

두루미류의 취식무리 크기 및 구성과 도로에 대한 회피¹

- 도로의 영향 vs 통행에 의한 영향? -

유승화² · 이기섭^{2*} · 김인규² · 강태한² · 이한수²

Research on the Size, Formation and Tendency to Evade the Road of the Feeding Flocks of Crane Species¹

- Centering on the Effect of Road vs. Traffic Condition -

Seung-Hwa Yoo², Ki-Sup Lee^{2*}, In-Kyu Kim², Tae-Han Kang², Han-Soo Lee²

요약

두루미류의 취식무리 크기 및 구성과 도로 유형별, 취식무리 규모에 따른 분포거리 연구를 월동기인 2005년 12월에서 2006년 2월까지 총 8회 실시하였다. 두루미와 재두루미의 취식무리는 주로 2~4개체로 구성된 무리였다. 두루미와 재두루미 모두 혼종무리 보다는 단일종의 취식무리가 많았다. 두루미와 재두루미간 취식무리 크기별 비율은 유의한 차이가 있었다. 두루미의 포장도로(PR)와의 평균거리는 비포장농로(UPR), 포장농로(PFR), 비포장농로(UPFR) 도로와의 거리에 비하여 멀었다. 재두루미의 경우 도로로부터의 이격거리는 농로로부터의 거리와 차이가 있었다. 두루미와 재두루미 중간 도로유형 별 이격거리는 포장도로에서만 유의미한 차이가 있었다. 이 결과는, 두루미류가 차량 출입이 잦은 도로를 차량 출입이 낮은 농로에 비하여 선호하지 않는 것을 보여준다. 포장도로에서 5개체 이상의 두루미 취식무리는 전체 취식무리와 5개체 미만의 취식무리에 비하여 도로로부터 이격거리가 멀었다. 재두루미는 5개체 이상의 취식무리가 5개체 미만의 취식무리에 비하여 포장도로 및 포장농로와 비포장농로에서 이격거리가 멀었으며, 비포장도로에서는 무리크기에 따른 이격거리의 차이가 없었다. 결과적으로, 무리의 크기가 큰 경우 방해요인에 대한 영향이 일부 더 크게 나타났다. 이러한 결과는 두루미류의 큰 취식무리가 주변을 감시하는 효율이 무리크기가 작은 경우보다 높은 것과 관련이 있을 것으로 보인다.

주요어 : 취식무리 크기, 도로영향, 통행영향, 방해요인, 이격거리

ABSTRACT

This research conducted a survey on the feeding crane's size, formation and distribution distance subsequent to road pattern and feeding flock's size during the wintering season eight times at the Cheolwon basin in Korea from December 2005 until February 2006. The survey results are as follows: First, the feeding flocks of the Red-crowned and White-naped Crane were found to mainly consist of two to four individuals. Mono-specific feeding flocks were more identified than hetero-specific feeding flocks in both Red-crowned and White-naped Cranes. There existed a significant difference in the ratio by size between the feeding Red-crowned and

1 접수 2008년 8월 30일, 수정(1차 : 2008년 12월 16일, 2차 : 2009년 1월 11일), 게재확정 2009년 1월 29일

Received 30 August 2008; Revised(1st : 16 December 2008, 2nd : 11 January 2009); Accepted 29 January 2009

2 한국환경생태연구소 Korea Institute of Environmental Ecology, Daejeon(305-509), Korea(jornath@hanmail.net)

* 교신저자, Corresponding author(larus@hanmail.net)

White-naped Cranes. The crane's average distribution distance from the paved road was much farther than from the unpaved road, paved farm road and unpaved farm road. In case of the white-naped crane, there was a difference in its distance length from between the road and farm road and there existed a significant difference only in the paved road in the distance length by road pattern between these two bird species[Red-crowned and White-naped Crane]. Such a result indicates that crane species don't prefer the road with frequent vehicular traffic to the road with low vehicular traffic. 5 or more individuals of feeding flocks of the Red-crowned Crane were located at a farther distance length from the paved road comparing to less than 5 individuals of the whole feeding flocks and less than 5 individual feeding flocks. 5 or more individuals of feeding flocks of the White-naped Crane were located at a farther distance length from the paved road, paved farm road and unpaved farm road than less than 5 individuals of feeding flocks of the White-naped Crane; however, there existed no difference in distance length subsequent to their group size. Conclusively, it was found out that the flocks with a larger size were more greatly affected by interrupting factors. Considering such results, there seems to be a more relation to the fact that larger size feeding flocks of crane species have a higher efficiency in the lookout for their surroundings.

KEY WORDS : FEEDING FLOCK SIZE, ROAD EFFECT, TRAFFIC EFFECT, DISTURBANCE FACTOR, DETACHED DISTANCE

서 론

1. 취식무리(feeding flock)의 크기

집단을 이루는 경우 취식효율을 높이고 포식자에 대한 위협을 낮추는 효과를 갖는다(Pulliam and Caraco, 1984; Keys and Dugatkin, 1990). 하지만, 큰 취식무리는 포식자에게 쉽게 발견되어 방해받을 가능성이 높고, 잦은 타개체와의 접촉으로 인하여 질병이나 기생충이 전이되거나, 타개체와 경쟁하거나 포식자에 의해 공격을 받게 되는 불리한 점도 존재한다(Krebs and Davies, 1993). 취식지에서 집단을 이루어 먹이를 찾는 경우는 사냥을 하는 종에서 보다 오리류, 두루미류와 같은 낙곡, 열매 등 불특정 지역에서 대량으로 수확되는 먹이분포(chance event: Begon *et al.*, 1996)에 적응한 종에서 발생한다(Perrins and Birkhead, 1983; Begon *et al.*, 1996). 취식무리의 크기는 먹이의 양(Choi *et al.*, 2004), 먹이의 종류, 취식방법, 포식자의 유무 등 여러 요인에 의하여 결정될 것이며(Krebs and Davies, 1993), 특히 포식자를 회피하는 것과 취식효율간의 절충에 의하여 결정될 것이다(Pulliam and Caraco, 1984; Poysa, 1987; Yoo *et al.*, 2007).

두루미류(Family Gruidae)는 가족군(family flock)이 비가족군(non-family flock)과는 다른 취식무리를 형성하는 경향이 있다(Lovvorn and Kirkpatrick, 1982; Ohsako,

1989; Cheorwon County, 2002; Yoo, 2004). 비가족군은 주로 어미로부터 독립한 2년생 개체와 번식쌍(mating pair)을 형성하지 않은 아성조(subadult), 일부 번식에 실패한 번식쌍이 형성한다고 알려져 있다(Lovvorn and Kirkpatrick, 1982). 따라서 가족군과 비가족군이 완벽하지는 않지만, 구분이 가능하다고 할 수 있다(Lovvorn and Kirkpatrick, 1982; Ohsako, 1989; Yoo, 2004). 가족군의 경우 고정적인 무리크기를 가지고, 비가족군은 무리의 크기가 가변적인 경향이 있다(Ohsako, 1989).

2. 도로 및 차량에 의한 영향

동물들은 취식지를 선택함에 있어서 사망 위험율(ratio of mortality risk)을 줄이고 총 에너지 취득(net energy intake)은 높일 수 있도록 취식지역을 선택한다(Gillman and Fraser, 1987; Lima and Dill, 1990; Lima, 1998; Frid and Dill, 2002; Gill and Sutherland, 2004). 또한 취식지는 방해정도와 자원의 풍부도 사이의 수지균형(trade-off)에 의하여 결정된다(Frid and Dill, 2002; Gill and Sutherland, 2004; Yoo *et al.*, 2007).

통상적으로 도로는 야생조류에게 있어서 방해요인으로 작용할 수 있을 것이다(Park, 1993; Lee *et al.*, 2001). 하지만, 도로주변의 지역은 다른 지역과는 달리 새로운 서식처로서의 기능을 수행하거나(Bergin *et al.*, 1997), 경쟁

의 감소로 인한 먹이취득 효율이 높아져 방해요인에도 불구하고 취식지로 선택되기도 한다(Amano *et al.*, 2004; Yoo *et al.*, 2007). 도로는 야생동물에게 차량과의 충돌에 의한 길죽음(roadkill), 사람과의 조우기회 증가, 소음 등의 방해, 직간접적 서식지의 감소 및 서식지의 파편화 등의 영향을 준다(Klein *et al.*, 1995; Evink, 1996; Forman and Alexander, 1998; Ruediger, 1998; Cain *et al.*, 2003; Yoo *et al.*, 2007). Lee *et al.*(2001)은 철원지역에 포장도로가 개설됨으로서, 인근지역에 서식율이 감소하였다고 보고하였다. Pac(2000)는 도로가 인위적인 구조물 혹은 주변지형보다 높기 때문에 두루미류가 선호하지 않는 영향을 준다고 하였다. 반면, 인위적구조물이나 주변지형 및 식생의 높이 보다는 방해요인(사람, 차량 등)의 유입에 의해 회피한다는 연구결과도 존재한다(Klein *et al.*, 1995; Yoo *et al.*, 2007). 도로가 영향을 준다는 견해와 도로에서의 통행이 영향을 준다는 두 가지 다른 견해에 대해서는 어떤 것이 직접적인 영향을 주는 요인인지를 파악할 필요가 있을 것이다. 본 연구자들은 도로가 존재하더라도 통행량이 많지 않다면, 영향이 적을 것이라 가설을 설정하여 연구를 진행하였다.

3. 기존 연구 및 현황

철원지역에서 겨울철에 서식하는 두루미류의 취식지는 주로 추수를 마친 논이며, 낙곡을 주요 먹이로 하는 것으로 알려져 있다(Pae, 2000; Cheorwon County, 2002; Yoo, 2004). 두루미(*Grus japonensis*)는 번식지의 경우 습지 의존적인 종이며(Johnsgard, 1993; Meine and Archibald, 1996), 우리나라의 월동지에서는 논, 낙곡과 어패류를 주로 취식한다(Koo, 1980; Pae, 2000). 재두루미(*Grus vipio*) 또한 월동기동안 낙곡, 식물의 구근, 갯벌의 무척추동물(Invertebrates) 등을 먹이로 하며, 두루미에 비하여 낙곡 등 식물성 먹이를 선호한다(Won, 1980).

일반적으로 조류는 취식무리의 크기가 클수록 무리 내 개체의 경계 정도가 감소하는 것으로 알려져 있다(Bertram, 1980; Keys and Dugatkin, 1990). 하지만, 무리의 크기가 클수록 포식자에 의한 공격이 빈번해질 뿐만 아니라(Krebs and Davies, 1993), 방해요인(주로 사람과 포식자)에 의한 영향이 더 큰 것으로 알려져 있다(McWilliams *et al.*, 1994; Cheorwon County, 2002; Yoo, 2004). Pae(1994)에 의하면 두루미류는 사람의 방해에 대하여 500~700m 까지 영향을 받는 것으로 제시하였으며, Yoo *et al.*(2007)은 차량에 대하여 250m 까지 영향을 받는 것으로 제시하였다. 하지만, 두루미류가 취식무리의 크기별로 차량에 의해 어떤 영향을 받는지에 대해서는 연구된 바가 없다.

4. 연구목표

본 연구는 두루미류의 종별 취식무리 크기를 파악하고 인접도로의 유형 및 취식무리와의 평균거리를 통해 도로에 의한 영향을 살펴보기 위하여 한다. 나아가, 도로 및 차량 통행에 의한 영향이 종 특이적인 경향인 것인지, 취식무리의 크기에 따른 영향인지를 확인하고자 하였다.

연구 및 분석방법

1. 연구 시기 및 범위

두루미류의 취식지 선택에 대한 조사는 핵심월동기인 2005년 12월 2회(12월 24~25일, 31일), 2006년 1월 2회(1월 8일, 15일, 21일), 2월 3회(2월 5일, 11일, 18일) 총 8회 실시하였다. 조사기간 동안 눈이 내려 쌓인 시기가 있었으나, 관계없이 조사를 실시하였다. 조사 범위는 Cheorwon County(2002) 및 Yoo(2004)의 범위와 같았다. 일자별 조사 지역은 중첩되지 않도록 하였으며, 조사가 완료될 시점에서 전체 두루미류 서식지가 조사되도록 하였다.

2. 연구방법

가. 취식무리의 구분

취식무리가 일정지역에 10m 이상 거리를 두고 흩어져 있는 경우 각각 취식무리로 구분하였으며, 동일 지점에서 5개체 이상의 무리를 조사하면서 관찰시간이 지나 일시적으로 나누어진 취식무리는 따로 구분하지 않았다.

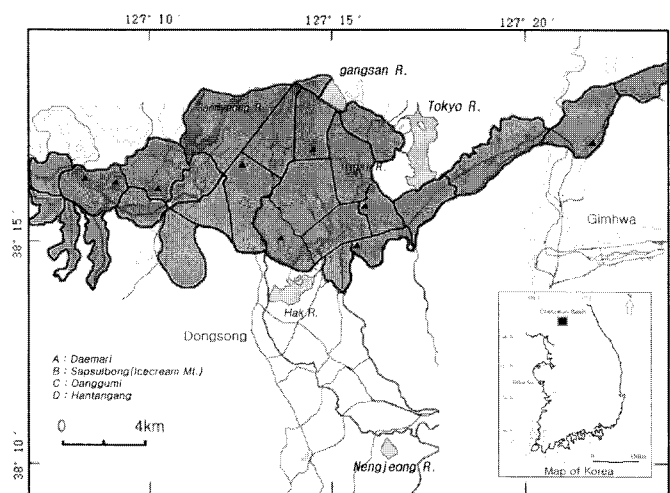


Figure 1. Map of study area and position of subarea (modified from Yoo, 2004)

취식무리는 취식과 방해요인에 대한 반응(경계, 이동, 비행)을 같이하는 집단으로서 10초간 관찰하여 개체간격이 약 10m 이내(측정치 아님)인 무리를 취식무리로 규정하였다. 일부 떨어져 있는 개체의 경우 조사자에 대한 반응으로 원래의 취식무리로 합류하는 것을 유도하여 취식무리의 크기를 판단하였다. 취식무리를 발견할 경우 개체수와 함께 유조개체수를 확인하여 기록하였다(Ohsako, 1989; Yoo, 2004). 유조의 구분은 두루미의 경우 머리와 날개깃, 등깃의 갈색 유무와 함께 셋째날개깃이 흑갈색인 것으로 확인하였으며, 재두루미는 두루미와 같이 날개깃, 등깃이 갈색인지와 함께 셋째날개깃이 갈색 유무 및 길이를 통하여 확인하였다(Johnsgard, 1993; Yoo, 2004).

나. 도로유형에 의한 영향

조사지역에서 관찰되는 두루미류의 취식무리와 도로와의 최단거리를 휴대용거리측정기(Bushnell Rangemaster 1000)를 이용하여 측정하였다(Yoo, 2004; Yoo et al., 2007). 관찰시 두루미류 인근의 포장도로(paved road: PR), 비포장도로(unsafe road: UPR), 포장농로(paved farm road: PFR), 비포장농로(unsafe farm road)를 구분하여 각 도로에서의 거리를 측정하도록 하였다(Yoo et al., 2007). 두루미의 취식지점이 장애물에 가려져 측정이 불가능하거나 500m 이상 떨어져 있는 경우 기록하지 않았다.

3. 분석방법

도로와의 거리에 대한 분석시 전체 조사자료 중 도로에서 500m 이내의 거리에 분포하는 취식무리를 대상으로 분석하였다. 두루미류의 취식무리 크기는 1, 2, 3, 4, 5~49, 50 이상 개체로 구분하여, 빈도분석을 위한 카이스퀘어 검정(χ^2 -test)를 사용하여 분석하였다. 도로에서 취식무리까지의 거리 비교는 분산의 동질성 검정에서 동질한 분산을 확인한 후, 일원배치분산분석(ANOVA test)를 실시하였으며, 사후검정은 Duncan 다중비교 검정(Duncan multiple comparison test)을 이용하였다. 종간의 비교에서는 도로유형별로 취식무리까지의 평균거리를 비교하였으며, 독립 t검정(Independent sample t-test)을 실시하였다. 각 도로에서 무리크기별 도로와의 평균거리 비교는 전체표본과 함께 표본 내의 5개체 이상, 5개체 미만 무리군을 구분하여 비교하였다. 분석은 우선 분산의 동질성 검정에서 동질한 분산을 확인한 후, 일원배치분산분석(ANOVA test)를 실시하였으며, 사후검정은 Duncan 다중비교검정(Duncan multiple comparison test)을 이용하였다.

연구결과

1. 두루미와 재두루미의 취식무리

가. 취식무리의 크기별 빈도

두루미와 재두루미의 취식무리 크기를 1개체와 가족군의 형태인 2, 3, 4개체, 무리군의 형태인 5~49개체, 50개체 이상으로 구분하여, 취식무리 크기별로 비교하고 종간에 비교를 하였다. 두루미와 재두루미 모두 2~4개체 취식무리가 가장 높은 빈도로 나타났다(Figure 2). 두루미와 재두루미의 중간에서 취식무리 크기별 빈도는 통계적으로 유의미한 차이가 있었다(χ^2 -test, $\chi^2=36.36$, $df=4$, $p<0.001$). 취식무리 크기별로 본다면, 두루미는 1개체가 재두루미에 비하여 관찰된 빈도가 높았으며, 재두루미의 경우 두루미에 비해 4개체 가족군과 5개체 이상의 무리군에서 높은 비율을 나타내었다.

나. 단일 종 무리와 혼종 무리의 비율

두루미와 재두루미는 대부분 단일 종 무리(mono-specific flock)로 취식하는 것이 553무리 중 463무리로 83.7%를 차지하였으며, 혼종무리의 경우 90무리로 16.3%였다(Table 1). 혼종무리로 취식하는 경우는 두루미 1무리와 재두루미 1무리의 혼종무리가 가장 많았으며, 대부분 두루미와 재두루미 가족군의 결합이었다.

단일종이 2개 취식무리 이상 결합하여 취식하는 경우는 두루미와 재두루미 모두 5개체 이상의 무리군에 가족무리(4개체 미만의 유조포함 가족)가 포함된 경우였다. 결과적으로

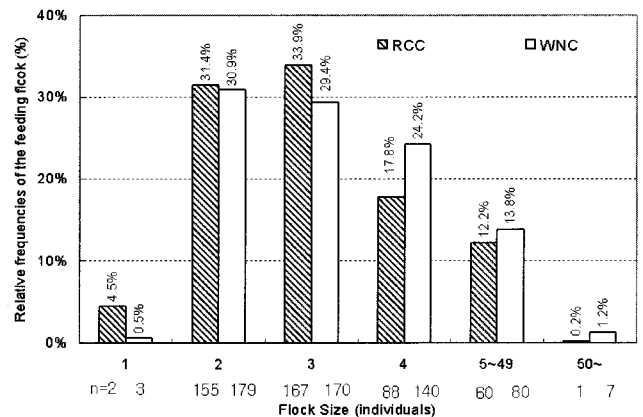


Figure 2. Relative frequencies of the feeding flock in RCC(Red-crowned Cranes) and WNC (White-naped Cranes)

Sample sizes were represented below the category of each flock size. Relative frequencies were represented above each box

Table 1. Frequencies of the monospecific and hererospecific feeding flock of the Red-crowned Crane and White-naped Crane in Cheorwon basin from January to February 2007

[§] Flock Types	Sub-flock Types	Species and number of flocks	Frequency	[#] Rate (%)	[@] Rate (%)
M. S	1 feeding flock	RCC 1	190	41.0%	
		WNC 1	269	58.1%	
	2 feeding flock	RCC 2	2	0.4%	
		WNC 2	1	0.2%	
	3 feeding flock	WNC 3	1	0.2%	
	Subtotal	463	100%	83.7%	
H. S	2 feeding flock	RCC 1-WNC 1	88	97.8%	
	3 feeding flock	RCC 1-WNC 2	2	2.2%	
	Subtotal	90	100%	16.3%	
Total flock		553	-	100%	

[§] M. S: Monospecific feeding flock, H. S: Heterospecific feeding flock

[#] Relative Frequency against monospecific or heterospecific feeding flocks

[@] Frequency rate against total feeding flocks

로 단일종무리의 비율이 매우 높았으며, 일부 두루미와 재 두루미의 혼종 무리가 존재하는 것으로 나타났다.

2. 취식지점과의 도로유형별 거리

두루미류가 취식하는 지점 인근의 도로유형을 구분하여 도로에서의 거리를 측정하였으며, 평균거리를 분석하였다. 두루미에 있어서 취식지점과 포장도로(PR)와의 평균거리는 비포장농로(UPR), 포장농로(PFR), 비포장농로(UPFR)와의 평균거리에 비하여 멀었다(ANOVA test, F=28.712,

df=3, p<0.001, Table 2). 사후분석 결과, 포장도로와의 거리가 다른 도로유형에 비하여 유의하게 차이가 있는 것으로 나타났다(Table 2). 재두루미의 경우 취식지점과 포장도로 및 비포장도로의 거리는 포장농로, 비포장농로와의 거리가 차이가 있었다(F=15.415, df=3, p<0.001, Table 2). 사후분석 결과, 포장도로가 독립집단으로 구분되어 포장농로 및 비포장농로와는 유의미한 차이를 보였으며, 비포장도로와는 유사한 것으로 나타났다(Table 2).

두루미와 재두루미 중간 도로유형별 평균거리를 비교할 경우 포장도로에서만 유의미한 차이를 보였다(t-test, PR:

Table 2. Intra and inter specific difference of the mean distance from the each road types on the Red-crowned Crane and White-naped Crane in Cheorwon basin

¹ Road Types	RCC			WNC			² t	df	p
	Mean	SD	N	Mean	SD	N			
PR	172.3 ^a	108.1	170	140.9 ^a	104.9	216	2.225	337	0.027 [*]
UPR	114.1 ^b	90.2	16	115.9 ^{ab}	89.4	32	-0.591	44	0.558
PFR	102.2 ^b	77.5	125	93.6 ^b	76.3	143	0.003	262	0.130
UPFR	90.3 ^b	68.9	220	90.4 ^b	67.8	230	0.120	436	0.721
³ F	28.712			15.415					
df	3			3					
p	<0.001 ^{***}			<0.001 ^{***}					

¹ PR: paved road, UPR: unpaved road, PFR: paved farm road, UPFR: unpaved farm road

² independent sample t-test

³ ANOVA test. for each species, road types with different alphabet (a, b) means significant differences based on Duncan multiple comparison test

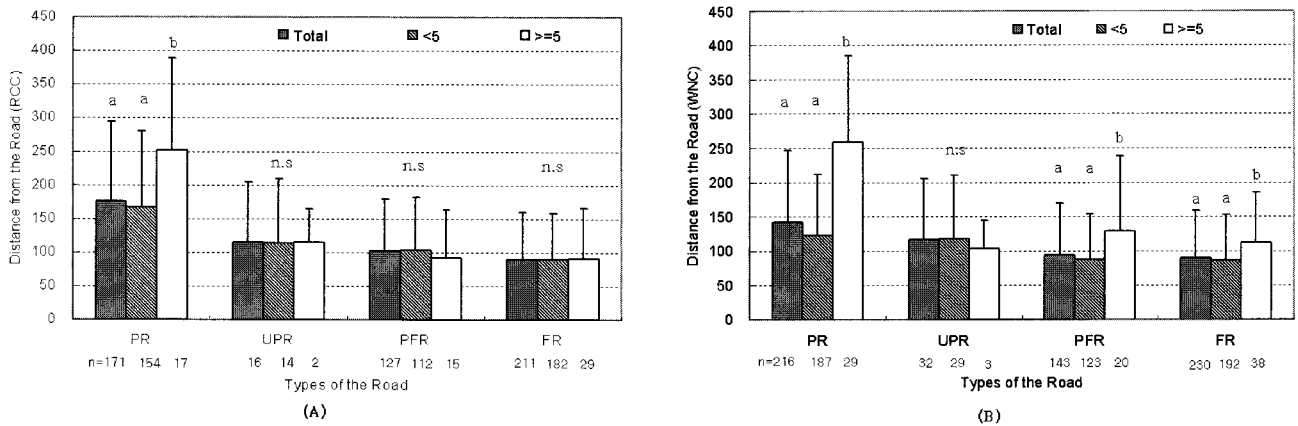


Figure 3. Differences of average distance from each road types between flocks of same or more than 5 individuals and flock of less than 5 individuals in Red-crowned Cranes(A) and White-naped Cranes(B). Vertical bars indicate the standard deviation. Sample size was remarked below each box plots. Different letters on the vertical bars mean significant difference among groups in each road types by Duncan multiple comparison test

$t=2.225$, $df=337$, $p=0.027$, UPR, PFR, FR: n.s., Table 2). 결과적으로 두루미와 재두루미 모두 포장도로로부터 원거리에서 취식하며, 재두루미보다 두루미가 더 멀리 취식하는 것으로 분석되었다.

3. 취식무리 크기에 따른 도로유형별 거리

비가족군의 기준인 5개체 이상의 취식무리와 5개체 미만의 취식무리를 구분하여 각 도로유형별로 떨어진 거리를 비교하였다. 두루미는 5개체 이상의 취식무리가 포장도로에서 전체 취식무리와 5개체 미만의 취식무리와는 다른 분산을 가졌으며(ANOVA test, $F=3.997$, $df=2$, $p<0.05$), 사후분석 결과, 포장도로(PR)에서 유의하게 멀리 떨어져서 취식하는 것으로 나타났다(Figure 3-A). 하지만 비포장도로(UPR), 포장농로(PFR), 농로(FR)에서는 무리크기에 따른 도로와의 거리가 차이가 없었다(Figure 3-A). 재두루미에 있어서도 포장도로에서 5개체 이상의 취식무리는 5개체 미만의 취식무리와는 다른 분산을 보였으며($F=23.341$, $df=2$, $p<0.0001$, Figure 3-B), 사후분석 결과, 포장도로뿐만 아니라 포장농로와 비포장농로에서도 5개체 이상의 취식무리는 전체무리 및 5개체 미만의 무리에 비하여 유의하게 멀리 떨어져서 취식하는 것으로 나타났다(Figure 3-B).

고찰

1. 두루미류의 취식무리의 크기

Pae(1994)에서 두루미의 취식무리의 구성이 2개체 19.8%, 3개체 26.0%, 4개체 23.7%로 높은 빈도를 보이고,

재두루미에서는 6~50개체 취식무리의 비율이 높게 나타난다고 보고하였다. 일본 이즈미에 도래하는 흑두루미 *Grus monacha* 의 취식무리 크기에서도 2개체 16.9%, 3개체 36.1%, 4개체 14.5%로 빈도가 높게 나타났다(Ohsako, 1989). 본 연구결과에서 또한 두루미의 취식무리가 2~4개체 비율은 높게 나타났으며, 재두루미의 경우 두루미에 비하여 6~50개체 비율이 높게 나타났다(Figure 2). 두루미의 경우 2개체 31.4%, 3개체 33.9%, 4개체 17.8%를 나타내었으며, 재두루미의 경우 2개체 30.9%, 3개체 33.9%, 4개체 24.2%로 조사되었다. 표본수가 달라서 직접적으로 비교할 수는 없겠지만, Pae(1994)의 결과에 비하여 두루미에서 2, 3개체 비율은 낮게, 4개체 비율은 높게 나타났다.

2개체와 3~4개체의 유조를 포함한 취식무리는 대부분 번식쌍으로 간주되어진다(Lovvorn and Kirkpatrick, 1982). 본 연구에서 기존 연구와 같이 두루미류에서 2~4개체 취식무리의 빈도가 높은 것은 번식이후 어린개체를 월동기 혹은 다음연도 번식기까지 보살피는 두루미류 특유의 양육(parental care)습성 때문일것이다(Ohsako, 1989; Johnsgard, 1993; Meine and Archibald, 1996).

2. 도로에서의 분포 거리

생물체의 분포는 크게 구분하여 임의분포(random), 규칙적인 분포(regular), 집단분포(agggregated)의 형태를 보인다(Perrins and Birkhead, 1983; Begon et al., 1996). 두루미류는 가족군의 텃세권 형성에 의한 규칙적 분포와, 비가족군에 의한 임의분포가 혼재된 양상을 보여주고 있다(Ohsako, 1989; Cheorwon County, 2002; Lee and Yoo, 2005).

두루미와 재두루미는 공통적으로 통행량이 빈번한 포장

도로와 멀리 떨어져 취식하는 경향이 있었으며, 재두루미는 추가적으로 비포장도로에서도 농로와의 평균거리에서 차이를 보였다(Table 1). 이 결과는 두루미류가 포장도로 및 비포장도로(차량 출입이 잦은 도로)를 차량 출입이 낮은 포장농로와 비포장농로에 비하여 선호하지 않는 것을 보여준다(Cheorwon County, 2002; Yoo *et al.*, 2007). 또한, 두루미는 무리크기가 큰 경우가 작은 무리에 비하여 포장도로 인근에서 평균 거리가 멀었다(Figure 3-A). 재두루미 또한 포장도로 인근에서 동일한 양상을 보였으며, 추가적으로 포장농로와 비포장농로에서 취식지점까지의 평균거리가 멀게 나타났다(Figure 3-B). 이것은 두루미에 비하여 재두루미에서 무리규모가 큰 경우의 빈도가 높기 때문에 농로에 대한 이격거리 또한 커진 것으로 판단된다(Figure 2).

무리의 크기가 큰 경우 방해요인 및 포식자에 대한 영향이 더 크게 나타난다(Kenward, 1978; KWRC, 2005). 이것은 주변을 감시하는 효율이 무리크기가 작은 경우보다 높기 때문일 것이다(Kenward, 1978). 재두루미에 비하여 취식무리의 크기가 큰 쇠기러기 *Anser albifrons*의 경우 도로인근 지역의 낙곡의 밀도가 다른 지역에 비하여 높음에도 불구하고 취식지로 선택하지 않았다(Park, 1993; Klein *et al.*, 1995; Amano *et al.*, 2004; Yoo, 2004). 전체 무리 중 방해요인을 회피하려는 개체의 행동에 의하여 전체무리가 총동적으로 반응하기 때문에, 무리크기가 큰 경우가 방해요인에 자주, 크게 반응하여(KWRC, 2005), 사람 및 차량의 접근로인 도로에서 멀리 떨어져 취식할 가능성이 있을 것이라 사료된다. 따라서 무리크기별 최초 반응개체의 행동과 전체무리의 행동이 어떻게 연관되는지를 추가적으로 연구할 필요가 있을 것이다.

3. 도로의 물리적인 구조 vs 통행량, 직접적인 방해요인은?

도로 및 인위적 구조물 등은 동물의 서식에 영향을 주는 것으로 알려져 있다(Keller, 1991; Park, 1993; Forman and Alexander, 1998; Ruediger, 1998; Pae, 2000; Lee *et al.*, 2001; Cain *et al.*, 2003). 하지만 그 구조물이 직접적인 요인인지 간접적인 요인인지에 따라 주로 언급하여야 하는 대상을 달라져야 할 것으로 보인다(Yoo *et al.*, 2007). 특히, 도로의 경우 인위적인 구조물인 것은 다른 인간에 의한 간섭요인(인가, 건물 등)과 공통적인 특성을 가지지만, 도로의 목적은 차량과 사람 등이 통행 할 수 있게 하는 보조수단이다. Yoo(2004)와 Yoo *et al.*(2007)의 연구에서 동일한 넓이의 아스팔트 포장에 되어있는 서로 다른 도로 주변지역에 서식하는 두루미류의 취식 무리의 수는 통행량에 따라 차이가 있었다. Klein *et al.*(1995)의 연구에 의하면 사람 및 차량

의 통행량에 의하여 도로에서의 조류의 거리별 분포 빈도가 달라졌다. 이것은 도로의 물리적인 구조(주변과의 높이, 가드레일 등의 구조물) 보다는 차량 및 사람의 통행량이 두루미류의 서식에 직접적 영향을 준다는 간접적 뒷받침이 될 것이다.

지속적 인위적인 방해요인에 대하여 조류는 시간이 지남에 따라 습관화 적응(habituation)양상을 보인다(Anderson and Rongstad, 1989; Cheorwon Conuty, 2002). 습관화 적응이란, “반복적으로 발생하는 자극의 결과 반응이 감소하는 학습의 양상”을 의미한다(Mcfarland, 1987). 철원군 고석정에 소재하는 “철원군 천연기념물(야생조수류) 보호사”의 보호동물들은 약 150m 떨어진 야포사격장(군사시설)의 소음으로 인하여 초기 입실한 소형 동물의 경우 폐사하는 경우가 많지만, 일정 기간이 지난 후 살아남은 동물의 경우 큰 반응이 없는 적응행동을 보였다(조류보호협회 철원지회 사무국장 김수호 개인의견). 물리적인 환경과 인공구조물, 반복적인 자극 또한 시간이 지날수록 해당지역에 서식하는 동물에게 주변환경 및 자극에 대한 습관화 적응 행동을 유도할 것이다(Burger and Gochfeld, 2001; Yoo *et al.*, 2007). 두루미류 또한 이러한 습관화 적응 행동이 나타날 것으로 판단된다. 철원지역에 도래하는 재두루미의 경우 월동초기 번식을 마치고 도래할 때와 월동후기 이즈미 지역에서 월동한 후 북상하는 시기의 차량에 대한 반응이 다르게 나타났다(Cheorwon Conuty, 2002; Yoo, 2004). 물론 종 특이적인 민감성에 의하여 주변환경에 대한 습관화 적응의 차이는 있을 수 있을 것이다. 하지만, 도로는 지속적으로 존재하기 때문에 두루미류로 하여금 시간이 지남에 따라 적응할 수 있는 물리적 환경이라 할 수 있으므로, 습관화 적응이 나타날 것으로 판단된다. 결과적으로 도로보다는 차량 및 사람을 직접적인 영향을 주는 요인으로 간주하여야 할 것이다(Yoo, 2004; Yoo *et al.*, 2007). 특히, 철원지역의 경우 민간인 통제지역으로 제한된 지역이므로, 여타 지역에 비하여 도로에 의한 물리적 영향 보다는 차량 등의 통행에 의한 영향이 더 크다고 할 수 있을 것이다.

인용문헌

- Amano, T., K. Ushiyama, G. Fujita and H. Higuchi(2004) Factors affecting rice grain density unconsumed by White-fronted Geese in relation to wheat damage. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 102: 403-407.
- Anderson, D.E. and O.J. Rongstad(1989) Response of nesting Red-tailed Hawks to helicopter overflights. *The Condor* 91: 296-299.
- Begon, M., J.L. Harper and C.R. Townsend(1996) *Ecology: individual, population and communities*(3rd ed.). Blackwell

- Science, Oxford.
- Bergin, T.M., L.B. Best and K.E. Freemark(1997) An experimental study of predation on artificial nests in roadsides adjacent to agricultural habitats in Iowa. *Wilson Bulletin* 109(3): 437-448.
- Bertram, B.(1980) Vigilance and group size in Ostriches. *Animal Ecology* 28: 278-286.
- Burger, J. and M. Gochfeld(2001) Effect of human presence on foraging behavior of Sandhill Cranes *Grus canadensis* in Nebraska. *Bird Behavior* 14(2): 81-87.
- Cain, A.T., V.R. Tuovila, D.G. Hewitt and M.E. Tewes(2003) Effect of highway and migration projects on Bobcats in Southern Texas. *Biological Conservation* 114: 189-197.
- Cheorwon County(2002) Conservation plan of the migratory birds and the establishment strategy of sustainable development. Cheorwon County Office, 398pp.
- Choi, Y.S., I.K. Kwon, J.C. Yoo(2004) Habitat use of waterbirds in rice field. *Korean Journal of Nature Conservation* 2(3-4): 43-59.
- Evink, G.L.(1996) Florida department of transportation initiatives related to wildlife mortality. In: Evink, G. L., P. Garrett, D. Zeiger, J. Berry(Eds.), *Proceedings of the transportation related wildlife seminar(FL-ER-58-96)*. Florida department of transportation, Tallahassee, Florida.
- Forman, R.T. and L.E. Alexander(1998) Road and their major ecological effects. *Annual Review of Ecology and Systematics* 29: 207-231.
- Frid, A. and L. Dill(2002) Human-caused disturbance stimuli as a form of predation risk. *Conservation Biology* 6(1): 11. [online] URL: <http://www.consecol.org/vol16/iss1/art11>.
- Gill, J.A. and W.J. Sutherland(2004) Predicting the consequences of human disturbance from behavioural decisions. pp. 51-64. In: Gosling, L.M. and W.J. Sutherland(eds.), *Behaviour and Conservation(digital edition)*. Cambridge University Press, UK, 438pp.
- Gillman, J.A. and D.F. Fraser(1987) Habitat selection under predation hazard: test of a model with foraging minnow. *Ecology* 68: 1856-1862.
- Johnsgard, P.A.(1993) *Cranes of the World*. Indiana Univ. Press. Bloomington, 258pp.
- Kenward, R.E.(1978) Hawks and doves: factors affecting success and selection in Goshawk attacks on Wood-pigeons. *Journal of Animal Ecology* 47: 449-460.
- Keller, V.E.(1991) The effect of disturbance from roads on the distribution of feeding sites of geese wintering in north-east Scotland. *Ardea* 79: 229-231.
- Keys, G.C. and L.A. Dugatkin(1990) Flock size and position effects on vigilance aggression, and prey capture in the European Starling. *The Condor* 92: 151-159
- Klein, M.L., S.R. Humphrey and H.F. Percival(1995) Effect of eco-tourism on distribution of waterbirds in a Wildlife refuge. *Conservation Biology* 9(6): 1454-1465.
- Koo, T.H.(1980) Crane Ecology. *Nature Conservation* 32: 32-33.
- Krebs, J.R. and N.B. Davies(1993). *An Introduction to Behavioural Ecology*(3rd ed.). Oxford, Blackwell Scientific Publications, 420pp.
- KWRC(2005) *Ecological network planning in Sihwa district*. Korea Institute of Water and Environment. Korea Water Resources Corporation. 264pp.
- Lee, K.S. and S.H. Yoo (2005) Stay period and site fidelity of White-naped Cranes *Grus vipio* by the identifying of the color band. *Proceeding of the 2005 Autumn Congress of the Korean Ornithological Society*, Kyung Nam University, 4-5pp.
- Lee, W.S., S.J. Rhim and C.R. Park(2001) Habitat use of cranes in Cheolwon Basin, Korea. *Korean Journal of Ecology* 24(2): 77-80.
- Lima, S.L. and L.M. Dill(1990) Behavioral decisions made under the risk of predation: a review and prospectus. *Canadian Journal of Zoology* 68: 619-640.
- Lima, S.L.(1998) Stress and decision making under the risk of predation: recent developments from behavioral, reproductive and ecological perspectives. *Advances in the Study of Behavior* 27: 215-290.
- Lovvorn, J.R. and C.M. Kirkpatrick(1982) Recruitment and socially-specific flocking tendencies of Eastern Sandhill Cranes. *Wilson Bulletin* 94: 313-321.
- Mcfarland, D.(1987) *The Oxford Companion to Animal Behaviour*. Oxford University Press. Oxford, New York, 685pp.
- McWilliams, S.R., J.P. Dunn and D.G. Raveling(1994) Redator-prey interactions between Eagles and Cackling Canada and Ross' Geese during winter in California. *Wilson Bulletin* 106(2): 272-288.
- Meine, C.D. and G.W. Archibald(Eds).(1996). *The cranes: Status survey and conservation action plan*. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK, 294pp.
- Ohsako, Y.(1989) Flock organization, dispersion and territorial behaviour of wintering Hooded Cranes (*Grus monacha*) in Izumi and Akune, Kyushu. *Japanese Journal of Ornithology* 38(1): 15-29.
- Pae, S.H.(1994) Wintering ecology of Red-crowned Crane *Grus japonensis* and White-naped Crane *Grus vipio* in Cholon basin, Korea. M. Sc. Thesis, Kyung Hee University, 43pp.
- Pae, S.H.(2000) A study on habitat use of wintering cranes in DMZ, Korea. -with carrying capacity and spatial distribution analysis using GIS- Ph. D. Thesis, Kyung Hee University, 77pp.
- Park, J.Y.(1993) Wintering ecology of the White-fronted Geese on Junam Reservoirs, Korea. M. Sc. Thesis, Kyung Hee

- University, 57pp.
- Perrins, C.M. and T.R. Birkhead(1983) Avian Ecology: Tertiary level biology. Blakie & Son Ltd., Glasgow, London, UK., 221pp.
- Poysa, H.(1987) Numerical and escape responses of foraging teals *Anas crecca* to predation risk. Bird Behaviour 7: 87-92.
- Pulliam, H. R. and T. Caraco(1984) Living in groups: is there an optimal group size? pp. 122-147. In: J. R. Krebs and N. B. Davies(eds.) Behavioural Ecology: an evolutionary approach (2nd ed). Blackwell Publications, Oxford, 420pp.
- Ruediger, B.(1998) The relationship between rare carnivore and highway. In: Evink, G. L., P. Garrett, D. Zeiger, J. Berry(Eds.), Proceedings of the transportation related wildlife seminar (FL-ER-69-98). Florida department of transportation, Tallahassee, Florida.
- Won, P.O.(1980) Present status of the cranes wintering in Korea and their conservation. Theses Collection, Kyung Hee University, 10: 413-421.
- Yoo, S.H.(2004) Some factors affecting the distribution of *Grus japonensis* and *Grus vipio* behavioral aspects of family group. M. Sc. Thesis, Kyung Hee University, 113pp.
- Yoo, S.H., K.S. Lee, J.C. Yoo(2007) Reaction to the vehicle and trade-off between vehicle disturbance and food resources of Cranes -Focused in the wintering Cranes in Cheorwon basin, Korea-. Korean Journal of Environmental Ecology 21(6): 526-535.