

러시아 우수리 지역의 천연림과 산불피해림에서 번식기 조류 군집의 특성

이우신¹ · 임신재^{2*} · 이은재¹ · Alexey Kurdiukov³

¹서울대학교 산림과학부, ²중앙대학교 동물자원과학과,

³러시아과학원 극동분원 생물토양과학연구소

Characteristics of Breeding Bird Communities between Natural and Fired Forests in Ussuri, Russia

Woo-Shin Lee¹, Shin-Jae Rhim^{2*}, Eun-Jae Lee¹ and Alexey Kurdiukov³

¹Department of Forest Science, Seoul National University, Seoul 151-921, Korea

²Department of Animal Science and Technology, Chung-Ang University, Ansong 456-756, Korea

³Institute of Biology and Soil Science, Far-East Branch, Russian Academy of Science, Vladivostok 690022, Russia

요약: 본 연구는 천연림과 산불피해림에서 번식기 조류 군집의 특성을 파악하기 위해 2008년 6월에 러시아 우수리 지역에 위치한 러시아과학원 극동분원 생물토양과학연구소 산하 Verchneussuriisky 연구림(44° 02' N, 134° 10' E)에서 실시되었다. 조사 결과 37종의 조류가 서식하고 있는 것으로 나타났으며, 쇠유리새(*Luscinia cyane*)와 숲새(*Urosphena squameiceps*), 흰배멧새(*Emberiza tristrami*) 등이 가장 우점을 이루고 있었다. 천연림에서는 32종 115개체의 조류가 관찰되었으며 종다양성지수는 3.13인 것으로 나타났다. 산불피해림에서는 모두 29종 62개체의 조류가 기록되었으며, 종다양성지수는 3.12였다. 길드 구조에 대한 분석 결과, 천연림에서 관목층 영소 길드와 수관층 영소 길드에 속한 조류의 종수와 개체수가 많은 것으로 나타났다. 반면 산불피해림에서 나무구멍 영소 길드에 속한 조류가 많았다. 채이 길드에 있어서는 두 지역 모두 수관층 채이 길드에 속한 조류가 절대다수를 차지하고 있었다. 그 밖에 공중 및 관목층 채이 길드에 속한 조류는 천연림이 산불피해림에 비해 높은 것으로 나타났다. 두 지역에서의 조류 군집의 특성차이는 산림환경 구조 및 서식환경의 차이와 밀접한 관련이 있는 것으로 판단된다.

Abstract: This study was conducted to clarify the breeding bird communities between natural and fired forests in Verchneussuriisky Research Forest (44° 02' N, 134° 10' E) Institute of Biology and Soil Science, Far-East Branch, Russian Academy of Science at Ussuri, Russia from 7 to 11 June 2008. Total 37 species of birds were recorded in both study sites. *Luscinia cyane*, *Urosphena squameiceps*, and *Emberiza tristrami* were most dominant species. In natural forest, 115 individuals of 32 species were observed and bird species diversity (H') was 3.13. Sixty two individuals of 29 species were recorded and bird species diversity was 3.12 in fired forest. Bush and Canopy nesting guilds were higher in natural forest than in fired forest. But hole nesting guild was higher in fired forest. In foraging guilds, canopy foraging guild was most dominant in both study site. Air and bush foraging guilds were higher in natural forest. The differences of bird communities would be caused by differences of habitat conditions between study sites.

Key words : breeding bird community, fire, natural forest, Russia

본 연구는 산림청 '산림과학기술개발사업(과제번호: S210608L0101604C)'의 지원에 의하여 이루어진 것입니다. 또한 이 논문은 2009년도 중앙대학교 우수연구자연구비 지원에 의한 것입니다.

*Corresponding author

E-mail: sjrhim@cau.ac.kr

서 론

산불은 산림생태계의 교란을 일으키는 주요 원인으로써, 동식물의 구성과 군집의 역동성에 커다란 영향을 미치는 환경 요인으로 알려져 있다(Simons, 1991). 산불이 발생하면 대부분의 동물들은 산불을 감지하고 다른 지역으로 이동을 하기 때문에(Komarek, 1969) 산불에 의한 직접적인 피해보다는 서식지가 파괴되거나 먹이자원이 고갈되는 등 간접적으로 영향을 더 많이 받는다(USDA, 2000). 특히 이동성이 강한 조류의 경우 산불로 인한 직접적인 피해보다는 산불피해후 발생하는 환경 변화의 결과 군집 구성 및 생태에 큰 영향을 받는 것으로 알려져 있다. 또한 산불은 지구상에 존재하는 오래되고 일상적인 교란 중의 하나로 자연환경을 변화시키는 산림 천이의 주요 요인 중의 하나라고 할 수 있다(Cope and Chaloner, 1985; Perry, 1998). 더불어 전 세계적으로 동·식물의 구성과 군집의 역동성에 크게 영향을 미치는 환경 요인이다(Bendell, 1974; Crouner and Barret, 1979; Simons, 1991).

인간의 활동에 의한 생태계의 훼손 및 간섭 중에서 대표적인 요인으로 산불을 들 수 있다. 그러므로 산불 발생 지역에서의 훼손된 생태계의 복원 및 관리는 매우 중요한 과제로 부상되고 있다(Bolen and Robinson, 2003). 특히, 조류 군집은 동적인 생태계의 구성 요소로서 인간에게 심미적(esthetic) 즐거움 뿐 아니라(Shaw, 1985), 생태계의 구성원으로서 다양한 역할을 하고 있다(Krebs, 1994). 특히 산불 피해 발생지역에서 산림생태계의 복원 및 관리를 위해 조류 군집의 현황을 파악하는 것은 매우 큰 의미가 있을 것으로 판단된다.

그러므로 본 연구는 한반도의 산림생태계의 원형을 유지하고 있는 것으로 판단되는 러시아 우수리(Ussuri)지역의 천연림과 산불피해림에서 번식기 조류 군집의 특성을 파악하여, 산불피해로 인해 훼손된 서식지에서 조류 군집의 복원을 위한 기초자료를 수집하고자 실시되었다.

재료 및 방법

번식기 조류 군집에 대한 조사는 2008년 6월 7일부터 11일 사이의 기간 동안 러시아 우수리지역 내 프리모리(Primoire region)의 추구에프카(Chuguevskii district)에 위치하고 있는 러시아과학원 극동분원(Far-East Branch, Russian Academy of Science) 생물토양과학연구소(Institute of Biology and Soil Science)의 Verchneussuriisky 연구림(Verchneussuriisky Research Forest, 44° 02' N, 134° 10' E)에서 실시되었다. 연구림 내에서 천연림 지역과 1987년에 산불이 발생한 지역에서 번식기 조류 군집의 특성을 파악하였다(산림청, 2008).

Table 1. Dominant plant species of overstory and understory vegetation between natural and fired forests in Verchneussuriisky Research Forest, Chuguevskii district, Primoire region, Ussuri, Russia.

	Natural forest	Fired forest
Overstory	<i>Pinus koraiensis</i> <i>Tilia amurensis</i> <i>Ulmus laciniata</i>	<i>Quercus mongolica</i> <i>Pinus koraiensis</i> <i>Tilia amurensis</i> <i>Acer mono</i> <i>Populus koreana</i>
Understory	<i>Pinus koraiensis</i> <i>Abies spp.</i> <i>Picea spp.</i> <i>Quercus spp.</i>	<i>Salix spp.</i> Ferns <i>Carex spp.</i> <i>Galium spp.</i> <i>Aconitum spp.</i>

천연림은 90% 이상을 잣나무(*Pinus koraiensis*)가 우점하고 있으며, 그 밖에 피나무(*Tilia amurensis*), 거제수나무(*Betula costata*), 난티나무(*Ulmus laciniata*) 등이 생육하였다. 하층식생으로는 잣나무, 분비나무류(*Abies spp.*), 가문비나무류(*Picea spp.*), 참나무류(*Quercus spp.*) 등이 주요 우점을 이루고 있었다. 1987년에 산불이 발생한 산불피해림은 혼효림으로 상층식생은 신갈나무(*Quercus mongolica*), 잣나무(*Pinus koraiensis*), 피나무(*Tilia amurensis*), 고로쇠나무(*Acer mono*), 물향칠나무(*Populus koreana*) 등이 우점을 이루었으며, 하층식생은 버드나무류(*salix spp.*), 고사리류(*ferns*), 사초류(*carex spp.*), 갈퀴류(*galium spp.*), 진범류(*aconitum spp.*) 등이 주요 주점인 것으로 나타났다(Table 1).

조류 군집의 특성을 파악하기 위해 천연림과 산불피해림에서 각각 2 km 길이의 조사경로를 선정한 후, 선조사법(line transect census method)을 이용하여 조사를 실시하였다(임신재 등, 2007). 즉, 맑은 날 일출 30분전부터 정해진 경로를 따라 걸으면서 좌우 25 m 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). 또한 관찰된 조류의 이동성은 조사지역을 기준으로 판단하였다.

조류의 종다양성 지수는 다음의 Shannon-Weaver 지수(H')를 이용하여 산출하였다. s는 조류의 종 수를, P_i는 i번째 종의 전체에 대한 비율을 나타낸다(Shannon and Weaver, 1949).

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

길드(guild) 개념은 Root(1967)에 의해 '동일한 자원을 유사한 방식으로 이용하는 종들의 모임'으로 정의되었으며, 조류 군집의 분석에 많이 쓰이는 개념이다(Simberloff and Dayan, 1991). 또한 길드 개념은 조류 군집이 산림환경 내에서 자원 이용 유형을 설명하는데 매우 유용하다

Table 2. Category of nesting and foraging guilds in this study.

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 log, ground	b
canopy	leaf, twig, branch, trunk, bud	c

(이우신과 박찬열, 1995). 본 연구에서는 번식기 조류 군집에 대해서 각 조류가 등지를 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 조사시 관찰과 Rhim과 Lee (2000)의 기준을 따랐다. 각 종에 대한 영소 및 채이 길드는 고정적인 것이 아니라 본 조사지에서 관찰된 종의 행동에 대해서만 적용될 수 있다.

Table 3. Differences in breeding bird communities between natural and fired forests in Verchneussuriisky Research Forest, Chuguevskii district, Primoire region, Ussuri, Russia.

Korea name	Scientific name	Guild		Forest		Mig. ³
		N ¹	F ²	Natural	Fired	
들꿩	<i>Bonasa bonasia</i>	B	b	3	4	Res.
멧비둘기	<i>Streptopelia orientalis</i>	c	b	1		Res.
매사촌	<i>Cuculus fugax</i>	-	-	1	2	S.V.
빠꾸기	<i>Cuculus canorus</i>	-	-	1	1	S.V.
병어리빠꾸기	<i>Cuculus saturatus</i>	-	-	5	1	S.V.
소쩍새	<i>Otus scops</i>	H	c		1	S.V.
쇠오색딱다구리	<i>Dendrocopos minor</i>	H	c	3	3	Res.
오색딱다구리	<i>Dendrocopos major</i>	H	c		1	Res.
까막딱다구리	<i>Dryocopus martius</i>	H	c		1	Res.
할미새사촌	<i>Pericrocotus divaricatus</i>	C	a	1	1	S.V.
쇠유리새	<i>Luscinia cyane</i>	B	b	13	5	S.V.
꼬까직박구리	<i>Monticola gularis</i>	B	c	1	3	S.V.
호랑지빠귀	<i>Zoothera dauma</i>	C	b	1	1	S.V.
흰배지빠귀	<i>Turdus pallidus</i>	C	b	3		S.V.
흰눈썹지빠귀	<i>Zoothera sibirica</i>	B	b	1		S.V.
숲새	<i>Urosphena squameiceps</i>	B	b	9	7	S.V.
노랑허리솔새	<i>Phylloscopus proregulus</i>	B	c	5	5	S.V.
쇠솔새	<i>Phylloscopus borealis</i>	B	c	8		S.V.
뒤솔새	<i>Phylloscopus tenellipes</i>	B	c		2	S.V.
산솔새	<i>Phylloscopus coronatus</i>	B	c	2	2	S.V.
노랑딱새	<i>Ficedula mugimaki</i>	C	a	2		S.V.
큰유리새	<i>Cyanoptila cyanomelana</i>	B	a	1	1	S.V.
쇠솔딱새	<i>Muscicapa dauurica</i>	C	a	4	1	S.V.
오목눈이	<i>Aegithalos caudatus</i>	C	c	7	2	Res.
쇠박새	<i>Parus palustris</i>	H	c	2		Res.
북방쇠박새	<i>Parus montanus</i>	H	c	7	4	Res.
진박새	<i>Parus ater</i>	H	c	1	1	Res.
동고비	<i>Sitta europaea</i>	H	c	4	5	Res.
한국동박새	<i>Zosterops erythropleurus</i>	C	c	3	1	S.V.
흰배멧새	<i>Emberiza tristrami</i>	B	b	12	3	S.V.
노란턱멧새	<i>Emberiza elegans</i>	B	b	5	1	Res.
검은머리방울새	<i>Carduelis spinus</i>	C	c	2		S.V.
멋쟁이새	<i>Pyrrhula pyrrhula</i>	C	c	2	1	S.V.
큰부리밀화부리	<i>Eophona personata</i>	C	c		1	S.V.
룽새	<i>Coccothraustes coccothraustes</i>	C	c	1		S.V.
어치	<i>Garrulus glandarius</i>	C	c	1	1	Res.
잣까마귀	<i>Nucifraga caryocatactes</i>	C	c	3		Res.
No. of species				32	29	
No. of individuals				115	62	
Bird species diversity index (H')				3.13	3.12	

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 4. Differences in guild structure of breeding bird communities between natural and fired forests in Verchneussuriisky Research Forest, Chuguevskii district, Primoire region, Ussuri, Russia.

Guild	Natural forest		Fired forest	
	No. of species (dominance, %)	No. of pairs (dominance, %)	No. of species (dominance, %)	No. of pairs (dominance, %)
Nesting guild				
Bush	9 (31.0)	47 (43.5)	7 (26.9)	20 (34.5)
Canopy	11 (38.0)	26 (24.1)	6 (23.1)	7 (12.1)
Hole	9 (31.0)	35 (32.4)	13 (50.0)	31 (53.4)
Foraging guild				
air	2 (6.9)	3 (2.8)	1 (3.8)	1 (1.7)
bush	8 (27.6)	36 (33.3)	4 (15.4)	11 (19.0)
canopy	19 (65.5)	69 (63.9)	21 (80.8)	46 (79.3)

결과 및 고찰

2008년 6월의 번식기에 러시아 우수리지역의 Verchneussuriisky 연구림의 천연림과 산불피해림에서 실시한 조사 결과 37종의 조류가 서식하고 있는 것으로 나타났다. 쇠유리새(*Luscinia cyane*)와 숲새(*Urosphena squameiceps*), 흰배멧새(*Emberiza tristrami*) 등이 가장 우점을 이루고 있었다. 이동성을 살펴보면 전체 37종 중에서 텃새가 13종, 여름철새가 24종으로 여름철새의 비율이 매우 높은 것으로 나타났다(Table 3).

한반도에 비해 위도가 상대적으로 높아 우리나라에서는 관찰이 힘든 쇠오색딱다구리(*Dendrocopos minor*), 북방쇠박새(*Parus montanus*) 등이 기록되었다. 또한 우리나라에서는 나그네새인 꼬까작박구리(*Monticola gularis*), 흰눈썹지빠귀(*Zoothera sibirica*), 노랑딱새(*Ficedula mugimaki*), 쇠솔딱새(*Muscicapa dauurica*), 한국동박새(*Zosterops erythroleptus*), 흰배멧새(*Emberiza tristrami*) 등이 관찰되어 이 지역에서 번식을 하는 것으로 판단된다. 그 밖에 한반도에 겨울에 도래하는 검은머리방울새(*Carduelis spinus*), 멧쟁이새(*Pyrrhula pyrrhula*), 큰밀화부리(*Eophona personata*), 콩새(*Coccothraustes coccothraustes*) 등 역시 관찰되었으며 또한 번식을 하는 것으로 생각된다(이우신 등, 2000).

천연림에서는 32종 115개체의 조류가 관찰되었으며 종다양성지수는 3.13인 것으로 나타났다. 쇠유리새가 13개체로 가장 많은 개체수가 기록되었으며, 흰배멧새가 12개체, 숲새가 9개체, 쇠솔새(*Phylloscopus borealis*)가 8개체가 관찰되었다. 그 밖에 오목눈이(*Aegithalos caudatus*), 북방쇠박새가 각각 7개체씩 관찰되었으며, 병어리뺨꾸기(*Cuculus saturatus*), 노랑턱멧새(*Emberiza elegans*), 노랑허리솔새(*Phylloscopus proregulus*) 등이 5개체씩 관찰되어 주요 우점을 이루었다. 산불피해림에서는 모두 29종 62개체의 조류가 기록되었으며, 종다양성지수는 3.12로 나타났다. 숲새가 7개체 관찰되어 가장 우점종이었으며, 각

각 5개체씩이 관찰된 노랑허리솔새, 쇠유리새, 동고비(*Sitta europaea*) 등이 주요 우점종인 것으로 나타났다(Table 3).

천연림과 1987년에 산불이 발생한 산불피해림에서 번식기 조류 군집을 길드구조를 통해 분석한 결과 두 지역 간 차이가 있는 것을 알 수 있다(Table 4). 먼저 등지를 만드는 위치에 따른 영소 길드(foraging guild)를 살펴보면 천연림 지역에서 관목층 영소 길드와 수관층 영소 길드에 속한 조류의 종수와 개체수가 많은 것으로 나타났다. 반면, 나무구멍 영소 길드에 속한 조류는 산불피해림이 천연림에 비해 높았다. 먹이 자원을 얻는 위치에 따라 구분한 채이 길드(foraging guild)를 통해 번식 조류 군집을 분석한 결과, 두 지역 모두 수관층 채이 길드에 속한 조류가 절대 다수를 차지하고 있었다. 그 밖에 공중 및 관목층 채이 길드에 속한 조류는 천연림 지역이 산불 피해 지역에 비해 높은 것으로 나타났다.

천연림이 산불피해림 보다 상층임관 및 관목층이 잘 발달되어 있기 때문에 수관층 및 관목층에서 먹이와 등지 자원을 얻는 조류가 많이 서식하는 것으로 판단된다(Rhim and Lee, 2000). 또한 산불피해림에서 수동 영소 길드에 속한 조류가 많이 서식하는 것은 산불피해목을 등지 자원으로 이용할 수 있기 때문인 것으로 생각된다. 이러한 결과로 미루어 보아, 두 지역에 서식하고 있는 조류 군집의 길드 구조의 차이는 산림환경 구조 및 서식환경의 차이와 밀접한 관련이 있는 것으로 판단된다(Bolen and Robinson, 2003; 임신재, 2008).

인용문헌

1. 산림청. 2008. 기후대별 산림생태계 기능복원 연구사업단(2차년도 연차보고서). 기후대별 산림생태계 기능복원 연구사업단.
2. 이우신, 구태희, 박진영. 2000. 야외원색도감 한국의 새. LG 상록재단.
3. 이우신, 박찬열. 1995. 길드에 의한 산림환경과 조류 군집 변화 분석. 한국생태학회지 18: 397-407.

4. 임신재. 2008. 남산과 광릉의 침엽수림에서 번식기 조류 군집의 차이. 한국환경생태학회지 22: 332-337.
 5. 임신재, 이주영, 강정훈. 2007. 광릉 지역 활엽수 천연림과 도로 주변의 서식지 구조와 조류군집 특성. 한국환경생태학회지 21: 47-54.
 6. Bendell, J.F. 1974. Effects of fire on birds and mammals. Academic Press.
 7. Bibby, C.J., Burgess, N.D. and Hill, D.A. 1997. Bird census technique. Academic press.
 8. Bolen, E.G. and Robinson, W.L. 2003. Wildlife ecology and management (5th ed). Pearson Education, Inc.
 9. Cope, M.J. and Chaloner, W.G. 1985. Wildfire: an interaction of biological and physical processes. In: Tiffney B.H. editor. Geological factors and the evolution of plants. Yale University Press. pp. 153-162.
 10. Crowner, A.W. and Barrett, G.W. 1979. Effects of fire on the small mammal component of an experimental grassland community. Journal of Mammalogy 60: 803-813.
 11. Krebs, C.J. 1994. Ecology: the experimental analysis of distribution and abundance (4th ed). Harper Collins College Publishers.
 12. Komarek, E.V. 1969. Fire and animal behavior. In: Proceedings of 9th Annual Tall Timbers Fire Ecology Conference, Tall Timbers Research Station, U.S.A. pp. 161-207.
 13. Perry, G.L.W. 1998. Current approaches modelling the spread of wildland fire: a review. Progress in Physical Geography 22: 222-245.
 14. Rhim, S.J. and Lee, W.S. 2000. The relationship between habitat structure and breeding bird communities at deciduous forest in mid-eastern Korea. Japanese Journal of Ornithology 49: 31-38.
 15. Root, R.B. 1967. The niche exploitation pattern of the blue-gray gnatcatcher. Ecological Monography 37: 317-350.
 16. Shannon, C.E. and Weaver, W. 1949. The mathematical theory of communication. Univ. of Illinois Press.
 17. Shaw, J.H. 1985. Introduction to wildlife management. McGraw-Hill Book Company.
 18. Simons, L.H. 1991. Rodent dynamics in relation to fire in the Sonoran desert. Journal of Mammalogy 72: 518-524.
 19. Simberloff, D. and Dayan, T. 1991. The guild structure concept and the structure of ecological communities. Annual Reviews Ecological Systematics 22: 115-143.
 20. USDA. 2000. Wildland fire in ecosystems: effects of fire on fauna. General Technical Report RMRS-GTR-42. Volume 1.
-
- (2009년 3월 3일 접수; 2009년 4월 14일 채택)