

GPS 추적 장치를 이용한 청둥오리(*Anas platyrhynchos*)의 월동기 행동권과 서식지 이용 연구: 만경강과 동진강을 중심으로

김태완^{1,3}, 조대한^{2,3}, 정상민³, 강태한³, 홍기성⁴, 이용진⁴, 김지혜⁴, 오홍식^{1*}

Study on the Wintering Home Range and Habitat use of Mallard (*Anas platyrhynchos*) using GPS Tracking Devices: Focused on the Mangyeong River and Dongjin River

Tae Wan Kim ^{1,3}, Dae Han Cho ^{2,3}, Sang-Min Jung ³, Tehan Kang ³, Kee-Sung Hong ⁴, Yong Jin Lee ⁴, Ji Hye Kim ⁴ and Hong-Shik Oh ^{1*}

¹제주대학교 과학교육학부, ²전남대학교 생물과학·생명기술학과, ³한국환경생태연구소, ⁴농림축산검역본부 역학조사과

¹Faculty of Science Education, Jeju National University, Jeju 63243, Korea, ²Department of Biological of Sciences and Biotechnology, Chonnam National University, Gwangju 61186, Korea, ³Korea Institute of Environmental Ecology, Daejeon 34014, Korea, ⁴Veterinary Epidemiology Division, Animal and Plant Quarantine Agency, Gimcheon 39660, Korea

* Correspondence: sciedu@jejunu.ac.kr

<https://doi.org/10.5338/KJEA.2025.44.21>

Agric. Environ. Sci. 2025, 44, 200-210

Received: April 7, 2025
Revised: April 30, 2025
Accepted: May 23, 2025
Published: June 4, 2025

Online ISSN: 2233-4173
Print ISSN: 1225-3537



© The Korean Society of Environmental Agriculture 2025



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Abstract: This study analyzes the home range and habitat use of wintering mallards (*Anas platyrhynchos*) in the Mangyeong and Dongjin rivers, western Korea, using a GPS tracking device (WT-300). It provides insights into habitat conservation and management. The study area consists of rivers, wetlands, and farmland. Nine mallards were tracked using GPS devices in riparian zones. Home range was analyzed using the Minimum Convex Polygon (MCP) and Kernel Density Estimation (KDE). The mean MCP home range was 766.4 km² (SD=836.9, n=9). KDE analysis showed a 90% utilization area of 137.0 km² (SD=220.5 km², n=9) and a 50% area of 30.3 km² (SD=51.4 km², n=9). Mallards primarily used hydrospheres, rice fields, and inland wetlands, gradually shifting to rice fields over time. They used hydrospheres most at noon and rice fields at night. Habitat selection was influenced by factors such as water depth, food availability, and disturbances. Mallards' winter behavior reflects survival strategies, underscoring the need for stable habitats. These findings provide fundamental data for conservation efforts and the sustainable management of wintering habitats.

Keywords: GPS tracking device, Habitat use, Home range, Wintering

서론

행동권(home range)은 개체가 생존과 번식을 위해 사용하는 공간적 범위를 의미하며, 특정 환경 내에서의 이동 패턴과 서식지 이용 특성을 규명하는데 중요한

개념이다[1,2]. 특히, 철새와 같은 이동성이 높은 조류의 행동권 연구는 개체군 보전 및 서식지 관리 전략을 수립하는 데 필수적인 정보를 제공한다[3-5].

최근 GPS 추적 장치(GPS tracking device)의 발전으로 조류의 행동권과 서식지 이용 특성을 더욱 정밀하게 분석할 수 있는 기반을 제공하고 있으며, 이에 따라 개체군의 공간적 분포, 환경요인과 상관성, 서식지 변화에 대한 반응을 밝히는 연구가 활발히 이루어지고 있다[6-9]. 한반도 서부 지역은 동아시아-대양주 철새 이동 경로(EAAF: East Asian-Australasian Flyway)에 위치하며, 다양한 수조류가 통과하거나 월동하는 핵심 서식지로서 그 가치가 매우 높다[4,10-12]. 이 중, 만경강과 동진강은 습지 환경으로 철새들의 번식지로서 작용하며, 철새 보호 및 생물다양성 보전 측면에서 매우 중요한 지역으로 평가된다[11-14].

대표적 수조류인 오리류는 GPS 추적 장치를 활용한 행동권, 서식지 이용률, 에너지 소모 등 다양한 연구가 진행되었다[3-5,15,16]. 이 중, 청둥오리(*Anas platyrhynchos*)는 국내에서 월동하는 대표적인 겨울 철새이며, 다양한 환경에서 서식하는 생태적 적응력이 높은 종으로 서식지 관리 전략을 수립하기에 적합한 종이다[3,4,17]. 청둥오리의 주 먹이원은 추수한 논이나 습지의 저서무척추생물이다[12,18]. 특히, 논 습지는 청둥오리의 주요 취식지이자 휴식지로서 중요한 서식공간으로 알려져 있다[4,19,20]. 최근, 만경강, 동진강 유역은 하천 정비 공사나 농경지의 하우스화 같은 서식지 변화 및 인위적 간섭 증가로 인해 청둥오리의 서식 패턴이 변화하고 있을 가능성이 제시되고 있다[4,17,21]. 기존 연구들은 주로 서식지 특성에 대한 정성적 평가에 집중되어 있어, GPS 추적 장치를 활용한 정량적 분석을 통해 청둥오리의 행동권과 서식지 이용 패턴을 더욱 구체적으로 파악할 필요가 있다[3,4].

본 연구에서는 GPS 추적 장치(WT-300, Daejeon, Korea)를 활용하여 만경강과 동진강에서 월동하는 청둥오리의 행동권과 서식지 이용 패턴을 분석하였다. 이를 통해 행동권의 크기와 공간적 분포를 파악하며, 시간대별 및 환경요인에 따른 서식지 이용 특성을 분석하고, 해당 서식지 내에서 이들이 선호하는 핵심서식지를 규명하는 것을 주요 목표로 한다. 또한, 본 연구 결과와 과거의 연구를 비교 분석하여 청둥오리의 행동권과 서식지 이용에 대한 변화를 파악하고자 한다. 이에 따라, 본 연구 결과는 청둥오리의 생태적 요구를 고려한 서식지 보전 및 관리 방안을 마련하고, 농경지와 하천 등 습지생태계의 유지 관리에 기초 자료로 활용될 수 있을 것이다.

재료 및 방법

연구지역

연구지역은 한반도 서부에 위치한 만경강과 동진강 유역으로, 광범위한 평야 지형을 이루며 농경지와 습지대가 넓게 발달해 있다. 행정구역상으로는 전라북도 김제시, 익산시, 정읍시에 해당한다. 만경강과 동진강은 황해로 흘러드는 주요 수계로 강폭이 넓고, 주변에는 갈대 군락 등 다양한 식생과 습지가 조성되어 있다. GPS 추적 장치(WT-300)가 부착된 지점은 만경강과 동진강의 수변부로, 수심이 얕고 유속이 완만하며, 수변과 제방 사이에는 넓은 고수부지가 분포하고 있다[4,5]. 해당 유역의 하류는 새만금 지역과 접하고 있으며, 북서쪽으로는 금강 하구, 남서쪽으로는 변산반도와 곰소만 등 주요 철새도래지들이 인접해 있다(Fig. 1).

부착 개체 정보

2019년부터 2023년까지 4년간 익산, 김제, 정읍시에서 청둥오리 9개체를 포획하였다(Table 1). Air Cannon-net (Daejeon, Korea)을 이용하여 하천 수변부에서 포획하였으며, 포획된 개체는 즉시 새주머니(Bird holding bag, Daejeon, Korea)에 넣어 10~20분 정도 안정시킨 후 추적기 부착에 적합한 개체를 선별하여 수컷 5개체, 암컷 4개체에게 GPS 추적 장치(WT-300)를 부착하였다. 조류의 행동에 영향을 최소화하기 위한 추적기의 무게는 개체의 체중의 5% 이하이다[22]. 추적기는 포획된 청둥오리의 무게 1,025~1,275 g의 약 2% 수준인 27 g이며, Backpack 형태로 부착하였다. 위치 추적에 사용된 WT-300 (GPS tracking device)은 연구자가 웹 기반 플랫폼을 통해 정보를 확인할 수 있으며, 이동 통신 시스템을 기반으로 좌표를 획득한다.

추적 현황

각각의 일련번호를 부여하여 추적기 부착 개체를 식별하였다. GPS 좌표는 1일(24-hour) 4시간 간격으로 6회씩 수집하였으며, 2019년 11월 27일부터 2024년 3월 31일까지 위치정보를 수집하였다. 추적기 수신 일수는 개체당 평균 119개 이상을 수집하였으며, 위치정보는 평균 703회 이상 획득하였다. 청둥오리의 월동기를 11월부터 3월까지로 규정하였으며, 겨울철 일출, 일몰 시간대



Fig. 1. Study area.

Table 1. Morphological and tracking data of mallards (*Anas platyrhynchos*) captured in Mankyung and Dongjin rivers

ID	Species	Sex	Age	Weight (g)	Catching site	Study Winter (Year)
M1	Mallard	Male	Adult	1,090	Jeongeup	2019-2020
F1	Mallard	Female	Adult	1,025	Jeongeup	2019-2020
F2	Mallard	Female	Adult	1,135	Gimje	2019-2020
F3	Mallard	Female	Adult	1,050	Gimje	2021-2022
F4	Mallard	Female	Adult	1,130	Gimje	2022-2023
M2	Mallard	Male	Adult	1,145	Gimje	2023-2024
M3	Mallard	Male	Adult	1,275	Gimje	2023-2024
M4	Mallard	Male	Adult	1,205	Iksan	2023-2024
M5	Mallard	Male	Adult	1,105	Iksan	2023-2024

Table 2. Winter tracking data of mallards (*A. platyrhynchos*) equipped with WT-300

ID	Tracking period		Battery lifespan (day)	GPS fixed time/day	Number of GPS fixed	Contact time	
	Start	End				Day	Night
M1	2019-11-27	2020-03-18	113	6	679	339	340
F1	2019-11-27	2020-03-31	126	6	754	377	377
F2	2019-12-05	2020-03-29	115	6	583	272	311
F3	2021-11-23	2022-03-31	129	6	780	390	390
F4	2022-11-08	2023-03-21	134	6	808	403	405
M2	2023-11-15	2024-03-31	138	6	834	417	417
M3	2023-11-15	2024-03-31	138	6	837	416	421
M4	2023-11-27	2024-02-16	82	6	495	248	247
M5	2023-11-27	2024-02-27	93	6	557	277	280

를 고려하여 주간(4시, 8시, 12시)과 야간(16시, 20시, 24시)으로 구분하여 위치정보를 수집하였고, 각각 평균 349회, 354회로 균등하게 수집되었다(Table 2).

행동권 분석

행동권 분석은 최소볼록다각형법(Minimum Convex Polygon Method, MCP)과 커널밀도추정법(Kernel Density Estimation, KDE)을 사용하였다. MCP와 KDE는 확률밀도함수를 추정하는 신뢰도 높은 비모수 통계방법 중 하나로 알려져 있으며, 행동권과 핵심 서식지를 도출하는데 매우 유용한 기법이다. 행동권 분석은 Calenge(2011)의 기술 문서(Home Range Estimation in R: the adehabitatHR Package)에 따라 R 프로그램의 “adehabitatHR” package를 이용하여 분석하였으며, 띠폭(Bandwidth)은 레퍼런스(reference) 기법을 이용하였다. 분석된 행동권 결과는 QGIS 3.34.9를 통하여 시각화하였다. 모든 행동권 데이터는 Kolmogorov-Smirnov test 결과 정규성을 만족하지 않았으며, 이에 따라 월별, 주·야간 행동권 면적의 차이는 각각 Kruskal-Wallis test, Mann-Whitney U test를 사용하여 분석하였다.

서식지 이용분석

국내에서 월동하는 청둥오리의 서식유형 차이를 파악하고자 11월부터 3월까지 행동권 내의 서식지 유형을 분석하였다. 서식지 유형은 환경부에서 제시한 토지피복도 중분류(2023)를 기준으로 활용하였으며, 청둥오리의 생태 습성을 고려하여 6가지 유형으로 재분류하였다. 서식지 유형은 내륙수, 논, 내륙습지, 인공초지, 밭, 기타로 분류하였으며, 기타는 위치정보가 전체 이용률의 2% 미만의 유형으로 통합하였다. 또한 구분된 서식지 유형을 기반으로 월별과 주·야간으로 구분하여 서식 특성을 분석하였다. 모든 서식지 데이터는 Kolmogorov-Smirnov test 결과 정규성을 만족하였으며, 이에 따라 월별, 주·야간 서식지 이용의 차이는 Chi-squared test를 사용하여 분석하였다.

결과 및 고찰

행동권

만경강과 동진강을 이용하는 청둥오리 9개체의 행동권을 분석한 결과, MCP에 의한 평균 행동권은 766.4 km² (SD=836.9 km², n=9)로 나타났다. 가장 넓은 행동권을 보인 개체는 면적이 2619.1 km²로 2023년에 월동한 M2였으며, 가장 좁은 행동권을 보인 개체는 면적이 101.1 km²로 2019년에 월동한 F1이었다. KDE를 적용한 결과, 90% 이용분포를 보인 서식지의 평균 면적은 137.0 km² (SD=220.5 km², n=9)였으며, 50% 이용분포를 보인 서식지의 평균 면적은 30.3 km² (SD=51.4 km², n=9)로 분석되었다(Table 3, Fig. 2, 3). 청둥오리의 월동기 행동 패턴은 생존 전략과 직결되며, 안정적인 서식지가 필수적이다[23-25]. 본 연구에서

Table 3. Wintering home range estimations of mallards (*A. platyrhynchos*) by MCP and KDE

ID	MCP (km ²)	90% KDE (km ²)	50% KDE (km ²)
M1	177.3	56.0	16.4
F1	101.1	51.8	13.2
F2	172.3	15.1	2.5
F3	1,120.3	106.5	14.8
F4	291.1	91.1	17.1
M2	2,619.1	104.6	24.8
M3	264.6	53.6	11.2
M4	1,417.4	719.0	166.4
M5	734.0	35.0	6.3
Aver.	766.4	137.0	30.3
SD	836.9	220.5	51.4

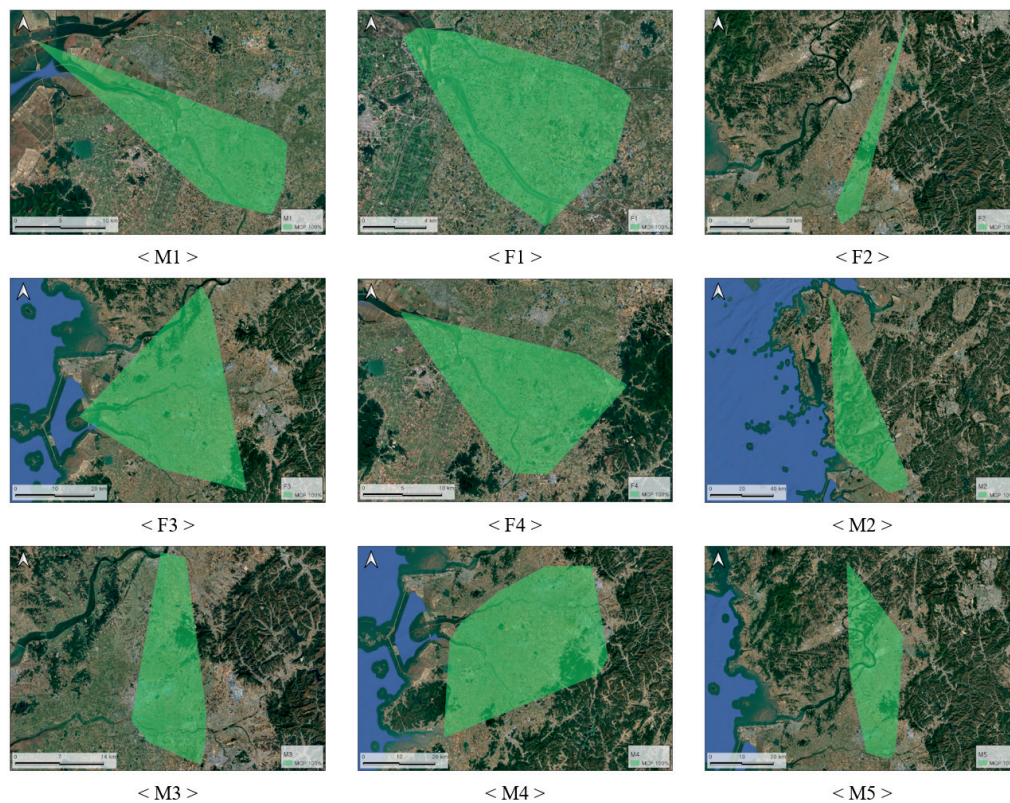


Fig. 2. Home range status according to MCP of 9 mallards (*Anas platyrhynchos*) with GPS at Mangyeong and Dongjin river.

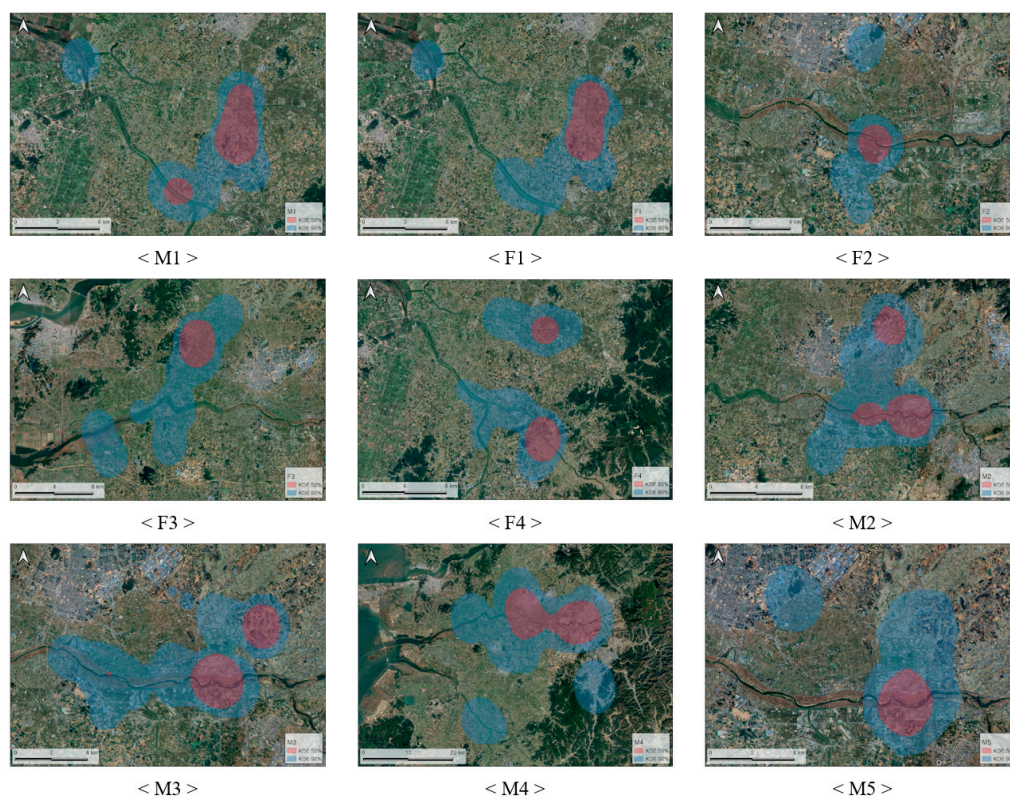


Fig. 3. Home range status according to KDE of 9 mallards (*A. platyrhynchos*) with GPS at Mangyeong River and Dongjin river (90, 50% from Blue range and red range, respectively).

청둥오리는 만경강과 동진강 유역이 주 월동지역으로 습지와 농경지를 중심으로 이용한 것으로 분석되었다. 과거 동일 지역에서 연구된 월동기 행동권에 의하면, KDE 50%의 기준에서 행동권 면적은 2011~2013년에 11.6 km² (SD=6.9 km², n=7)였다[3]. 본 연구에서 2019~2024년 동안 KDE 50% 기준의 평균 행동권 면적은 30.3 km² (SD=51.4, n=9)이었으며, 이를 기준으로 10년간의 변화를 분석한 결과, 행동권 면적이 증가와 감소를 반복하는 패턴이 확인되었다. 이는 동일 지역을 월동지로 이용하는 청둥오리의 생태적 특성에 따라 매년 월동지 환경이 변화하고 있음을 나타내며, 안정적인 서식에 영향을 미치는 요인으로 판단된다[3,5]. 행동권 면적의 변화는 서식지 내에서 취식지와 휴식지 간 이동 거리와 밀접한 관련이 있으며, 서식지 간 거리가 증가하는 현상은 은신처 감소, 먹이 자원의 변동 또는 고갈 등 서식지 환경 변화에 따른 결과일 가능성이 높다[3,4,10,17]. 최근, 전국적으로 청둥오리 도래 개체수가 감소하는 경향이 나타나고 있는데, 이는 지속적인 서식지 환경 변화로 인해 철새에게 안정적인 서식지를 제공하지 못한 결과로 해석된다[26-28].

월별 행동권을 분석한 결과, MCP에 의한 평균 행동권은 11월 349.7 km² (SD=909.0, n=9), 12월 177.2 km² (SD=258.0, n=9), 1월 192.5 km² (SD=273.2, n=9), 2월 91.7 km² (SD=179.2, n=9), 3월 49.8 km² (SD=50.0, n=9)로 나타났다. 월동 초기(11월)에 가장 넓은 행동권을 보였으며, 월동 후기(3월)에 가장 좁은 행동권을 보였다. KDE 90%의 기준으로 분석한 결과, 1월(136.9 km², SD=238.1, n=9)에 가장 넓은 행동권을 보였으며, 3월(25.6 km², SD=23.7, n=9)에 가장 좁은 행동권을 보였다. 핵심 서식지(KDE: 50%) 또한 1월(36.2 km², SD=70.0, n=9)에 가장 넓고, 3월(6.7 km², SD=6.0, n=9)에 가장 좁은 면적을 이용한 것으로 나타났다(Table 4). 월동 초기(11월)에는 비교적 넓은 면적의 행동권을 보이다가, 후기로 갈수록 점차 면적이 축소되는 패턴을 보였다. 이는 월동 조류가 지방을 축적하기 위해 안정적인 서식지에서 먹이활동을 증가시키기 때문으로 해석할 수 있다[3,13,29]. 한편, 통계적으로 모든 행동권 분석에서 월별에 따른 차이는 유의미하지 않았다(MCP; $p=0.16$, KDE: 90%; $p=0.21$, KDE: 50%; $p=0.46$). 이는 본 연구의 청둥오리가 9개체로 월별에 따른 행동권 데이터의 표본 수가 부족하여 도출된 결과라고 생각되며, 추가로 데이터를 확보하여 추후 연구에 더욱 정밀한 결과를 도출할 수 있을 것으로 판단된다. 이에 따라, 지속적인 부착 연구를 진행하여 데이터를 수집하고, 과거와의 비교를 통해 월동 기간 월별로 변화하는 행동권에 대해 규명할 필요가 있다.

Table 4. Monthly home range estimates of mallards (*A. platyrhynchos*) by MCP and KDE

	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.
MCP (km ²)	349.7	177.2	192.5	91.7	49.8
90% KDE (km ²)	47.7	76.8	136.9	32.0	25.6
50% KDE (km ²)	15.2	19.6	36.2	9.0	6.7

청둥오리는 주로 주간에 수계에서 휴식을 취하며, 야간에 먹이활동을 한다고 알려져 있고, 개체별 차이가 있으나 주·야간 모두 유동적으로 활동한다고 연구된 바 있다[3,29-31]. 조류는 서식지 자원을 효율적으로 이용하기 위해 시간대에 따라 서식 패턴이 변화하며, 주·야간의 서식지 이용 차이는 에너지 보존을 위한 전략이다[32,33]. 이에 따라, 주간과 야간의 행동 양상이 확연히 차이 나는 청둥오리의 주간과 야간의 행동권을 비교·분석하였다. MCP에 의한 평균 행동권은 주간이 386.0 km² (SD=417.9 km², n=9), 야간이 573.0 km² (SD=496.9 km², n=9)로 나타났다. KDE 90% 기준에서는 주간이 143.1 km² (SD=241.6 km², n=9), 야간이 158.0 km² (SD=251.0 km², n=9)였으며, KDE 50% 기준에서는 주간이 33.0 km² (SD=54.5 km², n=9), 야간이 37.4 km² (SD=61.3 km², n=9)로 나타났다(Table 5). 주·야간에 따른 모든 행동권의 크기의 차이를 알아본 결과, 통계적으로 유의미한 차이가 없는 것으로 나타났다(MCP; $p=0.61$, KDE: 90%; $p=0.67$, KDE: 50%; $p=0.93$). 연구 결과를 바탕으로 KDE 50%의 행동권을 주·야간으로 비교해 보았으며, 주간에 서식 범위는 수계를 위주로 형성되었고, 야간에 농경지 위주로 행동권이 변화하는 것을 확인할 수 있었다. 이는 시간에 따른 제약 없이 기회주의적으로 주간과 야간의 환경에 따라 이동 및 활동을 하는 것으로 해석할 수 있으며, 기존 연구 결과와 동일한 것으로 판단된다[5,17,31].

Table 5. Day and night home range estimates of mallards (*A. platyrhynchos*) by MCP and KDE

ID	MCP (km ²)		90% KDE (km ²)		50% KDE (km ²)	
	Day	Night	Day	Night	Day	Night
M1	145.1	175.6	65.7	60.7	21.8	15.2
F1	83.4	94.4	60.3	53.3	17.9	11.8
F2	28.9	151.7	9.8	21.2	1.5	4.6
F3	748.1	1,094.1	110.5	129.8	18.7	18.4
F4	288.4	277.5	108.6	95.5	22.6	19.0
M2	355.2	1,098.7	78.5	124.9	21.5	41.1
M3	264.1	190.0	53.5	61.8	12.7	14.5
M4	1,352.2	1,351.8	780.8	820.7	176.8	198.7
M5	213.3	723.6	20.1	54.5	3.7	13.0
Aver.	386.5	573.0	143.1	158.0	33.0	37.4
SD	417.9	496.6	241.6	251.0	54.5	61.3

서식지 이용

청둥오리의 월동지 내의 주요 서식지 유형을 분석한 결과, 내륙수(61.0%)가 가장 우점 하였으며, 논(18.3%)과 내륙습지(11.4 %)가 차우점을 차지했다. 주간(4시, 8시, 12시)에 내륙수의 이용이 증가하였으며, 야간(16시, 20시, 24시)에 논의 이용이 증가하는 경향이 나타났다(Fig. 4). 개체별 서식지 이용률을 분석한 결과, 대체로 주간에는 내륙수, 야간에는 논을 이용하는 경향이 확인되었다. 특히, 12시에는 내륙수 이용률이 가장 높았으며, 20시에는 논의 이용률이 증가하는 패턴이 나타났다. 월별 서식지 이용률을 분석한 결과, 내륙수는 월동 초기에 높은 이용률을 보였으나, 후기로 갈수록 감소하는 경향이 뚜렷했다. 반면, 논은 반대의 패턴을 보이며, 월동 후기로 갈수록 이용률이 증가하였다. 월별 서식지 이용 차이를 검증한 결과 통계적으로 유의미한 차이가 있었다($\chi^2=185.17$, $df=20$, $p<0.001$). 내륙수 이용률이 월동 후기에 감소하는 것은 기온 하강, 수면 결빙, 먹이 감소 등의 요인 때문으로 해석할 수 있다[4]. 반면, 논의 이용률이 증가하는 것은 월동을 마치고 번식지로 이동을 위해 지방을 축적하기 위한 먹이활동으로

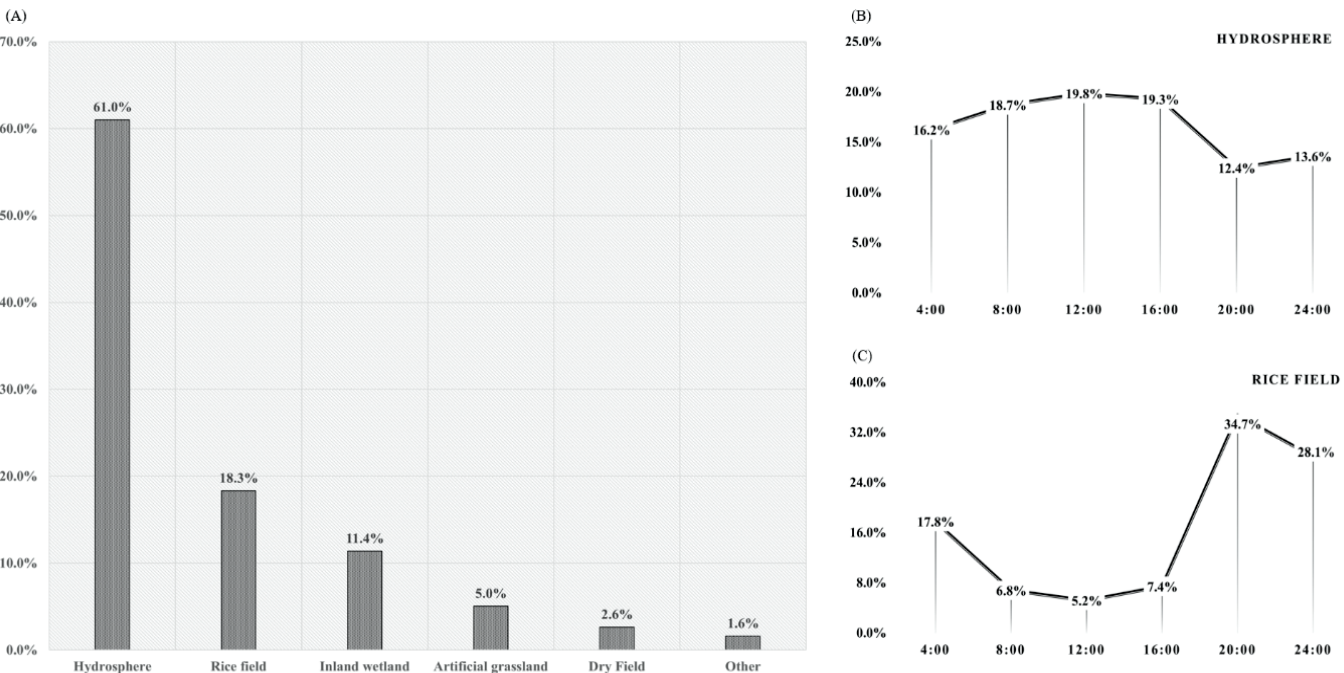


Fig. 4. Habitat use rates of mallards (*A. platyrhynchos*) in winter: (A) average use rates by habitat, (B) change in average use rates by time period in hydrosphere, (C) change in average use rates by time period in rice field.

판단된다[3,5,19]. 본 연구 결과 청둥오리는 내륙수의 의존도가 가장 높았으며, 그 다음 논, 내륙습지로 나타났다. 청둥오리는 생태적 습성상 주로 수계에서 발견되며, 수계와 논이 주 서식지로 본 연구 결과와 동일한 양상을 나타냈다[3,4,29]. 본 연구에서 내륙수는 월동 기간 월별로 이용률의 차이를 보였는데, 월동 후기로 갈수록 이용률이 감소하는 경향이 나타났다. 내륙습지는 상대적으로 균일하게 이용하였으며, 주 서식지로 내륙수와 논을 이용하고, 차선택으로 내륙습지를 이용한 것으로 판단된다(Fig. 5). 월동 조류는 주변 환경의 교란 요인에 따라 다양한 유형의 서식지를 이용하며, 물의 깊이, 먹이 자원의 풍부함, 교란 수준 등이 서식지 선택에 중요한 요소로 작용한다[13,34]. 또한, 수조류의 서식지 이용에 영향을 미치는 요인은 수온이나 저수율, 기온과 같은 환경요인이 중요한데, 월동기 서식지의 수질과 기후 변화가 수조류의 생존율과 직결되어 있다[3-5]. 청둥오리의 주요 서식 공간은 내륙수와 논, 내륙습지로 수계와 논 습지를 관리하는 것은 이들의 생존 및 보전 측면에서 더욱 중요해질 것이다[12].

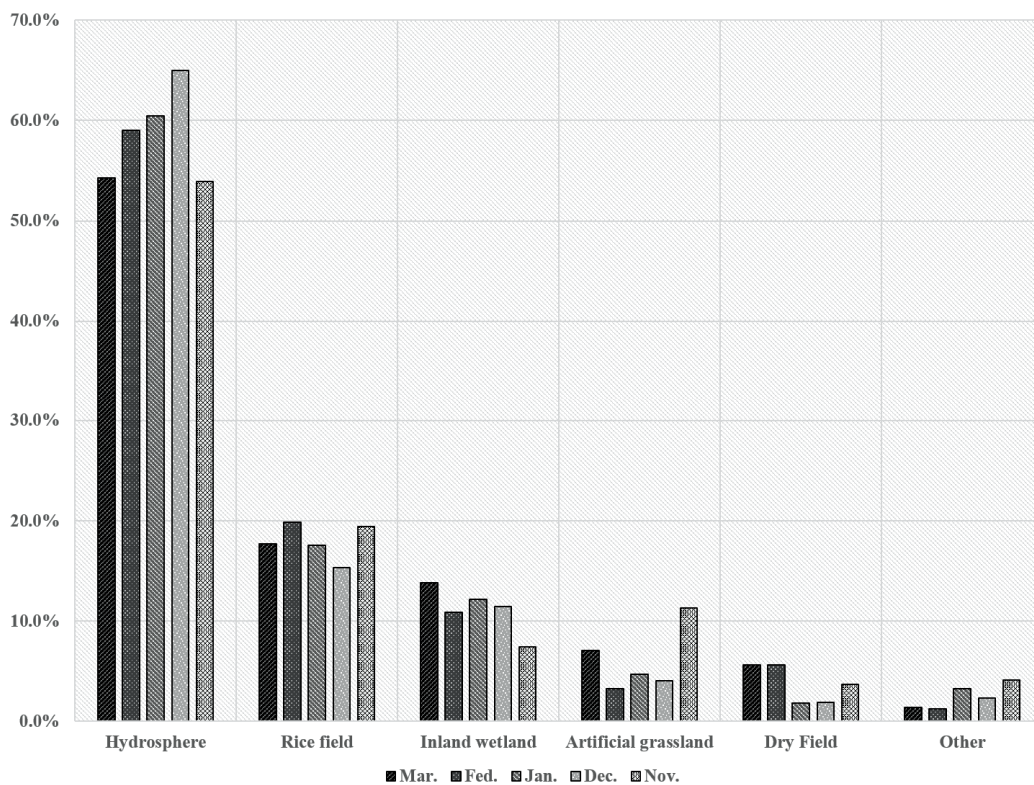


Fig. 5. Monthly changes in habitat utilization by wintering mallards (*A. platyrhynchos*).

주·야간을 구분하여 시간대별로 서식지 이용률을 분석한 결과, 전체적으로 내륙수의 이용률이 가장 높은 시간대는 주간인 12시(정오)였다. 8시부터 16시까지 내륙수의 의존도가 높았으며, 야간인 20시와 24시는 상대적으로 낮은 이용률이 나타났다. 반면, 논은 내륙수와 상의하게 야간인 20시와 24시에 의존도가 높았으며, 4시에 이용률이 낮아져 주간인 8시부터 16시까지 10% 미만의 상대적으로 낮은 이용률이 나타났다. 결론적으로 내륙수와 논 이용 빈도는 상대적이었으며, 주요 서식지인 내륙수와 논, 내륙습지의 우점 시간대는 각각 12시, 16시, 20시로 나타났다(Table 6). 주·야간 서식지 이용 차이를 검증한 결과 통계적으로 유의미한 차이가 있었다($\chi^2=227.56$, $df=20$, $p<0.001$). 수조류는 시간대에 따라 서식지 이용 패턴이 변화하는데, 이는 서식지에서 자원 이용 효율성과 에너지 보존을 위한 전략이다[32,33]. 조류는 인위적인 교란이 발생할 때 행동 패턴이 달라지며, 서식지 주변의 교란 요인이 월동 조류의 일주 행동과 공간적 분포에 중요한 변수로 작용한다[34-36]. 본 연구는 청둥오리의 시간대 및 월별 서식지 이용 특성을 정량적으로 분석하여, 내륙수와 논이 주요 서식지임을 확인하였다. 특히 내륙수는 주간, 논은 야간에 주로 이용되었으며, 월동 후기에는 논 이용 비율이 증가하는 양상을 보였다. 이러한 결과는 서식지 선택이 자원 이용 효율성과 생리적 요구에 따른 전략으로 판단된다. 월동 수조류인 청둥오리는 서식지 선택 시 먹이 자원, 시간대에 따른 요구, 환경요인 및 교란 수준 등을 고려하여 서식지 내 행동 패턴과 이용 방식이 달라진다[17,26,29]. 또한 최근 개체수 감소가 관찰되는 청둥오리

Table 6. Time-based utilization rates of wintering mallards (*A. platyrhynchos*) according to main habitat

Habitat	ID	4:00	8:00	12:00	16:00	20:00	24:00
Hydrosphere	M1	13.3%	19.3%	23.2%	22.4%	10.8%	11.0%
	F1	14.9%	19.4%	22.6%	20.1%	10.9%	12.2%
	F2	17.7%	17.7%	17.5%	20.2%	12.7%	14.2%
	F3	17.3%	16.4%	16.2%	13.8%	18.4%	17.9%
	F4	21.9%	14.7%	13.7%	12.5%	16.9%	20.1%
	M2	12.3%	20.3%	22.6%	24.5%	9.4%	10.9%
	M3	16.7%	17.6%	20.5%	20.2%	13.2%	11.8%
	M4	12.6%	24.0%	24.4%	21.4%	7.6%	9.9%
	M5	17.1%	22.8%	21.6%	21.3%	6.7%	10.4%
	Aver.	16.0%	19.1%	20.3%	19.6%	11.9%	13.2%
Rice field	M1	15.4%	4.4%	6.6%	7.7%	39.6%	26.4%
	F1	17.1%	0.0%	0.9%	0.9%	44.4%	36.8%
	F2	9.8%	18.2%	18.2%	27.3%	12.1%	14.4%
	F3	5.0%	25.7%	16.8%	29.7%	13.9%	8.9%
	F4	19.3%	4.5%	2.3%	4.5%	44.3%	25.0%
	M2	22.6%	2.6%	2.6%	0.5%	37.9%	33.7%
	M3	19.2%	9.6%	2.4%	1.6%	36.8%	30.4%
	M4	27.5%	0.7%	0.0%	1.4%	37.7%	32.6%
	M5	18.1%	0.0%	0.0%	0.0%	44.9%	37.0%
	Aver.	17.1%	7.3%	5.5%	8.2%	34.6%	27.2%
Inland wetland	M1	24.5%	11.2%	7.4%	8.0%	22.9%	26.1%
	F1	0.0%	12.5%	12.5%	50.0%	12.5%	12.5%
	F2	19.1%	17.0%	17.0%	23.4%	10.6%	12.8%
	F3	12.4%	13.5%	27.0%	20.2%	12.4%	14.6%
	F4	25.6%	14.0%	7.3%	9.8%	17.1%	26.2%
	M2	8.9%	31.1%	24.4%	20.0%	6.7%	8.9%
	M3	13.8%	16.4%	16.4%	24.1%	10.3%	19.0%
	M4	7.1%	23.2%	19.6%	32.1%	8.9%	8.9%
	M5	12.5%	12.5%	37.5%	25.0%	8.3%	4.2%
	Aver.	13.8%	16.8%	18.8%	23.6%	12.2%	14.8%

의 주요 서식지인 수계 및 농경지 등 습지 환경은 개발과 농경지의 하우스화 등 인위적 교란에 의해 서식지로서의 기능이 점차 저하되고 있다[4,17,21]. 이처럼 습지 환경의 교란과 농경지 구조 변화로 인해 청둥오리의 안정적인 서식지가 위협받고 있는 만큼, 본 연구 결과는 수계와 논 습지의 보전 필요성을 뒷받침하는 근거로 활용될 수 있다. 또한, 장기적인 관측을 통해 서식지 이용 변화에 대한 지속적인 모니터링이 필요함을 시사한다. 본 연구 결과는 청둥오리를 포함해 수조류의 보호·관리와 수계, 논 습지 등 서식지의 이용 및 관리에 대한 기초 자료로 활용될 수 있을 것이다.

Data Availability: All data are available in the main text or in the Supplementary Information.

Author Contributions: T.W.K., T.K., S.-M.J. and H.-S.O. conceived and designed the research; T.W.K., K.-S.H., Y.J.L., and J.H.K. collected the data; T.W.K. and D.H.C. performed the analysis; T.W.K. wrote the first manuscript; all authors revised the manuscript and approved the final version.

Notes: The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgments: This work was carried out with the support of the Animal and Plant Quarantine Agency (APQA) through the project titled “Risk Assessment of Highly Pathogenic Avian Influenza (HPAI) Outbreaks Caused by Wild Birds (Migratory Birds).”

Additional Information:

Supplementary information The online version contains supplementary material available at <https://doi.org/10.5338/KJEA.2025.44.21>

Correspondence and requests for materials should be addressed to Hong-Shik Oh.

Peer review information Korean Journal of Environmental Agriculture thanks the anonymous reviewers for their contribution to the peer review of this work.

Reprints and permissions information is available at <http://www.korseaj.org>

References

1. Yoo SH, Lee KS, Park CH (2013) MCP, kernel density estimation and LoCoH analysis for the core area zoning of the red-crowned Crane's feeding habitat in Cheorwon. Korea. Korean Journal of Environment and Ecology, 27(1), 11-21.
2. Lee SJ, Lee WS (2022) Animal home range estimators-A review and a case study. Korean Journal of Environment and Ecology, 36(2), 202-216. <https://doi.org/10.13047/KJEE.2022.36.2.202>.
3. Kang T, Kim DH, Cho HJ, Shin YU, Lee HS, Suh JH, Hwang JK (2014) Movements and home-range of mallards by GPS-mobile based telemetry (WT-200) in Korea. Korean Journal of Environment and Ecology, 28(6), 642-649. <https://doi.org/10.13047/KJEE.2014.28.6.642>.
4. Shin YU, Shin MS, Lee HS, Kang YM, Jeong WS, Choi JD, Yoon HC, Oh HS (2016) Home-range of mallard and spot-billed duck in Korea. Korean Journal of Environment and Ecology, 30(2), 165-172. <https://doi.org/10.13047/KJEE.2016.30.2.165>.
5. Jung SM, Sik PH, Jung WJ, Kang YM, Yoon HC, Kang TH, Shin YU, Lee SW, Oh HS (2017) Study on the pattern of wintering mallard using the wild-tracker (WT-300) in Korea. Korean Journal of Ornithology, 24(1), 17-28.
6. Kang T, Kim SS, Cho DH, Kim TW, Paek WK, Lee SW (2024) Characteristics of wintering habitat use by black-tailed gulls (*Larus crassirostris*) on the West Coast of Korea. Proceedings of the National Institute of Ecology of the Republic of Korea, 5(2), 37-42. <https://doi.org/10.22920/PNIE.2024.5.2.37>.
7. Seo HM, Lee KS, Lee WS, Kim JG, Park SY, Kang HY, Kim EJ, Nam HY, Kwon IK, et al. (2023) Estimated survival and breeding-site return rates of Black-tailed Gulls (*Larus crassirostris*) on the western coast of Korea. Korean Journal of Ornithology, 30(2), 91-100. <https://doi.org/10.30980/kjo.2023.12.30.2.91>.
8. Lee SH, Park JH, Jeong IY, Yoo JC, Lee WS (2023) The diurnal and nocturnal home range differences of black-tailed gulls (*Larus crassirostris*). Korean Journal of Ornithology, 30(2), 116-124. <https://doi.org/10.30980/kjo.2023.12.30.2.116>.
9. Lim CW, Kim SC, Shin GH, Jeon YS, Lee R, Chung CU (2024) Study on home range of siberian flying squirrel (*Pteromys volans*) using GPS tag. The Korean Environmental Sciences Society, 33(6), 427-434. <https://doi.org/10.5322/JESI.2024.33.6.427>.
10. Kang T, Yoo SH, Yoo JP, Lee HS, Kim IK (2011) A study on the community of wintering waterbirds in Saemangeum. Korean Journal of Environment and Ecology, 25(1), 81-90.
11. Moores N, Rogers DI, Rogers K, Hansbro PM (2016) Reclamation of tidal flats and shorebird declines in Saemangeum and elsewhere in the Republic of Korea. Emu – Austral Ornithology, 116(2), 136-146. <https://doi.org/10.1071/MU16006>.
12. Nam HK, Kim M, Choi G, Jang D, Choi SH, Cho KJ, Choe LJ, Choi SK, Bang HS, et al. (2016) Status of birds using rice fields in mid-western part of Korean Peninsula. Korean Journal of Environmental Agriculture, 35(2), 143-147. <https://doi.org/10.5338/KJEA.2016.35.2.16>.
13. Kaminski RM, Baldassarre GA, Davis JB, Wengert ER, Kaminski RM (2013) Mallard survival and nesting ecology in the lower Great Lakes region, New York. Wildlife Society Bulletin, 37(4), 778-786. <https://doi.org/10.1002/wsb.310>.
14. Lee KS, Baek UK, Yoo JC (2002) Important wintering and migrating route for waterbirds on the intertidal mudflat of Mankyung river estuary. Bulletin of Korea Institute of Ornithology, 8(1), 1-6.
15. Bengtsson D, Avril A, Gunnarsson G, Elmberg J, Söderquist P, Norevik G, Tolf C, Safi K, Fiedler W, et al. (2014) Movements, home-range size and habitat selection of mallards during autumn migration. PloS one, 9(6), e100764. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0100764>.
16. Yamaguchi N, Hiraoka E, Fujita M, Hijikata N, Ueta M, Takagi K, Konno S, Okuyama M, Watanabe Y, et al. (2008) Spring migration routes of mallards (*Anas platyrhynchos*) that winter in Japan, determined from satellite telemetry. Zoological Science, 25(9), 875-881. <https://doi.org/10.2108/zsj.25.875>.

17. Jung SM, Shin MS, Cho HJ, Han SW, Son HM, Kim JW, Kang SI, Lee HS, Oh HS (2019) Study on the home-range and winter habitat pintail using the wild-tracker (WT-300) in Korea. *Korean Journal of Environment and Ecology*, 33(1), 1-8. <https://doi.org/10.13047/KJEE.2019.33.1.1>.
18. Loesch CR, Kaminski RM (1989) Winter body-weight patterns of female mallards fed agricultural seeds. *The Journal of Wildlife Management*, 53(4), 1081-1087. <https://doi.org/10.2307/3809614>.
19. Hwang JK, Shin MS, Kang YM, Yoom HC, Choi JD, Jeong WS, Lee JW (2016) Interzonal comparative analysis of the wintering habitat of spot-billed duck (*Anas poecilorhyncha*). *Korean Journal of Environment and Ecology*, 30(4), 676-683. <https://doi.org/10.13047/KJEE.2016.30.4.676>.
20. Kwon YS, Lee HS, Yoo JC (2004) Birds of Gangseo wetland ecological park. *Korean Journal of Ornithology*, 9(1), 49-57.
21. Park MW, Ha YW, Park KY (2014) Changes of agricultural conditions in China. *Northern Agriculture Research Institute*, 37(2), 38-52.
22. Kenward RE (1985) Raptor radio-tracking and telemetry. *ICBP Technical Publication*, 5(409), e420.
23. Heitmeyer ME, Fredrickson LH (1981) Do wetland conditions in the Mississippi Delta hardwoods influence mallard recruitment. In *Transactions of the North American Wildlife and Natural Resources Conference*, 46, 44-57.
24. Moon YM, Choi JH, Yoo JC (2010) Environmental factors affecting wintering waterbird abundance and species richness in reservoirs. *Korean Journal of Ornithology*, 17(4), 289-302.
25. Choi JH, Moon YM, Shin JY, Yoo JC (2010) Relationship between foraging area availability according to water level and wintering waterfowl. *Korean Journal of Ornithology*, 17(4), 303-316.
26. Shim SW, Ju YD, Bae JH, Bae YS (2024) Habitat conservation measures for wintering birds in the rice fields near Gimpo-Hangang new town. *Journal of Wetlands Research*, 26(3), 285-297. <https://doi.org/10.17663/JWR.2024.26.3.285>.
27. Choi HA, Kim E, Lee E, Jung I, Han D (2024) The analysis of avian feed source and management direction after the introduction of payments for ecosystem services: A case study of Janghang wetland in Goyang. *Journal of Wetlands Research*, 26(3), 219-226. <https://doi.org/10.17663/JWR.2024.26.3.219>.
28. Beak CR, Yi JH, Oh TH, Youm KS, Han IH, Jung JW, Cho SR (2010) Investigation of habitat preferences, according to changed of water level in ducks. *Korean Journal of Ornithology*, 17(3), 205-216.
29. Kim HT, Kim GW, Mun HT, Cho SR (1997) Habitat quality factors and diurnal activity patterns of wintering mallards (*Anas platyrhynchos*) in central-west Korea. *Journal of Ecology and Environment*, 20(1), 9-14.
30. Kim WB, Oh HS, Park HS (1996) The fluctuation of individuals and activity patterns of *Anas* species wintering on Cheju-Island. *Korean Journal of Ornithology*, 3(1), 23-31.
31. Korner P, Sauter A, Fiedler W, Jenni L (2016) Variable allocation of activity to daylight and night in the mallard. *Animal Behaviour*, 115, 69-79. <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2016.02.026>.
32. Kim MR, Lee YK, Ahn JY, Kim IH, Yoo JC (2005) The role of Jungrangchun for a wintering waterbirds in Hangang. *The Korean Journal of Ecology*, 28(1), 45-53. <https://doi.org/10.5141/JEFB.2005.28.1.045>.
33. Choi CY (2009) Diurnal time-activity budget of wintering temminck's cormorants (*Phalacrocorax capillatus*) on Hongdo island, Korea. *Korean Journal of Ornithology*, 16(2), 133-140.
34. Park J, Kim WY (2017) Temporal variation of wintering bird population and environmental factors in Donglim reservoir. *Journal of Wetlands Research*, 19(2), 223-229. <https://doi.org/10.17663/JWR.2017.19.2.223>.
35. Lee HS, Kim JS, Koo TH (2009) Use of feeding site by wintering population of white-naped crane in Han-river Estuary, Korea. *Korean Journal of Environmental Biology*, 27(4), 375-383.
36. Son SJ, Kang JH, Kwon Ik, Kim DH, Lee KS, Yoo JC (2020) A comparative study of juvenile black-faced spoonbills *Platalea Minor* home range in Gujido and Chilsando islets, South Korea. *Korean Journal of Environment and Ecology*, 34(2), 99-105. <https://doi.org/10.13047/KJEE.2020.34.2.99>.