 2022) and the autumn (Sep - November 2022) in Yeoncheon, the Republic of Korea. ....	19
Table 2. The degree of temporal overlap in the daily activity patterns of five carnivores during autumn in Yeoncheon, the Republic of Korea. The highest and lowest overlap values were indicated in bold. ....	41
Table 3. Matrix table summarizing the effects of a species' relative abundance index (RAI) on the other species' RAI. Only significant values from generalized linear models were given as estimates $\pm$ standard errors. The species in the first column indicate explanatory factors while that in the first row denote response factors. Positive values indicated increasing RAI while negative indicated decreasing RAI. ....	52
Table 4. Matrix table summarizing the effects of an environmental factors on the a species' relative abundance index (RAI). Only significant values from generalized linear models were given as estimates $\pm$ standard errors. The species in the first column indicate explanatory factors while that in the first row denote response factors. Positive values indicated increasing RAI while negative indicated decreasing RAI. ....	55

## 그림 목 차

Figure 1. Location and map of the study area at Yeoncheon-Gun in the Republic of Korea. (●: Yeoncheon-Gun) .....	8
Figure 2. Data collection points in Yeoncheon-Gun, the Republic of Korea. (●: Location of cameras; n=35) .....	10
Figure 3. Pictures of five carnivores captured by camera trap in Yeoncheon, the Republic of Korea(A: <i>Nyctereutes procyonoides</i> , Raccoon dog; B: <i>Meles leucurus</i> , Asian badger; C: <i>Prionailurus bengalensis</i> , Leopard cat; D: <i>Felis catus</i> , Feral cat; E: <i>Canis lupus familiaris</i> , Feral dog) .....	20
Figure 4. Pattern of relative abundance index of five carnivores during summer and autumn in Yeoncheon, the Republic of Korea. ....	22
Figure 5. Spatial overlap of detected five carnivores during summer and autumn in Yeoncheon, the Republic of Korea. ....	23
Figure 6. Daily activity pattern of raccoon dogs ( <i>Nyctereutes procyonoides</i> ) during autumn in Yeoncheon, the Republic of Korea. ....	26
Figure 7. Daily activity pattern of Asian badgers ( <i>Meles leucurus</i> ) during autumn in Yeoncheon, the Republic of Korea. ....	27
Figure 8. Daily activity pattern of leopard cats ( <i>Prionailurus bengalensis</i> ) during autumn in Yeoncheon, the Republic of Korea. ....	28
Figure 9. Daily activity pattern of feral dogs ( <i>Canis lupus familiaris</i> ) during autumn in Yeoncheon, the Republic of Korea. ....	29
Figure 10. Daily activity pattern of feral cats ( <i>Felis catus</i> ) during autumn in Yeoncheon, the Republic of Korea. ....	30
Figure 11. The daily activity pattern overlap between raccoon dogs ( <i>Nyctereutes procyonoides</i> ) and Asian badgers ( <i>Meles leucurus</i> ) during autumn in Yeoncheon, the Republic of Korea. Overlap coefficient (Δ) means shaded area between graphs. ....	31
Figure 12. The daily activity pattern overlap between raccoon dogs	

<p><i>(Nyctereutes procyonoides)</i> and leopard cats (<i>Prionailurus bengalensis</i>) during autumn in Yeoncheon, the Republic of Korea. Overlap coefficient (<math>\Delta</math>) means shaded area between graphs. ....</p>	32
<p>Figure 13. The daily activity pattern overlap between raccoon dogs (<i>Nyctereutes procyonoides</i>) and feral dogs (<i>Canis lupus familiaris</i>) during autumn in Yeoncheon, the Republic of Korea. Overlap coefficient (<math>\Delta</math>) means shaded area between graphs. ....</p>	33
<p>Figure 14. The daily activity pattern overlap between raccoon dogs (<i>Nyctereutes procyonoides</i>) and feral cats (<i>Felis catus</i>) during autumn in Yeoncheon, the Republic of Korea. Overlap coefficient (<math>\Delta</math>) means shaded area between graphs. ....</p>	34
<p>Figure 15. The daily activity pattern overlap between Asian badgers (<i>Meles leucurus</i>) and leopard cats (<i>Prionailurus bengalensis</i>) during autumn in Yeoncheon, the Republic of Korea. Overlap coefficient (<math>\Delta</math>) means shaded area between graphs. ....</p>	35
<p>Figure 16. The daily activity pattern overlap between Asian badgers (<i>Meles leucurus</i>) and feral dogs (<i>Canis lupus familiaris</i>) during autumn in Yeoncheon, the Republic of Korea. Overlap coefficient (<math>\Delta</math>) means shaded area between graphs. ....</p>	36
<p>Figure 17. The daily activity pattern overlap between Asian badgers (<i>Meles leucurus</i>) and feral cats (<i>Felis catus</i>) during autumn in Yeoncheon, the Republic of Korea. Overlap coefficient (<math>\Delta</math>) means shaded area between graphs. ....</p>	37
<p>Figure 18. The daily activity pattern overlap between leopard cats (<i>Prionailurus bengalensis</i>) and feral dogs (<i>Canis lupus familiaris</i>) during autumn in Yeoncheon, the Republic of Korea. Overlap coefficient (<math>\Delta</math>) means shaded area between graphs. ....</p>	38
<p>Figure 19. The daily activity pattern overlap between leopard cats (<i>Prionailurus bengalensis</i>) and feral cats (<i>Felis catus</i>) during autumn in Yeoncheon, the Republic of Korea. Overlap coefficient (<math>\Delta</math>) means</p>	

shaded area between graphs. ....	39
Figure 20. The daily activity pattern overlap between feral dogs ( <i>Canis lupus familiaris</i> ) and feral cats ( <i>Felis catus</i> ) during autumn in Yeoncheon, the Republic of Korea. Overlap coefficient ( $\Delta$ ) means shaded area between graphs. ....	40
Figure 21. Comparison of overlap coefficient between wild carnivores and feral cat and feral dog during autumn in Yeoncheon, the Republic of Korea. Wild-Feral indicates comparison between wild carnivores and feral cat and feral dog. Wild-Wild indicates comparison between wild carnivores.(df = 1, p-value = 0.02) ....	42
Figure 22. Interpolated relative abundance index (RAI), as shown as spatial distribution of site use intensity, of raccoon dogs ( <i>Nyctereutes procyonoides</i> ) during autumn in Yeoncheon, the Republic of Korea. ....	45
Figure 23. Interpolated relative abundance index (RAI), as shown as spatial distribution of site use intensity, of Asian badgers ( <i>Meles leucurus</i> ) during autumn in Yeoncheon, the Republic of Korea. ....	46
Figure 24. Interpolated relative abundance index (RAI), as shown as spatial distribution of site use intensity, of leopard cats ( <i>Prionailurus bengalensis</i> ) during autumn in Yeoncheon, the Republic of Korea. ...	47
Figure 25. Interpolated relative abundance index (RAI), as shown as spatial distribution of site use intensity, of feral cats ( <i>Felis catus</i> ) during autumn in Yeoncheon, the Republic of Korea. ....	48
Figure 26. Interpolated relative abundance index (RAI), as shown as spatial distribution of site use intensity, of feral dogs ( <i>Canis lupus familiaris</i> ) during autumn in Yeoncheon, the Republic of Korea. ....	49
Figure 27. Changes in the relative abundance values indices of five carnivores by the distance to road. ....	56
Figure 28. Changes in the relative abundance indices values of five carnivores by the number of tree. ....	57

Figure 29. Changes in the relative abundance indices values of five carnivores by number of dead tree. ....	58
Figure 30. Changes in the relative abundance indices values of five carnivores by the elevation. ....	59
Figure 31. Changes in the relative abundance indices values of five carnivores by the slope. ....	60
Figure 32. Changes in the relative abundance indices values of five carnivores by the grassland. ....	61
Figure 33. Changes in the relative abundance index indices values of five carnivores by the built up. ....	62
Figure 34. Changes in the relative abundance indices values of five carnivores by the bare/sparse vegetation. ....	63

# 제 1 장 서론

## 1. 연구의 배경

동일한 지역 내 서식하는 종들은 제한적인 서식지 내 공간과 먹이 등의 자원을 공유하기 때문에 경쟁, 포식 및 공생 등의 관계를 나타낸다. 이러한 종간의 직·간접적인 상호작용은 군집의 구성과 기능을 결정하는 핵심적인 요인이며(Sih et al. 1985; Sergio et al. 2003), 대부분의 군집 내 종간 관계와 균형을 형성하는 데 중요한 것으로 여겨진다(Gurevitch et al. 2000; Prat-Guitart et al. 2020). 생태학적 군집은 상호작용을 하는 다수의 종으로 구성되어 있으며, 종의 출현은 환경적인 요인과 상호작용을 하는 다른 종의 존재에 의해 영향을 받는다(Rota et al. 2016). 따라서 종의 분포에 영향을 미치는 이러한 생물적 요인과 비생물적 환경 요소를 통합적으로 이해해야 하며 이는 야생동물의 보전과 관리에 근본적인 관심사이다(Rota et al. 2016).

특히 형태학적으로 유사하고 분류학적으로 밀접한 관계를 가지는 종들은 제한된 자원의 조건 아래에서 시공간적인 중첩과 경쟁이 높을 것이나 경쟁배타의 원리(Gause 1932)에 의해 미세한 수준의 시공간적 분리를 보일 것으로 예상된다(Deng et al. 2021). 다양한 형태의 공존 전략을 이해하는 것은 생태계 내 중요한 기초자료를 제공하며 군집의 네트워크 및 생물다양성 유지 기작 등을 이해하는 데 필수적이다(Zhao et al. 2020). 따라서 공서성 종의 활동 패턴과 종간 상호작용을 파악하여 종의 공존 요인을 이해하는 것은 해당 지역 내의 종 구성뿐만 아니라 환경 변화의 잠재적인 영향을 이해하는데 핵심적이다(Alexander et al. 2015).

한편 인구의 영향으로 많은 종들이 다양한 서식지와 생태계에 우연 혹은 의도적으로 도입되었고(Hughes and Macdonald 2013), 특히 들고양이(*Felis catus*)와 들개(*Canis lupus familiaris*) 등이 역시 전 세계적으로 증가하며 생태계에 영향을 미치고 있다(Plaza et al. 2019). 야생에서 대

형 식육목이 존재하지 않는 국내에서는 너구리, 오소리, 삵 등과 같은 중 소형 식육목이 존재하며 이들은 생태계 내에서 중간단계에 위치하여 종 자 산포, 소형 포유류의 개체수 조절 등과 같이 건강한 생태계를 유지하 는데 중요한 역할을 한다(Roemer et al. 2009). 식육목의 군집 내에서는 종의 크기, 생태적 지위, 사용 가능한 자원의 범위 등에 따라 경쟁, 포식, 공생과 같은 다양한 상호작용이 발생한다(Fedriani et al. 2000; Grassel et al. 2015). 이러한 국내 식육목의 집단 내에서 함께 살아가고 있는 들 고양이와 들개는 생태계 내 포식자로서 야생동물과 포식, 질병 전파 및 교란 등과 같은 직접적인 상호작용이 발생할 수 있다(Young et al. 2011; Hughes and Macdonald 2013). 또한 간접적인 상호작용으로서 동 소성의 식육목(Carnivora) 동물은 경쟁적인 마주침(encounters)을 피하기 위해 식이의 구분 혹은 시공간적 분리 등과 같은 행동적인 메커니즘을 보일 수 있다(Durant 1988; Karanth and Sunquist 1995; Karanth et al. 2017). 하지만 들고양이와 들개가 전 세계적으로 널리 분포하고 있고, 인 간-야생동물 접점(human-wildlife interface)에 있어서 중간 단계에 위치 하여 야생동물 그리고 인간과 모두 밀접한 관계임에도 불구하고, 이들에 대한 국내 연구는 매우 미비한 실정이다(Serpell 2017). 국내 들고양이와 들개의 생태적인 정보와 이들이 자연환경에 주는 영향은 알려진 바가 없 으며 동소성 육식동물 종간의 상호작용 및 생태계에 미치는 영향에 대해 거의 알지 못한다. 하지만 그들의 생물학 및 생태학 그리고 야생동물과 의 상호작용에 대한 정보는 적절한 관리 전략 수립을 위해 매우 중요하 다(Campos et al. 2007).

최근 무인센서카메라(camera-trap) 기술의 도약적 발전은 비침습적인 방법으로 과거 관찰이 어려웠던 종의 출현과 행동 등에 대한 자료를 수 집하는 데 효과적인 방법을 제공한다(Nichols et al. 2011; Prat-Guitart et al. 2020). 무인센서카메라 연구는 사진이 촬영된 시간과 공간의 자료 를 토대로 종의 일주 행동 패턴과 상호작용 등 종의 공존 및 시공간적 상호작용 연구에 효과적이다(Ridout and Linkie 2009; Rowcliffe et al. 2014; Karanth et al. 2017). 따라서 본 연구는 무인센서카메라를 이용하



여 들고양이 그리고 들개와 동일한 식육목이라는 분류학적인 특징을 가지고 서식지를 이용하는데 다양한 상호작용이 발생할 것이라고 예상되는 우리나라의 산림에 서식하는 오소리(*Meles leucurus*), 너구리(*Nyctereutes procyonoides*) 그리고 삵(*Prionailurus bengalensis*)을 대상으로 이들의 일주 행동과 종간의 시공간적인 상호작용을 파악하고자 한다.

## 2. 연구의 목적

본 연구는 산림에 출현하는 국내 식육목 5종을 대상으로 이들의 일주 행동과 종의 상대풍부도에 영향을 미치는 서식지 내 생물적·비생물적 요인을 파악하여 종간의 상호작용을 이해함으로써, 국내 산림생태계의 중간 위치를 차지하고 있는 중소형 식육목 군집의 기초적인 생태 자료를 생산하고 적절한 관리 전략 수립에 기여하는 것을 목적으로 하였다.

본 연구에서는 산림 내에 설치한 무인센서카메라를 활용하여 종 출현에 대한 정보와 환경 변수를 수집하였다. 이를 통해 각 종들의 출현 양상과 시간에 따른 풍부도 변화를 확인함으로써, 1) 각 종의 일주 행동을 분석하고 이들 간의 시간적 활동의 중첩도를 정량적으로 파악하고자 하였다. 또한 이들간의 종간 상호작용을 이해하기 위해 2) 각 종의 상대풍부도가 다른 종들의 상대풍부도에 의해 어떤 반응을 보이는지를 평가하였으며, 이와 함께 3) 특정 지점의 환경 변수가 각 종의 상대풍부도에 어떤 영향을 미치는지를 파악하는 것을 목표로 하였다.

첫 번째 목표를 위하여 들고양이와 들개는 주행성을 띄는 반면 야생 식육목인 너구리, 오소리, 삵은 야행성의 활동패턴을 보일 것으로 예상하였다. 또한 야생 식육목간의 일주행동 중첩도는 들고양이 및 들개와의 중첩도보다 높을 것이라는 가설을 검증하였다. 일반적으로 유사한 활동패턴을 가진 종간은 높은 시간적인 중첩도를 보이는 것으로 알려져 있다. 따라서 야행성으로 알려진 너구리, 오소리, 삵이 이들 간에 높은 중첩도를 보이는지 파악하고 구체적인 활동패턴이 알려지지 않은 들고양이와

들개의 경우 주행성인지를 파악하고 다른 종과의 중첩도를 구체화하고자 하였다.

다음으로 식육목의 서식 환경은 일반적으로 유사하여 한 종의 상대풍부도는 다른 종들과 양의 상관관계를 보일 것이나 잠재적인 포식자 및 경쟁자가 될 수 있는 들고양이와 들개의 출현은 야생 식육목의 상대풍부도 지수를 낮출 것이라는 가설을 검증하였다. 들고양이와 들개는 야생동물과 동일한 서식지를 이용하며 공간, 먹이 등의 자원을 두고 경쟁하거나 포식자의 역할을 가능성이 있는 것으로 알려져 있다. 따라서 이들이 다른 야생동물의 출현에 있어 어떠한 영향을 미치는지 구체화하고자 하였다.

마지막으로 각 종은 다양한 환경 변수에 서로 다르게 반응할 것이나 인위적인 요소인 도로와 시가지 구역이 종의 상대풍부도지수에 가장 부정적인 영향을 미치는지를 검증하였다. 도로는 야생동물에게 서식지 파편화 및 인간의 접근성 증가, 차량과의 충돌로 인한 사망률 증가 등과 같은 다양한 방식으로 생태계에 부정적인 영향을 미치는 것으로 알려져 있어(Trombulak and Frissell 2000) 이에 대한 영향을 알아보하고자 하였다.

## 제 2 장 재료 및 방법

### 1. 연구 대상종

본 연구는 우리나라 산림에 흔하게 나타나는 야생 식육목 3종(오소리, 너구리, 삿)과 들고양이 그리고 들개를 대상으로 수행하였다. 먼저 오소리는 식육목 족제비과에 속하는 포유류로 국내에 서식하는 아시아 오소리는 우리나라를 비롯하여 중국, 일본, 몽골, 중앙아시아, 카자흐스탄 그리고 러시아에 분포하고 있다. 오소리는 국내 전역의 산림지역에 서식하고 있으며(최태영 외, 2019), 관목림, 구릉지의 계곡 주변에서 살아간다(NIBR 2010, 2021). 굴을 파서 생활하며 주로 밤에 활동하는 야행성 동물이다(NIBR 2010, 2021). 오소리의 먹이 습성에 관해서는 주로 지렁이와 곤충을 섭식하는 것으로 알려져 있으며 열매, 견과류, 쥐 등을 먹는 것으로 알려져 있다.

다음으로 너구리는 식육목 개과에 속하는 포유류로 우리나라에서 자생하는 유일한 개과 야생동물이다. 너구리는 동아시아 토착종으로 우리나라를 비롯하여 일본, 중국 동부에서 시베리아 동쪽 그리고 인도차이나 북쪽 등에 분포하고 있으며 유럽의 경우, 일부 국가에도 도입되어 외래종으로 분포하고 있다(Horecka et al. 2021). 너구리는 우리나라 산림에서 가장 흔한 포유류 중 하나로 산림을 비롯하여 강가, 습지와 같은 다양한 환경에서 서식하며, 산림의 가장자리나 인가 근방에서도 잘 적응하여 살아간다(Okabe and Agetsuma 2007). 주로 밤에 활동하는 야행성 동물로 일정한 장소를 선택하여 배설하며 개과 동물 중 유일하게 동면하는 것으로 알려져 있다. 일반적으로 11월 중순부터 3월까지 동면하지만, 기온이 높아지면 깨어나 먹이를 찾기도 한다(NIBR 2018). 너구리의 먹이 습성에 관해서는 기회주의적 포식자로 알려져 있으며 잡식성으로 작은 동물, 열매, 견과류, 개구리, 어류 그리고 썩은 고기 등을 먹이로 삼는

다(Sutor et al. 2010).

살은 식육목 고양이과에 속하는 포유류로 우리나라 내륙 전역에서 서식하고 있는 유일한 고양이과 야생동물이며 멸종위기야생동물 2급으로 지정되어있다(박종화 외, 2012). 살은 러시아, 중국, 시베리아 일본에 분포하고 있으며(NIBR 2018, 2022), 국내에서는 제주도와 일부 도서 지역을 제외한 전국에 서식하며, 산림을 비롯하여 논, 밭, 초지 그리고 습지 등의 환경에서 서식하며 주로 하천 서식지를 선호한다(NIBR 2018, 2022). 외형적으로 고양이와 유사하지만 훨씬 크며, 모피의 부정확한 반점이 많은 것이 특징이다. 살의 먹이 습성에 관해서는 주로 설치류, 조류 그리고 곤충 등을 사냥하여 먹는 것으로 알려져 있다(NIBR 2018, 2022). 야행성 동물로 땅의 구멍을 활용하거나 나무 뿌리 사이의 공간을 이용하는 것으로 알려져 있다(NIBR 2012).

들고양이는 식육목 고양이과 포유류로 약 10,000여년 전 아시아의 비옥한 초승달지대(농경문화)에서 길들여진 야생고양이(*Felis silvestris*)로부터 유래되었다(Driscoll et al. 2007). 고양이는 전 세계적으로 분포하고 있으며, 우리나라에서는 인가 및 인가 주변, 산림 그리고 하천 등 전국의 다양한 곳에 서식한다(NIBR 2018). 고양이의 먹이 습성으로는 설치류와 같은 소형포유류, 조류 등을 섭식하는 것으로 알려져 있다.

마지막으로 들개는 식육목 개과 포유류로 전 세계적으로 분포하고 있다. 국내 유기견과 들개 문제는 점점 커지고 있으며(변재원 등 2007), 반야생화된 들개는 인가 및 인가 주변 그리고 산림 등에 서식하는 것으로 보이나 이들의 생태 습성에 대해서는 국내 연구된 바가 전무한 실정이다. 들개의 먹이 습성으로는 현재 호랑이, 표범과 같은 대형 맹수가 없는 우리나라의 생태계에서 최상위 포식자의 역할을 할 수 있으며 새끼 고라니, 새끼 멧돼지 등을 사냥하여 포식하는 것이 보고된 바 있지만(환경스페셜 2021, 2022) 이외에도 다양한 먹이원을 섭식할 것으로 여겨진다.

## 2. 연구 대상지

본 연구는 경기도 연천군 미산면 및 백학면 일대(38.0351, 127.076)에서 진행되었다(Fig. 1). 연천군의 총 면적은 676.32km<sup>2</sup>이며, 본 연구 대상지의 면적은 34km<sup>2</sup>이다.

조사 기간 동안의 연평균 기온은 10.9도였고, 연천과 가장 가까운 파주 기상청 2022년 자료에 따르면 최고기온은 7월에 34.2, 최저기온은 2023년 1월에 -20.9로 관측되었다. 연천군의 강수량은 1,320mm로 다우지의 하나이다(기상청 2022).

본 조사지점의 식생은 대부분 소나무(*Pinus densiflora*) 혹은 갈참나무(*Quercus aliena*)와 신갈나무(*Quercus mongolica*)와 같은 참나무류가 대표적인 군집을 이루고 있다.

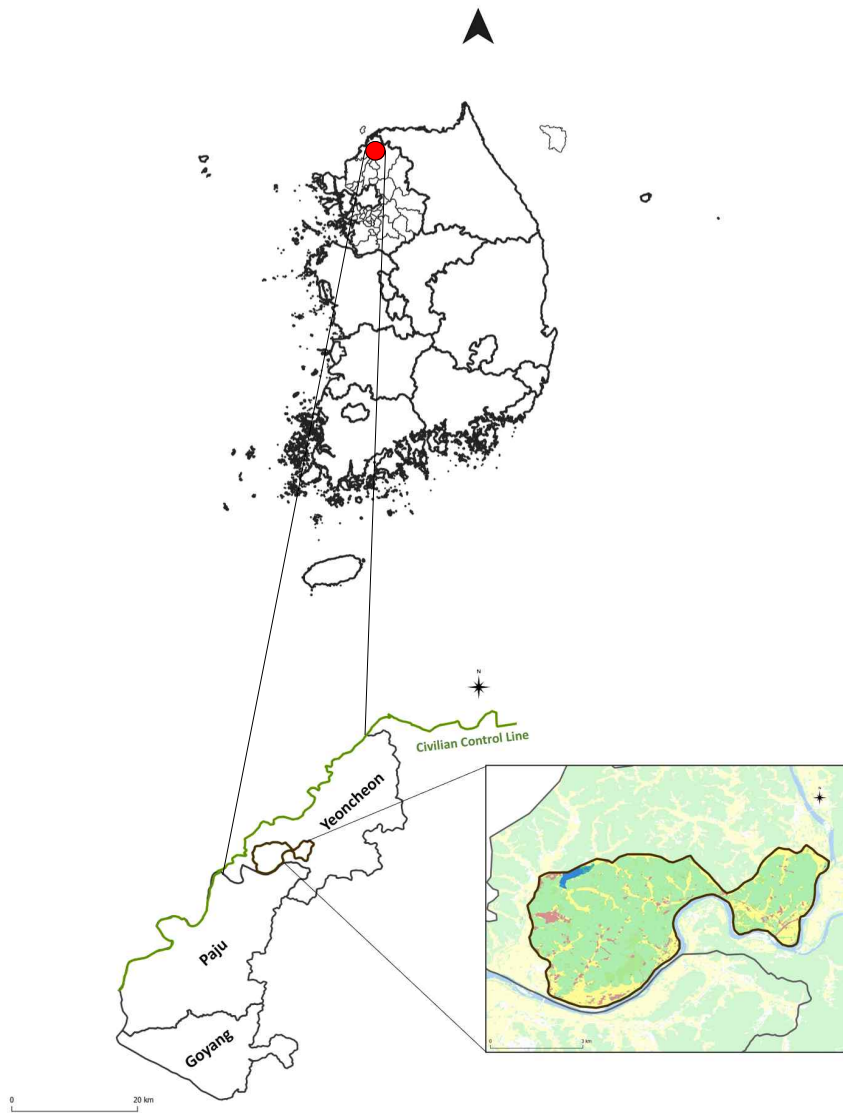


Figure 1. Location and map of the study area at Yeoncheon-Gun in the Republic of Korea (●: Yeoncheon-Gun)

## 2.1 무인센서카메라 설치 및 자료 수집

대상 종들의 일주 행동 및 시공간 출현 양상을 파악하기 위하여 2022년 6월부터 2022년 11월 30일까지 연구 지역에 총 35대의 무인센서카메라 (Bushnell Trophy Cam, USA과 Browning Trail Cam, USA)를 설치 운용하였다. 무인센서카메라 설치 지점을 선정하기 위하여 사전의 흔적 조사를 통해 연구 대상 종의 서식 여부를 확인한 연구 지역 경기도 연천군 미산면 및 백학면 내에서 도로와 강으로 둘러싸인 면적을 자른 후 최소 500m의 간격을 두고 무작위로 50개의 점을 형성하였다(Wang et al. 2014; Weng et al. 2022). 50개의 점 가운데 조사를 수행할 수 있는 접근 가능한 곳을 조사 지점으로 선정하여 총 35개의 무인센서카메라를 설치하였다(Fig. 2). 카메라는 지면으로부터 19-50cm의 높이에 동물이 지나 다니는 길목을 향하도록 설치하였으며 격월로 배터리 교체 및 데이터 수집을 위해 방문하였다. 촬영 모드는 24시간 동안 연속적으로 작동하도록 설정했다. 현장에서 사용된 모든 카메라는 사진 3장을 연속적으로 촬영하도록 설정하였고, 세 장의 사진이 연속적으로 촬영된 후 1초의 간격을 두고 10초의 비디오가 촬영되도록 설정하였다.

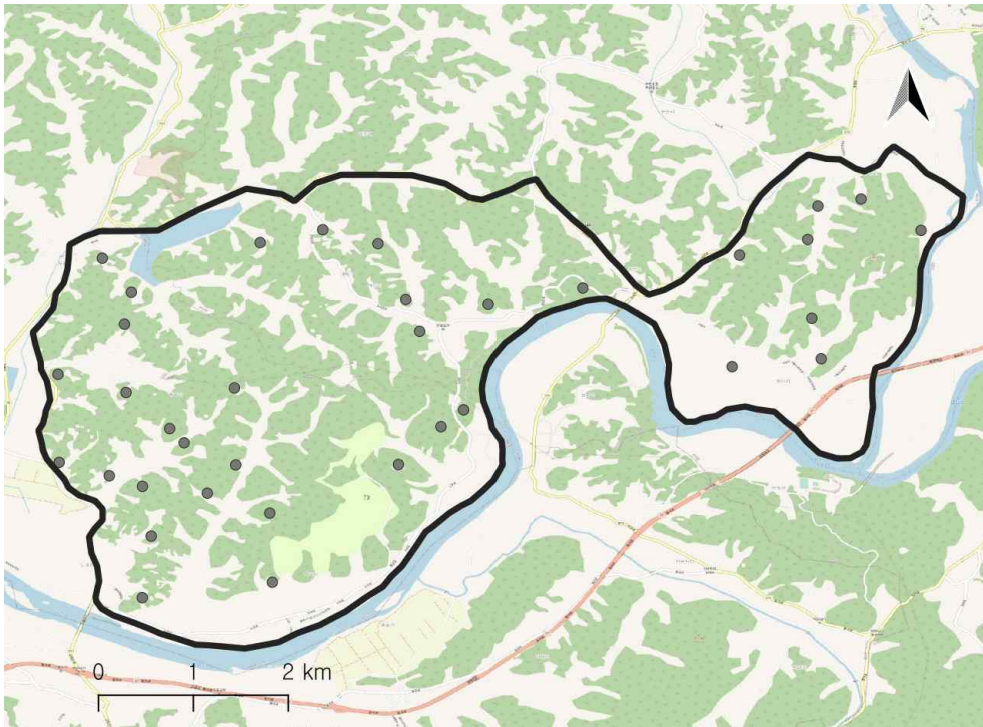


Figure 2. Data collection points in Yeoncheon-Gun, the Republic of Korea. (●: Location of cameras; n=35)



## 2.2. 서식지 환경 변수 수집

서식 환경 변수로는 무인센서카메라를 설치한 지점을 중심으로 미세한 소서식처 환경 변수와 그보다 큰 행동권 크기 수준의 서식처 변수를 수집하였다. 먼저 미세 환경 변수(micro-level habitat factor)로는 카메라를 중심으로 10m x 10m의 격자를 설정하여 산림의 피도량이 가장 높은 여름에 서식 환경 조사를 실시하였다. 설정한 격자 내에서 흉고직경(DBH: diameter at breast height)이 6cm 이상인 수목과 고사목의 본수, 수목의 종명, 임관, 관목, 초본의 수직적 피도량을 측정하였다. 이와 함께 고도, 경사도, 방위 그리고 카메라를 설치한 지점으로부터 도로까지의 최단 거리를 측정하였다.

또한 더 넓은 반경의 환경 변수(macro-level habitat factor)를 수집하였다. Qgis (ver 3.30.1)의 환경에서 연구 대상지를 추출하여 카메라를 설치한 각 지점의 좌표로부터 반경 300m의 원형 구역(buffer)을 설정하고 유럽우주국(European Space Agency)에서 제공하는 10m 단위의 토지피복지도 데이터를 사용하여 원형 구역 내 5개(forest, grassland, cropland, built-up, bare/sparse vegetation)의 토지 유형별(land cover) 면적을 변수로 추출하였다(ESA website).

### 3. 연구 방법

#### 3.1. 종간 일주 행동 비교

종의 일주 행동을 파악하기 위해 촬영된 사진을 통해 종이 무인센서카 메라에 나타난 날짜와 시간을 기록하였다. 동일한 종이 연속으로 촬영되는 경우에는 종이 최초로 촬영된 날짜와 시간을 기록하였고, 중복적인 탐지를 방지하기 위해 30분을 기준으로 다른 개체로 식별하여 기록하였다(Louvrier et al. 2022). 종의 일주 행동 또는 활동 패턴(activity pattern)은 하루 동안 시간대에 종이 감지될 확률을 나타낸 것을 의미하며, 커널밀도추정(kernel density estimation)을 이용하여 시간대에 따라 종이 촬영된 횟수를 그래프로 나타낸 것이다(김지현 2018).

이와 같이 파악한 종의 일주 행동을 바탕으로 종간의 행동 패턴을 비교하기 위하여 R (ver. 4.3.0)의 환경에서 *Overlap* (Meredith and Ridout 2014) 패키지를 사용하여 종간의 시간적인 중첩(temporal overlap)을 분석하였다. 중첩은 커널밀도추정을 사용하여 0 (no overlap)에서 1 (identical activity pattern)까지의 범위를 가지는 양적인 측정인 중첩계수를 추정하는 방법이다(Ridout and Linkie 2009). 해당 분석에서는 Weitzman(1970)이 제안한 중첩계수( $\Delta$ , coefficient of overlapping)를 사용하며, 이는 두 밀도 곡선 아래에 있는 면적을 의미한다. 식은 아래와 같고,  $f(x)$ 와  $g(x)$ 는 두 밀도 곡선을 의미한다.

$$\Delta(f, g) = \int \min f(x), g(x) dx$$

중첩계수의 일반적인 비모수 추정치 5개가 제안되었으며(Schmid and Schmidt 2006), 원형 분포에 있어서는 첫 번째 두 개가 동일하고 세 번째는 사용할 수 없기 때문에(Ridout and Linkie 2009) 나머지 값인  $\Delta_1$ ,  $\Delta_4$  그리고  $\Delta_5$ 의 값을 사용하게 된다. 샘플의 크기가 50 미만인 경우에

는  $\Delta_1$ 의 값을, 75 이상인 경우에는  $\Delta_4$ 의 값을 사용하는 것이 적절하여(Meredith and Ridout 2021) 분석에서 사용한 표본의 크기에 따라 해당하는 중첩계수를 사용하였다.

95% 신뢰구간을 추정하기 위해 bootstrap을 사용하여 10,000개의 bootstrap 추정치(샘플)를 생성하였고, bootCI의 기능으로부터의 출력물 가운데 basic0의 값을 사용하였다(Meredith and Ridout 2021).

야생 식육목인 오소리, 너구리, 삿 간의 그리고 야생 식육목과 들고양이, 들개 간의 일주 행동을 비교한 중첩 계수가 유의미한 값인지를 알아보고자 비모수 통계의 방법 가운데 Kruskal-Wallis test 분석을 진행하였다.

### 3.2. 종간 공간적 상호작용 분석

분석을 위해 데이터는 각 조사 지점에서의 종의 상대풍부도지수 (relative abundance index: RAI)로 설정하였다(O' Brien 2011). 종의 상대풍부도지수는 6월부터 11월까지 월별로 15일씩 두 개의 분기로 나누어 총 12개의 분기를 형성하였으며 각 분기의 무인센서카메라 촬영 일수가 7일 미만인 경우에는 분석에 적합하지 않다고 판단하여 해당 데이터를 사용하지 않았다(Chen et al. 2019).

종의 상대풍부도지수는 해당 조사 지점에서 대상 종의 독립적인 탐지 (independent detection) 촬영 횟수를 카메라가 촬영된 일수로 나눈 후 100을 곱하여 계산하였다(식 1). 종의 상대풍부도지수는 종이 100일 동안에 탐지되는 횟수를 의미한다.

일부 조사 지점의 경우 특정 종이 과도하게 촬영되었기 때문에 탐지 빈도의 이상치(outlier)의 영향을 줄여주기 위해 특정 백분위수의 값으로 치환해주었으며, 해당 분석의 경우 99% Winsorizing을 통해 해당 데이터의 99% 값보다 큰 데이터는 모두 99%에 해당하는 값으로 치환해주었다(Moyer and Geissler 1991).

이러한 시공간에 따른 종의 출현과 탐지 빈도 자료를 토대로 조사 지점별 총 조사 시기 동안 종의 출현 증척을 지도화하였으며, 분기별 종의 탐지 빈도 변화 추이를 그래프화 하였다. 이후 분석에는 식육목 5종 모두가 분석이 가능할 만큼의 탐지 빈도를 보였던 가을철을 중심으로 분석을 진행하였다.

$$RAI = \frac{N}{C} \times 100 \dots \dots \dots \text{식(1)}$$

N: 종의 독립적인 탐지 횟수

C: 카메라 촬영 일수

### 3.2.1. 공간 이용 강도(site use intensity) 분석

카메라를 설치한 조사 지점 가운데 각 종이 어느 공간을 가장 높은 강도로 이용하는지를 파악하였다. 해당 분석은 QGIS의 환경에서 진행되었다. 공간 분석을 위하여 역거리 가중(IDW) 보간법을 사용하였다. 단일 밴드 유사색상의 렌더링 유형을 사용하였으며, 표준화를 위하여 모든 연구 대상종의 상대풍부도지수 구간을 최소 0에서 최대 100으로 설정하였다. 선형 보간법(linear interpolation)을 사용하였고 등간격의 모드에서 급간을 6으로 설정해주었다.

### 3.2.2. 다른 종의 상대풍부도지수가 미치는 영향

동일한 서식지 내에서 다른 종들의 상대풍부도지수가 각 종의 상대풍부도지수에 미치는 영향을 파악하기 위해 일반화 선형 모형(*generalized linear model*)을 이용하였다. 분석을 위하여 모든 종의 상대풍부도지수 데이터의 값을 정수의 형태로 바꾸어주었다. 너구리를 대상으로 분석하는 경우 오소리, 삿, 들개 그리고 들고양이의 상대풍부도지수를 독립변수로 사용하였으며 너구리의 상대풍부도지수를 종속변수로 사용하였다. 나머지 종 모두 동일한 방법으로 진행하였다. 다른 종의 출현뿐만 아니라 서식지 내 생물적 요소 중 하나가 될 수 있는 인구의 밀도의 경우 해당 분석에서는 모두 동일한 것으로 가정하고 분석을 진행하였다.

분석에 사용된 데이터는 포아상(*poisson*)의 형태를 가지고 있어 포아상 회귀분석을 진행하였다. 분산팽창계수(*Variance Inflation Factor: VIF*)를 통해 다중공선성의 문제를 가지는 독립변수가 있는지 판단하였고 이 과정에서 문제가 있다고 판단되는 10 이상의 값을 가지는 독립변수는 제거하였다. R 프로그램의 *MASS* 패키지(Ripley et al. 2013) *stepAIC* 기능을 이용하여 Akaike information criterion (이하 *AIC*)를 이용하여 후진 방식으로 변수를 제거해 나가는 단계적 모델 선택(*backward model selection*)을 진행하여 *AIC* 값의 변화(이하  $\Delta AIC$ )를 기준으로 통계적으로 적합한 최종 모델을 선정하였다.

### 3.2.3. 환경 변수가 미치는 영향

동일한 서식지 내에서 각 종의 상대풍부도지수에 서식지 내의 환경 변수가 미치는 영향을 파악하기 위해 일반화 선형 모형을 이용하였다. 분석을 위하여 모든 종의 상대풍부도지수 데이터의 값을 정수의 형태로 바꾸어주었다. 서식지 내에서 수집한 미세 환경 변수와 더 넓은 반경의 환경 변수를 독립변수로 이용하였고, 종의 상대풍부도지수를 종속변수로 사용하였다.

분석에 사용된 데이터는 포아상의 형태를 가지고 있어 포아상 회귀분석을 진행하였다. VIF를 통해 다중공산성의 문제를 가지는 독립변수가 있는지 판단하였고 이 과정에서 문제가 있다고 판단되는 10 이상의 값을 가지는 독립변수는 제거하였다. R 프로그램의 MASS 패키지(Ripley et al. 2013) *stepAIC* 기능을 이용하여 AIC를 이용하여 후진 방식으로 변수를 제거해 나가는 단계적 모델 선택을 진행하여  $\Delta AIC$ 를 기준으로 통계적으로 적합한 최종 모델을 선정하였다.

### 3. 연구 결과 및 고찰

#### 1. 종간 시공간적 출현 및 상대풍부도 결과

##### 1.1. 무인센서카메라 촬영 결과

본 연구에서 식육목 5종은 무인센서카메라를 통해 여름철 총 1661일의 무인센서카메라 촬영 기간(trap night; 평균 47일/카메라) 동안 총 969회, 가을철 2188일 무인센서카메라 촬영 기간(평균 63일/카메라) 동안 총 1036회 촬영되었다.

가을에는 전체 카메라(n=35)에 촬영된 각 종의 독립적인 탐지 촬영 횟수는 너구리 539회, 오소리 247회, 들고양이 125회, 삥 67회 그리고 들개 58회로 나타났다. 분석을 위해 각 사이트별 촬영 기간을 보정하여 계산한 종의 상대적인 탐지 빈도는 너구리 27회, 오소리 11회, 들고양이 10회, 삥 3회 그리고 들개 2회로 나타났다(Table 2).



**Table 1. Detection results from the camera trap survey during the summer (Jun – Aug 2022) and the autumn (Sep – November 2022) in Yeoncheon, the Republic of Korea.**

Season	Trap nights	Camera trap sites	No. of independent detections (Relative abundance index)				
			Raccoon dog	Asian badger	Feral cat	Leopard cat	Feral dog
Summer	1661	35	388 (26)	494 (26)	47 (3)	35 (3)	5 (0)
Autumn	2188	35	539 (27)	247 (11)	125 (10)	67 (3)	58 (2)



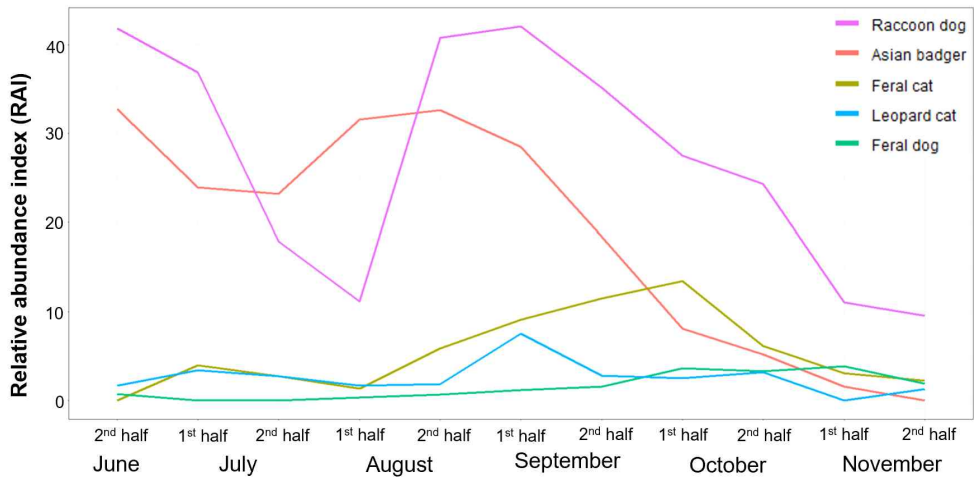
**Figure 3.** Pictures of five carnivores captured by camera trap in Yeoncheon, the Republic of Korea (A: *Nyctereutes procyonoides*, Raccoon dog; B: *Meles leucurus*, Asian badger; C: *Prionailurus bengalensis*, Leopard cat; D: *Felis catus*, Feral cat; E: *Canis lupus familiaris*, Feral dog)

## 1.2. 종간 시공간적 출현 및 상대풍부도

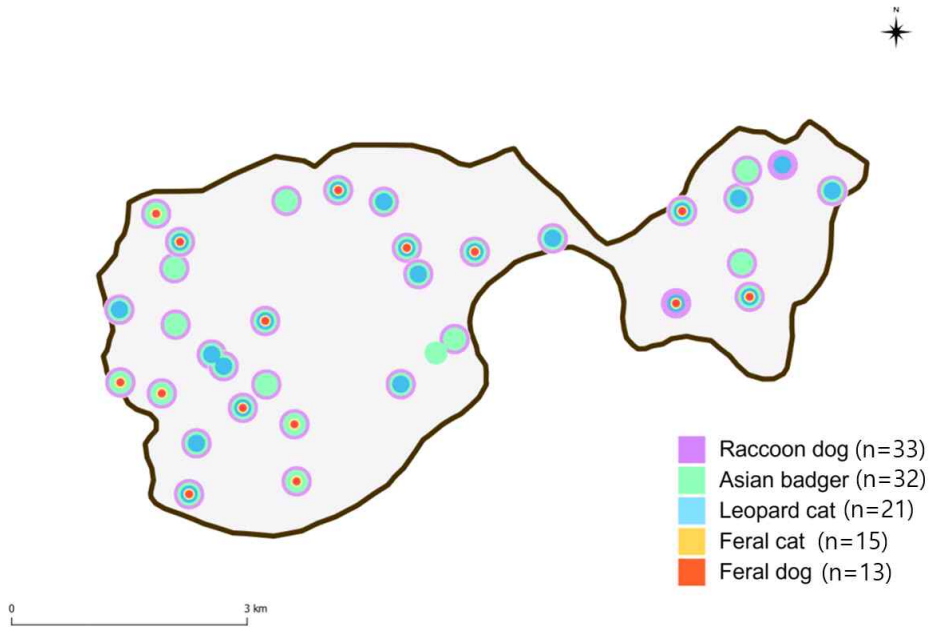
시기에 따른 종의 상대풍부도지수를 비교한 결과 여름에는 들고양이와 들개보다는 야생 식육목의 활동이 더 많았으며, 들고양이와 들개는 거의 촬영되지 않았다. 가을에 들어서는 들고양이와 들개의 활동이 증가하기 시작하였다(Fig. 4). 겨울에는 오소리가 동면으로 인하여 활동을 하지 않고 너구리도 활동량이 줄어들어 종간의 상호작용이 줄어들 것으로 예상된다며 봄은 현재 데이터 수집 중에 있다.

분기별로 나누어 종들의 양상을 살펴보았을 때 여름 분기에서 가을 분기로 넘어가는 구간에 종들의 활동이 증가하는 것으로 나타났다(Fig. 4).

너구리는 33개, 오소리는 32개, 삿대새는 21개, 들개는 13개 그리고 들고양이는 15개의 조사 지점에서 출현하였으며 조사 지점 별로 종간의 공간적 중첩(spatial overlap)을 파악한 결과, 모든 종의 공간적 중첩이 발생한 곳은 총 35개의 조사 지점 가운데 3개로 확인되었다(Fig. 5). 가장 높은 공간적 중첩은 너구리와 오소리가 30개의 조사 지점에서 나타났고, 가장 낮은 공간적 중첩은 들고양이와 들개로 4개의 조사 지점에서 나타났다.



**Figure 4. Pattern of relative abundance index of five carnivores during summer and autumn in Yeoncheon, the Republic of Korea.**



**Figure 5. Spatial overlap of detected five carnivores during summer and autumn in Yeoncheon, the Republic of Korea.**

### 1.3. 고찰

종간의 시공간적 출현 및 상대풍부도를 파악한 결과, 오소리를 제외한 모든 종은 여름보다 가을에 활동적인 것으로 나타났다. 여름과 초가을에는 야생 식육목의 활동이 활발하였으며 들고양이와 들개의 출현 빈도는 낮은 것으로 확인되었다. 가을에 들어서면서 들고양이와 들개의 활동이 증가하며 산림 내 탐지 비율이 증가하는 것으로 나타났다. 이에 따라 모든 종의 출현이 가장 많았던 가을철 연천 내 식육목 간의 상호작용이 가장 활발할 것으로 생각된다.

조사 지점 별로 종의 공간적인 중첩을 파악한 결과, 모든 종간의 중첩이 나타난 곳은 3개였다. 조사지 내에서 오소리와 너구리의 중첩이 나타난 곳이 30개로 가장 많았으며 들고양이와 들개의 중첩이 나타난 곳은 4개로 가장 적은 것으로 확인되었다. 해당 결과에 따라 연천 내 식육목의 비율은 오소리와 너구리가 가장 높을 것으로 판단되며 이들은 유사한 형태학적 특징을 가지고 있어 공생과 같은 상호작용이 발생할 것으로 생각된다. 따라서 종간의 높은 공간적인 중첩이 발생한 사이트를 대상으로 시간적인 중첩 외에도 종간의 출현 시간 차이(time-delay)와 같은 미세한 기준의 틈새 분리(niche partitioning)와 같은 공존 요인에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

## 2. 종에 따른 일주 행동 파악과 비교

### 2.1. 종간 일주 행동 양상 비교

본 연구에서 식육목 5종의 일주 행동을 관찰한 결과 오소리, 너구리는 야행성(nocturnal), 들고양이와 들개는 주행성(diurnal) 그리고 삥은 아침과 저녁에 활동적인 것으로 나타났다(Fig. 6, 7, 8, 9, 10).

이를 바탕으로 5종의 일주 행동을 비교한 결과 너구리와 오소리는 0.90의 중첩계수로 가장 높은 값을 보였으며(Fig. 11), 너구리와 삥은 0.65 (Fig. 12), 너구리와 들개는 0.32 (Fig. 13), 너구리와 들고양이는 0.27의 중첩을 보였다(Fig. 14). 오소리와 삥은 0.69 (Fig. 15), 오소리와 들개는 0.35 (Fig. 16) 그리고 오소리와 들고양이는 0.30의 중첩계수 값을 가졌다(Fig. 17). 삥과 들고양이의 경우 0.47 (Fig. 18), 삥과 들개는 0.60 (Fig. 19) 그리고 개와 들고양이는 0.75 (Fig. 20)의 중첩계수 값을 가졌다(Table 3).

야생 식육목인 오소리, 너구리, 삥 간의 그리고 야생 식육목과 들고양이, 들개 간의 일주 행동을 비교한 중첩 계수를 분석한 결과 야생 식육목 간의 중첩계수는 높게 나타났으며 야생 식육목과 들고양이와 들개 간의 중첩 계수는 낮은 것으로 나타났다(Fig. 21).

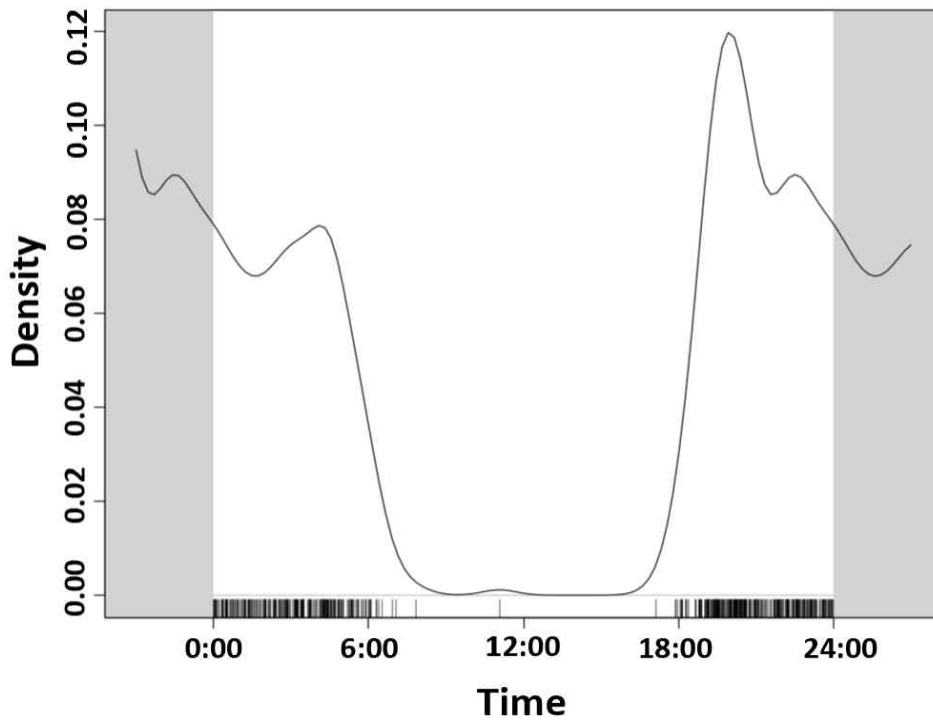
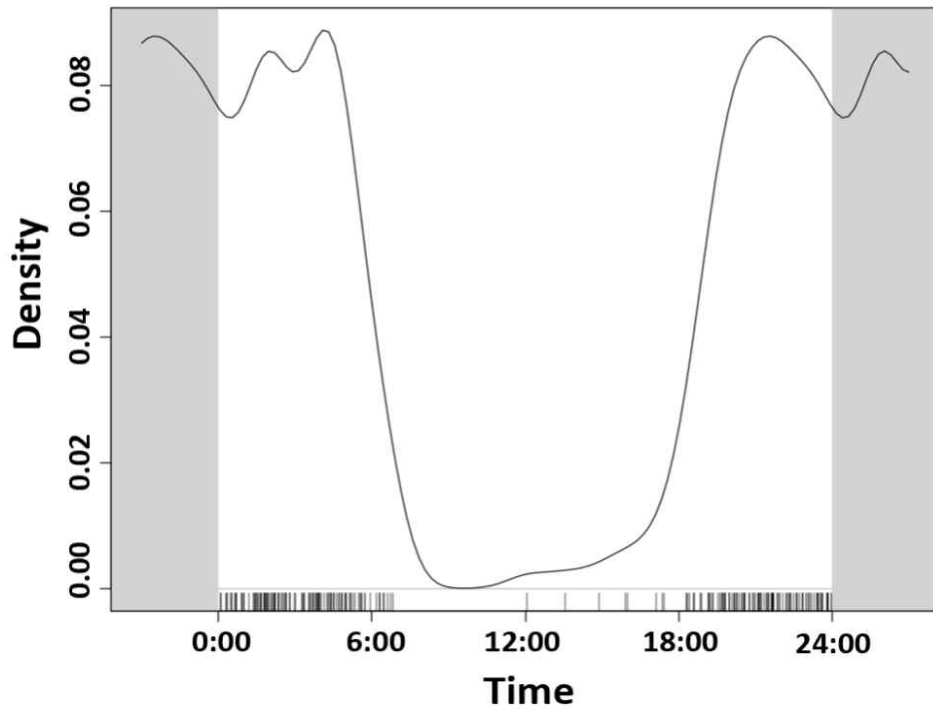
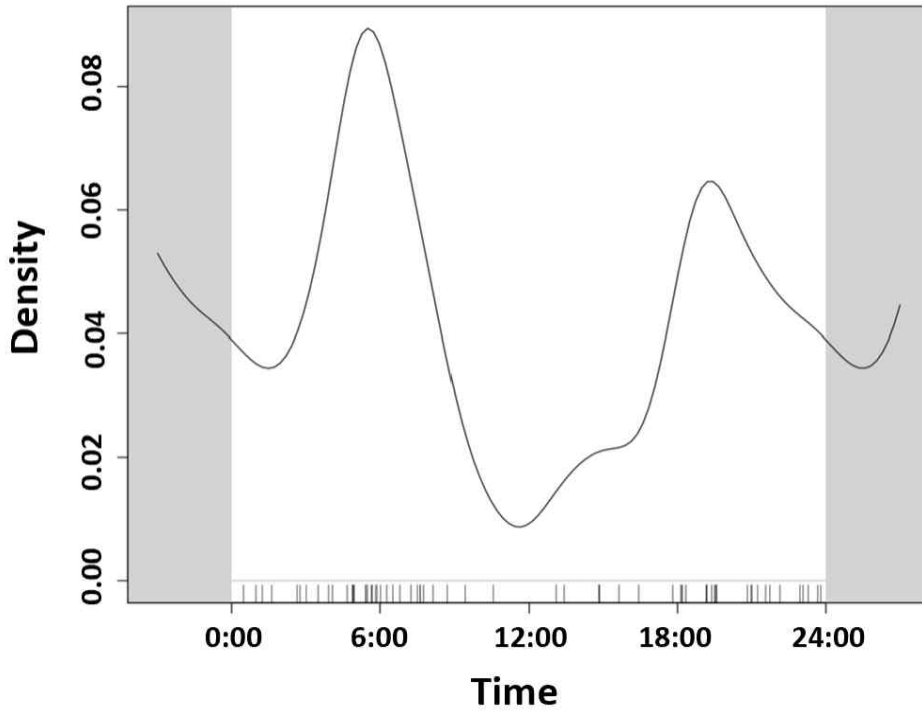


Figure 6. Daily activity pattern of raccoon dogs (*Nyctereutes procyonoides*) during autumn in Yeoncheon, the Republic of Korea.

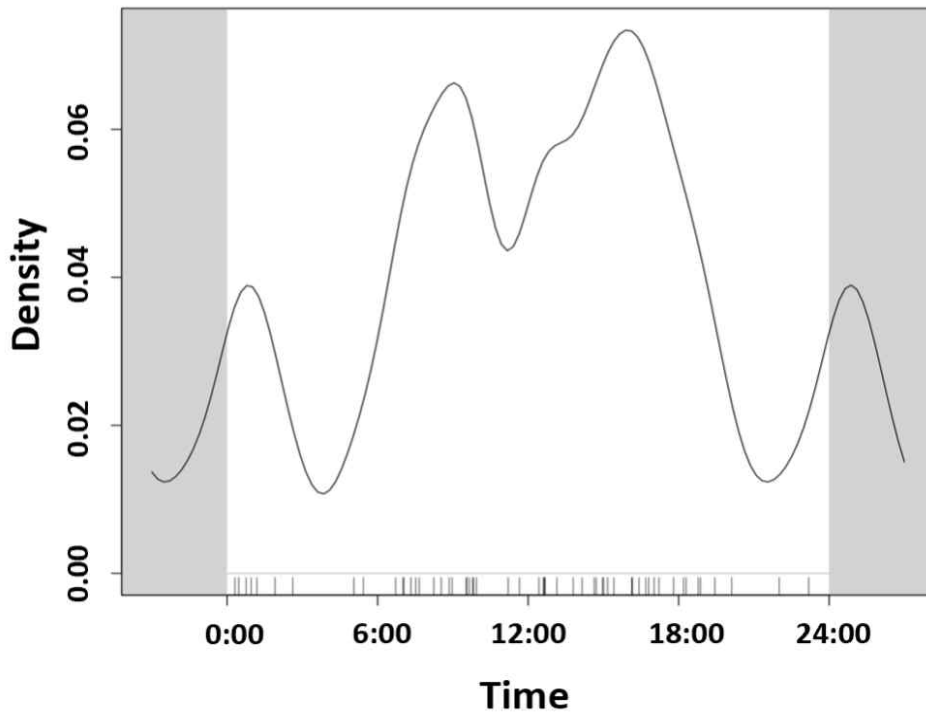




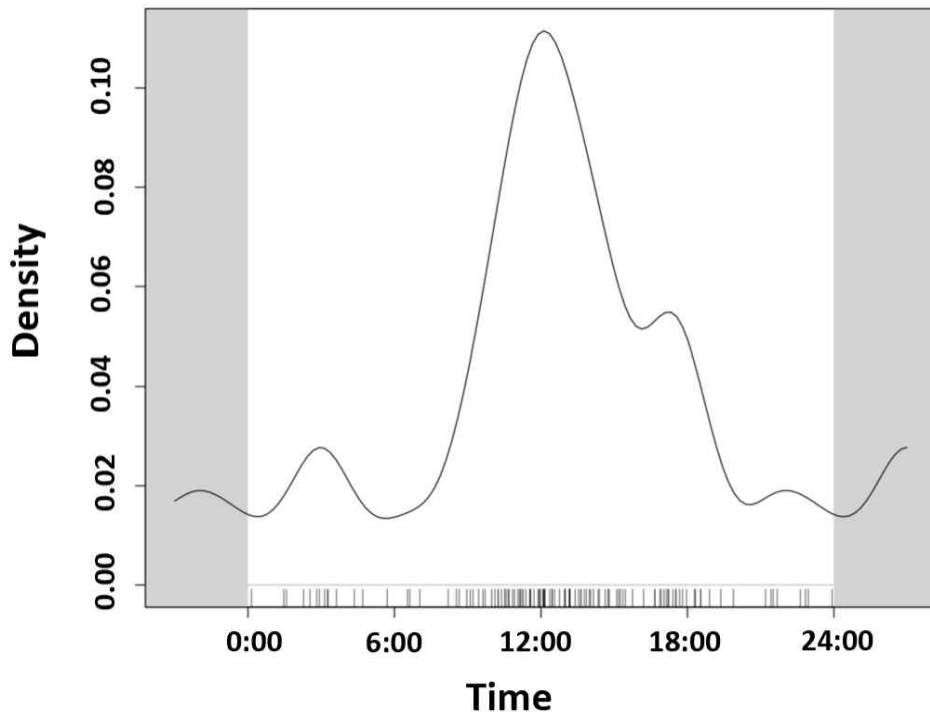
**Figure 7. Daily activity pattern of Asian badgers (*Meles leucurus*) during autumn in Yeoncheon, the Republic of Korea.**



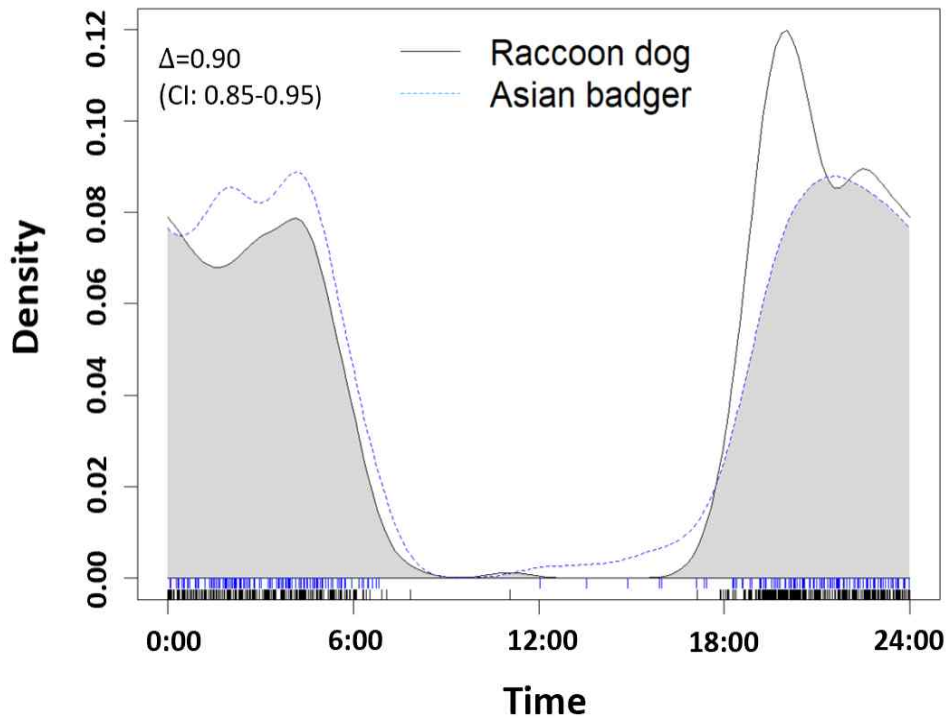
**Figure 8.** Daily activity pattern of leopard cats (*Prionailurus bengalensis*) during autumn in Yeoncheon, the Republic of Korea.



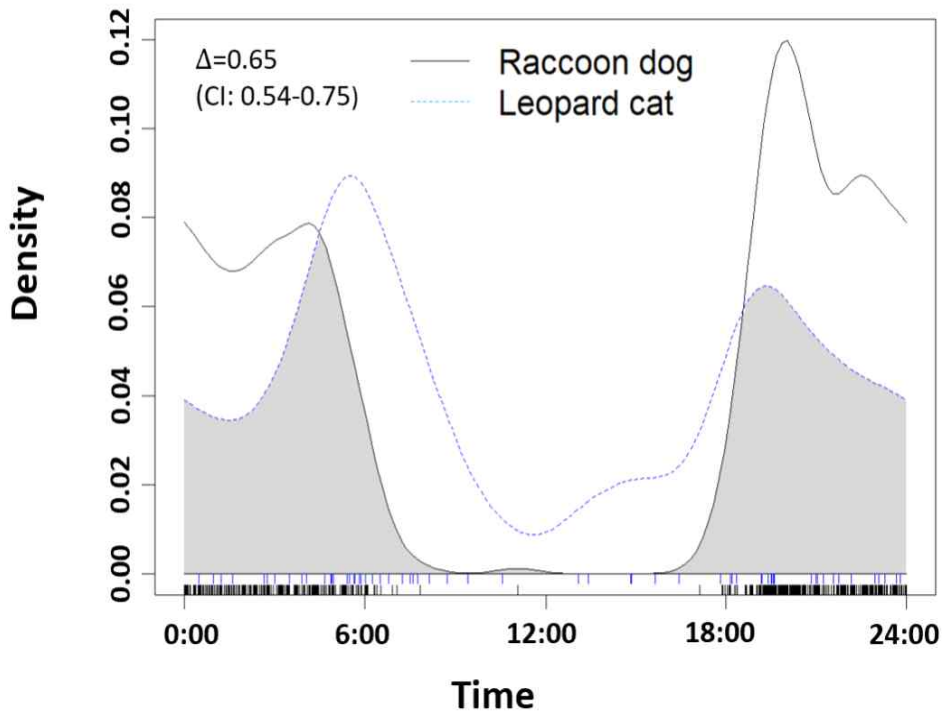
**Figure 9. Daily activity pattern of feral dogs (*Canis lupus familiaris*) during autumn in Yeoncheon, the Republic of Korea.**



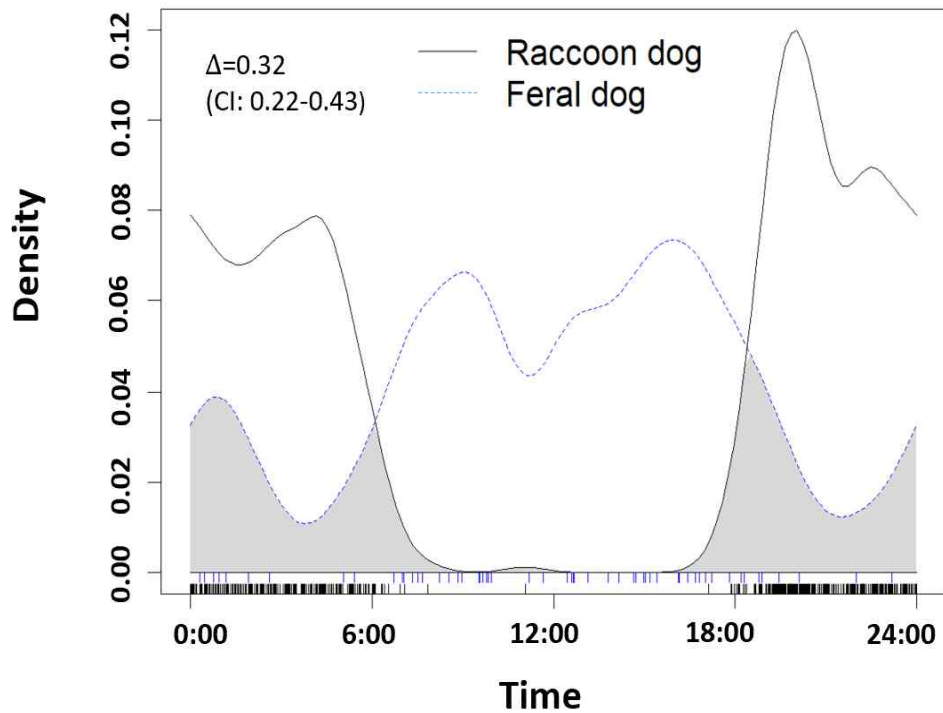
**Figure 10. Daily activity pattern of feral cats (*Felis catus*) during autumn in Yeoncheon, the Republic of Korea.**



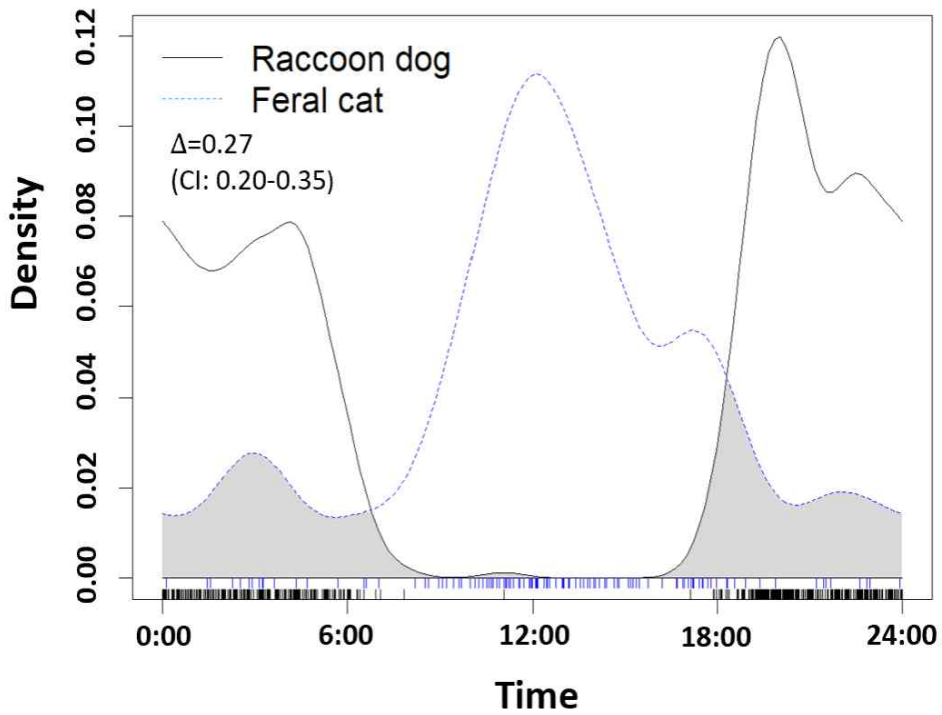
**Figure 11.** The daily activity pattern overlap between raccoon dogs (*Nyctereutes procyonoides*) and Asian badgers (*Meles leucurus*) during autumn in Yeoncheon, the Republic of Korea. Overlap coefficient ( $\Delta$ ) means shaded area between graphs.



**Figure 12.** The daily activity pattern overlap between raccoon dogs (*Nyctereutes procyonoides*) and leopard cats (*Prionailurus bengalensis*) during autumn in Yeoncheon, the Republic of Korea. Overlap coefficient ( $\Delta$ ) means shaded area between graphs.

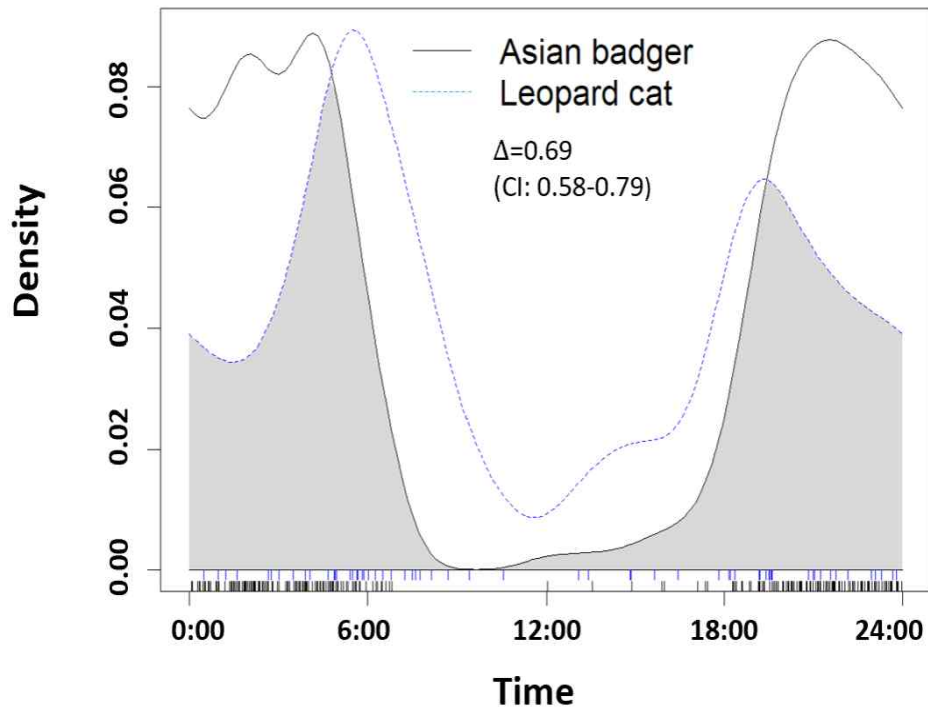


**Figure 13.** The daily activity pattern overlap between raccoon dogs (*Nyctereutes procyonoides*) and feral dogs (*Canis lupus familiaris*) during autumn in Yeoncheon, the Republic of Korea. Overlap coefficient ( $\Delta$ ) means shaded area between graphs.



**Figure 14.** The daily activity pattern overlap between raccoon dogs (*Nyctereutes procyonoides*) and feral cats (*Felis catus*) during autumn in Yeoncheon, the Republic of Korea. Overlap coefficient ( $\Delta$ ) means shaded area between graphs.





**Figure 15. The daily activity pattern overlap between Asian badgers (*Meles leucurus*) and leopard cats (*Prionailurus bengalensis*) during autumn in Yeoncheon, the Republic of Korea. Overlap coefficient ( $\Delta$ ) means shaded area between graphs.**

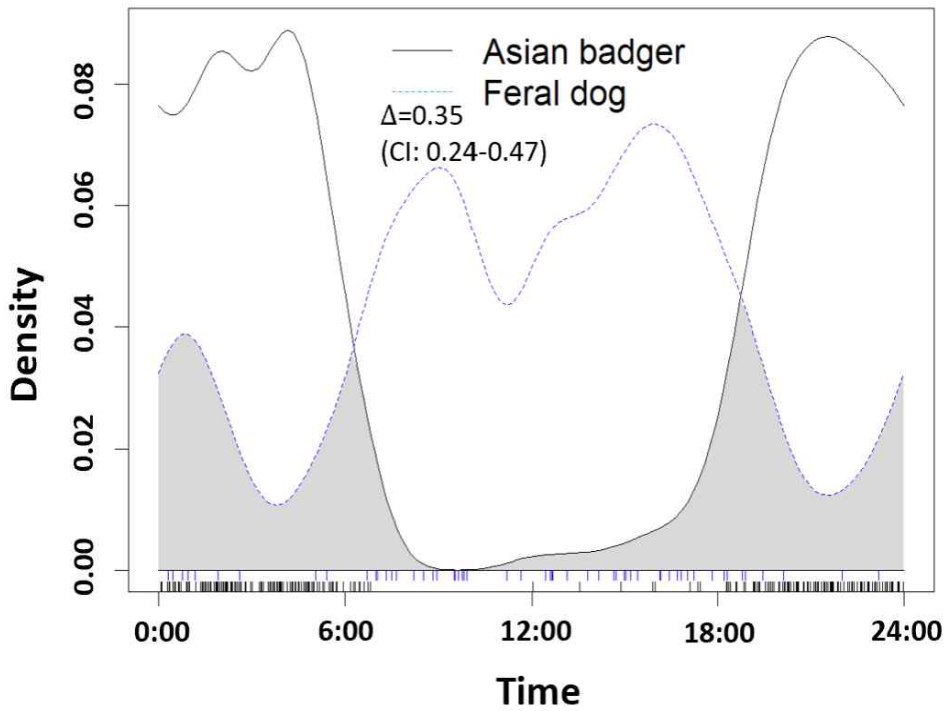
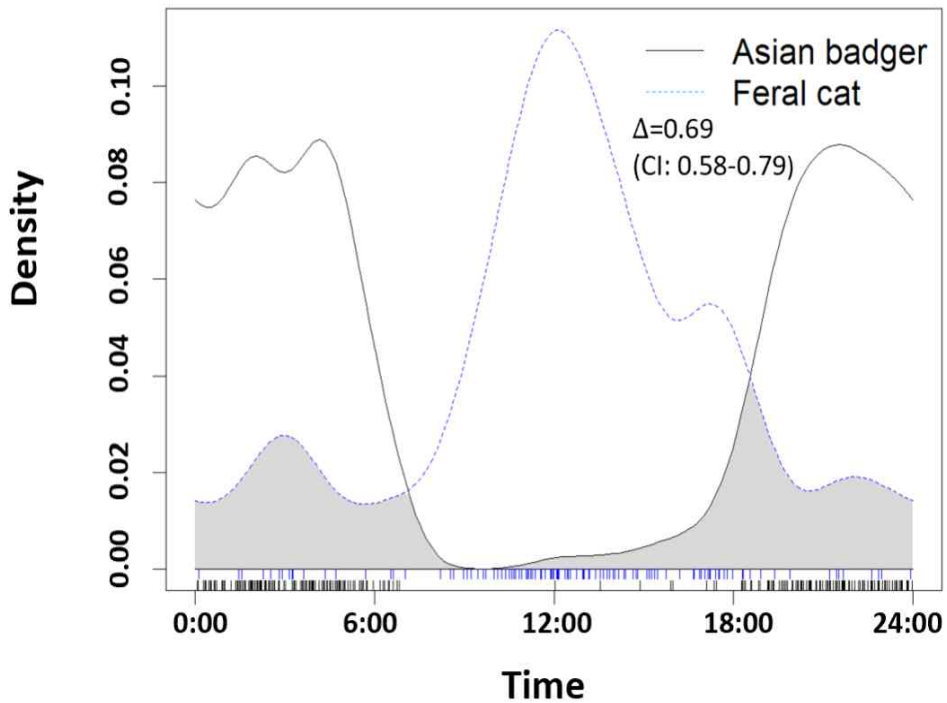
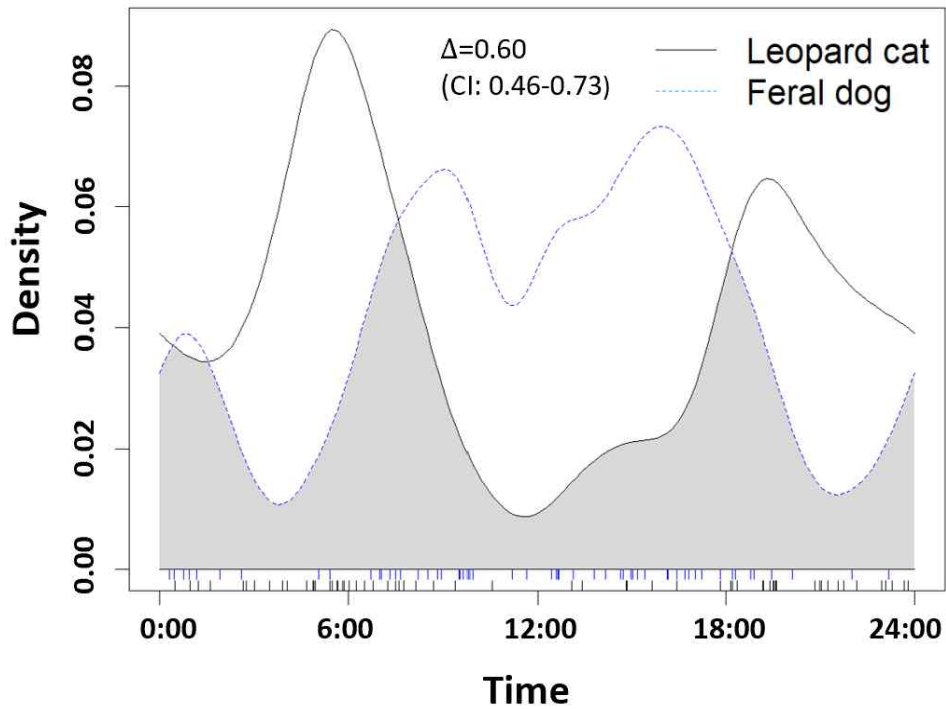


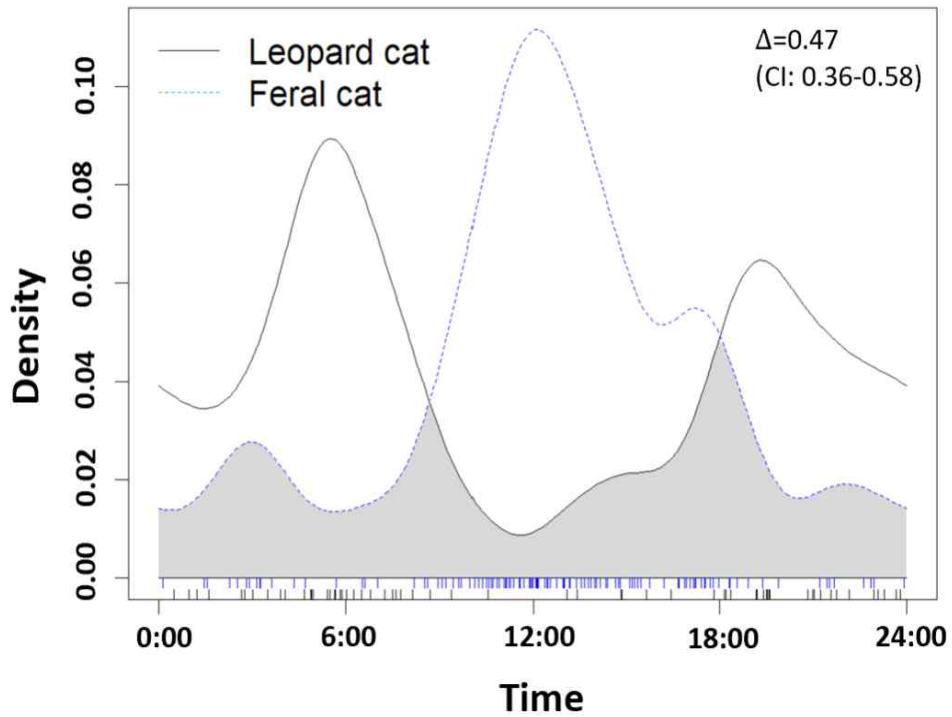
Figure 16. The daily activity pattern overlap between Asian badgers (*Meles leucurus*) and feral dogs (*Canis lupus familiaris*) during autumn in Yeoncheon, the Republic of Korea. Overlap coefficient ( $\Delta$ ) means shaded area between graphs.



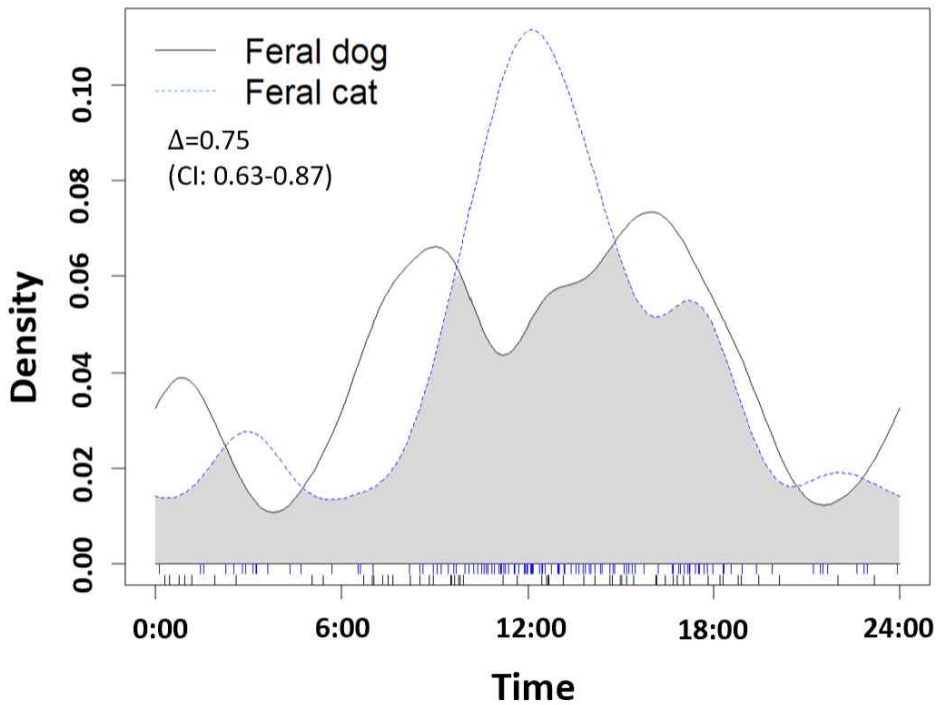
**Figure 17.** The daily activity pattern overlap between Asian badgers (*Meles leucurus*) and feral cats (*Felis catus*) during autumn in Yeoncheon, the Republic of Korea. Overlap coefficient ( $\Delta$ ) means shaded area between graphs.



**Figure 18.** The daily activity pattern overlap between leopard cats (*Prionailurus bengalensis*) and feral dogs (*Canis lupus familiaris*) during autumn in Yeoncheon, the Republic of Korea. Overlap coefficient ( $\Delta$ ) means shaded area between graphs.



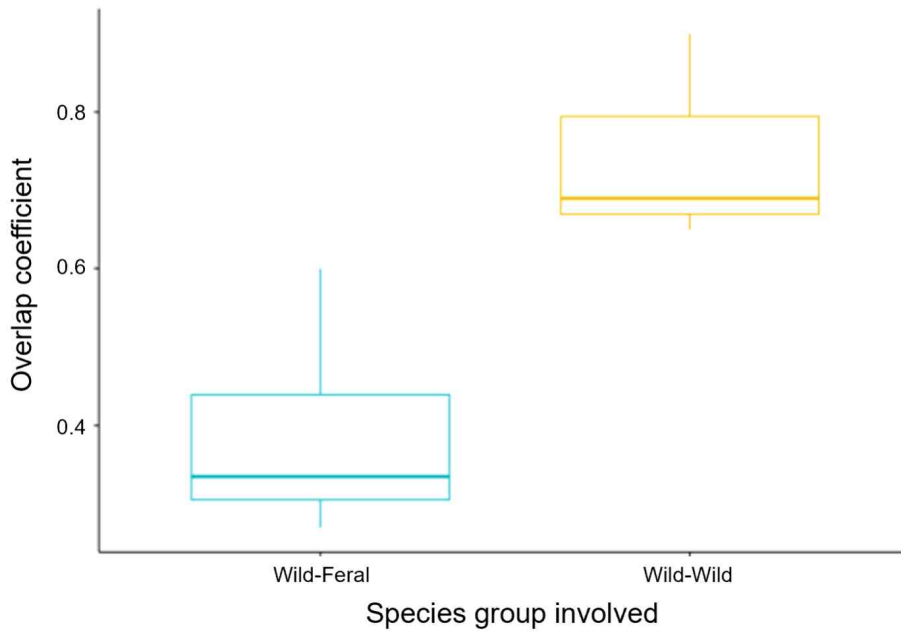
**Figure 19.** The daily activity pattern overlap between leopard cats (*Prionailurus bengalensis*) and feral cats (*Felis catus*) during autumn in Yeoncheon, the Republic of Korea. Overlap coefficient ( $\Delta$ ) means shaded area between graphs.



**Figure 20.** The daily activity pattern overlap between feral dogs (*Canis lupus familiaris*) and feral cats (*Felis catus*) during autumn in Yeoncheon, the Republic of Korea. Overlap coefficient ( $\Delta$ ) means shaded area between graphs.

**Table 2. The degree of temporal overlap in the daily activity patterns of five carnivores during autumn in Yeoncheon, the Republic of Korea. The highest and lowest overlap values were indicated in bold.**

	Asian badger	Leopard cat	Feral dog	Feral cat
Raccoon dog	<b>0.90</b>	0.65	0.32	<b>0.27</b>
Asian badger	-	0.69	0.35	0.30
Leopard cat	-	-	0.60	0.47
Feral dog	-	-	-	0.75



**Figure 21. Comparison of overlap coefficient between wild carnivores and feral cat and feral dog during autumn in Yeoncheon, the Republic of Korea. Wild-Feral indicates comparison between wild carnivores and feral cat and feral dog. Wild-Wild indicates comparison between wild carnivores.(df = 1, p-value = 0.02)**



## 2.2 고찰

식육목 5 종의 일주 행동 분석 결과, 너구리와 오소리는 야행성의 활동 패턴을 가지는 것으로 나타났으며 이는 기존의 연구와 동일한 결과를 보였다(이화진 2023). 너구리와 오소리 간의 시간적 중첩이 0.90으로 가장 높은 것으로 확인되었다.

삶은 아침과 저녁에 활동적인 것으로 나타났으며 강한 주행성의 행동 패턴을 보이는 들고양이를 제외한 나머지 종과 유사한 시간적 중첩을 가지는 것으로 확인되었다. 해당 결과는 삶과 들고양이가 분류학적 그리고 형태학적으로 유사함에도 불구하고 0.27의 낮은 중첩을 보이는 것은 먹이나 공간과 같은 자원을 이용하는데 있어 경쟁과 같은 상호작용을 피하기 위한 이유일 가능성이 존재할 것이라고 생각된다.

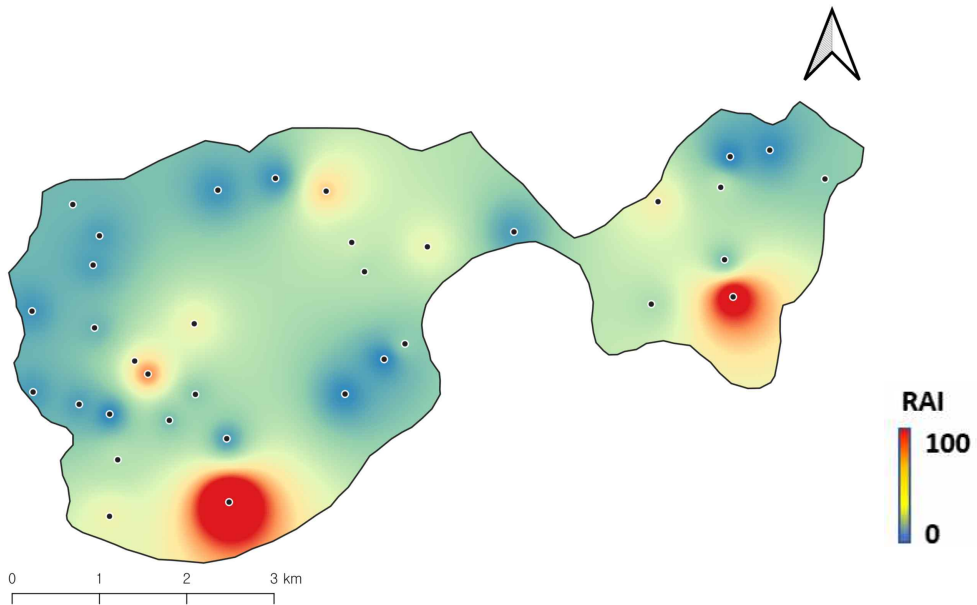
들개와 들고양이는 주행성의 활동패턴을 가지는 것으로 나타났으며 다른 야생 식육목 종에 비해 두 종간의 시간적 중첩이 0.75으로 높은 것을 확인하였다.

본 연구 결과에서 식육목 5종 간의 활동패턴은 야생 식육목간 그리고 야생화된 가축간에 높은 시간적 중첩을 보이나 삶의 경우 들고양이를 제외하고는 유사한 시간적 중첩을 보이는 것으로 확인되었다.

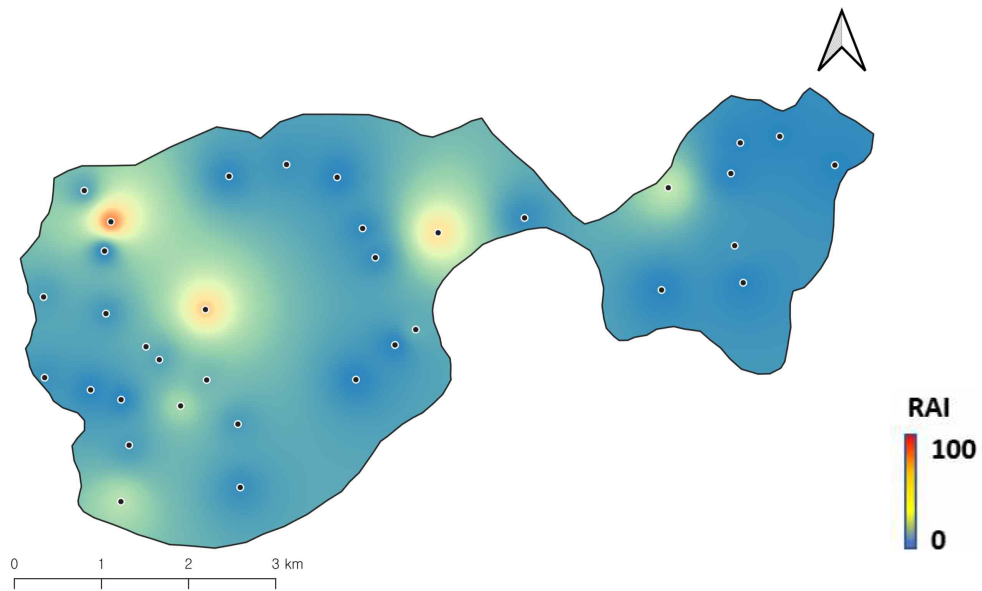
### 3. 종간 공간적 상호작용

#### 3.1. 종의 공간 이용 강도(site use intensity) 분석

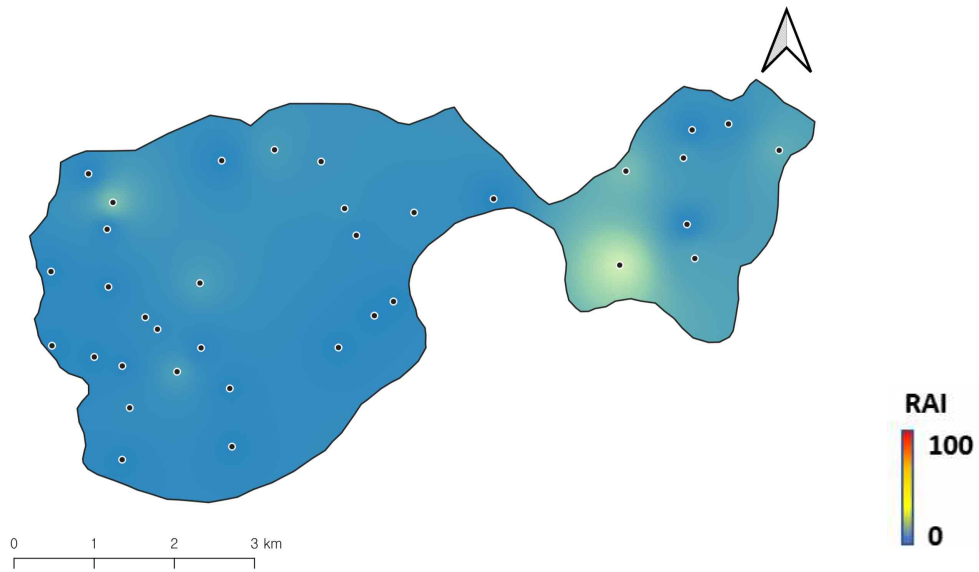
본 연구에서 식육목 5종은 35개의 조사 지점 가운데 다음과 같은 공간 이용 양상을 보이는 것으로 나타났다(Fig. 21, 22, 23, 24, 25). 너구리와 들고양이가 일부 유사한 공간 이용 강도를 보였다.



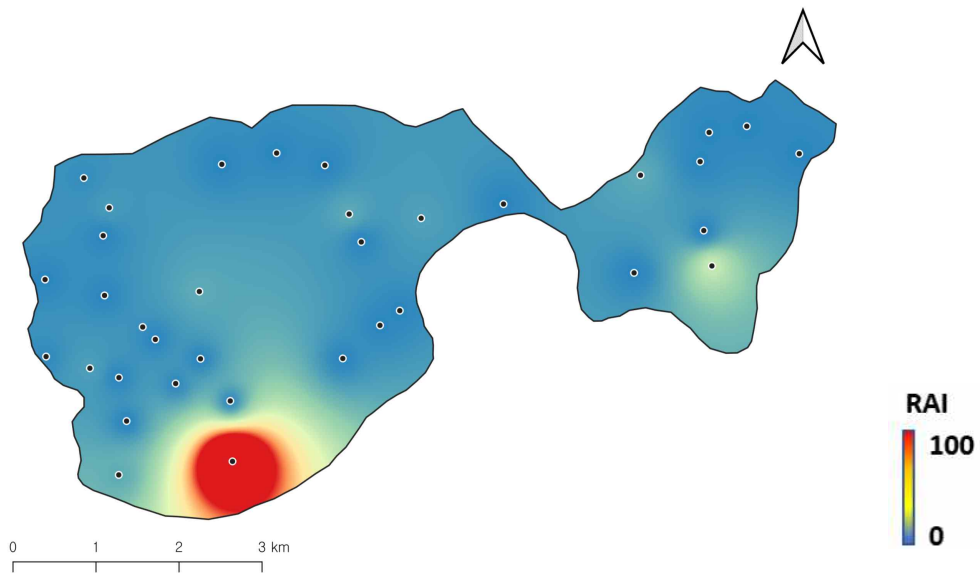
**Figure 22. Interpolated relative abundance index (RAI), as shown as spatial distribution of site use intensity, of raccoon dogs (*Nyctereutes procyonoides*) during autumn in Yeoncheon, the Republic of Korea.**



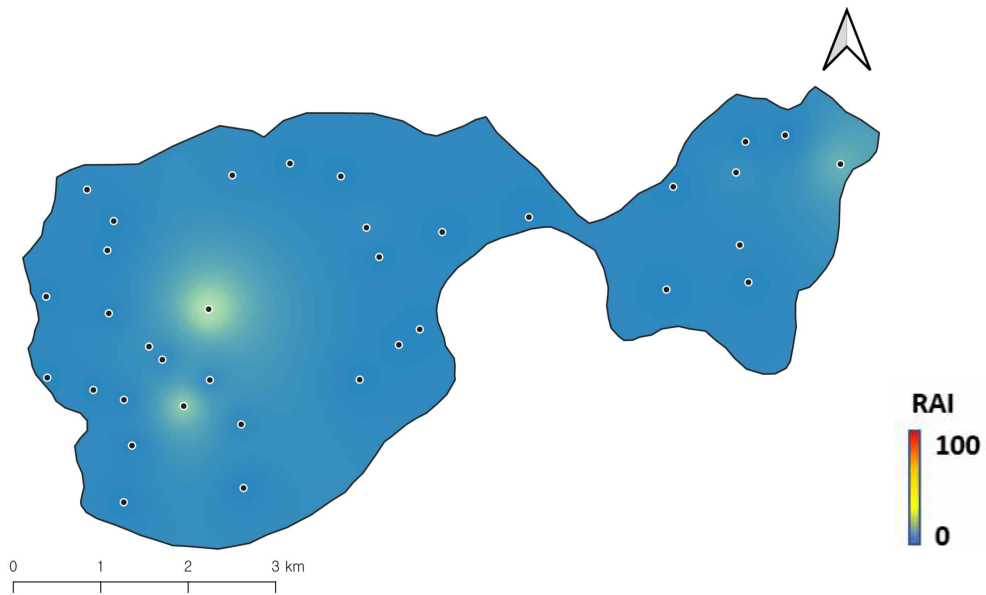
**Figure 23.** Interpolated relative abundance index (RAI), as shown as spatial distribution of site use intensity, of Asian badgers (*Meles leucurus*) during autumn in Yeoncheon, the Republic of Korea.



**Figure 24. Interpolated relative abundance index (RAI), as shown as spatial distribution of site use intensity, of leopard cats (*Prionailurus bengalensis*) during autumn in Yeoncheon, the Republic of Korea.**



**Figure 25. Interpolated relative abundance index (RAI), as shown as spatial distribution of site use intensity, of feral cats (*Felis catus*) during autumn in Yeoncheon, the Republic of Korea.**



**Figure 26. Interpolated relative abundance index (RAI), as shown as spatial distribution of site use intensity, of feral dogs (*Canis lupus familiaris*) during autumn in Yeoncheon, the Republic of Korea.**

### 3.2. 다른 종의 상대풍부도지수가 미치는 영향 분석

서식지 내 변수 중 하나로 다른 종의 상대풍부도지수가 각 종의 상대풍부도지수에 미치는 영향을 분석한 결과, 너구리의 상대풍부도지수는 오소리, 삥 그리고 들고양이의 상대풍부도지수와 유의미하였으며 해당 변수들의 출현이 증가하면 너구리의 상대풍부도지수가 증가하는 양상이 나타났다. 들개가 증가할수록 너구리의 출현이 감소하는 양상을 보였으나 유의미하지 않은 것으로 나타났다.  $\Delta AIC$  값을 이용하여 후진 방식으로 단계적 모델 선정을 진행한 결과 오소리, 삥, 들고양이의 변수 조합이 해당 분석에 적합한 최종 모델로 선정되었다.

오소리의 상대풍부도지수는 너구리, 삥, 들고양이, 들개의 상대풍부도지수와 유의미한 것으로 나타났으며 들고양이의 상대풍부도지수가 증가할수록 오소리의 출현이 낮아지는 양상을 보였다.  $\Delta AIC$  값을 이용하여 후진 방식으로 단계적 모델 선정을 진행한 결과 너구리, 삥, 들고양이, 그리고 들개의 변수 조합이 해당 분석에 적합한 최종 모델로 선정되었다.

삥의 상대풍부도지수는 너구리, 오소리 그리고 들고양이의 상대풍부도지수와 유의미한 것으로 나타났으며 들고양이의 상대풍부도지수가 증가할수록 삥의 상대풍부도지수는 낮아지는 양상을 보였다.  $\Delta AIC$  값을 이용하여 후진 방식으로 단계적 모델 선정을 진행한 결과 너구리, 오소리 그리고 들고양이의 조합이 해당 분석에 적합한 최종 모델로 선정되었다.

들개의 상대풍부도지수는 너구리, 오소리의 상대풍부도지수와 유의미한 것으로 나타났으며, 들고양이의 상대풍부도지수가 증가할수록 들개의 상대풍부도지수는 감소하는 양상이 나타났지만 유의미하지 않은 것으로 확인되었다.  $\Delta AIC$  값을 이용하여 후진 방식으로 단계적 모델 선정을 진행한 결과 너구리, 오소리 그리고 들고양이의 조합이 해당 분석에 적합한 최종 모델로 선정되었다.

들고양이의 상대풍부도지수는 너구리와 오소리의 상대풍부도지수와 유의미한 것으로 나타났다.  $\Delta AIC$  값을 이용하여 후진 방식으로 단계적



모델 선정을 진행한 결과 너구리와 오소리의 조합이 해당 분석에 적합한 최종 모델로 선정되었다.

Table 3. Matrix table summarizing the effects of a species' relative abundance index (RAI) on the other species' RAI. Only significant values from generalized linear models were given as estimates  $\pm$  standard errors. The species in the first column indicate explanatory factors while that in the first row denote response factors. Positive values indicated increasing RAI while negative indicated decreasing RAI.

Explanatory factors	Response factors (species)				
	Raccoon dog ( <i>Nyctereutes procyonoides</i> )	Asian badger ( <i>Meles leucurus</i> )	Leopard cat ( <i>Prionailurus bengalensis</i> )	Feral dog ( <i>Canis lupus familiaris</i> )	Feral cat ( <i>Felis catus</i> )
Raccoon dog	-	0.005 $\pm$ 0.002*	0.014 $\pm$ 0.004***	0.014 $\pm$ 0.006*	0.036 $\pm$ 0.001***
Asian badger	0.005 $\pm$ 0.002**	-	0.016 $\pm$ 0.003***	0.032 $\pm$ 0.004***	0.026 $\pm$ 0.004***
Leopard cat	0.024 $\pm$ 0.005***	0.041 $\pm$ 0.006***	-	-	-
Feral dog	-	0.061 $\pm$ 0.005***	-	-	-
Feral cat	0.010 $\pm$ 0.000***	-0.005 $\pm$ 0.003*	-0.021 $\pm$ 0.010*	-0.035 $\pm$ 0.029	-

### 3.3. 환경 변수가 미치는 영향

서식지 내 비생물적 환경 변수가 종의 상대풍부도지수에 미치는 영향을 분석한 결과, 너구리는 수목의 분수, 도로와의 거리, 고도, 경사도 그리고 나지/개활지가 유의미한 것으로 나타났다. 도로와의 거리, 고도, 경사 그리고 나지와 음의 상관관계를 가지는 것으로 나타났다.  $\Delta AIC$  값을 이용하여 후진 방식으로 단계적 모델 선정을 진행한 결과 임목의 수, 도로와의 거리, 고도, 경사 그리고 나지/개활지의 변수 조합이 해당 분석에 적합한 최종 모델로 선정되었다.

오소리의 상대풍부도지수는 도로와의 거리, 고도, 초지, 시가지 구역 그리고 나지/개활지가 유의미한 것으로 나타났다. 시가지 구역 그리고 나지/개활지와 음의 상관관계를 가지는 것으로 나타났다.  $\Delta AIC$  값을 이용하여 후진 방식으로 단계적 모델 선정을 진행한 결과 고사목의 수, 도로와의 거리, 고도, 초지, 시가지 구역 그리고 나지/개활지의 변수 조합이 해당 분석에 적합한 최종 모델로 선정되었다.

삶의 상대풍부도지수는 도로와의 거리, 고도, 경사도, 시가지 구역 그리고 나지/개활지가 유의미한 것으로 나타났으며 고도, 시가지 구역 그리고 나지/개활지와 음의 상관관계를 가지는 것으로 나타났다.  $\Delta AIC$  값을 이용하여 후진 방식으로 단계적 모델 선정을 진행한 결과 수목의 분수, 도로와의 거리, 고도, 경사도, 시가지 구역 그리고 나지/개활지의 변수 조합이 해당 분석에 적합한 최종 모델로 선정되었다.

들개의 상대풍부도지수는 고사목의 분수, 도로와의 거리 그리고 경사도가 유의미한 것으로 나타났으며 경사도와 음의 상관관계를 가지는 것으로 나타났다.  $\Delta AIC$  값을 이용하여 후진 방식으로 단계적 모델 선정을 진행한 결과 고사목의 분수, 도로와의 거리 그리고 경사도의 변수 조합이 해당 분석에 적합한 최종 모델로 선정되었다.

들고양이의 상대풍부도지수는 고사목의 분수, 도로와의 거리, 고도, 경사도 그리고 나지/개활지가 유의미한 것으로 나타났다. 도로와의 거리, 고도, 경사도 그리고 나지/개활지와 음의 상관 관계를 가지는 것으로 나

타났다.  $\Delta AIC$  값을 이용하여 후진 방식으로 단계적 모델 선정을 진행한 결과 고사목의 수, 도로와의 거리, 고도, 경사 그리고 나지/개활지의 변수 조합이 해당 분석에 적합한 최종 모델로 선정되었다.

Table 4. Matrix table summarizing the effects of an environmental factors on species' relative abundance index (RAI). Only significant values from generalized linear models were given as estimates  $\pm$  standard errors. The species in the first column indicate explanatory factors while that in the first row denote response factors. Positive values indicated increasing RAI while negative indicated decreasing RAI.

Environmental factors	Response factors (species)				
	Raccoon dog ( <i>Nyctereutes procyonoides</i> )	Asian badger ( <i>Meles leucurus</i> )	Leopard cat ( <i>Prionailurus bengalensis</i> )	Feral dog ( <i>Canis lupus familiaris</i> )	Feral cat ( <i>Felis catus</i> )
No. of tree	0.043 $\pm$ 0.008***	-	0.051 $\pm$ 0.033	-	-
No. of dead tree	-	0.041 $\pm$ 0.023	-	0.082 $\pm$ 0.042*	0.098 $\pm$ 0.026***
Distance to road	-0.002 $\pm$ 0.001***	0.004 $\pm$ 0.001***	0.004 $\pm$ 0.001**	0.005 $\pm$ 0.001***	-0.011 $\pm$ 0.002***
Elevation	-0.021 $\pm$ 0.002***	0.017 $\pm$ 0.003***	-0.038 $\pm$ 0.006***	-	-0.073 $\pm$ 0.008***
Slope	-0.020 $\pm$ 0.003***	-	0.042 $\pm$ 0.005***	-0.067 $\pm$ 0.021**	-0.129 $\pm$ 0.015***
Grassland	-	0.002 $\pm$ 0.000***	-	-	-
Built up	-	-0.001 $\pm$ 0.000**	-0.004 $\pm$ 0.001***	-	-
Bare/sparse vegetation	-0.024 $\pm$ 0.003***	-0.009 $\pm$ 0.004*	-0.029 $\pm$ 0.009**	-	-0.043 $\pm$ 0.015**

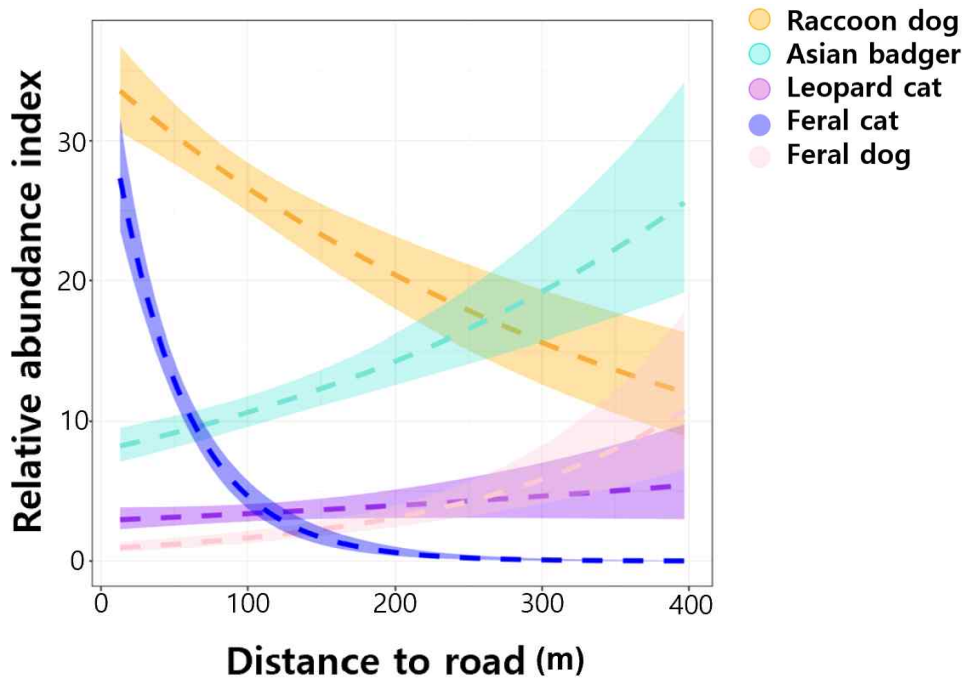


Figure 27. Changes in the relative abundance indices values of five carnivores by the distance to road.

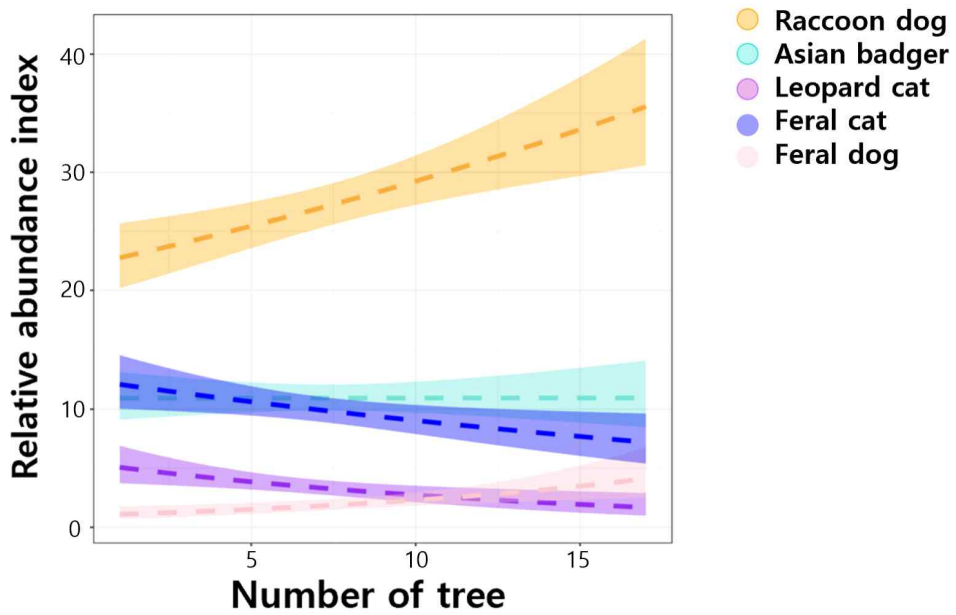


Figure 28. Changes in the relative abundance indices values of five carnivores by the number of tree.

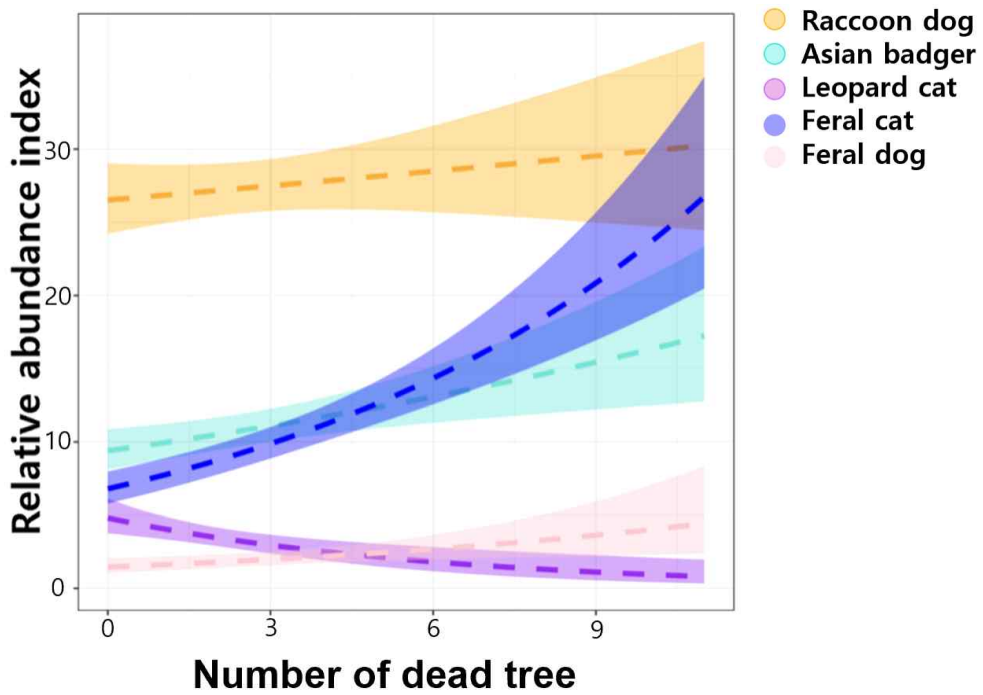


Figure 29. Changes in the relative abundance indices values of five carnivores by number of dead tree.



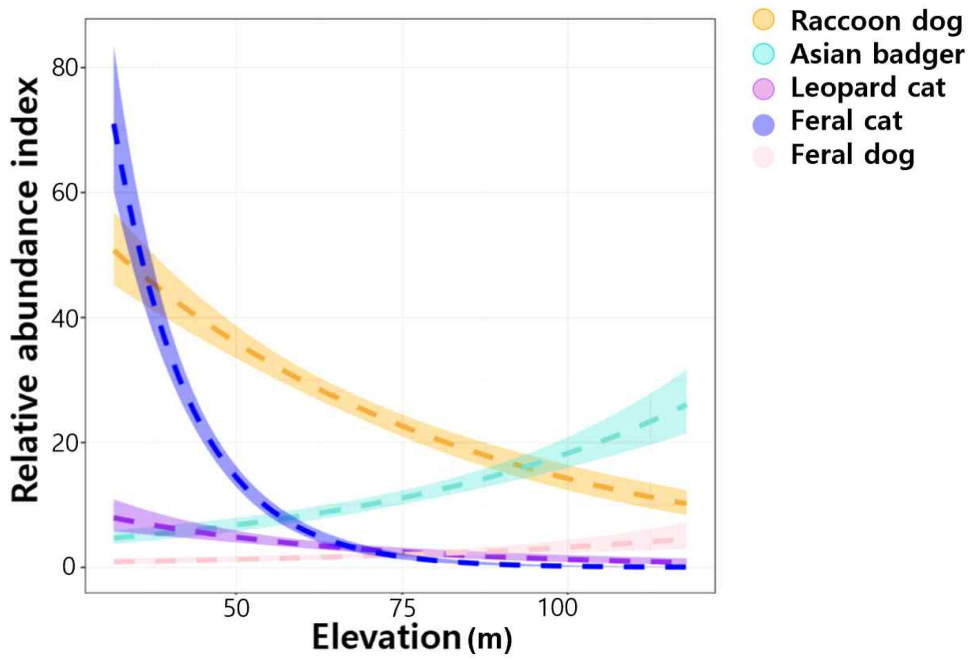


Figure 30. Changes in the relative abundance indices values of five carnivores by the elevation.

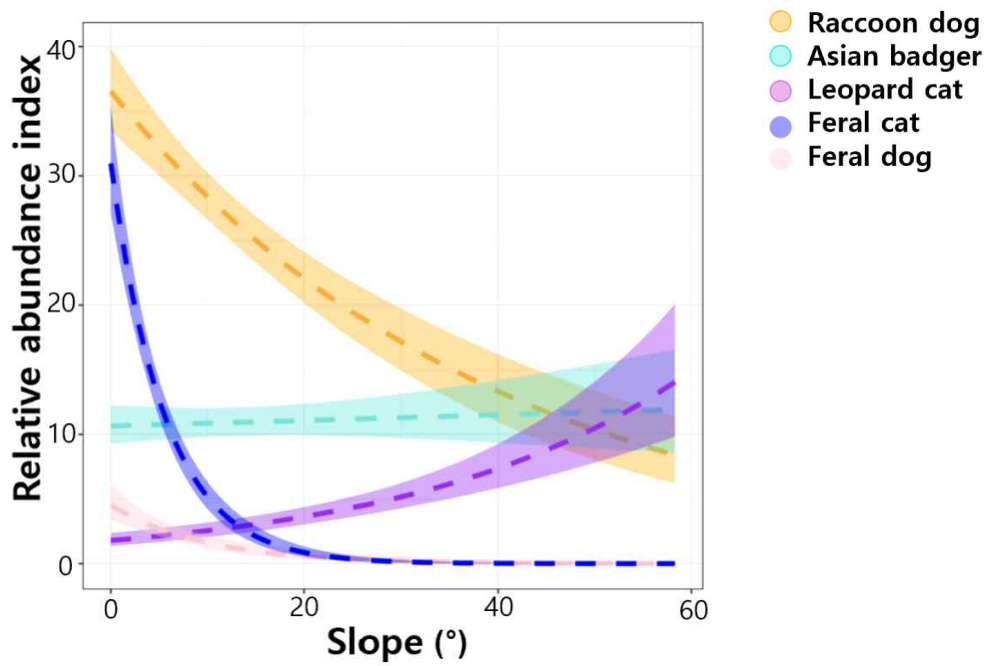


Figure 31. Changes in the relative abundance indices values of five carnivores by the slope.

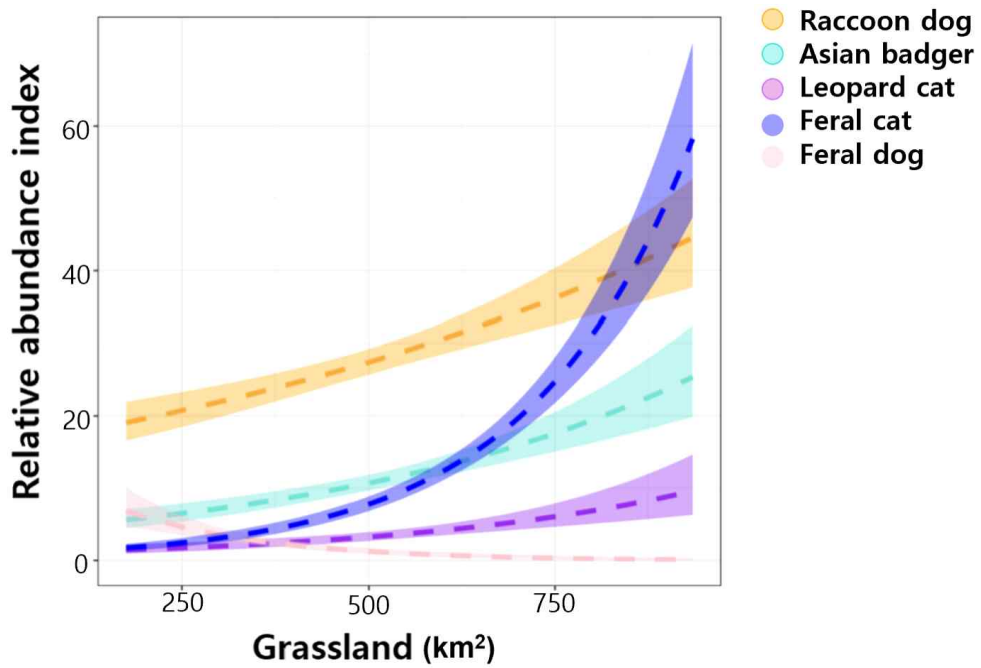


Figure 32. Changes in the relative abundance indices values of five carnivores by the grassland.

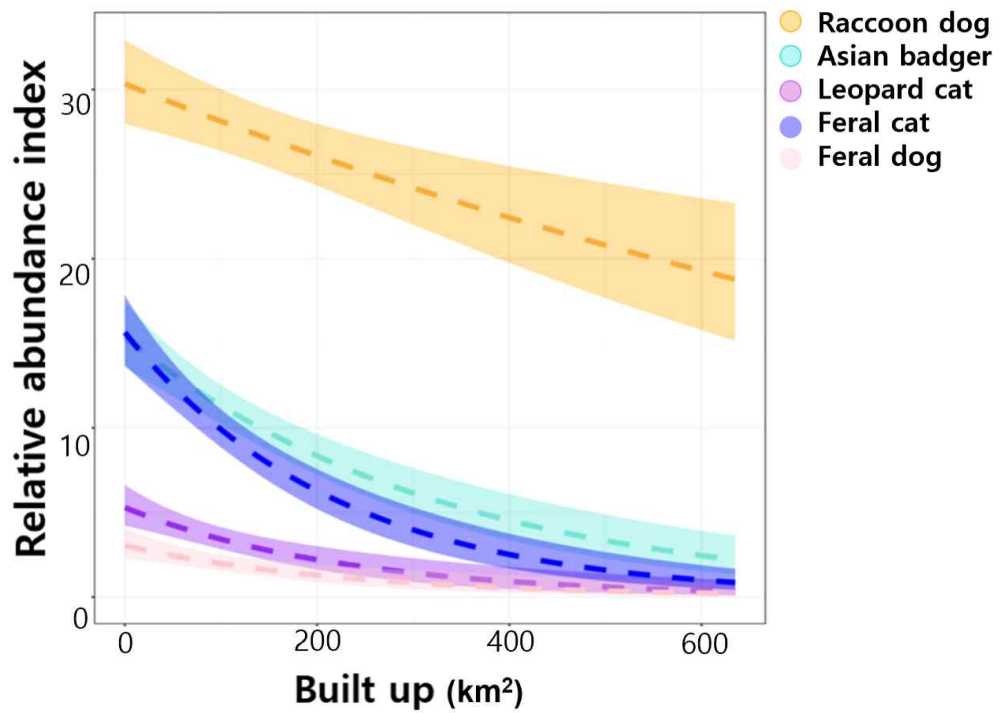


Figure 33. Changes in the relative abundance indices values of five carnivores by the built up.

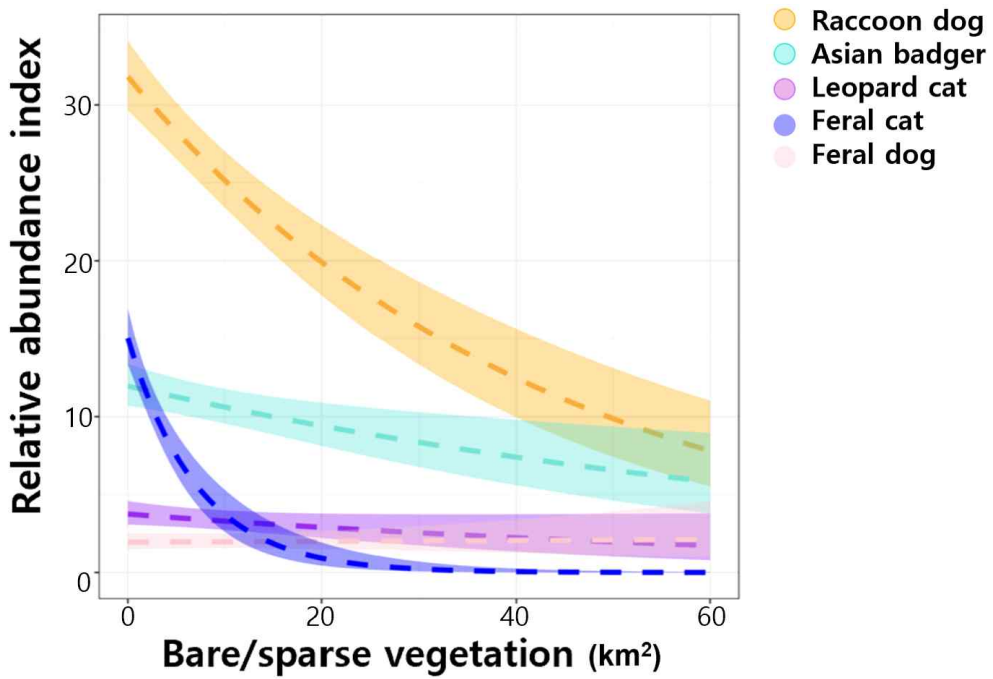


Figure 34. Changes in the relative abundance indices values of five carnivores by the bare/sparse vegetation.

### 3.4. 고찰

서식지 내에 존재하는 다른 종의 상대풍부도지수와 환경 변수가 각 종의 상대풍부도지수에 미치는 영향을 분석하였다. 해당 분석 결과, 식육목 5 종은 전반적으로 함께 증가하는 양상을 보였으나 들고양이의 상대풍부도지수가 증가하는 경우 오소리와 샴의 출현이 감소하는 양상이 나타났다. 들고양이는 샴과 오소리를 회피할 가능성이 있음을 나타낸다고 생각한다. 들개는 들고양이가 증가할수록 상대풍부도지수가 감소하는 양상을 보였으며, 들고양이의 경우도 들개가 증가할수록 상대풍부도지수가 감소하는 양상을 보였지만 유의미하지 않았다. 들개의 경우 다른 종에 비해 출현율이 낮아 다른 종과의 연관성을 관찰하기 쉽지 않을 가능성이 존재하는 것으로 판단된다. 생물적 요소를 환경 변수로 활용한 해당 분석에서는 다중공산성의 문제를 가진 변수는 존재하지 않는 것으로 확인하였다.

서식지 내에 존재하는 비생물적 환경 변수가 종의 상대풍부도지수에 미치는 영향을 비교한 결과, 도로와의 거리가 모든 종의 출현에 유의미한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 너구리와 들고양이는 도로와의 거리가 가까울수록 출현이 증가하였으며 이는 가장자리를 선호하는 종의 특성의 결과로 생각된다. 서식처 내에 존재하는 시가지 구역의 비율 증가는 오소리와 샴의 출현을 감소시켰으며, 인위적인 요소인 도로와 시가지가 이들에게 부정적인 영향을 미치는 것으로 판단된다. 서식처 내 나지/개활지의 비율이 증가할수록 들개를 제외한 모든 종의 출현이 감소하는 것으로 나타났다. 이는 해당 토지 유형이 먹이, 공간과 같은 자원의 이용이 비효율적이기 때문에 종의 선호도가 낮은 것으로 생각된다.

해당 분석의 과정에서 너구리와 들고양이의 경우 산림, 초지, 농경지, 시가지 구역이 다중공산성의 문제를 가지고 분석에서 제외되었다. 오소리는 환경 변수 가운데 산림과 농경지가, 샴은 산림, 초지와 농경지가 다중공산성의 문제를 가진 것으로 나타났다. 들개의 경우 고도, 산림, 초지, 농경지, 시가지, 나지/개활지의 변수가 분석에서 제외되었다. 모든 종의

분석에 있어 산림과 농경지가 제외되었는데 이는 모든 종들이 해당 토지 유형에서 풍부도가 높게 관찰되어 상관 정도가 높기 때문에 분석을 하는 과정에서 부정적인 영향을 미칠 가능성이 매우 높아 제외하였다.

전체적으로, 연구 대상 종의 상대풍부도지수 양상을 비생물적 환경 변수로 살펴본 결과, 너구리와 들고양이는 동일한 환경변수에 따라 유사한 결과를 보이는 양상이 나타났다.

## 제 4 장 종합 고찰

종의 출현은 서식지 내에 존재하는 환경 변수에 영향을 받으며 이에 따라 활동패턴에 변화를 보이거나 시공간적으로 틈새를 구분짓기도 한다. 따라서 본 연구에서는 산림에 출현하는 국내 식육목 5종을 대상으로 종의 일주 행동과 상대풍부도에 영향을 미치는 서식지 내 생물적·비생물적 요인을 파악하여 종간의 상호작용을 이해하고자 하였다.

연천 내 식육목은 여름과 초가을에는 야생 식육목의 활동이 활발하며 가을에 들어서면서 들고양이와 들개의 탐지 빈도가 증가하여 식육목 간의 상호작용이 활발할 것으로 생각된다. 모든 조사 지점 가운데 너구리가 가장 많은 지점에서, 들개가 가장 적은 지점에서 출현하였으며 너구리와 오소리가 가장 많은 지점에서 함께 출현하였다.

일주 행동에 대한 결과에 따르면 너구리 그리고 오소리는 야행성, 삶은 박명박모성 그리고 들개와 들고양이는 주행성의 활동패턴을 보였다. 따라서 야생 식육목은 야행성으로 그리고 들고양이와 들개는 주행성으로 해당 분류 간의 시간적 중첩이 높게 나타났으며 예외적으로 삶은 들고양이를 제외한 모든 종에서 유사한 시간적 중첩을 보였다. 이는 삶과 들고양이가 분류학적 그리고 형태학적으로 유사하기 때문에 경쟁과 같은 잠재적인 경쟁을 피하기 위해 일어난 현상인지에 대한 추가적인 이해가 필요할 것으로 생각된다.

시간적 중첩이 높은 종의 경우 공간적인 분리가 발생할 가능성이 존재하기 때문에 추후 연구에서는 대상 종이 다른 종의 출현과 관련하여 시간 지연(time-delay)과 세밀한 기준으로 종의 공존 요인을 파악할 필요가 있을 것으로 판단된다. 공간적 중첩이 높은 종의 경우도 마찬가지로 시간적인 분리와 같은 공존 요인에 대한 이해가 필요하다. 해당 연구 결과에 따라 시공간적으로 중첩이 높은 너구리와 오소리의 경우 이들은 유사한 형태학적 특징을 가지고 있어 공생과 같은 상호작용이 발생하는 것으로 생각된다. 시공간적으로 중첩이 발생하는 종은 경쟁 또는 공생과 같은 다양한 상호작용이 발생할 가능성이 높다. 따라서 종의 생태학적



특징과 더불어 종간의 상호작용을 파악하고 종의 공존 요인에 대한 이해를 통하여 효율적인 관리 및 보전 방안을 마련할 수 있을 것으로 생각된다.

서식지 내 생물적 환경 변수가 각 종의 상대풍부도지수에 미치는 영향에 대한 결과에 따르면 먼저 다른 종의 상대풍부도지수의 경우, 들고양이의 탐지 빈도 증가는 오소리와 삶의 출현을 낮추는 것으로 나타났다. 사람의 변수의 경우 사람의 출현이 증가할수록 너구리, 오소리, 들개의 상대풍부도지수가 증가하는 것으로 나타났으나 해당 변수는 시공간적인 중첩과 세부적인 기준으로 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

다음으로 비생물적 환경 변수가 각 종의 상대풍부도지수에 미치는 영향에 대한 결과에 따르면 도로와의 거리는 모든 종에게 유의미한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이는 도로의 존재가 동물의 풍부함에 있어 영향을 미칠 수 있는 요소라는 기존의 연구 결과와 비교하여(Fahrig et al. 2009) 일부 일치하며 너구리와 들고양이의 경우 산림의 가장자리를 선호하여 서식하는 특성상 도로와의 거리가 증가할수록 출현이 감소하는 결과를 보이는 것으로 판단된다.

환경 변수 가운데 토지 유형별 면적 비율 자료의 경우 조사 지역 내에서 가장 풍부한 종으로 확인된 너구리의 행동권을 기준으로 설정한 원형의 구역 내에서 데이터를 수집하였으며 해당 반경 내의 자료가 모든 종에게 동일하게 적용되는 것으로 가정하여 진행하였으나 이에 대하여 심층적인 추가 연구가 필요하다고 생각한다. 또한 서식지 내에 존재하는 변수들의 변화를 조사 기간 동안 동일한 것으로 가정하였으나 월별 그리고 크기는 연별로 변화할 수 있기 때문에 향후 연구에서는 환경 변수를 시공간적인 규모를 기준으로 정보를 수집하고 이를 활용하여 분석한다면 세밀한 척도에서 환경의 변화에 따른 종의 풍부도를 좀 더 구체적으로 이해하는데 도움이 될 것이라고 생각된다.

## 제 5 장 결론

연천 일대에 서식하는 산림성 식육목 5종을 대상으로 종간의 상호작용을 이해하기 위해 종의 일주 행동과 상대풍부도지수에 영향을 미치는 서식지 내 생물적·비생물적 요인 파악에 대한 연구 결과는 다음과 같다.

1. 가을철 식육목 5종의 상대풍부도지수는 너구리가 가장 높고 들개가 가장 낮은 것으로 나타났다. 분기별로 살펴본 결과, 가을에 들어서면서 야생 식육목은 상대풍부도지수가 감소하지만 야생화된 가축은 증가하는 것으로 나타났다.
2. 너구리와 오소리는 야행성, 삶은 박명박모성 그리고 들개와 들고양이는 주행성의 활동패턴을 보였다. 전체적으로는 너구리와 오소리가 0.90으로 가장 높은 시간적 중첩을 너구리와 들고양이가 0.30으로 가장 낮은 시간적 중첩을 보였다. 삶을 제외하고는 야생 식육목 간의 그리고 야생화된 가축간의 시간적 중첩이 높은 것으로 나타났다.
3. 서식지의 공간 이용 강도는 너구리와 들고양이의 상대풍부도지수가 높은 첫 번째와 두 번째 사이트가 일치하는 것으로 확인되었다. 모든 종간의 중첩이 발생한 곳은 3개로 확인되었다. 너구리와 오소리가 가장 많은 사이트에서 그리고 들개와 들고양이가 가장 낮은 사이트에서 공간적인 중첩을 보이는 것으로 나타났다.
4. 다른 종의 상대풍부도지수가 한 종의 상대풍부도지수에 미치는 영향을 분석한 결과, 들고양이의 상대풍부도지수가 증가할수록 오소리와 삶의 상대풍부도지수가 감소하는 양상이 나타났다.
5. 서식지 내 환경 변수가 미치는 영향을 분석한 결과, 도로와의 거리는 모든 종에게 유의미한 영향을 보이는 것으로 나타났다. 너구리와 들고양

이의 경우 도로와의 거리가 멀어질수록 상대풍부도지수가 감소하는 양상을 보였으며, 오소리, 삶, 들개는 증가하는 양상이 나타났다. 시가화 구역의 경우, 해당 면적의 비율이 증가할수록 오소리와 삶의 상대풍부도지수는 감소하는 양상을 보였다.

6. 일주 행동의 경우 야생 식육목 간 그리고 야생화된 가축 간 높은 활동패턴 중첩을 보였으나 공간적인 중첩과 환경 변수에 따른 양상은 다른 결과를 확인하였다. 야생 식육목인 너구리와 오소리는 시공간적으로 모두 높은 중첩을 보이는 것으로 확인되었다. 해당 두 종은 형태학적으로 유사함과 동시에 시공간적으로 중첩이 높기 때문에 경쟁 혹은 공생의 상호작용이 발생할 가능성이 매우 높은 것으로 생각되어 좀 더 미세한 척도를 기준으로 공존 요인에 대해 이해하는 연구가 필요한 것으로 판단된다. 들고양이의 상대풍부도지수가 증가할수록 야생 식육목 중 너구리의 상대풍부도지수가 유일하게 증가하는 양상을 보였으며 오소리와 삶의 상대풍부도지수는 감소하는 것을 확인하였다. 해당 두 종은 환경 변수에 따른 종의 상대풍부도지수 역시 비슷한 양상으로 나타나기 때문에 잠재적인 경쟁자가 될 수 있지만 시간적인 중첩으로 봤을 때 낮은 값을 가지기 때문에 시간적인 분리를 통해 조절된 가능성이 존재한다.

시공간적으로 높은 중첩을 보이며 동일한 환경 변수에 의하여 유사한 반응을 보이는 종의 경우 잠재적인 경쟁과 같은 상호작용이 발생할 가능성이 높을 것으로 생각되기 때문에 미세한 기준을 통해 종의 공존 요인에 대해 이해하는 연구가 필요할 것으로 판단된다. 더불어 기온과 강수량과 같은 계절 그리고 인간과 같은 다양한 요소와 관련하여 종간의 상호작용과 공존 요인에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 보인다.

## 참 고 문 헌

- 국립생물자원관(NIBR). 2010. 한반도생물자원포털.
- 국립생물자원관(NIBR). 2018. (한눈에 보는)멸종위기 야생생물:전체 267종.
- 국립생물자원관(NIBR). 2018. 한반도의 생물다양성시스템고도화.
- 국립생물자원관(NIBR). 2021. 생물다양성 디지털 정보 구축 및 관리.
- 국립생물자원관(NIBR). 2022. 생물다양성 디지털 정보 구축 및 관리.
- 김지현. 2012. 수달(*Lutra lutra*)의 먹이와 활동성의 계절적 차이. 서울대학교 대학원 석사학위논문.
- 변재원, 박영일, 이오수, 심항섭, 조기만, 윤순식. 2007. 국내 유기견의 심장사상충 감염 실태 조사. Korean Journal of Veterinary Public Health, 31(1), 15-19.
- 이화진. 2023. 멸종위기종 삵(*Prionailurus bengalensis*)의 생태학적 연구. 제주대학교 대학원 박사학위논문.
- 최태영, 권혁수, 우동걸, 박종화. 2012. 농촌지역 삵(*Prionailurus bengalensis*)의 서식지 선택과 관리방안. 한국환경생태학회지, 26(3), 322-332.
- 최태영, 이상규, 우동걸. 2019. 원격무선추적과 카메라트래핑을 이용한 오소리의 공간이용 특성 연구: 행동권과 동면굴 이용을 중심으로. 한국지적정보학회지, 21(3), 151-163.
- 환경스페셜. 2021.05.06. UHD 환경스페셜 최후변론 들개[Video]. KBS. [https://vod.kbs.co.kr/index.html?source=episode&sname=vod&stype=vod&program\\_code=T2020-1654&program\\_id=PS-2021063691-01-000&broadcast\\_complete\\_yn=Y&local\\_station\\_code=00&section\\_code=05&section\\_sub\\_code=08](https://vod.kbs.co.kr/index.html?source=episode&sname=vod&stype=vod&program_code=T2020-1654&program_id=PS-2021063691-01-000&broadcast_complete_yn=Y&local_station_code=00&section_code=05&section_sub_code=08)
- 환경스페셜. 2022.03.17. UHD 환경스페셜 불편한 동거, 1년의 기록[Video]. KBS. [https://vod.kbs.co.kr/index.html?source=episode&sname=vod&stype=vod&program\\_code=T2020-1654&program\\_id=PS-2022004156-01-000&broadcast\\_complete\\_yn=Y&local\\_station\\_code=00](https://vod.kbs.co.kr/index.html?source=episode&sname=vod&stype=vod&program_code=T2020-1654&program_id=PS-2022004156-01-000&broadcast_complete_yn=Y&local_station_code=00)

&section\_code=05&section\_sub\_code=08

- Alexander, J. M., Diez, J. M and Levine, J. M. 2015. Novel competitors shape species' responses to climate change. *Nature*, 525(7570), 515-518.
- Brody, A. J and Pelton, M. R. 1989. Effects of roads on black bear movements in western North Carolina. *Wildlife Society Bulletin (1973-2006)*, 17(1), 5-10.
- Butler, J. R. A., Du Toit, J. T and Bingham, J. 2004. Free-ranging domestic dogs (*Canis familiaris*) as predators and prey in rural Zimbabwe: threats of competition and disease to large wild carnivores. *Biological Conservation*, 115(3), 369-378.
- Campos, C. B. D., Esteves, C. F., Ferraz, K. M. P. M. B., Crawshaw Jr, P. G and Verdade, L. M. 2007. Diet of free ranging cats and dogs in a suburban and rural environment, south eastern Brazil. *Journal of Zoology*, 273(1), 14-20.
- Chen, L., Shu, Z., Yao, W., Ma, Y., Xiao, W., & Huang, X. 2019. Combined effects of habitat and interspecific interaction define co-occurrence patterns of sympatric Galliformes. *Avian Research*, 10(1), 1-13.
- Deng, S., Li, J., Qu, Y., He, J., Liu, K., Xue, H., ... and Wu, H. 2021. Camera trap reveals the co occurrence patterns of two sympatric muntjac species in southern Anhui Province, China: No spatial segregation. *Ecology and Evolution*, 11(24), 17801-17809.
- Driscoll, C. A., Menotti-Raymond, M., Roca, A. L., Hupe, K., Johnson, W. E., Geffen, E., ... and Macdonald, D. W. 2007. The Near Eastern origin of cat domestication. *Science*, 317(5837), 519-523.
- Durant, S. M. 1998. Competition refuges and coexistence: an example

- from Serengeti carnivores. *Journal of Animal Ecology*, 67(3), 370-386.
- Fahrig, L and Rytwinski, T. 2009. Effects of roads on animal abundance: an empirical review and synthesis. *Ecology and Society*, 14(1).
- Fedriani, J. M., Fuller, T. K., Sauvajot, R. M., & York, E. C. 2000. Competition and intraguild predation among three sympatric carnivores. *Oecologia*, 125, 258-270.
- Fedriani, J. M., Fuller, T. K and Sauvajot, R. M. 2001. Does availability of anthropogenic food enhance densities of omnivorous mammals? An example with coyotes in southern California. *Ecography*, 24(3), 325-331.
- Gause, G. F. 1932. Experimental studies on the struggle for existence: I. Mixed population of two species of yeast. *Journal of Experimental Biology*, 9(4), 389-402.
- Grassel, S. M., Rachlow, J. L., & Williams, C. J. 2015. Spatial interactions between sympatric carnivores: asymmetric avoidance of an intraguild predator. *Ecology and Evolution*, 5(14), 2762-2773.
- Gurevitch, J., Morrison, J. A and Hedges, L. V. 2000. The interaction between competition and predation: a meta-analysis of field experiments. *The American Naturalist*, 155(4), 435-453.
- Horecka, B., Jakubczak, A., Ślaska, B and Jeżewska-Witkowska, G. 2022. Raccoon dog (*Nyctereutes procyonoides*) phylogeography including the Polish population: local and global aspects. *The European Zoological Journal*, 89(1), 641-652.
- Hughes, J and Macdonald, D. W. 2013. A review of the interactions between free-roaming domestic dogs and wildlife. *Biological Conservation*, 157, 341-351.

- Jonathan Davies, T., Meiri, S., Barraclough, T. G and Gittleman, J. L. 2007. Species co existence and character divergence across carnivores. *Ecology Letters*, 10(2), 146–152.
- Karant, K. U., Srivathsa, A., Vasudev, D., Puri, M., Parameshwaran, R and Kumar, N. S. 2017. Spatio-temporal interactions facilitate large carnivore sympatry across a resource gradient. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 284(1848), 20161860.
- Karant, K. U and Sunquist, M. E. 1995. Prey selection by tiger, leopard and dhole in tropical forests. *Journal of Animal Ecology*, 439–450.
- Li, J., Li, D., Hacker, C., Dong, W., Wu, B and Xue, Y. 2022. Spatial co-occurrence and temporal activity patterns of sympatric mesocarnivores guild in Qinling Mountains. *Global Ecology and Conservation*, 36, e02129.
- Louvrier, J. L., Planillo, A., Stillfried, M., Hagen, R., Börner, K., Kimmig, S., ... and Kramer Schadt, S. 2022. Spatiotemporal interactions of a novel mesocarnivore community in an urban environment before and during SARS CoV 2 lockdown. *Journal of Animal Ecology*, 91(2), 367–380.
- Loss, S. R and Marra, P. P. 2017. Population impacts of free ranging domestic cats on mainland vertebrates. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 15(9), 502–509.
- Marion, S., Demšar, U., Davies, A. L., Stephens, P. A., Irvine, R. J and Long, J. A. 2022. Spatial and temporal variations in interspecific interaction: impact of a recreational landscape. *European Journal of Wildlife Research*, 68(3), 36.
- Meredith, M and Ridout, M. S. 2014. The overlap package.
- Moyer, L. M and Geissler, P. H. 1991. Accommodating outliers in

- wildlife surveys. *Wildlife Society Bulletin* (1973–2006), 19(3), 267–270.
- Nichols, J. D., O’Connell, A. F and Karanth, K. U. 2011. Camera traps in animal ecology and conservation: what’s next?. *Camera traps in animal ecology: methods and analyses*, 253–263.
- Niedballa, J., Wilting, A., Sollmann, R., Hofer, H and Courtiol, A. 201). Assessing analytical methods for detecting spatiotemporal interactions between species from camera trapping data. *Remote Sensing in Ecology and Conservation*, 5(3), 272–285.
- O’Brien, T. G. 2011. Abundance, density and relative abundance: a conceptual framework. *Camera traps in animal ecology: methods and analyses*, 71–96.
- Okabe, F and Agetsuma, N. 2007. Habitat use by introduced raccoons and native raccoon dogs in a deciduous forest of Japan. *Journal of Mammalogy*, 88(4), 1090–1097.
- Plaza, P. I., Speziale, K. L., Zamora-Nasca, L. B and Lambertucci, S. A. 2019. Dogs and cats put wildlife at risk. *The Journal of Wildlife Management*, 83(4), 767–768.
- Prat-Guitart, M., Onorato, D. P., Hines, J. E and Oli, M. K. 2020. Spatiotemporal pattern of interactions between an apex predator and sympatric species. *Journal of Mammalogy*, 101(5), 1279–1288.
- Ridout, M. S and Linkie, M. 2009. Estimating overlap of daily activity patterns from camera trap data. *Journal of Agricultural, Biological, and Environmental Statistics*, 14, 322–337.
- Ripley, B., Venables, B., Bates, D. M., Hornik, K., Gebhardt, A., Firth, D and Ripley, M. B. 2013. Package ‘mass’. *Cran r*, 538, 113–120.
- Roemer, G. W., Gompper, M. E., & Van Valkenburgh, B. 2009. The



- ecological role of the mammalian mesocarnivore. *BioScience*, 59(2), 165–173.
- Rota, C. T., Ferreira, M. A., Kays, R. W., Forrester, T. D., Kalies, E. L., McShea, W. J., ... and Millsbaugh, J. J. 2016. A multispecies occupancy model for two or more interacting species. *Methods in Ecology and Evolution*, 7(10), 1164–1173.
- Rowcliffe, J. M., Kays, R., Kranstauber, B., Carbone, C and Jansen, P. A. 2014. Quantifying levels of animal activity using camera trap data. *Methods in Ecology and evolution*, 5(11), 1170–1179.
- Schmid, F and Schmidt, A. 2006. Nonparametric estimation of the coefficient of overlapping—theory and empirical application. *Computational statistics and data analysis*, 50(6), 1583–1596.
- Sergio, F., Marchesi, L and Pedrini, P. 2003. Spatial refugia and the coexistence of a diurnal raptor with its intraguild owl predator. *Journal of Animal Ecology*, 72(2), 232–245.
- Serpell, J. (Ed.). 2017. *The domestic dog*. Cambridge University Press.
- Sih, A., Crowley, P., McPeck, M., Petranka, J and Strohmeier, K. 1985. Predation, competition, and prey communities: a review of field experiments. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 16(1), 269–311.
- Singh, H., Sharief, A., Joshi, B. D., Kumar, V., Mukherjee, T., Chandra, K., ... and Sharma, L. K. 2022. Multi-species occupancy modeling suggests interspecific interaction among the three ungulate species. *Scientific Reports*, 12(1), 17602.
- Sutor, A., Kauhala, K and Ansorge, H. 2010. Diet of the raccoon dog *Nyctereutes procyonoides*—a canid with an opportunistic foraging strategy. *Acta Theriologica*, 55, 165–176.
- Trombulak, S. C and Frissell, C. A. 2000. Review of ecological effects of roads on terrestrial and aquatic communities. *Conservation*

- biology, 14(1), 18-30.
- Vanak, A. T and Gompper, M. E. 2009. Dogs *Canis familiaris* as carnivores: their role and function in intraguild competition. *Mammal review*, 39(4), 265-283.
- Wang, F., McShea, W. J., Wang, D., Li, S., Zhao, Q., Wang, H., & Lu, Z. 2014. Evaluating landscape options for corridor restoration between giant panda reserves. *PloS one*, 9(8), e105086.
- Weng, Y., McShea, W., Diao, Y., Yang, H., Zhang, X., Gu, B., ... & Wang, F. 2022. The incursion of free-ranging dogs into protected areas: A spatio-temporal analysis in a network of giant panda reserves. *Biological Conservation*, 265, 109423.
- Wisz, M. S., Pottier, J., Kissling, W. D., Pellissier, L., Lenoir, J., Damgaard, C. F., ... and Svenning, J. C. 2013. The role of biotic interactions in shaping distributions and realised assemblages of species: implications for species distribution modelling. *Biological Reviews*, 88(1), 15-30.
- Young, J. K., Olson, K. A., Reading, R. P., Amgalanbaatar, S and Berger, J. 2011. Is wildlife going to the dogs? Impacts of feral and free-roaming dogs on wildlife populations. *BioScience*, 61(2), 125-132.
- Zhao, G., Yang, H., Xie, B., Gong, Y., Ge, J and Feng, L. 2020. Spatio-temporal coexistence of sympatric mesocarnivores with a single apex carnivore in a fine-scale landscape. *Global Ecology and Conservation*, 21, e00897.

## **Abstract**

# Activity patterns and interspecific interaction of five forest carnivores in the Republic of Korea

Min, Kyunghae

Major in Forest Environmental Science

The Graduate School

Seoul National University

Identifying the interactions among species living together within the same area and understanding the co-existence factors are important to comprehend the potential effects of environmental changes. Especially, research on the effects of feral animals such as dogs and cats and their interactions with wild animals provides key information for efficient management and conservation of species. However, little is known about the interspecific interactions in sympatric carnivores which are expected to occur various interactions and their impact on

the ecosystem. Therefore, this study aimed to understand the activity pattern and interactions among five carnivores raccoon dog (*Nyctereutes procyonoides*), Asian badger (*Meles leucurus*), leopard cat (*Prionailurus bengalensis*), feral dog (*Canis lupus familiaris*), and feral cat (*Felis catus*).

For this study, I monitored the occurrence of the species at 35 sites using camera traps from June to November 2022 at Yeoncheon, Gyeonggi Province, the Republic of Korea. In the fall, when all species were at their high occurrences, I analyzed the activity patterns of each species and calculated the interspecies overlap coefficient between species.

In addition, the site use intensity was identified through the relative abundance index (RAI) of the species collected at each site, and the spatial overlap between the species was identified. Also, in order to understand the effect of environmental variables on RAI, micro-level habitat factors were collected through field surveys, and macro-level habitat factors within a radius of 300m buffer were collected through remote sensing data. In addition, the species' RAI at the same point was analyzed together as a biotic environmental variable.

As a result of the activity pattern analysis, raccoon dogs and Asian badgers were nocturnal, feral dogs and feral cats were diurnal, and leopard cats were crepuscular. Raccoon dogs and Asian badgers showed the highest temporal overlap, and feral dogs and feral cats showed high temporal overlap as well. In contrast, it was observed that raccoon dogs and feral cats had the lowest temporal overlap.

As a result of identifying the site use intensity and spatial overlap of species, the highest spatial overlap occurred between raccoon dogs and Asian badgers, while the lowest spatial overlap occurred in the case of feral dogs and feral cats.

As a result of identifying the effect of environmental factors on the RAI of species, the effect was various for each species. The RAI of raccoon dogs and feral cats decreased as the distance to a road increased, but the RAI of Asian badgers, feral cats, and leopard cats increased. As the bare/sparse vegetation increased, the RAI of all species except feral dogs decreased.

In this study, the five carnivores in the forest showed various temporal overlap coefficients from 0.27 to 0.90, with the highest being raccoon dogs and Asian badgers and the lowest being raccoon dogs and feral cats. In the case of the effect of environmental factors on the RAI of species, raccoon dogs and feral cats showed similar patterns. Since raccoon dogs and Asian badgers showed high spatiotemporal overlap, further research on co-existence factors is needed. Raccoon dogs and feral cats have similar patterns on environmental factors but low temporal overlap, and there is a possibility to regulate their activity pattern cause they could be potential competitors. In the case of leopard cats, there was a lower level of temporal overlap with feral cats than other species, which is thought to be a phenomenon that appeared to reduce negative interactions between species sharing similar taxonomic and morphological characteristics.

This study suggests that for species with high spatiotemporal overlap, it is necessary to do further research in focusing on the co-existing factors, as well as to identify species' activity patterns and interactions in response to various factors such as human effects and seasonal changes.

keywords : Carnivora, Activity pattern, Interspecific interaction,  
Relative abundance index, Habitat use, Camera-trap

*Student Number* : 2021-29886

## **Acknowledgements**

본 연구는 국립생물자원관 동물자원과의 야생동물 실태조사(2022년)(NIBR202218101)와 교육부 및 한국연구재단의 농림생물자원 창의인재양성사업단(A0435-20220100)의 지원을 받아 수행하였음.