

광릉 숲 나비군집의 종풍부도 산정

권태성¹ · 변봉규^{2*} · 이봉우² · 이치영³ · 손정달² · 강승호⁴ · 김성수³ · 김영걸¹¹서울 동대문구 회기로 57 국립산림과학원 산림생태과, ²경기도 포천시 소흘읍 직동리 51-7 국립수목원 산림생물조사과,³서울 강동구 암사 3동 293-27 동아시아환경생물연구소 ⁴경기 안성시 일죽면 장암리 236 한국유용곤충연구소(주)

Estimation of Species Richness of Butterfly Community in the Gwangneung Forest, Korea

Tae-Sung Kwon¹, Bong-Kyu Byun^{2*}, Bong-Woo Lee², Chi-Young Lee³, Jeong-Dal Shon²,
Seung-Ho Kang⁴, Sung-Soo Kim³ and Young-Kul Kim¹¹Division of Forest Ecology, Korea Forest Research Institute, 57 Hoegi-ro, Dongdaemun-gu, Seoul 130-712;²Korea National Arboretum, 51-7 Jikdong-ri, Soheul-eup, Pocheon-si, Gyeonggi-do 487-821;³Research Institute for East Asian Environment and Biology, 293-27, Amsa 3 dong, Gangdong-gu, Seoul;⁴Korea Beneficial Insect Lab., 236 Jangam-Ri, Iljuk-Myeon, Anseong-si, Gyeonggi-do 456-913, Republic of Korea

ABSTRACT : Species richness (number of species) of the butterfly community in the Gwangneung forest, Korea, was estimated using data of the long-term butterfly monitoring, which had been carried out 291 times in the Korea National Arboretum or forest area of Gwangneung from 1998 to 2008. Abundance of each butterfly species was monitored using the line-transact method. In the present study, 13,333 butterflies belonging to 112 species were observed. Species accumulation curve and species richness was obtained using a software, EstimateS. The species accumulation curve shows an increase tendency even at 291 survey times, implying the possibility of the presence of a few unfound species. However, values of species richness estimated by the seven estimators were stabilized around 240-250 survey times. Species richness estimated by the estimators ranged from 120 species to 141 species with 128 species in average. However, the figure estimated by the previous studies since 1958 was 148 species. We estimated the reasonable scale of species richness on the base of recent analysis on the change of butterfly species. Species richness of the Korea National Arboretum was higher than that of natural forest and of plantation. However, species richness of butterfly was not different between natural forest and plantation. It is likely that increase of grasslands and habitat diversity in arboretum led to the increase of species richness of butterfly community.

KEY WORDS : Insect, community, fauna, arboretum, global warming, grassland

초 록 : 광릉 숲과 국립수목원내 전시원을 중심으로 1998년부터 2008년까지 11년간 총 291회 조사한 나비 조사 자료를 이용하여 나비군집의 종풍부도(종수)를 추정하였다. 선조사법으로 조사한 결과 112종 13,333개체의 나비가 관찰되었다. 종수누적곡선의 작성과 종수추정은 EstimateS 프로그램을 이용하였다. 종수누적곡선은 291회 조사에서도 증가하여 미발견종이 남아 있음을 나타낸 반면, 7개 방법(ACE, ICE, Chao1, Chao2, Jack1, Jack2, Bootstrap)에 의한 종수추정곡선은 조사회수가 240-250회에 도달했을 때 안정된 값에 수렴하였다. 7개 방법에 의해 산정된 광릉의 나비종수는 120종부터 141종 사이였으며, 평균값은 128종이었다. 이에 반해 1958년 이래 보고된 과거조사자료를 취합하여 작성한 종목록은 148종이었는데, 최근의 나비상 변화의 분석결과를 토대로 나비 종수의

*Corresponding author. E-mail: bkbyun@korea.kr

타당한 값을 검토하였다. 수목원내 전시원의 종풍부도가 자연림과 인공림 보다 높았고 자연림과 인공림 사이에서는 차이는 나타나지 않았다. 수목원내 전시원에는 상대적으로 숲에 비해 초지가 많고 서식처가 더 다양한 것이 나비군집의 종풍부도가 높아진 원인으로 판단하였다.

검색어 : 곤충, 군집, 동물상, 수목원, 지구온난화, 초지

인간에 의한 서식처 파괴와 기후변화에 따른 환경의 급격한 변화로 인해 지구상 많은 생물들의 생존이 위협을 받고 있으며 종수는 급격히 줄고 있다(Wake and Vredenburg, 2008). 지구생태계는 환경과 생물의 상호작용으로 형성되어 유지되고 있다(Lovelock, 1991). 많은 생물 종들이 서식하고 있다는 것은 생태계가 건강하다는 의미이며, 생물 종들이 점차 사라져 종수가 줄어 든다면 생태계에 문제가 발생한 것으로 볼 수 있다. 종수는 생물다양성을 나타내는 가장 원초적이고 기본적인 다양성지수이다. 그러므로 생태계를 구성하는 생물들의 종수를 파악하는 것은 생태계 건강성을 알기 위해 긴요한 일이다. 그러나 종수를 정확하게 파악하기 위해서는 많은 조사가 필요하며 종수는 조사량에 직접적으로 좌우되는 어려움이 있어(Colwell *et al.*, 2004), 생태 연구에서 외면을 받아왔다. 그 대안으로서 조사량에 영향을 적게 받는 여러 다양도 지수들이(Magurran, 1988) 개발되어 생태계 연구와 관리에 이용되고 있다. 그러나 다양도 지수들은 사용상의 편리함에도 불구하고 산출된 수치의 의미가 모호하여 생태계 다양성의 명확한 기준이 되기에는 한계가 있다(Hurlbert, 1971). 1980년대 이후 종수를 추정하기 위한 다양한 통계적인 방법들이 개발되어(Colwell and Coddington, 1994) 이를 이용하여 특정 생물군의 종수를 추정하는 연구들이 최근 늘어가는 추세이다(Butler and Chazdon, 2004; Petersen and Meier, 2003).

본 연구는 광릉 숲 나비군집의 종수를 파악하기 위해 수행되었다. 광릉 숲은 국내에서 나비상 연구가 가장 많이 이루어진 곳일 뿐 아니라(Byun *et al.*, 2005), 본 연구자들은 1998년부터 장기간에 걸쳐 선조사법(Pollard and Yates, 1993; Yamamoto, 1975)으로 광릉 숲에서 나비상을 조사하여 왔다. 따라서 이러한 장기 조사자료를 토대로 종수계산프로그램인 EstimateS (Colwell, 2005)를 이용하여 나비의 종수를 산정하였다. 여기서 파악한 종수와 나비상 조사 결과를 종합하여 추정된 종수(Byun *et al.*, 2005)와 비교하고 검토하였다. 그리고

광릉 숲은 인간의 간섭 정도에 따라 관람객들에 개방된 수목원내 전시원, 자연림을 별채하여 조립한 인공림, 그리고 인간의 손길이 거의 닿지 않은 자연림으로 나눌 수가 있다. 따라서 각 구역에서 조사된 종수를 서로 비교함으로써 인간에 의한 숲의 간섭이 나비의 종풍부도에 미치는 영향을 조사하였다.

재료 및 방법

조사장소

나비 조사는 광릉 숲과 수목원내 전시원에서 실시하였는데, 자연림 1개소(N), 조립지 3개소(P1, P2, P3), 전시원 2개소(G1, G2)에서 실시하였다(Fig. 1). N 조사구간은 육림호 옆으로 난 임도의 두 번째 분지되는 곳(우측 임도는 소리봉 정상으로 향함)을 출발점으로 하여 왼편 임도를 따라 약 2 km 거리의 구간이다. N 조사구간의 임상은 주로 졸참나무와 서어나무 등이 우점인 활엽수림으로 구성되어 있으며 학술보존림으로 지정된 지역이다. 출발점에서 약 300 m 되는 곳에 국립산림과

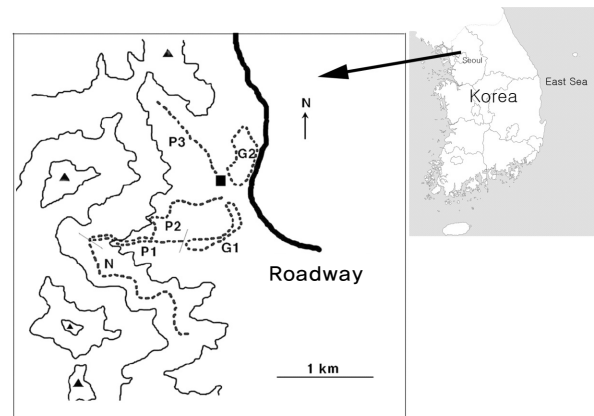


Fig. 1. Survey routes for butterfly monitoring in forest and Korea National Arboretum of the Gwangneung forest.

학원에서 연구를 수행하는 장기생태조사지와 이수담이 위치해 있다. P1 조사구간은 육림호 주변 임도 출입구에서 N 조사구간의 출발지까지 약 0.9 km 거리의 임도 구간이다. 이 조사구간은 주로 전나무림, 잣나무림 등의 조림지로, 약간의 졸참나무림이 있으며 임도 좌측에는 개천이 있다. P2 조사구간은 야생동물원 입구에서 야생동물원 관내를 지나 곰사육사 원편을 따라 P1 조사구간과 만나며 나머지 구간은 P1 조사구간과 동일하다. 야생동물원 구간에는 잣나무 조림지가 많으며, P2 조사구간의 거리는 2 km이다. P3은 산림박물관 뒤편 임도 출입구에서 출발하여 외국수목원에서 소리봉으로 향하는 임도 약 1.1 km 구간이다. 만주자작나무, 서양측백나무, 전나무, 칠엽수 등 다양한 조림수종이 식재되어 있다. G1 조사구간은 녹화기념탑, 야생동물원출입구, 생태관찰로, 육림호, 육림호 휴게소, 생태관찰로 입구, 습지원, 녹화기념탑으로 이어지는 구간으로 거리는 2 km이다. 이 조사구간은 탐방객들이 가장 많이 찾는 곳으로 자연림, 조림지, 초지, 관목림, 정원수, 개천, 습지, 연못 등의 다양한 서식처가 혼재되어 있다. G2 조사구간은 난대수목원, 관목원, 화목원, 육림교, 만목원, 녹화기념탑, 활엽수원으로 이어지는 구간으로 거리는 2 km이다. 이 구간은 G1 조사구간보다 탐방객의 수가 훨씬 적다. 이 조사구간에는 주로 관목림이 우세하며, 초지, 조림지, 자연림과 연못도 있다.

조사방법

나비 조사는 1998년부터 2008년까지 11년간 4월부터 10월 사이에 일정한 간격을 두고 실시하되 날씨가 맑은 날을 택해 수행하였다. 연간 조사회수는 4회(2003년 N, P2 조사구간)로부터 20회(2004년 P3 조사구간)까지 다양하였다. 나비조사는 선조사법을 이용하였는데 조사구간을 천천히 걸어가면서(시속 2 km) 전방 폭 10 m에서 관찰되는 나비의 종별 개체수를 기록하였다(Pollard and Yates, 1993; Yamamoto, 1975). 육안으로 종 구별이 어려운 경우에는 포충망으로 채집하여 종을 동정한 후 풀어주었다. 자연림 조사구간인 N1 조사구간은 매년 조사를 실시하여 총 103회 조사를 하였다. 조림지 조사구간인 P1 조사구간은 1998년부터 2001년까지 4년간 39회 조사를 실시하였다. P2 조사구간은 2002년부터 2008년까지 7년간 64회의 조사를 실시하였다. P3 조사구간은 2004년과 2005년에 25회 조사하였다. 따라서 조림지 조사구간 3개소에서 총 128회 조사하였다.

전시원 조사구간인 G1 조사구간은 2002년과 2003년에 20회와 2006년부터 2008년까지 31회 조사를 하였고, G2 조사구간은 2001년에 9회 조사하였다. 따라서 수목원내 전시원 조사구간의 조사회수는 60회이다. 전 조사구간의 조사회수를 합치면 총 291회이다.

자료분석

각 조사구간의 1회 조사자료를 기본단위로 하여 종별 개체수를 기록한 자료(종을 칸, 각 조사는 열로 정리)를 작성하였다. 조림지의 3개 조사구간(P1, P2, P3)은 조림지로 수목원내 전시원의 2개 조사구간(G1, G2)은 수목원으로 분류하여 자료를 정리하여 자연림, 조림지, 수목원에 대한 3개의 조사자료를 작성하였다. 그리고 모든 조사구간을 통합한 종합자료를 별도로 작성하였다. 나비의 종수누적곡선의 작성과 종수추정은 EstimatesS 프로그램을 이용하였다(Colwell, 2005). 종수의 누적곡선은 Mau Tau 방법에 의해 작성되었다(Colwell *et al.*, 2004). 60회 조사(비교를 위해 조사회수가 가장 적은 전시원 조사회수를 기준으로 함)에서 얻어진 각 조사구역의 종수의 평균과 표준편차를 사용하여 3개 조사구역의 종수를 t-검정(Zar, 1999)으로 비교하였다. 종수 추정은 7가지 방법(ACE, ICE, Chao1, Chao2, Jack1, Jack2, Bootstrap)으로 수행하였다. 각 방법에 대한 자세한 사항은 Colwell (2005)에 기록되었다.

결과 및 고찰

본 조사에서 관찰한 나비는 112종 13,333개체이다(Table 1). 출현종 중 뿔나비(*Libythea celtis*)가 가장 많이 발견되어 전체 개체수의 1/4를 차지하였다. 다음으로 큰줄흰나비가 1,971개체 발견되어 전체의 15%를 차지하였다. 이 두 종이 전체 나비의 40%를 차지하였다. 100개체 이상 발견된 우세종은 27종인데 반해 10개체 미만으로 발견된 소수종은 39종으로 더 많았다. 소수종 중 14종은 단 1개체만 발견되었으며(singleton), 6종은 2개체만 관찰되어(doubleton) 소수종의 절반 이상이 개체수가 매우 적었다. 출현빈도가 가장 높은 종은 큰줄흰나비로서 291회 조사에서 211회 관찰되었다. 개체수가 가장 많았던 뿔나비를 174회 관찰하여 출현빈도는 큰줄흰나비에 비해 오히려 낮았다. 이들 두 종 이외에 대만흰나비(*Pieris candidia*)와 애기세줄나비(*Neptis sappho*)가 100회 이상 관찰되어 출현빈도가 높았던 종들로 나

Table 1. Number of individuals of butterfly species observed in present study. The species were arranged from most abundant species to rarest species (singleton). Frequency (Freq.) is number of surveys in which each species was observed (Continued)

Species	No of ind.	Freq.	Species	No of ind.	Freq.	Species	No of ind.	Freq.
<i>Libythea celtis</i>	3,275	174	<i>Argyronome laodice</i>	186	49	<i>Lobocla bifasciata</i>	96	35
<i>Pieris melete</i>	1,971	211	<i>Papilio macilentus</i>	183	56	<i>Limenitis camilla</i>	93	46
<i>Argynnis paphia</i>	623	86	<i>Kaniska canace</i>	163	93	<i>Sephisia princeps</i>	92	26
<i>Polygonia c-aureum</i>	557	79	<i>Sasakia charonda</i>	155	49	<i>Neptis alwina</i>	87	40
<i>Pieris canidia</i>	516	103	<i>Limenitis helmanni</i>	149	51	<i>Neptis pryeri</i>	87	49
<i>Pseudozizeeria maha</i>	430	36	<i>Neptis philyra</i>	128	40	<i>Anthocharis scolymus</i>	77	30
<i>Erynnis montanus</i>	372	65	<i>Hestina assimilis</i>	124	57	<i>Parnara guttata</i>	71	15
<i>Neptis philyroides</i>	366	77	<i>Araschnia burejana</i>	123	58	<i>Luehdorfia puziloi</i>	68	23
<i>Neptis sappho</i>	290	117	<i>Neptis speyeri</i>	121	34	<i>Limenitis doerriesi</i>	63	31
<i>Argyronome ruslana</i>	255	33	<i>Chitoria ulupi</i>	112	38	<i>Mycalesis gotama</i>	58	22
<i>Parnassius stubbendorffii</i>	255	52	<i>Daimio tethys</i>	112	55	<i>Tongeia fischeri</i>	56	21
<i>Minois dryas</i>	223	26	<i>Papilio bianor</i>	105	48	<i>Papilio xuthus</i>	53	30
<i>Japonica saepestriata</i>	215	20	<i>Thymelicus leoninus</i>	105	19	<i>Callophrys ferrea</i>	51	26
<i>Celastrina argiolus</i>	213	77	<i>Hestina persimilis</i>	99	49	<i>Pieris rapae</i>	51	18
<i>Dilipa fenestra</i>	46	18	<i>Lethe marginalis</i>	23	13	<i>Lasiommata deidamia</i>	12	8
<i>Ochlodes ochraceus</i>	43	13	<i>Colias erate</i>	21	15	<i>Damora sagana</i>	11	10
<i>Rapala caerulea</i>	43	19	<i>Lethe diana</i>	20	9	<i>Ninguta schrenckii</i>	11	7
<i>Neptis thisbe</i>	41	19	<i>Fabriciana adippe</i>	19	7	<i>Neptis themis</i>	9	5
<i>Mimathyma schrenckii</i>	40	10	<i>Favonius taxila</i>	18	11	<i>Vanessa indica</i>	9	8
<i>Papilio maackii</i>	40	27	<i>Antigius attilia</i>	17	5	<i>Aldania raddei</i>	8	6
<i>Ussuriana michaelis</i>	40	20	<i>Celastrina sugitanii</i>	17	5	<i>Limenitis sydyi</i>	8	6
<i>Everes argiades</i>	37	12	<i>Antigius butleri</i>	16	8	<i>Lycaena phlaeas</i>	7	3
<i>Japonica lutea</i>	37	20	<i>Fabriciana vorax</i>	16	9	<i>Satarupa nymphalis</i>	7	4
<i>Mycalesis francisca</i>	34	18	<i>Kirinia fentoni</i>	15	4	<i>Thymelicus sylvaticus</i>	7	4
<i>Atrophaneura alcinous</i>	33	22	<i>Parantica sita</i>	15	6	<i>Coreana raphaelis</i>	5	3
<i>Favonius orientalis</i>	28	11	<i>Ochlodes subhyalina</i>	14	7	<i>Favonius korshunovi</i>	5	4
<i>Ochlodes venatus</i>	24	8	<i>Wagimo signatus</i>	13	7	<i>Nymphalis xanthomelas</i>	5	5
<i>Apatura metis</i>	23	15	<i>Cynthia cardui</i>	12	5	<i>Favonius yuasai</i>	4	1
<i>Ypthima argus</i>	4	4	<i>Favonius cognatus</i>	2	2	<i>Chrysozephyrus brillantinus</i>	1	1
<i>Bibasis aquilina</i>	3	2	<i>Favonius ultramarinus</i>	2	1	<i>Dichorragia nesimachus</i>	1	1
<i>Chrysozephyrus smaragdinus</i>	3	3	<i>Gonepteryx aspasia</i>	2	2	<i>Fabriciana nerippe</i>	1	1
<i>Fixsenia pruni</i>	3	2	<i>Mellicta britomartis</i>	2	1	<i>Kirinia epimenides</i>	1	1
<i>Lycaeides argyrognomon</i>	3	1	<i>Ypthima amphithea</i>	2	2	<i>Limenitis amphysa</i>	1	1
<i>Papilio machaon</i>	3	3	<i>Argyreus hyperbius</i>	1	1	<i>Lopinga achine</i>	1	1
<i>Pelopidas jansonis</i>	3	3	<i>Artopoetes pryeri</i>	1	1	<i>Melanargia epimede</i>	1	1
<i>Polygonia c-album</i>	3	2	<i>Bibasis striata</i>	1	1	<i>Nephargynnis anadyomene</i>	1	1
<i>Apatura iris</i>	2	2	<i>Brenthis daphne</i>	1	1	<i>Potanthus flavus</i>	1	1
						<i>Sericinus montela</i>	1	1

타났다. 발견회수가 3회 이하로 출현빈도가 극히 낮은 희귀종은 대왕팔랑나비(*Satarupa nymphalis*) 등 30종에 이르며, 1회 관찰된 종만 18종이었다. 따라서 많은 종들이 매우 희귀한 상태로 광릉 숲에서 서식하고 있는 것

으로 나타났다.

3개의 조사구역과 전체의 나비종수의 누적곡선은 Fig. 2와 같다. 전 조사구역을 통합한 전체 종수는 지속적으로 증가하고 있어 미발견종들이 있는 것으로 추정된다.

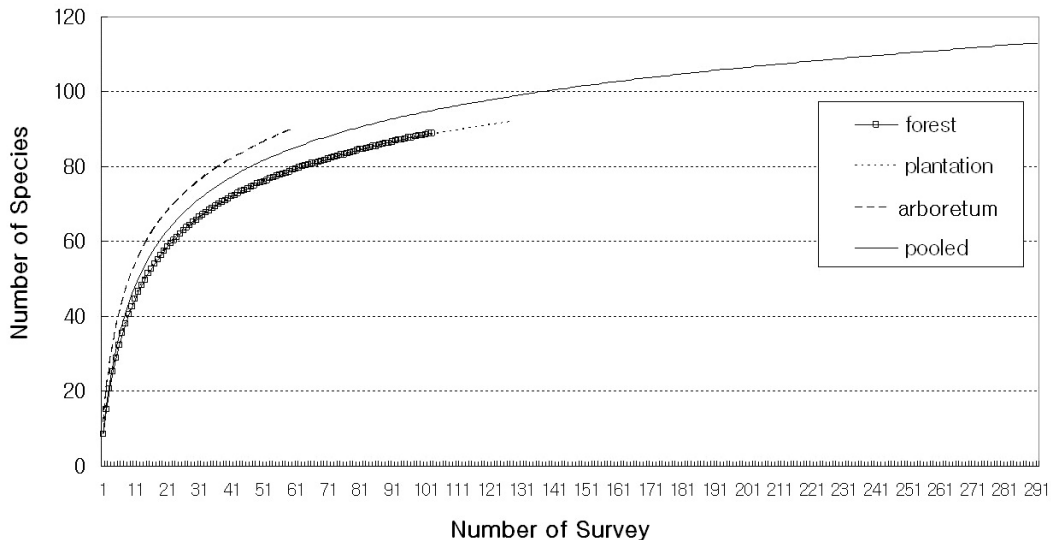


Fig. 2. Species accumulation curves of butterflies in natural forest (forest), plantation, arboretum, and total area (pooled). The curves were obtained using Mau Tau method (Colwell *et al.*, 2004).

3개 조사구역을 비교했을 때 자연림과 인공림의 종수의 누적곡선은 일치하는데 비해, 수목원내 전시원은 이들에 비해 지속적으로 높았다. 60회 조사에서 수목원내 전시원의 종수는 90 ± 4 (SD)인데 비해, 자연림은 78.1 ± 4.9 이고, 인공림은 78.5 ± 3.3 이었다. 60회 조사에서 나타난 종수는 전시원이 자연림($t = 14.57$, $df = 118$, $p < 0.001$)과 인공림($t = 17.17$, $df = 118$, $p < 0.001$)에 비해 높았으나, 자연림과 인공림 사이는 차이가 없었다 ($t = 0.52$, $df = 118$, $p > 0.05$). 숲에 비해 전시원에서 나비의 다양성이 높게 나타난 것은 다소 의외로 생각되나, 이는 조사구역들의 서식처 다양성의 차이로 발생하는 것으로 사료된다. 수목원내 전시원에는 숲, 초지, 관목림, 습지 등의 나비의 서식에 요구되는 다양한 서식처가 혼재되어 있는 반면, 자연림과 인공림에서는 주로 숲과 임연부에 있는 소규모의 초지와 관목림으로 구성되어 있다.

초지는 많은 나비들의 서식공간이다. 우리나라에서 나비들이 줄어든 주요 원인중의 하나는 산림녹화의 성공으로 초지가 줄어들면서 초지성 나비들이 살아갈 공간이 많이 감소하였기 때문이다(Kwon *et al.*, in press). 본 연구에서 관찰한 초지성 나비의 종수를 보면 자연림이 24종(전체의 27.3%), 인공림이 27종(29.7%)인데 비해, 수목원내 전시원은 29종(32.2%)으로 전시원에서 초지성 나비류의 비율이 조금 높았다. 따라서 전시원에 조성된 초지들이 나비의 종다양성을 증가시킨 원인의 하나인 것을 알 수 있다. 인공림보다 자연림에서 나비

의 다양성이 높을 것으로 예상되나 같은 것으로 나타났는데, 이것은 인공림 조사구간이 많고 조사구간 내 다양한 서식처 때문에 발생한 것으로 사료된다. 자연림은 N 조사구간만 조사한 것인데 반해, 인공림은 P1~3의 3개 조사구간에서 조사하였다. 그리고 주 인공림 조사구간인 P2에는 야생동물원과 개천구간이 있어 단순한 숲인 N 조사구간에 비해서는 다양한 서식처를 가지고 있다. 따라서 단순히 숲으로 구성된 한 개의 조사구간에서 조사된 자연림의 나비종수가 3개의 조사구간에서 다양한 서식처를 가진 인공림과 종수가 동일한 것은 역설적으로 자연림의 나비다양성이 인공림 보다는 높다는 것을 나타낸다고 볼 수 있다.

광릉 숲 전체의 종수를 추정하는 것은 Table 2와 Fig. 3과 같다. 종수가 지속적으로 증가했던 종수누적곡선과는 달리 종수추정곡선들은 어느 정도 극한값에 수렴하는 현상을 보여준다. 240-250회 이상의 조사에서 대부분의 추정방법에서 추정된 종수가 안정되어 가는 현상을 나타내고 있다(Fig. 3). 291회 조사결과에서 추정된 나비종은 Bootstap법에서 가장 낮은 120종으로 Jack2에서 가장 높은 141종으로 추정되었다. Chao 2와 Jack 1법은 중간치인 130-131종으로 추정되었다. ACE, ICE, Chao1에서는 그보다는 다소 낮은 124-125종을 추정되었다. 이들 7개 방법에서 추정된 수치의 평균값은 128종이다.

광릉 숲의 나비상을 처음으로 정리한 Kim and Shin (1960)은 그들의 조사 결과와 그 동안 채집된 표본들을

Table 2. Estimated species richness (number of species) of butterfly community in Gwangneung forest. Data of 291 butterfly surveys from 1998 to 2008 was used for the estimation, which was carried out using EstimateS (Colwell, 2005)

Methods	Mean	95% Lower	95% Upper	SD
ACE	124			0.41
ICE	125			0.44
Chao 1	125	116	152	8.2
Chao 2	131	119	164	10.3
Jack 1	130			4.3
Jack 2	141			0.75
Bootstrap	120			0.2

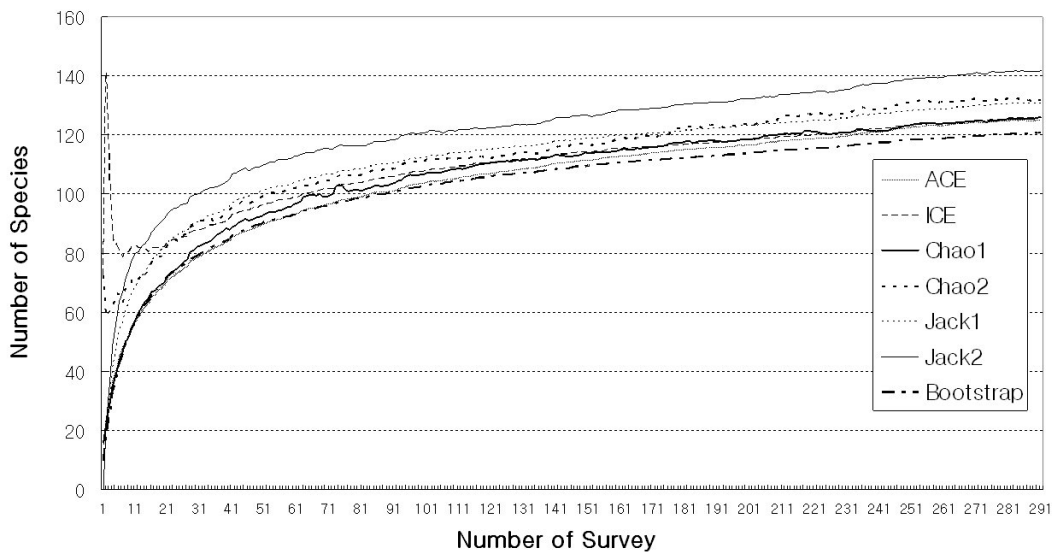


Fig. 3. Number of species estimated by seven methods in EstimateS (Colwell 2005). Data pooled from 3 study areas (natural forest, plantation, and arboretum) was used for the estimation.

정리하여 97종의 목록을 발표하였다. 이후 Kim (1973)은 추가 21종을 포함한 118종의 서식 확인된 나비의 목록을 발표하였다. 이후 Byun *et al.* (2005)은 그 동안 조사된 문헌과 표본을 종합하여 148종의 나비목록을 보고하였다. 장기간에 걸쳐 누적된 종 목록을 토대로 계산한 종수와 실제 서식하고 있는 종수는 다를 수 있다. 어떤 지역에 서식하는 생물상은 고정불변의 것이 아니라 환경변화에 대응하여 끊임없이 변화하며(Kwon and Byun, 1999), 종수 자체도 변한다. 광릉 나비군집의 경우 1958년 나비밀도와 2006~2007년의 그것을 비교한 결과 지구온난화의 영향으로 북방계 나비류의 밀도는 감소하였고 남방계 나비류는 증가한 반면, 산림녹화의 영향으로 초지성나비들은 줄어들고 산림성 나비들은 증가하는 현상이 나타났다(Kwon *et al.*, in press). 동일한 현상이 파주의 고령산에서도 나타났다(Kim and Kwon, 2008). 그리고 종조성의 변화도 일어나 사라진

종들과 새로 이입한 종들이 있는 것으로 나타났다. 예를 들면 1958년에는 광릉에서 많았던 북방계 나비인 두줄나비 (*Neptis rivularis*), 봄처녀나비 (*Coenonympha oedippus*), 멧노랑나비 (*Gonepteryx rhamni*)는 12년간 단 한 개체도 발견되지 않았다 (Table 1, Kim and Shin 1960). 그에 반해 1958년의 조사에서는 발견되지 않은 남방계 나비인 남방부전나비(*Pseudozizeeria maha*)와 부처사촌나비(*Mycalesis francisca*)는 광릉 숲에서는 이제 흔한 나비가 되었다. 그리고 과거에 비해 광릉 나비군집에서 나비들의 밀도와 종수가 감소 되었을 가능성이 있다(Kwon *et al.*, 2008; Kwon *et al.*, in press). 그러므로 광릉 나비군집에서 과거에 발견된 모든 종들이 현재도 서식할 것이라는 가정하에 종수를 추정하는 것은 과대 평가의 위험이 있다. 따라서 Byun *et al.* (2005)의 목록에서 나타난 148종보다 적은 수의 나비들이 현재 광릉 숲에 서식할 것으로 사료된다.

Singleton 14종을 포함하여 18종이 291회 조사에서 단 1회 발견되었다(Table 1). 따라서 이들 종이 한 조사 구간의 1회 조사에서 발견될 확률은 0.3%에 불과하며 25회 조사(일년 동안 주별 조사)를 하더라도 해당 종이 발견될 가능성은 7.5%에 불과하다. 그러나 이러한 계산은 출현시기를 고려하지 않은 것으로 대부분의 종들이 특정시기에 한정하여 출현하기 때문에 실제 발견확률은 이것보다 낮을 것이다. 광릉 숲에 서식하는 나비의 종수를 7가지 방법에서 추정된 수치의 평균값인 128종으로 가정한다면 무려 291회 조사했던 본 조사에서조차 발견되지 않은 종이 16종이나 된다. 이러한 사실로 야외 조사만으로 특정 지역의 나비종수를 밝히는 것이 매우 어려운 일이라는 걸 알 수 있다. 따라서 종수를 파악하기 위해서는 EstimateS(Colwell, 2005)와 같은 종수를 추정하는 통계적인 방법을 보조수단으로 활용하여야 할 것이다.

사 사

본 연구는 국립산림과학원 연구과제 (과제번호: FE 0100-2004-02, 지구환경변화에 대응한 장기생태 연구)와 국립수목원 연구과제(과제번호: KNA1-1-1, 한국 자생생물종의 분포학적 연구 및 KNA1-1-7, 한반도 산림생물표본인프라구축)로 수행하였다. 또한 본 연구를 위해 나비모니터링에 참여 하여 애써준 국립수목원 생물분류연구실의 박신영, 임종수에 감사한다.

Literature Cited

- Butler, B.J. and R.L. Chazdon. 2004. Species richness, spatial variation, abundance of the soil seed bank of a secondary tropical rain forest. *Biotropica* 30(2): 214-222.
- Byun, B-K., Y.J. Lee, G-J. Weon, and J-D. Sohn. 2005. Butterfly fauna of the Gwangneung forest, Korea. *J. Asia-Pacific Entomol.* 8(2): 199-210.
- Colwell, R.K. 2005. EstimateS: statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 7.5 User's Guide and application published at: <http://puri.ocic.org/estimates>.
- Colwell, R.K. and J.A. Coddington. 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Phil. Trans. R. Soc. Lon. B.* 345: 101-118.
- Colwell, R.K., C.X. Mao, and J. Chang. 2004. Interpolating, extrapolating, and comparing incidence-based species accumulation curves. *Ecology* 85: 2717-2727.
- Herlbert, S.H. 1971. The nonconcept of species diversity: a critique and alternative parameters. *Ecology* 52(4): 577-585.
- Kim, H.K. 1973. Seasonal occurrence of Butterflies at Mt Goryong (Aengmubong). *Journal of Korean Research Institute for Better Living* 2: 33-57. (in Korean)
- Kim, H.K. and Y.H. Shin. 1960. Notes on the butterflies of Kwangnung, Korea with special reference to seasonal succession. *Journal of Ewha Women University* 1: 229-326. (in Korean)
- Kim, S-S. and T-S. Kwon. 2008. Analysis on change of butterfly fauna at Mt. Goryeongsan, Gyeonggi-do, Korea. *Journal of the Lepidopterists' Society of Korea* 18: 15-23.
- Kwon, T-S. and B-K. Byun. 1999. Diversity and abundance of butterflies in the Packdam valley of Mt. Sorak, Kangwon Province. *FRI Journal of Forest Science* 60: 96-116.
- Kwon, T-S., B-K. Byun, S-H. Kang, S-S. Kim, B-W. Lee, and Y-K. Kim. 2008. Analysis on changes, and problems in phenology of butterflies in Gwangneung forest. *Korean Journal of Applied Entomology* 47(3): 209-216.
- Kwon, T-S., S-S. Kim, J-H. Chun, B-K Byun, J-H. Lim, and J.H. Shin. 2009. Changes in Butterfly Abundance in Response to Global Warming and Reforestation. *Environ. Entomol.* (in press)
- Lovelock, J. 1991. *Gaia: the practical science of planetary medicine.* Gaia Books Limited, Lodon.
- Magurran, A.E. 1988. *Ecological diversity and its measurement.* Croom Helm Limited, London.
- Petersen, F.T. and R. Meier. 2003. Testing species-richness estimation methods on single-sample collection data using the Danish Diptera. *Biodiversity and Conservation* 12: 667-686.
- Pollard, E. and T.J. Yates. 1993. *Monitoring butterflies for ecology and conservation.* Conservation biology series. Chapman & Hall, Institute of Terrestrial Ecology & Nature Conservation Committee.
- Wake, D.B. and V. T. Vredenburg. 2008. Are we in the midst of the sixth mass extinction? A view from the world of amphibians. *PNAS* 105: 11466-11473.
- Yamamoto, Y. 1975. Notes on the methods of belt transect census of butterflies. *Jour. Fac. Sci. Hokkaido Univ. Ser. VI. Zool.* 20(1): 93-116.
- Zar, J.H. 1999. *Biostatistical analysis* (4th edition). Prentice Hall International, INC. USA.

(Received for publication October 13 2009;
revised December 19 2009; accepted December 21 2009)