

# 지리산국립공원의 산림환경에 따른 번식조류의 풍부도<sup>1</sup>

이도한<sup>2</sup> · 송호경<sup>3\*</sup>

## Abundance of Breeding Birds in Relation to Forest Environment in Jirisan National Park<sup>1</sup>

Do-Han Lee<sup>2</sup>, Ho-Kyung Song<sup>3\*</sup>

### 요 약

본 연구는 지리산국립공원에서 번식기동안 산림환경에 따른 번식조류들의 풍부도를 조사하여, 번식조류 풍부도에 영향을 미치는 요인들을 밝히고 조류서식지의 효과적 관리를 위한 기초 자료를 얻기 위해 실시하였다. 조사를 위하여 주등산로 4개소를 조사지로 선정하고 2007년 4월부터 8월까지 번식조류 및 산림환경 조사를 실시하였으며 그 결과는 다음과 같다. 지리산국립공원의 고도 300m부터 1900m에서 번식기동안 관찰된 조류는 총 33종이었으며, 전체 조사지점의 30%이상에서 출현한 13종과 종풍부도, 개체수풍부도로 회귀분석을 실시하였다. 단순회귀분석과 다중회귀분석으로 산림환경 인자들 중 조류들의 풍부도에 영향을 미치는 인자들을 분석한 결과 각 종들은 고도의 영향을 적게 받는 것으로 나타났다. 산림환경 인자들 중 교목층 12m이상 엽층피도율, 수고, 관목층 엽층피도율, 경사도, 아교목층 4-2m 엽층피도율 등은 고도보다 더 많은 종의 풍부도 변화에 영향력 있는 인자들로 나타났다. 그러므로 지리산국립공원 번식기 조류의 보호 및 관리를 위해 교목층 12m이상 엽층피도율, 수고, 관목층 엽층피도율, 경사도, 아교목층 4-2m 엽층피도율 등의 유지 관리가 필요하다.

주요어 : 고도, 식생구조, 회귀분석

### ABSTRACT

This study was conducted to investigate abundance of breeding birds in relation to forest environment, to figure out the influential factors in abundance of breeding birds and to get the basic data for effective management of the bird community in Jirisan National Park. For this purpose, this research selected 4 main hiking trails as survey points and conducted a survey on breeding bird species and forest environment from April to August in 2007. The study results are as follows: The number of the birds observed during the breeding season was 33 species at the elevation of 300 meters to 1,900 meters. This research made a regression analysis of 13 bird species appearing at more than 30% of all surveyed points, species richness, and richness in the number of individuals. As a result of making a simple and multiple regression analysis of the factors, among the forest environment factors, that have an effect on richness in bird species, each species was found to be less influenced by an elevation. In addition, this analysis revealed that among the forest environment factors, coverage of tree-1 layer(> 12m), tree height, coverage of shrub layer(2~0.5m), slope, coverage of subtree-2 layer(4~2m) appeared as more influential ones on the variation of abundance in more species than an elevation itself. That

1 접수 2월 27일 Received on Feb. 27, 2008

2 금강유역환경청 Geum River Basin Environmental Office, Daejeon(305-706), Korea

3 충남대학교 산림자원학과 Department of Forest Resources, Chungnam National Univ., Daejeon(305-764), Korea

\* 교신저자 Corresponding author(hksong@cnu.ac.kr)

explains why it is necessary to continuously maintain and manage the coverage of tree-1 layer (> 12m), tree height, coverage of shrub layer (2~0.5m), slope, and coverage of subtree-2 layer (4~2m), etc. for the preservation and management of bird species in a breeding season at Jirisan National Park.

**KEY WORDS : ELEVATION, VEGETATION STRUCTURE, REGRESSION ANALYSIS**

## 서론

지리산국립공원은 우리나라 최초의 국립공원으로 그 면적은 440여 평방킬로미터에 달하는 우리나라에서 가장 큰 규모의 대표적 산지국립공원으로서 최고봉인 천왕봉(1,915m)을 중심으로 산정과 능선, 계곡 등 지세가 다양, 험준하고 고도변화와 다변적 기후여건에 따라 다양한 식물들이 분포하며, 이러한 식물 다양성은 다양한 동물들이 서식할 수 있는 기초 환경으로서 중요하다(국립공원관리공단, 1999).

종 다양성 패턴은 시간과 공간에 따른 생태적, 물리적 요인들의 결과이며(Hawkins *et al.*, 2006), 한 지역에서 군집의 조성은 기후(Root, 1988; Telleria and Santos, 1994), 생산성(Rosenzweig and Abramsky, 1993), 연평균강우량(Gillespie and Walter, 2001; Schnitzer, 2005), 지형의 복잡성과 고도의 다양성(Kerr and Packer, 1997; Rahbek and Graves, 2001), 식물군집조성과 산림유형(Pyke *et al.*, 2001), 서식지구조의 복잡성과 이질성(Tews *et al.*, 2004) 등 그 지역의 다양한 환경조건에 큰 영향을 받는다(Wiens and Donoghue, 2004).

조류 종들의 분포와 풍부도는 서식지의 물리적 구조 또는 식생의 배열과 같은 상관적인 관점과 식물 종조성과 같은 식물상의 관점 이 두 가지 측면에서 연구하였으며(Rotenberry, 1985; Block and Brennan, 1993), 서식지 다양성은 채이, 등지자리, 포식자로부터의 은신처 등 다양한 기회를 제공하기 때문에 조류의 분포와 풍부도에 영향을 미친다(Estades, 1997; Johnson and Freedman, 2002; MacDonald and Kirkpatrick, 2003).

고도는 물리적 환경조건, 번식, 채이활동 등을 위한 이용 가능한 자원의 양에 영향을 주기 때문에 조류군집의 조성구조는 고도구배에 따라 변화하며(Stevens 1992; Waterhouse *et al.*, 2002), 서식지구조의 가장 일반적인 측정 척도인 식생구조는 조류 종풍부도의 공간적 변화에 중요한 영향을 미치는 환경적 요소 중 하나이다(Rabinovich and Rapoport, 1975; Emlen *et al.*, 1986; Cueto and Casenave, 1999).

이에 본 연구는 지리산국립공원에서 번식이 동안 고도, 식생구조 등 산림환경에 따른 번식조류의 풍부도를 조사하

고, 번식조류종의 풍부도에 영향을 미치는 요인들을 파악하여 조류서식지의 효과적 관리를 위한 기초 자료를 얻기 위해 실시하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 연구지 선정

본 연구를 위해 지리산국립공원의 주 등산로 4개 지역(중산리-천왕봉, 화엄사-노고단, 백무동-천왕봉, 뱀사골-반야봉)을 설정하였다(Figure 1).

각 지역의 주 등산로를 따라 이동하며 고도 300~1900m 구간에서 고도계를 이용하여 고도 50m 간격으로 고정조사 지점을 선정하였으며, 각 조사지점 선정시 등산로, 계곡 등 임연부의 영향을 최소화하기 위해 등산로, 계곡 등으로부터 50m 이상 이격된 지점을 선정하였다.

### 2. 산림환경 조사

산림환경 조사를 위해 각 고도별 조사지점을 중심으로 방형구(20×20m)를 설정한 후 수목의 피도가 최고치에 이르는 시기인 8월에 고도, 경사도, 식생구조 조사를 실시하였다. 식생구조 조사는 방형구 내 수목의 수고, 기저단면적, 초본과 수목의 엽층별 상대피도율, 고사목 재적 등으로 나

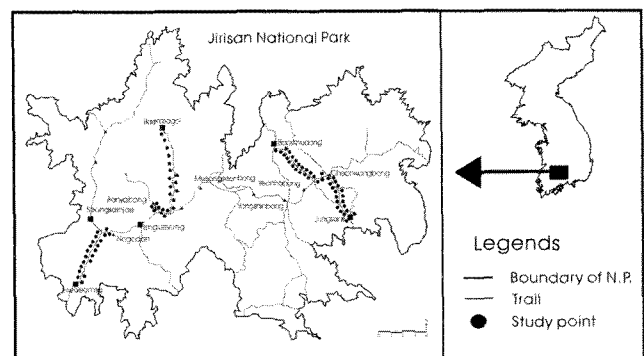


Figure 1. The location map of the study points in Jirisan National Park

누어 실시하였으며, 업층별 상대피도율 조사를 위해 방형구 내 직경 5m 가상의 원통 5개를 임의로 설정 후 각 업층별 (0~2m, 2~4m, 4~8m, 8~12m, 12m<)로 업층의 상대 피도율이 0%이면 0, 1~20%이면 1, 21~40%이면 2, 41~60%이면 3, 61~80%이면 4, 81~100%이면 5로 나타낸 후 각 업층의 평균치로 각 조사지점별 업층의 피도율을 산정하였다.

### 3. 번식기 조류군집 조사

번식기 조류군집조사는 2007년 4월부터 6월까지 조사지점별로 4회씩 조사를 실시하였다. 조사방법은 정점조사법 (point counts method, Bibby *et al.*, 1997)으로 나쁜 날씨의 영향을 피하기 위해서 조사는 좋은 날씨에만 실시하였다. 4회의 조사는 약 2주일 주기로 일출 시간부터 각 조사지점에서 6분간 머무르며 관찰 또는 소리로 확인된 조류의 종명, 개체수, 거리, 성별, 소리 등을 기록하였다. 조사시간대에 따른 오차를 줄이기 위해 각 조사지점의 매 회 조사시간을 달리하여 조사하였다.

### 4. 분석방법

각 조사지점에서 종별 조류밀도 계산은 다음 수식에 의해 계산하였다(Reynolds *et al.*, 1980).

$$D = \frac{n}{\pi r^2 C} 10000$$

여기에서 D는 조류밀도(마리/ha), n은 조사반경내에서 관찰된 총 개체수, r은 조사반경, C는 조사회수이다.

Rompre *et al.*(2007)은 다양성 패턴을 이해하는 기본적인 연구방식은 회귀분석이라 하였는데, 이에 따라 본 조사에서도 고도를 독립변수로 하고 종별 밀도, 종풍부도, 개체수풍부도를 종속변수로 한 단순회귀분석과 산림환경 인자들 중 종 풍부도에 영향을 미치는 인자들을 파악하기위해 다중회귀분석을 실시하였다. 다중회귀분석에서 독립변수들 간의 높은 상관관계( $r \geq 0.7$ )는 다중공선성 문제가 발생하는데, 본 연구에서는 이 문제를 해결하기위해 입력방식을 단계선택방식을 채택하였다.

분석 대상종은 전체 조사지점의 30%이상에서 출현한 종으로 한정하였으며, 분석은 SPSS for Windows 10.0.7 (SPSS, 2000) 통계프로그램을 이용하여 실시하였다.

## 결과 및 고찰

지리산국립공원에서 조사를 실시한 결과 관찰된 조류는 총 33종이었다. 그 중 전체 조사지점의 30%이상의 지점에

Table 1. Bird species present at fewer than 30% of the survey points in Jirisan National Park

Scientific name	Present(%) <sup>*</sup>
<i>Dendrocopos kizuki</i>	++
<i>Troglodytes troglodytes</i>	++
<i>Luscinia cyane</i>	++
<i>Turdus pallidus</i>	++
<i>Phylloscopus borealis</i>	++
<i>Phylloscopus occipitalis</i>	+
<i>Aegithalos caudatus</i>	++
<i>Parus palustris</i>	+++
<i>Parus ater</i>	++
<i>Parus major</i>	+
<i>Parus varius</i>	+++
<i>Sitta europaea</i>	+++
<i>Garrulus glandarius</i>	++

\* 30 ≤ + < 50 ≤ ++ < 80 ≤ +++

서 출현한 종은 13종이었으며(Table 1), 나머지 종들은 출현빈도가 낮아 통계처리하기에는 데이터가 부족하여 종-식지 관계분석에서 제외하였다. 13종 중 박새(*Parus major*)와 산술새(*Phylloscopus occipitalis*) 2종은 전체 조사지점 중 50%미만 지점에서 출현하였으며, 쇠박새(*Parus palustris*), 곤줄박이(*Parus varius*), 동고비(*Sitta europaea*) 3종은 80%이상의 지점에서 출현하였고, 나머지 8종은 50~80% 지점에서 출현하였다.

Table 2는 고도구배에 따른 산림환경 인자들의 변화에 대한 상관관계를 나타낸 것이다. 경사, 관목층 피도율, 침엽수비율은 고도와 정의 상관관계가 있는 것으로 조사되었고,

Table 2. Correlation between vegetation structure attribute and elevation( $P \leq 0.05$ ). Minus sign(-) indicates a decrease and plus sign(+) indicates an increase in the attribute as elevation increases

Attribute	Pearson correlation with elevation(r)
Slope	+0.21
Tree Height	-0.85
Coverage of Tree-1 layer(>12m)	-0.64
Coverage of Tree-2 layer(12~8m)	-0.51
Coverage of Subtree-1 layer(8~4m)	-0.25
Coverage of Subtree-2 layer(4~2m)	NS <sup>*</sup>
Coverage of shrub layer(2~0.5m)	+0.50
Coverage of herb layer(<0.5m)	NS
Basal area	-0.71
Foliage height diversity	-0.48
Volume of dead wood	NS
Ratio of coniferous	+0.40

\* NS: Not Significant

Table 3. Regression models fitted to observed data( $P \leq 0.05$ )

Scientific name	Model 1		Model 2
	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup>	Variables <sup>a</sup>
<i>Dendrocopos kizuki</i>	-15	21	-elev, -slope
<i>Troglodytes troglodytes</i>	-10	32	cover2, -slope -covershrub
<i>Luscinia cyane</i>	NS <sup>b</sup>	35	cover4, covershrub
<i>Turdus pallidus</i>	-18	45	-cover12, -cover2 -covershrub
<i>Phylloscopus borealis</i>	+11	34	-voldead, -treeh -covershrub
<i>Phylloscopus occipitalis</i>	NS	35	+cover12, +cover8 -ba
<i>Aegithalos caudatus</i>	NS	40	cover12, cover8 -ratioconifer
<i>Parus palustris</i>	-14	42	+cover12, -voldead
<i>Parus ater</i>	+15	54	-ratioconifer, cover2 cover4, -elev, -slope
<i>Parus major</i>	NS	31	treeh, -covershrub
<i>Parus varius</i>	-19	51	+cover12, -ba +cover8
<i>Sitta europaea</i>	NS	36	+cover12, -cover4 +fhd, -slope
<i>Garrulus glandarius</i>	-38	43	-treeh, -elev
Species richness	-43	61	treeh, coverherb fhd
Individuals abundance	-47	68	treeh, cover12 cover2

a: Coding for vegetation structure variables: elev = Elevation, slope = Slope, treeh = Tree Height, cover12 = Coverage of Tree-1 layer(>12m), cover8 = Coverage of Tree-2 layer(12~8m), cover4 = Coverage of Subtree-1 layer(8~4m), cover2 = Coverage of Subtree-2 layer(4~2m), covershrub = Coverage of shrub layer(2~0.5m), coverherb = Coverage of herb layer(<0.5m), ba = Basal area, fhd = Foliage height diversity, voldead = Volume of dead wood, ratioconifer = Ratio of coniferous.

b: NS: not significant

교목 12m 이상 엽층피도율, 교목 12-8m 엽층피도율, 아교목 8-4m 엽층피도율, 기저단면적, 엽층다양성은 고도와 부의 상관관계가 있는 것으로 조사되었으며, 아교목 4-2m 엽층피도율, 고사목 재적은 유의적 상관관계가 없는 것으로 조사되었다.

고도와 조류의 단순회귀분석(Model 1)에서 13종 중 6종과 종풍부도, 개체수풍부도는 고도가 증가함에 따라 밀도가 감소하는 것으로 나타났고, 쇠술새(*Phylloscopus borealis*), 진박새(*Parus ater*) 2종은 고도가 증가함에 따라 밀도도 증가하였으며, 5종은 고도와 유의적 관계가 나타나지 않았다(Table 3). 고도는 어치(*Garrulus glandarius*), 종풍부도 및 개체수풍부도 변화에 비교적 설명력이 높은 변이요소로 나타났다(38~47%,  $P \leq 0.05$ ), 동고비, 박새, 산술새, 쇠유리새(*Luscinia cyane*), 오목눈이(*Aegithalos caudatus*)는 고도로 설명되지 않았다.

Table 3의 조류와 산림환경 인자들과의 다중회귀분석(Model 2)은 각각의 산림환경 인자들이 결합하여 조류의 풍부도 변화를 설명하는데, 곤줄박이, 진박새, 각 지점별 종풍부도와 개체수풍부도는 산림환경 인자들로 50% 이상의 유의적 설명력을 갖는 것으로 나타났으며, 쇠딱다구리(*Dendrocopos kizuki*)는 산림환경 인자들로 21%의 유의적 설명력을 갖는 것으로 조사되었다( $P \leq 0.05$ ).

식생구조는 조류의 번식지와 채식지의 질과 양에 직접적 영향을 미치기 때문에 중요하고(Cody, 1981), 산림환경구조 인자는 고도에 따라 변화하고 상호작용하며 조류의 분포에 영향을 미친다(Janes, 1994). 본 연구에서 식생구조 인자들 중 교목층 12m 이상 엽층피도율, 수고, 관목 엽층피도율, 경사도, 아교목 4-2m 엽층피도율 등은 고도보다 더 많은 종의 풍부도 변화에 영향력 있는 인자들로 나타났다. 단순회귀분석에서 풍부도 변화패턴을 고도구배 인자만으로는 유의적으로 설명할 수 없었던 동고비, 박새, 산술새, 쇠유리새, 오목눈이는 식생구조 인자들에 의해 유의적으로 설명할 수 있었다(31~40%,  $P \leq 0.05$ ). 따라서 조류의 풍부도는 고도와 그에 따른 산림환경 인자들에 의해 영향을 받는 것으로 나타났다. 그러므로 지리산국립공원 번식기 조류의 보호 및 관리를 위해 교목 12m 이상 엽층피도율, 수고, 관목 엽층피도율, 경사도, 아교목 4-2m 엽층피도율 등의 유지 관리가 필요하다.

## 인용문헌

- 국립공원관리공단(1999) 지리산국립공원 야생동물 생태계 정밀조사(최종보고서). 421쪽.
- Bibby, C.J., N.D. Burgess and D. A. Hill(1997) Bird census

- technique. Academic press limited, London, UK, 257pp.
- Block, W.M. and L.A. Brennan(1993) The habitat concept in ornithology. *Current Ornithology* 11: 35-91.
- Cody, M.L. (1981) Habitat selection in birds: the roles of vegetation structure, competitors, and productivity. *BioScience* 31: 107-113.
- Cueto, V.R. and J.L. de Casenave(1999) Determinants of bird species richness: role of climate and vegetation structure at a regional scale. *Journal of Biogeography* 26: 487-492.
- Emlen, J.T., M.J. DeJong, M.J. Jaeger, T.C. Moermond, K.A. Rusterholz and R.P. White (1986) Density trends and range boundary constraints of forest birds along a latitudinal gradient. of geographical patterns of bird species richness. *Auk* 103: 791-803.
- Estades, C.F.(1997) Bird-habitat relationships in a vegetational gradient in the Andes of central Chile. *Condor* 99: 719-727.
- Gillespie, T.W. and H. Walter(2001) Distribution of bird species richness at a regional scale in tropical dry forest of Central America. *Journal of Biogeography* 28: 651-662.
- Hawkins, B.A., J.F.F. Diniz-Filho, C.A. Jaramillo and S.A. Soeller(2006) Post-Eocene climate change, niche conservation, and the latitudinal diversity gradient of New World birds. *Journal of Biogeography* 33: 770-780.
- Janes, S.W.(1994) Variation in the species composition and mean body size of an avian foliage-gleaning guild along an elevational gradient: correlation with arthropod body size. *Oecologia* 98: 369-378.
- Johnson, G.A.M. and B. Freedman(2002) Breeding birds in forestry plantations and natural forest in the vicinity of Fundy National Park, New Brunswick. *Canadian Field Naturalist* 116: 475-487.
- Kerr, J.T. and L. Packer(1997) Habitat heterogeneity as a determinant of mammal species richness in high-energy regions. *Nature* 385: 252-254.
- MacDonald, M.A. and J.B. Kirkpatrick(2003) Explaining bird species composition and richness in eucalypt-dominated remnants in subhumid Tasmania. *Journal of Biogeography* 30: 1415-1426.
- Pyke, C.R., R. Condit, S. Aguilar and S. Lao(2001) Floristic composition across a climatic gradient in a neotropical lowland forest. *Journal of vegetation Science* 12: 553-556.
- Rabinovich, J.E. and E.H. Rapoport(1975) Geographical variation of diversity in Argentine passerine birds. *Journal of Biogeography* 2: 141-157.
- Rahbek, C. and G.R. Graves(2001) Multiscale assessment of patterns of avian species richness. *Proceedings of the national Academy of Sciences, USA*, 98: 4534-4539.
- Reynolds, R.T., J.M. Scott and R.A. Nussbaum(1980) A variable circular-plot method for estimating bird numbers. *Condor* 82: 309-313.
- Rompre G., W.D. Robinson, A. Desrochers and G. Angehr (2007) Environmental correlates of avian diversity in lowland Panama rain forests. *Journal of Biogeography* 34: 802-815.
- Root, T.(1988) Environmental factors associated with avian distributional boundaries. *Journal of Biogeography* 15: 489-505.
- Rosenzweig, M.L. and Z. Abramsky(1993) How are diversity and productivity related? Species diversity in ecological communities: historical and geographical perspectives (ed. by Ricklefs, R.E. and D. Schluter). University of Chicago Press, Chicago, 52-65pp.
- Rotenberry, J.T.(1985) The role of habitat in avian community composition: physiognomy or floristics? *Oecologia* 67: 213-217.
- Schnitzer, S.A.(2005) A mechanistic explanation for global patterns of liana abundance and distribution. *The American Naturalist* 166: 262-276.
- SPSS.(2000) SPSS for Windows 10.0.7. SPSS Inc., Chicago, IL.
- Stevens, G.C.(1992) The elevational gradient in altitudinal range: An extension of Rapoport's latitudinal rule to altitude. *The American Naturalist* 140: 893-911
- Telleria, J.L. and T. Santos(1994) Factors involved in the distribution of forest birds in the Iberian Peninsula. *Bird study* 41: 161-169.
- Tews, J., U. Brose, V. Grimm, K. Tielbörger, M.C. Wichmann, M. Schwager and F. Jeltsch(2004) Animal species diversity driven by habitat heterogeneity/diversity: the importance of keystone structures. *Journal of Biogeography* 31: 79-92.
- Waterhouse, F.L., M.H. Mather and D. Seip(2002) Distribution and abundance of birds relative to elevation and biogeoclimatic zones in coastal old-growth forests in southern British Columbia. *Journal of Ecosystems and Management* 2(2): 1-13.
- Wiens, J.J. and M.J. Donoghue(2004) Historical biogeography, ecology and species richness. *Trends in Ecology and Evolution* 19: 639-644.