

## 카메라 트래핑을 활용한 진관동습지의 조류 및 포유류 종다양성 모니터링

박지윤, 강유진, 송영근<sup>1,\*</sup>

서울대학교 협동과정 조경학, <sup>1</sup>서울대학교 환경대학원 환경설계학과

## Monitoring bird and mammal diversity using camera trapping in Jingwan-dong wetland

Jiyeon Park, Yujin Kang and Youngkeun Song<sup>1,\*</sup>

Interdisciplinary Program in Landscape Architecture, Seoul National University, Seoul 08826, Republic of Korea

<sup>1</sup>Department of Environmental Design, Graduate School of Environmental Studies, Seoul National University, Seoul 08826, Republic of Korea

### Contribution to Environmental Biology

- Bird and mammal diversity can be effectively identified using camera trapping in urban wetlands where biodiversity is in decline.
- These results suggest that camera trapping can be an effective methodology for biodiversity monitoring.

### \*Corresponding author

Youngkeun Song  
Tel. 02-880-8860  
E-mail. [songyoung@snu.ac.kr](mailto:songyoung@snu.ac.kr)

**Received:** 27 July 2023

**First revised:** 10 July 2024

**Second revised:** 16 August 2024

**Revision accepted:** 2 September 2024

**Abstract:** This study applied a camera trapping method to investigate species diversity of birds and mammals in Jingwan-dong Wetland located in Bukhansan National Park, Seoul, Korea. The objectives of this study were to (1) verify the efficiency of the camera trapping method through a combination of literature and observation surveys, and to (2) propose it as an effective monitoring method to assessing changes in biodiversity. From February 2022 to June 2022, a total of six cameras were installed for 121 days to conduct camera trapping in three aquatic environments. As a result, a total of 14,742 videos were obtained with a data acquisition rate of 59.2%. Analysis of the data identified a total of 20 families and 47 species of birds with 7 families and 8 species of mammals. When previous field observation data compiled from the past 10 years starting from 2011 were analyzed, a total of 33 families and 90 species of birds with 5 families and 6 species of mammals were identified. Camera trapping in Jingwan-dong Wetland recorded species list, including 3 families and 3 species of bird and 2 families and 2 species of mammal not observed in the past decade. Thus, camera trapping, which complements temporal limitations of field survey, can be an effective monitoring method for rapidly changing biodiversity if spatial limitations are improved. Resulting species lists can serve as a basis for future restoration and management plans.

**Keywords:** camera trapping, biodiversity, urban wetlands, biological monitoring, National park

## 1. 서 론

도시생태계가 확장되며 도시 생물다양성의 중요성은 증가하고 이를 보호하기 위한 방안들이 제시되고 있다. 국내에서는 자연환경보전법 제12조에 근거하여 생물다양성이 풍부하거나 자연경관의 유지를 위하여 보전이 필요한 지역을 생태·경관보전지역으로 지정 및 관리하고 있다. 2022년 12월 기준 환경부 지정 9개소(248,029 km<sup>2</sup>), 시·도지사 지정 23개소(37,905 km<sup>2</sup>)로 총 32개 지역이 생태·경관보전지역으로 지정되어 있다(ME 2023). 생태·경관보전지역으로 지정된 32개의 지역 중 도시생태계의 특징을 지니고 있는 곳은 총 6개소로 모두 서울시 내에 위치하고 있으며 그중 4개소는 도시지역의 습지라는 이유로 지정되었다. 도시습지는 다양한 공간 구성을 통해 풍부한 생물다양성을 보유하고 기후변화 완화, 지하수 유지, 수질 정화 등 중요한 생태계서비스를 제공하며(Barbier 2011) 도시의 지속가능성을 달성하는 데 필수적인 역할을 한다(Alikhani *et al.* 2021). 그러나 습지는 인위적인 영향에 취약하며 복원이 힘든 것으로 알려져 있어 체계적인 관리를 통한 보호가 필요하다(Fraser and Keddy 2005; Erwin 2009).

인위적인 요인에 의한 생물다양성의 변화는 생태계 건강성 평가 및 관리계획 수립에 필수적인 기초 자료이다(Laurila-Pant *et al.* 2015). 특히, 빠르게 변화하는 도시생태계는 환경에 민감하게 반응하는 주요 지표종에 대한 모니터링이 필수적이다(Kim *et al.* 2020). 높은 이동성을 바탕으로 먹이 자원 및 서식지 특성에 의존적인 조류와 포유류는 생태계의 변화에 반응하며, 다른 분류군의 높은 상관관계를 보여 생물다양성 지표로 많이 활용되고 있다(Aslan *et al.* 2015). 따라서 대상지 내 정확한 생물다양성을 평가하기 위해서는 환경 요인의 변화를 반영한 모니터링이 시기별로 수행되어야 한다(Järvinen and Väisänen 1979; Steele *et al.* 1984). 하지만 전통적인 채집 또는 현장관찰방식의 생물 모니터링은 시공간적 제한 및 비용적 한계로 인하여 데이터 취득이 제한적이라는 단점이 있다. 이를 보완하기 위하여 시민과학, 환경DNA (Environmental DNA, eDNA), 카메라 트래핑 (Camera trapping, CT) 등 새로운 모니터링 방식의 도입이 이루어지고 있다(Rowcliffe *et al.* 2008; Larson *et al.* 2020; Choi *et al.* 2023).

카메라 트래핑은 무인 센서 카메라를 이용한 생물 모니터링 방법으로, 영상 촬영 및 소리 녹음을 통하여 시간과 위치 정보를 포함한 생물 데이터를 확보할 수 있다(Rich *et al.*

2017). 시간대와 관계 없이 촬영된 데이터를 통하여 종을 동정하기에 야행성 생물을 포함한 생물종의 행동생태적 특성을 평가할 수 있으며, 연속적인 모니터링을 통하여 현장 관찰조사가 지닌 시간적인 한계를 보완할 수 있다(Nichols and Karanth 2011). 카메라 트래핑은 비침습적인 조사 장치를 활용하여 인간의 영향을 최소화하는 지속가능한 모니터링 방법으로(Rowcliffe *et al.* 2011), 포유류(Tobler *et al.* 2008; Espartosa *et al.* 2011)와 조류(O'Brien and Kinnaird 2008; Roncal *et al.* 2019), 양서·파충류(Hobbs and Brehme 2017) 등 다양한 분류군에 적용되어 유효성이 검증되었다. 국내에서 진행된 카메라 트래핑 연구는 포유류 또는 조류 등 하나의 분류군에 대하여 진행되었으며 배터리 효율을 목적으로 순간 포착되는 이미지를 활용하였다(Chung *et al.* 2014; Kim *et al.* 2018; Choi *et al.* 2019). 이미지를 활용한 카메라 트래핑은 촬영되는 순간의 생물 움직임에 영향을 받기에 데이터 활용도가 낮아질 수 있으며 전통적인 현장 관찰방식의 조사에서 부수적으로 활용되는 청음 조사가 불가능하다는 한계가 있다. 단편적인 이미지가 아닌 연속적인 영상 자료를 활용할 경우, 이러한 한계를 보완할 수 있으며, 생물종에 대한 구분 없이 촬영이 진행되기에 한 번 수집된 자료를 통하여 다양한 분류군에 대한 연구를 동시에 진행할 수 있다는 장점이 있다.

본 연구는 생태·경관보전지역으로 지정된 도시습지인 진관동습지를 대상으로 영상을 활용한 카메라 트래핑을 진행하여 계절에 따른 조류 및 포유류의 종다양성 현황을 확인하였다. 2011년부터 2021년까지의 문헌조사 자료와 본 연구에서 진행된 목격조사를 통하여 생물상 변화를 확인하였으며, 방법 간의 결과 비교를 통해 카메라 트래핑을 활용한 생물다양성 모니터링의 효율성에 대하여 고찰하였다. 카메라 트래핑을 통해 취득한 확장된 생물종목록을 통하여 보호지역 관리계획의 기초자료로 활용하고자 하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1. 연구 대상지

본 연구는 서울시 은평구 북한산국립공원 내에 위치한 진관동 생태·경관보전지역(진관동습지)을 대상으로 한다(Fig. 1). 진관동습지는 면적 16,639 m<sup>2</sup>의 내륙습지로, 시가화지역 인근에 위치하고 있으나 북한산국립공원 내에서 가장 풍부한 생물다양성이 확인된 지역이다(NPRI 2019).

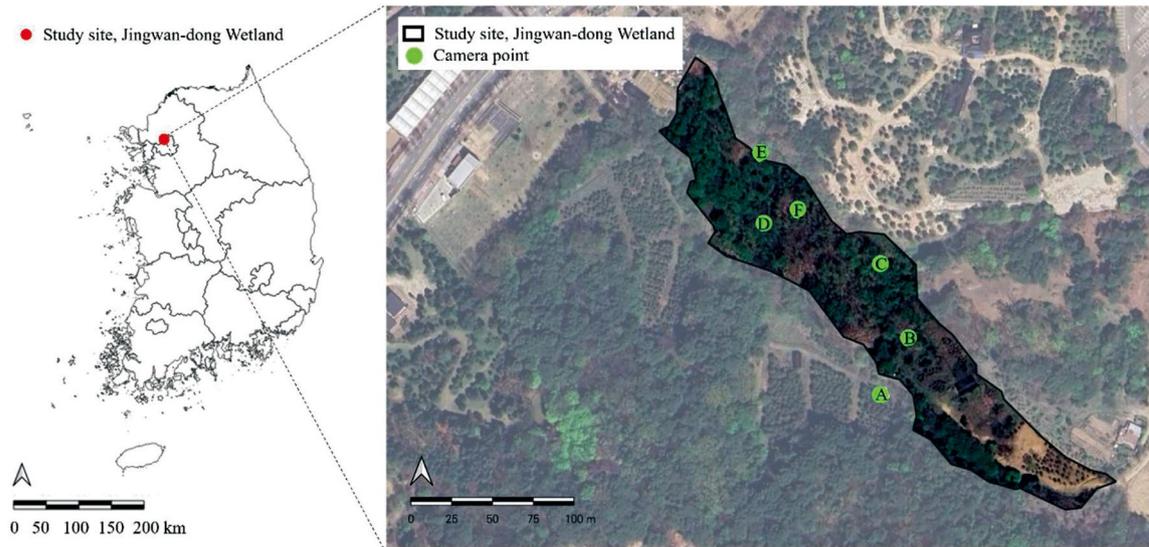


Fig. 1. Location of study site (Jingwan-dong Wetland) and observation camera.

풍부한 생물다양성을 바탕으로 2002년 생태·경관보전지역으로 지정되었으나(Seoul 2003), 국유지가 아닌 사유지로 이해관계로 인해 생물다양성 보호를 우선한 관리가 이루어지기 어려운 지역이다. 조경수 식재 및 생태계 교란식물에 의한 육화 진행 등 진관동습지의 환경 변화는 지속적으로 관찰되고 있으며(Kim *et al.* 2016), 효과적인 모니터링을 바탕으로 한 보호 관리대책이 요구된다(Hwang *et al.* 2014).

## 2.2. 계절별 카메라 트래핑

진관동습지의 생물다양성을 효과적으로 조사하기 위하여 무인 센서 카메라(BTC-6PXD; Browning, USA)를 통한 카메라 트래핑을 진행하였다. 조류와 포유류를 관찰하기 위하여 생물의 생존에 필수적인 수환경을 중심으로 구역을 나누었다. 유수환경(Lotic)과 얇은 정수환경(Shallow lentic), 깊은 정수환경(Deep lentic)과 같이 3가지로 구분한 수환경을 대상으로 총 6대의 무인 센서 카메라를 설치하였다(Fig. 1, Table 1). 생물종의 중복 촬영을 최소화하기 위하여 30 m 이상의 간격으로 설치된 카메라는 생물의 움직임을 감지하였을 때 10초간의 동영상을 촬영하도록 설정되었고, 최대한 많은 생물종을 포착하기 위하여 촬영 이후 지체되는 시간 없이 24시간 구동하였다.

진관동습지의 생물다양성 모니터링을 위하여 2022년 2월 16일부터 6월 16일까지 카메라 트래핑을 진행하였고,

Table 1. Type of aquatic environment and coordinate of observation cameras at Jingwan-dong Wetland

Zone	Type of aquatic environment			Coordinate	
	Lotic	Shallow lentic	Deep lentic	x	y
A	○			126.94455	37.65503
B			○	126.94473	37.65534
C		○		126.94453	37.65575
D		○		126.94373	37.65597
E			○	126.94371	37.65635
F		○		126.94396	37.65604

총 5차례(2022년 2월 16일과 3월 16일, 4월 20일, 5월 5일, 6월 16일)의 현장조사와 메모리 수거 및 카메라 점검을 진행하였다. 취득한 영상은 생물종이 촬영된 영상과 촬영되지 않은 영상으로 구분하였으며 촬영 날짜, 시간, 관찰종을 기록하여 분석을 진행하였다. 조류는 Lee *et al.* (2020)과 NIBR (2022)을 활용하여 육안 동정하였고 개체가 직접 촬영되지는 않았으나 음성이 녹음된 경우, Naturalis Biodiversity Center의 데이터베이스를 참고하여 소리 동정하였으며(Xeno-canto Foundation 2024) 포유류는 Jo *et al.* (2018)을 통하여 육안 동정을 진행하였다. 이후 결과 분석을 위한 국내 조류의 도래 현황은 Lee *et al.* (2020)의 기준을 따라 텃새(Res)와 겨울철새(WV), 여름철새(SV), 나그네새(PM)로 구분하였다.

### 2.3. 현장관찰조사

현장관찰방식의 모니터링을 통한 진관동습지의 생물상을 파악하기 위하여 과거 문헌조사와 목견조사를 진행하였다. 문헌조사는 진관동습지를 대상으로 생물조사를 진행한 Hwang *et al.* (2014)과 Seoul (2014, 2022), Kim *et al.* (2016), NPRI (2019)의 자료를 취합하여 진행하였으며, 이를 바탕으로 2011년부터 2021년까지 진관동습지의 생물상을 파악하였다(Table 2). 2011년은 Hwang *et al.* (2014)과 Kim *et al.* (2016)의 결과, 2013년은 Hwang *et al.* (2014)과 Seoul (2014)의 결과를 취합하여 기록된 종의 최대개체수를 반영하였다. 2016년은 Kim *et al.* (2016)의 결과를 활용하였으며, 2019년은 NPRI (2019)의 결과, 2021년은 Seoul (2022)의 결과를 반영하였다. 문헌조사 결과는 본 연구에서 진행한 목견조사와 카메라 트래핑 결과의 유효성 검증에 활용하였다.

2022년 진관동습지의 생물상을 파악하기 위하여 진행된

**Table 2.** Taxa and reference of literature review at Jingwan-dong Wetland (2011–2021)

Year	Taxa	Reference
2011	Bird	Hwang <i>et al.</i> (2014)
	Bird	Kim <i>et al.</i> (2016)
2013	Bird	Hwang <i>et al.</i> (2014)
	Bird	Seoul (2014)
2016	Bird	Kim <i>et al.</i> (2016)
2019	Bird, Mammal	NPRI (2019)
2021	Bird, Mammal	Seoul (2022)

목견조사는 카메라 트래핑과 동일한 기간 내에 총 5차례에 걸쳐 진행되었다. 갈대와 같이 키가 큰 습지 식생으로 인한 제한적인 시야와 습지 내부로의 낮은 접근성 등의 이유로 점 조사법(Ralph *et al.* 1993)을 이용하였다. 오전 9시부터 카메라가 설치된 6개의 지점 인근에서 20~30분씩 쌍안경을 이용한 목견조사와 종을 특정할 수 있는 소리를 활용한 청음조사를 병행하여 진행하였다.

## 3. 결 과

### 3.1. 계절별 카메라 트래핑 결과

2022년 2월부터 6월까지 121일 동안 진관동습지에서 카메라 트래핑을 진행한 결과, 총 14,742개의 영상을 취득하였으며, 그중 생물종이 촬영된 영상은 8,728개로 59.2%의 데이터 취득률을 보였다(Table 3). 이를 분석한 결과, 121일 동안 총 20과 47종의 조류와 총 7과 8종의 포유류가 관찰되었다(Table 4, Fig. 2). 계절에 따라 도래현황이 달라지는 조류는 2월에 12과 21종이 관찰되었고, 3월에는 12과 23종, 4월에는 13과 26종, 5월에는 17과 26종, 6월에는 7과 9종이 관찰되었다. 그중 텃새는 14과 24종으로 51%를 차지하였고, 겨울철새가 6과 9종으로 19%, 여름철새는 6과 8종으로 17%, 나그네새가 4과 7종으로 15% 순으로 분석되었다. 도래 현황이 2가지로 나타난 노랑배진박새(*Periparus venustulus*)의 경우, 겨울철새와 나그네새에 모두 포함되어 계산하였다. 포유류는 2월에 5과 5종이 관찰되었고, 3월에는 5과 5종, 4월에는 7과 8종, 5월에는 6과 6종, 6월에는 5과 5종이 관찰되었다.

**Table 3.** Number and rate of videos that filmed bird and mammal species by camera trapping at Jingwan-dong Wetland (Feb.–Jun. 2022)

Zone	Observation period			
	22.02.16.–22.03.16.	22.03.16.–22.04.20.	22.04.20.–22.05.05.	22.05.05.–22.06.16.
A	888/1,273	108/135	102/203	807/1,969
B	373/747	885/1,639	65/104	17/97
C	665/832	494/634	52/70	70/114
D	–	82/174	177/179	864/1,760
E	–	688/800	–	793/1,846
F	–	1,207/1,472	29/47	362/647
Total	67.5%	71.4%	70.5%	45.3%
59.2% (8,728/14,742)				



**Fig. 2.** The part of bird species living at Jingwan-dong Wetland captured by camera trapping (Feb.–Jun., 2022). A, *Accipiter gentilis*; B, *Aix galericulata*; C, *Anas platyrhynchos*; D, *Sciurus vulgaris*.

**Table 4.** Result of camera trapping at Jingwan-dong Wetland (Jan.–Jun. 2022)

Scientific name	Korean name	Migrant status	Observation period				
			Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.
<i>Nycticorax nycticorax</i>	해오라기 <sup>c</sup>	SV				S	
<i>Butorides striata</i>	검은댕기해오라기	SV				S	
<i>Ardea alba alba</i>	중대백로(대백로) <sup>c</sup>	WV		D			
<i>Ardea cinerea</i>	왜가리 <sup>c</sup>	Res		LSD	LSD	LSD	
<i>Aix galericulata</i>	원앙*	Res			LS	LS	
<i>Anas platyrhynchos</i>	청둥오리 <sup>c</sup>	Res		SD	SD	SD	
<i>Anas poecilorhyncha</i>	흰뺨검둥오리	Res		SD	SD	SD	
<i>Accipiter gentilis</i>	참매*. <sup>11</sup>	WV	L				
<i>Buteo buteo</i>	말뚝가리	WV		SD			
<i>Phasianus colchicus</i>	꿩	Res	S	S	LS	o	o
<i>Streptopelia orientalis</i>	멧비둘기	Res	S	o	LSD	SD	S
<i>Cuculus canorus</i>	빠꾸기 <sup>c</sup>	SV				o	o
<i>Dendrocopos kizuki</i>	쇠딱다구리	Res	o			S	
<i>Dendrocopos major</i>	오색딱다구리	Res	L		L		
<i>Dendrocopos leucotos</i>	큰오색딱다구리	Res		S			
<i>Picus canus</i>	청딱다구리	Res	o	o	S	S	
<i>Motacilla cinerea</i>	노랑할미새	SV			L		
<i>Anthus gustavi</i>	흰등발종다리	PM				S	
<i>Anthus hodgsoni</i>	항동새	PM			L		
<i>Hypsipetes amaurotis</i>	직박구리	Res	LSD	L	LSD	LSD	LS
<i>Lanius tigrinus</i>	철때까치	SV				S	
<i>Troglodytes troglodytes</i>	굴뚝새	Res		L			
<i>Luscinia calliope</i>	진홍가슴	PM				L	
<i>Phoenicurus aureoreus</i>	딱새	Res				L	
<i>Turdus hortolorum</i>	되지빠귀	SV			LSD	o	o
<i>Zoothera dauma</i>	호랑지빠귀	SV			S		
<i>Turdus eunomus</i>	개똥지빠귀	WV	L		L		
<i>Turdus naumanni</i>	노랑지빠귀	WV	LS	L			
<i>Paradoxornis webbianus</i>	붉은머리오목눈이	Res	LS	LSD	LS	SD	LS
<i>Phylloscopus occipitalis</i>	산솔새 <sup>c</sup>	SV				S	
<i>Aegithalos caudatus</i>	오목눈이	Res	LS				
<i>Parus varius</i>	곤줄박이	Res	S	LD			
<i>Poecile palustris</i>	쇠박새	Res	LS	LS	L	L	
<i>Periparus venustulus</i>	노랑배진박새	WV, PM	L	L			
<i>Parus major</i>	박새 <sup>c</sup>	Res	LS	LSD	L	L	LD
<i>Emberiza rustica</i>	쑥새	WV	L	L			

Table 4. Continued

Scientific name	Korean name	Migrant status	Observation period				
			Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.
<i>Emberiza tristrami</i>	흰배멧새	PM			L		
<i>Emberiza chrysophrys</i>	노랑눈썹멧새	PM	L	LSD			
<i>Emberiza elegans</i>	노랑턱멧새	Res	LS	LS	LS	LS	
<i>Emberiza spodocephala</i>	촉새	PM			L		
<i>Carduelis sinica</i>	방울새	Res			D	D	
<i>Fringilla montifringilla</i>	되새	WV	LS	LS	LS		
<i>Eophona migratoria</i>	밀화부리	WV	L	L			
<i>Garrulus glandarius</i>	어치	Res	L	L	L		
<i>Cyanopica cyanus</i>	물까치	Res	LSD	D	o	o	o
<i>Pica pica</i>	까치	Res	L	o	o	o	o
<i>Corvus macrorhynchos</i>	큰부리까마귀 <sup>c</sup>	Res	o	o	o	o	o
Number of bird species			24	26	26	26	10
<i>Felis catus</i>	고양이		L	LS	L	L	L
<i>Canis lupus familiaris</i>	개		LS		LS		
<i>Nyctereutes procyonoides</i>	너구리				S		S
<i>Sus scrofa</i>	멧돼지		LS	LS	LS	LS	LS
<i>Hydropotes inermis</i>	고라니		LS	LS	LS	LS	LS
<i>Mustela sibirica</i>	족제비		LS	LS	LS	SD	
<i>Sciurus vulgaris</i>	청설모			L	D	LD	
<i>Apodemus agrarius</i>	등줄쥐		L		S	S	S
Number of mammal species			6	5	8	6	5

1. \*, Korean natural monument; <sup>l</sup>, Endangered species category II by designated by Ministry of Environment; <sup>c</sup>, Climate-sensitive biological indicator species  
 2. Res, Resident; SV, Summer Visitor; WV, Winter Visitor; PM, Passage Migrant  
 3. L, observed at lotic environment (camera A); S, observed at shallow lentic environment (camera C, D, F); D, observed at deep lentic environment (camera B, E);  
 o, identified by sound

### 3.2. 현장관찰조사 결과

문헌조사를 통하여 도출한 2011년과 2013년, 2016년, 2019년, 2021년 진관동습지의 생물상과 본 연구에서 진행한 5차례의 목견조사를 통하여 도출한 2022년 진관동습지의 생물상을 취합한 결과, 총 33과 90종의 조류와 5과 6종의 포유류의 서식이 확인되었다. 현장관찰조사 결과, 조류는 2011년에 29과 74종이 관찰되었고, 2013년에는 21과 59종, 2016년에는 26과 52종, 2019년에는 16과 23종, 2021년에는 18과 30종, 2022년에는 14과 22종이 관찰되었다. 이에 따라 진관동습지의 조류 다양성은 시간에 따라 감소하는 경향을 보이는 것을 확인할 수 있다(Fig. 3). 현장관찰조사 결과, 포유류는 2019년에 4과 5종이 관찰되었고, 2021년에는 3과 3종, 2022년에는 2과 2종이 관찰되었다.

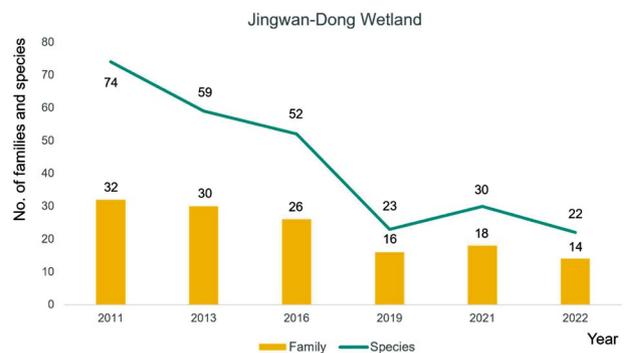


Fig. 3. Fluctuation of bird species diversity at Jingwan-dong Wetland by observation survey (2011, 2013, 2016, 2019, 2021 and 2022).

### 3.3. 카메라 트래핑과 현장관찰조사 결과 비교

현장관찰방식을 통하여 확인한 2021년 진관동습지 생물상과 본 연구에서 2가지 모니터링 방법을 통하여 취득

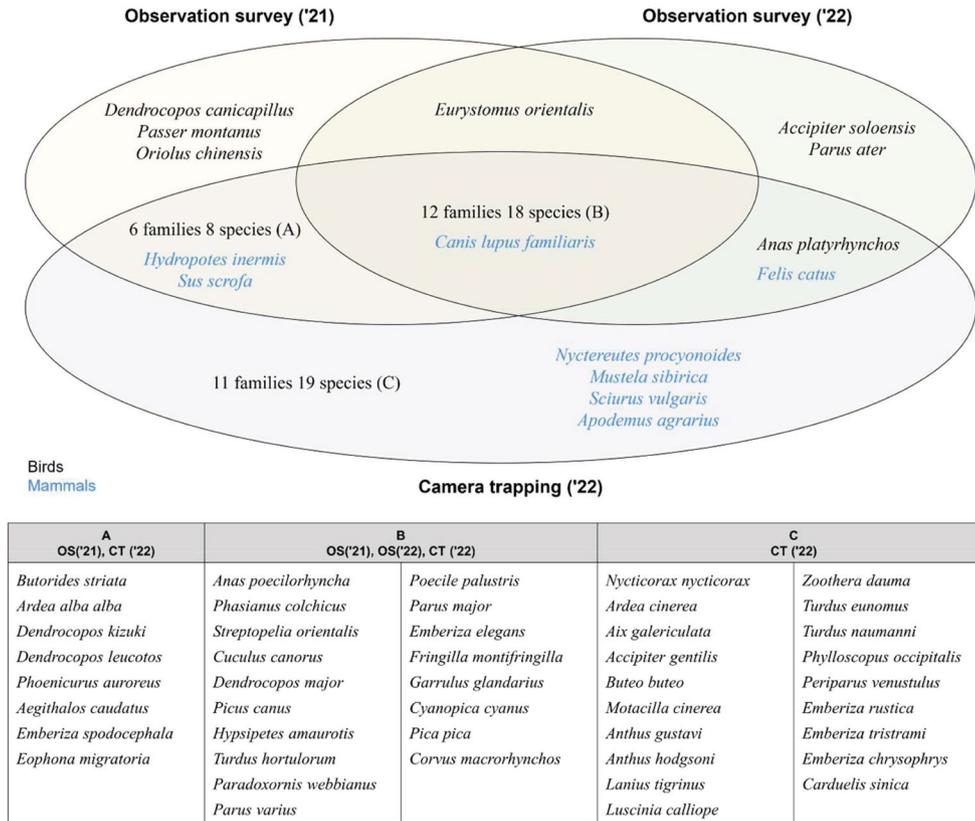


Fig. 4. Venn diagram of biodiversity monitoring by observation survey and camera trapping at Jingwan-dong Wetland (2021 and 2022). The observation survey in 2021 is result of Seoul (2022). The camera trapping and observation survey in 2022 are results of this study.

한 2022년 진관동습지 생물상을 비교한 결과, 복수의 모니터링을 사용한 2022년에 더 많은 종이 관찰되었다(Fig. 4). 단일의 모니터링 방법을 이용한 2021년에는 총 18과 30종의 조류와 3과 3종의 포유류를 발견하였지만 복수의 모니터링 방법을 이용한 2022년에는 총 20과 49종의 조류와 7과 8종의 포유류를 발견하여 보다 확장된 생물종목록을 취득하였다. 조류의 경우, 2021년에 관찰된 18과 30종 중 27종을 관찰하여 90%의 일치율을 보였고, 포유류는 3과 3종을 모두 관찰하여 100%의 일치율을 보였다.

모니터링 방법에 따른 2022년 진관동습지의 생물상을 비교한 결과, 카메라 트래핑을 통하여 더 많은 종이 관찰되었다(Fig. 4). 현장관찰조사를 통하여 14과 22종의 조류와 2과 2종의 포유류를 관찰하였으나 동일한 시기에 카메라 트래핑을 통하여 관찰된 종은 조류 20과 47종과 포유류 7과 8종이다. 이는 현장관찰조사에서 확인된 14과 22종 중 86.4%인 12과 19종을 포함한 결과이며, 포유류 2과 2종은 모두 관찰하였다. 또한 현장관찰조사에서는 관찰되지 않

았던 15과 28종의 조류와 6과 6종의 포유류를 추가로 관찰하였다. 카메라 트래핑에서는 관찰되지 않았으나 현장관찰조사에서 확인된 생물은 3과 3종의 조류로 붉은배새매 (*Accipiter soloensis*)와 파랑새(*Eurystomus orientalis*), 진박새(*Parus ater*)이다.

#### 4. 고 찰

카메라 트래핑은 관찰카메라를 활용하여 생물종을 촬영하는 생물 모니터링 방법으로 현장관찰방식의 조사 대비 시간적인 범위가 넓으며 생태계에 끼치는 영향이 적어 지속가능한 모니터링 방법으로 부상하였다(Silveira et al. 2003; Rowcliffe et al. 2011). 본 연구는 도시지역에 위치한 자연습지인 진관동 생태·경관보전지역(진관동습지)를 대상으로 인위적인 요인으로 환경과 함께 변화하는 생물 다양성을 보다 효과적으로 파악하기 위하여 카메라 트래

핑 방법을 적용하였다. 과거 문헌조사(Hwang *et al.* 2014; Seoul 2014; Kim *et al.* 2016; NPRI 2019; Seoul 2022)를 통하여 대상지의 생물다양성 변화 양상을 파악하였고 이를 참고하여 현장관찰조사와 카메라 트래핑을 병행하여 모니터링 방법에 따른 결과를 도출하였다. 2가지 모니터링 방법을 병행한 결과, 현장관찰조사를 통하여 총 14과 22종의 조류와 2과 2종의 포유류를 관찰하였으며, 카메라 트래핑을 통하여 총 20과 47종의 조류와 7과 8종의 포유류를 관찰하였다. 동일한 시기에 같은 조사자가 진행한 모니터링 결과 비교를 통하여 카메라 트래핑이 더 많은 종을 관찰할 수 있는 모니터링 방법임을 확인하였다.

국내외에서 진행된 카메라 트래핑 연구는 포유류, 조류 등 다양한 분류군을 대상으로 사진을 활용하였다(Chung *et al.* 2014; Kim *et al.* 2018; Norouzzadeh *et al.* 2018; Randler and Kalb 2018). 그러나 본 연구에서는 영상을 이용한 카메라 트래핑을 통하여 육안 동정과 소리 동정을 동시에 진행하였으며 이를 바탕으로 다중검증이 가능한 높은 정확성의 모니터링을 진행하였다. 현장관찰조사는 각 분류군에 대한 전문인력이 현장에 직접 방문하는 방식으로 진행되어 많은 인력의 노력을 요구하지만(Beng and Corlett 2020), 카메라 트래핑은 한 번 촬영된 사진 또는 영상을 통하여 여러 분류군의 조사가 가능하기에 효율적이다(Caravaggi *et al.* 2017). 또한 카메라 트래핑은 일출 및 일몰 시간대에 진행되는 현장관찰조사와 달리 모든 시간대에 대한 모니터링이 가능하여 시간적인 한계를 보완할 수 있다. 본 연구는 오전 5시와 오후 1시, 4시, 11시 등 일반적으로 현장관찰조사가 진행되지 않는 시간의 데이터를 활용하여 보다 풍부한 생물종목록을 도출하였으며 그 결과, 지난 10년간 관찰되지 않았던 4과 4종의 조류(청둥오리(*Anas platyrhynchos*), 흰등발종다리(*Anthus gustavi*), 참새까치(*Lanius tigrinus*), 진홍가슴(*Luscinia calliope*))와 2과 2종의 포유류(청설모(*Sciurus vulgaris*), 등줄쥐(*Apodemus agrarius*))를 추가 관찰하였다. 이에 카메라 트래핑은 생물다양성을 효과적으로 파악하기에 적절한 모니터링 방법이라 할 수 있다.

그러나 카메라 트래핑은 해상도에 따라 크기가 작은 생물종은 동정하기 어려울 수 있으며, 움직임이 감지되고 촬영이 진행되기까지의 시간에 의하여 행동이 빠른 생물은 촬영되지 않을 수 있다. 본 연구에서는 수환경을 이용하는 생물을 관찰하기 위한 각도로 관찰카메라를 설치하였

기에 교목층에 서식하는 생물종의 관찰이 제한될 수 있다(Oliver *et al.* 2023). 현장관찰조사에서는 관찰되었으나 카메라 트래핑을 통해서 관찰되지 않은 3과 3종의 조류(붉은배새매, 파랑새, 진박새) 모두 이에 속한다. 이외에도 식생의 생장에 따라 생물이 아닌 다른 움직임을 감지하거나 기온차로 인한 렌즈의 김서림 등의 문제로 낮은 데이터 취득률을 보일 수 있다. 본 연구에서는 2월과 6월 모두 약 15일 정도의 짧은 촬영 일수를 가졌음에도 불구하고 2월(24종)에 비해 6월(10종)에 현저히 적은 수의 조류가 관찰되었다. 이는 진관동습지에서 관찰되는 겨울철새와 여름철새의 비율에 따른 결과이며, 식생 생장에 따라 불필요한 데이터의 수가 증가하여 나타난 데이터 취득률(2월 67.5%, 6월 45.3%)의 차이에 따른 영향을 받았을 것으로 판단된다.

본 연구에서는 비교적 좁은 면적의 대상지에 6대의 관찰카메라를 설치하여 현장관찰조사 대비 고밀도의 조사를 진행하였으며 그 결과 더 많은 종의 서식을 확인하여 확장된 생물종목록을 도출하였다. 이는 생물다양성이 감소하는 경향을 보이는 대상지에서 의미 있는 결과이며, 인간의 영향을 지속적으로 받으며 변화하는 도시생태계의 생물다양성을 효과적으로 파악한 것이라 할 수 있다. 대상종과 환경의 변화, 연구 목적 등에 따라 적절한 전략을 통하여 공간적인 한계를 극복한다면 카메라 트래핑은 효과적인 모니터링 방법이 될 수 있으며, 이를 통하여 도출된 생물종목록은 추후 복원 및 관리계획의 근거가 될 것으로 사료된다.

## 적 요

본 연구는 서울시 은평구 북한산국립공원 내에 위치한 진관동습지 내 관찰된 조류 및 포유류 조사 결과에 대해 카메라 트래핑 방법의 효율성을 확인하고, 생물다양성의 변화를 파악하는 효과적인 모니터링 방법으로 제안하기 위하여 수행되었다. 2022년 2월부터 6월까지 121일 동안 3가지의 수환경을 대상으로 총 6대의 카메라를 설치하여 카메라 트래핑을 진행하였다. 그 결과, 총 14,742개의 영상을 취득하였으며 데이터 취득률은 59.2%로 나타났다. 이를 분석하여 총 20과 47종의 조류와 7과 8종의 포유류의 서식을 확인하였다. 과거 생물조사 결과 비교를 위하여 2011년부터 지난 10년간의 현장관찰조사 결과를 취합한 결과, 총 33과 90종의 조류와 5과 6종의 포유류가 서식하는 것으로

확인되었다. 생물다양성이 감소하는 경향을 보이는 진관동습지에서 카메라 트래핑을 통하여 확장된 생물종목록을 도출하였으며, 이는 지난 10년간 관찰되지 않았던 3과 3종의 조류와 2과 2종의 포유류를 포함한 결과이다. 현장관찰 조사가 지닌 시간적인 한계를 보완하는 카메라 트래핑은 적절한 카메라 설치 전략과 데이터 정제를 통하여 공간적인 한계를 극복한다면 효과적인 모니터링 방법이 될 수 있다. 다양한 분류군에 대한 카메라 트래핑을 통하여 도출된 생물종목록은 향후 복원 및 관리계획의 근거로 활용될 수 있다.

## CRediT authorship contribution statement

**JY Park:** Conceptualization, Investigation, Data curation, Writing-Reviewing and editing. **YJ Kang:** Investigation, Writing-Reviewing. **YK Song:** Conceptualization, Supervision and Funding acquisition

## Declaration of Competing Interest

The authors declare no conflicts of interest.

## 사 사

본 결과물은 환경부 한국환경산업기술원의 생태계 기반 탄소흡수원 조성·관리 기술개발사업(RS-2023-00218245)의 지원을 받아 작성되었습니다.

## REFERENCES

- Alikhani S, P Nummi and A Ojala. 2021. Urban wetlands: A review on ecological and cultural values. *Water* 13:3301. <https://doi.org/10.3390/w13223301>
- Aslan C, N Holmes, B Tershy, D Spatz and DA Croll. 2015. Benefits to poorly studied taxa of conservation of bird and mammal diversity on islands. *Conserv. Biol.* 29:133–142. <https://doi.org/10.1111/cobi.12354>
- Barbier EB. 2011. Wetlands as natural assets. *Hydrol. Sci. J.* 56: 1360–1373. <https://doi.org/10.1080/02626667.2011.629787>
- Beng KC and RT Corlett. 2020. Applications of environmental DNA (eDNA) in ecology and conservation: opportunities, challenges and prospects. *Biodivers. Conserv.* 29:2089–2121. <https://doi.org/10.1007/s10531-020-01980-0>
- Caravaggi A, PB Banks, AC Burton, CM Finlay, PM Haswell, MW Hayward, MJ Rowcliffe and MD Wood. 2017. A review of camera trapping for conservation behaviour research. *Remote Sens. Ecol. Conserv.* 3:109–122. <https://doi.org/10.1002/rse2.48>
- Choi HK, YR Kim, SY Hwang, Y Chu, P Kim and HJ Lee. 2023. Investigation of fish community structure and species diversity in two river estuary ecosystems, the Taehwa River and Changwon Stream, based on conventional survey and eDNA metabarcoding. *Korean J. Environ. Biol.* 41:637–656. <https://doi.org/10.11626/KJEB.2023.41.4.637>
- Choi TY, SK Lee and DG Woo. 2019. Study on spatial ecology of Asian Badger (*Meles leucurus*) by radio telemetry and camera trapping: Focusing on home-range and hibernation sett use pattern. *J. Korean Cadastre Inf. Assoc.* 21:151–163. <https://doi.org/10.46416/JKCIA.2019.12.21.3.151>
- Chung CU, JY Cha, YC Kim, SC Kim, GH Kwon and HJ Lee. 2014. Monitoring efficiency evaluation of camera trapping in terrestrial mammals. *J. Korean Env. Res. Tech.* 17:65–74. <https://doi.org/10.13087/kosert.2014.17.3.65>
- Erwin KL. 2009. Wetlands and global climate change: The role of wetland restoration in a changing world. *Wetl. Ecol. Manag.* 17:71–84. <https://doi.org/10.1007/s11273-008-9119-1>
- Espartosa KD, BT Pinotti and R Pardini. 2011. Performance of camera trapping and track counts for surveying large mammals in rainforest remnants. *Biodivers. Conserv.* 20:2815–2829. <https://doi.org/10.1007/s10531-011-0110-4>
- Fraser LH and PA Keddy. 2005. *The World's Largest Wetlands: Ecology and Conservation*. Cambridge University Press. Cambridge, United Kingdom.
- Hobbs MT and CS Brehme. 2017. An improved camera trap for amphibians, reptiles, small mammals, and large invertebrates. *PLoS One* 12:e0185026. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0185026>
- Hwang BY, SG Son, KT Rhie, HW Ji and SW Jung. 2014. Management plans for the avifauna conservation of Jingwan-dong Wetland in Bukhansan National Park. *J. Nat. Park Res.* 5:1–10.
- Järvinen O and RA Väisänen. 1979. Changes in bird populations as criteria of environmental changes. *Ecography* 2:75–80. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.1979.tb00684.x>
- Jo YS, JT Baccus and JL Koprowski. 2018. *Mammals of Korea*. National Institute of Biological Resources. Incheon, Korea.
- Kim HM, SY Kim, IS Park, HJ Lee, KT Kim, Y Kim, HJ Kim, HJ Kwak, TY Lim and WK Song. 2020. Review and application of environmental DNA (eDNA) investigation of terrestrial species in urban ecosystem. *J. Korean Env. Res. Tech.* 23:69–89. <https://doi.org/10.13087/kosert.2020.23.2.69>

- Kim JS, DW Cha and Muljari. 2016. Meeting to prepare management plan for Jingwan-dong Wetland in Bukhansan National Park. National Park Conservation Network. Seoul, Korea.
- Kim WY, HJ Lee, JW Ha, SJ Park, JC Park, SS Choi, JY Park, JH Lee and JY Cha. 2018. Is camera trapping applicable to bird monitoring? Korean J. Ornithol. 25:23–32. <https://doi.org/10.30980/kjo.2018.06.25.1.23>
- Larson ER, BM Graham, R Achury, JJ Coon, MK Daniels, DK Gambrell, KL Jonassen, GD King, N LaRacuenta, TI Perrin-Stowe, EM Reed, CJ Rice, SA Ruzi, MW Thairu, JC Wilson and AV Suarez. 2020. From eDNA to citizen science: Emerging tools for the early detection of invasive species. Front. Ecol. Environ. 18:194–202. <https://doi.org/10.1002/fee.2162>
- Laurila-Pant M, A Lehikoinen, L Uusitalo and R Venesjärvi. 2015. How to value biodiversity in environmental management? Ecol. Indic. 55:1–11. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.02.034>
- Lee WS, TH Koo and JY Park. 2020. A Field Guide to the Birds of Korea. LG Evergreen Foundation. Pyeongtaek, Korea.
- ME. 2023. Designation Status of Ecological and Landscape Conservation Area. Ministry of Environment. Sejong, Korea.
- NIBR. 2022. National List of Species of Korea. National Institute of Biological Resources. Incheon, Korea.
- Nichols JD and KU Karanth. 2011. Camera Traps in Animal Ecology: Methods and Analyses. Springer. Tokyo, Japan; New York, USA.
- Norouzzadeh MS, A Nguyen, M Kosmala, A Swanson, MS Palmer, C Packer and J Clune. 2018. Automatically identifying, counting, and describing wild animals in camera-trap images with deep learning. Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A. 115:E5716–E5725. <https://doi.org/10.1073/pnas.1719367115>
- NPRI. 2019. Park Resource Survey of Bukhansan National Park. Korea National Park Research Institute. Wonju, Korea.
- O'Brien TG and MF Kinnaird. 2008. A picture is worth a thousand words: the application of camera trapping to the study of birds. Bird Conserv. Int. 18:S144–S162. <https://doi.org/10.1017/S0959270908000348>
- Oliver RY, F Iannarilli, J Ahumada, E Feagraus, N Flores R, Kays, T Birch, A Ranipeta, MS Rogan, YV Sica and W Jetz. 2023. Camera trapping expands the view into global biodiversity and its change. Philos. Trans. R. Soc. B-Biol. Sci. 378: 20220232. <https://doi.org/10.1098/rstb.2022.0232>
- Ralph CJ, GR Geupel, P Pyle, TE Martin and DF DeSante. 1993. Handbook of Field Methods for Monitoring Landbirds. Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-144-[www.pacificsouthwestresearchstation.fs.fed.us](http://www.pacificsouthwestresearchstation.fs.fed.us). Pacific Southwest Research Station, Forest Service, U.S. Department of Agriculture. Albany, California. <https://doi.org/10.2737/PSW-GTR-144>
- Randler C and N Kalb. 2018. Distance and size matters: A comparison of six wildlife camera traps and their usefulness for wild birds. Ecol. Evol. 8:7151–7163. <https://doi.org/10.1002/ece3.4240>
- Rich LN, CL Davis, ZJ Farris, DA Miller, JM Tucker, S Hamel, MS Farhadinia, R Steenweg, MS Di Bitetti, K Thapa, MD Kane, S Sunarto, NP Robinson, A Paviolo, P Cruz, Q Martins, N Gholi-khani, A Taktehrani, J Whittington, FA Widodo, NG Yoccoz, C Wultsch, BJ Harmsen and MJ Kelly. 2017. Assessing global patterns in mammalian carnivore occupancy and richness by integrating local camera trap surveys. Glob. Ecol. Biogeogr. 26:918–929. <https://doi.org/10.1111/geb.12600>
- Roncal CM, E Middendorf, A Forsyth, A Caceres, JG Blake, AMA Zambrano and EN Broadbent. 2019. Assemblage structure and dynamics of terrestrial birds in the southwest Amazon: A camera-trap case study. J. Field Ornithol. 90:203–214. <https://doi.org/10.1111/jfo.12299>
- Rowcliffe JM, C Carbone, PA Jansen, R Kays and B Kranstauber. 2011. Quantifying the sensitivity of camera traps: An adapted distance sampling approach. Methods Ecol. Evol. 2:464–476. <https://doi.org/10.1111/j.2041-210X.2011.00094.x>
- Rowcliffe JM, J Field, ST Turvey and C Carbone. 2008. Estimating animal density using camera traps without the need for individual recognition. J. Appl. Ecol. 45:1228–1236. <https://www.jstor.org/stable/20144086>
- Seoul. 2003. Environment of Seoul. Seoul Metropolitan Government. Seoul, Korea.
- Seoul. 2014. Jingwan-dong Ecological and Scenery Conservation Area Advanced Change Observation Research. Seoul Metropolitan Government. Seoul, Korea.
- Seoul. 2022. Jingwan-dong Ecological and Scenery Conservation Area Advanced Change Observation Research. Seoul Metropolitan Government. Seoul, Korea.
- Silveira L, AT Jácomo and JAF Diniz-Filho. 2003. Camera trap, line transect census and track surveys: A comparative evaluation. Biol. Conserv. 114:351–355. [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(03\)00063-6](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(03)00063-6)
- Steele BB, RL Bayn Jr and CV Grant. 1984. Environmental monitoring using populations of birds and small mammals: Analyses of sampling effort. Biol. Conserv. 30:157–172. [https://doi.org/10.1016/0006-3207\(84\)90064-8](https://doi.org/10.1016/0006-3207(84)90064-8)
- Tobler MW, SE Carrillo-Percegué, RL Pitman, R Mares and G Powell. 2008. An evaluation of camera traps for inventorying large- and medium-sized terrestrial rainforest mammals. Anim. Conserv. 11:169–178. <https://doi.org/10.1111/j.1469-1795.2008.00169.x>
- Xeno-canto Foundation. 2024. Sharing Wildlife Sounds from Around the World. Naturalis Biodiversity Center, Xeno-canto Foundation. <https://xeno-canto.org>. Accessed August 27, 2024.

**Appendix 1.** Result of the observation survey at Jingwan-dong Wetland (2011–2022). Results of 2022 were from the survey conducted in this study, while others were from references

Scientific name	Korean name	Migrant status	Observation period					
			2011	2013	2016	2019	2021	2022
<i>Nycticorax nycticorax</i>	해오라기	SV	1	2	1			
<i>Butorides striata</i>	검은댕기해오라기	SV			2		1	
<i>Ardea alba alba</i>	중대백로(대백로) (c)	WV	2	2	2		1	
<i>Egretta garzetta</i>	쇠백로	Res	3	1				
<i>Ardea cinerea</i>	왜가리 (c)	Res	2	1	3			
<i>Aix galericulata</i>	원앙 (*)	Res	4	2	2			
<i>Anas platyrhynchos</i>	청둥오리 (c)	Res						2
<i>Anas poecilorhyncha</i>	흰뺨검둥오리	Res	6	2	6	2	2	2
<i>Aegypius monachus</i>	독수리		2					
<i>Accipiter gentilis</i>	참매 (*, II)	WV		1				
<i>Accipiter soloensis</i>	붉은배새매		1					1
<i>Accipiter gularis</i>	조롱이		1					
<i>Accipiter nisus</i>	새매		1					
<i>Buteo buteo</i>	말뚝가리	WV	1		3			
<i>Falco subbuteo</i>	새호리기		1			1		
<i>Falco tinnunculus</i>	황조롱이		1	1	1			
<i>Phasianus colchicus</i>	꿩	Res	8	1	16	2	2	1
<i>Charadrius dubius</i>	꼬마물떼새		2					
<i>Charadrius placidus</i>	흰목물떼새		1					
<i>Tringa ochropus</i>	삻삻도요		4					
<i>Actitis hypoleucos</i>	갹작도요			1				
<i>Streptopelia orientalis</i>	멧비둘기	Res	46	7	82	7	5	4
<i>Cuculus canorus</i>	삻꾸기 (c)	SV	5	1	5	1	1	1
<i>Cuculus saturatus</i>	병어리삻꾸기		1					
<i>Cuculus micropterus</i>	검은등삻꾸기		1	1				
<i>Ninox scutulata</i>	솔부엉이			1				
<i>Otus sunia</i>	소쩍새		1		1			
<i>Alcedo atthis</i>	물총새		2	1				
<i>Eurystomus orientalis</i>	파랑새		7	2	3		4	2
<i>Dendrocopos canicapillus</i>	아물쇠딱다구리		1		1		2	
<i>Dendrocopos kizuki</i>	쇠딱다구리	Res	17	1	5		2	
<i>Dendrocopos major</i>	오색딱다구리	Res	13	1	7		4	1
<i>Dendrocopos leucotos</i>	큰오색딱다구리	Res		3	2	1	1	
<i>Picus canus</i>	청딱다구리	Res	4	1	7		2	1
<i>Dryocopus martius</i>	까막딱다구리		1		1			
<i>Hirundo rustica</i>	제비			3				
<i>Motacilla cinerea</i>	노랑할미새	SV	4	1				
<i>Motacilla alba</i>	알락할미새		1					
<i>Anthus rubescens</i>	밭중다리		2					
<i>Anthus hodgsoni</i>	횡등새	PM	4	1	2			
<i>Hypsipetes amaurotis</i>	직박구리	Res	102	13	84	15	8	15
<i>Lanius bucephalus</i>	때까치		2	1	2			
<i>Troglodytes troglodytes</i>	굴뚝새	Res			2			
<i>Luscinia cyanura</i>	유리딱새		2	1				
<i>Phoenicurus aureoreus</i>	딱새	Res	5	1	3		1	
<i>Saxicola torquatus</i>	검은딱새		2	1				

Appendix 1. Continued

Scientific name	Korean name	Migrant status	Observation period					
			2011	2013	2016	2019	2021	2022
<i>Ficedula zanthopygia</i>	흰눈썹황금새		5		4			
<i>Ficedula mugimaki</i>	노랑딱새		1		1			
<i>Cyanoptila cyanomelana</i>	큰유리새		2	1		1		
<i>Muscicapa dauurica</i>	쇠솔딱새		1	1				
<i>Turdus pallidus</i>	흰배지빠귀		1	2	7	2		
<i>Turdus hortolorum</i>	되지빠귀	SV	1	2	12		1	2
<i>Zoothera dauma</i>	호랑지빠귀	SV	2	1				
<i>Turdus eunomus</i>	개똥지빠귀	WV	3	2	1			
<i>Turdus naumanni</i>	노랑지빠귀	WV	7	1	8			
<i>Cettia diphone</i>	휘파람새				2			
<i>Acrocephalus orientalis</i>	개개비			3				
<i>Paradoxornis webbianus</i>	붉은머리오목눈이	Res	365	36	123	25	40	30
<i>Phylloscopus inornatus</i>	노랑눈썹솔새		1		1	1		
<i>Phylloscopus xanthodryas</i>	솔새			1				
<i>Phylloscopus borealis</i>	쇠솔새		1			2		
<i>Phylloscopus occipitalis</i>	산솔새 (c)	SV	18	3	1	5		
<i>Aegithalos caudatus</i>	오목눈이	Res	25	14	16	7	4	
<i>Parus varius</i>	곤줄박이	Res	40	3	4	3	4	2
<i>Parus palustris</i>	쇠박새	Res	54	5	19	9	6	4
<i>Parus ater</i>	진박새		18	2	19			3
<i>Parus venustus</i>	노랑배진박새	WV, PM			1			
<i>Parus major</i>	박새 (c)	Res	92	16	37	4	11	7
<i>Sitta europaea</i>	동고비		4	2				
<i>Emberiza cioides</i>	멧새			2				
<i>Emberiza rustica</i>	쑥새		68	29	7			
<i>Emberiza tristrami</i>	흰배멧새	PM	12		8			
<i>Emberiza chrysophrys</i>	노랑눈썹멧새	PM						
<i>Emberiza elegans</i>	노랑턱멧새	Res	113	3	35	3	6	4
<i>Emberiza fucata</i>	붉은뺨멧새			3				
<i>Emberiza spodocephala</i>	촉새	PM	1				20	
<i>Carduelis sinica</i>	방울새	Res	3					
<i>Fringilla montifringilla</i>	되새	WV	19	18	14		15	13
<i>Carpodacus roseus</i>	양진이	WV	3					
<i>Pyrrhula pyrrhula</i>	멧쟁이	WV	2					
<i>Eophona migratoria</i>	밀화부리	WV			40		1	
<i>Coccothraustes coccothraustes</i>	콩새	WV	37	11	20			
<i>Passer montanus</i>	참새	Res	39	35	194		16	
<i>Sturnus cineraceus</i>	찌르레기		2	2				
<i>Oriolus chinensis</i>	괘꼬리	SV	11	2	6	2	1	
<i>Garrulus glandarius</i>	어치	Res	15	3	18	1	2	1
<i>Cyanopica cyanus</i>	물까치	Res	6	18	33	15	8	3
<i>Pica pica</i>	까치	Res	108	13	53	14	8	2
<i>Corvus corone</i>	까마귀	Res	4	3				
<i>Corvus macrorhynchos</i>	큰부리까마귀 (c)	Res	17	11	60	4	1	1
Number of bird species			74	59	52	23	30	22
Number of bird individuals			1365	303	987	127	180	102

## Appendix 1. Continued

Scientific name	Korean name	Migrant status	Observation period						
			2011	2013	2016	2019	2021	2022	
<i>Felis catus</i>	고양이								○
<i>Canis lupus familiaris</i>	개						○	○	○
<i>Nyctereutes procyonoides</i>	너구리						○		
<i>Sus scrofa</i>	멧돼지						○	○	
<i>Hydropotes inermis</i>	고라니						○	○	
<i>Mustela sibirica</i>	족제비						○		
Number of mammal species			0	0	0	5	3	2	

1. \*, Korean natural monument; II, Endangered species category II by designated by Ministry of Environment; c, Climate-sensitive biological indicator species

2. Res, Resident; SV, Summer Visitor; WV, Winter Visitor; PM, Passage Migrant

3. ○, Presence of species, Number of individuals