

주남습지에 서식하는 잠자리와 주변환경과의 관계^{1a}

김지석² · 이수동^{3*} · 김동필⁴

The Relationship between the Dragonfly Diversity and the Environmental Factors in the Juam Wetland^{1a}

Ji-Suk Kim², Soo-Dong Lee^{3*}, Dong-Pil Kim⁴

요 약

주남습지에 서식하는 잠자리와 서식 환경과의 관계를 알아보기 위하여 2015년 5월과 7월에 20개 조사구를 대상으로 잠자리 종과 개체수를 조사하였다. 환경요인으로는 정수식물 면적, 부유·부엽식물 면적, 수면 면적, 수생식물면적, 교목 피도, 주변 토지이용유형, 향을 조사하여 잠자리 종과 개체수, 다양성지수 등과의 관계 등을 분석하였다. 주남습지에서 확인된 잠자리는 총 6과 21종 757개체였다. 부유·부엽식물 면적과 수면면적은 잠자리군집 다양성에 영향을 주었으며 특히 부유·부엽식물 면적은 종수, 수면면적은 우점도에 정의 상관관계를 보였다. 수면면적은 종다양성지수, 균재도와 음의 상관관계를 보였다. 주변 토지이용유형 중 밭이나 과수원은 습지지역보다 평균 종수가 낮았으며, 향이나 교목의 피도는 잠자리 군집에 영향을 주지 않았다. 종별로 보면, 등검은실잠자리와 고추잠자리 등은 부유·부엽식물과 양의 상관관계를 보였다. 왕실잠자리와 산잠자리는 수면면적과 양의 상관관계였고, 아시아실잠자리와 연분홍실잠자리는 음의 상관관계를 보였다. 최근 주남습지는 연군락이 증가하여 식물종과 밀접한 관계를 가진 잠자리 종 구성에 큰 영향을 미칠 것으로 보인다.

주요어: 정수식물, 수면 면적, 토지이용유형

ABSTRACT

This study surveyed the species and population of dragonflies in 20 study sites in the Junam wetland in May and July 2015 to investigate the relationship between the dragonflies and the inhabited environment. We measured the environmental factors such as the area of emergent plants, the area of floating and floating-leaved plants, the area of water surface, the area of water plants, and the nearby land-use type and analyzed the relationship to the dragonfly species, population, and diversity index. We found 757 dragonflies belonging to 21 species of 6 families. The area of floating and floating-leaved plants and the area of water surface affected the species diversity. The area of floating and floating-leaved plants and the area of surface water, in particular, showed the positive correlation with the species richness and the dominance value, respectively. The area of

1 접수 2017년 11월 22일, 수정 (1차: 2017년 12월 22일, 2차: 2017년 12월 26일), 게재확정 2018년 1월 16일

Received 22 November 2017; Revised (1st: 22 December 2017, 2nd: 26 December 2017); Accepted 16 January 2018

2 부산대학교 생명산업융합연구원 Life and Industry Convergence Research Institute, Pusan National Univ., Miryang 627-706, Korea

3 경남과학기술대학교 조경학과 Dept. of Landscape Architecture, Gyeongnam National University of Science and Technology, 52725, Korea

4 부산대학교 조경학과 Dept. of Landscape Architecture Pusan National Univ., Miryang 627-706, Korea

a 이 논문은 2017년도 경남녹색환경지원센터의 연구사업비를 지원 받아 연구되었음(17-11-02-70-76).

* 교신저자 Corresponding author: ecoplan@gntech.ac.kr

water surface showed the negative correlations with Shannon's diversity index and evenness. Among the type of surrounding land-uses, the dry fields and orchards showed significantly lower average species richness than wetlands. Among the species, *Cercion calamorum* and *Crocothemis servilia* were positively correlated with floating and floating-leaved plants. *Cercion v-nigrum* and *Epophthalmia elegans* were positively correlated with the area of water surface, and *Ischnura asiatica* and *Ceriagrion nipponicum* were negatively correlated. The recent uncontrolled proliferation of lotus colony in the Junam wetland is likely to affect greatly the species composition of dragonflies which have a close relationship with plant species.

KEY WORDS : EMERGENT SPECIES, AREA OF WATER SURFACE, LAND-USE TYPE

서론

잠자리는 유충시기를 물 속에서 보내기에 습지지역에서 흔하게 볼 수 있는 생물종이다. 절지동물문-곤충강-잠자리목에 속하는 생물이며, 고차소비자로서 습지 생태계 유지에 매우 중요한 역할을 하고 있다. 종다양성지수는 종 수의 영향을 많이 받아서 분류군의 종이 다양하지 않다면 종다양성지수를 산출하는 것이 의미를 갖기 힘들게 된다. 잠자리 종류는 지구상에 약 4,877종류가 보고되었고(Allen *et al.*, 1984) 국내에도 101종류가 서식하여(Jung, 2017) 비교적 다양하기에 종다양성을 명확하게 드러낼 수 있으며 선호하는 서식환경도 뚜렷하게 차이가 난다(Cannings and Cannings, 1987; Samways *et al.*, 1996; Corbet, 1999). 이러한 잠자리의 특성은 습지 생태계의 환경을 평가하기 위한 지표로 적합하여(Wildermuth, 1994) 많은 연구가 진행되었다(Osborn and Samways, 1996; Kinvig and Samways, 2000; von Ellenrieder, 2000; Christofer, 2001; Kadoya *et al.*, 2004; Osborn, 2005). 잠자리 성충은 육안으로 관찰이 용이할 정도로 크고, 동정이 쉬우며(Clark and Samways, 1996) 포획에 의해서도 쉽게 종을 구분하거나 개체수를 파악할 수 있어 비교적 잠자리 관련 연구가 용이한 편이다.

우리나라 잠자리 관련 연구는 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), 보호대상종에 관한 연구(Kim *et al.*, 2010; Lee *et al.*, 2008; Kim *et al.*, 2006a)에 중점을 두고 진행되어 왔다. 최근에는 보호대상종인 꼬마잠자리 서식지의 식물상(Kim *et al.*, 2010)과 서식처 복원(Lee *et al.*, 2008)에 관한 연구, 서식처 유형에 따른 군집 특성(Kim *et al.*, 2013), 연못 조성연도와 연못크기에 따른 잠자리군집 특성(Kim *et al.*, 2014)과 같이 생태적 특성에 연구가 진행되기도 하였다.

잠자리 서식에 영향을 주는 요소는 그들의 정도, 유량, 연속성(Clark and Samways, 1996), 연못 조성년도(Kadoya

et al., 2004; Kim *et al.*, 2014), 연못 크기(Kadoya *et al.*, 2004; Kim *et al.*, 2014), 수생식물의 양이나 여울의 형태(Clark and Samways, 1996; Ubukata and Kurauchi, 2007), 해가 비치는 개방된 지역, 인공 도랑, 작은 시내(Steffen, 2005a) 등이 알려져 있으며 하천, 웅덩이, 그늘, 유속, 마르지 않는 물은 군집을 나누는 중요한 요인이었음을 밝혔다(Steffen, 2005b). Bulankova(1997)는 잠자리의 종 구성이 정수지역, 부영양화된 지역, 오랫동안 물이 고여 있는 지역, 대규모 면적 등 4개의 서식환경 유형에 따라 뚜렷하게 달라진다고 보고하였다. 또한 잠자리 종 구성은 하천 주변 토지 이용에 따라서도 차이를 보였다(Craig *et al.*, 2008). 주변 토지이용 형태가 산림, 주거지, 공원, 시가지 지역의 경우, 공원과 시가지는 동일한 군집으로 분류되었으며(Samways and Steytler, 1996), 경작지와 초지에 둘러싸인 지역에 서식하는 잠자리 군집의 종다양성, 균재도, 유사도는 차이는 보이지 않은 연구결과도 있다(Reece and Nancy, 2009). 즉, 잠자리 군집은 주변 환경 특성에 따라 종구성 차이를 보여 주고 있음을 알 수 있다. 또한 유사한 서식지 유형 내에서도 잠자리 종마다 차지하는 공간은 차이가 있기 때문에(Wildermuth 1994; Wildermuth and Knapp, 1996) 잠자리 종구성을 분석한다면, 보다 구체적인 서식지 특성을 파악할 수 있을 것이다.

잠자리의 주된 서식지는 저수지, 하천, 연못 등 수환경을 기반으로 형성된 곳이라 할 수 있다. 본 연구에서는 경상남도 지역에 위치한 저수지 중 주남습지(주남저수지, 산남저수지, 동판저수지 포함)를 대상으로 하였다. 주남습지는 야생조류의 겨울철 월동지로 잘 알려져 있으며, 최근에는 희귀 조류의 여름 산란지로서의 가치도 인정받고 있는 지역이다. 하지만, 습지지역임에도 불구하고 잠자리 서식에 대한 연구는 거의 없는 편이다.

이에 본 연구에서는 주남습지를 대상으로 잠자리 서식에 영향을 미치는 주변 환경 특성을 알아보려고 하였다.

연구방법

1. 연구대상지

연구대상지인 주남습지는 창원시 동읍에 위치하고 있으며, 겨울철 철새도래지로 잘 알려진 곳이다. 주남습지는 과거에 낙동강 물이 유입되어 형성된 늪지였으나 1920년대 농업용수 확보를 위하여 제방을 조성하여 현재와 같은 저수지로 변화한 곳이다. 창원시 동읍에 위치하고 있으며 주변에 금병산(271m), 정병산(566m), 구룡산(433m), 백월산(300m) 등 낮은 산과 농경지가 형성되어 있다. 주남저수지의 전체 면적은 약 898ha이고, 이 저수지를 중심으로 동판저수지(399ha), 산남저수지(96ha)가 남과 북으로 위치하고 있다. 또한 주남습지 주변 지역은 대규모의 감나무 과수원이 위치하고 있으며, 산림, 논, 밭 등의 토지이용 형태가 나타나고 있다. 주남저수지를 중심으로 토지이용유형을 조사한 결과(김동필 등, 2015)에 의하면 논이 28.5%로 가장 넓었으며, 과수원(감나무)이 12.6%, 산림 11.6%, 시설경작지 6.0%, 밭 4.3%의 순이었다.

2. 조사내용 및 방법

주남습지에 서식하는 잠자리와 서식 환경과의 관계를 알아보기 위하여 잠자리 출현현황, 잠자리 군집특성을 분석하였다. 서식 환경으로는 정수식물 면적, 부유·부엽식물 면적, 수생식물 면적, 수면 면적, 토지이용유형, 향을 조사하였다. 조사된 결과를 바탕으로 잠자리 군집과 서식 환경과의 관계, 잠자리 종간 상관관계, 잠자리 종과 주변 환경과의 관계를 분석하였다.

잠자리 출현현황은 표본조사법 중 방형구법(10m×5m)을 활용하였으며 표본 조사구는 주변 토지이용유형을 고려하여 20개 조사구를 선정하였다(Figure 1). 조사구는 수역과 육지지역을 각각 50% 포함하도록 조사구를 선정하였으며, 일부 논 옆에 위치한 수역(조사구 6, 8)은 논도 수역에 포함하였다. 잠자리 조사는 각 조사구에서 약 10분 동안 비행하거나 정지하고 있는 모든 잠자리목 성충에 대해 종명과 개체수를 기록하였다. 종은 육안으로 확인하였으며, 정확하게 구분이 되지 않는 종류는 망(지름 40cm)을 이용하여 채집하여 동정하였다. 종 동정은 정광수(2007)를 참고하였으며, 명명은 Jung(2007)를 따라서 작성하였다. 조사 시기는 2015년 5월 13일, 7월 29일 2회에 진행하였으며 날씨가 맑고 바람이 없는 날을 선택하여 조사를 실시하였다. 조사 시간은 잠자리의 활동이 활발한 오전 10시부터 4시 사이(Dave, 2010)였다.

잠자리 군집특성을 알아보기 위하여 종구성상태의 다양

한 정도를 나타내는 척도인 Shannon의 종다양성지수(Pielou, 1975)를 산출하였으며, 균제도(J'), 우점도(D)를 구하여 군집별 특성을 분석하였다. 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 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, pi 는 ni/N , N 은 한 조사지역내의 출현한 총 개체수, ni 는 한 조사지역내의 출현한 한 종의 개체수를 말하며, S 는 구성종수이다.

잠자리 서식 환경 중 정수식물과 부유·부엽식물 면적, 수면면적은 식물 생육이 왕성한 7월에 각 조사구와 동일한 곳에서 실시하였다. 수생식물면적은 정수식물 면적과 부유·부엽식물 면적을 합하여 산출하였다. 식물과 수면의 면적은 방형구별 식생도를 작성한 후 Auto CAD 2014를 활용

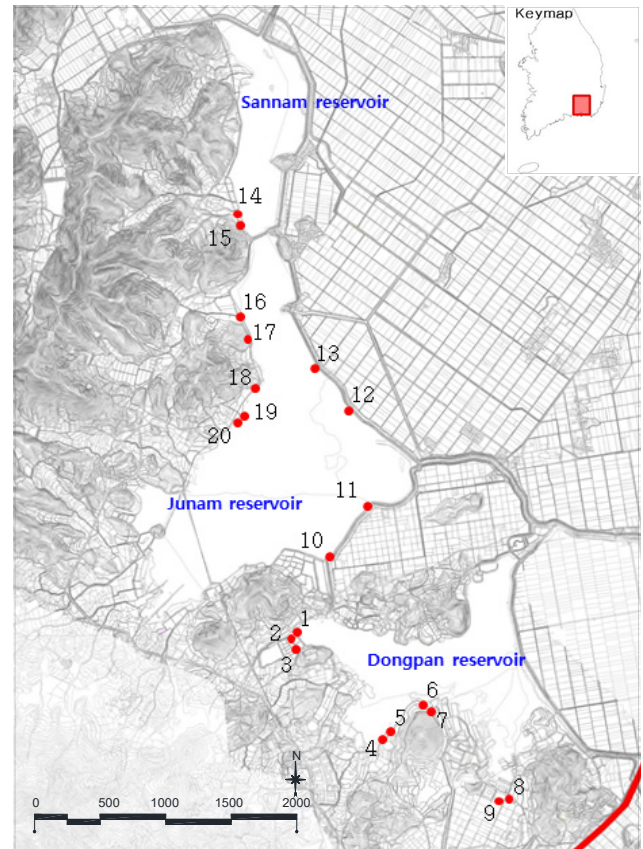


Fig 1. The location of survey plot

하여 구하였다. 토지이용 현황은 제방, 과수원·밭, 논, 습지로 하였다. 향은 동, 서, 남, 북, 남동 등 9개로 분류하여 분석하였다.

잠자리군집과 서식 환경과의 관계분석 시 환경변수가 서열척도일 경우에는 pearson의 상관관계 분석을 실시하였으며 명목척도일 경우에는 일원분산분석을 실시하였다. 상관관계 분석 시에는 산포도를 작성하여 시각적으로 쉽게 상관성을 판단하였다. 산포도 작성은 양이 많기에 상관관계 분석 후 상관계수값이 높은 경우만을 제시하였다. 산포도를 통하여 1회 관찰종 등 상관성을 판단하기 어려운 경우는 상관관계 분석에서 제외하였다. 통계분석은 SPSS 18.0 (IBM SPSS Software) 프로그램을 활용하였으며 유의수준은 0.05를 기준으로 하였다.

결과 및 고찰

1. 조사구별 환경 특성

정수식물은 각 조사구별로 0~60%로 다양한 분포를 보였으며 부유·부엽식물은 0~33%로 정수식물에 비하여 낮은 비율을 보였다(Table 1). 정수식물과 부유·부엽식물을 포함

한 수생식물은 10~80%로 다양하였으며 교목피복율은 교목이 없는 지역에서부터 전체가 왕버들과 같은 교목에 의해 덮여 있는 조사구도 있었다. 정수식물 주요 출현종으로는 갈대, 물억새, 줄, 애기부들, 나도겨풀 등이었으며 부유·부엽식물로는 생이가래, 자라풀, 마름, 좀개구리밥이 주요 출현종이었다. 잠자리 조사지 주변 토지이용 현황을 보면, 경작지(과수원, 밭) 6개소, 제방 4개소, 논 7개소, 저수지 내부 3개소였다.

2. 잠자리 출현현황

주남습지 잠자리 출현현황을 조사한 결과, 6과 21종류 757개체의 잠자리를 확인하였다(Table 2). 실잠자리과의 잠자리가 8종으로 가장 많았고, 잠자리과 7종, 청동잠자리과와 왕잠자리과가 각각 2종씩 출현하였다. 청실잠자리과와 방울실잠자리과는 각각 1종씩 출현하였다. 각 조사지점에서는 4~11종이 출현하였으며, 개체수는 13~89개체가 확인되었다.

Table 1. Environmental characteristic of study sites

Site	Area(%)			Area of Water surface(%)	Canopy cover (%)	Dominant species		Surround circumstance	Aspect
	Emergent plants	Floating·float-leaved plants	Total (Hydrophyte)			Emergent plants	Floating·float-leaved plants		
1	40	10	50	0	10	<i>Phragmites communis</i>	<i>Salvinia natans</i>	wetland	S-E
2	20	20	40	10	15	<i>Miscanthus sacchariflorus</i>	<i>Lemna perpusilla</i>	wetland	S
3	15	33	48	2	10	<i>Zizania latifolia</i>	<i>Hydrocharis dubia</i>	wetland	E-N
4	5	25	30	20	50	<i>Phragmites communis</i>	<i>Salvinia natans</i>	rice paddy	N-W
5	55	0	55	5	0	<i>Oryza sativa</i>	-	rice paddy	S
6	15	10	25	25	40	<i>Phragmites communis</i>	<i>Lemna perpusilla</i>	rice paddy	N
7	50	0	50	0	0	<i>Typha orientalis</i>	-	rice paddy	N-W
8	65	15	80	10	5	<i>Miscanthus sacchariflorus</i>	<i>Hydrilla verticillata</i>	rice paddy	N-E
9	60	20	80	10	0	<i>Typha angustifolia</i>	<i>Trapa japonica</i>	rice paddy	S-W
10	30	5	35	15	5	<i>Phragmites communis</i>	-	dike	N-W
11	40	5	45	5	15	<i>Phragmites communis</i>	-	dike	N-W
12	5	10	15	35	0	<i>Miscanthus sacchariflorus</i>	<i>Utricularia vulgaris</i> var. <i>japonica</i>	dike	S-W
13	0	20	20	30	0	-	<i>Hydrilla verticillata</i>	dike	S-W
14	45	3	48	2	10	<i>Leersia japonica</i>	-	dry field	E
15	48	0	48	2	0	<i>Leersia japonica</i>	-	dry field	E
16	30	0	30	20	0	<i>Zizania latifolia</i>	-	orchard(kaki)	E-N
17	40	5	45	5	10	<i>Zizania latifolia</i>	-	orchard(kaki)	E-N
18	0	10	10	40	50	-	<i>Spirodela polyrhiza</i>	orchard(kaki)	S-E
19	0	15	15	35	50	-	-	rice paddy	S
20	60	0	60	20	0	<i>Phragmites communis</i>	-	rice paddy	S-E

Table 2. The present condition of dragonflies, Junam wetland

Family	Scientific name	No. of site									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Coenagrionidae	<i>Paracercion calamorum</i> 등검은실잠자리	6	7	12	4		9			5	
	<i>P. hieroglyphicum</i> 등줄실잠자리								13		
	<i>P. v-nigrum</i> 왕실잠자리	5	2	17	7	5	8	8	1		7
	<i>P. melanotum</i> 작은등줄실잠자리		1								
	<i>Ischnura asiatica</i> 아시아실잠자리	6	3	4	3	1		1		2	3
	<i>I. senegalensis</i> 푸른아시아실잠자리	3			6		2		1	1	1
	<i>Ceriagrion melanurum</i> 노란실잠자리		2	1							1
	<i>C. nipponicum</i> 연분홍실잠자리	2	3	10					7	5	4
Lestidae	<i>Lestes japonicus</i> 좀청실잠자리			1							
Platycnemididae	<i>Platycnemis phyllopoda</i> 방울실잠자리						4	2			
Aeshnidae	<i>Anax parthenope</i> 왕잠자리			1	1				2	1	
	<i>Aeschnophlebia longistigma</i> 긴무늬왕잠자리										1
Corduliidae	<i>Epitheca marginata</i> 언저리잠자리	1	1						1	1	
	<i>Epophthalmia elegans</i> 산잠자리				1						
Libellulidae	<i>Orthetrum albistylum</i> 밀잠자리	1	2	2	4	1	2	3	1	1	2
	<i>Crocothemis servilia mariannae</i> 고추잠자리	1	4	3		1				3	1
	<i>Deielia phaon</i> 밀잠자리불이	1					2				3
	<i>Sympetrum baccha</i> 산깃동잠자리										
	<i>S. infuscatum</i> 깃동잠자리				1						
	<i>Rhyothemis fuliginosa</i> 나비잠자리		4	1					2	2	1
	<i>Pantala flavescens</i> 뽕장잠자리	1	1			2					
Total	No. of species	10	11	10	8	5	6	4	8	9	10
	No. of individuals	27	30	52	27	10	27	14	28	21	24

Family	Scientific name	No. of site										Total
		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Coenagrionidae	<i>Paracercion calamorum</i> 등검은실잠자리		1	1								45
	<i>P. hieroglyphicum</i> 등줄실잠자리						1	2	1	6		23
	<i>P. v-nigrum</i> 왕실잠자리	11	26	19	13	15	19	44	72	65	63	407
	<i>P. melanotum</i> 작은등줄실잠자리		1		1					8	10	21
	<i>Ischnura asiatica</i> 아시아실잠자리	2	1	2	5	1	1	2				37
	<i>I. senegalensis</i> 푸른아시아실잠자리	2		1	5	6	6	4	1	3		42
	<i>Ceriagrion melanurum</i> 노란실잠자리											4
	<i>C. nipponicum</i> 연분홍실잠자리	2			10	7						50
Lestidae	<i>Lestes japonicus</i> 좀청실잠자리											1
Platycnemididae	<i>Platycnemis phyllopoda</i> 방울실잠자리											6
Aeshnidae	<i>Anax parthenope</i> 왕잠자리		1								1	7
	<i>Aeschnophlebia longistigma</i> 긴무늬왕잠자리											1
Corduliidae	<i>Epitheca marginata</i> 언저리잠자리	1			1		1					7
	<i>Epophthalmia elegans</i> 산잠자리		3	2			1					7
Libellulidae	<i>Orthetrum albistylum</i> 밀잠자리	3	3	2	3	3	4	1	1	3	4	46
	<i>Crocothemis servilia mariannae</i> 고추잠자리		1		1	1				1		17
	<i>Deielia phaon</i> 밀잠자리불이		1				3	3		2	1	16
	<i>Sympetrum baccha</i> 산깃동잠자리									1		1
	<i>S. infuscatum</i> 깃동잠자리											1
	<i>Rhyothemis fuliginosa</i> 나비잠자리	1	1		1							13
	<i>Pantala flavescens</i> 뽕장잠자리	1										5
Total	No. of species	8	10	6	9	6	8	6	4	7	5	21
	No. of individuals	23	39	27	40	33	36	56	75	89	79	757

3. 잠자리 군집과 서식 환경과의 상관관계

주남습지에 서식하는 잠자리 종다양성과 수생식물의 관계를 알아보기 위하여, 수생식물을 정수식물과 부유·부엽식물, 교목 피복율로 구분한 후 상관관계를 분석하였다 (Table 3; Figure 2; 3; 4; 5). 교목 피복율, 정수식물, 수생식물은 잠자리군집의 종수, 종다양성지수, 균재도 등과 상관관계가 없는 것으로 나타났다. 반면에 부유·부엽식물은 잠자리 종수와 양의 상관관계($r=0.543$)를 보였고, 수면 면적은 잠자리 종다양성지수와 음의 상관관계($r=-0.487$)인 것으로 확인되었다. 균재도는 종다양성지수와 마찬가지로 음의 상관관계($r=-0.580$)를 보였고, 우점도는 양의 상관관계($r=0.580$)를 보였다.

잠자리 서식에 영향을 주는 요소로 수생식물의 양이나 여울의 형태(Clark and Samways, 1996; Ubukata and Kurauchi, 2007), 침수식물 피도나 부엽식물 피도, 부유식물 피도(Osborn and Samways, 1996) 등이 있는 것으로 알려져 있으며 본 연구에서는 부유 및 부엽식물 면적이 잠자

리 종수에 영향을 주고 있음을 확인할 수 있었다. 그들의 정도도 잠자리 서식에 영향을 주는 것으로 보고되었으나 (Clark and Samways, 1996; Hidenori and Yohei, 2007) 본 연구에서는 큰 차이를 발견하지 못하였다.

주남습지는 최근 수생식물종의 큰 변화가 발생하였다. 주남습지 중 주남저수지는 2007년 이후로 습지 내부에 연이 생육하기 시작한 것으로 추정되며 2009년도에는 전체의 1.4%였으나 2011년 7.4%, 2014년 18.0%, 2015년 30.6%로 크게 증가하고 있다(Kim *et. al.*, 2015). 산남저수지나 동판저수지도 2015년 현재 각각 13.6%와 0.7%의 연근락이 점유하고 있어 점차 확대될 것으로 예상된다. 이러한 주남습지의 수생식물 변화는 잠자리군집에도 적지 않은 영향을 미칠 것으로 판단된다.

주변 토지이용유형이나 향이 잠자리 종수나 개체수, 종다양성지수에 미치는 영향을 확인하기 위하여 분산분석을 실시하였다. 향은 잠자리 종수($F=0.269$, $df=5$, $p=0.923$), 개체수($F=1.661$, $df=5$, $p=0.209$), 종다양성지수($F=0.673$,

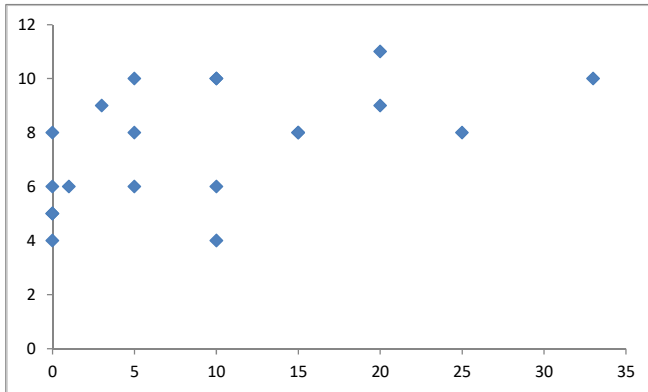


Fig 2. Simple scatter between Floating·float-leaved plants and No. of species

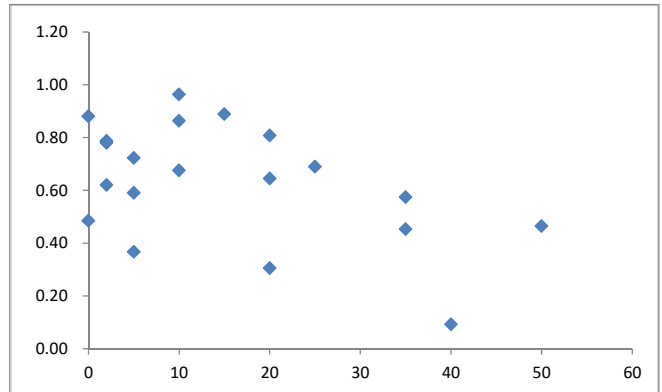


Fig 3. Simple scatter between area of water surface and Diversity index

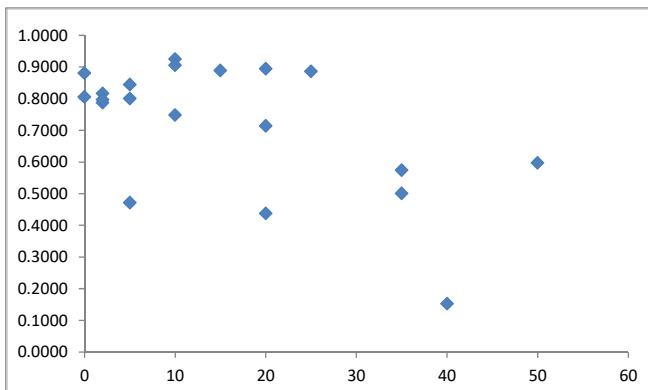


Fig 4. Simple scatter between area of water surface and Evenness

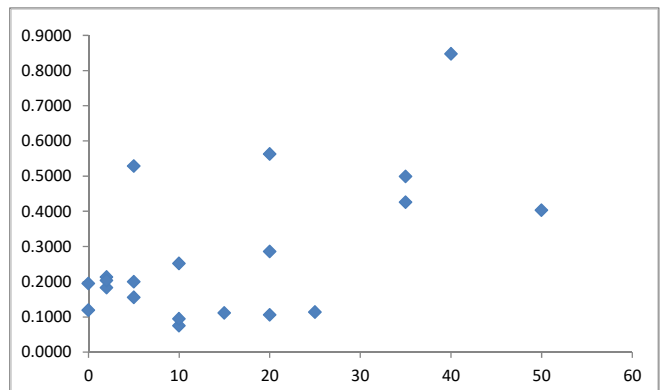


Fig 5. Simple scatter between area of water surface and Dominance

Table 3. The correlation between diversity index of dragonflies and environmental factors

Type		Emergent plants	Floating · float-leaved plants	Hydrophyte	Area of water surface	Canopy coverage ratio
No. of species	Pearson Correlation	-.138	.543*	.100	-.186	-.098
	Sig. (2-tailed)	.563	.013	.674	.432	.682
	N	20	20	20	20	20
No. of population	Pearson Correlation	-.325	.110	-.291	.397	.427
	Sig. (2-tailed)	.162	.643	.213	.083	.060
	N	20	20	20	20	20
Diversity index	Pearson Correlation	.155	.410	.349	-.487*	-.186
	Sig. (2-tailed)	.513	.072	.131	.029	.432
	N	20	20	20	20	20
Evenness	Pearson Correlation	.310	.207	.420	-.580**	-.258
	Sig. (2-tailed)	.184	.381	.065	.007	.271
	N	20	20	20	20	20
Dominance	Pearson Correlation	-.310	-.207	-.420	.580**	.258
	Sig. (2-tailed)	.184	.381	.065	.007	.271
	N	20	20	20	20	20

※ * : $p < 0.05$, ** : $p < 0.01$

$df=5$, $p=0.651$), 군제도와 우점도($F=1.497$, $df=5$, $p=0.253$)에 영향을 주지 않았으나 주변 토지이용유형은 잠자리 종수에 영향을 주고 있음을 확인하였다. 기술 통계 결과, 주변 토지이용유형이 과수원·밭, 논 지역의 200m²당 평균 출현 종수는 6.6종이었으며 제방은 8.5종, 습지지역은 10.3종이었고 전체 평균은 7.5종이었다. 본 분산분석은 모수 검정이고 네 그룹간 분산의 동질성을 확인하기 위하여 분산의 동질성 검정을 실시하였다(Table 4). 검정 결과 Levene 통계량과 유의확률(p 의 범위: 0.095~0.223)은 $p > 0.05$ 이어서 네 그룹의 분산 동질성을 확인하였다.

분산분석표를 보면(Table 5), 잠자리 종수는 집단(주변 토지이용유형) 간 차이가 있음($F=4.016$, $df=3$, $p<0.026$)을 확인할 수 있었으나, 개체수나 종다양성지수, 군제도, 우점도는 차이를 확인할 수 없었다. 사후분석 결과, 잠자리 종수는 주변 토지이용유형이 습지인 경우에 유의수준 $p<0.05$ 에서 논($p=0.033$)이나 밭·과수원($p=0.049$)과 통계적 유의성이 인정되었고(Table 6) 나머지 지역은 인정되지 않았다.

즉, 주변 토지이용유형이 습지지역이면 논이나 밭·과수원보다 잠자리 종풍부도가 높음을 확인하였고, 반면에 제방인 경우에는 큰 차이를 보이지 않았다. 이러한 결과는 잠자리 서식지 주변의 토지이용유형은 잠자리 서식에 영향을 주는데(Craig *et al.*, 2008; Samways and Steytler, 1996; Reece and Nancy, 2009) 본 연구에서는 주변 토지이용유형이 과수원·밭인 지역이 습지지역이 있는 것보다 평균 출현 종수가 적었다. 현재 주남저수지 인근의 주된 토지이용유형인 과수원(감나무)와 논이 습지지역보다 잠자리 서식에 일정 정도 부정적인 영향을 미치고 있는 것으로 추정할 수 있다.

4. 잠자리 종간 상관관계 및 선호 환경

조사결과 확인된 21종의 잠자리들간 상관관계를 분석한 결과, 통계적 유의성이 인정된($p<0.05$) 종은 10종이었다. (Table 7) 작은등줄실잠자리-왕실잠자리, 연분홍실잠자리-아시아실잠자리, 왕잠자리-등줄실잠자리, 고추잠자리-등검

Table 4. Test of Homogeneity of Variances

Type	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
No. of species	2.050	3	16	.147
No. of population	2.513	3	16	.095
Diversity index	1.624	3	16	.223
Evenness	2.108	3	16	.139
Dominance	2.108	3	16	.139

Table 5. Results of ANOVA

	Type	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
No. of species	Between Groups	38.208	3	12.736	4.016	.026
	Within Groups	50.742	16	3.171		
	Total	88.950	19			
No. of population	Between Groups	898.258	3	299.419	.597	.626
	Within Groups	8024.292	16	501.518		
	Total	8922.550	19			
Diversity index	Between Groups	.275	3	.092	2.210	.127
	Within Groups	.663	16	.041		
	Total	.938	19			
Evenness	Between Groups	.155	3	.052	1.312	.305
	Within Groups	.631	16	.039		
	Total	.786	19			
Dominance	Between Groups	.155	3	.052	1.312	.305
	Within Groups	.631	16	.039		
	Total	.786	19			

Table 6. Post-hoc multiple comparisons results for average number of dragonfly by land use type

(I) Land-use	(J) Land-use	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
rice paddy	dry field·orchard	.02500	1.01523	1.000	-2.8796	2.9296
	dike	-1.87500	1.09053	.346	-4.9950	1.2450
	wetland	-3.70833*	1.20563	.033	-7.1577	-.2590
dry field·orchard	rice paddy	-.02500	1.01523	1.000	-2.9296	2.8796
	dike	-1.90000	1.19462	.411	-5.3178	1.5178
	wetland	-3.73333*	1.30053	.049	-7.4542	-.0125
dike	rice paddy	1.87500	1.09053	.346	-1.2450	4.9950
	dry field·orchard	1.90000	1.19462	.411	-1.5178	5.3178
	wetland	-1.83333	1.36013	.548	-5.7247	2.0580
wetland	rice paddy	3.70833*	1.20563	.033	.2590	7.1577
	dry field·orchard	3.73333*	1.30053	.049	.0125	7.4542
	dike	1.83333	1.36013	.548	-2.0580	5.7247

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

은실잠자리, 고추잠자리-연분홍실잠자리, 나비잠자리-언저리잠자리, 나비잠자리-고추잠자리는 상관관계수값이 0.451~0.726의 범위에 있었다. 양의 상관관계를 보이는 종은 서식지를 공유할 가능성이 높았다. 상관관계수 값은 비교적 낮지만 서식지를 공유하지 않거나 경쟁관계를 형성할 가능성이 높은 종으로는 아시아실잠자리-왕실잠자리($r=-0.438$), 언저리잠자리-왕실잠자리($r=-0.440$), 나비잠자리-왕실잠자리($r=-0.408$)가 있었다.

주변환경요인과 잠자리 종간 상관관계를 분석한 결과, 등검은실잠자리, 왕실잠자리 등 11종의 잠자리에서 주변환경

과의 통계적 유의성이 인정되었다(Table 8). 정수식물과 부의 상관관계를 보인 종은 산잠자리($r=-0.477$, $p=0.033$)로 산란 시 식물을 직접 이용하지 않는 타수산란(물 위를 때리면서 산란)특성(Jung, 2007)이과 관련이 있을 것으로 판단된다. 부유·부엽식물과 정의 상관관계를 보인 종은 등검은실잠자리($r=0.726$, $p=0.000$), 왕잠자리($r=0.499$, $p=0.025$), 고추잠자리($r=0.580$, $p=0.007$), 나비잠자리($r=-0.453$, $p=0.045$) 4종이었다. 좀청실잠자리의 경우, 산포도 분석결과 1개 조사구에서만 출현하여 제외하였다. 부유·부엽식물과 정의 상관관계를 보인 종들은 식물체를 직접 이용하여 산란

Table 7. The correlation between species of dragonflies appearing, Junam wetland

Scientific name		<i>Pa.cal</i>	<i>Pa.hi</i>	<i>Pa.v-ni</i>	<i>Pa.mel</i>	<i>Isch.asi</i>	<i>Cer.ni</i>	<i>An.par</i>	<i>Epi.mar</i>	<i>Cro.ser</i>
<i>Paracercion hieroglyphicum</i> 등줄실잠자리	Pearson Correlation	-.240								
	Sig. (2-tailed)	.308								
	N	20								
<i>P. v-nigrum</i> 왕실잠자리	Pearson Correlation	-.338	.086							
	Sig. (2-tailed)	.145	.718							
	N	20	20							
<i>P. melanotum</i> 작은등줄실잠자리	Pearson Correlation	-.205	.146	.650**						
	Sig. (2-tailed)	.385	.540	.002						
	N	20	20	20						
<i>Ischnura asiatica</i> 아시아실잠자리	Pearson Correlation	.392	-.368	-.438	-.330					
	Sig. (2-tailed)	.088	.111	.054	.156					
	N	20	20	20	20					
<i>Ceriagrion nipponicum</i> 연분홍실잠자리	Pearson Correlation	.272	.162	-.364	-.216	.451*				
	Sig. (2-tailed)	.247	.494	.115	.361	.046				
	N	20	20	20	20	20				
<i>Anax parthenope</i> 왕잠자리	Pearson Correlation	.154	.516*	-.110	.118	-.153	.296			
	Sig. (2-tailed)	.517	.020	.644	.619	.519	.206			
	N	20	20	20	20	20	20			
<i>Epithea marginata</i> 언저리잠자리	Pearson Correlation	.066	.205	-.440	-.208	.377	.355	.101		
	Sig. (2-tailed)	.781	.385	.052	.378	.101	.125	.673		
	N	20	20	20	20	20	20	20		
<i>Crocothemis servilia mariannae</i> 고추잠자리	Pearson Correlation	.584**	-.194	-.300	-.062	.401	.479*	.080	.277	
	Sig. (2-tailed)	.007	.414	.198	.795	.079	.033	.739	.236	
	N	20	20	20	20	20	20	20	20	
<i>Rhyothemis fuliginosa</i> 나비잠자리	Pearson Correlation	.302	.179	-.408	-.140	.204	.428	.297	.564**	.726**
	Sig. (2-tailed)	.195	.449	.074	.556	.389	.060	.203	.010	.000
	N	20	20	20	20	20	20	20	20	20

※ *Pa.cal*: *Paracercion calamorum*, *Pa.hi*: *P. hieroglyphicum*, *Pa.v-ni*: *P. v-nigrum*, *Pa.mel*: *P. melanotum*, *Isch.asi*: *Ischnura asiatica*, *Cer.ni*: *Ceriagrion nipponicum*, *An.par*: *Anax parthenope*, *Epi.mar*: *Epithea marginata*, *Cro.ser*: *Crocothemis servilia mariannae*, *Rhy.fuli*: *Rhyothemis fuliginosa*

※ * : $p < 0.05$, ** : $p < 0.01$

하는 종들이 대부분이었다. 등검은실잠자리, 왕잠자리는 식물체에 산란(Jung, 2007)하며, 고추잠자리와 나비잠자리는 식물이 있는 곳에서 타수산란을 하는 습성과 연관성이 있을 것으로 판단된다.

수면면적과 정의 상관관계를 보인 종은 왕실잠자리, 아시아실잠자리, 산잠자리였으며 연분홍실잠자리는 부의 상관관계를 보였다. 산잠자리는 넓은 수면이 있는 지역에서 점유행동을 하는 특성이 있으며, 연분홍실잠자리는 수면이 잘 드러나지 않는 습초지에 서식하는 특성에 기인(Mizuta, 1988)하는 것으로 보인다.

주남습지에서 연군락의 증가는 잠자리 종 구성에서 영향을 미칠 것으로 보인다. 정수식물인 연군락의 증가는 부유·

부엽식물의 감소로 이어져 부유·부엽식물지역을 선호하는 등검은실잠자리, 좀청실잠자리, 고추잠자리, 연분홍실잠자리, 왕잠자리 등에게 부정적인 영향을 줄 것으로 판단된다. 반면에 정수식물 면적이 넓은 지역을 선호하는 푸른아시아실잠자리나 된장잠자리 등에게는 긍정적인 영향을 줄 것으로 보인다. 하지만, 연군락은 외래종 식물군락으로 기존 자생 식물군락(자라풀, 마름, 어리연꽃 등)의 면적을 크게 감소시키고 있으며, 연군락이 대규모 면적으로 주남습지를 점유행하게 되면 전체적인 잠자리 종다양성은 감소할 가능성도 있기에 지속적인 관리와 모니터링이 요구된다.

Table 8. The correlation between dragonflies and waterside environments

Species name		Emergent plants	Floating·float-leaved plants	Area of water surface
<i>Paracercion calamorum</i> 등검은실잠자리	Pearson Correlation	-.258	.726**	-.176
	Sig. (2-tailed)	.273	.000	.458
	N	20	20	20
<i>Paracercion v-nigrum</i> 왕실잠자리	Pearson Correlation	-.358	-.139	.506*
	Sig. (2-tailed)	.121	.560	.023
	N	20	20	20
<i>Ischnura asiatica</i> 아시아실잠자리	Pearson Correlation	.256	.266	.471*
	Sig. (2-tailed)	.275	.257	.036
	N	20	20	20
<i>Ceriagrion nipponicum</i> 연분홍실잠자리	Pearson Correlation	.274	.333	-.536*
	Sig. (2-tailed)	.243	.151	.015
	N	20	20	20
<i>Lestes japonicus</i> 좁청실잠자리	Pearson Correlation	-.138	.587**	-.223
	Sig. (2-tailed)	.561	.007	.344
	N	20	20	20
<i>Anax parthenope</i> 왕잠자리	Pearson Correlation	-.262	.499*	-.022
	Sig. (2-tailed)	.264	.025	.926
	N	20	20	20
<i>Epophthalmia elegans</i> 산잠자리	Pearson Correlation	-.477*	-.069	.598**
	Sig. (2-tailed)	.033	.773	.005
	N	20	20	20
<i>Crocothemis servilia mariannae</i> 고추잠자리	Pearson Correlation	-.067	.580**	-.302
	Sig. (2-tailed)	.780	.007	.196
	N	20	20	20
<i>Rhyothemis fuliginosa</i> 나비잠자리	Pearson Correlation	-.056	.453*	-.231
	Sig. (2-tailed)	.814	.045	.327
	N	20	20	20

※ * : $p<0.05$, ** : $p<0.01$

REFERENCES

- Bulankova, E.(1997) Dragonflies(Odonata) as bioindicators of environment quality. *Biologia* 52: 177-180.
- Cannings, R.A. and S.G. Cannings(1987) The Odonata of some saline lakes in British Columbia, Canada: ecological distribution and zoogeography. *Advance in Odonatology* 3: 7-21.
- Christofer B.Jr.(2001) Constructed wetlands: high-quality habitats for Odonata in cultivated landscapes. *International Journal of Odonatology* 4: 1-15.
- 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.
- Corbet, P.S.(1999) Dragonflies: Behavior and Ecology of Odonata. Cornell University Press, New York. 802pp.
- 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.
- Dave S., B. Tim and the BDS Dragonfly Conservation Group (2010) Dragonfly monitoring scheme 2009 Pilot. version 2.0. British Dragonfly Society.
- Hidenori Ubukata and Yohei 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.
- Jung, K.S.(2017) A distributional study and pictorial key of the Odonata (Insecta) from Korea. Ph.D. thesis, Andong National University. 187pp. (in Korean with English abstract)
- 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.
- 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., W.H. Park, H.C. Park and C.E. Lee(1985) A Phylogenetic Study on Some Korean damselflies(Zygoptera, Odonata). *Nature and Life* 15(1): 23-28. (in Korean with English abstract)
- Kim, D.P., J.S. Kim, S.D. Lee, H.K. Moon and M.J. Kim(2015) Comprehensive management plan of Junam reservoir where life is breathing. Gyeongnam Green Environment Center, 213pp. (in Korean)
- Kim, J.S., J.H. Pi, T.J. Jung and K.J. Lee(2014) The Characteristics of Odonata Community According to Age of Pond and Size of Pond. *Kor. J. Env. Eco.* 28(3): 293-301. (in Korean with English abstract)
- Kim, J.S., J.I. Kwak and T.H. Noh(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)
- 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., 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)
- Kinivig, R.G. and M.J. Samways(2000) Conserving dragonflies (Odonata) along streams running through commercial forestry. *Odonatologica* 29: 195-208.
- 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* Mewman(Odonata, Libellulidae) from Korea. *Korean Arachnol.* 1(1): 1-2. (in Korean with English abstract)
- Mizuta, K.(1988) Adult ecology of *Ceriagrion melanurum* Selys and *C. nipponicum* Asahina (Zygoptera: Coenagrionidae). 2. Movements and Distribution. *Odonatologica* 17(4): 357-364.
- 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)
- Osborn, R. and M.J. Samways(1996) Determinants of adult dragonfly assemblage patterns at new ponds in South Africa. *Odonatologica* 25: 49-58.
- Osborn, R. and M.J. Samways(1996) Determinants of adults dragonfly assemblage patterns at new ponds in South Africa. *Odonatologica* 25: 49-58.
- Osborn, R.(2005) Odonata as indicators of habitat quality at lakes in Louisiana, United States. *Odonatologica* 34: 259-270.
- Pielou, E. C.(1975) *Mathematical ecology*. John Wiley and Sons, N.Y., 385pp.
- Reece, B.A. and E.M. Nancy(2009) Community assemblage patterns of odonates inhabiting a wetland complex influenced by anthropogenic disturbance. *Insect Conservation and Diversity* 2: 73-80.
- 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.
- Samways, M.J., P.M. Caldwell and R. Osborn(1996) Spatial patterns of dragonflies (Odonata) as indicators for design of a conservation pond. *Odonatologica* 25: 157-166.
- 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.
- 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.
- 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.
- von Ellenrieder, N.(2000) Species composition and temporal variation of odonate assemblages in the subtropical-pampasic ecotone, Buenos Aires, Argentina. *Odonatologica* 29: 17-30.
- Wildermuth, H. and Knapp, E.(1996) Räumliche Trennung dreier Anisopteranarten an einem subalpinen Moorweiher. *Libellula* 15: 57-73.
- Wildermuth, H.(1994) Habitatselektion bei Libellen. *Advances in Odonatology* 6: 223-257.
- 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. Thesis for the Degree of Master, the Graduate School of the Seoul Women's University, 81pp. (in Korean with English abstract)