

두루미류의 차량에 대한 반응 및 방해요인과 먹이 자원 사이의 절충¹

- 철원분지에서 월동하는 두루미와 재두루미를 중심으로 -

유승화^{2*} · 이기섭³ · 유정철⁴

Reaction to the Vehicle and Trade-off Between Vehicular Interruption and Food Resources of Cranes¹

- Focused on the Wintering Cranes in Cheorwon Basin, Korea-

Seung-Hwa Yoo^{2*}, Ki-sup Lee³, Jeong-Chil Yoo⁴

요 약

본 연구는 2004년도 2월에서 3월까지 철원분지의 민간인통제지역에서 두루미와 재두루미의 차량에 대한 반응 행동과 함께 방해요인과 먹이와의 수지균형에 관하여 실시하였다. 재두루미의 도로로부터의 평균취식거리는 두루미에 비하여 가까웠다. 두루미와 재두루미 모두 무리크기가 클수록 도로로부터 떨어진 평균거리는 증가하였다. 두루미와 재두루미는 차량의 근거리 정지에 대하여 경계, 걷기, 뛰기, 비행의 반응을 보였으며, 도로에서 가까울수록 차량에 대하여 민감하게 반응하였다. 도로에서 멀수록 차량의 정지에 대한 반응 시간은 두루미와 재두루미 모두 감소하였다. 차량의 정지에 대하여 반응을 보이지 않는 반응역치거리는 두루미와 재두루미 모두 250m이었다. 두루미는 200m내에서 재두루미에 비하여 민감하게 반응하였다. 도로 교통량이 증가함에 따라 동일거리에서의 반응시간은 변화가 없었지만, 도로인근 지역에서 멀어지게 하고 해당지역을 취식지로 이용하지 않게 하는 영향이 있었다. 두루미와 재두루미가 차량 통행 등의 방해요인에도 불구하고 낙곡을 취식했던 것은 도로인근 지역의 잔존 낙곡의 밀도가 높았기 때문이었다.

주요어 : 도로와의 취식거리, 반응역치거리, 반응시간, 취식지선택

ABSTRACT

This study was conducted at the Civilian Controlled Zone(CCZ) in the Cherowon from February to March 2004 to investigate the reaction to the vehicles of Red-crowned Cranes(RCC) and White-naped Cranes(WNC) and trade-off of the vehicle interruption with food resources. The foraging distance from the road of WNC was much closer than that of RCC. The large flocks of cranes' average feeding distance from the road was farther than small flocks of cranes in both species. Cranes showed the reaction, such as alert, walking, running and flying against the vehicle stop

1 접수 9월 11일 Received on Sep. 11, 2006

2 한국환경생태연구소 Korea Institute of Environmental Ecology, Daejeon(305-301), Korea(jornath@hanmail.net)

3 한국환경생태연구소 Korea Institute of Environmental Ecology, Seoul(138-120), Korea(larus@hanmail.net)

4 경희대학교 생물학과 Dept. of Biology, Kyung-Hee Univ., Seoul(131-101), Korea(jcyoo@khu.ac.kr)

* 교신저자, Corresponding author

and were more sensitive as they were close to the road. The reacting time to the stopping vehicle were reduced as it was farther from the road. The distance of about 250m was a reaction threshold distance against the vehicle stop to both species. The reacting time in the same distance was not different in relation to the traffic volume, but large traffic volume tended to cause cranes to stay far away from the road and not to feed themselves near a traffic congested area. The reason cranes fed themselves on fallen rice grains in spite of the vehicular traffic interruption factor was that there was a high density of the fallen rice grains remaining at the area near a road.

KEY WORDS : FEEDING SITE SELECTION, FORAGING DISTANCE FROM ROAD, THRESHOLD DISTANCE, REACTION TIME

서론

최근 자연환경에 대한 관심이 증대되고 인간에 의해 멸절위기에 놓이게 된 멸종위기종의 보호, 보전, 재도입, 인공증식 및 복원에 대한 관심과 연구가 증가되고 있다. 이 같은 보전 및 복원노력은 멸종위기종의 서식향상에 도움을 줄 것으로 기대가 된다. 하지만 동물의 기본적인 서식요건이나 습성 등에 관한 정보가 부족하다면, 보전 및 복원노력은 그 효과를 기대하기 어렵다. 따라서 기본적인 동물의 행동양상 및 여러 방해요인에 대한 저항정도를 평가하는 것은 매우 중요하다.

동물들이 살아가기 위해 중요한 활동은 여러 가지가 있겠지만, 그중 먹이 자원은 매우 중요한 환경적 제한요인(environmental limiting factor; Newton, 1998)이며, 먹이를 구하기 위한 서식지의 선택은 동물의 생존에 있어 매우 중요한 활동일 것이다. 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; reviews in Lima and Dill, 1990; Lima, 1998; Frid and Dill, 2002; Gill and Sutherland, 2004). 또한 방해와 자원의 풍부도 사이의 절충(trade-off)에 의하여 결정된다(Frid and Dill, 2002; Gill and Sutherland, 2004). 차량과 인간에 의한 방해는 조류에게 비행 등의 에너지를 요구하는 회피반응을 요구한다. 조류에 있어서 회피반응의 형태인 비행은 기초대사에너지(BMR: basal metabolic rate)의 12~15배의 에너지를 요구하는 활동이다(Fredrickson and Reid, 1988). 서식지의 온도 또한 에너지 요구량에 있어 중요한 요인으로서 0°C에서의 대사에너지는 20°C인 경우에 비하여 2.1배의 에너지를 요구하며, -20°C에서는 2.7배의 에너지를 요구한다(Fredrickson and Reid, 1988). 본 연구의 조사지역인 철원분지의 경우 겨울철 평균 기온이 -5°C 정도로서 기

온에 따른 기본적인 일일에너지요구량이 높다 할 수 있었다. 방해요인에 의한 취식시간의 감소는 월동기간 동안의 생존율과 다음해의 번식에 미치는 영향이 클 것이다(Masatomi, 2000). 그러므로, 방해요인에 대해 회피할 것인지에 대한 판단은 방해원에 대한 위협정도와 획득 가능한 에너지의 양과의 수지균형(trade-off)에 의해 결정될 것이라 사료된다(Krebs and Davies, 1993; Frid and Dill, 2002). 철원지역에 도래하는 두루미와 재두루미의 취식지 선택과정 또한 이러한 포식과 방해의 위협에 대한 생존가능성과의 절충 자원 즉, 방해요인과 먹이취득 간의 비용과 이익의 절충에 의해 결정될 것이다.

철원지역에서 월동하는 두루미류에 대한 방해요인은 여러 연구에서 언급되어 왔으며, 이들 방해요인 중 인간에 의한 직접적인 간섭과 도로 신설로 인한 통행차량의 증가가 문제점으로 제기되었다(Pae, 1994; 배성환, 2000; 송인화, 2000; 윤태환, 2000; Lee *et al.*, 2001). 더욱이 철원지역은 향후 두루미 등의 풍부한 생물자원을 바탕으로 차량을 이용한 생태관광을 시행할 계획으로 차량에 의한 방해요인은 더욱 증가할 것으로 판단된다(유네스코 한국위원회, 1997; 철원군, 1999; 배성환, 2000; 철원군, 2002a). 과거 생태관광이나 탐조관광은 일정한 인솔자에 의하여 통제되었으나, 최근에는 통제없이 개별관광을 하는 인구가 늘어나고 있다(철원군 2002a). 따라서 차량통행 및 관광객에 의한 방해요인은 이전보다 증가할 것으로 예상되며, 이 중 특히 차량에 대한 거리별 반응, 차량의 통행량이 미치는 영향 등에 대하여 연구가 요망된다(Austin and Richert, 2001).

두루미류의 먹이원에 대한 경쟁종은 농경지의 벼(*Oriza sativa* spp.) 낱곡을 이용하는 쇠기러기 *Anser albifrons*이다. 철원지역의 10월경 쇠기러기의 도래수는 10만 개체 이상으로 두루미류에 비하여 월등히 많은 수가 도래하므로(Han *et al.*, 2003), 쇠기러

기가 농경지의 낙곡량을 이용하는 양은 두루미류에 비하여 현저히 높다고 할 수 있다(철원군 2002a). 결론적으로 쇠기러기에 의한 낙곡소비는 철원지역의 잠재먹이량을 감소시킬 것이며, 도로인근 지역은 쇠기러기의 취식지로 선호되지 않기 때문에 도로에서 먼 지역보다 잔존 하는 낙곡의 양이 많을 것으로 보인다(박진영과 원병오, 1993; Amano *et al.*, 2004). 잔존 낙곡량의 불균형은 방해요인에도 불구하고 도로인근 지역으로 접근하여 취식하는 원인이 될 것으로 보인다(Burger and Gochfeld 2001).

방해요인과 먹이 취득간의 수치균형에 대한 연구는 취식행동 구분이 명확하고, 원거리에서도 관찰 및 거리 측정이 가능한 대형 동물에 의하여 검증되는 것이 유리할 것이다. 두루미속의 조류(*Grus spp.*)는 대형이며 취식, 휴식, 경계 등의 행동구분이 명확하기 때문에 방해요인에 대한 반응을 연구하기에 적합한 분류군이다(Nagano *et al.*, 1992).

본 연구는 멸종위기종인 두루미 *Grus japonensis*와 재두루미 *Grus vipio*의 차량에 대한 반응양상에 대하여 알아보고, 이러한 정보가 종의 복원에 기여할 수 있도록 기초자료로 제공하기 위해 수행하였다. 또한 도로인근의 방해요인에도 불구하고 도로인근에서 취식하는 두루미의 취식지 선택에 대하여 행동학적인 접근으로 연구를 실시하였다.

연구 지역 및 방법

1. 연구지역

본 조사는 강원도 철원군에 소재한 민간인 통제지역 내의 포장된 도로인근에서 수행되었다(Figure 1). 철원지역은 국내에서 가장 많은 수의 두루미와 재두루미가 도래하는 장소이다(원병오, 1992; Pae, 1994; 김진한 등, 1996; Pae *et al.*, 1996; 철원군, 1999; 배성환, 2000; 송인화, 2000; 윤태환, 2000; 철원군, 2002a). 또한 두루미류와 함께 낙곡을 주 먹이로 하는 쇠기러기의 최대 도래지이기도하다(김진한 등, 1996; 철원군, 2002a). 본 지역에서 두루미와 재두루미가 많이 서식하는 이유는 벼의 추수시기가 다른 지방에 비하여 빠르고(철원군, 2002b), 넓은 농경지에서 발생하는 낙곡이 많으며, 민간인의 출입을 통제하는 군사지역으로서 방해요인이 적기 때문이다(철원군, 2002a; Han *et al.*, 2003).

도로는 양복 2차선으로 포장되어 있으며, 안보관광 등으로 통행이 빈번한 3번 지방도와 주로 농도로 이용

되는 11번 지방도로 구분하여 실시하였다. 도로에서부터 300m이내의 지역을 중점적으로 조사하였으며, 두루미류의 관찰이 가능한 경우 그 이상의 범위도 조사하였다.

2. 연구방법 및 통계분석

1) 차량에 대한 두루미류의 반응형태 및 시간

차량에 대한 반응 조사는 2004년 2월 중순에서 3월 중순까지 매주 실시하였다. 본 시기는 봄철이 되면서 생태 및 안보 관광객이 증가하여 차량통행이 늘어나 방해요인에 대한 영향을 평가할 수 있는 시기이다. 조사 지역에서 차량의 통행이 많은 지역과 적은 지역을 선정하여 두루미와 재두루미의 차량에 대한 반응을 조사하였다(Figure 1). Nagano *et al.*(1992)에 의하면 정지하지 않고 빠른 속도로 지나가는 경우에는 반응행동이 크지 않다고 하였다. 본 연구에서는 최근 급증하는 사진촬영, 탐조활동 등의 레크리에이션에 대한 두루미류의 반응을 알아보기 위하여 차량을 30km/h 정도로 천천히 이동하다가 정지하는 차량으로 방해조건을 주었다. 따라서 조사는 차량을 30km/h 이하로 운행하며, 도로에서 두루미류에 가장 근접하는 거리에서 정지한 후 반응유형 및 반응시간을 기록하였다. 위와 같은 차량의 움직임은 사진가 및 탐조가의 일반적인 움직임이다. 또

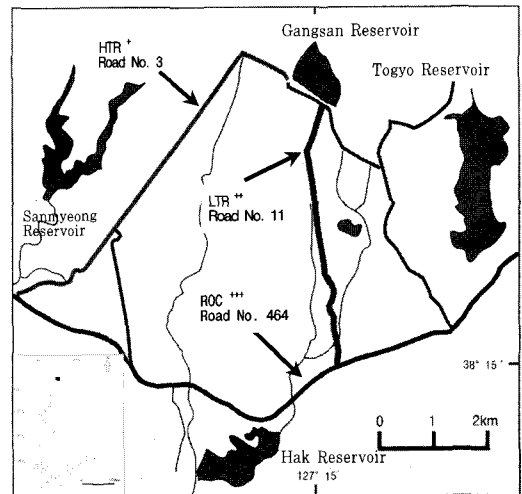


Figure 1. Map of study area, Cheorwon basin in Gangwon-do, Korea

+ : HTR (High traffic road), ++ : LTR (Low traffic road), +++ : ROC (Road of Out of civilian control zone; Highest traffic road)

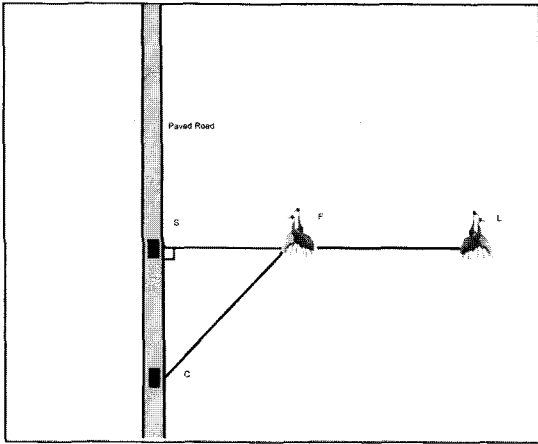


Figure 2. Modified figure of survey the reaction of cranes to a stopping the vehicle

(F: feeding point of cranes flock, C: first reaction of cranes flock point by the vehicle, S: shortest point from cranes flock, L: point of locomotion by walk or flying, C-F: distance of first reaction, S-F: feeding distance from the road, F-L: locomotion distance by walk or flying, S-L: distance of stable feeding from the disturbance by the vehicle)

한 차량에 대한 반응유형을 한 가지 조건으로 요인을 통제함으로써 보다 명확한 결과를 도출하려 하였다.

도로 주변에서 취식하는 두루미와 재두루미의 무리를 대상으로 최초반응거리(C-F), 도로와의 거리(S-F), 회피거리(F-L), 안정거리(S-L), 경계(alert) 시간, 걷기(walk)시간, 비행(flying)시간 등을 측정하였다(Figure 2). 최초반응거리(C-F)는 두루미가 차량에 대하여 처음 반응한 지점까지의 거리이며, 도로거리(S-F)는 도로로부터 취식 중이던 장소까지의 최단 거리이다. 회피거리(F-L)는 처음 취식하던 장소에서 걷기 및 비행으로 이동한 지점까지의 거리이며, 안정거리(S-L)는 차량에 대한 회피 이후 차량과의 거리이다. 멈춘 이후 걷기 및 비행에 의하여 이동한 지점까지의 거리이다. 취식무리는 가족군과 비가족군으로 구분하였다(Archibald, 1981; Tacha *et al.*, 1987; Wu and Yang, 1992; Alonso *et al.*, 1993; Ohsako, 1994; Masatomi *et al.*, 1994; Austin and Richert, 2001; 철원군, 2002a; Alonso *et al.*, 2004).

도로 주변에서 취식하는 두루미와 재두루미의 무리를 대상으로 도로와의 거리, 경계시간, 걷기시간, 비행시간 등을 측정하였다(Nagano *et al.*, 1992; Burger and Gochfeld, 2001). 도로와의 거리는 도로에서 취식

중인 장소까지의 최단거리이다. 차량과의 거리는 휴대용거리측정기(Leica Range Master 1200, error=±0.5m)를 이용하여 측정하였다. 가족군 중 유조는 성조의 행동을 따르는 경향이 있기 때문에(Alonso *et al.*, 2004), 성조의 반응이 가족군의 반응을 대표하는 것으로 하였으며, 성조 2개체 모두 차량에 대하여 반응을 멈추고 취식을 할 때까지 측정하였다. 비가족군의 경우 전체 무리의 1/2이상이 반응을 멈추고 다시 취식하는 시점까지를 측정하였고(Burger and Gochfeld, 2001), 각 반응시간은 초시계를 이용하여 연속적인 반응행동의 시작시점과 종료시점을 측정하여 행동의 지속시간을 환산하였다.

2) 교통량 조사

민통선 내 지역의 도로를 이용하는 교통량은 두루미류의 차량에 대한 반응조사와 수행하면서 동일한 도로를 이용하는 차량의 수를 10분단위로 합산하여 사용하였다. 조사당시 차량의 종류는 구분하였으나 구체적인 통계에는 사용하지 않았으며, 차량의 통행방향은 구분하지 않았다. 민통선 내 지역의 도로는 지방도 3번(교통량이 많은 도로)과 지방도 11번(교통량이 적은 도로) 도로를 구분하여 조사하였으며, 민통선 외 지역의 도로(지방도 464번 도로)의 통행량의 경우 조사당일 도로 통제를 담당하는 부대의 검문소에 직접 문의하여 자료로서 활용하였다(Figure 1).

3) 먹이량 조사

2003년 10월에 추수가 진행중인 논에서 최초 낙곡량을 조사하였으며(n=25), 2004년 11월에 도로에서 100m 이내 지역과 100-200m 지역으로 구분하여 잔존 낙곡량을 조사하였다. 농경지에서의 0.5m×0.5m 크기의 방형구를 사용하여(Diaz *et al.*, 1996), 바닥에 떨어진 낙곡을 수집한 뒤, 실험실로 옮겨와 채(0.5×0.5cm) 등을 이용하여 이물질과 분리한 후 직접 낙곡의 수를 세었다. 낙곡은 손으로 눌러 알곡을 확인하였으며, 먹이로 이용되었을 때 에너지로서의 가치가 없는 쪽정이는 낙곡수에 포함하지 않았다. 낙곡은 낱알이거나 서로 연결되어 있는 낱곡이 3개미만인 경우 낱알 형태(grain type), 3개이상인 경우 이삭형태(ear type)인 것으로 간주하여 하나의 표본에서 별도로 구분하여 기록하였다. 낙곡량은 1m²으로 환산하여 비교 분석하였다.

4) 통계분석

두루미와 재두루미의 도로로부터의 거리에 따른 취식 분포 비율의 차이는 χ^2 -test로 검증하였다. 차량에 대

한 반응시간은 상관분석(pearson correlation)을 이용하여 분석하였다. 도로의 통행량과 함께 통행량이 다른 도로인근의 구간별 반응시간의 차이는 Mann-Whitney U-test 를 이용하였다. 잔존먹이량의 차이 또한 Mann-Whitney U-test를 이용하였다. 통계분석에 사용한 프로그램은 SPSS 11.0이었다.

연구결과

1. 차량에 대한 두루미류의 반응

1) 도로 인근 지역의 두루미와 재두루미의 분포

두루미의 경우 100m단위로 나누어진 구역별로 취식 개체수의 차이가 없었지만(χ^2 -test, $\chi^2=3.19$, n.s., n=203, Table 1), 재두루미는 구역별로 취식 개체수는 차이가 있었다($\chi^2=49.70$, $p<0.001$, n=1,098, Table 1). 종간을 비교한다면 두루미에 비하여 재두루미의 도로인근 취식비율이 높았다($\chi^2=15.92$, $p<0.001$, n: Red-crowned Crane (RCC) =203, White-naped Crane (WNC)=1,098, Table 1).

두루미에 있어서 모든 취식무리의 도로에서의 평균 취식거리의 257.8 \pm 175.4m였으며(n=65), 재두루미는 156.3 \pm 140.8m였다(n=187). 도로에서의 평균 취식거리의 두루미보다 재두루미가 가까웠다(Z=-4.72, $p<0.001$, n: RCC=65, WNC=187, Table 2).

5개체 미만의 가족군과 5개체 이상 비가족군의 도로로부터 평균 분포거리는 두루미와 재두루미 모두 차이가 있었으며, 비가족군이 가족군에 비하여 도로에서 보다 멀리 떨어진 곳에서 취식하였다(RCC; Z=-2.17, $p<0.05$, WNC; Z=-3.37, $p<0.001$, Table 2).

가족군에서 재두루미가 두루미에 비하여 도로로부터의 평균취식거리가 가까웠다(Z=-4.72, n; RCC=57, WNC=147, $p<0.001$, Table 2). 비가족군에서도 재두루미가 두루미에 비하여 도로로부터의 평균취식거리가 가까운 것을 확인할 수 있었다(Z=-2.283, n; RCC=8, WNC=40, $p<0.05$, Table 2).

2) 도로인근 지역 두루미류의 차량에 대한 반응유형

두루미는 차량에 대하여 0~100m구간(n=13)에서 경계(92.3%), 걷기(69.2%) 뛰기(15.4%), 비행(46.2%)의 반응을 각각 보였다(Figure 3). 100~200m구간(n=11)에서는 경계(63.6%), 걷기(18.2%), 비행(9.1%), 무반응(36.4%)을 보였으며, 뛰기는 보이지 않았다. 200~300m구간(n=13)에서는 경계(15.4%), 무반응(84.6%)을 보였으며, 걷기와 뛰기, 비행은 보이지 않았다. 300m이상의 구간(n=22)에서는 모두 무반응을 보였다.

재두루미는 차량에 대하여 0~100m 구간(n=70)에서 경계(68.6%), 걷기(70.0%) 뛰기(4.3%), 비행(30.0%)의 반응을 보였으며, 10%는 무반응을 보였다(Figure 3). 100~200m구간(n=34)에서는 경계

Table 1. Feeding distribution by distance from the road of RCC and WNC in 2004

Species	Range by distance from the road(m)				Total	χ^2	
	0~100	100~200	200~300	300~			
RCC	44(21.78%)	58(28.6%)	40(14.9%)	61(30.0%)	203	3.19 n.s	\$15.92***
WNC	388(35.3%)	247(22.5%)	157(14.3%)	306(27.9%)	1,098	49.70 ***	
Total	432	305	197	367	1,301	-	

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

\$: Difference of feeding distribution between species

*** $p<0.001$, n.s. not significant

Table 2. Difference of average distance (m) from the road by number of flocks in RCC and WNC

Feeding flock type	RCC				WNC				Inter species
	n	Mean	S.D	Z	n	Mean	S.D	Z	Z
All samples	65	257.8	175.4	-	187	156.3	140.8	-	-4.716***
< 5 individuals (family flock)	57	238.7	165.8	-2.172*	147	138.9	130.7	-3.374***	-4.723***
\geq 5 individuals (non-family flock)	8	394.3	193.0		40	220.1	158.8		-2.283*

RCC: Red-crowned Crane, WNC: White-naped Cranes

* $p<0.05$, *** $p<0.001$

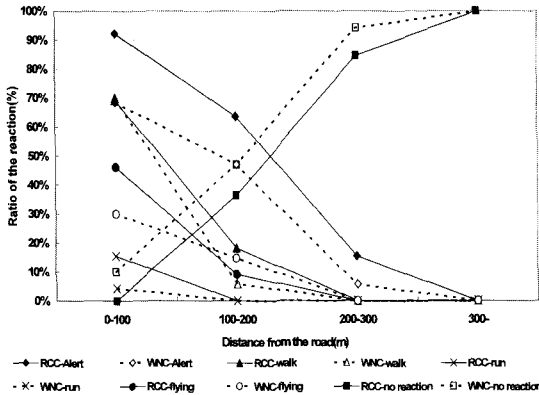


Figure 3. Ratio of reaction in the RCC and WNC to the vehicle stop by distance from the road

Ratio of the reaction all behavior to the vehicle was reduced when the distance far from the road

(47.16%), 걸기(5.9%), 비행(14.7%), 무반응(47.1%)을 보였으며, 뛰기는 보이지 않았다. 200~300m 구간(n=35)에서는 경계(5.7%), 무반응(94.3%)을 보였으며, 걸기와 뛰기, 비행은 보이지 않았다. 300m이상의 구간(n=24)에서는 모두 무반응을 보였다.

차량에 대한 여러 반응 유형이 나타나는 최대거리를 살펴보면, 두루미의 경우 경계반응은 234m, 걸기반응은 118m, 뛰기반응은 62m, 비행반응은 154m였다(Figure 3). 재두루미의 경우에는 경계반응은 226m, 걸기반응은 120m, 뛰기반응은 57m, 비행반응은 143m였다.

3) 도로인근 지역의 차량에 대한 반응시간

도로에서 300m지역 내에서 차량이 정지하는 것에 대한 두루미의 최초반응 평균거리는 114.1±43.8(mean ± S.D)m이었으며(n=24), 재두루미는 106.9±44.4m이었다(n=106). 두 종 모두 차량과의 거리에 따른 반응시간은 거리가 멀어짐에 따라 감소하였다(Pearson's correlation, RCC r=-0.774, p<0.001; WNC r=-0.609, p<0.001, Figure 4)

두루미는 0~50m구간에 한 개체만 조사되었으며, 반응시간은 174초이었다. 50~100m 구간(n=12)에서는 평균 반응시간이 92.0±54.6초였다. 100~150m구간(n=7)에서는 73.1±52.5초였으며, 무반응은 14.3%였다. 150~200m구간(n=4)에서는 10.0±20.0초였으며, 무반응은 75%로 증가하였다. 200~250m구간(n=5)에서는 반응시간이 3.4±4.5초였고, 무반응은

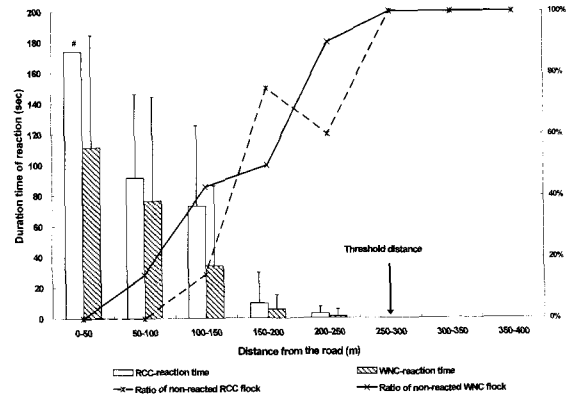


Figure 4. Duration time of reaction by distance from road(bar) and ratio of non-reaction flock(line)

Reacting times of the RCC and WNC to the stop of vehicle were reduced when the distance far from the road. The ratio of the non-reaction flock was increased. Arrow mark indicates threshold distance of RCC and WNC flock (#: There was only 1 individual range 0~50m distance from the road.). Vertical bars indicate the standard deviation.

60%였다. 이후 250~300m이상의 구간(n=30)에서는 차량에 대하여 반응하지 않았다(Figure 4).

재두루미는 0~50m구간(n=45)에서 반응시간이 111.5±73.3초였다(Figure 4). 50~100m구간(n=49)에서는 평균 반응시간이 76.8±68.1초였으며, 무반응이 14.4%로 나타났다. 100~150m구간(n=21)에서는 34.3±52.1초였으며, 무반응은 42.9%였다. 150~200m구간(n=14)에서는 6.1±9.2초였으며, 무반응은 50%였다. 200~250m구간(n=20)에서는 반응시간이 1.3±4.6초였고, 무반응은 90%였다. 이후 250~300m이상의 구간(n=40)에서는 차량에 대하여 반응하지 않았다(Figure 4).

2. 차량에 대한 반응에 영향을 주는 요인

1) 통행량이 다른 도로인근에서의 반응시간과 분포 변화

민통선 외곽지역의 도로는 10분당 평균 9.8±0.52대, 민통선 내 도로는 3분 군도가 3.8±1.8대, 11분도로가 0.66±0.72대로 민통선 내의 도로간에 차이가 있었다(Z=-2.727, p<0.01, Figure 5). 안보관광용으

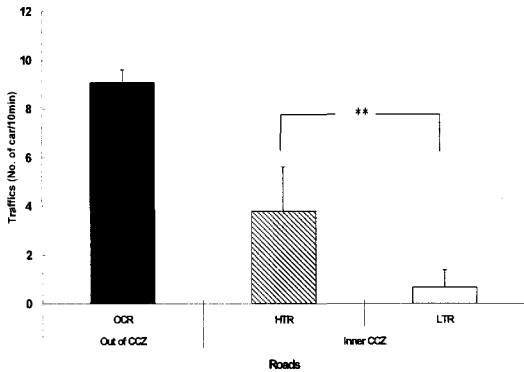


Figure 5. Differences of the average traffics of the vehicle(/10minutes) in road of out of CCZ and inner CCZ area

Average traffics of the vehicle was significantly different between HTR(high traffic road) and LTR(low traffic road) in inner CCZ area($Z=-2.727$, $**p<0.01$)

로 주로 이용되는 통행량이 많은 도로의 경우 오전과 오후의 교통량이 차이가 있었다($Z=-1.964$, $p<0.05$). 하지만 주로 농업용으로 이용되는 통행량이 낮은 도로의 경우 오전과 오후의 교통량은 차이가 없었다($Z=-0.221$, n.s, Figure 6).

두루미와 재두루미의 반응시간은 0~100m,

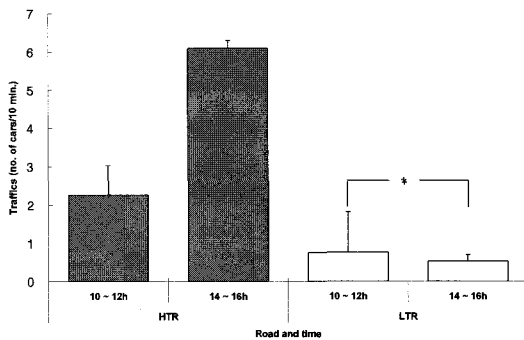


Figure 6. Differences of the average traffics of the vehicle (/10minutes) between AM(10~12 o'clock; after morning) and PM (14~16 o'clock; past morning) in each road

There is significantly different between average vehicle traffics AM to PM in HTR($Z=-2.727$, $**p<0.01$)

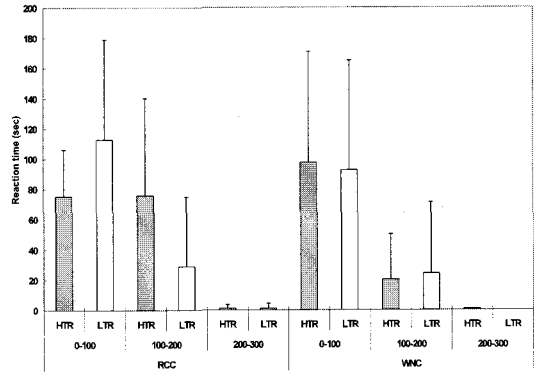


Figure 7. Reaction time in RCC and WNC by the road in each range

(Mann-Whitney U test, Reaction time was no significantly difference not RCC but also WNC in each range 0~100, 100~200, 200~300m). Vertical bars indicate the standard deviation

100~200m, 200~300m의 각 구간별로 교통량이 많은 지역과 적은 지역 사이에 유의한 차이가 없었다 (Mann-Whitney U test, n.s, Figure 7).

두 종의 분포는 차량의 통행이 많은 도로 인근지역에서 오전과 오후간에 큰 차이가 없었다(Figure 8). 하지만 차량 통행이 낮은 도로 주변 지역의 경우 두루미는 69%로(43.42±4.2개체에서 29.5±12.0개체) 감소, 재두루미는 60%로(192.5±96.9개체에서 115.0±2.8개체) 감소하였다(Figure 8).

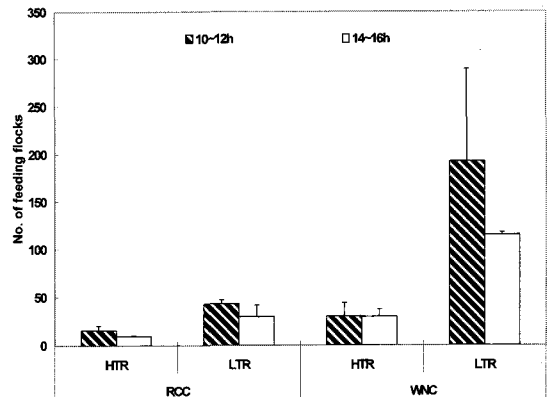


Figure 8. Differences of RCC and WNC populations between A.M (10~12h) and P.M (14~16h) within 300m from the road

Vertical bars indicate the standard deviation

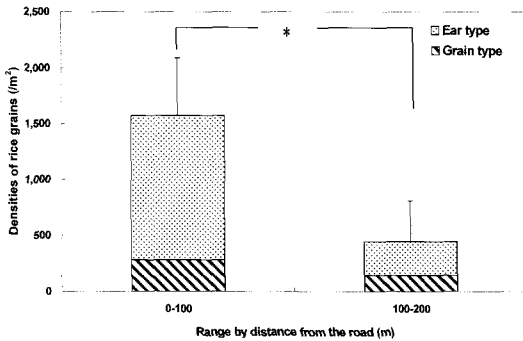


Figure 9. Differences of average remained rice grain densities(m^2) between 0-100m and 100-200m range by distance from the road in Mar. 2004($Z=-3.55$, $p<0.001$, $n=10$)

Vertical bars indicate the standard deviation

2) 도로주변의 먹이량

낙곡의 밀도는 도로에서 가까운 지역이 멀리 있는 곳보다 밀도가 더 높았다($Z=-3.55$, $p<0.001$, $n=10$, Figure 9). 도로에서 가까운 0~100m구간에서는 이삭형태의 낙곡이 더 많았다($Z=-3.03$, $p<0.01$, $n=10$). 하지만 낱알형태의 낙곡 밀도는 차이가 없었다($Z=-1.853$, $n.s.$).

고찰

1. 차량에 대한 반응

Nagano *et al.*(1992)는 재두루미와 흑두루미 *Grus monacha*의 차량, 인간 등의 접근에 대한 반응을 유형화하고, 차량의 속도에 대한 반응을 연구하였다. Burger와 Gochfeld(2001)는 캐나다두루미 *Grus canadensis*의 차량에 대한 반응을 거리별로 구분하여, 반응을 보이지 않는 거리를 정량화하였는데, 캐나다두루미의 경우 70m이내에서는 차량에 대하여 모든 개체가 반응을 보이며, 300m이상에서는 반응을 하지 않는다고 하였다. 본 연구 또한 차량에 대해서 두루미는 125m, 재두루미는 65m이내 거리에서 모든 개체가 반응을 보였다. 모든 개체가 반응을 보이는 거리에서 볼 때 두루미가 재두루미 보다 차량에 대하여 민감한 것으로 판단되었다. 두루미와 재두루미 모두 도로에서 250m이상 떨어진 곳에서 취식을 하는 경우에는 반응을 보이지 않았다(Figure 4). 본 연구결과 도로에서

250m의 거리는 주행 중 정지하는 차량에 대해 두루미류가 경계와 같은 반응을 보이는 역치거리(reaction threshold distance; Klein *et al.*, 1995)로 평가될 수 있을 것이라 사료된다.

재두루미의 경우 동일한 100m이내의 거리에서 짧은 반응시간을 보이는 경우가 많았다. 이것은 2월말-3월초 일본의 이즈미 지역에서 월동을 끝낸 재두루미가 철원지역을 거쳐 북상하는 시기인 관계로 사람 및 차량에 대하여 민감하지 않은 개체군이 포함되었기 때문인 것으로 사료된다(배성환, 2000; 철원군, 2002a; 이기섭 등, 2002). 만약 월동기간 혹은 도래초기에 같은 조건의 조사를 한다면 반응유형이나 시간이 달라질 것이라 사료된다.

본 연구 결과 통행량이 낮은 지역에서 오후시간이 되어(탐조 및 안보 관광객 증가시간) 차량의 통행량이 많을수록 주변지역의 취식개체군이 감소하였다(Figure 8). 이는 Klein *et al.*(1995)의 결과와 유사하였다. 하지만 차량의 통행량이 많더라도 같은 거리에서의 반응시간을 달라지지 않았다(Figure 7). 이는 도로에서 가까운 지역의 개체군이 오후가 되어 차량의 통행량이 증가함에 따라 도로에서 먼 지역으로 이동하였기 때문이다(Figure 8). 결과적으로 차량에 대한 반응은 차량의 통행량 보다는 도로에서의 거리가 결정적 요인으로 작용하는 것을 알 수 있었다. 오후가 됨에 따라서 도로에서 먼 지역으로 이동하는 원인은 오전시간에 취식을 집중적으로 하며, 오후에는 오전시간의 취식활동으로 휴식(resting) 등 안락(preening)의 비율이 높아지기 때문에(철원군, 2002a) 차량에 의한 방해가 빈번한 도로 인근지역을 사용하지 않기 때문인 것으로 사료된다.

2. 차량 방해와 먹이자원간의 절충

차량에 대한 직접적인 방해는 두루미류를 도로에서 멀리 떨어져 취식하도록 하였다(Figure 8). 그러나 방해요인 존재함에도 불구하고 도로인근에서 취식을 하는 이유는 타 지역에 비하여 먹이밀도가 높기 때문인 것으로 사료된다(Figure 9). 철원지역은 월동초기(10월말-11월초)에 쇠기러기가 매우 크게 도래하여 머물다 가는 지역이다(김진한 등, 1996; 철원군, 2002a). 이동시기 및 월동기간의 수금류는 차량 및 사람 등의 방해요인에 대하여 민감하게 반응하다(Keller, 1991; 박진영과 원병오, 1993; Klein *et al.*, 1995). 철원지역에 도래하는 쇠기러기는 도로인근보다는 주로 농경지 중심에서 취식을 하였으며(철원군, 2002a), 이러한 쇠기러기의 취식습성으로 인해 농경지 중심의 먹이량

이 도로 인근지역보다 먼저 고갈될 것이다(Amano *et al.*, 2004). 특히 잔존 낙곡량 중 도로 인근 지역에 이삭형태의 낙곡이 많았던 것은(Figure 9) 취식방법상 이삭에 달린 낙곡을 선호하는 쇠기러기가 도로인근지역을 취식지로 이용하는 비율이 낮았다는 것을 의미한다(철원군, 2002a; Han *et al.*, 2003). 실제로 쇠기러기의 큰 규모 무리는 잠자리로 이용되는 저수지 인근이나 방해요인이 낮은 지역을 선호하였다(철원군, 2002a). 결과적으로 방해요인에 민감한 쇠기러기 집단의 취식지역 선택에 의하여 도로주변의 먹이 밀도가 타 지역에 비하여 높게 유지 하게 될 것이며, 월동 후기 두루미류가 차량의 방해에도 불구하고 도로인근 지역을 취식지로 선택하게 되는 요인으로 작용할 것으로 사료된다. 이러한 결과는 캐나다두루미의 차량에 대한 반응 연구의 결과와 비슷하다(Burger and Gotchfeld, 2001).

연구결과 교통량이 많은 도로에 있어서 오후가 되어 통행량이 증가하더라도 도로인근지역의 취식개체군(300m 이내)은 크게 감소하지 않았지만, 교통량이 낮은 도로인근의 취식개체군은 감소하였다(Figure 8). 이것은 방해요인의 빈도가 낮아 오전시간 먹이요구량을 일정정도 충족함에 따라 방해요인을 회피하려는 절충행동이 나타난 것으로 사료된다. 하지만 차량통행이 빈번한 도로인근에서 취식하는 무리는 개체수준에서 빈번한 방해요인에 대하여 적응한 개체일 가능성 또한 있다.

철원분지에서 월동하는 두루미류에 있어 보다 명확한 도로주변에서의 취식원인을 밝히기 위해서는 쇠기러기의 취식위치를 함께 조사하고, 보다 광범위한 낙곡량의 조사 및 기타차량의 방해에 대한 간접관찰을 조사하는 등 다각적인 연구가 필요한 것으로 사료된다. 또한 반응행동별 에너지요구량을 적용하고 취득 가능한 먹이의 에너지를 환산하여 보다 정밀하게 행동학적으로 비교하는 연구가 요망된다.

감사의 글

출입하기 힘든 민간인 통제지역에 대한 출입을 할 수 있도록 협조해 주신 한국조류보존협회 철원지회 김수호님과 청성부대 한순호 원사님께 깊이 감사드립니다. 현지 조사 시 조사방법의 구상을 함께 해주셨던 박성근 박사님께 감사드리며, 현장조사를 함께 해주신 철원의 최중수, 정미황님, 강원대학교 수의학과 박철민님께 감사드립니다. 투고 후 논문의 양식과 통계, 내용에 대하여 많은 논의를 해주신 최유성님께 깊은 감사의 말씀

드립니다.

인용문헌

- 김진한, 김상욱, 박진영, 이정연(1996) 한국의 주요습지에 도래하는 동계의 조류. 한국자연보존협회, 한국생물학 연구지 1: 127-168.
- 박진영, 원병오(1993) 주남저수지에 도래하는 큰기러기와 쇠기러기의 월동생태. 경희대학교 조류연구소 연구보고 4: 1-24.
- 배성환(2000) 비무장지대에 월동하는 두루미류의 서식지이용에 관한 연구. 경희대학교 박사학위논문, 77pp.
- 송인화(2000) 철원지역에 도래하는 두루미와 재두루미의 현황과 생태. 한국교원대학교 석사학위논문, 41pp.
- 원병오(1992) 천연기념물(동물편). 대원사, 311pp.
- 유네스코 한국위원회(1997) 민통선 지역의 생태계 보전과 지역사회 활성화 동시달성을 위한 조사 연구 보고서.
- 이기섭, K. Ozaki, 유승화, 한성우, 김인규, 이한수(2002) pp.20. 재두루미의 가락지에 의한 이동 경로의 확인과 장소 선호성 2002년 추계한국조류학회학술발표대회초록집.
- 윤태환(2000) 철원지역에 월동하는 두루미와 재두루미의 개체군변동에 미치는 요인. 경희대학교 석사학위논문, 51pp.
- 철원군(1999) 두루미 백서. 철원군 관광경제과, 304pp.
- 철원군(2002a) 철새보전계획 및 지속가능한 개발전략 수립 연구. 철원군청, 398pp.
- 철원군(2002b) 식량작물재배, 2002년 철원군농업기술센터, 145 pp.
- Alonso, J. A. and J. C. Alonso(1993) Age-related differences in time budgets and parental care in wintering Common Cranes. *The Auk* 110(1): 78-88.
- Alonso, J. C. L. M. Bautista and J. A. Alonso(2004) Family-based territoriality vs flocking in wintering Common Cranes *Grus grus*. *Journal of Avian Biology* 35: 434-444.
- 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.
- Archibald, G. W. (1981) Cranes wintering in the Republic of Korea, pp 225-251. *In: Lewis, J. C. and H. Masatomi (eds.), Crane Research Around the World*, Intl. Crane Found. Baraboo, Wisconsin, 259pp.
- 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, U.S. Geological Survey, Northern Prairie Wildlife Research Center, Jamestown, ND, 157pp.
<http://www.npwrc.usgs.gov/resource/2003/wcdata/wcdata.htm>
- 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.
- Díaz, M. E., González, R., Muñoz-Pulido and M. A. Naveso (1996) Habitat selection patterns of Common Cranes *Grus grus* wintering in holm Oak *Quercus ilex* Deheas of Central Spain: Effects of human management, *Biological Conservation* 75: 119-123.
- Fredrickson, L. H. and F. A. Reid(1988) Nutritional values of waterfowl foods, pp. 1-6, *In*: Cross, D.H. (eds.), *Waterfowl Management Handbook*, U.S. Fish & Wildlife Service, Fish and Wildlife Leaflet 13.
- 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, *In*: Gosling, L. M. and W. J. Sutherland(ed.), *Behaviour and Conservation(digital edition)*, Cambridge University Press, UK, pp. 51-64.
- Gillman, J. A. and D. F. Fraser(1987) Habitat selection under predation hazard: test of a model with foraging minnow, *Ecology* 68: 1856-1862.
- Han, S. W., S. H. Yoo, H. S. Lee, K. S. Lee, W. K. Paek and M. J. Song(2003) A study on the wintering population of geese in Choelwon, Korea, pp. 95-101, *In*: *Proceedings of 2003 International Anatidae Symposium in East Asia & Siberian Region*, Hanseo Univ., Seosan, Korea.
- 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.
- Klein, M. L., S. R. Humphrey and H. F. Percival(1995) Effect of ecotourism on distribution of waterbirds in a Wildlife refuge, *Conservation Biology* 9(6): 1454-1465.
- Krebs, J. R. and N. B. Davies(1993) *An Introduction to Behavioural Ecology*(3rd ed.), Oxford, Blackwell Scientific Publications, 420pp.
- 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 behavioural, reproductive and ecological perspectives, *Advances in the Study of Behavior* 27: 215-290.
- Masatomi, H.(2000) *The All of Tancho*, Hokkaido Shinbun, Sapporo, 327pp.
- Masatomi, H., K. Momose, Y. Momose, T. Matsuo, K. Koga, N. Aoki(1994) Breeding status of the Red-crowned Crane *Grus japonensis* in eastern Hokkaido, Japan, in 1994, *Strix* 13: 103-142.
- Nagano, Y., Y. Ohsako, S. Nishida and F. Mizoguchi(1992) Reaction of Hooded and White-naped Cranes by human and cars, *Strix* 11: 179-187.
- Newton, I.(1998) *Population Limitation in Birds*, Academic Press, London, UK, 597pp.
- Ohsako, Y.(1994) Analysis of crane population change, habitat selection and human disturbance in Japan, pp. 107-113, *In*: Higuchi, H., J. Minton and R. Kurosawa (eds.), *The Futher of Cranes and Wetlands*, Proceedings of the International Symposium, Wild Bird Society of Japan, Tokyo, 181pp.
- 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, 43pp.
- Pae, S. H., K. Frances, J. B. Lee, P. O. Won and J. C. Yoo(1996) Current status of wintering cranes in Korea, *Bulletin of Korea Institute of Ornithology*, Kyung Hee University 5: 13-20.
- Tacha, C. T., A. P. A. Vohs and G. C. Iverson(1987) Time and energy budgets of Sandhill Cranes from mid-continent North America, *Journal of Wildlife Management* 51(2): 440-448.
- Wu, Z. and X. Yang(1992) Red-crowned Cranes at the junction of China, Russia and Korea, pp. 51-54, *In*: Halvorson, C. H., J. T. Harris and S. M. Smirensk (eds.), *Cranes and Storks of the Amur River*, Proceedings of the Intl. Crane Workshop, Arts Literature publishers, Moskow, 220pp.