

철원지역에서 월동하는 두루미와 재두루미의 서식밀도모델

유승화 · 이기섭^{1,*} · 김화정² · 허위행² · 김진한² · 박종화³

국립생태원, ¹한국물새네트워크, ²국립생물자원관, ³서울대학교 환경대학원

Distribution Model of the Wintering Red-crowned Crane and White-naped Crane in Cheorwon, Korea. Yoo, Seung-Hwa, Ki-Sup Lee^{1,*}, Hwa-Jung Kim², Wee-Haeng Hur², Jin-Han Kim² and Chong-Hwa Park³ (Ecosystem Assessment Division, the National Institute of Ecology, Seocheon 325-813, Korea; ¹Korean Waterbird Network, Seoul 110-776, Korea; ²National Institute of Biological Resources, Incheon 404-708, Korea; ³Graduate School of Environmental Studies, Seoul National University, Seoul 151-742, Korea)

Abstract This study was conducted to make distribution model of the Red-crowned Crane and the White-naped Crane according to the anthropogenic and natural factors affecting distribution of crane in Cheorwon, Korea. It was investigated that the impact power and its range of the indirect anthropogenic influence to feeding flock density in cranes from the road, residential area, military facilities, civilian control zone (CCZ), greenhouse and natural influence such as roosting site and available feeding area. Available feeding area is the most important factor for the crane's feeding site selection. The feeding flock density of the cranes near the residential area was lower than that of area far from the area, and tended to increase within 2.5 km distance. The increasing tendencies of feeding flock density from military facilities and high traffic volume road were similar, but the density in military facilities increased within 800 m, and the density from high traffic volume road increased within 2 km. These results suggested that residential area, military facilities and the road with high traffic volume had significant effect on foraging densities to the certain range. As the distance from the road with low traffic volume and roosting site increased, feeding flock density tended to decrease. The density of Red-crowned crane and White-naped crane inside the CCZ were respectively higher than those of outside the CCZ, especially for the Red-crowned crane. As a result, density of Red crowned cranes inside the CCZ was 5.2 times higher than that of outside, while that of white-naped cranes was 2.2 times bigger. If the density of greenhouse is lower than 40 km⁻², crane's feeding flock density in the low greenhouses density area was higher than that of high greenhouses density area. However, there was no difference in the feeding flock density if the density of the green houses is higher than 40 km⁻². The model for the Red-crowned Crane was related with available feeding area, distance from residential area, civilian control zone and distance from high traffic road. The model of the White-naped Crane was related with available feeding area, distance from roosting site and distance from lake. Finally, the estimated feeding flock density of cranes significantly correlated with density model according to the natural and anthropogenic factors.

Key words: density model, human impact, influence of natural factors, endangered species, Grus

Manuscript received 9 November 2014, revised 12 December 2014,
revision accepted 15 December 2014
* Corresponding author: Tel: +82-10-8788-0678, Fax: +82-2-734-0678,
E-mail: larus@daum.net

서 론

전 세계적으로 많은 종이 인간의 영향으로 멸종위기에 처해있으며, 이로 인해 생물종의 다양성은 감소하고 있다 (Vitousek, 1994; Pimm *et al.*, 1995; Sala *et al.*, 2000; MEA, 2005; Gaudie, 2006; Barnosky *et al.*, 2011). 우리나라에서는 다수의 대형 조류가 멸종위기에 처해있으며 그 중 두루미류는 인간에 의한 지나친 남획, 중독 그리고 서식지의 감소로 인하여 서식개체수가 크게 감소하였다 (Won, 1980). 분포지역 또한 원서식지의 상실에 따라 교란이 낮은 지역으로 분산되거나 서식지가 사라지기도 하였다 (Lee, 2009).

환경요인에 의한 종의 분포 및 영향에 대한 연구는 서식모델로서 이루어지며, 이를 통해서 분포에 영향을 주는 요인을 추출할 수 있다 (Miller *et al.*, 2004; Seo *et al.*, 2008; Thorn *et al.*, 2009; Kim *et al.*, 2012; Kwon *et al.*, 2012). 국내에서 서식지 모델에 대한 연구는 적지선정을 위해 기존연구 혹은 전문가의 의견을 인용하여 모델이 구하여졌다 (Lee and Song, 2008). 하지만 대부분의 연구에서 영향력은 일정 구역의 등급을 정하여 중첩분석을 하기 위해 선정된 것으로 구체적인 서식영향을 반영하지 못하고 있는 실정이다. 또한 분포자료 보다는 규정되어진 조사지역별 (Pae, 1994, 2000), 기준점을 이용한 격자 등 (Bibbly *et al.*, 2000)으로 정해진 범위에서의 개체수 및 밀도, 환경요인의 영향 정도를 평가하는 경우가 대부분이다. 지역별로 도로의 통행량이나 거주지의 구조, 인구밀도 및 활동 형태 등이 다를 뿐만 아니라, 지역간에 두루미류의 서식지 이용유형이 다르기 때문에 특정 지역에서의 서식지 적합성평가 모델을 개발할 필요성이 있다.

Yoo *et al.* (2011)의 연구에서는 거리에 따른 서식밀도의 변화에 대해 명확한 영향이 있는 것으로 보고하였지만, 각 구간 내 평균값이나 표준편차를 반영하지 않았기 때문에 보다 많은 년도의 자료를 이용하여 정확한 영향을 제시할 필요성이 있다. 따라서 격자별 서식밀도를 활용하는 분석방법이 적용되어야 할 것이다 (Wong and Lee, 2005). 또한, 단일 년도의 분포양상은 그 해의 특수성을 가지기 때문에 종의 분포 특성을 대변하기 힘들 것이다 (Araújo and New, 2006). 따라서 다년간의 분포 자료를 수집하여 통합적으로 분석하는 것이 요구된다 (Ensemble Model: Araújo and New, 2006).

본 연구에서는 두루미류의 분포가 인위적 요인 및 자연적 요인에 의하여 결정될 것으로 가정하였다. 특히,

도로 및 건물 등의 인간에 의한 교란요인으로 판단하고 이들에 의해 두루미류의 서식밀도가 영향을 받을 것으로 가설을 설정하였다. 위와 같은 인위적 교란요인과 자연적 요인들의 영향에 대해 회귀분석을 통해 서식밀도 모델을 만들고, 주요 서식요인을 밝히려 하였다.

연구 방법

1. 연구범위

조사지역은 강원도 철원군 동송읍, 철원읍에 해당하는 민간인통제지역 인근지역이다 (Fig. 1). 두루미류의 취식지는 주로 논이며, 추수 후 남겨진 낙곡을 주요 먹이로 한다 (Pae 1994; 2000). 조사는 2009년 1월부터 2014년 1월까지 6개 월동기간 동안 이루어졌으며, 개체군 변동이 낮은 매년 1월의 분포 (Pae, 2000) 6개 자료의 결과를 분석에 활용하였다. 조사 범위는 Fig. 1의 범위와 같았다 (Yoo *et al.*, 2011).

2. 조사방법

1) 두루미류의 취식지 분포

현장조사는 2인 1개조, 4개 팀으로 나뉘어 차량으로 이동하면서 정해진 구역과 순서로 조사하였다. 조사지역은 중첩되지 않도록 하였으며, 조사가 완료될 시점에서 전체 두루미류 서식지가 조사되도록 하였다. 분포도는 두루미 (*Grus japonensis*)와 재두루미 (*Grus vipio*)의 취식무리를 대상으로 구글어스 (Google Earth)의 위성영상을 이용하여 현 위치와 현장의 지형 및 논이 배치를 참고하여 작성하였다. 10 m 이상 떨어진 거리의 무리는 다른 무리로 구분하였으며 (Yoo *et al.*, 2009), 서로 인접한 구역의 경우 동일 시간대에 조사하여 서로 중복되는 것을 방지하였다. 최종적으로 분석에 사용된 두루미와 재두루미의 분포는 다음과 같았다 (Fig. 2). 분석에 사용된 분포자료는 2009년부터 2014년 1월까지 6회의 자료로 두루미가 1,334 무리 (평균 3.4개체±표준오차 0.80, 범위 1~50개체), 재두루미가 2,091 무리 (평균 4.2개체±표준오차 0.79, 범위 1~250개체)였다.

2) 환경요인에 대한 조사

조사지역에 대한 1:5,000 수치지도에서 ArcGIS (10.0)를 이용해 거주지와 도로를 추출하였다 (Fig. 1). 도로는 포장된 농로와 비포장 소로 등을 제외하고 차량의 통행이 많은 도로를 추출하였다 (Yoo, 2004). 도로의 구분은 차량통행이 많은 도로, 중간인 도로, 낮은 도로로 구분

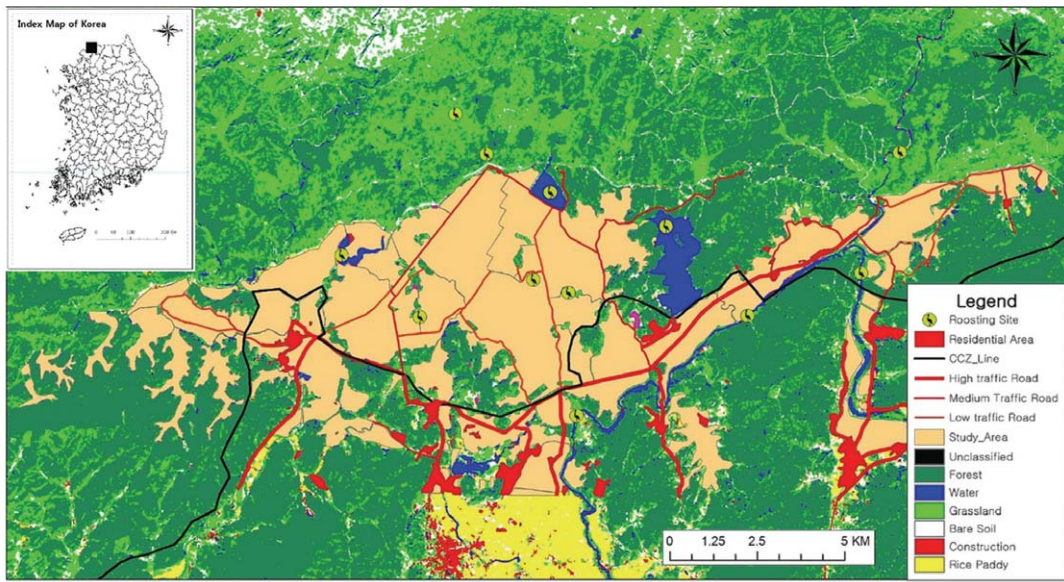
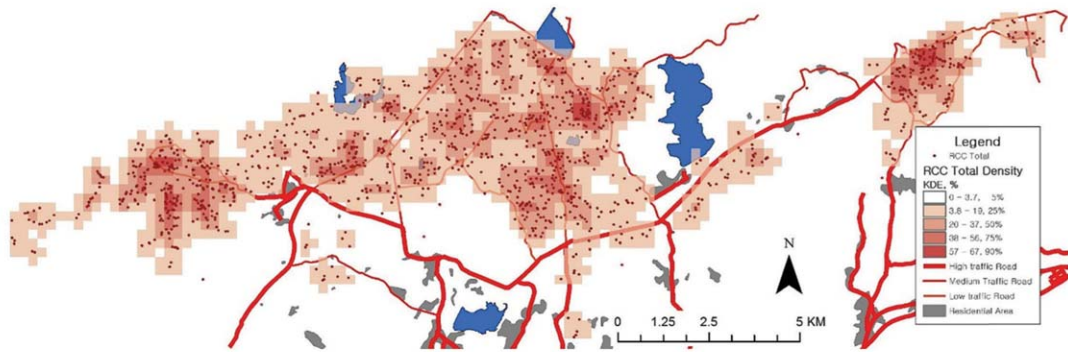
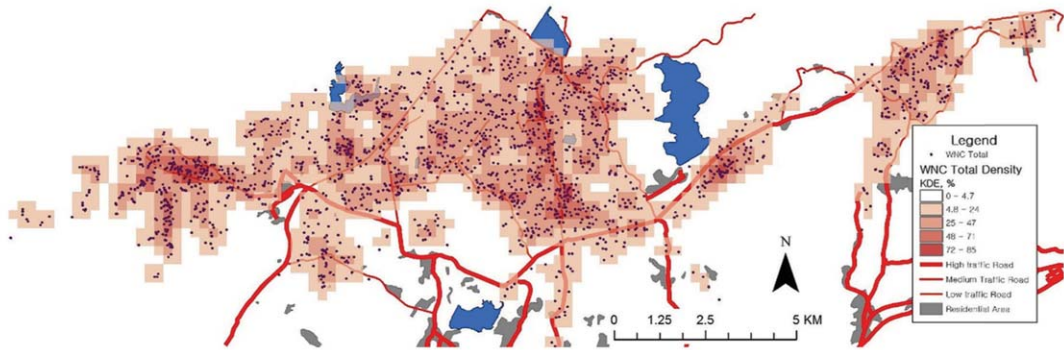


Fig. 1. Map of the study area above the land cover classification map and the environmental factors.



(A) Red-crowned Crane



(B) White-naped Crane

Fig. 2. Merged distribution and density map of the crane in January from 2009 to 2014.

하였다 (Yoo *et al.*, 2007). 비닐하우스의 밀도는 수치지도에서 인공물을 추출하고 현장에서 비교하여 분포도를

작성하였다. 2007년 이후 추가된 비닐하우스나 인공적인 건물은 Google Earth 위성영상을 기본으로 현장조사

Table 1. Dependent and influencing factors and experiment properties for the crane's spatial distribution aspect and regression model.

Influencing and dependent factors		Summarizing word	Testing properties	
Dependent factor	Flock density of the RCC and WNC during 6 wintering season	RCC_T_DEN WNC_T_DEN	Density in same quadrat	
	Nearest distance from residential area	N_RES	Distance from the factors by 100 m intervals	
Distance variables	High traffic road	N_HTR		
	Nearest distance from paved road	Medium traffic road		N_MTR
		Low traffic road		N_LTR
	Nearest distance from military facility	N_MF		
Influencing factors	Nearest distance from roosting site	N_Roost	Density correlation	
	Nearest distance from reservoir	N_Lake		
	Average green house density	AGH_DEN		
Density or extents variables	CCZ or non-CCZ	CCZ	Density differences between CCZ and non-CCZ	
	Available feeding area extent	AV_FE	Available feeding area within 500 m	

에서 확인하여 분포도를 작성하였다. 밀도계산은 ArcGIS10.0 프로그램을 이용해 반경 500 m를 참조하여 250 m 격자 기준으로 밀도 데이터를 생성하여 분석에 활용하였다.

3) 인위적요인 및 자연적요인과 분포밀도의 상관관계

서식밀도평가는 두루미류의 개별분포를 이용할 경우 분포가 밀집한 장소의 밀도가 과대평가 될 수 있기 때문에 일정간격의 밀도인용지점이 필요하였다. 따라서 두루미류의 월동기 행동반경인 500 m 범위를 참조하여 (Lee, 2009) 250 m 격자로 밀도를 산출하였다. 밀도 인용지점은 전체 서식 가능한 지역을 포괄하는 직사각형의 레스터 데이터를 생성 후 250 m 간격의 점 데이터로 변환하고 이를 연구대상지에 포함되는 점만으로 선정하였다. 최종적으로 밀도참조지점으로 사용된 것은 모두 1,356 지점이었다. 분석에 사용한 환경요인과의 거리는 거주지, 군부대 시설, 잡자리, 도로(통행량이 많은, 중간, 낮은 도로), 저수지와 도면상 데이터수집지점과의 최단 거리를 활용하였다 (Table 1). 거리평가의 단위는 100 m로 하였으며, 위 요인을 이용하여 두루미류의 서식밀도와 피어슨 상관관계를 구하였다.

4) 두루미류의 서식밀도 모델

서식밀도 모델을 만들기 위하여 적용한 요인의 범위는 연구결과를 참고하여 거주지와 거리는 2.5 km, 통행량이 많은 도로와의 거리의 경우 2 km 이내로 제한하여 입력데이터로 사용하였으며, 군부대와의 거리는 800 m

이내로 제한하여 사용하였다. 최종적인 밀도모델은 거리가 제한된 거주지와 거리, 통행량이 많은 도로와의 거리 등에서 제한거리 이상인 경우 최대제한거리로 치환하여 다변량 회귀분석을 실시하였다. 또한 다변량 회귀분석을 통해 유도된 수식을 이용하여 밀도분포 지도를 작성하였다.

연구 결과

1. 서식 요인에 의한 두루미류의 분포

1) 먹이요인에 의한 분포

밀도측정지점으로부터 500 m 이내의 이용이 가능한 농경지 면적이 넓을수록 두루미와 재두루미의 서식밀도는 모두 증가하였으며 유의한 상관관계를 나타내었다 (Fig. 3, RCC: $r = -0.474$, $n = 1,356$, $p < 0.001$; WNC: $r = -0.541$, $n = 1,356$, $p < 0.001$). 반면 비닐하우스의 밀도 (40개 km^{-2} 이하에서)가 높을수록 두루미와 재두루미 모두 밀도가 감소하는 경향이 있었다 (Fig. 4). 비닐하우스 밀도가 40 km^{-2} 에서 80 km^{-2} 인 구간에서는 증감하는 경향이 없이 공통적으로 낮은 밀도를 보였다.

2) 잡자리 요인에 의한 분포

잡자리로부터의 거리에 따른 서식밀도는 인근지역에서 낮은 밀도를 보였으나 500 m에서 1,500 m 정도에서 높은 값을 가졌으며, 1,500 m 이상에서는 잡자리와 멀어

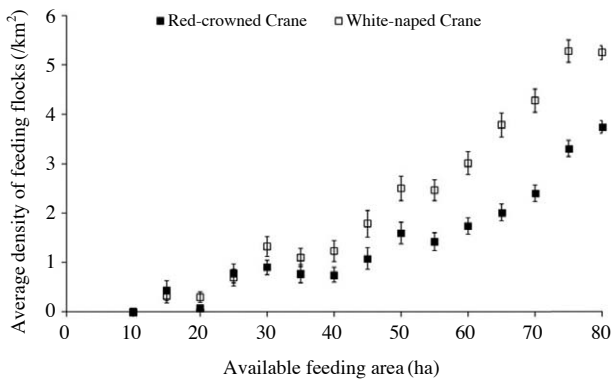


Fig. 3. Average feeding flock density of the cranes by available feeding area.

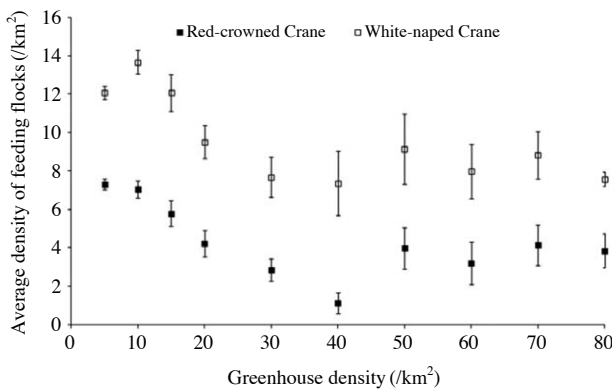


Fig. 4. Average feeding flock density of the cranes by greenhouse density.

질수록 밀도가 감소하는 양상을 보였다 (Fig. 5, RCC: $r = -0.195$, $n = 1,356$, $p < 0.001$; WNC: $r = -0.225$, $n = 1,356$, $p < 0.001$). 저수지와외의 거리 또한 가까운 곳은 낮은 밀도를 보였지만, 3 km까지는 밀도가 감소하였으며 다시 증가하였다가 감소하는 양상을 보였다 (Fig. 6. RCC: $r = -0.096$, $n = 1,356$, $p < 0.001$, WNC: $r = -0.206$, $n = 1,356$, $p < 0.001$).

2. 인위적 요인에 의한 두루미류의 분포

1) 거주지 및 군사시설지역에 의한 영향

두루미와 재두루미의 서식밀도는 거주지에 가까울수록 감소하였고, 멀어질수록 증가하여 2.5 km까지 증가하는 양상을 보였다 (Fig. 7, Red-crowned Crane, RCC: $r = 0.631$, $n = 1,055$, $p < 0.001$; White-naped Crane, WNC: $r = 0.583$, $n = 1,055$, $p < 0.001$). 3 km 이상으로 멀어질 경우 두루미와 재두루미의 서식밀도는 공통적으로 감소하

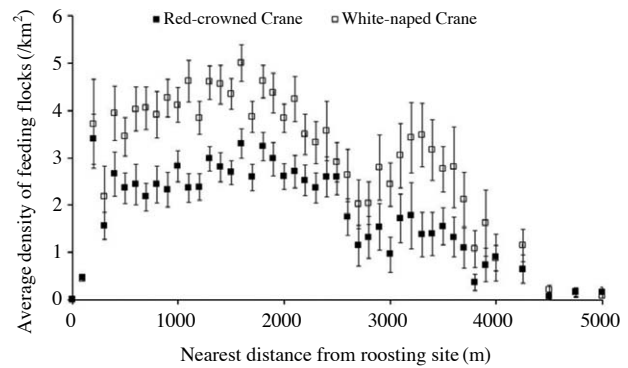


Fig. 5. Average number of feeding flock density of the cranes by distance from roosting site.

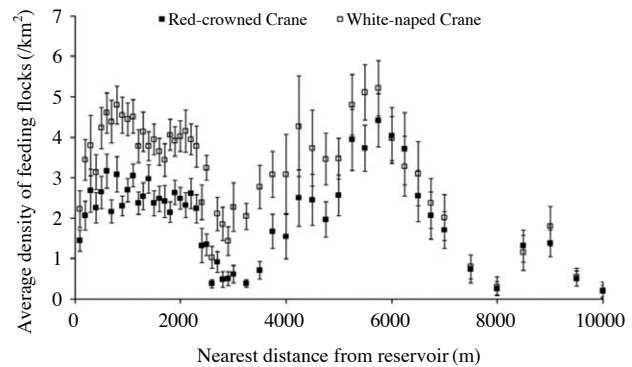


Fig. 6. Average number of feeding flock density of the cranes by distance from reservoir.

였다. 군사시설지역에 가까운 지역은 약 700~800 m까지 밀도가 증가하는 양상을 보였으며 (Fig. 7, RCC: $r = 0.148$, $n = 497$, $p < 0.01$, WNC: $r = 0.111$, $n = 497$, $p < 0.05$), 거주지의 영향과 비교할 때 영향거리가 멀지 않았으며, 가까운 곳에서도 상대적으로 높은 두루미류 서식밀도가 나타났다 (Fig. 8).

2) 도로에 의한 영향

두루미와 재두루미 두 종의 서식밀도는 통행량이 많은 도로에 가까울수록 감소하였다 (Fig. 8, 통행량이 많은 도로: HTR). 반대로 거리가 멀어질수록 2 km까지 서식밀도가 증가하는 양상을 보였으며 (Fig. 8-A-HTR, $r = 0.378$, $n = 1,356$, $p < 0.001$; Fig. 8-B-HTR, $r = 0.270$, $n = 1,356$, $p < 0.001$), 가까운 지역의 서식밀도가 두루미에서 낮게 나타났다. 도로와의 거리에 따른 서식밀도는 통행량에 따라 다르게 나타났는데, 통행량이 중간인 도로 (MTR)의 경우 2 km까지의 거리에서 두루미의 경우 서식밀도의 차이를 보이지 않았으며 (Fig. 8-A-MTR,

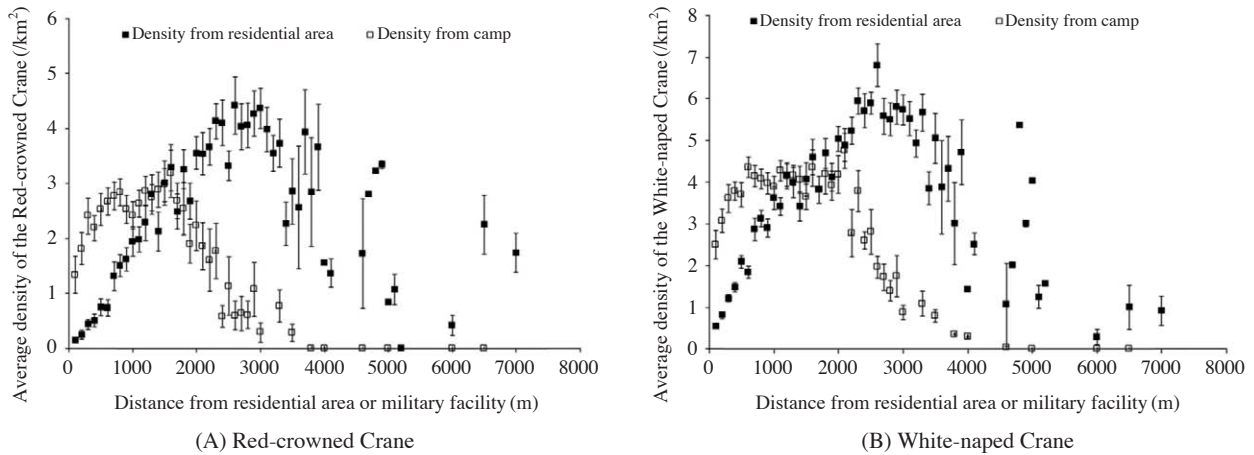


Fig. 7. Average feeding flock density in each crane species from residential area and military facility.

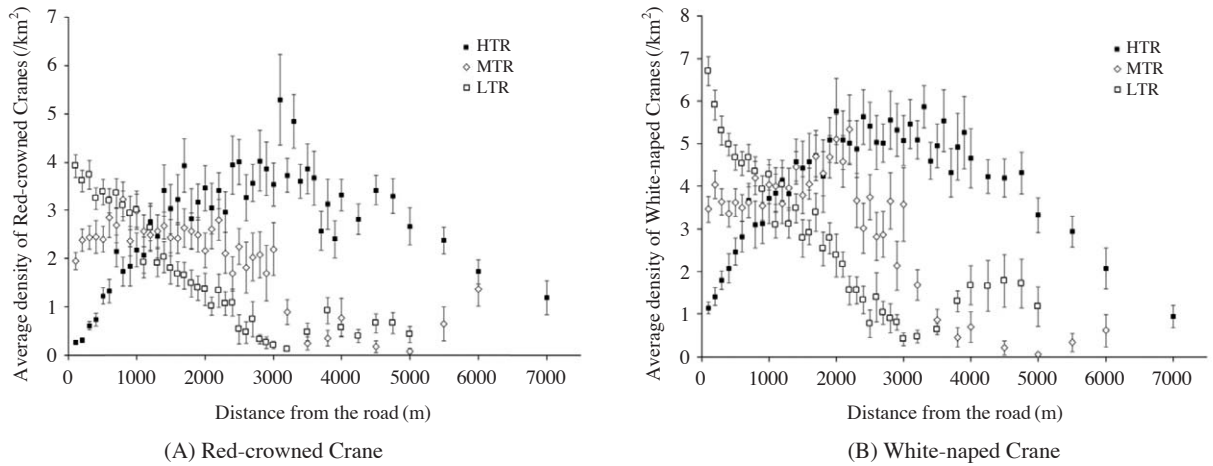


Fig. 8. Average feeding flock density of cranes (A, B) in each distance intervals from the road (HTR: high traffic road, MTR: middle traffic road, LTR: low traffic road).

$r=0.029$, $n=1,006$, $p=0.360$), 재두루미의 경우 도로와 멀어짐에 따라 밀도가 증가하는 양상을 보였다(Fig. 8-B-MTR, $r=0.118$, $n=1,006$, $p<0.001$). 반면 통행량이 낮은 도로(LTR)의 인근 지역은 오히려 높은 두루미류의 서식밀도를 나타내었다(Fig. 8-A-LTR, $r=-0.451$, $n=1,151$, $p<0.001$, Fig. 8-B-LTR, $r=-0.521$, $n=1,151$, $p<0.001$). 결과적으로 통행량이 높은 도로인근 취식지는 선호되지 않는 지역이었지만, 통행량이 낮은 도로인근 취식지는 선호되는 지역이었다.

3. 민간인통제지역 내외의 서식밀도 차이

두루미류가 선호하는 서식지로 평가되고 있는 민간인 통제지역의 내외의 밀도차이를 비교하고 그 결과를 서

식모델로 활용하였다. 두루미의 민통선 내에서의 서식밀도는 $9.3 \pm 7.5 \text{ km}^{-2}$ (평균±표준편차)이었으며, 민통선 밖의 서식밀도는 $1.8 \pm 3.3 \text{ km}^{-2}$ 으로 통계적으로도 유의미한 차이가 있었다(Fig. 9, t-test, $t=19.3$, $df=1,279$, $p<0.001$). 재두루미는 민통선 내에서의 서식밀도가 $15.0 \pm 9.6 \text{ km}^{-2}$ 이었으며, 민통선 밖의 서식밀도는 $6.9 \pm 8.1 \text{ km}^{-2}$ 로 차이가 있었다($t=19.3$, $df=1,279$, $p<0.001$). 두루미의 민간인통제지역 내의 밀도는 외부에 비하여 5.2배 높았으며, 재두루미의 경우는 2.2배 높게 나타났다.

4. 서식밀도모델 및 검증

1) 두루미류의 서식모델

회귀모델을 작성하기 위해, 단계선택에 의한 다중회귀

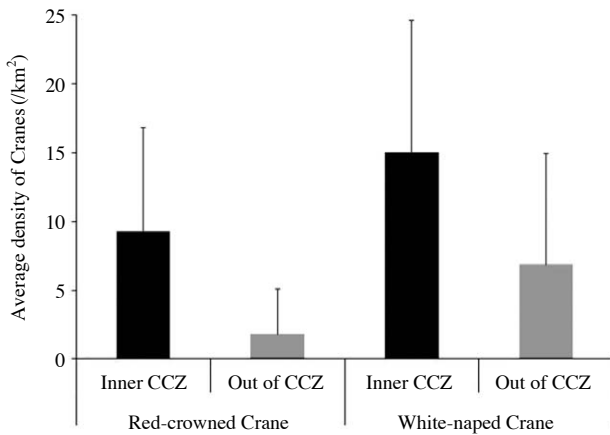


Fig. 9. Differences of the average density of cranes between inner CCZ and out of CCZ.

분석을 실시하였다. 거주지와 거리, 이용 가능한 농경지의 면적, 민간인통제지역 그리고 통행량이 많은 도로와의 거리가 회귀모델을 충족하는 변수로 선택되었으며, 두루미의 서식밀도 모델을 표현하는 회귀식은 다음과 같았다.

$$DEN_RCC = -1.40 + 3.4 \times AV_FE + 1.27 \times N_RES - 0.54 \times CCZ_0 + 0.4 \times N_HTR$$

∴ AV_FE : Available feeding area (km²)
 N_RES : Nearest distance from residential area (km)
 CCZ_0 : Civilian Control Zone, (Value=0 or 1, 0: inside the CCZ, 1: outside the CCZ)
 N_HTR : Nearest distance from high traffic volume road (km)

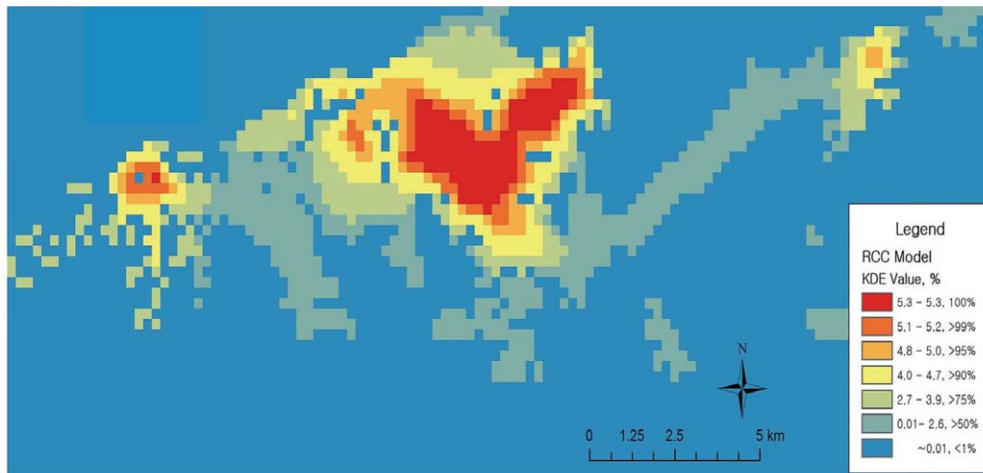


Fig. 10. The model of feeding flock density in wintering Red-crowned Crane in Cheorwon, Korea according to the regression equation induced from anthropogenic and natural factors.

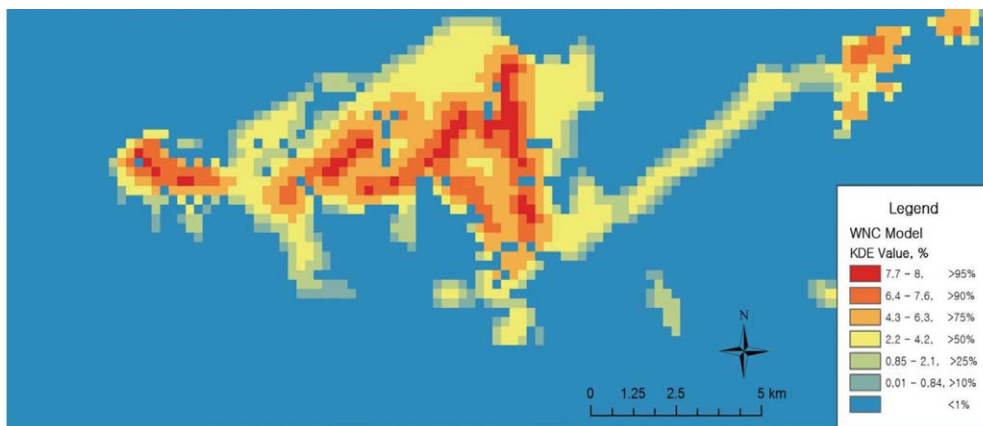


Fig. 11. The model of feeding flock density in wintering White-naped Crane in Cheorwon, Korea according to the regression equation induced from anthropogenic and natural factors.

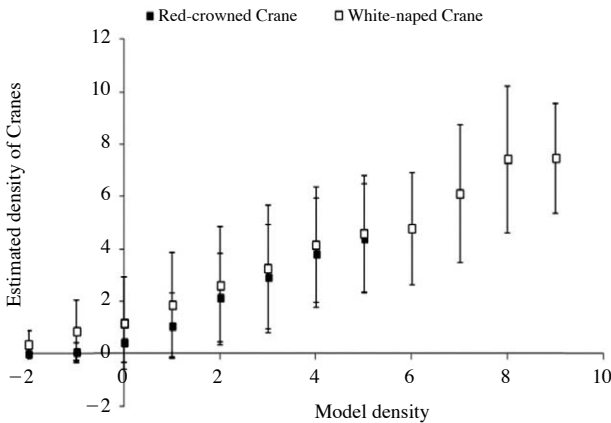


Fig. 12. Correlation between model density and the estimated kernel density of cranes.

Table 2. Habitat use rate of the Red-crowned Crane and White-naped Crane between inner and out of CCZ.

CCZ	Properties	Species	
		RCC	WNC
Inner CCZ	KDE>0	796	855
	KDE=0	81	22
	Total	877	877
	Habitat use rate	90.8%	97.5%
Out of CCZ	KDE>0	182	292
	KDE=0	222	112
	Total	404	404
	Habitat use rate	45.0%	72.3%

결과적으로 두루미는 이용 가능한 농경지의 면적에 크게 좌우되었으나, 교란에 민감하여 거주지 및 통행량이 많은 도로에서 가까울수록, 밀도가 크게 감소하는 것으로 나타났다 (Fig. 10).

반면 재두루미는 이용 가능한 농경지의 면적, 통행량이 낮은 도로와의 거리, 그리고 저수지와와의 거리에 의해 모델이 만들어졌으며 (Fig. 11), 인위적 교란요인에 의한 영향보다는 먹이자원의 요인에 영향을 많이 받는 것으로 나타났다.

$$DEN_WNC = 1.02 + 9.0 \times AV_FE - 5.47 \times N_LTR + 0.49 \times N_Lake$$

∴ AV_FE : Available feeding area (km²)
 N_LTR : Nearest distance from low traffic volume road,
 N_Lake : Nearest distance from lake

2) 서식모델의 타당성 평가

모델을 최종적으로 검증하기 위하여 밀도평가의 기준격자 내에서 최종모델과 실제 평가된 밀도의 상관관계를 구하였다. 두 가지 종 모두에서 모델에 의한 밀도 추정값과 실제 조사된 분포자료의 밀도는 유의한 상관관계가 있었다 (RCC: r=0.68, p<0.001, WNC: r=0.65, p<0.001, Fig. 12).

고찰

본 연구결과 두루미류의 분포밀도는 자연적 요인 뿐 아니라 인위적 요인에 의해서 크게 좌우되었으며, 거주지 및 통행량이 많은 도로는 큰 영향을 주었다. 특히 두루미는 재두루미에 비하여 거주지와 도로의 영향에 의하여 분포밀도가 결정되는 모델을 보였다 (연구결과 2). 이것은 두루미가 개발지역 및 거주지 인근을 이용하지 않는다는 기존의 연구를 지지하는 결과이다 (Pae, 1994, 2000).

잠자리와의 거리는 기존에 중요한 취식지 선호요인으로 제안되었으며 (Spalding and Krapu, 1994; Pae, 1994, 2000; Austin and Richert, 2001), 본 연구에서도 잠자리와의 거리가 멀수록 밀도가 감소하는 변화가 나타났다. 비행에 소요되는 에너지를 최소화하기 위하여 잠자리 인근 지역의 취식지를 선호하는 것으로 판단된다 (Spalding and Krapu, 1994). 하지만, 철원지역은 다양한 잠자리가 비교적 가까운 거리에 존재하기 때문에 잠자리와의 최단 거리를 이용한 본 연구에서는 잠자리에서 먼 거리에서 밀도가 다시금 증가하는 양상을 보였다. 이것은 분석대상 거리에서 다른 잠자리의 영향권 내의 결과를 반영하였기 때문이라 판단된다.

월동기의 잠자리로는 결빙된 저수지가 많이 이용된다 (Yoo et al., 2011). 하지만 저수지로부터 500 m 이내의 지역은 서식밀도가 낮게 나타났다. 이것은 두루미류와 먹이의 경쟁종이며 철원지역에서 가을철 우점종인 쇠기러기 *Anas albifrons*의 취식에 의한 영향으로 알려져 있다 (Yoo, 2004). 쇠기러기에 의해 월동초기 저수지 인근 지역의 먹이가 빨리 고갈될 것이며, 이에 따라 두루미류의 서식밀도가 감소한 것으로 예상 할 수 있다 (Yoo et al., 2008). 또한 통행량이 낮은 도로와의 거리는 재두루미에 의해 선호되는 지역이었는데, 재두루미와 같이 낙곡을 먹이로 하는 쇠기러기의 대규모 무리가 취식활동을 하기에 부적합하여 먹이량이 상대적으로 많았기 때문이다 (Yoo et al., 2007).

본 연구에서는 두루미류의 환경요인과의 거리별 밀도를 구하고 일정한 간격의 데이터 추출점 중 조사지역 내의 지점(건폐지 및 산림지역 제외)을 선정하여 자료를 추출하였다. 이전의 Herr and Queen (1993)의 연구에서, 거리별 서식밀도를 이용한 것은 서로 다른 면적에 따른 밀도의 왜곡이 발생할 수 있었다. 또한 Yoo *et al.* (2011)의 경우 구간별 밀도를 이용한 상관관계 및 회귀 모델을 구하였는데, 각 구간에서의 변이를 반영하지 못하는 약점을 가졌다. 본 연구는 다년간의 분포를 중첩하여 세밀한 분포밀도를 구하였으며, 구간의 거리를 100 m 단위로 세분화하였다. 최종적으로 각 구간별 밀도를 추출하고 평균을 구해 밀도의 분산을 반영하여 실질적인 분포의 경향을 거리에 따라 보여줄 수 있었던 것으로 판단한다.

적 요

본 연구에서는 두루미류의 개체군 및 서식밀도에 영향을 주는 요인 중 자연적 요인과 함께, 인간에 의한 직·간접적인 교란의 영향에 의한 서식분포모델을 도출하고자 하였다. 대상지역은 강원도 철원군의 민간인통제 지역이며, 2009년부터 2014년까지 매년 1월의 두루미와 재두루미의 분포를 대상으로 하였다. 두루미류의 서식밀도는 거주지, 군사시설, 통행량이 빈번한 도로와 가까울수록 서식밀도가 감소하였고, 거리가 멀어질수록 서식밀도는 증가하였다. 통행량이 적은 도로, 잠자리와의 거리 및 비닐하우스의 밀도가 증가할수록 두루미류의 서식밀도는 감소하는 경향을 보였다. 또한, 두루미류의 서식밀도는 민간인통제지역 외부보다 내부의 밀도가 높게 나타났다. 전체 요인을 이용해 단계적 진입을 통한 회귀분석의 결과, 두루미는 $3.4 \times AV_FE$ (이용이 가능한 농경지의 면적 ha) + $1.27 \times N_RES$ (거주지와의 거리 km) - $0.54 \times CCZ_0$ (민통선 내:0-외:1) + $0.4 \times N_HTR$ (통행량이 많은 도로와의 거리) - 1.40이었다. 재두루미는 $9.0 \times AV_FE$ - $5.47 \times N_LTR$ (통행량이 낮은 도로와의 거리 km) + $0.49 \times N_Lake$ (저수지와의 거리 km) + 1.02이었다. 두루미와 재두루미 모두 공통적으로 이용 가능한 농경지의 면적이 중요하였고, 두루미에서는 거주지와의 거리 및 통행량이 많은 도로와의 거리가, 재두루미에서는 통행량이 낮은 도로와의 거리가 중요한 요인으로 나타났다. 두 가지 종 모두에서 모델에 의한 추정값과 실제 분포를 이용한 밀도 사이에 유의미한 상관관계가 나타났다.

사 사

본 연구의 일부 내용은 2014년 한국환경생태학회, 한국환경영향평가학회, 한국생태학회 학술발표회에서 소개가 되었음을 밝힙니다. 또한 본 연구는 2002년 이후의 지속연구로서 국립환경과학원과 국립생물자원관의 연구비 지원이 있었으며, 국립생태원의 연구지원으로 수행되었음을 알려드립니다.

REFERENCES

- Araújo, M.B. and M. New. 2006. Ensemble forecasting of species distribution. *TRENDS in Ecology and Evolution* **22**(1): 42-47.
- Austin, J.E. and A.L. Richert. 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, 157pp.
- Barnosky, A.D., N. Matzke, S. Tomiya, G.O.U. Wogan, B. Swartz, T.B. Quental, C. Marshall, J.L. McGuire, E.L. Lindsey, K.C. Maguire, B. Mersey and E.A. Ferrer. 2011. Has the Earth's sixth mass extinction already arrived? *Nature* **471**: 51-57.
- Benítez-López, A., R. Alkemade and P. Verweij. 2010. The impacts of roads and other infrastructure on mammal and bird population: A meta-analysis. *Biological Conservation* **143**: 1307-1316.
- Bibby, C.J., N.D. Burgess and D.A. Hill 1997. Bird census technique. Academic Press, London, U.K., 257pp.
- Gaudie, A. 2006. The Human Impact: on the Natural Environment (3rd eds). Blackwell Publishing Ltd, Oxford.
- Herr, A.M. and L.P. Queen 1993. Crane habitat evaluation using GIS and remote sensing. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing* **59**(10): 1531-1538.
- <http://www.npwr.usgs.gov/resource/2003/wcdata/wcdata.htm>
- Kim, J.Y., C.W. Seo, H.S. Kwon, J.E. Ryu and M.J. Kim. 2012. A Study on the species distribution modeling using national ecosystem survey data. *Journal of Environmental Impact Assessment* **21**(4): 593-607. (in Korean with English abstract)
- Kwon, H.S., J.E. Ryu, C.W. Seo, J.Y. Kim, D.O. Lim and M.H. Suh. 2012. A Study on distribution characteristics of *Corylopsis coreana* using SDM. *Journal of Environmental Impact Assessment* **21**(5): 735-743. (in Korean with English abstract)
- Lee, D.K. and W.K. Song. 2008. A study on the analytic unit of habitat suitability assessment and selection in conservation areas for leopard cat (*Prionailurus bengalensis*): Focus on

- chungcheong province area. *Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture* **36**(5): 64-72. (in Korean with English abstract)
- Lee, K.S. 2009. Wintering status of Red-crowned Crane wintering population increase and conservation in Korea. p. 12-19. *In: Toward the future: the Red-crowned Crane and People* (Koga, K., D. Hu and K. Momose, eds.). Tancho Protection Group, Hokkaido, Japan.
- MEA; Millennium Ecosystem Assessment. 2005. Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis. Island Press, Washington, DC.
- Miller, J.R., M.G. Turner, E.A.H. Smithwick, C.L. Dent and E.H. Stanley. 2004. Spatial Extrapolation: The Science of Predicting Ecological Patterns and Processes. *BioScience* **54**(4): 310-320.
- Pae, S.H. 1994. Wintering ecology of Red-crowned Crane *Grus japonensis* and White-naped Crane *Grus vipio* in Cholwon basin, Korea. M. Sc. Thesis, Kyung Hee University. 43p.
- Pae, S.H. 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. (in Korean with English abstract)
- Pimm, S.L., G.H. Russell, J.H. Gittleman and T.M. Brooks. 1995. The future of biodiversity. *Science* **269**: 347-350.
- Sala, O.E., F.S. Chapin III, J.J. Armesto, E. Berlow, J. Bloomfield, R. Dirzo, E. Huber-Sanwald, L.F. Huenneke, R.B. Jackson, A. Kinzig, R. Leemans, D.M. Lodge, H.A. Mooney, M. Oesterheld, N.L. Poff, M.T. Sykes, B.H. Walker, M. Walker, D.H. Wall. 2000. Global biodiversity scenarios for the year 2100. *Science* **87**: 1770-1774.
- Seo, C.W., T.Y. Choi, Y.S. Choi and D.Y. Kim. 2008. A study on wildlife habitat suitability modeling for goral (*Nemorhaedus caudatus raddeanus*) in seoraksan national park. *The Korea Society of Environmental Restoration Technology* **11**(3): 28-38. (in Korean with English abstract)
- Spalding, D.W. and G.L. Krapu. 1994. Communal roosting and foraging behavior of staging Sandhill Cranes. *Wilson Bulletin* **106**(1): 62-77.
- Steadman, D.W. and P.S. Martin 2003. The late quaternary extinction and future resurrection of birds on Pacific islands. *Earth-Science Reviews* **61**: 133-147.
- Thorn, J.S., V. Nijman, D. Smith and K. A.I. Nekaris 2009. Ecological niche modelling as a technique for assessing threats and setting conservation priorities for Asian slow lorises (Primates: *Nycticebus*). *Diversity and Distributions* **15**(2): 289-298.
- Vitousek, P.M. 1994. Beyond global warming: ecology and global change. *Ecology* **75**: 3-15.
- Won, P.O. 1980. Present status of the cranes wintering Korea and their conservation. Theses Collection, Kyung Hee University **10**: 413-421.
- Wong, D.W and J. Lee. 2005. Statistical analysis of geographic information with ArcView GIS and ArcGIS. JOHN WILEY & SONS, INC. Hoboken, New Jersey, USA, 441p.
- Yoo, S.H. 2004. Some factors affecting the distribution of *Grus japonensis* and *Grus vipio* behavioral aspects of family group. Ms. Thesis of Kyung Hee University, 113pp. (in Korean with English abstract)
- Yoo, S.H., H.S. Kwon, J.J. Park and C.H. Park. 2011. Spatial distribution of feeding site and the relationship between density and environmental factors (Roosting Site, road and residence) of cranes in Cheorwon Basin, Korea. *Korean Journal of Environment and Ecology* **25**(4): 516-525. (in Korean with English abstract)
- Yoo, S.H., K.S. Lee and J.C. Yoo. 2007. Reaction to the vehicle and trade off between vehicular interruption and food resources of cranes: focused on the wintering cranes in Cheorwon basin, Korea. *Korean Journal of Environment and Ecology* **21**(6): 526-535. (in Korean with English abstract)
- Yoo, S.H., I.K. Kim, T.H. Kang, H.J. Cho, S.W. Lee and H.S. Lee. 2008. Wintering Bird Community in Cheonsu Bay and the Relationship with Food Resources. *Korean Journal of Environment and Ecology* **22**(3): 301-308. (in Korean with English abstract)
- Yoo, S.H., K.S. Lee, I.K. Kim, T.H. Kang and H.S. Lee. 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 versus traffic condition. *Korean Journal of Environment and Ecology* **23**: 41-49. (in Korean with English abstract)