

# 원주시 우수비오톱 서식처 유형별 잠자리군집 특성<sup>1</sup>

김지석<sup>2</sup> · 곽정인<sup>3\*</sup> · 노태환<sup>4</sup> · 이병인<sup>2</sup>

## Characteristics of Odonata Communities Based on Habitat Types of Superb Biotope in Wonju City, Korea<sup>1</sup>

Ji-Suk Kim<sup>2</sup>, Jeong-In Kwak<sup>3\*</sup>, Tai-Hwan Noh<sup>4</sup>, Pyong-In Yi<sup>2</sup>

### 요 약

서식처 유형에 따른 잠자리군집 특성을 알아보기 위하여 원주시에 위치한 묵논습지, 자연형 저수지, 자연하천, 산림계곡의 4개 대표 비오톱 유형에 33개 조사구를 설치하여 2010년 6월, 8월, 10월에 조사를 실시하였다. 잠자리는 총 9과 38종이 확인되었다. TWINSpan 분석을 통하여 4개 서식처 유형별 종 조성을 비교한 결과, 3개 서식처(묵논습지, 자연형 저수지, 산림계곡)는 뚜렷한 종 조성 차이를 보였으나, 자연하천은 뚜렷한 종 조성 차이를 보이지 않았다. 서식처 유형별 우점종과 아우점종은 고추잠자리와 깃동잠자리가 대부분이었으나 등줄실잠자리, 산잠자리, 왕잠자리 등은 서식처 차이를 보였다. 서식처 유형별 종다양성지수는 묵논습지, 자연하천, 자연형 저수지에서 통계적으로 차이가 없었으며 산림계곡은 낮았다. 서식처 유형별 잠자리 산란유형은 묵논습지가 가장 다양하였으며, 식물체에 산란하는 잠자리 종류가 가장 많아 습생식물이 잠자리 풍부도에 중요한 역할을 하는 것으로 판단된다. 회귀분석을 통하여 종간 관계를 분석한 결과, 고추잠자리와 밀잠자리, 고추잠자리와 방울실잠자리, 배치레잠자리와 애기잠잠자리가 정의 상관 관계를 보였으며, 상관관계가 높은 종간에도 선호하는 서식처에 차이가 존재하였다.

주요어: 묵논습지, 자연하천, TWINSpan, 종 조성, 종다양도지수

### ABSTRACT

This study was conducted to analyze the characteristics of odonata communities as habitat types in Wonju City, Korea. The 33 plots were installed at 4 types of biotope like abandoned paddy fields, natural type reservoir, natural type river and forest valley in Wonju city. From the survey, the 9 family and 38 species were identified. As the result of comparative investigation of the species composition of each habitat through TWINSpan analyzing, the difference of species composition was definite in abandoned paddy field, natural type reservoir and forest valley, however, it was uncertain in natural type river. The dominant species and the subdominant species of each habitat were mainly *Sympetrum frequens* and *Sympetrum infuscatum* but the distributions of *Paracercion hieroglyphicum*, *Epophthalmia elegans*, and *Anax parthenope julius* were different as habitat types. The order of the index of species diversity was not different between abandoned paddy fields, natural type reservoir and natural type river, but forest valley was low. The abandoned paddy field was shown the most

1 접수 2013년 3월 20일, 수정(1차: 2013년 4월 24일, 2차: 2013년 4월 25일), 게재확정 2013년 4월 26일

Received 20 March 2013; Revised(1st: 24 April 2013, 2nd: 25 April 2013); Accepted 26 April 2013

2 부산대학교 바이오환경에너지학과 Dept. of Bio Environmental Energy, Pusan National Univ.(627-706), Korea

3 도시생태학연구센터 Urban Ecology Research Center, 124-22 Bang-i-dong, Songpa-gu, Seoul(138-830), Korea(kkwark@uos.ac.kr)

4 서울시립대학교 대학원 조경학과 Dept. of Landscape Architecture, Graduate School, Univ. of Seoul, Seoul(130-743), Korea

\* 교신저자 Corresponding author(kkwark@uos.ac.kr)

diverse spawning type of odonata, it is considered that hydrophyten play an important role in the abundant of odonata since the sorts of odonata spawning in plants are majority. As the result of analyzing interspecies relationship, *Crocothemis servilia mariannae* and *Orthetrum albistylum*, *Crocothemis servilia mariannae-Platynemis phyllopoda*, *Lyriothemis pachygastra-Sympetrum parvulum* are shown the positive correlation, however, they have a difference in preferred habitat between high correlation species.

**KEY WORDS: ABANDONED PADDY FIELDS, NATURAL STREAM, TWINSpan, SPECIES COMPOSITION, SPECIES DIVERSITY INDEX**

## 서론

생물 군집이란 어떤 지역이나 서식처에서 생활하고 있는 개체군의 집합체로, 개체군의 합병에 따른 물질대사의 재편성을 통해 단위로서의 기능을 가진다(Choi, 1981). 군집에 대한 연구는 식물사회학에서 크게 발전하여 동물생태학에서도 야생조류, 곤충 등을 중심으로 연구되고 있다. 생물의 서식처는 생물이 살아가는 공간 또는 환경으로 서식처의 변형은 생물 군집에 큰 영향을 미치고, 특정 지역에서의 종 다양성 증가나 감소의 원인이 되기도 한다(Owen, 1971; Clausnitzer, 2003; Cleary *et al.*, 2004; Hill and Hamer, 2004). 서식처 차이는 지형이나 지질, 기상조건 등 주변 환경에 따라 달라지며, 이동이 가능한 동물들은 선호하는 지역을 찾게 된다. 시간이 흘러 서식처가 안정화 되면, 서식처 특성에 따른 생물종도 안정을 이루게 되며 자연스럽게 서식처 차이에 따른 종 조성 차이를 보이게 된다.

잠자리는 습지지역에서 흔하게 볼 수 있는 생물종으로 절지동물문-곤충강-잠자리목에 속하는 생물이다. 잠자리는 습지에서 1차 소비자나 2차 소비자를 포식하는 동물로 습지 생태계에서 매우 중요한 역할을 차지하고 있다. 우리나라에 서식하는 잠자리는 125종(Jung, 2007)으로 알려져 있으며, 서울에서는 62종이 확인되었다(Kim *et al.*, 2008). 국내 잠자리 연구는 2000년대 중반까지도 종 분류, 생리적 특성에 대한 연구(Kim *et al.*, 1984; Kim *et al.*, 1990; Yoon *et al.*, 1996; Yum, 2000)나 지역적 분포현황에 치우쳤으며 2000년대 후반부터 일부 서식처 관련 연구(Lee, 2008; Kim, 2011)가 진행되고 있다. 반면에 외국에서는 비오톱의 지표종으로서의 잠자리(Clark and Samways, 1996)나 서식처 유형별 잠자리 군집 특성에 대한 연구가 지속적으로 진행되고 있다.

잠자리 군집 연구의 경우, 군집분류(Bulankova, 1997; Oppel, 2005b)를 통하여 서식처 특성을 규명하거나 주변환경과의 관계를 분석하기도 하였다. 잠자리 군집에 영향을 미치는 서식처 특성으로는 지속적으로 흐르는 강과 하천,

일시적으로 흐르는 시내, 웅덩이, 지속적으로 괴어 있는 물 등과 관련이 있다(Oppel, 2005b). 잠자리 군집 분류에 있어 중요한 요소로 그늘(Oppel, 2005b; Kim, 2008), 유속, 지속적으로 유지되는 물(Oppel, 2005a)이 제시되기도 하였다. Bulankova(1997)는 잠자리의 종 조성에 따라 정수지역, 부영양화된 지역, 오랫동안 물이 고여 있는 지역, 대규모 면적 등 4개의 유형으로 분류하기도 하였다. 잠자리 종 조성은 하천 주변 토지이용에 따라 차이를 보이기도 한다(Craig *et al.*, 2008). 주변 토지이용 형태가 산림, 주거지, 공원, 시가지의 경우, 공원과 시가지는 동일한 군집으로 분류되기도 한다(Samways and Steytler, 1996). 경작지와 초지에 둘러싸인 지역에 서식하는 잠자리 군집을 비교분석한 결과에서 종다양성지수나 균재도, 유사도지수에 있어 유의한 차이를 보이지 않은 연구결과도 있다(Reece and Nancy, 2009).

이렇듯 서식처 특성이나 주변 환경에 따른 차이를 알아보기 위하여 군집을 분류하고, 군집별 특성을 알아보는 연구가 해외에서는 다양하게 진행되고 있다. 군집을 분류하는 방식도 TWINSpan 등 다양한 군집분류법을 활용하고 있으며, 주변 환경과의 관계 분석을 위하여 CCA기법을 활용하기도 한다. 하지만 국내에서는 다양한 분석기법을 통하여 잠자리 군집을 분류하고, 서식처 특성을 분석한 사례는 거의 없다.

이에 본 연구에서는 서식처 유형에 따른 잠자리군집의 특성을 분석하기 위하여 원주시의 대표비오톱을 대상으로 종다양성지수, 산란유형, 종 조성 차이, 종간 상관관계 등을 분석하여 서식처 유형별 잠자리군집의 특성을 밝히고자 하였다.

## 연구방법

### 1. 연구대상지

연구대상지는 원주시의 우수비오톱을 대상으로 하였다. 원주시 우수비오톱 선정기준은 전체 비오톱현황 및 평가 자료를 바탕으로 자연성, 다양성, 희소성을 기준으로 하였

Table 1. Study plots of each habitat type

Habitat type	Survey location	No. of sites	
Wetlands	•Gyohang-ri, Socho-myeon	1, 2	
	Abandoned paddy field	•Geumchang-ri, Sillim-myeon	3, 4
	•Maeji-ri, Heungeop-myeon	5	
	•Heungeop-myeon maeji reservoirs	6, 7, 8	
	Close-to nature reservoirs	•Gwirae-myeon unnam reservoirs	9, 10, 11
	•Buron-myeon songok reservoirs	12, 13	
Rivers	Natural rivers	•Norim-ri, Buron-myeon~Daedun-ri, Munmak-eup seomgang(River)	14, 15, 16
		•Geumdae-ri, Panbu-myeon wonjucheon(Stream)	17, 18, 19, 20
		•Dan-gang-ri, Buron-myeon namhangang(River)	21, 22, 23
Mountain valley		•Socho-myeon guryongsa(Temple) valley	24, 25, 26
		•Hwangdun-ri, Sillim-myeon gamaksan(Mt.) valley	27, 28, 29, 30
		•Gwirae-myeon cheoneunsa(Temple) valley	31, 32, 33

으며, 크게 습지, 하천, 산림으로 구분하였다. 본 연구에서는 습지, 하천, 산림의 우수 비오톱을 대상으로 잠자리 군집 특성을 조사하였으며, 습지의 경우에는 잠자리 서식처 특성상 묵논습지와 자연형 저수지로 나누었다.

서식처 세부유형은 잠자리의 생태적 특성을 고려하여 (Oppel, 2005a; Oppel, 2005b) 습지, 하천, 산림계곡으로 하였다. 습지는 논경작을 하다가 중단된 묵논습지와 농업용수 공급을 위하여 만들어 놓은 자연형 저수지로 하였으며, 하천은 원주시 내에 위치한 섬강, 남한강, 원주천, 산림계곡은 치악산의 구룡사 계곡, 감악산 계곡, 천은사 계곡으로 하였다. 묵논습지, 자연형 저수지, 자연하천, 산림계곡마다 조사구를 5~10개소씩 선정하였다. 묵논습지는 5개소, 자연형 저수지 8개소, 자연하천 10개소, 산림계곡 9개소를 조사구로 하여 총 33개의 조사구를 설치하였다.

## 2. 조사분석 방법

조사는 33개 조사구를 대상으로 2010년 6월, 8월, 10월에 각각 1회씩 총 3회에 걸쳐 실시하였다. 조사는 방형구법을 실시하였으며 묵논습지, 자연형 저수지, 자연하천, 산림계곡을 대상으로 100m<sup>2</sup>(20m×5m)의 조사구내에 서식하는 잠자리의 종과 개체수를 기록하였다. 조사는 육안이나 쌍안경(8×40)을 활용하였으며 직접 동정이 되지 않은 잠자리는 포충망(지름 40cm)을 이용하여 채집 후 동정하였다. 조사시간은 잠자리의 활동이 활발하여 종이 풍부한 시간(Schmidt, 1985; Samways and Steytler, 1996)인 10시부터 16시까지 맑은 날에 실시하였다. 종 동정은 Jung(2007), Lee(2001)를 참고로 하였으며, 명명은 Jung(2007)를 따랐다.

잠자리 서식처 유형별 군집 특성을 알아보기 위하여 4개의 서식처 유형별 Curtis and McIntosh(1951) 방법으로 상대우점치(I.P.: importance percentage)를 분석하였고, Shannon의 종다양도지수(Shannon and Weaver, 1949)와 균재도(J'), 우점도(D) 등 다양성지수를 산출하였으며, 서식처 유형별 종 조성 차이, 종간 상관관계를 분석하였다. 종 조성 차이는 군집분류를 통하여 확인하였으며, 군집분류는 상대우점치를 매개변수로 Hill(1979)의 TWINSpan(Two-way Indicator SPecies ANalysis)을 이용하였다. 다양성지수의 서식처 유형별 차이를 통계적으로 검정하기 위한 분산분석과 종간 상관관계분석은 SPSS 21.0(SPSS Inc.)를 이용하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 잠자리 출현현황

원주시 우수비오톱 유형별 33개 조사구를 선정하여 잠자리 출현현황을 조사한 결과(Table 2) 총 9과 38종이 확인되

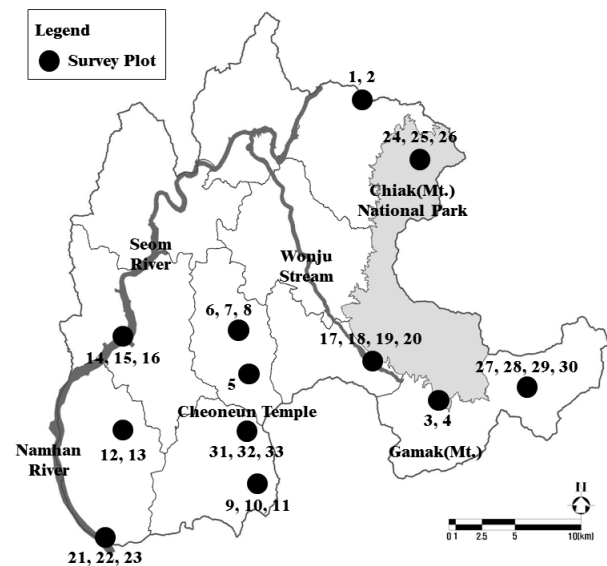


Figure 1. The location of survey site

었다. 조사구별 출현종은 2~15종으로 편차가 컸으며, 개체 수도 5~442개체로 큰 편차를 보였다.

월별 출현현황은 6월에 21종 602개체, 8월에 29종 1,520개체, 10월에 16종 948개체로 8월에 가장 다양한 종과 많은 수의 개체가 출현하였다. 6월에 우점하는 종은 등검은실잠자리(227개체)였으며 주요 출현종으로는 방울실잠자리(70

개체), 왕실잠자리(53개체), 물잠자리(47개체) 등이었다. 8월에 우점하는 종은 고추잠자리(592개체)였으며 주요 출현종으로는 깃동잠자리(265개체), 검은물잠자리(115개체), 등검은실잠자리(114개체), 밀잠자리(96개체) 등이었다. 10월에 우점하는 종은 고추잠자리(498개체)로 8월과 동일하였으며 주요 출현종으로는 깃동잠자리(275개체), 아시아

Table 2. Status of dragonfly appearance

Family name	Common name	Scientific name	No. of individuals			
			June	August	October	Total
Calopterygidae	검은물잠자리	<i>Calopteryx atrata</i>	3	115	3	121
	물잠자리	<i>Calopteryx japonica</i>	47	16	-	63
Agrionidae	등검은실잠자리	<i>Paracercion calamorum</i>	227	114	1	342
	등줄실잠자리	<i>Paracercion hieroglyphicum</i>	8	9	-	17
	왕실잠자리	<i>Paracercion v-nigrum</i>	53	30	-	83
	참실잠자리	<i>Coenagrion johanssoni</i>	40	-	-	40
	아시아실잠자리	<i>Ischnura asiatica</i>	5	40	53	98
	북방아시아실잠자리	<i>Ischnura elegans</i>	-	-	5	5
Lestidae	가는실잠자리	<i>Indolestes peregrinus</i>	3	-	-	3
	큰청실잠자리	<i>Lestes temporalis</i>	-	1	2	3
	묵은실잠자리	<i>Sympecma paedisca</i>	-	2	9	11
Platycnemididae	방울실잠자리	<i>Platycnemis phyllopoda</i>	70	36	-	106
Aeshnidae	참별박이왕잠자리	<i>Aeshna crenata</i>	-	2	-	2
	먹줄왕잠자리	<i>Anax nigrofasciatus</i>	1	-	-	1
	왕잠자리	<i>Anax parthenope julius</i>	3	13	7	23
Gomphidae	마아키측범잠자리	<i>Anisogomphus maacki</i>	-	10	-	10
	쇠측범잠자리	<i>Davidius lunatus</i>	6	-	-	6
	가시측범잠자리	<i>Trigomphus citimus</i>	6	-	-	6
	노란측범잠자리	<i>Lamelligomphus ringens</i>	-	1	-	1
	어리장수잠자리	<i>Sieboldius albardae</i>	2	-	-	2
Cordulegastridae	장수잠자리	<i>Anotogaster sieboldii</i>	-	2	-	2
Corduliidae	산잠자리	<i>Epopthalmia elegans</i>	2	11	-	13
	배치레잠자리	<i>Lyriothemis pachygastra</i>	46	-	-	46
	밀잠자리	<i>Orthetrum albistylum</i>	26	96	-	122
	큰밀잠자리	<i>Orthetrum melania</i>	-	19	-	19
	고추잠자리	<i>Crocothemis servilia mariannae</i>	5	27	1	33
	밀잠자리불이	<i>Deielia phaon</i>	-	1	-	1
	산깃동잠자리	<i>Sympetrum baccha</i>	-	1	-	1
	여름잠자리	<i>Sympetrum darwinianum</i>	-	2	-	2
	두점박이잠자리	<i>Sympetrum eroticum</i>	-	60	36	96
	고추잠자리	<i>Sympetrum frequens</i>	43	592	498	1,133
	깃동잠자리	<i>Sympetrum infuscatum</i>	5	265	275	545
	애기잠자리	<i>Sympetrum parvulum</i>	-	20	45	65
	날개띠잠자리	<i>Sympetrum pedemontanum elatum</i>	-	23	8	31
	들깃동잠자리	<i>Sympetrum risi</i>	-	-	1	1
	대륙잠자리	<i>Sympetrum striolatum</i>	-	5	3	8
Libellulidae	노란허리잠자리	<i>Pseudothemis zonata</i>	1	2	-	3
	된장잠자리	<i>Pantala flavescens</i>	-	5	1	6
	Total	No. of individuals	602	1,520	948	3,070
	No. of species	21	29	16	38	

실잡자리(53개체), 두점박이좀잡자리(36개체) 등이었다. 우점종을 구성하는 등검은실잡자리, 고추좀잡자리는 Kim(2008)이 서울의 월드컵공원을 대상으로 한 연구에서 6월에 고추좀잡자리, 8월 밀잡자리, 10월 고추좀잡자리가 확인된 것과는 약간의 차이를 보였다. 월드컵공원의 우점종인 고추좀잡자리나 밀잡자리는 원주시 6월 우점종인 등검은실잡자리에 비하여 몸 크기도 크고, 이동성도 강하며 개체수도 많은 종류이다. 등검은실잡자리는 몸이 작고 이동성이 강하지 않아 습지 조성 초기에 쉽게 이입되지 않는다. 또한 밀잡자리는 습지의 생태적 천이 초기의 잡자리류로 알려져 있어 월드컵공원의 우점종은 습지 조성 초기에 외부에서 이입이 쉬운 종류에 의해 우점되는 현상을 보이는 것으로 판단할 수 있다. 연구 대상지인 원주시의 경우 자연하천과 저수지 등 오랜 시간동안 습지로서 유지되었던 지역이어서 조성시기에 따른 우점종 차이가 나타난 것으로 판단된다.

종별 출현 현황을 보면, 유사한 형태와 서식지를 가진 검은물잡자리와 물잡자리의 경우 출현기간에 따른 개체수 차이가 있었다. 물잡자리는 6월에 많은 개체가 출현하며 8월에 감소하였다가 10월에는 출현하지 않았지만, 검은물잡자리는 6월에 3개체 출현하였다가 8월에는 115개체로 크게 증가한 후 10월에는 다시 3개체로 감소하는 경향을 보였다. 이는 물잡자리와 검은물잡자리가 출현시기 차이를 통해 서식지를 공유 하는 것이라 할 수 있다.

기후변화 생물 지표종으로 선정된 생물 중 잡자리목에는 북방아시아실잡자리, 연분홍실잡자리, 하나잡자리, 대륙좀잡자리 4종이 있는데, 연구대상지내에서는 북방아시아실잡자리와 대륙좀잡자리의 서식이 확인되었다. 북방아시아실잡자리는 33개 조사구 중 3개 조사구(조사구 11, 13, 16)에서 5개체가 확인되었으며, 북방계 잡자리로 남방한계선인 전북 무주에서 점차 북상할 것으로 예상되기에(Biological Resources Research Department, 2010) 대상지내에서도 출현횟수나 개체수 변화가 예상된다. 북방아시아실잡자리의

서식이 확인된 서식처 유형은 자연형 저수지와 자연하천이었으며 묵논습지와 산림계곡에서는 서식이 확인되지 않았다. 대륙좀잡자리는 전국에 분포하며 6월에서 10월까지 확인되는 종으로 가을에 알은 하천에 산란을 하고 알은 다음해 봄에 우화한다. 대륙좀잡자리는 7개 조사구(조사구 6, 9, 11, 14, 24, 25, 31)에서 8개체가 확인되었으며, 북방성으로 기온이 상승할수록 남쪽에서부터 개체수 감소가 예상되는 종으로(Biological Resources Research Department, 2010) 대상지내에서도 장기적으로 개체수 변화가 예상된다.

## 2. 서식처 유형별 군집 특성

### 1) 서식처 유형별 종 조성 차이

군집분류는 군집마다 종 조성의 차이가 있음을 활용한 분류방법이기에 군집분류를 통하여 서식처 유형별로 종 조성에 차이가 있는지를 확인하였다. TWINSpan을 이용한 군집분류 결과, 크게 4개의 군집으로 분류되었다. 첫 번째 분류에서는 검은물잡자리, 등검은실잡자리 2종을 식별종으로 구분되었고, 두 번째 분류에서는 물잡자리를 식별종으로 구분되었다. 마지막으로 세 번째 분류에서는 애기좀잡자리, 참실잡자리, 두점박이좀잡자리, 밀잡자리, 물잡자리를 식별종으로 군집이 분류되었다(Figure 2).

분류된 4개의 군집을 서식처 유형과 비교해 본 결과, 군집 I은 8개 조사구(조사구 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13)가 저수지였으며 3개 조사구(조사구 14, 16, 21)는 자연하천이었다. 군집 II는 자연하천, 군집 III은 5개 조사구(조사구 1, 2, 3, 4, 5)가 묵논습지였으며 2개 조사구(조사구 17, 18)는 자연하천이었다. 군집 IV는 10개 조사구(조사구 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33)이었으며 모두 산림계곡이었다. 즉, 자연하천을 제외한 자연형 저수지, 묵논습지, 산림계곡은 종 조성 차이를 보여 분류된 군집이 서식처 차이를

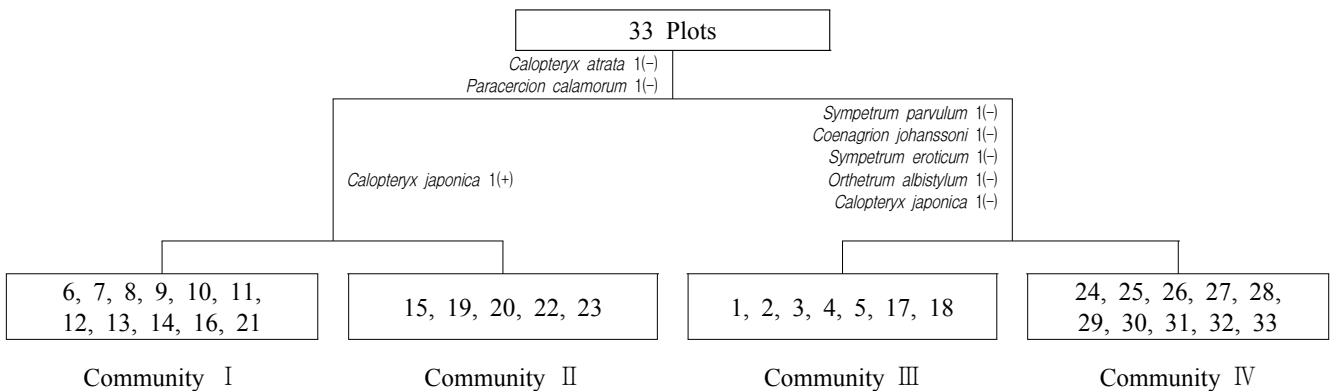


Figure 2. Classification result of odonata community by TWINSpan

보여주지만, 자연하천은 자연형 저수지나 묵논습지와 유사한 종 구성을 보였다.

군집은 구성종에 따라 명확한 경계선이 형성되기도 하지만, 흔히 서로 중첩되어 있어서 경계를 인정하기 어려운 경우가 적지 않다(Choi, 1981). 자연하천의 경우도 자연형 저수지, 묵논습지와 종 구성이 중첩되어 나타났다. 이러한 특성은 자연하천이 물의 흐름이 있는 곳과 정체되는 곳이 동시에 나타나기에 정수지역에 서식하는 잠자리와 유수지역에 서식하는 잠자리 서식이 모두 가능하기 때문인 것으로 판단된다. 또한 여름철 집중 강우를 보이는 우리나라 기후 특성상 상류지역이나 주변 정수지역의 물속에 서식하던 잠자리의 유충이나 알이 떠 내려와 중·하류 지역의 정수지역이나 유수지역에서 서식할 가능성도 있기에 검토가 필요하다.

## 2) 서식처 유형별 상대우점치

묵논습지, 자연형 저수지, 자연하천, 산림계곡 등 4개 서식처 유형별 상대우점치를 통하여 우점종을 분석한 결과,

고추잠자리와 깃동잠자리가 우점종이거나 아우점종이었다. 이 두 종을 제외하고 군집 I은 등검은실잠자리가 상대우점치 15.7%로 우점하였으며, 군집 II는 검은물잠자리가 상대우점치(I.P.) 11.0%로 비교적 높은 우점도를 보였고, 군집 III은 두점박이잠자리(I.P. 8.0%), 군집 IV는 두점박이잠자리(I.P. 6.6%), 날개띠잠자리(I.P. 6.1%), 밀잠자리(I.P. 5.9%)의 상대우점치가 높았다.

고추잠자리와 깃동잠자리가 4가지 서식처 유형에서 우점하거나 아우점하는 현상은 날개돋이를 마치면 주변의 산림이나 초지지역으로 이동하는 경향(Jung, 2007)과 강한 이동성을 가지기 때문으로 보인다. 하지만 등검은실잠자리, 왕실잠자리, 산잠자리 등은 자연형 저수지나 자연하천에만 출현하고 있어 종별 선호 서식처 차이를 보이기도 하였다.

## 3) 서식처 유형별 종다양성지수

서식처 유형별 종다양도지수를 분석한 결과(Table 4), 묵논습지의 종다양도지수가 0.8836으로 가장 높았으며, 자연하천 0.8700, 자연형 저수지 0.8326, 산림계곡 0.5127순이

Table 3. Importance value (%) of odonata species as each habitat type

Common name	Scientific name	Abandoned paddy field	Close-to nature reservoirs	Natural rivers	Mountain valley
고추잠자리	<i>Sympetrum frequens</i>	24.1	16.8	18.5	38.7
깃동잠자리	<i>Sympetrum infuscatum</i>	9.8	18.1	10.0	17.8
밀잠자리	<i>Orthetrum albistylum</i>	7.2	6.4	5.2	5.7
두점박이잠자리	<i>Sympetrum eroticum</i>	8.1	4.7	4.6	5.7
날개띠잠자리	<i>Sympetrum pedemontanum elatum</i>	4.8	3.4	3.8	6.9
등검은실잠자리	<i>Paracercion calamorum</i>	-	7.0	11.6	-
애기잠자리	<i>Sympetrum parvulum</i>	8.4	2.6	-	4.3
아시아실잠자리	<i>Ischnura asiatica</i>	3.1	6.3	4.4	-
방울실잠자리	<i>Platynemis phyllopoda</i>	3.1	4.6	5.4	-
대륙잠자리	<i>Sympetrum striolatum</i>	-	2.7	2.7	4.6
가는실잠자리	<i>Indolestes peregrinus</i>	3.1	2.6	-	4.3
고추잠자리	<i>Crocothemis servilia mariannae</i>	3.1	3.5	3.3	-
검은물잠자리	<i>Calopteryx atrata</i>	-	2.8	5.6	-
배치레잠자리	<i>Lyriothemis pachygastra</i>	4.7	-	2.3	-
물잠자리	<i>Calopteryx japonica</i>	3.2	-	3.5	-
큰밀잠자리	<i>Orthetrum melania</i>	3.5	-	-	3.0
묵은실잠자리	<i>Sympecma paedisca</i>	2.5	-	-	3.3
마아키측범잠자리	<i>Anisogomphus maacki</i>	-	1.7	-	3.7
왕잠자리	<i>Anax parthenope</i>	-	3.1	1.9	-
참실잠자리	<i>Coenagrion johanssoni</i>	4.4	-	-	-
산잠자리	<i>Epophthalmia elegans</i>	-	2.5	1.9	-
등줄실잠자리	<i>Paracercion hieroglyphicum</i>	-	1.7	2.3	-
왕실잠자리	<i>Paracercion v-nigrum</i>	-	-	3.8	-
북방아시아실잠자리	<i>Ischnura elegans</i>	-	1.7	1.9	-
기타	others	6.9	7.6	7.3	2.0
Total		100.0	100.0	100.0	100.0

Table 4. Shannon's diversity index of each habitat types

Habitat type	H' (Shannon)	J' (evenness)	D (dominance)	H'max
Abandoned paddy field	0.8836	0.6683	0.3317	1.3222
Close-to nature reservoirs	0.8326	0.6511	0.3489	1.2788
Natural rivers	0.8700	0.6580	0.3420	1.3222
Mountain valley	0.5127	0.5127	0.4873	1.0000

었다. 군재도도 종다양도지수와 마찬가지로 묵논습지-자연하천-자연형 저수지-산림계곡 순이었으며 최대종다양도지수는 묵논습지와 자연하천이 동일하였다. 4개 서식처 유형별 잠자리 군집의 종다양성지수는 묵논습지와 자연하천이 자연형 저수지나 산림계곡에 비하여 상대적으로 높은 것을 확인할 수 있었다.

서식처 유형별 종다양도지수의 차이를 통계적으로 검정하기 위하여 분산분석 및 사후검정을 실시하였다. 분석 결과 종다양도지수(H')와 최대종다양도지수(H'max)는 서식처 유형별 유의한 차이(p<0.000)가 있음을 확인하였다. 사후검정결과 묵논습지, 자연형 저수지, 자연하천의 종다양도지수와 최대종다양도지수는 유의한 차이가 없었으나 산림계곡은 나머지 세지역과 유의한 차이를 보였다. 산림계곡은 상대적으로 종다양성지수가 낮고 출현 종수(최대종다양도지수)도 적지만, 산림의 별채가 잠자리 다양성 보전에 큰 위협이 된다는 결과(Clausnitzer, 2003; Orr, 2004; Paulson, 2002; Rowe, 2004)에서 알 수 있듯이 잠자리 서식에 있어 매우 중요하다.

#### 4) 서식처 유형별 산란 유형

묵논습지는 습지자생초지가 전체면적의 10%정도이며, 일부 지역에 작은 웅덩이와 버드나무군락이 분포하는 지역으로 묵본군락으로의 생태적 천이가 진행 중이었다. 산림계곡은 산림내부 계곡으로 대부분 그늘에 의해 어둡지만, 일부지역은 햇빛이 비치기도 한다. 자연하천은 햇빛이 잘 드는 지역으로 대부분 수생식물에 분포하고 있으며, 유수지역과 정수지역이 혼재하고 있다. 자연형 저수지는 대부분 햇빛이 잘 드는 지역으로 농업용수 확보를 위해 조성되었다.

묵논습지에 출현하는 잠자리 산란유형을 보면, 식물산란

과 타니산란하는 종이 상대적으로 많아 묵논습지에 생육하는 습생식물과 진흙과 같은 산란지 영향을 받는 것으로 보인다. 산림계곡에서는 쇠취범잠자리를 제외하고 계곡내에 산란하는 종은 출현하지 않아 산림계곡은 대부분 잠자리들에게 산란지역의 역할보다는 산지이동형 성장(Jung, 2007) 공간으로 활용된다고 할 수 있다. 자연하천과 자연형 저수지에서 확인된 잠자리들은 대부분 식물산란과 타수산란을 하는 종류들로 하천이나 저수지변 식생, 또는 수면을 활용한 산란을 하였다.

묵논습지나 자연하천, 자연형 저수지의 서식처 유형에서 식물체에 산란하는 종들이 많이 나타나는데, 이는 습지를 조성한 지 오래되지 않은 연못에서 식물산란 종이 적지만(Kim et al., 2009) 묵논습지나 자연하천, 자연형 저수지 등 오래된 습지 지역의 경우에는 식물체에 산란하는 종수가 많아짐을 알 수 있다.

### 3. 종간 상관관계

잠자리의 종간 상관관계를 알아보기 위하여 회귀분석을 실시하였다. 회귀분석 결과, 배치레잠자리와 애기좁잠자리, 방울실잠자리와 고추잠자리, 밀잠자리와 고추잠자리는 정의 상관관계를 보였다. 고추잠자리와 밀잠자리는 유의확률 0.000범위에서 R<sup>2</sup>값이 0.920으로 높은 설명력을 보였으며, 고추잠자리와 방울실잠자리도 유의확률 0.000범위내에서 R<sup>2</sup>값이 0.815로 높은 설명력을 보였다. 배치레잠자리와 애기좁잠자리의 경우도 유의확률 0.000범위내에서 R<sup>2</sup>값이 0.586으로 높은 설명력을 보였다.

고추잠자리는 군집 I(자연형 저수지)과 군집 III(묵논습

Table 5. Status for oviposition of habitat types

Oviposition types	Abandoned paddy field	Close-to nature reservoirs	Natural rivers	Mountain valley	Total
In the air	9.5	16.7	13.0	8.7	13.2
Into stems	42.9	16.7	39.1	39.1	42.1
On mud	14.3	25.0	8.7	13.0	7.9
Hitting water	28.6	41.7	39.1	39.1	34.2
In mud during flying	4.8	0.0	0.0	0.0	2.6
Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

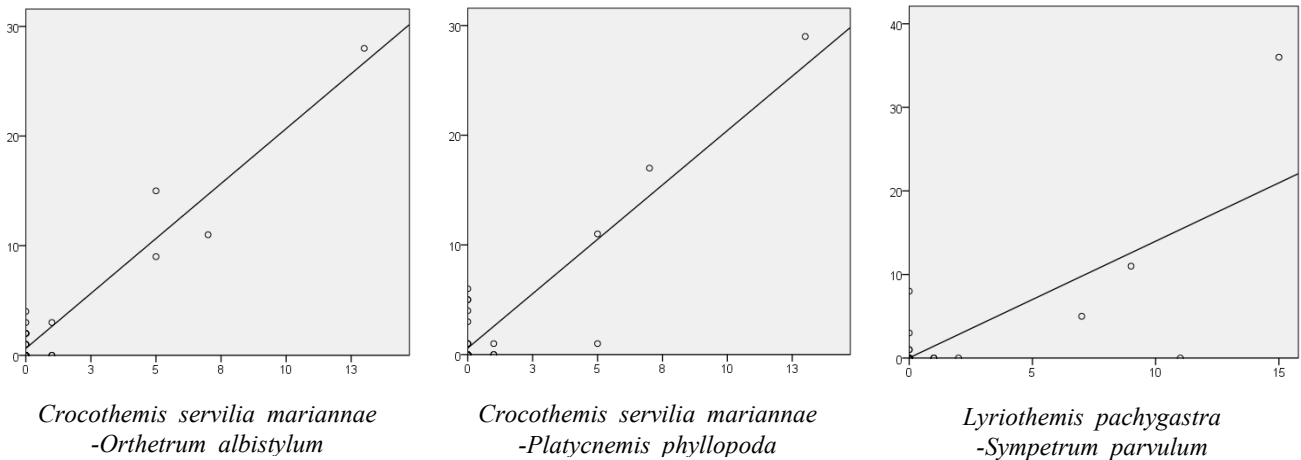


Figure 3. Correlation between the appearance of a dragonfly species

지)에서 출현한 종이며 밀잠자리는 4개 군집 모두에서 출현하였으나 군집 I 과 III에서 약간 높은 상대우점치를 보이는 종이었다. 고추잠자리와 밀잠자리는 서로 정의 상관관계를 보이고 있으나 두 종의 서식처 유형에는 약간의 차이가 있었다. 고추잠자리가 선호하는 자연형 저수지나 묵논습지에는 밀잠자리가 서식 가능하지만, 밀잠자리가 서식하는 자연하천이나 산림계곡에서는 고추잠자리가 서식하지 않았다. 이는 밀잠자리와 고추잠자리가 서로 밀접한 관계를 가지고 있지만, 서식처 다양성은 밀잠자리가 고추잠자리보다 광범위하기 때문에 판단된다. 밀잠자리는 환경변화에 예민하지 않은 종(Osada *et al.*, 1993)으로 도시의 단순한 하천환경에서도 많이 출현하는 종으로 알려져 있다.

방울실잠자리는 군집 I, II, III에서 출현하고 있어 산림지역(군집 IV)은 선호하지 않았다. 방울실잠자리와 정의 상관관계를 보이고 있는 고추잠자리보다는 다양한 서식처에서 서식하는 것으로 나타났으며 산림계곡은 두 종 모두 선호하지 않았다.

배치레잠자리와 애기좀잠자리는 서로 정의 상관관계를 보이고 있는 종이었다. 서식처 유형을 보면, 두 종 모두 묵논습지(군집 III)와 자연형 저수지(군집 I)에서 출현하고 있으나, 묵논습지의 상대우점치가 자연형 저수지보다 높아 묵논습지를 더 선호하는 것을 알 수 있었다. 하지만 애기좀잠자리는 산림계곡, 배치레잠자리는 자연하천에서만 각각 출현하고 있어 행동권에 있어 차이를 보였다.

#### 4. 제언

본 논문은 원주시 전 지역을 대상으로 대분류 성격의 비오톱유형에 따라 서식처를 구분하고 서식특성을 분석하여 잠자리 군집이 서식처 유형에 따라 종 구성이 다르게 나타

나는 경향을 확인하였다. 하지만 대분류 성격의 비오톱 유형과 세분화된 비오톱 유형에서 나타나는 서식처 차이에 대해서는 구체적인 연구가 진행되지 않았다. 세분화된 비오톱 유형별 잠자리 서식처 특성 연구가 지속적으로 수행된다면 잠자리 서식 특성을 고려한 세분화된 비오톱 유형화도 가능할 것이다.

최근 도심 내에 교육 또는 생물다양성 증진을 목적으로 소규모 생물서식처, 또는 비오톱을 조성하고 있다. 잠자리는 습지지역의 고차 소비자로서 습지와 같은 소규모 생물서식처 조성 시 목표종으로 가치가 높다. 목표종을 활용한 잠자리 서식처 조성에 있어 잠자리 개체 및 개체군, 군집 특성을 반영하여 목표종을 선정하고, 이를 고려한 서식처조성이 이루어져야 할 것이다. 또한 원주시에 출현한 기후변화 생물종에 대한 지속적인 모니터링을 통해 기후변화에 의한 생물종 및 서식처별 생물다양성 변화 등을 연구해야 할 것이다.

#### 인용문헌

- Biological Resources Research Department(2010) Management of biological organisms and biological resources against climate change in Korea. National Institute of Biological Resources, 103pp. (in Korean)
- Bulankova, E.(1997) Dragonflies(Odonata) as bioindicators of environment quality. *Biologia* 52: 177-180.
- Choi, K.C.(1981) *Basis Ecology*. Hyangmunsa, Seoul, 251pp. (in Korean)
- Clark, T.E. and M.J. Samways(1996) Dragonflies(Odonata) as indicators of biotope quality in th Kruger National Park, South Africa. *Journal of Applied Ecology* 33: 1001-1012.



- Clausnitzer, V.(2003) Dragonfly communities in coastal habitats of Kenya: indication of biotope quality and the need of conservation measures. *Biodiversity and Conservation* 12: 333-356.
- Cleary, D.F.R. and M.J. Genner(2004) Changes in rain forest butterfly diversity following major ENSO-induced fires in Borneo. *Global Ecology & Biogeography* 13: 129-136.
- Craig, C.N., A.R. Bryan and N.E. McIntyre(2008) Nestedness in playa odonates as a function of area and surrounding land-use. *WETLANDS* 28(4): 995-1003.
- Curtis, J.T. and R.P. McIntosh(1951) An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin. *Ecology* 32: 476-496.
- Hill, J.K. and K.C. Hamer(2004) Determining impacts of habitat modification on diversity of tropical forest fauna: the importance of spatial scale. *Journal of Applied Ecology* 41: 744-754.
- Hill, M.O.(1979) TWINSPLAN: a fortran program for arranging multivariate data in an ordered two-way table by classification of the individuals and attributes. Cornell University, New York, USA, 99pp.
- Jung, K.S.(2007) Odonata of Korea. Ilgongyuksa, Seoul, 512pp. (in Korean)
- Kim, Y.H., Y.H. Lee and C.E. Lee(1990) Ultrastructural Studies on Spermatogenesis and mature Spermatozoa in *Platycnemis foliacea sasakii*(Zygoptera, Odonata). *Nature and Life* 20(1/2): 41-54. (in Korean with English abstract)
- Kim, D.E.(2011) The Study on the Habitat Change of *Nannophya pygmaea* Rambur in the Abandoned Paddy Field Ulsan City and Its Management. *Kor. J. Env. Eco.* 25(6): 867-877. (in Korean with English abstract)
- Kim, D.H., H.C. Park and C.E. Lee(1984) About the chromosome of a damselfly *Calopteryx atrata* SELYS(Zygoptera: Odonata). *Nature & Life* 14(1): 13-17. (in Korean with English abstract)
- Kim, J.S.(2008) An Ecological Study on the Interaction between Vegetation Structure and Animal Habitats of Nanjido Waste Landfill Biotope in Seoul, Korea. Dissertation for the Degree of Doctor Philosophy, Department of Landscape Architecture, the Graduate School University of Seoul, 256pp. (in Korean with English summary)
- Kim, J.S., B.H. Han and J.W. Choi(2009) A Study on the Habitat Characteristics of Odonata according to Wetland Structure in City. *Pro. Korean Institute of Landscape Architecture Con.* 20: 108-110. (in Korean)
- Kim, J.S., K.S. Jung and J.M. Kim(2008) The Distribution of odonata in Seoul, Korea. *Journal of Korean Odonata* 1: 39-46. (in Korean with English abstract)
- Lee, J.H.(2008) The role of Siheung Gaetgol Ecological Park for Greenway system. Thesis for the Degree of Master, the Graduate School of the Dankook University, 45pp. (in Korean)
- Lee, S.M.(2001) The Dragonflies of Korean Peninsula(Odonata). Junghaeng-Sa, 229pp. (in Korean)
- Oppel, S.(2005a) Comparison of two Odonata communities from a natural and a modified rainforest in Papua New Guinea. *International Journal of Odonatology* 9(1): 89-102.
- Oppel, S.(2005b) Habitat association of an Odonata community in a lower montane rainforest in Papua New Guinea. *International Journal of Odonatology* 8(2): 243-257.
- Orr, A.G.(2004) Critical species of Odonata in Malaysia, Indonesia, Singapore, and Brunei. *International Journal of Odonatology* 7: 371-384.
- Osada, M., S. Mori and S. Tabata(1993) A Preliminary Study on the Guideline for open Space Planning around Bodies of Water Based on the Variation of Odonata Species. *Journal of the Japanese Institute of Landscape Architects* 56: 151-156. (in Japanese)
- Owen, D.F.(1971) Species diversity in butterflies in a tropical garden. *biological Conservation* 3: 191-198.
- Paulson, D.R.(2002) Odonata records from Nayarit and Sinaloa, Mexico, with comments on natural history and biogeography. *Odonatologica* 31: 359-370.
- Reece, B.A. and Nancy E.M.(2009) Community assemblage patterns of odonates inhabiting a wetland complex influenced by anthropogenic disturbance. *Insect Conservation and Diversity* 2: 73-80.
- Rowe, R.J.(2004) Conservation of Odonata in the South Pacific and Australasia. *International Journal of Odonatology* 7: 139-147.
- Samways, M.J. and N.S. Steytler(1996) Dragonfly(Odonata) distribution patterns in urban and forest landscapes, and recommendations for riparian management.
- Schmidt, E.(1985) Habitat inventarization, characterization and bioindication by a 'Representative Spectrum of Odonata species (RSO)'. *Odonatologica* 14: 127-133.
- Shannon, C.E. and W. Weaver(1949) The Mathematical Theory of

Communication. University of Illinois Press, Urbana, 117pp.

Yoon, J.H., H.C. Park and C.E. Lee(1996) Morphological Taxonomy of the Genus *Sympetrum* from Korea(Libellulidae: Odonata). *Nature and Life* 26(1/2): 7-29. (in Korean with English abstract)

Yum, J.H.(2000) Systematics of the Zygoptera(Odonata, Insecta) in Korea. Thesis for the Degree of Master, the Graduate School of the Seoul Women's University, 81pp. (in Korean with English abstract)