J. of Basic Sciences, Cheju Nat'l Univ.
19(2), 93~104, 2006

기초과학연구 제주대학교
19(2), 93~104, 2006

한라산 5.16도로변의 송장벌레科 분포에 관한 연구

양경식 · 김성윤 · 이가은 · 전형식 · 김상범 · 김원택[1)]
제주대학교 자연과학대학 생명과학과

Distribution of Scarab Beetles (Coleoptera: Silphidea) on the Side along 5.16 Road of Mt. Halla

Kyoung-Sik YANG, Seong-Yoon KIM, Ga-Eun LEE, Hyung-Sik JEON, Sang-Bum KIM, and Won-Taek KIM*

Department of Life Science, Cheju National University, 690-756 1 Ara-dong, Jeju, Jeju

요 약

The field survey was conducted weekly from April to October in 2004, 2005 and 2006 on the sites along the 5.16 road. Sampling sites were made every 100 m height starting with 250 m altitude of both sides of Mt. Halla along 5.16 Road, which crosses the mountain from south to north. Totally 3,150 individuals of 6 species were collected. *Nicrophorus concolor* were abundant in the northern slope area. Three species, such as *Eusilpha jakowlewi jakowlewi*, *N. concolor* and *N. quadripunctatus* were abundantly observed in the southern slope area. *N. concolor*, *N. quadripunctatus* were found at the highest site. Monthly fluctuation of the individual numbers was going up from April to July and rapidly going down in August, and was at the bottom in October.

Key words : 5.16 Road, Jeju Island, Mt. Halla, Pitfall trap, Silphidea

Ⅰ. 서 론

송장벌레科(Silphidae)는 딱정벌레目(Coleoptera)에 속한 곤충으로 몸은 납작 또는 볼록한 타원형이며 대부분 흑색으로 몸길이는 10~35㎜ 정도이다. 머리는 앞으로 돌출

* Corresponding author

하여 있으며 눈은 극히 작거나 또는 없는 것도 있다. 더듬이는 끝의 3~4마디가 둥근 엽상으로 늘어진 곤봉모양이며, 배는 5마디이나 간혹 4마디 또는 6~7마디로 된 것도 있으며 배의 윗 끝이 노출한 것도 있다. 앞날개는 매끈하거나 약간의 털이 나 있다(정 등, 1999).

송장벌레는 부패되는 동물의 사체나 분변 등에서 주로 발견된다. 종에 따라서 작은 동물사체나 운반하기 적당하게 절단한 사체를 땅 속에 묻어서 식량자원으로 이용하기도 한다. 이런 습성으로 인해 歐美에서는 carrion beetles, saxton beetles 등으로 불린다(Gullan & Cranston, 1994). 성충은 매장된 사체에 산란하는데, 유충이 부화되면 부패중인 사체의 육질을 먹고 자라서 성충이 되면 지상으로 나온다(문과 이, 1999).

송장벌레科는 전 세계에 약 570종이 알려져 있다(Peck & Miller, 1993). 우리나라에는 2아과 11속 25종이 분포하며(Cho & Lee, 1995), 제주도에는 2아과 8속 13종이 알려져 있다(정 등, 1999).

제주도산 송장벌레에 대한 연구는 Okamoto (1924), 조(1963), 석(1970), 김과 오(1991), 정 등(1999)에 의해 이뤄졌지만 특정 지역에서 장기간에 걸친 생태적 연구는 이뤄지지 않았다.

본 연구는 2004년부터 2006년까지 3년간 4월부터 10월까지 제주도 한라산 5.16도로변을 따라 고도별로 함정덫(pit-fall traps)을 이용하여 채집한 표본재료를 토대로 하여 한라산의 송장벌레과科를 구성하는 종의 상대수도, 종 다양도, 그리고 남사면과 북사면의 분포를 파악함으로써 송장벌레과科 군집에 관한 기초 자료를 제공하고자 하였다.

Ⅱ. 재료 및 방법

2004년부터 2006년까지 3년간 4월부터 10월까지 해발 250m 지점인 제주대학교 입구를 기점으로 해발 100m 단위로 북사면, 남사면 각 5개 지역과 성판악 등산로 입구(750m)까지 총 11개의 조사구역을 설정하여 월 4회 조사를 실시하였다.

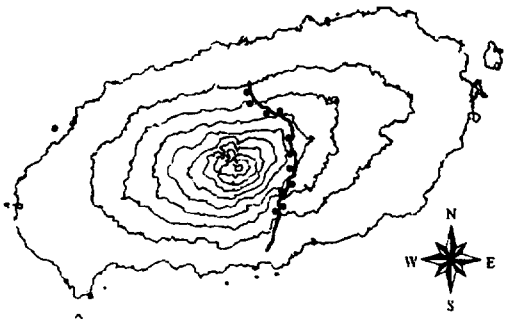

Figure 1. Location map of the sampling sites in 5.16 Road.

함정덫(pitfall trap)은 비행성이 약한 딱정벌레류나 지표성 딱정벌레류를 채집하는데 있어 광범위하게 사용되는 가장 좋은 방법으로 본 연구에서도 함정덫(pitfall trap : Diameter 7㎝, Length 7.8㎝)을 이용하였으며, 각 조사구역마다 5m 간격으로 10개씩 설치하였다. 다양한 딱정벌레목을 채집하기 위해 동물성 유인물인 닭의 내장과 식물성 유인물인 흑설탕혼합물(흑설탕 600g, 증류수 4,000㎖, 맥주 300㎖, 사과식초 100㎖)을 각각 5개씩 번갈아 넣어 사용하였다.

함정덫(pitfall trap)은 지표면과 같은 높이로 묻고 비가 올 경우에 대비하여 딱정벌레目이 통과할 수 있는 공간만 남겨두고, 그 위에 큰 나뭇잎으로 덮거나 돌로 괴든지 아니면 나무 등을 이용하여 물이 들어가지 않

게 설치하였다. 이는 단순히 비를 피하게 하는 것뿐만 아니라 설치한 유인물을 조류나 작은 척추동물, 특히 설치류로부터 보호해줄 수 있기 때문이다(문과 이, 1999).

채집된 표본은 실험실로 가져와서 70% Ethyl alcohol에 3일 동안 담갔다가 꺼내고 제조한 세척액(95% Ethyl alcohol 54cc, D·W 44cc, Benzene 7cc, Ethyl acetate 19cc)으로 세척 후 건조시켜서 해부현미경(Dongwon OSM-1)을 통해 동정하였다.

시공간적인 측면에서 각 구성종들의 상대적 백분율을 비교하기 위하여 상대적 수도를 3등급으로 나누어 다수종(++), 보통종(+), 희소종(±)으로 표현하였다. 이를 위하여 다음과 같은 Sakuma(1964)식을 이용하여 상대적 백분율의 95% 신용한계를 이용하였다.

$$n/N=\sqrt{n(N-n)/N^3}\times 100$$

위의 식에서 N=총개체수 n=종의 개체수이다. 평균백분율을 n대신에 평균개체수(n=N/S, S=종수)를 사용하여 상대수도를 계산하였다. 각 종의 상대적 백분율을 하한치가 평균 백분율의 상한치 이상이면 다수종, 전자의 상한치가 후자의 하한치 이하일 때 희소종, 양자의 범위가 중복될 때 보통종으로 분류하였다.

조사지역의 딱정벌레목 군집 간에 종 다양도가 어떠한 차이를 보이는지 알아보기 위하여 다음의 Shannon-Weaver(1949)식을 이용하였다.

$$H'=-\sum p_i \log p_i$$

Ⅲ. 결과 및 고찰

조사기간 동안 채집된 송장벌레는 북사면에서 1,827개체, 남사면에서 1,049개체 그리고 성판악 등산로 입구(750m)에서 274개체로서 총 6종, 3,150개체였다. 월별과 고도별에 따른 북사면과 남사면 그리고 가장 높은 지점인 성판악 등산로 입구(750m)에서 조사된 종과 개체수는 Table 1~Table 4와 같다.

Table 1. Monthly individual numbers of the Silphidae in the northern slope area

Scientific name	Northern							Total
	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	
Family Silphidae								
Eusilpha brunneicollis (Kraatz)		10	29	138	35	16	3	231
E. jakowlewi jakowlewi (Semenov)		33	91	133	55	25	8	345
Nicrophorus concolor Kraatz	1	16	140	296	168	36	19	676
N. maculifrons Kraatz	6		1	2	1		4	14
N. quadripunctatus Kraatz	3	40	43	70	68	55	25	304
Ptomascopus mario Kraatz		3	17	136	86	10	5	257
No. of individuals collected during the month	10	102	321	775	413	142	64	1,827

Table 2. Monthly individual numbers of the Silphidae in the southern slope area

Scientific name	Southern							Total
	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	
Family Silphidae								
Eusilpha brunneicollis (Kraatz)		1	6	14	4	1	1	27
E. jakowlewi jakowlewi (Semenov)		29	92	97	68	27	10	323
Nicrophorus concolor Kraatz		6	70	100	84	10	4	274
N. maculifrons Kraatz	2			1			1	4
N. quadripunctatus Kraatz	4	59	60	96	83	72	47	421
No. of individuals collected during the month	6	95	228	308	239	110	63	1,049

Table 3. Monthly individual numbers of the Silphidae at the highest point of 5.16 Road

Scientific name	Central area							Total
	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	
Family Silphidae								
Eusilpha brunneicollis (Kraatz)			3	9	4	1		17
E. jakowlewi jakowlewi (Semenov)				1				1
Nicrophorus concolor Kraatz		3	22	56	31	9	3	124
N. maculifrons Kraatz				1				1
N. quadripunctatus Kraatz		7	15	35	33	24	14	128
Ptomascopus mario Kraatz				2	1			3
No. of individuals collected during the month	0	10	40	104	69	34	17	421

Table 4. Altitude-based individual numbers of the Silphidae in 5.16 Road

Scientific name	Northern					Central area	Southern					Total
	250	350	450	550	650	750	250	350	450	550	650	
Family Silphidae												
Eusilpha brunneicollis (Kraatz)	20	47	46	49	69	17	9	8	4	2	4	275
E. jakowlewi jakowlewi (Semenov)	179	31	16	105	14	1	3	216	102		2	669
Nicrophorus concolor Kraatz	17	139	123	173	224	124	66	15	80	71	42	1074
N. maculifrons Kraatz			4	3	7	1				1	3	19
N. quadripunctatus Kraatz		34	31	77	162	128	55	9	109	136	112	853
Ptomascopus mario Kraatz	64	131	32	19	11	3						260
No. of individuals collected in each site	280	382	252	426	487	274	133	248	295	210	163	3,150

1. 월별 변동

월별 종수는 7월에 북사면 6종, 남사면 5종, 성판악 등산로 입구(750m)가 6종으로 가장 많았고, 4월에는 각각 3종, 2종, 0종으로 가장 적었다(Table 5, 6 및 7).

다수종(Abundant)은 북사면에서 검정송장벌레(*Nicrophorus concolor*) 1종이었고, 남사면에서는 큰넓적송장벌레(*Eusilpha jakowlewi jakowlewi*), 검정송장벌레(*N. concolor*), 넉점박이송장벌레(*N. quadripunctatus*) 3종이였으며, 해발 750m에서는 검정송장벌레(*N. concolor*), 넉점박이송장벌레(*N. quadripunctatus*) 2종이었다. 보통종(Common)은 북사면에서만 3종이였고, 남사면과 성판악 등산로 입구에서는 보통종이 나타나지 않았다. 희소종(Rare)은 각 2종, 2종, 4종이었다.

개체수의 월별 변동은 Figure 2에 나타내었다.

월별 변동을 살펴보면 4월부터 7월까지 증가 추이를 보이다가 8월에 급격히 감소하기 시작하여 10월에 최소가 되었다. 정(1999)에

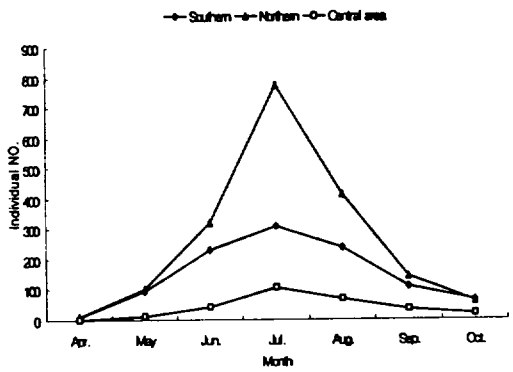

Figure 2. Monthly fluctuation of the total individual numbers in the northern slope and the southern slope area, and at the highest point.

의하면 송장벌레科의 종들은 동물질이 썩기 쉬운 여름철에 썩은 동물질을 먹기로 삼기 때문에 개체수가 증가한다는 보고와 비슷한 추이를 나타냈다.

송장벌레 종들의 월별 변동 유형은 대모송장벌레(*E. brunneicollis*), 큰넓적송장벌레(*E. jakowlewi jakowlewi*), 검정송장벌레(*N. concolor*), 넉점박이송장벌레(*N. quadripun-*

Table 5. Monthly relative abundance of the Silphidae species in the northern slope area

Scientific name	Northern							Relative Percentage			Frequency (R.A.*)
	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	L. Limit	Observed	U. Limit	
Family Silphidae											
Eusilpha brunneicollis (Kraatz)	-	+	±	+	±	+	+	11.09	12.64	14.20	231(±)
E. jakowlewi jakowlewi (Semenov)	-	+	++	+	+	+	+	17.05	18.88	20.71	345(+)
Nicrophorus concolor Kraatz	+	+	++	++	++	+	+	34.74	37.00	39.26	676(++)
N. maculifrons Kraatz	+	-	±	±	±	-	+	0.36	0.77	1.17	14(±)
N. quadripunctatus Kraatz	+	++	+	±	+	++	++	14.90	16.64	18.38	304(+)
Ptomascopus mario Kraatz	-	±	±	+	+	±	+	12.44	14.07	15.69	257(+)
No. of species collected during the month	3	5	6	6	6	5	6				
No. of individuals collected during the month	10	102	321	775	413	142	64				1,827
Total **S = 6**				**Mean = 304.50**				**14.92**		**18.41**	

Table 6. Monthly relative abundance of the Silphidae species in the southern slope area

Scientific name	Southern							Relative Percentage			Frequency (R.A.*)
	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	L. Limit	Observed	U. Limit	
Family Silphidae											
Eusilpha brunneicollis (Kraatz)	-	±	±	±	±	±	±	1.60	2.57	3.55	27(±)
E. jakowlewi jakowlewi (Semenov)	-	+	++	++	+	+	+	27.94	30.79	33.64	323(++)
Nicrophorus concolor Kraatz	-	±	+	++	+	±	+	23.41	26.12	28.83	274(++)
N. maculifrons Kraatz	+	-	-	±	-	-	±	0.00	0.38	0.76	4(±)
N. quadripunctatus Kraatz	+	++	+	++	+	++	++	37.11	40.13	43.16	421(++)
No. of species collected during the month	2	4	4	5	4	4	5				
No. of individuals collected during the month	6	95	228	308	239	110	63				1,049
Total S = 5	**Mean = 209.80**							**17.53**		**22.47**	

Table 7. Monthly relative abundance of the Silphidae species at the highest site of 5.16 Road

Scientific name	Central area							Relative Percentage			Frequency (R.A.*)
	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	L. Limit	Observed	U. Limit	
Family Silphidae											
Eusilpha brunneicollis (Kraatz)	-	-	±	+	±	±	-	3.29	6.20	9.12	17(±)
E. jakowlewi jakowlewi (Semenov)	-	-	-	±	-	-	-	-0.36	0.36	1.09	1(±)
Nicrophorus concolor Kraatz	-	+	+	++	+	+	+	39.24	45.26	51.27	124(++)
N. maculifrons Kraatz	-	-	-	±	-	-	-	-0.36	0.36	1.09	1(±)
N. quadripunctatus Kraatz	-	+	+	++	++	++	+	40.69	46.72	52.74	128(++)
Ptomascopus mario Kraatz	-	-	-	±	±	-	-	-0.16	1.09	2.35	3(±)
No. of species collected during the month	0	2	3	6	4	3	2				
No. of individuals collected during the month	0	10	40	104	69	34	17				421
Total S = 6	**Mean = 45.67**							**12.16**		**21.17**	

ctatus), 꼬마검정송장벌레(*Ptomascopus mario*)의 경우 7월까지 증가하다가 8월부터 감소하였고, 반면 이마무늬송장벌레(*N. maculifrons*)는 기온이 비교적 낮은 4월과 10월에 개체수 증가를 보였다(Figure 3).

2. 고도별 변동

고도별 변동에서 종수는 북사면에서는 해발 450m부터 650m까지 6종, 남사면에서는 해발 650m에서 5종으로 가장 많았고, 북사면 350m에서 5종이였고, 나머지 고도에서는 4종으로 가장 적었으며, 해발 750m에서는 6종이였다(Table 8, 9 및 10).

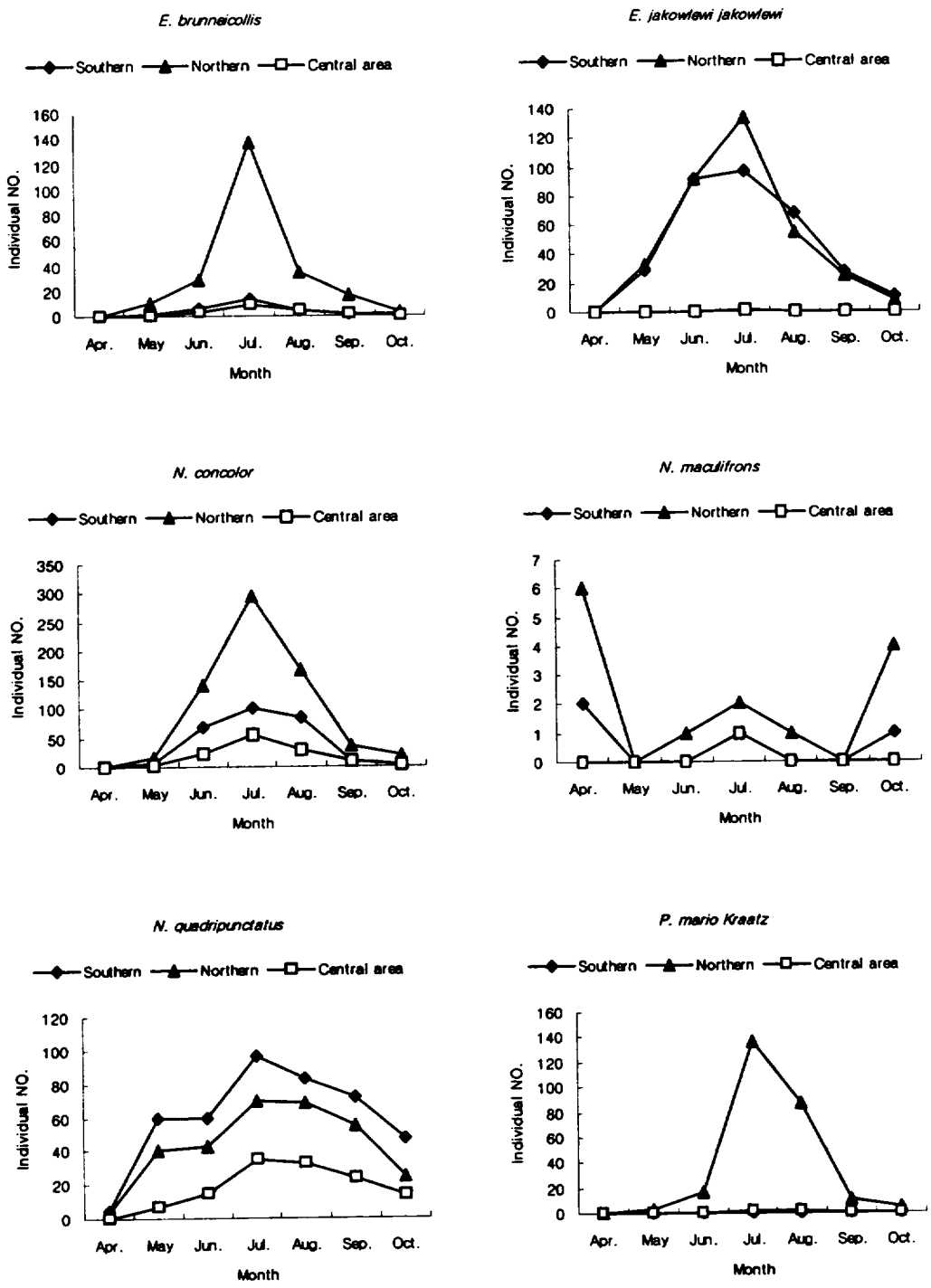

Figure 3. Monthly fluctuation of the individual numbers in the northern slope and the southern slope area, and at the highest point.

북사면의 경우 250m부터 350m까지 완만한 증가 추이를 보이다가 450m에서 다른 조사지점에 비해 낮은 개체수를 나타내었다가 550m부터 개체수 증가를 보였고, 남사면의 경우 450m까지 개체수 증가를 보이다가 550m부터 개체수 감소를 보였는데, 이들 지역은 낙엽이 많이 쌓인 지역으로 동물성 먹이를 땅 속에 묻고 알을 낳는 송장벌레과 곤충들의 서식 습성과 밀도 상승에 영향을 미친것인지에 대해 더 많은 연구가 필요하다고 사료된다.

고도에 따른 개체수의 변동양상은 Figure 4에 나타내었다.

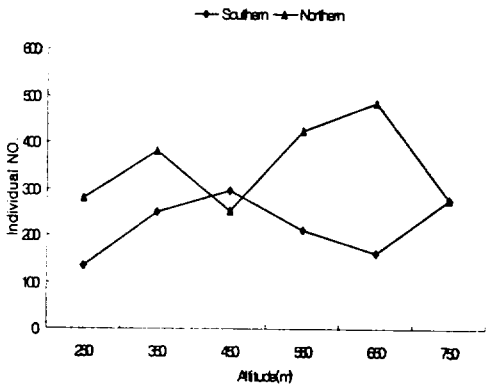

Figure 4. Altitude-based fluctuation of the total individual numbers in the northern slope and the southern slope area, and at the highest point.

Figure 5에서 보는 바와 같이 이마무늬송장벌레(*N. maculifrons*), 넉점박이송장벌레(*N. quadripunctatus*), 대모송장벌레(*E. brunneicollis*), 검정송장벌레(*N. concolor*)는 고도가 높아질수록 개체수가 증가하였고, 큰넓적송장벌레(*E. jakowlewi jakowlewi*)와 꼬마검정송장벌레(*P. mario*)는 고도가 높아질수록 개체수가 감소하였다. 특히, 꼬마검정송장벌레(*P. mario*)는 북사면에서만 채집되고, 남사면에서는 단 한 개체도 채집이 이뤄지지 않았는데, 이런 결과들이 동물의 시체나 썩은 고기를 선호하는 송장벌레과(Silphidae) 종들 간의 경쟁, 온도와 강우량 등의 기상조건이나 주변 식생에 의한 것인지는 더 많은 조사가 필요하다고 사료된다.

Table 8. Altitude-based relative abundance of the Silphidae species in the northern slope area

Scientific name	Northern					Relative Percentage			Frequency
	250	350	450	550	650	L. Limit	Observed	U. Limit	(R.A.*)
Family Silphidae									
Eusilpha brunneicollis (Kraatz)	±	±	+	+	+	11.09	12.64	14.20	231(±)
E. jakowlewi jakowlewi (Semenov)	++	±	±	++	±	17.05	18.88	20.71	345(+)
Nicrophorus concolor Kraatz	±	++	++	++	++	34.74	37.00	39.26	676(++)
N. maculifrons Kraatz	-	-	±	±	±	0.36	0.77	1.17	14(±)
N. quadripunctatus Kraatz	-	±	+	+	++	14.90	16.64	18.38	304(+)
Ptomascopus mario Kraatz	+	++	+	±	±	12.44	14.07	15.69	257(+)
No. of species collected in each site	4	5	6	6	6				
No. of individuals collected in each site	280	382	252	426	487				1,827
Total S = 6	**Mean = 304.50**					**14.92**		**18.41**	

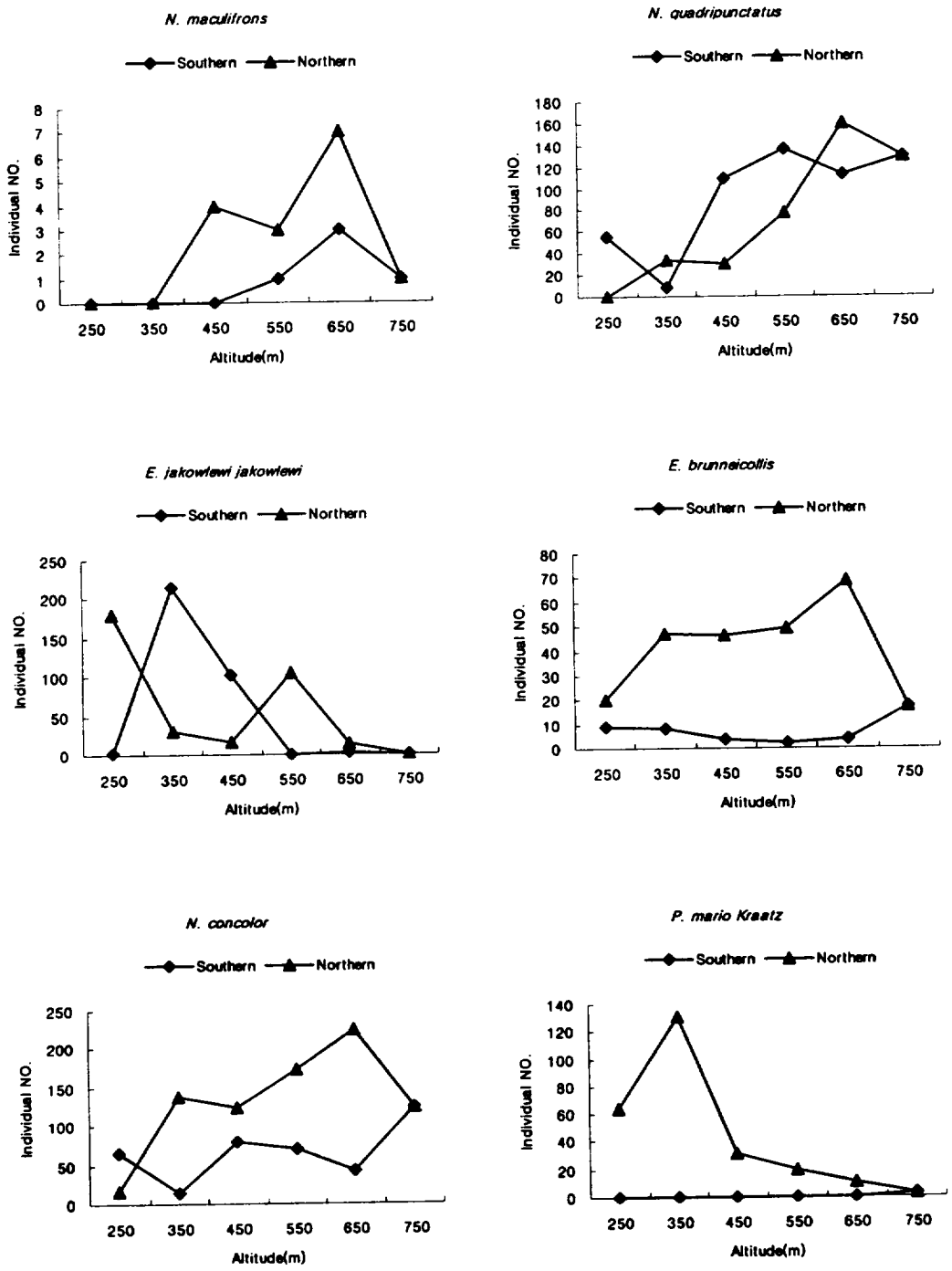

Figure 5. Altitude-based fluctuation of the individual numbers in the northern slope and the southern slope area.

Table 9. Altitude-based relative abundance of the Silphidae species in the southern slope area

Scientific name	Southern					Relative Percentage			Frequency
	250	350	450	550	650	L. Limit	Observed	U. Limit	(R.A.*)
Family Silphidae									
Eusilpha brunneicollis (Kraatz)	±	±	±	±	±	1.60	2.57	3.55	27(±)
E. jakowlewi jakowlewi (Semenov)	±	++	+	-	±	27.94	30.79	33.64	323(++)
Nicrophorus concolor Kraatz	++	±	+	+	+	23.41	26.12	28.83	474(++)
N. maculifrons Kraatz	-	-	-	±	±	0.00	0.38	0.76	4(±)
N. quadripunctatus Kraatz	++	±	++	++	++	37.11	40.13	43.16	421(++)
No. of species collected in each site	4	4	4	4	5				
No. of individuals collected in each site	133	248	295	210	163				1,049
Total S = 6	Mean = 209.80					17.53		22.47	

Table 10. Relative abundance of the Silphidae species at the highest point of 5.16 Road

Scientific name	Central area	Relative Percentage			Frequency
	750	L. Limit	Observed	U. Limit	(R.A.*)
Family Silphidae					
Eusilpha brunneicollis (Kraatz)	±	3.29	6.20	9.12	17(±)
E. jakowlewi jakowlewi (Semenov)	±	-0.36	0.36	1.09	1(±)
Nicrophorus concolor Kraatz	+	39.24	45.26	51.27	124(++)
N. maculifrons Kraatz	±	-0.36	0.36	1.09	1(±)
N. quadripunctatus Kraatz	+	40.69	46.72	52.74	128(++)
Ptomascopus mario Kraatz	±	-0.16	1.09	2.35	3(±)
No. of species collected in each site	6				
No. of individuals collected in each site	274				2,363
Total S = 6	Mean = 45.67	12.16		21.17	

3. 종 다양도

정보이론(Shannon and Weaver, 1949)에 기초를 둔 Shannon 지수(H')는 군집생태에서 가장 널리 이용되어 온 지수로서, 송장벌레 군집에 관하여 월별 그리고 고도별 변동 양상을 Figure 6, 7에 나타내었다.

1) 월별 변동

월별 다양도 지수에서 북사면은 10월이 가장 높았고 성판악 등산로 입구(750m)와 남사면은 7월에 가장 높았다. 계절적으로 여름에 해당하는 6월부터 8월에 다양도가 비교적 높았고, 봄에 해당하는 4월에는 비교적 낮았다. 이러한 양상을 보인 요인은 6월부터

8월의 군집이 큰넓적송장벌레(*E. jakowlewi jakowlewi*), 검정송장벌레(*N. concolor*), 꼬마검정송장벌레(*P. mario*) 등이 다수종을 구성한 반면 4월 군집은 채집된 개체수와 종수가 작기 때문이다. 북사면의 경우 다수종은 검정송장벌레(*N. concolor*) 1종이며 보통종은 3종, 희소종이 2종인 반면 남사면과 성판악 등산로 입구에서는 큰넓적송장벌레(*E. jakowlewi jakowlewi*), 검정송장벌레(*N. concolor*), 넉점박이송장벌레(*N. quadripunctatus*)가 다수종을 구성하면서 전체 채집 개체수의 86.39%를 차지하면서 북사면에 비해 다양도가 낮아 졌다(Figure 6).

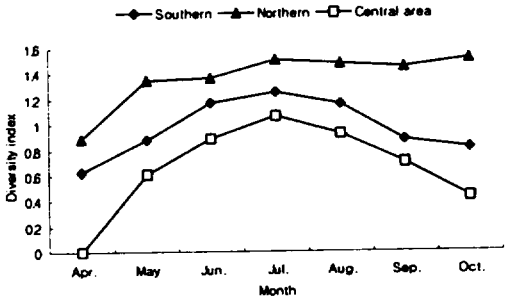

Figure 6. Monthly fluctuation of species diversity.

2) 고도별 변동

고도별 종 다양도 지수는 북사면에서 해발 250m에서 550m까지 높아지다가 650m에서 감소했다. 이러한 변동양상은 650m에서 넉점박이송장벌레(*N. quadripunctatus*)와 검정송장벌레(*N. concolor*)가 다수종이면서 386개체가 채집되어 79.26%를 이뤘기 때문이다. 남사면의 경우 큰넓적송장벌레(*E. jakowlewi jakowlewi*)와 넉점박이송장벌레(*N. quadripunctatus*)가 주된 종이 되면서 다양도가 북사면에 비해 낮아졌다(Figure 7).

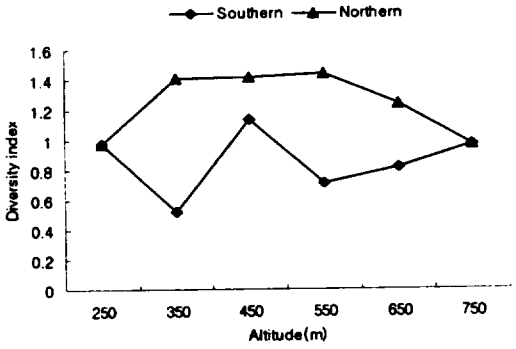

Figure 7. Altitude-based fluctuation of species diversity.

Ⅳ. 인용문헌

Cho, Y. B and C. E. Lee (1995). Carrion Beetles in Korea(Coleoptera, Silphidae), *Nature and Life*, 25(1/2): 1-191.

Gullan, P.J. & P.S.Cranston, 1994, The Insect-An Outline of Entomology, Chapman & Hall, p. 207, 293, 294.

Okamoto, H. (1924) The insect fauna of Quelpart Island. *Bull. Agr. Exp. Gov. Gen. Chosen*, **1(2)**: iv + 47-233, pl. 7-10.

Peck, S & S,Miller, 1993. A Catalog of the Coleoptera of America North of Mexico, Family Silphidae, USDA, 25pp.

Sakuma, A. (1964). *Statistics in Biology*. Tokyo University Press, Tokyo.

Shannon, C.E. and W. Weaver (1949). *The Mathematical Theory of Communication*. University Illinois Press, Urbana, IL.

김원택, 오홍식 (1991) 제주도 인근 유인도의 곤충상 연구. 제주유인도학술조사, p.

133-175.

문태영 · 이성진 (1999). 영도산 곤충군의 의곤충학 및 보전생물학, Ⅲ. 송장벌레과(딱정벌레목). 보건과학연구소보, 9: 115-126.

석주명 (1970). 제주도의 곤충상. 보진제, p.71-72.

정세호 · 조영복 · 김원택 (1999). 제주도의 송장벌레. 제주생명과학연구, 2(2): 33-47.

조복성 (1963). 제주도의 곤충. 고대문리논집, 6:159-242.