

철원지역에서 월동하는 두루미류의 공간적 분포와 환경요인과의 관계

유승화* · 권혁수* · 박종준* · 박종화**

*서울대학교 환경계획연구소 · **서울대학교 환경대학원

I. 서론

기존의 동물의 분포에 대한 연구에서는 동물의 직접적인 분포보다는 서식지 유형, 규정되어진 조사지역별(Pae, 2000, 철원군, 2002), 격자 등(유승화 등, 2008)으로 인위적인 범위에서의 개체수 및 밀도를 평가하는 경우가 대부분이었다. 하지만, 방해요인에 의한 영향과 핵심서식요인의 영향을 공간적으로 이해하기는 부족하였다. 본 연구는 두루미류 취식무리의 개별적인 분포를 휴대용 GPS와 거리측정기를 이용하여 정밀하게 측정하여 방해요인 및 핵심서식요인과의 영향을 알아보고자 한다.

II. 연구 및 분석방법

1. 연구 시기 및 범위

두루미류의 분포지점에 대한 조사는 핵심월동기인 2007년 1월 2회(1월 1일, 15일), 2월 2회(2월 4일, 16일) 총 4회 실시하였다. 조사 범위는 유승화 등(2009)의 범위와 같았다. 일자별 조사지역은 중첩되지 않도록 하였으며, 조사가 완료될 시점에서 전체 두루미류 서식지가 조사되도록 하였다.

2. 연구방법

1) 두루미류의 분포

2인 1개조로 차량으로 이동하면서 두루미류의 취식무리를 대상으로 GPS와 거리측정기를 이용하여 좌표를 수집하였다(한국수자원공사, 2006). 두루미류의 취식무리는 중, 개체수를 기록하였으며, 10m의 기준으로 취식무리를 구분하였다(유승화 등, 2009).

2) 분포요인

(1) 잠자리(Roost)의 분포

잠자리를 이용하는 개체군 조사는 분포조사일과 같은 날 일출시간 30분 전부터 대부분의 개체군이 취식지로 이동했다고

판단되는 시간까지 이루어졌으며, 잠자리와 취식지 사이 2군데 이상의 지점에서 정점조사를 실시하였다(유승화, 2004).

(2) 서식 방해요인(인가, 포장도로)

조사지역의 1:5,000 수치지도를 이용하여 인가와 도로를 추출하였다(Figure 1 참조). 인가는 5개 건물 이상이 인접한 것을 인가지역으로 구분하여 Polygon으로 묶었다. 도로는 포장된 농로와 비포장 소로 등을 제외하고 차량의 소통이 많은 도로를 추출하였다(철원군, 2002; 유승화, 2004). 수치지도에서의 인가와 도로의 추출은 ArcGIS(9.3)을 이용하였다.

3. 분석방법

1) 두루미류의 공간분포

(1) 전체 두루미류의 공간분포

조사지역을 대상으로 두루미류의 취식무리가 어떠한 공간적 형태(밀집, 무작위, 분산분포)로 분포하는지를 파악하기 위하여 ArcGIS 도구의 분석 중 개체수에 가중치를 두지 않은 최근린평균거리 분석(Average Nearest Neighbor)을 사용하였다(Ripley 1976; Wong and Lee, 2005).

(2) 공간적 자기상관관계

두루미류의 분포와 개체수의 상호관계를 확인하기 위해 ArcGIS를 이용하여 취식무리간의 거리와 개체수를 이용하여 공간적자기상관(Spatial Autocorrelation)을 구하였다. 사용한 지수는 Moran's I 지수이며 불규칙분포(Random Distribution)와의 차이를 통해 통계적 유의성을 검증하였다(Wong and Lee, 2005). 두루미류 전체, 두루미와 재두루미 중별, 각 종 내의 가족군과 무리군을 구분하여 분석하였다.

2) 분포요인과 두루미류의 공간분포

(1) 환경요인으로 부터의 거리별 취식밀도

잠자리, 포장도로, 인가지역으로 부터의 거리를 산정하여 해

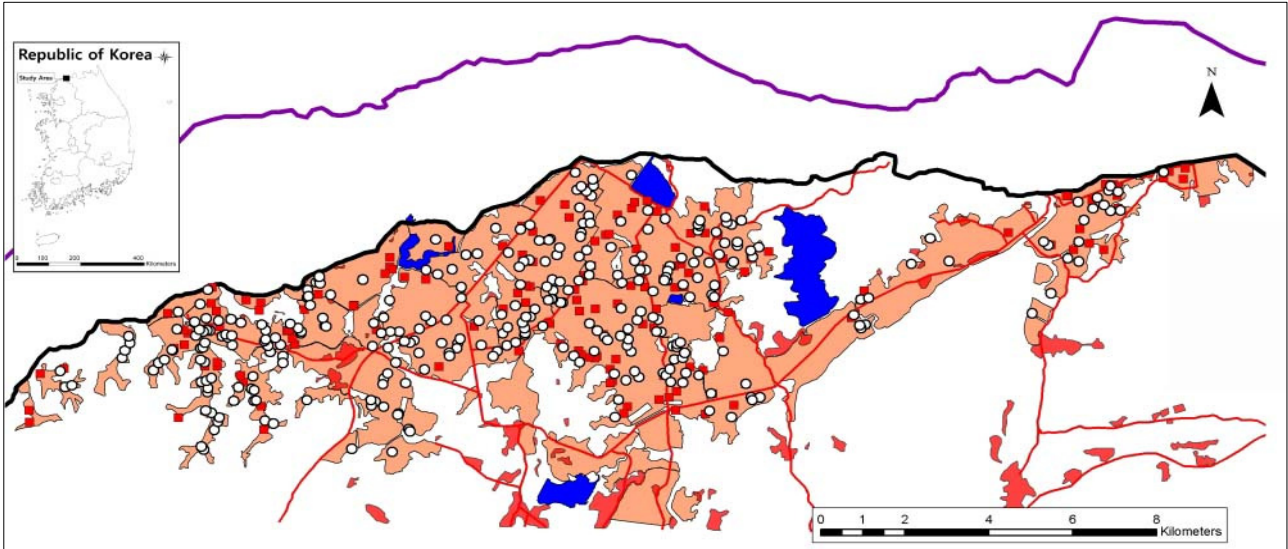


Figure 1. Map of study area and crane's distribution.

Legend: ○ WNC, ■ RCC, — CCS Line, — DMZ Line, — Paved Load, ■ Villiage, ■ Study Area, ■ Reservoir

당 구간에서의 서식밀도를 비교하였다. 단 각 구간의 면적은 두루미류의 취식지를 벗어나지 않는 면적으로 한정하였다. 환경요인은 1) 잠자리와의 거리 2) 포장도로와의 거리 3) 5가구 이상의 마을로 정하여 500m 혹은 1,000m를 기준으로 구간별 개체수를 추출하였다.

(2) 환경요인과 취식지분포의 상관관계

환경요인으로부터의 영향을 다른 방법으로 살펴보기 위하여 각 두루미류의 분포로부터 가장 가까운 요인까지의 실제 거리를 추출하여 구간에 따른 서식밀도의 회기방정식을 구하였다.

III. 연구결과 및 고찰

1. 두루미류의 공간적 분포

두루미의 서식이 가능한 것으로 추정하여 조사한 지역은 총 77.1km²였으며, 두루미와 재두루미 검은목두루미 1개체 포함 555무리를 관찰하여 분포위치를 수집하였다. 두루미는 238무리가 관찰되었으며, 재두루미는 271무리가 관찰되었다.

취식무리의 최근린평균거리분석 결과 기대치에 비한 관찰치의 비는 0.62로서 응집된 분포를 보였다($Z = -11.24, p < 0.001$). 공간적자기상관분석 결과 Moran's I 값은 0.01로 나타났으며, 무작위적 상관관계를 보였다($Z = -0.07, n.s$). 결과적으로 두루미류의 취식분포는 특정지역에 밀집한 분포를 보였으며, 인근 지역에서 취식하는 두루미류 간의 취식개체수는 서로 상관관계를 갖지 않는 것으로 나타났다. 이것은 취식무리가 서로 독립적으로 세력권을 갖거나 활동을 하기 때문으로 판단된다 (Alonso *et al.*, 2004).

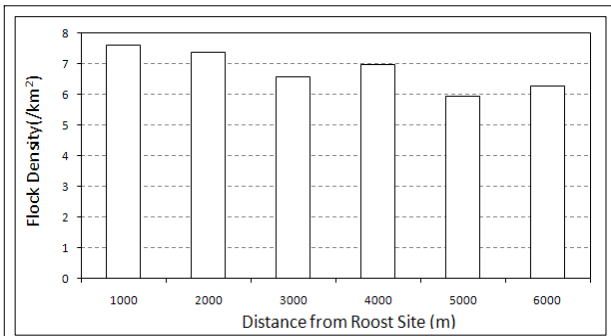
2. 환경요인과 두루미류의 공간분포

1) 전체 두루미류

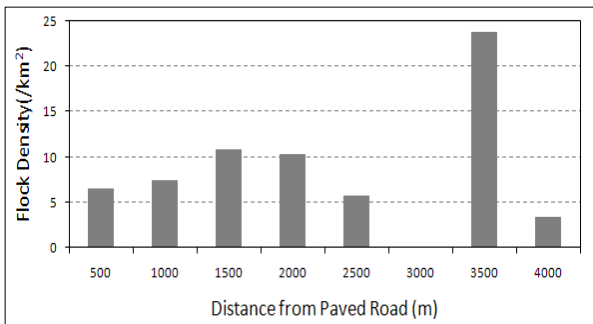
관찰되어진 두루미와 재두루미의 분포지점에서 가장 가까운 잠자리, 포장도로, 인가까지의 거리를 측정하여 거리별 개체수를 비교하였다(Figure 2, 3 참조). 두루미류 전체의 측면에서 본다면, 잠자리와의 거리는 서식개체수밀도와 상관없이 없었다(Pearson correlation, $r = 0.107, p = 0.77, n = 10$). 일반적으로 두루미류의 분포에 영향을 주는 요인으로 알려진, 도로와의 거리와 인가지역과의 거리는 1,500~2,000m까지 영향을 주는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 잠자리와의 거리가 두루미류의 취식분포에 영향을 준다는 가설을 벗어난 경향을 보이는 것이었다. 결과의 차이가 생긴 이유는 기존 연구가 구역 내 개체수를 추출하였으며(Pae, 1994), 이러한 결과는, 본 연구가 일정 반경에 서식하는 두루미류의 밀도를 이용하여 분석하였기 때문으로 사료된다.

2) 영향거리 및 영향력

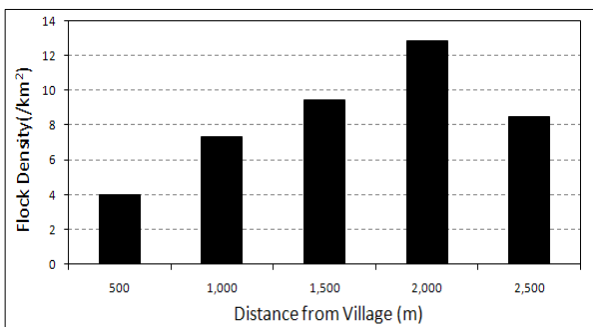
전체 서식범위에 도로와 인가가 환경요인으로 작용하여 영향을 주지는 않을 것이며, 비교적 짧은 범위에서 영향을 줄 것으로 판단된다. 따라서 도로와 인가와와의 거리 1.5km 이내에 분포하는 것을 다시 추출하여 거리에 따른 회기식을 구하였다. 포장도로에 대한 1,500m 이내에서의 두루미류의 취식무리밀도와 취식개체수밀도는 가까운 거리에서 낮은 취식밀도를 보였다(Figure 4a, b 참조). 인가지역에 대한 1,500m 이내에서의 취식밀도는 가까운 거리에서 낮은 취식밀도를 보였으며, 그 경향은 포장도로에 대한 것에 비해 높았다(Figure 5a, b). 하지만 잠자리에서의 밀도는 거리에 따른 차이를 확인할 수 없었다



a: Flock density from roosting site

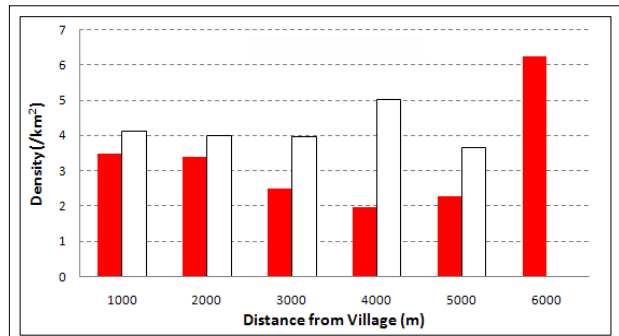


b: Flock density from paved road

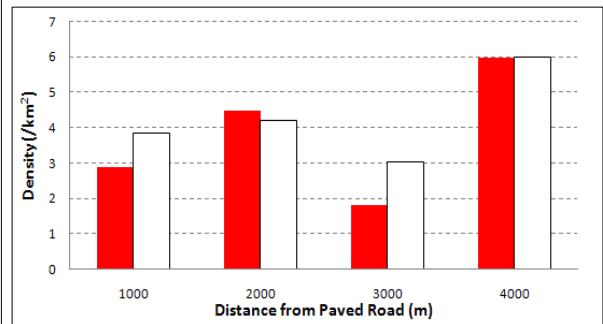


c: Flock density from resident

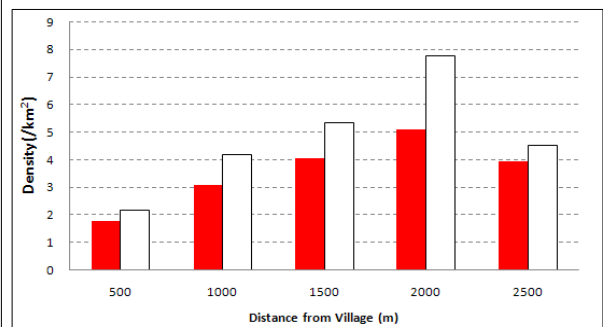
Figure 2. Flock density distribution of the cranes by distance from roosting site (A), paved road (B) and resident (C).



a: Flock density from roosting site



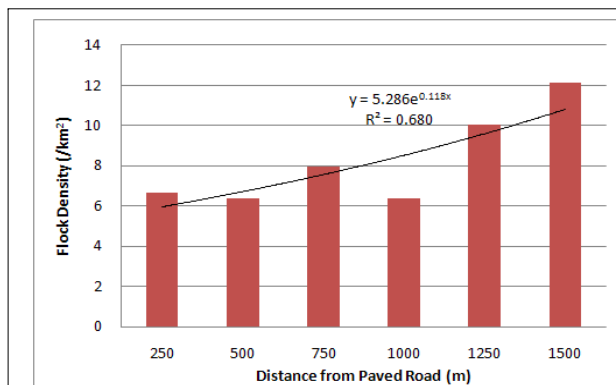
b: Flock density from paved road



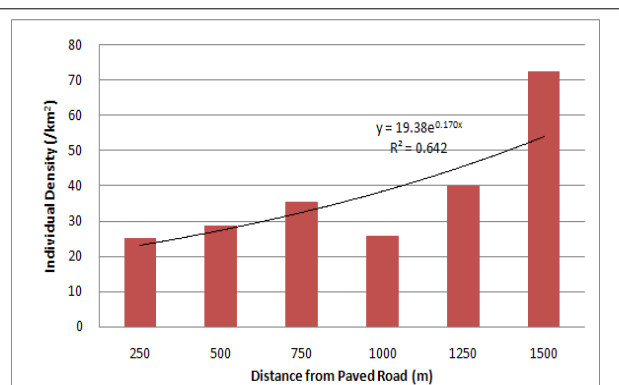
c: Flock density from resident

Figure 3. Flock density difference between cranes by distance from roosting site (A), paved road (B) and Resident (C).

Legend: ■ RCC, □ WNC



a: Flock density



b: Individual density

Figure 4. Feeding density distribution and of the crane's flock (A) and individuals (B) by distance from paved road.

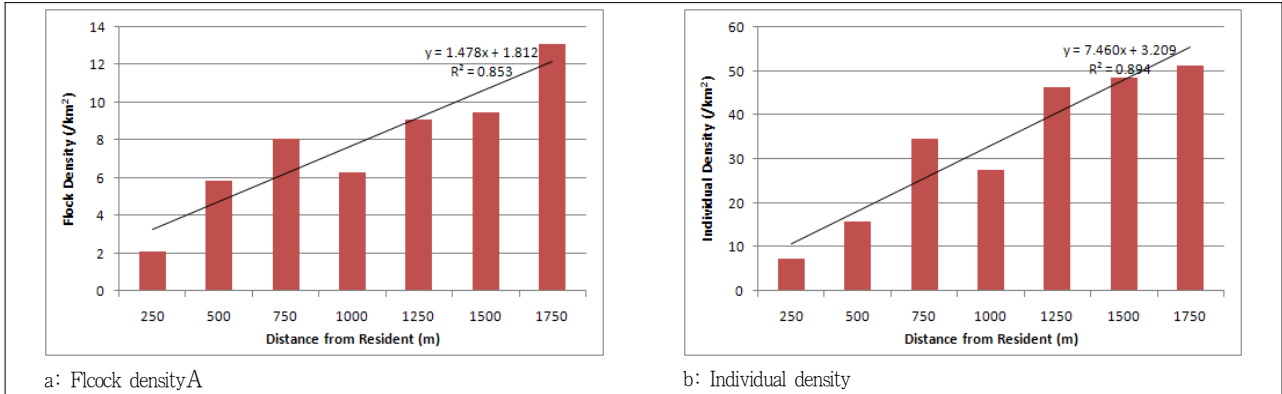


Figure 5. Feeding density distribution and of the crane's flock (A) and individuals (B) by distance from resident.

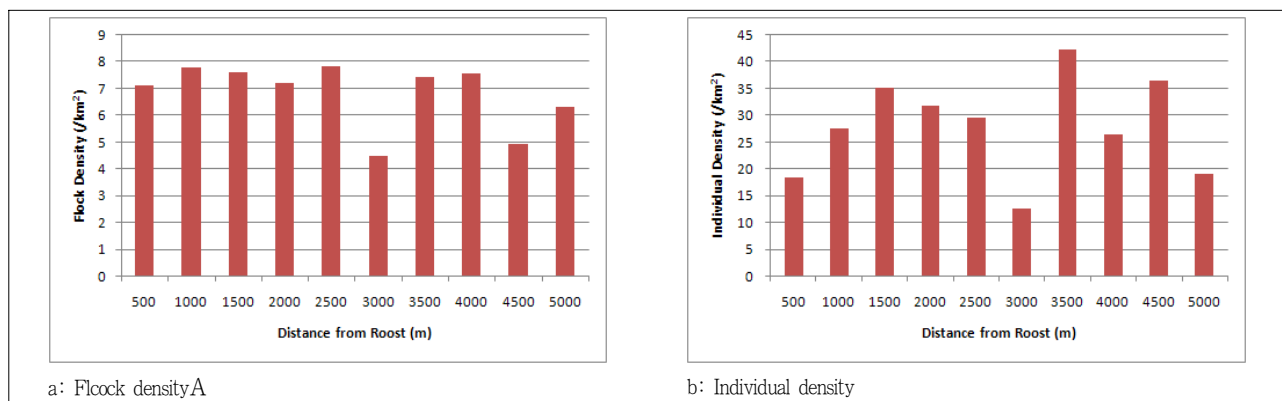


Figure 6. Feeding density distribution and of the crane's flock (A) and individuals (B) by distance from roosting site.

(Figure 6a, b 참조). 따라서, 두루미류의 취식에 영향을 주는 요인 중 가장 큰 요인은 인가지역과의 거리라 할 수 있었으며, 도로와의 거리는 인가지역과의 거리보다는 낮은 영향요인이라 할 수 있었다.

IV. 결론

두루미류의 취식에 영향을 주는 요인으로 알려진, 포장도로, 인가, 잠자리의 세가지 요인 중 가장 큰 영향을 주는 요인은 인가와의 거리였으며, 다음으로 포장도로 이었다. 잠자리와의 거리는 기존에 중요한 서식요인으로 제안하였지만, 본 연구에서는 두루미류의 취식밀도에 영향을 주는 요인으로 나타나지 않았다. 잠자리와의 거리가 두루미류의 서식밀도에 영향을 주지 않은 것은 취식지역이 핵심요인으로서 작용하여, 취식지 주변에서 잠자리를 선택하기 때문으로 판단된다. 하지만 기존의 많은 사례가 잠자리의 중요성을 제안하고 있으므로, 잠자리 요인에 대한 연구는 앞으로 면밀히 조사될 필요성이 있다.

인용문헌

1. 유승화(2004) 두루미(*Grus japonensis*)와 재두루미(*Grus vipio*)의 분포에 미치는 요인과 가족군의 행동양상. 경희대학교 석사학위논문. 113pp.
2. 유승화, 김인규, 강태한, 조해진, 유재평, 이시완, 이한수(2008) 천수만에 서 월동하는 조류군집과 먹이 자원과의 관계. 한국환경생태학회지 22(3): 301-308.
3. 유승화, 김준범, 김인규(2008). 천수만에 도래하는 기러기류의 분포양상과 시기에 따른 분포의 변화. 한국환경생태학회지 22(6): 632-639.
4. 유승화, 이기섭, 김인규, 강태한, 이한수(2009) 두루미류의 취식무리 크기 및 구성과 도로에 대한 회피. 한국환경생태학회지 23(1): 41-49.
5. 철원군(2002) 철새보존계획 및 지속가능한 개발전략 수립연구 I, 조류 현황과 보존 방안. 철원군.
6. 한국수자원공사(2005). 시화호 생태네트워크 구축방안 연구. 한국수자원공사 수자원연구원.
7. 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.
8. 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. p. 77.
9. Repley, B. D.(1976). The second-order analysis of stationary point process. Journal of Applied Probability 13: 255-266.
10. 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.