

Research Paper

서식지 교란 및 민간인통제지역 해제에 의한 두루미와 재두루미의 핵심서식지 변화

유승화* · 정화영* · 김경순* · 유동수* · 김남신* · 김화정** · 허위행** · 김진한** · 이기섭***
국립생태원*, 국립생물자원관**, 한국물새네트워크***

The change of core habitats of the cranes due to release
of the civilian control zone; CCZ and construction disturbance

Yoo, Seunghwa* · Hwayoung Jung* · Kyoungsoon Kim* · Dong Su Yu* ·
Namshin Kim* · Hwajung Kim** · Weehaeng Hur** · Jinhan Kim** · Kisup Lee***

National Institute of Ecology*, National Institute of Biological Resources**, Korean Waterbird Network***

요약 : 멸종위기 야생생물인 두루미와 재두루미는 인간에 의한 교란에 취약한 조류이다. 본 연구는 두루미류의 월동지인 철원의 민간인통제지역 중 일부 해제지역의 서식밀도 변화를 비교하여 그 중요성을 검증하고자 하였다. 또한 공사 및 비닐하우스 건설 등 교란에 의해 두루미류 핵심서식지역 범위에 대한 영향을 평가하였다. 연구결과 민간인통제지역 내에서의 공사 및 개간은 두루미류의 핵심서식지를 위축시키고, 원거리의 핵심서식지 면적을 증대시키는 영향이 있었다. 민간인통제지역의 개방은 2011년 3월에 이루어졌는데, 그 이전 이후의 3년간을 비교할 때 비닐하우스의 건립이 급격히 증가하였다. 민간인통제지역에서 해제된 지역은 비닐하우스의 건설이 집중적으로 증가하였고 개별 비닐하우스의 규모도 증가하였으며 이에 따라 두루미의 취식영역이 감소하는 영향이 있었다. 하지만 민간인통제지역에서 해제된 지역임에도 불구하고 두루미의 취식밀도는 감소하지 않았고, 재두루미의 취식밀도는 오히려 증가하였는데, 이는 인근의 잠자리지역에 먹이를 공급했기 때문으로 판단되었다. 향후 민간인통제지역이 추가적으로 해제될 경우 두루미류의 서식밀도가 더욱 낮아질 것으로 예상되었다.

주요어 : 두루미류, 공사의 영향, 취식밀도, 서식지 교란, 비닐하우스 건설의 영향

Abstract : The endangered species, The Red-crowned Crane and the White-naped Crane are vulnerable species to the disturbance for human beings. We examined the importance of CCZ for the cranes by comparing the crane's density in some CCZ-released areas, which are cranes' wintering site in Cheorwon. We also assessed influence of disturbance such as construction and greenhouses on core habitats of cranes. Our study results suggested that the construction and reclamation in the CCZ shrunk core habitat area while increasing core area of far from the construction and reclamation area. The CCZ has been set since March, 2011 and the number of greenhouse has rapidly increased

after 2012. As the number and size of greenhouse in the area where designation of CCZ was cancelled increased, foraging area of cranes diminished. Although the area where designation of CCZ was cancelled seemed to have more human disturbance than CCZ, the foraging density of cranes did not decline and even that of white-naped cranes increased. This could be the influence of artificial food supply at their roosting site. In conclusion, if the area of CCZ decline continuously in the future, density of cranes would decrease.

Keywords : Crane Species, Construction Impact, Feeding flock density, Habitat disturbance, Greenhouse construction effect

I. 서론

한국전쟁 이후 반세기가 넘는 동안 체제의 분리를 위한 비무장지대(DMZ: Demilitarized Zone)는 자연자원의 울타리라는 소중한 역할을 하고 있다. 이와 더불어 완충구역으로 설정되어 있는 민간인통제지역(CCZ: Civilian Control Zone)은 출입이 매우 제한적인 비무장지대와 달리 농경지로 개발되어 수생먹이, 낙곡 등 농업부산물물을 이용하는 야생동물의 서식지로 매우 중요한 역할을 하고 있다(유승화 등, 2008; Choi *et al.*, 2008; Amano, 2009). 민간인통제지역은 겨울철 농경지에 남겨진 낙곡, 물을 공급하는 저수지, 얼지 않는 하천을 포함하고 있어 두루미류에게 중요한 서식지역이다(배성환, 1994; 2000; 철원군, 2002). 특히 넓은 취식지, 도피처 및 휴식처와 잠자리(roosting site)를 필요로 하는 두루미류에 있어서 철원 민간인통제지역은 우리나라에서 두루미 서식에 가장 중요한 지역이다(배성환, 1994; 2000; 유승화 등, 2008; Won, 1980, Pae *et al.*, 1996).

두루미(*Grus japonensis*)는 적색자료집(Red Data)에 멸종위기 야생생물(Endangered C1)으로 분류되어 있으며, 재두루미(*Grus vipio*)는 취약종(Vulnerable)으로 분류되어 세계적으로 보호대상인 조류이다(BirdLife International 2013). 우리나라에서도 두루미는 환경부지정 멸종위기 야생생물 I급 및 문화재청 지정 천연기념물(202호)로 지정되어 있으며, 재두루미는 멸종위기 야생생물 II급 및 문화재청 지정 천연기념물(203호)로 지정되어 보호되고 있다(천연기념물센터: CNM, 2014). 두루미류의 먹이 터로 사용되는 농경지는 논이 대부분이다(배성환, 1994; 2000; 철원군, 2002; 유승화, 2004; 유승화

등, 2012; Lee *et al.*, 2001). 벼를 추수한 이후 남겨진 낙곡은 두루미류의 주요 먹이자원이며, 봄철 농업용수 공급을 위한 저수지는 한겨울 두루미류의 잠자리로 사용되는 장소이다(배성환, 1994; 2000).

두루미류는 인간의 활동에 민감하여 회피하는 특성을 보인다(배성환, 1994; 2000; 유승화 등, 2007; 2009; Wang *et al.*, 2011). 그럼에도 인간의 활동이 존재하는 민간인통제지역에서 서식하는 이유는 먹이자원과 잠자리 요건이 충족되기 때문인 것으로 보인다(유승화 등, 2008; 2012). 두루미류가 인간의 활동에도 불구하고 농업지역에서 서식하는 이유는 기러기류와 함께 겨울철 먹이를 위해 농경지에 적응하였기 때문이다(Abraham *et al.*, 2005; Amano, 2009). 하지만 영농활동 및 개발 등 교란요인이 지속적으로 증가한다면 월동개체군은 감소할 것이다(Chamberlain *et al.*, 2000; Donald *et al.*, 2001; 유승화 등, 2014a). 대표적으로 농경지에서 먹이를 찾고 저수지를 잠자리로 이용하는 오리류의 경우 영농환경 등의 여건에 따라 개체군이 감소한 사례가 있다(최유성 등, 2012). 한국 두루미류의 경우 민간인통제지역의 서부에 위치한 파주 및 북한의 안변지역에 서식하던 개체군이 방해요인 증가 및 개발에 의한 취식지 감소로 인해 철원지역에 집중적으로 분포하게 되었다(유승화, 2004). 따라서 향후 통일이 되어 철원지역이 공단 등으로 개발된다면 철원 두루미류 월동지역은 서식처로 유지되기 힘들어질 것이다(유승화 등, 2014b). 따라서 민간인통제지역의 해제 및 개발의 영향에 의한 두루미류의 핵심지역의 변화를 구체적으로 연구할 필요성이 있다(유승화 등, 2013). 유승화 등(2013)의 연구에서 두루미류의 핵심지역

추정방법 및 공사에 의한 영향 등을 단기간 연구한 사례가 있지만 두루미류의 분포경향이 특정시기에 일시적으로 영향을 받을 수 있으므로, 보다 일반적인 경향을 파악하기 위해서는 장기적 자료의 중첩 및 분석이 필요하였다(Araujo and New, 2006).

본 연구는 서식지의 교란요인이 두루미류의 핵심 서식지 분포에 주는 영향을 파악하고자 하였다. 교란 요인은 민간인통제지역의 해제, 비닐하우스의 설치와 농경지의 개간 및 공사지역으로 나누어 영향을 평가하였다. 또한 두루미류의 서식에 중요한 요인인 민간인통제지역이 해제되기 전과 후의 분포를 비교함으로써 검증하였으며, 민간인통제지역에서 해제된 곳에 두루미류의 분포와 밀도가 변화하였는지 확인 하도록 하였다. 이와같은 교란요인의 영향과 민간인 통제지역 해제에 의한 영향은 향후 동일이나 기타 개발에 의해 두루미류의 서식이 어떻게 영향을 받을 지 알 수 있는 중요한 판단근거가 될 것이라 기대된다.

II. 연구범위 및 방법

1. 연구범위

연구지역은 한국에서 두루미류의 최대월동지로 알려진 강원도 철원군의 민간인통제지역이다(Pae, 1994; 2000; Yoo *et al.*, 2008; 2012). 철원은 넓은 농경지와 민간인통제지역, 저수지, 비무장지대의 습지로 이루어진 잠자리 등이 존재하여 두루미류의 서식지로 이용되고 있다(배성환, 1994; 2000; 철원군, 2002, Figure 1). 두루미류는 비무장지대의 얼지 않

는 얇은 하천(Pae, 1994), 또는 저수지의 얼음위에서도 집단을 이루어 잠을 잔다(철원군, 2002). 민간인 통제지역은 군사보호지역으로 지정되어 건물을 신축하는데 어려움이 있지만, 비닐하우스, 농기계창고 등 영농관련 시설물의 신축이 가능하여 2000년대 이후 지속적으로 증가하고 있다(유승화 등, 2013). 철원의 일부 지역이 천연기념물로 지정되어 개발로부터 보호되지만, 2012년도에는 이 중 일부가 해제되어 잠자리로 이용되는 지역이 대체 천연기념물로 지정되었으며, 국가소유 토지에 대해서만 천연기념물로 유지되고 있다.

2. 조사 및 분석방법

1) 공사교란에 의한 핵심서식지 영향

(1) 두루미류 분포조사

두루미류의 분포조사는 두루미와 재두루미를 중심으로 이루어졌으며, 현장조사는 4개조(2인 1조)으로 나누어 차량으로 이동하면서 조별로 정해진 구역과 순서로 조사하였다. 조사지역은 중첩되지 않도록 하였으며, 모든 조에서 낮시간 동안 동시에 조사를 시작하고 마치도록 하였다. 분포도는 두루미류의 취식 무리를 대상으로 Google Earth의 위성영상을 이용해 조사자의 현 위치와 현장의 지형 및 논, 배치를 참고하여 작성하였다. 10m 이상 떨어진 거리의 무리는 다른 무리로 구분 하였으며(유승화 등, 2009), 서로 인접한 지역의 조사자들은 동시대에 조사하여 서로의 구역에서 개체수가 중복되지 않도록 하였다.

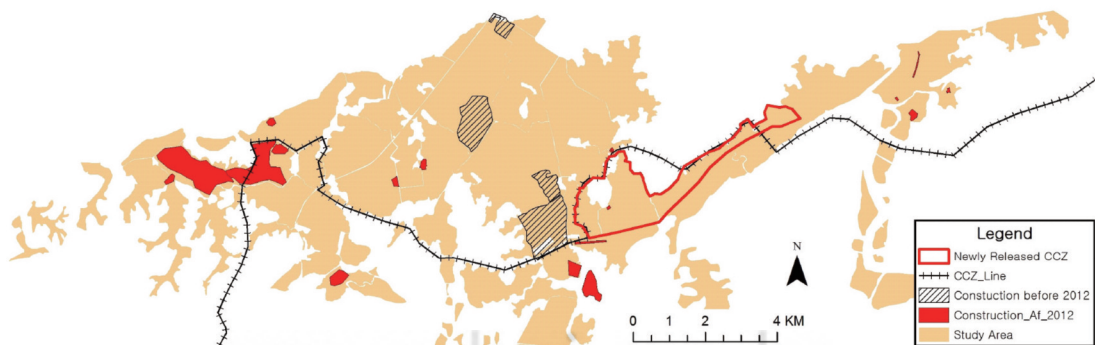


Figure 1. Map of the study area. The map contains the newly released area from CCZ and construction area from 2009 to 2014.

조사는 2009년 1월부터 2014년 1월까지 매년 1월의 분포조사 결과를 분석에 활용하였다.

(2) 교란에 의한 핵심서식지의 영향

두루미류 분포밀도 변화를 커널밀도측정법(KDE, kernel density estimation; Wornton, 1989)을 사용해 살펴보고자 하였다. 커널밀도측정법은 핵심지역 추정에 많이 사용하는 것으로(Sekercioglu *et al.*, 2007; Kauhala and Auttila, 2010; Sawyer, 2012; 최태영 등, 2012; 유승화 등, 2013), 야생동물 분포의 핵심지역은 KDE 값 상위 50% 이상인 지역이 주로 제안되었다(최태영 등, 2012; 유승화 등, 2013; Kauhala and Auttila, 2010). 데이터의 비교는 2009년에서 2011년, 2012년에서 2014년까지의 각 1월의 분포도 중첩자료를 사용하였다. 일정한 간격의 참조지점(250m 격자의 중심점)을 통해 ArcGIS10.2를 이용하여 평균 KDE값을 추출하였으며, 서식지역의 증감 및 밀도 값의 차이를 평가하였다. 또한 전체 지역의 2012년 이전과 이후의 서식지 교란요인 중·장기적으로 영향을 주었던 건설공사 및 개간공사 지역을 표기하였다. 핵심지역의 변화 및 공사지역에 의한 교란의 영향은 공사가 있었거나 인접지역(1km 이내)에서 공사가 이루어진 경우 교란을 받은 지역으로 분류하여 핵심지역(KDE 75%, 90% 이상)에 해당하는 면적을 비교하였다.

2) 민간인통제지역 해제에 의한 핵심서식지 영향

과거 철원지역의 비닐하우스는 민간인통제지역 외부에서 집중적으로 설치되었고, 내부에서는 마을 인근에 제한적으로 건설되었지만 민간인통제지역의 일부가 해제된 2012년 이후 급증하는 추세였다. 따라서 본 연구에서는 비닐하우스의 밀도를 2012년 전후로 비교하였다. 이에 따라 두루미류의 서식밀도 차이 또한 민간인통제지역에서 해제된 곳의 2012년 전후 두루미류 서식밀도 차이를 비교하였다. 인공시설물의 분포도는 2007년도 1:5000 수치지도를 이용하여 추출하고 현장에서 비교하여 작성하였다. 2007년 이후 추가된 비닐하우스 등의 인공시설물은 Google Earth 위성영상을 기본으로 현장조사에서 확인하여 분포도를 작성하였다. 비닐하우스의 면적은 기존 작

성된 수치지도와 Google Earth 위성영상의 비닐하우스 분포도에서 디지털이징한 후 ArcGIS10.2 프로그램에서 면적을 산출하였다. 2012년도 이후 새로이 건립된 비닐하우스는 Google Earth 위성영상을 통하여 추가한 후 2014년 1월에 현장검증을 통해 보완하여 작성하였다. 밀도비교는 paired t-test를 실시하였으며, 양측검정 0.05 수준으로 실시하였다. 비닐하우스 밀도와 두루미류 밀도간의 상관관계를 분석하기 위해 피어슨 상관관계를 이용하였으며 통계 프로그램은 SPSS21.0을 사용하였다.

III. 연구결과

1. 공사교란에 의한 핵심서식지 영향

개간 및 대규모 건설공사는 두루미와 재두루미 모두에서 KDE값 분포의 변화를 크게 가져왔으며, 핵심지역으로 구분할 수 있는 KDE 밀도 50% 이상인 지역에 변화를 주었다(Red-crowned Crane; RCC: Figure 2, White-naped Crane; WNC: Figure 3). 두루미의 경우 주로 철원의 중앙부에 공사가 많았던 2009-12년에는 서측과 동측에 핵심지역(KDE 90%)이 넓게 나타났으며, 2012년 이후에는 중앙부에 서로 분리된 핵심지역이 나타났다. 재두루미의 경우 2009-12년 이전에는 서쪽에서만 KDE 90% 이상인 핵심지역이 나타났으며, 동쪽과 서쪽에 교란이 많았던 2012년 이후에는 중심부에 큰 규모의 핵심지역이 나타났다. 두루미에 있어서 공사지역과 가까운 핵심지역의 면적 KDE 90% 이상 지역이 33.9%, KDE 75% 이상인 지역은 40.1%로 낮게 나타났다(Table 1). 재두루미의 경우 공사지역과 가까운 핵심지역의 면적은 KDE 90% 이상인 지역이 7.6%, 75% 이상인 경우가 17.1%로 두루미에 비하여 낮게 나타났다(Table 1).

결과적으로 2009년에서 2011년 까지 발생한 개간 및 대규모 건설공사는 서식지의 중앙부에서 발생하여 해당지역의 두루미와 재두루미의 핵심지역의 면적을 감소시켰으며, 2012년에서 2014년에 발생한 개간 및 대규모 건설공사는 서식지 동쪽과 서쪽에서 발생하여 해당지역 두루미류의 핵심지역 면적을 감소

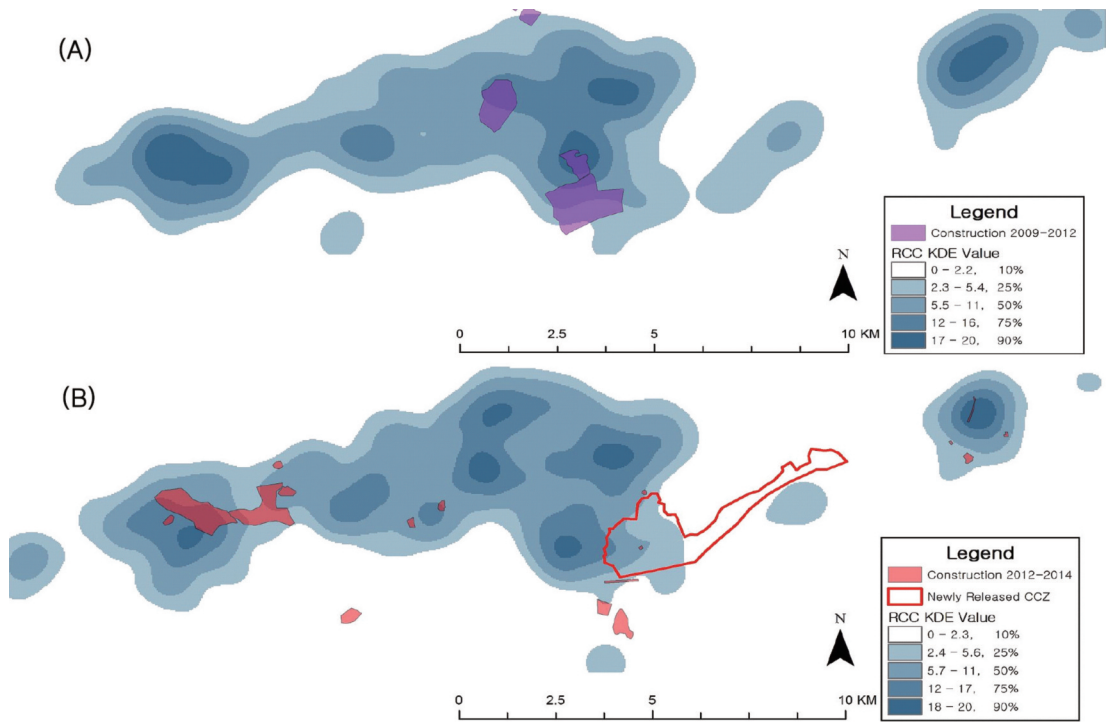


Figure 2. Distribution of the Red-crowned Crane's KDE value and construction area before (A) and after (B) 2012.

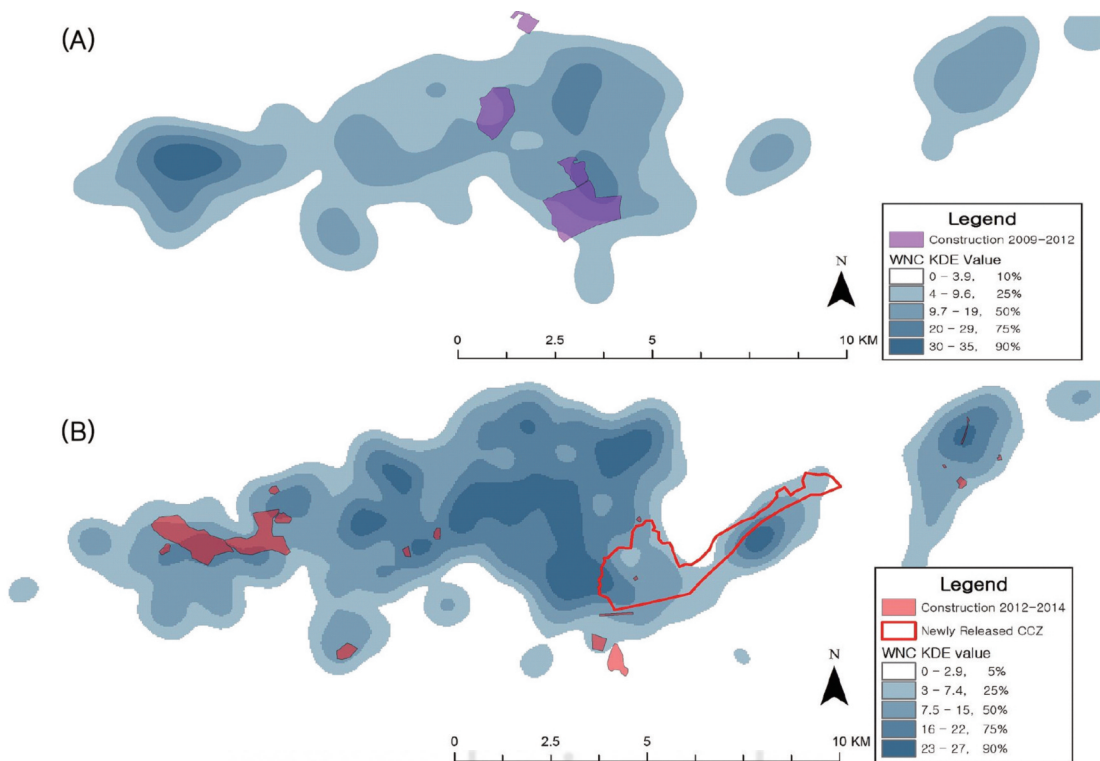


Figure 3. Distribution of the White-naped Crane's KDE value and construction area before (A) and after (B) January 2012.

시키며, 반대로 멀리 떨어져 있는 두루미류의 핵심서식지 범위를 증대시키는 영향을 주었다. 추가적으로 넓은 면적에 대한 공사는 더 크게 핵심서식지에 영향을 주었다.

Table 1. Extent and ratio of the core area between adjacent and remote area from construction area before and after 2012 in Cheorwon, Korea

Species ^s	KDE [#]		Extent of the Core Area (/ha) [@]				Total Season		Ratio	
			2009 - 2012		2012 - 2014		Adjacent	Remote	Adjacent / Total	Remote / Total
			Adjacent	Remote	Adjacent	Remote				
RCC	>90%		1,026	2,400	347	573				
			833	1,232	628	352				
			618							
			355							
	Total	n	2	2	2	4	4	6	-	-
		area	1,859	3,632	975	1,898	2,834	5,529	33.9%	66.1%
	>75%		9,489	5,252	3,332	1,469				
				1,161	373	4,703				
				3,093	1,584	3,691				
						2,679				
Total	n	1	3	3	4	4	7	-	-	
	area	9,489	9,505	5,288	12,542	14,777	22,047	40.1%	59.9%	
WNC	>90%			1,475	169	454				
					359	368				
					255	5,930				
						106				
					1,220					
	Total	n	-	1	3	5	3	6	-	-
		area	-	1,475	783	8,078	783	9,553	7.6%	92.4%
	>75%		1,366	3,968	1,614	25,161				
				1,777	1,120					
					798					
				1,482						
Total	n	1	2	4	1	5	3	-	-	
	area	1,366	5,745	5,014	25,161	6,381	30,906	17.1%	82.9%	

^s RCC: Red-crowned Crane, WNC: White-naped Crane

[#] KDE: Estimated kernel density by 250m cell size which density estimation range is 500m

[@] Adjacent: >1km from the construction area, Remote: ≤ 1km from the construction area

Table 2. Change of the average density (KDE: Kernel Density Estimation) of the Red-crowned Crane and the White-naped Crane in area where CCZ was released before and after January 2012

Species	Wintering Season	N ^s (n)	Mean	S.D	t [#]	df	p
Red-crowned Crane	2009-2011	80(80)	3.57	1.87	1.83	79	0.07
	2012-2014	80(59)	3.15	3.19			
White-naped Crane	2009-2011	80(80)	7.36	5.31	-11.73	79	<0.001
	2012-2014	80(80)	10.21	5.86			

^s: The sample size of the cells above 0.5 KDE is indicated in parenthesis

[#]: Paired t-test

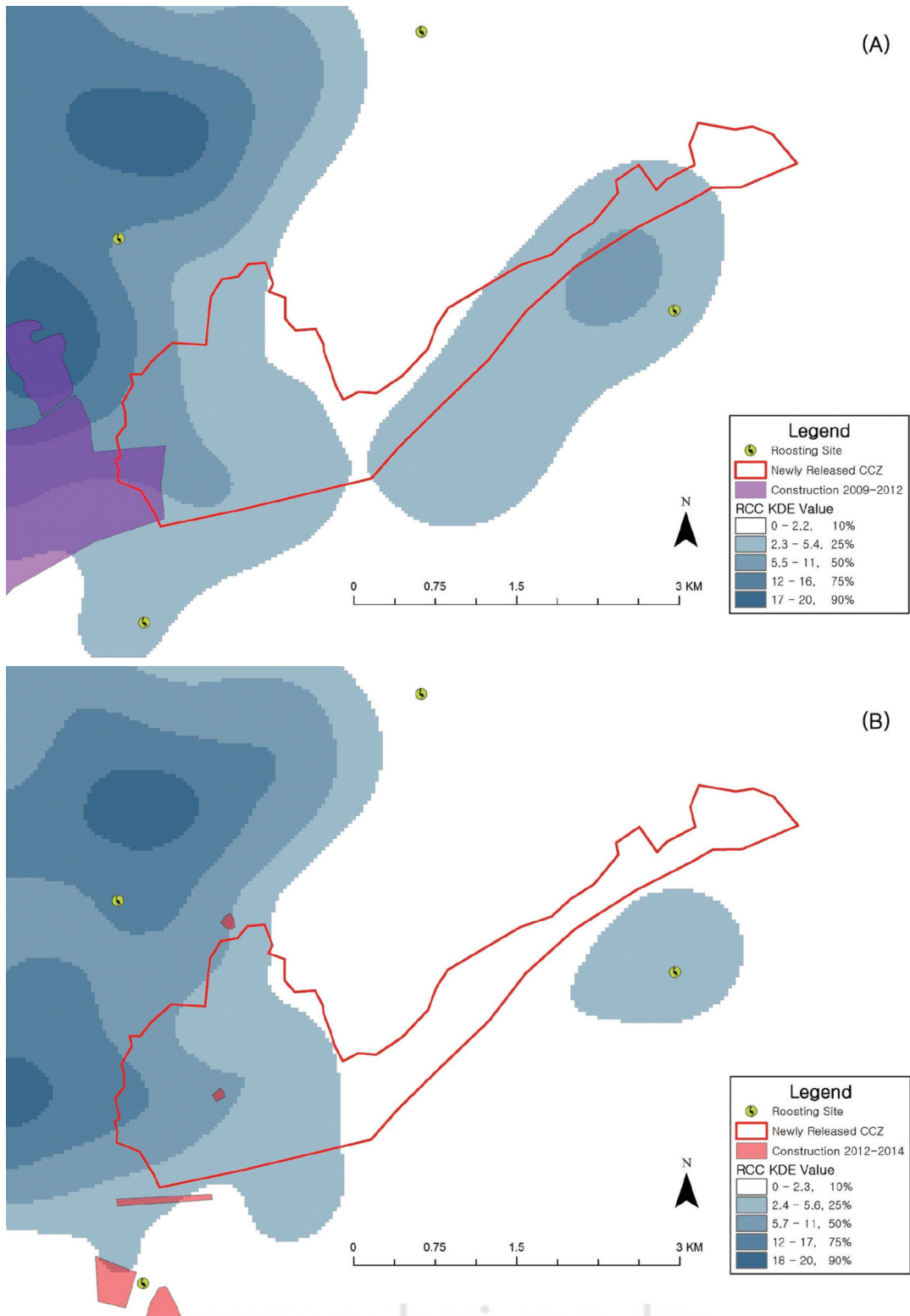


Figure 4. Change of the core area in the Red-crowned Crane before (A) and after (B) released from the CCZ.

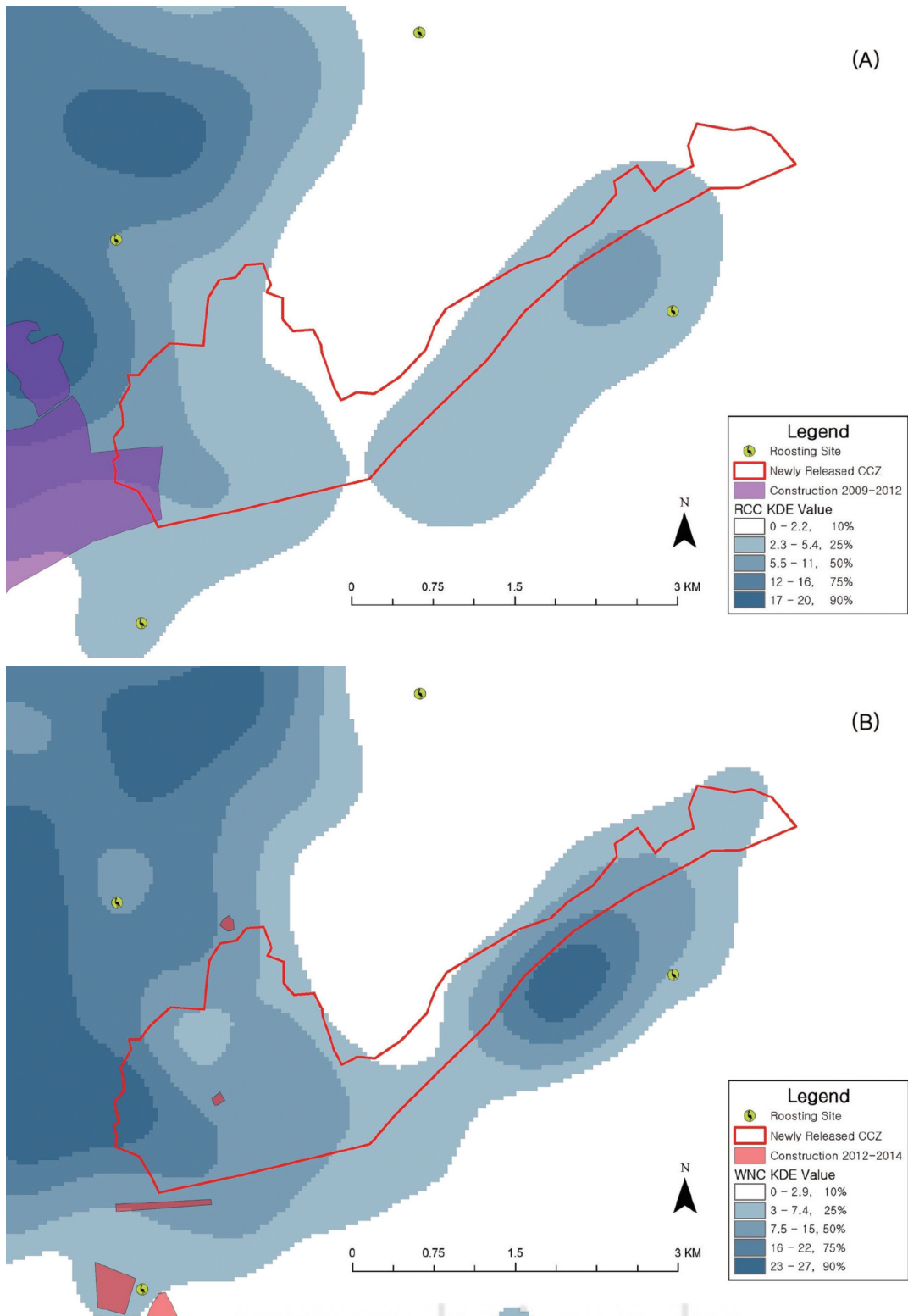


Figure 5. Change of the core area in the White-naped Crane before (A) and after (B) released from the CCZ.

2. 민간인통제지역의 해제에 의한 핵심서식지 영향

1) 민간인통제지역 해제 전후의 핵심서식지 변화

민간인통제지역에서 해제된 양지리 서측지역의 경우 두루미류 서식밀도가 감소할 것으로 예상되었지만, 해제 이후에도 두루미류의 서식밀도가 감소하지 않았다(Figure 4, 5, Table 2). 하지만 두루미의 경우 KDE 밀도 0.5km² 미만인 구간이 증가하여 서식면적이 감소한 것으로 나타났다(Figure 4, Table 2). 반면 재두루미의 경우 오히려 서식이 증가하는 양상을 보였다(Figure 5, Table 2). 결과적으로 두루미의 경우 민간인통제지역의 해제에 인하여 영향을 받은 것으로 판정할 수 있었다.

2) 민간인통제지역의 해제 후 비닐하우스 밀도의 변화

전체지역에서 비닐하우스의 건설은 2012년 이후 크게 증가하였으며(Figure 6), 특히, 민간인 통제지역에서 해제된 지역에서 많이 나타났다(Figure 7). 전체지역의 비닐하우스 건설면적은 2012년 이전에는 730개 구역(250×250m)에서 2014년에는 1,115개 구역으로 늘어났으며(Figure 6, Table 2), 비닐하우스의 밀도는 3.2±0.24/km² (mean±standard error)에서 7.5±0.35/km²로 2배 이상 급격히 증가하였다(Paired t-test, t=-22.17, df=1348, p<0.001, Table 3). 또한 개별 비닐하우스 단지의 규모도 전체지역에서 1,313.0±89.3m²에서 1730.1±89.3m² 커진 것으로 나타났다(t=-2.892, df=511, p<0.01). 특히 민간인통제지역에서 해제된 지역의 비닐하우스

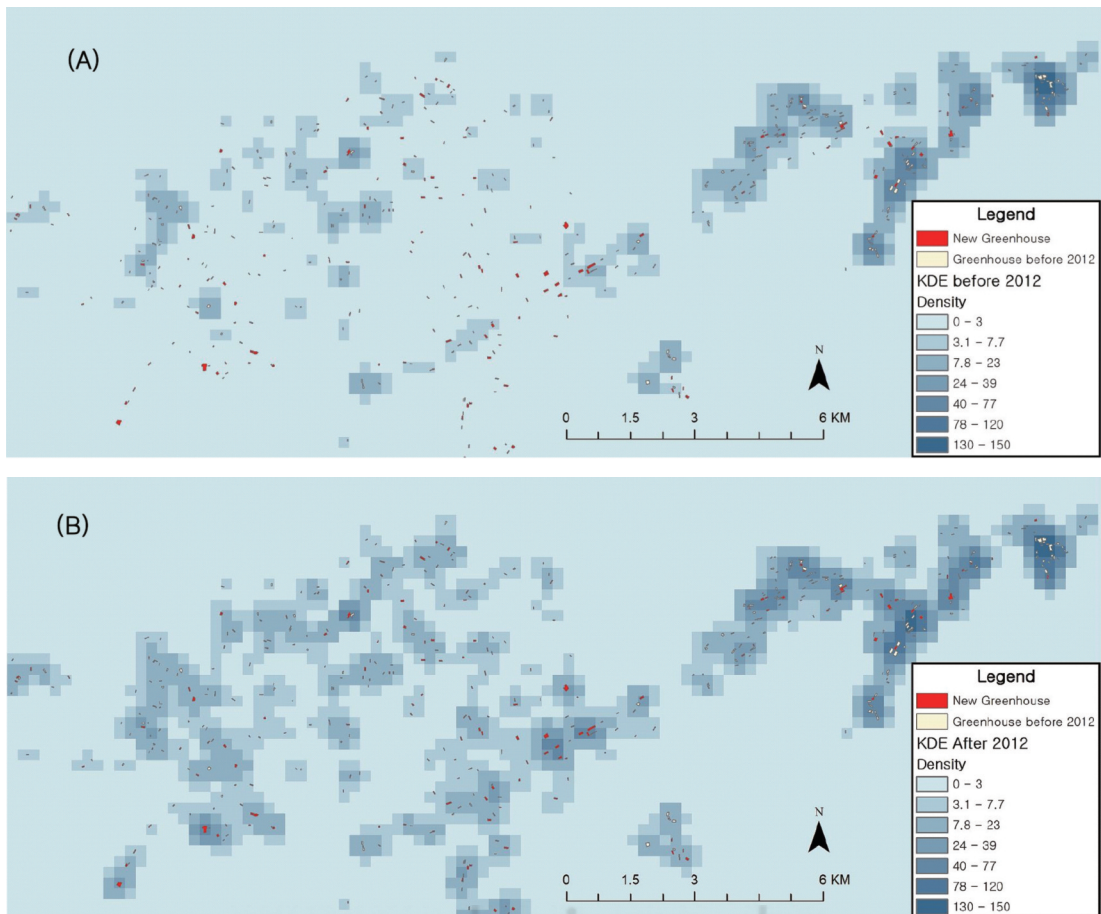


Figure 6. Change of the greenhouse density distribution before (A) and after January 2012 (B).

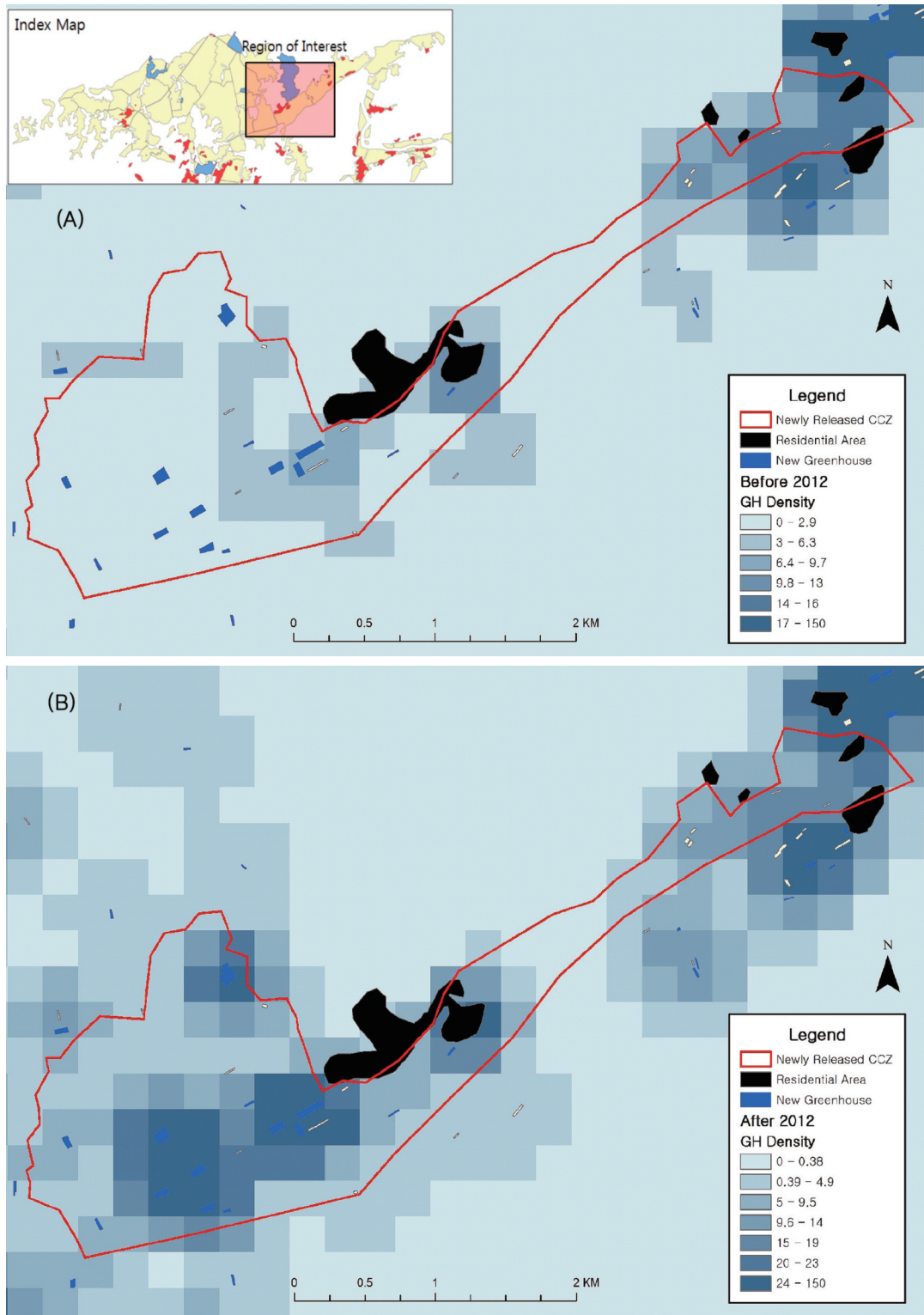


Figure 7. Change of the greenhouse density distribution in area before (A) and after released from the CCZ in January 2012 (B).

Table 3. Differences of the greenhouse density and size of the each greenhouse between area where CCZ was released and total survey area

Density and size	Area	Before 2012			After 2012			t	df	P
		n ^s	Mean	SE	n ^s	Mean	SE			
Greenhouse Density [#]	All Area	1,349(730)	3.2	0.24	1,349(1,115)	7.5	0.35	-22.17	1348	<0.001
	Released Area	80(61)	4.4	0.6	80(78)	14.2	1.6	-7.098	79	<0.001
Size of each greenhouse	All Area	253	1,313.0	89.3	260	1,730.1	112.6	-2.892	511	<0.01
	Released Area	15	1,129.4	267.4	33	2,461.9	455.9	-2.521	45.5	<0.05

§ : The number of grid that greenhouse constructed above zero density presents in parenthesis

: Paired t-test

규모는 1,129.4±267.4m²에서 2,461.9±455.9m²로 (대략 50×50m) 두 배 이상 크게 건설되었다(Table 2; t=-2.521, df=45.5, p<0.05).

민간인통제지역에서 해제된 지역에서 비닐하우스가 설치된 구역의 수는 2012년 이전에 61개, 이후에는 78개 구역으로 증가하였다(Table 3). 민간인통제지역에서 해제된 지역의 비닐하우스 밀도는 민통선지역의 밀도보다 높은 4.4±0.64/km²이었으며, 민통선지역에서 해제된 이후에는 14.2±1.46/km²으로 3배 이상 밀도가 증가하였다(t=-7.098, df=79, p<0.001). 개별 비닐하우스의 면적은 2012 이전 1,129±267.4m²에서 2,461.9±455.9m²로 2배 이상 증가해 큰 규모의 비닐하우스가 건립된 것으로 나타났다.

IV. 고찰

두루미류의 취식지에 대한 교란은 개간 및 공사(배성환, 1994; Lee et al., 2001), 추경 등 영농활동(배성환, 1994; Lee et al., 2007), 도로 및 인가(유승화 등, 2009; 2012; 2014a; b)에 의한 교란 등이 있다. 이중 공사 및 개간 등의 서식지 교란은 직접적인 교란영향(배성환, 1994; 2000; 철원군 2002)이 있겠지만, 간접적으로 먹이터를 이용할 수 없도록 해 이용률 및 이용시간을 낮게 할 수 있다. 본 연구에서 농경지의 개간 및 공사는 해당지역 및 인근지역의 핵심서식지를 위축시키고 멀리 떨어진 지역의 핵심서식지 면적을 증대시켰다(연구결과 1). 이는 개간 및 공사에 의한 교란을 회피하려는 두루미류의 서식지 선택에 기인한 것이다. 결과 중 일부 공사지역에 해당하

는 곳이 KDE 90% 이상에 해당하는 경우도 있었지만(Figure 2), 두루미류의 밀도평가 기준은 3년이며 공사지역에 대한 표시는 1~2년이기 때문에 중첩이 된 것이었다. 개간 및 공사에 의한 교란은 두루미와 재두루미의 분포에서 공통적으로 핵심지역 변화를 유발하였지만, 교란지역 인근에 해당하는 핵심지역의 비율은 두루미보다 재두루미에서 훨씬 낮게 나타났다(연구결과 1). 이는 재두루미의 분포수가 두루미에 비하여 많기 때문에 전체지역 내 서식밀도의 편차가 크기 때문으로 생각된다.

본 연구에서와 같이, 철원지역의 민간인통제지역 면적은 점차 감소하고 있으며, 교란행위는 점차 증가하고 있는데(유승화 등, 2011), 이와 같이 교란이 늘어나고 서식면적이 감소할 경우 제한된 서식지에 많은 수의 두루미류 세력권이 형성되어 경쟁의 심화 및 스트레스의 증가로 이어지고 개체군의 보전에 악영향을 주게 될 것이다(유승화 등, 2012). 따라서 두루미류의 안정적인 지속적 인 보전을 위해서는 주 취식지로 이용되는 핵심서식지에 대한 교란행위를 억제하는 것이 필요하다.

본 연구에 의해 민간인통제지역의 해제는 비닐하우스의 건립을 증가시키고 두루미의 분포범위를 감소시켰음이 확인되었다(연구결과 2). 하지만 재두루미의 경우에는 이러한 분포지역 감소경향이 두루미에 비해 상대적으로 약하게 나타났으며, 오히려 밀도 값을 이용한 통계수치에서 민간인통제지역 해제 이후 증가한 것으로 나타났다. 이것은 2012년 이후 철원지역서측 대마리 인근의 대규모 개간으로 인해 철원 중심부로 두루미류의 핵심서식지가 옮겨갔기 때

문이다(Figure 3-B). 재두루미의 개체수가 증가한 것은 해당 시기에 사진촬영을 목적으로 먹이를 주는 등의 유인책을 시행하였기 때문이었다. 이 결과로 재두루미의 개체수는 먹이주기 지역에서 증가하였으며 KDE 값은 증가하게 되었다. 하지만 민간인통제지역에서 해제된 곳에서 두루미의 서식면적은 감소하였기 때문에 악영향이 있었던 것으로 보여진다. 비닐하우스는 최근 민간인통제지역의 인삼경작지(박은진과 남미아, 2013)와 함께 증가하고 있으며, 야생동물의 서식지를 고려하지 않고 배타적 이용하게 됨으로써 두루미류의 서식에 악영향을 줄 것이다.

2011년 이후 민통선지역에서 해제된 지역은 철원군 동송읍 양지리 서측 지역으로, 대형 비닐하우스의 건립이 크게 증가하는 양상을 보였다(연구결과 2-나). 이 결과 두루미류의 서식영역이 전반적으로 감소하였으며, 특히 두루미의 서식영역 감소가 크게 나타났다. 종별 서식밀도 감소경향이 다르게 나타난 것은 두 종의 인위적 구조물에 대한 민감성과 함께 인간의 활동에 대한 민감성이 다르기 때문인 것으로 판단된다(유승화, 2004; 유승화 등, 2007; 2009; 2014a; b). 이러한 변화는 연구이전 민간인 통제지역이 해제될 경우 극심한 변화가 있을 것이라는 예상과는 달랐다. 비록 철원 서측지역 개간공사에 의한 집중화와 함께 인근지역에서 인위적인 먹이공급을 함으로서 재두루미의 취식개체수가 유지되었다고 할지라도 재두루미의 밀도 증가는 예상치 못한 결과이었다. 이것은 비닐하우스 건설을 제외하고 추가적인 개발행위가 일어나지 않았기 때문으로 보인다.

선행한 많은 연구와 같이 교란행위가 증가할 경우 두루미류의 서식은 감소한다는 것이 일반적인 가설이다(배성환, 1994; 2000; 유승화 등, 2009; 2012; 2014a; b). 예상하자면 통일 이후 혹은 이전이라도 도시와 산업시설 등이 건립될 경우 두루미류의 서식이 보장될 수 없다고 할 수 있다. 최근 추진되고 있는 금강산으로의 철도 건설이나 DMZ평화생태공원의 개발(진입도로 포함)은 두루미류의 취식지와 잠자리에 영향을 줄 수 있는 사업이므로 큰 주의가 요망된다(Lee et al., 2001; 유승화 등, 2014a; b). 특히 잠자리의 경우 집단의 크기가 커서 취식지에 비하여 민

감하기 때문에(유승화 등, 2009) 진입도로 등의 설계 시 잠자리 분포를 고려하는 것이 필요하다.

사 사

본 연구는 국립환경과학원, 국립생물자원관과 국립생태원의 지원에 의하여 수행되었으며, 국립생태원의 “통합생태자료를 활용한 한반도생태계평가” 과제의 일환으로 수행되었습니다. 연구의 일부 내용은 한국조류학회, 한국환경생태학회, 한국환경영향평가학회의 학술발표대회에서 소개되었음을 밝힙니다.

인용문헌

- 박은진, 남미아. 2013. 민통선 이북지역의 토지피복 및 인삼 재배면적 변화 분석: 파주시와 연천군을 중심으로. 27(4): 507-515.
- 배성환. 2000. 비무장지대에 월동하는 두루미류의 서식지이용에 관한 연구. 경희대학교 박사학위논문. 77쪽.
- 유승화. 2004. 두루미(*Grus japonensis*)와 재두루미(*Grus vipio*)의 분포에 미치는 요인과 가족군의 행동양상. 경희대학교 석사학위논문. 113쪽.
- 유승화, 이기섭, 유정철. 2007. 두루미류의 차량에 대한 반응 및 방해요인과 먹이자원 사이의 절충: 철원분지에서 월동하는 두루미와 재두루미를 중심으로. 한국환경생태학회지 21(6): 526-535.
- 유승화, 이기섭, 유정철. 2008. 두루미류 월동지역으로서의 철원 민간인통제지역에 대한 선호도: 2002~2003년 월동기. 한국조류학회지 15(1): 39-49.
- 유승화, 이기섭, 김인규, 강태한, 이한수. 2009. 두루미류의 취식무리 크기 및 구성과 도로에 대한 회피. 한국환경생태학회지 23(1): 41-49.
- 유승화, 이기섭, 김진한, 박종화. 2011. 철원지역에서 월동하는 두루미류의 장기 모니터링 및 개체군 변화 요인: 역사적 변화와 MODIS에

- 의한 기상변화 영향의 평가. 한국조류학회지 18(1): 59-71.
- 유승화, 이기섭, 김진한, 허위행, 박종화. 2012. 철원지역 월동 두루미류의 서식지 이용 변화추세: 2002-2011년 월동기. 한국조류학회지 19: 115-125.
- 유승화, 이기섭, 박종화. 2013. 철원지역 두루미 취식지의 핵심지역 설정을 위한 MCP, 커널밀도측정법(KDE)과 국지근린지점외곽연결(LoCoH) 분석. 한국환경생태학회지 27(1): 11-21.
- 유승화, 김진한, 이기섭. 2014a. 철원지역에서 월동하는 두루미와 재두루미의 인위적 요인에 의한 분포양상. 한국환경생태학회지 28(5): 516-522.
- 유승화, 이기섭, 김화정, 허위행, 김진한, 박종화. 2014b. 철원지역에서 월동하는 두루미와 재두루미의 서식밀도모델. 생태와 환경 47(4): 282-291.
- 천연기념물센터. 2014. 천연기념물 명승검색. <http://www.nhc.go.kr>
- 철원군. 2002. 철새보전계획 및 지속가능한 개발전략 수립연구. 철원군청. 398쪽.
- 최유성, 허위행, 김성현, 강승구, 김진한, 김화정, 손종성, 박진영, 이정연, 김창희, 강종현, 한상훈. 2012. 한국에서 월동하는 오리류의 개체군 경향. 한국조류학회지 19(3): 185-200.
- 최태영, 권혁수, 우동걸, 박종화. 2012. 농촌지역 삶(*Prionailurus bengalensis*)의 서식지 선택과 관리방안. 한국환경생태학회지 26(3): 322-332.
- Abraham KF, Jefferies RL, Alisauskas RT. 2005. The dynamics of landscape change and snow geese in mid-continent North America. *Global Change Biology* 11: 841-855.
- Amano T. 2009. Conserving bird species in Japanese farmland: Past achievements and future challenges. *Biological Conservation* 142: 1913-1921.
- Araujo MB, New M. 2006. Ensemble forecasting of species distribution. *TRENDS in Ecology and Evolution* 22(1): 42-47.
- BirdLife International 2013. The IUCN Red List of Threatened Species. Ver. 2015.2 <www.iucnredlist.org>. Downloaded on 20 January 2015.
- Chamberlain DE, Fuller RJ, Bunce RG, Duckworth JC, Shrubbs M. 2000. Changes in the abundance of farmland birds in relation to the timing of agricultural intensification in England and Wales. *Journal of Applied Ecology* 37: 771-788.
- Choi YS. 2008. Foraging ecology and habitat preference of tree-nesting Ardeidae in Korea. Ph.D. Thesis. Kyunghee University, Seoul. 166pp.
- Donald PF, Green RE, Heath MF. 2001. Agricultural intensification and the collapse of Europe's farmland bird populations. *Proceedings of the Royal Society, London, Series B* 268: 25-29.
- Kauhala K, Auttila M. 2010. Estimating habitat selection of Badgers: a test between different methods. *Folia Zoologica* 59: 16-25.
- Lee SD, Jablonski PG, Higuchi H. 2007. Effect of hetero-specifics on foraging endangered Red-crowned crane and White-naped cranes in Korean Demilitarized Zone. *Ecological Research* 22(4): 635-640.
- 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. 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 SH, Frances K, Lee JB, Won PO, Yoo JC.

1996. Current status of wintering cranes in Korea. *Bulletin of Korea Institute of Ornithology, Kyung Hee University* 5: 13-20.
- 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, Ehrich PR, Daily GC. 2007. Persistence of forest birds in the Costarican agricultural countryside. *Conservation Biology* 21: 482-494.
- Wang Z, Li Z, Beauchamp G, Jiang Z. 2011. Flock size and human disturbance affect vigilance of endangered Red-crowned Cranes (*Grus japonensis*). *Biological Conservation* 144: 101-105.
- Won PO. 1980. Present status of the cranes wintering Korea and their conservation. *Theses Collection, Kyung Hee University* 10: 413-421.
- Worton BJ. 1989. Kernel methods for estimating the utilization distribution in home-range studies. *Ecology* 70: 164-168.
- Abraham KF, Jefferies RL, Alisauskas RT. 2005. The dynamics of landscape change and snow geese in mid-continent North America. *Global Change Biology* 11: 841-855.
- Amano T. 2009. Conserving bird species in Japanese farmland: Past achievements and future challenges. *Biological Conservation* 142: 1913-1921.
- Araujo MB, New M. 2006. Ensemble forecasting of species distribution. *TRENDS in Ecology and Evolution* 22(1): 42-47.
- BirdLife International 2013. The IUCN Red List of Threatened Species. Ver. 2015.2 <www.iucnredlist.org>. Downloaded on 20 January 2015.
- Center for Natural Monument; CNM 2014. <http://www.nhc.go.kr>
- Chamberlain DE, Fuller RJ, Bunce RGH, Duckworth JC, Shrubbs M. 2000. Changes in the abundance of farmland birds in relation to the timing of agricultural intensification in England and Wales. *Journal of Applied Ecology* 37: 771-788.
- Cheorwon County; CC 2002. Conservation plan of the migratory birds and the establishment strategy of sustainable development. Cheorwon County Office, 398pp. (in Korean)
- Choi YS. 2008. Foraging ecology and habitat preference of tree-nesting Ardeidae in Korea. Ph. D. Thesis. Kyunghee Univeristy, Seoul. 166pp.
- 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. (in Korean with English abstract)
- Choi YS, Hur WH, Kim SH, Kang SK, Kim JH, Kim HJ, Son JS, Park JY, Yie JY, Kim CH, Kang JH. 2012. Population trends of wintering ducks in Korea. *Korean Journal of Ornithology* 19(3): 185-200. (in Korean with English abstract)
- Donald PF, Green RE, Heath MF. 2001. Agricultural intensification and the collapse of Europe's farmland bird populations. *Proceedings of the Royal Society, London, Series B* 268: 25-29.
- Kauhala K, Auttila M. 2010. Estimating habitat selection of Badgers: a test between different methods. *Folia Zoologica* 59: 16-25.

References

- Lee SD, Jablonski PG, Higuchi H. 2007. Effect of hetero-specifics on foraging endangered Red-crowned crane and White-naped cranes in Korean Demilitarized Zone. *Ecological Research* 22(4): 635-640.
- 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. 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 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. (in Korean with English abstract)
- Pae SH, Frances K, Lee JB, Won PO, Yoo JC. 1996. Current status of wintering cranes in Korea. *Bulletin of Korea Institute of Ornithology, Kyung Hee University* 5: 13-20.
- Park EJ, Nam MA. 2013. Changes in land cover and the cultivation area of ginseng in the civilian control zone: Paju city and Yeoncheon County. *Korean Journal of Environment and Ecology* 27(4): 507-515. (in Korean with English abstract)
- 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.
- Wang Z, Li Z, Beauchamp G, Jiang Z. 2011. Flock size and human disturbance affect vigilance of endangered Red-crowned Cranes (*Grus japonensis*). *Biological Conservation* 144: 101-105.
- Won PO. 1980. Present status of the cranes wintering Korea and their conservation. Theses Collection, Kyung Hee University 10: 413-421.
- Worton BJ. 1989. Kernel methods for estimating the utilization distribution in home-range studies. *Ecology* 70: 164-168.
- Yoo SH. 2004. Some factors affecting the distribution of *Grus japonensis* and *Grus vipio* behavioral aspects of family group. M. Sc. Thesis of Kyung Hee University, 113pp. (in Korean with English abstract)
- Yoo SH, Lee KS, Yoo JC. 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 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. (in Korean with English abstract)
- 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. (in Korean with English abstract)
- 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. (in Korean with English abstract)
- Yoo SH, Lee KS, Kim JH, Hur WH, Park CH. 2012. The change trend of the wintering habitat use of cranes in Cheorwon, Korea: wintering periods from 2002 to 2012. Korean Journal of Ornithology 19(2): 115-125. (in Korean with English abstract)
- 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. (in Korean with English abstract)
- Yoo, SH, Kim, JH, Lee KS. 2014a. Distribution Aspects of the wintering Red-crowned Crane and White-naped Crane according to the anthropogenic factors in the Cheorwon, Korea. Korean Journal of Environment and Ecology 28(5): 516-522. (in Korean with English abstract)
- Yoo SH, Lee KS, Kim HJ, Hur WH, Kim JH, Park CH. 2014b. Distribution Model of the Wintering Red-crowned Crane and White-naped Crane in Cheorwon, Korea. Korean Journal of Ecology and Environment 47(4): 282-291. (in Korean with English abstract)