

## 농촌 경관에서 파편화가 조류 군집에 미치는 영향<sup>1</sup>

박찬열<sup>2</sup> · 이우신<sup>3</sup>

### Effects of Fragmentation on the Bird Community in Agricultural Landscapes<sup>1</sup>

Chan-Ryul Park<sup>2</sup>, Woo-Shin Lee<sup>3</sup>

#### 요 약

농촌 경관에서 파편화가 조류 군집에 미치는 영향을 파악하고자 경기도 양평군 강하면 성덕리와 항금리 두 지역에서 수종 구성과 산림환경구조, 농촌 경관의 구조, 조류상 및 조류 군집의 길드 구조를 분석하였다. 성덕리 지역은 항금리 지역보다 수종의 종 수와 흉고직경 6~10cm 임목의 헥타당 밀도는 높았으나, 흉고단면적은 낮았다. 2m 이하와 12m 이상의 엽층에서 피도량은 성덕리 지역보다 항금리 지역에서 높았다. 한편, 성덕리 농촌 경관은 12개의 조각을 가지고 있었으며 낙엽송과 아까시나무의 점유 비율이 높았다. 항금리는 11개의 조각을 가지고 있었으며 리기다소나무, 밤나무, 낙엽송, 논의 점유 비율이 높았다. 두 지역에서 조류의 우점종은 동일하였으나 항금리 지역에서 36종으로 나타나 성덕리 20종보다 훨씬 많았다. 여름철새의 비율은 도로에 의해 파편화가 진행되지 않은 항금리에서 높았다. 수동, 관목층, 지면 영소길드와 물가, 관목, 지면 채이길드의 종 수 및 서식밀도는 항금리 지역에서 높았다. 도로에 의한 파편화가 진행되지 않은 항금리 농촌 경관에서 인간에 의한 영향이 상대적으로 적고 중, 대경급 임목이 생육하여 수동 영소길드 종 수 및 서식밀도가 높은 것으로 생각된다. 또한, 2m 이하 하층 피도량이 높고 논, 밭, 계류 조각이 28.4%를 차지하는 항금리 경관은 관목층과 지면 길드 및 물가 채이길드의 종 수 및 밀도를 높인 것으로 생각된다. 따라서, 도로는 농촌경관에서 이질적인 조각을 점유할 뿐만 아니라, 인간의 교란을 쉽게 유도하여 농촌 경관의 생물 서식지의 다양성을 줄이고 가장자리 효과를 감소시켰다고 판단된다.

주요어 : 경관생태학, 영소길드, 채이길드

#### ABSTRACT

This study was conducted to investigate the effects of fragmentation on the bird community in Seongduck-ri and Hanggum-ri agricultural landscapes of Kangha-myon, Yangpyong-gun, Kyonggido. We analyzed the composition of tree species, forest environmental structures, structures of agricultural landscapes, avifaunas and guild structures. Number and density of tree species ranging from 6 to 10cm in D.B.H. were high in Seongduck-ri, but basal area was high in Hanggum-ri. Coverages of foliage layers under two meters and over 12 meters were high in Hanggum-ri. Meanwhile, Seongduck-ri agricultural landscapes consisted of twelve

1 접수 10월 29일 Received on Oct. 29, 2001

2 서울대학교 연습림 University Forests, Seoul National University, Suwon, 441-744, Korea

3 서울대학교 산림자원학과 Dept. of Forest Resources, Seoul National University, Suwon, 441-744, Korea

patches, dominated by *Larix leptolepsis* and *Robinia pseudoacacia*. Hanggum-ri landscapes was composed of eleven patches, and dominated by *Pinus rigida*, *Castanea crenata*, *Larix leptolepsis* and paddy field. Dominant bird species showed the same order in two study areas, thirty-six species of birds were observed in Hanggum-ri landscapes, but twenty species were in Seongduck-ri landscapes. Number of species and density belonging to hole-, bush-, ground-nesting and water-, bush-, ground-foraging guild were high in Hanggum-ri landscapes. Number of species and density belonging to hole-nesting guild showed the high value in Hanggum-ri landscapes that was not fragmented. It could be attributed to the low human disturbance and relative high density of medium and large trees in D.B.H. Also, number of species and density belonging to bush-, ground- and water- foraging guild showed the high value in Hanggum-ri landscapes that had the high foliage amounts in the foliage layer under two meters. It will be related with the paddy field, dry field and brook, which patches covered the 28.4% of Hanggum-ri landscapes. Therefore, road not only dominate the heterogeneous patch in agricultural landscapes, but also easily cause the human disturbance. Thus, road construction would decrease the natural patch diversity and edge effects that are important for sustaining the diverse avifauna in agricultural landscapes.

**KEY WORDS : LANDSCAPE ECOLOGY, NESTING GUILD, FORAGING GUILD**

## 서론

우리나라의 농촌생태계는 논, 밭, 하천, 도로, 인가, 산림 등 다양한 패치(patch)를 가진 경관이라고 볼 수 있으며 지형적 특성상 산림의 비중이 높다(이도원, 2001). 특히, 도로는 농촌 경관의 파편화를 가져와 서식지의 이질성을 높이며, 인간의 이용지역을 증가시키고 이동성이 낮은 생물의 사망률을 높인다. 도로는 차량과 충돌을 유발하여 야생동물의 사망률을 높이고, 동물 행동을 변화시키며, 외래종의 도입을 촉진시킨다(Trombulak and Frissell, 2000; Forman and Alexander, 1998).

도서생물학이 발표된 이후(MacArthur & Wilson, 1967), 많은 연구는 서식지 도서(habitat island)의 크기 및 종 수에 대해 연구를 하였다(Galli *et al.*, 1976; Forman *et al.*, 1976; Gavareski, 1976; Moss, 1978; Robbins, 1979; Higuchi *et al.*, 1982; O'Meara, 1984; Blake and Karr, 1984; Tilghman, 1987; Deshayes and Morisset, 1989; Park and Lee, 2000). 자연보호구(nature reserves)를 계획할 때, 많은 연구자는 서식지 자체에 대해 관심을 보였다(Diamond, 1975; Soule, 1991). 그러나, 대상 서식지 주변의 바탕(matrix)을 포함한 경관(landscape)은 경관생태학 개념이 도입되면서 중요

한 것으로 간주되었고, 이동성인 조류는 서식지뿐만 아니라 주변의 바탕에 의해서 영향을 받을 수 있다(Wiens 1994). 그러므로, 서식지 자체에 관심을 둔 서식지 도서 연구(island approach)보다는 경관 연구 개념(landscape approach)으로 조류 군집을 분석하는 시도는 조류 서식지의 실질적인 관리 계획을 제공할 수 있다(Pickett and Rogers, 1997).

이러한 관점에서 본 연구는 도로에 의한 파편화(fragmentation)로 인하여 서로 다른 두 지역의 농촌 경관에서 번식기 조류군집을 비교하고자 실시되었다.

## 재료 및 방법

### 1. 연구대상지

도로에 의한 파편화의 영향 정도에 따라 두 조사 지역을 선정하였다(Table 1, Figure 1). 양평군 강하면 성덕리에 위치한 35ha(500m×700m) 조사 지역은 산림, 포장도로, 논, 밭, 인가, 하천이 분포하고 있다. 산림 지역에서 상층 수관층의 우점도가 높은 군락은 상수리나무(*Quercus acutissima*), 낙엽송(*Larix leptolepsis*), 밤나무(*Castanea*

Table 1. The characteristics of two study areas

Characteristics	Seongduck-ri	Hanggum-ri
Total area(ha)	35	35
Survey area for birds(ha)	10	10
Altitude(m)	130~200	110~160
Major tree species	<i>Quercus acutissima</i>	<i>Quercus acutissima</i>
	<i>Larix leptolepsis</i>	<i>Larix leptolepsis</i>
	<i>Castanea crenata</i>	<i>Castanea crenata</i>
	<i>Robinia pseudoacacia</i>	<i>Pinus rigida</i>
	<i>Pinus rigida</i>	
	<i>Zelcova serrata</i>	
Road status	Paved road	Unpaved road

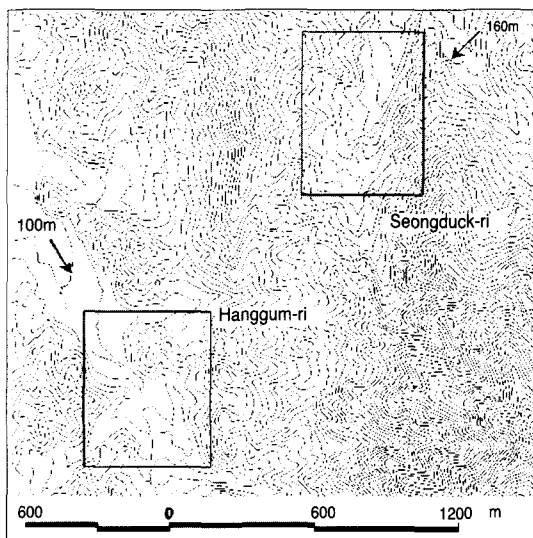


Figure 1. The locations of two study areas in Gangha-myon, Yangpyong-gun (Contour lines were depicted at 10m interval distance in altitude)

*crenata*), 아까시나무(*Robinia pseudoacacia*), 리기다소나무(*Pinus rigida*), 느티나무(*Zelcova serrata*), 산뽕나무(*Morus bombycis*) 군락이다.

양평군 강하면 향금리에 위치한 35ha(500m×700m) 조사 지역은 산림, 비포장 길, 논, 밭, 인가, 하천이 분포하고 있다. 산림 지역에서 상수리나무(*Quercus acutissima*), 리기다소나무(*Pinus rigida*), 낙엽송(*Larix leptolepsis*), 밤나무

(*Castanea crenata*) 등이 상층 수관층을 점유하고 있으며 일부 지역은 개망초(*Erigeron annuus*) 군락이 형성된 초지가 분포하고 있다.

두 지역의 농촌 경관은 포장된 도로와 포장되지 않은 도로를 가지고 있다는 점에서 차이가 나며(Table 1), 상층 수관을 점유하고 있는 수종은 포장된 도로가 있는 성덕리 농촌 경관에서 7종으로 높은 수치를 나타냈다. 대상 지역의 번식기 조류 군집을 파악하기 위하여 다양한 토지 피복(land cover)이 포함될 수 있도록 조사지역 10ha(2,000m×500m)를 정하였다.

## 2. 연구 및 분석방법

### (1) 조류상

조류상은 2000년 5월 17일부터 21일까지 선조사법(line transect)을 이용하여 조사경로 좌우 25m 이내에 출현하는 조류를 육안과 쌍안경(8×30)으로 관찰하고 나는 모양, 울음소리 등에 의해 식별하여 조류의 종, 개체수 및 주변환경을 기록하였으며, 그 결과에 대한 분석은 출현종수 및 우점도, 이동성(migration habit)에 의한 조류 군집 파악을 하였다. 종다양도지수는 Shannon-Wiener 지수(Shannon & Weaver, 1949)를 이용하였다. 여기서  $P_i$ 는  $i$  번째 조류의 비율을 나타낸다. 이동성은 이우신 등(2000)의 기준을 적용하였다.

$$H = -P_i \sum_{i=1}^N \log_e(P_i)$$

**(2) 산림환경구조**

산림환경구조는 2000년 8월 23일부터 25일까지 입분별로 0.01ha(직경 11.28m) 원형 소방형구에서 산림환경구조를 조사하였다. 각 엽층별(A층: 12m 이상, B층: 8~12m, C층: 4~8m, D층: 2~4m, E층: 0~2m)로 엽층의 상대 피도량이 0%이면 0, 1~20%이면 1, 21~40%이면 2, 41~60%이면 3, 61~80%이면 4, 81~100%이면 5 등으로 나타낸 후 각 엽층의 평균치로 미세서식지의 산림환경구조를 추정하였다(Lee, 1996). 소방형구에서 6cm 이상의 흉고직경을 가진 목본을 2cm 간격으로 기록하였다. 소방형구 100개에서 조사한 수목의 개체수, 흉고직경으로 ha당 수종별 개체수, 흉고직경의 분포, 흉고단면적(basal area, m<sup>2</sup>/ha) 등을 산출하였다.

**(3) 경관구조**

두 조사지역의 경관구조(landscape structure)는 2000년 8월 26일부터 27일까지 경관의 구성 패치(patch)별로 분포 지역을 1:5,000 지형도에 나타냈다. 파악된 경관구조는 ArcView 3.2 program을 이용하여 공간적으로 표현하였다.

**(4) 조류 군집의 길드 분석**

길드개념은 조류 군집의 산림환경 내에서의 자원 이용 패턴을 설명하는데 매우 유용하게 쓰일 수 있는 개념(이우신과 박찬열, 1995)으로서 본 연구에서는 번식 조류 군집에 대해 각 조류의 등지를 짓는 장소와 먹이를 먹는 장소에 따라서 영소길드

(nesting guild)와 채이길드(foraging guild)로 구분하여 분류·분석하였다(Table 2). 영소, 채이길드로 분류하는데 있어서 각 종이 이용하는 등지 및 먹이 자원의 비율이 높은 것으로 정하였으며, 이우신과 박찬열(1995)을 참조하여 분류하였고, 본 조사지에서 나타난 습성에 대해서만 적용될 수 있는 것이다. 영소길드는 수동(hole), 수관층(canopy), 관목층(bush), 지면(ground), 인가(house)로 구분하였으며, 채이길드는 수관층(canopy), 관목층(bush), 개활지(open), 지면(ground), 물가(water)로 나누었다.

**결과 및 고찰**

**1. 수종 구성**

각 조사지역별 수종 구성을 살펴보면, 성덕리 지역에서는 16종 413개체가 조사되었으며 낙엽송(*Larix leptolepsis*) 17.4%, 리기다소나무(*Pinus rigida*) 15.7%, 상수리나무(*Quercus acutissima*) 8.7% 순으로 밀도를 나타냈다. 헥타당 흉고단면적은 낙엽송 2.28m<sup>2</sup>(23.1%), 리기다소나무 2.19m<sup>2</sup>(22.1%), 아까시나무(*Robinia pseudoacacia*) 1.28m<sup>2</sup>(12.9%) 순으로 나타났다. 황금리 지역에서는 10종 374개체의 목본이 조사되었으며 생육밀도는 낙엽송 17.9%, 상수리나무 15.2%, 잣나무(*Pinus koraiensis*) 10.3% 순으로 나타났다. 한편, 헥타당 흉고단면적은 낙엽송 3.22

Table 2. Differentiation and criteria for nesting and foraging guild in this study

Guild	Major nesting and food resource
<b>Nesting</b>	
Hole	Tree hole in forest
Canopy	Canopy layer in forest
Bush	Bush layer in forest
Ground	Ground layer in forest
House	Hole or under the roof of neighbor's house
<b>Foraging</b>	
Canopy	Insect larvae in leaf, branch, trunk and bud
Bush	Insect larvae in shrub trees
Open	Flying insects in open land
Ground	Soil fauna on the ground
Water	Aquatic organism near wetland area including paddy field and brook

m<sup>2</sup>(21.7%), 리기다소나무 2.28m<sup>2</sup>(15.4%), 잣나무 1.83m<sup>2</sup>(12.3%) 순으로 나타났다(Table 3).

두 조사지역을 비교하면, 수종의 종 수는 성덕리 지역에서 높았으나 흉고단면적은 항금리 지역에서 높았다. 성덕리 지역에는 도로가 있어 인간의 접근이 쉽고, 산림작업이 이미 진행되어, 소경목 위주의 다양한 수종이 생육하는 것으로 판단된다. 그러나, 항금리 지역에는 소로가 있어 산림에 접근하기 쉽지 않고 산림작업이 어려워 대경급 임목이 생육하여 수종의 종 수는 적지만 흉고단면적은 높게 나타난 것으로 생각된다.

한편, 성덕리 지역에서만 조사된 수종은 갈참나무(*Quercus aliena*), 아까시나무, 까치박달(*Carpinus cordata*), 때죽나무(*Styrax japonicus*), 산뽕나무(*Morus bombycis*), 느티나무(*Zelcova serrata*) 등 6종이며, 항금리 지역에서만 조사된 수종은 굴참나무(*Quercus variabilis*), 졸참나무(*Quercus serrata*), 소나무(*Pinus*

*densiflora*), 산수유(*Cornus officinalis*) 등 4종이었다. 이 중 산수유는 항금리 마을 근처에 집단적으로 분포하고 있었다. 그러므로, 수종 구성은 약간 차이가 있는 것으로 판단되며, 이는 농촌 경관에서 도로가 인간의 접근을 용이하게 함에 따라 인간의 이용이 높은 지역에서 인위적 식재에 의한 다양한 수종이 분포한 것과 관련이 있을 것으로 생각된다.

두 지역의 흉고직경 분포를 헥타당 밀도로 살펴보면, 11~20cm 직경급에 해당되는 수종의 헥타당 밀도는 두 지역에서 가장 높았다. 6~10cm 직경급에 분포하는 수종밀도는 성덕리 지역 헥타당 123개체로 높았으나, 21~30cm 직경급, 31~40cm 직경급에 분포하는 수종은 항금리에서 각각 113개체와 10개체로 높았다(Figure 2). 그러므로, 성덕리 지역에서는 소경급 위주의 임목이 다수 분포하는 경향을 나타냈고, 항금리 지역에서는 중경급과 대경급 임목이 분포하여 차이를 나타냈다. 이러한 차이는 도로에 의해 인간의 접근이 쉬운 성덕리 산림 지역

Table 3. Number of individuals of each tree species in study areas

Scientific name	Seongduck-ri(n=100)		Hanggum-ri(n=100)	
	Number of trees per hectare	Basal area (m <sup>2</sup> /ha)	Number of trees per hectare	Basal area (m <sup>2</sup> /ha)
<i>Larix leptolepsis</i>	72	2.28	67	3.22
<i>Pinus rigida</i>	65	2.19	35	2.28
<i>Castanea crenata</i>	30	1.08	42	1.15
<i>Quercus acutissima</i>	36	0.95	57	1.26
<i>Quercus aliena</i>	24	0.25	-	-
<i>Quercus mongolica</i>	16	0.26	10	0.14
<i>Quercus variabilis</i>	-	-	14	1.23
<i>Quercus serrata</i>	-	-	31	1.44
<i>Robinia pseudoacacia</i>	29	1.28	-	-
<i>Abies holophylla</i>	15	0.25	10	0.95
<i>Carpinus cordata</i>	15	0.09	-	-
<i>Styrax japonicus</i>	31	0.11	-	-
<i>Pinus koraiensis</i>	29	0.98	46	1.83
<i>Pinus densiflora</i>	-	-	16	1.05
<i>Morus bombycis</i>	12	0.06	-	-
<i>Cornus officinalis</i>	-	-	15	0.26
<i>Zelcova serrata</i>	19	0.09	-	-
<i>Corylus heterophylla</i>	8	0.02	10	0.01
<i>Lindera obtusiloba</i>	10	0.01	10	0.01
<i>Sorbus alnifolia</i>	12	0.02	11	0.01
Tree density per hectare	413	9.89	374	14.82
Number of tree species	16	-	10	-

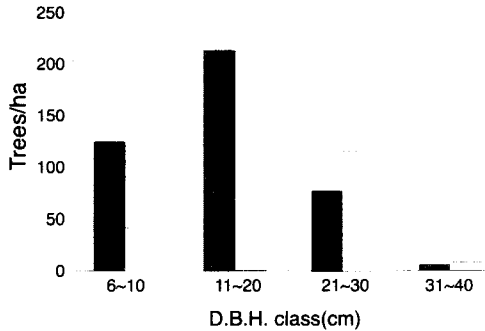


Figure 2. Distribution of D.B.H.(diameter in breast height) class of tree species in Hanggum-ri(shaded) and Seongduck-ri(clear)

에서 대경급 임목이 속아 베어진 것과 관련이 있을 것으로 판단된다.

2. 산림환경구조

두 조사지역의 엽층별 피도량 분포는 우리나라의 낙엽활엽수림 엽층별 피도량 분포(박찬열, 1994; 조기현, 1996; 임신재, 1997)와 비슷한 양상을 보였다(Table 4). 박찬열(1994)은 서울시 도시림에서, 조기현(1996)은 광릉 낙엽활엽수림에서, 임신재(1997)는 가리왕산 낙엽활엽수림에서 각각 2~4m 엽층에서 낮은 피도량을 나타냈으며, 6m 이상 엽층부터 피도량이 증가하는 패턴을 보고하였는데, 두 조사지역에서도 유사한 결과를 나타냈다. 두 조사지역에서 각 엽층별 피도량은 0~2m, 12m 이상의 엽층을 제외한 다른 엽층에서는 차이가 없는 것으로 나타났다(Table 4, Figure 3). 2m 이하 엽층의 피도량은 성덕리 지역에서 낮았는데, 이는 도로에 의한 파편화로 인간의 접근이 쉬워 빈번한 출

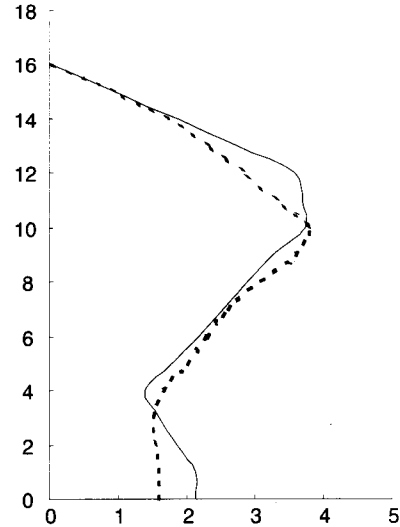


Figure 3. Foliage profiles in two study areas (dashed line: Seongduck-ri, solide line: Hanggum-ri)

입으로 인한 하층식생의 감소와 관련이 있는 것으로 생각된다.

3. 경관 구조

성덕리 농촌 경관에서 상층 수관을 점유하는 조각은 총 12개로 나타났다(Figure 4). 낙엽송(26.4%), 아까시나무(22.9%)는 지배적인 바탕(matrix)으로 작용하고 있으며 상수리나무(10.6%), 논(10.3%), 밭(7.0%), 리기다소나무(5.1%), 개활지(3.7%), 도로(1.5%) 순으로 농촌 경관을 구성하고 있다(Figure 4). 황금리 농촌 경관에서 상층 수관을 점유하는 조각은 총 11개로 나타났다(Figure 5). 리기다소나무(21.3%), 밤나무

Table 4. Coverage value(Mean value ± S.E) of each layer at one hundred microhabitats in two study areas by t-test

Coverage layer	Seongduck-ri(n=100)	Hanggum-ri(n=100)	t-value
12m<	2.80±0.09	3.40±0.08	-3.1682***
8~12m	3.80±0.10	3.73±0.09	0.5116
4~8m	2.29±0.04	2.18±0.05	1.6421
2~4m	1.51±0.05	1.60±0.03	-0.4980
0~2m	1.60±0.04	2.13±0.04	-3.1224***

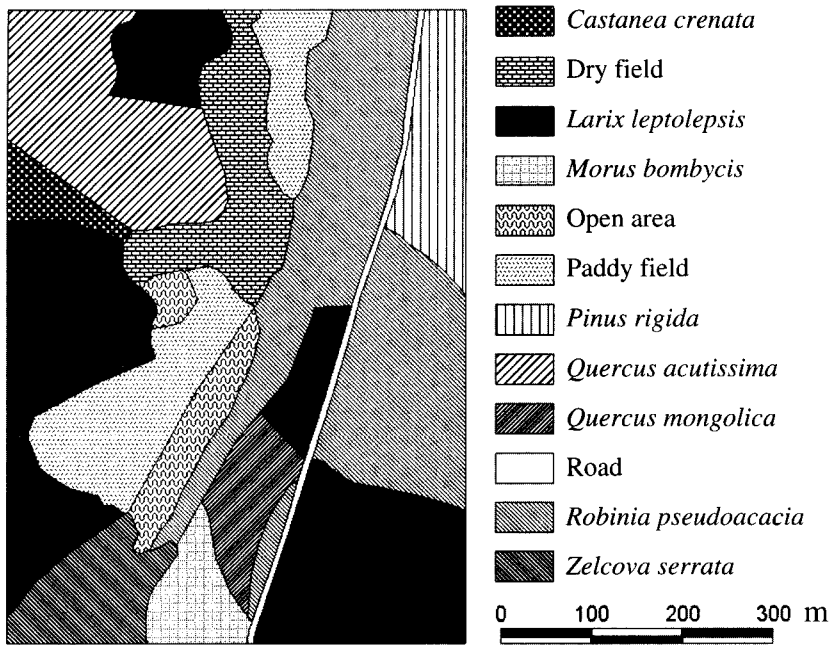


Figure 4. Structure of agricultural landscape in Seongduck-ri

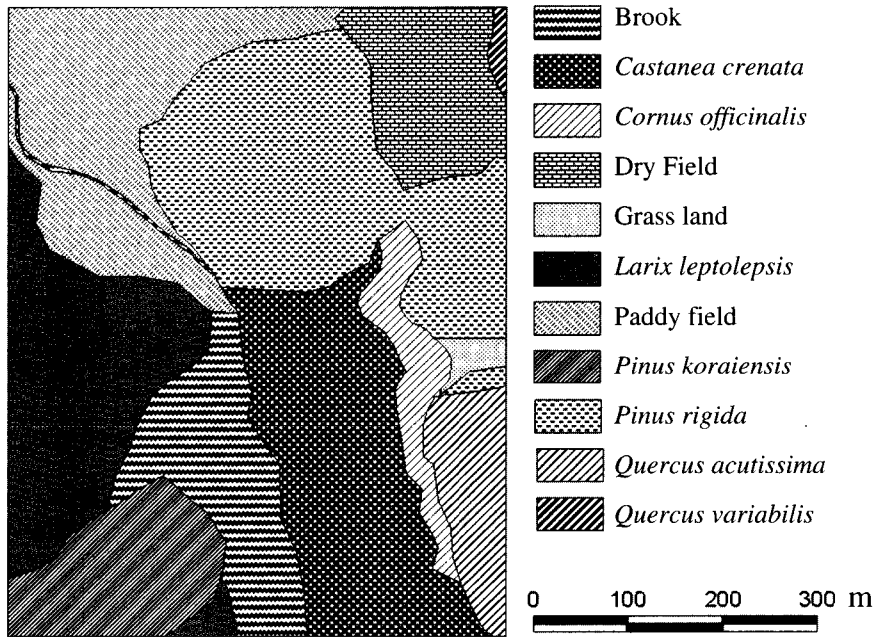


Figure 5. Structure of agricultural landscape in Hanggum-ri

Table 5. Breeding bird community in two study areas

Scientific name	Guild		Seongduck-ri	Hanggum-ri	Mig. <sup>1</sup>
	Nesting	Foraging			
<i>Egretta alba</i>	canopy	water		2	S.V.
<i>Bubulcus ibis</i>	canopy	water		2	S.V.
<i>Nycticorax nycticorax</i>	canopy	water		1	S.V.
<i>Falco tinnunculus</i>	* <sup>2</sup>	*		1	Res.
<i>Upupa epops</i>	hole	ground		1	S.V.
<i>Phasianus colchicus</i>	ground	ground	1	2	Res.
<i>Streptopelia orientalis</i>	canopy	ground	3	2	Res.
<i>Cuculus canorus</i>	* <sup>2</sup>	*	1	1	S.V.
<i>Cuculus micropterus</i>	* <sup>2</sup>	*	1	1	S.V.
<i>Dendrocopus kizuki</i>	hole	canopy	1	1	Res.
<i>Dendrocopus major</i>	hole	canopy		1	Res.
<i>Hirundo daurica</i>	house	air		3	S.V.
<i>Hirundo rustica</i>	house	air	2	2	S.V.
<i>Hypsipetes amaurotis</i>	canopy	canopy		2	Res.
<i>Motacilla alba leucopsis</i>	ground	water		2	S.V.
<i>Motacilla cinerea</i>	ground	water		2	S.V.
<i>Aegithalus caudatus</i>	canopy	canopy	2	3	Res.
<i>Parus ater</i>	hole	canopy	4	6	Res.
<i>Parus major</i>	hole	canopy	4	6	Res.
<i>Parus palustris</i>	hole	canopy	4	2	Res.
<i>Parus varius</i>	hole	canopy	2	2	Res.
<i>Paradoxornis webbiana</i>	bush	bush	5	13	Res.
<i>Turdus pallidus</i>	canopy	ground	3	4	S.V.
<i>Turdus dauma</i>	canopy	ground	1	2	S.V.
<i>Phylloscopus occipitalis</i>	bush	bush		1	S.V.
<i>Cyanoptila cyanomelana</i>	canopy	canopy		1	S.V.
<i>Cettia squameiceps</i>	bush	bush	1	3	S.V.
<i>Phoenicurus aureus</i>	house	air		2	Res.
<i>Lanius bucephalus</i>	bush	air	1	2	Res.
<i>Troglodytes troglodytes</i>	ground	ground		2	Res.
<i>Emberiza elegans</i>	bush	bush		3	Res.
<i>Sturnus cinerea</i>	hole	air		4	S.V.
<i>Passer montanus</i>	house	air	14	18	Res.
<i>Oriolus chinensis</i>	canopy	canopy	3	4	S.V.
<i>Garrulus glandarius</i>	canopy	canopy	3	4	Res.
<i>Pica pica</i>	canopy	canopy	3	5	Res.
Number of species			20	36	
Number of individuals			59	113	
Diversity index			2.6141	3.2257	

1 Mig. - migration habits of birds : S.V.-summer visitors, Res.-residents

2 These species were omitted for guild characterization due to peculiarity of breeding habit of species



(16.4%), 낙엽송(14.6%)과 논(14.6%)은 지배적인 바탕으로 작용하고 있으며 계류(9.1%), 잣나무(7.5%), 밭(7.1%) 순으로 조각을 형성하고 있다. 두 농촌 경관을 비교하면, 경관의 바탕(matrix) 구성에 있어서 큰 차이를 나타내고 있다. 성덕리는 낙엽송과 아까시나무이며, 항금리는 리기다소나무, 밤나무, 낙엽송과 논으로 구성되어 있다. 성덕리 지역에서 인위적인 조각으로는 리기다소나무, 아까시나무, 밤나무, 낙엽송, 개활지, 논, 밭, 도로 등 총 78.6%에 달한다. 항금리 지역에서는 74.4%에 해당된다. 항금리 지역에서 논과 밭의 점유율은 21.7%로, 성덕리 지역 17.3%보다 높았으며, 계류의 비율도 9.1%로 높았다. 그러므로, 산림의 비중이 높은 우리나라 농촌 경관에서 항금리 지역의 경관은 논, 밭, 계류의 점유율이 총 30.8%로 높은 비율을 차지하여, 항금리 경관과는 다른 구조를 가지고 있다고 판단된다.

#### 4. 조류상

성덕리 지역에서 관찰된 조류는 20종 59개체, 종 다양도 지수는 2.6141로 나타났고, 우점종은 참새(*Passer montanus*) 23.7%, 붉은머리오목눈이(*Paradoxornis webbiana*) 8.5%, 박새(*Parus major*) 6.8% 순으로 나타났다. 항금리 지역에서는 36종 113개체, 종다양도지수는 3.2257로 나타났고 우점종은 참새 15.9%, 붉은머리오목눈이 11.5%, 박새 5.3%로 나타났다(Table 5). 두 지역에서 우점도가 높은 3종의 조류는 동일하였으며 참새가 가장 우점종으로 나타난 것은 도시림 지역의 조류(Park and Lee, 2000)상과 동일한 결과를 나타내고 있다.

관찰된 종 중 항금리 지역에서만 기록된 종은 중대백로, 황로, 해오라기, 황조롱이, 후투티, 오색딱다구리, 귀제비, 직박구리, 알락할미새, 노랑할미새, 산술새, 큰유리새, 딱새, 굴뚝새, 노랑턱멧새, 찌르레기 등 16종이었다. 산림지역에서 등지를 이용하고 논 및 하천에서 먹이를 이용하는(이우신 등, 2000) 백로류의 집단번식지는 약 1km 떨어진 하류지역에서 확인되었다. 항금리 지역에서 관찰된 백로류는 하천을 따라 상류지역으로 이동하여 채식지로 이용하는 것으로 생각된다. 소형 조류와 설치류를 주로 포식하는(이우신 등, 2000) 황조롱이 1개체는 항금리 지역에서만 관찰되었고, 양서·파충류를 먹이자원으로 주로 이용하는(이우신 등, 2000) 때까치는

성덕리 지역에서 1개체, 항금리 지역에서 2개체가 관찰되어 백금류의 밀도는 항금리에서 헥타당 0.3마리로 높은 것으로 나타났다. 이는 야생동물 먹이 사슬이 성덕리 지역보다 항금리 지역에서 건전함을 간접적으로 나타내고 있다고 생각된다. 그렇지만, 향후 농촌생태계에서 생물간 상호작용을 연구하여 두 지역간 먹이 사슬을 비교하는 연구가 있어야 할 것으로 판단된다. 귀제비는 항금리 지역에서만 관찰된 종으로 인가에서 번식하는 것을 확인하였다. 이 종은 농촌 경관에 주로 분포하는 종으로 보고되었으며(內田, 1979; 下中, 1994), 이 종이 성덕리에 분포하지 않는 것은 도시 및 인공화와 관련이 있을 것으로 생각되지만, 조사횟수를 늘려 실질적인 번식 밀도를 비교하는 연구가 필요한 것으로 판단된다.

두 지역의 이동성(migration habit)을 살펴보면, 성덕리 지역에서 이동성은 텃새 13종 47개체(79.7%), 여름철새 7종 12개체(20.3%)의 구성을 나타냈다. 항금리 지역에서는 텃새 19종 77개체(68.1%), 여름철새 17종 36개체(30.9%)로 나타났다. 성덕리 지역의 텃새 비율은 종 수 및 개체수에 있어서 항금리 지역보다 높았다. 도로에 의해 농촌 경관이 파편화(fragmentation)가 진행된 성덕리에서 여름철새의 종 수가 낮고 개체수의 비율이 낮은 것은 숲이 파편화 될 경우 여름철새가 더 민감한 것(O'meara, 1984; Park and Lee, 2000)과 관련이 있을 것으로 판단된다. 여름철새의 감소는 곤충량의 감소와 연결될 수 있는 것으로 향후 농촌 경관에서 곤충량과 조류의 먹이망에 대한 연구가 필요하다고 판단된다.

#### 5. 길드 구성

##### (1) 영소길드

영소길드의 종 수 및 서식밀도를 비교하면, 성덕리 지역에서 영소길드의 종 수는 수관층(canopy) 7종, 수동(hole) 5종, 관목층(bush) 3종 순으로 나타났고, 헥타당 서식밀도는 수관층 1.8마리, 인가(house) 1.6마리, 수동 1.5마리 순이었다. 항금리 지역에서 종 수는 수관층 12종, 수동 8종, 관목층 5종으로 높았고, 서식밀도는 수관층 3.2마리, 인가 2.5마리, 수동 2.3마리로 높게 나타났다(Table 6). 두 지역의 영소길드는 종 수 및 서식밀도에 있어서 동일한 순서로 높게 나타났다. 특히, 수관층 영소길드의 종 수 및 서식밀도가 높았는데, 광릉(조기현, 1996), 백운산(이우신과 박찬열, 1995) 등 수동 영

Table 6. Number of species and individuals in view of nesting guild in study areas

Nesting guild	Seongduck-ri		Hanggum-ri	
	Number of species	Density per hectare	Number of species	Density per hectare
Hole	5	1.5	8	2.3
Canopy	7	1.8	12	3.2
Bush	3	0.7	5	2.2
Ground	1	0.1	4	0.8
House	2	1.6	4	2.5

소길드가 높은 산림과 상이한 구조를 나타내고, 남산(김상욱 등, 1996) 및 팔달산(박찬열과 이우신, 2001)과 유사한 경향을 나타내고 있다. 본 연구의 결과는 남산 및 팔달산 등 도시숲에서 나타나는 영소길드 구조와 비슷하였는데, 이는 농촌경관에서도 조류가 동지자원으로 이용할 수 있는 충분한 임목이 적어 수동 영소길드의 종 수 및 서식밀도가 낮은 것을 뒷받침해주는 결과라고 판단된다. 관목층과 지면(ground) 영소길드의 종 수 및 헥타당 서식밀도는 성덕리에서 각각 3종 0.7마리, 1종 0.1마리로 나타났으며 항금리에서 각각 5종 2.2마리, 4종 0.8마리를 나타냈다. 도로에 의해 파편화 된 농촌경관에서 관목층과 지면 영소길드의 종 수 및 개체수가 낮았는데, 이는 성덕리 지역에서 인간의 교란 영향이 상대적으로 커서 하층식생의 감소(Park and Lee, 2000)로 인한 조류 서식환경의 변화와 관련이 있을 것으로 판단된다.

수동 영소길드의 종 수 및 헥타당 서식밀도는 성덕리와 항금리에서 각각 5종 1.5마리, 8종 2.3마리였으며, 오색딱다구리, 후투티, 찌르레기 3종의 수동 영소길드가 항금리에서만 관찰되었다. 이는 항금리 지역에서 11~20cm, 21~30cm 흉고직경을 가진 수종의 헥타당 밀도가 성덕리보다 높은 것과 관련이

있다고 생각된다. 수동 영소길드 조류는 나무 구멍(tree hole)을 동지자원으로 이용하는 조류로써(이우신과 박찬열, 1995), 인위적 교란에 민감한 서 있는 고사목(snag), 쓰러진 고사목(fallen log) 량과 관련성이 높다(Goodburn and Lorimer, 1998; Matsuoka and Takada, 1999). 그러므로, 도로에 의한 영향이 적고 인간의 교란 영향이 낮은 항금리에서 수동 영소길드가 높은 것으로 판단된다.

(2) 채이 길드

채이 길드의 종 수 및 서식밀도를 비교하면, 성덕리에서 채이길드의 종 수는 수관층(canopy) 9종, 지면(ground) 4종, 개활지(open) 3종 순으로 나타났으며, 항금리에서는 수관층 12종, 지면과 개활지가 각각 6종이었다. 헥타당 서식밀도는 성덕리 지역에서 수관층 2.6마리, 개활지 1.7마리, 지면 0.8마리 순이었고 항금리에서는 수관층 3.7마리, 개활지 3.1마리, 관목층 2.0마리 순이었다. 두 지역의 채이 길드는 종 수에 있어서 비슷한 순서로 높게 나타났으나, 관목층의 서식밀도는 두지역간 순위에 있어서 차이를 나타냈다(Table 7).

항금리 지역에서 채이길드는 종 수 및 서식밀도에 있어서 높은 수치를 나타냈다. 특히, 물가(water)

Table 7. Number of species and individuals in view of nesting guild in study areas

Foraging guild	Seongduck-ri		Hanggum-ri	
	Number of species	Density per hectare	Number of species	Density per hectare
Canopy	9	2.6	12	3.7
Bush	2	0.6	4	2.0
Ground	4	0.8	6	1.3
Water	0	0	5	0.9
Open	3	1.7	6	3.1

채이길드는 5종이 모두 항금리 지역에서 관찰되었는데, 중대백로, 황로, 해오라기, 알락할미새, 노랑할미새 등으로 항금리 지역의 하천 및 논에서 먹이자원을 이용하였다. 이는 항금리 농촌 경관에 계류가 높은 비율로 위치한 것(Figure 5)과 관련이 있다고 생각한다. 또한, 성덕리 계곡부에 설치된 도로는 이 지역에서 기존의 물 흐름을 방해하였으며, 식생이 없는 개활지(open area)가 형성되어 계류의 면적을 상당히 감소시킨 것으로 생각된다.

관목과 지면을 먹이자원으로 이용하는 조류의 종수 및 서식밀도는 항금리 지역에서 높았다. 도로가 없는 항금리 지역은 인간의 영향을 적게 받아 하층식생을 그대로 유지할 수 수 있었던 것으로 판단된다. 또한, 항금리 농촌경관은 천이 초기 단계를 나타내는 논 14.6%, 밭 7.1%, 초지 0.7% 등이 산림 가까운 곳에 위치하여 가장자리 효과(edge effect)가 발생하였고, 이는 이러한 지역을 선호하는(이우신 등, 2000) 딱새, 때까치, 찌르레기 등의 서식과 관련이 있을 것으로 판단된다. 그러므로, 농촌지역에서 도로의 개설은 녹지공간의 소실을 나타낼 뿐만 아니라 차량의 통행량이 높아지고(Trombulak and Frissell, 2000), 논 경작에 있어서 기계화가 용이함에 따라 관목 및 지면을 등지 및 먹이자원으로 이용하는 조류에게 영향을 준 것으로 판단된다.

따라서, 도로는 농촌경관에서 이질적인 조각을 점유할 뿐만 아니라, 인간의 교란을 쉽게 유도하여 농촌 경관의 생물 서식지의 다양성을 줄이고 가장자리 효과를 감소시켰다고 판단된다.

## 감사의 글

이 논문은 농림부 농림기술관리센터의 지원에 의해 수행된 연구과제 “농촌 자연생태계 관리기법 및 휴양자원을 통한 농산촌 소득증대 방안 연구”의 일부 결과입니다.

## 인용 문헌

- 김상욱, 유병호, 이우신, 박찬열, 조기현(1996) 야생조류 종다양성. 훼손된 생태계의 Biodiversity 평가 및 복원기법 개발. 환경부, 163~142쪽.  
박찬열(1994) 야생조류의 서식에 적합한 도시환경림 조성 및 관리 방안. 서울대학교 대학원 농학석사학위

논문, 73쪽.

- 박찬열, 이우신(2001) 팔달산 조류군집의 특성. 환경생태학회지 15(3): 267-275.  
이도원(2001) 경관생태학: 환경계획과 설계, 관리를 위한 공간 생리. 서울대학교 출판부, 349쪽.  
이우신, 구태희, 박진영(2000) 야외원색도감 한국의 새. LG 상록재단, 320쪽.  
이우신, 박찬열(1995) 길드에 의한 산림환경과 조류군집 변화 분석. 한국생태학회지 18(3): 397-408.  
임신재(1997) 서식지 구조에 따른 번식기 조류 군집과 소형 포유류 개체군의 변화에 관한 연구. 서울대학교 대학원 농학석사학위논문, 60쪽.  
조기현(1996) 광릉지역 활엽수 천연림과 침엽수 조림지의 서식지 구조와 조류군집과의 관계. 서울대 대학원 농학석사학위논문, 60쪽.  
内田康夫(1979) 人工化する環境のなかの鳥. 科学 49(10): 635-641.  
下中弘(1994) 自然観察ハンドブック. 株式会社 平凡社, 日本, 426쪽.  
Blake, J.G. and J.R. Karr(1984) Species composition of bird communities and the conservation benefit of large versus small forests. *Biological Conservation* 30: 173-187.  
Deshaye, J and P. Morisset(1989) Species-area relationships and the SLOSS effect in a subarctic archipelago. *Biological Conservation* 48: 265-276.  
Diamond, J.M.(1975) The island dilemma: lesson of modern biogeographic studies for the design of nature reserves. *Biological conservation* 7: 129-146.  
Forman R.T.T and L.E. Alexander(1998) Roads and their major ecological effects. *Annual Review of Ecological Systematics* 29: 207-231.  
Forman, R.T.T, A.E. Galli and C.F. Leck(1976) Forest size and avian diversity in New Jersey woodlots with some land use implications. *Oecologia* 26: 1-8.  
Galli, A.E., C.F. Leck and R.T.T. Forman(1976) Avian distribution patterns in forest islands of different sizes in Central New Jersey. *Auk* 93: 356-382.  
Gavareski, C.A.(1976) Relation of park size and vegetation to urban bird populations in Seattle, Washington. *The Condor* 78: 375-382.  
Goodburn, J.M. and C.G. Lorimer(1998) Cavity trees and coarse woody debris in old-growth and managed northern hardwood forests in Wisconsin

- and Michigan. *Canadian Journal of Forest Research* 28: 427-438.
- Higuchi, H., Y. Tsukamoto, and S. Hanawa(1982) Relationship between forest areas and the number of bird species. *Strix* 1: 70-78(in Japanese with English summary).
- Lee, W.S.(1996) The relationship between breeding bird community and forest structure at a deciduous broad-leaved forest in Hokkaido, Japan. *Korean Journal of Ecology*(in English with Korean abstract).
- MacArthur, R.H. and E.O. Wilson(1967) *The Theory of Island Biogeography*. Princeton Univ. Press. New Jersey. 203pp.
- Matsuoka, S. and Y. Takada(1999) The role of snags in the life of woodpeckers and snag management in a forest: a review. *Japanese Journal of Ornithology* 47: 33-48.
- Moss, D.(1978) Diversity of woodland song-bird populations. *Animal Ecology* 47: 521-527.
- O' Meara T.E.(1984) Habitat-island effects on the avian community in cypress ponds. *Proceeding of Annual Conference in Southeastern Association. Fish & Wildlife Agencies* 38: 97-110.
- Park, C.R. and W.S. Lee.(2000) Relationship between species composition and area in breeding birds of urban woods in Seoul, Korea. *Landscape and Urban Planning* 51(1): 29-36.
- Pickettt, S.T.A. and K. H. Rogers(1997) Patch dynamics: the transformation of landscape structure and function. In: J.A. Bissonette(ed.), *Wildlife and landscape ecology*, Springer-Verlag, New York, pp. 101-127.
- Robbins C.S.(1979) Effect of forest fragmentation on bird populations. *Proceeding of the Workshop. Proceedings of the Workshop on Management of North Central and Northeastern Forests for Nongame Birds. General Technical Report NC-51. Forest Service North Central Forest Experimental Station. United States Department of Agriculture, Forest Service*, pp.198-213.
- Shannon C.E. and W. Weaver(1949) *The Mathematical Theory of Communication*. University of Illinois Press, Urbana, Illinois.
- Soule, M.E.(1991) Land use planning and wildlife maintenance: Guidelines for conserving wildlife in an urban landscape. *Journal of the American Planning Association* 57: 313-323.
- Tilghman, N.G.(1987) Characteristics of urban woodlands affecting breeding bird diversity and abundance. *Landscape and Urban Planning* 14: 41-495.
- Trombulak S.C. and C.A. Frissell(2000) Review of ecological effects of roads on terrestrial and aquatic communities. *Conservation Biology* 14(1): 18-30.
- Wiens J.A.(1994) Habitat fragmentation: island versus landscape perspectives on bird conservation. *Ibis* 137: 97-104.