

Research Paper

철원 민간인통제지역 해제 이후 인공시설물 증가에 따른 두루미류 분포변화

유승화* · 주성배* · 이기섭** · 김수호*** · 김동원**** · 김화정**** · 김진한****
국립생태원*, 한국물새네트워크**, 한국조류보호협회 철원지회***, 국립생물자원관****

Habitat Utilization Change of Crane Species against the Increasing Anthropogenic Structure after Released from Civilian Control Zone; CCZ in Cheorwon, Rep. of Korea

Seunghwa Yoo* · Sungbae Joo* · Kisup Lee** · Suho Kim*** ·
Dongwon Kim**** · Hwajung Kim**** · Jinhan Kim****

National Institute of Ecology*
Korea Waterbird Network**
Korea Bird Protection Association***
National Institute of Biological Resources****

요약: 본 연구는 철원에서 민간인통제지역 해제 이후 시공된 인공시설물이 두루미류의 서식에 미치는 영향을 평가하였다. 연구 장소는 2012년에 민간인통제지역에서 해제되었고 2017년부터는 축사가 만들어진 장소를 대상으로 하였다. 두루미의 평균 서식 개체수는 민간인통제지역 해제 전(2009년-2012년)에는 9.3 ± 4.3 개체 이었으며, 해제 이후 3.5 ± 0.5 개체가 되어 1/3 수준으로 감소하였다. 재두루미는 민간인통제지역 해제 전과 후에 각각 63.3 ± 24.6 개체, 6.0 ± 6.0 개체로 조사되어 90% 가량이 감소하였다. 이 결과는 민간인통제지역의 해제 이후 비닐하우스, 축사의 건립이 전반적으로 두루미의 서식개체수 감소에 영향을 준 것으로 판단된다. 두루미의 경우 축사가 건립된 지역으로부터 핵심지역이 멀어지는 경향이 나타났다. 하지만 연구지역은 2012년 민간인통제지역이 개방된 시기부터 선호되는 지역이 아니었기 때문에 두루미의 분포범위 변화는 예상보다 크지 않았다. 재두루미의 경우 비닐하우스가 건립된 지역에서도 상대적으로 높은 밀도로 분포하였지만, 축사가 집중적으로 건설된 2017년 이후에는 핵심서식지가 위축되고 파편화되는 변화가 나타났다. 이러한 결과는 두루미와 재두루미 모두 축사의 신축으로 인한 서식환경 변화에 대해 민감하게 반응한 것으로 보인다. 반면 민간인통제지역 개방 이후 비닐하우스가 건립되어 영향을 주었지만 축사의 건립은 핵심서식지에 대해 더 큰 변화를 유발한 것으로 나타났으며 이는 사람의 통행 등이 비닐하우스에 비해 축사가 더 빈번하기 때문으로 사료된다.

주요어: 멸종위기종, 환경영향평가, 생태영향, 서식이용 밀도, 인공구조물의 영향

First Author: Seunghwa Yoo, Tel: +82-041-950-5436, E-mail: ecogrus@nie.re.kr, ORCID: 0000-0003-3497-122X

Corresponding Author: Kisup Lee, E-mail: larus@daum.net, ORCID: 0000-0003-0419-7763

Co-Authors: Sungbae Joo, Tel: +82-41-950-5637, E-mail: doctorjoo@nie.re.kr, ORCID: 0000-0002-8472-7682

Suho Kim, Tel: +82-33-455-8181, E-mail: support@cwkabp.org, ORCID: 0000-0001-9106-2554

Dongwon Kim, Tel: +82-32-836-8316, E-mail: foowl@korea.kr, ORCID: 0000-0003-3313-8869

Hwajung Kim, Tel: +82-32-590-7169, E-mail: hwajung@korea.kr, ORCID: 0000-0002-7178-926X

Jinhan Kim, Tel: +82-32-590-7141, E-mail: birdkr@korea.kr, ORCID: 0000-0002-9047-7253

Received: 16 May, 2019. Revised: 21 October, 2019. Accepted: 3 December, 2019.

Abstract : This study aims to evaluate the effect of artificial facilities constructed after the release of the civilian controlled zone (CCZ) in Cheorwon on the inhabitation of cranes. The study site was released from the CCZ in 2012, and several barns have been built since 2017. The average number of Red-crowned Cranes was 9.3 ± 4.3 individuals (\pm Standard Deviation) in the period before the release of the CCZ from 2009 to 2012, and it decreased by ca. one third of Red-crowned Crane's average individuals were showing 3.5 ± 0.5 individuals after release. The average number of White-naped Cranes also appeared to be decreased by ca. 90% from 63.3 ± 24.6 to 6.0 ± 6.0 individuals. This results suggest that the construction of greenhouses and barns after the releasing of the CCZ affected the decrease of the population of these two crane species. In the case of Red-crowned Crane, the core area tended to move away from the area where barns were built. However, the distribution range of Red-crowned Cranes did not change significantly we expected because the study area was not their favorite place since 2012 when the area was released from the CCZ. The density of the White-naped Crane was relatively high even in the area where greenhouses were built, but after 2017 when the barn was built intensively, core habitat of crane became shrink and fragmented. These results suggest that both Red-crowned Cranes and White-naped Cranes response sensitively against habitat change due to the construction of barns. Since the release of the CCZ, the construction of the greenhouse has been influenced on the distribution of cranes, but subsequently, the construction of the barn seems to have caused a bigger change in their core habitat because the passage of people to barns is more frequent than the greenhouses.

Keywords : Endangered Species, Environmental Impact Assessment, Ecological Impact Assessment, Habitat Use Density, Influence of Anthropogenic Structure

I. 서론

두루미(*Grus japonensis*)와 재두루미(*Grus vipio*)는 서식범위가 제한되고 개체수가 적은 대형의 멸종위기종이다(IUCN 2019). 또한 인간의 서식지에 대한 개발 및 직접적 행위에 의한 교란에 민감하기 때문에 환경영향평가지 중요하게 다루어지는 조류이다(Herr & Queen 1993; Pae 2000; Austin and Richert 2001; Lee et al. 2001; Su 2003; Cao and Liu 2008). 두루미류는 특정 서식지를 대표하는 대표종(Flagship Species), 혹은 우산종(Umbrella Species)으로서 정의될 수 있으며(Fleishman et al. 2000; Roberge and Angelstam 2004), 이 종에 대한 보호는 해당 서식지를 공유하는 다른 종들을 보호하게 됨으로서 생물다양성의 증진에 기여하게 될 것이다(Roberge et al. 2008).

철원군 민간인통제지역은 두루미와 재두루미가 선호하는 서식지이며 최대 월동지역으로 알려져 있다(Yoo et al. 2008; Yoo et al. 2011), 민간인통제지역

에서 해제된 곳은 비닐하우스 등 인공구조물이 증가하여 두루미류의 서식면적이 축소된다는 것이 보고되었다(Yoo et al. 2015). 지속적인 교란의 증가와 함께 민간인통제지역의 남북방향 축소로 인해 철원의 두루미류 월동지역은 민간인통제지역 내 농경지를 따라 동서방향으로 확장되고 있는 양상이다(Yoo et al. 2011). 이 지역은 향후 통일에 대한 기대로 인해 보전계획에 대한 반대와 함께 군사보호지역 축소, 각종 개발계획 발표 등 교란이 증가할 가능성이 높은 상황이다. 따라서 교란행위에 의해 두루미류가 어떻게 영향을 받는지가 중요한 연구주제이며, 향후 개발이 진행될 경우 나타날 영향은 환경영향평가지 구체적으로 반영되어야 할 것이다.

최근에는 해당 지역에서 축사건립이 허가되어 거주민들에 의해 악취 및 멸종위기종 피해에 대해 강하게 문제가 제기되었다. 일반적으로 인공구조물 건립에 의해 대형의 멸종위기종인 두루미류의 서식이 감소될 것을 충분히 예상할 수 있으나 얼마나 넓은 범위

에 어느 정도로 영향을 주는지 확인할 필요가 있다. 이러한 결과를 통하여 앞으로 도시개발 등에 의한 두루미류의 서식변화를 예측하는데 활용할 수 있을 것이라 생각된다. 본 연구에서는 민간인 통제지역이 해제되며 인공건축물이 증가한 지역에서 두루미류의 개체수와 분포가 어떻게 변화하는지 밀도분석을 통해 가시적으로 제시하고자 하였다.

II. 연구방법

연구지역은 한국에서 두루미류의 최대 월동지로 알려진 강원도 철원군의 민간인통제지역(civilian control zone) 중 2012년에 해제가 된 지역으로 강원도 철원군 양지리 군량봉 남측 일대며 지도의 바탕에 황토색으로 표시한 범위의 논농경지이다(Figure 1). 2012년 민간인통제지역에서 해제된 이후 두루미는 해당지역의 선호도가 급감한 것으로 알려졌으며 2015년 이후에는 급격히 인공시설물이 증가한 곳이다.

민간인통제지역에서 해제된 곳의 두루미류 감소경향을 파악하기 위해서 겨울철새 동시센서스 자료(국립생물자원관)를 활용하여 해당지역 인근의 두루미와 재두루미 개체수 변화를 비교하였다. 비교시점은 2009년에서 2012년까지(민간인통제지역 해제 이전) 4년, 2013년에서 2016년(민통선 해제이후 축사건립 이전)으로 4년, 2017에서 2018년까지 2년으로 연도별 각 1월의 평균 개체수 자료이다.

분포도는 두루미류의 취식무리를 대상으로 구글어스(Google Earth)의 연도별 위성영상을 이용해 조사자의 현 위치와 현장의 지형 및 논외 배치를 참고하여 작성하였다. 구분되는 취식무리는 10m 이상 떨어진 무리를 다른 무리로 구분하였다(Yoo et al. 2009).

세부 분포기록을 활용하여 자료의 비교는 축사가 집중적으로 지어졌던 2017년을 기준으로 2013년에서 2016년까지, 그리고 2017년에서 2018년까지 1월달 분포조사 자료를 중첩하여 사용하였다. 비닐하우스, 축사와 같은 건축물은 현장조사시 범위를 표기하였으며, 조사시기에 확인하지 못했던 인공물의 경우에는 구글어스(Google Earth) 프로그램을 통해 과거 위성영상에서 추가된 건물을 확인하였다.

두루미류 핵심서식지 분석은 축사건립 이전과 이후에 얻어진 GPS좌표를 바탕으로 ArcGIS 및 reproducible home range (rhr) R 패키지를 이용하여 분석하였다(KDE: Kernel Density Estimation, Worton 1989; Signer & Balkenhol 2015). 커널밀도측정법은 야생동물의 핵심지역 추정에 많이 사용되는 것으로(Sekercioglu et al. 2007; Kauhala and Auttila 2010; Sawyer 2012). 야생동물 분포의 핵심지역은 KDE 값 상위 50% 이상인 지역이 주로 제안되었다(Kauhala and Auttila 2010; Choi et al. 2012). 본 연구에서도 커널밀도측정법(KDE: Kernel Density Estimation) 50%를 이용하였으며, 밀도측정의 범위(띠폭: band width)의 선정은 패키지 내의 plug-in-the-equation(rhrHpi) 조건을 이용하였다(Gitzen et al. 2006).

III. 결과 및 고찰

1. 민간인통제지역 해제영역에서의 두루미류 개체수 변화

민간인통제지역에서 개방되지 않았던 2009년에서 2012년, 개방된 이후 축사가 만들어진 해인 2017년 이전까지, 그리고 2017년 이후의 두루미와 재두루미의 평균 서식개체수를 비교하였다. 민간인통제지역으로 개방되지 않았던 시기에는 평균 두루미의 개체수는 9.3 ± 4.3 에서 3.5 ± 0.5 로 1/3 수준으로 감소하였으며, 재두루미는 63.3 ± 24.6 에서 6.0 ± 6.0 로 90% 가량 감소하였다(Figure 2). 따라서 민간인통제지역의 해제와 함께 비닐하우스, 축사의 건립은 전반적으로 두루미의 서식개체수 감소에 영향을 준 것으로 판단된다.

2. 축사 건립에 의한 핵심서식지 변화

두루미의 경우 축사가 건립된 지역으로부터 핵심지역이 멀어지는 경향이 나타났다(Figure 3-A→B, Figure 5-A→B). 하지만 2012년 민간인통제지역이 개방된 시기부터 2017년 이전까지 선호되는 지역이 아니었기 때문에 분포범위의 변화는 크지 않았다. 재두루미의 경우 비닐하우스 건립지역에서도 상대적으

로 높은 밀도로 분포하였지만, 축사가 집중적으로 건설된 2017년 이후에는 핵심서식지가 좁아지고 파편화되는 변화가 나타났다(Figure 4-A→B, Figure 6-A→B). 이러한 결과는 두루미와 재두루미 모두 축사의 건설에 대하여 민감하게 반응한 것이라 판단된다.

민간인통제지역 개방 이후 비닐하우스의 건립이 영향을 주었지만(Yoo et al. 2015), 축사건립은 핵심서식지에 대해 더 큰 변화를 유발한 것으로 나타났으며 이는 비닐하우스에 비하여 축사에서 사람의 출입 등이 더 빈번하기 때문으로 여겨진다.

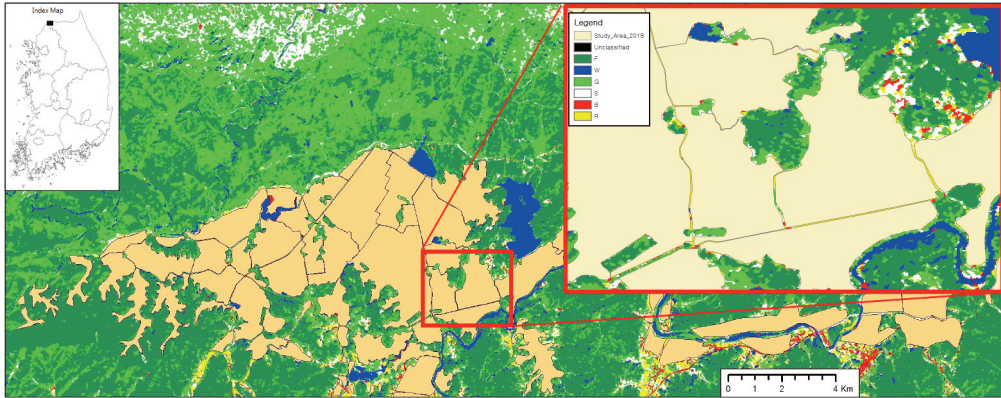


Figure 1. Study area of the Cheorwon on classified map by maximum likelihood classification of satellite image.

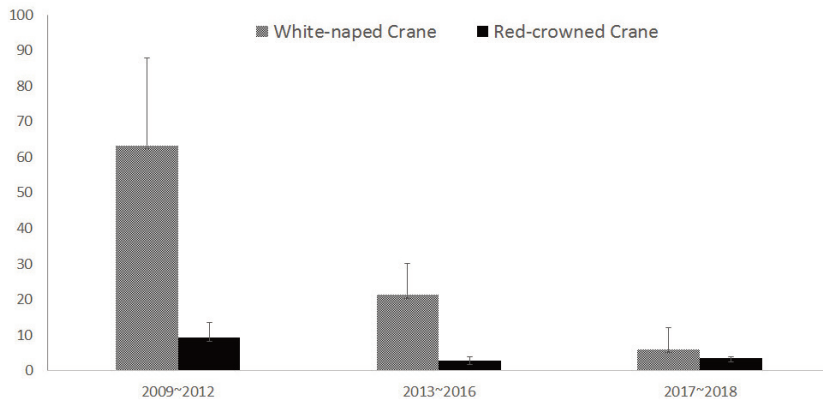


Figure 2. Changes of the average number of individuals in newly released area from CCZ.

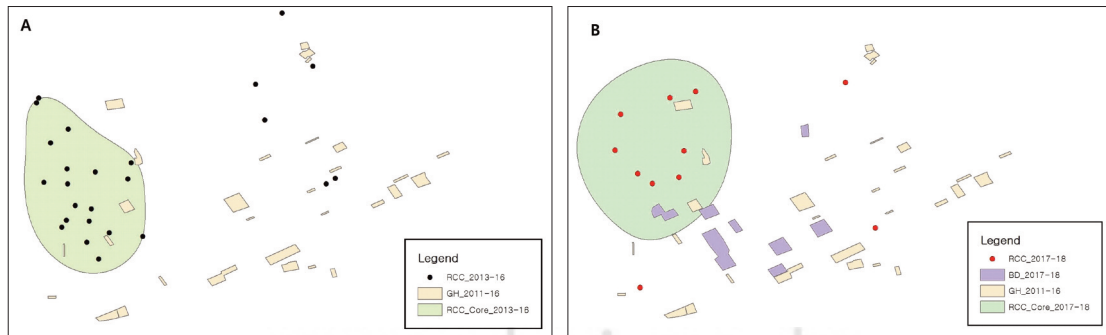


Figure 3. Core area change of the Red-crowned Crane (RCC) by the Kernel Density Estimation before (A) and after (B) 2017. <Legend> GH_2011-16 : the greenhouse built from 2011 to 2016, BD_2017-18 : the building built from 2017 to 2018.

인공구조물에 대한 야생동물의 영향은 많은 연구에서 다루어져 왔다(Park 1993; Pae 2000; Lee et al. 2001; Yoo et al. 2009). 하지만 축사와 비닐하우스 등의 인공구조물은 인간의 활동을 유발하며 도

로 및 전선의 유입 등 추가적인 인공구조물 도입을 필요로 하는 등 다각적인 영향을 발생시킬 것이다. 1990년대 이후 개방된 철원군 서측의 대마리 지역에서도 이와 같은 인공구조물 설치에 의한 부정적 영

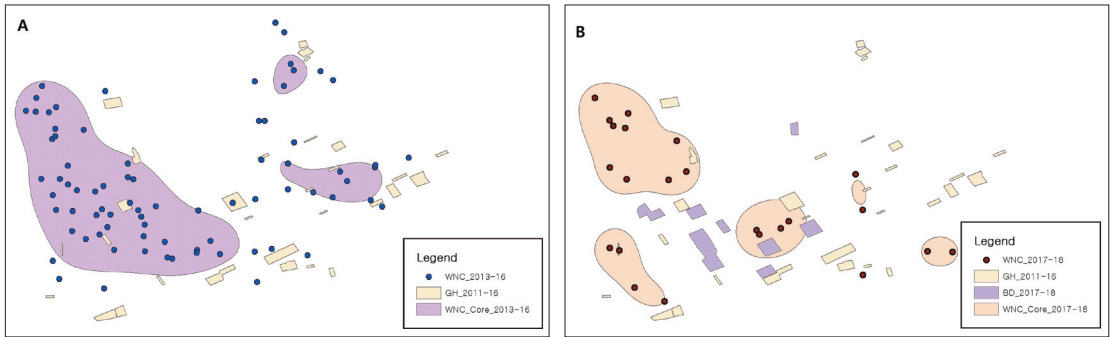


Figure 4. Core area change of the White-naped Crane (WNC) before (A) and after (B) 2017. <Legend> GH_2011-16 : the greenhouse in released area from CCZ, BD_2017-18 : the building in released area from CCZ after 2017.

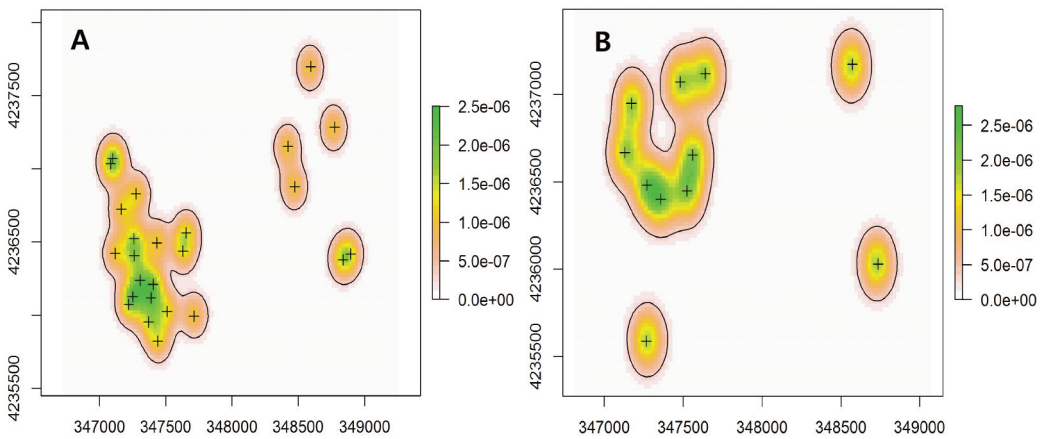


Figure 5. Core area change of the Red-crowned Crane before (A) and after (B) 2017 according to analysis of rhrHpi.

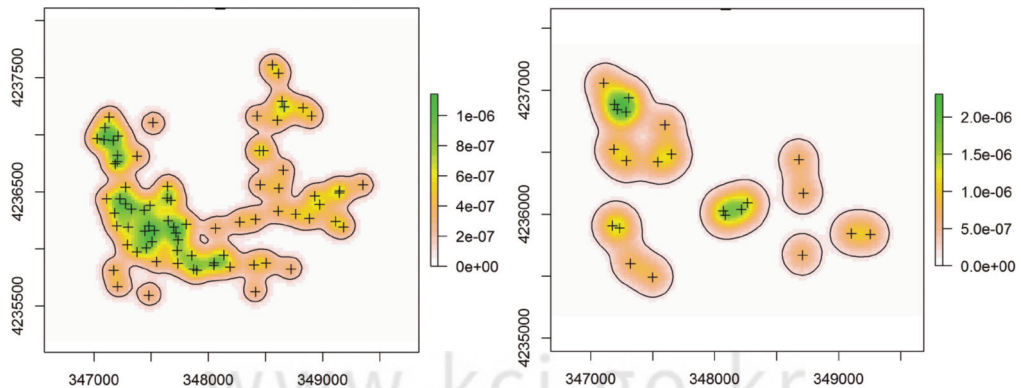


Figure 6. Core area change of the White-naped Crane before and after 2017 according to analysis of rhrHpi.

향이 있는 것으로 나타났다(Yoo et al, 2015). 본 연구에서도 이와 유사한 영향이 구체적으로 나타난 것을 확인할 수 있었다. 하지만 비닐하우스 보다는 축사의 건립이 보다 큰 영향을 준 것을 본 연구에서 확인할 수 있었다. 또한 다년간의 분포자료 중첩을 통해 핵심서식지를 분석하였는데 이산적 분포(일시적인 교란에 의해 분포경향을 추정하기 어려운)를 보이는 소수의 멸종위기종에 대한 밀도추정을 가능하게 하였다.

인간의 교란에 의한 생태계 영향은 즉각적으로 발현되지 않고 지연되는 경향이 있다(Brooks et al, 1999). 하지만 본 연구에서 축사 건립에 의한 영향은 즉각적으로 발생하였으며 개간공사 등 교란 이후 원상태로 회복하는 일시적 교란요인에 비해 영향이 지속되는 양상을 보였다. 이러한 영향의 지속은 축사가 영농활동과는 달리 사료공급, 소독, 관리활동 등의 지속적인 교란행위를 수반하기 때문이라 판단된다(Yoo et al, 2015). 결과적으로 두루미류와 같은 대형의 멸종위기 조류의 서식지 내에 축사와 같은 인위적 시설물은 교란행위를 지속적으로 수반하므로 더 큰 영향이 있다고 할 수 있었다. 따라서 두루미류의 월동지로 이용되고 있는 철원 민간인통제지역 내에는 축사 설치가 허가되지 않도록 지방자치단체가 관리할 필요성이 있다. 또한 민간인 통제지역에서 해제하더라도 영구적 시설물의 설치를 억제하고 두루미류의 월동기(10월~3월)에는 차량이나 사람의 통행을 제한할 수 있도록 시기적으로 차별화된 통제방안을 마련하여야만 멸종위기 두루미류의 월동이 지속적으로 유지될 수 있을 것이라 판단된다.

사 사

본 논문은 환경부의 재원으로 국립생물자원관의 “겨울철새 동시센서스”를 통해 수행되었으며, 국립생태원의 지원을 받아 수행하였습니다(NIE-기반연구-2019-04). 또한 본 논문의 전반적 내용은 한국환경영향평가학회 2018년 추계 학술대회에서 발표하였으며 일부 재분석 및 보완이 있었음을 밝힙니다.

References

- Austin JE, Richert AL. 2001. A Comprehensive review of observational and site evaluation data of migrant Whooping Cranes in the United States, 1943-1999. US Geological Survey, Northern Prairie Wildlife Research Center, Jamestown, ND, USA, 157p.
- Brooks TM, Pimm SL, Oyugi JO. 1999. Time lag between deforestation and bird extinction in tropical forest fragments. *Conservation Biology* 13(5): 1140-1150.
- Cao M, Liu G. 2008. Habitat suitability change of Red-crowned Crane in Yellow River Delta Nature Reserve. *Journal of Forestry Research* 19(2): 141-147.
- Choi TY, Kwon HS, Woo DG, Park CH. 2012. Habitat selection and management of the Leopard Cat (*Prionailurus bengalensis*) in rural area of Korea. *Korean Journal of Environment and Ecology* 26(3): 322-332. [Korean Literature]
- Fleishman E, Murphy DD, Brussard PF. 2000. A new method for selection of umbrella species for conservation planning. *Ecological Application* 10: 569-579.
- Gitzen RA, Millsbaugh JJ, Kernohan BJ. 2006. Bandwidth selection for fixed-kernel analysis of animal utilization distributions. *Journal of Wildlife Management* 70(5): 1334-1344.
- Herr AM, Queen LP. 1993. Crane habitat evaluation using GIS and remote sensing. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing* 59(10): 1531-1538.
- IUCN : International Union for Conservation of Nature. 2019. The IUCN Red List of Threatened Species. International Union for Conservation of Nature and Natural Resources. Version 2018-2. [cited 2018 Feb 28]. Available from : <http://www.iucnredlist.org>

- Kauhala K, Auttila M. 2010. Estimating habitat selection of Badgers: a test between different methods. *Folia Zoologica* 59: 16-25.
- Lee WS, Rhim SJ, Park CR. 2001. Habitat use of cranes in Cheolwon Basin, Korea. *Korean Journal of Ecology* 24(2): 77-80.
- Pae SH. 2000. A study on habitat use of wintering cranes in DMZ, Korea: with carrying capacity and spatial distribution analysis using GIS. Dissertation of the Kyung Hee University. 77pp. [Korean Literature]
- Park JY. 1993. Wintering ecology of the White-fronted Geese on Junam Reservoirs, Korea. M. Sc. Thesis, Kyung Hee University, 57pp. [Korean Literature]
- Roberge JM, Angelstam P. 2004. Usefulness of the umbrella species concept as a conservation tool. *Conservation Biology* 18: 76-5.
- Roberge JM, Mikusiński G, Svensson S. 2008. The White-backed woodpecker: Umbrella species for forest conservation planning. *Biodiversity Conservation* 17: 2479-2494.
- Sawyer SC. 2012. Subpopulation range estimation for conservation planning: a case study of the critically endangered Cross River Gorilla. *Biodiversity Conservation* 21: 1589-1606.
- Sekercioglu CH, Loarie SR, Brenes FO, Ehrlich PR Daily GC. 2007. Persistence of forest birds in the Costarican agricultural countryside. *Conservation Biology* 21: 482-494.
- Signer J, Balkenhol N. 2015. Reproducible home ranges (thr): A new, user-friendly R package for analyses of wildlife telemetry data. *Wildlife Society Bulletin* 39(2): 358-363.
- Su L. 2003. Habitat selection by Sandhill Cranes, *Grus canadensis tabida*, at multiple geographic scales in Wisconsin. Ph. D. Thesis of Univ. of Wisconsin-Madison, USA, 141p.
- Worton BJ. 1989. Kernel methods for estimating the utilization distribution in home-range studies. *Ecology* 70: 164-168.
- Yoo SH, Jung HY, Kim KS, Yu DS, Kim NS, Kim HJ, Hur WH, Kim JH, Lee KS. 2015. The change of core habitats of the cranes due to release of the civilian control zone; CCZ and construction disturbance. *Journal of Environmental Impact Assessment* 24(4): 301-316. [Korean Literature]
- Yoo SH, Lee KS, Yoo JC. 2008. Preference of the CCZ (Civilian Control Zone) in Cheorwon basin as a wintering site of Cranes: wintering season of 2002-2003. *Korean Journal of Ornithology* 15(1): 39-49. [Korean Literature]
- Yoo SH, Lee KS, Kim IK, Kang TH, Lee HS. 2009. Research on the size, formation and tendency to evade the road of the feeding flocks of crane species: centering on the effect of road vs. traffic condition. *Korean Journal of Environment and Ecology* 23(1): 41-49. [Korean Literature]
- Yoo SH, Lee KS, Kim JH, Park JH. 2011. Long-term monitoring result and factors of the wintering crane's population change in Cheorwon, Korea: historic change and impact assessment of weather change by the MODIS. *Korean Journal of Ornithology* 18(1): 59-71. [Korean Literature]