

## 6년 동안의 야생조류 변화와 기온과의 관계연구<sup>1</sup>

- 월드컵공원을 대상으로 -

김지석<sup>2\*</sup> · 한봉호<sup>3</sup> · 박정인<sup>4</sup>

### Relationship between the Distribution of Wildbirds and Temperature for Six Years<sup>1</sup>

- A Case Study of Worldcup Park in Seoul, Korea -

Ji-Seok Kim<sup>2\*</sup>, Bong-Ho Han<sup>3</sup>, Jeong-In Kwak<sup>4</sup>

#### 요약

도시의 기온 변화에 따른 야생조류 종의 변화를 파악하기 위하여 월드컵공원을 대상으로 2003년부터 2008년까지 22회에 걸쳐 계절별 야생조류 출현현황을 조사하였으며 서울시 기온과의 관계를 분석하였다. 6년 동안 월드컵공원에서 출현한 야생조류는 총 15목 38과 102종이었다. 6년간 시간의 흐름과 통계적으로 유의미한 관계를 보인 야생조류는 직박구리였으며 점점 증가한 것으로 나타났다. 서울시의 계절별 평균기온과 야생조류 종과의 관계를 알아보기 위하여 출현종 중 30% 이상의 출현빈도를 보인 31종을 대상으로 회귀분석을 실시하였다. 회귀분석결과 31종 중 7종이 유의한 상관관계를 보였다. 까치, 쇠박새, 흰뺨검둥오리, 청둥오리, 말뚝가리 5종은 유의한 음의 상관관계를 보여 지구온난화에 따른 기온 상승이 지속된다면 개체수가 감소하거나 서식지 이동 가능성이 있는 것으로 판단되었다. 반면에 황조롱이와 피꼬리 2종은 유의한 양의 상관관계를 보여 기온 상승에 따른 개체수 증가로 서식지 확대 가능성이 있었다. 이러한 결과로 향후 지구온난화에 따른 온도 상승이 야생조류 종 구성 변화에 영향을 미칠 것으로 판단할 수 있었으며, 기온과 상관관계가 있는 7종의 야생조류는 기온 상승에 따른 서식지 변화 가능성이 높아 기후 변화에 따른 지표종이 될 가능성이 있었다.

주요어: 지구온난화, 기후 변화, 상관관계, 지표종

#### ABSTRACT

To see the influence of bird species by the change of temperature in city, we have carried out bird census 22 times for 6 years from 2003 to 2008 in Worldcup Park, Seoul. And we analysed the correlation between the temperature of Seoul and wildbirds. 15 orders, 38 families and 102 species were confirmed to have existed. We could find that *Hypsipetes amaurotis* gradually turned out to have increased with statistical significance for 6 years. To analyze the relationship between the temperature of Seoul and wildbirds, we have chosen 31 bird

1 접수 2009년 9월 9일, 수정(1차: 2010년 4월 14일, 2차: 2010년 4월 23일), 게재확정 2010년 4월 24일

Received 9 September 2009; Revised(1st: 14 April 2010, 2nd: 23 April 2010); Accepted 24 April 2010

2 (주)기술사사무소 LET 부설 에코플랜연구센터 Ecoplan Research Center, 124-22, Bang-I-2-dong, Songpa-gu, Seoul(138-830), Korea(gstone1@hanmail.net)

3 서울시립대학교 도시과학대학 조경학과 Dept. of Landscape Architecture, College of Urban Sciences, Univ. of Seoul(130-743), Korea(hanho87@uos.ac.kr)

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

\* 교신저자 Corresponding author(gstone1@hanmail.net)

species observed more than 30% in frequency and proceeded the regression analysis. The survey shows that with the temperature rise the number of the resident birds such as *Pica pica*, *Parus palustris*, *Anas platyrhynchos* and *Anas poecilorhyncha* and the migratory birds such as *Buteo buteo* has declined. These 5 species have a possibility to be decreased as a global climate warming and maybe move to another habitat. In contrast, *Oriolus chinensis* and *Falco tinnunculus* are characterized into the species that increased due to the rising temperature. So they have a possibility to increase and expand their habitat. This survey shows that temperature rise can cause to change the composition of bird species. And 7 bird species related with the change of temperature have a great possibility as a indicator of the climate change.

**KEY WORDS: GLOBAL WARMING, CLIMATE CHANGE, CORELATION, INDICATOR**

## 서론

지구상의 많은 환경변화는 인간에 의해 발생하는 경우가 많고, 시간이 흐를수록 동물이나 식물군집에 미치는 영향이 커지고 있다(Soule, 1990; Sekercioglu *et al.*, 2004). 식물 분포와 동물 서식에 큰 영향을 요인으로 서식지 파괴와 외래종의 생물학적 침입을 들 수 있으며 최근에는 지구 기후 변화도 큰 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(Parmesan, 1996; Forchhammer *et al.*, 1998; Lemoine and Böhning-Gaese, 2003). 기후 변화는 종 풍부도 및 동식물의 서식지 크기와 위치, 번식 성공, 생물의 계절적 변화에 영향을 준다(Penuelas and Filella, 2001; Walther *et al.*, 2002; Root *et al.*, 2003). 또한 기후 변화는 토지이용, 식생과 함께 생물 다양성 변화원인으로 알려져 있으며(Sala *et al.*, 2000; Donald *et al.*, 2001; Walther *et al.*, 2002), 산림의 파편화, 서식지 파괴, 외래종 침입과 함께 생물 군집에 영향을 미치는 중요한 요소이다(Nicole, 2005). 기후 변화에 따른 생물 군집 변화에 대한 연구는 다양한 분야에서 진행되고 있으며, 특히 야생조류는 기후변화와 같은 환경변화의 지표로 활용되고 있다.

야생조류 군집과 주변 환경과의 연구에서 야생조류는 토지이용 변화, 산림관리, 다른 분류군의 변화에 대한 지표로서 이용되었다(Gregory *et al.*, 2004; Schulze *et al.*, 2004; Tankersley, 2004; Müller *et al.*, 2005). 야생조류와 환경과의 관계에서 많은 연구가 진행된 것은 야생조류가 이동성이 매우 강하고 물질대사가 활발하여 환경변화에 즉각 반응할 수 있는 특징을 가지고 있기 때문이다. 즉, 야생조류는 식생 구조, 토지이용, 기후 변화(Gaston *et al.*, 2003; Watkinson *et al.*, 2004), 침입하는 종(Blackburn and Duncan, 2001; Duncan *et al.*, 2003) 등의 변화에 큰 영향을 받는다. 이러한 이유로 야생조류는 환경변화에 대한 지표종으로 아주 적당하다(Juutinen and Mönkkönen, 2004; Schulze *et al.*, 2004;

Tankersley, 2004; Venier and Pearce, 2004)고 할 수 있으며 최근 환경변화에 있어 가장 큰 이슈가 되고 있는 기후 변화와 야생조류 관계 연구는 활발히 진행되고 있다.

하지만, 국내에서는 야생조류와 기후변화에 대한 연구가 거의 없는 실정이다. 해외 사례에서 볼 수 있듯이 우리나라에 서식하는 야생조류도 기후 변화에 따른 영향을 예상할 수 있지만 구체적인 연구가 진행되지 않고 있다. 인구 1,000만 명 정도가 살아가고 있는 거대도시 서울도 기후 변화에 따른 온난화 현상에서 예외일 수는 없으며 실제 평균기온이 상승한 것으로 나타나고 있다. 이러한 기후 변화는 주변 환경에 민감하게 반응하는 야생조류 서식에 영향을 미치고 있을 것이다. 이에 본 연구에서는 서울의 외곽에 위치한 대규모 공원인 월드컵공원을 대상으로 2003년부터 2008년까지 출현한 야생조류를 대상으로 기온 변화에 따른 특성을 분석하여 기후 변화에 따른 야생조류의 변화에 대한 기초자료를 제공하고자 하였다.

## 연구내용 및 방법

### 1. 연구내용

#### 1) 연구대상지

월드컵공원은 1978년 이전까지는 한강에 위치한 작은 섬(난지도)이었으나 1978년부터 쓰레기 매립이 시작된 곳이다. 이후 1993년까지 15년 동안 쓰레기 매립이 진행되었으며 2002년 월드컵공원으로 시민들에게 개방되어진 공간이다(Seoul City, 2003). 면적은 3,471,090m<sup>2</sup>이다. 월드컵공원은 하늘공원, 노을공원, 난지천공원, 평화의공원으로 나누어져 있으며 매년 많은 탐방객이 찾는 공간이다. 하늘공원 사면과 노을공원 사면은 사람의 통행을 제한하는 곳으로 목본식생지역은 아까시나무(*Robinia pseudoacacia*)가 우점하는 군락을 형성하고 있으며 일부 지역은 능수버들

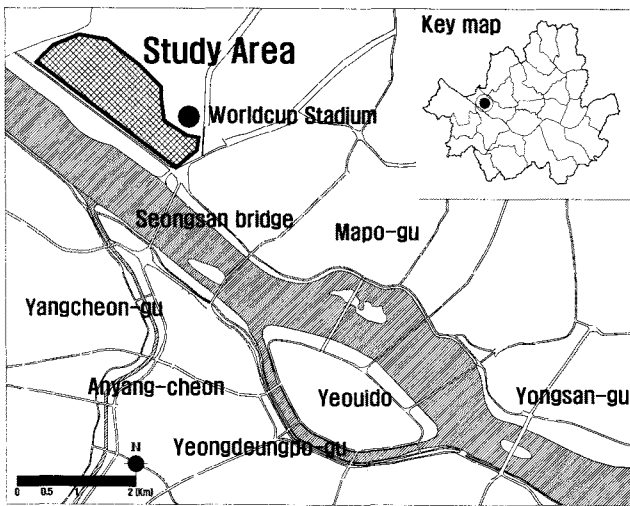


Figure 1. The location of survey site

(*Salix pseudolasiogyne*)이 출현하고 있다. 초본식생지역은 환삼덩굴(*Humulus japonicus*), 가시박(*Sicyos angulatus*) 등 덩굴식물이 우점하고 있다(Kim, 2008).

월드컵공원은 2002년 개원한 이후로 사면지역은 사람의 통행을 제한하고 있으며, 하늘공원과 노을공원, 난지천공원, 평화의 공원은 동일한 방식으로 관리를 지속하고 있다. 하늘공원의 경우 억새가 넓은 면적을 차지하고 있고 매년 정기적으로 베어내고 있으며 노을공원은 조사기간인 2003년부터 2008년까지 골프장으로 조성되어 관리되었다. 난지천공원은 수면확보를 위해 부정기적으로 하천변 깎배기를 제거하고 있으며, 평화의 공원내 연못은 수변의 주요 식생인 부들을 매년 베어내고 있다. 월드컵공원 관리에 따른 국지적인 환경변화는 야생조류 서식에 일정한 영향을 미칠 것으로 판단되나 본 연구에서는 기온변화에 초점을 맞추어 연구를 진행하였다.

## 2) 연구내용

2003년부터 2008년까지 6년 동안 월드컵공원내 출현하는 야생조류 현황을 조사하였으며, 종 구성 특성을 분석하였다. 서울시 온도에 따른 야생조류의 특성을 분석하기 위하여 6년 동안의 서울시 계절별 평균기온을 산출하였으며, 서울시 계절별 평균기온과 야생조류 종과의 관계를 분석하였다.

## 2. 연구방법

### 1) 기온

기온과 야생조류 종과의 관계를 분석하기 위하여 서울시의 기온 자료를 활용하였다. 서울시 기온은 기상청에서 제

공한 일별 자료를 사용하였으며 야생조류의 조사시기에 맞추어 계절별 평균을 내어 활용하였다.

### 2) 야생조류 현황 조사

야생조류 현황 조사는 2003년 3월부터 2009년 1월까지 계절별로 1회씩 총 22회 실시하였다. 조사시간은 하절기는 7시부터 10시, 동절기는 8시부터 10시 30분까지 실시하였다. 대상지의 야생조류 서식현황을 분석하기 위해 Line transect 방법(Bibby *et al.*, 1997)에 의하여 계절별로 정해진 조사경로를 걸어가며 좌우 25m에 나타나는 야생조류를 육안 및 쌍안경을 이용하여 관찰하고 울음소리, 나는 모양 등으로 종과 개체수를 파악하였다. 대상지역을 통과하여 날아가는 조류는 조사대상에서 제외하였다.

### 3) 연도별 야생조류 출현 특성 분석

#### (1) 상대우점치(I.V.) 분석

각 조사구별 각 종의 종합적 중요성을 알아보기 위하여 상대밀도와 상대빈도를 고려한 상대우점치(I.P.)를 구하였고(Curtis & McIntosh, 1951), 연도별 상대우점치를 분석하였다. 연도별 상대우점치에 활용한 개체수는 조류 생태특성상 4계절의 최대값으로 하였다.

$$I.P. = \frac{\text{상대밀도} + \text{상대빈도}}{2} \times 100$$

#### (2) 종다양도지수

종다양도지수는 종풍부도와 종균등도를 하나의 수치로 나타낸 것이다. Shannon의 종다양도(H')는 Shannon and Weaver(1949)가 제시한 것으로 군집 연구에 가장 많이 이용되고 있으며 희소종의 중요성을 인정해주는 지수이다. 이외에도 최대종다양도(H'max), 균제도(J'), 우점도(D)를 구하여 종 구성의 특성을 분석하였다. 연도별 종다양도지수 산출에 활용한 개체수는 조류 생태특성상 4계절의 최대값으로 하였다.

· Shannon의 종다양도지수는

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

$$H'max = \log S$$

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

$$D = 1/J'$$

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

### 3) 6년간 증가한 조류 분석

2002년도에 조성 완료된 월드컵공원에 적응하여 서식하거나 적응하지 못한 조류를 분석하기 위하여 2003년부터

6년간 시간의 흐름에 따라 증가하거나 감소한 조류를 분석하였다. 연도별 출현 개체수는 최대값을 사용하였다. 분석은 6년 동안 지속적으로 출현한 28종을 대상으로 SPSS 13.0 Program을 이용하여 상관관계 분석을 실시하였다.

4) 기온 변화와의 관계

기온 변화에 따른 야생조류 종별 증감을 분석하기 위하여 서울시 계절별 평균기온과 야생조류 출현 종과의 관계를 분석하였다. 대상지에 출현한 야생조류 중 출현빈도가 낮은 야생조류는 통계적 의미를 찾기 어렵기 때문에 30%이상의 출현빈도를 보이는 것을 대상으로 분석을 실시하였다. 야생조류와 기온과의 상관관계는 SPSS 13.0 Program을 활용하여 회귀분석을 실시하였다.

결과 및 고찰

1. 서울의 계절별 온도변화

2003년부터 2008년까지 서울시의 계절별 평균기온은 봄철 11.7℃~13.1℃, 여름철 23.1℃~24.7℃, 가을철 14.4℃~15.8℃, 겨울철 -1.3℃~1.9℃의 범위를 보였다. 기온변화를 분석한 결과 봄철은 기온이 약간 떨어졌으며 가을철

은 거의 비슷한 기온을 보인 반면에 여름철과 겨울철은 조금씩 증가하는 경향을 보였다(Table 1).

2. 야생조류 출현현황

2003년부터 2008년까지 22회의 조사결과 총 15목 38과 102종 25,518개체가 확인되었다. 종수는 조사시기별로 21~35종의 분포를 보였으며 개체수는 660~2,527개체까지 큰 편차를 보였다(Table 2). 시간 변화에 따른 22회의 조사는 각각 조사구로 변환하여 야생조류 특성을 분석하는데 용이하도록 하였다.

3. 연도별 특성 분석

1) 상대우점치(I.V.) 분석

연도별 상대우점치(Importance value)는 2007년을 제외하고 2003년부터 2008년까지 붉은머리오목눈이(*Aegithalos caudatus*)가 상대우점치 13.80%~21.57%의 범위로 우점하였다(Table 3). 2007년도에 되새(*Fringilla montifringilla*)의 상대우점치가 가장 높은 것을 제외하고는 붉은머리오목눈이가 높은 우점치를 보여 연도별 우점종의 변화는 크게

Table 1. The change of seasonal average temperature in Seoul(2003~2008)

Year	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Spring	13.1	12.3	11.7	11.7	11.9	13.0
Summer	23.1	24.7	24.4	24.0	24.6	24.0
Fall	14.8	15.3	15.0	15.8	14.4	15.2
Winter	0.5	-0.8	-1.3	1.9	-0.4	0.7

Table 2. The number of species and individuals of wildbirds for six years

Year	Season	Site No.	No. of species	No. of indi.	Year	Season	Site No.	No. of species	No. of indi.
2003	Spring	1	25	660	2006	Summer	12	32	856
	Summer	2	25	1,006		Fall	13	31	1,183
	Winter	3	30	1,334		Winter	14	35	1,351
2004	Spring	4	33	837	2007	Spring	15	30	807
	Summer	5	29	1,117		Summer	16	29	651
	Fall	6	27	688		Fall	17	32	1,880
	Winter	7	34	2,527		Winter	18	25	1,758
2005	Spring	8	21	814	2008	Spring	19	24	940
	Summer	9	24	717		Summer	20	28	701
	Fall	10	28	1,512		Fall	21	26	1,582
	Winter	11	27	1,118		Winter	22	35	1,479
Total					15 orders 38 families 102 species 25,518 individuals				

Table 3. Index of species diversity for six years

Scientific name	Year	2003	2004	2005	2006	2007	2008
<i>Paradoxornis webbiana</i>		<b>15.27</b>	<b>14.49</b>	<b>13.80</b>	<b>17.92</b>	9.31	<b>21.57</b>
<i>Passer montanus</i>		10.32	6.80	11.28	3.98	7.06	2.81
<i>Pica pica</i>		5.00	4.67	6.06	5.35	3.42	4.12
<i>Emberiza elegans</i>		4.55	5.49	4.15	5.12	6.99	3.57
<i>Fringilla montifringilla</i>		4.15	1.81	0.00	1.87	<b>11.00</b>	4.33
<i>Columba livia</i>		4.01	3.46	3.46	4.16	2.02	2.86
<i>Phasianus colchicus</i>		2.13	2.67	3.84	2.82	2.50	2.27
<i>Parus major</i>		3.03	2.28	3.12	3.20	5.31	2.59
<i>Hypsipetes amaurotis</i>		1.71	1.97	2.52	2.70	2.57	4.05
<i>Streptopelia orientalis</i>		2.94	3.08	2.85	2.59	3.54	4.24

나타나지 않았다.

## 2) 종다양도

연도별 종다양도지수를 분석한 결과 종다양도지수는 시간이 흐름에 따라 종다양도지수는 감소하는 경향을 보였다.

2003년도와 2005년도에 3계절 조사한 결과인 것을 고려한다면 종다양도지수의 감소는 더욱 뚜렷해질 것이다. 종다양도지수와 마찬가지로 균제도와 최대종다양도도 감소하는 것으로 나타났으며 우점도지수는 점차 증가하는 경향을 보였다.

Table 4. Index of species diversity for six years

Year	H'(Shannon)	J'(evenness)	D(dominance)	H'max
2003	1.1453	<b>0.6928</b>	0.3072	1.6532
2004	<b>1.2228</b>	0.6745	0.3255	<b>1.8129</b>
2005	1.1519	0.6889	0.3111	1.6721
2006	1.1818	0.6646	0.3354	1.7782
2007	1.1464	0.6501	0.3499	1.7634
2008	1.0904	0.6265	<b>0.3735</b>	1.7404

Table 5. Correlation between the individuals of main wildbird's species and the change of year

Scientific name	Correlation coefficient	Sig. (2-tailed)	Scientific name	Correlation coefficient	Sig. (2-tailed)
<i>Egretta alba modesta</i>	0.000	1.000	<i>Picus canus</i>	0.707	0.116
<i>Egretta garzetta</i>	0.087	0.869	<i>Hypsipetes amaurotis</i>	0.931	0.007*
<i>Nycticorax nycticorax</i>	-0.598	0.210	<i>Lanius bucephalus</i>	-0.192	0.716
<i>Anas crecca</i>	-0.362	0.481	<i>Phoenicurus aureoreus</i>	0.028	0.957
<i>Anas platyrhynchos</i>	0.155	0.769	<i>Turdus naumanni eunomus</i>	-0.421	0.406
<i>Anas poecilorhyncha</i>	0.039	0.941	<i>Turdus naumanni naumanni</i>	0.036	0.946
<i>Buteo buteo</i>	-0.525	0.285	<i>Paradoxornis webbiana</i>	0.366	0.475
<i>Falco tinnunculus</i>	-0.421	0.406	<i>Parus palustris</i>	0.088	0.868
<i>Phasianus colchicus</i>	0.019	0.971	<i>Parus major</i>	0.390	0.444
<i>Streptopelia orientalis</i>	0.586	0.221	<i>Emberiza rustica</i>	0.037	0.944
<i>Columba livia</i>	-0.636	0.175	<i>Emberiza elegans</i>	0.126	0.812
<i>Eurystomus orientalis</i>	-0.256	0.625	<i>Passer montanus</i>	-0.607	0.201
<i>Dendrocopos kizuki</i>	0.696	0.125	<i>Oriolus chinensis</i>	-0.308	0.552
<i>Dendrocopos major</i>	0.000	1.000	<i>Pica pica</i>	-0.479	0.337

\* Correlation is significant at the .01 level(2-tailed)

4. 6년간 증가한 조류 분석

6년간 증가하거나 감소한 조류 분석을 위하여 6년 동안 최대값을 산출하여 6년 동안 모두 출현한 종을 선정하였다. 총 28종이 6년 동안 지속적으로 출현하였으며 이들을 대상으로 시간 흐름과 개체수와의 상관관계를 분석하였다. 분석 결과 28종 중 직박구리(*Hypsipetes amaurotis*) 1종만이 시간이 흐르면서 유의미한 증가를 보였다(Table 5). 유의도는 0.007로 0.01수준에서 유의한 것으로 나타났다. 유의미한 상관관계는 인정되지 않지만 유의도 0.175미만인 청딱다구리(*Picus canus*), 쇠딱다구리(*Dendrocopos kizuki*)는 비교적 높은 정의 상관관계를 보였고 집비둘기(*Columba livia*)는 부의 상관관계를 보였다.

5. 기온 변화와 야생조류의 관계

기온과 대상지에 출현하는 야생조류의 상관관계를 분석하기 위하여 출현빈도가 30%이상인 31종의 야생조류를 대상으로 회귀분석을 실시하였다. 회귀분석 결과 31종 중 7종이 서울시 평균기온과 유의한 관계가 있는 것으로 나타났다. 유의한 음의 상관관계를 보이는 종은 까치, 쇠박새, 흰뺨검둥오리(*Anas poecilorhyncha*), 청둥오리(*Anas platyrhynchos*), 말뚝가리(*Buteo buteo*) 5종이었으며 유의한 양의 상관관계를 보이는 종은 황조롱이, 꾀꼬리(*Oriolus chinensis*) 2종이었다(Figure 2).

월드컵공원에서 기온에 따라 유의미한 변화를 보인 종들은 기후 변화에 따른 영향을 받을 가능성이 높다. 기후변화

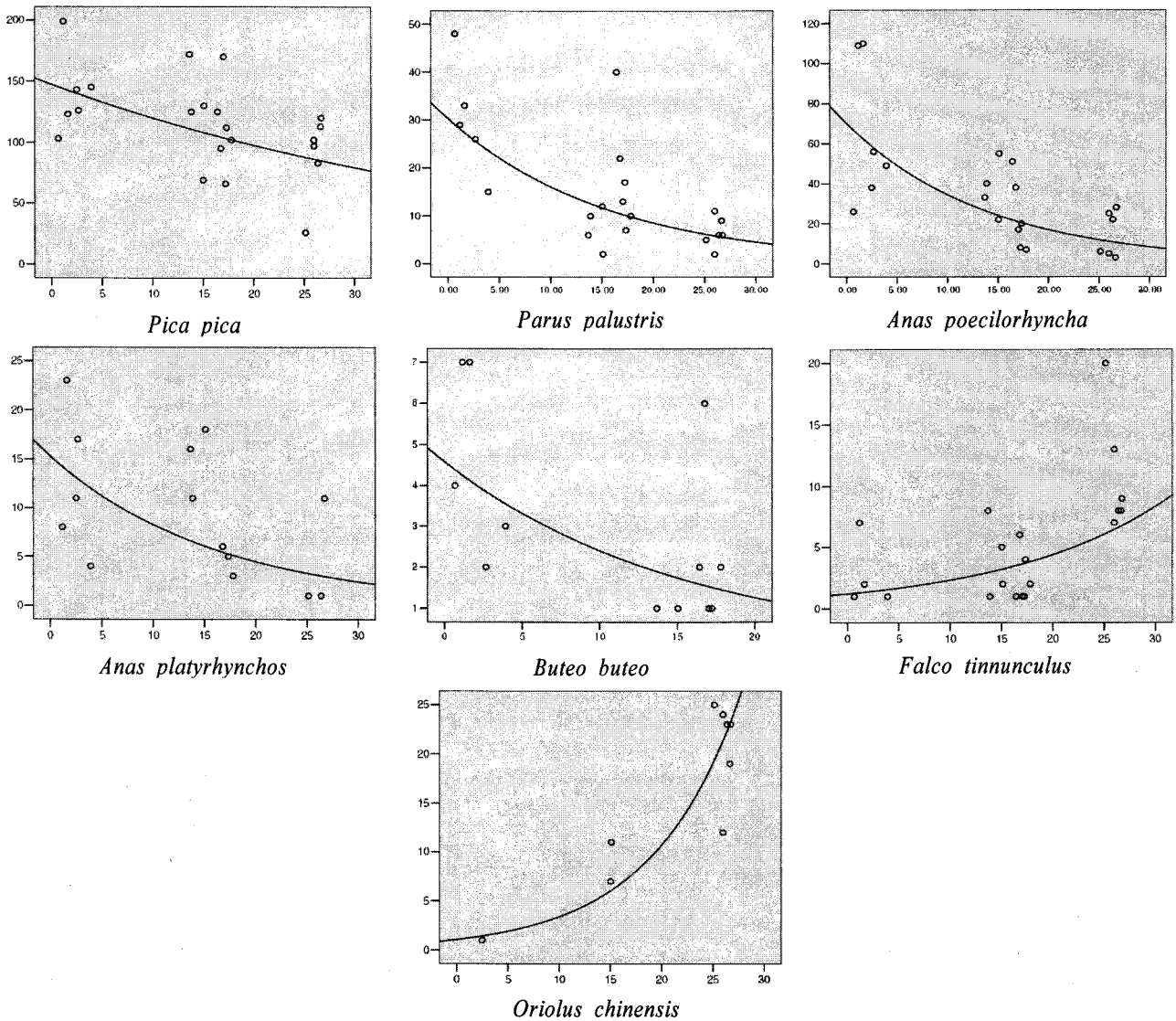


Figure 2. Variation of individuals of 7 bird species by the change of temperature seasonally

Table 6. Variation of individuals of 7 bird species by the change of temperature seasonally

Scientific Name	Model Summary			Parameter Estimates	
	R Square	F	Sig.	Constant	b1
<i>Pica pica</i>	.206	5.186	.034	.007	1.021
<i>Parus palustris</i>	.426	14.104	.001	.033	1.066
<i>Anas poecilorhyncha</i>	.462	17.196	.000	.014	1.074
<i>Anas platyrhynchos</i>	.331	5.927	.031	.065	1.064
<i>Buteo buteo</i>	.388	6.330	.031	.218	1.067
<i>Falco tinnunculus</i>	.306	7.926	.011	.822	0.938
<i>Oriolus chinensis</i>	.890	56.381	.000	.935	0.891

에 따른 야생조류의 서식범위 변화는 이미 알려져 있다 (Johnson, 1994; Thomas and Lennon, 1999; Peterson 2003a). 프랑스에서 북쪽분포종은 남쪽에서 분포종보다 부정적인 성장률을 보이는 것으로 관찰되어(Julliard *et al.*, 2003) 기후 변화에 따라 북쪽 지역에 서식하는 종은 서식환경 변화에 따라 이동할 가능성이 높았다. 따라서 월드컵공원에서 높은 기온에 개체수가 증가하는 종은 점차 분포지역이 확대될 가능성이 있었으며, 높은 기온에 개체수가 감소하는 종은 점차 분포지역이 감소할 가능성이 있었다.

## 6. 고찰

2003년부터 2008년까지 22회에 걸쳐 계절별 야생조류 출현현황을 조사한 결과 총 15목 38과 102종이 출현하였다. 연도별 상대우점치를 분석한 결과 붉은머리오목눈이가 우점하는 군집이 지속되는 경향을 보였으며, 종다양도지수와 균재도, 최대종다양도는 감소하였고 우점도지수는 증가하였다. 6년간 시간의 흐름과 통계적으로 유의미한 관계를 보인 야생조류는 직박구리였으며 점점 증가하는 것으로 나타났다. 직박구리는 기온과의 상관관계가 인정되지 않은 것으로 보아 다른 외부 환경요인에 의해 개체수가 증가한 것으로 판단되었다.

6년 동안 계절별 평균기온과 야생조류 종과의 관계를 알아보기 위하여 출현종 중 30% 이상의 출현빈도를 보인 31종을 대상으로 회귀분석을 실시한 결과 31종 중 7종이 유의한 상관관계를 보였다. 까치, 쇠박새, 흰뺨검둥오리, 청둥오리, 말뚝가리 5종은 유의한 음의 상관관계를 보여 지구온난화에 따른 기온 상승이 지속된다면 개체수 감소 가능성이 있는 것으로 판단되었다. 반면에 황조롱이와 피꼬리 2종은 양의 유의한 상관관계를 보여 기온 상승에 따른 개체수 증가 가능성이 있는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 향후 지구온난화에 따른 온도 상승이 야생조류 종 구성 변화에 영향을 미칠 것으로 보이며, 기온과 상관관계가 있는 7종은 기온 상승에 따른 변화 가능성이 높은 지표종이 될 가능성

이 있었다.

본 연구는 야생조류 서식에 영향을 미치는 요소로 본 연구에서는 기온과의 관계만을 분석하였으나 다른 외부 환경요인에 의한 가능성도 높기에 이에 대한 연구도 병행될 필요가 있었다. 연구대상지가 도심내 위치한 대규모 공원으로 한정되어 있어 우리나라의 전반적인 현황을 파악하기 위해서는 서식지 특성에 맞추어 연구가 진행되어야 할 것이다. 지구온난화에 대한 관심은 전지구적인 차원에서 이루어지고 있는 사안으로 기온과 야생조류의 관계를 규명함에 있어 6년이라는 기간은 매우 짧은 것으로 판단되기에 장기적인 계획을 가지고 지구온난화와 야생조류와의 관계 연구를 지속해야 할 것이다.

## 인용문헌

- Bibby, C. J., N. D. Burgess and D. A. Hill(1997) Bird Census Techniques. Academic Press, 257pp.
- Blackburn, T.M. and R.P. Duncan(2001) Determinants of establishment success in introduced birds. Nature 414: 195-197.
- 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.
- Donald, P.F., R.E. Green and M.F. Heath(2001) Agricultural intensification and the collapse of Europe's farmland bird populations. Proceedings of the Royal Society of London Series B 26: 25-29.
- Duncan, R.P., T.M. Blackburn and D. Sol.(2003) The ecology of bird introductions. Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics 34: 71-98.
- Forchhammer, M.C., E. Post and N.C. Stenseth(1998) Breeding phenology and climate. Nature 391: 29-30.
- Gaston, K.J., T.M. Blackburn and K. Klein Goldewijk(2003) Habitat conversion and global avian biodiversity loss. Proceedings of the Royal Society of London Series B 270: 1293-1300.

- Gregory, R.D., D.G. Noble and J. Custance(2004) The state of play of farmland birds: population trends and conservation status of lowland farmland birds in the United Kingdom. *Ibis* 146: 1-13.
- Johnson, N.K.(1994) Pioneering and natural expansion of breeding distributions in western North American birds. in: A century of avifauna change in western North America(eds. Jehl, J.R., Jr. and N.K. Johnson). *Studies in Avian Biology* 15: 27-44.
- Julliard, R., F. Jiguet and D. Couvet(2003) Common birds facing global changes: what makes a species at risk?. *Global Change Biology* 10: 148-154.
- Jutinen, R. and M. Mönkkönen(2004) Testing alternative indicators for biodiversity conservation in old-growth boreal forests: ecology and economics. *Ecological Economics* 50: 35-48.
- Kim, J.S.(2008) An ecological study on the interaction between vegetation structure and animal habitats of Nanjido waste land-fill biotope in Seoul, Korea. Ph. D. thesis, Univ. of Seoul, 256pp.
- Lemoine, N. and K. Böhning-Gaese(2003) Potential impact of global climate change on species richness of long-distance migrants. *Conservation Biology* 17: 577-586.
- Müller, M., R. Spaar, L. Schifferli and L. Jenni(2005) Effects of changes in farming of subalpine meadows on a grassland bird, the whinchat (*Saxicola rubetra*). *Journal of Ornithology* 146: 14-23.
- Nicole L.(2005) Influence of habitat and climate change on European bird communities. Ph. D. thesis, Universität Mainz, 97pp.
- Parmesan, C.(1996) Climate and species' range. *Nature* 382: 765-766.
- Penuelas, J. and I. Filella(2001) Responses to a warming world. *Science* 294: 793-794.
- Peterson, A.T.(2003) Subtle recent distributional shifts in great plain bird species. *Southwestern Naturalist* 48: 289-292.
- Root, T.L., J.T. Price, K.R. Hall, S.H. Schneider, C. Rosenzweig and J.A. Pounds(2003) Fingerprints of global warming on wild animals and plants. *Nature* 421: 57-60.
- Sala, O.E., F.S. Chapin, J.J. Armesto, E. Berlow, J. Bloomfield, R. Dirzo, E. Huber-Sanwald, L.F. Huenneke, R.B. Jackson, A. Kinzig, R. Leemans, D.M. Lodge, H.A. Mooney, M. Oesterheld, N.L. Poff, M.T. Sykes, B.H. Walker, M. Walker and D.H. Wall(2000) Biodiversity-Global biodiversity scenarios for the year 2100. *Science* 287: 1770-1774.
- Schulze, C.H., M. Waltert, P.J.A. Kessler, R. Pitopang, Shahabuddin, D. Veddeler, M. Muhlenberg, S.R. Gradstein, C. Leuschner, I. Steffan-Dewenter and T. Tschardt(2004) Biodiversity indicator groups of tropical land-use systems: Comparing plants, birds, and insects. *Ecological Applications* 14: 1321-1333.
- Sekercioglu, C.H., G.C. Daily and P.R. Ehrlich(2004) Ecosystem consequences of bird declines. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 101: 18042-18047.
- Seoul City(2003) The construction history of Worldcup Park. Seoul, 557pp.
- Shannon, C. E. and W. Weaver(1949) *The Mathematical Theory of Communication*. University of Illinois Press, Urbana, 117pp.
- Soule, M.E.(1990) The onslaught of alien species, and other challenges in the coming decades. *Conservation Biology* 4: 233-239.
- Tankersley, R.D.(2004) Migration of birds as an indicator of broad-scale environmental condition. *Environmental Monitoring and Assessment* 94: 55-67.
- Thomas, C.D. and J.J. Lennon(1999) Birds extend their ranges northwards. *Nature* 399: 213.
- Venier, L.A. and J.L. Pearce(2004) Birds as indicators of sustainable forest management. *Forestry Chronicle* 80: 61-66.
- Walther, G.-R., E. Post, P. Convey, A. Menzel, C. Parmesan, T.J.C. Beebee, J.M. Fromentin, O. Hoegh-Guldberg and F. Bairlein(2002) Ecological responses to recent climate change. *Nature* 416: 389-395.
- Watkinson, A.R., J.A. Gill and M. Hulme(2004) Flying in the face of climate change: a review of climate change, past, present and future. *Ibis* 146: 4-10.