

광릉숲에서 개벌 후 나비군집의 변화

이철민* · 권태성¹

국립산림과학원 산림생태연구과, ¹국립산림과학원 산림병해충연구과

Change of Butterfly Communities After Clear Cutting in Gwangneung Forest

Cheol Min Lee* and Tae-Sung Kwon¹

Division of Forest Ecology, Korea Forest Research Institute, 57 Hoegi-ro, Dongdaemun-gu, Seoul 130-712, Korea

¹Division of Forest Insect Pests and Diseases, Korea Forest Research Institute, 57 Hoegi-ro, Dongdaemun-gu, Seoul 130-712, Korea

ABSTRACT: This study was carried out to clarify the change of butterfly community after clear cutting. Butterfly survey was conducted in clear cutting area, forest road, and forest using line transect method from May to November in 2011. A total of 32 species and 398 individuals of butterflies were observed. Abundance of food niche breadth and habitat type was significantly higher in clear cutting area than in forest. Estimated species richness and species diversity were significantly higher in clear cutting area than in forest. In clear cutting area, *Leptidea amurensis* and *Argynnis niobe*, vulnerable species, were abundant. This result suggests that grasslands formed by clear cutting play an important role to increase butterfly diversity in forest ecosystem.

Key words: Clear cutting, Butterfly, Diversity, Forest management, Gwangneung Forest

조 록: 본 연구는 개벌 후 나비군집의 변화를 파악하기 위해서 실시하였다. 조사는 2011년 개벌지, 임도, 산림에서 5월부터 11월까지 선조사법을 실시했다. 조사결과, 총 32종 398개체의 나비가 관찰되었다. 먹이생태지위 범위와 서식처 유형에서의 나비 개체수는 개벌지가 산림보다 유의하게 높았다. 나비의 종수와 종다양도는 개벌지가 산림에 비하여 유의하게 높았다. 개벌지에서 환경부 취약종 기생나비와 은점표범나비의 많은 개체가 확인되었다. 본 연구결과, 개벌로 인하여 형성된 초지는 산림생태계에서 나비의 다양성을 높이는 중요한 역할을 한다.

검색어: 개벌, 나비, 다양성, 산림관리, 광릉숲

지속 가능한 산림의 생태적 관리의 목표 중 하나는 산림의 경제적 서비스를 보장하며 생물다양성을 유지하는 것이다 (Bengtsson et al., 2000). 이 목표를 성취하기 위해서는 산림 생태계 관리의 영향에 관하여 적절한 과학적 지식이 필요하다. 유럽에서 산림관리(산림자원 이용에 관련된 인위적인 압력)의 유무에 따른 생물다양성을 비교해 본 결과, 선태류, 이끼, 버섯, 고사목 딱정벌레와 지표성 딱정벌레는 산림관리에 부정적인 영향을 받은 반면, 관속식물은 긍정적인 영향을 받은 것으로 나타났다(Paillet et al., 2010). 산림관리 방법 중 개벌(Clear cutting)은 경제적인 이유로 목재수확에서 자주 수행되는 방법이다 (Kuuluvaine, 2009). 개벌은 임분 전체를 일시에 벌채한 후 갯

신이 이루어지기 때문에 임분을 천이 초기단계로 되돌린다 (Lee et al., 2008). 산림의 구조와 구성 등의 변화는 산림에 서식하는 종의 다양성에 크게 영향을 미친다(Paillet et al., 2010). 식생연구에 의하면, 초기 천이단계인 초본과 관목단계는 고령림 단계와는 상당히 다른 구조와 구성을 갖는 것으로 알려져 있다 (Hansen et al., 1991). 온대림과 한대림에서 소형척추동물(e.g. 들쥐, 다람쥐, 겨울잠쥐 등)의 일반종은 개벌 후 개체수가 오히려 증가하거나 교란에 영향을 받지 않았지만, 특수종(e.g. 하늘다람쥐)은 목재수확으로 인한 서식지 소실이 가장 큰 위협이었다(Michal and Rafal, 2014). 또한, 개벌은 성숙한 산림 조류군집을 천이 초기단계의 조류군집으로 변화시킨다(DeGraaf, 1991). 개벌은 초지성 나비에게 1-2년동안 알맞은 서식지를 제공하는 것으로 나타났다(Inoue, 2003). 국내에서 개벌의 영향에 관한 연구는 개벌 이후 계류수질의 변화(Park, 2002), 소나무림 개벌

*Corresponding author: leecheolmin77@gmail.com

Received July 18 2014; Revised September 15 2014

Accepted October 1 2014

후 주변 식생의 반응(Kim et al., 2010) 및 토양 질소 무기화율의 변화(Kim, 1995) 등이 연구되었지만, 개벌이 생물다양성에 미치는 영향에 대해서 연구가 되어 있지 않다.

생물지표종은 환경변화를 파악하기 위해서 많이 이용되고 있다(Rainio and Niemelä, 2003; Maleque et al., 2009). 그 중 나비는 조사가 쉽고 다양성이 높으며 생활사가 잘 알려져 있으며(Pollard and Yates, 1993), 짧은 세대기간, 좋은 이동능력, 기주 선호성 때문에 환경변화에 민감하게 반응한다(Thomas, 1995; Kwon et al., 2010; Lee and Kwon, 2012; Lee et al., 2013). 나비는 곤충 중에서 비교적 대형종으로 야외에서 직접관찰만으로 대부분의 종들이 동정 가능하여 선조사법으로 정량적인 조사가 가능하다(Pollard and Yates, 1993). 이처럼 나비는 목축, 유희지, 조림, 개벌 및 토지이용의 변화와 같은 서식지 변화의 지표종으로 이용되고 있다(Inoue, 2003; Kwon et al., 2010; Choi and Kim, 2012; Lee and Kwon, 2012).

본 조사는 광릉숲에 위치한 개벌지, 임도, 산림에서 수행되었다. 개벌지는 2010년에 태풍 곤파스에 의해서 대량의 풍도목이 발행하여 개벌 후 2013년에 잣나무 조림을 실시하였다. 개벌로 인하여 나비의 종다양성, 종구성, 개체수, 먹이생태지위 범위와 서식처 유형이 변화할 것으로 예상된다. 특히, 개벌지에서 초지성 나비가 증가하며, 초본성 식물을 기주로 하는 특수종이 증가할 것으로 예상된다. 본 연구는 개벌지, 임도와 산림 나

비군집의 차이를 파악하기 위해서 실시했다.

재료 및 방법

조사지

본 조사는 경기도 포천군 광릉숲에 위치한 개벌지, 임도, 산림(잣나무림)에서 수행되었다(Fig. 1). 개벌지는 2010년도에 발생한 태풍 곤파스 피해로 인하여 많은 풍도목이 발생하였고, 이를 처리하기 위해서 개벌 후 2013년 잣나무 조림을 실시했다. 식재된 잣나무 관리를 위해서 2013년도에 풀베기가 2회 실시되었고, 초지의 형태로 유지되고 있다. 그리고 잣나무림은 개벌지 맞은편에 위치해 있으며, 임도는 개벌지와 산림생산기술연구소까지 오는 구간에서 조사를 실시하였다.

조사방법

나비조사는 조림지, 임도, 산림에서 각각 30분동안 자유롭게 이동하면서(시속 약 2 km의 속도) 좌우 10 m 이내 관찰된 종들을 기록하는 선조사법(Line Transect Method)을 이용했으며(Pollard and Yates, 1993), 육안 동정이 어려운 종들은 포충망으로 채집하여 동정 후 풀어주었다. 산림은 edge effect(가장자

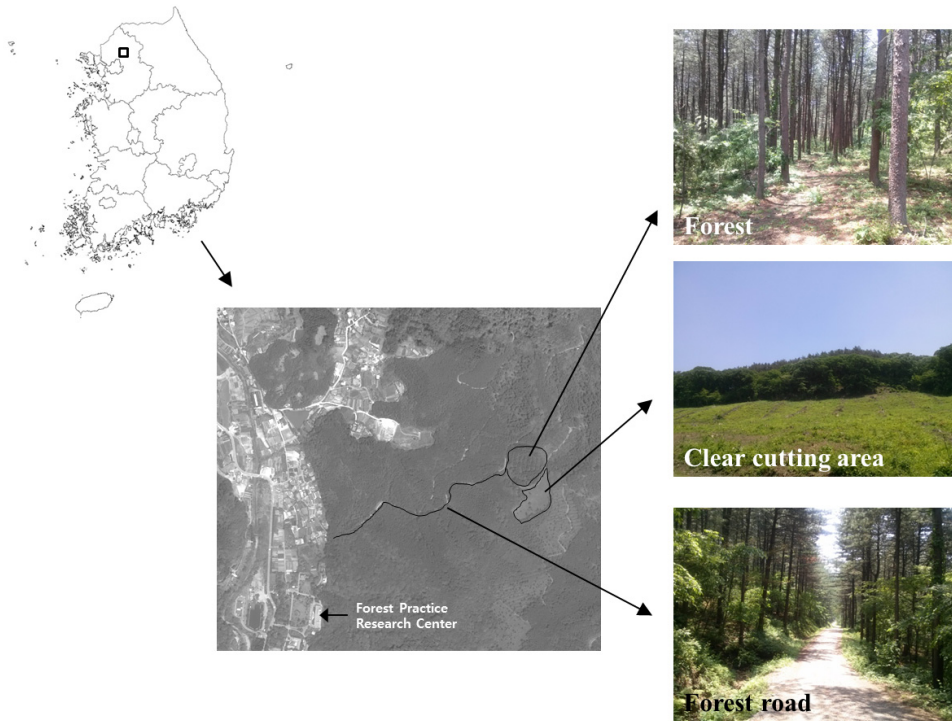


Fig. 1. Study sites in Gwangneung forest.

리 효과)를 피하기 위해서 가장자리로부터 10 m 떨어진 산림 안에서 조사를 실시했다. 조사는 2011년 5월부터 10월까지 총 11회 실시했다. 5월은 1회 다른 달은 2회씩 조사를 실시했다.

먹이생태지위 범위와 서식처 유형

본 조사에서 관찰된 나비들의 특성을 먹이생태지위 범위(Food niche breadth)와 서식처 유형(Habitat type)으로 분석하였다. 먹이생태지위 범위는 유충의 먹이식물이 한 개의 속에 속할 때 특수종(Specialist), 한 개의 속 이상인 종은 일반종(Generalist)으로 구분하였다. 나비에서 일반종/특수종의 개념은 주로 성충 발생의 세대수와 유충의 먹이범위를 기초하여 이용하였다(Kitahara and Fujii, 1994; Lee and Kwon, 2012; Kwon et al., 2013). Kitahara and Fujii (1994)와 Kwon et al. (2013)는 먹이식물과 세대수를 이용했고, Lee and Kwon (2012)는 세대수만을 이용했다. 본 연구에서는 먹이식물만을 이용하여 일반종과 특수종을 구분했다. 서식처 유형은 유충의 서식처에 따라 초지종(Grassland Species, GL), 숲가장자리종(Forest edge species, FE), 숲내종(Forest interior species, FI)으로 구분하였다. 각 종의 먹이생태지위 범위와 서식처 특성은 Kim and Seo (2012)를 따랐다. 취약종은 환경부 적색목록집을 이용하였다(National Institute of Biological Resources, 2012).

데이터 분석

나비의 다양도는 Shannon and Weaver (1949)의 종다양도(H'), 종수의 추정치는 Chao 1(Chao, 1984)의 방법으로 Estimate S(추정값)을 계산하였다(Colwell, 2005). 구간별 추정종수와 종다양도는 평균과 표준편차를 이용하여 t -test로 비교하였다. 먹이생태지위 범위와 서식처 유형의 종수와 개체수는 χ^2 test로 비교하였다. 통계분석은 Statistica ver. (6.0)을 이용하였다. 구간별 나비군집의 유사도는 Sørensen index로 분석했다(Sørensen, 1948). Sørensen index의 수식은 다음과 같다.

$$\text{Sørensen index} = 2c / (a + b)$$

a, b : 각 지점의 종수; c : 공통종수

결과

조사결과, 총 32종 398개체의 나비가 관찰되었다(Table 1). 개별지에서 종수와 개체수가 25종 188개체로 가장 많았고, 그 다음으로 임도가 21종 181개체, 산림이 14종 29개체로 가장 적

었다. 우점종은 빨나비(*Libythea lepita*), 호랑나비(*Papilio xuthus*), 큰줄흰나비(*Pieris melete*)로 이 3종의 전체 개체수의 43%를 차지했다. 환경부의 적색목록에 취약종으로 지정된 은점표범나비(*Argynnis niobe*)와 기생나비(*Leptidea amurensis*)가 본 조사에서 관찰되었다.

먹이생태지위 범위를 비교한 결과, 특수종(Specialist)의 종수는 개별지에서 13종으로 가장 많았고 산림이 5종으로 가장 적었다. 일반종(Generalist)의 종수는 임도에서 13종으로 가장 많았고, 산림에서 9종으로 가장 적었다. 특수종의 개체수는 개별지가 123개체로 가장 높았고, 산림이 5개체로 가장 적었다. 일반종의 개체수는 임도가 97개체로 가장 높았고, 산림이 24개체로 가장 적었다. 먹이생태지위 범위를 조사지 간에 통계적으로 비교해 보면, 종수에서는 차이가 없었지만(종수, 개별지 vs. 임도: $\chi^2 = 0.89, df = 1, P = 0.34$; 임도 vs. 산림: $\chi^2 = 0.02, P = 0.88$; 개별지 vs. 산림: $\chi^2 = 0.95, P = 0.32$, Fig. 2), 개체수에서 유의한 차이를 나타냈다(개체수, 개별지 vs. 임도: $\chi^2 = 13.54, P = 0.000$; 임도 vs. 산림: $\chi^2 = 8.71, P = 0.003$; 개별지 vs. 산림: $\chi^2 = 24.11, P = 0.000$).

서식처 유형을 비교해 보면, 종수에서 초지종(Grassland species)과 숲내종(Forest interior species)은 개별지에서 각각 11종과 7종으로 가장 높았고 산림에서 4종과 3종으로 가장 적었다. 숲가장자리종(Forest edge species)은 임도에서 8종으로 가장 많이 관찰되었다. 개체수에서 초지종은 개별지에서 136개체가 관찰되어 다른 조사지보다 2배이상 많이 관찰되었고, 숲가장자리종과 숲내종은 임도에서 각각 59개체와 60개체로 가장 많이 관찰되었다. 서식처 유형을 조사지 간에 통계적으로 비교해 보면, 종수에서는 차이가 없었지만(종수, 개별지 vs. 임도: $\chi^2 = 0.69, df = 2, P = 0.71$; 임도 vs. 산림: $\chi^2 = 0.51, P = 0.78$; 개별지 vs. 산림: $\chi^2 = 1.89, P = 0.39$), 개체수에서 유의한 차이를 나타냈다(개체수, 개별지 vs. 임도: $\chi^2 = 56.99, P = 0.000$; 임도 vs. 산림: $\chi^2 = 11.51, P = 0.003$; 개별지 vs. 산림: $\chi^2 = 41.80, P = 0.000$).

나비의 추정종수(Chao 1)와 종다양도(H')에서 종수는 개별지가 30종으로 가장 높게 추정되었고, 다음으로 임도 23종, 산림이 20종으로 추정되었다(Fig. 3). 종다양도도 개별지에서 2.72로 가장 높았고, 임도가 2.39, 산림이 2.27로 가장 낮았다. 통계적으로 조사지 간의 종수와 종다양도를 비교할 결과, 종수와 종다양도 모두 개별지와 산림에서만 유의한 차이를 나타냈다. 구간별 유사도는 개별지와 임도가 0.74로 가장 높았고 임도와 산림이 0.51로 가장 낮았다(Table 2). 공통종은 개별지와 임도가 17종, 개별지와 산림이 11종, 산림과 임도가 9종 순이었다.

Table 1. Butterflies observed at three study sites in Gwangneung forest. See text for butterfly survey method and definition of food niche breadth, habitat type, and red list. Habitat type: FI, forest inside species; FE, forest edge species; GL, grassland species. Red list: VU, vulnerable species. Forest is plantation of *Pinus koraiensis*

Species	Korean name	Clear cutting area	Forest road	Forest	Total	%	Food niche breadth	Habitat type	Red list
Papilionidae									
<i>Parnassius stubbendorffi</i>	호랑나비과 모시나비	8	3		11	2.8	Specialist	GL	
<i>Papilio xuthus</i>	호랑나비	27	23	3	53	13.3	Generalist	GL	
<i>Papilio macilentus</i>	긴꼬리제비나비			1	1	0.3	Generalist	FE	
<i>Papilio bianor</i>	제비나비	5	6	2	13	3.3	Generalist	FI	
Pieridae									
<i>Leptidea amurensis</i>	흰나비과 기생나비	2			2	0.5	Specialist	GL	VU
<i>Pieris melete</i>	큰줄흰나비	7	34	10	51	12.8	Generalist	FE	
<i>Pieris canidia</i>	대만흰나비	2	8	2	12	3.0	Generalist	FE	
<i>Colias erate</i>	노랑나비	4			4	1.0	Generalist	GL	
Lycenidae									
<i>Coreana rophaelis</i>	부전나비과 붉은머굴빛부전나비		1		1	0.3	Specialist	FI	
<i>Japonica lutea</i>	골빛부전나비	1			1	0.3	Specialist	FI	
<i>Antigius butleri</i>	담색긴꼬리부전나비	1			1	0.3	Specialist	FI	
<i>Zizeeria maha</i>	남방부전나비	18	11		29	7.3	Specialist	GL	
<i>Cupido argiades</i>	암막부전나비	6	3		9	2.3	Generalist	GL	
<i>Celastrina argiolus</i>	푸른부전나비	1	2		3	0.8	Generalist	FE	
Nymphalidae									
<i>Libythea lepita</i>	네발나비과 플나비	22	46	1	69	17.3	Specialist	FI	
<i>Kirinia epaminondas</i>	황알라그늘나비			1	1	0.3	Generalist	FE	
<i>Mycalopsis gotama</i>	부처나비	1	3		4	1.0	Generalist	FE	
<i>Lethe diana</i>	머그늘나비			1	1	0.3	Generalist	FI	
<i>Argynnis laodice</i>	흰줄표범나비	11	17	1	29	7.3	Specialist	GL	
<i>Argynnis rursilana</i>	큰흰줄표범나비	17	4	1	22	5.5	Specialist	GL	
<i>Argynnis niobe</i>	은점표범나비	12		1	13	3.3	Specialist	GL	VU
<i>Limenitis helmanni</i>	제일줄나비		5		5	1.3	Generalist	FE	
<i>Neptis sappho</i>	에기세줄나비	2	2	2	6	1.5	Generalist	FE	
<i>Neptis philyra</i>	세줄나비		3		3	0.8	Generalist	FI	
<i>Neptis philyroides</i>	참세줄나비	1	3		4	1.0	Generalist	FI	
<i>Neptis alwina</i>	왕세줄나비		1		1	0.3	Generalist	FE	
<i>Hestina assimilis</i>	홍점알라나비	1			1	0.3	Specialist	FI	
<i>Sasakia charonda</i>	왕오색나비	1	1		2	0.5	Specialist	FI	
<i>Vanessa indica</i>	큰뿔쟁이나비	5			5	1.3	Generalist	GL	
<i>Polygonia c-aureum</i>	네발나비	26	1		27	6.8	Specialist	GL	
<i>Kamiska canace</i>	창피신선나비	4	4	2	10	2.5	Generalist	FE	
Hesperiidae									
<i>Daimio tethys</i>	팔랑나비과 왕자팔랑나비	3		1	4	1.0	Specialist	FE	
Species richness	종수	25	21	14	32				
Abundance	개체수	188	181	29	398				

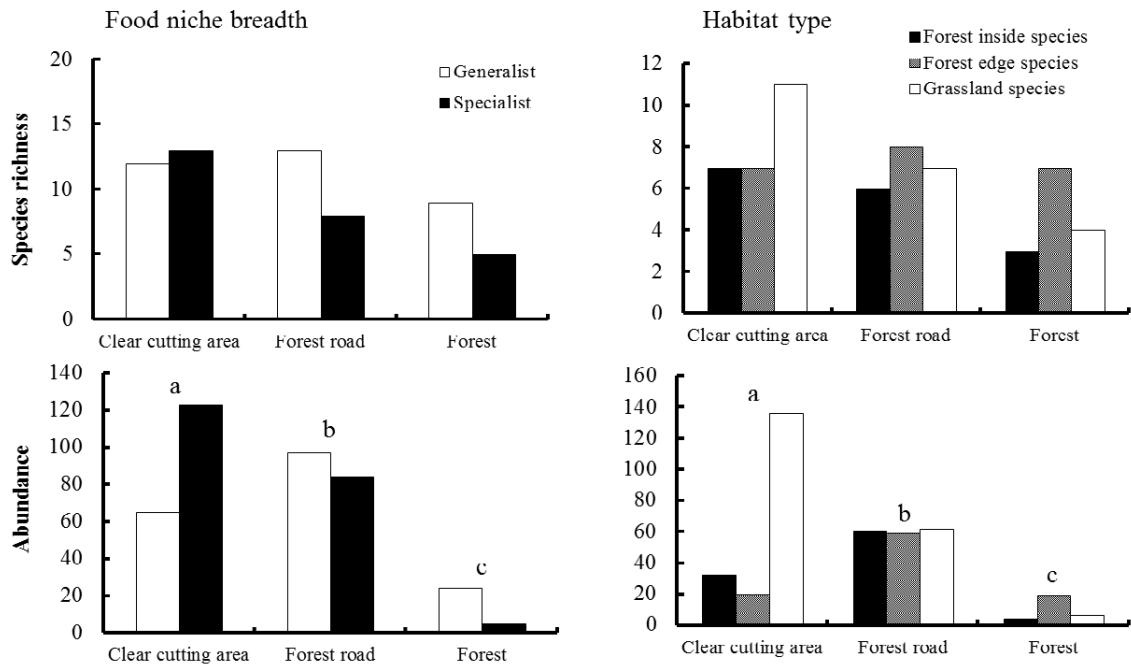


Fig. 2. Species richness (number of species) and abundance (number of individuals) of butterflies observed at study sites according to food niche breadth and habitat type. Different letters on the bars indicate significant difference among study sites using χ^2 -test between two groups.

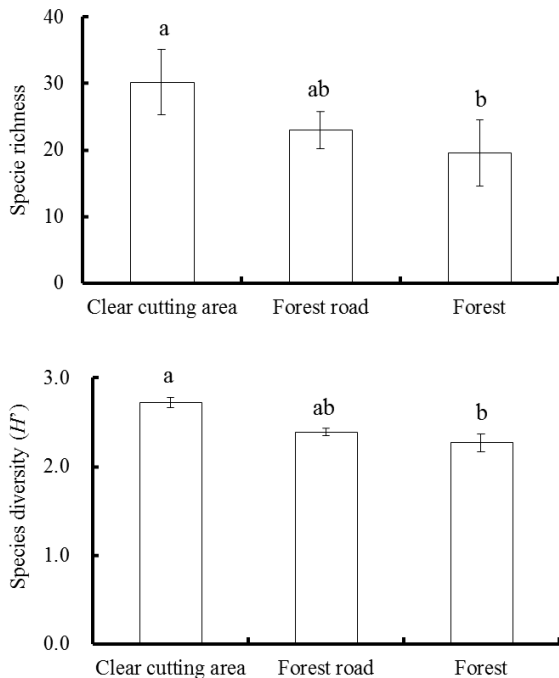


Fig. 3. Species richness (number of species) and species diversity (H') of butterfly communities at three study sites. Species richness was estimated by algorithm of Chao 1 (Chao, 1984) and species diversity was estimated by Shannon's diversity index (H'), using Estimate S (Colwell et al., 2004). The error bars indicate one standard deviation ($n = 11$). Different letters on the bars indicate significant difference among study sites.

Table 2. Similarity (Sørensen index: upper right) and number of common species (lower left) of butterfly communities among three study sites

	Clear cutting area	Forest road	Forest
Clear cutting area	-	0.74	0.56
Forest road	17	-	0.51
Forest	11	9	-

고찰

본 연구결과 먹이생태지위 범위와 서식처 유형에서 종수는 차이가 나타나지 않았지만, 개체수에서는 특수종이 개별지에 많았고 초지종도 개별지에서 유의하게 많은 것을 알 수 있었다. 추정종수와 종다양도도 개별지가 임도와 산림과 비교하여 더 높았다. 이런 결과는 개별지에서 초지성 나비와 특수종이 증가할 것이라는 예상과 일치했다. 개별지는 잣나무를 조림하였기 때문에 잣나무 관리를 목적으로 풀베기가 2회 실시되어 지속적으로 초지의 형태로 유지되고 있다. 식생이 초지로 바뀌면서 나비유층의 먹이식물을 제공할 뿐만 아니라 성충의 흡밀원과 교미장소를 제공하기 때문에 생태적으로 매우 가치가 있다(Özden and Hodgson, 2011). 본 조사기간 중 개별지에서 호랑나비와 큰흰줄표범나비가 초본 위에서 교미를 했으며 큰흰줄표범나비와 큰멋쟁이나비는 까치수염(*Lysimachia barystachys*)과 개망

초(*Erigeron annuus*) 등을 흡밀했고, 왕오색나비는 점유행동을 하는 것이 관찰되었다. 개별 후 열린공간이 형성되어 다양한 초본이 번성하여 나비들이 모여든 것으로 생각된다. 이 결과는 월출산에서 산지에 조성된 저수지 재방의 초지 공간에서 다양한 나비가 서식한다는 Kim et al. (2013)의 연구결과와 같다. Lee et al. (2013)의 광릉숲에서 나비의 다양성에 관한 연구에 의하면, 자연림과 조림지보다 수목원과 같이 다양한 타입의 서식처가 있는 곳에서 나비의 다양성이 높았다. 나비의 종수와 종다양도는 식물의 종수와 정(種)의 상관관계가 있고(Kitahara and Watanabe, 2001), 나비의 종수는 관속식물 종수, 흡밀식물 종수와 초본의 종수와 정(種)의 상관관계가 있다고 알려져 있다(Kitahara et al., 2008). 또한 Kitahara and Sei (2001)는 멸종위기종 나비가 반자연초지(semi-natural grassland)에 비교적 풍부하기 때문에 반자연초지를 보호해야 한다고 강조했다. 본 조사에서도 환경부 취약종 기생나비와 은점표범나비의 대부분의 개체가 개별지에서 관찰되었다. 기생나비와 은점표범나비는 광릉숲에서 이루어진 11년간의 연구(Kwon et al., 2009)에서 확인되지 않았고, 2011년에 이루어진 Lee et al. (2013)의 연구에서 본 조사지역과 같은 곳에서는 확인되지 않았다. 따라서, 개별 후 초지가 형성되고 새롭게 유입된 종이라고 생각된다. Kwon et al. (2013)의 연구에 의하면, 울진에서 발생한 산불 후 새롭게 형성된 초지에서 왕은점표범나비가 발생하였다. 한국에서 왕은점표범나비 쇠퇴의 가장 큰 원인은 초지의 감소에 있다(Fukuda 1997, 2006; Kim et al., 2011). 또한, 산부전나비(*Lycaeides subsolanus*), 큰홍띠점박이푸른부전나비(*Shijimiaeooides divinus*), 여름어리표범나비(*Mellicta ambigua*), 봄어리표범나비(*Melitaea britomartis*) 등의 나비들 쇠퇴의 원인 중 하나는 초지의 감소에 있다(Choi and Kim, 2012).

초지성 나비가 서식할 수 있는 자연초지는 1970년대에서 1990년에 이르는 30여년 동안 적극적인 녹화사업으로 인하여 한국에서는 크게 감소했고, 전체국토에서 초지는 0.4%만을 차지하고 있다(Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, 2011). 이러한 결과를 통하여 산림생태계에서 나비의 다양성을 유지하기 위해서는 초지를 보전하고 유지해야만 할 것이다. Inoue (2003)의 연구에 의하면, 초지성 나비를 위한 지속 가능한 단계는 벌채 후 1-2년 뿐이며, 3-4년이 지나면 주변 식생이 지표성 초본류를 덮어버려 초지성 나비의 서식처로서의 기능이 쇠퇴한다. 나비의 기주식물은 대부분 낮고 적당한 그늘이 필요하지만 그늘이 증가하면 유충의 기주식물의 양과 질이 떨어지고 성충의 흡밀식물을 감소시키기 때문에 나비군집에 부정적인 영향을 미칠 것이다(Sparks et al., 1996; Smallidge and Leopold, 1997). 인간활동에 의해 만들어진 임도나 열린공간은

나비유충의 먹이원 및 성충이 흡밀원이 될 수 있는 초본성 식물이 유지되는 천이 초기단계를 만들 것이다. 초지의 조성관리는 시간적, 공간적 변화를 조절하며 장기간 관리를 실시해야 할 것이다(Lee et al., 2013).

본 연구에서 임도 또한 나비에게 중요한 이용공간으로 나타났다. 나비의 종수와 종다양도는 개별지와 산림에서 유의한 차이가 나타났지만, 임도와는 차이를 나타나지 않았다. 먹이서식처지위 범위에서 특수종의 종수와 개체수는 개별지보다는 적고 산림보다는 많았다. 조사 중에 많은 수의 빨나비(*Libythea lepita*)와 흰줄표범나비(*Argynnis laodice*)가 임도 위에서 날개를 펴고 일광욕을 하는 것이 관찰되었다. 산림생태계에서 식생 천이가 진행되어 초지가 사라지고 관목림으로 변하면 임도가 초지성나비의 임시 서식처 역할을 할 것이라 생각된다. 산림성 나비 또한 성충과 유충이 특정한 서식처를 선호하는 것이 알려져 있다(Sparks et al., 1996). 성충은 체온조절을 위한 햇빛과 대피처가 필요하고 유충은 알맞은 미기후와 식생구조를 요구한다(Sparks et al., 1996). 본 조사에서 임도에서 숲내종과 숲가장자리종의 개체수는 개별지와 산림보다 더 많았다. 따라서 임도는 산림생태계에서 초지성과 산림성 나비를 위한 서식처의 역할도 하는 것으로 판단된다. 또한, 임도는 나비가 서식처를 이동할 때 이용하는 통로로 중요한 기능을 할 것으로 생각되면 임도에 고인 물웅덩이 등은 나비의 흡수장소로 자주 이용된다(Lee, C.M., unpublished observation).

본 연구에서 산림은 나비의 종수와 종다양도가 가장 낮았다. 또한 숲내종 또한 가장 적었다. 연구가 진행된 산림은 수고 12-15 m의 잣나무 단일림으로 울폐도가 낮고 하층식생이나 관목림이 그다지 발달하지 않았다. 산림에서 관찰된 나비 중 청띠신선나비(*Kaniska canace*), 황알락그늘나비(*Kirinia epaminondas*)와 먹그늘나비(*Lethe diana*) 이외에는 대부분 빠르게 산림을 빠져나갔다. 이런 연구결과는 자연림이나 조림지에 관계없이 울폐도가 낮아 나비가 선호하는 환경이 아니기 때문이라고 생각된다.

Houlihan et al. (2013)은 산림쇠퇴는 교란된 환경을 선호하는 일반종(generalist)이 증가하여 나비 다양성에 크게 영향을 준다고 지적했다. 그러나 본 연구결과에서는 개별지에서 특수종의 개체수가 월등히 많았다. 이런 결과는 남방부전나비, 큰흰줄표범나비, 네발나비 등과 같은 초지성 특수종의 증가 때문이다. 본 연구에서는 먹이식물만을 이용하여 일반종과 특수종을 나누었기 때문에 기존의 연구결과와 다른 결과가 나온 것이라고 생각된다. 그러나 먹이생태지위 범위는 초지에 대한 나비군집의 특성을 잘 반영한 것으로 판단된다. 앞으로 나비를 지표종으로 이용하기 위해서는 각종의 생활사 및 생태가 더욱 연구될

필요가 있을 것이다.

개별로 인해 형성된 초지는 나비뿐만 아니라 초지를 의존해 살아가는 많은 생물에게 서식지를 제공할 것이다. 조사 중 초지에서만 많은 수의 메뚜기와 귀뚜라미 등을 확인할 수 있었고, 이들은 양서류, 조류, 소형 포유류 등의 먹이원이 될 것이다. 지속 가능한 산림경영(Sustainable forest management; SFM)의 중요한 목적은 생물다양성을 보전하는 것이다(Lee et al., 2008). 생물다양성이란 유전자다양성, 종다양성과 서식지다양성의 총합이다(Groombridge, 1992). 본 연구결과 뿐만 아니라 선행 연구에서 산림생태계에서 초지의 중요성을 알 수 있다(Kitahara and Sei, 2001; Inoue, 2003; Lee et al., 2013). 산림만을 위한 정책은 초지에 의존하여 살아가는 많은 생물을 쇠퇴시킬 것이다. 산림청은 산림을 목재산림, 수원함양림, 산지재해방지림, 자연환경 보전림, 산림휴양림, 생활환경 보전림으로 구분하여 관리하고 있다(Lee et al., 2008). 앞으로는 산림생물다양성의 보존 및 지속 가능한 이용을 위한 산림 생물다양성 기본계획을 수립 시에 산림생태계에서 초지유지 및 관리의 중요성을 인식하고 계획에 반영하는 것이 필요할 것이다.

사 사

본 연구는 국립산림과학원의 연구과제(지구환경변화에 대응한 장기생태연구, 과제번호: FE0100-2004-02)에서 수행되었다.

Literature Cited

- Bengtsson, J., Nisson, S.G., Franc, A., Menozz, P., 2000. Biodiversity, disturbances, ecosystem function and management of European forests. *For. Ecol. Manage.* 132, 39-50.
- Chao, A., 1984. Nonparametric Estimation of the Number of Classes in a Population. *Scand. J. Statist.* 11, 265-270.
- Choi, S.W., Kim, S-S., 2012. The past and current status of endangered butterflies in Korea. *Entomol. Sci.* 15, 1-12.
- Colwell, R.K., 2005. Estimate S: statistical estimation of species richness and shared species from sample. Version 7.5 User's Guide and application published at : <http://puri.ocic.org/estimates>.
- Colwell, R.K., Mao, C.X., Chang, J., 2004. Interpolating, extrapolating, and comparing incidence-based species accumulation curves. *Ecology* 85, 2717-2727.
- DeGraaf, R.M., 1991. Breeding bird assemblages in managed northern hardwood forests in New England. In: Rodiek, J.E., Bolen, E.G. (Eds.), *Wildlife and habitats in managed landscapes*. Island Press, Washington, DC, pp. 154-171.
- Fukuda, H., 1997. Ecology and conservation of *Fabriciana nerippe* (Nymphalidae) in southern Kyushu, Japan (Part 2). *Butterflies* 17, 22-32. (In Japanese with English summary)
- Fukuda, H., 2006. [Why has the number of *Fabriciana nerippe* (Nymphalidae) declined?] *Insect and Nature* 41, 12-15. (In Japanese)
- Groombridge, B., 1992. *Global biodiversity: Status of the earth's living resources. A report compiled by the world conservation monitoring centre*, Chapman and Hall, London, Glasgow, New York, Tokyo, Melbourne, Madras.
- Hansen, A.J., Spies, T.A., Swanson, F.T., Ohmann, J.L., 1991. *Conserving biodiversity in managed forests*. American Institute of Biological Sciences 61, 382-392.
- Houlihan, P.R., Harrison, M.E., Cheyne, S.M., 2013. Impacts of forest gaps on butterfly diversity in a Bornean peat swamp forest. *J. Asia Pac. Entomol.* 16, 67-73.
- Inoue, T., 2003. Chronosequential change in a butterfly community after clear-cutting of deciduous forests in a cool temperate region of central Japan. *Entomol. Sci.* 6, 151-163.
- Kim, C.S., 1995. Clearcutting effects on soil nitrogen mineralization in *Quercus rubra* and *Pinus resinosa* Stands. *Jour. Korean For. Soc.* 84, 198-206.
- Kim, D-S., Park, D-S., Oh, H-S., Kim, D-H., Jeong, J-C., 2013. Butterfly community monitoring on Wolchulsan National Park in Korea. *Korean J. Environ. Ecol.* 27, 196-203.
- Kim, J.S., Hong, J.K., Jo, Y.C., Bae, K.H., 2010. Edge-related responses of understory vegetation to clear-cutting harvest in *Pinus densiflora* Forest. *Jour. Korean For. Soc.* 130-132.
- Kim, S-S., Seo, Y.H., 2012. *Life histories of Korean butterflies*. Publishing Sagyejeil, Seoul, 538 pp.
- Kim, S.S., Lee, C.M., Kwon, T-S., 2011. The butterfly community in Is. Guleopdo, Korea and the dominance of the endangered species *Argynnis nerippe*. *Korean J. Appl. Entomol.* 50, 115-123. (In Korean with English abstract)
- Kitahara, M., Fujii, K., 1994. Biodiversity and community structure of temperate butterfly species within a gradient of human disturbance: An analysis based on the concept of generalist vs. specialist strategies. *Res. Popul. Ecol.* 36, 187-199.
- Kitahara, M., Sei, K., 2001. A comparison of the diversity and structure of butterfly communities in semi-natural and human-modified grassland habitats at the foot of Mt. Fuji, central Japan. *Biodivers. Conserv.* 10, 331-351.
- Kitahara, M., Watanabe, M., 2001. Relationships of butterfly diversity to vegetational species richness in and around the Aokigahara woodland at the northern foot of Mt. Fuji, central Japan. *Jpn. J. Environ. Entomol. Zool.* 12, 131-145.
- Kitahara, M., Yumoto, M., Kobayashi, T., 2008. Relationship of butterfly diversity with nectar plant species richness in and around the Aokigahara primary woodland of Mount Fuji, central Japan. *Biodivers. Conserv.* 17, 2713-2734.

- Kuuluvainen, T., 2009. Forest management and biodiversity conservation based on natural ecosystem dynamics in northern Europe: the complexity challenge. *Ambio*: 38, 309-315.
- Kwon, T-S., Byun, B-K., Lee, B-W., Lee, C-Y., Shon J-D., Kang S-H., Kim S-S., Kim Y-K., 2009. Estimation of species richness of butterfly community in the Gwangneung Forest, Korea. *Korean J. Appl. Entomol.* 48: 439-445.
- Kwon, T-S., Kim, S-S, Lee, C.M., Jung, S.J., 2013. Changes of butterfly communities after forest fire. *J. Asia Pac. Entomol.* 16, 361-367.
- Kwon, T-S., Kim, S-S., Chun, J.H., Byun, B.K., Lim, J-H., Shin, J.H., 2010. Changes in butterfly abundance in response to global warming and reforestation. *Environ. Entomol.* 39, 337-345.
- Lee, C.M., Kwon, T-S., 2012. Characterization of the butterfly community of a fragmented urban forest, Hongneung Forest. *Korean J. Appl. Entomol.* 51, 317-323.
- Lee, C.M., Kwon, T-S., Kim, S-S., Sohn, J-D., Lee, B-W., 2013. Effects of forest degradation on butterfly communities in the Gwangneung Forest. *Entomol. Sci.* doi:10.1111/ens.12062.
- Lee, D.G., Gang, H.S., Koo, C.D., Kwon, K.C., Kim, G.T., Kim, H., Combalicer, M.S., Batkhuu, N-O., Park, B.B., Park, Y.D., Park, I.H., Park, J.I., Park, P.S., Park, H., Suh, M.H., Sung, J.H., Shin, J.H., Naing, T.O., Um, T.W., Woo, S.Y., Lee, K.H., Lee, Y.G., Lee, Y.K., Lim, J.H., Cho, K.J., Choi, S.D., Tran, V.D., Phongoudome, C., Ho, W.M., 2008. Ecological management of forests. Seoul National University Press.
- Maleque, M.A., Maeto, K., Ishii, H.T., 2009. Arthropods as bioindicators of sustainable forest management, with a focus on plantation forests. *Appl. Entomol. Zool.* 44, 1-11.
- Michal, B., Rafal, Z., 2014. Responses of small mammals to clear-cutting in temperate and boreal forests of Europe: a meta-analysis and review. *Eur. J. Forest Res.* 133, 1-11.
- Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, 2011. Year Book of 2010. Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, Seoul.
- National Institute of Biological Resources, 2012. Red data book of endangered insects in Korea I.
- Özden, Ö., Hodgson, D.J., 2011. Butterflies (Lepidoptera) highlight the ecological value of shrubland and grassland mosaics in Cypriot garrigue ecosystems. *Eur. J. Entomol.* 108, 431-437.
- Paillet, Y., Bergès, L., Hjäältén, K., Ódor, P., Avon, C., Bernhardt-Römermann, Bijlsma R-J., Bruyn, L.D., Fuhr, M., Grandin, U., Kanka, R., Lundin, L., Luque, S., Magura T., Matesanz, S., Mészáros, I., Sebastià, M-T., Schmidt, W., Standovár, T., Tóthmérész, B., Uotila, A., Valladres, F., Vellak, K., Virtanen, R., 2010. Biodiversity differences between managed and unmanaged forests: Meta-analysis of species richness in Europe. *Conserv. Biol.* 24, 101-112.
- Park, J-H., 2002. Influences of clearcutting of timber harvesting on stream water quality. *Korean J. Limnol.* 35, 45-51.
- Pollard, E., Yates, T.J., 1993. Monitoring butterflies for ecology and conservation. Conservation biology series. Chapman & Hall, Institute of Terrestrial Ecology & Nature Conservation Committee, London, United Kingdom.
- Rainio, J., Niemelä, J., 2003. Ground beetles (Coleoptera: Carabidae) as bioindicators. *Biodivers. Conserv.* 12, 487-506.
- Shannon, C.E., Weaver, W. 1949. A mathematical theory of communication. 117 pp. Urbana, IL: University of Illinois press.
- Smallidge, P.J., Leopold, D.J., 1997. Vegetation management for the maintenance and conservation of butterfly habitats in temperate human-dominated landscapes. *Landscape Urban Plan.* 38, 259-280.
- Sørensen, T.A., 1948. A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content and its application to analysis of the vegetation on Danish commons. *Biol. Skr. K. Danske Vidensk. Selsk.* 5, 1-34.
- Sparks, T.H., Greatorex-Davies, J.N., Mountford, J.O., Hall, M.L., Marrs, R.H., 1996. The effects of shade on the plant communities of rides in plantation woodland and implications for butterfly conservation. *For. Ecol. Manage.* 80, 197-207.
- Thomas, C.D., 1995. Ecology and conservation of butterfly metapopulations in the fragmented British landscape. Chapman and Hall, London.