



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

博士學位論文

濟州島 濕地의 水棲昆蟲 群集 特性:
分布 樣相과 高度에 따른 種 多樣性



濟州大學校 大學院

生命科學科

鄭 尙 倍

2011年 2月

濟州島 濕地의 水棲昆蟲 群集 特性:
分布 樣相과 高度에 따른 種 多樣性

지도교수 김원택·이선령

정 상 배

이 論文을 理學 博士學位 論文으로 提出함

2011年 2月

鄭尙倍의 理學 博士學位 論文을 認准함

審査委員長 _____ (印)

委 員 _____ (印)

委 員 _____ (印)

委 員 _____ (印)

委 員 _____ (印)

濟州大學校 大學院

2011年 2月

**Characteristics of the Aquatic Insect Communities in the
Wetlands of Jeju Island: Distribution and Species Diversity along
the Altitudinal Gradient**

Sangbae Jeong

(Supervised by professor Won-Taek Kim and Sun-Ryung Lee)

**A dissertation submitted in partial fulfillment of the requirement for the degree of
Doctor of Philosophy**

February, 2011

This dissertation has been examined and approved by

.....
Chairperson of the Committee
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

.....
Date

**Department of Life Science
GRADUATE SCHOOL
JEJU NATIONAL UNIVERSITY**

목 차

List of Tables	i
List of Figures	ii
List of Appendices	iii
Abstract	iv
I. 서론	1
II. 재료 및 방법	4
1. 조사지	4
2. 조사방법	6
1) 수서곤충의 채집과 분류	6
2) 수서곤충의 군집지수 분석	8
3) 고도에 따른 수서곤충의 종 다양성의 변화: Rapoport의 범칙 검증	10
(1) 고도에 따른 출현 종수 변화 분석	10
(2) 고도별 분포범위 분석	11
III. 결과 및 고찰	
1. 조사지의 개황	12
2. 수서곤충의 분포	21
1) 분포상	21

2) 특정종의 분포 -----	30
3) 먹이형태별 분포 -----	31
3. 수서곤충 군집 지수 -----	33
1) 우점도(Dominance Index, DI) -----	33
2) 종 다양도(Biodiversity Index, H') -----	33
3) 종 풍부도(Richness Index, R') -----	33
4) 상대 밀도(Relative Density, RD) -----	37
5) 균등도 지수(Evenness Index, EI) -----	37
6) 상대수도(Relative Abundance, RA) -----	37
7) 유사도 지수(Similarity Index, SI) -----	44
4. 고도에 따른 수서곤충의 종 다양성의 변화: Rapoport의 법칙 검증 -----	48
1) 고도에 따른 출현 종수 변화 -----	48
2) 고도별 분포범위: Rapoport 법칙의 적용과 검증 -----	51
요약 -----	56
참고문헌 -----	59
Appendix -----	67

List of Tables

Table 1. Topographical characteristics of the wetlands studied in Jeju Island	5
Table 2. Dates of field survey in the study sites	7
Table 3. Types of the wetlands selected for the study	13
Table 4. List and individual of aquatic insects observed in the 24 surveyed sites	23
Table 5. Comparison of aquatic insect fauna observed at the present study with those of other hydric system	28
Table 6. Dominance index(DI) of aquatic insects in the 24 surveyed sites	35
Table 7. Biodiversity index(H') of aquatic insects in the Dongbackdongsanmot	35
Table 8. Biodiversity Index(H') of aquatic insects in the 24 surveyed sites	37
Table 9. Richness index(R') of aquatic insects in the 24 surveyed sites	37
Table 10. Relative Density(RD) of aquatic insects in the 24 surveyed sites	38
Table 11. Evenness index(EI) of aquatic insects in the 24 surveyed sites	38
Table 12. Relative abundance of the species by site	39
Table. 13. Comparison of indices of aquatic insects population among various hydric systems	47

List of Figures

Fig. 1. Location map of the study wetlands in Jeju Island. -----	4
Fig. 2. Comparative distributional diagram of species number of aquatic insects in the sites according to altitudes. -----	29
Fig. 3. Photographs of <i>Hydrochus japonicus</i> Sharp(A) and <i>Corallocoris</i> sp.(B). -----	31
Fig. 4. Comparison of food pattern of aquatic insects. -----	32
Fig. 5. Dendrogram of the clustering of 24 surveyed sites using chord distance. -----	45
Fig. 6. Dominance index, relative density, evenness index, biodiversity index and richness index of aquatic insect population in 24 surveyed sites. -----	46
Fig. 7. The relationship between species richness and altitude in 24 surveyed sites. -----	49
Fig. 8. The relationship between species richness corrected by area and altitude. -----	50
Fig. 9. Altitudinal range of each species of aquatic insects along the altitudinal gradient in 24 surveyed sites. -----	52
Fig. 10. Rapoport effect on altitudinal ranges of total taxon and the three most abundant orders. -----	53
Fig. 11. Comparison of the extent of the altitudinal ranges between high altitudinal species. -----	55

List of Appendices

Appendix 1. Climatic data of studied sites(Site No. 1~16: 1971~2000, 17~24: Jun. 2003~Aug. 2006) -----	68
Appendix 2. Monthly climatic changes of studied sites(a, b, c, d: 1971~2000; e, f, g, h: Jun. 2003~Aug. 2006) -----	69
Appendix 3. List of the aquatic insects in Jeju Island -----	71



Abstract

Twenty-four wetlands including crater lakes of Jeju Island were surveyed from 2004-2008 to understand the distribution patterns of indigenous aquatic insects, examine the dynamics of species diversity along the altitudinal gradient and test the Rapoport' rule on the aquatic insects community. The conclusions of this study are as below.

1. Overall, 3327 individuals comprising seven orders, 31 families, 68 genera, and 92 species were identified in the 24 surveyed sites. The site with the most varied number of species(n=50) was Dongbaekdongsanmot. Saraak displayed the most abundant number of individuals(n=534). Generally, the lowlands and midlands contained many species, with few in the highlands.

2. One species of the genus Ephemeloptera, 23 of the Odonata, one of the Plecoptera, 21 of the Hemiptera, 41 of the Coleoptera, three of the Trichoptera, and two of the Diptera were identified in this study.

3. *Lyriothemis pachygastra* was found in 19 sites, and the most widely distributed species in 24 sites, followed by *Ischnura asiatica*, and *Sigara substriata*(n=18 sites for both), and *Anax parthenope*, *Orthetrum albistylum* and *Anisops ogasawarensis*(n=17 sites for both) and *Plea (Paraplea) indistinguenda*(n=16 sites). In the 7 orders identified, the aquatic insects in the orders Hemiptera and Odonata were most widely distributed, perhaps reflecting their capability of flight and superior adaptation behaviors.

4. Eighteen species including *Gynacantha japonica* were found only in one site, 14 species including *Platycnemis phillopoda* were resented in two sites, and five species including *Epophthalmia elegans* were detected in three sites.

5. *Lethocerus deyrollei*, the largest aquatic insect inland and an endangered species, was found in 16 lowlands, indicating that Jeju Island wetlands remain a

suitable habitat for aquatic insects, highlighting the importance of preserving such habitats from destruction and pollution-related degradation.

6. Order Coleoptera family Hydrochidae, *Hydrochus japonicus* Sharp, and the sole species of the order Hemiptera, family Omaniidae, genus *Corallocoris*, which have not been hitherto reported in Korea were detected in one site.

7. Within 92 species, 71(77.2%) were carnivore, 14(15.2%) were herbivore, 5 (5.4%) were omnivore, and 2(2.2%) were detritivore.

8. The mean value of the dominance index(DI) was 0.245; the highest value was acquired from Muljangol with 0.772. In general, the DI was high in wetlands located in highlands. The mean value of the diversity index(H') was 3.647, with Dongbaekdongsanmot showing the highest value(4.971). Generally, H' of wetlands located in lowlands and midland were high, but those of highlands was relatively low. The mean value of the R' was 5.094, and Dongbaekdongsanmot showed the highest value(9.156). Like the H', the richness index(R') of the lowlands and midland were relatively high, compared with those of the highlands.

9. The mean value of the relative density(RD) was 0.673, with the highest value in Mulyeongari(0.906). Generally, the RD values from the midland wetlands were relatively high. The mean value of the evenness index(EI) was 1.165, with the highest value displayed by Suworimot(1.364).

10. Relative abundance(RA) analysis revealed abundant species twice in six sites including Dongbaekdongsanmot, and once in nine sites including Eouksaemimot. Rare species were found 15 times in Muljangol, seven times in Eoseungsaengak, four times in Baengnokdam, three times in Dongsuak, and one in Saraak. Rare species were found only in the sites at higher altitude than the Dongsuak.

11. Abundant species were found four times in *Guignotus japonicus*, three times in 3 three including *Gerris (Gerris) latiabdominis*, once in six species including *Cloeon dipterum*. Rare species were detected twice in six species including *Ischnura asiatica* and one in 20 species including *Ceragrion melanurum*.

12. Analysis of Similarity Index(SI) within 24 sites revealed that Saraak and Baengnokdam were similar with a values of 0.19. Within the value 1, 12 major communities were distinguished, and communities of a similar altitude closely grouped together. In contrast, five sites including Geolworimot revealed values that were distant from other sites, showing unique and independent characteristics of aquatic insect community.

13. Species richness of aquatic insects monotonically decreased with increasing altitude showing a significant inverse correlation($r=-0.64$). However, the pattern of species richness with altitude showed a hump-shaped relationship, with a peak in species richness at intermediate elevations when the effects of area were removed.

14. Altitudinal range of species tended to increase with increasing altitude. There was a positive correlation between the altitudinal range size and the midpoint of the range size(Median) except of Hemiptera.

15. The extent of average altitudinal range of high-altitude species was 904.3m, and it was significantly wider than a 469.5m of low-altitude species. Consequently, the species richness of aquatic insects in wetlands along the altitudinal gradient strongly supports the Rapoport' rule.

I. 서론

습지(wetland)란 젖어 있는 땅을 의미하는데 생물의 성장기를 포함한 연중 또는 상당기간 동안 물이 지표면에 덮여 있거나 지표 인근에 물이 있는 토지를 말한다. 또한, 만약 불규칙하게 침수되고 수심이 낮아도 습지식물이 자라는 곳도 습지에 해당된다. 습지는 영구적으로나 계절적으로 습한 상태를 유지하면서 이러한 환경에 적응한 생물이 서식하며, 육상생태계(terrestrial ecosystem)와 수생태계(aquatic ecosystem) 사이의 전이지대(transition region)인 독특한 동적 생태계를 지닐 뿐만 아니라 습지에 의지하는 생물상 역시 생산성과 다양성이 높은 것으로 알려졌다(Dobson & Frid, 2008). 그 중 대형 무척추동물군은 매우 다양한 종 특성을 보여주고 있다. 특히 수서곤충류는 환경변화에 민감하고, 습지특성에 따른 독특한 군집과 비교적 뚜렷한 내성 범위를 가지고 있어서 수서생태계의 환경을 평가하는 지표생물로 효과적으로 이용되고 있다(Francis & Robert, 2009; 원 등, 2005).

수서곤충류는 곤충강(Insecta)의 대부분을 포함하고 있지만 하루살이목(Ephemeloptera), 잠자리목(Odonata) 등과 같이 그 분류군의 모든 종이 수서생활을 하는 1차 적응 군(primary adaptation group)과 노린재목(Hemiptera), 딱정벌레목(Coleoptera)과 같이 일부 종류만이 수서 생활을 하는 2차 적응 군(secondary adaptation group)으로 구별된다. 또한, 먹이종류에 따라서는 식물먹는 무리(herbivore, phytophagous), 동물먹는 무리(carnivore), 부식질먹는 무리(detritivore, scavenger)로 나눌 수 있는데 딱정벌레목의 일부 종은 유충 시만 잡식성 무리(omnivore)인 경우도 있다(윤, 1995). 곤충 대부분은 고등식물에서 먹이를 찾아 영양분을 충분히 공급받을 수 있고, 이들 곤충의 알도 식물의 잎에 낳기 때문에 대다수 곤충은 고등식물이 필요한데(Friedlander, 1976) 노린재목과 잠자리목의 다수는 내 산란(endophytic oviposition)방식을 통해 수초의 조직 안에 소량의 알을 낳아 빠른 유속에 알이 쓸려나가는 것을 방지함과 동시에 각종 환경요인으로부터 알을 보호하여 우화의 효율을 높인다. 딱정벌레목의 다수도 식물의 잎과 줄기에 알을 직접 낳기도 한다. 날도래목(Trichoptera), 파리목(Diptera), 딱

정벌레목 일부와 하루살이목과 강도래목(Plecoptera)의 대부분은 수초를 직접 섭취하거나 부식질을 먹는다(Klots, 1966; 윤, 1995). 따라서 생물군집 내에서 자원의 양과 질의 범위는 종수와 군집 크기에 영향을 미치는데 자원의 질이 좋고 양이 떨어지는 곳에서는 다양한 종의 작은 집단(population)들이 조성되며, 반대로 자원의 양이 많고 질이 떨어지는 곳에서는 소수 종의 큰 집단들이 조성된다(Price, 1984).

생물의 종 다양성 또는 종 풍부성의 변동은 고도에 따른 생태계의 변이와 관련지어 자주 설명되고 있다. 즉 Lawton *et al.*(1987)은 생물 풍부성에 영향을 미치는 고도의 효과는 (1) 고도에 따른 생산력 감소, (2) 전체 서식 면적감소, (3) 자원의 다양성 감소, (4) 높은 고도에서 우세한 기상환경의 비 예측성 및 가혹성 등에 기인한다고 하였다. 이 중 온도는 수서곤충의 종 다양성, 분포, 풍부도 결정에 가장 주요한 요인으로 취급되었다(Ward & Stanford, 1982).

생물종 다양성에 미치는 고도 또는 위도 효과는 과거에서부터 현재까지 생물지리학자들의 최대관심사 중 하나라 할 수 있다. Lomolino(2001)는 산지생물지리학(montane biogeography)에서 나타나는 종 다양성의 고도구배 현상은 기후변화와 자원 간 상호작용에 대한 직접적 반응이라고 정리하였다. 해발고도에 따른 생물종 다양성의 생태적 양상을 설명하는 이론 중 가장 원론적인 것은 고도와 생물 종의 분포범위 간에는 정의 상관관계가 성립한다는 이론으로 Rapoport의 법칙(Stevens, 1992) 또는 효과(Blackburn & Gaston, 1996)라 할 수 있는데 고도에 따른 종 풍부성은 단조적(monotonic)으로 감소한다는 이론이다. 지금까지 고도에 따른 종 풍부성의 양상에 대하여 단조적 감소 또는 증가 후 감소(고봉형) 등 형태의 많은 보고가 있었으나 극소수의 연구자만이 정량적으로 Rapoport의 법칙을 검증하였다(Fleishman *et al.*, 1998; Sanders, 2002).

지금까지 국내에서 이루어진 수서곤충에 대한 연구로는 대부분 분포와 군집에 관한 것이고(강, 1982; 김 등, 1978; 윤 등, 1984, 1985, 1989, 1990; 조 등, 1989; 오와 전, 1993; 이, 1993; 이, 1996, 2002; 이 등, 1993; 장과 황, 1992; 나 등, 1994, 1996; 조와 박, 1995; 조 등, 1995; 배 등, 1997, 1998, 1999, 2004; 전과 황, 2002; 남, 2003; 조, 2004; 송 등, 2005; 이 등, 2005; 한 등, 2007, 신 등, 2008) 그 외에도 먹이 식물(김 등, 2005), 섭식기능군과 습성(위 등, 1992; 노와 전, 2004; Nam

et al., 2006) 등이 있다.

한편, 제주도는 최고 해발고도가 1,950m로 아열대에서 아한대까지 뚜렷한 수직적 기후분포를 보이므로 식물이나 동물의 산지생물지리학 연구의 최적지라 할 수 있다. 하지만, 아직 제주도에서 생물 수직분포에 대한 이론적인 해석 연구는 미미하다. 또한 제주도에선 백록담을 비롯하여 11개의 화구호(crater lake, caldera lake)가 있고 150여 개의 중·소형 내륙 습지가 분포하고 있는데(제주도, 2001), 제주도가 습지의 발달이 빈약하고 비교적 소규모의 습지인 것은 근본적으로는 제주도를 구성하고 있는 현무암의 화산지형과 관련되어 있다(강, 2005). 화구호 습지는 화산폭발 후 능선 부의 커다란 화산쇄설물, 잘게 부서진 물질, 화산 먼지들이 요지(凹地)인 화구로 들어가 쌓이면서 바닥의 공간을 차곡차곡 메우게 되었고, 화구에 채워진 이들 물질이 재배치되면서 유역으로부터 흘러든 지표수가 지하수로 되어 땅속으로 침투되는 것을 막음으로써 화구에 서서히 물이 차고 여기에 수생식물이 침입, 성장, 고사, 퇴적되면서 특유의 습지가 형성되었다(이 등, 1997). 그 동안 습지와 관련하여 제주도에서는 환경부(1999, 2001)에 의한 수서곤충조사 등 자연환경조사와 이 등(1992), 정 등(2005), 정(2006)에 의한 수서곤충조사가 있었으며, 백록담 등 한라산 내 습지의 곤충 등 동물상에 대한 조사(김, 1984; 백 등, 1985; 이 등, 1985; 조와 김, 1998; 김, 2001; 정, 2001b; 정과 김, 2006, 2008; 한라산연구소, 2006, 2007; 제주특별자치도환경자원연구원, 2008)도 이루어져 왔다. 그러나 수서곤충의 해발고도에 따른 수직분포나 군집특성 등에 대한 연구는 전무한 실정이다.

따라서 본 연구는 화구호를 비롯한 제주도의 습지 24곳을 대상으로 수서곤충에 대해 분포 양상과 고도구배에 따른 종 다양성의 변화를 구명하고 Rapoport의 법칙을 검증하는 등 군집 특성에 대하여 알아보고자 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 조사지

본 조사는 습지보전법에 규정된 내륙습지에 해당하는 제주도 내 습지 24곳에 대해 이루어졌는데, 조사지점은 SporTraKMAP GPS(Global Positioning System; MAGELLAN Co.)를 이용하여 좌표와 해발고도를 확인하였다(Fig. 1, Table 1). 조사지 선정은 지역별 고도별로 습지를 선정하였는데 북동, 북서, 남동, 남서지역에 각각 6곳씩이며, 해발고도별로 0~100m, 101~200m, 201~300m, 301~500m, 501~1,000m, 1,001m 이상에 각각 4곳이다. 면적은 줄자와 GPS를 이용하였고, 수위측정은 수위측정기(Million Water Level Measure-Yamayo Co.)를 이용하여 중심부와 중심에서 습지경계면의 1/2지점 4곳을 측정하여 평균값을 산출하였다. 그리고 습지의 기후특성을 파악하기 위하여 각각의 습지와 가장 인접한 장소에 위치한 제주지방기상청에서 관측된 자료를 이용하여 분석하였다. 또한 조사대상 습지의 유형을 알아보기 위하여 김(2003)에 의한 습지의 분류를 실시하였다.

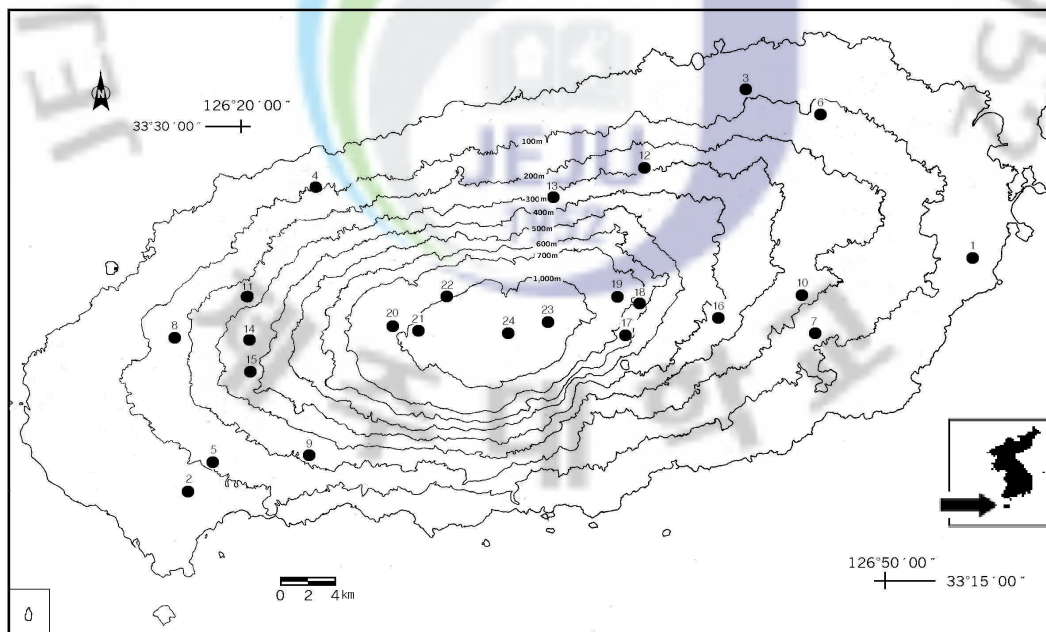


Fig. 1. Location map of the study wetlands in Jeju Island. The wetland names corresponding to the site numbers were described in Table 1.

Table 1. Topographical characteristics of the wetlands studied in Jeju Island

Site No.	Name	Altitude (m)	Area (m ²)	Depth (m)	Orientations ¹⁾	Coordinates	
						latitude	longitude
1	Honngi	36	1,500	0.7	SE	33° 24' 53" N	126° 53' 39" E
2	Suworimot	63	3,500	0.8	SW	33° 15' 30" N	126° 16' 43" E
3	Dongbaekdongsanmot	95	500	0.7	NE	33° 31' 06" N	126° 42' 55" E
4	Eouksaemimot	99	100	0.5	NW	33° 27' 41" N	126° 22' 22" E
5	Darionmul	102	900	0.3	SW	33° 16' 46" N	126° 17' 13" E
6	Mosanimul	125	2,500	0.6	NE	33° 30' 17" N	126° 46' 19" E
7	Sanmultongmot	140	330	0.4	SE	33° 21' 10" N	126° 48' 25" E
8	Gangjeongmot	142	550	0.6	NW	33° 20' 01" N	126° 16' 36" E
9	Seonggumot	201	1,000	0.4	SW	33° 16' 33" N	126° 21' 50" E
10	Dadorimot	209	600	0.5	SE	33° 23' 40" N	126° 46' 59" E
11	Geolwallimot	255	800	0.5	NW	33° 22' 48" N	126° 18' 38" E
12	Goedreumot	300	100	0.4	NE	33° 28' 28" N	126° 39' 32" E
13	Myeongdoammot	310	450	0.5	NE	33° 27' 59" N	126° 36' 29" E
14	Jeongmul	357	250	0.5	NW	33° 20' 31" N	126° 19' 40" E
15	Wonmul	362	600	0.4	SW	33° 19' 09" N	126° 20' 47" E
16	Mulyeongari	464	2500	0.4	SE	33° 22' 56" N	126° 41' 42" E
17	Dongsuak	679	3,675	0.2	SE	33° 21' 22" N	126° 37' 42" E
18	Mulchatoreum	695	5,000	0.8	NE	33° 31' 11" N	126° 40' 13" E
19	Muljangol	890	12,270	0.75	NE	33° 24' 47" N	126° 36' 47" E
20	Sumeunmulbaengdi	996	4,000	0.3	NW	33° 21' 54" N	126° 27' 03" E
21	1100wetland	1,094	18,786	0.3	NW	33° 21' 28" N	126° 27' 46" E
22	Eoseungsaengak	1,130	2,419	0.4	NW	33° 23' 49" N	126° 29' 16" E
23	Saraak	1,306	10,690	0.2	SE	33° 22' 17" N	126° 34' 12" E
24	Baengnokdam	1,846	11,637	0.65	-	33° 21' 29" N	126° 31' 53" E

¹⁾Orientations are basis of Baengnokdam(site 24)

NW: North-West, NE: North-East, SW: South-West, SE: South-East

2. 조사방법

1) 수서곤충의 채집과 분류

수서곤충의 채집은 지난 2004년부터 2008년까지이며 조사지 24곳에서 지점당 3회씩 이루어졌는데(Table 2), 채집방법은 윤(1995), 유와 이(2002)에 따라 정량적인 방법으로 채집망(지름 500mm, 망목 0.25mm)을 이용하여 습지경계면의 약간 안쪽에서 물속 바닥을 긁는 방식을 이용하였다.

채집된 표본은 제주대학교 동물생리실험실로 가져와서 70% ethyl alcohol에 사흘동안 담갔다가 꺼내어 제조한 세척액(95% ethyl alcohol 54ml, 증류수 44ml, benzene 7ml, ethyl acetate 19ml)으로 세척한 후 건조해서 현미경(SOMETECHVISION, ICS- 3058)을 통해 동정한 후 보관하였다. 수서곤충의 동정과 분류는 윤(1995)과 한국곤충학회와 한국응용곤충학회(1994)에 따랐으며 필요한 경우 문교부(1960, 1971), 조(1969), 권과 서(1986), 권 등(2001), 농업과학기술원(2006), 원 등(2005), Asahino *et al.*(1973), Takehiko *et al.*(2007), Kawai(2005), Shunichi & Yoshihiko(1994), Ueno *et al.*(1985)도 참고하였다. 결과의 정리는 곤충의 종과 개체 수까지 확인하였다.

Table 2. Dates of field survey in the study sites

Site No.	Name	1st	2nd	3rd
1	Honingi	Aug. 24, 2004	Apr. 28, 2005	Jun. 25, 2007
2	Suworimot	Aug. 31, 2004	Jun. 6, 2005	Jun. 12, 2007
3	Dongbaekdongsanmot	Aug. 1, 2004	Apr. 9, 2005	May 11, 2008
4	Eouksaemimot	Aug. 10, 2004	Jul. 31, 2005	May 13, 2007
5	Darinonmul	Aug. 31, 2004	Jun. 13, 2005	Jul. 21, 2008
6	Mosanimul	Sep. 17, 2004	May 23, 2005	Jun. 17, 2005
7	Sanmultongmot	Mar. 6, 2004	Sep. 17, 2004	May 12, 2005
8	Gangjeongmot	Aug. 23, 2004	May 19, 2005	Jul. 31, 2005
9	Seonggumot	Jun. 1, 2005	May 2, 2007	May 12, 2007
10	Dadorimot	Mar. 6, 2004	Sep. 7, 2004	May 12, 2005
11	Geolworimot	May 22, 2004	Oct. 24, 2004	Aug. 27, 2005
12	Goedeurmot	Sep. 1, 2004	May 21, 2005	Jul. 31, 2005
13	Myeongdoammot	Apr. 24, 2004	Aug. 22, 2005	May 28, 2007
14	Jeongmul	Aug. 20, 2004	Apr. 5, 2005	Aug. 6, 2006
15	Wonmul	Aug. 29, 2004	Jun. 6, 2005	Aug. 23, 2007
16	Mulyeongari	Aug. 7, 2004	Oct. 1, 2007	Jul. 13, 2008
17	Dongsuak	Aug. 17, 2007	Jul. 15, 2008	Sep. 24, 2008
18	Mulchatoreum	Aug. 17, 2007	May 8, 2007	Jul. 9, 2008
19	Muljangol	Sep. 11, 2006	May 8, 2007	Jun. 15, 2008
20	Sumeunmulbaengdi	Jul. 10, 2007	Jul. 19, 2007	Jul. 9, 2008
21	1100wetland	Jul. 19, 2006	May 1, 2007	Jul. 19, 2007
22	Eoseungsaengak	May 8, 2007	Sep. 13, 2007	Jul. 8, 2008
23	Saraak	May 15, 2007	May. 17, 2007	Aug. 17, 2008
24	Baengnokdam	Jul. 13, 2007	Jul. 31, 2007	Jul. 31, 2008

2) 수서곤충의 군집지수 분석

습지별 수서곤충의 서식특성을 알아보기 위해 조사지에 대해 수서곤충 군집 지수를 분석하였다. 대표적으로 종 다양도는 군집의 안정도에 대한 척도가 된다. 즉, 서식환경이 안정되면 종 다양도가 높게 나타나는데, 이는 종간의 상호작용이 다양하기 때문이며 먹이사슬, 경쟁, 포식관계, 생태적 지위 등을 포함한 개체군의 상호작용이 복잡하게 일어남을 의미하고 이를 통해 다른 분류군과의 상호관계를 규명하게 된다. 이외에도 곤충의 군집분석에 이용하는 다양한 방법이 있는데 다음과 같은 방법을 통해 조사지 별 특성을 알아보았다.

우점도(Dominance Index, DI): 수서곤충 중 특정종이 가지는 상대적인 비율을 알기 위해 지점별로 McNaughton's dominance index(McNaughton, 1967)에 의하여 우점도를 산출하였다.

$DI = n_i/N$ (N: 총 개체 수, n_i : 제 I번째 종의 개체 수)

종 다양도(Biodiversity Index, H'): Margalef(1958)에 의해 유도된 Shannon & Weaver index (Shannon & Weaver, 1949; Pielou, 1969)의 종 다양성 지수 (species diversity index)를 이용하며 군집의 복잡성을 알 수 있다.

$H' = -\sum(P_i)(\log_2 P_i)$ (P_i : i번째에 속하는 개체 수의 비율(n_i/N), N: 군집 내의 전체 개체 수)

종 풍부도(Richness Index, R'): 지수 값이 높을수록 종의 구성이 풍부해지므로 서식환경이 양호하다는 것을 의미하며 대표적인 지수인 Margalef(1958)의 지수를 사용하여 산출하였다.

$R' = (S-1)/\ln(N)$, S: 전체 종 수, N: 총 개체 수

상대 밀도(Relative Density, RD): 우점종의 개체수에 대한 특정 종의 개체 수 비율로 특정종은 아우점종을 선정하였다. 상대 밀도는 우점종의 개체수가 적고 아우점종의 개체수가 많은 곳은 상대밀도의 값이 높게 나타난다.

RD = (특정종의 개체 수/우점종의 개체 수)×100%

균등도 지수(Evenness Index, EI): 군집 내 종구성의 균일한 정도를 나타내는 식으로 Pielou(1975)의 식을 이용하였다.

EI = $H' / \ln(S)$, H': 종 다양도, S: 전체 종 수

상대 수도(Relative Abundance, RA): 습지의 수서곤충 종의 상대적 백분율을 비교하기 위하여 Sakuma(1964) 식을 사용하여 상대적 수도를 다수 종(++), 보통 종(+), 희소 종(±)으로 나누어 표현하였다.

유사도 지수(Similarity Index, SI): 조사지역 내에서 종조성의 유사도를 수치화한 값이다. 따라서 조사지역별로 나누어 두 지역사이가 얼마나 유사하고 얼마나 다른가를 판정하는 데 이용하는 지수이다. 본 조사에서는 CLUSTER.BAS program을 이용하여 chord distance 값을 계산하여 클러스터분석을 하였다 (Ludwig & Reynold, 1988).

3) 고도에 따른 수서곤충의 종 다양성 변화: Rapoport의 법칙 검증

(1) 고도에 따른 출현 종수 변화 분석

고도에 따른 출현 종수의 변화를 판단하기 위하여 상관분석을 하였다. 즉, 각 습지의 고도와 그 습지에서 발견된 총 종수(종 풍부성으로 표기함)를 한 쌍으로 서로 대응하는 변량을 구성하였다. 정상관인 경우는 고도에 따라 종수가 증가하는 것이고, 역상관인 경우는 고도가 증가할수록 종수가 감소하는 것으로 판단하였다.

출현 종수는 서식처 면적에 따라 다소 영향을 받을 수 있기 때문에 면적효과를 제거하고 고도와 출현 종수 관계를 분석하였다. 즉 아래 식(식 1)과 같이 고도별 총 출현 종수 자료를 면적대비 수치로 표준화시켰다.

$$(S_i/A_i) \times 100 \text{ ----- 식 1}$$

여기서, S_i 는 i 번째 습지에 출현하는 총 종수, A_i 는 i 번째 습지의 면적을 의미한다.

이렇게 변환된 출현 종수를 종속변량으로 취하고, 대응하는 고도를 독립변량으로 하여 아래 비선형모형식(식 2)에 적합 시켰다.

$$f(x) = a \cdot \exp\left[1 + \frac{b-x}{k} - \exp\left(\frac{b-x}{k}\right)\right] \text{ ----- 식 2}$$

여기서, $f(x)$ = 고도 x 에서 출현 종수, a = 출현 종수의 최대 값(즉, 고도 b 에서 출현 종수), b : 최대 출현 종수를 보이는 고도, k = 매개변수를 나타낸다. 식 2는 독립변량 값이 증가함에 따라 처음에는 종속변량 값이 증가하여 최고점에 도달하고 그 후에는 감소하는 비선형 곡선을 나타내는 수식으로 고도에 따른 출현 종수 변화가 '고봉 모양(hump-shaped)'을 갖는지 검토하기 위하여 이용하였다. 각 매개변수는 TableCurve 프로그램을 이용하여 추정하였다(Jandel, 1996). 모형 적합과정에서 비정상적 수치가 통계적 수렴(convergence)을 방해하였으므로 분석에서 제거하였다(site 4 및 12).

(2) 고도별 분포범위 분석

습지에서 확인된 총 92종의 수서곤충에 대하여 고도별 수직분포 범위를 분석하였다. 즉 어떤 종이 발견된 습지들의 고도 자료를 이용하여 중앙값을 추정하고, 평균 서식 고도로 간주하였으며, 발견된 최고고도와 최저고도의 차이를 수직분포 범위로 취급하였다. 평균 서식 고도와 수직분포 범위 간 상관분석을 하여 상호 관련성을 분석하였다. 또한, 추가로 분류군별 양상을 파악하기 위하여 잠자리목, 딱정벌레목, 노린재목을 서로 분리하여 분석하였다. 단 1개 습지에서 발견된 종은 수직분포 범위를 계산할 수 없었기 때문에 분석에서 제외하였다.

평균서식고도 위치에 따른 수서곤충 종의 수직분포범위 크기를 비교하기 위하여 식 2에서 추정된 최대 출현 종수를 보이는 고도(매개변수 b)에서 표준오차 범위 이상 고도(305.5m)에 속한 종을 상위고도 영역 중, 표준오차 범위 이하 고도(211.9m)에 속한 종을 하위고도 영역 중으로 구분하였다. 각 해당 영역에 속한 종의 수직분포범위 크기의 통계적 차이 유무를 T-검정을 이용하여 분석하였다. 이 분석은 하위영역 중의 분포 범위가 좁고 반면 상위영역 중의 분포 범위가 넓은 Ropoport 법칙을 검정하고자 실시하였다. 즉 상위고도 영역 중의 분포 범위가 하위고도 영역 중의 분포 범위 보다 통계적으로 유의하게 크다면 이 가설은 수락된다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 조사지의 개황

제주도 내 습지 중 조사대상 24곳의 습지는 해발고도는 최저 36m부터 최고 1,846m까지, 면적은 100m²부터 18,786m²까지, 수심은 0.2m에서 0.8m까지 다양하였다(Table 1). 이들 습지를 분류하여 보면 소택형영구수생식물습지(PaPeEm)가 혼인지 등 8곳, 인공연못(HuPo)이 수월이못 등 11곳, 소택형계절초본습지(PaSeHe)가 동수약 등 4곳, 소택형영구개방수면습지(PaPeOw)가 물찾오름 1곳으로 나타났다(Table 3). 각 습지의 연평균기온은 백록담이 5.3℃부터 성구못 등 3곳이 16.2℃까지 큰 온도 차이를 보였고, 1년 총 강수량은 수월이못 등 5곳은 1094.7mm인 반면 백록담은 4,775mm로 매우 큰 차이가 나타났다(Appendix 1, 2).

Site 1. 혼인지

성산읍 온평리 마을 서 측 외곽에 위치한 혼인지는 소택형영구수생식물습지로 분류되며, 연평균 기온이 15.2℃, 1년 강수량은 1,840.9mm를 보이는 습지이다(Table 3, Appendix 1, 2). 이 곳은 빌레 용암의 암반 위에 1개의 중형 연못과 1개의 소형 연못으로 구분되어 있다. 관광지로 조성되어 개방되어 있으며 주변은 농경지와 임야이다. 퇴적물이 많고 다양한 수심이 유지되고 있는데, 주요 동물은 유희목이(*Rhabdophis tigrinus*), 북방산개구리(*Rana dybowskii*), 참개구리(*Rana nigromaculata*)이며 외래종인 왕우렁이(*Pomacea canaliculata*)와 붉은귀거북(*Trachemys scripta elegans*)이 다수 서식하고 있다. 조류는 쇠백로(*Egretta garzetta garzetta*), 왜가리(*Ardea cinerea rectirostris*)가 확인되었다.

Table 3. Types of the wetlands selected for the study

Site No.	Name	Code No.	Super type	System	Sub system	Class
1	Honingi	PaPeEm	Inland wetland	Palustrine(Pa)	Perennial(Pe)	Emergent(Em)
2	Suworimot	HuPo	Artifical wetland	Human made(Hu)	Pond(Po)	-
3	Dongbaekdongsanmot	PaPeEm	Inland wetland	Palustrine(Pa)	Perennial(Pe)	Emergent(Em)
4	Eouksaemimot	HuPo	Artifical wetland	Human made(Hu)	Pond(Po)	-
5	Darinonmul	HuPo	Artifical wetland	Human made(Hu)	Pond(Po)	-
6	Mosanimul	HuPo	Artifical wetland	Human made(Hu)	Pond(Po)	-
7	Sanmultongmot	HuPo	Artifical wetland	Human made(Hu)	Pond(Po)	-
8	Gangjeongmot	HuPo	Artifical wetland	Human made(Hu)	Pond(Po)	-
9	Seonggumot	HuPo	Artifical wetland	Human made(Hu)	Pond(Po)	-
10	Dadorimot	HuPo	Artifical wetland	Human made(Hu)	Pond(Po)	-
11	Geoworimot	PaPeEm	Inland wetland	Palustrine(Pa)	Perennial(Pe)	Emergent(Em)
12	Goedeurmot	HuPo	Artifical wetland	Human made(Hu)	Pond(Po)	-
13	Myeongdoammot	HuPo	Artifical wetland	Human made(Hu)	Pond(Po)	-
14	Jeongmul	PaPeEm	Inland wetland	Palustrine(Pa)	Perennial(Pe)	Emergent(Em)
15	Wonmul	HuPo	Artifical wetland	Human made(Hu)	Pond(Po)	-
16	Mulyeongari	PaPeEm	Inland wetland	Palustrine(Pa)	Perennial(Pe)	Emergent(Em)
17	Dongsuak	PaSeHe	Inland wetland	Palustrine(Pa)	Seasonal(Se)	Herb(He)
18	Mulchatoreum	PaPeOw	Inland wetland	Palustrine(Pa)	Perennial(Pe)	Openwater(Ow)
19	Muljangol	PaPeEm	Inland wetland	Palustrine(Pa)	Perennial(Pe)	Emergent(Em)
20	Sumeunmulbaengdi	PaPeEm	Inland wetland	Palustrine(Pa)	Perennial(Pe)	Emergent(Em)
21	1100wetland	PaPeEm	Inland wetland	Palustrine(Pa)	Perennial(Pe)	Emergent(Em)
22	Eoseungsaengak	PaSeHe	Inland wetland	Palustrine(Pa)	Seasonal(Se)	Herb(He)
23	Saraak	PaSeHe	Inland wetland	Palustrine(Pa)	Seasonal(Se)	Herb(He)
24	Baengnokdam	PaSeHe	Inland wetland	Palustrine(Pa)	Seasonal(Se)	Herb(He)

Site 2. 수월이못

대정읍 안성리 마을에 있는 수월이못은 인공연못으로 분류되며, 연평균 기온이 15.2℃, 1년 강수량은 1094.7mm를 보이는 습지이다(Table 3, Appendix 1, 2). 이곳은 2개의 소형 연못과 1개의 대형 연못으로 구분되어 있으며 과거에는 식용수, 농업용수, 가축용수로 사용되었었다. 풍부한 수량 때문에 지금도 농업용수로 활용되고 있으며 주변은 민가와 농경지이다. 주요 습지동물은 붕어(*Carassius auratus*), 미꾸리(*Misgurnus anguillicaudatus*), 참개구리, 거머리류(*Hirudo* sp.)이며 외래종인 황소개구리(*Rana catesbeiana*)가 다수 서식하고 있다. 이곳의 조류는 흰뺨검둥오리(*Anas poecilorhyncha*), 쇠백로, 왜가리가 확인되었다.

Site 3. 동백동산못

조천읍 선흘리에 있는 동백동산못은 소택형영구수생식물습지로 분류되며, 연평균 기온이 15.5℃, 1년 강수량은 1456.9mm를 보이는 습지이다(Table 3, Appendix 1, 2). 이곳은 제주도지정 문화재인 동백동산 꽃자왈 지대의 빌레 용암 암반 위에 형성되어 있는데, 1개의 소형 습지와 1개의 중형 연못으로 구분되며 주변은 임야로 되어 있다. 최근에 습지보호지역으로 지정된 이곳은 주변 지형에 비해 낮아서 강수 시 풍부한 수량이 집수 되고 있고 그동안 사람의 이용이 거의 없다가 최근에 생태관찰 등의 목적으로 많은 사람들이 방문하고 있다. 주요 습지동물은 제주도롱뇽(*Hynobius leechii quelpartensis*), 유희목이, 북방산개구리, 참개구리이며 외래종인 왕우렁이, 원앙(*Aix galericulata*), 쇠백로, 왜가리 등이다.

Site 4. 어육새미못

애월읍 용흥리 마을 내의 어육새미못은 인공연못으로 분류되며, 연평균 기온이 15.5℃, 1년 강수량은 1456.9mm를 보이는 습지이다(Table 3, Appendix 1, 2). 이 습지는 인근에 비해 저지대에 있으며 주로 생활용수로 사용되어 왔다. 다른 2개의 소형연못과 이어져 있으며 주변은 민가와 농경지가 자리하고 있는데 수량이 적어 지금은 거의 이용이 되지 않고 있다. 주요 습지동물은 제주도롱뇽, 맹꽁이(*Kaloula borealis*), 참개구리, 북방산개구리, 거머리류이며 왜가리도 확인되었다.

Site 5. 다리논물

대정읍 구억리의 마을안에 있는 다리논물은 인공연못으로 분류되며, 연평균 기온이 15.2℃, 1년 강수량은 1094.7mm를 보이는 습지이다(Table 3, Appendix 1, 2). 이 습지는 1개의 소형연못과 1개의 중형 습지대로 이루어져 있는데 주로 농업용수, 가축용수로 사용됐다. 습지대는 점차 퇴적물이 다량 쌓이면서 육지화가 진행되어가고 있으며 주변은 주로 농경지이다. 주요 습지동물은 붕어, 미꾸리, 참개구리, 거머리류이며 외래종인 황소개구리도 소수 확인되었다.

Site 6. 모사니물

구좌읍 덕천리 마을 내 도로변에 위치하고 있는데 인공연못으로 분류되며, 연평균 기온이 15.5℃, 1년 강수량은 1456.9mm를 보이는 습지이다(Table 3, Appendix 1, 2). 빌레 용암 암반 위에 위치한 중형 연못으로 농업용수, 가축용수로 사용되었고 인근에는 1개의 대형 연못이 자리하고 있다. 수량이 풍부해서 지금도 농업용수로 활용되며 주변은 민가와 농경지이다. 주요 습지동물은 참개구리, 북방산개구리, 붕어, 미꾸리, 논우렁이(*Cipangopaludina chinensis malleata*)이다. 규모가 크고 수초가 많아 흰뺨검둥오리, 쇠백로, 왜가리 등의 조류들이 찾고 쇠물닭(*Gallinula chloropus*)이 번식하고 있는 곳이다.

Site 7. 산물통못

표선면 하천리 목장에 있고 인공연못으로 분류되며, 연평균 기온이 15.2℃, 1년 강수량은 1840.9mm를 보이는 습지이다(Table 3, Appendix 1, 2). 크기는 중형연못이며 주로 가축용수로 사용되어 왔다. 주변은 도로와 목장지대인데 주요 습지동물은 유희목이, 북방산개구리, 참개구리이다.

Site 8. 강정못

한경면 저지리 농경지 주변에 위치하고 있는데 인공연못으로 분류되며, 연평균 기온이 15.2℃, 1년 강수량은 1094.7mm를 보이는 습지이다(Table 3, Appendix 1, 2). 이 습지는 빌레 용암 암반 위에 형성된 중형연못으로 농업용수, 가축용수로 사용됐었고 지금도 사용되고 있다. 주변은 농경지와 목장, 임야이며 주요 습지동

물은 쇠물닭, 흰뺨검둥오리, 맹꽁이, 참개구리, 북방산개구리, 거머리류이다.

Site 9. 성구못

안덕면 서광동리 마을 내에 위치한 성구못은 인공연못으로 분류되며, 연평균 기온이 16.2℃, 1년 강수량은 1850.8mm를 보이는 습지이다(Table 3, Appendix 1, 2). 빌레 용암 암반 위에 있는 2개의 소형 연못과 1개의 소형 습지대로 구분되며 식용수, 농업용수, 가축용수로 사용됐다. 주변은 민가와 농경지이다. 주요 습지동물은 드렁허리(*Monopterus albus*), 붕어, 미꾸리, 참개구리이다.

Site 10. 다도리못

표선면 성읍리에 위치하는 다도리못은 인공연못으로 분류되며, 연평균 기온이 15.2℃, 1년 강수량은 1840.9mm를 보이는 습지이다(Table 3, Appendix 1, 2). 알오름 사이 목장주변에 있는 중형 습지대로 주로 가축용수로 사용됐다. 주요 습지동물은 유희목이, 북방산개구리, 참개구리이며 흰뺨검둥오리, 쇠백로, 왜가리 등의 조류들이 찾고 있다.

Site 11. 걸월이못

한림읍 상대리의 도로변에 위치한 걸월이못은 소택형영구수생식물습지로 분류되며, 연평균 기온이 15.2℃, 1년 강수량은 1094.7mm를 보이는 습지이다(Table 3, Appendix 1, 2). 빌레 용암 암반 위에 형성되어 주로 가축용수로 사용됐던 중형연못으로 주변은 임야와 농경지가 자리하고 있다. 지금은 많은 퇴적물이 쌓이고 수초가 가득한데 주요 습지동물은 미꾸리, 거머리류, 참개구리, 북방산개구리이며 흰뺨검둥오리, 쇠백로, 왜가리 등의 조류들이 찾고 있다.

Site 12. 괴드르못

조천읍 대흘리 마을 외곽에 형성된 괴드르못은 인공연못으로 분류되며, 연평균 기온이 15.5℃, 1년 강수량은 1456.9mm를 보이는 습지이다(Table 3, Appendix 1, 2). 2개의 소형 연못과 1개의 중형 습지대로 구분되어 있고 주로 식수와 가축용수로 활용되며 주변은 농경지와 임야이다. 습지대는 육지화되어 거의 물이 고이

지 않고 있으며 주요 습지동물은 붕어, 유헬목이, 참개구리, 북방산개구리이다.

Site 13. 명도암못

명도암못은 봉개동 명도암 마을의 형제봉 아래에 있으며, 인공연못으로 분류되며, 연평균 기온이 15.5℃, 1년 강수량은 1456.9mm를 보이는 습지이다(Table 3, Appendix 1, 2). 명도암못은 용출수가 흘러내려 소형 연못 2개가 만들어져 있다. 식용수, 가축공급용, 농사용으로 다양하게 사용됐으며 주변은 도로와 농경지가 자리하고 있다. 과거에 정비가 이루어져 왔고 지금은 관찰시설이 만들어져 있다. 주요 습지동물은 드렁허리, 붕어, 유헬목이, 북방산개구리, 거머리류, 논우렁이이며 쇠백로, 왜가리 등의 조류들이 찾고 있다.

Site 14. 정물

한림읍 금악리 목장에 있는 정물은 소택형영구수생식물습지로 분류되며, 연평균 기온이 15.2℃, 1년 강수량은 1094.7mm를 보이는 습지이다(Table 3, Appendix 1, 2). 이 습지는 용출수가 흘러 만들어진 소형 연못과 빗물이 고여 이루어진 1개의 습지대와 1개의 중형 연못이 있는 곳이다. 식수와 가축용수로 사용됐으며 주변은 오름과 목장지대이다. 주요 습지동물은 참개구리, 북방산개구리, 거머리류이며 쇠백로, 왜가리 등의 조류들이 찾고 있다.

Site 15. 원물

안덕면 동광리 원물오름의 입구에 있는 원물은 인공연못으로 분류되며, 연평균 기온이 16.2℃, 1년 강수량은 1850.8mm를 보이는 습지이다(Table 3, Appendix 1, 2). 2개의 소형연못과 1개의 중형연못으로 구분되며 주로 가축용수로 사용되어 왔다. 주변은 공동묘지와 농경지, 목초지이다. 주요 습지동물은 붕어, 맹꽁이, 북방산개구리, 참개구리이다.

Site 16. 물영아리

남원읍 수망리에 있는 화산체의 화구호인 물영아리는 소택형영구수생식물습지로 분류되며, 연평균 기온이 16.2℃, 1년 강수량은 1850.8mm를 보이는 습지이다

(Table 3, Appendix 1, 2). 대형 습지대로 과거에는 가축용수로 사용되어 왔다. 현재는 랍사르협약에 의한 랍사르습지와 습지보전법에 의한 습지보호지역으로 지정되어 보호되고 있는데 탐방시설이 만들어져 많은 탐방객이 찾고 있다. 주요 습지동물은 제주도롱뇽, 유헬목이, 청개구리(*Hyla arborea japonica*), 참개구리, 북방산개구리이며 소수 흰뺨검둥오리가 번식하고 있다.

Site 17. 동수악

한라산 국립공원에 있는 동수악은 소택형계절초본습지로 분류되며, 연평균 기온이 10.9°C, 1년 강수량은 3865.0mm를 보이는 습지이다(Table 3, Appendix 1, 2). 둘레는 약 220m 정도이며 담수면적은 6,000m²인데 현재 목본류인 솔비나무가 점차 습지 내부로 영역을 확장하고 있다. 앞으로 점차로 습지가 건조해져 육지화가 진행될 것으로 보이는데 담수면적이 거의 존재하지 않을 정도로 적었고 장마철 이외에는 물이 고이지 않는 지역으로 육지화 되어버린 곳인데 이러한 원인은 습지의 서 측에 배수로 등 공사로 육지화가 가속되고 있는 것으로 판단되었다. 주요 습지동물은 유헬목이, 제주도롱뇽, 북방산개구리, 청개구리, 참개구리, 무당개구리(*Bombina orientalis*), 미꾸리이다.

Site 18. 물чат오름

대규모의 화구호인 물чат오름은 연평균 기온이 10.9°C, 1년 강수량은 3865.0mm를 보이는 습지이다(Table 3, Appendix 1, 2). 이 습지는 다른 화구호에 비해 아직 퇴적물의 축적이 많지 않은 것으로 보아 시기적으로 습지가 만들어진 시기는 오래되지 않은 것으로 판단되었다. 지금에야 개방된 수면의 경계면에 정수식물이 자라기 시작하였다. 많은 탐방객의 출입으로 등반로가 훼손되어오다가 최근에는 출입을 제한하고 있다. 주요 습지동물은 유헬목이, 제주도롱뇽, 북방산개구리, 무당개구리, 청개구리, 참개구리, 미꾸리이다. 이곳에선 인위적으로 유입된 붕어, 외래종인 붉은귀거북도 확인되었다.

Site 19. 물장울

물장울은 한라산 국립공원에 있는 화구호로 소택형영구수생식물습지로 분류되며, 연평균 기온이 10.9°C, 1년 강수량은 3865.0mm를 보이는 습지이다(Table 3,

Appendix 1, 2). 담수면적은 8,000m²로 지난 1980년대에까지 이곳의 물을 다량으로 취수하여 사용하여 오다가 지금은 중단된 상태이나 이에 따른 습지의 변화는 아직 연구되지 않고 있다. 지금은 정수식물들이 수면 일부를 차지하고 있지만, 아직도 개방 수면의 면적이 더 넓은 편이다. 주요 습지동물은 유혈목이, 제주도롱뇽, 북방산개구리, 무당개구리, 청개구리, 참개구리, 미꾸리이다.

Site 20. 숨은물뱅디

한라산국립공원 경계부에 위치한 습지로 소택형영구수생식물습지로 분류되며, 연평균 기온이 9.6℃, 1년 강수량은 2968.0mm를 보인다(Table 3, Appendix 1, 2). 숨은물뱅디는 지형은 개방형 평탄지형으로 완만하며 주로 주변의 하천에서 유입된 물과 강우에 의해 습지가 유지되고 있는 것으로 확인되었다. 습지 내 3곳은 평상시 물이 고여 있는 습지가 유지되나 나머지 지역은 날씨에 따라 건조해지기도 하는 건습지 지역이다. 아직까지 식물은 물론 동물상에 대한 자료는 전혀 없는 곳이다.

Site 21. 1100습지

한라산국립공원 경계부에 위치한 습지로 소택형영구수생식물습지로 분류되며, 연평균 기온이 9.6℃, 1년 강수량은 2968.0mm를 보이는 습지이다(Table 3, Appendix 1, 2). 1100습지는 절반은 연중 물이 고이는 습지를 형성하고 있으며 나머지는 육상식물이 주로 자라는 건습지의 형태를 띠고 있다. 이곳은 도로 상에 인접해 있고 얼마 전 탐방로를 설치하여 많은 탐방객이 방문하고 있어 앞으로 인위적인 훼손이 우려되는 곳이다. 주요 습지동물은 제주도롱뇽, 무당개구리, 참개구리, 북방산개구리이다. 조류는 흰뺨검둥오리가 확인되었다.

Site 22. 어승생악

한라산국립공원에 위치한 습지로 소택형계절초본습지로 분류되며, 연평균 기온이 9.6℃, 1년 강수량은 2968.0mm를 보이는 습지이다(Table 3, Appendix 1, 2). 어승생악의 둘레는 약 250m이며 골풀이 주요 습지식물인데 화구호의 둘레와 중심부까지 자리하고 있다. 담수면적은 4,000m²로 타 습지보다 주변 경사면 면적

이 작아 담수량이 매우 작고 담수와 고갈 등을 반복하는 곳이다. 주요 습지동물은 유헤목이, 제주도롱뇽, 북방산개구리, 무당개구리, 청개구리, 참개구리이다.

Site 23. 사라악

한라산국립 공원 내의 화구호이며 소택형계절초본습지로 분류되며, 연평균 기온이 7.5℃, 1년 강수량은 4789.0mm를 보이는 습지이다(Table 3, Appendix 1, 2). 사라악은 직경 230m, 깊이 23m의 분화구를 가지는데 분화에 의해 화구에 위로 방출된 스크리아 또는 분석(cinder)으로 불리는 화산쇄설물이 화구 주변에 떨어져 쌓이면서 만들어지는 화산체로서 스크리아콘의 형태적 특성을 잘 보여준다. 수량이 적어 연중 바닥을 드러내는 날도 많은데 주요 습지동물은 제주도롱뇽, 북방산개구리, 무당개구리, 청개구리, 참개구리이다.

Site 24. 백록담

백록담은 소택형계절초본습지로 분류되며, 연평균 기온이 5.3℃, 1년 강수량은 4575.0mm를 보이는 습지이다(Table 3, Appendix 1, 2). 백록담은 장축이 약 575m, 단축이 약 400m이며 물은 강수가 모여 이루어지며, 갈수기가 아니면 약 1~2m 정도의 수심으로 물이 고이는데 분화구 안쪽 사면의 토양침식으로 발생한 토사가 유입되면서 화구호가 묻혀 예전과 같은 수량을 보이지 못하고 있다. 주요 습지동물은 제주도롱뇽, 북방산개구리, 무당개구리, 청개구리, 참개구리이다.

2. 수서곤충의 분포

1) 분포상

제주도 내 습지 24곳에서 서식하는 수서곤충은 총 7목 31과 68속 92종 3,327개체가 확인되었다(Table 4). 분류군별로는 하루살이목 1종, 잠자리목 23종, 강도래목 1종, 노린재목 21종, 딱정벌레목 41종, 날도래목 3종, 파리목 2종이었다. 이들 출현 종수는 지금까지 문헌에서 확인된 제주도 내 수서곤충 종인 7목 40과 148종의 62.2%로 나타났다(Appendix 3). 이는 우수지역이 조사대상에 포함되지 않았기에 상대적으로 하루살이목, 강도래목, 날도래목의 출현율이 낮게 나타난 결과로 판단된다. 그런데 그동안 국내에서 이루어진 연구결과와 비교해 볼 때 조종천과 치악산계곡, 금강보다는 출현 종수가 적게 나타났으나 보성강, 탐진강, 우포늪의 6곳 습지와는 출현 종수가 비슷하였고 달천강, 이사천, 가평계곡보다는 출현 종수가 많게 나타났다(Table 5). 이번 조사는 24곳 습지를 대상으로 이루어졌으며 과거의 조사는 하천, 계곡, 강 등에서도 이루어진 조사이기에 절대적인 비교 자료는 아니지만 참고해 볼만한 가치가 있다고 사료된다.

가장 광범위한 분포를 보이는 종은 배치레잠자리로 19곳에서 서식하고 있었으며 다음은 아시아실잠자리와 방물벌레로 18곳, 왕잠자리, 밀잠자리, 애송장혜엄치게 등 3종이 17곳, 꼬마등글물벌레는 16곳으로 나타났다. 한 곳에서만 확인된 종은 잘록허리왕잠자리 등 18종이었고, 두 곳에서만 확인된 종은 방울실잠자리 등 14종, 세 곳에서만 확인된 종은 산잠자리 등 5종이었다. 확인된 7목 중 두 개의 목인 노린재목과 잠자리목이 주요 분포곤충으로 나타났는데 이는 비행능력이 뛰어나고 서식공간에 대한 적응력이 높아서 나타난 결과이다.

조사지 중 가장 다양한 종이 출현한 장소는 동백동산못으로 총 50종이었고, 다음으로 어옥새미못과 걸월이못은 41종, 가장 단순한 종이 출현한 곳은 사라악으로 3종이었다.

개체 수별로는 사라악이 534개체로 가장 많았고, 다음으로 물장울이 425개체, 동백동산못은 211개체이며 가장 적은 개체 수가 출현한 곳은 수월이못의 41개체

로 나타났다.

각 습지를 해발고도에 따라 출현 종수를 비교하여 보면 해발이 낮거나 중간인 동백동산못이 50종, 어육새미못과 걸월이못이 41종, 명도암못이 37종, 모사니물, 괴드르못, 물영아리는 각 32종으로 나타났지만 해발이 높은 사라악이 3종, 물참오름이 10종, 백록담이 11종, 어승생악이 12종으로 나타났다. 전체적으로 저위고도와 중위고도에서는 많은 종수가 고위 고도에서는 적은 종수가 나타났다(Fig. 2). 이를 통해 볼 때 고위 고도에서는 소수 종의 다수가 나타났고, 저위고도와 중위고도에서는 그 반대의 현상이 나타나는데 이는 고지대에는 불리한 서식환경을 극복하여 적응한 소수 종의 다수 개체가 서식하는 것을 알 수 있다.



Table 4. List and individual of aquatic insects observed in the 24 surveyed sites

Order	Family	Species	Site No. ¹⁾																								Total site	Remarks	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24			
Ephemeroptera 하루살이	Baetidae 꼬마하루살이	<i>Cloeon dipterum</i> (Linne) 연못하루살이				1					1			26			12			3	7	3				7	H		
		<i>Cercion hieroglyphicum</i> (Brauer) 등줄실잠자리	2	3	3	2	2	1	3	1	1		2	2	1	1							2				14	C	
	Coenagrionidae 실잠자리	<i>Ceragrion melanurum</i> (Selys) 노란실잠자리	3		13				11	3			8	7	6			32			2	8	3				11	C	
		<i>Ceragrion auranticum</i> Fraeser 새노란실잠자리		2		1	2			2		2		5													6	C	
		<i>Ischnura asiatica</i> (Brauer) 아시아실잠자리	3	3	4	2	2	6	4	3	6	4	7	6	5	7	3				2		2	2			18	C	
	Platycnemididae 방울실잠자리	<i>Platycnemis phillopoda</i> Djakonov 방울실잠자리							2				3														2	C	
	Lestidae 청실잠자리	<i>Indolestes gracilis</i> (Hagen) 가는실잠자리			1			2					1	2													4	C	
	Aeshnidae 왕잠자리	<i>Anax nigrofasciatus</i> Oguma 먹줄왕잠자리	1	3	1	2		1				2	3	1	1		1			1							11	C	
		<i>Anax parthenope</i> Selys 왕잠자리	3	1	2	2	3	3	1	2	2	3	4	3	3	4	2				7				1		17	C	
		<i>Gynacantha japonica</i> Barteneff 갈특허리왕잠자리																2									1	C	
	Odonata 잠자리	Corduliidae 북방잠자리	<i>Ephthalma elegans</i> (Brauer) 산잠자리	1					2					2													3	C	
			<i>Crocothemis servilia</i> (Drury) 고추잠자리	2	3	1	1	3	4	1	1	1	4	4	1	2	2	2				3						16	C
		Libellulidae 잠자리	<i>Deielia phaon</i> (Selys) 밀잠자리붙이				1				2			3	3	2												5	C
			<i>Lyriothemis pachygastra</i> (Selys) 베치레잠자리	2	1	1	1	2	2		1	1	3	4	1	3	1	1	2			1	16	6	1			19	C
			<i>Orthetrum albistylum</i> (Selys) 밀잠자리	2	2	2	3	1	3	1	1	1	1	4	3	2	3	4				3	3					17	C
<i>Orthetrum melania</i> Selys 큰밀잠자리				1	2				3			2	3	1	1					2				5			9	C	
<i>Pantala flavescens</i> (Fabricius) 뽕잠자리			1	3		3					2			3													5	C	
<i>Pseudothemis zonata</i> (Burmeister) 노란허리잠자리						2	1		1	1				1				3	1								8	C	
Libellulidae 잠자리		<i>Sympetrum croceolum</i> (Selys) 노란잠자리				2					3																2	C	
		<i>Sympetrum depressiusculum</i> (Selys) 고추잠자리	1		2	3	1	2	1	2	3	1		2	1							2	2				13	C	
	<i>Sympetrum eroticum</i> (Selys) 두점박이잠자리		3	1	1	1	4		2	2	1	1	1	1												11	C		

Table 4. Continued

Order	Family	Species	Site No. ¹⁾																								Total site	Remarks	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24			
Odonata	Libellulidae	<i>Sympetrum kunkeli</i> (Selys) 흰얼굴줄잠자리	2		2				3			1			2	6											6	C	
		<i>Sympetrum speciosum</i> Oguma 하나잠자리			1		1				1	2		2	1	2												7	C
		<i>Sympetrum infuscatum</i> (Selys) 갯동잠자리																		7								1	C
Plecoptera	Nemouridae	<i>Nemoura</i> Kub 민강도래																								2	1	C	
Hemiptera	Corixidae	<i>Hesperocorixa distanti</i> (Kirkaldy) 물벌레	1		14	15			5	5			17	3	9	4											9	C	
		<i>Sigara (Tropocorixa) substriata</i> (Uhler) 방물벌레	10		6	4		5		14		1	1	1	6		2	10	5	19	7	4	12		1	5	18	H	
		<i>Micronecta (Basilionecta) sedula</i> Horvath 꼬마물벌레			1			3							1	1	1	3				4						7	C
	Notonectidae	<i>Notonecta (Paranecta) triguttata</i> Motschulsky 송장헤엄치게			4	3			1		3		1		4		3			1	6	13	6			3	12	C	
		<i>Anisops ogasawarensis</i> Matsumura 애송장헤엄치게	1	1	2	10	6			4	7	5	4	1	4		5	4	8			7	1	8			17	C	
		<i>Anisops kuroiwae</i> Matsumura 남쪽에송장헤엄치게																					3		3			2	C
	Pleidae	<i>Plea (Paraplea) indistinguenda</i> Matsumura 꼬마등글물벌레	2	1	23	18	8		10	9	10	1	2	16	7	7	3	6								1	16	C	
	Belostomatidae	<i>Diplonychus esakii</i> Miyamoto & Lee 각시물자라		1	8	13	2	2	2	1			6														8	C	
		<i>Lethocerus deyrollei</i> (Vuillefroy) 물장군	1	1	3			2	2			4	15			3											8	C	
	Nepidae	<i>Laccotrephes japonensis</i> Scott 장구애비								1							2										2	C	
<i>Nepa hoffmanni</i> Esaki 메추리장구애비				17	6							3			2	2		2	3					3		8	C		
Mesoveliidae	<i>Mesovelia oreinetalis</i> Kirkaldy 물노린재								1																	1	C		
Hydrometridae	<i>Hydrometra okinawana</i> Drake 제주실소금쟁이			2												7					1					3	C		
Veliidae	<i>Microvelia douglasi</i> Scott 긴개알소금쟁이			8																						1	C		
	<i>Microvelia horvathi</i> Lundbald 호르바드개알소금쟁이															1					1					2	C		
Gerridae	<i>Aquaris paludum ludum</i> (Fabricius) 소금쟁이		1							8				2	1	2	2	1	12	12	7	2	2		3	13	C		
	<i>Aquaris elongatus</i> (Uhler) 왕소금쟁이																				3					1	C		

Table 4. Continued

Order	Family	Species	Site No. ¹⁾																								Total site	Remarks	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24			
Hemiptera 노린재	Gerridae 소금쟁이	<i>Gerris (Gerriselloides) gracilicornis</i> (Horvath) 등빨간소금쟁이		1										1	1											3	C		
		<i>Gerris (Gerriselloides) nepalensis</i> Distant 옛소금쟁이																		21		2					2	C	
		<i>Gerris (Gerris) latiabdominis</i> Miyamoto 애소금쟁이		3	1	5	11	7							23	6	9	1	4	7	24	23	37			4	15	C	
	Omaniidae <i>Corallocoris</i> sp.																									1	1	C	
Coleoptera 딱정벌레	Dytiscidae 물방개	<i>Laccophilus difficilis</i> Sharp 개알물방개			2	1	1			2			1	2	7	3				1		7					10	C	
		<i>Laccophilus kobensis</i> Sharp 동쪽개알물방개											1	2			5	14									4	C	
		<i>Laccophilus lewisius</i> Sharp 무늬개알물방개			7	6	1						6	2	3	3	3	1				2	7					11	C
		<i>Hyphydrus japonicus</i> Sharp 알물방개			4	12				2			1	3		3	4											7	C
		<i>Clypeodytes frontalis</i> (Sharp) 머리테물방개			2									2														2	C
		<i>Guignotus japonicus</i> (Sharp) 꼬마물방개									4									29		4	13	81	367	79	7	C	
		<i>Oreodytes kanoi</i> Kamiya 동해물방개																									1	1	C
		<i>Hydrovatus subtilis</i> Sharp 점물물방개									1	2							2									3	C
		<i>Copelatus japonicus</i> Sharp 섬등줄물방개											5						4	16		1		1				5	C
		<i>Copelatus zimmermanni</i> (Gschwendtner) 뿔시등줄물방개																	2	3								2	C
		<i>Agabus japonicus</i> Sharp 땅콩물방개			5	2			1					8	2						1	4	2	2	58	166	27	12	C
		<i>Agabus browni</i> Kamiya 큰땅콩물방개			2	7		2	1	1			1	1	1	2		1				1	4				1	13	C
		<i>Ilybius apicalis</i> Sharp 모래무지물방개		1	12	14		2	1	1			3	1	1							5						10	C
		<i>Rhantus (Rhantus) pulverosus</i> (Stephens) 애기물방개		1	1										1	2		1										5	C
		<i>Rhantus (Rhantus) yessoensis</i> Sharp 제주애기물방개																		2				1				2	C
		<i>Eretes sticticus</i> (Linnaeus) 젯빛물방개							1																			1	C
<i>Hydaticus (Hydaticus) bowringi</i> Clark 줄무늬물방개			4			1	1					1														4	C		

Table 4. Continued

Order	Family	Species	Site No. ¹⁾																								Total site	Remarks
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24		
Coleoptera 딱정벌레	Dytiscidae 물방개	<i>Hydaticus (Hydaticus) grammicus</i> Germar 꼬마줄물방개			3			1																		2	C	
		<i>Hydaticus (Guignotites) pacificus</i> Aube 큰알락물방개			2																					1	C	
		<i>Graphoderus adamsii</i> (Clark) 아담스물방개	1		1	1						1			1		5			3						7	C	
		<i>Cybister (Meganectes) brevis</i> Aube 검정물방개			1	2	1		1			2	1	1			4										8	C
		<i>Cybister (Cybister) japonicus</i> Sharp 물방개			1					1			1				1										4	C
	Noteridae 자색물방개	<i>Noterus japonicus</i> Sharp 자색물방개				4										1	6	29	9		328	4	24	1		9	O	
		<i>Canthydrus politus</i> (Sharp) 노랑띠물방개	1		1	1	1		1	1	1	1	1			1	1	7								12	O	
	Gyrinidae 물맴이	<i>Gyrinus (Gyrinus) japonicus francki</i> Ochs 물맴이																		1					1	2	C	
		<i>Gyrinus (Gyrinus) gestroi</i> Regimbart 참물맴이	3		14			4	3			9	3	4	14	3		2				4				11	C	
	Haliplidae 물진드기	<i>Peltodytes sinensis</i> (Hope) 중국물진드기	1		1	1	1	1	1	1	7		1	1	1	1	7									13	C	
		<i>Haliplus (Liaphlus) simplex</i> Clark 알락물진드기			1	1	1			1	1		1	1		3										8	C	
		<i>Haliplus (Liaphlus) eximius</i> Clark 큰물진드기			1	1		1			1															4	C	
	Hydrophilidae 물땀뽀	<i>Laccobius (Laccobius) bedeli</i> Sharp 점물땀뽀			5														9							2	H	
		<i>Enochrus (Lumetus) uniformis</i> Sharp 한일넓적물땀뽀												1												1	H	
		<i>Hydrophilus accuminatus</i> Motschulsky 물땀뽀			5	3								2	2											4	H	
		<i>Hydrochara affinis</i> (Sharp) 잔물땀뽀			5	3							6		1	1	2									6	H	
		<i>Sternolophus (Sternolophus) rufipes</i> Fabricius 애물땀뽀			3	3		2	1				5		1											6	H	
<i>Amphiops mater</i> Sharp 알물땀뽀		3	4		1	1	2					2		1	3	1	3								10	H		
<i>Berosus (Berosus) japonicus</i> Sharp 새기슴물땀뽀																			37						1	H		
<i>Regimbartia attenuata</i> (Fabricius) 콩알물땀뽀			1	2		1	2	1	2			1													7	H		

Table 4. Continued

Order	Family	Species	Site No. ¹⁾																								Total site	Remarks
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24		
Coleoptera 딱정벌레	Hydrochidae	<i>Hydrochus japonicus</i> Sharp															3									1	H	
	Chrysomelidae 잎벌레	<i>Galerucella nipponensis</i> Laboissiere 일본잎벌레										2					3			2						3	H	
		<i>Galerucella</i> sp.										1															1	H
	Helodidae 알꽃벼룩	<i>Helodes</i> sp. 알꽃벼룩 sp.															1	2								2	D	
Trichoptera 날도래	Limnephilidae 우묵날도래	<i>Apatania</i> KUb 에우묵날도래 KUb																						12	1	D		
	Phryganeidae 날도래	<i>Semblis phalaenoides</i> (Linne) 굴뚝날도래																					18		1	O		
	Leptoceridae 나비날도래	<i>Mystacides</i> KUa 청나비날도래 KUa															3									1	O	
Diptera 파리	Tipulidae 각다귀	<i>Tipura</i> sp.																					2		1	H		
	Chironomidae 갈다귀	<i>Chironomus</i> sp.															2									2	O	
No. of species			23	22	50	41	21	32	25	29	24	18	41	32	37	28	25	32	15	10	23	14	25	12	3	11	Total	
No. of individuals			48	41	211	164	102	87	55	70	67	57	129	91	148	78	73	174	135	70	425	94	162	175	534	137	3327	

¹⁾The wetland names corresponding to the site numbers were described in Table 1.

H: Herbivore, C: Carnivore, D: Detritivore, O: Omnivore.

Table 5. Comparison of aquatic insect fauna observed at the present study with those of other hydric system

Area	Fauna	Reference
Oedo Stream, Jeju-Island	24 species, 22 genera, 17 families in 6 orders	윤 등, 1984
Gwangryeong Stream, Jeju-Island	20 species, 18 genera, 14 families in 6 orders	윤 등, 1984
Dalcheon River, Chungcheongbuk-do	60 species, 46 genera, 25 families, in 7 orders.	윤 등, 1985
Boseong River, Jeollanam-do	99 species, 54 genera, 22 families in 8 orders	조 등, 1989
Isa Stream, Jeollanam-do	62 species, 39 genera, 21 families in 8 orders	조 등, 1989
Upo Wetland 1site, Gyeongsangnam-do	36 species, 32 genera, 22 families in 7 orders	윤 등, 1989
Gapyeong Stream, Gyeonggi-do	75 species, 52 genera, 31 families in 7 orders	윤 등, 1990
Geum River, Jeollabuk-do	104 speices, 9 genera, 43 families, 10 orders	장과 황, 1992
Baena Stream, Gyeongsangnam-do	44 speices, 4 genera, 31 families, 6 orders	오와 전, 1993
Byeonsan Peninsula water system, Jeollabuk-do	42 species, 34 genera, 22 famillies in 8 orders	나 등, 1994
Jojong Stream, Gyeonggi-do	152 species, 94 genera, 53 families, 9 orders	조 등, 1995
Tamjin River, Jeollanam-do	93 species 72 genera 37 families in 9 orders	나 등, 1996
Tan stream, Seoul	31 species	배 등, 1997
Chiak Mountain water system, Gangwon-do	132 species, 44 families, 7 orders	배 등, 1998
Mulhan Valley, Chungcheongbuk-do	29 species, 17 families, 5 orders	남, 2003
Upo Wetland 6site, Gyeongsangnam-do	103 species	배 등, 2004
Geum River, Jeollabuk-do	130 species	남 등, 2006
Musim Stream, Chungcheongbuk-do	71species, 36 families, 8 orders	신 등, 2008
24 sites, Jeju Island	92 species, 68 genera, 31 families, 7 orders	This study

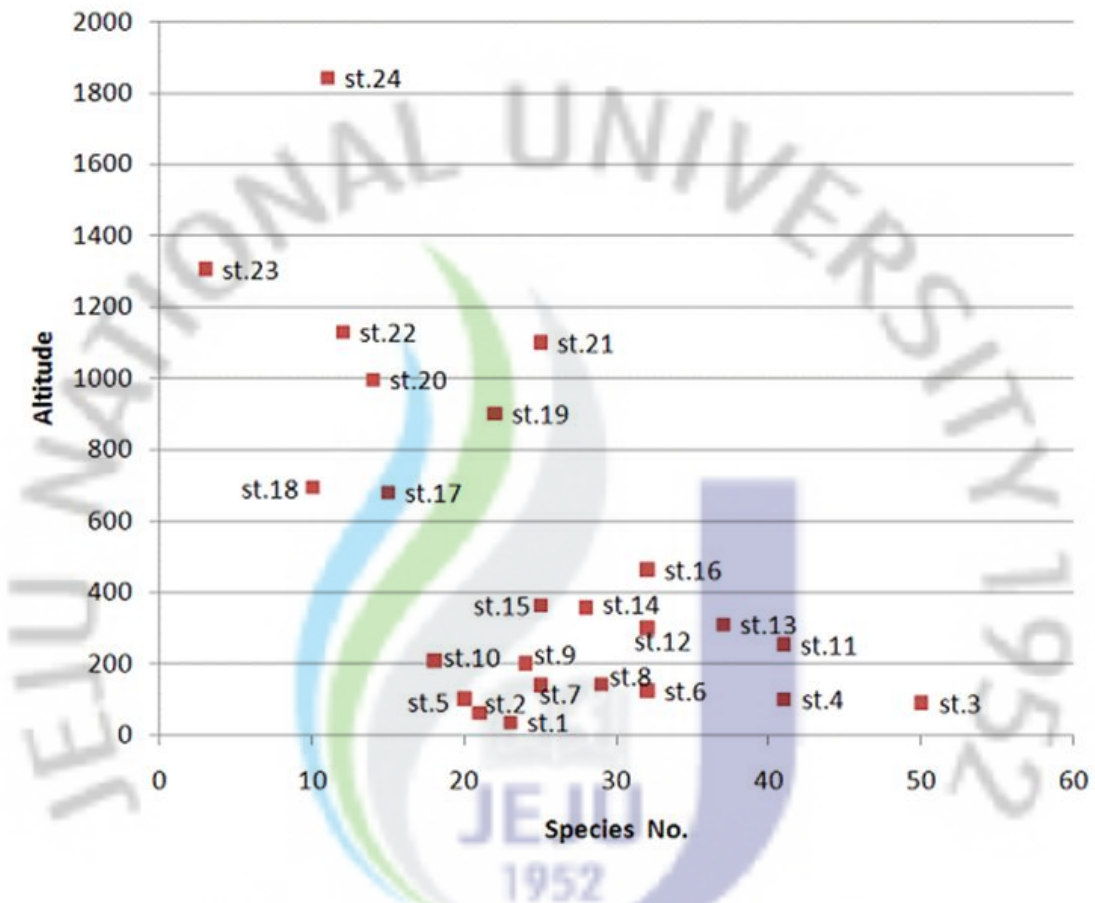


Fig. 2. Comparative distributional diagram of species number of aquatic insects in the sites according to altitudes.

The wetland names corresponding to the site numbers were described in Table 1.

2) 특정종의 분포

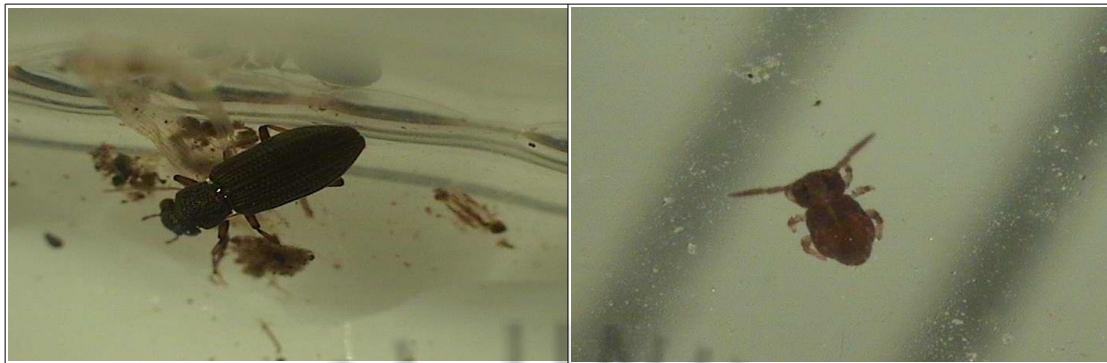
국내 최대형 종 수서곤충이며 환경부 지정 멸종위기동물 2급인 물장군은 저지대인 혼인지, 수월이못, 동백동산못 등 8곳에 출현하였다(Table 4). 서식지의 오염과 파괴로 절멸 위기에 있는 매우 희귀한 수서곤충(조, 2004)인 물장군이 이처럼 많은 곳에서 확인된 사실은 아직도 제주도의 습지들이 수서곤충 서식에 적합한 장소가 되고 있다는 것을 증명해 준다.

한국미기록과 곤충인 Hydrochidae의 *Hydrochus japonicus* Sharp(Asahino *et al.*, 1973)는 물영아리에서 1곳에서 확인되었다(Fig. 3, A). Hydrochidae는 *Hydrochus* LEACH 단 1속이며, 유럽 등에서도 최근에야 알려진 종이다(Umit *et al.*, 2004; Short & Hebauer, 2006).

이와 함께 한국미기록과 곤충인 노린재목의 Omaniidae과 *Corallocoris*속의 1개체가 1100습지에서 확인되었다(Fig. 3, B). Omaniidae는 전 세계에 2속 4종이 있고 몸 크기는 1mm 정도의 소형종으로 두부는 현저히 커서 몸길이의 1/3~1/4이며 주로 암초 지대에 사는 포식성 곤충이다. 호주 환경부 자료에 의하면 필리핀, 싱가포르 등지의 산호초나 석호(Lagoon), 화산암반지대에서도 확인된다고 밝히고 있다. 일본에는 *Corallocoris satoi* Miyamoto 1종이 오끼나와에서만 확인이 되고 있는데 몸은 반구형에 가깝고 몸 전체가 광택이 나는 흑색이다(Kawai, 2005).

동해물방개는 백록담에서 단 1개체만 나타났는데 주로 고지대에서만 출현하는 종으로 몸길이가 4~4.5mm이며 황갈색에 흑색무늬가 있다(Ueno *et al.*, 1985; Katsura, 2007).

분류군 중 하루살이목 1종, 강도래목 1종, 날도래목 3종, 파리목 2종으로 비교적 적은 개체군이 출현하였다.



A

B

Fig. 3. Photographs of *Hydrochus japonicus* Sharp(A) and *Corallocoris* sp.(B).

3) 먹이형태별 분포

조사지에서 확인된 92종의 수서곤충 중 동물 먹는 무리는 71종(77.2%), 식물 먹는 무리는 14종(15.2%), 잡식성 무리는 5종(5.4%), 부식질 먹는 무리는 2종(2.2%)으로 나타났다(Table 4, Fig. 4). 이처럼 동물 먹는 무리의 수서곤충의 비율이 높은 것은 잠자리목과 노린재목 대부분이 동물 먹는 무리이기 때문에 나타난 결과이며 조사지점별로도 대다수 종은 동물 먹는 무리로 나타났다. 네 종류가 전부 출현한 곳은 물영아리, 동수악, 백록담과 같은 화구호로 나타났고, 동물 먹는 무리와 식물 먹는 무리의 두 종류가 나타난 곳은 수월이못, 모사니물 등 6곳이며, 나머지는 15곳은 동물 먹는 무리, 식물 먹는 무리, 잡식성 무리의 세 종류가 출현하였다.

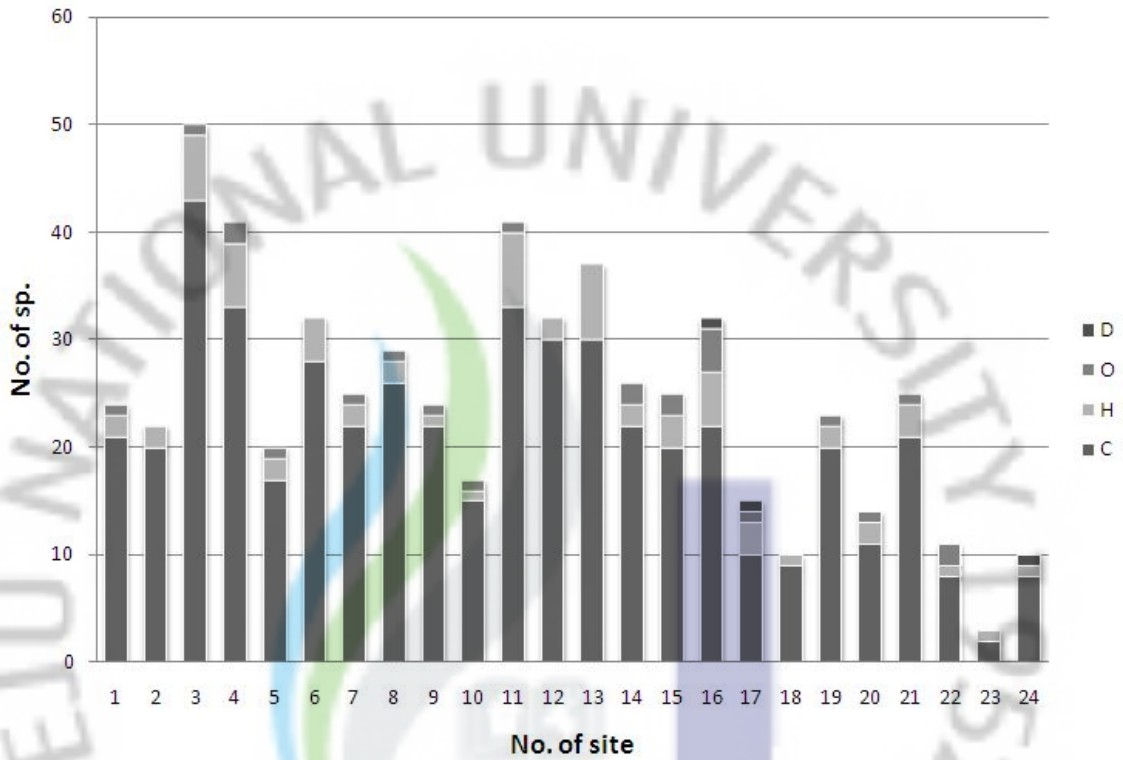


Fig. 4. Comparison of food pattern of aquatic insects. C: Carnivore, H: Herbivore, O: Omnivore, D: Detritivore. The wetland names corresponding to the site numbers were described in Table 1.

3. 수서곤충 군집지수

1) 우점도(Dominance Index, DI)

24곳의 습지에 서식하는 수서곤충의 우점도는 평균 0.245로 나타났고 가장 지수가 높은 곳은 물장울로 0.772이며 다음은 사라악이 0.687, 백록담이 0.577로 나타났다(Table 6). 이에 반해 정물이 0.090, 수월이못이 0.098로 낮은 우점도 지수를 보였다. 전체적으로 볼 때 주로 고위 고도에 위치한 습지들의 우점도가 높았는데, 이는 이들 습지에서 주로 자색물방개, 꼬마물방개, 땅콩물방개의 개체 수가 많아서 나타난 결과이다(Fig. 6). 즉, 해발고도가 높은 곳에 있는 습지가 해발고도가 낮은 곳의 습지보다 특정 종의 상대적 비율이 높게 나타나는 특성이 있는 것으로 볼 수 있다.

2) 종 다양도(Biodiversity Index, H')

24곳의 습지에 서식하는 수서곤충의 종 다양도는 평균 3.647이며 가장 높은 곳은 동백동산못이 4.971이며(Table 7) 걸월이못이 4.829, 어육새미못이 4.662, 모사니물이 4.636 순으로 나타났다(Table 8). 이에 반해 사라악이 0.914, 물장울이 1.614로 낮은 종 다양도를 보였다. 전체적으로 주로 저위 고도와 중위 고도의 습지가 종 다양도가 높게 나타났지만 고위 고도의 습지들은 상대적으로 낮게 나타났다(Fig. 6). 이는 제주도 내 습지는 해발고도가 높은 곳에 있는 습지보다 해발고도가 낮은 곳에 있는 습지의 수서곤충 군집의 복잡성이 높다는 것을 알 수 있다.

3) 종 풍부도(Richness Index, R')

24곳의 습지에 서식하는 수서곤충의 종 풍부도의 평균은 5.094이며 동백동산못이 9.156으로 가장 높고, 걸월이못이 8.231, 어육새미못이 7.843, 명도암못이 7.204 순이었다(Table 9). 그러나 사라악이 0.318 백록담이 2.033 물찾오름이 2.118 어승생악이 2.130으로 낮은 종 풍부도를 보였다. 전체적으로 종 다양도와 유사하게 저위고도와 중위 고도의 습지들은 높았지만 고위 고도의 습지들은 낮았다. 이는 해발 고도가 높아짐에 따라 종 풍부성은 단조적으로 감소한다는 Rapoport의 법

칙 또는 효과와 동일한 결과를 보였으며, 생물군집 내에서 자원의 양과 질의 범위는 종수와 군집 크기에 영향을 미친다는 Price(1984)의 이론과도 일치한다고 볼 수 있다.

4) 상대 밀도(Relative Density, RD)

24곳의 습지에 서식하는 수서곤충의 상대 밀도의 평균은 0.673이며 물영아리가 0.906, 물참오름이 0.905, 다도리뭇이 0.889, 명도암뭇이 0.885 순이었다. 그러나 물장올이 0.073, 혼인지 0.300, 백록담이 0.342로 낮게 나타나 주로 중위 고도의 습지들의 상대밀도가 높게 나타난 반면 고위 고도와 저위 고도의 습지들은 낮게 나타났다(Table 10). 이는 중위 고도의 습지에 서식하는 수서곤충의 우점종에 대한 아우점종의 상대적 개체 수가 많다는 것을 의미한다.

5) 균등도 지수(Evenness Index, EI)

균등도 지수의 평균은 1.165이며 수월이뭇이 1.364로 가장 높았고 원물 1.360, 다도리뭇 1.339, 모사니물 1.338 순이었다. 그러나 물장올이 0.522, 다리논물이 0.800, 어승생악이 0.813 백록담이 0.831, 사라악이 0.832로 나타나 저위 고도와 중위 고도의 습지들의 균등도 지수가 높게 나타났지만 고위 고도 습지들은 낮게 나타났다(Table 11). 이는 해발고도가 낮은 곳에 있는 습지들의 수서곤충의 군집 내 종구성이 균일하며, 해발고도가 높은 곳의 습지들은 그렇지 않다는 것을 의미한다.

6) 상대 수도(Relative Abundance, RA)

24곳의 습지에서 확인된 수서곤충 종의 상대적 수도를 구분하여 보면, 다수 종(abundant species)은 동백동산뭇, 걸월이뭇, 명도암뭇, 물영아리, 1100습지, 어승생악 등 6곳에서 2회, 어욱새미뭇 등 9곳에서는 각 1회 출현하였다(Table 12). 소수 종(rare species)은 물장올에서 15회, 어승생악에서 7회, 백록담에서 4회, 동수악에서 3회, 사라악에서 1회 순으로 나타났는데 전부가 동수악 이상 고도에서만 나타났다. 종별로 다수 종은 꼬마물방개가 4회, 꼬마등글물벌레, 애소금쟁이, 자색물방개 등 3종은 3회, 연못하루살이 등 6종은 1회로 나타났다. 소수 종은 아시

Table 6. Dominance index(DI) of aquatic insects in the 24 surveyed sites

Site No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
$n_i^{1)}$	10	4	23	18	11	11	10	14	10	9	17	16	26	7	9	32	37	21	328	23	37	81	367	79
$N^{2)}$	48	41	211	164	102	87	55	70	67	57	129	91	148	78	73	174	135	70	425	94	162	175	534	137
DI	0.208	0.098	0.109	0.110	0.108	0.126	0.182	0.200	0.149	0.158	0.132	0.176	0.176	0.090	0.123	0.184	0.274	0.300	0.772	0.245	0.228	0.463	0.687	0.577
Average												0.245												

The wetland names corresponding to the site numbers were described in Table 1.

¹⁾ n_i : the number of species i in each site, ²⁾ N : the total numbers of individuals.

Table 7. Biodiversity index(H') of aquatic insects in the Dongbackdongsanmot

Species	<i>Cercion hieroglyphicum</i>	<i>Ceragrion melanurum</i>	<i>schnura asiatica</i>	<i>ndolestes gracilis</i>	<i>Anax nigrofasciatus</i>	<i>Anax parthenope</i>	<i>Crocothemis servilia</i>	<i>Lyriothemis pachygastra</i>	<i>Orthetrum albistylum</i>	<i>Orthetrum melania</i>	<i>Pseudothemis zonata</i>	<i>Sympetrum depressiusculum</i>	<i>Sympetrum eroticum</i>	<i>Sympetrum kunckeli</i>	<i>Hesperocorixa distanti</i>	<i>Sigara substriata</i>	<i>Micronecta sedula</i>	<i>N.otonecta triguttata</i>
No. ¹⁾	3	13	4	1	1	2	1	1	2	2	2	2	1	2	14	6	1	4
$p_i^{2)}$	0.014	0.062	0.019	0.005	0.005	0.009	0.005	0.005	0.009	0.009	0.009	0.009	0.005	0.009	0.066	0.028	0.005	0.019
$-(p_i)(\log_2 p_i)$	0.086	0.249	0.109	0.038	0.038	0.061	0.038	0.038	0.061	0.061	0.061	0.061	0.038	0.061	0.259	0.144	0.038	0.109
H'	4.971																	

Table 7. Continued

Species	<i>Anisops ogasawarensis</i>	<i>Plea indistinguenda</i>	<i>Diplonychus esakii</i>	<i>Lethocerus deyrollei</i>	<i>Nepa hoffmanni</i>	<i>Hydrometra okinawana</i>	<i>Microvelia douglasi</i>	<i>Gerris latiabdominis</i>	<i>Laccophilus difficilis</i>	<i>Laccophilus lewisius</i>	<i>Hyphydrus japonicus</i>	<i>Clypeodytes frontalis</i>	<i>Agabus japonicus</i>	<i>Agabus browni</i>	<i>Ilybius apicalis</i>	<i>Rhantus pulverosus</i>	<i>Hydaticus bowringi</i>	<i>Hydaticus grammicus</i>
No. ¹⁾	2	23	8	3	17	2	8	1	2	7	4	2	5	2	12	1	4	3
pi ²⁾	0.009	0.109	0.038	0.014	0.081	0.009	0.038	0.005	0.009	0.033	0.019	0.009	0.024	0.009	0.057	0.005	0.019	0.014
-(pi)(log ₂ pi)	0.061	0.349	0.180	0.086	0.294	0.061	0.180	0.038	0.061	0.162	0.109	0.061	0.129	0.061	0.236	0.038	0.109	0.086
H'	4.971																	

Table 7. Continued

Species	<i>Hydaticus pacificus</i>	<i>Graphoderus adamsii</i>	<i>Cybister brevis</i>	<i>Cybister japonicus</i>	<i>Canthydrus politus</i>	<i>Gyrinus gestroi</i>	<i>Peltodytes sinensis</i>	<i>Haliplus simplex</i>	<i>Haliplus eximius</i>	<i>Laccobius bedeli</i>	<i>Hydrophilus accuminatus</i>	<i>Hydrochara affinis</i>	<i>Sternolophus rufipes</i>	<i>Regimbartia attenuata</i>
No. ¹⁾	2	1	1	1	1	14	1	1	1	5	5	5	3	2
pi ²⁾	0.009	0.005	0.005	0.005	0.005	0.066	0.005	0.005	0.005	0.024	0.024	0.024	0.014	0.009
-(pi)(log ₂ pi)	0.061	0.038	0.038	0.038	0.038	0.259	0.038	0.038	0.038	0.129	0.129	0.129	0.086	0.061
H'	4.971													

¹⁾No: the total of individuals, ²⁾pi : proportion of individual species \dot{i} .

Table 8. Biodiversity Index(H') of aquatic insects in the 24 surveyed sites

Site No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
H'	4.093	4.216	4.971	4.662	2.396	4.636	4.221	4.188	4.127	3.870	4.829	4.444	4.380	4.471	4.378	4.224	3.099	2.596	1.614	3.284	3.911	2.020	0.914	1.992
Average												3.647												

The wetland names corresponding to the site numbers were described in Table 1.

Table 9. Richness index(R') of aquatic insects in the 24 surveyed sites

Site No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
S^1-1	22	21	49	40	20	31	24	28	23	17	40	31	36	27	24	31	14	9	22	13	24	11	2	10
$\ln(N)^2$	3.871	3.714	5.352	5.100	4.625	4.466	4.007	4.248	4.205	4.043	4.860	4.511	4.997	4.357	4.290	5.159	4.905	4.248	6.052	4.543	5.088	5.165	6.280	4.920
R'	5.683	5.655	9.156	7.843	4.108	6.941	5.989	6.591	5.470	4.205	8.231	6.872	7.204	6.197	5.594	6.010	2.854	2.118	3.470	2.861	4.717	2.130	0.318	2.033
Average												5.094												

The wetland names corresponding to the site numbers were described in Table 1.

¹S: the total numbers of species, ²Ln: natural logarithm, N: total numbers.

Table 10. Relative Density(RD) of aquatic insects in the 24 surveyed sites

Site No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
A ¹⁾	3	3	17	15	8	7	5	9	7	8	15	8	23	6	7	29	29	19	24	16	24	58	166	27
B ²⁾	10	4	23	18	11	11	10	14	10	9	17	16	26	7	9	32	37	21	328	23	37	81	367	79
RD	0.300	0.750	0.739	0.833	0.727	0.636	0.500	0.643	0.700	0.889	0.882	0.500	0.885	0.857	0.778	0.906	0.784	0.905	0.073	0.696	0.649	0.716	0.452	0.342
Average												0.673												

The wetland names corresponding to the site numbers were described in Table 1.

¹⁾A: the number of subdominant species, ²⁾B: the number dominant species

Table 11. Evenness index(EI) of aquatic insects in the 24 surveyed sites

Site No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
H' ¹⁾	4.093	4.216	4.971	4.662	2.396	4.636	4.221	4.188	4.127	3.870	4.829	4.444	4.380	4.471	4.378	4.224	3.099	2.596	1.614	3.284	3.911	2.020	0.914	1.992
LnS ²⁾	3.135	3.091	3.912	3.714	3.045	3.466	3.219	3.367	3.178	2.890	3.714	3.466	3.611	3.332	3.219	3.466	2.708	2.303	3.135	2.639	3.219	2.485	1.099	2.398
EI	1.305	1.364	1.271	1.255	0.800	1.338	1.311	1.244	1.299	1.339	1.300	1.282	1.213	1.342	1.360	1.219	1.144	1.127	0.522	1.244	1.215	0.813	0.832	0.831
Average												1.165												

The wetland names corresponding to the site numbers were described in Table 1.

¹⁾H': biodiversity index, ²⁾Ln: natural logarithm, S: the total numbers of species

Table 12. Relative abundance of the species by site

Order	Family	Species	Site No.																								Total site	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24		
Ephemeloptera 하루살이	Baetidae 꼬마하루살이	<i>Cloeon dipterum</i> (Linne) 연못하루살이				+						+					++		+			+	+	±		7		
		<i>Cercion hieroglyphicum</i> (Brauer) 등줄실잠자리	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+							+				14	
	Coenagrionidae 실잠자리	<i>Ceragrion melanurum</i> (Selys) 노란실잠자리	+		+			+	+			+		+	+			++				±	+	+			11	
		<i>Ceragrion auranticum</i> Fraeser 새노란실잠자리		+		+	+		+			+		+													6	
		<i>Ischnura asiatica</i> (Brauer) 아시아실잠자리	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+					±		+	±		18	
	Platycnemididae 방울실잠자리	<i>Platycnemis phillopoda</i> Djakonov 방울실잠자리							+				+														2	
	Lestidae 청실잠자리	<i>Indolestes gracilis</i> (Hagen) 가는실잠자리			+			+						+		+											4	
	Aeshnidae 왕잠자리	<i>Anax nigrofasciatus</i> Oguma 먹줄왕잠자리	+	+	+	+		+				+	+	+	+		+			+							11	
		<i>Anax parthenope</i> Selys 왕잠자리	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+						+			±	17	
		<i>Gynacantha japonica</i> Bartenef 갈북허리왕잠자리																		+							1	
	Odonata 잠자리	CoNDuliidae 북방잠자리	<i>Epophthalmia elegans</i> (Brauer) 산잠자리	+					+					+													3	
		Libellulidae 잠자리	<i>Crocothemis servilia</i> (Drury) 고추잠자리	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+						±				16	
			<i>Deiella phaon</i> (Selys) 밀잠자리붙이				+			+				+	+	+												5
			<i>Lyriothemis pachygastra</i> (Selys) 베치레잠자리	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+					±	+	+	±	19
<i>Orthetrum albistylum</i> (Selys) 밀잠자리			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+						±	+			17	
Libellulidae 잠자리		<i>Orthetrum melania</i> Selys 큰밀잠자리		+	+			+			+		+	+	+					+					+		9	
		<i>Pantala flavescens</i> (Fabricius) 뿔잠자리	+	+		+					+				+												5	
		<i>Pseudothemis zonata</i> (Burmeister) 노란허리잠자리			+	+		+	+	+	+		+		+			+	+								8	
		<i>Sympetrum croceolum</i> (Selys) 노란잠자리				+				+																	2	
		<i>Sympetrum depressiusculum</i> (Selys) 고추잠자리	+		+	+		+	+	+	+	+	+	+	+		+	+						+	±		13	
	<i>Sympetrum eroticum</i> (Selys) 두점박이잠자리		+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+												11		

Table 12. Continued

Order	Family	Species	Site No.																								Total site
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
		<i>Sympetrum kunkeli</i> (Selys) 흰얼굴잠자리	+		+			+			+			+			+	+									6
		<i>Sympetrum speciosum</i> Oguma 하나잠자리			+		+				+	+		+	+	+											7
		<i>Sympetrum infuscatum</i> (Selys) 깃동잠자리																								+	1
Plecoptera 강도래	Nemouridae 민강도래	<i>Nemoura</i> Kub 민강도래Kub																								+	1
		<i>Hesperocorixa distanti</i> (Kirkaldy) 물벌레	+		+	+			+	+				++	+	+	+	+									9
	Corixidae 물벌레	<i>Sigara (Tropocorixa) substriata</i> (Uhler) 방물벌레	+		+	+		+		++		+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	±	+	18
		<i>Micronecta (Basilionecta) sedula</i> Horvath 꼬마물벌레			+			+								+	+	+	+						+		7
		<i>Notonecta (Paranecta) triguttata</i> Motschulsky 송장헤엄치게			+	+			+		+		+		+		+			+	+	+	+		+		12
	Notonectidae 송장헤엄치게과	<i>Anisops ogasawarensis</i> Matsumura 애송장헤엄치게	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+		+	+	+			+	+	+			17
		<i>Anisops kuroiwae</i> Matsumura 남쪽에송장헤엄치게																							±	+	2
	Pleidae 둥글물벌레	<i>Plea (Paraplea) indistinguenda</i> Matsumura 꼬마둥글물벌레	+	+	++	++	+		+	+	+	+	+	++	+	+	+	+							+		16
Hemiptera 노린재		<i>Diplonychus esakii</i> Miyamoto & Lee 각시물자라			+	+	+	+	+	+		+															8
	Belostomatidae 물장군	<i>Lethocerus deyrollei</i> (Vuillefroy) 물장군	+	+	+			+	+		+	++				+											8
		<i>Laccotrephes japonensis</i> Scott 장구애비									+								+								2
	Nepidae 장구애비	<i>Nepa hoffmanni</i> Esaki 메추리장구애비				++	+					+				+	+		+	+					+		8
	Mesoveliidae 물노린재	<i>Mesovelia oreinetalis</i> Kirkaldy 물노린재																									1
	Hydrometridae 실소금쟁이	<i>Hydrometra okinawana</i> Drake 제주실소금쟁이			+														+						±		3
		<i>Microvelia douglasi</i> Scott 긴깨알소금쟁이				+																					1
	Veliidae 깨알소금쟁이	<i>Microvelia horvathi</i> Lundbald 호르바드깨알소금쟁이																	+						±		2

아실잠자리 등 6종은 각 2회, 노란실잠자리 등 20종은 각 1회 출현하였다.

7) 유사도 지수(Similarity Index, SI)

제주도 내 24곳의 습지 간에 수서곤충군집의 유사도를 분석한 결과 유사도 0.19로 사라악과 백록담의 수서곤충군집이 종 구성과 개체 수에서 가장 유사함을 알 수 있다(Fig. 5). 이 그룹과 어승생악의 지수도 0.33으로 유사하였고, 산물통못과 피드르못은 0.63, 숨은물뱅디와 1100습지는 0.71, 동백동산못과 어육새미못은 0.72, 혼인지와 강정못은 0.73으로 나타났다. 동백동산못과 어육새미못 그룹과 산물통못과 피드르못의 그룹 간은 0.79, 정물과 원물은 0.82, 모사니물과 다도리못은 0.82, 물영아리와 물장울은 0.90, 숨은물뱅디와 1100습지 그룹은 명도암못과 0.91, 정물과 원물 그룹은 성구못과 0.99의 유사도를 나타내었다. 유사도지수가 1 이내에서는 크게 12개의 군집으로 구별되었는데 대다수가 해발고도가 유사한 조사지 별로 유사한 그룹을 형성하고 있었다. 한편, 걸월이못, 수월이못, 물чат오름, 다리논물, 동수악 5개 지점은 다른 곳과는 유사도수가 크게 나타나 독자적인 수서곤충 군집 특성을 가지고 있는 것으로 나타났다. 동수악의 경우는 다른 화구호 습지보다 주변 산림 식생의 이입으로 상대적으로 높은 육지화되는 환경적 특성이 있는 곳이기 때문에 발생한 것으로 볼 수 있으나 이에 대한 원인은 좀 더 연구가 진행되어야 할 것으로 판단된다.

우점도 등 군집지수에 대해 강, 하천, 계곡, 늪, 농경지 등 그동안 이루어져 왔던 다른 곳의 습지와 비교하여 보았다. 우점도의 평균은 0.245로 보성강과 이사천 등을 제외하고는 낮게 나타났다. 종 다양도의 평균은 3.647로 금강과 우포늪의 몇 곳을 제외하고는 아주 높은 편이었으며 균등도 지수는 금강에 비해서 높은 편이었다. 반면에 종 풍부도와 상대 밀도는 비교 자료가 없었다(Table 13).

군집지수는 24곳 습지에 대해 같은 시기에 이루어진 조사가 아니어서 차후 연구에서는 이에 대한 보완이 이루어져야 더욱 의미 있는 데이터가 축적될 것으로 판단된다.

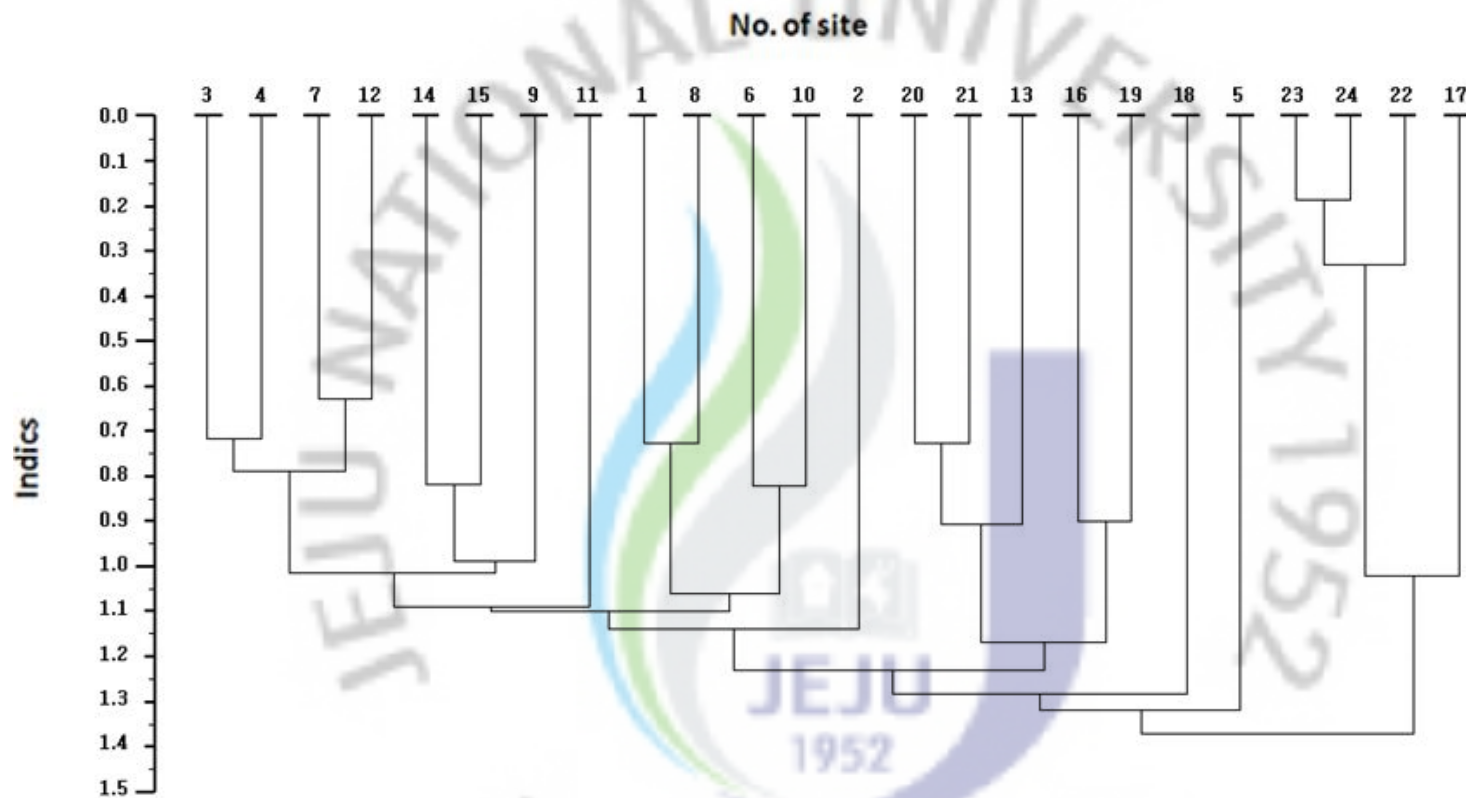


Fig. 5. Dendrogram of the clustering of the 24 surveyed sites using chord distance.

The wetland names corresponding to the site numbers were described in Table 1.

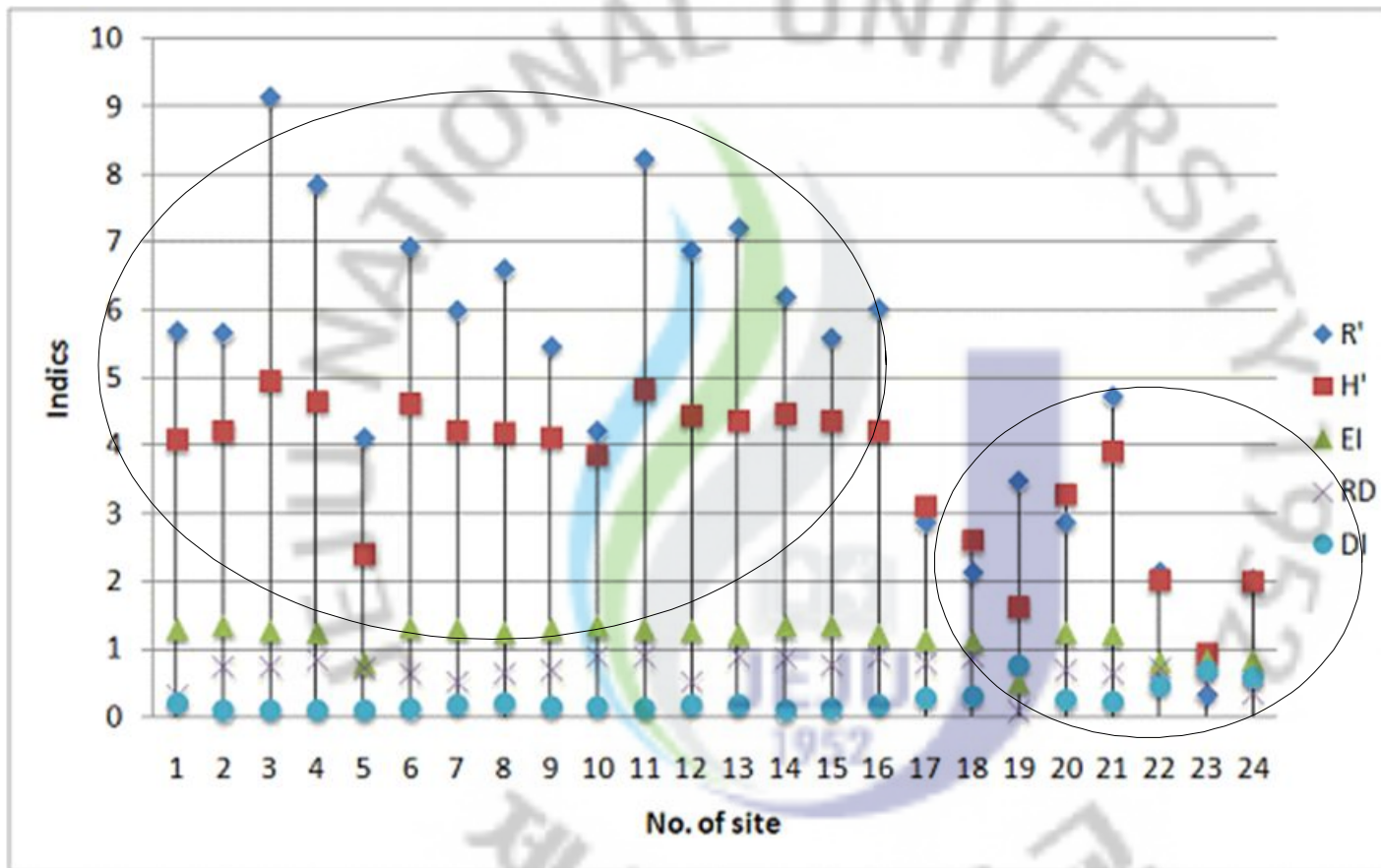


Fig. 6. Dominance index, relative density, evenness index, biodiversity index and richness index of aquatic insect population in 24 surveyed sites.

The wetland names corresponding to the site numbers were described in Table 1.

Table. 13. Comparison of indices of aquatic insects population among various hydric systems

Area	Indices	Reference
Gwangryeong Stream, Jeju-Island	DI 0.46~0.91, H' 2.32~2.07	윤 등, 1984
Dalcheon River, Chungcheongbuk-do	DI 0.33~0.79, H' 2.51~3.57	윤 등, 1985
Boseong River & Isa Stream, Jeollanam-do	DI 0.19~0.95, H' 1.97-3.45	조 등, 1989
Geum River, Jeollabuk-do	DI 0.51~0.99, H' 0.000~3.695, EI 0.00~0.82	장과 황, 1992
Rice paddy	DI 0.71-0.93, H' 0.36~0.71.	이, 1993
Byeonsan Peninsula water system, Jeollabuk-do	H' 0~3.27	나 등, 1994
Bangtae Stream, Gangwon-do	DI 0.15~0.68, H' 1.48~3.67	조 와 박, 1995
Chiak Mountain water system, Gangwon-do	DI 0.35~0.45, H' 3.51~3.92	배 등, 1998
Mulhan Valley, Chungcheongbuk-do	H' 2.00~2.59	남, 2003
Upo Wetland 6site, Gyeongsangnam-do	DI 0.3~0.89, H' 1.35~3.77(invertebrate animals)	배 등, 2004
24 sites, Jeju Island	DI 0.090~0.772, H' 0.914~4.971, R' 0.318~9.156, RD 0.214~0.906, EI 0.522~1.364	This study

DI: dominance index, H': biodiversity index, EI: evenness index, R': richness index

4. 고도에 따른 수서곤충의 종 다양성의 변화: Rapoport의 법칙 검증

1) 고도에 따른 출현 종수 변화

종 다양성 또는 종 풍부성에 미치는 고도의 부정적 효과가 널리 증명(Stevens, 1992; Brown *et al.*, 1996; Lomolino, 2001; Sanders, 2002) 되기는 했더라도 종 풍부성 감소의 양상은 여전히 논쟁상태에 있다. 즉 일부 학자들은 고도 증가에 따른 종 풍부성은 ‘단조적 감소(monotonic decrease)’를 보인다고 주장하고 (Lawton *et al.*, 1987; Fernandes & Price, 1988; Stevens, 1992), 다른 한편의 학자들은 고도에 따라 처음 종 풍부성이 증가하다가 최고값에 도달 후 감소하는 ‘고봉형(hump-shaped)’ 변동을 주장하고 있다(Colwell & Hurtt, 1994; Rahbek, 1997; Fleishman *et al.*, 1998; Sanders, 2002; Chatzaki *et al.*, 2005). 이처럼 고도에 따른 생물종 다양성의 분포는 단조적으로 감소한다는 보고와 비단조적 변동 즉, 고봉형을 보인다는 주장 간에 많은 논쟁이 있다. Rahbek(1997)은 신열대 조류 풍부성의 경우 면적효과를 고려하지 않는 경우 고도에 따라 단조적으로 증가 하였으나, 고도효과를 제거한 경우 중위고도에서 종 풍부성이 고봉을 나타낸다고 보고하였다. 반면, 영국 지역 고사리에 발생하는 식물성먹이 곤충군집에서는 면적효과를 제거한 경우 오히려 고도와 출현 종수 간 일정한 관련성이 없었다는 상반된 보고도 있다(Lawton *et al.*, 1987).

이와 같은 논쟁 속에서 고도에 따른 생물종 풍부성의 변화를 설명하기 위한 두 가지 가설이 제시되었다. 즉 ‘중간영역 효과(mid-domain effect: Colwell & Lees, 2000)’ 또는 ‘추이대 효과(ecotone effect: Lomolino, 2001)’와 ‘복구 효과(rescue effect: Brown & Kodric-Brown, 1977)’이다.

고도에 따른 출현 종수 변화를 분석한 결과 해발고도가 증가할수록 출현 종수가 단조적으로(monotonical) 감소하였으며, 상관분석결과 통계적으로 유의한 역상관 관계를 보였다(Fig. 7). 고도와 출현 종수의 관계에서 출현 종수를 면적 대비 표준화하여 면적 효과를 제거한 결과 Fig. 8과 같이 전형적인 고봉형 양상(hump-shaped pattern)을 나타냈다. 즉, 고도의 증가에 따라 처음에는 출현 종수

가 증가하다가 최고 종수를 보이는 고도를 지나서는 급격히 감소하였다. 모든 분류군을 포함하여 분석한 결과(Fig. 8A) 고도에 따른 종수 변화는 앞의 식 2에 유의하게 적합 되었으며, 최대의 종수가 출현하는 고도는 $258.7 \pm 46.77\text{m}$ 로 추정되었다. 본 조사의 수서곤충 군집에서 주요 분류군인 잠자리목(Fig. 8B), 딱정벌레목(Fig. 8C), 노린재목(Fig. 8D)을 각각 분리하여 식 2에 적용시킨 결과 모두 높은 적합도를 보였다. 본 연구에서는 면적효과를 제거하지 않은 단순 비교에서는 단조적 감소를 보였으나 면적효과를 제거한 경우 전형적인 고봉형 변동을 나타냈다.

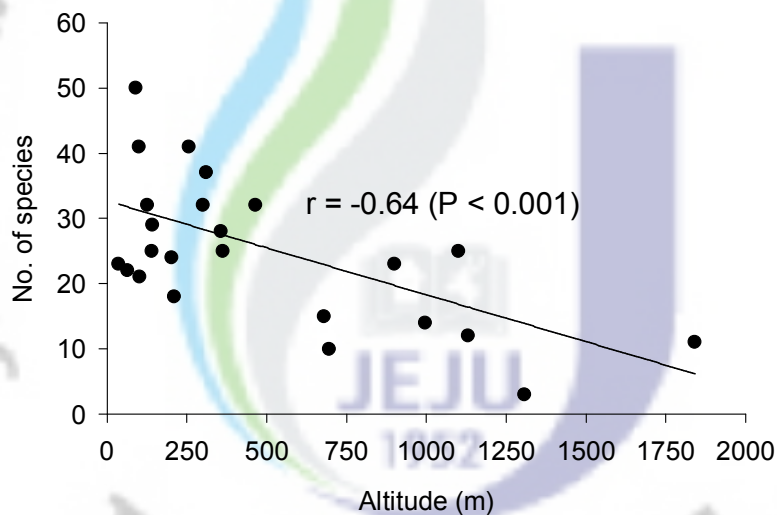


Fig. 7. The relationship between species richness and altitude in 24 surveyed sites.

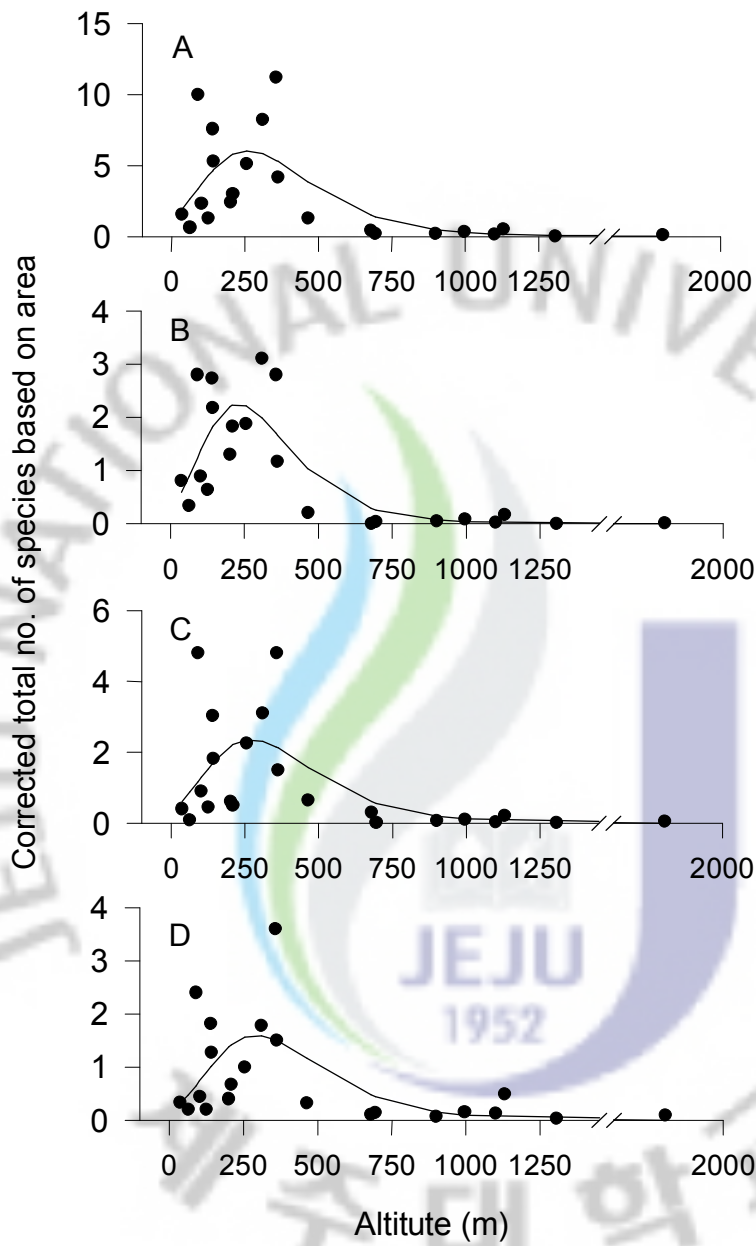


Fig. 8. The relationship between species richness corrected by area and altitude. A: total taxon, B: Odonata, C: Coleoptera, and D: Hemiptera.

2) 고도별 분포범위: Rapoport 법칙의 적용과 검증

고도에 따른 각 종의 분포범위는 Fig. 9와 같았다. 낮은 고도범위에서만 발생하는 종, 낮은 고도에서부터 높은 고도까지 폭넓게 분포하는 종, 그리고 높은 고도에서만 제한적으로 출현하는 종 등 다양한 분포범위를 보여주었다. 예를 들면 방울실잠자리(Species No. 6)는 하위고도 영역 즉, 211.9m(표준오차 하한선) 이하에서만 분포범위를 보였으며, 왕잠자리(Species No. 9)는 낮은 고도에서부터 높은 고도까지 폭넓게 분포하였고, 제주애기물방개(Species No. 61)는 상위고도 영역 즉, 305.5m(표준오차 상한선) 이상에서만 분포하였다.

각 종의 평균 서식고도(수직분포의 중위값)와 수직분포 범위와의 관계는 Fig. 10과 같았다. 모든 종을 합하여 분석한 경우 평균 서식 고도가 높을수록 분포범위가 증가하는 정상관을 보였다($r=0.55$, $P<0.01$). 잠자리목에 속한 종들의 평균 서식고도와 수직분포 범위는 아주 높은 정상관을 나타냈으며($r=0.75$, $P<0.01$), 평균 서식위치가 약 400m 이하인 것으로 분석되었다. 노린재목에 속한 종의 경우는 두 변량 간 상관관계가 인정되지 않았다($r=-0.20$, $P<0.8745$). 딱정벌레목에 속한 종의 경우는 평균 서식고도가 저위고도에서부터 고위고도까지 폭넓게 분포하였으며 평균 서식고도 증가에 따라 수직분포 범위가 증가하는 높은 정상관 관계를 보였다($r=0.72$, $P<0.01$).

고위고도에 속한 종의 분포범위와 저위고도에 속한 종의 분포범위의 크기를 500m 범위로 분류하여 정리한 결과 고위고도 영역 종으로 분류된 곤충의 경우 1,500m 이상의 넓은 분포범위를 갖는 종이 24.0%를 차지하였으나, 저위고도 영역 종은 단 2.6%만이 포함되었다. 대부분의 저위영역 종은 500m 이하의 분포범위를 갖는 종이 71.8%를 차지하였다. 전체적으로 보았을 때 고위영역 종은 평균 분포범위가 904.3m로 저위영역 종의 469.5m보다 통계적으로 유의하게 분포범위가 넓었다(Fig. 12). 종합적으로 판단할 때 제주도의 고도별 습지 수서곤충의 종 다양성 또는 종 풍부성 분포는 Rapoport의 법칙을 잘 설명하였다.

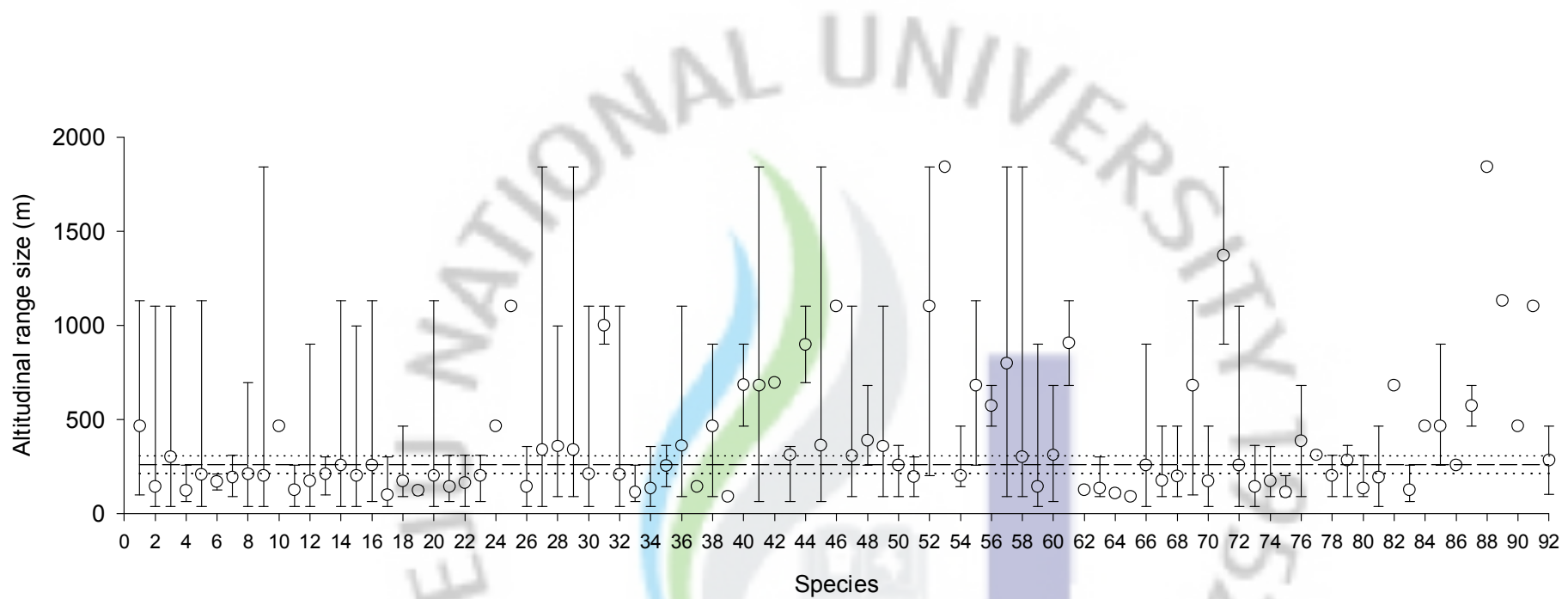


Fig. 9. Altitudinal range of each species of aquatic insects along the altitudinal gradient in 24 surveyed sites.

Vertical bars indicates altitudinal range, open circle the median altitudes of each species found the horizontal dashed line and dotted lines indicate the altitude of peak species richness and its standard error, respectively, which was estimated using equation 1

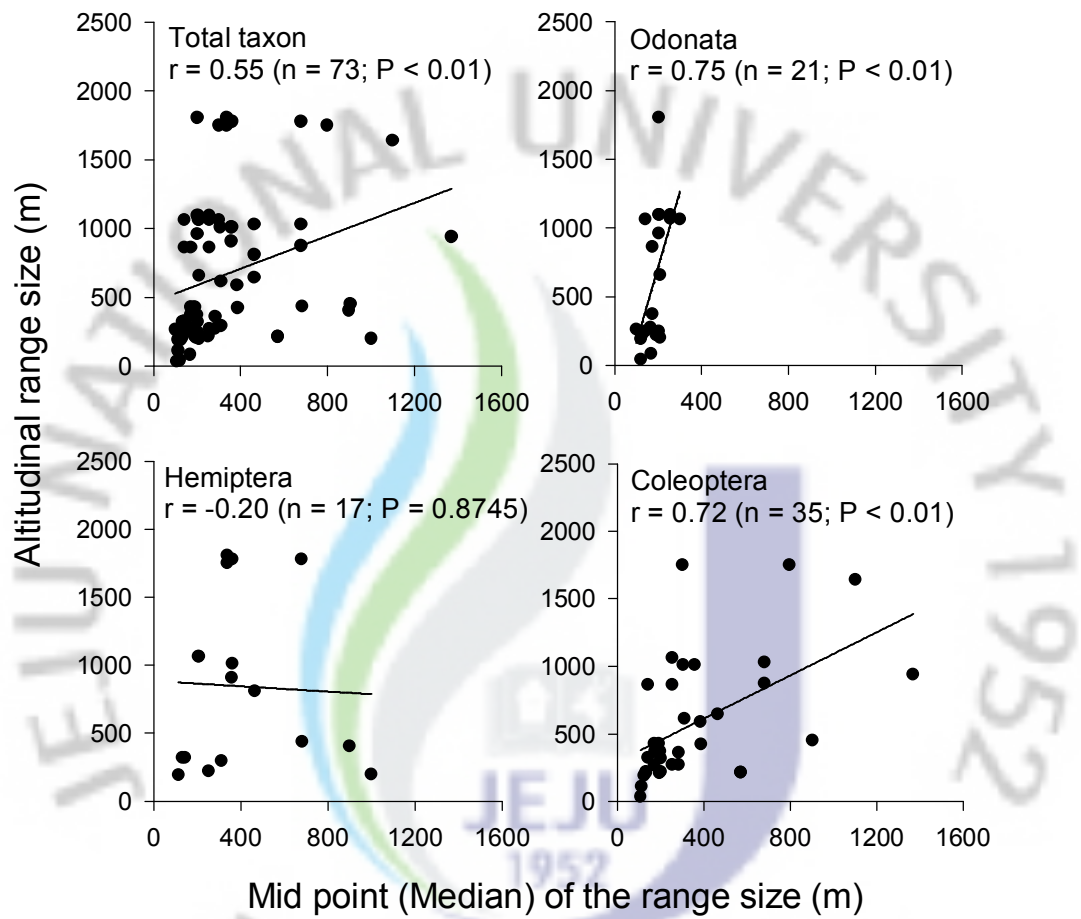


Fig. 10. Rapoport effect on altitudinal ranges of total taxon and the three most abundant orders. The line is the least squares linear regression line.

종 풍부성의 변동은 고도에 따른 생태계의 변이와 관련지어 자주 설명되고 있고, Lawton *et al.*(1987)은 온도가 수서곤충의 종 다양성에서 가장 주요한 요인이라 밝히고 있다. 물론 Hogg & Williams(1996)는 유수 온도를 2.0~3.5°C 증가시켰을 때 정상온도 조건과 비교하여 무척추 수서동물의 종 풍부성은 통계적으로 증가하지는 않았다는 정량적 결과를 보고하기는 하였으나 단기간에 거친 결과이기 때문에 장기간에 걸쳐 형성되는 생물군집을 설명하기에는 부족하다고 생각된다. 온도와 같은 기상환경은 고도의 증가에 따라 감소하는 것이 당연하고 제주도는 기후요소의 수직분포가 뚜렷하기 때문에 수서곤충 종 풍부성에 지대한 영향을 미쳤을 것임은 틀림없다. 다만, 본 연구에서는 수서곤충 종 풍부성에 미치는 온도의 영향을 정량적으로 다루지는 못하였다.

본 연구 대상인 습지의 면적은 고도에 따라 오히려 증가하는 양상이었다($r=0.74$; $P<0.001$). 따라서 본 연구에 ‘넓은 면적이 더 많은 생물종을 부양한다(Schoener, 1976; Rosenzweig, 1995)’는 가설을 적용하기에는 불충분한 것 같다.

본 연구에서는 면적 효과를 제거한 경우 고도에 따른 수서곤충 종 풍부성의 분포는 고봉형을 나타냈다. 고봉(258.7m)을 중심으로 표준오차 범위 고도에서 분포 범위가 중복되는 수서곤충 종이 증가하는 현상을 관찰할 수 있다. 저위 영역 종은 대체로 좁은 분포 범위를 가지고 있으므로 고위 지역으로 이동할 수 없고, 이들의 중복으로 인하여 중·저 고도에서 고봉이 형성된 것으로 보인다. 아직 정량적인 통계적 검증 결과를 제시하기는 어려우나 ‘중간영역 효과’가 작동하고 있는 것으로 판단된다. 다만, 본 연구에서는 저위 영역 종의 분포범위가 좁고 고위 영역 종의 분포범위가 넓으므로(Fig. 11) 저위 고도에서 분포범위의 중복으로 인하여 고도가 증가할수록 종 풍부성은 감소한다는 Rapoport의 법칙을 통계적으로 검증하였다.

수서곤충의 분류군에 따라서 평균 서식 고도와 고도에 따른 분포범위의 반응이 다른 양상을 보였는데, 이런 양상은 앞으로 검토해야 할 과제라 생각된다. 즉 잠자리목은 평균 서식 고도가 저위 고도 영역에 형성되어 있으나 높은 고도까지 분포하는 특성을 보이고, 고도와 분포범위 간 거의 고위상관을 보이고 있는데 아마도 잠자리목의 행동반경과 서식처 선택 행동 등 특이적 생태와 관련되어 있을 것으로 보인다. 또한, 노린재목은 고도와 분포범위 간 유의한 상관관계가 관측되

지 않아 Rapoport 법칙의 적용을 받지 않았는데, 이 분류군이 어떠한 형태로 수서곤충 종 풍부성 분포에 공헌하고 있는지 구명하는 작업이 우선되어야 할 것으로 보인다. 더 나아가 고도에 따른 종 풍부성 분포에서 '중간영역효과' 및 '복구 효과' 등이 어떻게 작동하고 있는지 정량적으로 평가하는 통계적 기법의 개발도 필요하다고 생각된다.

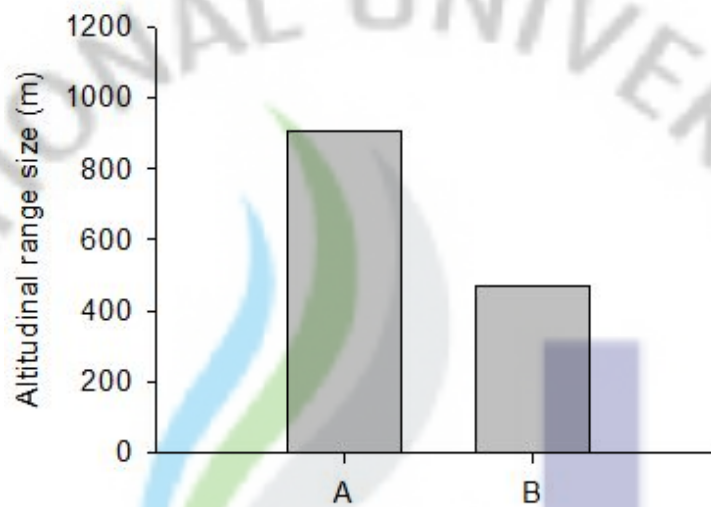


Fig. 11. Comparison of the extent of the altitudinal ranges between high-altitudinal species(A) and low-altitudinal species(B).

요약

본 연구는 지난 2004년부터 2008년까지 화구호를 비롯한 제주도 습지 24곳에 대해 수서곤충의 분포 양상과 고도구배에 따른 종 다양성의 변화를 구명하고 Rapoport의 법칙을 검증하는 등 수서곤충의 군집 특성에 대하여 분석하는 것이다. 연구 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 수서곤충은 조사지 24곳에서는 총 7목 31과 68속 92종 3327개체가 확인되었다. 조사지 중 가장 다양한 종이 출현한 장소는 동백동산못 50종이었고, 개체 수별로는 사라악이 534개체로 가장 많았다. 대체로 중·저지대에는 많은 종수가, 고지대에는 적은 종수가 나타났다.

2. 분류군별로는 하루살이목(Ephemeloptera) 1종, 잠자리목(Odonata) 23종, 강도래목(Plecoptera) 1종, 노린재목(Hemiptera) 21종, 딱정벌레목(Coleoptera) 41종, 날도래목(Trichoptera) 3종, 파리목(Diptera) 2종이었다.

3. 가장 광범위한 분포를 보이는 종은 베치레잠자리(*Lyriothemis pachygastra*)로 19곳이며 다음은 아시아실잠자리(*Ischnura asiatica*)와 방물벌레(*Sigara substriata*)로 18곳, 왕잠자리(*Anax parthenope*), 밀잠자리(*Orthetrum albistylum*), 애송장혜엄치게(*Anisops ogasawarensis*)의 3종이 17곳, 꼬마둥글물벌레(*Plea (Paraplea) indistinguenda*)는 16곳으로 나타났다. 확인된 7목 중 두 개의 목인 노린재목과 잠자리목만이 주요 분포곤충으로 나타났는데 이는 비행능력이 뛰어나고 서식공간에 대한 적응력이 높기 때문에 나타난 결과라고 할 수 있다.

4. 단 한 곳에서만 확인된 종은 잘록허리왕잠자리(*Gynacantha japonica*) 등 18종이었고, 두 곳에서만 확인된 종은 방울실잠자리(*Platycnemis phillopoda*) 등 14종, 세 곳에서만 확인된 종은 산잠자리(*Epophthalmia elegans*) 등 5종이었다.

5. 국내 최대형종 수서곤충이며 환경부 지정 멸종위기동물인 물장군(*Lethocerus deyrollei*)은 저지대 8곳에 출현하였다. 서식지의 오염과 파괴로 절멸 위기에 있는 매우 희귀한 수서곤충인 물장군이 많은 곳에서 확인된 사실은 아직도 제주도

의 습지들이 수서곤충 서식에 적합한 장소가 되고 있다는 것을 증명해 주고 있다.

6. 한국미기록과 곤충인 딱정벌레목 Hydrochidae의 *Hydrochus japonicus* Sharp와 노린재목의 Omaniidae *Corallocoris*의 한 종이 각각 1곳에서 확인되었다.

7. 먹이형태별 분포는 총 92종 중 동물먹는 무리(carnivore)는 71종(77.2%), 식물먹는 무리(herbivore, phytophagous)는 14종(15.2%), 잡식성 무리(omnivore)는 5종(5.4%), 부식질먹는 무리(detritivore, scavenger)는 2종(2.2%)으로 나타났다.

8. 우점도의 평균은 0.245이었고 가장 지수가 높은 곳은 물장울로 0.772이며 주로 고지대에 있는 습지들의 우점도가 높았다. 종 다양도의 평균은 3.647이며 가장 높은 곳은 동백동산못이 4.971이며 주로 중·저지대의 습지가 종 다양도가 높게 나타났지만 고지대의 습지들은 상대적으로 낮게 나타났다. 종 풍부도의 평균은 5.094이며 동백동산못이 9.156으로 가장 높았는데 종 다양도와 마찬가지로 중·저지대의 습지들은 높았지만 고지대의 습지들은 낮았다.

9. 상대 밀도의 평균은 0.673이며 물영아리 0.906이 가장 높았는데 주로 중간고도지대의 습지들의 상대밀도가 높게 나타났다. 균등도 지수의 평균은 1.165이며 수월이못이 1.364로 가장 높았다.

10. 상대수도 분석결과 다수종(Abundant species)은 동백동산못 등 6곳에서 2회, 어육새미못 등 9곳에서는 각 1회 출현하였다. 소수종(Rare species)은 물장울에서 15회, 어승생악에서 7회, 백록담에서 4회, 동수악에서 3회, 사라악에서 1회 순으로 나타났는데 전부가 동수악 이상 고도에서만 나타났다.

11. 종별로 다수종은 꼬마물방개(*Guignotus japonicus*)가 4회, 애소금쟁이(*Gerris latiaabdominis*) 등 3종은 3회, 연못하루살이(*Cloeon dipterum*) 등 6종은 1회로 나타났다. 소수종은 아시아실잠자리(*Ischnura asiatica*) 등 6종은 각 2회, 노란실잠자리(*Ceragrion melanurum*) 등 20종은 각 1회 출현하였다.

12. 조사지 간 유사도를 분석한 결과 유사도가 0.19인 사라악과 백록담의 거리가 가장 가까운 것으로 나타났다. 유사도지수가 1 이내에서는 크게 12개의 군집으로 구별되었는데 대다수가 해발고도가 유사한 조사지 별로 유사한 그룹을 형성하고 있었다. 한편, 걸월이못 등 5개 지점은 다른 곳과는 거리가 멀게 나타나 독자적인 수서곤충군집 특성이 있는 것으로 나타났다.

13. 습지의 면적 효과를 제거하지 않았을 때 해발고도가 증가할수록 수서곤충 출현 종 수는 단조적으로(monotonical) 감소하였고 상관분석결과 통계적으로 유의한 역상관 관계를 보였다($r = -0.64$). 고도와 출현 종수의 관계에서 출현 종수를 면적 대비 표준화하여 면적 효과를 제거한 결과 고도의 증가에 따라 처음에는 출현 종 수가 증가하다가 최고점을 지나서는 감소하는 전형적인 고봉형 양상(hump-shaped pattern)을 나타냈다.

14. 수서곤충 각 종의 평균 서식 고도(수직분포의 중위값)와 수직분포 범위와의 관계는 평균 서식 고도가 높을수록 분포범위가 증가하였다. 노린재목을 제외하고 평균 서식 고도와 수직분포 범위 간에는 정상관을 보였다.

15. 수서곤충 상위영역 종은 평균 분포범위가 904.3m로 하위영역 종의 469.5m보다 통계적으로 유의하게 분포범위가 넓었다. 종합적으로 판단할 때 제주도의 고도별 습지 수서곤충의 종 풍부성 분포는 Rapoport의 법칙을 잘 설명하였다.

참고문헌

1. 국외

- Asahino, S., Ishihara, T. & Yasumatsu, K. 1973. *Iconographia Insectorum Japonicorum Colore naturali edita Volumen III*. Hokuryukan. pp. 103~108.
- Blackburn T.M. & K.J. Gaston. 1996. Spatial patterns in the geographic range sizes of bird species in the New World. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B* 351: 897~912.
- Brown, J.H. & A. Kodric-Brown. 1977. Turnover rates in insular biogeography: effect of immigration on extinction. *Ecology* 58: 445~449.
- Brown, J.H., G.C. Stevens & D.M. Kaufman. 1996. The geographical range: size, shape, boundaries, and internal structure. *Annual Review of Ecology and Systematics* 27: 597~623.
- Chatzaki, M., P. Lymberakis, G. Markakis & M. Mylonas. 2005 The distribution of ground spiders(Araneae, Gnaphosidae) along the altitudinal gradient of Crete, Greece: species richness, activity and altitudinal range. *Journal of Biogeography* 32: 813~831.
- Colwell, R.K. & D.C. Lees. 2000. The mid-domain effect: geometric constraints on the geography of species richness. *Trends in Ecology and Evolution* 15: 70~76.
- Colwell, R.K. & G.C. Hurtt. 1994. Nonbiological gradients in species richness and a spurious Rapoport effect. *The American Naturalist* 144: 570~595.
- Dobson, M. & Frid, C. 2008. *Ecology of Aquatic Systems*. 2nd ed. Oxford university Press Inc., 282pp.
- Fernandes, G.W. & P.W. Price. 1988. Biogeographical gradients in galling species richness. *Oecologia* 76: 161~167.
- Fleishman, E., G.T. Austin, & A.D. Weiss. 1998. An empirical test of

- Rapoport's rule: elevational gradients in montane butterfly communities. *Ecology* 79: 2482~2493.
- Francis O. & Robert B. 2009. Ecological integrity of upper Warri River, Niger Delta using aquatic insects as bioindicators. *Ecological indicators* 9(3): 455~461.
- Friedlander, C. 1976. *The Biology of Insects*. Hutchinson. pp. 110~111.
- Hogg, I.D. & D.D. Williams. 1996. Response of stream invertebrates to a global-warming thermal regime: an ecosystem-level manipulation. *Ecology* 77: 395~407.
- Jandel, 1996. TableCurve 2D. Automated curve fitting and equation discovery: Version 4.0. Jandel Scientific, San Rafael, CA.
- Katsura, M. 2007. *Iconographia Insectorum Japonicorum Colore naturali edita* vol. II. 580pp.
- Kawai, D. 2005. *Aquatic Insects of Japan*. EastSea Univ. Publish group. 658pp.
- Klots, E. 1966. *Freshwater Life*. Putnam. pp. 221~235.
- Lawton, J.H., M. MacGarvin & P.A. Heads. 1987. Effects of altitude on the abundance and species richness of insect herbivores on bracken. *J. Anim. Ecol.* 56: 147~160.
- Lomolino, M.V. 2001. Elevation gradients of species-density: historical and prospective views. *Global Ecology and Biogeography* 10: 3~13.
- Ludwig, J. & Reynold, J. 1988. *Statistical ecology: A primer on methods and Computing*. John Wiley & Sons, New York. pp. 165~202.
- McNaughton, S, J. 1967. Relationship among functional properties of California glassland. *Nature*. 216: 144~168.
- Margalef, R. 1958. Information theory in ecology. *Gen. Syst.* 3: 36~71.
- Miyamoto, S. & C.E. Lee. 1966. Heteroptera of Quelpart Island (Chejudo).-*Sieboldia, Acta Biologica* 3(4): 313~411.
- Okamoto, H. 1924. The insect fauna of Quelpart Island.-*Bull. Agr. Exp. Gov.*

- Gen. Chosen, **1(2)**: 47~233.
- Pielou, C, E. 1969. Shannon's formula as a measure of specific diversity: its use and misuse. *Amer. Nat.*, **100**: 463~465.
- Pielou, C, E. 1975. *Ecological Diversity*. Wiley, New York. 165pp.
- Price, P. 1984. *Insect ecology*. 2nd ed. John Wiley & Sons, Inc., 510pp.
- Rahbek, C. 1997. The relationship among area, elevation, and regional species richness in neotropical birds. *The American Naturalist* 149: 875~902.
- Rosenzweig, M. L. 1995. *Species diversity in space and time*, 2nd edn. Cambridge University Press, Cambridge.
- Sakuma, A. 1964. *Statistics in Biology*. Tokyo University Press, Tokyo. 87pp.
- Sanders, N.J. 2002. Elevational gradients in ant species richness: Area, geometry, and Rapoport's rule. *Ecography* 25: 25-32.
- Schoener, T.W. 1976. The species-area relation within archipelagoes: models and evidence from island land birds. In: Firth, H.J. and Calaby, J.H. (eds), *Proc. of the XVI Int. Ornithol. Congr. Australian Acad. of Sci.*, pp. 629~642.
- Shannon, C. & Weaver, W. 1949. *The Mathematical theory of Communication* University Illinois Press, Urbana, IL. p. 117.
- Short, A. & Hebauer, F. 2006. World Catalogue of Hydrophiloidea- additions and corrections. *Koleopterologische Rundschau* **76**: 315~359.
- Shunichi, U. & Yoshihiko, K. 1994. *The Coleoptera of Japan in Color Vol. II*. 514pp.
- Stevens, G.C. 1992. The elevational gradient in altitudinal range: an extension of Rapoport's latitudinal rule to altitude. *The American Naturalist* 140: 893~911.
- Takehiko N., Kazuo O., Shizumu N. & Yoshihiko K. 2007. *Iconographia Insectorum Japonicorum Colore Naturali Edita Vol. II*. Hokuryukan. 526pp.
- Ueno, S., Kurosawa Y. & Sato, M. 1985. *Coleoptera of Japan in color Vol. II*. Hoikusha. 515pp.

Umit, I., Abdullah, M. & Orhan, E. 2004. Two New Record of Hydrochidae (Coleoptera) Species from Turkey, with Some Ecological Notes. Turk J Zool., 28: 213~216.

Ward, J.V. & J.A. Stanford. 1982. Thermal responses in the evolutionary ecology of aquatic insects. Annual Review of Entomology 27: 97~117.

2. 국내

강순석. 2005. 화산섬 제주의 습지생태계 보전 및 복원방안. 제주지역환경기술개발센터 연구개발보고서. p. 75.

강옥철. 1982. 서귀포시내 하천의 수서곤충군집에 관한 연구. 고려대학교 교육대학원 석사학위청구논문. pp. 29.

권용정, 서상재. 1986. 한국 수서곤충 목록. 한국곤충 6: 91~104.

권용정, 서상재, 김정애. 2001. 노린재목. 한국경제곤충 18. 농업과학기술원 pp. 16~66.

김구연, 이찬우, 윤희순, 주기재. 2005. 낙동강 하구의 수생관속식물의 분포 변화와 수금류(고니류)의 먹이식물인 세모고랭이의 성장 변화. 한국생태학회지. pp. 335~345.

김귀곤. 2003. 습지와 환경. 아카데미서적. pp. 97~153.

김상범. 2001. 제주도의 잠자리목 종들의 재검토와 분포, 제주대학교 대학원 생명과학과 석사학위논문. 56pp.

김원택. 1984. 제주도 4개 분화구내의 곤충상. 제주대학교 논문집. 18: 197~211.

김원택, 1989. 제주시 3대하천의 곤충상. 제주도 3대 하천의 생태계학술조사보고서. 제주시. pp. 94~134.

김원택. 1993. 무척추동물, 제주도지 제1권. 제주도. (1): 261~441.

김원택, 오홍식. 1991. 제주도 인근 유인도의 곤충상 연구. 제주유인도학술조사. pp. 133~175.

김재원, 이규환, 정달언. 1978. 계룡산계류의 수서곤충상. 한국육수학회지 11(1): 17~27.

- 나철호, 김종선, 함순아. 1996. 탐진강 수계의 수서곤충 군집에 관한 연구. 한국육수학회지 29(2): 81~88.
- 나철호, 최충길, 김종선, 백순기, 조연관. 1994. 부안 변산반도 수계의 수서곤충 군집에 관한 연구. 원광대학교 환경과학연구소, 환경과학연구지 3(1): 59~65.
- 남상호. 2003. 민주지산의 수서곤충 군집에 관한 연구. 대전대기초과학연구소, 자연과학 14(1): 117~126.
- Nam, S.H., Park, Y.J., & Jo, Y.H., Oh, H.S., Kwon, O. S., Han, Y.G. 2006. Fauna of Macroinvertebrates and Composition of Functional Feeding Groups about the Aquatic Insects to Microhabitats from the Geum River, Korea. Journal of Ecological society of Korea 29(5): 415~425.
- 노태호, 전동준. 2004. 한국산 수서곤충류 섭식기능군 유형 및 군집 안정성 분석. 한국육수학회지 37(2): 137~149.
- 농업과학기술원. 2006. 논생태계수서무척추동물도감. 광문당. pp. 25~361.
- 문교부. 1960. 한국동식물도감 제10권 동물편(곤충류Ⅱ). 970pp.
- 문교부. 1971. 한국동식물도감 제12권 동물편(곤충류Ⅳ). 1069pp.
- 배경석, 구분관, 한선규, 신재영, 박성배. 1997. 서울 탄천의 수서동물 군집에 관한 생태학적 연구. 한국환경위생학회지 23(4): 1~8.
- 배연재, 박선영, 박선진, 황정미, 허준미. 1998. 치악산 계류의 수서곤충 군집. 서울여자대학교 자연과학연구소, 자연과학논문집 10(1): 7~20.
- 배연재, 염진화, 차진열, 윤일병. 1999. 꼬마잠자리의 형태, 서식처 및 분포 기록. 한국곤충학회지 29(4): 287~290.
- 배연재, 조신일, 황득휘, 이황구, 나국분. 2004. 우포습지의 저서성 대형무척추동물 다양성과 군집 특성. 한국환경생태학회지 18(1): 75~91.
- 백남극, 김창환, 심재한. 1985. 한라산천연보호구역 학술조사보고서. 제주도.
- 백종철, 박규택, 권용정, 김원택, 이승모, 안승락, 강성진, 정세호. 1994. 제주도곤충학술조사보고서. 제주도민속자연사박물관. pp 212.
- 백종철, 박규택, 권용정, 김원택, 김태홍, 서상재, 안성복, 안승락, 이승모, 강성진, 정세호. 1995. 제주도의 곤충. 제주도민속자연사박물관. pp. 291~614.
- 석주명. 1970. 제주도 곤충상, 보진제. 186pp.

- 송영주, 김종갑, 배양섭. 2005. 한강(고양시) 고수부지의 환경변화에 따른 곤충 및 저서성대형무척추동물의 분포변화에 관한 분석. 한국습지학회지 7(4): 51~65.
- 신현선, 오사무 미타무라, 김숙정, 최준길. 2008. 수서곤충 EPT-group을 이용한 무심천의 조자지점별 특성. 한국생태학회지 22(4): 420~426.
- 안승락. 2003. 한라산국립공원 딱정벌레목 곤충상. 한라산국립공원생태계연구. 국립중앙과학관 학술총서 39: 23~60.
- 오용남, 전태수. 1993. 배내천 중류의 저서성 대형무척추동물에 대한 연구 3. 4계절의 표류 수서곤충. 한국환경생태학회지 16(4): 489~499.
- 원두희, 권순직, 전영철. 2005. 한국의 수서곤충. (주)생태조사단. pp.11~223.
- 위인선, 조영관, 이종빈, 나철호, 김종선. 1992. 강도래상과 4종의 먹이습성에 관한 연구. 한국육수학회지 25(2): 63~72.
- 유문일, 이준호. 2002. 개체군생태학. 서울대학교출판부. pp. 4~8.
- 윤일병. 1988. 한국동식물도감, 제30권 동물편. 문교부. 840pp.
- 윤일병. 1995. 수서곤충검색도설. 정행사. 237pp.
- 윤일병, 배연재, 권문남. 1985. 달천강 하류수계의 수서곤충군집에 관한 연구. 한국육수학회지 18(1): 11~23.
- 윤일병, 배연재, 양애숙. 1984. 북제주군 하천의 수서곤충 군집에 관한 연구. 한국육수학회지 17(3): 63~72.
- 윤일병, 어성준, 김종인. 1989. 경상남도 소재 5개 늪지의 수서곤충 군집에 관한 연구. 한국환경과생물 7(1): 19~32.
- 윤일병, 이선희, 노태호. 1990. 가평천 수계의 수서곤충 군집에 관한 연구. 한국곤충학회지 20(1): 41~51.
- 이동규. 1993. 유기농법과 화학농법 수답지역에서의 수서곤충 군집에 관한 생태학적 비교연구. 한국육수학회지 26(2): 129~140.
- 이동영, 김주용, 양동윤. 1997. 제주도 오름 물영아리 늪의 지질환경연구. 자연보존연구보고서. 한국자연보전협회. 17:1~2.
- 이승화, 조영복, 이창언. 1992. 제주도산 수서갑충상. 생물과 자연. 22(1): 45~60.
- 이승모. 1984. 제주도 잠자리의 임시리스트. 곤충시험실자료, 자연과학박물관 2: 1~5.

- 이승모. 1996. 한반도의 청령(잠자리)목 곤충. 자연보존연구보고서 15: 73~114.
- 이승모. 2002. 한반도산 잠자리류에 관한 보고. 한국생물상연구지 7: 295~297.
- 이영인, 김원택, 김대호. 1985. 한라산의 곤충상. 한라산천연보호구역 학술조사보고서. pp. 401~405.
- 이팔홍, 이철수, 김태근, 오경환. 2005. 금호강 황정습지의 식생 구조. 한국습지학회지 7(4): 67~80.
- 이현철, 윤일병, 배연재, 이상조. 1993. 서울 근교 왕숙천의 유역 환경변화에 따른 수서곤충군집의 장기변동. 환경생물학회지 11(2): 97~110.
- 장영덕, 황수옥. 1992. 금강상류의 수서곤충군집에 관한 연구. 한국육수학회지 25(4): 243~253.
- 전동준, 황정훈. 2002. 한국산 수서곤충의 지리적 분포. 한국자연보존협회 연구보고서. 21: 15~65.
- 정상배. 2006. 제주도 습지내 수서곤충 분포에 관한 연구. 제주대학교 대학원 석사학위 청구논문. 45pp.
- 정상배, 김원택. 2006. 한라산 물장울의 수서곤충상 조사. 천연보호구역학술조사보고서. 한라산연구소. pp. 581~588.
- 정상배, 김원택. 2008. 한라산 고산습지의 학술적 가치조명과 과제, 제주특별자치도 환경자원연구원 학술심포지엄자료집. pp. 43~62.
- 정상배, 정세호, 이승화, 김원택. 2005. 제주도 습지내 물진드기류의 분포. 백록논총. 일신옵셋인쇄사. 7(1): 251~258.
- 정세호. 2001a. 서귀포시의 곤충류. 서귀포시지 상권. pp. 215-229, 1064~1182.
- 정세호. 2001b. 수중동물(곤충). 환경부 전국내륙습지 자연환경조사. 2000 제주도 물장오리. pp. 72~98.
- 정세호. 2003. 한천의 곤충. 한라산학술대탐사 제주생명의 원류 하천과 계곡 3. 한라일보사. pp. 216~247.
- 제주도. 2001. 제주의습지. 대영인쇄사. pp.36~270.
- 제주특별자치도환경자원연구원. 2008. 한라산 고산습지의 학술적 가치조명과 과제, 학술심포지엄자료집. pp. 1~42.
- 조규송, 박정호. 1995. 강원도 방태천 수서곤충 군집의 생태학적 특성. 한국육수

- 학회지 28(3): 309~322.
- 조규송, 최준길, 심하식. 1995. 조종천의 수서곤충 군집에 관하여. 한국육수학회지 28(2): 199-208.
- 조복성. 1963. 제주도의 곤충. 고대문리논집. 6: 159~242.
- 조복성. 1969. 한국동식물도감 동물편(곤충류Ⅱ). 문교부. pp. 165~257.
- 조신일. 2004. 한국산 물장군의 생태학적 연구. 서울여자대학교 대학원 석사학위 논문. 62pp.
- 조영관, 백순기, 나철호, 황수옥. 1989. 보성강 및 이사천 수계의 수서곤충 군집에 관한 연구. 한국육수학회지 22(2): 95~111.
- 조영복, 김도성. 1998. 제주도 습원의 곤충상 조사. 한국자연보전협회 연구보고서 17: 57~74.
- 한국곤충학회, 한국응용곤충학회. 1994. 한국곤충명집. 건국대학교 출판부. pp. 60~136.
- 한라산연구소. 2006. 한라산천연보호구역학술조사보고서. 신우기획. pp. 581~588.
- 한라산연구소. 2007. 한라산데이터북. pp. 18.
- 한민수, 나영은, 방혜선, 김명현, 김민경, 노기안, 이정택. 2007. 논 생태계 수서무척추 동물상. 한국환경농학회지 26(3): 267~273.
- 환경부. 1999. 제주물영아리오름 자연환경조사. pp. 36~38.
- 환경부. 2001. 제주도 물장오리 전국내륙습지 자연환경조사. pp. 82~83.

Appendix



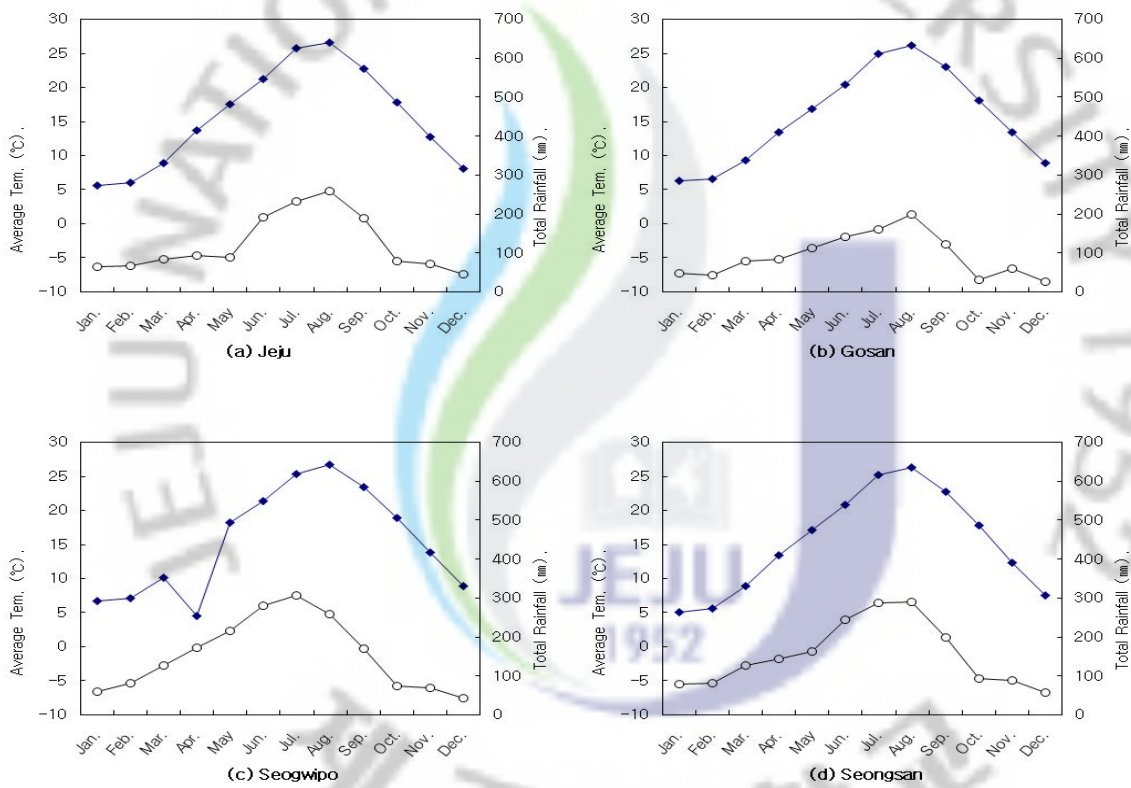
Appendix 1. Climatic data of studied sites(Site No. 1~16: 1971~2000, 17~24: Jun. 2003~Aug. 2006)

Site No.	Observation point	Factor	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Average /Total
3,4,6,12,13	Jeju	A	56	60	89	136	175	212	257	265	227	178	127	80	15.5
		B	63.0	66.9	83.5	92.1	88.2	189.8	232.3	258.0	188.2	78.9	71.2	44.8	1456.9
2,5,8,11,14	Gosan	A	6.3	6.5	9.2	13.3	16.8	20.4	24.8	26.1	22.9	18.0	13.4	8.8	15.5
		B	47.9	42.0	78.6	82.0	112.6	141.0	160.0	196.8	120.3	30.8	58.2	24.5	1094.7
9,15,16	Seogwipo	A	6.61	7.1	10.1	4.4	18.1	21.3	25.3	26.6	23.4	18.8	13.7	8.9	16.2
		B	59.4	80.6	125.6	172.2	215.4	279.3	306.3	257.6	170.2	72.7	68.4	43.1	1850.8
1,7,10	Seongsan	A	5.0	5.6	8.9	13.3	17.1	20.7	25.1	26.3	22.7	17.8	12.3	7.4	15.2
		B	78.2	80.6	126.7	143.8	160.9	242.2	286.4	289.5	196.9	93.3	87.2	55.2	1840.9
17,18,19	Seongpanak	A	-0.8	0.3	3.9	11.0	14.5	18.1	21.6	21.7	18.4	12.2	8.3	1.4	10.9
		B	97.0	154.0	230.0	362.0	627.0	478.0	438.0	682.0	404.0	90.0	224.0	81.0	3,865.0
20,21,22	Eorimok	A	-29	-15	2.2	9.4	13.9	17.6	20.9	21.0	17.7	10.4	6.8	-0.9	9.6
		B	58.0	96.0	159.0	240.0	422.0	374.0	513.0	458.0	408.0	63.0	128.0	50.0	2,968.0
23	Jindallaebat	A	-45	-20	0.7	8.2	11.5	15.0	18.5	18.3	15.0	7.8	4.4	-2.9	7.5
		B	49.0	110.0	282.0	403.0	775.0	713.0	590.0	795.0	643.0	98.0	245.0	47.0	4,749.0
24	Baengnokdam	A	-7	-5.2	-2.8	4.7	9.5	13.1	16.5	16.5	13.3	6.5	2.9	-4.7	5.3
		B	57	113.0	231.0	378.0	683.0	593.0	603.0	651.0	511.0	85.0	200.0	51	4,575.0

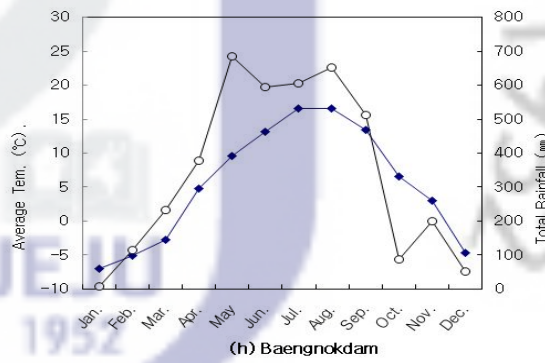
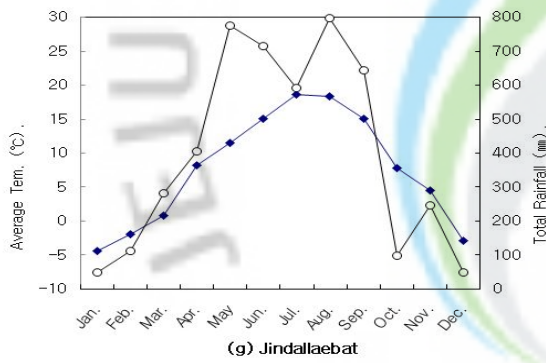
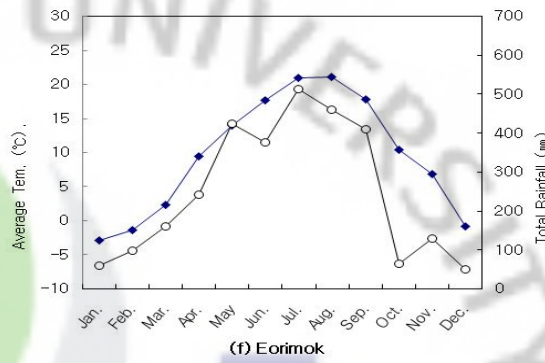
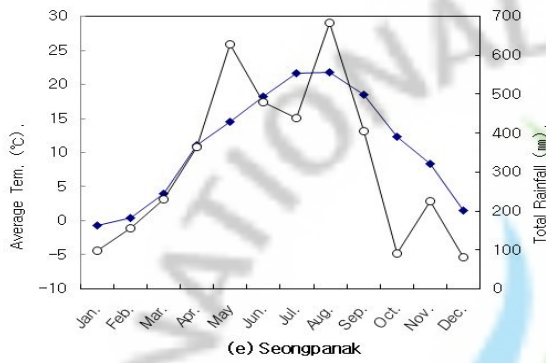
The wetland names corresponding to the site numbers were described in Table 1.

A: average temperature(°C), B: total rainfall(mm)

Appendix 2. Monthly climatic changes of studied sites(a, b, c, d: 1971~2000; e, f, g, h: Jun. 2003~ Aug. 2006).



Appendix 2. Continued.



◆: average temperature, ○: total rainfall

Appendix 3. List of the aquatic insects in Jeju Island

Order	Family	Species	Korean name	Reference	
Ephemeroptera 하루살이목	Baetidae 꼬마하루살이과	<i>Cloeon dipterum</i> (Linne)	연못하루살이	정과 김(2008)	
		<i>Baetis thermicus</i> Ueno	꼬마하루살이		
		<i>Baetiella japonica</i> Imanishi	애하루살이		
	Heptageniidae 꼬리하루살이과	<i>Cloeon dipterum</i> (Linnaeus)	외날개꼬마하루살이		
		<i>Ecdyonurus kibunensis</i> Imanishi	개꼬리하루살이	윤(1988)	
		<i>Epeorus latifolium</i> Ueno	흰꼬리하루살이	윤(1988), 김과 오(1991)	
		<i>Pseudocloeon japonica</i> (Imanishi)	허날개꼬마하루살이		
		Leptophlebiidae 밤색하루살이과	<i>Choroterpes trifurcata</i> Ueno	세줄밤색하루살이	윤(1988)
		Ephemeridae 하루살이과	<i>Ephemera orientalis</i> McLachlan	동양하루살이	
		Ephemerellidae 알락하루살이과	<i>Serratella setigera</i> (Bajkova)	빗살알락하루살이	윤(1988)
Odonata 잠자리목	Cercionidae 등검은실잠자리과	<i>Cercion calamorum</i> (Ris)	등검은실잠자리	윤(1988), 김(2001)	
		<i>Cercion hieroglyphicum</i> (Brauer)	등줄실잠자리	김(2001)	
		<i>Cercion v-nigrum</i> (Needham)	왕실잠자리	김(1989), 정과 김(2006)	
	Coenagrionidae 실잠자리과	<i>Cerigron auranticum</i> Fraeser	새노란실잠자리	김(2001)	
		<i>Cercion melanurum</i> (Selys)	노란실잠자리	Okamoto(1924), 조(1963), 석(1970), 김(1984), 김과 오(1991) 조와 김(1998), 정과 김(2006), 김(2001), 정과 김(2008)	
		<i>Ischnura asiatica</i> (Brauer)	아시아실잠자리	김(1984), 조와 김(1998), 김(1989), 김(2001) 정과 김(2006, 2008)	
		<i>Ischnura senegalensis</i> (Rambur)	푸른아시아실잠자리	김(2001)	
	Platycnemididae 방울실잠자리과	<i>Platycnemis phillopoda</i> Djakonov	방울실잠자리	이(1984), 김(2001)	
	Lestidae 청실잠자리과	<i>Indolestes gracilis</i> (Hagen)	가는실잠자리	조와 김(1998), 김(2001)	
		<i>Lestes sponsa</i> (Hansemann)	청실잠자리	김(1989), 김과 오(1991)	

Appendix 3. Continued.

Calopterygidae 물잠자리과	<i>Calopteryx atrata</i> Selys	검은물잠자리	석(1970), 김(2001)	
	<i>Mnais pruinosa</i> Selys	담색물잠자리	석(1970)	
Gomphidae 부채장수잠자리과	<i>Sinictinogomphus clavatus</i> (Fabricius)	부채장수잠자리	김(1989), 김(2001)	
	<i>Aeschnophlebia anisoptera</i> Selys	큰무늬왕잠자리	윤(1988), 김(2001)	
	<i>Aeshna crenata</i> Hagen	큰별박이왕잠자리	이(1984), 김(2001)	
Aeshnidae 왕잠자리과	<i>Anax nigrofasciatus</i> Oguma	먹줄왕잠자리	김(2001), 정과 김(2008)	
	<i>Anax parthenope</i> Selys	왕잠자리	조(1963), 김(1984, 1989), 조와 김(1998), 김(2001) 정과 김(2008)	
	<i>Boyeria maclachlani</i> (Selys)	개미허리왕잠자리	김(2001)	
	<i>Gynacantha japonica</i> Barteneff	잘록허리왕잠자리	조(1963), Okamoto(1924), 김(2001)	
	<i>Polycanthagyna melanictera</i> (Selys)	황줄가슴왕잠자리	Okamoto(1924), 석(1970), 김(2001)	
Odonata 잠자리목	Corduliidae 북방잠자리과	<i>Epophthalmia elegans</i> (Brauer)	산잠자리	윤(1988), 김(2001)
		<i>Macromia amphigena</i> Selys	찬산잠자리	김(2001)
		<i>Somatochlora exuberata</i> Barteneff	참북방잠자리	이(1984), 김(2001)
	Libellulidae 잠자리과	<i>Crocothemis servilia</i> (Drury)	고추잠자리	Okamoto(1924), 조(1963), 석(1970), 김(1984, 1989) 김(2001), 정과 김(2006, 2008)
		<i>Deielia phaon</i> (Selys)	밀잠자리불이	윤(1988), 김(2001)
		<i>Lyriothemis pachygastra</i> (Selys)	베치레잠자리	김(1984), 조와 김(1998), 김(2001), 정과 김(2008)
		<i>Orthetrum albistylum</i> (Selys)	밀잠자리	조(1963), 석(1970), 이(1984), 김(1984, 1989), 김과 오(1991) 조와 김(1998), 김(2001), 정과 김(2006, 2008)
		<i>Orthetrum melania</i> Selys	큰밀잠자리	이(1984), 김과 오(1991), 김(2001), 정과 김(2008)
		<i>Pantala flavescens</i> (Fabricius)	된장잠자리	Okamoto(1924), 조(1963), 김(1984, 1989), 김과 오(1991) 조와 김(1998), 김(2001)
		<i>Pseudothemis zonata</i> (Burmeister)	노란허리잠자리	김과 오(1991), 김(2001)
Libellulidae 잠자리과	<i>Rhyothemis fuliginosa</i> Selys	나비잠자리	Okamoto(1924), 조(1963), 석(1970), 김(2001)	
	<i>Sympetrum baccha</i> (Selys)	깃동잠자리불이	김(2001)	
	<i>Sympetrum croceolum</i> (Selys)	노란잠자리	이(1984), 김(2001)	

Appendix 3. Continued.

Odonata 잠자리목	Libellulidae 잠자리과	<i>Sympetrum darwinianum</i> (Selys)	여름잠자리	Okamoto(1924), 조(1963), 석(1970), 김(1989), 김(2001)
		<i>Sympetrum depressiusculum</i> (Selys)	고추잠자리	이(1984)
		<i>Sympetrum eroticum</i> (Selys)	두점박이잠자리	김(1984), 이(1984), 조와 김(1998), 김(2001)
		<i>Sympetrum flaveolum</i> (Linnaeus)	붉은잠자리	김과 오(1991)
		<i>Sympetrum infuscatum</i> (Selys)	깃동잠자리	Okamoto(1924), 조(1963), 석(1970), 조와 김(1998), 김(2001)
		<i>Sympetrum kunckeli</i> (Selys)	흰얼굴잠자리	김(2001)
		<i>Sympetrum pedemontanum</i> (Allioni)	산잠자리	Okamoto(1924), 조(1963), 석(1970), 김(2001)
		<i>Sympetrum risi</i> Bartenet	리시잠자리	이(1984), 김(2001)
		<i>Sympetrum speciosum</i> Oguma	하나잠자리	이(1984), 김(2001)
		<i>Sympetrum striolatum</i> (Charpentier)	대륙잠자리	김과 오(1991), 김(2001)
<i>Sympetrum uniforme</i> (Selys)	진노란잠자리	김(2001)		
<i>Tramea virginia</i> (Rambur)	날개잠자리	김(2001)		
Plecoptera 강도래목	Leuctridae 꼬마강도래과	<i>Rhopalopsola mahurnkai</i> Zwick	꼬마강도래	
	Perlidae 강도래과	<i>Oyamia coreana</i> (Okamoto)	진강도래	조(1963), 석(1970)
	Chloroperlidae 녹색강도래과	<i>Sweltsa nikkoensis</i> (Okamoto)	녹색강도래	
Hemiptera 노린재목	Corixidae 물벌레과	<i>Hesperocorixa distanti</i> (Kirkaldy)	물벌레	Okamoto(1924), 조(1963), 석(1970), 이 등(1985), 김(1993)
		<i>Hesperocorixa kolthoffi</i> (Lundbald)	왕물벌레	
		<i>Hesperocorixa mandshurica</i> Jaczewski	얕은물벌레	
		<i>Sigara (Pseudovermicorixa) septemlineata</i> (Paiva)	어리방물벌레	정과 김(2008)
		<i>Sigara (Sigara) bellula</i> (Horvath)	진방물벌레	
		<i>Sigara (Sigara) formosana</i> (Matsumura)	대만물벌레	
		<i>Sigara (Subsigara) weymarni</i> Hungerford	꼭지방물벌레	
<i>Sigara (Tropocorixa) nigroventralis</i> (Matsumura)	검정배물벌레			

Appendix 3. Continued.

Hemiptera 노린재목	Corixidae 물벌레과	<i>Sigara (Tropocorixa) substriata</i> (Uhler)	방물벌레	Okamoto(1924), 조(1963), 석(1970), 이 등(1985), 김(1993) 조와 김(1998), 정과 김(2006), 정과 김(2008)
		<i>Cymatia apparens</i> (Distant)	각시손톱물벌레	
		<i>Micronecta (Basilionecta) sedula</i> Horvath	꼬마물벌레	Miyamoto & Lee(1966), 이 등(1985), 김(1993)
		<i>Micronecta (Micronecta) guttata</i> Matsumura	꼬마손자물벌레	정과 김(2008)
	Notonectidae 송장헤엄치게과	<i>Notonecta (Paranecta) triguttata</i> Motschulsky	송장헤엄치게	Okamoto(1924), 조(1963), Miyamoto & Lee(1966), 이 등(1985) 김(1993), 조와 김(1998), 정과 김(2006), 정과 김(2008)
		<i>Anisops ogasawarensis</i> Matsumura	애송장헤엄치게	김과 오(1991), 정과 김(2008)
		<i>Anisops kuroiwae</i> Matsumura	남쪽애송장헤엄치게	조와 김(1998), 정과 김(2006), 정과 김(2008)
	Pleidae 등글물벌레과	<i>Plea (Paraplea) indistinguenda</i> Matsumura	꼬마등글물벌레	Miyamoto & Lee(1966), 이 등(1985), 김(1993)
		<i>Plea (Paraplea) japonica</i> (Horvath)	등글물벌레	조와 김(1998)
	Naucoridae 물둥구리과	<i>Ilyocoris cimicoides</i> (Linnaeus)	빈대물둥구리	
		<i>Ilyocoris exclamationis</i> (Scott)	물둥구리	
	Aphelocheiridae 물빈대과	<i>Aphelocheirus nawae</i> Nawa	물빈대	
	Belostomatidae 물장군과	<i>Diplonychus esakii</i> Miyamoto & Lee	각시물자라	Miyamoto & Lee(1966), 이 등(1985), 김(1993)
		<i>Lethocerus deyrollei</i> (Vuillefroy)	물장군	조(1963), 이 등(1985), 김(1993), 조와 김(1998)
	<i>Muljarus japonicus</i> (Vuillefroy)	물자라	Okamoto(1924), 석(1970), 이 등(1985), 김(1993)	
	<i>Laccotrephes japonensis</i> Scott	장구애비	Miyamoto & Lee(1966), 이 등(1985), 김(1993)	
Nepidae 장구애비과	<i>Nepa hoffmanni</i> Esaki	메추리장구애비	이 등(1985), 김(1993), 정과 김(2008)	
	<i>Ranatra chinensis</i> Mayr	게아재비	조(1963), Miyamoto & Lee(1966), 김(1984, 1993), 이 등(1985)	
	<i>Ranatra unicolor</i> Scott	방게아재비	조(1963), Miyamoto & Lee(1966), 이 등(1985), 김(1993)	
Ochteridae 떡부리물벌레과	<i>Ochterus marginatus</i> Latreille	떡부리물벌레	김 등(1978) 이 등(1985)	
Mesoveliidae 물노린재과	<i>Mesovelia oreinetalis</i> Kirkaldy	물노린재	Miyamoto & Lee(1966), 이 등(1985), 김(1993)	
	<i>Mesovelia vittigera</i> Horvath	가시물노린재		

Appendix 3. Continued.

Hemiptera 노린재목	Hydrometridae 실소금쟁이과	<i>Hydrometra albolineata</i> (Scott)	실소금쟁이	Miyamoto & Lee(1966), 이 등(1985), 김(1993)	
		<i>Hydrometra procera</i> Horvath	애실소금쟁이		
		<i>Hydrometra okinawana</i> Drake	제주실소금쟁이	Miyamoto & Lee(1966), 이 등(1985), 김(1993) 정과 김(2008)	
	Veliidae 깨알소금쟁이과	<i>Microvelia horvathi</i> Lundbald	호르바드깨알소금쟁이	Miyamoto & Lee(1966), 이 등(1985), 김(1993)	
		<i>Microvelia douglasi</i> Scott	긴깨알소금쟁이	Miyamoto & Lee(1966), 이 등(1985), 김(1993)	
		<i>Microvelia reticula</i> (Burmeister)	얼룩깨알소금쟁이	이 등(1985), 김(1993)	
	Gerridae 소금쟁이과	<i>Aquaris paludum</i> (Fabricius)	소금쟁이	Okamoto(1924), 조(1963), Miyamoto & Lee(1966), 석(1970) 김 등(1978), 이 등(1985), 김(1993), 조와 김(1998) 정(2001a,b), 정(2003), 정과 김(2006), 정과 김(2008)	
		<i>Aquaris elongatus</i> (Uhler)	왕소금쟁이	Okamoto(1924), 조(1963), Miyamoto & Lee(1966) 김 등(1978) 이 등(1985), 김(1993), 정(2001a,b), 정(2003) 정과 김(2008)	
		<i>Gerris (Gerriselloides) gracilicornis</i> (Horvath)	등빨간소금쟁이	Miyamoto & Lee(1966), 김 등(1978), 이 등(1985), 김(1993), 정(2001a,b), 정(2003)	
		<i>Gerris (Gerriselloides) nepalensis</i> Distant	옛소금쟁이	Miyamoto & Lee(1966), 이 등(1985), 김(1993)	
		<i>Gerris (Gerris) latiabdominis</i> Miyamoto	애소금쟁이	김과 오(1991), 정(2001b), 조와 김(1998), 정과 김(2006, 2008)	
	Omaniidae	<i>Corallocoris</i> sp.			
	Coleoptera 딱정벌레목	Dytiscidae 물방개과	<i>Laccophilus difficilis</i> Sharp	깨알물방개	이 등(1992), 안(2003), 정(2006), 정과 김(2008)
			<i>Laccophilus kobensis</i> Sharp	동쪽깨알물방개	조와 김(1998), 안(2003), 정(2001b)
			<i>Laccophilus lewisius</i> Sharp	무늬깨알물방개	조와 김(1998), 이 등(1992), 정(2006), 정과 김(2008)
<i>Laccophilus sharpi</i> Regimbart			샤아프깨알물방개	정(2006)	
<i>Hyphydrus japonicus</i> Sharp			알물방개	조와 김(1998), 이 등(1992), 정(2001b), 정(2006)	
<i>Clypeodytes frontalis</i> (Sharp)			머리테물방개	이 등(1992), 정(2006)	
<i>Guignotus japonicus</i> (Sharp)			꼬마물방개	조와 김(1998), 안(2003), 정(2001b), 정(2006), 정과 김(2008)	
<i>Coelambus chinensis</i> Sharp			가는줄물방개	이 등(1992)	

Appendix 3. Continued.

		<i>Coelambus impressopunctatus</i> (Schaller)	북쪽물방개	
		<i>Oreodytes kanoi</i> Kamiya	동해물방개	이 등(1985), 김(1993), 백 등(1994, 1995), 안(2003) 정(2003), 정과 김(2008)
		<i>Hydrovatus subtilis</i> Sharp	점톨물방개	이 등(1992), 정(2006)
		<i>Potamonectes simplicipes</i> (Sharp)	외줄물방개	
		<i>Potamonectes hostilis</i> (Sharp)	흑외줄물방개	이 등(1992), 백 등(1995), 안(2003)
		<i>Neonectes natrix</i> (Sharp)	노랑무늬물방개	
		<i>Copelatus japonicus</i> Sharp	섬등줄물방개	권과 서(1986), 이 등(1992), 백 등(1994, 1995), 안(2003) 정(2006)
		<i>Copelatus koreanus</i> Mori	등줄물방개	이 등(1985), 백 등(1994, 1995), 안(2003), 정(2003) 정과 김(2006)
		<i>Copelatus weymarni</i> Balfour-Browne	애등줄물방개	
		<i>Copelatus zimmermanni</i> Gschwendtner	멜시등줄물방개	이 등(1985), 조와 김(1998), 정과 김(2008)
		<i>Agabus amoenus</i> Solsky	애땅콩물방개	
		<i>A.gabus congener</i> (Thunberg)	북쪽땅콩물방개	김과 오(1991), 김(1993), 백 등(1994, 1995), 조와 김(1998) 안(2003)
		<i>Agabus conspicuus</i> Sharp	검정머리땅콩물방개	이 등(1985), 정(2003)
		<i>Agabus insolitus</i> Sharp	머리땅콩물방개	김(1993), 백 등(1994, 1995), 안(2003), 정(2003)
		<i>Agabus japonicus</i> Sharp	땅콩물방개	김(1984), 이 등(1985), 이 등(1992), 백 등(1994, 1995) 조와 김(1998), 안(2003), 정(2003), 정(2006) 정과 김(2006, 2008)
		<i>Agabus optatus</i> Sharp	검정땅콩물방개	이 등(1985), 김(1993), 백 등(1994, 1995), 안(2003) 정과 김(2008)
		<i>Agabus browni</i> Kamiya	큰땅콩물방개	이 등(1992), 조와 김(1998), 정과 김(2008)
		<i>Agabus miyamotoi</i> Nakane	제주땅콩물방개	이 등(1992), 백 등(1995), 정(2003)
		<i>Ilybius apicalis</i> Sharp	모래무지물방개	Okamoto(1924), 조(1963), 석(1970), 이 등(1985), 권과 서(1986) 조와 김(1998), 정(2001b), 정(2006), 정과 김(2008)
		<i>Ilybius chishimanus</i> Kono	섬모래무지물방개	이 등(1985), 김(1993), 백 등(1994, 1995), 안(2003) 정(2003)

Coleoptera Dytiscidae
딱정벌레목 물방개과

Appendix 3. Continued.

	<i>Ilybius lateralis</i> Gebler	낮은모래무지물방개			
	<i>Rhantus (Rhantus) pulverosus</i> (Stephens)	애기물방개	Okamoto(1924), 조(1963), 석(1970), 권과 서(1986) 백 등(1994, 1995), 안(2003), 정(2006)		
	<i>Rhantus (Rhantus) yessoensis</i> Sharp	제주애기물방개	이 등(1992), 권과 서(1986), 백 등(1994, 1995), 안(2003) 정(2001a,b), 정(2003), 정과 김(2008)		
	<i>Eretes sticticus</i> (Linnaeus)	젓빛물방개	Okamoto(1924), 조(1963), 석(1970), 이 등(1985) 권과 서(1986), 정(2006)		
	<i>Hydaticus (Hydaticus) bowringi</i> Clark	줄무늬물방개	Okamoto(1924), 조(1963), 석(1970), 이 등(1985) 권과 서(1986), 정(2003), 정(2006)		
	<i>Hydaticus (Hydaticus) grammicus</i> Germar	꼬마줄물방개	Okamoto(1924), 조(1963), 석(1970), 이 등(1985) 권과 서(1986), 정(2001b), 정(2006)		
Coleoptera 딱정벌레목	Dytiscidae 물방개과	<i>Hydaticus (Hydaticus) satoi</i> Wewalka	줄물방개	이 등(1985), 권과 서(1986), 김(1993), 백 등(1994, 1995) 안(2003)	
		<i>Hydaticus (Guignotites) pacificus</i> Aube	큰알락물방개	이 등(1985), 이 등(1992), 백 등(1994, 1995), 조와 김(1998) 정(2001a,b), 정(2003), 정(2006)	
		<i>Hydaticus (Guignotites) thermonectoides</i> Sharp	알락물방개		
		<i>Graphoderus adamsii</i> (Clark)	아담스물방개	Okamoto(1924), 조(1963), 석(1970), 이 등(1985) 권과 서(1986), 정(2001b), 정(2006), 정과 김(2008)	
		<i>Cybister (Meganectes) brevis</i> Aube	검정물방개	조와 김(1998), 정(1998), 정(2006)	
		<i>Cybister (Cybister) japonicus</i> Sharp	물방개	Okamoto(1924), 조(1963), 석(1970), 이 등(1985), 백 등 (1994, 1995), 정(1998, 2001a), 조와 김(1998), 정(2006)	
		<i>Cybister tripunctatus orientalis</i> Gschwendtner	애물방개	조(1963), 석(1970), 이 등(1985), 권과 서(1986), 정(2001a)	
		<i>Liodesius megacephalus</i> (Gschwendtner)	테물방개	이 등(1985), 백 등(1994, 1995), 안(2003), 정(2001a)	
		Noteridae 자색물방개과	<i>Noterus japonicus</i> Sharp	자색물방개	이 등(1992), 조와 김(1998), 정(2001b), 정과 김(2006) 정(2006), 정과 김(2008)
		<i>Canthydrus politus</i> (Sharp)	노랑띠물방개	이 등(1992), 조와 김(1998), 정(2006)	

Appendix 3. Continued.

Gyrinidae 물맴이과	<i>Gyrinus (Gyrinus) japonicus francki</i> Ochs	물맴이	석(1970), 이 등(1985), 권과 서(1986), 이 등(1992) 백 등(1994, 1995), 정(2001a,b), 정(2003), 정과 김(2008)
	<i>Gyrinus (Gyrinus) curtus</i> Motschulsky	꼭지물맴이	안(2003), 정(2006)
	<i>Gyrinus (Gyrinus) gestroi</i> Regimbart	참물맴이	이 등(1992), 조와 김(1998), 안(2003), 정(2001a,b) 정(2003), 정(2006), 정과 김(2008)
	<i>Dineutes orientalis</i> (Modeer)	왕물맴이	Okamoto(1924), 조(1963), 석(1970), 권과 서(1986), 이 등(1992), 백 등(1994, 1995), 정(2006)
Haliplidae 물진드기과	<i>Peltodytes sinensis</i> (Hope)	중국물진드기	이 등(1992), 정 등(2005), 정(2006)
	<i>Peltodytes koreanus</i> Takizawa	노랑물진드기	
	<i>Peltodytes intermedius</i> (Sharp)	물진드기	
	<i>Haliplus (Liaphlus) simplex</i> Clark	알락물진드기	정 등(2005), 정(2006)
	<i>Haliplus (Liaphlus) ovalis</i> Sharp	애물진드기	
	<i>Haliplus (Liaphlus) eximius</i> Clark	큰물진드기	안(2003), 정 등(2005), 정(2006)
Hydrophilidae 물땡땡이과	<i>Enochrus (Holcophilydrus) umbratus</i> (Sharp)	넓적물땡땡이	정(2006)
	<i>Enochrus (Holcophilydrus) simulans</i> (Sharp)	애넓적물땡땡이	
	<i>Enochrus (Lumetus) esuriens</i> Walker	꼬마넓적물땡땡이	이 등(1992), 정(2006)
	<i>Enochrus (Lumetus) subsignatus</i> Harold	둥글넓적물땡땡이	
	<i>Enochrus (Lumetus) uniformis</i> Sharp	한일넓적물땡땡이	정(2006), 정과 김(2008)
	<i>Helochaers (Hydrobaticus) striatus</i> Sharp	좁물땡땡이	Okamoto(1924), 조(1963), 석(1970), 이 등(1985) 권과 서(1986)
	<i>Helochaers (Helochaers) pallens</i> (MacLeay)	꼬마좁물땡땡이	정(2006)
	<i>Hydrobius fuscipes</i> (Linnaeus)	참점물땡땡이	
	<i>Hydrophilus acuminatus</i> Motschulsky	물땡땡이	김(1978), 김(1993), 백 등(1994, 1995), 안(2003), 정(2003) 정(2006)
	<i>Hydrophilus bilineatus cashimirensis</i> Redtenbacher	남방물땡땡이	이 등(1992), 정(2006)

Appendix 3. Continued.

		<i>Hydrochara affinis</i> (Sharp)	잔물땡땡이	Okamoto(1924), 조(1963), 석(1970), 이 등(1985) 권과 서(1986), 정(2006)	
		<i>Hydrochara libera</i> (Sharp)	북방물땡땡이		
		<i>Sternolophus</i> (<i>Sternologphus</i>) <i>rufipes</i> Fabricius	애물땡땡이	Okamoto(1924), 조(1963), 석(1970), 김(1978), 이 등(1985) 권과 서(1986), 조와 김(1998), 정(2006)	
		<i>Amphiops mater</i> Sharp	알물땡땡이	이 등(1992), 안(2003), 정(2006)	
		<i>Berosus</i> (<i>Berosus</i>) <i>signaticollis punctipennis</i> Harold	점박이물땡땡이	이 등(1992)	
		<i>Berosus</i> (<i>Berosus</i>) <i>japonicus</i> Sharp	새가슴물땡땡이	이 등(1992), 백 등(1994, 1995), 조와 김(1998) 정(2001b), 정(2006), 정과 김(2008)	
		<i>Berosus</i> (<i>Berosus</i>) <i>pulchellus</i> MacLeay	남쪽점박이물땡땡이		
Hydrophilidae 물땡땡이과		<i>Berosus</i> (<i>Enoplurus</i>) <i>lewisius</i> Sharp	뒷가시물땡땡이	정(2006)	
		<i>Regimbartia attenuata</i> (Fabricius)	콩알물땡땡이	이 등(1992), 정(2003), 정(2006)	
		<i>Cercyon</i> (<i>Cercyon</i>) <i>aptus</i> Sharp	모래툽물땡땡이		
		<i>Cercyon</i> (<i>Cercyon</i>) <i>olibrus</i> Sharp	갈색물땡땡이	이 등(1990), 백 등(1994, 1995), 안(2003), 정(2001b)	
		<i>Cercyon</i> (<i>Cercyon</i>) <i>quisquilius</i> (Linnaeus)	소똥물땡땡이	백 등(1994, 1995), 안(2003)	
Coleoptera 딱정벌레목		<i>Coelostoma orbiculare</i> (Fabricius)	잔등볼록물땡땡이		
		<i>Coelostoma stultum</i> (Walker)	등볼록물땡땡이	이 등(1992), 안(2003)	
		<i>Sphaeridium scarabaeoides</i> (Linnaeus)	툽물땡땡이		
	Hydrochidae	<i>Hydrochus japonicus</i> Sharp		정(2006)	
	Lampyride 반딧불이과	<i>Luciola cruciata</i> Motschlsky	반딧불이	Okamoto(1924), 조(1963), 석(1970), 이 등(1985), 김(1993)	
		<i>Lachnurus rufa</i> (Olivier)	늦반딧불이	이 등(1985), 김(1993)	
	Chrysomelidae 잎벌레과	<i>Galerucella</i> KUa	딸기잎벌레 KUa	이 등(1985), 김과 오(1991), 김(1993)	
Trichoptera 날도래목	Limnephilidae 우묵날도래과	<i>Apatania</i> KUB	애우묵날도래 KUB	정과 김(2008)	
	Phryganeidae 날도래과	<i>Semblis phalaenoides</i> (Linne)	굴뚝날도래	정과 김(2008)	
Diptera 파리목	Tipulidae 각다리과	<i>Tipura</i> sp.		이 등(1985), 김(1993)	
	7	40	186	148	Total

감사의 글

지난 여름날 그리도 푸르던 팽나무의 잎이 다 떨어져 이제는 하나도 달려 있지 않습니다. 찬 바람에 날아가는 부서진 낙엽들을 바라보며 차분히 앉아 다시 돌아갈 수 없는 지난 대학원시절의 나날들을 회상해 봅니다. '이제 대학원을 졸업할 시간이 되었구나, 내 인생에서의 대학원 생활은 어떤 의미가 있었던 것인가?' 되돌아보면 힘이 들고 어려웠던 적도 없지는 않았지만 그 만큼의 보람과 즐거움도 함께 했었던 것이 맞습니다. 수업과 논문 준비로 분주히 대학을 오갈때 문득 푸름이 남아있는 잔디위에 떨어져 쌓인 샛노란 은행잎을 바라보는 행복함이란 말로 표현하기 어려운 것이었지요.

그동안 산천도 인결도 다 변했습니다. 하지만 오래전부터 변함없이 저를 가르쳐 주신 생물학과 오문유 교수님·이용필 교수님·오덕철 교수님·김문홍 교수님·이화자 교수님·고석찬 교수님, 그리고 대학원 시절 알게 된 김명숙 교수님, 저의 논문을 지도해 주시기 위해 애쓰신 이선령 교수님, 특히, 너무도 부족한 저를 제자로 받아주시고 끝까지 믿어 주신 김원택 지도 교수님의 크고 높은 가르침에 진심으로 감사의 뜻을 전해드립니다. 그동안 해주셨던 말씀 하나 하나 평생 제 맘 속에 새기고 살아가겠습니다. 그리고, 저의 논문을 심사하느라 노고가 많으셨던 심사위원장 김세재 교수님과 수목시험소 정세호 박사님, 심사와 함께 거친 바위같은 자료들을 고운 옥석의 글로 만들어 주신 한라산연구과 고정군 박사님의 은혜도 잊지 않겠습니다. 감사합니다.

15년 전, 질퍽거리는 제주의 습지에 저의 feel을 꽃게 해주신 서울대 고철환 교수님, 습지를 함께 다니시며 다양한 정보들을 주신 충북대 강상준 교수님, 울산대 최기룡 교수님, 경북 김천의 이승화 선생님, 생태조사단 원두희 박사님도 천군만마와 같은 위력으로 지원해 주신 분들입니다. 특히 제주대 생물산업부 김동순 교수님의 자문은 없어서는 안 될 무기가 되었습니다.

동고동락을 하며 격려와 지원을 아끼지 않으신 대학원의 고영민 제주여고 선생님, 김병수 박사, 장민호 박사, 민속자연사박물관 김완병 박사와 같은 실험실 후배 오현중의 김상범 박사, 생물종다양성연구원의 전형식과 양경식 연구원, 이가은, 고민희, 민동원에게 미안하면서 고맙다는 뜻을 전합니다. 또한 생물학과의 존경스런 많은 선배들과 정형복 박사, 송국만 외 자랑스런 후배들이 있어 힘이 되었습니다.

이제 새로운 도전을 하는데 함께 해 주시는 (사)제주자연학교 홍성직 대표님, 하순애 선생님, 신해주 선생님 외 여러 이사님들, 시골집같은 제주환경운동연합의 윤용택·현복자·오영

덕 대표님, 이영웅 국장과 김동주 팀장 외 사무국 식구들, 제주시의제21협회의의 흥순병 · 흥영선 부회장님 · 현지훈 국장 외 위원 여러분 들.....

한 지붕 식구가 된 새가좋은사람들 김은미 대표와 제주야생동물연구센터 강창완 선배님, 제주지질연구소 강순석 소장님, 꽃자왈사람들 송시태 전 대표님, 김요철 대표님 외 관계자들, 대학원 식물자원학과 고평열 선생님, Eco e&b 좌종현 박사님, 스승이자 친구인 외국어 교육관 Louisa 선생님, 천연염색 전문가 박지혜 선생의 응원과 믿음은 더 말할 필요가 없구요.

그 동안 사랑한다는 말 한마디 제대로 못 해드린 부모님께 이제는 좀 쉬시라는 말씀도 함께 해 드리고 싶습니다. 저는 그저 아버지, 어머니께는 도움이 안 되는 아들일 뿐입니다. 촛불 하나 키시고 주님께 기도로 밤을 세우시는 장모님과 처가의 식구들, 많은 고향 친구들 역시 제게 큰 힘이 되어 주었습니다. 그리고 행복한 가정을 이루고 살아가는 동생 가족들, 외삼촌 가족들의 저에 대한 믿음이 제 믿천이었다는 것을 새삼 느낍니다. 선택의 순간 마다 현명함으로 어리석은 나를 일깨우는 처 양수산나와 어느새 커 버린 아들 지호에게 부끄럽지 않은 남편과 아비가 되겠다는 맘을 다져봅니다.

저 멀리서 살다간 루소를 떠올리지 않더라도 자유로운 영혼을 지니고 성찰의 삶을 살았던 이 땅의 많은 선비들, 그들의 정신을 받들고 싶습니다. 지난 여름날 전남 강진에서 뵈었던 200여년 전의 茶山 선생도 그 중 한 분이겠지요! 아주 가까이에서 머무르셨던 秋史 선생도 계시네요, 어느 새 새벽이 되어 갑니다. 좋은 꿈을 꿀 시간이 되었네요.

2010년 12월의 겨울 밤, 유수암에서, 정상배.