

도시공원 구조 및 식생 조건에 따른 조류 종다양성 분석*

- 천안시 26개 도시공원을 대상으로 -

송 원 경

단국대학교 녹지조경학과

Analysis of Bird Species Diversity Response to Structural Conditions of Urban Park*

- Focused on 26 Urban Parks in Cheonan City -

Song, Wonkyong

Department of Landscape Architecture, Dankook University.

ABSTRACT

The urban park has important functions as a habitat for wildlife as well as open space of rest and community for people. This study was carried out to find what factors of structure and vegetation of urban parks could affect forest bird species diversity in Cheonan city. The study surveyed bird and vegetation species in 26 urban parks, Cheonan city. A correlation analysis and multiple linear regressions were performed to test whether habitat structure and vegetation were the major correlate with species diversity. The results showed the Dujeong park was the most high bird species diversity ($H' = 2.13$), and the Dujeong-8 park ($H' = 2.02$) and the Cheongsa park ($H' = 1.73$) were considerably higher than the other urban parks. The variables that were strongly correlated with bird species diversity were park area, number of subtree species, canopy of shrub, number of shrub species, shape

* 이 연구는 2014학년도 단국대학교 대학연구비 지원으로 연구되었음.

First author : Song, Wonkyong, Assistant Professor, Department of Landscape Architecture, Dankook University, 119, Dandae-ro, Dongnam-gu, Cheonan-si, Chungnam 330-714, Korea,
Tel : +82-41-550-3636, E-mail : wksong@dankook.ac.kr

Corresponding author : Song, Wonkyong, Assistant Professor, Department of Landscape Architecture, Dankook University, 119, Dandae-ro, Dongnam-gu, Cheonan-si, Chungnam 330-714, Korea,
Tel : +82-41-550-3636, E-mail : wksong@dankook.ac.kr

Received : 16 April, 2015. **Revised** : 5 June, 2015. **Accepted** : 1 June, 2015.

index, canopy of subtree, canopy of tree, and impervious surface ratio. The regression of bird species diversity against the environmental variables showed that 3 variables of park area, canopy of subtree, and canopy of tree were included in the best model. Model variable selection was broadly similar for the 5 optimal models. It means park area and multi-layer vegetation were the most consistent and significant predictor of bird species diversity, because urban parks were isolated by built-up areas. Especially the subtree coverage that provides shelter and food for forest birds was an important variable. Therefore, to make parks circular-shaped and abundant multi-layer vegetation, which could be a buffer to external disturbances and improve the quality of habitats, may be used to enhance species diversity in creation and management of urban parks.

Key Words : *Park area, Canopy of subtree, Multi-layer Vegetation, AICc.*

I. 서 론

계획도시는 일정한 도시계획 규칙에 따라 도시의 구조 및 기능이 부여된다. 주제공원, 근린공원, 어린이공원, 소공원 등을 포함하는 개념인 도시공원은 일정한 유치거리¹⁾를 가지고 있으며, 이 중 근린공원과 어린이공원은 대부분의 도심에서 중요한 녹지대로서 존재하는 경우가 많다. 따라서 근린공원과 어린이공원은 인간의 이용뿐만 아니라 야생동식물의 서식공간으로서도 중요한 역할을 하고 있다.

최근 생물의 서식공간으로서 도시공원의 중요성에 대한 공감대가 커져감에 따라 도시공원에 서식하는 동식물에 대한 연구가 점차 증가하고 있다. Lee et al.(2002)은 도시공원에 서식하는 야생조류 서식실태 및 유치증식 방안을 모색하기 위해 경남지역 4개 도시공원에 대한 조류조사를 실시하였으며 Kim et al.(2004)은 서울시 길동자연생태공원을 대상으로 조류의 군집특성과 서식지 이용현황을 파악하였다. Lee et al.(2004)은 서울 남산도시자연공원의 비오톱 구조를 파악하여 이를 생태적으로 관리할 수 있는 방안을 연구

하였으며, Cho et al.(2005)는 인천 백마도시자연공원 식생 유형을 파악하였다. 또한 Hong and Kwak(2011)은 박새과 조류의 도시림 식생유형별 출현 특성을 분석하였다. 이 외에도 도시공원은 아니지만 Rhim(2008)과 Rhim et al.(2007; 2011)의 연구를 통해 산림지역 및 기타 자연환경을 대상으로 다양한 조류조사 연구가 진행되고 있으며 특히 길드나 식생의 구조와 조류 종다양성에 대한 연구가 활발하다. 그 외에도 다양한 대상지에서 야생동·식물 조사, 모니터링이 진행되고 있다. 특히 최근에는 도시생태현황도 작성을 위한 자연환경조사를 진행하면서 도시지역을 중심으로 생물종 조사 자료가 꾸준히 축적되고 있는 상황이다.

이러한 조사 자료는 단순히 특정 지역에 어떠한 생물종이 서식하고 있다는 차원을 넘어서 그 원인을 분석하고 더 나아가 대상지의 종다양성을 증진시킬 수 있는 방안을 모색하기에 이르렀다. Kwak et al.(2010)은 도시 녹지축 주변 시가화지역 내 야생조류 출현 영향요인을 파악하였으며, Kim and Koo(2003)는 하천의 생태공원화가 조류군집에 어떠한 영향을 미치는지를 조

1) 도시공원 및 녹지 등에 관한 법률 시행규칙 제6조(도시공원의 설치 및 규모의 기준) 및 별표 3. 도시공원의 설치 및 규모의 기준 참조(<http://www.law.go.kr/>)

사하고 이를 근거로 조류 서식환경을 개선할 수 있는 방안을 제안하였다. 그 외에도 많은 조류 조사 연구에서 서식지를 개선하기 위한 다양한 방안을 제안하고 있으나 조류 종다양성과 환경 변수간의 정량적인 관계를 파악하기보다는 조사를 통해 고찰된 내용을 정리하는 개념이 강한 상황이었다. 특히, 다양한 환경요인, 변수가 조류 종다양성에 어떠한 영향을 미치고 있는지에 대한 정량적인 분석 연구는 아직 부족한 상황이다. 현재 전국 도시지역을 대상으로 진행되고 있는 도시자연환경조사 자료의 활용도를 높이기 위해서는 조류 종조사자료를 바탕으로 종풍부도나 종다양성에 영향을 미치는 도시환경요소를 정량적으로 파악하고 이를 근거로 도시녹지의 조성, 관리방안을 제안하는 것이 타당할 것이다.

본 연구에서는 도시공원의 구조적 조건이 조류의 서식환경에 직접적인 영향을 미친다는 것을 전제로, 도시공원의 면적, 형태와 식생조건에 따라 조류 종다양성이 어떻게 달라지는지를 분석하고자 한다. 서식하는 조류의 다양성에 영향을 미치는 도시공원의 구조와 식생피복 수준을 파악함으로써 향후 도시공원을 조성, 관리하기 위한 환경생태 정보를 확인하고 이를 향후

도시공원정책에 활용할 수 있도록 유도하는 것이 본 연구의 궁극적인 목적이다.

II. 연구의 범위 및 방법

1. 연구 대상지 일반 현황

본 연구 대상지는 우리나라에서 가장 인구증가율이 빠른 도시 중 하나인 천안시를 대상으로 수행되었다. 천안시는 행정구역 면적 636km²로 서울특별시와 비슷한 크기의 지방 도시로서 경부선, 장항선, 경부고속철도, 천안·논산간 고속도로, 국도 1호선 등 수도권과 지방을 연결하는 교통의 중심지로 기능하고 있다(Yoo et al., 2012). 이러한 지리적 이점으로 산업시설 및 대학 등과 같은 대규모 시설의 개발수요가 늘어나 지속적으로 인구가 증가하고 있다. 1980년대 천안시의 인구는 12만 명 정도였으나 대규모 주거단지가 개발되어 1995년에는 33만 명으로 증가하였으며 2004년에는 50만명을 넘어섰고, 2013년에 60만 명을 넘어서는 대도시 규모로 성장하였다(Korea Joongang Daily, 2013. 6. 7). 이러한 도시의 성장은 도심의 성장과 직접 연관되어 있다. 천안시의 원도심은 16개 동으로 이루어진 지역으로 전체 면적의 약 13%에 불과하

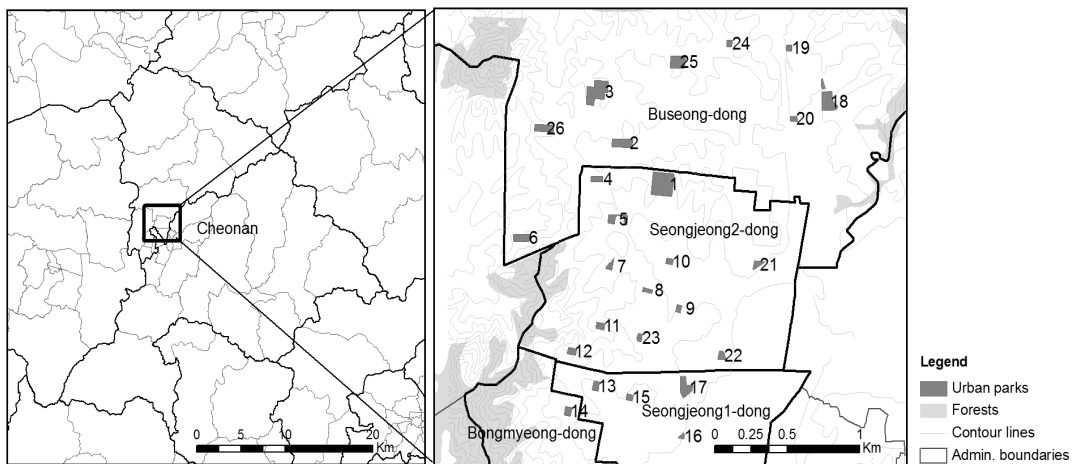


Figure 1. Study area and survey points (see Table 1).

지만 천안시 인구의 약 76%가 거주하고 있는 지역이다. 이 중 성정1동, 성정2동, 봉명동, 부성동은 도시계획에 의해 주거지역, 상업지역이 밀집한 곳으로 도시공원이 잘 조성·관리되고 있는 지역이다. 본 연구는 성정1동, 성정2동, 봉명동, 부성동에 위치한 26개 도시공원을 대상으로 진행되었다(Figure 1). 이 중 3개는 근린공원, 23개는 어린이공원이다.

2. 식생 및 조류조사

대상지의 식생 현황과 조류 서식 현황을 파악하기 위해 현장조사를 실시하였다. 식생조사는 공원 내 식생의 피도량이 가장 높은 시기인 2014년 7월 1일부터 2014년 9월 30일 기간 동안 진행되었으며 각 공원별 교목, 아교목, 관목 피복률 및 종조사를 실시하였다. 도시공원 특성상 산림생태계에 비해 교목의 수고가 낮고 아교목 역시 식재·관리되고 있는 상황이기 때문에 수고를 기준으로 관목은 2m 이하, 아교목은 2~6m, 교목은 6m 초과로 구분하여 분류하였다. 종조사는 식재되어있는 수목뿐만 아니라 외부에서 이입되었을 거라 추정되는 종까지 모두 포함하여 실시하였다.

조류조사는 번식기인 2014년 4월 14일부터 2014년 7월 15일까지 봄과 여름에 걸쳐 진행되었다. 조사는 공원별로 3회씩 반복 실시하였으며, 날씨의 영향을 최소화하기 위해 맑은 날에만 실시하였다(Rhim, 2008). 조사는 해가 뜬 무렵인 오전 5시경부터 시작해서 오전 9시 이전에 모든 조사를 마무리하였다. 조사 방법은 공원 내·외부에서 공원 산책로를 따라 걸어가면서 조사하는 선조사법(line transect census method)을 이용하였는데, 조사 경로 좌우 25m 이내에서 관찰되는 조류를 육안관찰 및 쌍안경(Kenko ultraview EX OP 10x32DH II)을 이용한 관찰, 울음소리, 날아가는 모양 등으로 종을 확인하여, 종과 개체수를 기록하였다(Bibby et al., 1997; Lee et al., 2000; Rhim et al., 2007). 조사경로는

공원에 따라 어린이 공원 등 소형공원은 공원을 관통하여 전 구역이 조사범위에 포함되도록 설정하였으며 근린공원 등 상대적으로 면적이 넓은 공원은 공원 산책로를 활용하여 공원을 일정 방향으로 순환할 수 있도록 경로를 설정하여 조사하였다.

3. 조류 종다양성 분석 및 모형 구축

조사 결과를 바탕으로 출현 종수 및 개체수를 정리하고, 이를 토대로 종다양성을 분석하였다. 종다양성은 Shannon-Wiener 지수(H')를 이용하여 산출하였다(Shannon, 1948).

$$H' = - \sum_{i=1}^s P_i \times \ln(P_i) \quad (1)$$

여기서, s 는 종수, P_i 는 i 번째 종의 개체수를 총 개체수로 나눈 값으로서 해당 종의 개체수 비율을 의미한다. 종다양성 분석을 위해 공원별로 3회씩 진행한 조류조사 결과를 합산하였다.

도시공원 구조 및 식생 현황에 따른 조류 종다양성을 분석하기 위해 환경변수로 도시공원 현장조사 자료를 활용하였다. 식생 현황 정보는 녹지면적(Green area), 교목 피복률(Canopy cover ratio of tree), 아교목 피복률(Canopy cover ratio of subtree), 관목 피복률(Canopy cover ratio of shrub), 교목 종수(Number of species of tree), 아교목 종수(Number of species of subtree), 관목 종수(Number of species of shrub)를 활용하였으며 도시공원의 구조 정보는 불투수율(Impervious surface ratio), 공원 면적(Park area), 공원 형태 지수(Shape index)를 적용하였다. 최근 도시화로 인한 생물다양성의 감소에 대한 연구가 증가하는 현 시점에서 불투수율과 종다양성의 관계가 중시되고 있으므로 공원의 구조를 파악하기 위해 일반적인 구조적 특성 외에 환경변수로 불투수율을 추가하였다. 이제까지 불투수율은 유역 단위에서 수생생물과의 상관관계를 중심으로 그 영향이 파악되었으나(Wenger et al., 2008),

불투수율 증가는 토양의 건강성을 악화시켜 토양에 서식하는 무척추동물의 서식환경에 악영향을 미치기 때문에(Moore and Palmer, 2005), 육상생태계의 종다양성과 영향이 있을 것으로 추정된다.

식생조사는 대상공원에 대한 전수조사로 진행되었다. 불투수율은 공원 전체 면적 중 토양 또는 초본으로 덮여있지 않은 인공지반의 비율을 계산하여 사용하였다. 또한 근린공원 및 어린이공원의 면적은 ArcGIS 9.3(ESRI Inc., U.S.A)을 이용하여 한국토지정보시스템(KLIS)에서 공원경계를 추출하고 이를 현장조사를 통해 오류가 있는 경우 수정하여 계산하였다. 형태지수는 공원 둘레길이를 면적으로 나눈 값으로서 형태지수가 작을수록 공원이 원형에 가까운 형태라는 것을 의미한다(Forman, 1995).

공원별 서식환경에 따라 조류 종다양성이 어떻게 달라지는지를 통계적으로 해석하기 위해 회귀분석을 실시하였다. 회귀분석을 위한 변수 선정에 앞서 피어슨(Pearson) 상관관계 분석을 실시하였으며, 최적 회귀모형을 선정하기 위해 10개 환경변수로 조합이 가능한 모든 모형을 고려하여 AIC(Akaike information criterion)와 AICc(Corrected Akaike information criterion) 값을 이용하여 최적 일반화 선형모형(Generalized linear model)을 선정하고, 이 결과와 모형간 비교를 위해 5개 회귀모형을 별도로 선정하여 이 중 환경변수와 조류 종다양성과의 관계가 잘 설명되는 모형을 검토하였다. AIC와 AICc 값은 단순히 우도(likelihood)에 의한 모형 선택보다 모형에 포함된 변수 개수를 모형 선택에 적용함으로써 최적 모형을 선택할 수 있는 장점을 가지고 있다(Aho et al., 2014). 특히 AICc는 적은 샘플 사이즈의 분석에 효과적인 것으로 알려져 있다(Amano et al., 2008). 이와 함께 R²를 이용하여 모델의 적합도를 평가하였다. AIC와 AICc는 값이 작을수록, R²는 값이 1에 가까울수록 적합한 모형이라 판단된다.

$$AIC = -2(\log - likelihood) + 2k \quad (2)$$

$$AICc = -2(\log - likelihood) + 2k + \frac{2k(k+1)}{n-k-1} \quad (3)$$

여기서, k는 모형에 포함된 변수 개수, n은 샘플 수를 의미한다. 통계분석은 R 3.1.2(R Development Core Team, 2014)를 이용하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 도시공원 식생 및 구조 현황

26개 도시공원에 대한 식생조사 결과 교목 피복률은 평균 45.8(s.d.=17.5)%, 아교목 피복률은 12.3(s.d.=11.1)%, 관목 피복률은 13.3(s.d.=7.0)%, 녹지면적은 평균 2,118.0(s.d.=2,845.3)m²인 것으로 조사되었으며, 교목 종수는 평균 7.8종, 아교목 종수는 평균 6.5종, 관목 종수는 평균 6.8종인 것으로 확인되었다(Table 1). 교목 중에서는 느티나무, 소나무, 빛나무, 스트로브잣나무, 은행나무 순으로 많이 식재되어있으며, 아교목은 단풍나무, 백목련, 꽃사과나무, 산수유, 관목은 철쭉, 회양목, 쥐똥나무, 조팝나무가 가장 많이 발견되었다.

불투수율은 평균 33.1(s.d.=21.6)%였으며, 두정5공원, 두정6공원, 백석4공원 등 일부 어린이공원은 불투수율이 70% 수준으로 매우 높은 것으로 확인되었다(Table 1). 이러한 어린이공원은 농구장 등 공원 내 체육시설 일부가 아스콘과 같은 불투수 재료로 포장되어 빗물이 자연적으로 침투하기 어려운 상황이다. 근린공원은 면적이 넓기 때문에 농구장 등 일부 불투수 지역이 존재해도 비율에는 큰 영향을 미치지 않지만 상대적으로 면적이 좁은 어린이공원은 대상지의 절반 이상을 차지하는 체육시설의 영향으로 체육시설의 바닥 재료에 따라 불투수율이 크게 달라지는 것을 확인할 수 있다.

공원 면적은 평균 4,604.4(s.d.=4,935.0)m²이며, 근린공원과 어린이공원의 면적 차이가 큰

Table 1. Vegetation and landscape structures of 26 urban parks.

No.	Name of urban parks	Green area (m ²)	Canopy cover ratio (%)			No. of species			ISR (%)	Park area(m ²)	Shape index
			T	ST	S	T	ST	S			
1	Cheongsa	12,715.8	60	20	20	19	14	18	5	21,193.0	271.8
2	Dujeong5	1,450.0	20	5	10	8	6	3	70	7,250.0	516.85
3	Bukbujel	3,265.0	20	10	10	10	8	8	10	16,325.1	363.74
4	Dujeong7	1,447.5	50	10	20	6	5	1	50	2,895.0	804.33
5	Seongjeong18	2,187.5	50	20	10	13	7	11	30	4,374.9	1,103.59
6	Baekseok4	1,571.9	30	10	10	7	6	3	70	5,239.8	594.05
7	Seongjeong12	941.3	50	10	10	5	6	7	50	1,882.7	1,133.91
8	Seongjeong3	330.7	20	5	5	4	3	6	60	1,653.5	1,102.28
9	Seongjeong4	827.0	50	15	25	5	3	9	10	1,654.1	1,004.39
10	Seongjeong2	826.5	50	20	10	6	5	4	20	1,652.9	991.12
11	Seongjeong13	1,227.5	50	5	5	10	6	6	30	2,455.1	803.46
12	Seongjeong14	1,227.3	50	10	20	9	5	9	20	2,454.6	803.79
13	Seongjeong15	981.2	40	5	10	11	7	9	50	2,453.0	803.08
14	Bongmyeong2	981.6	40	10	5	12	7	3	40	2,454.1	795.45
15	Seongjeong8	991.9	60	10	5	6	4	4	40	1,653.2	988.64
16	Seongjeong9	801.9	80	10	5	5	3	4	20	1,002.4	1357.5
17	Seongjeong7	2,905.2	40	5	10	7	6	8	40	7,263.1	539.92
18	Dujeong	9,040.0	80	30	60	8	14	16	5	11,300.0	526.74
19	Budael	754.5	50	10	10	4	7	4	20	1,509.0	1,006.65
20	Dujeong1	316.1	20	30	10	5	5	5	60	1,580.4	1015.7
21	Seongjeong1	1,124.8	50	10	10	10	6	5	30	2,249.5	1,015.13
22	Seongjeong6	697.8	30	10	20	7	4	5	30	2,326.0	823.05
23	Seongjeong5	992.3	60	10	10	7	1	4	5	1,653.9	965.65
24	Budael2	750.0	50	10	10	7	4	5	20	1,500.0	1,013.66
25	Dujeong8	5,551.0	70	20	20	6	16	17	5	7,930.1	444.46
26	Dujeong6	1,162.0	20	10	5	6	12	3	70	5,810.0	594.69
	Mean	2,118.0	45.8	12.3	13.3	7.8	6.5	6.8	33.1	4,604.4	822.4
	S.D.	2,845.3	17.5	7.0	11.1	3.3	3.6	4.4	21.6	4,935.0	269.7

T: Tree, ST: Subtree, S: Shrub, ISR: Impervious surface ratio, Shape index: Perimeter/Area of park (m/ha)

것을 확인할 수 있다. 형태지수는 정사각형에 가까운 두정공원, 북부제1공원 등 근린공원 및 일부 어린이공원이 작은 값을 보이며, 삼각형 또는 부정형의 긴 형태의 성정9공원, 성정12공

원, 성정18공원 등이 큰 값을 나타내고 있다. 성정18공원은 어린이공원에 천안시시민문화역성회관이 연결되어 녹지를 공유하고 있는 상황이라 형태지수가 크게 계산됨을 확인할 수 있다.

2. 조류 서식 현황 및 종다양성 분석

대상지에서는 총 23종 1,260개체의 조류가 발견되었다. 두정공원이 13종으로 가장 많은 조류가 서식하고 있었으며, 이어서 두정8공원, 청사공원 순서로 다양한 조류가 발견되었다(Table 2). 또한 청사공원, 두정공원, 두정8공원 순으로 많은 조류 개체수가 발견되었다. 이에 비해 성정15공원, 봉명2공원에서는 참새와 까치와 같은

도시지역에 적응하고 있는 일부 조류만이 발견되고 있음을 확인하였다.

가장 많이 발견된 조류는 참새와 까치로 이 두 조류는 모든 도시공원에 출현하고 있음을 확인할 수 있었다. 이어서 직박구리는 21개 도시공원에서, 박새는 15개 도시공원, 멧비둘기와 방울새는 11개 도시공원에서 발견되었다. 이처럼 도시공원에서는 산림생태계와는 다르게 도

Table 2. Bird species diversity of 26 urban parks.

No.	Name of urban parks	No. of species	No. of individuals	Species diversity(H')
1	Cheongsa	11	136	1.73
2	Dujeong5	5	81	0.95
3	Bukbuje1	7	63	1.15
4	Dujeong7	6	33	1.47
5	Seongjeong18	8	61	1.38
6	Baekseok4	7	50	1.45
7	Seongjeong12	3	20	0.82
8	Seongjeong3	3	17	0.44
9	Seongjeong4	3	58	0.29
10	Seongjeong2	5	28	0.80
11	Seongjeong13	6	37	1.15
12	Seongjeong14	5	30	0.99
13	Seongjeong15	2	7	0.41
14	Bongmyeong2	2	27	0.42
15	Seongjeong8	4	29	0.69
16	Seongjeong9	4	32	0.81
17	Seongjeong7	4	51	0.67
18	Dujeong	13	109	2.13
19	Budae1	3	30	0.47
20	Dujeong1	3	8	0.74
21	Seongjeong1	3	58	0.48
22	Seongjeong6	7	49	0.92
23	Seongjeong5	7	54	1.14
24	Budae2	6	33	1.13
25	Dujeong8	11	87	2.02
26	Dujeong6	6	72	0.70

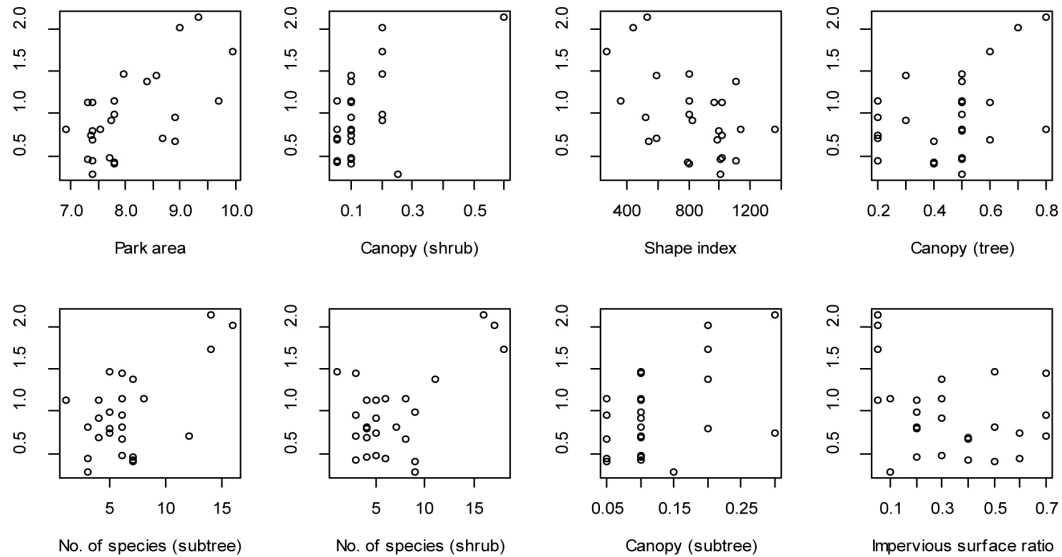


Figure 2. Relationships of species diversity with environmental variables; park area (log), canopy, shape index, number of species, and impervious surface ratio.

시지역에 적응하고 있는 조류를 중심으로 서식하고 있는 것을 확인할 수 있다.

종다양성 분석 결과 두정공원이 2.13으로 가장 종다양성이 높은 도시공원으로 확인되었다. 이어서 두정8공원이 2.02, 청사공원이 1.73, 두정7공원이 1.47으로 조류 종다양성이 높은 곳으로 분석되었다. 성정15공원, 봉명2공원은 가장 종다양성이 낮은 공원인 것으로 확인되었다(Table 2). 면적이 넓고 녹지가 풍부한 두정공원, 청사공원 등 근린공원이 종다양성이 높았으나, 어린이공원인 두정8공원 역시 종다양성이 높은 공원인 것으로 분석되었다. 두정8공원은 11종, 87개체의 조류가 발견될 정도로 중요한 조류 서식처 기능을 수행하고 있는 것으로 판단된다.

조류 종다양성과 가장 높은 상관관계가 있는 환경변수는 공원면적으로 0.61의 상관관계가 있으며($p<0.01$), 이어서 아교목 종수가 0.60($p<0.01$), 관목 피복률과 관목 종수가 각각 0.57($p<0.01$), 형태지수가 -0.52($p<0.01$), 아교목 피복률이 0.49($p<0.05$), 교목 피복률이 0.42($p<0.05$)의 상관관계를 보였다(Figure 2). 이러한 결과는 대부분의

조류가 1-10ha 면적의 비오톱에서 발견되며 면적이 넓은 곳에서 더 많은 조류종이 발견된 Chae and Koo(2004)의 결과와 유사한 내용이라 판단된다. 일반적으로 교목 피복률이 조류 서식공간으로서 중요한 지표로 인식되는 경향이 있지만, 교목 피복뿐만 아니라 하부식생의 관리가 조류 종다양성과 밀접한 관계가 있는 것으로 알 수 있다. 교목 종수와 녹지면적은 유의수준 0.05에서 조류 종다양성과 상관관계가 없는 것으로 확인되었다. 이러한 상관관계 분석을 통해 공원면적, 교목, 아교목, 관목 피복률, 관목과 아교목 종수는 조류 종다양성과 정(正)의 관계에 있으며, 형태지수, 불투수면적률은 부(負)의 관계라는 것을 확인할 수 있다. 즉, 공원의 형태가 원형이 아니라 좁고 긴 형태인 경우, 그리고 공원 내부에 불투수 포장면적이 많이 분포하는 경우는 조류 종다양성이 낮을 것으로 예상된다.

3. 조류 종다양성 분석 모형

AICc값을 기준으로 최적 회귀모형을 선정할 결과 최적 모형은 환경변수 공원면적, 아교목

Table 3. Estimates of the best model parameters for species diversity of birds.

Parameter	Estimate	Sdt. Error	t value	p-value
(Intercept)	-2.633	0.663	-3.969	< 0.01
Park area	0.359	0.079	4.532	< 0.01
Canopy (subtree)	1.637	0.975	1.679	0.107
Canopy (tree)	1.116	0.381	2.934	< 0.01

피복률, 교목 피복률 이용한 모형으로 확인되었다(Table 3). 대상지에서 공원의 면적이 넓을수록, 아교목과 교목 피복률이 높아질수록 조류 종다양성은 높아지는 것으로 예측되었다. 특히 공원면적과 교목 피복률은 유의수준 0.01에서 유의한 변수로 확인되었으며 아교목 피복률은 유의수준 0.1에서는 유의한 변수가 아니지만, 모형에서는 변수로 선정되었음을 확인할 수 있다. 도시에서는 도시공원이 가장 큰 녹지가 존재하는 지역이며 매우 중요한 조류 서식공간이므로 공원면적이 조류 종다양성을 유지하는 중요한 환경 요인이다(Turner, 1989; Chamberlain et al., 2007). 또한 공원 면적이 넓더라도 식생이 부족한 지역은 조류 서식공간으로 부적합하므로 교목의 피복률이 조류의 서식을 위한 중요한 조건이 되고 있다(Ikin et al., 2013). 이와 함께 본 연구에서는 아교목 피복률이 중요한 환경 변수라고 판단하고 있는데, 이는 아교목의 존재가 다층식재 공간으로서 조류에게 풍부한 은신처와 먹이공간을 제공하고 있는 것으로 사료된다. 번식 조류 중 관목층과 수관층을 이용하는 영소길드에 속한 조류는 상층임관의 피도량이 높을수록 번식이 용이하여 아교목층 피도량이 높은 지역의 조류 종다양성이 높아질 수 있다(Rhim et al., 2007). 특히 대상지 도시공원에 식재되어 있는 아교목은 단풍나무, 백목련, 꽃사과나무, 산수유 등으로 모두 산림성 조류의 체이식물임을 알 수 있다. 최상층 식생 교목의 하층식생으로 가장 많이 식재되어 있는 단풍나무는 내음성 수종으로 피복률이 높은 상태로 수형이 잘 형성

되어 있는 것을 볼 수 있다. 꽃사과나무와 산수유 등은 가을부터 겨울까지 근린공원에 서식하는 산림성 조류의 중요한 먹이자원으로 이용되어 조류 서식에 매우 중요한 식생자원인 것이라 판단된다.

AICc값을 기준으로 최적 회귀모형 5개를 선정한 결과 최적 모형은 공원면적, 아교목 피복률, 교목 피복률을 환경 변수로 채택한 모형이지만, 그 외의 다른 4개 모형도 최적 모형과 AICc값이 0.04~2.4 수준의 차이를 보일 정도로 다른 모형 역시 적합도가 높은 모형인 것을 확인할 수 있다. 일반적으로 AICc값의 차이가 3 이하일 경우 모형간에 큰 차이가 없다고 판단되므로, 5개 모형에 어떠한 변수 차이가 있는지, 가장 많이 이용되는 환경변수를 확인하는 것도 중요할 수 있다. 5개 모형에는 총 6개의 환경변수가 중복되어 선택되었으며 이 중 공원면적이 5개 모든 모형에서 선택되었고 교목 피복률이 4개, 아교목 피복률이 3개, 그리고 관목 피복률과 형태지수, 관목 종수가 각각 1개 모형에서 선택되었음을 확인할 수 있다. 이를 통해서도 공원면적과 교목 및 아교목 피복률이 도시공원의 조류 종다양성을 설명하기 적합한 환경변수라는 것을 파악할 수 있다. 또한 R^2 를 이용하여 모델의 적합도를 평가하자면, 1번 모형이 0.60으로 가장 높은 설명력을 보이고 있으며, 5번 모형이 0.59로 두 번째, 나머지 세 개의 모형이 0.57로 동일한 설명력을 보이고 있다. 이를 통해서도 1번 모형이 가장 대상지의 조류 종다양성을 가장 잘 설명할 수 있는 모형인 것을 알

Table 4. The optimal generalized linear model comparisons using Akaike's information criterion corrected for small sample sizes.

No.	Model variables	K	AIC	AICc	LL	Adj. R ²	p-value
1	Park area, Canopy(subtree), Canopy(tree)	4	18.75	21.75	-4.37	0.60	< 0.01
2	Park area, Canopy(tree)	3	19.88	21.79	-5.94	0.57	< 0.01
3	Park area, Canopy(shrub), Canopy(tree)	4	20.49	23.49	-5.25	0.57	< 0.01
4	Park area, Canopy(subtree), Shape index	4	20.51	23.51	-5.25	0.57	< 0.01
5	Park area, Canopy(subtree), No. of species(shrub), Canopy(tree)	5	19.73	24.15	-3.87	0.59	< 0.01

K: Number of variables, AIC: Akaike information criterion, AICc: Corrected Akaike information criterion, LL: Log-likelihood

수 있다. 일반적으로 모형에 사용되는 변수가 증가할수록 R²값이 증가하는 경향이 있으므로, 변수의 최적 선택 측면에서는 AICc가 보다 적합한 평가 방법일 것이라 판단된다. 따라서 본 연구에서는 공원면적, 야교목 피복률, 교목 피복률이 대상지의 조류 종다양성을 평가하는데 가장 적합한 모형이라 사료된다.

대상지는 도시계획을 통해 계획적으로 도시 공원이 배치되어 있는 전형적인 시가지지역이다. 이 지역에 분포하고 있는 근린공원은 시가지 지역으로 고립되어 있는 공원이 대부분이기 때문에 조류의 서식에 공원 내부적인 요인이 크게 영향을 줄 수 있을 것이라 판단된다(Song et al., 2013). 모형을 통해 확인할 수 있듯이 조류 종다양성을 최대화하기 위해서는 공원 면적이 넓은 것이 유리하며, 이와 함께 공원에 풍부한 교목과 하층식재인 야교목을 식재할 필요가 있다. 또한 다른 모형을 통해서도 유의미한 환경변수를 파악할 수 있는데, 공원을 원형에 가까운 형태로 조성하는 것이 도시지역에서는 더 중요할 수 있다. 이는 도시지역이 매우 극단적인 공원 가장자리가 형성되어 외부의 영향을 공원 내부까지 깊숙이 받을 수 있는 조건이기 때문이다. 일반적으로 경계를 따라 두 토지이용의 차이가 클수록 가장자리 영향이 크게 나타난다(Collinge and Palmer, 2002; Lee et al., 2004).

따라서 외부의 교란이 완충될 수 있는 녹지대가 공원에 풍부하게 조성된다면 가장자리뿐만 아니라 공원 내부에서만 서식할 수 있는 조류의 다양성을 증가시킬 수 있다. 즉, 비교적 내부지역이 형성되어있다고 판단되는 청사공원, 두정공원, 두정8공원 등에서 내부종이라 할 수 있는 큰유리새, 오목눈이, 산솔새, 청딱따구리 등이 발견된 것을 통해 이를 확인할 수 있다. 이러한 요인은 도시지역의 토지이용과 밀접한 연관이 있으므로 특히 도로 등 인위적인 특성이 강한 토지이용과 접해있는 공원의 조성 및 관리에 활용할 수 있을 것이라 판단된다.

관목 피복률과 관목 종수도 조류 종다양성에 중요한 인자일 수 있다. 이는 관목의 경우 밀식하여 덩굴을 형성함으로써 붉은머리오목눈이, 딱새 등과 같이 이러한 식생유형을 선호하는 종의 서식 및 이용을 유도할 수 있기 때문이다. 도심에서는 이러한 관목층이 야생조류의 이동에도 영향을 미칠 수 있다(Kwak et al., 2010). 즉, 공원에 식재된 관목림은 완충지역으로서 덩굴을 선호하는 야생조류의 서식 및 이동에 매우 중요하며 이는 공원 내부지역을 위한 완충지역의 기능을 수행할 수 있다. 본 연구의 결과는 또한 식생 구조의 복잡성 또는 종다양성이 조류 종다양성과 밀접한 관련이 있다는 것을 보여주고 있다. 이러한 현상은 대부분의 공원 및 자연

환경을 대상으로 나타나는 현상 중 하나이다 (Hino, 1985). 단일 수종 위주의 식재는 생태적인 기능을 온전히 제공하기에 한계가 있으며 보다 다양한 수종의 식생기반이 풍부한 생물종을 부양할 수 있다. 즉, 넓은 공원 면적에서 식생지역을 풍부하게 확보하고, 다양한 수종 및 구조로 다층식재를 조성하는 것이 조류 서식에 유리할 것이라 판단된다.

IV. 결 론

도시지역에 분포하고 있는 근린공원, 어린이 공원은 인간의 이용뿐만 아니라 야생동식물의 서식지로서도 중요한 기능을 수행하고 있다. 그러나 도시공원의 면적, 형태, 식생구조 등에 따라 서식하는 조류의 다양도 및 풍부도는 차이가 발생한다. 연구 결과 도시공원에 서식하는 조류의 종다양성을 분석하여 대상지에서 가장 풍부하게 조류가 서식하는 공원을 발굴하였으며, 이를 분석하는 과정에서 조류 종다양성과 높은 상관관계를 보이는 환경변수를 도출할 수 있었다. 도시지역에 존재하는 공원녹지는 대부분 시가화지역으로 고립된 경우가 많으므로 조류 종다양성에 밀접한 영향을 미치는 환경변수는 공원 면적이며, 이러한 공원의 서식환경 질을 높일 수 있는 수단은 교목과 아교목을 넓은 면적으로 조성하는 것임을 확인할 수 있었다. 이 외에도 아교목 종수, 관목 피복률, 관목 종수 등 식생의 다양성과 풍부도를 대표하는 환경변수가 조류 종다양성과 상관관계가 높은 변수라는 것을 확인할 수 있었다. 특히 아교목 피복률이 중요한 변수인 것으로 파악되었는데, 이는 아교목이 조류에게 풍부한 은신처와 먹이를 제공하기 때문인 것으로 판단된다. 따라서 향후 조류 종다양성이 우수한 도시공원을 조성, 관리하기 위해서는 공원을 원형에 가까운 형태로 조성하고 외부 교란이 완충될 수 있도록 공원에 풍부한 녹지대를 확보하는 것이 중요할 것이다. 또한 아교목

층을 중심으로 관목층 등 하층식재를 넓게 확보하여 다양한 식생 유형에 서식하는 조류의 서식을 유도하는 것이 효과적일 것이라 판단된다. 본 연구는 도시공원의 구조 및 식생에 따른 조류 종다양성을 분석하였는데 의의가 있으나 공원 외부 요인에 의한 조류 서식환경 변화에 대한 고려가 부족한 한계가 있다. 향후 연구를 통해 공원 주변 토지이용 및 피복에 따른 조류 종다양성 분석을 진행한다면 공원 내·외부 특성을 반영한 조류 종다양성 영향요인 파악이 가능할 것이라 판단된다.

References

- Aho, K · deW Derryberry and T Peterson. 2014. Model selection for ecologists: the worldviews of AIC and BIC. *Ecology* 95(3): 631-636.
- Amano, T · Y Kusumoto · Y Tokuoka · S Yamada · EY Kim and S Yamamoto. 2008. Spatial and temporal variations in the use of rice-paddy dominated landscapes by birds in Japan. *Biological Conservation* 141(6): 1704-1716.
- Bibby, CJ · ND Burgess and DA Hill. 1997. Bird census technique. Academic press. London. pp. 257.
- Chamberlain, DE · S Gough · H Vaughan · JA Vickery and GF Appleton. 2007. Determinants of bird species richness in public green spaces: Capsule Bird species richness showed consistent positive correlations with site area and rough grass. *Bird study*. 54: 87-97.
- Cho W · Kim JY and Hong SH. 2005. Actual Vegetation Types and Characteristics of the Baengma Urban Natural Park in Incheon. *Korean Journal of Environment and Ecology* 19(4): 358-366.
- Collinge, SK and TM Palmer. 2002. The influences of patch shape and boundary contrast on insect

- response to fragmentation in California grasslands. *Landscape Ecology* 17: 647-656.
- Forman, RTT. 1995. Some general principles of landscape and regional ecology. *Landscape Ecology* 10(3), 133-142.
- Hino, T. 1985. Relationships between bird community and habitat structure in shelterbelts of Hokkaido, Japan. *Oecologia* 65: 442-448.
- Hong SH and Kwak JI. 2011. Characteristics of Appearance by Vegetation Type of Paridae in Urban Forest of Korea. *Korean Journal of Environment and Ecology* 25(5): 760-766.
- Ikin, K · RM Beaty · DB Lindenmayer · E Knight · J Fischer and AD Manning. 2013. Pocket parks in a compact city: how do birds respond to increasing residential density? *Landscape Ecology* 28(1): 45-56.
- Kim J and Koo TH. 2003. Influence of the Eco-park Development on Bird Community in Urban Stream. *The Korean Journal of Ecology* 26(3): 97-102.
- Kim J · Moon GD and Koo TH. 2004. Characteristics of Bird Community and Habitat Use in Gildong Natural Ecological Park. *Journal of the Korea Society of Environmental Restoration Technology* 7(1): 19-29.
- Kwak JI · Lee KJ and Han BH. 2010. Study on Analysis of Influence Factor for Wildbirds' Appearance in Urban Area around Urban Green Axis. *Korean Journal of Environment and Ecology*, 24(2), 166-177.
- Lee D · Jeon S · Lee M · Kim M and Choung H. 2004. *Landscape Ecology*. Seoul: Bomoondang.
- Lee KJ · Han BH and Lee SD. 2004. Ecological Management Plan and Biotope Structure of Namsan Urban Natural Park in Seoul. *Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture* 32(5): 102-118.
- Lee S · Kim J and Min H. 2002. A Study on Habitat for Multiplication of Wild-birds in Urban Woodland, Korean. *The Korean Journal of Ecology* 25(3): 143-155.
- Lee WS · Koo TH and Park JY. 2000. *A Field Guide to the Birds of Korea*, Seoul: LG Evergreen Foundation.
- Moore, AA and MA Palmer. 2005. Invertebrate biodiversity in agricultural and urban headwater streams: implications for conservation and management. *Ecological Applications* 15(4): 1169-1177.
- R Development Core Team. 2014. *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Rhim SJ. 2008. Differences in Breeding Bird Communities between Coniferous Forests of Mt. Namsan and Gwangneung Areas. *Korean Journal of Environment and Ecology* 22(3): 332-337.
- Rhim SJ · Lee JY and Kang JH. 2007. Characteristics of Habitat Structure and Bird Communities between a Natural Deciduous Forest and the Road Area in Gwangneung, Korea. *Korean Journal of Environment and Ecology* 21(1): 47-54.
- Rhim SJ · Son SH and Kim KJ. 2011. Breeding Ecology of Tits *Parus* spp. Using Artificial Nest Boxes in a Deciduous Forest. *Journal of Korean Forestry Society* 100(3): 397-401.
- Shannon, CE. 1948. *A Mathematical Theory of Communication*. Reprinted with corrections from *The Bell System Technical Journal* 27: 379-423, 623-656.
- Song W · Kim E and Lee D. 2013. Habitat Connectivity Assessment of Tits Using a Statistical Modeling: Focused on Biotop Map

- of Seoul, South Korea. *Journal of Environmental Impact Assessment* 22(3): 219-230.
- Turner, MG. 1989. Landscape ecology: the effect of pattern on process. *Annual review of ecology and systematics* 20: 171-197.
- You S · Byun B and Kim S. 2012. An Analysis of the Characteristics of Changes in Population and Industrial Structure due to Residential Development - A Case of Cheonan-Si and Asan-Si -. *The Geographical Journal of Korea* 46(4): 415-427.
- Wenger SJ · JT Peterson · MC Freeman, BJ Freeman and DD Homans. 2008. Stream fish occurrence in response to impervious cover, historic land use, and hydrogeomorphic factors. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 65: 1250-1264.
- <http://joongang.joins.com/> (Korea Joongang Daily, 2013. 6. 7)