

광릉 지역 활엽수 천연림과 도로 주변의 서식지 구조와 조류군집 특성^{1a}

임신재^{2*} · 이주영² · 강정훈²

Characteristics of Habitat Structure and Bird Communities between a Natural Deciduous Forest and the Road Area in Gwangneung, Korea^{1a}

Shin-Jae Rhim^{2*}, Ju-Young Lee², Jeong-Hoon Kang²

요약

본 연구는 광릉 지역의 활엽수 천연림과 도로 주변에서 서식지 구조와 조류군집의 특성을 파악하기 위해 2005년 10월부터 2006년 8월 사이의 기간 동안 수행되었다. 활엽수 천연림과 도로 지역의 서식지 환경은 매우 큰 차이가 있는 것으로 나타났다. 활엽수 천연림은 대경목의 비율이 높고 상층 임관이 잘 발달해 있는 반면, 도로에서는 소경목이 대부분을 차지하였으며, 상층임관의 발달이 적은 반면 하층식생의 피도가 높았다. 계절별 조사 결과 활엽수 천연림에서는 모두 37종의 조류가 관찰되었으며, 도로에서는 20종이 기록되었다. 4계절에 있어서도 활엽수 천연림이 도로보다 관찰 종수, 개체수 및 종다양도에 있어서 모두 높은 것으로 나타났다. 또한 길드 구조에 있어서도 활엽수 천연림 지역에서는 수관층 및 수동(나무구멍)에서 먹이와 둥지를 얻는 조류들이 많이 관찰되었으며, 도로에서는 관목이나 지면을 이용하는 조류가 많이 기록되었다. 두 지역은 인접해 있음에도 불구하고 조류 군집의 특성에 있어서 큰 차이를 보였다. 이러한 차이는 두 지역 간 서식환경의 차이와 깊은 연관이 있는 것으로 판단된다.

주요어 : 길드 구조, 상층 임관, 서식 환경, 조류 종다양성

ABSTRACT

This study was conducted to clarify the characteristics of habitat structure and bird communities between natural deciduous forest and around the road from October 2005 to August 2006 in the National Arboretum, Gwangneung, Korea. There were more larger trees and higher coverage of crown canopy in the natural deciduous forest than around the road. A total thirty seven species of birds were observed in the natural deciduous forest and twenty species were around road. The observed number of bird species and individuals, and bird species diversity index (H') were higher in the natural deciduous forest in each season. Foraging and nesting guild structures were also different. The differences of characteristics of bird communities would be related with habitat structure between both study areas.

KEY WORDS : BIRD SPECIES DIVERSITY, CANOPY, ENVIRONMENT, GUILD STRUCTURE

1 접수 12월 31일 Received on Dec. 31, 2006

2 중앙대학교 동물자원학과 Dept. of Animal Science and Technology, Chung-Ang Univ., Ansong (456-756), Korea

a 이 논문은 2006년도 중앙대학교 학술연구비(일반연구비) 지원에 의한 것임

* 교신저자, Corresponding author (sjrhim@cau.ac.kr)

서론

도로는 오래 전부터 인류 문명의 발달과 함께 발전해 왔고 현재에 와서는 자동차 시대에 필요한 고속도로에 이르기까지 형태나 규모 면에서 매우 다양하게 발달해 왔다(허위행 등, 2003b). 이러한 도로는 정치, 경제, 사회, 문화적인 측면에서 여러 가지 중요한 기능을 가지고 있으며, 인간의 생활에서 중요한 역할을 담당하고 있다(Blom, 1995).

그러나 많은 긍정적인 효용에도 불구하고 도로의 건설은 그 지역 생태계에 부정적인 영향을 끼친다. 가장 먼저 서식지의 면적이 감소(habitat loss)하게 되고 또한 서식지가 여러 개의 작은 조각으로 나뉘어 단편화(habitat fragmentation)가 발생하게 된다(Huijser, 2000). 그 밖에 차량의 통행으로 인해 발생하는 소음, 진동, 조명 등은 그 지역에 서식하고 있는 동물들에게는 심한 간섭요인으로 작용한다. 극단적인 경우에는 주행 중인 차량과의 충돌로 인해 사망(road-kill)에 이르게 하는 등 많은 직간접적인 피해를 발생시킨다(건설교통부, 2002).

우리나라와 같이 전 국토 중에서 산림 면적이 차지하는 비율이 높은 나라에서는 도로의 건설이나 서식지 단편화에 의한 피해 및 간섭으로 동물에 대한 영향이 클 것으로 판단된다(Rhim *et al.*, 2003). 산림에 대한 간섭 및 훼손은 동물의 생태에 영향을 주게 되어 서식 분포 지역의 변화 및 개체수의 감소를 초래할 수 있으며, 결국에는 지역 개체군의 절멸에까지 이를 수 있다(환경부, 2003; 임신재, 2006).

광릉 숲은 우리나라 중부 지방에서는 유래를 찾아볼 수 없게 지난 600여 년 동안 크게 훼손되지 않고 보존되어 왔다. 그 결과 광릉 숲은 많은 종의 식물과 동물이 서식하고 있는 생태적 보고라고 할 수 있다(임업연구원, 1994). 또한 날로 산업화 및 도시화에 의해 자연 생태계의 훼손 및 간섭이 심화되고 있는 현실에서 광릉 숲과 같이 오랫동안 보존된 생태계는 생태계 그 자체로서 뿐만 아니라 학술, 교육 등 여러 다양한 측면에서 그 중요성이 강조되고 있다(조기현, 1996).

그러나 오늘날에는 광릉 숲 주변 도로를 이용하는 차량의 급격한 증가와 인공시설물들의 건축으로 인해 다양한 가치를 지니고 있는 광릉 숲이 심각한 위기에 처해 있다. 인공시설물들로부터 배출되는 각종 오염물질에 의해 수질은 악화되고 있으며, 도로를 이용하는 각종 차량으로부터 발생하는 배기가스 및 소음, 진동, 야간의 조명 등은 광릉 숲에 서식하고 있는 많은 야생동물에게 간섭 및 위협요인으로 작용하고 있다. 이러한 위협 및 위협요인을 하루 빨리 파악하고 그에 따른 대책을 세워야 광

릉 숲이 더 이상 훼손되지 않고 생태계의 건전성을 유지할 수 있을 것이라 판단된다(국립수목원, 2004).

본 연구는 광릉 지역의 활엽수 천연림과 도로 주변에서 서식지 구조와 조류군집의 특성을 파악하여, 광릉 숲의 합리적인 보전 및 보호 방안을 수립하기 위한 기초자료 수집을 목적으로 실시되었다.

재료 및 방법

본 연구는 경기도 포천시 소흘읍의 광릉 지역에 위치하고 있는 국립수목원(북위 37° 42' 36" ~ 37° 47' 41", 동경 127° 8' 20" ~ 127° 11' 58")에서 수행되었다. 국립수목원은 용암산, 소리봉, 천경산이 이루는 산괴와 죽엽산 사이에 걸쳐 위치하고 있으며, 해발고도는 최저 40m에서 최고 610m였다. 남북으로 가로질러 봉선사천이 흐르고 있으며, 하천을 따라 98번 국지도로가 관통하고 있다. 이 지역의 연평균 기온은 11.3°C이고 연강수량은 1,364.8mm였다. 토양은 화강편마암으로부터 유래되어 유기물이 풍부한 갈색토양이 거의 대부분을 차지하고 있다. 국립수목원의 전체 면적은 2,150ha로 자연림(1,100ha)과 인공림(1,050ha)으로 이루어져 있는 것으로 나타났다(국립수목원, 2004).

광릉 지역의 활엽수 천연림과 국립수목원을 관통하는 98번 도로 주변에서 서식지 구조와 조류군집의 특성을 파악하기 위해 활엽수 천연림과 도로 주변에 조사지를 선정하였다. 활엽수 천연림은 40임반 지역을 대상으로 2km의 조사 경로를 선정하였으며, 도로 지역은 산림생산기술연구소 정문에서부터 광릉 주유소에 이르는 2km 구간을 조사 지역으로 선정하였다.

임도와 산림지역의 조사경로 및 주변 지역에서 수목의 흉고직경(DBH, diameter at breast height)과 엽층의 수직적 분포 등 서식지 환경 조사를 실시하였다. 서식지 환경 조사는 산림의 수관층이 완전히 형성된 2006년 8월에 실시하였다.

흉고직경은 조사경로 및 주변에 임의로 5m 직경으로 가상의 원통 50개를 설정하여 원통 내에 포함되는 흉고 직경 6cm 이상되는 수목의 흉고직경(DBH)을 측정하였다. 엽층의 수직적 분포는 동일한 가상의 원통을 수직적으로 0~1m, 1~2m, 2~4m, 4~8m, 8~12m, 12~16m, 16m 이상 등의 엽층으로 나누고 각 층위(layer)별로 피도량을 파악하였다. 피도량은 가상의 원통 안의 각 층에서 식생에 의해 완전히 덮였을 때를 100%로 정하고 이를 기준으로 상대적인 수치를 주어 조사하였는데, 피도가 0%인 경우는 수치를 0, 1~33%인 경우에는 1, 34~66%인 경우에는 2, 67~100%인 경우에는 3으로 하여 피도를 일정한

Table 1. Category of nesting and foraging guilds

Guild	Nesting or foraging site	Abbreviation
Nesting guild		
Bush	bush, ground	B
Canopy	canopy	C
Hole	tree hole	H
Foraging guild		
air	air	a
bush	vine, litter, bush, fallen tree, ground	b
canopy	leaf, twig, branch, trunk, bud	c
outside	outside of forest	o

간격의 척도로 수치화 한 후, 각 층위별로 피도 값을 산술 평균하여 피도량을 산출하였다(Rhim and Lee, 2000).

조류군집에 대한 조사 시기는 2005년 11월 8일~9일(가을), 2006년 1월 21일~22일(겨울), 5월 13일~14일(봄), 8월 18일~19일(여름)이었으며, 계절별 조사를 실시하였다. 또한 조사 방법으로는 선조사법(line transect census method)을 이용하였는데, 맑은 날 일출 30분전부터 정해진 경로를 따라 걸으면서 좌우 25m 이내에서 관찰되는 조류를 육안관찰 및 쌍안경(Nikon, 8×30)을 이용한 관찰, 울음소리, 날아가는 모양 등으로 종을 동정하여, 종과 개체수를 기록하였다(Bibby et al., 1997).

조사결과를 토대로 출현 종수 및 개체수와 종다양성, 번식기인 봄 조사 결과를 대상으로 한 길드구조 분석 등을 실시하였다. 종다양성은 Shannon-Weaver 지수(H')를 이용하여 산출하였으며, 여기서 s는 종수, P_i는 i번째 종의 개체수를 총 개체수로 나눈 비율을 나타낸다(Shannon and Weaver, 1949).

$$H' = \sum_{i=1}^s (-P_i) \times \ln(P_i)$$

길드(guild)는 '유사한 방식으로 동일한 자원을 이용하는 종들의 모임'으로 처음 정의된 이후, 환경에 대한 평가와 관리에 자주 이용되는 개념이다(Root, 1967). 길드 개념은 조류 군집의 산림환경 내에서 자원이용 유형을 설명하는데 매우 유용하게 쓰일 수 있는 개념으로서, 본 연구에서는 번식기 조류 군집에 대해 각 조류가 동지를 짓는 장소와 먹이를 먹는 장소에 따라서 영소 길드(nesting guild)와 채이 길드(foraging guild)로 각각 구분하여 분석하였다(Table 1). 각 종에 대한 길드의 구분은 조사시의 관찰과 Rhim and Lee(2000)의 기준으로 하였다. 각 종에 대한 영소 및 채이 길드는 고정적인 것이 아니라 본 조사지에서 나타난 종의 습성에 대해서만 적용될 수 있으며, 빠꾸기와 같이 영소 길드를 결정하기 힘든 경우에는 분석에서 제외하였다.

결과 및 고찰

1. 서식지 환경

활엽수 천연림과 도로 지역의 서식지 환경을 살펴보면, 먼저 생육하고 있는 수목의 흉고 직경 분포에 있어서 큰 차이를 보이는 것으로 나타났다. 활엽수 천연림 지역에서는 흉고직경 20~29cm인 수목이 전체의 28% 정도인 196개체/ha로 가장 많은 것으로 나타났으며, 직경급 10~19cm와 30~39cm가 각각 168개체/ha(24%)와 161개체/ha(23%)로 많았다. 또한 흉고 직경 40cm 이상의 대경목은 102개체/ha로 매우 많은 개체수가 생육하고 있었다. 이에 비해 도로 지역에서는 대경목의 비율이 활엽수 천연림 지역에 비해서 매우 낮았다. 또한 흉고 직경 20cm 미만의 소경목이 대부분을 차지하고 있었으며, 40cm 이상의 대경목 역시 매우 적은 수가 생육하고 있는 것으로 나타났다(Figure 1).

두 조사지역의 연층별 피도량 역시 큰 차이가 있는 것으로 나타났다(Figure 2). 활엽수 천연림은 도로지역과

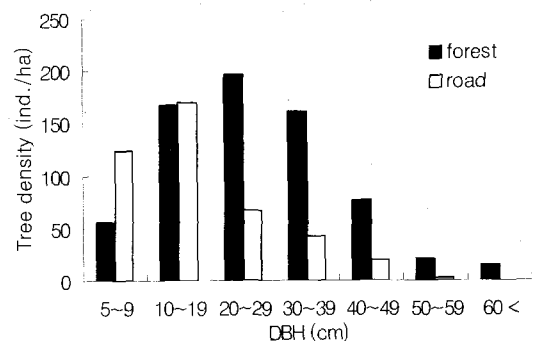


Figure 1. DBH distribution of trees between natural deciduous forest and road area in Gwangneung, Korea

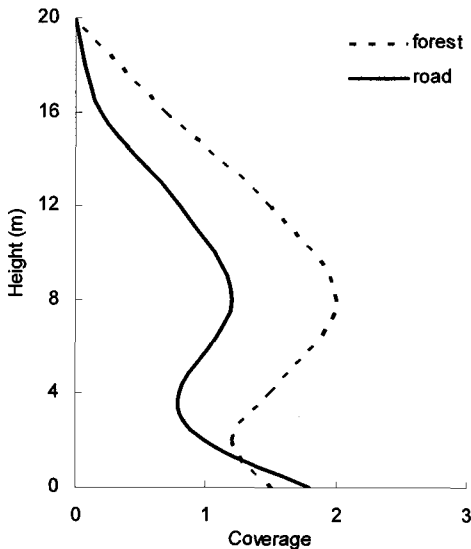


Figure 2. Vertical foliage structures between natural deciduous forest and road area in Gwangneung, Korea

비교하여 지면과 관목층의 피도량이 적게 나타났다. 즉 두 지역의 지면에서 1m 사이에 생육하고 있는 하층식생의 피도량 사이에는 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다(t -test, $t = 1.36$, $P = 0.05$). 반면 지면으로부터 4m 이상의 중층 및 상층 임관의 피도량은 도로 지역보다 활엽수 천연림 지역이 더욱 발달한 것으로 나타났는데, 4~8m($t = 3.28$, $P = 0.001$), 8~12m($t = 2.51$, $P = 0.005$), 12~16m($t = 2.29$, $P = 0.005$) 등의 층층에서 모두 유의한 차이를 보였다.

활엽수 천연림과 도로 지역의 서식지 환경은 매우 큰 차이가 있는 것으로 나타났다. 우선 하층 및 수관층 식생의 피도량이 큰 차이를 보였으며, 또한 생육하고 있는 수목의 흉고직경 분포 역시 도로 지역에서는 소경목 위주의 분포를 보였으나 이에 비해 활엽수 천연림 지역에서는 직경급이 큰 대경목의 비율이 월등히 높은 것으로 나타나 서식 환경의 차이가 명확히 다른 것을 알 수 있었다. 이러한 두 지역 간의 차이는 도로의 개설로 인해 직접적인 수목의 벌채, 또한 상층 임관의 제거로 인한 하층식생의 발달 등이 주요 원인인 것으로 판단된다(허위행 등, 2003a; 2003b).

2. 계절별 조류 군집

광릉 숲의 활엽수 천연림과 숲을 관통하는 도로 지역에서 서식하는 조류에 대한 계절별 조사 결과, 활엽수 천

연림에서는 모두 37종, 도로에서는 20종의 조류가 기록되었다. 조류 군집이 이동성을 살펴보면 활엽수 천연림에서는 텃새가 18종(48.7%), 여름철새가 14종(37.8%), 겨울철새가 4종(10.8%), 나그네새가 1종(2.7%)이 관찰되었다. 반면 도로에서는 텃새가 14종(70.0%)으로 절대 다수를 차지하였으며, 여름철새와 겨울철새가 각각 4종(20.0%)과 2종(10.0%)으로 낮은 비율을 차지하는 것으로 나타났다(Table 2와 3).

2006년 5월에 실시한 봄 조사결과, 활엽수 천연림(30종 60개체)에서 관찰된 종수와 개체수가 도로(15종 33개체)에서 보다 2배 정도 많은 것으로 나타났다. 활엽수 천연림에서는 매사촌을 비롯해서 검은등빠꾸기, 빠꾸기, 병어리빠꾸기 등의 빠꾸기류와 쇠딱다구리, 오색딱다구리, 큰오색딱다구리, 청딱다구리, 까막딱다구리 등의 딱다구리류, 호랑지빠꾸, 흰배지빠꾸, 되지빠꾸 등 지빠꾸류, 곤줄박이, 쇠박새, 진박새, 박새 등의 박새류와 들꿩, 쪽뚝새, 산솔새, 큰유리새 등 산림성 조류들이 많이 기록되었다. 특히 천연기념물 제242호인 까막딱다구리가 서식하고 있는 것으로 확인되었다. 도로에서는 활엽수 천연림과 달리 산림성 조류 보다는 하층식생이나 개방된 지역을 선호하는 종들의 관찰빈도가 높았다. 특히 꿩, 멧비둘기, 후투티, 직박구리, 노랑턱멧새, 찌르레기, 까치, 까마귀 등의 조류들이 관찰되었다(Table 2와 3).

가장 많은 개체수가 관찰된 종으로는 활엽수 천연림에서는 박새, 쇠박새, 오목눈이, 어치, 쇠유리새, 흰배지빠꾸 등이었다. 또한 도로에서는 까치, 멧비둘기, 박새, 노랑턱멧새 등이 가장 우점하는 것으로 나타났다. 종다양도 지수(H')에 있어서는 활엽수 천연림이 3.13이었으며, 도로가 2.48로 나타나 활엽수 천연림의 조류 종다양도 지수가 더 높은 것으로 나타났다(Table 2와 3).

여름에 광릉 활엽수 천연림에서는 18종 41개체의 조류가 관찰되었으며, 도로에서는 11종 23개체의 조류가 관찰되었다. 종 다양도 지수에 있어서는 활엽수 천연림이 2.74로 2.25인 도로 보다 높은 것으로 나타났다. 우점종을 살펴보면 활엽수 천연림에서는 박새, 흰배지빠꾸, 쇠박새, 쇠딱다구리, 오목눈이, 진박새 등이었다. 도로에서는 까치, 멧비둘기, 찌르레기 등이 우점을 이루는 것으로 나타났다(Table 2와 3).

2005년 11월에 실시한 가을 조류 군집 조사 결과, 활엽수 천연림에서는 모두 14종 56개체의 조류가 관찰되었으며, 도로에서는 10종 37개체의 조류가 기록되었다. 종다양도 지수 역시 활엽수 천연림에서 2.35로 2.04인 도로보다 높은 것으로 나타났다. 봄이나 여름과는 달리 가을 조사에서의 큰 특징은 곤줄박이, 쇠박새, 박새를 위

주로 한 박새류와 오목눈이와 같은 종들이 혼성군을 이루어 생활하는 것으로 나타났다. 그 결과 이들 조류의 관찰 개체수가 다른 계절에 비해 매우 많았다. 이러한 현상

은 도로 지역에서도 마찬가지로 박새와 진박새가 무리를 이루어 생활하는 것이 관찰되었다. 활엽수 천연림에서는 박새류가 대부분 우점을 이루고 있었으며, 도로에

Table 2. Characteristics of seasonal bird communities at natural deciduous forest in Gwangneung, Korea

Korean name	Scientific name	Guild		Spring	Summer	Autumn	Winter	Mig. ³
		N ¹	F ²					
들꿩	<i>Bonasa bonasia</i>	B	b	1	-	2	3	Res.
멧비둘기	<i>Streptopelia orientalis</i>	C	b	1	-	1	2	Res.
매사촌	<i>Cuculus fugax</i>	-	-	1	-	-	-	S.V.
검은등뺨꾸기	<i>Cuculus micropterus</i>	-	-	2	1	-	-	S.V.
뺨꾸기	<i>Cuculus canorus</i>	-	-	1	-	-	-	S.V.
병어리뺨꾸기	<i>Cuculus saturatus</i>	-	-	1	1	-	-	S.V.
속뚝새	<i>Caprimulgus indicus</i>	B	c	1	-	-	-	S.V.
쇠딱다구리	<i>Dendrocopus kizuki</i>	H	c	1	3	3	2	Res.
오색딱다구리	<i>Dendrocopus major</i>	H	c	1	2	-	1	Res.
큰오색딱다구리	<i>Dendrocopus leucotos</i>	H	c	2	1	1	-	Res.
청딱다구리	<i>Picus canus</i>	H	c	2	1	1	1	Res.
까딱딱다구리	<i>Dryocopus martius</i>	H	c	1	-	-	1	Res.
직박구리	<i>Hypsipetes amaurotis</i>	C	c	-	-	-	4	Res.
때까치	<i>Lanius bucephalus</i>	B	b	-	-	-	1	Res.
쇠유리새	<i>Erithacus cyane</i>	B	b	3	1	-	-	S.V.
유리딱새	<i>Tarsiger cyanurus</i>	-	-	1	-	-	-	P.M.
딱새	<i>Phoenicurus auroreus</i>	H	b	-	-	-	1	Res.
호랑지뺨꾸	<i>Zoothera dauma</i>	C	b	1	2	-	-	S.V.
흰배지뺨꾸	<i>Turdus pallidus</i>	C	b	3	4	-	-	S.V.
되지뺨꾸	<i>Turdus hortulorum</i>	C	b	1	-	-	-	S.V.
상모솔새	<i>Regulus regulus</i>	-	-	-	-	-	4	W.V.
숲새	<i>Urosphena squameiceps</i>	B	b	1	-	-	-	S.V.
산솔새	<i>Phylloscopus coronatus</i>	B	c	1	2	-	-	S.V.
흰눈썹황금새	<i>Ficedula zanthopygia</i>	H	a	1	-	-	-	S.V.
큰유리새	<i>Cyanoptila cyanomelana</i>	B	a	1	-	-	-	S.V.
오목눈이	<i>Aegithalos caudatus</i>	C	c	4	3	7	5	Res.
곤줄박이	<i>Parus varius</i>	H	c	3	2	5	3	Res.
쇠박새	<i>Parus palustris</i>	H	c	5	4	8	9	Res.
진박새	<i>Parus ater</i>	H	c	1	3	2	1	Res.
박새	<i>Parus major</i>	H	c	9	6	13	12	Res.
동고비	<i>Sitta europaea</i>	H	c	3	2	5	3	Res.
검은머리방울새	<i>Carduelis spinus</i>	-	-	-	-	-	2	W.V.
되새	<i>Fringilla montifringilla</i>	-	-	-	-	-	7	W.V.
뫼쟁이	<i>Pyrrhula pyrrhula</i>	-	-	-	-	3	5	W.V.
피꼬리	<i>Oriolus chinensis</i>	C	c	2	1	-	-	S.V.
어치	<i>Garrulus glandarius</i>	C	c	4	2	3	2	Res.
까마귀	<i>Corvus corone</i>	C	b	1	-	2	-	Res.
No. of species				30	18	14	20	
No. of individuals				60	41	56	69	
Bird species diversity (H')				3.13	2.74	2.35	2.70	

1. Nesting guild - B: bush, C: canopy, H: hole

2. Foraging guild - a: air, b: bush, c: canopy

3. Migration - Res.: resident, S.V.: summer visitor, W.V.: winter visitor, P.M.: passage migrant

Table 3. Characteristics of seasonal bird communities at road area in Gwangneung, Korea

Korean name	Scientific name	Guild		Spring	Summer	Autumn	Winter	Mig. ³
		N ¹	F ²					
중대백로	<i>Egretta alba</i>	B	o	1	-	-	-	Res.
꿩	<i>Phasianus colchicus</i>	B	b	2	1	1	2	Res.
멧비둘기	<i>Streptopelia orientalis</i>	C	b	4	3	2	4	Res.
후투티	<i>Upupa epops</i>	H	b	1	2	-	-	S.V.
쇠딱다구리	<i>Dendrocopus kizuki</i>	H	c	1	1	1	2	Res.
오색딱다구리	<i>Dendrocopus major</i>	H	c	-	-	-	1	Res.
직박구리	<i>Hypsipetes amaurotis</i>	C	c	1	1	2	4	Res.
때까치	<i>Lanius bucephalus</i>	B	b	1	2	-	2	Res.
딱새	<i>Phoenicurus auroreus</i>	H	b	1	2	-	1	Res.
술새	<i>Urosphena squameiceps</i>	B	b	2	-	-	-	S.V.
오목눈이	<i>Aegithalos caudatus</i>	C	c	-	-	3	2	Res.
진박새	<i>Parus ater</i>	H	c	2	-	5	5	Res.
박새	<i>Parus major</i>	H	c	4	1	7	3	Res.
노랑턱멧새	<i>Emberiza elegans</i>	B	b	3	2	6	2	Res.
검은머리방울새	<i>Carduelis spinus</i>	-	-	-	-	-	2	W.V.
되새	<i>Fringilla montifringilla</i>	-	-	-	-	-	4	W.V.
찌르레기	<i>Sturnus cineraceus</i>	H	b	-	3	-	-	S.V.
피꼬리	<i>Oriolus chinensis</i>	C	c	1	-	-	-	S.V.
까치	<i>Pica pica</i>	C	b	7	5	9	15	Res.
까마귀	<i>Corbus corone</i>	C	b	2	-	1	2	Res.
No. of species				15	11	10	15	
No. of individuals				33	23	37	51	
Bird species diversity (H')				2.48	2.25	2.04	2.40	

1. Nesting guild - B: bush, C: canopy, H: hole

2. Foraging guild - a: air, b: bush, c: canopy, o: outside

3. Migration - Res.: resident, S.V.: summer visitor, W.V.: winter visitor, P.M.: passage migrant

서는 까치, 박새, 노랑턱멧새 등의 조류가 우점인 것으로 나타났다(Table 2와 3).

겨울 조사에서는 두 지역에서 모두 여름과 가을에 비해 관찰된 조류의 종수와 개체수가 상당히 증가한 것으로 나타났다. 활엽수 천연림과 도로에서 각각 20종 69개체와 15종 51개체의 조류가 기록되었다. 종 다양도 지수 역시 각각 2.70과 2.40으로 여름과 가을에 비해서 높은 수치를 보였다. 특히 활엽수 천연림에서는 상모솔새와 검은머리방울새, 되새, 멧쟁이 등이 도로에서는 검은머리방울새와 되새 등의 겨울철새가 관찰되었다. 박새, 쇠박새, 되새, 멧쟁이 등이 활엽수 천연림에서 주요 우점종인 것으로 나타났으며, 도로에서는 까치와 진박새가 가장 우점을 이루고 있었다(Table 2와 3).

활엽수 천연림과 도로 지역이 위치상으로 매우 인접해 있음에도 불구하고 계절별 조류군집의 크기 및 종구성에 있어서 매우 큰 차이를 보이는 것으로 나타났다. 이러한 차이는 서식환경의 차이에 기인하는 것으로 판단

된다. 즉 도로의 개설로 인한 수목의 벌채, 대경목의 감소, 하층 식생의 증가, 차량의 통행으로 인한 간섭 등에 의한 영향 등 다양한 환경적 변화에 기인할 것으로 생각된다(이돈구 등, 1999; Huijser, 2000; Rhim and Lee, 2000; 허위행 등, 2003b; Hur *et al.*, 2005).

3. 번식기 조류 군집의 길드

번식기 조류 군집의 길드 구조를 살펴보면, 영소 길드(nesting guild)의 경우 활엽수 천연림에서는 수동(나무 구멍) 영소 길드에 속한 종이 11종으로 가장 많았으며 지면 및 관목층에서 둥지를 만드는 관목층 영소 길드에 속한 종이 가장 적은 것으로 나타났다. 도로의 경우도 관목층 영소 길드와 수관층 영소 길드에 속한 종보다 수동 영소 길드에 속한 종이 많았다. 개체수에 있어서도 두 조사 지역 모두 종수와 비슷한 경향을 보이는 것으로 나타났다(Table 4).

Table 4. Differences in guild structure of breeding bird communities between natural deciduous forest and road area in Gwangneung, Korea

Guild	Natural deciduous forest		Road area	
	Species	Individuals	Species	Individuals
Nesting guild				
bush	6 (24.0%) ¹	8 (14.8%) ²	5 (33.3%)	9 (27.3%)
canopy	8 (32.0%)	17 (31.5%)	5 (33.3%)	15 (45.4%)
hole	11 (44.0%)	29 (53.7%)	5 (33.3%)	9 (27.3%)
Foraging guild				
air	2 (8.0%)	2 (3.7%)	-	-
bush	8 (32.0%)	12 (22.2%)	9 (60.0%)	23 (69.7%)
canopy	15 (60.0%)	40 (74.1%)	5 (33.3%)	9 (27.3%)
outside	-	-	1 (6.7%)	1 (3.0%)

- 1. No. of species (dominance)
- 2. No. of individuals (dominance)

채이 길드(foraging guild)를 살펴보면 활엽수 천연림에서는 수관층에서 먹이를 먹는 종이 절대 다수를 차지하였으며 잘 발달된 수관층 주변의 공중에서 날벌레를 채식하는 공중 채이 길드에 속한 종도 2종이 서식하는 것으로 나타났다. 그러나 도로에서는 지면 및 관목층에서 먹이자원을 획득하는 종이 가장 많았으며, 수관층에서 먹이자원을 획득하는 종은 5종 9개체로 활엽수 천연림에서 서식하는 조류 군집에 비해 그 비율이 매우 낮은 것으로 밝혀졌다.

이러한 영소 길드 및 채이 길드 구조의 차이는 활엽수 천연림과 도로 지역 간의 산림 환경 구조의 차이에 따른 것으로 생각된다(임신재와 이우신, 2001). 도로에 비해서 대경목이 상대적으로 많은 비율을 차지하고 있는 활엽수 천연림에서는(Figure 1) 조류들이 동지자원으로 이용할 수 있는 수관층의 발달(Figure 2)과 많은 나무구멍으로 인해 수관층 및 수동에서 먹이자원과 동지자원을 얻는 조류들이 번식하는데 매우 유리할 것으로 판단된다(Bookhout, 1996; 임신재와 이우신, 2001). 반면 도로의 개설과, 사람 및 차량의 지속적인 통행으로 인한 간섭 등 서식 환경의 변화로 인해(Patton, 1992; Rhim *et al.*, 2003) 동지로 이용할 수 있는 나무구멍의 수가 적고 수관층의 발달이 미약한 도로에서는 수동 및 수관층 대신에 관목이나 지면에서 먹이자원과 동지자원을 얻는 조류가 많이 서식하고 있는 것으로 나타났다.

산림지역에서 도로의 개설은 곧 서식지 감소 및 단편화를 의미한다. 이로 인해 숲내 종(interior species)의 감소, 임연부 종(edge species)의 증가, 서식지 환경 구조의 변화와 이로 인한 종 구성의 변화 등 생태계에 많은 직접, 간접적인 영향을 미치게 된다(Blom, 1995; Hanowski and Miemi, 1995; Huijser, 2000). 또한 차량의 지속적인

통행으로 인해 도로 주변에는 많은 간섭요인이 발생할 것으로 생각된다(국립수목원, 2004).

광릉 숲은 우리나라의 중부지역에서 찾아보기 힘들 정도로 비교적 인간의 간섭이 비교적 적은 상태로 유지되고 있는 산림생태계이다. 이 지역에 개설된 도로로 인해 서식 환경이 변화하고 또한 조류 군집의 특성이 명확하게 다른 것을 확인할 수 있었다. 생태적으로 그 중요성이 매우 높은 광릉 숲을 보전하고 건전하게 관리하기 위해서는 현재의 상황에 대한 명확한 파악이 선행되어야 할 것이며, 이를 토대로 이 지역에 대한 보호 및 관리가 필요할 것으로 판단된다(Lindenmayer and Franklin, 2002).

인용문헌

국립수목원(2004) 광릉 숲 주변 위해 요인 모니터링 연구. 153쪽.
 건설교통부(2002) 생태이동통로 설치를 위한 생태조사 연구. 299쪽.
 이돈구, 우한정, 이우신, 임신재(1999) 침엽수 조림지에서 간벌로 인한 산림환경구조의 차이에 따른 번식기 조류 군집의 특성. 한국조류학회지 6: 57-64.
 임신재(2006) 동물행동학. 살림출판사, 서울, 93쪽.
 임신재, 이우신(2001) 활엽수림에서 간벌에 의한 번식기 조류 군집의 변화. 한국임학회지 90: 36-42.
 임업연구원(1994) 광릉시험림. 148쪽.
 조기현(1996) 광릉 지역 활엽수 천연림과 침엽수 조림지의 서식지 구조와 조류군집과의 관계. 서울대학교 대학원 석사학위논문, 60쪽.
 허위행, 임신재, 이우신(2003a) 도로로부터 거리가 다른 지역에서 번식기 조류 군집의 차이. 한국생태학회지 26:

- 29-33.
- 허위행, 임신재, 이우신(2003b) 산림지역의 조류 군집에 대한 도로의 영향. 한국환경생태학회지 17: 1-8.
- 환경부(2003) 야생동물 이동통로 설치 및 효율적 관리방안에 관한 연구. 324쪽.
- Bibby, C.J., N.D. Burgess and D.A. Hill(1997) Bird census technique. Academic press, London, 257pp.
- Blom, I.G.(1995) Nature across motorways. Road and Hydraulic Engineering Division, Delft, 103pp.
- Bookhout, T.A.(1996) Research and management techniques for wildlife and habitats. The Wildlife Society. Bethesda, 740pp.
- Hanowski, J.M. and G.J. Miemi(1995). A comparison of on- and off-road bird count: do you need to go off road to count accurately? Journal of Field Ornithology 66: 469-483.
- Huijser, M.P.(2000) Life on the edge: hedgehog traffic victims and mitigation strategies in an anthropogenic landscape. Ponsen & Looijen bv. Wageningen, 165pp.
- Hur, W.H., W.S. Lee, C.Y. Choi, Y.S. Park, C.B. Lee and S.J. Rhim(2005) Differences in field sign abundance of mammal species around the roads in Baekdudaegan mountains. Journal of Korean Forest Society 94: 112-116.
- Lindenmayer, D.B. and J.F. Franklin(2002) Conserving forest biodiversity: a comprehensive multiscaled approach. Island Press, Washington, D.C., 351pp.
- Patton, D.R.(1992) Wildlife habitat relationships in forested ecosystems. Timber Press, Portland, 392pp.
- Rhim, S.J. and W.S. Lee(2000) The relationship between habitat structure and breeding bird communities at deciduous forest in mid-eastern Korea. Japanese Journal of Ornithology 49: 31-38.
- Rhim, S.J., W.H. Hur, Y.S. Park, S.Y. Choi, C.B. Lee, R. Piao and W.S. Lee(2003) Differences in mammals abundance in different distance areas from road. Acta Theriologica Sinica 23: 193-197.
- Root, R.B.(1967) The niche exploitation pattern of the blue-gray gnatcatcher. Ecological Monography 37: 317-350.
- Shannon, C.E. and W. Weaver(1949) The mathematical theory of communication. Univ. of Illinois press, Urbana, 117pp.