

연못 조성연도와 크기에 따른 잠자리 군집 특성¹

김지석² · 피재황^{3*} · 정태준⁴ · 이경재⁵

The Characteristics of Odonata Community According to Age and Size of Pond¹

Ji-Suk Kim², Jae-Hwang Pi^{3*}, Tae-Jun Jung⁴, Kyong-Jae Lee⁵

요약

서울시내 15개 인공연못의 조성연도와 연못 면적에 따른 잠자리 군집의 특성을 알아보기 위하여 조사를 실시하였다. 조사지역에서 출현한 잠자리는 총 6과 36종이었으며, 잠자리과가 19종으로 가장 많았다. 출현빈도와 밀도를 고려하여 상대적 중요치를 측정된 결과, 아시아실잠자리와 밀잠자리가 가장 높았으며, 큰청실잠자리, 애기좁잠자리, 먹줄왕잠자리 등 16종은 상대적으로 희소한 것으로 나타났다. 조성연수에 따라 우점종은 1~3년은 아시아실잠자리, 4~6년은 뽕잠자리-밀잠자리-고추좁잠자리, 10년 이상은 방울실잠자리-아시아실잠자리로 나타나 약간의 차이를 보였다. 조성연도와 종다양성지수와의 관계를 분석하기 위해 분산분석을 실시한 결과, 10년 이상이 지난 군집의 종다양성지수는 1~3년 된 연못보다 높았다. 산란유형은 분산분석결과 10년 이상 된 인공연못이 식물 내 산란 종수와 타니산란 개체수가 증가하였다. 연못면적이 넓을수록 종다양성지수는 증가하였으며, 잠자리 종다양성 증진을 위한 효율적인 인공연못 조성 면적은 100~300m² 내외로 판단되었다.

주요어: 종다양성지수, 산란유형, 비오톱, 연못 면적

ABSTRACT

15 artificial ponds in Seoul have been examined to find out the characteristics of Odonata community according to age and size of pond. We found 6 Families 36 Species of Odonata community, and Libellulidae was the most frequent and 19 Species were observed among Libellulidae. Considering relative importance with frequency of appearance and density, *Ischnura asiatica* and *Orthetrum albistylum* was the most frequent. Also, 16 Species including *Lestes temporaris*, *Sympetrum parvulum*, and *Anax nigrofasciatus* were relatively rare. The result of dominant species tells that *Ischnura asiatica* in 1 ~ 3 year old ponds, *Pantala flavescens*-*Orthetrum albistylum*-*Crocothemis servilia mariannae* in order of mention in 4 ~ 6 year old ponds, *Platynemis phyllopoda*-*Ischnura asiatica* in order of mention in 10 or more year old ponds are the dominant species. Species diversity index regarding age of pond has been researched, and species diversity index in 10 year old pond was higher than that of in 1 ~ 3 year old pond. Having done the analysis of variance for types of spawn, there are many species Endophytic egg-layers and pasting in mud or sand in 10 year old artificial ponds. The wider ponds get, the higher species diversity index gets. And, we suggest that desirable size for making artificial ponds to increase the species diversity index of Odonata is 100~300m².

1 접수 2014년 4월 9일, 수정(1차: 2014년 6월 11일), 게재확정 2014년 6월 12일
Received 9 April 2014; Revised(1st: 11 June 2014); Accepted 12 June 2014

2 부산대학교 바이오환경에너지학과 Dept. of Bioenvironmental Energy, Pusan Nat'l Univ. Miryang 627-706, Korea (gstone1@hanmail.net)

3 서울시립대학교 대학원 조경학과 Dept. of Landscape Architecture, Graduate School, Univ. of Seoul, Seoul 130-743, Korea (farmer01@naver.com)

4 국립생태원 생태정보관리팀 National Institute of Ecology(Ecological database management team), 1210 Geumgang-ro Maseo-myeon, Seocheon-gun, Chungcheongnam-do, 325-813, Korea (ecodesign@nie.re.kr)

5 서울시립대학교 도시과학대학 조경학과 Dept. of Landscape Architecture, College of Urban Sciences, Univ. of Seoul, Seoul(130-743), Korea

* 교신저자 Corresponding author (farmer01@naver.com)

KEY WORDS: SPECIES DIVERSITY INDEX, OVIPOSITION TYPE, BIOTOPE, SIZE OF POND

서론

연못은 잠자리를 비롯하여 다양한 수서곤충들과 어류, 양서류, 파충류 등 다양한 생명체가 서식하는 공간이다. 생물 종다양성은 이주나 멸종 등에 의해 결정될 수 있으며 상대적인 중요성은 시간이나 공간의 규모에 의해 결정되어 진다(Huston, 1994).

잠자리는 연못에서 작은 곤충을 잡아먹는 고차 소비자로서 연못 생태계에서 중요한 역할을 하고 있다. 대부분의 잠자리들은 호수나 연못, 늪지, 논습지, 계류 등에서 번식한다. 우화한 후 쉽게 다른 지역으로 이동할 수 있는 높은 분산 능력을 가지고 있으며(Corbet, 1999), 산란을 할 때에는 수생식물을 이용하거나(Corbet, 1999; Gibbons *et al.*, 2002), 수면의 반사를 이용하기도 한다(Corbet, 1999; Bernath *et al.*, 2002).

국내 잠자리 관련 연구는 보호대상종에 관한 연구(Kim *et al.*, 2010; Lee *et al.*, 2008; Kim *et al.*, 2006a), 잠자리 계통분류(Yum, 2000; Yoon *et al.*, 1996; Lee, 1985; Kim *et al.*, 1985), 잠자리 생리 특성(Kim *et al.*, 2006b; Kim *et al.*, 1984; Ock and Lee, 1981)에 중점을 두고 진행되어 왔다. 잠자리에 대한 생태적 특성을 바탕으로 한 서식지 연구는 부족한 편으로 보호대상종인 꼬마잠자리 서식지의 식물상(Kim *et al.*, 2010)과 서식처 복원(Lee *et al.*, 2008)에 관한 연구가 진행되었으며 서식처 유형에 따른 군집 특성(Kim *et al.*, 2013)에 대한 연구가 진행되었지만 잠자리 서식지와 주변 환경과의 관계를 규명하는 연구는 매우 부족한 편이다.

외국의 경우에는 서식지 특성 및 주변 환경과의 관계를 알아보기 위하여 잠자리 군집 특성에 대한 연구가 진행되었으며, 그들의 정도, 유량, 영속성(Clark and Samways, 1996), 연못 조성년도(Kadoya *et al.*, 2004), 연못 크기(Kadoya *et al.*, 2004), 수생식물의 양이나 여울의 형태(Clark and Samways, 1996; Ubukata and Kurauchi, 2007) 등이 잠자리 군집의 종구성에 영향을 미치는 것을 보고하였다. 인간의 간섭을 받은 마을에서 잠자리에게 중요한 서식지는 해가 비치는 개방된 지역, 인공 도랑, 작은 시내임을 제시하였으며(Steffen, 2005a), 산림의 숲속에 서식하는 잠자리 군집 분류에서 지속적으로 흐르는 강과 시내, 일시적인 하천, 웅덩이가 잠자리 군집과 연관이 있으며, 그늘, 유속, 지속적으로 유지되는 물은 군집을 나누는 중요한 요인이었음을 밝혔다(Steffen, 2005b). Clark and Samways (1996)은 잠자리 유충과 달리 성충은 크고, 눈에 띄고 쉽게 동정할 수 있으며, 성충은 또한 분류학적으로 더 잘 구분되기 때문에 환경모니터링 조사에 더 적합하다고 하였다.

본 연구에서는 잠자리 성충 조사를 통하여 잠자리 서식에 영향을 미치는 많은 환경 요인 중에서 연못 조성연도에 따라 잠자리 군집이 어떤 차이를 보이는지와 연못 면적과

잠자리와의 관계를 분석하고자 하였다. 본 연구의 결과는 습지생태 복원 시 잠자리를 목표종으로 할 경우 조성 면적과 출현종에 대한 기초 자료로 활용할 수 있을 것이다.

연구내용 및 방법

1. 연구내용

1) 연구내용

연구대상지는 서울시에 위치한 15개소의 연못을 대상으로 하였다. 15개소는 월드컵공원, 남산 도시자연공원, 둔촌동 생태경관보전지역, 방이동 생태경관보전지역, 진관동 생태경관보전지역, 용산가족공원, 우면산생태공원에 위치해 있으며 대상지역에 따라 조성연도가 다른 연못이 입지하고 있다. 조성년 수별 조사지 수는 1~3년 6개소, 4~6년 4개소, 10년 이상은 5개소로 하였다(Table 1). 1~3년 된 연못은 월드컵공원에 소생물 서식지로 조성한 곳이며, 4~6년 된 연못은 남산 도시자연공원을 비롯하여 노을공원 상부에 위치한 3개소의 연못이다. 10년 이상 된 연못은 둔촌동, 방이동, 진관동 생태경관보전지역과 용산 가족공원, 우면산 생태공원이다.

연못 조성년수와 면적에 따른 잠자리 군집 특성을 분석하기 위하여 조사대상지에 출현하는 잠자리 성충의 출현현황을 조사하였다. 조성년수에 따른 군집특성을 알아보기 위하여 우점종 차이, 종다양도 차이, 산란유형 차이를 비교하였으며 연못 면적과 잠자리 종다양성지수와와의 관계를 분석하였다.

Table 1. Location and summary of survey site

Years	Site	Location	Area (m ²)
1~3 year	1	▪ World cup park(1year)	11.8
	2	▪ World cup park(2year)	112.9
	3	▪ World cup park(2years)	41.4
	4	▪ World cup park(2years)	14.4
	5	▪ World cup park(3years)	1.2
	6	▪ World cup park(3years)	2.9
4~6 year	7	▪ Namsan urban natural park	62.0
	8	▪ Neoul park wetland 1	301.0
	9	▪ Neoul park wetland 2	1299.0
	10	▪ Neoul park wetland 3	63.0
over 10 year	11	▪ Dunchon-dong ELCA	624.0
	12	▪ Bangi-dong ELCA	5188.0
	13	▪ Jingwan-dong ELCA	285.0
	14	▪ Yongsan park	254.0
	15	▪ Umyeonsan ecological park	2111.0

*) ELCA: Ecological landscape conservation area

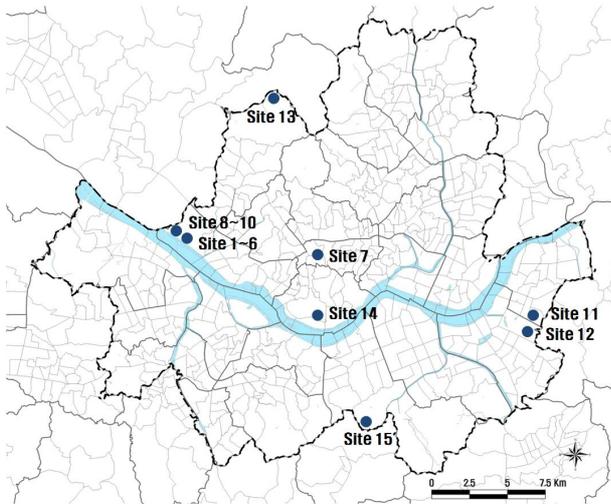


Figure 1. The location map of survey site

2. 연구방법

1) 출현현황조사

잠자리 출현현황은 조사는 대상지별 연못 주변을 따라 20m를 이동하면서 좌우 3m내의 범위에서 관찰되는 잠자리의 종과 개체수를 기록하였다. 잠자리 확인은 육안이나 쌍안경(Nikon 8×50)을 이용하였으며, 종 동정이 어려운 종은 포충망을 활용하여 포획한 후 확인하였다. 종 동정은 Jung (2007), Lee(2001)를 참고 하였으며, 명명은 Jung(2007)을 따랐다. 조사는 2006년부터 2008년까지 6월과 8월에 각각 1회씩 실시하였으며, 조사시간은 햇빛이 잘 비추고, 잠자리의 활동이 활발하여 종이 풍부한 시간(Schmidt, 1985; Samways and Steytler, 1996)인 10시부터 4시 사이에 실시하였다.

2) 조성년수에 따른 우점종

각 조사구별 각 종의 종합적 중요성을 나타내는 상대우점치(I. V.)는 Curtis and McIntosh(1951)의 방법으로 다음과 같이 구하였다.

$$I. V. = \frac{\text{상대밀도} + \text{상대빈도}}{2}$$

3) 조성년수에 따른 종다양성 지수

조성년수에 따라 분류한 군집별 중구성상태의 다양한 정도를 나타내는 측도인 종다양성은 Shannon의 종다양도지수 (Pielou, 1975), 균제도(J'), 우점도(D)를 구하여 군집별 특성을 분석하였다. 종다양도지수는 종풍부도와 종균등도를 하나의 수치로 나타낸 것이다(Lee, 2002). Shannon의 종다양도(H')는 Shannon and Weaver(1949)가 제시한 것으로 군집 연구에 가장 많이 이용되고 있으며 희소종의 중요성을 인정해주는 지수로 아래와 같은 식을 이용하여 구하였다. 이 외에도 최대종다양도(H'max), 균제도(J'), 우점도(D)를 구하였다.

$$H' = -\sum (ni/N) \log ni/N$$

$$H'max = \log S$$

$$J' = H'/H'max$$

$$D = 1-J'$$

여기서, pi는 ni/N, N은 한 조사지역내의 출현한 총 개체수, ni는 한 조사지역내의 출현한 한 종의 개체수를 말하며, S는 구성종수이다.

4) 조성년수에 따른 산란유형 변화

유충기를 물속에서 보내는 잠자리에 있어 산란하는 장소는 매우 중요하기에 잠자리 산란 특성에 따른 서식특성을 분석하였다. 잠자리의 산란 형태는 Jung(2007)이 제시한 내용을 Table 2와 같이 정리하였다. 잠자리들은 종류에 따라 식물 조직 내 산란(Enel)을 하거나 식물 조직 외 산란(Exel)을 한다. 식물 조직 외 산란을 하는 종류도 다양한 방법으로 산란을 하는 등 잠자리들은 산란에 있어 서로 다른 생태적 지위를 가지고 있다. 본 조사에서는 연못 조성년수에 따라

Table 2. Species of Odonata according to Oviposition Type in Korea

Oviposition Type	Staple Species
Endophytic egg-layers(Enel)	Zygoptera 실잠자리아목, Aeshnidae 왕잠자리과
Hitting water(HW)	Gmiphidae 측범잠자리과, Libellulidae 잠자리과
Dropping in the air(DA)	<i>Davidius lunatus</i> 쇠측범잠자리 <i>Sympetrum infuscatum</i> 깃동잠자리 <i>S. baccha</i> 산깃동잠자리 <i>S. risi</i> 들깃동잠자리 <i>S. darwinianum</i> 여름좁잠자리
Exophytic egg-layers (Exel)	Some of Gmiphidae 측범잠자리과 일부
Dropping on leaves or rock(DL)	<i>Polycanthagyna melanictera</i> 황줄왕잠자리 <i>Anaciaeschna martni</i> 도깨비왕잠자리 <i>Gynacantha japonica</i> 잘록허리왕잠자리 <i>Anotogaster sieboldii</i> 장수잠자리 <i>Chlorogomphus brunneus</i> 독수리잠자리
Inserting ovipositor in mud or sand(IM)	<i>Sympetrum eroticum</i> 두점박이좁잠자리 <i>S. parvulum</i> 애기좁잠자리 <i>S. pedemontanum elatum</i> 날개띠좁잠자리
Pasting in mud or sand(PM)	

출현하는 잠자리의 산란방법이 다른 지를 알아보기 위하여 산란방법을 6가지로 구분하여 분석하였다.

Ver. 18.0 프로그램을 활용하여 회귀분석을 실시하였다.

6) 연못면적과 잠자리와의 관계

생물지리학에서는 서식지의 면적이 증가하면 생물종다양성이 증가한다(Gaston and Spicer, 2004). 우리나라 도시지역에 서식하는 잠자리의 다양성은 연못 면적에 따라 차이가 있는지를 알아보기 위하여 연못면적과 잠자리와의 관계를 분석하였다. 또한 잠자리 식지를 복원할 경우, 다양성 증진에 적절한 연못 면적은 어느 정도인지를 알아보기 위하여 SPSS

결 과

1. 잠자리 출현 종 수 및 개체수

도시 내 잠자리 서식특성을 분석하기 위하여 서울시내 15개 지역을 대상으로 잠자리목을 분석한 결과 총 6과 36종의 잠자리가 확인되었다(Table 3). 대상지내에 출현한 36종의 잠자리는 잠자리과가 19종으로 가장 많았으며 실잠자리

Table 3. Result of Odonata community appearance in this survey site

Common name	Scientific name	Site															O.T		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15			
검은물잠자리	<i>Calopteryx atrata</i>															1	Enel		
황동색실잠자리	<i>Mortonagrion selenion</i>					1						2					Enel		
등검은실잠자리	<i>Paracercion calamarum</i>									4	31	16	7	7		14	Enel		
등줄실잠자리	<i>Paracercion hieroglyphicum</i>										11						Enel		
왕실잠자리	<i>Paracercion v-nigrum</i>									1	6						Enel		
왕등줄실잠자리	<i>Paracercion sieboldii</i>											1			1		Enel		
참실잠자리	<i>Coenagrion johansson</i>											34		30		8	Enel		
아시아실잠자리	<i>Ischnura asiatica</i>		25	9	7	2	2		7	1	1	53	32	2	4	7	Enel		
북방아시아실잠자리	<i>Ischnura elegans</i>		4	1						1		3	5	9		1	Enel		
노란실잠자리	<i>Ceriagrion melanurum</i>									1						1	Enel		
가는실잠자리	<i>Indolestes peregrinus</i>													1			Enel		
좁청실잠자리	<i>Lestes japonicus</i>									3			19				Enel		
큰청실잠자리	<i>Lestes temporaris</i>													3		16	Enel		
목은실잠자리	<i>Sympetma paedisca</i>									1							Enel		
방울실잠자리	<i>Platynemesis phyllopoda</i>												2	26	6	29	Enel		
먹줄왕잠자리	<i>Anax nigrofasciatus</i>							1								1	1	Enel	
왕잠자리	<i>Anax parthenope</i>			2	2					2			4	1		1	Enel		
넙점박이잠자리	<i>Libellula quadrimaculata</i>												2				HW		
배치레잠자리	<i>Lyriothemis pachygastra</i>		1							8	1		5	12	1		HW		
밀잠자리	<i>Orthetrum albistylum</i>		3	5	12	5	3	1		11	8	27	45	5	5		2	HW	
홀쭉밀잠자리	<i>Orthetrum lineostigma</i>															4	HW		
큰밀잠자리	<i>Orthetrum melania</i>					1				3						4	HW		
고추잠자리	<i>Crocothemis servilia mariannae</i>		2	2	7	1		1		11	2	6	44	7	3	2	HW		
산깃동잠자리	<i>Sympetrum baccha</i>													1		1	HW		
여름좁잠자리	<i>Sympetrum darwinianum</i>			1													DA		
두점박이좁잠자리	<i>Sympetrum eroticum</i>			4						5		2		10	14	9	5	PM	
고추좁잠자리	<i>Sympetrum frequens</i>			10	5					3	43			8	3	2	14	HW	
깃동잠자리	<i>Sympetrum infuscatum</i>		1	6						3	14	1		4	2	1	4	3	DA
흰얼굴좁잠자리	<i>Sympetrum kunckeli</i>			1							11	2		8				HW	
애기좁잠자리	<i>Sympetrum parvulum</i>									4				3	1			PM	
날개띠좁잠자리	<i>Sympetrum pedemontanum elatum</i>										1				1		3	PM	
들깃동잠자리	<i>Sympetrum risi</i>		2	1	1	4								1	2		1	DA	
대륙좁잠자리	<i>Sympetrum striolatum</i>															1		HW	
노란허리잠자리	<i>Pseudothemis zonata</i>														11			Enel	
나비잠자리	<i>Rhyothemis fuliginosa</i>											2	2					HW	
된장잠자리	<i>Pantala flavescens</i>		15	5	10		1	5					50	34		10		HW	
Species		6	12	8	5	3	6	6	12	10	10	23	16	13	11	13			
Total Number		24	66	47	18	7	12	19	113	24	138	363	136	70	47	89			

O.T : Oviposition type

과 9종, 청실잠자리과 4종의 순이었다.

대상지별 잠자리목 출현현황을 보면, 종수는 둔촌동 생태경관보전지역이 23종으로 가장 많았으며, 방이동 생태경관보전지역 16종, 진관동 생태경관보전지역 13종 순이었다. 개체수는 둔촌동 생태경관보전지역이 363개체로 가장 많이 출현하였으며 월드컵공원 2(138개체), 방이동 생태경관보전지역(136개체), 월드컵공원 3(113개체) 순으로 종수와는 약간의 차이를 보였다.

2. 서울 잠자리 출현 빈도 및 밀도

출현빈도가 가장 높은 종은 전체 15개 지역 중 13개소에서 출현한 밀잠자리, 아시아실잠자리였으며 고추잠자리(12개소), 깃동잠자리(10개소)도 높은 출현빈도를 보였다. 반면에 검은물잠자리, 등줄실잠자리, 가는실잠자리, 묵은실잠자리,

넉점박이잠자리, 홀쪽밀잠자리, 여름좁잠자리, 대륙좁잠자리, 노란허리잠자리는 1개소에서만 출현하고 있어 다른 잠자리에 비하여 서울에 있어서 희소한 종인 것으로 나타났다. 조사대상지 전체를 대상으로 상대밀도를 측정한 결과, 아시아실잠자리, 밀잠자리, 된장잠자리가 10% 이상으로 높았으며, 묵은실잠자리, 여름좁잠자리, 검은물잠자리, 대륙좁잠자리, 가는실잠자리는 0.1% 이하로 낮았다.

서울에 서식하는 잠자리들의 상대적인 중요치를 알아보기 위하여 서울시에 서식하는 잠자리의 상대우점치를 산출하였다. 15개 조사구를 종합한 상대우점치를 분석한 결과, 서울시에서 상대적으로 중요성이 높아 서울시를 대표할 수 있는 잠자리 종은 아시아실잠자리, 밀잠자리, 된장잠자리였으며, 넉점박이잠자리, 묵은실잠자리, 여름좁잠자리, 검은물잠자리, 대륙좁잠자리, 가는실잠자리는 상대적인 중요성이 높지 않았다. 상대우점치는 상대밀도와 빈도를 고려한 값으로 밀도와

Table 4. Standardization of Importance value in this survey about Odonata community

Standardization value	Scientific nme (Common name)
8~10	<i>Ischnura asiatica</i> (아시아실잠자리), <i>Orthetrum albistylum</i> (밀잠자리), <i>Pantala flavescens</i> (된장잠자리)
6~8	<i>Crocothemis servilia mariannae</i> (고추잠자리), <i>Sympetrum frequens</i> (고추좁잠자리)
4~6	<i>Paracercion calamorum</i> (등검은실잠자리), <i>Sympetrum infuscatum</i> (깃동잠자리), <i>Sympetrum eroticum</i> (두점박이좁잠자리), <i>Coenagrion johansson</i> (참실잠자리)
2~4	<i>Platycnemis phyllopoda</i> (방울실잠자리), <i>Ischnura elegans</i> (북방아시아실잠자리), <i>Ceriagrion melanurum</i> (노란실잠자리), <i>Sympetrum risi</i> (들깃동잠자리), <i>Lyriothemis pachygastra</i> (배치레잠자리), <i>Anax parthenope</i> (왕잠자리), <i>Sympetrum kunkeli</i> (흰얼굴좁잠자리), <i>Orthetrum melania</i> (큰밀잠자리)
0~2	<i>Lestes japonicus</i> (줄청실잠자리), <i>Sympetrum pedemontanum elatum</i> (날개띠좁잠자리), <i>Lestes temporaris</i> (큰청실잠자리), <i>Sympetrum parvulum</i> (애기좁잠자리), <i>Anax nigrofasciatus</i> (먹줄왕잠자리), <i>Paracercion v-nigrum</i> (왕실잠자리), <i>Rhyothemis fuliginosa</i> (나비잠자리), <i>Paracercion hieroglyphicum</i> (등줄실잠자리), <i>Pseudothemis zonata</i> (노란허리잠자리), <i>Mortonagrion selenion</i> (황등색실잠자리), <i>Paracercion sieboldii</i> (왕등줄실잠자리), <i>Sympetrum baccha</i> (산깃동잠자리), <i>Orthetrum lineostigma</i> (홀쪽밀잠자리), <i>Libellula quadrimaculata</i> (넉점박이잠자리), <i>Sympecma paedisca</i> (묵은실잠자리), <i>Sympetrum darwinianum</i> (여름좁잠자리), <i>Calopteryx atrata</i> (검은물잠자리), <i>Sympetrum striolatum</i> (대륙좁잠자리), <i>Indolestes peregrinus</i> (가는실잠자리)

Table 5. Importance value of Odonata community

Scientific name	years			Scientific name	years		
	1~3	4~6	over 10		1~3	4~6	over 10
<i>Ischnura asiatica</i>	25.9	3.1	13.9	<i>Anax parthenope</i>	2.3	0.7	0.9
<i>Orthetrum albistylum</i>	16.7	15.6	8.1	<i>Paracercion hieroglyphicum</i>	-	3.7	-
<i>Pantala flavescens</i>	20.7	17.0	6.2	<i>Pseudothemis zonata</i>	-	-	1.6
<i>Sympetrum frequens</i>	8.6	15.6	3.8	<i>Sympetrum parvulum</i>	-	1.4	0.6
<i>Crocothemis servilia mariannae</i>	7.5	6.5	7.9	<i>Paracercion v-nigrum</i>	-	2.4	-
<i>Paracercion calamorum</i>	-	11.9	6.2	<i>Sympetrum pedemontanum elatum</i>	-	0.3	0.7
<i>Coenagrion johansson</i>	-	-	10.2	<i>Rhyothemis fuliginosa</i>	-	1.4	-
<i>Platycnemis phyllopoda</i>	-	-	8.9	<i>Orthetrum lineostigma</i>	-	-	0.6
<i>Ceriagrion melanurum</i>	-	0.3	7.2	<i>Mortonagrion selenion</i>	0.6	-	0.3
<i>Sympetrum eroticum</i>	2.3	2.4	5.4	<i>Anax nigrofasciatus</i>	0.6	-	0.3
<i>Sympetrum infuscatum</i>	4.0	6.1	2.0	<i>Paracercion sieboldii</i>	-	0.3	0.1
<i>Lyriothemis pachygastra</i>	0.6	3.1	2.6	<i>Libellula quadrimaculata</i>	-	-	0.3
<i>Sympetrum kunkeli</i>	0.6	4.4	1.1	<i>Sympetrum baccha</i>	-	-	0.3
<i>Lestes japonicus</i>	-	1.0	2.7	<i>Sympecma paedisca</i>	-	0.3	-
<i>Orthetrum melania</i>	0.6	1.0	2.3	<i>Calopteryx atrata</i>	-	-	0.1
<i>Ischnura elegans</i>	2.9	1.4	2.1	<i>Indolestes peregrinus</i>	-	-	0.1
<i>Lestes temporaris</i>	-	-	2.7	<i>Sympetrum darwinianum</i>	0.6	-	-
<i>Sympetrum risi</i>	5.7	-	0.6	<i>Sympetrum striolatum</i>	-	-	0.1

빈도가 낮을수록 낮아지기 때문에 상대우점치 값이 낮은 종은 서울시에서는 희소한 종이라 할 수 있다(Table 4).

3. 조성년수에 따른 군집 특성

1) 우점종 특성

조성년수에 따른 군집 특성을 알아보기 위해 조성년수별 조사구를 통합하여 우점종 특성을 분석하였다. 우점종은 일정 공간에서 매우 중요한 가치를 가지는 종으로(Lee, 2002) 그 지역의 지배적인 특성을 반영하는 종이라 할 수 있다. 1~3년 연못에 서식하는 잡자리의 우점종은 아시아실잠자리로 전체 개체수의 25.9%였으며, 뒤장잡자리 20.7%, 밀잠자리 16.7%의 순이었다. 4~6년 연못에 서식하는 잡자리의 우점종은 전체 개체수의 17.0%인 뒤장잡자리였으며 밀잠자리와 고추잠자리는 각각 15.6%였고, 등검은실잠자리 11.9%, 고추잠자리 6.5%, 깃동잠자리 6.1%였다. 10년 이상 연못에 서식하는 잡자리의 우점종은 전체 개체수의 13.9%인 아시

아실잠자리였으며, 참실잠자리 10.2%, 방울실잠자리 8.9%, 밀잠자리 8.1%, 고추잠자리 7.9% 순이었다(Table 5).

2) 종다양성 지수 특성

공간의 차이는 잡자리 종다양성에 영향을 미치는 것은 잘 알려져 있다. 잡자리 서식지 교란지역(Owen, 1971; Clausnitzer, 2003; Cleary *et al.*, 2004; Hill and Hamer, 2004)이나 시가화지역에서 낮은 경향을 보이며(Samways and Steytler, 1996), 자연형저수지와 묵논습지, 자연 하천, 산림계곡 중 묵논습지의 종다양성지수가 가장 높았다(Kim *et al.*, 2013). 또한 대형수생식물 비율(Samways and Steytler, 1996), 햇빛의 양(McGeoch & Samways, 1991; Stewart, 1993; Steytler & Samways, 1995) 등 공간 특성에 따라 종다양성에 차이가 있음을 보여준다. 시간의 차이도 잡자리 중 풍부도에 영향을 미치는 것(Kadoya *et al.*, 2004)으로 알려져 있으나 공간 차이에 대한 연구에 비하여는 적은 편이다.

본 조사에서 조성년수에 따른 종다양성의 차이를 알아보

Table 6. Various species diversity of survey site

Site	H'(shannon)	H'max	J'(Evenness)	D'(Dominance)	Years
1	0.5353	0.7782	0.6880	0.3120	1~3 years
2	0.8706	1.0792	0.8068	0.1932	
3	0.7880	0.9031	0.8726	0.1274	
4	0.5987	0.6990	0.8565	0.1435	
5	0.5546	0.6021	0.9212	0.0788	
6	0.6876	0.7782	0.8836	0.1164	
7	0.7421	0.7782	0.9536	0.0464	4~6 years
8	0.8511	1.0792	0.7886	0.2114	
9	0.8785	1.0000	0.8785	0.1215	
10	0.7438	1.0000	0.7438	0.2562	
11	1.1186	1.3617	0.8215	0.1785	over 10years
12	1.0057	1.2041	0.8352	0.1648	
13	0.8304	1.1139	0.7455	0.2545	
14	0.8617	1.0414	0.8274	0.1726	
15	0.8865	1.1139	0.7958	0.2042	

Table 7. One-Way ANOVA results for the difference of species diversity by pond age

	Sum of Square	df	Mean Square	F	P-Value
Between Groups	.196	2	.098	7.208	.009
Within Groups	.163	12	.014		
Total	.360	14			

Table 8. Multiple comparisons of species diversity difference by pond age

Variables	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
				Lower Bound	Upper Bound
1~3years	4~6years	-.13141	.07533	.229	-.3324 .0696
	over 10years	-.26811*	.07066	.007	-.4566 -.0796
4~6years	1~3years	.13141	.07533	.229	-.0696 .3324
	over 10years	-.13671	.07828	.229	-.3456 .0721
over 10years	1~3years	.26811*	.07066	.007	.0796 .4566
	4~6years	.13671	.07828	.229	-.0721 .3456

*. Significance level 0.05(p<0.05)

기 위하여 조사대상지별 종다양성 지수를 산출한 결과는 Table 6과 같다. 연못 조성년수가 1~3년인 조사구1~6의 종다양도지수는 0.5353~0.8706이었으며, 4~6년인 조사구 7~10은 0.7421~0.8785, 10년 이상인 조사구 11~15는 0.8304~1.1186이었다. 연못 조성년수에 따른 종다양도지수가 차이가 있는지를 검증하기 위하여 일원배치분산분석을 실시한 결과, 우점도와 균재도는 차이가 없었으나 종다양도지수는 집단간에 유의확률 0.009로 통계적 유의성이 있었다(Table 7). 사후 분석을 통하여 집단간 유의성을 검정한 결과, 1~3년과 4~6년은 통계적으로 동일한 집단이라 할 수 있었지만, 1~3년 집단과 10년 이상 집단은 통계적 유의성이 없어 차이를 보였다. 즉, 1~3년의 잠자리 군집은 10년 이상이 지난 연못의 잠자리 군집에 비하여 종다양성지수가 낮음을 알 수 있었다(Table 8).

3) 산란유형 특성

잠자리의 산란유형은 종에 따라 차이를 보인다. 크게 식물체를 활용하여 산란하는 종류와 식물체를 활용하지 않는 종류로 구분할 수 있다. 즉, 산란유형은 연못조성 후 시간 흐름에 따라 발달하는 식생의 영향을 받게 된다. 연못을 조성한 후 시간의 흐름에 따라 잠자리 산란유형에 차이가 있는지를 알아보기 위하여 식물내 내 산란 종수(P<0.008), 타니산란 종수(P<0.034), 식물산란 개체수(p<0.045), 타니산란 개체수(P<0.014)는 집단 간 통계적으로 유의성이 인정되었다. 사후 분석결과, 1~3년rhk 10년 이상에서 차이를 보이고 있어 연못 조성 후 10년 이상이 되면 식물 내 산란 종수와 개체수, 타니산란 종수와 개체수가 증가하는 것으로 확인되었다.

연못의 수생식물은 시간이 지나면서 식생 구조는 계속 변화한다. 잠자리 성체들은 서식지를 선택할 때 수생식물을 기준으로 사용하기 때문에(Corbet, 1999) 연못의 나이는 종 풍부도에 간접적인 영향을 미치는 것처럼(Kadoya, 2004),

본 연구대상지에서도 10년 이상 된 연못에서 식물을 직접적으로 이용하여 산란하는 잠자리의 종과 개체수가 차이를 보였다. 즉 수생식물의 이입은 잠자리의 산란유형을 다양화하여 종수와 개체수를 증가시킬 수 있을 것이다(Table 9).

4. 연못 면적과 잠자리와의 관계

연못의 면적은 생물이 서식하는데 중요한 요소라 할 수 있다. Oertli *et al.*,(2002)은 연못에 서식하는 양서류, 잠자리류, 갑충류, 연체동물류, 수생식물을 대상으로 80개 연못에서 면적과 다양성 사이의 관계를 조사한 결과, 연못 크기는 잠자리에게만 중요하였고, 양서류나 갑충류에는 미약한 관계를 보인다고 하였다. 잠자리만을 대상으로 한 연구에서 종 풍부도는 연못 크기와 정의 상관관계를 보였으며(Kadoya *et al.*, 2004), 종의 분포 형태도 연못 면적에 유의하게 차이를 보였다(Kadoya *et al.*, 2004).

서울에 있는 15개 지역의 연못 면적과 잠자리 종다양성 관계를 회귀분석한 결과, 연못 면적은 종다양도지수와 유의미한 양의 상관관계(p<0.01)를 보였다. R²값은 0.713으로 비교적 높은 설명력을 보였다. 조사대상지 중 둔촌동 생태경관보전지역은 다른 조사지보다 회귀선에서 멀리 떨어져 있으며, 이는 둔촌동 생태경관보전지역의 종다양성지수가 상대적으로 매우 높은 것을 보여주고 있다. 또한 연못 면적이 300m²까지는 급격히 증가하지만 이후로는 완만하게 증가하는 것을 알 수 있다. 실제 종다양성지수 0.8~0.9를 보이는 6개의 조사구 중 4개 지역의 면적은 112.9~301m²이었으며, 100m² 미만 연못의 종다양성지수는 0.8미만이였다. 즉, 잠자리 종다양성지수를 향상시키는데 효율적인 면적은 100~300m² 정도였다(Figure 2).

최근 서식처 복원에 대한 관심이 증대하면서 산림 식생복원, 습지 복원, 멸종위기종 복원, 하천 복원 등 다양한 형태의 복원이 이루어지고 있다. 특히 국립공원관리공단에서 진

Table 9. Oviposition type of Odonata about survey site

Site	Enel		HW		DA		IM		Years
	Species	Number	Species	Number	Species	Number	Species	Number	
1	1	2	3	19	2	3	0	0	1~3 years
2	4	33	4	21	3	8	1	4	
3	4	19	3	27	1	1	0	0	
4	2	8	2	6	1	4	0	0	
5	2	3	2	4	0	0	0	0	
6	3	4	2	6	1	2	0	0	
7	0	0	2	6	1	3	3	10	4~6 years
8	7	26	4	73	1	14	0	0	
9	4	8	4	13	1	1	1	2	
10	7	59	3	79	0	0	0	0	
11	10	229	8	115	2	5	3	14	over 10years
12	9	97	3	20	2	4	2	15	
13	6	49	5	19	1	1	1	1	
14	6	25	3	9	1	4	1	9	
15	7	61	2	16	2	4	2	8	

Enel : Endophytic egg-layers, HW: Hitting water, DA: Dropping in the air, IM: Inserting ovipositor in mud or sand

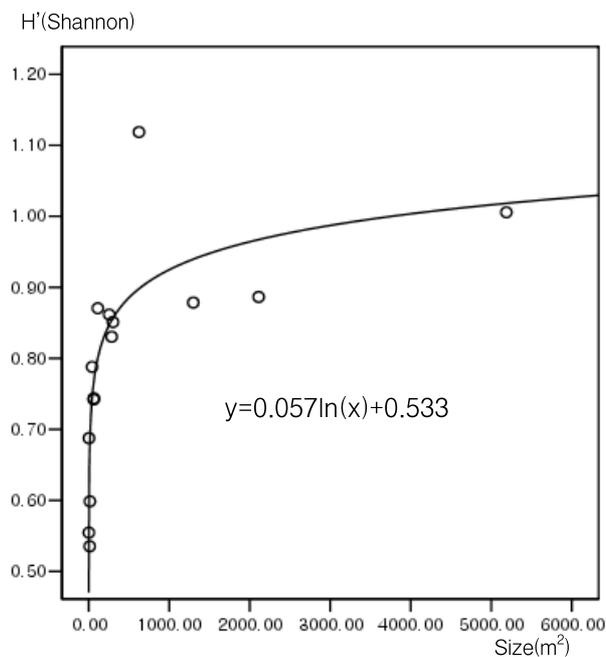


Figure 2. The relationship between pond area and species diversity index

행하고 있는 반달가슴곰, 산양, 여우 등 복원과 환경부에서 지정한 멸종위기 야생생물 중 금개구리, 맹꽁이, 붉은점모시나비, 꼬마잠자리 등에 대한 복원에 집중되고 있다. 멸종위기종 복원은 국가적인 차원에서 매우 중요한 의미를 가지지만, 도시민에게 자연과 가까운 공간의 복원을 위한 생물기초자료는 미흡한 실정이다. 본 연구에서는 연못의 조성년수에 따른 특성의 차이와 종다양성 증진을 위한 효율적인 면적을 제시하였으나 복원을 위한 더 구체적인 방법이 제시되어야 할 것이다. 목표종 선정 방법, 식생유형과 잠자리의 관계, 잠자리 중별 행동 반경 및 행동 특성, 수심과의 관계 등에 대한 구체적인 연구가 진행된다면, 과학적인 방법과 결과를 토대로하는 복원계획 수립이 가능 할 것이다.

REFERENCES

- Bernath, B., Szedenics, G., Wildermuth, H. and G. Horvath(2002) How can dragonflies discern bright and dark waters from a distance? The degree of polarisation of reflected light as a possible cue for dragonfly habitat selection. *Freshwater Biology* 47: 1707-1719. (in English)
- 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. (in English)
- 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. (in English)
- Cleary, D. F. R., A. Ø. Mooers, K. A. O. Eichhorn, J. van Tol, R. de Jong and S. B. J. Menken(2004) Diversity and community composition of butterflies and odonates in an ENSO-induced fire affected habitat mosaic: a case study from East Kalimantan, Indonesia. *Oikos* 105: 426-446. (in English)
- Corbet, P. S.(1999) *Dragonflies: Behavior and Ecology of Odonata*. Cornell University Press, New York. 802pp. (in English)
- Curtis, J. T. and R. P. McIntosh(1951) An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin. *Ecology* 32(3): 476-496. (in English)
- Gaston, K. J. and J. I. Spicer(2004) *Biodiversity an introduction*. Blackwell Publishing, Malden. 191pp. (in English)
- Gibbons, L. K., Reed J. M. and Chew F. S.(2002) Habitate requirements and local persistence of three damselfly species (odnata: coenagrionidae). *Journal of Insect Conservation* 6: 47-55. (in English)
- 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. (in English)
- Huston, M. A.(1994) *Biological Diversity: the Coexistence of Species on Changing Landscapes*. Cambridge University Press, Cambridge, UK. (in English)
- Jung, K. S.(2007) *Odonata of Korea*. Ilgongyuksa, 512pp. (in Korean)
- Kadoya, T., S. I. Suda and I. Washitani(2004) Dragonfly species richness on man-made ponds: effects of pond size and pond age on newly established assemblages. *Ecological Research* 19: 461-467. (in English)
- Kim, D. G., J. W. Yum, T. J. Yoon, and Y. J. Bae(2006a) Effect of Temperature on Hatching Rate of *Nannophya pygmaea* eggs(Odonata: Libellulidae). *Kor. J. Appl. Entomol.* 45(3): 381-383. (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(Zygotera: Odonata). *Nature and Life* 14(1): 13-17. (in Korean with English abstract)
- Kim, D. H., W. H. Park, H. C. Park and C. E. Lee(1985) A Phylogenetic Study on Some Korean damselflies(Zygotera, Odonata). *Nature and Life* 15(1): 23-28. (in Korean with English abstract)
- Kim, J. S., J. I. Kwak, T. H. Noh and P. I. Yi(2013) Characteristics of Odonata Communities based on Habitat Types of Superb Biotope in Wonju City, Korea. *Kor. J. Env. Eco* 27(2): 209-218. (in Korean with English abstract)
- Kim, K. D., D. S. Park, D. H. Shin, B. N. Han, H. W. Oh, Y. N. Youn and H. Y. Park(2006b) Characterization of Ligninase Producing Strain, *Serratia macescens* HY-5 isolated from *Sympetrum depressiusculum*. *Kor. J. Appl. Entomol.* 45(3): 301-307. (in Korean with English abstract)
- Kim, M. H., M. S. Han, C. M. Choi, H. S. Bang, M. P. Jung, Y. E. Na and K. K. Kang(2010) Flora and Life Form of Habitats for *Nannophya pygmaea* Rambur. *Kor. J. Env. Agri* 29(2): 206-213. (in Korean with English abstract)
- Lee, E. H., H. K. Jang, M. Y. Park, J. H. Yoon, J. G. Kim, Y. J. Bae(2008) A Preliminary Study on a Restoration of Habitats for *Nannophya pygmaea* Rambur (Odonata: Libellulidae). *Kor. J. Env. Eco.* 22(1): 35-42. (in Korean with English abstract)
- Lee, M. C.(1985) One Unrecorded Species of the Genus *Sympetrum*

- Newman*(Odonata, Libellulidae) from Korea. Korean Arachnol. 1(1): 1-2. (in Korean with English abstract)
- Lee, Y. M.(2002) Statistics Ecology. Jeonnam National University Press, Korea, 262pp. (in Korean)
- Lee, S. M.(2001) The Dragonflies of Korean Peninsula(Odonata). Junghaeng-Sa, 229pp. (in Korean)
- McGeoch, M. A. & Samways, M. J.(1991). Dragonflies and the thermal landscape: implications for their conservation. (Anisoptera). Odonatologica, 20: 303-20. (in English)
- Ock, M. S. and C. E. Lee(1981) On the Alimentary Canal of Larvae and Adults of *Anax parthenope* (Odonata, Anisoptera). Nature and Life 11(2): 51-59. (in Korean with English abstract)
- Oertli, B., Auderset Joye, D., Castella, E., Juge, R., Cambin, D., Lachavanne, J.-B.(2002) Does size matter? The relationship between pond area and biodiversity. Biological Conservation 104: 59-70.
- Owen, D. F.(1971) Species diversity in butterflies in a tropical garden. Biological Conservation 3: 191-198. (in English)
- Pielou, E. C.(1975) Mathematical ecology. John Wiley and Sons, N.Y., 385pp. (in English)
- Samways M. J. and N. S. Steytler(1996) Dragonfly(Odonata) distribution patterns in urban and forest landscapes, and recommendations for riparian management. Biological Conservation 78: 279-288. (in English)
- 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. (in English)
- Steffen, O.(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. (in English)
- Steffen, O.(2005b) Habitat association of an Odonata community in a lower montane rainforest in Papua New Guinea. International Journal of Odonatology 8(2): 243-257. (in English)
- Stewart, D. A. B.(1993). Dragonfly assemblage composition relative to local environmental conditions of the southern rivers of the Kruger National Park. MSc thesis, Department of Zoology and Entomology, University of Natal, Pietermaritzburg. (in English)
- Steytler, N. S. and Samways, M. J.(1995). Biotope selection by adult male dragonflies (Odonata) at an artificial lake created for insect conservation in South Africa. Biol. Conserv., 72: 381~386. (in English)
- Ubukata, H. and Y. Kurauchi(2007) Assessment of lake environment using dragonfly assemblage: A case study at Lake Takkobu, Kushiro Marsh, northern Japan. Japanese Journal of Limnology 68: 131-144. (in English)
- Yoon, J. H., H. C. Park and C. E. Lee(1996) Morphological Taxonomy of Genus *Sympetrum* from Korea(Libellulidae : Odonata). J. Nat. Hist. Soc. Korea 2(1): 7-29. (in Korean with English abstract)
- Yum, J. H.(2000) Systematics of the Zygoptera(Odonata, Insecta) in Korea. Master thesis, Seoul Women's University, 81pp. (in Korean)