

## 격리된 도시숲, 홍릉숲 나비군집의 특성

이철민 · 권태성\*

국립산림과학원 산림생태연구과

## Characterization of the Butterfly Community of a Fragmented Urban Forest, Hongneung Forest

Cheol Min Lee and Tae-Sung Kwon\*

Division of Forest Ecology, Korea Forest Research Institute, Seoul 130-712, Republic of Korea

**ABSTRACT:** Fragmented urban forests, as green islands within urban area, are the primary habitats for a vast number of different organisms inhabiting large cities. The areas of the urban forests are usually small, and hence, the proportion of the forest edge is relatively high. It is therefore expected that overall butterfly diversity may be lower than that of suburban or rural forests, and that those of grassland species, forest edge species, and generalist species with a wider niche breadth may be richer. Butterflies were surveyed weekly by the line transect method in order to characterize the butterfly community of the Hongneung Forest, a fragmented urban forest in Seoul. Butterfly richness of the study forest is much lower than those of main forests around or in Seoul. Grassland species, forest edge species, and generalist species were found to be richer, which was in agreement with the expected patterns of urban butterfly communities. Also, an endangered species, *Spindasis takanonis*, was observed in the Hongneung Forest, showing that urban forests play important roles for conservation of rare species.

**Key words:** Butterfly, Hongneung forest, Urbanization, Habitat type, Niche breadth, Conservation

**초록:** 녹색 섬의 형태로 존재하는 도시숲은 대도시에서 서식하는 생물들의 주 서식공간이다. 도시숲은 면적이 적고, 임연부의 비율이 높다. 이러한 특성 때문에 도시 외곽의 산림의 나비군집에 비해 도시숲의 나비군집은 종다양성이 낮고, 초지종, 숲가장자리종과 생태지위 범위가 더 넓은 일반종의 비율이 높을 것으로 예상된다. 이러한 사실을 밝히기 위해 전형적인 도시숲인 홍릉숲에서 나비를 선조사법으로 주별로 조사하였다. 홍릉숲의 나비군집은 도시외곽의 산림에 사는 나비군집에 비해 종다양성이 월등히 낮았고, 초지종, 숲가장자리종과 일반종의 비율이 높아 예측되는 것과 동일한 결과를 얻었다. 홍릉숲에서 멸종위기 2급종인 쌍꼬리부전나비가 관찰됨으로서, 도시숲은 희귀종의 보존에 중요한 역할을 한다고 할 수 있다.

**검색어:** 나비, 홍릉숲, 도시화, 서식처 유형, 생태지위 범위, 보존

현재, 전세계적으로 도시지역이 증가하고 있다(UNFPA, 2007; McDonald *et al.*, 2008; Vimal *et al.*, 2012). 도시지역의 확대는 다른 생물들의 생존에 적합한 서식처를 감소시켜 생물다양성의 감소를 초래한다(McKinney, 2002; Lee and Ishii, 2009). 따라서, 도시지역에 있으면서 다양한 서식처를 유지하고 있는 도시숲은 생물다양성 보존을 위해 중요성이 증가하고 있다

(Imai, 1998; Cornelis and Hermy, 2004). 그러나, 양서류, 조류, 나비, 잠자리 등과 같은 많은 연구에서 도시숲을 교외의 숲과 비교했을 때 개체수가 적거나 종구성이 다른 것으로 나타났다(Ishii *et al.*, 1991; Osawa and Katsuno, 2005; Kawase and Natuhara, 2007; Motegi and Yanai, 2005).

어떤 지역의 환경상태를 파악하기 위해서는 지표생물을 대상으로 하여 조사하는 것이 널리 행해지고 있다(Pearce and Venier, 2006; Maleque *et al.*, 2009). 나비는 조사가 쉽고 다양성이 높으며 생활사가 잘 알려져 있으며, 환경변화에 민감하기 때

\*Corresponding author: insectcom@korea.kr

Received July 3 2012 ; Revised July 19 2012

Accepted August 10 2012

문에 육상생태계의 지표생물로 적합하다(Parmesan *et al.*, 1999; Honda and Kato, 2005; Kwon *et al.*, 2010). 나비는 곤충류 중에서 비교적 대형으로 관찰만으로 대부분의 종이 동정 가능하여 선조사법으로 정량적인 조사가 가능하다(Pollard and Yates, 1993). 또한, 나비군집은 도시화에 따라 군집구성이 뚜렷하게 바뀌는 것으로 알려져 있다(Hiura, 1973; Blair and Launer, 1997; Ishii, 2001). 예를 들면, 일본의 오사카의 경우, 1930년대에 48종이 서식했지만, 도시화가 진행된 1990년대에는 25종까지 감소한 것이 알려져 있다(Imai, 1998). 하지만, 국내에서는 도시숲 나비에 대한 연구는 이루어지지 않았다.

우리나라는 1960년대 이후 급속하게 경제가 발전함에 따라 도시화가 빠르게 진행되었으며, 인구의 도시집중이 가속화되었다(Kim, 2008). 현재 우리나라 인구의 약 48%가 서울 및 주변 수도권지역에 살고 있다. 서울 도심에 있는 많은 도시숲은 주변의 산림과는 분리되어 일종의 녹색섬의 상태로 존재한다. 도시숲에 서식하는 곤충들의 경우에는 다양성이 섬 효과(격리 효과)로 인해 연속된 산림에 비해 낮을 것이고 (MacArthur and Wilson, 1967; Fujita *et al.*, 2008), 임연부의 비율이 높아지기 때문에 산림성 종은 줄어들고 초지성 종이나 임연부에 사는 종들은 증가할 것으로 예상된다. 그리고 좁은 서식면적으로 인해 서식범위가 좁은 특수종(Specialist species) 보다는 서식범위가 넓은 일반종(Generalist species)의 비율이 높아질 것으로 예상된다. 이처럼 예상되는 현상들을 확인하기 위해 전형적인 도시숲인 홍릉숲에서 나비를 조사하였다. 홍릉숲은 도심부에 위치하여 서울 근교의 산림과는 격리된 도시숲으로 국립산림과학원의 시험림이다. 홍릉숲에는 2000여종의 다양한 식물이 서식하고 있으며(Jo *et al.*, 2011), 곤충으로는 개미가 28종이 서식하며, 이 중 다수의 종들은 자연보존 상태가 양호한 산림에서 서식하는 전형적인 산림성 종들이다 (Kwon *et al.*, 2011).

## 재료 및 방법

### 조사지

조사는 서울시에 위치한 홍릉숲(N37°35', E127°02')에서 실시하였다. 홍릉숲은 1922년 우리나라 최초로 수목원이 조성된 곳으로서 현재는 약 41 ha 면적에 침엽수원, 활엽수원, 초본식물원, 관목원, 난대식물원, 조경수원, 약용식물원, 외국수목원이 조성되어 있으며 157과 2,035종(목본 1224종: 국내종 836, 국외종 388; 초본 811종)의 식물이 자라고 있다(Jo *et al.*, 2011). 연평균 기온은 11.1°C 이며, 강수량은 1,259 mm이다. 홍릉숲은 도시화로 인하여 주변의 산림과는 분단되어 있다. 홍릉숲과 가장 가

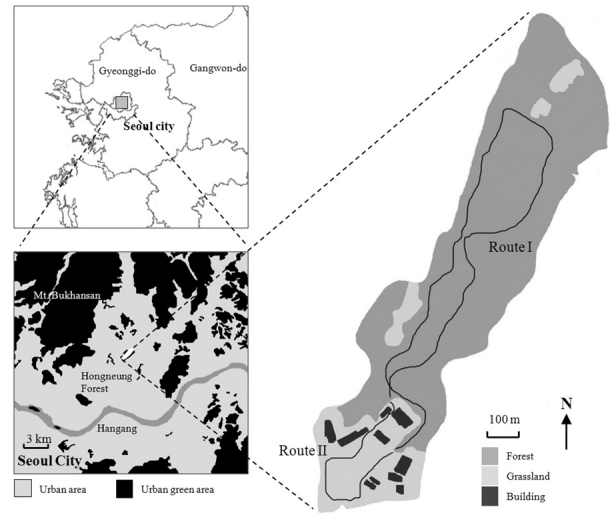


Fig. 1. Map of the study site (Hongneung Forest) in Seoul.

까운 산림인 북한산은 약 4 km 정도 떨어져 있으며, 가장 가까운 도시숲(N37°36', E127°03')은 1.5 km 정도 떨어져 있다.

### 조사방법

나비조사는 정해진 루트를 천천히 이동하며 관찰되는 종들을 기록하는 선조사법(Line Transect Method)을 이용했으며, 식별이 어려운 종들은 포충망으로 채집하여 동정 후 풀어주었다. 조사는 소나무림, 화백림, 참나무림 등으로 구성된 1구간(3 km)과 잔디밭, 약용식물원, 초지 등으로 이루어진 2구간(1 km)에서 2011년 4월부터 11월까지 총 32회 실시했다(Fig. 1).

### 서식처 유형과 생태지위 범위

홍릉숲에서 관찰된 나비들의 특성을 서식처 유형(Habitat types)과 생태지위 범위(Niche breadth) 두 가지 측면에서 검토하였다. 서식처 유형은 유충의 서식처에 따라 초지종(Grassland Species, GL), 숲가장자리종(Forest edge species, FE), 숲내종(Forest inside species, FI)으로 구분하였다(Kwon *et al.*, 2010). 각 종들의 서식처는 Kim(2012)을 따랐다. 어떤 종의 생물이 살아가는데 필요한 요구조건을 의미하는 생태지위(niche)는 온도, 습도, 시간, 먹이 등 다양한 요인으로 구성된 다차원 가상공간(Multi-dimensional hypervolume)으로 가정할 수 있다(Hutchinson, 1957). 그러나 우리나라에 서식하는 나비의 종별 정보가 거의 완벽한 것은 세대수뿐이므로, 본 연구에서는 이를 이용하여 생태지위 범위(Niche breadth)를 구분하였다. 여러 시기에 출현하는 다세대종(Multi-voltinism species)들은 시간을 넓게 이용한다

고 볼수 있기 때문에 일반종(Generalist species)으로, 한 시기에  
만 출현하는 단세대 종(Uni-voltinism species)들은 시간을 좁게  
이용하기 때문에 특수종(Specialist species)으로 볼 수 있다  
(Kitahara and Fujii, 1994). 한 시기에만 출현하는 종의 먹이식  
물이나 흡밀식물의 종류는 여러 번 출현하는 종의 그것에 비해  
적용 가능성이 높다. 본 연구에서는 일년에 성충이 1번 발생하  
는 종들은 특수종, 2번 이상 발생하는 종은 일반종으로 구분하  
였다.

## 다양성과 통계분석

나비의 다양도는 Shannon and Weaver(1949)의 종다양도  
( $H'$ )로 종풍부도의 추정치는 Chao 1(Chao, 1984)의 방법으로  
Estimate S를 이용하여 계산하였다(Colwell, 2005). 구간별 종  
다양도와 종풍부도는 Estimate S에서 계산된 평균과 표준편차  
를 이용하여 t-test로 비교하였다. 서식처 유형과 생태지위 범위  
에 따른 종풍부도(종수)와 풍부도(개체수)의 차이를 비교하기

**Table 1.** Butterflies observed at two routes in the Hongneung Forest in Seoul. See text for definition of habitat types and niche breadths. Habitat types, FI: forest inside species, FE: forest edge species, and GL: grassland species. Letters in species diversity indicate significant difference between two routes ( $P < 0.001$ )

Species name	Korean name	Route		Total	%	Habitat type	Niche breadth
		I	II				
Papilionidae 호랑나비과							
<i>Papilio bianor</i> Cramer	제비나비	16	5	21	1.4	FI	Generalist
<i>Papilio macilentus</i> Janson	긴꼬리제비나비	5	1	6	0.4	FE	Generalist
<i>Papilio xuthus</i> Linnaeus	호랑나비	1	1	2	0.1	GL	Generalist
Pieridae 흰나비과							
<i>Anthocharis scolymus</i> Butler	갈구리나비	7	3	10	0.7	FE	Specialist
<i>Colias erate</i> (Esper)	노랑나비	1	1	2	0.1	GL	Generalist
<i>Pieris canidia</i> (Sparman)	대만흰나비	395	207	602	39.8	FE	Generalist
<i>Pieris melete</i> Ménétrières	큰줄흰나비	50	112	162	10.7	FE	Generalist
<i>Pieris rapae</i> (Linnaeus)	배추흰나비	73	382	455	30.1	GL	Generalist
Lycaenidae 부전나비과							
<i>Antigius attilia</i> (Bremer)	물빛긴꼬리부전나비		1	1	0.1	FI	Specialist
<i>Callophrys ferreus</i> (Butler)	솟빛부전나비	4	1	5	0.3	FE	Specialist
<i>Lycaena dispar</i> (Haworth)	큰주홍부전나비		1	1	0.1	GL	Generalist
<i>Celastrina argiolus</i> (Linnaeus)	푸른부전나비	20	7	27	1.8	FE	Generalist
<i>Cupido argiades</i> (Pallas)	암먹부전나비	4	4	8	0.5	GL	Generalist
<i>Japonica lutea</i> (Hewitson)	굴빛부전나비	1		1	0.1	FI	Specialist
<i>Zizeeria maha</i> (Kollar)	남방부전나비	18	93	111	7.3	GL	Generalist
<i>Rapala caerulea</i> (Bremer et Grey)	범부전나비		1	1	0.1	FE	Generalist
<i>Spindasis takanonis</i> (Matsumura)	쌍꼬리부전나비	1		1	0.1	FE	Specialist
<i>Tongeia fischeri</i> (Eversmann)	먹부전나비	10	21	31	2.0	GL	Generalist
Nymphalidae 네발나비과							
<i>Argynnis ruslana</i> Motschulsky	큰흰줄표범나비	9	15	24	1.6	GL	Specialist
<i>Vanessa cardui</i> (Linnaeus)	작은멋쟁이나비		3	3	0.2	GL	Generalist
<i>Argynnis niobe</i> (Linnaeus)	은점표범나비		1	1	0.1	GL	Specialist
<i>Hestina persimilis</i> (Westwood)	흑백알락나비		1	1	0.1	FI	Generalist
<i>Kaniska canace</i> (Linnaeus)	청띠신선나비	4	2	6	0.4	FE	Generalist
<i>Libythea lepita</i> Moore	빨나비	5	2	7	0.5	FI	Specialist
<i>Neptis sappho</i> (Pallas)	애기세줄나비	2	2	4	0.3	FE	Generalist
<i>Polygonia c-aureum</i> (Linnaeus)	네발나비	3	4	7	0.5	GL	Generalist
<i>Vanessa indica</i> (Herbst)	큰멋쟁이나비	2	1	3	0.2	GL	Generalist
Hesperiidae 팔랑나비과							
<i>Ochlodes subhyalinus</i> (Bremer et Grey)	유리창떠들썩팔랑나비	2	1	3	0.2	GL	Specialist
<i>Parnara guttata</i> (Bremer et Grey)	줄점팔랑나비		7	7	0.5	GL	Generalist
Number of species		22	27	29			
Number of individuals		633	880	1513			
Species diversity ( $H'$ )		1.46±0.12a	1.62±0.13b	1.69±0.12			

위해서 비모수검정법인 로그선형분석(log-linear analysis of frequency on contingency table)을 사용하였다. 이 분석법은 두 변수간의 독립성 검정뿐만 아니라 세 변수 이상에 대한 독립성 검정도 가능하며, 변수간의 상호작용 효과의 검정도 가능하다. 통계분석은 Statistica ver. (6.0)을 이용하였다.

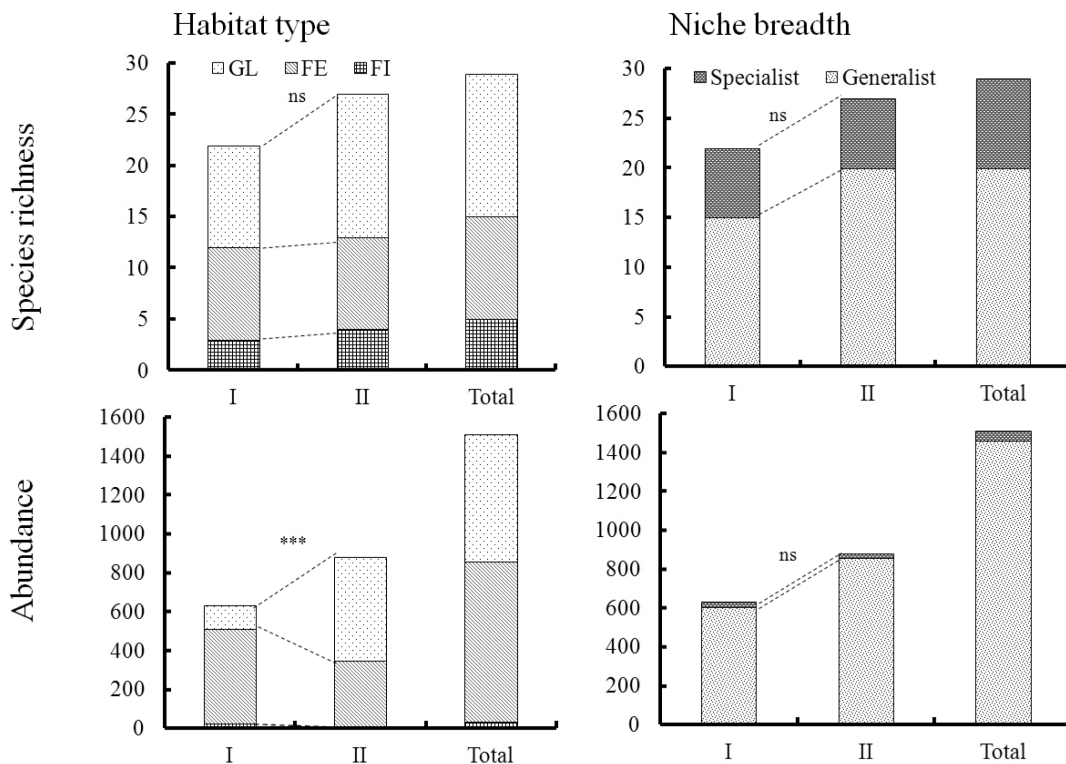
## 결과 및 고찰

본 조사에서 나비는 29종 1,513개체가 관찰되었다(Table 1). 1구간에서는 22종 633개체, 2구간에는 27종 880개체가 관찰되었다. 우점종은 대만흰나비(*Pieris canidia* (Sparman))(602개체, 40%), 배추흰나비(*Pieris rapae* (Linnaeus)) (455개체, 30%), 큰줄흰나비(*Pieris melete* Ménétrières) (162개체, 11%) 순으로 이 3종이 전체 풍부도의 81%를 차지했다. 서식처 유형을 비교한 결과, 중수에서는 초지종이 14종(48%)으로 가장 많았고 다음으로 숲가장자리종이 10종(34%), 숲내종이 5종(17%)로 가장 적었다. 개체수로는 숲가장자리종이 824개체(54%)로 가장 많고, 초지종이 658개체(43%), 숲내종이 31개체(2%)로 가장 적었다. 구간별로 보면, 1구간에서는 초지종이 10종 123개체, 숲가장자

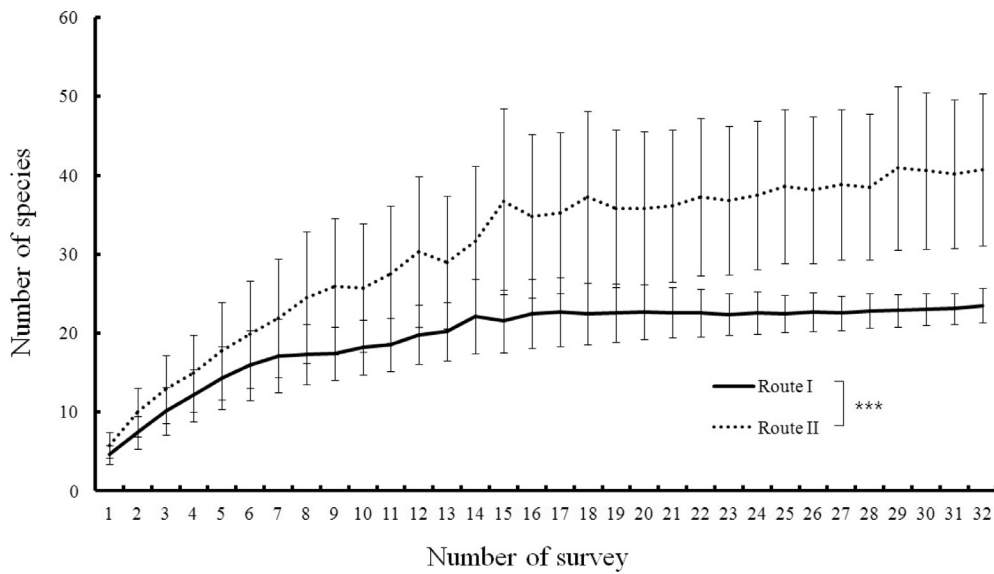
리종이 9종 488개체, 숲내종이 3종 22개체가 관찰되었고 2구간은 초지종이 14종 535개체, 숲가장자리종이 9종 336개체, 숲내종이 4종 9개체가 관찰되었다. 서식처 유형을 구간에 따라 비교한 결과, 중수( $\chi^2 = 0.286, df = 2, P = 0.866$ )에서는 차이가 없었지만, 풍부도( $\chi^2 = 270.89, df = 2, P \ll 0.001$ )에서는 유의한 차이가 나타났다(Fig. 2).

생태지위 범위의 경우, 홍릉숲에서 관찰된 나비는 일반종(다화기성 종)이 20종 1460개체, 특수종(단화기성 종)은 9종 53개체가 관찰되었다. 1구간에서는 일반종이 15종 604개체, 특수종은 7종 29개체가 관찰되었고 2구간에서는 일반종이 20종 856개체, 특수종은 7종 24개체가 관찰되었다. 구간 간에 비교해 보면, 중수( $\chi^2 = 0.21, df = 1, P = 0.650$ )와 개체수( $\chi^2 = 3.70, df = 1, P = 0.05$ ) 모두 차이가 없었다(Fig. 2).

홍릉숲의 나비의 종다양도는 1.69로 나타났으며 2구간(1.62)이 1구간(1.46)의 다양도가 유의하게 달랐다(Table 1,  $t = -4.75, df = 62, P < 0.001$ ). 나비의 구간별 중수 추정곡선은 Fig. 3에 나타났다. Chao 1법에 의해서 추정된 중수는 1구간(24종)과 2구간(41종) 보다 유의하게 달랐다( $t = -5.67, df = 62, P < 0.001$ ). 2구간이 1구간에 구간 길이가 1/3 임에도 불구하고 다양도와 종



**Fig. 2.** Species richness (number of species) and abundance (number of individuals) of butterfly species belonging to three habitat types (grassland species, forest edge species, and forest inside species) or two niche breadths (generalist species, and specialist species) at routes I and II. FI: forest inside species, FE: forest edge species, GL: grassland species. ns: not significant, \*\*\*:  $P < 0.001$



**Fig. 3.** Estimation of species richness (number of species) at routes I and II. Error bars indicate one standard deviation. Species richness was estimated by the Chao 1 algorithm (Chao, 1984) using the software Estimate S (Colwell *et al.*, 2004). Asterisks indicate significant difference between two routes ( $P < 0.001$ ).

풍부도가 높은 것은, 대다수를 차지하는 초지종과 숲가장자리 종의 서식처(초지, 정원 등)가 2구간에 압도적으로 많고, 또 이 구간에 성충을 유인할 수 있는 다양한 흡밀식물(예, 고마리 (*Persicaria thunbergii* H. Gross), 박하(*Mentha piperascens* Malinv.), 꿀풀(*Prunella vulgaris* var. *lilacina* Nakai) 등이 존재하기 때문일 것이다. 홍릉숲의 전체 추정 종수의 평균은 36종이고, 조사회수가 29회 이상에서 그 값이 안정되었다. 따라서 홍릉숲 나비의 종수는 대략 31종에서 61종 사이(95% 신뢰수준)로 추정된다.

홍릉숲의 나비의 종수를 파주의 고령산(Kim and Kwon, 2008), 관악산(Jang *et al.*, 2006)과 광릉숲(Kwon *et al.*, 2009)의 그것과 비교해 보면, 홍릉숲(관찰 29종, 추정 36종)은 광릉숲(112종), 고령산(92종), 관악산(81종)과 비교하여 종수가 월등히 적었다. 또한, 종풍부도에서 숲내종이 차지하는 비율도 홍릉숲(18%)이 광릉숲(40%), 고령산(37%), 관악산(32%)보다 적었다. 생태지위 범위에도 홍릉숲(특수종 31% vs. 일반종 69%)은 광릉숲(59% vs. 41%), 고령산(57% vs. 43%), 관악산(48% vs. 52%)에 비해서 일반종의 비율이 높다. 이러한 현상들은 도시숲 나비군집 특성에 대해 예측한 것들과 거의 일치한다.

본 조사를 통해 환경부 멸종위기야생동물 II급으로 지정되어 있는 쌍꼬리부전나비(*Spindasis takanonis* (Matsumura))가 홍릉숲에서 관찰되었다. 쌍꼬리부전나비는 경기도, 강원도, 충청도의 일부지역에 국지적으로 분포하는 것이 알려져 있으며 서울시에서는 관악산(Jang *et al.*, 2006), 반포, 경희대에서 채집기

록이 있다(Choi, 2011). 이 종은 유충시기에 마쓰무라꼬리치레개미(*Crematogaster matsumurai* (Forel))에 사회적 기생을 하는 것이 알려져 있다(Jang, 2006). 마쓰무라꼬리치레개미는 홍릉숲에 다양한 지점에서 서식하는 것이 확인되었다(Kwon *et al.*, 2011). 마쓰무라꼬리치레개미는 고사가지 뿐만 아니라 생목, 바위틈에 집을 짓고(Jang, 2006), 주로 식생에서 활동하는 것이 알려져 있다(Kwon *et al.*, 2011). Choi(2011)는 쌍꼬리부전나비가 도시에도 서식하는 종이지만 도시화가 진행되어 서식처가 감소하면 도시에서 사라질 가능성이 높다고 지적했다. 따라서 홍릉숲에서 쌍꼬리부전나비의 개체군 보존을 위해서는 마쓰무라꼬리치레개미의 개체군 보존이 우선 고려되어야 할 것이다.

Blair and Launer(1997)의 연구에 의하면, 나비군집은 자연보전구역과 같이 교란되지 않은 지역에서 비즈니스 구역과 같은 고도로 개발된 지역 순으로 비교한 결과 도시화 정도에 따른 영향이 순차적으로 나타났다. Hiura(1973)는 도시화의 영향으로 나비는 종수가 감소하며 산림성종, 정주성종, 1화성종, 야생목본식성종 등이 감소한다고 지적했다. 또한, Ishii(2001)는 사토야마(Satoyama)와 도시녹지의 나비군집을 비교하여 도시녹지에서는 방화성이나 이동성 종이 많고, 1화성종 등이 적다고 지적했다. 본 연구의 결과도 이들 연구결과와 대체로 일치한다. 서울시는 한강을 중심으로 남북으로 나누어져 있으며 서울의 외곽은 북한산, 수락산, 관악산, 청량산, 천마산 등의 산림으로 둘러 쌓여 있다. 서울시의 대부분은 주택, 아파트, 빌딩 등으로 구성되어 있지만, 고궁의 정원, 대학캠퍼스, 수목원, 근린공원, 동

물원, 남산과 서울 숲과 같은 다양한 도시공원이나 도시숲과 같은 녹지공간이 산재해 있어 나비들의 서식지가 되고 있다. 따라서 서울에 사는 나비들은 외곽지역의 산림과 도심 내부의 도시숲 간에 개체군의 이입과 이출에 의한 메타 개체군 동태(meta-population dynamics)에 의해 개체군이 유지될 것이다(Hanski, 1998). 이처럼 도시숲은 나비 보존에 있어서 매우 중요한 역할을 하지만 우리나라에서는 나비 분포에 대한 연구는 보존상태가 양호한 산림에 집중되고, 도시숲에 사는 나비에 대한 연구는 등한히 하여 균형을 잃고 있다. 따라서 서울과 같은 대도시의 도시숲에서 나비의 군집이나 개체군 특성들에 대한 보다 체계적이고 폭넓은 연구가 이루어져야 할 것이다.

## 사 사

조사를 도와주신 한국교통대학교 나노고분자공학과 의 윤부용 님에게 감사를 드린다.

## Literature Cited

- Blair, R.B., Launer, A.E. 1997. Butterfly diversity and human land use: species assemblages along an urban gradient. *Biol. Conserv.* 80, 113-125.
- Chao, A., 1984. Nonparametric estimation of the number of classes in a population. *Scand. J. Statist* 11, 265-270.
- Choi, M.J., 2011. Distribution and reestablishment of endangered species of butterflies in Korea. M.S. thesis. Daejeon University. pp. 66.
- Colwell, R.K., Mao, C.X. Chang, J., 2004. Interpolating, extrapolating, and comparing incidence-based species accumulation curves. *Ecology* 85, 2717-2727.
- 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>.
- Cornelis, J., Hermy, M., 2004. Biodiversity relationships in urban and suburban parks in Flanders. *Landscape Urban Plan.* 69, 385-401.
- Fujita, A., Maeto, K., Kagawa, Y. Ito, N., 2008. Effects of forest fragmentation on species richness and composition of ground beetles (Coleoptera: Carabidae and Brachinidae) in urban landscapes. *Entomol. Sci.* 11, 39-48.
- Hanski, I., 1998. Metapopulation dynamics. *Nature* 396, 41-49.
- Hiura, I. 1973. The butterfly flying over the sea. Shisakusha, Tokyo. (in Japanese)
- Honda, K., Kato, Y., 2005. *Biology of butterflies.* 626 pp. University of Tokyo Press, Tokyo.
- Hutchinson, G., 1957. Concluding remarks. Cold Spring Harbor Symposim Quant. Biol. 22, 415-427.
- Imai, C., 1998. An ecological study for enrichment of biological diversity in urban areas. *Jpn. J. Environ. Entomol. Zool.* 2, 55-73. (in Japanese with English abstract)
- Ishii, M., 2001. Studies on insects and their habitats in the satoyama in a broader sense. *Jpn. J. Environ. Entomol. Zool.* 12, 187-193.
- Ishii, M., Yamada, M., Hirowatari, T., Yasuda, T., 1991. Diversity of butterfly communities in urban parks in Osaka prefecture. *Entomol. Zool.* 3, 183-195. (in Japanese with English abstract)
- Jang, Y.J., 2006. Oviposition behavior and the ethological records on the social parasite of myrmecophilous lycaenid butterflies (Lepidoptera) in the Kor. Peninsula. *J. Lepid. Soc. Korea* 16, 21-31.
- Jang, Y.J., Kim, Y.-S., Jeong, J.C., 2006. Faunistic study on butterflies of Mt. Gwanaksan in Seoul, Korea. *J. Lepid. Soc. Korea* 16, 55-62.
- Jo, J.H., Park, C.R., Kim, S.K., 2011. Hongneung forest. Korea Forest Research Institute News 11-09.
- Kawase, N., Natuhara, Y., 2007. Suitable habitats and habitat network of a threatened aeshnid dragonfly, *Aeschnophlebia longistigma* Selys (Odonata, Aeshnidae) in suburban areas of Sakai city, Osaka Prefecture, Japan. *Jpn. J. Environ. Entomol. Zool.* 18, 123-131.
- Kim, D.S., 2008. Geomorphological background and urbanized feature of Seoul. 180 pp. Ph.D. Thesis of Korea National University of Education.
- Kim, S.S., 2012. Life histories of Kor. butterflies. 540 pp. Sagyejeol Publishing. Seoul.
- Kim, S.S. and T.-S. Kwon. 2008. Analysis on change of butterfly fauna at Mt. Goryeongsan, Gyeonggi-do, Korea. *J. Lepid. Soc. Korea* 18, 15-23.
- Kitahara, H., 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.
- 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. *Kor. J. Appl. Entomol.* 48, 439-445.
- Kwon, T.-S., Lee, C.M., Chun, J.H., Seong, J.H., Kim, S.K., 2011. Ants in Hongneung forest. Research Report 412 of Korea Forest Research Institute. 88 pp. Nanuri Pub. Co. Seoul.
- 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., Ishii, M., 2009. Species diversity of ground beetle assemblages at urban greeneries in southern Osaka, central Japan. *Jpn. J. Environ. Entomol. Zool.* 20, 47-58. (in Japanese with English abstract)
- MacArthur, R.H., Wilson, E.O., 1967. The theory of island bio-

- 
- geography. Princeton University Press, Princeton.
- Maleque, M.A., Maeto, K., Ishii, H.T., 2009. Arthropods as bio-indicators of sustainable forest management, with a focus on plantation forests. *Appl. Entomol. Zool.* 44, 1-11.
- McDonald, R.I., Kareiva, P., Forman, R.T.T., 2008. The implications of current and future urbanization for global protected area and biodiversity conservation. *Biol. Conserv.* 141, 1695-1703.
- McKinney, M. L., 2002. Urbanization, biodiversity, and conservation. *BioScience* 52, 883-890.
- Motegi, N., Yanai, S., 2005. A study on the characteristics of bird distribution in rooftop vegetation in Tokyo Ward. *The Japanese Institute of Landscape Architecture* 68, 597-600.
- Osawa, S., Katsuno, T., 2005. Distribution pattern of amphibian on rural landscape in the middle reaches of the Oita river, northeast Kyusyu. *The Japanese Institute of Landscape Architecture* 68, 563-566.
- Parmesan, C., Phyholm, N., Stefanescu, C., Hill, J.K., Thomas, C.D., Descimon, H., Huntley, B., Kalla, L., Kullberg, J., Tammaru, T., Tennent, W.J., Thomas, J.A., Warren, M., 1999. Poleward shifts in geographical ranges of butterfly species associated with regional warming. *Nature* 399, 579-583.
- Pearce, J.L., Venier, L.A., 2006. The use of ground beetles (Coleoptera: Carabidae) and spiders (Araneae) as bioindicators of sustainable forest management: A review. *Ecol. Indic.* 6: 780-793.
- Pollard, E., Yates, T.J., 1993. *Monitoring butterflies for ecology and conservation.* Conservation biology series. 288 pp. Chapman & Hall, Institute of Terrestrial Ecology & Nature Conservation Committee, London, United Kingdom.
- Shannon, C.E., Weaver, W., 1949. *A mathematical theory of communication.* 117 pp. Urbana, IL, University of Illinois press.
- UNFPA., 2007. *State of the world population 2007: Unleashing the potential of urban growth.* United Nations Population Fund.
- Vimal, R., Geniaux, G., Pluvinet, P., Napoleone, C., Lepart, J., 2012. Detecting threatened biodiversity by urbanization at regional and local scales using an urban sprawl simulation approach: Application on the French Mediterranean region. *Landscape Urban Plan.* 104, 343-355.