

## 산림 지역의 조류 군집에 대한 도로의 영향<sup>1</sup>

허위행<sup>2</sup> · 임신재<sup>3</sup> · 이우신<sup>2</sup>

## Effects of Road on Bird Communities in Forest Areas<sup>1</sup>

Wee-Haeng Hur<sup>2</sup>, Shin-Jae Rhim<sup>3</sup>, Woo-Shin Lee<sup>2</sup>

### 요약

본 연구는 경남 남해군 금산 지역에서 도로가 조류 군집에 미치는 영향을 파악함으로써 산림 지역에 개설되는 도로의 합리적인 관리방안을 모색하고자 2000년 5월부터 2001년 1월까지의 기간 동안 실시되었다. 조류 군집 조사 결과 도로 지역에서는 26종, 산림 지역에서는 23종의 조류가 각각 관찰되었다. 지역별로 호랑지빠귀, 할미새사촌 등은 산림 지역에서 만, 쇠유리새와 큰유리새, 휘파람새, 상모술새 등은 도로 지역에서만 관찰되었다. 번식기 조류 군집의 길드 분석 결과 도로 지역에서는 관목층 영소 길드와 채이 길드의 비율이 높게 나타났다. 대체로 도로는 야생동물의 서식에 부정적인 영향을 주는 것으로 보고 되었으나, 본 연구에서는 도로의 차량 통행량이 적고, 도로변에 다양한 서식환경이 존재하며, 상층입관의 단절이 소규모이고 연속적이지 않아 도로가 조류 군집에 부정적인 영향을 크게 미치지 않는 것으로 나타났다. 그러므로 산림 지역에서 도로의 영향을 최소화하기 위해서는 상층입관의 수관부가 연결될 수 있도록 도로변 교목의 유지 및 관리와 관목층의 조성 이 필요할 것으로 판단된다.

주요어 : 상층입관, 하층식생

### ABSTRACT

This study was conducted to investigate the effects of road on bird community by line transect census method from May 2000 to January 2001 in Mt. Geumsan, Namhae-Gun, Kyeongsangnam-do. Canopy layer was more developed in forest area than road area. Understory vegetation of road area was more developed than forest area. Twenty six and twenty three bird species were observed in road and forest area, respectively. White's thrush and ashy minivet were observed just only in forest area, and Siberian blue robin, blue-and-white flycatcher and gold crest were in road area. The birds being to bush nesting and foraging guilds in road area were more than forest area. It is known that the road construction was negatively affected on bird community. However, road construction would be not so negative on bird community according to the results of this study. It would be needed the maintenance of upper canopy layer and understory vegetation to reduce negative effect of road on bird com-

1 접수 11월 22일 Received on Nov. 22, 2002

2 서울대학교 산림자원학과 Department of Forest Resources, Seoul National Univ., Suwon (441-744), Korea

3 서울대학교 연습림 University Forests, Seoul National Univ., Suwon (441-744), Korea

munities in forest area.

**KEY WORDS : UPPER CANOPY, ROAD, UNDERSTORY VEGETATION**

## 서론

도로는 오래 전부터 인류와 함께 발전하여 왔고 현대에 와서는 자동차 시대에 필요한 고속도로에 이르기까지 다양화되었다. 또한 도로는 인류의 삶에 있어 경제적 측면과 문화적 측면에서 여러 가지 중요한 기능을 가지고 있으며, 우리의 생활에 중요한 역할을 담당하고 있다. 그러나 도로의 개설은 그 지역의 생태계에 부정적인 영향을 끼치게 되며, 도로의 생태계에 대한 영향은 도로가 개설되는 지역과 분류군에 따라 다양하게 나타난다(Trombulak and Frissell, 2000).

산림 지역에 개설된 도로는 서식지의 단편화와 산림환경구조의 변화 등으로 인해 조류의 종다양성 및 종 구성에 변화를 준다(Ambuel and Temple, 1983; Hanowski and Niemi, 1995). 우리 나라는 산림이 전 국토 면적의 65%를 차지하고 있어 도로가 산림 지역을 통과하게 되는 경우가 많이 발생한다. 그러나 도로의 개설이 지역 생태계에 미칠 영향과 이를 저감시킬 수 있는 방안에 대해서는 거의 고려되지 않은 채 도로가 개설되고 있는 실정이며, 또한 도로가 생태계에 미치는 영향에 관한 연구도 거의 이루어지지 못하고 있다.

그러므로 본 연구에서는 경상남도 남해군 금산 지역에서 도로와 산림 지역 간의 서식지 환경 차이와 이에 따른 조류 군집의 차이를 조사하여 도로의 개설이 조류 군집에 미치는 영향을 파악하고자 하였다. 그 결과를 토대로 산림 지역에 개설되는 도로가 조류 군집을 포함한 지역 생태계에 미치는 영향을 최소화할 수 있는 합리적인 관리방안을 모색하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 조사지 개황

금산은 동경 127° 59', 북위 34° 46' 에 위치하며 최고봉의 높이가 701m, 면적은 약 3,000ha로서

행정구역상 경상남도 남해군 이동면과 상주면에 걸쳐 있다(신현철과 이강영, 1990). 조사지역은 금산의 북사면 지역으로 임업연구원 남부시험장 내 천연림 지역과 북곡주차장에서 보리암에 이르는 도로를 포함한 주변 지역이다. 이 지역은 1968년에 지정된 한려해상국립공원 지역에 포함된다(국립공원관리공단, 2000). 또한 임업연구원에서 지정한 장기생태연구지(Long-term ecological research site)를 포함하고 있어(Oh *et al.*, 1999) 산림생태계의 보전과 관리가 잘 이루어지고 있는 지역이다. 임상은 대부분 활엽수 천연림으로 이루어져 있으며, 일부 지역에 혼효림과 편백 조림지가 분포하고 있다. 도로 주변에는 관목층이 발달해 있으며, 계곡부를 중심으로 암석지대가 발달해 있다. 북곡주차장에서 보리암에 이르는 도로는 폭 5~6m 정도의 시멘트 포장 도로로서 보리암을 찾는 탐방객들이 도보 또는 차량을 이용해 통행하나 도로의 폭이 좁고 굴곡과 경사가 심하여 차량의 통행량은 하루 100대 정도로 그리 많지 않은 편이다.

조사 지역의 주요 수종을 살펴보면 상층 임관은 졸참나무, 서어나무, 때죽나무, 편백, 개서어나무 등이 우점하며, 중층은 비목, 윤노리나무, 쇠물푸레나무, 노각나무, 당단풍나무 등으로 이루어져 있다. 또한 산가막살나무, 청미래덩굴, 철쭉 등이 관목층에서 우점을 이루고 있었다(Table 1).

### 2. 서식지 환경 조사

조류 군집 조사를 실시한 산림 지역과 도로 지역의 조사경로 및 주변 지역에서 수목의 흉고직경(DBH, diameter at breast height)과 엽층의 수직적 분포, 임상 등의 항목에 대한 서식지 환경 조사를 실시하였다. 서식지 환경 조사는 산림의 수관층이 완전히 형성된 2000년 8월에 실시하였다.

흉고직경은 조사경로 및 주변에 임의로 5m 지름의 가상의 원통 20개를 설정하여 원통 내에 포함되는 흉고직경 6cm 이상되는 수목의 흉고직경(DBH)을 측정하였다. 엽층의 수직적 분포는 동일한 가상의 원통을 수직적으로 0~1m, 1~2m, 2~4m, 4~

Table 1. Dominant tree species of the study area

	Scientific name	Korean name
Upper canopy layer	<i>Quercus serrata</i>	졸참나무
	<i>Carpinus laxiflora</i>	서어나무
	<i>Styrax japonicus</i>	때죽나무
	<i>Chamaecyparis obtusa</i>	편백
Middle -story layer	<i>Carpinus tschonoskii</i>	개서어나무
	<i>Lindera erythrocarpa</i>	비목
	<i>Pourthiaea villosa</i>	운노리나무
	<i>Fraxinus sieboldiana</i>	쇠물푸레
	<i>Stewartia koreana</i>	노각나무
Understory layer	<i>Acer pseudo-sieboldianum</i>	당단풍
	<i>Viburnum wrighti</i>	산가막살나무
	<i>Smilax china</i>	청미래덩굴
	<i>Rhododendron schippenbachi</i>	철쭉

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 간격의 척도로 수치화 한 후, 각 층위별로 피도 값을 산술평균하여 피도량을 산출하였다(Rhim and Lee, 2000). 또한 가상의 원통을 설치한 곳의 임상을 활엽수림, 침엽수림, 혼효림, 개활초지 등으로 구분하여 기록하였다.

### 3. 조류 군집 조사

도로 지역과 산림 지역에 서식하는 조류 군집을 비교하기 위하여 천연림 지역과 도로 지역에 길이 2km의 조사경로를 선정하였다. 도로 지역은 보리암 입구에서 북쪽 주차장 방향으로 도로를 따라 조사경로를 선정하였으며, 산림 지역은 보리암 입구에서 산림 지역을 관통해서 능선과 계곡부를 따라 내려가는 경로를 선정하였다.

조사는 2000년 5월(봄), 8월(여름), 11월(가을), 2001년 1월(겨울)의 4계절에 걸쳐서 선조사법

(line transect census method)에 의해 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(이우신과 임신재, 1998).

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, Pi는 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(Root, 1967), 환경에 대한 평가와 관리에 자주 이용되는 개념이다(Simberloff and Dayan, 1991). 길드 개념은 조류 군집의 산림환경 내에서 자원이용 유형을 설명하는데 매우 유용하게 쓰일 수 있는 개념으로서(이우신과 박찬열, 1995), 본 연구에서는 번식기 조류 군집에 대해 각 조류가 둥지를 짓는 장소와 먹이를 먹는 장소에 따라서 영소 길드(nesting guild)와 채이 길드(foraging guild)로 각각 구분하여 분석하였다(Table 2). 각 종에 대한 길드의 구분은 조사시의 관찰과 이우신과 박찬열(1995) 그리고 Rhim and Lee(2000)의 기준으로 하였다. 각 종에 대한 영소 및 채이 길드는 고정적인 것이 아니라 본 조사지에서 나타난 종의 습성에 대해서만 적용될

Table 2. Category of nesting and foraging guild

Guild	Nesting or foraging site
Nesting guild	
Bush	bush, ground
Canopy	canopy
Hole	tree hole
Foraging guild	
bush	vine, litter, bush, fallen log, ground
canopy	leaf, twig, branch, trunk, bud
outside	outside of forest

수 있으며, 두견이와 같이 영소 길드를 결정하기 힘든 경우에는 분석에서 제외하였다.

## 결과

### 1. 서식지 환경

조사 지역별 흉고직경(DBH) 분포는 Figure 1에서 보는 바와 같이 도로 지역에서는 흉고직경 6~10cm의 수목이 가장 높은 비율을 차지하였으며, 그 다음으로는 11~20cm, 21~30cm의 순이었다. 산림 지역의 경우 흉고직경 11~20cm에 속한 수목이 가장 높은 비율을 보였으며, 그 다음으로 6~10cm, 21~30cm 순이었다. 두 지역에서 모두 흉고직경 30cm 이상의 수목은 비교적 적은 수가 분포하고 있는 것으로 나타났으며, 직경급 20cm 이상의 수목은 산림 지역보다 도로 지역에 더 많이 생육하고 있었다.

두 조사 지역에서의 엽층별 수직구조는 Figure 2에서 보는 바와 같다. 산림 지역은 상층임관이 발달해 있어 상층임관의 피도량이 높게 나타났으며, 하층식생은 상대적으로 적은 피도량을 나타내었다. 이에 비해 도로 지역은 산림 지역에 비해 상층임관이 빈약한 반면 하층식생이 발달해 있는 구조를 나타내었다. 이는 산림 지역에서는 상층 임관의 발달로 인해 지면에 도달하는 광량(光量)이 도로 지역에 비해 상대적으로 적어 관목층의 발달이 미약한 반면, 도로 지역은 도로의 개설로 인해 도로 주변의 상층임관을 이루는 수목이 어느 정도 제거되어 지면에 도달하는 광량이 산림 지역에 비해 상대적으로 많아

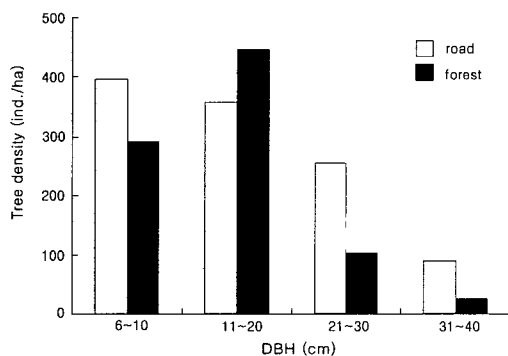


Figure 1. Differences in DBH distribution between road and forest areas

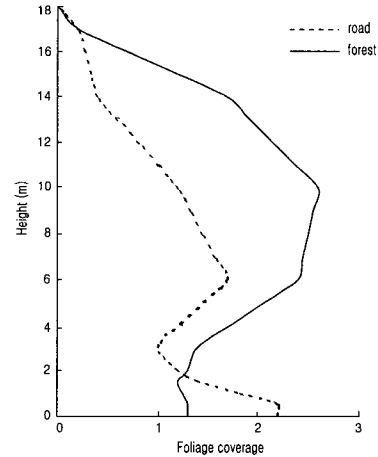


Figure 2. Differences in vertical foliage structure between road and forest areas

하층식생이 산림 지역에 비해 풍부한 것으로 생각된다(신현철과 이강영, 1990).

조사 지역별 임상의 구성비율을 살펴보면 활엽수림이 도로와 산림 지역 모두에서 가장 높은 비율을 차지하였으며, 지역별 비교에 있어서는 산림 지역이 도로 지역보다 더 높은 비율을 나타내었다(Table 3). 활엽수림 이외에 도로 지역은 혼효림 25%, 침엽수림 10%, 개활초지 5%의 순이었으며, 산림 지역은 침엽수림과 혼효림이 각각 10%로 80%를 차지한 활엽수림에 비해 낮은 비율을 나타내었다. 임상의 구성비율을 볼 때 도로 지역이 산림 지역에 비해 수평적으로 다양한 환경을 이루고 있다는 것을 알 수 있다.

Table 3. Differences in percentages of forest type between road and forest areas

Forest type	Road area (%)	Forest area (%)
Deciduous forest	60	80
Coniferous forest	10	10
Mixed forest	25	10
Open grass land	5	-
Total	100	100

### 2. 조류 군집

지역별 조류 군집 조사 결과를 살펴보면 도로 지역에서는 총 26종의 조류가 관찰되었으며, 계절별로

는 봄에 17종 66개체, 여름에 10종 35개체, 가을에 14종 79개체, 겨울에 12종 29개체의 조류가 기록되었다. 계절별 우점종은 봄에는 흰배지빠귀와 박새였으며, 여름에는 박새, 오목눈이, 가을에는 박새, 오목눈이, 곤줄박이, 겨울에는 박새와 오목눈이인 것으로 나타났다(Table 4).

산림 지역에서는 총 23종의 조류가 기록되었으며, 계절별로 살펴보면 봄에 17종 44개체, 여름에 12종 28개체, 가을에 9종 42개체, 겨울에 9종 44

개체가 관찰되었다. 봄에는 흰배지빠귀, 박새가 여름에는 박새와 오목눈이, 가을에는 곤줄박이, 오목눈이, 박새가, 겨울에는 오목눈이와 곤줄박이가 우점을 이루고 있었다(Table 5).

종다양성 지수는 산림 지역에서 번식기인 봄에 2.64로 가장 높은 값을 나타내었으며, 가을철 산림 지역에서 1.87로 가장 낮은 값을 나타내었다. 조사 지역별로 봄과 여름에는 산림 지역이 도로 지역에 비해 다소 높게 나타난 반면, 가을과 겨울에는 도로

Table 4. Differences in seasonal bird community of road area

Korean name	Scientific name	Guild		Spring	Summer	Autumn	Winter	Mig. <sup>3</sup>
		N <sup>1</sup>	F <sup>2</sup>					
평	<i>Phasianus colchicus</i>	B	b	1	-	-	-	Res.
쇠딱다구리	<i>Dendrocopos kizuki</i>	H	c	2	1	3	3	Res.
청딱다구리	<i>Picus canus</i>	H	c	1	-	-	-	Res.
까막딱다구리	<i>Dryocopus javensis</i>	.	.	-	-	-	1	Res.
직박구리	<i>Hypsipetes amaurotis</i>	.	.	-	4	4	3	Res.
굴뚝새	<i>Troglodytes troglodytes</i>	.	.	-	-	-	1	Res.
쇠유리새	<i>Erithacus cyane</i>	B	b	3	-	-	-	S.V.
도지빠귀	<i>Turdus hortulorum</i>	C	b	1	-	-	-	S.V.
흰배지빠귀	<i>Turdus pallidus</i>	C	b	13	2	-	-	S.V.
붉은머리오목눈이	<i>Paradoxornis webbianus</i>	B	b	8	-	-	-	Res.
휘파람새	<i>Cettia diphone</i>	B	b	2	-	-	-	S.V.
숲새	<i>Urosphena squameiceps</i>	B	b	2	1	-	-	S.V.
상모술새	<i>Regulus regulus</i>	.	.	-	-	2	1	W.V.
큰유리새	<i>Cyanoptila cyanomelana</i>	C	c	1	-	-	-	S.V.
오목눈이	<i>Aegithalos caudatus</i>	.	.	-	6	13	5	Res.
쇠박새	<i>Parus palustris</i>	H	c	3	3	-	-	Res.
진박새	<i>Parus ater</i>	.	.	-	2	2	-	Res.
박새	<i>Parus major</i>	H	c	13	13	20	6	Res.
곤줄박이	<i>Parus varius</i>	.	.	-	2	10	2	Res.
동고비	<i>Sitta europaea</i>	.	.	-	-	2	-	Res.
멧새	<i>Emberiza cioides</i>	.	.	-	-	4	-	Res.
노랑턱멧새	<i>Emberiza elegans</i>	B	b	8	-	7	1	Res.
어치	<i>Garrulus glandarius</i>	C	c	1	-	4	3	Res.
까치	<i>Pica pica</i>	C	b	3	-	2	-	Res.
까마귀	<i>Corvus corone</i>	C	b	3	1	5	2	Res.
큰부리까마귀	<i>Corvus macrorhynchos</i>	C	b	1	-	1	1	Res.
Number of species				17	10	14	12	
Number of individuals					66	35	79	29
Species diversity(H')					2.41	1.92	2.30	2.28

1 N: nesting guild - C: canopy, B: bush, H: hole

2 F: foraging guild - b: bush, c: canopy

3 Mig.: migration type - Res.: resident, S.V.: summer visitor, W.V.: winter visitor

지역에서 높은 값을 나타내었다(Table 4와 5).

지역별 관찰종을 살펴보면 봄에 호랑지빠귀는 산림 지역에서만 관찰되었으며, 쇠유리새와 큰유리새, 휘파람새는 도로 지역에서만 관찰되었다. 여름에 제비딱새와 할미새사촌은 산림 지역에서만 기록되었고, 가을에 상모술새는 도로 지역에서만 관찰되었다. 굴뚝새와 천연기념물로 지정된 까막딱다구리는 겨울에 도로 지역에서 관찰되었다. 까치와 까마귀는 4계절 모두 도로 지역에서만 관찰된 것으로 나타났다(Table 4와 5).

지역별 관찰종을 이동유형에 따라 나누면 텃새가 도로와 산림 지역에서 각각 19종과 15종이 관찰되

어 가장 높은 비율을 차지하였다. 다음으로 여름철새와 겨울철새가 각각 6종과 1종씩으로 두 지역에서 동일한 종 수를 나타내었으며, 나그네새인 제비딱새는 여름에 산림 지역에서 관찰되었다. 이동유형에 있어서는 지역별로 큰 차이를 나타내지 않는 것으로 나타났다.

번식기 조류 군집의 길드구조를 분석한 결과는 Table 6에서 보는 바와 같다. 두 지역간 영소 길드를 비교했을 때, 도로 지역은 관목층 영소 길드의 비율이 높는데 비해 산림 지역은 수관층과 수동 영소 길드의 비율이 높게 나타났다. 개체수에 있어서도 도로 지역은 수관층과 관목층 영소 길드가 높게 나

Table 5. Differences in seasonal bird community of forest area

Korean name	Scientific name	Guild		Spring	Summer	Autumn	Winter	Mig. <sup>3</sup>
		N <sup>1</sup>	F <sup>2</sup>					
평	<i>Phasianus colchicus</i>	B	b	3	-	-	-	Res.
두견이	<i>Cuculus poliocephalus</i>	.	.	1	-	-	-	S.V.
쇠딱다구리	<i>Dendrocopos kizuki</i>	H	c	3	1	2	5	Res.
청딱다구리	<i>Picus canus</i>	H	c	1	-	-	1	Res.
할미새사촌	<i>Pericrocotus divaricatus</i>	.	.	-	2	-	-	S.V.
직박구리	<i>Hypsipetes amaurotis</i>	C	c	2	2	6	1	Res.
호랑지빠귀	<i>Zoothera dauma</i>	C	b	1	-	-	-	S.V.
되지빠귀	<i>Turdus hortulorum</i>	C	b	1	-	-	-	S.V.
흰배지빠귀	<i>Turdus pallidus</i>	C	b	7	1	-	-	S.V.
붉은머리오목눈이	<i>Paradoxornis webbianus</i>	.	.	-	3	-	-	Res.
숲새	<i>Urosphena squameiceps</i>	B	b	2	-	-	-	S.V.
상모술새	<i>Regulus regulus</i>	.	.	-	-	-	4	W.V.
제비딱새	<i>Muscicapa griseisticta</i>	.	.	-	1	-	-	P.M.
오목눈이	<i>Aegithalos caudatus</i>	C	c	4	4	8	12	Res.
쇠박새	<i>Parus palustris</i>	.	.	-	-	2	-	Res.
진박새	<i>Parus ater</i>	H	c	4	-	2	5	Res.
박새	<i>Parus major</i>	H	c	5	6	7	6	Res.
곤줄박이	<i>Parus varius</i>	H	c	4	3	13	8	Res.
동고비	<i>Sitta europaea</i>	H	c	2	-	-	-	Res.
멧새	<i>Emberiza cioides</i>	B	b	1	-	-	-	Res.
노랑턱멧새	<i>Emberiza elegans</i>	B	b	2	1	1	-	Res.
어치	<i>Garrulus glandarius</i>	.	.	-	2	1	2	Res.
큰부리까마귀	<i>Corvus macrorhynchos</i>	C	b	1	2	-	-	Res.
Number of species				17	12	9	9	
Number of individuals				44	28	42	44	
Species diversity(H')				2.64	2.32	1.87	1.96	

1 N: nesting guild - B: bush, C: canopy, H: hole

2 F: foraging guild - b: bush, c: canopy

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

Table 6. Differences in guild structure of breeding bird communities between road and forest areas

Guild	Road area		Forest area	
	No. of species (dominance, %)	No. of individuals (dominance, %)	No. of species (dominance, %)	No. of individuals (dominance, %)
Nesting guild				
Bush	6 (35.3)	24 (36.4)	4 (25.0)	8 (18.6)
Canopy	7 (41.2)	23 (34.8)	6 (37.5)	16 (37.2)
Hole	4 (23.5)	19 (28.8)	6 (37.5)	19 (44.2)
Foraging guild				
bush	11(64.7)	45(68.2)	8(50.0)	18(41.9)
hole	6(35.3)	21(31.8)	8(50.0)	25(58.1)

타난 반면, 산림 지역에서는 관목층 영소 길드가 낮은 비율을 차지하였다. 채이 길드를 살펴보면 도로 지역에서는 관목층 채이 길드의 비율이 가장 높았으며, 산림 지역에서는 수관층과 관목층 채이 길드의 비율이 비슷하게 나타났다.

### 고찰

산림 지역에 개설된 도로는 서식지의 단편화 및 임연부의 증가를 초래하여 임연부종(forest edge species)의 유입과 숲내종(forest-interior species)의 피식압 증가, 산림환경구조의 변화로 인한 종다양성 및 종 구성의 변화 등 야생동물의 서식에 대체로 부정적인 영향을 주게 된다(Ambuel and Temple, 1983; Small and Hunter, 1988; Hanowski and Niemi, 1995). 특히 명금류(song birds)의 경우는 통행차량의 소음에 크게 영향을 받는 것으로 보고되었다(Reijnen *et al.*, 1996). 본 연구 대상지인 도로와 산림 지역의 조류 군집을 비교했을 때 대표적인 숲내종이자 명금류인 지빠귀류(원병오, 1981)의 경우 호랑지빠귀만이 산림 지역에서 관찰되었을 뿐 되지빠귀와 흰배지빠귀는 두 지역 모두에서 관찰되어 도로의 차량통행에 의한 영향은 적은 것으로 판단된다.

두 지역의 서식환경을 비교하면 도로 지역은 엽층의 수직적 분포에 있어서 산림 지역보다 관목층이 발달되어 있고, 수관층은 산림 지역이 더 발달하였다. 흉고직경 분포에서는 두 지역 모두 30cm 이상의 대경목은 적은 것으로 나타났다. 수평적으로 도로 지역은 활엽수가 높은 비율을 차지하는 산림 지역에 비해 침엽수 조림지와 혼효림이 혼재하며, 도로주변에 상층임관의 개방으로 인한 숲 틈(gap)과

개활초지 등이 존재하는 등 산림 지역에 비해 조류 군집에게는 다양한 서식환경을 제공해 주고 있는 것으로 판단된다. 이러한 서식환경의 차이로 인해 관목층을 선호하는 쇠유리새와 휘파람새 그리고 침엽수를 선호하는 상모술새 등이 도로 지역에서만 관찰된 것으로 판단된다(원병오, 1981). 또한 길드 분석 결과, 도로 지역에서 관목층 영소 길드와 채이 길드의 비율이 높은 것은 엽층의 수직적 분포에서 도로 지역의 하층식생이 발달한 것과 관계가 깊은 것으로 판단된다(Lee, 1996).

본 조사지의 도로 지역은 일부 식생의 단절로 인해 상층임관의 피도량이 감소하였으나 하층식생이 잘 발달되어 있어 관목층에서 먹이자원과 등지자원을 얻는 조류가 산림 지역에 비해 많이 서식하고 있는 것으로 나타났다. 이는 지리산에서 실시한 등산로의 영향에 대한 연구와 유사한 결과를 나타내었는데, 등산로에서 상층임관의 수관부가 연결되어 있는 경우 조류의 이동에 큰 영향을 미치지 않는다고 보고하였다(이우신 등, 2000). Develuy and Stouffer(2001)는 열대림에서의 연구를 통해 폭이 좁고 이용도가 낮은 도로의 경우에 있어 다른 교란요소가 동반되지 않는다면 도로변 식생의 천이 과정을 통해 하층식생에 서식하는 혼성 조류군들에게 적합한 서식지를 제공한다고 하였다. 도로를 개설함에 있어 일부 식생의 단절 혹은 파괴가 발생했다 할지라도 그 규모가 크지 않고 상층임관이 연속적으로 단절되지 않으며, 어느 정도 울폐된 상태로 유지된다면 이동성을 가진 조류는 상층임관을 따라 이동하는데 큰 영향을 받지 않을 것으로 판단된다(이우신 등, 2000). 또한 적당한 규모 이내에서 상층임관이 제거되었을 때 발생된 숲 틈(gap)에서 관목층이 발달하게 되어(신현철과 이강영, 1990) 결과적으로 수직적으로 다양한 서식

환경이 제공된다.

도로의 개설이 생태계에 주는 영향은 다양한 측면에서 발생할 수 있으며, 특히 산림생태계에 부정적이다. 본 연구 결과 산림 지역에 도로가 개설되더라도 차량의 통행량이 적고, 상층임관의 단절된 부위가 많지 않을 때 숲내종의 서식에는 큰 영향을 주지 않는 것으로 나타났다. 도로 지역은 산림 지역에 비해 수직적, 수평적으로 보다 다양한 환경을 지니고 있어 부정적인 영향보다는 어느 정도 긍정적인 영향을 보였다.

산림 지역에 도로를 개설함에 있어 지역의 생태적인 가치가 높은 경우에는 가급적 도로를 개설하지 않는 것이 가장 바람직하지만, 불가피한 경우 단절되는 폭을 최소화할 수 있도록 도로의 규모를 최소화하여 설계할 필요가 있다. 도로의 개설 후 그 지역의 조류 군집에 미치는 영향을 최소화하기 위해서는 상층임관을 연결시키는 역할을 하는 도로변의 교목을 유지 및 관리하며 필요에 따라서는 식재하고, 개설된 도로 주변에 관목층을 조성해 줄 필요가 있다. 마지막으로 가급적 차량의 통행량을 줄여 소음과 같은 방해요인의 발생을 최소화함으로써 조류를 포함한 도로 주변 생태계에 미치는 영향을 최소화할 수 있을 것으로 판단된다.

## 인용문헌

- 국립공원관리공단(2000) 국립공원백서. 서울, 436쪽.
- 신현철, 이강영(1990) 금산의 남북사면에 따른 삼림식생 구조. 한국임학회지 79: 245-254.
- 원병오(1981) 한국동식물도감 제25권 동물편(조류 생태). 문교부, 서울, 1126쪽.
- 이우신, 박찬열(1995) 길드에 의한 산림환경과 조류군집 변화 분석. 한국생태학회지 18: 397-407.
- 이우신, 박찬열, 임신재, 이도한(2000) 지리산 지역에서 등산로에 의한 번식기 조류 군집의 영향. 한국환경생태학회지 14: 103-110.
- 이우신, 임신재(1998) 도시화의 영향에 따른 조류군집의 변화. 한국조류학회지 5: 47-55.
- Ambuel, B. and S. A. Temple(1983) Area-dependent changes in the bird communities and vegetation of southern Wisconsin forest. Ecology 64: 1057-1068.
- Develey, P. F. and P. C. Stouffer(2001) Effects of roads on movements by understory birds in mixed-species flocks in central Amazonian Brazil. Conservation Biology 15: 1416-1422.
- Hanowski, J. M. and G. J. Niemi(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.
- Lee, W. S.(1996) The relationship between breeding bird communities and forest structure at a deciduous broad-leaved forest in Hokkaido, Japan. Korean Journal of Ecology 19: 353-361.
- Oh, J. S., J. C. Shin and J. H. Lim(1999) Long-term ecological research programme in Forestry Research Institute, Korea, p. 106-114. In Proceedings the 3th International Conference on Long-Term Ecological Research (LTER) in the East Asia-Pacific Region. KLTER. Seoul.
- Reijnen, R., R. Foppen and H. Meeuwssen(1996) The effect of traffic on the density of breeding birds in Dutch agricultural grasslands. Biological Conservation 75: 255-260.
- 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.
- Root, R. B.(1967) The niche exploitation pattern of the Blue-gray Gnatcatcher. Ecological Monograph 14: 67-106.
- Shannon C.E. and W. Weaver(1949) The mathematical theory of communication. Univ. of Illinois Press. Urbana. 64pp.
- Simberloff, D. and T. Dayan(1991) The guild structure concept and the structure of ecological communities. Annual Review of Ecology and Systematics 22: 115-143.
- Small, M. F. and M. L. Hunter(1988) Forest fragmentation and avian nest predation in forested landscapes. Oecologia 76: 62-64.
- Trombulak, S. C. and C. A. Frissell(2000) Review of ecological effects of roads on terrestrial and aquatic communities. Conservation Biology 14: 18-30.